
建築・都市の減災と震災時機能継続に関する研究拠点の形成

平成22年度～平成26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27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 都市減災研究センター
研究代表者	久田 嘉章 (工学院大学建築学部まちづくり学科)

はしがき

本報告書は、平成 22 年度から 5 年間の文部科学省・私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「建築・都市の減災と震災時機能継続に関する研究拠点の形成」による、学院大学総合研究所・都市減災研究センター（Research Center for Urban Disaster Mitigation；略称 UDM）により遂行された研究成果の最終報告書である。本事業では、表 1 に示すように建築・機械・電気・情報系の学内外の多数研究者との共同研究により、5 つの研究テーマと、計 12 の小課題による研究推進体制で運営しました。テーマ 1（都市型建物）とテーマ 2（機能維持施設）では、首都東京の地震動を推定し、高層建物などの都市型建物・設備等の効率的な耐震補強・改修法の開発を行い、ハード対策と 1 次被害の低減に関する研究を実施した。テーマ 3（震災廃棄物）では、震災後の都市圏での建設物の資源循環の仕組みと、既存建物の耐久性向上による長寿命化の研究を実施した。またテーマ 4（非常時通信）とテーマ 5（地域連携）では、主として首都圏での地域連携によるソフト面の 2 次被害の低減を目的として災害対策拠点の分散化を支援する耐災害性の高い電源・通信システムの構築、震災時の医療施設の機能維持、超高層建物の防災計画・事業継続計画、地域防災拠点を核とした防災街区の形成と都市の機能継続モデルの構築に関する研究を遂行した。

本事業では建築・都市における減災と機能継続に関する多くの成果を公表し、社会に還元した。例えばテーマ 1・2 では、本プロジェクトで購入した高軸力載加型加力設備と大変形水平加力設備により超高層建物など都市型建物の躯体構造や室内・設備の揺れ・被害を再現し、首都直下地震や南海トラフの巨大地震などを想定した場合にも有効な被害低減策を研究した。特に東日本大震災で大きな問題となった超高層建築の長周期地震動対策として、効果的なハード・ソフト対策の提案に加え、オフィスビルなどで多用されるシングルライン天井の効果的な天井板落下防止策を提案することができた（特許申請予定）。またテーマ 1 と 3 では、伝統建築の壁・天井を対象とした構造・材料工学と工法を融合させた効果的な補修法を提案しました（特許申請中）。一方、テーマ 4・5 では、本プロジェクトで購入した太陽光など自然エネルギーと蓄電と長距離無線 LAN による新宿・八王子間の非常用通信網と、地震計と Web GIS を活用した広域情報共有システムを活用した。特に自治体（東京都、新宿区）と地元事業者（新宿駅周辺防災対策協議会）、拠点病院・医師会などと連携し、帰宅困難者や多数傷病者、建物の安全確認と継続使用への対応をテーマとしてセミナー・講習会を開催し、毎年、地域防災訓練を実施した。これらの成果は各種学会やメディア等で広く公表され、さらに新宿駅周辺地域における防災対策やエリア防災計画（都市安全確保計画）の推進、内閣府防災対策推進検討会議・首都直下地震対策検討 WG による対策案や新宿区地域防災計画などへの反映、2013 年日本建築学会の首都の震災対策への提言、社会貢献学会を中心とした社会貢献活動などに広く活用されている。

本報告書は、本事業による研究成果報告書概要と最終成果報告を掲載している。さらに、資料 1 では参加研究者による業績の一覧、資料 2 では 2015 年 3 月に行った最終成果報告会の資料、資料 3 では、外部評価委員による最終評価結果を掲載した。

表1 UDMの5テーマ・15小課題と構成員（○は小課題リーダー：下線は研究協力者）

テーマ1 都市型建築の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進(リーダー:小野里憲一)		
1.1	首都圏直下地震・活断層等による強震動予測と超高層建物等の減災対策	○久田嘉章、山下哲郎、吉村智昭
1.2	鉄筋コンクリート造建築の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進	○近藤龍哉、小野里憲一
1.3	体育館の耐震性能評価と補強法に関する研究	○山下哲郎
1.4	都市型木造建物・伝統木造建物の耐震診断・補強法の開発と推進	○河合直人、後藤 治
テーマ2 建築機能維持施設の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進 (リーダー:山下哲郎)		
2.1	建築の非構造部材・設備の耐震補強と改修	○山下哲郎、西川豊宏、 <u>三好勝則</u> 、 <u>田中 孝</u> (タナカ建築設備)
2.2	建築のライフライン設備の耐震性向上と長寿命化	○小林光男、後藤芳樹、小久保邦雄、 <u>一之瀬和夫</u> 、 <u>長嶋利夫</u> (上智大学)、坂口雅昭・若林博之(フセラシ)
テーマ3 震災廃棄物の再資源化と高機能化(リーダー:阿部道彦)		
3.1	震災廃棄物の再資源化と高機能化	○阿部道彦、田村雅紀、後藤 治、石川嘉崇(電源開発)
テーマ4 災害対策拠点の分散化を支援する耐災害性の高い電源・通信システムの開発 (リーダー:水野 修)		
4.1	災害対策拠点の分散化を支援する耐災害性の高い通信システム	○水野 修、小林亜樹、山口実靖、 <u>浅谷耕一</u> 、 <u>中里秀則</u> (早稲田大学)
4.2	分散型非常用電源供給システムの構築	○佐藤光太郎、荒井純一、市川紀充、大竹浩靖、 <u>雑賀 高</u> 、 <u>横田和彦</u> (名古屋工業大学)、 <u>小泉安郎</u> (信州大学)、 <u>米盛弘信</u> (サレジオ工業高等専門学校)
テーマ5 自治体・地域協働による震災時の都市機能維持(リーダー:村上正浩)		
5.1	震災時における医療・福祉等施設の機能維持	○ <u>笥 淳夫</u> 、 <u>山下てつろう</u> 、 <u>村上正浩</u> 、 <u>長澤 泰</u>
5.2	超高層建築の防災計画・事業継続計画	○宮村正光、久田嘉章、村上正浩、 <u>吉田倬郎</u> 、 <u>久保智弘</u> (防災科学技術研究所)
5.3	地域防災拠点を核とした防災街区の形成と都市機能継続モデルの構築	○村上正浩、久田嘉章、 <u>三好勝則</u>

参考文献・資料

- 工学院大学・都市防災研究センター、およびその活動について
(これまでの年次報告書や新宿駅周辺地域での防災訓練等の報告書があります)
<http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwgt024/index.html>
- TKK3 大学連携プロジェクト、防災・減災・ボランティアを中心とした社会貢献教育の展開、文部科学省・戦略的大学連携支援事業「大学教育充実のための戦略的大学連携支援プログラム」
<http://www.kobegakuin.ac.jp/~tkk/>
- 社会貢献学会 <http://js-ss.org/>

目次

はしがき	久田嘉章（センター所長）	i - ii
平成 22～26 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 （2014 年 9 月に文部科学省に提出した報告概要）		1
文部科学省からの通知		77
最終成果報告		87
テーマ 1 都市型建築の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進		
小課題 1.1) 首都圏直下地震・活断層等による強震動予測と超高層建物等の減災対策 久田嘉章 山下哲郎 笠井和彦 石川理人 荒川洋輔		89
小課題 1.2) 鉄筋コンクリート造建築の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進		
1.2-1 既存 RC 造建物の湿式パネルによるそで壁増し厚耐震補強新工法の開発と普及 近藤龍哉 伴 幸雄 加藤三晴 山本泰稔		95
1.2-2 シングル配筋ラーメン構造の開発 小野里憲一		100
小課題 1.3) 体育館の耐震性能評価と補強法に関する研究 山下哲郎		108
小課題 1.4) 都市型木造建物・伝統木造建物の耐震診断・補強法の開発と推進		
1.4-1 都市型木造建物の耐震診断・補強法の開発と推進 河合直人 宮澤健二 杉山永幸		114
1.4-2 伝統木造建物の耐震診断・補強法の開発と推進 後藤 治 河合直人 田村雅紀		120
テーマ 2 建築機能維持施設の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進		
小課題 2.1) 建築の非構造部材・設備の耐震補強と改修に関する研究		
2.1-1 シングルライン工法システム天井の落下メカニズムと落下防止対策 山下哲郎 久田嘉章 西川豊宏 鱒沢曜		126
2.1-2 建物機能維持施設における建築設備の効果的な耐震補強・改修法 西川豊宏 山下哲郎 大橋一正 田中孝		132
小課題 2.2) 建築のライフライン設備の耐震性向上と長寿命化		
2.2-1 スロッシングとタンク強度の検討 小久保邦雄 後藤芳樹 小林光男 一之瀬和夫		140
2.2-2 減災のためのスプリンクラ設備配管構造の強度解析 小林光男 後藤芳樹 小久保邦雄 一之瀬和夫		145
2.2-3 構造用ボルトの疲労強度に及ぼす過大荷重の影響		

	後藤芳樹 小林光男 一之瀬和夫 小久保邦雄	154
2. 2-4	補修・補強用締結構造の開発および郷土評価方法 一之瀬和夫 小林光男 後藤芳樹 小久保邦雄 若林博之	158
テーマ3	震災廃棄物の再資源化と高機能化	
小課題	3.1) 震災廃棄物の再資源化と高機能化に関する研究	
3. 1-1	コンクリートなど無機系材料を中心とした検討 阿部道彦	162
3. 1-2	木質材料など有機系材料を中心とした検討 田村雅紀	169
テーマ4	災害対策拠点の分散化を支援する耐災害性の高い電源・通信システムの開発	
小課題	4.1) 災害対策拠点の分散化を支援する耐災害性の高い通信システム	
4. 1-1	長距離無線 LAN・非常用通信システム構築法の検討 水野 修 浅谷耕一 中里秀則	175
4. 1-2	分散型情報共有システム 小林亜樹	181
4. 1-3	耐災害性の高い通信システムにおけるサーバ計算機の消費電力の削減 山口実靖	187
小課題	4.2) 分散型非常用電源供給システムの構築	
4. 2-1	風力利用発電システムによる検討 佐藤光太郎 横田和彦	193
4. 2-2	独立型太陽光発電装置と短期発電予測 荒川純一 小林浩昭	197
4. 2-3	EDLC を活用した独立型太陽光発電システムの蓄電部改善に関する一検討 米盛弘信 小林 幹	201
4. 2-4	信頼性の高い電子機器の設計に関する研究 市川紀充	207
4. 2-5	アンモニア燃料・水素エネルギーシステムの研究 雑賀 高 野原徹雄	213
4. 2-6	非常時にも対応した自然エネルギー活用による電源と通信網の構築 自然エネルギー利用による効率的な非常電源の開発 「都市型コジェネレーションシステムに関する研究」 (地震振動下における飽和およびサブクール流動沸騰熱伝達に関する研究) 大竹浩靖	219
テーマ5	自治体・地域協働による震災時の都市機能維持	
小課題	5.1) 震災時における医療・福祉等施設の機能維持 長澤 泰 山下てつろう 笥 淳夫	223
小課題	5.2) 超高層建築の防災計画・事業継続計画： 建物の即時使用性判定と超高層街区の防災対策への展開 宮村正光 村上正浩 久田嘉章 三好勝則 吉田倬郎 久保智弘	227

小課題 5.3) 地域防災拠点を核とした防災街区の形成と都市機能継続モデルの構築		
5.3-1	地域防災拠点を核とした防災街区の形成と都市機能継続モデルの構築に関する研究 村上正浩	233
5.3-2	高層建築物の防災計画と地域における防災管理が連携する制度のあり方 三好勝則	241
資料1：平成26年度 最終研究業績		245
テーマ1	小課題番号 1.1 久田嘉章 (まちづくり学科)	247
	小課題番号 1.2 近藤龍哉 (建築学科)	248
	小課題番号 1.2 小野里憲一 (建築学科)	249
	小課題番号 1.3 & 2.1 山下哲郎 (建築学科)	250
	小課題番号 1.4 河合直人 (建築学科)	251
	小課題番号 1.4 後藤 治 (建築デザイン学科)	252
テーマ2	小課題番号 2.1 西川豊宏 (まちづくり学科)	253
	小課題番号 2-2 小林光男 (機械システム工学科) 後藤芳樹 (機械工学科) 小久保邦雄 (元機械工学科) 一之瀬和夫 (元機械システム工学科)	254
テーマ3	小課題番号 3.1 阿部道彦 (建築学科)	255
	小課題番号 3.1 田村雅紀 (建築学科)	256
テーマ4	小課題番号 4.1 水野 修 (情報通信工学科)	257
	小課題番号 4.1 小林亜樹 (情報通信工学科)	258
	小課題番号 4.1 山口実靖 (情報通信工学科)	259
	小課題番号 4.2 佐藤光太郎 (機械創造工学科)、横田和彦 (青山学院大学)	260
	小課題番号 4.2 荒井純一 (電気システム工学科)	261
	小課題番号 4.2 米盛弘信 (サレジオ高専)	262
	小課題番号 4.2 市川紀充 (電気システム工学科)	263
	小課題番号 4.2 雑賀 高 (グローバルエンジニアリング学部)	264
	小課題番号 4.2 大竹浩靖 (機械工学科)	265
テーマ5	小課題番号 5.1 長澤 泰 (建築学科) 山下てつろう (建築学科) 笥 淳夫 (建築デザイン学科)	266
	小課題番号 5.2 宮村正光 (まちづくり学科)	267
	小課題番号 5.3 村上正浩 (まちづくり学科)	268
	小課題番号 5.3 三好勝則 (まちづくり学科)	269
資料2：最終成果報告会資料		271
資料3：外部評価委員最終評価結果		389

平成 22～26 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
(2014 年 9 月に文部科学省に提出した報告概要)

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

平成22年度～平成26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 都市減災研究センター

4 プロジェクト所在地 〒192-0015 八王子市中野町 2665-1 (八王子キャンパス)

5 研究プロジェクト名 建築・都市の減災と震災時機能継続に関する研究拠点の形成

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
久田嘉章	建築学部 まちづくり学科	教授

8 プロジェクト参加研究者数 28名

9 該当審査区分 理工・情報

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者(2014年9月現在)

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
久田嘉章	建築学部・教授	1.1.強震動予測と超高層建物等の減災対策、及び、5.2	全体統括、首都圏の強震動予測と超高層建築の減災対策
小野里憲一	建築学部・教授	1.2.鉄筋コンクリート造建築の耐震改修法	テーマ1統括、都市型 RC 集合住宅の耐震補強法の開発
近藤龍哉	建築学部・准教授	1.2.鉄筋コンクリート造建築の耐震改修法	都市型 RC 集合住宅の耐震補強法の開発
山下哲郎	建築学部・准教授	1.3.体育館の耐震性能評価と補強法、及び、2.1	テーマ2統括、体育館・非構造部材の耐震補強と改修
河合直人	建築学部・教授	1.4.伝統木造建物の耐震診断・補強法	歴史的木造建物の耐震診断・補強法の開発
後藤 治	建築学部・教授	1.4.伝統木造建物の耐震診断・補強法、及び 3.1	歴史的木造建物の耐震診断・補強法の開発
西川豊宏	建築学部・准教授	2.1.非構造部材・建築設備の耐震補強と改修	建築設備の耐震補強と改修
小林光男	工学部・教授	2.2.建築設備の耐震性向上と長寿命化	熱荷重を受ける設備締結構造の評価
後藤芳樹	工学部・教授	2.2.建築設備の耐震性向上と長寿命化	設備ボルトの耐震性能評価
阿部道彦	建築学部・教授	3.1.震災廃棄物の再資源化と高機能化	テーマ3統括、震災廃棄物の高機能・再資源化
田村雅紀	建築学部・准教授	3.1.震災廃棄物の再資源化と高機能化	震災廃棄物の高機能・再資源化

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

(表の続き)

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
水野 修	工学部・教授	4.1.災害拠点の分散化を支援する通信システム	テーマ4統括、耐災害性の高い通信システムの開発
小林亜樹	工学部・准教授	4.1.災害拠点の分散化を支援する通信システム	耐災害性の高い通信システムの開発
山口実靖	工学部・准教授	4.1.災害拠点の分散化を支援する通信システム	耐災害性の高い通信システムの開発
荒井純一	工学部・教授	4.2.分散型非常用電源供給システムの構築	独立型太陽光発電システムの構築
佐藤光太郎	グローバルエンジニアリング学部・教授	4.2.分散型非常用電源供給システムの構築	風力利用発電システムによる検討
市川紀充	工学部・准教授	4.2.分散型非常用電源供給システムの構築	独立型太陽光発電システムの構築
大竹浩靖	工学部・教授	4.2.分散型非常用電源供給システムの構築	都市型コージェネレーションシステムの検討
雑賀 高	グローバルエンジニアリング学部・教授	4.2.分散型非常用電源供給システムの構築	再生可能エネルギーによる分散型燃料電池発電システム
山下てつろう	建築学部・教授	5.1.医療・福祉等施設の機能維持	被災時医療需要動向の評価
筧 淳夫	建築学部・教授	5.1.医療・福祉等施設の機能維持	被災時医療機能維持の可能性検討
久保智弘	防災科学技術研究所・特別研究員	5.2.超高層建築の防災・事業継続計画、及び 2.1	超高層建築の消防・防災計画
村上正浩	建築学部・准教授	5.3.防災街区の形成と都市機能継続モデル、及び 5.1	テーマ5統括、防災街区の形成と都市機能継続モデル
宮村正光	建築学部・教授	5.2.超高層建築の防災・事業継続計画	地域連携による超高層建物の早期被災度判定
(共同研究機関等)			
石川嘉崇	電源開発株式会社・課長	3.1.震災廃棄物の再資源化と高機能化	復興建物用資材の開発
中里秀則	早稲田大学・教授	4.1.災害拠点の分散化を支援する通信システム	耐災害性の高い通信システムに関する研究
横田和彦	青山学院大学・教授	4.2.分散型非常用電源供給システムの構築	風力利用発電システムによる検討
小泉安郎	信州大学・教授	4.2.分散型非常用電源供給システムの構築	都市型コージェネレーションシステムの検討

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

プロジェクト外での研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
1.1.強震動予測と超高層建物等の減災対策	大成建設技術センター・主任研究員	吉村智昭	強震動予測(主として長周期地震動)

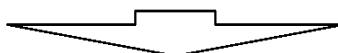
(変更の時期:平成24年4月1日)



旧

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
大成建設技術センター・主任研究員	大阪大学・准教授	吉村智昭	強震動予測(主として長周期地震動)

(変更の時期:平成26年7月28日)



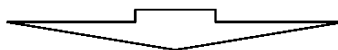
新

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
大阪大学・准教授	平成26年7月26日に逝去	吉村智昭	—

旧

プロジェクト外での研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
1.4.伝統木造建物の耐震診断・補強法	独立行政法人建築研究所・上席研究員	河合直人	歴史的木造建物の耐震診断・補強法の開発

(変更の時期:平成23年4月1日)



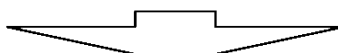
新

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
独立行政法人建築研究所・上席研究員	工学院大学・教授	河合直人	歴史的木造建物の耐震診断・補強法の開発

旧

プロジェクト外での研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
5.1.医療・福祉等施設の機能維持	国立保健医療科学院・施設科学部長	笥 淳夫	被災時医療機能維持の可能性検討

(変更の時期:平成23年4月1日)



新

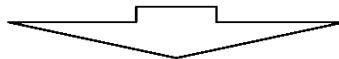
変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
国立保健医療科学院・施設科学部長	工学院大学・教授	笥 淳夫	被災時医療機能維持の可能性検討

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

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
	株式会社 日本設計・主任設計技師	西川豊宏	

(変更の時期:平成22年4月1日)



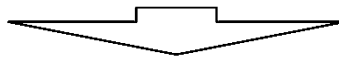
新

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
株式会社 日本設計・主任設計技師	工学院大学・准教授	西川豊宏	建築設備の耐震補強と改修

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
	鹿島建設 小堀研究室・専任部長	宮村正光	

(変更の時期:平成23年4月1日)



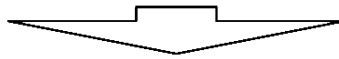
新

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
鹿島建設小堀研究室・専任部長	工学院大学・教授	宮村正光	地域連携による超高層建物の早期被災度判定

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
4.2.分散型非常用電源供給システムの構築	名古屋工業大学・教授	横田和彦	風力利用発電システムによる検討

(変更の時期:平成23年4月1日)



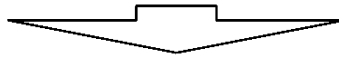
新

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
名古屋工業大学・教授	青山学院大学・教授	横田和彦	風力利用発電システムによる検討

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
5.2 超高層建築の防災計画・事業継続計画	建築学部・特任助教	久保智弘	超高層建築の消防・防災計画

(変更の時期:平成23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
建築学部・特任助教	防災科学技術研究所 特別研究員	久保智弘	超高層建築の消防・防災計画

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

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

目的・意義:本プロジェクトでは、震災を対象として建築・都市における減災と機能継続に関するハード・ソフト対策を融合する5つのテーマ(12の小課題で構成)の研究を推進し、その成果を新宿などの地域に適用する実践的な研究拠点の形成を構築することを目的とする。従来、個別に行われる建物・設備の補強対策やハード・ソフト対策を減災と機能継続の観点から融合し、さらにはその成果を具体的なモデルケースとして特色ある新宿・八王子地域へ適用して防災計画や防災訓練、教育・啓蒙活動などで地域防災力向上にも寄与する。得られた成果と具体的な事例は国内外の大都市でも先導的な役割を担うことを目的とする。

計画の概要:5つのテーマは共通して、3年度までに基礎調査の実施や耐震補強法、中心市街地のエリア防災モデルなどを開発し、4年目から実用式の提案や実建物・地域への適用などを行う計画である。具体的には、テーマ1(都市型建物)とテーマ2(機能維持施設)では高層建物などの都市型建物・設備等の効率的な耐震補強・改修法の開発を行い、実用式の提案や実建物への適用などハード面での対策と1次被害の低減を行う。一方、テーマ3(震災廃棄物)では震災後の都市圏における建設物の資源循環の仕組みと、復興建物の耐久性向上による長寿命化の研究を行う。また、テーマ4(非常時通信)とテーマ5(地域連携)では、主として首都圏での広域連携と地域連携によるソフト面からの2次被害の低減を目的として、災害対策拠点の分散化を支援する耐災害性の高い電源・通信システムの構築、震災時の医療施設の機能維持、超高層建物の防災計画・事業継続計画、地域防災拠点を核とした防災街区の形成と都市の機能継続モデルの構築に関する研究を行う。

(2) 研究組織

図1に本プロジェクトのテーマ構成とチーム間・共同機関との連携を、表1に5つのテーマとその下の15小課題と構成員を示す。表1には各テーマのリーダーをテーマ名の()内に、○は小課題リーダーを示す。また下線は研究協力者(10名)、その他は共同研究者(28名)である。本プロジェクトは、研究代表者(久田)の責任の下に、各テーマと小課題リーダーで構成される運営委員会を年約6回開催し、年間スケジュール、各課題の進捗や連携状況、研究者の役割分担、予算の執行状況・再配分、などを決定している。また年次報告会と年次報告書の発行を毎年実施し、さらには年6回程度のテーマ別報告会を実施し、各研究チームの成果の認識を深め、連携促進をはかっている。

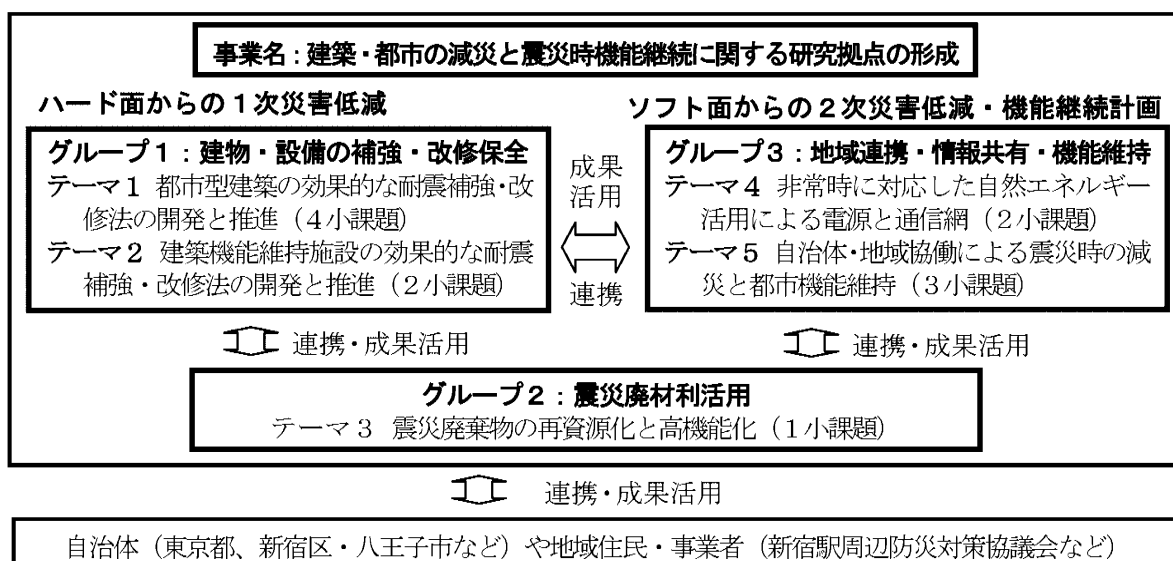


図1 本プロジェクトのテーマ構成とチーム間・共同機関との連携図
各チームと共同研究機関は密接に連携し、成果は互いに有効に活用されている。例えば、

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

テーマ1の数値計算で作成された首都圏における想定地震動と超高層建物の揺れの結果は、テーマ2における大変位振動台による天井落下・什器類の移動転倒・スプリンクラー設備の被害実験に用いられ、効果的な耐震補強策が開発された。さらにその成果はテーマ5における被害想定や訓練・セミナーに活用された。またテーマ1の伝統木造建物の耐震診断・補強法ではテーマ3の震災時廃棄物の利活用のチームは密接に連携し、漆喰仕上げ天井の落下防止対策や土蔵造り建物の老朽化した壁の簡易な補修・補強方法の開発を進めている。また、テーマ4による非常時通信用の長距離無線 LAN システムと、テーマ5における広域情報共有システムとの連携により、被災時の情報の共有が可能となり、新宿区や地元事業者との連携で行われている新宿駅周辺地域における防災訓練で有効活用している。

研究の事務・経理は大学事務局の研究推進課が実施し、実験や地域防災訓練では研究補助者を活用し、遂行している。また本プロジェクトには毎年100名近いの大学院生・学部生が参加している。

表1 本プロジェクトの5テーマ・15小課題と構成員(○は小課題リーダー;下線は研究協力者)

テーマ1 都市型建築の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進(リーダー:小野里憲一)		
1.1	首都圏直下地震・活断層等による強震動予測と超高層建物等の減災対策	○久田嘉章、山下哲郎、吉村智昭
1.2	鉄筋コンクリート造建築の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進	○近藤龍哉、小野里憲一
1.3	体育館の耐震性能評価と補強法に関する研究	○山下哲郎
1.4	都市型木造建物・伝統木造建物の耐震診断・補強法の開発と推進	○河合直人、後藤 治
テーマ2 建築機能維持施設の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進 (リーダー:山下哲郎)		
2.1	建築の非構造部材・設備の耐震補強と改修	○山下哲郎、西川豊宏、 <u>三好勝則</u> 、久保智弘、田中 孝(タナカ建築設備)
2.2	建築のライフライン設備の耐震性向上と長寿命化	○小林光男、後藤芳樹、小久保邦雄、 <u>一之瀬和夫</u> 、長嶋利夫(上智大学)、坂口雅昭・若林博之(フセラン)
テーマ3 震災廃棄物の再資源化と高機能化(リーダー:阿部道彦)		
3.1	震災廃棄物の再資源化と高機能化	○阿部道彦、田村雅紀、後藤 治、石川嘉崇(電源開発)
テーマ4 災害対策拠点の分散化を支援する耐災害性の高い電源・通信システムの開発 (リーダー:水野 修)		
4.1	災害対策拠点の分散化を支援する耐災害性の高い通信システム	○水野 修、小林亜樹、山口実靖、 <u>浅谷耕一</u> 、中里秀則(早稲田大学)
4.2	分散型非常用電源供給システムの構築	○佐藤光太郎、荒井純一、市川紀充、大竹浩靖、雑賀 高、横田和彦(名古屋工業大学)、小泉安郎(信州大学)、米盛弘信(サレジオ工業高等専門学校)
テーマ5 自治体・地域協働による震災時の都市機能維持(リーダー:村上正浩)		
5.1	震災時における医療・福祉等施設の機能維持	○ <u>寛 淳夫</u> 、山下てつろう、村上正浩、 <u>長澤 泰</u>
5.2	超高層建築の防災計画・事業継続計画	○宮村正光、久保智弘、久田嘉章、村上正浩、 <u>三好勝則</u> 、 <u>吉田倬郎</u>
5.3	地域防災拠点を核とした防災街区の形成と都市機能継続モデルの構築	○村上正浩、久田嘉章、後藤 治

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

(3) 研究施設・設備等

本プロジェクトでは、既存施設である「総合研究所 地震防災・環境研究センター」(2001年竣工 RC造、総面積 2649 m²)を使用している。本施設で用いる新規購入した設備は下記の5つであり、本プロジェクトで活用している。

- ・高軸力載加型加力設備(平成22年度導入、図2)
: テーマ1における都市型集合住宅等の耐震補強パネル工法の補強性能評価などを実施。年間2ヶ月以上、延べ約 300 名が利用している。
- ・大変形水平加力設備(平成22年度導入、図3)
: テーマ2における高層建物の設備・非構造部材等の実大模型の耐震性評価などを実施。年間4ヶ月以上、延べ約 500 名が利用している。
- ・長距離無線 LAN・非常用通信システム(平成23年度導入、図4)
: テーマ4における新宿・八王子の地域拠点間の非常時通信システムの構築。平常時の通信容量のモニタリングも行っており、ほぼ常時使用し、延べ約 15 名が利用している。
- ・独立型太陽光発電システム(平成23年度導入、図5)
: テーマ4における非常時通信システムの発電／蓄電システムを構築。平常時の発電・蓄電も行っておりほぼ常時使用し、延べ約 10 名が利用している。
- ・リアルタイム広域情報共有システム(平成23年度導入、図6)
: テーマ5における広域情報共有システムを構築。平常時から地表・建物の被災度判定モニタリングを行っており、ほぼ常時使用し、延べ約 200 名が利用している。

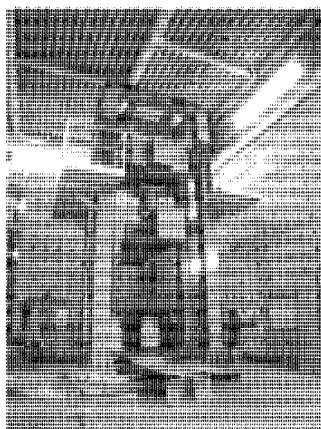
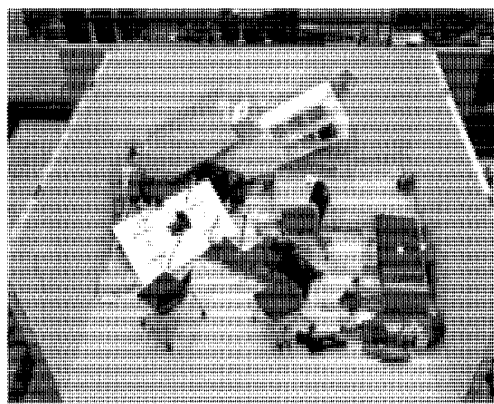
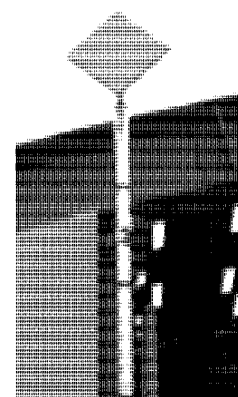
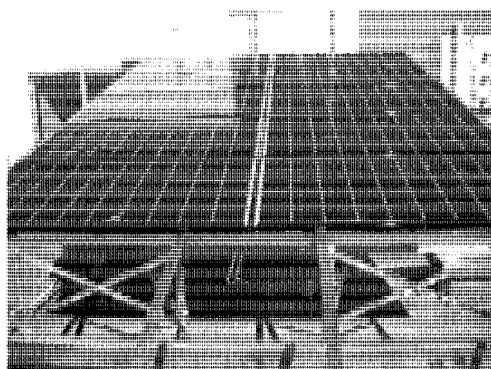
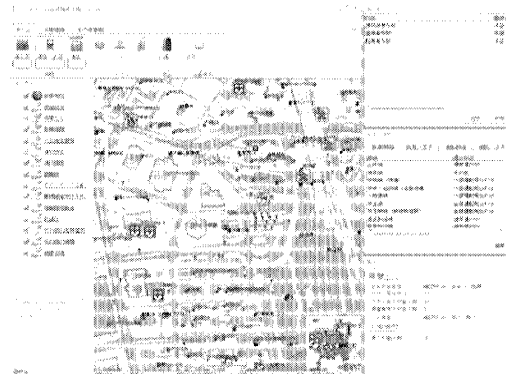


図2 高軸力載加型加力設備

図3 大変形水平加力設備
(超高層建物什器類の転倒実験)図4 長距離無線 LAN
(4.9GHz 帯アンテナ)図5 独立型太陽光発電システム
(八王子キャンパスの太陽電池)図6 広域情報共有システム
(新宿駅周辺地域における Web GIS 画面)

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

(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。

<研究成果概要>

当初設定した5つのテーマは、ほぼ予定通りに進捗し、以下に示すように満足すべき成果を得ている。一方、2011年東日本大震災では首都東京は大混乱し、本プロジェクトに関する様々な課題が得られた。そこで各テーマのメンバーで調査を実施し、得られた教訓から当初の計画を修正し、研究を遂行した。さらにサブプロジェクト間の連携を進めて研究拠点としての特徴を明確にするため、特に「巨大都市の建築・エリアにおける減災と機能継続」を中核として研究を進めた。成果の概要として、テーマ1・2では東日本大震災における超高層建築など都市型建物の揺れと被害を広く調査し、本プロジェクトで購入した高軸力載加型加力設備と大変形水平加力設備と数値シミュレーションにより、建物の躯体構造や室内・設備の揺れ・被害を再現した。さらに首都直下地震や南海トラフの巨大地震などを想定した場合にも有効な構造躯体と室内の耐震補強法を提案した。テーマ3では、廃棄物を活用した天然砂やコンクリートの代替材料の活用や、テーマ1と連携した伝統木造建物の土壁の補強・補修策の開発など多くの研究成果を得ている。テーマ4・5では、太陽光などの自然エネルギーと蓄電と長距離無線LANによる新宿・八王子間の非常用通信網と、地震計とWeb GISを活用した広域情報共有システムを新設し、活用している。これらを用いて、自治体(東京都、新宿区)と地元事業者(新宿駅周辺防災対策協議会)、拠点病院・医師会(東京医大病院・新宿区医師会など)と連携し、帰宅困難者や多数傷病者への対応を地域連携で行うセミナーや講習会、および防災訓練による一連の活動を、2010～2014年に毎年実施し、貴重なノウハウを蓄積した。

これらの成果は本プロジェクトの年次報告会・報告書に加え、関連学会やメディア等で広く公表された。さらに、2012年東京都地震被害想定や、内閣府防災対策推進検討会議・首都直下地震対策検討WG、気象庁・長周期地震動に関する情報検討会、消防科学総合センター・消防用設備等の震災時における機能維持のための方策に関する調査検討会などでの施策への反映、国土交通省・新宿駅周辺地域都市再生緊急整備協議会による新宿駅周辺地域都市再生安全確保計画の推進、さらには日本建築学会の提言や日本地震工学会等の特別研究委員会の成果の公表など、国・自治体・事業者・学協会等での震災対策の推進や啓蒙活動へ広く活用されている。

<テーマ別の研究成果概要>

以下、テーマ1～5での具体的な成果概要を示す。

・テーマ1:都市型建築の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進

1.1(超高層建築):2011年東日本大震災における新宿副都心の超高層ビルにおける地震応答性状や室内被害を調査し(*233,234)、具体的な超高層建物として工学院大学新宿校舎(29階建て鉄骨造)を対象に、地震観測記録から振動・減衰特性を同定した。さらに強震動予測手法のベンチマークテスト(*7-8)に基づく首都直下地震と南海トラフ巨大地震による新宿地域の地震動を策定し、それを用いた応答解析による効果的な制振補強法を提示した(*6, 291)。得られた結果は、テーマ2における非構造部材の被害の再現や耐震補強対策の開発に活用した。

1.2(鉄筋コンクリート造集合住宅):高軸力載加型加力設備を活用し、鉄筋コンクリート造建物の住まいながら耐震補強を可能とする、そで壁付柱を建物外側からそで壁増し厚補強する工法の開発し、平成26年1月現在の実績で88棟の建物に適用した(*52, 53, 79)。一方、新たな方策としてシングル配筋ラーメン構造による耐震補強工法を提案し、検証実験を行った。

1.3(鉄骨造大空間建物):当初計画による従来型の山形鋼X型ブレースの体育館に加えて、東日本大震災で多くの被害が生じた置屋根構造の体育館の支承部の被害を対象とした再現実験を行い、被害メカニズムと耐震診断・補強方法を検討した。その結果、山形鋼X型ブレースの繰返し加力実験による変形性能を把握し、ブレース補強した4つの体育館の3次元弾塑性応答解析により、屋根面の剛性も考慮した簡易な質点系モデルの限界耐力計算で精度よく簡単に推定可能なことを確認した(*11)。また置屋根構造の支承部を再現した試験

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

体の繰り返し加力実験によりモルタル粉砕、アンカー抜け出しなどの被害を再現による破壊のメカニズムと耐力を評価、地震時にスライドせず引っ掛かる原因を解明した(*17, 18)。

1.4(都市型及び伝統木造建物):都市型木造建物として不整形平面(凹型平面)を有する木造住宅の耐震性能評価法、及び木質ラーメンや制振装置を用いた木造住宅の耐震補強方法について実大実験及び解析を行ない、床のせん断変形を考慮した簡易な計算方法を提案し、凹型の両側を連結する補強方法の提案を行った。また狭小間口に対する有効な補強方法である木質ラーメンや制振装置を用いた木造住宅の耐震補強方法を提案し、設計法をまとめた(*2, 3)。一方、伝統木造建物では秋田県横手市増田町地区の町家・土蔵を調査し、耐震診断及び効果的な補強方法の提案を行った。さらに東日本大震災では伝統木造建築の土壁・漆喰壁の被害が著しいことが明らかとなり、テーマ3との連携により被災した土蔵の壁を簡易に修復するための実大試験体による試験研究を行い、実用化にむけた方法の考案や基礎データが取得できた(*44, 45, 47, 257, 275)。

・テーマ2:建築機能維持施設の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進

2.1(非構造部材):東日本大震災で大きな被害を生じた超高層建物の天井・設備などの非構造材を調査し、大変形加力装置振動台を用いた再現実験と効果的な補強法を提案した(*89, 90)。具体的には、既存高層建築に長期間使用されたスプリンクラー配管の曲げ破壊実と、新宿校舎のシングル・ライン天井の振動台実験により、落下メカニズムを解明、設備機器の全ネジ吊材の繰り返し加力実験による低サイクル疲労寿命の評価を実施した(*91, 94)。特にシングル・ライン天井の落下防止対策では、簡易な外付けの補強金具の取り付けによる補強法を考案し、有効性の検証実験を行った。

2.2(ライフライン設備):2.1と連携してスプリンクラー配管構造の強度解析、火災による熱負荷を受けるねじ締結体の締結強度の解明、設備水槽タンク内流体のスロッシングによる波高や圧力測定による強度計算式の導入、締結助材(フランジ付ブラインドファスナ等)の軸力圧縮力による変形と強度特性の解明を行った。

・テーマ3:震災廃棄物の再資源化と高機能化

3.1(震災廃棄物):都市圏における廃棄物やコンクリート材料の諸特性・環境影響の調査を実施し、完全リサイクル材料を用いた複合材料の高機能化、低発熱型セメントを用いたコンクリート系材料の耐久性の評価を行った(*124, 125)。さらに建設資材のかさ密度・容積の特性が輸送形態ならびに環境負荷への影響調査、解体廃棄物を用いた各種の低品位資材化検討、各種の低品位資材(海洋生物殻資材、高炉スラグ細骨材、石炭溶融スラグ、ごみ溶融スラグ)を用いた木質系材料、コンクリート系材料の製造、低発熱型セメントを用いたコンクリート系材料の耐久性の評価、震災廃棄物起源の各種複合材料の性能評価方法の確立(*126-129)、各種複合材料の運用に伴う環境シュミレーションの実施、震災復興期における短中期的な機能継続に資する高度利活用のシナリオ構築を実施した。

・テーマ4:災害対策拠点の分散化を支援する耐災害性の高い電源・通信システムの開発

4.1(通信システム):震災時機能継続を目的とした災害対策拠点の分散化を支援するための耐災害性の高い電源および通信システムの開発と適用に関する研究を行った(*160, 168, 169)。当初計画どおり、新宿～八王子～早稲田の3箇所を災害対策拠点と位置付け、非常用通信システムの構築し、多様なアプリケーションの提供可能性の検証、実用性の検証を実施した。また4.2との連携による独立型太陽光発電システムの電源供給により、停電時の運用も可能なシステムを構築し、テーマ5との連携によるリアルタイム広域情報共有システムを活用するための通信システム要件を明らかに、実証実験による有効性を検討した。

4.2(非常用電力供給):独立型太陽光発電システムや風力発電(コアンダ風車とフラッタ発電)、コジェネレーションシステム、燃料電池の非常時の活用法を検討した。特に本研究で導入した独立型太陽光発電システムは稼働率100%で運用し、4.1の震災時通信システムへの効率的な電力供給を行っている(*175, 190)。またスマートグリッドとする信頼性の高い非常用太陽光発電システムを構築するために、電子機器の誤動作の原因を明らかにし、防止策を提案した。

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

・テーマ5:自治体・地域協働による震災時の都市機能維持

5.1(医療・福祉施設):新宿西口地域の人口特性を調査し、死傷者数の推計を行った(*235)。さらに新宿西口地域における医療・応急救護所の計画条件を明らかにするため、災害弱者の規模推計と救護方法の課題、医療拠点としての救護所の役割と必要条件を明らかにした。

5.2(超高層建築):当初計画に加えて、東日本大震災では首都圏の超高層建物が長周期地震動で大きく揺れ、地震発生後の機能・事業継続が課題となった。そこでチェックシートによる建物の使用性の即時判定法を提案し、その妥当性を新宿駅周辺地域の企業を対象とした震災訓練により検証した(*224)。また超高層建物における事業継続計画の事例として、超高層建物である工学院大学を対象にヒヤリング調査などを実施し、試案を策定した。

5.3(都市機能継続):新宿駅周辺地域を対象として、工学院大学新宿校舎を地域防災拠点とした防災街区を形成し、地震時の被害軽減と速やかな都市機能の回復を可能とするモデルを構築した(*225, 226)。具体的には東京都や新宿区・地域事業者・医師会など多様な地域主体と連携し、防災リテラシー向上のためのセミナー(年間 5~7 回程度)と、災害対応力強化のための講習会(年間 2, 3 回程度)および地震防災訓練(年間 1 回)を 2010 年度より継続して実施し、ソフト面から地域防災拠点を核とした防災街区の形成を図った(*874, 876)。これらのセミナー・講習会・訓練で構成する教育プログラムには、1.1、2.1、2.2 の高層ビルの揺れと被害の予測、それに基づく 5.2 の建物使用性チェックシート等の成果を活用した。また、ハード面からはリアルタイム広域情報共有システムを開発し、4.1 の非常時通信システムおよび 4.2 の非常用電力供給システムと連携することで、地域防災活動の拠点として機能する環境を整備することができた(*873)。一方、東日本大震災の教訓から、2012 年 7 月の都市再生特別措置法の改正に伴い、都市再生安全確保計画制度が創設され、当該地域のような都市再生緊急整備地域を対象に、地震時の被害軽減と速やかな都市機能の回復を図るために都市再生安全確保計画の策定を進めていくことが必須となった。当課題担当の村上は、都市再生の推進に係る有識者ボード防災 WG(事務局:内閣官房地域活性化統合事務局)に参加して本制度の創設に関わり、全国に 62 地域ある都市再生緊急整備地域に先駆けて、当該地域をモデルとした都市再生安全確保計画を策定し、全国に向けて情報発信した(*878)。本計画は、4.1 と 4.2 の成果を反映した「情報収集・伝達」「避難・退避誘導支援」、5.1 の成果を反映した「医療連携」、1.1 と 5.2 の成果を反映した「生活・事業継続」の実現により、当該地域の被害軽減と機能継続を目指すものである。また、本計画の具体化に向けて、被害想定などの基礎となる詳細な人口統計情報として NTT ドコモ先進技術研究所と共同研究により、携帯電話の発信情報から人口統計情報を推計する手法を確立し、こうしたビックデータを活用した帰宅困難者数等の被害推計と計画の具体化のための活用可能性を提示した。

<優れた成果があがった点>

テーマ1:

- ・地震動予測手法に関する有効なテスト法をまとめ、関連学会の設計用地震動策定指針に活用した(*259, 263)。また東日本大震災による新宿地域の超高層建物の被害状況の調査と応答解析、南海トラフ地震による長周期地震動に加え、首都直下地震にも効果的な制振補強法の提案を行い、今後の耐震対策に有効なデータを公表した(*276, 870)。
- ・鉄骨枠付き補強パネルを提案し、多くの市営住宅等へ適用した。
- ・東日本大震で多くの被害を生じた屋根置き型体育館・支承部の被害メカニズムを解明した(*17, 18)。
- ・凹型平面や狭小間口の都市型木造住宅に対する有効な補強方法を提案した(*2, 3)。
- ・伝統木造建物である町家・土蔵の効果的な耐震補強法を提案した。また東日本大震災で多くの被害を発生した漆喰仕上げ天井の落下防止対策、土蔵及び土蔵造り建物の老朽化した

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

壁に対して、最新の補強材料を活用した簡易な補修・補強法の開発研究に着手した。

テーマ2:

- ・東日本大震災で広範囲に観測された超高層建物におけるシングルライン・システム天井の落下の仕組みを解明し、簡易な後付け治具による落下防止対策を開発した(*89, 90)。
- ・設備機器の耐震上の問題点を整理し、スプリンクラー端末部の配管・ヘッドや吊材の破断寿命評価法を提案した。

テーマ3:

- ・高炉スラグの高強度コンクリートへの適用性の確認、天然砂の代用として期待されている石炭溶融スラグの利用可能性の把握、震災後の緊急時供給可能なPCaパネルの耐久性の確認、復興住宅の基礎に用いる100年を目指した高耐久コンクリートの開発、低発熱セメントを使用したコンクリートの耐久性評価の迅速化、カーボンニュートラル性を有する海洋生物殻を混入したモルタルに関する基礎力学特性や熱的物性変化の把握、および震災廃棄物(ごみ溶融スラグ細骨材)を使用したコンクリートの品質試験方法の提案を行った(*126-129)。

テーマ4:

- ・長距離無線LANシステムについて、独立型太陽光発電システムやリアルタイム広域情報共有システムと連携することで、アプリケーションから運用まで含んだ総合的なネットワーク構築手法を提案した。
- ・通信目的による一種の情報トリアージに基づき、通信機器の省電力運用のために一部情報の通信機器による通信からのオフロードが必要であり、大規模データ等の蓄積運搬型経路制御方式を開発した。

テーマ5:

- ・東日本大震災における新宿超高層ビル街における室内被害や災害対応の実態調査、強震観測記録を公開し(*233, 234, 870)、国・都・関連学協会等の地震被害想定や防災対策に貢献した。
- ・工学院大学新宿校舎で実施している被災度判定システム(地震計・罫書による判定システムと簡易チェックシートの活用)の有効性を確認した(*224)。
- ・東京都や新宿区・地元事業者・医師会などと連携し、新宿駅周辺地域をモデルとする大都市中心市街地で効果的な震災対策の取り組みを示した(*225, 226)。

<問題点>

テーマ1:

- ・想定する地震動レベルは対象とする地震や地盤モデル、策定する研究者・実務者で大きな差異が出ており、対策を実施する場合に混乱する要因となっている。今回実施した強震動予測手法のベンチマークをさらに発展させ、今後、首都圏で想定すべき地震動レベル(1~3など)を他の学協会・事業者などと連携して整理する必要がある。
- ・東日本大震災による長周期地震動は特に大きくはなく、超高層建物は弾性応答であった。今後は最大級地震での過大入力による超高層建物の倒壊に至るまでの非線形振動特性モデルを構築し、冗長性あり、かつ修復も容易な耐震・制振補強策が検討課題である。
- ・近年の大型体育館の大半を占める置屋根構造の地震応答特性は未だに整理されておらず、支承部の応力や要求性能も現状では簡単に定量的評価が未完となった。実験と3次元非線形動的解析の両面から、支承部の挙動を解明し、耐震診断・補強法が必要である。
- ・都市型住宅には凹型や狭小間口意外にも様々な形態があり、他の様々な補強方法も含め、住宅の特性に合わせた耐震補強方法の選択方法や、その判断に際して重要な費用対効果についてさらなる検討が必要である。
- ・伝統木造建物の補強法では、増田町の方法を他の地区にも効率的に生かしていくことが今後の課題である。また漆喰仕上げの天井落下防止、土蔵及び土蔵造り建物の老朽化した壁の簡易な補修・補強手では本格的実用化に向け、さらなる試験研究が必要である。

テーマ2:

- ・大変位振動台で行える室内空間がやや狭く、アクチュエータの加力容量も小さいため、2G近い大加速度や大空間を完全には再現できなかった。アクチュエータなどシステムを改良

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

し、天井板などの重りを設置し、揺れによる大きな慣性力を再現する必要がある。

- ・天井をはじめとする非構造材は多種多様であり、かつ周囲の非構造材(内装壁など)や天井裏の建築設備との複雑な相互作用を生じる。当研究では個々の部材実験を中心に実施したが、多様な非構造材、天吊り設備機器・配管のパターンをすべて実験することは不可能であるため、今後は解析的検討を併せて行う必要がある。

テーマ3:

- ・東日本大震災では津波を受けた建材(木材、コンクリート等)の処理方法が問題となった。洗浄して再利用することが現実的に困難な資材について今後の課題として実験も含めて検討を行う必要がある。また塩分の浸透したコンクリート廃棄物に関する基礎的研究を開始したが、実構造物の塩分浸透量の把握およびその再利用方法について課題として残された。

テーマ4:

- ・長距離無線 LAN では、周辺環境の影響による通信の劣化が発生する場合があります。原因を解明し、より安定した伝送方式の実現に向けたネットワーク制御法の開発などシステムを改善する必要がある。また、減災活動の長期化に備え、さらなる自然エネルギーの活用、省電力化、効果的な蓄電の実現とシステムの統合化が重要である。
- ・非常時に安定した電力供給を行うには、太陽光発電だけでなく、他の発電(コジェネなど)や効果的な蓄電方法と組み合わせる総合的なシステム設計を検討する必要がある。

テーマ5:

- ・従来の負傷者推定は低層住宅地を主な対象としており、高層建物などの中心市街地での推定式を改善する必要がある。また医療拠点としての医療・応急救護所には、様々な定義があり、求められる機能も一定していない。今後、自治体の地域・地区防災計画、建物の消防・防災計画、事業者のBCPを整理し、体系的かつ効果的な計画を策定する必要がある。
- ・リアルタイム広域情報共有システムはJava環境によるPCでは有効に機能するが、AndroidやiOSを搭載したスマートフォン・タブレット端末では円滑な情報共有が実現できていない。
- ・市再生安全確保計画を日常のエリアマネジメントに位置づけ、平時からコミュニティ防災として継続する仕組みが構築できていない。さらにエリアマネジメント活動を継続的に支える活動資金に関する課題についても解決できていない。エリアマネジメント活動の一環として都市再生安全確保計画を持続的に推進するための手法の開発が今後の課題である。

<評価体制>

自己評価は運営委員会や年次報告会における成果発表で行い、得られた成果報告書は全て公開している。成果に対する研究費の配分も運営委員会での審議の上で決定している。さらに下記のメンバーからなる外部評価委員会を設置し、書類と成果報告会により外部評価を実施している。

外部評価委員:

委員長:野澤 康 教授(工学院大学建築学部まちづくり学科)

委員:中林一樹 特任教授(明治大学危機管理研究センター)

福和伸夫 教授(名古屋大学減災連携研究センター)

木村 雄二 教授(工学院大学工学部環境エネルギー化学科)

2011年5月と2013年6月に実施した外部評価委員会の評価結果は、個別テーマの成果や新宿駅周辺地域における成果の適用などに高い評価を頂いた。一方、プロジェクト全体のなかでの各テーマの位置づけの明確化などに改善点が指摘され、運営委員会・成果報告会を通して、各テーマの位置づけの確認と成果の連携を促進した。2015年3月に最終成果報告会を実施する予定である。

<研究期間終了後の展望>

テーマ1:

- ・ここで得られた超高層建物の制振補強案をもとに工学院大学では補強を行う予定である。得られた記録・データは全て公開し、他の超高層建物での活用を期待している。

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

- ・RC造集合住宅の補強法として提案したそで壁付柱のそで壁は、設備機器の取り付け場所となる場合がある。任意の欠損箇所の部分補強を兼ねたそで壁増し厚工法の開発(改良)を行い、より効果的な補強法を提案する予定である。
- ・木造密集市街地における実際の木造住宅など、具体的な対象を想定しつつ、住宅の特性に合わせた安価で効果的な補強方法についての検討を進めていく予定である。
- ・増田町の伝統木造建物で提案した方法を、他の建物にも応用して施工する予定である。
- ・漆喰仕上げの天井落下防止、土蔵及び土蔵造り建物の老朽化した壁の簡易な補修・補強手法の開発については、試験研究を進めて、実用化をしていく予定である。

テーマ2:

- ・開発したシステム天井補強策を特許申請し、今年度中に工学院に適用する予定である。
- ・当実験で得た配管や吊り材耐力に係る基礎データから、建築設備の地震リスク評価に発展するとともに、社会的ニーズに適合した設備耐震について考案する予定である。

テーマ3:

- ・コンクリート・木材等の建設資材を対象に、材料の基礎物性ならびに健全度の評価と材の粉砕化・混合化・改質処理を行い、様々な種類の二次副産材を製造する。二次副産材の物理化学的な各種物性の評価し、積極的に再利用・再資源化した各種建設資材を開発・製造し、その基礎的物性および微細空隙構造に着眼した力学・耐久性評価を検討する。
- ・積極的な再利用・再資源化により都市機能の早期回復に効果が得られる物質・材料を、地理的条件(需給地特性、輸送距離など)や社会環境条件(天然材料代替可能性、最終処分形態、最終処分場残余量など)を明らかにし、建材として適切な性能を有し、短期間で製造が可能で一定の需要が見込まれる材料を検討し、その実用化を目指す。

テーマ4:

- ・通常時から災害時へ、状況に応じて柔軟に適用可能な電源・通信システムの開発をテーマに研究を進める。また利用者視点での情報検索を実現できるよう、ネットワークアーキテクチャ自体を見直す方針で、構成要素技術について研究を継続する。
- ・風力などの流体を利用した発電に関する研究に加えて、揚水発電やガスエンジンを利用したコジェネレーションシステムへ研究を展開する。
- ・今後はスマートグリッドに役立つ非接地式の電子機器に生じる電荷量と誘導電圧が原因で起こる機器の誤動作の問題を解決する予定である。

テーマ5:

- ・新宿エリアで得られた成果を、中央区晴海トリトンスクエアでの震災対策について、エリアマネジメント会社である晴海コーポレーションと共に引き続き、超高層建築群における震災対策に関する研究を行う予定である。さらにこの地域は2020年東京オリンピックの選手村の予定地となっていることからエリアマネジメント企業と連携し、国内外の観光客や関係者に安心安全な街づくりを行うための地域防災に関する研究活動を行う予定である。
- ・エリアマネジメント活動の一環として都市再生安全確保計画を持続的に推進するための手法を開発する。また欧米の BID(Business improvement district)制度などを参考とし、エリアマネジメントの担い手の育成と組織の運用に関する手法を開発する。
- ・Android や iOS によるスマートフォン・タブレット端末でも利用可能な情報システム環境への改良し、エリアマネジメント活動を支援する情報共有システムを開発する。

<研究成果の副次的効果>

- 本プロジェクトで得られた成果は、国・自治体・地域での震災対策の施策に活用されている。
- ・東京都・防災会議地震部会専門委員(久田、2011-)として、首都直下地震と南海トラフ巨大地震を対象とした東京都の地震被害想定を行い、高層建築を含む震災対策を検討した(*880)。

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

- ・内閣府・中央防災会議の「防災対策推進検討会議・首都直下地震対策検討 WG 委員(久田、2012-2014)」として首都直下地震対策の検討を行い、首都直下地震対策特別措置法(2013年制定)などに反映された(*879)。
- ・気象庁・「長周期地震動に関する情報検討会委員(久田、2012-)」、および「周期地震動予測技術検討 WG 主査」(久田、2012-)として、超高層建物などを対象とした長周期地震動情報・予報の実現化に向けた検討を行っている(*881)。
- ・消防科学総合センター「消防用設備等の震災時における機能維持のための方策に関する調査検討会(副委員長:久田、委員:西川、2013-2014)」では、東日本大震災でのスプリンクラー被害の実情を調査し、有効な補強対策を検討した。
- ・新宿区防災会議・専門委員(久田、2014-2016)として、新宿区・地域防災計画における2013・2014年度改定を検討している。
- ・2012年7月の都市再生特別措置法の改正に伴い、都市再生安全確保計画制度が創設され、新宿駅周辺地域のような都市再生緊急整備地域を対象に、地震時の被害軽減と速やかな都市機能の回復を図るために都市再生安全確保計画の策定を進めていくことが必須となっている。村上は都市再生の推進に係る有識者ボード防災WG(事務局:内閣官房地域活性化統合事務局)に参加して本制度の創設に関わり、全国に62地域ある都市再生緊急整備地域に先駆けて、新宿駅周辺地域における取組をモデルとした都市再生安全確保計画を策定し、全国に向けて情報発信した。

関連学協会での提言・報告・成果公開

- ・日本建築学会の提言「建築の原点に立ち返るー暮らしの場の再生と革新ー東日本大震災に鑑みて(第一次提言:2011年10月)」、および、「建築の原点に立ち返るー暮らしの場の再生と革新、東日本大震災に鑑みて(第二次提言、2013年6月)」における「首都」の項目を担当(久田・村上・宮村・久保)し、本プロジェクトの成果を盛り込んだ提言をまとめた(*873)。
- ・日本建築学会「免震構造物の設計用地震動策定指針(2013年発行)」と免震構造協会「免震建築物のための設計用入力地震動作成ガイドライン(2104年発行)」では、久田は入力地震動担当として、一方、「ラチスシェル屋根構造設計指針(仮称、2016出版予定)」では山下が、それぞれ本プロジェクトの成果を反映した指針案をまとめた。
- ・建築研究開発コンソーシアム「鉄骨置屋根構造の耐震性能に関する研究会(2013-)」では山下が委員として、既存体育館等の鉄骨置屋根構造に関する耐震診断の考え方と計算例をまとめ、2014出版を予定している。
- ・建築研究振興協会で、鉄骨枠付き補強パネル工法の技術評価を取得した。
- ・携帯電話の発信情報から人口統計情報を推計する技術とビックデータの活用手法は、東京都や埼玉県などでの帰宅困難者対策の検討に活用された。その後、NTTドコモにより事業化され全国で展開が図られているだけでなく、ドイツ・フラウンホーファー研究機構(ドイツの66の研究所の集合体)との応用研究へと発展しつつある。

特許申請(予定・計画)

- ・シングルライン・システム天井の補強案(落下防止策)の特許申請(2014年度予定)
- ・漆喰仕上げの天井落下防止、土蔵及び土蔵造り建物の老朽化した壁の簡易な補修・補強手法の開発では、株式会社ジャスト・株式会社樹と共同で取り組んでおり、実用化すれば全国の文化財建造物に適用可能になる。このため、特許の申請を計画中である。

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

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) 超高層建築 (2) 集合住宅 (3) 非構造部材
 (4) 機能維持施設 (5) 震災廃棄物 (6) 非常時通信
 (7) 自然エネルギー利用 (8) エリア防災計画

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>

5つテーマごとに、年度・査読の有・無を分けて表記する。

テーマ1: 2014年

(査読有り)

1. 前川利雄, 保井美敏, 久田嘉章, 想定東海地震の長周期震動予測に及ぼす破壊開始点の不確定性の影響、日本地震工学会論文集、Vol.14, No.1, pp. 1-13, 2014年2月、査読有
2. * 中川学, 五十田博, 河合直人, 腰原幹雄, 荒木康弘, RC造と木フレームを平面的に併用した構造の振動台実験, 日本建築学会構造系論文集 Vol.79 No.697, pp.401-410, 2014年3月 (査読有)
3. * 石垣 創, 田守伸一郎, 五十田博, 中川貴文, 河合直人, 個別要素法を用いた木質構造物の時刻歴応答解析, 日本建築学会技術報告集 第44号 pp.105-110, 2014年2月 (査読有)

(査読無し)

4. 久田嘉章, 南海トラフ巨大地震を考える」について、日本地震工学会会誌、p.1、21号、2014.2、査読なし
5. 後藤治, 建築保存・活用の現状と課題, 日事連 52-603, PP.11-12, 2014年1月、査読なし

テーマ1: 2013年

(査読有り)

6. * 池田芳樹, 久田嘉章, 限られた階の地震観測記録を用いた建物全階の応答推定、日本地震工学会論文集、Vol.13, No.4, pp. 38-54, 2013年8月、査読有
7. * 加藤研一, 久田嘉章, 大野 晋, 野畑有秀, 森川 淳, 山本 優, 強震動予測手法に関するベンチマークテスト: 統計的グリーン関数法の場合(その3)、日本建築学会技術報告集、41巻, pp.37-42、2013年2月、査読有
8. * 吉村智昭, 永野正行, 久田嘉章, 青井 真, 岩城麻子, 早川 崇, Citak Seckin Ozgur、松島信一、川辺秀憲, 強震動予測手法に関するベンチマークテスト: 数値解析手法の場合(その3)、日本建築学会技術報告集、41巻, pp.65-70、2013年2月、査読有
9. * 松本俊明, 久田嘉章, 永野正行, 野津 厚, 浅野公之, 宮腰 研, 田邊朗仁, 強震動予測手法に関するベンチマークテスト: 理論的手法の場合(その3)、日本建築学会技術報告集、41巻, pp.71-76、2013年2月、査読有
10. 兼平雄吉, 小野里憲一, 極限解析マクロモデルによる単独耐震壁の最大強度の解析精度(対角加力を受ける単独耐震壁の場合)、日本建築学会構造系論文集、第78巻、第689号、pp.1289-1298、2013.7、査読有
11. * 米田良祐, 山下哲郎, 鉄骨造学校体育館の桁行方向ブレース構造の弾塑性応答変形推定, 日本建築学会技術報告集, 42 501-506, 2013年6月、査読あり
12. 山口和弘, 稲山正弘, 志村智, 畠山太志, 河合直人, スパン、層高、鉛直荷重の有無などを変化させた木質ラーメン架構の実験的研究、日本建築学会構造系論文集、Vol.78、No.683, pp.119-128, 2013年1月 (査読有)
13. 岡田玲・奥田泰雄・後藤治・前田潤滋他, 2012年5月6日に北関東地方で発生した竜巻による建築物等への被害, 日本風工学会誌 38-1, PP.17-30, 2013年1月, 査読有

(査読無し)

14. 久田嘉章, 特集「過去に学び、未来に備える」の連載と「首都直下の大地震を考える」について、日本地震工学会会誌、p.1、20号、2013.10、査読なし
15. * 久田嘉章, 「建築の原点に立ち返る一暮らしの場の再生と革新、東日本大震災に鑑みて(第二次提言)首都(分担)」, 日本建築学会 HP, 2013年6月、査読無し

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

16. 久田嘉章、相次いで公表される想定巨大地震動にどう向き合えばよいか、日本建築学会・建築雑誌、1650, 47, 2013.10、査読なし
17. * 山下哲郎、置屋根支承部の実験、建築研究開発コンソーシアム 鉄骨置屋根構造の耐震性能に関する研究会資料、「鉄骨置屋根構造の被害分析および耐震診断の進め方」、100-110, 2013年9月、査読なし
18. * 山下哲郎、「大空間施設の総合的耐震性能を考える—東日本大震災を経験して」の概要、日本建築学会建築雑誌、128 1649 26-27, 2013年9月、査読なし
19. 後藤治、海外における文化財建造物の火災安全対策の事例、火災 327, PP.8-13, 2013年12月

テーマ1: 2012年

(査読有り)

20. 久田嘉章、永野正行、野津厚、宮腰研、中川太郎、浅野公之、松本俊明、強震動予測手法に関するベンチマークテスト:理論的手法の場合(その2)、日本建築学会技術報告集 第38号 pp.101-106, 2012、査読有
21. 吉村智昭、永野正行、久田嘉章、青井 真、早川 崇、S.O.Citak、松島信一、川辺秀憲、上林宏敏、強震動予測手法に関するベンチマークテスト:数値解析手法の場合(その2)、日本建築学会技術報告集 第38号、pp.95-100、2012、査読有
22. 加藤研一、久田嘉章、大野 晋、野畑有秀、森川 淳、山本 優、強震動予測手法に関するベンチマークテスト:統計的グリーン関数法の場合(その2)、日本建築学会技術報告集 第38号、pp.67-72、2012、査読有
23. 久田嘉章、久保智弘、松澤 佳、松本俊明、田邊朗仁、森川 淳、2011年福島県浜通り地震の地表断層近傍の建物被害調査、日本地震工学会論文集、第12巻、第4号、2012(掲載決定)、査読有
24. * 山下哲郎、久田嘉章、坂本有奈利、久保智弘、新宿区超高層街区に建つ鉄骨造超高層建築の東北地方太平洋沖地震前後の振動特性、日本地震工学会論文集、第12巻、第4号、2012(掲載決定)、査読有
25. 兼平雄吉、小野里憲一、マクロモデルによる単独耐震壁の最大強度の解析精度、日本建築学会構造系論文集、第77巻、第671号、pp.65-73、2012年1月、査読有

(査読無し)

26. 久田嘉章、2011年東北地方太平洋沖地震から何を学び、どう活かすか? —巨大地震に備えるための地盤震動研究(その2)、趣旨、第39回地盤震動シンポジウム、日本建築学会、2012.11、査読無し
27. 鱒沢 曜、久田嘉章、超高層建築物の防災と事業継続対策、ビルと環境、No.138、pp.4-14、2012年9月号、査読無し
28. 鱒沢 曜、久田嘉章、超高層建築物の防災・減災分野、ビルと環境、No.138、pp.15-16、2012年9月号、査読無し
29. Hisada,Y., T. Yamashita, M. Murakami, T Kubo, T. Arata, J. Shindo, K. Aizawa, Seismic Response and Damage of High-Rise Buildings in Tokyo, Japan, during the 2011 Tohoku Earthquake, Proc. International Symposium on Reliability Engineering and Risk Management (ISRERM' 2012), CD-ROM, 2012.8、査読無し
30. Hisada,Y., T. Yamashita, M. Murakami, T Kubo, T. Arata, J. Shindo, K. Aizawa, Seismic Response and Damage of High-Rise Buildings in Tokyo, Japan, during the Great East Japan Earthquake, Proc. 9th International Conference on Urban Earthquake Engineering/ 4th Asia Conference on Earthquake Engineering, CD-ROM, 2012.3、査読無し
31. Hisada,Y., T. Yamashita, M. Murakami, T Kubo, T. Arata, J. Shindo, K. Aizawa, SEISMIC RESPONSE AND DAMAGE OF HIGH-RISE BUILDINGS IN TOKYO, JAPAN, DURING THE GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE, Proc. One Year after 2011 Great East Japan Earthquake - International Symposium on Engineering Lessons Learned from the Giant Earthquake -, CD-ROM, 2012.3、査読無し
32. 久田嘉章、東京・新宿駅周辺地域における地域連携による地震防災対策の取組み(特集 東日本大震災による住まいへの影響と課題)、住宅、日本住宅協会、61(5)、32-37、2012-05、査読無し
33. 久田嘉章、久保智弘、4.2.2 新宿駅周辺地域における取組、4.2.2 街区・地域防災対策としての新たな利活用について、建築・住宅分野における「高度利用者向け緊急地震速報」の利活用事例及び新たな利活用方策に関する調査報告書、建築研究開発コンソーシアム、4-9-4-16、2012年3月、査読無し
34. 久田嘉章、巨大地震における設計用地震動の考え方、(社)日本建築構造技術者協会 structure、No.123、2012年3月、査読無し
35. 久田嘉章、震源・伝播・サイト特性を考慮した強震動シミュレーション(特集 消防・防災における数値シミュレーションの活用)、静電気学会誌、36(2)、66-71、2012、査読無し
36. 友澤史紀、久田嘉章、本橋健司、安達和男、次の巨大地震に対して何をすべきか—既存のビルマンシジョンに課せられた課題—、特集:巨大地震に備えて 技術と対策、新春座談会、月刊リフォーム1月号、テツアードー出版、pp.19-36、2012年1月、査読無し

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

37. 近藤龍哉、東日本大震災に関する調査報告 被災地を見ての提言、STREC 協会ニュース、一般社団法人構造コンサルティング協会、No46、pp.21-27、2012.01、査読無し
38. 近藤龍哉、(調査報告)新しい耐震補強工法により補強した RC 造建物の震災後の状況、一般社団法人構造コンサルティング協会、臨時報告書の編集、2012.01、査読無し
39. 小野里憲一、方向性のある空間、ない空間、建築技術、p.112-113、2012年3月
40. 小野里憲一、柱の配置、建築技術、p.114-115、2012年3月、査読無し
41. 小野里憲一、壁の配置、建築技術、p.116-117、2012年3月、査読無し
42. 後藤治、歴史的建造物・町並み保存をめぐる制度的課題、都市問題 103-9、PP.55-62、2012年9月
43. 5. 後藤治、多様化する文化財 規制・復原から活用・マネジメントへ、季刊まちづくり 35-1207、PP.17-23、2012年7月
44. * 後藤治、伝統的な町並み地区における災害対策、日事連 50-583、PP.4-9、2012年5月
45. * 後藤治、大災害に備え職人の育成と相互協力体制を、建築仕上技術 37-442、P15、2012年5月
46. 後藤治、歴史的建築物に用いられている材料・構法とその評価、建材試験情報 48、PP.2-7、2012年4月
47. * 後藤治、ヘリテージマネージャーの職能と仕事、建築士 713号、pp.10-14、2012年2月、査読無し

テーマ1: 2011年

(査読有り)

48. 久田嘉章、永野正行、野津 厚、宮腰 研、強震動予測手法に関するベンチマークテスト:理論的手法の場合(その1)、日本建築学会技術報告集 第35号 pp.43-48 2011、査読有
49. 加藤研一、久田嘉章、川辺秀憲、大野 晋、野津 厚、野畑有秀、森川 淳、山本 優、強震動予測手法に関するベンチマークテスト:統計的グリーン関数法の場合(その1)、日本建築学会技術報告集 第35号、pp.49-54 2011、査読有
50. 吉村智昭、永野正行、久田嘉章、青井 真、早川 崇、Seckin Ozgur CITAK、松島信一、大西良広、強震動予測手法に関するベンチマークテスト:数値解析手法の場合(その1)、日本建築学会技術報告集 第35号、pp.67-72 2011、査読有
51. Tsuda, K., K. Koketsu, Y. Hisada, T. Hayakawa, Inversion Analysis of Site Responses in the Kanto Basin Using Data from a Dense Strong Motion Seismograph Array, Bull. Sesmo. Soc. Am., v.100, no.3, pp.1276-1287, 2011, 査読有
52. * 伴幸雄、山本泰稔、近藤龍哉、大和征良、既存建物袖壁付き柱の補強に関する群アンカーの実験的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol33 No2、1423-1428、2011、査読有
53. * 大和征良、山本泰稔、近藤龍哉、接着系あと施工アンカーの引張強度と靱性に関する実験的研究と各種設計式の設計引張耐力比較検討、コンクリート工学年次論文集、Vol33 No.2、1057-1062、2011、査読有

(査読無し)

54. 山下哲郎、東日本大震災の経験をどういかに！ 東北被災地における工学院大学活動報告会、2011年5月21日、査読なし
55. * 清水秀丸、向坊恭介、堀川恵巳子、榎本敬大、河合直人、大橋好光、実大震動台実験による伝統的な木造建築の耐震性能検証に関する研究 一部材断面がやや小さい都市近郊型試験体の震動台実験結果一、日本建築学会構造系論文集、Vol.76 No.663、pp.943-950、2011年5月、査読有
56. 二村悟・後藤治、製茶再生工場における茶のブレンドのための仮設装置について、日本建築学会技術報告集 36号、pp.745-748、2011年6月、査読有
57. 久田嘉章、「建築の原点に立ち返る 一暮らしの場の再生と革新—東日本大震災に鑑みて(第一次提言) 2.4、3.3 首都(分担)」、日本建築学会・建築雑誌、Vol.126、No.1623、pp.59-64、2011年10月号、査読無し
58. 久田嘉章、第6回「まとめ」、耐震の入口と出口の話、構造設計ポータル SEINWEB、NTT DATA、2011年7月、査読無し
59. 久田嘉章、第5回「地域連携による震災対策」、耐震の入口と出口の話、構造設計ポータル SEINWEB、NTT DATA、2011年6月、査読無し
60. 久田嘉章、東京を襲った長周期地震—新宿西口超高層ビル街からの報告—、東日本大震災緊急報告、日本建築学会・建築雑誌、Vol.126、No.1618、pp.5-8、2011年5月号、査読無し
61. 久田嘉章、第4回「超高層建築の震災対策」、耐震の入口と出口の話、構造設計ポータル SEINWEB、NTT DATA、2011年4月、査読無し
62. 久田嘉章、第3回「震源近傍の強震動」、耐震の入口と出口の話、構造設計ポータル、SEINWEB、NTT DATA、2011年3月、査読無し
63. 久田嘉章、第2回「強震動計算」、耐震の入口と出口の話、構造設計ポータル、SEINWEB、NTT DATA、2011年1月、査読無し
64. 近藤龍哉、伴幸雄、加藤三晴、山本泰稔、既存建物袖壁付き柱の曲げ補強に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol33 No2、1345-1350、2011、査読有
65. 小野里憲一、大野義照「鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説」の改定、コンクリート工学、Vol.49、

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

- No.7, pp.3-8, 2011年7月、査読無し
66. 久田真・小野里憲一 他 28 名、「プレキャストコンクリート製品の性能設計と利用技術研究委員会」報告書、コンクリート工学協会、pp.227-223, pp.277-294, 2011年11月、査読無し
 67. 小野里憲一:RC規準2010とRC配筋指針との関連性、建築技術、2011年3月、pp.160-165、査読無し
 68. 後藤治, 恒久住宅建設による「村」再生プロジェクト, 建築雑誌 1625号, pp.32-33, 2011年12月、査読無し
 69. 後藤治, 工学院大学「石巻市北上町白浜復興住宅」プロジェクトについて, 住宅 60号, pp.10-15, 2011年11月、査読無し
 70. 後藤治, 「村」再生プロジェクト, 建築士 708号, pp.20-23, 2011年9月、査読無し
 71. 後藤治, 工学院大学「村」再生プロジェクト, 日事連 575号, pp.16-18, 2011年9月、査読無し
 72. 後藤治, 工学院大学『石巻市北上町白浜復興住宅』プロジェクトについて, 日本建築学会大会(関東)建築計画部門研究協議会「利用の時代の災害復興計画」資料集, 2011年8月、査読無し
 73. 後藤治, ドイツにおける文化財建造物の防災対策 歴史的環境を活用するためのブレイク・スルー～ドイツ編, ビルディングレター542号, pp.39-44, 2011年2月、査読無し
 74. 後藤治, イギリスにおける文化財建造物の防災対策 歴史的環境を活用するためのブレイク・スルー～イギリス編, ビルディングレター541号, pp.45-52, 2011年1月、査読無し
 75. 後藤治, 工学院大学「村」再生プロジェクト, BIOCITY49号, 36-42, 2011年12月、査読無し
 76. 後藤治, 古い高層ビルを安全に改修し、管理する, 建築雑誌 126集 1612号, pp.32, 2011年1月、査読無し

テーマ1: 2010年

(査読有り)

77. 星幸男、久田嘉章、山下哲郎、鱒沢曜、島村賢太、超高層建築における常時微動・人力加振・地震観測記録と3次元立体解析結果の比較検討による振動性状評価に関する研究, 日本地震工学会論文集 第10巻、第2号、pp.73-88, 2010、査読有
78. Tsuda, K., K. Koketsu, Y. Hisada, T. Hayakawa, Inversion Analysis of Site Responses in the Kanto Basin Using Data from a Dense Strong Motion Seismograph Array, Bull. Sesmo. Soc. Am., Vo.100, No.3, pp.1276-1287, 2010.6、査読有
79. * 近藤龍哉, 山本泰稔, 加藤三晴, 伴幸雄, 既存建物袖壁付き柱のせん断補強に関する実験的研究, コンクリート工学協会年次論文集第32巻(2010), 997-1002, 2010/7、査読有
80. 高山基, 後藤治, 益尾孝祐, 細野美希, 門主学, 農村部の伝統的建造物群保存地区における保存基準の再考、日本建築学会技術報告集第33号、pp.771-774、2010年6月、査読有

(査読無し)

81. 大塚哲也, 後藤治, 二村悟, 文化財建造物の修理時に作成する構成部材調書に関する提案、日本建築学会技術報告集第33号、pp.775-778、2010年6月、査読有
82. 久田嘉章, 第1回「強震動の地震防災・減災」、耐震の入口と出口の話、構造設計ポータル、SEINWEB、NTT DATA、2010年11月、査読無し
83. 久田嘉章, 広帯域強震動の効率的な計算手法の開発と応用に関する一連の研究、日本建築学会・建築雑誌、Vol.125, No.1607, pp.57-62 2009, 2010年8月号、査読無し
84. 大和征良, 山本泰稔, 近藤龍哉, 接着系あと施工アンカーの強度と靱性に関する研究, 第13回日本地震工学シンポジウム, 1595-1602, 2010/1、査読なし
85. 小野里憲一:失敗しないための「鉄筋工事のノウハウ」4.力が加わる鉄筋、建築技術、2010年5月、pp.101-105、査読無し
86. 山下哲郎, 星 幸男, 久田嘉章, 鱒沢 曜, 島村賢太、超高層建築における常時微動・人力加振・地震観測記録と3次元立体解析結果の比較検討による振動性状評価と制振補強に関する研究、第13回日本地震工学シンポジウム、CD-ROM, 2010、査読なし
87. 山下哲郎: 体育館におけるブレース構造の耐震性に関する取組み、建築学会セミナー「学校体育館の耐震診断・改修方法の課題と取組み」資料、2010/12/03, pp.21-32、査読無し
88. 後藤 治、重伝建地区と海外の歴史的市街地の防災、季刊まちづくり 28号、pp.120-123、2010年9月、査読無し

テーマ2: 2014年

(査読有り)

89. * 小泉秀斗, 坂本有奈利, 久田嘉章, 山下哲郎, 振動台実験によるシステム天井シングルライン工法の力学特性および損傷評価に関する研究, 日本地震工学会論文集, 14 2 144-163, 2014年5月、査読あり
90. * 志津えりか, 大橋一正, 西川豊宏, 山下哲郎, 増田真也, スプリングラ配管の静的加力実験 -建築の非構造部材・建築設備の耐震補強と改修に関する研究(その1)-, 日本建築学会技術報告集, 38

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

249-254, 2012年2月、査読あり

(査読無し)

91. * 武田和也・西川豊宏 他: 建築設備における天吊り配管と吊りボルトの耐震性能に関する実験的研究, 空気調和・衛生工学会論文集, No.208 (July, 2014), pp.21-28, 2014.7

テーマ2: 2013年

(査読有り)

92. 芝崎達朗・大石久己・小林光男・後藤芳樹・一之瀬和夫, 圧力円筒ねじ端の荷重分布に及ぼすねじ材料の影響, 材料試験技術 58-1, PP.49-55, 2013年1月
93. Iwakawa Y・Machida T・Kobayashi M・He J, Investigation on Impact Performance of Light-Weight, Composite Honeycomb Sandwich Panels, Applied Mechanics and Materials, PP.8-13, 2013年1月

テーマ2: 2012年

(査読有り)

94. * 志津えりか・大橋一正・西川豊宏・山下哲郎・増田真也、スプリンクラ配管の静的加力実験 建築の非構造部材・建築設備の耐震補強と改修に関する研究(その 1) 日本建築学会技術報告集, Vol 18, No.38, pp.249-254, 2012.2、査読有
95. 河野和哉・丹羽直毅・小林光男・一之瀬和夫・湯本敦史, 密閉型鍛造を用いた強加工による純チタンの結晶粒超微細化, 材料試験技術 57-2, PP.121-125, 2012年4月

(査読無し)

96. Erika Shizu, Tetsuo Yamashita, Toyohiro Nishikawa and Kazumasa Ohashi, STATIC LOADING TESTS OF SPRINKLER PIPING FOR SEISMIC RETROFIT AND RENOVATION OF AGED BUILDINGS JOINT CONFERENCE PROCEEDINGS 9th International Conference on Urban Earthquake Engineering/ 4th Asia Conference on Earthquake Engineering March 6-8, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan, 2012、査読なし
97. Toyohiro Nishikawa, Kazumasa Ohashi and Erika Shizu, SEISMIC RISK MANAGEMENT OF BUILDING EQUIPMENT FOR BUSINESS CONTINUITY PLANNING JOINT CONFERENCE PROCEEDINGS 9th International Conference on Urban Earthquake Engineering/ 4th Asia Conference on Earthquake Engineering March 6-8, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan, 2012、査読なし

テーマ2: 2011年

(査読有り)

98. 大橋一正・西川豊宏・遠藤透・藤村竜馬 地震発生時における給排水設備の機能確保に関する一考察 超高層建物における地震防災対策の優先順位の検討 日本建築学会環境系論文集, Vol 76, No.667, pp.817-822, 2011.9、査読有
99. 八戸英夫・小林光男・後藤芳樹・丹羽直毅、平均・分散検定を用いた小ねじの締付け試験における繰返し試験回数の妥当性について、材料試験技術、Vol.56、No.1、pp.25-31、2011、査読有り
100. 米山高史・立野昌義・後藤芳樹・小久保邦雄、小型試験片を用いた一軸引張試験によるはんだ合金の力学的特性、材料試験技術、Vol.56、No.1、pp.18-24、2011、査読有り
101. 小林光男・平川嘉壽・田中道彦・山本健司、高圧設備における圧力円筒ねじ端の設計指針における適用対象の拡大、構造物の安全性及び信頼性 [JCOSSAR 論文集; A 論文]、Vol.7、pp.492-497、2011、査読有り
102. 林 沛征、若林博之、一之瀬和夫、小久保邦雄、小林光男、円管の塑性座屈を利用した片側締結ボルト日本ねじ研究協会誌, Vol.41, No.4, pp.97-102, 2010、査読有り
103. 八戸英夫、小林光男、後藤芳樹、丹羽直毅、平均・分散検定を用いた小ねじの締付け試験における繰返し試験回数の妥当性について、材料試験技術、Vol.56、No.1、pp.25-31、2011、査読有り

(査読無し)

104. 小林光男、ねじ締結体の強度評価・信頼性向上技術の開発(工学院大学機械要素設計研究室)、機械設計、pp.76-77(2011.10)、査読無し
105. 丹羽直毅、小林光男、八戸英夫、湯本敦史、科目「セミナー」を活用した社会人基礎力向上の試み、日本工学教育協会誌、Vol.59、No.2、pp.97-102(2011.3)、査読無し
106. 玉置、河野、飯川、小宮山、角、丹羽直毅、一之瀬和夫、小林光男、低い加工力と高い生産性を持つ孔型圧延を用いた結晶粒微細化を目的とした実用強加工法の開発、工学院大学研究報告、No.111、pp.1-6(2011. 10)、査読無し
107. 小林光男・平川嘉壽・田中道彦・山本健司、高圧設備における圧力円筒ねじ端の設計指針における適用対象の拡大、構造物の安全性及び信頼性(A論文)[JCOSSAR7; 日本建築学会], PP.492-497, 2011年
108. 八戸英夫・小林光男・後藤芳樹・丹羽直毅、平均分散検定を用いた小ねじの締付け試験における繰返し回数の妥当性, 材料試験技術 56-1, PP.25-31, 2011年1月

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

テーマ2: 2010年**(査読有り)**

109. Peizheng L, Kunio K, Kazuo I, Masaaki S., Experimental and Numerical Analysis of the Fastening Bolt Using the Plastic Buckling Deformation of a Pipe, Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, Vol.4, No.12, 1765-1777, 2010、査読有り
110. 米山高史, 立野昌義, 後藤芳樹, 小久保邦雄, 小型試験片を用いた一軸引張試験によるはんだ合金の力学特性, 材料試験技術, Vol.56, No.1, pp.18-24, 2011.、査読有り
111. 井口卓也, 後藤芳樹, 小林光男, 岡本淳一, 小久保邦雄, 八戸英夫, アルミニウム細線の疲労試験, 材料試験技術, Vol.55, No.1, pp.24-28, 2010、査読有り
112. 米山高史, 立野昌義, 後藤芳樹, 小久保邦雄, 小型試験片を用いた一軸引張試験によるはんだ合金の力学特性, 材料試験技術, Vol.56, No.1, pp.18-24, 2011、査読有り
113. 田中稔, 田中道彦, 小林光男, ねじの塑性域締付け, 日本産業技術教育学会, Vol.52, No.3, pp.229-236, 2010、査読有り
114. 小林光男, 田中道彦, 機械運動学としての機構学の技術史, 日本技術史教育学会誌, Vol.11, No.2, pp.18-23, 2010、査読有り

(査読無し)

115. 田中道彦, 小林光男, ブルメスタ曲線による平面運動総合, 日本設計工学会誌, Vol.45, No.1, pp.52-57, 2010.、査読無し
116. 小林光男, CAESAR IIと3次元 CADworx で社会に役立つ人材育成, Engineering Network(EN N), Vol.240, p.10, 2010.、査読無し
117. 福田勝己, 小林光男 他, マイクロ領域における摩擦特性(第2報: 触針の先端曲率半径の影響), 東京高専研究報告, 第41(2)号, pp.41-46, 2010.、査読無し
118. 田中稔・田中道彦・小林光男, ねじの塑性域締付けシミュレーション(三次元応力分布を考慮した有限要素法解析), 日本産業技術教育学会 52-3, PP.229-236, 2010年10月
119. Yuko TAAGE, Osamu GOTO, Hirokazu YAMAMOTO, Masaki TAMURA, A Study for a High Quality Preservation System of KOKERA Roofing used in Traditional Wooden Architecture PART 1 : THE ANALYSIS OF THE LIFE CYCLE PROPERTIES OF KOKERA ROOFING, 11th World Conference on Timber Engineering in Trentino (Italy), Poster session, USB, 2010年6月(Abstract 査読)
120. Satomi TAKATSUKA, Osamu GOTO, Hirokazu YAMAMOTO, Masaki TAMURA, A Study for a High Quality Preservation System of KOKERA Roofing used in Traditional Wooden Architecture PART2: THE FIELD SURVEY ON PROPERTIES OF MANUFACTURING OF THE KOKERA ROOFING IN COMPARISON WITH GROWTH ENVIRONMENT, 11th World Conference on Timber Engineering in Trentino (Italy), Poster session, USB, 2010年6月(Abstract 査読)
121. Ishiyama H, Nakakuki T, Ishii C, Kobayashi M, Development of Predictive Simulator on Drug Effectiveness in Cancer Cell Signaling System, International Conference on Control, Automation and System, ICCAS-2010, 2010、査読無し
122. Ogawa M, Nakakuki T, Ishii C, Kobayashi M, Development of a Particle Simulator on Cancer Cell Signaling Network with PC Cluster System, International Conference on Control, Automation and System, ICCAS-2010, 2010、査読無し
123. 林祐征・若林博之・一之瀬和夫・小久保邦雄・小林光男, 円管の塑性座屈を利用した片側締結ボルト, 日本ねじ研究協会 41-4, PP.96-102, 2010年4月

テーマ3: 2014年**(査読有り)**

124. * 田村雅紀, 依田和久, 大島正記, 斉藤順一, 副産微粉を混和したコンクリートの災害時を含む品質保証と力学特性への影響, 日本コンクリート工学会年次大会論文集, Vol.36, No.1, pp.2182-2184, 2014.7

テーマ3: 2013年**(査読有り)**

125. * 田村雅紀, 依田和久, 大島正記, 斉藤順一, 二次副産材を混和したコンクリートの資源環境保全貢献性とフレッシュ性状への影響, 日本コンクリート工学会次大会論文集, Vol.35, No.1, pp.1927-1932, 2013.7

テーマ3: 2012年**(査読有り)**

126. * 小室清人, 田村雅紀, 炭素固定性を有する海洋生物殻を用いた鉄筋コンクリート造建築物のカーボンニュートラル性の検討, 日本建築学会技術報告集, 第40号, pp.841-846, 2012.10、査読有り

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

127. * 石川嘉崇, 古川雄太, 阿部道彦: 各種スラグ細骨材との性状比較によるIGCC石炭溶融スラグのコンクリート用細骨材としての有用性の検討, 日本建築学会構造系論文集 No.676, pp.799-805, 2012.6、査読有り
128. * 上本洋, 阿部道彦, 鹿毛忠継, 浅野研一: 高炉スラグ細骨材と天然砂を用いたコンクリートの凍結融解に関する実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp.100-105, 2012.7、査読有り
129. * 石川嘉崇, 古川雄太, 阿部道彦: 各種スラグ細骨材との性状比較によるIGCC石炭溶融スラグのコンクリート用細骨材としての有用性の検討, 日本建築学会構造系論文集 No.676, pp.799-805, 2012.6、査読有り

(査読無し)

130. 阿部道彦, 試験の適正な実施に向けて, 建材試験情報, Vol.48, p.1, 2012.7、査読無し
131. 20 Michihiko ABE, Hiroshi WATANABE, Hiroshi JINNAI, Tadatsugu KAGE, Akira NISHIDA: Committee Report : JCI-TC095A, Technical Committee on Interpretation of Quality Standards and Testing Methods for Concrete, 2012.3、査読無し
132. 阿部道彦, 他13名: 高炉スラグ細骨材を用いるコンクリート施工についての調査研究(その3) 報告書, 日本建築学会, 2012.3、査読無し
133. 榎田佳寛, 阿部道彦, 他20名: 受託研究報告書 原子力発電所施設における小規模鉄筋コンクリート工事の品質管理に関する研究(最終報告書ドラフト版), 建築研究振興協会, 2012.2、査読無し

テーマ3: 2011年

(査読有り)

134. 榎田佳寛, 石東昇, 阿部道彦, 鹿毛忠継: 高炉スラグ細骨材を使用したコンクリートの圧縮強度および細孔構造に関する実験, 日本建築学会構造系論文集, No.665, pp.1199-1204, 2011.7、査読有り
135. 鈴木澄江, 真野孝次, 阿部道彦: 硬焼生石灰を添加したモルタル供試体によるポップアウトの確認試験方法に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, ROMNo.1010, 2011.6、査読有り

(査読無し)

136. 君島新一, 田村雅紀, 大原千佳子, 新素材壁紙のテクスチャーに関する自然素材の表現性評価, 工学院大学研究報告, 第111号, 2011.11、査読無し
137. 小室清人, 田村雅紀, 炭素固定性を有する海洋生物殻含有建材に関するカーボンニュートラル性の検証, 工学院大学研究報告, 第111号, 2011.11、査読無し
138. 上本洋, 阿部道彦, 鹿毛忠継, 浅野研一: 高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの凍結融解に関する実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, ROMNo.1014, 2011.6、査読有り
139. 阿部道彦: スマートな建材をめざして 建築材料の変遷, J. Soc. Inorg. Material, Vol.18, No.355, pp.325-333, 2011.11、査読無し
140. 小室清人, 田村雅紀, 炭素固定性を有する海洋生物殻を混入したモルタルの基礎力学特性, 日本コンクリート工学会, コンクリート工学年次大会, 大阪, 2011.7、査読無し
141. 阿部道彦, 宇治公隆, 野口貴文, 並木哲: 建設産業・材料の将来展望, コンクリート工学, Vol.49, No.6, pp.57-58, 2011.6、査読無し
142. 阿部道彦, 中田善久, 濱崎仁: 型枠の設計・施工指針改定ダイジェスト, 建築技術, No.737, pp.172-177, 2011.6、査読無し
143. 阿部道彦, 渡辺博志, 陣内浩, 鹿毛忠継, 西田朗: 委員会報告 コンクリートに関連する品質基準・試験方法の解釈研究委員会, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.36-40, 2011.6、査読無し
144. 阿部道彦, 宇治公隆, 野口貴文, 並木哲: 建設産業・建設材料の将来展開 日本學術振興會建設材料第76委員会第400回會議, 建築技術, No.736, p.197, 2011.5、査読無し
145. 阿部道彦, 中田善久, 濱崎仁: 日本建築学会型枠の設計施工指針改定について, コンクリート工学, Vol.49, No.4, pp.9-14, 2011.4、査読無し
146. 田村雅紀, コンクリートはどこまで再生利用できるのか, Architekton, 総合資格学院(2010.11)、査読無し

テーマ3: 2010年

(査読有り)

147. 石川嘉崇, 古川雄太, 阿部道彦, 友澤史紀, 石炭溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの長期強度と耐久状, コンクリート工学論文集, Vol.32, No.1, pp.71-76, 2010、査読有り
148. * 古川雄太, 石川嘉崇, 阿部道彦, 友澤史紀: 品質改善した石炭溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの諸性状, コンクリート工学論文集, Vol.32, No.1, pp.77-83, 2010、査読有り
149. M Tamura W Kyohei, Y Nachi, Environmental Impact Evaluation of In-transit and Usage of Concrete Materials conveyed to Tokyo District for promoting the Building Stock Management, Journal of SUSB(Sustainable Building Research Center), Hanyang University, Korea, 2011、査読有り
150. 名知洋子, 田村雅紀, 鈴木道哉: 建築生産プロセスを考慮した建築資材の輸送形態に関する調査・分析, 日本建築学会技術報告集, pp.871-876, 第16巻, 第34号, 2010年10月、審査有り

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

151. 塩出有三, 清家剛, 小山明男, 田村雅紀, 近藤伸美, 鷹野宏輝, 田口尚, ALC マテリアルフロー作成のための新築現場端材発生量調査, 日本建築学会技術報告集, pp.31-36, 第 32 号、2010 年 2 月、審査有り
(査読無し)
152. 田村雅紀, 山下哲郎, 工学院大学建築学部で育む担い手たち, TERRA, pp.8-9, (2010.11)、査読無し
153. 田村雅紀, リサイクルコンクリートによるカーボンニュートラル化, コンクリート工学, Vol.48, No.9 (2010)、査読無し
154. Asuka Toyama, Michihiko Abe: Influence of Air Contents on Strength Properties of Concrete Including High Strength Area, 第 10 回日本・韓国建築材料施工 Joint Symposium 論文集, pp.191-194, 2010.9、査読無し
155. 阿部道彦, コンクリートの乾燥収縮問題への対応, コンクリート工学, Vol.48, No.10, pp.78-79, 2010.10、査読無し
156. Hiroshi Uemoto, Michihiko Abe, Tadatsugu Kage and Kenichi Asano: Freezing and Thawing Test of Concrete Applied Blast-Furnace Slag Fine Aggregate, 第 10 回日本・韓国建築材料施工 Joint Symposium 論文集, pp.237-241, 2010.9、査読無し
157. Komuro, K and M. Tamura, Fracture Properties and Carbon Neutral Analysis of Concrete Materials Containing Disposed Sea Shell, 1st ICSU, 2010.12、査読無し
158. M. Tamura, K. Yoda, M. Oshima, J. Saito and M. Azami, A Study on Environmental Conscious Concrete with a Full Range of Secondary Byproducts Powder for Resource Conservation in Japan, 2010 PCI Annual Convention/Exhibition & third international fib Congress, 2010.6、査読無し
159. M Tamura W Kyohei, Y Nachi, Environmental Impact Evaluation of In-transit and Usage of Concrete Materials conveyed to Tokyo District for promoting the Building Stock Management, Proceedings of the International Conference on Sustainable Building Asia, pp.267-272, 2010.2、査読無し

テーマ4: 2014年

(査読有り)

160. * 隆 晃人, 池間優司, 浅谷耕一, 水野 修, 都市災害を想定した情報収集配信ネットワークにおけるマルチホップ伝送品質の検証, 電子情報通信学会技術報告, vol. 113, no. 472, NS2013-265, pp. 513-518, 2014 年 3 月(査読付)
161. T. FUJIWARA, H. OHUE, H. TAKEZAWA, K. SATO and K. YOKOTA, Synthetic jet actuator using bubbles produced by electric discharge, Koichi NISHIBE, Bulletin of the JSME, Journal of fluid science and technology (in press), 2014 【査読有】
162. K. NISHIBE, Y. FUJITA, K. SATO and K. 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, [DOI: 10.1299/jfst.2014jfst0007], 2014 【査読有】
163. 工藤正規, 中沢孝則, 高橋政行, 佐藤光太郎, 西部光一, 回流発生器に生じる不安定流れの制御, 日本混相流学会誌「混相流」27 巻 5 号, 623-630 頁, 2014 【査読有】
164. 市川紀充, 牧田幸太, 帯電した物体を金属筐体から遠ざけたときに生じる静電誘導電圧, 電気学会論文誌 D, Vol. 134, No. 10, pp. 1~6, 2014 年、査読有
165. 渡邊政宏, 市川紀充, 坂本哲夫, 帯電した人体の動きによって発生する誘導電圧を利用した動作判別, 静電気学会誌, Vol. 38, No. 4, pp. 183~188, 2014 年、査読有
166. Norimitsu Ichikawa, IEEE Transactions on Industrial Applications, Electrical fatality rate by industry in Japan, 1974-2003, Vol. 50, No. 3, pp. 1604~1609, 2014 年、査読有

