

---

# 微細加工による新機能表面・構造の 創成と応用

---

平成25年度～平成29年度私立大学戦略的研究基盤形成支援事業

## 研 究 成 果 報 告 書

平成 30 年 5 月

学校法人名 工学院大学

大 学 名 工学院大学

研究組織名 工学院大学総合研究所  
機能表面研究センター

研究代表者 鈴木 健司

(工学院大学工学部機械システム工学科)

## はじめに

本プロジェクトは、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業に採択された5年間の研究プロジェクトであり、機械系、化学系の教員を中心として2013年に発足しました。プロジェクト名は「微細加工による新機能表面・構造の創成と応用」、プロジェクトを推進する研究組織名は「機能表面研究センター」(FMS: Functional Microstructured Surfaces Research Center)です。本プロジェクトのベースには、2008年度に同事業に採択された「生体医工学研究センター」(BERC: Biomedical Engineering Research Center)、さらに2003年度に採択された「マイクロ先進スマート機械・バイオシステム研究センター」(SMBC: Smart Machine and Micro-Bio Systems Research Center)の活動があります。2つの先行プロジェクトで整備されたマイクロ加工設備、バイオ関連設備を活用し、蓄積された技術や知識を基礎として、「微細構造によって発現する表面機能」に関する新たな研究領域を開拓することを目的としています。

近年のマイクロ・ナノ技術や微細加工技術の進展にともない、表面の構造は分子レベルまで観察可能になり、表面のテクスチャリングや改質などの表面制御技術も進展し、流体、材料、光学、医療などの幅広い分野で、表面機能の活用が不可欠なものとなっています。しかし、各分野で独自の観点から研究が進められてきたために、表面の構造と機能に関する体系的な理解は進んでおらず、分野横断的な知識の整理、体系化が求められています。そこで本研究プロジェクトでは、テーマ1において、表面の微細構造により発現する表面機能と、その加工技術に関する基礎的な学問・技術体系を構築し、テーマ2～4において、表面機能の種々の分野への応用技術を確立することを目標として、活動してきました。

研究スペースは、八王子キャンパス16号館(MBSC棟, Micro-Bio System Research Center)の1～3階の各実験室で、先行プロジェクトで整備されたクリーンルームやマイクロ加工設備、細胞培養設備に加え、本プロジェクトで新たに表面の加工、評価に関する10の設備を導入し、200名を超える学生が共同で研究設備を利用して、研究を推進してきました。最新の機器の性能を最大限に引き出すため、クリーンルーム管理室のスタッフやPD, RAのご尽力により、機器の使用法やノウハウなどの情報を蓄積し、安全かつ効率的に研究が進められるように体制を整えてきました。

また、研究テーマ間で有機的な連携を図るため、FMS研究会を年に3～4回のペースで開催し、各テーマからの話題提供と情報交換を行ってきました。また、毎年3月には成果報告会を開催し、学内外の4名の著名な先生方に評価をお願いし、研究成果に関するディスカッションを行い、テーマごとに貴重なご意見をいただきました。評価結果は各研究者にフィードバックされ、研究の達成度や課題点の確認、研究計画の見直しなどに役立てることができ

ました。

本プロジェクトを推進する過程で、学科の異なる教員が、「表面の微細構造と機能」という切り口で一堂に会し、分野の垣根を超えて討論し、お互いの研究内容を知ることができたことは大きな成果であると考えます。いくつかの共同研究も生まれ、テーマ間での共著論文の投稿も行いました。しかし、全体の成果を俯瞰すると、やはり個々のテーマでの成果が目立っており、テーマ間の連携はまだ道半ばで、評価委員からも「研究協力をさらに進めて行く余地がある」とのご指摘をいただいております。本プロジェクトは一旦終了しますが、今後多くの教員間で連携を図る取り組みを続け、マイクロ・ナノの分野で大学のブランディング向上につながる研究を推進できるよう努めていきたいと考えております。

本プロジェクトを遂行するにあたり、研究者の方々のプロジェクトに対する情熱、クリーンルーム管理室スタッフの施設運営に対する熱心な取り組み、そして研究の推進力になった学部生・大学院生の頑張りに深く感謝申し上げます。また、事務的な支援をしてくださった研究推進課の方々に、この場を借りて御礼申し上げます。

平成 30 年 5 月 7 日

工学院大学工学部機械システム工学科教授  
機能表面研究センター（FMS）センター長  
鈴木 健司

平成 25 年度～平成 29 年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」  
研究プロジェクト名「微細加工による新機能表面・構造の創成と応用」  
研究成果報告書

目 次

はじめに 鈴木健司（センター長）

1. 平成 25 年度～平成 29 年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」 研究成果報告書概要	1
概要 1～10	
概要 1 1 研究の概要	
概要 1 2 キーワード	
概要 1 3 研究発表の状況（研究論文等公表状況。印刷中も含む。）	
<雑誌論文>	
<図書>	
<学会発表>	
<研究成果の公開状況>（上記以外）	
概要 1 4 その他の研究成果等	
概要 1 5 「選定時」及び「中間評価時」に付された留意事項及び対応	
概要 1 6 施設・装置・設備・研究費の支出状況（実績概要）	
概要 1 7 施設・装置・設備の整備状況	
概要 1 8 研究費の支出状況	
2. 文部科学省からの通知	81
3. 別紙 1 研究成果報告	85
微細加工による新機能表面・構造の創成と応用（センター長 鈴木健司）	
I. 新機能表面・構造創成のための基礎技術の体系化	91
1.1 マイクロ・ナノ規則性構造材料の創成（小野幸子，阿相英孝，相川慎也）	
1.2 微細構造を有する高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルの開発 （西谷要介，小林元康）	
1.3 MEMS 技術を利用した機能表面の創成と応用（鈴木健司）	
1.4 パルスビーム加工による材料表面の機能創成と応用（武沢英樹）	
II. 新機能表面・構造の生体医工学分野への応用	129
2.1 表面技術の生体医工学応用（橋本成広，安田利貴）	
2.2 ナノバイオメカニクスと組織修復への応用（藤江裕道）	

2.3	バイオシステムに対するナノ・マイクロ規則構造表面の機能解明 (小野幸子, 阿相英孝)	
Ⅲ.	新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用	147
3.1	スポーツ用機能性生地の開発 (伊藤慎一郎)	
3.2	流体機能の創成とマイクロ推進体への応用 (佐藤光太郎)	
3.3	表面微細加工技術を利用した相変化伝熱機能の創成と応用 ～微細加工による相変化伝熱の向上化と制御～ (大竹浩靖)	
Ⅳ.	新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用	155
4.1	生物の表面機能の解明とロボットへの応用 (鈴木健司)	
4.2	濡れ・付着機能の創成とマイクロマニピュレーションへの応用 (見崎大悟)	
3.	別紙2 運営委員会開催記録	167
4.	別紙3 セミナー開催記録	171
5.	別紙4 展示会への出展記録	183
6.	別紙5 成果報告会ポスター	189
7.	別紙6 成果報告会「FMS 研究概要」パワーポイント	201
8.	別紙7 外部評価結果	215
	第1回研究評価シート (平成25年度)	
	第2回研究評価シート (平成26年度)	
	第3回研究評価シート (平成27年度)	
	第4回研究評価シート (平成28年度)	
	最終研究評価シート (平成29年度)	
9.	別紙8 安全講習会資料	343
	MBSC 棟研究機器設備利用者の手引き	
	安全対策マニュアル	
	MBSC 棟内研究装置・設備機器担当者	
	MBSC 棟内機器設備利用者登録申請書	

平成 25 年度～平成 29 年度  
「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」  
研究成果報告書概要



法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

**平成25年度～平成29年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」  
研究成果報告書概要**

1 学校法人名 工学院大学                      2 大学名 工学院大学

3 研究組織名 機能表面研究センター

4 プロジェクト所在地 東京都八王子市中野町 2665-1

5 研究プロジェクト名 微細加工による新機能表面・構造の創成と応用

6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
鈴木 健司	工学部機械システム工学科	教授

8 プロジェクト参加研究者数 14 名

9 該当審査区分 理工・情報      生物・医歯      人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
鈴木 健司	工学部・教授	1.3 MEMS 技術を利用した機能表面の創成と応用, 4.1 生物の表面機能の解明とロボットへの応用	全体統括, MEMS技術による機能表面創成とロボットへの応用
阿相 英孝	先進工学部・准教授	1.1 マイクロ・ナノ規則性構造材料の創成, 2.3 バイオシステムに対するナノ・マイクロ規則構造表面の機能解明	湿式プロセスによる規則性構造材料の創成と機能解明
相川 慎也	総合研究所・准教授	1.1 マイクロ・ナノ規則性構造材料の創成	湿式プロセスによる機能電子デバイスの開発
西谷 要介	工学部・准教授	1.2 微細構造を有する高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルの開発	高分子系トライボマテリアルの開発
小林 元康	先進工学部・教授	1.2 微細構造を有する高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルの開発	高分子ブラシ薄膜によるトライボロジー特性向上
武沢 英樹	先進工学部・教授	1.4 パルスビーム加工による材料表面の機能創成と応用	放電加工による機能創成と応用
橋本 成広	工学部・教授	2.1 表面技術の生体医工学応用	表面技術の細胞挙動制御への応用
伊藤 慎一郎	工学部・教授	3.1 スポーツ用機能性生地の開発	スポーツウェアの流体抵抗低減
佐藤 光太郎	工学部・教授	3.2 流体機能の創成とマイクロ推進体への応用	シンセティックジェットの流動特性の評価と応用
大竹 浩靖	工学部・教授	3.3 表面微細加工技術を利用した相変化伝熱機能の創成と応用	微細構造による相変化伝熱の向上化
見崎 大悟	工学部・准教授	4.2 濡れ・付着機能の創成とマイクロマニピュレーションへの応用	濡れ・付着機能を利用したマニピュレーションの開発

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

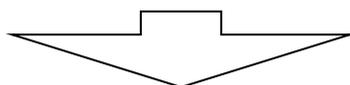
小野 幸子	工学院大学・ 客員研究員	1.1 マイクロ・ナノ規則性構造材料の 創成, 2.3 バイオシステムに対するナ ノ・マイクロ規則構造表面の機能解明	湿式プロセスによるマイク ロ・ナノ規則性構造材料の 創成と機能解明
(共同研究機関等)			
藤江 裕道	首都大学東 京・教授	2.2 ナノバイオメカニクスと組織修 復への応用	ナノ基板上での幹細胞生成 と組織修復への応用
安田 利貴	東京工業高 等専門学校・ 准教授	3.1 表面技術の生体医工学応用	表面技術の細胞挙動・組織 生成制御への応用

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

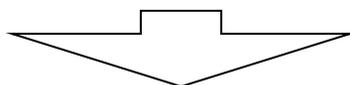
(変更の時期:平成26年4月1日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
	工学部応用化学科・教授 (新規)	小林 元康	高分子ブラシ薄膜による トライボロジー特性向上

(変更の時期:平成27年4月1日)



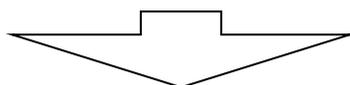
新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
工学部応用化学科・ 教授	先進工学部応用化学科・ 教授 (組織変更)	小林 元康	高分子ブラシ薄膜による トライボロジー特性向上

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

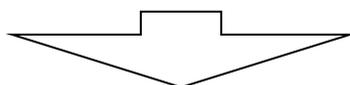
(変更の時期:平成26年4月1日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
	総合研究所・助教(新規)	相川 慎也	湿式プロセスによる機能 電子デバイスの開発

(変更の時期:平成28年4月1日)



法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

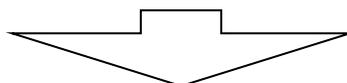
新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
総合研究所・助教	総合研究所・准教授(昇格)	相川 慎也	湿式プロセスによる機能電子デバイスの開発

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
	工学部応用化学科・教授	小野 幸子	湿式プロセスによる規則性構造材料の創成と機能解明

(変更の時期:平成27年4月1日)



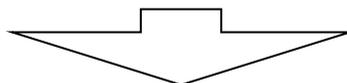
新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
工学部応用化学科・教授	工学院大学・客員研究員	小野 幸子	湿式プロセスによる規則性構造表面の創成と機能解明

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
3.1 スポーツ用機能性生地の開発	学長, 工学部機械工学科・教授	水野 明哲	スポーツウェアの流体抵抗低減

(変更の時期:平成27年4月1日)



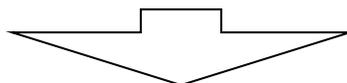
新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
学長, 工学部機械工学科・教授	退職のため辞退	水野 明哲	スポーツウェアの流体抵抗低減

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
1.1 マイクロ・ナノ規則性構造材料の創成, 2.3 バイオシステムに対するナノ・マイクロ規則構造表面の機能解明	工学部応用化学科・准教授	阿相 英孝	湿式プロセスによる規則性構造材料の創成と機能解明

(変更の時期:平成27年4月1日)



新

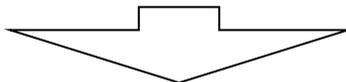
変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
工学部応用化学科・准教授	先進工学部応用化学科・准教授(組織変更)	阿相 英孝	湿式プロセスによる規則性構造材料の創成と機能解明

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
1.4 パルスビーム加工による材料表面の機能創成と応用	グローバルエンジニアリング学部機械創造工学科・教授	武沢 英樹	放電加工による機能創成と応用

(変更の時期:平成27年4月1日)



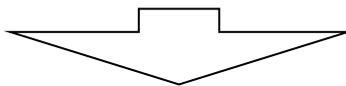
新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
グローバルエンジニアリング学部機械創造工学科・教授	先進工学部機械理工学科・教授 (組織変更)	武沢 英樹	放電加工による機能創成と応用

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
3.2 流体機能の創成とマイクロ推進体への応用	グローバルエンジニアリング学部機械創造工学科・教授	佐藤 光太郎	シンセティックジェットの流れ特性の評価と応用

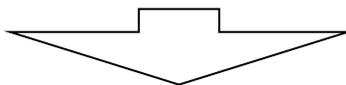
(変更の時期:平成27年4月1日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
グローバルエンジニアリング学部機械創造工学科・教授	先進工学部機械理工学科・教授 (組織変更)	佐藤 光太郎	シンセティックジェットの流れ特性の評価と応用

(変更の時期:平成28年4月1日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
先進工学部機械理工学科・教授	工学部機械システム学科・教授 (所属変更)	佐藤 光太郎	シンセティックジェットの流れ特性の評価と応用

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

## 11 研究の概要(※ 項目全体を10枚以内で作成)

### (1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

近年のマイクロ・ナノ技術の進展にともない、材料表面の微細構造によって種々の機能が発現することが明らかになり、流体、材料、光学、医療など幅広い分野で表面機能の活用が不可欠なものとなっている。また、ヤモリの脚やハスの葉などの生物の表面においても、微細構造によって付着や撥水などの機能が実現されていることが明らかとなり、生物の表面を模倣した工業製品も開発されている。しかし、各分野で独自の観点から研究が進められてきたために、表面の構造と機能に関する体系的な理解は十分ではなく、分野横断的な知識の整理、体系化が求められている。そこで本研究プロジェクトでは、①微細構造によって発現する表面機能とその加工技術に関する基礎的な学問・技術体系の構築、②表面機能の種々の分野への応用技術の確立 の2点を目的とする。

本プロジェクトは大きく4つのテーマで構成されている。テーマ1は基礎研究であり、先行プロジェクトの成果と設備を活用し、ミリメートルからナノメートルに及ぶ表面構造の加工技術、および微細構造により発現する機能の設計、制御、評価技術の研究を展開し、知識の整理と体系化を行う。テーマ2から4は応用研究であり、それぞれ生体医工学分野、流体・エネルギー分野、マイクロメカトロニクス分野における表面機能の応用技術の確立を目指す。各種企業や医療系研究機関との共同研究も積極的に推進し、製品開発や臨床応用につながる研究を展開する。また、基礎研究で得られた技術や機能性表面を応用研究に提供することにより、テーマ間の有機的な連携を図り、表面技術に関する総合的な研究・教育拠点の形成を目指す。テーマ構成と研究者を表1に示す。

表1 機能表面研究センター(FMS)のテーマ構成と研究者

課 題	研究者
I 新機能表面・構造創成のための基礎技術の体系化	
1.1 マイクロ・ナノ規則性構造材料の創成	小野幸子 (応用化学科) 阿相英孝 (応用化学科) 相川慎也 (総合研究所)
1.2 微細構造を有する高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルの開発	西谷要介 (機械工学科) 小林元康 (応用化学科)
1.3 MEMS 技術を利用した機能表面の創成と応用	鈴木健司 (機械システム工学科)
1.4 パルスビーム加工による材料表面の機能創成と応用	武沢英樹 (機械理工学科)
II 新機能表面・構造の生体医工学分野への応用	
2.1 表面技術の生体医工学応用	橋本成広 (機械工学科) 安田利貴 (東京工業高等専門学校)
2.2 ナノマイクロバイオメカニクスと組織修復への応用	藤江裕道 (首都大学東京)
2.3 バイオシステムに対するナノ・マイクロ規則構造表面の機能解明	小野幸子 (応用化学科) 阿相英孝 (応用化学科)
III 新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用	
3.1 スポーツ用機能性生地の開発	伊藤慎一郎 (機械工学科)
3.2 流体機能の創成とマイクロ推進体への応用	佐藤光太郎 (機械システム工学科)
3.3 表面微細加工技術を利用した相変化伝熱機能の創成と応用 ~微細加工による相変化伝熱の向上化と制御~	大竹浩靖 (機械工学科)
IV 新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用	
4.1 生体の表面機能の解明とロボットへの応用	鈴木健司 (機械システム工学科)
4.2 濡れ・付着機能の創成とマイクロマニピュレーションへの応用	見崎大悟 (機械システム工学科)

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

## (2) 研究組織

当該プロジェクトを遂行するための研究組織である「機能表面研究センター (Functional Microstructured Surfaces Research Center:FMS)」は、機械系、化学系を中心に学内 11 名、学外 2 名の研究者により発足した。その後、2 年目にテーマ 1 (基礎研究) の充実を図るため 2 名を追加し、1 名が定年退職により辞退したため、3 年目からは学内 12 名、学外 2 名の体制になった。研究代表者はプロジェクト全体を統括し、運営委員会、研究会の開催、毎年度末の成果報告会と報告書の取りまとめ、共通の研究設備であるクリーンルームや各種実験設備の管理運営等を行った。各研究者はそれぞれのテーマの研究を推進し、定期的開催している研究会において情報交換を行い、加工・評価技術の情報共有、機能性材料の提供等によりテーマ間の連携を図った。また、生体医工学分野において東京工業高等専門学校、大阪大学医学部との共同研究を行い、テーマ 3.1 (スポーツ用機能性生地) においても企業との共同研究を実施した。平成 25 年度から 27 年度に各 1 名の PD を採用し、RA は平成 26 年度に 1 名、27、28 年度に各 2 名、29 年度に 3 名を採用して若手研究者の育成を行い、2 名の博士 (工学) の学位取得者を輩出した。PD、RA は各テーマの研究の推進、研究会での発表等を行うほか、クリーンルームの管理、運営にも携わり、技術やスキルの向上と研究の円滑な推進に貢献した。またクリーンルームでは 3 名の研究支援者を採用し、装置の保守、オペレーション講習、安全教育、消耗品管理などの研究支援を行った。

## (3) 研究施設・設備等

本研究プロジェクトは、項目 17 に示すように、先行プロジェクトで整備した建物 (工学院大学八王子キャンパス 16 号館 MBSC 棟, 1778m<sup>2</sup>) の 1~3 階部分を使用して研究を行った。この建物には、クリーンルームをはじめ、各テーマで共通に使用する設備、装置が整備されている。研究設備を利用する学生に対しては安全講習会を実施し、毎年 200 名以上の教員、大学院生、学部生が受講し、共用設備を利用して研究を推進した。クリーンルームの入室者は年間で述べ 2000 名以上に達している。本プロジェクトでは、平成 25 年度から 27 年度の 3 年間で形状測定レーザーマイクロスコップ、電子ビーム蒸着装置、粘弾性測定装置、インキュベータ蛍光顕微鏡など、合計 10 の研究設備の導入を完了した。項目 17 に示すように、過去のプロジェクトから継続使用している装置・設備を含め、多くの設備で年間数百時間から千時間を超える利用があり、研究プロジェクトの推進のために有効に活用された。

## (4) 研究成果の概要 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び\*を付すこと。

※ 「\*数字」は雑誌論文の番号, 「\*\*数字」は学会発表の番号に対応する

## &lt;研究成果の概要&gt;

【テーマ 1.1】 湿式プロセスに基づく規則的な表面構造の制御に着目し、アノード酸化ポーラスアルミナの構造制御<sup>\*6,\*15,\*30,\*34,\*35</sup>、アノードエッチングによる GaAs ナノワイヤの作製技術<sup>\*31,\*40</sup>、結晶異方性エッチングあるいは金属触媒エッチングを用いた GaAs 基板、InP 基板および Si 基板の表面テクスチャー技術を確立した<sup>\*14,\*16,\*17,\*21,\*22,\*36,\*38</sup>。また、形成した GaAs ナノワイヤを用いた電子エミッタおよびトランジスタを試作し、特性評価を行った<sup>\*12,\*23</sup>。構造形成により、バルク基板では適用できないプロセス選択が可能になるとともに、ナノワイヤ細径化による電子放出特性の向上などユニークな構造に基づく機能表面を活用した応用の一例を示すことができた。

【テーマ 1.2】 微細構造を有する高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルの開発を目的に2つのテーマを中心に検討した。第一のテーマとしては、材料設計による手法<sup>\*1\*16</sup>、成形加工による手法<sup>\*11\*17</sup>、および表面構造付与による手法<sup>\*7\*15</sup> の3つの手法を組み合わせることにより、高分子材料のトライボロジー特性を制御できることを実験的に明らかにした。一方、

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

第二のテーマでは、分子化学的な視点からポリマーブラシに着目し<sup>\*4</sup>、平滑な基板表面、組成変形するゲル表面、微細リンクルによる凹凸表面において良溶媒中において優れた潤滑効果をもたらす<sup>\*21</sup> ことを見出した。さらに、超親水性を示す高分子電解質ブラシをグラフトしたシリカ微粒子を調製し、これを分散させた水溶液が優れた潤滑効果をもたらすことを初めて明らかにした。従来の摺動表面にポリマーをグラフトするよりもはるかに容易で応用範囲も広いことが期待され、新たなトライボ機構を提案できる可能性が示された。

【テーマ 1.3】MEMS 技術を利用して、材料表面に様々な形状の微細構造を形成し、撥水剤を塗布することにより、静的、動的な濡れ性の制御を行うことができた。また、電圧の印加により材料表面の局所的な濡れ性を制御し、微小な液滴の輸送やハンドリングを行う EWOD (Electro Wetting on Dielectric) 技術に着目し、液滴の生成、輸送、排出を行うデバイスの開発と、デバイスの構造、材料、電極形状等の最適化を行った<sup>\*\*1,\*\*2,\*\*9</sup>。また、テーマ 2.2 で用いる機能表面の加工技術の検討と情報交換、共著での論文投稿<sup>\*2</sup> を行い、テーマ間の連携を図った。

【テーマ 1.4】表面機能を有する微細構造ならびに表面性状を得るために、液中放電加工を用いて研究を進めてきた。研究の柱は2つに分かれ、1) 永久磁石に対する形状加工と磁気パターニングの形成、2) マイクロバブル混入放電加工による加工面性状の制御と機能性薄膜の生成である。

【テーマ 2.1】マイクロ加工技術によって作製した微細構造を有する細胞培養足場や、マイクロ流路、力学的刺激が種々の細胞の増殖・分化・組織化や配向に与える影響を検討し、種々の知見を得た。細胞の挙動・組織の形成を観察するための in vitro 実験システムを構築した。生体医工学研究センターBERC の成果として得られた細胞培養流路を応用して、マイクロ流路内での細胞の挙動を解析する実験システムを構築した。毛細血管や、臓器、血管分岐などの血液流路を模した流路システムにおいて細胞の挙動を解析するシステム、細胞の配向・増殖・分化・組織化などへの力学刺激の影響を解析するシステムなどの開発を進めた。細胞は足場に付着して増殖する性質を有するため、表面の親水性・疎水性の制御技術の開発の成果を、細胞の付着制御の技術へ応用するなど、他のテーマと連携して、本テーマの研究の推進を加速した。培養細胞の配向・増殖・分化・組織化を制御するための力学的刺激の方法がわかれば、再生医療における細胞の組織化の加速技術などに寄与することが見込まれる。マイクロ加工技術によって、細胞培養用のプレートの表面にマイクロメートルオーダーの凹凸パターンを設計し、また、表面加工技術を確立した。

【テーマ 2.3】表面に微細なポーラス構造を持つ Si 基板あるいはアルミナ基板(テーマ 1.1 担当者より提供)上で、マウス由来骨芽細胞、線維芽細胞を培養し、基板表面の濡れ性やナノメートルオーダーの凹凸が細胞の接着、伸展形態に強く影響することを見出した\*。また、微細構造によって発現する濡れ性の違いや表面のナノ構造が、細胞だけでなく生体無機材料(リン酸カルシウム)の析出位置、析出形態に対しても強く影響を及ぼすことがわかった\*。並行して、生体金属材料としての活用が望まれる Mg あるいはステンレス基板に対して、湿式プロセス(アノード酸化)による表面処理を施し、生体機能性・生体適合性を付与できることを明らかにした\*。

【テーマ 3.1】水着のレーザーレーサーが世界に与えた影響は大きい。着ることによりタイム短縮を可能であることが分かったのである。本研究では流体抵抗と排熱性能の両立という観点から、高機能スポーツウェアを見出すことを目的とした。布地の素材、表面加工の粗度の違い、縫製の違い等による流体力抵抗の変化を観察・考察し、粗度の大きな布地では低い Re(レイノルズ数)=低速度で抗力軽減(ドラッグクライシス)が起きることが分かった<sup>\*\*1, \*\*5, \*1</sup>。また、圧力抵抗を減じさせる効果のあるウェアの縫い目との位置が存在する<sup>\*\*1, \*\*5, \*1</sup> ことを確

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

認した。しかしながら人体模型を利用して行った結果、縫い目による大きな抗力軽減が見られなかった<sup>\*\*1, \*\*4, \*1</sup>。それは腕の影響であることが分かった<sup>\*\*1, \*\*2, \*\*3, \*1</sup>。空力性能の他に排熱性能を確認した<sup>\*\*1, \*1</sup>が、縫い目を用いて狙った速度域でのドラッグライシスを誘発し、乱流遷移させて排熱性能を高められる<sup>\*\*1, \*1</sup>ことが分かった。流体抵抗と排熱性能の両立という観点から、布地の表面(例えばニット編みのループ)によって、布地の編目を粗くすることで通気性が向上し、通気性による排熱性能と流体抵抗軽減の効果を増加させるという提案が最終的になされた。

【テーマ 3.2】スロット表面状態および幾何形状を非対称にすることで、シンセティックジェットの流れ制御を試みた。

【テーマ 3.3】本研究は、MEMS 技術を利用し、伝熱面表面に微細加工を施し、傷の寸法や、表面の濡れ性を制御することで相変化を伴う熱流動の向上化と制御を図ることを目的とする。具体的に、銅表面上に Cr, Ag, Pb, Cu, Ti のスパッタリング加工を施した表面を使用し凝縮実験を行い、金属薄膜表面の濡れ性が凝縮形態に及ぼす影響を検討した。その結果、(1)接触角が高い金属表面は滴状凝縮、低い表面は膜状凝縮を示すこと、(2) AFM 計測を通し、表面吸着力が高い金属表面は膜状凝縮、また低い表面は滴状凝縮を示すことを明らかにし、マクロ計測値である接触角をマイクロ計測値である表面付着力と相関づけることが可能であることを示した<sup>\*\*01</sup>。また、RIE 装置を利用し、表面にマイクロメートルオーダーの溝を持つ冷却面を製作し、これらを用いた凝縮実験並びに表面性状計測を行った。その結果、5 $\mu$ m～10 $\mu$ m サイズの微細加工面では、滴状凝縮とならず膜状凝縮となってしまったこと、ただし、高い接触角の表面は実現でき、微細加工面の溝に気相を保持できれば、滴状凝縮の形成が期待できることを示した。

【テーマ 4.1】本研究は、マイクロ加工技術を利用して、昆虫などの生物の表面を模擬した微細構造表面を製作し、生物の機能を再現したロボットを開発することにより、表面の構造と機能の関係を明らかにすることを目的としている。特に、表面張力による水面移動、羽ばたき翼による飛翔に着目した。水面移動では、撥水性の脚の製作と水面における支持力、推進力の測定を行い、水面移動の原理とロボットの設計指針を示した<sup>\*1</sup>。また羽ばたき飛翔については、翅の微細構造と変形挙動が飛翔に及ぼす影響を明らかにし<sup>\*\*18</sup> 自立的に垂直上昇および水平飛翔を行う羽ばたき飛翔体を開発した。

<優れた成果が上がった点>

【テーマ 1.1】テーマ内での電気系と化学系研究者の連携を通じて、ウェットプロセスで作製した GaAs ナノワイヤトランジスタが CNT に匹敵する特性を示すことを確認し、国際会議および国際誌に論文出版した<sup>\*12,\*23</sup>。また特許の共同出願を行った。ポーラスアルミナあるいは半導体表面の構造制御等の研究に関して計 42 件の論文(内、10 件の依頼解説論文)を出版し、国際会議で 5 件、国内会議で 11 件の受賞を得ており、国内外の会議での招待講演も多く、国際的に高い評価を受けた。また本研究で課程の博士(工学)の学位取得者を出した

<sup>\*30,\*34</sup>

【テーマ 1.2】相分離構造やフィルター表面処理などの材料設計技術と混練手順やスクリュ形状などの成形加工技術を組み合わせて材料内部の微細構造を制御することで低摩擦係数と高い耐摩耗性を両立させた高分子トライボマテリアルを開発できた<sup>\*1\*17</sup>。また、フェムト秒レーザー加工による表面微細構造付与によるトライボロジー特性を制御できることを明らかにした<sup>\*7\*15</sup>。さらには、高分子材料表面から表面開始制御ラジカル重合反応を行う手法を確立し、ポリイミドや高分子ゲル表面にポリマーを高密度にグラフトすることが可能となった。シリコーン樹脂により作成したマイクロメートルサイズの微細リンクル構造表面に親水性ポリマーブラシを付与すると、リンクルに対して垂直方向の潤滑が向上することが明らかとなった。さらに、親

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

水性ポリマーブラシ固定化シリカ微粒子を水中に分散させると、摩擦低減効果が現れることを初めて明らかにした。

【テーマ 1.3】本テーマで中国から博士課程の短期留学生を受け入れ、EWOD 技術の精密傾斜ステージへの応用に関する研究成果をあげ、AIP Advances に論文を投稿した<sup>\*1</sup>。

【テーマ 1.4】永久磁石に対する形状加工と磁気パターンニングでは、磁石形状が加工の進行とともに変化し、さらに磁石内部温度が上昇すると、磁石自身の磁界により磁気モーメントが影響を受けて表面磁束密度が変化するメカニズムが明らかとなった<sup>\*3</sup>。このとき、磁石内部温度は放電条件を元に熱伝導解析することでほぼ予測できるようになり、表面磁束密度変化の推定に目処が立った。

マイクロバブル混入放電加工では、油加工液と純水加工液を用いて加工面の表面性状を詳細に観察することにより、加工面凹凸の歪度を表すスキューネス $R_{sk}$ に変化が現れることが明らかとなった<sup>\*5</sup>。他のパラメータは大きな変化を与えることなく、 $R_{sk}$ のみを制御できる可能性が見いだされた。 $R_{sk}$ の値をプラス0.5程度以上にねらうことが可能であれば、金型の離型性向上が知られており、新たな手法として注目される。

【テーマ 2.1】細胞の組織化や分別のための細胞応答に影響を与える機械的な各パラメータをマトリクス的にとらえ、それぞれのターゲットに対する閾値の見極めという点で、以下のような成果が得られた。

- (1) サブマイクロメートルの表面凹凸の加工手法を確立し、細胞の配向・組織化制御への閾値を見出した。<sup>\*7\*13\*14</sup>
- (2) 1マイクロメートルから 10 マイクロメートルのスリットの設計加工方法を確立し、スリットを通過する細胞の挙動の観察から細胞の種別・性質による分別への応用を実験的に示した。<sup>\*6\*11</sup>
- (3) 細胞の種類による、マイクロ溝上での細胞の挙動(変形・移動)の違いを見出した。
- (4) 流路壁面に設けたマイクロ溝への捕捉による細胞種の分別方法を見出した。<sup>\*12</sup>
- (5) 100 G 以下の適度な過重力は、筋芽細胞の筋管への分化・配向を促進することがわかった。<sup>\*3\*16</sup>
- (6) 脂肪前駆細胞は、電気パルス刺激下で、脂肪細胞へ分化することを見出した。
- (7) 各種細胞や赤血球がマイクロスリットを通過する様子を顕微鏡下で観察できるような実験システムを製作できた。<sup>\*8</sup>
- (8) 電気刺激中の細胞の挙動を観察できるような薄膜および電極からなる実験システムを製作できた。表面温度や表面の親水性と培養細胞の挙動との関連性を解明した。<sup>\*5</sup>
- (9) 壁面せん断応力が 1 Pa 程度のとき、筋芽細胞の変形が最も活発であることがわかった。<sup>\*2\*4</sup>
- (10) 回転円盤を適用したクエット流れ下細胞培養システムを設計・製作し、壁面せん断応力が 1 Pa 程度のとき、遊走が活性化することを見出した。<sup>\*1\*9</sup>
- (11) 適度な強度の 1 MHz の機械的振動が細胞の増殖を促進することがわかった。<sup>\*10</sup>
- (12) チタン製マイクロコイルばね上で、筋芽細胞を培養し、電気刺激が細胞の増殖・分化に与える効果を観察できた。

【テーマ 2.2】フェムト秒レーザー装置を用いて、チタン表面にナノレベルの周期的溝構造を有するナノ基盤を作成した。この基盤上で関節包由来の間葉系幹細胞を培養し、基質を生成させてナノ基板 SAT を創成した<sup>\*13</sup>。これとは別に、タイプ I コラーゲン溶液をインキュベートしてコラーゲンの線維形成を促し、遠心分離にかけて圧縮させた。この線維上で幹細胞を培養し、ナノ線維 SAT を生成した<sup>\*17</sup>。両材料とも SAT に比べ線維密度と配向性が高く、破断強度と剛性が増大した<sup>\*13, \*17</sup>。ナノ基盤 SAT およびナノ線維 SAT を用いて、家兔の軟骨修復実験及び膝蓋腱修復実験を行った。その結果、軟骨修復組織は正常軟骨には及ばないものの摩擦係数が低値を示し、個体間のバラツキも少ないこと、およびナノ線維 SAT により腱が良好

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

に修復されることが分かった<sup>\*12, \*18</sup>.

ナノ線維 SAT をさらに発展させるべく、タイプ I コラーゲン線維溶液内に間葉系幹細胞を混入させ、インキュベートと遠心分離を行い、コラーゲン線維と幹細胞が一体となった最密充填ナノ線維 SAT (CPC-SAT) を生成した<sup>\*\*12, \*\*13</sup>。上記の2つ SAT に比べ、コラーゲン線維構造が生体内コラーゲンに近く、タイプ I コラーゲンなどの基質生成が有意に高いことが分かった<sup>\*\*12</sup>。

<sup>\*\*13</sup>。現在、CPC-SAT を用いた軟骨修復実験を計画中である。

【テーマ 2.3】生体物質や細胞表面との界面であるバイオナノインターフェースを足場材料(下地基板)の観点から高度に設計・制御し、基板表面のナノ構造が生体材料との相互作用に影響を及ぼす重要因子であることを複数の事例で確認した\*。医療用金属材料として注目されるマグネシウムの表面処理を含む同研究テーマに関する発表において 6 件の賞を受賞した\*。

【テーマ 3.1】陸上スポーツにおいては腕の影響でスポーツウェアの素材、縫目の空気抵抗の違いはそれほどないが、排熱性能には通気性が重要であり、ニット編みの素材が良い。

【テーマ 3.2】シンセティックジェットを利用したマイクロ推進体の基礎的研究として自由噴流の噴流構造と推力(圧力)特性を、時間平均噴流速度に基づくレイノルズ数と無次元ストロークで整理した\*。さらに自走式カプセル内視鏡モデルでシンセティックジェットの出入口を出口と入口に分離し、下流での流れ場、性能曲線について明らかにした\*。また、固体壁面条件を考慮したシンセティックジェットのコアンダ効果についても検討し\*。流体力評価についてはポンプ・ファン性能として評価すべく研究を展開し、性能曲線と無次元ストロークとの関係を示した\*。最終年度は推進体の姿勢制御に関連し、振動数により制御するジェットベクタリング方法を提案した\*。

【テーマ 3.3】表面の濡れ性は接触角の大小で評価してきたが、測定手法や吸着物質の影響を受けやすい。この接触角の評価を原子間顕微鏡による表面付着力を通して定量化した。

<sup>\*\*01</sup>

【テーマ 4.1】表面張力を利用した水面移動の原理を解明し、その原理に基づく水面移動ロボットを開発した\*<sup>1</sup>。この成果を投稿した論文\*<sup>1</sup>が優秀講演論文表彰を受賞した。

【テーマ 4.2】本研究は、液滴マニピュレータの濡れ・付着機能と入力インターフェースの動特性に着目し、作業効率の高いマイクロマニピュレーションシステムの開発を目的として、任意の場所の微細物を自由に姿勢変化させ半自動でハンドリングおよびプレースを可能とする機構の設計・製作を行った\*。また、マニピュレータに利用するキャピラリの引き上げ速度と、作業を行う床面に作成した微細パターンをもちいて液架橋力と凝着力の制御を行い、その有効性を確認した\*。床面の微細パターンの作成方法は、フェムト秒レーザをもちいた 2.5 次元の表面パターンだけではなく、3D プリンタをもちいた 3 次元的なパターンを生成することで、アクティブに床面特性の評価を可能とする手法\*を提案した。

<課題となった点>

【テーマ 1.1】電気系と化学系の研究者の共同研究の為、論文作成時に視点の違いを相互理解する為の時間を要したが、結果的にはより発展的な成果となった。

【テーマ 1.3】表面の濡れ性は汚染等により劣化しやすいため、耐久性の向上および表面機能の維持が課題となる。

【テーマ 1.4】マイクロバブル混入放電加工において、各種混入ガスを変化させることで加工面への機能性薄膜の生成を目指したが、もっとも反応性が良いと考えられたチタン板を用いた窒素ガスマイクロバブル混入においても、通常加工との違いを見いだすことができなかった。マイクロバブル混入方法および放電条件のさらなる検討が必要と思われる。

【テーマ 2.1】細胞実験では受動的な応答と能動的な応答が複合しており、さらに、その特性は、細胞腫のみならず、個体ごとのばらつき・時間的変動を伴うため、結果の見極めが容易

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

ではない。工学的なモデルの構築と、実験条件の明確化によって、統計のみに頼らない研究方法の開発を展開することが重要であった。

【テーマ 2.2】 ナノ基板 SAT は基板からの金属溶出が SAT に悪影響を及ぼすことが懸念された。ナノ線維 SAT および CPC-SAT については特段の課題は見つかっていない。

【テーマ 2.3】 プロジェクトを開始した当初は、テーマ間での連携が活発でない状態もあったが、研究会での活発な議論等を行った結果、テーマ間での連携が密になり、研究計画に沿って研究遂行が行なえるようになったと同時に、新たな研究の方向性が展開できた。

【テーマ 3.1】 素材の表面の流れ、通気性の確認、異なる厚さ、繊維密度等の比較が未実施。

【テーマ 3.2】 空間を時間特性で制御することを試み、概ね予定通りの成果を挙げることができた。ただし、物体表面の凹凸を用いた場合に可能となる制御領域は小さく、実用上は問題が残る。

【テーマ 3.3】 MEMS 技術を利用した  $5\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$  サイズの微細加工面を作製し、高い接触角の表面は実現できたが、滴状凝縮とならず膜状凝縮となってしまった。

【テーマ 4.1】 マイクロロボットの開発においては、エネルギー源とアクチュエータの小型・軽量化が課題である。

【テーマ 4.2】 本研究の課題は、液架橋力をもちいた把持をおこなった場合、対象物の形状に影響される把持することが可能であるが、マニピュレータからの着脱が困難であった。本研究では、操作対象物への影響を少なくするという視点で、作業面およびマニピュレータの表面特性に着目したが、形状生成に基づく面特性だけでは十分な改善が得られなかった。そのため、最終的には、3D プリンタをもちいた立体構造と外部供給される流体の制御によりそれらの課題について解決することが可能になった。

#### <自己評価の実施結果と対応状況>

【各テーマ共通】 各年度の報告書作成時に、当該年度の目標達成度の確認と次年度目標設定を行い、研究を推進した。また、得られた結果に対して FMS 研究会や学会発表等で他の研究者と討論を行い、問題点の早期把握、研究計画の見直しなどを図ってきた。その結果、プロジェクト全体を通して多くの研究成果が得られ、5 年間で査読付き論文 147 件、特許 22 件、著書 20 件、展示会への出展 10 件、FMS 研究者の受賞 10 件などの業績が得られた。また、学生の育成にも力を注ぎ、指導学生の受賞は 50 件に達した。

【テーマ 2.1】 「今まで、ほとんどの研究が定性的で、定量的な成果は得られておらず、系統的な研究や、応用への展開が困難であった分野」に対しての、定量的な研究の挑戦であった。国内外における論文発表・類似研究グループとの討論などを通じて、パラメータをマトリクス的にとらえ、それぞれのターゲットに対する閾値の見極めということで、一定の成果が得られたと考えている。実験的な結果に対する、パラメータ間の関係において、因果関係の機構に対するモデル設定をすすめれば、細胞の組織化・細胞の分別などの細胞の制御技術の確立へと研究を展開できると考えている。

【テーマ 2.2】 ナノ基板 SAT は上記の問題があるが、ナノ線維 SAT および CPC-SAT は有用な新規バイオマテリアルであると考えられた。それぞれの最適な生成条件を探るべく基礎実験を繰り返した。

【テーマ 2.3】 得られた結果に対して定期的にテーマ担当者間で議論し、問題点の早期把握、実験条件の最適化、プロセスの見直しなど改善を図った。多くの研究成果が得られ、学会発表など学生の育成にも力を注いだ。また、代表的な研究成果に関してはインパクトファクターの高い国際誌への論文出版も達成した\*。

【テーマ 3.1】 最終的な目標に向けて、実験計画を逐次変更して最終結果を得た。

【テーマ 3.2】 限られた研究期間で一定レベルの成果が得られたと考えている。得られた成

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

果については Journal of Fluid Mechanics, ASME Journal of Fluids Engineering などで報告した。本研究で対象とした渦スケールは、乱流での渦スケールとは比べ物にならないほどの大規模渦であることから、ナノ・マイクロスケールでの表面処理による流動制御は困難であった。

【テーマ 3.3】表面の濡れ性は接触角の大小で評価してきたが、測定手法や吸着物質の影響を受けやすかった。この接触角の評価を原子間顕微鏡による表面付着力を通して定量化を可能とした。

【テーマ 4.2】主な自己評価は、精密および位置決めに関する学会発表と類似専門分野を研究する研究者からのフィードバックである。主な指摘ポイントは、精度と操作スピードである。精度に関しては、想定する対象物が数 100  $\mu$ 程度の細胞や小型部品を想定しており最終的には、200  $\mu$ 程度の部品の位置決めが精度よく可能であった。操作スピードについては、操作支援システムと作業面の液滴をアクティブに制御することで応答性の改善をおこなうことができた。

#### <外部(第三者)評価の実施結果と対応状況>

【各テーマ共通】本プロジェクトでは、著名な学外研究者2名、および学内研究者2名による外部評価委員会を構成し、毎年度末の研究報告書と研究報告会の内容を精査することにより、小テーマ単位で研究進捗状況、達成度、研究成果等の外部評価を行った。その結果は各研究者にフィードバックされるとともに、各テーマ内および運営委員会で検討され、重点研究テーマの選出、新たな共同研究の提案、研究方針・計画の修正等に生かされた。

【テーマ 2.1】細胞の成長(応答)に対して、細胞足場の形状や、物理的な刺激が及ぼす影響について、マトリックスを用いて研究を俯瞰し、その上で、系統的に、狙うべきパターンニングのターゲットサイズなど定量的な研究を進めていることが評価された。テーマごとの成果は高く評価され、テーマ全体の統一感も認めていただいたが、次のステップとして、さらに各研究テーマを超えた協力体制の構築を検討中である。また、今後の研究成果の実用化に向けては、例えば定常流に加えて拍動流についても検討をすすめたい。

【テーマ 2.2】ナノ基板 SAT, ナノ線維 SAT および CPC-SAT のいずれも高い評価を受けた。ただし、培養後の生成組織の詳細な分析が必要との指摘をいただいた。そこで SEM による構造観察、遺伝子解析を行った。

【テーマ 3.1】成果発表会の外部(第三者)評価者の意見(熱流束計測)を組み入れて、成果があった。

【テーマ 3.2】微細加工による表面機能というテーマに対する本研究の位置付けが不明瞭との指摘を頂いた。円柱表面加工での剥離制御については実施しており、2018 年度中に国際会議での成果発表を予定している。

【テーマ 3.3】外部評価委員からの評価コメントにより、今後、OTS(オクタデシルトリクロロシラン)の単分子膜を設けて疎水化、すなわち、物理化学的表面制御を検討していく。

【テーマ 4.2】外部評価委員からの評価コメントとしては、凝着力をより精密に制御するにはどのようにするのか、他の手法との有用性の比較などについてコメントがあった。微細面の形状特徴による静的な特徴ではセルフアライメントなどの限られたマニピュレーション作業のみに有効であったために、マニピュレータの引っ張り速度や角度の制御による凝着力の制御を試みたが、最終的には、3D プリンタの特性をもちいた立体構造をもつ作業表面と液滴制御で熱や静電力をもちいなくても凝着力微細制御が可能となった。他の手法との優位性については、最終の発表会などで評価委員に報告をおこなった。

#### <研究期間終了後の展望>

【テーマ 1.1】湿式プロセスによる各種基板の表面処理・加工に関する幅広い知識・技術を活

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

用し、他テーマ担当者との連携を進め、次の大型公的研究資金助成の応募につなげる。また、デバイスプロセスの一般化に向け、実用化を見据え基礎(材料設計)と応用(特性評価)の両面で新たな共同研究を進めていく。

【テーマ 1.3】 表面の微細構造に異方性をもたせることによりパッシブな液滴制御を行う。また、EWOD 技術の新たな応用分野を開拓する。

【テーマ 1.4】 マイクロバブル混入放電加工により加工面性状の制御の可能性が見いだされ、放電加工分野では新しい試みとして注目できる。放電条件、混入条件を変化させさらに知見を深める。

【テーマ 2.1】 細胞腫を基準に考えて、パターン、あるいは流れの影響について整理することで、細胞の応答のメカニズムについて、さらに踏み込んだ議論の展開が可能となる。他の研究グループと連携することにより、研究成果の応用による生体医工学技術の確立を通じての社会貢献が見込まれる。

【テーマ 2.2】 ナノ線維 SAT と CPC-SAT の最適生成条件を求めると同時に、CPC-SAT の軟骨修復実験を実施する。結果を整理し、新規バイオマテリアルの臨床応用について検討する。

【テーマ 2.3】 湿式プロセスにより作製した各種基板の特徴を活かし、他テーマ担当者とのさらなる連携を継続する。また、微細構造によって発現する表面機能に関する新たな研究領域の探索、表面工学領域における重要研究教育拠点としての研究活動のさらなる活性化を通じて公的外部資金の獲得を目指す。

【テーマ 3.1】 さらにより厳密な比較を行い原因を明らかにし、実用化したい。

【テーマ 3.2】 シンセティックジェットの特徴である渦対が千鳥配列になる条件が見つかった。これについては国内で口頭発表は行ったが、系統的に調べる時間は無かったので、今後、噴流進行方向と渦構造との関係を調べる計画を立てている。

【テーマ 3.3】 今後、OTS(オクタデシルトリクロロシラン)の単分子膜を設けて疎水化、すなわち、物理化学的表面制御を検討していく。

【テーマ 4.1】 生物規範型ロボットの性能向上とともに、生体模倣表面としての応用も視野に入れた表面機能の開発を行う。

【テーマ 4.2】 医療や部品の組み立ての現場におけるマニピュレータを設計・開発するためのシーズ技術として提案をおこなっていく。

#### <研究成果の副次的効果>

【テーマ 1.1】 本研究成果を通して、国内外の研究所や大学、企業からの研究相談、研究指導の依頼があり、複数の共同研究にも発展した。主要な特許登録・出願は下記(他、登録:11件、出願:3件)。

- ・多孔質材料の製造方法(特許登録(特許第 5611618 号))
- ・ドーピング方法、導電性構造体の製造方法、繊維状構造の製造方法、及び薄膜トランジスタの製造方法(特許出願(特願 2016-094691))

【テーマ 1.2】 開発した高分子トライボマテリアル機械しゅう動部品(歯車、軸受等)への応用が可能である。また、ポリマーブラシを付与した微粒子が潤滑向上に寄与することは当初無かった発想である。また、防汚性を発揮することも見出されており、今後の研究に応用が期待される。

【テーマ 1.3】 EWOD を利用した液滴制御技術は、微小流体デバイス、生化学分析デバイス、分注装置、可変焦点レンズレンズ、精密ステージ\*1 等への応用が可能である。

【テーマ 1.4】 永久磁石の放電加工において、磁石内部温度の計測が必要となりその手法の確立ができた。金型に用いられる鋼材への加工が一般的な放電加工において、加工中の内部温度計測は実測では少なく、今後は一般的な放電加工中の材料内部温度計測を行い、加

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

工速度, 加工面性状などの放電加工特性と突き合わせた評価が期待できる.

【テーマ 2.1】培養細胞の挙動を制御する力学的刺激方法がわかれば, 再生医療における細胞の組織化の加速技術に寄与する. また, マイクロ加工技術により細胞の組織化培養プレート表面設計・加工技術が確立され, 細胞の種別・特性に基づく選別法に応用される.

【テーマ 2.2】当初はナノ基板 SAT についてのみ研究を行う予定であったが, 研究期間途中でフェムト秒レーザー装置が故障したため, ナノ線維 SAT と CPC-SAT の開発にシフトせざるを得なかった. ところが, これらのコラーゲン線維を用いた新規材料の特性が素晴らしく, 結果的には, ナノ基板 SAT に比べてより良質で臨床応用に近い材料開発を行うことができた.

【テーマ 2.3】プラズマ電解酸化による皮膜形成方法及び金属材料(特許出願(特願 2013-213921))\* , 皮膜形成方法(特許出願(特願 2017-160412))\*

【テーマ 3.1】高機能ウェアを着ることでスポーツ記録の向上が望める.

【テーマ 3.2】シンセティックジェットは流体制御分野での応用が実用化段階に入っており, 3.2 で得られた成果はマイクロ推進体だけでなく, 様々な流体機械開発などに応用可能である.

【テーマ 3.3】物理化学的表面制御による滴状凝縮の実現化の研究は未だ報告されてなく, 今後期待されるテーマと考える.

【テーマ 4.1】生物機能を工学的に解明することにより, 生体を模倣した低環境負荷の新材料や新機能部品の開発につながる.

【テーマ 4.2】2015 年度は米国 Stanford 大学の Visiting Associate Professor も兼任し, Biomimetics and Dexterous Manipulation Lab において, FMS プロジェクトの研究紹介\*および関連研究の情報交換などを行った. Stanford 大学の産学連携の仕組みを参考にすることによって, より本研究テーマの幅広い応用先を広げていくことができた.

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- (1) マイクロ・ナノ加工                      (2) 機能表面                      (3) 微細構造  
(4) 機能性材料                      (5) 細胞培養                      (6) 濡れ性  
(7) MEMS                      (8) マイクロ熱流体

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

### 13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには\*を付すこと。

#### <雑誌論文>

##### 1.1

- 1) Hashimoto H., Shigehara Y., Ono S. and Asoh H., Heat-Induced Structural Transformations of Anodic Porous Alumina Formed in Phosphoric Acid, *Microporous & Mesoporous Materials*, **265**, 2018, pp.77-83
- 2) Hashimoto H., Kojima S., Sasaki T. and Asoh H.,  $\alpha$ -Alumina Membrane Having a Hierarchical Structure of Straight Macropores and Mesopores Inside the Pore Wall, *J. Eur. Ceram. Soc.*, **38**, 2018, pp.1836-1840
- 3) Ishino M., Hashimoto H. and Asoh H., Effect of Cathodic Current on the Structural Features of Oxide Films formed by AC anodization of Aluminum, *Journal of The Electrochemical Society*, **164**, 2017, pp.C939-C944
- 4) Asoh H., Imai R. and Hashimoto H., Au capped GaAs nanopillar arrays fabricated by metal-assisted chemical etching, *Nanoscale Research Letters*, **12**, 2017, p.444
- 5) Hashimoto H., Yazawa K., Asoh H. and Ono S., NMR Spectroscopic Analysis of the Local Structure of Porous-Type Amorphous Alumina Prepared by Anodization, *The Journal of Physical Chemistry C*, **121**, 2017, pp.12300-12307
- 6) \*Ono S. and Masuko N., Effect of Electric Field Strength on Cell Morphology and Anion Incorporation of Anodic Porous Alumina, *ECS Transactions*, **75**, (27), 2017, pp.23-31
- 7) S. Aikawa, S. Kim, T. Thurakitserree, E. Einarsson, T. Inoue, S. Chiashi, K. Tsukagoshi, S. Maruyama, Carrier polarity engineering in carbon nanotube field-effect transistors by induced charges in polymer insulator, *Applied Physics Letters*, **112**, 013501 (2018).
- 8) 相川, 有機 EL ディスプレイの効率化に向けた Si ドープ透明電極材料開発の試み, *コンバーテック*, **536**, pp.95-98 (2017).
- 9) S. Aikawa, Effect of Ti doping to maintain structural disorder in InOx-based thin-film transistors fabricated by RF magnetron sputtering, *3D Research*, **8**, 35 (2017).
- 10) Asoh H., Ishino M. and Hashimoto H., Indirect oxidation of aluminum under an AC electric field, *RSC Advances*, **6**, 2016, pp. 90318-90321
- 11) T. Kizu, S. Aikawa, T. Nabatame, A. Fujiwara, K. Ito, M. Takahashi, K. Tsukagoshi, Homogeneous double-layer amorphous Si-doped indium oxide thin-film transistors for control of turn-on voltage, *Journal of Applied Physics*, **120**, 045702 (2016).
- 12) \*Aikawa S., Yamada K., Asoh H. and Ono S., Gate modulation of anodically etched gallium arsenide nanowire random network, *Japanese Journal of Applied Physics*, **55**, 06GJ06 (2016).
- 13) Asoh H. and Ono S., Ordered nanoporous alumina membrane with high chemical resistance prepared by anodizing and heat treatment, *Proceedings of Twenty Fourth International Symposium on Processing and Fabrication of Advanced Materials (PFAM24)*, 2015, pp.780-787
- 14) \*Asoh H., Suzuki Y. and Ono S., Metal-Assisted Chemical Etching of GaAs Using Au Catalyst Deposited on the Backside of a Substrate, *Electrochimica Acta*, **183**, 2015, pp.8-14
- 15) \*Asoh H., Masuda T. and Ono S., Nanoporous  $\alpha$ -Alumina Membranes with Pore Diameters Tunable over Wide Range of 30-350 nm, *ECS Transactions*, **69** (2), 2015, pp.225-233
- 16) \*小野, 阿相, 自己組織化構造を用いたシリコンのナノ・マイクロファブリケーション(II)—金属触媒エッチングによるシリコンのパターニング—, *金属*, **85** (10), 2015, pp.824-830
- 17) \*小野, 阿相, 自己組織化構造を用いたシリコンのナノ・マイクロファブリケーション(I)—アノード酸化皮膜およびコロイド結晶を利用したシリコンの微細加工—, *金属*, **85** (9), 2015, pp.722-730
- 18) 世利, 小野, 春名, 阿相, 西本, 先端アルミニウム材料創製のための電気化学からのアプローチ, *軽金属*, **65** (9), 2015, pp.416-424
- 19) 小野, シリーズ/表面技術の歩み44 “アルマイトの歩み (22) アルマイト微細構造研究の歩み (2)”, *表面技術*, **66** (8), 2015, pp.364-371.
- 20) 小野, シリーズ/表面技術の歩み44 “アルマイトの歩み (21) アルマイト微細構造研究の歩み (1)”, *表面技術*, **66** (7), 2015, pp.313-319.
- 21) \*小野, 阿相, 自己組織化構造を用いた化合物半導体のナノ・マイクロファブリケーション(II)—結晶異方性を利用した湿式エッチングによる GaAs の微細加工—, *金属*, **85** (6), 2015, pp.461-467

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 22) \*小野, 阿相, 自己組織化構造を用いた化合物半導体のナノ・マイクロファブリケーション(I) —自己組織化構造のナノテクノロジーへの応用と InP の微細加工—, 金属, 85 (5), 2015, pp.369-374
- 23) \*S. Aikawa, K. Yamada, H. Asoh, H. Hashimoto, Y.-I. Kim, E. Nishikawa, S. Ono, Electrical and Structural Characterization of Anodically Etched GaAs Nanowires Towards Functional Electronic Devices, 2015 International Microprocesses and Nanotechnology Conference Digest Papers, 12P-7-122L (2015).
- 24) K. Kurishima, T. Nabatame, M. Shimizu, N. Mitoma, T. Kizu, S. Aikawa, K. Tsukagoshi, A. Ohi, T. Chikyow, A. Ogura, Influence of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> layer insertion on the electrical properties of Ga-In-Zn-O thin-film transistors, *J. Vac. Sci. Technol., A* **33**, 061506 (2015).
- 25) S. Aikawa, N. Mitoma, T. Kizu, T. Nabatame, K. Tsukagoshi, Suppression of excess oxygen for environmentally stable amorphous In-Si-O thin-film transistors, *Appl. Phys. Lett.* **106**, 192103 (2015).
- 26) S. Kim, P. Zhao, S. Aikawa, E. Einarsson, S. Chiashi, S. Maruyama, Highly Stable and Tunable n-Type Graphene Field-Effect Transistors with Polyvinyl Alcohol Films, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **7**, 9702-9708 (2015).
- 27) M. Yamamoto, S. Dutta, S. Aikawa, S. Nakaharai, K. Wakabayashi, M. S. Fuhrer, K. Ueno, K. Tsukagoshi, Self-Limiting Layer-by-Layer Oxidation of Atomically Thin WSe<sub>2</sub>, *Nano Lett.* **15**, 2067-2073 (2015).
- 28) N. Mitoma, S. Aikawa, W. Ou-Yang, X. Gao, T. Kizu, M.-F. Lin, A. Fujiwara, T. Nabatame, K. Tsukagoshi, Dopant selection for control of charge carrier density and mobility in amorphous indium oxide thin-film transistors: Comparison between Si- and W-dopants, *Appl. Phys. Lett.* **106**, 042106 (2015).
- 29) M.-F. Lin, X. Gao, N. Mitoma, T. Kizu, W. Ou-Yang, S. Aikawa, T. Nabatame, K. Tsukagoshi, Reduction of the interfacial trap density of indium-oxide thin film transistors by incorporation of hafnium and annealing process, *AIP Adv.* **5**, 017116 (2015).
- 30) \*Masuda T., Asoh H., Haraguchi S. and Ono S., Fabrication and characterization of single phase  $\alpha$ -alumina membrane with tunable pore diameters, *Materials*, **8**, 2015, pp.1350-1368
- 31) \*Asoh H., Kotaka S. and Ono S., High-Aspect-Ratio Vertically Aligned GaAs Nanowires Fabricated by Anodic Etching, *Materials Research Express*, **1** (4), 2014, p.045002
- 32) 阿相, 小野, アルマイトの機能化を支える基盤技術, 表面技術, **65** (9), 2014, pp.406-413
- 33) 小野, 電子顕微鏡で見るアルミニウムポーラスアノード酸化皮膜のかたちの魅力, 軽金属, **64** (7), 2014, pp.348-352
- 34) \*増田, 阿相, 原口, 小野, アノード酸化と熱処理により作製したナノポーラス  $\alpha$ -アルミナメンブレン, *Electrochemistry*, **82** (6), 2014, pp.448-455
- 35) \*Ono S., Nakamura M., Masuda T. and Asoh H., Fabrication of Nanoporous Crystalline Alumina Membrane by Anodization of Aluminum, *Materials Science Forum*, **783-786**, 2014, pp.1470-1475
- 36) \*小野, 阿相, アノード酸化ポーラスアルミナ皮膜を用いたシリコンのナノ構造制御, 表面技術, **65** (1), 2014, pp.18-23
- 37) X. Gao, S. Aikawa, N. Mitoma, M.-F. Lin, T. Kizu, T. Nabatame, K. Tsukagoshi, Self-formed copper oxide contact interlayer for high-performance oxide thin film transistors, *Appl. Phys. Lett.* **105**, 023503 (2014).
- 38) \*Asoh H., Fujihara K., and Ono S., Sub-100-nm Ordered Silicon Hole Arrays by Metal-Assisted Chemical Etching, *Nanoscale Research Letters*, **8**, 2013, p.410/1- 410/8
- 39) Sato Y., Asoh H., and Ono S., Effects of Electrolyte Species and Their Combination on Film Structures and Dielectric Properties of Crystalline Anodic Alumina Films Formed by Two-step Anodization, *Materials Transactions*, **54** (10), 2013, pp.1993-1999
- 40) \*Ono S., Kotaka S., and Asoh H., Fabrication and structure modulation of high-aspect-ratio porous GaAs through anisotropic chemical etching, anodic etching, and anodic oxidation, *Electrochimica Acta*, **110**, 2013, pp.393-401
- 41) Rashidi F., Masuda T., Asoh H., and Ono S., Metallographic Effects of Pure Aluminum on Properties of Nanoporous Anodic Alumina (NPAA), *Surface and Interface Analysis*, **45** (10), 2013, pp.1490-1496
- 42) Tateishi K., Ogino H., Waki A., Oishi T., Murakami M., Asoh H., and Ono S., Anodization Behavior of Aluminum in Ionic Liquids with a Small Amount of Water, *Electrochemistry*, **81** (6), 2013, pp.440-447

## 1.2

- 1) \*Nishitani Y., Kajiyama T., Yamanaka T., Effect of Silane Coupling Agent on Tribological Properties of Hemp Fiber-Reinforced Plant-Derived Polyamide 1010 Biomass Composites, *Materials*, **10** (9), 2017, 1040 (pp.1-20)

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 2) Higaki Y., Kobayashi M., T. Hirai, and Takahara A., Direct polymer brush grafting to polymer fibers and films by surface-initiated polymerization, Polym. J., 50, 2017, pp.101-108.
- 3) Hirai T., Kobayashi M., and Takahara A., Control of Primary and Secondary Structure of Polymer Brushes by Surface-initiated Living/ Controlled Polymerization, Polym. Chem., 8, 2017, pp.5456-5468.
- 4) \*Yoshioka H., Izumi C., Shida M., Yamaguchi K., and Kobayashi M., Repeatable adhesion by proton donor-acceptor interaction of polymer brushes, Polymser, 119, 2017, pp. 167-175.
- 5) 西谷, 荷見, 向田, 梶山, 山中, 北野, 麻繊維強化植物由来ポリアミド 1010 バイオマス複合材料のトライボロジー的性質, 材料技術, 35, 2017, pp.9-17
- 6) Nishitani Y., Hasumi M., and Kitano T., Effect of processing sequence on the dynamic viscoelastic properties of ternary biomass composites (Hemp fiber/PA1010/PA11E) in the molten state, AIP Conference Proceedings, 1779, 2016, 060004, pp.1-5
- 7) \*Nakamura K., Nishitani Y., and Kitano T., Fabrication of micro-structured surface of plants-derived polyamide using femtosecond laser and their frictional properties, AIP Conference Proceedings, 1779, 2016, 040002, pp.1-5
- 8) Mukaida J., Nishitani Y., Yamanaka T., Kajiyama T., and Kitano T., Influence of types of alkali treatment on the mechanical properties of hemp fiber reinforced polyamide 1010 composites, AIP Conference Proceedings, 1779, 2016, 060005, pp.1-5
- 9) Mikawa K., Hoshikawa A., Nishitani Y., Shimizu T., Thakahashi E., and Kitano T., Influence of nut shell powder content on the tribological properties of recycled polyolefin composites, AIP Conference Proceedings, 1779, 2016, 140003, pp.1-5
- 10) Nishitani Y., Mukaida J., Yamanaka T., Kajiyama T. and Kitano T., Thermal properties of hemp fiber filled polyamide 1010 biomass composites and the blend of these composites and polyamide 11 elastomer, AIP Conference Proceedings, 1713, 2016, 120007, pp.1-5
- 11) \*Osada Y., Nishitani Y., and Kitano T., Influence of processing sequence on the tribological properties of VGCF-X/PA6/SEBS composites, AIP Conference Proceedings, 1713, 2016, 120009, pp.1-5
- 12) Itagaki K., Nishitani Y., Kitano T., and Eguchi K., Tribological properties of nanosized calcium carbonate filled polyamide 66 nanocomposites, AIP Conference Proceedings, 1713, 2016, 090003, pp.1-5
- 13) Kobayashi M., Kaido M., Suzuki A., and Takahara A., Tribological Properties of Cross-linked Oleophilic Polymer Brushes on Diamond-Like Carbon Films, Polymer, 89, 2016, pp.128-134.
- 14) Kobayashi M., Higaki Y., Kimura T., Boschet F., Takahara A., and Ameduri B., Direct Surface Modification of Poly(VDF-co-TrFE) Films by Surface-initiated ATRP without Pretreatment, RSC Advances, 6, 2016, pp.86373-86384.
- 15) \*西谷, 中村, 北野, フェムト秒レーザーを用いた金属相手材の表面微細構造に対する PTFE および POM の摩擦特性, 材料試験技術, 61, 2016, pp.12-20
- 16) \*向田, 西谷, 山中, 梶山, 北野, 3 成分系植物由来複合材料 (麻繊維/ポリアミド 1010/TPE) の機械的およびトライボロジー的性質に及ぼす植物由来 TPE の種類の影響, 材料試験技術, 61, 2016, pp.3-11
- 17) \*西谷, 佐野, 竹中, 北野, 3 成分系複合材料 (VGCF/PA6/SEBS-g-MA) の機械的およびトライボロジー的性質に及ぼす混練手順の影響, 材料試験技術, 60, 2015, pp.164-171
- 18) Nishitani Y., Hasumi M., and Kitano T., Influence of silane coupling agents on the rheological behavior of hemp fiber filled polyamide 1010 biomass composites in molten state, AIP Conference Proceedings, 1664, 2015, 060007, pp.1-6
- 19) Mukaida J., Nishitani Y., and Kitano T., I Effect of addition of plants-derived polyamide 11 elastomer on the mechanical and tribological properties of hemp fiber reinforced polyamide 1010 composites, AIP Conference Proceedings, 1664, 2015, 060008, pp.1-5
- 20) Takenaka Y., Nishitani Y., and Kitano T., Tribological properties of PTFE filled plants-derived semi-aromatic polyamide (PA10T) and GF reinforced PTFE/PA10T composites, AIP Conference Proceedings, 1664, 2015, 060009, pp.1-5
- 21) \*Kobayashi M., Kaido M., Suzuki A., Takahara A., Tribological Properties of Cross-linked Oleophilic Polymer Brushes on Diamond-Like Carbon Films, Polymer, 86 (2016) 128-134.

### 1.3

- 1) \*Tan X., Tao Z., Suzuki K. and Li H., Optimization and limit of a tilt manipulation stage based on the electrowetting-on-dielectric principle, AIP Advances 7, 125212, 2017, pp.1-13.
- 2) \*Fujie H., Oya K., Tani Y., Suzuki K., and Nakamura N., Stem Cell- Based Self-Assembled Tissue Cultured on a Nano-Periodic-Structured Surface Patterned Using Femtosecond Laser Processing, International Journal of Automation Technology, 10(1), 2016, pp. 55-61.

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 3) 高信, 大久保男, 鈴木, 三浦, 楨, 宮崎, 丹澤, 高本, 高西, 歯科患者ロボットにおける呼吸機能と口腔内温湿度, 日本咀嚼学会雑誌, (25)1 2015, pp.2-7.

#### 1.4

- 1) Hideki Takezawa, Naoki Hirakawaa and Naotake Mohrib Surface Magnetic Flux Density Patterning in EDM of Permanent Magnets, Procedia CIRP, Volume42, 2016, pp.668-672.
- 2) Hideki Takezawa, Nobuhiro Yokote and Naotake Mohri, Influence of external magnetic field on permanent magnet by EDM, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, DOI 10.1007/s00170-015-8187-7(2015)
- 3) \*Hideki TAKEZAWA, Nobuhiro YOKOTE, Naotake MOHRI, External Magnetic Field Control during EDM of a Permanent Magnet\*, Advanced Materials Research, Vol.1017, pp.806-811(2014)
- 4) Koichi NISHIBE, Tamio FUJIWARA, Hiroshi OHUE, Hideki TAKEZAWA, Kotaro SATO and Kazuhiko YOKOTA, Synthetic jet actuator using bubbles produced by electric discharge, Journal of Fluid Science and Technology, Vol. 9 (2014) No. 3 p. JFST0033
- 5) \*Takezawa H., Suzuki K., Mohri N., Characteristics of Electrical Discharge Machining in a Working fluid mixed with Micro-bubbles\*, Key Engineering Materials, Vol.625, pp.554-558(2014)
- 6) NISHIBE K., FUJIWARA T., OHUE H., TAKEZAWA H., SATO K. and YOKOTA K., Synthetic jet actuator using bubbles produced by electric discharge, Journal of Fluid Science and Technology, Vol. 9 (2014) No. 3 p. JFST0033
- 7) 武沢, 市村, 毛利, ネオジム磁石の放電加工に関する研究 (第 1 報) - 放電条件による表面磁束密度の変化と磁石内部温度の関係 -, 電気加工学会誌, Vol.48, No.118, pp.100-107(2014)
- 8) Hideki Takezawa, Tadashi Asano, Naotake Mohri, Influence of gap phenomenon on various kinds of powder suspended EDM, International Journal of Automation Technology, Vol.7, No.4, 2013, pp.419-425
- 9) Hideki TAKEZAWA, Yoshihiro ICHIMURA, Nobuhiro YOKOTE, Naotake MOHRI, Change in Surface Magnetic Flux Density in EDM of Permanent Magnets, Procedia CIRP, Volume 6, 2013, pp.112-116

#### 2.1

- 1) \*日野 遥, 杉本 大己, 高橋 優輔, 橋本 成広, セン断応力が筋芽細胞の配向・遊走挙動に及ぼす影響, 日本機械学会論文集, 84(858), 2018, pp. 1-11.
- 2) \*日野 遥, 杉本 大己, 篠崎 祐輔, 高橋 優輔, 橋本 成広, マイクロパターン上の培養筋芽細胞に対する流れ刺激の影響, 日本機械学会論文集, 84(858), 2018, pp. 1-11.
- 3) \*日野 遥, 田村 卓也, 杉本 大己, 高橋 優輔, 橋本 成広, 過重力環境での培養が筋芽細胞の形状に与える影響, 日本機械学会論文集, 84(858), 2018, pp. 1-8.
- 4) \*Haruka Hino, Shigehiro Hashimoto, Yusuke Shinozaki, Hiromi Sugimoto, Yusuke Takahashi, Effect of Flow on Cultured Cell at Micro-pattern of Ridge Lines, Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, Vol. 15(5), 2017, pp. 1-7.
- 5) \*Yusuke Takahashi, Shigehiro Hashimoto, Kenta Sugimoto, Daiki Watanabe, Haruka Hino, Measurement of Contractile Force of Myotube on Scaffold of Thin Film with Micro-pattern-markers by Electric Stimulation, Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, Vol. 15(4), 2017, pp. 1-8.
- 6) \*高橋優輔, 吾妻 樹, 溝井篤志, 日野 遥, 橋本 成広, マイクロ円柱パターンの隙間によるがん細胞の捕捉, 日本機械学会論文集, 83(854), 2017, pp. 1-16.
- 7) \*高橋優輔, 杉本健太, 日野 遥, 橋本 成広, マイクロ市松パターンが筋芽細胞の配向に与える影響, 日本機械学会論文集, 83(854), 2017, pp. 1-10.
- 8) \*Yusuke Takahashi, Shigehiro Hashimoto, Atsushi Mizoi, Haruka Hino, Deformation of Cell Passing through Micro Slit between Micro Ridges Fabricated by Photolithography Technique, Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, Vol. 15(3), 2017, pp. 1-9.
- 9) \*Haruka Hino, Shigehiro Hashimoto, Yusuke Takahashi, Masashi Ochiai, Effect of Shear Stress in Flow on Cultured Cell: Using Rotating Disk at Microscope, Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, Vol. 14(4), 2016, pp. 6-12.
- 10) \*Haruka Hino, Shigehiro Hashimoto, Yusuke Takahashi, Hiroaki Nakajima, Effect of Ultrasonic Vibration on Proliferation and Differentiation of Cells, Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, Vol. 14(6), 2016, pp. 1-7.
- 11) \*Yusuke Takahashi, Shigehiro Hashimoto, Haruka Hino, Tatsuki Azuma, Design of Slit between Micro Cylindrical Pillars for Cell Sorting, Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, Vol. 14(6), 2016, pp. 8-14.
- 12) \*Takahashi Y., Hashimoto S., Hino H., Mizoi A., and Noguchi N., Micro groove for trapping of flowing

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

cell, Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, 2015, Vol. 13(3), pp. 1-8.

- 13) \*Hino H., Hashimoto S., Nishino S., Nakajima H., Takahashi Y., and Sugimoto H., Behavior of cell on vibrating micro ridges, Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, Vol. 13(3), 2015, pp. 9-16.
- 14) \*Hino H., Hashimoto S., and Sato F., Effect of micro ridges on orientation of cultured cell, Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, Vol. 12(3), 2014, pp. 47-53.
- 15) Hashimoto S., Detect of sublethal damage with cyclic deformation of erythrocyte in shear flow, Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, Vol. 12(3), 2014, pp. 41-46.
- 16) \*Hashimoto S., Hino H., and Iwagawa T., Effect of excess gravitational force on cultured myotubes in vitro, Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, Vol. 11(3), 2013, pp. 50-57.
- 17) Hashimoto S., and Tachibana K., Effect of magnetic field on adhesion of muscle cells to culture plate, Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, Vol. 11(4), 2013, pp. 7-12.
- 18) Hashimoto S., Toda M., Mizobuchi M., and Kuromitsu T., Simulation of cell group formation regulated by coordination number, cell cycle and duplication frequency, Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, Vol. 11(4), 2013, pp. 29-33.

## 2.2

- 1) 山崎雅史, 三好洋美, 大家 溪, 小泉宏太, 中村憲正, 藤江裕道, 静的圧縮荷重下で作製した幹細胞自己生成組織の引張特性, 材料の科学と工学, 2018; 55(1): in press.
- 2) 橋本直哉, 鎗光清道, 森下 聡, 藤江裕道, 関節軟骨透水性の深さ依存性, 臨床バイオメカニクス, Vol.38, pp.7-12, 2017/10/2. (優秀論文賞受賞)
- 3) 橋本直哉, 鎗光清道, 森下 聡, 藤江裕道, 関節軟骨透水性の深さ依存性, 臨床バイオメカニクス, Vol.38, pp.7-12, 2017/10/2. (優秀論文賞受賞) .
- 4) \*吉田慎之佑, 山崎雅史, 鎗光清道, 大家 溪, 中村憲正, 藤江裕道, 滑膜細胞由来組織再生材料/コラーゲンシート複合体による軟骨修復, 臨床バイオメカニクス, 2017; 38: pp.191-196.
- 5) 鎗光清道, 橋本直哉, 吉田慎之佑, 森下 聡, 藤江裕道, 関節軟骨の潤滑における予荷重の影響と関節液による潤滑効果, 臨床バイオメカニクス, 2017; 38: pp. 235-240.
- 6) Shimomura, K., Moriguchi, Y., Nansai, R., Fujie, H., Ando, W., Horibe, S., Hart, D.A., Gobbi, A., Yoshikawa, H., Nakamura, N., Comparison of 2 different formulations of artificial bone for a hybrid implant with a tissue-engineered construct derived from synovial mesenchymal stem cells: A study using a rabbit osteochondral defect model, American Journal of Sports Medicine, 2017; 45(3): pp. 666-675, Oct; Published Online.
- 7) Shimomura K, Nansai R, Fujie H., et al, Comparison of 2 different formulations of artificial bone for a hybrid implant with a tissue-engineered construct derived from synovial mesenchymal stem cells: A study using a rabbit osteochondral defect model, American Journal of Sports Medicine, 2016 Oct; Published Online.
- 8) 柳田 航, 藤江裕道, 大家 溪, 他, 動的ひずみ環境下培養による幹細胞自己生成組織の高強度化, 臨床バイオメカニクス, 2016; 37: pp. 23-28.
- 9) 森下 聡, 中村 憲正, 藤江裕道, 他, 無血清培地で培養した間葉系幹細胞由来組織再生材料による軟骨修復 - 癒合強度の評価 -, 臨床バイオメカニクス, 2016; 37: pp. 29-33.
- 10) \*Fujie H., Oya K, Nakamura N, et al, Stem-cell-based tissue engineered constructs (TEC) combined with collagen sheets for cartilage repair, Proceedings of the International Society of Cartilage Repair, 2016 September 24-27; Sorrento-Naples: 18.20.
- 11) \*Fujie H., Oya K, Suzuki K., et al, Stem cell-based self-assembled tissues cultured on a nano-periodic-structured surface patterned using femtosecond laser processing, Int J Automation Technology, 2016, 10, 55-61.
- 12) Shimomura K, Fujie H., et al, Next generation mesenchymal stem cell (MSC)-based cartilage repair using scaffold-free tissue engineered constructs generated with synovial mesenchymal stem cells, Cartilage, 2015; 6: 13-29.
- 13) Fujie H., Imade K, Effects of low tangential permeability in the superficial layer on the frictional property of articular cartilage, Biosurface and Biotribology; 2015 June; 1(2): 124-129.
- 14) Fujie H., Nakamura N, et al, Zone-specific integrated cartilage repair using a scaffold-free tissue engineered construct derived from allogenic synovial mesenchymal stem cells: Biomechanical and histological assessments, J Biomechanics, 2015 November; 48(15): 4101-4108.
- 15) \*谷優樹, 大家溪, 藤江裕道, 他, ナノ周期構造上で作製した幹細胞自己生成組織 (scSAT) の引張特性, 臨床バイオメカニクス, 2014; 35: 407-412.
- 16) \* 池谷基志, 大家 溪, 藤江裕道, 他, 組織再生材料 (TEC) /コラーゲンシート複合体の引張り特性, 臨床バイオメカニクス, 2014; 35: 401-406.

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 17) Shimomura K, Nansai R, Fujie H, et al., Osteochondral repair using a scaffold-free tissue engineered construct derived from synovial MSCs and a hydroxyapatite-based artificial bone, Tissue Engineering Part A, 2014; 20, 2291-2304.
- 18) Takahashi Y, Hashimoto S, and Fujie H, Simulation of ridge formation in cortical bone near the anterior cruciate ligament insertion: bone remodeling due to interstitial fluid flow, Proc. 18th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2014, pp. 162-167.
- 19) Shimomura K, Moriguchi Y, Ando W, Nansai R, Fujie H, Hart David, Gobbi A, Kita K, Horibe S, Shino K, Yoshikawa H, Nakamura N, Osteochondral repair using a scaffold-free tissue engineered construct derived from synovial MSCs and a hydroxyapatite-based artificial bone, Tissue Engineering part A, 20, 2014, 2291-2304.
- 20) Fujie H, Nakamura N, Frictional properties of articular cartilage-like tissues repaired with a mesenchymal stem cell-based tissue engineered construct, Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2013, 401-404.
- 21) 望月翔太, 柳田駿, 藤江裕道, 膝関節軟骨の変性が動摩擦に及ぼす影響, 臨床バイオメカニクス, 34, 2013, 427-432.
- 22) 今出久一郎, 藤江裕道, 関節軟骨表層の透水性が摩擦特性に及ぼす影響, 臨床バイオメカニクス, 34, 2013, 441-445.
- 23) 大家溪, 佐藤慶秀, 青木峻, 下村和範, 鈴木健司, 中村憲正, 藤江裕道, 培養表面のマイクロ周期構造が間葉系幹細胞自己生成組織の力学特性におよぼす影響, 材料の科学と工学, 50(1), 2013, 34-39.
- 24) Takahashi Y., Hashimoto S., and Fujie H., Simulation of ridge formation in cortical bone near the anterior cruciate ligament insertion: bone remodeling due to interstitial fluid flow, Proc. 18th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2014, pp. 162-167.
- 25) Takahashi Y., Hashimoto S., and Fujie H., Finite element analysis of bone remodeling: resident's ridge formation in femoral condyle, Proc. 17th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 1, 2013, pp. 31-33.

### 2.3

- 1) Ono S., Moronuki S., Mori Y., Koshi A., Liao J. and Asoh H., Effect of Electrolyte Concentration on the Structure and Corrosion Resistance of Anodic Films Formed on Magnesium through Plasma Electrolytic Oxidation, Electrochimica Acta, **240**, 2017, pp.415-423
- 2) Anawati, Asoh H. and Ono S., Effects of alloying element Ca on the corrosion behavior and bioactivity of anodic films formed on AM60 Mg alloys, Materials, **10**, (1), 2017, 11
- 3) Asoh H., Nakatani M. and Ono S., Fabrication of thick nanoporous oxide films on stainless steel via DC anodization and subsequent biofunctionalization, Surface and Coatings Technology, **307**, 2016, pp.441-451
- 4) Anawati, Asoh H. and Ono S., Role of Ca in Modifying Corrosion Resistance and Bioactivity of Plasma Anodized AM60 Magnesium Alloys, Corrosion Science and Technology, **15**, (3), 2016, pp.126-130
- 5) \*Anawati, Asoh H. and Ono S., Enhanced Uniformity of Apatite Coating on a PEO Film Formed on AZ31 Mg Alloy by an Alkali Pretreatment, Surface and Coatings Technology, **272** (25), 2015, pp.182-189
- 6) \*小野, 阿相, 自己組織化構造を用いたシリコンのナノ・マイクロファブリケーション(II)—金属触媒エッチングによるシリコンのパターニング—, 金属, **85** (10), 2015, pp.824-830
- 7) \*小野, 阿相, 自己組織化構造を用いたシリコンのナノ・マイクロファブリケーション(I)—アノード酸化皮膜およびコロイド結晶を利用したシリコンの微細加工—, 金属, **85** (9), 2015, pp.722-730
- 8) \*阿相, 小野, アノード酸化ポーラス皮膜のバイオ・医療分野への応用, 静電気学会, **38** (6), 2014, pp. 248-253
- 9) \*小野, 阿相, アノード酸化ポーラスアルミナ皮膜を用いたシリコンのナノ構造制御, 表面技術, **65** (1), 2014, pp.18-23
- 10) Mori Y., Koshi A., Liao J., Asoh H. and Ono S., Characteristics and Corrosion Resistance of Plasma Electrolytic Oxidation Coatings on AZ31B Mg Alloy Formed in Phosphate - Silicate Mixture Electrolytes, Corrosion Science, **88** (11), 2014, pp.254-262
- 11) \*Asoh H., Fujihara K., and Ono S., Sub-100-nm Ordered Silicon Hole Arrays by Metal-Assisted Chemical Etching, Nanoscale Research Letters, **8**, 2013, p.410/1- 410/8

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

**3.1**

- 1) Hiromasa Koga, Masaki Hiratsuka, Shinichiro Ito and Akihisa Konno, Aerodynamic characteristics and heat radiation performance of sportswear fabrics, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol.249, 012020, 2017.

**3.2**

- 1) Ryota Kobayashi, Koichi Nishibe, Yusuke Watabe, Kotaro Sato, Kazuhiko Yokota, Vector control of synthetic jets using an asymmetric slot, ASME Journal of Fluids Engineering, [DOI: 10.1115/1.4038660] (In press)
- 2) 姜東赫, 佐藤光太郎, 横田和彦, 同軸 2 円板間の回転円柱により誘起される旋回流の不安定性に関する研究, 日本機械学会論文集, 第 83 巻, 第 850 号, 2017, pp.1-17, [DOI: 10.1299/transjsme.17-00038]
- 3) Tomita, Y. and Sato, K., Pulsed jets driven by two interacting cavitation bubbles produced at different times, Journal of Fluid Mechanics, Vol. 819, 2017, pp. 465-493 [DOI: 10.1017/jfm.2017.185]
- 4) 西部光一, 野田和希, 片平渉, 高橋政行, 大上浩, 佐藤光太郎, 小型多段遠心ファンの空力特性に関する実験的研究 (羽根車・戻り羽形状の影響), 「混相流」30 巻 5 号, 2017, 483-490 頁, [DOI: 10.3811/jjmf.30.483]
- 5) 姜東赫, 西部光一, 佐藤光太郎, 横田和彦, 渦法によるシンセティックジェットの流動特性に関する研究, 日本機械学会論文集, 第 82 巻, 第 839 号, 2016, pp.1-12, [DOI: 10.1299/transjsme.16-00163]
- 6) Watabe Y., Sato K., Nishibe K., Yokota K., The Influence of an Asymmetric Slot on the Flow Characteristics of Synthetic Jets. Springer Proceedings in Physics, vol 185. Springer, Cham, 2016, pp 101-107 [DOI: 10.1007/978-3-319-30602-5\_13]
- 7) Ishizawa T., Sato K., Nishibe K., Yokota K., Performance Characteristics of a Fan Using Synthetic Jets. Springer Proceedings in Physics, vol 185. Springer, Cham, 2016, pp 109-115 [DOI: 10.1007/978-3-319-30602-5\_14]
- 8) 姜 東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 鱗ポンプの性能特性に関する実験的研究, 日本機械学会論文集, 第 82 巻, 第 835 号, 2016, pp.1-11, [DOI:10.1299/transjsme.15-00546]
- 9) 姜 東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, エルボ流路に配置された回転円柱を用いた粘性マイクロポンプの特性, 日本機械学会論文集, Vol. 81, No. 830, 2015, pp. 15-00326-15-00326 [DOI:10.1299/transjsme.15-00326]
- 10) 高橋政行, 中村慎策, 佐藤光太郎, 横田和彦, 軸流ファンの流動特性に及ぼす障害物の影響, 日本ターボ機械協会「ターボ機械」, Vol.43, No.6, 2015, pp.336-347
- 11) Donghyuk Kang, Kazuhiko Yokota, and Kotaro Sato, Flagmill -A New Power Generator Utilizing Flexible Sheet -, Bulletin of the JSME, Journal of fluid science and technology Vol.10, No.1, Paper No.14-00327, 2015, pp1-15, [DOI: 10.1299/jfst.2015jfst0005]
- 12) Koichi NISHIBE, Tamio FUJIWARA, Hiroshi OHUE, Hideaki TAKEZAWA, Kotaro SATO and Kazuhiko YOKOTA, Synthetic jet actuator using bubbles produced by electric discharge, Bulletin of the JSME, Journal of fluid science and technology, Vol.9, No.3., 2014, [DOI: 10.1299/jfst.2014jfst003 3 ]
- 13) Koichi NISHIBE, Yuki FUJITA, Kotaro SATO and Kazuhiko YOKOTA, Study on the fundamental flow characteristics of synthetic jets (Behavior of free synthetic jets), Bulletin of the JSME, Journal of fluid science and technology, Vol.9, No.1, , 2014, [DOI: 10.1299/jfst.2014jfst0007]
- 14) 工藤正規, 中沢孝則, 高橋政行, 佐藤光太郎, 西部光一, 旋回流発生器に生じる不安定流れの制御, 「混相流」27 巻 5 号, 2014, 623-630 頁, [DOI: 10.3811/jjmf.30.483]

**3.3**

- 1) 長谷川浩司, 古川拓, 大竹浩靖, 下西国治, 阿部豊, 音場浮遊液滴の水平方向保持力の発生機構, 日本混相流学会誌「混相流」27 巻 5 号, 2014, 563-570 頁.

**4.1**

- 1) \*Suzuki K., Ichinose R.W., Takanobu H. and Miura H., Development of water surface mobile robot inspired by water striders, Micro & Nano Letters, Vol. 12, Iss. 8, 2017, pp. 575-579. (日本機械学会マイクロ・ナノ工学部門優秀講演論文表彰)
- 2) 柏原稔樹, 野中昂平, 鈴木健司, 高信英明, 三浦宏文, MEMS 技術を利用した気流センサの研究—昆虫型ロボットへの搭載—, 計測自動制御学会論文集, 49 (4), 2013, pp.411-416.

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

## &lt;図書&gt;

## 1.1

- 1) Ono S. and Asoh H., Elsevier, Nanostructured Anodic Metal Oxides: Synthesis and Applications (Edited by G. Sulka), 2018 年以降出版予定, Chapter 4, Nanoporous  $\alpha$ -alumina membranes with tunable pore diameters prepared by anodizing and heat treatment
- 2) Hashimoto H., Ono S. and Asoh H., Elsevier, Nanostructured Anodic Metal Oxides: Synthesis and Applications (Edited by G. Sulka), 2018 年以降出版予定, Chapter 5, Anodic porous alumina having a hierarchical structure of straight macropores and mesopores inside the pore wall

## 1.2

- 1) Higaki Y., Kobayashi M., A. Takahara A. "The Handbook of Polymer Tribology ", (Edited by Shinha S. K.) Imperial College Press, March 2018, Chapter 15, "Frictional Behavior of Polymer Brush Immobilized Surfaces in Good Solvents", in-press.
- 2) 小林, "CSJ カレントレビュー・バイオミメティクス" (下村政嗣監修), 化学同人, 2018, 第 3 章, 高分子合成・化学表面化学修飾を中心とした表面改質技術の開発とそのトライボロジー特性, in-press.
- 3) 西谷, "第三・第四世代ポリマーアロイの設計・制御・相容化技術" (今井昭夫監修), S&T 出版, 2016, 第 2 章, 第 2 節, ポリマーアロイ・ブレンドのレオロジー的および機械的性質, pp.24-50
- 4) 西谷, "ポリマーナノコンポジットの開発と分析技術" (岡本正巳監修), シーエムシー出版, 2016, 第 13 章, ナノコンポジットを用いたトライボマテリアル, pp.207-219
- 5) Nishitani Y., Yamanaka T., Kajiyama T., Kitano T., Viscoelastic and Viscoplastic Materials (Edited by El-Amin M. F.), Intech, 2016, Chapter 4, "Thermal Properties of Hemp Fiber Reinforced Plants-Derived Polyamide Biomass Composites and Their Dynamic Viscoelastic Properties in Molten State", pp.53-79.
- 6) Nishitani Y., Kitano T., Viscoelastic and Viscoplastic Materials (Edited by El-Amin M. F.), Intech, 2016, Chapter 6, "Thermal Properties of Hemp Fiber Reinforced Plants-Derived Polyamide Biomass Composites and Their Dynamic Viscoelastic Properties in Molten State", pp.103-140.
- 7) 西谷, "ポリプロピレンの構造制御と複合化、成形加工技術", 技術情報協会, 2016, 第 2 章, 第 12 節, アロイ・ブレンド・複合化によるポリプロピレンのトライボロジー特性制御, pp.110-119
- 8) 小林, "自然を模倣した超親水・防汚性表面", "表面界面ハンドブック", エヌティーエス, 2016, pp 390-396
- 9) 小林, "水の中でもちゃんとくっつく貝やフジツボに学ぶ環境に優しい接着剤", "トコトンやさしいバイオミメティクスの本", 下村政嗣・高分子学会バイオミメティクス研究会・生物規範工学編, 日刊工業新聞社, 2016, pp.58-59
- 10) 西谷, "最新フィルター全集 ～フィルター材料の種類, 特性と活用法～, R&D 支援センター, 2015, 第 5 章摩擦材フィルターの種類, 特性と活用法, pp.85-108
- 11) 西谷 監修, "高分子トライボロジーの制御と応用", シーエムシー出版, 2015, 全編監修, 巻頭言, 第 2 章プラスチックのトライボロジー, pp.12-27, 第 9 章アロイ・ブレンド・複合材料による制御, pp.84-99
- 12) Kobayashi M., "Graft Polymerization from Surface", Kobayashi S, Müllen K, Eds. In *Encyclopedia of Polymeric Nanomaterials*, Springer, pp. 870-877.
- 13) 小林, 高原, "第 15 章ポリマーブラシによる制御", 西谷監修, "高分子トライボロジーの制御と応用", シーエムシー出版, 2015, pp. 148-156.
- 14) M. Kobayashi, A. Takahara, "Polymer at Surfaces", In *AccessScience*, McGraw-Hill Education, 2015, DOI: <http://dx.doi.org/10.1036/1097-8542.YB150542>.

## 1.4

- 1) 武沢, 日刊工業新聞社, トコトンやさしい放電加工の本, 全章担当, 2014

## 2.1

- 1) 橋本成広, コロナ社, 生体機械工学入門, 2013, pp.1-160

## 3.3

- 1) Ohtake, H., BOILING: RESEARCH AND ADVANCES, 3.7 Derivation of Correlation and Liquid-Solid Contact Model of Transition Boiling Heat Transfer, 4.1 The Behavior of the Wetted Area and the Contact Angle Right After Liquid-Wall Contact in Saturated and Subcooled Pool Boiling, 4.2 Study on Forced-Convection Film-Boiling Heat Transfer (Heat Transfer Characteristics in the High-Reynolds-Number Region and the Critical Condition), Elsevier, (2017).

## 4.1

- 1) 鈴木, 22.3.1 マイクロロボットの移動機構, 松野, 大須賀, 松原, 野田, 稲見編, ロボット制御学

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

ハンドブック, pp.721-723, 近代科学社, ISBN: 978-4-7649-0473-6, 2017.

## <学会発表>

### 1.1

- 1) 小野, 橋本, 阿相, AC8A アルミニウム合金のアノード酸化における合金成分濃縮とポーラス皮膜のセル形態, 電気化学会第 85 回大会, 2018, 東京理科大学 (東京都)
- 2) 阿相 (依頼講演), アルマイトの生成効率に対する電解液中へのアルコール添加の影響, ライトメタル表面技術部会第 319 回例会, 2018, ビックサイト (東京都)
- 3) 小野 (依頼講演), アノード酸化の基礎 (II) -アノード酸化皮膜の構造制御と封孔処理, 表面技術協会 表面処理基礎講座 (II), 2017, 日本パーカライジング(株) (東京都)
- 4) 阿相 (依頼講演), アルミニウムのアノード皮膜, 日本材料学会腐食防食部門委員会第 319 回例会, 2017, 大阪科学技術センター (大阪府)
- 5) 藤田, 橋本, 阿相, アノード酸化ポーラスアルミナの加熱相変化とアニオン量の関係, 電気化学会腐食専門委員会コロージョン・ドリーム 2017, 若手研究者セミナー, 2017, 大阪大学 (大阪府)
- 6) 藤田, 橋本, 阿相, アルミニウムアノード酸化皮膜の加熱相変化に対するアニオン量の影響, 軽金属学会第 133 回秋期大会, 2017, 宇都宮大学 (栃木県)
- 7) Ono S. (招待講演), Triangular pores and pillars of semiconductors prepared by anisotropic chemical etching, 4th EMN Phuket Meeting (EMN Phuket 2017), 2017, Phuket (Thailand)
- 8) Imai R., Hashimoto H. and Asoh H., Chemical Etching of GaAs using Au Nanodots as a Catalyst, The 16th International Symposium on Advanced Technology (ISAT-16), 2017, Tokyo (Japan.)
- 9) 阿相 (依頼講演), アルミニウムの間接アノード酸化, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会第 34 回 ARS コンファレンス, 2017, パレス松洲 (宮城県)
- 10) 高尾, 橋本, 阿相, 小野, アノード酸化ポーラスアルミナのバリア層厚さ及びアニオン混入に対する電場強度の影響, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会 第 34 回 ARS コンファレンス, 2017, パレス松洲 (宮城県)
- 11) 今井, 橋本, 阿相, HF-KMnO<sub>4</sub> 混合液を用いた GaAs の金属触媒エッチング, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会 第 34 回 ARS コンファレンス, 2017, パレス松洲 (宮城県)
- 12) Ishino M., Hashimoto H. and Asoh H., Effect of Frequency on Structure of Porous Alumina Formed By Indirect Oxidation, 232nd Meeting of the Electrochemical Society, 2017, National Harbor (USA)
- 13) Takao A., Hashimoto H., Asoh H. and Ono S., Effect of Electric Field Strength on Barrier Layer Thickness and Anion Incorporation of Anodic Porous Alumina, 232nd Meeting of the Electrochemical Society, 2017, National Harbor (USA)
- 14) Imai R., Hashimoto H. and Asoh H., Metal-Assisted Chemical Etching of GaAs Using Au Nanodots, 232nd Meeting of the Electrochemical Society, 2017, National Harbor (USA)
- 15) 石野, 橋本, 阿相, 間接アノード酸化により生成したポーラスアルミナのセル径に及ぼす電圧の影響, 表面技術協会第 136 回講演大会, 2017, 金沢工業大学 (石川県) 【第 19 回優秀講演賞】
- 16) 橋本, 小原, 小野寺, 阿相, 放射光分析に基づくアノード酸化アルミナの非晶質構造解析, 表面技術協会第 136 回講演大会, 2017, 金沢工業大学 (石川県)
- 17) 石野, 橋本, 阿相, 間接通電によりアルミニウム上に生成した酸化膜の構造に及ぼす周波数の影響, 軽金属学会関東支部平成 29 年度若手研究者育成研修会, 2017, 日光総合会館 (栃木県) 【最優秀研究講演賞, 最優秀女性研究講演賞】
- 18) 阿相 (依頼講演), 間接通電法による金属の表面処理, 表面技術協会第 37 回ライトメタル表面技術部会サマーセミナー, 2017, 工学院大学 (東京都)
- 19) Ono S., Takao A., Hashimoto H. and Asoh H., Irregularity of Barrier Layer Thickness of Anodic Porous Alumina Films, Anodize it! 2017 conference, 2017, Toulouse (France)
- 20) Ono S., Kotaka S., Sugawara K. and Asoh H. (招待講演), Self-Ordered Porous Anodic Oxides Films Formed on Semiconductor, Frontiers in Materials Processing Applications, Research and Technology, (FiMPART), 2017, Bordeaux (France)
- 21) 小野 (依頼講演), アノード酸化の基礎, 表面技術協会 表面処理基礎講座 (I), 2017, 東京理科大学 森戸記念館 (東京都)
- 22) Ono S. and Asoh H., Fabrication and Structure Modulation of Semiconductors Using Sphere Photolithography and Anisotropic Etching, BIT'S 6<sup>th</sup> Annual world congress of advanced materials-2017 (WCAM-2017), 2017, Xi'an (China)

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 23) Ono S. and Asoh H., Micro-Structuring of GaAs surface using sphere lithography and anisotropic chemical etching, The XII ECHEMS Meeting, 2017, Milano (Italy)
- 24) 石野, 橋本, 阿相, 間接通電により生成したポーラスアルミナ皮膜の構造に及ぼす周波数の影響, 軽金属学会第 132 回春期大会, 2017, 名古屋大学 (愛知県)
- 25) 相川 (依頼講演), TFT 素子安定化に向けたアモルファス InSiO 薄膜, 電気学会第 7 回調査専門委員会, 2018, 東京理科大学 (東京)
- 26) T. Kobayashi, K. Sawamoto, S. Aikawa, T. Yamaguchi, T. Onuma, T. Honda, Fabrication of TFT using amorphous In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin film by mist CVD, The 16th International Symposium on Advanced Technology, 2017, Tokyo(Japan).
- 27) S. Aikawa (招待講演), Si-Incorporated Amorphous Indium Oxide-Based Thin-Film Transistors for Stable Operation, 7th Annual World Congress of Nano Science & Technology, 2017, Fukuoka(Japan).
- 28) 木津, 相川, 池田, 上野, 生田目, 塚越, ALD で形成した薄膜 InOx 高移動度 TFT, 2017 年 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 2017, 福岡国際会議場 (福岡)
- 29) 相川, 木津, 生田目, 塚越, 急峻なサブスレッショルドスロープを持つ ALD-AlOx ゲート絶縁膜アモルファス InSiO TFT, 2017 年 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 2017, 福岡国際会議場 (福岡)
- 30) 相川, 既存材料 ITO を凌駕する超透明な酸化物導電膜, イノベーション・ジャパン 2017 ~大学見本市&ビジネスマッチング~, 2017, 東京国際展示場(東京都)
- 31) 相川 (依頼講演), 酸化物透明導電膜およびアモルファス酸化物 TFT に向けた実用材料開発, テクノトランスファー in かわさき 2017, 2017, かながわサイエンスパーク(神奈川県)
- 32) S. Aikawa (招待講演), Unipolar n-type conversion of carbon nanotube field-effect transistors passivated by positively charged polymer, IUMRS-ICAM 2017: The 15th International Conference on Advanced Materials, 2017, Kyoto(Japan).
- 33) S. Aikawa (招待講演), Incorporation of high bond-dissociation energy dopants for low-temperature processable stable InOx-based thin-film transistors, Collaborative Conference on Materials Research 2017, 2017, Jeju(Korea).
- 34) 相川, 山田, 橋本, 阿相, 小野, 逆電解処理による GaAs ナノワイヤ TFT の移動度向上, 2016 年 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 2016, 朱鷺メッセ (新潟)
- 35) 相川, 有機 EL ディスプレイの高効率化に貢献できる高仕事関数を有する透明導電膜, イノベーション・ジャパン 2016 ~大学見本市&ビジネスマッチング~, 2016, 東京国際展示場(東京都)
- 36) 相川 (依頼講演), 製造プロセスに鈍感な新元素構成アモルファス酸化物薄膜トランジスタ, りそな中小企業振興財団 第 2 回技術懇親会「機能性材料の開発と高効率リサイクル技術」, 2016, 工学院大学(東京都)
- 37) S. Aikawa, K. Yamada, H. Hashimoto, H. Asoh, S. Ono, Hydrogen Exposure Effects on Anodically Etched GaAs Nanowires in Liquid Electrolyte, IEEE NANO 2016: 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON NANOTECHNOLOGY, 2016, Sendai(Japan).
- 38) S. Aikawa, K. Tanuma, T. Kobayashi, T. Yamaguchi, T. Onuma, T. Honda, Mist-CVD-Grown Crystalline In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Thin-Film Transistors with Low Off-State Current, The 18th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy, 2016, Nagoya(Japan)
- 39) 橋本, 阿相, 矢澤, 島, 小野, 核磁気共鳴分光法によるアノード酸化ポーラスアルミナの局所構造解析, 電気化学会第 83 回大会, 2016, 大阪大学 (大阪)
- 40) 高尾, 橋本, 阿相, 小野, アノード酸化ポーラスアルミナのバリエーションの均一性に及ぼすセル形態の影響, 電気化学会第 83 回大会, 2016, 大阪大学 (大阪)
- 41) \*小野, 阿相 (基調講演), アノード酸化ポーラスアルミナ細孔中への金属電析とその制御, 日本金属学会第 158 回講演大会, 2016, 東京理科大学(東京都)
- 42) 町田, 橋本, 阿相, 福原, 小野, チタン基アモルファス合金上に生成したアノード酸化皮膜の構造と誘電特性, 表面技術協会第 133 回講演大会, 2016, 早稲田大学(東京都)
- 43) 栗原, 橋本, 阿相, 小野, アノード酸化ポーラスアルミナの多層構造が孔の枝分かれに及ぼす影響, 表面技術協会第 133 回講演大会, 2016, 早稲田大学(東京都)
- 44) 伊藤, 橋本, 阿相, 小野, GaAs の金属触媒エッチングに対する電圧印加の効果, 表面技術協会第 133 回講演大会, 2016, 早稲田大学(東京都)
- 45) 山田, 相川, 橋本, 阿相, 小野, アノードエッチングにより作製した GaAs ナノワイヤの電気特性に対する湿式水素曝露効果, 第 63 回応用物理学会春季学術講演会, 2016, 東京

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

工業大学 (東京都)

46) Ono S., Machida K., Asoh H., Hashimoto H. and Fukuhara M., Anodic oxide films formed on Ti-Ni-Si amorphous alloy, PSST2016, 2016, Tarragona(Spain)

47) Ono S., Ito D., Asoh H., Fabrication of GaAs microstructures by anisotropic chemical etching, PSST2016, 2016, Tarragona(Spain)

48) \*小野 (依頼講演), 陽極酸化皮膜とは? —今わかっていること・いないこと—, 工学院大学 先進工学部第2回公開講座, 2016, 工学院大学 (東京都)

49) \*小野 (依頼講演), 陽極酸化皮膜の基礎と応用, 栃木県産業技術センター平成27年度第2回 材料技術交流会, 2016, 栃木県産業技術センター (栃木県)

50) \*小野 (依頼講演), アルマイトの微細構造研究の歩み, ライトメタル表面技術部会, SURTECH 2016, 2016, 東京ビックサイト (東京都)

51) \*Ono S., Masuda T. and Asoh H. (招待講演), Single Phase  $\alpha$ -Alumina Nanoporous Membranes with Tunable Pore Diameters, Energy, Materials, and Nanotechnology (EMN) Ceramics Meeting 2016, 2016, Hong Kong(China)

52) \*小野 (依頼講演), 金属表面酸化膜のマイクロ・ナノスケール形態の制御と機能性 —アルミニウム, マグネシウムを中心として—, 計測分析に関する講演会「金属表面処理の微細構造評価」, 2016, あいち産業科学技術総合センター (愛知県)

53) 木津 たきお, 相川 慎也, 生田目 俊秀, 塚越 一仁, 二層 InSiO 薄膜トランジスタの水素還元とオゾン酸化効果, 2016年 第63回応用物理学会春季学術講演会 (東京工業大学, 東京).

54) \*Asoh H. and Ono S. (招待講演), Ordered nanoporous alumina membrane with high chemical resistance prepared by anodizing and heat treatment, Twenty Fourth International Symposium on Processing and Fabrication of Advanced Materials (PFAM24), 2015, Osaka(Japan)

55) 小野, 阿相, アノード酸化アルミナメンブレンの加熱による結晶化過程の解析と特性評価, 軽金属奨学会 第4回統合的先端研究成果発表会, 2015, グランドプリンスホテル新高輪(東京都)

56) 小野, 阿相, アルミニウムアノード酸化皮膜の構造制御因子の解明と孔径制御したナノポーラスアルミナメンブレンの作製, 軽金属奨学会 第4回統合的先端研究成果発表会, 2015, グランドプリンスホテル新高輪(東京都)

57) \*小野 (依頼講演), アノード酸化の基礎 (II) —アノード酸化皮膜の構造制御と封孔処理, 表面処理基礎講座 (II), 2015, 早稲田大学(東京都)

58) 阿相, 増田, 橋本, 小野, 硫酸中でのアノード酸化を用いた 30 nm の孔径を持つ  $\alpha$ -アルミナメンブレンの作製, 軽金属学会第129回秋期大会, 2015, 日本大学(千葉県)

59) 重原, 橋本, 阿相, 小野, リン酸中でのアノード酸化で作製したポーラスアルミナメンブレンの結晶化過程における構造変化, 軽金属学会第129回秋期大会, 2015, 日本大学(千葉県)

60) 栗原, 橋本, 阿相, 小野, リン酸電解液中で作製したアノード酸化ポーラスアルミナ皮膜への封孔処理, 軽金属学会第129回秋期大会, 2015, 日本大学(千葉県)

61) \*小野, 阿相 (基調講演), アルミニウムのアノード酸化により作製したポーラス皮膜の構造制御, 軽金属学会第129回秋期大会, 2015, 日本大学(千葉県)

62) \*小野 (依頼講演), 陽極酸化皮膜のナノ構造を電子顕微鏡で探る, 電気化学会 第75回楽市フォーラム霜月講演会, 2015, 電気化学会会議室(東京都)

63) Aikawa S., Yamada K., Asoh H., Hashimoto H., Kim Y., Nishikawa E. and Ono S., Electrical and structural characterization of anodically etched GaAs nanowires towards functional electronic devices, 28th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2015), 2015, Toyama(Japan)

64) 栗原, 橋本, 阿相, 小野, アノード酸化ポーラスアルミナ皮膜の不透明白色化に対する皮膜構造の効果, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会第32回 ARS 姫路コンファレンス, 2015, ニューサンピア姫路ゆめさき(兵庫県)

65) \*小野, 阿相 (依頼講演), 高電圧電解によるアルミニウム不透明白色アノード酸化皮膜の作製, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会第32回 ARS 姫路コンファレンス, 2015, ニューサンピア姫路ゆめさき(兵庫県)

66) \*小野 (依頼講演), 私の金属・半導体表面のアノード酸化研究, 北海道大学フロンティア化学教育研究センター講演会, 2015, 北海道大学(北海道)

67) \*小野 (依頼講演), 陽極酸化皮膜とは? —そのナノ構造を電子顕微鏡で観る—, 2015年度電気化学会北陸支部/表面技術協会関東支部合同講演会, 2015, 長岡グランドホテル(新潟県)

68) \*山田, 相川, 阿相, 小野, アノードエッチングで作製した GaAs ナノワイヤの電気伝導特性, 日

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

本化学会秋季事業第 5 回 CSJ 化学フェスタ 2015, 2015, タワーホール船橋(千葉県) 【優秀ポスター発表賞】

69) 重原, 橋本, 阿相, 小野, リン酸中でのアノード酸化と熱処理により作製した  $\alpha$ -アルミナメンブレン, 日本化学会秋季事業第 5 回 CSJ 化学フェスタ 2015, 2015, タワーホール船橋(千葉県)

70) \*Ono S. and Asoh H. (招待講演), Inhomogeneity of Barrier Layer Inducing Irregularity of Porous Anodic Oxide Film on Aluminum, 228th Meeting of the Electrochemical Society, 2015, Phoenix(USA)

71) Asoh H., Masuda T. and Ono S., Nanoporous  $\alpha$ -Alumina Membranes with Pore Diameters Tunable over Wide Range of 30-350 nm, 228th Meeting of the Electrochemical Society, 2015, Phoenix(USA)

72) \*Machida K., Asoh H., Yoshida N., Okura T. and Ono S., Evaluation of dynamic hydrophobicity of nanoporous silicon surfaces prepared by metal-assisted chemical etching, 228th Meeting of the Electrochemical Society, 2015, Phoenix(USA) 【Student Poster Session Award (2nd place-Solid State)】

73) \*Ito D., Asoh H. and Ono S., Effect of Etchant Composition on Surface Morphology of GaAs during Anisotropic Chemical Etching, 228th Meeting of the Electrochemical Society, 2015, Phoenix(USA) 【Student Poster Session Award (1st place-Solid State)】

74) Kurihara A., Asoh H. and Ono S., Opaque White Anodic Oxide Film Formed on Aluminum 228th Meeting of the Electrochemical Society, 2015, Phoenix(USA)

75) \*小野 (依頼講演), 陽極酸化皮膜の基礎と最近の展開, 化学工学会表面改質分科会 2015 年度第 2 回例会, 2015, 東京工業大学蔵前会館(東京都)

76) 橋本, 増田, 重原, 阿相, 小野, 熱重量分析によるアノード酸化ポーラスアルミナの組成解析, 電気化学会第 82 回大会, 2015, 埼玉工業大学(埼玉県)

77) 山田, 相川, 阿相, 橋本, 小野, アノードエッチングで作製した GaAs ナノワイヤの表面構造と物性評価, 電気化学会第 82 回大会, 2015, 埼玉工業大学(埼玉県)

78) 町田, 阿相, 橋本, 福原, 小野, チタン基アモルファス合金のアノード酸化, 電気化学会第 82 回大会, 2015, 埼玉工業大学(埼玉県)

79) \*小野 (依頼講演), “Seeing is believing”: 電子顕微鏡で観る陽極酸化皮膜とは, 日本顕微鏡学会 走査電子顕微鏡分科会 SCAN TECH 2015, 2015, 東京都市大学(東京都)

80) \*伊藤, 橋本, 阿相, 小野, GaAs の金属触媒エッチングに対するドーパントおよびエッチャント組成の影響, 表面技術協会第 132 回講演大会, 2015, 信州大学(長野県) 【学生優秀講演賞】

81) 小野, 更田, 栗原, 阿相, アルミニウムアノード酸化皮膜の微細構造と不透明白色化について, 表面技術協会第 132 回講演大会, 2015, 信州大学(長野県)

82) Ono S., Research Development in Functional Microstructured Surfaces Research Center of Kogakuin University, Education, Research & Development 2015, 6th International Conference, 2015, Elenite (Bulgaria)

83) 阿相, ウエットプロセスによる機能性ナノポーラス表面の創製, イノベーション・ジャパン 2015 ~大学見本市&ビジネスマッチング~, 2015, 東京国際展示場(東京都)

84) \*栗原, 阿相, 小野, アルミニウムのアノード酸化による不透明白色皮膜の作製, 軽金属学会関東支部 2015 年度若手研究者育成研修会, 2015, (株)神戸製鋼所 鬼怒川保養所(栃木県) 【関東支部長賞, 最優秀女性講演者賞, 最優秀聴講者賞】

85) 重原, 橋本, 阿相, 小野, リン酸中でのアノード酸化と熱処理により作製した  $\alpha$ -アルミナメンブレン, 軽金属学会関東支部 2015 年度若手研究者育成研修会, 2015, (株)神戸製鋼所 鬼怒川保養所(栃木県)

86) \*阿相 (依頼講演), 軽金属の表面処理研究の動向, 第 35 回ライトメタル表面技術部会サマーセミナー, 2015, 工学院大学(東京都)

87) \*小野 (依頼講演), アノード酸化の基礎, 表面技術協会夏季セミナー表面処理基礎講座(I), 2015, 早稲田大学(東京都)

88) Ono S., Masuda T. and Asoh H., Nanoporous  $\alpha$ -Alumina Membrane Prepared by Anodizing and Heat Treatment, The VII Aluminium Surface Science & Technology Symposium (ASST 2015), 2015, Madeira Island (Portugal)

89) Ono S. and Asoh H., Control of Metal Deposition in Porous Anodic Alumina Film, The VII Aluminium Surface Science & Technology Symposium (ASST 2015), 2015, Madeira Island (Portugal)

90) 増田, 阿相, 小野, 硫酸中でのアノード酸化と熱処理で作製したメソポーラス構造を持つ  $\alpha$ -アルミナメンブレン, 軽金属学会第 128 回春期大会, 2015, 東北大学(宮城県)

91) 栗原, 阿相, 小野, アノード酸化を用いたアルミニウム不透明白色皮膜の作製, 軽金属学会第

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 128 回春期大会, 2015, 東北大学(宮城県)
- 92) T. Kizu, S. Aikawa, N. Mitoma, M. Shimizu, X. Gao, M-F. Lin, T. Nabatame, K. Tsukagoshi, Low-temperature Processable Amorphous In-W-O Thin-film Transistors, The 9th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics and The 9th Symposium on Transparent Oxide and Related Materials for Electronics and Optics (Ibaraki, Japan).
- 93) 木津 たきお, 相川 慎也, 生田目 俊秀, 塚越 一仁, 二層 InSiO 構造を用いた薄膜トランジスタ, 2015 年 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会 (名古屋国際会議場, 愛知).
- 94) 相川 慎也, 三苫 伸彦, 木津 たきお, 生田目 俊秀, 塚越 一仁, 過剰酸素の抑制による真空環境で安定な In-Si-O TFT, 2015 年 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会 (名古屋国際会議場, 愛知).
- 95) 相川, 製造条件に左右されない高安定なアモルファス酸化薄膜トランジスタ, イノベーション・ジャパン 2015 ～大学見本市&ビジネスマッチング～, 2015, 東京国際展示場(東京都)
- 96) 三苫 伸彦, 相川 慎也, 欧陽 威, 高 旭, 木津 たきお, 林 孟芳, 藤原 明比古, 生田目 俊秀, 塚越 一仁, アモルファス酸化インジウム薄膜トランジスタにおける電荷密度および移動度の添加元素依存性, 2015 年 第 62 回応用物理学会春季学術講演会 (東海大学, 神奈川).
- 97) 鈴木, 阿相, 小野, 金属触媒エッチングによる GaAs のマイクロパターニング, 表面技術協会第 131 回講演大会, 2015, 関東学院大学(神奈川県)
- 98) 小野, 中川, 阿相, アノード酸化ポーラスアルミナの生成条件が金属電析の均一性に及ぼす影響, 表面技術協会第 131 回講演大会, 2015, 関東学院大学(神奈川県)
- 99) 阿相, 新倉, 小野, 電圧降下比で有効孔数を制御したアノード酸化ポーラスアルミナ内への金属析出, 表面技術協会第 131 回講演大会, 2015, 関東学院大学(神奈川県)
- 100) \*小野 (依頼講演), アノード酸化の魅力と力, 表面技術協会第 131 回講演大会, 2015, 関東学院大学(神奈川県)
- 101) 重原, 増田, 阿相, 小野, アノード酸化ポーラスアルミナの結晶化過程における組成と構造の変化, 表面技術協会第 131 回講演大会, 2015, 関東学院大学(神奈川県)
- 102) \*Ono S., Masuda T. and Asoh H. (招待講演), Crystallization Process of Anodic Alumina Membrane by Heating, International Seminar on Surface Science, Passivity and Corrosion of Metals, 2015, Trondheim-Tromsø (Norway)
- 103) \*小野 (依頼講演), アノード酸化皮膜の構造とその制御, 軽金属学会 第 93 回シンポジウム「アルミニウム陽極酸化の最前線」, 2015, 千葉工業大学(千葉県)
- 104) \*小野 (依頼講演), アノード酸化の基礎と製品の高機能化への応用, 日本テクノセンターセミナー, 2015, 日本テクノセンター(東京都)
- 105) \*町田, 阿相, 吉田, 大倉, 小野, シリコン表面に作製したナノサイズ構造の静的および動的撥水性の評価, 第 6 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2014, 八王子学園都市センター(東京都) 【口頭発表準優秀賞】
- 106) \*阿相, 小野 (依頼講演), 種々の化学エッチングを用いた化合物半導体の微細加工, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会 第 31 回 ARS 足柄コンファレンス, 2014, いこいの村あしがら(神奈川県)
- 107) 町田, 阿相, 吉田, 大倉, 小野, Si のナノサイズ構造表面における濡れ性評価, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会 第 31 回 ARS 足柄コンファレンス, 2014, いこいの村あしがら(神奈川県)
- 108) \*伊藤, 阿相, 小野, アノードエッチングにより作製した GaAs ナノワイヤの電子放出特性, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会 第 31 回 ARS 足柄コンファレンス, 2014, いこいの村あしがら(神奈川県) 【ポスター賞】
- 109) 鈴木, 阿相, 小野, III-V 族半導体の金属触媒エッチングによるパターニング, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会 第 31 回 ARS 足柄コンファレンス, 2014, いこいの村あしがら(神奈川県)
- 110) 増田, 阿相, 小野, アノード酸化ポーラスアルミナメンブレンの結晶化と昇温脱離法によるガス放出特性, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会 第 31 回 ARS 足柄コンファレンス, 2014, いこいの村あしがら(神奈川県)
- 111) \*小野 (依頼講演), アノード酸化の基礎 –アノード酸化皮膜の構造制御と封孔処理–, 表面技術協会 冬季セミナー表面処理基礎講座(II), 2014, 工学院大学(東京都)
- 112) 阿相, 増田, 池田, 春名, 小野, 熱処理によるアノード酸化ポーラスアルミナの脱水と結晶化過

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 程, 軽金属学会 第 127 回秋期大会, 2014, 東京工業大学(東京都)
- 113) 小野, 増田, 阿相, アルミニウムのアノード酸化により作製した  $\alpha$ -アルミナメンブレン, 軽金属学会 第 127 回秋期大会, 2014, 東京工業大学(東京都)
- 114) Asoh H., Masuda T. and Ono S.,  $\alpha$ -Alumina Membrane Derived from Anodic Porous Alumina through Heat Treatment, 10th International Symposium on Electrochemical Micro & Nanosystem Technologies (EMNT 2014), 2014, Okinawa(Japan)
- 115) Suzuki Y., Asoh H. and Ono S., Fabrication of Ordered Microstructure on III-V Semiconductor by Metal-Assisted Chemical Etching, 10th International Symposium on Electrochemical Micro & Nanosystem Technologies (EMNT 2014), 2014, Okinawa(Japan)
- 116) \*Ono S. and Asoh H. (招待講演), Nano/Micro-Structuring of III-V Semiconductors by Wet Etching and their Application, 10th International Symposium on Electrochemical Micro & Nanosystem Technologies (EMNT 2014), 2014, Okinawa(Japan)
- 117) Ito D., Asoh H. and Ono S., Fabrication of High-Aspect-Ratio GaAs Nanowires by Anodic Etching and Their Electron Emission Property, 10th International Symposium on Electrochemical Micro & Nanosystem Technologies (EMNT 2014), 2014, Okinawa(Japan)
- 118) Shima M., Tsutsumi K., Yazawa K., Hashimoto M., Kanazawa T., Endo N. Hashiguchi H., Kadoi M., Suzuki T., Onodera H., Asoh H. and Ono S., Chemical State Analyses of Aluminum, Anions and Residual H<sub>2</sub>O in Anodic Oxide Films Formed on Aluminum in a Sulfuric or Oxalic Acid Solution, The 7th International Symposium on Surface Science (ISSS-7), 2014, Shimane(Japan)
- 119) Ito D., Asoh H. and Ono S., Fabrication of High-Aspect-Ratio GaAs Nanowires by Anodic Etching and Their Electron Emission Property, The 1st Innovation Forum of Advanced Engineering Education (1st IFAEE), 2014, Tokyo(Japan)
- 120) Suzuki Y., Asoh H. and Ono S., Fabrication of Ordered Microstructure on III-V Semiconductor by Chemical Etching with Noble Metal, The 1st Innovation Forum of Advanced Engineering Education (1st IFAEE), 2014, Tokyo(Japan)
- 121) 町田, 阿相, 小野, 表面濡れ性に対する Si 微細構造の影響, 日本化学会秋季事業 第 4 回 CSJ 化学フェスタ 2014, 2014, タワーホール船堀(東京都)
- 122) \*伊藤, 阿相, 小野, 湿式エッチングによる GaAs ナノワイヤの作製とその電子放出特性, 日本化学会秋季事業 第 4 回 CSJ 化学フェスタ 2014, 2014, タワーホール船堀(東京都)【優秀ポスター発表賞】
- 123) 鈴木, 阿相, 小野, 貴金属触媒エッチングによる III-V 族化合物半導体のマイクロ構造作製, 2014 年電気化学秋季大会, 2014, 北海道大学(北海道)
- 124) \*Ono S. (招待講演), Seeing is Believing: Nanostructure of Anodic Alumina Film, 15th Technical Symposium of the International Hard Anodizing Association (IHAA 2014), 2014, New York(USA)
- 125) 町田, 阿相, 吉田, 大倉, 小野, 表面濡れ性に対する Si 微細構造の影響, 表面技術大会第 130 回講演大会, 2014, 京都大学(京都府)
- 126) 伊藤, 阿相, 小野, 種々のエッチャントを用いた GaAs の湿式エッチング, 表面技術大会第 130 回講演大会, 2014, 京都大学(京都府)
- 127) 阿相, 高い化学耐性を持つナノポーラス  $\alpha$  アルミナメンブレン, イノベーション・ジャパン 2014 ~大学見本市&ビジネスマッチング~, 2014, 東京ビッグサイト(東京都)
- 128) Asoh H. and Ono S., Formation of Nanoporous Oxide Film on Stainless Steel by Anodizing in Sulfuric Acid Containing Hydrogen Peroxide, 65th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (ISE 2014), 2014, Lausanne(Switzerland)
- 129) Suzuki Y., Asoh H. and Ono S., Photoetching of InP with Noble Metal Catalyst, 65th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (ISE 2014), 2014, Lausanne(Switzerland)
- 130) Ono S., Masuda T. and Asoh H., Cell Morphology of Anodic Porous Alumina Films, 65th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (ISE 2014), 2014, Lausanne(Switzerland)
- 131) \*増田, 阿相, 小野, アノード酸化により作製したポーラスアルミナメンブレンの結晶化過程, 軽金属学会関東支部 第 4 回若手研究者ポスター発表会, 2014, 早稲田大学(東京都)【関東支部賞】
- 132) \*小野 (依頼講演), アルマイト電顕写真の活用テクニック: アルマイトの構造と機能, 表面技術協会 第 34 回ライトメタル表面技術部会サマーセミナー, 2014, 工学院大学(東京都)
- 133) \*小野 (依頼講演), Al 以外の金属のアノード酸化基礎, 第 87 回金属のアノード酸化皮膜の機能化部会(ARS)例会 —アノード酸化の基礎—, 2014, 首都大学東京(東京都)
- 134) \*小野 (依頼講演), アノード酸化の基礎, 表面技術協会 夏季セミナー表面処理基礎講座(I), 2014, 工学院大学(東京)

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 135) \*Suzuki Y., Asoh H. and Ono S., Fabrication of InP Line Pattern by Metal Assisted Chemical Etching under UV Irradiation, 2nd International Symposium on Anodizing Science and Technology (AST 2014), 2014, Sapporo(Japan) 【BEST POSTER AWARD】
- 136) Masuda T., Asoh H. and Ono S., Crystallization Process of Anodic Nanoporous Alumina Membrane by Heat Treatment, 2nd International Symposium on Anodizing Science and Technology (AST 2014), 2014, Sapporo(Japan)
- 137) Shima M., Tsutsumi K., Yazawa K., Hashimoto M., Kanazawa T., Endo N., Hashiguchi H., Suzuki T., Onodera H., Asoh H. and Ono S., Chemical State Analyses of Anodic Oxide Films on Aluminum in a Sulfuric Acid and Oxalic Acid Solution before and after Sealing, 2nd International Symposium on Anodizing Science and Technology (AST 2014), 2014, Sapporo(Japan)
- 138) Tsutsumi K., Shima M., Yazawa K., Hashimoto M., Kanazawa T., Endo N., Hashiguchi H., Onodera H., Suzuki T., Asoh H. and Ono S., Nano-structural Analysis of Anodic Oxide Film on Aluminum before and after a Sealing Treatment in Boiling Water, 2nd International Symposium on Anodizing Science and Technology (AST 2014), 2014, Sapporo(Japan)
- 139) Asoh H. and Ono S., Fabrication of InP Microhole Arrays by Site-selective Anodic Etching and Subsequent Chemical Etching, 2nd International Symposium on Anodizing Science and Technology (AST 2014), 2014, Sapporo(Japan)
- 140) \*Ono S., Sugawara K., Kotaka S. and Asoh H. (招待講演), Growth Mechanism of Self-Ordered Porous Anodic Films on III-V Semiconductors, 2nd International Symposium on Anodizing Science and Technology (AST 2014), 2014, Sapporo(Japan)
- 141) 小野, 東山, 阿相, アルミニウムアノード酸化皮膜の水酸化リチウム封孔処理と自己修復性, 材料と環境 2014-腐食防食学会創立 40 周年記念大会-, 2014, 一橋記念講堂(東京都)
- 142) \*Ono S. (招待講演), Recent Advances in Sealing of Anodic Oxide Films Formed on Aluminum, 9th International Materials Technology Conference and Exhibition (IMTCE2014), 2014, Kuala Lumpur(Malaysia)
- 143) Ono S. and Asoh H., Effect of Nanotopography of Aluminum Surface and Crystal Orientation on Pore Initiation of Anodic Porous Alumina, 15th Topical Meeting of the International Society of Electrochemistry, 2014, Niagara Falls(Canada)
- 144) 三苫 伸彦, 相川 慎也, 高 旭, 木津 たきお, 清水 麻希, 林 孟芳, 生田目 俊秀, 塚越 一仁, シリコン添加により制御された酸化インジウム薄膜トランジスタ, 2014 年 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会 (北海道大学, 北海道).
- 145) 木津 たきお, 相川 慎也, 三苫 伸彦, 清水 麻希, 高 旭, 林 孟芳, 生田目 俊秀, 塚越 一仁, 低温プロセスで高移動度かつ高安定な a-InWO TFT, 2014 年 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会 (北海道大学, 北海道).
- 146) \*Ono S. and Asoh H., Nano/Micropatterning of Semiconductor Substrates by Anisotropic Chemical Etching and Anodic Etching Combined with Sphere Photolithography (招待講演), The International Conference on Small Science (ICSS 2013), 2013, Las Vegas (USA)
- 147) \*Ono S., Masuda T., and Asoh H. (招待講演), Fabrication of Self-ordered Nanoporous and Crystalline Alpha Alumina Membrane by Anodization of Aluminum, THERMEC'2013 International Conference on PROCESSING & MANUFACTURING OF ADVANCED MATERIALS Processing, Fabrication, Properties, Applications, 2013, Las Vegas (USA)
- 148) \*小野 (依頼講演), アノード酸化の基礎〈上級編〉—アノード酸化皮膜の構造制御と封孔処理—, 表面技術協会, 表面処理基礎講座〈上級編〉, 2013, 工学院大学 (東京)
- 149) 小野, 阿相, 結晶異方性エッチングによる半導体のマイクロ・ナノ規則構造体の作製, 第 57 回日本学術会議材料工学連合講演会, 2013, 京都テルサ(京都)
- 150) \*Asoh H., and Ono S. (招待講演), Micro- and Nanofabrication of III-V Semiconductors by Anodic Etching and Anisotropic Chemical Etching, The 1st International Conference on Surface Engineering (ICSE2013), 2013, Busan (Korea)
- 151) \*Sugawara K., Asoh H., and Ono S., Self-Ordered Porous Anodic Oxide Film Formed on III-V Semiconductor, 12th International Symposium on Advanced Technology (ISAT-12th), 2013, Tainan (Taiwan) 【Excellent Poster】
- 152) 阿相, 小野, ポアフィリング法による封孔処理したアノード酸化ポーラスアルミナの耐アルカリ性評価, 軽金属学会 第 125 回秋期大会, 2013, 横浜国立大学 (神奈川)
- 153) \*小野(依頼講演), アノード酸化ポーラスアルミナの孔形態に対する素地結晶方位と前処理の影響, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会 第 30 回弘前コンファレンス, 2013, 弘前パークホテル (青森)

