

平成 24 年度プロジェクト研究成果報告会 レポート

日時：2012 年 12 月 8 日（土） 13:00～17:20

場所：新宿校舎 1114 教室

工学院大学総合研究所では、本学独自の資金によりプロジェクト研究を行っています。これは、学内研究者が中心となり、外部機関の研究者との共同で2～3年間にわたって行うものです。今回は、平成23年度に終了した8つのプロジェクト研究の成果が報告されました。

報告会の冒頭、総合研究所所長の小野幸子・応用化学科教授から、「プロジェクト研究は本学の研究活性化に重要な役割を果たしてきましたが、今後は少し形が変わり、文部科学省やNEDOなどの外部資金を導入するために学内外との共同研究グループを育てることと、連携大学や海外の大学との共同研究をさかんにすることが大きな柱となります。本学では研究と教育が密接に結びついており、研究を活性化することは教育の質の向上につ

ながるので、皆さんに研究活性化の努力を続けていただきたいと思います。今日は、活発な研究をしてこられた先生方の発表を聞けるのを楽しみにしています」との挨拶がありました。



総合研究所所長 小野幸子・応用化学科教授



発表テーマ①

人口過疎地域における人口、生活圏域、 域内生活基盤施設の相互関係

建築学部建築学科 教授 山下てつろう（やました・てつろう）

共同研究者：

工学院大学建築学部建築デザイン学科 筧 淳夫

名城大学理工学部建築学科 生田京子



高齢化した過疎地域の生活実態調査

日本では、過疎地域が増え続けています。こうした過疎地域に、特に高齢の方々が住み続けるためには、どのように生活基盤施設を整備すればよいのでしょうか。私たちは、そのあり方を探るための研究を行いました。

最初に行ったのは、過疎地域のライフスタイル調査です。2009年に北海道の森町で実施したヒアリングでは、高齢者が買い物に出かける頻度を調査しました。また、2010年には岡山県 哲西町^{てっせいちょう}で、内科診療所や役場、図書館などが集まった複合施設の利用実態を調査しました。どちらの町も商業施設などが特定の場所に集まっており、その周辺は比較的都市化されていますが、少し離れると過疎化しています。これらの調査から、過疎地域の高齢者は、週に1~2回しか外出しておらず、その際に商業施設、文化施設など複数の施設を同時に利用していることが明らかになりました。

保健医療福祉施設のベストミックス

2011年には、全国の過疎地域で保健医療福祉施設の集約や複合がどの程度進んでいるのかを、施設の配置に着目して調査しました。

保健医療福祉施設には、病院、診療所、訪問看護ステーション、訪問介護ステーション、通所介護施設、短期入所施設、特別養護老人ホーム、老人保健施設、グループホーム、特定施設などがあります。これらの施設の配置と、その地域の人口密度の関係をGISというコンピューターソフトで分析した結果、過疎地域においては、80%以上の保健医療福祉施設が、平均人口密度85人/km²以上の集落に配置されていることがわかりました。

こうした過疎地域ではさまざまな保健医療福祉施設が100m圏内という狭い範囲内に集まり、それぞれ異なるサービスを提供しながら連携している場合が多いのです。また、異なる複数のサービスが一つの施設で提供されるなどの、複合施設化もみられました。

過疎地域では、コストや人材確保などの課題があり、複数の保健医療福祉施設を別々に運営するのは

困難です。本研究でさまざまな事例を分析したところ、複数のサービスを一つの施設で提供する複合施設の例が多いようです。今回の研究で、過疎地域における保健医療福祉施設のあり方として、多機能型の複合施設が適していることが見えてきました。今後も過疎地域における保健医療福祉施設のベストミックスを研究していくつもりです。

政党政治再編成期ドイツにおける 3 政党間関係の変容に関する 理論的・実証的分析

基礎・教養教育部門 准教授 小野 一(おの・はじめ)

共同研究者:

北海学園大学法学部 山本左門

北海学園大学法学部 本田 宏、

福岡大学法学部 東原正明



5 つの政党が入り乱れるドイツの政治

ドイツのおもな政党は、キリスト教民主社会同盟(CDU/CSU、シンボルカラーは黒)、社会民主党(SPD、赤)、自由民主党(FDP、黄)、緑の党・90年同盟(緑)、左翼党(赤)の5つです(図)。1980年代以降はおおむね、CDU/CSUとFDPが連立する「中道保守」か、SPDと緑の党の「赤緑連立」の政権がつくられてきました。

しかし、2005年の連邦議会選挙では、CDU/CSUが第一党となったものの、中道保守も赤緑連立も過半数を取ることができませんでした。そこで、CDU/CSUを率いるメルケル首相は、SPDとの大連立に踏み切りました。このときから、ドイツの政党政治の再編成が始まったのです。2009年の選挙後、この大連立は解消され、中道保守が復活しましたが、再編成の流れは根強く、次の2013年の選挙が関心を集めています。