テーマ4: 2013年

(査読有り)

167. 秋山洋平, 小林亜樹, 通信途絶地域との通信を行うための DTN アーキテクチャに基づくプロトコル提案と試作, FIT2013 論文集, Vol.4, pp. 149-156, 2013 年 (査読付)
168. * 隆 晃人, 山本 翔, 水野 修, “都市災害を想定した減災情報ネットワークの運用方法の検証” 電子情報通信学会技術報告, IN2012-141, Vol.112, No.393, pp.15-20, 2013 年 1 月(査読付)
169. * O.Mizuno, A. Takashi, K. Asatani, “Sustainable Operation Technologies for the Mitigation Information Network in Urban Area”, IEEE Region 10 Human Technology Conference 2013, in USB, Sendai, Japan, Aug., 2013. (査読付き)

テーマ4: 2012年

(査読有り)

170. 奥山耕平, 荒井純一, 米盛弘信, FEM 解析による分割コイル方式 IH クッキングヒータの漏れ磁束低減効果の検証, 日本 AEM 学会論文誌, 2012-03、査読有り

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

171. Ryo Oura, Saneyasu Yamaguchi, Fairness Comparisons Among Modern TCP Implementations, , The 6th International Workshop on Telecommunication Networking, Applications and Systems in conjunction with AINA2012, 2012年3月、査読有り
172. 山本 翔, 隆 晃人, 倉田 篤, 浅谷耕一, 水野 修, 都市災害を想定した減災情報サービスのユースケースの提案, 電子情報通信学会技術報告, Vol. 111, No. 469, p.p. 115-120, IN2011-158, 2012年3月、査読有り
173. S. Yamamoto, A.Takashi, K. Asatani, O.Mizuno, "Proposal for Mitigation Information Network Applications to Provide Communication Services,"The 11th International Symposium on Advanced Technology (ISAT-spetial), UDM2-2, Hachiouji, Japan, Oct., 2012(査読付き)
174. A. Takashi, S. Yamamoto, K. Asatani, O. Mizuno, "Design of the Mitigation Information network in urban area,"Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS 2012), S1-6, Seoul, Korea, Sept., 2012(査読付き)
175. * 小野貴之, 荒井純一, 電力系統に大量の風力発電が導入された場合の電力貯蔵装置の不感帯型周波数制御, 電気学会 B 論文誌, Vol.132, No.8, pp709-717, 2012(査読付き)
- (査読無し)
176. Kyosuke Nagata, Saneyasu Yamaguchi, Hisato Ogawa, A Power Saving Method with Consideration of Performance in Android Terminals, The 9th IEEE International Conference onAutonomic and Trusted Computing (ATC 2012), Sep., 2012、査読無し
177. Masaya Yamada, Saneyasu Yamaguchi, Filesystem Layout Reorganization in Virtualized Environment, The 9th IEEE International Conference onAutonomic and Trusted Computing (ATC 2012), Sep., 2012、査読無し
178. 水野 修, 浅谷耕一, Akito Takahi, Syou Yamamoto, Koichi Asatani, Osamu Mizuno, Design of the Mitigation Information network in urban area, Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS 2012), Seoul Korea, Sep., 2012、査読無し
179. Kyosuke Nagata, Saneyasu Yamaguchi, An Android Application Launch Analyzing System, 8th ICCM: 2012 International Conference on Computing Technology and Information Management (NCM and ICNIT), Apr., 2012、査読無し
180. Masaya Yamada, Yuki Watanabe, Saneyasu Yamaguchi An Integrated I/O Analyzing System for Virtualized Environment, 8th ICCM: 2012 International Conference on Computing Technology and Information Management (NCM and ICNIT), Apr., 2012、査読無し
181. 山本 翔, 隆 晃人, 倉田 篤, 浅谷耕一, 水野 修, 都市災害を想定した減災情報サービスのユースケースの提案, 電子情報通信学会技術報告 IN2011-158, 2012年3月、査読無し
182. 荒井純一, 電子情報通信学会東京支部学生会学生会報, 新エネルギーの導入を支えるパワーエレクトロニクスと情報通信技術, 第18号, p1-4, 2013、査読無し

テーマ4: 2011年

(査読有り)

183. Koichi Nishibe, Yuki Fujita, Kotaro Sato, Kazuhiko Yokota and Toru Koso, Experimental and Numerical Study on the Flow Characteristics of Synthetic Jets, Journal of Fluid Science and Technology Vol. 6, No.4, pp.425-436, 2011、査読有り
184. Koichi Nishibe, Kotaro Sato, Yoshinobu Tsujimoto and Haruo Yoshiki, Control of Flow Instabilities Downstream of Radial Inlet Guide Vanes, Journal of Fluid Science and Technology Vol. 6, No.4, pp.651-661, 2011、査読有り
185. 西部光一, 藤田祐樹, 佐藤光太郎, 横田和彦, シンセティックジェットの基本流動特性に関する研究(第一報, 自由噴流の挙動について), 日本機械学会論文集(B編), 第77巻, 783号, 2093-2104, 2011、査読有り
186. 山田将也, 山口実靖, 仮想計算機環境における二重ファイルシステム構造を考慮した仮想 HDD イメージファイルの配置, 第4回 Webとデータベースに関するフォーラム(WebDB Forum 2011), 2011年11月、査読有り
187. 新居健一, 山口実靖, I/O スケジューラの改善による仮想計算機環境におけるI/O性能の向上, 第4回 Webとデータベースに関するフォーラム(WebDB Forum 2011), 2011年11月、査読有り
188. 大浦 亮・山口実靖, 実機を用いた高速 TCP の公平性の評価, FIT2011 第10回情報科学技術フォーラム, RL-003, 2011年9月、査読有り
189. 野原徹雄, 雑賀 高, 尿素を原料とするアンモニア燃料水素エネルギーシステムの研究(続報)—酵素触媒による尿素加水分解およびアンモニア分解による水素生成—, 日本エネルギー学会誌, Vol.90, No.9, pp.895-904, 2011、査読有り
190. * 荒井純一, 安斎雄亮, 「電力貯蔵装置の風力発電出力平準化制御方式」電気設備学会誌, Vol.31, No.12, pp968-973, 2011、査読有り
191. Ohtake, H., Mazume, T., Koizumi, Y., Study on Subcooled Flow Boiling Heat Transfer under Oscillatory

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

- Flow and Vibration Conditions (Onset Nucleate Boiling, Net Vapor Generation and Critical Heat Flux), Proc. the 19th International Conference on Nuclear Engineering, CD-ROM ICONE 19-44143, 2011、査読有り
192. 市川紀充、金属筐体開口部に取り付けたシールド導体による静電誘導電圧の低減効果、電気設備学会誌、Vol. 31、No. 10、pp.813-820, 2011、査読有り
(査読無し)
193. Ryo Oura and Saneyasu Yamaguchi, Fairness Analysis among Modern TCP Congestion Avoidance Algorithms using Actual TCP Implementation and Actual Network Equipments, , 2nd International Workshop on Advances in Networking and Computing (WANC), 2011年12月、査読無し
194. Tsubasa Matsumoto, Saneyasu Yamaguchi, and Tota Sakai, A Study on Improving Power-Consumption Performance Ratio in GPGPU Computing, , 2nd International Workshop on Advances in Networking and Computing (WANC), 2011年12月、査読無し
195. 大竹 浩靖、馬詰 文彦、地震振動が冷却限界および沸騰気泡挙動に及ぼす影響に関する研究(加熱面振動下の CHF 発生機構の考察)、第 16 回動力エネルギー技術シンポジウム、日本機械学会、大阪、2011年6月、査読無し
196. 米盛弘信、小林 幹:“用途を都市減災に据えた独立型太陽光発電の開発”, 電気設備学会誌, 31 巻 4 号, pp.273-276 (2011-04)、査読無し
197. Yosuke Kuno, Kenichi Nii and Saneyasu Yamaguchi, “A Study on Performance of Processes in Migrating Virtual Machines,” The Fourth International Workshop on Ad Hoc, Sensor and P2P Networks (AHSP2011)、査読無し
198. Yusuke Nagasako and Saneyasu Yamaguchi, “A Server Cache Size Aware Cache Replacement Algorithm for Block Level Network Storage,” The Fourth International Workshop on Ad Hoc, Sensor and P2P Networks (AHSP2011) 、査読無し
199. 石川直樹、小林亜樹:経路情報の能動的キャッシュによる P2P 探索負荷削減, 電子情報通信学会技術研究報告, IN2010-, 2011、査読無し
200. Ryota Tsunoda, Koichi Nishibe, Yuki Fujita, Kotaro Sato, Kazuhiko Yokota and Toru Koso, Study on the Flow Characteristics of Synthetic Jets near a Rigid Plane Boundary, ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference, 9th Symposium on Fundamental Issues and Perspectives in Fluid Mechanics, 2011、査読無し
201. Kyosuke Okamura, Junichi Arai, Yukihiro Sawada「Study on Voltage Control of Distribution Network with Photovoltaic power Generation」, ICEE 国際学会, 香港, ICEE-A-130, 2011年7月11日、査読無し
202. Tsuyoshi Takada, Junichi Arai, Kaoru Koyanagi, Ryuichi Yokoyama,「Analysis of Flexible Inverter for Household Photovoltaic Cell with Active Power and Reactive Power Controls」, ICEE 国際学会, 香港, ICEE-A-134, 2011年7月、査読無し
203. Shuhei Yamada, Junichi Arai,「Research of microgrid composed of inverter power source and synchronous generator」, ICEE 国際学会, 香港, ICEE-A-129, 2011年7月、査読無し
204. Norimitsu Ichikawa, Yuuki Huruta, Electrostatically induced voltage generated in “metal boxes with different volume” measured by spark gap and electromagnetic wave sensor, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, Vol. 18, No. 5, pp.1433-1438, 2011、査読あり
205. Norimitsu Ichikawa, Seiji Takei, Change in electrostatically induced voltages of an ungrounded metal box without openings generated by a moving charged object, *14th International Symposium on Electrets*, Montpellier, pp. 191-192, 2011、査読無し

テーマ4: 2010年

(査読有り)

206. 新居健一、山口実靖:仮想化環境における I/O スケジューラの動作と性能に関する考察, インターネットコンファレンス 2010, 2010年10月、査読有り
207. 野原徹雄, 雑賀 高, 石見聖人, 齊藤洋輔, 尿素を原料とするアンモニア燃料水素エネルギーシステムの研究, 89(10), pp. 996-1005, 2010、査読有り
208. 市川紀充:「非接地金属筐体内の導体に生じる静電誘導電圧」, 電気設備学会誌, Vol. 30, No. 7, pp. 599~606, 2010年、査読有り
209. Norimitsu Ichikawa, “Measuring of electrostatically induced voltage and its polarity in partially opened metal box by means of neon lamp and photomultiplier tube”, *Journal of Electrostatics*, Vol. 65, No. 4, pp. 315~320, 2010、査読有り
210. Norimitsu Ichikawa, Yuuki Furuta, “Electrostatically induced voltage generated in metal boxes of different volume”, *7th Conference of the French Society of Electrostatics*, pp. 318~321, Montpellier, Aug. 2010、査読有り
(査読無し)
211. Ryota Tsunoda, Koichi Nishibe, Yuki Fujita, Kotaro Sato, Kazuhiko Yokota and Toru Koso, Study

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

- on the Flow Characteristics of Synthetic Jets near a Rigid Plane Boundary, ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2011, 9th Symposium on Fundamental, Issues and Perspectives in Fluid Mechanics, Hamamatsu, 2010.07.24、査読無し
212. Koichi Nishibe, Yuki Fujita, Kotaro Sato, Kazuhiko Yokota and Toru Koso, Study on the Flow Structure of the Synthetic Jet, Int. Conf. on Jets, Wakes and Separated Flows, CD-ROM, September 16-19, 2010、査読無し
213. Koichi Nishibe, Kotaro Sato, Yoshinobu Tsujimoto and Haruo Yoshiki, Experimental and Numerical Study on the Control of Flow Instabilities Downstream of Radial Inlet Guide Vanes, Int. Conf. on Jets, Wakes and Separated Flows, CD-ROM, September 16-19, 2010、査読無し
214. Hirano, T., Nohara, T., Saika, T., DME Hybrid Power System with CO₂ Recycling for Commercial Vehicles, SAR Paper 2010-01-1789, SAE Power Systems Conference, Ft. Worth, Texas, USA, November 3, 2010、査読無し
215. Junichi Arai, Ryo, Tanaka, “A stability analysis of inverter operation for renewable energy”, ICEE2010 conference, PSAMSA-08, Busan, Korea, July, 2010、査読無し
216. Arai, A., Kanzaki, Y., Saito, Y., Nohara, T., Saika, T., A Fuel-Cell Electric Vehicle with Cracking and Electrolysis of Ammonia, SAE Paper 2010-01-1791 SAE Power Systems Conference, Ft. Worth, Texas, USA, November 3, 2010、査読無し
217. Atsushi HORIKAWA, Ryo TAKAGI, Miki KOBAYASHI “Verification of Salt Damage Prevention Effect of Photocatalysts on the PV Module Assuming the Sea Water” The 9th International Symposium on Advanced Technology, 2010.11.5, Kogakuin Univ. 、査読無し
218. Ohtake, H., Mazume, T., Koizumi, Y., Study on Subcooled Flow Boiling Heat Transfer under Vibration Conditions of Sinusoids and Seismic Shock Waves, Proc. the 18th International Conference on Nuclear Engineering, CD-ROM ICONE18-30180, 2010、査読無し
219. 雑賀 高, 自動車のエクセルギー解析、自動車技術、64(4)、pp.10-15、2010、査読無し
220. 雑賀 高, 液体アンモニアを燃料とする新しい水素生成装置の開発、燃料電池(秋号)、10(2)、pp.87-91、2010、査読無し
221. 市川紀充:「電気設備学会における安全への取り組み」、安全工学, Vol. 49, No. 6, pp. 370~371, 2010年、査読無し
222. 市川紀充:「電気学会産業応用部門生産設備管理技術委員会における安全への取り組み」、安全工学, Vol. 49, No. 6, pp. 367~369, 2010年、査読無し
223. 小林 幹, 市川紀充:「電気設備技術者のための大学院教育システム」、電気設備学会誌, Vol. 30, No. 5, pp. 382~383, 2010年、査読無し

テーマ5: 2014年

(査読有り)

224. * Y. Masuzawa, Y. Hisada, M. Murakami, J. Shindo, M. Miyamura, H. Suwa, S. Tanaka, K. Mizukoshi, and Y. Nakajima, Practice on an Education and Training Program to Development of Response Literacy to Earthquake Disaster in a Central Business District in Japan, J. Disaster Research, Special Issue on “Urban Resilience” for Mega Earthquake Disasters, 9/ 2, 216-236, 2014.3、査読有

(査読無し)

225. * 村上正浩、新藤 淳、久田嘉章:新宿駅周辺地域を対象とした都心業務地域のエリア防災に関する研究 その1:都市再生安全確保計画と今後の課題、第14回日本地震工学シンポジウム、pp.1-10、2014.12(投稿中)、査読無し
226. * 新藤 淳、村上正浩、久田嘉章:新宿駅周辺地域を対象とした都心業務地域のエリア防災に関する研究 その2:地域連携による危機対応とその標準化、第14回日本地震工学シンポジウム、pp.1-8、2014.12(投稿中)、査読無し

テーマ5: 2013年

(査読無し)

227. 筧淳夫, 医療施設の震災対策—建築的な視点—, 保健の科学, 55 巻 11 号, pp.730-734, 2013 年 11 月、査読無し
228. 村上正浩、帰宅困難者数の推計へのモバイル空間統計の活用, 都市計画, 62 6 64-67, 2013、査読無し
229. 村上正浩、新宿駅周辺地域におけるエリア防災の取組 その2:都市再生安全確保計画と今後の課題、公開研究会「大地震から巨大都市(首都)をどう守るか—東日本大震災の経験を踏まえた建物・まちの対策—」、pp. 49-56, 2013、査読無し
230. 村上正浩, 地域防災拠点としての大学を目指して, 私学経営, 462、 pp.26-39, 2013、査読無し
231. 村上 正浩, 大学を地域防災拠点とした防災・減災の取り組み, 日本地震工、査読無し学会誌,

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

19, pp.5-8, 2013

テーマ5: 2012年

(査読有り)

232. 佐藤 豪, 村上正浩, 久保智弘, 長澤 泰, 笥 淳夫, 山下哲郎, 首都直下地震を想定した新宿駅周辺の被災人口推計と医療拠点配置の検討, 日本建築学会計画系論文集第 77 巻 第 682 号, 2012 年 12 月(掲載決定)、査読有り
233. * 新藤 淳, 平本達也, 村上正浩, 久田嘉章, 東日本大震災時における事業者の行動等について, 新宿駅西口地域を対象としたアンケート調査より, 日本地震工学会論文集, 第 12 巻, 第 4 号, 2012(掲載決定)、査読有り
234. * 久保智弘, 久田嘉章, 相澤幸治, 大宮憲司, 小泉秀斗, 東日本大震災における首都圏超高層建築における被害調査と震度アンケート調査, 日本地震工学会論文集, pp.1-2, 2012.11, 査読有
235. * 佐藤豪, 長澤泰, 笥淳夫, 村上正浩, 久保智弘, 山下哲郎: 首都直下地震を想定した新宿駅周辺の被災人口推計と医療拠点配置の検討, 日本建築学会計画系論文集 77 巻 682 号, pp.2749-2755, 2012 年 12 月, 査読有り

(査読無し)

236. 山下哲郎, 伊藤正, 瀬川寛, 笥淳夫: 座談会 震災時の病院 BCP を支える建築機能保持, 近代建築 Vol.66 No.11, pp.54-60, 2012 年 11 月, 査読無し
237. 村上正浩, 新宿駅周辺地域の防災まちづくりに向けて, 防災システム, 35 巻, 2 号, pp.1-6, 2012, 査読無し

テーマ5: 2011年

(査読有り)

238. 鈴木光, 吉田倬郎, 三原斉, 施工者から見た外壁ラス下地モルタル塗り仕上げの現状の研究, 日本建築学会計画系論文集 Vol.76.No.661, pp.673-679, 2011.3, 査読有り
239. 江川香奈, 内田聡, 野田五十樹, 依田育士, 堀内義仁, 小林健一, 笥淳夫, 長澤泰, 病院の傷病者受け入れ潜在能力に関する分析—災害傷病者の病院における収容場所に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 77 巻 669 号, pp.2057-2064, 2011 年 11 月, 査読有り
240. Tomohiro KUBO, Yoshiaki HISADA, Masahiro MURAKAMI, Fusako KOSUGE and Kohei HAMANO: Application of an Earthquake Early Warning System and a Real-time Strong Motion Monitoring System in Emergency Response in a High-rise Building, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Volume 31, Issue 2, pp.231-239, 2011, 査読有り
241. 山下光博, 安藤翔, 吉田倬郎, 工科大学の施設管理費に関する事例調査—工学院大学の新宿校舎および八王子キャンパスにおける施設管理費の構成と経年推移—, 日本建築学会計画系論文集 vol76no660pp 439-446, 2011 年 2 月, 査読有り
242. 村上正浩, 久田嘉章, 高度利用市街地の震災対策—新宿駅周辺地域を事例として—, 地域防災研究論文集, 第 3 巻, pp. 35-44, 2011, 査読有り

(査読無し)

243. Mitsuhiro YAMASHITA, Takuro YOSHIDA, The basic study on the facility management expense for Engineering University, Proceedings of the The 16th International Symposium on "Advancement of Construction Management and Real Estate" pp375-380, 2011.09.25, 査読無し
244. 吉田倬郎, 建築費概算の意義と課題, 建築と積算, Vol.43, No.463, pp.25-28, 2011.7
245. 吉田倬郎, 建築分野における資源循環, 建材試験情報 vol47, pp5-10, 2011 年 1 月, 査読無し
246. 吉田倬郎, ロングライフビル推進における公営住宅等ストック総合改善事業の意義, BELCA NEWS, vol22no130, 2011 年 1 月, 査読無し
247. * 村上正浩, 久田嘉章, 高度利用市街地の震災対策—新宿駅周辺地域を事例として—, 地域防災研究論文集 第 3 巻, 2011 年 3 月, 査読無し
248. 村上正浩, 震災特集(3): 復旧・復興への取り組み 避難所での段ボールを使った被災者の支援の取り組み, 住宅, 60 巻, pp.11-14, 2011, 査読なし

249.

テーマ5: 2010年

(査読有り)

250. 山下光博, 安藤翔, 吉田倬郎, 分棟型の工科大学の施設管理費の構成と経年推移に関する事例研究, 第 26 回建築生産シンポジウム論文集 241-248, 2010 年 7 月, 査読有り
251. 安藤翔, 山下光博, 吉田倬郎, 単棟型の工科大学の施設管理費の構成と経年推移に関する事例研究, 第 26 回建築生産シンポジウム論文集 249-256, 2010 年 7 月, 査読有り
252. 飯田恭一, 吉田倬郎, 建物の取り壊し理由とその存続期間等に関する研究日本建築学会計画系論文集 vol vol75no652pp 1573-1579, 2010 年 6 月, 査読有り

(査読無し)

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

253. 村上正浩、高度利用市街地を抱える災害医療問題とその解決に向けて—新宿駅西口地域をモデルケースにして—、リスク対策.com、Vol.22、pp.76-79、2010年11月、査読なし
254. 村上正浩、大学と地域が連携した減災への取り組み、新都市、64-10、pp.74-77、2010年10月、査読なし

<図書>

テーマ1

255. 東日本大震災空間構造調査報告ワーキンググループ(山下哲男ほか)、東日本大震災合同調査報告 建築編 3 シェル・空間構造、日本建築学会、3.1、3.2、2014年8月
256. 小野里憲一、西村彰敏、「考えるプロセスがわかる」変形を理解する構造力学、彰国社、237p、2014.4
257. *後藤治・足立裕司他、被災歴史的建造物の調査・復旧方法の対応マニュアル、日本建築士会連合会、PP.1-100、2014年3月
258. 南一誠・後藤治他、日本建築学会叢書 9 市民と専門家が協働する成熟社会の建築・まちづくり、日本建築学会、PP.38-50、2014年3月
259. *久田嘉章ほか編集、免震建築物のための設計用入力地震動作成ガイドライン、日本免震構造協、123項、2014年1月
260. 荒井純一、伊庭健二、鈴木克巳、藤田五郎、基本からわかる電力システム講義ノート、オーム社、170項、2014.1
261. 市川紀充 他4名、基礎からわかる電磁気学講義ノート、オーム社、225頁、2014
262. 市川紀充 他8名、ビル・工場電気設備の安全・安心環境構築(電気学会技術報告第1314号)、電気学会、53頁、2014
263. *久田嘉章、II編4.2 入力地震動(分担)、IV編2.1 震源近傍の強震動評価に関する最新の知見、免震構造設計指針(日本建築学会)、pp.116-180、2013
264. 一瀬賢一、西田 朗、小野里憲一、他、高強度コンクリート施工指針・同解説、日本建築学会、248p、2013.11
265. 長谷見雄二・後藤治他、文化財建造物の火災対策指針とその解説、PP.1-3~10・3-5~6・3-24~25、2013年3月
266. 榎田佳寛、阿部道彦、小野里憲一、他 32名:建築工事標準仕様書・同解説 JASS5N 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事、日本建築学会、459p., 2013.2.15
267. 阿部道彦ほか12名、高炉スラグ細骨材を使用するコンクリートの調合設計・施工指針・同解説、日本建築学会、160頁、2013.2
268. 耐震構造の設計改訂 WG(山下哲男ほか)、耐震構造の設計 学びやすい構造設計、日本建築学会 関東支部、鋼構造、367-452、2012年10月15日
269. N. Kawai, Preliminary Reconnaissance Report of the 2011 Tohoku-Chiho Taiheiyō-Ōki Earthquake, Chapter 3 Damage to Timber Buildings, pp.115-148(分担), Architectural Institute of Japan, 2012.09
270. 山下哲男・西川豊宏ほか、既存建築物の耐震診断・耐震補強設計マニュアル 2012年度版編集委員会WG9., 既存建築物の耐震診断・耐震補強設計マニュアル 2012年度版 下巻, 一般社団法人建築研究振興協会、同 構造調査コンサルティング協会、横浜市建築設計協同組合、非構造部材の診断と補強、191-192,198-204、2012年9月1日
271. 山下哲男・西川豊宏ほか、既存建築物の耐震診断・耐震補強設計マニュアル 2012年度版編集委員会WG5., 既存建築物の耐震診断・耐震補強設計マニュアル 2012年度版 上巻, 一般社団法人建築研究振興協会、同 構造調査コンサルティング協会、横浜市建築設計協同組合、屋内運動場、278-281、2012年9月1日
272. 廣澤雅也、勅使河原正臣、小野里憲一、他22名:「埼玉県公共施設のための耐震診断・耐震改修マニュアル」2012年度改訂版、埼玉建築設計監理協会、851ページ、2012.9.25
273. 廣澤雅也、勅使河原正臣、小野里憲一、他22名:既存建築物の耐震診断・耐震補強設計マニュアル2012改定版、建築研究振興協会、851ページ、2012.9.1
274. 高橋茂、真野孝次、小野里憲一、他19名:平成24年度 コンクリート技工研修テキスト、日本コンクリート工学協会、166ページ、2012.6.15
275. *大橋竜太・後藤治・永井康雄・山崎鯛介他、東日本大震災文化財被災建造物復旧支援事業(文化財ドクター派遣事業)報告書、日本建築学会・建築・歴史意匠委員会・災害特別調査研究WG、CD-ROM版、2012年3月
276. *久田嘉章、新藤 淳、久保智弘、2011年東北地方太平洋沖地震災害調査速報、4.4.4 超高層建物の現状(分担)、日本建築学会、pp.116-180、2011年7月
277. 久田嘉章、社会貢献学入門—社会貢献活動支援士を目指して—、第3章・第1節 建物・都市の防災・減災(分担)、TKK3大学連携プロジェクト共同テキスト開発委員会、pp.57-66、2011

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

278. 大野義照、小野里憲一、他：鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説 2010、9 章(分担)・付録 B、日本建築学会、2010 年 11 月 5 日
279. 河合直人、2011 年東北地方太平洋沖地震災害調査速報、第6章 各構造の被害、6.1 木造建物の被害(分担)、pp.383-401、日本建築学会、2011 年 8 月
280. 鯉淵、小久保邦雄 編著；疲労破壊事故の解析と強度対策、日刊工業新聞社(2011.01 共著)
281. 上野勝久・大野敏・大橋竜太・後藤治・藤川昌樹他、2011 年東北地方太平洋沖地震災害調査速報 6-8 歴史的建造物の被害、日本建築学会、PP.553-572、2011 年 8 月
282. 吉田倬郎、建築積算士ガイドブック、2. 建設産業について(分担)、pp.10-20、(社)日本建築積算協会、2011 年 4 月
283. 村上正浩、いまからのキャンパスづくり 大学の将来戦略のためのキャンパス計画とマネジメント(分担)、pp.175-177、日本建築学会、2011
284. 阿部道彦、他 12 名：型枠の設計・施工指針(分担)、pp.1-6、日本建築学会、2011.2
285. 後藤 治、土木学会歴史的構造物保全技術連合小委員会(五十畑弘、後藤治他 25 名)、歴史的土木構造物の保全、2 章 3 節 防災の計画(分担)、pp.64-70、鹿島出版会、2010 年
286. 後藤 治、志岐祐一、二村悟、三井一成、赤松實、大野秀敏、高島屋東京店建造物歴史調査報告書(編集)、pp.1-13 1、株式会社高島屋、2010 年
287. 後藤 治、村上正浩、日本 IBM ビル 1971-2009 建築とファシリティマネジメントのライフタイム記録(松成和夫・関浩治他編)、8 章 3 節 計画当初の建築法規・消防法と、その後の変化と対応(分担)、pp.164-166、新建築社、2010 年
288. 小林光男他、新版固体潤滑ハンドブック、トライボロジー学会編、養賢堂 pp.259-261、2010
289. 野口貴文、今本啓一、小山明男、兼松学、田村雅紀、馬場英美、ベーシック建築材料、彰国社、2010 年 4 月
290. 村上正浩、後藤治、計画当初の建築法規・消防法、その後の変化、新建築 2010 年 9 月別冊 日本 IBM 本社ビル 1971-2009 建築とファシリティマネジメントのライフタイム記録、株式会社新建築社、pp.164-166、2010 年 9 月

<学会発表>

テーマ1：2014年

291. * K. Kasai, Y. Matsumoto, S. Yamada, T. Yamashita, and Y. Hisada, Recent Development of the Seismic Resistant Steel Structures in Japan, EUROSTEEL 2014, September 10-12, Naples, Italy, 2014 年 9 月
292. 山下哲郎・白鳥和希・和田直記、鉄骨置屋根構造スライド支承部の可動性に関する研究 その 2 可動性に関する考察、2014 年度日本建築学会大会(近畿)(学術講演梗概集 B-1 pp.881-882)、2014 年 9 月
293. 和田直記・白鳥和希・山下哲郎、鉄骨置屋根構造スライド支承部の可動性に関する研究 その 1 実験概要、2014 年度日本建築学会大会(近畿)(学術講演梗概集 B-1 pp.879-880)、2014 年 9 月
294. 万丈俊吾・山下哲郎、学校体育館梁間方向 H 形鋼ラーメンの塑性化挙動、2014 年度日本建築学会大会(近畿)(学術講演梗概集 B-1 pp.835-836)、2014 年 9 月
295. 小泉秀斗・鱒沢曜・金井貴浩・久田嘉章・山下哲郎、シングルライン天井の耐震性と落下防止対策に関する研究 その 3: 補強金物による落下防止対策の性能確認実験、2014 年度日本建築学会大会(近畿)(学術講演梗概集 B-1 pp.971-972)、2014 年 9 月
296. 鱒沢曜・小泉秀斗・金井貴浩・久田嘉章・山下哲郎、シングルライン天井の耐震性と落下防止対策に関する研究 その 2: 補強金物による落下防止対策の概要、2014 年度日本建築学会大会(近畿)(学術講演梗概集 B-1 pp.969-970)、2014 年 9 月
297. 武田和也・西川豊宏、事業継続計画策定を支援する建築の非構造部材・建築設備の地震リスクに関する研究(その 5)地震時におけるスプリンクラー配管と吊りボルトに加わる荷重と変位について、日本建築学会大会学術講演、2014 年 9 月、兵庫
298. * 榊洋平・西川豊宏、事業継続計画策定を支援する建築の非構造部材・建築設備の地震リスクに関する研究(その 6)建築設備に用いられる吊りボルトの耐震性能について、日本建築学会大会学術講演、2014 年 9 月、兵庫
299. 田中健一・小泉秀斗・鱒沢曜・山下哲郎・久田嘉章、シングルライン天井の耐震性と落下防止対策に関する研究 その 1: 天井板の接着による落下防止対策の検討、2014 年度日本建築学会大会(近畿)(学術講演梗概集 B-1 pp.967-968)、2014 年 9 月
300. 後藤治、東日本大震災における被災建物の保存・再生技術、2014 年度日本建築学会大会(近畿)地球環境部門—パネルディスカッション「災害時のレジリエンス対応技術と資源ストック利活用の接点」、2014 年 9 月
301. K. Takeda・T. Nishikawa、Seismic performance and their interaction between the two behavior of water piping during seismic excitation of building equipment, 40th International Symposium of CIB

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

W062 water Supply and Drainage for Buildings, 2014.9, Sao Paulo, Brazil

302. T. Nishikawa・K. Takeda, Experimental study of the seismic performance of hanger bolts supporting ceiling-installed piping, 40th International Symposium of CIB W062 water Supply and Drainage for Buildings, 2014.9, Sao Paulo, Brazil
303. 久田嘉章, 長周期地震動等への対策と建築・エリアの即時対応 WG、東日本大震災3周年シンポジウム「巨大災害から回復力の強いまちづくり特別調査委員会」活動報告、日本建築学会、2014.3.11
304. 久田嘉章, 首都直下地震における避難の課題—避難の課題の調査・分析部会(都市避難部会) 日本地震工学会「避難の研究委員会」ワークショップ 2014.3.10
305. 久田嘉章, 地域連携による工学院大学における震災対策の取り組み、香川大学事業継続管理シンポジウム 第4回「全学BCP構築に向けて」、2014.3.4
306. 久田嘉章, 中心市街地における災害対応能力向上のための教育・訓練と新宿駅周辺地域への適用、第4回災害対応研究会・公開シンポジウム、2014.2.22
307. 久田嘉章, 趣旨説明、「免震建築物のための設計用入力地震動作成ガイドライン」講習会、免震構造協会、2014.2.13

テーマ1: 2013年

308. 久田嘉章, 趣旨説明、公開研究会「大地震から巨大都市(首都)をどう守るのか—東日本大震災の経験を踏まえた建物・まちの対策—」2013.12.20
309. 久田嘉章, 地震動計算の実習、「強震動予測—その基礎と応用」第13回講習会、日本地震学会、2013.12.16
310. 久田嘉章, 地域特性に応じた地域連携による震災対策、防災シンポジウム・南海トラフ巨大地震に備える～東三河地区の防災力向上に向けて～、豊橋技術科学大学、2013.12.12
311. 久田嘉章, 趣旨説明、第41回地盤震動シンポジウム・2011年東北地方太平洋沖地震から分かった新たな知見と予測地震動への反映—巨大地震に備えるための地盤震動研究(その3)—、日本建築学会、2013.11.16
312. 武田和也・西川豊宏, 事業継続計画策定における建築設備の地震リスクに関する研究(第2報) スプリンクラー配管末端部における実験と地震時における配管に加わる応力について、空気調和・衛生工学会大会、2013年9月、長野
313. 志津えりか・西川豊宏, 事業継続計画策定における建築設備の地震リスクに関する研究(第3報) 天吊り機器の地震被害からみた吊りボルトの耐久性に関する実験と地震リスク、空気調和・衛生工学会大会、2013年9月、長野
314. 荒川洋輔、久田嘉章、山下哲郎、久保智弘: 首都圏における想定地震に対する超高層建築物の制振補強案の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、21413, pp.825-826、2013年8月
315. 後藤治, 災害に備えた活動とヘリテージマネージャー制度、2013年度日本建築学会大会(北海道) 建築歴史・意匠部門研究懇談会「災害への対応と対策—歴史的建築を未来に伝えるために」、2013年9月
316. 近藤龍哉、伴幸雄、加藤三晴、清水啓介、山本泰稔、有開口そで壁付き柱のそで壁増し厚補強工法の開発研究(実験研究の目的と工法概要および補強効果概要)、日本建築学会学術講演梗概集(2013年度大会)、275ページ～276ページ、2013年9月
317. 清水啓介、近藤龍哉、加藤三晴、伴幸雄、山本泰稔、有開口そで壁付き柱のそで壁増し厚補強工法の開発研究(試験体設計と加力実験)、日本建築学会学術講演梗概集(2013年度大会)、277ページ～278ページ、2013年9月
318. 加藤三晴、伴幸雄、近藤龍哉、清水啓介、山本泰稔、有開口そで壁付き柱のそで壁増し厚補強工法の開発研究(試験体の挙動)、日本建築学会学術講演梗概集(2013年度大会)、279ページ～280ページ、2013年9月
319. 大和征良、山本泰稔、近藤龍哉、接着系あと施工アンカーの予測引張破壊荷重に関する実験的研究、日本建築学会学術講演梗概集(2013年度大会)、57ページ～58ページ、2013年9月
320. 劉智、船津卓馬、小野里憲一、高橋良徳、シングル配筋ラーメン構造の提案と予備実験 その1. 実験計画、日本建築学会大会学術講演会、2013.9.1
321. 船津卓馬、小野里憲一、劉智、高橋良徳、シングル配筋ラーメン構造の提案と予備実験 その2. 実験結果、日本建築学会大会学術講演会、2013.9.1
322. 新藤隆男、小野里憲一、常田裕是、異形鉄筋の発錆と付着強度に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演会、2013.8.30
323. 白鳥和希・竹内良太・山下哲郎, 鉄骨空間構造上屋と下部RC 躯体をつなぐ支承部の繰り返し加力実験 その2 繰り返し荷重に対する挙動、2013年度日本建築学会大会(学術講演梗概集、B-1, pp.931-932), 2013年8月
324. 竹内良太・白鳥和希・山下哲郎, 鉄骨空間構造上屋と下部RC 躯体をつなぐ支承部の繰り返し加力実験 その1 実験概要、2013年度日本建築学会大会(学術講演梗概集、B-1, pp.929-930), 2013

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

年 8 月

325. 中川貴文, 小谷竜城, 河合直人, 御子柴正, 木造住宅の倒壊解析手法の精度検証実験 その1 面材壁を耐震要素とする木造躯体の振動台実験と解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1 分冊, pp.187-188, 2013年8月
326. 小谷竜城, 中川貴文, 河合直人, 御子柴正, 木造住宅の倒壊解析手法の精度検証実験 その2 木質ラーメン架構を耐震要素とする木造躯体の振動台実験と解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1 分冊, pp.189-190, 2013年8月
327. 前川秀幸, 大橋好光, 河合直人, 加川啓介, 松留慎一郎, 的野博訓, 伝統的構法による木造軸組住宅の実大水平加力実験 その6 水平構面の荷重変形関係, 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1 分冊, pp.429-430, 2013年8月
328. 小泉秀斗・久田嘉章・山下哲郎・坂本有奈利, 振動台を用いたシングルライン天井の天井板落下実験 その2 天井落下と加速度の関係, 2013年度日本建築学会大会(学術講演梗概集、B-1、pp.1001-1002), 2013年8月
329. 藤村竜馬・西川豊宏, 事業継続計画策定を支援する建築の非構造部材・建築設備の地震リスクに関する研究(その2)天吊り配管と天吊り機器を評価対象とした実験概要, 日本建築学会大会, 2013年8月、北海道
330. 武田和也・西川豊宏, 事業継続計画策定を支援する建築の非構造部材・建築設備の地震リスクに関する研究(その3)フレキシブル配管を使用したスプリンクラー配管の振動性状について, 日本建築学会大会, 2013年8月、北海道
331. 坂本有奈利・小泉秀斗・山下哲郎・久田嘉章, 振動台を用いたシングルライン天井の天井板落下実験 その1 実験概要, 2013年度日本建築学会大会(学術講演梗概集、B-1、pp.999-1000), 2013年8月
332. * 後藤治, 【継承】全体総括, 2013年度日本建築学会大会(北海道)総合研究協議会「東日本大震災から2.5年-日本建築学会の取り組みとこれから-, 2013年8月
333. S. Motoyui, T. Yamashita, Tomonari Sakamoto, Toyohiro Nishikawa and Yoshiaki Hisada, A Shaking Table Test of Ceiling in Japan-, Experimental Study on Dynamic Response and Fall of Single-lined Ceiling System, GRAND CHALLENGE FINAL EXPERIMENT(Including US-JAPAN Joint Group Meeting) Earthquake Response of Non-structural Components, 2013年4月23日
334. 後藤治, 海外の文化財防災計画, 日本火災学会講習会「近代歴史的建築物の保存活用における防災計画」, 2013年3月

テーマ1: 2012年

335. Yoshiaki Hisada, Tetsuo Yamashita, Masahiro Murakami, Tomohiro Kubo, Tatsuhiro Arata, Jun Shindo, Koji Aizawa: Seismic Response and Damage of High-Rise Buildings in Tokyo, Japan, during the 2011 Tohoku Earthquake, 15th World Conf. of Earthquake Engineering, 2012/09
336. Tatsuhiro Arata, Yoshiaki Hisada, Tetsuo Yamashita, Tomohiro Kubo: 3-D Seismic Response Analysis of a High-Rise Building in Tokyo, Japan, for the 2011 Tohoku Earthquake, 15th World Conf. of Earthquake Engineering, 2012/09
337. 久田嘉章, モニタリングを活用した高層建物・都市の災害対応, 日本建築学会大会(名古屋)、振動運営委員会 PD, 2012年9月14日
338. 田邊朗仁, 引間和人, 久田嘉章, 森川淳, 久保智弘, 松本俊明: 2011年福島県浜通り地震の地表断層近傍における建物被害調査及び強震動計算, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), pp.31-32, 2012年9月
339. 荒川洋輔, 久田嘉章, 山下哲郎, 久保智弘, 新田龍宏, 坂本有奈利: 超高層建築における振動特性の評価と地震応答解析 その1: 強震観測記録での振動特性評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), pp.689-690, 2012年9月
340. 久田嘉章, 建築系における緊急地震速報利用促進に向けた取り組み, 第3回緊急地震速報利用者懇談会, 2012年7月12日
341. 久田嘉章, 新宿駅周辺地域における震災対策の取り組みと緊急地震速報の利活用, 緊急地震速報利用者協議会, 2012年7月5日
342. 久田嘉章, 2011年東北地方太平洋沖地震による新宿・超高層建築の揺れと被害, 地球惑星科学連合大会, 2012年5月21日
343. 久田嘉章, 境茂樹, 入力地震動小委員会「免震建築物のための設計用入力地震動作成ガイドライン」の改定について, 日本免震構造協会, 第6回技術報告会, 2012年5月16日
344. 久保智弘, 久田嘉章, 松本俊明, 森川淳, 引間和人, : 福島県浜通り地震における断層近傍の建物被害調査と強震動予測について, 地球惑星学会合同大会, SSS37-P12, 2012年5月
345. 久田嘉章, 新宿駅周辺地域における震災への取り組みと東日本大震災から学んだこと, 第8回関東支部地震災害調査連絡会総会, 2012年3月26日
346. 久田嘉章, 長周期地震動等による高層ビルの揺れと対策, 長周期地震動等に対する室内安全

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

セミナー(東京消防庁・工学院大学)、工学院大学、2012年3月22日	
347.	久田嘉章、長周期地震動等による高層ビルの揺れと対策、長周期地震動等に対する室内安全セミナー(東京消防庁)、池袋防災館、2012年3月11日
348.	Yoshiaki Hisada, Tetsuo Yamashita, Masahiro Murakami, Tomohiro Kubo, Tatsuhiro Arata, Jun Shindo, and Koji Aizawa, Seismic Response and Damage of High-Rise Buildings in Tokyo, Japan, during the Great East Japan Earthquake, Proc. of 9th CUEE and 4th ACEE Joint Conference, Tokyo Institute of Technology, 東京工業大学、2012年3月7日
349.	Yoshiaki Hisada, Tetsuo Yamashita, Masahiro Murakami, Tomohiro Kubo, Tatsuhiro Arata, Jun Shindo, and Koji Aizawa, Seismic Response and Damage of High-Rise Buildings in Tokyo, Japan, during the Great East Japan Earthquake, Proc. of One Year after the 2011 Great East Japan Earthquake, -International Symposium on Engineering Lessons Learned from the Giant Earthquake-, 建築会館、2012年3月3日
350.	近藤龍哉、山本泰稔、加藤三晴、伴幸雄、鉄骨枠付き湿式パネルのせん断耐力と抵抗機構に関する実験的研究、日本建築学会学術講演梗概集(2012年度大会)、pp.813~818、2012年9月
351.	高橋良徳、兼平雄吉、常田裕是、小野里憲一、阿部周平:RC耐震壁に付帯する柱・梁部材の最大せん断強度に関する研究 その4. 付帯部材の最大せん断強度誘導方法の修正、日本建築学会大会、2012.9.12
352.	常田裕是、兼平雄吉、高橋良徳、小野里憲一、阿部周平:RC耐震壁に付帯する柱・梁部材の最大せん断強度に関する研究 その5. 耐震壁の変形性能と破壊形式の比較、日本建築学会大会、2012.9.12
353.	山下哲郎、耐震診断と改修の現状、2012年度日本建築学会大会パネルディスカッション、構造部門(シェル・空間構造)「大空間施設の総合的耐震性能を考える」、日本建築学会構造委員会、シェル・空間構造運営委員会、2012/9/12
354.	米田良祐・山下哲郎:学校体育館ブレース方向弾塑性応答変形の限界耐力計算による推定、日本建築学会大会、B-1分冊、p.775-776、2012/9
355.	長島由加里・山下哲郎・米田良祐:観測地震動に対する学校体育館ブレース方向の弾塑性応答に関するエネルギー的考察、日本建築学会大会、B-1分冊、p.777-778、2012/9
356.	坂本有奈利・山下哲郎・久保智弘・久田嘉章、クランクによる振幅増幅を利用した大振幅振動台の開発、2012年度日本建築学会大会(学術講演梗概集、B-2、pp.1247-1248)、2012年9月
357.	後藤治、文化財保存の現在、2012年度日本建築学会大会(東海)建築計画部門研究協議会「利用の時代の歴史保全 保存・再生・活用の立脚点から考える」、2012年9月
358.	* 後藤治、東日本大震災から見た登録制度の意義と課題、2012年度日本建築学会大会(東海)建築歴史・意匠部門研究協議会「登録文化財の保存と活用」、2012年9月
359.	* 落合智・三浦卓也・後藤治、秋田県横手市増田町旧佐藤三十郎商店について、2012年度日本建築学会大会(東海)建築歴史・意匠部門学術講演梗概集F-2、PP.739-740、2012年9月
360.	* 水野真歩・三浦卓也・後藤治、秋田県横手市増田町の蔵について、2012年度日本建築学会大会(東海)建築歴史・意匠部門学術講演梗概集F-2、PP.741-742、2012年9月
361.	T. Hatakeyama, K. Suzuki, K. Miyazawa, N. Kawai, Seismic Behavior and Seismic Performance Improvement on the Complicatedly Plane Shape of Wooden House, World Conference on Timber Engineering, CD-ROM, Poster Papers pp.274-277, 2012.07
362.	N. Kawai, Analytical Study On Seismic Behavior of Traditional Wood Houses Considering Sliding at Column Bottom, World Conference on Timber Engineering, CD-ROM, Final Paper Journal Tuesday pp.327-334, 2012.07
363.	H.Isoda, N. Kawai, T. Tsuchimoto, M. Koshihara, Damage to Wood Buildings during the Great Tohoku Earthquake Part1- Ground Motion and Analytical Study, World Conference on Timber Engineering, CD-ROM, Final Paper Journal Tuesday pp. 545-552, 2012.07
364.	N. Kawai, H. Isoda, T. Tsuchimoto, M. Koshihara, Damage to Wood Buildings during the Great Tohoku Earthquake Part 2- Damage, World Conference on Timber Engineering, CD-ROM, Final Paper Journal Tuesday pp.553-560, 2012.07
365.	後藤治、海外の文化財建造物の防災計画、日本火災学会・平成23年度受託事業実行委員会・公開シンポジウム「文化財建造物の継承・活用と防災」、pp.51-55、早稲田大学、2012年2月
テーマ1: 2011年	
366.	久田嘉章、超高層建物の応答モデルと被害の実際—新宿駅周辺地域における減災への取組と東日本大震災での超高層建物の揺れと被害—、「強震動予測—その基礎と応用」第11回講習会(日本地震学会)、2011年12月16日
367.	田邊朗仁、久田嘉章、久保智弘、荒川洋輔、松澤佳、2011年4月11日福島県浜通りの地震における地表断層近傍の建物被害調査、社会貢献学会第2回大会(神戸学院大学)、2012年12月10日

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

368. 大宮憲司、久田嘉章、久保智弘、飯塚章仁、小泉秀斗長周期地震動による高層ビルの震度と危険性について、社会貢献学会第2回大会(神戸学院大学)、2012年12月10日
369. 田邊朗仁、久田嘉章、久保智弘、荒川洋輔、松澤佳、2011年4月11日福島県浜通りの地震における地表断層近傍の建物被害調査、社会貢献学会第2回大会(神戸学院大学)、2012年12月10日
370. 久田嘉章、首都圏で予測される地震動と2011年東北地方太平洋沖地震と超高層建築、建築物の制振補強法の高度化に関するシンポジウム—2011年東北地方太平洋沖地震の経験を踏まえて—、早稲田大学、2011年12月1日
371. 久田嘉章、東日本大震災をどう生かす、東京ガスセミナー、千葉市、2011年11月25日
372. 久田嘉章、マンションの防災対策と長周期地震動について、第16回斎藤塾勉強会、工学院大学、2011年11月16日
373. 久田嘉章、主旨説明、2011年東北地方太平洋沖地震で何が起きたか—巨大地震に備えるための地盤震動研究(その1)、第39回地盤震動シンポジウム、日本建築学会、2011年11月15日
374. 久田嘉章、新宿副都心超高層ビル街における震災対策への取り組みと東日本大震災による被災状況と課題、東京建築士会まちづくり委員会、晴海トリトンスクエア、2011年11月9日
375. 久田嘉章、東日本大震災での新宿・超高層ビルの揺れと被害、および今後、首都圏で想定される地震と地震動について、耐震工学研究会、日本大学、2011年11月2日
376. 久田嘉章、新宿駅周辺地域における減災への取組と東日本大震災での超高層建物の揺れと被害、日本建築学会近畿支部耐震構造部会、大林組本社ビル、2011年10月28日
377. 久田嘉章、超高層ビルの揺れと被害、首都直下地震に備える!～新宿発、街と医療の連携の取り組み～、日本救急医学会、工学院大学、2011年10月20日
378. 久田嘉章、松本俊明、永野正行、野津厚、宮腰研、中川太郎、浅野公之、強震動予測手法に関するベンチマークテスト(その6:理論的手法)日本地震学会、2011年10月12日
379. 久田嘉章、久保智弘、松澤佳、森川淳、2011年4月11日福島県浜通りの地震による地表断層近傍の建物被害調査、日本地震学会、2011年10月12日
380. 久田嘉章、工学院大学新宿校舎の揺れと被害(東京工業大学 建築物理研究センター講演会)、東京工業大学、2011年9月27日
381. 荒川洋輔、久田嘉章、久保智弘、山下哲郎:2011年東北地方太平洋沖地震における超高層建築の強震観測と地震応答解析 その1 前震・本震・余震による強震観測、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、pp.305-306、2011年8月
382. 久保智弘、久田嘉章、村上正浩、超高層ビルにおける緊急地震速報とオンサイト情報の利活用について、地球惑星連合大会、2011年5月26日
383. 松本俊明、久田嘉章、永野正行、野津厚、浅野公之、宮腰研、中川太郎、強震動予測手法に関するベンチマークテスト—その5 理論的手法(ステップ3・4)—日本建築学会、2011年8月
384. 吉村智昭、永野正行、久田嘉章、青井真、早川崇、Seckin Ozgur Citak、川辺秀憲、上林宏敏、強震動予測手法に関するベンチマークテスト—その6:数値解析手法(ステップ3・4)—日本建築学会、2011年8月
385. 加藤研一、久田嘉章、大野晋、野畑有秀、森川淳、山本優、強震動予測手法に関するベンチマークテスト—その7:統計的グリーン関数法(ステップ3・4)—日本建築学会、2011年8月
386. 田中良一、久田嘉章、中川太郎、佐々木聡、三次元差分法との比較による波数積分法の適用性の検討、日本建築学会、2011年8月
387. 荒川洋輔、久田嘉章、久保智弘、山下哲郎、2011年東北地方太平洋沖地震における超高層建築の強震観測と地震応答解析—その1:前震・本震・余震による強震観測—日本建築学会、2011年8月 p877-878
388. 大古康正、山下哲郎、長房功大、久田嘉章、2011年東北地方太平洋沖地震における超高層建築の強震観測と地震応答解析 その2 構造モデル—、日本建築学会、2011年8月
389. 新田龍宏、久田嘉章、山下哲郎、2011年東北地方太平洋沖地震における超高層建築の強震観測と地震応答解析—その3:弾塑性地震応答解析—、日本建築学会、2011年8月
390. 久田嘉章、新宿駅周辺地域の震災対策の取組と2011年東日本大震災から学んだこと」第41回 エネルギー・環境講習会(東京ガス)、2011年7月15日
391. 久田嘉章、東日本大震災の復興支援と今後の地震防災、2011空間情報シンポジウム、2011年7月7日
392. 久田嘉章、新宿駅周辺地域における防災・減災活動と東日本大震災の教訓、第14回西京信産学交流セミナー、2011年6月17日
393. 久田嘉章、新宿駅西口地域防災の取組:立ち上げから経過と展望について、第19回新宿医学会、2011年6月4日
394. 久田嘉章、震災時における超高層ビルの想定被害と防災・減災対策—新宿駅西口地域での事例紹介—、東京北ロータリークラブ講演会、2011年5月24日
395. 久田嘉章、永野正行、野津厚、宮腰研、中川太郎、浅野公之、強震動予測手法に関するベ

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

ンチマークテスト(その6:理論的手法、ステップ3・4)地球惑星連合大会、2011年5月23日	
396.	吉村智昭, 永野正行, 青井真, 川辺秀憲, 上林宏敏, 早川崇, Seckin Ozgur CITAK, 久田嘉章、強震動予測手法に関するベンチマークテスト(その7:数値解析手法、ステップ3・4)地球惑星連合大会、2011年5月23日
397.	加藤研一, 久田嘉章, 大野晋, 野畑有秀, 森川淳, 山本優、強震動予測手法に関するベンチマークテスト(その8:統計的グリーン関数法、ステップ3・4)地球惑星連合大会、2011年5月23日
398.	久田嘉章、来るべき大規模震災に備え我々に今できること、2011年東日本大震災に関する新宿駅西口地域報告会—駅周辺滞留者・帰宅困難者や超高層建築などの経験から都心部の震災対策を考える—工学院大学、2011年4月20日
399.	久田嘉章、震災からの教訓と地域連携による新宿駅周辺地域の地震防災対策、第16回「震災対策技術展」講演会、平成22年度市民講座「歴史・地域・ひとをつなぐ～災害教訓の継承と新たな防災対策～」、2011年2月4日
400.	近藤龍哉、山本泰稔、加藤三晴、伴幸雄、大和征良、鈴木隆史、立川紗緒美、今岡恵理、既存建物袖壁付き柱の曲げ補強に関する実験的研究(全7編)、日本建築学会大会学術講演梗概集、No23156～No23162、337-350、2011年8月
401.	常田裕是、阿部周平、高橋良徳、小野里憲一、兼平雄吉、RC耐震壁に付帯する柱・梁部材の最大せん断強度に関する研究 その3.付帯部材の最大せん断強度式の評価、日本建築学会大会学術講演会、2011年8月25日
402.	高橋良徳、阿部周平、常田裕是、小野里憲一、兼平雄吉、RC耐震壁に付帯する柱・梁部材の最大せん断強度に関する研究 その2.付帯部材の最大せん断強度を考慮した耐震壁の最大強度、日本建築学会大会学術講演会、2011年8月25日
403.	阿部周平、高橋良徳、常田裕是、小野里憲一、兼平雄吉、RC耐震壁に付帯する柱・梁部材の最大せん断強度に関する研究 その1.付帯部材の最大せん断強度の誘導、日本建築学会大会学術講演会、2011年8月25日
404.	米田良祐、山下哲郎：学校体育館の桁行方向の地震応答解析、日本建築学会大会学術講演会、B-1分冊、pp.693-694、2011年8月
405.	河合直人、東日本大震災—1.被害の概要③木造の被害、日本建築学会大会総合研究協議会、早稲田大学、2011年8月25日
406.	河合直人、三宅辰哉、槌本敬大、荒木康弘、平面的くびれを有する木造在来構法住宅の耐震設計法に関する考察、日本建築学会大会学術講演梗概集、2011年8月
407.	丹下耕助、五十田博、河合直人、岡部実、中川貴文、伝統的木造建築物の垂れ壁付き構面に関する実験的研究—土壁の有無をパラメータとした静的実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、2011年8月
408.	後藤治、文化財建造物を火災から守る体制と対策、日本建築学会大会(関東)防火部門研究懇談会「新宿歌舞伎町ビル火災から10年—維持管理から建築防災の在り方を再考する—」、早稲田大学、2011年8月
409.	落合智・中島裕衣子・後藤治、樹木による歴史的町並の段階的な修景、日本建築学会大会(関東)建築デザイン発表梗概集 G-1, pp.132-133, 早稲田大学、2011年8月
410.	齋藤智恵子・三浦卓也・後藤治、郡上八幡にける町家と町屋敷の変遷について その4 北町地区における城下町の近代化、日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集 F-2, pp.503-504, 早稲田大学、2011年8月
411.	齋藤智恵子・三浦卓也・後藤治、郡上八幡にける町家と町屋敷の変遷について その5 北町地区における旧武家地の町家化、日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集 F-2, pp.505-506, 早稲田大学、2011年8月
412.	二村悟・後藤治、消防用専用水道の成立について、日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集 F-2, pp.397-398, 早稲田大学、2011年8月
413.	田揚裕子・後藤治、オランダ王国における茅葺き屋根について、日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集 E-1, pp.943-944, 早稲田大学、2011年8月
414.	後藤治、木造密集市街地の改良と保全—政策と環境に関するマクロとミクロの視点、安全工学シンポジウム 2011 オーガナイズドセッション「残したい木造密集市街地と改善すべき木造密集市街地」、日本学術会議、2011年7月
415.	田揚裕子・後藤治、オランダにおける茅葺きの消防に冠する研究、日本火災学会研究発表会、東京理科大学、2011年5月
416.	後藤治、歴史的建造物保存の先進国の取り組み、東京弁護士会、弁護士会館、2011年3月5日
417.	後藤治、文化的価値のある建築物の保全と活用、静岡県建築士会、静岡県男女共同参画センター、2011年2月2日
418.	後藤治、既存木造を都市の記憶にどう活かすか、住宅都市工学研究所「住宅まちづくりフォーラム」、住宅金融支援機構すまいるホール、2011年1月27日

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

テーマ1: 2010年

419. 久田嘉章、地域防災・DCPへの取組みと超高層ビルの地震災害予測—新宿駅周辺地域の総合防災訓練の事例紹介—、第3回震災対応行動等に関する講習会、社団法人建築業協会、鉄鋼会館・東京、2010年11月10日
420. 久田嘉章、永野正行、加藤研一、吉村智昭、川辺秀憲、釜江克宏、青井 真、早川 崇、上林宏敏、境 有紀、強震動予測に用いる手法のベンチマークテスト—その1:概要—、第13回日本地震工学シンポジウム、日本地震工学会、つくば国際会議場、2010年11月
421. 松本俊明、久田嘉章、永野正行、野津 厚、宮腰 研、強震動予測に用いる手法のベンチマークテスト—その2:理論的手法—3、第13回日本地震工学シンポジウム、日本地震工学会、つくば国際会議場、2010年11月
422. 吉村智昭、永野正行、久田嘉章、青井 真、早川 崇、Seckin Ozgur Citak、松島信一、大西良広、強震動予測に用いる手法のベンチマークテスト—その3:数値解析手法、第13回日本地震工学シンポジウム、日本地震工学会、つくば国際会議場、2010年11月
423. 加藤研一、久田嘉章、川辺秀憲、大野 晋、野津 厚、野畑有秀、森川 淳、山本 優、強震動予測に用いる手法のベンチマークテスト—その4:統計的グリーン関数法、第13回日本地震工学シンポジウム、日本地震工学会、つくば国際会議場、2010年11月
424. 久田嘉章、新宿駅周辺地域における駅周辺滞留者対策・救急災害医療対策の取組、分科会1「大規模とターミナル難民」、2010日本危機管理学会、墨田区すみだリバーサイドホール、2010年10月30日
425. 久田嘉章、永野正行、加藤研一、野津 厚、宮腰 研、強震動予測に関するベンチマークテスト(その3:理論的手法)、日本地震学会、2010年度秋季大会、広島、2010年10月
426. 加藤研一、川辺秀憲、釜江克宏、吉村智昭、久田嘉章、強震動予測に関するベンチマークテスト(その4:統計的グリーン関数法)、日本地震学会、2010年度秋季大会、広島、2010年10月
427. 吉村智昭、永野正行、青井 真、川辺秀憲、上林宏敏、早川 崇、久田嘉章、強震動予測に関するベンチマークテスト(その5:数値解析手法)、日本地震学会、2010年度秋季大会、広島、2010年10月
428. 久田嘉章、都市部における防災・減災、2010東京ガスセミナー、千葉市、2010年10月8日
429. 久田嘉章、強震動シミュレーションの発展と課題—予測精度の現状—、日本建築学会・大会、富山大学、2010年9月10日
430. 久田嘉章、永野正行、加藤研一、吉村智昭、川辺秀憲、釜江克宏、青井 真、早川 崇、上林宏敏、境 有紀、強震動予測手法に関するベンチマークテスト—その1:概要—、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅱ、21448、2010年9月
431. 松本俊明、久田嘉章、永野正行、野津厚、宮腰 研、強震動予測手法に関するベンチマークテスト—その2 理論的手法—、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅱ、21449、2010年9月
432. 吉村智昭、永野正行、久田嘉章、青井真、早川崇、Seckin Ozgur Citak、大西良広、強震動予測に関するベンチマークテスト—その3:数値解析手法—、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅱ、21450、2010年9月
433. 森川 淳、加藤研一、久田嘉章、川辺秀憲、大野 晋、野津 厚、野畑有秀、山本 優、強震動予測に関するベンチマークテスト—その4:統計的グリーン関数法—、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅱ、21451、2010年9月
434. 内山宏和、中野泰宏、久田嘉章、山下哲郎、島村賢太、星幸男、鱒沢曜、吉村智昭、首都圏に建つ超高層建築の地震応答に関する研究—その1:解析モデル—、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅱ、21442、2010年9月
435. 中野泰宏、内山宏和、久田嘉章、山下哲郎、島村賢太、星幸男、鱒沢曜、吉村智昭、首都圏に建つ超高層建築の地震応答に関する研究—その2:弾塑性地震応答解析—、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅱ、21443、2010年9月
436. 鱒沢 曜、久田嘉章、国内における免震レトロフィット実施状況、日本建築学会大会学術講演梗概集、23295、2010年9月
437. 大川 出、佐藤俊明、佐藤智美、関松太郎、西川孝夫、久田嘉章、経験式に基づく想定海溝型地震に対する関東平野での長周期時刻歴波形の予測、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅱ、21439、2010年9月
438. 久田嘉章、首都直下地震で想定される被害と自助・共助による減災対策、2010年東京都防災展防災講座、新宿西口広場イベントコーナー、2010年8月11日
439. 久田嘉章、首都圏直下地震と地震防災、2010年中央区市民講座、2010年6月8日
440. 久田嘉章、青井 真、加藤研一、川辺秀憲、釜江克宏、早川 崇、永野正行、吉村智昭、強震動予測手法に関するベンチマークテスト(その2)、日本地球惑星連合大会、2010年5月
441. 近藤龍哉、山本泰稔、加藤三晴、伴幸雄、鈴木隆史、立川沙緒美、既存鉄筋コンクリート造袖壁付柱の補強方法の提案と検証—在来工法による既存片袖壁付き柱のせん断補強実験の詳細、2010

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

	年度日本建築学会大会(北陸)梗概集, 構造IV/543-544, 2010/9
442.	立川沙緒美, 山本泰稔, 加藤三晴, 伴幸雄, 鈴木隆史, 近藤龍哉, 既存鉄筋コンクリート造袖壁付柱の補強方法の提案と検証 新工法による既存片袖壁付き柱のせん断補強実験の詳細, 2010 年度日本建築学会大会(北陸)梗概集, 構造IV/545-546, 2010/9
443.	鈴木隆史, 山本泰稔, 加藤三晴, 伴幸雄, 立川沙緒美, 近藤龍哉, 既存鉄筋コンクリート造袖壁付柱の補強方法の提案と検証 新工法による既存両袖壁付柱のせん断補強実験の詳細, 2010 年度日本建築学会大会(北陸)梗概集, 構造IV/547-548, 2010/9
444.	伴幸雄, 山本泰稔, 加藤三晴, 鈴木隆史, 立川沙緒美, 近藤龍哉, 既存鉄筋コンクリート造袖壁付柱の補強方法の提案と検証 袖壁付柱のせん断補強工法の提案と効果の比較検証, 2010 年度日本建築学会大会(北陸)梗概集, 構造IV/549-550, 2010/9
445.	長谷川公彦, 阿部周平, 小野里憲一: ウォータージェットによるはつり面のコンクリート打継ぎ強度に関する研究, 建築学会大会学術講演梗概集, 2010 年, A-1 分冊, p.663
446.	北村圭, 兼平雄吉, 小野里憲一: 鋼管コンクリート杭の接合部耐力に関する実験的研究, 建築学会大会学術講演梗概集, 2010 年, B-1 分冊, p.645
447.	阿部周平, 比嘉雄大, 小野里憲一: 耐震壁の壁板のせん断強度に及ぼすひび割れ間隔の影響, 建築学会大会学術講演梗概集, 2010 年, C-2 分冊, p.355
448.	磯崎 慎, 浅見祐一, 小野里憲一, SRC 耐震壁の耐震性能に及ぼす壁筋の定着方法の影響, 日本建築学会大会学術講演発表会, 2010 年 8 月
449.	比嘉雄大, 小野里憲一, 構造スリットに用いられる振れ止め筋に関する研究, 日本建築学会大会学術講演発表会, 2010 年 8 月
450.	北村 圭, 官野 領, 木島真理子, 兼平雄吉, 小野里憲一, RC 耐震壁の付帯部材の最大せん断強度に関する研究(その 1.付帯部材のせん断強度式), 2010 年 8 月
451.	官野 領, 北村 圭, 木島真理子, 兼平 雄吉, 小野里憲一, RC 耐震壁の付帯部材の最大せん断強度に関する研究(その 2.付帯部材が曲げ降伏する場合), 日本建築学会大会学術講演発表会, 2010 年 8 月
452.	米田良祐, 山下哲郎: 学校体育館におけるブレース構造の耐震性に関する研究, 2010 日本建築学会大会(北陸), 2010 年 9 月
453.	増田真也, 山下哲郎: 両端ガセットプレート接合された山形鋼ブレースの座屈耐力に関する実験, 2010 日本建築学会大会(北陸), 2010 年 9 月
454.	加藤史郎, 中澤祥二, 山下哲郎: ブレースの座屈特性が耐震性に及ぼす影響 その 1 実験と FEM 解析の比較, 2010 日本建築学会大会(北陸), 2010 年 9 月
455.	山下哲郎, 加藤史郎, 中澤祥二: ブレースの座屈特性が耐震性に及ぼす影響 その 2 耐震性指標の検討, 2010 日本建築学会大会(北陸), 2010 年 9 月
456.	後藤治, 日本における文化遺産の防災対策, 臺北國際消防安全検討會, 台湾科技大学, 2010 年 10 月
457.	後藤治, 歴史的建造物を残し活かすためにできること, 地方自治研究機構・名古屋市, 名古屋都市センター, 2010 年 11 月 5 日
458.	清永美奈子, 田村雅紀, 後藤治, 山本博一, 高塚里美, 伝統的木造建築に用いられるこけら材の高度維持・保存技法に関する研究 その5こけら材の屋外暴露試験による初期変化, 日本建築仕上学会 2010 年大会学術講演会研究発表論文集, pp.151-154, 東京大学, 2010 年
459.	田揚裕子, 後藤治, 熊谷秋雄, 神邊和夫, 南アフリカ共和国における茅葺き建築の生産体制について, 日本建築仕上学会 2010 年大会学術講演会研究発表論文集, pp.155-158, 東京大学, 2010 年
460.	清永美奈子, 田村雅紀, 後藤治, 高塚里美, 材料改質を施した伝統的こけら葺き屋根の長期耐久性評価と持続的保全技法の開発 その1各種こけら材の屋外暴露試験, 日本建築学会 2010 年度大会(北陸)学術講演梗概集 A-1 分冊, pp.277-278, 富山大学, 2010 年 9 月
461.	細野美希, 後藤治, 大塚哲也, 文化財建造物の構成部材調書についての提案 龍福寺を例として, 日本建築学会 2010 年度大会(北陸)学術講演梗概集 E-1 分冊, pp.1195-1196, 富山大学, 2010 年 9 月
462.	田揚裕子, 後藤治, 南アフリカ共和国における茅葺き屋根について, 日本建築学会 2010 年度大会(北陸)学術講演梗概集 E-1 分冊, pp.1203-1204, 富山大学, 2010 年 9 月
463.	高塚里美, 田村雅紀, 後藤治, 山本博一, 材料改質を施した伝統的こけら葺き屋根の長期耐久評価と持続的保全技法の開発, その1伝統技法によるこけら板の製材実態, 第 60 回日本木材学会大会研究発表要旨集, ポスターセッション, CD-ROM, 東京大学, 2010 年
464.	田揚裕子, 田村雅紀, 後藤治, 山本博一, 材料改質を施した伝統的こけら葺き屋根の長期耐久評価と持続的保全技法の開発, その2こけら葺き屋根の野外長期暴露材の実施工, 第 60 回日本木材学会大会研究発表要旨集, ポスターセッション, CD-ROM, 東京大学, 2010 年
465.	田村雅紀, 後藤治, 山本博一, 清永美奈子, 材料改質を施した伝統的こけら葺き屋根の長期耐久評価と持続的保全技法の開発 その3こけら材の基礎的物性, 第 60 回日本木材学会大会研究発表

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

表要旨集、CD-ROM、東京大学、2010年

466. 清永美奈子, 田村雅紀, 後藤治, 山本博一, 高塚里美, 材料改質を施した伝統的こけら葺き屋根の長期耐久評価と持続的保全技法の開発 その4こけら台の屋外暴露試験の概要、第60回日本木材学会大会研究発表要旨集、CD-ROM、東京大学、2010年
467. 田揚裕子, 南アフリカ共和国における茅葺き屋根について、第1回茅葺きフォーラム 茅葺きの暮らしと生業 第2セッション、日本茅葺き文化協会 第1回茅葺きフォーラム 茅葺きの暮らしと生業資料、2010年
468. 後藤治, 歴史文化遺産としての近代化遺産、宮城大学地域連携センター、食の蔵・醸室 TERAKOYA ホール、2010年10月23日
469. 原嶋純平・後藤治・関沢愛・村上正浩・廣井悠・門主学・細野美希、人目の届かない重要文化財建造物の防火対策の提案 熊本県人吉市の岩屋熊野座神社を事例に、日本建築学会2010年度大会(北陸)学術講演梗概集 A-2 分冊, pp.357-358、2010年9月
470. 門主学・後藤治・関沢愛・益尾孝祐、福島県南会津郡南会津町前沢集落における消防訓練からみた消防計画、日本建築学会2010年度大会(北陸)学術講演梗概集 A-2 分冊, pp.359-360、2010年9月
471. 大橋竜太・後藤治、サンフランシスコ市における既存建築物の安全確保と建築保存について—UMB 対策にみる建築保存施策、日本建築学会2010年度大会(北陸)学術講演梗概集 F-2 分冊, pp.231-232、2010年9月
472. 後藤治, 歴史的な建造物と町並みを支える人々の営み、「継ぐ」プロジェクト高岡実行委員会、富山銀行本店、2010年4月30日

テーマ2: 2014年

473. 生野雅也・小林光男・後藤芳樹, 地震負荷によるスプリンクラー配管構造の強度解析(強度に及ぼす支持剛性の影響), 日本機械学会九州支部第67期講演会, 九州工業大学, 2014年3月
474. 生野雅也・小林光男・後藤芳樹・一之瀬和夫・小久保邦雄, 地震におけるスプリンクラー設備の配管構造の強度解析(強度に及ぼす配管材料の影響), 日本機械学会北陸信越支部第51期総会講演会, 福井大学, 2014年3月

テーマ2: 2013年

475. 根本雅史・生野雅也・小林光男, 地震によるスプリンクラー配管構造の強度解析, 日本機械学会関東学生会, 首都大学東京, 2013年3月
476. 生野雅也・小林光男・後藤芳樹・一之瀬和夫・小久保邦雄, 減災のためのスプリンクラー設備配管構造の強度解析(続報), 日本機械学会北陸信越支部第50期総会講演会, 富山大学, 2013年3月

テーマ2: 2012年

477. 坂本 有奈利, 山下 哲郎, 久保智弘, 久田嘉章, クランクによる振幅増幅を利用した大振幅振動台の開発 その1 前震・本震・余震による強震観測, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), pp.1247-1248、2012年9月
478. 志津えりか, 西川豊宏, 大橋一正, 矢澤俊一, 渡邊裕貴, 事業継続計画策定を支援する建築の非構造部材・建築設備の地震リスクに関する研究(その1) 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2 分冊 585-586, 2012
479. 志津えりか, 西川豊宏, 大橋一正, 矢澤俊一, 渡邊裕貴, 事業継続計画策定における建築設備の地震リスクに関する研究(第1報)東北地方太平洋沖地震における水使用とその設備被害の評価 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, PP.2333-2336, 2012.9
480. 吉本拓郎・丸山美紀子・小林光男, 温度負荷を受けるねじ締結体の軸力挙動へ与えるガスケットの影響, 日本機械学会山梨講演会, 山梨大学, 2012年10月
481. 6. 生野雅也・小林光男・根本雅史, 地震によるスプリンクラー配管構造の強度, 日本機械学会山梨講演会, 山梨大学, 2012年10月
482. 丸山美紀子・吉本拓郎・小林光男・山田泰広, 熱負荷を受けるねじ締結体の軸力挙動に及ぼす座金の影響(続報), 日本機械学会山梨講演会, 山梨大学, 2012年10月
483. 生野雅也・小林光男・後藤芳樹・一之瀬和夫・小久保邦雄, 地震に対するスプリンクラー設備の配管構造の強度解析, 日本設計工学会2012年度秋季研究発表講演会, 富山大学, 2012年9月
484. 丸山美紀子・小林光男, 熱負荷を受けるねじ締結体の軸力挙動に及ぼす座金の影響, 日本機械学会2012年度年次大会講演会, 金沢大学, 2012年9月

テーマ2: 2011年

485. 森美沙子, 西川豊宏, 志津えりか, 江藏由也, 古上祐弥, スプリンクラー設備の耐震補強と改修に関する研究(その1) 社会貢献学会第2回大会予稿集, p.105, 2011.12

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

486. 志津えりか、西川豊宏、江藏由也、古上祐弥、森美沙子 スプリンクラ設備の耐震補強と改修に関する研究(その2)社会貢献学会第2回大会予稿集,p.107,2011.12
487. 江藏由也、西川豊宏、志津えりか、古上祐弥、森美沙子 建築設備の地震防災対策に関する研究 社会貢献学会第2回大会予稿集,p.106,2011.12
488. 藤村竜馬、大橋一正、田中孝、西川豊宏、志津えりか、矢澤俊一 建築設備における地震リスク評価手法に関する研究 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集,PP.205-208,2011.9
489. 志津えりか、藤村竜馬、大橋一正、田中孝、西川豊宏、矢澤俊一 既存建物におけるスプリンクラ設備の地震リスク分析に関する研究 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集,PP.213-216,2011.9
490. 藤村竜馬、大橋一正、西川豊宏、志津えりか 建築設備における地震防災対策の基本計画立案手法に関する研究(その1) 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2,PP.1203-1204,2011.8
491. 志津えりか、藤村竜馬、大橋一正、西川豊宏 地震時BCPに資する建築設備機能の評価とマネジメント(その8) 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2,PP.1205-1206,2011.8
492. 並木良太、一之瀬和夫、大石久巳、久保木功、丹羽直毅、Lin Peizeng、小林 光男、円管の引裂きとカーリングに及ぼす諸条件の影響、日本塑性加工学会第62回塑性加工連合講演会、2011年11月
493. 小林光男、福田勝己、後藤芳樹、GFRP製ねじの締付け及び強度特性に及ぼすナット高さの影響、精密工学会九州支部講演会、pp.163-164、2011年12月
494. 生野雅也、小林光男、後藤芳樹、一之瀬和夫、小久保邦雄、地震によるスプリンクラ配管構造の強度(区分配管構造における解析)、日本機械学会東北支部第47期秋季講演会、pp.184-185、2011年9月
495. 吉本拓郎・加藤亮尚・丸山美紀子・小林光男・鈴木健司、ねじ締結体の高温設計にかんする研究(被締結体形状の影響)、日本機械学会東北支部第47期秋季講演会、山形大学、2011年9月
496. 小林光男、生野雅也、齋藤久、渡邊健太郎、後藤芳樹、一之瀬和夫、小久保邦雄、大橋一正、西川豊宏、地震によるスプリンクラ配管構造の検討事例、日本機械学会 M&M2011pp.718-719、2011年7月
497. 小林光男、羽生恭介、後藤芳樹、内田靖友、小ねじの機械的性質と強度的使用効率、日本機械学会 M&M2011、pp.718-719、2011年7月
498. 小林光男、後藤芳樹、福田勝己、小ねじの締付け軸力に及ぼす感性の影響、日本設計工学会春季研究発表講演会、pp.71-72、2011年5月
499. 萩谷桂大、吉田淳一、小林光男、福田勝己、圧力円筒テーパねじ端の荷重分布(かみ合いねじ部長さの影響)、日本機械学会東北支部第46回総会講演会、東北大学、2011年3月
500. 吉田有希、小林光男、児玉裕、大石久巳、小ねじの摩擦係数の簡易測定法の提案とその評価(試験装置の改良)、日本機械学会東北支部第46回総会講演会、東北大学、2011年3月

テーマ2: 2010年

501. 千葉広之、大橋一正、西川豊宏、田中 孝、谷川原亮、藤村竜馬、地震時BCPに資する建築設備機能の評価とマネジメント(その6)地震時の建物利用計画に基づく地震防災対策 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2分冊 1233-1234、2010
502. 小林光男、福田勝己、鈴木健司、津川竜一、インパクトレンチによるねじの締め付けにおける摩擦挙動、日本設計工学会東北支部平成22年度研究発表講演会、日本大学、2010年12月
503. 小林光男、藤井英樹、中荃隆、丹羽直毅、小久保邦雄、新チタン合金ボルトの締付け及び強度特性、日本機械学会 M&P2010、東京大学、2010年11月
504. 小林光男、藤井英樹、中荃隆、鈴木健司、丹羽直毅、チタン及びアルミニウム合金の高温強度特性、日本機械学会 M&P2010、東京大学、2010年11月
505. 小林光男、田中道彦、福田勝己、辻 裕一、圧力円筒ねじ端の荷重分布に及ぼすかみ合いねじ部長さの影響、日本機械学会 M&M-2010、長岡技科大学、2010年10月
506. 長谷昌哉、小林光男、名取まどか、小久保邦雄、後藤芳樹、根本俊雄、熱負荷を受けるねじ締結体の軸力へ及ぼす座金の影響、日本機械学会 M&M-2010、長岡技科大学、2010年10月
507. 小林光男、鶴岡龍太、柳澤真也、田中道彦、衝撃荷重におけるねじ締結体の内力と外力の関係、日本機械学会東北支部第46回秋季講演会、秋田大学、2010年9月
508. 小林光男、佐渡智貴、衝撃吸収性能に及ぼす吸収材の効果、日本機械学会東北支部第46回秋季講演会、秋田大学、2010年9月
509. 小林光男・佐渡智貴、衝撃吸収性能に及ぼす吸収ゲル材の効果、日本機械学会東北支部秋田講演会、日本学術会議、2010年9月
510. 吉田淳一、小林光男、生野雅也、齋藤久、萩谷桂大、小久保邦雄、圧力円筒テーパねじ端の荷重分布(第2報:壁肉厚さの影響)、日本機械学会東北支部第46回秋季講演会、秋田大学、2010年9月
511. 小林光男、児玉裕、大石久巳、吉田有希、徳竹哲也、山崎龍一、小ねじの摩擦係数の簡易測定方法の提案とその評価(第2報:摩擦係数の測定と評価)、日本機械学会東北支部第46回秋季講演

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

会, 秋田大学, 2010年9月

512. 小林光男, 久保田義弘, 何建梅, 後藤芳樹, 一之瀬和夫, 小久保邦雄, 衝撃荷重を受ける円管の変形とエネルギー吸収性能(第2報:拘束条件及び負荷方向の影響), 日本航空宇宙学会第52回構造強度に関するシンポジウム講演会, とりぎん文化会館, 2010年7月
513. 小林光男・久保田義久・何建梅・後藤芳樹・一之瀬和夫・小久保邦雄, 衝撃を受ける円管の変形とエネルギー吸収性能(第2報:拘束条件)日本航空宇宙学会構造強度にかんするシンポジウム, 2010年7月
514. 小林光男, 羽部恭介, 福田勝己, 後藤芳樹, 丹羽直毅, 小ねじの機械的性質と強度的使用効率(第3報:チタン及びアルミ製小ねじの場合), 日本材料学会第59回学術講演会, 北海道大学, 2010年5月
515. 小林光男, 羽部恭介, 八戸英夫, 福田勝己, 後藤芳樹, 丹羽直毅, 小ねじの機械的性質と強度的使用効率(第2報:鋼製小ねじのサイズとメッキ処理の効果), 日本機械学会第10回機素潤滑設計部門講演会, 月岡温泉華鳳, 2010年4月
516. 神津友貴, 福田勝己, 小林光男, 伊藤拓嗣, ナノインデンテーション法による多層薄膜のナノ硬さ特性, 日本機械学会第10回機素潤滑設計部門講演会, 月岡温泉華鳳, 2010年4月
517. 米山高史, 二宮祐介, 立野昌義, 後藤芳樹, 小久保邦雄, 引張試験および圧子圧入法によるはんだ合金の力学特性, 関東支部第16期総会講演会, 日本機械学会, 明治大学, 2010年3月
518. 柳田亮太, 立野昌義, 後藤芳樹, 単結晶シリコンウエハの引掻きによる表面損傷機構, 関東(ア)支部第16期総会講演会, 日本機械学会, 明治大学, 2010年3月
519. 宮坂正義, 須藤 聡, 立野昌義, 後藤芳樹, 圧子圧入法による単結晶シリコンウエハの圧痕頂角からのき裂と破壊靱性, 関東支部第16期総会講演会, 日本機械学会, 明治大学, 2010年3月
520. 横井, 森川, 立野昌義, 小久保邦雄: セラミック金属接合体の引っ張り強度に及ぼす界面端形状の影響, pp.8-10, 第8回フラクトグラフィーシンポジウム前刷集(2010)

テーマ3: 2014年

521. 田村雅紀, 岡健太郎, 鈴木志野: 建築物の LCM における維持保全と保存活用ストラテジー, その1 災害時を含む既存構造物の品質保証, 日本建築学会大会学術講演梗概集(材料施工), pp.1357-1358, 2014.9

テーマ3: 2013年

522. 田村雅紀, 小川剛司: 海洋生物殻を混和した多層構造型空隙コンクリート材料の遮熱性能に関する基礎的検討, 2013年日本建築工学会研究発表論文集, pp.9-12, 2013.10

テーマ3: 2012年

523. 中村則清, 阿部道彦: 混合セメントを用いたコンクリートの促進中性化に及ぼす養生条件の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集(材料施工), pp.497-498, 2012.9
524. 田村雅紀, 嵩英雄, 彦坂信之, 田山隆文, 丸彰夫, 西祐便宜, 守屋健一, 金子樹: 高温暴露にさらされたコンクリートの劣化に及ぼすセメント・骨材と暴露条件の影響(その5)高温暴露後の細孔量および細孔径分布の変化, 日本建築学会大会学術講演梗概集(材料施工), pp.1317-1318, 2012.9
525. 高橋大祐, 阿部道彦, 篠山彰, 花野克哉: 住宅基礎コンクリート圧縮強度への小径コアリング適用性の検討, シンポジウム コンクリート構造物の非破壊検査論文集, Vol.4, pp.367-374, 2012.8
526. 阿部道彦, 齊藤辰哉: 高炉スラグ細骨材の破砕値に関する実験的検討 An Experimental study on crushing value of blast furnace slag fine aggregate, 第11回韓国・日本建築材料・施工 JOINT SYMPOSIUM, pp.70-73, 2012.8
527. 中村則清, 阿部道彦: コンクリートの促進中性化試験方法の変遷に関する調査 Investigation on change of test methods in accelerated carbonation of concrete, 第11回韓国・日本建築材料・施工 JOINT SYMPOSIUM, pp.132-137, 2012.8
528. 仲摩諭, 阿部道彦: コンクリートのブリーディングに関する文献調査 Literature survey on bleeding of concrete, 第11回韓国・日本建築材料・施工 JOINT SYMPOSIUM, pp.156-159, 2012.8
529. 須藤智大, 金子樹, 阿部道彦: 硬化コンクリートへの塩化物イオンの浸透促進方法に関する実験的研究, 日本建築学会関東支部研究発表会, 1028, 2012.3
530. 古川雄太, 石川嘉崇, 阿部道彦: 石炭溶融スラグ細骨材を用いたモルタルの強度発現および空気量調整に関する研究, 日本建築学会関東支部研究発表会, 1013, 2012.3
531. 齊藤辰哉, 上本洋, 阿部道彦: 高炉スラグ細骨材の破砕値に関する実験的検討, 日本建築学会関東支部研究発表会, 1016, 2012.3
532. 鶴見淳也, 松村洋考, 上本洋, 阿部道彦: 高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの凍結融解および中性化に関する実験, 日本建築学会関東支部研究発表会, 1016, 2012.3
533. 松本隆行, 青木穂高, 外山明日香, 阿部道彦: 高耐久コンクリート基礎の圧縮強度に関する検討, 日本建築学会関東支部研究発表会, 1028, 2012.3

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

534. 矢島怜、関口祐平、阿部道彦:低品質骨材を使用したコンクリートの長期性状, 日本建築学会関東支部研究発表会, 1030, 2012.3
535. 西村涼太郎、嶋崎道樹、阿部道彦:震災廃棄物の発生量に関する調査研究, 日本建築学会関東支部研究発表会, 1038, 2012.3
536. 石垣美季、田村雅紀、嵩英雄ほか、各種セメントを用いたコンクリートの蓄熱による基礎的物性, 2011年度日本建築学会関東支部研究報告集, 2012.3
537. 山縣翔太、田村雅紀:都市地域における鉄筋コンクリート造建築物の解体・処理・輸送段階のシステム分析と環境負荷, 2011年度日本建築学会関東支部研究報告集, 2012.3
538. 中村祐樹、田村雅紀:建築系災害廃棄物を対象とした輸送時環境負荷評価, 2011年度日本建築学会関東支部研究報告集, 2012.3
539. 田島三嘉、田村雅紀、金巻とも子:災害時におけるペット共棲環境のQOL改善を目的とした建築技術・システムに関する基礎的検討, 2011年度日本建築学会関東支部研究報告集, 2012.3
540. 相良賢治、田村雅紀:環境配慮型打継ぎ資材を用いたコンクリートの基礎物性評価, 2011年度日本建築学会関東支部研究報告集, 2012.3
541. 野村奈緒、田村雅紀:茅勾配と改質処理を施した茅部材の含水特性とカビ劣化性状の評価, 2011年度日本建築学会関東支部研究報告集, 2012.3
542. 森田泰代、田村雅紀、後藤治、清永美奈子:屋外暴露した改質こけら葺き屋根の物理的変状の評価, 2011年度日本建築学会関東支部研究報告集, 2012.3
543. 五十嵐怜、田村雅紀、植生の有機物骨格を利用した無機有機複合体の基礎的物性に関する研究, 2011年度日本建築学会関東支部研究報告集, 2012.3

テーマ3: 2011年

544. 篠山彰、花野克哉、高橋大祐、阿部道彦:住宅基礎の高耐久化に関する実験(その1~2), 日本建築学会大会学術講演梗概集(材料施工), pp.839-843, 2011.8
545. 田村雅紀、岡野速人、小室清人:各種副産微粉を混和したセメント系建設資材の熱的物性変化その1 ペースト供試体による力学特性と細孔分布, 日本建築学会大会学術講演梗概集(材料施工), pp.983-984, 2011.8
546. 中村則清、阿部道彦:各種ポルトランドセメントを用いたコンクリートの促進中性化に及ぼす養生条件の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.559-560, 2011.7
547. 齊藤辰哉、上本洋、鹿毛忠継、阿部道彦、浅野研一:高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの凍結融解抵抗性に関する実験(その1 ブリーディングおよび強度性状), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.591-592, 2011.7
548. 上本洋、齊藤辰哉、鹿毛忠継、阿部道彦、浅野研一:高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの凍結融解抵抗性に関する実験(その2 凍結融解抵抗性と気泡組織), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.593-594, 2011.7
549. 鈴木澄江、真野孝次、阿部道彦:硬焼生石灰を混合したモルタル供試体によるポップアウト試験方法に関する検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.607-608, 2011.7
550. 古川雄太、石川嘉崇、阿部道彦、友澤史紀:石炭溶融水砕スラグのコンクリート用細骨材への利用に関する研究(その13 材齢経過に伴う品質の向上), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.635-636, 2011.7
551. 熊谷茂、石川嘉崇、阿部道彦、友澤史紀、石炭溶融水砕スラグのコンクリート用細骨材への利用に関する研究(その14 石炭溶融スラグを用いたモルタルのブリーディングに関する検討), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.637-638, 2011.7
552. 篠山彰、花野克哉、高橋大祐、阿部道彦:住宅基礎の高耐久化に関する実験(その1 実験概要および受入れ時の品質), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.839-840, 2011.7
553. 花野克哉、篠山彰、高橋大祐、阿部道彦:住宅基礎の高耐久化に関する実験(その2 コアの性状および配筋精度), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.841-843, 2011.7
554. 阿部道彦:コンクリート用骨材の動向, 日本コンクリート工学協会北海道支部, 札幌, 2011.3
555. 堤貴之、遠藤勝信、阿部道彦、上本洋:高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの凍結融解および中性化に関する実験, 日本建築学会関東支部研究発表会, 1001, 2011.3
556. 石川潤、小川祐平、阿部道彦:モルタルのブリーディングに及ぼす細骨材の種類の影響, 日本建築学会関東支部研究発表会, 1002, 2011.3
557. 山下修平、宮崎雄、阿部道彦、中村則清:各種セメントを用いたコンクリートの促進中性化試験方法の検討, 日本建築学会関東支部研究発表会, 1012, 2011.3
558. 酒井亜加里、神原淳、阿部道彦:溶融スラグ細骨材のポップアウトの試験方法に関する検討, 日本建築学会関東支部研究発表会, 1014, 2011.3
559. 秋山大志、阿部道彦、大貫信悟、花野克哉:コンクリート基礎の高耐久化に関する検討, 日本建築学会関東支部研究発表会, 1016, 2011.3
560. 田村雅紀、岡野速人、小室清人:各種副産微粉を混和したセメント系建設資材の熱的物性変化

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

その1	ペースト供試体による力学特性と細孔分布, 2011年度日本建築学会学術講演梗概集, 2011.9
561.	石塚裕実, 田村雅紀, 後藤治, 田揚裕子, 山本博一: 茅勾配を変化させた伝統的茅葺屋根の内部湿度分布と乾燥状態の評価, 日本建築仕上学会学術講演論文集, 2011.10
562.	田村雅紀, 磯川光, 金巻とも子, 熊野康子, ペット共棲住環境の QOL 改善を目的とした製造・施工段階対策, その1 平常時における計画と対応, 社会貢献学会第2回学術講演集, 2011.12
563.	田島三嘉, 田村雅紀, 内田友賀: ペット共棲住環境の QOL 改善を目的とした製造・施工段階対策, その2 災害時における計画と対応, 社会貢献学会第2回学術講演集, 2011.12
564.	君島 新一, 田村 雅紀, 大原 千佳子: 新素材壁紙のテクスチャーに関する自然素材の表現性評価, 日本建築仕上学会学術講演論文集, 2011.10
565.	田村雅紀, 岡野速人, 徐叢曜: 各種副産微粉を混和したセメント系建築仕上げ材の熱的物性変化, 日本建築仕上学会学術講演論文集, 2011.10
566.	田村雅紀, 水沼秀一, 千崎大輔, 名知洋子: 建築仕上材を対象とした製造・輸送時の環境負荷評価, 日本建築仕上学会学術講演論文集, 2011.10
567.	小室清人, 田村雅紀: 炭素固定性を有する海洋生物殻を使用した建材に関するカーボンニュートラル性の検証日本建築仕上学会学術講演論文集, 2011.10
568.	磯川光, 田村雅紀, 金巻とも子: ペット共棲住宅のQOL改善を目的とした内装建材性状の評価, 日本建築仕上学会学術講演論文集, 2011.10
569.	清永美奈子, 田村雅紀, 後藤治, 山本博一, 高塚里美: 伝統的木造建築に用いられるこけら材の高度維持・保存方法に関する研究, 日本建築仕上学会学術講演論文集, 2011.10
570.	永美奈子, 田村雅紀, 後藤 治, 山本博一, 高塚里美, 伝統的木造建築に用いられるこけら材の高度維持・保存方法に関する研究, その6 こけら材の1年間の屋外暴露試験結果, 日本建築仕上学会学術講演論文集, 2011.10
571.	大原千佳子, 田村雅紀, 君島新一: 新素材壁紙のテクスチャーに関する自然素材の表現性評価, その1 実験概要及び評価指標の確認, 2011年度日本建築学会学術講演梗概集, 2011.9
572.	君島新一, 田村雅紀, 大原千佳子: 新素材壁紙のテクスチャーに関する自然素材の表現性評価, その2 官能検査の結果及び印象評価, 2011年度日本建築学会学術講演梗概集, 2011.9
テーマ3: 2010年	
573.	外山明日香, 阿部道彦: 高強度域を含むコンクリートの強度特性に及ぼす空気量の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.1323-1324, 2010.9
574.	高倉智志, 栗原龍仁, 築地健, 阿部道彦: 公営住宅に用いられたコンクリートの中性化に関する実態調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.1261-1262, 2010.9
575.	齊藤辰弥, 赤荻満, 中村則清, 阿部道彦: 各種セメントを用いたモルタルの促進中性化試験に関する検討(その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.1243-1244, 2010.9
576.	齊藤辰弥, 赤荻満, 中村則清, 阿部道彦: 各種セメントを用いたモルタルの促進中性化試験に関する検討(その1), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.1241-1242, 2010.9
577.	桐山宏和, 安田弘喜, 佐々木隆浩, 荒川琢也, 蜂須賀元文, 阿部道彦: 各種 PCa パネル用コンクリートの促進中性化に関する実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.1237-1238, 2010.9
578.	安田正雪, 阿部道彦, 船本憲治, 赤瀬竜也, 田野崎隆雄, 今本啓一: 中庸熱フライアッシュセメントを使用したコンクリートの耐久性に関する実験的研究(その7: 初期養生の違いが耐久性に及ぼす影響), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.767-768, 2010.9
579.	橋本隆, 阿部道彦, 船本憲治, 真野孝次, 赤塚久修, 安富陽子, 黒岩秀介: 中庸熱フライアッシュセメントを使用したコンクリートの耐久性に関する実験的研究(その6: 乾燥単位容積質量に関する考察), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.765-766, 2010.9
580.	船本憲治, 阿部道彦, 真野孝次, 赤塚久修, 安富陽子, 石川嘉崇: 中庸熱フライアッシュセメントを使用したコンクリートの耐久性に関する実験的研究(その5: 長期強度・塩化物イオン浸透性・中性化), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.763-764, 2010.9
581.	鈴木澄江, 真野孝次, 阿部道彦: 溶融スラグ骨材の確認試験方法に関する検討(その1. モルタル供試体による促進試験方法), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.693-694, 2010.9
582.	古川雄太, 石川嘉崇, 阿部道彦, 友澤史紀: 石炭溶融水砕スラグのコンクリート用骨材への利用に関する研究 その 12 凍結融解抵抗性の改善, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.687-688, 2010.9
583.	上本洋, 古川雄太, 石川嘉崇, 阿部道彦, 友澤史紀: 石炭溶融水砕スラグのコンクリート用骨材への利用に関する研究 その 11 各種スラグ細骨材を使用したコンクリートの気泡組織と耐凍害性について, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.685-686, 2010.9
584.	阿部道彦: 主旨説明 人に優しいコンクリート コンクリートの価値の再発信, 日本建築学会大会材料施工部門研究協議会資料, pp.1-2, 2010.9
585.	阿部道彦: コンクリートをめぐる最近の動向, 栃木県建設展技術講演会, 栃木, 2010.7
586.	田村雅紀, 箕山敏彦, 建築内装用塩化ビニル壁紙シートのテクスチャーと色彩特性が印象評価

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

に与える影響建築日本建築仕上学会学術講演論文集, pp.183-186(2010.10)

587. 田村雅紀, 吉岡智博, 解体コンクリート起源廃棄モルタルの炭酸化処理による仕上材用改質混和材とその二酸化炭素固定量に関する考察, pp.195-198, 2010 年度日本建築仕上学会学術発表論文集, 2010 年 10 月
588. 小室清人, 田村雅紀, 海洋生物殻廃棄物を用いたモルタル材料の破壊特性とカーボンニュートラル性の評価, 日本建築仕上学会学術発表論文集, (2010.10)
589. 田村雅紀, 玉井孝幸, 彦坂信之, 田山隆文, 嵩英雄, 高品質再生骨材を使用したコンクリートの強度性状に関する実験的研究(その 1) 実験概要および再生骨材Hを用いたコンクリートの調合, 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 1083-1084 (2010.9)
590. 彦坂信之, 田山隆文, 田村雅紀, 玉井孝幸, 嵩英雄, 高品質再生骨材を使用したコンクリートの強度性状に関する実験的研究(その 2) 各種強度性状と試験時の供試体の乾湿影響, 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 1085-1086 (2010.9)
591. 玉井孝幸, 田村雅紀, 彦坂信之, 田山隆文, 嵩英雄, 高品質再生骨材を使用したコンクリートの強度性状に関する実験的研究(その 3) 非破壊試験による強度推定, 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 1085-1086 (2010.9)
592. 太原亜実, 田村雅紀, 改質した骨材回収型コンクリートによる二次副産材料の成因特性と骨材回収性向上に関する研究 2009 年度日本建築学会関東支部発表論文集, pp.89-92, 2010 年 3 月
593. 石田慎平, 田村雅紀, 資源環境保全を目指した副産微粉コンクリートの総合的物性評価に関する研究, 2009 年度日本建築学会関東支部発表論文集, pp.77-80, 2010 年 3 月
594. 渡辺恭平, 田村雅紀, 名知洋子, 首都圏で実施された鉄骨造および鉄筋コンクリート造建築物における資材利用・輸送時環境負荷用か, pp.93-96, 2009 年度日本建築学会関東支部発表論文集, 2010 年 3 月

テーマ4: 2014年

595. 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, (富山), 2014.10.26
596. 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, (富山), 2014.10.25
597. 障害物近傍に置かれた小型軸流ファンの性能特性, 中村慎策, 清水翔平, 高橋政行, 佐藤光太郎, 横田和彦, 日本機械学会第 92 期流体工学部門講演会講演論文集, (富山), 2014.10.2
598. 芳根 歩, 水野 修, OpenFlow による減災用長距離無線 LAN システム冗長化構成の実装 2014 年電子情報通信学会ソサエティ大会, 徳島市, BS-3-11, 2014 年 9 月.
599. Junichi Arai, Shingo Uchiyama, Basic study on contribution to dynamic stability by large photovoltaic power generation, 9 AMCSE 国際学会, 3245012,, Varna, Bulgaria, 2014 年 9 月 14 日
600. Norimitsu Ichikawa, Electrostatically induced voltage on conductive objects contained in metal box when charged body moves away from the box, The 9th Conference of the French Society of Electrostatics, Toulouse, 2014 年 8 月
601. 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(札幌), 2014.7.29
602. 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(札幌), 2014.7.29
603. 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, 清日本混相流学会混相流シンポジウム 2014 講演論文集 2014(札幌), 2014.7.29
604. 市川紀充, 豊田武二, スマートグリッドと需要家ファシリティ間のサービス・インフラの検討とその成果, 電気学会 D 部門大会シンポジウム, 東京, 2014 年 8 月
605. 市川紀充, 豊田武二, スマートグリッドと需要家ファシリティ間のサービス・インフラの概要, 電気学会スマートファシリティ研究会, 2014 年 4 月
606. 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, 石日本混相流学会混相流シンポジウム 2014 講演論文集 2014(札幌), 2014.7.29
607. 秋山洋平, 小林亜樹, DTN アーキテクチャに基づいた災害情報共有システム, 平成 26 信総大, DS-2-7, 新潟県新潟市, 2014 年 3 月
608. 秋山洋平, 小林亜樹, DTN アーキテクチャに基づくストレージ運搬型通信による災害時情報共有システム, 信学技報 NS2013-267, Vol. 113, No. 472, pp. 525-530, 宮崎県宮崎市, 2014 年 3 月
609. 隆 晃人, 池間優司, 浅谷耕一, 水野 修, 都市災害を想定した情報収集配信ネットワークにおけるマルチホップ伝送路の構築法, 2014 年電子情報通信学会総合大会, B-6-1, 新潟市, 2014 年 3 月.
610. 3 芳根 歩, 石川 誠, 隆 晃人, 水野 修, OpenFlow を用いた減災用長距離無線 LAN システムの冗長構成, 2014 年電子情報通信学会総合大会, B-6-3, 新潟市, 2014 年 3 月.