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 154) 阿相, 小野, ポアフィリング法によるアノード酸化ポーラスアルミナの封孔度および耐食性の評価, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会 第30回弘前コンファレンス, 2013, 弘前パークホテル (青森)
- 155) 増田, 阿相, 小野, アノード酸化ポーラスアルミナ皮膜の構造に対する電解液混合の影響, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会 第30回弘前コンファレンス, 2013, 弘前パークホテル(青森)
- 156) 菅原, 阿相, 小野, III-V族化合物半導体のアノード酸化で生成したポーラス酸化皮膜の構造, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会 第30回弘前コンファレンス, 2013, 弘前パークホテル (青森)
- 157) Ono S., Sugawara K., and Asoh H., Porous Anodic Oxide Films Grown on Compound Semiconductor, 224th Meeting of the Electrochemical Society, 2013, San Francisco (USA)
- 158) Masuda T., Asoh H., and Ono S., Structure and Property Changes of Anodic Alumina Membrane During Crystallization by Heat Treatment, 224th Meeting of the Electrochemical Society, 2013, San Francisco (USA)
- 159) 増田, 阿相, 小野, 熱処理によるアノード酸化ポーラスアルミナメンブレンの結晶化過程とその評価, 日本化学会秋季事業第3回CSJ化学フェスタ2013, 2013, タワーホール船堀 (東京)
- 160) Fujita M., Tanaka H., Muramatsu H., Ono S., and Asoh H., Corrosion Resistance Improvement Technology of Anodic Oxide Films on Aluminum Alloy that Uses a Lithium Hydroxide Solution, 19th Small Engine Technology Conference (SETC 2013), 2013, Taipei (Taiwan)
- 161) 阿相, 中谷, 小野, SUS304上に生成したアノード酸化ポーラス皮膜の構造に及ぼす過酸化水素の効果, 2013年電気化学会秋季大会, 2013, 東京工業大学 (東京)
- 162) 菅原, 阿相, 小野, III-V族化合物半導体のアノード酸化により作製した1次元ナノ構造体, 2013年電気化学会秋季大会, 2013, 東京工業大学 (東京)
- 163) 増田, 阿相, 小野, 混酸電解液で生成する皮膜の構造と特性, 表面技術協会第128回講演大会, 2013, 福岡工業大学 (福岡)
- 164) 小野, 阿相, アルミニウムのアノード酸化による不透明白色皮膜の生成, 表面技術協会 第128回講演大会, 2013, 福岡工業大学 (福岡)
- 165) \*Ono S., Kotaka S., Sugawara K., and Asoh H. (招待講演), Self-Ordered Porous Anodic Oxide Film on GaAs, 64th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (ISE 2013), 2013, Santiago de Quere'taro (Mexico)
- 166) \*小野 (依頼講演), チタンアノード酸化皮膜の構造制御と特性—バリアー型皮膜の誘電特性, ポーラス皮膜の構造制御, TiAl合金まで陽極酸化皮膜の面白さ, 素晴らしさを徹底解説—, 第33回ライトメタル表面技術部会サマーセミナー, 2013, 工学院大学 (東京)
- 167) Ono S., and Asoh H., Effect of Crystal Orientation and Surface Topography of Aluminum Substrate on Pore Nucleation of Anodic Porous Alumina, The Third International Conference and Exposition "Aluminium-21/Coating", 2013, Saint Petersburg (Russia)
- 168) Ono S., and Asoh H., High-Aspect-Ratio Nanostructures of Semiconductors Fabricated by Chemical and Electrochemical Etchings, 5th Meeting of Electrochemistry in Nanoscience (ElecNano5), 2013, Bordeaux (France)

## 1.2

- 1) 井東, 西谷, 梶山, 麻繊維強化植物由来 PA1010 バイオマス複合材料の機械的性質に及ぼすPP-g-MA添加の影響, 日本機械学会関東学生会第57回学生員卒業研究発表講演会, 2018, 電気通信大学(東京)
- 2) 佐藤, 西谷, 梶山, 無水マレイン酸処理 CF/PA6 複合材料の機械的性質, 日本機械学会関東学生会第57回学生員卒業研究発表講演会, 2018, 電気通信大学(東京)
- 3) 武藤, 西谷, 油潤滑下のポリフェニレンサルファイドのトライボロジータクティクス, 日本機械学会関東学生会第57回学生員卒業研究発表講演会, 2018, 電気通信大学(東京)
- 4) 川内, 西谷, クルミ殻充填植物由来 PA1010 バイオマス複合材料のトライボロジータクティクス, 日本機械学会関東学生会第57回学生員卒業研究発表講演会, 2018, 電気通信大学(東京)
- 5) 大野, 西谷, 植物由来 PA10T の摩擦摩耗特性に及ぼす PTFE の種類の影響, 第9回日本複合材料会議, 2018, 同志社大学京田辺キャンパス(京都)
- 6) 矢部, 西谷, 3成分系ナノコンポジット(PA6/PP/CaCO<sub>3</sub>)の摩擦摩耗特性に及ぼすコロイドCaCO<sub>3</sub>の粒径の影響, 第9回日本複合材料会議, 2018, 同志社大学京田辺キャンパス(京都)

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 7) Nishitani Y., Sugawara N., Kawasaki K., and Kajiyama T., Tribological Properties of Ureidosilane Treated Natural Fiber Reinforced Plant-Derived Polyamide 1010 Biomass Composites, The Proceedings of the 33rd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-33), 2017, Cancun (Mexico)
- 8) Kajiyama T., Yamanaka T., Kawasaki K., Sugawara N., and Nishitani Y., Influence of Maleic Anhydride Treatment on the Tribological Properties of Hemp Fiber Reinforced Plant-Derived Polyamide 1010 Biomass Composites, The Proceedings of the 33rd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-33), 2017, Cancun (Mexico)
- 9) 大野, 西谷, 植物由来 PA10T の摩擦摩耗特性に及ぼす PTFE 添加の影響, 第 8 回トライボロジー秋の学校 in 愛知, 2017, あいち健康プラザ(愛知)
- 10) 大野, 西谷, 植物由来 PA10T を用いた CF/PA10T/PTFE 複合材料の機械的性質, 2017 年度材料技術研究協会討論会, 2017, 東京理科大学野田キャンパス(千葉)
- 11) 矢部, 西谷, ナノサイズコロイド炭酸カルシウム充填ポリアミド複合材料のトライボロジー特性, 第 72 回高分子材料のトライボロジー研究会, 2017, 工学院大学新宿キャンパス(東京)
- 12) 西谷, 川崎, 菅原, 梶山, 各種麻繊維強化植物由来 PA1010 バイオマス複合材料のトライボロジー特性, トライボロジー会議 2017 秋 高松, 2017, サンポートホール高松(香川)
- 13) 西谷, 長田, 梶山, 無水マレイン酸処理 VGCF-X/PA6 複合材料のトライボロジー的性質, プラスチック成形加工学会第 25 回秋季大会(成形加工シンポジウム'17), 2017, 大阪国際会議場(大阪)
- 14) 梶山, 井上, 竹澤, 川崎, 金子, 菅原, 西谷, 麻繊維強化植物由来 PA1010 複合材料の機械的性質と繊維分散性の関係, プラスチック成形加工学会第 25 回秋季大会(成形加工シンポジウム'17), 2017, 大阪国際会議場(大阪)
- 15) 矢部, 西谷, フェムト秒レーザを用いた PTFE の表面微細加工とその表面特性に及ぼすピッチ間隔の影響, 第 17 回高分子表面研究討論会, 2017, 京都大学化学研究所(京都)
- 16) 西谷, 菅原, 川崎, 小田, 向田, 梶山, リサイクル麻繊維強化植物由来 PA1010 バイオマス複合材料を用いたトライボマテリアルの開発, 日本レオロジー学会第 29 回高分子加工技術討論会, 2017, 名古屋市工業研究所(愛知)
- 17) 西谷, 高分子材料のトライボロジー, サステイナブルトライボロジー会議 2017 奄美大島, 2017, 奄美山羊島ホテル(鹿児島)
- 18) 西谷, 総植物由来原料を用いた天然繊維強化エンブラ系複合材料の成形と物性, 第 70 回高分子材料のトライボロジー研究会, 2017, 工学院大学新宿キャンパス(東京)
- 19) Nishitani Y., Sugawara N., Kawasaki K., Oda S., Mukaida J., and Kajiyama T., Friction and Wear Properties of Recycled Natural Fiber Reinforced Plant-Derived Polyamide 1010 Biomass Composites, The Proceedings of Polymer Processing Society Europe/Africa Conference 2017 (PPS-2017), 2017, Dresden (Germany)
- 20) Kim S., Sugiyama K., Sugiyama K., Mikawa K., Nakamura K., and Nishitani Y., Effect of Addition of Filler on the Tribological Properties of CF/PEEK composites, The Proceedings of Polymer Processing Society Europe/Africa Conference 2017 (PPS-2017), 2017, Dresden (Germany)
- 21) 西谷, 川崎, 菅原, 梶山, 各種麻繊維強化植物由来 PA1010 バイオマス複合材料の機械的性質, 成形加工'17, 2017, タワーホール船堀(東京)
- 22) 梶山, 金子, 菅原, 西谷, 麻繊維強化植物由来 PA1010 バイオマス複合材料の機械的性質に及ぼすマレイン酸処理の影響, 成形加工'17, 2017, タワーホール船堀(東京)
- 23) 西谷, 篠原, 小林, PPS の摩擦摩耗特性に及ぼす繊維状 PTFE 粒子添加の影響, トライボロジー会議 2017 春 東京, 2017, 国立オリンピック青少年総合センター(東京)
- 24) 小林, "低  $T_g$  ポリマーブラシによる異種材料接着と分子量分布の影響", 第 28 回エラストマー討論会, 2017, 京都大学宇治キャンパス (京都)
- 25) 小林, "生物の付着機構に学ぶ表面改質と異種材料接着への展開", 日本ゴム協会東海支部セミナー, 2017, 名古屋市工業研究所(愛知)
- 26) 野中, 小林, "ポリマーブラシによる接着に関する基礎研究" 第 6 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2017, 八王子学園都市センター(東京), ポスター発表優秀賞,
- 27) Shiomoto S. and Kobayashi M., "Water Transport on Polyelectrolyte Brush Surface Inspired by a Wharf Roach", 6th Nagoya Biomimetics International Symposium (NaBIS), 2017, 名古屋工業大学(愛知)
- 28) Yoshioka H., Yamaguchi K., and Kobayashi M., "Effect of Fluoroalcohol on Atom Transfer Radical Polymerization of Styrene Derivatives", The 16th International Symposium on Advanced Technology,

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- ISAT-16, 2017, 工学院大学(東京), Best Poster Award 受賞
- 29) Shiomoto S., Yamaguchi K., and Kobayashi M., "Specific Water Elongation Behavior on Micro-Patterned Polyelectrolyte Brush", The 16th International Symposium on Advanced Technology, ISAT-16, 2017, 工学院大学(東京), Best Poster Award 受賞
- 30) Tanaka S., Yamaguchi K., and Kobayashi M., "Measurement of Molecular Interaction Forces of Biocompatible Poly(sulfobetaine) Brushes In Water ", The 16th International Symposium on Advanced Technology, ISAT-16, 2017, 工学院大学(東京)
- 31) 小林, "走査フォース顕微鏡を用いたキプリス幼生付着器官の水中凝着力測定", 2017 年度日本付着生物学会シンポジウム, 2017, 東京海洋大学(東京)
- 32) Kobayashi M., "Adhesive Interaction of Polyzwitterion Brushes Containing Sulfo- and Phospho-betaine Groups in Water", 3rd International Conference on Bioinspired and Zwitterionic Materials, 2017, 東京大学(東京)
- 33) 塩本, 小林, "高分子電解質表面における水の先行薄膜の可視化と伸長速度の時間依存性", 第 66 回レオロジー討論会, 2017, 朱鷺メッセ(新潟)
- 34) 小林, 三原, 山口, "異種接着を指向した表面グラフトポリマーの分子設計", 2017, 第 66 回高分子分子討論会, 愛媛大学(愛媛)
- 35) 小林, 利光, 塩本, 野方, "親水性ポリマーグラフト表面と生体キプリス幼生触角との相互作用", 2017, 第 66 回高分子討論会, 愛媛大学(愛媛)
- 36) 塩本, 山口, 小林, "高分子電解質ブラシ微細流路における水流の時間発展", 第 68 回コロイドおよび界面化学討論会, 神戸大学(兵庫)
- 37) Kobayashi M., and Nogata Y. "Adhesive Interaction between Cypris Larva and Marine Biofouling Brush Surface", 10th International Symposium on Nature-Inspired Technology (ISNIT2017), 2017, Cebu(Philippine)
- 38) 小林, 山崎, 利光 "スルホベタイン型ポリマーブラシの水中における凝着力の温度依存性", 2017, 第 55 回日本接着学会年次大会, 関西大学, (大阪)
- 39) 野中, 山口, 小林, "ポリメタクリル酸メチルブラシの熱接着における一次構造の影響", 2017, 第 55 回日本接着学会年次大会, 関西大学, (大阪府)
- 40) 小林, "表面グラフト化ポリマーによる表面改質と異種材料接着への展開", プラスチック成形加工学会第 27 回年次大会, 2017, タワーホール船堀(東京)
- 41) 藤井, 小林(佳), 鈴木, 大園, 山口, 小林 "しわ構造を有する親水性ポリイミド表面の調製とその表面特性解析", 平成 29 年度繊維学会年次大会(船堀), 2017, タワーホール船堀(東京)
- 42) 小林, 三原, 山崎, 山口 "走査フォース顕微鏡による双性イオン型高分子電解質表面の凝着力の比較", 平成 29 年度繊維学会年次大会(船堀), 2017, タワーホール船堀(東京)
- 43) 塩本, 山口, 小林, "高分子電解質ブラシ微細流路における水の伸長", 第 66 回高分子学会年次大会, 2017, 幕張メッセ(千葉)
- 44) 義岡, 山口, 小林, "スチレン誘導体の制御ラジカル重合における置換基効果", 第 66 回高分子学会年次大会, 2017, 幕張メッセ(千葉)
- 45) 三原, 山口, 小林, "インバースホスホリルコリン型ポリマーブラシの水中フォースカーブ測定", 第 66 回高分子学会年次大会, 2017, 幕張メッセ(千葉)
- 46) 小林, 野方, "キプリス幼生固定化カンチレバーを用いた触角の水中凝着力評価", 付着生物学会研究集会, 2017, 東京海洋大学(東京)
- 47) 西谷, 麻繊維強化植物由来ポリアミド複合材料のトライボロジー, 日本レオロジー学会高分子加工技術研究会 第 86 回例会, 2016, 京都工芸繊維大学工織会館(京都府)
- 48) 長田, 西谷, 梶山, 北野, マレイン酸処理 VGCF-X 強化 PA6 複合材料の機械的性質, 2016 年材料技術研究協会討論会, 2016, 東京理科大学野田キャンパス(千葉県)※ゴールドポスター賞受賞
- 49) 中村, 西谷, 北野, ウレタン系サイズ剤処理 CF 強化 PA66 および PA6T 複合材料の摩擦摩耗特性における荷重依存性, 2016 年材料技術研究協会討論会, 2016, 東京理科大学野田キャンパス(千葉県)
- 50) 菅原, 向田, 金子, 西谷, 梶山, 北野, 麻繊維強化植物由来ポリアミドの熱的性質に及ぼす表面処理効果, 2016 年材料技術研究協会討論会, 2016, 東京理科大学野田キャンパス(千葉県)
- 51) 篠原, 西谷, 北野, 繊維状 PTFE 粒子充填 PPS 複合材料のトライボロジー的性質, 2016 年材料技術研究協会討論会, 2016, 東京理科大学野田キャンパス(千葉県)

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 52) 長田, 西谷, 梶山, 北野, VGCF-X/PA6 複合材料のトライボロジー的性質に及ぼす HDPE 添加の影響, 日本機械学会第 24 回機械材料・材料加工技術講演会 (M&P2016), 2016, 早稲田大学国際会議場(東京都)
- 53) 中村, 西谷, 北野, フェムト秒レーザを用いた金属相手材の表面微細構造に対する植物由来 PA 複合材料のトライボロジー特性, 日本機械学会第 24 回機械材料・材料加工技術講演会 (M&P2016), 2016, 早稲田大学国際会議場(東京都)
- 54) 長田, 西谷, 梶山, 山中, 北野, 硝酸処理 VGCF-X 充填 3 成分系複合材料 (VGCF-X/PA6/SEBS) のトライボロジー的性質に及ぼす混練手順変更の影響, 日本レオロジー学会第 28 回高分子加工技術討論会, 2016, 名古屋市工業研究所(愛知県)
- 55) 中村, 西谷, 北野, 植物由来 PA の摩擦特性に及ぼす表面微細加工の影響, 日本レオロジー学会第 28 回高分子加工技術討論会, 2016, 名古屋市工業研究所(愛知県)
- 56) 西谷, 多成分系複合材料の成形と物性, 日本接着学会関東支部 月例講演会第 258 回, 2016, 工学院大学新宿キャンパス(東京都)
- 57) 篠原, 西谷, 北野, 炭素繊維およびアラミド繊維ハイブリッド型ポリアミド 66 複合材料のトライボロジー的性質に及ぼす相手材の影響, プラスチック成形加工学会第 24 回秋季大会(成形加工シンポジウム'16), 2016, 仙台国際センター(宮城県)
- 58) 矢部, 西谷, 北野, ナノサイズ CaCO<sub>3</sub> 充填 PA66 複合材料のトライボロジー的性質に及ぼすアルキルベンゼンスルホン酸処理の影響, プラスチック成形加工学会第 24 回秋季大会(成形加工シンポジウム'16), 2016, 仙台国際センター(宮城県)
- 59) 菅原, 向田, 小田, 西谷, 梶山, 山中, 北野, リサイクル麻繊維強化植物由来ポリアミド 1010 バイオマス複合材料の機械的性質, プラスチック成形加工学会第 24 回秋季大会(成形加工シンポジウム'16), 2016, 仙台国際センター(宮城県)
- 60) Nishitani Y., Mukaida J., Yamada Y., Yamanaka T., Kajiyama T., and Kitano T., Gear Strength of Hemp Fiber Reinforced Plants-Derived Polyamide1010 Biomass Composites, The Proceedings of Polymer Processing Society Asia/Australia Conference 2016 (PPS-2016), 2016, Chengdu (China)
- 61) Shinohara T., Nishitani Y., and Kitano T., Tribological Properties of Carbon and Aramid Fiber Hybrid Reinforced Polyamide 66 Composites, The Proceedings of Polymer Processing Society Asia/Australia Conference 2016 (PPS-2016), 2016, Chengdu (China)
- 62) 菅原, 向田, 小田, 西谷, 梶山, 山中, 北野, 麻繊維およびガラス繊維ハイブリッド型植物由来ポリアミド 11 バイオマス複合材料の摩耗挙動, トライボロジー会議 2016 秋 新潟, 2016, 朱鷺メッセ(新潟)
- 63) 長田, 岩壁, 西谷, 北野, PA6/PP/PP-g-MA ポリマーブレンドのトライボロジー的性質に及ぼすコロイド CaCO<sub>3</sub> 充填の影響, トライボロジー会議 2016 秋 新潟, 2016, 朱鷺メッセ(新潟)
- 64) 中村, 清水, 篠原, 西谷, 北野, CF/PA6T 複合材料のトライボロジー的性質に及ぼすサイジング剤の影響, トライボロジー会議 2016 秋 新潟, 2016, 朱鷺メッセ(新潟)
- 65) Nishitani Y., Mukaida J., Yamanaka T., Kajiyama T., and Kitano T., Influence of Initial Fiber Length on the Mechanical and Tribological Properties of Hemp Fiber Reinforced Plants-Derived Polyamide 1010 Biomass Composites, The Proceedings of the 32nd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-32), 2016, Lyon (France)
- 66) Osada Y., Nishitani Y., and Kitano T., Effect of Processing Sequence on the Mechanical and Tribological Properties of Ternary Nanocomposites (VGCF-X/PA6/HDPE), The Proceedings of the 32nd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-32), 2016, Lyon (France)
- 67) Nakamura K., Nishitani Y., and Kitano T., T Frictional Properties of Plants-Derived Polyamide against Surface Microstructures of Metal Counterpart Fabricated by Femtosecond Laser., The Proceedings of the 32nd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-32), 2016, Lyon (France)
- 68) 長田, 西谷, 北野, VGCF-X 強化 PA6 複合材料のトライボロジー的性質に及ぼす酸処理の影響, 成形加工'16, 2016, タワーホール船堀(東京)
- 69) 中村, 西谷, 北野, フェムト秒レーザを用いた植物由来 PA の表面微細加工と表面特性ー表面特性に及ぼすピッチ間隔の影響ー, 成形加工'16, 2016, タワーホール船堀(東京)
- 70) 篠原, 西谷, 北野, 繊維状 PTFE 粒子充填 PA66 複合材料のトライボロジー的性質, トライボロジー会議 2016 春 東京, 2016, 国立オリンピック青少年総合センター(東京)
- 71) 中村, 篠原, 西谷, 北野, 繊維状 PTFE 粒子充填 PA66 複合材料のトライボロジー的性質, トライボロジー会議 2016 春 東京, 2016, 国立オリンピック青少年総合センター(東京)
- 72) Yoshioka H., Izumi C., and Kobayashi M., Adhesion of Poly(vinyl pyridine) Brushes by Means of

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

Hydrogen Bonding Interaction, The 11th SPSJ International Polymer Conference (IPC 2016), 2016, Fukuoka (Japan)

73) Kobayashi M., Yamazaki A., Imamura Y., Force Curve Measurement of Polyzwitterion Brushes Containing Inverse Phosphorylcholine Group in Water, The 11th SPSJ International Polymer Conference (IPC 2016), 2016, Fukuoka (Japan)

74) Kobayashi M., Adhesive Interaction of Polyzwitterion Brushes Containing Inverse Phosphorylcholine Group, Material Research Society 2016 Fall meeting, 2016, Boston (USA)

75) Yamazaki A., and Kobayashi M., Molecular Interaction Forces of Poly(sulfobetaine) Brushes with Various Methylene Chain Length in Betaine Unit, International Symposium on Biomedical Engineering, 2016, Tokyo (Japan)

76) Ozaki T., Yamaguchi K., and Kobayashi M., Fabrication of Hierarchical Structure by Thermal Nanoimprint and Polymer Brushes, The 6th Asian Conference on Adhesion (ACA2016), 2016, Tokyo (Japan)

77) Izumi C., Yoshioka H., Kobayashi M., Repeatable Adhesion Using a Hydrogen-bonding Interaction of Poly(2-vinylpyridine) Brushes, The 6th Asian Conference on Adhesion (ACA2016), 2016, Tokyo (Japan)

78) 塩本, 山口, 小林元康, 微細パターン化親水性高分子ブラシ表面における異方性濡れ, 第 67 回コロイドおよび界面化学討論会, 2016, 北海道教育大学旭川校 (旭川)

79) 塩本, 山口, 小林元康, ラインパターン化高分子電解質ブラシ表面の異方性濡れ, 第 65 回高分子学会年次大会, 2016, 神戸国際会議場(神戸)

80) 矢部, 中村, 成瀬, 西谷, 北野, フェムト秒レーザを用いた PTFE および POM 表面へのマイクロチャンネル加工とその表面特性, 精密工学会第 23 回学生会員卒業研究発表講演会, 2016, 東京理科大学野田キャンパス(千葉県)

81) 向田, 西谷, 梶山, 山中, 北野, 3 成分系植物由来複合材料 (麻繊維/ポリアミド 1010/TPE) の機械的およびトライボロジー的性質に及ぼす植物由来 TPE の種類の影響, 第 266 回材料試験技術シンポジウム, 2016, 産業技術総合研究所 臨海副都心センター(東京)

82) Mukaida J., Nishitani Y., Kitano T., Fabrication of Hemp Fiber Reinforced Plants-Derived Polyamide 1010 Biomass Composites and Their Mechanical Properties, 14<sup>th</sup> Japan International SAMPE Symposium and Exhibition (JISSE-14), 2015, Shiinoki Cultural Complex (Ishikawa)

83) 西谷, 向田, 山中, 梶山, 北野, 麻繊維強化植物由来エンブラ系複合材料を用いたトイボマテリアルの開発, 2015 年材料技術研究協会討論会, 2015, 近畿大学東大阪キャンパス(大阪府)

84) 中村, 西谷, 北野, フェムト秒レーザを用いた植物由来ポリアミド 11 の表面微細加工と表面特性, 2015 年材料技術研究協会討論会, 2015, 近畿大学東大阪キャンパス(大阪府)

85) 向田, 伊地知, 西谷, 北野, 繊維強化ポリグリコール酸複合材料のトライボロジー的性質, 2015 年材料技術研究協会討論会, 2015, 近畿大学東大阪キャンパス(大阪府)

86) 篠原, 西谷, 北野, CF/PA66/PTFE 複合材料のトライボロジー的性質に及ぼす相手材の種類の影響, プラスチック成形加工学会第 23 回秋季大会(成形加工シンポジウム'15), 2015, 福岡大学七隈キャンパス(福岡)

87) 三河, 西谷, 北野, クルミ殻充填 PE/PP 複合材料のトライボロジー的性質に及ぼす相容化剤の影響, プラスチック成形加工学会第 23 回秋季大会(成形加工シンポジウム'15), 2015, 福岡大学七隈キャンパス(福岡)

88) 菅原, 向田, 西谷, 梶山, 山中, 北野, 麻繊維およびガラス繊維ハイブリッド型植物由来ポリアミド 11 複合材料の機械的およびトライボロジー的性質, プラスチック成形加工学会第 23 回秋季大会(成形加工シンポジウム'15), 2015, 福岡大学七隈キャンパス(福岡)

89) 向田, 菅原, 小田, 西谷, 山中, 梶山, 北野, 麻繊維強化植物由来 PA1010 バイオマス複合材料の機械的性質に及ぼす繊維長の影響, プラスチック成形加工学会第 23 回秋季大会(成形加工シンポジウム'15), 2015, 福岡大学七隈キャンパス(福岡)

90) 中村, 西谷, 北野, PTFE および POM の摩擦特性に及ぼす金属相手材の微細周期構造の影響, 第 27 回高分子加工技術討論会, 2015, 名古屋市工業研究所(愛知)

91) 板垣, 西谷, 北野, 江口, ナノサイズ炭酸カルシウム充填 PA6/PP 複合材料のトライボロジー的性質, 第 27 回高分子加工技術討論会, 2015, 名古屋市工業研究所(愛知)

92) 三河, 西谷, 北野, フィラーおよび相容化剤充填によるポリオレフィン系リサイクル材料の摩擦特性の改質, 第 27 回高分子加工技術討論会, 2015, 名古屋市工業研究所(愛知)

93) 向田, 菅原, 西谷, 山中, 梶山, 北野, 麻繊維強化 PA1010 バイオマス複合材料を用いた機械材

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

料の開発－繊維表面処理の最適化検討－, 第 27 回高分子加工技術討論会, 2015, 名古屋市工業研究所(愛知)

94) 三河, 西谷, ポリオレフィン系リサイクル材料のトライボロジー的性質, 第 64 回高分子材料のトライボロジー研究会, 2014, 工学院大学新宿キャンパス(東京)

95) Nishitani Y., Mukaida J., Yamanaka T., Kajiyama T., and Kitano T., Effect of Processing Sequence on the Dynamic Viscoelastic Properties of Ternary Biomass Composites (Hemp Fiber/ PA1010/ PA11E) in the Molten State, The Proceedings of Regional Conference of Polymer Processing Society (PPS-2015), 2015, Graz (Austria)

96) Mukaida J., Nishitani Y., and Kitano T., Influence of Types of Alkali Treatment on the Mechanical Properties of Hemp Fiber Reinforced Polyamide 1010 Composites, The Proceedings of Regional Conference of Polymer Processing Society (PPS-2015), 2015, Graz (Austria)

97) Mikawa K., Hoshikawa A., Nishitani Y., Shimizu T., Takahashi E., and Kitano T., Influence of Nut Shell Powder Content on the Tribological Properties of Recycled Polyolefin Composites, The Proceedings of Regional Conference of Polymer Processing Society (PPS-2015), 2015, Graz (Austria)

98) Nakamura K., Nishitani Y., and Kitano T., Fabrication of Micro-Structured Surface of Plants-Derived Polyamide using Femtosecond Laser and Their Frictional Properties, The Proceedings of Regional Conference of Polymer Processing Society (PPS-2015), 2015, Graz (Austria)

99) Mikawa K., Hoshikawa A., Nishitani Y., and Kitano T., Influence of the Type of Inorganic Fillers on the Tribological Properties of PE/PP blend, Proceedings of International Tribology Conference, TOKYO 2015 (ITC2015), 2015, Katsushika Campus, Tokyo University of Science (Tokyo) ※ITC Tokyo 2015 Poster Award for Young Tribologists 受賞

100) Shinohara T., Nishitani Y., and Kitano T., Wear Behavior of CF/PA66 Composites against Various Metal Counter Materials, Proceedings of International Tribology Conference, TOKYO 2015 (ITC2015), 2015, Katsushika Campus, Tokyo University of Science (Tokyo)

101) Nakamura K., Naruse N., Nishitani Y., and Kitano T., Tribological properties of the Biomass TPE Blends of Plants-Derived PA11E and Plants-Derived TPU, Proceedings of International Tribology Conference, TOKYO 2015 (ITC2015), 2015, Katsushika Campus, Tokyo University of Science (Tokyo)

102) Sugawara N., Mukaida J., Nishitani Y., Yamanaka T., Kajiyama T. and Kitano T., Effects of Blend Ratio of Plants-Derived TPE on the Tribological Properties of Hemp Fiber Reinforced Polyamide 11 Composites, Proceedings of International Tribology Conference, TOKYO 2015 (ITC2015), 2015, Katsushika Campus, Tokyo University of Science (Tokyo)

103) Osada Y., Nishitani Y., and Kitano T., Influence of the Type of SEBS on the Tribological Properties of Ternary Composites (VGCF-X/PA6/SEBS), Proceedings of International Tribology Conference, TOKYO 2015 (ITC2015), 2015, Katsushika Campus, Tokyo University of Science (Tokyo)

104) Itagaki K., Shitsukawa M., Nishitani Y., and Kitano T., Wear Behaviors of PA6/PP/CaCO<sub>3</sub> Composites, Proceedings of International Tribology Conference, TOKYO 2015 (ITC2015), 2015, Katsushika Campus, Tokyo University of Science (Tokyo)

105) Mukaida J., Nishitani Y., Yamanaka T., Kajiyama T., and Kitano T., Effect of Fiber Content on the Tribological Properties of Ternary Biomass Composites (HF/PA1010/PA11E), Proceedings of International Tribology Conference, TOKYO 2015 (ITC2015), 2015, Katsushika Campus, Tokyo University of Science (Tokyo)

106) Nishitani Y., Mukaida J., Yamanaka T., Kajiyama T., and Kitano T., Thermal Properties of Hemp Fiber Filled Polyamide 1010 Biomass Composites and the Blend of These Composites and Polyamide 11 Elastomer, The Proceedings of the 31st International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-31), 2015, Jeju (Korea)

107) Osada Y., Nishitani Y., and Kitano T., Influence of Processing Sequence on the Tribological Properties of VGCF-X/PA6/SEBS Composites, The Proceedings of the 31st International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-31), 2015, Jeju (Korea)

108) Itagaki K., Nishitani Y., Kitano T., and Eguchi K., Tribological Properties of Nanosized Calcium Carbonate Filled Polyamide 66 Nanocomposites, The Proceedings of the 31st International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-31), 2015, Jeju (Korea), ※Poster Award 受賞

109) 三河, 星川, 西谷, 北野, PE/PP ブレンドのトライボロジー的性質に及ぼすクルミ殻添加の影響, 成形加工'15, 2015, タワーホール船堀(東京)

110) 向田, 西谷, 梶山, 山中, 北野, 麻繊維強化ポリアミド 1010 複合材料のトライボロジー的性質に及ぼす表面処理方法の影響, 成形加工'15, 2015, タワーホール船堀(東京)

111) 長田, 西谷, 北野, VGCF-X/PA6/SEBS 複合材料の機械的性質に及ぼす混練手順変更の影響, 成形加工'15, 2015, タワーホール船堀(東京)

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 112) 菅原, 向田, 西谷, 梶山, 山中, 北野, 3成分系バイオマス複合材料(麻繊維/PA11/TPE)の機械的性質に及ぼす植物由来 TPE 添加量の影響, 成形加工'15, 2015, タワーホール船堀(東京)
- 113) 篠原, 西谷, 北野, CF/PA66 複合材料のトライボロジー的性質に及ぼす相手材の種類の影響, トライボロジー会議 2015 春 姫路, 2015, 姫路商工会議所(兵庫)
- 114) 板垣, 鈴木, 西谷, 江口, 北野, ボールオンプレート型すべり摩耗試験による POM/CaCO<sub>3</sub> 複合材料のトライボロジー特性に及ぼす CaCO<sub>3</sub> の種類の影響, トライボロジー会議 2015 春 姫路, 2015, 姫路商工会議所(兵庫)
- 115) 中村, 成瀬, 西谷, 北野, フェムト秒レーザを用いた植物由来ポリアミド系熱可塑性エラストマーの表面微細加工と摩擦特性, トライボロジー会議 2015 春 姫路, 2015, 姫路商工会議所(兵庫)
- 116) Aoki Y., Kobayashi M., Thermal adhesion property of polystyrene brushes, 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, 2015, Honolulu (USA)
- 117) Yoshioka H., Kobayashi M., Repeatable adhesion using a hydrogen-bonding interaction of poly(4-vinylpyridine) brushes, 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, 2015, Honolulu (USA)
- 118) Kobayashi M., Repeatable Adhesion System Using Proton-acceptable and Donative Polymer Brushes, 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, 2015, Honolulu (USA)
- 119) 山崎, 小林, スルホベタイン型ポリメタクリレートブラシ表面の相互作用の評価, 日本バイオマテリアル学会, 2015, 京都テルサ(京都)
- 120) 小林, 表面グラフトポリマーによる接着の課題と展望, 高分子学会 茨城地区若手交流会, 2015,
- 121) 小林, ポリマーブラシの熱処理による分子鎖混合の可能性と接着強度, レオロジー討論会, 2015, 神戸大学(兵庫)
- 122) 青木, 小林, ポリスチレンブラシ鎖混合による接着の温度依存性, 第 64 回高分子討論会, 2015, 東北大学(宮城)
- 123) 今村, 小林, インバースホスホリルコリン基を有するポリマーブラシの調製と表面特性, 第 64 回高分子討論会, 2015, 東北大学(宮城)
- 124) 義岡, 小林, 異種高分子ブラシ界面における水素結合による接着, 第 64 回高分子討論会, 2015, 東北大学(宮城)
- 125) 小林, 高分子ブラシ界面の接着における時空間構造の制御, 繊維学会夏季セミナー, 2015, 北九州国際会議場(福岡)
- 126) 小林, ポリマーブラシ間の水素結合性相互作用を利用した繰り返し接着, 第 53 回日本接着学会年次大会, 2015, 愛知工業大学(愛知)
- 127) 義岡, 小林, ポリ(4-ビニルピリジン)ブラシとの水素結合を利用した接着界面の創製, 平成 27 年度繊維学会年次大会, 2015, タワーホール船堀(東京)
- 128) 小林, プロトン受容性ポリマーブラシの水素結合を利用した接着と剥離, 平成 27 年度繊維学会年次大会, 2015, タワーホール船堀(東京)
- 129) 池田, 小林, セリン含有ポリカルボキシベタインブラシの表面濡れ性における pH 依存性, 第 64 回高分子学会年次大会, 2015, 札幌コンベンションセンター(札幌)
- 130) 小林, 水素結合を利用した親水性ポリマーブラシ界面における接着と剥離, 第 64 回高分子学会年次大会, 2015, 札幌コンベンションセンター(札幌)
- 131) 池田, 小林, 側鎖にセリンを結合した双性イオン高分子ブラシの合成とその表面特性解析, 第 69 回有機合成化学協会関東支部シンポジウム, 2015, 横浜国立大学(神奈川)
- 132) 成瀬, 中村, 西谷, 北野, PTFE のフェムト秒レーザを用いた表面微細加工と摩擦特性, 2015 年度精密工学会春季大会学術講演会, 2015, 東洋大学白山キャンパス(東京)
- 133) 向田, 西谷, 北野, 植物由来 PA1010/PA11 エラストマーブレンドの機械的性質, 2014 年度材料技術研究協会討論会, 2014, 東京理科大学野田校舎(千葉) ※ゴールドポスター賞受賞
- 134) 篠原, 西谷, 北野, アルミニウム製相手材に対する炭素繊維強化 PA66 複合材料の摩擦摩耗特性, 2014 年度材料技術研究協会討論会, 2014, 東京理科大学野田校舎(千葉)
- 135) 中村, 成瀬, 西谷, 北野, 植物由来 PA11E/TPU の機械的性質, 2014 年度材料技術研究協会討論会, 2014, 東京理科大学野田校舎(千葉) ※ゴールドポスター賞受賞
- 136) 長田, 西谷, 北野, CNT/PA6 複合材料の機械的性質に及ぼす SEBS 添加の影響, 2014 年度材料技術研究協会討論会, 2014, 東京理科大学野田校舎(千葉)

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 137) 西谷, 向田, 梶山, 山中, 北野, バイオマスポリアミド 1010 のレオロジー的性質に及ぼす植物由来 TPE 添加の影響, プラスチック成形加工学会第 22 回秋季大会(成形加工シンポジウム'14), 2014, 朱鷺メッセ(新潟)
- 138) 向田, 西谷, 梶山, 山中, 北野, バイオマス原料を用いた 3 成分系複合材料(麻繊維/PA1010/TPU) の機械的性質, プラスチック成形加工学会第 22 回秋季大会(成形加工シンポジウム'14), 2014, 朱鷺メッセ(新潟)
- 139) 竹中, 西谷, 北野, PTFE 充填半芳香族ポリアミド(PPA)および GF 強化 PTFE/PPA 複合材料の歯車強度, プラスチック成形加工学会第 22 回秋季大会(成形加工シンポジウム'14), 2014, 朱鷺メッセ(新潟)
- 140) 三河, 天野, 西谷, 清水, 高橋, 北野, ポリオレフィン系リサイクル材料のトライボロジー的性質に及ぼす充填材添加の影響, トライボロジー会議 2014 秋 盛岡, 2014, アイーナ いわて県民情報交流センター(岩手)
- 141) 西谷, 植物由来原料を用いた高分子系複合材料の成形と物性, 材料技術研究協会討論会の出前講演会, 2014, 日本大学理工学部駿河台キャンパス(東京)
- 142) 竹中, 佐野, 西谷, 北野, VGCF/PA6/SEBS-g-MA 複合材料の機械的性質に及ぼす混練手順の影響, 第 26 回高分子加工技術討論会, 2014, 名古屋市工業研究所(愛知)
- 143) 向田, 西谷, 北野, 3 成分系植物由来複合材料(麻繊維/PA1010/PA11E)の機械的性質と熔融粘弾性, 第 26 回高分子加工技術討論会, 2014, 名古屋市工業研究所(愛知)
- 144) 竹中, 西谷, 半芳香族ポリアミド系複合材料の構造と物性について, 第 61 回高分子材料のトライボロジー研究会, 2014, 工学院大学新宿キャンパス(東京)
- 145) 向田, 西谷, 北野, 麻繊維充填植物由来ポリアミド複合材料の機械的およびトライボロジー的性質, 第 61 回高分子材料のトライボロジー研究会, 2014, 工学院大学新宿キャンパス(東京)
- 146) Takenaka Y., Nisitani Y., Kitano T., Influence of type of PTFE on the rheological properties of PTFE filled semi-aromatic polyamide (PA6T) composites, Proceedings of International Symposium on Fiber Science and Technology (ISF2014), 2014, Tokyo Fashion Town Building (Tokyo)
- 147) Naruse N., Nisitani Y., Kitano T., Fabrication of micro-structured surface of polymeric materials using femtosecond laser, Proceedings of International Symposium on Fiber Science and Technology (ISF2014), 2014, Tokyo Fashion Town Building (Tokyo)
- 148) Mikawa K., Amano Y., Nisitani Y., Kitano T., Effect of addition of fillers on the tribological properties of PE/PP blends, Proceedings of International Symposium on Fiber Science and Technology (ISF2014), 2014, Tokyo Fashion Town Building (Tokyo)
- 149) Itagaki K., Nisitani Y., Eguchi K., Kitano T., Influence of the type of CaCO<sub>3</sub> on the tribological properties of PA66/CaCO<sub>3</sub> composites evaluated by ball-on-plate type sliding wear tester, Proceedings of International Symposium on Fiber Science and Technology (ISF2014), 2014, Tokyo Fashion Town Building (Tokyo) ※Poster Paper Award 受賞
- 150) Mukaida J., Nisitani Y., Kitano T., Influence of surface treatment method on the mechanical properties of hemp fiber reinforced polyamide 1010 biomass composites, Proceedings of International Symposium on Fiber Science and Technology (ISF2014), 2014, Tokyo Fashion Town Building (Tokyo)
- 151) Nisitani Y., Hasumi M., Kitano T., Influence of Silane Coupling Agents on the Rheological Behavior of Hemp Fiber Filled Polyamide 1010 Biomass Composites in Molten State, Proceedings of The 30th International Conference of The Polymer Processing Society (PPS-30), 2014, Cleveland (USA)
- 152) Mukaida J., Nisitani Y., Kitano T., Effect of Addition of Plants-Derived Polyamide 11 Elastomer on the Mechanical and Tribological Properties of Hemp Fiber Reinforced Polyamide 1010 Composites, Proceedings of The 30th International Conference of The Polymer Processing Society (PPS-30), 2014, Cleveland (USA)
- 153) Takenaka Y., Nisitani Y., Kitano T., Tribological Properties of PTFE Filled Plants-Derived Semi-Aromatic Polyamide (PA10T) and GF Reinforced PTFE/PA10T Composites, Proceedings of The 30th International Conference of The Polymer Processing Society (PPS-30), 2014, Cleveland (USA)
- 154) 向田, 西谷, 北野, 植物由来 3 成分系複合材料 (麻繊維/PA1010/PA11E) の機械的性質に及ぼす成形手順の影響, 成形加工'14, 2014, タワーホール船堀(東京)
- 155) 竹中, 西谷, 北野, PTFE 充填植物由来ポリアミド 10T (PA10T) および GF 強化 PTFE/PA10T 複合材料の機械的性質, 成形加工'14, 2014, タワーホール船堀(東京)
- 156) 三河, 天野, 西谷, 北野, ボールオンプレート型すべり摩耗試験による PE/PP ブレンドのトライボロジー的性質, 成形加工'14, 2014, タワーホール船堀(東京)
- 157) 西谷, 荷見, 向田, 北野, 総植物由来原料を用いた天然繊維強化エンブラ系複合材料の成形と

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 物性, 2014 年日本ゴム協会年次大会, 2014, さいたま会館(埼玉)
- 158) 板垣, 西谷, 江口, 北野, リングオペレート型すべり摩耗試験による PA66/CaCO<sub>3</sub> 複合材料のトライボロジー特性に及ぼす CaCO<sub>3</sub> の種類の影響, トライボロジー会議 2014 春 東京, 2014, 国立オリンピック記念少年センター(東京)
- 159) 成瀬, 西谷, 北野, 植物由来ポリアミド系エラストマーのトライボロジー的性質, トライボロジー会議 2014 春 東京, 2014, 国立オリンピック記念少年センター(東京)
- 160) 小林元康, 高分子バイオマテリアル研究の最前線, 日本バイオマテリアル学会年次大会, 東京, 2014, 11.18.
- 161) M. Kobayashi, Macroscopic water lubrication properties of ion-containing polymer brushes, Czech-Japan Tribology Workshop 2014, Miknov, 2014, 11.24.
- 162) 小林元康, バイオミメティクスにおけるトライボロジー, 日本トライボロジー学会・表面テクスチャー研究会, 仙台, 2015, 1.8.
- 163) 西谷, ポリマーブレンドをベースとした複合材料の成形と物性, 平成 25 年度第二回プラスチック成形加工学会押出成形専門委員会, 2014, 五反田文化会館 (東京都)
- 164) 板垣, 漆川, 西谷, 北野, コロイド炭酸カルシウム充填 PA6 複合材料の機械的性質に及ぼすピロリン酸の影響, 2013 年材料技術研究協会討論会, 2013, 東京理科大学野田校舎(千葉)
- 165) 三河, 天野, 西谷, 北野, PE/PP ブレンドのトライボロジー的性質に及ぼすブレンド成分比の影響, 2013 年材料技術研究協会討論会, 2013, 東京理科大学野田校舎(千葉)
- 166) 向田, 荷見, 西谷, 北野, 麻繊維充填 PA1010 複合材料の機械的性質に及ぼす植物由来 PA11E 添加の影響, 2013 年材料技術研究協会討論会, 2013, 東京理科大学野田校舎(千葉) ※ゴールドポスター賞受賞
- 167) 竹中, 宮道, 西谷, 北野, PTFE 充填 PA66 複合材料の熔融粘弾性に及ぼす PTFE の種類の影響, 2013 年材料技術研究協会討論会, 2013, 東京理科大学野田校舎(千葉) ※ゴールドポスター賞受賞
- 168) 西谷, 荷見, 北野, 麻繊維充填 PA1010 複合材料の熔融粘弾性に及ぼす表面処理の影響, プラスチック成形加工学会第 21 回秋季大会(成形加工シンポジウム'13), 2013, 倉敷市芸文館(岡山)
- 169) 成瀬, 鳥羽, 西谷, 北野, PA12E/TPU ブレンドの構造と物性に及ぼす PA12E の種類の影響, プラスチック成形加工学会第 21 回秋季大会(成形加工シンポジウム'13), 2013, 倉敷市芸文館(岡山)
- 170) 西谷, 大木, 吉田, 北野, ポリアミド 66/ポリエチレンブレンドをベースとした繊維強化複合材料のトライボロジー的性質, トライボロジー会議 2013 秋 福岡, 2013, アクロス福岡(福岡)
- 171) 竹中, 西谷, 北野, PTFE/PA6T および GF/PA6T/PTFE 複合材料のトライボロジー的性質, トライボロジー会議 2013 秋 福岡, 2013, アクロス福岡(福岡)
- 172) 西谷, 荷見, 向田, 北野, 麻繊維充填 PA1010 複合材料の機械的およびトライボロジー的性質に及ぼす表面処理の影響, 第 25 回高分子加工技術討論会, 2013, 名古屋市工業研究所(愛知)
- 173) 成瀬, 鳥羽, 西谷, 北野, PA12E/TPU ブレンドのレオロジー的性質に及ぼす PA12E の種類の影響, 第 25 回高分子加工技術討論会, 2013, 名古屋市工業研究所(愛知)
- 174) Takenaka Y., Miyaji T., Nisitani Y., Kitano T., Influence of Type of PTFE on the Tribological Properties of PTFE Filled Semi-Aromatic Polyamide (PA6T) Composites, Proceedings of 5th World Tribology Congress - WTC 2013, 2013, Torino (Italy)
- 175) Naruse N., Toba T., Nisitani Y., Kitano T., Influence of Hardness of Polyamide 12 Elastomer on the Tribological Properties of the Polymer Blends of Polyamide 12 Elastomer and Thermoplastic Polyurethane Elastomer, Proceedings of 5th World Tribology Congress - WTC 2013, 2013, Torino (Italy)
- 176) Nisitani Y., Shitsukawa M., Yamamoto K., Kitano T., Effect of the Surface Treatment of CaCO<sub>3</sub> on the Tribological Properties of PA6/PP/CaCO<sub>3</sub> Composites, Proceedings of 5th World Tribology Congress - WTC 2013, 2013, Torino (Italy)
- 177) Nisitani Y., Shitsukawa M., Yamamoto K., Kitano T., Influence Of SEBSs-g-MA On The Rheological Properties Of PA6/PP Blends In Fully Or Partially Molten State, Proceedings of The 29th International Conference of The Polymer Processing Society (PPS-29), 2013, Nuremberg (Germany)
- 178) 高田, 矢ヶ崎, 桑折, 西谷, 馬場, 馬場, 生分解性プラスチックの微細構造の変化が強度及び分解に与える影響, 日本機械学会 2013 年度年次大会, 2013, 岡山全日空ホテル(岡山)
- 179) 西谷, ポリマーアロイ・ブレンドの 力学的性質, 第 11 回若手からベテランのためのセミナー, 2013, 東京電業会館(東京)
- 180) 西谷, ポリマーブレンドをベースとした 複合材料のレオロジーおよび機械的性質, 山形大学

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 工学部機能高分子工学科研究会, 2013, 山形大学(山形)
- 181) 高田, 矢ヶ崎, 桑折, 馬場, 馬場, 西谷, 生分解性樹脂の微細組織の改質が強度及び分解に与える影響, 2013, 日本材料科学会学術講演大会, 工学院大学(東京)
- 182) 山本, 河原, 浅野, 岩井, 北居, 北川, 倉本, 齊藤, 竹中, 富永, 西谷, 平原, 渡辺, カーボンブラック配合加硫天然ゴム, イソプレンゴムおよび脱タンパク質化天然ゴムのモルフォロジーと物性, 成形加工'13, 2013, タワーホール船堀(東京)
- 183) 竹中, 宮道, 西谷, 北野, PTFE 充填半芳香族系ポリアミド(PA6T)複合材料の摩耗挙動に及ぼす PTFE の種類の影響, 成形加工'13, 2013, タワーホール船堀(東京)
- 184) 成瀬, 鳥羽, 西谷, 北野, PA12E/TPU ブレンドの摩耗挙動に及ぼす PA12E 硬度の影響, トライボロジー会議 2013 春 東京, 2013, 国立オリンピック記念少年センター(東京)
- 185) 西谷, シールメーカーにおける材料試験, 第 4 回材料試験ユースセミナー, 2013, 島津製作所 東京支社(東京)

### 1.3

- 1) \*\*許, 白石, 鈴木, 高信, 三浦, EWOD を利用した液滴生成デバイスの開発, 第 8 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, PN-36, 2017, 広島国際会議場 (広島県) .
- 2) \*\*白石, 鈴木, 高信, 三浦, EWOD を利用した液滴排出制御デバイスの開発, 第 8 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, PN-45, 2017, 広島国際会議場 (広島県) .
- 3) 大窄, 鈴木, 高信, 三浦, 微細構造を有する撥水性表面の水滴挙動, 第 8 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, PN-47, 2017, 広島国際会議場 (広島県) .
- 4) 三隅, 白石, 鈴木, 高信, 三浦, EWOD を利用したマイクロマニピュレーションの研究~表面特性が把持・分離に及ぼす影響~, 第 8 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, PN-92, 2017, 広島国際会議場 (広島県) .
- 5) 阿久津, 鈴木, 高信, 三浦, 自己組織化単分子膜を用いた撥水性表面の創成, 第 8 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, PN-105, 2017, 広島国際会議場 (広島県) .
- 6) 三隅, 鈴木, 高信, 三浦, EWOD を利用したマイクロマニピュレーションの研究, 日本機械学会情報・知能・精密機器部門講演会 (IIP2017) , PH1, 2017, 東洋大学 (東京都) .
- 7) 許, 鈴木, 高信, 三浦, EWOD を利用した液滴輸送・生成デバイスの開発, 日本機械学会情報・知能・精密機器部門講演会 (IIP2017) , PH2, 2017, 東洋大学 (東京都) .
- 8) 大窄, 鈴木, 高信, 三浦, 微細加工による撥水性表面の創成, 日本機械学会情報・知能・精密機器部門講演会 (IIP2017) , PH3, 2017, 東洋大学 (東京都) .
- 9) \*\*Shiraishi A., Suzuki K., Takanobu H. and Miura H., Development of Transporting and Discharging EWOD Devices, International Symposium on Micro-Nano Science and Technology 2016, SaP-21, p.63, 2016, Tokyo (Japan),.
- 10) 阿久津, 鈴木, 高信, 三浦, 微細加工による撥水性表面の創成, 日本機械学会精密機器部門講演会 (IIP2016), H-P-2, 2016, 東洋大学 (東京都) .
- 11) Oya K., Tani Y., Koizumi K., Sugita N., Suzuki K., Nakamura N., and Fujie H., Tensile properties of stem cell-based self-assembled tissue (scSAT) biosynthesized on nanoperiodic structured substrate, Summer Biomechanics, Bioengineering, and Biotransport Conference (SB<sup>3</sup>C2015), 2015, Snowbird (USA).
- 12) 白石, 柳澤, 鈴木, 高信, 三浦, EWOD を利用した微量液滴の生成と排出の研究, 第 7 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, PN-021, 2015, 朱鷺メッセ(新潟県).
- 13) 鈴木, EWOD(Electro Wetting On Dielectric) を利用した液滴輸送, 精密工学会 超精密位置決め専門委員会定例会, 2015, 招待講演, 東京理科大学森戸記念館(東京都).
- 14) 柳澤, 鈴木, 高信英明, 三浦, エレクトロウエットングを利用した液滴輸送の研究~液体の種類が液滴輸送に及ぼす影響~, 日本機械学会情報・知能・精密機器部門講演会 (IIP2014), 2014, 東洋大学 (東京都).
- 15) 柳澤, 鈴木, 高信, 三浦, 表面張力を利用した液滴輸送の研究, 日本機械学会 2013 年度年次大会講演論文集, 2013, 岡山大学 (岡山県) .
- 16) 谷, 大家, 鈴木, 藤江, フェムト秒レーザによりチタン表面に形成したナノ周期構造の軟組織適合性, 日本材料科学会平成 25 年度学術講演大会, 2013, 工学院大学 (東京都).

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

## 1.4

- 1) Shogo Toyama, Hideki Takezawa, Kengo Komatsu, Change in Magnetic Flux Density Consider of Shape and Internal Temperature for Permanent Magnets by EDM, The 7th International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology (ASPEN2017), 2017(Korea)
- 2) Shingo Hayashi, Hideki Takezawa, Change in EDM Surface and Surface Modification with Micro-bubble Mixed EDM Fluid, The 7th International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology (ASPEN2017), 2017(Korea)
- 3) 平野, 武沢, ワイヤ放電加工によるスパイラル加工の試み, 電気加工学会全国大会, (2017)山梨県立図書館 (山梨県)
- 4) 武沢, 平野, ワイヤ放電加工によるスパイラル形状加工, 型技術ワークショップ 2017 講演論文集, (2017) 岡山コンベンションセンター (岡山県)
- 5) 遠山, 武沢, 磁性材料の放電加工における磁石内部温度分布と磁束密度変化の関係, 2017 年度日本機械学会年次大会, (2017) 埼玉大学 (埼玉県)
- 6) 林, 武沢, 微細気泡混入放電加工による面性状の変化と硬質膜形成の効果, 2017 年度日本機械学会年次大会, (2017) 埼玉大学 (埼玉県)
- 7) 豊田, 武沢, 細穴放電加工用の外周螺旋溝電極の作成と加工速度の効果, 2017 年度日本機械学会年次大会, (2017) 埼玉大学 (埼玉県)
- 8) 武沢, 林, 微細気泡含有放電加工における加工面性状の変化, 2017 年精密工学会学術講演会春季大会講演論文集, (2017) 慶應義塾大学 (神奈川県)
- 9) 遠山, 武沢, 平川, 永久磁石の放電加工による表面磁束密度の変化, 第 24 回茨城講演会講演論文集, (2016)茨木大学 (茨木県)
- 10) 林, 武沢, マイクロバブル混入加工液を用いた放電加工面の変化, 第 24 回茨城講演会講演論文集, (2016)茨木大学 (茨木県)
- 11) 武沢, 平川, 磁性材料の放電・電解加工による磁気特性変化の比較, 2016 年度日本機械学会年次大会, 2016, 九州大学 (博多)
- 12) 武沢, 平川, 毛利, 磁性材料への放電加工を用いた磁気パターン形成, 2015 年度日本機械学会年次大会, 2015, 北海道大学 (北海道)
- 13) 武沢, 横手, 毛利, 永久磁石の放電加工における加工雰囲気の影響, 日本機械学会 第 10 回 生産加工・工作機械部門講演会, 2014, 徳島大学 (徳島県)
- 14) 横手暢弘, 武沢英樹, 毛利尚武, 放電加工における永久磁石の外部磁場制御の影響, 2013 年度電気加工学会全国大会, 2013, 名古屋 (愛知県)
- 15) Nobuhiro Yokote, Hideki Takezawa and Naotake Mohri, Influence of external magnetic field on Permanent Magnet by EDM, 5th International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology (ASPEN2013), 2013, Taipei (Taiwan)
- 16) Kiichi Suzuki, Hideki Takezawa and Naotake Mohri, Characteristics of Electrical Discharge Machining in a Working fluid mixed with Micro-bubbles, 5th International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology (ASPEN2013), 2013, Taipei (Taiwan)
- 17) 武沢英樹, 黒田洋平, 液中放電・レーザ照射における気泡挙動と材料除去量の関係, 第 208 回電気加工研究会, 2013, 東京 (東京都)

## 2.1

## &lt;国際会議プロシーディングス (査読付き) &gt;

- 1) Shigehiro Hashimoto, Takuya Tamura, Yusuke Takahashi, Tetsuya Sugimoto, Toshitaka Yasuda, Electric Measurement of Cultured Myoblast Oriented on Scaffold with Micro-pattern, Haruka Hino, Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2017, pp. 209-214.
- 2) Takuya TAMURA, Haruka HINO, Shigehiro HASHIMOTO, Hiromi SUGIMOTO, Yusuke TAKAHASHI, Cell Behavior After Stimulation of Excess Gravity, Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2017, pp. 263-268.
- 3) Yusuke TAKAHASHI, Shigehiro HASHIMOTO, Haruka HINO, Hiromi SUGIMOTO, Measurement of Deformability of Cell by Slits between Micro Cylindrical Pillars, Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2017, pp. 245-250.
- 4) Hiromi SUGIMOTO, Haruka HINO, Shigehiro HASHIMOTO, Yusuke TAKAHASHI, Effect of Couette Type of Shear Flow by Rotating Disk on Migration of Cell, Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2017, pp. 215-220.
- 5) Yusuke Takahashi, Shigehiro Hashimoto, Ryosuke Yamauchi, Haruka Hino, Toshitaka Yasuda, Myoblast Behavior around Surface Electrodes in Flow Channel, Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2017, pp. 251-256.
- 6) Haruka HINO, Shigehiro HASHIMOTO, Yusuke SHINOZAKI, Hiromi SUGIMOTO, Yusuke TAKAHASHI, Effect of Flow on Cultured Cell at Micro-pattern of Ridge Lines, Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2017, pp. 203-208.
  - 7) Shigehiro HASHIMOTO, Haruka HINO, Hiromi SUGIMOTO, Yusuke TAKAHASHI, Wataru SATO, Endothelial Cell Behavior After Stimulation of Shear Flow, Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2017, pp. 197-202.
  - 8) Yusuke Takahashi, Shigehiro Hashimoto, Kenta Sugimoto, Daiki Watanabe, Haruka Hino, Measurement of Contractile Force of Myotube on Scaffold of Thin Film with Micro-pattern-markers by Electric Stimulation, Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2017, pp. 257-262.
  - 9) Kenta SUGIMOTO, Yusuke TAKAHASHI, Shigehiro HASHIMOTO, Haruka HINO, Effect of Aspect Ratio of Checkered Convexo-concave Micro-pattern on Orientation of Cultured Single Cell, Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2017, pp. 221-226.
  - 10) Yusuke Takahashi, Shigehiro Hashimoto, Atsushi Mizoi, Haruka Hino, Takeshi Yamaguchi, Toshitaka Yasuda, Measurement of Deformability of Biological Cell Passing through Single Micro Slit between Walls, Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2017, pp. 233-238.
  - 11) Yusuke Takahashi, Shigehiro Hashimoto, Atsushi Mizoi, Haruka Hino, Deformation of Cell Passing through Micro Slit between Micro Ridges Fabricated by Photolithography Technique, Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2017, pp. 239-244.
  - 12) Yusuke TAKAHASHI, Kenta SUGIMOTO, Shigehiro HASHIMOTO, Haruka HINO, Effect of Mechanical Property of Scaffold Surface with Micro Hybrid Striped Pattern on Cell Migration, Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2017, pp. 227-232.
  - 13) Shigehiro Hashimoto, Haruka Hino, Yusuke Takahashi, Akira Hiraoka, Design of Comb-shaped Surface Electrode to Measure Signal from Tissue Cultured with Electric Stimulation, Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2016, pp. 99-104.
  - 14) Haruka Hino, Hiromi Sugimoto, Yusuke Takahashi, Shigehiro Hashimoto, Shoki Miura, Behavior of Cells in Excess Gravitational Field: Using Centrifuge, Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2016, pp. 123-128.
  - 15) Hiromi Sugimoto, Haruka Hino, Yusuke Takahashi, Shigehiro Hashimoto, Effect of Surface Morphology of Scaffold with Lines of Micro Ridges on Deformation of Cells, Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2016, pp. 135-140.
  - 16) Haruka Hino, Shigehiro Hashimoto, Yusuke Takahashi, Shusuke Nakano, Design of Cross Type of Flow Channel to Control Orientation of Cell, Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2016, pp. 117-122.
  - 17) Atsushi Mizoi, Yusuke Takahashi, Haruka Hino, Shigehiro Hashimoto, Toshitaka Yasuda, Deformation of Cell Passing through Micro Slit between Micro Ridges, Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2016, pp. 129-134.
  - 18) Kenta Sugimoto, Yusuke Takahashi, Haruka Hino, Shigehiro Hashimoto, Effect of Aspect Ratio of Checkered (Ichimatsu) Convexo-concave Micro-pattern on Orientation of Cultured Cells, Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2016, pp. 141-146.
  - 19) Yusuke Takahashi, Kenta Sugimoto, Haruka Hino, Tomoaki Katano, Shigehiro Hashimoto, Design of Scaffold with Array of Micro Projections to Trace Intra- and Inter-cellular Behavior, Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2016, pp. 159-164.
  - 20) Yusuke Takahashi, Atsushi Mizoi, Shigehiro Hashimoto, Haruka Hino, Kenta Noda, Cell Behavior around Surface-Electrode with Electric Pulses, Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2016, pp. 147-152.
  - 21) Yusuke Takahashi, Shigehiro Hashimoto, Haruka Hino, Tomokazu Takeda, Electric Stimulation for Acceleration of Cultivation of Myoblast on Micro Titanium Coil Spring, Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2016, pp. 153-158.
  - 22) Hashimoto S., Yaguchi Y., Takahashi Y., Hino H., Miyashita K., and Hachiya N., Adjuster for repeatable targeting of local part of cell at stage of microscope for biochemical analysis, Proc. 19th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2015, pp. 241-245.
  - 23) Mizoi A., Takahashi Y., Hino H., Hashimoto S., and Yasuda T., Deformation of Cell Passing through Micro Slit, Proc. 19th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2015, pp. 270-275.
  - 24) Noda K., Takahashi Y., Hashimoto S., and Hino H., Culture of Myoblast on Conductive Film with Electric Pulses, Proc. 19th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2,

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 2015, pp. 282-287.
- 25) Takahashi Y., Noda K., Hashimoto S., Yarimizu Y., and Hino H., Culture of Myoblast on Micro Coil Spring with Electric Pulses, Proc. 19th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2015, pp. 298-303.
  - 26) Takahashi Y., Hashimoto S., Hino H., Mizoi A., and Noguchi N., Micro Groove for Trapping of Flowing Cell, Proc. 19th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2015, pp. 292-297.
  - 27) Ochiai M., Hino H., Hashimoto S., and Takahashi Y., Rotating Disk to Apply Wall Shear Stress on Cell Culture at Microscopic Observation, Proc. 19th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2015, pp. 288-291.
  - 28) Hino H., Ochiai M., Hashimoto S., Kimura K., Takahashi Y., and Yasuda T., Effect of Wall Shear Stress in Flow on Myoblast, Proc. 19th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2015, pp. 246-251.
  - 29) Hino H., Nakajima H., Hashimoto S., Wakuri N., Takahashi Y., and Yasuda T., Effect of Electric Stimulation on Differentiation and Hypertrophy of Fat Precursor Cells, Proc. 19th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2015, pp. 252-257.
  - 30) Hino H., Sato H., Hashimoto S., and Takahashi Y., Effect of Excess Gravitational Force and Electric Pulse Field on Myoblast, Proc. 19th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2015, pp. 258-263.
  - 31) Nakajima H., Hino H., Hashimoto S., Takahashi Y., and Yasuda T., Effect of Ultrasonic Vibration on Proliferation of Cultured Cell, Proc. 19th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2015, pp. 276-281.
  - 32) Hino H., Hashimoto S., Nishino S., Nakajima H., Takahashi Y., and Sugimoto H., Behavior of Cell on Vibrating Micro Ridges, Proc. 19th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2015, pp. 264-269.
  - 33) Ochiai M., Hashimoto S., and Takahashi Y., Effect of Flow Stimulation on Cultured Osteoblast, Proc. 18th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2014, pp. 156-161.
  - 34) Nakajima H., Hashimoto S., and Yasuda T., Effect of Ultrasonic Vibration on Culture of Myoblast, Proc. 18th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2014, pp. 144-149.
  - 35) Hashimoto S., Mizoi A., Hino H., Noda K., Kitagawa K., and Yasuda T., Behavior of Cell Passing through Micro Slit, Proc. 18th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2014, pp. 126-131.
  - 36) Hashimoto S., Takahashi Y., Hino H., Nomoto R., and Yasuda T., Micro Hole for Trapping Flowing Cell, Proc. 18th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2014, pp. 114-119.
  - 37) Noda K., Hashimoto S., Yasuda T., and Fujie H., Culture of Myoblast on Gold Film Sputtered on Polydimethylsiloxane Disk, Proc. 18th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2014, pp. 150-155.
  - 38) Hino H., Hashimoto S., and Sato F., Effect of Micro Ridges on Orientation of Cultured Cell, Proc. 18th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2014, pp. 138-143.
  - 39) Hino H., Hashimoto S., and Yasuda T., Effect of Centrifugal Force on Cell Culture, Proc. 18th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2014, pp. 132-137.
  - 40) Hashimoto S., Nakajima H., Amino N., and Noda K., Myotube Cultured on Micro Coil Spring, Proc. 18th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 2, 2014, pp. 104-107.
  - 41) Hashimoto S., Nomoto R., Shimegi S., Sato F., Yasuda T., and Fujie H., Micro trap for flowing cell, Proc. 17th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 1, 2013, pp. 1-6.
  - 42) Hashimoto S., Horie T., Sato F., Yasuda T., and Fujie H., Behavior of cells through micro slit, Proc. 17th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 1, 2013, pp. 7-12.
  - 43) Hino H., Hashimoto S., Ochiai M., and Fujie H., Effect of mechanical stimulation on orientation of cultured cell, Proc. 17th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 1, 2013, pp. 19-24.
  - 44) Sato F., Hashimoto S., Yasuda T., and Fujie H., Observation of biological cells in rhombus parallelepiped flow channel, Proc. 17th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 1, 2013, pp. 25-30.
  - 45) Yaguchi Y., Hashimoto S., Minezaki T., Hino H., and Fujie H., Effect of micro ridges on cell culture, Proc. 17th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, Vol. 1, 2013, pp. 34-39.

<国際会議 (査読無し), 国内会議>

- 46) Haruka Hino, Shigehiro Hashimoto, Takuya Tamura, Hiromi Sugimoto, Yusuke Takahashi, Does excess

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- gravity affect cell deformation and orientation after stimulation? 44rd Annual ESAO (European Society for Artificial Organs) and 4th IFAO (International Federation for Artificial Organs) Congress, 2017, Vienna (Austria).
- 47) Yusuke Takahashi, Shigehiro Hashimoto, Kenta Sugimoto, Daiki Watanabe, Haruka Hino, Toshitaka Yasuda, Measurement of Contraction of Myotube on Scaffold Film with Micro-markers by Electric Stimulation, 44rd Annual ESAO (European Society for Artificial Organs) and 4th IFAO (International Federation for Artificial Organs) Congress, 2017, Vienna (Austria).
  - 48) Shigehiro Hashimoto, Hiromi Sugimoto, Haruka Hino, Yusuke Takahashi, Myoblast migrates under controlled wall shear stress field in vitro, 44rd Annual ESAO (European Society for Artificial Organs) and 4th IFAO (International Federation for Artificial Organs) Congress, 2017, Vienna (Austria).
  - 49) Yusuke Takahashi, Shigehiro Hashimoto, Atsushi Mizoi, Haruka Hino, Toshitaka Yasuda, Deformation of cell through micro slit made by micromachining, 28th Annual Conference of the European Society for Biomaterials, 2017, Athens (Greece).
  - 50) Shigehiro Hashimoto, Yusuke Takahashi, Kenta Sugimoto, Haruka Hino, Convexo-concave checkered micro-pattern can control orientation of cells, 28th Annual Conference of the European Society for Biomaterials, 2017, Athens (Greece).
  - 51) Haruka Hino, Shigehiro Hashimoto, Hiromi Sugimoto, Yusuke Takahashi, How does the cell deformation depend on micro-morphology of scaffold with lines of micro ridges? 28th Annual Conference of the European Society for Biomaterials, 2017, Athens (Greece).
  - 52) Yusuke Takahashi, Shigehiro Hashimoto, Haruka Hino, Tomokazu Takeda, Kenta Noda, Electric Stimulation for Myoblast Culture on Micro Coil Spring, 43rd ESAO Congress, 2016, Warsaw (Poland).
  - 53) Haruka Hino, Shigehiro Hashimoto, Hiroaki Nakajima, Yusuke Takahashi, Acceleration of Proliferation and Differentiation of Cells by Ultrasonic Vibration, 43rd ESAO Congress, 2016, Warsaw (Poland).
  - 54) Shigehiro Hashimoto, Yusuke Takahashi, Kenta Sugimoto, Haruka Hino, Checkered Micro Convexoconcave Pattern for Orientation of Cell Culture, 43rd ESAO Congress, 2016, Warsaw (Poland).
  - 55) 杉本大己, 日野 遥, 橋本成広, 回転円板を用いた流体によるせん断応力が細胞に与える影響, 第 54 回日本人工臓器学会大会, 2016, 米子コンベンションセンター(鳥取県)
  - 56) 杉本健太, 高橋優輔, 日野 遥, 橋本成広, マイクロパターン上の薄膜が細胞培養に与える影響, 第 54 回日本人工臓器学会大会, 2016, 米子コンベンションセンター(鳥取県)
  - 57) 日野 遥, 橋本成広, 高橋優輔, 杉本大己, 方向性のある過重力刺激が細胞挙動に与える影響, 第 54 回日本人工臓器学会大会, 2016, 米子コンベンションセンター(鳥取県)
  - 58) 高橋優輔, 溝井篤志, 杉本健太, 日野 遥, 橋本成広, フタル酸エステルによる細胞の密度測定, 第 54 回日本人工臓器学会大会, 2016, 米子コンベンションセンター(鳥取県)
  - 59) 杉本健太, 高橋優輔, 日野 遥, 橋本成広, 細胞配向のための市松マイクロパターンの作製, LIFE2016 (生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会), 2016, 東北大学(宮城県)
  - 60) 高橋優輔, 杉本健太, 日野 遥, 橋本成広, マイクロコイルを用いたバイオアクチュエータの作製, LIFE2016 (生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会), 2016, 東北大学(宮城県)
  - 61) 溝井篤志, 橋本成広, マイクロ加工技術を用いた細胞工学への応用, 第 55 回日本生体医工学会大会, 2016, 富山国際会議場(富山県)
  - 62) 杉本健太, 高橋優輔, 橋本成広, マイクロパターンが培養細胞の配向に与える影響, 第 55 回日本生体医工学会大会, 2016, 富山国際会議場(富山県)
  - 63) 高橋優輔, 野田健太, 武田友和, 橋本成広, 電気刺激による筋芽細胞の移動への影響, 第 55 回日本生体医工学会大会, 2016, 富山国際会議場(富山県)
  - 64) Hino H., Hashimoto S., Nishino S., Takahashi Y., and Yasuda T., Micro ridges with ultrasonic vibration can control orientation of cultured cell, 42nd Annual ESAO Congress (European Society for Artificial Organs), 2015, Leuven, Belgium.
  - 65) Takahashi Y., Hashimoto S., Yarimizu Y., Noda K., Hino H., and Yasuda T., Microscopic observation of myoblast cultured on micro coil spring of titanium, 42nd Annual ESAO Congress (European Society for Artificial Organs), 2015, Leuven, Belgium.
  - 66) Hashimoto S., Hino H., Mizoi A., and Takahashi Y., Micro slit made by photolithography technique for cell sorting, 42nd Annual ESAO Congress (European Society for Artificial Organs), 2015, Leuven, Belgium.
  - 67) Hashimoto S., Hino H., Kitagawa K., and Yasuda T., Design of micro slit for cell sorting, 41st Annual ESAO Congress (European Society for Artificial Organs), 2014, Roma, Italy.
  - 68) Hino H., Hashimoto S., Sato F., Ochiai M., and Yasuda T., Micro ridges can control orientation of cultured cell, 41st Annual ESAO Congress (European Society for Artificial Organs), 2014, Roma, Italy.
  - 69) Hino H., Hashimoto S., and Yasuda T., Effect of mechanical force field on cultured cells, 41st Annual

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- ESAO Congress (European Society for Artificial Organs), 2014, Roma, Italy.
- 70) 山田, 安田, 橋本, 平行平板による赤血球粘弾性推定システムの開発, 第 23 回ライフサポート学会フロンティア講演会, 2014, 東京理科大学(東京都)
- 71) Hashimoto S., Nomoto R., Shimegi S., Sato F., Yasuda T., and Fujie H., Micro trap for flowing cell, 17th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, 2013, Orlando (USA)
- 72) Hashimoto S., Horie T., Sato F., Yasuda T., and Fujie H., Behavior of cells through micro slit, 17th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, 2013, Orlando (USA)
- 73) Hino H., Hashimoto S., Ochiai M., and Fujie H., Effect of mechanical stimulation on orientation of cultured cell, 17th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, 2013, Orlando (USA)
- 74) Sato F., Hashimoto S., Yasuda T., and Fujie H., Observation of biological cells in rhombus parallelepiped flow channel, 17th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, 2013, Orlando (USA)
- 75) Yaguchi Y., Hashimoto S., Minezaki T., Hino H., and Fujie H., Effect of micro ridges on cell culture, 17th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, 2013, Orlando (USA)
- 76) Horie T., Hashimoto S., Sato F., Hino H., and Takahashi Y., Biological cell behavior in micro flow channel, 19th Congress of the European Society of Biomechanics, 2013, Patras (Greece)
- 77) Hashimoto S., Sato F., and Hino H., Effect of shear flow on cultured cells, 19th Congress of the European Society of Biomechanics, 2013, Patras (Greece)
- 他, 10 件

## 2.2

- 1) Hashimoto, N., Yarimitsu, S., Fujie, H., The effect of permeability coefficient on the frictional property of articular cartilage, 2018 Orthopaedic Research Society, March 10-13, 2018; Hyatt Regency New Orleans, New Orleans, LA.
- 2) 伊藤 慶, 橋本直哉, 鎗光清道, 藤江裕道, 関節軟骨のコラーゲン線維配向が二相性潤滑特性に及ぼす影響, 日本機械学会第 30 回バイオエンジニアリング講演会, 講演論文集 p.106, 2017/12/14; 京都 京都大学吉田キャンパス.
- 3) 田辺玲央, 鎗光清道, 藤江裕道, ヒト I 型コラーゲン様リコンビナントペプチドを用いた半月板再生—力学特性評価—, 第 44 回日本臨床バイオメカニクス学会, 抄録 p.141, 2017/11/24; 松山 松山市総合コミュニティセンター.
- 4) 伊藤 慶, 橋本直哉, 鎗光清道, 藤江裕道, 関節軟骨の個体成熟度別構造—力学特性, 第 44 回日本臨床バイオメカニクス学会, 抄録集 p.177, 2017/11/25; 松山 松山市総合コミュニティセンター.
- 5) 橋本直哉, 伊藤 慶, 鎗光清道, 藤江裕道, 関節軟骨透水性に及ぼす成熟度の影響, 第 44 回日本臨床バイオメカニクス学会, 抄録 p.179, 2017/11/25; 松山 松山市総合コミュニティセンター.
- 6) 堀端頌子, 鎗光清道, 藤江裕道, くさび状隙間の関節液流体圧分布が関節軟骨の二相性潤滑特性に及ぼす影響, トライボロジー会議 2017 秋高松, 予稿集(USB) 201711G31, 2017/11/14-18; 高松 サンポートホール高松.
- 7) 橋本直哉, 鎗光清道, 伊藤 慶, 藤江裕道, 日本機械学会第 28 回バイオフロンティア講演会, 抄録 p.6, 講演論文集番号 1C34, 2017/10/28; 徳島 徳島大学常三島キャンパス.
- 8) Horibata, S., Yarimitsu, S., Fujie, H., Influence of synovial fluid pressure increase in wedge-film shaped gap on the biphasic lubrication property in articular cartilage, Biosurface and Biotribology Chengdu 2017, September 23-24, 2017; Southwest Jiaotong University, Chengdu, China.
- 9) Horibata, S., Yarimitsu, S., Fujie, H., Influence of synovial fluid pressure on biphasic lubrication property in articular cartilage, 6th World Tribology Congress, Proceedings of the 6th World Tribology Congress (USB) wtc2017\_id495590, September 17-22, 2017; Beijing International Conventional Center, Beijing, China.
- 10) Horibata, S., Yarimitsu, S., Fujie, H., Effect of synovial fluid pressure on the biphasic lubrication property of articular cartilage, Fifth Switzerland-Japan Workshop on Biomechanics 2017, Proceedings Poster presentation #15, September 14-17, 2017; Perkhôtel Beau Site, Zermatt, Switzerland.
- 11) 堀端頌子, 鎗光清道, 藤江裕道, 生体関節の二相性潤滑特性におよぼす関節液圧力増大の影響, 日本機械学会 2017 年度年次大会, 講演論文集(DVD-ROM) J0260104, 2017/9/3-6; 埼玉 埼玉大学.
- 12) \*\*Yamasaki, M., Oya, K., Numao, M., Fujie, H., Development of a novel tissue-engineered material composed of mesenchymal stem cells and collagen fibril, 26th International Society of Biomechanics, Abstract p. 451, July 26, 27, 2017; Brisbane Convention & Exhibition Centre, Brisbane, Australia.

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 13) \*\*Yamasaki, M., Oya, K., Numao, M., Fujie, H., Development of a mesenchymal stem cell-based aggregate reinforced by fiberized collagen fibrils for tissue repair, Personalised Therapies for Regenerative Medicine, European Cells and Materials 34(s1) (ISSN 1473-2262), June 27, 2017; Davos, Switzerland.
- 14) Tanabe, R., Yarimitsu, S., Fujie, H., Validity of Dynamic Mechanical Analysis for Shaped Meniscus, 2017 Summer Biomechanics, Bioengineering, and Biotransport Conference, Proceedings Poster presentation #P41, June 21-24, 2017; JW Marriott Tucson Starr Pass Resort & Spa, Tucson, AZ.
- 15) 橋本直哉, 鎗光清道, 森下 聡, 藤江裕道, 関節軟骨透水性の深さ依存性, 第 37 回バイオトライボロジシンポジウム, 抄録 p. 11, 2017 March 11; 秋葉原.
- 16) 藤江裕道, 森下 聡, 鎗光清道, 軟骨表層の側方残留応力が摩擦特性に及ぼす影響, 第 37 回バイオトライボロジシンポジウム, 抄録 p. 12, 2017 March 11; 秋葉原.
- 17) 山崎雅史, 大家 溪, 沼尾 学, 藤江裕道, コラーゲン線維と間葉系幹細胞による組織修復材料の開発, 第 37 回バイオトライボロジシンポジウム, 2017 March 11; 秋葉原.
- 18) 鎗光清道, 吉田慎之佑, 山崎雅史, 大家 溪, 池谷基志, 中村憲正, 藤江裕道, 間葉系幹細胞/コラーゲンシート複合体による修復軟骨の力学特性, 第 37 回バイオトライボロジシンポジウム, 抄録 p. 16, 2017 March 11; 秋葉原.
- 19) 柳田 航, 大家 溪, 中楯浩康, 中村憲正, 藤江裕道, 幹細胞自己生成組織の動的ひずみ環境下培養, 第 37 回バイオトライボロジシンポジウム, 2017 March 11; 秋葉原
- 20) 藤江裕道, 構造-機能関係からみた軟骨修復の問題点, 日本整形外科基礎学術集会, 2016 October 13,14, 福岡 (招待講演) .
- 21) 山崎雅史, 大家 溪, 藤江裕道, 他, 静的圧縮荷重下で作製した間葉系幹細胞自己生成 組織 (scSAT) の力学特性, 日本機械学会 関東支部第 22 期総会・講演会, 2016 March 10, 11; 東京.
- 22) 山崎雅史 大家 溪, 藤江裕道, 他, 滑膜細胞由来組織再生材料/コラーゲンシート複合体による軟骨修復: 組織学的評価, 第 43 回日本臨床バイオメカニクス学会, 2016 October 8,9; 札幌.
- 23) 吉田慎之佑, 鎗光清道, 藤江裕道, 他, 滑膜細胞由来組織再生材料/コラーゲンシート複合体による軟骨修復: 力学的評価, 第 43 回日本臨床バイオメカニクス学会, 2016 October 8,9; 札幌.
- 24) 柳田 航, 大家 溪, 藤江裕道, 他, 動的ひずみ付与による幹細胞自己生成組織の高強度化, 第 28 回日本機械学会バイオエンジニアリング講演会, 2016 January 9,10; 東京
- 25) Fujie H., Site-, direction-, and maturity-dependent hydraulic permeability of articular cartilage, Proceedings of the International Symposium on Articular Hydrogel Cartilage, Joint Replacement, and Related Topics, 2016 January 25, 26, Fukuoka, 30-32.
- 26) 吉田慎之佑, 中村亮介, 小林大志, 三井博史, 森下 聡, 中村憲正, 杉田憲彦, 藤江裕道, 間葉系幹細胞由来組織再生材料による修復軟骨の摩擦・圧縮特性, 第 28 回バイオエンジニアリング講演会, 2016 January 9, 10, 東京.
- 27) 秋葉泰徳, 大家溪, 小泉宏太, 中村憲正, 藤江裕道, ハルバツハ配列磁場環境下での間葉系幹細胞の培養, 第 28 回バイオエンジニアリング講演会, 2016 January 9, 10, 東京.
- 28) 高橋史弥, 大家溪, 杉田憲彦, 中村憲正, 藤江裕道, 低弾性率基板上で培養した間葉系幹細胞の形態学的特性, 第 28 回バイオエンジニアリング講演会, 2016 January 9, 10, 東京.
- 29) 柳田 航, 大家 溪, 中楯浩康, 小泉宏太, 中村憲正, 藤江裕道, 動的ひずみ付与による幹細胞自己生成組織の高強度化, 第 28 回バイオエンジニアリング講演会, 2016 January 9, 10, 東京.
- 30) Oya K, Suzuki K., Fujie H., et al, Tensile properties of stem cell-based self-assembled tissue (scSAT) biosynthesized on nanoporous structured substrate, Transactions of the ASME 2011 Summer Bioengineering Conference, 2015 June 17-20; Snowbird, 448, 669-670.
- 31) Fujie H., Mitsui H, Imade K, Low tangential permeability in the superficial layer improves the frictional property of articular cartilage, Proceedings of The 8<sup>th</sup> International Biotribology Forum and The 36<sup>th</sup> Biotribology Symposium, 2015 September 21-25, Yokohama, 9-52.
- 32) 中村亮介, 藤江裕道, 関節軟骨・半月の透水性における部位・方向依存性, 第 35 回バイオトライボロジシンポジウム, 2015 March 14, 福岡.
- 33) 柳田 航, 大家 溪, 中楯浩康, 小泉宏太, 中村憲正, 藤江裕道, 動的ひずみ環境下における幹細胞自己生成組織の作製, 第 26 回バイオフロンティア講演会, 2015 October 2,3, 福岡.
- 34) 小林大志, 鎗光清道, 吉田慎之佑, 藤江裕道, 原子間力顕微鏡の側方力校正と関節軟骨の摩擦係数計測, 第 26 回バイオフロンティア講演会, 2015 October 2,3, 福岡.
- 35) 森下 聡, 吉田慎之佑, 三井博史, 小林大志, 中村亮介, 中村憲正, 杉田憲彦, 藤江裕道, 間葉系幹細胞由来組織再生材料による修復軟骨の癒合強度, 第 42 回日本臨床バイオメカニクス学会,

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 2015 November 13,14, 東京.
- 36) 柳田 航, 大家 溪, 中楯浩康, 小泉宏太, 中村憲正, 藤江裕道, 動的ひずみ環境下培養による幹細胞自己生成組織の高強度化, 第 42 回日本臨床バイオメカニクス学会, 2015 November 13,14, 東京.
  - 37) 三井博史, 吉田慎之佑, 橋本直哉, 小林大志, 鎗光清道, 藤江裕道, 軟骨摩擦特性に及ぼす個体成熟度の影響, 第 42 回日本臨床バイオメカニクス学会, 2015 November 13,14, 東京.
  - 38) 池谷基志, 大家 溪, 藤江裕道, 滑膜細胞由来組織再生材料/コラーゲンシート複合体の高強度化, 第 27 回日本機械学会バイオエンジニアリング講演会, 2015, 新潟.
  - 39) Ikeya M, Oya K, Fujie H, et al. Mechanical and structural properties of stem cell-based tissue engineered constructs (TEC) cultured with collagen sheets, 3rd International Scientific Tendinopathy Symposium (ISTS), 2014, Oxford.
  - 40) Tani Y, Oya K, Fujie H, et al. Tensile property of stem cell-based self-assembled tissues (scSAT) cultured on a nanoporous structured titanium surface, 7th World Congress of Biomechanics (WCB 2014), 2014, Boston.
  - 41) Takahashi Y., Hashimoto S, and Fujie H, Finite element analysis of bone remodeling: resident's ridge formation in femoral condyle, Proc. 17th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, 2014, Chicago (USA).
  - 42) 谷 優樹, 大家 溪, 藤江裕道, 他, ナノ周期構造上で培養・生成した幹細胞自己生成組織 (scSAT) の力学特性, 第 41 回日本臨床バイオメカニクス学会, 2014, 奈良.
  - 43) 池谷基志, 大家 溪, 藤江裕道, 他, 組織再生材料 (TEC) のコラーゲンシートとの複合による高強度化, 第 41 回日本臨床バイオメカニクス学会, 2014, 奈良.
  - 44) 中村亮介, 望月翔太, 中村憲正, 藤江裕道, 滑膜由来間葉系幹細胞より生成した組織再生材料と人工骨補填材を用いた軟骨修復—ナノスケール力学特性—, 日本臨床バイオメカニクス学会抄録集, 157, 2013, 11, 神戸.
  - 45) 望月翔太, 中村亮介, 中村憲正, 藤江裕道, 滑膜由来間葉系細胞より生成した組織再生材料と人工骨補填剤を用いた軟骨修復—マクロスケール力学特性—, 日本臨床バイオメカニクス学会抄録集, 157, 2013, 11, 神戸.
  - 46) 今出久一郎, 望月翔太, 柳田 駿, 藤江裕道, 線維強化多孔質弾性体モデルを用いた変性軟骨の力学特性解析, 日本臨床バイオメカニクス学会抄録集, 166, 2013, 11, 神戸
  - 47) 大家溪, 谷優樹, 中村憲正, 藤江裕道, ナノ・マイクロ加工表面における幹細胞培養と基質生成, 日本機械学会機械材料・材料加工部門講演会 (M&P2013) ワークショップ: 関節のバイオメカニクス—生体医工学における材料と加工—, WS2, 2013, 11, 八王子.
  - 48) 今出久一郎, 望月翔太, 中村亮介, 中村憲正, 藤江裕道, 間葉系幹細胞を用いた軟骨修復, 日本機械学会機械材料・材料加工部門講演会 (M&P2013) ワークショップ: 関節のバイオメカニクス—生体医工学における材料と加工—, WS3, 2013, 11, 八王子.
  - 49) 谷優樹, 大家溪, 杉田憲彦, 中村憲正, 藤江裕道, フェムト秒レーザ加工によるナノ周期構造の創成と間葉系幹細胞の接着特性, 日本機械学会機械材料・材料加工部門講演会 (M&P2013), 512, 2013, 11, 八王子.
  - 50) Imade K, Fujie H, Effect of anisotropic permeability of the superficial layer on the frictional property in articular cartilage, Transactions of the ASME 2013, Summer Bioengineering Conference, 2013 June 26-29, 14396, Sun River (USA).
  - 51) Motizuki S, Yanagida S, Fujie H, Effect of enzymatic degeneration on the frictional property of articular cartilage, Transactions of the ASME 2013 Summer Bioengineering Conference, 2013 June 26-29, 14461, Sun River (USA).
  - 52) 藤江裕道, 今出久一郎, 関節軟骨の固液二相潤滑特性に及ぼす透水率異方性の影響, 第 1 回ハイドロゲルの医用分野への応用研究セミナー, 2013, 5, 横浜.
  - 53) 池谷基志, 大家 溪, 杉田憲彦, 中村憲正, 藤江裕道, 多層化した幹細胞自己生成組織の力学特性, 日本材料科学会学術講演大会予稿集, ??, 2013, 6, 東京.
  - 54) 谷優樹, 大家溪, 杉田憲彦, 中村憲正, 藤江裕道, ナノ周期構造の形状の違いが間葉系幹細胞の接着特性におよぼす影響, 日本材料科学会学術講演大会予稿集, 2013, 6, 東京.
  - 55) Takahashi Y, Hashimoto S, and Fujie H, Finite element analysis of bone remodeling: Resident's ridge formation in femoral condyle, 17th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics, 2013, Orlando (USA).

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

## 2.3

- 1) 小野, 阿相, 橋本, 森, 閻師, 廖, マグネシウムのポーラス型・PEO 型複合アノード酸化による皮膜成長, 2017 年電気化学秋季大会, 2017, 長崎大学 (長崎県)
- 2) Ono S., Kurihara A., Moronuki S. and Asoh H., Effect of Multi-Step Plasma Electric Oxidation on Structure and Corrosion Resistance of Anodic Films Formed on AZ31 Magnesium Alloy, Anodize it ! 2017 conference, 2017, Toulouse (France)
- 3) 浅倉, 橋本, 阿相, マグネシウムのプラズマ電解酸化に及ぼす電解液へのアルコール添加の影響, 軽金属学会第 132 回春期大会, 2017, 名古屋大学 (愛知県)
- 4) 兵藤, 橋本, 阿相, 小野, 低電圧領域におけるマグネシウム合金のアノード酸化に及ぼす電解液種の影響, 電気化学会第 83 回大会, 2016, 大阪大学 (大阪)
- 5) 兵藤, 橋本, 阿相, 小野, 水酸化カリウム電解液を用いた AZ31 マグネシウム合金のアノード酸化, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会第 32 回 ARS 姫路コンファレンス, 2015, ニューサンピア姫路ゆめさき(兵庫県)
- 6) 兵藤, 阿相, 小野, 細胞の伸展性および配向性に対する構造制御したシリコン表面の影響, 日本化学会秋季事業第 5 回 CSJ 化学フェスタ 2015, 2015, タワーホール船橋(千葉県)
- 7) Anawati, Asoh H. and Ono S., Effect of alloying elements Al and Ca on corrosion resistance of plasma anodized Mg alloys, The 2015 International Conference on Advanced Materials Science and Technology (ICAMST), 2015, Semarang(Indonesia)
- 8) 兵藤, 橋本, 阿相, 小野, 水酸化カリウム電解液中で作製したマグネシウムアノード酸化皮膜の構造と耐食性, 表面技術協会第 132 回講演大会, 2015, 信州大学(長野県)
- 9) 阿相, 橋本, 森, 閻師, 廖, 小野, マグネシウム合金上へのアノード酸化皮膜形成に対するプラズマ電解酸化条件の影響, 表面技術協会第 132 回講演大会, 2015, 信州大学(長野県)
- 10) 栗原, 阿相, 小野, 多段階電解により作製したマグネシウムアノード酸化皮膜の構造と耐食性, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会 第 31 回 ARS 足柄コンファレンス, 2014, いこいの村あしがら(神奈川県)
- 11) 森, 閻師, 廖, 阿相, 小野, 難燃耐熱マグネシウム合金のプラズマ電解酸化処理, 軽金属学会 第 127 回秋期大会, 2014, 東京工業大学(東京都)
- 12) 栗原, 阿相, 小野, マグネシウムのアノード酸化で作製した複合多層皮膜の特性評価, 軽金属学会 第 127 回秋期大会, 2014, 東京工業大学(東京都)
- 13) Anawati, Asoh H. and Ono S., Improvement of Corrosion Resistance and Bioactivity of AM60 Magnesium Alloys by Alloying with Ca and Subsequent Anodizing, 19th International Corrosion Congress (19th ICC), 2014, Jeju(Korea)
- 14) \*Kurihara A., Asoh H. and Ono S., Structure and Corrosion Resistance of Multilayered Anodic Oxide Film Formed on Magnesium, The 1st Innovation Forum of Advanced Engineering Education (1st IFAEE), 2014, Tokyo(Japan) 【Poster Award】
- 15) 栗原, 阿相, 小野, マグネシウム合金上に作製した複合多層被膜の構造と耐食性, 日本化学会秋季事業 第 4 回 CSJ 化学フェスタ 2014, 2014, タワーホール船堀(東京都)
- 16) Anawati, Asoh H. and Ono S., Effect of Pretreatment on Bioactivity of Anodic Oxide Film Formed on Mg Alloys, 2014 年電気化学秋季大会, 2014, 北海道大学(北海道)
- 17) 阿相, 小野, AZX マグネシウム合金のアノード酸化皮膜の組成と耐食性に及ぼす Ca の影響, 表面技術大会第 130 回講演大会, 2014, 京都大学(京都府)
- 18) \*栗原, 阿相, 小野, マグネシウム合金上にアノード酸化で作製した複合多層皮膜の構造と耐食性, 軽金属学会関東支部 第 4 回若手研究者ポスター発表会, 2014, 早稲田大学(東京都) 【関東支部特別賞, 優秀女性ポスター賞】
- 19) \*阿相, 小野 (依頼講演), Ca を添加したマグネシウム合金のアノード酸化皮膜の組成と構造, 日本マグネシウム協会 第 22 回マグネシウム技術研究発表会, 2014, 日本教育会館(東京都)
- 20) Mori Y., Koshi A., Liao J., Asoh H. and Ono S., Compositions and Corrosion Behavior of Plasma Electrolytic Oxide Coatings on AZ31B Mg Alloy Produced with Phosphate - Silicate Mixture Electrolyte, 2nd International Symposium on Anodizing Science and Technology (AST 2014), 2014, Sapporo(Japan)
- 21) Anawati, Asoh H. and Ono S., Effect of Ca on Corrosion Resistance and Bioactivity of Anodic Oxide Film Formed on Mg-6Al and Mg-6Al-1Zn Alloys, 2nd International Symposium on Anodizing Science and Technology (AST 2014), 2014, Sapporo(Japan)
- 22) 森, 閻師, 廖, 阿相, 小野, 珪酸塩リン酸塩混合溶液を用いたプラズマ電解酸化皮膜の組成と腐食

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 挙動, 材料と環境 2014-腐食防食学会創立 40 周年記念大会-, 2014, 一橋記念講堂(東京都)
- 23) 阿相, 小野, アノード酸化でナノポーラス化したステンレス鋼の生体適合性, 材料と環境 2014-腐食防食学会創立 40 周年記念大会-, 2014, 一橋記念講堂(東京都)
- 24) Anawati, Asoh H., Ono S., Effect of Ca on Corrosion Resistance and Bioactivity of Anodic Oxide Film Formed on AM60 Magnesium Alloys, 材料と環境 2014-腐食防食学会創立 40 周年記念大会-, 2014, 一橋記念講堂(東京都)
- 25) 阿相, 齋藤, 小野, AZX マグネシウム合金のアノード酸化皮膜の組成と構造, 軽金属学会第 126 回春期大会, 2014, 広島大学(広島県)
- 26) Anawati, Asoh H., and Ono S., Improvement of bioactivity and corrosion resistance of biodegradable magnesium alloys by surface modification, 第 3 回医薬工 3 大学包括連携推進シンポジウム, 2013, 東京薬科大学 (東京)
- 27) 小野 (依頼講演), アノード酸化ナノポーラス皮膜の構造とバイオ分野への応用, ナノテクノロジービジネス推進協議会 NBCI テクノロジー委員会 ライフ分科会 講演会, 2013, 東京 YWCA 会館 (東京)
- 28) 小林, 阿相, 今村, 小野, バルブ金属の絶縁破壊皮膜状における細胞培養, 無機マテリアル学会 第 127 回学術講演会, 2013, 上杉博物館 伝国の社 置賜文化ホール (山形)
- 29) \*\*小林, 阿相, 今村, 小野, 表面微細構造を制御したアノード酸化ポーラスアルミナ皮膜の細胞適合性, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会 第 30 回弘前コンファレンス, 2013, 弘前パークホテル (青森) 【ポスター賞】
- 30) Anawati, Asoh H., and Ono S., Effect of Alloying Element Ca and Anodization on Corrosion Resistance and Bioactivity of AZ61 Alloy, 224th Meeting of the Electrochemical Society, 2013, San Francisco (USA)
- 31) \*\*小林, 阿相, 今村, 小野, 構造制御したアノード酸化ポーラスアルミナ皮膜上における細胞培養, 日本化学会秋季事業第 3 回 CSJ 化学フェスタ 2013, 2013, タワーホール船堀 (東京) 【優秀ポスター発表賞】
- 32) Anawati, Asoh H., and Ono S., Treatment in alkaline solution following anodization enhanced the growth of hydroxyapatite layer on magnesium alloy, 2013 年電気化学会秋季大会, 2013, 東京工業大学 (東京)
- 33) 阿相, 諸貫, 森, 閻師, 廖, 小野, マグネシウムのアノード酸化により作製した複合多層皮膜の構造と耐食性, 腐食防食協会第 60 回材料と環境討論会, 2013, コラッセふくしま (福島)
- 34) 小林, 阿相, 今村, 小野, 表面粗さが異なるアノード酸化ポーラスアルミナ皮膜上での細胞培養, 軽金属学会 関東支部 平成 25 年度若手研究者育成研修会, 2013, 神戸製鋼所鬼怒川保養所 (栃木) 【優秀研究講演賞, 最優秀聴講者賞】
- 35) 小林, 阿相, 今村, 小野, 孔径および表面粗さを制御したアノード酸化ポーラスアルミナ皮膜上での細胞培養, 無機マテリアル学会 第 126 回学術講演会, 2013, 船橋市民文化創造館 (千葉)
- 36) 諸貫, 相澤, 阿相, 森, 閻師, 廖, 小野, 多段階電解により作製したマグネシウムアノード酸化皮膜の構造と耐食性, 軽金属学会 第 124 回春期大会, 2013, 富山大学 (富山)

### 3.1

- 1) \*\*Hiromasa Koga, Masaki Hiratsuka, Shinichiro Ito and Akihisa Konno, Aerodynamic characteristics and heat radiation performance of sportswear fabrics, FLUCOME2017, 2017.
- 2) \*\*古賀 洋将, 伊藤 慎一郎, 平塚 将起, スポーツウェアの空力特性—スポーツウェア用布地の流体抵抗と後流の相関—, 可視化情報学会, 第 44 回可視化情報シンポジウム, 2016, 工学院大学 (東京) .
- 3) \*\*古賀 洋将, 伊藤 慎一郎, 平塚 将起, スポーツウェア布地の空力特性, 日本機械学会シンポジウム: スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス 2016, 2016, 山形テルサ (山形)
- 4) \*\*横溝亮, 伊藤慎一郎, 洪性賛, 浅井武, 竹居賢治, スポーツウェア用布地の流体力学特性日本機械学会 2015 年度年次大会講演論文集, 2015.9.13., 北海道大学 (北海道)
- 5) \*\*伊藤 慎一郎, 安井 聡, 岸野 充, 田原 洋海, スポーツウェア布地の流体力学特性, 日本機械学会 2014 年度年次大会講演論文集, 2014.9, 東京電機大学 (東京)

### 3.2

#### <査読付国際会議>

- 1) Atsushi Fujii, Donghyuk Kang, Kotaro Sato and Kazuhiko Yokota, The Flow around a Circular Cylinder

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- with Tangential Blowing between Two Plane Plates, Int. Conf. on Jets, Wakes and Separated Flows, ICJWSF-2017, October 9-12, 2017, Cincinnati, Ohio USA
- 2) Hiroaki Terakado, Koichi Nishibe, Donghyuk Kan, Kazuhiko Yokota, and Kotaro Sato, BEHAVIOR OF SYNTHETIC JETS IN AN ASYMMETRIC FLOW FIELD, Int. Conf. on Jets, Wakes and Separated Flows, ICJWSF-2017, October 9-12, 2017, Cincinnati, Ohio USA
  - 3) Kazuki Noda, Yohei Nomura, Koichi Nishibe, Hiroshi Ohue and Kotaro Sato, INVESTIGATION OF FLOW INSTABILITIES IN INWARD SWIRLING FLOW IN ROTATING MACHINERY, Int. Conf. on Jets, Wakes and Separated Flows, ICJWSF-2017, October 9-12, 2017, Cincinnati, Ohio USA
  - 4) Kazuya Takeda, Koichi Nishibe, Kotaro Sato, Donghyuk Kang and Kazuhiko Yokota, Characteristics of Swirling Flow in a Pipe Generated by Annular Inlet Guide Vanes, Int. Conf. on Jets, Wakes and Separated Flows, ICJWSF-2017, October 9-12, 2017, Cincinnati, Ohio USA
  - 5) Keiichi Ochiai, Shinsaku Nakamura, Kotaro Sato, Donghyuk Kang and Kazuhiko Yokota, FLOW CHARACTERISTICS OF AXIAL-FLOW FANS WITH AN UPSTREAM / DOWNSTREAM BLOCKAGE DISK, Proceedings of the ASME 2017 Fluids Engineering Division Summer Meeting, FEDSM 2017, July 30-August 3, 2017, Hawaii, USA
  - 6) Y. Arai, Y. Kasai, S. Nakamura, K. Sato, H. Otake, K. Nishibe, Influence of Inlet Guide Vanes on Performance Characteristics of Axial-flow Fan with an obstacle, The 27th International Symposium on Transport Phenomena, September, 2016, Hawaii, USA
  - 7) W. KATAHIRA, K. NODA, K. NISHIBE, M. TAKAHASHI, H. OHUE, and K. SATO, Unsteady Flow Characteristics in Return Channel of Compact Multi-stage Centrifugal Blower, The 27th International Symposium on Transport Phenomena, September, 2016, Hawaii, USA
  - 8) Y. ISHIKAWA, Y. NOMURA, T.SAYAMA, K.NISHIBE, H. OHUE and K.SATO , Investigation of Flow characteristic of Synthetic Jet on Circular Cylinder, The 27th International Symposium on Transport Phenomena, September, 2016, Hawaii, USA
  - 9) Ryota Kobayashi, Koichi Nishibe, Yusuke Watabe, Kotaro Sato, Kazuhiko Yokota, VECTOR CONTROL OF SYNTHETIC JETS USING AN ASYMMETRIC SLOT, Proceedings of the ASME 2016 Fluids Engineering Division Summer Meeting, FEDSM2016, July 10-14, 2016, Washington D.C., USA
  - 10) Nobuhiro Kobayashi, Koichi Nishibe, Yusuke Watabe, Kotaro Sato, Kazuhiko Yokota, FLOW AROUND A RECTANGULAR CYLINDER WITH AN ASYMMETRIC SLOT FOR SYNTHETIC JETS, Proceedings of the ASME 2016 Fluids Engineering Division Summer Meeting, FEDSM2016, July 10-14, 2016, Washington D.C., USA
  - 11) Kosuke Takahashi, Fujio Hiroki, Kotaro Sato, Koichi Nishibe, SELF-EXCITED VIBRATION OF A FLAT PLATE WITH A HOLE FOR WATER FLOW, Proceedings of the ASME 2016 Fluids Engineering Division Summer Meeting, FEDSM2016, July 10-14, 2016, Washington D.C., USA
  - 12) Shohei Shimizu, Shinsaku Nakamura, Kotaro Sato, Kazuhiko Yokota, Influence of a blockage disk on the Performance of an Axial Flow Fan, The 13th Asian International Conference on Fluid Machinery, 7th - 10th September 2015, Tokyo, Japan
  - 13) Konosuke SASAKI, Koichi NISHIBE, Tamio FUJIWARA, Hiroshi OHUE & Kotaro SATO, INFLUENCE OF OSCILLATION CHARACTERISTICS ON SYNTHETIC JET STRUCTURE, INT. CONF. ON JETS, WAKES AND SEPARATED FLOWS, JUNE 16-18, 2015, KTH MECHANICS, STOCKHOLM, SWEDEN \*
  - 14) Yusuke WATABE, Kotaro SATO, Koichi NISHIBE & Kazuhiko YOKOTA, Influence of an Asymmetric Slot on the Flow Characteristics of Synthetic Jets, INT. CONF. ON JETS, WAKES AND SEPARATED FLOWS, JUNE 16-18, 2015, KTH MECHANICS, STOCKHOLM, SWEDEN \*
  - 15) Tomoaki ISHIZAWA, Kotaro SATO, Koichi NISHIBE & Kazuhiko YOKOTA, Performance Characteristics of a Fan using Synthetic Jets, INT. CONF. ON JETS, WAKES AND SEPARATED FLOWS, JUNE 16-18, 2015, KTH MECHANICS, STOCKHOLM, SWEDEN \*
  - 16) N. TAKAHASHI, K. NISHIBE, T. FUJIWARA, H. OHUE, K. SATO, Influence of the Characteristics of Velocity Oscillation at the Exit on the Flow Structure of Synthetic Jets, 16th International Symposium on Flow Visualization, June 24-28, 2014, Okinawa, Japan \*
  - 17) Shinsaku Nakamura, Masayuki Takahashi, Kotaro Sato, Kazuhiko Yokota, Influence of an Upstream Obstacle on the Flow Characteristics of Axial-flow Fans, Proceedings of the ASME 2014 4th Joint US-European Fluids Engineering Division Summer Meeting and 11th International Conference on Nanochannels, Microchannels, and Minichannels, FEDSM2014, August 3-7, 2014, Chicago, Illinois, USA
  - 18) Takanori Nakazawa, Masanori Kudo, Koichi Nishibe, Kotaro Sato, FLOW CHARACTERISTICS

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

DOWNSTREAM OF SWIRL FLOW GENERATORS, Proceedings of the ASME 2014 4th Joint US-European Fluids Engineering Division Summer Meeting and 11th International Conference on Nanochannels, Microchannels, and Minichannels, FEDSM2014, August 3-7, 2014, Chicago, Illinois, USA

- 19) Takahiro Iwasaki, Koichi Nishibe, Kotaro Sato, Kazuhiko Yokota, Donghyuk Kang, A Study on the Coanda Effect and the Thrust Characteristics of Synthetic Jets, Proceedings of the ASME 2014 4th Joint US-European Fluids Engineering Division Summer Meeting and 11th International Conference on Nanochannels, Microchannels, and Minichannels, FEDSM2014, August 3-7, 2014, Chicago, Illinois, USA \*
- 20) Donghyuk Kang, Taisuke Shimamura, Marie Fujiwara, Kazuhiko Yokota and Kotaro Sato, NUMERICAL SIMULATION OF SYNTHETIC JET BY DISCRETE VORTEX METHOD, Int. Conf. on Jets, Wakes and Separated Flows, September, 2013. 9.17~9.21 Nagoya \*
- 21) Masanori Kudo, Masayuki Takahashi, Kotaro Sato, Donghyuk Kang, Kazuhiko Yokota, Control of Flow Instabilities Induced between Two Parallel discs, Int. Conf. on Jets, Wakes and Separated Flows, September, 2013. 9.17~9.21 Nagoya
- 22) Koichi Nishibe, Kotaro Sato, Hideki Takezawa, Donghyuk Kang, Kazuhiko Yokota, Investigation on a synthetic jet actuator using bubble produced by electric discharge, Int. Conf. on Jets, Wakes and Separated Flows, September, 2013. 9.17~9.21 Nagoya \*
- 23) Yuhei ITO, Akira HIWATA, Kotaro SATO, Fundamental study on oil mist separation in swirl flow, ASME 2013 Fluids Engineering Division Summer Meeting, July7-11,2013, Incline Village, NEVADA
- 24) Masanori KUDO, Koichi NISHIBE, Masayuki TAKAHASHI, Kotaro SATO, Yoshinobu TSUJIMOTO, Study on Flow Characteristics Downstream of Annular Inlet Guide Vanes, ASME 2013 Fluids Engineering Division Summer Meeting, July7-11,2013, Incline Village, NEVADA

#### <査読無国際会議>

- 25) Yasutoshi Osawa, Keiichi Ochiai, Tomoaki Ishizawa, Kotaro Sato, Hirofumi Yoshida, Flow Characteristics inside a Cylindrical Tank with a Rotating Cylinder, The 14th International Symposium on Advanced Technology, 2015.10, Tokyo, JAPAN
- 26) Takanori Nakazawa, Masanori Kudo, Koichi Nishibe, Masayuki Takahashi, Kotaro Sato, Study on Flow Instabilities in Swirl Flow Generator, The 12th International Symposium on Advanced Technology, 2013.10.15, Taipei, TAIWAN

#### <国内発表>

- 27) 小林亮太, 西部光一, 横田和彦, 佐藤光太郎, 非対称流れ場におけるシンセティックジェットの挙動観察, 日本機械学会第67期総会・講演会, 2018年3月13日(名古屋・名古屋大学)
- 28) 落合慶一, 佐藤光太郎, 中村慎策, 横田和彦, 円形遮蔽板を伴う軸流ファンの流動・振動特性, 日本機械学会第67期総会・講演会, 2018年3月13日(名古屋・名古屋大学)
- 29) 板垣直樹, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 円筒型プラズマアクチュエータを用いた噴流の流動特性, 日本機械学会第24期総会・講演会, 2018年3月10日(東京・電気通信大学)
- 30) 穴口海輝, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 噴流口の逆流防止板が旋回噴流の非定常特性に与える影響, 日本機械学会第24期総会・講演会, 2018年3月10日(東京・電気通信大学)
- 31) 秋山剛毅, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 水面近傍水中爆発時に生じるジェット挙動に関する研究, 日本機械学会第24期総会・講演会, 2018年3月10日(東京・電気通信大学)
- 32) 片山 敬佑, 野田和希, 西部光一, 大上浩, 佐藤光太郎, 環状入口案内翼列下流に生じる不安定流れの抑制, 日本機械学会第24期総会・講演会, 2018年3月10日(東京・電気通信大学)
- 33) 高浜 良平, 古本健一郎, 横田和彦, 姜東赫, 佐藤光太郎, 矩形ダクト内予混合燃焼波に対する管内物体の影響, 日本機械学会第24期総会・講演会, 2018年3月10日(東京・電気通信大学)
- 34) 日下部裕真, 姜東赫, 佐藤光太郎, 横田和彦, クロスフローファン流れに生じる後ろ回り流体振動に関する片壁面半径の影響, ターボ機械協会 第77回 総会講演会, 2017年5月19日(東京・東大生産技術研究所)
- 35) 鈴木健仁, 横田和彦, 姜東赫, 佐藤光太郎, 低流量領域に生じる軸流送風機の後ろ回り変動に関する研究, ターボ機械協会 第77回 総会講演会, 2017年5月19日(東京・東大生産技術研究所)
- 36) 山口裕理, 姜 東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 軸流ファンの非定常流れに関する実験および数値シミュレーション, 日本機械学会, 関東支部第23期総会・講演会, 2017年3月16, 17日(東

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

京・東京理科大)

- 37) 司馬聖大, 工藤正規, 佐藤光太郎, 西部光一, 横田和彦, 出口円管付環状翼列下流に生じる流体振動特性, 日本機械学会 第94期 流体工学部門 講演会, 2016年11月12日(土)~13日(日)  
(山口・宇部・山口大)
- 38) 大島直也, 姜 東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 円管内高速旋回流の流れ特性, 日本機械学会 2016年度年次大会, 2016年9月11日(日)~14日(水) (福岡・九大)
- 39) 落合慶一, 清水翔平, 高橋政行, 佐藤光太郎, 横田和彦, 軸流ファンの流動特性に及ぼす吐出側円板型障害物の影響, 日本機械学会 2016年度年次大会, 2016年9月11日(日)~14日(水) (福岡・九大)
- 40) 藤原章博, 姜 東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 旋回噴流に生じる非定常特性, 日本機械学会 2016年度年次大会, 2016年9月11日(日)~14日(水) (福岡・九大)
- 41) 小永井拓也, 西部光一, 横田和彦, 佐藤光太郎, 回転子を伴う円筒型容器内部の流動特性, 日本混相流学会 混相流シンポジウム2016, 講演論文集2016.8 (京都・同志社大)
- 42) 野村陽平, 西部光一, 富士原民雄, 大上浩, 佐藤光太郎, シンセティックジェットファンの性能特性に休止時間が及ぼす影響, 日本混相流学会 混相流シンポジウム2016, 講演論文集2016.8 (京都・同志社大)
- 43) 野田和希, 片平渉, 西部光一, 高橋政行, 佐藤光太郎, 大上浩, 小型多段式遠心ファンの開発にむけた基礎的研究日本混相流学会 混相流シンポジウム2016, 講演論文集2016.8 (京都・同志社大)
- 44) 山口裕介, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 多翼ファンに発生する後ろ向きに伝播する流体振動, 日本機械学会関東支部第22 期総会・講演会, 2016年3月10日~11日 (東京)
- 45) 谷口祐太, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 二円板間に設置された回転円柱周りに生じる流体振動, 日本機械学会関東支部第22 期総会・講演会, 2016年3月10日~11日 (東京)
- 46) 鈴木健仁, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 遷音速圧縮機に生じる流体変動に関する数値シミュレーション, 日本機械学会関東支部第22 期総会・講演会, 2016年3月10日~11日 (東京)
- 47) 井上翔太, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 上流を支持された柔軟シート配置がフラッタ発電に与える影響, 日本機械学会関東支部第22 期総会・講演会, 2016年3月10日~11日 (東京)
- 48) 笠井泰明, 清水翔平, 佐藤光太郎, 横田和彦, 軸流ファンの入口障害物により発生する不安定流れの制御, 日本機械学会北陸信越支部 第53期総会・講演会, 2016.3.5 (長野)
- 49) 大橋悠貴, 工藤正規, 佐藤光太郎, 横田和彦, 西部光一, 出口円管を伴う環状入口案内翼列下流の流動特性, 日本機械学会北陸信越支部 第53期総会・講演会, 2016.3.5 (長野)
- 50) 藤原章博, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 旋回噴流の渦の振れ回りによって発生する非定常流れの調査, 日本機械学会第93期流体工学部門講演会講演論文集, 2015.11.8 (東京)
- 51) 杉山颯, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 一樣流中に置かれた翼からの循環発生に関する研究, 日本機械学会第93期流体工学部門講演会講演論文集, 2015.11.8 (東京)
- 52) 牛窪一樹, 西部光一, 富士原民雄, 大上浩, 佐藤光太郎, ピストン型アクチュエータを用いたシンセティックジェットポンプの開発, 日本機械学会第93期流体工学部門講演会講演論文集, 2015.11.8 (東京) \*
- 53) 江口逸実, 石澤知明, 佐藤光太郎, 西部光一, 横田和彦, シンセティックジェットファンの性能特性, 日本機械学会第93期流体工学部門講演会講演論文集, 2015.11.8 (東京) \*
- 54) 小林延広, 渡部裕介, 小林亮太, 佐藤光太郎, 西部光一, 横田和彦, 非対称スロットによって生成される二次元シンセティックジェットの流動特性, 日本機械学会第93期流体工学部門講演会講演論文集, 2015.11.8 (東京) \*
- 55) 落合慶一, 大澤康敏, 石澤知明, 佐藤光太郎, 吉田裕文, 回転円筒を伴う容器内部の流動特性, 日本混相流学会混相流シンポジウム2015 講演論文集2015.7 (高知・高知)
- 56) 和田伸浩, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 多翼前向き羽を持つ羽根車流れに発生する流体振動, 日本機械学会 2015年度年次大会, 2015.9 (北海道・札幌)
- 57) 藤原章博, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 円管から放出した旋回流の非定常性に関する実験と数値計算, ターボ機械協会 第73回 総会講演会, 2015.5.8 (東京大学 生産技術研究所)
- 58) 柴崎一輝, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 二次元翼列の超音速流れに翼前縁形状が及ぼす影響, 日本機械学会関東支部第21 期総会・講演会, 2015.3.20 (神奈川・横浜)

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 59) 木下貴裕, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 多孔質空気静圧スラスト軸受に関する実験と数値計算, 日本機械学会関東支部第21期総会・講演会, 2015.3.20 (神奈川・横浜)
- 60) 丸山聡史, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 二円板間における回転円柱周りの流れ, 日本機械学会関東支部第21期総会・講演会, 2015.3.20 (神奈川・横浜)
- 61) 近藤裕馬, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 多翼ファンの非定常流れに及ぼすスパン長さの影響, 日本機械学会関東支部第21期総会・講演会, 2015.3.20 (神奈川・横浜)
- 62) 三平達郎, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, ポンプ水車のS字特性に関する実験, 日本機械学会関東支部第21期総会・講演会, 2015.3.20 (神奈川・横浜)
- 63) 藤森康彦, 姜東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 柔軟シートフラッタ発電に及ぼすフラッタ回転中心の影響, 日本機械学会関東支部第21期総会・講演会, 2015.3.20 (神奈川・横浜)
- 64) 高橋賢司, 小林延広, 工藤正規, 佐藤光太郎, 廣木富士男, 田中宏, 流れの中に置かれた円孔を有する平板に生じる自励振動, 日本機械学会東海支部第64期総会講演会論文集, 2015.3.13 (愛知・春日井市)
- 65) 小林延広, 工藤正規, 佐藤光太郎, 廣木富士男, 田中宏, 流れの中に置かれた矩形孔を有する平板に生じる自励振動, 日本機械学会東海支部第64期総会講演会論文集, 2015.3.13 (愛知・春日井市)
- 66) 中村慎策, 清水翔平, 高橋政行, 佐藤光太郎, 横田和彦, 入口円板型障害物を伴う軸流ファンの非定常流動特性, 日本機械学会東海支部第64期総会講演会論文集, 2015.3.13 (愛知・春日井市)
- 67) 姜東赫, 木下寛之, 横田和彦, 佐藤光太郎, 曲がり流路に配置された回転円柱を用いた粘性マイクロポンプの流動特性, 日本機械学会第92期流体工学部門講演会講演論文集, 2014.10.26 (富山)
- 68) 牛窪一樹, 西部光一, 富士原民雄, 大上浩, 佐藤光太郎, シンセティックジェットポンプ開発のための基礎的研究, 日本機械学会第92期流体工学部門講演会講演論文集, 2014.10.25 (富山)  
\*
- 69) 中村慎策, 清水翔平, 高橋政行, 佐藤光太郎, 横田和彦, 障害物近傍に置かれた小型軸流ファンの性能特性, 日本機械学会第92期流体工学部門講演会講演論文集, 2014.10.25 (富山)
- 70) 渡部裕介, 東美佳, 佐藤光太郎, 西部光一, 横田和彦, シンセティックジェットの挙動に及ぼすスロットの非対称形状の影響, 日本混相流学会混相流シンポジウム2014 講演論文集, 2014.7.29 (札幌) \*
- 71) 大橋悠貴, 中沢孝則, 西部光一, 佐藤光太郎, 循環制御翼を利用したガイドベーン下流の流動特性, 日本混相流学会混相流シンポジウム2014 講演論文集, 2014.7.29 (札幌)
- 72) 清水翔平, 中村慎策, 高橋政行, 佐藤光太郎, 横田和彦, 円板型障害物を伴う軸流送風機の性能特性, 日本混相流学会混相流シンポジウム2014 講演論文集, 2014.7.29 (札幌)
- 73) 石澤知明, 岩崎高宏, 西部光一, 佐藤光太郎, 横田和彦, シンセティックジェットを利用した流体機械の開発, 日本混相流学会混相流シンポジウム2014 講演論文集, 2014.7.29 (札幌)
- 74) 工藤正規, 高橋政行, 佐藤光太郎, 西部光一, 横田和彦, 旋回流発生装置下流の流動特性に関する研究, 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集, 2013 (福岡)
- 75) 清水翔平, 中村慎策, 高橋政行, 佐藤光太郎, 横田和彦, 軸流ファンの性能に及ぼす上流側障害物の影響, 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集, 2013 (福岡)
- 76) 岩崎高宏, 西部光一, 佐藤光太郎, 横田和彦, 姜東赫, シンセティックジェットを利用した推進器の開発, 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集, 2013 (福岡) \*
- 77) 中沢孝則, 工藤正規, 高橋政行, 佐藤光太郎, 旋回流発生器に生じる不安定流れの制御, 日本混相流学会年会講演会, 2013 (長野)
- 78) 中村慎策, 高橋政行, 佐藤光太郎, 横田和彦, 軸流ファンの性能特性に及ぼす障害物の影響, 日本混相流学会年会講演会, 2013 (長野)
- 79) 岩崎高宏, 田中雄貴, 西部光一, 佐藤光太郎, 横田和彦, シンセティックジェット利用推進機器に関する研究, 日本混相流学会年会講演会, 2013 (長野) \*

### 3.3

- 1) \*T. Nishimura, Y. Mikoshiba, H. Ohtake, K. Hasegawa, Effect of Metal Film and Micro Structure of Surface on Condensation Pattern, The 25th Int'l Conf. on Nuclear Engineering, ICONE25-67239, (2017-7), pp.1-6.

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 2) Hiroyasu Ohtake, Yoshiaki Hasebe, Koji Hasegawa, COOLING ON HIGH SUPERHEATED SURFACE BY USING SPRAY NOZZLE (INFLUENCE OF DROPLET SIZE AND DROPLET VELOCITY), The 4th International Forum on Heat Transfer, IFHT2016- 2043, November 2-4, 2016, Sendai, Japan.
- 3) H. Takeuchi, H. Ohtake, M. Ueno, H. Washida and K. Hasegawa, Boiling Heat Transfer Characteristics and Film Boiling Collapse Temperature through The Two-Dimensional Temperature Field Measurement (Examination of Condition in High Liquid Subcooling Condition), The 24th Int'l Conf. on Nuclear Engineering, ICONE24-60644, (2016-6), pp.1-10. 【Student Best Poster Competition 受賞】
- 4) Masashi Inoue, Hiroyasu Ohtake, Koji Hasegawa, "Experimental Discussion of Mechanism of Boiling Heat Transfer on Critical Heat Flux by using Simultaneous Measurements of Two-Dimensional Temperature Field under Heated Surface and Behavior of Boiling Vapor Bubble", The First Pacific Rim Thermal Engineering Conference, PRTEC, (Hawaii's Big Island, USA, March 13-17, 2016, )
- 5) Yuki Mikoshiba, Hiroyasu Otake, Koji Hasegawa, "Experimental Investigation on Effect of Surface Wettability on Condensation Heat Transfer by using MEMS Technology", (Hawaii's Big Island, USA, March 13-17, 2016)
- 6) Kengo Kono, Koji Hasegawa, Hiroyasu Ohtake, Atsushi Goda, Yutaka Abe, "Effect of liquid properties on levitation stability of droplet in a single-axis acoustic levitator", 10th International Conference on TWO-PHASE FOR GROUND AND SPACE APPLICATIONS, ITTW2015, (Kyoto, Japan, Sep. 14-18, 2015). 【Out standing poster award】
- 7) Yuki Mikoshiba, Hiroyasu Ohtake, Koji Hasegawa, Tomohiro Yabe, "EFFECT OF MICROFABRICATED SURFACE BY MEMS TECHNOLOGY ON CONDENSATION HEAT TRANSFER", The 23rd Int'l Conf. Nuclear Eng., ICONE23-1707, (2015-5). 【Best Poster Award】
- 8) Takeya Okamoto, Koji Hasegawa, Hiroyasu Ohtake, "PRESSURE LOSS OF WATER FLOW AND FLOW BOILING HEAT TRANSFER IN MICROTUBES" , Proceedings of the ASME 2015 International Technical Conference and Exhibition on Packaging and Integration of Electronic and Photonic Microsystems and ASME 2015 12th International Conference on Nanochannels, Microchannels, and Minichannels, InterPACKICNMM2015, (San Francisco, California, USA, July 6-9, 2015)
- 9) Hiroyasu Ohtake and Koji Hasegawa, Boiling Heat Transfer Characteristics and Film Boiling Collapse Temperature through the Two-Dimensional Temperature Field Measurement, 15th Int'l Heat Transfer Conference, DVD- IHTC15-9511, 2014-8.
- 10) Kei Oda, Hiroyasu Ohtake, Koji Hasegawa, "Effect of Pressure on Boiling Heat Transfer Mechanism by Using MEMS Technology", The 22nd International Conference on Nuclear Engineering, ICONE22-30558, (2014-7)
- 11) Kei. Oda, Hiroyasu Ohtake and Koji Hasegawa, Boiling Heat Transfer Mechanism and Enhancement of Boiling Heat Transfer of Water under Low Pressure and Low Boiling Temperature, The 24th International Symposium on Transport Phenomena, pp. 1-8, 1-5 November 2013, Yamaguchi, Japan. 【査読なし】
- 12) K. Yamazaki and H. Ohtake, "Study on Condensation Heat Transfer on Micro Structed Surfaces, Effect on Condensation Heat Transfer of Metal-Sputtering Surfaces", The 21st International Conference on Nuclear Engineering, ICONE21-16315, (2013). 【ICONE21 Student Best Poster Competition 受賞】
- 13) Yu Kadoguchi, Hiroyasu Ohtake, Study on Pressure Loss of Two Phase Flow and Flow Boiling Heat Transfer in Micro Channel, Proc. the 21st International Conference on Nuclear Engineering, DVD ICONE21-16329, pp. 1-4, 2013.
- 14) 竹内・大竹・長谷川, 二次元温度場計測を通じた高温加熱面の膜沸騰崩壊温度および沸騰熱伝達特性, 日本伝熱学会第 54 回日本伝熱シンポジウム (2017-5)
- 15) 御子柴友貴, 大竹浩靖, 長谷川浩司凝縮形態へ及ぼす金属薄膜面と微細加工面の影響に関する実験的検討, 熱工学コンファレンス 2016.
- 16) 井上将志, 大竹浩靖, 長谷川浩司, 加熱面下の二次元温度場および沸騰蒸気泡挙動の同時計測を利用した沸騰熱伝達および限界熱 流束の実験的検討, 熱工学コンファレンス 2016.
- 17) 御子柴・大竹・長谷川, 凝縮熱伝達へ及ぼす金属表面の濡れ性の実験的検討, 日本機械学会動力・エネルギー技術シンポジウム (2016-6)
- 18) 井上将志・大竹浩靖・長谷川浩司, "加熱面下の二次元温度場および沸騰蒸気泡挙動の同時計測を利用した沸騰熱伝達機構に関する研究", 第 53 回 日本伝熱シンポジウム, (大阪府立国際会議場, 大阪府, 日本, 5 月 24 日~26 日, 2016)
- 19) 井上将志・大竹浩靖・長谷川浩司, "加熱面下の二次元温度場および沸騰蒸気泡挙動の同時計

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 測を利用した沸騰熱伝達機構の実験的検討", 日本機械学会熱工学コンファレンス 2015, (大阪大学 吹田キャンパス, 大阪府, 日本, 10月24日~25日, 2015)
- 20) 御子柴友貴・大竹浩靖・長谷川浩司, "凝縮熱伝達に及ぼす MEMS 加工面の影響(MEMS 計測技術を利用した濡れ性の検討)", 日本機械学会熱工学コンファレンス 2015, (大阪大学 吹田キャンパス, 大阪府, 日本, 10月24日~25日, 2015)
  - 21) 上野仁裕・大竹浩靖・長谷川浩司, 二次元温度場計測を通じた高温加熱面の膜沸騰崩壊温度および沸騰熱伝達特性(高液サブクール度条件の検討), 熱工学コンファレンス 2015.
  - 22) 矢部朋裕・御子柴友貴・大竹浩靖・長谷川浩司, "凝縮熱伝達に及ぼす MEMS 加工面(微細加工面)の影響", 第 52 回 日本伝熱シンポジウム, (福岡国際会議場, 福岡市, 日本, 6月3日~5日, 2015) .
  - 23) 小田奎・井上将志・大竹浩靖・長谷川浩司, "MEMS 技術を用いた沸騰熱伝達の機構とその促進", 第 52 回 日本伝熱シンポジウム, (福岡国際会議場, 福岡市, 日本, 6月3日~5日, 2015)
  - 24) 小田奎, 大竹浩靖, 長谷川浩司, MEMS 技術を用いた沸騰熱伝達機構の圧力依存性(第二報), 日本機械学会熱工学コンファレンス 2014, (芝浦工業大学, 東京都, 11月8日~9日, 2014)
  - 25) 矢部朋裕, 御子柴友貴, 大竹浩靖, 長谷川浩司, 凝縮熱伝達に及ぼす MEMS 加工面(微細加工面)の影響, 日本混相流学会 混相流シンポジウム 2014, (2014-7)
  - 26) 小田奎, 大竹浩靖, 長谷川浩司, 沸騰熱伝達の機構と促進, 第 51 回日本伝熱シンポジウム, (2014-5).
  - 27) 大竹浩靖, 坂本隼一, 長谷川浩司, 中世古誠, スプレーノズルを用いた高温加熱面冷却, 日本機械学会熱工学コンファレンス 2013, (弘前大学, 青森県, 10月19日~20日, 2013) .
  - 28) 小田奎, 内山将太, 大竹浩靖, 長谷川浩司, 低圧低沸点水における沸騰熱伝達の機構とその促進, 第 50 回日本伝熱シンポジウム, (2013-5).
  - 29) 安藤祐騎, 大竹浩靖, 長谷川浩司, 山崎康平, 凝縮熱伝達に及ぼす各種表面金属薄膜(スパッタ面)の影響, 第 50 回日本伝熱シンポジウム, (2013-5).
  - 30) 大堀哲矢, 大竹浩靖, 二次元温度場計測を通じた高温加熱面の膜沸騰崩壊温度および沸騰熱伝達特性, 第 50 回日本伝熱シンポジウム, (2013-5).

#### 4.1

- 1) 鈴木, 生物に学ぶ表面微細構造と機能, 日本機械学会 2017 年度年次大会, K22100, 2017, 埼玉大学(埼玉県), 招待講演.
- 2) 鈴木凜陽, 鈴木健司, 高信, 三浦, アリを規範とした壁面歩行ロボットの研究—液滴供給機構パッドの開発—, 第 8 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, PN-44, 2017, 広島国際会議場(広島県).
- 3) 川崎, 三浦, 鈴木, 高信, トンボを規範としたはばたき型飛翔ロボットの研究, 第 8 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, PN-104, 2017, 広島国際会議場(広島県) .
- 4) 鈴木凜陽, 鈴木健司, 高信, 三浦, アリを規範とした壁面移動ロボットの研究, , 日本機械学会情報・知能・精密機器部門講演会 (IIP2017), PH4, 2017, 東洋大学(東京都) .
- 5) Ichinose R. W., Suzuki K., Takanobu H. and Miura H., Development of Water Surface Mobile Robot Inspired by Water Striders, -Optimization of water repellent legs-, International Symposium on Micro-Nano Science and Technology 2016, SuP-20, p.141, 2016, Tokyo (Japan).
- 6) 鈴木, 一瀬, 高信, 三浦, 表面張力を利用した水面移動ロボットの開発, 日本機械学会 2016 年度年次大会講演論文集, J1610206, 2016, 九州大学(福岡県) .
- 7) 一瀬, 岩部, 鈴木, 高信, 三浦, アメンボを規範とした水面移動ロボットの開発—支持力, 推進力に必要な撥水脚の最適化—, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016, 1A1-11b4, 2016, パシフィコ横浜(神奈川県).
- 8) 宮原, 鈴木, 高信, 三浦, チョウを規範としたはばたき飛翔ロボットの研究—はばたき角可変機構の搭載—, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016, 1A1-11b7, 2016, パシフィコ横浜(神奈川県).
- 9) 鈴木凜陽, 鈴木健司, 高信, 三浦, アリを規範とした壁面歩行ロボットの研究—付着パッドの付着力評価—, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016, 1A1-13a6, 2016, パシフィコ横浜(神奈川県).
- 10) 高橋, 小林, 鈴木, 高信, 三浦, アリを規範とした壁面移動ロボットの研究, 日本機械学会精密機器部門講演会 (IIP2016), H-P-2, 2016, 東洋大学(東京都) .
- 11) 一瀬, 岩部, 鈴木, 高信, 三浦, アメンボを規範とした水面移動ロボットの開発, 第 7 回マイク

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

ロ・ナノ工学シンポジウム, 2015, PN-022, 朱鷺メッセ(新潟県).