私たちはプロジェクト研究で、左派の3党を中心にこの政党政治再編成を分析しましたが、この発表会では、プロジェクト研究終了後の変化について述べたいと思います。

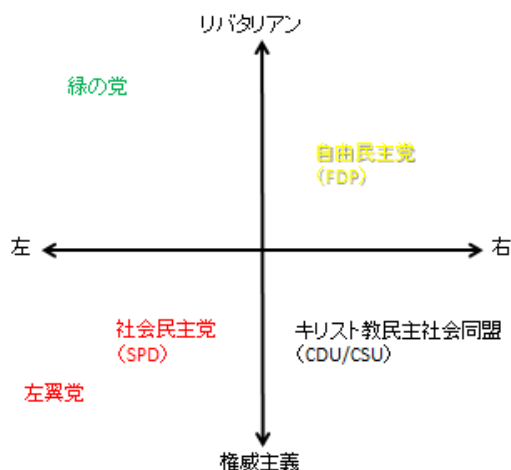


図 ドイツの5つの政党の位置づけ。従来、政党は左派か右派かという軸によって位置づけられてきたが、最近では、個人の自由を尊重するリバタリアンか権威主義かというもう一つの軸を設けることが多くなった。ドイツでは、この図で離れた位置にある政党間の連立も成立しやすい状況にある。

党勢や党内力学で政策は変わる

新しい動向として、これまではあり得ないと考えられてきた CDU/CSU と緑の党の連立（黒と緑）の可能性が出てきました。緑の党は社会運動を起源とする政党で、1998年に「赤緑連立」で連邦政府入りしました。2005年の選挙では第5位に甘んじ、政権からも離れましたが、2009年の選挙以降は党勢を回復しています。さらに、福島原発事故直後の2011年の地方選挙では「脱原発」を掲げて躍進しました。

一方、CDU/CSUはもともと原発推進の立場でしたが、2011年春に脱原発に転じました。もともと経済派と環境派の対立があった党内で、世論に押されて環境派が力を得たことが大きな要因です。このため、「黒と緑」の連立がありうるのではとされているのです。

一方、中道保守連立に加わってきた FDP は衰退しています。ドイツでは、得票率が5%を超えないと議席が得られないというルールがあるため、FDPは次の選挙で連邦議会から姿を消すことになりそうです。左翼党も、5%を超えられるかは微妙です。反対に、海賊党という新しい政党が伸びそうです。この政党は、インターネットコンテンツの無料化を主張している以外は政策がはっきりしません。国民の支持を集め始めています。

いずれにせよ、「中道保守」も「赤緑連立」も過半数は取れず、再編成が起こるでしょう。その背後には、党の間の政治的な対抗軸の変容があると、私たちは分析しています。

Innovative Identity Matrixing Model in the Trans-Cultural Era

(混文化時代の創意的アイデンティティ・ マトリシング・モデル)

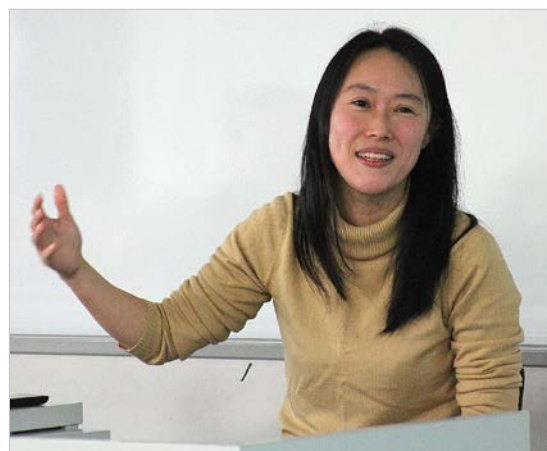
建築学部建築学科 准教授

Michael Kearney (カーニー マイケル)

共同研究者:

工学院大学情報デザイン学科 足立節子、

日本赤十字看護大学 川崎修一



現代は混文化時代である

情報通信システムの飛躍的な進歩と企業活動のグローバル化によって、さまざまな文化が世界中にすばやく伝わるようになり、各地の固有文化との混合が起こっています。例えば、米国の大手ハンバーガーチェーンの店は日本にもたくさんありますが、米国とはメニューが違います。さらにインドでは、肉をいっさい出さない店も計画されているそうです。

このような混文化（トランス・カルチャー）の時代に、個人のアイデンティティはどのように形成されるのでしょうか。それを説明するために、私たちは「アイデンティティ・マトリシング・モデル (IMM)」という新しい理論を打ち立てました。