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

611. 海老澤亮丞, 隆 晃人, 水野 修, 減災情報ネットワークにおけるネットワーク管理システム, 2014年電子情報通信学会総合大会, B-6-4, 新潟市, 2014年3月.
612. 三塚浩平, 水野 修, 災害時を想定した道案内システムの位置推定誤差の影響評価, 2014年電子情報通信学会総合大会, BS-3-3, 新潟市, 2014年3月.
613. 幡野文哉, 姜 東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 水噴射による柔軟シートフラッタの超音速混合評価, 日本機械学会関東支部第20期総会・講演会(東京・小金井), 2014.3.15
614. 小田 竜, 姜 東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, ポンプ水車緊急停止時に生じる作動特性に関する研究, 日本機械学会関東支部第20期総会・講演会(東京・小金井), 2014.3.15
615. 木下寛之, 姜 東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 曲がり流路の回転円柱粘性マイクロポンプの圧力性能に及ぼす曲がりの影響, 日本機械学会関東支部第20期総会・講演会(東京・小金井), 2014.3.15
616. 奥村 純, 姜 東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, せん断流中における円柱の空力特性に関する研究, 日本機械学会関東支部第20期総会・講演会(東京・小金井), 2014.3.15
617. 田仲浩, 姜 東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 小型多翼ファンの流れの不安定現象に関する研究, 日本機械学会関東支部第20期総会・講演会(東京・小金井), 2014.3.15】
618. 福元篤史, 姜 東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 斜円柱群の伝熱特性に関する実験と数値計算, 日本機械学会関東支部第20期総会・講演会(東京・小金井), 2014.3.15
619. 山中貴央, 姜 東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 柔軟シートフラッタ風力発電に対する発電負荷の影響, 日本機械学会関東支部第20期総会・講演会(東京・小金井), 2014.3.15
620. 中村慎策, 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障害物の影響, 日本機械学会九州支部第67期総会・講演会(福岡・北九州), 2014.3.14
621. S. Kubo, J. Arai, Power Leveling Operation in Photovoltaic Power Generation Considering Remaining Charge in DC Capacitor, IEEJ-EIT Joint Symposium on Advanced Technology in Power Systems, PSE-14-010, Bangkok, Thailand, 2014.3, *
622. T. Sato, J. Arai, Study on Coordinated Operation for Isolated Power System Consisting of Battery Energy Storage System and Fuel Cell, IEEJ-EIT Joint Symposium on Advanced Technology in Power Systems, PSE-14-008, Bangkok, Thailand, 2014.3
623. 池間優司, 水野 修, 都市災害時における情報収集のためのデータ伝送方式の検討, 電子情報通信学会第3回ネットワークソフトウェア研究会, 名古屋市, 2014年1月

テーマ4: 2013年

624. J. Arai, Analysis of ac transmission from desert area large scale photovoltaic generation, EEIC2013, Alsalem Mohammed Hassan, No. 103, Hong Kong, 2013.12
625. 佐藤雅史, 米盛弘信, 小林 幹, “独立型 PV システムにおける鉛蓄電池のための電流制限回路に関する検討”, 2013年(第31回)電気設備学会全国大会講演論文集, pp.151-152 (2013-09)
626. S. Kubo, J. Arai, 13th International conference on electric power systems, high voltages, electric machines (POWER '13), WSEAS, Output power leveling in household photovoltaic generation system with capacitor, pp 33-37, 2013.8
627. 佐藤泰平, 荒井純一, 緒方隆雄, 塚田龍也, 山下明, 集合住宅における蓄電池と燃料電池による自立運転のシミュレーション, 電気設備学会全国大会, A-12, 2013
628. 佐藤泰平, 荒井純一, 緒方隆雄, 塚田龍也, 山下明, 電力貯蔵装置とインバータ電源で構成する自立系統の運転限界に関する検討, 電気学会電力系統技術委員会研究会, PSE-13-068, PE-13-052, 2013.9
629. 久保守二郎, 荒井純一, 大容量キャパシタを用いた太陽光発電出力平準化方式の検討, 電気学会全国大会, 2013.3
630. 秋山洋平, 小林亜樹, 通信途絶拠点との情報転送プロトコル実装の提案, 情報処理学会全国大会講演論文集 2013(1), 宮城県仙台市, pp. 271-273, 2013年3月
631. * 竹下尚克, 小林亜樹, 通信途絶時にも運用できる情報通信システムのためのデータ可搬化手法, 情報処理学会全国大会講演論文集, 宮城県仙台市, Vol. 2013(1), pp. 343-345, 2013年3月
632. 隆 晃人, 山本 翔, 水野 修, “減災情報ネットワークにおける持続的サービス提供方式,” 2013電子情報通信学会総合大会, B-6-67, 岐阜市, 2013年3月
633. 飯川翔太郎, 山本 翔, 荒井純一, 水野 修, “都市減災用長距離無線 LAN システムへの独立型電源の適用評価,” 2013電子情報通信学会総合大会, B-6-134, 岐阜市, 2013年3月
634. 澁沢 祥, 隆 晃人, 山本 翔, 水野 修, “都市災害発生時に適用する情報収集配信ネットワークのバッテリー管理システム,” 2013電子情報通信学会総合大会, B-6-135, 岐阜市, 2013年3月
635. 遠藤一輝, 隆 晃人, 山本 翔, 水野 修, “無線 LAN を用いた情報収集配信ネットワークにおける伝送制御方式,” 2013電子情報通信学会総合大会, B-7-51, 岐阜市, 2013年3月
636. 隆 晃人, 山本 翔, 水野 修, “都市災害における減災情報ネットワークに適するアプリケーションの検討,” 2013電子情報通信学会総合大会, B-18-10, 岐阜市, 2013年3月

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

テーマ4: 2012年

637. T. Nagahira, J. Arai, T. Shinji, T. Ogata, A. Yamashita, Stability Analysis of Inverter for Renewable Energy, 12th WSEAS International Conference on Electric Power Systems, High Voltages, Electric Machines (POWER '12), Prague, Czech, 68503-025, 2012.9
638. T. Morii, J. Arai, T. Masahiro, Stability Analysis of Inverter for Renewable Energy, 12th WSEAS International Conference on Electric Power Systems, High Voltages, Electric Machines (POWER '12), Prague, Czech, 68503-022, 2012.9
639. Junichi ARAI, Mongolian - Japanese traditional international seminar, Study on isolated power system consisted of diesel generator and photovoltaic generation, Ulaanbaatar, Mongolia, 2012.8
640. 佐藤雅史, 米盛弘信, 小林 幹: “独立型 PV システムにおける蓄電方法の改善に関する検討”, 2012 年(第 30 回)電気設備学会全国大会講演論文集, pp.345-346 (2012-08)
641. NAGAHIRA Tomoki, ARAI Junichi, SHINJI Takao, OGATA Takao, YAMASHITA Akira, A Study of Islanded Operation of Ac System Consisted of BESS and Distributed Energy, ICEE2012, p496-500, 2012.7
642. MORII Tooru, ARAI Junichi, TSUMENAGA Masahiro, Development of Stability Analysis of Inverter Control for Renewable Energy, ICEE2012, p608-613, 2012.7
643. Junichi Arai, Tsuyoshi Takada, Kaoru Koyanagi, Ryuichi Yokoyama, Power Smoothing by Controlling Stored Energy in Capacitor of Photovoltaic Power System, APPEEC 2012, 上海, 2012.3
644. 永田 恭輔, 山口 実靖, “Android アプリケーションの起動性能解析システムとその評価,” マルチメディア、分散、協調とモバイル DICOMO2012 シンポジウム, pp.83-90, July, 2012
645. 服部 拓也, 山口 実靖, “Android 端末におけるデータベースアクセス性能の解析と考察,” マルチメディア、分散、協調とモバイル DICOMO2012 シンポジウム, pp.91-96, July, 2012.
646. 竹内 洗祐, 長廻 雄介, 山口 実靖, “複数サーバ接続単一ネットワークストレージ環境での下位キャッシュへの参照の局所性の解析,” マルチメディア、分散、協調とモバイル DICOMO2012 シンポジウム, pp. 418-424, July, 2012
647. 山本 翔, 浅谷 耕一, 水野 修, 減災情報ネットワークにおける長距離無線 LAN システムの基礎検討, 2012 電子情報通信学会総合大会 B-6-17, 岡山市, 2012 年 3 月
648. 隆 晃人, 山本 翔, 浅谷 耕一, 水野 修, 都市災害時におけるエリア情報収集配信のためのアクセスポイント設置法, 2012 電子情報通信学会総合大会 B-6-16, 岡山市, 2012 年 3 月
649. 永平智樹, 荒井純一, 進士 誉夫, 緒方隆雄, 山下明, 自立運転用蓄電池インバータの研究, 電気学会全国大会, 2012.3
650. 堀内浩基, 山口実靖, KVS の性能伸縮性の評価, 情報処理学会第 74 会全国大会, 1N-1, 2012 年 3 月
651. 久野陽介, 山口実靖, 複数 VM の遠隔ライブマイグレーションにおける VM 上プロセスの性能, 情報処理学会第 74 会全国大会, 2K-4, 2012 年 3 月
652. 山田将也, 山口実靖, 仮想計算機環境を考慮した仮想 HDD イメージファイルの再配置手法の性能評価, 情報処理学会第 74 会全国大会, 2K-5, 2012 年 3 月
653. 新居健一, 山口実靖, アクセス履歴を用いた I/O スケジュールの動的変更, 情報処理学会第 74 会全国大会, 2K-7, 2012 年 3 月
654. 渡邊有貴, 山口実靖, 仮想記憶を考慮した仮想計算機のメモリ割当, 情報処理学会第 74 会全国大会, 2K-8, 2012 年 3 月
655. 長廻雄介, 山口実靖, 複数サーバ環境における上位キャッシュを考慮した下位キャッシュ置換手法の性能評価, 情報処理学会第 74 会全国大会, 3J-8, 2012 年 3 月
656. 永田恭輔, 山口実靖, Android アプリケーションの起動性能の解析システム, 情報処理学会第 74 会全国大会, 3K-2, 2012 年 3 月
657. 服部拓也, 新居健一, 山口実靖, Android OS におけるデータベースのアクセス性能に関する考察, 情報処理学会第 74 会全国大会, 3K-3, 2012 年 3 月
658. 松本翔飛, 山口実靖, GPU を用いた Web データの並列処理, 情報処理学会第 74 会全国大会, 4K-2, 2012 年 3 月
659. 小林宙記, 山口実靖, 堀内浩基, KVS におけるノード削除性能の評価, 情報処理学会第 74 会全国大会, 5W-6, 2012 年 3 月
660. 小川寿人, 山口実靖, Android 端末における、演算性能の評価と消費電力の測定, 情報処理学会第 74 会全国大会, 6J-6, 2012 年 3 月
661. 竹内洗祐・長廻雄介・山口実靖, 複数サーバ接続ネットワークストレージへの参照の局所性の解析, 電子情報通信学会 2012 年総合大会講演論文集, D-6-19, 2012 年 3 月
662. 大浦 亮・山口実靖, パケットロス環境における実 TCP と実ネットワーク機器を用いた TCP 輻輳回避アルゴリズムの公平性の解析, 電子情報通信学会 2012 年総合大会講演論文集, D-6-20, 2012 年 3 月

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

663. 高橋真史・大浦 亮・山口実靖, 仮想計算機を用いた高遅延環境におけるTCP通信の性能の向上, 電子情報通信学会 2012年総合大会講演論文集, D-6-31, 2012年3月
664. 竹内 洸祐, 長廻 雄介, 山口 実靖, 多段キャッシュ環境の下位キャッシュにおける参照の時間的局所性の解析, 第150回マルチメディア通信と分散処理研究会 (31), 2012年1月
665. 渡邊 有貴, 山口 実靖, 仮想計算機キャッシュと仮想記憶を考慮した仮想計算機メモリ割当量に関する一考察, 第150回マルチメディア通信と分散処理研究会 (39), 2012年1月
666. 小山貴夫, 宮前佑矢, 小林亜樹, 月館 司: 寒冷地暖房制御のための気温情報収集システムの開発, 2012信総大論文集 B-20-17, 通信講演論文集2, p.685, 岡山市, 2012年3月
667. 小林亜樹, 新守敏明, 猪上雅之, 小山貴夫: 寒冷地暖房制御のための戸別気温予測に関する基礎検討, 2012信総大論文集 B-20-16, 通信講演論文集2, p.684, 岡山市, 2012年3月
668. 石倉頌子, 小林亜樹: 寄り道経路推薦方式, 情報処理学会第74回全国大会講演論文集 1P-2, No.1, pp.671-672, 名古屋市, 2012年3月
669. 古賀健士郎, 庄司功樹, 小林亜樹: タイミングを考慮した将来イベントtweetの再通知, 情報処理学会第74回全国大会講演論文集 3P-4, No.1, pp.709-710, 名古屋市, 2012年3月
670. 近藤聡士, 橋本 歩, 小林亜樹: 乗り換え案内結果の集約化インタフェースの提案, 情報処理学会第74回全国大会講演論文集 3P-5, No.1, pp.711-712, 名古屋市, 2012年3月
671. 工藤悠太, 小林亜樹: リツイート率の算出による価値あるツイートの発見手法, 情報処理学会第74回全国大会講演論文集 3X-1, No.3, pp.297-298, 名古屋市, 2012年3月
672. 橋本歩, 小林亜樹: 納得感を高める検索過程の可視化方式, DEIM forum 2012 論文集, C8-3 神戸市, 2012年3月
673. 山本 翔, 浅谷 耕一, 水野 修, 減災情報ネットワークにおける長距離無線 LAN システムの基礎検討, 2012電子情報通信学会総合大会 B-6-17, 2012年3月
674. 隆 晃人, 山本 翔, 浅谷 耕一, 水野 修, 都市災害時におけるエリア情報収集配信のためのアクセスポイント設置法, 2012電子情報通信学会総合大会 B-6-16, 2012年3月
675. 山本 翔, 隆 晃人, 渋沢 祥, 浅谷 耕一, 水野 修, “都市災害時における情報収集配信システムの安定性評価”, 2012電子情報通信学会ソサエティ大会, B-6-58, Sep. 2012.
676. 永平智樹, 荒井純一, 進士誉夫, 緒方隆雄, 山下明, 「自立運転用蓄電池インバータの研究」電気学会全国大会 2012年3月21日
677. 西村和則, 市川紀充, 中小需要家におけるAMIインターフェースデマンド制御、電気学会全国大会シンポジウム、2012年3月

テーマ4: 2011年

678. 渡邊有貴, 山口実靖, 仮想化環境における VM メモリ割当量とキャッシュ利用に関する一考察, 情報処理学会第153回データベースシステム研究発表会, 2011年11月
679. 大塚雅博, 山本 翔, 浅谷 耕一, 水野 修, 都市災害時に適用するユーザ情報収集・配信システムの提案, 電子情報通信学会 第14回ネットワークソフトウェア研究会, 東京, 2011年10月
680. 山田将也・山口実靖, 二重ファイルシステム環境を想定した仮想 HDD イメージファイルの再配置に関する考察, FIT2011 第10回情報科学技術フォーラム, B-045, 2011年9月
681. 服部拓也・新居健一・山口実靖, Android OS の I/O 性能評価と動作解析, FIT2011 第10回情報科学技術フォーラム, B-046, 2011年9月
682. 竹内洸祐・山口実靖・長廻雄介, 二重キャッシュ環境の下位キャッシュにおける参照の局所性の解析, FIT2011 第10回情報科学技術フォーラム, B-047, 2011年9月
683. 長廻雄介・山口実靖, 上位キャッシュサイズを考慮した二重キャッシュ環境における下位キャッシュの置換手法, FIT2011 第10回情報科学技術フォーラム, B-048, 2011年9月
684. 渡邊有貴・山口実靖, ホストOSとゲストOSの統合的動作解析によるVMメモリ割当量に関する考察, FIT2011 第10回情報科学技術フォーラム, B-053, 2011年9月
685. 新居健一・山口実靖, I/Oスケジューラの改善による仮想計算機I/O性能向上手法の応答性能の評価, FIT2011 第10回情報科学技術フォーラム, B-054, 2011年9月
686. 久野陽介・新居健一・山口実靖, 遠隔ライブマイグレーションによるVM上プロセスの性能に関する考察, FIT2011 第10回情報科学技術フォーラム, B-055, 2011年9月
687. 堀内浩基・山口実靖, 広域分散環境におけるKVSの性能に関する一考察, FIT2011 第10回情報科学技術フォーラム, D-027, 2011年9月
688. 大塚雅博, 山本 翔, 浅谷 耕一, 水野 修, 都市災害時に適用するユーザ情報収集・配信システムの提案, 電子情報通信学会 第14回ネットワークソフトウェア研究会, 2011年10月
689. 庄司功樹, 小林亜樹: 協調的な情報を用いた検索ナビゲーション手法, FIT2011 D-012, FIT2011, No.2, pp.149-150, 函館市, 2011年9月
690. 橋本歩, 小林亜樹: 次の検索を支援するインタフェースの提案, FIT2011 D-011, FIT2011, No.2, pp.147-148, 函館市, 2011年9月
691. 横田智博, 小林亜樹: 協調フィルタリングによる情報推薦の評価実験を支援する疑似データセッ

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

	トの提案, FIT2011 D-003, FIT2011, No.2, pp.127-128, 函館市, 2011年9月
692.	市川紀充、武井誠司、開口部の無い浮遊電位の金属筐体に生じる誘導電圧、電気設備学会全国大会、2011年9月
693.	上野達也、市川紀充、坂本哲夫、低電圧直流給電の配線長による放電時間への影響、電気設備学会全国大会、2011年9月
694.	川本哲也、荒井純一、市川紀充、帯電した人体のモニタリング技術の基礎研究、電気設備学会全国大会、2011年9月
695.	小泉怜、中川盟士、西部光一、佐藤光太郎、横田和彦、円柱曲面シンセティックジェットの流動特性、日本混相流学会年会講演論文集 2011, 368-369, 京都, 2011.08.08
696.	根本篤、田中雅人、佐藤光太郎、武沢英樹、横田和彦、気泡の運動により生成されるシンセティックジェットの流動特性、日本混相流学会年会講演論文集 2011, 京都, 2011.08.08
697.	紙谷祐樹、佐藤光太郎、横田和彦、吹き出しスロットを有する平板翼の流動特性、日本混相流学会年会講演論文集 2011, 京都, 2011.08.08
698.	福島大海、江口直哉、佐藤光太郎、横田和彦、円板型粘性マイクロポンプの性能特性、日本混相流学会年会講演論文集 2011, 京都, 2011.08.08
699.	浜野友紀、野原徹雄、雑賀 高、尿素を燃料とする水素エネルギーシステム(第3報)、第20回日本エネルギー学会大会、2011年8月。
700.	鈴木健太、大久保 裕、浜野友紀、雑賀 高、アンモニア燃料・燃料電池自動車の開発設計、第20回日本エネルギー学会大会、2011年8月。
701.	矢川一輝、平野貴之、雑賀 高、CO2回収DMEハイブリッドシステムの研究、第20回日本エネルギー学会大会、2011年8月
702.	Kyosuke Okamura, Junichi Arai, Yukihiro Sawada, Study on Voltage Control of Distribution Network with Photovoltaic power Generation, ICEE 国際学会, 香港, ICEE-A-130, 2011.7
703.	Tsuyoshi Takada, Junichi Arai, Kaoru Koyanagi, Ryuichi Yokoyama, Analysis of Flexible Inverter for Household Photovoltaic Cell with Active Power and Reactive Power Controls, ICEE 国際学会, 香港, ICEE-A-134, 2011.7
704.	Shuhei Yamada, Junichi Arai, Research of microgrid composed of inverter power source and synchronous generator, ICEE 国際学会, 香港, ICEE-A-129, 2011.7
705.	山田 将也、山口 実靖、仮想計算機環境におけるVMイメージファイルの配置に関する一考察、マルチメディア、分散、協調とモバイル(DICOMO2011)シンポジウム, 6H-4, pp. 1234 - 124, 2011年7月
706.	服部 拓也、新居 健一、山口 実靖、Android OSにおける演算性能とI/O性能の評価と解析、マルチメディア、分散、協調とモバイル(DICOMO2011)シンポジウム, 7H-1, pp. 1399 - 1406, 2011年7月
707.	久野 陽介、新居 健一、山口実靖、ライブマイグレーション中の仮想計算機上のプロセスの性能に関する考察、マルチメディア、分散、協調とモバイル(DICOMO2011)シンポジウム, 8H-3, pp. 1611 - 1620, 2011年7月
708.	山本 翔、瀧口貴史、浅谷耕一、水野 修、首都圏直下型地震に対応する減災情報ネットワークの提案、電子情報通信学会 第13回ネットワークソフトウェア研究会, 2011年6月
709.	大竹 浩靖、馬詰 文彦、地震振動が冷却限界および沸騰気泡挙動に及ぼす影響に関する研究(加熱面振動下のCHF発生機構の考察)、第16回動力エネルギー技術シンポジウム、日本機械学会、大阪、2011年6月
710.	奥山耕平、荒井純一、米盛弘信:“FEM解析による分割コイル方式IHクッキングヒータの漏れ磁束低減効果の検証”, 第23回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講演論文集, pp.171-176, ウィンクあいち(2011-05)
711.	堀川 敦史、高木 亮、小林 幹、光触媒を塗布したPVの防汚効果と出力改善、電気学会全国大会、大阪大学、2011.3
712.	酒井貴多、山口実靖、“複数GPU環境における消費電力と性能の関係に関する考察”, 129回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 2011年3月
713.	越智 俊介、山口 実靖、“高集約サーバ統合環境におけるWebアプリケーションの性能に関する考察”, 情報処理学会 第146回マルチメディア通信と分散処理・第52回コンピュータセキュリティ合同研究発表会, 2011年3月
714.	小山 芳樹、山田 将也、松村 政志、山口 実靖、“オンメモリ型ストレージ間データマイグレーションの性能と負荷の評価”, 情報処理学会 第146回マルチメディア通信と分散処理・第52回コンピュータセキュリティ合同研究発表会, 2011年3月
715.	宮崎公貴、山口実靖、“GPUを用いた画像ブロックの探索の高速化”, 情報処理学会 第73回全国大会, 4H-5, 2011年
716.	酒井貴多、山口実靖、“GPUにおけるメモリアクセスの性能と消費電力に関する一考察”, 情報処理学会 第73回全国大会, 4H-6, 2011年

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

717. 服部拓也, 山口実靖, “Android 環境の基本性能に関する考察”, 情報処理学会 第 73 回全国大会, 1J-1, 2011 年
718. 小山芳樹, 山田将也, 山口実靖, “ストレージ負荷を考慮したオンメモリ型低負荷データマイグレーション”, 情報処理学会 第 73 回全国大会, 2J-8, 2011 年
719. 長廻雄介, 山口実靖, “上位キャッシュの動作を考慮した下位キャッシュの置換手法”, 情報処理学会 第 73 回全国大会, 2J-9, 2011 年
720. 新居健一, 山口実靖, “仮想化環境における I/O スケジューラの動作解析”, 情報処理学会 第 73 回全国大会, 3J-6, 2011 年
721. 山田将也, 山口実靖, “仮想ディスクイメージのブロック再配置による仮想計算機の I/O 性能向上に関する考察”, 情報処理学会 第 73 回全国大会, 3J-7, 2011 年
722. 久野陽介, 山口実靖, “ライブマイグレーションによるプロセス性能劣化の解析”, 情報処理学会 第 73 回全国大会, 3J-8, 2011 年
723. 越智俊介, 山口実靖, “高集約サーバ統合環境における仮想計算機の性能向上手法”, 情報処理学会 第 73 回全国大会, 3J-9, 2011 年
724. 梅澤辰徳, 山口実靖, “RDBMS の Planner におけるスキャンコスト見積りの改善”, 情報処理学会 第 73 回全国大会, 5M-1, 2011 年
725. 大浦 亮, 山口実靖, “高速 TCP の性能解析と公平性に関する検討”, 情報処理学会 第 73 回全国大会, 6X-4, 2011 年
726. 堀内浩基・新居健一・山口実靖, “割り当てメモリ量見積りの変更による動的 VM メモリ量変更手法の改善”, 電子情報通信学会 2011 総合大会 D-6-10, 2011 年 3 月
727. 松村政志・小山芳樹・山口実靖, “複数 HDD 環境におけるファイルシステムレベルデータ分散の I/O 性能”, 電子情報通信学会 2011 総合大会 D-6-11, 2011 年 3 月
728. 竹内洗祐・長廻雄介・山口実靖, “ネットワークストレージ環境における下位キャッシュへのアクセスパターンの解析”, 電子情報通信学会 2011 総合大会 D-6-12, 2011 年 3 月
729. 石川直樹, 小林亜樹, 経路情報の能動的キャッシュによる P2P 探索負荷削減, 信学技報, 沖縄県宜野湾市, IN2010-207, Vol.110, No.449, pp. 377-382, 2011 年 3 月
730. 石川直樹, 小林亜樹: 高負荷探索ルートの縮減による探索負荷低減, 電子情報通信学会 2011 年総合大会, B-7-27, (3 月予定), 電子情報通信学会, 東京都世田谷区, 2011 年 3 月
731. 瀧口 貴史, 杉崎 義雄, 水野 修, 浅谷 耕一, 減災情報通信システムに適用するバックアップ用 FWA 回線の伝送特性, 2011 電子情報通信学会総合大会 B-14-16, 東京, 2011 年 3 月
732. 山本 翔, 浅谷 耕一, 水野 修, 都市減災情報ネットワークに適用するアプリケーションセッションハンドオーバー方式, 2011 電子情報通信学会総合大会 B-19-15, 東京, 2011 年 3 月
733. 市川紀充: 「業種毎に発生する感電災害の傾向と防止対策」, 電気学会生産設備管理技術研究会, 電気学会, 工学院大学, 2011 年 1 月.
734. 堀川 敦史, 高木 亮, 小林 幹 “光触媒を塗布した PV の防汚効果と出力改善” 電気学会全国大会, 2011.3.18, 大阪大学
735. 根本篤, 田中雅人, 佐藤光太郎, 武沢英樹, 横田和彦, 放電気泡を利用したシンセティックジェット・アクチュエータの開発, 日本機械学会年次大会 2011(東京)
736. 伊島章久, 横田和彦, 佐藤光太郎, 振動弾性板ポンプの性能に関する実験的研究, 日本機械学会九州支部第 64 期講演会, 2011
737. 紙谷祐樹, 松原智哉, 佐藤光太郎, 横田和彦, 循環制御翼開発のための基礎研究, 日本機械学会九州支部第 64 期講演会, 2011
738. 角田涼太, 藤田祐樹, 西部光一, 佐藤光太郎, 横田和彦, 高曾徹, 壁面近傍におけるシンセティックジェットの基本流動特性に関する研究, 日本機械学会九州支部第 64 期講演会, 2011

テーマ4: 2010年

739. 酒井 貴多, 山口 実靖, “GPU における消費電力と性能の関係に関する一考察,” 第 18 回ハイパフォーマンスコンピューティングとアーキテクチャの評価に関する北海道ワークショップ, 2010 年
740. 小山芳樹・山田将也・山口実靖, “メモリキャッシュを考慮したオンメモリ型低負荷ストレージ間データマイグレーション”, 信学技報, vol. 110, no. 328, DE2010-27, pp. 13-18, 2010 年 12 月
741. 荒井純一, 市川紀之, 小林幹, 「被災時の無線通信用電源構築に関して」電気設備学会全国大会, D-18, 2010 年 8 月
742. 中村 聡, 嶋崎貴之, 小林 幹, 部分日影による PV 発電量低下対策としての反射鏡の効果, 電気設備学会全国大会, 工学院大学, C-18, 2010.8
743. 堀川敦史, 高木 亮, 小林 幹, 光触媒を塗布した PV モジュールの長期暴露実験, 電気設備学会全国大会, 工学院大学, C-19, 2010.8
744. 西部光一, 藤田祐樹, 佐藤光太郎, 横田和彦, 高曾徹, 2 次元シンセティックジェットの流動特性について, 日本機械学会年次大会(名古屋), 2010
745. 伊島章久, 横田和彦, 佐藤光太郎, 振動弾性板を利用したポンプの性能特性に関する研究, 日

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

本混相流学会年会講演会 2010(浜松)講演論文集, 2010	
746.	吉沢聖良, 佐藤光太郎, 西部光一, 横田和彦, シンセティックジェットによる円柱周りの流動特性制御, 日本混相流学会年会講演会 2010(浜松)講演論文集, 2010
747.	江口直哉, 西浦由華, 佐藤光太郎, 横田和彦, 鈴木健司, MEMS 技術を用いたスパイラル型粘性マイクロポンプに関する開発, 日本混相流学会年会講演会 2010(浜松)講演論文集, 2010
748.	松原智哉, 佐藤光太郎, 横田和彦, 接線方向吹き出しスロットを有する鈍頭物体に働く流体力, 日本混相流学会年会講演会 2010(浜松)講演論文集, 2010
749.	田中雅人, 佐藤光太郎, 武沢英樹, 横田和彦, 放電気泡を利用したシンセティックジェットに関する研究, 日本混相流学会年会講演会 2010(浜松)講演論文集, 2010
750.	藤田祐樹, 西部光一, 横田和彦, 佐藤光太郎, シンセティックジェットの流動特性に及ぼす固体壁面の影響, 日本混相流学会年会講演会 2010(浜松)講演論文集, 2010
751.	領家昇, 大家順子, 横田和彦, 玉野真司, 佐藤光太郎, 噴流中に弾性板を設置した場合の噴流振動の遷移に関する研究, 日本機械学会東海支部第 58 期総会講演会論文集, 2010
752.	平野誠, 横田和彦, 佐藤光太郎, 玉野真司, 弾性体付き翼のフラッタによる発電に関する研究, 日本機械学会東海支部第 58 期総会講演会論文集, 2010
753.	古谷昇平, 松村洋, 横田和彦, 玉野真司, 佐藤光太郎, 傾斜円柱まわりの流れに対するスパン方向一様性とその影響に関する実験的研究, 日本機械学会東海支部第 58 期総会講演会論文集, 2010
754.	松原智哉, 佐藤光太郎, 横田和彦, 噴流による鈍頭物体周りの流れの制御, 日本機械学会北陸信越支部第 47 期総会講演会論文集, 2010
755.	田中雅人, 佐藤光太郎, 武沢英樹, 横田和彦, 気泡駆動マイクロシンセティックジェットに関する基礎的研究, 日本機械学会北陸信越支部第 47 期総会講演会論文集, 2010
756.	江口直哉, 西浦由華, 佐藤光太郎, 横田和彦, 鈴木健司, スパイラル型粘性マイクロポンプに関する研究, 日本機械学会北陸信越支部第 47 期総会講演会論文集, 2010
757.	新井章仁, 雑賀 高, アンモニアを燃料とする燃料電池における電気化学的アンモニア除去に関する基礎的研究, 第 55 回研究発表会, 日本エネルギー学会関西支部, 2010 年 11 月 25 日
758.	浜野友紀, 野原徹雄, 雑賀 高, 尿素エネルギーシステムにおけるアンモニア生成, 第 55 回研究発表会, 日本エネルギー学会関西支部, 2010 年 11 月 25 日
759.	仁ノ平拓也, 雑賀 高, 長本英俊, 酒井裕司, 尾嶋 桂, 小屋敏行, バイオマスガスによるディーゼルエンジン運転特性, 第 55 回研究発表会, 日本エネルギー学会関西支部, 2010 年 11 月 25 日
760.	平野貴之, 矢川一輝, 雑賀 高, 野原徹雄, 商用車用 DME ハイブリッドシステムの CO ₂ 回収システム, 第 55 回研究発表会, 日本エネルギー学会関西支部, 2010 年 11 月 25 日
761.	荒井純一, 市川紀充, 小林幹:「被災時の無線通信用電源構築に関して」, 電気設備学会全国大会, 電気設備学会, 工学院大学, 2010 年 8 月 26 日
762.	宮内荘治, 川本哲也, 市川紀充:「家庭用コンセントとプラグ間に液体をかけたときの漏電実験」, 電気設備学会全国大会, 電気設備学会, 工学院大学, 2010 年 8 月.
763.	上野達也, 松谷 恵, 横溝拓也, 市川紀充, 小林 幹:「工学院大学新宿キャンパスの研究室階における照明の省エネルギー対策の検討」, 電気設備学会全国大会, 電気設備学会, 工学院大学, 2010 年 8 月 26 日
764.	野原徹雄, 石見聖人, 齊藤洋輔, 雑賀 高, 尿素を燃料とする水素エネルギーシステム(第二報), 日本エネルギー学会年次大会, 工学院大学, 2010 年 8 月 3 日
765.	古田祐樹, 市川紀充:「帯電物体の移動により金属筐体内部に生じる静電誘導電圧—金属筐体の体積の違い—」, 電気設備学会全国大会, 電気設備学会, 工学院大学, 2010 年 8 月.
766.	市川紀充:「感電死亡災害の動向と起因物」, 電気学会産業応用部門大会シンポジウム, 電気学会, 芝浦工業大学, 2010 年 8 月.
767.	市川紀充, 竹本正勝, 小林 幹 “新入生を対象とする専門教育としての電気基礎実習(PBL)の効果”電気設備学会全国大会、A-9,2010.8.26、工学院大学
768.	中村 聡, 嶋崎貴之, 小林 幹 “部分日影による PV 発電量低下対策としての反射鏡の効果”電気設備学会全国大会、C-18,2010.8.26、工学院大学
769.	小林 幹, 市川紀充 “不思議体験を誘導する電磁教材”、日本機械学会第 22 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム、19B3-2,2010.5.19 北九州
770.	大竹 浩靖, 馬詰 文彦, 小泉 安郎, 地震振動が冷却限界および沸騰気泡挙動へ及ぼす影響に関する研究, 第 15 回動力エネルギー技術シンポジウム, 日本機械学会, 東京, 2010 年 6 月
771.	石川直樹, 小林亜樹, コンテンツ利用傾向が P2P 探索負荷の公平性に及ぼす影響解析, 信学技報, IN2009-163, , 宮崎県宮崎市 Vol.109, No.449, pp. 115-120, 2010 年 3 月
テーマ5: 2014年	
772.	久保 智弘, 久田嘉章, 村上正浩: 大学間連携による広域共助システムの構築について その 1

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

広域共助システムの構築と情報共有訓練の実施について、日本建築学会大会(近畿)、21068,pp135-136, 2014.9

773. 湯澤 伸伍、宮村正光、諏訪仁、久田嘉章、鱒沢 曜、田中 聡: 超高層ビル街における地震後の建物被害確認と即時使用性判定に関する研究 その3: 建物管理者による即時使用性判定法の提案と訓練での検証、日本建築学会(神戸)2014.9
774. 宮村正光、建物の即時使用性判定の試み、第2回東京都帰宅困難者対策フォーラム、東京都庁第一本庁舎9階防災センター、2014年1月9日

テーマ5: 2013年

775. 久保智弘、宮村正光、村上正浩、久田嘉章: さまざまな地震動情報を活用した高層建築における初動対応策について、2013年度京都大学防災研究所研究集会「リアルタイム地震動情報の高度化とその利活用」、2013年11月
776. 久保智弘: 首都直下地震による私立工科系大学の財務影響に関する研究 東日本大震災における私立大学の財務影響調査と首都直下地震における試算について、日本地震工学会大会、pp.411-412、2013年11月
777. 大宮憲司、久田嘉章、久保智弘: 応答スペクトル法を用いた超高層建築の簡易応答評価に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、21530, pp.1059-1060、2013年8月
778. 李 致雨、岡垣 晃、宮村 正光、久保智弘: 大規模複合施設における大規模震災対応に関する研究 その2 街区継続計画構築に向けた行動指針の作成、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、7546, pp.1167-1168、2013年8月
779. 岡垣 晃、李 致雨、宮村 正光、久保智弘: 大規模複合施設における大規模震災対応に関する研究 その1 街区継続計画構築のための調査、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、7545, pp.1165-1166、2013年8月
780. 飯塚章仁、鱒沢 曜、久田嘉章、宮村正光、諏訪仁: 超高層ビル街における地震後の傷病者対応、建物の被害確認と即時使用性判定に関する研究 その3: テナント事業者による建物被害確認と情報集約、日本建築学会大会(北海道)、2013.8
781. 宮村正光、諏訪仁、久田嘉章、村上正浩、鱒沢 曜、飯塚章仁、超高層ビル街における地震後の傷病者対応、建物の被害確認と即時使用性判定に関する研究 その4: 建物管理者による即時使用性判定、日本建築学会 2013年度大会、2013年8月
782. 久田嘉章、村上正浩、宮村正光、鱒沢 曜、諏訪 仁、新藤 淳、超高層ビル街における地震後の傷病者への対応、建物の被害確認と継続使用性判定に関する研究 その1: 新宿駅西口地域における取組みの概要、日本建築学会 2013年度大会、2013年8月
783. 吉田倬郎、村上正浩、宮村正光、久保智弘: 工科系大学における事業継続計画の特性に関する考察、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、7543, pp.1161-1162、2013年8月
784. 村上正浩、久田嘉章、地域防災拠点としての大学を目指して、日本建築学会 2013年度大会、2013年8月
785. 牧野夏葉、村上正浩、モバイル空間統計の特性の把握、日本建築学会 2013年度大会、2013年8月
786. 久保智弘、坂本有奈利、大宮憲司、小泉秀斗、久田嘉章、山下哲郎: リアルタイム震度を用いたオフィス家具の転倒時間に関する研究、2012 地震研究所 研究集会「地震動の即時予測と防災に向けた情報の活用」、2013年1月

テーマ5: 2012年

787. 久保智弘、山下 哲郎、坂本 有奈利、荒川 洋輔、大宮 憲司、小泉 秀斗: 大変形加力装置による複合機の挙動実験について、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)、pp.1245-1246、2012年9月
788. 大宮 憲司、久田嘉章、久保智弘: 超高層建築の高さ方向の震度増幅に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)、pp.1227-1228、2012年9月
789. 小泉 秀斗、大宮 憲司、久田嘉章、久保智弘: 2011年東北地方太平洋沖地震による超高層建物の揺れとアンケート震度について、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)、pp.39-40、2012年9月
790. 櫻井翼、稲垣大輔、吉田倬郎、村上正浩、宮村正光、久保智弘、工科系大学の事業継続計画における基礎的研究(その1) 東日本大震災時に行った各部署震災対応業務調査、日本建築学会 2012年度大会、2012年9月
791. 稲垣大輔、櫻井翼、吉田倬郎、村上正浩、宮村正光、久保智弘、工科系大学の事業継続計画における基礎的研究(その2) 被災時における業務の優先度調査、日本建築学会 2012年度大会、2012年9月

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

792. 平本達也、浅野菜邦、村上正浩、都心業務地域のエリア防災計画に関する研究、日本建築学会 2012 年度大会、2012 年 9 月
793. 浅野菜邦、村上正浩、平本達也、稲垣大輔、新宿・新都心の防災資源に関する調査研究、日本建築学会 2012 年度大会、2012 年 9 月
794. 村上正浩、久田嘉章、平本達也、新宿駅周辺地域の混乱防止と都市機能の継続に向けて、日本建築学会 2012 年度大会、2012 年 9 月
795. 村上正浩、避難所に求められる機能、2012 年度日本建築学会大会パネルディスカッション、構造部門(シェル・空間構造)「大空間施設の総合的耐震性能を考える」、日本建築学会構造委員会、シェル・空間構造運営委員会、2012/9/12
796. 村上正浩、首都直下地震に備えて、都議会民主党防災対策プロジェクトチーム会議、東京都議会棟、2012 年 2 月 29 日
797. 村上正浩、首都直下地震に備えて-いま、私たちにできること-、四谷第 6 小学校防災デー、四谷第 6 小学校、2012 年 2 月 18 日
798. 村上正浩、理工系大学の特色をいかした被災地支援活動を通じて、町田市防災講演会、町田市、2012 年 1 月 22 日
799. 村上正浩、DCP(地区業務継続計画)の考え方とその有効性、平成 23 年度地域熱供給シンポジウム、秋葉原、2012 年 1 月 12 日
800. 三好勝則、東日本大震災から学ぶ巨大地震への備えー減災のための地域づくりー、愛知東邦大学地域創造研究所・東日本大震災研究会、2012 年 2 月 11 日
801. 宮村正光、技術セミナー、基礎から学べる構造設計シリーズ塔状工作物編、地震荷重の算定方法、(財)日本建築センター、2012 年 3 月 23 日

テーマ5: 2011年

802. 村上正浩、工学院大学の防災・減災の取り組み、4 大学学長懇談会、京王プラザホテル、2011 年 12 月 20 日
803. 村上正浩、濱野航平、平本達也、海沼大樹、稲垣大輔、久田嘉章、理工系大学の特色をいかした被災地支援の取り組み、社会貢献学会第 2 回大会予稿集、pp.27-32、2011.12
804. 稲垣大輔、村上正浩、久田嘉章、久保智弘東日本大震災における工学院大学の帰宅困難者対応、社会貢献学会第2回大会(神戸学院大学)、2011 年 12 月 10 日
805. 平本達也、村上正浩、濱野航平、海沼大樹、稲垣大輔、久田嘉章、東日本大震災における工学院大学の被災地支援の取り組み(その1)避難所での段ボールを使った住環境整備について、社会貢献学会第2回大会(神戸学院大学)、2011 年 12 月 10 日
806. 濱野航平、村上正浩、平本達也、海沼大樹、稲垣大輔、東日本大震災における工学院大学の被災地支援の取り組み(その 3)「あなたの思い出まもり隊プロジェクト」の取り組み、社会貢献学会第 2 回大会予稿集、pp.101、2011.12
807. 海沼大樹、村上正浩、濱野航平、平本達也、稲垣大輔、久田嘉章、東日本大震災における工学院大学の被災地支援の取り組み(その 2)「気仙沼 子ども遊ばせプロジェクト」について、社会貢献学会第 2 回大会予稿集、pp.100、2011.12
808. 濱野航平、村上正浩、平本達也、海沼大樹、稲垣大輔、東日本大震災における工学院大学の被災地支援の取り組み(その 3)「あなたの思い出まもり隊プロジェクト」の取り組み、社会貢献学会第 2 回大会予稿集、pp.101、2011.12
809. 菊池生恵、宮村正光、災害時要援護者への対応に関する調査・研究、障がい者への支援と対策、社会貢献学会第 2 回大会、2011.12
810. 松山美樹、宮村正光、震災時における医療施設の機能支障に関する研究、人工透析患者に対する震災事例の調査と課題の抽出、社会貢献学会第 2 回大会、2011.12
811. 浅川直紀、宮村正光、首都圏における潜在的震災危険度の評価手法に関する研究、夜間人口差の異なる3地域の比較事例、社会貢献学会第 2 回大会、2011.12
812. 村上正浩、四谷第 6 小学校避難所運営管理協議会の取り組み、ベトナム国別研修教育訓練省教育機関における気候変動対策本邦研修コース、新宿区四谷第 6 小学校、2011 年 12 月 7 日
813. 村上正浩、首都直下地震に備える-防災まちづくりに取り組もう-、三鷹市西社会教育会館、2011 年 11 月 22 日
814. 村上正浩、災時における都市の被災イメージと医療機関及び地域の連携のあり方、東精協病院管理運営委員会・事務管理委員会合同講演会、工学院大学、2011 年 11 月 18 日
815. 村上正浩、災害時における帰宅困難者とトイレ、横浜国際トイレフォーラム 2011 第 27 回全国トイレシンポジウム、神奈川大学、2011 年 11 月 12 日
816. 久保智弘、久田嘉章、相澤幸治、大宮憲司、小泉秀人、2011 年東日本大震災における新宿駅西口・超高層建物のアンケート調査(その1)工学院大学新宿校舎における揺れとアンケート震度調査、日本地震工学会、2011 年 11 月 11 日
817. 新藤 淳、平本達也、村上正浩、久田嘉章、2011 年東日本大震災における新宿駅西口・超高層

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

	建物のアンケート調査(その2)事業者を対象とした被害と初動対応に関するアンケート調査、日本地震工学会大会、2011年11月11日 p38-39
818.	村上正浩、帰宅困難者への対応や避難所での支援方法と地域連携について、公益財団法人特別区協議会特別区職員研修所 BCP(事業継続計画)セミナー、特別区政会館、2011年11月8日
819.	宮村正光、大規模地震に備える企業のBCP—東日本大震災を踏まえて、建設業・不動産業に求められるものは—、町田商工会議所特別講演会、2011年11月5日
820.	新山龍、安達俊夫、宮村正光、太田宏、吉田理恵:2004年新潟県中越地震による公共施設の復旧に関する研究—長岡市の被害調査結果—、日本建築学会大会学術講演梗概集、2011.11
821.	宮村正光、地震発生直後における検知と監視技術の活用の可能性、平成23年度都市地震工学シンポジウム、東京工業大学、2011年10月12日
822.	村上正浩、首都直下地震に備える、四谷地区防災講演会、四谷地域センター、2011年10月3日
823.	村上正浩、大規模震災に備えた防災まちづくり、平成23年度豊橋市防災講演会、ライフポートとよはし、2011年9月10日
824.	村上正浩、災害時の街と医療の連携—地域防災対策の立場から—、第2回新宿高層ビル街区災害医療研究会、工学院大学、2011年9月8日
825.	久保智弘、久田嘉章、村上正浩:東日本大震災における首都圏超高層建築における緊急地震速報とオンサイト情報の利活用について、2011地震研究所 研究集会「地震動の瞬時解析と直前予測」、2011年9月
826.	久保智弘、久田嘉章、村上正浩、東北地方太平洋沖地震における都心の超高層建築の初動対応と室内被害について、日本建築学会、2011年8月 B-2分冊 p959-960
827.	稲垣大輔、村上正浩、久田嘉章、海沼大樹、平本達也、久保智弘:東日本大震災時における工学院大学の初動対応と帰宅困難者対応、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、pp.877-878、2011年8月
828.	新山龍、安達俊夫、宮村正光、太田宏:地形・地盤条件に着目した事業継続性の評価に関する研究—その3 2004年新潟県中越地震における被害調査結果—、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-2、pp.191-192、2011.8
829.	太田宏、安達俊夫、宮村正光、新山龍:地形・地盤条件に着目した事業継続性の評価に関する研究—その4. 事業中断日数と微地形の関係—、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-2、pp.193-194、2011.8
830.	平本達也、村上正浩、新藤淳、鱒沢曜、久田嘉章、新宿・新都心の地域連携による地震防災に関する研究 その1:新宿・新都心における取り組み、日本建築学会、2011年8月 F-1分冊 p901-902
831.	新藤淳、村上正浩、平本達也、鱒沢曜、久田嘉章、新宿・新都心の地域連携による地震防災に関する研究 その2:新宿西口現地本部訓練、日本建築学会、2011年8月 F-1分冊 p889-890
832.	鱒沢曜、小宮山甫、村上正浩、新藤淳、久田嘉章、新宿・新都心の地域連携による地震防災に関する研究 その3:地域の傷病者対応における取り組み、日本建築学会、2011年8月 F-1分冊、p.905-906
833.	濱野航平、村上正浩、久田嘉章、海沼大樹、地域住民との協働による地震防災対策に関する研究(その1)花園小学校避難所運営管理協議会の取り組み、日本建築学会、2011年8月 F-1分冊 p889-890
834.	海沼大樹、村上正浩、久田嘉章、濱野航平、地域住民との協働による地震防災対策に関する研究(その2)四谷第六小学校避難所運営管理協議会の取り組み、日本建築学会、2011年8月 F-1分冊 p891-892
835.	飯田恭一、吉田倬郎、オフィスビルの改修記録等から見た主な外部仕上げ・内部仕上げの供用年数の研究、日本建築学会大会、2011年8月
836.	山下光博、吉田倬郎、工科系大学における施設管理費に関する事例研究 各部位・設備種別の支出傾向の類型化、日本建築学会大会、2011年8月
837.	村上正浩、岡島一郎、鈴木俊博、山下仁、モバイル空間統計を活用した滞留者・帰宅困難者数の推定と具体的対策の検討、日本建築学会 2011年度大会、F-1分冊、p.893-894、2011、
838.	池島由華、坂本成弘、村上正浩、関沢愛、高層建築物の階段避難を想定した群集合流実験、日本建築学会 2011年度大会、A-2分冊、p.211-212、2011
839.	村上正浩、都心立地・私立大学キャンパスの避難所機能とリスクマネジメント、日本建築学会キャンパス地域連携小委員会～キャンパスと地域のサステナビリティ～震災と大学キャンパス 復興期の地域との連携～、早稲田大学、2011年8月22日
840.	新山龍、安達俊夫、宮村正光、太田宏:地形・地盤条件に着目した事業継続性に関する研究—その1 2007年新潟県中越沖地震における被害調査結果—、第46回地盤工学研究発表会、pp.1913-1914、2011.7

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

841. 太田宏, 安達俊夫, 宮村正光, 新山龍: 地形・地盤条件に着目した事業継続性の評価に関する研究-その2. 事業中断期間と液状化程度-, 第46回地盤工学研究発表会, pp.1913-1914, 2011.7
842. 村上正浩, 震災時における都市の被災イメージと医療機関及び地域の連携のあり方, 東京医科大学八王子医療センター防災講演会, 東京医科大学八王子医療センター, 2011年7月21日
843. 三好勝則, 地震・津波発生時における防災機関の活動と課題, 日本計画行政学会・四国支部研究会, 徳島大学, 2011年7月
844. 村上正浩, 来たるべき大規模地震に備えて, 八王子市防災講演会, 八王子市いちょうホール, 2011年6月1日
845. 久保智弘, 久田嘉章, 村上正浩: 超高層ビルにおける緊急地震速報とオンサイト情報の利活用について, 地球惑星学会合同大会, HDS030-08, 2011年5月
846. 村上正浩, 情報共有技術による減災対策, 宮津与謝消防組合 地域ICT利活用広域連携事業, 宮津与謝消防組合防災センター, 2011年3月
847. 村上正浩, 新宿新都心における医療機能継続, 社団法人日本建設業団体連合会総合企画委員会 BCPワーキンググループ BCPセミナー, 経団連会館, 2011年2月

テーマ5: 2010年

848. 久保智弘, 久田嘉章, 村上正浩: 超高層ビルにおける緊急地震速報とオンサイト情報の利用について, 2010地震研究所 研究集会「揺れる直前の地震動予測:さらなる迅速化と精度の向上」, 2010年12月
849. 久保智弘, 久田嘉章, 村上正浩, 超高層ビルにおける負傷者推定のためのオフィス家具の固定状況に関する調査, 第13回日本地震工学シンポジウム, 日本地震工学会, つくば国際会議場, 2010年11月
850. 村上正浩, 久田嘉章, 大規模ターミナル駅周辺の高度利用市街地における駅周辺滞留者対策・救急災害医療対策に関する研究, 第13回日本地震工学シンポジウム, 日本地震工学会, つくば国際会議場, 2010年11月
851. 柴山明寛, 村上正浩, 久田嘉章, 高梨健一, 末松考司, 大野 晋, アクティブ RFID を用いたリアルタイム在館・避難状況把握に関する研究, 第13回日本地震工学シンポジウム, 日本地震工学会, つくば国際会議場, 2010年11月
852. 村上正浩, 都市防災とまちづくり, 八王子市学園都市大学いちょう塾「工学院大学発・まちづくり学」, 八王子東急スクエア, 2010年11月
853. 村上正浩, 工学院大学を中心とした地震防災の取り組み, 危機管理に関する勉強会, 東京YWCA 会館, 2010年11月
854. 村上正浩, 新宿・新都心における地震防災の現状と課題, 第23回行政研修(係長級特別課程), 工学院大学, 2010年10月
855. 村上正浩, わたしたちのくらしと自然災害, 西新宿小学校, 2010年10月
856. Masahiro Murakami, Damage-mitigation Measures of High-rise Buildings in Collaboration with Neighboring Community at Large-scale Disasters, The International Forum on the Special Challenges of Mega City and the Solutions for Fire Safety, Korean Institute of Fire Science & Engineering, Samsung Fire & Marine Insurance Co. Ltd, Seoul Metropolitan Government, Seoul, Korea, Oct. 2010
857. 久保智弘, 久田嘉章, 村上正浩: 都心の超高層ビルにおける負傷者推定のためのオフィス家具の固定状況に関する調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造Ⅱ, pp.857-pp.858, 2010年9月
858. 柴山明寛・村上正浩・久田嘉章, 電池内蔵型 IC タグによるリアルタイム避難状況把握システムの開発, 日本建築学会 2010年度大会, 日本建築学会, 富山大学, 2010年9月
859. 安藤翔, 山下光博, 吉田倬郎, 工科系大学における施設管理費に関する事例研究 その1 新宿校舎における施設管理費の実績と保全年次計画案の特徴, 日本建築学会大会, 富山大学, 2010年9月
860. 山下光博, 安藤翔, 吉田倬郎, 工科系大学における施設管理費に関する事例研究 その2 八王子キャンパスにおける施設管理費の実績と保全年次計画案の特徴, 日本建築学会大会, 富山大学, 2010年9月
861. 飯田恭一, 吉田倬郎, オフィスビルの改修記録等からみた建築設備の耐用年数の研究, 日本建築学会大会, 富山大学, 2010年9月
862. 海沼大樹・村上正浩・久田嘉章・小宮山甫・平本達也・久保智弘, 大学を拠点とした地域減災体制の構築に関する研究(その4) 地域住民との協働による地震防災対策, 日本建築学会 2010年度大会, 日本建築学会, 富山大学, 2010年9月
863. 小宮山甫・村上正浩・久田嘉章・平本達也・海沼大樹・久保智弘, 大学を地域防災拠点とした地震防災に関する研究(その3) 新宿駅周辺滞留者対策訓練, 日本建築学会 2010年度大会, 日本建築学会, 富山大学, 2010年9月
864. 平本達也・村上正浩・久田嘉章・小宮山甫・海沼大樹・久保智弘, 大学を地域防災拠点とした地震防災に関する研究(その2) 超高層キャンパスの地震防災訓練, 日本建築学会 2010年度大会, 日

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

本建築学会、富山大学、2010年9月
865. 村上正浩・久田嘉章・小宮山甫・平本達也・海沼大樹・久保智弘、大学を地域防災拠点とした地震防災に関する研究(その1) 超高層キャンパスの防災計画の検討、日本建築学会2010年度大会、日本建築学会、富山大学、2010年9月
866. 村上正浩、災害時に地域が連携する応急救護について、平成22年度エステック街区共同防災・防火管理協議会下期定例会、エステック情報ビル、2010年9月
867. 村上正浩、地域と連携した減災への取り組み、新宿高層ビル街区災害医療研究会、エステック情報ビル、2010年8月
868. 村上正浩、震災時における都市の被災イメージと医療機関及び地域の連携のあり方、平成22年度病院等における防災訓練説明会、東京都庁、2010年7月
869. 久保智弘、久田嘉章、村上正浩: PDCA サイクルに基づいた緊急地震速報とリアルタイム地震観測システムを活用した超高層ビルにおける地震防災対策、地球惑星学会合同大会、HDS023-08、2010年5月

<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ホームページで公開している場合には、URLを記載してください。

<既に実施しているもの>

870. * ホームページによる成果公開: <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwgt024/>
 2010~2013年度都市減災研究センター・年次成果報告書
<http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwgt024/houkokusyo.html>
 東日本大震災での地震観測記録
http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/example/EQ_1997_2007_set.html
 東日本大震災での室内の様子
http://tasukeai.cc.kogakuin.ac.jp/opendata/Material/kubo/kogakuin/20110311_25FAtKogakuin.wmv
871. * 都市減災研究センター(UDM) 年次報告会の開催
 2013年度中間成果報告会(2013年6月15日、工学院大学にて)
 報告会レポート: <http://www.kogakuin.ac.jp/news/2013/cbr7au0000022a9l-att/091002.pdf>
 2011年度活動報告会(2012年5月28日、工学院大学にて)
 報告会レポート: <http://www.kogakuin.ac.jp/research/pdf/udm20120528report.pdf>
 2010年度活動報告会/外部評価委員会(2011年6月18日、工学院大学にて)
872. * 都市減災研究センター(UDM)主催による報告・研究会の開催
 2013年度 研究テーマ1, 3合同報告会(2013年7月25日開催)
 研究テーマ1, 2合同報告会(2014年2月13日開催)
 研究テーマ4, 5合同報告会(2014年2月24日開催)
 2012年度 研究テーマ1, 3合同報告会(2013年2月21日開催)
 研究テーマ1, 2合同報告会(2014年2月21日開催)
 研究テーマ4, 5合同報告会(2014年3月15日開催)
- 2011年度報告会
 ・「長周期地震動等に対する室内安全セミナー」開催(2012年3月22日、工学院大学にて)
 開催報告: <http://kogakuin125.jp/?p=2486>
 ・「東日本大震災の経験をどういかにす!」報告会開催報告(2011年5月21日、工学院大学にて)
 開催報告: <http://kogakuin125.jp/?p=1735>
 ・2011年東日本大震災に関する新宿西口地域報告会(2011年4月20日、工学院大学にて)
 開催報告 <http://www.kogakuin.ac.jp/news/press-release/2011/042601.pdf>
- 2010年度 第1回(研究テーマ1)研究報告会(2010年9月29日開催)
 第2回(研究テーマ2)研究報告会(2010年10月27日開催)
 第3回(研究テーマ3)研究報告会(2010年11月24日開催)
 第4回(研究テーマ4)研究報告会(2010年12月20日開催)

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

第5回(研究テーマ5)研究報告会(2011年2月21日開催)

873. *リアルタイム広域情報共有システム

リアルタイム地震観測システム

- ・新宿キャンパス <http://realtime.cc.kogakuin.ac.jp/>
- ・八王子キャンパス <http://ns-realtime.cc.kogakuin.ac.jp/>

広域情報共有システム

- ・現地本部メンバー用 <http://gensai.cc.kogakuin.ac.jp/rwis/edit.htm>
- ・一般閲覧者用 <http://gensai.cc.kogakuin.ac.jp/rwis/view.htm>

874. *新宿駅周辺地域防災訓練の実施・報告書

平成24年度新宿駅西口地域・地震防災訓練報告書(工学院大学)

<http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/open/Shinjuku/2012kogakuin/report.pdf>

平成23年度新宿駅西口地域・地震防災訓練報告書(工学院大学)

<http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/open/Shinjuku/2011kogakuin/report.pdf>

平成22年度新宿駅西口地域・地震防災訓練報告書(工学院大学)

<http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/open/Shinjuku/2010kogakuin/report.pdf>

875. 関連学協会による研究報告会の開催

- ・日本災害看護学会・第16回年次大会において、シンポジウムⅢ「大都市の減災対策について考える」の開催(2014年8月20日、京王プラザホテルにて)
- ・日本建築学会・公開研究会「大地震から巨大都市(首都)をどう守るのかー東日本大震災の経験を踏まえた建物・まちの対策ー」の企画・開催、日本建築学会、2013年12月20日

<これから実施する予定のもの>

- ・都市減災研究センター・最終成果報告会(2015年3月を予定)
- ・都市減災研究センター・研究成果報告会(2014年12月～2015年1月に3回開催予定)
- ・最終成果報告書の刊行(2015年3月予定)
- ・新宿駅周辺防災対策協議会セミナー・講習会、2014年7月～2015年2月
- ・新宿駅周辺防災対策協議会・地震防災訓練、2014年11月27日
- ・第14回日本地震工学シンポジウム(2014年12月4～6日)にて、セッション名「大地震から巨大都市をどう守るのか(オーガナイザー:久田嘉章・工学院大学, 大原美保・土木研究所)」を開催予定

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

876. *新宿駅周辺地域防災協議会(久田嘉章は副座長、西口部会の座長)によるセミナー・講習会・シンポジウムの開催、地域防災訓練の実施などに、本プロジェクト研究の成果を活用し、得られた検証結果を研究にフィードバックしている。

2010～2014年度新宿駅周辺地域防災訓練(2014年は11月17日に実施予定)

2010～2014年度新宿駅周辺防災対策協議会・連続セミナー(工学院大学にて計6回開催予定)

2010～2014年度防災対策協議会・医療救護講習会(工学院大学にて計3回開催予定)

2012年度新宿駅周辺防災対策協議会シンポジウム(2012年7月11日、新宿文化センターにて)

<http://www.city.shinjuku.lg.jp/whatsnew/pub/2012/0711-01.html>

2011年東日本大震災に関する新宿西口地域報告会(2011年4月20日、工学院大学にて)

<http://www.city.shinjuku.lg.jp/whatsnew/pub/2011/0420-01.html>

2011年度新宿駅周辺防災対策協議会西口地域訓練検証会(2012年3月29日、工学院大学)

<http://www.kogakuin.ac.jp/news/201204/1001.html>

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

2011 年度新宿駅周辺地域防災訓練(2012 年 2 月 3 日実施)

<http://www.city.shinjuku.lg.jp/whatsnew/pub/2012/0113-01.html>

2010 度新宿駅周辺防災対策協議会西口地域訓練検証会(2011 年 2 月 1 日、角筈区民ホール)

<http://www.kenchikugakubu.jp/news/2011012501.html>

2010 年度新宿駅周辺地域防災訓練(2010 年 10 月 5 日実施)

<http://www.kogakuin.ac.jp/homepage/2010/093001.pdf>

877. 工学院大学防災訓練による実証実験:工学院大学では毎年全学生・教員参加による大規模な防災訓練を実施しており、その中で発災対応型訓練や地域連携訓練など、本プロジェクトの成果を活用した実証実験を行っている。

2014 年度新宿・八王子キャンパス・地震防災訓練(2014 年 11 月 6 日実施予定)

2013 年度新宿・八王子キャンパス・地震防災訓練(2013 年 11 月 28 日)

2012 年度新宿・八王子キャンパス・地震防災訓練(2012 年 11 月 14 日)

2011 年度新宿キャンパス・地震防災訓練(2011 年 11 月 10 日)

<http://www.kogakuin.ac.jp/homepage/2011/110401.html>

2010 年度八王子キャンパス・地震防災訓練(2010 年 11 月 12 日)

<http://www.kogakuin.ac.jp/news/201101/2701.html>

2010 年度新宿キャンパス・地震防災訓練(2010 年 10 月 5 日)

<http://www.kogakuin.ac.jp/news/201010/2601.html>

国・自治体などにおける政策への反映

878. * 都市再生本部・都市再生の推進に係る有識者ボード防災WG(事務局:内閣官房地域活性化統合事務局)において、本プロジェクト・テーマ5の成果(担当:村上正浩)を「人口・機能集積エリアにおけるエリア防災のあり方 とりまとめ、地域活性化事務局、2011 年 12 月)」に反映し、都市再生特別措置法の一部を改正する法律の施行、都市再生安全確保計画制度(都市再生本部)の創設に貢献した。都市再生安全確保計画については、2012 年度は新宿駅周辺地域のほか 7 地区をモデルとして実施し、2013 年度以降、その成果をもとに全国の都市再生緊急整備地域(全国 63 地域を指定)で展開されていく。

・人口・機能集積エリアにおけるエリア防災のあり方とりまとめ

<http://www.toshisaisei.go.jp/yuushikisya/ankenakuho/231222/1.pdf>

・都市再生安全確保計画制度について

<http://www.toshisaisei.go.jp/yuushikisya/ankenakuho/index.html>

879. * 内閣府・中央防災会議「防災対策推進検討会議」首都直下地震対策検討ワーキンググループの委員(久田嘉章)として、緊急に取り組むべき首都直下地震対策の中間報告書(平成24年7月19日公表)などに、首都中心市街地での官民連携による震災対策などに成果の一部が反映された。

・防災対策推進検討会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ

http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_shutochokka/index.html

・中間報告(平成24年7月19日公表)

・首都直下地震対策について 中間報告 概要:

http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_shutochokka/pdf/20120719_chuukan_gaiyou.pdf

・首都直下地震対策について 中間報告 本文:

http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_shutochokka/pdf/20120719_chuukan.pdf

880. * 東京都防災会議地震部会の専門委員(久田嘉章)として、首都直下地震等による東京の被害想定(平成24年4月18日公表)において首都直下地震による地震動や高層建物の対策などで成果の一部が反映された。今後は、南海トラフ巨大地震などに対する長周期地震動対策などで活動を継続予定。

・東京都防災会議: <http://www.bousai.metro.tokyo.jp/japanese/tmg/meeting/index.html>

・首都直下地震等による東京の被害想定(平成24年4月18日公表)

http://www.bousai.metro.tokyo.jp/japanese/tmg/assumption_h24.html

881. * 気象庁「長周期地震動に関する情報のあり方検討会」の委員(久田嘉章)として、長周期地震動に

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

関する情報のあり方報告書(平成 24 年 4 月 26 日)などに成果の一部が反映された。今後は、観測や予測した長周期地震動の公開の方法に関して審議を継続する予定。

- ・気象庁「長周期地震動に関する情報のあり方検討会」

http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/tyoshuki_kentokai/index.html

- ・長周期地震動に関する情報のあり方報告書(平成 24 年 4 月 26 日)

http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/tyoshuki_kentokai/hokoku/tyoshukikento_hokoku.html

882. 港区「防災街づくり検討委員会」の委員(久田嘉章)として、「港区地域防災計画改定の基本的考え方」と「港区防災街づくり整備指針の基本的方向性(案)」などに成果の一部が反映された。

- ・港区地域防災計画改定の基本的考え方 2012 年 6 月 21 日):

<http://www.city.minato.tokyo.jp/chiikikeikakutan/kuse/kocho/documents/chiikibousai-kihon.pdf>

- ・港区防災街づくり整備指針の基本的方向性(2012 年 5 月 21 日):

<http://www.city.minato.tokyo.jp/sougoukeikaku/kuse/kocho/documents/bousai-kihon-houkousei.pdf>

883. * 日本建築学会による東日本大震災からの提言「建築の原点に立ち返る -暮らしの場の再生と革新- 東日本大震災に鑑みて(第一次提言:2011 年 9 月 9 日)、および、「建築の原点に立ち返る-暮らしの場の再生と革新、東日本大震災に鑑みて(第二次提言、2013 年 6 月 21 日)」に、新宿駅周辺地域などで得られた教訓を反映した。

建築の原点に立ち返る -暮らしの場の再生と革新- 東日本大震災に鑑みて(第一次提言:2011 年 9 月 9 日): <http://www.aij.or.jp/scripts/request/document/20110909-1.pdf>

建築の原点に立ち返る -暮らしの場の再生と革新、東日本大震災に鑑みて(第二次提言、2013 年 6 月 21 日): <http://www.aij.or.jp/jpn/symposium/2013/pubcom20130621.pdf>

企業との連携実績

- ・株式会社・日本建築住宅センターと連携し、「建築・住宅分野における「高度利用者向け緊急地震速報」の利活用事例及び新たな利活用に関する研究報告書」を執筆(*13)した。
- ・建築・住宅分野における「高度利用者向け緊急地震速報」の利活用事例及び新たな利活用に関する新たな利活用に関する研究報告書:<http://bhcj.co.jp/business/research.html>
- ・晴海トリトンスクエアにおける震災対策の検討:晴海コーポレーション、日建設計総合研究所、CMS と PHP を利用した超高層建築における地震災害時の被害情報収集システムの開発
<http://harumi-triton.co.jp/wordpress/>

884. 各種メディアでの研究・コメント等

2014 年

- ・NHK、首都圏ネットワーク、長周期地震動と高層建物の即時対応に関するコメント、2014 年 3 月 18 日
- ・AERA、首都直下地震は「震度7」?、へのコメント、2014 年 3 月 17 日
- ・日本テレビ、311特番、長周期地震動へのコメント、2014 年 3 月 11 日
- ・読売新聞、長周期地震動予報へ、コメント掲載、2014 年 2 月 27 日
- ・都政新報、東京新時代へ⑥、都知事選 識者に聞く「逃げずに済むまちづくりを」掲載、2014 年 2 月 4 日
- ・合併増刊号 AERA、首都直下地震・被害想定「路線転換」にコメント掲載、2014 年 1 月 6 日

2013 年

- ・日本経済新聞、「長周期地震動」の記事にコメントが掲載、2013 年 12 月 24 日
- ・首都直下地震 被害想定 中枢マヒ官民で防ぐ 省庁業務継続計画「合格」わずか 対策待ったなし、読売新聞 朝刊、2013 年 12 月 20 日
- ・TBS ひるオビ、長周期地震動による超高層建物の揺れの解析結果を提供、2013 年 6 月 11 日
- ・読売新聞、長周期地震動による超高層建物の揺れや対策についてコメント、2013 年 5 月 21 日
- ・河北新聞、わがこと防災・減災にてコメント掲載、2013 年 5 月 20 日
- ・東京新聞、南海トラフ巨大地震に関する記事に東日本大震災時の新宿校舎の揺れが掲載、2013 年 5 月 15 日
- ・日経産業新聞、「日経テレコン 21」の長周期地震動「見える化」にコメントが掲載、2013 年 5 月 10 日

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

- ・東京 MX-TV、東京都被害想定(南海トラフ巨大地震)による長周期地震動と超高層建築の揺れと対策についてコメント、2013年5月1日
- ・NHK ニュース7、南海トラフ巨大地震による超高層建築の揺れと対策についてコメント、2013年5月1日
- ・日経産業新聞、「ナゾ謎かがく:高層ビル、地震でどう揺れる？」掲載、2013年4月28日
- ・日本テレビ「Zip!」、中国四川省での地震被害を受け、日本の建物の耐震性や対策へのコメント、2013年4月24日
- ・NHK スペシャル Megaquake III 巨大地震 第2回 揺れが止まらない ～長時間地震動～の衝撃～における超高層建築の揺れに関する情報提供、2013年4月14日
- ・八王子市の自治体と連携 工学院大 災害対策を強化、日刊工業新聞、2013年3月1日
- ・大学と地域との連携がつくる「災害に強いまち」、News1st.jp、2013年2月25日
- ・西新宿にDCP構築 震災に備え地域力向上、建設通信新聞、2013年1月25日
- ・防災・減災活動さらに推進 大学FM・地域BCP確立へ、日刊建設工業新聞、2013年1月29日
- ・「帰宅困難者一時滞在施設の提供に関する協定」及び「防災・減災対策の相互連携に関する基本協定」、NHK「首都圏ネットワーク」、2013年1月17日

2012年

- ・大規模災害時の帰宅困難者の一時受入について協定を結ぶと共に「防災・減災対策」も併せて締結、NHK「首都圏ネットワーク」で放送、2012年12月27日
- ・特集「東日本大震災とメディア」第17弾/特別対談 昼間人口や業務機能が集中する都心部の減災対策を考える、NEW_MEDIA、2012年10月1日
- ・超高層ビル街である西新宿エリアの再活性化をPPP(官民連携)の枠組で取組が始まり、本学他民間十数社と区が連携を開始、日刊建設工業新聞、2012年9月19日
- ・NHK ラジオ第1「NHKジャーナル」、2012年6月11日(東日本大震災時の仙台の高層ビルでの帰宅困難者受け入れに関する課題に関する特集において、「エリア防災」対策の必要性)
- ・NHK「ニュース7」(6月11日放送) 東大震災発生した際の、仙台の高層ビルでの帰宅困難者受け入れに関する課題についての特集で、「エリア防災」対策の必要性についての村上正浩准教授(まちづくり学科)のインタビューが放映されました。
- ・NHK ラジオ第1/NHKジャーナル(6月11日放送) 東大震災発生した際の、仙台の高層ビルでの帰宅困難者受け入れに関する課題についての特集で、「エリア防災」対策の必要性について語る村上正浩准教授(まちづくり学科)のインタビューが放送されました。
- ・朝日新聞(4月25日付)「高層ビル街のエリア防災」に関する記事で、村上正浩准教授(まちづくり学科)の防災対策へのコメントが掲載されました。
- ・NHK 総合(4月19日放送)「クローズアップ現代/首都直下 震度7の衝撃 ～どう命を守るか～」に、新宿駅周辺地域の震災対策の取り組みが紹介されました(まちづくり学科の久田嘉章教授と村上正浩准教授が出演)。
- ・産経新聞(4月19日付) 首都地震被害想定に関する記事上で、久田嘉章教授(まちづくり学科)が参加している東京都防災会議地震部会により取りまとめられた被害想定が掲載されています。
- ・建築ジャーナル(4月号)3/7に開催されたプレス懇談会の内容が紹介され、当日報告された村上正浩准教授(まちづくり学科)の新宿駅周辺地域の震災対策等の取組みが取り上げられました。
- ・全私学新聞(3月13日付) 特集「私立学校の防災を考える」に本学の防災・減災に対する取り組みが紹介され、久田嘉章教授(まちづくり学科)と村上正浩准教授(まちづくり学科)のコメントが掲載されました。
- ・BusinessMedia 誠(3月12日配信)、モバ zak(3月12日配信)、夕刊フジ(3月12日付)に、久田嘉章教授(まちづくり学科)の、震源近傍の地震動「キラパルス」に関するコメントが掲載されました。
- ・久田嘉章教授(まちづくり学科)がCBCテレビ「イッポウ」で長周期地震動や対策などについてコメントします。番組名:イッポウ、放送日:2012年3月8日(木)16:50~19:00、放送局:CBCテレビ
- ・久田嘉章教授(まちづくり学科)がNHK Eテレ3「サイエンス ZERO」で長周期地震動と高層ビルの揺れについてコメントします。番組名:サイエンス ZERO、放送日:2012年3月10日(土)午前0:00~0:30 ※9日(金)深夜、放送局:NHK 総合
- ・東京新聞サンデー版(3月4日付)の特集「帰宅困難者」に、村上正浩准教授(まちづくり学科)の震災時帰宅困難者対策についての解説が掲載されました。

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

- ・久田嘉章教授(まちづくり学科)がテレビ朝日「やじうまテレビ!~マルごと生活情報局~」に出演し、首都直下地震の震度7に対する高層ビルの対策についてコメントしました。
- ・雑誌 アエラ(2012.2.20号)『首都直下地震隠された「震度7」』の記事の中で、久田嘉章教授(まちづくり学科)の、断層近傍の地震動特性や震度7の成因に関するコメントが掲載されました。
- ・久田嘉章教授(まちづくり学科)が日本テレビ「ZIP!」に出演し、長周期地震動と高層ビルの対策等についてコメントしました。
- ・テレビ朝日(2月3日放映) 帰宅困難者対策の課題を中心として、本学に情報基地を置いて行われた新宿駅周辺防災対策協議会訓練の様子がテレビ asahi のニュースで2度に渡って放映されました
- ・読売新聞(2月3日付) 東京都が2月3日に行った帰宅困難者対策訓練の記事に、震災当時と今後の課題について語った村上正浩准教授(まちづくり学科)のコメントが掲載されました。
- ・読売新聞(1月20日付) 特集「列島再生/第1部 災害に強い国土」に、震災当時の本学の様子など巨大地震についての久田嘉章教授(まちづくり学科)の解説が掲載されました。

2011年

- ・11月14日(月)のNHK「ニュース7」で、久田嘉章教授(まちづくり学科)が震災後における長周期地震動の情報のあり方についてコメントをしました。
- ・朝日新聞(10月22日付) 連続特集「揺らぐ地震学」で、久田嘉章教授(まちづくり学科)の長周期地震動とビルに関するコメントが掲載されました。
- ・テレビ朝日系列24局で放送されている平日昼の情報・ワイドショー番組「ワイド!スクランブル」。本学に新しく導入した「大変形加力装置振動台」を使った長周期地震動による揺れを、レポーターが体験!久田嘉章教授(まちづくり学科)が、3.11時の状況について、山下哲郎准教授(建築学科)が長周期地震動による揺れについて解説を行います。放送日:2011年10月27日(木)12時00分~
- ・2011/10/29 読売新聞(大阪)の特集「巨大災害と大学」に、3月11日の工学院大学の様子と村上正浩准教授(まちづくり学科)のコメントが掲載されました
- ・テレビ朝日「報道ステーション SUNDAY」で長周期地震動による高層ビルの対策に関して、久田嘉章教授(まちづくり学科)が出演します。放送日:2011年10月9日(日)11時00分頃、テレビ朝日「報道ステーション SUNDAY」
- ・建設通信新聞(9月27日付) 東京都防災会議は21日に地震部会の初会合を開催しました。同部会の専門委員に久田嘉章教授(まちづくり学科)が参加されています。
- ・「大変形加力装置振動台」を使った長周期地震動による揺れを、滝川クリステルさんが体験。長周期地震動と首都直下型地震動について山下哲郎准教授(建築学科)が解説を行いました。放送日:2011年9月25日(日)21時00分~、フジテレビ「Mr.サンデー」
- ・モバイル空間統計、日本経済新聞、2011年8月3日
- ・モバイル空間統計、朝日新聞、2011年7月21日
- ・長周期地震動による高層ビルの対策に関して、久田嘉章教授(まちづくり学科)が出演します。放送日:2011年8月3日(水)18時30分~、日本テレビ「news.every」ホームページ
- ・日本経済新聞(8月3日付) 村上正浩准教授(まちづくり学科)とNTTドコモが共同研究に着手し、災害時の帰宅困難者の予測と自治体の防災計画に役立つものであると報じました。
- ・NHK「ニュースウォッチ9」に久田嘉章教授(まちづくり学科)が出演し、長周期地震動による高層ビルの対策に関してコメントしました(2011/07/07)。
- ・東京新聞(6月12日付) 震災特集「備える」の都心の超高層ビルに関する記事に建築学部の久田嘉章教授(まちづくり学科)のコメントが掲載されました。
- ・フジテレビ「LIVE2011 ニュース JAPAN」(6月21日(火))に、長周期地震動対策に関連して久田嘉章教授(まちづくり学科)が出演し、東日本大震災における本学新宿キャンパスの揺れ方やその対策についてコメントをしました。
- ・週刊東洋経済(5/14版) 特集「今こそ地域貢献」において建築学部の久田嘉章教授(まちづくり学科)の「東日本大震災における地域連絡体制の課題」に関するコメントが掲載されました。
- ・2011/05/11 NHK 総合テレビで「東日本大震災に関する新宿駅西口地域報告会」の様子が放映されました。

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

15 「選定時」及び「中間評価時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

該当なし

<「中間評価時」に付された留意事項>

査読票1

- ・研究施設・設備等について、利用状況に特に問題は無い
- ・研究プロジェクトの進捗状況・研究成果等について
 - ・外部評価委員会を組織し、サブテーマの位置づけについて改善要を示された
 - ・研究発表には大会等の査読文献無しの文献が多いように見える
 - ・サブテーマ間の連携が良好との自己評価であるが、研究期間後半に向けた全体取りまとめの方向性が出ておらず、サブテーマ個別で活動する計画であり、拠点としての特色をどのように出すのかの検討が弱い
 - ・3. 11を踏まえた研究計画の方向の修正があってもよいと思われるが、特に何もしておらず当初の計画通りということになっている。アウトリーチや自治体などの活動に多くの関わりが出ているようなので、3. 11を踏まえた拠点形成の方向性を検討すべき

総合評点 評点A

東日本大震災を踏まえて当初計画を見直して取り込むことを検討して頂きたい。また、そのような状況の変化を拠点のあり方などに反映させることが重要。さらにサブテーマ間の連携ないしは拠点形成における領域のカバーとその相互関係を再整理したうえで、研究後半に向かった自己評価および外部評価を行うことも検討頂きたい。

査読票2

- ・進捗は着実に進められている。メディア等でその成果が取り上げられている。

総合評点 評点A

特になし

<「中間評価時」に付された留意事項への対応>

査読票1に対する対応は以下の通りである。

- ・研究発表には大会等の査読無しの文献が多い

対応:

査読有りが少ない訳ではなく、全体として文献数が膨大なため、査読無しに比べて目立たないことが原因と思われる。そこで本成果概要では<雑誌論文>で、査読有り・無しを分別して表示している。

・東日本大震災を踏まえて当初計画を見直して取り込むことを検討して頂きたい。また、そのような状況の変化を拠点のあり方などに反映させることが重要。さらにサブテーマ間の連携ないしは拠点形成における領域のカバーとその相互関係を再整理したうえで、研究後半に向かった自己評価および外部評価を行うことも検討頂きたい。

対応:

「11 研究の概要」で説明しているように、2011年東日本大震災では首都東京は大混乱し、本プロジェクトに関する多くの課題が得られた。そこで各テーマ・メンバーで調査を実施し、得られた教訓から当初の計画を修正し、研究を遂行した。さらにサブプロジェクト間の連

法人番号	131017
プロジェクト番号	S1001006

携を進めて研究拠点としての特徴を明確にするため、特に「巨大都市の建築・エリアにおける減災と機能継続」を中核として、サブテーマの位置づけを再確認した上で研究を進めた。特に2012年度からテーマ間の合同成果報告会を積極的に開催し、各テーマ間の役割の確認と連携を促進する方策を始めた(文献 872 を参照)。その結果、各チームはより焦点を絞った密接に連携により、より効果的な成果が得られたと考えている。例えば、テーマ1の数値計算で作成された首都圏における想定地震動と超高層建物の揺れの結果は、テーマ2における大変位振動台による天井落下・什器類の移動転倒・スプリンクラー設備の被害実験に用いられ、効果的な耐震補強策が開発された。さらにその成果はテーマ5における被害想定や訓練・セミナーに活用された。またテーマ1の伝統木造建物の耐震診断・補強法ではテーマ3の震災時廃棄物の利活用のチームは密接に連携し、漆喰仕上げ天井の落下防止対策や土蔵造り建物の老朽化した壁の簡易な補修・補強方法の開発を推進した。一方、テーマ4による非常時通信用の長距離無線 LAN システムと、テーマ5における広域情報共有システムとの連携により、被災時の情報の共有が可能となり、新宿区や地元事業者との連携で行われている新宿駅周辺地域における防災訓練で有効活用している。

これらの成果はアウトリーチ活動として本プロジェクトの年次報告会・報告書に加え、関連学会やメディア等で広く公表している(文献 870-872, 875 を参照)。さらに国・自治体への成果の反映として、2012年東京都地震被害想定や、内閣府防災対策推進検討会議・首都直下地震対策検討 WG、気象庁・長周期地震動に関する情報検討会、消防科学総合センター・消防用設備等の震災時における機能維持のための方策に関する調査検討会などでの施策への反映、国土交通省・新宿駅周辺地域都市再生緊急整備協議会による新宿駅周辺地域都市再生安全確保計画の推進などに活用された(文献 876-882 を参照)。さらに学協会へは、日本建築学会の提言や日本地震工学会等の特別研究委員会の成果の公表など、国・自治体・事業者・学協会等での震災対策の推進や啓蒙活動へ広く活用されている(文献 875, 873 を参照)。

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 22 年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	42,000	14,000	28,000				
	研究費	11,000	4,930	3,070		3,000		新宿区(受託研究)
平成 23 年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	36,598	14,349	22,249				
	研究費	32,575	8,669	7,931		15,975		新宿区(受託研究) 東京都総務局(受託研究)
平成 24 年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	33,602	8,508	8,092		17,002		新宿区(受託研究) NTTサービスエホリューション(受託研究)
平成 25 年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	36,680	9,198	7,402		20,080		新宿区(受託研究) NTTサービスエホリューション(受託研究)
平成 26 年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	35,739	9,065	7,535		19,139		新宿区(受託研究)
総 額	施設	0	0	0	0	0	0	0
	装置	0	0	0	0	0	0	0
	設備	78,598	28,349	50,249	0	0	0	0
	研究費	149,596	40,370	34,030	0	75,196	0	0
総 計	228,194	68,719	84,279	0	75,196	0	0	

※ 最終年度まで実績額。

プロジェクト番号	S1001006
----------	----------

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
総合研究所 地震防災・環境研究 センター	H13	2,649㎡	17	102	350,511	175,255	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

_____㎡

《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)			
				h			
				h			
				h			
(研究設備)							
高軸力載加型加力設備	H22		1	400 h	21,000	14,000	私学助成
大変形水平加力設備	H22		1	300 h	21,000	14,000	私学助成
長距離無線LAN・非常用通信システム	H23		1	常時 h	9,627	5,109	私学助成
独立型太陽光発電システム	H23		1	常時 h	16,170	9,940	私学助成
リアルタイム広域情報共有システム (情報処理関係設備)	H23		1	常時 h	10,800	7,200	私学助成
				h			
				h			
				h			

18 研究費の支出状況（千円）

年 度	平成 22 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	360	研究・実験用	360
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費			
印 刷 製 本 費	114	資料印刷	114
旅 費 交 通 費			
報 酬 ・ 委 託 料	354	保守費	354
そ の 他	207		207
計	1,035		
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		

プロジェクト番号	S1001006
----------	----------

(千円)

年 度	平成 22 年度 テーマ2			
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	725	研究・実験用	725	試験体・柱・梁部材、ホイールダイヤモンドソー
光 熱 水 費				
通 信 運 搬 費				
印 刷 製 本 費				
旅 費 交 通 費	150	学会参加	150	日本設計工学会、日本材料学会参加
報 酬 ・ 委 託 料	360	謝金	360	研究補助者謝金
そ の 他	291		291	電動水圧テストポンプ、スプリンクラー配管材料
計	1,526			
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	469		469	デジタルマイクロスコープ、多機能デジタルメーターリレー
図 書				
計	469			
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 22 年度 テーマ3			
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	162	研究・実験用	162	炭酸ガス、放射温度計
光 熱 水 費				
通 信 運 搬 費	216	運搬費	216	試験体の運搬
印 刷 製 本 費				
旅 費 交 通 費				
報 酬 ・ 委 託 料				
そ の 他	105		105	臭化カリウム、文献代
計	483			
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	637		637	赤外線サーモグラフィ、赤外線サーモグラフィ用望遠レンズ
図 書				
計	637			
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			

プロジェクト番号

S1001006

(千円)

年 度	平成 22 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	262	研究・実験用	262	気温計、実験環境構築用HDD
光 熱 水 費				
通 信 運 搬 費				
印 刷 製 本 費				
旅 費 交 通 費	510	学会参加	510	米国、中国学会出張旅費
報 酬 ・ 委 託 料				
そ の 他	787		787	ガスクロマトグラフ修理、OA用品
計	1,559			
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	751		751	日射計、直流電源、ノートパソコン
図 書				
計	751			
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 22 年度 テーマ5			
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	160	研究・実験用	160	ソフト、プリンター
光 熱 水 費				
通 信 運 搬 費				
印 刷 製 本 費				
旅 費 交 通 費	95	学会参加	95	日本建築学会、シンポジウム参加
報 酬 ・ 委 託 料	495	謝金	495	研究補助者謝金
そ の 他	489		489	OA用品
計	1,239			
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	301		301	デスクトップパソコン、ノートパソコン
図 書				
計	301			
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			

プロジェクト番号

S1001006

(千円)

年 度	平成 23 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	500	研究・実験用	500
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費			
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費			
報 酬 ・ 委 託 料	1,210	謝金	1,210
そ の 他	767		767
計	2,477		
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	825		825
図 書			
計	825		
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 23 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	257	研究・実験用	257
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費			
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費			
報 酬 ・ 委 託 料	181	謝金	181
そ の 他	907		907
計	1,345		
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	506		506
図 書			
計	506		
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		

プロジェクト番号

S1001006

(千円)

年 度	平成 23 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	1,166	研究・実験用	1,166
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費	152	運搬費	152
印 刷 製 本 費	64	印刷費	64
旅 費 交 通 費			
報 酬 ・ 委 託 料	701	委託	701
そ の 他	507		507
計	2,590		
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	291		291
図 書			
計	291		
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 23 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	370	研究・実験用	370
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費			
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費	954	学会参加	954
報 酬 ・ 委 託 料	568	委託	568
そ の 他	1,729		1,729
計	3,621		
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	231		231
図 書			
計	231		
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		

プロジェクト番号

S1001006

(千円)

年 度	平成 23 年度 テーマ5		
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	1,075	研究・実験用	1,075
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費			
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費	62	交通費	62
報 酬 ・ 委 託 料	629	謝金	629
そ の 他	1,136		1,136
計	2,902		
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	1,812		1,812
図 書			
計	1,812		
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 24 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	4,262	研究・実験用	4,262
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費			
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費	454	交通費	454
報 酬 ・ 委 託 料	1,889	謝金	1,889
そ の 他	196		196
計	6,801		
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		

プロジェクト番号

S1001006

(千円)

年 度	平成 24 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	1,551	研究・実験用	1,551
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費			
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費	263	学会参加	263
報 酬 ・ 委 託 料	86	謝金	86
そ の 他			
計	1,900		
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	1,042		1,042
図 書			
計	1,042		
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 24 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	239	研究・実験用	239
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費	72	運搬費	72
印 刷 製 本 費	330	印刷費	330
旅 費 交 通 費			
報 酬 ・ 委 託 料			
そ の 他	60		60
計	701		
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	1,282		1,282
図 書			
計	1,282		
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		

プロジェクト番号

S1001006

(千円)

年 度	平成 24 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			
主 な 内 容			
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,317	研究・実験用	1,317
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費			
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費	776	学会参加	776
報 酬 ・ 委 託 料	230	謝金	230
そ の 他	41		41
計	2,364		
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		

(千円)

年 度	平成 24 年度 テーマ5		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
主 な 内 容			
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	792	研究・実験用	792
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費			
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費	112	学会参加	112
報 酬 ・ 委 託 料	307	謝金	307
そ の 他	301		301
計	1,512		
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	998		998
図 書			
計	998		
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		

プロジェクト番号

S1001006

(千円)

年 度	平成 25 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	3,057	研究・実験用	3,057	鉄骨治具実験用材料、試験体
光 熱 水 費				
通 信 運 搬 費	8	運搬費	8	レンタルジャッキ返却送料
印 刷 製 本 費	5	印刷	5	研究資料印刷
旅 費 交 通 費	384	交通費	384	調査交通費
報 酬 ・ 委 託 料	2,765	謝金	2,765	研究補助者謝金
そ の 他				
計	6,219			
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				
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			

(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	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	874	研究・実験用	874	実験用試験体鉄版、小型低容量加速度計
光 熱 水 費				
通 信 運 搬 費				
印 刷 製 本 費				
旅 費 交 通 費	37	交通費	37	研究補助者交通費
報 酬 ・ 委 託 料	497	謝金	497	研究補助者謝金
そ の 他				
計	1,408			
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	137		137	引張・圧縮荷重計
図 書				
計	137			
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			

プロジェクト番号

S1001006

(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	224	研究・実験用	224
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費	1	運搬費	1
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費			
報 酬 ・ 委 託 料	48	謝金	48
そ の 他	4		4
計	277		
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	511		511
図 書			
計	511		
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 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	989	研究・実験用	989
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費	65	運搬費	65
印 刷 製 本 費	2	印刷	2
旅 費 交 通 費	1,170	交通費	1,170
報 酬 ・ 委 託 料	114	講演料	114
そ の 他	364		364
計	2,704		
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	514		514
図 書			
計	514		
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 25 年度 テーマ5		
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	1,819	研究・実験用	1,819
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費			
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費	446	学会参加	446
報 酬 ・ 委 託 料	602	謝金	602
そ の 他	31		31
計	2,898		
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	1,932		1,932
図 書			
計	1,932		
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
主 な 内 容			
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	217	研究・実験用	217
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費			
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費	382	交通費	382
報 酬 ・ 委 託 料	1,827	謝金	1,827
そ の 他			
計	2,426		
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	866		866
図 書			
計	866		
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		

プロジェクト番号

S1001006

(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	1,944	研究・実験用	1,944
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費	19	運搬費	19
印 刷 製 本 費	128	印刷	128
旅 費 交 通 費	237	学会参加	237
報 酬 ・ 委 託 料	157	謝金	157
そ の 他	39		39
計	2,524		
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	756		756
図 書			
計	756		
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	234	研究・実験用	234
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費	41	運搬費	41
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費	162	学会参加	162
報 酬 ・ 委 託 料	640	謝金	640
そ の 他	15		15
計	1,092		
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		

プロジェクト番号

S1001006

(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	1,119	研究・実験用	1,119
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費	8	運搬費	8
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費	1,665	学会参加	1,665
報 酬 ・ 委 託 料	297	講演料	297
そ の 他	129		129
計	3,218		
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	542		542
図 書			
計	542		
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)

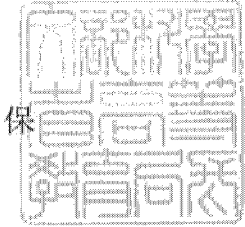
年 度	平成 26 年度 テーマ5		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	619	研究・実験用	619
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費			
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費	49	学会参加	49
報 酬 ・ 委 託 料	3,144	謝金	3,144
そ の 他	86		86
計	3,898		
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出			
計	0		
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	1,278		1,278
図 書			
計	1,278		
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

22文科高第39号
平成22年4月13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
徳 永 保



平成22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。

また、採択された事業に係る計画調書の提出については、別途、依頼いたします。

※ 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、全体として各年度、9.2億円程度の規模を想定しております。そのため、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 東京都千代田区霞ヶ関 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：かわの河野、よないやま米内山、宮田）

TEL：03-5253-4111(内線 2774)

FAX：03-6734-3396

E-mail：sigakujo@mext.go.jp

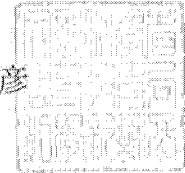
平成22年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」採択結果

事業番号	大学名	申請区分	研究プロジェクト名	採否	不採択理由又は留意事項
S1001006	工学院大学	研究拠点を形成する研究	建築・都市の減災と震災時機能継続に関する研究拠点の形成	採択	

25高私助第2号
平成25年4月8日

学校法人工学院大学 理事長 殿

文部科学省高等教育局私学部私学助成課長
矢野和彦



「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」に係る中間評価
(平成24年度実施分)の結果について(通知)

さきに提出された研究進捗状況報告書を「私立大学戦略的研究基盤形成支援検討会」において評価した結果について、別添評価票のとおり通知します。

別添評価票は、評価を行った2名の私立大学戦略的研究基盤形成支援検討会専門委員の評価結果となっております。

貴学校法人におかれては、研究組織に評価票を周知いただくとともに、評価結果を踏まえ、引き続き研究の適切な遂行に努めてくださるようお願いいたします。

なお、追加書面・実地調査の対象となっている事業については、別途通知します。

また、参考までに、今回中間評価の対象となった全ての事業における各委員の評価結果(総合所見)は、A評価(着実な進捗が見られる)が全体の約36%、B評価(進捗は見られるが、改善すべき点がある)が全体の約56%、C評価(進捗があまり見られない)が全体の約8%となっております。

【本件問合せ先】

〒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)

T E L : 03-5253-4111(内線2774)

F A X : 03-6734-3396

E-mail : josei2@mext.go.jp

「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」中間評価
(平成24年度実施分)に係る研究進捗状況評価票