- 12) 栗原, 鈴木, 高信, 三浦, 昆虫を規範とした小型歩行・跳躍ロボットの研究, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 (robomech2015), 1P1-Q10, 2015, みやこめっせ(京都府),.
- 13) 鈴木英之, 鈴木健司, 高信, 三浦, トンボを規範とした飛翔ロボットの研究—パッシブなフェザリング機構の搭載—, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 (robomech2015), 1P1-R01, 2015, みやこめっせ(京都府).
- 14) Kobayashi K., Suzuki K., Takanobu H. and Miura H., Study on insect-inspired wall climbing robot: Adhesion using viscous liquid, Proceedings of the Sixth International Symposium on Aero Aqua Bio-mechanisms (ISABMEC 2014), 2014, Honolulu (USA).
- 15) Iwabe J., Suzuki K., Takanobu H. and Miura H., Biologically inspired water strider robot with microstructured hydrophobic legs, Proceedings of the Sixth International Symposium on Aero Aqua Bio-mechanisms (ISABMEC 2014), 2014, Honolulu (USA).
- 16) 鈴木, 生物に学ぶ微細構造と表面機能, 日本機械学会 2014 年度年次大会, 2014, 東京電機大学 (東京都) (招待講演)
- 17) 清水, 高信, 鈴木, 三浦, 稲田, 群知能ロボットの研究 —全方向移動機能による群制御—, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014, 2014, 富山市総合体育館 (富山県).
- 18) \*神保, 鈴木, 高信, 三浦, トンボを規範としたはばたき飛翔ロボットの研究 —翼形状が推進力に及ぼす影響—, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014, 2014, 富山市総合体育館 (富山県).
- 19) 関口, 鈴木, 高信, 三浦, チョウを規範としたはばたき飛翔ロボット —腹振り動作とリード・ラグ動作の評価—, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014, 2014, 富山市総合体育館 (富山県).
- 20) 岩部純一, 鈴木健司, 高信英明, 三浦宏文, アメンボを規範とした水面移動ロボットの研究—脚の撥水性が水面移動に及ぼす影響—, 日本機械学会情報・知能・精密機器部門講演会 (IIP2014), 2014, 東洋大学 (東京都).
- 21) 小林憲司, 鈴木健司, 高信英明, 三浦宏文, 昆虫を規範とした壁面移動ロボットの研究—液体の粘性を利用した壁面付着—, 日本機械学会情報・知能・精密機器部門講演会 (IIP2014), 2014, 東洋大学 (東京都).
- 22) 岩部純一, 鈴木健司, 高信英明, 三浦宏文, アメンボを規範とした水面移動ロボットの研究 (撥水脚の製作と評価), 日本機械学会 2013 年度年次大会講演論文集, 岡山, 2013/9/10, J112022.
- 23) 伊藤慎一郎, 中村晃洋, 工藤憲作, 鈴木健司, トンボ規範型ロボットの翼位相変化に伴う空力特性, 日本機械学会 2013 年度年次大会講演論文集, 2013, 岡山大学 (岡山県)

#### 4.2

- 1) 富江久平, 見崎大悟, 機能表面の創生とマイクロマニピュレータへの応, 2018 年度精密工学会春季大会学術講演会, 2018, 中央大学 (東京都)
- 2) Daigo Misaki, Kyuhei Tomie and Mitsuhiro Sumomosawa, Micromanipulation System using Surface Properties, Proc. of the 7th International Conference on Positioning Technology (ICPT2016), P12, Seoul, Korea, (2016)
- 3) Tasuku Akiyama, Masatomo Suzuki, Yuki Ikeya, Koki Miyahara and Daigo Misaki, Study of a dual end effector micromanipulation system, Proc. of the 6th International Conference on Positioning Technology (ICPT2014), P1-41-SY, 2014. 北九州国際会議場 (福岡県)
- 4) Yuki Ikeya, Masatomo Suzuki, Tasuku Akiyama, Daigo Misaki, and Shigeomi Koshimizu, Tip-positioning of a 6-DOF rotational micromanipulator using SMA, Proc. of the 9th International Workshop on Microfactories (IWMF2014), Session 4B, 2014., Honolulu (United States of America)
- 5) D.MISAKI, S.YOSHIDA, T.AKIYAMA, M.SUZUKI, S.NOMURA, Y.IKEYA, Developing of a 6-DOF Rotational Micromanipulator Using SMA, Proc. of the 14th International Conference on New Actuators and Drive Systems (ACTUATOR 2014), pp.580-583, 2014. Bremen (Germany)
- 6) Masatomo Suzuki, Ryuhei Kurokawa, Daigo Misaki, Shigeomi Koshimizu, Micro Assembly Support System with Control of Liquid-Bridging Force, Proc. of the 4th TSME International Conference on Mechanical Engineering (TSME-ICoME2013), 2013, Bangkok (Thailand)
- 7) Tasuku Akiyama, Ryuhei Kurokawa, Daigo Misaki, Study of virtual reality and haptic feedback for 3D micro manipulation system, Proc. of the 4th TSME International Conference on Mechanical Engineering (TSME-ICoME2013), 2013, Bangkok (Thailand)

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

### <研究成果の公開状況>(上記以外)

#### シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

##### <既に実施しているもの>

##### <FMS主催・共催・協賛の講演会>

- 1) International Seminar on Material Science, 主催：工学院大学先進工学部応用化学科 協賛：工学院大学機能表面研究センター, 講演：Patrik Schmuki (University of Erlangen-Nuremberg), Xuemei Zhou (University of Erlangen-Nuremberg), 2017年3月3日, 工学院大学新宿キャンパス.
- 2) 先進工学部主催公開講座 ～多様な可能性を秘める酸化チタンを陽極酸化で創り出す～, 主催：工学院大学先進工学部 協賛：工学院大学機能表面研究センター, 講演：Schmuki P. (Univ. Erlangen-Nuremberg), 小野 (工学院大学), 2016年2月26日, 工学院大学新宿キャンパス.
- 3) 北航・工学院大フォーラム, ロボット機構のイノベーション・柔軟ロボットの研究発展, 主催：工学院大学孔子学院, 共催：工学院大学機能表面研究センター, 講演：于 (北京航空航天大学), 2015年9月26日, 工学院大学新宿キャンパス.
- 4) 工学院大学機能表面研究センター主催講演会(2), 講演：Schmuki P. (Univ. Erlangen-Nuremberg), Liu N., (Univ. Erlangen-Nuremberg), 阿相 (工学院大学), 土屋 (大阪大学) 2014年3月3日, 工学院大学新宿キャンパス.
- 5) 工学院大学機能表面研究センター主催講演会(1), 講演：Schmuki P. (Univ. Erlangen-Nuremberg), Yoo J.E (Univ. Erlangen-Nuremberg), 越田 (東京農工大学), 阿相 (工学院大学), 土屋 (大阪大学), 2013年10月11日, 工学院大学新宿キャンパス.

##### <セミナー>

- 1) Daigo Misaki, Lab Meeting Talk, “Micro robot researches in Japan,” Biomimetics and Dexterous Manipulation Lab, Center for Design Research, Department of Mechanical Engineering, Stanford University, 2015年12月11日 (USA)
- 2) Daigo Misaki, Lab Meeting Talk, “ My design research at CDR” ,DesignX Lab,Center for Design Research, Department of Mechanical Engineering, Stanford University, Stanford,USA, 2015.

##### <FMS研究会開催状況>

###### 平成 25 年度

- ・第1回 テーマ 1.1：小野, テーマ 1.2：西谷, 2013年9月30日, 新宿キャンパス
- ・第2回 テーマ 1.3：鈴木, テーマ 1.4：武沢, 2013年11月25日, 新宿キャンパス
- ・第3回 テーマ 2.2：藤江 (首都大学東京), 2014年1月27日, 新宿キャンパス

###### 平成 26 年度

- ・第1回 テーマ 2.1：橋本, テーマ 2.3：小野, 阿相, アナワティ (PD), 2014年7月28日, 新宿キャンパス
- ・第2回 テーマ 3.1：伊藤, 2014年9月30日, 八王子キャンパス
- ・第3回 テーマ 3.2：佐藤, テーマ 3.3：大竹, 2014年12月2日, 八王子キャンパス
- ・第4回 テーマ 4.1：鈴木, テーマ 4.2：見崎 2015年3月9日, 新宿キャンパス

###### 平成 27 年度

- ・第1回 テーマ 1.1：増田 (PD), テーマ 1.2：小林, 2015年7月24日, 八王子キャンパス
- ・第2回 テーマ 2.1：安田 (東京工業高等専門学校), 2015年10月16日, 八王子キャンパス
- ・第3回 テーマ 2.1：高橋 (RA), 日野 (RA), 2015年12月4日, 八王子キャンパス

##### <展示会への出展>

- 1) 西谷, 環境に優しい総植物由来原料を用いたエンブラ系複合材料, Innovation Big-west 2017, 2017年11月1日, 工学院大学八王子キャンパス.
- 2) 工学院大学機能表面研究センター, MEMS センシング&ネットワークシステム展 2017. 2017年10月4日～6日, 幕張メッセ.
- 3) 相川, 既存材料 ITO を凌駕する超透明な酸化物導電膜, イノベーション・ジャパン 2017, 2017年8月31日～9月1日, 東京ビッグサイト.

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 4) 西谷, 環境に優しい総植物由来原料を用いたエンブラ系複合材料, イノベーション・ジャパン 2017, 2017年8月31日~9月1日, 東京ビッグサイト.
- 5) 相川, 酸化物透明導電膜およびアモルファス酸化物 TFT に向けた実用材料開発, テクノトランスファーinかわさき 2017, 2017年7月12日~14日, かながわサイエンスパーク.
- 6) 小林, 生物多様性を基板とする革新的材料技術・海洋性生物を規範とした防汚表面, nano tech 2017 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議. 2017年2月15日~17日, 東京ビッグサイト
- 7) 相川, 有機 EL ディスプレイの高効率化に貢献できる高仕事関数を有する透明導電膜, イノベーション・ジャパン 2016, 2016年8月25日~26日, 東京ビッグサイト.
- 8) 工学院大学機能表面研究センター, nano tech 2016 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議. 2016年1月27日~29日, 東京ビッグサイト.
- 9) 阿相, ウェットプロセスによる機能性ナノポーラス表面の創成, イノベーション・ジャパン 2015, 2015年8月27日~28日, 東京ビッグサイト.
- 10) 相川, 製造条件に左右されない高安定な酸化薄膜トランジスタ, イノベーション・ジャパン 2015, 2015年8月27日~28日, 東京ビッグサイト.

#### <報道, インタビュー, 研究室訪問記など>

##### 機能表面研究センターの紹介記事

- 1) 鈴木, 「研究機関・工学院大学 機能表面研究センター (FMS) —表面の微細構造が新しい技術を生み出す—」, フジサンケイビジネスアイ, 2014年8月6日
- 2) 鈴木, 「機能表面研究センター(FMS)」の紹介 表面の微細構造が新しい技術を生み出す, KUMEA (工学院大学機械系同窓会誌), Vol. 36, 2014, pp.10-11

##### 1.1

- 3) 相川 慎也, 工学院が InOx 系透明電極を開発, レアメタルニュース, 2017年10月16日, p.3.
- 4) 相川 慎也, 工学院大学、ITO 代替の新導電膜, 日刊産業新聞, 2017年9月7日
- 5) 相川 慎也, 工学院大学プレスリリース, 「工学院大学がイノベーション・ジャパン 2017 で2年連続全国私大トップの採択数」, 2017年6月19日.
- 6) 相川 慎也, STELLA 通信, 「イノベーション・ジャパン 2016 ポスト ITO 透明導電膜の提案が活発化」, 2016年8月31日.  
<http://www.stellacorp.co.jp/media/1608innovation.html>
- 7) 相川 慎也, 工学院大学プレスリリース, 「工学院大学が全国私大第1位の出展数~イノベーション・ジャパン 2016 に参加~」, 2016年8月19日.
- 8) 阿相, 研究機関・研究室紹介 “工学院大学 無機表面化学 (小野・阿相) 研究室”, 軽金属, **64** (7), 2014, p.322
- 9) 阿相 英孝, 相川 慎也, 工学院大学プレスリリース, 「工学院大学が全国私立理工系大学第1位の出展数 イノベーション・ジャパン 2015」, 2015年6月12日.  
[http://www.kogakuin.ac.jp/press\\_release/2015/cbr7au000003z5u8-att/061201.pdf](http://www.kogakuin.ac.jp/press_release/2015/cbr7au000003z5u8-att/061201.pdf)
- 10) 相川 慎也, Yahoo ヘッドライン, 「4K ディスプレイなどで省エネを実現する高安定な半導体.....工学院大学」, 2015年8月31日.  
<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20150831-00000015-rbb-sci>
- 11) 相川 慎也, livedoor ニュース, 「4K ディスプレイなどで省エネを実現する高安定な半導体.....工学院大学」, 2015年8月31日.  
<http://news.livedoor.com/article/detail/10533446/>
- 12) 相川 慎也, RBB Today, 「4K ディスプレイなどで省エネを実現する高安定な半導体.....工学院大学」, 2015年8月31日.  
<http://www.rbbtoday.com/article/2015/08/31/134787.html>
- 13) 相川 慎也, BIGLOBE ニュース, 「4K ディスプレイなどで省エネを実現する高安定な半導体.....工学院大学」, 2015年8月31日.  
[http://news.biglobe.ne.jp/it/0831/rbb\\_150831\\_3435377320.html](http://news.biglobe.ne.jp/it/0831/rbb_150831_3435377320.html)
- 14) 相川 慎也, STELLA 通信, 「4 イノベーション・ジャパン 2015 新たな酸化物半導体や液体 Si が脚光」, 2015年8月31日.  
<http://www.stellacorp.co.jp/media/1508innovation.html>
- 15) 工学院大学研究シーズ集

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

[http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry\\_university/research\\_seeds/index.html](http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry_university/research_seeds/index.html)

製造条件に鈍感な高安定酸化物薄膜トランジスタ 相川

[http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry\\_university/research\\_seeds/cbr7au00000510x0-att/2016072302.pdf](http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry_university/research_seeds/cbr7au00000510x0-att/2016072302.pdf)

有機 EL ディスプレイの高効率化に向けた高仕事関数を有する透明導電膜 相川

[http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry\\_university/research\\_seeds/cbr7au00000510x0-att/2016072301.pdf](http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry_university/research_seeds/cbr7au00000510x0-att/2016072301.pdf)

アノード酸化によるナノポーラス酸化皮膜の作製 小野, 阿相

[http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry\\_university/cbr7au0000005z3w-att/03\\_001.pdf](http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry_university/cbr7au0000005z3w-att/03_001.pdf)

半導体基板上への金属ドットアレイの作製 小野, 阿相

[http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry\\_university/cbr7au0000005z3w-att/03\\_003.pdf](http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry_university/cbr7au0000005z3w-att/03_003.pdf)

高い化学的耐性を持つナノポーラス  $\alpha$ -アルミナメンブレン 小野, 阿相

[http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry\\_university/cbr7au0000005z3w-att/2014111004.pdf](http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry_university/cbr7au0000005z3w-att/2014111004.pdf)

製造条件に左右されない高安定なアモルファス酸化物薄膜トランジスタ 相川

[http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry\\_university/cbr7au0000005z3w-att/2015082406.pdf](http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry_university/cbr7au0000005z3w-att/2015082406.pdf)

## 1.2

- 16) 小林, "カタツムリに学ぶ汚れにくい材料! ?有機高分子化学が切り開く世界", 大学紹介サイト「スタディラボ」URL = <http://studylabo.jp/detail.html?sid=kogakuin&ct=1&lid=K0210102002>, 2017年10月6日
- 17) TV メディア出演 : 2017年1月14日 NHK 総合「超絶・凄ワザ!」「汚れがすぐ落ちる!究極のまな板編」(小林)
- 18) 西谷, 物流ニッポン「産学官連携で学生育成 工学院大学機械工学科西谷研究室」2013年6月6日号

## 2.3

- 19) 阿相, 研究機関・研究室紹介 “工学院大学 無機表面化学(小野・阿相)研究室”, 軽金属, **64** (7), 2014, p.322
- 20) 工学院大学研究シーズ集  
(ア) [http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry\\_university/research\\_seeds/index.html](http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry_university/research_seeds/index.html)  
① マグネシウムの表面改質・高機能化(透明皮膜) 小野, 阿相  
(イ) [http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry\\_university/cbr7au0000005z3w-att/03\\_002.pdf](http://www.kogakuin.ac.jp/research/industry_university/cbr7au0000005z3w-att/03_002.pdf)

## 3.2

- 21) 佐藤光太郎, 解析事例・インタビュー, Software Cradle,  
[http://www.cradle.co.jp/casestudy/user\\_interview/0000000033](http://www.cradle.co.jp/casestudy/user_interview/0000000033)

## 4.1

- 22) 鈴木, 昆虫ロボット, テレビ朝日『スーパーJチャンネル』, 2017年3月10日.
- 23) 鈴木, 昆虫の能力、災害時活用, 日本経済新聞, 2016年9月26日, p.15.
- 24) 鈴木, 生物の表面から学んだ驚きの技術, 週刊現代 2015年11月5日号, p.202.
- 25) 鈴木, 「たまがわ昆虫展」にロボットを出展, ワークショップにてロボットを紹介, 玉川高島屋 S・C, 2014年7月26日~8月20日
- 26) 鈴木, 科学の峰々75 “バイオミメティクス”と昆虫を規範とした“マイクロロボット”の研究(上), 科学機器, No.782, 2013-8, pp.18-23.
- 27) 鈴木, 科学の峰々75 “バイオミメティクス”と昆虫を規範とした“マイクロロボット”の研究(下), 科学機器, No.783, 2013-9, pp.12-17.
- 28) 鈴木, ぶらーりキャンパス, 研究編 工学院大, 昆虫型マイクロロボット, 無駄ない動きに注目, 東京新聞, 2013年4月

### <インターネットでの公開状況>

- 1) 機能表面研究センター(FMS) <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwa1036/>
- 2) 無機表面化学研究室 <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwb1027/> (テーマ 1.1, 2.3 小野, 阿相)
- 3) 先進機能デバイス研究室 <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwa1058/> (テーマ 1.1 相川)
- 4) 高分子材料研究室 <http://www.mech.kogakuin.ac.jp/labs/polymer/index.html> (テーマ 1.2 西谷)
- 5) 有機高分子化学研究室 <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwa1069/member.html> (テーマ 1.2 小林)
- 6) マイクロシステム研究室 <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwa1041/> (テーマ 1.3, 4.1 鈴木)
- 7) 生産工学研究室 <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwa1035/> (テーマ 1.4 武沢)
- 8) 生体医工学研究室 <http://www.mech.kogakuin.ac.jp/labs/bio/contents/index.html> (テーマ 2.1 橋本)
- 9) 首都大学東京藤江研究室 <http://www.comp.sd.tmu.ac.jp/fujielab/> (テーマ 2.2 藤江)

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 10) 流体工学研究室 <http://fluid.mech.kogakuin.ac.jp/> (テーマ 3.1 伊藤)  
 11) 流体機械研究室 <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwa1038/index.html> (テーマ 3.2 佐藤)  
 12) 伝熱工学研究室 <http://www.mech.kogakuin.ac.jp/labs/heat/intro.html> (テーマ 3.3 大竹)  
 13) ヒューマンインターフェース研究室 <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwa1043/index.html> (テーマ 4.2 見崎)

<これから実施する予定のもの>

## 14 その他の研究成果等

<研究成果による産業財産権の出願・取得状況>

### 1.1

- 1) 薄膜トランジスタ、薄膜トランジスタの製造方法および半導体装置, 生田目 俊秀, 相川 慎也, 木津 たきお, 清水 麻希, 三苫 伸彦, 塚越 一仁, 特許, 特許登録第 6308583 号, 2018 年 3 月 23 日登録, 特願 2014-016635, 2014 年 1 月 31 出願, 国内
- 2) 固定電荷を内部に誘起したゲート絶縁膜, 生田目 俊秀, 相川 慎也, 木津 たきお, 清水 麻希, 三苫 伸彦, 塚越 一仁, 特許, 特許登録第 6273606 号, 2018 年 1 月 19 日登録, 特願 2014-016633, 2014 年 1 月 31 出願, 国内
- 3) 酸化物薄膜トランジスタおよびその製造方法, 塚越 一仁, 相川 慎也, 木津 たきお, 清水 麻希, 三苫 伸彦, 生田目 俊秀, 特許, 特許登録第 6261125 号, 2017 年 12 月 22 日登録, 特願 2014-016630, 2014 年 1 月 31 出願, 国内
- 4) 薄膜トランジスタおよびその製造方法, 相川 慎也, 塚越 一仁, 木津 たきお, 清水 麻希, 三苫 伸彦, 生田目 俊秀, 特許, 特許登録第 6260992 号, 2017 年 12 月 22 日登録, 特願 2014-016634, 2014 年 1 月 31 出願, 国内
- 5) 酸化物半導体およびその製法, 相川 慎也, 塚越 一仁, 木津 たきお, 清水 麻希, 三苫 伸彦, 生田目 俊秀, 特許, 特許登録第 6252904 号, 2017 年 12 月 8 日登録, 特願 2014-016631, 2014 年 1 月 31 出願, 国内
- 6) 薄膜トランジスタおよびその製造方法, 塚越 一仁, 相川 慎也, 木津 たきお, 清水 麻希, 三苫 伸彦, 生田目 俊秀, 特許, 特許登録第 6252903 号, 2017 年 12 月 8 日登録, 特願 2014-016273, 2014 年 1 月 31 出願, 国内
- 7) 薄膜トランジスタおよびその製造方法 (THIN-FILM TRANSISTOR AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME), 生田目 俊秀, 塚越 一仁, 相川 慎也, 知京 豊裕, 特許, U.S. Patent U.S. Patent No. 9,825,180, 2017 年 11 月 21 日登録, PCT/JP2014/062188, 2014 年 5 月 2 出願, 国際
- 8) 薄膜トランジスタの構造、薄膜トランジスタの製造方法および半導体装置, 生田目 俊秀, 相川 慎也, 木津 たきお, 清水 麻希, 三苫 伸彦, 塚越 一仁, 特許, 特許登録第 6241848 号, 2017 年 11 月 17 日登録, 特願 2014-016632, 2014 年 1 月 31 出願, 国内
- 9) 薄膜トランジスタおよびその製造方法 (THIN-FILM TRANSISTOR AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME), 生田目 俊秀, 塚越 一仁, 相川 慎也, 特許, U.S. Patent No. 9,741,864, 2017 年 8 月 22 日登録, 14/889919 (米国), 2014 年 5 月 2 出願, 国際
- 10) 透明導電膜、透明導電膜つき透明基板、透明導電膜つき透明基板の製造方法、タッチパネル, 相川 慎也, 特許, 特願 2017-119702, 2017 年 6 月 19 出願, 国内
- 11) 薄膜トランジスタおよびその製造方法, 生田目 俊秀, 塚越 一仁, 相川 慎也, 知京 豊裕, 特許,

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 特許登録第 6120386 号, 2017 年 4 月 7 日登録, 特願 2015-515874, 2014 年 5 月 2 出願, 国内
- 12) メガネ型装具, 相川慎也, 特許, 特願 2016-244357, 2016 年 12 月 16 出願, 国内
- 13) 薄膜トランジスタおよびその製造方法, 生田目 俊秀, 塚越 一仁, 相川慎也, 特許, 特許登録第 6296463 号, 2018 年 3 月 2 日登録, 特願 2016-213693, 2016 年 10 月 31 出願, 国内
- 14) ドーピング方法, 導電性構造体の製造方法, 繊維状構造の製造方法, 及び薄膜トランジスタの製造方法, 相川慎也, 橋本英樹, 阿相英孝, 小野幸子, 特許, 特願 2016-094691, 2016 年 5 月 10 日出願, 国内
- 15) 薄膜トランジスタ、酸化半導体、およびその製造方法, 塚越 一仁, 相川 慎也, 木津 たきお, 清水 麻希, 三苫 伸彦, 生田目 俊秀, 特許, PCT/JP2015/051845, 2015 年 1 月 23 出願, 国際
- 16) 多孔質材料の製造方法, 小野幸子, 阿相英孝, 原口 智, 亀田常治, 伊藤義康, 新藤尊彦, 早見徳介, 久里裕二, 窪谷 悟, 特許, 特許第 5611618 号, 2014 年 9 月 12 日取得, 2010 年 3 月 4 日出願, 国内

### 1.2

- 17) ポリアミド系樹脂組成物及び表面処理炭酸カルシウム, 江口, 南野, 松井, 西谷, (株)白石中央研究所, 工学院大学, 特許、特開 2016-65154, 2014 年 9 月 25 日出願, 2016 年 4 月 28 日公開, 国内

### 2.2

- 18) テクノロジーサービス (特許権者) 守本梯三, 柴田幸也, 藤江裕道 (発明者), 力学試験装置, 特許第 5614788 号, 平成 26 年 9 月 19 日 (登録日)
- 19) 首都大学東京 (特許権者) 藤江裕道 (発明者), 軟組織修復のための幹細胞/コラーゲン線維複合体, 学内管理番号 P2016-0026, 平成 28 年 8 月 17 日 (学内認定・決定)
- 20) 首都大学東京 (特許権者) 藤江裕道 (発明者), 再線維化コラーゲン分散体内における高密度細胞培養法による新規組織再生材料の生成, 学内管理番号 P2016-0043, 平成 28 年 11 月 30 日 (学内認定・決定)

### 2.3

- 21) 皮膜形成方法, 森陽一, 閤師昭彦, 廖金孫, 阿相 英孝, 橋本 英樹, 小野 幸子, 特許, 特願 2017-160412, 2017 年 8 月 23 日出願, 国内
- 22) プラズマ電解酸化による皮膜形成方法及び金属材料, 小野幸子, 阿相英孝, 森陽一, 閤師昭彦, 廖金孫, 特許, 特願 2013-213921, 2013 年 10 月 11 日出願, 国内

## <解説, 総説>

### 1.2

- 1) 西谷, 繊維強化樹脂系複合材料のトライボロジーに関する最近の研究動向とそのトライボロジー特性, トライボロジスト, 62(7), 2017, pp.426-434
- 2) 西谷, 高分子トライボロジーの基礎 その 1 ー高分子材料の基礎および摩擦特性ー, トライボロジスト, 62(6), 2017, pp.393-398.
- 3) 小林, "ポリマーブラシによる水中超はつ油性表面の創製", 表面技術, 67(9), 2016, pp.473-476
- 4) 小林, "中性子反射率測定によるポリマーブラシの界面構造解析", 接着学会誌, 52(8), 2016, pp. 249-254
- 5) 西谷, 機械材料としての高分子材料ートライボロジーの観点からー, 日本接着学会誌, 51(10), 2015, pp.457-468
- 6) 西谷, 最新の難成形樹脂材料の動向, 型技術, 29(6), 2014, pp.22-25
- 7) 西谷, シールメーカーにおける材料試験, 材料試験技術, 59(1), 2014, pp.29-34

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 8) 西谷, トライボマテリアル フィラー表面処理による高分子系複合材料のトライボロジー特性の改質, 月刊トライボロジー, 312, 2013, pp. 51-53

#### 1.4

- 9) 武沢, 放電加工・電解加工による精密・微細加工技術, 機械技術, 63(9), 2015, PP.28-33.  
 10) 武沢, 放電加工機による最新加工技術, 機械技術 (日刊工業出版プロダクション), 61(6), 2013, pp.26-31

#### 2.2

- 11) 藤江裕道, 生体関節の潤滑, 非破壊検査 2018, in press.

#### 4.1

- 12) 鈴木健司, アメンボ型水面移動ロボット, 日本ロボット学会誌, Vol.33, No.1, 2015, pp.25-29.

#### <随筆>

- 1) 小野, 広場—教育士の思い—, 研究と教育:一女性研究者として, 工学教育, 63 (5), 2015, p. 128.  
 2) 小野, 多様性について (論説), 無機マテリアル学会会誌, 20, 2013, pp.139-140  
 3) 小野, 金属の表面と酸化皮膜, 材料と環境, 62 (4), 2013, p.133

#### <報告書>

#### 1.2

- 1) 西谷, 平成 28 年の素形材産業年報 エンジニアリングプラスチック, 素形材, 58(5), 2017, pp.86-93  
 2) 西谷, 未来へつなぐ接着・接合, 未来にふれる表面・界面～高分子と異種材料 (プラスチック成形加工学会第 27 回年次大会 特別セッション報告), 成形加工, 28(10), 2016, pp.400-401  
 3) 西谷, 平成 27 年の素形材産業年報 エンジニアリングプラスチック, 素形材, 57(5), 2016, pp.85-92  
 4) 西谷, 平成 26 年の素形材産業年報 エンジニアリングプラスチック, 素形材, 56(5), 2015, pp.86-93  
 5) 西谷, 平成 25 年の素形材産業年報 9.エンジニアリングプラスチック, 素形材, 55(5), 2014, pp.74-81  
 6) 西谷, 平成 24 年の素形材産業年報 8.エンジニアリングプラスチック, 素形材, 54(5), 2013, pp.67-74

#### 3.2

- 7) 工藤正規, 高橋政行, 佐藤光太郎, 西部光一, 横田和彦, 旋回流発生装置下流の流動特性に関する研究, 工学院大学研究報告第 116 号, 2014, 99-104 頁

#### 4.2

- 8) Daigo Misaki, Lab Meeting Talk, “Micro robot researches in Japan” ,Biomimetics and Dexterous Manipulation Lab,Center for Design Research, Department of Mechanical Engineering, Stanford University, Stanford ,USA,(2015)  
 9) Daigo Misaki, Lab Meeting Talk, “ My design research at CDR” ,DesignX Lab,Center for Design Research, Department of Mechanical Engineering, Stanford University, Stanford,USA,(2015)

#### <受賞>

- 1) 鈴木, 一瀬, 高信, 三浦, 日本機械学会マイクロ・ナノ工学部門優秀講演論文表彰, 2017 年 11 月 2 日.

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 2) Haruka Hino, Shigehiro Hashimoto, Yusuke Shinozaki, Hiromi Sugimoto, Yusuke Takahashi, Sessions' Best Paper in the 21th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics: WMSCI 2017, International Institute of Informatics and Systemics (USA), Effect of Flow on Cultured Cell at Micro-pattern of Ridge Lines, 2017 年 7 月 11 日
- 3) Yusuke Takahashi, Shigehiro Hashimoto, Atsushi Mizoi, Haruka Hino, Sessions' Best Paper in the 21th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics: WMSCI 2017, International Institute of Informatics and Systemics (USA), Deformation of Cell Passing through Micro Slit between Micro Ridges Fabricated by Photolithography Technique, 2017 年 7 月 11 日
- 4) Haruka Hino, Shigehiro Hashimoto, Yusuke Takahashi, Hiroaki Nakajima, Sessions' Best Paper in the 20th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics: WMSCI 2016, International Institute of Informatics and Systemics (USA), Effect of Ultrasonic Vibration on Proliferation and Differentiation of Cells, 2016 年 7 月 8 日
- 5) Haruka Hino, Shigehiro Hashimoto, Yusuke Takahashi, Masashi Ochiai, Sessions' Best Paper in the 20th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics: WMSCI 2016, International Institute of Informatics and Systemics (USA), Effect of Shear Stress in Flow on Cultured Cell: Using Rotating Disk at Microscope, 2016 年 7 月 8 日
- 6) Yusuke Takahashi, Shigehiro Hashimoto, Haruka Hino, Tatsuki Azuma, Sessions' Best Paper in the 20th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics: WMSCI 2016, International Institute of Informatics and Systemics (USA), Design of Slit between Micro Cylindrical Pillars for Cell Sorting, 2016 年 7 月 8 日
- 7) 小野, 電気化学功績賞, 電気化学会, 2015 年 3 月 16 日
- 8) 阿相, 軽金属学会第 13 回軽金属躍進賞, 軽金属学会, 2014 年 11 月 15 日
- 9) 鈴木, 日本機械学会情報・知能・精密機器部門功績賞, 2015 年 9 月 14 日
- 10) 藤江, 日本機械学会・バイオエンジニアリング部門業績賞, 2016 年 1 月 9 日

#### <学生の受賞>

##### 1.1

- 1) 石野(阿相, 橋本), 第 19 回優秀講演賞, 一般社団法人表面技術協会第 136 回講演大会, “間接アノード酸化により生成したポーラスアルミナのセル径に及ぼす電圧の影響” 2017 年 11 月
- 2) 石野(阿相, 橋本), 最優秀研究講演賞, 最優秀女性研究講演賞, 一般社団法人軽金属学会関東支部主催 2017 年度若手研究者育成研修会, “間接通電によりアルミニウム上に生成した酸化膜の構造に及ぼす周波数の影響” 2017 年 8 月 27 日
- 3) 石野(阿相, 橋本), 優秀ポスター発表賞, 公益社団法人日本化学会主催第 6 回 CSJ 化学フェスタ 2016, “間接アノード酸化によるナノポーラスアルミナ皮膜の形成”, 2016 年 12 月 15 日
- 4) 石野(阿相, 橋本), Best Presentation Award, The 3rd Korea-Japan Joint Symposium for ARS & ESS (アノード酸化とエネルギー貯蔵システムに関する第三回韓日合同シンポジウム, “Fabrication of porous alumina film by indirect oxidation”, 2016 年 11 月 26 日
- 5) 石野(阿相, 橋本), 優秀ポスター賞, 一般社団法人軽金属学会第 131 回秋期大会, “交流電場を用いた間接通電法によるアルミニウム上への酸化膜形成”, 2016 年 11 月 5 日
- 6) 伊藤(小野, 阿相, 橋本), Student Poster Session Award (1st place-Solid State), 第 228 回アメリカ電気化学会, “Effect of Etchant Composition on Surface Morphology of GaAs during Anisotropic Chemical Etching”, 2015 年 10 月 14 日
- 7) 町田(小野, 阿相, 橋本), Student Poster Session Award (2nd place-Solid State), 第 228 回アメリカ電

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

気化学会, “Evaluation of dynamic hydrophobicity of nanoporous silicon surfaces prepared by metal-assisted chemical etching”, 2015 年 10 月 14 日

- 8) 山田, (相川, 小野, 阿相), 優秀ポスター発表賞, 公益社団法人日本化学会主催第 5 回 CSJ 化学フェスタ 2015, “アノードエッチングで作製した GaAs ナノワイヤの電気伝導特性”, 2015 年 11 月 12 日
- 9) 伊藤, (小野, 阿相, 橋本), 学生優秀講演賞, 一般社団法人表面技術協会第 132 回講演大会, “GaAs の金属触媒エッチングに対するドーパントおよびエッチャント組成の影響”, 2015 年 11 月 10 日
- 10) 栗原(小野, 阿相, 橋本), 関東支部長賞, 最優秀女性講演者賞, 最優秀聴講者賞, 一般社団法人軽金属学会関東支部主催 2015 年度若手研究者育成研修会, “アルミニウムのアノード酸化による不透明白色皮膜の作製”, 2015 年 8 月 30 日
- 11) 鈴木, (小野, 阿相), BEST POSTER AWARD, 2nd International Symposium on Anodizing Science and Technology, “Fabrication of InP Line Pattern by Metal Assisted Chemical Etching under UV Irradiation”, 2014 年 6 月 6 日
- 12) 菅原, (小野, 阿相), Excellent Poster, The 12th International Symposium on Advanced Technology, “Self-Ordered Porous Anodic Oxide Film Formed on III-V Semiconductor” 2013 年 11 月 14 日
- 13) 町田, (小野, 阿相), 産業提案部門 口頭発表準優秀賞, 第 6 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, “シリコン表面に作製したナノサイズ構造の静的および動的撥水性の評価”, 2014 年 12 月 6 日
- 14) 伊藤, (小野, 阿相), ポスター賞, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会 第 31 回 ARS 足柄コンファレンス, “アノードエッチングにより作製した GaAs ナノワイヤの電子放出特性”, 2014 年 11 月 20 日
- 15) 伊藤, (小野, 阿相), 優秀ポスター発表賞, CSJ 化学フェスタ 2014, “湿式エッチングによる GaAs ナノワイヤの作製とその電子放出特性”, 2014 年 11 月 11 日
- 16) 増田, (小野, 阿相), 関東支部賞, 軽金属学会関東支部 第 4 回若手研究者ポスター発表会, “アノード酸化により作製したポーラスアルミナメンブレンの結晶化過程”, 2014 年 8 月 21 日

## 1.2

- 17) 野中, (小林), ポスター発表優秀賞, 第 6 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, “ポリマーブラシによる接着に関する基礎研究”, 2017 年 12 月 9 日
- 18) 義岡, (小林), Best Poster Award 受賞, The 16th International Symposium on Advanced Technology, ISAT-16, 工学院大学(東京) "Effect of Fluoroalcohol on Atom Transfer Radical Polymerization of Styrene Derivatives", 2017 年 11 月 2 日
- 19) 塩本, (小林), Best Poster Award 受賞, The 16th International Symposium on Advanced Technology, ISAT-16, 工学院大学(東京) "Specific Water Elongation Behavior on Micro-Patterned Polyelectrolyte Brush", 2017 年 11 月 2 日
- 20) 泉, (小林), Best Poster Award, The 6th Asian Conference on Adhesion, “Repeatable Adhesion Using a Hydrogen-bonding Interaction of Poly(2-vinylpyridine) Brushes”, 2016 年 6 月 17 日
- 21) 長田, (西谷), ゴールドポスター賞, 2016 年材料技術研究協会討論会, “マレイン酸処理 VGCF-X 強化 PA6 複合材料の機械的性質”, 2016 年 12 月 3 日
- 22) 中村, (西谷), 優秀学生ポスター賞, プラスチック成形加工学会第 27 回年次大会 (成形加工'16), “フェムト秒レーザを用いた植物由来 PA の表面微細加工と表面特性—表面特性に及ぼすピッチ間隔の影響—”, 2016 年 6 月 14 日
- 23) 塩本, (小林), 優秀ポスター賞受賞, 第 65 回高分子学会年次大会, “ラインパターン化高分子電解質ブラシ表面の異方性濡れ”, 2016 年 5 月 25 日

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

- 24) 利光, (小林), 優秀賞受賞, “コロイドおよび生体プローブを用いた凝着力測定”, 第 8 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2016 年 12 月 1 日
- 25) Mikawa K., (Nishitani Y.), ITC Tokyo 2015 Poster Award for Young Tribologists, International Tribological Conference 2015, Tokyo (ITC 2015), “Influence of the Type of Inorganic Fillers on the Tribological Properties of PE/PP blend”, 2015 年 9 月 18 日
- 26) Itagaki K., (Nishitani Y.), Poster Award, The 31st International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-31), “Tribological Properties of Nanosized Calcium Carbonate Filled Polyamide 66 Nanocomposites”, 2015 年 6 月 10 日
- 27) Itagaki K., (Nishitani Y.), Poster Paper Award, International Symposium on Fiber Science and Technology (ISF2014), “Influence of the type of CaCO<sub>3</sub> on the tribological properties of PA66/CaCO<sub>3</sub> composites evaluated by ball-on-plate type sliding wear tester”, 2014 年 9 月 29 日
- 28) 中村, (西谷), ゴールドポスター賞, 2014 年材料技術研究協会討論会, “植物由来 PA1010/PA11 エラストマーブレンドの機械的性質”, 2014 年 12 月 6 日
- 29) 向田, (西谷), ゴールドポスター賞, 2014 年材料技術研究協会討論会, “植物由来 PA11E/TPU の機械的性質”, 2014 年 12 月 6 日
- 30) 竹中, (西谷), ゴールドポスター賞, 2013 年材料技術研究協会討論会, “PTFE 充填 PA66 複合材料の溶融粘弾性に及ぼす PTFE の種類の影響”, 2013 年 12 月 7 日
- 31) 向田, (西谷), ゴールドポスター賞, 2013 年材料技術研究協会討論会, “麻繊維充填 PA1010 複合材料の機械的性質に及ぼす植物由来 PA11E 添加の影響”, 2013 年 12 月 7 日

## 2.1

- 32) 田村卓也, (橋本成広), 奨励賞, 第 26 回ライフサポート学会ロンティア講演, “過重力刺激後の細胞の挙動”, 2017 年 3 月 11 日
- 33) 日野 遥, (橋本成広), 萌芽研究ポスター賞, “方向性のある過重力刺激が細胞挙動に与える影響”, 日本人工臓器学会, 2016 年 11 月 24 日
- 34) 杉本大己, (橋本成広), 萌芽研究ポスター賞, “回転円板を用いた流体によるせん断応力が細胞に与える影響”, 日本人工臓器学会, 2016 年 11 月 24 日

## 2.3

- 35) 栗原, (小野, 阿相), Poster Award, The 1st Innovation Forum of Advanced Engineering Education, “Structure and Corrosion Resistance of Multilayered Anodic Oxide Film Formed on Magnesium”, 2014 年 11 月 2 日
- 36) 栗原, (小野, 阿相), 関東支部特別賞, 優秀女性ポスター賞, 軽金属学会関東支部 第 4 回若手研究者ポスター発表会, “マグネシウム合金上にアノード酸化で作製した複合多層皮膜の構造と耐食性”, 2014 年 8 月 21 日
- 37) 小林, (小野, 阿相), 平成 25 年度軽金属希望の星賞, 一般社団法人軽金属学会, 2014 年 1 月 31 日
- 38) 小林, (小野, 阿相), 優秀ポスター発表賞, 第 3 回 CSJ 化学フェスタ 2013, “構造制御したアノード酸化ポーラスアルミナ皮膜上における細胞培養”, 2013 年 11 月 11 日
- 39) 小林, (小野, 阿相), ポスター賞, 金属のアノード酸化皮膜の機能化部会 第 30 回弘前コンファレンス, “表面微細構造を制御したアノード酸化ポーラスアルミナ皮膜の細胞適合性” 2013 年 11 月 7 日
- 40) 小林, (小野, 阿相), 優秀研究講演賞, 最優秀聴講者賞, 軽金属学会関東支部平成 25 年度若手研究者育成研修会, “表面粗さが異なるアノード酸化ポーラスアルミナ皮膜上での細胞培養” 2013 年 9 月 23 日

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

**3.2**

- 41) 小林延広(佐藤), Third Place Award を受賞, 第 15 回先進技術に関する国際シンポジウム, STUDY ON FLOW AROUND A RECTANGULAR CYLINDER WITH AN ASYMMETRIC SLOT FOR SYNTHETIC JETS, 2016 年 11 月
- 42) 小林亮太(佐藤), Third Place Award を受賞, 第 15 回先進技術に関する国際シンポジウム, Vector Control of Synthetic Jet Using an Asymmetric Slot, 2016 年 11 月
- 43) 新井自鷹(佐藤), Third Place Award を受賞, 第 15 回先進技術に関する国際シンポジウム, Influence of Inlet Guide Vanes on Performance Characteristics of an Axial-Flow Fan with an Obstacle, 2016 年 11 月
- 44) 中沢孝則(佐藤), Excellent Poster Award を受賞, 第 12 回先進技術に関する国際シンポジウム, Study on Flow Instabilities in Swirl Flow Generator, 2013 年 11 月

**3.3**

- 45) 竹内啓(大竹), Best Poster Award, The 24th Int'l Conference on Nuclear Engineering, Effect of Microfabricated Surface by MEMS Technology on Condensation Heat Transfer, 2016 年 6 月.
- 46) 御子柴友貴(大竹), Best Poster Award, The 23rd Int'l Conference on Nuclear Engineering, Effect of Microfabricated Surface by MEMS Technology on Condensation Heat Transfer, 2015 年 6 月.
- 47) 河野健吾(大竹) 毛利ポスターセッション優秀賞, 第 28 回日本マイクログラビティ応用学会学術講演会, 音場浮遊液滴の浮遊安定性に関する基礎的検討, 2014 年 11 月.
- 48) 山崎康平(大竹), ICONE21 Student Best Poster Competition 受賞, Study on Condensation Heat Transfer on Micro Structed Surfaces, Effect on Condensation Heat Transfer of Metal-Sputtering Surfaces, The 21st International Conference on Nuclear Engineering, ICONE21-16315, 2013 年 6 月.

**4.1**

- 49) 一瀬リシャール和喜(鈴木), 日本機械学会マイクロ・ナノ工学部門若手優秀講演表彰, 第 7 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム 2015, “アメンボを規範とした水面移動ロボットの開発,” 2016 年 12 月 16 日.
- 50) 工藤憲作(鈴木), 日本機械学会若手優秀講演フェロー賞, 日本機械学会情報・知能・精密機器部門講演会(IIP2013), “昆虫を規範としたはばたきロボットの研究 一翅のはばたき位相差が飛翔性能と流体力に及ぼす影響-,” 2014 年 3 月 18 日

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

## 15 「選定時」及び「中間評価時」に付された留意事項及び対応

<「選定時」に付された留意事項>

「4 テーマ内の連携を図るべきである」

<「選定時」に付された留意事項への対応>

年に3~4回開催している研究会において、各テーマからの研究発表を順次行い、加工技術および表面技術に関する活発な討論と情報交換を行ってきた。その結果、テーマ間での技術的な情報提供や機能性材料の提供という形で連携が図られるようになり、複数テーマ間の共同研究や共著での論文発表も多数行われるようになった。

テーマ1.1では、化学系の研究者が湿式プロセスによりGaAsナノワイヤを製作し、同テーマ内の電気系研究者に提供してトランジスタとしての動作を確認しており、共著での国際会議及び国際誌への論文発表、特許出願を行っている。また、表面に微細なポーラス構造を持つSi基板を細胞培養の足場材としてテーマ2.3に提供し、表面のナノ構造が細胞挙動に及ぼす影響を明らかにしている。またテーマ1.3で行われているクリーンルーム内でのMEMS加工技術、フェムト秒レーザによる微細加工技術は、テーマ1.2の高分子系トライボマテリアルへのパターン付与、テーマ2.1, 2.2の細胞培養表面への微細構造付与、テーマ3.3の伝熱面の加工、テーマ4.1の生体規範型ロボットの機能表面の加工、テーマ4.2のマイクロマニピュレーションの床面材料のパターン付与等に応用されており、各テーマ間で技術的な情報交換を密に行い、共著での論文投稿も行われている。

<「中間評価時」に付された留意事項>

なし

<「中間評価時」に付された留意事項への対応>

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

## 16 施設・装置・設備・研究費の支出状況(実績概要)

(千円)

年度・区分	支出額	内 訳						備考
		法人負担	私学助成	共同研究機関負担	受託研究等	寄付金	その他( )	
平成25年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	41,988	13,998	27,990				
	研究費	27,622	16,919	10,703				
平成26年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	47,166	15,723	31,443				
	研究費	23,516	14,408	9,108				
平成27年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	51,856	17,286	34,570				
	研究費	18,062	10,261	7,801				
平成28年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	29,999	17,562	12,437				
平成29年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	29,997	16,752	13,245				
総額	施設	0	0	0	0	0	0	0
	装置	0	0	0	0	0	0	0
	設備	141,010	47,007	94,003	0	0	0	0
	研究費	129,196	75,902	53,294	0	0	0	0
総計	270,206	122,909	147,297	0	0	0	0	

## 17 施設・装置・設備の整備状況 (私学助成を受けたものはすべて記載してください。)

《施設》(私学助成を受けていないものも含め、使用している施設をすべて記載してください。)

(千円)

施設の名 称	整備年度	研究施設面積	研究室等数	使用者数	事業経費	補助金額	補助主体
MBSC棟	H15	1,778.10m <sup>2</sup>	20	162	163,800	81,899	私学助成

※ 私学助成による補助事業として行った新增築により、整備前と比較して増加した面積

m<sup>2</sup>

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

《装置・設備》(私学助成を受けていないものは、主なもののみを記載してください。) (千円)

装置・設備の名称	整備年度	型番	台数	稼働時間数	事業経費	補助金額	補助主体
(研究装置)				(年間平均)			
クリーンルーム	H15	AIC-9500CS	一式	常時 h	42,420	21,210	私学助成
EDX WET SEM	H17	日本電子JSM-6380LA	1	2285 h	42,000	21,000	私学助成
(研究設備)							
EDX WET SEM	H15	日本電子JSM-6360LA	1	887 h	20,055	15,428	私学助成
RIE	H15	サムコ RIE-10NR	1	265 h	17,157	12,701	私学助成
スパッタ装置(3元)	H15	L-332-FH	1	949 h	19,425	12,302	私学助成
ダイシングマシン	H15	DAD-522	1	208 h	9,240	5,852	私学助成
原子間力顕微鏡(AFM)	H15	NanoScope IIIa	1	122 h	14,700	9,310	私学助成
レーザー顕微鏡	H15	VK-9500	1	1116 h	13,839	8,764	私学助成
細胞培養システム	H21	MCO-40AIC MCV-B161F	1	常時 h	5,000	3,333	私学助成
フェムト秒レーザー	H22	サイバーレーザー-IFRIT	1	2199 h	32,000	21,333	私学助成
形状測定レーザーマイクロスコープ	H25	キーエンス VK-X200	1	854 h	19,728	13,152	私学助成
レーザードップラー流速計	H25	Smart LDV II	1	450 h	5,744	3,829	私学助成
流体力計測装置	H25	日章電機LMC-61296	1	480 h	5,255	3,503	私学助成
熱線流速計	H25	カ/マックスIHW-100 4CH	1	245 h	5,842	3,894	私学助成
3D加工装置	H25	AGILISTA-3000	1	300 h	5,418	3,612	私学助成
電子ビーム蒸着装置	H26	JBS-Z0501EVC	1	582 h	19,949	13,299	私学助成
粘弾性測定装置	H26	ARES-G2	1	380 h	27,216	18,144	私学助成
インキュベータ蛍光顕微鏡	H27	LCV110-SK	1	常時 h	24,980	16,653	私学助成
超高速型赤外線放射温度計	H27	A6750Sc	1	15 <sup>*1</sup> h	12,879	8,586	私学助成
X線回折装置	H27	SmartLab-sp/ptk	1	15 <sup>*1</sup> h	13,996	9,331	私学助成
(情報処理関係設備)				h			
				h			

\*1 H27年度に納品および使用講習(15h)を完了。H28年度より本格稼働。

18 研究費の支出状況 (千円)

年度	平成 25 年度	テーマ1	積算内訳	
小科目	支出額	主な用途	金額	主な内容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消耗品費	4,495	研究・実験用	4,495	液体窒素・炭酸ガス・テンボックスガラス
光熱水費	0		0	
通信運搬費	8	運搬費	8	実験材料の運搬
印刷製本費	0		0	
旅費交通費	398	学会参加	398	フランス学会出張旅費
報酬・委託料	122	保守費	122	イオンビーム加工観察装置試料ホルダ取出作業
その他	203		203	学会参加費・論文掲載料
計	5,226			
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)				
教育研究経費支出	0			
計	0			
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品	9,235	研究・実験用	9,235	集束イオンビーム装置・摩耗試験機・枚葉式スピンドライヤー
図書	0		0	
計	9,235			
研 究 ス タ ッ プ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

(千円)

年 度	平成 25 年度 テーマ2		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	446	研究・実験用	446
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	297	学会参加	297
報 酬 ・ 委 託 料	309	使用料	309
そ の 他	167		167
計	1,219		
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 (兼務職員)			
教 育 研 究 経 費 支 出	0		
計	0		
設 備 関 係 支 出 (1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教 育 研 究 用 機 器 備 品	0		0
図 書			
計	0		
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント			
ポスト・ドクター	4,851	研究・実験	4,851
研究支援推進経費			
計	4,851		

(千円)

年 度	平成 25 年度 テーマ3		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	2,328	研究・実験用	2,328
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	1	資料印刷	1
旅 費 交 通 費	0		0
報 酬 ・ 委 託 料	219	研究・実験用	219
そ の 他	68		68
計	2,616		
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 (兼務職員)			
教 育 研 究 経 費 支 出	0		
計	0		
設 備 関 係 支 出 (1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教 育 研 究 用 機 器 備 品	1,895	研究・実験用	1,895
図 書			
計	1,895		
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント			
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	0		

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

(千円)

年 度	平成 25 年度 テーマ4		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,703	研究・実験用	1,703
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	168	学会参加	168
報 酬 ・ 委 託 料	0		0
そ の 他	0		0
計	1,871		
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 (兼務職員)			
教 育 研 究 経 費 支 出	0		
計	0		
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教 育 研 究 用 機 器 備 品	709	研究・実験用	709
図 書			
計	709		
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント			
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	0		

(千円)

年 度	平成 26 年度 テーマ1		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	5,766	研究・実験用	5,766
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	3	運搬	3
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	253	学会参加	253
報 酬 ・ 委 託 料	505	研究・実験用	505
そ の 他	410		410
計	6,937		
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 (兼務職員)			
教 育 研 究 経 費 支 出	0		
計	0		
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教 育 研 究 用 機 器 備 品	5,478	研究・実験用	5,478
図 書			
計	5,478		
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント			
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	0		

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

(千円)

年 度	平成 26 年度 テーマ2		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	197	研究・実験用	197
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	430	学会参加	430
報 酬 ・ 委 託 料	621	使用料	621
そ の 他	229		229
計	1,477		
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出			
計	0		
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	539	研究・実験用	539
図 書			
計	539		
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	601	研究・実験	601
ポスト・ドクター	5,241	研究・実験	5,241
研究支援推進経費			
計	5,842		

(千円)

年 度	平成 26 年度 テーマ3		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,584	研究・実験用	1,584
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	0		0
報 酬 ・ 委 託 料	0		0
そ の 他	0		0
計	1,584		
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出			
計	0		
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	659	研究・実験用	659
図 書			
計	659		
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント			
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	0		

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

(千円)

年 度	平成 26 年度 テーマ4		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	532	研究・実験用	532
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	330	学会参加	330
報 酬 ・ 委 託 料	138	保守	138
そ の 他	0		0
計	1,000		
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 (兼務職員)			
教 育 研 究 経 費 支 出			
計	0		
設 備 関 係 支 出 (1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教 育 研 究 用 機 器 備 品	0		
図 書			
計	0		
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント			
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	0		

(千円)

年 度	平成 27 年度 テーマ1		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	5,079	研究・実験用	5,079
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	3	運搬	3
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	170	学会参加	170
報 酬 ・ 委 託 料	1,100	研究・実験用	1,100
そ の 他	780		780
計	7,132		
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 (兼務職員)			
教 育 研 究 経 費 支 出			
計	0		
設 備 関 係 支 出 (1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教 育 研 究 用 機 器 備 品	5,624	研究・実験用	5,624
図 書			
計	5,624		
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント			
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	0		

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

(千円)

年度	平成 27 年度 テーマ2		
小科目	支出額	積算内訳	
		主な使途	金額
教育研究経費支出			
消耗品費	320	研究・実験用	320
光熱水費	0		0
通信運搬費	0		0
印刷製本費	0		0
旅費交通費	430	学会参加	430
報酬・委託料			
その他	47		47
計	797		
アルバイト関係支出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出			
計	0		
設備関係支出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品			
図書			
計	0		
研究スタッフ関係支出			
リサーチ・アシスタント	1,185	研究・実験	1,185
ポスト・ドクター	2,245	研究・実験	2,245
研究支援推進経費			
計	3,430		

(千円)

年度	平成 27 年度 テーマ3		
小科目	支出額	積算内訳	
		主な使途	金額
教育研究経費支出			
消耗品費	404	研究・実験用	404
光熱水費	0		0
通信運搬費	0		0
印刷製本費	0		0
旅費交通費	392	学会参加	392
報酬・委託料	0		0
その他	119		119
計	915		
アルバイト関係支出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出			
計	0		
設備関係支出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	164	研究・実験用	164
図書			
計	164		
研究スタッフ関係支出			
リサーチ・アシスタント			
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	0		

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

(千円)

年 度	平成 27 年度 テーマ4		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	0		0
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	0		0
報 酬 ・ 委 託 料	0		0
そ の 他	0		0
計	0		
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 (兼 務 職 員)			
教 育 研 究 経 費 支 出			
計	0		
設 備 関 係 支 出 (1 個 又 は 1 組 の 価 格 が 500 万 円 未 満 の も の)			
教 育 研 究 用 機 器 備 品	0		
図 書			
計	0		
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リ サ ー チ ・ ア シ ス タ ン ト			
ポ ス ト ・ ド ク タ ー			
研 究 支 援 推 進 経 費			
計	0		

(千円)

年 度	平成 28 年度 テーマ1		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	6,893	研究・実験用	6,893 片面ミラーウエハー、アセトン・牛胎児血清
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費	111	運搬	111 機器類の運搬
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費	413	学会参加	413 学会参加・研究打ち合わせ旅費
報 酬 ・ 委 託 料	3,637	研究・実験用	3,637 集束イオンビーム加工観察装置修理保守
そ の 他	2,055		2,055 加工実験機器使用料
計	13,109		
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 (兼 務 職 員)			
教 育 研 究 経 費 支 出			
計	0		
設 備 関 係 支 出 (1 個 又 は 1 組 の 価 格 が 500 万 円 未 満 の も の)			
教 育 研 究 用 機 器 備 品	11,495	研究・実験用	11,495 ワンショット3D形状計測器・コントローラ
図 書			
計	11,495		
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リ サ ー チ ・ ア シ ス タ ン ト			
ポ ス ト ・ ド ク タ ー			
研 究 支 援 推 進 経 費			
計	0		

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

(千円)

年 度	平成 28 年度 テーマ2		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	465	研究・実験用	465
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費			
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費	500	学会参加	500
報 酬 ・ 委 託 料			
そ の 他			
計	965		
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 (兼務職員)			
教 育 研 究 経 費 支 出			
計	0		
設 備 関 係 支 出 (1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教 育 研 究 用 機 器 備 品			
図 書			
計	0		
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	1,199	研究・実験	1,199
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	1,199		

(千円)

年 度	平成 28 年度 テーマ3		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,220	研究・実験用	1,220
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費			
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費			
報 酬 ・ 委 託 料	233	研究・実験用	233
そ の 他	40		40
計	1,493		
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 (兼務職員)			
教 育 研 究 経 費 支 出			
計	0		
設 備 関 係 支 出 (1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教 育 研 究 用 機 器 備 品			
図 書			
計	0		
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント			
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	0		

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

(千円)

年 度	平成 28 年度 テーマ4			
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	449	研究・実験用	449	書籍、タングステン
光 熱 水 費				
通 信 運 搬 費				
印 刷 製 本 費				
旅 費 交 通 費	91	学会参加	91	ソウル学会参加旅費
報 酬 ・ 委 託 料	818	研究・実験用	818	3Dプリンタ年間保守
そ の 他	99		99	学会参加
計	1,457			
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人 件 費 支 出 (兼務職員)				
教 育 研 究 経 費 支 出				
計	0			
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教 育 研 究 用 機 器 備 品	281	研究・実験用	281	集塵脱臭機一式
図 書				
計	281			
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			

(千円)

年 度	平成 29 年度 テーマ1			
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	8,078	研究・実験用	8,078	停電センサー、3D測定器オプションソフト
光 熱 水 費				
通 信 運 搬 費	42	運搬	42	MEMS展物品搬入、プレート送料
印 刷 製 本 費				
旅 費 交 通 費	273	学会参加	273	名古屋学会参加旅費
報 酬 ・ 委 託 料	10,266	研究・実験用	10,266	フェムト秒レーザー他機器の修理
そ の 他	1,075		781	学会参加
計	19,734			
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人 件 費 支 出 (兼務職員)				
教 育 研 究 経 費 支 出				
計	0			
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教 育 研 究 用 機 器 備 品	3,520	研究・実験用	3,520	ロータリーポンプ、デジタル粘度計
図 書				
計	3,520			
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

(千円)

年度	平成 29 年度 テーマ2		
小科目	支出額	積算内訳	
		主な使途	金額
教育研究経費支出			
消耗品費	568	研究・実験用	568
光熱水費			
通信運搬費			
印刷製本費			
旅費交通費	500	学会参加	500
報酬・委託料			
その他			
計	1,068		
アルバイト関係支出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出			
計	0		
設備関係支出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品			
図書			
計	0		
研究スタッフ関係支出			
リサーチ・アシスタント	1,797	研究・実験	1,797
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	1,797		

(千円)

年度	平成 29 年度 テーマ3		
小科目	支出額	積算内訳	
		主な使途	金額
教育研究経費支出			
消耗品費	753	研究・実験用	753
光熱水費			
通信運搬費	5	送料	5
印刷製本費			
旅費交通費	555	学会参加	555
報酬・委託料			
その他	156		156
計	1,469		
アルバイト関係支出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出			
計	0		
設備関係支出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	660	研究・実験用	660
図書			
計	660		
研究スタッフ関係支出			
リサーチ・アシスタント			
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	0		

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1311008

(千円)

年度	平成 29 年度 テーマ4			
小科目	支出額	積算内訳		
		主な用途	金額	主な内容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消耗品費	611	研究・実験用	611	3Dプリンタ材料、収縮チューブ
光熱水費				
通信運搬費				
印刷製本費				
旅費交通費				
報酬・委託料	810	研究・実験用	810	3Dプリンタメンテナンス
その他	16		16	学会参加登録費
計	1,437			
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)				
教育研究経費支出				
計	0			
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品	312	研究・実験用	312	ビデオカメラ
図書				
計	312			
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			

## 文部科学省からの通知



(2013.6.20)

25文科高第239号

平成25年6月19日

学校法人工学院大学理事長 殿

文部科学省高等教育局長

板東久美子



平成25年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」の  
採択について（通知）

標記の件について、貴法人より提出された構想調書を学識経験者による「私立大学戦略的研究基盤形成支援検討会」において審査した結果を、別紙のとおり通知いたします。

採択された事業については、付された留意事項を踏まえ研究を推進するとともに、研究の計画、内容及び成果の積極的な公開に御留意願います。

なお、事業開始から3年目に実施される中間評価において、研究計画に対して特に研究の進展が見られず、また改善の見込みがないと判断された事業については、補助を打ち切る可能性があることを申し添えます。

※ 研究費（日本私立学校振興・共済事業団を通じて交付する私立大学等経常費補助金）については構想調書に記載した金額を上限とし、研究費の申請状況によっては交付額を調整する場合がありますので、あらかじめ、御理解願います。

【本件連絡先】

〒100-8959 東京都千代田区霞が関 3-2-2

文部科学省高等教育局私学部私学助成課助成第二係  
（担当：川村、小林、平井）

TEL：03-5253-4111(内線 2774)

FAX：03-6734-3396

E-mail：josei2@mext.go.jp

## 平成25年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」採択結果

事業番号	大学名	研究観点	研究費のみ	研究プロジェクト名	審査区分	採否	審査時に付された意見又は留意事項
S1311008	工学院大学	研究拠点を形成する研究		微細加工による新機能表面・構造の創成と応用	理工・情報系	採択	4テーマ内の連携を図るべきである。

別紙 1  
研究成果報告



# 微細加工による新機能表面・構造の創成と応用

## Creation and Application of Novel Functional Surfaces and Structures Based on Microfabrication Technology

FMSセンター長：鈴木 健司

### 1. 研究プロジェクトの背景・目的

本学では、機械系、化学系の教員を中心に、2003-2007年度にハイテクリサーチセンター整備事業として「マイクロ先進スマート機械・マイクロバイオシステム実現へ向けてのテクノロジー開発(SMBC)」が採択され、引き続き2008-2012年度には、私立大学戦略的研究基盤形成支援事業として「スマート機械システム創成技術に基づいた生体医工学研究拠点の形成(BERC)」が採択・実施されてきた。本プロジェクトは、2つの先行プロジェクトで得られた知見と、整備されたマイクロ加工設備、バイオ関連設備を活用した新規のプロジェクトとして、2013年度に文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業に採択されたものであり、微細加工によって得られる表面の構造と機能に関する基礎技術の体系化と応用技術の確立を目指すものである。プロジェクト名は「微細加工による新機能表面・構造の創成と応用」であり、プロジェクトを推進する研究組織が「機能表面研究センター」(FMS: Functional Microstructured Surfaces Research Center)である。

近年のマイクロ・ナノ技術の進展にともない、表面の微細構造によって様々な機能が発現することが明らかになってきた。また、微細加工技術の進展により、表面改質やテクスチャリング等の技術が発達し、流体、材料、光学、医療など種々の分野で表面機能の活用が不可欠なものとなりつつある。さらに、ヤモリの脚やハスの葉など、身近な生物の表面にもナノメートルオーダーの微細な構造が形成されており、これらが付着や撥水など生体にとって重要な役割を担っている

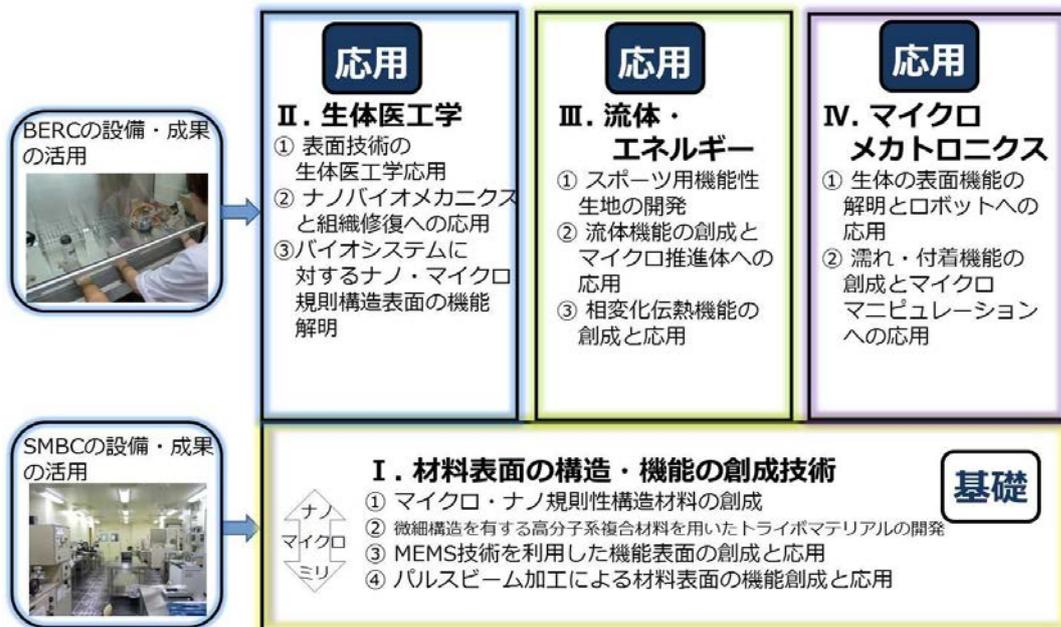
ことが明らかになってきた。最近では、ヤモリの脚の付着機構を模倣した「ヤモリテープ」や、蛾の複眼の表面構造を模倣した無反射フィルムなど、生体の表面機能から学んだ工業製品が開発されるようになった。しかし、各分野で独自の観点から研究が進められてきたために、表面の構造と機能に関する体系的な理解は手付かずの状態にあり、分野横断的な知識の整理、体系化が求められている。そこで本研究プロジェクトでは、以下の2点を目的とする。

- ① 微細構造によって発現する表面機能とその加工技術に関する基礎的な学問・技術体系を構築する。
- ② 表面機能の種々の分野への応用技術を確立する。

### 2. テーマ構成

図1に本プロジェクトのテーマ構成を示す。テーマ1の基礎研究では、SMBCで得られた知見、マイクロ加工・評価装置を有効に活用し、ミリメートルからナノメートルに及ぶ表面微細構造の加工技術、および微細構造により発現する表面機能の設計、制御、評価技術に関する研究を展開し、知識の整理・体系化を行う。応用研究では、SMBC、BERCで蓄積のある生体医工学分野(テーマ2)、流体・エネルギー分野(テーマ3)、マイクロメカトロニクス分野(テーマ4)における表面機能の応用技術の確立を目標とする。各種企業や医療系研究機関との共同研究も積極的に推進し、製品開発や臨床応用につながる研究を展開する。また、テーマ1の基礎研究で得られた技術や機能表面をテーマ2~4の応用研究に提供することにより、テーマ間の有機的な連携を図り、表面技術に関する総合的な研究・教育拠点の形成を目指す。

## 「微細加工による新機能表面・構造の創成と応用」



### 3. 研究体制

機能表面研究センター（FMS）の研究組織は、機械系教員および化学系教員を中心に構成されている。表1にFMSに所属する研究者の構成を示す。プロジェクトが発足した2013年度には、学内研究者11名、学外研究者2名で構成されていたが、基礎研究を充実させるため2014年4月からテーマ1.1、テーマ1.2に各1名が加わり、2014年度末に定年退職による1名の辞退があり、2015年度からの3年間は学内12名、学外2名の体制で運営している。

活動場所は、八王子キャンパス16号館（MBSC棟）1～3階部分を利用している。1階には173m<sup>2</sup>、クラス1000のクリーンルーム、2階には実験室、3階には28m<sup>2</sup>のクリーンルームと細胞培養室などがあり、装置、設備は基本的に共同で使用している。初年度からの3年間に、成膜装置、表面形状測定装置、流体力や粘弾性の計測装置など表2に示す10の設備を新たに導入し、先行プロジェクトで導入されたマイクロ・ナノ加工設備、微細構造の評価装置、バイオ関連設備と合わせて、機能表面・構造に関する研究拠点の整備を行った。

本プロジェクトの研究設備は、学部・大学院での「マイクロ加工演習」などの教育や、卒論、修論の研究に幅広く活用されている。また、表3に示すようにPD、RA、研究支援者を積極的に採用し、若手研究者の育成と、研究推進に対する技術的なサポートを行ってきた。企業出身の技術者に研究支援を依頼し、機器の保守や使い方の教育、安全教育、消耗品の管理などの体制を整えてきた。また、PD、RAは、週1回のクリーンルームの管理・運営への協力、FMS研究会での発表・討論への参加などを通して、FMSの研究の推進と研究環境の整備に貢献してきた。

表1 FMS研究組織

氏名	所属	テーマ	
鈴木 健司	機械システム工学科・FMSセンター長	1.3 / 4.1	
小野 幸子	応用化学科	1.1 / 2.3	
阿相 英孝	応用化学科	1.1 / 2.3	
相川 慎也	総合研究所	1.1	2014～
西谷 要介	機械工学科	1.2	
小林 元康	応用化学科	1.2	2014～
武沢 英樹	機械創造工学科	1.4	
橋本 成広	機械工学科	2.1	
水野 明哲	機械工学科・学長	3.1	～2014
伊藤 慎一郎	機械工学科	3.1	
佐藤 光太郎	機械システム工学科	3.2	
大竹 浩靖	機械工学科	3.3	
見崎 大悟	機械システム工学科	4.2	
藤江 裕道	首都大学東京	2.2	
安田 利貴	東京工業高等専門学校	2.1	

表2 FMSで導入した研究設備

2013(H25)年度	形状測定レーザーマイクロスコープ
	レーザードップラー流速計
	流体力計測装置
	熱線流速計
2014(H26)年度	3D加工装置
	電子ビーム蒸着装置
2015(H27)年度	粘弾性測定装置
	インキュベータ蛍光顕微鏡
	超高速度型赤外線放射温度計
	X線回折装置

表3 PD・RA・研究支援者の採用状況

年度	PD	RA	研究支援者
2013	1	0	3
2014	1	1	3
2015	1	2	3
2016	0	2	3
2017	0	3	3

### 4. FMSの5年間の活動状況

FMSでは、研究報告会を年に3～4回のペースで開催し、各テーマからの話題提供と情報交換を行うことにより、テーマ間の有機的な連携を図ってきた。また、国内外の著名な講師を招いた講演会を5回開催した。毎年3月には成果報告会を開催し、学外の評価委員2名、学内の評価委員2名に評価を依頼し、研究内容の改善に努めてきた。また、ナノテク展、MEMS展などの展示会にFMSプロジェクトとして出展したほか、各研究者がイノベーションジャパンなどの展示会に積極的に参加し、研究成果の公開、企業とのマッチングに努めてきた。表4にFMSプロジェクトとして開催・参加したイベントをまとめて示す。また、日頃より各テーマ間で機能表面材料や技術の提供、情報交換を頻繁に行い、各テーマの有機的な連携を促進してきた。

2016年5月には、初年度から3年間の成果をまとめた「研究進捗状況報告書」を文部科学省に提出した。これに対する文部科学省からの留意事項、実地審査等の連絡はなく、引き続き2年間の活動を行い、2017年度に最終年度を迎えた。2018年5月には、5年間の成果をまとめた「研究成果報告書」を文部科学省に提出する予定である。

FMSの運営に関しては、毎年数回程度の運営委員会の開催とメールによる審議を行い、研究センターの運営、予算配分、機器購入、報告会の開催などについて議論してきた。FMSの研究設備は、プロジェクトのメンバーのみならず、学内外の多くの教員・学生にも開放し、設備の有効活用を図ってきた。毎年4月にFMSの設備を利用する学生全員に対して安全講習会を実施し、使用ルールの説明や安全に関する教育を行った。安全講習会の実施状況を表5に示す。また、FMSホームページ、装置予約システム、薬品管理システム、マニュアルの整備等を行い、施設の共同利用が円滑に行えるよう体制を整えてきた。クリーンルームや実験室の利用者の延べ人数を表6に示す。また、プロジェクトで使用している主要な装置のリストと年間稼働時間を表8に示す。

表4 FMSプロジェクトとしての開催・参加イベント

年度	FMS研究会	FMS主催・共催講演会	成果報告会	展示会参加
2013	3	2	1	0
2014	4	0	1	0
2015	3	2	1	1
2016	0	1	1	0
2017	0	0	1	1

表5 安全講習会受講者数（カッコ内は学外の内数）

年度	参加者数	研究室数
2013(H25)	189(37)	19(5)
2014(H26)	227(30)	23(5)
2015(H27)	223(30)	20(3)
2016(H28)	256(13)	23(3)
2017(H29)	215(4)	20(2)

表6 クリーンルーム・実験室利用者数(延べ人数)

年度	1階クリーンルーム	3階クリーンルーム	細胞培養室(16-325)	共通実験室(16-326)
2013	1615	217		
2014	2334	103	1287	327
2015	2245	295	1894	399
2016	2049	152	879	379
2017	1891	130	468	506

※2017年度は2月までの集計結果

表7 研究成果の発表・公開状況

	2013-2015	2016-2017	合計
雑誌論文	85	62	147
国際会議	164	94	258
国内学会発表	292	158	450
特許	3	18	21
著書	7	13	20
解説	7	6	13
受賞	4	6	10
指導学生の受賞	29	21	50
展示会出展	3	7	10
報道, インタビュー等	17	9	26
工学院大学 研究シーズ集	5	2	7

## 5. 研究成果の発表, 公開状況

FMSの研究成果については, 国内外の学術雑誌への投稿, 学会発表などを積極的に行ってきた。特許出願も奨励し, 研究成果を産業に結びつけるよう努めてきた。FMSに関連した研究発表による受賞は10件, 指導学生の受賞は50件あり, 研究成果が国内外から高く評価されていることを示している。また, 各種メディアへの報道, 展示会への出展, オープンキャンパス等での研究紹介や施設公開など, 学内外に向けた情報発信も積極的に進めている。表8に研究成果の発表・公開状況をまとめて示す。また, 巻末にFMS研究プロジェクトの業績リストを掲載した。

表8 主要装置の年間稼働時間(2017年度, \*印は2015年度)

装置名	導入年度	メーカー・型番	年間稼働時間
クリーンルーム	2003	アッベ科学 AIC-9500CS	常時使用
片面マスクアライナー	2003	M-1S	1240 h
RIE(反応性イオンエッチング装置)	2003	サムコ RIE-10NR	714 h
コンパクトエッチャー	2003	サムコ FA-1	1639 h
スパッタリング装置(3元)	2003	キヤノンアネルバ L-332-FH	779 h
スパッタリング装置(1元)	2003	キヤノンアネルバ L-210S-FH	222 h
ダイシングマシーン	2003	ディスコ DAD-522	154 h
EDX WET SEM	2003	日本電子 JSM-6360LA	354 h
EDX WET SEM	2005	日本電子 JSM-6380LA	1088 h
X線回折装置	2005	リガク RINT2200	619 h
細胞培養システム	2009	三洋電機 MCO-40AIC MCV-B161F	常時使用
シリコン深掘エッチング装置	2009	住友精密工業 MUC-21 ASE-SRE	82 h
フェムト秒レーザー	2010	サイバーレーザー IFRIT	276 h
走査型共焦点レーザー顕微鏡		オリンパス OLS-3000LS	291 h
レーザー直接描画装置		ネオアーク DDB-201	1640 h

### ◎FMSプロジェクトでの導入装置

形状測定レーザーマイクロSCOPE	2013	キーエンス VK-X200	1329 h
レーザードップラー流速計	2013	日本カノマックス Smart LDV II	450 h*
流体力計測装置	2013	日章電機 LMC-61296	480 h*
熱線流速計	2013	日本カノマックス IHW-100 4CH	245 h*
3D加工装置	2013	キーエンス AGILISTA-3000	300 h*
枚葉式スピンドライヤー	2013	ジャパングリエイト SF-250-HIDN-ARM1	995 h
電子ビーム蒸着装置	2014	日本電子 JBS-Z0501EVC	243 h
インキュベータ蛍光顕微鏡	2015	オリンパス LCV110-SK	常時使用
超高速型赤外線放射温度計	2015	日本バーンズ A6753sc	362 h
X線回折装置	2015	リガク SmartLab-sp/ptk	122 h
接触式表面形状測定装置	2016	Dektak XT-E	355 h
ワンショット3D形状測定機	2016	キーエンス VR-3200	182 h

<FMSの研究施設>



MBSB 棟 1 階クリーンルーム



MBSB 棟細胞培養室(16-325)

<FMSプロジェクトでの導入装置>



形状測定レーザー  
マイクロスコープ



電子ビーム蒸着装置



粘弾性測定装置

<展示会への出展>



国際ナノテクノロジー総合展・技術会議 2016  
2016年1月27日～29日, 東京ビッグサイト



MEMS センシング&ネットワークシステム展 2017  
2017年10月4日～6日, 幕張メッセ

## I. 新機能表面・構造創成のための基礎技術の体系化



## 1.1 マイクロ・ナノ規則性構造材料の創成 Fabrication of micro- and nano-ordered structures

小野 幸子, 阿相 英孝, 相川 慎也  
Sachiko ONO, Hidetaka ASOH, and Shinya AIKAWA

**Keywords :** Micro- and nano-structures, Anodizing, Porous alumina membrane, 1D and 2D materials, GaAs, Oxide semiconductors, Carbon nanotubes, Electronic devices, Surface modifications

### 1. プロジェクトにおけるテーマ1の位置づけ

マイクロ・ナノスケールにおける加工技術, 構造制御技術, 観察技術, 評価技術等の進展にともない, 固体表面に形成した微細構造によって様々な機能が発現することが明らかになってきた。また, 表面改質やテクスチャリング等の様々な表面処理技術が発達し, 種々の分野で表面機能の活用が進められている。しかし, 各分野で独自の観点から研究が進められているものの, 表面の構造と機能に関する体系的な理解には至っていない。そこでテーマ1(基礎技術の体系化)では, 微細構造によって発現する表面機能とその加工技術に関する基礎的な学問・技術体系の構築を目的とした。

基礎技術では, 前プロジェクトで得られた知見及び整備済みのマイクロ加工・評価装置を有効に活用し, ミリメートルからナノメートルに及ぶ表面微細構造の各種加工技術, 表面の制御技術, 設計技術, 評価技術に関する研究を展開し, 知識の整理・体系化を行う。また, それらの技術, 知識を生体医工学分野(テーマ2), 流体・エネルギー分野(テーマ3), マイクロメカトロニクス分野(テーマ4)の応用研究に展開し, 表面技術に関する総合的な研究拠点の形成を試みた。なお, テーマ1.1は2014年度から相川慎也氏が参画し, 新たに電子材料特性研究(テーマ1.1-2)が発展した。

### 2. テーマ1.1の研究目的

これまでに構築したマイクロ・ナノスケールでの基板表面の構造制御技術, 特に湿式プロセスに基づく規則的な表面構造の制御技術をさらに発展させる。本プロジェクトにおいて, 微細構造によって発現する光学機能, トライボロジー機能, 濡れ・附着機能などを制御すべく, 他グループが必要とする各種表面機能を実現する微細構造の作製技術を開発する。

各種基板に対する, 湿式プロセスをベースとした表面処理・加工の幅広い知識・技術を活用し, 他テーマ担当者への材料提供, 評価・計測面での技術提携が可能であり, 研究テーマ2~4の応用研究に対して, 機能性材料や加工法の提供, 表面機能に関する情報交換を行い, 研究テーマ間の有機的な連携を図る。表面機能の観点から他の課題を遂行する各分野の研究者と密接な連携をとることにより, 表面機能の設計・制御に関する総合的な知識の整理と応用展開が飛躍的に進展することが可能となった。

テーマ1.1-1に関しては, 5年間に行った研究成果の内, 半導体のエッチングによる微細構造と特性制御と, アノード酸化ポーラスアルミナ皮膜のナノ構造の制御因子の解明の研究成果をここで報告する。すなわち, ①化学エッチングを施したシリコン表面の濡れ性に対する微細構造の効果, ②湿式エッチングによるGaAsピラーアレイの構造制御と電子エミッタへの応用, ③GaAsの化学エッチングに対するエッチャント組成の影響, ④孔径を制御した $\alpha$ -アルミナメンブレンの作製と透過特性評価, ⑤アノード酸化ポーラスアルミナのバリア層の均一性に及ぼすセル形態の影響, ⑥アノード酸化ポーラスアルミナのセル形態に及ぼす電場強度の役割, について以下に順次報告する。テーマ1.1-2に関しては, テー

マ内連携としてアノードエッチングで形成したGaAsナノワイヤの湿式プロセスによるデバイス応用に始まり, 基板表面修飾や加工による電子デバイスとしての特性制御に成果につながってきた。ここでは, ⑦湿式プロセスおよび材料表面を活用した機能性電子デバイス開発として, GaAsナノワイヤ, 二次元酸化物薄膜, カーボンナノチューブについて報告する。**3. 化学エッチングを施したシリコン表面の濡れ性に対する微細構造の効果**

Si表面上にポーラスSiのような微細構造を形成すると反射率や濡れ性などの表面特性が変化する。ここでは, 種々のエッチングによりSi表面に様々な微細構造を作製し, 濡れ性と構造の関係に関する基礎データの収集を目的とした。

試料としてアセトン脱脂後, HFにて自然酸化皮膜除去をしたSi基板を用いた。試料に対して5 wt% NaOH中でアルカリエッチングを行い, その後HFに浸漬することで水素終端化したSi凹凸構造を作製した。また, フォトリソグラフ製ハニカムマスクを介してAuを用いた金属触媒エッチングを行い, ミクロン周期のホールアレイを作製した。さらに, ナノメートルオーダーのホール構造を作製するため, 無電解析出によるAgを用いた金属触媒エッチングを行った。作製した試料は走査型電子顕微鏡(FE-SEM:JSM-6701F)を用いて表面観察し, 接触角測定には全自動接触角計(DM-700)を用いた。

図1に種々の化学エッチングを施したSi表面のSEM像を示す。Si(100)面に対しアルカリエッチングを行うと異方性エッチングが進行しミクロンオーダーのピラミッド型構造体が形成される(図1a)。また, レジストマスクを介して金属触媒エッチングを行うと, マスク開口部の周期に依存したミクロンオーダーのホール構造が作製できた(図1b)。さらに, 無電解析出でナノサイズのAg微粒子を不規則に析出させ化学エッチングをすることで, Si基板表面にナノポーラス構造を形成できた。しかし, 基板表面において水平方向へもエッチングが進行したため表面は粗雑化した(図1c)。

図2に図1a-cに対応する試料の水接触角を示す。Si表面を覆う官能基が親水基(-OH)の時, 接触角は45°で親水性を示すが, HFにより水素終端化(-H)した場合には75°と疎水性を示した(図2 Flat Si)。また, アルカリエッチング

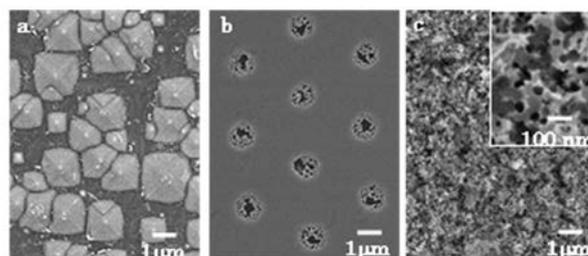


Fig. 1 SEM images of micro-/nanostructures formed on Si(100) by various etching. (a) in NaOH for 5 min at 90°C, (b, c) metal-assisted chemical etching for 10 min using Au and Ag catalyst, respectively.

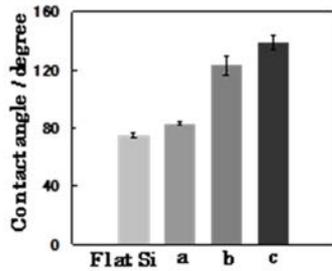


Fig. 2 Contact angle of Si substrate with different structures. All experimental conditions were the same as in the case of Fig. 1a-c.

で作製したピラミッド型構造を HF で処理することで、接触角は 83° となった (図 2 a)。これは、平滑面に比べて表面積が増加したことに起因する。サイズの異なるホール構造での接触角はマイクロホール構造で 123° (図 2 b), ナノホール構造では 138° であった (図 2 c)。基板と水滴の接する面積を減らし、空気 (空隙) の割合を高めることで、接触角が大きくなり、撥水性表面を形成したと言える。次年度も引き続き、静的接触角, 動的接触角, 転落角, 転落加速度などから表面の微細構造と濡れ性の関係を総合的に評価・検証する。

#### 4. 湿式エッチングによる GaAs ピラーアレイの構造制御と電子エミッタへの応用

簡便で大量生産に適したウェットプロセスを用いて、電気・電子特性に優れた半導体素子を作製することが期待されている。先端を急峻に尖らせた金属や半導体に電界を印加することで電子を放出させるフィールドエミッタは、エミッタ電極の先端形状や配置を最適化することで低電圧でも安定した電子放出が可能となる。ここでは、GaAs に湿式エッチングを適用し、ニードル状あるいはナノワイヤ状の微小電極アレイを作製し、電子エミッタとしての電気特性を評価した。

n-GaAs(111)B 基板上にフォトリソグラフィを用いて周期 3  $\mu\text{m}$  のレジスト製ハニカムマスクを作製した。2 mol  $\text{dm}^{-3}$   $\text{NH}_4\text{OH}$ -1.2 mol  $\text{dm}^{-3}$   $\text{H}_2\text{O}_2$  混合溶液でマスク開口部のみ選択的に化学エッチングし、逆三角錐型のエッチピットを作製した。その後 1.7 mol  $\text{dm}^{-3}$   $\text{HCl}$  を用いて 10 分定電流電解 (1  $\text{mA cm}^{-2}$ ) を施し GaAs ホールアレイを作製した。一方、マスクを用いずに GaAs 基板を 1.7 mol  $\text{dm}^{-3}$   $\text{H}_3\text{PO}_4$ -0.17 mol  $\text{dm}^{-3}$   $\text{HCl}$  混合溶液中で直接電解エッチングし、GaAs ナノワイヤを作製した。作製した微小電極の構造は走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察し、真空中において電子放出特性を評価した。

エッチピットを形成後、位置選択的に電解エッチングを行うことで、一辺が約 200 nm、深さ約 70  $\mu\text{m}$  の三角形状の孔が周期 3  $\mu\text{m}$  で規則的に配列した GaAs ホールアレイを形成した。その後 GaAs ホールアレイに対し、 $\text{NH}_4\text{OH}$ - $\text{H}_2\text{O}_2$  混合溶液中で化学エッチングを施すことで基板水平方向への異方性エッチングにより孔壁が徐々に溶解し、隣接する孔同士が連結した。その後も孔壁の溶解は進行し、エッチング時間 3 分で、一辺が約 1.5  $\mu\text{m}$  の三角柱状のピラーアレイ (周期 3  $\mu\text{m}$ ) が得られた (図 3 a)。エッチング 6.5 分においては、高さ約 10  $\mu\text{m}$  で、先端がニードル状に尖った微小電極アレイが作製できた (図 3 b)。しかしながらエッチング時間をさらに延長しても、ニードル先端部の角度は大きく変化せず、基板垂直方向にもエッチングが進行したためアスペクト比が減少した。一方、マスクを用いずに GaAs 基板を高電流密度 (100  $\text{mA cm}^{-2}$ ) で 30 分アノードエッチングした場合、長さ約 100  $\mu\text{m}$ 、直径約 200 nm、アスペクト比約 500 のナノワイヤが密に集合した束 (バンドル) 構造が自発的に形成された。アノードエッチング後の試料に対して化学エッチングを施すと、エッチング時間の延長に伴いワイヤ径

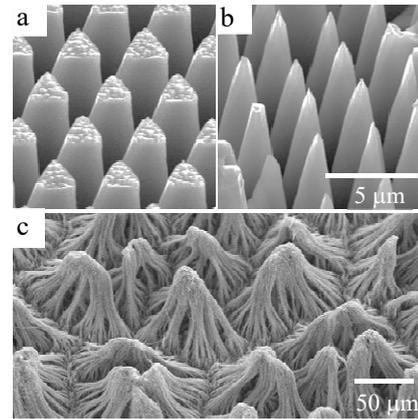


Fig. 3 SEM images of (a) GaAs pillar, (b) needle, (c) nanowire arrays formed by a combination of anodic etching and chemical etching.

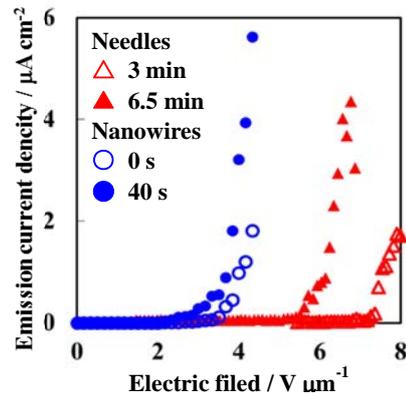


Fig. 4 Current density-electric field intensity curves of anodized GaAs with different structures.

が減少し、エッチング時間 40 秒ではワイヤ径は約 150 nm となり、約 100  $\mu\text{m}$  間隔のバンドルアレイを形成した (図 3 c)。図 4 に作製した微小電極アレイの電子放出特性を評価した結果を示す。ナノワイヤはニードルアレイと比べ、低い印加電圧においても高いエミッション電流が流れることから、電子放出特性が優れていることが分かった。これは、ナノワイヤのアスペクト比がニードルアレイ (約 23) より約 22 倍高いことによると考えられる。40 秒化学エッチングレバンドル化した試料 (図 3 c) では、電子放出サイトの間隔が広く電界遮蔽効果が抑制されるため、最も低い電圧において安定した電子放出特性を示した。

#### 5. GaAs の化学エッチングに対するエッチャント組成の影響

##### 5.1 はじめに

テーマ 1.1 ではウェットプロセスを用いて、金属や半導体表面をマイクロ・ナノメートルで制御した規則的な構造体を作製し、他テーマ担当者 (1.1, 2.3 など) への材料提供、表面処理・加工に関する技術・情報の共有を図ってきた。2015 年度は、III-V 族化合物半導体である GaAs の微細加工に注目した。GaAs は単元素半導体である Si に比べ約 5 倍の電子移動度を持ち、直接遷移型の半導体であるため、次世代の光・電子デバイスの材料として注目されており、低電圧駆動が可能なトランジスタや、光電面等への応用が検討されている。我々はこれまでに n 型の GaAs(111)B に対し、アノード酸化と化学エッチングを組み合わせることで高アスペクト比を持つ GaAs ポアアレイやピラーアレイを作製してきた<sup>1,2)</sup>。本研究では、p 型の GaAs(111)B に対し周期的な開口部を持つマスクを介して種々のエッチャントを用いて化学エッチングを行い、エッチング形態に及ぼすエッチャント組成およ

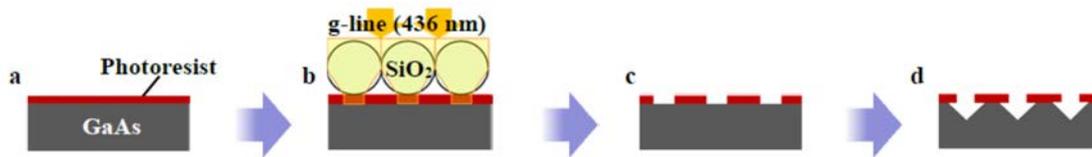


図5 GaAsの化学エッチングのプロセス (a) GaAs 基板へのフォトレジストの塗布, (b) フォトリソグレイド上に展開した SiO<sub>2</sub> 微粒子を介しての露光, (c) 現像処理によるフォトレジスト製マスクの作製, (d) 化学エッチングによるピットアレイの作製

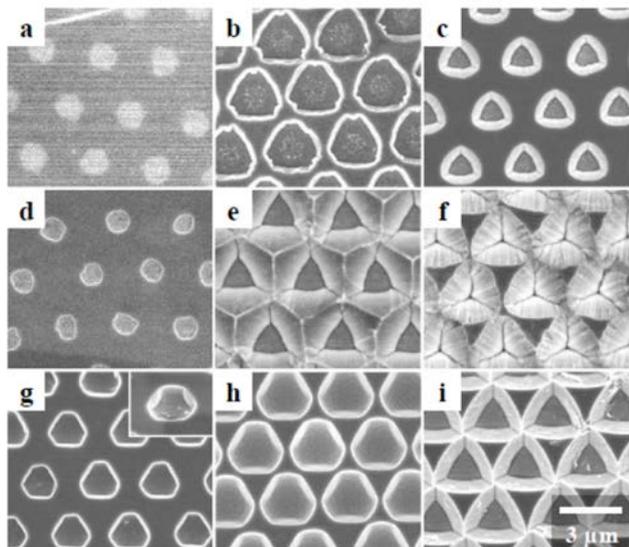


図6 ハニカムマスクを介して種々のエッチャントで化学エッチングした GaAs(111)B の表面 SEM 像 (a, b, c) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, (d, e, f) NH<sub>4</sub>OH - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, (g, h, i) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - KMnO<sub>4</sub>, 酸化剤濃度およびエッチング時間, (a, d, g) 0.05 mol dm<sup>-3</sup>, 30 秒 (b, e, h) 0.05 mol dm<sup>-3</sup>, 20 分 (h) 0.05 mol dm<sup>-3</sup>, 150 秒 (c, f) 1.2 mol dm<sup>-3</sup>, 30 秒 (i) 0.4 mol dm<sup>-3</sup>, 30 秒

びエッチング時間の影響を明らかにすることを目的とした。

### 5.2 GaAs 基板の化学エッチングプロセス

図5にGaAsの化学エッチングのプロセスを示す。p型GaAs(111)B基板(Zn-doped, NA=0.94–1.02×10<sup>19</sup> cm<sup>-3</sup>)上にポジ型フォトレジストをスピンコートし、試料基板上に作製したSiO<sub>2</sub>微粒子から成る二次元コロイド結晶を介してg線(436 nm)露光を行った。現像後SiO<sub>2</sub>微粒子を除去し密着性の高いレジスト製ハニカムマスクをGaAs基板上に作製した。

### 5.3 結晶異方性エッチングとエッチャント組成の関係

周期3 μmで円形の開口部(φ1 μm)を持つフォトレジスト製マスクを介して、p型GaAs(111)Bを種々のエッチャントでエッチングした試料の表面SEM像を図6に示す。2 mol dm<sup>-3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - 0.05 mol dm<sup>-3</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>を用いた場合、エッチング時間30秒で六角形の浅いエッチピットが形成された(図6a)。エッチング時間を20分まで延長するとサイドエッチングが進行しピット径が2.7 μmへ増大した(図6b)。一方で、酸化剤濃度を1.2 mol dm<sup>-3</sup>へ増加させ30秒エッチングを行うと結晶異方性エッチングが進行し、ピットの側面に{100}面が現れるとともにピット形状が三角形へ変化した(図26c)。

化学エッチングは、酸化剤により基板を酸化し、生成した酸化物を酸または塩基によって除去することで進行する。酸化物の除去にNH<sub>4</sub>OHを用いた場合、2 mol dm<sup>-3</sup> NH<sub>4</sub>OH - 0.05 mol dm<sup>-3</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>を用いた30秒のエッチングでは浅い円形のエッチピットが形成されたが(図6d)、20分のエッチングでは図2bのH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>の系と同濃度の液組成であるにもかかわらず結晶異方性エッチングが進行した(図2e)。さらに

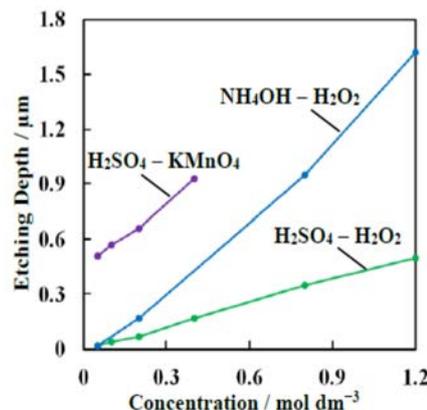


図7 GaAs(111)B に対し 2 mol dm<sup>-3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> または NH<sub>4</sub>OH と種々の酸化剤の混合溶液を用いて 30 秒化学エッチングした際の酸化剤濃度ごとのエッチング深さ

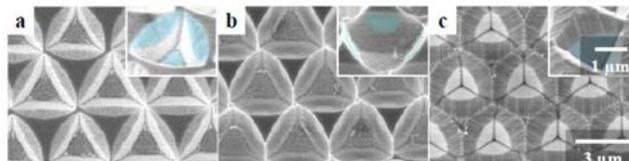


図8 ハニカムマスクを介して種々のエッチャントで30秒多段階の化学エッチングを行った GaAs(111)B の表面 SEM 像 (a) 2 段階目 : 2 mol dm<sup>-3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - 1.2 mol dm<sup>-3</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, (b) 3 段階目 : 2 mol dm<sup>-3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - 0.05 mol dm<sup>-3</sup> KMnO<sub>4</sub>, (c) 4 段階目 : 2 mol dm<sup>-3</sup> NH<sub>4</sub>OH - 1.2 mol dm<sup>-3</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

酸化剤濃度を 1.2 mol dm<sup>-3</sup>へ増加させ 30 秒エッチングを行った場合、(111)面が現れず、ピット形状が逆三角錐型へ変化した(図6f)。同濃度の酸化剤と比較した場合、酸化物の除去にNH<sub>4</sub>OHを用いた方が、エッチング速度が増加することが分かった。

酸化剤にKMnO<sub>4</sub>を用いた場合、低濃度では側面に{110}面が現れ底部は湾曲した六角形のエッチピットが形成され(図6g)、エッチング時間を30秒から150秒へ延長するとピットの形状を維持したままピット径が直径約2 μmから3 μmへ拡大した(図6h)。さらに0.4 mol dm<sup>-3</sup> KMnO<sub>4</sub>で短時間(30秒)エッチングを行った場合、結晶異方性エッチングが進行しピットの側面に{100}面が現れ、ピット形状が三角形へと変化した(図6i)。以上の結果から、0.01 mol dm<sup>-3</sup>程度の低濃度の酸化剤を用いたエッチングでは、(111)面に対するエッチング速度が低く、{100}面へのエッチングもしくは結晶面によらない等方性エッチングが進行しピット径が拡大するが、高濃度の酸化剤を用いたエッチングでは(111)面に対するエッチング速度が増加し結晶異方性エッチングが進行することで、{100}面から成る三角形のエッチピットが形成されることが明らかになった。

### 5.3 エッチング深さに対する酸化剤濃度の影響

次に、種々の条件で化学エッチングを行った際のエッチング深さに対する酸化剤濃度の影響を検討した(図7)。いずれのエッチャント組成でも酸化剤の濃度に比例してエッチン

グ深さが増加した。酸化剤に  $1.2 \text{ mol dm}^{-3} \text{ H}_2\text{O}_2$  を用いた場合、酸化物の除去に  $\text{H}_2\text{SO}_4$  を用いるとエッチング深さは  $0.5 \mu\text{m}$  であったが、同濃度の  $\text{NH}_4\text{OH}$  を用いることでエッチング深さが  $1.6 \mu\text{m}$  に増加した。酸化剤に  $0.4 \text{ mol dm}^{-3} \text{ KMnO}_4$  を用いた場合、エッチング深さは  $0.9 \mu\text{m}$  であり、同濃度の  $\text{H}_2\text{O}_2$  を酸化剤に用い硫酸でエッチングした場合と比較してエッチングが約 8 倍促進された。しかし、 $\text{KMnO}_4$  と  $\text{NH}_4\text{OH}$  の組み合わせでは、 $\text{KMnO}_4$  に塩基性溶液を加えた際に  $\text{MnO}_2$  が生成し酸化力が大幅に低下しエッチングは進行しなかった。

#### 5.4 多段階の化学エッチングによるピット形状の変化

エッチャント組成およびエッチング時間によってピット形状の制御が可能であるため、種々のエッチャントを組み合わせた多段階エッチングで、ドライプロセスでは作製困難な深さ方向に複数の結晶面を持つエッチピットの作製を試みた。図 8 に各エッチング段階で得られた試料の表面および  $30^\circ$  傾斜 SEM 像 (挿入図) を示す。着色して示した面は、各段階で新たに現れた結晶面を示している。まずピット底部に等方性のエッチングが進行する条件である  $2 \text{ mol dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4 - 0.05 \text{ mol dm}^{-3} \text{ KMnO}_4$  混合溶液中で一段階目のエッチングを行い、図 6 g と同様のエッチピットを作製した。次に異方性エッチングが進行する  $2 \text{ mol dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4 - 1.2 \text{ mol dm}^{-3} \text{ H}_2\text{O}_2$  混合溶液中で二段階目のエッチングを行ったところ、ピット底部に  $(111)$  面が、ピット上部に  $\{100\}$  面がそれぞれ現れ、 $(111)$ ,  $\{100\}$ ,  $\{110\}$  の三種類の結晶面を持つエッチピットを作製できた (図 8 a)。次に一段階目と同様の  $2 \text{ mol dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4 - 0.05 \text{ mol dm}^{-3} \text{ KMnO}_4$  混合溶液中で三段目のエッチングを行うことで、ピット底部が等方性エッチングによりわずかに湾曲し、ピット上部に  $\{110\}$  面が現れた (図 8 b)。最後に異方性エッチングが進行する条件 ( $2 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NH}_4\text{OH} - 1.2 \text{ mol dm}^{-3} \text{ H}_2\text{O}_2$  混合溶液) で四段階目のエッチングを行うと、 $(111)$  面のエッチング速度が増加し、ピット上部が  $\{110\}$  面、ピット下部が  $\{100\}$  面から成る逆三角錐型エッチピットが形成された (図 8 c)。異なるエッチャントを用いて多段階のエッチングを施すことで、基本周期を維持したまま深さ方向に複数の結晶面を持つエッチピットを作製することに成功した。

#### 5.5 まとめ

GaAs 基板に対し、レジスト製ハニカムマスクを介して化学エッチングを行う場合に、酸化剤濃度を増加させることで結晶異方性エッチングが優先的に進行することが明らかとなり、ピット形状をエッチャントの組成およびエッチング時間によって制御することができた。異なるエッチャントを用いて多段階のエッチングを施すことで、深さ方向に複数の結晶面を持つエッチピットを作製することができた。

### 6. 孔径を制御した $\alpha$ -アルミナメンブレンの作製

#### 6.1 はじめに

テーマ 1.1 ではウェットプロセスを用いて、金属や半導体表面をマイクロ・ナノメートルで制御した規則的な構造体を作製し、他テーマ担当者 (1.1, 2.3 など) への材料提供、表面処理・加工に関する技術・情報の共有を図ってきた。2014 年度は、アルミニウムをアノード酸化することで形成されるポーラスアルミナ皮膜を用いて、孔径を  $50$  から  $350 \text{ nm}$  の範囲で制御した $\alpha$ -アルミナメンブレンを作製し、微細構造とメンブレンの硬さなどの諸特性を評価した。

#### 6.2 ポーラスアルミナ皮膜の作製

Fig. 1 に Al 素地から剥離したシュウ酸およびリン酸電解液中で作製したアノード酸化ポーラスアルミナ皮膜の断面 SEM 像を示す。アノード酸化する際の電解時間は、シュウ酸  $40 \text{ V}$  の電解で膜厚が  $50 \mu\text{m}$  になる電気量 ( $1.3 \text{ kC}$ ) と同一となるようにそれぞれ調整した。シュウ酸中、 $40 \text{ V}$  でアノード酸化した時の電解初期は電流密度が約  $120 \text{ Am}^{-2}$  であり、3 時間後の定常電流密度は初期の電流密度とほとんど変

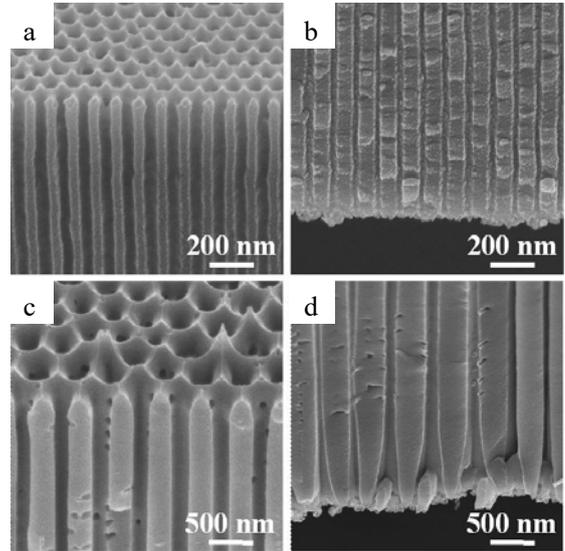


Fig. 9 Cross-sectional SEM images of as-detached amorphous alumina membranes formed in (a, b) oxalic acid at  $40 \text{ V}$  and (c, d) phosphoric acid at  $185 \text{ V}$ . (a, c) Top, (b, d) bottom part.

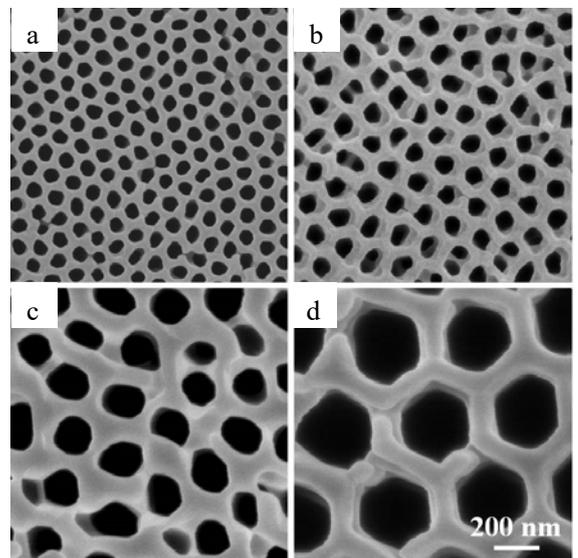
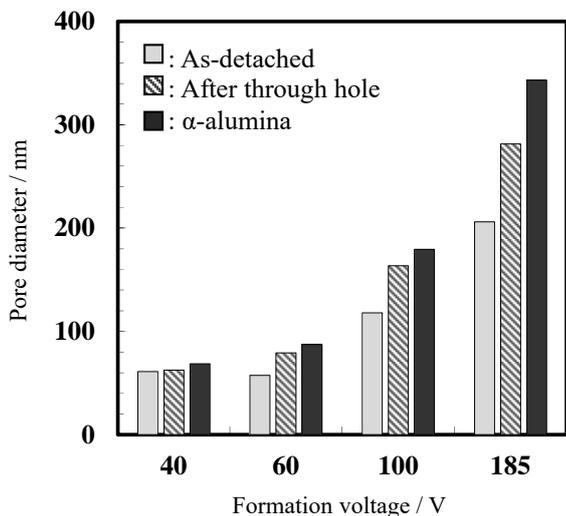


Fig. 10 SEM images of top surfaces of  $\alpha$ -alumina membrane formed at (a)  $40 \text{ V}$ , (b)  $60 \text{ V}$ , (c)  $100 \text{ V}$  and (d)  $185 \text{ V}$ . Heat treatment was conducted at (a, b)  $1250^\circ\text{C}$ , (c, d)  $1400^\circ\text{C}$  for 4 h.

わらなかつた。化学溶解により皮膜表面の孔径は底部よりも拡大しているが、 $100 \text{ nm}$  周期で規則的に孔が配列している様子がわかる (Fig. 9a, b)。シュウ酸電解液中で  $60 \text{ V}$  およびシュウ酸とリン酸の混酸を用いた  $100 \text{ V}$  では電解初期に電流が上昇し、浴温も  $1\sim 2^\circ\text{C}$  上昇した。特に、 $100 \text{ V}$  でアノード酸化した際は電解初期から  $400 \text{ Am}^{-2}$  以上の高い電流密度であった。リン酸中、 $185 \text{ V}$  でアノード酸化する際は焼けを抑制するため、電解初期 10 分は  $10\sim 20 \text{ Am}^{-2}$  の低い電流密度を維持後、段階的に浴温を上昇させ 5 時間の電解により厚膜化を達成した。リン酸中  $185 \text{ V}$  で作製した皮膜には Al 素地に含まれている微量な Cu ( $60 \text{ ppm}$ ) の影響によりセル壁に横穴が存在するが (Fig. 9c, d)、シュウ酸中で作製した皮膜同様に孔配列は高い規則性を示した。

#### 6.2 $\alpha$ -アルミナメンブレンの微細構造

Fig. 10 にスルーホール処理後、加熱により  $\alpha$ -アルミナへ結晶化させたメンブレンの表面の SEM 像を示す。表面、裏面ともに加熱前に比べて焼結により微細な凹凸が軽減した。特に、裏面は加熱前に観察されたバリアー層の溶け残りが焼結によりポーラス層へ取り込まれ、表面と同様に平坦な構造となった。シュウ酸中、 $40 \text{ V}$  で作製したメンブレンの場合、



**Fig. 11** Change in the pore diameter of top surface of alumina membrane with through-hole treatment and subsequent heat treatment. The chemical dissolution of alumina membrane formed at 40, 60, 100 and 185 V was carried out in 5 wt% phosphoric acid at 30 °C for 5, 30, 60 and 120 min respectively.

α-アルミナへの結晶化後も膜厚は約 50 μm でほぼ変化は見られなかったが、メンブレンの直径は約 4% 収縮した。表面の SEM 像から求めた平均孔径は、例えばスルーホール処理時間が 5 分の場合、59 nm から加熱後は 62 nm に拡大したため、セル壁は結晶化後に面積比で約 18% 縮小している。孔径の拡大はアルミナの結晶転移に伴う密度変化と皮膜内に混入した水とシュウ酸アニオンの分解脱離 (約 7%) によりセル壁が収縮することに起因する。シュウ酸電解液中で本実験に近い 100 Am<sup>-2</sup> の条件で作製したアモルファスの皮膜の密度は 3.1 g cm<sup>-3</sup> と報告されており<sup>1)</sup>、α-アルミナの密度が約 4.0 g cm<sup>-3</sup> であることから、膜厚の変化が無視できれば結晶化に伴うセル壁の面積としての変化割合は約 22.5% と見積もられる<sup>2)</sup>。この数値は今回のメンブレンの結晶化前後でのセル壁の面積の変化よりやや大きいと同じオーダーであった。また、中間層の断面 SEM 像から求めたα-アルミナメンブレンの孔径は、セル壁の収縮に伴いアモルファスよりも約 14-20% 拡大した<sup>3)</sup>。中間層や孔底部の断面から求めた孔も面積比で約 30% 拡大しており、他の電解条件に比べて拡大割合が大きかった。Fig. 11 に皮膜剥離、スルーホール処理、熱処理したそれぞれのアルミナメンブレンの表面 SEM 像を用い、画像解析ソフト (ImageJ) により算出した表面の孔径を示す。60 V、100 V および 185 V で作製したスルーホール後のアモルファスおよびα-アルミナメンブレンの表面の孔径は、79 nm から 87 nm、163 nm から 179 nm、282 nm から 343 nm へそれぞれ拡大した。リン酸電解液中 185 V で作製した皮膜を除き、孔は面積比で約 20% 拡大した。また、リン酸単浴 (185 V) で作製したメンブレンの孔の面積比も 32% 拡大し、SEM 像による拡大割合とほぼ一致した。

### 6.3 α-アルミナメンブレンの硬さ評価

Fig. 12 にシュウ酸電解液中、40 V で作製したメンブレン (アモルファス) および 1100 °C から 1250 °C で 4 時間熱処理した結晶性メンブレンのビッカース硬さを示す。メンブレンの硬さはγ-, δ-アルミナが存在する 1200 °C までの温度領域では HV が 400 以上であったが、1250 °C の熱処理で完全なα-アルミナへ転移したメンブレンは HV が 348 まで低下した。硬さ低下の主な要因は結晶化による密度変化に伴うポロシティの増加であり、それに加えて結晶化に伴いセル壁が微結晶で構成されていたことも起因していると考えられる。押し込み試験時の荷重-変位曲線においてもα-アルミナメン

ブレンの押し込み深さは他の温度条件で作製した皮膜に比べて約 2 倍に増加した。また、アモルファスと 1100 °C、1200 °C で熱処理したメンブレンのヤング率はそれぞれ 48.4 GPa、51.6 GPa、52.1 GPa であったが、1250 °C で熱処理したメンブレンは結晶化の影響により 16.7 GPa へ低下した。この原因としては、結晶化に伴うポロシティの増大、微結晶で構成された節状の特異的なセル壁構造、100 μm 程度の結晶粒からなる多結晶構造などが挙げられる。

## 7. アノード酸化ポーラスアルミナのバリア層の均一性及ばすセル形態の影響

### 7.1 研究の背景と目的

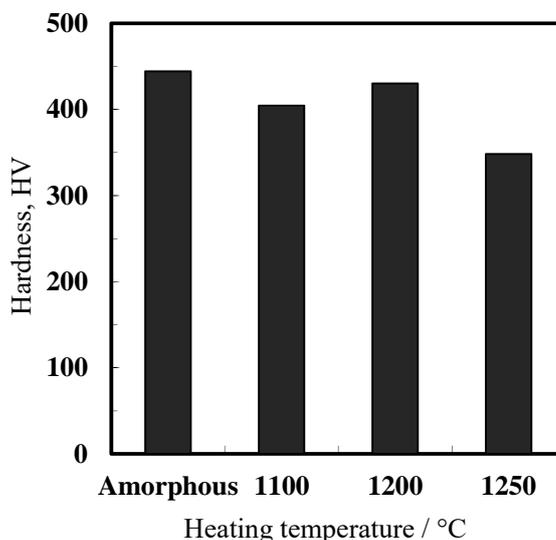
アルミニウムを自己規則化条件でアノード酸化することにより、六方最密充填で配列したセル構造を持つポーラスアルミナ皮膜を作製することができる。ポーラス構造の均一性と高い構造制御性が注目され、ナノデバイス作製の鋳型としても世界的に広く利用されているが、ポーラスアルミナのバリア層を介して孔内に金属を電析した場合、析出する金属は全ての孔に均一に析出せず、不均一な析出高さなどが実用上の課題となっている<sup>1)</sup>。本研究では、個々のセルの持つバリア層の厚さの不均一性を検証するため、バリア層を皮膜裏面側から化学溶解させた際のスルーホールの過程を観察し、セル配列とバリア層の構造の関係について検討した。

### 7.2 実験方法

電解研磨により表面を平滑化した Al 板 (純度 99.99%) を 0.3 mol dm<sup>-3</sup> シュウ酸 (20 °C) 中、25 V、40 V、または 0.3 mol dm<sup>-3</sup> 硫酸 (20 °C) 中、25 V で定電圧アノード酸化した。マスキングテープで皮膜表面の孔をふさぎ、試料を飽和塩化第二水銀水溶液に浸漬することで素地から皮膜のみを剥離した。その皮膜を 5 wt% リン酸 (30 °C) 中に浸漬し、バリア層の溶解過程を走査型電子顕微鏡 (SEM)、原子間力顕微鏡 (AFM) を用いて観察した。

### 7.3 結果および考察

図 13a, b, c に 0.3 mol dm<sup>-3</sup> シュウ酸中 40 V、電解時間 15 分で作製した皮膜 (厚さ 3 μm)、図 13a', b', c' に 6 時間で作製した皮膜 (厚さ 50 μm) のバリア層の底面側の SEM 像を示す。厚さ 3 μm の皮膜は、セル配列の規則性が低く、1 つのセルの周りに 6 つのセルが配列した規則化セルの割合が全体の 60% であった (図 13a)。リン酸でバリア層の底部を溶解したところ、40 分の段階で規則化セルよりもセル径が小さいセルのバリア層が先に溶解し、スルーホールが観察された (図 13b 黒矢印)。溶解時間 42 分の段階では、ほぼ全て



**Fig. 12** Vickers hardness of amorphous and crystalline alumina membrane. Nanoindentation was performed with a 980 mN (100 gf) load and a dwell time of 15 s.

のセルでスルーホールが観察されたが、その孔形状はセル形状の影響を強く受けて相似形であった。厚さ 50  $\mu\text{m}$  の皮膜ではセルの規則化が進行し、規則化セルが 87 %を占め、ドメイン構造を形成した (図 13a')。40 分の段階において、ドメイン境界部に存在する小さなセルが優先的にスルーホール化している様子が、厚さ 3  $\mu\text{m}$  の皮膜よりも数は少ないが明瞭に観察された (図 13b' 黒矢印)。セルが規則的に配列しているドメイン内ではバリア層の厚さのばらつきが小さいことがわかる。ドメイン境界などに存在する小さなセルは、周囲のセルよりもバリア層が薄いと考えられ、優先的にスルーホール化するが、さらに小さいセル (図 13 白矢印) はスルーホールし難かった。また、バリア層の底を AFM を用いて定量評価した結果、小さなセルは周囲の大きなセル (自己規則化セル) よりも低い位置にあることが示された。

#### 7.4 セル形態とバリア層厚さ (不均一性) との関係

これらの結果から、バリア層の厚さはセル径に大きく依存し、自己規則化していない小さなセルの場合は、他のより大きなセルよりも薄いことが明らかになった。このことから、ポーラスアルミナに金属析出させて電解着色を行う場合や、金属ナノロッド・ナノワイヤー作製の鋳型とする場合にはセルの不均一性がバリア層厚さの不均一性を招き、金属析出の欠陥に繋がるということが明確になった。均一な構造を得るためには十分自己規則化したセル構造を作製することが重要である。

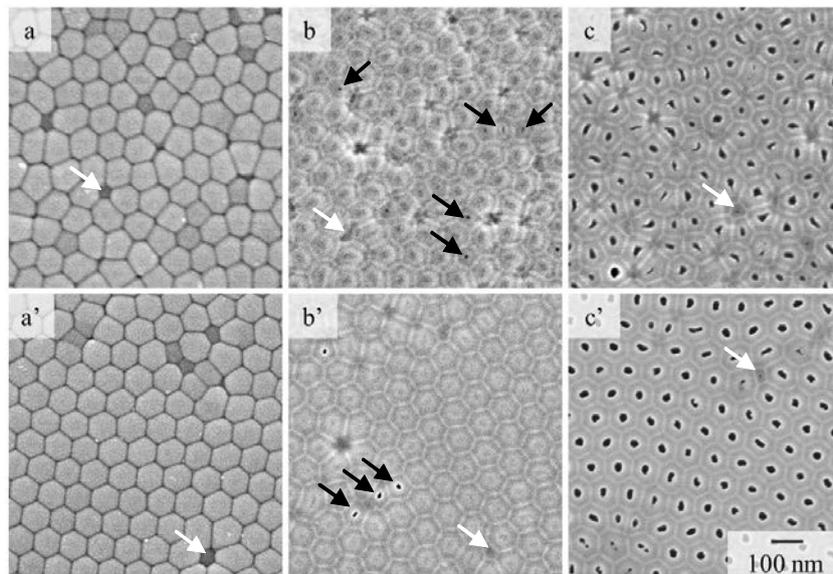


図 13 化学溶解させたポーラスアルミナのバリア層の SEM 像  
 アノード酸化条件 : 0.3 mol dm<sup>-3</sup> シュウ酸 40 V (a-c) 15 分, (a'-c') 6 時間  
 溶解条件 : 5 % リン酸 (30 °C) (a, a') 0 分, (b, b') 40 分, (c, c') 42 分

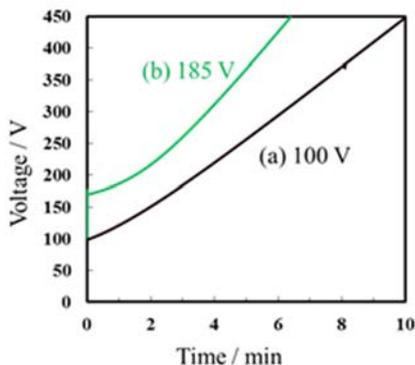


図 14 再アノード酸化時の  $V-t$  曲線 再アノード酸化条件 : 0.5 mol dm<sup>-3</sup> ホウ酸-0.05 mol dm<sup>-3</sup> ホウ酸ナトリウム, 20 °C, 5 A m<sup>-2</sup> (a)100V で作製, (b)185V で作製した皮膜

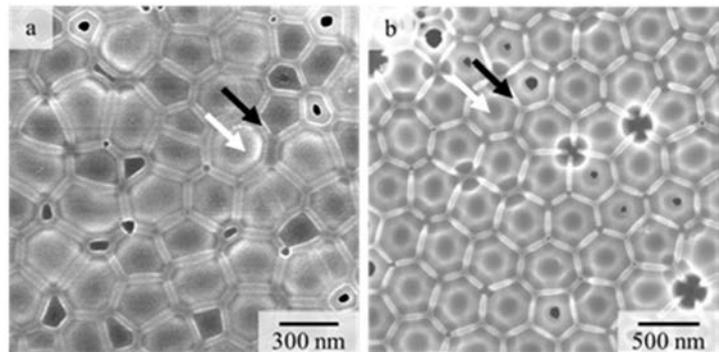


図 15 リン酸中で生成したアノード酸化皮膜のバリア層を底部から溶解処理した時の SEM 像  
 (a) 100 V, 化学溶解時間 90 分, (b) 185 V, 化学溶解時間 160 分

## 8. アノード酸化ポーラスアルミナのセル形態に及ぼす電場強度の役割

### 8.1 研究の背景と目的

アルミニウム (Al) を酸性またはアルカリ性電解液でアノード酸化すると直管状の孔を持つポーラスアルミナ皮膜が生成する。前項で述べたとおり、著者らはアノード酸化ポーラスアルミナのバリア層を皮膜裏面から化学溶解した際のスルーホール過程から、配列の規則性とセル径、バリア層の厚さの関係について検討し、定電圧条件で作製した皮膜でもバリア層厚さは均一ではなく、その厚さはセル径に依存するバリア層の電場強度に強く影響を受けることを報告した<sup>2)</sup>。本研究では、高電圧が印加できるリン酸電解液を用い、皮膜のセル形態及びアニオン混入挙動に関して電場強度の観点から電解因子の影響を明らかにすることを目的とした。

### 8.2 実験方法

電解研磨した Al 板 (純度 99.99 %) を 0.2 mol dm<sup>-3</sup> リン酸 (0 °C) 中、100 V および 185 V で定電圧アノード酸化した。空孔率とバリア層の厚さは 0.5 mol dm<sup>-3</sup> ホウ酸-0.05 mol dm<sup>-3</sup> ホウ酸ナトリウム混合水溶液 (20 °C) 中、5 A m<sup>-2</sup> で再アノード酸化 (Pore-filling) することで評価した<sup>3)</sup>。また、アノード酸化した試料の皮膜表面をマスキングテープでふさいだ後、塩化第二水銀水溶液を用いて、皮膜を素地から剥離し、5 wt% リン酸 (30 °C) 中で皮膜裏面からバリア層を溶解した。バリア層の溶解過程とセル形態は走査型電子顕微鏡

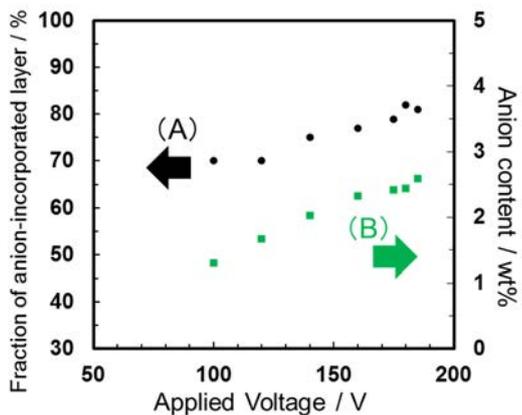


図 16 生成電圧とアニオン混入の厚さ割合および混入量の関係  $0.2 \text{ mol dm}^{-3}$  リン酸 (A)アニオン混入割合, (B)アニオン混入量

(SEM), 原子間力顕微鏡 (AFM) を用いて評価した。

### 8.3 セル形態およびアニオン混入層と電解条件との関係

$0.2 \text{ mol dm}^{-3}$  リン酸 ( $0^\circ\text{C}$ ) 中,  $100 \text{ V}$  および  $185 \text{ V}$  で定電圧アノード酸化した際の定常電流密度はそれぞれ  $3 \text{ A m}^{-2}$ ,  $35 \text{ A m}^{-2}$  であり,  $185 \text{ V}$  での電解では  $100 \text{ V}$  での電解より 13 倍電流密度が高い。図 14 にそれぞれの試料を再アノード酸化した際の電圧-時間 (V-t) 曲線を示す。Pore-filling 法より求めた電圧のジャンプ値 ( $V_j$ ) と空孔率 ( $\alpha$ ) は  $100 \text{ V}$  の皮膜では,  $V_j=98 \text{ V}$ ,  $\alpha=22.6\%$  となり,  $185 \text{ V}$  の皮膜では  $V_j=169 \text{ V}$ ,  $\alpha=14.4\%$  であった。一般にリン酸皮膜は空孔率が大きいと言われるが,  $185 \text{ V}$  で作製した皮膜はセルに対する孔の面積比がより小さく, これは高電流, すなわち高電場での電解のためと推定される。図 15a に  $100 \text{ V}$ , 図 15b に  $185 \text{ V}$  で作製した皮膜のパリア層を溶解した際の SEM 像を示す。シュウ酸  $40 \text{ V}$  で作製した皮膜<sup>2)</sup>と同様に小さいセル, 規則化セル, 大きいセルの順にスルーホールされ,  $100 \text{ V}$  で作製した皮膜では溶解時間 90 分,  $185 \text{ V}$  の皮膜では 160 分の時点で小さいセルにスルーホールが観察された。アニオン非混入層 (内層) はアニオン混入層 (外層) より溶解速度が遅いため, コントラストの違いとして内層 (図 15 黒矢印) と外層 (図 15 白矢印) を区別できる。外層, 内層の面積比ならびにセル径, 孔径から, セル壁へのアニオン混入深さは,  $100 \text{ V}$  で作製した皮膜では約 65%,  $185 \text{ V}$  で作製した皮膜では約 80% であり, セル形態とアニオン混入挙動が生成電圧だけでなく, 電場強度に強く影響を受けると考えられる。

図 16 に生成電圧とアニオン混入の厚さ割合および混入量の変化の関係を示す。混入層厚さは  $100 \text{ V}$  での 70% から,  $180 \text{ V}$  での 82% と増加し, またアニオン混入量も  $100 \text{ V}$  での  $1.3 \text{ wt}\%$  から,  $180 \text{ V}$  での  $2.4 \text{ wt}\%$  と増加した。これは, 生成

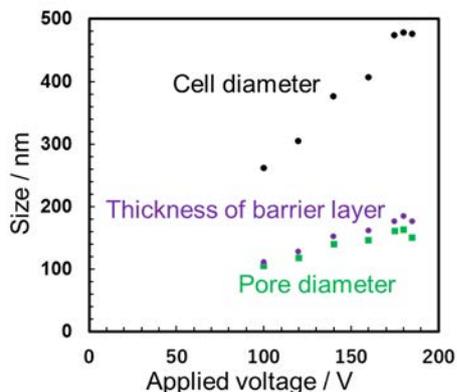


図 17 アノード酸化条件:  $0.2 \text{ mol dm}^{-3}$  リン酸 ( $0-5^\circ\text{C}$ ) 生成電圧とセル径, 孔径, バリア層厚さの関係

電流密度の増加に伴い, 電場強度が増大する結果と考えられる。

### 8.4 高電圧におけるセル形態の特殊性

図 17 に  $100 \text{ V}$  から  $185 \text{ V}$  まで電圧を変化させた場合のセル径, 孔径, バリア層厚さの変化を示す。いずれもほぼ電圧に対して直線的に増加するが,  $180 \text{ V}$  を超えると増加割合は低下し,  $185 \text{ V}$  ではむしろそれ以下の電圧の場合より小さな値となった。高電圧ですべてのセルサイズが微小化するメカニズムは明らかではないが, おそらくリン酸皮膜が  $180 \text{ V}$  を超える高電圧で自己規則化が進むことと関連していると考えられ, アノード酸化皮子規則化メカニズムの解明に寄与する現象を捉えたと考えられる。

## 9. 湿式プロセスおよび材料表面を活用した機能性電子デバイスの開発

### 9.1 研究の背景と目的

半導体プラントレベルにおける大規模省エネルギー化と環境負荷低減の観点から, 湿式プロセスを用いた電子デバイス開発が希求されている。湿式プロセスは, 従来法に比べて作製プロセスの大幅な低温下が可能であることと材料調整の自由度の高さから, 膨大なエネルギーを要する熱処理工程の簡略化が実現できるとともに, プラスチックのような熱変形を伴う基板上への低温デバイス設計も容易となる。任意形状に曲げたり, 局面に貼り付けたりすることができる機械的柔軟性を有し, かつ超軽量で透明な新機能を付加した次世代半導体デバイスの実現が期待できる。

湿式プロセスによるデバイス作製では, 各種の低次元材料分散溶液をスピコートやスプレーコートなど既知の塗布形成法により形成された薄膜を用いる。このような特徴的な形成法から, バルク材料は根本的には湿式プロセスには適さず, また, バルク材料はその固有な長がバルクのそのままの状態を活用されるのが最良と考える。塗布プロセスは上記のような新しい可能性を持つ一方で, この手法によって作製されるデバイスは, 材料固有の特性がデバイス性能に顕著に反映され, プロセッサビリティとデバイス特性の両立に課題を持つ。塗布プロセス可能な代表的な有機半導体材料としてペンタセンがあるが, 分散溶液の調整が容易であるため塗布作製プロセスに有意性がある一方で, 室温プロセスでは結晶構造の乱れが大きくなるため, パイ電子軌道の重なりが不十分となり伝導が制限される。このため, 湿式プロセスでは, 本質的に高い特性を有する半導体材料を用いて低次元構造を形成する必要があるとともに, 湿式プロセスのメリットを損なわずに素子性能を向上させる新しい室温プロセスの開発が不可欠である。また, 湿式プロセスでは, プロセスの性質上, 半導体材料と分散溶液などの相互作用を考えなければならず, この相互作用がもたらすデバイス特性への影響にも本質的に注意を払わなければならない。

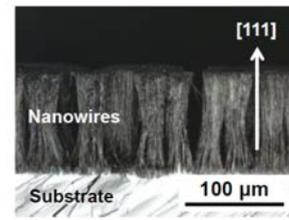
本研究では, 湿式プロセスにより形成した材料および基板表面を活用して, 高性能な機能性電子デバイスを開発することを目的に, 以下 3 つのトピックを実施した。1 つ目としては, アノードエッチングで形成した GaAs ナノワイヤの薄膜デバイス応用に取り組み, 未解明であったアノードエッチング GaAs ナノワイヤの電気的特性を明らかにし, 電子デバイスへの応用に展開することを目指した。2 つ目としては, Si 基板表面の疎水化処理による酸化薄膜トランジスタ (TFT) の高性能化に取り組み, 特性の向上要因が自己組織化単分子膜 (SAM) 修飾した基板表面と 2 次元酸化半導体薄膜との相互作用の何によるものかを明らかにし, この知見を用いたさらなる高性能化への足がかりをつかむことを目指した。3 つ目としては, 絶縁性ポリマーで表面修飾したカーボンナノチューブ電界効果トランジスタ (CNT-FET) のキャリア極性制御に取り組み, CNT-FET の伝導型を変換させるポリビニルアルコール (PVA) 塗布において, PVA の何が CNT の物

性を変えるのかを解明するとともに、単極性の n 型伝導 CNT-FET を実現することを目指した。

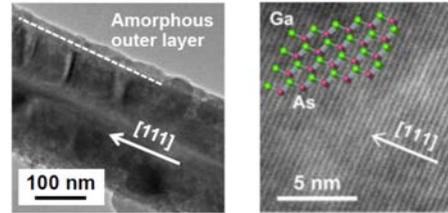
また、上記のトピックに取り組む中で、作製するデバイスおよびデバイスプロセスの応用先として他テーマとの連携を目指した。これに関しては緊密な相互連携と研究の発展に具体的な成果としては結びつかなかったものの、プロセスの情報共有や測定におけるノウハウの蓄積など、細かな点での効果があった。実際、テーマ 1.1 の他、MEMS プロセスを活用するテーマ 1.3, 2.1, 4.1 とは情報共有や意見交換を通じて加工精度や歩留まり向上、プロセスの効率化を進めた。

## 9.2 アノードエッチングで形成した GaAs ナノワイヤの薄膜デバイス応用

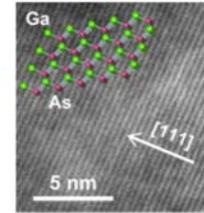
n 型 GaAs(111)B 基板に対し、既報に基づき  $1.7 \text{ mol dm}^{-3}$  リン酸と  $0.17 \text{ mol dm}^{-3}$  塩酸の混合液中で電流密度  $100 \text{ mA/cm}^2$  にて 30 分間アノードエッチングを行い GaAs ナノワイヤを作製した。直後に、印加電圧の極性を逆にして逆電解処理を行った。得られた GaAs ナノワイヤをレーザー顕微鏡 (Keyence VK-X200) と透過型電子顕微鏡 (TEM, Hitachi H-9500) を用いて観察した。TEM 観察のために、GaAs ナノワイヤをイソプロピルアルコール (IPA) 中に超音波分散させ、TEM グリッド上に滴下した。加速電圧は  $200 \text{ kV}$  であった。Raman 分光法による測定 (Horiba XploRA) では、GaAs (111) 面に垂直に励起波長  $532 \text{ nm}$  のレーザーを入射して評価した。測定の際、レーザ照射に起因する GaAs ナノワイヤの構造及び組成変化を避けるため、レーザ出力を十分に低くすることに注意した。この場合においては、出力は  $0.14 \text{ mW}$  とした。続いて TFT を作製するにあたり、親水・疎水パターンを次の手順にて形成した (Fig. 18(a))。これは、トランジスタチャンネル層のアイソレーションを自己形成し、素子アレイの作製に必要な工程である。このように形成したパターン上に GaAs ナノワイヤ分散液を滴下し (Fig. 18(b))、乾燥させることで GaAs ナノワイヤのランダムネットワークを得た (Fig. 18(c))。シャドウマスクを介して電極を蒸着することで TFT を作製した。熱酸化膜付き Si 基板 ( $\text{SiO}_2$ :  $200 \text{ nm}$ ) Si 基板を絶縁膜付きバックゲートとし半導体パラメータアナライザ (Agilent 4156A) を使用して室温、暗所で IV 特性評価を行った。



(a)



(b)

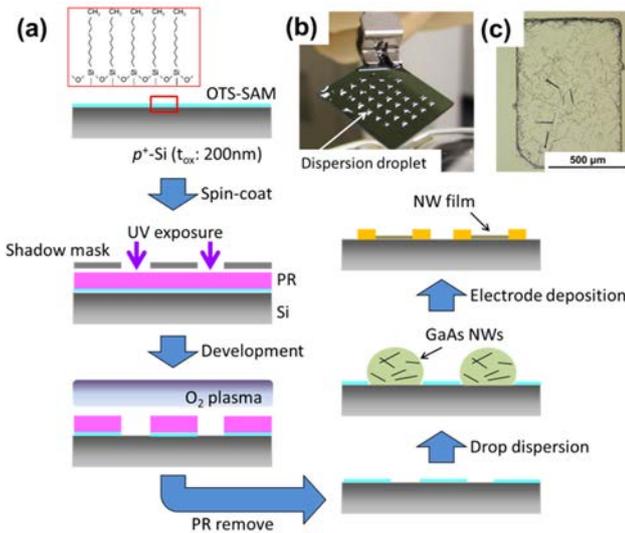


(c)

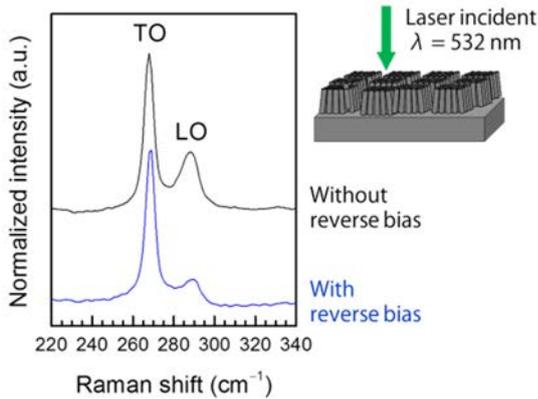
**Fig. 19** (a) Laser microscopy image of vertically aligned GaAs NWs prepared by anodic etching. The etching of bulk GaAs is along the {111} direction. (b) TEM image of the GaAs NW of  $300 \text{ nm}$  diameter. The outer layer is an amorphous substance, whose thickness is about  $20 \text{ nm}$ . (c) High-resolution TEM image of GaAs lattice taken from the NW core. The inset shows a schematic atomic model of GaAs; green and red balls correspond to Ga and As atoms, respectively.