今回のプロジェクト研究では、この理論を深め、論文や著書、新たな学会の立ち上げという成果を挙げることができました。それとともに、この理論に基づいて、本学の学生・大学院生を対象とする英語教育プログラムを開発しました。英語を話せるだけでなく、多様なアイデンティティとコミュニケーションをとれるようなアイデンティティ育成が重要なのです。

アイデンティティは変化し続ける

アイデンティティ形成についての考察は、多くの哲学者・心理学者によって行われてきました。特に、フランスの心理学者ジャック・ラカンは、象徴界（シンボリック・オーダー）という概念を形成し、象徴界から食生活の習慣、宗教、ものの考え方などの文化的構成要素が与えられ、それらが個人の内部に取り込まれることでアイデンティティが形成されると考えました。

しかし、混文化の現代には、象徴界が 1 つだけという状況はほとんどありません。複数の象徴界からの構成要素が個人の中で溶け合い、新たな側面をもつようになってアイデンティティが形成されると考えられます。この考え方を理論化したのが私たちの IMM です。アイデンティティを構成する文化要素は、象徴界に出会うたびに増え続け、文化要素がさまざまに組み合わせることによって、アイデンティティの特徴は変化していきます。

さらに、一人ひとりの人間は、育った環境に応じた言語をもっており、これによって構成要素の取り込み方は違ってきます。人間は言語を通して象徴界を理解し、考察するからです。例えば、土居健郎が指摘したように「甘え」という言葉は日本語にしかなく、よって日本語以外の言語を操る人には存在しない概念です。

アイデンティティ形成過程は、脳の中に神経の発火活動のパターンとして保存されています。ですから、例えば、同じ絵を複数の人に（その一人一人がさまざまな象徴界の取り込みを通してアイデンティティを形成しつづけていくのですが）、見せたときの脳の活動を比べれば、私たちの理論を検証できるはずです。この実験には多額の費用が必要なので実現は難しいと思いますが。

それはともかく、私たちの理論はアイデンティティの関係する問題を解析する際に重要です。企業のグローバル化戦略を立てるときにも、役立つことでしょう。

(青山聖子記)

ストリートファッション画像データベースの構築とトレンド検知手法の研究

情報学部コンピュータ科学科 准教授 小西克巳（こにし・かつみ）

共同研究者：

共立女子短期大学生生活科学科 渡辺明日香



わからないことだらけのファッション

「ファッションの流行は、数年ごとに繰り返される」。「景気のいい時には明るい色が流行する」。これらは一般的に言われていることですが、真実なのかどうかわかっていません。なぜなら、こうした言葉を検証する方法がないからです。そこで私たちは、ファッションを科学的に解析するための基礎技術として、①データベースの構築、②ファッション画像検索手法の開発③トレンド検出手法の開発を進めてきました。最終的な目標は、どんなファッションが流行するかを予測し、ファッションの発信地である日本の経済活動に貢献することです。

情報を生かすためのデータベースづくり

ファッションの科学的研究が行われていない背景には、サンプリングデータが不足しているという事情があります。ファッション誌にはたくさんの写真が掲載されていますが、これらにはトレンドをつくりたいというファッション業界の意図が込められており、必ずしも流行の実態を反映してはいません。これに対して、共立女子短期大学の渡辺明日香先生は、長年、渋谷や原宿でおしゃれな服装の人物を撮影してきました（図）。私は、その数十万点に及ぶストリートファッション画像を、洋服の色や形、被写体の年齢など必要な情報と合わせてデータベース化し、サンプリングデータとして活用できるようにしました。

共立女子大学 渡辺研究室

- ストリートファッション画像を原宿・渋谷・銀座で隔週で撮影
- すでに撮影された過去10年のデータ
 - 画像総数10万点
 - 時系列データ

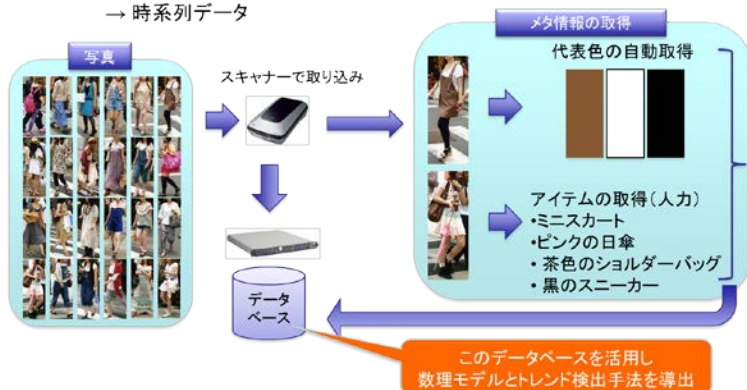


図 ストリートファッションのデータベース化

使える画像検索手法とトレンド検出法の開発

一般的な検索エンジンでファッションアイテムを検索すると、ほとんどの場合、通販サイトがヒットします。もし、コーディネートを提案するようなサイトがヒットすれば、画期的なことです。そこで、ファッション画像共有サイトを立ち上げ、実験を行いました。このサイトでは、ユーザーが既存のサイトで見つけたファッション画像にコメントを付けてアップします。このコメントが、検索に使われる情報になります。サイトの利用が進むにつれ、サイト内でファッションアイテムを検索すると、そのアイテムをおしゃれに着こなしたファッション画像が高確率でヒットするようになりました。