大学名	研究組織名		研究代表者名
工学院大学	都市減災研究センター		久田 嘉章
申請区分	研究拠点を形成する研究	プロジェクト番号	S1001006
研究プロジェクト名	建築・都市の減災と震災時機能継続に関する研究拠点の形成		
<p>【研究進捗状況報告書に対する評価】</p> <p>1 研究組織について 29名の研究者からなり、院生100名およびRA3名が参加している。</p> <p>2 研究施設・設備等について 設備は構造系の大型設備の他、計算機や無線LAN等が導入されている。利用状況に特に問題はないと思われる。</p> <p>3 研究プロジェクトの進捗状況・研究成果等について 外部評価委員会を組織し、2011年5月に開催し、サブテーマの位置づけについて改善要を示された。研究発表には大会等の査読無しの文献が多いように見える。サブテーマ間の連携が良好との自己評価であるが、研究期間後半に向かった全体取りまとめの方向性は出ておらず、サブテーマ個別で活動する計画であり、拠点としての特色をどのように出すのかの検討が弱い。</p> <p>4 その他（選定時「留意事項」への対応状況等） 3.11を踏まえた研究計画の方向の修正があってもよいと思われるが、特には何もしておらず当初計画通りということになっている。アウトリーチや自治体などの活動に多くの関わりが出ているようなので、3.11を踏まえた拠点形成の方向性を検討すべきと考える。</p> <p>5 総合所見 (A ・ B ・ C) 東日本大震災を踏まえて当初計画を見直して取り込むことを検討していただきたい。また、そのような状況の変化を拠点の在り方などに反映することも重要と考える。さらに、サブテーマ間の連携ないしは拠点形成における領域のカバーとその相互関係を再整理した上で、研究後半に向かった自己評価および外部評価を行うことも検討していただきたい。</p>			

「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」中間評価
 (平成24年度実施分)に係る研究進捗状況評価票

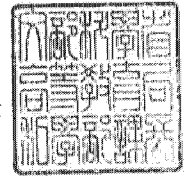
大学名	研究組織名		研究代表者名
工学院大学	都市減災研究センター		久田 嘉章
申請区分	研究拠点を形成する研究	プロジェクト番号	S1001006
研究プロジェクト名	建築・都市の減災と震災時機能継続に関する研究拠点の形成		
【研究進捗状況報告書に対する評価】			
1 研究組織について 学内を中心として、他研究機関との共同研究をよく行っている。			
2 研究施設・設備等について 研究施設もよく利用している。			
3 研究プロジェクトの進捗状況・研究成果等について 進捗は着実に進められている。メディア等でその成果が取り上げられている。			
4 その他（選定時「留意事項」への対応状況等） 特になし			
5 総合所見 (<input checked="" type="radio"/> A) ・ B ・ C)			

26高私助第27号
平成27年1月19日

文部科学大臣所管関係各学校法人理事長 殿

文部科学省高等教育局私学部私学助成課長

矢野和彦



(印影印刷)

「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」に係る事後評価
(平成26年度実施分)の結果について(通知)

さきに提出された研究成果報告書(概要)を「私立大学戦略的研究基盤形成支援検討会」において評価した結果について、別添評価票のとおり通知します。

別添評価票は、2名の私立大学戦略的研究基盤形成支援検討会委員による評価の結果となっております。

貴学校法人におかれては、研究組織に評価結果を周知いただくとともに、評価結果を踏まえ、今後の研究の振興に努めていただくことができれば、幸いと存じます。

また、参考までに、今回事後評価の対象となった全ての事業における各委員の評価結果(総合所見)は、A評価(優れた研究成果を上げている。)が全体の約40%、B評価(研究成果は上がっている。)が全体の約49%、C評価(あまり研究成果が上がっていない。)が全体の約11%となっております。

【本件問合せ先】

〒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 小林、平井、伊藤

TEL : 03-5253-4111(内線 2774)

FAX : 03-6734-3396

E-mail : josei2@mext.go.jp

「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」事後評価
(平成26年度実施分)に係る研究成果評価票

大学名	研究組織名		研究代表者名
工学院大学	都市減災研究センター		久田嘉章
申請区分	研究拠点を形成する研究	研究プロジェクト番号	S1001006
研究プロジェクト名	建築・都市の減災と震災時機能継続に関する研究拠点の形成		
<p>【研究成果報告書概要に対する評価】</p> <p>1 研究組織について 28名の研究者に外部の協力者10名が加わっている。また、院生等が多数参加しているようである。三つのグループの元で5つのテーマが設定されている。テーマにはかなりの開きがあり、全体的統一感を出すのが難しいと思われる。</p> <p>2 研究施設等について H22およびH23に大型設備類を導入している。この後は研究費が1年あたり1600万円程度となっている。これ以外に受託研究を1600万から2000万程度で毎年受け入れている。導入された設備が活用されていると判断する。</p> <p>3 研究プロジェクトの研究成果等について 主に国内学会にて成果が論文として発表されている。分野として和文論文が多くなることはうなずける。</p> <p>4 その他(留意事項への対応状況等) 研究途中に東日本大震災が起こり、中間評価時にはこれを踏まえた形で研究計画を修正してほしい旨の留意事項がつけられた。各テーマへの具体的な変更は大きく行われなかったようであり、大震災を踏まえての新たな知見や成果として著しいものはなかったように見受けられる。</p> <p>5 総合所見 (B) 減災と機能継続を意識した問題設定は時宜を得ていたのですが、途中に発生した東日本大震災後を踏まえての国家的レベルでの様々な活動が進む中で、本事業がどのように役割を果たしたが報告書には具体的に記述されておらずよく把握できません。今後自治体等の活動や調査検討活動に拠点としてどのように関係し貢献していくかについても、読み取れませんでした。外部評価を実施していますが、それによる当初計画への変更などが記述されておらず、形式的に開催したと考えざるを得ません。以上をまとめますと、社会性の高い研究であることから、周囲条件の変化や社会的要請、外部評価等に対応して柔軟に計画を修正していくと言う観点が弱かったのではないかと考えます。</p>			

「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」事後評価
(平成26年度実施分)に係る研究成果評価票

大学名	研究組織名	研究代表者名	
工学院大学	都市減災研究センター	久田嘉章	
申請区分	研究拠点を形成する研究	研究プロジェクト番号	S1001006
研究プロジェクト名	建築・都市の減災と震災時機能継続に関する研究拠点の形成		
【研究成果報告書概要に対する評価】			
1 研究組織について 学内を中心として、外部の共同研究も行っている。			
2 研究施設等について 既存施設の地震防災環境研究センターを利用している。			
3 研究プロジェクトの研究成果等について 予定通り進行している。成果も十分にある。			
4 その他(留意事項への対応状況等)			
5 総合所見 (A)			

最終成果報告

首都直下地震・活断層等による強震動予測と超高層建物等の減災対策

キーワード 首都直下地震、海溝型巨大地震、活断層
 強震動予測、超高層建築、減災対策

久田嘉章* 山下哲郎* 笠井和彦**
 石川理人*** 荒川洋輔****

1. はじめに

本研究の目的は、信頼性の高い強震動予測手法の開発と、首都直下地震や活断層、海溝型巨大地震など首都圏で想定される強震動の予測を行い、その結果を活用して超高層建築や断層直上の建物の耐震・減災対策を提示することにある。具体的には、①強震動予測手法のベンチマークテストと、②高層建築を対象とした効果的な制振補強案の検討、および、③活断層直上の建物の減災対策に関する研究を実施した。本報告では、最終報告として平成22年度から5年間で得られた成果をとりまとめた。ここで得られた結果は、テーマ2と5に提供され、非構造部材の耐震性能や超高層建築等の災害対応力の向上に寄与している。

2. 強震動予測手法のベンチマークテスト

強震動予測手法の検証を目的として、強震動予測における代表的な3手法（理論・数値・統計的手法）による強震動予測手法に関するベンチマークテストを実施した。このテストでは、多くの強震動研究者・実務者に参加を呼びかけ、与えられた震源・地盤の条件下で各自の様々な手法・計算コードの結果の相互比較を行い、その適用範囲等を検討している。2009～2011年度（ステップ1～6）には、手法の妥当性の検証（verification）を目的として、比較的単純な震源・地盤モデルを用いて実施し、同じ手法同士では実用的には同等な結果を得ることを確認した（例えば¹⁾）。さらに、2012～2014年度（ステップ7と8）には、結果の妥当性の検証（validation）を目的として、首都圏の直下地震と南海トラフ近傍の実地震と想定地震を対象としたベンチマークテスト（ステップ7と8）を実施した。ここでは首都直下の実地震を対象としたステップ7の結果を紹介する^{2),3)}。

表1と表2に、理論・数値解析手法と統計的手法によるステップ7の概要を示す。首都直下の実地震として、2005年7月23日の千葉県北西部地震(Mj6.0)を対象とし、計算地点は図1に示す26点とする。

表1 ステップ7：理論・数値的手法モデル

ステップ7（理論・数値解析手法）		
モデル名	T71	T72
対象地震	2005年千葉県北西部地震(Mj6.0)	
震源	点震源（額縁・三宅, 2005）	任意
減衰	あり	
振動数	0～1 Hz（計算は1.5Hzまで）	
地盤	3次元深部地盤モデルから、観測点直下の平行成層地盤を使用	任意
出力点	26地点（K-NET・KiK-net・UR都市機構・建築研究所・戸田建設、鴻池組による観測記録）	任意

表2 ステップ7：統計的手法モデル

ステップ7（統計的手法）		
モデル名	SS71	SS72
対象地震	T71同様	
振動数	0～20 Hz（計算は25 Hzまで）	任意
入射角	観測点直下の地震基盤まで直線入射、堆積層へは鉛直入射	
震源	T71と同様	
放射特性	S波一様分布（放射係数は0.63）	
波動	SH波	
減衰	振動数依存Q値（但し、表層は一定Q）	
地盤	経験式による ω^2 モデル	
出力点	T71と同じ	
出力成分	水平2成分（2組の乱数使用）	任意

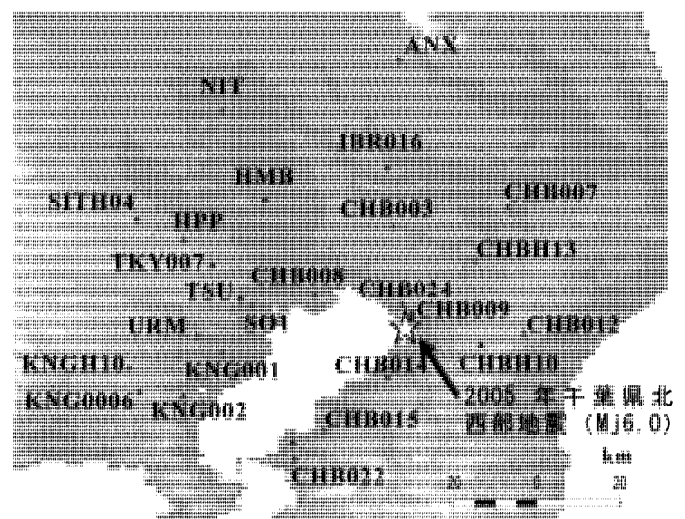


図1 震央位置と計算地点

* : 工学院大学・建築学部

** : 工学院大学・大学院生

*** : 東京工業大学・建築物理研究センター

**** : 株式会社安藤・間（元・工学院大学・大学院生）

地盤モデルの設定は以下の通りである。理論・数値解析的手法の T71 では、工学的基盤より深い地盤は地震調査研究推進本部の3次元深部地盤モデル（数値解析手法）、または観測点直下の平行成層（理論手法）から3次元波動を計算する。表層地盤は強震観測点で得られている地盤構造モデルから増幅率を計算して入射波に乗じる。この時、K-Net 観測点などで工学的基盤に達していない場合も、単純に最下層を工学的基盤と仮定する。T72 モデルでは、各自で改良した震源・地盤モデルによる結果を提出する。一方、統計的グリーン関数法の SS71 では、震源から計算地点直下の地震基盤上面までは一様地盤として直達 S 波（SH 波のみ）を求め、深部地盤・表層地盤の1次元増幅率を乗じる。SS72 では、観測記録との一致度を向上させるために、震源や地盤モデルなどを自由に設定する。

ステップ7の参加者は、理論・数値的手法では、理論手法が3チーム（工学院大・久田、東京理科大・永野氏、建築研究所・中川氏、熊谷組・前川氏、7社会）、数値解析手法は4チーム（清水建設・早川氏、工学院大・石川、伊藤忠テクノソリューションズ・河路氏、応用地質・眞鍋氏）である。一方、統計的手法では5チーム（工学院大・久田、応用地質・眞鍋氏、大林組・野畑氏、大成建設・山本氏、港湾航空技研・長坂氏、7社会）が参加した。ここで7社会とは、安藤・間、熊谷組、佐藤工業、戸田建設、西松建設、フジタ、前田建設の7社の共同研究会である。

理論・数値的手法による例として、図2に震源に比較的近い観測点（CHBH12）の計算結果を示す。波形比較に用いた波形は0-0.7Hzのローパスフィルター処理を行っている。手法間の結果の比較では、初動の実体波部分は非常に良く一致しているが、数値解析手法では、理論的手法より長い後続波形を示している。一方、観測波との比較では、EW成分はよく一致しているが、NS成分の再現性が悪い。最下段の前川氏は震源メカニズムを多重化した改良震源モデルを用いて理論手法で再計算し、NS、EW成分ともに良好な結果を示している³⁾。

統計的手法による例として、図3にHPPとKNGH10の加速度波形の計算例を示す。図中、久田は佐藤の包絡関数、眞鍋氏はBooreの経時関数を用いている。双方とも地盤増幅率は地震基盤から1次元増幅率を乗じているが、長坂氏は観測記録より求めたサイト増幅と位相特性を使用している。前者に比べると振幅も継続時間も改善され、観測波形に近い結果を示している。

以上より首都直下地震のように実体波が卓越する場合、理論・数値解析手法では適切な震源・地盤モデルを用いれば精度良く計算可能であることが確認できた。数値解析手法は散乱表面波など継続時間の長い後続波の再現に適している。一方、統計的手法では、適切な短周期のサイト増幅率の評価が重要であり、経験的サイト増幅率が最も精度良く観測記録を再現できることを確認した。

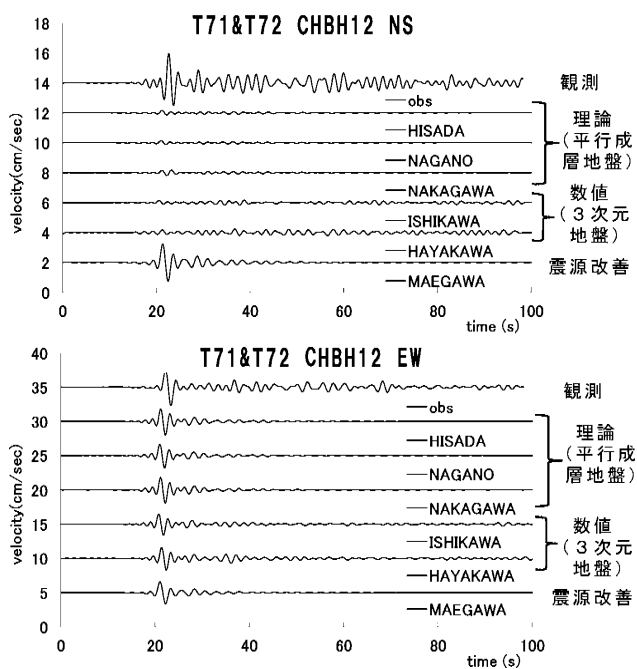


図2 観測波形と理論・数値的手法による速度波形

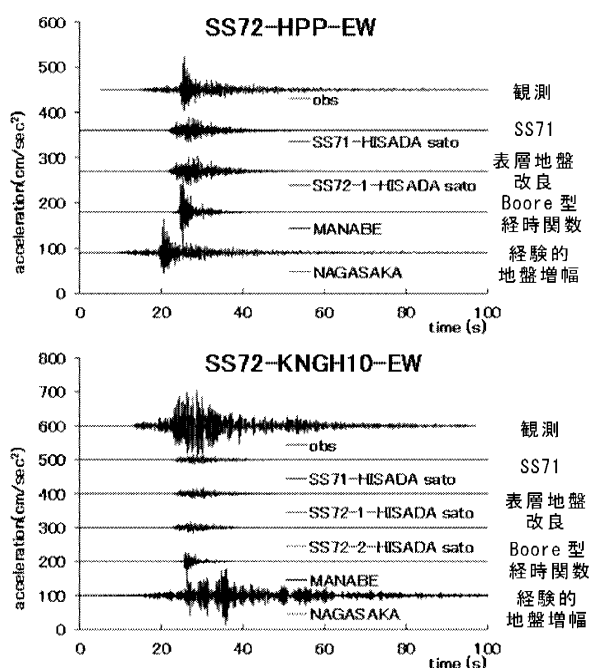


図3 観測波形と統計的手法による加速度波形

3. 超高層建築の効果的な制振補強対策の検討

工学院大学新宿校舎（29階建て鉄骨造）を対象に、2011年東日本大震災による揺れと被害の調査と、振動特性の同定解析を踏まえた3次元立体フレーム構造モデルを構築し、南海トラフ地震等による長周期地震動だけでなく、首都直下地震など短周期地震動が卓越する地震動にも効率的な制振補強の検討を行った。

図4に新宿校舎の軸組図を示す。本校舎は、長辺方向の東西にブレース付ラーメン架構のコアがあり、16階と21階に両端コアを結ぶ25.6mの大スパン梁を有するスーパーフレーム構造である。新宿校舎に隣接してほぼ同規模のSTEC情報ビルが建ち、基礎は2棟共通で、地下1-2階がRC造、地下3-6階が鉄筋コンクリート造の直接基礎である。構造計算書による1次固有周期は3.3秒（南北）と3.1秒（東西）である。

図5に2011年東北地方太平洋沖地震による新宿校舎で観測した最大振幅と計測震度の高さ方向分布を示す。最大加速度の分布では、地下100mで約50gal、1階で約100gal、8階で約200gal、22階で150gal、29階で約300galである。計測震度は地下と1階で4、21階で5弱、16階と29階で5強であり、主として2次モードの影響で中間階と屋上階で大きな値となっている。一方、変位は1階で約10cm、29階で約40cmであり、主として1次モードにより上層階ほど大きな揺れとなっている。層間変形角は最大でも1/360程度であり、構造的には無被害であった⁴⁾。

写真1には新宿校舎の主要な被害を示す。主な室内被害はライン天井の天井板の落下（28、27、21、14階）、固定していない本棚の転倒とその重みによるパーティションの変形（24階）、非常用エレベータのメインロープが着床板裏への絡まり、無理に運用したことによる着床板等の変形破損などであった⁴⁾。

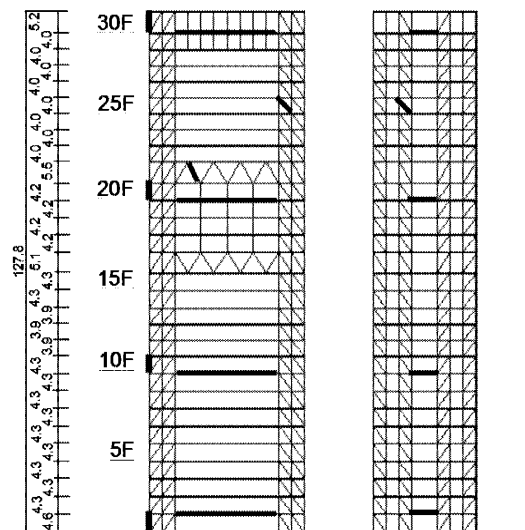


図4 新宿校舎の軸組図（左：東西、右：南北）

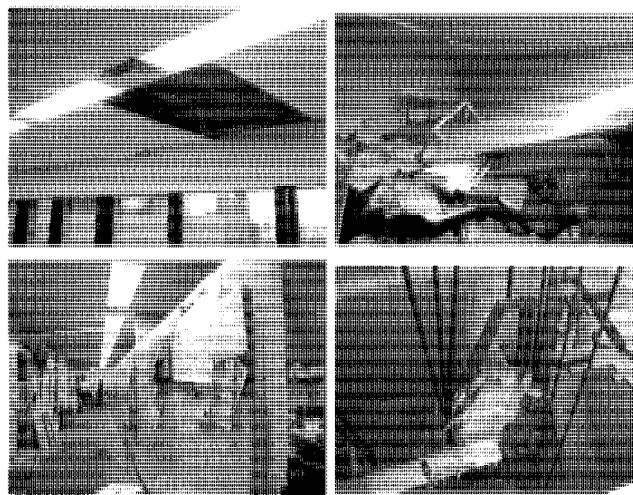


写真1 工学院大学新宿校舎における主な被害（左上から右ドへ：天井板落下、本棚の転倒、パーティションの変形、非常用エレベータのメインロープの着床板裏への絡まりと変形破損）

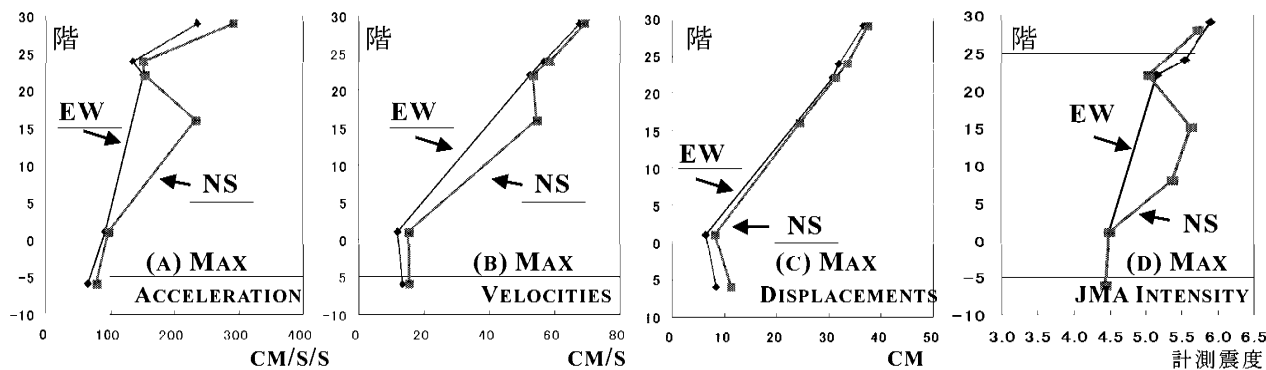


図5 2011年東北地方太平洋沖地震による新宿校舎で観測した最大振幅と計測震度の高さ方向分布（左から最大加速度・速度・変位、および計測震度）

図6に示すように、新宿校舎には強震計を用いた即時被災推定システムを導入しており、地震の際、中層階以上で震度5強の揺れを生じたが、躯体の被害が無いことを速やかに確認し、約700名の帰宅困難者を受け入れるなどの対応が可能であった⁴⁾。

次に、東北地方太平洋沖地震を含む複数の観測記録を用いた伝達関数の適合法により、新宿校舎の固有周期、減衰定数、刺激関数の同定し、3次元立体骨組みモデルを構築した⁵⁾。表3に同定した3次モードまでの固有周期と減衰定数を示す。構造計算では一般に減衰2%程度の剛性比例型減衰を用いるが、同定した結果、1次モードで1.5%程度、3次で3%程度であり、剛性比例型の値よりかなり小さいことを確認した。次に同定した振動特性値を再現する3次元立体フレーム構造モデルを構築し、想定南海トラフ巨大地震や首都直下地震にも有効な制振補強案を検討した。ここで、構造モデル構築に際し、次の条件とした。

床：剛床と仮定

柱脚：固定支持と仮定

パネルゾーン：弾性範囲内でせん断変形を考慮

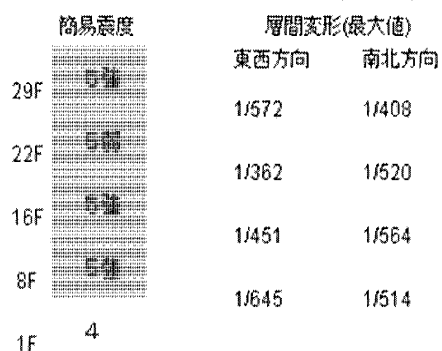
減衰定数：東北地方太平洋沖地震観測の同定結果 (1次モード1.5%、3次モード3.0%のレイリー減衰)

柱：塑性化しないものと仮定した断面二次モーメント、及び正負で異なる全塑性モーメントを算出。また、バイリニアの履歴特性を使用

ブレース：座屈を考慮した柴田若林の履歴特性

梁：合成梁として評価し、床スラブの剛性を考慮

2011/03/11 14:46:00 簡易震度と層間変形



色	簡易震度	層間変形角	説明
■	6強以上	1/50以上	被害が出ている可能性があります
■	5強～6弱	1/200～1/50	軽微な被害が出ている可能性があります
□	0～4	1/200以下	大きな被害は出ていないと思われます

図6 東日本大震災時の新宿校舎の即時被害推定システムによる被害推定結果画面³⁾

表3 同定した減衰定数と固有周期⁴⁾

方向	モード次数	固有周期	振動数	減衰定数
NS	1次	3.079	0.325	0.015
	2次	0.942	1.062	0.018
	3次	0.475	2.105	0.030
EW	1次	2.965	0.337	0.015
	2次	0.993	1.007	0.017
	3次	0.518	1.931	0.028

構築した構造モデルより制震ダンパーの最適配置を検討した (標準的なダンパーとして、KYB株式会社の制震用オイルダンパーを使用)。ダンパーを効果的に配置するには、地震時に変形が大きい箇所であると同時に、せん断力の負担も大きいことが望ましい。このため、等井の手法⁶⁾を用いて最適配置を検討した。この方法は、まず設置可能な場所にダンパーを配置し、ブレースの剛性が無視できるほど小さいモデル (Nモデル) と、ブレースの変形が無視できるほど剛性が大きいモデル (Rモデル) の2種モデルを構築する。次にAi分布による荷重増分解析を行い、各層でNモデルでのブレース変形量の水平成分を層間変形で割った値 (α_{Ni}) と、Rモデルでのブレース軸力の水平成分を層せん断力で割った値 (α_{Ri}) と積が、同時に大きくなるダンパーの配置を最適解として探索する。以上より、図7に示す5つのモデルを用いて地震応答解析を行い、ダンパーの効果を検討する。使用する入力地震波は、東海・東南海連動地震、首都直下地震、エルセントロ波 (50kineの振幅で基準化) とした。

図8は、長周期地震動が卓越する地震として東海・東南海地震の入力による各層での最大加速度応答と山げを含む層間変形角を示す。最もダンパー設置本数の少ないD32モデルでも大きな応答低減効果があり、層間変形角はすべての階において1/200以内である。

一方、図9は短周期が卓越する地震動の代表としてエルセントロ波を入力したときの結果である。ダンパーを付与しない場合、減衰定数に振動観測より求めたレイリー型減衰の小さな値を用いているため、最大層間変形は1/100を超えている。1/100以下にするには、NS構面にダンパーを44基設置するD84モデル、EW方向ではEW構面にダンパーを32基設置するD68モデルが必要であることが確認できた。

2013年度の制振ダンパー配置のモデル⁷⁾と比べて、より少ないダンパー数で同等以上の制振を確認した。例えばNS方向では、前は60基、今回は44基でエルセントロ波での1/100以内を満たした。同じ配置モデルで東海・東南海地震の最大層間変形角は、前は約1/238、今回は約1/270と改善した。

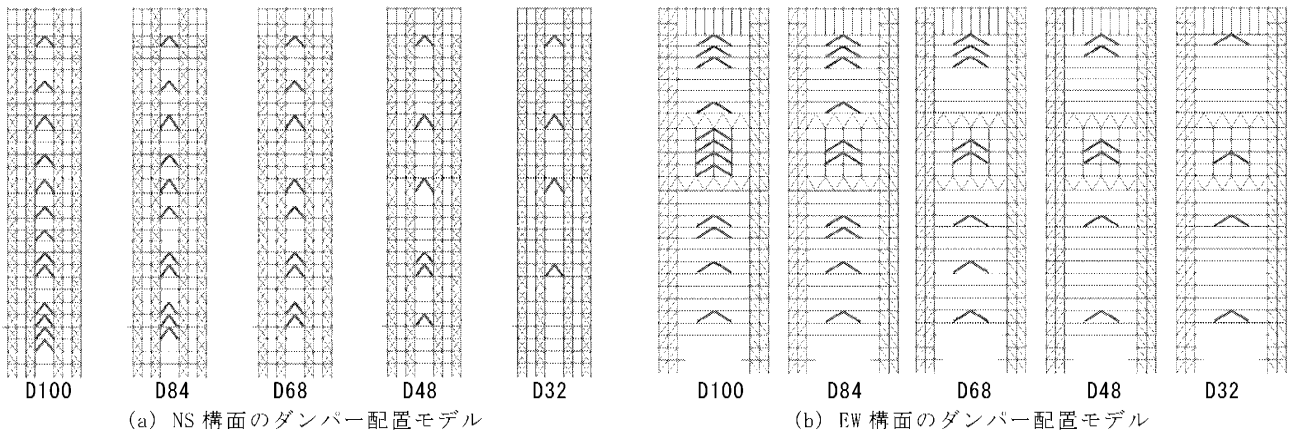


図7 様々な最適ダンパー配置モデル

D32モデル (NS: 16基、EW: 16基)、D48モデル (NS: 24基、EW: 24基)、D68モデル (NS: 36基、EW: 32基)、
 D84モデル (NS: 44基、EW: 40基)、D100モデル (NS: 52基、EW: 48基)

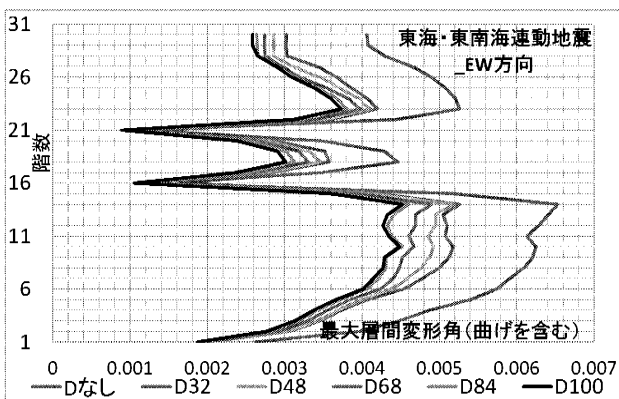


図8 東海・東南海地震波形による最大層間変形角

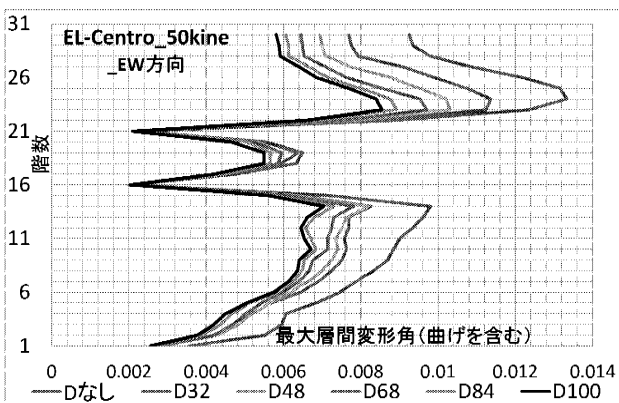


図9 エルセントロ地震波形による最大層間変形角

5. 活断層直上の建物の減災対策

首都圏や大阪圏には立川断層や上町断層など危険度が高い活断層が存在する。大規模な活断層で地震が生じた場合、その近傍では指向性パルスなど破壊力のある強震動が発生するだけでなく、地表断層に起因する地盤の大きな変形（フリングステップ）や傾斜が生じ、建物に大きな被害が生じることが懸念されている。これまで地表断層近傍の強震動特性と建物の被害に

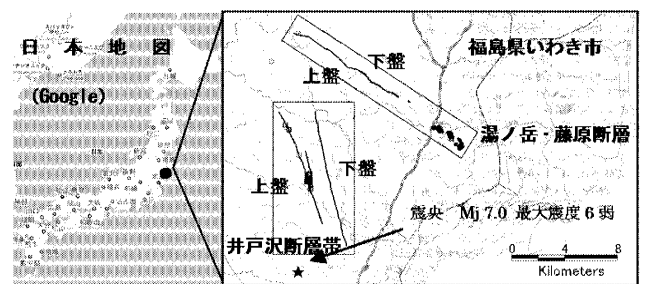


図10 福島県いわき市・調査断層位置

は不明な点が多く、殆ど対策がとられていないのが現状である。そこで、本研究では、図10に示すように、最大で2m近い地表地震断層が出現した2011年福島県浜通り地震 (M7.0) を対象に、断層の近傍で建物の建物被害調査を実施し、効果的な対策法を検討した⁸⁾。

この地震は2011年4月11日に深さ6kmで発生し、同年3月11日東北地方太平洋沖地震が誘発した引っぱり場による正断層型による地震である。いわき市などでの最大震度は6弱であった。井戸沢断層の西側セグメントや湯ノ岳断層東部に被害が多く報告されており、死者3人、負傷者10人の人的被害を生じた。死者の原因は、田人町石住において崖崩れに伴う家屋倒壊によるものであった。

今回実施した建物被害調査は、2011年5月29、30日の2日間で、計7名の参加で実施した。図10に示すように、断層岸が顕著に現れた井戸沢断層と湯ノ岳断層を中心に、地表断層を挟む計194棟の建物の悉皆調査を行った。調査の方法は、日本建築学会災害委員会が作成した調査シートを基準とした。主な調査項目は、建築年、現状、建物用途、建物階数、構造種別、基礎形式、基礎被害、地盤変状、屋根形式、屋根被害、被害度 (破壊パターン)、断層による地盤変状被害な

どである。被害度破壊は、岡田・高井による被害チャート図によって、D0（無被害）、D1（軽微被害）、D2（一部損壊）、D3（半壊）、D4（全壊）、D5（一部崩壊）、D6（完全崩壊）の7パターンで判別した。

表4に地表地震断層と調査建物との位置関係と被害度を示す。調査した建物は4棟を除き、地表断層から500m以内に位置している。特に地表断層直上の10棟の被害建物うち、8棟は大きな断層変位によりD4以上の被害であり、全壊率は8割である。他の2棟の被害はD2とD1であった。一方、地表断層からずれると、全壊率は約2%と小さく、逆断層で報告されているような、上盤側で被害が集中する傾向は見られなかった。これは山岳地帯であり、一般に硬質地盤の地域であることに加え、正断層特有の現象（上盤が沈み込むため、逆断層のような上盤上端部の崩壊が見られない現象）である。また多くが古い建物であるにもかかわらず、地震動による2%程度の全壊率（震度で5強から6弱程度に相当）であり、大規模な地表断層が出現したにもかかわらず、地表断層近傍では強い地震動が発生しなかったと思われる。

写真2に地表断層直上の建物の典型的な被害例を示す。左図は唯一の倒壊事例である寺院山門である。基礎は束石に固定されておらず、部材接合部も金物などで補強されておらず、上盤の沈下で転倒・倒壊した。一方、寺院本堂の真下に落差約60cmの断層が現れ、大きな傾斜被害を生じたが、木造特有の変形追随性能により倒壊を免れている。これらの調査から、地表地震断層の近傍の強震動は特に強い訳ではなく、断層直上でも地盤変状に備えれば倒壊を逃れる対策が十分に可能であることを示している。

表4 地表断層と建物の位置関係と被害度の関係⁸⁾

被害度	直上	上盤	下盤	不明	合計
D0	0	28	68	2	98
D1	1	24	42	4	71
D2	1	1	5	0	7
D3	0	1	2	2	5
D4	7	1	2	2	12
D5	1	0	0	0	1
合計	10	55	119	10	194
全壊率	80%	2%	2%	20%	7%

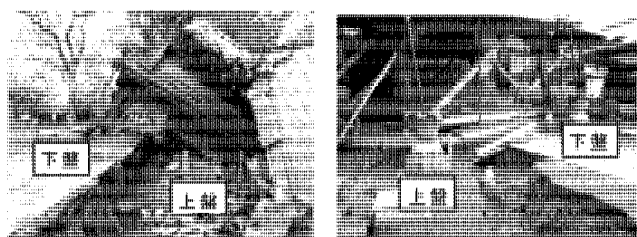


写真2 断層直上の寺院の山門（左）と本堂（右）

6. おわりに

最終年度として、①強震動予測手法のベンチマークテストと、②超高層建築を対象とした効果的な制振補強案の検討、および、③地表地震断層近傍の建物調査結果を報告した。ベンチマークテストから信頼性が担保された強震動予測手法を確認でき、その結果は超高層建築の地震応答解析と制振補強案の検討に活用された。この応答解析結果は小課題1.2以下に提供され、非構造部材の耐震性能や超高層建築等の災害対応力の向上に寄与している。また段差1m程度の地表地震断層が出現した地震による建物被害調査から断層の直上でも地盤変状に備えれば倒壊を逃れる対策が十分に可能であることを確認した。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省・科学研究費・基盤研究（B）「大都市圏で想定される広帯域強震動と超高層建築の減災対策」（平成24-26年度）の研究助成で行われ、日本建築学会・地盤震動小委員会との連携のもとに行われました。東海・東南海連動地震の地震動は大成建設より提供頂きました。防災科学技術研究所K-net、KiK-netの強震観測記録を使用し、建物の観測記録については、都市再生機構、技術研究所、鴻池組、戸田建設、よりご提供いただきました。本研究を行うにあたり、大阪大学の故・吉村智昭氏、武汉大学の浦准教授には有益なご指導・ご助言を頂きました。

参考文献

- 久田嘉章ほか（分担）、資料編Ⅰ：強震動予測手法に関するベンチマークテスト、最新の地盤震動研究を活かした強震波形の作成法、日本建築学会、2015（刊行予定）
- 石川理人ほか、首都直下地震を対象とした強震動予測手法に関するベンチマークテスト（その1：千葉県北西部地震を対象とした観測記録との比較）、第14回日本地震工学シンポジウム、2014.12
- 前川利雄ほか、首都直下地震を対象とした強震動予測手法に関するベンチマークテスト（その2：2005年千葉県北西部地震の震源過程）、第14回日本地震工学シンポジウム、2014.12
- 久保智弘、東日本大震災における首都圏超高層建築における被害調査と震度アンケート調査、日本地震学会論文集、Vol.12, No.5, pp.1-20、2012.11
- 山下哲郎、新宿区超高層街区に建つ鉄骨造超高層建築の東北地方太平洋沖地震前後の振動特性、日本地震学会論文集、Vol.12, No.4, pp.3-16、2012.9
- K. Kasai, et al., Effective Retrofit Using Dampers for a Steel Tall Building Shaken by 2011 East Japan Earthquake -- China-Japan Cooperation Program (Part 2), 10th CUEE Conference, Proc. of 10th CUEE Conference, pp.1295-1302, 2013.3
- 新山龍宏ほか、超高層建築における振動特性の評価と地震応答解析（その2）弾塑性地震応答解析、日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）2012.9
- 久田嘉章ほか、2011年福島県浜通り地震の地表地震断層の近傍における建物被害調査、日本地震学会論文集、Vol.12, No.4, pp.104-126、2012.9

既存 RC 造建物の湿式パネルによるそで壁増し厚耐震補強新工法の開発と普及

鉄骨枠付き湿式補強パネル、鋼板型湿式補強パネル、そで壁補強
住まいながら補強、分散型補強、既存 RC 造建物

近藤龍哉*1 伴 幸雄*2
加藤三晴*3 山本泰稔*4

1. はじめに

本研究は既存鉄筋コンクリート造建物の耐震補強工法の開発と、その普及を目指した。

「建築物の耐震改修の促進に関する法律（平成七年十月二十七日法律第百二十三号）」において 1981 年以前に建てられた建物（以後、「旧設計法による建物」と記す）の耐震診断と耐震補強が勧められている。旧設計法による建物を現設計法の考え方で耐震強度を視たとき、耐震性能が十分でないとして診断された時には、耐震補強を勧めるものである。法律の下で既存建物の耐震診断と耐震補強設計、耐震補強工事がなされる。しかし、既存建物の耐震化工事は経済的条件、敷地条件、使用上の制限などから遅延として進んでいない。

新工法は、上部構造の既存部位を建物外部から増し厚する。よって、敷地条件と使用上の制限に関する負荷は極めて軽微である。また、使用上の制限に関わり「住まいながら補強」が叶う事で、一時転居などが不要で、経済的条件も負荷は少ない。

新工法を用いた耐震化工事の普及にあたって、特定の団体・企業と技術協力を図った。すなわち、新工法を「特殊工法」とし、特定の団体・企業が占有する工法とした。新工法は開発と実施を平行に進めた。既存建物の耐震化が急務であることから、実設計・実施工とのすり合わせを行いながら工法開発を目指したためである。よって、実設計・実施工の情報のフィードバックと、それに対応する開発研究を行う目的で、一般工法化を避けて、特定の団体・企業が所有する特殊工法とした。

2. 工法概要

既存そで壁付柱を湿式パネルで補強する新工法を二つ開発した。一つは「鉄骨枠付き湿式パネルによる既存そで壁付柱のそで壁増し厚工法（以後、「鉄骨枠型補強パネル」と記す）」である。もう一つは「鋼板型湿式補強パネルによる既存有開口そで壁付柱の

そで壁増し厚工法（以後、「鋼板型補強パネル」と記す）」である。

鉄骨枠型補強パネルはそで壁付柱の曲げ耐力とせん断耐力の大幅な上昇を目指すと共に、建物の外側から補強施工が成されることを目指した点が在来工法と大きく異なる。在来工法でそで壁付柱のそで壁を増し厚しようとするとき、既存柱・梁枠内に増し厚がなされる。よって、柱型・梁型が建物外面にあるときには建物の外側で補強工事を成せるが、建物内面に有るものでは内側の補強工事が必要となる。すなわち、「住まいながら補強」が困難となる。新工法はこの部分の改善を行った。

鋼板型補強パネルは有開口そで壁付柱を対象にした補強工法である。集合住宅などで、共用通路側に位置するそで壁付柱には窓開口などが設けられている。よって、部分的にそで壁長さが短くなり、特にせん断耐力が小さい。こうした既存そで壁付柱を補強する目的で、鉄骨枠型補強パネルに対して開口補強を行った型式である。

新工法を採用し耐震補強した建物の実施工例を記す。建物は5階建ての集合住宅で、「住まいながら補強」が大きな要件であった。よって、在来工法を廃して、建物の外側から補強する鉄骨枠型補強パネル工法が採用された。

鉄骨枠型補強パネルは既存柱・梁にあつて施工アンカーで留め付ける。よって、第1の工程はあと施工アンカーを各部位に埋め込む（写真1）。写真は、既存部位を穿孔しエポキシ樹脂を用いてアンカー筋を埋め込む。第2の工程は、縦横筋を溶接接合した鉄骨枠を、アンカー筋を介してルーズに留め付ける（写真2）。第3の工程は、鉄骨枠を型枠で覆い、無収縮モルタルを圧入する（写真3）。ここで、ルーズに留め付けた鉄骨枠とアンカー筋が固定され、既存躯体と鉄骨枠型補強パネルは一体となる。第4の工程は仕上げである。補強部が経年劣化してひび割れ、雨水等で鋼材・鉄筋が発錆することを避けるために弾

*1：工学院大学建築学部建築学科、 *2：矢作建設工業株式会社

*3：株式会社ピタコラム、 *4：芝浦工業大学名誉教授

テーマ1 小課題番号 1.2-1

性に富む塗装を行う（写真4）。

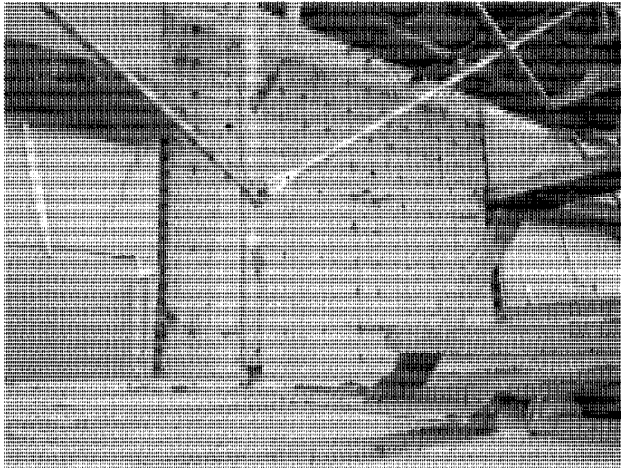


写真1 あと施工アンカー埋め込み工程

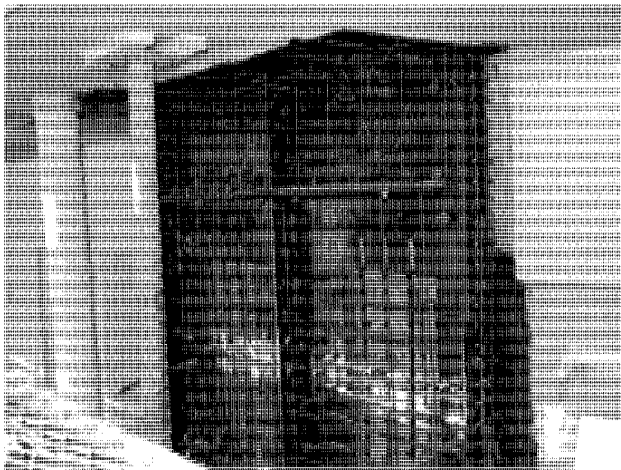


写真2 鉄骨柱仮留め工程

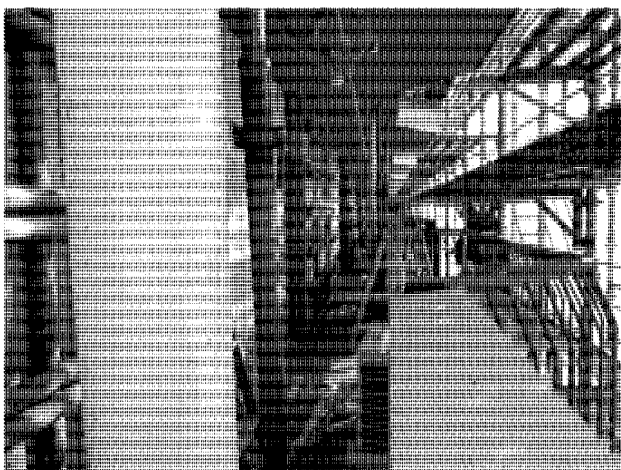


写真3 無収縮モルタル圧入型枠設置工程

3. 工法研究概要

T.法研究は実大 1/2 モデルを用いた T.法性能検証

実験研究である。加えて、鉄骨枠型補強パネルの長大

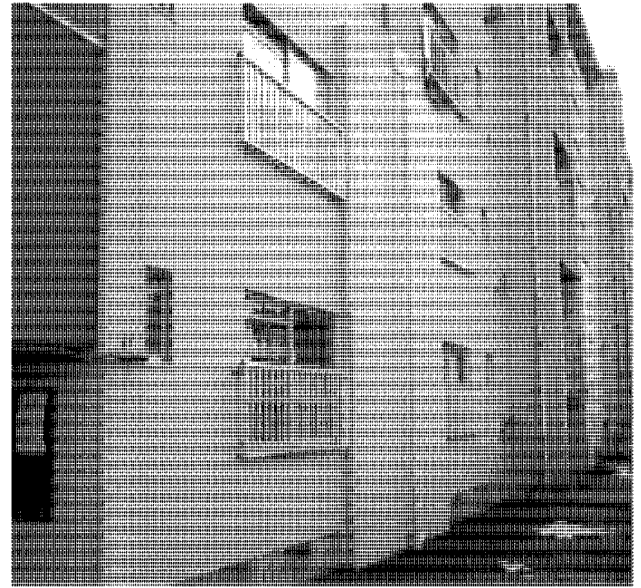


写真4 仕上げ工程

せん断強度実験研究、および、実使用するあと施工アンカーの鉄骨枠型補強パネルとの接合部強度試験研究を要素実験研究として行った。実験研究の成果は学術的な報告^(参考文献)をした他、新工法補強設計マニュアルの策定を介して第三者機関で技術評定を得た。

実験研究の経緯と結果の概要を記す。

せん断力が支配的な加力条件で鉄骨枠型補強パネルによる補強効果の検証実験を行った（写真5）。パネルの取り付けかた（既存柱梁枠外、または、枠内）、片そで壁付柱であるなど、比較試験体を含めて5体の実験の結果、得た知見の概要は以下の通りである。

- ・せん断強度、および、靱性が極めて向上する。
- ・終局に関わる損傷部位は既存梁との接合部である。

曲げモーメントが支配的な加力条件で鉄骨枠型補強パネルによる補強効果の検証実験を行った（写真6）。パネルの取り付けかた、ベランダスラブの有無など、比較試験体を含めて5体の実験の結果、得た知見の概要は以下の通りである。

- ・曲げ強度、および、靱性が極めて向上する。
- ・終局に関わる損傷部位は既存梁との接合部である。

せん断力が支配的な加力条件で鋼板型補強パネルによる補強効果の検証実験を行った（写真7）。パネルの取り付けかた、開口による残存そで壁長さの差異など、比較試験体を含めて5体の実験の結果、

得た知見の概要は以下の通りである。

- ・残存そで壁部の先行破壊を抑止できた。
- ・せん断強度、および、靱性が極めて向上する。
- ・終局に関わる損傷部位は既存梁との接合部である。

写真7 有開口そで壁付柱の実験

鉄骨枠型補強パネルのせん断強度検証実験を行った（写真8）。得た知見の概要は以下の通りである。

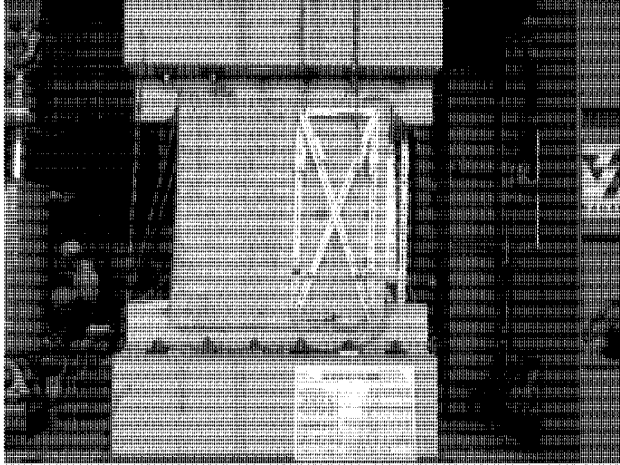


写真5 せん断力が支配的な加力実験

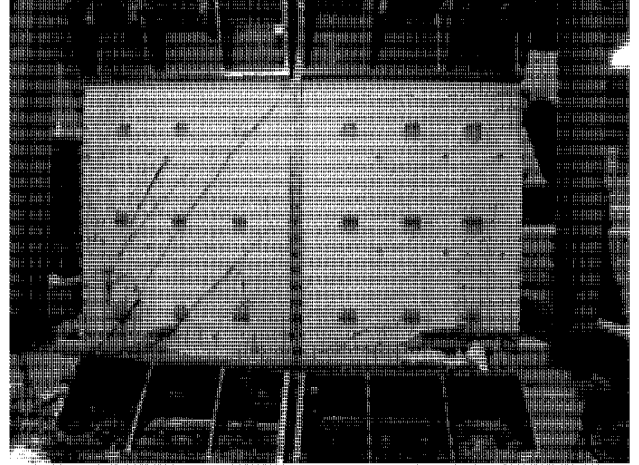


写真8 補強パネルのせん断強度実験

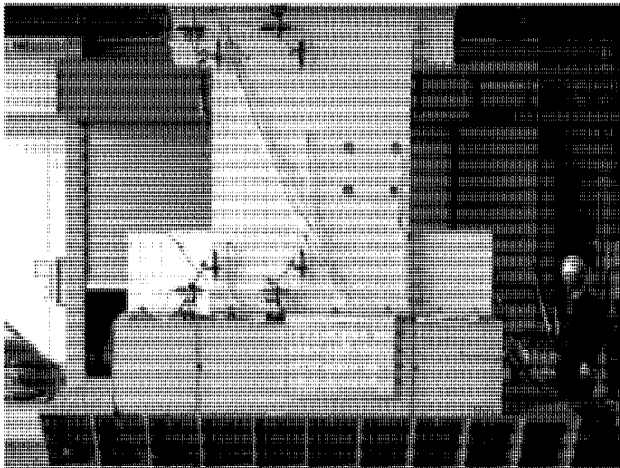


写真6 曲げモーメントが支配的な加力実験

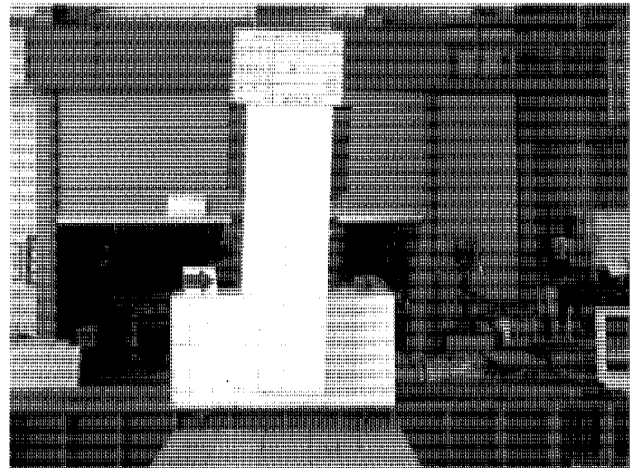
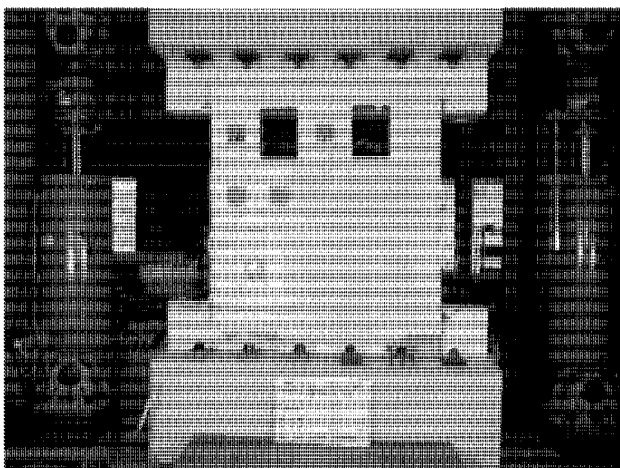


写真9 接合部強度実験



- ・抵抗機構はアーチ機構とトラス機構である。
- ・上記の事から「荒川式」が準用できる。なお、鉄骨枠等の効果を加味し、荒川式に優遇係数 1.7 を乗ずることが出来る。

梁との接合部強度検証実験を行った（写真9）。得た知見の概要を以下に記す。

- ・せん断抵抗型に埋め込んだあと施工アンカーの定着強度は「頭付きスタット」の強度式を準用できる。
- ・埋込み側強度はあばら筋の降伏強度を加味出来る。

4. 工法普及の成果

テーマ1 小課題番号 1.2-1

2014年1月現在の耐震補強設計実績は82棟である。写真10と写真11に竣工建物を例示する。「住まいながら補強」により、使用性と経済性の負荷を軽減した。また、敷地条件の制限も回避している。

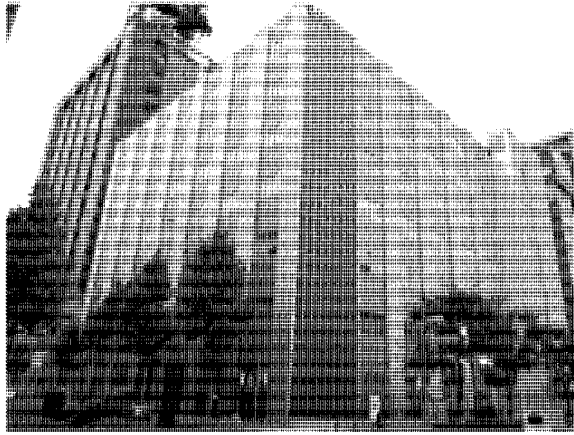


写真10 札幌市内のオフィスビル

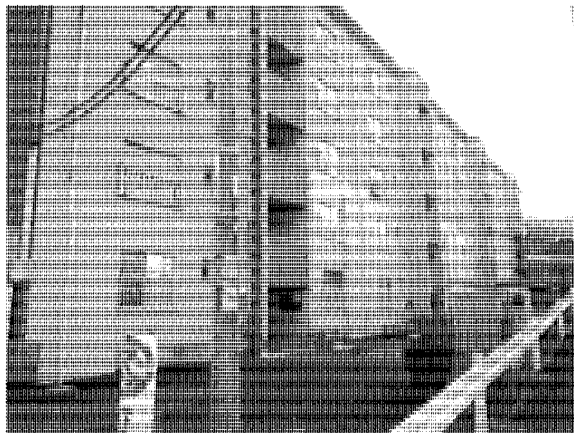


写真11 川崎市の市営住宅

5. おわりに

設計者からのフィードバックとして、そで壁付柱のそで壁には竣工後に開けられた設備小開口があるものが少なくないことが判った。これらの補強も兼ねた鉄骨枠型補強パネルの開発研究も進めている。写真12は2015年度に行う実験研究の試験体（作成途中）である。設備小開口位置に鋼管を配するもので、鋼管のみを配したモデル（写真右）と鋼管の背面に鋼板を設けたモデル（写真左）である。

また、施工者からのフィードバックとして、鉄骨枠に用いる山形鋼を、鋼板を冷間折り曲げ加工した材に置換する要望がある。あと施工アンカーを用いる接合部において既製品外の不等辺山形鋼が求めら

れるためである。冷間折り曲げ加工した鋼材を用いた鉄骨枠型補強パネルの性能評価試験も2015年度に行う予定である。

なお、これらの実験研究はUDM予算による実験装置を用いて行う。

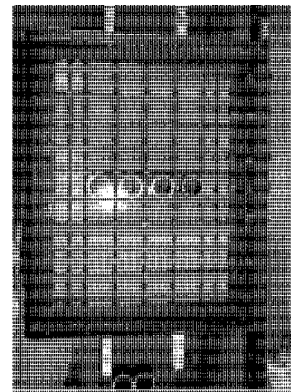
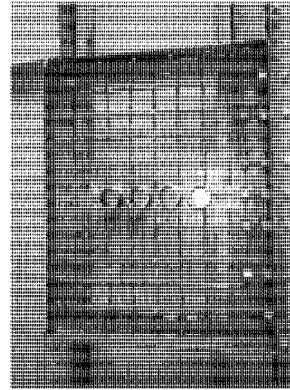


写真12 設備小開口補強性能評価試験体

参考文献

- 1) 近藤龍哉, 山本泰稔, 加藤三晴, 伴幸雄, 既存建物袖壁付き柱のせん断補強に関する実験的研究, コンクリート工学協会年次論文集第32巻(2010), 997-1002, 2010/7
- 2) 大和征良, 山本泰稔, 近藤龍哉, 接着系あと施工アンカーの強度と靱性に関する研究, 第13回日本地震工学シンポジウム(2010), 1595-1602, 2010/1
- 3) 近藤龍哉, 伴幸雄, 加藤三晴, 山本泰稔, 既存建物袖壁付き柱の曲げ補強に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vo133 No2, 1345-1350, 2011
- 4) 伴幸雄, 山本泰稔, 近藤龍哉, 大和征良, 既存建物袖壁付き柱の補強に関する群アンカーの実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vo133 No2, 1423-1428, 2011
- 5) 大和征良, 山本泰稔, 近藤龍哉, 接着系あと施工アンカーの引張強度と靱性に関する実験的研究と各種設計式の設計引張耐力比較検討, コンクリート工学年次論文集, Vo133 No.2, 1057-1062
- 6) 近藤龍哉, 山本泰稔, 加藤三晴, 伴幸雄, 鈴木隆史, 立川沙緒美, 既存鉄筋コンクリート造袖壁付柱の補強方法の提案と検証(全4編), 2010年度日本建築学会大会(北陸)梗概集, 構造IV/543-550, 2010/9
- 7) 近藤龍哉, 山本泰稔, 加藤三晴, 伴幸雄, 大和征良,

鈴木隆史、立川紗緒美、今岡恵理、既存建物袖壁付き柱の曲げ補強に関する実験的研究（全7編）、日本建築学会大会学術講演梗概集、No23156～No23162、337-350、2011年9月

8) 近藤龍哉、山本泰稔、加藤三晴、伴幸雄、鉄骨枠付き湿式パネルのせん断耐力と抵抗機構に関する実験的研究（全3編）、日本建築学会学術講演梗概集（2012年度大会）、813ページ～818ページ、2012年9月

9) 近藤龍哉、伴幸雄、加藤三晴、清水啓介、山本泰稔、有開口そで壁付き柱のそで壁増し厚補強工法の開発研究（全3編）、日本建築学会学術講演梗概集（2013年度大会）、275ページ～280ページ、2013年9月

10) 大和征良、山本泰稔、近藤龍哉、接着系あと施工アンカーの予測引張破壊荷重に関する実験的研究、日本建築学会学術講演梗概集（2013年度大会）、57ページ～58ページ、2013年9月

11) 近藤龍哉、伴幸雄、清水啓介、染川拓也、加藤三晴、山本泰稔、有開口そで壁付柱のそで壁増し厚工法の開発研究（全2編）、日本建築学会学術講演梗概集（2014年度大会）、97ページ～100ページ、2014年9月

シングル配筋ラーメン構造の開発

耐震補強、鉄筋コンクリート、ラーメン構造、シングル配筋、高強度

小野里憲一*

1. はじめに

高強度の鉄筋とコンクリートが利用できるようになり、これまでは鉄骨鉄筋コンクリート造で建てられていた高い耐震性能を必要とする建物が、鉄筋コンクリート造で建てられるようになった。そこで、本研究は既存建物の耐震補強工法として、高強度の材料を使用した補強工法を提案しこれを開発することを目的としている。提案する工法は単に強度の高い材料を使用するのではなく、柱と梁の主筋をシングル配筋とした厚さの薄いラーメン構造で、これを耐震性能が不足する既存鉄筋コンクリート建物に外付けすることで耐震性能を補う計画をしている。柱と梁の主筋をシングル配筋にすることで、鉄筋コンクリート構造で防止しなければならない破壊がより生じやすくなるという問題が発生するが、それを解決できればシングル配筋にすることで鉄筋の組立が容易になり、現場作業の省力化と工期短縮が期待できる。以後、この構造をシングル配筋ラーメン構造と呼ぶ。この提案は2010年度に行った¹⁾。

鋼板を内蔵させないことのメリットは、

- ①鋼板を発注・加工・運搬するという工程が削減できる。
- ②鋼板に空けた孔にアンカーを通すという煩雑な作業を省くことができる。

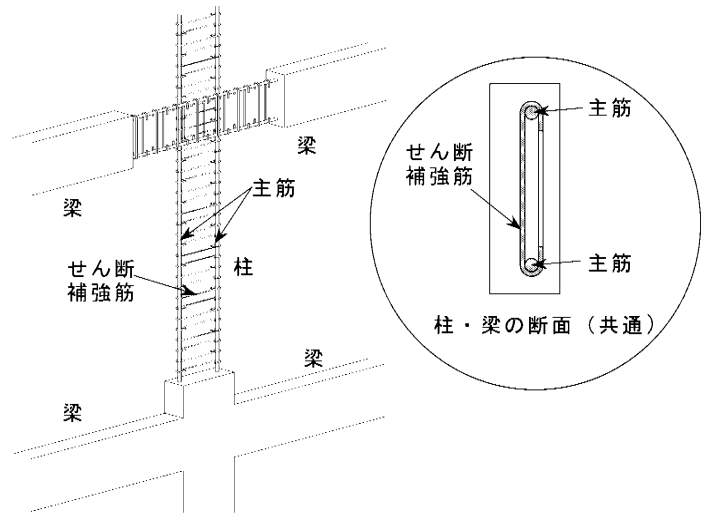


図1 シングル配筋ラーメン構造

2. シングル配筋ラーメン構造

既存建物の補強方法は図1に示すように鉄筋を組立て、図2のように既存躯体に外付けして耐震性能の不足する建物を補強する。

薄肉のラーメン構造を既存建物に外付けする耐震補強工法は、限られた敷地内で可能なこと、室内に立入らなくても工事が可能なこと、ブレース補強のように採光や景観を妨げる部材が存在しないこと等のメリットがあげられる。そうした薄肉のラーメン構造による補強工法は、鉄筋コンクリート部材の断面内に鋼板を内蔵する構造として既に存在している。しかし、高強度のコンクリートと鉄筋を利用すれば鋼板を内蔵しなくても、それと同等の強度を確保することが可能である。計算上は鉄筋にUSD685級をコンクリートの圧縮強度に60N/mm²級を使用すれば、図3の(a)に示すように柱と梁の主筋をシングル配筋とした断面で、図3の(b)に示す鉄筋コンクリート断面や(c)の鉄骨を内蔵した断面と同等の耐力が期待できる。

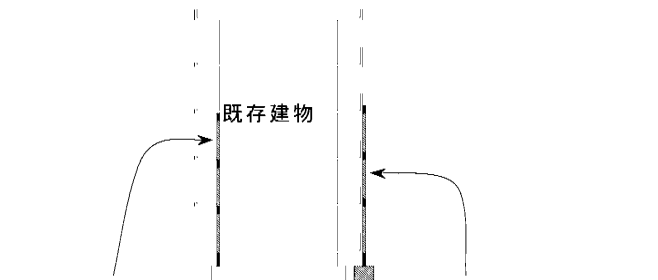
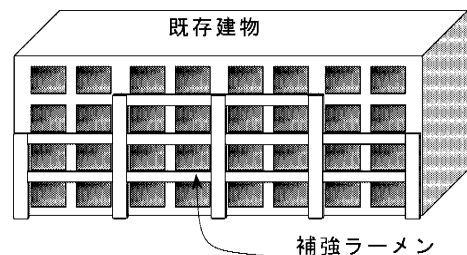


図2 既存建物の補強例

③部材断面で最も応力が大きくなる外端部分に主鉄筋を集中して配筋できるため、使用する鋼材量を削減できる。

また、シングル配筋にすることのメリットは、
 ①複層配筋に比較して、鉄筋の組立が容易なため現場作業の省力化が期待できる。

②組立が容易なため工期が短縮できる。

ただし、補強部材の断面を極端に薄くして高強度の材料を用いた耐震補強工法はこれまでに存在しない。以下の理由で、シングル配筋にすることの問題点があげられる。

- ①コンクリート部材の厚さが薄いため接合部がせん断破壊する可能性が高い。
- ②せん断補強筋で囲まれ拘束されたコアコンクリートが存在せず、主筋が一行に並ぶため、コンクリートが割裂破壊する可能性が高い。
- ③太物の鉄筋を利用するため主筋の定着長さが不足する可能性がある。

これらの破壊が生じた場合は、シングル配筋ラーメン構造は最大強度以降に極めて脆性的な耐力低下を起こすことから、防止しなければならない。しかし、もしこれらの破壊が防止できれば、シングル配筋ラーメン構造は極めて合理的な耐震補強工法の一つになる。

このようなことから、2011年度に実験計画を立て、シングル配筋ラーメン構造の問題点と考えられる接合部の性能を確認する実験を2012年度に行い、その性能を確認した。次のその実験計画を説明する。

3. 接合部の性能実験の計画

実験は柱梁接合部の強度が最も低いとされるL形接合部について行う。試験体の大きさは実物の約1/2スケールで、階高3m、スパン6m、柱梁せいとも600mm、部材幅240mmを想定している(図4)。寸法を1/2にすると体積比が実物の1/8になるため試験体作製費に同程度の減額が期待できる。

加力方法を図5に示す。L形の閉じる方向を正加力方向とした。載荷制御は目標層間変形角Rを2.5, 5.0, 7.5, 10, 20, 30, 40, 50×10⁻³radの正負1サイクルずつの繰返し加力とし、最大荷重後に強度が20%以上低下することを確認した時点で加力を終了する。試験体の種類は図6に示す試験体記号をL-1、L-2、L-3、L-4とする4体で、各試験体は接合部の形状と配筋のみが異なっている。L-1→L-2→L-3の順番で接合部の主筋の定着長さを長くとれるようにし、また、L-4はL-3に補強筋が追加された試験体である。

なお、シングル配筋ラーメン構造は材料にコンクリート強度60N/mm²級、鉄筋にSD685級の使用を想定しているが、今回計画した1/2スケールでは使用する主筋の径がD22になり、この径で人手可能な鉄筋強度区分は最大でSD490級である。このことから、コンクリート強度も同様に低い強度のものを採用することとし、本実験では主筋にSD490級、コンクリートに設計強度21N/mm²を使用する。実際に使用した材料強度を表1に示す。

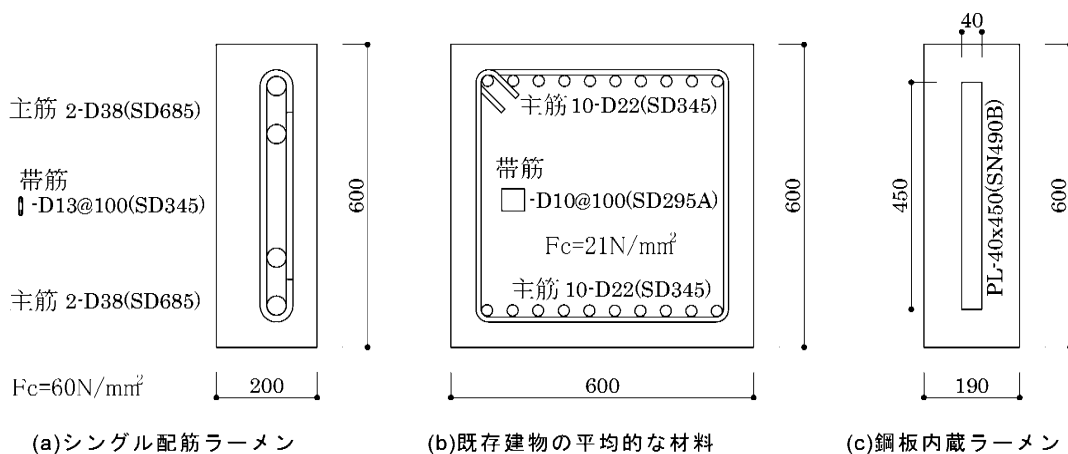


図3 強度が同等な断面の比較

4. 接合部の性能実験の結果

各試験体の実験結果から荷重-層間変形角関係を図7に示す。また、試験体と最大強度の関係を図8に示す。最大強度はL-1→L-2→L-3→L-4の順番で徐々に高くなっていることが分かる。なお、いずれ

の試験体でも負加力側の強度は正加力側の強度より小さくなっており、L-4に関してはL-3より負加力側の強度が小さい。これは、正加力が常に先行して行われることによって生じた損傷により負加力側の強度が低下したもので、負加力側の強度は正確に捉

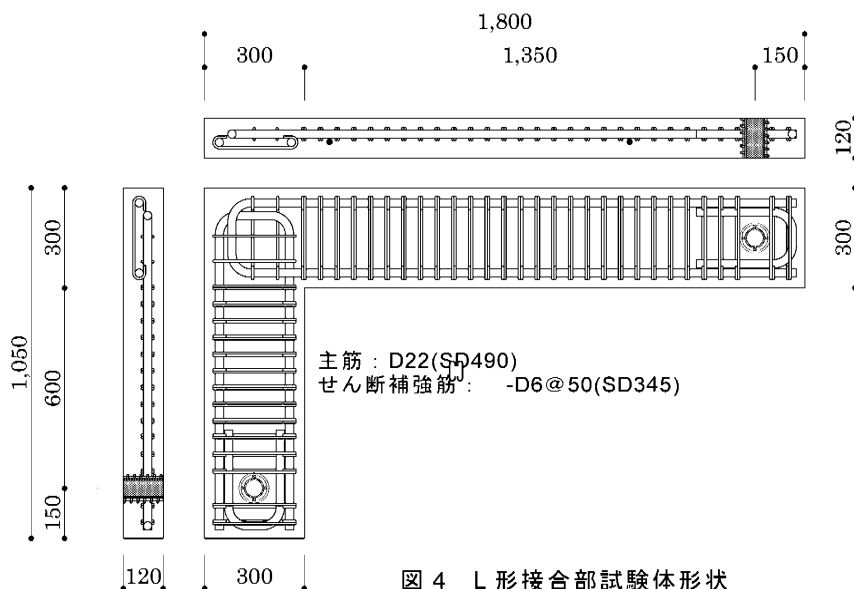


図4 L形接合部試験体形状

表1 使用材料強度(N/mm²)

材 料	降伏強度	引張強度
鉄筋	D6	354
	D19	532
	D22	537
コンクリート	圧縮強度 σ_{bc} =20.8	

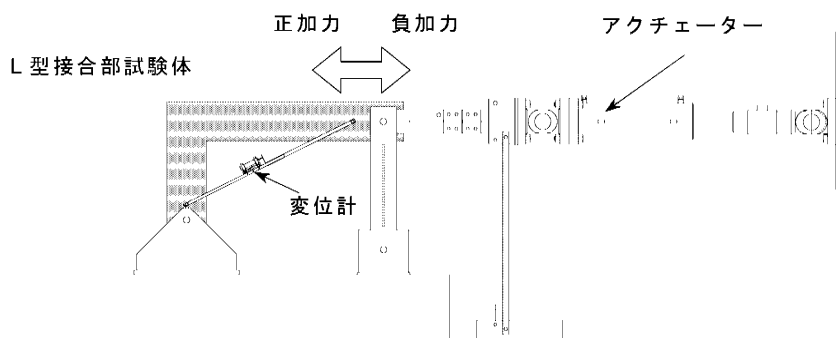
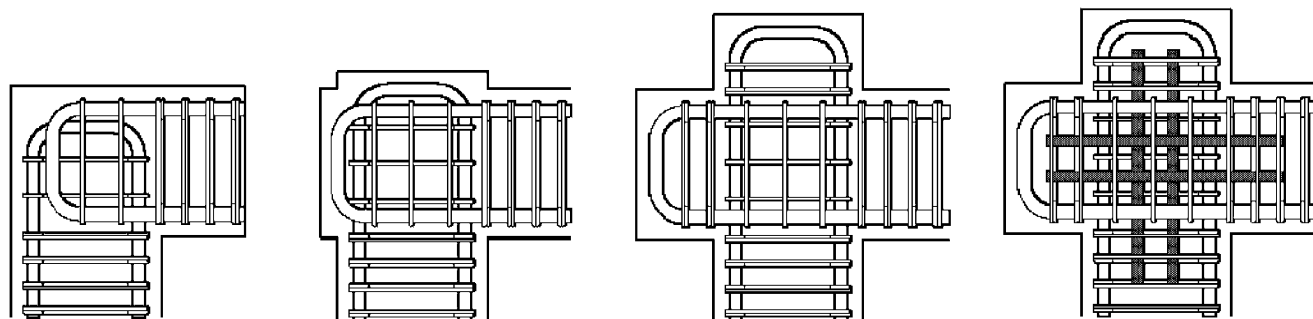


図5 L形接合部の実験方法

■印補強筋:D19(SD490)



(a) 試験体 L-1

(b) 試験体 L-2

(c) 試験体 L-3

(d) 試験体 L-4

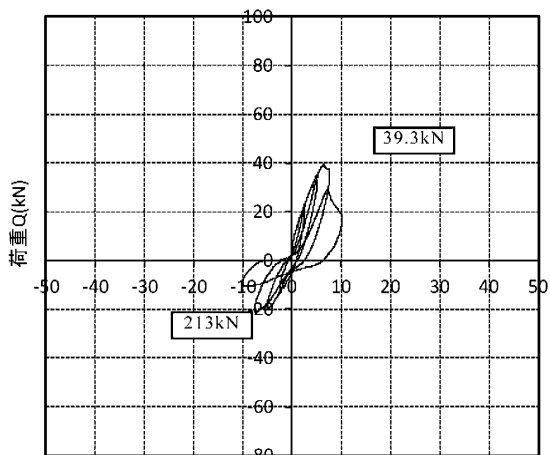
図6 接合部の種類

えられていない。

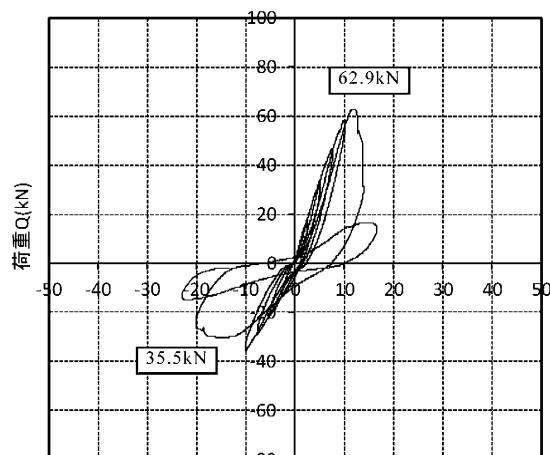
また、一般に接合部に配筋された補強は接合部強度にあまり影響を与えないとされているが、本実験では主筋と同程度の配筋を行い、強度が明確に向上

することが確認できた。

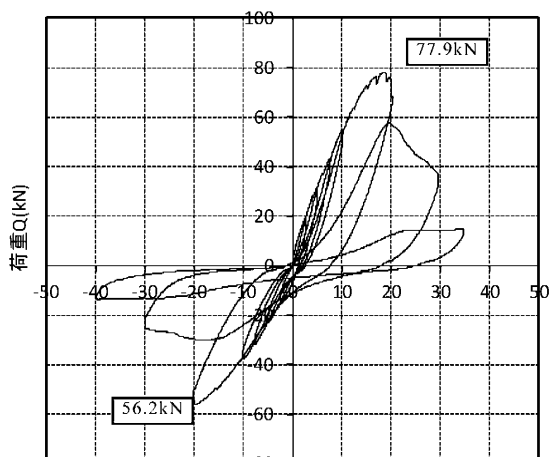
図9は最終時の破壊状況で、表面のひび割れ状況を線で、内部の破壊状況を塗りつぶして示している。破壊の観測からL-1は主筋によるコンクリート



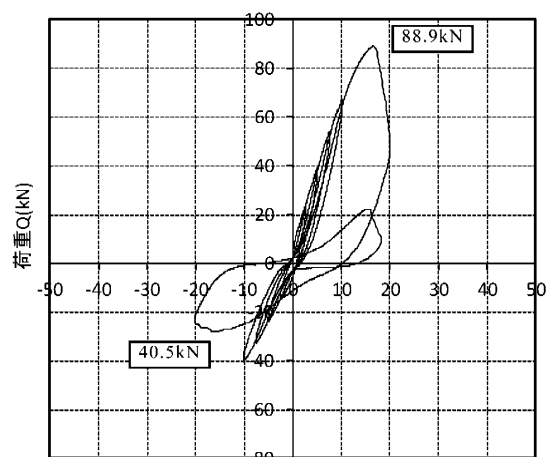
層間変形角 $R(\times 10^{-3} \text{ rad})$
 (a) 試験体 L-1



層間変形角 $R(\times 10^{-3} \text{ rad})$
 (b) 試験体 L-2



層間変形角 $R(\times 10^{-3} \text{ rad})$
 (c) 試験体 L-3



層間変形角 $R(\times 10^{-3} \text{ rad})$
 (d) 試験体 L-4

図7 荷重-層間変形角関係

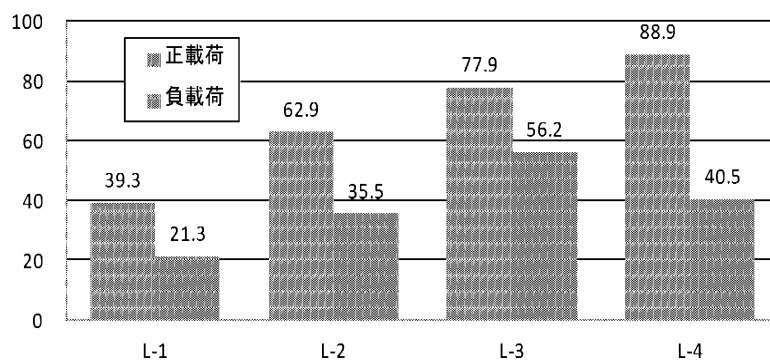


図8 最大強度の比較

の掻き出し破壊、L-2 は接合部のせん断ひび割れを伴う主筋によるコンクリートの掻き出し破壊、L-3

は接合部のせん断破壊。L-4 は柱と梁の主筋の間で厚さ方向にコンクリートが裂かれた。以上が 2012 年度の行った予備実験の概要であり、これらの結果は 2013 年の日本建築学会大会で発表^{1),2)}した。

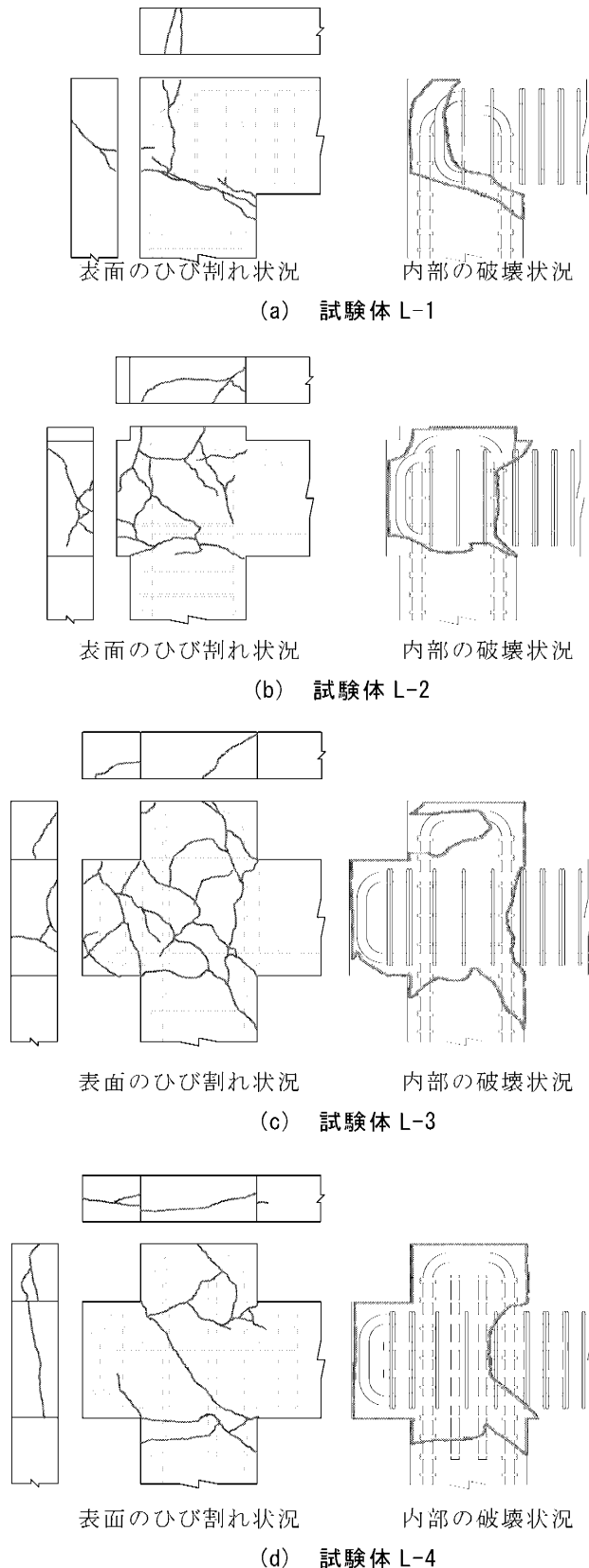


図9 試験体の破壊状況

5. 接合部補強の提案

2013年度に2012年度の行った実験結果を踏まえ、接合部の改良方法の提案を行った。2012年度に行った試験体で一番強度の強かった試験体はL-4試験体である。しかし、L-4試験体の破壊形式は柱筋と梁筋との間でコンクリートが厚さ方向に裂かれるという割裂破壊であった。この破壊を防止することができれば、接合部の強度をさらに高めることが可能になる。そこで、図10に示すように、スパイラル筋を主筋に巻く方法と、厚さ方向にボルトを配置する方法を提案した。これらの補強材により実験で生じた亀裂面を補強する。

6. 接合部補強実験の計画

実験を行う試験体は2012年度に実験を行った試験体L-4と試験体に図10に示す補強を行った試験体である。試験体は図11に示す、接合部の補強方法の違う計4体である。試験体L-4-1を無補強とした基本の試験体として、L-4-2がボルトにより補強した試験体、L-4-3がスパイラル筋により補強した試験体、L-4-4がボルトとスパイラル筋により補強した試験体である。実際に使用した材料強度を表2に示す。なお、柱と梁の主筋は2012年度の実験ではD22を使用したが、本実験ではD25を使用する。これは、D22を使用した場合は、最大強度が梁端部

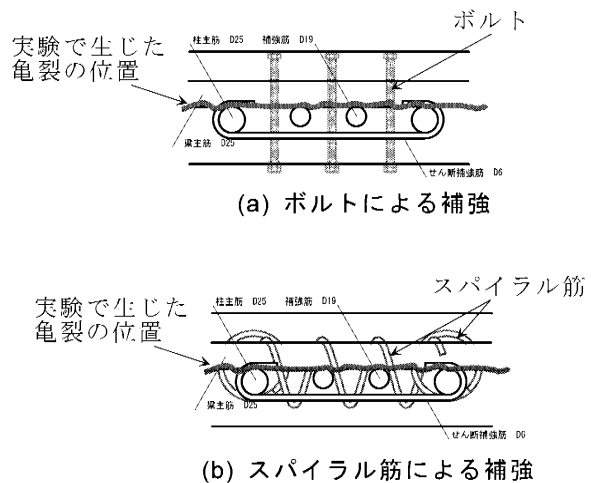


図10 割裂破壊防止の提案

の主筋の降伏によって決まり、接合部のコンクリートで破壊が決まらない可能性がある。コンクリートで破壊を生じさせることで接合部の補強効果を確認することを目的として、径を大きくしている。

試験体の加力方法は正負交番加力とし、最大強度が確認できるまで $5.0 \times 10^{-3} \text{rad}$ の増分で、それ以降を 10.0×10^{-3} の増分とし、約 $40 \times 10^{-3} \text{rad}$ まで行った。

なお、2012 年度の実験では L 形が閉じる正側を先行して加力を行ったが、本実験では L 形が開く負側を先行して加力する。これは、正側より負側の方が、接合部に引張力が作用することで強度が引くいため、最大強度の低い側にどれくらい補強効果が見られるのか確認するためである。

7. 接合部補強実験の結果

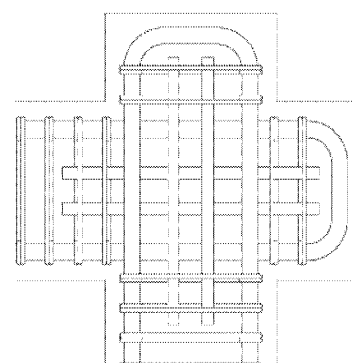
実験は 2014 年度の行われた。各試験体の実験結果から荷重-層間変形角関係を図 11 に、各試験体の包絡線の比較を図 12 にします。また、試験体と最大強度の関係を図 13 に示す。実験の加力は負側を先行したため、は負側の破壊によって正側の最大強度は明確にはなっていないと判断されることから、ここでは負側の結果について報告する。図 13 の数値からわかるように、補強を行っていない試験体 L-4-1 に比較して、ボルトで補強を行った試験体 L-4-2 およびスパイラル筋で補強を行って L-4-3 試験体とも、最大強度は大きくなった。さらに両方で補強を行った試験体 L-4-4 はさらに最大強度が大きくなった。

図 12 からわかるように、最大強度時の層間変形角も補強を行った試験体は大きくなっている。いずれの補強も補強効果があったことがわかる。

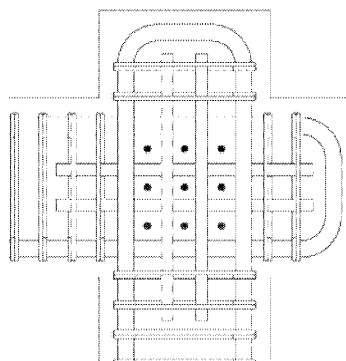
各試験体の実験終了後の破壊状況を図 14 に示す。赤い線は試験体表面に発生したひび割れを、赤い塗りつぶしは、実験終了後に試験体を解体して、2012 年度の L-4 試験体発生したような厚さ方向に裂くような割裂破壊が生じていた範囲を示している。スパイ

表 2 使用材料強度(N/mm²)

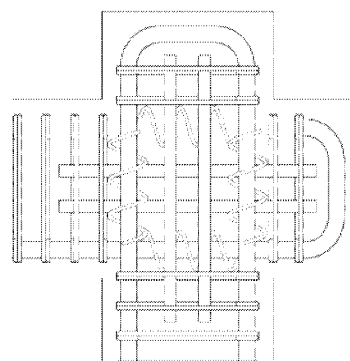
材 料	降伏強度	引張強度	
鉄筋	D6	404	554
	D19	552	726
	D25	551	737
コンクリート	圧縮強度 _{OB} = 23.3		



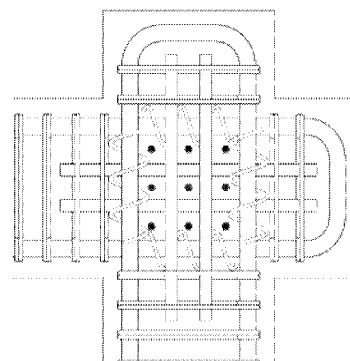
(a) 試験体 L-4-1



(b) 試験体 L-4-2



(c) 試験体 L-4-3



(c) 試験体 L-4-4

図 10 接合部補強試験体

ラル筋で補強した試験体 L-4-3 は無補強の試験体と同様に、接合部全域で割裂破壊が発生していることがわかる。ボルトで補強した試験体 L-4-2 と L-4-4 については接合部の内部の割裂破壊を防止できた。

8. まとめ

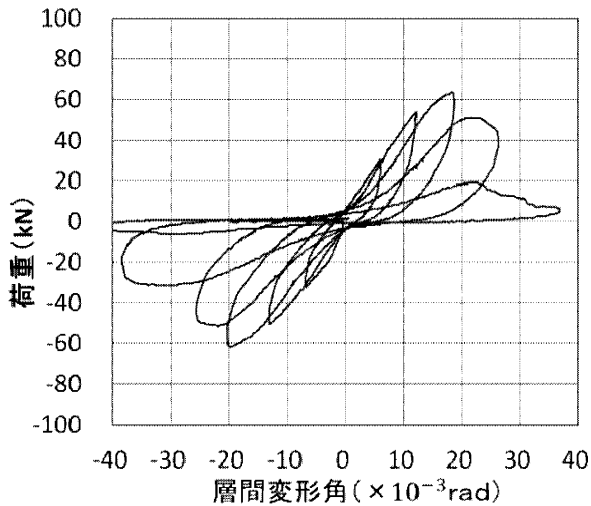
新し耐震補強工法としてシングル配筋ラーメン構造を提案して、その開発のために L 形接合部の実験、および補強効果の実験を行い、以下の結果を得た。

- 1) 接合部強度は主筋の定着長さを長くするほど高くなる。
- 2) 接合部内に配筋された補強筋は、接合部のせん断強度を高めることができる。

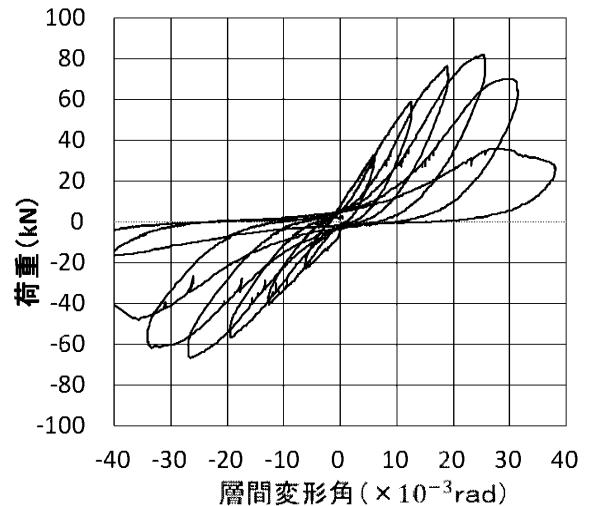
- 3) 接合部をボルトで補強することで、接合部の強度と変形性能を高め、割裂破壊を防止できる。
- 4) 接合部をスパイラル筋で補強することで接合部の強度と変形性能を高めることはできるが、割裂破壊を防止できない。
- 5) 接合部をボルトとスパイラル筋の両方で補強することで、片方のいずれかで補強するより接合部の強度と変形性能を高め、割裂破壊を防止できるに向上する。

9. おわりに

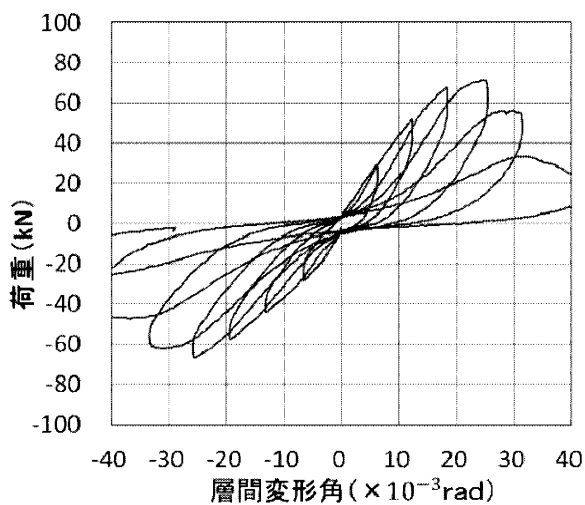
シングル配筋ラーメン構造を開発するための懸念事項であった、接合部強度が低いという問題に対



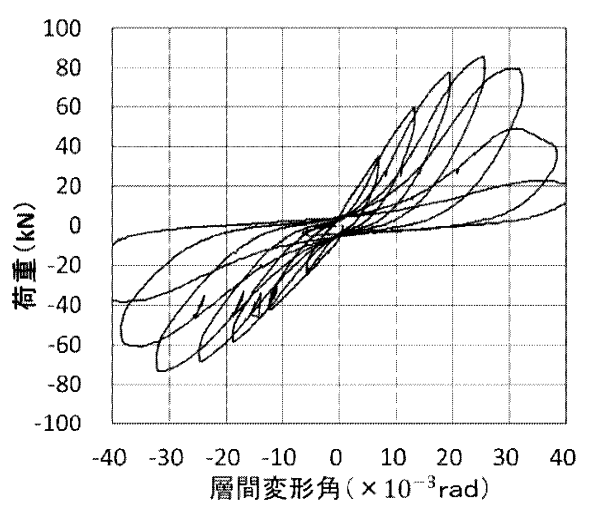
(a) 試験体 L-4-1



(b) 試験体 L-4-2



(c) 試験体 L-4-3



(d) 試験体 L-4-4

図 11 荷重-層間変形角関係

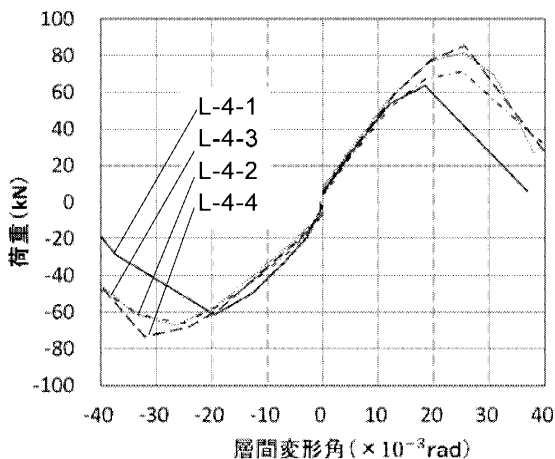


図 12 包絡線の比較

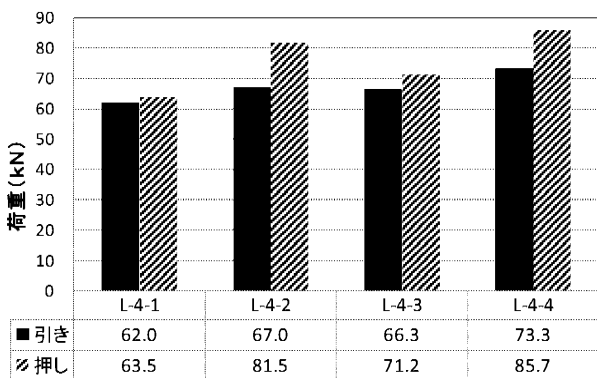


図 13 最大強度の比較

して様々な検討を行い、接合部強度を高めることのできる補強方法を提案することができた。ただし、これまで行った検討は、この工法で実際に使用したいと考えている高強度のものでなく、縮小試験体という制約から、強度の低い材料で行ってきた。今後は実強度の材料を使用して、補強効果を実証することと、L形以外の接合部についても検証することが必要である。

参考文献

- 1) 小野里憲一：シングル配筋ラーメン構造の提案、工学院大学総合研究所・都市減災研究センター、平成22年度研究成果報告書、pp.19-22、11.3
- 2) 劉 智、船津卓馬、高橋良徳、小野里憲一、シングル配筋ラーメン構造の提案と予備実験：その1.実験計画、日本建築学会大会学術講演会 pp.381-382、2013.08.30
- 3) 船津卓馬、劉 智、高橋良徳、小野里憲一、シングル配筋ラーメン構造の提案と予備実験：その2.実験結果、日本建築学会大会学術講演会 pp.383-384、2013.08.30