Fig. 19(a)は、形成直後の逆電解処理をしていない垂直配向 GaAs ナノワイヤのレーザー顕微鏡像である。GaAs 基板に対するナノワイヤの形成方向は、[111]面に沿っており、長さ  $100 \mu\text{m}$ 、直径範囲  $200 \sim 300 \text{ nm}$  であった。ナノワイヤの形成は、基板上の結晶欠陥からピット形成が始まり、三角形上に成長したナノサイズのポアは{111}方向に沿って電気化学的に成長する。最終的に、電解液と GaAs 基板との界面での電荷のやり取りで GaAs 側に形成される空乏層がナノワイヤの直径と一致したところでエッチングプロセスが飽和してアノード溶解が停止する。ナノワイヤ形成中に、厚さ  $20 \text{ nm}$  程度のアモルファス酸化物層がナノワイヤ表面に形成される (Fig. 19(b))。ナノワイヤ表面のアモルファス化は、アノードエッチング中の GaAs の酸化と密接に関連している。一般に、GaAs は酸化過程において Ga と As に分解され、 $\text{Ga}_2\text{O}_3$  と  $\text{As}_2\text{O}_3$  を形成するが、 $\text{As}_2\text{O}_3$  は GaAs と反応して  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  と As を生成するため、結果的に外層は主として非晶質  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  と元素 As で構成されると考えられる。非晶質  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  とその下層で GaAs との界面に位置する過剰な As がトラップ準位を形成する。Fig. 19(c)は、ナノワイヤコアの高分解能 TEM 像であり、外層はアモルファスにも関わらず内層は元の GaAs 基板の結晶性を維持する。このことは、アノードエッチングで構造を作り込んでいくことの特長の 1 つである。ナノワイヤの結晶構造が基板のそれをそのまま反映できることはドライプロセスによる触媒成長法では得られないからである。これは、結晶成長過程での転移により、Zinc blende 構造と Wurtzite 構造との混晶となるからであり、ナノワイヤの先端から末端までが Zinc blende 構造のみで形成された単一構造 GaAs ナノワイヤは電気伝導の観点からも興味深い。

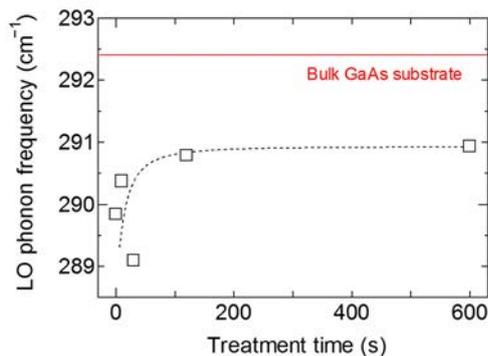
Fig. 20 に逆電解処理の有無による GaAs (111) 面に対応する垂直配向ナノワイヤの上面からの Raman スペクトルを示す。(111) 面においては、TO および LO フォノンがそれぞれ、 $270 \text{ cm}^{-1}$  および  $290 \text{ cm}^{-1}$  に観察される。各スペクトルは LO フォノンピークの比較のために TO 強度によって正規化された。これらのスペクトルの違いは、逆電解処理の効果を示す。一般に、LO フォノンは、材料のキャリア密度を反映し、キャリア密度の増加とともに電子-フォノン相互作用の



**Fig. 18** (a) Schematic illustration of a device fabrication process based on a hydrophobic/hydrophilic pattern using a photoresist (PR)/octadecyltrichlorosilane self-assembled monolayer (OTS-SAM) stacking structure. (b) Photograph of a hydrophobic/hydrophilic pattern. Dispersion droplets were located only within the square hydrophilic region. (c) Microscope image of the square-patterned GaAs NW film before electrode deposition.



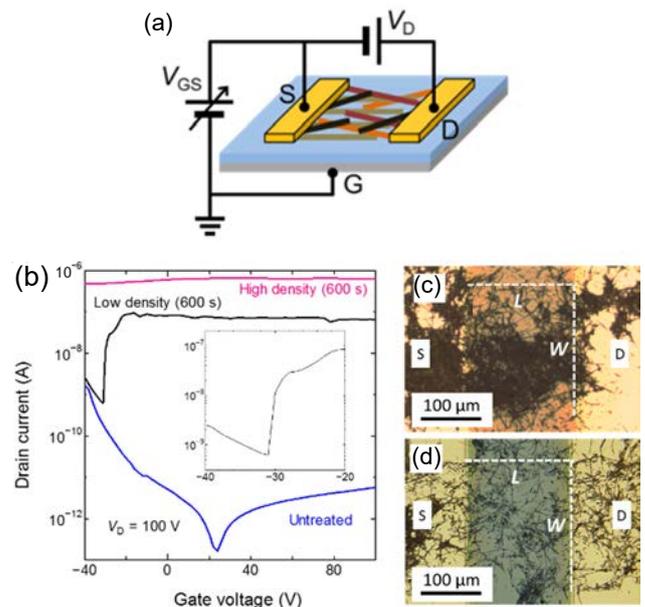
**Fig. 20** Normalized Raman spectra of GaAs nanowires from top surface of the vertically-aligned nanowires corresponding to (111) plane.



**Fig. 21** Relationship between the reverse electrolysis treatment time and LO phonon frequency. The red line is the LO phonon frequency of the starting bulk GaAs substrate.

ため格子振動数が変動してピーク位置が高波数側にシフトしながらブロードになる。TO フォノンにはプラズモンとの相関がないためピークシフトしないことが知られている。LO フォノンのピーク位置は、逆電解処理の前後において、わずかにシフト（逆電解処理有りのほうがアップシフト）している。すなわち、逆電解処理によりキャリア密度が回復されたことを示唆する。これは、逆電解によりナノワイヤ表面で水素が発生し、表面準位の起源である余剰 As と反応することで、トラップされていたキャリアが回復したと考えられる。さらに、逆電解処理時間に対する LO ピーク位置の関係を Fig. 21 に示す。逆電解処理時間の増加にともなって LO ピーク位置の高波数側へのシフトが観測された。120 秒程度まではブルーシフトする傾向が見られるのに対し、120 秒以降は飽和している。これは、逆電解処理により回復できるキャリア密度に限界があることを示唆する。同図に示したバルク GaAs の LO フォノンピーク位置に比べて大きな解離があり、逆電解処理によるトラップ準位の低減だけでは回復できないキャリア密度の大幅な低下が生じている。これは、ナノワイヤの形成過程で生じる電荷空乏領域に起因すると考えられる。

この結果に基づき、確実に特性向上が見込める 600 秒逆電解処理のナノワイヤを用いて TFT を作製した。Fig. 22 に作製した TFT の典型的な伝達特性を示す。ドレイン電流はチャネル幅で規格化している。逆電解時間 600 秒の TFT では、未処理の絶縁的なものと比較して大幅に改善できた。また、処理時間 10 秒の TFT と比較して最大ドレイン電流の向上とともに、 $I_{on}/I_{off}$  も改善したことが分かった。一方で、高密度のナノワイヤネットワーク膜ではスクリーニング効果により、ドレイン電流のゲート電界変調が働かない。低密度ネットワーク膜での特性改善の大きな理由は、逆電解処理による



**Fig. 22** (a) Schematic diagram of TFT structure. (b) Typical  $I_D$ - $V_{GS}$  characteristics of GaAs NW TFTs with 600-s treated NWs with high and low density networks. TFTs were measured at room temperature in the dark under ambient atmosphere. The inset shows the  $I_D$ - $V_{GS}$  characteristics of the TFT with 600-s treated NWs with low density network. (c, d) Optical microscope images of the TFT channel region corresponding to TFTs with the high and low density networks. The length ( $L$ ) and width ( $W$ ) of the patterned NW network film were 200 and 240  $\mu\text{m}$ , respectively.

トラップ準位の低減に起因する。TFT 特性の結果から、トラップ準位を低減して電気特性を向上させるには、ある一定の水素イオン暴露時間が必要と考えられる。しかしながら、逆電解処理 600 秒の TFT で見積もられた移動度 ( $2.3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ) は、バルク基板のそれと比較して大幅に劣る。このことは、Fig. 21 に示した結果と矛盾しない。すなわち、ナノワイヤを形成したことによる特性劣化は、電極でのコンタクト抵抗やナノワイヤ間のジャンクション抵抗よりも、プロセスに起因する GaAs ナノワイヤ自体の空乏化が原因と考えられる。

アノードエッチングで形成された GaAs ナノワイヤの特徴を活かしたデバイス開発にあたり、親水・疎水パターンの形成と GaAs ナノワイヤの構造解析、さらには界面トラップ準位低減のための湿式水素イオン暴露法（逆電解処理）を考案した。逆電解を施した GaAs ナノワイヤは、Raman 分光分析からキャリア密度の増加を示唆する結果が得られた。また、トランジスタ特性評価の結果、ゲート電界変調が見られ、半導体的な動作が確認できた。これは、電気化学的プロセスにて形成される無機ナノ構造材料の電気的特性を向上させる表面処理として有用と考えられる。

### 9.3 Si 基板表面の疎水化処理による酸化膜薄膜トランジスタの高性能化

極薄アモルファス酸化膜、遷移金属カルコゲナイドやグラフェンなどの原子膜に代表される 2 次元的広がりを持つ機能薄膜材料は、構造の特異性に基づいた物性や機能表面を発現できることから学術および産業の両面で世界的に注目されている。これらの材料が持つ機能性を解明し活用することは、本研究プロジェクトの発展に大いに貢献しうると考えており、相互連携によるシナジー効果が期待できる。ここでは、アモルファス酸化膜 TFT の電界効果移動度を室温プロセスで向上させる基板表面修飾について議論する。

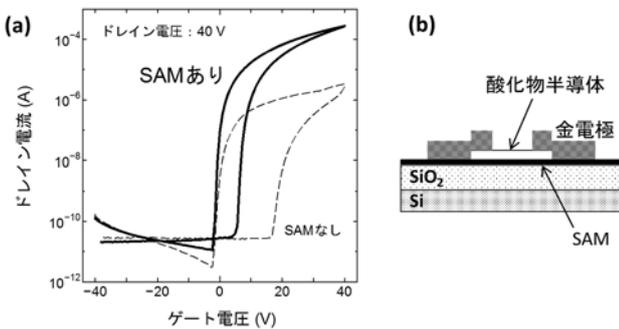
近年のエレクトロニクス機器に対する設計要求の高まりから、TFT 素子の電界効果移動度向上が希求されている。従来の研究としては、高温熱処理で結晶化させることで性能向

上を狙う試みがあるが、この方法は酸化半導体材料の室温成膜可能な利点を損なう問題がある。これまでの研究では、酸素結合解離エネルギーが高く、かつ6価のイオンになるタングステンに着目し、酸化インジウムに酸化タングステンをドーパした独自開発 In-W-O を用いて、低温プロセスで (150 °C)、優れた TFT 特性が得られることを見出してきた。一方で、タングステンのドーパ量が多くなると、イオン結合に起因するイオン散乱効果が顕著になり移動度が低下するため、材料組成の設計だけでは低温プロセスでの性能向上に限界があることを明らかにしてきた。

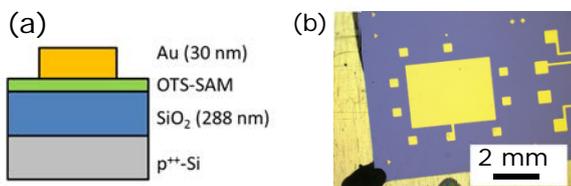
そのような状況の中、GaAs ナノワイヤの薄膜デバイス応用として並行して進めている湿式プロセスによるデバイス開発のために準備してあった Si 基板を、誤って酸化 TFT に使用したところ、優れた特性が得られることを偶然見出した。この基板は、表面が SAM 膜で修飾されており、移動度は  $1.5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  (SAM なし) から  $17.2 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  (SAM あり) へと 10 倍以上も向上した (Fig. 23)。これまでの SAM 修飾による TFT 特性向上に関しては、有機半導体を用いた研究が先行している。しかしながら、先行研究は SAM の分子配列を活用して有機半導体分子の配向性を揃えることに着目した結晶学的アプローチであり、アモルファス膜を用いる本研究とは本質的にメカニズムの性質が異なる。

SAM のアモルファス半導体層への効果について、まずは、SAM のキャパシタンス測定による評価を行った。Fig. 24(a) は、作製した SAM キャパシタの断面概要図であり、(b) は光学顕微鏡像である。熱酸化膜付き  $p^{++}$ -Si (酸化膜厚: 288 nm) の表面を有機洗浄と UV 照射によりクリーニングした後、SAM 溶液中へのディップコーティングにより成膜した。その後、SAM へのダメージを最小限に抑えるため、低速レートで Au 電極を蒸着し、キャパシタ構造とした。

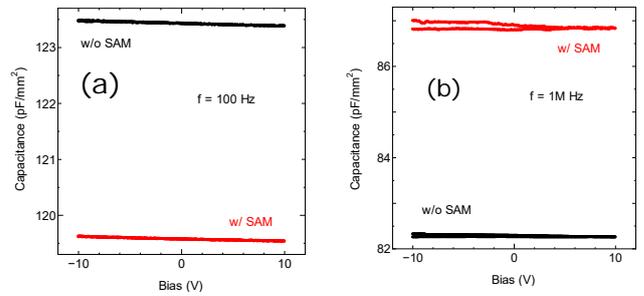
Fig. 25 に典型的なキャパシタンス測定の結果を示す。(a) が  $f = 100 \text{ Hz}$  でありこの場合には SAM なしの方が単位面積あたりの容量が大きい。一方で、(b) に示す  $f = 1 \text{ MHz}$  では逆転し、SAM 有りのほうが容量が大きくなった。Fig. 26 に SAM ありおよびなしのキャパシタンスの周波数変化を示す。同図に示すように、SAM 有りでは周波数の増加に伴う容量の現象が SAM なしのと比べて遅れて生ずる結果となった。SAM は数 nm と薄いため、容量を大幅に低減させるほどその厚さ効果の影響は大きくない。したがって、この周波数依



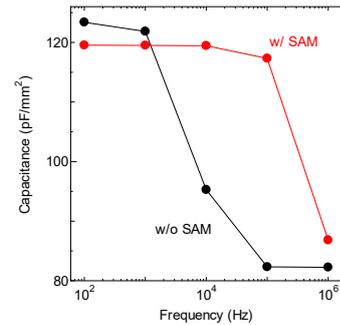
**Fig. 23** (a) Typical  $I_D$ - $V_{GS}$  characteristics of oxide TFTs with and without SAM modification. (b) Schematic cross-sectional diagram of a bottom-gate TFT structure.



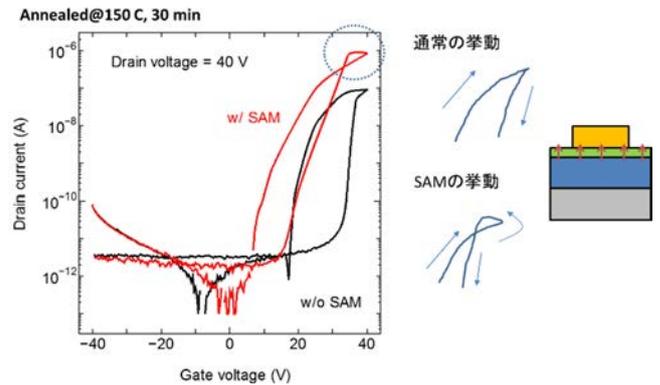
**Fig. 24** (a) Schematic cross-sectional diagram of a fabricated capacitor. (b) Optical microscope image of the capacitor.



**Fig. 25** Capacitance-voltage (CV) characteristics of SAM capacitor with the control sample (without SAM). (a)  $f = 100 \text{ Hz}$ . (b)  $f = 1 \text{ MHz}$ .



**Fig. 26** Capacitance variation as a function of bias frequency both with and without SAM.



**Fig. 27** I-V characteristics of air-annealed TFT. The annealing condition was  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  for 30 min. The TFT with SAM showed counterclockwise hysteresis, while TFT without SAM was normal behavior.

存は、SAM の誘電性由来だと考えられる。すなわち、誘電性による分極の遅延が高周波でのキャパシタンスの違いとして観測されたことに由来する。実際、分極の効果をより明確に確認するため、 $150 \text{ }^\circ\text{C}$ 、30 分間の熱処理を行った TFT においては、誘電体材料に特徴的な反時計回りの電流ループ挙動が観測された (Fig. 27)。アニール前にこのような挙動が観測されなかったのは、基板表面に吸着した水分子が SAM 形成過程での溶媒残渣が残っていたためだと考えられ、それらが揮発可能な  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  のアニールにて明確な効果が見られている。このような誘電体をゲート絶縁膜として用いた場合、誘電体の分極が半導体との界面での電荷蓄積をエンハンスするために、それが結果として TFT の ON 電流の増加として観測された。定性的にはこのように理解でき、さらなる特性向上のために、ここで得られた知見が活用できる。

SAM の形成が簡便な湿式プロセスであるため、従来の大電力が必要なイオン注入などによるドーピングと比較して、大幅なプロセスエネルギーの削減に貢献できる。そのうえ、現行の素子作製技術との適合性も高い。また、熱処理が不要な低温プロセスであるため、加熱・冷却にともなう熱エネルギー

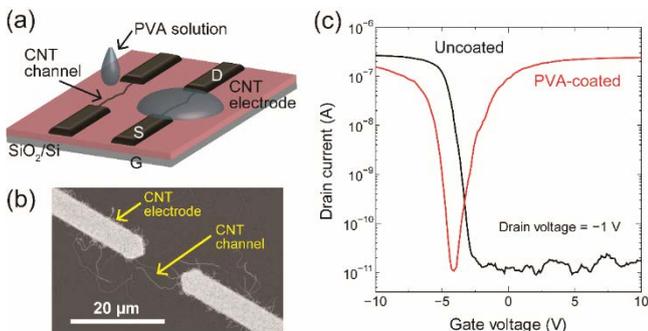
ギーの消費抑制が可能である。これらは、次世代のデバイスプロセスにおける素子作製コストの低減、および機能性付加のための汎用プラスチック基板の使用に非常に有用であり、これまで困難であった室温プロセスでの TFT 素子特性向上に大きなインパクトをもたらすと考えられる。

#### 9.4 絶縁性ポリマーで表面修飾したカーボンナノチューブ電界効果トランジスタのキャリア極性制御

CNT-FET は典型的には大気中において p 型挙動を示すため、n 型伝導変換はこのトピックにおいて最重要課題の 1 つと位置づけられている。これまで、p 型から n 型への変換は各種の方法が提案されており、例えば、低仕事関数の金属電極を用いるもの、ゲート誘電体またはパッシベーション層として high-k 材料を用いるもの、化学ドーピングおよびポリマーコーティングなどである。CNT-FET がポリエチレニンで覆われた場合 n 型伝導が観測される一方で、ポリメチルメタクリレート (PMMA)、ポリエチレンオキシド、ポリアクリル酸、ポリ 4-スチレンスルホン酸ナトリウムで覆われた場合には元の p 型挙動を保持したままである。この現象は、CNT とポリマー分子との間の電荷移動に起因するものと理解されている。しかしながら、変換メカニズムの詳細は明らかになっていない。

電子供与性分子が CNT の表面に吸着されると電荷移動が起こることが報告されているが、表面に吸着しただけの NH<sub>3</sub> 分子と CNT との距離は、CNT 表面が疎水性であるため電荷移動を生じさせるに十分なほど近づけない。したがって、電荷は NH<sub>3</sub> 分子などの表面吸着分子から CNT に移動することが困難である。我々はこれまで、PVA コーティング後に CNT-FET とグラフェン FET の両方で導電型変換を報告している。CNT-FET の n 型伝導の観測とグラフェン FET における Dirac 点のシフトは、それらのチャンネルにおける電子ドーピングに起因する。しかしながら、PVA コーティングによる n 型伝導の詳細なメカニズムは解明されていない。ここでは、CNT-FET における導電型変換のメカニズムを PVA 膜の誘導電荷の観点から検討した。

Fig. 28(a)および(b)に、PVA 被覆 CNT-FET の概略図およびチャンネル領域の SEM 像を示す。CNT 成長条件とデバイス寸法 (チャンネル長 L, 電極幅 W) を調整すればチャンネルになる CNT の本数を制御することができる。本研究で用いた成長条件とデバイス寸法 (L = 10 μm, W = 5 μm) によれば、CNT チャンネルの数は 1 つまたは 2 つであった。チャンネル領域への PVA コーティングの影響は、Fig. 28(c)に示すように、明確に CNT-FET の電気的特性に反映された。PVA コーティング前では、FET は単極性 p 型伝導を示し、スイープさせたゲート



**Fig. 28** (a) Schematic of PVA-coated CNT-FET. The SiO<sub>2</sub>/Si substrate is employed as a gate insulator/gate electrode (G), whereas the CNT network acts as source (S) and drain (D) electrodes, and a semiconducting channel. PVA solution is dropped on the channel region and heated for solidification. (b) SEM image of the channel region before PVA coating. (c) Typical transfer characteristics of an uncoated FET (black) and a PVA-coated FET (red). The device was measured at room temperature under ambient conditions.

電圧(V<sub>G</sub>)の範囲では、電子伝導に起因する電流が流れなかった。対照的に、PVA をコーティングすることで n 型伝導が観察された。この両極性変換は再現可能であり、作製されたすべての FET において同様の傾向が観察された。

ここで、線形領域 (μ<sub>FE</sub>) の電界効果移動度を見積もるために、以下の式を用いた。

$$\mu_{FE} = \frac{\partial I_D}{\partial V_G} \frac{L}{WC_{ox}V_D}, \quad (1)$$

C<sub>ox</sub> は単位面積当たりのゲート絶縁膜の容量であり、SiO<sub>2</sub> の誘電率 3.9 に基づいて 5.76 × 10<sup>-9</sup> F/cm<sup>2</sup> を用いた。被覆されていない CNT-FET の場合、μ<sub>FE</sub> は 81.2 cm<sup>2</sup>/Vs であり、PVA 被覆 CNT-FET の場合、正孔および電子の μ<sub>FE</sub> はそれぞれ 26.1 および 42.4 cm<sup>2</sup>/Vs であると見積もられる。被覆されていない FET のサブスレシヨルドスロープ (ss), PVA 被覆 FET の正孔蓄積および電子蓄積領域での ss は、それぞれ 0.6, 0.45 および 0.75 V/dec である。μ<sub>FE</sub> が減少するにもかかわらず、正孔蓄積領域での ss のわずかな改善については後で議論する。

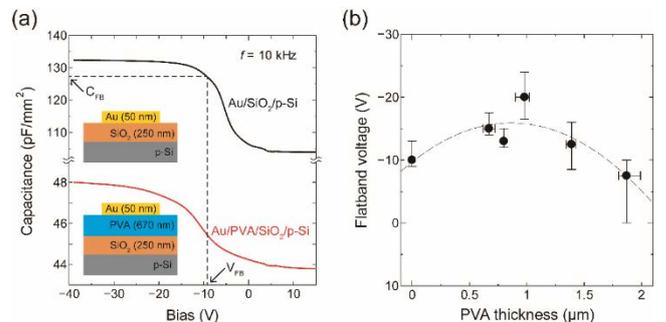
導電型変換を不純物電荷の観点から解明するために、PVA 層を挿入した場合とそうでない場合におけるキャパシタ構造を作製し、PVA バルクおよび PVA/SiO<sub>2</sub> 界面における電荷密度を評価した。Fig. 29(a)は、PVA 層ありおよびなしのキャパシタの容量-電圧 (C-V) 特性を示す。フラットバンド電圧 (V<sub>FB</sub>) は、フラットバンドキャパシタンス (C<sub>FB</sub>) 法によって評価した。PVA/SiO<sub>2</sub> 積層キャパシタの場合、V<sub>FB</sub> は次式によって表される：

$$V_{FB} = -\frac{1}{2\epsilon_{ox}} \rho_{PVA} t_{PVA}^2 - \frac{1}{\epsilon_{ox}} (Q_{PVA} + Q_{SiO_2}) t_{PVA} + \phi_{ms} - \frac{1}{\epsilon_{ox}} Q_{SiO_2} t_{SiO_2}, \quad (2)$$

ここで、φ<sub>ms</sub> は、金属 (Au) と半導体 (p-Si) との仕事関数差、ε<sub>ox</sub> は SiO<sub>2</sub> の誘電率、ρ<sub>PVA</sub> は PVA のバルク電荷密度、Q<sub>PVA</sub> および Q<sub>SiO<sub>2</sub></sub> は、それぞれ PVA/SiO<sub>2</sub> 界面と SiO<sub>2</sub>/p-Si 界面での電荷密度を示す。また、t<sub>PVA</sub> と t<sub>SiO<sub>2</sub></sub> は PVA と SiO<sub>2</sub> の絶縁体の厚さである。SiO<sub>2</sub> と PVA はキャパシタの直列接続であり、したがって、PVA 層 (C<sub>FB,PVA</sub>) を有する C<sub>FB</sub> は次式で与えられる：

$$C_{FB,PVA} = \left\{ \frac{1}{C_{FB}} + \frac{1}{C_{PVA}} \right\}^{-1}, \quad (3)$$

C<sub>PVA</sub> は PVA の静電容量であり、C<sub>PVA</sub> = ε<sub>0</sub> ε<sub>PVA</sub> / t<sub>PVA</sub> により決定される。ここで、ε<sub>PVA</sub> (PVA の誘電率) は、Au/PVA (1.81 μm) / SiO<sub>2</sub> (235 nm) / p<sup>++</sup>-Si 構造を用いて 5.6 と見積もられた (PVA のキャパシタンスとして、27.6 pF/mm<sup>2</sup> を用いた)。

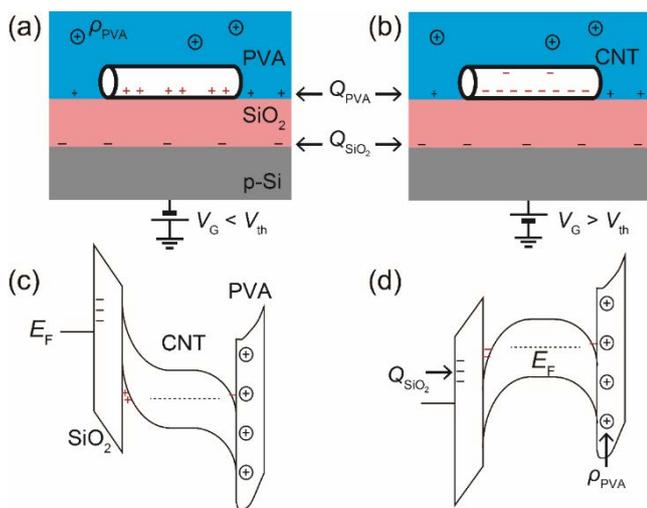


**Fig. 29** (a) Typical C-V characteristics for capacitors with and without a PVA layer. The insets show schematic cross-sectional diagrams of the stacked capacitor structures. The PVA thickness estimated using a stylus surface profiler was 670 nm. The frequency for the C-V measurements was fixed at 10 kHz. (b) Estimated V<sub>FB</sub> as a function of the PVA thickness. The dashed line represents the quadratic fitting curve. The error bars are the maximum and minimum values of the 5 measured samples for each PVA spin-coating condition, while the data points represent the average value.

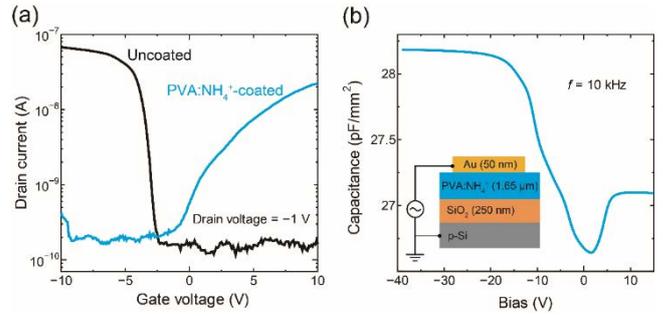
Fig. 29(b)は、 $V_{FB}$ とPVAの厚さとの関係をベストなフィッティング曲線とともに示している。Au/SiO<sub>2</sub>/p-Si キャパシタの場合の  $V_{FB}$  と  $Q_{SiO_2}$  との関係から計算した  $Q_{SiO_2}$  ( $-8.7 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ ),  $\rho_{PVA}$  および  $Q_{PVA}$  はそれぞれ  $3.6 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  および  $5.4 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$  と見積もられた。この  $\rho_{PVA}$  値は、面密度では  $10^{11} \text{ cm}^{-2}$  に相当し、これはバルク電荷密度に対してかなり高い値である。熱酸化 SiO<sub>2</sub> のバルク電荷密度は、典型的には界面電荷密度と比較して無視できるほど小さい。一方で、PVA は、高い密度の正のバルク電荷を有する。したがって、界面電荷密度に加えてバルク電荷も考慮対称とした。

Fig. 30(a)および(b)に、それぞれ負および正の  $V_G$  が印加されたときの多数キャリアを CNT-FET の概略断面図中に示す。  $V_G < V_{th}$  の場合には、半導体 CNT チャネルに正孔が蓄積される (Fig. 30(c))。PVA 被覆されていない CNT-FET の場合と同様、正電荷と界面電荷によって CNT チャネルに電子が存在するため、蓄積されたキャリア密度は、被覆されていない FET に比べて若干抑制される。さらに、CNT チャネルは PVA の上に位置せず、PVA によって取り囲まれるためキャリアの蓄積はより一層促進される (いわゆるマルチゲート構造)。PVA 中の正電荷は、蓄積された正孔を速やかに OFF 領域に遷移させるので、ss は  $V_G$  に強く反応する。Fig. 28(c)に示したように、PVA コーティングの効果による ss の改善により、 $V_{th}$  は負にシフトし、ON 電流がわずかに減少する。この挙動は、正の電荷を有する周囲の PVA に起因し、CNT チャネルにおける電子の静電ドーピングによって説明することができる。これに対して、 $V_G > V_{th}$  の場合には、Fig. 30(d)に示すように、バルクと界面電荷のために CNT チャネルに電子が蓄積され、電子伝導による電流が観測される。

正の電荷密度がさらに増加すると、正孔電流が減少し、単極性の n 型伝導が実現される。ここでは、添加物としてアンモニウムイオン ( $NH_4^+$ ) を選択し、これを PVA に添加した PVA: $NH_4^+$  をコーティングすることで単極性 n 型伝導への変換を試みた。Fig. 31(a)は、CNT-FET への PVA: $NH_4^+$  コーティングの前後の IV 特性を示す。FET のホール電流は完全に抑制され、電氣的挙動は p 型から単極性の n 型に明確に変換された。n 型動作は大気環境で安定しており、これは、 $NH_4^+$  が高密度の PVA マトリックスに起因するポリマー鎖にうまく包埋されていることを示唆する。高密度マトリックスが、



**Fig. 30** (a,b) Schematic cross-sectional diagrams of a PVA-coated CNT-FET with applied  $V_G < V_{th}$  and  $V_G > V_{th}$ .  $\rho_{PVA}$ ,  $Q_{PVA}$ , and  $Q_{SiO_2}$  are the bulk charge density in the PVA layer, and the charge densities at the PVA/SiO<sub>2</sub> and SiO<sub>2</sub>/p-Si interfaces, respectively. The bulk charge-induced and bias-induced charges are accumulated in the CNT. (c,d) Possible band diagrams for the bias voltage application shown in (a) and (b). The  $E_F$  is located at mid-gap caused by the PVA coating.

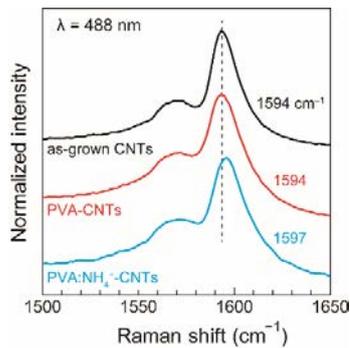


**Fig. 31** (a) Transfer characteristics measured at room temperature under ambient conditions for a CNT-FET before and after PVA: $NH_4^+$  coating. (b) C-V characteristics for the Au/PVA: $NH_4^+$ /SiO<sub>2</sub>/p-Si capacitor. The increase in the capacitance at positive bias is attributed to the heavily positively charged PVA: $NH_4^+$  layer.

大気との反応を抑制するため、大気環境で安定な特性を示したと考える。 $NH_4^+$ は、PVA 中でプロトン供与体として作用する。したがって、PVA: $NH_4^+$ 層の静電容量は、ドーピングされていない PVA の静電容量挙動とは異なるはずである。実際、Fig. 31(b)に示す C-V 特性は、正バイアス印加時に静電容量の増加を示し、PVA: $NH_4^+$ がより正に帯電していることを示している。このことは、結果として、CNT チャネルの伝導帯端へのフェルミレベル ( $E_F$ ) シフトとして表れている。同様の研究では、CNT と吸着した  $NH_3$  との間の電荷移動によって  $E_F$  シフトが生ずる可能性が示唆されている。しかし、 $NH_3$ -CNT 相互作用は非常に弱く、電荷移動が起こりにくいことがシミュレーションの結果から示されている。たとえば、 $NH_3$  ガスが拡散し、CNT の欠陥部位に吸着したとしても、 $NH_3$  の吸着エネルギーが室温では低いため結合することができない。さらに、 $NH_3$  の場合には、PVA 層が水分子を含むため、本研究で用いた FET 構造に非常に類似している。つまり、 $NH_3$  は  $NH_4^+$  にイオン化され、周囲の水層は正に帯電する。したがって、 $E_F$  シフトは、周囲の電荷によって静電的に誘導される。これは、すでに他グループから報告されているように、ショットキー障壁高さ (SBH) の変化による接触界面での電子注入と一致しており、PVA の正電荷は電子蓄積と  $E_F$  シフトを誘発すると考えられる。

CNT-FET が PMMA のような負に帯電したポリマーで被覆された場合には、FET の挙動は最初の p 型伝導を維持することがわかっている (図、未掲載)。したがって、バルク/界面での電荷密度およびポリマーの極性は、CNT-FET の伝導型を制御するために非常に重要である。得られた導電型は荷電したポリマーの極性とは反対であり、これは変換機構が静電ドーピングであることを示している。もし、CNT と PVA 分子との間で電荷移動が起こるなら、正電荷を有する PVA は最初の p 型伝導をエンハンスしなければならないからである。

最後に、PVA コーティングの影響を調べるために、CNT の Raman 分光評価を行った。PVA に埋め込まれた CNT 膜は剥離法を作製した。Fig. 32 は、SiO<sub>2</sub>/Si 基板上の as-grown CNT、および PVA および PVA: $NH_4^+$  に埋め込まれた CNT 膜の Raman スペクトルを示す。これらのスペクトルは、もともと  $1594 \text{ cm}^{-1}$  にある G ピーク位置が、電子密度の増加に伴って約  $3 \text{ cm}^{-1}$  のブルーシフトしていることを示している。一方で、ピーク幅には変化がなかった。測定に用いたラマン装置の  $1590 \text{ cm}^{-1}$  付近の波長分解能は  $1.5 \text{ cm}^{-1}$  であり、したがって、G ピークのブルーシフトは合理的である。蓄積されたキャリア密度の増加に伴う G ピークのシフトは、正孔と電子の両方で起こり、電子-フォノン相互作用に起因する。PVA: $NH_4^+$  に埋め込まれた CNT 膜の Raman の結果は、測定された FET 特性と矛盾がない。PVA 中の正電荷ドーピングは、CNT



**Fig. 32** Resonance Raman spectra for CNT films. The black, red, and blue lines correspond to as-grown CNT film, PVA-embedded CNT film on a SiO<sub>2</sub>/Si substrate, and a PVA:NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-embedded CNT film, respectively. Intensities were normalized with respect to the G-peak for comparison of the peak width. The excitation wavelength was 488 nm and the measurement was conducted at room temperature.

チャンネルにおいてより多くの電子蓄積を誘発すると予想され、その結果、 $E_F$ シフトは、Gフォノンのブルーシフトを引き起こす。Tsangらによる計算によれば (Nat. Nanotechnol. **2**, 725 (2007).), 直径 2.5nm の半導体 CNT の場合、室温での 3 cm<sup>-1</sup> の Raman シフトは、約 0.2% (炭素 500 個あたり 1 電子) のドーピングレベルに相当する。本研究で用いた CNT の平均直径は、2.0 nm よりも小さいと予想され、より小さい直径ではバンドギャップを広げるから、本研究で得られた結果の場合には 0.2% を超えるドーピング濃度が達成された可能性がある。このドーピング濃度は、 $E_F$  を伝導帯に向かって約 0.3 eV シフトさせるに等しいレベルである。この  $E_F$  の変調レベルは、単極性の p 型から n 型伝導への静電変換としては小さいと考えられている。しかしながら、Raman 評価のために用いられた試料構造は、FET とは異なる構造であり、したがって、界面電荷への影響を低減することができる。このことは、PVA 被覆 FET において電子伝導が観察されたが、その一方で、PVA 埋め込み CNT の G ピーク位置が as-grown 膜の G ピーク位置と同じように見える理由として考えられる。

結論として、CNT-FET の伝導型は、正に帯電した PVA コーティングを用いて変換できることを実証した。CNT チャンネルが純粋な PVA で覆われたとき、伝導型は単極性 p 型から両極性に変化した。C-V 測定に基づいて、PVA はバルクおよび PVA/SiO<sub>2</sub> 界面で高い正電荷密度を有し、これは電子が CNT チャンネルに静電的に蓄積することを示唆する。PVA 被覆 CNT-FET の正孔電流を抑制するために、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> を PVA 溶液に添加して正電荷密度を増加させた。次に、周囲条件下、室温で単極性の n 型 CNT-FET を実証した。この伝導型制御のメカニズムは、静電ドーピングとして説明することができる。PVA-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> で処理した CNT 膜は  $E_F$  のシフトを引き起こし、その結果、FET の挙動と一致するようにラマン G-バンドピークのブルーシフトが観察された。本手法は、PVA 系パッシベーション層を用いた CNT-FET の伝導型変換に有用であり、すべてが炭素材料からなる柔軟で透明な pn 相補回路の実現につながると考えられる。

## 9.5 まとめ

計画当初には予期していなかった展開から、最終年度に新たに着手した Si 基板表面の疎水化処理による酸化物 TFT の高性能化に関する研究および絶縁性ポリマーで表面修飾した CNT-FET のキャリア極性制御に関する取り組みにおいて、前者では、当初、TFT のターンオン電流増加の理由が酸化物半導体-絶縁膜界面での疎水性 SAM による酸化物半導体の局所的還元に基づくキャリア密度の向上 (ドーピング効果) が有力と想定していた。しかしながら、低周波数でのキャパ

シタンス測定の結果から、SAM 膜の誘電性に起因するものとのデータを得た。TFT の IV 特性において、誘電性絶縁膜に特徴的な反時計回りの電流ヒステリシスループが観測されたことから、定性的にはこの効果によるものとして説明できる。誘電率などの物性値および現象の定量化については、今後の注意深い実験を通じて明らかにしていくことになるが、重要なポイントとしては、SAM 膜は基板表面の疎水化に寄与するだけでなく、誘電体として分極を引き起こし上部に堆積させた材料の電荷分布に影響を与えることであり、それが半導体の場合には電界効果に大きな作用を及ぼすことである。このような知見は、半導体デバイスの高機能化において機能表面の役割が非常に有用であることを示唆する。後者では、CNT-FET において電気伝導型の制御が依然として課題として残っている中で、CNT の特徴的構造と帯電したポリマーとを活用することで、伝導極性の連続的変換に成功した。これまでの研究では、CNT の周囲環境に敏感な性質を利用する伝導型変換技術が報告されているが、変換メカニズムに関しては未解明な点が多く残っていた。今回取り組んだのは、特に PVA と CNT 界面への電荷蓄積に着目し、キャパシタ特性を調べることで PVA 中の正電荷が CNT の電子物性を p 型から両極性へ変換させることを見出したことである。ここで得た知見を発展させ、さらに PVA 中にアンモニウムイオンを添加することで、CNT-FET の挙動が両極性から単極性の n 型伝導へと変換することに成功した。このような伝導型変換のメカニズムは、PVA 中の正電荷の量が大きく、CNT とアンモニア分子との弱い相互作用のために PVA 分子からの電荷移動ではなく、静電ドーピングであると考えられる。これらの結果は、物性制御の観点でも材料表面の機能化が重要であり、CNT-FET の伝導型制御においては帯電したポリマー塗布により実現できることを示すだけでなく、ポリマーを用いた FET 特性の制御はオールカーボン材料による柔軟かつ透明な pn 相補回路の可能性につながる成果と期待できる。

また、テーマ内連携として取り組んできたアノードエッチングで形成した GaAs ナノワイヤの薄膜デバイス応用については、転位などの結晶欠陥に基づく大きな界面準位密度によって絶縁の挙動を示すことが分かってきており、これを低減させる方法として逆電解処理法を試みたところ、未処理のナノワイヤと比較して、大幅な特性改善が見られたことを報告した。具体的には、アノードエッチングにより GaAs ナノワイヤを形成した後、印加電圧極性を逆にしたサンプルとそうでないサンプルとを準備して、この処理法の有効性について比較するため、ランダムネットワーク薄膜を親水・疎水パターンを用いた塗布プロセスにより形成し電極を堆積させて TFT 構造とし、IV 特性を評価したところ、100 倍以上の特性向上に成功した。TFT の性能としては依然として不十分であるが、電気化学的プロセスにて形成される無機ナノ構造材料の電気的特性を向上させるポストエッチング処理法の一つとして十分検討に値する成果と言える。アノードエッチングにより、元々のバルク GaAs が有する特性が劣化することは避けられないが、他の塗布用途として使用される半導体材料と比較すると高い移動度を有しており、構造形成による特性劣化は現時点では大きな問題にならないと考えている。構造形成に起因する特異性 (量子効果など) が観測されればさらなる可能性が広がるが、少なくとも、現段階において、構造形成をすることによるプロセスの選択性が広がるため (構造形成前のバルク状態では塗布工程が使えない)、本手法は確実にメリットが有り、バルク基板では不可能な、微細構造形成によるプラスチック基板上へのデバイス形成など、多方面への発展の可能性が十分に考えられる。

## 1.2. 微細構造を有する高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルの開発 Development of Tribomaterials using Polymer Matrix Composites with Microstructure

西谷 要介, 小林 元康  
Yosuke NISHITANI, Motoyasu KOBAYASHI

**Keywords :** Tribomaterials, Polymer, Composites, Microstructure, Polymer Brushes, Soft Interface, Biomimetics, Water Lubrication

### 1. 緒言

高分子および高分子系複合材料の摩擦・摩耗特性を制御することを目的し、微細構造を有する高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルの開発を次に示す2つのテーマを中心に検討している。第一のテーマとしては、低摩擦・耐摩耗性などの表面機能であるトライボロジー特性に優れ、かつ他物性とも高度にバランスのとれた高分子系トライボマテリアルの開発を目的とし、ナノ・マイクロスケールの微細構造を有する高分子系複合材料の設計技術を構築し、それらを用いた高性能な高分子系トライボマテリアルを開発する。具体的には(1)材料設計による手法、(2)成形加工による手法、および(3)表面構造付与による手法の3つの事項を中心に検討する。一方、第二のテーマとしては、親水性高分子電解質をブラシ状にグラフトした薄膜を材料表面に付与し、水中において低摩擦性を示す表面の設計を試みる。このような材料バルクの有機無機複合化を主題とする第一のテーマと、最表面での高分子複合化を目的とした第二のテーマを同時に検討する。これにより高分子材料の表面機能に関する技術を構築でき、ナノメートルオーダーの微細構造を有する高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルの開発に大きく寄与すると期待され、5年目の今年度も引き続き2つのテーマを並行して検討した結果を以下に報告する。

### 2. 高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルの開発

#### 2.1 開発コンセプト

微細構造を有する高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルを開発するために、(1)材料設計、(2)成形加工、および(3)表面構造付与による3つの手法を用いた。具体的には、(1)材料設計による手法、(2)成形加工による手法、(3)表面構造付与による手法の3つの事項を中心に検討する。

的には、(1)材料設計による手法としては、各種フィラーや繊維などの複合化、また異種高分子を組み合わせるポリマーブレンド化、さらにはそれら複合化とポリマーブレンド化を組合わせた多成分系複合化を中心に、樹脂とフィラー間の界面接着性や複合材料中の分散状態を変化させるためのフィラー表面処理技術も組み合わせることで開発を行った。(2)成形加工による手法としては、複合化やポリマーブレンド化における熔融混練時の成形条件(温度、速度など)の検討はもちろんのこと、熔融混練における材料投入手順や熔融混練に使用する二軸押出機のスクリュ形状を検討することで、材料内部構造を制御して、トライボロジー的性質をはじめとした各種物性の高性能化を検討した。(3)表面構造付与による手法としては、フェムト秒レーザーやナノインプリントを用いて材料表面にナノ・マイクロスケールの構造を付与する方法や、表面構造を付与した各種高分子材料のトライボロジー特性などを評価した。これらの開発コンセプトを図1に示す。

#### 2.2 材料設計による手法

材料設計による手法としては、複合化とポリマーブレンド化を組合わせた多成分系複合材料を中心に検討を行った。まずはサブミクロンオーダー(0.15 μm)のコロイド(沈降性)炭酸カルシウム(CaCO<sub>3</sub>)をフィラーとし、ポリアミド6(PA6)とポリプロピレン(PP)のポリマーブレンドをベースとした多成分系複合材料(PA6/PP/CaCO<sub>3</sub>)の構造と物性、特にトライボロジー特性に及ぼすCaCO<sub>3</sub>の表面処理の影響を検討した。図2に各種表面処理を施したCaCO<sub>3</sub>を5vol.%充填したPA6/PP/CaCO<sub>3</sub>複合材料のトライボロジー特性を示す。ただし、(a)図は摩擦係数および(b)図は比摩耗量と

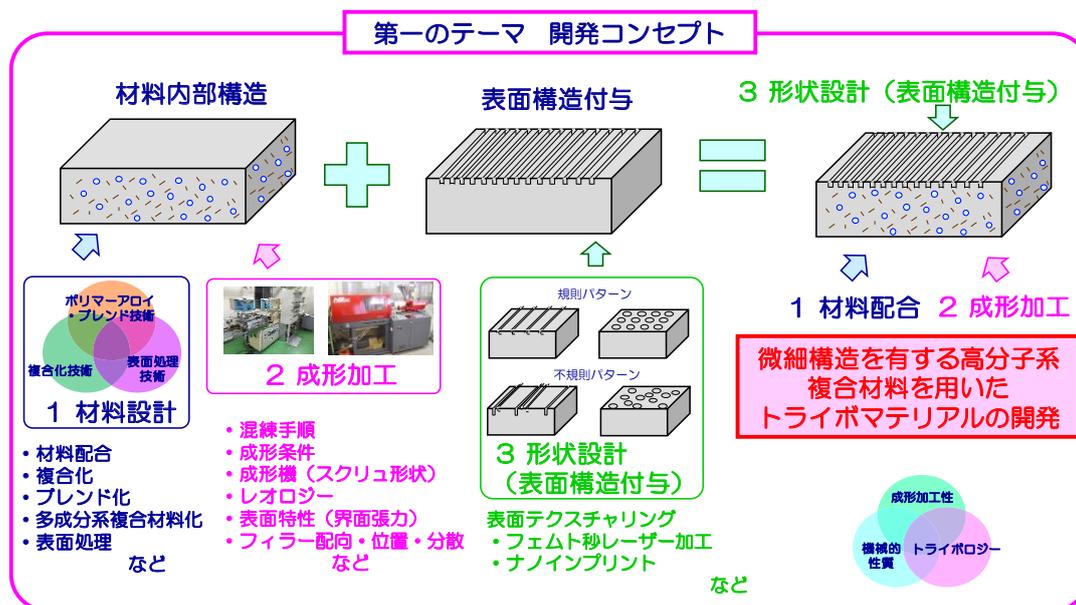


Fig.1 Development concept of tribomaterials using polymer composites with microstructure.

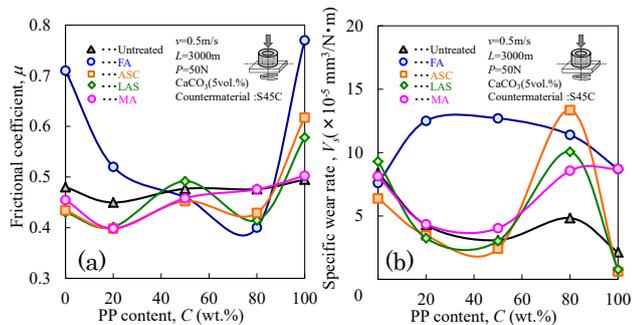


Fig.2 Tribological properties of various surface treated  $\text{CaCO}_3$  filled PA6/PP composites. (a) Frictional coefficient and (b) Specific wear rate.

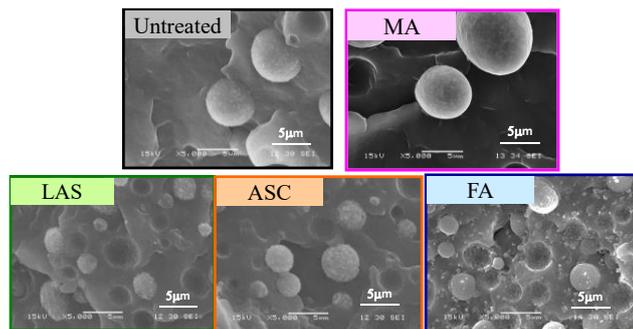


Fig.3 SEM photographs of fracture surface for various surface treated  $\text{CaCO}_3$  filled PA6/PP (=20/80) composites

ブレンド比率 (PP 添加量) の関係であり,  $\text{CaCO}_3$  の表面処理としては, 未処理 (Untreated), マレイン酸 (MA), 脂肪酸処理 (FA), アルキルベンゼンスルホン酸 (LAS) およびアミノシラン (ASC) の計 5 種類を用いたものである。摩擦係数および比摩耗量ともに, ブレンド比率および表面処理の違いにより異なる挙動を示し, 成分比ごとに最適な表面処理を選択しなければならないことが示唆される。これは, 材料配合の違いにより材料内部構造が変化し, それに伴い強度をはじめとしたバルクな材料物性も一緒に変化するためと考えられる。この材料内部構造の違いを確認するために, PA6/PP/ $\text{CaCO}_3$  複合材料の破断面を SEM 観察した結果を図 3 に示す。ただし, PA6/PP = 20/80 であり, PA6 が分散相 (島), PP がマトリックス相 (海) となる。表面処理の違いにより PA6 分散相の粒径が異なること, また  $\text{CaCO}_3$  の分散状態が大きく変化し, 分散場所も表面処理の種類により大きく異なることがわかる。したがって, 表面処理の違いにより, ブレンド相の大きさだけでなく, フィラーの分散状態や存在場所も変化することで, 多成分系高分子材料のトライボロジー的性質をはじめとした各種物性を制御できることが示唆される。次に, 更なる高性能化を目指し, 同 PA6/PP/ $\text{CaCO}_3$  複合材料の各種物性に及ぼすコロイド  $\text{CaCO}_3$  の粒径の影響も検討し, その代表例として, 図 4 にトライボロジー的性質に及ぼす  $\text{CaCO}_3$  粒径の影響を示す。ただし, 用いた  $\text{CaCO}_3$  は脂肪酸処理を施した平均粒径が 40 nm (40FA), 80 nm (80FA) および 150nm (150FA) の 3 種類である。基本的には, 摩擦係数および比摩耗量とも粒径が小さくなるほど改善する傾向を示す。ただし, 比摩耗量においては, 40 nm よりも 80 nm の方がより改善効果が高く, 粒径の違いにより摩擦摩耗のメカニズムが異なり, 使用用途によっては適切な粒径を選択しなければならないことがわかる。

なお, カーボンナノチューブ (CNT) 充填系の多成分系複合材料においても, ポリマーブレンド材の種類や表面処理の種類が及ぼす影響などを検討した。この結果については, 次節の成形加工による手法で述べるので, ここでは省略する。

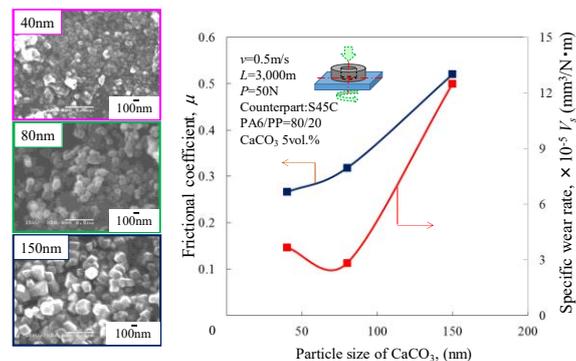


Fig.4 Influence of particle size of nanosized  $\text{CaCO}_3$  on the tribological properties of PA/PP/ $\text{CaCO}_3$  composites. And SEM photographs of three types of nano-sized  $\text{CaCO}_3$ .

また, 工業的に多用されている炭素繊維 (CF) 強化熱可塑性樹脂系複合材料 (CFRTP) の更なる高性能化のため, CF の表面処理が高分子複合材料のトライボロジー特性に及ぼす影響も検討した。代表例として, 無水マレイン酸 (MAH) 処理 CF 強化 PA6 複合材料のトライボロジー的性質を図 5 に示す。摩擦係数および比摩耗量ともに MAH 処理により大きく低下し, かつ繊維充填量の増加に伴い低下する傾向を示す。これは, 図 6 (各種 CF/PA6 複合材料の破断面の SEM 観察結果) に示す通り繊維表面処理の有無による CF と PA6 間の界面接着性が変化するため, それによってバルクの機械的性質も改善されるため耐荷重能が変化するため, またすべり摩耗時における CF の脱落性が変化するためと考えられる。なお, この他にも, 麻繊維強化系<sup>1)</sup>などの他の複合材料においても表面処理効果を検討し, その効果を明らかにした。

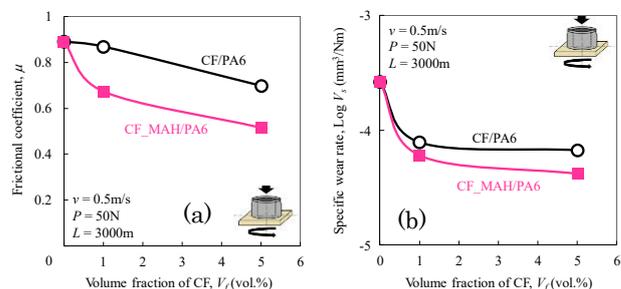


Fig.5 Tribological properties of maleic anhydride treated CF/PA6 composites. (a) Frictional coefficient and (b) Specific wear rate.

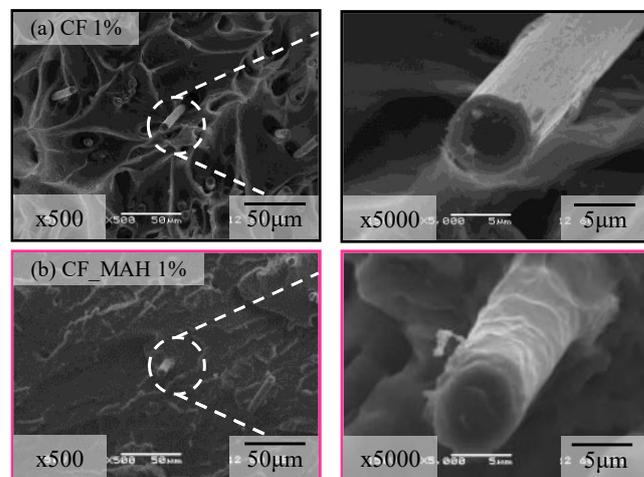


Fig.6 SEM photographs of fracture surface of various CF/PA6 composites. (a) Untreated CF and (b) MAH treated CF.

### 2.3 成形加工による手法

成形加工による手法としては、二軸押出機を用いた熔融混練における材料投入手順が及ぼす影響や、使用する二軸押出機のスクリュ形状変更(スクリュパターンの最適化)による混練力の違いが及ぼす影響を検討した。前者の熔融混練における材料投入手順が及ぼす影響として、PA6をマトリックス樹脂とし、マレイン酸変性スチレン-エチレン/ブチレン-スチレン・ブロックコポリマー(SEBS-g-MA)をブレンド材とし、フィラーに多層カーボンナノチューブ(CNT)の一種である気相成長炭素繊維(VGCF,  $d = 150 \text{ nm}$ ,  $L = 10 \mu\text{m}$ )を用いた多成分系複合材料(VGCF/PA6/SEBS-g-MA)を例にとり、二軸押出機による熔融混練時の材料投入手順(図7)が各種物性に及ぼす影響を検討したものである。材料投入手順としては4種類の方法を用い、A法はVGCF, PA6およびSEBS-g-MAを1段階で同時に混練する方法である。B法~D法は2段階調整法であり、B法はPA6とVGCFを混練してVGCF/PA6を調整した後にSEBS-g-MAを添加する方法、またC法はPA6/SEBS-g-MAを調整した後にVGCFを充填する方法、さらにD法はVGCF/SEBS-g-MAを調整した後にPA6を投入する方法である。これらの成形法の概略図を図7に示す。これらの材料投入手順がトライボロジー特性に及ぼす影響を検討した結果を図8に示す。ただし、(a)図は摩擦係数および(b)図は比摩耗量とVGCF充填量の関係である。摩擦係数はVGCF充填量の増加に伴い材料投入手順の影響が現れてくるものの、あまり大きな変化は認められないものの、比摩耗量については材料投入手順の影響が顕著に現れている。特に、比摩耗量が向上するのはVGCF充填後に2回混練したプロセス(B法, D法)であり、これは混練回数(時間)の増加により、VGCF繊維長は短くなるものの、VGCFの凝集体が少なくなり、材料内部でのVGCF分散性が良好になるためである。これらのメカニズムを解明するため、繊維長や分散性などをSEM観察などにより明らかにしたが、スペースの都合上、省略する。

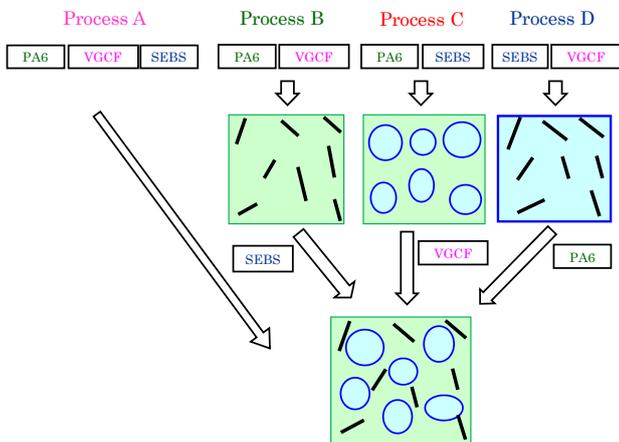


Fig.7 Schematic diagram of four kinds of processing method for VGCF/PA6/TPE composites.

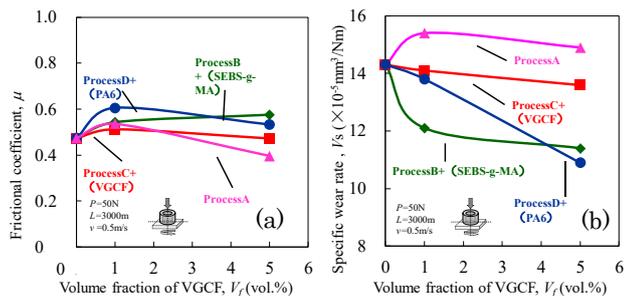


Fig.8 Influence of volume fraction of fiber on the various tribological properties of VGCF/PA6/TPE composites. (a)Frictional coefficient and (b) Specific wear rate

一方、熔融混練時に使用する二軸押出機のスクリュ形状の違いが多成分系複合材料のトライボロジー的性質をはじめとした各種物性に及ぼす影響については、PA6をVGCF-X(VGCFの1種,  $d = 150 \text{ nm}$ ,  $L = 10 \mu\text{m}$ )で強化したVGCF-X/PA6複合材料に、異なる2種類のブレンド材として、未変性のスチレン-エチレン/ブチレン-スチレンコポリマー(SEBS)とマレイン酸変性させたSEBS(SEBS-g-MA)を使用した。図9(a)に3成分系複合材料のSEM写真の一例を、図9(b)にその模式図を示す。ただし、SEBS分散相の形状を明確にするために、トルエンによりエッチングしたものである。本検討で用いたPA6とSEBS(もしくはSEBS-g-MA)の配合比は80/20(wt.%)であり、PA6を分散媒(海)にSEBSを分散相(島)となる海島構造を示す。このSEBS分散相の粒径 $d_{SEBS}$ を横軸に、リングオンプレート型すべり摩耗試験( $P = 50 \text{ N}$ ,  $v = 0.5 \text{ m/s}$ , および $L = 3,000 \text{ m}$ )によって求めた比摩耗量を図10に示す。SEBS添加系およびSEBS-g-MA添加系ともに、スクリュ形状の違いによる $d_{SEBS}$ には違いはなく、 $d_{SEBS}$ はブレンド材の種類によって異なること、また、従来形状(sc1)に比べてスクリュパターン変更後形状(sc2: 専用のCAEソフトを用いて、二軸押出機内の材料充満量、トルクや対流時間を最適化した形状)を用いることで比摩耗量は大きく改善されることがわかる。特にブレンド材をSEBSからSEBS-g-MAに変更した場合、従来形状sc1では $d_{SEBS}$ が小さくなると $V_s$ は高くなるのに対し、逆にsc2では $d_{SEBS}$ が小さくても $V_s$ は低い値を示すように、ブレンド材の種類によって異なる挙動を示す。一般に、海島構造を有するポリマーブレンド材の摩耗特性において分散相の粒径には最適値が存在し、 $1 \mu\text{m}$ 以下になると急激に摩耗特性が低下することが知られている<sup>2)</sup>。しかしながら、本検討においては、一般的な傾向とは異なる傾向を示すことから、分散相形状以外の影響が強く現れていることが示唆される。図11に3成分系複合材料(VGCF-X/PA6/SEBS-g-MA)の破断面SEM写真(x20,000)スクリュパターン変更後形状(sc2)である。ただし、図9と同様に、SEBS分散相はトルエンによりエッチングしたものである。sc1(図9(a))で

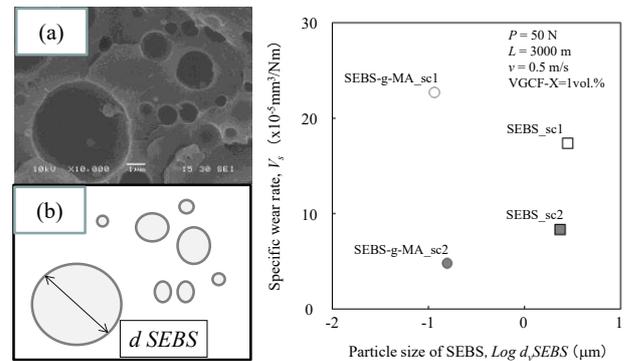


Fig.9 SEM photographs of VGCF-X/PA6/SEBS systems and its schematic diagram.

Fig.10 Specific wear rate vs. size of dispersed SEBS particles of ternary nanocomposites.

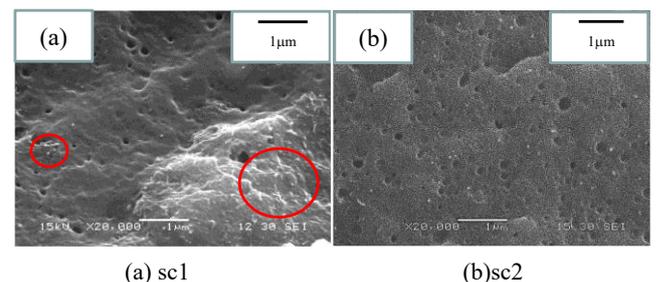


Fig.11 SEM photographs of fracture surface for various ternary nanocomposites (VGCF-X/PA6/SEBS-g-MA).

は PA6 マトリックス樹脂相(海)中に分散している VGCF-X の一部に凝集体(図 9 中の○囲み部)が観察されるのに対し, sc2 (図 3(b)) では VGCF-X の凝集体は観察されずに PA6 中に良分散していることがわかる。つまりスクリュ形状の変更により SEBS 分散相には大きな影響を与えずに VGCF-X の分散状態を変化させることが可能であり, その分散性により比摩耗量などの摩耗特性を大きく改善できることがわかる。

これらの検討結果から, 熔融混練時の材料投入手順や熔融混練に使用する二軸押出機のスクリュ形状を工夫することなどの成形加工の手法を, 従来の材料設計の手法と組み合わせることで, 同じ材料であっても, 材料内部の微細構造を制御することが可能であり, 更なる高性能化が可能であることがわかる。

## 2. 4 表面構造付与による手法

表面構造付与による手法としては, フェムト秒レーザおよびナノインプリントを用いた加工法によりナノ・マイクロスケールの微細構造を高分子材料に付与する方法を検討するとともに, 得られたナノ・マイクロスケールの微細構造を付与された各種高分子材料のトライボロジー特性などを実験的に検討した。

フェムト秒レーザを用いた加工としては, 高分子トライボマテリアルの代表的な材料であるポリテトラフルオロエチレン (PTFE) について, フェムト秒レーザを用いた表面微細加工に及ぼす加工条件の影響, およびそれら微細加工を施した PTFE の摩擦特性について実験的に検討した。本研究で使用した材料は市販の PTFE シート (フロン工業株式会社, F-8035-04) である。材料の微細加工はレーザ波長 800 nm, パルス幅 190 fs および繰り返し周波数 1 KHz のフェムト秒レーザ (サイバーレーザ株式会社, IFRIT) を用いて溝形状の微細加工を施した。図 12 にフェムト秒レーザによる各レーザ出力の PTFE の溝深さとレーザの送り速度の関係を示す。レーザ速度が遅くなるに従い, 溝深さが深くなるものの, レーザ速度が速い領域では溝深さが一定の値に収束する。また, 溝深さはレーザ出力による依存性も確認でき, レーザ出力が大きくなるにつれて溝深さは深くなる傾向を示す。図 13 に各レーザ速度による微細加工後の SEM 写真(x1,000)を示す。レーザ速度が速くなるにつれて溝の深さが浅くなるとともに, 不連続な形状を示すことがわかる。これらの結果から, レーザ加工条件によって, マイクロ溝形状が異なるため, 任意の形状を表面に付与するためには, 各種加工パラメータ (レーザ出力, レーザ速度, レーザスポット径など) を最適化する必要があることがわかる。

そこで, 現有装置におけるマイクロ溝加工の微細化について, 加工パラメータの最適化を検討した結果, レーザ出力を 0.001 W, レーザ速度を 15 mm/min, およびスポット径を 1.7  $\mu\text{m}$  に変更することで, 図 14(a)に示すような幅 10.1  $\mu\text{m}$  および深さ 6.8  $\mu\text{m}$  のマイクロ溝形状を加工することが可能となった。この微細加工条件を用いて, 図 15 に示すように溝と溝のピッチ間隔を 20, 50 および 100  $\mu\text{m}$  と変更した微細構造を PTFE 表面に加工し, これらの摩擦特性を往復動型すべり摩耗試験機により評価した。ただし, 油潤滑下 (5ml のシリコンオイル中に試験片および相手材を浸漬), 相手材としては SUJ2 ボール( $\phi$  2.5mm)を用いて評価したものである。図 16 に表面微細構造を付与した PTFE の摩擦特性に及ぼす溝間隔の影響を示す。溝間隔が 20 mm および 50 mm では, 未加工 PTFE よりも高い摩擦係数を示すのに対し, 溝間隔 100 mm では低い摩擦係数を示す。したがって, PTFE 表面にフェムト秒レーザを用いてマイクロ溝を付与することにより, 摩擦特性を制御できることがわかる。なお, これらの微細構造付与について, 他の高分子材料, 具体的にはポ

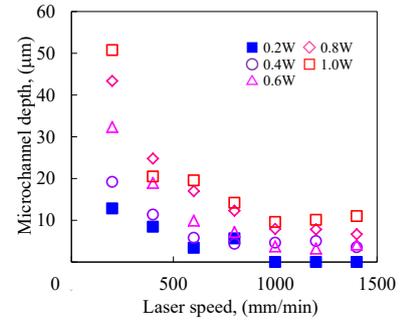


Fig.12 Relationship between the microchannel depth of PTFE and the laser speed

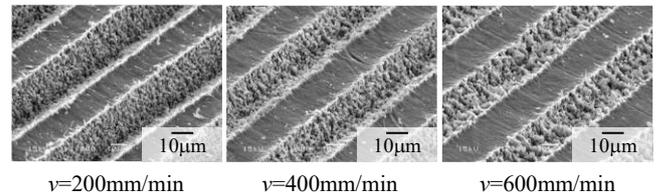


Fig.13 SEM photographs of surface microchannel on the PTFE at various laser speed (x1,000)

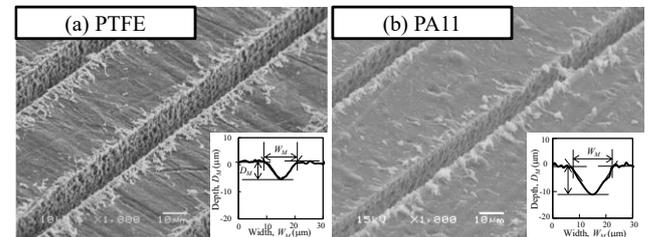


Fig. 14 SEM photographs of surface microchannel on the polymeric materials by Fs laser: (a) PTFE and (b) PA11.

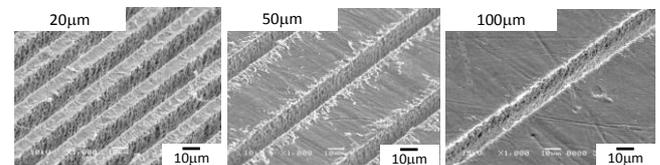


Fig.15 SEM photographs of surface microchannel on the PTFE at various pitch distance.

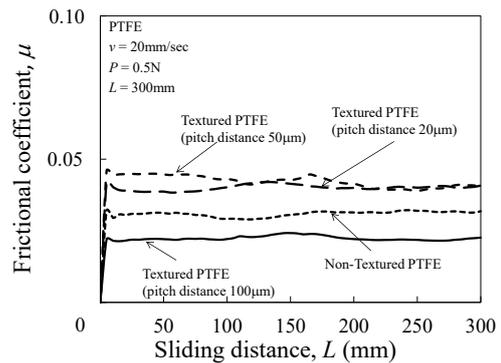


Fig.16  $\mu$ -L curves of various pitch distance of micro-structured PTFE against SUJ2.

リアセタル (POM), 植物由来ポリアミド 11 (PA11) や植物由来ポリアミド 1010 (PA1010), さらにはそれらをベースにした複合材料などへの検討も行い, 材料の種類によって付与されるマイクロ溝の形状 (幅, 深さ) などが異なることなどを確認した。その代表例として, 図 14(b)に PA11 表面に前述と同条件にてマイクロ溝加工を施した加工例を示す。PA11 では幅 12.0  $\mu\text{m}$ , 深さ 9.9  $\mu\text{m}$  であり, 前述の PTFE とは異なることがわかる。これは分子構造に起因するレーザ吸収性などの材料物性が異なるためと考えられる。図 17 に

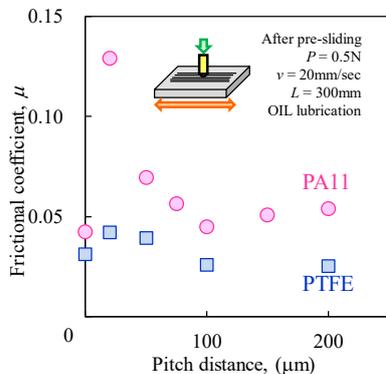


Fig. 17 Influence of pitch distance on the frictional coefficient of PTFE and PA11 against SUJ2 ball.

PTFE および PA11 の摩擦係数とピッチ間隔の関係を示す。ただし、図 17 の摩擦係数は図 16 と同条件で実施したすべり摩擦試験における定常状態の平均摩擦係数を用いたものである。ピッチ間隔により摩擦係数は大きく変化し、特に PA11 のピッチ間隔が小さい領域では極端に高い摩擦係数を示すことがわかる。なお、試験後の摩擦面や相手材表面などを SEM 観察することで、これらの摩擦メカニズムの違いについても検討した。

次に、金属 (SUS304) 表面に微細構造を付与させ、それらに対する高分子材料 (PTFE や PA11 など) のしゅう動特性を評価した結果を報告する。SUS304 表面への微細構造は幅 3 mm×長さ 25 mm の範囲に、フェムト秒レーザーを用いて、レーザー波長 800 nm, パルス幅 190 fs, 繰り返し周波数 1 kHz, レーザ出力 1.0 W, レーザ送り速度 600 mm/min, 焦点距離 46.0 mm およびピッチ間隔は 100 μm の加工条件とし、図 18 に示す周期的な構造を有するサブミクロンスケールの微細構造を付与した。ただし、微細構造を形成するためのレーザー走査方向は、異なる 2 方向: しゅう動方向 (長手方向) と平行方向の構造 (MD: Machine Direction) およびしゅう動方向と直行方向の構造 (TD: Transverse Direction) を用いて加工し、それらと表面未加工 SUS304 との比較評価を実施した。図 19 に PTFE の往復動式ボールオンプレート型すべり摩擦試験結果である各種微細構造を施した SUS304 に対する PTFE の摩擦係数とすべり距離の関係を示す。摩擦係数とすべり距離の関係は微細加工有無および微細加工の向きにより異なり、特に摩擦係数が定常状態となるすべり距離  $L = 15 \sim 20$  m 間における摩擦係数の平均値から (平均) 摩擦係数  $\mu$  を求めた結果、微細構造付与およびその方向性により PTFE の  $\mu$  は異なり、未加工  $> TD > MD$  の順に  $\mu$  は低くなる。つまり、微細構造はしゅう動方向と同一の平行方向 (MD) の方が、しゅう動方向と直角方向 (TD) よりも、低摩擦化できることがわかる。これらについては試験後の SUS304 表面上に付着する樹脂の移着の仕方が異なることを SEM 観察等により確認している。なお、PTFE 以外の他の樹脂 (PA11 や PA1010 など) に対しても検討を行い、その摩擦特性やメカニズムなどの検討を行った。

一方、フェムト秒レーザー加工以外の高分子材料に対する微細構造付与方法として、ナノインプリントによる微細構造も検討した。材料は転写性能に優れたシクロオレフィンポリマー (COP) フィルム (厚み 188 μm) を用い、熱ナノインプリント法 (NIL) を用いて、マイクロ溝加工 (幅: 200 nm, 深さ: 200 nm, ピッチ間隔: 400 nm) したものを評価用試料とした。図 20(a)にその微細加工を付与した COP の表面 SEM 像を示す。図 21 にこのナノインプリントによって微細加工を付与した COP の往復動式ボールオンプレート型すべり摩擦試験結果 ( $P = 0.5$  N,  $v = 20$  mm/sec,  $L = 80$  mm (片道 4 mm × 10 往復), 油潤滑下, 相手材: SUJ2 球 ( $\phi 2.5$ mm))

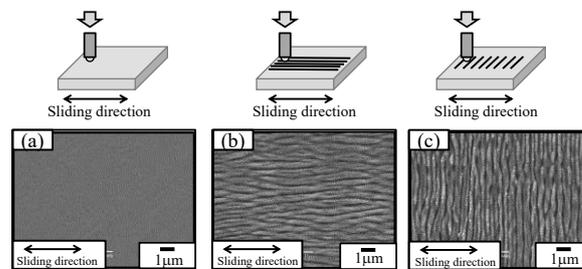


Fig.18 The schematic diagram and SEM photographs of relationship between sliding direction and micro-structures: (a) Non-textured, (b) Textured (MD), and (c) Textured (TD).

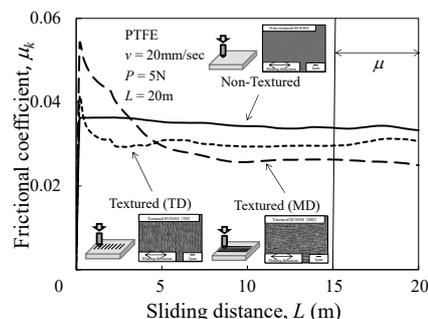


Fig.19  $\mu$ L curves of PTFE against various micro-structured SUS304.

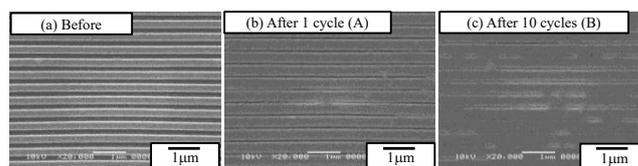


Fig.20 SEM photographs of surface microchannel of COP fabricated by nanoimprint: (a) before, (b) after sliding wear test (1 cycle), and (c) after sliding test (10 cycles).

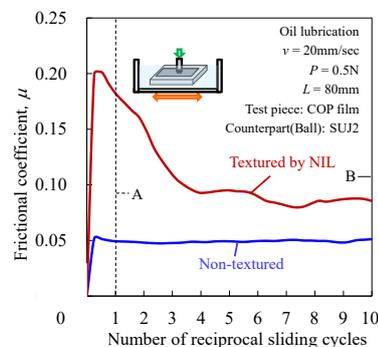


Fig.21  $\mu$ L curves of surface microchannel of COP fabricated by nanoimprint against SUJ2 ball.

を示す。表面未加工 COP の  $\mu$  ではしゅう動初期に 0.05 まで立ち上がった後、すぐに定常状態を示すのに対し、ナノインプリント加工 COP では初期に 0.2 まで急激に上昇した後、緩やかに低下し、 $L =$  約 32 mm (4 往復後) 程度で  $\mu = 0.09$  程度の定常状態に移行する。なお、最も高い  $\mu$  を示すのは、最初の  $L = 4$  mm (0.5 往復後) であり、往復後から  $\mu$  は低下するものである。図 20(b)および(c)にナノインプリント COP のすべり摩擦試験後の摩擦面を SEM 観察した結果を示す。ただし、図 20(b)は  $L = 8$  mm (1 往復後、図 21 中の A)、および図 21(c)は  $L = 80$  mm (10 往復後、図 21 中の B) の SEM 像である。Fig.6(b)の 1 往復後においてすでに凸部がつぶれて凹部が狭まっており、また Fig.6(c)に示す 10 往復後においては凹部がほぼ消滅している。つまり、ナノインプリントによる微細構造付与により材料表面の変形状態が変化するため、摩擦特性に差異が現れたものと考えられる。

以上の検討結果から、フェムト秒レーザーおよびナノインプリントを用いて高分子材料表面にナノ・マイクロスケールの微細構造を付与する加工法、および得られたナノ・マイクロスケールの微細構造を付与された高分子材料の摩擦特性を明らかにするとともに、高分子の摩擦特性を制御できる可能性があることがわかる。

### 3. 高分子ブラシ薄膜による表面複合化

#### 3.1 高分子ブラシと摩擦

材料表面にポリマーを固定化（グラフト）し、対応する良溶媒中で摺動すると良好な潤滑膜が形成され動摩擦係数が低下することが古くから知られている。このように高分子鎖の一端が表面に物理的または化学的に固定化された分子集合体をポリマーブラシといい、 $1 \text{ nm}^2$  当たり固定化されているポリマーの本数をグラフト密度という。特に、最近の精密重合技術の発展に伴い、比較的均一で、従来法では実現できなかったほど高い密度でポリマーを材料表面に固定化できるようになり、その摩擦特性が注目されている。例えば、オイル、エタノール、トルエン、ヘキサデカン中における親油性ポリマーブラシ<sup>(3)</sup>や PMMA ブラシ<sup>(4)</sup>による摩擦低減効果が報告されている。一般に、対向するブラシ鎖同士を良溶媒中で摺動させた場合、ブラシ鎖間の相互作用が溶媒和により低減するとともに溶媒の流動性が保たれることで、滑り運動が生じたときにせん断抵抗が小さく、ブラシ鎖界面で良好な潤滑が生じると考えられている<sup>(5)</sup>。また、グラフト密度が高い場合には、グラフト高分子鎖の立体障害により分子鎖は平面方向に広がることができず、垂直方向に伸長した分子形態をとる。ここに良溶媒が浸入するとポリマーとの混合エントロピーの変化に起因する浸透圧が発生しブラシが膨潤する。これは高分子濃厚溶液状態に相当し、浸透圧は数〜数十 MPa に達するため、垂直荷重に対して高い反発力を生み、摩擦面同士の接触を抑制し摩擦力を低下させる。以上のような理由によりポリマーブラシと良溶媒を組み合わせることによって優れた潤滑特性を与えることから、新たなトライボ表面として期待されている<sup>(6)</sup>。

そこで、本プロジェクトではポリマーブラシによる低摩擦化の応用範囲をさらに拡張するため、(1) 金属表面への親油性ブラシの付与、(2) ゲル表面への親水性ブラシの付与、(3) 微細リンクル構造表面とポリマーブラシとの組み合わせ、(4) ポリマーグラフト化微粒子による摩擦低減化、の4つの課題について検討した(Fig. 22)。以下にそれぞれの目的と成果について解説する。

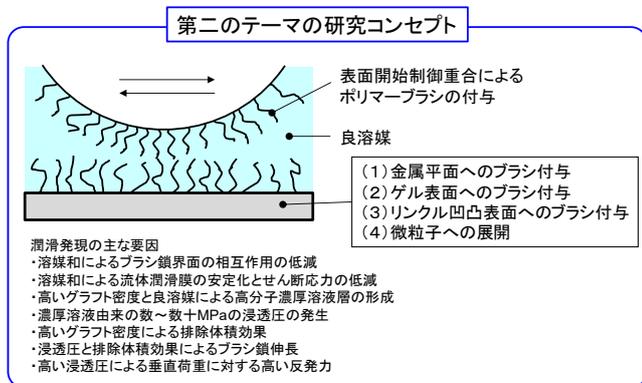


Fig. 22 Development concept of low-friction surfaces by high-density polymer brushes combined with a good solvent

#### 3.2 親油性高分子ブラシの調製とトライボロジー

ポリマーブラシを調製するには高分子合成の中でも比較的高度な制御重合法の技術を必要とする。本研究ではまず始めに機械摺動部材として広く用いられている金属平面表面にポリマーブラシ薄膜を調製する方法を確立し、良溶媒中における動摩擦係数の低減効果を検討した。

表面開始剤となる 11-(2-bromoisobutyloxy)undecyl phosphonic acid (**1**)を合成し、これを真空紫外光により親水化したステンレス(SUS304)基板表面に溶液法を用いて固定化した。これを重合開始点として  $\text{FeBr}_2$  を触媒として hexyl methacrylate (HexMA)を表面開始原子移動ラジカル重合(SI-ATRP)することで poly(HexMA)ブラシを調製した(Fig. 23)。直径 10 mm のステンレス球を摩擦圧子とし、垂直荷重 0.49 N 条件下で大気中およびトルエン中における動摩擦係数を直線摺動型摩擦試験器(新東科学製 Tribostation Type32)により測定した。なお、ボール圧子の表面にも基板と同様の poly(HexMA)ブラシを付与した。

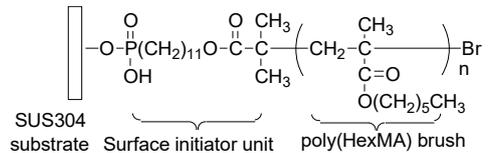


Fig. 23 Chemical structure of poly(HexMA) brush on SUS304 substrate

金属との相互作用が強いリン酸基を有する **1** を SUS 基板表面に固定化し、SI-ATRP により数平均分子量  $M_n = 850000$ 、膜厚 33 nm の poly(HexMA)ブラシ薄膜が SUS 基板表面に得られた。poly(HexMA)に対して良溶媒であるトルエン中にこのブラシ基板を浸漬し、動摩擦係数( $\mu$ )を測定した(Fig. 24)。Hertz 接触仮定から求められる面圧は 236 MPa という高い値でありながら、幅広い摩擦速度範囲  $10^{-4} \sim 10^{-1} \text{ m s}^{-1}$  において極めて低い  $\mu < 0.02$  を示した(Fig. 24a)。一方、未処理の SUS 基板の  $\mu$  は 0.18 以上の値を示した(Fig. 24b)ことから、ポリマーブラシ薄膜による摩擦低減効果は明らかである。また、摩擦速度とともに  $\mu$  が低下し 0.01 以下にまで達していることから、ブラシが安定な流体潤滑膜の形成を促し境界潤滑から流体潤滑へと潤滑機構が移行していると考えられる。さらに、良溶媒中のポリマー鎖は溶媒分子との親和性が高いため相対的に摩擦プローブとの相互作用が弱くなり摩擦係数が小さくなったと考えられる。

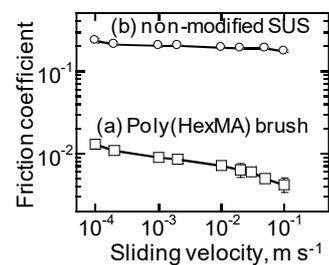


Fig. 24 Sliding velocity dependence of the friction coefficient of (a) poly(HexMA)brush on stainless steel plate in toluene by sliding a SUS304 ball with the poly(HexMA) brush and (b) non-modified SUS304 plate in toluene by sliding a SUS304 ball over a distance 10-30 mm at sliding velocity of  $10^{-4} \sim 10^{-1} \text{ m s}^{-1}$  under a load of 0.49 N at 295 K.

一方、水中においてブラシ基板の  $\mu$  は 0.15 以上の値を示した。水は poly(HexMA)に対して貧溶媒であるため poly(HexMA)は溶媒分子との接触面積を小さくしようとするため相対的に摩擦プローブであるステンレス球と相互作用が強くなり、 $\mu$  が大きくなったと考えられる。

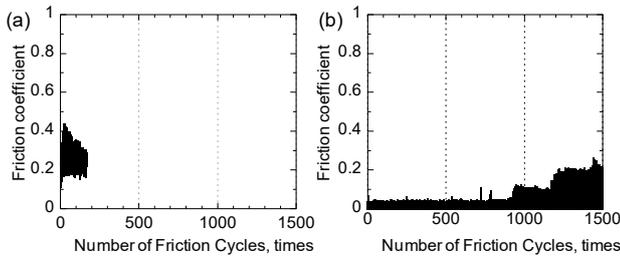


Fig. 25. Number of friction cycles of friction coefficient on of (a) non-modified SUS304 plate in toluene by sliding a SUS304 ball and (b) poly(HexMA) brush on SUS304 plate in toluene by sliding a SUS304 ball bearing the poly(HexMA) brush over a distance 30 mm at sliding velocity of  $2.0 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-1}$  under a load of 0.49 N at 295 K.

耐摩耗性を評価するために Poly(HexMA)ブラシのくり返し摩擦評価を行った。荷重 0.49 N, 振幅 30 mm, 走査速度  $2.0 \times 10^{-3} \text{ ms}^{-1}$  の条件で可動ステージの直線往復摩擦を行った (Fig. 25)。未処理の SUS304 基板の摩擦係数は摩擦初期に 0.2~0.4 の高い値を示し、摩擦回数とともに 0.3 に収束する傾向が認められた。これは初期段階で摩耗が発生し、摩耗痕が形成されると摩擦軌道が生成することで摩擦係数が一定の値になったと考えられる。一方、ブラシ基板では約 900 往復に至るまで摩擦係数は 0.05 以下を維持し、それ以後は上昇した。繰り返し摩擦により poly(HexMA)ブラシ薄膜の摩耗が進行し、ブラシ層が消失したときに摩擦係数が増大したと考えられる。

ブラシ薄膜の耐摩耗性を向上させるには化学的に分子内に架橋構造を導入する方法や、マイクロメートルオーダーの微細構造体にブラシを固定化するなどの工夫を施す必要がある。そこで次に、架橋構造を有するゲルにブラシを付与する検討を行った。

### 3. 3 ゲル表面への高分子電解質ブラシの付与

親水性表面が湿潤条件下で示す低摩擦および潤滑は、関節の軟骨表面や眼球の表面など身体の中でも見受けられるため、関心の高い研究対象である。例えば膝や指の関節などの摩擦係数は 0.0001~0.03 であるが、これらは水の存在だけで達成されたわけではない<sup>(7)</sup>。水それ自体は粘性が低く、境界潤滑膜を形成できないため、生体はボトルブラシのような構造を有する糖タンパクを水に溶解させることで適切な粘弾性を獲得している<sup>(8)</sup>。例えば、生体軟骨に含まれるプロテオグリカンは高密度に枝分かれしたヒアルロン酸から構成されており、ボトルブラシのような分岐構造をした高分子電解質である。これらがコラーゲン繊維の間隙で多量の水を保持することで、生体関節は水潤滑を実現している。

そこで、本研究では生体軟骨の構造を模倣し、架橋コラーゲンの代わりに架橋したポリビニルアルコール(PVA)を、ブラシ状に分岐した分子ブリティオグリカンの代わりに超親水性ポリアニオンをブラシ状にグラフトした親水性薄膜を人工的に合成し、湿潤条件下における低摩擦性を示す表面の設計を試みた (Fig. 26)。溶液中で摩擦の低減を図る場合、ブラシ鎖と溶媒との親和性も摩擦係数が大きな影響を与える。良溶媒中のポリマー鎖は溶媒分子との親和性が高いため相対的に摩擦プローブとの相互作用が弱くなり摩擦係数が小さくなる。一方、貧溶媒中のポリマー鎖は溶媒分子との接触面積を小さくしようとするため相対的に摩擦プローブとの相互作用が強くなり、摩擦係数が増大する。従って、ポリマーブラシによる水潤滑を発現させるにはポリマーブラシと水との親和性が重要である。そこで本研究では超親水性を示す

poly(3-sulfopropyl methacrylate) (SPMK)ブラシを用いて表面のマクロトライボロジー特性を評価した。

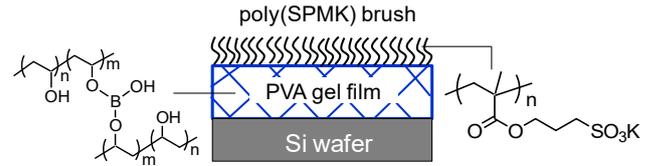


Fig. 26 Preparation of super hydrophilic poly(SPMK) brush on crosslinked poly(vinyl alcohol) film.

約 2%PVA 水溶液 1 mL に 0.01 M 四ホウ酸ナトリウム水溶液 100  $\mu\text{L}$  を加え、シリコン基板にスピコートした。減圧条件下で加熱して膜厚 120 nm 程度の PVA 薄膜を調製した。ここにプロモイソブチル酸ブロミドを反応させ、薄膜表面に臭化アルキルを導入した。これを起点として銅触媒存在下で SPMK の SI-ATRP を行うことで、PVA 薄膜表面に poly(SPMK) ブラシを調製した (Fig. 27)。ブラシ薄膜の膜厚は約 100 nm であった。

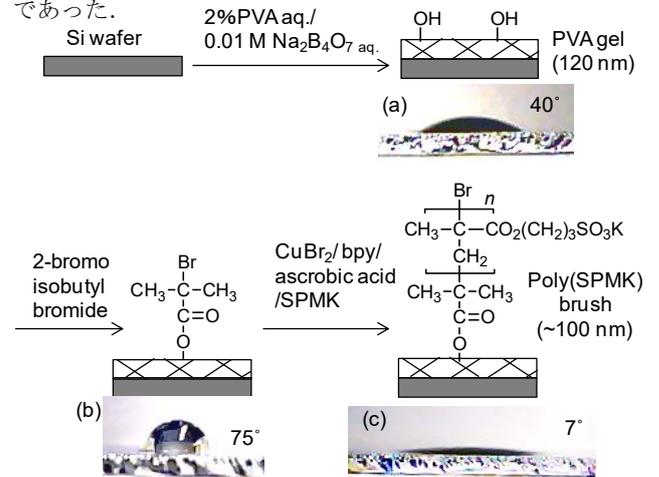


Fig. 27 Surface modification procedure of PVA gel film by surface-grafting poly(SPMK), and water contact angle on (a) PVA gel, (b) Br-immobilized PVA gel, and (c) poly(SPMK) brush-grafted PVA gel surfaces: Deionized water = 2  $\mu\text{L}$ .

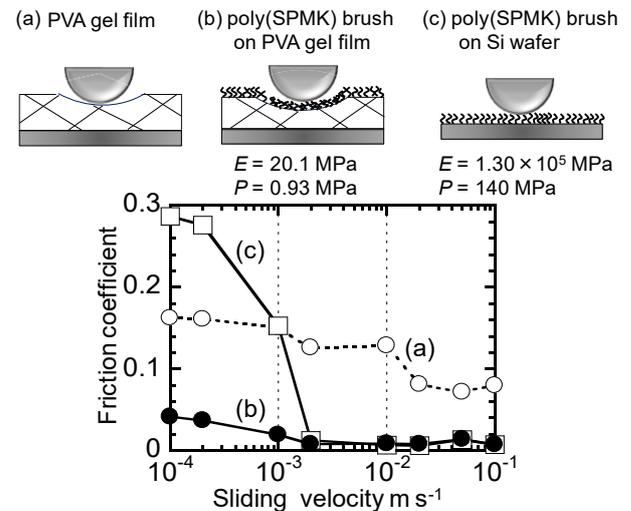


Fig. 28 Sliding velocity dependence of the friction coefficient of (a) PVA film (b) poly(SPMK)-g-PVA film, (c) poly(SPMK) brush on Si wafer, by sliding a glass ball over a distance 20 mm at sliding velocity of  $10^{-4} \sim 10^{-1} \text{ m s}^{-1}$  under a load of 0.49 N at 298 K in water.

臭化アルキル基を PVA ゲル表面に結合させると対水接触角は 40°から 75°まで上昇した。表面開始重合によりアニオン性高分子電解質の poly(SPMK)をグラフトすると、対水接触角は 7°まで低下し、超親水性表面が得られた。

ポリマーブラシ表面の動摩擦係数( $\mu$ )は新東科学製 Tribostation Type 32 を用い、直径 10 mm のガラス球を摩擦圧子として直線摺動摩擦試験を行うことで測定した。測定は水中、室温(298 K)にて垂直荷重 0.49 N、滑り速度  $10^{-4} \sim 10^{-1} \text{ m s}^{-1}$ 、振幅 20 mm の条件で行った。Fig. 28(a)に示すように架橋 PVA 表面の水中における動摩擦係数は  $10^{-4} \sim 10^{-1} \text{ m s}^{-1}$  の摩擦速度領域において 0.1 ~ 0.15 以上であった。これに対し、poly(SPMK)ブラシを付与することで劇的に動摩擦係数は減少した(Fig. 28b)。摩擦速度が大きいくほど動摩擦係数が低下する傾向は認められるが、ほぼ常に  $\mu < 0.04$  低い値を示している点の特徴である。一方、Fig. 28c のようにシリコン基板に直接 poly(SPMK)ブラシを調製した表面も  $10^{-3} \text{ m s}^{-1}$  以上の摩擦速度において  $\mu < 0.01$  となり、PVA ゲルに poly(SPMK)ブラシを調製した表面と同様に低摩擦を示した。しかし、 $10^{-4} \text{ m s}^{-1}$  付近の遅い摩擦速度領域では  $\mu > 0.25$  の高い値を示した。

一般に溶媒が介在する摩擦では、摩擦速度が低いまたは液体の粘度が低い場合には固体面同士が接触する境界潤滑状態にあり、大きな摩擦係数を示す。摩擦速度の上昇とともに摩擦界面に高速で挟み込まれた溶媒分子が大きな反発力を発生し摩擦界面に流体液膜ができることで摩擦係数が低下する。これにより潤滑機構は境界潤滑から混合潤滑を経て流体潤滑へ移行する<sup>(6)</sup>。Fig. 28c では水和した poly(SPMK)ブラシが潤滑膜の役割を果たし、摩擦速度の  $10^{-3} \text{ m s}^{-1}$  付近で境界潤滑から流体潤滑へと変化したと考えられる。

しかし、同じ poly(SPMK)ブラシ表面でも Fig. 28b のように PVA ゲル表面にブラシが存在する場合、低摩擦速度でも極めて低い動摩擦係数を示している。これは基板の硬さが影響していると考えられる。シリコンのヤング率は  $1.30 \times 10^5 \text{ MPa}$  であるのに対し、PVA ゲルは 20 MPa であり圧倒的に柔らかい。摩擦プローブのガラス球面圧子と基板とのヘルツ接触を仮定すると、シリコン基板と PVA ゲル上での接触面圧はそれぞれ 140 MPa と 0.93 MPa となる。つまり、PVA ゲルは垂直荷重に対して変形し接触面積が増える分、摩擦界面では接触面圧が減少していると考えられる。水和膨潤したポリマーブラシ層から発生する浸透圧はおおよそ数 MPa と見積もることができるので、膨潤ブラシ層は摩擦圧子に対して十分な反発力を発生し、低摩擦速度領域でも比較的安定な流体潤滑膜が形成されることで低摩擦を達成したと考えられる。

### 3. 4 微細リンクル構造表面への親水性ブラシ付与

ヘビの体表や魚のウロコなど自然界に散見されるマイクロサイズの表面テクスチャが摩擦低減効果や流体潤滑に大きく寄与することが報告されている<sup>(9)</sup>。魚の鱗は数  $\mu\text{m}$  ~ 数百  $\mu\text{m}$  の階層的な微細凹凸構造を有しており、体表からレクチンという糖タンパクや免疫グロブリンなど種々の生体防御因子を含む高分子電解質を分泌することで体表を保護している。これらが水和することで高粘弾性の粘性液体となり、安定な潤滑膜を形成し低摩擦性を示すことが期待される。本研究では比較的安価に微細テクスチャを構築する手法として座屈によるリンクル(しわ)形成に着目した<sup>(10)</sup>。一般に、比較的柔軟なエラストマーの表面に剛性の高い材料を薄膜状に密着させ、横方向に荷重を加えると硬い薄膜部は容易にオイラー座屈を起こし、周期的なうねりが発生する。これがしわであり、その間隔 $\lambda$ は次式(eq1)のような関係がある。

$$\lambda \propto h \left( \frac{E_h}{E_s} \right)^{1/3} \quad (\text{eq1})$$

ここで  $h$  は硬質材料の厚み、 $E_h$  および  $E_s$  はそれぞれ硬質材料と軟質材料のヤング率を示す。硬さの異なる 2 つの材料のヤング率は一定であるため、硬質材料の膜厚を変えることで任意の間隔のしわを作成することができる。本研究では柔軟なポリジメチルシロキサン(PDMS)材料表面に全芳香族ポリイミド(PI)薄膜を調製し、しわの形成を試みた。

Fig. 29 に示すように 15wt% ポリアミック酸 DMAc 溶液を Si 基板にスピコートし、250 °C で 2 時間加熱することで閉環反応を経て厚さ 100 ~ 1000 nm の PI 薄膜を調製した。ブロック状の PDMS エラストマー(50 × 20 × 5 mm<sup>3</sup>)は熱硬化反応により合成し、治具で 7% 伸長させた状態にした。ここに接着剤を塗布した PI 薄膜を貼り付け荷重を加えたまま 12 時間静置した。これを沸騰水中に浸漬することで Si 基板を剥離し、伸長を解消すると PDMS が収縮するとともに表面に幅数十  $\mu\text{m}$  のストライプ状のしわが形成された。

得られたしわ構造をレーザー顕微鏡により観察し、しわの周期および高さを測定した。その一例を Fig. 30a,b に示す。Fig. 30c は PI 薄膜の厚さ  $h$  と得られたしわの周期  $\lambda$  を示している。両者は比較的良い直線関係にあり、PI のヤング率を  $E_h = 3.4 \text{ MPa}$ 、PDMS のヤング率を  $E_s = 0.29 \text{ MPa}$  として求められる理論値に対応した  $\lambda$  を示した。

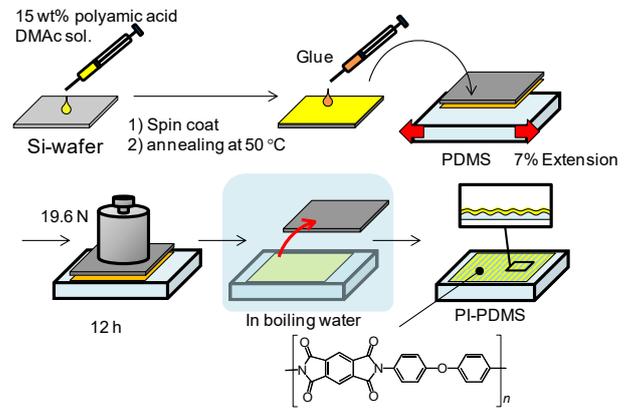


Fig. 29 Preparation procedure of wrinkle-patterned polyimide film attached to buckled polydimethylsiloxane (PDMS) test piece

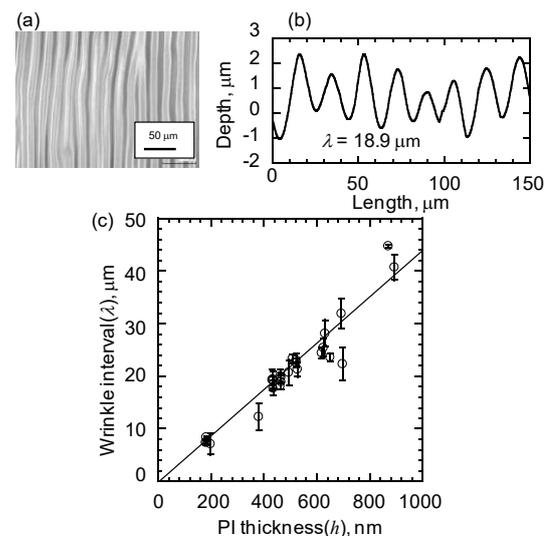


Fig. 30 (a) Laser microscopy image of the surface morphology and (b) depth profile of wrinkle-patterned PI film ( $h = 465.4 \text{ nm}$ ,  $\lambda = 18.9 \mu\text{m}$ ) on buckled PDMS, and (c) relationship between wrinkle interval  $\lambda$  and thickness  $h$  of PI film

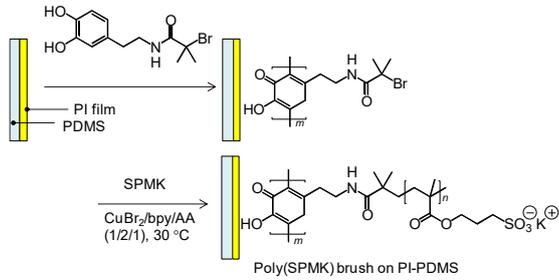


Fig. 31 Immobilization of catechol-functionalized alkyl bromide on PI film, and successive surface-initiated ATRP of SPMK in the presence of CuBr<sub>2</sub>, 2,2'-bipyridyl, and ascorbic acid in aqueous methanol solution at 303 K for 2 h

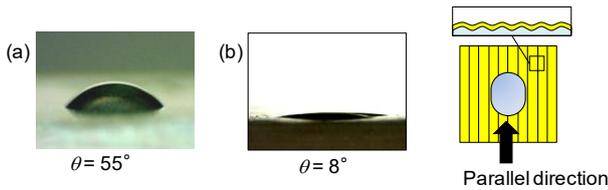


Fig. 32 Static water contact angle on the surface of wrinkle-patterned (a) PI film and (b) poly(SPMK)-grafted PI film; parallel direction view along with the wrinkle pattern.

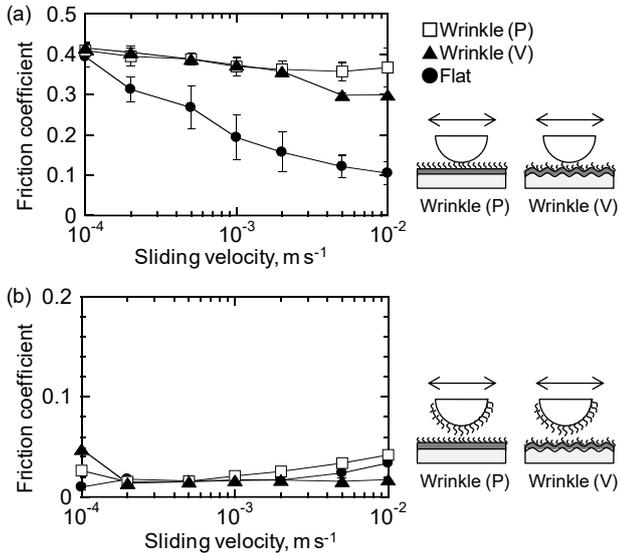


Fig. 33 Sliding velocity dependence of the friction coefficient of poly(SPMK)-grafted flat PI film (●) and poly(SPMK)-grafted wrinkle-patterned ( $\lambda = 18.9 \mu\text{m}$ , depth =  $2.3 \mu\text{m}$ ) PI film (direction parallel □, and vertical ▲) in water by sliding (a) non-modified glass ball ( $\phi = 10 \text{ mm}$ ) and (b) poly(SPMK) brush immobilized glass ball over a distance of 15 mm under a load of 0.49 N at 298 K

ここにカテコール基を有する臭化アルキル化合物を固定化し、銅触媒とともに SPMK の SI-ATRP を行うことで、しわの表面に poly(SPMK) ブラシを調製した (Fig. 31)。ブラシの膜厚は約 20 nm である。この表面に水滴を静置すると対水接触角は 8° を示し (Fig. 32)、超親水性のリンクル構造を有する表面が得られたことを確認した。また、接触角はしわの方向に沿って異方性を示した。未グラフトの PI 表面における接触角はしわと平行方向で 55°、垂直方向で 40° であり、グラフト後の表面はそれぞれ 8° と 3° であった。

直径 10 mm のガラス球を摩擦圧子とし、垂直荷重 0.49 N、25 °C 条件下で水中における動摩擦係数 ( $\mu$ ) を直線摺動型摩擦試験器により測定した。なお、ガラス球は表面未処理のもの、表面に poly(SPMK) ブラシを付与したものの 2 種類を

用意した。Fig. 33a は未処理のガラス球と PI-PDMS との水中における動摩擦係数の速度依存性である。平滑な PI 表面では速度の増加とともに動摩擦係数が減少した。水中で膨潤したポリマーブラシが潤滑膜層の役割を果たし、摩擦速度の上昇とともに境界潤滑から混合潤滑状態へと移行したためと考えられる。しかし、しわ (周期  $\lambda = 18.9 \mu\text{m}$ 、深さ =  $2.3 \mu\text{m}$ ) と平行方向に摺動する Wrinkle (P) および垂直方向に摺動する Wrinkle (V) は、いずれも比較的高い動摩擦係数を示し、平滑面の場合に観測されたような顕著摩擦の低減や速度依存性は確認されなかった。ガラス球が摺動する際にしわの凸部が物理的な障壁となり動摩擦係数は高い値を示したと考えられる。また、しわと平行方向に摺動する際にはしわの凹部にガラス球と PI との隙間が生じ、摺動面に挟まれた水が容易に逃げてしまうため動圧流体潤滑の発生は期待できない。そのため、しわの凸部とガラス球が常に直接接触するために動摩擦係数は低下しなかったと考えられる。ただし、Wrinkle (V) は摩擦速度  $v = 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$  において動摩擦係数が  $\mu = 0.30$  まで低下する現象が認められた。

次に、ガラス球表面にも poly(SPMK) ブラシを固定化し、両方の摺動面に親水性ブラシが存在する系で摩擦実験を行った。Fig. 33b に示したように、表面のしわの存在に関わらず、いずれも動摩擦係数は  $\mu = 0.05$  と極めて低い動摩擦係数を示した。これはガラス球および PI-PDMS の両摺動面に超親水性の poly(SPMK) ブラシが存在したことで、水を保持した潤滑膜の膜厚が増大したこと、さらにポリアニオン同士の静電反発相互作用により摺動面同士の直接接触が抑制されたために極めて低い動摩擦係数を示したと考えられる<sup>(4)</sup>。また、摩擦速度が  $v = 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$  以上の条件下においても、しわと垂直方向の動摩擦係数は  $\mu = 0.015$  と低い値を維持しており、親水性ブラシによる水の保持効果に加え、しわの凸部では動圧の増加に伴う安定な潤滑膜の形成により低摩擦性を維持したと考えられる。

### 3. 5 ポリマーグラフト化微粒子による摩擦低減化

これまで述べてきたように、材料表面に高密度ポリマーブラシを付与し、対応する良溶媒中で摺動すると良好な潤滑膜が形成され動摩擦係数が低下することが実証された。しかし、これを実材料に応用するには技術的な課題がある。例えば、高密度ポリマーブラシ調製に用いられる表面開始原子移動ラジカル重合 (SI-ATRP) 法は、開始剤を基材の表面に固定化し、これを反応開始点として制御ラジカル重合を行う手法であるが、基材全体を反応溶液に浸漬させる必要があり、大面積に均一に固定化することが難しい。さらに、酸素により活性種であるラジカルがトラップされてしまうため、反応溶液から溶存酸素や不純物を高度に除去する必要がある。複雑な形状の摺動部品や表面積の大きな試料表面にポリマーブラシを調製するには、大量の反応溶液を高純度で維持することになり、技術的な困難を伴うため、実用化に至っていないのが現状である。

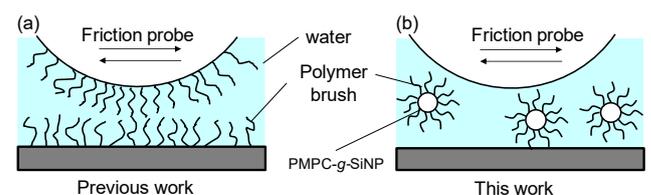


Fig. 34 Schematic images of friction (a) at the interface between polymer-grafted substrate and polymer-grafted sphere probe in water, and (b) in aqueous solution containing polymer-grafted silica nano-particle (SiNP).

そこで、本研究ではポリマーブラシを付与した微粒子による潤滑向上の検討を試みることにした。微粒子は粒径が小さいほど単位体積当たりの表面積は大きくなり、表面化学処理もバッチ式で大量に可能であるため、同じ面積の平面の表面処理より作業効率は高く工程も容易である。また、超親水性を示す双性イオン型ポリマーをグラフトした微粒子を潤滑液に添加しこれが摺動面に挟み込まれた場合、局所的には平面基板上のポリマーブラシと同様の潤滑効果をもたらすことが期待される(Fig. 34)。特に本研究ではホスホリルコリンを有する poly(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) (PMPC)に着目した。PMPC は優れた生体適合性を示す親水性の高分子電解質であり<sup>(11)</sup>、水中で潤滑性を示すことから人工関節への応用も期待されている。以上のような背景から、本研究ではイオン性官能基を有する親水性ポリマーブラシ固定化微粒子を水またはアルコールに添加し、その潤滑特性効果について直線摺動型摩擦試験器を用いて検討することにした。

摩擦試験を行うにあたり、市販のガラス球などは表面粗さが大きく、摩擦時に摩擦・摩耗痕を生成する原因となるため、表面平滑性に優れた摩擦プローブを溶融ガラスから自作することにした。16 mm のガラス管の一端を溶融させた後、内側から空気を送り込み直径 30 mm ほどの球状になるまで膨らませた。得られた球面を AFM で観察すると(Fig.23)市販のガラス球より表面粗さは極めて小さく、以後、平滑ガラス (smooth glass: SG) と命名し摩擦プローブとして用いることにした。実際に、SG ガラス球は市販のガラス球よりも低い動摩擦係数を示すことを確認しており、表面の粗さの小さな摩擦プローブを用いることで摩擦実験の再現性・信頼性の向上を図ることとした。

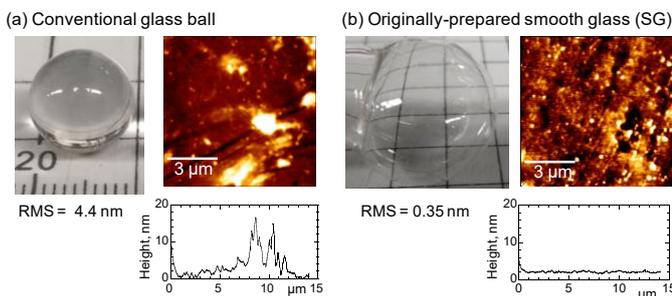


Fig. 35 Photographs and AFM images of (a) conventional glass ball ( $\phi = 10$  mm) and (b) originally-prepared smooth glass (SG) sphere for friction probe in this study

Fig. 36 に示すようにシランカップリング反応により表面開始剤(BHE)を直径 100 nm のシリカ微粒子(SiNP)に固定化し、表面開始 ATRP により MPC の重合を行うことで poly(MPC)固定化 SiNP (poly(MPC)-g-SiNP)を合成した。XPS スペクトルより SiNP が poly(MPC)ブラシで被覆されていることを確認した。また、SEM 像から粒径が  $205 \pm 11$  nm まで増大していることが観察された。得られた poly(MPC)-g-SiNP の TG-DTA 測定を行い、ポリマーブラシ層の重量率( $\sigma_2/\sigma_1 = 55/34$ )を測定した。また、PMPC-SiNP をフッ化水素水でシリカを溶解させ、ポリマーを回収し SEC 測定により数平均分子量( $M_n = 89200$  g/mol)を求めた。微粒子半径  $r$ 、1 微粒子の表面積  $S_1$ 、シリカの密度  $\rho$ 、アボガドロ数  $N_A$  を用いて eq2 式よりグラフト密度  $\sigma$  を求め、 $\sigma = 0.31$  chains  $\text{nm}^{-2}$  と算出した。

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{\sigma \times S_1 \times \frac{1}{N_A} \times M_n}{\frac{4}{3} \pi r^3 \times \rho \times 10^{-21}} \quad (\text{eq2})$$

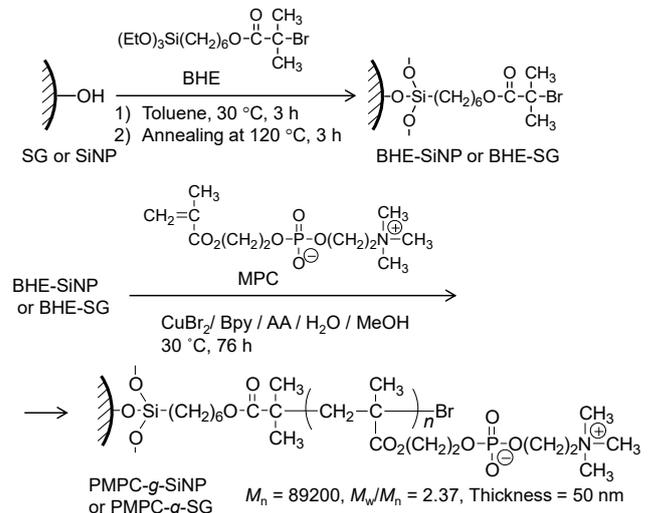


Fig. 36 Immobilization of BHE on smooth glass (SG) or silica nano-particle (SiNP), and surface-initiated ATRP of MPC from BHE-SiNP or BHE-SG

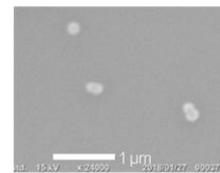


Fig. 37 SEM photograph of poly(MPC)-g-SiNP

シランカップリング剤により疎水性単分子(BHE)膜で被覆した Si 基板のエチレングリコール中における動摩擦係数を直線摺動摩擦試験により測定した。疎水化処理を施したのは、未処理の Si 基板では測定時の環境により親・疎水性が敏感に変化し、動摩擦係数が変動して実験再現性の確保が困難であるためである。摩擦プローブに平滑ガラス球を用い、垂直荷重 0.49 N、摺動距離 6 mm の条件下における動摩擦係数の速度依存性を Fig. 38 に示した。PMPC-SiNP をエチレングリコールに 0.1 ~ 0.5wt% 添加しても動摩擦係数に顕著な変化は認められなかったが、1 wt%添加したところ、どの速度領域でも動摩擦係数は 0.05 以下を示し、明らかな添加効果が認められた。

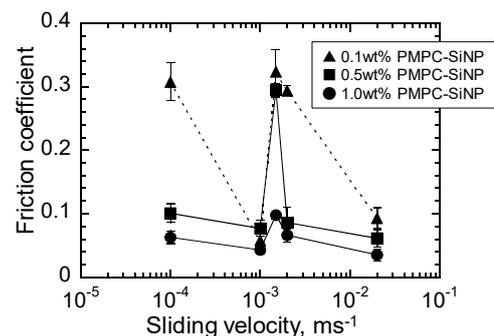


Fig. 38 Friction coefficient of BHE-Si wafer in ethylene glycol containing poly(MPC)-g-SiNP by sliding a BHE-smooth glass sphere ( $d = 10$  mm) over a distance of 6 mm under load of 0.49 N at 298 K.

水に poly(MPC)-g-SiNP を添加した条件では、添加量 1 wt%、0.5 wt%ほどの速度領域でも微粒子が無添加の条件より動摩擦係数が低くなった(Fig. 39)。速度領域  $10^{-3} \sim 10^{-2}$   $\text{ms}^{-1}$  では、0.5 wt% PMPC-SiNP 水溶液は、段階的に動摩擦係数が低下したことに對して、1 wt%溶液では低速領域から低摩擦を示している。

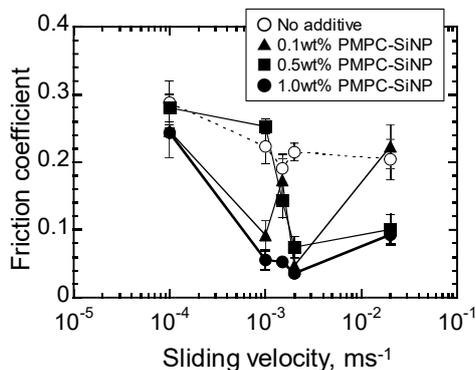


Fig. 39 Friction coefficient of BHE-Si wafer in water containing poly(MPC)-g-SiNP by sliding a BHE-smooth glass sphere ( $d = 10$  mm) over a distance of 6 mm under load of 0.49 N at 298 K.

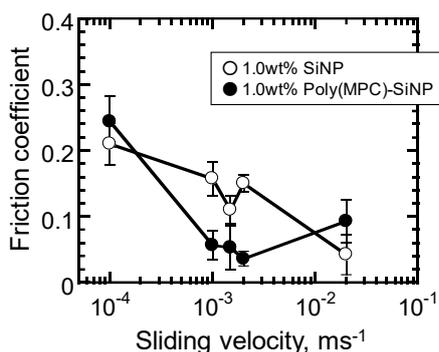


Fig. 40 Friction coefficient of BHE-Si wafer in water containing non-modified SiNP (○) and poly(MPC)-g-SiNP (●) by sliding a BHE-smooth glass sphere ( $d = 10$  mm) over a distance of 6 mm under load of 0.49 N at 298 K.

また、対照実験として未修飾の SiNP を 1wt%含む水溶液を用いて摩擦試験を行ったところ、Fig 40 に示すように摺動速度  $10^{-3} \text{ m s}^{-1}$  領域では同濃度の poly(MPC)-g-SiNP よりも高い動摩擦係数を示した。速度  $10^{-2} \text{ m s}^{-1}$  以上になると動摩擦係数が低減したが、これは境界潤滑から流体潤滑へ移行する過程ではないかと考えられる。また、基板表面には摩耗痕が観察され、摺動面に微粒子が挟み込まれることで摩耗したと考えられる。一方、poly(MPC)-g-SiNP 水溶液では顕著な摩耗痕は認められず、かなり遅い摺動速度でも潤滑が生じ、低い動摩擦係数を示したことから、表面に親水性ポリマーをグラフトした微粒子を添加することで、摺動面に挟み込まれた微粒子があたかも基板表面にグラフトされたポリマーブラシのように機能したと考えられる。

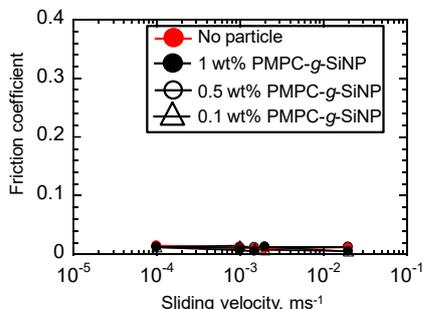


Fig. 41 Friction coefficient of poly(MPC)-grafted Si wafer in water containing 0.1 ~ 1.0 wt% poly(MPC)-g-SiNP by sliding a poly(MPC)-g-SG sphere ( $d = 10$  mm) over a distance of 6 mm under load of 0.49 N at 298 K.

最後に、poly(MPC)ブラシを付与した Si 基板表面上で poly(MPC)-g-SG プローブを摺動させ水中で動摩擦係数を測定した(Fig. 41)。測定限界に近い極めて低い動摩擦係数( $\mu < 0.01$ )を示したが、この水溶液に poly(MPC)-g-SiNP を添加しても動摩擦係数の上昇は認められず、摺動速度  $10^{-4} \sim 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$  の全ての領域において低い値を保持していた。すなわち、摺動界面に poly(MPC)をグラフトした微粒子が挟み込まれても潤滑を阻害することなく優れた潤滑効果をもたらすことが明らかとなった。特にこの場合、摺動表面と微粒子表面の双方のブラシが高い浸透圧により反発し、表面間の直接接触を忌避することで低摩擦が生じたと考えられる。

以上のように、水中、エチレングリコール中の摩擦では、親水性のポリマーをグラフトした微粒子は潤滑に寄与する可能性があることが明らかとなった。このような、親水性ポリマーをグラフトした微粒子を添加した条件での摩擦を検討した例は無く、新しい潤滑剤としての利用が期待される。

#### 4. 結言

本研究では、微細構造を有する高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルの開発を検討した結果、第一のテーマとしては、材料設計による手法、成形加工による手法、および表面構造付与による手法により高分子材料の摩擦特性をはじめとしたトライボロジー特性を制御できることを実験的に明らかにした。

一方、第二のテーマでは、分子化学的な視点からポリマーブラシに着目し、平滑な基板表面、組成変形するゲル表面、微細リンクルによる凹凸表面において良溶媒中において優れた潤滑効果をもたらすことを見出した。さらに、超親水性を示す高分子電解質ブラシをグラフトしたシリカ微粒子を調製し、これを分散させた水溶液が優れた潤滑効果をもたらすことを初めて明らかにした。従来の摺動表面にポリマーをグラフトするよりもはるかに容易で応用範囲も広いことが期待され、新たなトライボ機構を提案できる可能性が示された。

これらの知見は高性能な高分子系トライボマテリアルを開発する上で、工学的にも工業的にも価値が高いと考えられる。

#### <参考文献>

- (1) Y Nishitani, T. Kajiyama, T. Yamanaka, *Materials*, 10, 2017, 1040.
- (2) 内藤, 西谷, 関口, 石井, 北野, 成形加工, 22, 2010, pp.35-47
- (3) M. Kobayashi, M. Kaido, A. Suzuki, A. Takahara, *Polymer* 2016, 89, 128.
- (4) M. Minn, M. Kobayashi, H. Jinnai, H. Watanabe, A. Takahara, *Tribol. Lett.*, 2014, 55, 121.
- (5) J. Klein, *Ann. Rev. Mater. Sci.*, 1996, 26, 581.
- (6) M. Kobayashi, H. Tanaka, M. Minn, J. Sugimura, A. Takahara, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 6, 2014, 20365.
- (7) C. W. McCutchen, *Wear*, 5, 1962, 1.
- (8) L. Han, D. Dean, C. Ortiz and A. J. Grodzinsky, *Biophys. J.* 92, 2007, 1384.
- (9) R. A. Berthe, G. Westhoff, H. Bleckmann, S. N. Gorb, *J. Comp. Physiol. A*, 195, 2009, 311.
- (10) K. Suzuki, Y. Hirai, T. Ohzono, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 6, 2014, 10121.
- (11) K. Ishihara, T. Ueda, N. Nakabayashi, *Polym. J.*, 1990, 22, 355.