トレンド検出法の開発では、コラボレーティブフィルタリング手法を応用しました。これは、商品への評価の傾向が似ているユーザーのデータを参考にして、未購入のユーザーの評価を予測するものです。これを活用すれば、高確率でユーザーに好みの商品を提示できます。実験ではいい結果が得られていますが、実社会で使うには、ユーザー数 1000 万、商品数 100 万を対象にする必要があります、今のところそれほど大きなデータを扱うことはできません。

ファッションを科学的に扱うことを目的に研究を進めてきましたが、不確定要素が大きいので、1カ月前のことを予測するのが限界だと考えています。それでも、通販会社などは 2 週間で商品を用意できるといっており、将来的にはファッションの科学的解析の結果が、活用される可能性は十分あります。

湿式プロセスを用いた 半導体ナノ・マイクロ規則構造の 創製と高効率デバイスへの応用

工学部応用化学科 教授 小野幸子（おの・さちこ）

共同研究者：

工学院大学工学部応用化学科 阿相英孝、
東京大学大学院新領域創成科学研究科 大友順一郎、
スイス連邦材料試験研究所 Laetitia Philippe



注目の微細構造

「ナノテクノロジー」という言葉をよく耳にします。ナノメートル（ $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ ）からマイクロメートル（ $1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$ ）というきわめて小さいサイズの構造を制御する技術で、半導体やセンサーの小型化や高性能化には欠かせません。

現在、このような微細構造をつくるには、大がかりな装置が必要でコストがかかります。そこで、私たちは低コストで大きな面積を湿式法（溶液類を使う化学的処理）で微細加工する技術の開発に取り組んできました。本研究で得られた面白く珍しい微細構造もご紹介します。

物質の自己組織化を巧みに利用

物質は、条件を整えると、規則的な構造をひとりで形成する“自己組織化”という現象を起こします。この現象と、メッキやエッチングなどの湿式の表面加工技術を巧みに組み合わせれば、低コストで微細構造がつかれると、私たちは考えています。

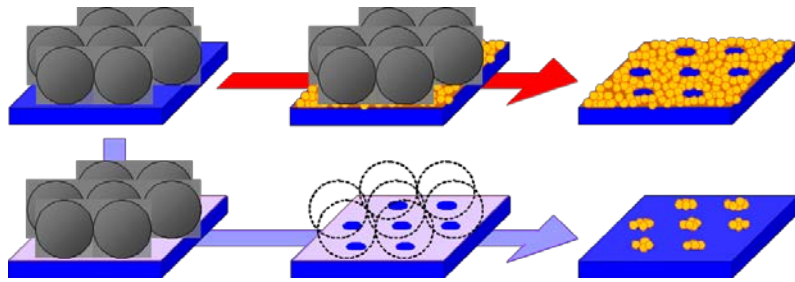
例えば、半導体の基板としてよく使われているシリコンの上に、サイズの揃ったポリスチレン粒子の混じった液をたらすと広がって、粒子は自己組織化により規則的に並びます（図1）。そこへ銅メッキを施し、粒子を除去すると、粒子が接していた部分だけシリコンが露出した構造になります（上）。一方、シリコン表面に水分をはじく膜をつくってから、粒子を除去し、銅メッキすると、粒子が接していた部分だけに銅が乗った構造になります（下）。このように、同じ材料を使っても、別々の微細構造をつくることができます。

基板のシリコン上にポリスチレン

粒子が自己組織化する

銅メッキを施す

ポリスチレン粒子を除去



シリコンに水をはじく膜をつくる

ポリスチレンを除去

銅メッキ後、膜を除去

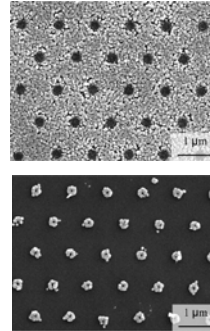


図1 物質の自己組織化と表面加工技術の組み合わせで微細構造をつくる

多彩な微細構造とその応用

このほかにも、私たちはさまざまな構造や基板素材にチャレンジしてきました。例えば、二酸化ケイ素 (SiO_2) 粒子には、“光を集める性質 (集光レンズ効果)” があります。これを利用すれば、光による表面加工が可能になります (図2)。これと、「金属触媒エッチング」という手法を組み合わせる結果、深い井戸のような構造をつくることができました。このほかには、結晶の中の方向によって溶ける速さが違うことをうまく利用して、断面がプリズム状の三角形 (GaAs) や六角形 (InP) の構造が得られました。