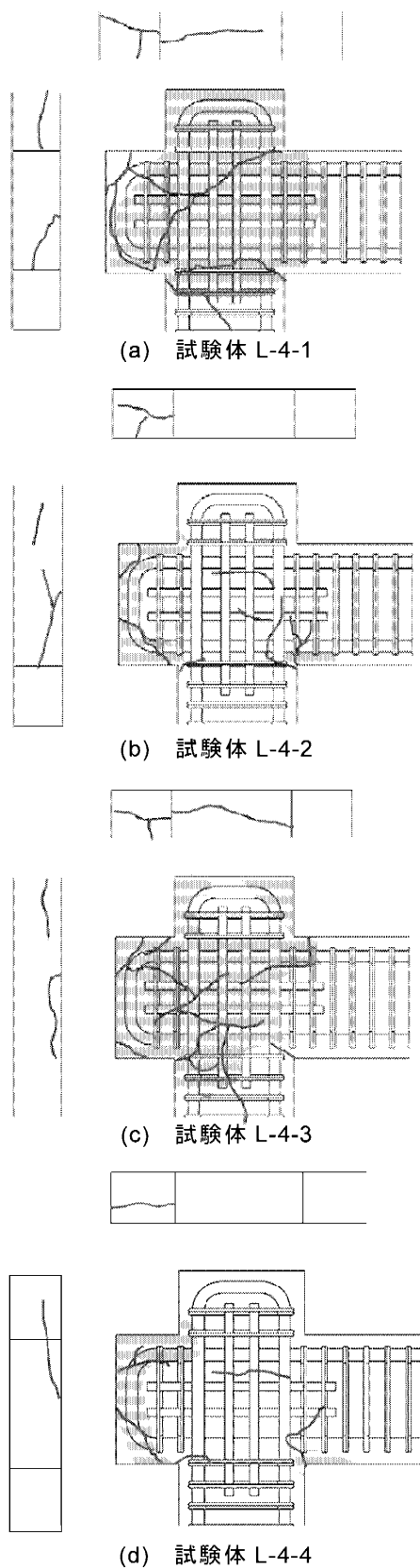


図 14 試験体の破壊状況

* : 工学院大学建築学部建築学科

体育館の耐震性評価と補強法に関する研究

体育館 耐震診断 ブレース 置屋根 支承部

山下哲郎*

1. はじめに

震災時に避難所となる体育館は、地震で損傷を生じるとそれが非構造材であっても避難所には使えない。現在、体育館の耐震診断では耐震性を構造体の耐力と変形性能の積である耐震性指標 I_s 値で表現する¹⁾が、応答変形や加速度は算定しないため地震後の損傷（避難所としての使用可能性）を評価できない。また空間構造特有の3次元振動特性も考慮されていない（このような診断法の問題点を2012建築学会PDで整理²⁾）。

さらに2011年東北地方太平洋沖地震では、置屋根構造の体育館において鉄骨屋根とRC躯体を接合する支承部の被害が多発した³⁾⁴⁾。支承部は設計や耐震診断の盲点であったが、置屋根構造の耐震性に関する研究がほぼ皆無であったこともその原因である。

従って当小課題では、東北地方太平洋沖地震以前は新潟県中越地震で深刻な被害が生じた鉄骨造体育館桁行方向のブレース構造を、以降は置屋根構造の支承部を主な研究対象として以下の研究を実施した。

- 1) 実大実験による山形鋼X型ブレースの変形性能の評価(2008-2010)^{2,5,6)}。
- 2) S造体育館の桁行方向耐震性指標 I_s 値と告示波に対する弾塑性応答の相関と、桁行方向を簡易質点モデルに置換し限界耐力計算で応答を推定する方法の提示(2010-2011)^{2,7)}。
- 3) 梁間方向のラーメンの有限要素解析による弾塑性挙動の検証(2014-)⁸⁾。
- 4) 置屋根支承部のアンカーボルトとモルタル層の損傷に注目した地震被害再現実験および耐力の評価(2012)^{9,10)}。
- 5) 置屋根構造スライド支承の可動性を調べる実験(2013-2014)¹¹⁾

ここでは1)2)4)5)の要旨を報告する。

2. 体育館のブレース構造の変形性能と弾塑性応答

2.1 山形鋼X型ブレースの変形性能(2008-2010)

鉄骨造体育館の桁行方向の耐震要素として高い頻度で使用される山形鋼（アングル）X型ブレースの変形性能とエネルギー吸収能力を実大実験により検

証した。実験装置と試験体概要を図1に示す。ブレース断面はシングルアングル(L-60x5、L-75x6)とダブルアングル(2L-60x5、2L-75x6)である。

振幅漸増加力に対する荷重変形曲線を図2に示す。横軸は層間変形角、縦軸は引張側ブレースのみ有効として算定した降伏耐力で無次元化した水平荷重である。シングルアングルは良好な変形性能を示す一方、ダブルアングルは繰り返しの伴う劣化が顕著で層間変形角 1/100 程度で破断した。シングルアングルでは写真1のように座屈部で断面が扁平化し、なめらかに湾曲してひずみの集中が生じない一方で、ダブルアングルでは座屈後特につづり材付近で極端な局部座屈が生じ、ひずみが集中する（写真2）ことが原因である。

図3は塑性率と等価粘性減衰の関係を示したもので、曲線は限界耐力計算¹²⁾におけるブレース構造の等価粘性減衰である。シングルアングルブレースは小

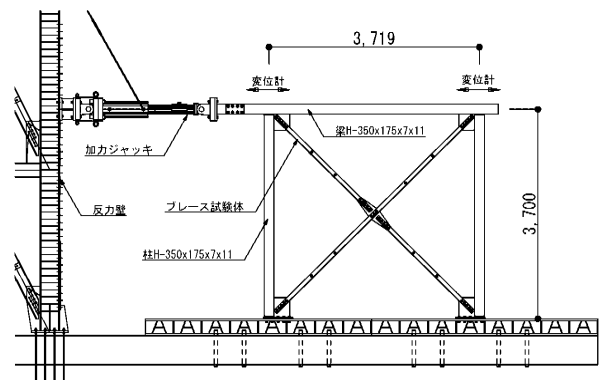


図1 実験装置全容

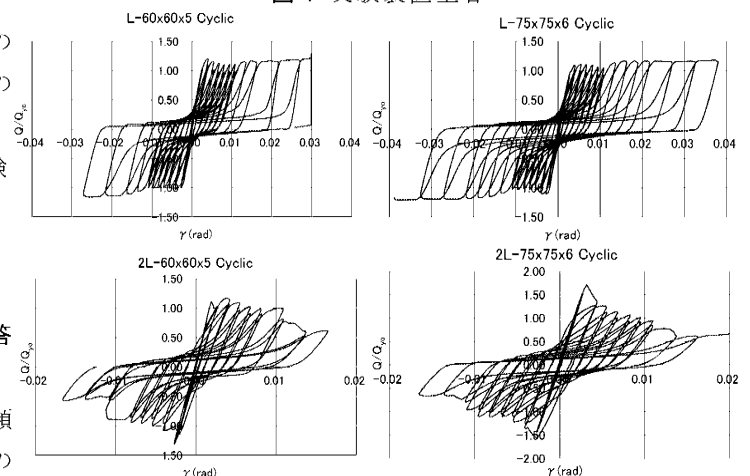


図2 荷重～層間変形角関係

* : 工学院大学建築学部 建築学科教授

振幅領域で完全スリップ型より良好なエネルギー吸収性能を有する。以上、シングルアングルの X 型ブレースは耐震要素として優れているが、ダブルアングルは変形性能に難があることを示した。

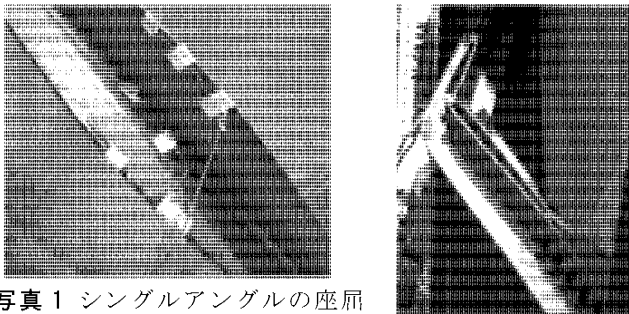


写真1 シングルアングルの座屈

写真2 ダブルアングルの座屈

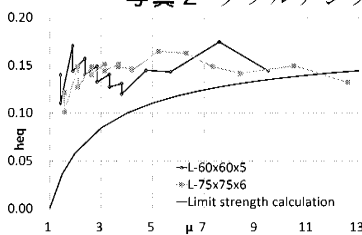


図3 塑性率と等価粘性減衰

2.2 体育館桁行方向ブレース構造の弾塑性応答の評価(2010-2011)

ここでは、実在する補強後の S 造体育館の桁行方向 (ブレース構造) の時刻歴解析により、耐震性指標 I_s ¹⁾ と告示波に対する弾塑性応答の関連を試算するとともに、簡易質点モデルによる限界耐力計算で弾塑性応答が精度よく推定可能なことを示した。

解析対象を図4に示す。実在する鉄骨造体育館の耐震補強後の立体解析モデルを作成し、さらに軸組のブレースを実際より1構面増加したモデルと、ブレース (JIS 建築用ターンバックル付ブレース) に1サイズ下の断面を用いたモデルを追加して耐震性指標のバリエーションを増加する。入力地震動は4種類の観測波位相を使用した告示波4波である。桁行方向振動モード(4次付近)に対して初期剛性比例減衰2%を与える。

診断基準¹⁾で算定した I_s 値と時刻歴解析で得た最大層間変形角 R およびブレースの塑性率 μ (いずれも4波平均) の関係を図5に示す。グラフから、耐震判定指標¹⁾と等しい $I_s=0.7$ では最大層間変形角が1/25、塑性率が9程度に達すること、外装材 ALC 版を軽微な損傷にとどまる層間変形角 1/100 以下とするには $I_s=1.5$ 程度が必要なることがわかる。

次に体育館の桁行方向を図6のように質点系モデルに置換する¹³⁾。各層の復元力特性はバイリニアスリップ型とし、弾性剛性と降伏耐力はブレースのみ

で算定する。2次剛性は初期の1/50とする⁵⁾。

図7に質点系モデルに限界耐力計算を適用して求めた層間変形角と3次元モデルの時刻歴解析の比較を示す。増分解析の外力分布には A_i 分布を用いた。質点系モデルの限界耐力計算でも損傷集中を含むブレース構造の弾塑性応答が精度よく推定可能である。

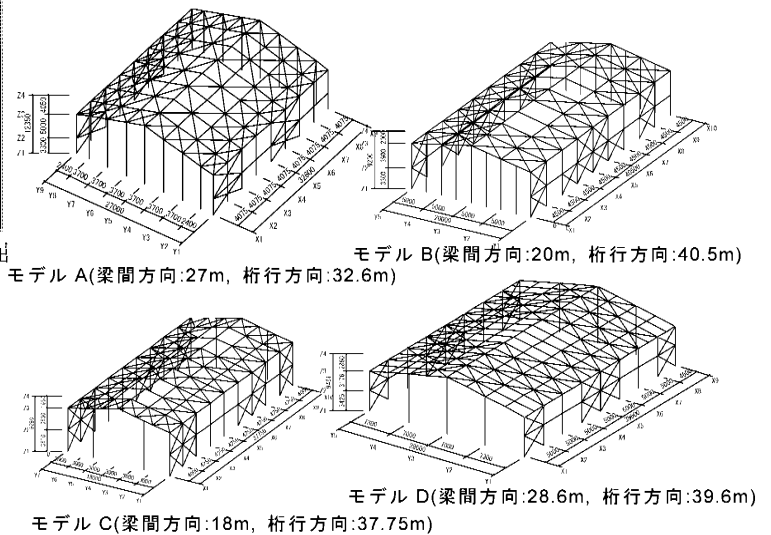


図4 解析する鉄骨造体育館

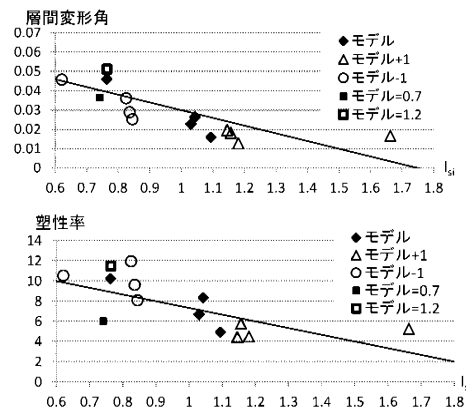


図5 I_s 値と層間変形角、塑性率の関係

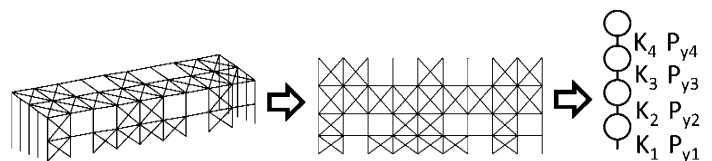


図6 質点モデル作成方法

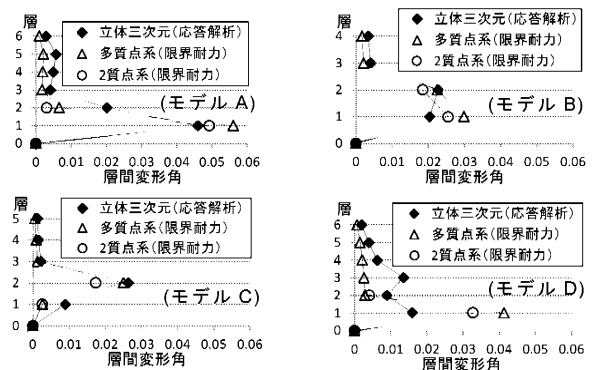


図7 弾塑性応答 (時刻歴 vs 限界耐力計算)

3. 置屋根支承部の破壊形式と耐力

3.1 東北地方太平洋沖地震の被害再現と耐力評価 (2012)

(1) 実験概要

鉄骨置屋根支承部の被害(アンカーボルトの変形、破断とモルタル層粉砕)^{3,4)}再現と耐力の評価を目的として、支承部を模した実大試験体に屋根の自重に相当する鉛直荷重と地震力を模した繰り返し水平荷重を与える実験を実施した。置屋根には可動式のスライド支承と露出柱脚と同様の半剛支承が使用されるが、スライド支承の実験は著者の知る限り前例がなく、半剛支承においてもモルタル層に顕著な損傷を生じるまでアンカーボルトにせん断変形を与えた実験はほとんどない。

試験装置全容を図 8 に示す。アンカーボルトを埋め込んだ鉄筋コンクリートボックスの上に支承部を再現して鉛直荷重を与えつつ、水平加力用ジャッキで繰り返し荷重を加える。図 9 に試験体ベースプレートの詳細、表 1 に試験条件を示す。変数は水平加力芯からベースプレート底面までの距離 e_s 、ベースモルタル厚さ h 、鉛直荷重 P_V である。

スライド支承では置屋根支承部の一般的なディテールを再現する。ベースプレートのルーズホール長さ(可動域)はアンカー芯位置で $\pm 50\text{mm}$ である。ルーズホールの上にワッシャー(座金)プレート(100mm 角)を使用し、アンカーボルトに 70Nm の初期トルクを導入する¹⁴⁾。ベースプレート裏面にはステンレスシートを断続溶接し、その下にテフロンシートを圧着した板厚 9mm のプレートを敷く(図 9 d)。両者の間の公称摩擦係数は 0.06 である。

アンカーボルトは転造ねじ ABR400 規格の M22 を使用する。表 2 に機械的性質を示す。ベースモルタルには早強無収縮モルタルを圧入する。RC ボックスは側方破壊しないよう十分な端あき距離と帯筋を配置した。表 3 にコンクリートとモルタルの材料強度を示す。

荷重はジャッキに装着したロードセルで計測する。鉛直加力用ジャッキ圧力弁の不調により、回転量の大きい半剛支承と S608 では鉛直荷重の変動が非常に大きくなった。なお半剛の F608 試験体については鉛直加力を省略した。

(2) スライド支承の実験結果

スライド支承 3 体の水平(黒線: P_H)、鉛直荷重(点線: P_V)と式(1)の δ の関係を図 11 に示す。可動域を

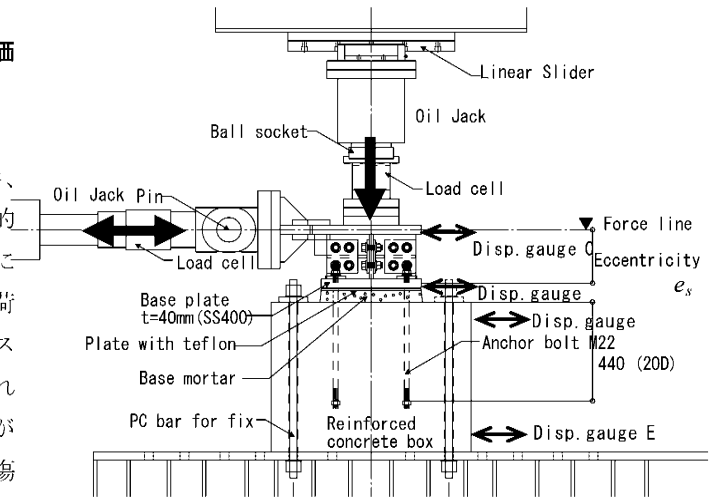


図 8 実験装置全容

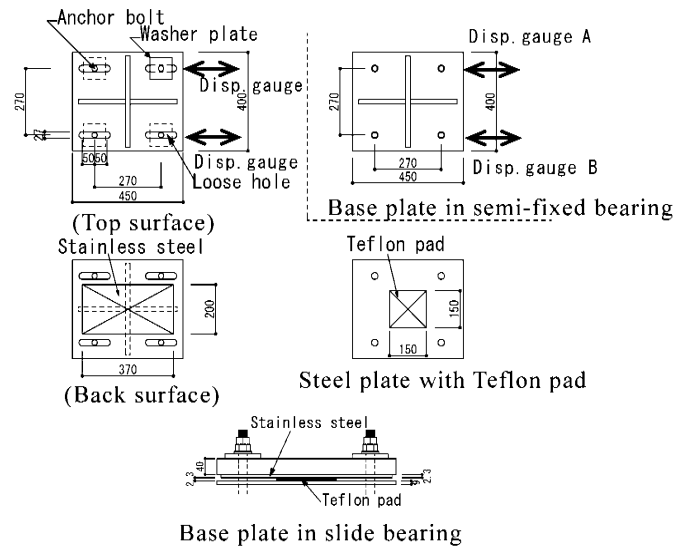


図 9 試験体ベースプレート詳細

表 1 試験条件

Bearing name	Type	Eccentricity (e_s)	Thickness of base mortar (h)	Vertical load (P_V)
		mm	mm	kN
S275-50-100	Slide	275	50	100
S275-50-200		275	50	200
S608-50-100		608	50	100
F275-50-100	Semi-Fixed	275	50	100
F275-100-100		275	100	100
F608-50-100		608	50	100
F608-100-100		608	100	100

表 2 アンカーボルトの機械的性質

Steel	SNR400B
Yield strength	N/mm ² 303
Tensile strength	N/mm ² 431
Elongation	% 32
Yield ratio	0.7

表 3 コンクリートとモルタルの材料強度

	Concrete	Mortar
Compressive strength	N/mm ² 31.0	54.2
Splitting strength	N/mm ² 3.1	3.4
Test age	days 21	17

越えた振幅も与え、アンカーボルトとモルタルの損傷を観察した。加力芯が低い S275 試験体では、支承が安定して撓動した(写真 3)が、水平荷重はテ

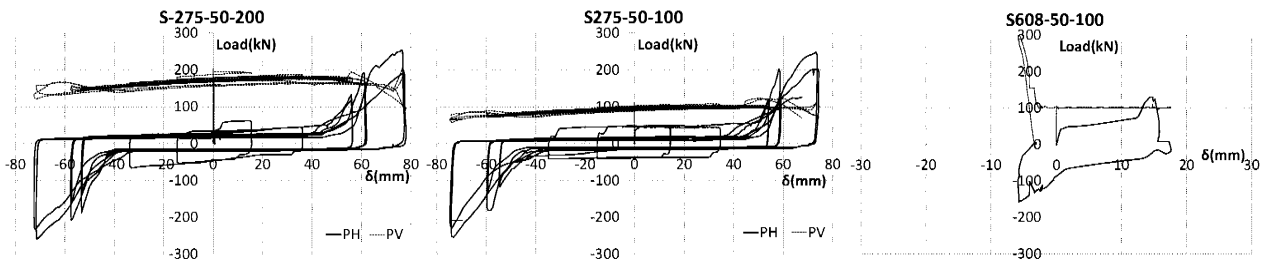


図 11 スライド支承の荷重変形曲線



写真 3 スライド支承の摺動 ($\delta=30\text{mm}$)

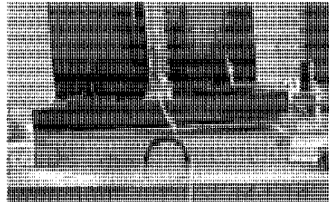
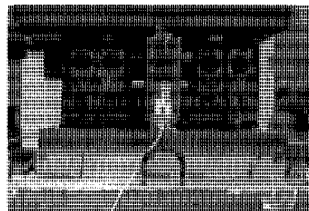
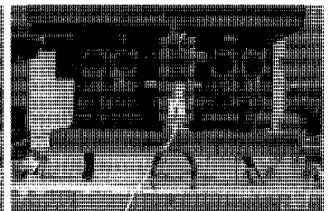


写真 4 スライド途中の引っ掛かりと回転



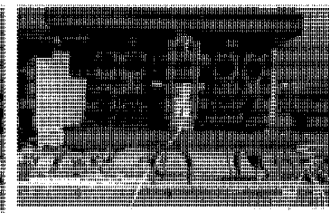
(a) $\gamma=0.1$



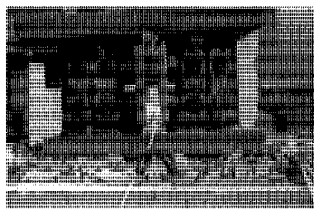
(b) $\gamma=0.2$



(c) $\gamma=0.5(1\text{st})$



(d) $\gamma=0.5(2\text{nd})$



(e) Final state

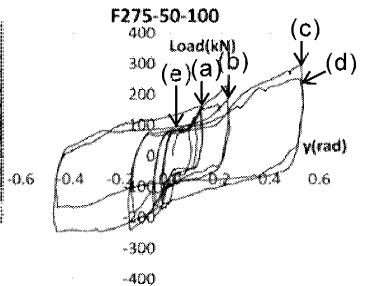


図 12 半剛支承の荷重変形曲線($P_H-\gamma$)

フロンパッドの公称摩擦係数と鉛直荷重 P_V の積を大幅に上回った。アンカーボルト張力によりベースプレート上面とワッシャープレートの間が生じた摩擦が原因と推定される。

加力芯の高い S608 試験体では、摺動途中で引っ掛かりが生じ、回転が生じて最後にはテフロンシート接触部が離間した (写真 4)。この時鉛直荷重も急上昇し、加力ジャッキより油漏れが生じたため加力を停止した。以上の実験よりベースプレートとワッシャープレートの摩擦がスライド支承の可動性に大きく影響を及ぼすことが判明した。

(3) 半剛支承の実験結果

半剛支承 4 体の水平(P_H 黒線)、鉛直荷重(P_V 点線)とモルタル層の見かけのせん断変形角 $\gamma(\delta/h)$ の関係を図 12 に示す。鉛直加力ジャッキ圧力弁の不調に

写真 5 モルタル層の破壊挙動(F275-50-100)

より、鉛直荷重の変動が大きい。

写真 5 に荷重変形曲線と併せて F275-50-100 試験体の破壊挙動を示す。まず $\gamma=0.1$ 付近でアンカーボルト外側に軽微な亀裂が生じた (写真 5(a))。 $\gamma=0.2$ では亀裂が拡大して外側のモルタルがアンカーボルトの変形により押し出され (写真 5(b))、 $\gamma=0.5$ では押し出されたモルタルが回転より圧壊し (写真 5(c)(d))、最終的には地震被害と同様のモルタル粉砕が観察された (写真 5(e))。

学会指針¹⁵⁾の露出柱脚の最大せん断耐力 Q_{su} を、実験結果 (図 12 の ■ 点) と比較すると、若干危険側ではあるがよく一致する (図 13)。しかしながら最大耐力到達時にモルタル層には顕著な損傷が生じている場合があり、地震後に体育館を継続使用する場合はモルタル層の損傷を考慮した許容耐力を設定する必要がある。図 14 に初期の荷重変形曲線 ($P_H-\gamma$ 関係) と降伏せん断耐力 Q_{sy} (黒の破線)¹⁵⁾ の関係を

示す。荷重レベルが Q_{sy} 以下の範囲ではどの試験体も初期の剛性をほぼ維持しており、 Q_{sy} をモルタル層に顕著な損傷を生じない許容耐力と考えることが可能である。

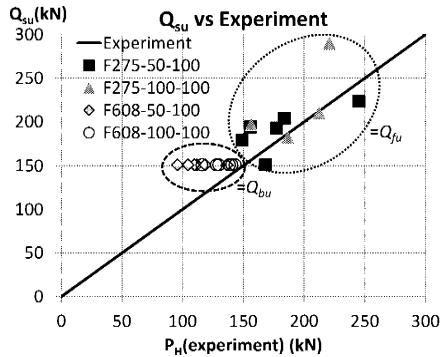


図13 最大せん断耐力 Q_{su} と実験結果

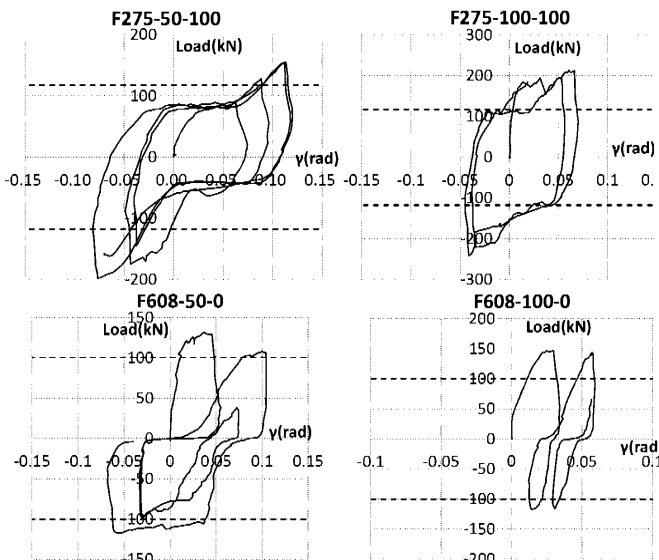


図14 降伏せん断耐力 Q_{sy} (破線) と初期の荷重変形曲線

3.2 スライド支承の可動性実験(2013-2014)

(1) 実験概要

当研究は、2012年の実験や被害例で見られたような、スライド支承が引っ掛かる条件を定量化することを目的とする。実験ではアンカーボルト軸力を直接計測するためRCボックスの代わりに鉄骨架台を使用した。表4に実験条件を示す。図15に試験体の水平荷重 P_H ~ 変位 δ 曲線を示す。加力芯の低い $e_s=271\text{mm}$ の試験体は安定して撻動したものの撻動時の P_H の値はテフロンシート摩擦係数と P_V の積より大幅に高い。一方加力芯の高い $e_s=603\text{mm}$ の試験体は撻動しつつも大きく回転し、引張側アンカーボルトが塑性化した。

表4 実験条件

Experiment	Anchor bolt	Eccentricity e mm	Vertical load P_V kN	Pretension T_0 kN
M22-271-0-T25	M22	271	0	25
M22-271-100-T1			100	1
M22-271-100-T25			100	25
M22-604-100-T15		604	100	15
M22-604-100-T0			100	0
M22-604-100-T1			100	1

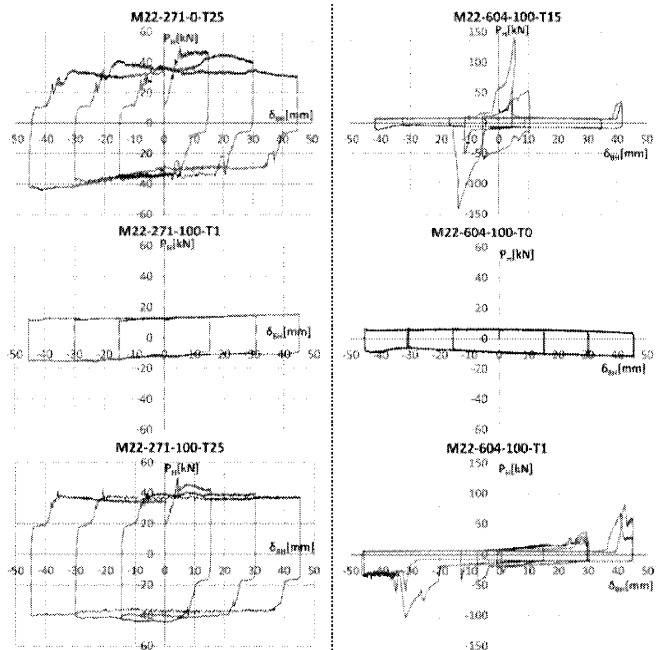


図15 荷重変位 (ベースプレート水平変位) 曲線

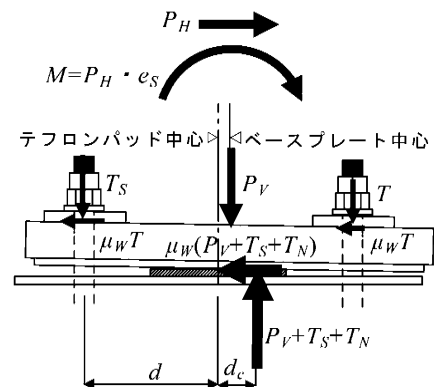


図16 スライド支承が受ける力

(2) 可動性に関する考察

図16の力学モデルに基づき撻動時の水平荷重 P_{HF} を式(3)で仮定する。

$$P_{HF} = \mu_{SL}(P_V + T_S + T_N) + \mu_w(T_S + T_N) \quad (3)$$

μ_{SL} : テフロンパッドの摩擦係数、 μ_w : ワッシャープレートとベースプレート上面間の摩擦係数であり、4

か所のワッシャープレートで共通とする。 P_V 、 T_S 、 T_N の計測値を式(4)に代入し、最小二乗法により μ_{SL} と μ_W を同定した(表5)。 μ_{SL} は公称値の0.06近傍であるが μ_W は0.3付近と高く、撓動に及ぼす影響が大きいことがわかる。しかしながら実際の支承では防錆塗装のため μ_W の値は異なる可能性がある。

次にテフロンパッド中心から回転中心までの距離 d_c をモーメントの釣合より算定する。

$$d_c = \frac{M - (T_S - T_N)d_b + P_V \cdot \delta_{BH}}{T_S + T_N + P_V} \quad (4)$$

記号は図16参照。計測値を代入して d_c を計算した例を図17に示す。安定して撓動したe=271mm試験体では回転中心はテフロンパッド上にあるが、大きな回転を生じたM22-603-100-15とM22-603-100-1では回転中心が急激に外側に移動し、テフロンパッドの縁を中心に回転が進行している。従ってテフロンパッドの大きさも可動性に影響すると考えられる。現在、顕著な回転を生じる条件の定量化を目的に更に実験結果を分析中である。

4. まとめ

以上のように、東北地方太平洋沖地震以前は主に桁行方向ブレースの変形性能と弾塑性応答に関する研究、以降は同地震で被害の多発した置屋根構造支承部の地震時挙動を実験で解明する研究を実施した。置屋根構造については未解明の事項が多く、当研究の成果をもとに研究を継続する予定である。また当研究の成果は、現在日本建築学会で編集中の「ラチスシェル屋根構造設計指針(仮称)」の耐震診断・改修の章に反映される予定である。

謝辞

在籍時に当研究の実験、解析を実施した工学院大学大学院生、学部生に深謝を表す。また支承部の実験に用いたアンカーボルトはフルサト工業株式会社より提供を受けた。

参考文献

- 1) 文部科学省:屋内運動場等の耐震性能診断基準(18年度版)、2006
- 2) 山下哲郎:耐震診断と改修の現状、大空間施設の総合的耐震性能を考える—東日本大震災を経験して—、2012年度日本建築学会構造部門PD(シェル・空間構造)資料、pp.26-39、2012.9
- 3) 建築研究振興協会ほか:東日本大震災における鉄骨置屋根構造の被害調査報告、2012.3
- 4) 日本大震災空間構造調査報告WG、東日本大震災合同調査報告書編集委員会:東日本大震災合同調査報告 建築編3 鉄骨造建築物 シェル・空間構造、日本建築学会、2014.9

- 5) Tetsuo Yamashita: Seismic Performance of X-Braces of Steel Equal-leg Angle, 15th WCEE, Lisbon, 2012, No.3260 (in USB), 2012.9
- 6) 山下哲郎:体育館におけるブレース構造の耐震性に関する取組み、日本建築学会セミナー「学校体育館の耐震診断・改修方法の課題と取組み」資料、pp.21-32、2010.12
- 7) 米田良祐、山下哲郎:鉄骨造学校体育館の桁行方向ブレース構造の弾塑性応答変形推定、日本建築学会技術報告集、No.42 pp.501-506、2013.6
- 8) 方丈俊吾・山下哲郎:学校体育館梁間方向H形鋼ラーメンの塑性化挙動、2014年度日本建築学会大会(近畿)(学術講演梗概集B-1 pp.835-836)、2014年9月
- 9) 山下哲郎:置屋根支承部の実験、建築研究開発コンソーシアム 鉄骨置屋根構造の耐震性能に関する研究会資料、「鉄骨置屋根構造の被害分析および耐震診断の進め方」、100-110、2013年9月
- 10) 山下哲郎、白鳥和希:鉄骨置屋根支承部の地震時破壊挙動と耐力に関する研究(その1)実験概要とスライド支承の実験結果、日本建築学会技術報告集(投稿中)
- 11) 山下哲郎、和田直記、白鳥和希:鉄骨置屋根構造スライド支承部の可動性に関する研究 その1 実験概要、その2 可動性に関する考察、日本建築学会大会梗概集、構造1、pp.879-882、2014.9
- 12) 国土交通省:2007年度版 建築物の構造関係技術基準解説書、2007
- 13) 長屋敦上、柴田良一、中澤祥二、大家貴徳、加藤史郎:桁行き方向に地震動を受ける体育館のリスクアナリシス:その1:等価質点モデル 日本建築学会大会学術講演梗概集、B-1分冊、pp.745-746、2009
- 14) 日本鋼構造協会:建築構造用アンカーボルトを用いた露出柱脚設計施工指針・同解説、2009.10
- 15) 日本建築学会:鋼構造接合部設計指針、2011

表5 摩擦係数

Experiment	μ_{SL}	μ_W
M22-271-0-T25	0.07	0.32
M22-271-100-T1	0.10	0.40
M22-271-100-T25	0.06	0.30
M22-604-100-T15	0.07	0.28
M22-604-100-T0	0.07	-
M22-604-100-T1	0.07	0.32

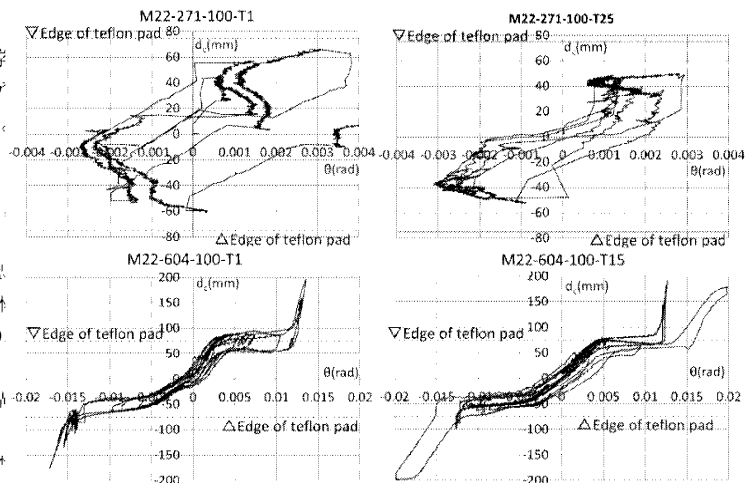


図17 回転中心の位置と支承回転

都市型木造建物の耐震診断・補強法の開発と推進

木質ラーメン、不整形建物、狭小間口、制振壁

1* 河合直人 2** 宮澤健二
3*** 杉山永幸

1. はじめに

小課題 1.4 「都市型木造建物・伝統木造建物の耐震診断・補強法の開発と推進」では、当初、都市部の木造住宅のうち、歴史的・文化的価値を持つ建物に注目し、耐震補強や防耐火性能の向上と価値の保全を可能とする簡便で廉価に診断・改良が行える方法の開発を行うことを目的とし、平成22年度には横浜市増田町の内蔵を有する住宅の耐震補強に関する検討が行われた。平成23年度の中間評価において、都市部の一般的な戸建て住宅の検討も必要であり、耐震基準や構造計算法に有用な示唆も目指してはどうかという指摘があった。これを受けて、研究課題として「不整形平面を有する木造住宅の耐震性能評価法」及び「木質ラーメンを用いた木造住宅の耐震補強方法」を追加し、「内蔵を有する住宅の耐震補強」については、この種の併用構造物の耐震性能評価法の問題として一般化して検討することとした。

一般的な木造住宅に対する耐震診断、補強法については、すでに日本建築防災協会の「木造住宅の耐震診断と補強方法」があり、補強後の耐震性評価も含めて全国的に利用されている。

一方、この診断法では耐震性能の評価に限界があると考えられる建物として、凹形平面など不整形の建物、一部に剛性の高い構造を含み水平構面剛性が小さい建物（上記の増田町の内蔵を有する住宅もこれに当たると考えられる）などがある。また、荷重変形関係の異なる耐震要素、例えば集成材ラーメンフレームなどを用いて補強を施した建物も、その配置が偏在するような場合には上記診断法に限界があると考えられる。

このため、平成23年度及び24年度には、耐力壁とラーメンフレームを併用した木質構造の地震時挙動に関する振動実験、平成24年度には凹型平面を有する木造住宅の振動実験、平成25年度には剛性の異なる内蔵を有する住宅に対する常時微動測定による振動特性の把握を行い、こうした複雑な振動を生じ

る構造物についての地震時挙動の把握を行った。

平成26年度には、剛性耐力の高い耐力制振壁を用いた狭小間口住宅の振動実験結果から、その耐震補強効果についての検討を行った。併せて、こうした検討を踏まえ、不整形な建物あるいは構造特性が異なる耐震要素が偏在する建物に対する診断あるいは補強後の性能評価手法として、比較的簡易な疑似3次元モデルを用いた評価方法の提案を行った。

2. 平成24年度までの成果

2.1 耐力壁と木質ラーメンを併用した木質構造の地震時挙動

木造住宅の間口をふさがない補強方法として木質ラーメン構造を用いる方法があるが、木質ラーメンは一般に木質耐力壁と復元力特性が異なり、適切な補強設計の方法が明確ではない。ここでは、耐震補強方法として木質ラーメンを使用した木造住宅の耐震設計法の基礎資料を得ることを目的として行った、剛性の異なる耐力壁と木質ラーメンを併用した構造物の振動実験結果について述べる。

(1) 木質ラーメンの静的加力試験

木質ラーメンは集成材を用いたスパン3.64(m)のフレームで、接合部は引きボルト形式とし、「高剛性低靱性」タイプと「低剛性高靱性」タイプの2種類とする。図1に試験体形状を示す。高剛性低靱性タイプの柱断面は105(mm)×360(mm)、梁断面は105(mm)×450(mm)、引きボルトはM20(全ネジタイプ)を使用する。低剛性高靱性タイプの柱断面は105×300[mm]、梁断面は105×360[mm]、引きボルトはSNR材のM16、 $\sigma_y=330(N/mm^2)$ 程度のものとする。

試験体は高剛性低靱性タイプ3体、低剛性高靱性タイプ3体、それに各々のタイプに1.2(t)の錘で荷重をかけて行うものが各1体、計8体である。

試験結果として図2に各試験体の包絡線を示す。

(2) 併用構造の振動台実験

木質ラーメンと耐力壁が併用された構造物につい

* : 工学院大学建築学部建築学科 ** : 工学院大学名誉教授 *** : 工学院大学建築学部建築学科 (4年)

て、変形挙動を確認し構造物の荷重変形関係を推定する手法の妥当性確認を目的として、併用構造箱形試験体の振動台実験を行った。

箱形試験体は、片側に耐力壁、反対側に木質ラーメンを設けた平面3,640mm×3,640mmの1層の試験体合計4体である。図3に箱形試験体の概要を示す。耐力壁部分に構造用合板（厚さ24(mm)、N50釘@150mm以下）を用いた場合は偏心が大きく、釘打ちをN50釘@100(mm)とした場合は偏心が小さい。木質ラーメン部分は静的加力試験と同様、低剛性高靱性タイプと高剛性低靱性タイプの2種類とする。試験体の天井面には耐力要素の許容耐力に基づいて10tonの錘を乗せる。

入力地震動には、日本建築センターによる人工地震波BCJ-L1及びBCJ-L2の位相を用い、建築基準法で想定される2種地盤の応答スペクトルに適合するように改変した人工地震波を用いた。

実験結果の例として偏心が小さい場合の2体の試験体について、BCJ-L2加振時の木質ラーメンと耐力壁の応答変位を図4に比較して示す。

耐力壁の剛性耐力が小さく、偏心が大きい場合には、BCJ-L2加振において木質ラーメンの剛性、靱性にかかわらず、いずれの場合も構造用合板耐力壁のせん断変形が大きくなり大破した。木質ラーメンは接合部での損傷を生じたが、高靱性低靱性タイプの方が損傷は大きかった。

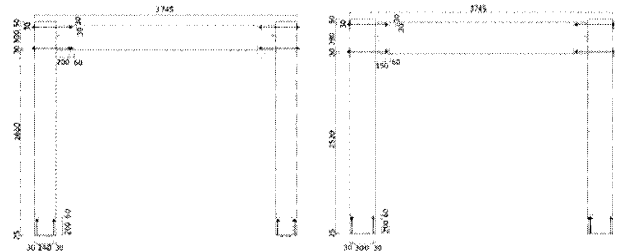
耐力壁の剛性耐力が大きく、偏心が小さい場合には、変形が同程度の並進振動を生じた。低剛性高靱性タイプの木質ラーメンは大変形まで耐力を維持するが、一方、高剛性低靱性タイプの木質ラーメンは1/50rad.程度で耐力低下を示した。

(3) まとめ

木質ラーメンの荷重変形関係は、接合部等の設計により大きく変化する。靱性の乏しい木質ラーメンを用いた場合には、耐力壁と比べて早期に急激な耐力低下を起こすため、構造物全体の耐震性確保に問題が生じる恐れがあり、適切な設計が必要である。

2.2 凹形平面を有する住宅の地震時挙動

近年、都市部では敷地の狭小性により不整形な住宅が多く建てられており、凹形平面の住宅も少なくない。ここでは凹型平面の住宅の地震時挙動の把握、連結の有無による補強効果などについて、実大振動実験による検討を行う。



1) 低剛性高靱性タイプ 2) 高剛性低靱性タイプ

図1 門型フレームの各試験体

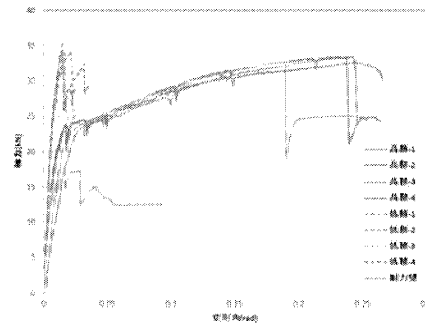


図2 木質ラーメンの静的加力実験結果—包絡線

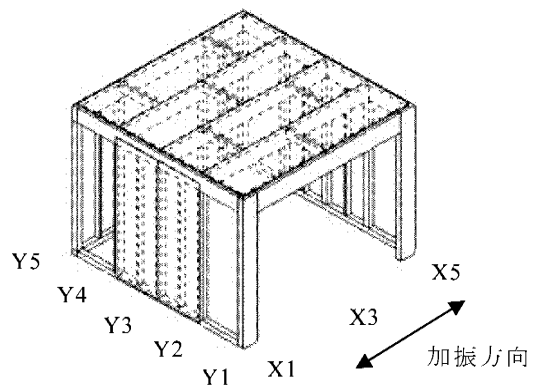
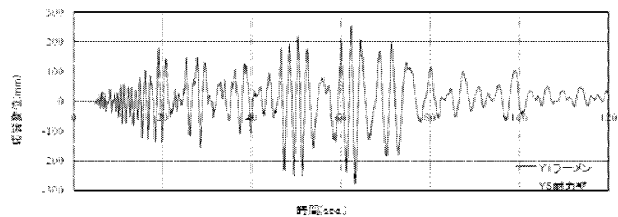
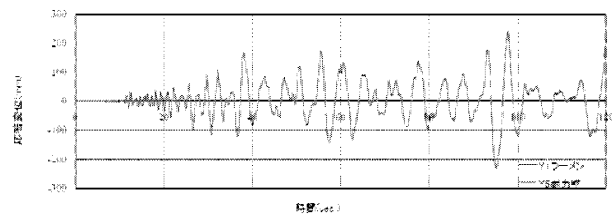


図3 箱形試験体概要図



1) 偏心小・低剛性高靱性タイプ・BCJ-L2



2) 偏心小・高剛性低靱性タイプ・BCJ-L2

図4 各試験体の応答変位時刻歴

(1) 試験体

試験体は、2階建て枠組壁工法2休と軸組壁工法1体であるが、主に枠組壁工法住宅(試験体WS、WL)について述べる。一方向振動台のため、凹形平面の枠組壁工法住宅を直交して2棟配置した(写真1)。平面は6,825mm×4,550mm、高さは6,527mmである。

加振実験は、整形の場合、凹形平面でくびれの両側で不均衡な耐力壁配置の場合、この両側を制振連結した場合などで行っている。そのほかに制振壁や「ねじ釘」による補強効果を確認する加振も行う。表1に実験ステージと概要の一覧を示す。

加振波は、兵庫県南部地震(1995)における神戸海洋気象台観測波(JMA神戸-NS)、建築センター波(BCJ-L2)をレベル調整し用いた。また加振実験進行に伴う振動性状の変化を把握するため、各ステージ前後に常時微動、スイープ波及び矩形波加振し、固有周期、減衰定数及び振動モードを計測した。

(3) 実験結果とまとめ

- ① 応答概要：図6に応答層間変位の経緯を示す。
- ② 制振壁効果：加振方向合板壁8枚に対して制振壁を2枚入れることで、応答変位は高減衰ゴム系では10%程度、低降伏点鋼制振壁では30%程度の低減効果が認められた。
- ③ 制振連結効果：凹形平面で全体偏心があり、外部開口左右で耐力壁が不均衡の場合、WL試験体では図8から左右で異なる床の変形が見てとれる。これに対し、制振連結部材を設置すると左右の床構面が一体化されることが確認された。

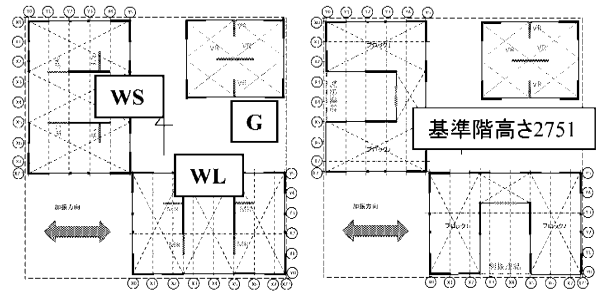


図5 試験体の配置(ステージ1、ステージ5)

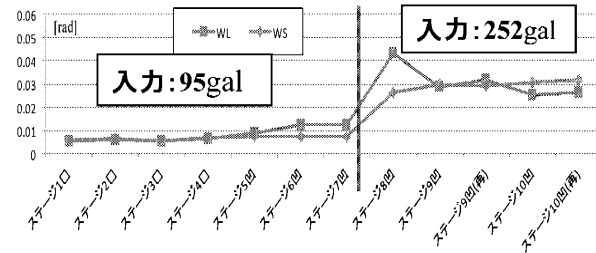


図6 1階応答層間変位の推移(BCJ-L2)

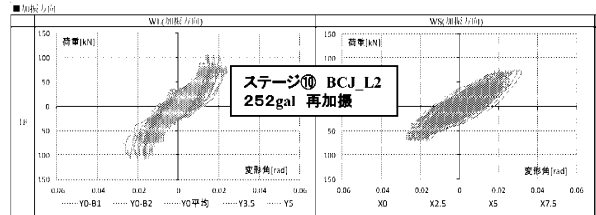
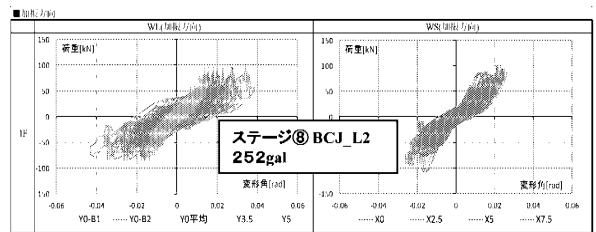


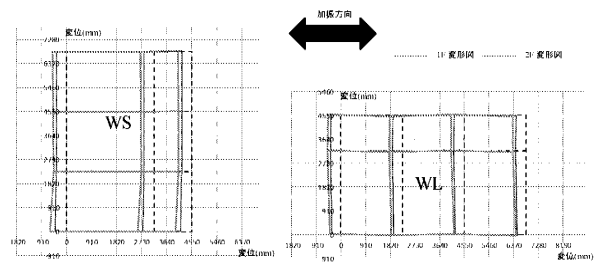
図7 荷重変形関係の例

表1 実験ステージと概要

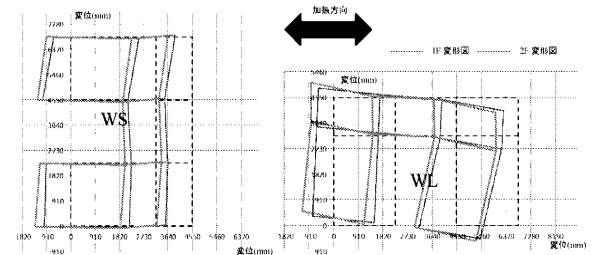
ステージ	試験体WSおよびWL
1	整形・制振壁(M仕様)配置
2	整形
3	整形・制震壁(H仕様、Ω仕様)配置
4	整形
5	凹形・先端左右制振連結
6	凹形・床開口端ボルト補強
7	凹形・外部補強なし
8	凹形・左右バランス調整
9	凹形・極大加振・WSのみ制振壁配置
10	凹形・極大加振・WLねじ釘補強



写真1 試験体全景(ステージ1)



ステージ4 JMA神戸-NS 90gal



ステージ8 JMA神戸-NS 316gal

図8 2階床の変形状態(変位10倍に拡大)

2.3 内蔵を有する住宅の振動特性

(1) 研究の目的

小課題1.4では、伝統木造建物の実例研究として秋田県横手市増田町の町屋を取り上げ、耐震診断・補強方法の検討を行っている。増田町の町屋は、建物内部に内蔵と呼ばれる土蔵を取り込み、その周囲に鞘(さや)と呼ばれる覆屋を組んで蔵前を吹き抜けとし、通常2階建ての主屋と連続した架構とするという特徴を有している。剛性や構造特性の異なる部分を連続させた構造であり、耐震性能の評価に難しい面がある。振動特性の把握および詳細な構造モデル化の基礎資料を得ることを目的として、2棟について常時微動測定および人力加振実験を行った。

(2) 旧石平金物店の常時微動測定

測定対象である旧石平金物店の写真を写真2に示す。図9に示す地盤、2階床レベル、桁梁レベル合計33点に速度計(株式会社東京測振製VSE-15D)14台を順次設置して100Hz、500秒間の測定を行い、FFT解析を行って固有振動数、振動モードの把握を行った。併せて並進振動固有振動数に合わせて1階で柱3本を押す方法により人力加振を行い、加振停止後の自由振動波形から対数減衰率を算出した。

2階床レベルの主要な測定点について、地動とのスペクトル比による伝達関数を図10に示す。図10から2.86Hz、3.49Hz、5.02Hz、5.75Hzに明瞭なピークが見られる。それぞれのピーク振動数に対して、各点の振幅比と位相から振動モード図を描いた結果を図11に示す。

図4から、2.86Hzでは梁間方向(短辺方向)の並進振動であるが、内蔵部分の振幅が小さく道路側の住居部分が大きく振られる振動形を示している。3.49Hzは主として梁間方向の振動であるが、内蔵と住居部分が逆位相で全体としてはねじれ振動である。5.02Hzも主として梁間方向の振動であるが、中央部分で逆位相となる弓なりの振動形である。5.75Hzでは、梁間方向にも振動する部分があるが、全体としては桁行方向(長辺方向)の並進振動と見て取れる。

自由振動波形から対数減衰率として得られた減衰定数の値は、2.86Hzで4.3%、3.49Hzで2.3%、5.75Hzで3.5%であった。

全体としては内蔵という水平剛性の高い部分を含み、比較的柔らかい水平構面で連結されている構造物であると捉えることができよう。

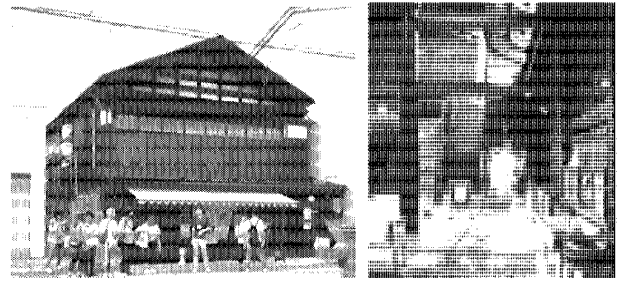


写真2 旧石平金物店写真 (外観および内部)

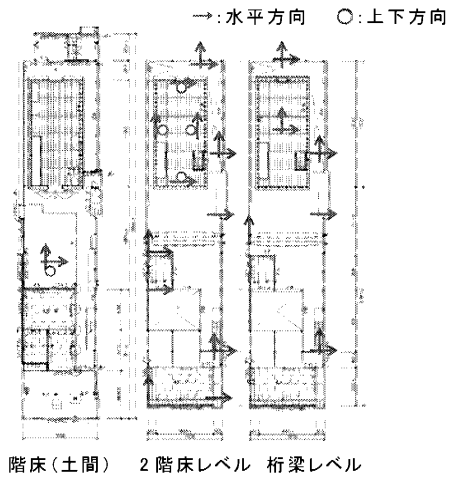


図9 旧石平金物店常時微動計設置位置

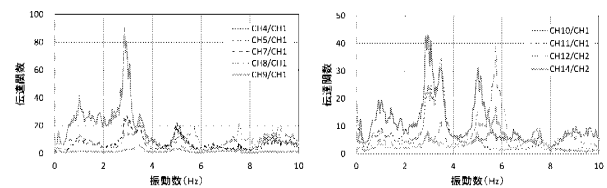


図10 旧石平金物店 地動との間の伝達関数

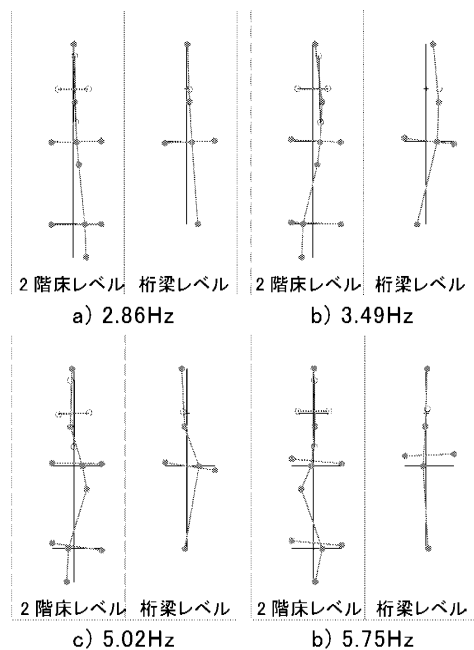


図11 旧石平金物店 振動モード

(3) 佐藤又六家の常時微動測定

佐藤又六家の写真を写真3に示す。佐藤又六家は前面に店蔵という蔵造りの部分があり、軸で覆われ、軸は主屋背面にまで伸びるという構造である。

同様に常時微動測定、人力加振を行った結果、2.28Hz、4.09Hz、4.52Hz、5.71に明瞭なピークが見られ、2.28Hzでは手前の店蔵部分の振幅が大きい梁間方向（短辺方向）の並進振動、4.09Hzは座敷蔵の手前部分のねじれ振動、4.52Hzは桁行方向の並進振動、5.71Hzは主として梁間方向の振動であるが、中央部分で位相が逆転する弓なりの振動形であった。

自由振動波形から求めた減衰定数は、梁間方向並進の2.28Hzで3.1%、桁行方向並進の4.52Hzで2.2%であった。

(4) 測定結果のまとめ

横浜市増田町の内蔵を有する町屋2棟の常時微動測定、人力加振を行った。その結果、内蔵と周辺の軸は一体性を保った振動を示していること、建物全体としては、水平剛性の高い構造体が一部に配置され、吹き抜けを挟んで水平剛性の低い2階建て部分があり、相互にはせん断剛性の低い水平構面で連結されている構造と捉えられることがわかった。

3. 平成25年度の成果

3.1 木質系狭小間口住宅の耐震補強構法の研究

(1) 背景と目的

近年、都市部では狭小間口住宅の建設事例が多いが、間口方向に耐力壁を設置することが難しいという問題がある。本研究は、低降伏点鋼を利用した「耐力制振壁オメガシステム」（以下、オメガ壁）を配置した木造住宅の実大振動台実験により、その耐震補強効果の確認を行うことを目的とする。特に、狭小間口方向に設けた壁長600mmのオメガ壁（以下、細幅構面オメガ壁）の耐震補強効果に着目する。

(2) 試験体と実験ケース

試験体は、軸組工法3階建て住宅（軽い屋根、耐震等級3）を想定した2階建てで、3階建て相当の錘を載せる。振動台上に同一平面形状で耐力壁配置の異なる2棟（A棟、B棟）を並べて設置し、同時に加振を行う。また、途中で耐力壁配置を変更し、前半をステージ1、後半をステージ2とする。各階の平面は3,640mm×9,100mm、各階の重量は錘を含めて、1階は109kN、2階は159kNである。階高は、1階は2,570mm、2階（および3階の想定）は2,850mmであ

る。写真3に試験体全景と細幅構面オメガ壁を、図12に供試体の1階耐力壁配置図を示す。ステージ1では建物手前の大開口周辺に細幅構面オメガ壁を設けるほか、構造用合板耐力壁と長さ910mmのオメガ壁を配置する。オメガ壁の数（細幅構面オメガ壁を含む）は、A棟で6、B棟で4である。ステージ2では、2棟で内部の構造用合板耐力壁の配置を同一とし、大開口周辺にA棟は細幅構面オメガ壁、B棟は構造用合板耐力壁を使用する。なお、設計上の壁倍率は、オメガ壁が倍率4、細幅構面オメガ壁が倍率5、構造用合板耐力壁（片面）が倍率2.5である。

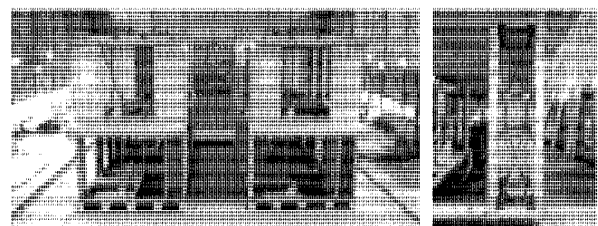
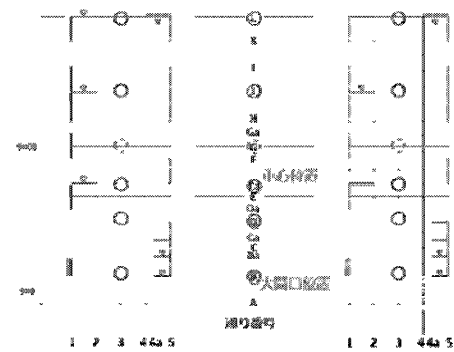
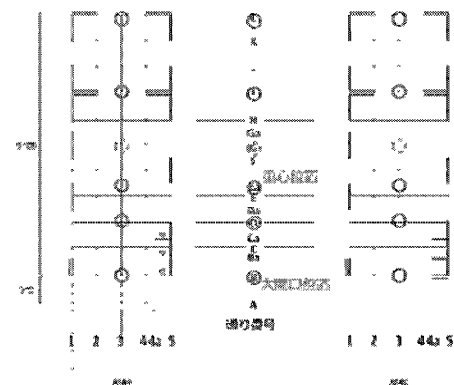


写真3 試験体写真（全景・細幅構面オメガ壁）



a) ステージ1 A棟（左）及びB棟（右）



b) ステージ2 A棟（左）及びB棟（右）

凡例	使用材料	壁倍率	凡例	測定機器	測定方向
	JAS構造用合板t=9.0mm NS09150	2.5	○	層間変位を測る為の器具	加振方向
	上記構造用合板の 両面貼り	5.0	○	加速度計	加振方向
	オメガ壁（壁幅910mm）	4.0			
	オメガ壁（壁幅600mm）	5.0			

図12 試験体1階耐力壁配置

(3) 実験方法

ステージ1、ステージ2ともに、主要な加振波は、BCJ-Level12、20%および100%、JMA神戸NS、50%および70%とし、これらの加振前後に振動測定の把握のためStep波およびWhite Noise波による加振を行う。ステージ1からステージ2に移る際には、試験体の軸組はそのまま再利用するが、構造用合板の貼り替えや釘の増し打ちを行っている。また、JMA神戸NS50%および70%による大加振前には、それ以前の加振による接合部損傷箇所の修復を行っている。

(4) 実験結果

実験結果の例として、JMA神戸NS 50%に対する1階の荷重変形関係（変位として重心位置の変位を用いたもの）を図13に、1階の大開口位置における層間変位および層間変形角の最大値を表2に示す。

これらの結果から、ステージ1の荷重変形関係は、ステージ2に比べて履歴吸収エネルギーが大きいことが窺え、これはオメガ壁の数によるものと考えられる。また、ステージ2のA棟とB棟を比較すると、B棟において特に大開口位置での変形が層間変形角で1/19ラジアンと大きく、A棟においては1/23ラジアンに納まっていることから、細幅構面オメガ壁が変形抑制に有効に機能したことが確認できる。

損傷としては構造用合板耐力壁の釘接合部の損傷、細幅構面オメガ壁の柱脚接合部の損傷が見られた。

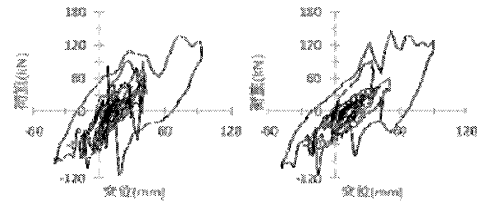
(5) 振動実験のまとめ

耐力制振壁（オメガ壁）を配置した狭小間口の木造住宅2棟2ステージの実大振動台実験により、オメガ壁の実建物内での挙動を把握し、変形抑制効果を確認した。損傷状況からオメガ壁の最大耐力に合った接合仕様選択の重要性が示唆された。

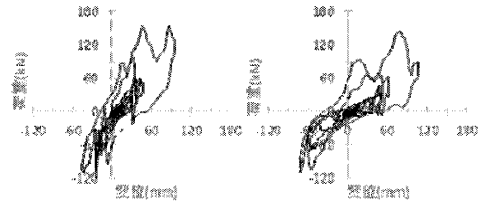
3.2 疑似3次元モデルによる評価法の提案

これまで検討の俎上に上がった凹型平面などの不整形平面を有する木造住宅、内蔵など剛性の高い部分を有する木造住宅、木質ラーメンや高剛性高耐力の耐力制振壁を補強に用いた木造住宅においては、地震時に水平構面のせん断変形を含む3次元的な挙動が現れ、その耐震性能評価を難しくしている。

このような観点から、図14に示すような、水平構面のせん断変形を考慮した疑似3次元モデルを用いた耐震性能評価法を提案する。質点間の伸縮、上下方向への変位を無視することによって自由度は独立な鉛直構面の数だけの簡易なモデル化が可能となり、



a) ステージ1 A棟（左）及びB棟（右）



b) ステージ2 A棟（左）及びB棟（右）

図13 1階の荷重変形関係（JMA神戸NS 50%）

表2 1階層間変位および層間変形角の最大値

ステージ	ステージ1		ステージ2	
試験体	A棟	B棟	A棟	B棟
最大層間変位・正側 (mm)	108.6	100.4	119.6	146.4
最大層間変位・負側 (mm)	-44.3	-51.3	-53.1	-94.0
最大層間変形角 (rad)	1/25	1/27	1/23	1/19

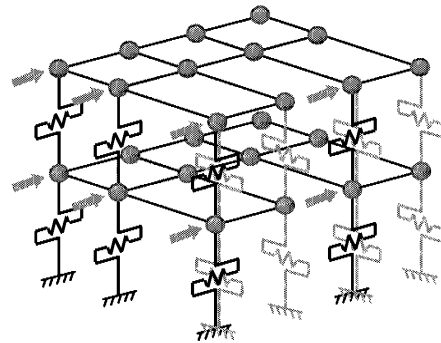


図14 水平構面せん断変形を考慮したモデル化

限界耐力計算と同様の等価な一自由度系への置換によって、地震に対する応答予測が可能となる。

ただし、偏心が極めて大きい場合の外力分布や、減衰特性の著しく異なる要素が偏在する場合の応答予測手法等については、更なる検討が必要である。

謝辞

木質ラーメンと耐力壁の併用構造の振動実験は（独）建築研究所との、凹型平面を有する住宅の振動実験は三菱地所ホーム株式会社との、木質狭小間口住宅の振動実験は株式会社サトウとの共同研究として実施された。関係各位に謝意を表す。

伝統木造建物の耐震診断・補強法の開発と推進

歴史的建築物、土蔵、漆喰、町家、天井、壁

後藤 治*

河合直人**

田村雅紀***

1. はじめに

本報告は、小課題1.4のうち、伝統木造建物に関する耐震診断・補強法の開発と推進について報告を行うものである。

近年の地震災害では、建築後の年数を経た古い伝統木造建物に多くの被害が発生している。そのなかには歴史的建築物も含まれており、被害の結果その価値が顧みられないまま取り壊されたものも多い。本課題では、そうした事態を未然に防ぐために、都市にある古い木造建物の耐震診断や補強を容易に行う方法の研究開発を行うことを目的とした。

2. 研究の対象・方法

本課題では、伝統木造建物のうち、都市に多数存在している町家と土蔵を、主な研究対象とすることにした。町家と土蔵は、阪神淡路大震災以降の各地の地震において、多くの被害が発生していることが、日本建築学会文化遺産災害対策小委員会等によって報告されていた。¹⁾

研究の具体的な事例として、自治体が町並保存に向けた調査研究に取り組んでおり、後藤が同調査研究に参加している秋田県横手市増田町の町家と土蔵を選定した。²⁾当初、増田町の町家と土蔵については、以下のような調査研究を進めた。建物の実測及び図化、特徴の把握にあわせて、町家の簡易耐震診断を実施した。そして、調査及び耐震診断の結果に基づき、市が所有する町家について、応急的な耐震補強工事を施工した。

研究の開始後に、東日本大震災が発生した。増田町の町家・土蔵には被害は発生しなかったが、各地の歴史的建築物に多くの被害が発生した。震災によって、土蔵以外にも漆喰塗仕上げを持つ歴史的建築物の多くに被害が発生していることが判明した。そのため、本課題では、その被害状況と原因を把握することにした。その結果、土蔵に加えて、漆喰塗仕上げの壁や天井についても耐震診断・補強法の開発に取り組むこととした。

また、横手市増田町では、町家及び土蔵の常時微動測定を行うこととした。さらに、横手市から増田

町伝統的建造物群保存地区の防災対策調査について委託されたため、土蔵の常時微動測定を継続すると同時に、土蔵壁の工法や強度についての調査研究を実施し、破損した土蔵に対して開発した補強法による改良施工を行った。

土蔵及び漆喰塗仕上げ壁・天井の調査研究については、伝統的な土壁では廃棄される土を再利用できることから、小課題3.1「震災廃棄物の再資源化と高機能化」グループと共同で取り組んだ。また、漆喰塗天井については、落下防止の対策を行う必要があるため、性能の検証に、今回のプロジェクトで取得した振動台を使って実験を実施する継続研究を行うことを予定している。

以下では、上記の研究のうち、主要な成果の概略を紹介する。

3. 秋田県横手市増田町の町家の応急的な耐震補強

耐震上の課題を抱える建物では、現行法規が定める基準等にそって耐震補強を行うことが理想だが、既存建築物の場合、それを実施することは容易ではない。なぜなら、本格的な耐震補強のためには、相当程度の規模と金額の工事をともなうからである。そのため、重要文化財のような歴史的建築物については、十分に理想的な耐震補強でなくても、とりあえず可能な範囲での補強を促進する「応急的な補強」を進めることが、文化庁の指針によって推奨されている。³⁾

そこで、増田町では、市が所有する町家である旧石平金物店（現在、観光施設「蔵の駅」として一般公開）について、応急的な耐震補強を進めることにした。簡易耐震診断については、岐阜県立森林アカデミー小原勝彦准教授の協力を得た。実施した補強は、下記の通りである。

町家形式の住宅である母屋の部屋の隅に配置された通し柱は、地震時に折損のおそれがあり、折損すると建物が倒壊して観光客等の人命を失う恐れがある。そのため、通し柱に添え柱を付加して、通し柱の折損を防ぐこと。

増田町の町家では、母屋と土蔵が前後に並び、上

* :工学院大学建築学部建築デザイン学科, **, ***:工学院大学建築学部建築学科

蔵と土蔵の蔵前は覆屋で囲われていて、覆屋の屋根は母屋の屋根に接続している。母屋と土蔵は、地震時の振動特性が大きく異なるため、地震時に蔵前にある覆屋の屋根が破壊し、小屋を支える梁が落下して観光客に怪我を負わせる恐れがある。そのため、覆屋の蔵前部分の小屋組を支える大梁に対して落下防止の対策を行うこと。

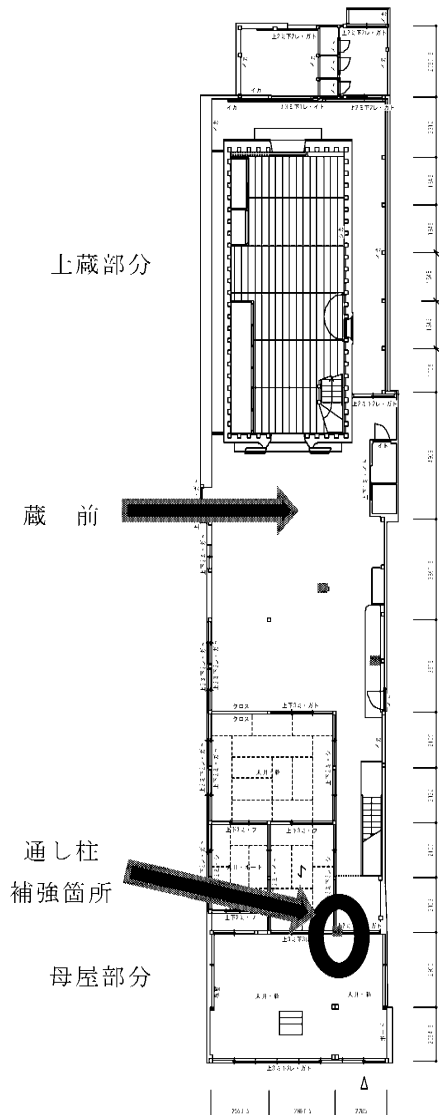


図1 横浜市増田町の町家

なお、常時微動測定の結果、増田町の伝統木造建物については、町家形式の住宅である母屋についてはゆっくり大きく揺れ、土蔵については比較的に剛性が高いことが判明している。

4. 東日本大震災による土蔵の被害とその原因

そもそも初期剛性の低い伝統工法による木造建物については、大規模な地震時に壁に被害が発生しや

すいことが知られている。一方、土蔵については、伝統木造建物のなかでは、壁量が多く、比較的に初期剛性が高いにも関わらず、多数の被害が報告されている。東日本大震災によって多くの歴史的建築物に被害が発生したことから、本研究では土蔵の被害の原因と被害状況の特性について、日本建築学会の調査報告¹⁾の分析や現地調査（岩手県・関市花泉町の土蔵他）によって調査研究を行った。その結果、被害原因としては以下のようなものが考えられる。

下地となる粗壁・中塗壁の経年劣化や工法上の欠陥による崩落。これらの場合、壁面が構造上の耐力を持たないことから、大面積で下地から壁が崩落しやすい。経年劣化による被害は、粗壁や中塗が砂状になってしまい、著しく構造耐力が低下しているものに生じる。工法上の欠陥には、粗壁を止める下げ苧やひげこが不足し粗壁が定着していないもの、下地の材料に葦のような強度の低い素材を用いているものなどがある。

粗壁、中塗、上塗（仕上の漆喰塗）の各施工段階に生じる界面での破壊。各塗の部分は、組成や工法が異なるので、それらに応じて強度や振動特性に違いが生じる。そのため、地震時に界面から壊れる傾向があり、施工時に界面に空隙があると、その被害が大きくなる傾向がある。特に上塗については、美観上の理由などから、改良施工として塗り直されている例が多く、その施工時に界面に空隙が発生している事例が多い。それらは特に被害の発生率が高く、被害規模も大きくなる傾向がある。また、界面破壊は、地震時の外力による亀裂といった他の原因による破壊がトリガーとなって発生することが多い。その場合にも被害規模が大きくなる傾向がある。



図2 東日本大震災で被災した土蔵（重要文化財）
中塗と上塗の界面で破壊が発生した事例。

5. 東日本大震災による漆喰塗天井の破壊

明治以降の近代建築では、下地に木摺りやメタルラスを用いて、それに漆喰やプラスター等の塗施工を行い仕上げた壁や天井がしばしば使われている。東日本大震災では、こうした壁や天井にも亀裂、崩落といった被害が発生している。特に天井の場合には、大規模な面積での崩落や、吹き抜け等の高い空間での崩落が発生すると、人に被害を及ぼす恐れがあり、実際に東京の九段会館では、天井の崩落によって人命が失われている。

本研究では、日本建築学会による東日本大震災の被害報告の分析並びに長野県諏訪市の片倉館（重要文化財）、岩手県盛岡市の旧岩手銀行本店本館（重要文化財）について、現地調査を行った。また、旧岩手銀行本店本館については、修理工事にともない不要となった天井材の提供を受けて、実験による試験研究も実施した。

落下の原因としては、経年による接着力の低下に加え、雨漏りや結露等による強度の低下、施工時の耐力の不足といったものが考えられる。施工時の強度については、材料の組成による強度の違いや施工方法による強度の違いや各部のバラつきに加え、下地の木摺りの間隔の大小による吸着力の違い（間隔が小さいと、間に入り込む漆喰の量が少なくなり、それだけ吸着力が低下する）が、影響を与えていることが判明した。



図3 旧岩手銀行本店本館の内部

天井は、装飾を用いた漆喰塗が使われている。地震時に落下が発生すると大きな事故となる恐れがある

6. 土蔵、漆喰塗壁・天井の補修・補強法の開発

東日本大震災によって発生した被害状況や実際の歴史的建築物に対する調査によって得られた被害原因に対して、その発生を予防すること、かつ、被害を受けた建物に対して補修を行うことが可能な方法の開発を行った。補修・補強方法の開発には、株式会社ジャストが開発した浸透性の高い特殊アクリル性樹脂を用い、開発業者の協力も得た。開発にあたっては、岩手県一関市花泉町の上蔵、山梨県甲州市塩山の土蔵を使って、試験的な施工や破損に応じた工法開発の検討を行った。

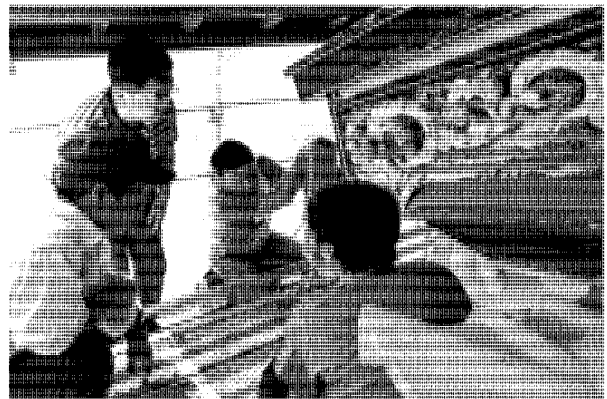


図4 岩手県一関市花泉町の上蔵での調査風景

被災した土蔵や漆喰壁については、重要文化財のような建物については、伝統工法による塗り直しの施工が行われている。しかし、粗壁や中塗から塗り直しを行うことは大きな費用と手間を要する。国による多額の補助がある重要文化財では可能だが、一般の歴史的建築物ではその方法がとりにくい。

一方、被災した土蔵や漆喰壁の応急処置や補修・補強の一般的な方法については、東日本大震災後に後藤が中心になり日本建築士会がまとめた対応マニュアルに掲載されている。⁵⁾ 基本的には、亀裂への対象が中心で、壁の強度を高めたり、崩落の危険性を低下させたりする方法としては十分なものとはいえない。

また、土蔵や漆喰壁・天井の補修・補強に樹脂のような新素材を用いることは、文化財の修理現場においては、現場担当者の裁量の範囲で用いられている程度で、体系的な研究はなされていない。これまでの報告では、エポキシ樹脂では、強度が強すぎ既存の壁・天井をかえって壊してしまうことや、浸透性が低く施工が困難なことが指摘されていた。一方、

アクリル系樹脂は、浸透性が高く施工はしやすくなるが、浸透しすぎて仕上げ面に樹脂が漏出する危険性があるといった理由で、補強にはほとんど使われていなかった（業者によっては、中塗が砂化している場合に、中塗面にアクリル系樹脂を塗布して硬化させ、その上に上塗を施工することは行っているという）。

開発に用いた特殊アクリル樹脂は、浸透性や強度の調整が可能で、以上の問題をクリアできると考えられた。したがって、本研究で取り組んだ補修・補強法の開発は、有用性が高く、新規性のあるものといえる。そこで本研究での開発の成果を踏まえて、2015年2月に特許の出願を、樹脂の開発業者とともにに行った。

7. 開発した補修・補強法とその特徴

土蔵の補修・補強法の開発にあたっては、主に耐力が低下した粗壁・中塗部分の強化、漆喰の仕上げ面（上塗）の界面破壊による崩落の防止の両面に対して、有効な方法を開発した。前者については、樹脂をアンカー状に注入し、かつ、樹脂と周辺の土を馴染ませて硬化させることで、大規模な壁面の崩落を防止できると考えた。後者については、サンプルによる実験によって、圧密に塗られた漆喰壁や中塗壁に対しては、樹脂が壁体に吸い込まれずに表面に広がることを確認できた。また、施工時に樹脂があふれ漆喰の仕上げ面を汚しても、浸透度が低いため、表面をカッターのようなもので削れば、汚れが取れることを確認した。そのため、クラックや部分邸に浮きが生じている部分に孔をあけて、浮き上がったリ、空隙が生じたりしている上塗と中塗の界面に樹脂を流し込んで接着させる方法を考案した。



図5 樹脂による表面の汚れを落とす実験

天井の補修・補強方法の開発にあたっては、下地の木摺面と漆喰塗の面との間に樹脂を浸透させて接着力を強化させる方法を考えた。先述の通り、樹脂が表面に浸出しないことが確認できたので、木摺に孔をあけ、そこから樹脂を注入することで、木摺と漆喰塗の一体化を図ることができると考えた。同時に、木摺に取り付けた縄を一体化して接着（樹脂は縄にも同様に浸透するため）することによって縄による落下防止策も加えた。

以上の通り想定した方法について、土蔵と漆喰壁・天井の実物を想定した原寸や縮小モデルの試験体を作成し、それを用いた実験研究を行い、施工の容易性や、施工後の強度について検証した。その結果、施工を実施した箇所については、一般的なタイルの付着強度程度まで強化できることが判明した。

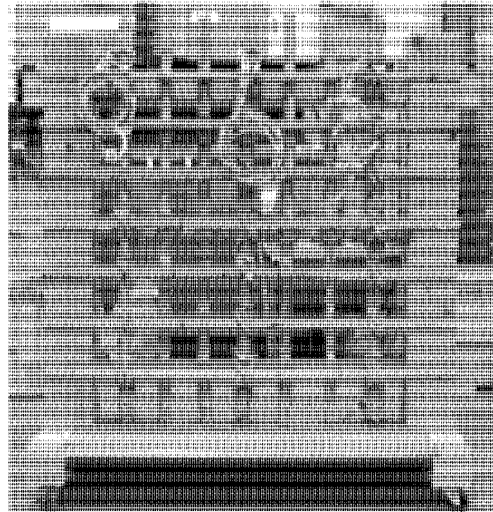


図6 実験用に製作した土蔵壁の試験体（下地）

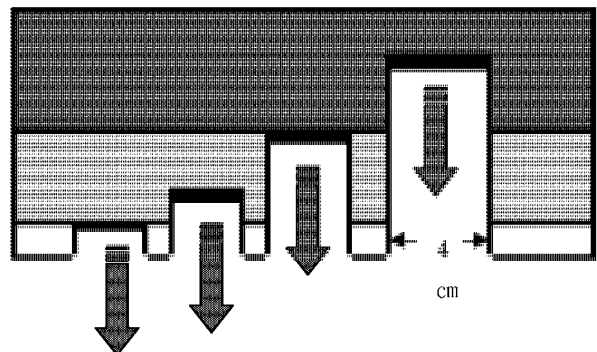


図7 補強性能試験模式図

各界面まで切り込みを入れ、引っ張り強度を測定。補強なしの壁モデルと樹脂補強後の壁モデルで強度を比較する。測定値では約10倍程度強化できた。

8 補強工事の実施

横手市増田町の伝統的建造物群保存地区内で上塗の漆喰の塗り直しを予定した村田家土蔵について、粗壁・中塗の強度に低下が見られたため、本研究で開発した方法を用いて工事を行った。

アンカー状の孔については、水平方向ではなく、斜め下方向に孔をあけることで、樹脂の注入がしやすくなり、アンカー状となった樹脂の引き抜きの強度も増すことが、一関市と甲州市の実験研究によって判明していたので、その方法をとった。孔あけは電動ドリルで行い、孔のなかには、下げ苅（ひげ子）を挿入し一体化させ、上塗の漆喰が下げ苅と馴染んで施工できるようにした。一定の間隔で下げ苅に上塗の漆喰が取りつくことにより、仮に中塗と上塗の界面破壊が発生しても大規模な上塗部分の崩落は防げるものと考えた。孔の間隔は、下げ苅によって上塗を支えられる強度（職人の経験則）から決定し、孔は千鳥の配列になるようにした。



図8 アンカー状に樹脂を注入するための孔あけ

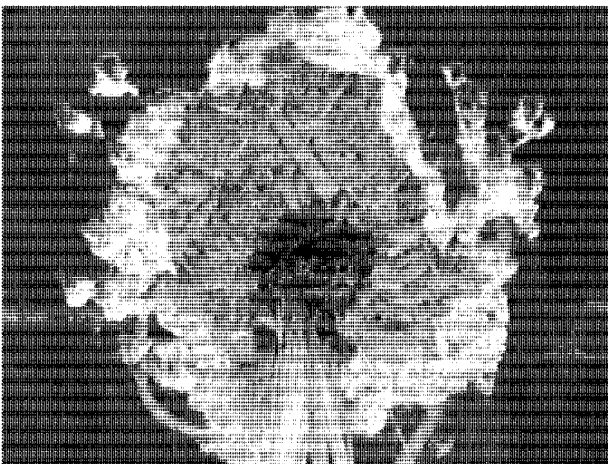


図9 樹脂を注入して下げ苅を入れた土蔵の壁

なお、孔に樹脂を注入するにあたって、単に樹脂を注入するだけでは、界面の空隙に樹脂が流れ込んだり、砂化した粗壁・中塗部分に樹脂が流れ込んでしまったりするため、アンカーの内部に上壁の上と樹脂を混ぜた充填材を予めつくって孔に挿入し、それから孔と充填剤の空隙に樹脂を注入し、孔と充填材と樹脂を一体化させる方法が効果的である。

また、樹脂注入用の孔については、土蔵の場合には、電動ドリルで施工可能だが、天井の場合には、ドリルの振動によって、劣化した天井材が落下してしまう危険性がある。そのため、孔あけにはトリプルカッターを使うなど、振動を与えずに施工ができる方法をとる必要がある。

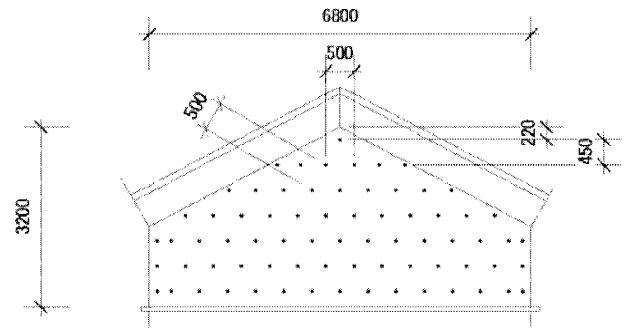


図10 壁面の孔あけ箇所の詳細

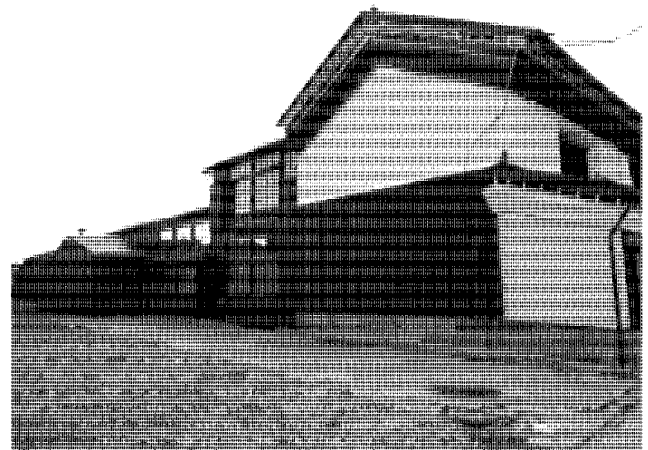


図11 竣工した土蔵

9. おわりに

本研究では、町家の簡易耐震診断にともなう応急的な補強措置、土蔵と漆喰壁・天井に対する補修・補強法の開発を実施することができた。前者は、人の生命に危害を及ぼさないための最低限の補強であ

り、地震時の被害を少しでも軽減することにつながるものである。後者については、地震時の被害の軽減だけでなく、被害を受けた建物の簡便な補修・補強としても利用できるものと考えている。とくに、増田町の上蔵のように、表面に「みがき」の仕上げを用いているような土蔵は、一度被害を受けてしまったら、職人の不足や費用負担の面から、再現することは容易ではない。また、洋風建築にみられるような装飾を持った漆喰塗天井は、建物の室内意匠において非常に重要な場所である。そのため、特に保存が求められる箇所に該当し、安全のために作り替えることはできない。塗り直すことも、職人の不足や費用の負担の面から容易ではない。したがって、現在の状況を保持しながら、落下防止の対策をとっていく必要があるため、本研究で開発したような方法はその解決のために有力な方法のひとつと考えられる。

一方、町家や上蔵について、精密な耐震診断に基づく効果的で簡便な補強方法の開発は、今後の課題である。とくに土蔵については、地域に特有の下地工法があり、それによって強度に影響が出る。増田町の上蔵については、下地の木舞が一般的に使用されている竹の木舞ではなく、小径木を植物系の蔓で結んだ木舞を使用しており、その性能評価を行う必要がある。また、土蔵、漆喰壁・天井の補修・補強方法については、開発した方法について、より精密なデータを蓄積していく必要がある。開発した補強方法の効果に関する詳細な実験的な検証はもとより、様々な破損状況や土・漆喰の組成や工法に応じた補強法の改良といった点でも、課題は多く残されている。本研究の成果をもとに、さらに調査研究を進展させていく必要がある。

謝辞（ゴシック8）

本研究の実施にあたり、横手市総務企画部伝建推進室の坂野寿氏、株式会社樹の丸山紘明氏、株式会社ジャストの横島順一氏、伝匠舎株式会社石川工務所の石川重人氏、職人社秀平組の扶土秀平氏、株式会社文化財保存計画協会の津村泰範氏、横手市伊藤建設工業株式会社、財団法人片倉館、株式会社岩手銀行の協力を得ました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本建築学会建築歴史意匠委員会文化遺産災害対策小委員会、文化遺産を災害から守る 2009 資料集、2009 年 11 月
- 2) 横手市、増田 横手市増田町伝統的建造物群保存対策

調査報告書、横手市、2012 年 3 月

- 3) 文化庁、重要文化財（建造物）耐震診断指針、2012 年 6 月、同耐震診断・耐震補強の手引、2013 年 10 月 <http://www.bunka.go.jp/bunkazai/taishin/shishin.html>
- 4) 日本建築学会、東日本大震災文化財被災建造物復旧支援事業（文化財ドクター派遣事業）報告書、CD 版、日本建築学会、2012 年 3 月
- 5) 後藤治・足立裕司他、被災歴史的建造物の調査・復旧方法の対応マニュアル、日本建築士会連合会、全 100 頁、2014 年 1 月
- 6) 占賀一八、これからの左官業界はどうあるべきか、日左連誌 2012-1・2、pp. 21-27、2012 年
- 7) 栗原慎之介、浸透特殊アクリル樹脂を用いた漆喰壁・土蔵壁の補強方法に関する調査研究、工学院大学大学院 2014 年度修士論文
- 8) 鈴木志野・田村雅紀・後藤治、左官仕上げにおける漆喰の種類と調査要因が建築躯体材料の耐力および耐久性に及ぼす影響、日本建築学会関東支部研究発表、2015 年
- 9) 錦見勇・田村雅紀・後藤治、伝統建築物の左官壁に対する浸透性アクリル樹脂を用いた補修と材料劣化抵抗性の改善、日本建築学会関東支部研究発表、2015 年
- 10) 岡健太郎・田村雅紀・後藤治、建築物の LCM における維持保全と保存的活用ストラテジー その 2 遺産的建造物の要素部材による健全度の検証、日本建築学会関東支部研究発表、2015 年

シングルライン工法システム天井の落下メカニズムと落下防止対策

システム天井 振動台実験 シングルライン工法
 加速度 落下防止 Tバー

山下哲郎* 久田嘉章**
 西川豊宏*** 鱒沢曜****

1. はじめに

小課題 2.1 では建築設備の他、天井の耐震性をテーマとして、振動台実験を中心に研究を実施した。特に 2011 年東北地方太平洋沖地震で落トが多発した工学院大学新宿校舎高層階のシングルライン工法のシステム天井（以下シングルライン天井）について、振動台実験による落下メカニズムの解明、落下を生じる加速度の特定および簡易に施工可能な落下防止対策の開発とその効果の検証を実施した。各年度の研究内容とその概要を以下に示す。

長周期振動台の開発と設計（2010）¹⁾

工学院大学新宿校舎の上階の揺れを再現することを目的として、既存のアクチュエーターを活用した長周期振動台を開発し、設計・設置した。

振動台テストと非構造材の実態調査^{1,2)}（2011）

東日本大震災後の電力不足で当分振動台を動かすことができなかったが、夏以降、振動台のテストを実施して動的特性を確認し、コピー機など室内什器類の地震時の転倒、移動などを調べる実験を実施した。また東北地方太平洋沖地震で落下した工学院大学新宿校舎高層階システム天井の実態調査を行い、実験を計画した。

振動台実験によるシステム天井の落下原因解明^{3,4)}（2012）

振動台を用いて新宿校舎システム天井の振動実験を実施し、落トを再現してそのメカニズムと、落トを生じ始める加速度を特定した。

落下防止対策の考案と検証^{5,6)}（2013-2014）

解明した落下原因に基づき天井板の落下防止対策を考案し、振動実験で効果を検証した。その結果天井板自体の落トは防止できるが、天井を支持する周辺の壁面が天井の慣性力に耐えられず破壊する可能性が判明し、天井から壁面に作用する力に注目した実験を実施した。

2. 長周期振動台（大変形加力装置振動台）の開発

工学院大学新宿校舎のような高さ 100m クラスで 1 次固有周期が比較的短い（3 秒）建物では、200m クラスの超高層と比較して応答加速度が大きい。このような「固め」の超高層の高層階の応答を再現する振動台を開発、設計した。

振動台の大きさは居室が再現できる規模の 4m x 6m とした。振動台自体の重量は約 42kN である。動力には既存の動的油圧ジャッキを用いるが、定格は

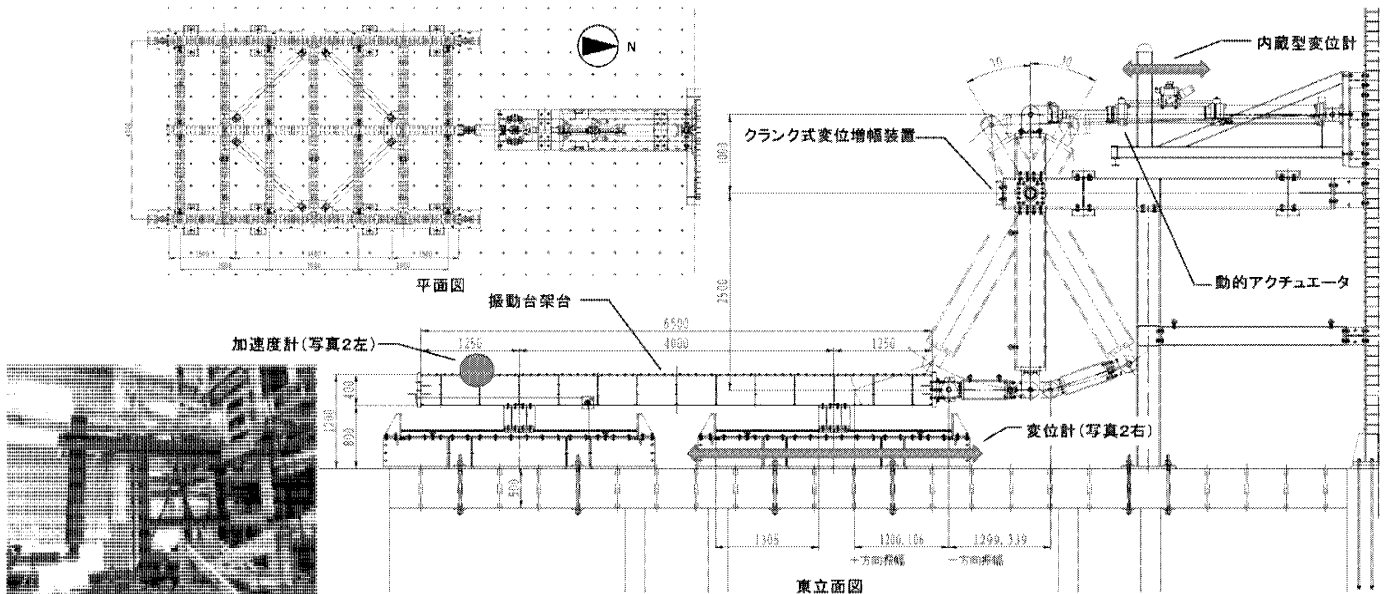


写真1 振幅増幅装置

図1 振動台と増幅装置全容

* : 工学院大学建築学部 建築学科教授
 *** : 工学院大学建築学部 まちづくり学科准教授

** : 工学院大学建築学部 まちづくり学科教授
 **** : 鱒沢工学研究所

最大荷重 200kN、最大速度 50cm/s、可動域±50cm であり、超高層上階の揺れの再現には特に速度が不足するためジャッキの振幅を増幅する必要がある。既にワイヤーと滑車を用いた振幅増幅装置を使用した長周期振動台が実現されていた⁷⁾が、同システムは剛性が低いため、固有周期が短く高加速度を生じる新宿校舎の揺れを再現するには不向きと判断し、オリジナルのクランクアームを用いた増幅装置 (図 1、写真 1) を開発した。増幅率は 2.5 としたが、後にアームの交換による 1.5 の増幅率も可能にした。

図 2 は(a)東海・東南海地震と(b)首都直下地震の際新宿校舎の最上階で想定される応答波を入力した時の再現波形と入力波形の変位、加速度、加速度波形のフーリエスペクトルを比較したものである。高周波成分の多い首都直下応答波形で加速度の誤差が生じるが、このような長周期成分が支配的な揺れであれば概ね良好に波形を再現できる。

3. 振動台によるシングルライン天井の落下実験

3.1. 東北地方太平洋沖地震の被害

2011 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震では、工学院大学新宿校舎の高層階 14、17、21、27、28 階で天井板の一部落下、脱落が生じた⁸⁾ (写真 2)。被害階付近の計測最大加速度は 16 階で 237cm/s/s、22 階で 156cm/s/s、29 階では 316cm/s/s である。

落下した天井はすべてライン方式のシステム天井で、照明器具と天井板を支持部材 1 本で支えるシングルライン天井である。システム天井の耐震性に関する既往の研究は非常に少なく、被害低減のための研究が必要である⁹⁾。

3.2. シングルライン天井の構成

図 3、写真 3 に新宿校舎シングルライン天井を再現した試験体の構成を示す。吊りボルトから C 型断面の部材 (C チャンネル) を CC-19 ハンガーで吊り、

そこから CT クリップを介して直交方向に T 型断面の部材 (T バー) を吊り下げる。天井板は片側を T バーで支持され、反対側は同じく T バーで支持されるが、壁際では L 型断面の部材 (L バー) で支持される。東北地方太平洋沖地震では壁際の L バー側での被害が多く見られたため、本実験の試験体は天井板を T バーと L バーで支持する構成とした。岩綿吸音板の天井板以外の部材の材料はすべて鋼材である。表 1 に天井構成部材の重量、図 4 に平面図を示す。