# 1.3. MEMS 技術を利用した機能表面の創成と応用 Creation and Application of Functional Surfaces Using MEMS Technology

鈴木 健司  
Kenji SUZUKI

**Keywords:** MEMS, Functional Surface, Microstructure, Electrowetting

## 1. 緒言

本テーマは、先行プロジェクト (SMBC および BERC) で蓄積された MEMS を中心とするマイクロ加工技術を活用し、材料表面に微細加工を行うことにより、種々の機能を有する表面を創成することを目的とする。また、得られた表面に対して、濡れ性、付着性などの評価を行い、微細構造と各種機能の関係を明らかにし、表面機能を付与するための設計手法を構築する。さらに微細構造によるパッシブな機能にとどまらず、電界などのエネルギーの印加による表面機能のアクティブ制御を試み、新規のデバイスの開発と応用分野の開拓を行う。また、MEMS 技術を利用した表面微細構造の製作技術、各種機能表面の設計手法を構築することにより、他のテーマに対し開発した表面や技術の提供を行い、テーマ間の連携を図ることを目指す。

本テーマでは、おもに以下の 2 つの研究を実施した。一つは、表面に微細構造を加工することにより撥水性の高い表面を創成する研究であり、もう一つは、電圧の印加により材料表面の局所的な濡れ性を制御する EWOD (Electro Wetting on Dielectric) 技術<sup>(1)(2)</sup>を用いて、液滴の生成、分離、輸送、排出などを行う研究である。本稿では、この 2 つの研究成果について述べる。

## 2. 表面の微細加工による撥水表面の創成

表面の濡れ性は、材料の表面自由エネルギーと、表面の幾何学的な構造の 2 つの要因により決定され、固体表面に水滴を静止、あるいは移動させる際の水滴表面の傾き角である接触角で評価される。ハスの葉やトンボ、セミの翅などの表面を観察すると、杭状あるいは乳頭状の微小突起群が存在し、この構造により高い撥水性が実現されており、さらに表面の水滴とともに汚れが落ちやすいセルフクリーニング効果があることが知られている<sup>(3)(4)</sup>。平滑な固体表面の接触角を  $\theta$  とするとき、固体表面の粗さが大きくなり、固液界面の表面積が  $r$  倍に増加した場合の接触角  $\theta'$  は、次の Wenzel の式で表される。

$$\cos \theta' = r \cos \theta \quad (1)$$

$\theta > 90^\circ$  の撥水表面では、粗さが大きくなるほど接触角  $\theta'$  が増加し、撥水性が強められる。また、表面の粗さがさらに増加すると、固体と液体との間に空気が入り込む場合が発生する。この状態では、界面において水滴が固体と接している面積の割合を  $f$ 、空気と接している割合を  $1-f$  とするとき、接触角  $\theta'$  は Cassie-Baxter の式で表される。

$$\cos \theta' = f \cos \theta + f - 1 \quad (2)$$

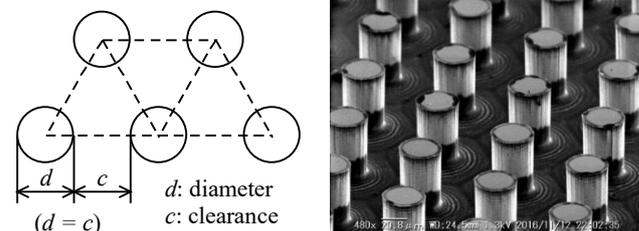
水滴が Wenzel と Cassie-Baxter のどちらの状態をとるかは、界面での全表面自由エネルギーがどちらが小さいかによって決まる。また、Wenzel の状態では水滴は固体表面との付着性が高いのに対して、Cassie-Baxter の状態では水滴は固体表面との付着性が低く転落しやすい傾向がある。

本研究では、まず表面に円柱状の微細構造を加工し、撥水剤を塗布した場合の撥水性を調べた。次に、円柱の側面にア

ンダーカット(凹み)を設けた "re-entrant" な構造を作成し、アンダーカットの有無が撥水性に及ぼす影響を調べた。アンダーカットを加工することによって、液滴が空気と接触する割合が増加し撥水性が高まる効果が期待できるだけでなく、油など表面張力の低い液体もはじく表面を実現できる可能性がある<sup>(5)</sup>。

### 2.1 円柱構造を加工した表面の撥水性

シリコン基板の表面にフォトリソグラフィと Deep RIE (深掘エッチング) により、円柱構造を加工し、撥水剤 (フロロテクノロジー・FS1010) を浸漬法により塗布した表面を製作した。Deep RIE では  $\text{SF}_6$  プラズマによるエッチングと  $\text{C}_4\text{F}_8$  による側壁保護膜の形成を交互に行うことで、垂直方向のみにエッチングを進捗させアスペクト比の高い構造を形成することができる。円柱のパターンは、図 1 のように正三角形の頂点の位置に円の中心がくるように配置し、円の直径  $d$  と間隔  $c$  を等しくとり、 $d, c$  の値を  $20 \sim 150 \mu\text{m}$ 、高さ  $h$  を  $19 \sim 55 \mu\text{m}$  の範囲で変化させて、接触角、転落角の測定を行った。転落角は純水  $5 \mu\text{l}$  を表面に滴下して傾けていくときの、水滴が落ち始める最小の角度とした。円柱構造の SEM 画像を図 1 に示す。



**Fig. 1** Mask pattern and a SEM image of the micropillar structure ( $d = c = 30 \mu\text{m}$ ,  $h = 55 \mu\text{m}$ )

接触角、転落角の測定結果をそれぞれ図 2、図 3 に示す。円柱の高さが  $29 \mu\text{m}$  のとき、直径と間隔が減少すると接触角が徐々に増加した。また円柱高さが  $55 \mu\text{m}$  のときも同様な傾向が見られたが、高さ  $29 \mu\text{m}$  のときに比べて全体的に接触角は大きく、直径と間隔が  $80 \mu\text{m}$  と  $70 \mu\text{m}$  の間で接触角の急激な増加が見られた。直径と間隔が  $30 \mu\text{m}$  以下では、高さに関係なく接触角が約  $150^\circ$  となった。また、円柱高さ  $55 \mu\text{m}$  の転落角の結果では、直径と間隔の減少とともに転落角が減少し、 $80 \mu\text{m}$  と  $70 \mu\text{m}$  の間では急激な減少が見られた。図 2 には、平滑な表面での接触角を  $\theta = 112^\circ$  としたときの接触角の計算値も示されている。図 1 に示す微細構造では、式(1)の  $r$ 、式(2)の  $f$  はそれぞれ次のようになる。

$$r = 1 + \frac{\pi h}{2\sqrt{3}d}, \quad f = \frac{\pi}{8\sqrt{3}} \quad (3)$$

これより、Cassie-Baxter の状態では、 $\theta = 112^\circ$  のとき  $\theta' = 149^\circ$  の一定値となる。図 2 より、理論値と実験値はよく一致しており、円柱の直径・間隔が減少すると接触角は徐々に増加し、ある閾値以下では Wenzel の状態から Cassie-Baxter の状態に遷移して接触角、転落角が急激に変

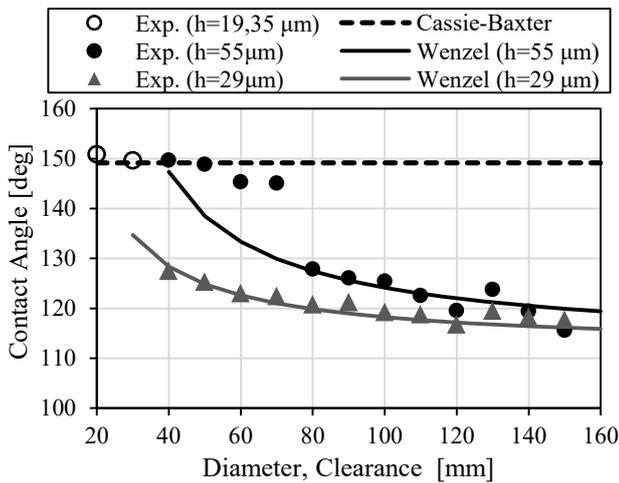


Fig. 2 Variation of contact angle

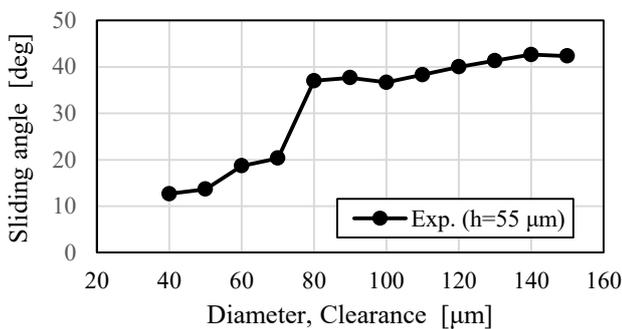


Fig. 3 Variation of sliding angle

増加すると考えられる。円柱の高さが増加すると、接触角は増加し、状態遷移が発生する直径・間隔の閾値は大きくなる。なお、微細構造のない平坦なシリコン基板に撥水剤を塗布した場合の水の接触角は  $118^\circ$  となったが、 $\theta = 118^\circ$  とした場合の接触角の計算値は実験値よりも大きくなった。これは、凹凸のある表面には撥水剤が様に塗布されておらず、平均的な接触角が小さくなったためと考えられる。

## 2.2 アンダーカットを有する微細構造の撥水性

次に、円柱構造にアンダーカットを設けた“re-entrant”な構造の撥水性を調べた。図4にアンダーカットを有する円柱の形状とSEM写真を示す。円柱のマスクパターンは、図1と同じものを用い、直径と間隔は  $d = c = 60 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$  とした。また、製作工程は、Deep RIEを行う際に、最初の10サイクルは側壁保護膜の成膜を行わずに  $\text{SF}_6$  によるエッチングのみを行い、その後は側壁保護膜 ( $\text{C}_4\text{F}_8$ ) の成膜と  $\text{SF}_6$  によるエッチングを交互に行って、高さ  $h = 60 \mu\text{m}$  と  $80 \mu\text{m}$  の垂直な円柱を形成した。アンダーカットの部分の高さは約  $10 \mu\text{m}$  である。エッチング後は、フォトレジストを除去せずに、その上から撥水剤 (FS1010) を浸漬法により塗布した

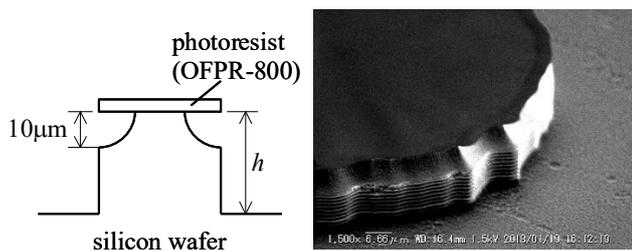


Fig. 4 Reentrant structure ( $d=100 \mu\text{m}$ ,  $h=20 \mu\text{m}$ )

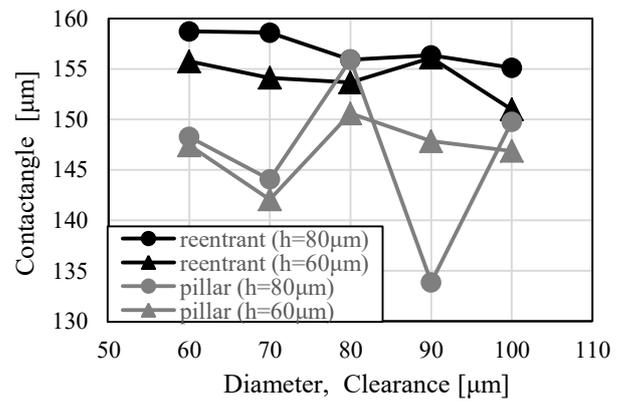


Fig. 5 Variation of contact angle

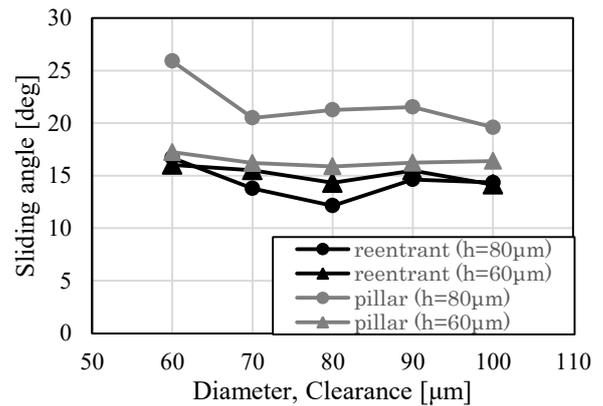


Fig. 6 Variation of contact angle

接触角の測定結果を図5、転落角の測定結果を図6に示す。 $h = 60 \mu\text{m}$ ,  $80 \mu\text{m}$  のいずれの場合も、reentrantの構造の方が接触角が高く、転落角が低い(撥水性が高い)傾向がみられた。また直径と間隔による接触角、転落角の変化はあまり見られず、接触角は  $145^\circ \sim 155^\circ$  前後、転落角は  $15^\circ \sim 20^\circ$  前後であることから、いずれの条件でもCassie-Baxterの状態になっていると考えられる。

## 3. EWODを用いた液滴制御デバイスの開発

本研究では、電圧の印加により材料表面の局所的な濡れ性をアクティブに制御し、微小な液滴の輸送やハンドリングを行うEWOD (Electro Wetting on Dielectric)<sup>(1)(2)</sup>技術に着目した。従来のEWOD研究においては、デバイス内で液滴の生成、輸送、混合、分離などを行い、化学分析等に適用する研究が多数行われてきたが、デバイス外に液滴を排出する研究はほとんど行われていない。そこで本研究では、EWODデバイスを生化学分析等で用いられるマイクロプレートへの分注作業に応用することを想定し、一定量の微小液滴を生成して所定の位置に輸送し、EWODを利用してデバイスの外部に排出する方法を確立することを目的とする。

### 3.1 液滴輸送の原理

EWODを利用した液滴輸送は、一枚の基板上で液滴を輸送するものと、上部基板と下部基板の間に液滴を挟んで輸送するもの2種類に大別される。図7は一枚の基板上で液滴輸送を行う場合のデバイスの構造と輸送の原理を示している。基板上に制御用の電極層、絶縁層、撥水層を順に形成する。撥水層の上に液滴を置き、液滴の一部と重なる位置にある電極に電圧を印加すると、液滴と電極との間に電位差が生じ、電極との重なりが大きくなる方向に静電力が働いて液

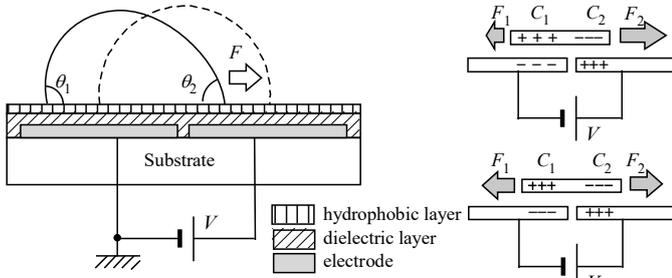


Fig. 7 Principle of EWOD (One-plate EWOD device)

滴が移動する。液滴がグラウンドに接続されていない場合は液滴の電位は浮動となり、液滴が正負の電極の中央に移動したときに両電極からの静電力がつり合って静止する。

図 8 は上下の基板の間に液滴をはさんで輸送を行う場合のデバイスの構成を示している。液滴の生成や分離を行う場合には、静電力により液滴を基板と平行な方向に圧縮した上で、垂直方向にも圧縮して液滴の圧力を高める必要があるため、図 8 の構造を用いる必要がある。下部基板には制御用の電極層、絶縁層、撥水層を順に成膜する。上部基板にはグラウンド電極、撥水層を成膜する。上部の撥水層が十分に薄ければ液滴の電位はグラウンド電位に近くなり、下部の電極に電圧を印加すると液滴との間に電位差が生じ、印加電極との重なりが大きくなる方向に静電力が働き液滴が移動する。電圧を印加した電極に液滴が完全に重なると、液滴は平衡状態に達して静止する。図 7, 図 8 の両デバイスとも、電極を適切なピッチで配列し、電圧の印加位置を順次移動させることによって、液滴は印加電極に追従して連続的に移動する。

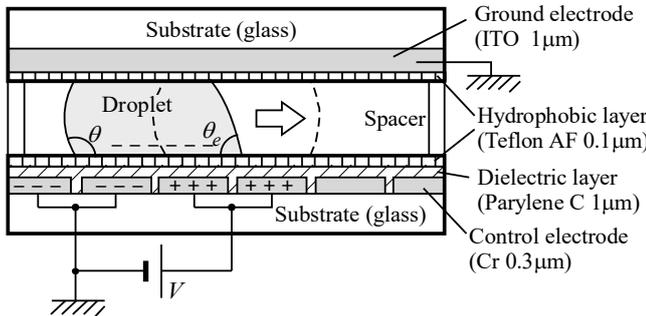


Fig. 8 Principle of EWOD (Two-plate EWOD device)

### 3.2 種々の液体を用いた輸送実験

まず、図 7 に示す一枚の基板によるデバイスを用いて、種々の液体を輸送する実験を行った。製作したデバイスの構造を図 9 に示す。ガラス基板上に電極層の Cr をスパッタリングにより成膜し、フォトリソグラフィにより電極を形成した。次に絶縁層のパリレン C を成膜し、撥水層の Teflon AF を塗布した。

輸送する液体としては、純水、食塩水、エタノール、シリコンオイル(1cST) を使用した。食塩水は生理食塩水(0.9%), 5%, 10% の 3 種類を用いた。



Fig. 9 Cross section of the one-plate EWOD device

#### (1) 接触角の変化

デバイス上にそれぞれの液滴を滴下し、0V~250V の範囲で電圧を 50V ずつ変化させた際の接触角の変化を測定した。その結果を図 10 に示す。純水と食塩水 (0.9%, 5%, 10%) は大きな差は見られなかった。また、純水や食塩水に比べエタノールとシリコンオイルは初期接触角の値が小さく、接触角の変化も小さかった。

#### (2) 食塩水の輸送

純水と 3 種類の濃度の食塩水で輸送実験を行い輸送に必要な最低の電圧と輸送可能な最高の周波数の測定を行った。実験は電圧の測定時は周波数を 10Hz, 周波数の測定時は電圧を 100V に固定した状態で行った。その結果を図 11 に示す。

輸送に必要な最低電圧には、食塩水の濃度の影響は見られなかったが、輸送可能な最高の周波数は濃度が上昇するにつれて低下が見られた。また、濃度が高い食塩水では実験回数を重ねると徐々に輸送しにくくなる現象が見られた。これはデバイス表面が食塩により汚染されることが原因と考えられる。

#### (3) エタノールとシリコンオイルの輸送

純水, エタノール, シリコンオイルを用いて輸送実験を行い、輸送に必要な最低電圧と輸送可能な最高周波数の測定を行った。実験は電圧の測定時は周波数 10Hz, 周波数の

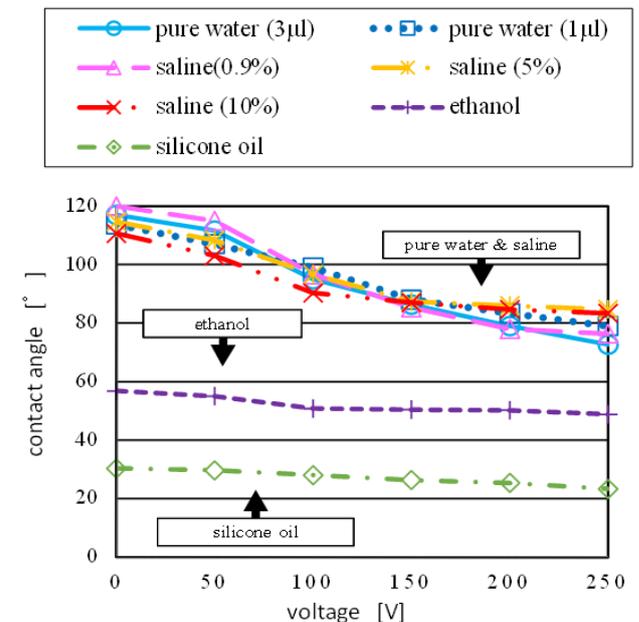


Fig. 10 Variation of contact angle with applied voltage

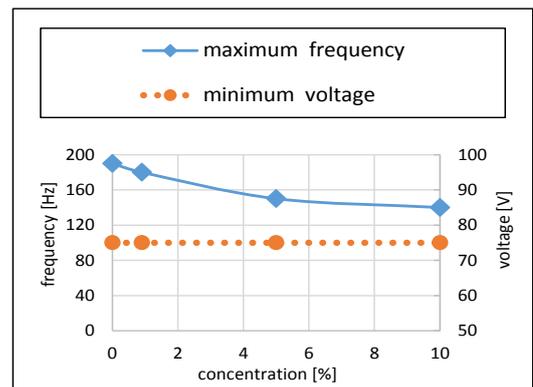


Fig. 11 Experimental results of saline transportation

測定時は電圧を 100V に固定して行った. その結果を表 1 に示す. 純水とエタノールは輸送できたが, シリコンオイルはわずかに変形するのみで輸送はできなかった. また純水はエタノールに比べて高い周波数での輸送が可能であった.

実験の結果と実験に使用した液体の主な特性を表 2 にまとめる. 特性と輸送の成否から, 電気伝導率, 誘電率, 初期接触角は輸送に影響があると考えられる. 一方, 表面張力, 接触角の変化量はエタノールとシリコンオイルはどちらも小さい値であるが一方のみが輸送できることから輸送の成否に影響は少ないと考えられる. また, 電気伝導率が  $1.4 \times 10^{-9} \text{ S/m}$  であるエタノールも輸送できたことから, 電気伝導率が低くても極性分子であれば輸送可能であると考えられる.

**Table 1** Experimental results of ethanol and silicone oil transportation

	Pure water	Ethanol	Silicone oil
Maximum frequency [Hz]	240	140	—
Minimum voltage [V]	65	60	—

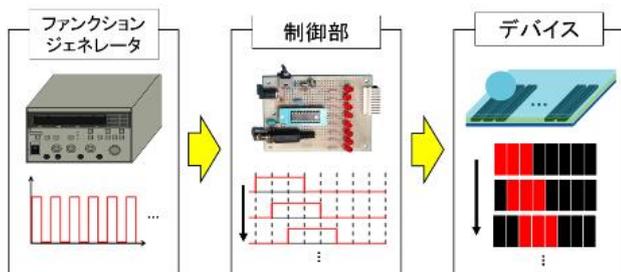
**Table 2** Properties of liquid and experimental results

	Transport	Electrical conductivity [S/m]	Dielectric constant	Initial contact angle [°]	Variation of contact angle [°]	Surface tension [mN/m]
Pure water	○	$5.5 \times 10^{-6}$	80	120	40	73
Saline 0.9,5,10%	○	1.6~8.1	50~80	110~120	30~40	73~80
Ethanol	○	$1.4 \times 10^{-9}$	24.6	40	10	23
Silicone oil	×	$1 \times 10^{-12}$	2.7	20	10	21

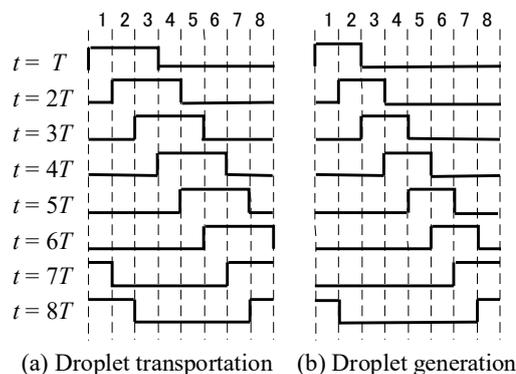
### 3.3 液滴生成・輸送デバイスの製作

次に図 8 に示す 2 枚の基板から成るデバイスを用いて, 液滴の生成と輸送の実験を行った. 下部基板にはガラスを用いて, その上に電極層のクロムを電子ビーム蒸着により  $0.3 \mu\text{m}$  成膜し, フォトリソグラフィとエッチングにより制御用電極, 配線, 電圧印加用パッドを形成した, 次に絶縁層として Parylene C を  $1 \mu\text{m}$  蒸着し, 撥水層に Teflon AF をスピニングコートで  $0.1 \mu\text{m}$  塗布した. 上部基板は, 液滴を観察できるようにガラス基板上に厚さ  $1 \mu\text{m}$  の透明な ITO 電極をスパッタリングで形成し, 撥水層として  $0.1 \mu\text{m}$  の Teflon AF を成膜した. スペーサは, 液滴が吸引されることを防ぐため, CFRP 板の両面に撥水剤を塗布し, 輸送実験では厚さ  $0.5 \text{ mm}$ , 生成実験では厚さ  $0.3 \text{ mm}$  になるように調整した.

電圧の印加方法は, 図 12 に示すようにファンクションジェネレータで一定周波数のパルスが発生し, 8 出力の PIC を



**Fig. 12** Experimental setup



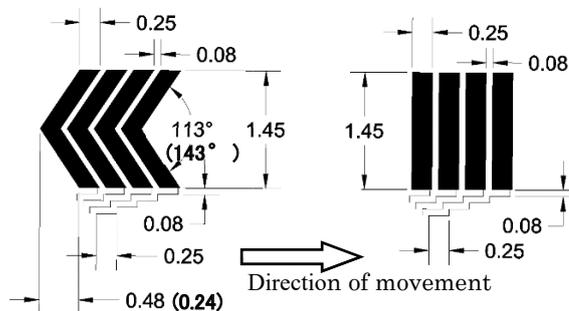
**Fig. 13** Sequence of applied voltage

用いて隣り合う 2 つまたは 3 つの電極に同時に電圧を出力し, パルス入力周期  $T$  に従って電圧の印加先を一つずつ移動させるようにした. 一つのデバイスには 24 個の電極があり, 図 13 に示す 8 個の電圧パターンを 3 か所に並列に印加した.

製作したデバイスを用いて液滴輸送実験を行い, 電極形状が輸送速度, 液滴量に及ぼす影響を調べた. 液体として純水を用い, 電極形状として図 14 に示す「くの字形」(頂角  $113^\circ$  と  $143^\circ$ ) と長方形の合計 3 種類を用意した. 印加電圧は  $100 \text{ V}$  として図 13(a) のパターンを用い, 液滴量を  $0.8 \mu\text{l}$  で固定して周波数を  $1 \text{ Hz} \sim 300 \text{ Hz}$  まで変化させた場合と, 周波数を  $1 \text{ Hz}$  で固定し, 液滴量を  $0.5 \mu\text{l} \sim 3.5 \mu\text{l}$  まで変化させた場合について輸送の可否を調べた. 輸送可能であった周波数と液滴量を表 3 に示す. くの字形電極では長方形電極に比べて高い周波数まで輸送を行うことができた. これは, くの字形の方が表面張力の作用により電極間の段差を乗り越えやすいためと考えられる. また, 液滴量を変えた実験では, 電極形状による差は小さく, 電圧の印加範囲よりも液滴の占める面積が大きくなっても輸送は可能であった. しかし, 本実験では電極 8 個毎に同じ電圧パターンを印加したため, 水滴が電極 8 個分 (約  $3 \mu\text{l}$ ) より大きくなると後方の電圧の影響を受けて輸送が不安定になった.

### 3.4 液滴生成実験

次に, 基板上的リザーバに供給した大きな液滴から, EWOD を利用して一定量の微小液滴を生成するデバイスを製作した. 液体をためておくリザーバの形状は図 15 に示すように  $6.6 \text{ mm}$  角の正方形とし, そこから液滴を引き延ば



**Fig. 14** Shapes of electrodes

**Table 3** Experimental results for the droplet transportation

Electrode shape	Frequency	Droplet amount
Dogleg ( $113^\circ$ )	$1 \sim 100 \text{ Hz}$	$0.5 \sim 2.5 \mu\text{l}$
Dogleg ( $143^\circ$ )	$1 \sim 100 \text{ Hz}$	$0.5 \sim 3.25 \mu\text{l}$
Rectangle	$1 \sim 10 \text{ Hz}$	$0.5 \sim 3.0 \mu\text{l}$

して小さな液滴を分離、輸送するための電極形状は、くの字形（頂角 113°、143°）と長方形の 3 種類を製作した。液体は純水を使用し、印加電圧 150V、周波数 1Hz、純水の供給量を 20  $\mu\text{L}$  とした。電圧印加パターンは、試行錯誤の結果、図 13 (b) のように隣合う 2 つの電極に印加する方法を採用した。その結果、図 16 に示すように液体が電極 8 個分引き延ばされた後に、8、9 番目の電極とリザーバが同時にオンになり、電極 2 個分の液滴が分離し、残りの液体をリザーバに引き戻すことができた。電極形状の違いによる液滴の生成量と標準偏差を表 4 に示す。

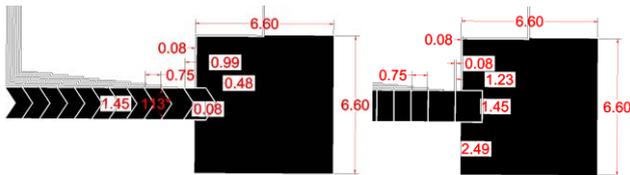


Fig. 15 Shapes of electrodes for the droplet generation

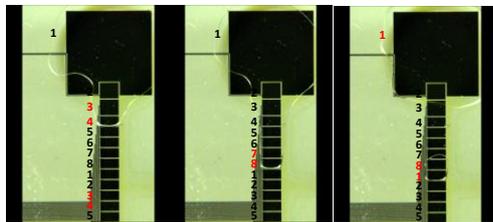


Fig. 16 Snapshots of the droplet generation

Table 4 Experimental results for the droplet generation

Electrode shape	dogleg (113°)	dogleg (143°)	rectangle
Averaged volume	0.75 mm <sup>3</sup>	0.91 mm <sup>3</sup>	0.80 mm <sup>3</sup>
Standard deviation	0.2 mm <sup>3</sup>	0.12 mm <sup>3</sup>	0.03 mm <sup>3</sup>

実験の結果、長方形の電極を用いた場合に連続 5 回の液滴生成を行うことができ、液滴の体積のばらつきが最も小さくなった。この理由は、長方形はくの字形のような凹部がないため電極の形状に沿って液滴が生成され、電極からはみ出す部分が少ないためと考えられる。

### 3.5 液滴排出デバイスの製作

液滴を排出するためのデバイスは、図 7 に示す 1 枚の基板上で液滴を移動させる構造を採用した。基板として石英ガラスおよびフレキシブルなポリイミドの 2 種類を用いてデバイスの製作を行った。石英ガラス基板に対しては、電極層として 300nm のクロム膜を電子ビーム蒸着で形成し、電極および配線部をフォトリソグラフィとウェットエッチングにより形成した。その後、絶縁層として 1  $\mu\text{m}$  の Parylene C を蒸着し、撥水層に 0.1  $\mu\text{m}$  の Teflon AF を塗布した。ポリイミド基板に対しては、電極層としてあらかじめ形成されている厚さ 0.3  $\mu\text{m}$  の銅を用い、絶縁層に ParyleneC、撥水層に FS1010（フロロテクノロジー製）を用いた。撥水層の純水に対する接触角は Teflon AF、FS1010 とともに 119°であった。

実験装置の構成は図 12 と同じである。ファンクションジェネレータで一定周波数のパルスを発生して制御部に送り、8 出力の PIC により電圧の出力パターンを生成し、パルス入力の周期に従って電圧の印加先を一つずつ移動させた。PIC の出力を 100V に増幅し、デバイスに印加した。液滴の輸送速度はファンクションジェネレータの周波数によって変更

可能であり、電圧印加先は PIC のプログラムによって様々な輸送パターンに変更可能である。

液滴排出のための基礎実験として、石英ガラス基板による通常のデバイスと天地逆さのデバイスを用いて液滴輸送実験を行った。周波数 5Hz で電圧 100V を印加したときの輸送可能な液滴量と、液滴を 3  $\mu\text{L}$  として、電圧 100V で周波数を上げていったときの輸送可能周波数を調べた。結果を表 5 に示す。

結果より、水平面と天地逆さの面での輸送可能液滴量にはあまり差が見られなかったが、輸送可能な最大の周波数は、逆さ面の方が大幅に低く、輸送速度が小さいことがわかる。その原因として、天地逆さの輸送時には液滴が上下振動を繰り返しながら輸送されるため、印加周波数が高くなると液滴の上下振動が追従できなくなることが考えられる。

Table 5 Results of droplet transportation

	Transportable amount of droplet [ $\mu\text{L}$ ]	Maximum frequency [Hz]
Horizontal surface	1.5~20.0	100
Inverted surface	1.5~15.0	15

### 3.6 液滴排出実験

EWOD デバイスから液滴を排出する際には、一定量の液滴を再現性よく基板から分離させる技術の開発が重要な課題となる。本研究では液滴の排出方法として、以下の 3 つの方法を提案する。

方法 1 は、フレキシブルなポリイミド基板上に EWOD デバイスを形成し、基板を折り曲げることにより水平面から天地逆さの末端まで微小な液滴を連続して移動させ、末端で液滴を合体させ重量を大きくして落下させる方法である（図 17 参照）。液体には純水を用い、印加電圧を 100V、周波数を 1 Hz とし、4  $\mu\text{L}$  ずつ輸送を行った。この実験を 5 回繰り返した結果、初回は 20  $\mu\text{L}$  で落下し、徐々に落下する液滴量が増加し、5 回目は 28  $\mu\text{L}$  で落下した。液滴量が増加した原因は、表面の撥水性が徐々に低下したためと考えられる。

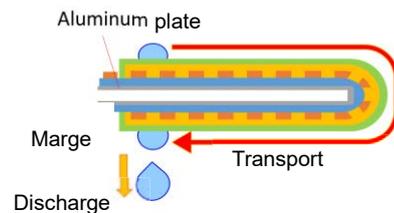


Fig. 17 Droplet discharge device 1

方法 2 は、フレキシブル基板を用いて液滴を水平輸送した後角度を 90° 曲げて、鉛直面から液滴を排出する方法である（図 18 参照）。純水を用いて実験を行った結果、水滴量が 2  $\mu\text{L}$  の場合には重力よりも付着力の方が強く排出することができなかったが、4  $\mu\text{L}$  ~ 10  $\mu\text{L}$  の水滴では排出が可能であった。

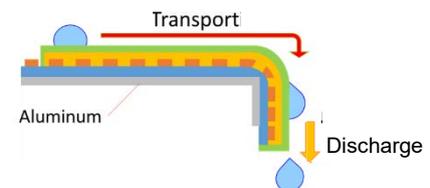


Fig. 18 Droplet discharge device 2

方法 3 は石英基板上に製作したデバイスを傾斜させ、斜面に沿って液滴を EWOD により加速して排出する方法である

(図 19 参照). 純水を用いて水滴量 5~30  $\mu\text{L}$ , 印加電圧を 100 V, 周波数を 100 Hz (輸送速度 65 mm/s) として, 印加無しの場合の転落角と, 印加有りの場合の転落角の間の角度で実験を行った, 水滴が印加電圧に追従して移動し, かつデバイスの縁に残らずに排出可能な最小の角度を, 排出角度とした. 実験結果を表 2 に示す.

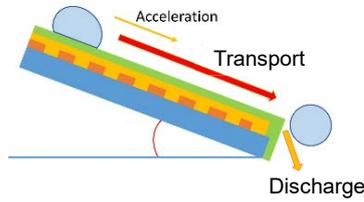


Fig. 19 Droplet discharge device 3

Table 6 Experimental results

Amount of droplet	Sliding angle (0V)	Sliding angle (100V)	Minimum discharge angle
5 $\mu\text{L}$	60.7°	90°	90°
10 $\mu\text{L}$	32.7°	90°	60°
15 $\mu\text{L}$	28.3°	82.3°	45°
20 $\mu\text{L}$	24.3°	42.7°	40°
25 $\mu\text{L}$	20.3°	21.3°	×

実験結果より, 5  $\mu\text{L}$  の水滴では 90° の鉛直面のみで排出可能だったが, 10  $\mu\text{L}$  から 20  $\mu\text{L}$  の水滴では速度を与えることにより 40° ~60° の斜面から排出させることができた. 25  $\mu\text{L}$  の水滴では 100 V の電圧を加えても重力で斜面を落下する状態となり, EWOD により制御した状態で排出することができなかった.

以上の 3 種類の方法の中では, 鉛直面が最も微量 (4  $\mu\text{L}$ ) の液滴を排出することが可能で, 逆さ面では付着力が強く液滴を排出しにくいことがわかった. 逆さの面から微小な液滴を排出させるためには, 表面に微細構造を形成することにより撥水性を高め, 付着性を低減させる必要がある. また, 鉛直面においても, 末端部の形状や表面の濡れ性, 電圧印加パターンや周波数などの影響を詳細に調べ, 液滴排出の信頼性, 再現性を高めていく必要がある.

#### 4. 結言

- (1) シリコン基板上に円柱状の微細構造を形成し, 撥水剤を塗布することで撥水性の高い表面を製作した. 円柱の直径, 間隔を減少させ高さを高くするほど, 接触角が増加し転落角が減少した. またある閾値を超えると Cassie-Baxter の状態に遷移して撥水性が急激に向上した. 接触角の測定値は理論値とよく一致した.
- (2) 円柱構造にアンダーカットを設けることにより撥水性が向上することが確認された.
- (3) EWOD デバイスにおいて液体の種類が輸送性能に及ぼす影響を調べた. その結果, 電気伝導率が  $1 \times 10^{-9} \text{ S/m}$ , 比誘電率が 24.6, 初期接触角 40° 以上の液体は輸送可能であった.
- (4) 上下 2 枚の基板も用いた EWOD デバイスにおいて, 電極形状が液滴の輸送, 生成に及ぼす影響を調べた. その結果, 液滴輸送においては, く の字形の電極が適しており, 液滴生成では長方形の電極を用いることにより, 生成する液滴の体積のばらつきを小さくできることを確認した.

- (5) EWOD による液滴の排出に関して, 逆さ面, 鉛直面, 斜面の 3 種類の排出方法を提案した. 鉛直面を利用する方法が最も小さな水滴 (4  $\mu\text{L}$ ) の排出が可能であり, 逆さ面では付着力が大きく排出しにくいことがわかった.

#### <参考文献>

- (1) S. K. Cho, H. Moon and C-J. Kim, "Creating, Transporting, Cutting, and Merging Liquid Droplets by Electrowetting-Based Actuation for Digital Microfluidic Circuits," J. of Microelectromechanical Systems, Vol. 12, No. 1, 2003, pp.70-80.
- (2) R. B. Fair, "Digital microfluidics: is a true lab-on-a-chip possible?" Microfluidics and Nanofluidics, Vol. 3, 2007, pp. 245-281.
- (3) M. Liu, S. Wang and L. Jiang, "Bioinspired multiscale surfaces with special wettability," MRS Bulletin, Vol.38, 2013, pp.375-382.
- (4) T. Sun, L. Feng, X. Gao and L. Jiang, "Bioinspired Surfaces with Special Wettability," Acc. Chem. Res. Vol. 38, 2005, pp. 644-652.
- (5) A. Tuteja et al., "Designing Superoleophobic Surfaces," Science, Vol. 318, 2007, pp.1618-1622.

# 1.4 パルスビーム加工による材料表面の機能創成と応用 Functional Creation and Application of Material Surface by Pulse Beam Machining

武沢 英樹  
Hideki TAKWZAWA

**Keywords** : EDM, Micro-bubble, Surface roughness, Permanent Magnet, Surface Magnetic Flux Density

## 1. 緒言

高硬度材料の精密加工を得意とする放電加工は、絶縁液中で電極と工作物間にパルス電圧を印可し、微小な放電を繰り返すことで、材料を溶融除去する加工法である。非接触熱エネルギー加工であり、加工反力が小さいため微細加工への応用が広がっている。加工面は、微小な放電痕の累積で形成されており、放電条件を一定とすれば、ほぼ同様な除去量の放電痕形状が重なり合い、表面粗さもそれに従った値に落ちつく。その一方で、放電面には溶融部が飛散しきれずに残留した溶融再凝固層が存在する。加工材料にもよるが、鉄鋼材料では溶融部が急冷されることで加工面には引張り応力が残留し、クラックの原因ともなっている。

放電加工における絶縁性加工液は、極間の絶縁回復、放電点の冷却、気化爆発による溶融部の飛散、飛散した溶融部の工作物表面への再付着防止など様々な作用を担っている。材料の溶融量は、極間に投入される放電エネルギーでほぼ決定され、溶融量のうちの程度が飛散するかにより加工速度や表面粗さが変化すると考えられる。この溶融量の飛散状況により、形成される放電痕が影響を受け、その連なりで形成させる加工面の表面性状が変化する。ところで、最近 50 $\mu\text{m}$  以下の微細気泡を含有させた微細気泡（マイクロバブル）水による洗浄や殺菌効果が注目され始めている。さらに、研削加工の加工液に微細気泡を含有させることでその研削特性が変化するなどの報告もある<sup>1)</sup>。上記バブルの生成には大気を用いられているが、導入気体を窒素やアルゴンなどボンベから供給することも可能である。この場合、放電加工の加工液に微細気泡を含有させると、極間にガス成分を含んだ微細気泡が存在し、放電加工の高温高圧状態により化学反応が進行するのではないかと考えた。つまり、窒素ガスによる微細気泡を放電加工液に混入すれば、工作物表面に窒化物を生成できるのではないかと予測した。さらに、微細気泡を含有させた加工液中で放電加工を行えば、加工液の気化爆発力が変化することも考えられる。特に、放電により生成する気泡に微細気泡が併合すれば気化爆発力に変化が生じ、バブル混入の有無により放電加工後の面性状に違いが生じるのではないかと推察された<sup>2)</sup>。

また、難削材加工が得意な放電加工であるが、その中で硬脆材料である着磁後の永久磁石に対して、穴加工などの形状加工を行うと、磁石形状の変化に加え放電加工で生じる磁石内部の温度上昇により磁石表面の磁束密度分布が変化し、多極磁石のようなパターンニング加工が可能なことも見出してきた。通常、粉末冶金法で成形されその後飽和状態にまで着磁され永久磁石となる。複雑形状の磁石が必要な場合は、着磁前に、主として研削加工にて形状を成形してから着磁される。ところが、着磁後の永久磁石を放電加工することで、磁石形状が変化すること、および熱エネルギー加工による磁石内部温度の上昇により複雑な磁束密度パターンが得られることがわかり、その制御法を含め検討が続けられてきた。

本報告では、材料表面の機能創成を目的に、マイクロバブル混入放電加工の効果と、永久磁石の放電加工特性とパターンニングについて報告する。

## 2. マイクロバブル混入放電加工

### 2.1 中荒加工条件におけるマイクロバブル混入の効果

加工は形彫放電加工機（ソディック製：AM3L）を使用して行った。微細気泡は、超微細気泡発生装置（アスプ製：MA5S）を用いた。含有気体は大気である。微細気泡を含有させた加工においては、電極中心（直径 1mm）からバブル混入加工液を噴射して、極間に直接バブル混入加工液を導入した。電極には直径 10mm の銅電極を、被加工物には S45C を使用した。放電条件は、電流値 20A、パルス幅 200 $\mu\text{s}$ 、D.F.50%の中荒加工条件であり、加工時間を 15 分と設定して 3 回の実験を行った。バブル混入無しでは、加工液噴出は行っていない。

純水を加工液とした時の、加工速度と加工面粗さ（Ra）の比較を図 1 に示す。加工速度（棒グラフ）は、電極極性によらずバブル混入のほうが若干大きな値を示す。一方、加工面粗さは、電極極性（+）では大差がないが、電極極性（-）において、バブル混入のほうが小さい傾向を示した。加工速度が向上しているにもかかわらず面粗さが良くなった理由

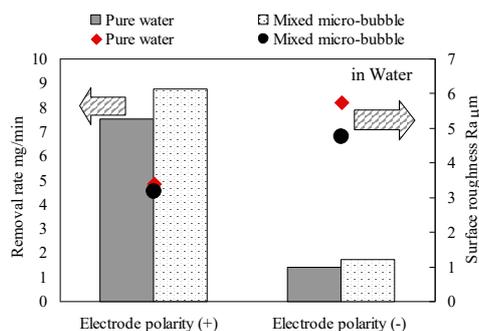


Fig.1 Comparison of removal rate and surface roughness

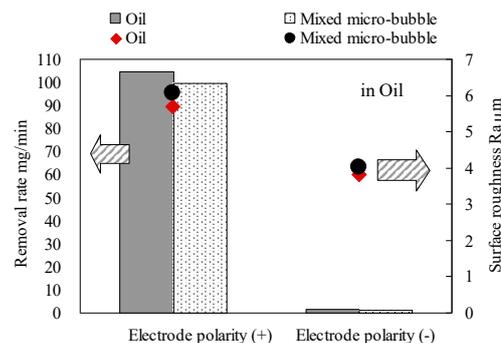


Fig.2 Comparison of removal rate and surface roughness

を確かめるために放電頻度と単発放電痕の観察を行ったところ、両極性とも放電頻度はバブル混入のほうが1.6倍程度上昇していた。これより、単発放電痕除去量は減少しているにもかかわらず、放電頻度が上昇したため、面粗さが良好になったが加工速度が向上したのではないかと推察された。

一方、加工液を放電加工油とした時の、加工速度と加工面粗さ (Ra) の比較を図2に示す。加工液を放電加工油とすると、加工速度、面粗さともバブル混入の有無で大きな差異は見受けられなかった。放電頻度も大差が無かったことから、中荒加工条件では油加工液に微細気泡を混入しても効果がほとんど無いことがわかる。

## 2.2 仕上げ加工条件におけるマイクロバブル混入の効果

前節に示したように、中荒加工条件ではマイクロバブル混入の効果が、仕上げ面粗さに対して大きく影響が見られなかった。そこで、加工条件を仕上げ条件に変更し、マイクロバブル混入の効果を調べた。電極極性をプラスとし、電流値5A、パルス幅32 $\mu$ s、D.F.50%の条件であり、これまで同様にバブル混入の場合は直径10mmの銅電極中央部から加工液を噴出した。工作物をS45Cとして直径10mmの電極が全面当たりする程度の深さ0.2mmの加工指定で加工を行った。加工後の表面粗さを1サンプルにつき5ライン計測し、2サンプル合計10ラインの最大最小を除いた8ラインの平均を粗さデータ (JIS' 01) とした。

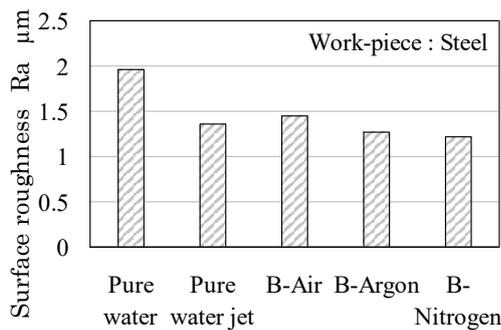


Fig.3 Change in surface roughness Ra

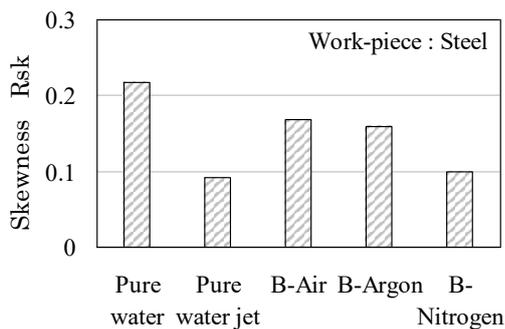


Fig.4 Change in surface roughness Rsk

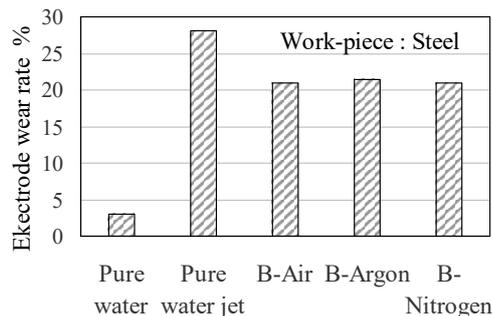


Fig.5 Change in electrode wear rate

図3には、純水加工、純水噴射加工、3種のマイクロバブル混入加工液の噴射加工、合計5種類の表面粗さ Ra の比較を示す。加工液の噴射がない純水加工よりも、残り4条件において若干 Ra の数値は良くなる傾向が見られる。ただし、この場合も各種ガスのマイクロバブル混入の効果は明確でなく、加工液を電極中央部より噴射した影響が大きいとも考えられる。ただし、表面粗さのパラメータの中で測定面の歪度を表す Rsk (スキューネス) の値に、バブル混入の有無の差が現れた。Rsk は、粗さ曲線の高さ方向の偏りを表す指標であり、0であれば上下の凹凸は均等に分布していることを示す。Rsk が正の値を示すと、粗さ曲線の凸部に対して凹部の割合が多く、負のときは凹部に対して凸部の割合が多いことを示す。Rsk は、表面の摩耗状態の推察や光沢度と相関があることが知られている。スキューネス Rsk の比較を図4に示す。この場合も Ra と同様に、加工液を噴出することで若干値が低減する傾向は確認されたが、バブル混入の効果は明確でなかった。また、図5には各条件における電極消耗率の比較を示す。加工液を噴出しない純水のみでの加工では3%程度と低い電極消耗率を示すが、加工液を噴出する残り4条件では、電極消耗率20%以上を示し、マイクロバブル混入の影響というよりも加工液噴出の影響が強いことがわかる。

同様の仕上げ加工条件による加工を、油加工液中で行った。ただし、用いたポンプではバブルを混入せずに油加工液のみ噴射することができず、また酸素バブルは安全性の確認がと

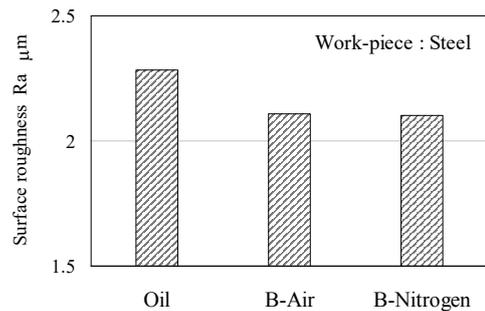


Fig.6 Change in surface roughness Ra

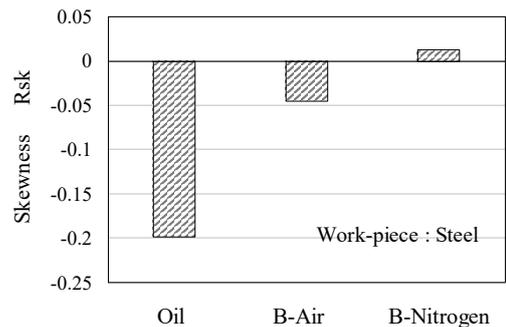


Fig.7 Change in surface roughness Rsk

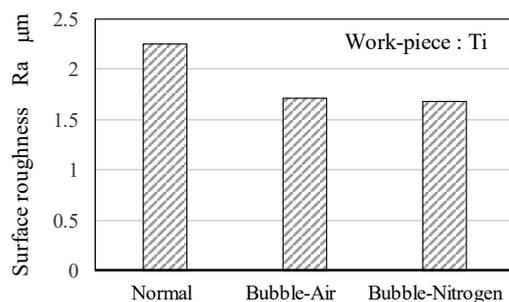


Fig.8 Change in surface roughness Ra

れていないため行わなかった。そのため、純水を用いた場合に比較して少ない比較となっている。図6に算術平均粗さ Ra の比較を示す。純水と同様に大きな違いは観察できなかった。次にスキューネス Rsk の比較を図7に示す。純水加工では大きな差が確認できなかったが、油加工ではバブル混入により差が生じた。通常加工油の場合は、マイナス 0.2 程度を示すが、バブル混入加工液では、大気の場合でマイナス 0.05、窒素の場合で若干プラスの値を示した。0.2 程度の違いではあるが、その他の粗さパラメータでは3者の値はほぼ同等であることを考えると Rsk の値のみがバブル混入有無で違いが見られる。通常加工油について、この後数回同様の加工を繰り返したが、いずれのデータにおいてもマイナス 0.2 より大きな値を示した。これより、電極極性 (+)、仕上げ条件によるバブル混入放電加工では、加工面の上下の凹凸はほぼ均等に分布していることがわかる。

次に、工作物をチタン板に変更し同様の仕上げ条件によるバブル混入の効果を確かめた。チタン板を用いた理由の一つに窒素ガスを微細気泡として極間に導入することで、放電加工面に窒化物の被膜が形成されないかと考えたためである。図8に表面粗さ Ra の3者の比較を、図9に Rsk の比較結果を示す。Ra はバブル混入加工液で若干減少する傾向にあるが大きな差ではない。一方、Rsk は通常加工でマイナス 0.2 程度、大気や窒素バブルを含有するとマイナス 0.4~0.5 程度を示した。バブル混入の有無で差異が認められたが、この傾向は鉄鋼材料に対する結果と傾向は逆を示した。この章の

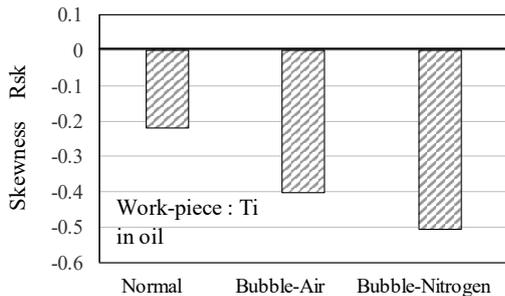


Fig.9 Change in surface roughness Rsk

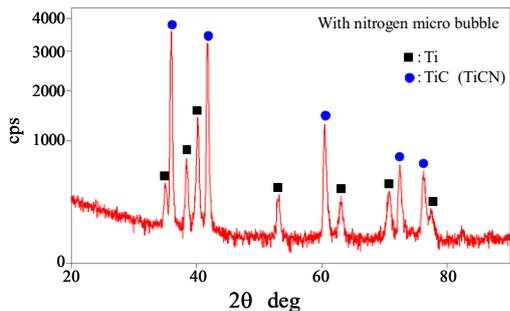


Fig.10 XRD of EDM with nitrogen micro bubbles mixed in fluid

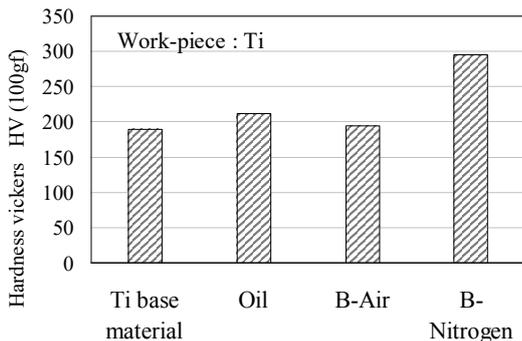


Fig.11 Change in hardness Vickers(HV)

最後に、チタン材への窒素マイクロバブル混入加工面のX線回折結果を示す(図10参照)。ビッカース硬度計による加工面硬さの比較では1.5倍程度の値が確認されているが(図11参照)、成分分析ではTiNのような生成物を明確に把握することはできなかった。

### 3. 永久磁石に対する放電加工

#### 3.1 突き当て放電加工による磁束密度変化

難削材の一つである永久磁石の加工も、非接触熱エネルギー加工である放電加工であれば、形状加工が可能である。ただし、形状が変化すれば磁気特性も変化し、特に底付穴加工を行えば、対抗面の表面磁束密度分布が変化しパターン化する。形状変化に加えて放電加工による磁石内部の温度上昇も上記現象には大きく関わっていると推察され、その制御およびメカニズムを含めて研究を進めてきた。

加工対象には、磁力が強力なネオジウム磁石を用いた。磁性材料では、形状やその寸法に依存して、内部に反磁場と呼ばれる磁石表面に現れる磁場と反対向きの磁場が発生する<sup>2)</sup>。このため、表面磁束密度は磁石形状に依存し、形状が変化すれば磁束密度も変化する。そのため、着磁後の磁石を放電加工で形状加工を行えば、形状変化に伴う磁束密度の変化を得られる。加えて、熱エネルギー加工である放電加工により、磁石内部温度が上昇すれば、温度上昇に起因する磁力の低下が生じ、形状変化と合わせた複合的な磁束密度変化を示すと考えられる。そこで、はじめに突き当て加工により磁石高さが変化するのみの加工において、放電条件に起因する表面磁束密度の低下を調べた。

ネオジウム磁石は、直径 10mm、高さ 10mm の市販の磁石を用いた。この磁石に対して、直径 11mm の銅電極を用い、磁石N極側から加工深さ指定 1mm の突き当て加工を行った。放電条件は、電極極性を (+) とし、表1に示す2種類の条件で比較した。No.1の条件は入力エネルギーの少ない低速加工の条件であり、No.2の条件は入力エネルギーの大きな高速加工の条件である。加工後の加工面の表面磁束密度を、テスラメータ(カネテック製 TM-601)にて計測した。測定は、中央部一断面を 0.5mm ピッチで行った。図12に、加工前および No.1、No.2の条件で加工後、さらに高さ 9mm の未加工磁石の表面磁束密度の比較を示す。表面磁束密度は、全て N 極面を測定した。いずれの測定においても、直径 10mm の磁石の両脇は、端部の影響で磁束密度が低下して

Table 1 Discharge conditions

	Discharge current (A)	Pulse duration (μs)	Pulse interval (μs)	D.F (%)
No.1	5	32	32	50
No.2	20	128	128	50

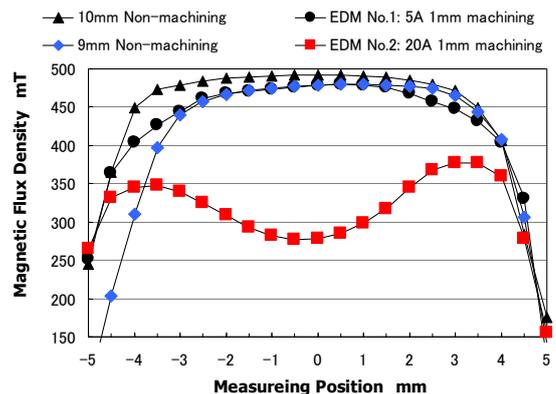


Fig.12 Change of magnetic flux density each conditions

いる。高さ 10mm の加工前磁石の磁束密度は、実測で 480mT 程度であった。一方、No.1 の条件で 1mm 除去加工を行い、高さ 9mm になった磁石表面の磁束密度は、460mT 程度とわずかに減少する。ただしこの値は、高さ 9mm の未加工磁石の磁束密度とほぼ同等であり、磁石高さが 1mm 減少した影響であることがわかる。ところが、同じ高さ 1mm の除去加工であるにもかかわらず、No.2 の放電条件で加工すると、加工後の磁束密度は 270mT 程度にまで減少する。これより、No.2 の高速加工の条件で加工すると、磁石高さの低減に加え、放電加工されたことによる影響で磁束密度が大きく低減することがわかった。No.1 の条件では、磁石高さが低減したことによる変化のみで、放電加工による影響で磁束密度は低減しない。これより、No.2 の条件で表面磁束密度が大きく低減したのは、放電加工による磁石温度の上昇に起因する磁束密度の低下か、あるいは比較的大きなパルス電流が磁石に流れることで生じる磁界の影響によるものではないかと考えられる。

### 3.2 放電加工中の磁石内部温度の変化

これまで、表 2 に示す 2 種類の条件で、直径 10mm、高さ 10mm のネオジム磁石を高さ 1mm 除去すると、加工後の表面磁束密度が No.2 の条件では大きく低下することが分かっている。そこで放電条件の違いにより、加工中の磁石内部温度に違いがあるかを確かめるために、先端径約 0.5mm の K 熱電対を用いて実測した。いずれの放電条件においても、深さ方向の温度変化を調べるために、加工前の磁石の上端から 2, 3, 4, 5mm 下の側面に対し直径 1mm、深さ 5mm の穴を細穴放電加工機で加工し、熱電対を埋め込んだ。ただし、横穴加工を多数施した磁石では熱の伝導性に影響が生じることを懸念して、磁石 1 個に対し各高さ 1 個の横穴を空け、4 回の実験に分けて深さ方向の温度変化を取得した。ここで、磁石は 1mm の除去加工が行われるため、加工終了直前では、加工面から設置した熱電対までの距離はそれぞれ 1mm ずつ接近している。熱電対からの出力はデータロガー（キーエンス製 NR-1000）を用いてサンプリング間隔 0.1s にて加工終了まで取得した。

図 13 に、No.1 および No.2 の条件で高さ 1mm の除去加工を行った際の磁石内部温度の履歴を示す。(a) ~ (d) までは、それぞれ別々の加工実験になる。高さ 1mm を除去するのに No.1 の低速加工条件では約 50 分、No.2 の高速加工条件では、約 5 分の加工時間であった。同図 (a) より、No.1 の条件では上端より 2mm の位置（加工終了直前加工面との距離：1mm）における磁石内部温度は 80°C 程度を示していた。一方、同一測定部位で放電条件を No.2 とすると、加工初期の 130°C 程度から加工終了直前では 180°C 程度まで上昇した。このように温度上昇する理由の 1 つは、加工

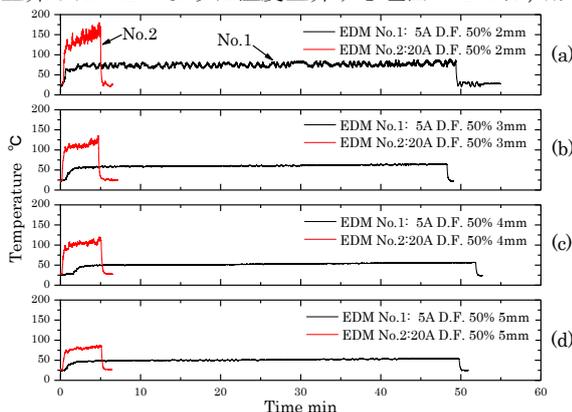


Fig.13 Change in internal temperature each depth

面と熱電対の距離が 2mm から 1mm へと縮まるためである。磁石上面からの深さが 1mm ずつ深くなると、それぞれの条件による内部温度は、No.1 の条件で約 65°C (上面から 3mm)、約 55°C (上面から 4mm)、約 50°C (上面から 5mm) と低下する。一方、No.2 の条件では、約 130°C (上面から 3mm)、約 110°C (上面から 4mm)、約 70°C (上面から 5mm) とする。これより、Fig. 2 に示すように No.2 条件で磁束密度が大きく低減するのは、加工面直下においては少なくとも 180°C 程度以上に温度上昇するため磁力の低下が生じたと推察できる。一方、No.1 条件では加工面より 1mm 下で 80°C 程度であり、温度上昇に起因する磁力の低下は小さく、磁石高さが変化した影響のみが現れたと考えられる。

### 3.3 永久磁石に対する放電・電解加工の加工特性比較

前節の実験では、磁束密度変化に対する形状の変化と磁石内部温度の影響度合いを分離することができなかった。そこで、材料の温度上昇がほぼ無いと考えられる電解加工を用いて同様の形状加工を行い、温度上昇の影響を排除して形状変化のみによる磁束密度変化への影響を抽出することを目指した。

放電加工は市販の加工機を利用して加工を行ったが、電解加工は自作の加工機にて穴加工を行った。図 14 に構成図を示す。電極は直径 3mm の銅電極の中央部に直径 1mm の電解液噴射孔をあけたものを使用した。電解液には、20wt% の塩化ナトリウム水溶液を用い、小型ポンプを用いて流量 6.7cm<sup>3</sup>/s で流出させた。このとき、電極中央部からの流速は 7.9m/s となる。50V の直流電源と 10Ω の回路抵抗を用いて電解加工用回路を形成した。加工機の主軸はマイクロメータヘッドを手動により降下させ、加工を進行させた。極間距離の設定は、短絡が発生せずに加工が安定して進行する最小の値とし、約 10μm を目指した。これはポンプ出力の状態をモニタリングすることで調整した。深さ 2.5, 3.5, 4.5mm の加工は、マイクロメータヘッドの数値を読むことで設定した。

電解加工後に、穴対向面 (S 極面) の磁束密度分布の測定を行った。図 15 に、S 極中央部の磁束密度を放電加工、電解加工それぞれの加工穴深さについてまとめた。放電加工では、穴深さ 2.5mm において初期磁束密度 400mT から 60mT ほどまで大きく低減し、深さ 3.5mm 以降は N 極に転極する。一方、電解加工では、深さ 2.5mm で 320mT 程度と値の低減は少ない。深さ 4.5mm でも 160mT 程度を示した。これらは、穴加工が行われることにより磁石材料自身が消失するため磁力が低減している影響と考えられる。別途、磁石素材を購入し放電加工にて穴加工を行い、その後着磁処理を行ったサンプルと同等の値であった。これより、着磁磁石に対する電解加工では、形状加工してから着磁処理と同様な磁束密度分布を示し、磁石内部温度の上昇に伴う影響はほぼ無いと考えられる。

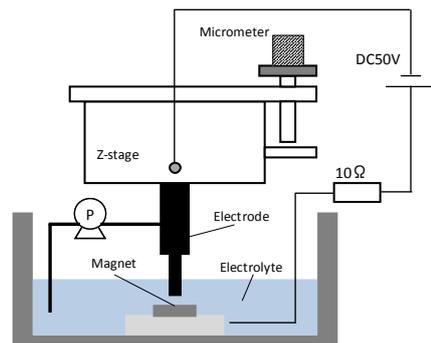


Fig.14 Schematic diagram of ECM

実際に、深さ 2.5mm の穴加工において磁石側面に直径 1mm の細穴をあけ、K 熱電対を挿入して加工中の磁石内部温度の測定を行った。穴位置は磁石上面より 3.5mm の側面から加工した。図 16 に、仕上げ条件および荒加工条件の放電加工ならびに、電解加工中の磁石内部温度の測定結果を示す。放電加工では、仕上げ条件でも 20°C 以上の温度上昇があり、また荒加工条件では 40°C 以上も上昇している。加工部位より 1mm 下の部位における温度であるため、加工面ではさらに温度上昇していることが推察される。一方、電解加工においては、ほとんど温度上昇が見られない。この結果からも電解加工では磁石内部温度の影響は少なく、形状変化による影響が大きいことがわかった。

#### 4. まとめ

放電加工や電解加工などパルスビームを用いた材料表面の機能制御とその応用について、マイクロバブル混入放電加工による面性状変化および、永久磁石の形状および磁気特性の制御について研究を行ってきた。得られた結論を示す。

- 1) マイクロバブル混入放電加工では、中荒加工条件では純水加工液において、加工速度が向上し、かつ表面粗さも良好になる傾向が見られた。一般的な放電加工理論と反するが、単発放電痕除去量は減少して放電頻度が増加するために得られた結果であることがわかった。
- 2) マイクロバブル混入放電加工において、仕上げ条件で加工を行うと、油加工液および純水加工液とも、仕上げ面粗さに大きな変化はないが、凹凸を表す指標である Rsk 値に、バブル混入の有無の影響が発現した。金型表面の面性状を制御して、離型性の向上などが期待できる。

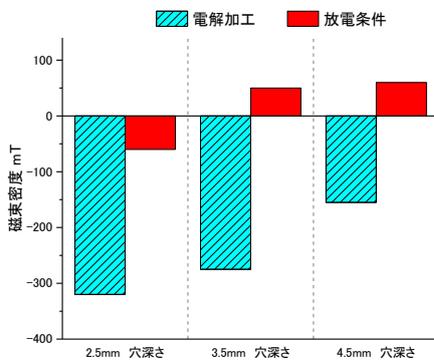


Fig.15 Change of surface magnetic field

- 3) 鉄鋼材料を加工時に、窒素マイクロバブルを混入することで加工面への窒化物生成を期待したが、加工面の硬度は上昇していたが生成物の確認までにはいたらなかった。
- 4) 永久磁石の放電加工において、中荒加工条件と仕上げ加工条件では、加工中の磁石内部温度に大きな違いがあり、高温になる中荒加工条件では、磁束密度の低下が大きいことがわかった。
- 5) 底付き穴か加工を行えば、未加工面である対向面は磁束密度パターンが形成される。放電条件や加工深さなどにより転極現象も発生し、様々なパターンニングの可能性を見いだせた。
- 6) 一方、温度上昇が小さいと考えられる電解加工で、底付き穴加工を行えば、放電加工のような転極現象は発生せず、磁石内部の温度上昇もほぼないことがわかった。これより、温度依存性を有する放電加工では、放電条件により磁石内部温度を制御することが可能であり、その影響による加工後の性状変化が期待される。

#### <参考文献>

- (1) 桐野宙治ほか、銅の超平滑化技術に関する研究、砥粒加工学会誌、Vol.56, No.5 (2012)325
- (2) Hideki TAKEZAWA et al., A Study on Single Discharge Machining with Low Melting Temperature Alloy, 15th International symposium for Electromachining (ISEM XV), pp.69-73(2007)

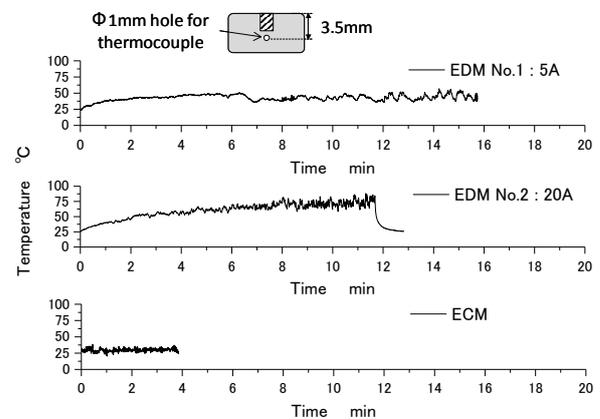


Fig.16 Change of internal temperature each machining



## II. 新機能表面・構造の生体医工学分野への応用



## 2.1. 表面技術の生体医工学応用 Application of Surface Technology to Biomedical Engineering

橋本 成広, 安田 利貴  
Shigehiro HASHIMOTO, and Toshitaka YASUDA

*Keywords*: Micromachining, Biomedical engineering, Cell, Flow

### 1. 緒言

本研究では、細胞の挙動・組織の形成を観察するための *in vitro* 実験システムを構築する。生体医工学研究センターBERC の成果として得られた細胞培養流路<sup>(1)</sup>を発展させて、マイクロ流路内での細胞の挙動を解析する実験システムを構築する。毛細血管や、臓器、血管分岐などの血液流路を模した流路システムにおいて細胞の挙動を解析するシステム、細胞の配向・増殖・分化・組織化などへの力学的刺激の影響を解析するシステムなどの開発を進める。細胞は足場に付着して増殖する性質を有するため、表面の凹凸・性状（親水性・疎水性など）の制御技術の開発の成果を、細胞の付着制御の技術へ応用するなど、他のテーマと連携して、本テーマの研究の推進を加速する。培養細胞の配向・増殖・分化・組織化を制御するための力学的刺激の方法がわかれば、再生医療における細胞の組織化の加速技術などに寄与することが見込まれる。マイクロ加工技術によって、細胞培養用のプレートの表面にマイクロメートルオーダーの凹凸パターンを設計し、また、表面加工技術を確立する。

### 2. 材料と方法

#### 2.1 マイクロ加工足場

細胞を培養するために以下の足場を設計・用意した。光造形法によって、細胞の浮遊状態での直径を以下の寸法として、0.01 mm 以下の縞模様<sup>(2)</sup> (Fig. 1)・市松模様のマイクロ凹凸 (Fig. 2)<sup>(3-5)</sup>・表面硬度の異なる縞模様<sup>(6)</sup> (「ポリジメチルシロキサン(PDMS)」の帯とより硬い「光硬化性樹脂 SU-8」の帯とを交互に配置した) (Fig. 4)を施した足場を作成した。また、背面に微小突起マーカを伴った透明フィルム状足場<sup>(7,8)</sup>を作成した(Figs. 5&6)。電気刺激・計測のための表面電極を組み込んだ足場<sup>(9-11)</sup>を作成した(Figs. 7-10)。また、チタン製マイクロコイルばね<sup>(12)</sup>を足場に適用した(Fig. 11)。

#### 2.2 力学的刺激試験

せん断流れ場における細胞等の変形・移動・配向を観察するために、平行平板間流路および回転円盤を適用したクエット流れ試験機<sup>(13-15)</sup>を作成した(Fig. 12)。細胞の培養中に流れ方向を変化させることができる十字型流路<sup>(16)</sup>を作成した(Fig. 14)。あらかじめ配向させた細胞に流れ刺激を加えるために、平行平板間流路の途中の足場に凹凸縞模様<sup>(17)</sup>を作成した(Figs. 15-17)。光造形法によって、流路中に隙間 0.0004 mm~0.020 mm のスリット<sup>(18-23)</sup>を設けた(Figs. 18-22)。培養液中に分散された細胞等をシリンジポンプによって一定の流量で吸引した。

流路における一様な速度分布を仮定し、流体の粘性係数から壁面せん断応力を算出した (最大 2 Pa)。流路に曝された細胞等の挙動を光学顕微鏡で観察した。足場に接着した細胞の変形・配向・移動をタイムラプス撮影によって追跡した。

遠心分離機 (最大 100 G) を利用して過重力環境<sup>(24-26)</sup>を用意した(Fig. 23)。超音波振動子を培養皿底面外側に貼り付けて<sup>(27)</sup>1 MHz の持続的な振動を加えた(Fig. 24)。

### 2.3 実験に供した細胞等

実験では、マウス筋芽細胞 (C2C12)、マウス癌細胞 (Hepa1-6)、マウス骨細胞 (MC3T3-E1)、マウス脂肪前駆細胞 (3T3-L1)、マウス線維芽細胞 (L929)、HUVEC (ヒト臍帯静脈内皮細胞)、および、マウス神経芽細胞 (Neuro-2a) を用いた。これらの細胞を 310 K, CO<sub>2</sub> 5% の環境下で培養した。また、比較対象として、ブタ赤血球を用いた。

### 3. 結果および考察

マイクロ尾根(Figs. 1,8,9,16)および市松パターン(Figs. 2&3)・マイクロコイルばね (Fig. 11)・縞模様(Fig. 4)において、足場の表面形状に依存した細胞の配向が観察された。高さが 0.0007 mm 以上の表面の凹凸があるとき、凹凸に合わせて、細胞が配向した。縞模様の長軸と細胞の長軸方向が一致する様子が走査電子顕微鏡像において確認された(Fig. 1)。市松凹凸パターンの対角線方向への配向(走査電子顕微鏡像 Fig. 2)を利用して、配向・組織化させた位相差顕微鏡像を Fig. 3 に示す。縞模様パターンにおいて、筋芽細胞の SU-8 への移動 (走硬性) を観察することができた(Fig. 4)。

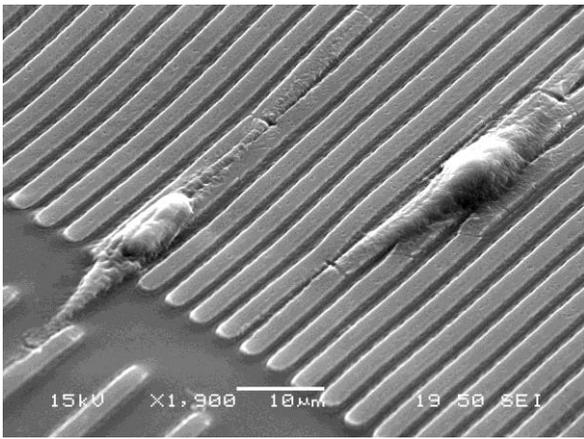
背面に微小凹凸マーカの配列を有する透明薄膜の走査電子顕微鏡像を Fig. 5 に示す。その薄膜を足場として筋芽細胞を培養し、電気刺激に伴う筋管の収縮を光学顕微鏡下で測定できた(Fig. 6)。流路の途中に設けた表面電極付近で、加えたパルス電圧に反応して細胞が移動する様子が観察された(Fig. 7)。位相差顕微鏡像において、足場上に設けた縞状の凹凸に応じて配向した細胞が観察された(Figs. 8&9)。この配向が電極間のインピーダンスの差として検出されたと考えられる(Fig. 10)。位相差顕微鏡像において、チタン製スプリングのコイル間を橋渡しして吸着する筋芽細胞が観察された(Fig. 11)。

せん断流れ下(Figs. 12-17)では、せん断応力 2 Pa を超えると、流れの影響が大きくなり、足場上での細胞の下流への移動・流れによる剥離が生じた。せん断応力 2 Pa 以下では、細胞は、足場上で変形・移動し、筋細胞では流れと垂直の方向に配向し、走行した(Fig. 13)。流路の途中の底面に、流れに対して角度の異なる縞模様を作成することができたことが、走査電子顕微鏡像で確認された(Fig. 15)。壁面せん断応力が 2 Pa 以下の流れ場において、細胞の凹凸縞模様に沿った移動が位相差顕微鏡のタイムラプス画像において確認された(Figs. 16&17)。

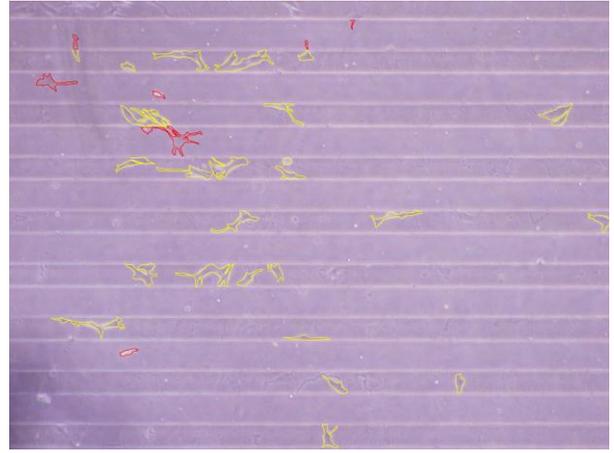
マイクロスリットを通過中の細胞の変形・配向が観察された。調整されたスリット幅によって細胞を振り分けられた。また、赤血球の捕捉・変形が観察された(Fig. 19-22)。

50 G 程度の過重力刺激 (Fig. 23) 後においては、過重力の方向への配向、また筋細胞では過重力と垂直な方向への配向が観察された。超音波振動刺激下(Fig. 24)で細胞の増殖の促進が観察された。

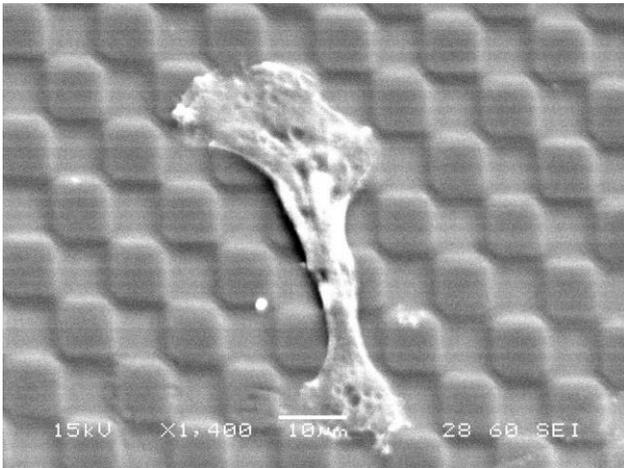
これらの表面および周辺力学場の影響は、細胞の種類や状態によって変化すると考えられる。



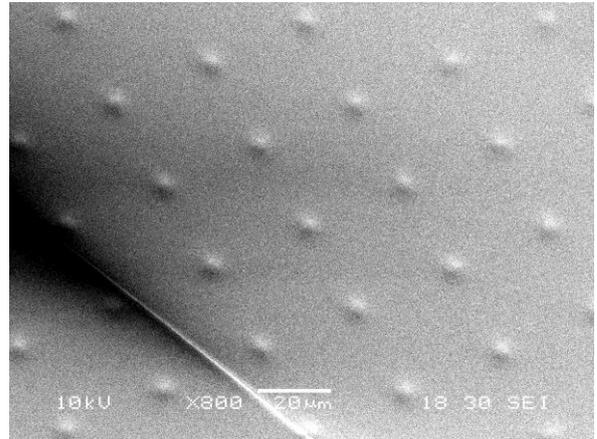
**Fig. 1:** SEM image of L929 cultured on ridge-lines for 24 hours.



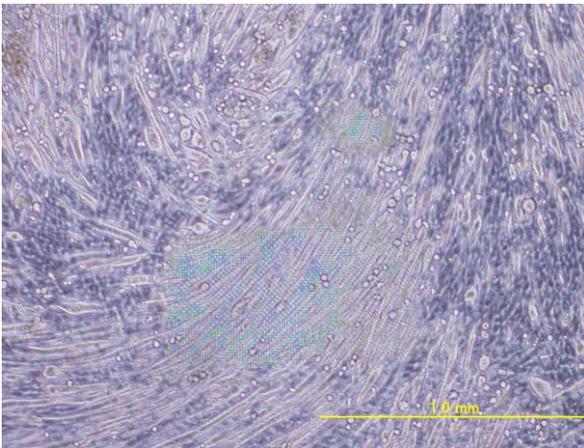
**Fig. 4:** C2C12 (each contour is traced) cultured on micro pattern for 24 hours. Dimension from left to right is 2.2 mm.



**Fig. 2:** SEM image of C2C12 adhered on surface of scaffold with checked micro-pattern.



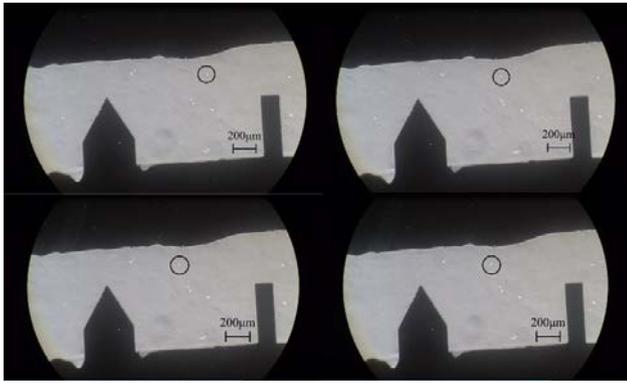
**Fig. 5:** SEM image of micro protrusions array marker on back-side of scaffold film: dimension from left to right is 0.15 mm.



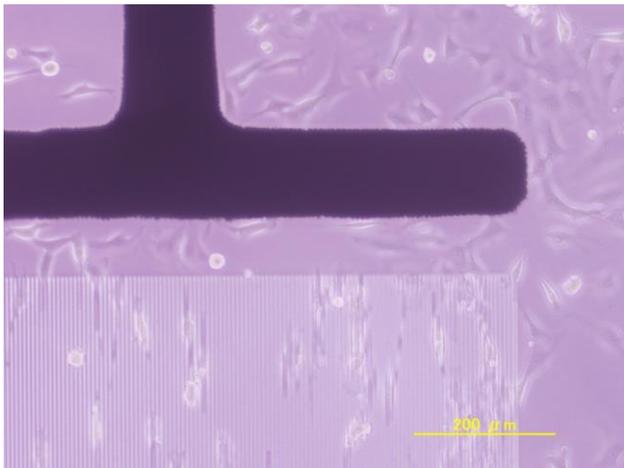
**Fig. 3:** C2C12 cultured on micro checked pattern for 20 days.



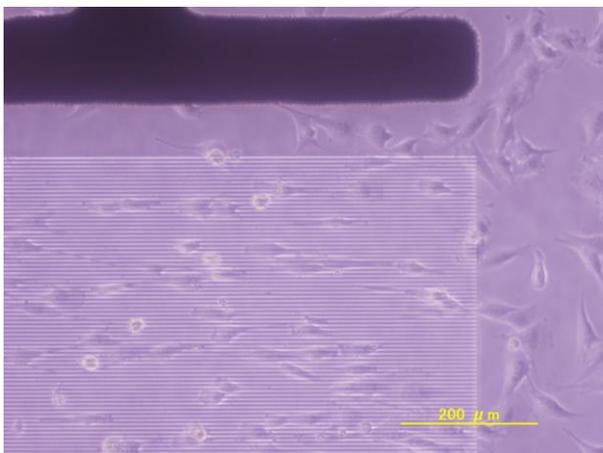
**Fig. 6:** Cultured myotubes and rear markers.



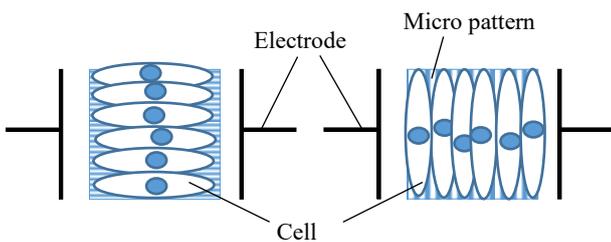
**Fig. 7:** C2C12 (marked in circle) near electrode: flow from right to left: every five seconds: upper left, upper right, lower left, lower right, in sequence.



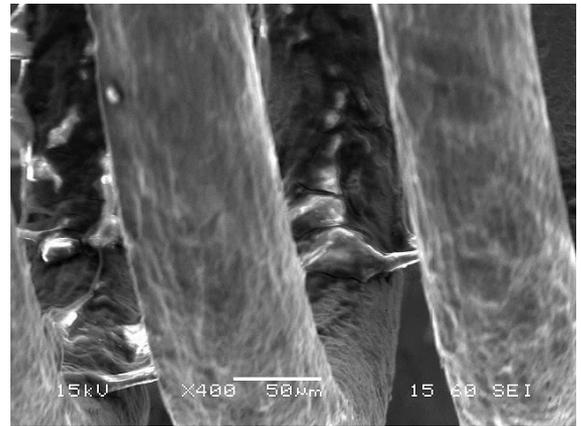
**Fig. 8:** C2C12 after 24 hours of culture on micro pattern A near electrode.



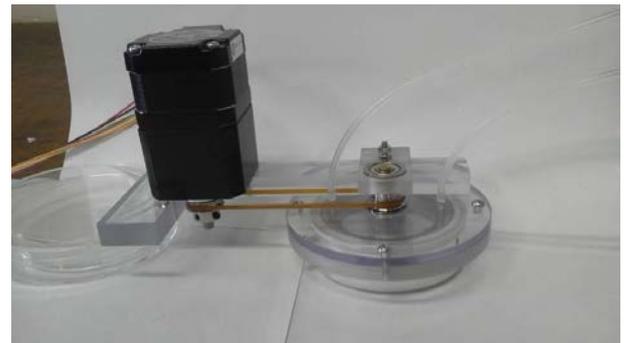
**Fig. 9:** C2C12 after 24 hours of culture on micro pattern B near electrode.



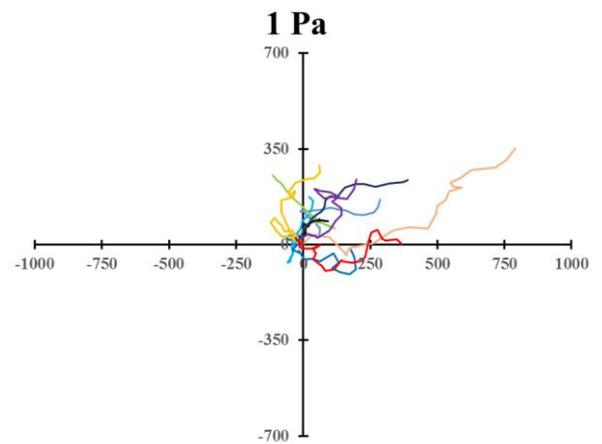
**Fig. 10:** Orientation of cells on micro pattern A (left) and B (right).



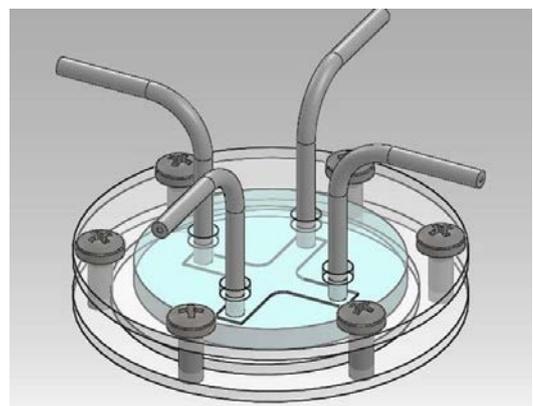
**Fig. 11:** SEM image of cells on coil spring.



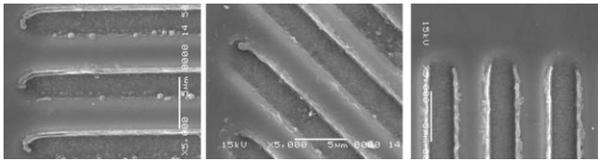
**Fig. 12:** Couette flow device. Upper disk rotated by motor.



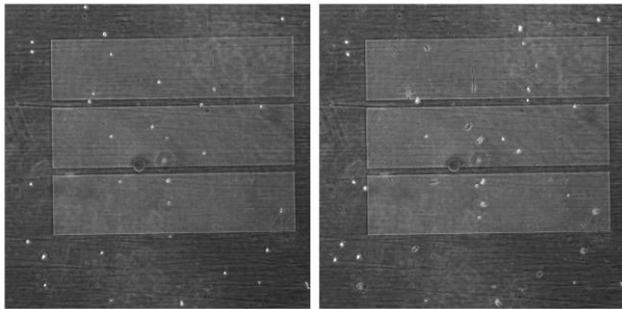
**Fig. 13:** Migration of ten cells (C2C12) under shear flow (wall shear stress of 1 Pa). Unit: micrometer.



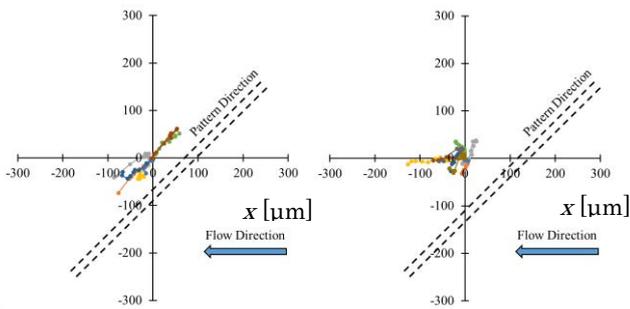
**Fig. 14:** Design of cross type of flow channel.



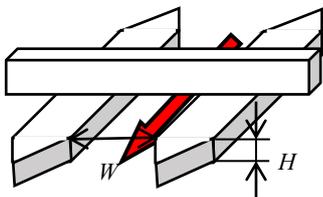
**Fig. 15:** SEM image of micro grooves on glass: angle ( $\theta$ ) between the longitudinal direction of the groove and the flow direction: 0 rad (left), 45 degree (middle) and 90 degree (right).



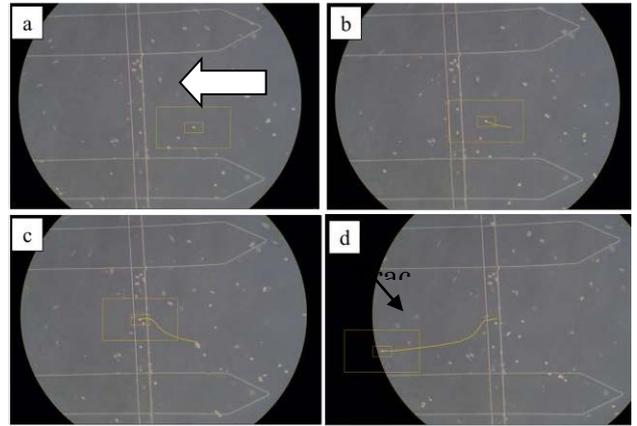
**Fig. 16:** Cells on micro-pattern at seeding (left), and at 2 hours without flow after seeding (right). Flow will be applied from left to right.



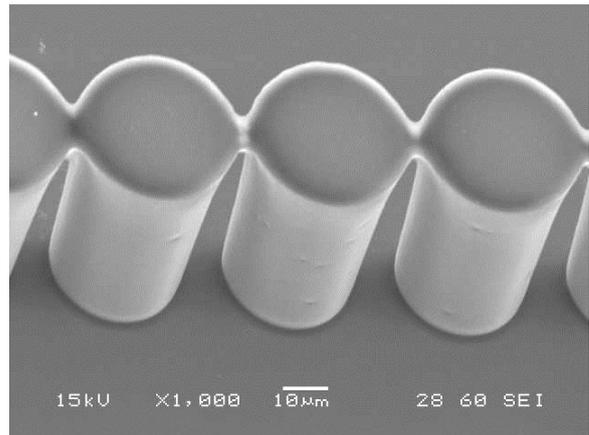
**Fig. 17:** Migration of cell on ridges of 45 degree at wall shear stress of 1 Pa (left) and 3 Pa (right).



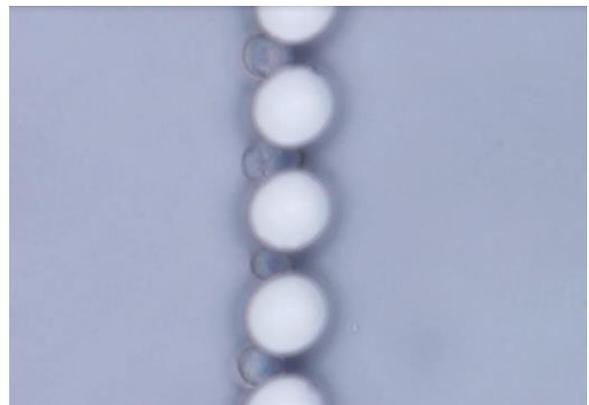
**Fig. 18:** Slit between ridges.



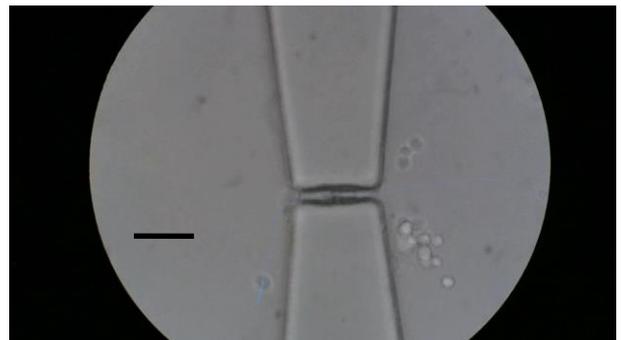
**Fig. 19:** Hepa1-6 flows through slit from right to left (a→d). Dimension from left to right is 2.4 mm on each figure.



**Fig. 20:** Scanning electron microscope image of slit between micro pillars.



**Fig. 21:** C2C12 is captured between micro cylindrical pillars: diameter of cylinder is 0.025 mm: flow from left to right.



**Fig. 22:** Hepa1-6 through slit: flow from left to right, bar shows 0.1 mm.



Fig. 23: Centrifuge in incubator.

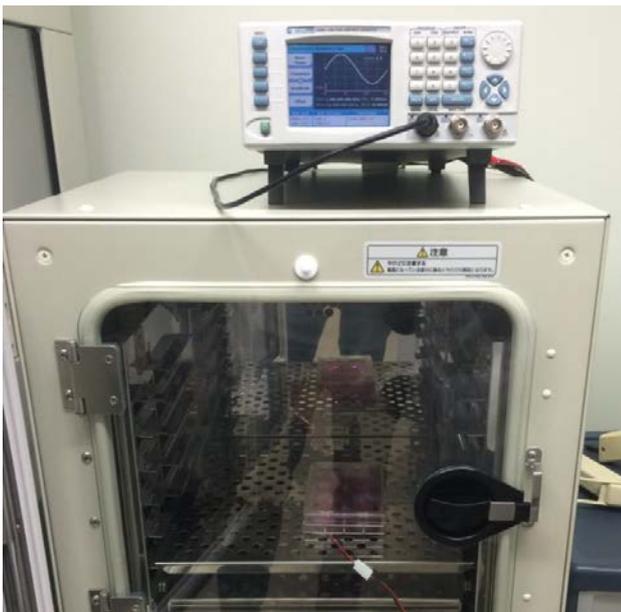


Fig. 24: Vibration in incubator.

#### 4. 結言

- (1) 間隔の異なる縞状のマイクロ尾根を伴う足場を作成した。マイクロパターン上での各種細胞の挙動を観察したところ、マウス筋芽細胞が尾根の長手方向に伸びる傾向が見られた(Fig. 1).
- (2) マイクロ加工技術によって、市松模様の凹凸を有する足場を作成し、凹凸の形状に応じて、筋芽細胞の配向を制御できることを見出した(Fig. 2&3).
- (3) 表面硬度に応じた細胞の移動が観察された(Fig. 4).
- (4) 培養中の筋細胞の収縮を観察するための微小突起マーカーを伴った透明フィルム状足場を作成し、電気パルス刺激に同期した反復収縮変形を計測できた(Figs. 5&6).
- (5) マイクロ流路中に設けた表面電極付近での細胞の移動(誘電泳動)を観察できた(Fig. 7).

- (6) マイクロ加工技術によって、表面電極を作成し、電極間の細胞の配向に応じたインピーダンスの違いを検出することができた(Fig. 8-10).
- (7) チタン表面電極付近の細胞の挙動を観察し、チタン製マイクロコイルばね上での筋芽細胞の培養への応用を試みた(Fig. 11).
- (8) 回転円盤を適用したクエット流れ下での細胞培養システムを設計製作し、骨細胞が流れ方向に向くのに対して筋芽細胞は流れに斜めの方向に向くことを見出した (Figs. 12&13).
- (9) 細胞の培養中に流れ方向を変化させることができる十字型流路を作成し、流れ刺激方向の変化に応じて、筋芽細胞が向きを変化させることを見出した(Fig. 14).
- (10) 足場に凹凸縞模様によってあらかじめ配向させた細胞に流れ刺激を加え、2 Paを超えると、細胞が流れ方向に従った変形・移動することがわかった(Figs. 15-17)
- (11) マイクロ尾根の組み合わせによって、0.0004 mmまたは0.010 mmのマイクロスリットを作成し、マウス癌細胞やブタ赤血球が変形しながら通過する様子を顕微鏡下で観察できた(Figs. 18&19).
- (12) 新たに作成した「マイクロ円柱間スリット」を用いて、大きさと変形性に従って細胞の振り分けが可能であることがわかった (Figs. 20&22).
- (13) 遠心力を利用した力学場における培養によって、細胞が配向し、変形することを見出した (Fig. 23).
- (14) 1 MHzの機械的振動によって細胞の増殖を促進することができ、その適度な強度は細胞の種類ごとに異なることを見出した(Fig. 24).

#### <参考文献>

- (1) S. Hashimoto, F. Sato, H. Hino, H. Fujie, H. Iwata and Y. Sakatani, Responses of Cells to Flow in Vitro, *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 11(5) (2013) pp. 20-27.
- (2) H. Sugimoto, H. Hino, Y. Takahashi and S. Hashimoto, Effect of Surface Morphology of Scaffold with Lines of Micro Ridges on Deformation of Cells, *Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2016) pp. 135-140.
- (3) K. Sugimoto, Y. Takahashi, H. Hino and S. Hashimoto, Effect of Aspect Ratio of Checkered (Ichimatsu) Convexo-concave Micro-pattern on Orientation of Cultured Cells, *Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2016) pp. 141-146.
- (4) 高橋優輔, 杉本健太, 日野 遥, 橋本 成広, マイクロ市松パターンが筋芽細胞の配向に与える影響, *日本機械学会論文集*, 83(854) (2017) pp. 1-10.
- (5) K. Sugimoto, Y. Takahashi, S. Hashimoto and H. Hino, Effect of Aspect Ratio of Checkered Convexo-concave Micro-pattern on Orientation of Cultured Single Cell, *Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2017) pp. 221-226.
- (6) Y. Takahashi, K. Sugimoto, S. Hashimoto and H. Hino, Effect of Mechanical Property of Scaffold Surface with Micro Hybrid Striped Pattern on Cell Migration, *Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2017) pp. 227-232.
- (7) Y. Takahashi, K. Sugimoto, H. Hino, T. Katano and S. Hashimoto, Design of Scaffold with Array of Micro Projections to Trace Intra- and Inter-cellular Behavior, *Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2016) pp. 159-164.
- (8) Y. Takahashi, S. Hashimoto, K. Sugimoto, D. Watanabe and

- H. Hino, Measurement of Contractile Force of Myotube on Scaffold of Thin Film with Micro-pattern-markers by Electric Stimulation, *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 15(4) (2017) pp. 1-8.
- (9) Y. Takahashi, A. Mizoi, S. Hashimoto, H. Hino and K. Noda, Cell Behavior around Surface-Electrode with Electric Pulses, *Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2016) pp. 147-152.
- (10) Y. Takahashi, S. Hashimoto, R. Yamauchi, H. Hino and T. Yasuda, Myoblast Behavior around Surface Electrodes in Flow Channel, *Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2017) pp. 251-256.
- (11) S. Hashimoto, T. Tamura, Y. Takahashi, T. Sugimoto and T. Yasuda, Electric Measurement of Cultured Myoblast Oriented on Scaffold with Micro-pattern, Haruka Hino, *Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2017) pp. 209-214.
- (12) Y. Takahashi, S. Hashimoto, H. Hino and T. Takeda, Electric Stimulation for Acceleration of Cultivation of Myoblast on Micro Titanium Coil Spring, *Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2016) pp. 153-158.
- (13) H. Hino, S. Hashimoto, Y. Takahashi and M. Ochiai, Effect of Shear Stress in Flow on Cultured Cell: Using Rotating Disk at Microscope, *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 14(4) (2016) pp. 6-12.
- (14) H. Sugimoto, H. Hino, S. Hashimoto and Y. Takahashi, Effect of Couette Type of Shear Flow by Rotating Disk on Migration of Cell, *Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2017) pp. 215-220.
- (15) S. Hashimoto, H. Hino, H. Sugimoto, Y. Takahashi and W. Sato, Endothelial Cell Behavior After Stimulation of Shear Flow, *Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2017) pp. 197-202.
- (16) H. Hino, S. Hashimoto, Y. Takahashi and S. Nakano, Design of Cross Type of Flow Channel to Control Orientation of Cell, *Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2016) pp. 117-122.
- (17) H. Hino, S. Hashimoto, Y. Shinozaki, H. Sugimoto and Y. Takahashi, Effect of Flow on Cultured Cell at Micro-pattern of Ridge Lines, *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 15(5) (2017) pp. 1-7.
- (18) A. Mizoi, Y. Takahashi, H. Hino, S. Hashimoto and T. Yasuda, Deformation of Cell Passing through Micro Slit between Micro Ridges, *Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2016) pp. 129-134.
- (19) Y. Takahashi, S. Hashimoto, A. Mizoi and H. Hino, Deformation of Cell Passing through Micro Slit between Micro Ridges Fabricated by Photolithography Technique, *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 15(3) (2017) pp. 1-9.
- (20) Y. Takahashi, S. Hashimoto, A. Mizoi, H. Hino, T. Yamaguchi and T. Yasuda, Measurement of Deformability of Biological Cell Passing through Single Micro Slit between Walls, *Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2017) pp. 233-238.
- (21) Y. Takahashi, S. Hashimoto, H. Hino and T. Azuma, Design of Slit between Micro Cylindrical Pillars for Cell Sorting, *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 14(6) (2016) pp. 8-14.
- (22) Y. Takahashi, S. Hashimoto, H. Hino and H. Sugimoto, Measurement of Deformability of Cell by Slits between Micro Cylindrical Pillars, *Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2017) pp. 245-250.
- (23) 高橋優輔, 吾妻 樹, 溝井篤志, 日野 遥, 橋本 成広, マイクロ円柱パターンの隙間によるがん細胞の捕捉, *日本機械学会論文集*, 83(854) (2017) pp. 1-16.
- (24) H. Hino, H. Sugimoto, Y. Takahashi, S. Hashimoto and S. Miura, Behavior of Cells in Excess Gravitational Field: Using Centrifuge, *Proc. 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2016) pp. 123-128.
- (25) T. Tamura, H. Hino, S. Hashimoto, H. Sugimoto and Y. Takahashi, Cell Behavior After Stimulation of Excess Gravity, *Proc. 21th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics*, 2 (2017) pp. 263-268.
- (26) 日野 遥, 田村 卓也, 杉本 大己, 高橋 優輔, 橋本 成広, 過重力環境での培養が筋芽細胞の形状に与える影響, *日本機械学会論文集* 84(858) (2018) pp. 1-8.
- (27) H. Hino, S. Hashimoto, Y. Takahashi and H. Nakajima, Effect of Ultrasonic Vibration on Proliferation and Differentiation of Cells, *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 14(6) (2016) pp. 1-7.

## 2.2. ナノバイオメカニクスと組織修復への応用

### Nano-Biomechanics and its Application to Tissue Repair

Å

**Keywords:** Mesenchymal stem cell, Stem cell-based self-assembled tissue (scSAT)

Collagen, Extra cellular matrix (ECM), Tissue repair

#### 1. 緒言

MSCs (Mesenchymal stem cells) は、自己再生能力を有する多能性幹細胞として、組織修復や再生医療において重要な役割を果たしている。本研究では、MSCs を用いた自己組織化された組織 (scSAT) の構築と、その機械的性質の評価を行った。

scSAT は、MSCs と細胞外マトリックス (ECM) を組み合わせた構造体であり、その構築には、MSCs の培養と ECM の形成が不可欠である。本研究では、MSCs を培養し、その細胞外マトリックスを形成させることで、自己組織化された組織 (scSAT) を構築した。

本研究では、MSCs を培養し、その細胞外マトリックスを形成させることで、自己組織化された組織 (scSAT) を構築した。その結果、MSCs は、自己組織化された組織 (scSAT) を構築するために必要な細胞外マトリックス (ECM) を形成し、その結果として、自己組織化された組織 (scSAT) が形成された。

本研究の結果、MSCs を用いた自己組織化された組織 (scSAT) の構築が可能であり、その機械的性質は、通常の細胞外マトリックス (ECM) と比較して、より高い強度と弾性を示した。これは、MSCs が形成した細胞外マトリックス (ECM) が、自己組織化された組織 (scSAT) の構築に重要な役割を果たしていることを示している。

#### 2. 実験方法

##### 2.1 コラーゲン 3 次元構造体作製

MSCs を培養し、その細胞外マトリックス (ECM) を形成させることで、自己組織化された組織 (scSAT) を構築した。その結果、MSCs は、自己組織化された組織 (scSAT) を構築するために必要な細胞外マトリックス (ECM) を形成し、その結果として、自己組織化された組織 (scSAT) が形成された。

本研究の結果、MSCs を用いた自己組織化された組織 (scSAT) の構築が可能であり、その機械的性質は、通常の細胞外マトリックス (ECM) と比較して、より高い強度と弾性を示した。これは、MSCs が形成した細胞外マトリックス (ECM) が、自己組織化された組織 (scSAT) の構築に重要な役割を果たしていることを示している。

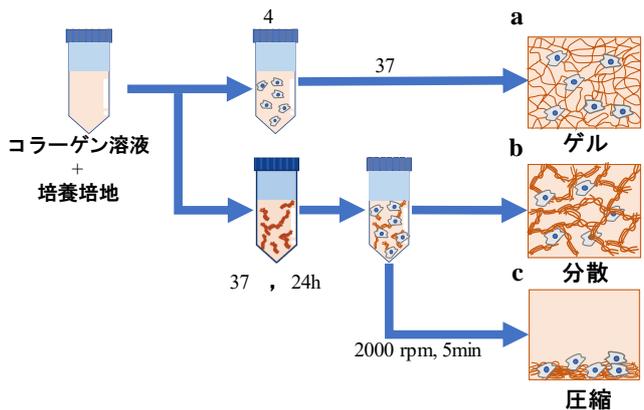


Fig.1 コラーゲン構造体作製方法

##### 2.2 コラーゲン 3 次元構造が MSCs の基質生成に及ぼす影響の評価

2.1 = 2.0 × 10<sup>5</sup> cells/cm<sup>2</sup> B d g Q 1 0 7 f 5 B i t s y ? y ú (DMEM,

10% FBS (100 U/mL Penicillin, 100 µg/mL Streptomycin, 0.2 mM ascorbic acid 2-phosphate) を含む培養液に細胞を接種し、7日後に採取した。

### 2.2.1 組織体積測定

培養液を除去し、細胞を PBS で洗浄し、1 mL の PBS (-) に懸濁し、0.4% の paraformaldehyde (PFA) で固定し、37°C で 24時間固定した。その後、0.1 M cacodylate buffer (CB) に浸漬し、1% osmium tetroxide (OsO<sub>4</sub>) で 1時間 postfixation を行った。脱水は 30% ethanol, 50% ethanol, 70% ethanol, 80% ethanol, 90% ethanol, 100% ethanol の順に行い、最終的に 100% ethanol で 24時間浸漬した。その後、critical point drying (CPD) を行い、gold sputtering を行った。SEM 観察は 15 kV で行った。

### 2.2.2 細胞数測定

培養液を除去し、細胞を PBS (-) に懸濁し、0.4% の PFA で固定し、37°C で 24時間固定した。その後、0.1 M cacodylate buffer (CB) に浸漬し、1% osmium tetroxide (OsO<sub>4</sub>) で 1時間 postfixation を行った。脱水は 30% ethanol, 50% ethanol, 70% ethanol, 80% ethanol, 90% ethanol, 100% ethanol の順に行い、最終的に 100% ethanol で 24時間浸漬した。その後、critical point drying (CPD) を行い、gold sputtering を行った。SEM 観察は 15 kV で行った。

### 2.2.3 遺伝子解析

培養液を除去し、細胞を PBS (-) に懸濁し、0.4% の PFA で固定し、37°C で 24時間固定した。その後、0.1 M cacodylate buffer (CB) に浸漬し、1% osmium tetroxide (OsO<sub>4</sub>) で 1時間 postfixation を行った。脱水は 30% ethanol, 50% ethanol, 70% ethanol, 80% ethanol, 90% ethanol, 100% ethanol の順に行い、最終的に 100% ethanol で 24時間浸漬した。その後、critical point drying (CPD) を行い、gold sputtering を行った。SEM 観察は 15 kV で行った。

### 2.2.4 蛍光染色

培養液を除去し、細胞を PBS (-) に懸濁し、0.4% の PFA で固定し、37°C で 24時間固定した。その後、0.1 M cacodylate buffer (CB) に浸漬し、1% osmium tetroxide (OsO<sub>4</sub>) で 1時間 postfixation を行った。脱水は 30% ethanol, 50% ethanol, 70% ethanol, 80% ethanol, 90% ethanol, 100% ethanol の順に行い、最終的に 100% ethanol で 24時間浸漬した。その後、critical point drying (CPD) を行い、gold sputtering を行った。SEM 観察は 15 kV で行った。

## 3 結果

### 3.1 ゲル, 分散, 圧縮のコラーゲン 3 次元構造

#### 3.1.1 培養初期

培養液を除去し、細胞を PBS (-) に懸濁し、0.4% の PFA で固定し、37°C で 24時間固定した。その後、0.1 M cacodylate buffer (CB) に浸漬し、1% osmium tetroxide (OsO<sub>4</sub>) で 1時間 postfixation を行った。脱水は 30% ethanol, 50% ethanol, 70% ethanol, 80% ethanol, 90% ethanol, 100% ethanol の順に行い、最終的に 100% ethanol で 24時間浸漬した。その後、critical point drying (CPD) を行い、gold sputtering を行った。SEM 観察は 15 kV で行った。

培養液を除去し、細胞を PBS (-) に懸濁し、0.4% の PFA で固定し、37°C で 24時間固定した。その後、0.1 M cacodylate buffer (CB) に浸漬し、1% osmium tetroxide (OsO<sub>4</sub>) で 1時間 postfixation を行った。脱水は 30% ethanol, 50% ethanol, 70% ethanol, 80% ethanol, 90% ethanol, 100% ethanol の順に行い、最終的に 100% ethanol で 24時間浸漬した。その後、critical point drying (CPD) を行い、gold sputtering を行った。SEM 観察は 15 kV で行った。

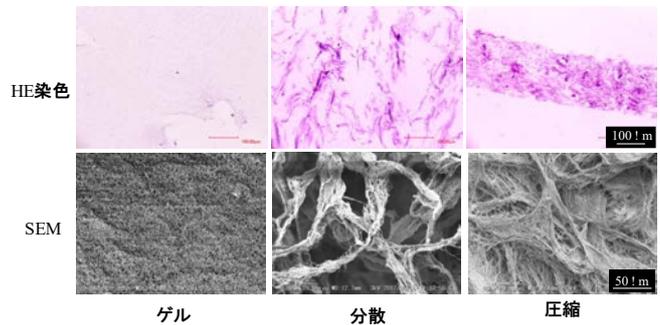


Fig.2 コラーゲン 3 次元構造体の HE 染色画像と SEM 画像

#### 3.1.2 経時的変化

培養液を除去し、細胞を PBS (-) に懸濁し、0.4% の PFA で固定し、37°C で 24時間固定した。その後、0.1 M cacodylate buffer (CB) に浸漬し、1% osmium tetroxide (OsO<sub>4</sub>) で 1時間 postfixation を行った。脱水は 30% ethanol, 50% ethanol, 70% ethanol, 80% ethanol, 90% ethanol, 100% ethanol の順に行い、最終的に 100% ethanol で 24時間浸漬した。その後、critical point drying (CPD) を行い、gold sputtering を行った。SEM 観察は 15 kV で行った。

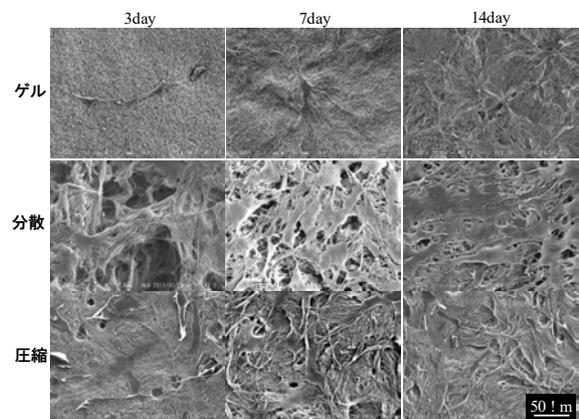


Fig.3 コラーゲン 3 次元構造体の経時的変化

### 3.2 コラーゲン 3 次元構造が MSCs の基質生成に及ぼす影響

#### 3.2.1 細胞数

培養 14 日目の組織表面、および内部の免疫染色画像 (scale bar = 50 μm)

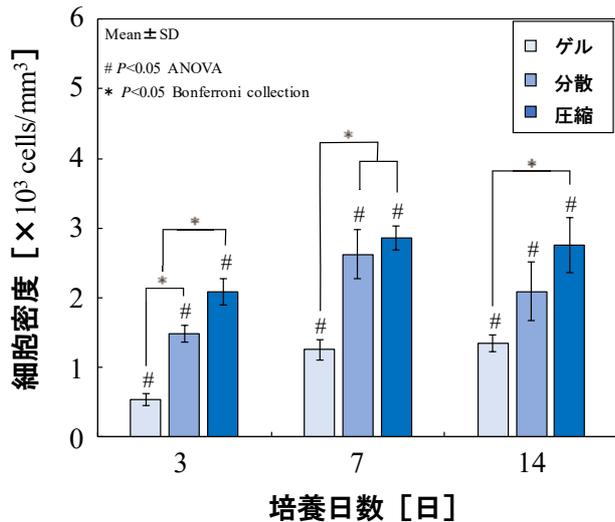


Fig.4 コラーゲン 3 次元構造中の細胞密度測定結果

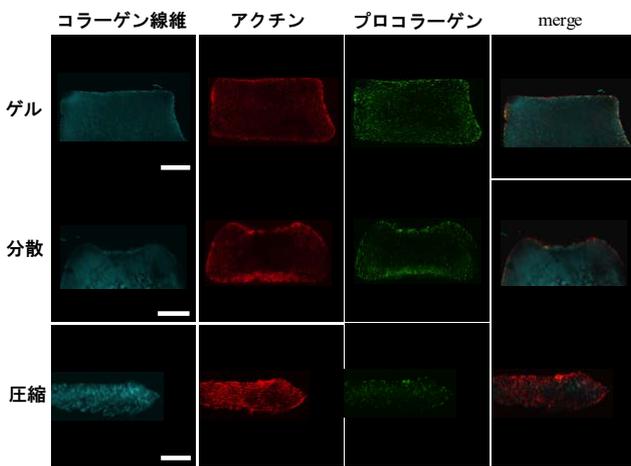


Fig.5 培養 14 日目の組織断面の蛍光染色画像 (scale bar = 1 mm)

#### 3.2.2 組織内部の細胞, およびプロコラーゲンの分布

培養 14 日目の組織表面、および内部の免疫染色画像 (scale bar = 50 μm)

培養 14 日目の組織表面、および内部の免疫染色画像 (scale bar = 50 μm)

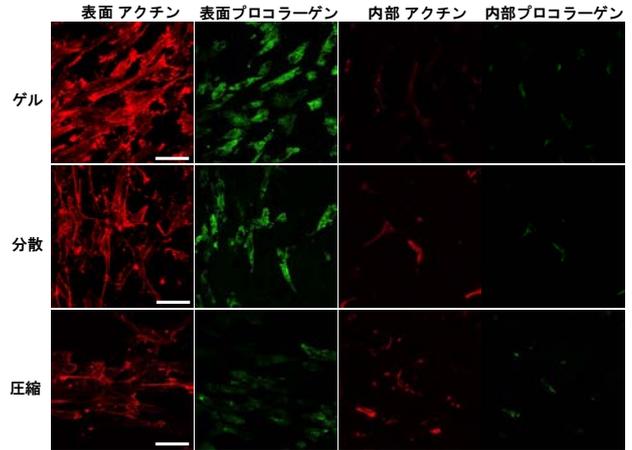


Fig.6 培養 14 日目の組織表面、および内部の免疫染色画像 (scale bar = 50 μm)

#### 3.2.3 細胞形態, およびプロコラーゲンの生成

培養 14 日目の組織表面、および内部の免疫染色画像 (scale bar = 50 μm)

い、c、m、ε、§、0 / 07、f、o、ε、B、e、D、v、B、d、g  
 C、t、s、%、3、0、B、A、(、%、I、t、s、y、?、7、D、g、  
 %、h、†、Q、o、o、<、%、7、f、F、7、t、s、y、?、14、D、g、=、t、s、d、g、D、v、I  
 %、A、v、Y、`、i、`、\_、|、\*、§、0 / 07、f

### 3.2.4 基質生成に関する遺伝子発現

qRT-PCR、B、A、R、t、s、%、3、0、B、A、(、%、I、t、s、y、?、7、D、g、  
 #、?、=、!、y、t、s、y、`、i、`、\_、|、B、v、°、C、û、ã、\*、A、Ç、0、7、f、  
 (Fig.7) f、F、7、t、s、y、?、7、D、g、#、?、=、!、y、t、s、y、`、i、`、\_、|、B、v、°、C、û、ã、\*、A、Ç、0、7、f、  
 1/2) : 7、f、t、U、u、Y、o、]、i、|、A、g、o、<、C、%、3、0、B、A、(、%、  
 =、I、y、?、3、D、g、#、?、=、!、y、t、s、y、`、i、`、\_、|、B、v、°、C、û、ã、\*、A、Ç、0、7、f、  
 <、C、y、?、7、D、g、=、!、y、t、s、y、`、i、`、\_、|、B、v、°、C、û、ã、\*、A、Ç、0、7、f、  
 N、A、(、%、<、C、y、?、14、D、g、A、g、o、<、I、t、s、y、?、7、D、g、  
 C、y、?、3、D、g、#、?、=、!、y、t、s、y、`、i、`、\_、|、B、v、°、C、û、ã、\*、A、Ç、0、7、f

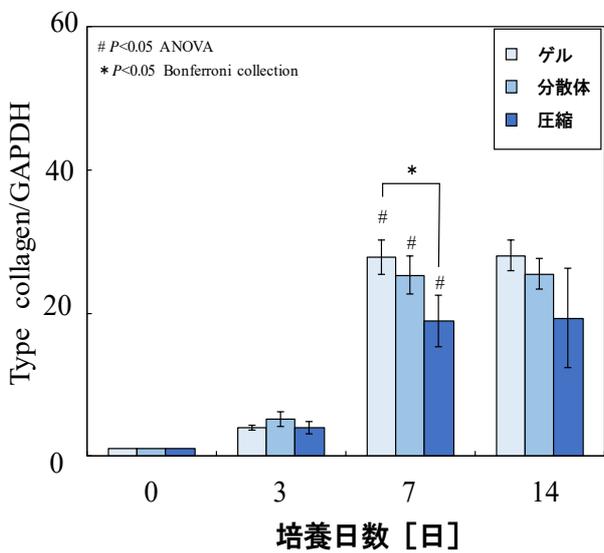


Fig.7 I型コラーゲンの遺伝子発現

### 4. 考察

u、@、N、`、i、`、\_、|、3、t、E、s、f、D、(Fig.2、Fig.3) = MSCs  
 Q、y、?、0、7、A、R、t、s、i、`、\_、|、z、e、s、f、B、t、%、C、!、y、`、i、`、\_、|、  
 \_、|、Q、C、1、H、>、2、N、d、g、B、A、R、t、s、i、`、\_、|、z、e、s、f、B、t、%、C、!、y、`、i、`、\_、|、  
 ) : 7 (Fig.5、Fig.6、Fig.7) f、F、7、t、s、y、?、7、D、g、  
 B、t、%、A、K、M、t、s、d、g、E、g、t、(、K、D、d、g、h、%、\*、a、p、2、N、>、  
 I、o、L、) A、@ : 7 (Fig.5、Fig.6) f、  
 d、g、E、g、t、C、t、s、e、e、=、o、d、=、C、@、,、t、s、\_、f、t、s、ö、N、C、y、?  
 n、n、B、A、C、A、>、%、t、s、e、e、D、v、B、d、g、\*、W、e、o、t、s、e、e、l、C、B  
 d、g、\*、A、U、o、t、s、o、C、y、?、14、D、g、A、(、%、<、t、s、d、g、\*、e、e、  
 D、v、F、=、J、e、A、Ç、0、7、f、(Fig.5) f、o、z、y、?、A、K、:、<、z、e、s、f、  
 /、O、N、c、`、k、h、†、A、K、:、<、t、s、e、e、D、v、F、=、y、ú、B、s、?、ö、\*  
 %、+、P、7、M、t、s、d、g、E、g、t、@、d、g、B、A、L、\*、ç、g、A、@ : 7、7、H、=、\$  
 N、>、g、'、L、O、N、f

I、U、S、f、j、B、A、R、t、s、l、C、A、Ç、0、7、f、D、v、B、d、g、>、t  
 B、O、<、g、L、=、C、+、@、h、†、Q、o、o、t、s、d、g、D、v、A、C、r、P、O、7、T  
 ]、i、|、z、e、s、f、0 / 07 (Fig.6) f、Rowena、L、C、M、S、C、B、h、  
 j、j、\*、1/4、E、2、N、>、d、ö、p、Q、A、l、2、N、>、Q、a、i、o、<、%、N、<sup>3</sup>、f、  
 .、B、>、) L、t、s、e、l、C、B、d、g、C、D、v、B、d、g、>、t、B、O、<、ö  
 p、l、Y、\*、ü、@、M、t、s、d、ö、p、O、J、2、%、>、\*、g、'、L、O、N、f、o、z、  
 =、C、\_、f、J、ö、N、>、t、B、O、<、e、e、D、v、A、Ç、0、7、f、N、d、g  
 \*、ç、%、7、H、t、s、d、ö、p、2、N、d、g、B、U、e、\*、%、>、g、'、L、O、N、f  
 #、D、t、s、q、R、T、-、P、C、R、B、A、R、t、s、!、y、`、i、`、\_、|、B、v、°、C、  
 ü、ã、\*、  
 \_、f、t、s、ö、N、>、t、B、O、<、1/2、%、>、\*、e、/、O、<、%、N、f、  
 F、7、t、s、y、?  
 \_、f、C、y、?、7、D、g、A、(、%、<、t、s、ö、N、J、o、z、>、t、B、O、<、t、U、u、  
 Y、o、]、i、|、t、s、y、`、i、`、\_、|、B、v、°、C、û、ã、\*、A、Ç、0、7、f、  
 U、u、Y、o、]、i、|、C、M、S、C、B、d、h、K、Q、A、l、2、N、>、\*、A、L、O  
 <、(、M、<sup>4</sup>)、t、U、u、Y、o、]、i、|、B、ö、K、\*、M、S、C、B、d、ö、p、A、d、  
 -、0、7、ç、g、1、\*、g、'、L、O、N、f、y、`、i、`、\_、|、C、d、e、e、B、ö  
 E、U、@、e、~、j、e、|、^、A、d、-、2、N、>、\*、a、i、/、O、<、%、N、<sup>5</sup>、f、  
 .、B、>、) L、t、s、\_、f、C、t、s、o、z、>、t、B、O、<、M、S、C、B、e、~、j、e、  
 |、^、\*、A、l、/、O、N、>、\*、g、'、L、O、N、f  
 A、<sup>3</sup>、i、t、s、d、g、h、j、j、>、I、y、`、i、`、\_、|、o、K、>、B、ö、R、g、A、A、;、%、<、t、s、  
 Q、l、H、N、>>、I、A、t、s、z、E、y、?、A、K、N、e、e、B、U、c、G、1、J、e、e、  
 D、v、A、Ç、0、7、f、M、S、C、B、ö、p、l、Y、B、a、p、Q、e、d、A、J、S、2、N  
 i、u、\*、\$、N、f

### 5. 結論

e、E、a、=、C、`、i、`、\_、|、3、t、E、z、e、s、f、\*、M、S、C、B、A、r、ö  
 K、A、ã、E、2、H、j、;、%、<、J、S、O、t、s、f、B、>、Q、o、L、) A、O、7、f、  
 t、e、d、o、z、C、\_、f、t、s、ö、N、>、t、B、O、<、e、e、D、v、A、d、g、Q、d、E、g、  
 A、A、L、=、+、N、f  
 ^、d、e、e、l、C、A、Ç、0、7、f、C、t、s、D、v、B、d、g、>、t、B、O、<、t、s  
 g、L、@、h、†、Q、o、o、t、s、v、Y、`、i、`、\_、|、Q、L、e、A、ö、K、2、N、f、  
 ~、d、v、°、C、û、ã、C、\_、f、t、s、ö、N、%、t、s、o、z、B、A、d、g、%、f

### 参考文献

- 1) Ando W., et al., 2007. Biomaterials, 28, 5462-5470.
- 2) e、ü、J、`、t、e、E、ç、è、t、µ、t、s、2017、t、ç、g、p、V、Y、}、Z、n  
 ]、e、t、s、38、t、s、191-196.
- 3) Rowena M., et al., 2004. Developmental Cell, 4, 483-495.
- 4) Linsley C., et al., 2013. Tissue Eng. Part A, 19,  
 1416-1423.
- 5) Emily L. M., et al., 2015. J. Orthop. Res, 33, 675-684.