一方、このような新しい微細構造をもつ表面の実用化に向けた研究も進めています。特に、次世代太陽電池である“有機薄膜太陽電池”の電極として使うことをめざして、作製条件を検討しています。

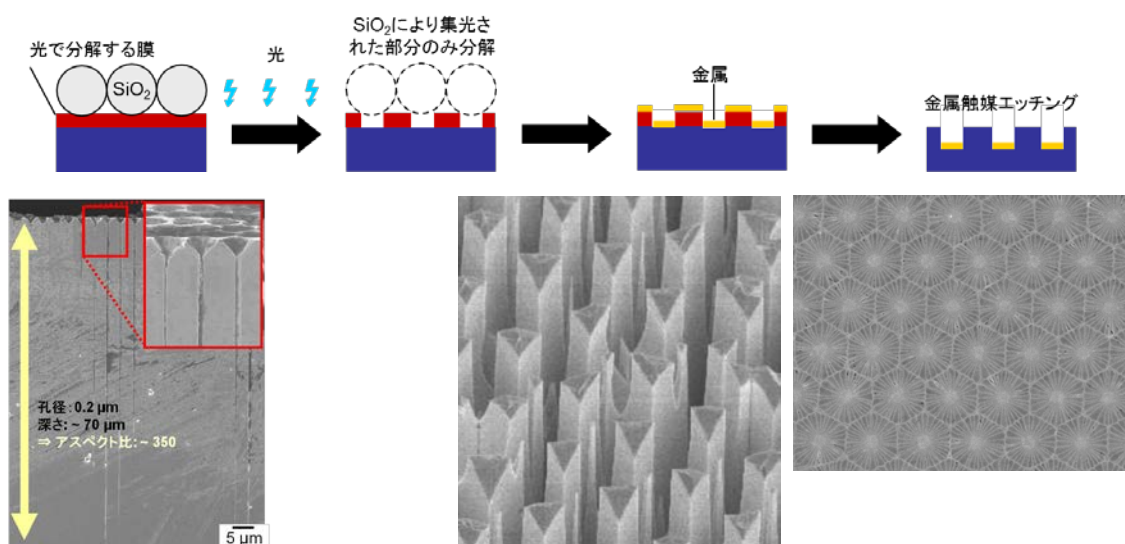


図2 さまざまな微細構造

孔径 $0.2 \mu\text{m}$ 、深さが $70 \mu\text{m}$ という細長い構造 (高アスペクト比: 深さと孔径の比が大きい。) をつくることに成功した (左)。研究が始まったばかりの三角形や六角形の構造。

原子間力顕微鏡による上皮成長因子受容体の1分子計測技術の開発及び数理モデルベース解析への応用に関する研究

工学部機械システム工学科 准教授

中荃隆（なかつき・たかし）

共同研究者：

理化学研究所免疫・アレルギー科学総合研究センター
佐伯夕子



複雑な細胞の活動をシンプルに説明したい

人間の体はさまざまな臓器からなり、一つひとつの臓器は数多くの細胞からなり、1個1個の細胞はばく大な数の分子からできています。生命活動は、このように多種多様な構成要素が複雑に関連しあって営まれており、ひと口に説明することは困難です。そのため、2000年頃から、「システムバイオロジー」という分野の研究がさかんになりました。これは、生物、臓器、細胞などをシステムととらえ、それぞれの構成要素の変化の仕方やその背後にあるメカニズムを数学的なモデルで説明しようというものです。

プロジェクト研究で私たちは、「細胞内シグナル伝達系」を研究対象としました。細胞は、外部からの刺激に応じて、「形を変える」「増殖する」「死ぬ」のいずれかの運命をたどりますが、そこに至るまでに細胞の中では、複雑な化学反応の連鎖が起こります。これを細胞内シグナル伝達系と呼びます。このシステムは、早くからシステムバイオロジーの研究対象となってきました。しかし、このシステムの構成要素であるタンパク質分子の変化をとらえる実験方法には問題がありました。そこで、私たちは、新たな実験手法の利用を検討し、さらにその結果をもとにモデルをつくるために、従来とは異なる解析手法を採り入れたのです（図）。

新たな手法に挑戦

これまでの実験方法では、細胞を大量に培養して破壊し、目的のタンパク質の濃度変化をウェスタンブロットティングという方法で測定していました。しかし、細胞は一つひとつ状態が違うため、大量の細胞をまとめて調べても、個々の細胞の状態を明らかにできません。また、そのタンパク質が細胞のどこに存在しているかも、システムの働きに大きく影響します。そこで、本研究では、細胞の表面を詳しく調べることができる原子間力顕微鏡（AFM）という特殊な顕微鏡を用いて、目的のタンパク質の分子がどこにどのくらいあるかを観察しました。