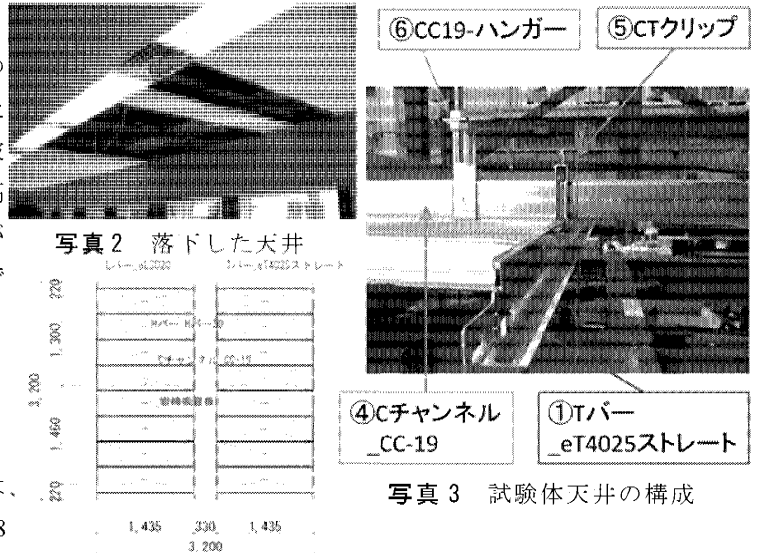


図 4 試験体天井板平面図

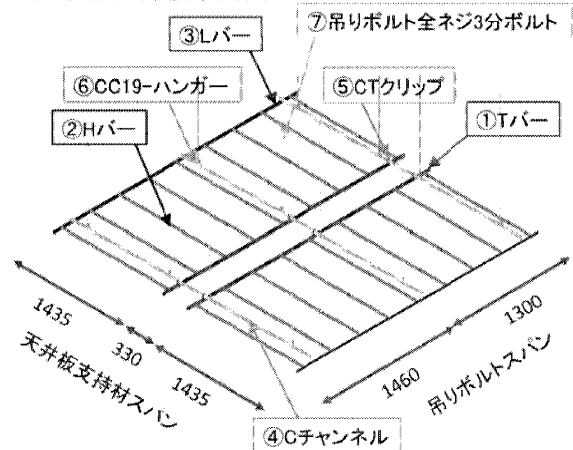


図 3 試験体天井の構成

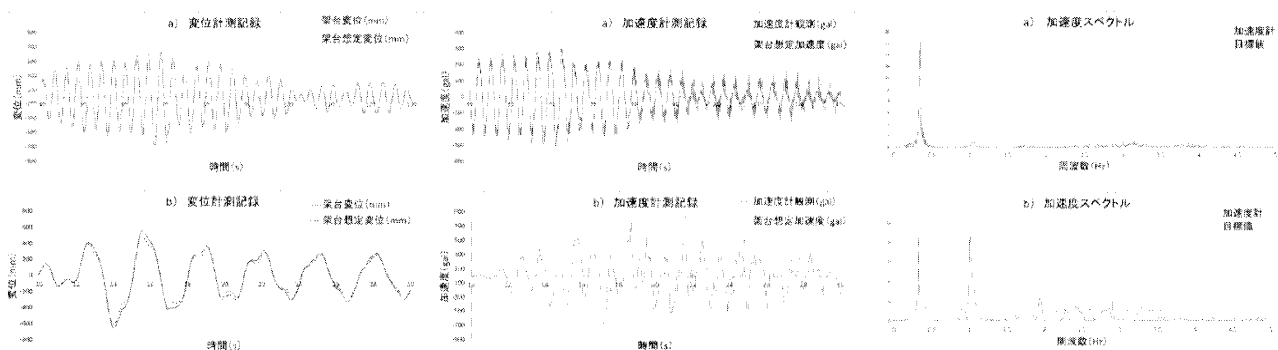


図 2 振動台再現波形と目標波形

3.3. 振動台実験概要

写真 4 に試験体と実験装置の概要を示す。試験体の天井は振動台上の鉄骨フレームから吊る。鉄骨フレーム自体の 1 次固有振動数は約 20Hz であり、十分に剛で振動台と 1 体化すると考える。

天井の両側に木造壁面を構成し、壁面に天井板を支持する L バーを取り付けた。木造の壁は振動台より片持柱と控えで支持されており、天井面レベルでは多少振動台の入力から増幅があると思われる。

天井板を支持部材の T バーと L バーのフランジに載せる際、施工上両端に隙間ができる。以下「隙間」とは図 5 に示すように天井板両側の隙間の合計とする。12mm 以上の隙間では、揺れで天井板が片側に寄り切ると片側の掛かり代がゼロになり落下する。工学院大学 20~28 階にて調査した実際の隙間をヒストグラムで図 6 に示す。調査結果をもとに試験体の隙間を平均値の 10mm と、T バーのフランジ幅より大きくかつ施工調査によって複数箇所見られた隙間 14mm の 2 種類に設定した。但し実際に組み立てた試験体の隙間は施工精度に多少のバラつきがあり、全体的に設定値よりやや狭くなっていた (図 7)。

振動台への入力には周期一定の振幅漸増波を採用した。図 8 に加振時に計測した振動台上の加速度波形を示す。継続時間は 80s で、各入力波の加速度、速度、変位の最大値は周期 0.5s で 958cm/s/s・64 cm/s・5cm、周期 1.0s で 580 cm/s/s・71 cm/s・11cm であった。実験条件を表 3、4 に示す。

3.4. 落下加速度と既往のクライテリア

表 5 に天井板の滑り出し、表 6 に天井板の落下開始時の加速度を示す。加速度は振動台上に設置した加速度センサーの計測値である。滑り出し、落下開始加速度とともに web カメラの実験映像から目視で特定し、その前後半周期中の加速度最大値を滑り出し、落下開始加速度としている。天井板の滑り出しは加速度 200~300cm/s/s の間、落下は加速度 300~600 cm/s/s の間で発生している。

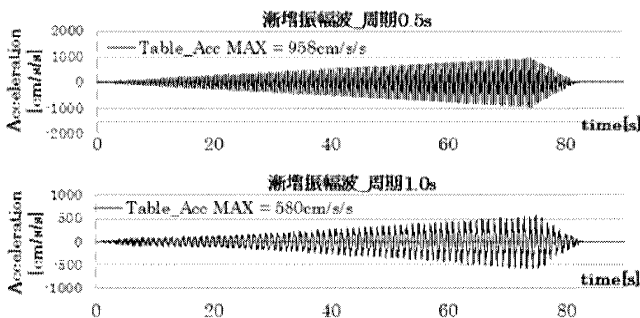


図 8 加振波形

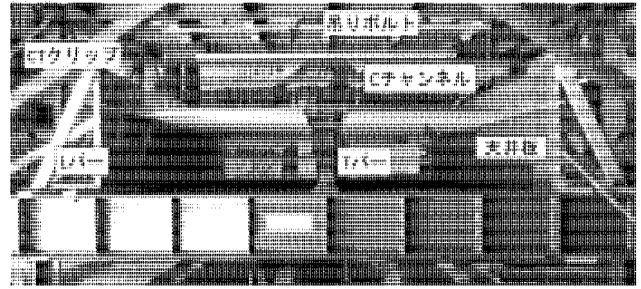


写真 4 試験体と実験装置

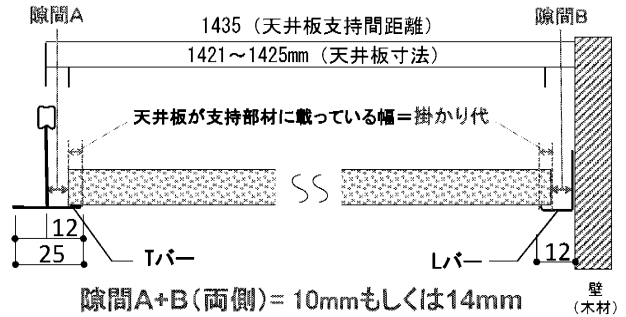


図 5 天井板の隙間

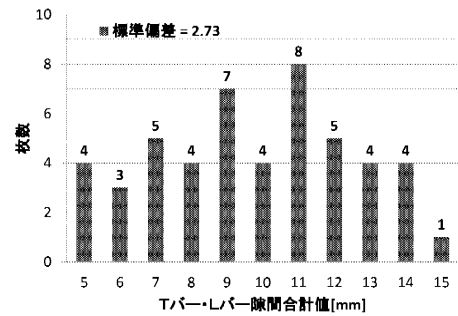


図 6 天井板の隙間の実態調査結果

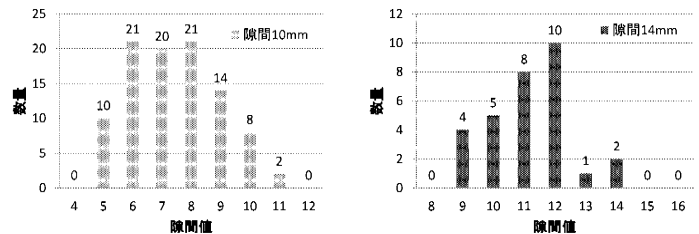


図 7 試験体の天井板の隙間

表 3 実験パターン

実験パターン	隙間設定条件	隙間設定値 [mm]	隙間実測値 [mm]	隙間実測値標準偏差 [mm]
①	隙間 < 掛かり代	10	7.0	1.24
②	隙間 < 掛かり代	10	8.3	1.26
③	隙間 > 掛かり代	14	11.5	1.54
④	隙間 > 掛かり代	14	11.6	1.97

表 4 実験パターンと入力波の組み合わせ

実験パターン	入力波	最大加速度 [cm/sec ²]	最大速度 [cm/sec]	最大変位 [cm]
②、④	漸増振幅波 周期 0.5 秒	958	64	5
①、③	漸増振幅波 周期 1.0 秒	580	71	11

表 7 システム天井のクライテリア¹⁰⁾

	損傷度		床応答加速度[cm/s/s]
損傷度1	部材の脱落はない	一部のボードがずれる	$150 \leq A \leq 500$
損傷度2	天井のラインに曲りやズレがある	一部のパネルが落下するが設備の落下はない	$500 \leq A \leq 1200$
損傷度3	天井の部材がずれ、変形・落下する	重量部材が落下する	$1200 \leq A$

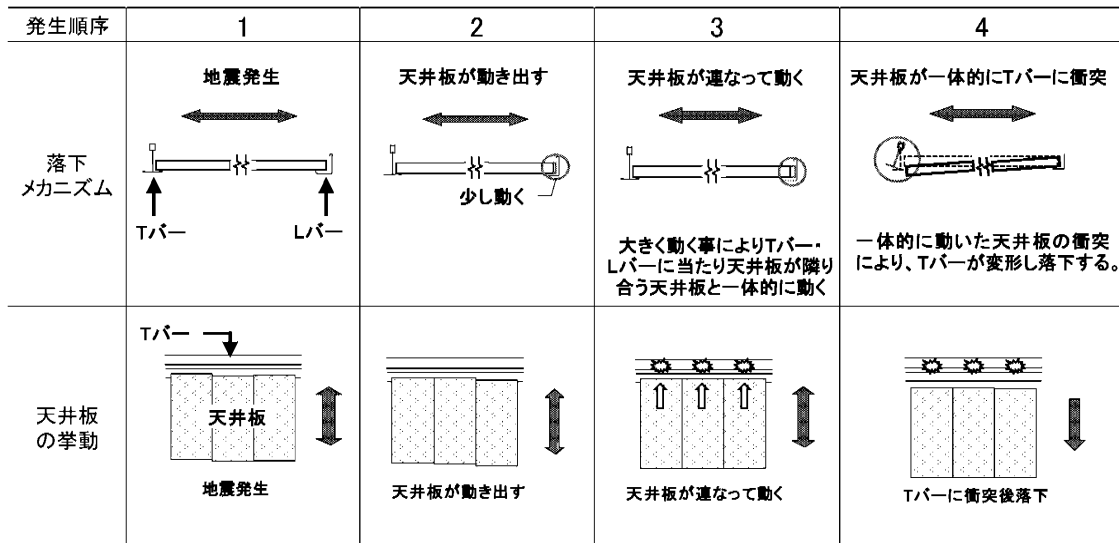


図 10 天井落下プロセス

過去の被害地震における被害統計により定められたシステム天井の損傷クライテリア¹⁰⁾を表 7 に示す。また図 9 に実験結果との比較を示す。落下加速度は隙間（施工精度）にも依存するが、実験における天井板の落下と地震時の被害はともに 300gal 程度で生じており、クライテリアの損傷度 2「一部パネルの落下およびラインに曲りやズレが発生」の床応答加速度の下限は 300gal に下方修正すべきと考えられる。

3.5. 落下のメカニズム

隙間設定値 14mm の実験パターンでは、落下が天井の端から発生するケースが多い。一方隙間 10mm では本来掛かり代は不足しないが、T バーの支持スパン中央部から落下し始めていることから支持部材の T バーが変形しているものと考えられる。

加振後の落下状況及び実験映像により、天井板の落下までは概ね図 10 のようなプロセスをたどることが判明した。揺れ始めは天井板がばらばらに T バーに衝突するため作用する慣性力も小さく変形はあまり生じない。しかし徐々に天井板が連なって移動するようになり、複数の天井板が T バーに同時に衝突することにより T バーが大きく変形して天井板の支持間隔が広がり、天井板の落下が生じる。

上記のメカニズムを T バーと CT クリップの静的加力実験（図 11）で検証した。試験体は振動台の天井と同様に CT クリップで 3 点支持した T バーで、

表 5 滑り出し加速度

実験パターン	試験No.	滑り出し加速度[cm/s/s]		
		No.1	No.2	No.3
①	227	208	219	
②	226	196	229	
③	-	205	219	
④	233	284	248	

表 6 落下開始加速度

実験パターン	試験No.	落下開始加速度[cm/s/s]		
		No.1	No.2	No.3
①	403	511	390	
②	550	450	601	
③	367	386	377	
④	315	363	355	

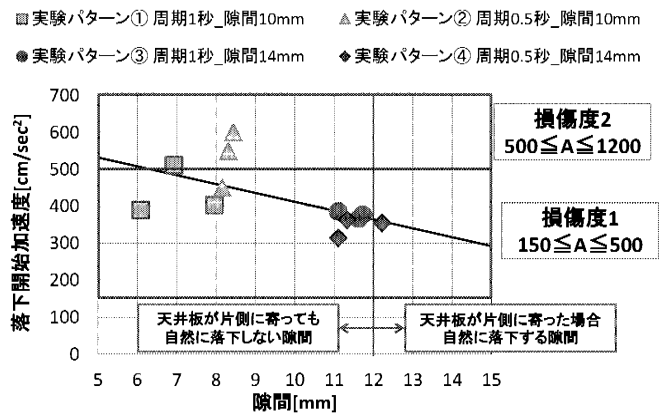


図 9 クライテリアと実験結果

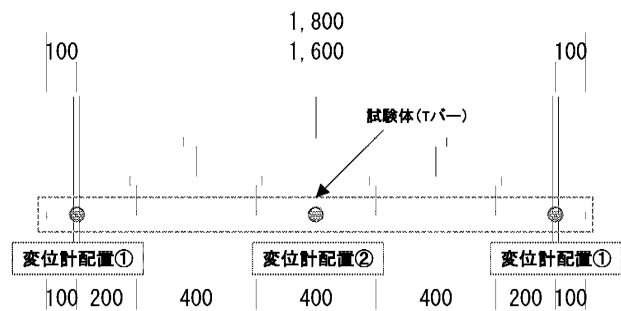


図 11 T バーの横曲げ試験

トーナメントを用いて等分布荷重を模擬した水平荷重を横方向に加力し剛性を同定する。横変位には CT クリップの回転も含むため、回転剛性の同定も行う。

同定した剛性を用い、実験時の落下加速度から算定した慣性力を加えて T バーの変位を算定すると最大約 2mm となる。もとの隙間を 10mm とするとちょうど掛かり代がゼロとなる 12mm に達する。

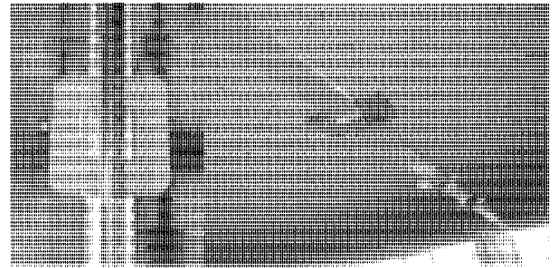


写真 5 落下防止金物

4. 落下防止対策の考案と検証実験

4.1 落下防止対策

実験で判明した落下原因をもとに、写真 5 に示す落下防止用金物を考案した。天井板を支持する T バーおよび L バーのフランジに補強金物を取り付け、天井板の掛かり代を 20mm 延長させるものであり、T バーのフランジにボルトまたはビスで固定する。天井内部の施工が不要で素人でも居室側から簡便に施すことができる点が大きな特徴である。

また、天井板を支持する C チャンネルは水平方向に周囲の壁面 (石膏ボード) で支持され、揺れが抑えられるが、慣性力が大きいとチャンネルが石膏ボードを貫通するパンチングシア破壊が生じるため、C チャンネルが石膏ボード壁に接する部分に隙間を設けて鋼板金物を挟み込み、C チャンネル衝突時の集中荷重を分散させる。金物は周り縁の L バー上に装着する。補強金物の板厚は 1.6mm、石膏ボードに接する面の大きさは高さ 90mm×幅 50mm である。

4.2 検証実験

試験体平面を図 12 に示す。天井面は前述の落下実験より大型で、8 枚の天井板を両端の壁際 2 列と蛍光灯ユニット (幅 330mm のラインに設置) の間に 2 列配置した。天井板両端の隙間は 10mm となるように設定した。C チャンネルと接する壁には厚さ 12.5mm の石膏ボードを使用し、石膏ボード壁と C チャンネルの隙間を 2mm 程度設けた。

実験は、補強金物を取り付けない無補強の場合、天井板の落下防止用金物を設置した場合および落下防止用金物と壁補強金物を設置した場合の計 3 パターンで行った。加振波は周期 0.5s の振幅漸増波 (図 8) である。

無補強天井の加振後の損傷状況を図 13、落下防止用金物のみで補強した天井の加振後の損傷状況を図 14、落下防止用金物+壁補強天井における加振後の損傷状況を図 15 に示す。無補強では 32 枚中 31 枚 (97%) の天井板が落だし、T バー、C チャンネル

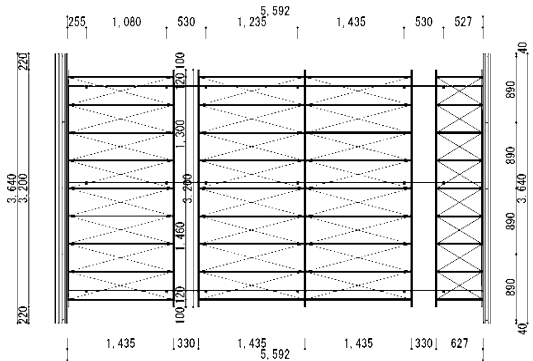


図 12 試験体平面図

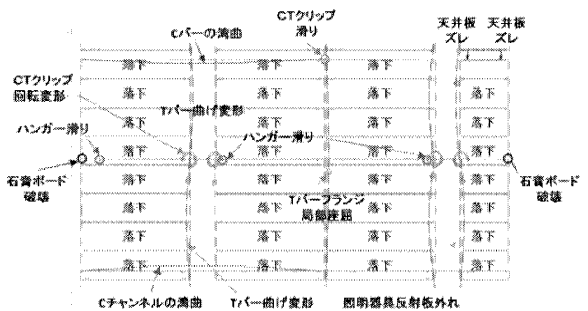


図 13 加振後の状況 (無補強)

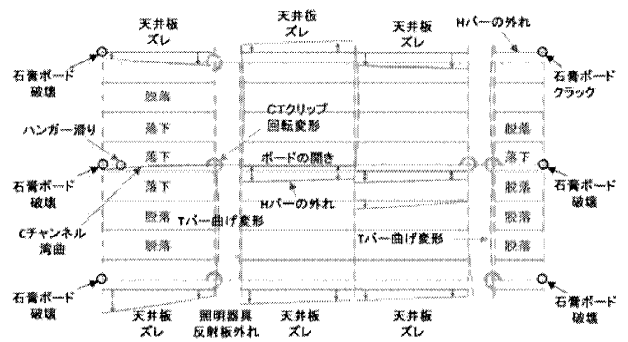


図 14 加振後の状況 (落下防止金物のみ)

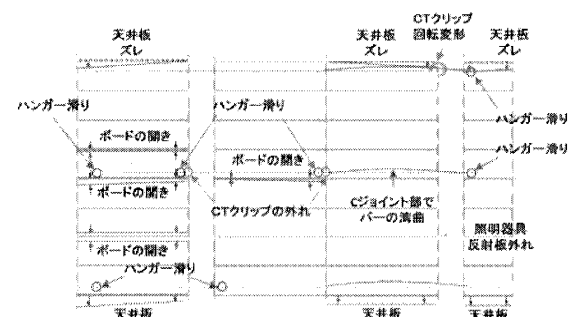


図 15 加振後の状況 (落下防止金物+壁補強)

の変形や湾曲、CTクリップとハンガーの滑りや照明器具反射板の外れが見られた。またCチャンネルの石膏ボード壁への衝突により、負担荷重の大きい中央のCチャンネルが接する石膏ボード壁に押し抜き破壊が生じた。

落下防止金物のみでは、天井板の落下が4枚（13%）、脱落が7枚（22%）の他、下地材の変形が生じた。天井板の落下が無いと慣性力が大きく、衝突により全てのCチャンネルが接する石膏ボード壁で押し抜き破壊またはクラックが生じた。なお天井板の落下は押し抜き破壊以降に生じている。

落下防止金物+壁補強では、天井板の落下は生じなかった。加振後、天井板の多くは、TバーおよびLバーの掛かり代から外れていたが、落下防止用金物で支持されていた。また石膏ボード壁の損傷もなく、壁補強金物の効果も確認することができた。入力加速度最大値の約900gal程度の入力であれば今回の落下防止対策は有効である。

しかしながら、実際の天井の跨度は今回の試験体の数倍であり、特に壁面に作用する慣性力は規模の影響を直接的に受けると考えられる。図16は、振動台の最大加速度に天井試験体の質量を乗じた慣性力と、ひずみゲージにより計測したCチャンネルの最大軸力（3本の合計）の関係を示したものである。いずれもCチャンネルの軸力の方が慣性力を上回り、壁面との衝突や天井面の応答増幅の影響が表れていると考えられる。Cチャンネルの軸力（=壁が受ける力）の推定が次の研究課題である。

5. まとめ

ここでは東北地方太平洋沖地震で落下が頻発した新宿校舎のシングルライン天井の落下原因を新たに開発した振動台（大変形加力装置振動台）を用いた実験で解明し、簡易に施工可能な落下防止対策を考案して検証実験を実施した。しかしながら実際の大きな空間に落下防止対策を施した際、周囲の壁面が慣性力で損傷する可能性が見出された。このような壁の損傷の定量的評価と対策は今後の課題となる。

謝辞

当研究の実施にあたり、元結正次郎東京工業大学教授、水谷国男東京工業大学教授、大橋一正工学院大学名誉教授から貴重な助言を頂いた。落下防止金物の製作には三洋工業株式会社の協力を得た。実験

と研究は久保智弘氏（元工学院大学特任助教）および当時工学院大学に在籍した大学院生・学部生と共に実施した。以上ここに記して深謝を表す。

参考文献

- 1) 坂本有奈利・山下哲郎・久保智弘・久田嘉章: クランクによる振幅増幅を利用した大振幅振動台の開発, 日本建築学会大会梗概集, B-2, pp.1247-1248, 2012.9
- 2) 久保智弘・山下哲郎・坂本有奈利・荒川洋輔・大宮憲司・小泉秀斗: 大変形加力装置による複合機の挙動実験について, 日本建築学会大会梗概集, B-2, pp.1245-1246, 2012.9
- 3) 坂本有奈利・小泉秀斗・山下哲郎・久田嘉章, 振動台を用いたシングルライン天井の天井板落下実験 その1実験概要, その2天井落下と加速度の関係, 日本建築学会大会梗概集, B-1, pp.999-1002, 2013.8
- 4) 小泉秀斗, 坂本有奈利, 久田嘉章, 山下哲郎, 振動台実験によるシステム天井シングルライン工法の力学特性および損傷評価に関する研究, 日本地震工学会論文集, Vol.14 No.2 pp.144-163, 2014.5
- 5) 田中健一・小泉秀斗・鯉沢曜・山下哲郎・久田嘉章, シングルライン天井の耐震性と落下防止対策に関する研究 その1: 天井板の接着による落下防止対策の検討, 日本建築学会大会梗概集 B-1 pp.967-968, 2014.9
- 6) 鯉沢曜・小泉秀斗・金井貴浩・久田嘉章・山下哲郎, シングルライン天井の耐震性と落下防止対策に関する研究 その2: 補強金物による落下防止対策の概要, その3: 補強金物による落下防止対策の性能確認実験, 日本建築学会大会梗概集 B-1 pp.969-970, 2014.9
- 7) 齊藤大樹, 高橋徹, 小豆加達哉, 野口和也, 箕輪親宏: 大振幅の揺れを再現可能とする大ストローク振動台の開発とその性能検証実験 日本建築学会大会梗概集 B-2 pp.473-474, 2006.9
- 8) 久保智弘, 久田嘉章, 相澤幸治, 大宮憲司, 小泉秀斗: 東日本大震災における首都圏超高層建築における被害調査と震度アンケート調査, 日本地震工学会論文集, 第12巻, 第5号, pp.1-20, 2012
- 9) ロックウール工業会: 平成23年東北地方太平洋沖地震によるシステム天井被害状況調査報告書, 2012.9
- 10) 東野雅彦, 濱脇重雄, 鴨下直登: 構造躯体以外の被害状況の分析, 長周期地震動対策に関する公開研究集会, p.151, 2012.3

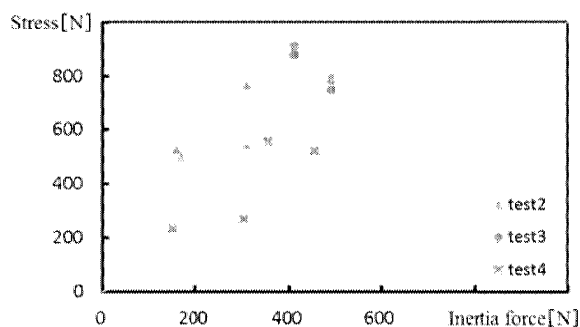


図16 Cチャンネル軸力と慣性力

建築機能維持施設における建築設備の効果的な耐震補強・改修法

建築設備 振動台実験 数値計算 巻き出し管
 吊りボルト スプリングラダー 耐震補強

西川豊宏* 山下哲郎**
 大橋 一正*** 田中 孝****

1. はじめに

本研究テーマは、超高層建築など大きな変形を受ける建築設備・非構造材といった二次部材の耐震性能の把握と効果的な耐震補強の開発・普及を目指すものである。八王子 11 号館に新設された大型大変形加力設備や既存の各種実験装置を活用し、テーマ 1 より提供された建物の応答解析結果から、地震に対して脆弱とされる部位を既往研究や簡易的な試算により特定し、それらの耐震性能を実験的に明らかにした。また、2011 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震では、構造体に損傷が少ない場合であっても非構造部材や建築設備が損傷し一時的あるいは長期的に建物が使用できない事例が確認され、被害事例に基づく実験条件の変更・追加を適宜実施した。各年度の研究内容とその結果を以下に示す。

2009 年度（平成 21 年度）

工学院大学新宿キャンパスの各種設備系統の理解と把握、施工状況の調査を行った。同時に当研究テーマに関連する引き渡し書類の保管状況を確認し、地震時に発生しうる設備被害やそれに起因する二次被害について予想した。

2010 年度（平成 22 年度）

過去の被害事例から、スプリングラダー（以降 SP）末端部での漏水が、事業継続を考える上での二次被害リスクとして優先課題とされたため、本学新宿キャンパスの SP ヘッドとその周辺の配管状況を実大で再現し、当該箇所の静的加力実験により、脆弱とされる配管接合部の耐力性能を静的に調査した。

2011 年度（平成 23 年度）

前年度から実施した SP 配管の静的加力実験を継続し、施工誤差を含む実験データの中央値と標準偏差を特定するため、データの蓄積と分析を行った。また、この年に発生した東北地方太平洋沖地震では、吊り天井に係る天井材や設備機器、配管類の崩落が多数確認され、その破壊メカニズムの解明が喫緊の課題となった。当小課題においても各方面の被害報告より、建築物の二次部材に使用される吊りボルト（全ネジボルト）の脆弱性に着目し、これらの要素実験を計画した。

2012 年度（平成 24 年度）

東北地方太平洋沖地震で顕在化した天井等の崩落被害のメカニズムを解明するため、天井吊り設備機器及び SP 配管の振動台実験と吊りボルトの要素実験を実施した。振動台実験から、天井材と設備機器配管の地震動に対する相互作用の目視調査を行い、力学的挙動の一般化を試みた。それによると吊りボルト周辺で生じる地震動に対する挙動は極めて複雑で体系的モデル化が困難であったが、振動台実験と要素実験の目視検証による仮定から有効な耐震対策の立案を行った。

2013 年度（平成 25 年度）

天井材や吊り設備機器、配管に用いられる全ネジボルトの耐震性能を評価するため、振動台実験と数値計算を主として SP 設備配管を対象に実施した。この結果から、本学新宿キャンパスにて優先的に実施すべき耐震補強とその効果について考察した。

これまでの研究調査の結果から、建築設備に係る耐震補強は、大型の熱源設備機器や床置き機器よりもむしろ居住者に近接する設備末端部と建築二次部材の保全が有効と判断し、小課題としては、設備ライフラインの維持保全として SP 末端部の耐震性能とその改修法の有効性について研究を進め、一連の研究成果としての取り纏めと位置付けた。

2. 定量的な地震リスク評価と実被害から見る課題

2.1. 地震リスク評価手法

地震時においても建築設備が健全に機能することで、在館者の安全確保のみならず、建築維持機能施設として逃げ込める建物としての活用が可能になる。ここでは、建築設備に事前対策を講じるための支援情報として建築設備の地震リスク評価を行い、設備機器・配管単体が連関して形成されるシステムとし

$$p_{fi}(x) = \int_0^{r_{mi}} \left[\sqrt{2\pi} \cdot \sqrt{\zeta_{Ci}^2 + \zeta_{Ri}^2} \right] \cdot \exp \left[\frac{-(\ln x - \ln c_{mi})^2}{2(\zeta_{Ci}^2 + \zeta_{Ri}^2)} \right] \cdot x^{-1} dx \quad \dots \text{式(1)}$$

r_{mi} : 各被害形態に対応する損傷確率
 ζ_{Ci} : 設備機器・配管 i に作用する地震動の中央値
 ζ_{Ri} : 耐力値の対数標準偏差
 c_{mi} : 作用地震動の対数標準偏差
 p_{fi} : 設備機器・配管 i の作用地震動に換算した耐力の中央値
 x : 作用地震動

でのモデル化が必要なため、システムを構成する設備機器・配管を抽出し、各接点での損傷確率を式(1)で算出することで、地震動に対する脆弱箇所の特定を試みた。

2.2. 地震リスクの算出

図 1 に各部材の耐力を算出し、首都直下地震が発生した際の給排水衛生設備および空調設備の機器類の損傷確率を求めた。首都直下地震での建物応答の想定は首都直下地震を想定した共振動予測³⁾の地震動として、立体フレームモデル⁴⁾による弾塑性解析から得られた各階の加速度とした。なお、空調設備において VAV とダクトの吊りボルトの耐力値は既往研究⁵⁾での引張荷重の耐力のばらつきで評価した。結果を見ると給排水衛生設備の損傷確率は、水槽などの床置き機器が、空調設備ではダクトの吊りボルトと立て配管のリスクが高いと算出された。

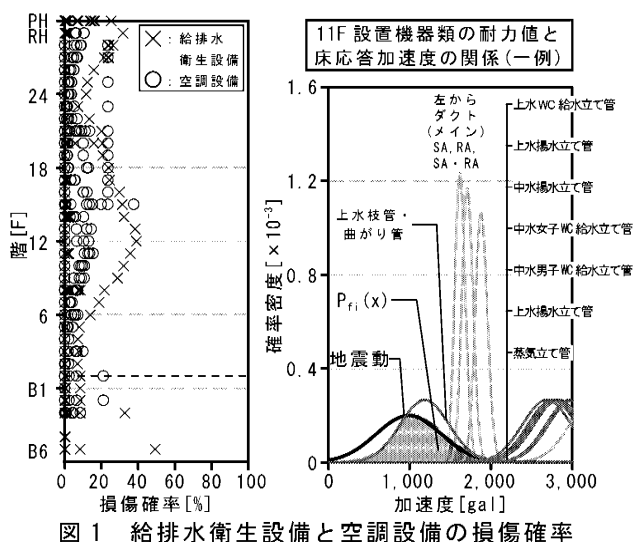


図 1 給排水衛生設備と空調設備の損傷確率

2.3. 建築設備の実被害と地震リスク評価の課題点

図 2 に東日本大震災での建築設備の被害箇所と被害事例⁶⁾を示す。東日本大震災での建築設備毎の被害箇所で見ると、給排水衛生設備は配管の被害が 58%と最も多く、同様に空調設備は機器、消火設備では配管、電気設備は照明設備の被害割合が高かった。前節での給排水衛生設備と空調設備の損傷確率の結果と比べると、給排水衛生設備では床置き機器のリスクが高かったが実被害では配管の被害が多く、空調設備ではダクトの被害より空調機器の被害が多かった。これは被害事象で吊り支持材の被害が多いことから、大吊り機器・配管ともに重量が重く、長時間の揺れで吊りボルトの破断に起因するものが数

多く確認されたためである。実際の被害事例とこの手法での予測結果とに評価結果の差異が生じたため、吊りボルトの耐久性を実験的に検証し、当評価に反映させることが必要とされた。

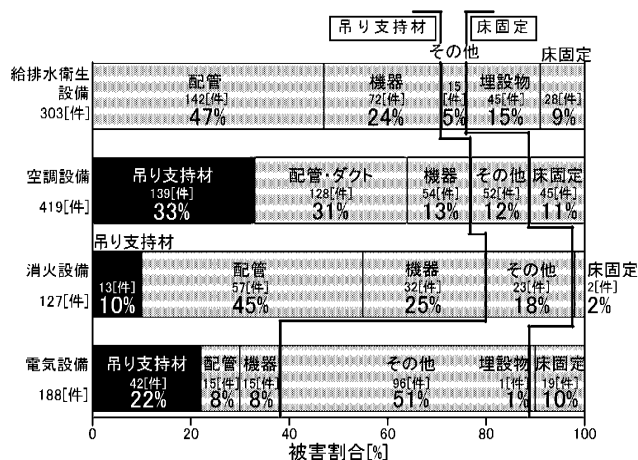


図 2 東日本大震災における建築設備の被害箇所と被害⁶⁾

3. 吊りボルトの耐震性能実験と評価

3.1. 実験目的

長周期地震動による吊りボルト破断が多数確認されたため、吊りボルトの耐震性能を評価する要素実験を行った。なお、実験は、本学の施工状況から、現実的な対策立案であるべきと捉え、表 1 の実務的耐震対策と分類⁷⁾と図 3 の斜材 (ブレース) が不要となる条件^{7),8)}の下で実験を行った。

表 1 実務的耐震対策と分類⁷⁾

対策	機器重量 [kg]	標準的な対策		機能確保	
		10~30	30~100	10~30	30~100
耐震対策の分類	①	②	③	④	
	⑤	⑥	⑦	⑧	
天井裏設置など吊り長さ	適用可能斜材の種類	鋼製架台または全ねじボルト	鋼製架台または全ねじボルト	鋼製架台または全ねじボルト	鋼製架台
	鉛直材長さ対策	25~30cmは機器鉛直吊りボルトを12φにすることで可	25~30cmは機器鉛直吊りボルトを12φにすることで可	20~30cmは機器鉛直吊りボルトを12φにすることで可	機器鉛直吊りボルトを12φにすることで可

※吊りボルトの要素実験では、太栓部分を実験対象とする。

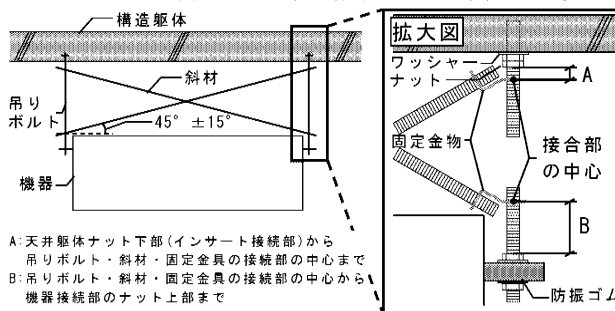


図 3 斜材が不要となる条件^{7),8)}

3.2. 実験概要

吊りボルトに係る振動台実験を、図 4 に示す天吊り機器、図 5 に示す吊りボルトの条件で実施した。天吊り機器実験では、4 本で吊り支持された現状の天吊り機器における地震の揺れによる挙動の再現を行うため、東日本大震災に工学院大学新宿校舎 29F で計測された応答加速度(以降 東 29F)と多大な被害が想定される首都直下地震(以降 首 29F)、断続的な揺れを再現する正弦波をそれぞれ入力波とした。吊りボルトの要素実験では、吊りボルトの破断に至るまでの耐力を明確にするため、錘重量、径、吊り長さの要素を設定し、試験体と共振させるため、加振前の自由振動より算出された試験体の固有周期と同一周期の正弦波と 1 本で吊り支持された吊りボルトの挙動と影響を明確にするため、構造計算でも用いられ、短周期成分が卓越した神戸波を入力波とした。

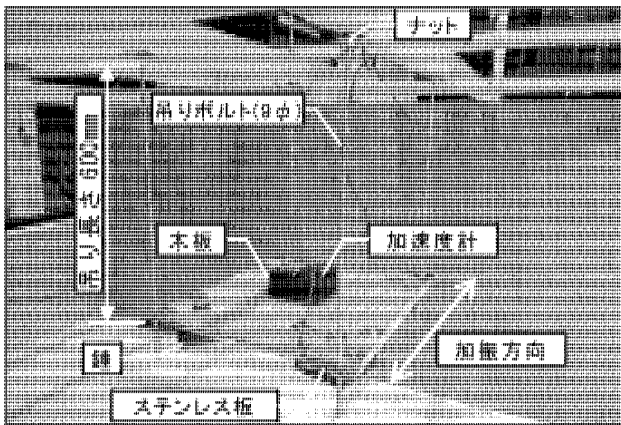


図 4 天吊り機器の振動台実験

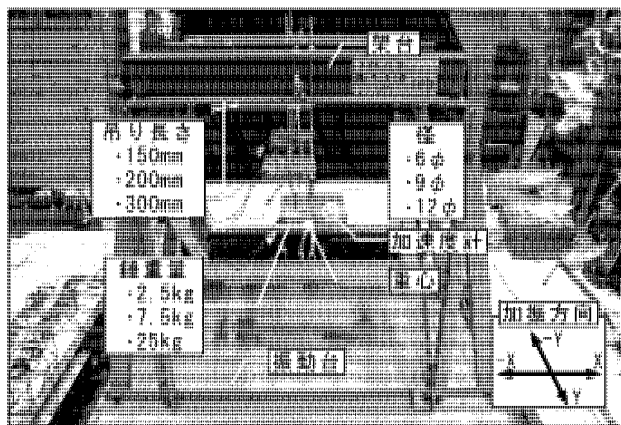


図 5 吊りボルトの要素実験

3.3. 引張試験

天吊り機器の振動台実験にて加振した吊りボルトの引張試験を行った。図 6 に吊りボルトの引張試験

概要、図 7 に吊りボルトの弾性限界・破断限界^{注 1)}を示す。加振の継続時間が長くなると弾性限界・破断限界ともに平均値が低下し、ばらつきが大きくなった。これは継続的に加振することにより吊りボルトが部分的な亀裂もしくは金属疲労の影響を受け、加振時間の増加とともに耐久性が低下していると考えられる。さらに、新品試験体と東 29F の弾性限界・破断限界を比較すると、大きな差は確認されなかった。従って、東 29F のような小さな地震波では応答加速度変位が小さく吊りボルトに大きな耐久性の変化はないと判断した。図 8 に加振による吊りボルトの耐久性を示す。引張試験で計測した弾性限界の結果から正規分布を求めると、新品試験体と比べ



図 6 吊りボルトの引張試験

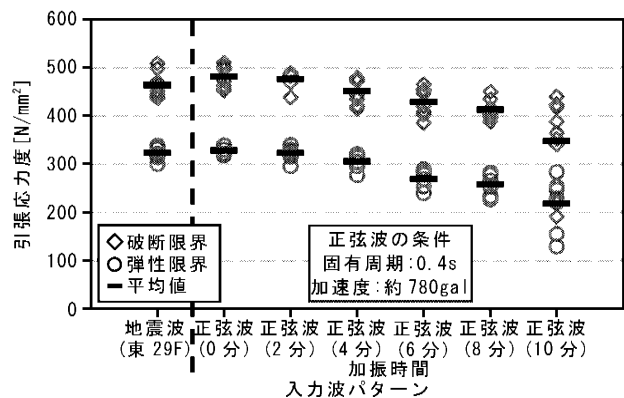


図 7 吊りボルトの弾性限界・破断限界^{注 1)}

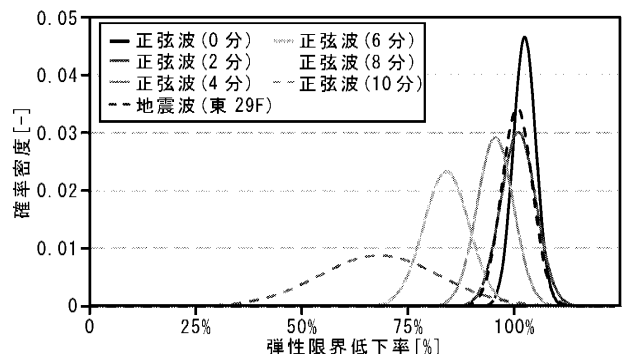


図 8 加振による吊りボルトの耐久性

加振時間とともに引張応力度が低下し確率密度も低下していく傾向がみられた。よって既存建物に設置されている吊りボルトは過去の地震の影響を受けており吊りボルトの耐久性が低下している恐れがある。

3.4. 回転角による要素比較

吊りボルトの要素実験結果を回転角で評価する為、図 9 の回転角の定義の式(2)、(3)から算出する。既往研究⁹⁾と同様に、平均回転角が増加すると累積回転角は減少してボルト破断に至ることが確認された。また、累積回転角は、破断に至るまでの回転角の総和であることから、吊りボルトの耐震性能には、累積回転角が影響している。表 2 に回転角による要素

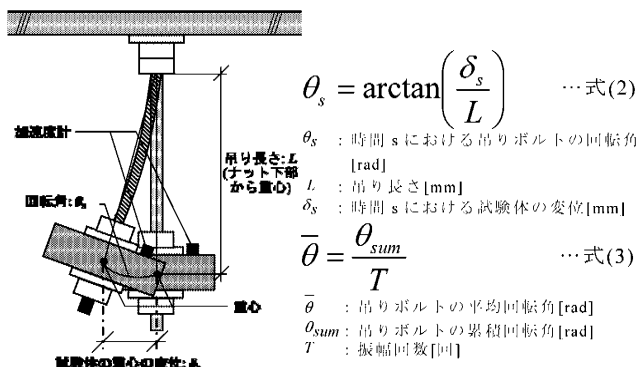


図 9 回転角の定義

表 2 回転角による要素比較

要素	実験条件				振幅回数 [回]	累積回転角 [rad]	平均回転角 [rad]
	径 [φ]	錘重量 [kg]	入力波 [gal]	吊り長さ [mm]			
錘重量	9	2.5	500	300	21,355 (722%)	1,579 (494%)	0.074 (68%)
		7.5			2,959 (100%)	320 (100%)	0.108 (100%)
		25			272 (9%)	29 (9%)	0.105 (97%)
径	12	7.5	500	300	25,467 (861%)	1,259 (394%)	0.05 (46%)
	9				2,959 (100%)	320 (100%)	0.108 (100%)
	6				314 (11%)	57 (18%)	0.18 (167%)
吊り長さ	9	7.5	500	150	21,738 (735%)	862 (269%)	0.04 (37%)
				200	14,892 (503%)	678 (212%)	0.046 (43%)
				300	2,959 (100%)	320 (100%)	0.108 (100%)
入力波	9	7.5	300	300	15,771 (533%)	947 (296%)	0.063 (58%)
			500		2,959 (100%)	320 (100%)	0.108 (100%)
			700		2,391 (81%)	234 (73%)	0.098 (91%)
			神り波 1軸		17,907 (100%)	266 (100%)	0.015 (100%)
			神り波 2軸		8,881 (50%)	338 (127%)	0.038 (261%)

比較を一覧した。累積回転角割合で見ると、錘重量の変化が最も大きく、吊りボルトの耐震性能を検証する上では振動による曲げ応力に加えて錘重量による鉛直荷重への配慮が必要とされる。

4. SP 配管の耐震性能

4.1. SP 配管の静的加力実験

経年使用した配管の材料強度と中央 (平均) 値と施工誤差等による標準偏差 (ばらつき) を調査するため、設備改修工事時に撤去された配管(40年間 SP 配管として使用されたもの。(以降 経年試験体)と、それと同形状の配管(以降 新品試験体)を使用し、SP 配管の静的加力実験を行った。表 3 に実験に使用した試験体の概要、図 10 に SP 配管の静的加力実験概要を示す。荷重装置としてチェンブロックを用いた静的加力実験を行った。試験体の末端部には鉄製プレートを取り付け、フックを介して垂直上方向に加力した。試験体にかかる荷重はロードセル、加力方向に対する配管の変位量は変位計を用いて 1 秒間隔で測定値を計測した。なお、配管の破断を判断するため、配管内には 0.3MPa に加圧した空気を充填した。表 4 に実験データの平均値と標準偏差、図 11 に静的加力実験の結果と考察を示す。図表によると経年試験体の破断モーメント(平均値)は新品試験体に比べて小さく、その差は単管の実験で 148.9kN・mm、巻き出し管の実験で 114.0kN・mm

表 3 静的加力実験試験体概要

		単管の実験	巻き出し管の実験
実験回数	経年試験体	7回	9回
	新品試験体	23回	26回
試験体寸法	a	240~770	80~120mm
	b	0	275~770mm
	c	0	240~600mm

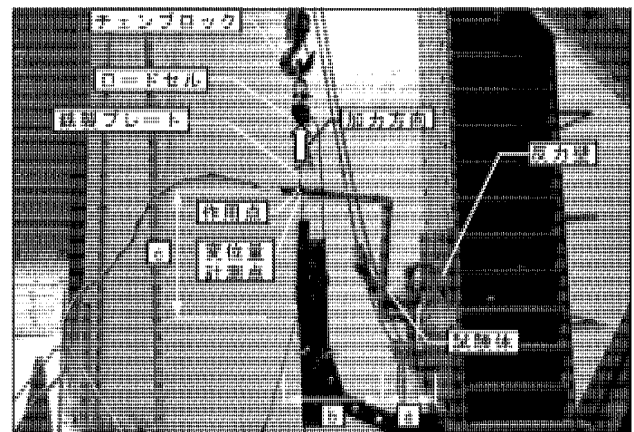


図 10 SP 配管の静的加力実験

表4 実験データの平均値と標準偏差

	単管の実験		巻き出し管の実験	
	新品	経年	新品	経年
平均値 [kN・mm]	1,254.4	1,105.5	1,337.9	1,223.9
標準偏差[kN・mm]	71.2	54.4	155.6	170.0

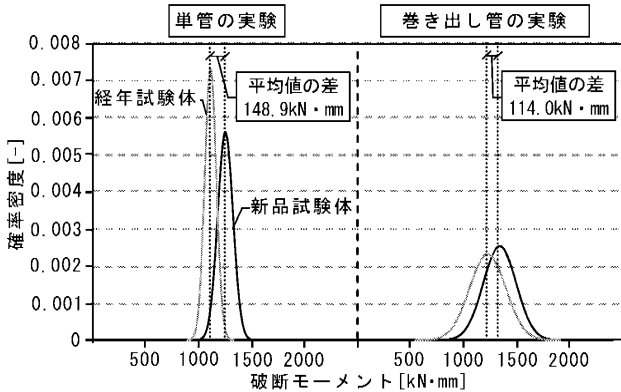


図11 静的加力実験の結果と考察

であった。また、巻き出し管の実験においては、経年試験体の標準偏差(分散)が新品試験体に比べて大きく、試験体の劣化状況のばらつきが実験値から求められた。

4.2. SP配管の振動台実験

4.2.1. 実験概要

SP配管の耐震性能の評価を行うために振動台実験を行い振動性状の把握を行った⁽⁴⁾。

実験対象となるSPヘッドとSP巻き出し管、枝管(SGP25A)は図12に示すようにフレームから吊りボルトで吊り下げ、天井材に固定した。また枝管は、床スラブに相当するフレーム下端より800mm

表5 試験体概要および実験条件

固定箇所	実験条件	
	実験-1	実験-2
SP巻き出し管の有無	有	無
枝管固定	有	無

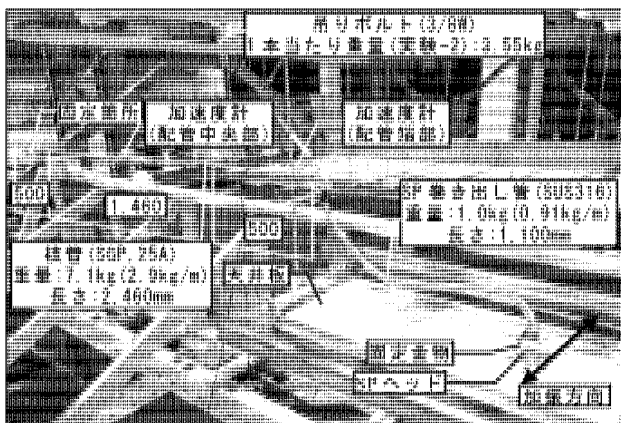


図12 SP配管の振動台実験

立ち下げた位置に吊りボルト2本で支持し、枝管両端部の固定条件が変更可能とした。SP巻き出し管周辺の損傷度別に表6に示すように実験-1と実験-2を設定した。実験-1は、枝管から天井面に取り付けられたSPヘッドに対して1,100mmのフレキ配管で接続した条件で、損傷の無い正常な状態を再現したものである。これに対して実験-2は、枝管を含む配水主管が揺れに対して自由に振動する状態を想定したものである。SP配管の振動台実験において実験装置に入力した地震動は、首都直下地震の際に工学院大学新宿校舎29階床で想定される応答波を使用した。

4.2.2. 実験結果

SP配管の振動特性の評価は、配管端部における加振方向の加速度とフレーム上部と配管端部の相対変位で評価した。SP配管が固定されている条件では、最大応答加速度が1,901galに対して最大相対変位が123mm(図13上)となった。一方、実験-2のように枝管が地震の揺れに対して自由に振動する条件では、最大応答加速度1,524galに対して最大相対変位が427mm(図13下)となり共振が発生した。この結果から、枝管の端部固定が少なくなるに従いSP配管は、建築躯体とは別に共振する恐れがあるため、配水主管を揺れ止め等で建築躯体に固定するとともに、SP巻き出し管に可とう性を持たせることがSPヘッド、SP巻き出し管周辺での被害防止に有効な対策の一つとして考えられる。

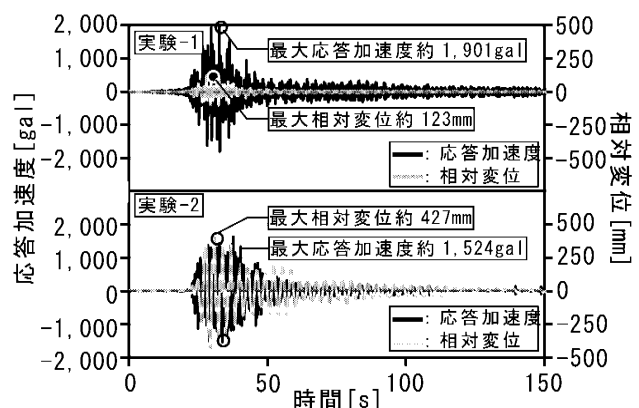


図13 首都直下地震における応答加速度・相対変位

また、図14にSP振動台実験での累積回転角と鉛直荷重の関係と吊りボルトの要素実験の結果と対比した。それによると、要素実験の近似曲線より下方に位置しており、吊りボルトの破断が発生しなかった結果と整合する。

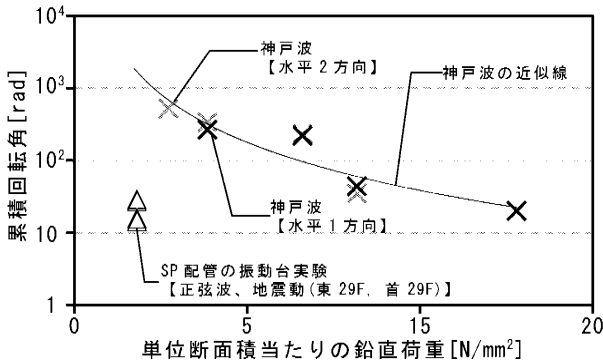


図 14 SP 振動台実験での累積回転角と吊りボルトの破断までの累積回転角^{注2)}

4.3. 数値計算における SP 配管の耐震性能の評価

4.3.1. 計算モデルの概要

振動台実験の結果を基に SP 配管の耐震性能の評価を行うため AutoPIPE (株ベントレー・システムズ) を用い数値計算を行った。数値計算では、力を静的に加え、計算モデルは配管を梁要素としたせん断変形を加味するティモシェンコ梁理論とし、計算は剛性マトリックス法を用い計算を行った。数値計算で対象とする SP 配管は工学院大学新宿校舎に配置されている 28 階の SP 横走り配管を対象とした。

なお計算モデルの SP 配管は実際の施工状況を基に設定した。計算モデルの各部材条件として、吊りボルトの共通条件は、上階床スラブに対して剛接点、吊りバンドに対してピン接点とした。また、SP ヘッ

ドを含む天井材に取り付けられている SP 巻き出し配管周辺の地震時における振動特性は複雑であるため、SP ヘッドと天井との接合点の条件として、天井面が鉛直方向の荷重を受けない剛接合とピン接合、自由端として考慮した。さらに、配水主管防火区画貫通部と配水管排煙区画貫通部(以降 区画貫通部)のモルタル充填部が地震により破損した場合を想定した条件として剛接合と自由端とし、計算番号①～⑥を設定した。なお、加振方向は振動台実験と同様に水平 1 方向とし、首都直下地震における最大応答加速度である 1,901gal を-X 方向に入力した。

4.3.2. 計算結果

図 16 に首都直下地震時の SP 横引き管の最大モーメントと応答変位分布(現状)、図 17 に SP 巻き出し管をフレキシブル配管にし、区画貫通部が破損した場合、図 18 に図 17 にブレースを設置した場合を示す。現状の条件では SP 配管自の一部に大きなモーメントが発生するが、区画貫通部が損傷し、かつ天井の固定が無くなると SP 配管横引き管が全体的に大きく揺れ、大きなモーメントと変位が発生する。このことから管径が大きい SP 配管は固定の必要があるため指針 11)を基に計算番号⑥に耐震補強を施した。その結果、一部に大きなモーメントが発生するが、変位が大きいのは枝管端部のみであるため、変位追従性のあるフレキシブル管を SP ヘッド接続

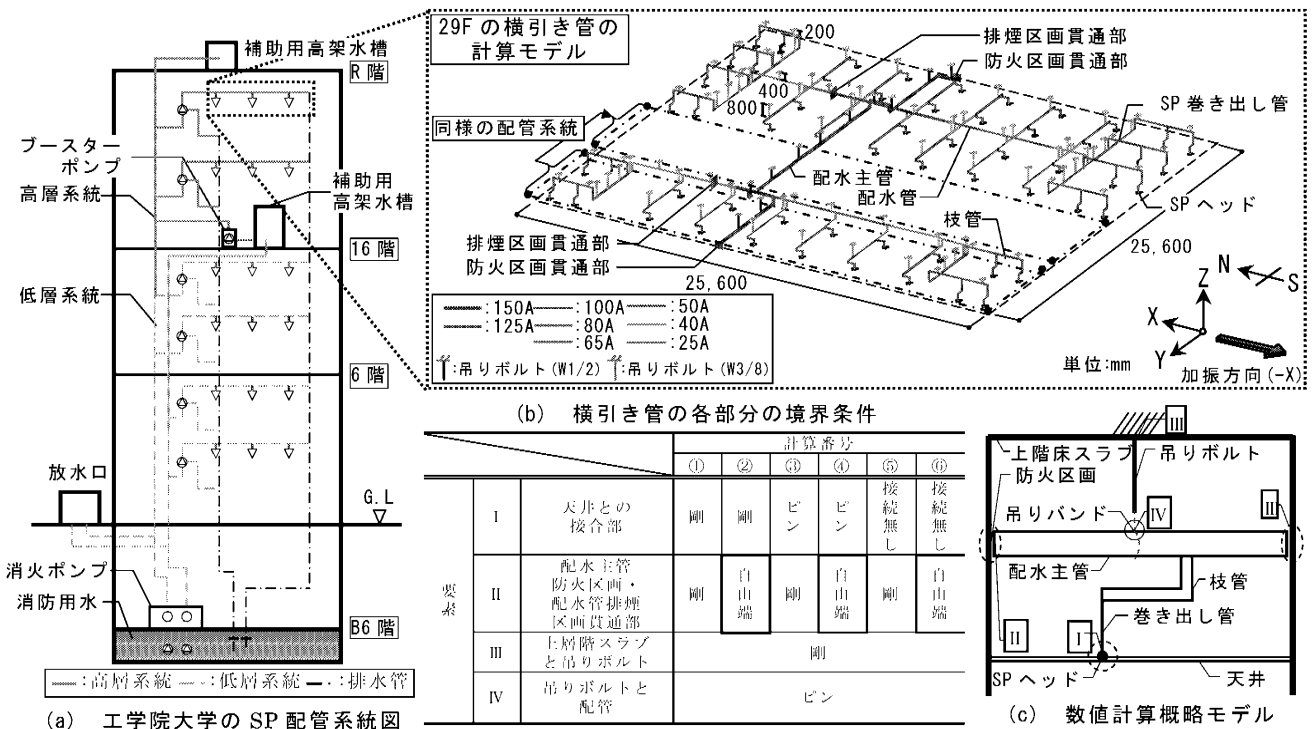


図 15 工学院大学新宿校舎の sprinkler 配管の現状モデル概要

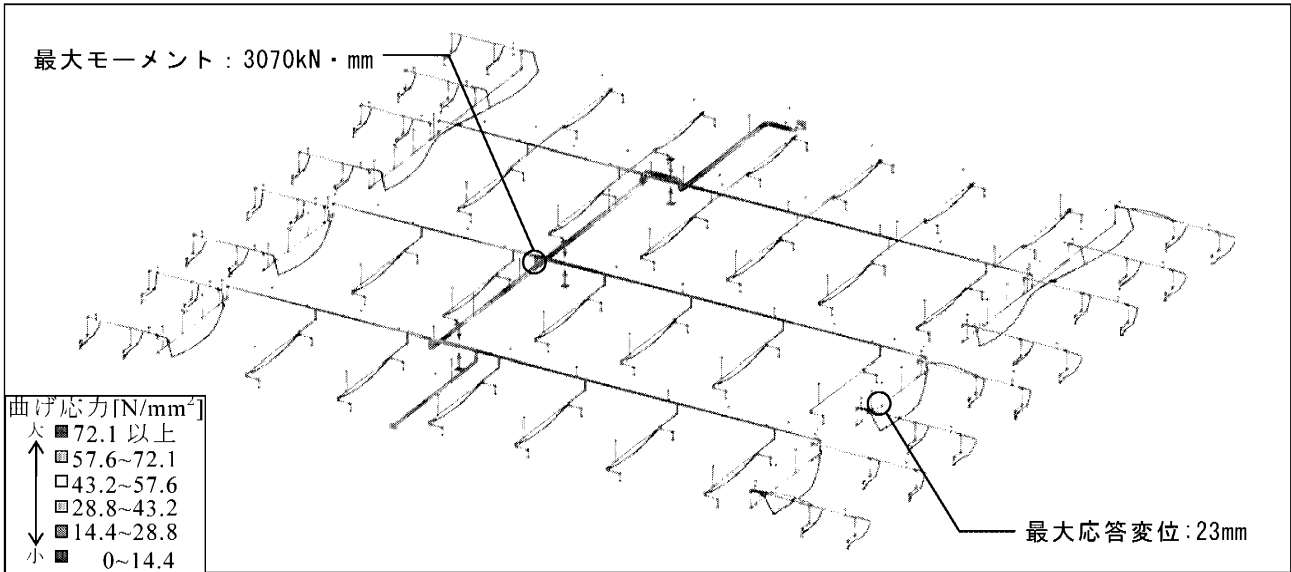


図 16 首都直下地震時の SP 横引き管の最大モーメントと応答変位分布 (現状)

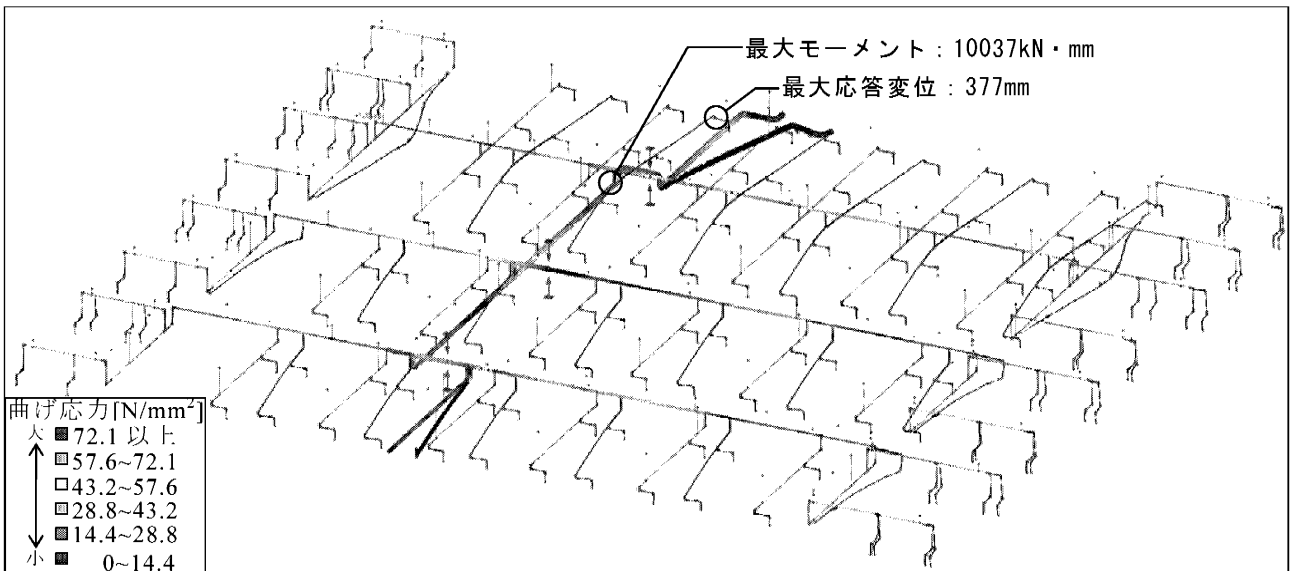


図 17 SP 巻き出し管をフレキシブル配管にし、区画貫通部が破損した場合

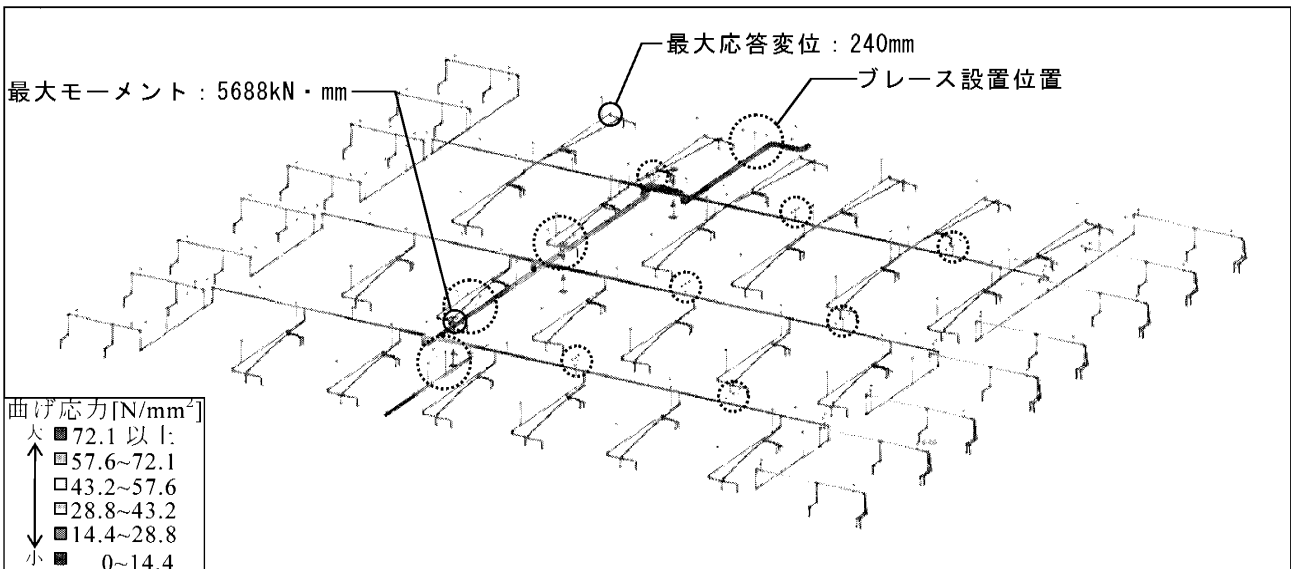


図 18 図 17 にブレースを設置した場合

管に改修すれば SP 末端部での被害リスクを大幅に低減される。

5. おわりに

この小課題では、建築機能維持施設として、本学新宿キャンパスを評価の対象として位置づけ、非構造部材・建築設備の効果的な耐震補強の方針を過去の建築設備の地震被害事例や文献の調査、本学の現況調査から立案した。研究期間中に発生した東日本大震災では、予想外の被害例も確認され、その被害メカニズムを考察するとともに必要に応じた実験計画の変更や追加を行った。当支援事業で整備された大型振動台や各種実験装置による実験では、収集された実験データから各種部材の定量的な耐震性能や地震時のふるまい（挙動）の評価を行い、有効な改修方法を予想した。特定の建築物に対する検証に留まらず、現行法規等で安全性が憂慮される点について調査検討を深化することが今後の課題の一つと考える。

謝辞

東京工業大学元結正次郎教授、東京工芸大学水谷国男教授より、本研究に関する貴重な助言を頂きました。また、本論文の執筆に当たり、本学修上の武田和也氏、学部生の市場智也氏、米山嘉貴氏、島倉雅宗氏、矢ヶ崎啓介氏にご協力頂きました。ここに記して深謝致します。

注記

- 1) 引張試験の試験体数は 新品試験体は 8 本, 2 分加振は 8 本, 4 分加振は 8 本, 6 分加振は 8 本, 8 分加振は 8 本, 10 分加振は 6 本で行った。
- 2) 吊りボルトに 1 本に加わる鉛直荷重を算出し、吊りボルトの有効断面積で除することで、単位断面積当たりの鉛直荷重を求めた。

参考文献

- 1) NHK：かんさい熱視線，2013. 5. 20
- 2) 志津えりか，西川豊宏：事業継続計画における建築設備の地震リスクに関する研究(第 1 報)，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，pp. 2333-2336，2012. 9
- 3) 島村賢太，山下哲郎 他：首都圏に建つ超高層キャンパスの地震応答制震補強に関する研究(その 1)，日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)B-2 (2009)，pp. 475-476
- 4) 田中良一，久田嘉章：首都圏にある超高層キャンパスの地震防災に関する研究(その 2)，日本建築学会大会学術

講演梗概集 B-2 (2007)，pp. 615-616

- 5) 志津えりか，西川豊宏、事業継続計画策定における建築設備の地震リスクに関する研究(第 3 報)天吊り機器の地震被害からみた吊りボルトの耐久性に関する実験と地震リスク，空気調和・衛生工学会大会、2013. 9
- 6) 建築設備技術者協会 震災復興支援会議：東日本大震災による建築設備被害状況に関する調査報告書，pp. 8-16，2011. 10
- 7) 公益社団法人 空気調和・衛生工学会：建築設備の耐震設計 施工法，pp. 276-278，2012. 11
- 8) 一般財団法人 日本建築センター：建築設備耐震設計・施工指針 2014 年版，p. 75，2014. 9
- 9) 吉田献一，西井宏安，永島茂人，金子英樹：吊式空調機器の落下再現実験，空気調和・衛生工学会大会講演論文集(札幌)，pp. 2321-2324，2012. 9
- 10) 武田和也，西川豊宏 他：建築設備における天吊り配管と吊りボルトの耐震性能に関する実験的研究，空気調和・衛生工学会論文集，No. 208 (July, 2014)，pp. 21-28，2014. 7
- 11) 公益社団法人 空気調和・衛生工学会：建築設備の耐震設計 施工法，p. 154，2012. 11

スロッシングとタンク強度の検討

小久保邦雄* 後藤 芳樹*
 小林 光男** 一之瀬和夫**

Keywords: sloshing, tank, strength, plate, stiffener

1. 緒言

貯水タンクの地震時の信頼性はきわめて重要な課題である。高層ビルのスプリンクラーなどの貯水タンクは火災発生時の初期消火に必須である。また災害後の飲み水の一時的な確保にも利用できる。

貯水タンクにはその大きさや形状も種々のものを用いられ、大型の直方体や円筒形のものなどがある。直方体のタンクでは側面の平板部が内圧の変動により曲げ変形を受けて接続部で漏水するものも見られる。また天井板の破壊によりタンク形状を保つことができなくなり全体が破壊するモードも観察される。背の高いものでは転倒モーメントにより基礎の破壊が見られる。

本研究ではタンクの内部流体の運動や内圧の変動を明らかにするため振動台によるモデルタンクの加振実験を行い、種々の破壊モードに対するデータを得る。さらに実機のタンクの負荷を評価するため相似則を明らかにしてタンクの実働荷重とタンクの板や補強材の設計法について検討し、信頼性を確認する。

2. 線形スロッシングの固有周期

幅 2a, 液位 h の 2 次元矩形容器の地震動の水平揺れによる内部の流体 (非粘性非圧縮性) の微小波高のスロッシングを考えるため固有周期を考えてみよう。

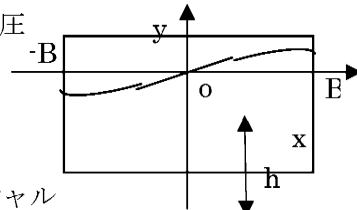


図 1 二次元タンク

この問題では速度ポテンシャル $\phi(y, z; t)$ を用いてつぎの連続の式

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0 \quad (-h < y < 0) \quad (1)$$

を解く。水面 $y=0$ 、底面 $y=-h$ でつぎの境界条件

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} + g \frac{\partial \phi}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial \phi}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

を満足し、また、側面 $y = \pm B$ で

$$\frac{\partial \phi}{\partial y} = \frac{\partial D_2}{\partial t} = \text{given} \quad (3)$$

を満足するように ϕ を求める。ここで、 $D_2(t)$ は水平方向変位で $D_2(t) = \bar{D}_2 \sin \omega t$ であるとする。

* 工学院大学工学部機械工学科, ** 工学院大学工学部機械システム工学科

ここで

$$\phi(x, y; t) = \frac{\partial D_2}{\partial t} \bar{\phi}(x, y) = \bar{\phi}(x, y) \omega \bar{D}_2 \cos \omega t$$

とおき、 $\bar{\phi}$ を求めると、左右反対称モードとして

$$\bar{\phi} = x + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} 4(2B)\omega^2 / (2n-1)^2 \pi^2}{(\omega_n^2 - \omega^2) \cosh(2n-1)\pi h / (2B)} \sin \frac{(2n-1)\pi}{2B} x \cosh \frac{(2n-1)\pi}{2B} (y+h) \quad (4)$$

が求められる。ここで、

$$\omega_n^2 = \frac{(2n-1)\pi}{2B} \tanh \frac{(2n-1)\pi}{2B} h \quad (5)$$

であり、共振は式(4)の分母が 0、すなわち $\omega = \omega_n$ のときに生じ、これが固有振動数である。n=1 とすると図 1 に示す 1 次モードが生じる。また、固有振動数は幾何学的に相似な形状であれば tanh の中の引数が変化しないため大きさ B の -1/2 乗に比例することがわかる。

3. スロッシング圧力の相似則

モデルタンクの加振実験から実機タンクに生じる流体の圧力を評価するためには相似則が必要である。相似則は基礎式の無次元表示により得られるので、流体の基本となる二次元 Euler の式 (Navier-Stokes 方程式で粘性項を省略) の無次元表示式を考える。水平方向 x、垂直方向 y 座標をとり、スロッシングを支配する y 方向の運動量の式は

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p_r}{\partial x} - g \quad (6)$$

となる。g は重力加速度で、流体の x, y 方向の速度を u, v、圧力を p_r とする。代表長さ L を用いて流速 u, 座標 x などを無次元化し、無次元量に * を付けて

$$x^* = \frac{x}{L}, \quad y^* = \frac{y}{L}, \quad u^* = \frac{u}{L}, \quad v^* = \frac{v}{L}$$

とする。また時間 t と圧力 p_r についても

$$t^* = tu/L, \quad p_r^* = p_r / \rho u^2$$

と無次元化する。このとき(6)式は次式となる。

$$\frac{\partial v^*}{\partial t^*} + u^* \frac{\partial v^*}{\partial x^*} + v^* \frac{\partial v^*}{\partial y^*} = -\frac{\partial p_r^*}{\partial y^*} - \frac{gL}{u^2} \quad (7)$$

この(7)式よりフルード数 $(F_n)^2 = u^2/gL$ が等しく、

かつ幾何学的相似形状では力学的相似則が成り立つことがわかる。タンク内の流体のスロッシング現象はこのフルードの相似則に従う。

ここでモデルと実機の各種の量を表 1 のように定義して相似則を考える。フルード数 $u^2/gL=$ 一定として動圧 p_r を $p_r/\rho u^2$ で無次元化し、重力加速度 g はモデルと実機で変わらないので

$$\frac{(a\omega)^2}{gd} = \frac{(A\Omega)^2}{gD}, \quad \Omega = \omega \sqrt{\frac{D a^2}{d A^2}}, \quad T = t/\sqrt{\frac{D a^2}{d A^2}}$$

となる。振動振幅もモデルと実機で相似になるようにとってあるとすると、 $\Omega = \omega\sqrt{d/D}$ であるから

$$T = t\sqrt{\frac{D}{d}} \quad (8)$$

となり、周期は大きさの 1/2 乗に比例することがわかる。また圧力については無次元表示の関係が満たされているので

$$\frac{p_r}{\rho (a \omega^2)} = \frac{P_r}{P (A \Omega^2)}$$

となるから、モデルと実機で液体の密度が同じとき $\rho=P$ であるから

$$P_r = p_r \left(\frac{D}{d} \right) \quad (9)$$

となる。すなわち動圧は形状の大きさに比例することがわかる。これによってモデルタンクの動圧測定結果から実機タンクの動圧を推定できるようになった。

フルードの相似則では $u^2/gL=$ 一定であるから、振動数の次元で書くと $\Omega^2 D = \omega^2 d$ である。式(5)から相似形状であれば固有振動数は $\omega_n^2 B =$ 一定をみ出す。

表 1 モデルと実機

<項目>	<モデル>	<実機>
タンクの径	d	D
振動振幅	a	A
円振動数	ω	Ω
周期	t	T
速度振幅	$a\omega$	$A\Omega$
圧力	p_r	P_r
密度	ρ	P

3. 地震波の加速度応答スペクトル

タンク内流体の地震応答は地震波のスペクトルによって大きく異なる。また、タンクが設置されている場所が建物内であれば建物の応答をタンクの入力加速度

とする必要がある。このような入力波の相違による応答は入力波の加速度応答スペクトルで表される。小型模型タンクの実験では振動台が 1 次元振動台のため、兵庫県南部沖地震波の東西波を用いた。この地震動の加速度応答スペクトルを図 2 に示す。

実験ではスイープ試験により流体のスロッシング周期(振動数)を求め、その振動数が図 2 の 1.08 に相当するように兵庫県南部沖地震東西波の時間軸を決めた。加速度の大きさは振動台の制限より実際の地震波の約 20%まで入力する。

実際のタンクへの入力波が建物の揺れである場合にはスロッシングの固有振動数を求めたあと入力波の加速度応答スペクトルを考慮して応答を換算する。実験データ

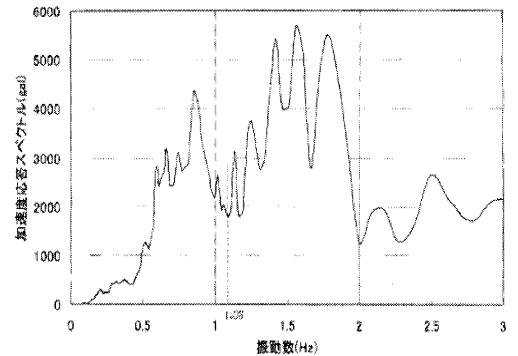


図 2 加速度応答スペクトル

から実機の応答を求めるには大きさから決まる相似形の係数とこの応答の変化による係数をかければよい。

4. タンク内流体のスロッシングの測定

タンク内流体のスロッシング挙動の測定では側板と前面をアクリル板で製作し、幅 300~800mm、高さ 1000~1200mm で奥行き 300mm の二次元タンクを用い、内部の水位を 400~600mm にして振動台で加振した。スイープ試験により流体のスロッシング固有周期を求め、それを考慮して兵庫県南部沖地震東西波の時間軸を決めて入力する。水面の揺動は水に微量の白色水性塗料を加えレーザ変位計により測定する。圧力測定には共和製の PS 050k の圧力センサを用いた。

天井の圧力の測定点は水面から 50~100mm、タンクの左端から 100~300mm とする。側板の圧力の測定では静水圧の状態をゼロとしてスロッシングによる圧力変動を測定したもので、測定位置はタンク底から 200~600mm である。

水位 600mm 加速度 10%のときタンク側面の圧力変動の測定例を図 3 に示す。タンクに静水圧が加わっている状態を 0 として変動分を測定したものであり、地震波の加速度成分の性質から土の圧力振幅は異なり、それぞれ 0.53kPa と -0.40kPa である。一方、天井板の水面から 50mm のとき、タンクの左端から 100mm で

発生する最大圧力は加速度が 17.5%のときに 1.95kPa であった(図 4)。しかし天井板に発生する圧力は水面から離れると、また側壁から離れると急激に減少する。側面の水圧力変動の最大値を加速度が 17.5%のときに換算すると 0.93kPa であるから、タンク内の水位によっては天井に発生する圧力の方が大きくなり、タンク的设计では天井のパネルの方に注意が必要である。

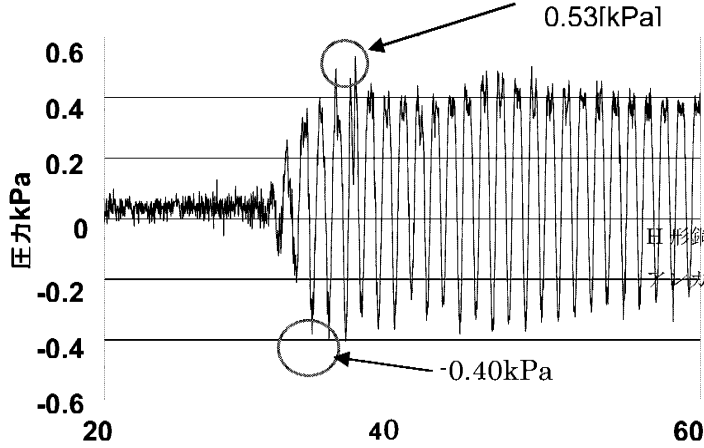


図 3 タンク側面の圧力変動の測定 (幅 600mm 水位 600mm 加速度 10%)

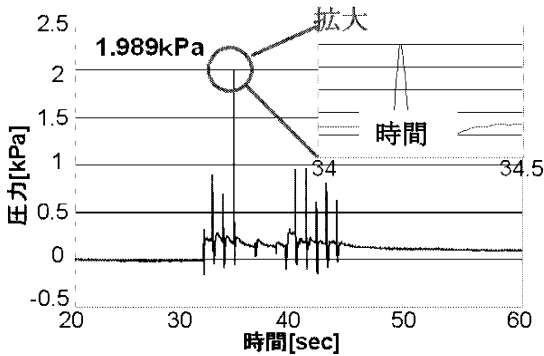


図 4 天井板に発生する圧力 (幅 600mm 水位 600mm 加速度 17.5%)

4. 実機の応力評価

円筒タンクなど曲面が利用されるものもあるが、直方体貯水タンクでは板構造が利用される。板構造の特徴は面内力、面内せん断に対して非常に大きな剛性を有するが、曲げ剛性が小さいことである。圧力を受ける板は曲げを受けるため通常補強材によって補強される。図 5 に示す ($h = 2500, B = l = 1000$) 板構造のタンクを考え、帯状の水平補強材(折曲げ部)により補強されたタンクの応力の計算法を検討する。

4.1 タンクの板部分の応力

板曲げ理論ではキルヒホッフの仮定を用いて圧力 p が加わるときたわみ w を用いて力のつり合いを表し、たわみ w が求められると応力も計算できる。矩形板や円板に関しては種々の境界条件のもとで圧力が加わる

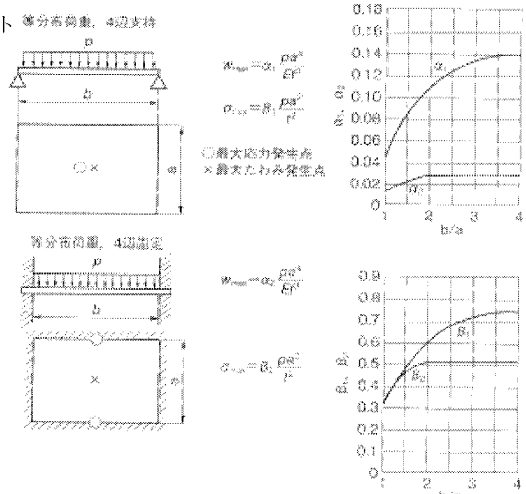
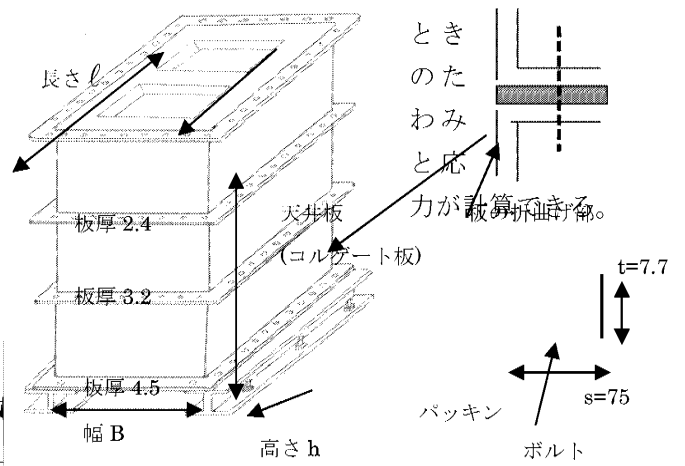


図 6 板のたわみと応力のチャート

図 5 タンク形状

この結果は図 5 に示すように実際の設計に使いやすいチャートにまとめられており、図 6 から矩形板(b/a)について周辺単純支持、固定の条件を決め、係数を読み取ることによりたわみと応力の最大値を求めることができる。

補強材間隔 500mm としてタンク側板の曲げ応力を算出する。静水圧は底部で 0.25 気圧(0.025MPa)であり、補強材間隔 500mm として周辺固定の板として最大曲げ応力を算出すると $\sigma = 98.7\text{MPa}$ となる。加振時加わる動圧は $p = 0.53\text{kPa}$ (測定値) $\times 3.0$ (相似比) $\times 10.0$ (加速度比) $= 0.016\text{MPa}$ となり、静水圧の 64%である。板の曲げ応力は 63.2MPa 増加する。

天井部分では単純な板では応力が高くなるのが予想されるので折り曲げを有する構造が利用される。この折り曲げ部分は補強材の役目をし、平板部分に関し

ては図 5 から応力を求めることができるが、平板の面積が減少するため応力は低下する。曲面構造によっても応力の低減を図ることもできるが、曲面構造は面内せん断剛性が低下するので側板に対する支持効果が失われるので注意が必要である。

4.2 補強材の曲げ応力

薄板では曲げ剛性が小さいので、タンクに加わる圧力全体を板構造のみで支持することは効率が悪い。しかし板は面内剛性またはせん断剛性が大きいので、タンクの両側板や天井板を有効に利用し、補強材を配置する。天板部分にはメンテナンス用の開口部もあり、また側板との接合法によっては必ずしもせん断剛性が期待できない。図 5 に示す薄板構造の組み合わせでは薄板の折り曲げ部分で接合しこの部分が水平補強材の役目をしており、板部分に加わる圧力は最終的にはこの補強材が支えている。

図 7 の水平補強部材で 1 スパン分の圧力 p' を支持する場合には部材①②③④のモデルで②③、④①で動圧が変化する考え、3モーメントの定理を適用し、角部①②③④の曲げモーメントを M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 、を算出する。断面二次モーメント I は一定とする。

①②③、②③④、③④①について 3モーメントの定理を適用すると次式が得られる。

$$\begin{aligned} BM_1 + 2(B+l)M_2 + lM_3 &= -\frac{p'l^3}{4} \\ lM_2 + 2(l+B)M_3 + BM_4 &= -\frac{p'l^3}{4} \\ BM_3 + 2(B+l)M_4 + lM_1 &= \frac{p'l^3}{4} \dots\dots\dots (10) \end{aligned}$$

この構造では①②③④での対称性から $M_1=M_4$ 、 $M_2=M_3$ であるから、 $\zeta = B/l$ とすると

$$M_2 = -M_1 = -p'l^2 / 4(3 + \zeta) \dots\dots (11)$$

と求められ、部材②③の中央の曲げモーメント M_{23} は

$$M_{23} = (1 + \zeta)p'l^2 / 8(3 + \zeta) \dots\dots\dots (12)$$

となり、②③で単純支持されたはりの中央でのモーメントと比較するとそれより小さくなっている。 $\zeta = B/l = 1.0$ として水平補強材のスパンを 500mm とし p' を求め M_{23} を計算する。図 5 の折り曲げ部の寸法を用いて曲げ応力を求めると $\sigma = 75.8\text{MPa}$ となる。

ここで考えた背の高い ($h \geq B, l$) のタンクの補強方法としては垂直に補強材を用いて動圧を支持する方法よりも側板のせん断剛性を利用して水平方向の補強材を多く使う方法(図 5)が有効である。

4.3 補強材の横倒れ座屈

図 5 に示すように薄板のタンクでは、圧力に対する補強は板の接合部が折り曲げられていることにより周囲

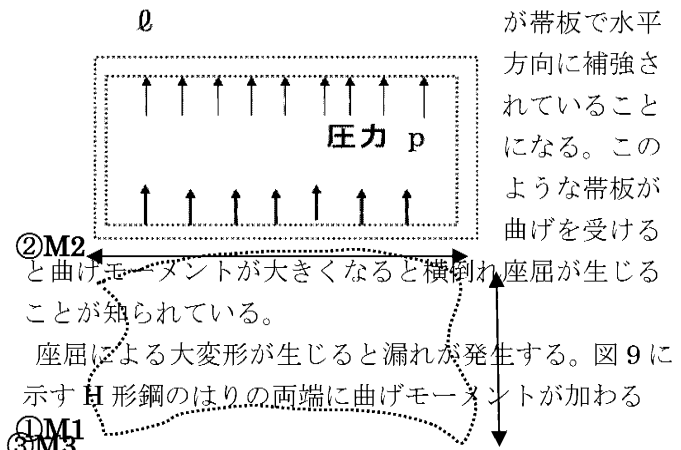


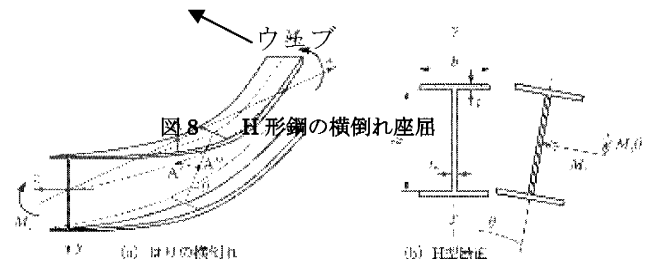
図 7 タンクの水平補強材

変形図
B
④M4

とき横倒れ座屈が生じる曲げモーメントは次式で与えられる。

$$M_{cr} = \sqrt{EI_y (\pi l)^2 (\Gamma (\pi / l)^2 + C)}$$

ここで Γ ははりの曲げねじり剛性、 C はねじり剛性である。帯板ではフランジ部がないので、曲げねじり剛性は生じないので $\Gamma = 0$ において、ねじり剛性 $C = G\sigma t^3/3$ において計算すると $M_{cr} = 2.22\text{kNm}$ となり、動圧時に発生するモーメント $M = 0.587\text{kNm}$ より大きく、横倒れ座屈は発生しないことがわかる。



4.4 基礎ボルトの強度

基礎ボルトは強度の高い高力ボルトが用いられる。高力ボルトの許容応力は表 2 に示すような値が用いられる。M16(F8T)のボルトの設計張力は 85.2kN であり、この張力のとき、摩擦係数を 0.4 と考えると 34kN のせん断力に耐える。タンクの水の重量は 25kN であり、タンク全体の転倒モーメントを考慮しても十分な強度を有する。

表 2 高力ボルトの許容応力

材料	基準張力	許容応力度	破断強度
----	------	-------	------

高力ボルト	(N/mm ²)	引張り	せん断	
F8T	400	250	120	800

5. まとめ

実測データをもとに相似則にしたがって実機の大きさのタンクの応力評価式を導き、信頼性を確認した。補強材の倒れ座屈、ボルトの強度についても検討した。また、地震波が異なるときについてはスロッシング周期をもとに地震波の一自由度系の応答計算をもとに応答の補正を行うことができる。

減災のためのスプリンクラ設備配管構造の強度解析

小林光男* 後藤芳樹** 小久保邦雄*** 一之瀬和夫***

1. 目的

我が国では頻りに地震が発生している。最近 20 年間でも、1993 年の北海道南西沖地震から 2013 年に発生した東北地方太平洋沖地震に至るまで、多くの地震が起きており、日本列島全体が地震の活動期に入っている事を実感させる程である。1 つ 1 つの地震に特徴があり、地震動や被害の程度もそれぞれ異なり、大都市の直撃は比較的少ないが、二次災害として火災による被害が大きい事が想定される¹⁾。

地震の災害において、二次災害として火災による被害が多く報告されており、災害防止のために様々な防火設備が設置されている。スプリンクラ設備は、自動で消火する消防設備として最も代表的なものである。特に 1980 年代以前に建設された建物のスプリンクラ設備は、可とう性の低い配管を使用した事例が多いため、地震時においてスプリンクラ設備の破損による消火機能の停止や、漏水に伴う水損の二次被害の危険性も指摘されている。そのため、可とう性の低いスプリンクラ配管が破損する荷重および破損点における配管の変形量の調査を行う必要性も指摘されている²⁾。

地震による第一次災害により配管設備の漏れや破損などにより、消火機能を失い設置意義が喪失し、破損部から流出する水のために電気系統など様々な障害を起こす事が考えられる。このような背景から、建築構造物のスプリンクラ設備など配管構造の強度的健全性が必要であるといえる。

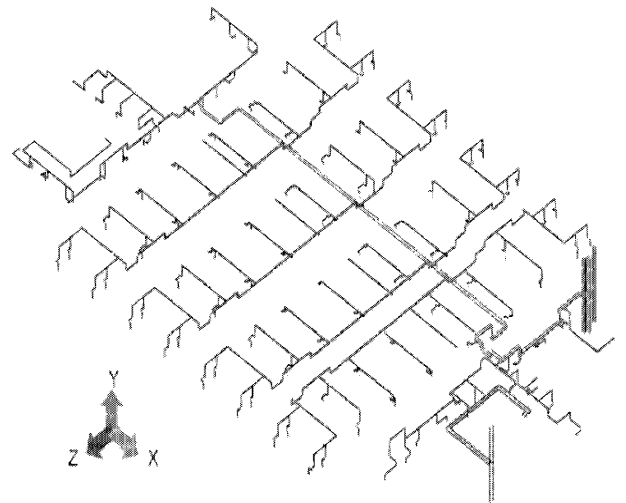
本報告は、高層建築のオフィスビルをモデルにし、スプリンクラ設備構造が地震の大きさ、その方向の違いによる強度解析を行い更に、支持の剛性による影響を検討したものである。

2. 解析及び解析モデル

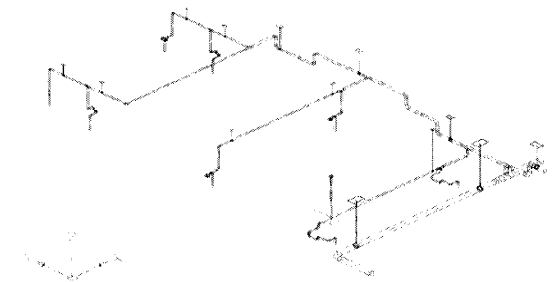
研究モデルは、高層建築のオフィスビルをモデルにし新宿校舎を取り上げ、図 1 のスプリンクラ設備構造が東北地方太平洋沖地震など地震の実例を考慮して、新宿校舎が受けた地震の大きさ、方向に対する強度解

析を行い、各階ごとの応力解析を行っている。解析に使用したソフトウェアはプラント設備設計用の『CAD Worx ®Plant』と『CAESARII®』である。3D モデルを作成するには、配管図、資料等から形状、寸法、素材、条件を調査することが必要となる。これらの設計及び解析条件をもとに、CAD Worx Plant で 3D モデルを作成する。そして、作成した 3D モデルを CAESARII にシステム出力し、解析を行う。

CAESARII では、まず圧力、熱力、地震、また腐食や温度等の外力条件や材質と許容応力 (規格) のデータを入力する。3D で配管のどの位置に負荷がかかっているか、どのような変形をするかなどを見ることができ



(a) 18 階のフロアー



(b) 機械要素設計研究室 (1811 室)

* : 工学院大学工学部機械システム工学科教授, ** : 工学院大学工学部機械工学科教授
*** : 工学院大学名誉教授

図1 新宿校舎 18階のスプリンクラー構造の実例

3. 研究内容

3.1 配管要素の解析と実験値との比較(平成22年~24年度実験及び解析)

【1】概要：解析の精度などの確認のために小課題 2.1の配管要素の実験結果を使用して、解析結果を比較検討し、両者が比較的良く合う事を確認している。

また、地震負荷例として阪神大震災(0.8G)を想定して、の1811室における、現状の支持部の位置と数について、めスプリンクラの健全性確保の観点から支持部の数と位置を解析し、最適化を検討している。更に、図1の18階全体の場合について解析している。

【2】解析及び考察：18階フロアの配管構造は地震の負荷を与えることで解析を行い、指示数の削減など少ない本数でも耐えうる構造設計を考え各種構造を検討する。負荷条件として、震度5弱~7を想定した全方向加速度784.532gal(0.8G)の地震の負荷及び阪神・淡路大震災を再現し、応力解析を行った。

UDMで報告した構造要素の試験体は、これと近い構造をいくつか考案し、どのような形状モデルが配管要素の構造として最も優れているかを求める。18階の配管構造では、Y方向に最も強く、X方向は縦に伸びている配管部分に大きな負荷がかかっており、許容応力の80%程度に相当し危険となっている。Z方向は負荷が許容応力を超えたため、最もZ方向に弱い設計といえる。図3に、1811室配管で改善すべき点を考察した。丸の部分がZ方向の揺れに対し危険で、支持が必要な点、三角の部分がX方向の揺れに不安があるため、支持が必要となる点を意味する。設計上は問題ないが、現場作業の部分で問題が発生する恐れがあるといえる。

1811室のスプリンクラ配管構造は、3方向のうち、最もZ方向に弱い設計である。また、現在施設されている支持は4本少なく、10本で支える改善が必要となり、支持の在り方を見直すことが必要である。問題のない設計をしても、施工時において現場合わせとうが行われており、問題が発生する恐れがある。

加力実験の構造要素である試験体の解析を基により強度の高い構造要素を検討し、最適構造モデルを示した。また、いくつかのモデルから負荷方向ごとに検討した結果、X方向に強い構造はモデル5、Y方向に強い構造はモデル3、4、5、Z方向に強い構造はモデル3である。また総重量はモデル6が最も軽い。総合的にみると、Y方向、Z方向に強く、コスト面も踏まえるとモデル3が最も優秀な構造であるといえる。

【3】まとめ：スプリンクラ設備の構造について18階

の配管構造モデル、部分(要素)構造モデルについて解析を行い、次の結論を得た。

1)まず3Dモデルを作製することは、より構造が分かり易くなり、組み立てもしやすい。

2)配管のわずかな違いによってもかかる負荷荷重の大きさや位置が変化する。

3)配管の構造を考えるうえで、解析は必要不可欠なものであり、組み立てをする際にはまず解析をした上で進めていくことが重要である。

4)構造の要素部分の解析を進めるよりも実態に近い、なるべく全体像を解析することでより現実に近い結果が求められ良い構造を製作することができる。

5)今までは軽視されていた配管であるが、繊細な部分であるために建築構造システムを設計する上で今後見直し必要がある。

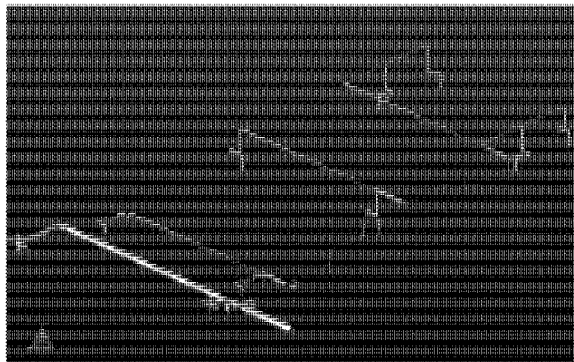
3.2 地震の大きさ及び方向に対する強度解析(平成22年~24年度)

【1】概要：図1の18階モデルについて、地震負荷力(重力加速度)を変化させ、各負荷段階における地震の方向(X,Y,Z)について、それぞれの解析をしてどの点で許容応力に達するかを調べている。これによりX,Z方向においては、倍以上の負荷に耐えられるようになることが分かり、近年の大きな地震の数値と比較しても安全側になる。更に、解析結果をもとにして支持位置の見直しをしている。