## 2.3 バイオシステムに対するナノ・マイクロ規則構造表面の機能解明 Functional role of Nano-/Micro-Ordered Structures on Micro-biosystem

阿相 英孝, 小野 幸子  
Hidetaka ASOH, Sachiko ONO

Keywords : Nano-/Micro-ordered structures, Biomaterials, Hydroxyapatite, Biocompatibility

### 1. 本プロジェクトにおけるテーマ 2.3 の役割

本研究テーマ 2.3 においては、湿式プロセスによる各種基板の表面処理・加工に関する幅広い知識・技術を活用し、生体物質や細胞との界面になり得るバイオナノインターフェースを高度に設計・制御することで、新たな足場材料、生体材料、革新的加工技術を必要としている再生医療、組織工学の分野へ有益な技術・情報を提供できるものと考え、研究を推進してきた。特に、ナノメートル、マイクロメートルスケールでの基板表面の構造制御技術に関して、湿式プロセスに基づく構造制御技術に焦点を絞り、テーマ 1.1 との連携を図りながら、要求される機能を発現する構造制御法の開発とその評価に関して検討を行ってきた。材料は、軽金属材料、半導体などの固体基板とし、他のテーマとの連携を通じて、技術・情報の共有を図ってきた。

本報告では、5年間のプロジェクト研究において得られた成果の中から、下記に示す4つの項目に関して、代表的な成果を報告する。

- ①細胞接着および増殖（伸展性，配向性）に及ぼす足場材料（ポーラスアルミナ基板，ポーラス Si 基板）の表面微細構造の影響
- ②微細構造を制御したポーラス Si 基板上でのリン酸カルシウムの位置選択的析出
- ③生分解性金属材料（マグネシウム合金）の表面改質
- ④湿式プロセス（アノード酸化）によるステンレスへの生体適合性付与

なお、③の研究課題に関しては、2014年度までFMSのPDとしてプロジェクト研究に携わった Anawati 博士との共同研究の成果を報告する。

### 2. 細胞接着および増殖（伸展性，配向性）に及ぼす足場材料（ポーラスアルミナ基板，ポーラス Si 基板）の表面微細構造の影響

老化や疾病、事故などによって失われた人体機能の修復あるいは再建には多くの生体材料が用いられており、その用途に応じて金属、セラミックス、高分子材料などが使い分けられている。中でも金属材料は優れた機械的特性から体内埋入部材の70%以上を占めていると言われ、生体適合性や生体機能性を付与するために様々な表面処理や表面改質が施されている。これまでにも、細胞の接着性および増殖性の制御因子の解明を目的として、ナノチューブ状のチタン酸化物上で細胞培養が検討され、孔径15nm程度のチタニアナノチューブ上で比較的良好な細胞接着および増殖性を示すことが報告された。著者らはアノード酸化により形成した直管状の孔を持つポーラスアルミナ皮膜を足場材料として線維芽細胞を培養し、ポーラス皮膜におけるナノメートルオーダーの孔径、膜厚、表面粗さなどの構造因子が細胞の接着性および増殖性に影響を与えることを報告してきた。本研究プロジェクトにおいても、種々のバルブ金属あるいはSi基板に対しアノード酸化を行うことでナノからマイクロオーダーで表

面微細構造を制御した基板を作製し、各種基板上で細胞培養を行うことで材料の細胞適合性を評価した。特に細胞の接着、増殖および伸展形態と、材料表面の濡れ性またはナノおよびマイクロスケールの表面構造因子といった、細胞応答と材料の表面特性の相互的な関係の解明を目的とした。

図1にアルミニウムを電解液中でアノード酸化することで、アルミニウム基板上に作製したポーラスアルミナ皮膜の代表的な表面および破断面SEM像を示す。生成電圧を調整することで孔径約5nmから100nmのポーラスアルミナ皮膜（膜厚1μm）を作製した。生成電圧の増加に伴い皮膜表面の凹凸は大きくなり、セルの三重点には針状の突起が観察された（図1f）。これら孔径の異なるポーラス皮膜上で2日培養した線維芽細胞（TIG-1）の伸展形態を図2に示す。孔径5nmのポーラス皮膜上において、細胞は組織培養皿（Control）上と同等の伸展形態を示した。一方、孔径100nmの皮膜上では細胞はあまり伸展しておらず、細胞同士の凝集も観察された。

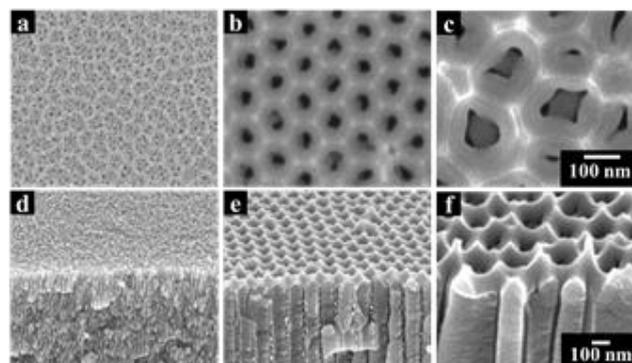


図1 孔径の異なるポーラスアルミナ皮膜の(a-c)表面および(d-f)破断面SEM像 孔径（生成電圧）: (a, d) 5 nm (5 V), (b, e) 40 nm (40 V), (c, f) 100 nm (80 V)

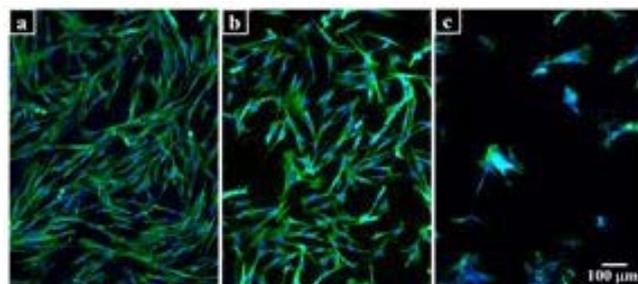


図2 孔径の異なるポーラス皮膜上におけるTIG-1細胞の伸展形態（培養2日目） (a) 孔径5 nm, (b) 40 nm, (c) 100 nm

孔径の異なる皮膜上で TIG-1 細胞を 4 日間培養した際の細胞増殖曲線を図 3 に示す。5 nm から 60 nm の孔径を持つ皮膜上においては比較的良好な増殖性(曲線 b-d)を示したが、孔径が 80 nm 以上の場合では細胞の増殖率が低下した(曲線 e, f)。ナノメートルオーダーの孔を持つ酸化皮膜上においては、孔径が小さい皮膜上で良好な細胞増殖性および伸展形態を示し、特に孔径 5 nm の微細孔上で組織培養皿と同等の細胞伸展形態および細胞増殖性を示した。このことから、足場材料表面の孔径 60 nm 以下の微細な孔が細胞増殖および細胞の伸展を促進する重要な因子であることがわかった。

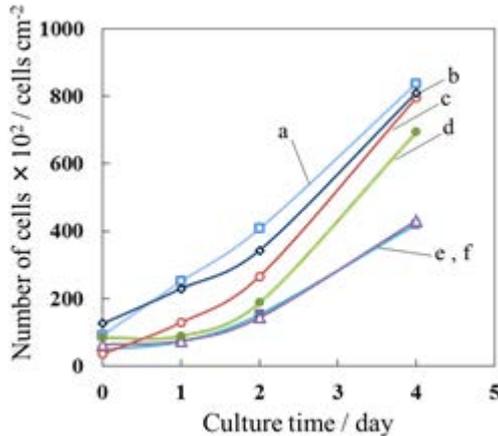


図 3 TIG-1 細胞の増殖性に及ぼす孔径の影響 (a) control dish, (b) 孔径 5 nm, (c) 40 nm, (d) 60 nm, (e) 80 nm, (f) 100 nm

細胞の接着や伸展には上述したように足場材料の微細構造が大きく影響を及ぼす。構造を制御した足場で細胞を培養することで、再生医療の分野においては形態を制御した組織の作製も期待できる。本研究プロジェクトでは、Si 基板全面にアノードエッチングでナノスケールのポーラス Si、あるいはライン状にポーラス Si を作製し、微細孔の有無やライン状のパターンによって細胞の形態がどのような影響を受けるか、特に細胞の伸展性および配向性に関して足場構造の影響についても検討を行った。

実験に用いた Si (100)基板 (p 型,  $\leq 0.01 \Omega \text{ cm}$ ) は、超音波照射下でアセトン脱脂後、HF にて自然酸化皮膜を除去した。HF (46 wt %) : イソプロピルアルコール(IPA) = 1 : 1 (vol %)または HF: IPA = 1 : 4 (vol %)の二種類の混合溶液にて、90 秒定電流電解を施し、基板全面にポーラス Si を作製した。作製したポーラス Si は表面の濡れ性を評価するために静的接触角を測定した。一方、Si 基板上に周期 100  $\mu\text{m}$ 、開口幅 50  $\mu\text{m}$  のフォトリソト製エッチングマスクを作製し、同様の混合溶液にて定電流電解 (90 秒) を施し、ポーラス Si から成るラインパターンを作製した。これら作製した基板上にマウス由来骨芽細胞 (MC3T3-E1 細胞) を播種してインキュベータ内にて 24 時間培養を行った。培養後、固定した細胞を、ギムザ溶液で染色し、光学顕微鏡にて細胞の形態および配向性を評価した。

図 4 に、アノードエッチングで Si 基板全面にポーラス Si を作製し、細胞培養した後の光学顕微鏡像と作製した基板の水滴接触角を示す。電解時間 90 秒で深さが 2  $\mu\text{m}$  のポーラス Si 層が形成された。平滑な Si 表面の接触角は  $66^\circ$  であったが、図 4a の接触角は  $56^\circ$ 、図 4b の接触角は  $123^\circ$  であった。光学顕微鏡による細胞観察の結果から、濡れにくい表面より濡れやすい表面のほうが細胞の伸展が良好であることがわかった。図 5 に、同様の条件で幅 50  $\mu\text{m}$  のポーラス Si 層をライン : スペース = 1 : 1 (周期 100  $\mu\text{m}$ ) で作製し、24

時間細胞培養を行った結果を示す。図 4 と比較すると、どちらの条件でもラインパターンに沿って細胞が配向している様子が観察された。図 5a の条件では平滑な Si 面 ( $66^\circ$ ) ではなく、接触角のより低いポーラス Si ( $56^\circ$ ) 上で細胞の伸展が見られたのに対し、図 5c の条件ではポーラス Si ( $123^\circ$ ) ではなく、平滑な Si ( $56^\circ$ ) 上で細胞がラインパターンに沿って配向している様子が見られた。これらの結果は、単に基板表面の形態の相違だけではなく表面の濡れ性が、細胞の接着や伸展に選択制をもたらしたことを示している。以上より、表面の濡れ性が異なる面が接している場合、より濡れやすい表面において細胞の伸展が良好であり、またライン状にポーラス Si を作製することによって細胞がラインパターンに沿って配向することが観察された。

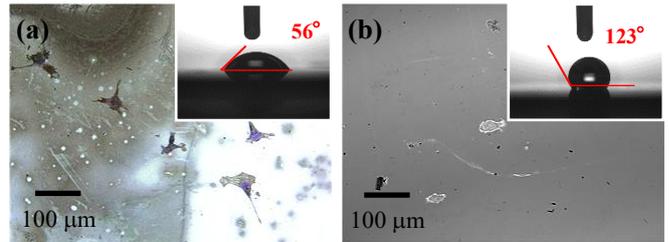


図 4 アノードエッチングした Si 基板上で 24 h 培養した MC3T3-E1 細胞。挿入図は各基板の水滴接触角。(a) ポーラス Si (HF : IPA = 1 : 1), (b) ポーラス Si (HF : IPA = 1 : 4)

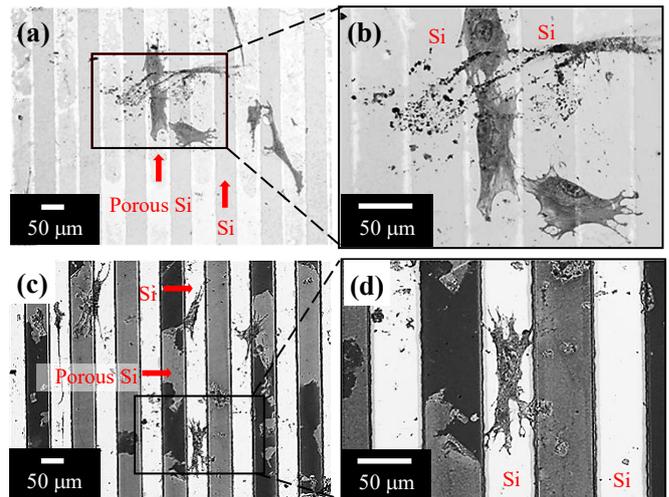


図 5 ラインパターン状のポーラス Si にて 24 時間培養した MC3T3-E1 細胞 (a) ポーラス Si (HF : IPA = 1 : 1), (b) 図 5a の拡大像, (c) ポーラス Si (HF : IPA = 1 : 4), (d) 図 5c の拡大像

### 3. 微細構造を制御したポーラス Si 基板上でのリン酸カルシウムの位置選択的析出

医療分野においてハイドロキシアパタイト (HAp) はタンパク質等の生体分子に高い親和性を示すことから、次世代バイオセンサーの検出部としても注目を集めている。各種デバイスの基材には微細加工が容易な Si が広く用いられており、Si をベースとした様々なセンサーが開発されている。本研究プロジェクトではアノードエッチングを用いて Si 基板上にポーラスシリコン構造を前述と同様にライン状に作製し、バイオセラミックスとして HAp の位置選択的析出に関して検討を行い、析出位置、析出形態に及ぼすポーラス Si 表面の微細構造の影響を明らかにすることを目的とした。

試料には p 型 Si (100) 基板 (抵抗 : 0.01  $\Omega \text{ cm}$ ) を用いた。アセトン脱脂後、10 wt% HF で自然酸化膜を除去した Si に

対し、フォトリソグラフィを用いて周期 100  $\mu\text{m}$ 、開口部 50  $\mu\text{m}$  のレジスト製ラインパターンマスクを作製した。その後 Si に対して 50  $\text{mA cm}^{-2}$ 、90 秒の条件で定電流アノードエッチングを行い、ライン状にポーラス Si 構造を作製した。電解液には 46 wt% HF に対しイソプロピルアルコール (IPA) を混合した溶液を使用した。HAp は 0.085  $\text{mol dm}^{-3}$  水酸化カルシウムと 0.05  $\text{mol dm}^{-3}$  リン酸水溶液を混合して作製し、懸濁液をろ過することで回収した。作製した HAp を充分乾燥させて粉末状にした後、純水に再度分散させて HAp 懸濁液を調製した。アノードエッチング後の Si 基板を 0.2  $\text{mol dm}^{-3}$  リン酸中に 10 分浸漬し、その後基板を洗浄後、HAp 懸濁液を基板上に滴下することで、HAp の析出位置の制御を試みた。

HF, IPA の比率を変えた電解液でアノードエッチングを行った結果、HF:IPA=1:2 の電解液において最も微細な孔 (直径約 10 nm) を持つポーラス構造が得られた。水滴接触角は約 63° と他の電解液 (HF:IPA=2:1 で約 102°, HF:IPA=1:1 で約 86°) と比較して低くなった。図 6a に HF:IPA=1:2 の混合液で作製したライン状ポーラス Si の表面 SEM 像を示す。矢印で示した箇所がライン状に形成したポーラス Si 構造部である。図 6b にポーラス部にリン酸を吸着させた後、HAp 懸濁液を滴下した試料の SEM 像を示す。HAp はポーラス構造部に堆積した後に、ライン状のパターンにそって成長している様子がわかる。HAp の成長は平滑な Si 面とポーラスシリコン部の境界で止まっていることから、ポーラス構造部において選択的に HAp の堆積と結晶の再成長が起こったと言える。エネルギー分散型 X 線分析 (EDS) によって組成分析した結果からも、ポーラス Si 部において P と Ca が検出された。しかしながら、基板上に残存した析出物の Ca/P 比は、HAp の化学量論比 (Ca/P 比:1.67) に比べて低かったことから、HAp が結晶成長する際にカルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) が不足し、Ca 欠損型 HAp やリン酸二水素カルシウム  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  として成長したと考えられる。

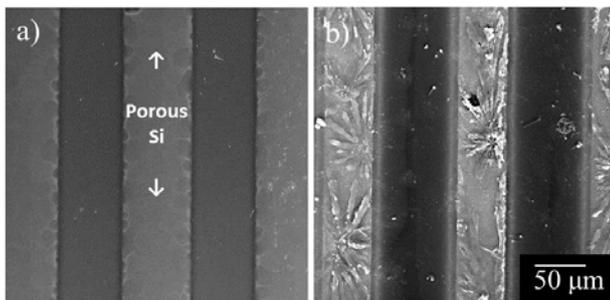


図6 (a) ライン状に形成したポーラス Si の表面 SEM 像 (電解条件 HF:IPA=1:2, 50  $\text{mA cm}^{-2}$ , 90s), (b) HAp 処理後の同試料の表面 SEM 像

#### 4. 生分解性金属材料 (マグネシウム合金) の表面改質

Mg は高比強度で弾性率が生体骨に近いだけでなく、生体必須元素であることから生体内で分解しても安全性が高いと考えられている。これまでに、血管内ステントや骨固定材等の硬組織代替材料への応用が検討されてきたが、いずれの場合も Mg の分解期間が短いことが問題となり、分解速度の任意制御が強く望まれてきた。本研究プロジェクトにおいては、表面処理により基材自体の耐食性を改善した上で分解速度を制御するだけでなく、生体適合性の付与に関しても検討を行った。本テーマは、2014 年度まで FMS の PD としてプロジェクト研究に携わった Anawati 博士 (現在、インドネシア大学、テニユアトラックポジション) と共同で遂行した。マグネシウム合金に対して、プラズマ電解酸化で基材表面に酸化膜を形成し腐食速度の制御を試みると共に耐食性や

HAp の形成能に対するアルカリ処理ならびに合金元素 (Ca) の効果を系統的に評価した。以下に Anawati 博士が筆頭で学術論文として公表した研究成果の研究背景と論文内容の要約を報告する。

#### ① Enhanced Uniformity of Apatite Coating on a PEO Film Formed on AZ31 Mg Alloy by an Alkali Pretreatment AZ31 マグネシウム合金上に形成した絶縁破壊皮膜上へのアパタイトコーティングの均一性に及ぼす前処理の効果

##### (研究背景と目的)

Magnesium (Mg) and its alloys exhibit excellent biocompatibility, suitable mechanical properties and spontaneous degradation in a physiological environment which are applicable for biodegradable implant devices. In many cases of implantation, the body needs a temporary implant or device, in which case biodegradable materials represent a better option than inert ones. Historically, Mg and its alloys have been studied as implant material since 1878; however, commercial medical devices are still not available. The corrosion rate of Mg in a physiological environment is still considered to be too high, leading to two major consequences: the rapid generation of gas ( $\text{H}_2$ ) bubbles and the loss of mechanical integrity. High corrosion rate was observed on the first week of implantation, as indicated by the generation of significant gas bubbles, and normally reduced in the following weeks. Therefore, improving temporary corrosion resistance of Mg implant to retard early degradation in a physiological environment is crucial. Anodization is an effective way of mitigating the corrosion of an Mg metal surface by forming an anodic oxide film to prevent direct contact of the substrate with the corrosive environment. Plasma electrolytic oxidation (PEO), also called micro-arc oxidation (MAO), is a common surface treatment used to form a ceramic-type oxide film on Mg alloys as well as on other valve metals (Al, Ti, Ta, Nb, Zr, etc.) by the application of a high anodic voltage to create intense plasma near the metal surface to induce oxidation. A PEO film is often applied on Mg alloy substrates before final organic coating. Compared with the direct application of organic coating on the bare Mg alloy substrate, the corrosion resistance of Mg alloys with a PEO film formed before organic coating was much improved. Apatite is frequently used as a final coating for orthopedic implant materials to provide bioactivation properties. The existence of apatite early during the implantation period enables the strong fixation of an implant to the host tissue or bone.

Apatite coating can be synthesized by immersion in physiological solutions such as simulated body fluid (SBF), Hank's solution and Kokubo's solution. However, it normally requires a long immersion time, in weeks, to fully cover the surface with apatite while the Mg specimen may severely degrade in such highly corrosive environment. The application of an alternative immersion method (AIM) in Ca- and phosphate-containing solutions has been reported to be an effective means of accelerating the deposition of apatite layer on a porous oxide film formed on Ti in a short time. Compared to other coating techniques, such as plasma spray and sputtering, AIM treatment does not involve application of high temperature, which is suitable for Mg substrate, considering its low melting temperature. In this work, the AIM treatment was applied on a PEO film formed on AZ31 magnesium alloy specimens. To enhance the apatite coating uniformity, alkali treatment is proposed. Alkali treatments are typically used to promote apatite nucleation on a Ti metal surface in simulated body fluid (SBF).

The alkali-treated Ti metal surface becomes highly bioactive owing to the formation of a hydrated sodium titanium ( $\text{Na}_2\text{Ti}_5\text{O}_{11}$ ) hydrogel layer with a submicron porous structure. The release of  $\text{Na}^+$  from the hydrogel layer, which is further transformed into a Ti-OH layer during immersion in SBF, induces HA nucleation on the titanium surface. Apart from its application on metal surfaces, the specific application of an alkali treatment on a PEO film to induce strong bonding to a final coating has not been investigated. In this study, the effect of the alkali treatment on the apatite coating uniformity of a PEO film on AZ31 alloy was investigated. The corrosion resistance and bioactivity of the coated specimen were further studied by an *in vitro* immersion test in SBF. The electrochemical corrosion behavior was also examined by performing a polarization test in NaCl solution.

#### (結果の概要)

Anodization by plasma electrolytic oxidation (PEO) and subsequent apatite coating were performed on a biodegradable AZ31 magnesium alloy to enhance its corrosion resistance and bioactivity in physiological solution. The PEO film itself (~48  $\mu\text{m}$  in thickness) exhibited low bioactivity, where only aggregated apatite particles were deposited locally on its surface as a result of the alternative immersion method (AIM) in Ca-phosphate solutions. The uniformity of apatite coating on the PEO film was markedly improved by pretreatment of the film in a dilute NaOH solution. The alkali treatment induced the formation of a nano-size platelet  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  layer on the film surfaces that drastically enlarged the effective surface area for the precipitation of apatite. A uniform apatite layer as thick as 1  $\mu\text{m}$  was successfully deposited on the hydroxide layer after AIM treatment. The enhanced uniformity of the apatite coating on an alkali- and AIM-treated surface significantly improved the corrosion resistance in both simulated body fluid (SBF) and NaCl solution, and the bioactivity in SBF, as shown in Fig. 7.

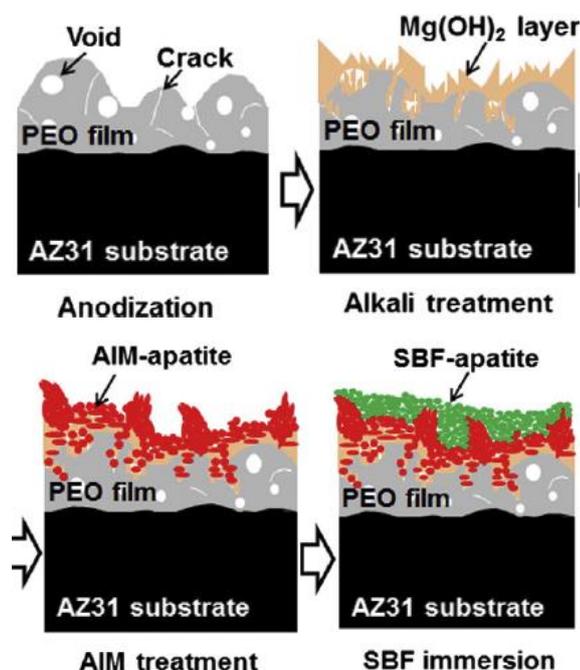


図7 アパタイトの均一コーティングプロセス

**Reference:** Anawati, H. Asoh and S. Ono, Enhanced Uniformity of Apatite Coating on a PEO Film Formed on AZ31 Mg Alloy by an Alkali Pretreatment, *Surf. Coat. Tech.*, **272**, 182 (2015).

## ②Effects of alloying element Ca on the corrosion behavior and bioactivity of anodic films formed on AM60 Mg alloys

AM60 マグネシウム上に形成した酸化膜の耐食性と生体親和性に及ぼす合金元素 (Ca) の影響

#### (研究背景と目的)

Alloying with Ca has attracted significant interest not only in engineering application for improving thermal stability and mechanical properties of Mg alloys but also in biomedical implant for reducing the corrosion rate and accelerating formation of new bone during implantation. Study on binary MgCa alloy have shown that the  $\alpha$ -Mg phase grain boundaries were enriched by second phase  $\text{Mg}_2\text{Ca}$  which contributed in reducing corrosion rate and enhancing the apatite forming ability, so-called bioactivity, in simulated body fluid (SBF). In commercial alloys, addition of 1 and 0.4 % Ca in AZ91 and AZ61 alloys respectively also improved corrosion resistance of the alloys as a result of reduction in the number and size of  $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$  precipitate and formation of new phase  $\text{Al}_2\text{Ca}$  along grain boundaries. In this work, the effects of Ca on corrosion behavior and *in-vitro* bioactivity of as-received and anodized surfaces of AM60 alloys in  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  solution by Plasma Electrolytic Oxidation (PEO) were investigated.

The specimens used were rolled plates AM60 alloys containing 0, 1, and 2% Ca. Anodizing was done by PEO in 0.5 moldm<sup>-3</sup>  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  solution at a constant current of 200 Am<sup>-2</sup> at 25°C. Prior to anodizing, pretreatment was applied by dipping the specimen in acid solution (8 vol%  $\text{HNO}_3$ - 1 vol%  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) followed by a subsequent dipping in a hot alkaline solution (5 wt% NaOH). Surface characterization was performed by FESEM and EDX while the crystalline composition phases were analyzed by XRD. Corrosion behavior was evaluated by polarization tests in 0.9 mass% NaCl solution at 37°C and immersion in SBF at 37°C for 1 and 2 weeks. The bioactivity after SBF immersion was also analyzed by EDX.

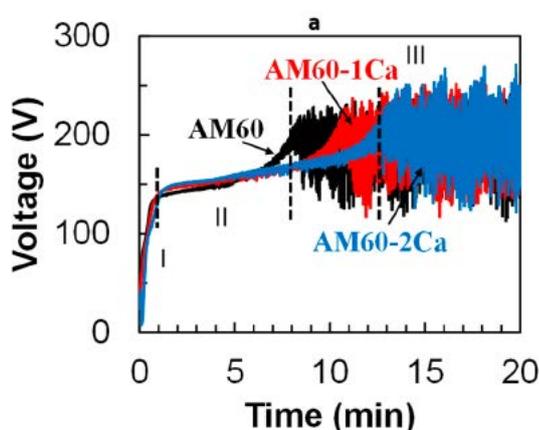
#### (結果の概要)

The surface microstructure of AM60 alloy exhibited grain boundary (GB) precipitates of  $\text{Al}_{12}\text{Mg}_{17}$  and  $\text{Al}_6\text{Mn}$  particles about 1  $\mu\text{m}$  size. Addition of Ca increased the number and size of precipitates along GB and induced formation of new phase  $\text{Al}_2\text{Ca}$  along GB. During anodizing, the Ca containing alloys had longer life time of the intense plasma that formed above the breakdown voltage (~100 V). The density of the plasma was high and hence responsible for uniform thickening of anodic oxide film. The plasma life time increased with Ca content in the alloy and as a consequence the onset of big plasma occurrence shifted from 8 min in AM60 to 10 and 12 min for AM60-1Ca, and AM60-2Ca alloys respectively, as shown in Fig. 8a. The big plasma led to fast thickening of oxide film at local sites (Fig. 8b). The average film thickness resulting from 20 min anodizing was 42, 36, and 34  $\mu\text{m}$  for AM60, AM60-1Ca, and AM60-2Ca respectively. The oxide film composed of  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$  and  $\text{Mg}(\text{PO}_3)_2$  as analyzed by XRD.

The polarization test results on as-received specimens indicated that the presence of 1 and 2 wt% Ca in the alloy did not give significant effect on the corrosion behavior of AM60 alloy. The corrosion potential of AM60 and AM60-1Ca was similar at -1.57  $V_{\text{Ag}/\text{AgCl}}$  and slightly higher at -1.54  $V_{\text{Ag}/\text{AgCl}}$  for AM60-2Ca. Meanwhile, the anodized specimens had higher corrosion potential in the range -1.55 to -1.50  $V_{\text{Ag}/\text{AgCl}}$  and lower corrosion current in the range  $5 \times 10^{-7}$  to  $-8 \times 10^{-7}$  A/cm<sup>2</sup> compared to the as-received specimens with corrosion current between  $2 \times 10^{-5}$

$5 \times 10^{-6} \text{ A/cm}^2$ . Immersion in 1.5SBF for 1 week promoted uniform corrosion and formation of visible pits in the as-received AM60-1Ca and AM60-2Ca specimens while only uniform corrosion was viewed in the base alloy. For anodized specimens, no visible pit or corroded area was seen on any of the specimens after 1 week immersion. The Ca and P concentration detected on as-received AM60-1Ca and AM60-2Ca after immersion in SBF was significantly high than that of on base alloy surface as analyzed by EDX. Meanwhile on anodized specimens, higher Ca concentration was detected on the film surface of Ca-containing alloys particularly in AM60-1Ca than that of on the film formed on base alloy. Ca and P deposition was initiated in the vicinity of voids and cracks in the oxide.

Polarization measurements indicated that the corrosion behavior of AM60 alloys was not affected significantly by addition of Ca in the alloys. Among the three alloys, the highest bioactivity was obtained in AM60-1Ca for both as-received and anodized specimens.



**b**

		AM60	AM60-1Ca	AM60-2Ca
10	Top			
	Rear			
20	Top			
	Rear			

図8(a) 0.5 M リン酸ナトリウム電解液中で各種 Mg 合金をアノード酸化した際の電圧-時間曲線, (b)アノード酸化後の試料の外観写真。矢印部は、火花放電の影響を強く受けた箇所。

**Reference:**

- Anawati, H. Asoh and S. Ono, Role of Ca in Modifying Corrosion Resistance and Bioactivity of Plasma Anodized AM60 Magnesium Alloys, *Corrosion Science and Technology*, **15**, 126-130 (2016).
- Anawati, H. Asoh and S. Ono, Effects of alloying element Ca on the corrosion behavior and bioactivity of anodic films formed on AM60 Mg alloys, *Materials*, **10**, 11 (2017).

**5. 湿式プロセス (アノード酸化) によるステンレスへの生体適合性付与**

金属材料は優れた強度と靱性から多くの医療用デバイスに使用され、体内埋入型デバイスの 70%を占めると言われている。セラミックスや高分子で代替しようという試みは今なお続けられているが、力学的信頼性の観点で金属に代わる材料は開発されず、バイオマテリアルとしての金属材料の重要性が再認識されている。しかしながら、金属自体には生体機能性がないことから、使用部位に応じて高組織適合性 (骨形成能) や軟組織適合性 (接着性) などを表面処理や表面改質によって付与する必要がある。

本研究プロジェクトでは高耐食性金属材料として広く工業利用されているステンレス鋼を対象として、アノード酸化でステンレス基板上にナノポーラス構造を持つ酸化膜を形成し、ハイドロキシアパタイト (HAp) の析出形態、析出量に対するポーラス酸化膜の微細構造の効果を明らかにすることを目的とした。ここでは、バイオセラミックスである HAp を硬組織のモデル材料として、ステンレス表面をセラミックス化することに関しても検討を行った。

試料には耐熱鋼として最も広く普及している SUS304 (18Cr-8Ni) を使用した。アセトン脱脂後、 $2 \text{ mol dm}^{-3}$  過酸化水素を含む  $3-7 \text{ mol dm}^{-3}$  硫酸混合電解液中で電流密度を 100 から  $1000 \text{ Am}^{-2}$  の範囲で調整しアノード酸化を行った。電解液は攪拌し、処理中は浴温を  $60^\circ\text{C}$  に維持した。

生体適合性の評価は、HAp の形成能で評価した。水酸化カルシウムとリン酸水素アンモニウムの溶液に試料を交互に浸漬し HAp を予備析出させた後、疑似体液に試料を 1 週間浸漬した。試料表面の微細構造や組成は、走査型電子顕微鏡 (SEM) やエネルギー分散型 X 線分析装置 (EDX) を用いて評価した。

図 9 に硫酸-過酸化水素混合電解液中で異なる時間アノード酸化を施した SUS304 の表面ならびに皮膜断面の SEM 像を示す。アノード酸化後の試料は黄色を呈し、15 分のアノード酸化で厚さ 400 nm の酸化膜が基板表面に形成された (図 9b)。120 分後、膜厚は約  $1.3 \mu\text{m}$ 、240 分後では厚さ  $3.2 \mu\text{m}$  まで酸化膜が成長した。

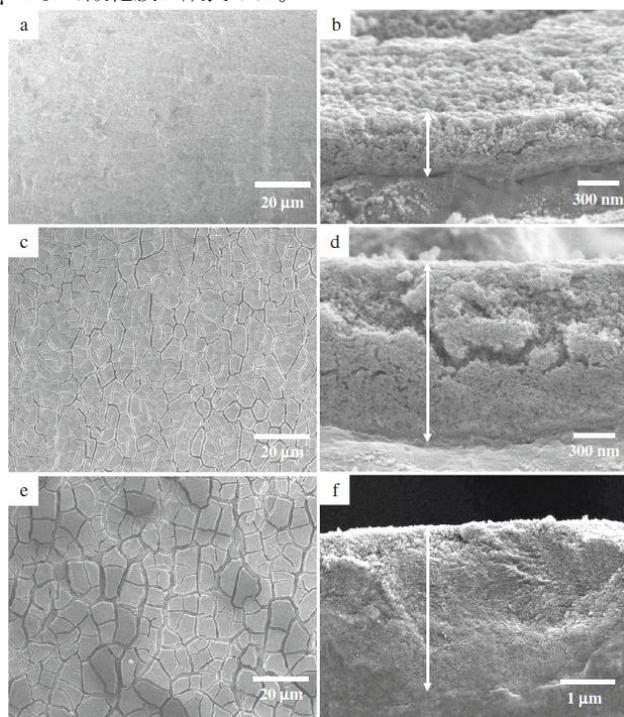


図9 5 M 硫酸-2 M 過酸化水素混合電解液中で  $200 \text{ Am}^{-2}$  でアノード酸化した SUS304 の表面と破断面の SEM 像 (a,b) 15 分, (c,d) 120 分, (e,f) 240 分

過酸化水素を含まない硫酸のみの電解液では SUS 表面の粒界エッチングが進行し、ミクロンオーダーの厚さを持つ酸化皮膜は形成されなかったが、過酸化水素の添加により酸化反応が促進され高い化学耐性を持つ酸化皮膜が形成された。

図 10 に透過型電子顕微鏡を用いた観察結果を示す。試料の作製条件は図 9e と同条件であるが、ここでは比較的膜厚の薄い部分からサンプリングして分析した。高倍率における観察結果から皮膜は  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$  を含む Cr リッチな粒状酸化物から構成されており、粒状物質の間隙部が数十 nm の微細孔として膜内に多数存在することがわかった。空孔率は、皮膜底部から表面にかけて減少しており、酸化物の連続的な堆積と皮膜表面における膜の緻密化が、図 9 の SEM 像に観察されるようなクラック発生に関与していると考えられた。

図 11 に HAp の形成能で生体適合性を評価した結果を示す。交互浸漬を 5 サイクル施した試料においても針状の HAp の析出が観察されるが (図 11a, b), 20 サイクル処理した試料の方が、広範囲に HAp 層が形成されていることがわかった (図 11c, d)。その後、疑似体液に 1 週間浸漬した試料では、交互浸漬で析出した HAp を核としてさらに厚く HAp 層が成長した (図 11e, f)。硫酸のみでアノード酸化した SUS 試料 (図 11g, h) では、HAp 層の形成が観察されなかったことから、微細な孔を持つ酸化皮膜の表面積、孔容量が HAp 形成を促進する要因であると考えられた。この傾向は、前述の Mg の系で観察された結果とも基本的に一致した。アノード酸化による SUS 基板上へのポーラス酸化膜形成は、生体適合性の改善だけでなく塗装下地としての活用など、新たな機能表面の提供という観点でも今後の活用が期待される。

**Reference:**

・ H. Asoh, M. Nakatani and S. Ono, Fabrication of thick nanoporous oxide films on stainless steel via DC anodization and subsequent biofunctionalization, *Surf. Coat. Tech.*, **307**, 441-451 (2016).

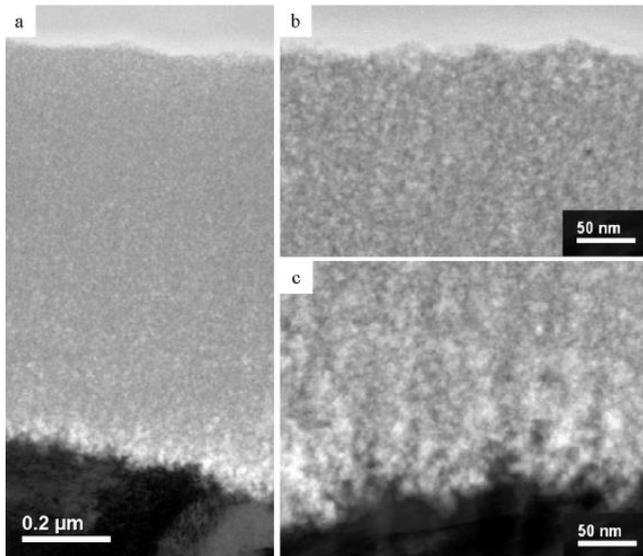


図 10 SUS304 上に形成された酸化膜の透過型電子顕微鏡像 (明視野像) (a)全体像, (b)最表層拡大, (c)皮膜/素地界面

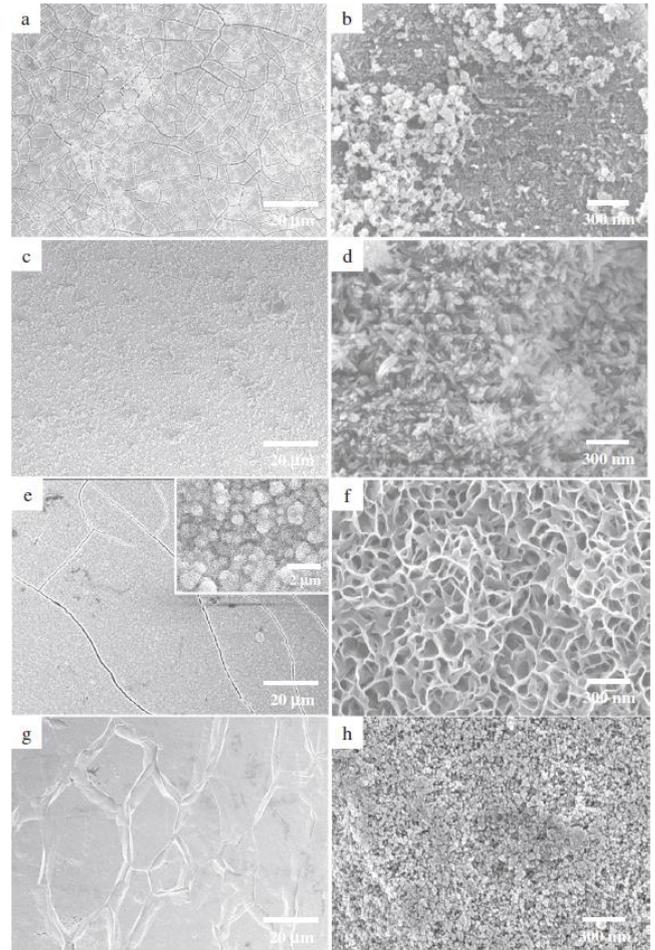


図 11 アパタイト化処理を施した試料の表面 SEM 像 (a,b) 交互浸漬 5 サイクル, (c,d) 交互浸漬 20 サイクル, (e-h) 交互浸漬 20 サイクル後、疑似体液に 1 週間浸漬  
アノード酸化条件 : (a-f) 5 M 硫酸-2 M 過酸化水素混合電解液中 200 Am<sup>2</sup>, 120 分, (g,h) 5 M 硫酸中 200 Am<sup>2</sup>, 15 分

**6. 結言**

①細胞接着および増殖 (伸展性, 配向性) に及ぼす足場材料の表面微細構造の影響を明らかにするために、ナノメートルオーダーの微細孔を持つポーラスアルミナ基板, ポーラス Si 基板を作製した。作製に関してはテーマ 1.1 との連携を通じて、技術・情報の共有を図った。各種基板上での細胞応答の結果から、足場となる基板のナノ構造や濡れ性が細胞の接着ならびに形態に強く影響を及ぼすことを明らかにした。特に、微細孔を持つ酸化皮膜上においては、孔径 60 nm 以下の微細な孔が細胞増殖および細胞の伸展を促進する重要な因子であることがわかった。

②セラミックス系生体材料であるリン酸カルシウムを Si 基板上で位置選択的に析出させる研究においては、微細な孔を持つ基板上では、平滑な基板に比べ、反応に寄与する有用成分を孔内に効率よく保持することができ、リン酸カルシウムの析出量が著しく増加することがわかった。また、アンカー効果を発現し、リン酸カルシウム層と基板との密着性が向上することを確認した。

③生体用金属材料として注目されているマグネシウムならびにステンレスの表面処理・表面改質を検討した。それぞれの基板に対して、アノード酸化で酸化膜を表面に形成することで、耐食性を向上させるだけでなく、生体機能性・生体適合性を付与できることを明らかにした。これらの研究成果は、国内外での学会発表だけに留まらず、国際学術雑誌に論文として発表を行った。

5 年間の研究を通じて、微細構造によって発現する表面機能とその加工技術に関する基礎的な技術は十分に構築できたと考えている。

### Ⅲ. 新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用



### 3.1. スポーツ用機能性生地の開発 Development of the functional cloth for sports

伊藤 慎一郎, 水野 明哲  
Shinichiro ITO and Akisato MIZUNO,

Keywords : Functional cloth, Sports wear, Drag reduction, Heat radiation

#### 1. 緒言

水泳やスピードスケート, マラソン等のスポーツはタイムを競うスポーツであるため, 使用されるスポーツウェアの流体抵抗の軽減が必然的に求められてきた. また, 人は運動時, 体温が著しく上昇する. 体温の上昇による不快感は競技者のパフォーマンスに大きく影響すると考えられるので, 排熱性能の高いウェアの開発が求められている. Gavin ら<sup>1)</sup>は運動中の体温と被服温度の関係を調べ適度な運動では体温が上昇しないことを報告している.

我々の先行研究<sup>2)</sup>では, ドラッグクライシス現象に着目していたが, 人体模型では腕の影響で効果がないことが分かったので, 流体抵抗と排熱性能の両立という観点から, 主に特定の風速下での抗力そのものに着目し, 低抵抗ウェア開発に必要な布地の特徴を提案する. 8種類の布地について, 流体力計測と排熱性能計測を行い, 布地の素材や加工方法の違いによる各性能差を比較・考察する. 流体抵抗軽減と排熱性能向上の2つの要素の両立という観点からウェア開発に適した布地を提案することを目的とする.

#### 2. 実験方法

実験に使用した8種類の布地の特徴を Table.1 に, 3次元形状測定器で計測した布地表面の画像を Fig.1 に示した.

Table.1 Fabric characteristics

	Main application	Surface shape
1.FI1673-A-1	Underwear	Fluff
2.FG1543-P-1	Compression wear	Dimple
3.FG1439-B-A	Sports shirts	Unevenness
4.KU0295-A-1	Skin material (chair etc.)	Blooming with raised fabric
5.FG1439-D-1	Sports shirts	Unevenness
6.FI1676-A-1	Underwear	Fluff
7.FI1666-A-1	Underwear, compression	Fine unevenness
8.KG0673-2-1	Sports shoes	Mesh

流体力計測においては, 布地自体の抵抗の大きさを議論するために, モデル形状に依存しない摩擦抵抗を計測した. 摩擦抵抗を計測する手法としてコブラ型実験装置を採用し, 円筒モデルに布地を貼り付け, 3分力検出器を用いて実験を行った. 測定範囲は風速3~30m/sとし, 測定した抵抗等からレイノルズ数と摩擦抵抗係数を算出した. また, コブラ型実験装置の治具の抵抗を差し引くことで, 純粋な布地の摩擦抵抗のみを算出するため, Fig.2 に示す装置を用いて, テア計測を行った.

排熱性能計測においては, ヒーターを巻き付けた円筒の上から布地を貼り付けて計測した. 我々の先行研究では, サーマグラフィカメラのみを用いて計測前後の温度差を記録していたが, 布地を剥がすまでヒーター表面の温度が判明しない

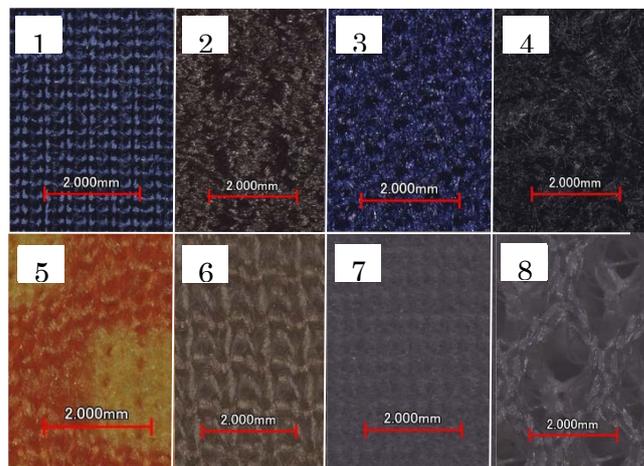


Fig.1 Fabric surface

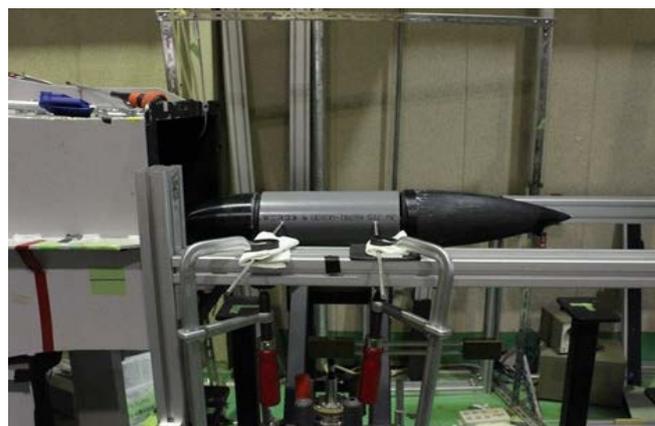


Fig.2 Tare measurement

という問題があった. そこで, 本研究ではヒーターの表面温度を熱電対で計測しながら, 布地の表面温度をサーモグラフィカメラで計測を行った. 熱電対は Fig.3 のように流れ方向に向かって貼り付けた. 指示風速は3, 6, 9m/sである. 各風速下でヒーターの表面温度を25°Cに保つ場合に必要となった電力から熱伝達率を算出して議論する.

#### 3. 実験結果および考察

流体力計測の結果を Fig.4 に示す. 風速3m/sにおいては, 6, 7, 8の3種類の摩擦抵抗が低くなっているが, 風速が上がるにつれて6, 8の抵抗は高くなる. 7はその後の風速においても最も低抵抗である. 6の布地表面は紡績糸による毛羽立ちがあり, 8の表面は粗いメッシュ構造となっている. 7の表面は, 顕微鏡で観察可能なレベルの微細な凹凸がウーリー糸によって形成されているが, 目視による確認ではフラットである. 低速域では6, 7, 8共に表面形状がリブレット(摩擦抵抗を軽減する効果のある縦溝)のような働きをすることで, 小さ

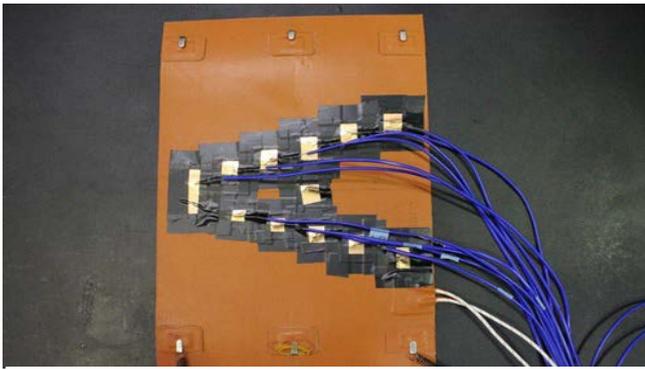


Fig.3 Arrangement of thermocouples

な乱流層が形成され、摩擦抵抗が軽減したと考えられる。高速域では、6,8の表面粗さが7に比べて大きいことが原因となり、6,8のみ乱流領域が拡大したと考えられる。

Fig.5に示した排熱性能計測を見ると、すべての風速下で、6,8の熱伝達率が高くなっている。Fig.1に示した布地表面の拡大写真を観察すると、これら3つの布地は他の布地に比べて編目が粗いことがわかる。これにより通気性が向上したことが、熱伝達率の向上に大きく影響したと考えられる。また、1,6の布地の表面には、バフ研磨加工および紡績糸による毛羽立ちがあり、毛羽による表面積の増大が熱伝達率の向上に影響している可能性が考えられる。

Fig.6a, Fig.6bには、排熱性能計測時に撮影したサーモグラフィ画像を示した。流れの剥離位置の観察が目的であったが、明確な温度境界は見られなかった。しかし、3m/sでは特に顕著であるが、熱伝達率が高いという結果になった布地の表面温度が、他の布地に比べて高いことがわかる。これらの布地はヒーターと布地間の熱伝達率が高いために、より効率よく排熱した可能性が考えられる。

#### 4. 結言

- (1) 布地の表面加工方法を変えることで、特定風速下での摩擦抵抗を変化させることができる。
- (2) 布地の編目を粗くすることで通気性が向上し、排熱性能が高まる。また、毛羽立ち等で布地の表面積を増加させることで、熱伝達率を大きくする。
- (3) 流体抵抗軽減と排熱性能向上を両立させる方法の一つとして、布地表面に毛羽立ち等の凹凸加工をより微細に行うことで、狙った速度域で小さな乱流層を形成しつつ、表面積を増加させるという案が挙げられる。

#### <参考文献>

- (1) TIMOTHY P. GAVIN, J. PATRICK BABINGTON, CRAIG A. HARMS, MARGARET E. ARDELT, DAVID A. TANNER, and JOEL M. STAGER “Clothing fabric does not affect thermoregulation during exercise in moderate heat” Official Journal of the American College of Sports Medicine (2001) 2124-2130
- (2) 横溝亮, 伊藤慎一郎 (工学院大 工), HONG Sungchan, 浅井武, 竹居賢治, スポーツウェア用布地の流体力学特性, 日本機械学会年次大会講演論文集(CD-ROM) 巻: 2015, ROMBUNNO.J2340104

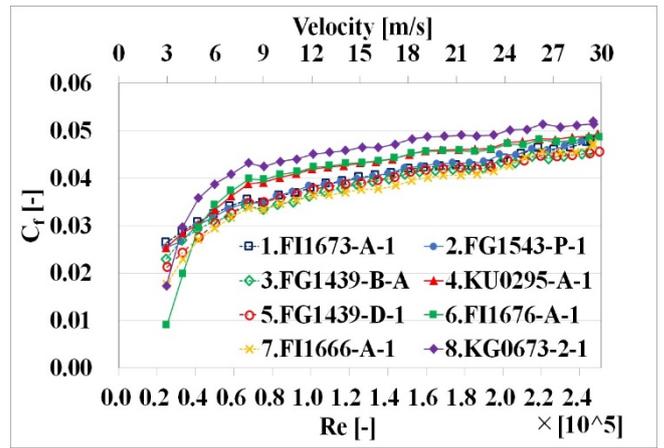


Fig.4 Comparison of friction coefficient

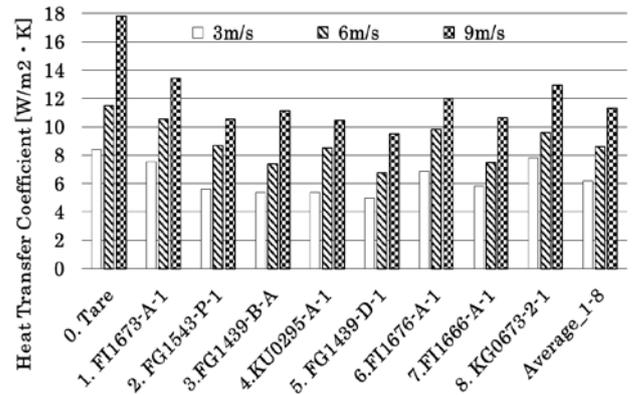


Fig.5 Comparison of exhaust heat measurement

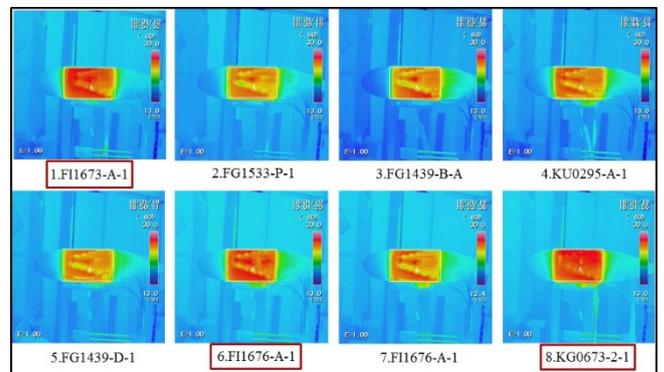


Fig.6a Thermography\_3m/s

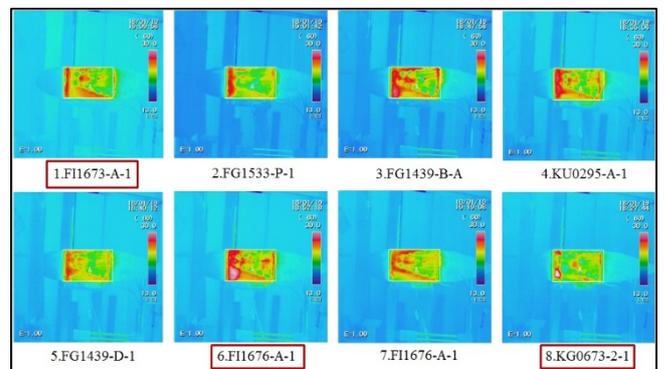


Fig.6b Thermography\_9m/s

## 3.2 流体機能の創成とマイクロ推進体への応用 Production of Fluid Function and Their Applications to Thrusters

佐藤 光太郎  
Kotaro SATO

**Keywords** : Synthetic Jet, Continuous Jet, Asymmetric Slot, Vortex Street, Posture Control

### 1. 緒言

噴流を利用して流れ場を制御する研究が盛んに行われている<sup>(1)-(5)</sup>。噴流としては従来の流量変動を伴わない連続噴流に代わり、励起噴流のひとつであるシンセティックジェットが利用されるケースが増えている。シンセティックジェットには定常流れが存在せず、振動流れにより周期的な渦放出を繰り返すことで実質流量を伴う噴流構造の流れ場を形成する。すなわち、シンセティックジェットは本質的に非定常流れである。最近ではこのような非定常噴流の時間特性を調整することで流れ場の制御を試みる研究も始まっている<sup>(4,5)</sup>。これらの研究から連続噴流の代替として注目を集めたシンセティックジェットではあるが、物体表面幾何形状など非対称な流れ場においては連続噴流と大きく異なる流動特性を示すような振動条件があることも明らかになった。しかしながら、現時点では非対称流れ場におけるシンセティックジェットに着目した研究例は少なく、その挙動には不明な点が多く残されている。本研究は励起噴流をマイクロ推進体へ応用するための基礎的研究であり、推進体表面の幾何形状を非対称にした状況下において周波数調整によりスラストベクトリング可能にすることが目的である。ここでは主として非対称流れ場における噴流の挙動について実験並びに数値解析により解明を試みる。スモークワイヤ法により得られた流れ場の時間的変化と数値解析結果である渦度分布およびベクトル図とを比較しながら渦の挙動を調べることで、渦配列と噴流進行方向との関係について議論する。

### 2. 主な記号

- $b_0$  : スロット幅 =  $5.0 \times 10^{-3}$  [m]
- $c$  : くちばし長さ [m]
- $C$  : 無次元くちばし長さ ( $= c / b_0$ )
- $h$  : 2つの渦列の幅 [m]
- $l$  : 同一回転方向の渦中心間距離 [m]
- $L_0$  : 無次元ストローク ( $U_{s0} / f b_0$ )

### 3. 実験装置及び方法

実験装置の概略図を図1に示す。本研究では駆動体として

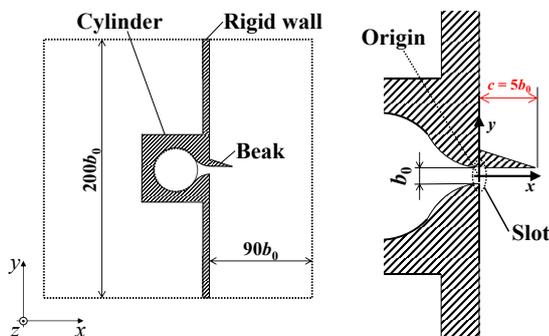


Fig. 1 Geometric shape of an asymmetric slot. The asymmetric slot is obtained by applying a sharp projection to the edge of the slot.

スピーカ (DIECOOK DD-15L) が用いられ、振動流れはPCで発生させた正弦波信号をアンプリファ (SOUND HOUSE CLASSIC PRO V3000) によって増幅させ、スピーカに入力することで生成された。作動流体は空気である。スロット出口におけるシンセティックジェットの速度は、PCによって制御された。また、スロット下流の流れはアクリル製の二平板間を通過して大気に開放されることになる。したがって、本研究では $z$ 方向速度は $x$ および $y$ 方向の速度と比べて小さいと考えられる。このことから得られた実験結果は2次元流れを仮定した数値計算結果と比較される。一方、流れの可視化にはスモークジェネレータ (DAINICHI PORTA AMOKE PS-2005)、ハロゲンライト (PHOTRON HVC-SL)、デジタルカメラ (CASIO EX-F1) が使用され、煙の挙動はフレームレート 1,200fps で撮影された。シンセティックジェットの代表速度  $U_{s0}$  は、先行研究に倣って定義し<sup>(2)</sup>、スロット出口での噴出過程のみの時間平均速度から求めた。可視化実験についてここでは代表速度およびレイノルズ数がそれぞれ  $U_{s0} = 3.0\text{m/s}$ 、 $Re = 990$  の条件下で行った結果について述べる。流れ場の非対称性はスロット出口の片側にくちばし形状の突起を付加することにより実現された。パラメータである無次元のくちばし長さ  $C$  は有次元くちばし長さ  $c$  をスロット幅  $b_0$  で除することにより求めた。

### 4. 数値解析における条件及び方法

図2に数値計算における領域および境界条件を示す。数値解析には非構造格子系熱流体解析ソフト SCRYU/Tetra for windows [(株)ソフトウェアクレイドル]を用いた。2次元非圧縮粘性流体とし、メッシュの要素数は約 110,000、乱流モデルは  $k-\epsilon$  モデルを適用した。シンセティックジェットのスロットでの速度時間変化については、速度規定で正弦波 ( $u = U_{s0} \sin \omega t$ ) を境界条件として与えた。また、図2の計算領域上下に位置する境界面については噴流エントレインメント分の流量が代表速度の5%で流入すると仮定して、境界速度をそれぞれ  $v = 0.05 U_{s0}$  および  $v = -0.05 U_{s0}$  で与え、計算の安定化を図った。さらに固体壁面境界には no slip 条件、計算領域出口境界には圧力一定の条件を適用した。

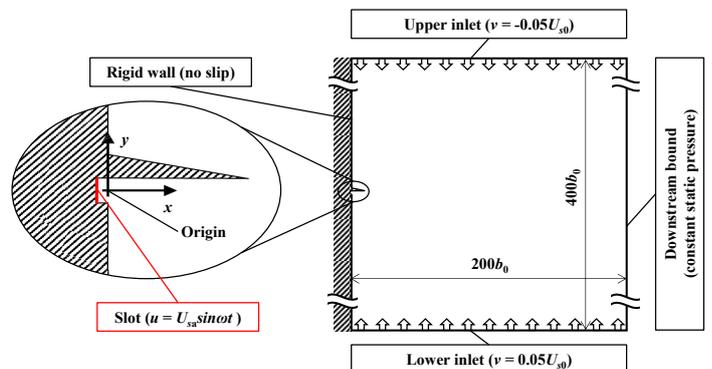


Fig. 2 Boundary conditions for numerical simulations of the synthetic jets.

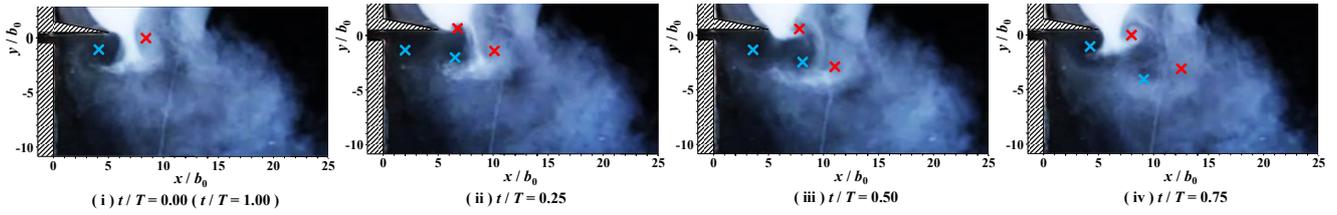


Fig. 3 Typical flow patterns of the synthetic jets produced by the asymmetric slot ( $L_0 = 10$ ,  $C = 5$ ,  $f = 60\text{Hz}$ ,  $U_{s0} = 3.0\text{ m/s}$ ,  $\text{Re} = 990$ ). The cross markers are plotted on the center of vortex. Where, clockwise and counter clockwise are blue and red, respective.

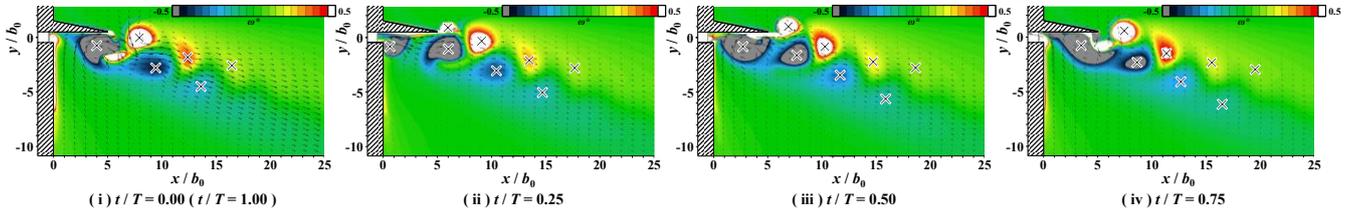


Fig. 4 Typical flow patterns of the synthetic jet in numerical simulation ( $L_0 = 10$ ,  $C = 5$ ,  $f = 60\text{Hz}$ ,  $U_{s0} = 3.0\text{m/s}$ ,  $\text{Re} = 990$ ). The cross markers are plotted on the center of vortex.

## 5. 結果及び考察

本研究では、無次元ストローク長さ  $L_0 = 10 [= U_{s0}/(f b_0)]$ 、無次元くちばし長さ  $C = 5$ 、 $C/L_0 = 0.5$  のときに形成される流れ場の特性に着目し、その挙動を観察する。ここで、代表速度、入力周波数、スロット幅はそれぞれ  $U_{s0} = 3.0\text{m/s}$ 、 $f = 60\text{Hz}$ 、 $b_0 = 5\text{mm}$  である。図 3 はシンセティックジェット 1 周期分の挙動観察例である。(i)  $t/T = 0$ 、(ii)  $t/T = 0.25$ 、(iii)  $t/T = 0.5$ 、(iv)  $t/T = 0.75$  の実験結果を示す。時計回りの渦と反時計回りの渦の中心位置を図中にそれぞれ青い×印と赤い×印で示した。一般的な二次元シンセティックジェットではスロット付近に対称な渦対が生成されるのに対し、本条件下での渦配列を観察すると、スロットが非対称であるため互い違いの渦列（千鳥配列）が形成される様子がわかる。

図 4 は数値計算によって得られた 1 周期分の渦度分布およびベクトル図である。(i)  $t/T = 0$ 、(ii)  $t/T = 0.25$ 、(iii)  $t/T = 0.5$ 、(iv)  $t/T = 0.75$  である。実験結果同様、互い違いの渦列形成が認められる。すなわち、渦の形成および挙動について実験結果と数値計算結果は良好に一致していることがわかる。本条件の  $t/T = 0$  における 6 点の渦を対象に、同一回転方向の渦中心間距離  $l$  と 2 つの渦列の幅  $h$  の平均値を求めると  $l = 23.6\text{mm}$ 、 $h = 10.6\text{mm}$  となり、およそ  $h/l \approx 0.45$  と算出される。参考までに、本図と等しい  $C/L_0 = 0.5$  を  $L_0 = 20$ 、 $C = 10$ 、すなわち周波数 1/2、くちばし長さ 2 倍の条件で得られた数値解析結果において  $l = 41.1\text{mm}$ 、 $h = 18.4\text{mm}$  の渦配列が形成され、本図同様、 $h/l \approx 0.45$  が確認できた。渦列の安定性に関する議論から、互い違いの渦列では  $h/l = 0.281$  の場合に中立の安定性をもつことが知られているが<sup>(6)</sup>、本結果はそれと比べて大きな値となっている。これは 6 点の渦のみでの評価方法の問題に加え、くちばし形状スロットによる幾何学的制限や噴流幅拡大に伴う渦列間隔増加あるいは吸引時の速度分布などの影響に起因する差異と考えられる。

ところで、シンセティックジェットでは 1 周期に 1 組の渦対を生成する。対称流れ場では噴出過程に生成される渦対の双方が互いに  $x$  軸正方向へ速度を誘起し合うため、並進運動する。吸引過程でも互いの誘起速度がポテンシャル流れの吸い込みと類似の速度分布を有する吸引速度を上回るとき渦対は進行を続け、噴流構造を形成する。さて、これまでの非対称スロットで生成されるシンセティックジェットの研究では上記の渦対の対称性が崩れることで、噴流の進行方向が変化すると報告されている<sup>(4,5)</sup>。図 3、4 のような非対称スロットの場合、噴出過程で時計回りの渦はスロット下側角部で、

反時計回りの渦はくちばし先端で発生するため、渦対の位置が非対称となり、渦同士の互いの誘起速度は  $x$  方向ではなく、反くちばし側に向くことになる。吸引過程に入ってもスロット近くに位置する時計回りの渦がより大きな吸引の影響を受け、さらに対称性が崩れることとなる。その結果、噴流の進行方向については、 $C/L_0$  の広い条件範囲で  $C/L_0$  の増加とともに偏向度が増加する傾向にあると考えられる。しかしながら、本研究で着目する  $C/L_0 = 0.5$  の条件では、噴出過程に生成される時計回りの渦は、噴出過程終了時 (iii) にスロットとくちばし先端の間に位置し、吸引過程に入ってもくちばし近傍に留まっている。次の噴出過程で時計回りの渦は再び  $x$  方向へ進行するため、先に生成された反時計方向渦と新たに生成される反時計方向渦の  $x$  方向中間位置に挟まれる形となり互い違い（千鳥配列）の渦列が形成される。ひとたび互い違いの渦列が形成されるとじょう乱では崩れず、本図右下方向へ概ねまっすぐ進行する。このことから本条件のシンセティックジェットは、これまで報告されてきた非対称スロットで生成されるシンセティックジェットとは異なる流動特性を示すと考えられる。

## 6. 結言

可視化実験及び数値解析により、非対称スロットで生成されるシンセティックジェットにおいて、互い違い（千鳥配列）の渦列が形成される条件（ $C/L_0 = 0.5$ ）が存在することを明らかにした。

終わりに臨み、本研究遂行では本学大学院生 小林亮太君に助力頂いた。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- (1) Smith, B. L. et al., "A Comparison Between Synthetic Jets and Continuous Jets" Springer Experiments in Fluids, Vol. 34 (2003), pp. 467-472.
- (2) Holman, R. et al., "Formation Criterion for Synthetic Jets", AIAA Journal, Vol. 43, No.10 (2005), pp. 2110-2116.
- (3) Nishibe, K. et al., "Experimental and Numerical Study on the Flow Characteristics of Synthetic Jets", Journal of Fluid Science and Tecnology, Vol. 6 (2011), pp. 425-436.
- (4) Watabe, Y. et al., "Influence of an Asymmetric Slot on the Flow Characteristics of Synthetic Jets," Springer Proc. Phys., Vol. 185 (2016), pp. 101-107.
- (5) Kobayashi, R. et al., "Vector Control of Synthetic Jets Using an Asymmetric Slot" ASME, FEDSM2016-7648, (2016).
- (6) 今井 功, 流体力学(前編), 株式会社裳華房(2013).

### 3.3. 表面微細加工技術を利用した相変化伝熱機能の創成と応用

～微細加工による相変化伝熱の向上化と制御～

—滴状凝縮熱伝達に及ぼす MEMS 加工面の影響と冷却面濡れ性の定量化—

#### Creation and Application of Phase-Change Heat Transfer by using MEMS technology

～Enhancement and Control of Phase-Change Heat Transfer by MEMS Technology～

—Effect of MEMS fabricating surface on drop-wise condensation heat transfer and quantification of cooling surface wettability—

大竹 浩靖 (工・機械工学科)

Hiroyasu Ohtake

**Keywords:** Drop-wise Condensation, Film-wise Condensation, MEMS, RIE, Contact Angle

#### 1. 緒言

熱流体工学, とりわけ, 相変化を伴う熱流動と表面性状とのかわりは深い. 沸騰は, 加熱面上に存在する傷等に予め捕獲された気相が, 気液界面での熱的平衡条件が崩れ, 蒸気泡へと成長する. また, 凝縮においても, 冷却面の濡れ性により膜状凝縮または滴状凝縮になり, 滴状凝縮の熱移動能力は膜状凝縮に比ベ十数倍も高い<sup>(1)</sup>. つまり, 表面性状により, 相変化伝熱の熱移動能力の向上化や熱制御が可能となる. 本研究は, MEMS 技術を利用し, 伝熱面表面に, マイクロおよびナノメートルオーダーの加工を施し, 傷の寸法や, 表面の濡れ性を制御することで相変化を伴う熱流動の向上化と制御を図ることを目的とする.

凝縮伝熱については, 滴状凝縮により高い熱伝達率を得ることを目的とし, 過去, 凝縮面へ凝縮促進剤(プロモータ)の塗布や金メッキを施すなど, 冷却面の表面性状を変化させる手法が数多くとられてきた<sup>(2)</sup>. しかしながら実用上, 滴状凝縮は 10,000 時間程度継続することが必要とされるものの, 一般的にどの手法も長時間滴状凝縮を持続させることに成功していない, それ故, 工業上, 主として膜状凝縮が利用される.

一方, 近年の MEMS(Micro Electro Mechanical System)技術の発達により, 表面構造の物理的性状を変化させることが可能となった<sup>(3)</sup>. すなわち, MEMS 技術が, 滴状凝縮実用化の一手法と成り得る. 本研究では, 過去, その二つの例として, スパッタリング加工を用いた金属表面薄膜および MEMS 技術 (RIE) を利用した微細加工面が凝縮熱伝達に及ぼす影響を検討してきた. 今年度は, さらに MEMS 技術 (RIE) を利用した微細加工面での凝縮実験を行い, かつ, その冷却面の濡れ性の定量化も検討した.

#### 2. 実験装置および手順

実験装置の概略図を Fig.1 に示す. 実験装置は, 凝縮容器, 水蒸気供給系統, 真空排気系統から構成されている. 凝縮容器は完全密封構造である. 冷却部である銅ブロックは二つに分かれており市販の高熱伝導タイプの接着剤で接着されている. 凝縮面を含む先端部はφ15mm, 長さ 20mm である. 銅は凝縮容器側面より挿入され, 冷却には端面に取り付けたペルチェ素子を用いた. このペルチェ素子放熱部の冷却には冷却水を用いる. 蒸気はボイラーから供給しており, 供給水には市販の純水 (イオン交換水) を用いた.

凝縮テスト部は純度 99.96%の銅製である. 銅ブロックには 4 本(先端部は 2 本)の K 型シース熱電対が挿入されており, 測定値と較正実験で得た帰直線から表面温度および凝縮面

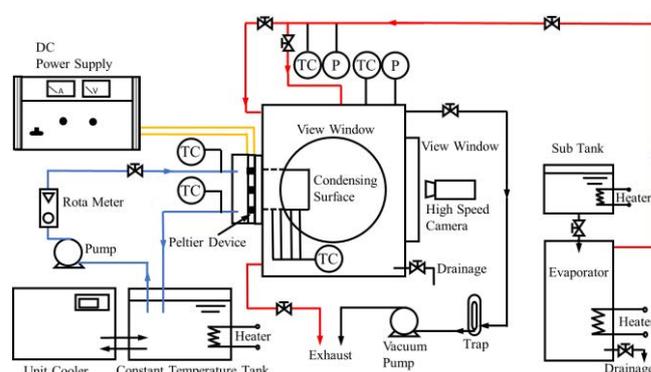


Fig. 1 Experimental apparatus

での熱流束を一次元のフーリエの式を利用して求める. またテスト部はテフロン材で断熱されている. 実験手順は, 凝縮容器から不凝縮性ガスを真空ポンプで十分除去した後, 試験流体である飽和水蒸気を流入圧力一定のもと凝縮容器に流入させる. この時, 流入した蒸気が凝縮面上方に噴出し, 凝縮面周囲の不凝縮ガスを吹き飛ばすように流入口を設置した. 以上の準備が整った後, 銅ブロックの冷却を開始する. 実験中, 蒸気は継続的に供給し, 凝縮容器内圧力が 0.1MPa に保たれるよう, 余剰蒸気は排気弁を通して排気する. 容器内圧力と温度はブルドン管圧力計および K 型熱電対にて計測を行う. 実験は 24 時間程度継続し, 凝縮面の様子は凝縮容器側面にある観察窓から 1 時間ごとに高速度カメラにて撮影を行う. 実験条件である凝縮面の表面性状は, シリコンウェハ上に RIE (SAMCO Int'l 製 RIE-10NR および住友精密(株)製 MUC-21 ASE-SRE) を利用した溝付微細加工面である. 各溝付微細加工凝縮面の接触角は接触角計により実験前後に測定した.

#### 3. 実験結果および考察

Fig.2 に微細加工凝縮面の凝縮の様子を示す. Fig.2 より, 10 $\mu$ m サイズの 2 つの凝縮面はどちらも膜状凝縮を示したことがわかる. 特に, 微細構造条件が  $L$  (ピラー長さ) :  $l$  (ピラー間隔) :  $h$  (ピラー長さ) = 15 : 15 : 5 $\mu$ m の凝縮面は, 接触角の計測値が 71.6°と平滑面ならば滴状凝縮を示すと考えられる面だったが, 膜状凝縮を示した. これは本研究で使用した微細構造の条件では, 微細構造内に凝縮液滴が侵入し, 内部で液膜を形成してしまったことから膜状凝縮を示したと考えられる.

Fig.3 には, さらに幅の細い 5 $\mu$ m ( $L$  (ピラー長さ) :  $l$  (ピラ

一間隔) :  $h$  (ピラー長さ) = 5 : 5 : 5  $\mu\text{m}$ ) とピラー長さ, すなわち, 溝の深さが深い 10  $\mu\text{m}$  ( $L$  (ピラー長さ) :  $l$  (ピラー間隔) :  $h$  (ピラー長さ) = 5 : 5 : 5  $\mu\text{m}$ ) の MEMS 加工面における凝縮実験の実験結果を示す. Fig.3 に示すように, 膜状凝縮となった. なお, Fig.4 に接触角の計測値を示すが, MEMS 加工により濡れにくい面を作成できたことがわかる. 参考までに, Cassie-Baxter モデルによる接触角の予測値<sup>(4)</sup>

$$\cos\theta_{Theo} = (1 - f)\cos\theta_{si-bare} - f \quad (1)$$

と Wenzel モデルによる接触角の予測値<sup>(4)</sup>

$$\cos\theta_{Theo} = 1 - f + f\cos\theta_{si-bare} \quad (2)$$

を Fig.4 に併記した. なお,  $f$  は表面積の相対的割合である. Fig.4 より, 溝に気相が存在する Cassie-Baxter モデルによる接触角の予測値より, 微細構造面により濡れにくい面となることわかる. しかしながら, 溝に液相 (水) が存在する Wenzel モデルによる接触角の予測値では, 微細構造面は濡れやすい面となる. これが本微細構造面で, 適状凝縮が形成されなかった理由, すなわち, 前述したように微細構造内に凝縮液が侵入し, 溝内部が凝縮液で満たされ, 液膜が形成されやすく膜状凝縮を示したと考えられる. 実際, 昨年度の各種金属薄膜の結果では, 平衡接触角が 60°以上, 吸着力が 40nN 以下の面 (Ag 面および Pb 面) で適状凝縮が確認できた. 本微細構造面では, 溝内部に凝縮液が浸み込み, 溝に空気存在した本測定値より実験時の微細構造凝縮面はかなり小さな接触角であったことが推察される. 適状凝縮の形成のためには, 溝に液が侵入しない微細構造面が必要とされる. なお, Fig.4 に, シリコン基板裸面のみだが, 前進接触角 (42.7°) と後退接触角 (24.8°, Fig.5 参照) の計測値を併記した. 適状凝縮の実現のためには, 後退接触角がより支配因子と考えられる. 今後, 溝付微細加工面, また蒸気雰囲気中で後退接触角の計測を試みる予定である. なお, 現在, ステンレス鋼実験容器を設計・作製中であり, よりクリーンな状態での実験を計画している.

#### 4. 結論

MEMS 技術 (RIE) を利用した微細加工面での凝縮実験を行い, かつ, その冷却面の濡れ性の定量化も検討し, 5  $\mu\text{m}$  ~ 10  $\mu\text{m}$  サイズの微細加工面では, 適状凝縮とならず膜状凝縮となってしまったこと, ただし, 微細加工面の溝に気相を保持できれば, 適状凝縮の形成が期待できることを示した.

#### 参考文献

- (1) 棚沢一郎, 凝縮研究の最近の進展-滴状凝縮を中心として, 機論, Vol. 78, No. 678, pp.439-445, (1975).
- (2) 日本機械学会, 伝熱工学資料 改訂版第5版, (2009).
- (3) 諸貫信行, 表面微細構造による濡れ性の制御, 日本伝熱学会, Vol.46, No.194, pp.46-51, (2007).
- (4) Pierre-Gilles de Gennes, Francoise Brochard-Wyart, David Quere, 奥村剛訳, 表面張力の物理学—しずく, あわ, みずたま, さざなみの世界—, 吉岡書店, (2008).

#### 著書

H. Ootake, "BOILING: RESEARCH AND ADVANCES", 3.7, 4.1, 4.2, Elsevier, (2017).

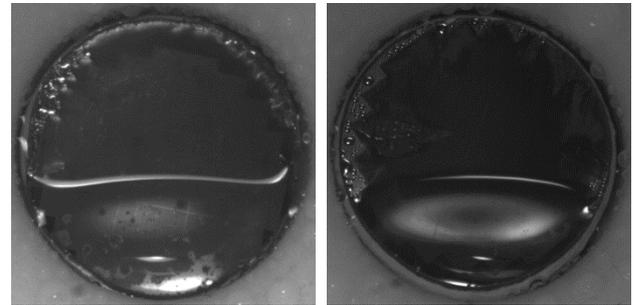
#### 査読付国際学会

T. Nishimura, Y. Mikoshiba, H. Ohtake, K. Hasegawa, Effect of Metal Film and Micro Structure of Surface on Condensation

Pattern, The 25th Int'l Conf. on Nuclear Engineering, ICONE25-67239, (2017-7), pp.1-6.

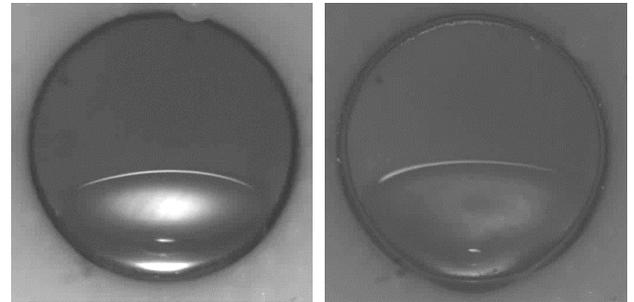
#### 学会発表

竹内・大竹・長谷川, 二次元温度場計測を通じた高温加熱面の膜沸騰崩壊温度および沸騰熱伝達特性, 日本伝熱学会第 54 回日本伝熱シンポジウム (2017-5) 【他 2 編】



$L:l:h = 15:15:5 \mu\text{m}$        $L:l:h = 20:10:5 \mu\text{m}$ ,

Fig. 2 微細加工面の凝縮の様子 I



$L:l:h = 5:5:5 \mu\text{m}$        $L:l:h = 5:5:10 \mu\text{m}$

Fig. 3 微細加工面の凝縮の様子 II

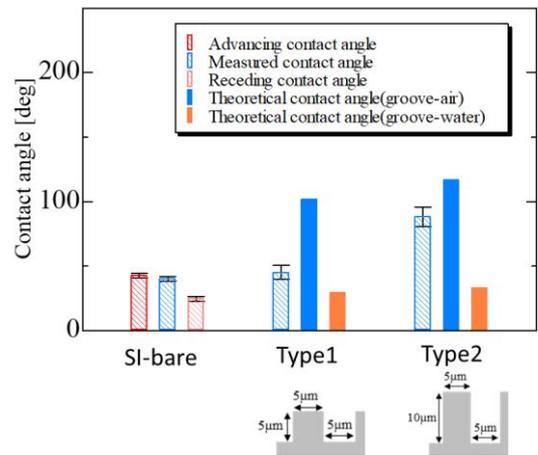


Fig. 4 微細加工面の接触角

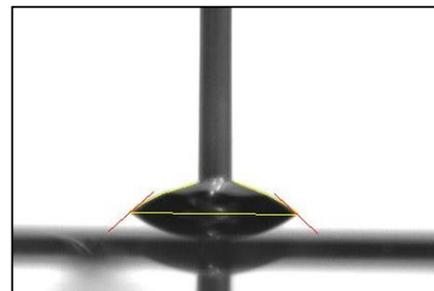


Fig. 5 後退接触角の計測時の画像

#### IV. 新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用



# 4.1. 生物の表面機能の解明とロボットへの応用 Functions of Biological Surfaces and Their Applications to Robots

鈴木 健司  
Kenji SUZUKI

Keywords: Bio-inspired robot, Functional surfaces, Microstructure, Surface tension

## 1. 諸言

生物の表面は毛や突起などの複雑な微細構造で覆われており、その構造によって様々な機能を発現していることが知られている。例えばアメンボの脚の表面は多数の毛で覆われており、さらにワックスのような物質を分泌することにより接触角  $167 \pm 4$  [deg]<sup>(1)</sup> の高い撥水性を実現している。本テーマでは、MEMS 等のマイクロ加工技術を利用し、微小な生物、とくに昆虫の表面を模擬した微細構造を製作し、生物の機能を再現することにより、表面の構造と機能の関係を明らかにする。具体的には昆虫の脚の付着性や撥水性、飛翔昆虫の羽の微細構造による気流の制御などに着目し、これらの構造を MEMS 技術などを用いて再現し、種々の機能を発現させる。また、製作した微細構造をロボットの表面に用いて小型ロボットを組み立て、羽ばたき飛翔、水面移動、壁面歩行など昆虫と同様な運動機能を有する自律移動ロボットを開発する。これらのロボットの開発を通して、生物の表面機能の原理の解明を行うとともに、新たな表面設計の指針を抽出し、他のテーマの研究や工業製品への応用を検討する。また開発したロボットを狭所や危険な場所での情報収集、医療、ヘルスケア等に応用することを目指して研究を行う。

本テーマでは、主にアメンボを規範とし、表面張力を利用して水面上を移動するロボット、トンボやチョウを規範とした羽ばたき飛翔ロボットの開発を行った。水面移動ロボットに関しては、脚の表面の微細構造と水面における支持力、推進力、流体抵抗などの関係を実験と理論により明らかにし、その結果に基づいてロボットの設計、製作を行った。羽ばたき飛翔ロボットに関しては、翅の翅脈形状や表面の微細構造が飛翔性能に及ぼす影響を調べ、その結果に基づいて自立的に垂直上昇、水平飛翔を行うロボットを製作した。

## 2. 水面における支持力、引き離し力の理論

図 1 は、水面上でのアメンボの脚を円柱としてモデル化したものであり、円形断面に働く力を示している<sup>(2)</sup>。単位長さの脚に働く支持力  $F$  は、浮力成分  $F_B$  と表面張力成分  $F_S$  の和になる。浮力成分  $F_B$  は、固体と液体の界面に働く圧力  $p$  の鉛直成分を積分したものであり、脚の上部の空間 ( $S_1$  部分) から排除された水の重量に等しい。また、表面張力成分  $F_S$  は固体・液体・気体の境界である 3 重線に沿って、水面の接線方向に働く表面張力  $\gamma$  の鉛直成分であり、これが水面のくぼみ ( $S_2$  部分) によって排除された水の重量に等しいことが数学的に導かれる。

$$F_B = \rho g S_1 \quad (1)$$

$$F_S = 2 \gamma \sin \theta_0 = 2 \rho g S_2 \quad (2)$$

$$F = F_B + F_S = \rho g (S_1 + 2S_2) \quad (3)$$

アメンボのように脚の表面が撥水性 (接触角  $\theta > 90^\circ$ ) の場合には、脚を水面に押し付けていくと、式(2)において  $\theta_0 = 90^\circ$  とすることが可能で、支持力の表面張力成分  $F_S$  の最大値は接触角によらず  $2\gamma = 145.5$  mN/m (20°C) となる。浮力成分  $F_B$  は、脚の直径に比例しており、直径が 1mm 程

度以下になると表面張力成分が支配的となる。

一方、脚を水から引き上げる際の引き離し力は、脚に付着して水面から持ち上げられる水の重量に等しく、脚の接触角が高いほど減少する。

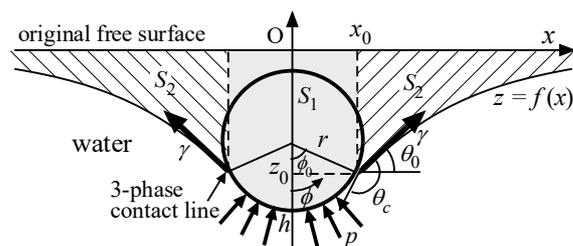


Fig.1 2D model of the supporting leg on the surface of water.

## 3. 撥水性支持脚の製作と支持力・引き離し力の測定

アメンボの脚を模擬したワイヤ状の撥水脚を製作するため、図 2 に示すように、直径 1mm の真鍮線をステッピングモータで回転させながら、フェムト秒レーザー加工機により螺旋状の溝加工を行った。さらに、加工したワイヤ表面にフッ素系撥水剤 FS-1010 (株式会社フロロテクノロジー製) を浸漬法により塗布した。溝の深さが 13μm と 28μm の 2 種類の撥水脚 A, B を加工した。加工条件を表 1 に示す。

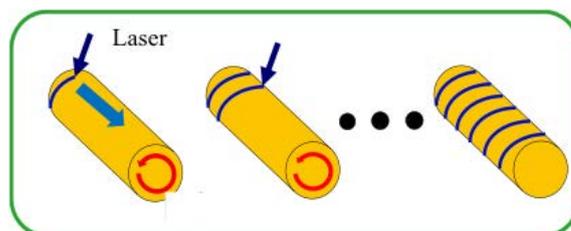


Fig. 2 Laser machining on the surface of a brass wire

Table 1 Machining conditions

	A (13μm)	B (28μm)
Laser power [W]	0.1	0.5
Feed rate [mm/s]	0.0023	0.0023
Circumferential speed [mm/s]	0.286	0.242
Groove depth [μm]	12.75	28.19
Groove width [μm]	25.09	30.85

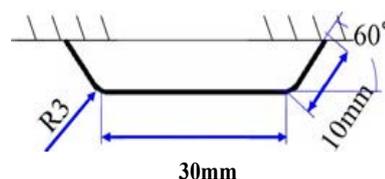


Fig. 3 Geometry of the sample

製作した撥水脚 A, B と、比較のために加工していない真鍮線に撥水剤 (FS-1010) を塗布したもの、および何も塗布していない真鍮線を用いて、脚の表面の水の接触角を測定した。また脚を水面にゆっくり押し付けた際の、水面を破る直前の支持力 (Lift force) と、脚を水に沈めた状態から水面上にゆっくり引き上げる際の引き離し力 (Pull-off force) の測定を行った。測定には、電動 z 軸ステージ、平行板ばね、レーザー変位計を用い、ばねの変位にばね定数を乗じて力を求めた。図 3 に測定に用いた撥水脚の形状を示す。

測定結果を、表 2 に示す。水の接触角は溝が深いものほど増加しており、溝加工により撥水性が強められていることがわかる。支持力は、接触角が 90° より大きい撥水脚では、接触角によらずほぼ一定の値が得られた。これは、表面張力成分が最大値 ( $2\gamma \times 0.03 = 4.4 \text{ mN}$ ) に達したためと考えられ、支持力 (5.8 mN) との差の 1.4 mN が浮力成分と考えられる。一方、引き離し力は、脚の接触角が大きく撥水性が高いほど小さくなった。これは、水が脚から離れる際の水面の傾きが接触角に依存するためと考えられる。このことから、超撥水の脚は、支持力を増加させることよりも引き離し力の低減に効果があることがわかった。

Table 2 Contact angle, Lift force and Pull-off force

	A (13 $\mu\text{m}$ )	B (28 $\mu\text{m}$ )	FS-1010	Brass wire
Contact angle [deg]	125	146	120	80~90
Lift force [mN]	5.8	5.8	5.6	4.7
Pull-off force [mN]	1.8	1.2	2.8	3.3

#### 4. 水面における流体抵抗

次に製作した撥水脚 A, B を用いて、水面上を一定速度で移動させたときの抗力の測定を行った。リニアガイドに板ばねとレーザー変位計を固定し、板ばねの先端に図 3 の形状の脚を取り付け、脚を水平に移動させたときに水から受ける力を板ばねで測定した。この力は、アメンボの支持脚では抗力、駆動脚では推進力として働く。水面に押し付ける深さは 1~4mm まで 1mm 間隔で変化させ、移動速度は 50~250 mm/s まで 50 mm/s 間隔で変化させた。測定結果を図 4, 5 に示す。

実験結果から、撥水脚 A, B は、撥水処理をしていない真鍮線に比べて高い速度まで水没せずに動かせることがわかる。また、より深くまで押し付けて高速で動かすと抗力 (または推進力) が大きくなる。一方、脚が完全に水没すると抗力は急激に減少する。これは、水没していないときには、水面のくぼみによって移動方向に垂直な投影面積が増加するためと考えられる。

抗力の理論式  $F = 1/2 C_d \rho A V^2$  と実験結果を比較するため、図 5 の押し付け深さ 3mm の結果を用いて、速度の 2 乗と抗力の関係を求めた (図 6)。抗力は速度の 2 乗にほぼ比例しており、水面上での実験値は抗力係数  $C_d = 0.125$  の直線にほぼ重なり、水没時の実験値も抗力係数  $C_d = 0.18$  の直線とほぼ重なっていることから理論とよく一致している。次に、深さが増加した場合は理論では投影面積が増加し、抗力は線形に上昇するはずだが、図 4 のグラフは線形ではなく理論と一致していない。この原因を調べるため脚の移動時の水面を観察したところ、図 7 のように脚の前方で水面が隆起していることが確認された。隆起の高さは脚の深さ  $d = 2\text{mm}$  のとき 0.5mm、 $d = 3\text{mm}$  のとき 2.5mm となった。この隆起を考慮し、押し付け深さと隆起の高さを加えて投影面積  $A$  を計算すると、図 8 のように抗力と投影面積が線形の関係になり、 $C_d = 0.125$  の理論値とほぼ一致することが確認された。

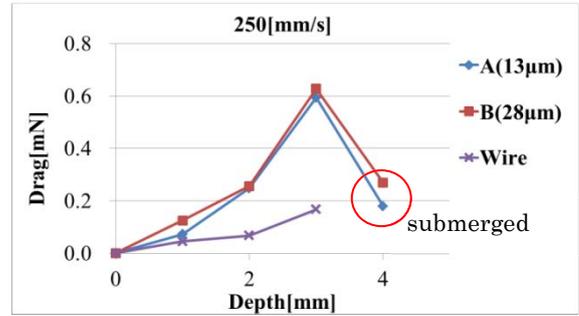


Fig. 4 Drag as a function of depth

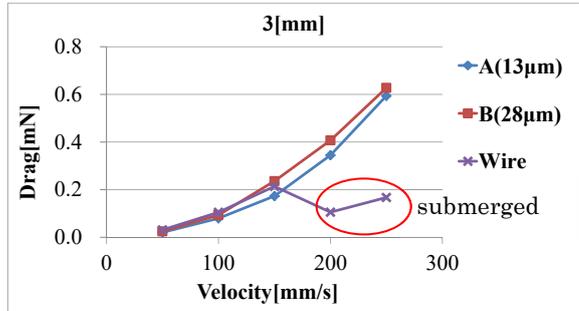


Fig. 5 Drag as a function of velocity

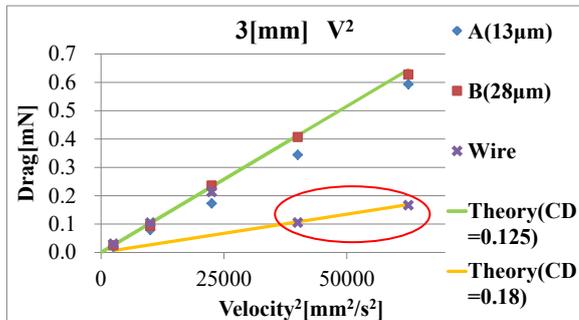


Fig. 6 Drag as a function of the square of velocity

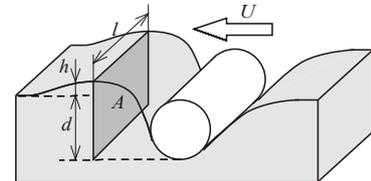


Fig. 7 Bump and dent on the surface of water

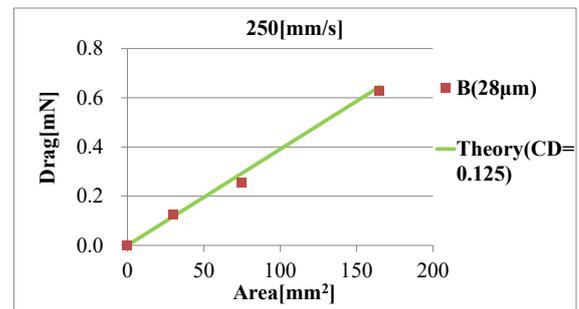


Fig. 8 Drag as a function of projection area

#### 5. 水面移動ロボット

前節の結果をもとに、水面移動ロボットの設計、製作を行った。ロボットの写真を図 9 に示す。支持脚は、質量と水の抵抗を小さくするため、直径 0.5mm、長さ 130mm の黄銅線を幅 10mm の長円形に曲げたものを 4 脚用いた。4 脚による静的な支持力は 86.5 mN (8.8gf) であり、ロボットの重量 4.39 gf の約 2 倍となっている。中脚には、図 9 に示すチェビシェフリンク機構を一部改良した機構を用い、小型の DC モー

タで駆動した。チェビシエフリンク機構は、リンクの先端が D 字形の軌道を描き、直線部が低速、曲線部が高速で動く。この性質を利用して、脚を水没させずに水深 3.5 mm の位置を高速で水をかき、水面より上を低速で戻すようにリンクの長さを調整した。ロボットはニッケルポリマーバッテリーを搭載し、自立移動が可能である。水面移動実験を行った結果、4 Hz で水面をかき、平均速度 60 mm/s で移動することが確認された。

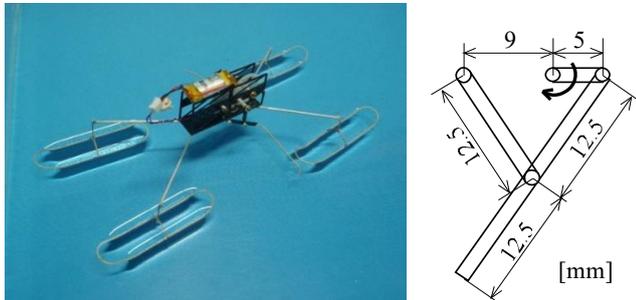


Fig. 9 Water strider robot and its driving mechanism

### 6. トンボを規範とした羽ばたき飛翔ロボット

微小な生物である昆虫は、羽ばたきを利用して空中を自由に飛翔し、ホバリングや急旋回など大型の鳥とは異なる高度な飛翔を実現している。サイズが小さくなれば、揚力が十分に得られなくなるため、固定翼に比べて羽ばたきによる飛翔が有利になると考えられる。本研究では、昆虫の中でも 4 枚の翅を複雑に動かして高度な飛翔を実現しているトンボの羽ばたき飛翔に着目した。トンボは、翅の羽ばたき（フラッピング）、ねじり（フェザリング）、前後動作（リードラグ）をそれぞれの筋肉によって独立に制御し、さらに状況に応じて羽ばたき平面の角度や前後の翅の位相差を変化させることによって多彩な飛翔を実現している。本テーマでは、トンボの飛翔を規範として、羽ばたき平面角度の調整機構を搭載し、体軸角度を変えずに推進力の変換機構を製作し、離陸、水平飛行、垂直上昇を自立的に行うロボットの開発を行った。また、翅の翅脈構造が、羽ばたき時の翅の変形および発生する推進力に及ぼす影響を調べた。さらに、トンボの翅の表面に見られる微小な突起を加工した翅を製作し、微小構造が流体力に及ぼす影響を調べた。

### 7. はばたき平面角度調整機構

図 10 に体軸角に対するはばたき平面の角度を変更可能な機構を示す。DC モータによりクランクを回転させ、その円運動をスライダの往復運動とそれに直交する方向の翅の揺動運動に変換する機構を用いている。

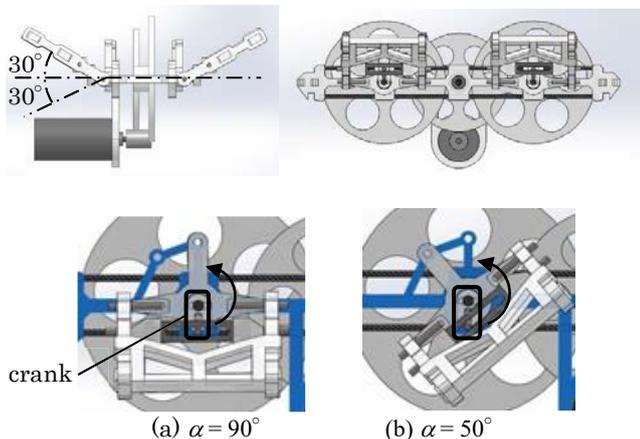


Fig. 10 Stroke plane angle ( $\alpha$ ) adjusting mechanism

翅のはばたき角は水平から  $\pm 30^\circ$  になっており、羽ばたき平面角度は体軸に対して  $0^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $90^\circ$  の角度で固定できるようになっている。

### 8. 翅脈の形状の検討

トンボの翅の付け根部分には三角室と呼ばれる剛性の高い部分があり、はばたき時に翅の付け根の変形を抑えることで、変形を飛行に適したものにしていくと考えられる。このような翅脈構造が飛翔性能に及ぼす影響を調べるため、図 11 に示すように放射状に翅脈をもつ翅 A と三角室を再現した翅 B を製作した。翅は厚さ  $8\mu\text{m}$  のポリエチレンフィルムを用い、翅脈は直径  $0.5\text{mm}$  のカーボンロッドとスチレン樹脂を用いた。製作した翅を図 10 の羽ばたき機構に取り付け、はばたき周波数を  $0\sim 23\text{ Hz}$  まで変化させて発生する流体力を測定した。流体力は、羽ばたき機構を 3 分力計に固定し、羽ばたき平面に平行な力と垂直な力を測定して合力を求めたが、発生する力の向きは羽ばたき平面にほぼ垂直で前方に向かう力であったため、これを推力 (thrust) と呼ぶことにする。推力の測定結果を図 12 に示す。

3.7V の電池により駆動可能なはばたき周波数  $23\text{ Hz}$  のとき、放射状の翅脈の翅 A の推力は  $53\text{ mN}$ 、三角室を再現した翅 B は推力は  $68\text{ mN}$  であり、推進力は 28% 向上した。また、羽ばたき動作を高速度カメラで観察した結果、翅 B の方が翅 A に比べ翅先端部の変形が大きいことが確認された。

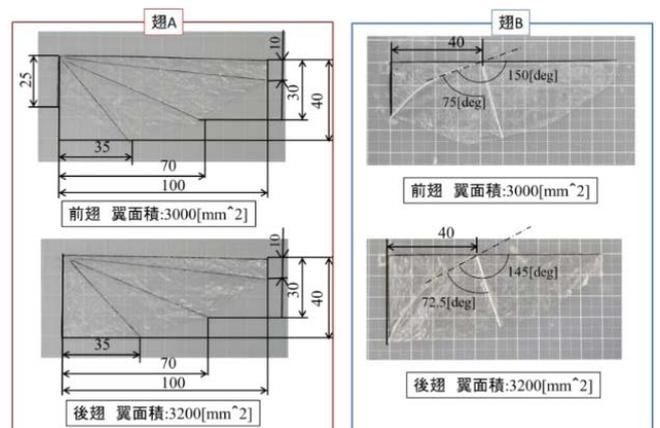


Fig. 11 Configuration of wing vein

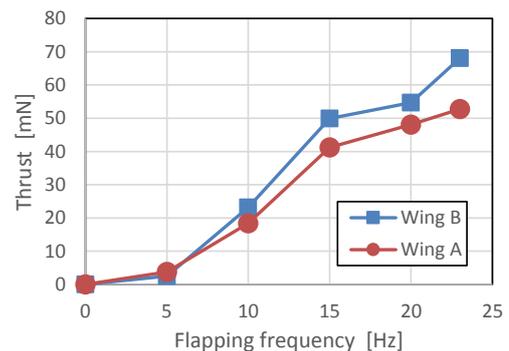


Fig. 12 Variation of the thrust with flapping frequency

### 9. 飛翔実験

図 10 の羽ばたき平面角度調整機構と図 11 の三角室を再現した翅 B を組み合わせて、自立的に離陸し垂直上昇を行うロボットと、水平飛行を行うロボットを製作した。垂直上昇用のロボットは羽ばたき平面角度を  $0^\circ$  に設定し、ローリングとピッチングを抑えるため、機体の上部と下部に補助翼を取り付けた。また、水平飛行用のロボットは羽ばたき平面角度を  $90^\circ$  に設定し、ヨーイングとピッチングを抑えるため、機体後部に垂直尾翼と水平尾翼を取り付けた。2 種類の

ロボットの写真を図 13 に示す。ロボットには、3.7Vのリチウムポリマー電池と無線で操作可能なスイッチを搭載した。ロボットの質量は垂直上昇用が 7.3 g、水平飛行用が 7.1 g である。満充電時の電池の電圧は約 4.1 V（羽ばたき周波数約 25 Hz）となるため、図 12 の結果より推力によって自重を支持可能であることが予測される。また、翼面荷重は 5.8 N/mm<sup>2</sup> となり、大型トンボの値 4.0 N/mm<sup>2</sup> の 1.45 倍となった。

実際に飛行実験を行った結果、垂直上昇では、地面に静止した状態から 2.6 秒間で 1.75m の高さまで上昇し、32 秒間滞空した。また、水平飛行では、地面に静止した状態から斜めに飛び立ち、1 秒間に 4m の距離をほぼ水平に飛行した。羽ばたき平面角度を調整可能な機体により、水平飛行、垂直上昇の両立が可能であることが実証された。

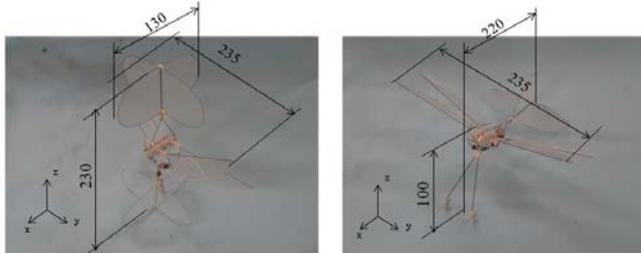


Fig. 13 Flapping-wing robots for vertical lift and level flight

### 10. 翅の表面の微細構造の影響

トンボの翅の表面には、微細なとげのような構造が存在することが知られており、飛行性能に影響を与えていることが考えられる<sup>(3)</sup>。図 14 は、ミヤマアカネ (*Sympetrum pedemontanum*) の翅の表面の SEM 写真である。翅脈の上に根元の直径が約 30 $\mu$ m、高さ約 50 $\mu$ m の棘状の構造が、前翅は約 300  $\mu$ m、後翅は約 200  $\mu$ m の間隔で並んでいることが観察された。このような微細構造が飛行性能に与える影響を調べるため、MEMS 技術を利用して表面に微細な突起を持つ翅を製作した。厚さ 50 $\mu$ m のポリイミドフィルム上に、厚さ 50  $\mu$ m と 100  $\mu$ m のフォトリソグ (SU8) を塗布し、間隔 250  $\mu$ m の格子点状に並べた直径 30  $\mu$ m の円形パターンを露光、現像して、円柱状の構造を製作した。図 15 に製作した翅と微細構造の顕微鏡写真、図 16 にレーザー顕微鏡による表面形状の測定結果を示す。翅の大きさは長さ 140mm、翼弦長 40mm であり、94mm $\times$ 40mm の範囲に微細構造が製作されている。翅のフレームは直径 1mm の CFRP を用いた。実際の円柱構造の測定値は、直径が約 50 $\mu$ m、高さが約 60 $\mu$ m と 105 $\mu$ m であった。

微細構造を加工した翅（高さ 50 $\mu$ m と 100 $\mu$ m）と加工していない翅をそれぞれはばたき機構に取り付け、はばたきにより発生する推力を三分力計で測定した。本実験で用いたのはばたき機構は、図 17 に示すように、DC モータの回転を

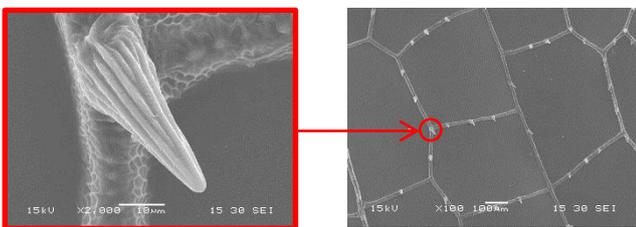


Fig. 14 SEM image of spines on a dragonfly wing.

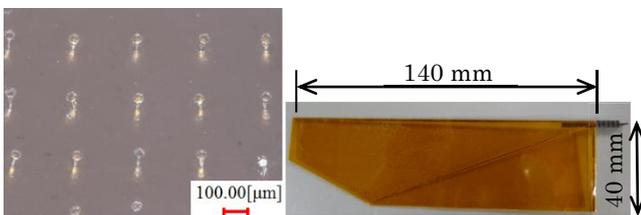


Fig. 15 A polyimide wing with micro pillars

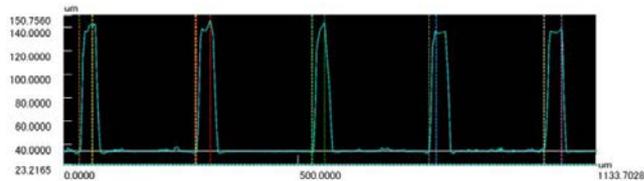


Fig. 16 Surface profile of the micro pillars.

てこのクランク機構により翅の揺動運動に変換するものである。図 18 に推力の測定結果を示す。

微細構造を加工した翅は、加工していない翅に比べて推力が最大で 1.7 倍ほど大きくなった。また、トンボの棘に近い高さ 50 $\mu$ m の翅は、高さ 100 $\mu$ m のものに比べて推力が大きくなった。微細構造によって推力が増加するメカニズムについては本実験では解明できなかったが、微細構造によって翼のまわりの渦の生成が促進されるとする報告があり<sup>(3)</sup>、推力の増加に関係していると考えられる。また、製作した翅は強度が不十分だったため、自立飛行を行うことはできなかった。

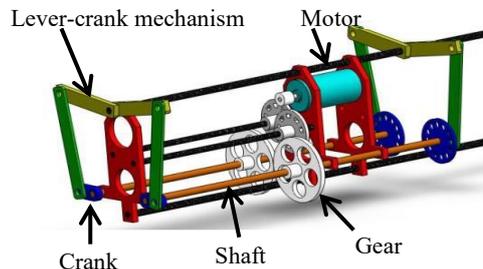


Fig.17 Flapping mechanism

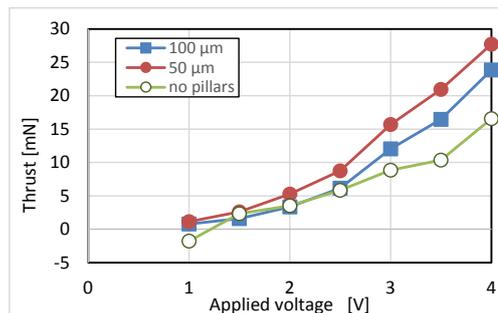


Fig. 18 Thrust force generated by microstructured wings

### 11. 結言

- (1) 水面移動ロボットに関して、撥水性の脚の支持力、引き離し力、流体抵抗の発生原理を理論と実験により明らかにし、その結果に基づいて水面移動ロボットを設計、製作した。脚の撥水性を高めることにより、引き離し力が減少すること、水面での抗力は速度の 2 乗と投影面積に比例することが確認された。
- (2) 羽ばたき飛行ロボットに関して、羽ばたき平面角度を調整可能な機体と、トンボの翅脈構造を再現した翅を用いることにより、垂直上昇と水平飛行が可能となったロボットを製作した。翅脈構造の違いにより羽ばたき時の翅の変形状態が変わり、推力が増加した。また、翅の表面に微細な突起を加工することにより、推力が増加した。

#### <参考文献>

- (1) X. Gao, and L. Jiang, Nature, Vol. 432, 2004, p.36.
- (2) Y. S. Song and M. Sitti, IEEE Transactions on Robotics, Vol.23, No. 3, 2007, pp.578-589
- (3) H. Hashimoto et al., ASME-ISPS/JSME-IIP Joint International Conf. on Micromechanics for Information and Precision Equipment (MIPE), 2012, pp.300~302

## 4.2. 濡れ・付着機能の創成とマイクロマニピュレーションへの応用 Construction of wetting and adhesion function for micro manipulation

見崎 大悟  
Daigo MISAKI

**Keywords:** Micro manipulation, Liquid bridge force, Controllable adhesives, 3D printing

### 1. 諸言

近年、微細加工技術の発展により、電子部品から機構部品まで様々な部品の小型化が可能となった。特に携帯電話・スマートフォンの普及により製品の小型化、軽量化、集積化やそれに伴う高機能化への要求は高まる一方であり、これを実現するために積極的な技術開発が行われている。一方でマイクロパーツを用いた製品の研究開発段階での試作に伴う作業や製品の組立作業でそのハンドリングを担う装置や技術の開発や、その普及は十分とはいえないのが現状である。原因として、大きさが数 $\mu\text{m}$ から数百 $\mu\text{m}$ の微小物体の操作において、マイクロマニピュレータのエンドエフェクタや作業領域の床面と操作対象物との間に凝着力が働き、引力を生じることが原因で操作対象物の把持・解放が困難であるという課題があげられる。また、微小物体の把持・解放方式として静電力を用いたものや熱による把持力の制御を行う研究がされてきたが、操作対象物に電子部品を想定したとき、大きな静電力や熱を加えないことが望ましいと考えられる。

本研究では、はじめに、液架橋力をもちいたマイクロマニピュレーションの操作性の改善に向けて下記の研究を実施した。液架橋力を利用したマイクロマニピュレーションの操作性の向上に関する基礎研究として下記の研究をおこなった。

- (1) 液架橋力をもちいたマイクロマニピュレーションシステムの開発および検証
- (2) マニピュレーションシステムの操作性向上に関する提案・検証

その後、完成したマニピュレーションシステムに対して、濡れ・付着機能の創成がどのように応用できるのかを検証おこなうために、下記の研究をおこなった。

- (1) マニピュレーションシステムのコンセプトに適應する濡れ付着面の創成方法
- (2) 動的な液架橋力の制御機構を持つ作業面の提案

### 2. 液架橋力を用いたマイクロマニピュレーション

#### 2.1 液架橋力を用いた主なピックアップとプレス手法

液架橋力を用いたピックアップ方法を Fig.1 に示す。はじめにキャピラリ先端部から微小な液滴を吐出した状態にし、ピックアップをおこなう微小対象物の真上中心部にキャピラリ先端部を位置決めし配置する (Fig.1(a))。次にキャピラリを徐々に降下させ、液滴を微小物体に接触させる (Fig.1(b))。最後にキャピラリを上昇させると、マニピュレータと微小対象物間に液架橋が発生し、発生した液架橋力により微小対象物のピックアップをおこなうことができる (Fig.1(c))。

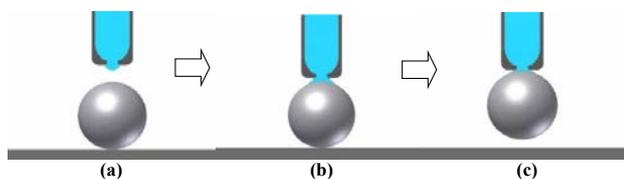


Fig. 1 液架橋力によるピックアップ作業のプロセス

次にマイクロパーツを配置する方法を Fig.2 に示す。まず床面の配置したい場所にキャピラリを用い、あらかじめ液滴を少量付着させておき (Fig.2(d))、その場所の上にマイクロパーツを配置する (Fig.2(e))。次にマイクロパーツを垂直に降下させ、マイクロパーツを床面の液滴に接触させる。そうすると床面・キャピラリ間に液架橋力が発生する (Fig.2(f))。この時、キャピラリ・マイクロパーツ間に比べ、床面・マイクロパーツ間に存在する液滴が多い。液架橋力は液滴の接触面積に比例する力であるため、床面・キャピラリ間に発生する液架橋力の方が大きくなるため、キャピラリを上昇させると床面にマイクロパーツを配置することができる (Fig.2(g))。

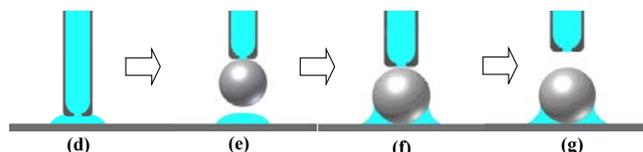


Fig. 2 液架橋力をもちいたプレス作業のプロセス

#### 2.2 液架橋力

液架橋力とは Fig.3 のように 2 つの物体間に付着した液体に作用する力のことであり、等径粒子間に形成された液架橋による液架橋力は式(1)で表される。この式は、液架橋内の負圧による仕事と、気液界面に働く表面張力による仕事から導出される。マニピュレータとして液架橋力を利用するためには、キャピラリ先端部と微小物体、微小物体とプレス面間の液架橋力を制御する。所望の作業を精密におこなうためには、 $R_1$  と  $R_2$  をどのように制御するのかという点が課題である。

$$F = -\pi R_2^2 \gamma \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) - 2\pi R_2 \gamma \quad (1)$$

( $\gamma$  : 液体の表面張力)

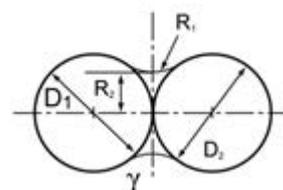


Fig. 3 等径粒子間に形成された液架橋力の基本モデル

#### 2.3 マイクロマニピュレーションシステム

本研究で使用したマイクロマニピュレーションシステムの基本構造を Fig.4 に示す。操作者は、 $100\mu\text{m}$  前後物体を観察、操作することで微小物体の操作をおこなうことが可能である。操作の対象物の位置決め精度は XYZ テーブルの最小分解能の  $0.25\mu\text{m}$  である。このシステムは、PC に接続した操作入力用のキーボードおよびジョイスティック、操作用のキャピラリを取り付けた微動ステージと、微動ステージに搭

載されたモータを駆動するためのモータコントローラ、キャピラリから液体を吐出・吸引するための空圧インジェクタ、微細物や作業スペースを観察するための光源と高倍率レンズを取り付けた CMOS カメラ、カメラを移動させるための自動 X 軸位置決めステージにより構成されている。操作入力装置以外の装置は除振台に固定して、外部の振動の影響を受けないよう設計をしている。

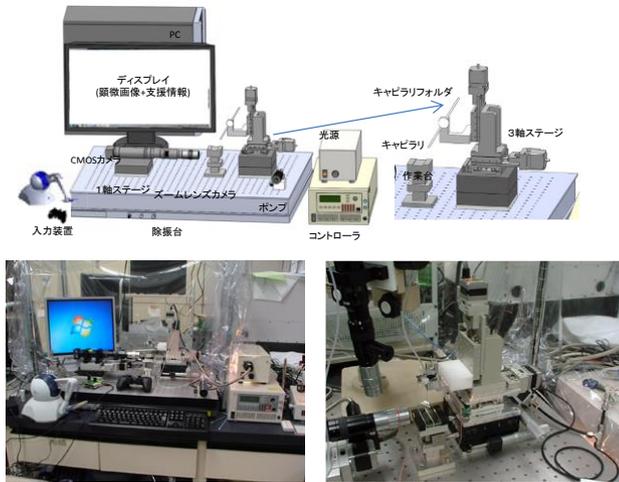


Fig. 4 マイクロマニピュレーションシステムの概要

### 3. キャピラリの制御による液架橋力の制御

提案するシステムでは、理想的には Fig.1, Fig2 で示すような作業でピックアンドプレース作業をおこなうことが可能であるが、キャピラリからの流量の制御、顕微鏡の視野の狭さ、作業面の特性などに関して事前の作業が必要など課題も多い。そこで、はじめに、キャピラリの操作の自由度を増やすことで、操作性の向上を目指す研究をおこなった。

#### 3.1 液架橋力の測定方法

微小対象物として粒径  $200\mu\text{m}$  のソーダ石灰ガラス製の高精度ユニビーズを用意し、Fig.5 に示す精密天秤内にあるスライドガラス上に設置する。設置された微小対象物はスライドガラス上に張ってある両面テープで固定してピックアップ作業をおこなっても持ち上がらないようにする精密天秤に表示されている値を 0 に合わせて、固定された微小対象物を液架橋力を用いてピックアップする。この際、精密天秤に表示されている値を  $110\text{ms}$  毎に取得する。天秤に表示される値は液架橋力によってマイナス値まで記録される。事前作業で 0 点合わせをおこなっているため、ここでのマイナスの値は発生した液架橋力である。これにより液架橋力を測定できる。

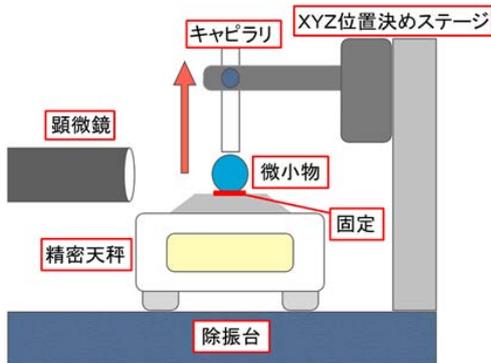


Fig. 5 液架橋力の測定方法

### 3.2 キャピラリの直動動作による液架橋力の制御

基本実験としてキャピラリの引き上げ距離と液架橋力のグラフ（引き上げ速度  $1\mu\text{m/s}$ ）を計測した結果を Fig.6 に示す。キャピラリの先端と微細物間の距離を離すことによって、架橋の形状が変化していき架橋力が距離とともに減少していき、最終的には物体間での架橋力がなくなる。また、Fig.7 は引き上げ速度を  $1\sim 25\mu\text{m/s}$  の間で変化させ、発生する液架橋力を各 5 回ずつ測定して、発生した最大液架橋力の平均からグラフを作成した。液架橋力を精密に制御することができれば、微小物のピック&プレースがより簡単になる。しかし、キャピラリの直動動作だけでは、十分に液架橋力を制御すること簡単でないことがわかる。そのため、キャピラリに関するいくつかの動作について検討をおこなう。

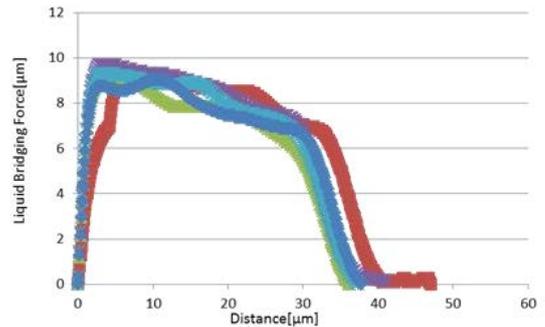


Fig. 6 液架橋力と変位の関係

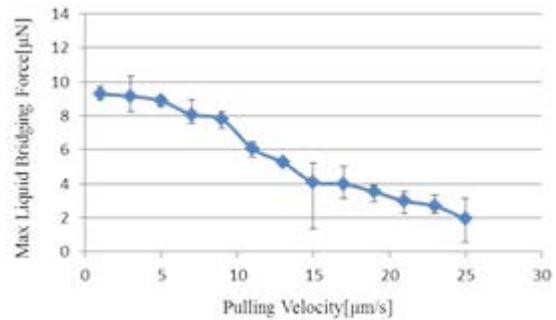


Fig. 7 液架橋力と引き上げ速度の関係

### 3.3 6 自由度の回転マニピュレータ

XYZ ステージに固定したキャピラリの直動動作だけでは、顕微作業のより複雑な立体組み立てが困難であるために、Fig.8 に示す 6 自由度の回転マニピュレータの機構の設計・開発をおこなった。機構の全体の構造として、微小物を載せた作業台を囲むような構造となっている。この構造は各回転軸が作業台を干渉せずに、各回転軸の回転中心を機構の先端に合わせるためである。これにより、機構の先端を動かさず回転させることができる。X、Y 軸回りの機構のアクチュエータはバイオメタルを使用した。バイオメタルは SMA (Shape Memory Alloy: 形状記憶合金) で、電流を与えると収縮する針金のような形状のアクチュエータである。また X、Y 軸回りの機構はバイアスを用いており関節を一方からはバイオメタル、もう一方は引張りバネで反力を与え関節の角度を変化させる構造である。

Z 軸回りの機構は作製した機構の先端部のため、軽量である必要がある。そのためアクチュエータはバイオメタルで動作する軽量のサーボモータスマートサーボ RC-1 を使用した。

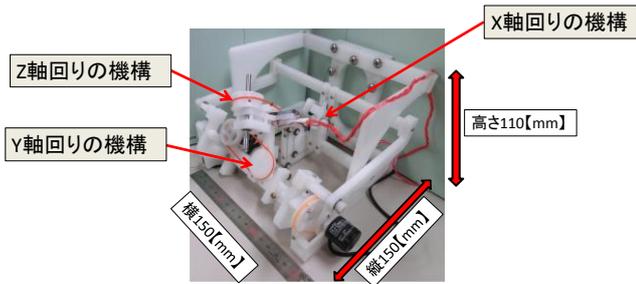


Fig. 7.6 自由度の回転マニピュレータ

### 3.4 双腕マニピュレータの設計開発

既存の顕微作業支援システムは、マニピュレータが1つのみであり、可能な作業が限られていたため、3軸移動が可能なマニピュレータを追加し、Fig.8に示すように既存のマニピュレータと協調的な双腕作業が可能なシステムを構築した。システムに追加するエンドエフェクタは顕微鏡移動用ステージとXY軸移動を共有し、顕微鏡先端上にZ軸移動ステージを配置することで合計3軸の移動を可能とする。Berekの式から本システムの焦点深度を計算し、顕微鏡視野範囲内にエンドエフェクタを配置した。動作実験では、顕微鏡視野内で2つのマニピュレータで協調的な作業が実施可能となった。また、各マニピュレータの特性や機能を変化させることで、より効果的なマニピュレーションが実施できる。

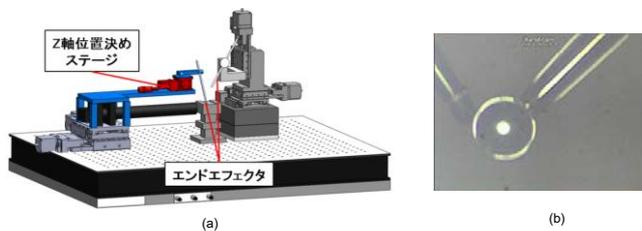


Fig. 8 双腕マニピュレータシステム

### 3.5 ニードルキャピラリーをもちいたプレス作業

3.1から3.4で示した液架橋力をもちいたマニピュレータの課題は、精密に液滴を制御しなければならないことである。しかし手動空圧インジェクタでは理想の液滴吐出の微調整は困難である。そこで空圧インジェクタを使用せず、液滴を制御可能なマニピュレータが必要である。そこで図Fig.9のようにキャピラリー内に上下運動可能なニードルを挿入し、ニードルをキャピラリー先端から押し出すことで液架橋形状を変化させるマニピュレータを提案する。Fig.10に実際に製作したニードルキャピラリーによる基本プレス作業の結果を示す。

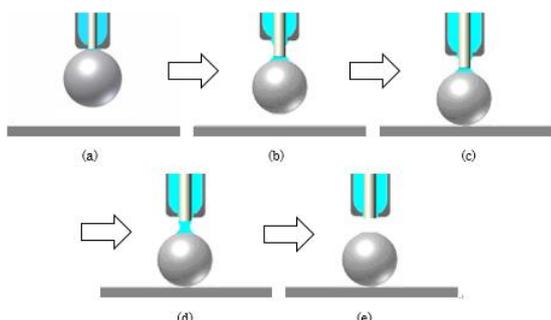


Fig. 9 ニードルキャピラリーによるプレス作業

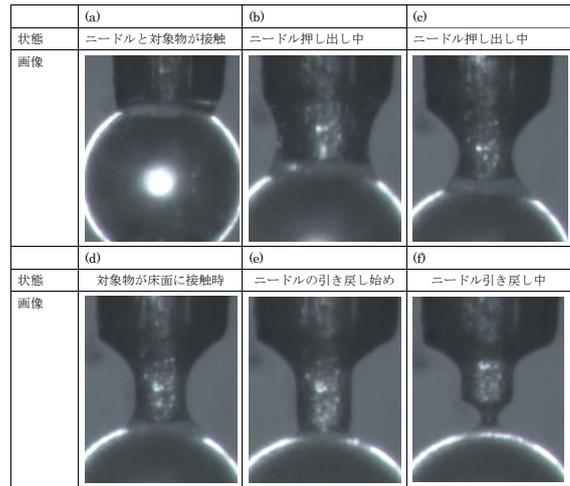


Fig. 10 ニードルキャピラリーによるプレス作業の例

## 4. 作業面の制御による液架橋力の制御

3章でキャピラリーの制御によるマイクロマニピュレーションシステムの実現および操作性の向上に関して提案をおこなった。しかし、微細物に対してのシステムの構造的な特性から、操作性を向上させるためには、マイクロシステムの一般的な特性としてシステムをより複雑な構造に設計開発する必要がある。そのため、本章では、作業面の制御によって、マイクロマニピュレーションシステムの操作性の向上について検討をおこなう。

### 4.1 凹凸構造による濡れ・付着機能の創成

作業面の特性によるマイクロマニピュレーションの操作性の向上は、セルフアライメントなどあらかじめ微細加工によってパターンを形成して、その上でマニピュレーション作業をおこなうことが一般的である。しかし、微細構造の加工方法として、従来用いられてきたフェムト秒レーザーやエッチングによる方法は、数千万円の装置を導入しなければならず、さらに加工には数時間かかる。そこで、本研究では、微細構造を持つ床面をより容易にマイクロマニピュレータに導入すべく、3Dプリンタにより製作を行う。3Dプリンタを用いた床面の製作にかかる時間は20mm角の床面で1時間弱であり、従来の加工方法に比べて短い時間で製作できる。特性を変化させた床面は3DCADによりモデリングを行いインクジェット方式3Dプリンタ(KEYENCE agilista-3100)により出力した。製作した床面の3Dモデルと3Dプリンタによる出力品の表面拡大画像をFig.11に示す。

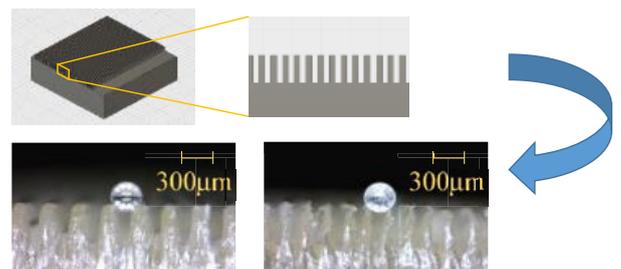


Fig. 11 3Dプリンタをもちいた凹凸構造の生成

マニピュレータのための濡れ・付着機能の生成方法は、これまでもちいた Fig.11 に示すインクジェット法による 3D プリンタの造形に加えて、材質の柔らかい PDMS パッドの製作(Fig.12(b))と、フェムト秒レーザーによる微細加工の方法(Fig.12(c))を検証した。機能面製作のためにフェムト秒レーザーを用いて 100 $\mu\text{m}$  ピッチの凹凸を持つ微細構造の加工をおこなった。一度の加工では、ごく浅い加工しかできないため、レーザーの焦点を深さ方向に変化させながら複数回加工をおこなっている。Fig.12(b)は、PDMS、Fig.12(c)はガラスプレートへフェムト秒レーザーをもちいてパターンを作成をおこなったものである..

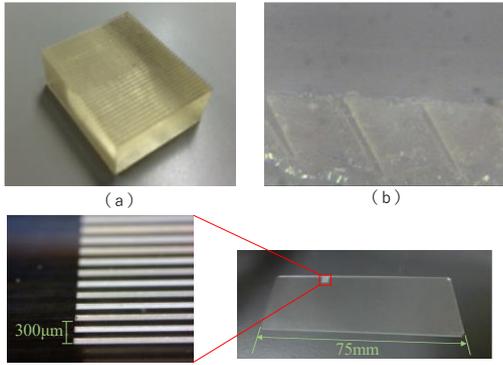


Fig.12 微細加工技術<sup>(c)</sup>をもちいた凹凸構造の生成

### 5.2 微細構造上に生じる液架橋力の測定実験

製作した凹凸形状をもつ作業面に生じる液架橋力の測定実験を行うことで、マイクロマニピュレータでの活用方法を検討する。測定実験の方法は以下の通りである。製作した作業面を電子天秤上に設置し、先端を直径 300 $\mu\text{m}$  の球状に加工することで操作対象物を模したガラス管と床面との間に液架橋を生じさせ、微動ステージにより徐々にガラス管を引き上げ、その際の電子天秤の表示値から引き上げ力を測定する。凹凸構造の液架橋力への影響を検討するために、Fig.13 に示すように平面上に生じる液架橋力を計測した。最大液架橋力は引き上げ高さ 38 $\mu\text{m}$  の時 0.072mN であった。

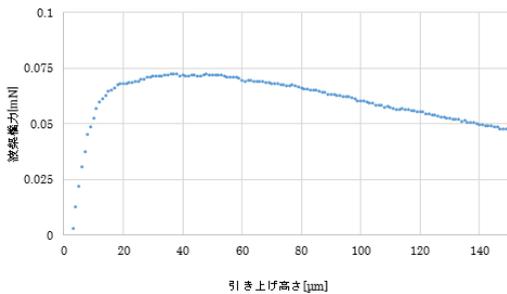


Fig. 13 平面上に生じる液架橋力

次に、創成した凹凸構造をもつ作業面に生じる液架橋力の測定結果を Fig.14 に示す。

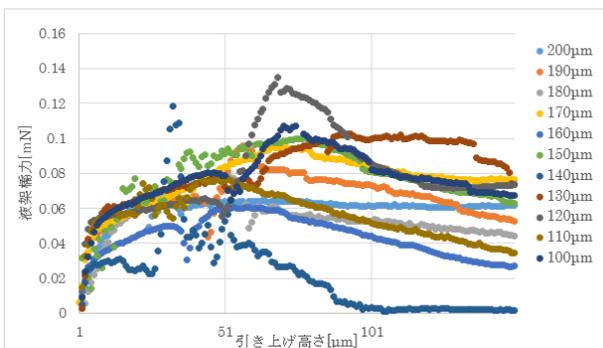


Fig.14 凹凸面を有する床面上に生じる液架橋力

Fig.14 に示す凡例は溝構造のピッチを示す。いくつかの条件において計測値の乱れが見られるが、引き上げ初期に急激に液架橋力が大きくなり、その後最大値をとり、徐々に減少する傾向がみられる。このときの液架橋力の最大値と溝ピッチとの関係について整理した結果を Fig.15 に示す。

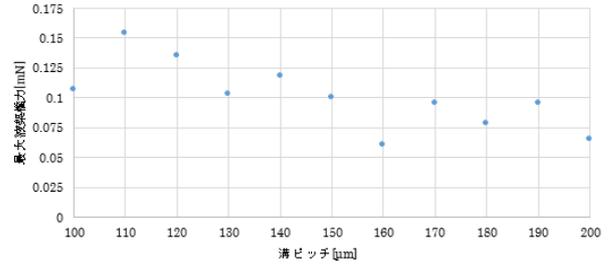


Fig.15. 溝ピッチと液架橋力の関係図

溝ピッチ 160 $\mu\text{m}$  と 200 $\mu\text{m}$  の条件を除き、平面よりも凹凸構造上に生じる液架橋力の方が大きくなるのが分かる。また溝ピッチ 100 $\mu\text{m}$  の条件を除き、おおむね溝ピッチが大きくなるほど最大液架橋力が減少する傾向にあることが読み取れる。

### 5.3 凹凸構造へ液体を供給・除去した時に生じる液架橋力の測定実験

凹凸構造を持つ床面上に液体を滴下すると、溝方向に素早く濡れ広がる現象が観察された。この現象は液体の供給元を鉛直下向きに、供給先を鉛直上向きにした場合でも観察され、また溝ピッチが狭いほど濡れ広がる速度が早くなったことから、毛管力による影響が考えられる。この現象を利用することで、床面と操作対象物との間に生じる液架橋力の制御が可能であると考えられる。そこで、ポンプにより床面の凹凸構造内の液体量を変化させる装置を作製し、これを用いて溝構造内の液量を変化させたときの液架橋力の変化を測定した。計測対象は、最大液架橋力の最も高い溝ピッチ 120 $\mu\text{m}$  と最高最大液架橋力の高い傾向にある溝ピッチの最も狭い 100 $\mu\text{m}$  とした。ここで、凹凸構造の凸部先端まで水を供給した状態を最大液量とした。この状態から液体を除去すると界面は溝構造の深さ方向に下がってゆく。界面位置が深さ方向の加減まで下がり、界面位置の変化が確認できなくなるまで十分に水を除去した状態を最小液量とした。床面への液体の供給・除去を行う装置の概要を Fig.16 に示す。使用したポンプはモータの回転が停止してもチューブの一部が圧迫されているため、逆流や漏れが起こらない。最大吐出圧力は 0.05MPa、吐出量は 0.45ml/min である。このモータをフルブリッジ回路により正転・逆転を切り替えて吐出・吸引を行っている。床面への液体供給機構を持つ床面の 3D モデルを Fig.17 に示す。溝構造から伸びている穴にシリコンチューブを接続し、溝構造内の液体の供給・除去を行う。この装置を用いて、溝構造内の液量を変化させている様子を Fig.18 に示す

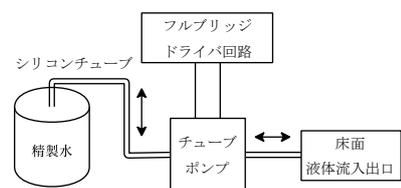


Fig.16. 制御実験機器概要

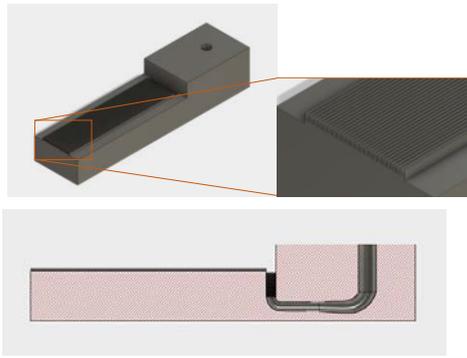


Fig.17 液体供給機構を持つ床面

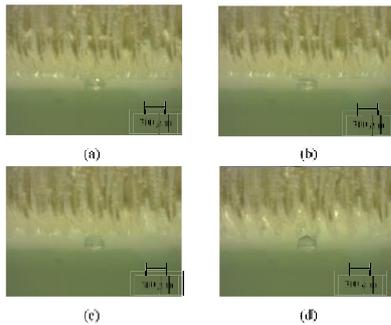


Fig.18 溝構造内の液量変化と液架橋

Fig.18(a)は最大液量の状態であり, Fig.18(b), Fig.18(c)と徐々に液量を減らし, Fig.18(d)の状態が最小液量である.

電子天びんにより液架橋力を測定する際, 溝構造内の液量の変化や床面に接続したシリコン内を移動する液体の質量が計測値に現れてしまうため天地逆の状態での計測を行った.

Fig.19 に溝ピッチ  $100\mu\text{m}$ , Fig.20 に溝ピッチ  $120\mu\text{m}$  の床面における最大液量と最小液量のときの引き上げ高さとの液架橋力の関係を示す.