そして、この実験結果は従来の微分方程式モデルでは扱えないため、新たな解析方法として、タンパク質の動きを1分子ずつ予測する「粒子シミュレーション」を用いました。

この実験方法と解析方法により、がんの増殖と関係の深い上皮成長因子受容体というタンパク質の濃度変化をうまく説明できることがわかってきています。

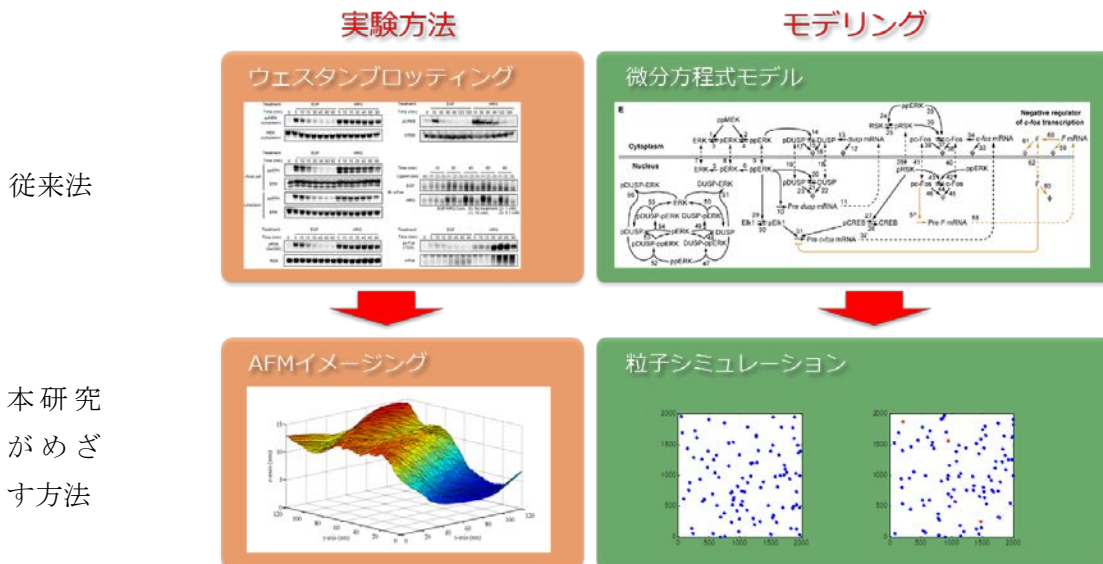


図 従来法の問題点を解決する新しい研究手法の開発

ただ、原子間力顕微鏡では1画像を得るのに4分かかります。これでは、タンパク質の時間変化を追うことはできません。そこで今、高速撮影ができるように、制御システムの改善に取り組んでいます。今後も研究を続け、生命活動をより正確に説明できるモデルの設計をめざします。

高密度情報ストレージシステム における多端子情報理論に基づく 多次元信号処理方式の研究

工学部情報通信工学科 教授

齋藤秀俊（さいとう・ひでとし）

共同研究者：

横浜国立大学大学院工学研究院 教授 河野隆二



大容量の記憶媒体が必要

パソコンには、情報を安定に保存し、必要な時に取り出すための装置である「ハードディスク」が入っています。ハードディスクの表面には、非常に小さな磁石の粒（磁性粒子）がぎっしり並んでいて、数十個の粒の集まりが1つのビット（情報の単位）の働きをします。1ビットにより、「0」もしくは「1」という情報を表すことができるため、磁気ヘッドは、「0」もしくは「1」に対応して、あらかじめ決められた磁石の向きをそろえることで、情報を記録媒体（メディア）へ書き込み、情報記録を実現できます。

近年、ハードディスクの記録密度（1平方インチあたりのビット数で表す）は急激に伸びています。本プロジェクト研究がはじまった2009年頃、研究レベルでの目標値は、1平方インチあたり1テラ（1兆）から数テラビットと言われていましたが、今では、10テラビットが視野に入ってきています。この発展の背景には、現状のハードディスクの記録方式では、記録後に磁性粒子の状態を安定に保持することが困難であり、将来に向けて新しいイノベーションが求められていることに大きな理由があります。特に、テラビット級の高密度記録をするためには、わずか数個の磁性粒子に1ビットの情報を記録することが求められるので、現状とは異なる新しい記録媒体の利用も視野に入れて、ハードディスクのシステム構成全体が見直され、新たに実用的な記録方式の検討が急速に進められています。