【2】解析及び考察：図1の1部屋配管構造モデルにおいて、はじめに支持をつけずに配管の重さのみの負荷荷重で解析を行い、応力負荷のかかる場所と大きさの解析を行い、その解析結果を図2に示す。部屋の天井裏にある配管構造の総重量は、2.56kNであり、配管構造には全体的に赤色を帯びた部分が枝管の出ている主管に生じ、支持による影響が大きい事が分かる。これより負荷を与えなくとも自重だけで壊れる程大きな負荷がかかる設計であることがわかり、このため支持は必要不可欠なものであることが伺える。また、目視により支持を取り付けた部屋配管構造の場合の解析結果は、Y方向に最も強く、X方向は縦に配列している構造の部分に負荷がかかる事が分かり、許容応力の80%程度となりやや応力が大きくなる。また、Z方向では負荷が許容応力を超えるため、最もZ方向に弱い設計といえる。

図3は、既存の部屋の配管構造に取り付けてある支持に対して取り付け位置を改善した場合の解析結果で

ある図は丸印の部分がZ方向の揺れに対し危険部分と。



Level 6	> Value, lb./sq.in.	30000
	Color	255; 0; 0
Level 5	> Value, lb./sq.in.	25000
	Color	128; 0; 0
Level 4	> Value, lb./sq.in.	20000
	Color	255; 255; 0
Level 3	> Value, lb./sq.in.	15000
	Color	0; 128; 0
Level 2	> Value, lb./sq.in.	10000
	Color	192; 220; 192
Level 1	< Value, lb./sq.in.	10000
	Color	166; 202; 240

図2 1811室における配管構造の解析結果

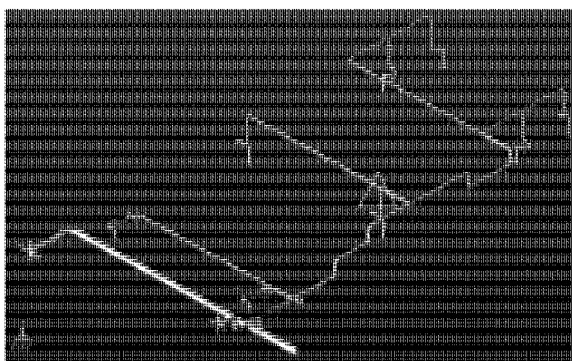


図3 支持の追加による解析結果

なり、支持が必要な点である。また、三角印の部分がX方向の揺れに不安になるため、支持する必要性を意味している。また、部屋配管構造において、3方向のうち、最もZ方向が最も強度的に低く、支持数については、既存の支持数14本に対して、4本少ない10本に支持数を低減でき、支持の在り方を見直すことができる。更に設計上の問題ではないが、建築構造の設備においては、現場合合せ的な部分があり、施工図面と合わない部分もあり、特に目に付かない天井裏の配管などは施工上の問題点となる可能性が示唆される。

【3】まとめ：高層建築のスプリンクラ用配管構造に着

目して、部屋に特化した部分構造について、地震負荷の揺れの方向を変化させて与え構造の強度を検討している。

1) 支持の条件が重要であり、現在施設されている支持によりZ方向負荷に対する強度及び健全性を保守している。また、この種の支持数に対して、支持のあり方を改善する事を示唆した。

2) 建築構造において、軽視されがちである配管構造であるが、災害時の対応に関して重要な部分であり建築構造システムを設計する上で更に検討する事が必要と考える。

3) 建築及び土木分野で行われる現場合わせにより、計画図及び施工図と実際の配管が異なることがあり、解析上の注意点として挙げられる。

3.3 東日本大震災の負荷条件における解析結果(平成24年度)

【1】概要：図1モデルについて、本学で観測された東日本大震災の生のデータを入力することでより実際に近い解析をした。XYZそれぞれの観測された最大加速度を入力し、解析を行っている。結果として東日本大震災により新宿校舎で観測された加速度は、震源地から遠かったこともあり、配管にとって大きな影響はなく、どの成分も、ほぼ同じ応力のかかり方を示し、高層ビルではあったが、配管への影響は大きくはなかったといえる。

また、東日本大震災で観測された階ごとのデータ(久田先生のデータ：B6, 1, 8, 16, 22, 24, 29)の最大加速度を、南北、東西、上下に分け解析を行っている。結果として階が変わることでは軽微な差である事が分かり、配管自体にかかる応力はどの階でもほぼ同じになることが覗える。応力の集中した箇所も各階及び方向とも同じような箇所を示した。

【2】解析及び考察：

[応力解析における負荷荷重の影響解析]

負荷は地震を再現したもので、加速度を0.2G刻みで上げていく。配管に与えられた加速度の大きさで、許容応力と配管にかかる応力とを比較する。この解析結果を図4と図5に示す。図5では、丸がX方向、四角がY方向、三角がZ方向にそれぞれ配管に応力が最もかかった場所を意味する。

工学院大学18階スプリンクラ設備の配管構造は、Y方向への負荷に対して、1Gまでに許容応力を超えるこ

とがなく、他方向の負荷と比べ、比較的安全といえる。Z方向に加わる負荷は、約0.9Gで許容応力を超えることがわかる。X方向へかかる負荷に対しては0.5G弱で配管の許容応力を超えてしまう。このため、X方向への強い揺れが発生すると、配管が破損する恐れがあるといえる。また、実際に最も負荷がかかる点のほとんどは、配管構造の枝分かれした末端部分であるといえる。改善策として考えられるのは、支持を増やすこと、支持の方向を考え設置すること、現在では記されていない部分の設計図を、地震に強い設計として作り、壊れにくい最適な形状で配管構造を作るといことがあげられる。

[応力解析における階層の影響]

工学院大学では、東日本大震災による観測データがとられており、地下6階から、1階、8階、16階、22階、24階、29階に観測地点がある。これらの点で観測された加速度の最大点を、本研究用で作成した配管構造モデルにかけることで、階の違いによる応力のかかり方の違いを比較する。まず、地震動を観測するためのセンサが3成分すべてそろっている24階の解析を大きくとり扱う。実際に24階で観測された加速度に対する解析結果を図6に示す。

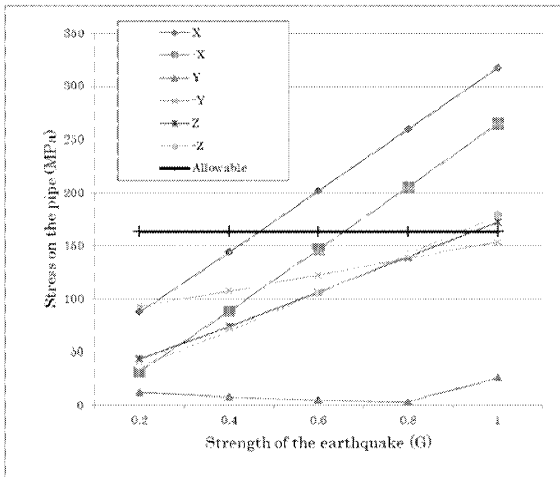


図4 負荷が増えたときの応力の変化

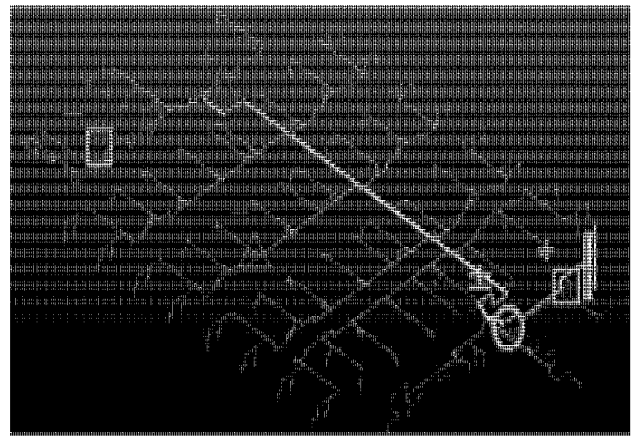


図5 配管にかかる応力の最大点

解析結果から言えることは、HPGSLに設定されて災の際に新宿校舎で観測された加速度は、震源地から遠かったこともあり、配管にとっては大きな影響をもちる許容応力値の163.58MPaと比較しても安全域にあることになるということである。これは、東日本大震災ならなかった結果であると考えられる。また、他方向もほぼ同じ位置、同じ数値を示した。高層ビルということもあったが、配管への影響という面においては大きくなかったといえる。また、どの成分もほぼ同じ応力のかかり方を示していることが見て取れ、特に最も応力が集中する箇所は、黙視できないことによる支持の不足だったためである。

また、24階以外の部分でも実行し、それぞれの方向ごとに比較する。図7にこの結果を載せているが、結果として、階ごとに極端な応力の違いがないことがわかる。特に西、北、南は1MPa以内に収まるほどの微々たる差でしかない。確かに、本校校舎で観測された値を見ると、高層階であるほど揺れが大きく、その分だけ加速度も高層階が高い値を示している。しかし階の違いだけでは、配管に大きな影響を及ぼすだけの加速度の違いはなかったと考えられる。地震自体がもっと大きくなけ

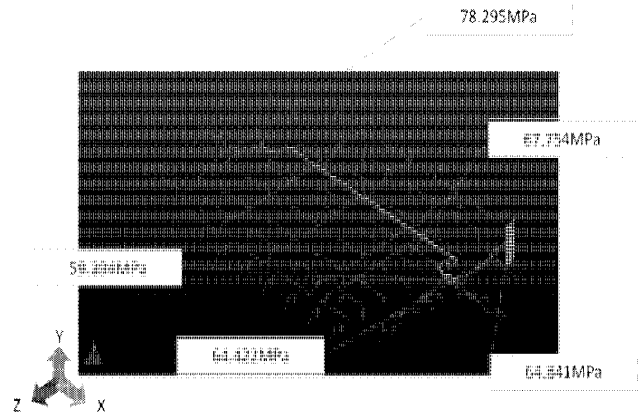


図6 24階の解析結果（東方向）

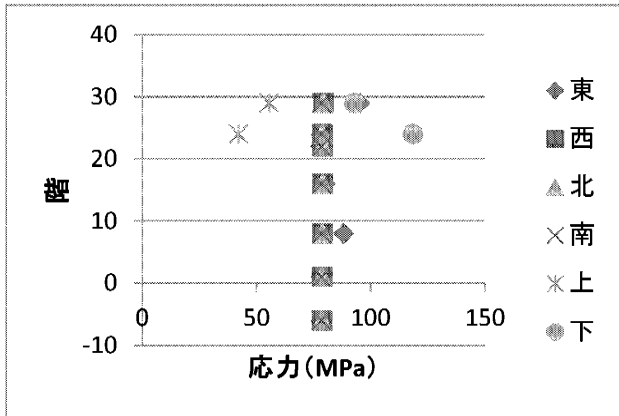


図7 階ごとの解析結果

れば配管への影響は大きくなると考えられる。

[配管要素の静的加力実験の解析]

配管静的加力は、建築学科の研究で行われた実験である。試験体は、呼び径 25[A]の SGP 配管を使用し、エルボやチーズは、ねじ込み式で接合されている。配管静的加力実験は、二股に分かれた一端を固定した試験体を、もう一端に上方向へ力をかけていくことで配管が破損するまでを見る(図6)。この実験を解析することにより再現している。表1には試験体ごとの寸法を示している。

この試験体を再現するにあたって作成したモデルは、溶接により管同士を接合したものとねじ込み式のものである。これら2種類のモデルの解析結果と、実験結果とを比較し、検討、考察をしていく。

まず解析で求めたこの2種類の値を比較するものとする。解析結果は図7のようになったが、溶接により接合された試験体の解析結果で、応力が最も高い点は、固定端から最も近い位置にある曲げの部分になっていることがわかる。また、ねじ込み式の試験体の応力が最も高い点は、固定端付近に取り付けられたチーズの部分であることがわかる。応力の比較をすると、ねじ込みされた試験体のほうが、溶接により接合された試験体よりも応力が高くなっている。これは、溶接された試験体のほうが、ねじ込みにより作られた試験体よりも丈夫であることをあらわにしている。

次に参考文献の実験より求められた結果と、ねじ込み式の解析により求めた結果についての比較を行う。解析で求めたものは、チーズと管のつなぎ目の部分が最も破損する確率は高く、実験で破損した部分も破損の確率でみると実験結果と解析結果は一致するものと言える。

次に荷重に対する強さの比較をする。図8がその比

較だが、ほぼ実験値内に解析値が入っており、実験と解析が一致することがわかる。実験値と若干のずれは、目分量によるものとなるために精度が悪いという理由や、降伏点の取り方の違い、実験と解析で使われている材料の違いによるものなどが考えられる。

変位についての比較は、実験で求められた変位は、解析で求められる変位と比較し、大差がなく一致していると言える。ここに表れた誤差の原因として、配管に施すねじ切りのむらや、実験環境の面で大きな伸びがあったなどが考えられる。

【3】まとめ：主にフロア全体の配管構造のモデルについて、地震による加速度を負荷とし、揺れの大きさや方

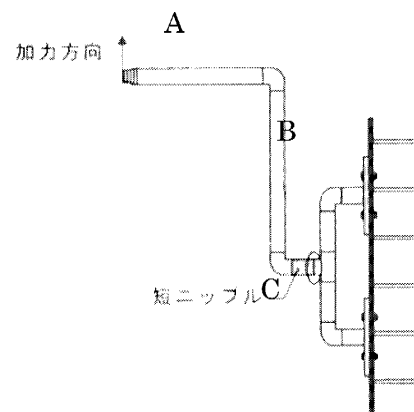


図8 加力実験

表1 試験体の寸法

(mm)	A	B	C
1	195	324	4
2	215	364	14
3	255	384	14
4	690	164	4
5	205	439	4
6	255	404	14
7	235	524	4
8	220	179	44
9	255	194	44

図9 解析による応力の分布 (右が溶接、左がねじ込み式)

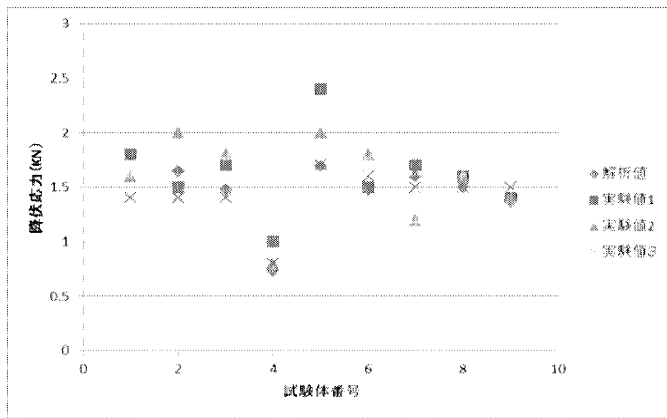


図 10 解析と実験値の比較

向を変化させて与え、配管構造の強度を検討した。また静的加力実験をコンピュータ上で再現することでスプリンクラ設備を構成している要素の詳細なデータを取る

ことができ、また解析の妥当性を確認するといった作業をしている。

1) スプリンクラ配管構造に南北、上下、東西の成分ごとの地震負荷を与え、配管構造の強度を検討した。ここで構造内ではどういった点に応力が発生しやすいか、どの方向から与えられた負荷に対して弱いのかを確認した。

2) 実際に発生する地震の多くは、配管自体に大きな影響を与えるものではないが、大地震でかつ震源地が近い場合には配管の破損の恐れがある。可とう性のある管を使用することが望ましいが、できない場合は支持の検討が良い選択であると考え。本研究では支持のあり方を改善する事を示唆し、支持の条件や支持数は非常に重要な役割を持つことを証明した。現状では問題ないと言える支持も、コスト面、安全面を考慮した支持数やその位置をさらに改善していくことが必要と考える。

3) 配管は、その状況、用途に合った部材、接合方法、構造を考える必要がある。スプリンクラ設備を構成するうえで問題となるのは建築及び土木分野で行われる現場合わせである。解析の中でもこれらの点に応力が掛かりやすいことが見て取れる。計画図及び施工図と実際の配管が異なることがあり、解析上に注意が必要だけでなく、感覚だけでつなぎ合わせることは問題が起りやすい点と考えられる。

3.4 スプリンクラの材料及び支持要素の剛性が解析結果に及ぼす影響(平成 25~26 年度)

【1】概要：配管構造材料の材質及び支持要素の剛性の影響を解析して行く予定である。内容としては、昨年

に引き続き工学院大学新宿校舎を対象に、高層ビルの解析モデルとして取り上げ、オフィスビルに類似構造を持つ天井裏のスプリンクラ配管設備を現実に近い形で解析をする。なお、支持の位置は図面に配置が記されていないため、明確な取り付け箇所がつかめなかった。そのため実地検証により目視することで位置を確認し、モデル化している。黙視できない位置にある支持については、規定通りおおよそ 2m 以内の間隔で支持をつけることにより実物を再現している。特に支持部がスプリンクラ配管構造に及ぼす影響を明らかにするものである。上から吊るすタイプの支持棒は、+Y 方向を固定

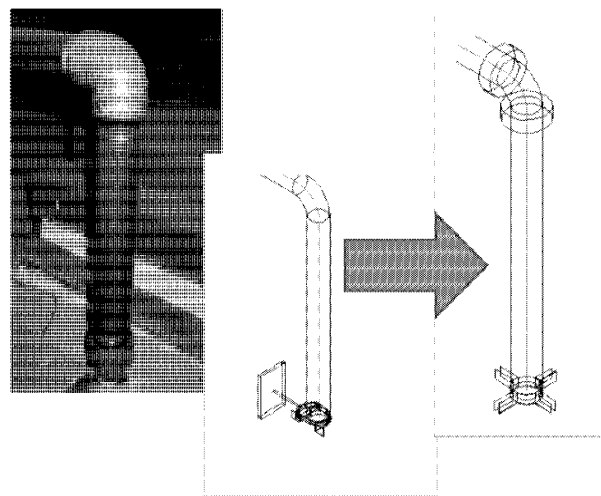


図 11 モデルの変更例

という条件で再現しており、初期設定である剛の状態から、剛性を小さくしていき、その状態で静の荷重をかけた配管への影響を比較する。これにより、支持位置、支持の個数、配管の構造自体の評価をしていく。

また、ソフトウェアがバージョンアップしたため、それにともないモデルの変更を行った。構造自体の形状に変更はないが、今までの配管構造のモデルデータは、そのパーツごとの接続方法をすべて溶接接続としていたが、今年度の新しい配管構造モデルでは、末端部の呼び径 25 の部分をねじ込み式に変更した。これにより解析結果をより現物に近づけるべく改良した。図 11 に、今までのモデルと新しいモデルとの比較を記す。これはモデルの一部であり、実際の詳細部分を示す。

【2】解析及び考察：[解析に及ぼす支持剛性の影響]

負荷は地震を再現した加速度であり、0.2G から 1.0G までをモデルに与えていく。この作業を、支持の剛性を変更し、繰り返して行く。剛性の値は、10N/cm から 50N/cm, 100N/cm, 500N/cm, 1000N/cm, 5000N/cm

と増していき、これをグラフに起こしていく。この結果より、支持の剛性が及ぼす配管への影響を求める。

解析結果を図 12, 図 13 に示す。図 12 は、地震負荷(加速度[G])に対する許容応力比[%]の結果であり、特に数値にばらつきがみられた Z 方向の結果である。図 13 は、支持の剛性[N/cm]に対する許容応力比[%]の対数で示している。また、応力の分布を図 14 に示す(スペースの関係上+X 方向のみ)。

図 12 から、剛性が小さい方から 500N/cm 付近までは許容応力比が徐々に低下していき、剛性が 500N/cm 以上になると重力加速度に対する許容応力比に大きな違いがなくなってくるのがわかる。図 12 は Z 方向の結果であるが、図 13 より確認すると、Z 方向以外の 4 方向では、100N/cm でもこれらは大きな違いがなくなる(Y 方向だけは重力方向のため数値が他と比べ異質なものとなっている)。

従って、工学院大学新宿校舎の配管構造では、剛性 500N/cm の支持で支えることが最低限必要であるということがわかった。また、重力加速度が 1 G 付近で許容応力を超えているが、東日本大震災の際に工学院大学で観測された加速度は、X, -X, Z, -Z 方向に 0.1G 程度、Y, -Y, 方向に 0.5G 程度なので、今回の解析と比較しても実際の影響はあまりなかったといえる。

震源地に近い場合や、直下の場合、建物自体には 1G を大きく超える加速度がかかる恐れもあるが、実際には配管にかかる加速度はこれを下回ることが考えられる。安全率を含め考えると配管が壊れることはないと考えられるが、支持位置の見直し、材料の選択の見直しをすることで、安全性を確保すべきと考える。

図 14 より応力分布図を各方向の揺れから見ても、枝分かれした末端か、またはそれにほぼ近いような細い管の部分に応力の最大値が来ていることがわかる。よって細く枝分かれした先端部に特に注意が必要であることがわかる。

[解析結果に及ぼす配管材料の影響]

支持の剛性を変える解析結果では、主に 1G を超えることで、許容応力比の 100%を超え、この改善策として配管に使用する材料を変更し、解析を行った。ここではスプリンクラ設備に与えられた加速度の負荷に対し、配管材料の違いにより支持構造にどれだけの影響が出てくるのかを比較する。材料として選択するのは、解析ソフトのデータベース内に存在するものの中から、材料密度の高いものの代表として「銅ニッケル」と「モネル合金 67Ni30Cu」、材料密度の低いものの代表として、

「アルミニウム」と「繊維強化プラスチック管」を選択した。これに通常用いられる鋼と比較する。材料の密度と配管構造の総重量を表 2 に示す。

同じ条件にするために、配管の外径と肉厚は統一している。ここに、加速度 1.0G を負荷としてそれぞれの材料のもとに与え、最大応力値を比較する。ここで、1.0G は、もともと行っていた研究のうち、鋼管では許容応力値を超えだす部分であるためであることと、震度 6 強前後の大規模な地震の最大の値として、観測されうる値であるために設定したものである。

解析結果より、総重量と配管構造内での応力の最大値の関係をグラフにまとめたものが図 12 である。図は、

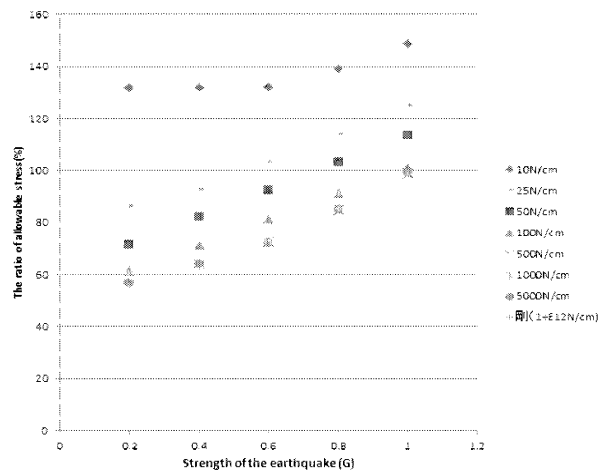


図 12 地震負荷に対する許容応力比

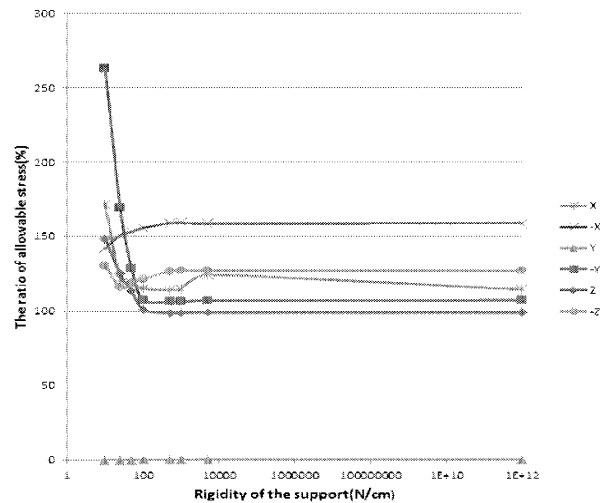


図 13 支持の剛性に対する許容応力比

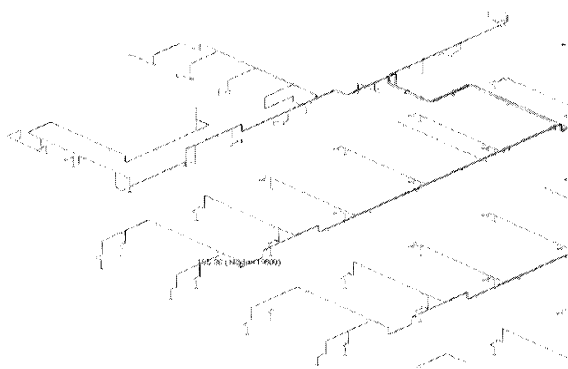


図 14 配管構造に発生する応力の分布

ることが分かる。これらの点を近似線で結んだ時、重材料ごとに5種類それぞれプロットの形を変えてあり、X, -X, Y, -Y, Z, -Z 方向のそれぞれの成分ごとの解析結果を示したものである。図より、材料密度が小さく、配管の総重量が軽いと配管自体にかかる最大応力が小さくなり、材料密度が大きく、配管の総重量が重くなるにつれて、配管にかかる応力が大きくなっていく

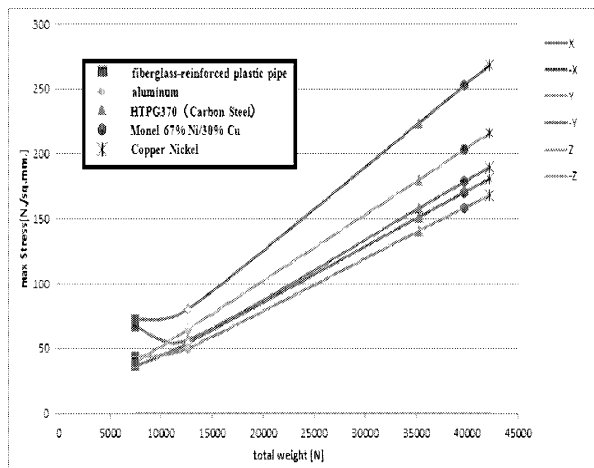


図 15 総重量に対する最大応力と材料の影響

く。これは吊ってある配管の持っている自重と負荷である加速度がかけ合わさることで、固定端に大きな負荷が掛かっていくためであると考えられる。配管のパーツは多く、すべて合わさることで、重量が大きく違ってくるため、配管の重さというものを考えることが大事となってくるということがいえる。

【3】まとめ：フロア全体の配管構造のモデルについて、地震による加速度を負荷とし、揺れの大きさや方向を変化させて与え、配管構造の強度を検討した。以上これらの解析結果から得た結論を次のようにまとめる。

1) スプリンクラ配管構造に X, -X, Y, -Y, Z, -Z 方向のそれぞれの成分ごとの地震負荷を与え、配管構造の強度を検討した。支持に重きを置いた今回の解析では、こ

の種の支持数に対して、支持のあり方を改善する事を

Material	Density [kg/cm]	total weight [N]
Copper Nickel	0.00937	42172.5
Monel 67% Ni/30% Cu	0.00880	39705.9
HTPG370 (Carbon Steel)	0.00783	35258.8
Aluminum	0.00280	12620.6
Fiberglass-reinforced plastic pipe	0.00166	7475.4

示唆した。今回の解析では、支持の剛性の最適な値は 500 N/cm であり、この配管構造を支えるうえで必要最低限の剛性の値といえる。

2) 実際に発生する地震の多くは、配管自体に大きな影響を与えるものではないが、大地震でかつ震源地が近い場合には配管の破損の恐れがある。可とう性のある管を使用することが望ましいが、できない場合は支持の検討が良い選択であると考えられる。本研究では支持のあり方を改善する事を示唆し、支持の条件や支持数は非常に重要な役割を持つことを証明した。現状では問題ないと言える支持も、コスト面、安全面を考慮した支持数やその位置をさらに改善していくことが必要と考える。

4. おわりに

本小課題では、高層建築のオフィスビルをモデルにし、スプリンクラ設備構造が地震の大きさ、その方向

表 2 材料の密度と配管の総重量

の違いによる強度解析を行った。尚、高層建築の解モデルを本学新宿校舎を解析対象にしている。更に、支持の剛性による影響を検討した。

1) 地震負荷例として阪神大震災(0.8G)を想定して、現状の支持部の位置と数について解析し、スプリンクラの健全性確保の観点から支持部の数と位置の最適化を検討した。

2) 地震負荷力を変化させ、各負荷段階における地震の方向(X, Y, Z)について、許容応力に達する負荷外力を検討した。そして、新宿校舎は近年の大きな地震の数値と比較しても安全側になっていることが分かった。

3) 本学で観測された東日本大震災の生のデータを入力することでより実際に近い解析を行った。

解析結果から、東日本大震災により新宿校舎で観測された加速度は、震源地から遠かったこともあり、配管に

とって大きな影響はなかった。また、東日本大震災で観

測された階ごとのデータ(久田先生のデータ：B6, 1, 8, 16, 22, 24, 29)の最大加速度を、南北、東西、上下に分

け解析を行っている。

4) スプリングラの材料及び支持要素の剛性の影響を解析し、現実に近い形で解析を行った。上から吊るすタイ

プの支持棒は、+Y方向を固定という条件で再現しており、その状態で静の荷重をかけた配管への影響を比較する。これにより、支持位置、支持の個数、配管の構造

自体の評価を行った。

建築では軽視されがちである配管設備の構造だが、ライフラインの確保及び減災工学の立場から、配管設備の健全性も重要な意味を持つ。建築構造システムを設計する上で更に検討する事が必要と言える。このような配管設備等の解析は、実際に建物が建てられる段階でも取り入れるべきであり、災害が発生した二次災害を未然に防ぐことにつながっていくと考える。

【参考文献】 総合研究所・都市減災研究センター(UDM) 研究報告(平成 22 年)～(平成 25 年),

構造用ボルトの疲労強度に及ぼす過大荷重の影響

後藤芳樹*, 小林光男**, 一之瀬和夫***, 小久保邦雄***,

1. はじめに

建築の設備においては、ガス導管、水道導管などの配管設備や給電設備など、建物の機能を維持するためのライフライン設備が設けられている。これらの多くは、メンテナンスを容易にするために、ボルト締結部を有しており、この締結部の耐久性がライフライン設備の寿命に大きく影響している。

本研究は、建築ライフライン設備が、稼働中に地震や突発的な事故等によって過大荷重が加わった場合について、その後の寿命にどのような影響を及ぼすのかについて、構造用ボルトの疲労寿命という観点から実験的に研究を行ったものである。

ボルトが通常よりも過大な荷重を受けるとき、それが弾性範囲内の応力であったとしても、ねじ底部においては切欠きによる応力集中を生じ、局部的に塑性変形を生ずることもある。また、ボルトの弾性範囲を超えるような過大荷重を受けた場合には、ねじ底部の塑性変形はさらに進み、降伏領域は拡大する。このような過大荷重は少頻度であっても、ボルトの疲労寿命に及ぼす影響は大きいと考えられる。

一般的に、適度な過大荷重は、圧縮残留応力、加工硬化の影響により、疲労き裂の進展速度を低下させ、寿命を増加させるといわれているが、過大荷重の大きさ、負荷繰返し回数、負荷時期によりその後の疲労寿命に及ぼす影響は異なると考えられるが、系統的な研究は行われておらずいまだ不明な点が多い。これまでに、過大荷重についての研究がおこなわれているが、その多くは予荷重についてであり、地震などのように、使用の途中で過大荷重が加わる場合について検討したものは少ない。

我々は、これまでに、回転曲げ疲労試験を行い、過大荷重が予荷重として加わる場合¹⁾、その加工硬化の影響について検討を加えた。また、過大荷重を加える負荷時期がその後の疲労寿命に及ぼす影響³⁾⁵⁾について検討を行った。過大荷重による残留応力が及ぼす影響については、CT試験片を用いたき裂進展試験²⁾⁴⁾や回転曲げ試験⁶⁾⁷⁾を行い、過大荷重により圧縮残留応力が増加し、き裂の進展を遅らせることを報告した。

本研究は、実用に供されている構造用ボルトが、過大荷重を受けた場合、その後の寿命に及ぼす影響について検討したものである。過大荷重の大きさは繰返し荷重の1.5倍、2.0倍、3.0倍とした。この過大荷重のレベルの選択は、1.5倍はボルトのねじ底において局部的に塑性変形が起こっている状態、2.0倍では、ボルトの全断面において塑性変形を生じている状態、3.0倍では、全断面において更に塑性変形が進んだ状態である。また、過大荷重の加わる時期はボルトの疲労寿命の繰返し数の半分とした。

本研究は、2009年度から2014年度に亘る6年間に亘り実施されたものであり、その研究の結果について報告する。

<これまでの研究経過>

2009年度:ボルトの過大荷重疲労試験を実施するにあたり、供試ボルト・ナットのサイズおよび鋼種の選択。

サイズはM8、鋼種はSCM435とS45Cの2種類について引張試験を実施し、過大荷重疲労試験に適したS45Cを選択した。また、標点距離(ボルト頭-ナット間距離)の異なるS45Cボルトの引張試験を実施し、ボルト直径dに対し標点距離を1.2dとすることが適切であることを確認した。

2010年度:S45Cボルトの疲労試験を実施し、S-N曲線の作成。

S-N曲線を基に、S45Cボルトが確実に疲労破断する繰返し数、 $N_f = 10^6$ 回の応力振幅を一定荷重による疲労試験を行う応力振幅とし、この応力振幅において9本の試験片を用いて、破断繰返し数求め、ワイブル確率分布を仮定し、50%破壊確率の破断繰返し数 $N_f = 6 \times 10^5$ 回を求めた。

2011年度:過大荷重疲労試験の実施

一定荷重の疲労試験の途中で1回だけ過大荷重を加える過大荷重疲労試験を実施した。過大荷重の大きさは繰返し荷重に対する比率、いわゆる過大荷重比を1.5、2.0、3.0倍とし、それぞれ5回ずつ試験を実施した。過大荷重負荷時期は、破断寿命の50%

* : 工学院大学工学部機械工学科教授, ** : 工学院大学工学部機械システム工学科教授,
*** : 工学院大学名誉教授

にあたる 3.0×10^5 回とした。過大荷重比 1.5, 2.0, 3.0 倍の疲労寿命は、過大荷重なしに比べ、それぞれ 3.3, 1.2, 8.3 倍となり、いずれも過大荷重により疲労寿命は増加する傾向を示す結果となった。

2012 年度: 過大荷重の繰返し数を 10 回, 100 回とした場合の過大荷重疲労試験の実施

過大荷重負荷時期は、破断寿命の 50%、 3.0×10^5 回、過大荷重比 1.5, 2.0, 3.0 倍である。1.5 倍では、繰返し数が 10 回までは寿命比が増加するが、100 回では寿命が伸びなかった。また、2.0, 3.0 倍の場合には、10 回までは寿命は増加するが、100 回では疲労による被害が進み、硬さも増加せず、寿命比も 10 回の場合よりも減少した。

2013~2014 年度: 過大荷重の繰返し数を 10 回, 100 回とした場合について試験を行うとともに、ねじ底部の硬さの測定やねじ噛みあい部の有限要素法による応力解析。

過大荷重疲労試験による寿命の増減、噛みあい部のかたさの測定結果および有限要素解析結果から、過大荷重による、ボルトねじ部の残留応力や加工硬化との関係について検討した。

2. 実験方法

2.1 供試材料

本研究では市販の S45C の M8 ボルト・ナットを用いた。形状は Fig.1 に示す。ボルトの寸法は Table 1 に示す。ボルトの有効断面積は 36.6 mm^2 である。応力の算出にはこの有効断面積を用いた。

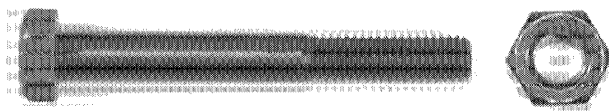


Fig.1 S45C bolt and nut

Table 1 Specifications of bolt

名称	S45C六角ボルト(半ネジ)
大きさ	M8×65×25mm
ピッチ	1.25mm
強度区分	8.8
等級	1

2.2 疲労試験機

ボルトの引張試験には Fig.2 に示す東京衡機製 500kN 万能材料試験機を用いた。疲労試験には容量

10ton の電気油圧式疲労試験機 (島津製作所製サーボパルサー) を使用した。繰返し周波数 10Hz, 荷重制御とした。試験環境は室温・大気中である。ホルダーを用いて、ボルトとナットを保持し、片振り引張り繰返し荷重が加わるものとした。ボルトの締め付けは行っていない。疲労の繰返し数が 10^7 回に達したときに試験を打ち切りとした。

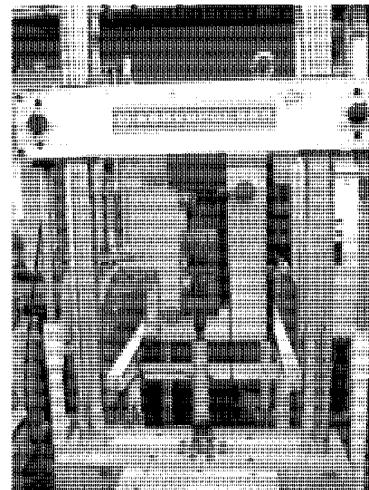


Fig.2 Fatigue tester and bolt holder

3. 実験結果

疲労試験を実施し、Fig.3 に示す S-N 線図を作成した。この線図から破断繰返し数 10^6 回における応力振幅をもとめ、この値 74MPa を過大荷重試験の繰返し応力振幅とした。この応力振幅で 9 本の試験を行い、破断確率 50% の繰返し数 $N=6.0 \times 10^5$ 、つまり、応力振幅 74MPa のときの破断寿命を求めた。この応力振幅のとき、繰返し最大荷重は 5.9 kN となる。過大荷重の大きさは、繰返し最大荷重に対する比率、過大荷重比 R_{OL} で表わすものとする。 $R_{OL}=1.5, 2.0, 3.0$ の 3 種類とし、そのときの過大荷重は、それぞれ 8.8 kN, 11.8 kN, 17.7 kN に相当する。過大荷重負荷時期は破断寿命の 50%、つまり、 $N=3.0 \times 10^5$ とし、過大荷重負荷回数は 1 回, 10 回, 100 回の 3 種類とした。 Fig.4, Fig.5, Fig.6 は、それぞれ $R_{OL}=1.5, 2.0, 3.0$ の過大荷重を加えた場合であり、試験の結果をワイブル確率紙上にプロットしたものである。これらのグラフから、破壊確率 50% の寿命を読み取り、まとめたものが Table 2 である。ここで、「寿命比」 R_{LF} は過大荷重を加えないものの寿命に対する過大荷重を加えたものの寿命の比率である。これらの結果から、 R_{LF} は、 $R_{OL}=1.5$ では、過大荷

* : 工学院大学工学部機械工学科教授, ** : 工学院大学工学部機械システム工学科教授,
 *** : 工学院大学名誉教授

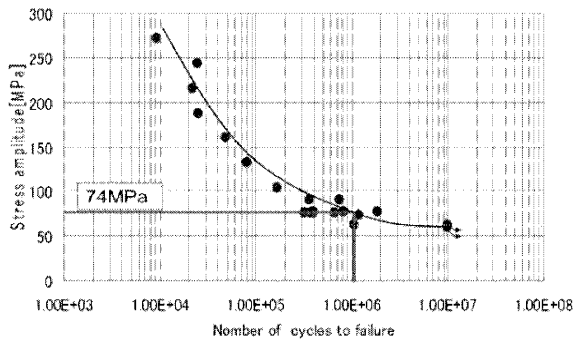


Fig.3 S-N diagram of S45C bolts

重1回は寿命比2.9と増加するが、10回、100回と回数が増えるにつれて寿命比は2.1, 1.1と減少した。 $R_{OL}=2.0$ では、1回では、寿命比1.3とほとんど寿命は増加しないが、10回で4.3と増加し、100回繰返しても4.3と同じ値となった。 $R_{OL}=3.0$ では、1回では寿命比8.6と大きく増加するが、10回で8.6と変わらず、100回と回数が増えると、7.1と寿命比は減少する結果となった。

過大荷重による寿命の増減の要因として、塑性変形による硬さの増加が考えられる。そこで、Fig.7に示すように、ボルトとナットとの噛み合い部を半分カットし、研磨した後、ねじ底から中心に向けて硬さを測定した。ボルトとナットとの噛み合い部におけるねじ底のかたさの測定結果をFig.8に示す。硬さは、過大荷重1.5倍と2.0倍では、同様の傾向を示し、1回ではほとんど硬さは増加しないが、10回で大きく増加し、100回では減少する結果となった。また、3.0倍では、1回で増加するが、10回

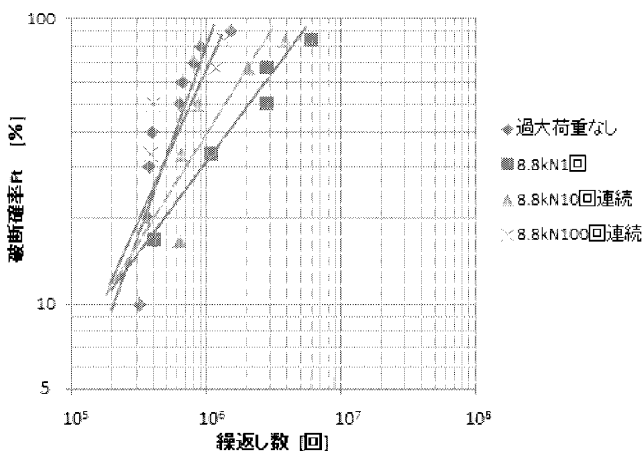


Fig.4 Effect of overload on fracture probability of $R_{OL}=1.5$

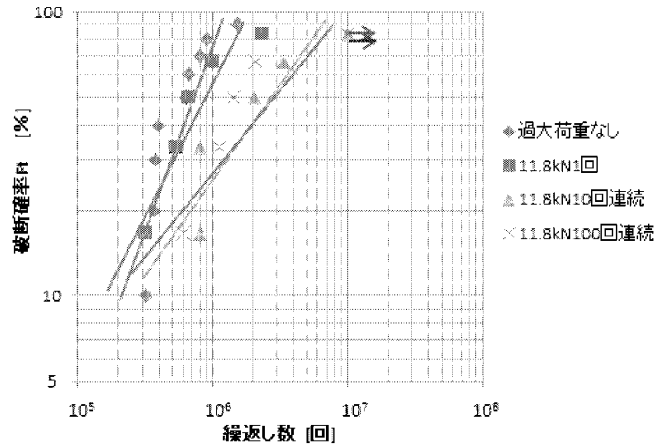


Fig.5 Effect of overload on fracture probability of $R_{OL}=2.0$

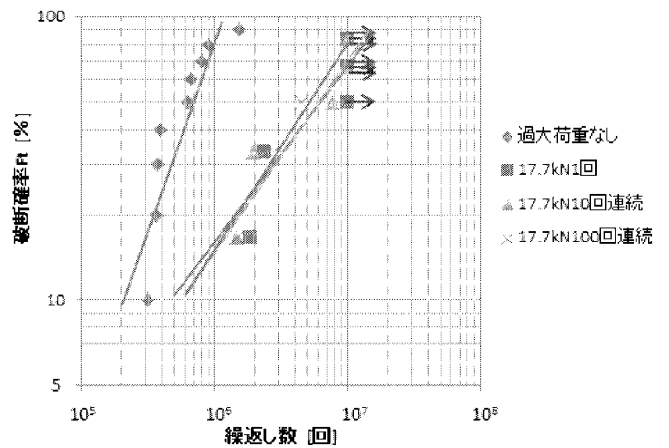


Fig.6 Effect of overload on fracture probability of $R_{OL}=3.0$

Table 2 Experimental results and fatigue life ratio R_{LF}

過大荷重 (R_{OL})	過大荷重負荷回数 N_{OL}	疲労寿命 N_f	試験本数 n	寿命比 R_{LF}
kN	cycle	$\times 10^5$		
なし	—	6.0	9	—
8.8 (1.5倍)	1	20	5	2.9
	10	15	5	2.1
	100	8	5	1.1
11.8 (2.0倍)	1	9	5	1.3
	10	30	5	4.3
	100	30	5	4.3
17.6 (3.0倍)	1	60	5	8.6
	10	60	5	8.6
	100	50	5	7.1

4. 考察

* : 工学院大学工学部機械工学科教授, ** : 工学院大学工学部機械システム工学科教授,
 *** : 工学院大学名誉教授

で減少し、100回で再び増加する結果となった。

また、過大荷重によるねじ噛み合い部の有限要素法による解析⁸⁾を行った。その結果、疲労の繰返し荷重相当の応力では、ボルトとナットとの噛み合い部上端に局部的に塑性変形を生じた。 $R_{OL}=1.5$ では、過大荷重により、ねじ底の応力は降伏点を超過しており、塑性変形領域は、ボルトとナットとの噛み合い部の第1ねじ山に生じた。 $R_{OL}=2.0$ では、ねじ底の塑性変形領域は、ボルトとナットとの噛み合い部の第1ねじ山から、第2ねじ山に及び塑性変形領域が全断面に広がった。 $R_{OL}=3.0$ では、噛み合い部でのひずみは増加するとともに、塑性変形領域は拡大し、ねじ部断面全体に高ひずみ領域が広がった。

過大荷重が増加した場合の寿命比増減の傾向は、以下のように考えられる。 R_{OL} が1.5倍の場合、ねじ底で部分的に塑性変形が起こり、他の多くの部分は弾性状態であり、第1ねじ山のねじ底部に圧縮残留応力が生じるが、負荷回数が増加すると、硬さは増加するものの、残留応力が減少したために、寿命が減少した。また、2.0倍の場合、硬さの増加はわずかで、全断面で降伏し、圧縮残留応力の効果が少なく、過大荷重1回では寿命が伸びなかったが、回数が増加することによって、硬さが増加して寿命が延びた。3.0倍の場合、全断面で塑性変形が進み、10回までは加工硬化によって寿命は増加するが、100回では疲労による被害が進み、硬さが減少し、寿命比も10回の場合よりも減少した。

5. 結論

本研究では、実用に供されている構造用ボルトが、過大荷重を受けた場合、その後の疲労寿命に及ぼす影響について検討し、以下の結論を得た。

- 1) $R_{OL}=1.5$ では、塑性変形はねじ底の部分的な範囲にとどまっておらず、過大荷重1回では圧縮残留応力のために寿命比2.9と増加するが、10回、100回と回数が増えるにつれて寿命比は減少した。
- 2) $R_{OL}=2.0$ では、全断面で降伏するが、加工効果は進んでおらず、1回では、寿命比1.3とほとんど寿命は増加しないが、10回、100回と繰返すことにより加工硬化が進み寿命比4.3と増加した。
- 3) $R_{OL}=3.0$ では、全断面で塑性変形が進み、1回、10回では寿命比8.6と増加するが、100回では疲労による被害が進み寿命比は7.1と10回より減少する結果となった。

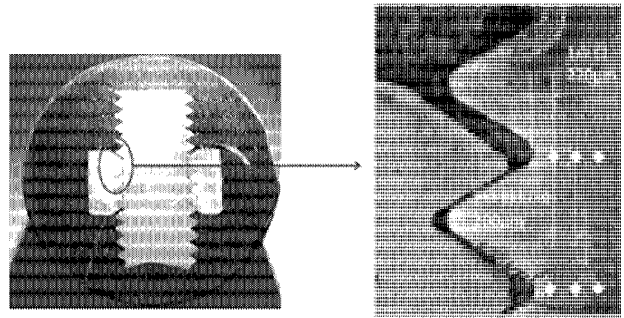


Fig.7 Measurement points of the hardness at the bottom of screw

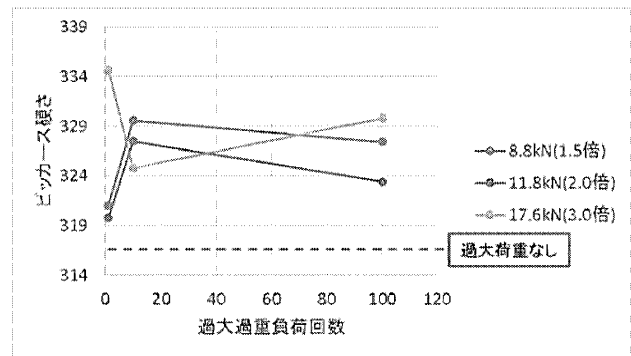


Fig.8 Relationship between Vickers hardness and number of overload cycles

本研究は、ライフライン設備が稼働中に寿命のほどで過大荷重を受けたとき、その寿命を評価する上で基礎となるボルトの寿命について、繰返し荷重に対する過大荷重の大きさの比率によって、寿命に及ぼす影響が異なることが明らかとなった。これらの研究結果は、今後、ライフライン設備が地震による過大荷重を受けた場合、その後の寿命を評価する上で基礎的なデータを提供するものである。

参考文献

- 1) 大内田, 後藤, 工学院大学研究報告, No. 50, p. 69 (1981)
- 2) 大内田, 坂口, 後藤, 日本機械学会講演論文集, No. 810-11, (1981-10)
- 3) 後藤, 大内田, 日本機械学会講演論文集, No. 830-10, (1983-10)
- 4) 大内田, 後藤, 工学院大学研究報告, No. 56, p. 1 (1984)
- 5) 後藤, 大内田, 工学院大学研究報告, No. 61, p. 30 (1986)
- 6) 後藤, 大内田, 日本機械学会第67期通常総会講演会講演論文集, (Vol. A), No. 900-14, (1990-3, 4)
- 7) 後藤, 大内田, 工学院大学研究報告, No. 74, p. 1 (1993)
- 8) 後藤, 小林, 一之瀬, 小久保, 工学院大学研究報告, No. 118 (2015) 印刷中

* : 工学院大学工学部機械工学科教授, ** : 工学院大学工学部機械システム工学科教授,
 *** : 工学院大学名誉教授

補修・補強用締結構造の開発および強度評価方法

キーワード：締結構造，締結助材，複合負荷，締結強度評価

一之瀬和夫*小林光男*後藤芳樹*小久保邦雄*岩林博之**

1. まえがき

補修時の構造締結作業では，狭隘な部材の内部へ作業者が侵入することが不可能な場合が多い．さらに，歪んだ取付部が補修工事の進捗を妨げる．また補修工事の目途が立たず，応急仮設や仮組対応が必要になることも多い¹⁾．これらの緊急補強施工や補修方法は多様であることから，各種の方法を準備しておく必要がある²⁾．新設工事とは異なって，具体的な施工方法は限られるほかに締結工具を裏面へ設置できないことも多く，このような箇所や作業の迅速さを要求されるときブラインドファスナが使われる．これにより作業員単独の施工の効率と高所作業の安全性は格段に向上する．そこで，橋梁や鋼構造の補強などでは締結助材として M12 以上のハックボルトが，プレファブハウスなどでは M10 までのフレキシブルブラインドファスナ (flexible blind fastener FBN と略記) が使われる．このときの締結助材がブラインドナットである (略記 BN, blind nut)．また，ハイドロフォーム部材の構造締結にも BN が使われている (名称: ロブバルブ, ロブロックなど)．これらの背景から，比較的軽作業で行う片側施工で使用するフレキシブルブラインドナット (FBN) について，予めその構造締結の強度評価法が明らかになっていると，締結後の信頼性や作業効率は向上する．そこで，BN の締結管理方法に関する複合負荷方法を提案して試験方法を設計し，複合負荷実験をおこなうことで，締結強度の評価をおこなった．

1) 年度ごとの進捗 [2010 年度] FEA により FBN の変形を数値解析し²⁾，実験で成形過程を調べたところ両者の結果はよく一致した．また，締結後の供回りトルクとせん断試験でせん断力の推移を調べた．
 [2011 年度] FBN 締結体へ軸力とせん断力を単独に負荷する実験を実施し，複合負荷の構想を提案し装置の設計と製作を行った．この間，2011 年の東日本大震災によりインフラ施設の回復や緊急補修対応が必要になった．[2012 年度] は複合負荷法を提案した．
 [2013 年度から 2014 年度] FBN 締結後の強度評価を

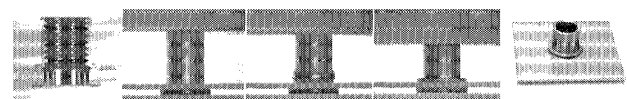
実施して新しい知見を得た．報告会等については，初年度に中間報告を，さらに初年度から実施年度ごとに成果報告書を提出し報告会で討論した．

2) 残された課題 被締結体の剛性と FBN の呼びの組合せが締結強度におよぼす影響を調べる必要がある．本研究計画では複合負荷による強度評価法の達成に重きをおいたことで，計画の実施途中に提示した締結体の疲れ寿命試験を行うまでに至らなかった．これらは今後の課題とする．

2. 年度ごとの成果

2.1 2010 年度の研究方法と成果

2.1.1 構造締結の FEA と実験 Fig.1 に示した軸圧縮による FBN(M16) の成形で，過大な変位 ($u=8\text{mm}$) によってバルブからねじ部に移行する接続部にせん断破壊が生じた．これは次工程における締付トルクの管理に影響をおよぼす．Fig.2 に示した解析結果で軸力の推移は実験のそれらをよく説明している．これらのことから元円筒の直径 D に対する肉厚 Tb の



(a) BN モデル 16 (b) 締結過程 (c) 締結
 Fig.1 BN モデル 16 の変形 ($M14P2, D16, Tb1.0, Tb/D=0.062$)

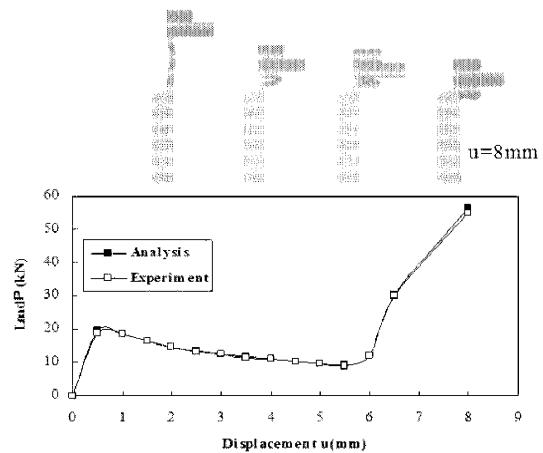


Fig.2 FEA による BN モデル 16 の変形

* 工学院大学工学部, ** (株)フセラシ

比 Tb/D , および値 h/D を考慮する必要のあることが明らかとなった. FBN 構造締結を Fig.3 に示した. 2.1.2 締結体の破壊試験 主として使用した R 社製の FBN (M3~M10) のなかでも, SWCH を素材とする S10C 製の NSD-6M の形状と寸法を, それぞれ Fig.4 および Table 1 に示した. Fig.5 に加締状態を, Fig.6 にこれら締結体の供回りトルク T_c を示したが, t による両者の T_c の値に大きな違いは見られなかった.

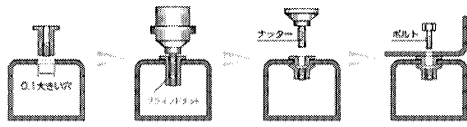
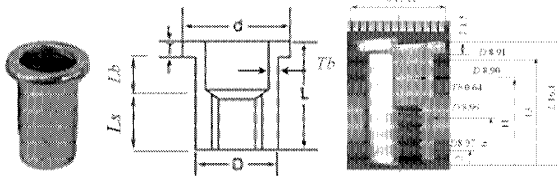


Fig.3 FBNによる装着原理 (R社製)



(a) 形状 (b) 寸法測定値
 Fig.4 NSD-6Mの形状と測定寸法

Table 1 FBNの寸法 (SWCH, 呼び M6×1)

品番コード	t_0	D_1	L	d	D	Tb	Lb	Ls
mm								
NSD-6M	0.5~3.2		16.0	12.0			6.1	
NSD-625	1.0~2.5	9.1	15.0	12.3	9.0	0.65	5.5	8
NSD-640	2.5~4.0		16.5	12.3			7	

t_0 : 適正かき板厚. D_1 : 下穴径. L : 全長. d : フランジ径.
 D : バルブ径. Tb : バルブ肉厚. Lb : バルブ元長. Ls : おじ部長さ

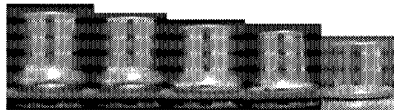
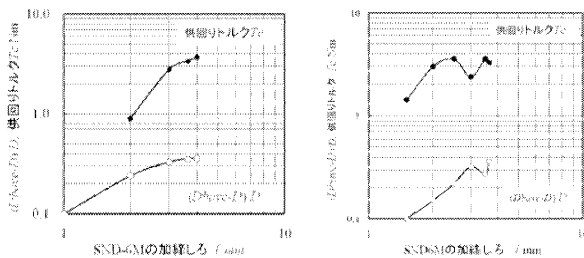
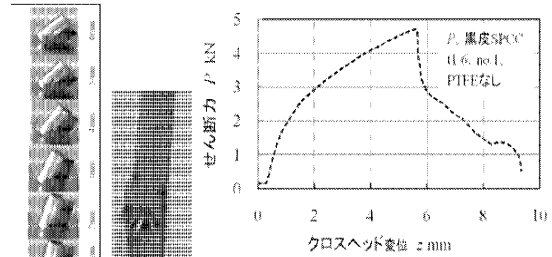


Fig.5 NSD-6Mの加締状態 (被締結材 SPCEt0.8)



(a) SPCEt0.8, バリ除去, CRC556 塗 (b) SPCEt1.6, アセトン洗浄
 Fig.6 NSD-6Mの ϵ がバルブ形成と T_c に及ぼす影響

板厚 $t=1.6\text{mm}$ の部材 A_1 および A_2 を重ね合わせ, NSD-6M で締結した締結体のせん断破壊の結果を Fig.7 に示した. 同図の(a)において NSD-6M はその円筒部でせん断されることなく, 円筒部からバルブ部への移行部で圧潰により破壊されている. これは,



(b) せん断力 P_2 の推移
 Fig.7 NSD-6Mのせん断破壊, 従来法 (SPCC, $t1.6$, 被締結部材 A_1+A_2)

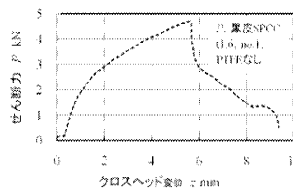


Fig.8 せん断破壊 (黒皮 SPCC, $t1.6, A_1+A_2$)

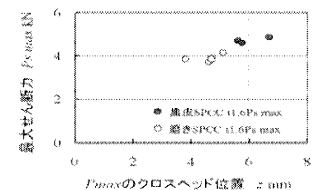


Fig.9 被締結材の撓み剛性が P_{max} に及ぼす影響 (A_1+A_2)

二部材 A (フランジ側 A_1 , バルブ側 A_2) の曲げ剛性が小さいことによるものである. 部材 A が湾曲することから NSD-6M は二つの部材 A から引剥がし力も受けているので, ϵ の値が小さい場合にはバルブが部材 A_2 を押通すことになる. すなわち, せん断による試験では, バルブによる部材 A_2 への押抜力も考慮する必要がある. SPCC のなかでも強度レベルが異なっており, Fig.8 に示したように, 高剛性の板材 ($t1.6$) では, せん断力の値は大きな値となった. これは, 部材の曲げ効果が低く, バルブによる円筒部への引張力も低かったことによると考えられる. Fig.9 には同一厚さの SPCC ($t1.6$) で行った P_{max} の比較では二部材の場合とも硬さの値が高い黒皮板材で高い値を示した.

[2010年度のみ] BN の締結力向上を目指して, FEA により部材 A との締結におけるバルブ形成過程を解析し, 実験を行い FEA 結果は実験の成形軸力の推移とよく一致した. また, 締結試験体の供回りトルクを調べた. さらに, BN へせん断力を負荷することにより, 外力を受けるバルブの破壊挙動を調べ, 強度評価方法の基礎的な実験をおこなった.

2.2 2011年度の研究手法と成果

2.2.1 加締および軸力 P 負荷による破壊過程 複合負荷試験法の基本設計を行うにあたり, 単点構造締結によりバルブの抜き過程を実験で調べた. Fig.10 には, NSD-6M の単点構造締結で加締めたとときの加締力 P と, 成形の後に軸引張力を負荷することによ

る BN 円筒部の伸
 破断の一例を示し
 た。一對の母材は
 SPCC,A,B 板厚 $t1.6$
 で、ナッタの設定
 加締量を $\ell=1.8\text{mm}$
 とした。軸引張に

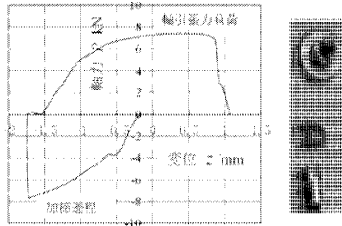
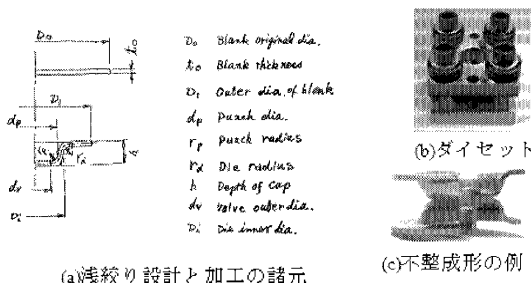


Fig.10 加締と軸引張力による破断

による円筒部の変形は伸び変形であり、 $P_{max} \approx 7\text{kN}$ であつた。母材 A と B を引き剥がすとき、穴の広がり変形は B の板厚に大きく依存する。これらをもとに複合負荷法の設計を行った。

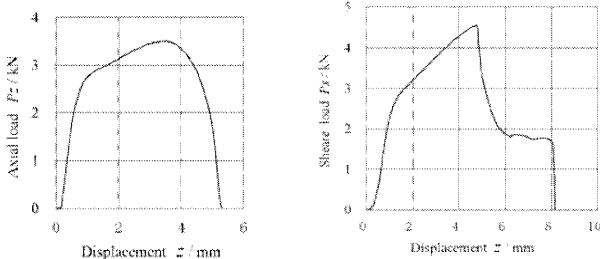
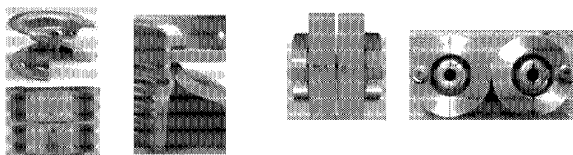
2.2.2 複合負荷法の検討 Fig.11 に示したように浅絞り によってカップ型ホルダを設計製作し、単点 構造締結体の軸力による破壊強度を調べた。



(a)浅絞り設計と加工の諸元

Fig.11 浅絞りカップ型ホルダ

Fig.12 には、これらの jig によって $\theta=0^\circ$ および $\theta=90^\circ$ で実施した P の推移と BN の破断形状を示した。同図の(a)で、一對のホルダ内へ納められた締結体は軸力 Pz によって軸方向へ引剥がされる。このとき、加締によって BN の円筒部に形成されたバルブの外径部によって母材 B の穴部は押広げを被る。母材 B の穴部はバルブによって面外変形をうける。したがって、軸引張力が優勢な外力環境での設計と施工では、軸力優勢域において BN 単独の強度特性値より



(a) $\theta=90^\circ$, couple nr.1 and nr.2

(b) $\theta=0^\circ$, couple nr.5 and nr.6

Fig.12 P 推移と破断状態 (NSD-6M, PCC, A および B 板厚 $t1.6$)

も母材 B の面外変形を考慮することが重要である。同図(b)におけるせん断力負荷の結果では、 P_{max} 以降に BN の円筒部には伸びによる破断が起こっている。母材 B の穴広がり量は小さく、変位 z は BN がせん断されることによるものである。Fig.12 で両者の P 推移を比較すると、BN はカップ型ホルダから大きな変形の拘束を受けている。すなわち、Fig.7 に示した従来法では、長片母材の面外変形が BN 円筒部の伸び変形を促進することになるので注意が必要である。両者の方法で得られたせん断力 P_s の値はおおよそ同じ大きさの値となった。母材 A,あるいは B の板厚が小さくなると、BN 円筒部のせん断より板側の穴部広がりの方が先行する。

2.2.3 素管部長がバルブ径増大に及ぼす影響 バルブ径の増加を N

SD-640M で行った結果を Fig.13 に示した。納入状態の素管部長さの nr.①~④ ($L=0\text{mm}$) に対し、追加上で 2mm 長い nr.⑤~⑩ ($L=2\text{mm}$) の BN を、そ

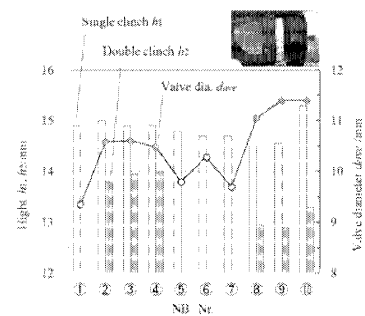
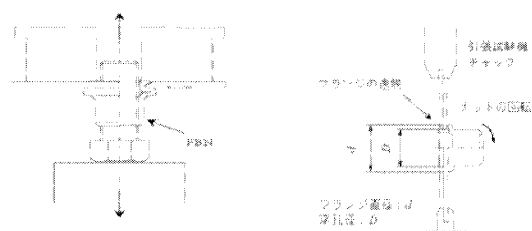


Fig.13 Effects of lengthening and double clinching on valve dia. d_{ave} (NSD-640M)

れぞれ SP CC の単一鋼板へ締結してバルブ径 d_{ave} を大きくすることができた。さらに、機械加工によらず、ナッタの二度打ちによっても d_{ave} の増大を達成できた。これらの効果を複合負荷試験で確認した。

2.2.4 複合負荷法の設計と装置の基本構想 これ

まで、単点スポット溶接や構造締結で使われてきた締結強度試験は Fig.14 に示した方法である。これらではそれぞれ軸力の負荷とせん断力の負荷は独立した方法で行われるので、試験機上で容易に実施できる。しかし、締結後の外力環境は多様で複合した負荷をうける。これらを考慮し、2011年度は Fig.15 に示した複合負荷法を提案した。これにより試験機のクロスヘッド移動方向に対しカップ型ホルダの傾き



(a) Tensile test

(b) Shear test

Fig.14 Ordinary simple fracture test

(θ)を設定すると複合
 負荷が可能になる。

2.3 2012年度研究方
 法と成果 施工後の
 締結要素が被る外力
 状態において、付替
 えや補修(補強)の要不
 要を Fig.15 の負荷

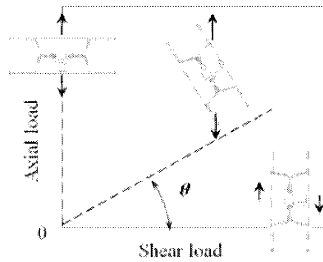


Fig.15 Combined loading

状態をもとに判断すれば施工作業は極めて容易になる。 Fig.16 に示した (a)のチャック傾板に Fig.11(c)の
 カップホルダが装着され、(b)の側板で閉じられる。同図で(c)の
 一対がクロスヘッドと下架台の間で複合負荷される。継手の向きと位置を試験条件に設定
 すれば、(d)の異なる角度で実施できる。これにより、
 直交二方向の加力比制御は不要となり、容易に評価
 試験を実施できる利点を有する。

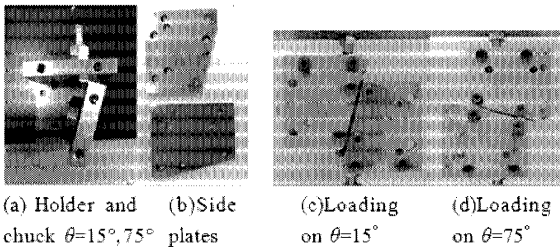


Fig.16 Holder for combined loading ($\theta=15^\circ$ and 75°)

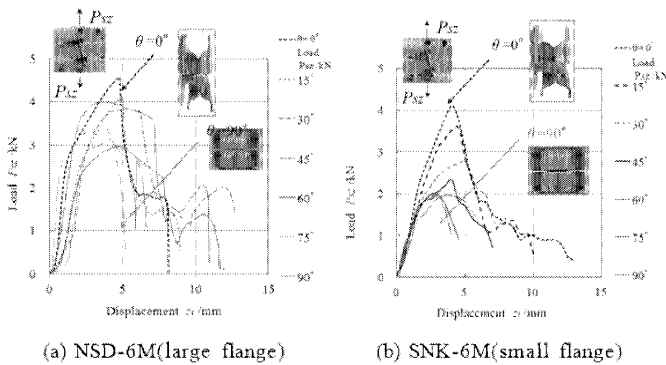


Fig.17 Influence of θ on P_{sz} of both type

2.4 2013年度および2014年度の研究方法と成果

Fig.17 につぎの二者(強度区分 4.6)について強度評
 価の実験結果を示した。 a)フランジ部の剛性が大きい
 NSD-6M, および, b) フランジ部の剛性が小さい
 SNK-6M, の場合。同図の(a)には NSD-6M の P_{sz} を
 示した。 $\theta=0^\circ$, すなわち単純せん断による P_{sz} は初
 期の最大せん断力(P_{sz})max を経た直後 NSD-6M では
 は破壊で分離する。これはフランジ部とバルブの間
 の円筒材料部上におこる。 $\theta=90^\circ$ の負荷による破壊で

は、バルブ側に位置していた母材 B の内縁がバルブ
 によって拡大されて、この拡大部をバルブが抜ける
 ことで締結が解かれる(解結)ので試験力の値は低い。
 強度特性図で示した Fig.18 では P_{sz} の最大値を $P_s \sim$
 P_z 平面で表わし、試験力 P_{sz} の値を(0,0)位置から傾
 き θ の直線上で丸印(o)までの長さの値で示した。
 $\theta=0^\circ$ では、軸線に直交方向のせん断強さであったも
 のが $\theta=90^\circ$ に近くなると、軸引きの状態となってカ
 ップ部がフランジ部を通過し易くなることによる。

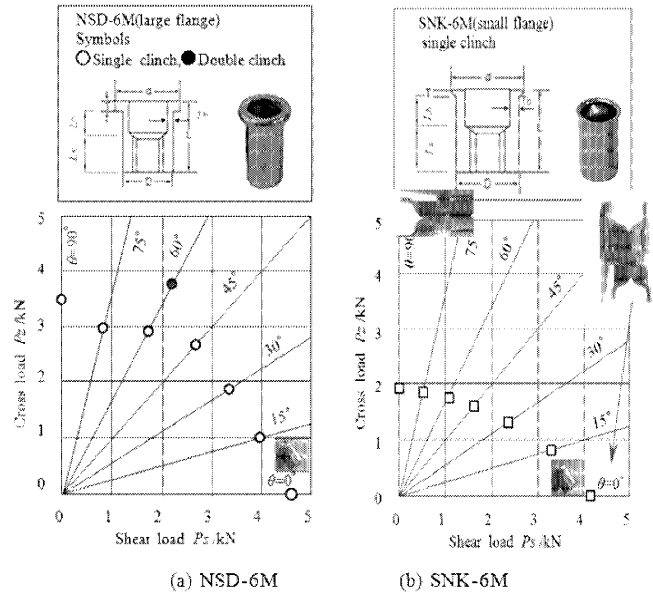


Fig.18 Effects of θ on P_{sz} , SPCC plate, A and B, $t=1.6$ mm

同図から両者の傾向は似ているが、SNK-6M では
 軸力負荷で P_z の値は極めて小さい値となるので注
 意が必要である。 NSD-6M における黒丸(●)の値は
 Fig.13 で示した二度打ちで BN のバルブ外径が大き
 くされたときの値である。

3.本研究のまとめ

構造締結管理において、締結助材での変形特性を調
 べ、締結における強度評価方法を提案した。つぎに、
 締結原理の考察により装置を製作して締結評価試験
 を行った。この複合負荷法の特長は、 a)二方向の力
 制御(あるいは変位の制御)を必要とせず、 b)極めて
 単純な方法であること。短所は、 c)被締結材の剛性
 を考慮する必要があり、 d)ホルダの成形が面倒であ
 ること、にある。これらの短所は、負荷装置(jig)の
 基本構造を再設計することによって克服できる。

参考文献 1)朝日新聞(朝刊)配管保温材むきだし「福島第 一 原発の内部画像を
 公開、2012年4月25日、2)Peizeng L.,Kunio K.,Kazuo I.,Masaaki S.:Experimental
 and Numerical Analysis of the Fastening Bolt Using the Plastic Buckling Deformation of a
 Pipe,J.SMME,vol.4,no.12(2010),1765-1777.

震災廃棄物の再資源化・高機能化に関する研究 —コンクリートなど無機系材料を中心とした検討—

コンクリート 復興住宅 代替副産材料
 震災廃棄物 スラグ

阿部道彦*1

1. はじめに

大地震が起きると大量の廃棄物が生じるのと同時に復興のためにも大量の資材が必要となる。したがってその廃棄物の処理・再利用と復興のための資材調達をいかに円滑に進めるかが課題となる。本研究では、震災時の都市機能回復に多大な影響を及ぼすとされている震災廃棄物を対象にその再資源化・高機能化を図る技術を考案し、社会や環境に対する震災廃棄物の影響を最小化する方策を提案する。

一方、震災廃棄物はその発生と処理・再利用の間に時間的なずれが生じるため、震災直後はそれが直ちに利用されるわけではなく、新材が不足して調達に時間がかかることから、産業副産物等の有効利用を常時にも増して積極的に図る必要がある、そのための技術を確認しておく必要がある。また、震災後は被災地において資材不足・労働力不足を生じがちであるため、それに対応した施工方法の工夫が必要であり、特に、伝統的建築物については材料の耐久性や被災後の補修・補強を材料・施工面から支援する技術を確認する必要がある。

本課題は2010年度（総合研究所では2009年度）より実施されているが、2011年3月11日の東日本大震災を受けて、住宅の基礎の性能向上、高流動化コンクリートの製造、津波等による塩分を含んだ震災廃棄物の利用、ペット共棲住環境に関する研究が追加されている。また、その後の共同研究・研究協力によりいくつかの課題において実施年度の前後や延長が生じている。個別の課題が多岐にわたるため、本稿では、コンクリートなどの無機系材料を中心に検討した結果を、1. 復興住宅の耐久性確保、2. 震災時における代替副産材料の利用、3. 震災廃棄物の利活用という分類で整理して記述することにし、表題の後に表1の該当番号を示した。

2. 復興住宅の耐久性確保

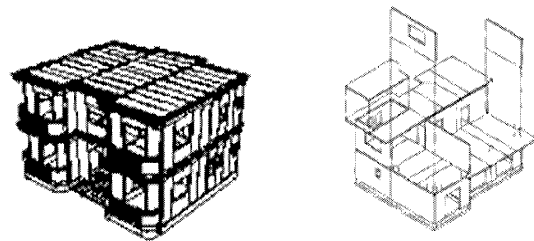
2.1 緊急時に供給可能な高強度プレキャストコンクリートの中性化の評価（平成21～22年度）(3) (4)

巨大地震がもたらす都市災害によって、大量の震災

表1 年度別課題一覧

平成21年度	(1) 都市圏における廃棄物起源材料、コンクリート材料の腐蝕腐敗に関する実態調査 (2) 都市圏における既存コンクリート構造物の材料諸特性、力学特性、配合調査 (3) 緊急時に供給可能な高強度プレキャストコンクリートの中性化の評価に関する研究
平成22年度	(4) 上記(3)の継続。 (5) 都市圏における各種材料の腐蝕影響評価
平成23年度	(6) 解体廃棄物を用いた各種の低品位資材化検討 (7) 各種の低品位資材を用いた本質系材料、コンクリート系材料の製造
平成24年度	(8) 低強熱型セメントを用いたコンクリート系材料の耐久性の評価に関する検討 (9) 完全リサイクル材料を用いた複合材料の高機能化に関する検討
平成25年度	(10) 震災廃棄物起源の各種複合材料の性能評価方法の確立 (11) 震災廃棄物起源の各種複合材料の運用に係る腐蝕シミュレーションの実験
平成26年度	(12) 震災廃棄物等より製造した複合材料の選定・耐久設計手法の構築 (13) 震災復興期における中期的な機能継続に資する高度利用のシナリオ構築

廃棄物が発生すると予測され、発生した震災廃棄物の有効利用あるいはその軽減というニーズが高まっている。



中型 PCa パネル

大型 PCa パネル

図1 PCa パネルの組立概要

本研究は、図1に示すようなプレハブ建築協会傘下のメーカーが建設した戸建て住宅が、兵庫県南部地震に代表される巨大地震でも、損傷しなかった実績を踏まえ、その機能の継続性と震災廃棄物の軽減という観点から、震災時の復興住宅用として緊急に供給可能な工場生産のPCaコンクリート部材に用いるコンクリートについて、各種材料・調合・養生条件を変化させて促進中性化試験を行うことにより、その耐久性を検証したものである。

特にこの中では、早強セメントを使用して早期に強

度発現を図ることにより、パネルの製造時間の短縮を図り、かつ耐久性の優れたものを製造可能であることを実験的に検証することができた。

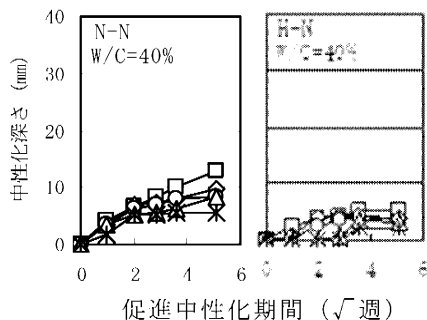


図2 促進期間と中性化深さ（左：普通、右：早強）

2.2 住宅の基礎の高耐久化に関する研究（平成 21～25 年度）（新設）

復興住宅も含めた住宅基礎の耐久性を使用材料を変えずに施工方法の工夫により高める方法について検討した。実際に建設される住宅現場で、基礎の立上り部分と同じ断面（高さ 30cm、幅 16cm）で長さの短い（40～50cm）模擬基礎を作製した。作製時に棒形振動機を 1 回かけたものと再振動したものを比較することとし、そこから所定の材齢で模擬基礎から切り出した試験体（コア）を用いて、圧縮強度試験および耐久性（促進中性化）の試験を実施した。

その結果、再振動によりコンクリートの強度は増加すること、中性化は一般の標準養生供試体よりコアのほうが小さくなること、特に基礎を乾燥させない養生（封かん養生）が耐久性確保に有効であることが確認された。また、計画供用期間を 100 年とするためには、一般に品質基準強度 30（すなわち呼び強度 36）のコンクリートが必要であるが、今回の実験では呼び強度 30 のコンクリートでそれが達成できることを示した。

一方、べた基礎の基礎底盤では棒形新動機による締固めを行ったあと、さらに足踏みによる締固めが行われることがあるが、その効果は確認されなかった。

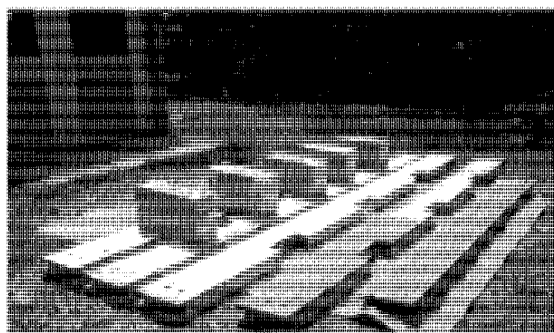


写真1 住宅の模擬基礎の屋外曝露状況

2.3 高流動化コンクリートの製造に関する研究（平成 25 年度）（新設）

コンクリートを打ち込む際には、適切な打込みと締固めを行わなければならない。しかしながら、震災地域では熟練した技術を持つ労働者が不足しているという問題もあり、施工の合理化が一般の地域以上に強く求められている。本研究では、従来のフレッシュコンクリートに増粘剤を含む流動化剤を後から添加し、製造された高流動化コンクリートの実用化を目的としている。

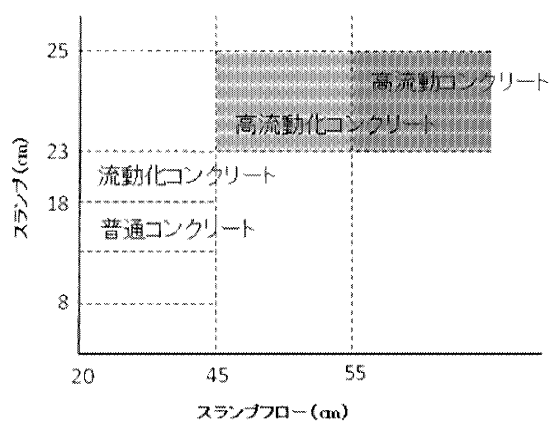


図3 各種コンクリートの流動性の相互関係

従来のフレッシュコンクリートに増粘剤を含む流動化剤を後から添加し、製造された高流動化コンクリートの諸性状について検討を行った結果、フレッシュ性状試験においてほぼ良好な結果が得られ、力学性状においても高流動化による強度低下はみられなかったため、今回検討を行った範囲では、高流動化コンクリートとしての性能を十分に有していると考えられる。

3. 震災時における代替副産材料の利用

3.1 石炭溶融スラグを用いたモルタルの各種性状に関する実験（平成 21～22 年度）(7)

石炭火力発電所から排出される石炭溶融スラグには有害な不純物が含まれていないため、天然砂の代替としてコンクリート用細骨材としての利用が期待されている。しかし、石炭溶融スラグ細骨材は高炉スラグ細骨材と同様ブリーディングに関して問題があるとされており、また、まだ JIS 化がされていない。このため、コンクリート用骨材としての有用性を示すための品質改善方法について検討し、碎石工場から排出される石粉を 5% 混入することにより、ブリーディン

グを天然砂と同様のレベルまで抑制できることを示した。

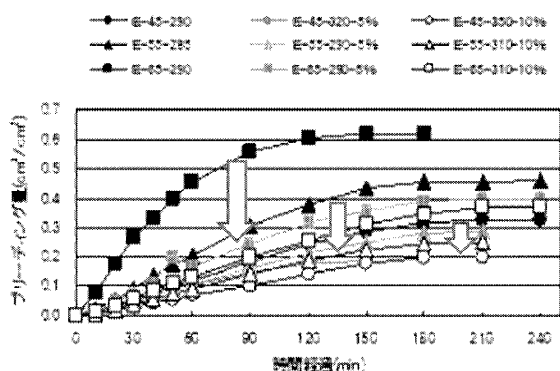
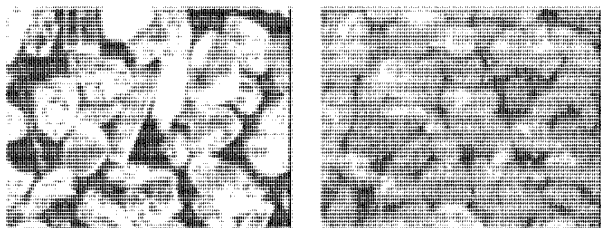


図4 石粉の混入によるフリーディングの抑制

3.2 高炉スラグ細骨材のコンクリートへの有効利用に関する研究（平成23～26年度）(7)

鉄鉱石から銑鉄を製造する過程で排出される高炉スラグは、粗骨材、細骨材および微粉末として建設材料やセメントの原料として利用されている。このうち高炉スラグ細骨材は有害な不純物は含まれておらず、品質も安定していてコンクリート用骨材として天然砂の代替として期待されている。この骨材は現在 JIS に規定されているが、日本建築学会の指針では普通強度において使用が認められているが、高強度域においては使用が認められていない。また、高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートは、練混ぜ時に自然に入る空気（エントラップトエア）が入りやすい傾向にあり、同じ空気量では天然砂を用いたコンクリートより凍結融解抵抗性が小さくなるといわれている。一方、乾燥収縮や中性化については天然砂を使用した場合より良好な結果が得られているがそれについての詳細な検討は行われていない。このため、この研究ではこれらの諸性状について系統的な実験的検討を行った。



高炉スラグ細骨材 天然砂

写真2 細骨材粒子の形状・表面の状況

その結果、高炉スラグ細骨材を使用したコンクリー

トは高強度域でも使用できること、天然砂との混合により凍結融解抵抗性が改善されること、中性化も天然砂より小さくなることを確認し、2013年2月には上記指針が改定されて高強度への適用が可能となり、引き続いて2013年11月に改定された日本建築学会の高強度コンクリート施工指針にも取り入れられることとなった。

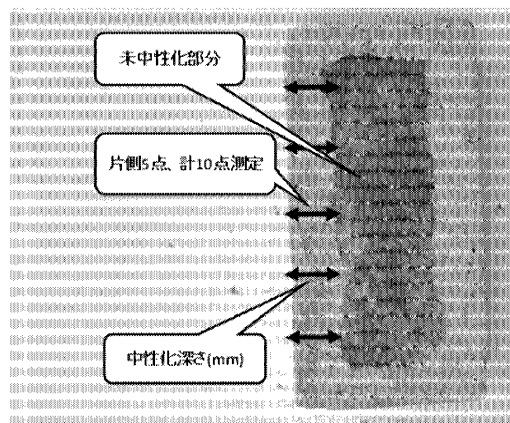


写真3 モルタル供試体の中性化の状況

さらに、この骨材を使用して40年を経過した鉄筋コンクリートの塀の調査により、材齢28日の倍の強度発現があり、また、中性化も予想よりかなり小さいことから長期性状にも問題がないものと推察される。

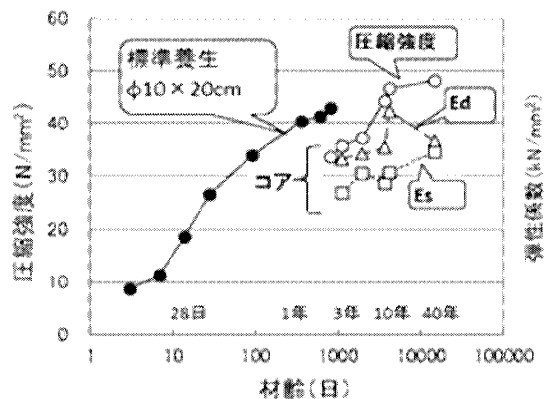


図5 高炉スラグ細骨材コンクリートの長期強度

3.3 フリーディングに影響する各種要因の検討（平成25～26年度）(10)

近年、コンクリートが多様化してきており、震災廃棄物や産業廃棄物起源の材料も使用されるようになってきている。特にスラグ系骨材を使用したコンクリートでは、フリーディングがかなり

多くなる場合も生じている。これに対応するため、日本建築学会建築工事標準仕様書 JASS5 やコンクリート関連の指針などでは、コンクリートのブリーディング量の規定値が提案されている。しかしながら、ブリーディングに及ぼす各種要因の影響を定量的に評価する試みは少なく、規定値を満足するための具体的方法は提示されていない。このため本研究では、することを目的に行ったモルタルによる実験に続いて、コンクリートにより、水セメント比、スランプ、混和剤の影響を把握するための実験を行い、ブリーディング量の予測式を作成した。

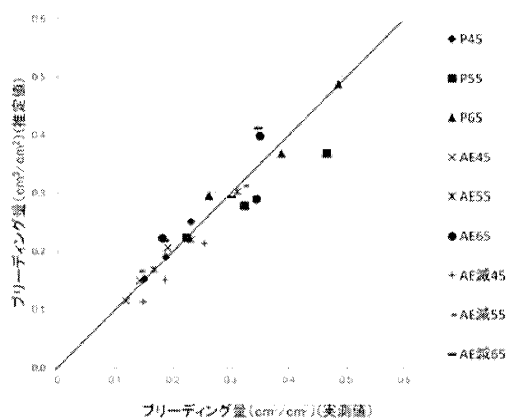


図6 コンクリートのブリーディングの予測

また、実際に現場に運搬される時間を想定し、ブリーディングの減少の状況やブリーディングに及ぼす容器の径および高さの影響を把握して、ブリーディング試験の意義を明確化した。

3.3 低発熱セメント・混合セメントを使用したコンクリートの耐久性評価（平成22～23年度）(8)

3.3.1 試験の迅速化（平成22～23年度）(8)

低発熱系や副産物起源のセメントのように強度発現の遅いセメントを使用する場合、現行の促進中性化試験を初めとする耐久性試験方法では、まだ十分コンクリートの強度が発現していないうちに試験を実施するため、その耐久性が不利に評価されることが指摘されている。この研究では、養生温度を高めて、すなわち、セメントと水の反応を速めることにより強度発現を速めて、強度発現の遅いセメントを用いたコンクリートの耐久性を適切に評価できないか検討した。

封かん養生の温度を40℃とすると、20℃の場合より中性化の速さは遅くなり、強度発現の遅いセメント

を使用したコンクリートの耐久性を試験期間の延長を行わずに実施できる可能性が示された。40℃という温度は、アルカリ骨材反応の試験などで比較的一般的な温度であり、また、60℃にすると一般的な反応とは異なる反応が生じて強度発現が悪くなるとされているため、採用した温度である。

3.3.2 経年の影響（平成24～25年度）(8)

副産物起源の強度発現の遅いセメント（高炉セメント、フライアッシュセメント）を用いた場合の長期材齢25年における性状に及ぼす環境条件（方位、雨がかりの有無）の影響の把握を行い、促進試験との対応を検討することにより、長期性状の適切な評価を行う。コンクリートの調合条件は、セメントの種類と水セメント比で、コンクリートの性状は環境条件の影響を強く受け、特に雨が降るかどうかが中性化にとって最も大きい要因であることが把握された。また、環境条件別に促進試験条件との対応も把握され、今後の促進試験結果の評価にとって重要な知見が得られた。



写真4 試験体の曝露状況（南面・屋根の有無）

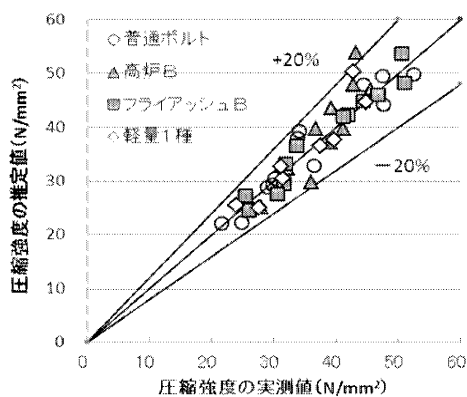


図7 非破壊試験（反発度）による強度推定

また、強度についても非破壊（反発硬度）により、雨がかりの有無とセメントの種類をパラメータとして推定可能であることを示した。

3.4 低品質骨材を使用したコンクリートの長期性状（平成23年度、26年度）(7)

今回震災のあった東北地方においては、その地質上以前から低品質の骨材が使用されてきている。骨材はコンクリート容積の約7割を占める極めて重要な構成材料であり、その性質がコンクリートに及ぼす影響は大きい。1978年の宮城県沖地震の被害建物調査においても、コンクリートのヤング係数が小さいことが指摘されている。ここでは東北地方より採取した砂利・砂を用いて1980年に作製し、屋外曝露・屋内保存して31年を経過した試験体（屋内については34年を追加）を用いて、低品質骨材を使用したコンクリートの長期性状の把握と普通骨材との比較検討を行っている。

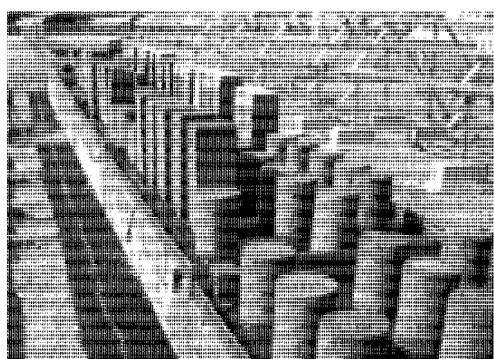


写真5 試験体の曝露状況（屋外）

実験的検討の結果、屋外曝露の圧縮強度は材齢28日より上昇しているが、ヤング係数については、ほぼ横ばいとなり、超音波速度は、動弾性係数との関係において、屋外暴露では普通骨材を用いたコンクリートに近い値を示したが、屋内保存では低い値を示した。ただし、中性化については水セメント比の影響が大きく、屋外暴露と屋内保存のいずれの場合も普通骨材と大きな差は見られなかった。

4. 震災廃棄物の利活用

4.1 再生骨材コンクリートへの利用（平成23年、26年度）(6)

解体された鉄筋コンクリート造建物から排出されるコンクリート塊の利用方法についてはすでに多くの研究が行われており、再生骨材コンクリートおよび再生骨材についてのJISが定められている。また、

2014年10月には日本建築学会より再生骨材を用いるコンクリートの設計・製造・施工指針(案)・同解説（著者の一人が田村雅紀准教授）が刊行されており、平常時におけるコンクリート塊の利用についてはほぼ技術が確立されていると考えてよい。このため、本課題では、再生骨材を使用したコンクリートの長期材齢における特性の検討（平成23年度）や再生細骨材によるコンクリートのブリーディングの低減についての検討（平成26年度）を行い、将来に向けての利活用の可能性を探った。

4.2 ごみ溶融スラグ細骨材のポップアウト試験法の検討（平成22年度）(10)

震災廃棄物のうち可燃性のものの処理方法の一つとして、ごみ溶融スラグの製造が考えられる。すでに一般の都市ごみについては、資源の有効利用の観点から、2006年にコンクリート用骨材（JIS A 5031）および道路用骨材（JIS A 5032）として、それぞれJIS化され、利用および普及が進んでいる。

2.5~5mm



0.15~0.3mm



写真6 ごみ溶融スラグの外観

しかし、2008年7月に神奈川県内のレディーミクストコンクリート工場で、JIS A 5308では規定されていないごみ溶融スラグ骨材を使用したコンクリートが出荷され施工されたコンクリート構造体に生石灰の混入に起因するポップアウトが発生し、JIS規格に不適合で建築基準法に違反するとして大きな社会問題となった。

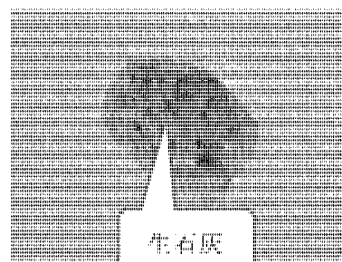


写真6 ごみ溶融スラグによるポップアウト

ごみ溶融スラグの JIS 作成の審議当時にポップアウト現象は想定されておらず、ポップアウト試験方法の規定がない。このため、ごみ溶融スラグの利用・普及を考慮すると、ポップアウト現象の有無を早期に判断する試験方法が必要である。本調査研究では、これらの背景を踏まえ、コンクリートのポップアウトに影響する諸要因に関する実験を行い、モルタルおよびコンクリート供試体による試験方法を作成した。この方法は 2015 年度の JIS 改正により試験方法として採用される予定である。

4.3 コンクリートへの塩化物イオンの浸透に関する研究（平成 23 年度～26 年度）（新設）

コンクリート内に存在する塩分の種類として、セメントや骨材などに含まれてコンクリートに最初から入っている場合と、海からの飛来塩分や凍結防止剤の散布、津波などによる海水の浸水などにより建設後にコンクリートに侵入するものの 2 種類がある。そのうち、後者は塩分が塩化物イオンとして徐々にコンクリート中に浸透し、拡散していくことが判明している。

その塩化物イオンによって引き起こされる鉄筋コンクリート構造物の劣化を塩害という。鉄筋コンクリートの塩害はコンクリート内への塩化物イオンにより鉄筋が腐食して膨張し、それに伴いかぶりコンクリートに引張力が働きコンクリートのひび割れ等が生じる現象である。コンクリートのひび割れは、ますます腐食因子の侵入を許し、鉄筋腐食の進展、かぶりコンクリートの剥離へと発展する。塩化物の浸透・拡散には長時間を要するが、その試験方法は標準化されておらず、また、促進と曝露との対応も不明確である。

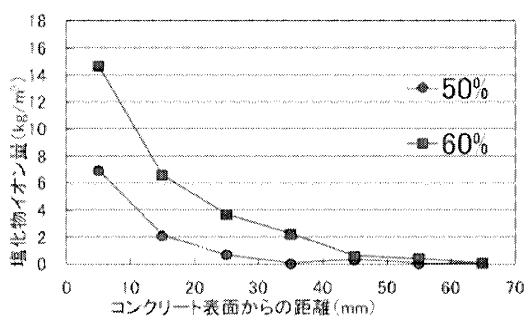


図 8 コンクリートへの塩化物イオンの浸透

本研究では塩害実験として、既往の文献で採用

された各種促進試験を相互に比較し、拡散方程式におけるコンクリート表面の塩化物イオン量や拡散係数を求めて浸透性状について評価を行い、適切な試験方法を確立するための基礎的資料を得た。

5. まとめ

本稿ではコンクリートなどの無機系材料を中心に、復興住宅の耐久性確保、震災時における代替副産材料の利用および震災廃棄物の利活用についてこれまでの成果をまとめた。

復興住宅を含む建築物の耐久性・施工性については、早強セメントの使用によるパネルの高耐久化と製作の迅速化、まだ固まらない状態のコンクリートの再振動による住宅基礎の強度増加、特殊な剤を用いた流動性の高いコンクリートによる施工の迅速化が図られることを示した。

産業副産物については、石炭火力発電所から排出されるフライアッシュのセメント混合材としての利用方法や細骨材としての利用可能性、製鉄の過程で排出される高炉スラグのセメント混合材や細骨材としての利用方法を示した。

震災廃棄物については、コンクリート系、木質系、一般廃棄物系について、それぞれ再生骨材としての利用方法、セメント系製品としての利用方法、ごみ溶融スラグ細骨材としての品質管理方法を示した。

ここで得られた成果は、個別の要素技術として、JIS や日本建築学会の仕様書・指針に反映され、具体の材料生産やそれを用いた工事に活用されていくこととなる。本稿がその一助となれば幸いである。

謝辞

本研究の実施にあたり、阿部研究室の卒論生、修論生、中村則清氏（博論生・建材試験センター）、金子樹氏（博論生・長谷工コーポレーション）、本学後藤治教授・田村雅紀准教授をはじめ、石川嘉崇氏（電源開発）、鹿毛忠継氏（国土交通省）、真野孝次氏・鈴木澄江氏・高橋大祐氏（建材試験センター）、浅野研一氏（八洋コンサルタント）、プレハブ建築協会、花野克哉氏・篠山彰氏（東日本ハウス）、古川雄太氏（東急建設）、齋藤辰弥氏（ネクスコ東日本）、奥村博昭氏（鐵鋼スラグ協会）、フライアッシュ協会、コンクリート用化学混和剤協会、の諸氏に多大な協力を得ました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書鉄筋コンクリート工事 JASS5・同解説、2009.2
- 2) 日本建築学会：高炉スラグ細骨材を使用したコンクリ