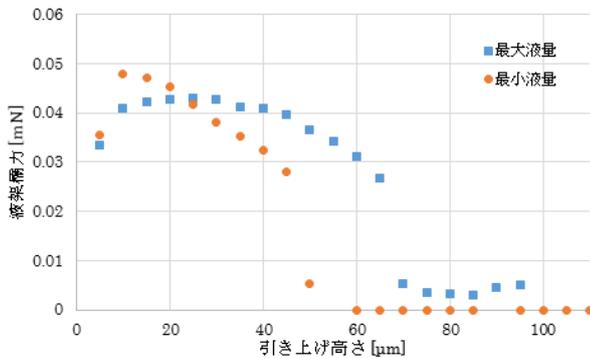


Fig.19 ピッチ  $100\mu\text{m}$  の溝構造に水を供給・除去したときの液架橋力

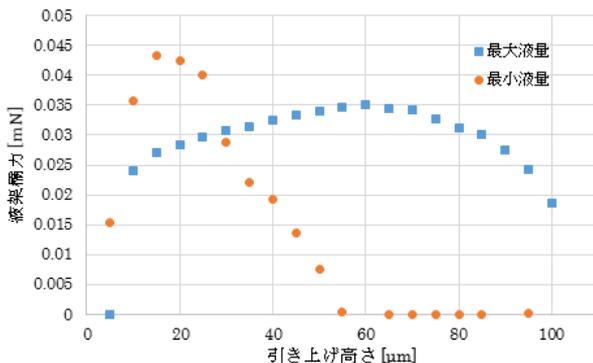


Fig.20 ピッチ  $120\mu\text{m}$  の溝構造に水を供給・除去した時の液架橋力

Fig.19, Fig.20 より最小液量のほうが最大液量に比べて引き上げ距離の早い段階で液架橋が切れていることがわかる. これは液体をポンプにより除去したため, 架橋体積が小さくなったためであると考えられる. また最大液架橋力を比べると, 最小液量のほうが最大液量よりも大きくなっている. 液体を除去することにより架橋の最狭部半径  $R_2$  が小さくなるため, 液架橋力も小さくなるのが考えられる一方で, 静的に決定される架橋形状により導かれる力のみでなく, ポンプによる除去を行うことで架橋内の負圧が外力により上昇し, 結果的に液架橋力が高く計測されたと考えられる.

次に, 液体の吸引により動的に変化する液架橋力の測定実験を行った. シリンジのピストンを送りねじにより稼働するキャリッジにより動作させることで液体の吸引量を制御した. 作製したシリンジのピストン移動量制御機構を Fig.21 に示す.

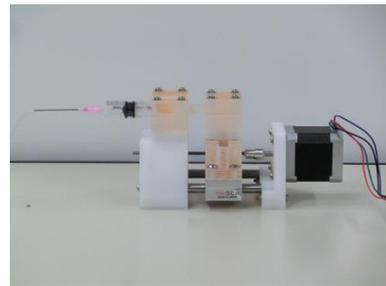


Fig.21. シリンジのピストン移動量制御機構

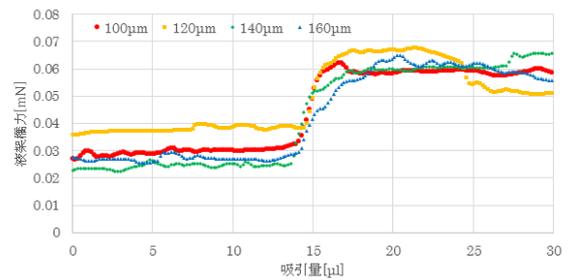


Fig.22. 液体の吸引量と液架橋力の関係

Fig.22 において, 吸引量  $0$  から  $14\mu\text{l}$  付近までは余分な水滴を吸い取っている区間であり, 液架橋力はわずかに上昇しているがほとんど変化がない. 溝構造内の液体が吸引され液架橋が変形し始めると, 急激に液架橋力が上昇し, 上昇幅は  $1.6$  倍から  $2.3$  倍となった. これにより床面と操作対象物との間に生じる液架橋力を増加させることが可能であることが分かった. 続いて, 液架橋力を増加させた後に再び減少させる実験の結果を Fig.23 に示す.

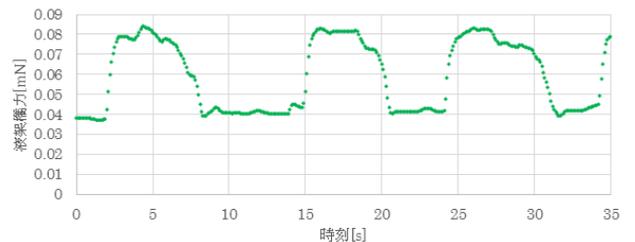


Fig.23 凹凸構造内の液量を変化させたときの液架橋力の変化

最も液架橋力の変動幅の大きかった溝ピッチ 140  $\mu\text{m}$  の床面に対して液体を供給・除去したときの液架橋力の変動を示す。この結果は床面と把持対象物との間に生じる液架橋力を液体吸引時液架橋力と液体吐出時液架橋力の間で繰り返し変化させることができることを示している。最小液架橋力から最大液架橋力へ変化するときの立ち上がり速度は 0.8 秒であった。ピッチ及び溝幅が 100  $\mu\text{m}$  の場合を除き、溝ピッチ及び溝幅が小さくなるほど最大液架橋力が大きくなることを確認した。溝構造により、液架橋力を制御可能な床面を提案し、液架橋力を 1.6 倍から 2.3 倍に繰り返し変化させることが可能であることを示した。毛管力による液架橋制御機構を持つ床面をマイクロマニピュレータの作業領域の床面として応用することで、微小物体のピックアンドプレース作業の作業性が向上することを示唆した。

## 6. 支援システムの開発

提案するシステムは、最終的には人間が顕微鏡画像を見ながらマニピュレータをコントロールして作業をおこなうことで、微小対象物の組み立て作業をおこなう。そのために、マニピュレータとしての応用を考えた場合、操作者に対するユーザインターフェースの開発も重要な研究課題のひとつである。本研究では、精密ステージの動作と画像処理に基づく情報から、仮想空間上に作業領域の 3 次元データを構築することで、顕微作業の微小領域の俯瞰的な観察やハプティクスデバイスをもちいた感覚的な認識などの作業支援システムについてもあわせて、開発、検証をおこなった。

Fig.24, Fig.25 に開発した支援システムの動作例を示す。

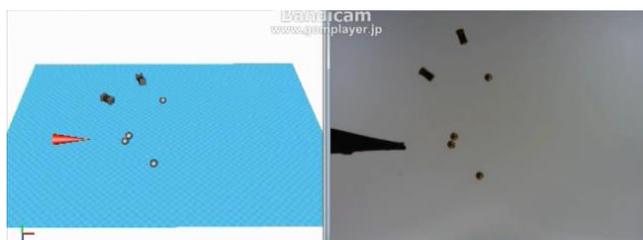


Fig. 24 顕微画像とステージ情報からの 3D モデルの構築



Fig.25 3D モデルによる触覚情報の生成

## 7. 検証結果の顕微作業支援システムへの導入及び評価

システムの評価として作業に要する総時間について評価をおこなってきたが、これまでの評価指標に加えて、どの程度作業者への負担や作業の効率が向上について、NASA-TLX を用いて作業における感性的な部分についても評価をおこなった。NASA-TLX は、Fig.26 に示す評価項目をもちいて、精神的要求 (MD), 身体的要求 (PD), 時間的圧迫感 (TD), 作業達成度 (OP), 努力 (EF), 不満 (FR) の 6 つの尺度から総合的な作業負荷平均値 (WWL: weighted workload) を算出する手法である。

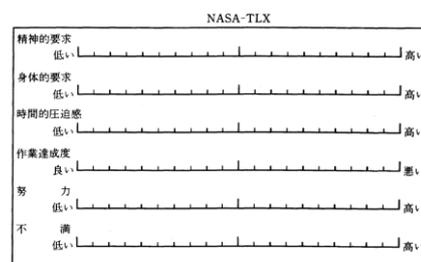


Fig. 26 NASA-TLX によるシステムの評価手法の提案

## 7. 結言

本研究では、マイクロマニピュレーションシステムに開発にあたっての、さまざまな要素技術の研究をおこなった後に、濡れ・付着機能の創成がどのようにマニピュレーションに応用が可能であるかの実験をおこなった。実験では、床面溝構造を持つ床面上に生じる液架橋力の測定を行い、溝ピッチ及び溝幅が 100  $\mu\text{m}$  の場合を除き、溝ピッチ及び溝幅が小さくなるほど最大液架橋力が大きくなることを確認した。溝構造により、液架橋力を制御可能な床面を提案し、液架橋力を 1.6 倍から 2.3 倍に繰り返し変化させることが可能であることを示した。毛管力による液架橋制御機構を持つ床面をマイクロマニピュレータの作業領域の床面として応用することで、微小物体のピックアンドプレースのピッチと最大液架橋力の関係について、溝深さや把持対象物の底面積など、ほかのパラメータとの関係について検討する必要がある。また、液体の吸引による液架橋形状の変化についての解析やモデルの作成を今後の課題とする。クランドプレース作業の作業性が向上することを示唆した。

### <参考文献>

- (1)一定断面毛細管現象の過渡的挙動解析,2009,Readout No.35,大槻聡
- (2)メニスカスの形態解析,1995,生産研究 47 巻,中桐滋
- (3)流体の架橋によるに表面間の引力について, 2005, 数理解析研究所講究録 1430 巻, 坂入信行
- (4)ナノ構造制御により親水性表面を超撥水表面へ,2006,産総研 TODAY2006-01,細野英司 他 1 名
- (5)諸貫, 微細構造から考える表面機能, 森北出版,(2011)
- (6)芳賀繁,水上直樹,日本語版 NASA-TLX によるメンタルワークロード測定: 各種室内実験作業の難易度に対するワークロード指標の感度,人間工学,32(2),pp.71-79,1996.

別紙 2  
運営委員会開催記録



## 機能表面研究センター (FMS) 運営委員会開催記録

- ・第1回 FMS 運営委員会

日時： 2013年7月29日(月) 17時30分～19時00分

場所： 新宿キャンパス 28階 役員会議室

出席者：鈴木、小野、橋本、武沢、伊藤、佐藤、阿相、西谷、宇治原

- ・第2回 FMS 運営委員会

日時： 2013年9月30日(月) 18時15分～19時30分

場所： 新宿キャンパス 11階 1165教室

出席者：鈴木、小野、大竹、橋本、武沢、伊藤、佐藤、阿相、西谷、見崎、宇治原

- ・第3回 FMS 運営委員会

日時： 2013年11月25日(月) 18時15分～19時30分

場所： 新宿キャンパス 11階 1165教室

出席者：鈴木、小野、大竹、橋本、武沢、伊藤、佐藤、阿相、西谷、見崎、宇治原

- ・第4回 FMS 運営委員会

日時： 2014年1月27日(月) 18時15分～19時30分

場所： 新宿キャンパス 11階 1114教室

出席者：鈴木、小野、大竹、橋本、武沢、伊藤、佐藤、阿相、西谷、見崎、藤江、宇治原

- ・第5回 FMS 運営委員会

日時： 2014年5月26日(月) 18時30分～20時00分

場所： 新宿キャンパス 28階第2会議室

出席者：鈴木、小野、大竹、橋本、伊藤、佐藤、小林、阿相、西谷、見崎、相川、宇治原、柳澤

- ・第6回 FMS 運営委員会

日時： 2014年7月28日(月) 18時00分～19時00分

場所： 新宿キャンパス 21階第5会議室

出席者：鈴木、小野、大竹、橋本、伊藤、小林、阿相、西谷、見崎、相川

- ・第7回 FMS 運営委員会

日時： 2014年9月30日(火) 18時00分～19時00分

場所： 八王子キャンパス MBSC棟3階セミナー室

出席者：鈴木、小野、大竹、橋本、伊藤、阿相、相川

・第8回 FMS 運営委員会

日時： 2014年12月2日（火） 18時00分～19時00分

場所： 八王子キャンパス MBSC棟3階セミナー室

出席者：鈴木，阿相，西谷，小林，橋本，伊藤，佐藤，大竹，武沢，相川

・第9回 FMS 運営委員会

日時：2015年3月9日（月） 18時30分～19時30分

場所：新宿キャンパス B0523教室

出席者：鈴木，西谷，小林，橋本，伊藤，佐藤，見崎，相川

・第10回 FMS 運営委員会

日時： 2015年6月1日（月）18時00分～19時00分

場所： 八王子キャンパス MBSC棟3階セミナー室

出席者：鈴木，小野，阿相，西谷，小林，橋本，伊藤，佐藤，大竹，武沢，相川

・第11回 FMS 運営委員会

日時：2015年7月24日（金）18時00分～19時00分

場所：八王子キャンパス MBSC棟3階セミナー室

出席者：相川，阿相，伊藤，大竹，小野，小林，鈴木，西谷，橋本

・第12回 FMS 運営委員会

日時： 2015年10月16日（金） 18時00分～19時00分

場所： 八王子キャンパス MBSC棟3階セミナー室

出席者：相川，伊藤，大竹，小林，佐藤，鈴木，武沢，橋本，安田

・第13回 FMS 運営委員会

日時： 2015年12月4日（金）18時00分～19時00分

場所： 八王子キャンパス MBSC棟3階セミナー室

出席者：相川，伊藤，大竹，小林，佐藤，鈴木，武沢，橋本

・第14回 FMS 運営委員会

日時： 2016年12月13日（火）18時00分～19時00分

場所： 八王子キャンパス MBSC棟3階セミナー室

出席者：相川，伊藤，大竹，小林，佐藤，鈴木，武沢，橋本

\*その他，必要に応じてメール審議を行っている。

別紙 3  
セミナー開催記録



## 研究会・セミナー開催記録

### < FMS 研究会開催状況 >

#### ・第1回FMS研究会

日時：2013年9月30日（月）17時00分～18時15分

場所：新宿キャンパス 11階 1165 教室

研究発表：

テーマ 1.1：マイクロ・ナノ規則性構造材料の創成 小野幸子

テーマ 1.2：微細構造を有する高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルの開発 西谷要介

#### ・第2回FMS研究会

日時： 2013年11月25日（月） 17時00分～18時15分

場所： 新宿キャンパス 11階 1165 教室

研究発表：

テーマ 1.3：MEMS 技術を利用した機能表面の創成と応用 鈴木健司

テーマ 1.4：パルスビーム加工による材料表面の機能創成と応用 武沢英樹

#### ・第3回FMS研究会

日時：2013年1月27日（月） 17時30分～18時15分

場所：新宿キャンパス 11階 1114 教室

研究発表：

テーマ 2.3 ナノマイクロバイオメカニクスと組織修復への応用 藤江裕道（首都大学東京），

#### ・第4回FMS研究会

日時：2014年7月28日（月）17時00分～18時00分

場所：新宿キャンパス 21階第5会議室

研究発表：

テーマ 2.1：表面技術の生体医工学応用 橋本成広

テーマ 2.3：バイオシステムに対するナノ・マイクロ規則構造表面の機能解明  
小野幸子，阿相英孝，アナワティ（PD）

#### ・第5回FMS研究会

日時：2014年9月30日（火） 17時00分～18時00分

場所：八王子キャンパス MBSC 棟 3階セミナー室

研究発表：

テーマ 3.1：スポーツ用機能性生地の開発 伊藤慎一郎

・第6回FMS研究会

日時：2014年12月2日（火） 17時00分～18時00分

場所：八王子キャンパス MBSC棟3階セミナー室

研究発表：

テーマ3.2：流体機能の創成とマイクロ推進体への応用 佐藤光太郎

テーマ3.3：表面微細加工技術を利用した相変化伝熱機能の創成と応用～微細加工による相変化伝熱の向上化と制御～ 大竹浩靖

・第7回FMS研究会

日時：2015年3月9日（月）17時30分～18時30分

場所：新宿キャンパス B0523教室

研究発表：

テーマ4.1：生体の表面機能の解明とロボットへの応用 鈴木健司

テーマ4.2：濡れ・付着機能の創成とマイクロマニピュレーションへの応用 見崎大悟

・第8回FMS研究会

日時：2015年7月24日（金）17時00分～18時00分

場所：八王子キャンパス MBSC棟3階セミナー室

研究発表：

テーマ1.1：マイクロ・ナノ規則性構造材料の創成 増田達也 (PD)

テーマ1.2：微細構造を有する高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルの開発 小林元康

・第9回FMS研究会

日時：2015年10月16日（金）17時00分～18時00分

場所：八王子キャンパス MBSC棟3階セミナー室

研究発表：

テーマ2.1：表面技術の生体医工学応用 安田利貴（東京工業高等専門学校）

・第10回FMS研究会

日時：2015年12月4日（金）17時00分～18時00分

場所：八王子キャンパス MBSC棟3階セミナー室

研究発表：

テーマ2.1：表面技術の生体医工学応用 高橋優輔 (RA) , 日野 遥 (RA)

< FMS主催・共催・協賛セミナー開催状況 >

- 1) 工学院大学機能表面研究センター主催講演会  
日時：2013年10月11日（金）13:00～16:50  
場所：工学院大学新宿キャンパス 28階第4会議室  
講演：Patrik Schmuki (University of Erlangen-Nuremberg),  
Jeong Eun Yoo (University of Erlangen-Nuremberg)  
越田信義（東京農工大学），阿相 英孝（工学院大学），土谷 博昭（大阪大学）
  
- 2) 工学院大学機能表面研究センター主催講演会  
日時：2014年3月3日（月）15:00～17:20  
場所：工学院大学新宿キャンパス 20階第6会議室  
講演：Patrik Schmuki (University of Erlangen-Nuremberg),  
Ning Liu (University of Erlangen-Nuremberg),  
阿相 英孝（工学院大学），土谷 博昭（大阪大学大大阪大学）
  
- 3) 北航・工学院大フォーラム，ロボット機構のイノベーション・柔軟ロボットの研究発展  
主催：工学院大学孔子学院， 共催：工学院大学機能表面研究センター  
日時：2015年9月26日 14:30～16:20  
場所：工学院大学新宿キャンパス B0430 教室  
講演：于 靖军（北京航空航天大学），
  
- 4) 先進工学部公開講座 ～多様な可能性を秘める酸化チタンを陽極酸化で創り出す～  
日時：2016年2月26日（金）15:00～17:00  
主催：工学院大学先進工学部 協賛：工学院大学機能表面研究センター  
講演：Patrik Schmuki (University of Erlangen-Nuremberg)  
小野幸子（工学院大学）
  
- 5) International Seminar on Material Science  
日時：2017年3月3日（金）15:00～17:00  
場所：工学院大学新宿校舎 20階第6会議室  
主催：工学院大学先進工学部応用化学科 協賛：工学院大学機能表面研究センター  
講演：Patrik Schmuki (University of Erlangen-Nuremberg)  
Xuemei Zhou (University of Erlangen-Nuremberg)

平成 25 年 10 月 1 日

## 講演会のご案内

工学院大学の文部科学省戦略的研究基盤形成支援事業「微細加工による新機能表面・構造の創成と応用」(Functional Microstructured Surfaces: FMS プロジェクト)ではドイツエアランゲン大学よりチタニアナノチューブ研究で著名な Patrik Schmuki 教授をお迎えし、東京農工大学のシリコン表面研究で著名な越田信義教授を初め 5 名の講師による講演会を下記の通り開催致します。参加費は無料で、教職員、学生、学内外のどなたでもご参加いただけますのでご案内申し上げます。ご参加希望者は開催前日までに下記のメールアドレスまでお名前とご所属を記載の上、お申し込みください。

### 記

日 時：平成 25 年 10 月 11 日 (金) 13:00~16:50

会 場：工学院大学 新宿校舎 28 階第 4 会議室

主 催：工学院大学・FMS 研究センター

共 催：(一社)表面技術協会・金属のアノード酸化皮膜の機能化部会 (ARS)

申し込み先アドレス：wwb1058@ns.kogakuin.ac.jp

### 講演題目

13:00-14:00

Recent advancements in TiO<sub>2</sub> nanotube layers - their Formation, Properties, Applications

Patrik Schmuki (Department of Material Science, University of Erlangen-Nuremberg)

14:00-14:40

Highly ordered TiO<sub>2</sub> cavity layers: Formation and use of one-metal-particle per cavity arrays

Jeong Eun Yoo (Department of Material Science, University of Erlangen-Nuremberg)

(14:40-15:00 休憩)

15:00-15:40

ナノシリコンの機能的応用 (Functional Applications of Nanosilicon)

越田 信義 (東京農工大学大学院共生科学技術研究部ナノ未来科学研究拠点)

15:40-16:15

アルミニウムの局所アノード酸化によるナノポーラスパターンの構造制御

阿相 英孝 (工学院大学工学部応用化学科)

16:15-16:50

生体用金属材料の表面ポーラス化と生体適合性評価

土谷 博昭 (大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻)

問合せ先 工学部応用化学科 小野幸子, 阿相英孝 (TEL:042-628-4537 内線:2544, 3607)



工学院大学の文部科学省戦略的研究基盤形成支援事業「微細加工による新機能表面・構造の創成と応用」(Functional Microstructured Surfaces: FMS プロジェクト)ではドイツエアランゲン大学よりチタニアナノチューブ研究で著名な Patrik Schmuki 教授をお迎えし、大阪大学の土谷博昭准教授を初め 4 名の講師による講演会を下記の通り開催致します。

## 記

日 時：平成 26 年 3 月 3 日 (月) 15 : 00～17 : 20  
会 場：工学院大学 新宿校舎 20 階第 6 会議室  
主 催：工学院大学・FMS 研究センター

### 講演題目

15:00-15:40

Some recent aspects to the growth and use of anodic TiO<sub>2</sub> nanotube layers

Patrik Schmuki (Department of Material Science, University of Erlangen-Nuremberg)

15:40-16:20

Reliable metaldeposition into TiO<sub>2</sub> nanotubes and use in interdigitated electrode structures

Ning Liu (Department of Material Science, University of Erlangen-Nuremberg)

(16:20-16:30 休憩)

16:30-16:55

アノード酸化によるステンレス鋼上へのナノポーラス層の形成

(Formation of nanoporous layer on stainless steel by anodizing)

阿相 英孝 (Hidetaka Asoh, 工学院大学工学部応用化学科)

16:55-17:20

生体用金属材料の表面処理

(Surface treatments of biomedical metallic materials)

土谷 博昭 (Hiroaki Tsuchiya, 大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻)

「孔子学院の日」記念事業



北航・工学院大フォーラム

工学院大学孔子学院  
工学院大学  
北京航空航天大学

# ロボット機構の イノベーション・ 柔軟ロボットの 研究発展

工学院大学と北京航空航天大学はパートナー校として交流を推進、相互理解と友情を深めてきました。このたび北京航空航天大学から于靖军教授を迎え、共同フォーラムを開催します。

2015年 **9月26日** (土)  
**14:30-16:20**

参加費無料・要申込

工学院大学新宿キャンパス  
中層棟4階 **B0430教室**

## 講演

\*日本語通訳あり

1. ロボット機構のイノベーションと発展
2. コンプライアントメカニズムと柔軟ロボットの研究進展と応用

于 靖军 北京航空航天大学機械工程教授・機械工学及び自動化学院副院長



工学博士。1974年生まれ。北京航空航天大学機械工程教授、機械工学及び自動化学院副院長。これまでに6冊の著書を出版、発表論文数は100以上。主な研究分野はコンプライアントメカニズムと柔軟ロボットの進展と応用、精密機械、ロボット関連のイノベーション。

## 司会進行

柳 宇 工学院大学建築学部教授・工学院大学孔子学院副院長

## お申込み

工学院大学孔子学院

〒163-8677 東京都新宿区西新宿1-24-2

TEL 03-3340-1457 E-mail cik@kogakuin.ac.jp

URL <http://cik.kogakuin.ac.jp/>

主催：工学院大学・工学院大学孔子学院

共催：工学院大学機能表面研究センター (FMS)

早稲田大学孔子学院・桜美林大学孔子学院

協力：孔子学院総部・北京航空航天大学

参加費無料・要申込(先着60名)

会場 新宿駅西口徒歩5分

工学院大学新宿キャンパス  
中層棟4階 **B0430教室**





報道関係各位

2016年2月19日

## 工学院大学「先進工学部」が公開講座を2月26日に開催 ～多様な可能性を秘める酸化チタンを陽極酸化で創りだす～

工学院大学（学長：佐藤光史、所在地：東京都新宿区/八王子市）先進工学部は2月26日（金）、チタニアナノチューブを利用した研究の世界的権威である Schmuki 教授と、本学の小野幸子名誉教授を講師としてお迎えし、公開講座を開催します。

チタニアナノチューブの作製方法として用いられる陽極酸化技術および陽極酸化によって作製された様々な機能性ナノ材料に焦点をあて、研究動向から、応用、将来展望までご講演頂きます。

### 【公開講座 概要】

日時：2016年2月26日（金）15:00～17:00 ※入場無料・予約不要

場所：工学院大学 新宿キャンパス 20階 第6会議室

内容：TiO<sub>2</sub> nanotube arrays: Recent features and applications  
Prof. Patrik Schmuki（ドイツ・エアランゲン大学）

陽極酸化皮膜とは？ ー今わかっていること・いないことー  
小野幸子（工学院大学名誉教授）

主催：工学院大学先進工学部 共催：工学院大学先進工学部応用化学科

協賛：工学院大学・機能表面研究センター

一般社団法人表面技術協会・金属のアノード酸化皮膜の機能化部会



### <先進工学部 概要>

現代社会に山積する課題を世界と共に解決していくためには、既成概念にとらわれない新しい先進的発想力を持ち、その発想を技術へと展開できる工学の知識が必要です。こうした社会の流れを受け、2015年4月に新たに開設した「先進工学部」は、「生命化学科」「応用化学科」「環境化学科」「応用物理学科」「機械理工学科」の5学科制で、ハイレベルな実験・研究を展開。基幹的な自然科学の基礎を確実に身に付け、それらを融合して高度な科学技術を創造できる力を習得し、国際的な教養や創造性、工学技術を柔軟に組み合わせ、社会に新しい技術を普及する、“科学技術イノベーション”を実現できる研究者・技術者の育成をめざします。

### <応用化学科 概要>

応用化学科は、『「暮らし」を支え「みらい」を拓く化学のちから。』を基礎理念としています。課題に対し化学の力を使って積極的に取り組むことで、環境に調和した持続循環型社会の実現に寄与し、食品・バイオから次世代エネルギー素材まで、さまざまな産業分野で広く活躍できる健全で幅広い視野、基礎学力、および実践力を備えた化学技術者・研究者を育成しています。

### <取材等に関するお問い合わせ>

学校法人 工学院大学 総合企画部広報課 担当：関根・山田  
TEL:03-3340-1498/e-mail:gakuen\_koho@sc.kogakuin.ac.jp

## 多様な可能性を秘める酸化チタンを陽極酸化で創りだす ～光触媒，電池，太陽エネルギー変換材料から生体親和性材料まで～

### ■ Patrik Schmuki 教授の紹介

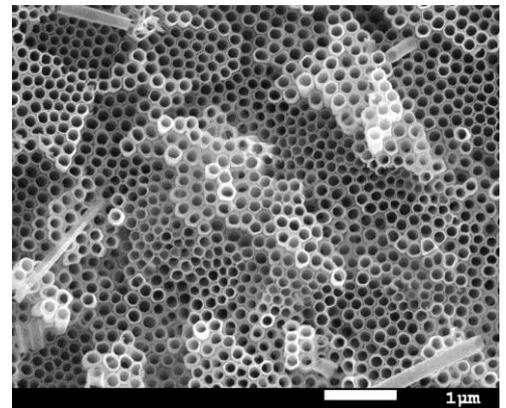
酸化チタン（チタニア）は太陽光のエネルギーを電気に変換したり，空気や水を浄化したり，人工光合成でクリーンなエネルギーを生み出したりと多様な可能性を秘めています。そんなチタニアをチタンの陽極酸化<sup>\*1</sup>で創り出し，基礎・応用研究の観点で精力的に研究し続け，常に世界をリードしてきたのが Patrik Schmuki 教授（ドイツ・エアランゲン大学）です。

同氏は，これまでに 500 報以上（被引用数 25000 回以上）の論文を発表している高被引用論文著者であり，チタニアナノチューブを利用した研究の世界的権威であります。

### ■ Patrik Schmuki 教授の研究内容

同氏が作製したチタニアナノチューブアレイは，高比表面積を持つだけでなく，ナノサイズの孔が規則配列したユニークな幾何学構造を持つことから，様々なセンシングデバイスや生物・医学的応用で関心を集めるだけでなく，太陽電池や Li イオン電池の電極材料としても実用化に向けた取り組みが注目されています。

[参考文献] Chem. Rev. 2014, 114, 9385–9454



チタニアナノチューブ

### 【プログラム】

- 15 : 00–15 : 05 開会の辞
- 15 : 05–15 : 55 TiO<sub>2</sub> nanotube arrays: Recent features and applications  
Prof. Patrik Schmuki  
(Department of Material Science, University of Erlangen-Nuremberg, Germany)
- 15 : 55–16 : 05 休憩
- 16 : 05–16 : 55 陽極酸化皮膜とは？ ー今わかっていること・いないことー  
小野幸子（工学院大学名誉教授）
- 16 : 55–17 : 00 閉会の辞

<sup>\*1</sup>陽極酸化：日本が誇る世界的な表面処理技術。最も有名なのは「アルマイト」の名前でも知られるアルミニウムの陽極酸化。電解液中で金属表面を電気化学的に処理することで，ナノメートルスケールで構造を制御した酸化皮膜を形成することができる。同技術は住宅用建材等への耐食性，装飾性の付与だけでなく，自動車や機械などの広範な分野にも用いられている。近年では，携帯電子機器や腕時計型端末の表面処理にも，この技術が採用されている。Schmuki 教授は，この技術をチタンに適用し，陽極酸化と酸化チタン両者の融合で新しい研究分野を切り開き，現在世界を牽引する研究者として活躍されている。



<取材等に関するお問い合わせ>

学校法人 工学院大学 総合企画部広報課 担当：関根・山田  
TEL:03-3340-1498/e-mail:gakuen\_koho@sc.kogakuin.ac.jp

## International Seminar on Material Scienceのご案内

工学院大学先進工学部応用化学科では、材料科学に関するセミナーを企画致しました。ドイツ・エアランゲン大学より Patrik Schmuki 教授をお招きし、同氏を含む2名の講師には、酸化チタンから成るナノチューブの最新研究動向から様々な機能性ナノ材料への応用、将来展望までご講演頂きます。多くの皆様にご参加頂きますよう宜しくお願い申し上げます。

### 記

日 時：2017年3月3日（金）15：00-17：00

場 所：工学院大学新宿校舎 20階第6会議室

主 催：工学院大学先進工学部応用化学科

協 賛：工学院大学・機能表面研究センター

（FMS：Functional Microstructured Surfaces Research Center）

一般社団法人表面技術協会・金属のアノード酸化皮膜の機能化部会

（ARS: Anodizing Research Society, The Surface Finishing Society of Japan）

※参加費無料，予約不要

15:00-15:10	開会の挨拶
15:10-16:00	Anodic TiO <sub>2</sub> Nanotubes: Latest Features and Applications Prof. Patrik Schmuki Department of Material Science, University of Erlangen-Nuremberg, Germany
16:00-16:10	休憩
16:10-16:50	Co-catalyst-free Photocatalytic H <sub>2</sub> Evolution from Defect-Engineered TiO <sub>2</sub> Nanotubes Ms. Xuemei Zhou Department of Material Science, University of Erlangen-Nuremberg, Germany
16:50-17:00	閉会の挨拶，記念撮影

以上

問い合わせ先：先進工学部応用化学科

阿相 英孝

asoh@cc.kogakuin.ac.jp



別紙 4  
展示会への出展記録



## 展示会への出展記録

### <機能表面研究センター (FMS) としての出展>

- 1) 工学院大学機能表面研究センター, MEMS センシング&ネットワークシステム展 2017.  
2017年10月4日～6日, 幕張メッセ.
- 2) 工学院大学機能表面研究センター, nano tech 2016 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議. 2016年1月27日～29日, 東京ビッグサイト.

### <FMS 研究者の出展>

- 3) 西谷, 環境に優しい総植物由来原料を用いたエンプラ系複合材料, Innovation Big-west 2017, 2017年11月1日, 工学院大学八王子キャンパス.
- 4) 相川, 既存材料 ITO を凌駕する超透明な酸化物導電膜, イノベーション・ジャパン 2017, 2017年8月31日～9月1日, 東京ビッグサイト.
- 5) 西谷, 環境に優しい総植物由来原料を用いたエンプラ系複合材料, イノベーション・ジャパン 2017, 2017年8月31日～9月1日, 東京ビッグサイト.
- 6) 相川, 酸化物透明導電膜およびアモルファス酸化物 TFT に向けた実用材料開発, テクノトランスファー in かわさき 2017, 2017年7月12日～14日, かながわサイエンスパーク.
- 7) 小林, 生物多様性を基板とする革新的材料技術・海洋性生物を規範とした防汚表面, nano tech 2017 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議. 2017年2月15日～17日, 東京ビッグサイト
- 8) 相川, 有機 EL ディスプレイの高効率化に貢献できる高仕事関数を有する透明導電膜, イノベーション・ジャパン 2016, 2016年8月25日～26日, 東京ビッグサイト.
- 9) 阿相, ウェットプロセスによる機能性ナノポーラス表面の創成, イノベーション・ジャパン 2015, 2015年8月27日～28日, 東京ビッグサイト.
- 10) 相川, 製造条件に左右されない高安定な酸化薄膜トランジスタ, イノベーション・ジャパン 2015, 2015年8月27日～28日, 東京ビッグサイト.

# MEMS SENSING & NETWORK SYSTEM 2017

## 出展報告

2017. 10. 08

FMS センター長 鈴木健司

2017年10月4日（水）～6日（金）、幕張メッセ国際展示場にて開催されたMEMS SENSING & NETWORK SYSTEM 2017（ホームページ：<http://www.mems-sensing-network.com/report.html>）に、機能表面研究センター（FMS）の活動内容を、センター長・鈴木健司教授、橋本成広教授、相川慎也准教授を中心として出展した。

本展示会は、CEATEC JAPAN 2017 など関連する大規模な展示会と同時開催されたこともあり、多数の来場者が訪れ、企業等の方々と活発な意見交換を行うことができた。本学およびFMSをアピールするうえでよい機会となった。

参加者（敬称略）：

鈴木健司，相川慎也，枝川拓也，生体医工学研究室の学生（高橋優輔，日野遥）  
マイクロシステム研究室の学生（白石成，阿久津祥一，鈴木凜陽，大塚翔，許ムセン，三隅秀樹），



会期中のブースの様子。3日間多数の来場者が訪れた

nano tech 2016

## 第 15 回 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議

### 出展報告

2016. 02. 01

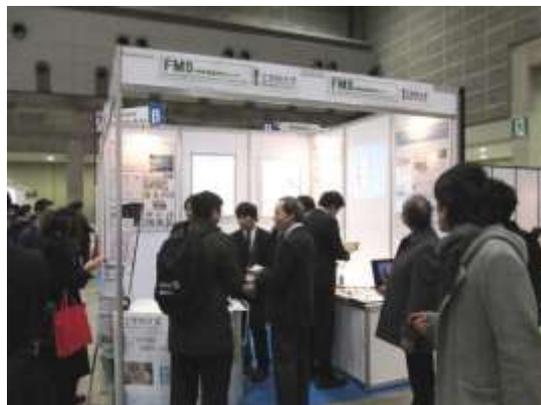
総合研究所 相川慎也

2016 年 1 月 27 日 (水) ~ 29 日 (金), 東京ビッグサイトにて開催された nano tech 2016 第 15 回 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議 (ホームページ: <http://www.nanotechexpo.jp/main/outline.html>) に, 機能表面研究センター (FMS) の活動内容をセンター長・鈴木健司教授, 相川慎也助教を中心として出展した。

今回, 初めての出展であったにもかかわらず, 多数の来場者があり, 企業等の方々と活発な意見交換ができた。共同研究の可能性についてもいくつか問い合わせがあり, 今後の発展に期待が持てる。また, 本学および FMS をアピールするうえでもよい機会となった。

参加者 (敬称略):

鈴木健司, 相川慎也, 中野弘文, 音峰愛, マイクロシステム研究室の学生 3 名 (一瀬リシャール和喜, 白石成, 高橋尚貴), 山岸勉 (準備全般にわたりご協力いただいた)



ブース準備の様子 (左). 会期中のブース (右). 3 日間, 来場者が絶えなかった。

# 機能表面研究センター(FMS)

FUNCTIONAL MICROSTRUCTURED SURFACES RESEARCH CENTER

光学、医療、材料、流体などに貢献する表面工学領域の研究拠点

KOGAKUIN UNIVERSITY  
工学院大学

FMS 機能表面研究センター  
Functional Microstructured Surfaces Research Center

## 【概要】

FMSは、2013年度に文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業に採択された研究プロジェクト「**微細加工による新機能表面・構造の創成と応用**」を推進する研究組織として、活動を開始しました。

本研究センターのベースには、先行の研究プロジェクトである「生体医工学研究センター」(2008-2012)、「マイクロ先進スマート機械・マイクロバイオシステム研究センター」(2003-2007)があります。

これらの事業で整備された**クリーンルーム**や**マイクロ加工設備**、**バイオ関連設備**を有効に活用し、蓄積された技術や知識を基礎として、「**微細構造によって発現する表面機能**」に関する新たな研究領域を開拓することを目的とし、機械系、化学系を中心とする13名の教員が密接に連携を図りながら、研究を推進しています。

### 表面の微細構造により発現する機能

マイクロ・ナノ構造(形状)	表面機能
 蓮の葉の撥水性	・濡れ性(親水、撥水) ・付着性 ・トライボロジー特性 ・光学特性 無反射、構造色 ・流体抵抗、流れ制御 ・消音 ・伝熱特性
 モルフォチョウの構造色	

## 【テーマ構成】

「微細加工による新機能表面・構造の創成と応用」

### 応用

#### Ⅱ. 生体医工学

- ① 表面技術の生体医工学応用
- ② ナノバイオメカニクスと組織修復への応用
- ③ バイオシステムに対するナノ・マイクロ規則構造表面の機能解明

### 応用

#### Ⅲ. 流体・エネルギー

- ① スポーツ用機能性生地の開発
- ② 流体機能の創成とマイクロ推進体への応用
- ③ 相変化伝熱機能の創成と応用

### 応用

#### Ⅳ. マイクロメカトロニクス

- ① 生体の表面機能の解明とロボットへの応用
- ② 濡れ・付着機能の創成とマイクロマニピュレーションへの応用



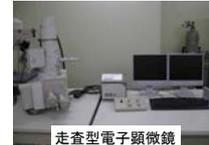
### Ⅰ. 材料表面の構造・機能の創成技術

- ① マイクロ・ナノ規則性構造材料の創成
- ② 微細構造を有する高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルの開発
- ③ MEMS技術を利用した機能表面の創成と応用
- ④ ハルスビーム加工による材料表面の機能創成と応用

### 基礎

## 【主要装置】

### クリーンルーム



走査型電子顕微鏡



レーザー顕微鏡



集束イオンビーム(FIB)装置



両面マスクアライナー



深掘りエッチング装置

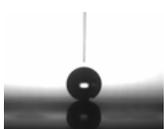


ダイシング装置



スパッタリング装置

## 【観察・加工・試作例】

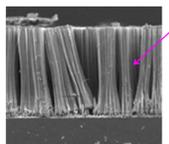


微細構造により発現する超撥水性



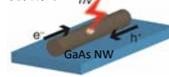
アメンボの足の微細構造

※アメンボの写真は、<http://www.insects.jp/>から引用

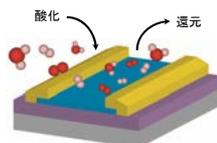


ナノワイヤーアレイ

発光素子  $h\nu$



機能表面加工技術を活用して形成した砒化ガリウムナノワイヤーアレイと発光素子としての応用例



酸化物半導体の活性表面を用いるセンシングデバイス

### 細胞培養室



クリーンベンチ



CO<sub>2</sub>インキュベーター



リアルタイムPCR装置



ディーブレーザー



蛍光・位相差顕微鏡



遠心分離機



機能表面研究センター ホームページ

<http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwa1036/>



別紙 5  
成果報告会ポスター



文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
(平成 25 年度～平成 29 年度)

工学院大学総合研究所  
機能表面研究センター (FMS)

# 研究成果報告会

開催日時

平成 26 年

3月25日(火)

14時～16時40分

会

場

八王子校舎総合教育棟

1W-211 教室

## FMS 研究成果報告

- I 新機能表面 構造の創成のための基礎技術の体系化
- II 新機能表面 構造の生体医工学分野への応用
- III 新機能表面 構造の流体・エネルギー分野への応用
- IV 新機能表面 構造のマイクロメカトロニクス分野への応用



# 研究成果報告会 プログラム

		●司 会：阿相 英孝
14：00～14：05	開会の挨拶	総合研究所所長 小野 幸子
14：05～14：15	FMS 5年間の研究概要	FMS センター長 鈴木 健司
● FMS 研究成果報告		
14：15～14：55	I 新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化	●司 会：阿相 英孝
1.1	マイクロ・ナノ規則性構造材料の創成	小野 幸子（応用化学科教授） 阿相 英孝（応用化学科准教授）
1.2	微細構造を有する高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルの開発	西谷 要介（機械工学科准教授）
1.3	MEMS 技術を利用した機能表面の創成と応用	鈴木 健司（機械システム工学科教授）
1.4	パルスビーム加工による材料表面の機能創成と応用	武沢 英樹（機械創造工学科教授）
14：55～15：25	II 新機能表面・構造の生体医工学分野への応用	●司 会：阿相 英孝
2.1	表面技術の生体医工学応用	橋本 成広（機械工学科教授） 安田 利貴（客員研究員、 東京工業高等専門学校）
2.2	ナノバイオメカニクスと組織修復への応用	藤江 裕道（客員研究員、 首都大学東京）
2.3	バイオシステムに対するナノ・マイクロ規則構造表面の機能解明	小野 幸子（応用化学科教授） 阿相 英孝（応用化学科准教授）
15：25～15：40	…………… 休 憩 ……………	
15：40～16：10	III 新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用	●司 会：見崎 大悟
3.1	スポーツ用機能性生地の開発	水野 明哲（学長、機械工学科教授） 伊藤慎一郎（機械工学科教授）
3.2	流体機能の創成とマイクロ推進体への応用	佐藤光太郎（機械創造工学科教授）
3.3	表面微細加工技術を利用した相変化伝熱機能の創成と応用 ～微細加工による相変化伝熱の向上化と制御～	大竹浩靖（機械工学科教授）
16：10～16：30	IV 新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用	●司 会：見崎 大悟
4.1	生物の表面機能の解明とロボットへの応用	鈴木 健司（機械システム工学科教授）
4.2	濡れ・付着機能の創成とマイクロマニピュレーションへの応用	見崎 大悟（機械システム工学科 准教授）
16：30～16：40	閉会の挨拶	BERC センター長 大竹 浩靖（機械工学科教授）

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
(平成 25 年度～平成 29 年度)

工学院大学総合研究所  
機能表面研究センター (FMS)

# 研究成果報告会

開催日時

平成 27 年

**3月24日(火)**

13時30分～16時30分

会

場

八王子校舎総合教育棟

1W-211 教室

## FMS 研究成果報告

- |           |                      |
|-----------|----------------------|
| I 新機能表面   | 構造創成のための基礎技術の体系化     |
| II 新機能表面  | 構造の生体医工学分野への応用       |
| III 新機能表面 | 構造の流体・エネルギー分野への応用    |
| IV 新機能表面  | 構造のマイクロメカトロニクス分野への応用 |

# 研究成果報告会 プログラム

		●司 会：相川 慎也
13:30～13:35	開会の挨拶	総合研究所所長 小野 幸子
13:35～13:45	FMS 5年間の研究概要	FMSセンター長 鈴木 健司
● FMS研究成果報告		
13:45～14:45		●司 会：相川 慎也
I 新機能表面・構造創成のための基礎技術の体系化		
1.1	マイクロ・ナノ規則性構造材料の創成	小野 幸子 阿相 英孝 相川 慎也
1.2	微細構造を有する高分子系複合材料を用いた トライボマテリアルの開発	西谷 要介 小林 元康
1.3	MEMS技術を利用した機能表面の創成と応用	鈴木 健司
1.4	パルスビーム加工による材料表面の機能創成と応用	武沢 英樹
14:45～15:00 ..... 休 憩 .....		
15:00～16:20		●司 会：見崎 大悟
II 新機能表面・構造の生体医工学分野への応用		
2.1	表面技術の生体医工学応用	橋本 成広 安田 利貴
2.2	ナノバイオメカニクスと組織修復への応用	藤江 裕道
2.3	バイオシステムに対する ナノ・マイクロ規則構造表面の機能解明	小野 幸子 阿相 英孝
III 新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用		●司 会：見崎 大悟
3.1	スポーツ用機能性生地の開発	水野 明哲 伊藤 慎一郎
3.2	流体機能の創成とマイクロ推進体への応用	佐藤 光太郎
3.3	表面微細加工技術を利用した相変化伝熱機能の創成と応用 ～微細加工による相変化伝熱の向上化と制御～	大竹 浩靖
IV 新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用		●司 会：見崎 大悟
4.1	生物の表面機能の解明とロボットへの応用	鈴木 健司
4.2	濡れ・付着機能の創成とマイクロマニピュレーションへの応用	見崎 大悟
16:20～16:30	閉会の挨拶	BERCセンター長 大竹 浩靖

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
(平成25年度～平成29年度)

機能表面研究センター (FMS)

# 研究成果報告会

■日時 2016年3月18日(金)13時～16時30分

■場所 八王子校舎 15-208教室



## FMS 研究成果報告

- I 新機能表面・構造創成のための基礎技術の体系化(4テーマ)
- II 新機能表面・構造の生体医工学分野への応用(3テーマ)
- III 新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用(3テーマ)
- IV 新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用(2テーマ)

# 研究成果報告会 プログラム

		<b>●司会：阿相 英孝</b>
<b>13:00～13:05</b>	開会の挨拶	総合研究所所長 鷹野 一郎
<b>13:05～13:15</b>	FMS研究概要	FMSセンター長 鈴木 健司
<b>●FMS 研究成果報告</b>		
<b>13:15～14:20</b>		<b>●司会：阿相 英孝</b>
<b>I 新機能表面・構造創成のための基礎技術の体系化(4テーマ)</b>		
1.1	マイクロ・ナノ規則性構造材料の創成	小野 幸子, 阿相 英孝, 相川 慎也 20分
1.2	微細構造を有する高分子系複合材料を用いた トライボマテリアルの開発	西谷 要介, 小林 元康 20分
1.3	MEMS技術を利用した機能表面の創成と応用	鈴木 健司 12分
1.4	パルスビーム加工による材料表面の機能創成と応用	武沢 英樹 12分
<b>14:20～14:40</b> ..... 休 憩 .....		
<b>14:40～15:20</b>		<b>●司会：相川 慎也</b>
<b>II 新機能表面・構造の生体医工学分野への応用(3テーマ)</b>		
2.1	面技術の生体医工学応用	橋本 成広, 安田 利貴 12分
2.2	ナノバイオメカニクスと組織修復への応用	藤江 裕道 12分
2.3	バイオシステムに対する ナノ・マイクロ規則構造表面の機能解明	小野 幸子, 阿相 英孝 12分
<b>15:20～15:30</b> ..... 休 憩 .....		
<b>15:30～16:20</b>		<b>●司会：相川 慎也</b>
<b>III 新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用(3テーマ)</b>		
3.1	スポーツ用機能性生地の開発	水野 明哲, 伊藤 慎一郎 12分
3.2	流体機能の創成とマイクロ推進体への応用	佐藤 光太郎 12分
3.3	表面微細加工技術を利用した相変化伝熱機能の創成と応用 ～微細加工による相変化伝熱の向上化と制御～	大竹 浩靖 12分
<b>IV 新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用(2テーマ)</b>		
4.1	生物の表面機能の解明とロボットへの応用	鈴木 健司 12分
4.2	濡れ・付着機能の創成とマイクロマニピュレーションへの応用	見崎 大悟 (次年度に報告)
<b>16:20～16:30</b>	閉会の挨拶	総合研究所 前所長 小野 幸子

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援授業  
(平成25年度～平成29年度)

機能表面研究センター(FMS)

# 研究成果報告会

■日時 2017年3月22日(水)13時～16時40分

■場所 八王子キャンパス 1号館1W-211教室

# FMS

## FMS研究成果報告

- I 新機能表面・構造創成のための基礎技術の体系化(4テーマ)
- II 新機能表面・構造の生体医工学分野への応用(3テーマ)
- III 新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用(3テーマ)
- IV 新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用(2テーマ)

# 研究成果報告会プログラム

13:00~13:05 開会の挨拶

総合研究所所長 鷹野 一郎

13:05~13:15 FMS研究概要

FMSセンター長 鈴木 健司

●FMS研究成果報告  
司会 見崎 大悟

13:15~14:20

## I 新機能表面・構造創成のための基礎技術の体系化(4テーマ)

### 1.1 マイクロ・ナノ規則性構造材料の創成

(小野幸子、阿相英孝、相川慎也)20分

### 1.2 微細構造を有する高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルの開発

(西谷要介、小林元康)20分

### 1.3 MEMS技術を利用した機能表面の創成と応用

(鈴木健司)12分

### 1.4 パルスビーム加工による材料表面の機能創成と応用

(武沢英樹)12分

14:20~14:40 休憩

司会 相川 慎也

14:40~15:20

## II 新機能表面・構造の生体医工学分野への応用(3テーマ)

### 2.1 面技術の生体医工学応用

(橋本成広、安田利貴)12分

### 2.2 ナノバイオメカニクスと組織修復への応用

(藤江裕道)12分

### 2.3 バイオシステムに対するナノ・マイクロ規則構造表面の機能解明

(阿相英孝、小野幸子)12分

15:20~15:30 休憩

15:30~16:35

## III 新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用(3テーマ)

### 3.1 スポーツ用機能性生地の開発

(水野明哲、伊藤慎一郎)12分

### 3.2 流体機能の創成とマイクロ推進体への応用

(佐藤光太郎)12分

### 3.3 表面微細加工技術を利用した相変化伝熱機能の創成と応用

~微細加工による相変化伝熱の向上化と制御~

(大竹浩靖)12分

## IV 新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用(2テーマ)

### 4.1 生物の表面機能の解明とロボットへの応用

(鈴木健司)12分

### 4.2 濡れ・付着機能の創成とマイクロマニピュレーションへの応用

(見崎大悟)12分

16:35~16:40 閉会の挨拶

橋本 成広

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
(平成25年度～平成29年度)

# 機能表面研究センター(FMS) 最終成果報告会

日 時

2018年3月23日(金) 13:00～17:05

場 所

工学院大学八王子キャンパス  
1号館1W-211教室

## 機能表面研究センター(FMS)最終研究成果報告会

- I 新機能表面・構造創成のための基礎技術の体系化(4テーマ)
- II 新機能表面・構造の生体医工学分野への応用(3テーマ)
- III 新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用(3テーマ)
- IV 新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用(2テーマ)

# 最終研究成果報告会プログラム

前半司会:見崎 大悟

13:00~13:05 開会の挨拶 総合研究所所長 鷹野 一郎

13:05~13:15 FMS研究概要 FMSセンター長 鈴木 健司

## I 13:15~14:35 新機能表面・構造創成のための基礎技術の体系化(4テーマ)

1.1 マイクロ・ナノ規則性構造材料の創成 (小野 幸子,阿相 英孝,相川 慎也) 25分

1.2 微細構造を有する高分子系複合材料を用いたトライボマテリアルの開発(西谷 要介, 小林 元康) 25分

1.3 MEMS技術を利用した機能表面の創成と応用 (鈴木 健司) 15分

1.4 パルスビーム加工による材料表面の機能創成と応用 (武沢 英樹) 15分

14:35~14:50 休憩

後半司会:相川 慎也

## II 14:50~15:35 新機能表面・構造の生体医工学分野への応用(3テーマ)

2.1 表面技術の生体医工学応用 (橋本 成広,安田 利貴) 15分

2.2 ナノバイオメカニクスと組織修復への応用 (藤江 裕道) 15分

2.3 バイオシステムに対するナノ・マイクロ規則構造表面の機能解明 (小野 幸子,阿相 英孝) 15分

15:35~15:45 休憩

## III 15:45~16:30 新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用(3テーマ)

3.1 スポーツ用機能性生地の開発 (水野 明哲,伊藤 慎一郎) 15分

3.2 流体機能の創成とマイクロ推進体への応用 (佐藤 光太郎) 15分

3.3 表面微細加工技術を利用した相変化伝熱機能の創成と応用  
~微細加工による相変化伝熱の向上化と制御~ (大竹 浩靖) 15分

## IV 16:30~17:00 新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用(2テーマ)

4.1 生物の表面機能の解明とロボットへの応用 (鈴木 健司) 15分

4.2 濡れ・付着機能の創成とマイクロマニピュレーションへの応用 (見崎 大悟) 15分

17:00~17:05 閉会の挨拶 橋本 成広

別紙 6  
成果報告会「FMS 研究概要」  
パワーポイント



## 最終成果報告会

2018年3月23日(金) 13:00~17:05  
八王子キャンパス 1号館1W-211教室

工学部機械システム工学科  
FMSセンター長  
鈴木 健司

## マイクロ・バイオ関連研究プロジェクトの変遷

SMBC

- 2003-2007 (ハイテクリサーチセンター整備事業)
- Smart Machine and Bio Systems Research Center
- マイクロ先進スマート機械・マイクロバイオシステム実現へ向けてのテクノロジー開発

BERC

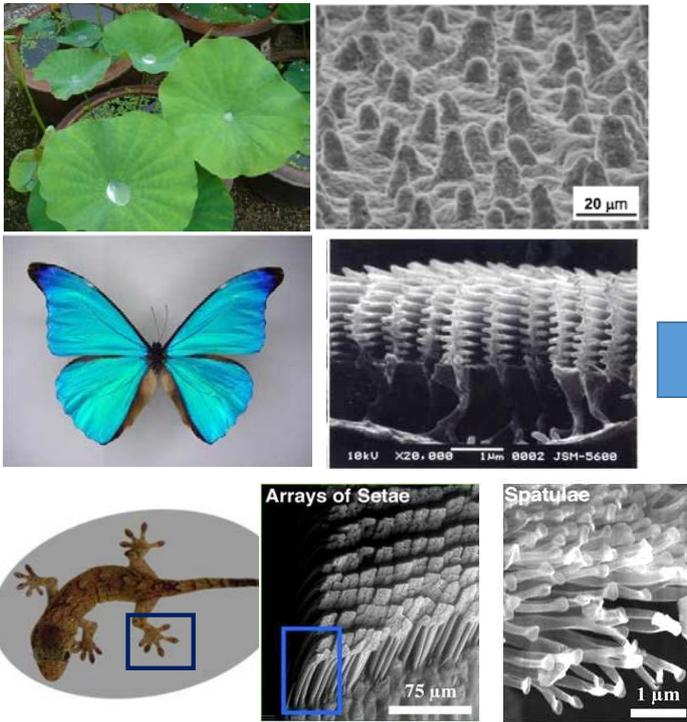
- 2008-2012 (私立大学戦略的研究基盤形成支援事業)
- Biomedical Engineering Research Center
- マイクロ技術に基づく生体医工学研究拠点の形成

FMS

- 2013-2017 (私立大学戦略的研究基盤形成支援事業)
- Functional Microstructured Surfaces Research Center
- 微細加工による新機能表面・構造の創成と応用

# 表面の微細構造により発現する機能

## マイクロ・ナノ構造



## 表面機能

- 濡れ性(親水、撥水)
- 付着性
- トライボロジー特性
- 光学特性  
無反射, 構造色
- 流体抵抗, 流れ制御
- 伝熱特性

## 研究プロジェクトの目的

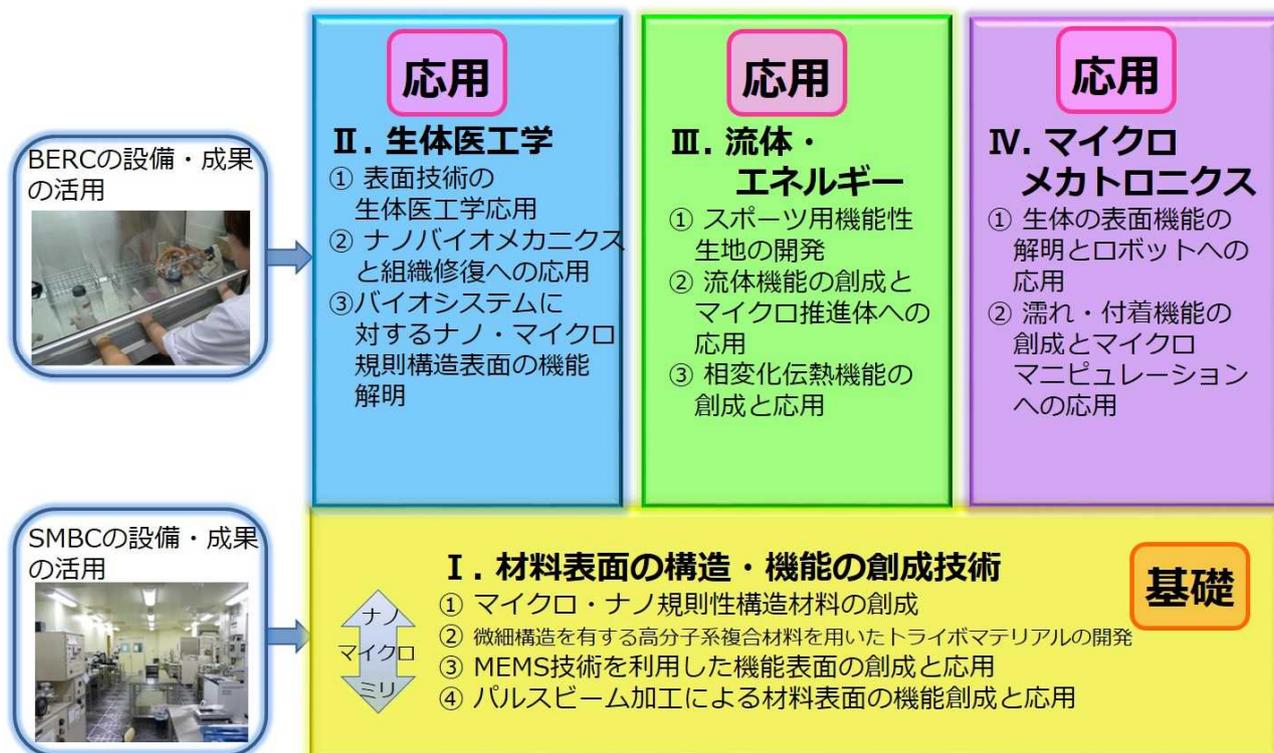
SMBC, BERCCの研究成果, 研究設備, 企業や医療機関との関係を活用

- ① 微細構造によって発現する表面機能とその加工技術に関する基礎的な学問・技術体系の構築
- ② 表面機能の種々の分野への応用技術の確立

表面技術に関する総合的研究・教育拠点の形成.

# テーマ構成

## 「微細加工による新機能表面・構造の創成と応用」



## FMS研究組織

	学内	学外	合計
2013	11	2	13
2014	13	2	15
2015～2017	12	2	14
	機械系 8 化学系 3 総合研究所 1		

2014年度 基礎研究の充実のため2名追加(小林, 相川)  
2014年度末 定年退職1名 (水野)

## 5年間の活動

- 研究設備, 装置の導入(2013~2015年度)  
表面の微細加工, 計測, 分析等
- 研究会, 講演会の開催  
テーマ間の連携強化  
学外研究者との交流, ディスカッション
- 研究成果の発表, 公開, 情報発信
- 若手研究者の育成(PD・RA)
- 研究設備の管理・運営、装置の有効活用  
安全講習会, 装置講習, 予約システム

## 研究設備・装置の導入 (2013~2015)

形状測定レーザーマイクロ  
スコープ(キーエンスVK-X200)



X線回折装置(リガク SmartLab.)



触針式表面形状計測システム  
(Bruker Dektak XT-E)



## 研究設備・装置の導入②

- ・電子ビーム蒸着装置

日本電子JBS-Z0501EVC



- ・粘弾性測定装置

TAインスツルメント社 ARES-G2



## 研究設備・装置の導入③

- ・インキュベータ蛍光顕微鏡

オリンパス LCV110-SK

細胞培養室(16-324)



- ・超高速型赤外線放射温度計

FLIR A6750sc

クリーンルーム管理室



# 研究業績

	2013 ～2015	2016 ～2017	合計
査読付論文	85	62	147
国際会議発表	164	94	258
国内学会発表	292	158	450
特許	3	18	21
著書	7	13	20
展示会への出展	3	7	10
報道・インタビュー等	17	9	26
工学院大学研究シーズ集	5	2	7
受賞	4	6	10
指導学生の受賞	29	21	50

## FMS5年間のイベント等

- FMS研究会 合計10回  
各テーマからの研究発表, 学生・PD・RAの参加  
テーマ間の連携強化, 技術・ノウハウ等の情報共有
- FMS主催・共催・協賛講演会 合計5回  
国内外の著名な研究者の講演・ディスカッション
- 年度末の成果報告会 合計5回
- 展示会への出展 合計10件  
FMSとして2件、イノベーションジャパン5件 その他3件
- 報道・インタビュー等 合計26件

# FMS主催・共催・協賛講演会

北航・工学院大フォーラム

主催：工学院大学孔子学院

共催：機能表面研究センター  
(FMS)

「孔子学院の日」記念事業  
北航・工学院大フォーラム  
**ロボット機構のイノベーション・柔軟ロボットの研究発展**  
工学院大学と北京航空航天大学はパートナー校として交流を推進、相互理解と友情を深めてきました。このたび北京航空航天大学から于清军教授を迎え、共同フォーラムを開催します。

2015年 **9月26日** (土)  
14:30-16:20

参加費無料・要申込  
工学院大学新宿キャンパス 中層棟4階 B0430教室

**講演**  
1. ロボット機構のイノベーションと発展  
\*日本語通訳あり  
2. コンプライアントメカニズムと柔軟ロボットの研究進展と応用

于 清军 北京航空航天大学機械工程教授・機械工学及び自動化学院副院長  
工学博士、1974年生まれ。北京航空航天大学機械工程教授、機械工学及び自動化学院副院長。これまで106件の著書を出稿、発表論文数は100以上。主な研究分野はコンプライアントメカニズムと柔軟ロボットの進展と応用、精密機械、ロボット機構のイノベーション。

司会進行 柳 宇 工学院大学建築学部教授・工学院大学孔子学院副院長

お申込み 工学院大学孔子学院  
〒163-8677 東京都新宿区西新宿1-24-2  
TEL 03-3340-1457 E-mail cik@kogakuin.ac.jp  
URL http://cik.kogakuin.ac.jp/

参加費無料・要申込(先着60名)

会場 新宿駅西口徒歩5分  
工学院大学新宿キャンパス 中層棟4階 B0430教室

## FMS主催・共催、協賛の講演会②

### 公開講座

～多様な可能性を秘める酸化チタンを陽極酸化で創りだす～

#### 【公開講座 概要】

日時：2016年2月26日(金) 15:00～17:00 ※入場無料・予約不要

場所：工学院大学 新宿キャンパス 20階 第6会議室

内容：TiO<sub>2</sub> nanotube arrays: Recent features and applications  
Prof. Patrik Schmuki (ドイツ・エアランゲン大学)

陽極酸化皮膜とは？ ー今わかっていること・いないことー  
小野幸子 (工学院大学名誉教授)

主催：工学院大学先進工学部 共催：工学院大学先進工学部応用化学科

協賛：工学院大学・機能表面研究センター

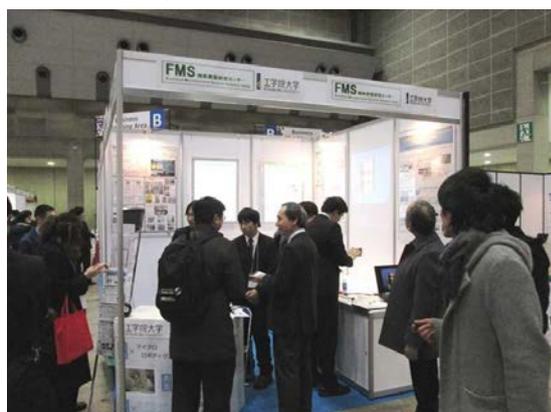
一般社団法人表面技術協会・金属のアノード酸化皮膜の機能化部会



# 展示会への出展



## ナノテク展



## MEMS展



## 若手研究者の育成, 研究支援体制

年度	PD	RA	研究支援者
2013	1	0	3
2014	1	1	3
2015	1	2	3
2016	0	2	3
2017	0	3	3

### PD・RA

研究の推進, FMS研究会での参加・発表  
クリーンルームの管理・運営(週1回)

### 研究支援者

技術系2名, 事務系1名  
装置の保守, 使用法・安全の指導, 消耗品管理

# 研究設備の管理・運営

- 研究プロジェクトの装置は共用
- ホームページ整備, 装置予約システム, 薬品管理システム
- 安全講習会, オペレーション講習, マニュアルの整備
- クリーンルーム管理室にPD, RA, 研究支援者が常駐



1階クリーンルーム (SMBC)



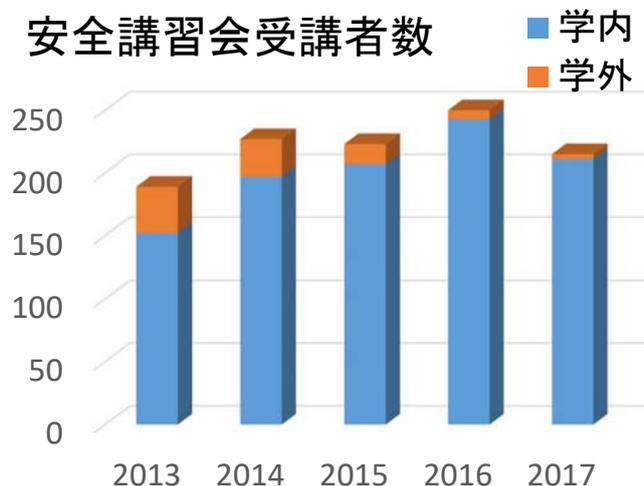
3階細胞培養室 (BERC)

## 安全講習会 受講者数

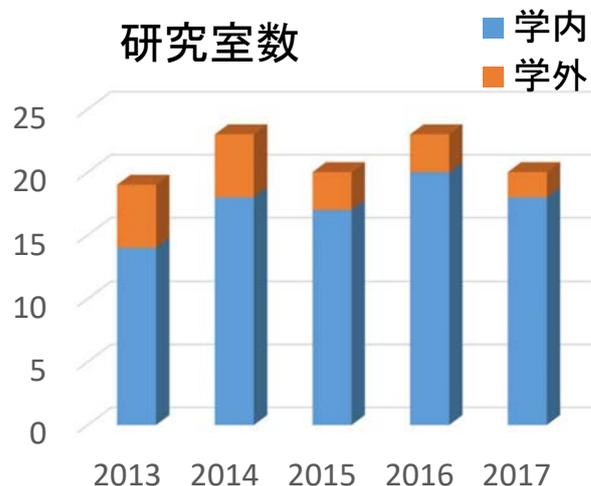
(カッコ内は学外内数)

年度	2013	2014	2015	2016	2017
受講者数	189 (37)	227 (30)	223 (16)	256 (13)	215 (4)
研究室数	19 (5)	23 (5)	20 (3)	23 (3)	20 (2)

安全講習会受講者数

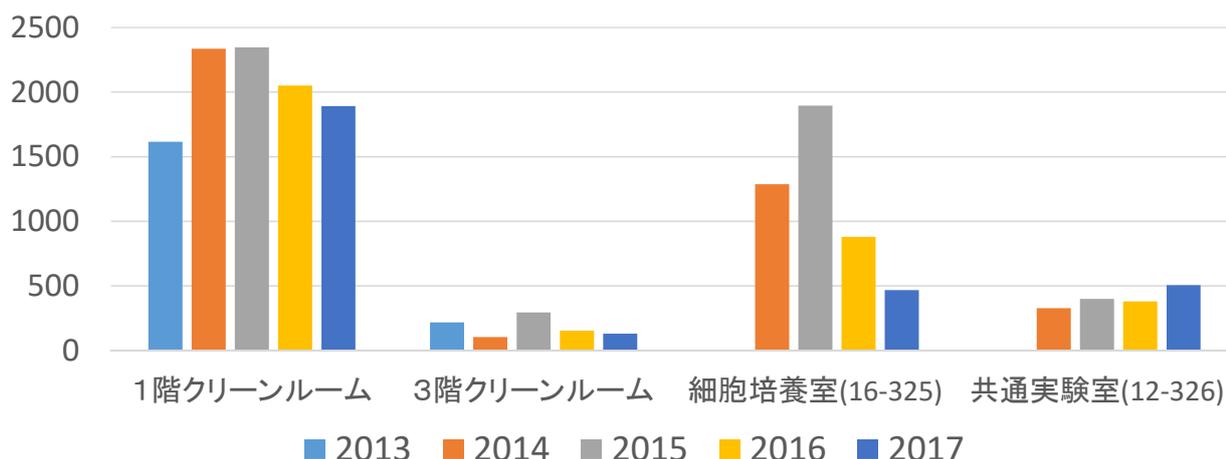


研究室数



# FMS研究施設 利用者数(延べ人数)

	2013	2014	2015	2016	2017
1階クリーンルーム	1615	2334	2345	2049	1891
3階クリーンルーム	217	103	295	152	130
細胞培養室(16-325)		1287	1894	879	468
共通実験室(12-326)		327	399	379	506



**FMS** 機能表面研究センター  
Functional Microstructured Surfaces Research Center

39830

工学院大学  
KOGAKUIN UNIVERSITY

トップ 概要 施設・設備 研究成果 配布資料等 アクセス リンク 施設利用予約



MBSC  
Micro and Bio Systems Research Center  
マイクロ&バイオシステム研究センター



## お知らせ

2016年度 MBSC棟安全講習会のお知らせ  
(16/4/11掲載)  
日付:第1回 2016年4月15(金), 第2回 2016年4月20(水), 第3回 2016年4月25(月)  
時間:17:30-19:15  
場所:3号館103教室

【重要】クリーンルームの使用について (16/3/30掲載)  
4月1日～安全講習会受講までの期間はクリーンルームは使用できなくなります。

3/18(金)FMS平成27年度研究成果報告会のお知らせ  
(16/3/7掲載)  
詳細は[こちら](#)

クリーンルーム内の私物等について (16/3/7掲載)

## 機器利用に関する情報

【ワンショット3D形状測定機の設置について】  
16号館326号室にワンショット3D形状測定機 (VR-3200)が設置されました。  
予約システムにワンショット3D形状測定機が追加されましたので使用時は予約してください。(16/3/16掲載)

【フェムト秒レーザーに関するお知らせ】  
3FOR フェムト秒レーザーが機器の不具合の為、現在使用することができません。(16/2/13掲載)

【片面マスクアライナーに関するお願い】  
露光系のセットアップを変更した場合は、終了後、元に戻してください。(16/2/11掲載)

【施設利用予約(web予約)に関する注意】  
予約が完了した後に予約をキャンセルする場合は、必ず事前に予約センターまでご連絡ください。

[過去のお知らせ](#)

# 装置予約システム

**FMS装置予約ページ**

予約する日 2016年 3月 17日

01時 00分から 01時 00分まで  
装置名 スピンコーター (1H-DX2)

研究室名 高分子材料研究室  
「その他」は、大学名・研究室名を記入のこと

ユーザー名  
パスワード

**※注意事項**

- ※ 予約したい日を入力して下さい。
- ※ 開始時刻と終了時刻を選択して下さい。
- ※ 研究室を選択し、使用者名を記入して下さい。
- ※ パスワードには、任意の英数字を入力して下さい。予約の取り消しをする際にそのパスワードを

2016年3月

日	月	火	水	木	金	土
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

予約カレンダー 2016年3月17日 [最新の状態]

装置名(型式)	設置場所	予約状況
スピンコーター (1H-DX2)	イエロールーム	
両面マスクアライナー (PEM-800)	イエロールーム	
レーザー直接描画装置 (DDB-201)	イエロールーム	
枚葉式スピンドライヤー (SF-250-HIDN-ARM1)	イエロールーム	

## 装置一覧・マニュアル・ログノート

装置名	型番	メーカー	設置部屋	マニュアル等(学内専用)
<a href="#">小型真空蒸着装置</a>	VWR-400M	アルバック機工株式会社	CR1	<a href="#">ログノート</a>
<a href="#">スパッタ装置(1元)</a>	L-210S-FH	キャノンアネルバ株式会社	CR1	<a href="#">ログノート</a>
<a href="#">片面マスクアライナー</a>	M-1S	ミカサ株式会社	CR1	<a href="#">ログノート</a>
<a href="#">コンパクトエッチャー</a>	FA-1	株式会社サムコインターナショナル	CR1	<a href="#">ログノート</a> <a href="#">操作マニュアル</a>
<a href="#">スパッタ装置(3元)</a>	L-332S-FH	キャノンアネルバ株式会社	CR2	<a href="#">ログノート</a> <a href="#">操作マニュアル</a> <a href="#">操作マニュアル(簡易版)</a> <a href="#">ターゲット交換手順</a>
<a href="#">RIE</a>	RIE-10NR	株式会社サムコインターナショナル	CR2	<a href="#">ログノート</a> <a href="#">操作マニュアル</a>

## FMS導入装置の年間稼働時間

装置名	導入年度	メーカー・型番	年間稼働時間
形状測定レーザーマイクロスコープ	2013	キーエンスVK-X200	1329 h
レーザードップラー流速計	2013	日本カノマックスSmart LDV II	450 h
流体力計測装置	2013	日章電機 LMC-61296	480 h
熱線流速計	2013	日本カノマックスIHW-100 4CH	245 h
3D加工装置	2013	キーエンス AGILISTA-3000	300 h
枚葉式スピンドライヤー	2013	ジャパングリエイト SF-250-HIDN-ARM1	995 h
電子ビーム蒸着装置	2014	日本電子 JBS-Z0501EVC	243 h
インキュベータ蛍光顕微鏡	2015	オリンパス LCV110-SK	常時使用
超高速型赤外線放射温度計	2015	日本バーンズ A6753sc	362 h
X線回折装置	2015	リガク SmartLab-sp/ptk	122 h
接触式表面形状測定装置	2016	Dektak XT-E	355 h
ワンショット3D形状測定機	2016	キーエンス VR-3200	182 h

## 各種装置の年間稼働時間

装置名	導入年度	メーカー・型番	年間稼働時間
クリーンルーム	2003	アッベ科学 AIC-9500CS	常時使用
片面マスクアライナー	2003	M-1S	1240 h
RIE	2003	サムコ RIE-10NR	714 h
コンパクトエッチャー	2003	サムコ FA-1	1639 h
スパッタリング装置(3元)	2003	キヤノンアネルバ L-332-FH	779 h
スパッタリング装置(1元)	2003	キヤノンアネルバ L-210S-FH	222 h
ダイシングマシン	2003	ディスコDAD-522	154 h
EDX WET SEM	2005	日本電子JSM-6380LA	1088 h
X線回折装置	2005	リガク RINT2200	619 h
細胞培養システム	2009	三洋電機 MCO-40AIC MCV-B161F	常時使用
フェムト秒レーザー	2010	サイバーレーザーIFRIT	276 h
走査型共焦点レーザー顕微鏡		オリンパス OLS-3000LS	291 h
レーザー直接描画装置		ネオアーク DDB-201	1640 h

別紙 7  
外部評価結果



文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.1の評価	小課題1.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (C)
<b>【小課題1.1へのコメント】</b> リソグラフィのような転写の原理に基づくプロセスに加えて自己組織的な原理に基づくプロセスを検討している点は興味深い。対象とする材料も金属から半導体まで幅広い。濡れを含めた各種機能に関する設計については今後、益々需要が増えると考えられ、さらなる一般化を進める必要があると考えられる。 材料やプロセスや多様であることは魅力の一つにはなるものの、ややもすると散漫な印象を受けてしまう。目的に掲げられている体系化という観点を鑑み、材料や原理に基づいて少し整理しておく必要があると考えられる。		
<b>【小課題1.2へのコメント】</b> ファイバーの配向技術を含めた複合材料の設計技術を確立することの重要性は理解できる。ただし、表面機能については十分な検討が行われているとは言い難い。今後の検討に期待したい。 樹脂表面にフェムト秒レーザを適用した場合に金属のような周期構造ができなかったことは、逆に構造形成メカニズムを検討するための好材料になると考えられる。基礎技術の体系を目指すのであれば、加工・形状創成原理に関するがあってもよいと考えられる。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.3の評価	小課題1.4の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (C)
<b>【小課題1.3へのコメント】</b> EWODにおける液体の種類を変えた検討が行われ、汎用化の観点からその価値は理解できる。その動作原理としてイオン濃度、表面張力、粘度等が関連するとみられ、そのような原理に基づく整理と検討を進めると、さらに興味深い成果が期待できると考えられる。		
<b>【小課題1.4へのコメント】</b> 液中放電加工にマイクロバブルを加えるアイデアは興味深い。特に、断面形状の skew の制御に加えて材料付加ができるようになれば改質による機能発現も期待できる。更なる発展を期待したい。 また、磁石の加工については、その必要性を十分に理解することができなかった。具体的な応用等を示していただきたい。		
<b>【テーマ1の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 固体表面の性質は断面形状のみならず材料組成や結合状態によっても表面エネルギーが変化するため、「機能表面」の表現そのものが難しいと考えられる。「表面」の定義を改めて明確にしておく方が学術的にも理解しやすくなると考えられる。 材料の違いに加えて多様なプロセスが含まれている。「体系化」という観点からは、除去/付着、物理/化学プロセス等、何らかの分類を進めることが今後求められよう。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (A)
<p>【小課題2.1へのコメント】</p> <p>微小流路を設けて細胞に刺激を与えようというアプローチは良く理解できる。ただし、「固体表面」は幾何形状に加えて表面材質（組成や結合状態）や酸素透過性等の様々な側面を持つ。細胞に対する各因子の影響を総合的に評価する方向で検討を加えると、さらに魅力的な研究になると期待できる。</p>		
<p>【小課題2.2へのコメント】</p> <p>再生が困難な軟骨の修復を実際に検証した点は高く評価できる。フェムト秒レーザーによるナノ周期構造を軸受のトライボロジに関連させた研究は多くあるものの、生体の潤滑に適用するだけでなくコラーゲンの影響まで明らかにした点は興味深い。ただし、チタンの酸化膜の特性は構造（アナターゼ or ルチル）で大きく異なるため、これも調べる必要があると考えられる。</p>		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。（必須項目）

非常に良い（優）=A            良い（良）=B  
概ね適切（可）=C            改善が必要（不可）=D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (A)	
<b>【小課題2.3へのコメント】</b> 表面電位や構造が生体親和性に及ぼす影響に着目した点は意義深いと判断できる。凹凸構造に基づく電位分布がタンパク質付着に影響を及ぼすことがわかったのであれば、凸部の空間分布を適切に制御することで親和性を変える可能性を秘めており、発展性も期待できる。		
<b>【テーマ2の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 表面の凹凸構造や表面電位分布等が生体親和性に及ぼす影響を明らかにした点は評価できる。一部はメカニズム解明に立ち入った研究成果もあり、更なる発展が期待できる。 そのためには表面の形状観察や元素分析に加え、結合状態を含めた分析を行う必要があると考えられる。新たな分析装置の導入も視野に入れるべきかと考える。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<b>【小課題3.1へのコメント】</b> スポーツウェアの表面構造が流動抵抗に及ぼす影響は理解できたが、どのような流動現象が起きているのかを知るまでには至っていない。リブレットによる流動抵抗低減が一部の流体機械に適用される中で、ここで得られる成果が新しい設計論の確立まで至ることができれば意義深いと考えられる。 なお、静的な抵抗に加えて動的な抵抗変動（振動）も評価に加える方が現象解明に役立つと考えられる。		
<b>【小課題3.2へのコメント】</b> シンセティックジェットの問題や目指しているものは理解できたが、表面構造とその機能にどのような工夫を凝らそうとしているのか、関連が掴みにくかった。ラインアンドスペース構造を設けることで流動抵抗の方向性を付与することもできるため、例えばこのような構造付与の検討が期待される。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (B)	
<b>【小課題3.3へのコメント】</b> 相変化を利用した伝熱として、マイクロピラミッドを設けた表面によって沸騰伝熱を向上させる研究発表が2014精密工学会春季大会で行われていた。材料の工夫に加えて表面構造によって液滴の接触角を変えることは十分に可能であり、研究をさらに加速して成果発表を進めることが求められよう。なお、流動の場合は前進接触角と後退接触角の両方を考慮する必要がある、これらの評価を含めた今後の発展を期待する。		
<b>【テーマ3の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 流体、エネルギー分野への応用・発展を目指した意図は良く理解できる。しかし、表面構造と関連した議論が必ずしも十分とは言えない印象を持った。各応用分野における機能向上は他の手法でも可能と考えられ、それらとの差異や本手法による到達目標等が明確にできると、今後の更なる発展の意義が明確になると考える。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (C)
<b>【小課題4.1へのコメント】</b> アメンボが浮く原理に加えて推進する原理を明らかにした点は興味深かった。ただし、接触角だけの説明は難しいように思うので接触角ヒステリシスあるいは転落角の議論も必要ではないかと考えられる。さらに、表面構造を議論する上で、マイクロ構造上にナノ構造を設ける等の工夫が加わると更に興味深いものとなると考えられる。		
<b>【小課題4.2へのコメント】</b> 微小部品のハンドリングに対する提案という意味で、その重要性は理解できる。ただし、部品の上下面で液架橋力を変えることは容易にできるかどうかは難しい。さらに、粘性を議論するという事は、速度に依存した動的なプロセスであるということになる。表面張力が支配する議論の中で少し異質な感じを持った。		
<b>【テーマ4の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> アメンボの推進と電子部品のハンドリングそれぞれの内容は理解できるものの、これらを組合せてどのような課題解決が図れるのかわかりにくかった。マイクロメカトロニクスという言葉でイメージする内容は、聞く人毎に異なってしまう。その定義を最初に明確にしたうえで課題を整理し、研究を進めると更に良いと考えられる。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い (優) =A            良い (良) =B  
概ね適切 (可) =C            改善が必要 (不可) =D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.1の評価	小課題1.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (B)
<b>【小課題1.1へのコメント】</b> ウェットエッチングによって規則的な微細構造を作製し、他のテーマに展開するという観点からは、様々な手法を試みるという研究の進め方は適当であると思われる。アスペクト比の高い微細構造を得ることに成功しており、研究は順調に進んでいる。一方で、例えば電子エミッタへの応用に関しては、どのような構造が最適であるのか、あるいはどのような構造を得ようとしているのかが明確に示されていない。定量的な形状評価方法についても検討を進め、他のテーマとの連携を取りながら、特定のアプリケーションに適した形状の実現を目指して研究を進めることで、本課題の一層の発展が期待できる。		
<b>【小課題1.2へのコメント】</b> 高分子材料の特徴を活かして、フィラーの充填によりトライボロジー特性を改善しようという研究の方向性は、実用性を考えたときには妥当であると思われる。CaCO <sub>3</sub> フィラーの充填量によって摩擦や摩耗が大きく異なることを実験的に明らかにしており、期待が持てる研究成果が得られている。同じ充填量でも分散状態の制御ができるようになれば、さらに研究が発展するものと期待される。 一方で、工業製品において、高分子材料が摺動材料として利用されるとき、コストが問題となることが多い。もし応用を意識するのであれば、コスト面の検討も重要となる。また、競合技術との比較を行い、優位性を明らかにすることも望まれる。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.3の評価	小課題1.4の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (C)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<p><b>【小課題1.3へのコメント】</b></p> <p>ユニークな液滴輸送デバイスを実現しており、表面の接触角が液滴輸送に与える影響を明らかにしている。液滴の輸送性能に与える物理モデルについては検討の段階にあるようで、今後は接触角だけではなく表面自由エネルギーの各成分など、他のパラメータの影響についても検討を進め、液滴輸送デバイスの物理モデルを明らかにすることが期待される。テーマ1の課題の中においては、微細構造を有する表面を応用する位置づけにある研究なので、最適な液滴輸送のための理想的な表面パラメータを明らかにすることで、他のテーマの進展を促す効果が期待できる。</p>		
<p><b>【小課題1.4へのコメント】</b></p> <p>多様な種類の材料表面に、微細形状を付与したり、特定の機能を与えたりすることを考えると、多様な加工法が適用できることが望ましい。その観点から、放電加工について検討することの必要性は認められる。研究の実施状況として、マイクロバブルを利用して放電加工時の温度上昇を抑え、ネオジウム磁石の加工において磁力低下を抑制することに成功している。しかし、加工対象はバルクであり、その結果磁束密度の差が表面で現れても「表面の機能創成」と呼ぶことには違和感を覚える。他の課題との連携を意識しながら、本加工法をマイクロスケールで制御された表面の創製にも広げていくことで、一層の研究の進展を図っていくことが望まれる。</p>		
<p><b>【テーマ1の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b></p> <p>それぞれの小課題において、概ね他のテーマ小課題との連携を意識しているようであるが、今後はそれをより実質的に進めて行くことが望まれる。また、微細形状の評価においては、それぞれのアプリケーションごとに、支配的な形状パラメータあるいは表面性状パラメータ存在すると考えられる。その定量的な評価方法についても今後検討することが望まれる。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (A)
<p>【小課題2.1へのコメント】</p> <p>固体表面の形状を制御することにより、細胞の増殖や組織化を制御することや、力学的特性を明らかにすることを目的としている。細胞のスケールと同程度の微細構造の制御により、細胞の特性が明らかになり、その結果研究が多方面に展開していくことが予想され、研究目的及び必要性の高さは妥当であると認められる。</p> <p>研究を進めていく過程においては、細胞の増殖や組織化に与えるパラメータを切り分け、またそれらを独立に制御することで、細胞の特性を明らかにしていくことが望まれる。その上で、具体的なアプリケーションを明確化することで、さらに研究が発展していくことが期待できる。</p>		
<p>【小課題2.2へのコメント】</p> <p>ナノマイクロスケールの表面構造を制御することで、生体組織の成長を制御し、生体組織に必要な機械的特性を実現しようという研究の目的は明確であり、実用的にも重要な研究テーマである。研究の進捗状況に関しては、現在のところ苦勞している面もあるようだが、独自の視点で新規性の高いテーマに取り組んでいることの裏返しでもあり、今後の展開が楽しみである。</p> <p>表面構造の作製に関しては、独自の開発に加え他の課題との連携を取りながら、有用な知見を取り入れながら効率良く進めて行くことが望まれる。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A            良い(良) = B  
概ね適切(可) = C            改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (A)	
3. 研究成果	評点 (A)	
【小課題2.3へのコメント】		
<p>細胞培養などのバイオシステムに応用するため、微細構造の作製技術を開発するという目的は、プロジェクトの中でも重要度が高く、実施する意義が十分に認められる。本小課題で開発しているポーラス構造は、アスペクト比が大きく一連の研究の進展に大きく貢献することが期待できる。今後の研究計画に述べられているように、原理の解明を進めるとともに、他の小課題への応用も視野に入れることによって、より一層の研究の進展が期待できる。</p>		
【テーマ2の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】		
<p>どのテーマにおいても、研究活動が活発に行われ、今後もさらに研究が進展していくことが期待される。ただし、一方で表面構造の作製や、あるいは生体組織との相互作用の解明について、それぞれのテーマで独立に研究が進められている印象を持った。それぞれのテーマで、独立して研究を進める体制が築かれていることは、研究を効率良く進めていくためには必要であり、その体制を積極的に維持するべきである。しかし、その一方で同じセンターに所属し、同じプロジェクトに参画しているメリットを積極的に活かすことも検討すると良い。例えば、合同の研究会や講演会などを通じた情報交換に留まらず、研究室間で学生を派遣し合って研修し、各テーマの技術を学ばせる方法もある。その結果、技術自体の発展や研究の進展が期待できる。また、学生の教育の観点からも、複数の研究室を経験することの意義は大きい。</p>		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (C)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (C)	評点 (B)
<b>【小課題3.1へのコメント】</b> スポーツ用生地の流体抵抗低減を目指した研究目的は明確で、実用的な意義が大きい。実用的な研究であることから、繊維メーカーとの共同研究を進めている点については、妥当な研究体制である。生地の粗さや法政の違いによって流体抵抗が変化することを見いだしており、概ね順調に研究は進んでいる。 研究成果に関して、やや厳しい評価としたのは、現在までに学会発表等が行われていないこと、及び特許取得の計画が無いことが主な理由である。学会発表については、特許の取得後に行われることが望まれる。特許については、生地の特許をメーカーに任せたとしても、例えば評価法等に関して特許を取るなどすることで、研究開発への貢献を明確に示し、次の共同研究等に展開して行くことが望まれる。		
<b>【小課題3.2へのコメント】</b> 放電加工を応用した新しい推進機構の提案であるが、「微細加工による新機能表面・構造の創成と応用」の中での位置づけや他のテーマとの関連が分かりにくい印象を受けた。可動部を有しない本提案の方式はマイクロ化に適しており、今後の研究展開によってプロジェクトの中での研究の位置づけも明確になっていくものと期待できる。なお、粉体を利用して放電を安定させる手法に関しては、噴流と共に粉体も噴出しているように見受けられ、アクチュエータの寿命を明らかにすることや、粉体の供給方法を検討する必要があると思われる。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (B)	
<b>【小課題3.3へのコメント】</b> 表面形状の制御によって、相変化を伴う表面での熱伝達の効率を高めることが出来れば、大幅な省エネルギーにつながるため、社会的必要性の高い研究テーマである。そのために、微細加工技術を利用するというアプローチも、実用化に向けて可能性の高い手段であると思われる。表面の液滴の凝縮に与える形状及び化学的なパラメータをまず明らかにし、その上で理想的な表面形状の創成を目指すというアプローチを取ることが望まれる。そのようなアプローチを取ることができれば、他のテーマとの連携を通じて、より実用性の高い表面構造の実現につながることを期待できる。		
<b>【テーマ3の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 流体応用という観点からまとめられたテーマであると思われられるが、小課題間で技術的な関連性を見いだすことが困難であるという印象を受けた。テーマの組み替えを行う必要は無いと思われるが、プロジェクトとしてのシナジー効果を得るためには、「テーマ3」の中での融合に囚われることなく、それぞれの研究課題において、他のテーマとの協力を行うことを検討した方が良い。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)  
非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                        改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<p><b>【小課題4.1へのコメント】</b></p> <p>表面の撥水性を制御してロボットに応用しており、他で実施されている表面構造制御法の開発に関するテーマのアプリケーションを提示している点で、意義のあるテーマである。また、曲面に対して微細加工を行っている点については、独自性が高いと認められる。円筒面上への微細加工技術の開発は、本課題でのみ取り上げられており、他の課題の手法を参考にしながら発展させて行くことが望まれる。</p>		
<p><b>【小課題4.2へのコメント】</b></p> <p>新しいマイクロマニピュレーション方法の開発を目的としたテーマであり、安定したハンドリングのために液体を利用している点に特徴が認められる。微小部品のハンドリングにおいては、保持よりもリリースに問題があり、マイクロパーツ全体を液滴で覆うことによって、その問題を解決している。しかしながら、マイクロパーツをプレスする表面が親水性であることなど制約もある。今後は、マニピュレータの開発とともに、汎用性の向上についても検討を進めることが望まれる。</p>		
<p><b>【テーマ4の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b></p> <p>開発された新機能表面や構造を適用するのに恰好なテーマであると思われる。他のテーマの中で開発された構造を適用することによって、デバイスの性能向上が期待される。また、本テーマからデバイスにとって理想的な表面構造を要求することにより、他のテーマの発展も期待できる。</p>		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 伊藤 雄三

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.1の評価	小課題1.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (A)
<p>【小課題1.1へのコメント】</p> <p>Si表面をアルカリエッチング及びHF処理することにより、水素終端化した<math>\mu\text{m}</math>オーダーの凸凹構造、次いで、Au及びAgを用いた金属触媒エッチングを施すことにより、マイクロ及びナノポーラス構造を、それぞれ、作製し、この順に、接触角が増大することを明らかにしている。また、GaAsに対しては、高電流密度のアノードエッチング、次いで、化学エッチングを施すことにより、直径100nm、間隔100<math>\mu\text{m}</math>のバンドルアレイを作製し、低い印加電圧で高いエミッション電流が流れ、電子放出特性が優れていることを確認した。着実に成果を上げつつある。バンドルアレイに関しては、フォトレジストマスクを用い、長距離秩序性のあるアレイが作製できれば、さらなる飛躍が期待される。</p>		
<p>【小課題1.2へのコメント】</p> <p>(1) 材料設計による手法、(2) 成型加工による手法、(3) 表面構造付与による手法の3種の手法により、低摩擦・耐摩耗性など優れたトライボロジー特性を備えた、高分子系トライボマテリアルの開発を目的としている。本年は、(1)では、混合比率を変えたポリアミドとポリプロピレンのポリマーブレンドに種々の表面処理を施した炭酸カルシウムをフィラーとして添加し、摩擦係数や比摩耗量の変化と、表面処理剤の違い、ブレンド比の違いとの相関を検討し、特に脂肪酸で表面処理を行った場合、等量に近いブレンド比では摩擦係数、比摩耗量とも低下するが、ブレンド比が片方に偏ると、両者とも増加することを明らかにし、非常に興味深い結果を得ている。今後、この現象のメカニズム解析、トライボマテリアルとしての優れた複合材料の材料設計手法の確立まで発展することが期待される。</p>		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 伊藤 雄三

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.3の評価	小課題1.4の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (B)
<p><b>【小課題1.3へのコメント】</b> 本課題では、主に液滴輸送の原理を用いた機能表面の創生及びその基礎的メカニズムの解明を行っており、本年度は液滴を形成する液体の諸物性、電気伝導度、誘電率、表面エネルギーなどの異なる液滴を用いて輸送性能との相関を検討しており、電気伝導度、誘電率、接触角が一定以上の値のとき、輸送が可能であるとの結果を得ており、液滴輸送の輸送メカニズムの検討の第一歩が進められた。</p>		
<p><b>【小課題1.4へのコメント】</b> 本課題では、パルスビーム放電加工による表面機能の創生を目的とし、マイクロバブルを混入させた加工液中での加工面性状の向上と、永久磁石に対する形状加工と磁気特性制御の検討を行い、前者の検討からは、純水にマイクロバブルを混入した加工液での放電加工で加工速度向上および表面粗さ低減の結果を得、後者では、放電条件により加工後の表面磁束密度が変化することを明らかにしており、着実に研究の進展がみられる。</p>		
<p><b>【テーマ1の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> それぞれのテーマが、着実な進展を見せており、順調な研究の進行がうかがえる。今後は、本テーマ間での連携や他テーマへの研究結果の展開が期待される。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 伊藤 雄三

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (A)
<p>【小課題2.1へのコメント】</p> <p>本課題では、細胞の挙動・組織の形成を観察するための <i>in vitro</i> 実験システムを構築し、培養細胞の配向・増殖・分化・組織化を制御するための力学的刺激の方法解明を目的とし、マイクロ流体デバイスを用いた固体表面付近の流体せん断応力による細胞の変形・剥離を観察するシステムを構築するなど、着実に成果を上げている。今後、力学的刺激と細胞の応答のメカニズムの解析等が期待される。</p>		
<p>【小課題2.2へのコメント】</p> <p>本課題では、前プロジェクト(BERC)で開発した間葉系幹細胞を自己生成させて作製する組織(scSAT)の生成をフェムト秒レーザー加工により創成されるナノ周期構造上で行い、異方性を有する高強度 scSAT を創成することを目的に検討を行い、フェムト秒レーザーの走査速度が大きい場合、ナノ周期構造は細胞の進展を促進することを明らかにし、着実に成果を上げている。今後、ナノ周期構造を有する基板を用いて、実用的な強度を有する scSAT が開発され、再生医療に展開されることが期待される。</p>		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 伊藤 雄三

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (A)	
<p><b>【小課題2.3へのコメント】</b>            ナノメートル、マイクロメートルスケールでの基板の構造制御技術を用い固体表面の微細構造を制御した細胞培養足場材料を作製し生体親和性を評価することを目的に検討を行い、アノード酸化ポラス皮膜状での細胞培養では、孔径5nmのポラス皮膜状において優れた伸展形態を示すことなどを明らかにし、着実に成果を上げている。今後、金属および半導体表面のナノ・マイクロ規則構造が細胞に与える作用メカニズムが解明されることが期待される。</p>		
<p><b>【テーマ2の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b>            前回プロジェクトであるBERCから引き継いだ新機能表面・構造の生体医工学分野へのさらなる応用展開を目指したテーマであり、本年度は着実に一步前進した。本テーマの技術が実用化され、生体医工学の発展に寄与することが期待される。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
 概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 伊藤 雄三

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<p>【小課題3.1へのコメント】</p> <p>本課題では、布地の素材、表面加工の粗度の違い、縫製の違い等による流体抵抗の変化を解析し、あるスポーツにおける最適布地を開発することを目的に、各種布地性状の違いによる、圧力抵抗、摩擦抵抗を測定し、前者では圧力低下の起こるドラッグクライシスを確認し、後者では、表面の粗い布地で摩擦抵抗が大きくなることを見出し、一定の進捗がみられる。</p>		
<p>【小課題3.2へのコメント】</p> <p>本課題では、液中放電で発生する気泡の非線形振動を利用したマイクロシンセティックジェット生成を目的に、本年度はシンセティックジェット・アクチュエーターの開発を行い、加工液中の放電確率に及ぼすSi、Al濃度の影響を確認し、ノズル出口流速の時間変化を見積もるなど、一定の成果を得ることができた。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 伊藤 雄三

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	
2. 研究実施状況	評点 (A)	
3. 研究成果	評点 (A)	
<p><b>【小課題3.3へのコメント】</b>            本課題では、MEMS技術を利用し、伝熱面表面にマイクロおよびナノメートルオーダーの加工を施し、相変化を伴う熱流動の向上化と制御を図ることを目的に、本年度は、銅ブロックにCr、Tiのスパッタリングによる薄膜形成をしたものと、未処理の銅、Ti表面を比較して、凝縮実験を行い、20時間経過後ではCr薄膜のみが熱移動能力の高い、滴状凝縮を示し、他は膜状凝縮を示すことなどを明らかにし、着実に進捗している。今後は、今回膜状凝縮を示したにもかかわらず、理論値より数十倍高い熱流束などを示した、Ti未処理やTi薄膜の凝縮および熱伝導メカニズムが解明され、より効率の高い熱伝導システムの開発に発展することが期待される。</p>		
<p><b>【テーマ3の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b>            小課題3.1及び3.3では、機能表面構造とそれぞれの機能との関係が明確であるが、小課題3.2では微細加工による機能表面・構造とシンセティックジェットとの関連が明確でない。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
 概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 伊藤 雄三

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (B)
<p>【小課題4.1へのコメント】</p> <p>本年度は、アメンボの脚表面の微細構造を規範とし、真鍮線の表面をフェムト秒レーザーで2種の深さに加工し、次いで撥水剤で処理することによりアメンボ模擬脚を制作し、微細構造と、接触角、支持力、引き離し力、抗力との相関を検討し、溝の深いほうが接触角が大きくなり、引き離し力が減少することなど明らかにし、着実に進捗している。</p>		
<p>【小課題4.2へのコメント】</p> <p>100<math>\mu</math>m程度の対象物に関する液架橋力を用いたマイクロマニピュレーションの開発を目的に、基礎実験を行い、引上げ距離と液架橋力や引上げ速度と最大液架橋力の関係などを調べ、一定の進捗がみられたが、対象物のピックアンドプレースの制御幅が現状では十分でない。</p>		
<p>【テーマ4の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</p> <p>小課題4.1は新機能表面・構造を生物の表面構造と関連づけ、昆虫模擬ロボットの機能との関連を検討しており、本プロジェクトのテーマとの関連は明確であるが、小課題4.2では、表面機能、微細構造と開発するマイクロマニピュレーションと関連が明確でない。今後作業ステージ上表面を検討することにより、この関連が明らかになることが期待される。</p>		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見 誠規

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.1の評価	小課題1.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 ( A )	評点 ( A )
2. 研究実施状況	評点 ( A )	評点 ( A )
3. 研究成果	評点 ( A )	評点 ( A )
【小課題1.1へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。		
【小課題1.2へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見 誠規

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.3の評価	小課題1.4の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 ( A )	評点 ( A )
2. 研究実施状況	評点 ( A )	評点 ( A )
3. 研究成果	評点 ( A )	評点 ( A )
【小課題1.3へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。		
【小課題1.4へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。		
【テーマ1の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】  濡れ性、トライボロジー特性などの表面機能を対象にエッチング、レーザー加工、放電加工などによる微細加工の開発は機能創成の基礎技術として有益である。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見 誠規

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 ( A )	評点 ( A )
2. 研究実施状況	評点 ( A )	評点 ( A )
3. 研究成果	評点 ( A )	評点 ( A )
【小課題2.1へのコメント】		
研究目的が明確であり、実施状況も優れている。		
【小課題2.2へのコメント】		
研究目的が明確であり、実施状況も優れている。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見 誠規

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 ( A )	
2. 研究実施状況	評点 ( A )	
3. 研究成果	評点 ( A )	
【小課題2.3へのコメント】		
研究目的が明確であり、実施状況も優れている。		
【テーマ2の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】		
微細構造を有するマイクロ流路内での細胞の挙動解析，ナノ構造表面を用いた組織再生，表面機能を付与した基板上での細胞培養はテーマ1で研究する基礎技術の生体医工学への応用として適しており，関連性もよい。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見 誠規

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 ( A )	評点 ( A )
2. 研究実施状況	評点 ( A )	評点 ( A )
3. 研究成果	評点 ( A )	評点 ( A )
【小課題3.1へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。		
【小課題3.2へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見 誠規

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 ( A )	
2. 研究実施状況	評点 ( A )	
3. 研究成果	評点 ( A )	
【小課題3.3へのコメント】		
研究目的が明確であり、実施状況も優れている。		
【テーマ3の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】		
テーマ1で研究される基礎技術との関連がもう少し示されると良い。特に材質の違い（布地と金属や高分子材）や生成するジェットの挙動と表面創成技術とに関係性がないように見える。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。（必須項目）

非常に良い（優）=A            良い（良）=B  
概ね適切（可）=C            改善が必要（不可）=D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第1回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見 誠規

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 ( A )	評点 ( A )
2. 研究実施状況	評点 ( A )	評点 ( A )
3. 研究成果	評点 ( A )	評点 ( A )
【小課題4.1へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。		
【小課題4.2へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。		
【テーマ4の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】  テーマ1で開発する表面機能、加工技術の応用として適している。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。  
非常に良い（優）＝A            良い（良）＝B  
概ね適切（可）＝C            改善が必要（不可）＝D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.1の評価	小課題1.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (B)
<b>【小課題1.1へのコメント】</b> 自己組織的な原理に基づくプロセスを検討している点は興味深い。対象とする材料が有機/無機を含めた多様なもので広い応用が期待され、ナノワイヤの創成や応用を検討している点は、興味深い。業績も十分にあり、目的達成度も高いと判断できる。 体系化を目標としているので、一般化に向けた検討をあると更によくなると期待できる。		
<b>【小課題1.2へのコメント】</b> PTFEの微細加工に加え、表面修飾によって機能を発現する点は興味深い。ポリマーの相分離を用いた構造形成法も、プロセスの多様性を増すのに寄与している。 ポリマーブラシを用いた機能発現については、その耐久性評価なども加えると応用に近づくと考えられる。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.3の評価	小課題1.4の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<b>【小課題1.3へのコメント】</b> EWODによる液滴駆動の内容は理解できるが、表面機能を目的とした研究で、今回調べた内容が表面コーティングの影響であるならあれば、もう少し表面構造や特性の違いを調べることも必要と考えられる。		
<b>【小課題1.4へのコメント】</b> 液中放電加工にマイクロバブルを加えるアイデアは興味深いと考えられ、単発放電による加工メカニズムを調べたことは意義深いと考えられる。しかし、「機能創成」を題目に加えている以上、なんらかの機能評価を加えた方がよいと考えられる。		
<b>【テーマ1の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 基礎技術の体系化に向け、多様なプロセスについての蓄積が進んでいると判断できる。 特に機械的あるいはMEMS的なものと化学的なプロセスが組み合わされているのは独創的と判断できる。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (A)
<b>【小課題2.1へのコメント】</b> せん断流による刺激を与えながらの細胞培養など興味深い実験に取り組んでいる。表面構造の影響についてはさらに系統的な実験を継続する必要があると思われるが、興味深い成果が得られると判断できる。業績も十分に出ている。マイクロコイルばね上での培養がどのような意味を持つのか理解ができなかったもので、具体的な応用場面を示す必要もあると考える。		
<b>【小課題2.2へのコメント】</b> フェムト秒レーザーの照射でできたナノ周期表面構造によって、培養細胞 scSAT の機械的特性が異なることを見出したことは評価に値する。業績も十分に出ていると判断できる。培養後の組織がどのようなになっているかを精査することでメカニズムの解明とさらなる発展も期待できる。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (A)	
<b>【小課題2.3へのコメント】</b> 多様な規則構造を用意して細胞培養実験を行って細胞の配向などを確認した点は評価に値する。業績も十分に出ている。配向メカニズムの解明まで踏み込めるとさらによいと考えられる。更なる発展に期待したい。		
<b>【テーマ2の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 表面構造と細胞培養およびその機械特性への影響など興味深い成果が出ており、業績も十分と判断できる。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<b>【小課題3.1へのコメント】</b> スポーツウェアのたるみが問題になることは理解できたが、「たるみ」をどのように定量化するか、などの課題にも取り組む必要があると考える。さらに腕ふりのような姿勢変化が起こった際にはさらに現象が複雑化すると考えられる。解決すべき課題を整理し、中長期的な研究計画を立てる必要もあろうかと考えられる。		
<b>【小課題3.2へのコメント】</b> くちばし状のスロットは興味深いですが、ここに表面構造を設けることでさらに興味深いテーマになるのではないかと考える。例えば、非対称のリブレット構造を設けることで流動の方向性を調整するなどの派生テーマも考えられる。更なる発展するに期待したい。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (B)	
<b>【小課題3.3へのコメント】</b> 今年度のテーマは熱交換面の材質が研究の主対象であり、時間経過とともに液滴（液膜）の濡れ広がり状態が変わるのは興味深かった。せつくなのでその原因を調べる必要もあると考える。 また、表面に微細構造を設けた場合に性能がどのように変化するか興味深い。		
<b>【テーマ3の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 必ずしも表面構造に関する議論がなされていない。今後の更なる展開が期待される。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。（必須項目）

非常に良い（優）=A                      良い（良）=B  
概ね適切（可）=C                      改善が必要（不可）=D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (C)
<b>【小課題4.1へのコメント】</b> アメンボの推進機構に関するモデル化は興味深かった。しかし、足が部分的に沈みながら自重を支えるモデルでは毛管長も考慮する必要があると考えられる。 昨年度も指摘したことであるが、表面構造を議論する上で、足先の表面にナノ構造を設ける等の工夫を加えると更に興味深いものとなると考えられる。		
<b>【小課題4.2へのコメント】</b> 複雑なシステムを考えて具体化している点は意義深いと考えられるが、全体像が捉えにくい。例えばチップコンデンサを対象として人が操作をする場面はどのようなものか、双腕マニピュレータにする意図は何なのか、さらにメンタルロードを示すのは何のためなのか。 速度に依存して液架橋力が変化するという事は、接触面積あるいは接触状態が変化するためなのか、考察を示す必要があると考える。		
<b>【テーマ4の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> マイクロメカトロニクスという言葉でイメージする内容は聞く人毎に異なってしまふ。定義を最初に明確にする方が良いと考えられる。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.1の評価	小課題1.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (C)
<p><b>【小課題1.1へのコメント】</b></p> <p>ポーラスアルミナ被膜に関しては、<math>\alpha</math>アルミナで規則性の高い構造を作製することに成功している。制御性の高い手法によって、安定性の高い<math>\alpha</math>アルミナの周期的構造を得られたことに大きな意義がある。その特性についても調べられ、濡れ性に関して興味深い現象が確認されている。孔径や膜厚と濡れ性の関係に関して、そのメカニズムが明らかになれば、新しい機能の発現に結びついたり、構造作製にフィードバックされたりすることも期待できる。</p> <p>GaAs ナノワイヤに関しては、ウェットプロセスによって、環境負荷の小さな半導体プロセスを作製しようという目的は明確である。基板表面の親水性/疎水性のパターニングを行い、ナノワイヤの選択的配置に成功している。期待されている特性はまだ得られていないが、その理由と対策は示されており、今度の進展が期待される。</p> <p>研究成果に関しては、査読付き論文10件を始め、十分な成果が得られている。</p>		
<p><b>【小課題1.2へのコメント】</b></p> <p>高分子を用いて、材料の構造や表面パターンの制御を行い、摩擦特性の改善に取り組んでいる研究に関しては、トライボロジーの分野では同様な基礎的なアプローチによる研究は少なく、独自性の高い研究である。CaCO<sub>3</sub>をポリマーにブレンドする材料に関しては固体潤滑の特性を、表面構造付与に関しては流体を用いた潤滑特性を検討しており、それぞれの特性を活かしたアプローチであると認められる。</p> <p>ポリマーブラシのトライボロジー特性に関しては、他の複数の研究機関でも活発に取り組まれている課題であり、独自性を出すための戦略や工夫が必要と思われる。前半のテーマとの融合によって、独自性を出すことも有効である。</p> <p>研究成果に関しては、国際会議も口頭発表は十分にあるが、査読付き論文が0件というのが気になる。計画的に論文投稿を進めることが望まれる。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.3の評価	小課題1.4の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (C)	評点 (B)
<b>【小課題1.3へのコメント】</b> 電圧制御によって、微小な液滴を制御することを目的とした研究であり、液滴の排出という具体的な目標を設定している。多様な種類のデバイスを開発し、液滴移動の実験まで進めていることは高く評価される。液滴の運動について、力学的な考察を深めることで、効率的な設計につながることを期待される。共同研究として研究を進めたり、製品化をターゲットにしたりすることも研究を進展させていくために有効な場合もあり、研究のフェーズによっては検討すべきである。 成果発表に関しては、口頭発表が2件と、研究内容と比較して少ない。論文投稿も含めて計画的に成果発表を行うことが望まれる。		
<b>【小課題1.4へのコメント】</b> マイクロバブルの放電加工への影響に関しては、パルス電圧の印可によってその特性を明らかにしている。また、永久磁石の磁束密度低下に関しては、熱の影響であることを確認している。いずれも今後の研究を展開させていくための有用な結果が得られている。今後は、これらの知見を元に、研究をさらに発展させ、高品位、高効率な放電加工の条件を明らかにし、その適用範囲を広げていくことが期待される。しかしながら、機能表面研究センターのテーマとしてみた時に、表面との関係が分かりにくかった。研究成果は、論文発表もあり、良好なレベルにある。		
<b>【テーマ1の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 全体として、研究成果は順調に得られている。一方、テーマ間の連携は進んでいないように見える。個別にテーマを進めていくことは効率的な面もあるが、あえて連携の苦勞をすることで、研究が大きく展開することもある。常に、連携を視野に入れて研究を進めていくことが望まれる。 第一回評価への対応に関しては、発表や予稿集からでは、判断できなかった。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A            良い(良) = B  
概ね適切(可) = C            改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	<u>評点 (B)</u>	<u>評点 (A)</u>
2. 研究実施状況	<u>評点 (B)</u>	<u>評点 (B)</u>
3. 研究成果	<u>評点 (A)</u>	<u>評点 (A)</u>
<b>【小課題2.1へのコメント】</b>  流体の流れ、機械的刺激、表面構造や表面の性状を制御することによって、細胞の成長がどのように変化するかを検討しており、センターのテーマとの整合性も高い。多様な条件を設定して、それぞれに対して興味深い結果が得られている。このペースで実験を進め、その上で結果を整理し、有効な条件を模索することでより一層の研究の進展が期待される。  研究成果としては、2報の査読付き論文、多数の国際会議プロシーディングがあり、優秀なレベルにあると認められる。		
<b>【小課題2.2へのコメント】</b>  ナノ構造を有する表面上で軟骨細胞を培養し、その特性を明らかにしている。培養した軟骨の移植まで行っており、実用的な展開まで見据えた骨太の研究である。細胞培養に関しては、基板の周期構造の効果が確認され、さらに引っ張り試験においても、Nano-PDMS 群の組織では引張強度の増加が示されるなど、期待通りの結果が得られている。しかし、移植の結果は予想に反しており、今後の検討が必要である。しかしながら、予想と反する結果が得られたことは、その原因を追究することによって新たな研究の展開につながることから、必ずしもネガティブに捉える必要が無いことを指摘しておきたい。  研究成果としては、3報の査読付き論文、国際会議の発表を含む5件の口頭発表があり、優秀なレベルにあると認められる。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	<u>評点 (B)</u>	
2. 研究実施状況	<u>評点 (B)</u>	
3. 研究成果	<u>評点 (B)</u>	
<b>【小課題2.3へのコメント】</b>  ポーラスシリコンを利用して、細胞の成長に与える影響を検討している。ポーラスシリコンとシリコンを交互に配列させたパターンを用いて、親水性が細胞の成長に影響を与えている可能性があることを明らかにしている。ポーラスシリコンの応用という観点からとらえたときに、研究への利用、あるいは実用面への展開の可能性もあり、有効な研究の進め方と見ることができる。  研究成果に関しては、6件の査読付き論文があるが、そのうち5件が小課題1.1の成果と重複しているため、本課題の成果として正確に判断することは難しい面もあるが、良好なレベルにあると推察される。		
<b>【テーマ2の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b>  全体として、研究成果は順調に得られている。また、細胞を扱っていることからテーマ間の整合性も高いと思われる。それぞれのテーマを進めるグループにおいて、得意とする技術が異なることから、学生を相互に派遣し合い、交流を進めることによって、それぞれのテーマが発展することが期待される。個別にテーマを進めていくことは効率的な面もあるが、他のグループの新しい手法を取り入れたり、得意とする技術によって協力したりすることで、研究のレベルが高まることも多い。したがって、常に連携を視野に入れて研究を進めていくことが望まれる。  第一回評価への対応に関しては、発表や予稿集からでは、判断できなかった。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (C)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (C)	評点 (A)
<p><b>【小課題3.1へのコメント】</b></p> <p>実用的な目標を設定して研究を進めており、そのため研究成果が分かりやすいテーマである。広く社会から注目されるテーマであり、有用な技術を開発することができれば、プロジェクトの存在意義を大きくアピールできると期待される。</p> <p>研究の進め方に関しては、実用的な目標を設定しているために、試行錯誤的な製品開発に近いアプローチとなっている印象がある。流体抵抗を低減するために効果的なパラメータを抽出した上で、さらにそのメカニズムを定量的な観点も加えて検討することで、新しい開発の道筋が見えてくる可能性もある。</p> <p>研究成果としては、実用的なアプローチが中心のためか、論文発表が少ない点が気になる。可能な限り論文発表を目指すとともに、分かりやすい結果が得られたらプレス発表を検討しても良いだろう。</p>		
<p><b>【小課題3.2へのコメント】</b></p> <p>シンセティックジェットによって推力を得ることを目的とした研究である。実験と数値解析の両面からのアプローチによって研究を進めており、それぞれの結果が一致していることなどから、順調に研究が進展しているように見受けられる。シンセティックジェットの波動について、くちばし形状を設けたスロットでは自由噴流とは明確に異なることを確認し、スロットの非対称性により制御可能であることを明らかにしている。現象の解明という面からは十分な成果が得られていると認められるが、研究テーマとして「マイクロ推進体への応用」とあるので、次のステップとして、応用への道筋を示すことが期待される。</p> <p>研究成果としては、査読付き論文が4件あることから、優秀なレベルにあると認められる。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	<u>評点 (B)</u>	
2. 研究実施状況	<u>評点 (C)</u>	
3. 研究成果	<u>評点 (C)</u>	
<b>【小課題3.3へのコメント】</b>  表面の微細構造を制御することで、沸騰と凝縮を制御することを目的とした研究である。微細構造として、スパッタ成膜した表面を用いて、熱流束や熱伝達率を測定した上で、凝縮への影響を検討している。Cu、Cr、Ti、Ag、Pbなどの金属によって、凝縮の様子が異なることを明らかにしている。しかしながら、表面の構造に関しては、表面粗さの測定だけとなっており、本来の目的である微細構造の影響に関する検討が不足していると思われる。目標とする寿命を達成するためのシナリオが不十分であるという印象を受ける。  研究成果に関しては、国際会議や国内会議の口頭発表があることから、概ね適切なレベルにあると認められる。		
<b>【テーマ3の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b>  流体応用という観点からまとめられたテーマであると思われ、小課題間で技術的な関連性を見いだすことが困難であるという印象を受けた。それぞれのテーマにおいて、概ね順調に研究が進展しているため、全体としても良好なレベルにあると認められる。しかし、研究の向かう方向が分かりにくかったり、研究の進め方に一貫性が感じられなかったりする部分もあった。このようなプロジェクトの場合、短期的な成果を求められるため難しい面もあるだろうが、できればテーマ全体を通して大きな目標を立て、それを常に意識して研究を進めていくことが重要であると思われる。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (C)	評点 (C)
<p>【小課題4.1へのコメント】</p> <p>円筒面に対して、レーザー加工を行い、アメンボの足に見立てて、水上を歩くロボットの開発に取り組んでいる。水面の形状が変化した時に、表面張力によって受ける力を検討しており、実験を理論と良い一致が見られている。実際に水面を移動するロボットを作製しており、研究の進捗状況は極めて順調である。</p> <p>研究成果に関しては、論文発表等の件数は少ない点が気になる。しかし、一般の人にとっても分かりやすく興味を惹かれる内容なので、プレス発表などを積極的に行い、プロジェクトの広報に役立てることを検討して欲しい。</p>		
<p>【小課題4.2へのコメント】</p> <p>表面張力を利用して、微小物体のハンドリングに取り組んでいる。引き上げ速度によって、把持とリリースを制御できることを確認している。また、2本の針を組み合わせたマニピュレータの開発や、感性評価にも取り組んでいる。微細構造の適用に関しては、3次元プリンタを用いて取り組んでいるが、マニピュレータの作製に当たっては、新宿キャンパスにこだわることなく、八王子キャンパスの施設を積極的に利用して、効率的な開発をすることを検討して欲しい。</p> <p>研究成果に関しては、国際会議での発表が3件あり、概ね適切なレベルにあると認められる。</p>		
<p>【テーマ4の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</p> <p>表面微細構造の効果がマクロな領域で見られる現象としては、液体の濡れ性の制御があり、本テーマにおいては、液体の濡れ性を効果的に利用して新しいデバイスを実現している。プロジェクト全体を見た時に、開発された表面構造の効果を分かりやすく示すテーマでもあるため、他のテーマの中で開発された構造を積極的に利用すること検討して欲しい。また、一般の人から見た時も興味を持たれる内容であることから、プロジェクトのプレゼンスをアピールすることを視野に入れて研究を進めていくことも考えられる</p>		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.1の評価	小課題1.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (A)
【小課題1.1へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。本年度より取り組む電子デバイスの開発では、デバイス開発に使用するナノ構造半導体材料の表面構造評価も行っており、主目的が何か不明瞭に見える。		
【小課題1.2へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。材料設計、成形加工、表面構造付与、異種高分子複合化と様々な方法が検討されており、最終的に統一的な見解が示されることを期待する。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.3の評価	小課題1.4の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (A)
【小課題1.3へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。内容的に機能表面を有するデバイスの開発であり、プロジェクトにおける応用テーマの内容のように見える。		
【小課題1.4へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。マイクロバブルを利用した機能膜の生成について研究結果が期待される。		
【テーマ1の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】  対象とする材料や表面の構造、機能などが幅広く扱われている。分野横断的な知識の整理、体系的な理解が示されることを期待する。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (A)
【小課題2.1へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。		
【小課題2.2へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (A)	
3. 研究成果	評点 (A)	
【小課題2.3へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。		
【テーマ2の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】  微細構造を有するマイクロ流路内での細胞の挙動解析，ナノ構造表面を用いた組織再生，表面機能を付与した基板上での細胞培養はテーマ1で研究する基礎技術の生体医工学への応用として適しており，関連性もよい。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (A)
【小課題3.1へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。内容的に表面の機能や構造との関係が示されているとプロジェクト的に良い。		
【小課題3.2へのコメント】  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。内容的に表面の機能や構造との関係が示されているとプロジェクト的に良い。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (A)	
3. 研究成果	評点 (A)	
<b>【小課題3.3へのコメント】</b>  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。伝熱面の表面性状が相変化を伴う熱流動に与える影響は大きい。本研究は表面の伝熱機能としての基礎的内容を含むため、研究テーマ1としての成果も期待される。		
<b>【テーマ3の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b>  テーマ内容である表面機能の種々の分野への応用に対して、各小課題での取り組みに差が見られる。テーマ1で研究される基礎技術との関連がもう少し示されると良い。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第2回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (A)
<b>【小課題4.1へのコメント】</b>  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。本研究は表面の構造と機能との関係についても取り組み、表面機能の原理解明も含まれるため、研究テーマ1としての成果も期待される。		
<b>【小課題4.2へのコメント】</b>  研究目的が明確であり、実施状況も優れている。		
<b>【テーマ4の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b>  テーマ1で開発する表面機能、加工技術の応用として適している。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.1の評価	小課題1.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (A)
<p>【小課題1.1へのコメント】</p> <p>三角柱を含めたユニークな規則形状の製作法を数多く示した点は高く評価できる。今後の一般化・体系化を踏まえると、所望の形状を得るための条件を示すための関係性を整理する必要もあると考えられる。新たな機能が発現できると更に興味深い。</p> <p>結果として得られた GaAs ナノワイヤのトランジスタ特性の確認に続き、センサ等のデバイスへの応用が期待される。</p>		
<p>【小課題1.2へのコメント】</p> <p>ポリマー材料の摩擦を議論する際に、ヤング率などの機械特性を統一しなければ比較が難しいと考えられる。炭素繊維を混入した意図（特に機能性との関連）を明確にした方が研究としての魅力が増すと考えられる。レーザ溝加工と摩擦係数の関係を議論する際に、基本的な原理にも言及する方が他者の理解を得やすい。</p> <p>ポリマーブラシは今後の発展が期待される分野の一つと考えられる。一般化・体系化を考えたときに、基板との接合強度に関する原理的な説明が必要と考える。また、機能の多様性を示すために終端基の多様性・可能性も示す必要もあると考える。</p> <p>微小なしわ構造を利用した発想は興味深いものであるが、PDMS との接着力を考えると応用先や面圧条件などを限定した方が良いと考えられる。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A            良い(良) = B  
概ね適切(可) = C            改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.3の評価	小課題1.4の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (A)
<p><b>【小課題1.3へのコメント】</b> EWODの実験で、最表面の断面曲線を調べて粗さなどの条件を統一しないと電極パターンの比較は難しいと考えられる。特にピニングの影響を避ける必要もある。 また、表面張力を利用したメカニズムであるため、毛管長より長い大きな液滴（重力が支配的）を対象にしない方が良いと考えられる。</p>		
<p><b>【小課題1.4へのコメント】</b> ガス種の違いで空間波長（周期）が異なる点は興味深く、これを任意に調整できるならば別の応用も考えられる。ポーラス構造も触媒担持体等の様々な応用が考えられる。</p>		
<p><b>【テーマ1の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 基盤技術として多様な材料を用いて多様な構造ができるようになったことは評価に値する。しかし、「機能」の対象が必ずしも明確にされていないため、構造との関連が希薄に見える場面がある。機能を広く定義した後、対象とする機能を絞ってから議論を始めると他者は理解しやすいと考えられる。 また、成果の公開に関しては複数の学会との連携を示すなどの活動があってもよいかと考えられる。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い（優）=A                      良い（良）=B  
概ね適切（可）=C                      改善が必要（不可）=D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (A)
<b>【小課題2.1へのコメント】</b> 細胞へ刺激を与えるということと、多様な試みを行っている点は理解・評価できる。しかし、最終目的あるいは応用が必ずしも他者に伝わってこない。それぞれの刺激にどのような意図があるのかを整理する必要もあると考える。		
<b>【小課題2.2へのコメント】</b> ナノ構造で軟骨修復の効率が上がるという結果は貴重なものと評価できる。原理的な制約はあるものの、周期構造をさらに調整してピッチの最適化が図れると更に良いと考えられる。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (A)	
<b>【小課題2.3へのコメント】</b> シリコン上にハイドロキシアパタイトの固定化を行った点は興味深い。生体適合性を含めた今後の機能確認に期待がかかる。		
<b>【テーマ2の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 細胞に対する刺激付与、組織としての軟骨修復、そしてハイドロキシアパタイト構造が製作できるようになり、今後の発展が期待できる。 できれば軟骨以外の研究の応用先を少し明確にできると、他者はその意義を理解しやすくなると考える。 また、成果公開の観点からは複数の関連学会との連携を示すなどの活動があってもよいと考えられる。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (A)
<b>【小課題3.1へのコメント】</b> 単純な円筒に腕を付加した実験は評価できる。しかし、スポーツウェアの抵抗評価は定常状態より非定常状態で行う方が実態に合っていると考えられる。実験上の制約があるのであれば、過渡状態の抵抗を評価することにも意義があると考ええる。		
<b>【小課題3.2へのコメント】</b> 自走式カプセル内視鏡などの応用を明確にした点は評価できる。トリッピングワイヤの説明等はもう少し丁寧にしないと他者には難解である。表面に構造を設けることを含め、更なる発展に期待したい。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (B)	
<b>【小課題3.3へのコメント】</b> 膜状凝縮より滴状凝縮の方が伝熱機能の向上が図れることは理解したが、今回の結果は材質の影響のみであり、表面構造まで言及できていない。今後の更なる発展に期待したい。		
<b>【テーマ3の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> スポーツウェア、推進機構および熱交換機と多様な応用に関連した内容は興味深い。しかし、表面構造との関連が必ずしも議論されていない。更なる発展に期待したい。 また、成果公開の観点からは、複数の学会との連携を示すなどの活動があってもよいかと考えられる。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 ( )
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 ( )
3. 研究成果	評点 (B)	評点 ( )
<p>【小課題4.1へのコメント】</p> <p>アメンボの足とトンボの羽根を対象にした研究に単純な興味は持てるものの、メカトロニクスという以上、工業的応用等の視点がほしいところである。</p> <p>単純な興味に関連してしまうが、トンボの羽根のとげが有する機能を明らかにするなどの視点があってもよいと考える。</p>		
<p>【小課題4.2へのコメント】</p> <p>今回発表がなかったため、特になし。</p>		
<p>【テーマ4の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</p> <p>個々の研究の趣旨は理解できるが、テーマ4の前提となる、マイクロメカトロニクス固有の課題を一度整理しておく方がよいと考えられる。</p> <p>また、成果公開の観点から、複数の学会との連携を示すなどの活動があってもよいと考えられる。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題 1.1 の評価	小課題 1.2 の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (B)
<p><b>【小課題 1.1 へのコメント】</b> 自己組織化により整列したシリカ微粒子を利用し、ウェットエッチングを組み合わせることで GaAs 基板上に周期性の高い構造が得られている。さらに、エッチング液の種類を変えることなどにより、多様な構造を得ることに成功している。次のステップとして、得られた構造の応用が期待されるアプリケーションを特定し、それを踏まえて研究の方向性を定めることが望まれる。アノードエッチングで作製した GaAs ナノワイヤの薄膜デバイスへの応用に関しては、ウェットプロセスによって、環境負荷の小さな半導体プロセスを作製しようという目的は理解出来る。絶縁膜を除去したことで、As の析出が問題となったが、それについては、逆電解によって解決し、トランジスタ特性が得られることを示すことに一応成功している。理想とされるトランジスタ特性を得るために、今後どのような方針で取り組むのかを検討する必要がある。なお、他のテーマとの連携を積極的に行っていることは高く評価できる。 研究成果に関しては、Nano Letter など査読付き論文 12 報があり、十分な成果が得られている。</p>		
<p><b>【小課題 1.2 へのコメント】</b> 高分子を用いて、材料の構造や表面パターンの制御を行い、摩擦特性の改善に取り組んでいる研究に関しては、トライボロジーの分野では同様な基礎的なアプローチによる研究は少なく、独自性の高い研究である。CaCO<sub>3</sub> をポリマーにブレンドする材料に関しては、分散工程の改善を行うことで、ナノフィラーの分散性が摩擦特性を改善するカギであることを示している。 ポリマーブラシのトライボロジー特性に関しては、親油性のポリマーブラシ薄膜を作製することに成功し、溶媒としてトルエンを利用した時に摩擦係数が低下することを示している。多くの機械が潤滑油中で動作することを考えたときに、耐久性の問題を解決することができれば、実用面での期待が高い取り組みである。しわによるパターンニングについても、他のテーマとの連携の可能性も含めて、今後の展開が期待される 研究成果の公表に関しては、査読付き論文 2 報の他に国際会議での発表もあり、活発に行われている。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点が C、D の場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.3の評価	小課題1.4の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<p>【小課題1.3へのコメント】</p> <p>電圧制御によって、微小な液滴を制御することを目的とした研究であり、液滴の排出という具体的な目標を設定している。矩形およびくの字型の電極を並べ、液滴の移動を行ったときに電極の形状によって移動速度の特性に差が生じることを示し、その原因を明らかにしている。アプリケーションを特定した上で、共同研究として研究を進めたり、製品化をターゲットにしたりすることも研究を進展させていくために有効な場合もある。研究のフェーズを踏まえながら、適用分野を検討することが望まれる。</p> <p>成果発表に関しては、査読付き論文が1報、口頭発表が2件と、活発に行われている。</p>		
<p>【小課題1.4へのコメント】</p> <p>マイクロバブルの放電加工への影響に関しては、窒素含有マイクロバブルを加工液に導入することによって、表面を窒化させることに成功している。もし緻密な膜が得られているとすると、例えば、酸化膜の抑制に利用することも期待される。圧粉体電極による気中放電堆積加工においては、装置の検討から始めることで、金属膜の成膜に成功しており、順調に成果が得られている。研究成果は、論文発表もあり、概ね満足出来るレベルにある。</p>		
<p>【テーマ1の総合所見、第2回評価への対応、および今後に対する提言】</p> <p>全体として、研究成果は順調に得られている。テーマ間の連携も一部では進みつつあるように思われる。今後もより積極的に、連携の可能性について検討を進めていくことが望まれる。研究や開発された技術のレベルとしては、十分に魅力あるものになっている。技術の開発という観点からは、例えば企業との共同研究を行うことで開発のニーズを掴み、それを意識して目標を設定することで、研究が深まる面もあるので、そのような研究ベクトルを追加することも期待される。</p> <p>第2回評価への対応に関しては、意識して発表が行われている印象を受けた。</p>		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題 2.1 の評価	小課題 2.2 の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (A)
<p><b>【小課題 2.1 へのコメント】</b>            マイクロ尾根構造やコイルばね等のミクロンスケールの表面形状が筋芽細胞の成長や移動に与える影響、過重力や電気パルスの影響などについて検討を進めている。センターのテーマとの整合性も高く、それぞれの実験で興味深い結果が得られている。しかしながら、細胞の特性の理解を進める上で、どのような方向で研究を進めようとしているのか分かりにくかった。結果を整理し、細胞の成長や移動に与える特徴的な因子を抽出し、踏み込んで検討を進めることが期待される。            研究成果としては、2 報の査読付き論文、多数の国際会議プロシーディングがあり、優秀なレベルにあると認められる。</p>		
<p><b>【小課題 2.2 へのコメント】</b>            ナノ構造を有する表面上で軟骨細胞を培養し、その特性を明らかにしている。培養した軟骨の移植により動物実験まで実施しており、基礎から実用的への展開を目指した本格研究である。レーザーによりナノ表面構造を作製し、その上で培養した細胞 (nano-SAT) が方向性を有しており、機械的にも優位な特性が得られることを明らかにした。さらに、Nano-SAT を動物に移植した時に、組織の修復が良好な状況にあることをまで確認している。さらに、腱への適用についても、検討を進めている。研究の目的から外れること無く、極めて順調に研究が進んでいると高く評価出来る。            研究成果としては、7 報の査読付き論文があり、極めて優秀なレベルにある。</p>		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い (優) = A            良い (良) = B  
 概ね適切 (可) = C            改善が必要 (不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点が C、D の場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (B)	