私たちは、こうした将来のハードディスクに必要な要素技術の一つである「信号処理技術」に着目して研究をしました。

最適な信号処理方式の開発をめざす

情報記録における信号処理とは、画像や音声などの情報を、記録に適した信号に加工・変換して、記録媒体に蓄積・保存し、必要な時に情報を復元・再生するための技術です。記録媒体への高密度記録をするためには、それに適した信号処理技術が必要になります。特に、記録媒体へテラビット級の高密度記録をするには、トラックごとに情報をトラックの進行方向に向けて1次元的な記録をするのではなく、複数のトラックを利用して2次元的な平面へ記録する方式が検討されています。この方式は「2次元磁気記録方式」と呼ばれています。

2次元磁気記録方式における信号処理技術には、エラーの発生が起りにくいこと、発生するエラーの効率的な修正やノイズの除去を実現する手法が求められています。エラーの発生要因としては、次のようなことが挙げられます。1ビットを記録する磁性粒子の数が少なくなるため、情報を記録する際に正

確な書き込みができない場合がありえること、記録媒体から媒体に依存するノイズが発生すること、より狭いトラックに情報を記録するため、隣接するトラックに記録・保存されている信号からの影響（干渉）を受けやすくなることなどです。

そこで、本研究では、これらのエラー発生要因のいくつかを解決し、さらに複数のトラックに同時に信号を記録し、一括再生できる「多次元信号処理方式」の開発を行いました。特に、「パターンドメディア」と呼ばれるトラック上に1ビットの情報を記録できる磁性媒体を離散的かつ規則的に並べている記録媒体を用います。そして、複数のトラックに、より多くの信頼できる情報を記録・保存するために、「多端子情報理論」という学術分野で研究されている「通信路容量」という考え方を取り入れて、一度の記録・再生時にエラーの発生なしに復元できるビット数が最大となるような信号処理方式の実現をめざしました。計算機を用いるシミュレーションによる検証では、一度にトラック数分の入力ビットの情報を一括して復元することができ、エラーやノイズの影響を十分除去できる優れた方式であると評価できました。

本研究では、1平方インチあたり2~4テラビットのハードディスクを想定して信号処理方式の開発を行ってきました。今後は、より大容量記録媒体を用いるハードディスクに利用できる信号処理技術の実現に向けて研究を続けます。

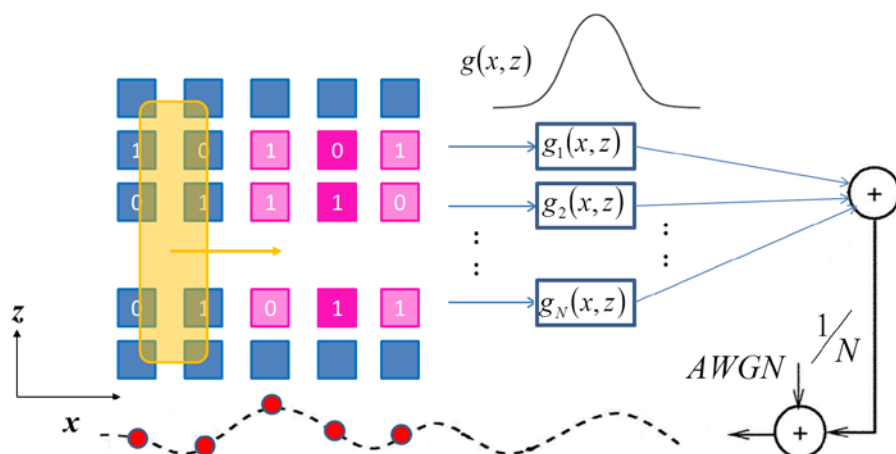


図 複数のビット情報を同時に記録し、一括再生する処理のプロセス

今回設計した多次元信号処理方式では、z軸方向に記録・保存されている3ビット情報(ピンクの部分)を、記録・再生のための磁気ヘッド(オレンジの部分)により、その記録されている情報に対応する信号を同じタイミングで読み取る。そして、等化器($g(x,z)$)と呼ばれる信号処理システムによって、読み取った信号を所望の信号へ加工・変換する処理を一括して行う。(図において、 $g_1(x,z) \sim g_N(x,z)$ はトラックごとの等化器を「見えるように」表しているが、実際には再生するトラック数N個から得られる全体の情報を利用して等化をしている。)その結果、図下にあるような波形として再生信号が得られ(再生信号の大きさは、トラック数Nで平均を取ること、1トラック分の信号の大きさにそろえている)、この再生信号から元の3ビットの情報を取り出すことができる。ただし、理想的でない再生信号の波形には、エラーの発生要因となるノイズ(図中のAWGNやその他記録媒体に依存するもの)などが混入することになる。また、図中の1つの四角は、1ビットの情報を記録できる離散的な磁性媒体を表し、x及びz軸方向に規則的にこのような離散的な磁性媒体が並んでいる記録媒体としてパターンドメディアを表している。x軸はトラックの進行方向、z軸はトラックをまたぐ方向を示している。

集積化近紫外発光素子のための透明導電膜の検討

工学部情報通信工学科 教授 本田 徹 (ほんだ・とおる)

共同研究者:

工学院大学基礎・教養教育部門 佐藤光史



小さくても明るい画面をめざして

真夏の強い日差しの下では、携帯電話やゲーム機の画面が見にくいことがあります。屋外用のディスプレイはちゃんと見えます。これは、両者の表示方式が違い、屋外ディスプレイでは、LED という明るい発光素子の光を直接見ているためです。携帯電話でも同じやり方で表示するには、小型で低コストの LED が必要となります。そこで、私は紫外線を出す LED (紫外発光素子) に着目し開発に取り組んできました。

LED は、半導体に電気を流して光らせる素子なので、電極が必要です。ところが、よく使われる金の薄い膜を電極として使うと、発光した紫外線が電極に吸収されて大きくロスしてしまいました (図左)。それならば、電極のない裏側から光をとり出したらよさそうですが、基板 (GaN) の自己吸収により発光が弱まっているため、それも難しいのです。そこで今回のプロジェクトでは、紫外線を吸収しない透明な電極の作製をめざしました。

ロスの少ない電極膜の作製に成功

透明な電極の素材には紫外線をよく通す酸化マグネシウム亜鉛混晶 (MgZnO) を選び、分子プレカーサー法で作製しました。分子プレカーサー法とは、溶液中に溶けた金属の化合物 (今回は、Mg と Zn を含む化合物) を混ぜ合わせて膜をつくる方法です。この方法のメリットは、特殊な装置を必要としないため安価な点と、溶液の配合を変えるだけで膜の材質を簡単に変えることができる点です。ただし、溶液の選び方によっては金属どうしがうまく混ざらないことがあります。さまざまな溶液で実験したところ、アンモニア水を用いるとよいことがわかりました。また、作製した電極膜が紫外線をどれだけ通すかを調べ、Mg と Zn の最適な混合比を明らかにしました。

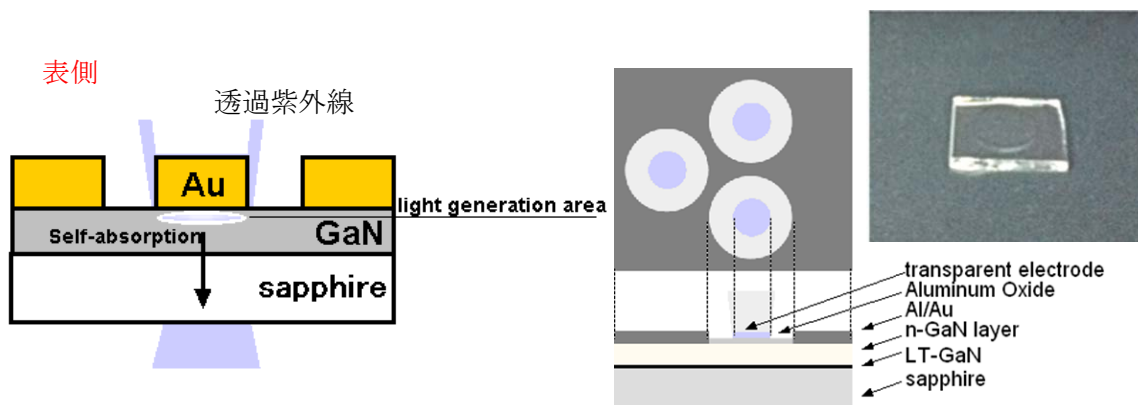


図 従来の紫外発光素子の問題点(左)と開発した MgZnO 導電膜とそれを使った紫外発光素子

紫外線は金 (Au) の電極に吸収され、輝度が下がる (左)。それを解決するために、紫外線を通す MgZnO 膜 (右の写真) を透明電極に用いることにした。

以下は、図中英語の意味。Light generation area : 発光部、self-absorption : 基板による自己吸収、sapphire : サファイア、transparent electrode : 透明電極、Aluminum Oxide : 酸化アルミニウム、n-GaN layer : n-GaN 層。

こうして、紫外線を通す電極膜が実現しましたが、実際に使うには電気を通しにくいという問題がありました。電気をよく通すようにするには、MgZnO 膜の成分である ZnO の結晶を、一定の方向に規則正しく配置することが必要です。そのための方法を探索した結果、MgZnO 膜をつくる前に MgO の膜をあらかじめつくっておくとよいことをつきとめました。これにより、実際に、電気抵抗が小さくなりました。このほかの改良も続けており、私たちの紫外発光素子は実用化に近づいています。5、6年のうちには真夏の屋外でもよく見える、明るい携帯電話やゲーム機の画面を実現したいと考えています。