【小課題2.3へのコメント】

ポーラスシリコンを利用して、細胞の成長に与える影響を検討している。ポーラスシリコンとシリコンを交互に配列させたパターンを用いて、それぞれの材料上で、細胞の成長が異なることを明らかにしている。また、ハイドロキシアパタイトの形成についても、その特性について検討している。親水性/疎水性の影響という観点で整理されているが、粗さなど他のパラメータがどのように影響しているかが分かりにくかった。テーマ2内での情報交換や議論を行うことで、ポーラスシリコンの特性についても理解が深まると考えられる。

研究成果に関しては、6報の査読付き論文があるが、小課題1.1の成果と重複しているため、本課題の成果として正確に判断することは難しい。

【テーマ2の総合所見、第2回評価への対応、および今後に対する提言】

全体として、研究成果は順調に得られている。また、細胞を扱っていることからテーマ間の整合性も高いと思われる。それぞれのテーマを進めるグループにおいて、得意とする技術が異なることから、学生を相互に派遣し合い、交流を進めることによって、それぞれのテーマが発展することが期待される。個別にテーマを進めていくことは効率的な面もあるが、他のグループの新しい手法を取り入れたり、得意とする技術によって協力したりすることで、研究のレベルが高まることも多い。したがって、常に連携を視野に入れて研究を進めていくことが望まれる。

第一回評価への対応に関しては、発表や予稿集からでは、判断できなかった。

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (C)
2. 研究実施状況	評点 (C)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (C)	評点 (A)
<p><b>【小課題3.1へのコメント】</b></p> <p>実用的な目標を設定して研究を進めており、そのため研究成果が分かりやすいテーマである。有用な技術を開発することができれば、プロジェクトの存在意義をアピールできると期待される。</p> <p>昨年の報告では円筒を用いた検討であったのに対し、今年度はマネキンを用いた検討結果が報告された。円筒とマネキンとで異なる傾向が得られたことに対して、腕を模した円筒モデルを利用した検討を行うとともに、PIV計測による解析も進めているが、目標達成の見込みはまだ得られていないようである。より効果が得られるアプリケーションを探索し直すことを検討しても良いだろう。</p> <p>研究成果としては口頭発表が1件と少ない。発表を行い、フィードバックを得ることで研究が進むことがあるので、より積極的な発表を心がけて欲しい。</p>		
<p><b>【小課題3.2へのコメント】</b></p> <p>シンセティックジェットによって推力を得ることを目的とした研究である。実験と数値解析の両面からのアプローチによって研究を進めており、順調に研究が進展しているように見受けられる。剥離点の制御について検討するために、トリッピングワイヤを用いた検討も行っている。現象の解明という面からは興味深い結果が得られていると認められる。しかし、研究テーマの「マイクロ推進体への応用」という観点では、どのような機構あるいは環境で応用していくのかが示されていない。次のステップとして、応用への道筋を示すことが期待される。</p> <p>研究成果としては、査読付き論文が4件、学会発表が8件と、優秀なレベルにあると認められる。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	
2. 研究実施状況	評点 (C)	
3. 研究成果	評点 (B)	
<b>【小課題3.3へのコメント】</b> 表面の微細構造を制御することで、沸騰と凝縮を制御することを目的とした研究である。表面粗さに関してはレーザ顕微鏡による測定を行い、吸着力をAFMによって測定している。AFMによる付着力と接触角の相関が得られている。表面粗さと凝着形態の関係について明確な結果は得られていないとのことであるが、レーザ顕微鏡やAFMを用いているのであれば、粗さ以外の形状パラメータについての検討を行うべきであり、本来の目的である微細構造の影響に関する検討が不足している。目標とする寿命を達成するためのシナリオが不足している印象を受ける。 研究成果に関しては、5件の国際会議の発表などがあることから、概ね適切なレベルにあると認められる。		
<b>【テーマ3の総合所見、第2回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 流体応用という観点からまとめられたテーマであると思われ、小課題間で技術的な関連性を見いだすことが困難であるという印象を受けた。それぞれのテーマにおいて、研究の進捗状況にバラツキはあるが、全体としても妥当なレベルにあると認められる。しかし、アプリケーションを目的としたときに、そこに向かう道筋が分かりにくい印象を受ける。このようなプロジェクトの場合、短期的な成果を求められるため難しい面もあるだろうが、研究を進める上での問題点を整理するとともに、現実的なアプリケーションを設定して、着実に現象解明を進めながら、技術開発を進めることが望まれる。 第2回評価への対応に関しては、評価コメントを特に意識していないと感じられる面もあった。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 ( )
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 ( )
3. 研究成果	評点 (B)	評点 ( )
<b>【小課題4.1へのコメント】</b> 水面移動ロボットの支持脚、駆動脚の最適化については、これまでに行って検討結果を踏まえて取り組んでおり、着実に研究が進展している様子が見えてくる。羽ばたき飛翔ロボットについては、羽根の角度を自由に換えられるロボットを設計し、実際にロボットを製作している。その上で、トンボの羽と同様なトゲ構造を付して、推力が増加することを示している。2つのテーマ共に、着実な研究の進め方をしており、今後も順調に研究が進展していくことが期待出来る。 研究成果に関しては、論文発表が行われていない点がやや気になる。ある程度結果がまとまったところで、論文発表や大きな国際会議での発表についても積極的に取り組んで欲しい。		
<b>【小課題4.2へのコメント】</b>		
<b>【テーマ4の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> プロジェクト全体を見た時に、開発された表面構造の効果を分かりやすく示すテーマでもあるため、他のテーマの中で開発された構造を積極的に利用すること検討して欲しい。また、一般の人から見た時も興味を持たれる内容であることから、プレス発表などを積極的に行い、プロジェクトの広報に役立てることも検討すべきであろう。 第一回評価への対応に関しては、発表や予稿集からでは、判断できなかった。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.1の評価	小課題1.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (A)
【小課題1.1へのコメント】  マイクロ、ナノレベルの構造体を作製する手法が確立されており、他テーマへ材料提供する実用段階にある。実施状況も優れており、十分な成果が得られている。		
【小課題1.2へのコメント】  摩擦、磨耗などのトライボロジー特性を向上させるトライボマテリアルの開発は工業的に有用性が高い。トライボマテリアルの開発手法として材料設計、成形加工、表面構造付与、高分子薄膜の付与が検討されており実施状況も良い。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.3の評価	小課題1.4の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (A)
【小課題1.3へのコメント】  細胞培養等で必要となる分注作業への応用を想定し、材料表面の局所的な濡れ性を制御して液滴の輸送、生成が行われており、実施状況も優れている。		
【小課題1.4へのコメント】  高エネルギーのパルスビーム加工を用いた材料表面の機能創成が行われており、微細加工技術の確立として期待される。研究の実施状況も良い。		
【テーマ1の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】  対象とする材料や表面の構造、機能などが幅広く扱われている。分野横断的な知識の整理、体系的な理解が示されることを期待する。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (A)
【小課題2.1へのコメント】  表面の疎水性・親水性を制御する技術を応用して、細胞の挙動、組織の形成を観察するための実験システムの開発が行われており、実施状況も良く、十分な成果が得られている。		
【小課題2.2へのコメント】  微細加工技術により作製されたナノレベルの周期構造と粗さを有する培養基板を用いて組織生成を行い、その機能評価が行われている。実施状況は優れており、十分な成果が得られている。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (A)	
3. 研究成果	評点 (A)	
<b>【小課題2.3へのコメント】</b>  細胞表面と他物質との界面において必要となる表面機能を実現するための微細構造について研究が進められており、実施状況は良い。しかし微細構造の作製技術の確立が主目的となると、小課題1.1と類似点が見られ、生体医工学分野への応用として不明瞭になる。		
<b>【テーマ2の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b>  表面の機能制御技術を利用した実験システムの開発、表面機能を付与した基板上で培養した細胞の評価はテーマ1で研究する基礎技術の生体医工学への応用として適しており、関連性もよい。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (A)
<b>【小課題3.1へのコメント】</b>  低抵抗競泳水着を代表とする低抵抗布地について、流体力抵抗に与える影響が調べられている。実施状況も良い。		
<b>【小課題3.2へのコメント】</b>  シンセティックジェットをマイクロ推進体へ応用するために、円柱壁面噴流に適用して流動特性を調べている。しかし機能表面の応用であるテーマとの関連性が希薄に見える。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (A)	
3. 研究成果	評点 (A)	
【小課題3.3へのコメント】		
伝熱面表面に微細加工を施し、傷寸法や表面の濡れ性を制御することで相変化をともなう熱流動の制御が試みられており、実施状況も良い。		
【テーマ3の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】		
表面機能の各分野への応用が進められているが、テーマ1で研究される基礎技術との関連がもう少し示されると良い。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第3回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 ( )
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 ( )
3. 研究成果	評点 (A)	評点 ( )
【小課題4.1へのコメント】  表面の機能と構造の関係を明らかにし、ロボット開発へ応用されている。実施状況も優れている。		
【小課題4.2へのコメント】  資料がないため、評価できない。		
【テーマ4の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】  テーマ1で研究する表面機能、加工技術の応用として適している。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A

良い(良) = B

概ね適切(可) = C

改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.1の評価	小課題1.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (B)
<b>【小課題1.1へのコメント】</b> 自己組織プロセスでは、一般的にドメイン形成と不規則性は避けられないが、プロセスの進行に伴う規則化は興味深かった。規則性の定量的評価を今後行うのであれば、フーリエ解析などの手法も取り入れる必要があるかと考える。 GaAs ナノワイヤについては、その優位性を原理に基づいて説明するとさらに良いと考える。 また、SAMを用いる点も興味深く、ドーピング以外に多くの機能性付与の可能性を示しては如何か。		
<b>【小課題1.2へのコメント】</b> 研究目的をわかりやすく説明するためには、微細構造を有する表面の摩擦のメカニズムにも言及する方が良いと考える。そのうえで、接触領域に溝構造が含まれる場合の接触状況と摩擦現象を説明すると、結果の理解が容易になりやすいと考えられる。 また、高分子ブラシ薄膜の摩擦特性についてはリンクル構造の作製が大変だったとのことであったが、構造なしのものから基礎的なデータを積み重ねるというアプローチもあると考えられる。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題 1.3 の評価	小課題 1.4 の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<p>【小課題 1.3 へのコメント】</p> <p>具体的な応用を考えると水以外の様々な液体が想定され、表面張力によってどのように結果が異なるのか理論を含めた検討をしておく方が良いと考えられる。</p> <p>液滴を微細化するためにはノズルを通す必要も考えられ、その場合にはノズル前後で高い圧力差を設ける必要もある。</p> <p>液滴移動に関わる基礎的な議論として、ピンング (pinning) の検討が含まれる方が良いと考える。</p>		
<p>【小課題 1.4 へのコメント】</p> <p>断面曲線（場合によっては三次元的な高さ分布）を示す方が良いと考える。Skew の違いがあるのであれば、その影響が出やすい機能を集中的に調べてみるのも良い。</p> <p>また、対称性が異なってくるメカニズムについても考察が進むとさらに良いのではないかと。</p>		
<p>【テーマ1の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</p> <p>トップダウンプロセスとボトムアッププロセスの両方が含まれているため、その体系性を図示する方が良いのではないかと。色々な内容が含まれるだけに、それぞれがどのような位置付けになるかは他者にとっても重要と考える。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い（優）=A            良い（良）=B  
概ね適切（可）=C            改善が必要（不可）=D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (A)
<b>【小課題2.1へのコメント】</b> クエット流れを利用した細胞の配向は興味深い。 また、構造と表面の性質（材料組成、親水／疎水、酸素透過性等）が生体適合性に対する影響は独立ではないと考えられるものの、これらの影響の度合い等が明らかにできると素晴らしい知見と考えられる。		
<b>【小課題2.2へのコメント】</b> CNTは毒性を有するという議論もあるため、CNT端面の性質をもう少し詳しく調べられると良いと考える（これを特定するのはもちろん容易ではないと考えられるが）。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。（必須項目）

非常に良い（優）＝A      良い（良）＝B  
概ね適切（可）＝C      改善が必要（不可）＝D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (A)	
3. 研究成果	評点 (B)	
<b>【小課題2.3へのコメント】</b> バルクが浸食(?)されてポーラス構造として堆積していくプロセスは興味深い。オープンなポアであるならば酸素透過性も高いと考えられ、生体適合性も向上すると考えられる。その原因を明らかにできるとさらに素晴らしい知見になると考えられる。		
<b>【テーマ2の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 容易でないことは承知の上でのコメントとなるが、構造および表面の性質と生体適合性の関係を因果関係的に少しでも明確化できると素晴らしい成果になると考える。 今後の発展に期待する。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (C)	評点 (B)
<b>【小課題3.1へのコメント】</b> 異なる生地に対してドラッグクライシスの差異等の結果が得られた点は興味深いと考えられる。しかし、生地の模様や厚さが異なるようであり、単純な比較ができないと考えられる。特に放熱に関しては汗の蒸発に伴うものがあるはずであり、生地のゆとりの影響も必ずあると考えられる。研究の手順として、それを最初に示す方が良いのではないか。		
<b>【小課題3.2へのコメント】</b> 現象としては興味深いものの、得られる圧力差などが不明のため具体的な応用が想定できない。せっかくなので吐出口の表面に平行溝などを設けるなどの工夫をしてみたいか。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	
2. 研究実施状況	評点 (C)	
3. 研究成果	評点 (C)	
<b>【小課題3.3へのコメント】</b> 凝縮に関して異種金属表面の比較を行った点は興味深いですが、プロセスの影響で表面粗さが異なっている可能性もある。表面性状を確認するとともに、表面エネルギーの違い（接触角でも結構）も比較してみると興味深い知見が得られると考える。		
<b>【テーマ3の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 流動や相変化を含めた興味深いテーマが含まれている。しかし、「表面機能」としての体系における各テーマの位置付けが示されていないため、第三者として理解に苦しむ面もある。前述の内容の繰り返しになるが、機能表面に関連する因子と応用を結びつけるようなマトリックス形式の図表があると少しでも良くなるのではないかと。 スポーツウェアの生地は「感性」と関連する部分もあり、更なる広がりが見られる可能性を秘めているように思う。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (C)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (C)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (C)
<b>【小課題4.1へのコメント】</b> 抗力測定において並行板バネを用いた装置を使用しているが、固有振動を含めた様々な動的成分が含まれると思う。これを単純にフィルタ処理してしまうと重要な現象を見失う可能性もあると考える。フィルタ前の生データを確認する方が良いのではないか。 また、構造の設計に際しては毛管長の議論を避けて通ることはできないと思うので、これを加えてはどうか。		
<b>【小課題4.2へのコメント】</b> 解決すべき課題が不明であり、説明も十分とは言えない。「凝着力」という用語を用いているもののその定義の説明がない。 設計は確かに重要であるが、その基となる知見があって初めてできるのが表面機能と考える。「設計」の明細化をまず行うべきではないか。		
<b>【テーマ4の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 再び繰り返しとなるが、マイクロメカトロニクスにおける機能表面の位置付けを明確にするための図表（マトリックス表でも良い）があると少しでも良くなるのではないか。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い（優）=A      良い（良）=B  
概ね適切（可）=C      改善が必要（不可）=D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.1の評価	小課題1.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (C)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (B)
<p><b>【小課題1.1へのコメント】</b>            アノード酸化ポーラスアルミナによる規則性微細構造を作製する際、電解時間を長くすることによって、自己組織化のドメインサイズが大きくなることや、6角柱構造の割合が大幅に増加することなどを見出している。なぜ6角柱構造が安定となるのかの説明はプレゼンテーションの時間の制約のために無かったが、メカニズムは明らかにしているということなので、基礎的な検討も十分に行われているようである。本課題については、他のテーマへの展開の役割を担っているため、規則性だけでなく、他のテーマのニーズに合わせた構造の作製に挑戦すれば、新たな研究の方向性の開拓につながると思われる。GaAs ナノワイヤの薄膜デバイスへの応用に関しては、低環境負荷の半導体プロセスの実現という実用的な目的との隔たりが大きいという印象を受けた。その意味で、SAMを利用したプロセスの検討は理解できる。ナノワイヤについて、その限界と特性を明らかにするという観点から研究をまとめることが期待される。</p>		
<p><b>【小課題1.2へのコメント】</b>            高分子材料の構造や表面パターンの制御を行い、基礎的なアプローチによって摩擦特性の改善に取り組む研究の独自性は高い。表面にパターンを設けて摩擦特性を改善しようという研究では、ピッチが小さい方が逆に摩擦係数が増加したり、ナノプリントによって作製したパターンについても、パターンのある方が高い摩擦係数を示したり、狙い通りの効果が得られていない印象を受けた。表面の摩耗が進んでいることから、樹脂の強度に比較して摩擦条件が厳しい可能性がある。場合によっては別の摩擦試験器を利用し、荷重を下げたり、接触面積を広くしたり、対向面の表面粗さをさらに小さくしたりすることで、材料に適した摩擦条件を探索することも検討してほしい。CaCO<sub>3</sub>粒子を分散させた樹脂に関しても同様な検討を行うと良いだろう。しわとポリマーブラシの組合せについては、しわを付与することによって摩擦係数が低下することを示している。電気的な反発作用としわの付与との関係について整理すると良いと思われる。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
 概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題 1.3 の評価	小課題 1.4 の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (C)
3. 研究成果	評点 (C)	評点 (B)
<p><b>【小課題 1.3 へのコメント】</b> 最初に目的を明確に示して解りやすい発表であった。表面に撥水性と親水性のパターンを付与して、液滴を移動させる実験は興味深かった。ほこりや有機物を含んだ雨滴などの汚れを防ぐために利用できる可能性があり、ガラスや家の外壁などへの応用も期待できる。EWD デバイスについては、液滴の生成、排出それぞれの検討を行っている。液滴の排出については、角度と分離可能な液滴のサイズについても整理し、下面よりも側面からの方が液滴の効率が高いという結果が示された。これは、液滴サイズ程度のマクロな形状の効果と推察される。もし、効率的な液滴の排出を目的とするなら、マクロな形状の適用についても検討すると良いだろう。</p>		
<p><b>【小課題 1.4 へのコメント】</b> マイクロバブルを導入することで、水中では良好な加工特性が得られた。一方、油中では表面粗さはほとんど変化しないが、スキューネスへの影響が示された。チタンの窒化については、検討が行われているが、明確な結論はまだのようである。マイクロバブルが放電加工に与える効果について、複数のモデルを検討しそれを確認していくアプローチがあっても良いだろう。あるいは、マイクロバブルのサイズを変化させたときの加工特性を検討することでも、メカニズムの解明やより効率の高い加工方法のヒントが得られる可能性もあると思われる。</p>		
<p><b>【テーマ1の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 新機能表面・構造の創成のための基盤技術の体系化という観点で、あらためてテーマ1の研究内容を俯瞰すると、必ずしも体系化という方向には向かっていないように思われる。しかし、それぞれの課題において、着実な研究の進展が認められる。大筋においては、体系化も意識しながら、このままの方向で研究を進めれば、概ね満足できる成果が得られると期待される。一方、最終年度ということ意識するならば、体系化を視野に入れることに加え、次のプロジェクトにつながる新しいシーズを探索することについても併せて取り組むことが期待される。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (A)
<p><b>【小課題2.1へのコメント】</b>            ミクロンスケールの表面形状が細胞の成長や移動に与える影響を明らかにしようとする観点からは、細胞が凹凸のサイズや隙間をどのように認識するかを検討している。力学的刺激の影響については、せん断応力場を受けると移動の方向が影響を受け、1 Pa がクリティカルな応力であることなどを見出している。表面形状の影響と力学場の影響をそれぞれ独立に検討した結果が報告されていたが、それぞれを組み合わせるとどうなるであろうか。基板のミクロンスケールの表面形状と細胞に加えられる力学的刺激が、それぞれ細胞内の異なる領域に作用しているとしたら、組み合わせることで、相乗的な効果が発現する可能性がある。また、次のステップとしては、これまで得られた知見を整理し、目的とする細胞の成長を実現する最適な条件を提示可能とする方向で研究を進めても良いだろう。</p>		
<p><b>【小課題2.2へのコメント】</b>            フェムト秒レーザが使えなくなったことで、これまで実績のある基板を実験に使用することができなくなり、その代わりに、垂直配向させた CNT 基板を用いて細胞培養に取り組んだ結果が報告された。仮足が CNT の構造に影響を受けている可能性を示すなど、研究環境の変化に適切に対応し研究を進めていることから、ポテンシャルの高さがうかがわれる。また、CNT の長さを変化させたときに、弾性率が細胞の成長に影響を与えることについても検討を行っているようである。その場合、CNT の長さを変化させたときに、細胞が発生する力と比較して、弾性率がどの程度の大きさとなるのかについて、定量的な検討を行うことも必要である。本発表会冒頭の全体報告によれば、今後は他機関にあるフェムト秒レーザが使えるようになるとのことである。今後、垂直配向 CNT を足場とする研究を続けるのか、レーザを利用したパターンに戻るのか、プロジェクト後の展開も考えて戦略を立てることが重要である。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
 概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (B)	
<p><b>【小課題2.3へのコメント】</b></p> <p>昨年度までは、ナノポーラス構造を有する基板を利用した検討が行われていたが、今年度はステンレス基板に対してアノード酸化を行った表面を用いている。ステンレスは生体材料として広く使われていることから、ステンレス表面への生体適合性付与という方針は理解できる。ただし、耐熱材料として利用されているということで、SUS304を対象としたことについて、その理由が分かりにくかった。なぜ、生体に対して広く使われているSUS316を選択しなかったのか？もし、生体適合性と耐熱性が同時に必要となる用途があるのであれば、具体的に提示すべきであった。研究成果としては、ステンレス表面に厚い酸化膜を作製することに成功し、生体適合性も評価するなど興味深い結果が得られている。本課題のテーマは、「ナノ・マイクロ規則構造表面の機能解明」とあることから、ナノポーラス構造の利用に縛られる必要は無い。しかし、小課題1.1にフィードバックをかけるような知見を得ることも期待される。なお、研究成果については、1.1との区別が不明なため、論文数に比して控えめに評価した。</p>		
<p><b>【テーマ2の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b></p> <p>それぞれのテーマで良好な成果が得られている。テーマ2全体を俯瞰してみると、用いる基板の表面構造がそれぞれに異なり、また表面の評価方法も異なっている。研究環境が整っている場合、連携や研究協力を敢えて行おうとすると、研究の効率を下げるのが懸念されるので、このまま進めるのも一つの方法である。しかし、プロジェクトの最終年度を迎えるに当たり、新しいシーズや研究の方向性を探索する意味から、一部で共通の基板を利用することを検討しても良いだろう。特に、評価方法はそれぞれに特徴があるので、構造を作製した基板を融通し合うメリットは大きいと思われる。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (C)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (C)	評点 (B)
<p><b>【小課題3.1へのコメント】</b>                      これまで中心的に検討を行っていた空力特性に加えて、今年度は新たに生地<span style="font-size: small;">（繊維）</span>の放熱特性について評価が行われている。異なる種類の生地を用意し、風速を変化させたときの表面温度を測定した結果が報告された。放熱特性を向上させるためには、生地を薄くし、乱流を誘発しやすいような縫い目を設けるのが良いという結論であったが、実際の場面では、多様な風速でそれぞれに異なる放熱特性が求められると推察される。実用化を意識した研究であるので、乱流に移行することが難しいスポーツの条件に対しても、できる限り対応できることが望ましい。そのための方針を示すことが必要であろう。また、より厳密な比較を行うためには、熱電対等を利用して生地の内側（体表面側）の温度測定を行うことや、同一の繊維を用いて、異なる厚さ、繊維の密度（繊維の織り方）、表面テクスチャの生地を用意し比較することが好ましい。</p>		
<p><b>【小課題3.2へのコメント】</b>                      シンセティックジェットによって推力を得ることを目的とした研究である。可動部が無い構造であることから、高い信頼性が得られる可能性がある。前回までの説明では、アプリケーションとして、移動体の推進機構を想定しているように感じられたが、今回の発表ではポンプとして利用するアイデアが提示された。推進機構として用いる場合、推進方向を制御するなら複数のユニットを用いる手段もあり、ジェットの方向を制御する意義も希薄であることから、性能を有効に発揮出来る場面が限定されていたと思われる。しかし、ポンプとして用いる場合には、壁面に固定することから、ジェットの方向が制御できることの重要性も高いため、アプリケーションのイメージとして好適である。シンセティックジェットの特性の解明と合わせて、ポンプとして用いたときの性能の検討も進めると良いだろう。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。（必須項目）

非常に良い（優）=A                      良い（良）=B  
 概ね適切（可）=C                      改善が必要（不可）=D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	
2. 研究実施状況	評点 (C)	
3. 研究成果	評点 (C)	
<p><b>【小課題3.3へのコメント】</b></p> <p>表面の微細構造を制御することで、沸騰と凝縮を制御することを目的とした研究である。今回の発表では、接触角、吸着力、表面形状を測定して、それらが凝縮に与える影響を検討した結果が報告された。表面形状の測定はレーザ顕微鏡を用いているが、レーザ顕微鏡の分解能は一般的に垂直方向で1~10nm、水平方向の分解能はそれよりも低いと推察される。特にスパッタ膜については、レーザ顕微鏡で同レベルの表面粗さが得られたとしても、nmの分解能で測定すれば、大きく異なっている可能性がある。したがって、粗さの検討にはAFMによる測定も併用した方が良い。AFMを用いて測定された吸着力（引き離し力）は、主として水のラプラス圧力に支配されていると考えられる。この場合、ラプラス圧力が作用する面積が、マイクロな水の接触角の大きさを反映することから、その観点からデータを整理してはどうだろうか？ なお、他のテーマで使われている構造についても、サンプルとして利用すると良い。</p>		
<p><b>【テーマ3の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b></p> <p>それぞれ実用的な展開を意識したテーマであると見受けられる。研究の進捗状況としては、全体として概ね適切なレベルである。しかし、実用化を考えたときには、そこに向かう道筋が分かりにくい印象を受ける。最終的なゴールが実用化であるとしても、そこに向かう過程では、明らかにすべき基礎的な知見や解決すべきブレークスルーが存在する。現状では、問題点の整理、あるいは目標の設定が十分に検討されていない印象を受ける。実用を意識しているために、なおさら短期的案成果を求められて難しい面もあるだろうが、着実な現象解明や、フィージビリティの検討が必要である。</p>		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。（必須項目）

非常に良い（優）=A                      良い（良）=B  
概ね適切（可）=C                      改善が必要（不可）=D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (C)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (C)	評点 (C)
<p><b>【小課題4.1へのコメント】</b>            前回の発表内容との差違が分かりにくかった。他の発表でも同様なことが言えるが、「前回の発表では何処まで進められていて、今回はこの部分が新しい」というような説明の方法があれば良かった。研究内容については、基礎的な検討から進められており、その結果として脚の設計指針を得ることに成功している。特に、脚の間の距離が狭いと浮力が小さくなるという検討結果は、アメンボのサイズが合理的であることを示唆しており、もしこれまでに報告が無ければ、昆虫系の学会誌などで報告しては如何だろうか？ 今後の展開としては、サイズを小さくすることに興味を覚える。アメンボと同サイズで検討を行えば、アメンボへの理解も深まる可能性がある。</p>		
<p><b>【小課題4.2へのコメント】</b>            液架橋力によるピックアンドプレースの機構開発であり、発生する凝着力について定量的な検討が行われている。またリアルタイム制御可能な凝着面のモデルの検討も行われていて、研究実施状況としては妥当なレベルにある。対象物を置く作業面の凝着力制御については、ほとんど説明が無かったように感じた。もし、検討が行われていなければ、検討してはどうだろうか？            ところで、後半の説明には違和感を覚えた。医療面、物流面をニーズとすることは納得出来たが、完全にニーズ指向で技術開発を選択すると述べていた。それは、経営者やマネージャの立場であり、研究のプレーヤとしては、シーズを発展させる立場を軽んじない方が良いと思われる。</p>		
<p><b>【テーマ4の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b>            目に見える形の機能として、マイクロレベルあるいはナノレベルで構造制御された表面の特性を提示可能なテーマである。その一方で基礎的な検討も行われており、これまでの研究の進め方としては妥当である。一般の人から見た時も興味を持たれる内容であることから、プレス発表などを積極的に行い、プロジェクトの広報に役立てることも検討してほしい。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
 概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名：伊藤 雄三

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題 1.1 の評価	小課題 1.2 の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (B)
<p>【小課題 1.1 へのコメント】</p> <p>六方最密充填配列構造アノード酸化ポーラスアルミナ皮膜のセル形態を電界の強さを変えて詳細に検討し、形態に及ぼす影響等を明らかにした。セルの均一性は非常に重要であり、より均一なセルを作製する条件の抽出も重要な課題であると思われる。湿式プロセスによる機能デバイスの開発に関しては、従来のプロセスの低コスト化、省エネルギー化など、その目的は非常に明確である。GaAs ナノワイヤを用いた TFT 素子の作製は、そのキャリア密度の測定、評価に、ラマン散乱の LO フォノンのシフトを用いるなど非常にユニークであるが、GaAs ナノワイヤのキャリア密度は、バルク GaAs より大幅に低下しており、低次元化のメリットが十分生かされていない。自己組織化単分子膜 (SAM) で修飾した基板を用いた酸化物 TFT の予期せぬ性能の向上は、そのメカニズムはいまだ解明の途中であるが、将来の発展が期待される結果である。</p>		
<p>【小課題 1.2 へのコメント】</p> <p>トライボロジー特性の向上を目的に、ナノ・マイクロ微細構造を有する高分子複合体を用いた検討、親水性高分子電解質をグラフトした薄膜により表面改質した高分子の検討を行った。前者は、材料設計、成型加工、表面構造付与の3手法で検討を行っているが、一例の表面構造付与の手法として、ナノインプリントによる幅 200nm の表面構造を付与し、摩擦係数の評価を行っているが、表面構造を付与したものは未処理のものに比べ摩擦係数は増加しており、今後検討した知見をもとに、よりトライボロジー特性の優れた高分子複合体が開発されることが望まれる。親水性に表面改質した高分子では、今回表面改質に加え、<math>\mu\text{m}</math> オーダーの周期構造を付与し、摩擦係数の評価を行っているが、この場合も未処理に比べあまり向上していない。ただ、周期構造付与による効果は検証されており、今後摩擦係数低減効果と周期との相関性を見るなどのより詳細な検討を行うことにより、優れたトライボロジー材料の開発が期待される。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い (優) =A                      良い (良) =B  
概ね適切 (可) =C                      改善が必要 (不可) =D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名：伊藤 雄三

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.3の評価	小課題1.4の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (B)
<p><b>【小課題1.3へのコメント】</b> マイクロプレートへの分注を目的に EWOD(Electro Wetting Dielectric)デバイスの純水液滴のデバイス外への排出方法を(1)フレキシブルな EWOD デバイスを折り曲げることで液滴を水平面から天地逆さまの末端まで移動し、液滴を合体させて落下させる方法、(2)フレキシブルな EWOD デバイス上を最初水平に液滴を移動させ、ついで90° 曲げ、鉛直面から液滴を排出する方法、(3)石英基板上に作製したデバイスを傾斜させ、斜面に沿って液滴を EWOD で加速し、排出する方法の3種に関し検討し、(2)の方法が最も小さな液滴を排出可能との結果を得ており、目的もユニークで明確であり、今後の表面の微細構造を利用したより制御性の高い液滴の排出方法への展開が期待できる。</p>		
<p><b>【小課題1.4へのコメント】</b> 通常油加工液におけるマイクロバブルの有無による放電加工の違いを検討し、中荒加工条件では、差はほとんどなかったが、仕上げ加工条件においてバブル混入の影響が表れ、特に、材料表面のスキューネスの値が、バブル有無で異なり、また、材料が鉄鋼材料とチタンでは、スキューネスの値の変化の傾向に違いがみられることを明らかにした。材料によりバブル混入の有無によるスキューネスの値の変化の傾向が、なぜ異なるかなどのメカニズムが今後、明らかにされることが期待される。</p>		
<p><b>【テーマ1の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 小課題1・4で、それぞれ異なった手法で材料表面の微細構造とその物性などの関係を基礎的に明らかにしており、非常に有意義であり、他の応用課題への適用も期待される。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 伊藤 雄三

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<p>【小課題2.1へのコメント】</p> <p>マイクロ加工技術によって作製した表面微細構造やマイクロ流路、力学的刺激が種々の細胞の増殖、分化、組織化や配向に与える影響を検討し、いくつかの新しい知見を得ている。今後、基板の表面微細構造や力学的刺激などが細胞の増殖や組織化などの有効に寄与し、再生医療などに貢献していくことが期待される。</p>		
<p>【小課題2.2へのコメント】</p> <p>3種の高さ(20, 30, 60 <math>\mu\text{m}</math>)の垂直配向カーボンナノチューブ(CNTs)の端面を基板として間葉系幹細胞(MSCs)を培養し、SEMによる形態観察からCNTsのtubeの先端にMSCsの仮足が接着していること、遺伝子発現解析からI型コラーゲンの発現量は培養7日目で60 <math>\mu\text{m}</math>の高さのCNTs培養基板で、14日目には20 <math>\mu\text{m}</math>高さの培養基板で有意に上昇していることなどを明らかにした。今後、なぜCNTs培養基板の高さが異なることがI型コラーゲンなどの遺伝子発現に影響を与えるかなどの、メカニズムの解明が期待される。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 伊藤 雄三

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (A)	
<b>【小課題2.3へのコメント】</b> 生体内埋め込み型医療用デバイスへの適用を目的にアノード酸化によりステンレス (SUS304) 基板表面にナノポーラス構造を持つ酸化膜を形成し、硬組織適合性を骨のモデル化合物であるハイドロキシアパタイト (HAp) の析出で評価し、酸化膜の空孔部が皮膜底部から表面にかけて減少していること、この空孔が HAp の析出に有効に働いていること、生体適合性に有効に働いていることを明らかにしており、金属表面の微細組織の生体適合性への寄与の基礎的研究として高く評価できる。		
<b>【テーマ2の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 課題2では、材料表面の微細構造が生体組織にいかに関与するかを評価しており、小課題1では細胞レベルで、2では間葉系幹細胞の増殖に関し、3では医療材料として多く使われているステンレスの酸化膜の微細構造の生体適合性に対する影響を評価しており、いずれも基礎的で重要な成果を出している。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い (優) =A            良い (良) =B  
概ね適切 (可) =C            改善が必要 (不可) =D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 伊藤 雄三

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<b>【小課題3.1へのコメント】</b> スポーツウェアに適した排熱性能の良い布地の提案を目的に、流体特性が既知の14種の布地の排熱性能を各種風速で行い、排熱性能の良い布地を選定し、最適な布地としては、薄く表面がフラットな生地がよいとの結論を得ている。今後乱流促進と排熱性能向上のより詳細な検討が期待される。		
<b>【小課題3.2へのコメント】</b> 矩形流路内に置かれた角柱のスロット部から発せられる2次元シンセティックジェットの流れ特性、くちばし表面に設置されたトリッピングワイヤの影響に関し、実験並びに数値計算により明らかにし、有用な知見を得ている。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 伊藤 雄三

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (B)	
<b>【小課題3.3へのコメント】</b> 相変化を伴う熱流動の向上を目的に、金属の種類やMEMS技術(RIE)による表面微細加工が、より高い熱伝達率を有する水の滴状凝縮の安定化にどのように影響するかを、接触角や表面吸着力の測定により評価し、表面吸着力が小さく接触角の大きいAgやPbが水の滴状凝縮に適していることを明らかにした。今後、どのようなMEMS技術(RIE)による表面微細加工が、水の滴状凝縮の安定化に寄与するかを明らかにすることが期待される。		
<b>【テーマ3の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 小課題3.1、3.2は、微細加工による機能表面との関係が薄いと思われる。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 伊藤 雄三

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (B)
<b>【小課題4.1へのコメント】</b> アメンボを規範とした水面移動ロボットに関し、支持脚の撥水性と水面上での支持力、抗力の関係を理論及び実験的に明らかにし、得られた知見にもとづき、水面移動ロボットを設計、試作し、有用な結果を得ている。今後、より高性能の水面移動ロボットを製作し、得られた知見の他の分野への応用、発展が期待される。		
<b>【小課題4.2へのコメント】</b> マイクロマニピュレーションへの適用を目的に機能表面を用いた濡れ、付着機能の評価を3Dプリンターやフェムト秒レーザーを用いて機能表面を作製して検討し、有用な知見を得ている。		
<b>【テーマ4の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b> 基礎技術の検討で得られた機能表面をマイクロメカトロニクスの分野に応用し、一定の成果を上げている。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                        改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.1の評価	小課題1.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
【小課題1.1へのコメント】  マイクロ、ナノレベルの構造体が作製されており、その手法も確立されている。他テーマへの応用も可能な段階と見られる。研究実施状況も優れており、十分な成果が得られている。		
【小課題1.2へのコメント】  摩擦、磨耗などのトライボロジー特性を向上させるトライボマテリアルの開発は工業的に有用性が高い。レーザやナノインプリントによる表面構造の付与、ポリマーブラシ薄膜の効果などが検討されており実施状況も良い。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.3の評価	小課題1.4の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
【小課題1.3へのコメント】  濡れ性勾配による水滴の移動，濡れ性のアクティブ制御による液滴の生成，搬送，排出が検討され，成果も得られている。研究実施状況も優れている。		
【小課題1.4へのコメント】  マイクロバブル混入放電加工における加工表面に対する放電条件の影響について検討されており，研究の実施状況も良い。		
【テーマ1の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】  対象とする材料や表面の構造，機能などが幅広く扱われている。分野横断的な知識の整理，体系的な理解が示されることを期待する。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規 \_\_\_\_\_

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
【小課題2.1へのコメント】  マイクロ表面加工技術を利用した細胞の挙動，組織の形成を観察するための <i>in vitro</i> 実験システムの開発が行われており，実施状況も良く十分な成果が得られている。		
【小課題2.2へのコメント】  カーボンナノチューブ上で細胞を培養し，接着動態などについて調べられているが，さらなる検討が必要である。実施状況は良い。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (B)	
【小課題2.3へのコメント】		
バイオシステムに対する機能性表面の創成について研究が進められており、ステンレス鋼表面の生体機能化について検討されている。研究実施状況は良い。		
【テーマ2の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】		
表面の機能制御技術を利用した実験システムの開発、表面機能を付与した基板上で培養した細胞の評価はテーマ1で研究する基礎技術の生体医工学への応用として適しており、関連性もよい。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (C)	評点 (C)
2. 研究実施状況	評点 (C)	評点 (C)
3. 研究成果	評点 (C)	評点 (C)
<b>【小課題3.1へのコメント】</b>  低抵抗，排熱性能の高いスポーツ用布地について排熱性能の検証がされている。研究の実施状況は良いが，表面の機能性についての観点から他テーマとの関連性が不明瞭である。		
<b>【小課題3.2へのコメント】</b>  シンセティックジェットをマイクロ推進体へ応用するために流動特性について調べている。しかし機能表面の応用であるテーマとの関連性，必要性については不明瞭である。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (B)	
<b>【小課題3.3へのコメント】</b>  伝熱面表面に微細加工を施し、相変化伝熱を向上させる研究が進められている。研究の実施状況も良い。		
<b>【テーマ3の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】</b>  表面機能の各分野への応用が進められているが、テーマ1で研究される基礎技術との関連がもう少し示されると良い。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)第4回研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
【小課題4.1へのコメント】  水面移動において必要となる撥水機能について解析されており、ロボットの脚設計に対する指針が示されている。実施状況も優れている。		
【小課題4.2へのコメント】  マイクロマニピュレータの開発において必要となるキャピラリー機能および作業面への付着機能の創成について研究されており、実施状況は良い。		
【テーマ4の総合所見、第1回評価への対応、および今後に対する提言】  テーマ1で研究する表面機能、加工技術の応用として適している。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 諸貫 信行

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.1の評価	小課題1.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (A)
<b>【小課題1.1へのコメント】</b> 陽極酸化によって規則構造を作ることだけではオリジナリティを見出せないが、視野を広げてウェットプロセスで規則構造を作るという視点は興味深い視点と判断できる。製作した GaAs ナノピラーでデバイスまで試作した点は特に興味深い。 自己組織化単分子膜の電氣的な効果については、さらに深掘りをするとう興味深い発展も期待できると考える。		
<b>【小課題1.2へのコメント】</b> 表面構造に加え、炭酸カルシウム微粒子を含めた相分離を利用して材料の適所配置を行った点は興味深い。スクリーンの条件で摩耗特性などの結果が異なった点は、そのメカニズム解明が今後のテーマになると考えられる。一様な分散構造を得るための原理を含めた議論は重要なテーマといえる。原理やメカニズムについてもう少し踏み込めると今後に対する期待が大きいと考えられる。 ポリマーブラシを用いた機能発現はホットな話題と判断でき、金属表面や微粒子表面にグラフトを行った点は特に興味深い。今後の更なる発展が期待される。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名：諸貫 信行

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.3の評価	小課題1.4の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<b>【小課題1.3へのコメント】</b> リエントラント構造を作製した点は評価に値するが、その結果を今後どのように展開しようとしているのかわかりにくかった。 EWODについては、例えば、対象とする液体の特性や電極設計の一般論を議論できるとよいと考えられる。液滴の移動に関してはピン止め現象 (pinning) が影響するため、さらに踏み込んだ議論が必要と考えられる。		
<b>【小課題1.4へのコメント】</b> 気泡を含めた放電加工の結果として skew の違いが出たことは興味深いですが、その原理を追及する必要があると考えられる。そこに次段階の研究テーマがあるように感じられた。なお、スキューを議論するのであれば断面曲線を示す方が良い。 磁石の加工に関してはその目的を十分に理解できなかった。		
<b>【テーマ1の総合所見】</b> 異なるアプローチによる微細構造製作を行うとともに機能発現と関連付けた点は高く評価できる。トップダウンプロセスとボトムアッププロセスの両方が含まれているため、その体系性を図示する方が良いのではないかと。例えば、各プロセスで対応可能な寸法範囲を示すとともに、これらで発言する機能の対応を示すことができると有用と考えられる。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い (優) = A      良い (良) = B  
概ね適切 (可) = C      改善が必要 (不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名：諸貫 信行

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (A)
<b>【小課題2.1へのコメント】</b> 研究目的は明確であり、系統的な実験を行い、興味深い成果も多く出ていると判断できる。条件と機能発現の関係明確化について少しでも踏み込むことができればさらに素晴らしい最終成果になったと考えられる。		
<b>【小課題2.2へのコメント】</b> 実験装置の不具合がある中で三次元コラーゲンシートを製作し、その効果を確認した点は評価に値する。今後、機能発現と構造の関係を明らかにし、メカニズム解明に資することができることさらに良いと考えられる。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名：諸貫 信行

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (B)	
<b>【小課題2.3へのコメント】</b> 系統的な実験を行い、構造と細胞増殖への影響を明らかにした点は評価できる。接触角や表面エネルギー等の各因子との関係を明確化できると、主題である「機能解明」に資することができたと考えられる。		
<b>【テーマ2の総合所見】</b> 生体医工学という新たな応用につながると期待される機能表面・構造について系統的な実験を行った点は評価に値する。構造および表面の性質と生体適合性の関係を因果関係的に少しでも明確化できると、更に素晴らしい成果になると考える。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名：諸貫 信行

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<b>【小課題3.1へのコメント】</b> 生地の違いが現れて興味深い結果が得られたと考えられるが、実際のスポーツ用衣料では流動が三次元的であり、さらに振動成分などの動的な要因も影響すると考えられる。基礎的な知見から応用的な知見に至る展開があると更に良かったと考えられる。		
<b>【小課題3.2へのコメント】</b> 航空機の垂直尾翼に関する説明があつて興味深く思えたが、「スケール則」のように寸法依存性の有無を最初に議論する必要があると考えられる。 駆動周波数を変えることで流れの向きを変える点も興味深い。構造の設計を体系化することも研究テーマになると考えられ、更なる発展が期待される。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名：諸貫 信行

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (B)	
<b>【小課題3.3へのコメント】</b> 微細構造によって滴状凝縮が得られた点は興味深いですが、時間とともに変化が起こったことへの対応が今後求められる。シリコン基板であればOTS（オクタデシルトリクロロシラン）の単分子膜を設けて疎水化することも可能であり、他グループでこれを用いていることを考えると、今後の連携を密にすることが求められよう。		
<b>【テーマ3の総合所見】</b> 表面機能の応用として流動や相変化に着目し、成果を残した点は評価できる。 昨年と同様のコメントになると思うが、機能表面に関連する因子と応用を結びつけるようなマトリックス形式の図表を示すことができると研究センターの最終成果として良いと考えられる。このような資料を作成することで、新たな発展も期待される。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。（必須項目）

非常に良い（優）=A            良い（良）=B  
概ね適切（可）=C            改善が必要（不可）=D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名：諸貫 信行

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<b>【小課題4.1へのコメント】</b> トンボの翅にある棘状構造の効果を明らかにした点は興味深い。この構造には抗菌作用もあるといわれており、異なる分野での新たな発展も期待される。		
<b>【小課題4.2へのコメント】</b> 液架橋力を用いてビーズのマニピュレーションができた点は興味深い。矩形構造の微小部品などを想定すると更なる検討が必要である。せっかく3Dプリンタを用いて構造製作を行うのであれば、単なる平面ではなく複雑な構造を設けることもできると考えられる。		
<b>【テーマ4の総合所見】</b> 興味深い結果が得られた点は評価に値する。 前にも述べたが、「スケール則」の検討を加えては如何か。水の表面張力を利用する場合は寸法的な限界があるため、適用範囲も限られる。そこを明らかにできれば応用分野も絞り込みやすくなると考えられる。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.1の評価	小課題1.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (B)
<p>【小課題1.1へのコメント】</p> <p>ポーラスアルミナによる規則性微細構造において、6角柱構造の割合が増加する条件を調査し、セルの径が小さくなると壁の厚さが薄くなることなどを明らかにしている。また GaAs のエッチングによって高アスペクト比の構造や、ナノワイヤ構造が形成に成功した。後者の構造について、トランジスター特性については逆電解処理によって、ウェットプロセスとして CNT に匹敵する性能が得られているということであり、独自性の高い成果であると認められる。実用化に向けてはまだ距離があると感じられるが、現象を明らかにしようとする研究の進め方には、将来にわたって研究の発展が期待される。特徴のある構造が形成されているので、是非、他のグループとの協調を進めて欲しい。</p>		
<p>【小課題1.2へのコメント】</p> <p>層分離構造を利用したり、成型加工の条件を調整したりすることなどによって、バルクの内部微細構造が制御された高分子材料の開発に成功している。表面微細構造に関しては、レーザー加工やナノプリントを利用して、高分子材料上に溝などを形成している。作製したこれらの材料の摩擦摩耗特性について検討を行い、摩耗への一定の効果が認められている。表面微細構造については、潤滑油やグリースなどを併用した潤滑について検討すると良いと思われる。</p> <p>親油性のポリマブラシの摩擦特性に関しては、潤滑条件下での摩擦特性を検討し、トルエン中では低摩擦を示すことや、ゲルと組み合わせることで低摩擦が安定することなどを明らかにしている。また、シリカ微粒子の表面にポリマブラシを形成することによって、低摩擦が得られることを明らかにしている。特に微粒子とポリマブラシの組合せのは新規性が高く、今後の研究の展開が期待される。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.3の評価	小課題1.4の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (C)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<p>【小課題1.3へのコメント】</p> <p>制御された表面微細構造によって、接触角や転落角と表面形状の関係を多角的に検討している。通常のDRIE加工による構造の高さやピッチの制御に加えて、加工条件を変化させることで、ピラーの形状の制御にも成功している。さらに、微細構造の表面パターンニングを行い、液滴のパッシブな移動に成功した。電場による液滴のアクティブな移動制御については、電極形状や傾斜角が液滴の生成や排出に与える影響を明らかにしている。現状では、微細構造とアクティブな制御の組合せは行われていないが、それらを組み合わせた研究の展開が期待出来る。</p>		
<p>【小課題1.4へのコメント】</p> <p>油中における放電加工では、マイクロバルブを導入する効果はほとんど認められないが、純水中ではマイクロバルブや直接気体を入れることによって、加工面の粗さが低下することが報告されている。磁石の放電加工については、放電加工が磁束密度に与える影響について検討している。それぞれ研究としては十分にデータが得られているが、新機能表面・構造の創成、あるいは、材料表面の機能創成というテーマからは、距離がある印象は否めない。</p>		
<p>【テーマ1の総合所見】</p> <p>それぞれ、特徴のある研究課題に取り組んでおり、プロジェクト終了後も研究が発展していくことが期待される。研究協力については、共通の表面構造を利用したり、それぞれの仕様に合わせてプロセスを検討し直したりするなど、協力をさらさらに進めて行く余地があると感じられる。技術開発の方向性を限定することで、研究を進めることは困難になるが、全く新規な技術や成果が得られるチャンスがあるので、今後も取り組みを続けることが期待される。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (A)
<p><b>【小課題2.1へのコメント】</b></p> <p>細胞の成長（応答）に対して、細胞足場の形状や、物理的な刺激が及ぼす影響について、マトリックスを用いて研究を俯瞰し、その上で、狙うべきパターンニングのターゲットサイズを示して研究を進めており、研究全体が整理されてきた印象を受けた。培養には、種類の異なる細胞を用いていることから、細胞腫を基準に考えて、パターン、あるいは流れの影響について整理することで、細胞の応答のメカニズムについて、さらに踏み込んだ議論が可能になると思われる。流れの影響については、連続流による検討に加え、将来的には拍動流についても検討する余地もある。研究成果も十分にあり、今後も研究の発展が期待される。</p>		
<p><b>【小課題2.2へのコメント】</b></p> <p>センターのプロジェクトの途中で、フェムト秒レーザーが使えなくなり、その前後で研究の進め方を大きく変更する必要が生じた。しかし、それに良く対応し、前半、後半それぞれで十分な成果が得られている。プロジェクトの前半では、フェムト秒レーザーを利用して作製したサブミクロンピッチの溝構造を用いて細胞を成長させたとき、細胞の方向性を制御することに成功した。これにより、強度が増加することを明らかにした上で、動物への移植も行っている。プロジェクト後半では、コラーゲンについても、新しい構造を作製することなどに成功している。</p> <p>医学部と密接なコラボレーションができることが、研究推進者の強みの一つであり、基礎から応用まで一貫通貫した高いレベルの研究成果につながっている。今後も、プロジェクト中で構築した研究協力体制を維持しながら、研究をさらに発展させていくことが期待される。</p>		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。（必須項目）

非常に良い（優）＝A                      良い（良）＝B  
概ね適切（可）＝C                      改善が必要（不可）＝D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	<u>評点 (B)</u>	
2. 研究実施状況	<u>評点 (A)</u>	
3. 研究成果	<u>評点 (B)</u>	
<p><b>【小課題2.3へのコメント】</b></p> <p>ポーラスアルミナ構造を有する基板を用いて、孔径と細胞の増殖の関係について検討を行い、直径が100nm程度になると細胞の成長が抑制され、細胞の付着力が低下することを明らかにしている。一方ポーラスSiを用いた基板では、ポーラス構造による表面パターンニングを行い、細胞の成長が異なることをわかりやすく示すことに成功している。また同様な基板を用いて、リン酸カルシウムの選択的配置にも成功している。さらに、ポーラスステンレスも用いるなど、特徴のある表面パターンを利用して、細胞の成長を制御したり、アパタイト形成をコントロールしたり、本研究課題全体を通じて独自性の高い研究を推進してきている。テーマ2においては、他のグループが細胞を中心に扱っていることから、課題終了後にもコラボレーションをより積極的に行い、さらなる研究の展開を期待したい。</p>		
<p><b>【テーマ2の総合所見】</b></p> <p>それぞれのテーマで良好な成果が得られている。テーマ2全体を俯瞰したときにも、テーマとして統一感が高いという印象を受ける。しかし、各課題間の協力体制という観点からは、残念ながら期間中に大きく進展することは無かったように見受けられる。今後も独立してテーマが進めても十分な発展は期待されるが、プロジェクトとして次のステップを考えたとき、目に見える形での協力体制の構築が望まれる。</p>		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (C)	評点 (B)
<p><b>【小課題3.1へのコメント】</b></p> <p>スポーツウェアの性能について、空気抵抗と放熱性能の2つの観点から検討を行っている。空気抵抗については、摩擦抵抗と圧力損失を調べ、前者は凹凸の無い布地が低い摩擦抵抗を示すことを、後者では縫い目を設けると圧力損失が低下することを明らかにしている。放熱への影響については、網目の大きさによって渦が生じることで、性能が向上することを示し、両方の観点から、理想的な生地条件をまとめている。</p> <p>圧力損失については、腕の影響によって単純な円筒と比較したときに、効果が消失するという結論であったが、最悪の条件を考えるというアプローチには疑問が残った。全ての条件に適用可能なウェアを開発するというよりは、最も効果の高い条件を設定して、開発を行う方が良いと思われる。</p>		
<p><b>【小課題3.2へのコメント】</b></p> <p>シンセティックジェットの推力を利用する場面として、航空機の垂直尾翼とマイクロ推進体（内視鏡カプセル）を提示している。適用する場面を具体的に想定したことで、技術開発の方向性が明確になったという印象を受けた。また、研究を進めていく中で、トリッピングワイヤの効果や、振動流体の周波数と空間の特性の関係を明らかにすることに成功している。これによって、アプリケーションの適用範囲や、限界の検討が可能になった。ただし、それを踏まえたときに、提示しているアプリケーションへの適用可能性について、効率面やコスト面からの言及が無かった点が気になった。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	<u>評点 (B)</u>	
2. 研究実施状況	<u>評点 (B)</u>	
3. 研究成果	<u>評点 (B)</u>	
<b>【小課題3.3へのコメント】</b> 表面の微細構造を制御することで、沸騰と凝縮を制御することを目的とした研究である。表面の接触角や表面エネルギーが、滴状凝縮か膜状凝縮のどちらの凝縮形態をとるかに大きな影響を与えることを示しており、妥当な結果である。シリコン表面に微細加工を行った時に、大きな接触角が得られても、凝縮の試験を行うと凝縮形態が膜状になり、狙い通りの結果が得られていない。諸委員のコメントにもあったように、化学的な表面修飾による疎水化処理を組み合わせると良いと思われる。		
<b>【テーマ3の総合所見】</b> それぞれ実用的な展開を意識したテーマである。研究の過程でいくつかの新しい知見が得られており、学術的には概ね妥当な研究成果が得られていると思われる。しかし、実用的な展開を意識したテーマ設定であることを考えると、実用化への道筋が十分に示されたとは言い難い面もある。当初に見込まれていた通りに研究が進まなかった点を差し引いても、目標の設定や研究推進の方法が十分に検討されていなかった印象を受ける。プロジェクト中に得られた知見を活用し、次のステップに役立てることが期待される。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 安藤 泰久

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	<u>評点 (A)</u>	<u>評点 (B)</u>
2. 研究実施状況	<u>評点 (A)</u>	<u>評点 (A)</u>
3. 研究成果	<u>評点 (B)</u>	<u>評点 (B)</u>
<p>【小課題4.1へのコメント】</p> <p>水上で浮くアメンボのような生物について、浮力と表面張力がどのような影響を与えているかを理論的に検討した上で、小型のロボットを作製して、水上を移動させることに成功している。理論的に十分な検討を行った上で、実験を行っており、模範とすべき研究の進め方である。昆虫の羽ばたき飛翔については、羽の剛性を部分的に調整したり、羽に50μmのトゲを付与したりすることで、推力が増加することを明らかにしている。ロボットを作る研究ということで、一般に広くアピールしやすいテーマである。</p>		
<p>【小課題4.2へのコメント】</p> <p>PDMSパッドの弾性変形と液架橋力を組み合わせて、マニピュレーションへの応用を行っている。今回の発表では、3Dプリンターによって作製した微細構造の中に液滴を移送して、操作性の向上を目指している。ピックアンドプレースのエンドエフェクタの開発に加えて、マニピュレータやマンマシンインタフェースの開発を行っており、実用化に向けての意識も十分に高いと認められる。ただし、応用先をバイオに絞っていることについては、違和感を覚えた。バイオ応用だけではなく、他の可能性も検討した方が良いと思われる。</p>		
<p>【テーマ4の総合所見】</p> <p>どちらのテーマも、基礎的な検討を着実にを行った上で、特徴のある応用を目指しており、地に足のついた研究の進め方をしているという印象を受けた。応用については、肉眼では見えないような微細な表面構造による効果が、目に見える形で示されており、一般にアピールしやすいテーマである。プレス発表にも積極的に取り組むことによって、工学院大学のブランディング向上への貢献が期待される。</p>		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い（優）＝A                      良い（良）＝B  
概ね適切（可）＝C                      改善が必要（不可）＝D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名：伊藤 雄三

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題 1.1 の評価	小課題 1.2 の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (A)
<p>【小課題 1.1 へのコメント】</p> <p>六方最密充填配列構造アノード酸化ポーラスアルミナ皮膜のセル形態の均一性に関し、セル配列とバリア層の構造の関係を明らかにし、また、電場強度のセル形態に及ぼす影響を詳細に検討しており、セルの均一性に関する非常に重要な知見を得ている。例えば、アノード酸化時間を増すと均一性が向上するなど非常に興味深い。湿式プロセスによる機能デバイスの開発に関しては、従来のプロセスの低コスト化、省エネルギー化など、その目的は非常に明確である。GaAs ナノワイヤを用いた TFT 素子の作製は、そのキャリア密度の測定、評価に、ラマン散乱の LO フォノンのシフトを用いるなど非常にユニークである。自己組織化単分子膜 (SAM) で修飾した基板を用いた酸化物 TFT の予期せぬ性能の向上は、そのメカニズムはいまだ解明の途中であるが、将来の発展が期待される結果である。</p>		
<p>【小課題 1.2 へのコメント】</p> <p>トライボロジー特性の向上を目的に、高分子系複合体の材料の内部構造の検討では、材料設計としてポリマーアロイブレンド技術、表面処理技術等を検討し、成型加工ではスクリュウ構造の検討等を行い、性能向上の成果を得ている。表面構造付与では、フェムト秒レーザー加工やナノインプリントによる表面構造を付与し、摩擦係数の評価を行っているが、表面構造を付与したものは未処理のものに比べ摩擦係数は増加しており、今後検討した知見をもとに、よりトライボロジー特性の優れた高分子複合体が開発されることが望まれる。親水性に表面改質した高分子では、今回表面改質に加え、周期構造の付与、ゲル表面への高分子電解質ブラシの付与、ポリマーグラフト化微粒子の添加等で動摩擦係数の評価を行い、良好な結果を得ている。今後、上記のような手法を有効に活用することにより優れたトライボロジー材料の開発が期待される。</p>		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い (優) =A                      良い (良) =B  
概ね適切 (可) =C                      改善が必要 (不可) =D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 伊藤 雄三

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.3の評価	小課題1.4の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (B)
<p>【小課題1.3へのコメント】</p> <p>表面に微細構造を加工することによる撥水性の発現に関する基礎的検討においては、微細円柱構造と表面の撥水性の関係、アンダーカットを有する表面の微細構造と撥水性の関係等を検討しており、有用な知見を得ている。EWOD(Electro Wetting Dielectric)デバイスにおいては、液滴の生成、分離、輸送、排出の基礎的検討を行っており、貴重なデータを得ている。今後、MEMS技術により作製した微細構造を有する表面が、有用な機能を発現する設計手法への展開が期待される。</p>		
<p>【小課題1.4へのコメント】</p> <p>通常油加工液におけるマイクロバブルの有無による放電加工の違いを検討し、中荒加工条件では、差はほとんどなかったが、仕上げ加工条件においてバブル混入の影響が表れ、特に、材料表面のスキューネスの値が、バブル有無で異なり、また、材料が鉄鋼材料とチタンでは、スキューネスの値の変化の傾向に違いがみられることを明らかにした。ネオジウム永久磁石の加工においては、中荒加工条件で材料が温度上昇し磁束密度の低下が大きいなどの基礎的データを得ている。</p>		
<p>【テーマ1の総合所見】</p> <p>小課題1-4で、それぞれ異なった手法で材料表面の微細構造とその物性などの関係を基礎的に明らかにしており、非常に有意義である。これらの基礎的技術は、他の応用課題へ適用され、今後、それらが大いに発展することが期待される。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名：伊藤 雄三

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (A)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (A)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<p>【小課題2.1へのコメント】</p> <p>マイクロ加工技術によって作製した微細構造を有する細胞培養足場やマイクロ流路、力学的刺激が種々の細胞の増殖、分化、組織化や配向に与える影響を検討し、種々の知見を得ている。例えば、1 MHzの振動を与えることにより、細胞増殖を促進することを見出している。今後、得られた知見が、再生医療における細胞の組織化の加速に貢献していくことが期待される。</p>		
<p>【小課題2.2へのコメント】</p> <p>間葉系幹細胞(MSCs)を用いて作製される幹細胞自己生成組織(scSAT)を生体軟組織修復のための新たな再生医療材料として検討し、細胞の配向が修復した生体軟組織の力学特性の向上に有効であることを明らかにしてきたが、まだ正常組織に比べその力学特性は十分とは言えない。本研究では、修復した生体軟組織の力学特性の向上を目的に、コラーゲンの3次元構造がMSCsの基質生成に及ぼす影響を検討した。異なる3次元構造を有する3種(ゲル、分散、圧縮)のコラーゲン内でMSCsを培養し、組織内部に細胞を取り込む能力や遺伝子発現の高さに違いがあることを明らかにした。今後、これらの違いが生じるメカニズムを明らかにし、修復した生体軟組織の力学特性の向上に寄与することが期待される。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 伊藤 雄三

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	
2. 研究実施状況	評点 (A)	
3. 研究成果	評点 (A)	
<p><b>【小課題2.3へのコメント】</b> 本研究においては、微細構造を有するポーラスアルミナやポーラスシリコンの足場材料が細胞接着や増殖に及ぼす影響、微細構造を制御したシリコン基板上でのリン酸カルシウムの位置選択的析出、生体金属材料として注目されているマグネシウム及びステンレスの表面処理、表面改質の検討を行い、有用な知見を得た。これらの研究により、湿式プロセスによる各種基盤のナノスケールの表面処理、加工技術が有効な新しいバイオナノインターフェースの提供に寄与することを明らかにした。</p>		
<p><b>【テーマ2の総合所見】</b> 課題2では、材料表面の微細構造が生体組織にいかに関与するかを評価しており、小課題1では細胞レベルで、基板の微細構造や力学刺激がどのように作用するか、2では間葉系幹細胞を利用した生体軟組織修復に関し、3では医療材料として多く使われているステンレスなどの各種材料の微細構造の生体への影響や生体適合性に対する効果を評価しており、いずれも基礎的で重要な成果を出している。いずれのテーマも全プロジェクトBERCからの継続テーマであり、本プロジェクトでも大きな進展がみられる。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A                      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C                      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 伊藤 雄三

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<b>【小課題3.1へのコメント】</b> スポーツウェアに最適な低抵抗で、排熱特性に優れた生地の開発を目的に、素材や表面状態の異なる8種類の布地について、流体力計測と排熱性能計測を行い、最適な生地の提案を行っている。これらの基礎的なデータが、低抵抗で、排熱特性に優れた高性能なスポーツウェアの開発に発展することが期待される。		
<b>【小課題3.2へのコメント】</b> 非対称流れ場におけるシンセティックジェット（励起噴流）の挙動について、実験と数値解析により検討を行い、互い違いの渦列が形成される条件が存在することを明らかにしている。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 伊藤 雄三

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (B)	
<b>【小課題3.3へのコメント】</b> MEMS技術(RIE)により電熱面のマイクロオーダーの微細加工を行い、膜状凝縮に比べ十数倍も熱移動能力の高い滴状凝縮の長時間安定化を図ることを目的に、電熱面には銅ブロックを用い、凝縮媒体としては水を用いて自作の装置で検討を行ったが、今回の電熱面の微細加工の条件では、全て水蒸気の凝縮が膜状凝縮となり、滴状凝縮は得られなかった。		
<b>【テーマ3の総合所見】</b> これは前年度も指摘したことだが、小課題3.1、3.2は、微細加工による機能表面との関係が薄いと思われる。小課題3.3は、種々の基礎的データは得られたが、当初の目的を達成する目途が明らかでない。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名：伊藤 雄三

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (A)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (A)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (A)	評点 (B)
<b>【小課題4.1へのコメント】</b> アメンボを規範とした水面移動ロボットでは、水面における支持力、引き離し力、流体抵抗の基礎検討を行い、得られた知見をもとにロボットの設計、試作を行い評価し、水面を60 mm/sで移動することを確認した。トンボを規範とした羽ばたき飛翔ロボットでは、羽ばたき平面角度が調整可能な機体とし、翅脈構造を最適化し、翅の表面に微細構造を作製することにより、垂直上昇と水平飛行が可能なロボットを作製した。今後、得られた知見の他の分野への応用、発展が期待される。		
<b>【小課題4.2へのコメント】</b> 液架橋力を用いたマイクロマニピュレーションへの適用を目的に床面の機能表面を用いた濡れ、付着機能の評価を行い、溝ピッチ、溝幅が小さくなるほど最大液架橋力が大きくなることを見出した。今後、より詳細な検討を行い、高性能なマイクロマニピュレーターの開発に発展することが期待される。		
<b>【テーマ4の総合所見】</b> これまでの基礎技術の検討で得られた機能表面に関する技術や知見をマイクロメカトロニクスの分野に応用し、この5年間で一定の成果を上げている。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.1の評価	小課題1.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
【小課題1.1へのコメント】  マイクロ、ナノレベルの構造体が作製されており、その手法も確立されている。他テーマへの応用、協力もされており、作製された被膜の評価も行われている。研究内容も優れており、十分な成果が得られている。		
【小課題1.2へのコメント】  摩擦、磨耗などのトライボロジー特性を向上させるトライボマテリアルの開発は工業的に有用性が高い。材料設計手法、成形加工手法、レーザーやナノインプリントによる表面構造の付与、ポリマーブラシ薄膜の効果など多彩に検討されており研究成果も十分得られている。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ1：新機能表面・構造の創成のための基礎技術の体系化>

評価項目	小課題1.3の評価	小課題1.4の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<b>【小課題1.3へのコメント】</b>  MEMS技術を利用して機能表面構造を創成し、表面の撥水性を制御して水滴の移動、濡れ性のアクティブ制御による液滴の生成、搬送、排出が検討されている。研究成果も得られている。		
<b>【小課題1.4へのコメント】</b>  高エネルギー加工による表面の機能創成を目指して、微細気泡混入放電加工および磁性材料の放電加工について検討されている。マイクロバブル混入放電加工における放電条件の影響、磁性材料の放電加工による磁束密度パターンの制御について研究成果が得られている。		
<b>【テーマ1の総合所見】</b>  新しい機能を有する表面や構造の創成について様々な材料、方法で幅広く検討されており、基盤技術の開発が進められている。体系化されることで実用分野への応用が期待される。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規 \_\_\_\_\_

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.1の評価	小課題2.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
【小課題2.1へのコメント】  マイクロ表面加工により作製された表面上での細胞の挙動, 組織の形成について <i>in vitro</i> 実験により観察され, 表面形状に対する細胞の反応が調べられている。研究成果も得られている。		
【小課題2.2へのコメント】  フェムト秒レーザーを利用して細胞密度の増加や異方性を高める研究が進められていたが, レーザ故障により研究内容がカラーゲン配合を利用した方法に変更されている。実験装置の不具合により研究内容の変更がありながらも研究成果は得られている。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ2：新機能表面・構造の生体医工学分野への応用>

評価項目	小課題2.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (B)	
<b>【小課題2.3へのコメント】</b>  小課題1.1で作製された表面上で細胞培養の実験を行い、バイオシステムに適する機能性表面について研究が進められている。ステンレス鋼表面の生体機能化についても検討されており、研究成果も得られている。		
<b>【テーマ2の総合所見】</b>  表面機能を制御する技術の開発、表面機能を付与した基板上で培養した細胞の評価はテーマ1で研究する基礎技術の生体医工学分野への応用として適しており、関連性も良く、成果も得られている。		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.1の評価	小課題3.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (C)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
【小課題3.1へのコメント】		
<p>低い流体抵抗, 高い排熱性能を有するスポーツ用機能性生地を開発するための基礎実験が行われている。流体抵抗に対する縫い目の影響, 生地表面摩擦の排熱性能への影響について検討されているが, 表面の機能性創成という観点からテーマ1との関連性が明確になるとより良いと考える。</p>		
【小課題3.2へのコメント】		
<p>シンセティックジェットの推進体への応用を目指して流体機能の創成における表面構造の影響について調べている。表面構造についての成果が主とは見られず, また機能表面の応用であるテーマとしての関連性, 必要性について不明瞭に見える。</p>		

[評点] 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A

良い(良) = B

概ね適切(可) = C

改善が必要(不可) = D

[コメント] 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規 \_\_\_\_\_

<テーマ3：新機能表面・構造の流体・エネルギー分野への応用>

評価項目	小課題3.3の評価	
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	
2. 研究実施状況	評点 (B)	
3. 研究成果	評点 (B)	
【小課題3.3へのコメント】		
伝熱面表面に微細加工を施し、相変化伝熱を向上させる研究が進められている。研究状況も良く、成果も見られる。		
【テーマ3の総合所見】		
表面機能の各分野への応用が進められているが、テーマ1で研究される基礎技術との関連がもう少し示されると良い。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。(必須項目)

非常に良い(優) = A      良い(良) = B  
概ね適切(可) = C      改善が必要(不可) = D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業  
機能表面研究センター(FMS)最終研究評価シート

評価委員氏名： 塩見誠規

<テーマ4：新機能表面・構造のマイクロメカトロニクス分野への応用>

評価項目	小課題4.1の評価	小課題4.2の評価
1. 研究目的が明確であり、その必要性が高いか。	評点 (B)	評点 (B)
2. 研究実施状況	評点 (B)	評点 (B)
3. 研究成果	評点 (B)	評点 (B)
<b>【小課題4.1へのコメント】</b>  生体の表面機能を解明しロボットへの応用を目指して、水面移動における表面構造や撥水機能についての検討、羽の表面性状の検討が行われている。研究成果も十分得られている。		
<b>【小課題4.2へのコメント】</b>  マイクロマニピュレータの開発において必要となる機能および作業面への付着機能の創成について研究されており、成果も得られている。		
<b>【テーマ4の総合所見】</b>  テーマ1で研究する表面機能，加工技術の応用に適した内容で，関係性も良く，成果も得られている。		

【評点】 以下の判定基準に基づき、小課題ごとに評価をお願いします。

非常に良い（優）＝A      良い（良）＝B  
概ね適切（可）＝C      改善が必要（不可）＝D

【コメント】 小課題ごと及び中課題の総合所見を記載してください。評点がC、Dの場合は特に記載してください。

別紙 8  
安全講習会資料



安全講習会資料 1

# MBSC 棟研究機器設備 利用者の手引き

2017年4月1日

クリーンルーム管理室



## 目次

問い合わせ先	.....	1
MBSC 棟研究機器設備利用規定	.....	2
クリーンルーム内の装置の使用方法	.....	5
細胞培養室の使用方法	.....	7
クリーンルームの薬品の使用について	.....	8
FMS ホームページ	.....	13
緊急連絡先	.....	14

## MBCS 棟研究機器設備に関する問い合わせ先

機械システム工学科 鈴木 健司

外線:

内線:

E-mail:

総合研究所 相川 慎也

外線:

内線:

E-mail:

## クリーンルーム管理者

教員： 鈴木 健司 (16-121 室)

相川 慎也 (16-122 室)

職員： 木村 英主 (16-124 室)

横山 ゆかり (16-124 室)

枝川 拓也 (16-124 室)

RA： 高橋 優輔

日野 遥

白石 成

## クリーンルーム管理者共有メールアドレス

[wwa1036@ns.kogakuin.ac.jp](mailto:wwa1036@ns.kogakuin.ac.jp)

クリーンルーム内でのトラブルや相談、問い合わせなどはこちらへご連絡ください。

# MBSC 棟研究機器設備利用規定

## 利用資格

- ・ MBSC 棟研究機器設備の利用希望者はホームページ上で予約を行うこと。
- ・ FMS 研究組織以外の者が利用する場合には、FMS 研究組織の教員の許可を得て利用の申請を行うこと。
- ・ 傷害保険に加入していること。
- ・ 安全講習会を受講し、利用者の手引き、および安全対策マニュアルの内容を完全に習得し、利用の許可を受けること。
- ・ MBSC 棟の入館登録、およびクリーンルーム入室のための指紋登録を行うこと。
- ・ クリーンルームを利用する際は、クリーンルーム管理者（教員、管理者および RA）の指示に従うこと。
- ・ MBSC 棟研究機器設備に関する連絡は FMS ホームページ（<http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwa1036/>）に掲載する。こまめにチェックすること。
- ・ 利用者は、MBSC 棟研究機器設備の清掃などに協力すること。
- ・ 利用者の手引き、安全対策マニュアルに違反した者は、利用許可を取り消すことがある。

## MBSC 棟への入退館

- ・ 入館カードの登録は、FMS ホームページよりダウンロードした MBSC 棟入館登録リストをメールに添付し、各研究室の教員を通してクリーンルーム管理室・横山（[wwa1036@ns.kogakuin.ac.jp](mailto:wwa1036@ns.kogakuin.ac.jp)）に連絡すること。
- ・ 入館の際には、玄関で内履きに履き替えること。クリーンルームをよく利用する者、2 階実験室、3 階実験室、4 階院生室の利用者等は、自分で内履きを用意すること。
- ・ 1 階打合せ室（横川ルーム）は、関係者以外は立ち入らないこと。

## クリーンルーム利用時間

- ・ 原則として、平日（月～土）の 9 時から 22 時とする。
- ・ 時間外、徹夜（22：00 以降）及び休日に MBSC 棟研究機器設備を利用する場合、利用日の前日までに所定用紙に必要事項を記入し、八王子学生課へ申請し、クリーンルーム管理室にコピーを提出する。
- ・ 月～金の 10:00 ～17:00 は、管理室に管理者が常駐している。それ以外の時間帯にクリーンルームを使用する場合には、2 人以上で作業すること。単独での使用は禁止する。
- ・ クリーンルームは 24 時間運転している。運転操作はクリーンルーム管理者が行う。

### クリーンルームへの入退室

- ・ 指紋登録を行うこと。安全講習会受講者のみがクリーンルーム指紋登録をすることができる。(当該年度の安全講習会を受講していない場合は、登録を抹消する。)
- ・ 利用するすべての装置の予約が完了していることを確認すること。
- ・ 入室する際、管理室で入室記録用紙に必要事項を記入すること。最終退出時には退出日時を記入する。
- ・ クリーンルームに入室する者は、外部からの汚染物の持ち込みを禁止する。必要がある場合は、管理室に相談すること。
- ・ 手袋、マスク、無塵服、無塵帽子、無塵靴を着用すること。
- ・ エアシャワーを浴びてから入室すること。
- ・ 筆記用具は、クリーン紙とボールペンを使用。鉛筆、消しゴム、普通紙は使用しない。
- ・ クリーンルーム及び更衣室への飲食物の持ち込みは厳禁とする。
- ・ クリーンルーム最終退出者は全装置が停止していること、人がいないことを確認し、消灯すること。異常がある場合には、すみやかにクリーンルーム管理者に連絡すること。
- ・ 更衣室ロッカーの利用希望者はクリーンルーム管理室へ申請すること。

### 緊急時の対応

- ・ 警報が鳴った場合、事故を起こした場合には、別途定める安全対策マニュアルに従ってすみやかに対応すること。

### その他の注意

- ・ むやみに知らない装置に触れないこと。
- ・ クリーンルーム、更衣室等の整理、整頓を心がけること。
- ・ クリーンルームの清掃に協力すること。

## 指紋登録

- ・指紋登録はクリーンルームを管理している教員に依頼し、行うこと。
- ・MBSC 安全講習を受講した者が、指紋登録を行うことができる。
- ・指紋登録の暗証番号は7桁とする。7桁の数字は以下のように定める。

## 教員

7桁の教員番号をそのまま用いる(00からはじめる)。

## 学生

### 1桁目

学籍番号の最初のアルファベットを以下のように置き換える。

機械系：A → 0      化学系：B → 1      電気系：C → 2  
建築系：D → 3      留学生：N → 4      研究生：K → 5

### 2桁目

学部生：学籍番号のアルファベットの次の数字をそのまま用いる。

修士：M → 6      博士：D → 7      研究員：Q → 8

### 3桁目

学籍番号の下5桁をそのまま用いる。

## 例

AM12345 → 0612345      A123456 → 0123456

## クリーンルーム内の装置の使用方法

- ・ 初めて装置を使用する際には、各装置の担当者に連絡し、必ず現場でのオペレーショントレーニングを受け、使用許可を受けること。許可がなければ装置は一切使用できない。
- ・ 装置の使用目的、使用計画等について、担当者と事前に打ち合わせること。
- ・ 使用する装置は、すべて事前にホームページ上の利用予約システムから予約すること。ホームページ予約なしでの利用は禁止とする。予約をキャンセルする場合も必ずホームページからキャンセルすること。
- ・ 装置を使用する際、各装置備え付けの装置使用記録用紙に必要事項を記入すること。また、異常等があれば装置の管理者に連絡の上、備考欄に状況を記入すること。（記録を残すことは、使用状況の把握、事故や故障の際の原因究明に極めて重要である。）
- ・ 装置は、原理や使用に関する注意をよく理解してから使用すること。
- ・ 装置の操作は、各装置の簡易マニュアルに従うこと。特に、真空装置は、バルブの開閉に十分注意しながら行うこと。
- ・ 使用中は現場を離れずに装置の状態を観察すること。
- ・ 共通備品（ピンセット、薬品など）を使用した場合、所定の位置に戻すこと。
- ・ 共通備品の購入者及び購入希望者はクリーンルーム管理者へ連絡すること。
- ・ 消耗品（ランプ、ベンコット、薬品など）が残り少なくなった場合は補充すること。在庫切れ、交換及び補充等の連絡は入室記録用紙備考欄に記入し、クリーンルーム管理者へ連絡すること。
- ・ 装置に不具合が生じた場合、破損した場合には、すみやかにクリーンルーム管理者、および装置担当者に連絡すること。
- ・ 装置の使用が終わったら、所定の方法（電源を落とす、冷却水を止める、ガスのバルブを閉める等）で装置をシャットダウンすること。また、作業場所を片付け、清掃を行い、使用前の状態に戻すこと。

### 各装置の担当責任者および担当者

- ・ 担当責任者は、その装置を主に使用する研究室の教員とする。
- ・ 担当責任者は、その装置の使い方、メンテナンス方法などを熟知した教職員または学生を装置担当者として指名することができる。

### 装置担当者の仕事

- ・ 利用者からの申請を受け、トレーニングの日程を調整し、実施する。
- ・ 装置の使い方を習得した者に利用許可を与える。

- ・ 利用者からの相談に応じる。
- ・ 装置の管理、メンテナンス、消耗品の管理、廃液処理を行う。
- ・ 簡易マニュアルを作成する。装置使用ログを作成する。
- ・ 装置固有のデータ、加工条件、ノウハウを蓄積し、利用者に提供する。管理室に資料を置くようにする。
- ・ クリーンルームの管理、清掃等に協力する。

### ガス一括管理システムの取り扱い

- ・ 各装置で使用するガスは、屋外のガスボンベ、コンプレッサーから配管されており、装置近くの壁にバルブが設置されている。
- ・ ガスの種類は  $C_4F_8$ 、 $CF_4$ 、 $SF_6$ 、 $N_2$ 、高純度  $N_2$ 、 $O_2$ 、 $Ar$ 、 $He$  とドライエア(DA)である。
- ・ ガスの残量はクリーンルーム内の表示盤に表示される。 $C_4F_8$ 、 $CF_4$ 、 $SF_6$  はボンベ内で液体のため重量が表示され、その他のガスはボンベ内の圧力が表示される。
- ・ コンプレッサーは、軽装・エアガン用と、ダイシングマシン用の 2 台設置されている。軽装・エアガン用は常時オンとし、ダイシングマシン用は使用時のみオンとする。コンプレッサーのオン・オフはクリーンルーム内の制御盤から行える。
- ・ 軽装・エアガン用コンプレッサー操作盤は異常が起きない限り操作を厳禁とする。
- ・ ガスを使用する場合は、ガスの残量に注意する。ガスボンベの交換が必要な場合は、各ガスの残量を記録し、クリーンルーム管理者が立会いの下、各自で実施する。
- ・ 窒素ガスは使用頻度が多いため、常時 2 本のガスボンベに接続されており、1 本が残りわずかになると自動的にもう 1 本に切り替わり、ブザーがなる。
- ・ 窒素ガス制御盤は、ボンベ切換えのブザーが鳴らない限り操作を厳禁とする。ブザーが鳴った場合、ブザーを止め、ガス残量記録用紙に窒素ガスの残量、及びブザーが鳴ったことを記入し、クリーンルーム管理者に連絡する。



ガス残量表示盤



窒素自動切替操作盤、コンプレッサー制御盤

# 細胞培養室(16-325)の使用法

細胞培養室は安全かつ清潔に使用することが最も重要である。各自がルールを守り、部屋の安全管理・衛生管理を十分に心掛けること。

初めて使用する際には、橋本先生に連絡を取り指示を受けること。

## 使用上の注意（ルール）

- ・コンタミネーション防止のため、衛生的に使用すること。
- ・細胞培養室を最初に利用する際は氏名・連絡先・研究室代表者（研究室名）を担当者に連絡すること。その後は、所定の方法で利用予約を行うこと。
- ・各々の実験機器は必ず使用説明を受けた後に使用すること。  
（説明を受けていない機器にむやみに触れない。）
- ・置いてある備品や薬品にむやみに触れないこと。  
（素手で触ってはいけないもの、ガン化の恐れがある試薬などもある。）
- ・機器の数が限られているため、13 ページ「MBSC 棟内細胞培養設備の予約について」を参照し、調整すること。（使用日時、使用機器、使用時間、使用条件など）
- ・ほこり等の飛散を防止するため、換気扇は常時運転 & 窓やドアの開放は厳禁。
- ・入室後は抗菌サンダルに履き替えること。
- ・退出時は必ず部屋の電気を消すこと。
- ・用がない限り、むやみに立ち入らないこと。
- ・実験室内は飲食厳禁。
- ・定期的に行われる細胞培養室の掃除に協力すること。
- ・終日 2 人以上で作業すること。
- ・入退室の際は記録用紙に記載のこと。

## 培養室設置機器

- ・クリーンベンチ・CO2 インキュベーター
- ・遠心分離機各種      ・冷蔵・冷凍庫      ・臨界点乾燥装置
- ・ディープフリーザー・蛍光顕微鏡      ・超純水製造装置
- ・位相差顕微鏡      ・乾熱滅菌機      ・オートクレーブ滅菌装置等
- ・恒温水槽      ・マイクロプレートリーダー

※装置の使用のルールは上項「クリーンルーム内の装置の使用法」に準拠する。

※薬品の使用のルールは下項「薬品の取り扱い」に従うこと。

## クリーンルームの薬品の使用について

薬品は基本的に人体に有害なものとして、取扱には法律や規則等により規制を受けており、その内容を十分に理解し、安全を考慮して適切な取扱いをしなければならない。

また、クリーンルームの清浄な環境を維持するための注意も必要である。

※クリーンルーム内で薬品を使用する場合は、クリーンルーム管理室の薬品担当者に予約を取り、薬品の使用講習を必ず受講すること。

### 薬品の調達と持ち込み

- ・薬品は研究室毎に購入するが、実験計画を立てた上で、使用量と使用期限を見越した適量を注文する。余剰の薬品は、廃棄時に相応の費用や、環境汚染のリスクを増す。
- ・薬品の安全性や性能を十分把握しておく必要がある。これらの情報は薬品メーカー等から支給される化学物質等安全データシート（MSDS）を活用出来る。（下項「化学物質等安全データシート（MSDS）の使い方」を参照。）
- ・使用者は薬品をクリーンルームに持ち込む前に、薬品名、成分、性状、容量、危険度情報等を指定の登録簿に記載し、MSDS をクリーンルーム管理室に提出して持ち込み可否の審査を受けた後、可の場合に保管場所の支持を受けて持ち込む。

**薬品の保管**・薬品を安全保管する為、クリーンルーム指定の薬品庫内の耐震性キャビネットに集中収納する。更に、毒性や発火性等の危険性を分類表示してキャビネットに分類保管する。

- ・収納される薬品は使用研究室名と保管場所を示す所定のラベル貼りつける。研究室名が表示された試薬を無断で使用してはいけない。（但し、クリーンルーム管理室で準備する薬品は各研究室で共用できる）
- ・薬品を使用する際は、使用者は薬品庫にある所定の記録用紙に必要事項を記載する。
- ・使用した薬品は使用后すみやかに元の位置に戻す。
- ・登録された薬品をクリーンルームから持ち出す時は、クリーンルーム管理室に連絡をして、持ち出しの理由、持ち出し先、返却日等を指定の登録簿に記載して**紛失防止に努める**。
- ・薬品庫内での開栓、計量、別容器に分注等の作業は禁止する。それらの操作はクリーンルーム内の専用ドラフトチャンバー内で行う。
- ・使用期限切れや使用する予定の無い薬品は、原則として使用者が責任を持って、廃棄する。廃棄に際しては、クリーンルーム管理室と連携して行う。
- ・保管した薬品は使用開始から廃棄処分までを各研究室で自己完結させること。

### 薬品の使用

- ・薬品が使用するべきものか間違えないように使用前に必ずラベルを確認する習慣をつける。

- ・薬品の使用者は、事前に、薬品の毒性、可燃性、爆発性等の性質をあらかじめ調査する。  
MSDS が手元に無い時はクリーンルーム管理室に問い合わせるか、日本試薬協会 MSDS 検査システムで入手するなどして、あらかじめ調査する。  
(<http://www.j-shiyaku.or.jp/home/msds/index.html>)
- ・危険性の高い薬品を取り扱う前には、あらかじめ緊急時の必要事項（消火器、医薬品、シャワー等の所在、応急処置、通報場所等）を確認すること。また、使用の際には単独での実験は避け、あらかじめ周囲の人達に使用する旨を通知しておく。
- ・人体に影響を及ぼす危険性の高い薬品を使用する際は、専用のドラフトチャンバーを使用し、作業者は所定の安全確保の為に保護具を用いるなど、被災しないように十分注意する。特にフッ化水素酸、硫酸、硝酸、オスミウム酸等の薬品は、教職員立会い指導のもとで指定の保護具を用いて慎重に作業する。
- ・引火性や爆発性のある薬品は、通気性を確保して、近くに火気が無い事、加熱、加水、混合等による爆発の危険の有無を調べた上で、慎重に作業すること。
- ・ドラフトチャンバーは、クリーンルーム内には3台設置されており、CR-1 と CR-2 の塩ビ製のドラフトチャンバーは、無機化合物系の薬品について使用される。排水は、共に酸性やアルカリ性洗浄水、有害成分を含まない薬品の洗浄水の排水は可能である。
- ・3台目のイエロールームにあるステンレス製ドラフトチャンバーは、有機溶剤等揮発性の高い有機化合物系の薬品の処理のみに使用する。
- ・有害無害に関わらず薬品原液は全て所定のクリーンルーム内の廃液貯留用のポリビンに回収する。ドラフトチャンバーの排水溝に流してはいけない。
- ・八王子校舎では環境汚染を防ぐため、特別に26種の薬品の洗浄水は3回分全てを薬品原液同様に所定のクリーンルーム内の廃液貯留用のポリビンに回収する。  
クリーンルームで該当する薬品はラベル表示と共にキャビネット No.5 に保管されている。
- ・CR-2 内のドラフトチャンバーのスイッチは配電盤に直結され常時排気が行われている為、隣接するスクラバースイッチのみ入力してから使用する。
- ・CR-1 内のドラフトチャンバーを使用する時は、まずイエロールームのステンレス製ドラフトチャンバーのスイッチをオフにし、その後、CR-1 のドラフトチャンバーのスイッチを入れる。そして、排気ファンが稼働していることを確認後、隣接するスクラバーのスイッチをオンにしてから使用する。（同時に使用が出来ないので注意）
- ・実験に使用した処理液を継続して使う場合は、容器から廃液庫にある保管専用のポリビンに移して、廃液庫の指定場所に保管する。容器のままドラフトチャンバー内に放置しないこと。
- ・初めて危険度の高い薬品を使用して実験する場合、作業の手順を把握する為、事前に模擬作業の試みも必要である。

#### 薬品の廃棄

- ・薬品の廃液や洗浄水は一般生活排水溝には絶対に流してはいけない。法令に基づく学内のルールに従って廃棄すること。

- ・実験後の処理液は全て廃液として回収する。有害物質の洗浄液は全て同様に回収する。
- ・廃液の回収は、必要に応じて保護具等を使い、薬品別に廃液庫に準備された指定の容器（2Lのポリビン）を用いて使用前の薬品と同様の取扱い基準でクリーンルーム内のドラフトチャンバー内で回収作業を行う。また、異なる種類の廃液をむやみに混合せず、廃液回収業者が求めるルールに従って分別しておく。
- ・廃液の保管は、所定のラベルに研究室名と内容物を記載して容器に貼りつけ、漏れの無いようにしっかり栓をして、指定された薬品保管庫に一定期間貯留保管する。
- ・貯留保管廃液の廃棄は、施設課と連携をとり、所定のルールに従って、学内排水施設へ持ち込み処理する。クリーンルーム管理室が窓口となり、各研究室と共同して定期的の実施する。

### 薬品容器の廃棄

- ・空の薬品容器は、薬品の排水が可能なドラフトチャンバー内で内部を洗浄し、産業廃棄物として施設課指定の場所に廃棄する。有害薬品の容器洗浄廃水は、貯留保管廃液と同様に回収して廃棄する。
- ・廃液回収容器（2Lのポリビン）は、一時貯留専用として使い、廃棄作業の都度、施設課搬送用 20L ポリタンクに移し変えて使用する。

### 薬品による被害の対処

- ・被災した場合、周りに助けを求めつつ自己の応急処置を速やかに進める。
- ・誤って危険性の高い薬品を吸引した場合、すみやかに被災場所から離れ、周りに応援を求めながら、清浄な空気の下へ避難する。
- ・薬品が身体に付着した場合は、衣服を取り去り、水で 15 分位洗う等の応急処置を施す。どちらの場合も、応急処置後、直ちに医師の処置を受ける。重度の被災は、緊急連絡ルートで通報するなどの処置を施す。
- ・安全対策マニュアルを作業毎にチェックしておく。

## 化学物質等安全データシート（MSDS：Material Safety Data Sheet）について

一般に、薬品を選定する時の手順として

- ① 薬品が、要求する仕様に適合するか？（テクニカルデータの検定）
- ② 入手しやすいか？（安定供給、価格、納期、使用期限等）
- ③ 使いやすいか？（安全性、荷姿、ハンドリング性、保管条件等）

等が検討される。特に安全性をチェックする場合は通常、その薬品の MSDS が使われる。日本では、毒物及び劇物取締法で指定されている毒物や劇物、労働安全衛生法で指定された通知物対象物、特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（化学製品を質排出把握管理促進法、PRTR 法、化管法とも呼ばれる）の指定化学物質を指定の割合以上含有する薬品を事業者間で譲渡・提供するときに、MSDS の提供が義務化されている。

MSDS は、日本工業規格（JIS Z 7250）で標準化され、下記 16 項目についての情報が提供される。

- |                     |                                |
|---------------------|--------------------------------|
| 1. 化学物質等及び提供する会社の情報 | 10. 安定性及び反応性                   |
| 2. 危険有害性の要約         | 11. 有害性情報                      |
| 3. 組成、成分情報          | 12. 環境影響情報                     |
| 4. 応急処置             | 13. 廃棄上の注意                     |
| 5. 火災時の措置           | 14. 輸送上の注意                     |
| 6. 漏出時の措置           | 15. 適用法令                       |
| 7. 取扱い及び保管上の注意      | 16. MSDS の作成と改訂に関する情報を含むその他の情報 |
| 8. 暴露防止及び人に対する保護措置  |                                |
| 9. 物理的及び化学的性質       |                                |

MSDS を使い、薬品の危険度と安全な取扱い方を知る手順の一例をあげる。

- ① 適用される法令があるのか？ 15 項参照。  
（あれば要注意、2～16 の内容を十分に把握する）
- ② 危険度や有害性レベルは？ 2 項参照。
- ③ 有害物質はどんな名称か？ 3 項参照。
- ④ MBSC 棟内で安全に使えるか？ 7, 8, 11, 12 項参照。
- ⑤ 安全に作業する為には？ 4, 5, 6, 8, 9, 10 項参照。
- ⑥ 廃液の処理は？ 3, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15 項参照。

尚、上記の情報では不十分な場合は、「化学便覧」や「薬品メーカーの情報サービス」等も活用する。取り扱いの規則についての詳細は、前記の法令を参考にする

## **MBC棟一階クリーンルーム(CR)に於ける薬品の安全使用ガイド**

- ・使用者は必ず安全講習受講後、薬品使用講習を受講する事
- ・危険薬品を扱う場合一人での作業は禁止、必ず複数の人の立ち合いのもとで作業をする事
- ・クリーンルーム内で薬品の「持ち込み・保管・処理・廃棄等の作業」は次の手順に沿って注意して取り扱う事

### **I. 薬品をCR内へ持ち込み使用できるか許可を得た後「登録」手続きをする**

#### **1 CR管理室の指定の用紙に下記必要事項を記載する**

- ①持ち込み年月日 ②薬品名称 ③数量 ④容器形態 ⑤使用者 ⑥研究室名 ⑦使用目的 ⑧含有主成分 ⑨危険度情報(毒物・劇物・有害性・危険物・放射性・感染性等) ⑩保管場所 ⑪MSDS取得の有無 ⑫品質保証期限
- 2 薬品個々の容器に使用者を明記する  
薬品保管庫に用意されたシール(研究室名記載)を容器に張り付ける
- 3 以下の薬品はCR管理室で共用出来る様に常備される  
アセトン、エタノール、イソプロピルアルコール、フッ酸、レジストハクリ液105、現像液NMD-3、ホトレジストOFPR-800とSU-8の8種
- 4 学内薬品管理支援システム(MASOR6)にて管理対象となる薬品は登録、棚卸、廃棄の都度運用に心掛ける

### **II. 薬品をCRに保管する場合は「保管庫の指定場所」に保管すること**

(1、2、の項目は薬品のMSDSや容器ラベルの記載内容を参考にして危険度情報を把握する)

#### **1 薬品の特性毎に仕分ける**

(**誤使用や薬品相互の反応による爆発等偶発事故の防止の為**)

- ①酸性薬品類 ……無機系か?(フッ酸、硫酸、硝酸、塩酸、リン酸等及び含有するエッチング液等が該当)  
……有機系か?(酢酸、修酸、蟻酸、クエン酸等及び分析標準試薬やPH調性等の緩衝剤等)
- ②アルカリ性薬品類 ……無機系か?(水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、アンモニア水等及び含有する薬品等)  
……有機系か?(有機アミン、アンモニウム化合物等を含むホトレジストの現像液やハクリ液等)
- ③有機化合物系薬品類 ……アルコール類やアセトン等ケトン類、酢酸エチル等のエステル類、シンナー等を含む薬品等)
- ④その他の薬品 ……無機系(硫酸ニッケル、塩化第二鉄、硫酸銅、フッ化アンモニウム等の無機塩類等)  
……有機系(ホトレジスト、樹脂系コーティング剤や接着剤の高分子化合物、界面活性剤等)
- ⑤特定用途の薬品 ……生体培養薬品等特殊薬品及び上記以外の薬品。

#### **2 取扱上の注意が必要な薬品を有害内容別に仕分ける**

(**人命や環境の保護の法令を遵守して保管する為**)

- ①医薬用外劇毒物指定薬品 ……毒物(フッ酸、シアン含有化合物、2-メルカプトエタノール、ヒドラジン化合物等)  
(人体に悪影響し生命の危険性) ……劇物(硫酸、塩酸、硝酸、過酸化水素水、パファードフッ酸、硫酸銅、塩化亜鉛等)
- ②危険物指定薬品 ……火災の危険(アセトン、シンナー、酢酸エチル、トルエン、エタノール等)  
(火災や爆発の危険) ……爆発の危険(ピクリン酸等重硝酸化合物、過酸化化物、シランガス等)
- ③有害性物質指定 ……人体に急性又は蓄積して有害となるもの(水銀、ヒ素化合物、有機りん化合物、カドミウム、  
(人体や生態系への悪影響) 六価クロム、アスベスト等)
- ④環境汚染物質法令に合わせて洗浄排水の回収が必要な薬品 ……CRではフッ酸、硝酸、ホウ酸、アンモニア等とその化合物、  
(有害物質26項目が対象となる) クロムエッチング液等が対象になる
- 3 分類された薬品を保管キャビネットの指定場所に分別収納する。(火災や地震発生時の二次災害防止や紛失防止の為)  
酸類はキャビネットNo.1、アルカリ類と無機薬品はNo.2、有機溶剤と有機薬品はNo.3、ホトレジストと現像液や剥離液はNo.4とNo.6、洗浄水回収必要はNO. 5、更にキャビネット毎に有害指定表示をして収納する(対照リスト表に基づき収納)
- 4 保管登録した不要薬品、または使用済み薬品はCR管理室へ連絡シラベル付きで廃液保管庫の指定場所に保管する

### **III. 薬品を使用する場合は下記の「取扱い注意事項」を遵守する**

#### **1 使用すべき薬品に間違いのないことをしっかり確認する**

#### **2 薬品保管庫にある所定の記録用紙に必要事項を記載する**

- ①使用年月日 ②薬品名 ③使用量 ④使用者名 ⑤所属研究室 ⑥必要な備考

#### **3 薬品保管庫内で薬品の開栓、計量、別容器に移し替える等の作業は禁止する**

#### **4 劇毒物、危険物、有害物質等危険が伴う薬品を使う作業は安全確保の為に保護具を用いたドラフトチャンバー内で行う**

特に弗化水素酸等の劇毒物の扱いは目、鼻、口、皮膚への保護具を身に付けて慎重に扱うこと

#### **5 種類の異なる薬品を混ぜ合わせる時に、爆発や沸騰で薬品が飛散したり、反応して有毒ガスが発生する事があるため、薬品相互の相性をMSDS等で使用前によく調べてから、保護具を付けたドラフトチャンバー内で少量ずつ慎重に混合すること**

異常が発生した場合には即管理室へ連絡する事

#### **以下基本的注意事項**

- ①高濃度の強酸を含む薬品と高濃度のアルカリ性の薬品どうしは混合させてはいけない <沸騰で火傷>
- ②強酸又は強アルカリを水で希釈する場合、水に対し酸又はアルカリを少量ずつ添加する <沸騰で火傷、有害ガス>
- ③酸化性の強い酸(硝酸、硫酸等)に有機溶剤や有機化合物を混入させてはいけない <爆発で火傷>
- ④シアン化合物含有薬品に酸を混入させてはいけない <青酸ガスの吸引で死亡>

#### **6 危険物に該当する薬品で、引火性の強い有機溶剤や発火性のある酸化性の強い物質は注意を要する**

引火性の強い有機溶剤としては、ガソリン、シンナー、アセトン等で、火種、静電気に注意して通気性の良いところで扱う

可燃物を爆発させる塩素酸カリウム、過マンガン酸カリウム等の使用に際しては燃えやすいものを近くに置かない

#### **7 環境汚染の対象となる次の薬品の処理後の洗浄は必ず3回以上行い、実験試料と処理容器の3回分の洗浄水全てを指定のポリ容器に回収する**

(対象となる以下の11種の薬品はキャビネットNo.5に保管されている)  
・フッ化水素酸 ・フッ化アンモニウム・硝酸 ・ホウ酸・アンモニア水 ・AlエッチャントS ・AlエッチャントS-5N ・Cu-01 ・Cu-03  
・TWエッチング液(クロムエッチング用) ・有害金属(Cd,Sb,Cr6+,As,Hg,Se)が混入したエッチング液

#### **8 被災した場合、応急処置と災害通報を同時に進める事。第三者に支援を求め速やかに応急処置と医師の治療を受ける**

- ①被災者を安全な場所に移し②吸引した場合清浄な空気の下へ③付着した場合は衣服を取り去り水で15分くらい洗い、あとは薬品それぞれの治療処置を安全マニュアルに従って速やかに処置をする(処置は人命にも関わる為迅速に行う)

### **IV. 使用後の薬品は「廃棄又は保管」の区別をして次の手順で扱ってください**

#### **1 使用後の薬品は薬品保管庫の元の位置に速やかに戻すこと。**

#### **2 使い切った薬品は専用ドラフトチャンバー内で容器内部を洗浄しCR廃液保管庫内の指定場所に保存。(CR管理室で廃棄する)**

#### **3 使われた薬品を廃棄する場合は、保管庫に用意された専用のポリビンに研究室名と廃液内容を指定のラベルに記載して容器に張り付けて廃液保管庫の指定場所に①酸類②アルカリ類③有機溶剤④一般化合物⑤その他に分けて入庫する。**

保管ポリ容器は研究室名と薬品名を記載して栓をしっかりと閉鎖して保管する。満タンになったら新しいポリビンを使う。

#### **4 使われた薬品で廃棄せず継続使用する場合は廃液回収用の新ポリビンに移し廃液保管庫の再使用保管場所に保管する。**

#### **5 CR室内で薬品及びその廃液は指定保管場所以外の放置は厳禁**

#### **6 廃液は他の廃液との混合禁止 廃液が混合することで爆発や有害ガスの発生による災害発生や無害化処理が出来なくなる**

#### **7 回収廃液の廃棄処理は各研究室と共同してCR管理室が定期的に実施する。(学内廃棄規定に準拠して実施)**

**\* 不明な点はCR管理室に問い合わせてください。**

# FMS ホームページ

<http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwa1036/>

MBSC 棟内の施設・設備に関する情報は上記 URL の FMS ホームページに掲載する。保守管理や停電等によって MBSC 棟の機器設備が使えない場合や、講習会の連絡等、MBSC 棟の利用に関する全ての情報を FMS ホームページのトップページに掲載する。MBSC 棟の利用者はこまめにチェックすること。

- ・ FMS ホームページのトップページ

**FMS** 機能表面研究センター  
Functional Microstructured Surfaces Research Center

11540

工学院大学  
KOGAKUIN UNIVERSITY

トップ 概要 施設・設備 研究成果 配布資料等 アクセス リンク 施設利用予約

**お知らせ**

**【重要】クリーンルーム内の私物等について**  
年度末に伴い、クリーンルーム内を整理します。各研究室のキャビネットや研究で使用した物品等を整理し、私物は持ち帰ってください。(2/26掲載)

**【重要】ロッカー鍵返却について**  
クリーンルーム更衣室のロッカーを借りている方で、3月に卒業する方は2月中旬に鍵を返却して下さい。次年度も継続利用をする方は、再申請の必要はありません。(2/26掲載)

**【MBSC棟のさまりを守りましょう】**  
・設備機器は必ずweb予約してから使用すること。  
・装置を使用した際には、忘れずに記録用紙に記入すること。

**【重要・安全講習を受講された皆様へ】**  
安全講習会資料・1 利用者の手引き  
○16.17MBSC棟内研究装置・設備機器担当者  
機器利用に関する情報

**フェムトレーザー (FRLT)**  
現在使用できません。(2/26掲載)

**レーザー直接描画装置 (DDB-201)**  
3階クリーンルームから、1階クリーンルーム(イエロールーム内)に移動しました。(2/18掲載)

[過去のお知らせ](#)

## 緊急連絡先

連絡場所・連絡者	八王子内線	新宿内線	外線
① 5号館警備室 東門脇警備室		—	
② 鈴木 健司			
③ 相川 慎也		—	
④ クリーンルーム管理室		—	
⑤ 指導教授			
⑥ 所属研究室			
健康相談室 (9時～17時)			

◎ 外線はクリーンルーム管理室から 「0」 + 外線電話番号

◎ 救急車、消防、館内放送の要請は警備室（3112）へ



安全講習会資料 2

# 安全対策マニュアル

2017年4月1日

クリーンルーム管理室



# 1. 安全に対する心構え

- ① 居眠りするような状態で作業しないこと。
- ② 作業に集中する。
- ③ 使用する装置、薬品、ガス等をよく理解する。
- ④ 初心を忘れずに、一つ一つの動作を確認しながら確実に行う。
- ⑤ 後片付けをきちんとする。

## 事故がおきたら...

- ① 落ち着いて、初期対処を行う。負傷者がいれば救出する。
- ② 警備室(3112 or 3111)、教員に連絡する。(→緊急連絡先参照)
- ③ 放送、掲示等で、周囲の人に危険がないようにアナウンスする。  
放送、救急車・消防車の依頼は警備室へ。
- ④ 事故の状況をくわしく報告する。報告書を作成して管理室に保管する。  
失敗を次に生かせるようにする。

どんなに小さな事故でも、

**必ずクリーンルーム管理室に報告すること。**

口頭での連絡とともに、管理者共有のメールアドレス([wwa1036@ns.kogakuin.ac.jp](mailto:wwa1036@ns.kogakuin.ac.jp))へ報告する。

事故状況を説明することで、

- ・気付いていなかった潜在的な危険性を認識できる。
- ・失敗やミスを繰り返さないための対策を講じることができる。
- ・機器の修理、補充等を適切に行うことができる。

## 2. 警報作動時の対処

1. 各機器を停止し、ガスの元栓を閉めて、すみやかにクリーンルームから退室。
2. クリーンルーム管理室の警報盤で、警報の種類を確認。

警報の種類	状況	警報の表示
①温度異常	クリーンルーム内温度が異常上昇	管理室 ブザー鳴動 表示灯点滅
②空調機故障	空調機の非常停止	
③プレ装置故障	給排気装置の非常停止 ロールフィルタ巻取完了	
④ガス漏洩	クリーンルーム内のガスセンサーがガス漏れを検知 空調機は自動的に強制換気を行う。	管理室 表示灯点滅 ブザー鳴動 前室 パトライト回転 パトライトブザー鳴動

3. 「④ガス漏洩」の場合は、次のページの「ガス漏れ時の対処」へ。
4. 警備室(3112), 教員に連絡 (→緊急連絡先)
5. 警報盤のリセットスイッチを押して、ブザーを停止させる。  
表示灯は点滅から点灯にかわる。問題が解消するまで点灯が続く。
6. 上記①②③ (空調、給排気関係) の場合は、クリーンルーム内の温度の異常、機器の発熱、異臭などがないかどうかを調べる。機器の電源はすべて落とす。
7. 警備員、教員の到着を待って、復帰作業を行う。必ず教員が実施する。
8. 報告書作成。
9. 安全が確認されたら、教員が作業継続を許可する。

### 3. ガス漏れ時の対処

ガス漏れ警報が作動したとき、

- ・ 管理室の警報ブザー鳴動、クリーンルーム警報盤表示灯点灯。
- ・ 前室のパトライトが回転、ブザーが鳴動。
- ・ 空調機は自動的に強制換気を行い、速やかにガス濃度を低下させる。  
(吸気装置は最大能力で吸気。リターン側ダクトは大気放出に切り替わる。)

現状では、猛毒なガスは使用していないので、落ち着いて行動すること。ただし、酸欠に対する注意は必要。

1. 機器を緊急停止させ、ガスのバルブを閉める。
2. 鼻と口を手でおさえ、速やかにクリーンルームから退室。建物の外に出る。
3. 警備室 (3112 or 3111)、教員に連絡。(→緊急連絡先)  
警備室に全館放送を依頼する。
4. 2階以上にいる人は、CORC棟などから建物の外に避難する。

#### 教員の対応

1. 管理室、機械室のリセットボタンを押し、警報ブザーを止める。  
警報が鳴らなかった場合には、機械室で強制換気スイッチをON。  
強制換気を行う。
2. 機械室のモニターでガス濃度を確認する。
3. 防毒マスクをつけて、クリーンルーム内に入りガスを遮断する。  
残っている人がいないか確認し、倒れている人がいれば救助する。  
対処不可能と判断される場合は、専門業者に連絡する。
4. 2~3時間程度様子を見る。  
機械室のモニターでガス濃度が下がったことを確認する。
5. 報告書作成。
6. 安全が確認されたら、教員が作業継続を許可する。

## 4. 火災時の対処

1. 周囲の人に大声で「火事だ」と知らせる。  
火災報知機がなければ非常ボタンを押す。
2. 各機器を停止する 落ち着いて熱源を切り、燃えやすいものは取り除く。
3. 数人の場合は一人が警備室（3112 or 3111）、教員に連絡する。（→緊急連絡先）  
被害者がいれば救出する。
4. \* 消火器により初期消火につとめる。  
（栓を抜く→ホースを火に向ける→レバーを握る）
  - ① 二酸化炭素消火器（一部分が緑色）  
汚染がなく後始末が不要。  
大量に使うと窒息の恐れがあるので一本以上は使わない。
  - ② 粉末消火器（前室に設置）
  - ③ 消化栓により散水（二人作業、一人がホースをもち、一人が栓を開く）  
油や有機溶媒は水をかけると火が広がるので、慌てて水をかけない。
5. \* 消火不可能と判断される場合→すみやかに避難する。
6. 警備室（3112 or 3111）、教員に連絡。  
警備室を通して消防に連絡、館内放送を依頼。
7. 教員が鎮火を確認。
8. 報告書作成、消防に連絡、出火原因究明。

### 火災警報作動時の対処

1. 5号館警備室（3112）、1号館警備室(3111)でも、同時に警報が鳴る。
2. 警報制御盤は CORC 棟 1階の事務室内にある。警備員と協力しながら、場所の特定、原因究明を行う。
3. 警備室（3112）に館内放送を依頼。状況説明と対処方法のアナウンスを行う。
4. 消火、避難、連絡等、適切な処置をとる。

## 5. 感電時の対処

1. 垂れ下がった電線に近づかない。
2. 濡れた手足で電線や電気機器に触れない。
3. 急いでスイッチを切る。
4. 感電者の身体は、乾いた棒で払いのけるか、乾いた布あるいは衣服などを厚く巻いて、感電者の衣服をつかんで引き離す。
5. 感電者が意識を失った場合、人工呼吸を行う。心停止ならば心臓マッサージ。  
警備室（3112 or 3111）経由で救急車要請。
6. 警備員、教員に連絡。（→緊急連絡先）
7. 感電原因究明。

◎感電は、電圧よりも人体に流れる電流の大きさが問題。

電流(mA)×時間（秒）が 30 を超えれば人体が致命的損傷を受ける。

◎高電圧電源は、スイッチを切っても、内部のコンデンサに電荷がたまっている  
ので危険。高電圧部分の検査や修理は安易に行わない。



# AEDを用いた心肺蘇生法の流れ

救急蘇生法の指針2010

～救急車到着までにあなたにもできることがあります～



## 6. 停電時の対処

1. コンセントに差してある非常灯が自動的に点灯する。非常灯はコンセントから抜けば懐中電灯になる。
2. 機器を停止し（復旧した際の通電を防ぐ）、ガスのバルブを閉める。
3. パスボックスまたは非常口を通ってクリーンルームから速やかに退出する。
4. 警備員（3112）、教員に連絡する。
5. 電源が復帰すると、空調、給排気装置は自動復帰するように設計されている。正常に復帰していることを教員が確認する。
6. 各機器の安全を確認する。ガスを使用していた機器は、窒素等で置換する。
7. 教員が安全を確認し、作業継続を許可する。

### ◎部分的にブレーカーが落ちたとき

1. 機器を停止し、ガスのバルブを閉める。
2. 教員に連絡する。
3. 教員が機械室で原因を確認し、復帰作業を行う。
4. 各機器の安全を確認し、教員が作業継続を許可する。

### ◎事前に連絡されている計画停電

1. 利用者全員にメール、掲示等で通知する。
2. すべての装置を停止させ、クリーンルームの使用を停止する。空調、給排気装置も停止する。
3. 復電したら、空調、給排気装置の運転を開始し、安全確認を行う。

## 7. 地震への対処

### ◎クリーンルーム内で強い地震に遭遇した場合

1. 装置を停止し、ガスのバルブ、水道栓を閉める。
2. 様子を見て安全な場所に身を隠し、非難する。グレーティングの下は器材等が落下する恐れがあるので、直ちに上にあがる。
3. 歩ける程度に揺れがおさまったら、速やかにクリーンルームから退出する。停電や、配管のゆがみ等による水漏れ、ガス漏れが想定されるので注意する。

### ◎普段から地震に対して心がけておくこと

1. 装置がしっかり固定されているか確認しておく。キャスター付の装置は特に注意する。
2. 薬品容器等は揺れで倒れないように管理しておく。
3. 停電、断水等も想定されるので、懐中電灯などの準備をしておく。

## 8. 薬品による被害の対処

1. 大声で助けを求める。
2. 初期対処を行う。
  - ・目、皮膚にかかった場合、ただちに15分以上水洗する。
  - ・クリーン服にかかった場合、その場で服を脱ぎ捨てるか、薬品のかかった部分を切り取り、安全シャワーを浴びる。
  - ・フッ化水素酸は上記処置を行い、速やかに医師の診療を受ける。
  - ・硫酸はよく拭き取ってから大量の水で洗う。(発熱注意)
3. 警備室(3112)、または八王子学生課(3120)経由で医師に連絡、指示を仰ぐ。
4. 教員に連絡する。

## 9. 事故例

### ◎MBSC 棟内で発生した事故

- ・ SU-8 現像液を 100mL こぼしてクリーンルーム内に臭気が充満し、換気扇を一時停止し換気を行った。
- ・ 停電が起きたにもかかわらず、適切な避難が実施されなかった。
- ・ ボンベ庫の配管を曲げた。
- ・ 薬品を浴びた。
- ・ 排気装置のバルブを閉めたままエッチング装置を使用したところ、排気チューブが突然破壊し、ガスが漏れ出した。
- ・ 排気バルブを閉めたまま Deep RIE 装置を使用したため、配管の O リングからガス漏れが発生し、硫黄臭が充満した。ガス漏れ警報が作動せず、強制換気に手間取った。
- ・ ダイシングマシンの冷却水のチューブが折れ曲がり、冷却水が逆流して水漏れが発生した。
- ・ 熱したホットプレートの上に薬品の入ったビーカーを置いて加熱しようとしたところ、ビーカーが割れて中の薬品がこぼれた。
- ・ 濃塩酸分注時に試薬ビンの周辺に付着した塩酸が残ったまま専用キャビネットに保管されたため、キャビネット内金属部に大量の錆びが発生した。
- ・ 金エッチング用王水の容器密栓が不十分で刺激臭が漏れ、薬品保管キャビネット内が汚染され、金属部全面に大量の錆びが発生した。
- ・ クリーンルームエアシャワー内で非常ボタンを押した後、復帰ボタンを押さずに退出したため、両サイドのドアが開いたまましばらく放置された。
- ・ イエロールームのドラフトチャンバー内でトルエンを使った後に、トルエンをふき取った後の大量のキムタオルをイエロールームのごみ箱にそのまま廃棄したため、トルエンの強烈な臭気がクリーンルーム全体に充満した。(幸いにも引火による火災は起こらず、ガスを吸い込んだ者はいなかった。)

- ・ドラフトチャンバー内にて、アルミニウムエッチング液（酢酸&硝酸の混酸）をシャーレに入れ、アルミホイルで蓋をして保管した。アルミホイルが溶解して蓋の機能を果たさずに、臭気が周辺に充満した。
- ・保管キャビネットからフッ化水素酸 (Hydrofluoric acid) と過酸化水素酸 (Hydrogen peroxide) とラベルを見間違えた。（分注直前に気づき、大事には至らなかった。）
- ・イエロールームドラフトチャンバーの排気スイッチが入らない状態でトルエンを用いた処理を行った結果、クリーンルーム全体及び準備室に臭気が充満した。クリーンルーム内を揚圧に保つため、ドラフトチャンバーを二台同時稼働できず有機系のドラフトチャンバーのスイッチを適宜開閉していることを知らず、実験作業者がスイッチの ON 表示を確認して使用していなかった。
- ・レジスト剥離液（NMD-3）を指定分注場所であるドラフトチャンバーではなく、薬品保管庫内で分注した。剥離液を床にこぼしたまま放置したため、一時強烈な異臭がクリーンルーム内に充満した。
- ・細胞を固定する作業中、オスミウム酸が入っているガラスアンプルの先を割って開封する際にアンプルを強く握りすぎたため破損し、ガラス片で保護手袋が破れ皮膚に付着した。付着部の皮膚が黒変し、医師の診察を受けた。
- ・プリント基板のフォトエッチング中、保護メガネを装着せずに容器をゆすりながら顔を近づけて観察したため、エッチング液の飛沫が目に入り、医師の診察を受けた。

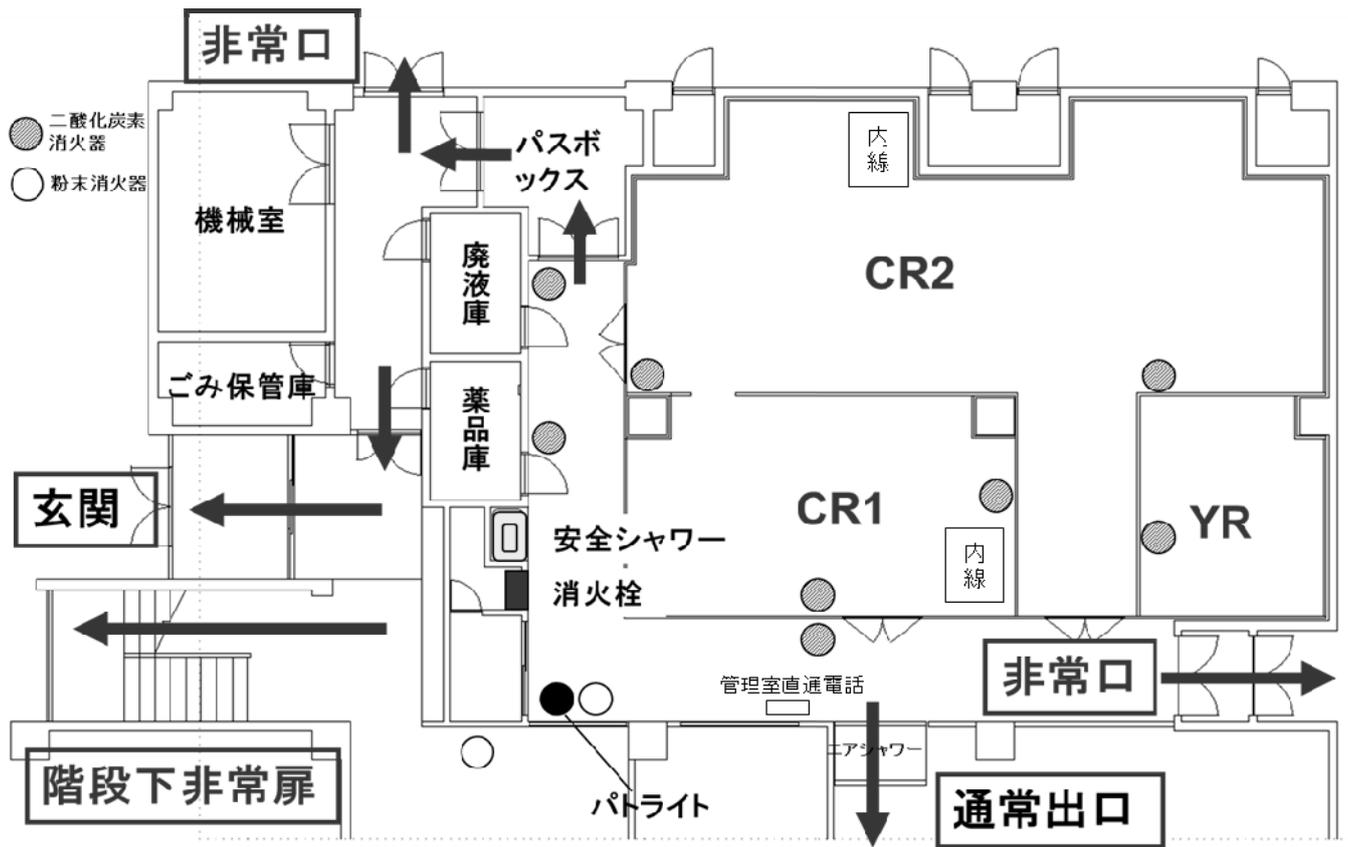
### ◎他の研究施設で起こった事故

- ・硫酸の廃液タンクに誤って塩酸を捨ててしまい、塩化水素（気体）が発生してタンクが破裂した。
- ・硫酸の廃液タンクに、誤って有機溶媒を捨てたところ、タンクが破裂して火災が発生した。硫酸と有機溶媒は一緒にしないこと。
- ・穴の開いた手袋でフッ化水素酸を扱い、フッ化水素酸が手に付着。その後も手を洗わなかった。激しい痛みと白色化と水疱形成、進行性の組織の崩壊、痛みや紅斑は暴露後24時間出現しないことがある。腐食作用による局所症状のみならず、全身に症状が出現し、死亡することもある。ドラフトチャンバー、目鼻皮膚への保護具を用い注意して作業を行うこと。

- ・ シラン ( $\text{SiH}_4$ ) ボンベと  $\text{N}_2\text{O}$  ボンベのガスが、逆止弁の不調のためパージラインを通してボンベ内で混合し、爆発した。学生が 2 人死亡した。
- ・ ロータリー真空ポンプの不調で回転が止まり、加熱して火災が発生した。
- ・ 薬品内にサンプル、治具等を落として薬品がはね、その一部が目に入った。
- ・ 薬品のビンを搬入するとき、ビンの先端部のみを片手で持ったため、誤って落下させてビンを破損した。
- ・ 暑い日に締め切った室内で液体窒素を床にまいたところ、窒息死した。
- ・ 液体窒素容器の安全弁を止めたために破裂し、周囲の乗用車数台が大破した。
- ・ プラズマ発生装置の高電圧電源に手を触れて感電死した。

# 10. 避難経路

非常口：前室の両端から外に出られる。



# MBCS棟内研究装置・設備機器担当者

【装置・設備は、担当者に連絡の上、必ず装置講習を受講してから使用すること】

装置名	型式	メーカー	設置部屋	担当教職員	内線	E-mailアドレス	
クリーンルーム	AIC-9500CS	アッペ科学株式会社	1階 クリーンルーム	鈴木健司 相川慎也			
Si深掘りエッチング装置	MUC-21 ASE-SRE	住友精密工業株式会社					
接触角計	Phenix300	メイワフォーシス株式会社					
金属顕微鏡	BX41M	オリンパス株式会社					
金属顕微鏡	BX51-33MU	オリンパス株式会社					
鍍金装置	YPP-15030	株式会社 山本鍍金試験器					
スパッタ装置(一元)	L-210S-FH	キャノンアネルバ株式会社					
スパッタ装置(三元)	L-332S-FH	キャノンアネルバ株式会社					
高速型真空蒸着装置	VPC-410	アルバック機工株式会社					
スピコーター①	1H-DX2	ミカサ株式会社					
スピコーター②	1H-DX2	ミカサ株式会社					
スピコーター③	MS-A150	ミカサ株式会社					
片面マスクアライナー	M-1S	ミカサ株式会社					
両面マスクアライナー	PEM-800	ユニオン光学株式会社					
レーザー直接描画装置	DDB-201	ネオアーク株式会社					
コンパクトエッチャー	FA-1	株式会社サムコインターナショナル					
RIE	RIE-10NR	株式会社サムコインターナショナル					
オープン	DX-401	ヤマト科学株式会社					
枚葉式スピンドライヤー	SF-250-HIDN-ARM1	ジャパングリエイト株式会社					
膜厚計	F20	松下テクノトレーディング株式会社					
EDX WETSEM	JSM-6360LA	日本電子株式会社					
形状測定レーザーマイクロスコプ (レーザー顕微鏡)	VK-X200	株式会社キーエンス					
3Dリアルサーフェスビュー顕微鏡	VE-8800S	株式会社キーエンス					
ダイシングマシン	DAD-522	ディスコ株式会社					
手動ワイヤボンディング	4523D	Kulicke & Soffa Industries Incorporated					
小型真空蒸着装置	VWR-400M	アルバック機工株式会社					
超純水製造装置	Milli-Q Element A-10 Elix 3	日本ミリポア株式会社					
ECRイオンシャワー装置	EIS-200ER	株式会社エリオニクス					立野昌義 鈴木健司 相川慎也
真空陽極接合装置	HORIVAC300S	堀口鉄工所					
引掻強度試験機	HEIDEN type 18L	新東科学株式会社					立野 昌義
接触式表面形状測定装置	Dektak XT-E	Bruker Corporation	相川慎也				
4探針抵抗測定器	Model sigma-5+	エヌピイエス株式会社					
クリーンルーム	-	日本エアータック株式会社	3階 クリーンルーム	鈴木 健司			
フェムト秒レーザー	IFRIT	サイバーレーザー株式会社		大竹 浩靖			
拡散接合装置	NP-15G-S	ネムス株式会社		鈴木 健司 相川 慎也			
電子ビーム蒸着装置	JBS-Z0501EVC	日本電子株式会社					

高速度カメラ	FASTCAM-MAX120K Cmodel-1	株式会社フォトロン	CR管理室	大竹 浩靖				
赤外線放射温度計	A6753sc	日本バーズ株式会社						
パリレンコーティング装置	PDS-2010	Speciality coating systems	16-221	鈴木 健司				
半導体レーザー (3W)	VD-IVA	漢和商事株式会社	16-224	大竹 浩靖				
粘弾性測定装置	ARES-G2	ティー・エイ・インストルメント・ジャパン株式会社	16-226	西谷 要介				
マイクロフォーカスX線CT装置	ScanXmateE-090	コムスキャンテクノ	16-229	橋本 成広				
EDX WETSEM	JSM-6380LA	日本電子株式会社	16-230	鈴木 健司				
X線回折装置	RINT2200VK/PC	株式会社リガク		西谷 要介				
X線回折装置	SmartLab.	株式会社リガク		武沢 英樹				
集束イオンビーム装置(FIB)	FB-2100	株式会社日立ハイテクノロジーズ	16-231	阿相 英孝				
YAGレーザー(パルス)	CYQ-T050MWS	ネオアーク株式会社		武沢 英樹 大竹 浩靖				
ラマン顕微鏡	XploRA	株式会社堀場製作所		西谷 要介				
三次元モデリングシステム	VG Studio Point Master	日本ビジュアルサイエンス株式会社						
光造形装置	URM-HP301	株式会社ユニラピッド						
光造形用CAD	SolidWorks	キャノンシステムトレーディング						
リアルタイムPCR	LightCycler480 System II	ロシュ・ダイアグノスティックス株式会社	細胞培養室 (16-325)	橋本 成広				
吸光マイクロプレートリーダー	Multiscan FC	Thermo Scientific						
細胞培養システム(クリーンベンチ)	MCO-175, MCV-B161F	三洋電機						
冷却遠心機	kubotal-2800	久保田商事株式会社						
乾熱滅菌器	NDS-510	EYELA東京理化器械株式会社						
オートクレーブ滅菌装置	KTS-3065	アルプ株式会社						
オートクレーブ滅菌装置	KT-2322	アルプ株式会社						
臨界点乾燥装置	JCPD-5	日本電子株式会社						
蛍光・位相差インキュベータ顕微鏡	LCV110-SK	オリンパス株式会社						
超純水製造装置	Direct-Q UV	日本ミリポア株式会社						
原子間力顕微鏡(AFM)	NanoScope IIIa	株式会社日本ビーコ			応用実験室 (16-326)	橋本 成広		
マイクロスコープ	VHX-100	株式会社キーエンス				相川 慎也		
マイクロスコープ	VHX-1000	株式会社キーエンス						
ナノインプリント装置		obducat						
超深度カラー3D形状測定顕微鏡 (レーザー顕微鏡)	VK-9500	株式会社キーエンス	立野 昌義					
超微小押し込み硬さ試験機①	ENT-1100a	株式会社エリオニクス						
超微小押し込み硬さ試験機②	ENT-1100a	株式会社エリオニクス						
走査型共焦点レーザー顕微鏡	OLS-3000LS	オリンパス株式会社						
熱分析装置(TG-DTA)	Thermo plus EVO TG 8120	株式会社リガク	阿相 英孝					
ワンショット3D形状測定機	VR-3200	株式会社キーエンス		鈴木 健司 相川 慎也				
3D加工装置	AGILISTA-3000	株式会社キーエンス	ヒューマンインタ フェース研究室	見崎大悟				
レーザードップラー流速計	SmartLDV II システム	日本カノマックス株式会社	流体機械研究室	佐藤 光太郎				
熱線流速計	カノマックスIHW-100 4CHシステム	日本カノマックス株式会社	スポーツ流体 研究室	伊藤 慎一郎				
流体力計測装置	LMC-61296	日章電機株式会社						

# MBSC 棟内機器設備利用者登録申請書

平成 年 月 日

利用者氏名 フリガナ (男・女)

学籍番号 \_\_\_\_\_

所属学部・学科 \_\_\_\_\_

※他大学の者は大学名も記入。

学年・身分 \_\_\_\_\_

所属研究室 \_\_\_\_\_

学内内線番号 \_\_\_\_\_

※他大学の者は外線番号も記入。

携帯または自宅電話番号 \_\_\_\_\_

E-mail address \_\_\_\_\_

※できるだけPC用のアドレスを記入。

安全講習受講日 平成 年 月 日

利用期間 平成 年 4 月 ~ 平成 年 3 月

災害傷害保険期間満了日 平成 年 月 日

※卒業年月日を記入。

## 誓約書

私は、MBSC 棟内の機器設備の利用を承認されました上は、利用者としての義務を遂行し、事故のないよう、機器設備の利用規定を遵守することを誓約いたします。

氏名 \_\_\_\_\_

指導教員名 \_\_\_\_\_ ㊞

(以下、FMS 研究組織以外の研究室の者のみ)

FMS 研究組織以外の研究室の者が MBSC 棟内の機器設備を使用する場合には、FMS 研究組織に属する教員から使用許可を得なければなりません。FMS 研究組織の教員に使用許可を得た上で、以下にその教員名を記入し、捺印してもらってください。

FMS 研究組織の教員名 \_\_\_\_\_ ㊞

## 薬品・装置 使用講習 受講記録

\*使用前に、薬品・装置の使用講習を必ず受講して下さい。

講習を受けていない装置は使用することができません。

### 【薬品使用講習】

受講月日：            月            日
---------------------------------

### 【装置使用講習】

受講月日	装置名	受講印	受講月日	装置名	受講印