ートの調合設計・施工指針・同解説、2013.2

3) 日本建築学会：再生骨材を用いるコンクリートの設計・製造・施工指針（案）・同解説、2014.10

4) 日本建築学会：高強度コンクリート施工指針・同解説、2013.11

* 1 工学院大学建築学部建築学科

震災廃棄物の再資源化と高機能化 —木質材料など有機系材料を中心とした検討—

平常時、災害時、震災廃棄物、再資源化、高機能化

田村雅紀*

1. はじめに

テーマ3の研究は、「震災廃棄物の再資源化と高機能化」を中心的課題として位置づけている。平常時から災害時までを含む時間的な流れの中で、都市減災を着実に達成するために、都市インフラを構成する主たる建築材料をコンクリート等を対象とした「無機系材料」、木質材料や各種左官材等を対象とした「有機系材料」に区別した対応が必要と考えられた。

本稿では、震災の平常・災害時を通じて建築材料の機能と価値を持続的に取り扱う上で必要となる基礎的な考え方を整理した後、「有機系材料」を中心としてとりまとめ、テーマ3全体の研究方向性を考察する。

2. 都市減災に対応する建築材料の向かう先

2.1 平常時・災害時を含めた資源ストックの利活用

日本の都市圏では、震災被害が生じた際、コンクリート塊をはじめ、廃木材、がれき等の膨大な震災廃棄物が生じる。阪神淡路大震災では、1500万トとも云われる大量の被災建設廃棄物が瞬時に発生したのに対し、首都直下型地震では、関東圏八都府市の人口（日本の25%）と国内総生産の規模（日本の30%）を踏まえると、阪神淡路大震災の6.4倍程度（9600万ト）という膨大な被災建設廃棄物が発生する可能性がある。近年の国内の産業廃棄物排出量が8000万ト程度であることを踏まえると、巨大震災が生じた際の廃棄物は甚大さを帯びた量となり、合理的かつ速やかな処理と積極的な再資源化対策が、そ

の後の都市機能回復に極めて重要な意味をもつ。

現在、平常時の都市基盤として高度に利活用されている建築物群は、実際には劣化・損傷が生じ、除却想定年数を越え始める建築物群も多数を占めている。これらの老朽化対策や環境影響の低減をはじめ、遺産的価値をもつ建造物の場合はそれらの保存活用を推進する必要もある。今後、都市部を中心とした様々な災害リスクが高まる状況下で、災害時対応を含めた長期的な建物の品質を保証する仕組みづくりが必要であることから、そのあり方をLCM(Life Cycle Management)²⁾の観点からも検討した。

2.2 平常時・災害時を含めた品質と価値

図1に平常時における「広義の品質」による健全性確保への道筋を示す。これは建築の作り手・使い手が、災害時を含めたライフサイクル全体で、建築物自身とその関連するサービスや使益に対して、設計段階で意図した品質や機能をどの程度まで保全が可能かを検証するために用いることができる。

まず建築構造物は、他分野の工業製品と比較し、想定される設計耐用年数が圧倒的に長いことから、災害時対応も含め、使用期間における品質保証を実証するのであれば、建築物の構造体および構成材料の機能・性能および外観による「狭義の品質」の確保に加え、使用状態に影響を与える「広義の信頼性（保全性、寿命、故障率等の信頼性指標）」ならびに「安全性」の適切な管理が必要となる。これによる「広義の品質」が、少なくとも設計耐用期間を通じ、使い手への品質保証項目に対する要求水準を下回ることなく、社会的便益を供与し続けられることが重要となる。

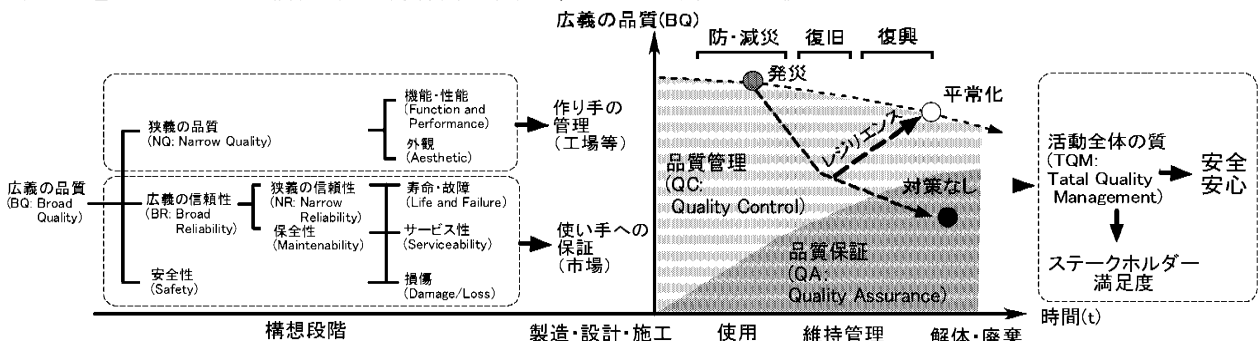


図1 平常時における「広義の品質」の管理・保証による健全性確保への道筋¹⁾

これまで平常時の取り組みにおいて、建築物の生産プロセスにおける「ゆりかごからゲートまで」を起点として建材や構造体の品質管理を行い、建築主に引渡し後の一定期間に限り、その品質保証を行う仕組みはようやく一般化したといえる。一方、図のように、物理的な耐用年数を超えて、「ゆりかごから墓場まで」の全 LC を含めた品質保証を果たす品質全体の考え方を整理をすると、広義の品質の考え方を適用することは、今後のストック化社会を保全する上で新たな手法を加える要素となる可能性がある。

2. 3 平常時・災害時と場・人・活動による接点

図 2 に災害時と平常時の対応を含む接点の例と構造物の品質保証の考え方を示す。

東日本大震災では、建築における平常時の劣化・損傷による品質低下がある状況下で、地震に伴う自然災害により修復困難な規模の様々な被災事象が生じた。結果、平常時 LCM では想定がほぼ困難なレベルで地域・都市が機能低下状態に陥ったことから、元状態に向けた回復を果たす広義の意味での回復性 (Resilience) に繋がる技術・システムを持ち合わせていることが、その後の周辺環境を含めた社会基盤の健全性を保つ上で大きく関係することが強く認識された。特に、都市部では、建物の構造安全性は

確保されながらも、天井仕上材の落下等により、使用性の回復が長期に渡り困難となり、結果的に、その後の事業機能継続性³⁾ (BCP: Business Continuity Plan) が大きく失われた事例が数多く生じている。

この構造物の構造安全性と使用性確保に関わる構造材・下地材・仕上材・機能材の部位・要素ごとの劣化・損傷リスクを、部材・構造体さらには建物全体の狭義の品質項目として導入する 3RV システム (R 頑強性: Robustness, R 冗長性: Redundancy, R 回復性: Resilience, V 脆弱性: Vulnerability) を運用して予防的対策とに関わる各種の取り組みが、今後の大きな課題を示すことを指摘した。

図 3 に平常時と災害時を前提とした構造物の LCM における「場」「ひと」「生産」の前提条件を示す。

「A: 地域性 (ば)」、「B: 担い手 (ひと)」、「C: 生産 (もの・こと)」の関係は、平常時と災害時における構造物の品質に対する考え方の前提条件となる。

「場」の条件とは、具体には、「地域・都市・海外」などの各所が該当する。人はこの前提条件を踏まえ、日々の社会・経済活動を行っており、建築物の長期的な品質保証を行うためにも、気象条件を含めた物理的環境条件を認識する必要がある。実際、震災がない地域、震災対策を求める必要はないであろう。

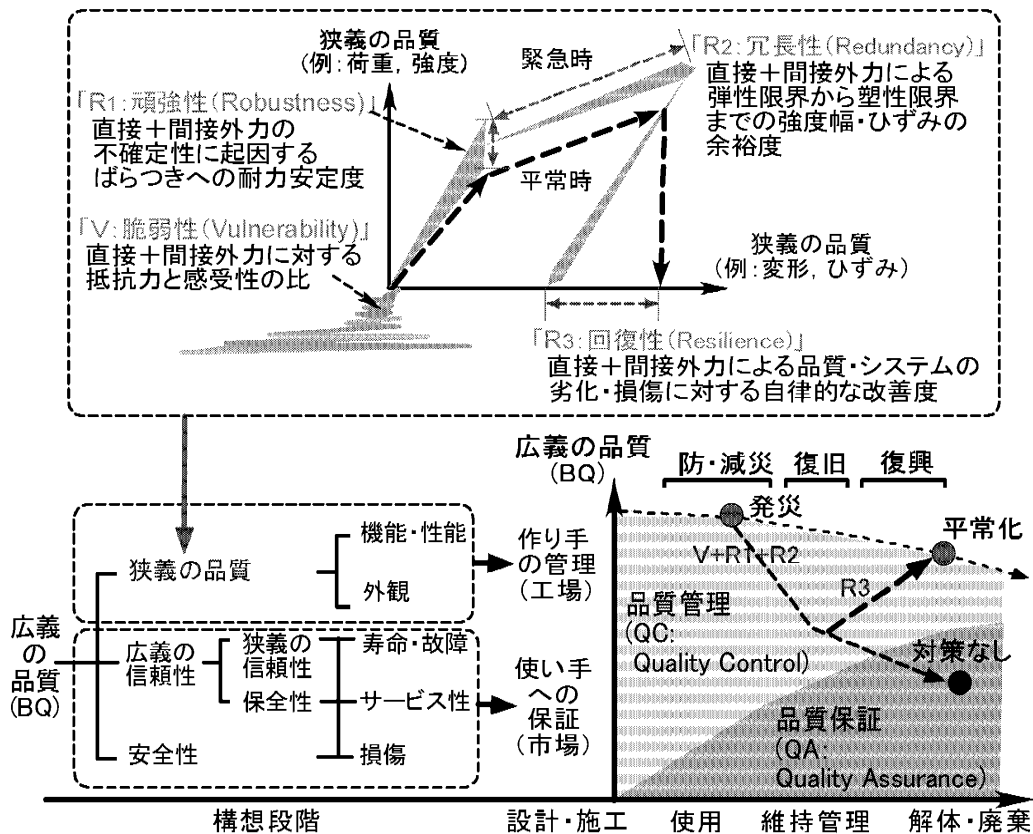


図 2 災害時と平常時の対応を含む接点の例と構造物の品質保証の考え方¹⁾

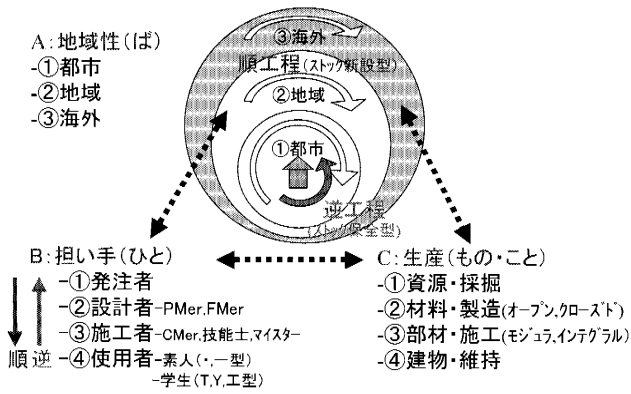


図 3 平常時と災害時を前提とした構造物の LCM における「場」「ひと」「生産」の前提条件¹⁾

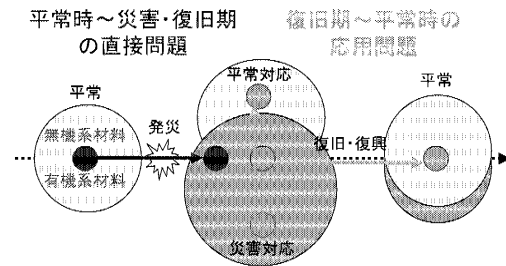
続いて、「人」の条件では、社会における専門人材である担い手の構成が把握され、新たな就労体系の広がりや認識されている。国内では、これまでの建設分野の人材は、いわゆる元請と重層下請による分業体制下により建設活動が展開できる社会条件に依存してきた可能性があり、実際は、「A: 地域性」や「B: 担い手構造」の条件に大きく依存するものであったといえよう。時間変化の中で A, B の条件を適材適所に受け入れられる人材条件を予め検討する必要があり、特に災害時は、建築関係者以外の担い手との協同が極めて重要になる。東日本大震災の復旧・復興活動に関しては、地域条件が大きく関係し、がれき処理を含む平常時・災害時を含めた建設活動のあり

方にも大きな変革の視点を生じさせた。

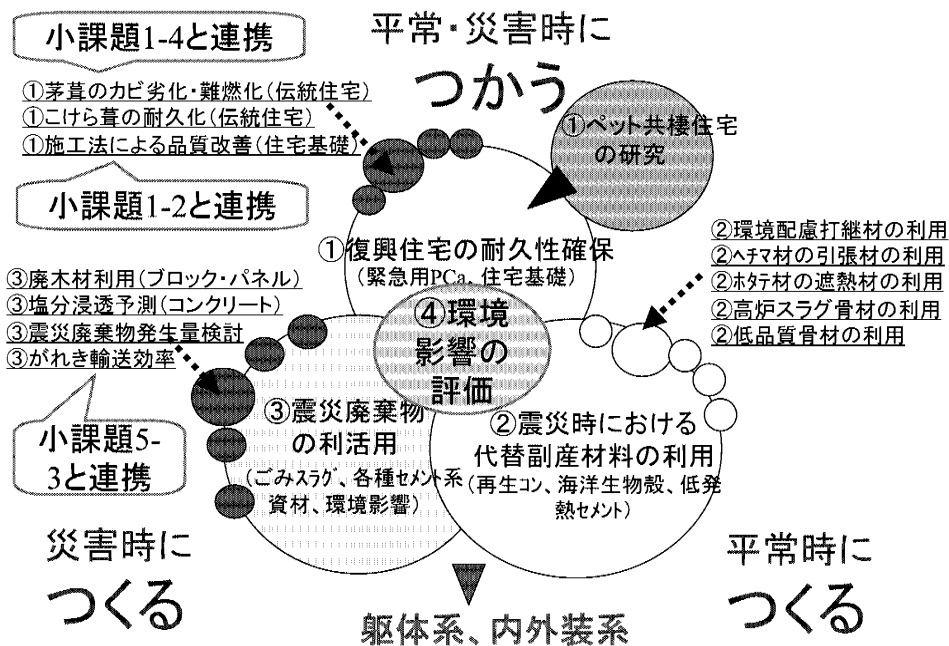
3. 木質材料など有機系材料を中心とした廃棄物起源材料の再資源化と高機能化 (年度別成果)

3. 1 研究スキーム (2010~2014 年度)

図 4 に平常時・災害時における時間的課題と研究スキームを示す。木質材料など有機系材料を中心とした廃棄物起源材料の再資源化と高機能化を検討するにあたり、平常時から災害・復旧時期に関わる直接的な課題と、復旧期から平常時に戻る応用的課題については区別して考える必要がある(図 a) 参照)。この時間的な流れを通じて、平常と災害時の社会的・物理的な要求条件が関係する場面が多数あったため、その条件を踏まえて研究を実施した。図 b) の研究スキームに示す。ここでは、備災・減災を意識し「①平常時につくる」段にはじまり、「②災害時につくる」そして「③平常・災害時につかう」、そして最終的には「④環境影響・伝統的確保に向けた評価」を行うことで問題の解決を図ることとした。



a) 平常時と災害時の時間的課題



b) 研究スキーム

図 4 平常・災害時における時間的課題と研究スキーム

表 1 「平常時につくる」研究とその概要 (2010~2014 年度)

(有機系材料) 人とペットが共棲する住環境における音響特性に関する研究(2013) ペット共生住宅の QOL 改善を目的とした内装建材性状の評価(2011) 新素材壁紙のテクスチャーにおける自然素材の表現性に関する研究(2011) 内装仕上げ壁紙のテクスチャーと色彩特性をふまえた趣向性と感覚値の官能検査による評価(2010) 市場普及品塩化ビニル壁紙における色差・光沢度及び換算表面粗さの物性分析と 3 指標の相関性評価(2010)
(無機系材料) 地域性を踏まえたコンクリートの生産コスト・物性・影響要因に関する研究(2014) 太陽光発電パネルの既存コンクリート部への接着性に関する研究 (2014) 建物ライフサイクルの各種工事における環境騒音の周波数特性と改善手法(2013) 再生骨材 M コンクリートのモルタル量が影響する長期材齢特性(2012) コンクリート系材料の炭酸化処理による二酸化炭素固定量の把握と改質粒子の開発(2010) 改質した骨材回収型コンクリートによる二次副産材料の成因特性と骨材回収性向上に関する研究(2010) 片引き試験による骨材回収型コンクリートの付着強度—すべり関係と補強効果の影響(2010)

表 2 「災害時につくる」研究とその概要 (2010~2014 年度)

(有機系材料) 災害時を想定した視覚距離により多像化する壁紙の認識度の改善(2013) 災害時におけるペット共棲住環境の QOL 改善を目的とした建築技術・システムに関する基礎的検討(2012) 木質バイオマス系無機有機混合外装材の品質評価と環境影響(2013) 植生の有機物骨格を利用した無機有機複合体の基礎的物性に関する研究(2012) 被災を受けた建築物を対象とした輸送時の環境影響評価(2012)
(無機系材料) 災害時に使用可能な多種混合セメントによるレジリエンス対策(2013) 生体構造特性を有する海洋生物殻を用いたコンクリートの動的劣化特性と炭素固定性の評価(2012) 海洋生物殻廃棄物を用いたコンクリート系材料の破壊特性と環境改善効果(2010) 資源環境の保全を目指した副産微粉を導入するコンクリート材料の発展的利用に関する研究(2010)

なお研究体制は、各研究課題ごとに共同実施をした UDM 研究の連携研究者をはじめ、修士・卒業研究課題を担当した学生との共同で実施した。主たる活動拠点は、工学院大学八王子・都市減災研究センター実験棟で実施し、実験に使用した機器類は、万能力学特性試験機、示差熱・熱重量分析器、ジュークラッシャー等破砕装置、炭酸ガス固着化、複合耐久性試験装置、可変式促進中性化試験装置、ポロシメータ、エネルギー分散型蛍光 X 線分析器、X 線回折装置等であり、各種建築材料の物理化学的特性の評価を行った。

3. 2 「平常時につくる」研究とその概要

表 1 に「平常時につくる」研究とその概要について主な内容を具体的に示す。ここでは、有機系材料の要素を含むもの以外にコンクリート等の無機系材料も関わる場合その内容を記載した。これらより、各種建材に対する平常時に要求される性能・機能は、災害時に生じる環境状態に対しても合理的に品質劣化が生じないよう性能保証されているわけではなく、災害時対応の製造・生産技術についても同時に検討する必要があると考えられた。

3. 3 「災害時につくる」研究とその概要

表 2 に「災害時につくる」研究とその概要について主な内容を具体的に示す。ここでは、有機系材料の要素を含むもの以外にコンクリート等の無機系材料が関わる場合もその内容を記載した。これより、各種建材に対する災害時に要求される性能・機能は、平常時に生じる環境状態に対しても合理的に品質劣化が生じないように保証されており、災害時対応の製造・生産技術について検討を深めれば平常時要求も同時に満足する可能性があることが示唆された。

3. 4 「平常時・災害時につかう」研究とその概要

表 3 に「平常時・災害時につかう」研究とその概要について主な内容を具体的に示す。ここでは、各種建材に対する平常時・災害時に要求される使用段階での性能・機能が、経年劣化および突発災害により生じる環境状態に対し、合理的に品質劣化が生じないまま性能保証されている場合は限られており、平常時と災害時対応の使用性および安全性の確保に向けた技術・システム開発に関する検討が必要であると確認された。

表 3 「平常時・災害時につかう」研究とその概要 (2010~2014 年度)

幼児を想定した床要求性能と仕上げ材料を含む耐床衝撃性の評価 (2014) 建物外壁一次診断を踏まえたタイル仕上げの劣化診断と維持保全リスク評価 (2013) 建築外壁タイル仕上げの施工時環境を踏まえた剥離剥落要因の検討 (2013) 長期供用建物から多点採取した小径コアによる外部環境の品質影響評価 (2013) 長期供用の旧基準鉄筋コンクリート部材を想定した鉄筋腐食ひび割れに関する予防保全診断技術の検討 (2012) 各種セメントを用いたコンクリートの蓄熱による基礎的物性と微細構造変化 (2012) 各種副産微粉を混和したセメント系建設資材の熱的物性変化 (2011) 首都圏で実施された建築構造用コンクリートの色彩特性分析と原材料物性因子との相関分析 (2010)

表 4 「環境影響・伝統性確保に向けた評価」研究とその概要 (2010~2014 年度)

(環境影響評価) 都市地域における鉄筋コンクリート造建築物の解体・処理・輸送段階のシステム分析と環境負荷 (2012) 建築仕上材を対象とした製造・輸送時の CO2 排出に伴う環境負荷評価 (2011) 都市建築ストックマネジメントに向けた首都圏の実施工一鉄筋コンクリート造建築物における資材利用・輸送時環境負荷評価 (2010) 環境配慮型打継ぎ資材を用いたコンクリートの基礎物性評価 (2012)
(伝統性確保) 屋外暴露したこけら葺き屋根の物理的経年劣化とむくり処理の評価 (2014) 左官仕上げにおける漆喰の種類と調合要因が建築躯体材料の耐力および耐久性に及ぼす影響 (2014) 建築物の LCM における維持保全と保存的活用ストラテジー (2014) 伝統的建築物の左官壁に対する浸透性アクリル樹脂を用いた補修と材料劣化抵抗性の改善 (2014) 屋外暴露したこけら葺き屋根の化学的劣化性状と各種影響要因の評価 (2014) 屋外暴露した改質こけら葺き屋根の初期劣化要因と安定化状態の評価 (2013) 伝統的木造建築に用いるこけら葺き屋根の表面改質処理による 1 年間の屋外暴露性状評価 (2012) 茅勾配と改質処理を施した茅部材の含水特性とカビ劣化性状の評価 (2012) 屋外暴露した改質こけら葺き屋根の物理的変状の評価 (2012) ホウ酸-ケイ酸ナトリウム処理による難燃化茅葺材を用いた文化財建物の高度維持技法の開発 (2012) 茅勾配を変化させた伝統的茅葺屋根の内部温湿度分布と乾燥状態の評価 (2011) 伝統的木造建築に用いる葺き材の物性分析と改質処理による高度維持化に関する研究 (2010)

3. 5 「環境影響・伝統性確保に向けた評価」研究とその概要

表 4 に「環境影響・伝統性確保に向けた評価」研究とその概要について主な内容を具体的に示す。ここでは、上記の検討を通じて、各種建材に対する平常時・災害時に要求される製造・使用から廃棄・再資源化段階を含む LCM 全体での環境影響の評価を行った。なお建物が長期的に使用される場合、文化性を持ち合わせられる可能性が生じる。経年劣化および突発災害により生じる環境状態に対しても、合理的に品質保証がなされる検討が必要といえる。

4. まとめ

テーマ 3 の「震災廃棄物の再資源化と高機能化」に関する研究は、平常時・災害時における無機・有機材料の全てを含めた建設資源の有効活用を前提に、都市圏における建設物の廃棄処理段階も含めた資源循環の仕組みと、都市構造物自身の耐久性を高めて長寿命化するという社会的要請に関連づけられた基礎資料を提供するものであった。また本課題で得られた研究成果は他分野との連携研究に発展する道筋が得られおり、今後の具体的な研究課題の導出が図られている。

謝辞

過去 5 年に渡り実施された本研究の共同・連携研究組織は次であり、深謝を表す。田村研・修士・学部学生、阿部道彦教授 (工学院)、後藤治教授 (工学院)、山本博一教授 (東京大学)、清水建設、鹿島建設、八洋コンサルタント、ジャスト、樹、ポゾリス、北海道裕雅、伝匠社石川工務所、熊谷産業、秋田県横手町、文化財保存計画協会、安藤ハザマ、エアフェンス、大日本印刷、福島県相馬市役所、太平洋セメントほか

参考文献

- 1) 田村ら, 副産微粉を混和したコンクリートの災害時を含む品質保証と力学特性への影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 36, No. 1, 2014
- 2) 日本コンクリート工学会: 微破壊試験を活用したコンクリート構造物の健全性診断手法委員会報告書, 2012
- 3) 日本建築学会: 建築構造設計における冗長性とロバスト性, 応用力学シリーズ 12, 2013

長距離無線 LAN・非常用通信システム構築法の検討

キーワード 無線 LAN アドホックネットワーク
 独立型電源、無線伝送 TCP/UDP

水野 修* 浅谷 耕一**
 中里 秀則***

1. はじめに

災害発生時には、既存の通信インフラにも大きな損傷が及ぶことが考えられ、通信システム全体としての可用性確保を論じる必要がある。そこで、災害対策拠点の分散化を支援することを目的に、耐災害性の高い長距離無線 LAN・非常用通信システムを開発する。本報告では、2.で研究経過を述べ、3.で構築した長距離無線 LAN・非常用通信システムと昨年度までの主な成果を示す。4.で今年度の成果について報告する。

2. 研究経過

研究経過を図1に示す。

	H22年度 (2010年 度)	H23年度 (2011年 度)	H24年度 (2012年 度)	H25年度 (2013年 度)	H26年度 (2016年 度)
4.1) 長距離 無線 LAN 非 常 用 通 信 シ ス テ ム	基本検討 ・長距離無線 LANの実現 可能性評価 ・アプリケー ション検討	システム構 築 ・伝送特性の 計測	結合実験 ・独立型太陽 光発電シス テムとの結合 ・リアルタイム 情報共有シ ステムとの結合	持続的な運用方式の検討 ・情報配信共 有システムの アンテナ設置 方法 ・長距離無線 LANの安定し た運用方式	・区域間通信 システムの設 置方法設置 方法 ・安定した映 像伝送方法
参考) テーマ4.2 独立型太陽 光発電シ ステム			結合		
参考) テーマ5 リアルタイ ム情報共 有システム					

図1 研究経過

・H22年度：長距離無線 LAN・非常用通信システム構築に向けた基礎検討を実施し、新宿・八王子間に敷設する長距離無線 LAN の実現可能性評価およびアプリケーションの実現性評価を実施した。当初、長距離無線 LAN の候補として 2.4GHz 帯システムを検討していたが、新宿地区の混信が多いことが判明したため、4.9GHz 帯システムを採用した。

・H23年度：災害発生時におけるユースケースをまとめ、長距離無線 LAN・非常用通信システムを構築

した。具体的な構成については3.で説明する。構築したシステムを用いて伝送特性の計測を実施した。

・H24年度：テーマ4.2で構築した「独立型太陽光発電システム¹⁾」からの電源供給を受け、商が可能なことを確認した。また、学内の防災訓練において、テーマ5.2で構築した「リアルタイム情報共有システム²⁾」の接続を行い、実行可能であることを確認した。

・H25年度：長距離無線 LAN・非常用通信システムの持続的な運用を目指し、本システムのサブシステムである「情報配信共有システム」のアンテナ設置位置について、シミュレーションと実験で特性を評価し、適した位置について求めた。また、スループットに揺らぎがある長距離無線 LAN の安定した運用を目指した、ネットワーク制御方式について検討した。

3. 長距離無線 LAN・非常用通信システム

3.1 システム構成

長距離無線 LAN・非常用通信システムのシステム構成を図2に示す。このシステムは、長距離無線 LAN システム、情報収集配信システム、区域間通信システムの3つのサブシステムから構成される

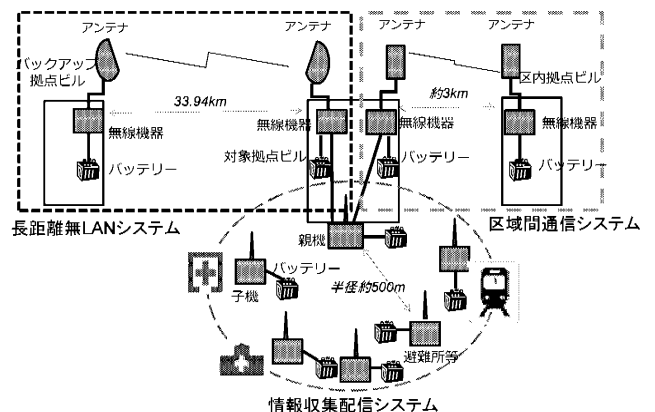


図2 長距離無線 LAN・非常用通信システム

3.2 長距離無線 LAN システム

新宿とバックアップ拠点である八王子を結ぶ

* : 工学院大学工学部情報通信工学科 ** : 工学院大学 名誉教授

*** : 早稲田大学基幹理工学部/研究科 情報通信学科/情報理工・情報通信専攻

4.9GHz 帯の無線 LAN システムである。主要な機器構成、および仕様を表 1 に示す。新宿～八王子は約 33Km 離れているため、利得の高いパッチアンテナを双方の屋上 (親局側アンテナ：工学院大学新宿キャンパス屋上、子局側アンテナ：工学院大学八王子キャンパス 5 号館屋上) に設置した (図 3)。

表 1 長距離無線 LAN システムの機器構成

項番	機器名	型番	メーカー	数量
親局	無線機	JRL-749AP2	日本無線	1 台
	アンテナ	NZA-647	日本無線	1 台
	電源供給ユニット	GMN-101A	日本無線	1 台
子局	無線機	JRL-749ST2	日本無線	1 台
	アンテナ	NZA-647	日本無線	1 台
	電源供給ユニット	GMN-101A	日本無線	1 台

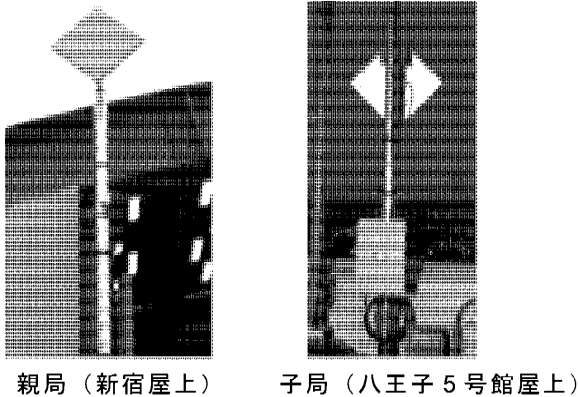


図 3 長距離無線 LAN システムのアンテナ

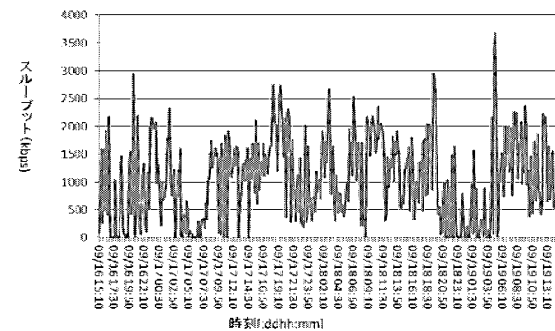


図 4 長距離無線 LAN システムの伝送特性
(2014 年 9 月 16 日～19 日)

図 4 に長距離無線 LAN システムの伝送特性を示す。概ね 1～2[Mbps]のスループットが得られた。しかし、伝送距離が長いので、それ以下の部分も不定期に表れているため、安定した通信のためには対策が必要である。そこで、複数の回線を活用してスループットを確保する方式を検討した。ネットワー

クの状態を把握し、動的に回線を選択するために OpenFlow 技術³⁾に着目し、テストベッドを用いて動作確認を実施した (図 5)。

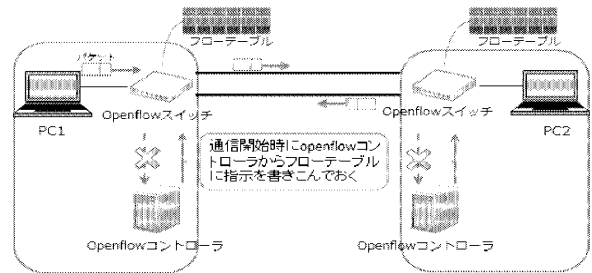


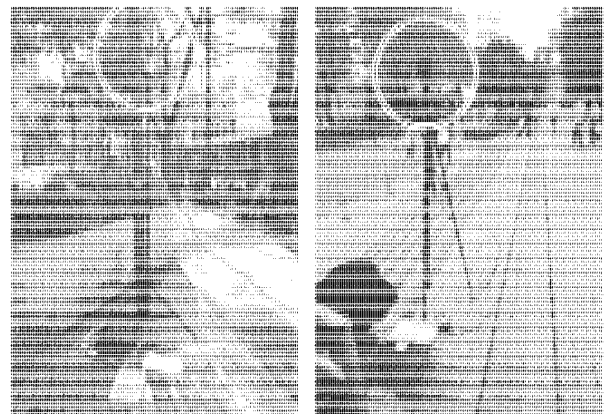
図 5 OpenFlow を用いた回線選択方式

3.3 情報収集配信システム

西新宿地区にあるビル、避難所と災害対策本部間の通信を実現する 4.9GHz 帯のアドホックネットワークシステムである。主要な無線機器構成および仕様を表 2 に示す。本部に設置する親局はコリニア型無指向性アンテナとし、複数の子局からの通信を同時に実現する。子局は指向性のあるパッチアンテナを持つ移動局であり、5 局まで設置できる (図 6)。

表 2 情報収集配信システムの機器構成

	機器名	型番	メーカー	数量
親局	無線機	JRL-749AP2	日本無線	1 台
	アンテナ	NZA-657	日本無線	1 台
	同軸ケーブル	7ZCWN0005	日本無線	1 本
子局	無線機	JRL-749ST2	日本無線	5 台
	アンテナ	NZA-646	日本無線	5 台
	同軸ケーブル	7ZCWN0005	日本無線	5 本



(左：親局，右：子局。円内はアンテナ)

図 6 情報収集配信システム

このようなアドホックネットワークシステムではアンテナの配置によって伝送特性が大きく変化する。そこで、西新宿地区においてアンテナ設置位置候補をシミュレーションで求め、実測して効果を確認し

た。図7にこの検討に用いたアンテナ位置の地図を示す。また、図8はシミュレーションと実際に測定した結果の比較を示す。このようにしてアンテナの配置場所を決定できることを明らかにした。

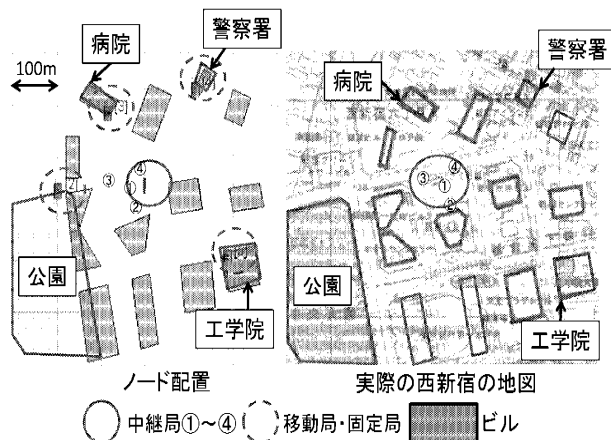


図7 ノード配置モデル

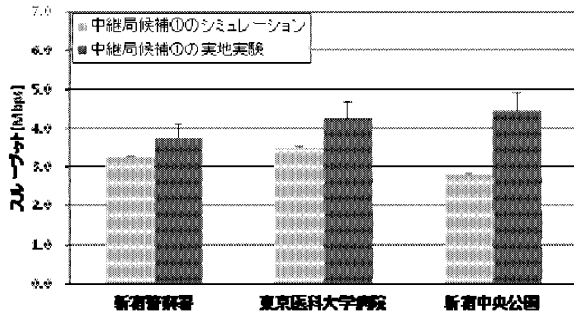


図8 中継地候補1のシミュレーションと測定結果

3.4 区域間通信システム

新宿区内の拠点ビルを結ぶことを想定した無線LANシステムである。詳細については4.1にて述べる。

3.5 他システムとの接続

(1) 独立型太陽光発電システムとの接続

独立型太陽光発電システムは八王子キャンパスある太陽光発電パネル（PVパネル）による発電，および新宿・八王子両キャンパスにある蓄電池などから構成されている。これにより，商用電源が途絶したときでも長距離無線LANシステムに電源が供給できる。蓄電池の容量は8.96kWhであり，無線機器やサーバ類の消費電力89Wを勘案すると，約100時間動作する。実際に蓄電池だけで72時間安定して動作することを確認した。また商用電源・太陽光・

蓄電池の間で供給電源を切替えた場合に，その前後でもスループットの低下など支障は見られなかった（図10）。

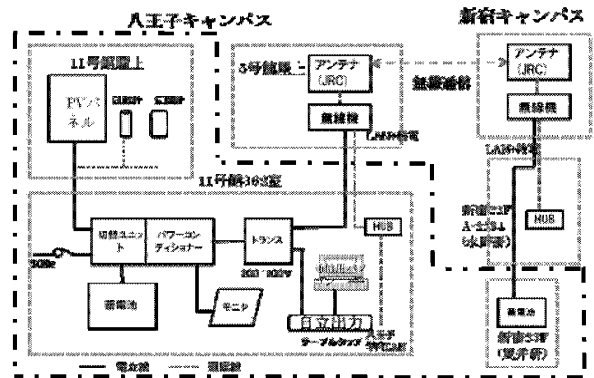


図9 独立型太陽光発電システムとの接続

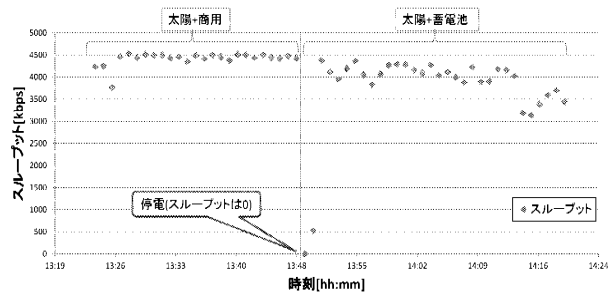


図10 電源切換えの前後のスループット

(2) リアルタイム情報共有システムとの接続

リアルタイム情報共有システムは，被災状況を集集し地図上に表示するシステムである。技術的にはJavaを使ったWebサーバシステムなので，接続は容易に実現できた。しかし，ログイン後に地図データを大量にダウンロードするために，使用できる帯域が少ないと起動に時間がかかる（図11）。この結果リアルタイム情報共有システムを使用するには，300[kbps]以上のスループットを確保する必要があることが判明した。

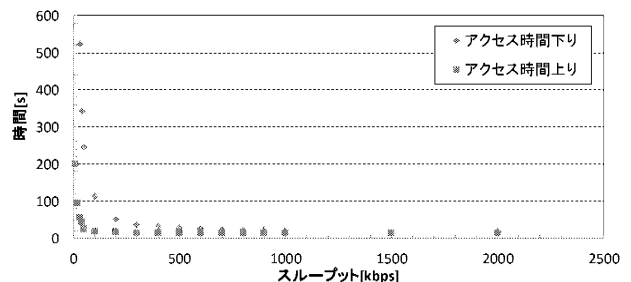


図11 アクセス回線のスループットと起動時間

4. H26年度の成果

4.1 区域間通信システムの特性評価

区域間通信システムの要件として、容易に設置できること、安定した伝送ができることが挙げられる。

免許が不要で使用できる無線 LAN の周波数帯として 2.4GHz 帯がある。しかし、これは自動ドア、電子レンジなどの電子機器で汎用的に使用されている周波数帯でもある。2. で述べたように新宿地区では 2.4GHz 帯では混信や電波干渉の影響が避けられない。

長距離無線 LAN で使用した 4.9GHz 帯は、比較的高い空中線電力 (25[mW]) がとれ、2.4GHz よりも干渉が少ない。しかし、最近利用が増大していると思われること、屋外で使用するには電波法に従い監督省庁への届出や無線従事者の確保が必要である。5.6GHz 帯はレーダなどで使われる周波数帯であり、空中線電力は 5[mW] 以下である。しかし、近傍にレーダ等がなければあまり使われていない周波数帯であり、届出は不要となっている。そこで、新宿区内で 5.6GHz 帯の使用が可能か検証した。

検証試験は、工学院大学新宿キャンパス屋上と早稲田大学西早稲田キャンパス 56 号館 (シルマンホール) 屋上にアンテナを設置して行った (図 12)。両者間の距離は 2.2[Km] である。アンテナ位置の海拔は工学院側は約 184[m]、早稲田側は約 61[m] である。なお図 13 のように、両者間には障害物という建造物はなく見通しがとれている。

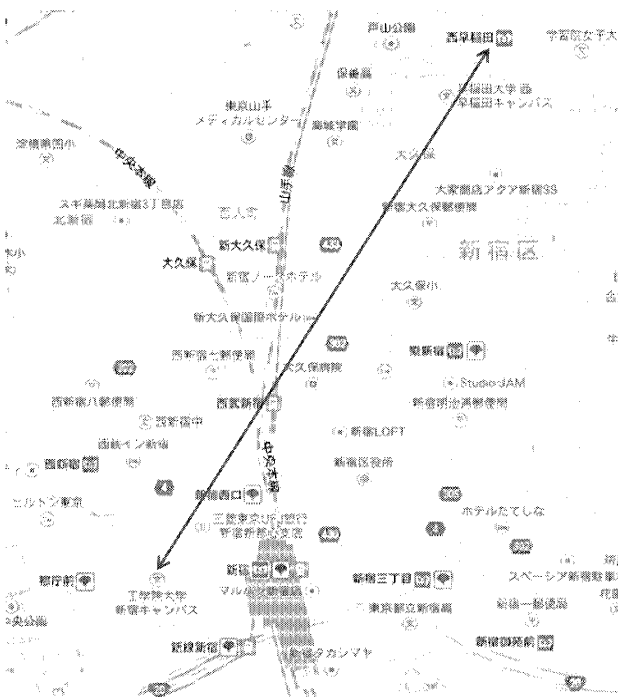


図 12 検証実験の場所



(○印がシルマンホール屋上)

図 13 新宿キャンパス屋上からの見通し

表 3 区域間通信システムの機器構成

	機器名	型番	メーカー	数量
親局	無線機	JRL-710AP3	日本無線	1台
	アンテナ	NZA-646	日本無線	1台
	同軸ケーブル	7ZCWN0005	日本無線	1本
子局	無線機	JRL-710ST3	日本無線	1台
	アンテナ	NZA-646	日本無線	1台
	同軸ケーブル	7ZCWN0005	日本無線	1本

測定には、表 3 に示す 5.6GHz 帯の機器と、比較のために表 2 で示した 4.9GHz 帯の情報収集配信システムの機器 (ただし、アンテナは親機・子機とも指向性アンテナである NZA-646 を使用した。

測定は、2014 年 11 月 4 日～6 日で実施した。測定項目は、周波数帯別の電波強度とスループットである。電波強度は無線機に内包されている機能を用いて測定した。また、スループットは iperf を使い、

図 14 に両周波数帯の電波強度 (RSSI) を示す。X 軸は測定時間 ([秒])、Y 軸は受信機側の信号強度 ([dBm]) である。送信出力は、4.9GHz 帯では 15[dBm]、5.6GHz では 12[dBm] である。理論上は若干 4.9GHz が上回るが、実測値は 10～15[dBm] 理論値を下回ることではほぼ同じ値となった。理論値

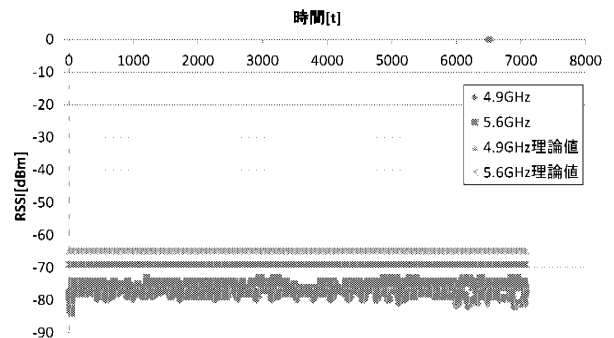
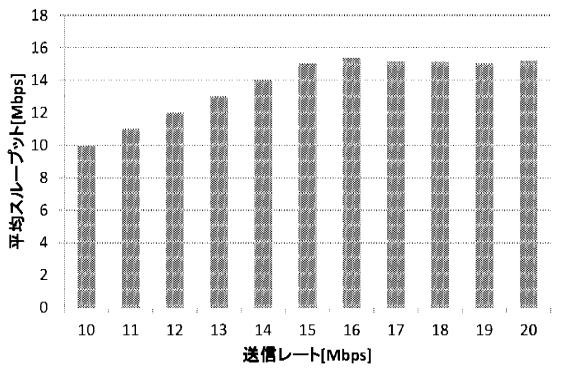
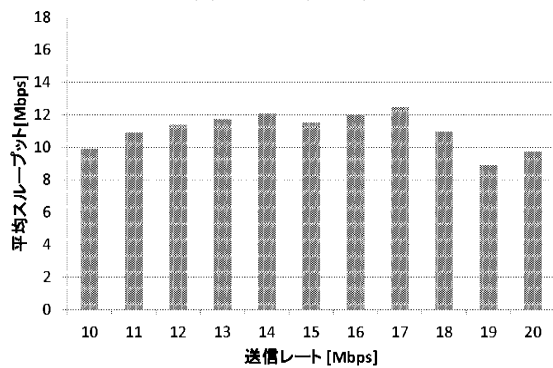


図 14 測定した電波強度

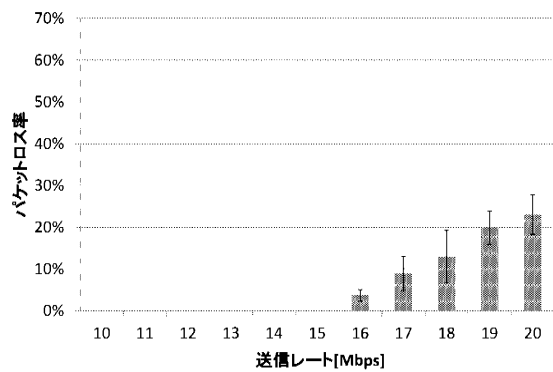


(a)4.9GHz(UDP)

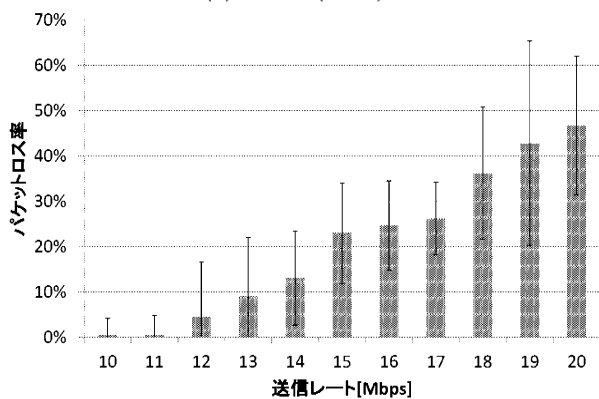


(b)5.6GHz(UDP)

図 15 測定した平均スループット



(a)4.9GHz(UDP)



(b)5.6GHz(UDP)

図 16 測定したパケットロス率

との差は、設計上のマージンの範囲内であった。図 15、図 16 はデータの送信レートを変えたときのスループットとパケットロス率の測定値である。

X 軸はデータの送信レート [Mbps], Y 軸は平均スループット [Mbps] とパケットロス率 [%] である。データは UDP で送信するため、無線区間でパケットが喪失しなければ送信レートとスループットがほぼ等しくなる。このような傾向が保つことができる最大のスループットがこのシステムで通信できる帯域と考えられる。測定の結果 4.9GHz 帯では 14 [Mbps], 5.6GHz 帯では 12 [Mbps] が使用できる帯域であることが明らかになった。

5.6GHz 帯は、4.9GHz 帯よりも低いスループットとなったが、長距離無線 LAN システムで実現しているスループットが 2 [Mbps] 程度であり、音声や動画を伝送するためには充分であると考えられる。

4.2 運用の問題

運用に関しては次の 2 点が指摘されている。

(1) 長距離無線 LAN システムを用いて画像伝送を行うと、画像がフリーズする。

(2) 経路途中にあるネットワーク機器 (ハブなど) が停電時に使えなくなる。

(1) に関しては、これまで使用していたネットワークカメラが TCP プロトコルで映像を送っていたことに起因している。TCP はデータの欠落がないクリアな映像を送ることが可能だが、長距離無線 LAN システムのようにネットワークのスループットが低下する事象が生じると、再送制御を行うためパケット遅延が発生し、結果的に画面がフリーズしてしまう。そこで、再送制御を行わないプロトコルである UDP に対応したカメラ (Panasonic BB-ST162A) を用いることにした。UDP の送信レートの設定については、

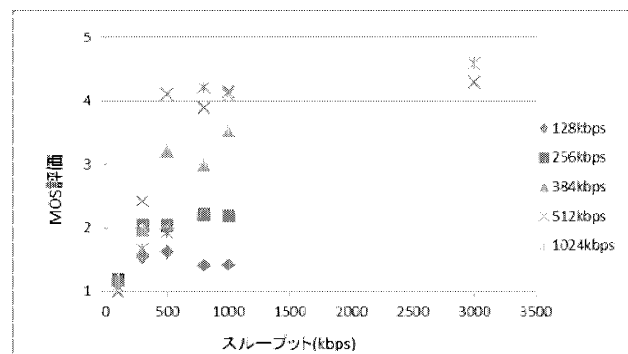


図 16 送信レートの設定

MOS (Mean Opinion Score) ⁴⁾ を用いてユーザ評価を行い決定した。ここでは、20代男性20名を対象にカメラで撮影した動きのある人形の映像を視聴して

もらい、5段階評価を実施した。図16はカメラの送信レートとネットワークのスループットに応じてMOS評価がどのように変化するかユーザ評価実験した結果である。MOSは1から5の5段階であり、3が普通、5が最良であり、2.5以上が実用に耐えるものであるとされている。その結果、送信レートが低い(256Kbps以下)とスループットが充分取れる範囲(1Mbps以上)でもMOSが低く、また送信レートを高くとる(1024Kbps)と、スループットが下がると極端にMOSが下がることが明らかになった。そこで、送信レートを384Kbpsに設定した。

2014年11月27日の防災訓練にて、この設定で画像伝送を実施したところ、一定の品質で映像伝送が確認できた。

(2)については、独立型太陽光発電システムが電源を供給できる場所は無線機および特定の実験室のみであること、大学が持っている蓄電設備の電源供給場所も限定されることから、災害対策本部のブース近辺やパイプシャフト内のハブなどの電源供給が途絶える恐れがある。長期的にはこれらの場所にも非常用電源が供給されるべきではあるが、市販の無停電電源装置(UPS:Uninterruptible Power Supply)を活用することで、72時間程度の停電に

対応できるものと考えられる。

5. おわりに

長距離無線LAN・非常用通信システムの構築と運用結果について2010年度からの結果を振り返り、今年度の成果について述べた。

今後は平常時の運用と災害時の運用をシームレスに行うことを目的に、網制御方式やアプリケーションの詳細化を検討する。

謝辞

本研究の遂行にあたり、工学院大学および早稲田大学の施設課、総務課各位の協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 米盛弘信, 市川紀充, 荒井純一, 小林幹, 独立型太陽光発電システムにおける蓄電部の改善とPVモジュール表面の防汚に関する検討, 工学院大学総合研究所・都市減災研究センター研究報告書(平成23年度), P.181-184, 2012.
- 2) 村上正浩, 久保智弘, 久田嘉章, リアルタイム広域情報共有システム P.181-184, 2012.
- 3) N. McKeown, T. Anderson, H. Balakrishnan, G. Parulkar, L. Peterson, J. Rexford, S. Shenker, and J. Turner. OpenFlow: enabling innovation in campus networks. ACM SIGCOMM, Computer Communication Review, 38(2):69-74, April 2008..
- 4) 浅谷耕一, 通信ネットワークの品質設計, 電子情報通信学会, ISBN:978-4-88552-112-6, 1993.

分散型情報共有システム

準孤立，情報探索，DTN，CCN

小林 亜樹

1. はじめに

本テーマでは，主として首都圏での広域連携と地域連携によるソフト面からの2次被害の低減を目的として，災害対策拠点の分散化を支援する耐災害性の高い電源・通信システムの構築に関する研究を行ってきた．その中でも，災害対策拠点を分散化するに当たっての情報通信システムの面からの各要素技術について順次検討を行った．

2. 年度別進捗状況と成果

2.1 平成21年度

まず，平成21年度には，情報の分散探索方式について着手した．これは，現在のインターネットで主流の集中サーバ型での情報検索ではなく，複数拠点にまたがり，かつ集中的な管理拠点のない分散環境下での情報探索手法^{1)~3)}において，探索通信量を抑えるための工夫を日指したものである．災害時に脆弱な状態の通信網へかかる負荷を抑制し，爆発的な探索要求に応えるため，重要な技術である．本年度はそのための予備調査として，負荷の集中する要因分析を行った．その結果，ごく一部の拠点ノードにおいて大きな負荷がかかっている状況が明らかとなり，ここの負荷抑制を行うべきであることがわかった．

また，避難経路等の推薦方式のための検討として，信頼性の高い情報推薦のための基礎的分析を行い，推薦精度に影響を与える情報選別などについて知見を得た．

探索トラフィックについて分析し，インターネット利用のコンテンツ利用傾向として，利用者側の利用のばらつきを表現する利用度と，コンテンツ側の利用されかたのばらつきを表現する人気度を導入した．利用度分布に2008年のインターネット上での測定データを元にした推定式を提示し，これを用いて分析を行った．

図1は分析結果を探索負荷（処理回数）の降順にノードを並べた際の各ノードの負荷を描いたものである．実線がシミュレーション全体での探索負荷分

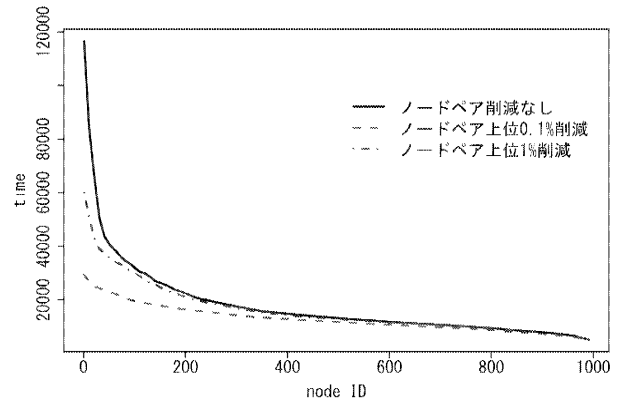


図1 高頻度探索ペア除外時のノード負荷

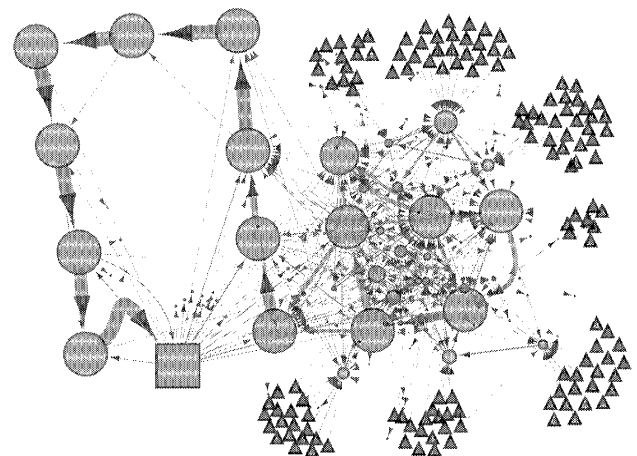


図2: 探索経路ネットワーク例

布であり，ごく少数のノードに非常に大きな負荷がかかっている．高探索負荷ノードからごくわずかの高頻度探索ペアを取り除くことで，大きく負荷を低減できる可能性を確認した．

2.2 平成22年度

平成22年度は，分散探索技術のうち，Kademliaと呼ばれるアルゴリズムを対象として，具体的な通信量抑制方式を提案し評価を行った．その結果，分散環境下で生じやすい負荷集中経路の短縮化を行い，通信負荷，また各拠点負荷の4割程度削減が可能なことを示した．

* : 工学院大学工学部情報通信工学科（所属：明朝9）

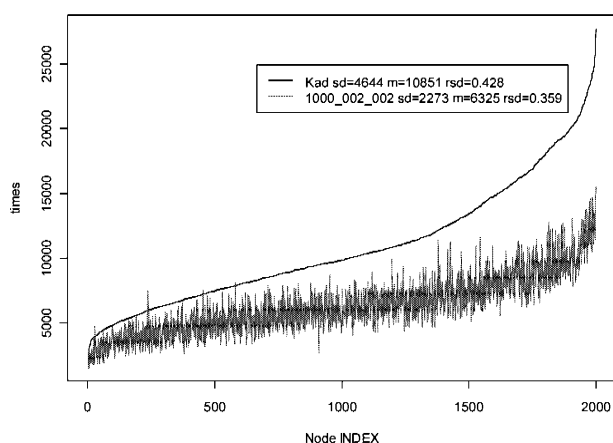


図 3: Node 毎の被探索回数分布

図 2 は、均等アクセス条件下でのあるコンテンツ（を保持するルートノード）への探索経路をネットワーク図として示したもので、あるところでほとんどの探索が同一経路を辿るようになり、かつ、その経路が長く接続していることがわかる。収束後の探索経路の連鎖は基本的には冗長であり、これを短絡させることで全体の負荷削減が実現できることを明らかにした。また、ここで削減される負荷は、収束された大きな負荷であるため、高頻度での被探索を受ける node の負荷を大きく下げることが期待される。

図 6 は、提案方式適用時の各ノードの探索負荷が抑制される様子を示したものである。黒線に対して、赤線が適用時のもので、抑制されている様子がわかる。

2.3 平成 23 年度

平成 23 年度は、実際の情報通信機器における通信状況や稼働状況と電力消費の関係を調査した。拠点分散型での情報通信システムを運用するにあたって、電力供給が途絶えた環境下であってもできるだけ長期に亘って稼働できるようにするため、電力消費を抑制することが重要であり通信との関連研究⁵⁾⁶⁾も見られる。

そこで、通信状態などの変更によって具体的にどの程度の省電力化が図られるかを見積もるため、測定などを行った。その結果、ネットワークスイッチやルータといった機器類では、物理的通信可能状況の検出による省電力化機能の有無によって電力消費状況が異なっていた。同省電力機能がある場合はその状況が電力消費の主要要素であった。一方、同省電力化機能を持たない場合は、通信状況によって若干の消費電力変動を見た。

$$E = P_0 + \sum_{i=1}^n (c_i P) - (cn + \theta) \quad (1)$$

(1)式は、省電力機能を持つスイッチ機器の消費電力推定モデル式である。ここで、 n はポート数であり、 P_0 は無接続時の消費電力、 c_i はポートに Link up 時 1、Link down 時 0 となる flag 変数である。

2.4 平成 24 年度

平成 24 年度は、通常の通信網が確保できない拠点を準孤立拠点と名付け、このような拠点でも災害時情報通信システムの拠点として機能できる方法について研究を行った。想定される電力供給はバッテリーのみ、通常考えられる通信網は有線、無線を問わず利用出来ない状況とした。このような状況下では、人手によりストレージメディアを用いて情報を受け渡すほかなく、そのための基礎的な検討を行った。その結果、拠点の立ち上げ機能を内包した情報運搬用ストレージメディアの利用を提案し、データ伝送には過酷な条件下での通信を取り扱う枠組みとして、しられている Delay Tolerant Networking (DTN)⁷⁾⁹⁾ の概念を用いた。DTN のオープンソース実装である DTN2 への機能実装により、ストレージメディアによるデータ伝送を実現した。

DTN は、不安定な無線リンクによって構成されたネットワークや、感早間通信のようなそもそも伝搬遅延のきわめて大きな環境下でも通信を確立することが目的である。その基本的なアーキテクチャは、マルチホップの中継通信において、パケットよりも大きなバンドルと呼ばれる情報単位を、ノード間の蓄積転送によって送信するものである。

この DTN の枠組みは試作実装がオープンソースとして進められており、DTN2¹⁰⁾¹¹⁾ の名で知られる。DTN2 は、DTN の概念を実現すべきバンドルプロトコルの RFC5050¹²⁾ による定義の実装として提供されるもので、論理的な情報単位であるバンドルと、その蓄積転送の仕組み、また、バンドルを実際の通信を担うレイヤである、TCP や UDP のコネクションやパケットに変換する Convergence レイヤなどから構成されている。DTN2 は実際に動作可能な試作実装を提供するものの、オープンソースとして公開されている Convergence レイヤに、本稿で目的とする

アプリケーションの2点で構成されている(図5)。

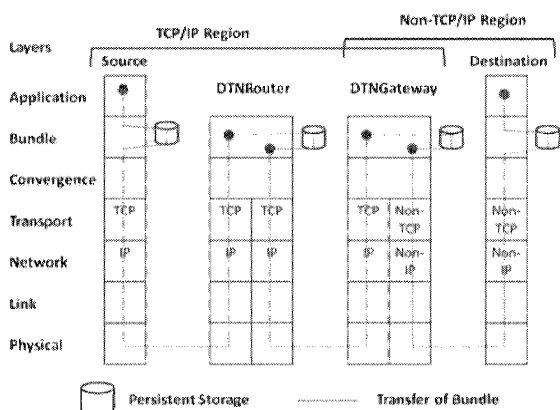


図4: DTN 通信アーキテクチャ

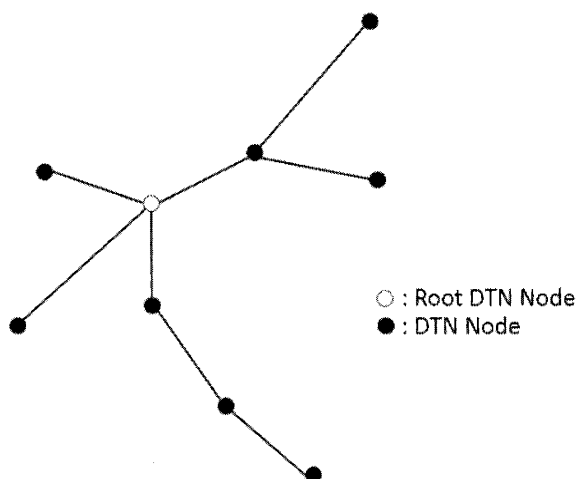


図6: 多数拠点による想定図

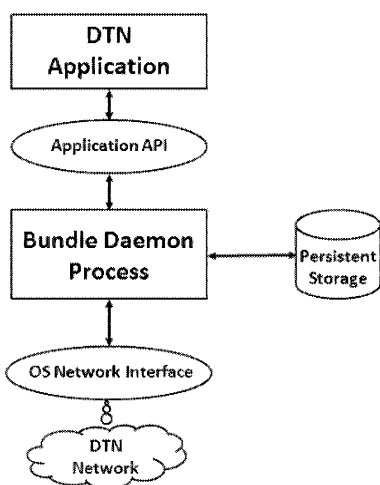


図5: Bundle daemon の外部インタフェース
 可搬型ストレージを用いるものは存在しない。

そこで、本年度は、DTN の枠組みにおいて、可搬型ストレージによるデータ伝送を具体的に定義し、必要ならばモデルの拡張や要件定義を行うと共に、試作実装である DTN2 に実装を追加して、その実現を図ることを目的とした。

試作システムは、IRTF(Internet Research Task Force)の中の研究グループ DTNRC(The Delay Tolerant Networking Research Group)¹⁹⁾によって開発された DTN プロトコルの実験プラットフォームである DTN2 を DTN の通信単位であるバンドルを可搬型ストレージへ読み書きできるように拡張したものと実装した。

DTN2 は、RFC5050 でのバンドル層および吸収層 (Convergence Layer)を daemon process で処理する形で実装している。DTN2 は、大まかにバンドル層および吸収層を実装するバンドルデーモンプロセス、エンドポイントでのデータの送受信を行うためのア

2.5 平成 25 年度

平成 25 年度は拠点間通信において 1 : 1 通信でのプロトコルしか考慮していなかった状況を一歩進め、複数拠点を逐次的に立ち上げつつ、情報の流通を図る手法について提案した。DTN 上で多くの経路制御提案¹³⁾⁻¹⁸⁾が見られるが、これは、複数拠点に渡る経路制御のみならず、通信主体となる拠点を本研究の目的に鑑み、減災情報共有システムの緊急時立ち上げに特化した手法についても提案するものである。

本年度は、昨年度開発したストレージ運搬型トランスポートレイヤを導入し、有線、無線などの一般的な通信媒体に加え、可搬型ストレージを人手で運搬することで通信を行う枠組みまで含めた災害情報共有システムを提案し、これにより多数拠点が順次運用に入り、それらの間での通信を確保する手法について提案した。

本システムでは、ネットワークトポロジを根付き木より管理し、これに基づいた経路制御を行う。根付き木を用いる理由としては、根 (Root) を介することで根付き木におけるいかなる節 (Node) 間にも path が存在するため通信遅延によるデータ破棄を行わなければ全ノードへデータを頒布することが可能となり、またサイクルが存在しないためデータの重複送信を極力避ける事ができると考えたからである。

システムでは、任意の pc 上に根付き木におけるルートノードを構築し、このルートノードを起点として他の拠点への運搬、新規ノードの構築、バンドルの運搬を繰り返すことで、これらのノード間で災害

情報の共有を行う（図6）。

3. 今年度の成果

3.1. 概要

平成26年度は、これまでの研究で得た知見を総括し、分散型拠点による情報通信システムの実際に向けた、システム提案と、そのためのコンテンツ探索方式について提案、評価を行った。これは、省電力運用を行うためには、ストレージメディアを主としたデータ伝送を行うとともに、一部通信機器が稼働している場合にも、できるだけ休止時間を延ばした間欠運用が望ましいことから、間欠的な通信によっても情報探索を行うことが必要なため、コンテンツ指向型ネットワークにおける方式を提案したものである。

その結果、統制のない情報が投入される災害時にも機能できるマルチタグ型識別子による探索方式と探索経路制御方式を提案し、基礎的な性能評価を得て、今後の展開にも期待が持てることとなった。

3.2. マルチタグ識別子

コンテンツ識別子はネットワークの利用者がこれを指定してコンテンツを要求することから、その内容やメタ情報を反映していることが望ましいと考えられる。そこで、タグ集合を識別子として用いる方法が検討されている。このとき、同一のタグ集合を付与されている場合は内容が異なるコンテンツであっても、同一視される。

本方式では、コンテンツに対してタグ付けを複数行うため、これらをネットワーク上で直接探索できるような経路表を、分散配置された各ノードで持つこととなる。

3.3 分散探索経路表

タグ集合に含まれている複数のタグをそれぞれ個別に経路表に登録するような手法について提案した。分散探索が必要となるコンテンツ指向ネットワークで一般的に見られる考え方である。

本方式では原理的に、個別のタグをそれぞれに経路表に登録するが、提案手法では経路上の先（遠方）方向に存在する複数のコンテンツに別々に付与されたタグが、それぞれ別のコンテンツに付与されたことを識別できないため、「虚像」と呼ばれる現象が発生する。

また、多種類となることが想定されるタグの登録にはBloom filterを利用することを考えているため、Bloom filter へのデータ登録件数によって偽陽性が

発生する点も考慮しなければならない。

3.4 登録手法

手法1: そのまま登録

経路表は1本のBloom filterにより表現される。コンテンツが持つ各タグに対して何も操作を行わず、それぞれを要素としてBloom filterに追加する。部分一致検索、完全一致検索に関わらず経路表上の虚像が多数発生してしまう。

手法2: 連結登録

経路表は1本のBloom filterにより表現され、コンテンツの存在情報は以下の手順で格納される。

手順1 コンテンツが持つ各タグに対して何も操作を行わず、それぞれを要素としてBloom filterに追加する。

手順2 コンテンツが持つ各タグを区切り文字を用いて連結し、これを要素としてBloom filterに追加する。

部分一致検索には手順1にて追加した情報を用いるため、経路表上の虚像が手法1と同様に発生してしまう。完全一致検索では手順2にて追加した情報を用いることで、経路表上の虚像を発生させずに探索を行うことができる。

手法3: タグ数による分類

経路表を1本（1:単一のコンテンツに付けることができるタグの最大数）のBloom filterによって表現され、各コンテンツが持つタグ集合に含まれるタグの総数によって、追加するBloom filterを区別する。

手順1 コンテンツが持つタグ集合に含まれるタグの総数によって、要素を追加するBloom filterを決定する。

手順2 コンテンツが持つタグ集合に含まれるタグそれぞれを一つの要素としてBloom filterに追加する。

手法4: タグ数付加

登録したいコンテンツに付いているタグの総数を、登録されるタグの末尾に連結して登録する

手法4では、経路表は1本のBloom filterにより表現される。

手順1 コンテンツのタグ集合に含まれるタグの総数を調べる。

手順2 各タグの末尾にその数を連結して要素を生成する。

手順3 各要素をBloom filterに追加する。

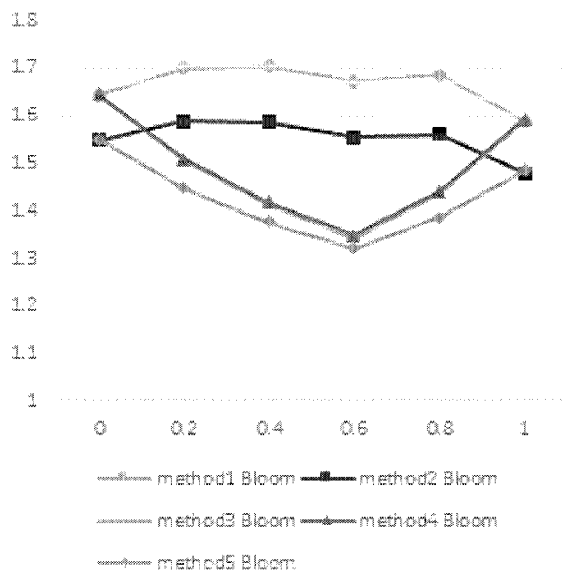


図 7: $r=0.25$ 時の探索通信量

手法 5: 手法 2+手法 4

手法 5 は、手法 2 と手法 4 を組み合わせたものである。経路表は 1 本の Bloom filter により表現される。

手順 1 コンテンツのタグ集合に含まれるタグの総数を調べる。

手順 2 各タグの末尾にその数を連結して要素を生成する。

手順 3 手順 2 で生成した各要素の末尾に区切り文字を連結したのち、それらを連結することで、新たな要素を生成する。

手順 4 手順 2 と 3 で生成した要素を Bloom filter に追加する。

このように手法 2 と手法 4 を併用することで、完全一致検索では虚像を排除しつつ、部分一致検索でも虚像を低減することができる。

3.5 探索通信量分析

虚像や偽陽性による通信・処理負荷上昇について、基礎的なモデル設定を行い、検索トラヒックの観点から定量的な評価を試みた。コンテンツへの付与タグが意味的に持つ階層構造を持つ場合に着目し、この階層構造の強固さによってどの程度の追加負荷が発生するかという観点からの評価である。

3x3 の格子トポロジによるネットワークで各ノード(ルータ)のコンテンツ保持数に制約は設けない。Bloom Filter のビット幅 $m=4793$ 、ハッシュ関数数 $k=3$ とした。これは、1000 要素挿入時の理論上の偽陽性確率が 0.1 となるものとして設定したものであ

る。

付与されるタグは、一定の階層構造をもちつつ、完全な階層構造とはならないようモデル設定を行った。これは、現実のタグ付けを想定したものである。

モデル化にあたっては、最小の階層構造を実現する 2 部グラフを利用し、一方の部を親、他部を子と呼ぶ。親子関係を持つタグ付与を行うとともに、共通の親を持つ比率をパラメータ r でコントロールした。また、付与タグの個数についても 2 種類用意し、それぞれが全体に占める割合を混在割合 n とした。

図 7 は一定の階層構造をもちつつ、そうでないタグ付けが $r=0.25$ ある場合の提案 5 手法の探索通信量を、虚像や偽陽性が生じない環境での探索通信量を 1 として正規化した際のグラフである。横軸は混在比率を示す。

$n=0$ または 1 では、手法 3 と手法 4 はコンテンツが持つタグの数によって区別を行うため、その数が全コンテンツで同じである場合には、手法 1 と同じ結果となる。手法 2 と手法 5 はコンテンツが持つ全てのタグを連結したものを要素として格納し、完全一致検索時にはこれを用いる。そのため完全一致検索時には虚像が発生せず、これが手法 1, 3, 4 との差であると考えられる。

それ以外では、コンテンツが持つタグの個数によって区別して部分一致検索時の虚像を減らす手法 3, 4, 5 の効果が出る。こちらの場合も手法 3 と手法 4 はほぼ変わらない結果を示しており、わずかな差は Bloom filter への登録方法の違いによる偽陽性によって表れていると考えられる。

いずれの場合も手法 5 が最も良い結果を示しており、これは完全一致検索時に虚像を排除する手法 2 の方式とコンテンツが持つタグの個数によって区別し部分一致検索時の虚像を減らす手法 4 の方式を併用しているためであると考えられる。

これらより、付与タグ個数が混在する環境下で、最も工夫を凝らした手法 5 が最良であり、単純な手法に対して負荷を軽減させ、理想値に対して 3~4 割増程度となることがわかった。

4. 最終成果と課題

準孤立状態で運用できる分散拠点型情報システムについて、基本的なシステム提案とそれを実現する要素技術を提案し、モデルに基づく評価や試作システム等を開発した。

分散型探索方式については、既存方式の分析改良から始まり、災害時のような準孤立状態に適用できる方式について提案を行うに至っている。本方式では、基本的な性能評価を行った。

分散的なシステム運用方式では、情報通信システム全般での提案を行った。準孤立拠点に残されたノートPCなどをストレージメディアでつなぐことで、極限状況でも情報機器を利用した情報通信システムを構築できることを示した。ストレージメディアは間欠的な通信メディアであるだけでなく、新規拠点立ち上げ機能も内包できる。

実際に取り扱われる情報は雑多であると予想され、断片的で非定型のデータ²⁰⁾²¹⁾について、利用者に対して適意の情報を取捨選択、推薦検索する方式についても検討を行った。時系列で整理することや、人により異なる信頼性を取り込むことの重要性などの知見を得た。開発した周期的な変化に対しての予測方式と組み合わせ、情報伝達の効率化に向けた検討も開始したが、これらは将来への検討課題である。

今後は、日常利用とのシームレスな連携方式が視野に入ってくるものと考えている。これは、実利用を考えた際には必須である。人の利用形態として災害時にだけ使うようなアプリケーションは利用しにくい点と、日常通信が得られる地域との相互運用性の双方から、解決すべき課題であると捉えている。これらの課題に対して、これからも着実に要素技術を開発し実用へと近づけていきたい。

参考文献

- 1) S. Ratnasamy, P. Francis, M. Handley, R. Karp, and S. Shenker, "A scalable content addressable network," in Proc. of *ACM SIGCOMM 2001*, pp.161-172, (2001).
- 2) B. Y. Zhao, L. Huang, J. Stribling, S. C. Rhea, A. D. Joseph, and J. D. Kubiatowicz, "Tapestry: A resilient global-scale overlay for service deployment," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 22, no. 1, pp. 41-53, (2004).
- 3) P. Maymounkov, and D. Mazières, "Kademlia: A Peer-to-peer Information System Based on the XOR Metric," in Proc. of *IPTPS'02*, (2002).
- 4) Zhensheng Zhang, "Routing in Intermittently Connected Mobile Ad Hoc Networks and Delay Tolerant Networks: Overview and Challenges", *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, Vol.8, No.1, pp.24-37, Jan. 2006.
- 5) 阿多 信吾, 米崎 加奈子, 岡 育生, "帯域追従型省電力ルータのためのトラフィック予測手法," *信学技報 NS*, Vol.111, No.43, pp.121-126, May. 2011.
- 6) 有田 一史, 田村 瞳, 池永 全志, 尾家 祐二, "アクティブリンクを最小化する経路選択によるネットワークの省電力化" *信学技報 NS*, Vol.109, No.188, pp.63-68, Sep. 2009.
- 7) Fall, Kevin, et al.: "A delay-tolerant network architecture for challenged internets," *Proc. of the 2003 conf. on Applications*, pp.27-34, 2003.
- 8) Cerf, V. and Burleigh, S. et al.: "Delay-Tolerant Networking Architecture," *RFC4838*, 2007.
- 9) E. P. C. Jones, L. Li, P. A. S. Ward, "Practical Routing in Delay-Tolerant Networks," *ACM SIGCOMM WDTN'05*, pp. 237-243, Aug. 2005.
- 10) Delay-Tolerant Networking Research Group: DTN2, <http://www.dtnrg.org/wiki/Code>, 2012
- 11) Michael, Demmer, et al.: "Implementing Delay Tolerant Networking," *Tech.Rep. IRB-TR-04-020, Intel Reserch Berkeley*, Dec. 2004.
- 12) Scott, K. and Burleigh, S.: "Bundle Protocol Specification," *RFC5050*, 2007.
- 13) 森山 敦文, 高橋 正生, 内田 真人, 鶴 正人, "劣通信環境における効率的な情報伝達による通信量削減," *信学技報 NS*, Vol.106, No.577, pp.59-62, Mar. 2007.
- 14) 伊藤学, 浅谷耕一, 富永英義, "断続的通信環境のためのDTN技術とレートレス符号を用いたデータ分割伝送に関する検討," *信学技報*, Vol.107, No.524, pp. 369-374, Feb. 2008.
- 15) 落合秀也, 江崎浩, "DTN環境を想定したトポロジ変化に強いメッセージルーティング," *情処論*, Vol.50, No.9, pp.2312-2326, Sep. 2009.
- 16) Satoshi HASEGAWA, Yusuke SAKUMOTO, Mirai WAKABAYASHI, Hiroyuki OHSAKI, Makoto IMASE, "Delay Performance Analysis on Ad-Hoc Delay Tolerant Broadcast Network Applied to Vehicle-to-Vehicle Communication," *IEICE Trans. on Communications*, Vol.E92-B, No.3, pp.728-736, Mar. 2009.
- 17) 辻川 良輔, 岩井 将行, 瀬崎 薫, "モバイルアドホックネットワークにおけるノード密度を考慮した持続型ジオキャストプロトコル," *信学技報 IN*, Vol.109, No.276, pp.95-100, Nov. 2009.
- 18) Yong-Pyo KIM, Keisuke NAKANO, Kazuyuki MIYAKITA, Masakazu SENGOKU, Yong-Jin PARK, "A Routing Protocol for Considering the Time Variant Mobility Model in Delay Tolerant Network," *IEICE Trans. on Information and Systems*, Vol.E95-D, No.2, pp.451-461, Feb. 2010.
- 19) DTNRG, "<http://www.dtnrg.org/>".
- 20) 塚田 晃司, 野崎浩平: "災害時孤立集落での利用を想定した地域内情報共有システム", *情処学論*, Vol. 51, No.1, pp.14-24, 2010.
- 21) 嵯峨山 良江, 朝井 大介, 大野 健彦, 浅野 陽子: "大規模災害時にはどのような情報が必要か—被災者インタビューに基づく情報伝達の解明—", *情処研報*, Vol.2012-HCI-147, No.13, pp. 1-8, 2012

耐災害性の高い通信システムにおけるサーバ計算機の消費電力の削減

キーワード ストレージ 省電力

山口 実靖*

1. はじめに

災害においては、減災活動が極めて重要である。すなわち、災害が発生した後に適切に災害に対処することにより、その被害を大きく軽減できる。適切な災害対策を行うには災害対策を行う拠点が正常に運営されていることが必要不可欠であり、災害対策拠点が被災により正常に機能しなくなることは避けなくてはならない。災害対策拠点の可用性を向上させるには、災害対策拠点を分散化し一部の災害対策拠点が被災しても災害対策拠点群全体として機能を失わない様に設計することが効果的である。

災害対策拠点を分散化するには、分散型非常用電源供給システムの構築と、それを用いた分散型減災情報システムの構築が必要であり、分散型減災情報システムの実現には少ない電力供給でも動作可能な通信システムやサーバシステムの構築が必要となる。本研究では分散型減災情報システムにおけるサーバシステムのストレージに着目し、その省電力化と停止時間の拡大手法、性能と消費電力の最適化手法について考察を行った。

2. 研究経過

・H21年度：計算機において電力は多種の装置により消費されており、少数のパーツにより大部分の電力が消費されている訳ではない。HDD, CPU, 電源などが特に大きな電力を消費しているが、全体の30%以下となっている。よって、計算機の個々の構成要素の消費電力削減に努める前に、稼働計算機の数そのものを削減させる努力を行う必要がある。当年度は、仮想計算機技術を用いて複数のサーバを単一の物理計算機上で動作させ、稼働計算機数を削減し、消費電力の大幅な削減を達成した。

・H22年度：既存のOSのI/Oスケジューラは、仮想化環境に対して最適化されていないため、仮想化環境におけるI/O性能が高くないという問題がある。そして、それが原因でI/Oにより消費される電力も大きくなるという問題がある。代表的なサーバOSであるLinuxを用いて、既存のI/Oの仮想化環境に

おける性能を評価した。そして、その動作を観察し、問題点を特定した。さらに、I/Oスケジューラの仮想化環境への最適化を行い、HDDのシーク量とシーク距離の削減を実現し、HDDによる消費電力の削減とI/O性能の向上を達成した。

・H23年度：仮想計算機に与えるメモリ量および仮想記憶容量がI/O性能に及ぼす影響について調査を行った。そして仮想計算機環境でのI/Oの統合的動作解析システムを実装し、その結果から適切なメモリ割当量と仮想記憶容量について考察を行った。結果、各ワークロードによって最適なメモリ割当量やI/O処理方法、仮想記憶容量があることを示した。具体的には、ワークロードサイズが小さく仮想計算機のメモリ内に格納可能である場合は仮想計算機に多くのメモリを与え仮想計算機のページキャッシュで処理することが効率的であり、ワークロードサイズが大きく仮想計算機のメモリ内に格納できない場合は仮想計算機の割当メモリ量を小さくし仮想計算機のページキャッシュを無効化(DIRECT I/O)することが効率的であることを示した。

これにより、HDDの稼働量の削減を実現し、HDDによる消費電力の削減とI/O性能の向上を達成した。

・H24年度：これまでのストレージ装置のディスクヘッドの物理的移動量の削減により、ストレージ装置による消費電力の削減が達成された。しかし、これらの手法を用いてもストレージ装置は稼働を続けており、消費電力の劇的な低下は実現されない。劇的な消費電力の削減を実現するには、ストレージ装置などの停止の実現や、停止時間の拡大が必要になると考えられる。そこで、応用の動作情報を用いてデータ配置を改善しストレージ停止時間を拡大する手法²⁾³⁾に着目し、当該手法を仮想環境に適用し、その適用可能性の検証を行った。そして、アクセス頻度が既知の単純なサンプルアプリケーションにおいて当該手法が有効であることを示した。

・H25年度：複数のサーバOSを仮想計算機を用いて1台の物理計算機上で動かす仮想化環境を想定し、各仮想計算機上で実アプリケーション（データ

* : 工学院大学工学部情報通信工学科

ベース管理ソフト) を稼働させ、そのデータ配置の最適化をはかりストレージアクセス間隔の拡大とストレージ消費電力の削減を図った。そして、実应用到に近いベンチマークとしてベータベース管理システム TPC-C を稼働させ、その効果についての考察を行った。具体的には、アプリケーション実行時におけるデータごとのアクセス頻度を計測し、アクセス頻度の低いデータを特定の HDD に集中させることにより特定の HDD のアクセス間隔を拡大する手法を提案した。そして、性能劣化の抑制手法として、残りのデータ(アクセス頻度が少ないデータ以外のデータ)に関してはアクセス頻度の高いデータを複数の HDD に分散して特定の HDD がボトルネックとなり性能劣化を抑制する手法を提案した。そして、通常配置時と提案手法適用時のストレージアクセス性能、HDD アクセス間隔を評価し、提案手法の適用により性能劣化なしに HDD アクセス間隔の拡大とストレージ省電力化が可能であることを確認した。また、アクセスの多いデータを分散する手法により性能劣化を抑制できることを確認した。

3. アプリケーション協調型ストレージ省電力

HDD 省電力化の研究の一つとして、西川らによるアプリケーション協調型大規模ストレージ省電力システムの開発と評価²⁾³⁾がある。当該手法では、ロングインターバルに基づき応用動作情報を用いて HDD の省電力を行う。

3.1 ロングインターバル

HDD の省電力化を実現するためには HDD を停止することが必要である。図 1 に HDD を停止したとき、再起動したときの消費電力の変化を示す。図の A の様に HDD を停止すると HDD が消費する電力を減少させることができる。また、図の B の様に HDD 再起動時に通常より多くの電力を消費する。そのため、消費電力を削減するには停止したことによる電力の減少分(A)が再起動した際の電力の上昇分(B)を上回っている必要がある。A>B のときの HDD 停止時間をロングインターバルと呼び、A=B のときの HDD 停止時間をブレイクイーブタイムと呼ぶ。

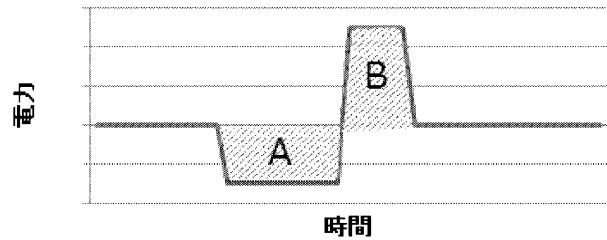


図 1 HDD 停止と再起動時の消費電力の変化

3.2 省電力化の実現

図 2 に、応用情報を用いたデータ再配置による省電力化手法²⁾³⁾を示す。本手法では、HDD の Read/Write とアクセス間隔を調べることにより、データを 4 つの種類に分類する。

P0 はロングインターバルがあり、Read/Write がほとんど行われないデータである。

P1 はロングインターバルがあり、Read が多いデータである。

P2 はロングインターバルがあり、Write が多いデータである。

P3 はロングインターバルが無く、Read/Write の要求が多いデータである。

P3 が少数でも存在する HDD では省電力化が行えないため、P3 を一つの HDD にまとめる。また、Read の多い P1 ではメモリへの先読みを、Write の多い P2 へは遅延書き込みを適応することにより、P1 と P2 のロングインターバルのさらなる増加を図る。これにより 79% の消費電力を達成している。

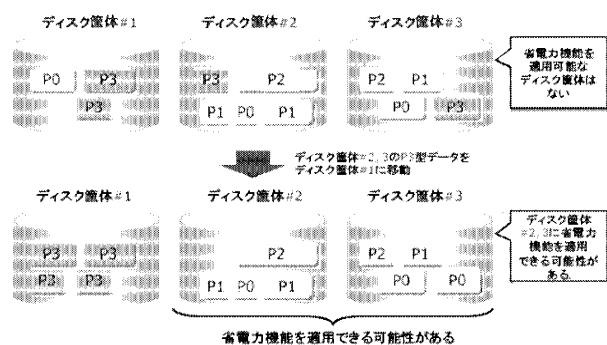


図 2 HDD 停止と再起動時の消費電力の変化

4. HDD 稼働時間の基本調査

HDD 上のレイアウト変更により HDD のアクセス間隔の拡大が可能であるか検討するために、仮想計算機の基本調査を行った。

4. 1 測定方法

本手法により HDD アクセス間隔が大きくなるかを評価するために、評価実験を行った。実験では、Xen を用いて 1 台の物理計算機上に 3 台の VM を起動させて行った。使用 HDD のロングインターバルの調査では、HDD に電力をデスクトップ PC 内の電源ではなく外付け電源から供給し、ワットモニターにより HDD の安定回転時、スピンドアウン時、再稼働時(スピニアップ時)、再安定回転時の電力の変化を測定した。アクセス数の調査では、各 VM 上でベンチマークソフト `tpccmysql` を実行した。HDD へのアクセス間隔は SCSI 層での I/O 要求の発行を監視し、性能(スループット)は各 VM 上の `tpccmysql` の結果を用いた。HDD は 4 台搭載されており、1 台は OS 用に使用し、3 台はデータ配置用に使用し VM 上のデータベースファイルを配置した。データ配置用の各 HDD 上には 1 台の VM のデータベースファイルを配置し測定した。

4. 2 ロングインターバルの調査

HDD の電力をワットモニターを用いて調査した。測定結果を図 3 に示す。図より、5 秒からスピンドアウンが開始され、11 秒からスピニアップが開始されている。再稼働時には安定回転時の 2 倍以上の消費電力が発生することがわかる。今回使用した HDD では、停止時間が 8 秒以上がロングインターバルであった。

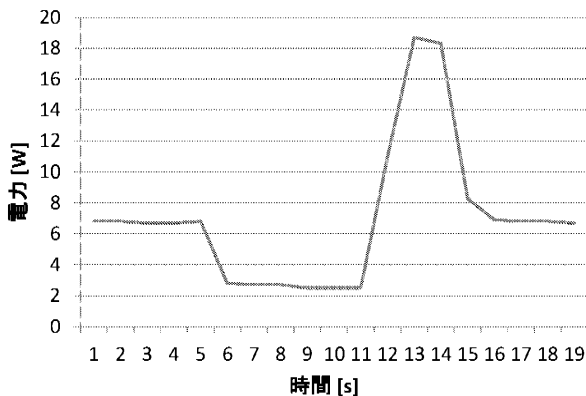


図 3 使用 HDD の消費電力

4. 3 テーブル毎のアクセス数の調査

`tpccmysql` の各テーブルへのアクセス数とアクセス間隔を調査した。測定時間は 2 時間である。アクセス数を図 4 に、アクセス間隔を表 1 に示す。図 4

表 1 各テーブルファイルへのアクセス間隔

テーブル名\アクセス間隔[秒]	0~10	10~30	30~100	100~
trade	426191	0	0	0
daily_market	317238	0	0	0
trade_history	155710	0	0	0
cash_transaction	73393	0	0	0
settlement	67728	0	0	0
holding_summary	9978	86	0	0
holding	6973	220	0	0
news_item	4372	55	0	0
watch_item	3974	55	0	0
holding_history	2570	233	33	0
customer_account	2031	93	67	0
financial	1980	203	3	0
zip_code	1202	246	13	0
last_trade	464	134	100	0
customer	397	185	58	0
account_permission	209	116	86	0
trade_request	87	152	90	0
customer_taxrate	180	17	26	28
broker	1	105	108	0
company	68	20	49	23
security	31	9	29	26
taxrate	16	4	16	33
company_competitor	1	1	12	29
watch_list	4	1	1	11
industry	0	0	0	16
address	2	2	3	9
exchange	0	0	0	8
sector	1	0	0	0

および表 1 より、アクセス数はテーブルによって異なり、多いものでは 40 万回以上、少ないものでは 1 回もアクセスが無いものもあり、ロングインターバルのあるテーブルファイルも複数存在することが分かる。このことからテーブルの配置を変更することによってアクセス間隔を拡大し、停止による省電力化ができるかと期待できる。

4. 3 データ配置用 HDD の I/O 処理速度およびアクセス間隔の調査

HDD に来る要求を SCSI 層にて監視し、1VM で測定を行い HDD の最大の秒間 I/O 処理速度(I_{max})を調査した。次に 3VM を稼働させ、各 HDD に 1VM のテーブルファイルを配置した。そして、各 HDD における IOPS と各 HDD のアクセス間隔を調査した。 I_{max} および IOPS は“SCSI 命令数/測定時間”で、測定時間は 2 時間である。

I_{max} および IOPS の測定結果を図 5 に、アクセス間隔を表 2 に示す。アクセス間隔はどの HDD においても 1 秒未満のものしかなく、ロングインターバルより短いアクセスしか見られなかった。しかし、図 5 より、1VM における IOPS が I_{max} の 2/3 以下なので、3VM 時におけるロングインターバルの無い

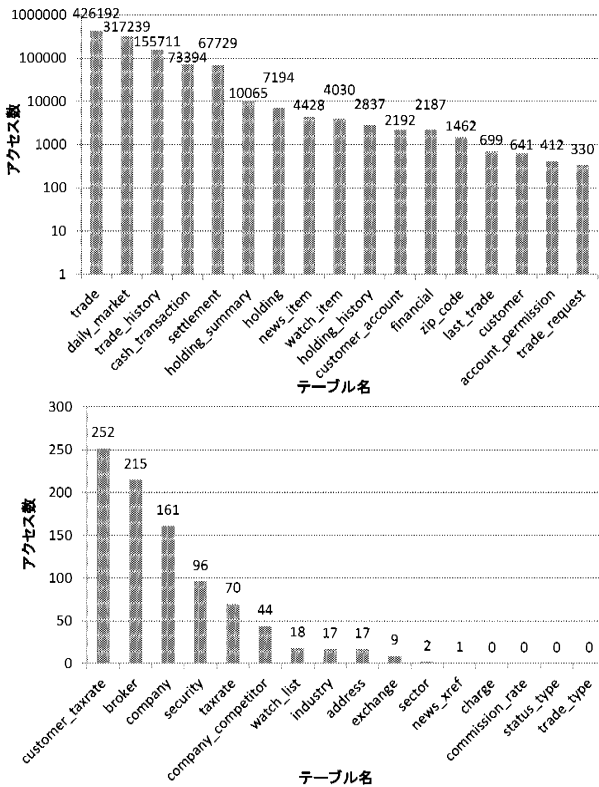


図4 各テーブルファイルへのアクセス数

テーブルファイルを 2HDD に集中配置し、残りの HDD にはロングインターバルを含むテーブルファイルのみを配置することにより、後者の HDD の省電力化が実現できると期待できる。

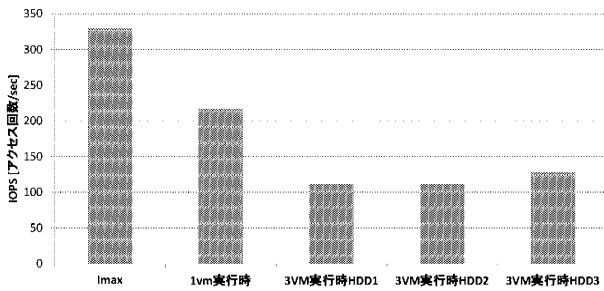


図5 IOPSの基本調査結果

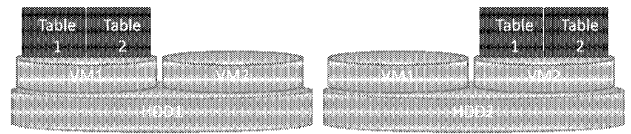
表2 アクセス間隔の測定結果

アクセス間隔 [sec]	アクセス回数
~10	0
10~1	209
1~0	474766

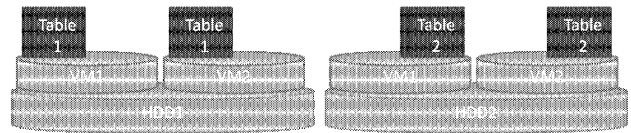
5. VM イメージファイル配置

複数の HDD に複数の VM のファイルを配置する場合、特定の VM のファイルを複数の HDD に分散配置すると、I/O バウンズの処理であっても I/O 使

用率の低下をまねきアプリケーション性能が低下することが考えられる。TPC-E の テーブルファイルの配置を図6に示す。

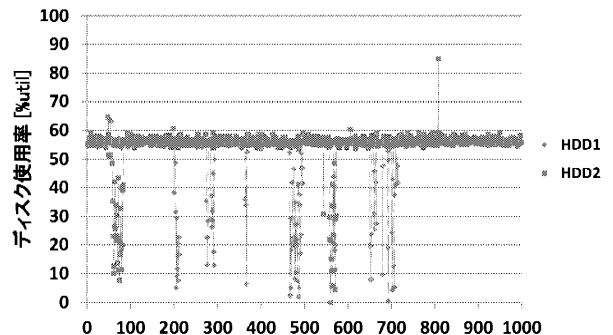


VM 配置手法 A(集中配置)

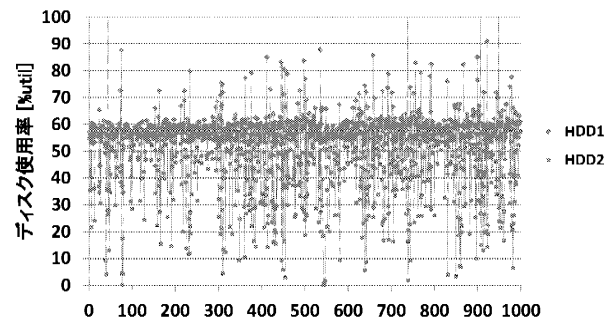


VM 配置手法 B(分散配置)

図6 VM イメージファイル配置



VM 配置手法 A(集中配置)



VM 配置手法 B(分散配置)

図7 配置による HDD 使用率

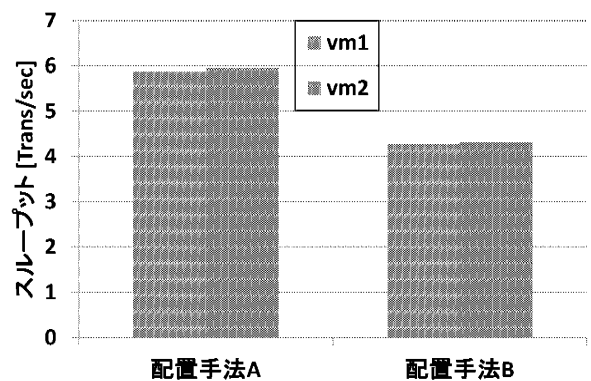


図8 配置手法によるスループット

図内の VM 上の Table1 と Table2 は TPC-E のテーブル群 1 とテーブル群 2 である。図 6 の配置手法 A の様に(1つの VM のテーブルを 1つの HDD に集中)配置した場合と、配置手法 B の様に(1つの VM のテーブルを複数の HDD にファイルを分散)配置した場合の HDD 使用率と TPC-E 性能を図 7, 図 8 に示す。

図 7 より、配置手法 A では常に高い HDD 使用率となっているが、配置手法 B では HDD 使用率が低下していることが多いことがわかる。配置 A では、I/O バウンドであるアプリケーションが常に I/O 要求を発行し続け、結果として HDD の使用率が低下することがない。これに対して配置 B では、両 VM が同一の HDD に対して I/O 要求を発行することにより、もう片方の HDD がアイドル状態となる。

図 8 より、アイドル状態の少ない配置 A の方がスループットも優れていることがわかる。また複数の VM にアクセスがある場合、VM 間での HDD のシークもスループット低下の原因となっている。

上記の結果から、VM のテーブルファイルは極力集中配置する方がスループットが優れると考えられる。

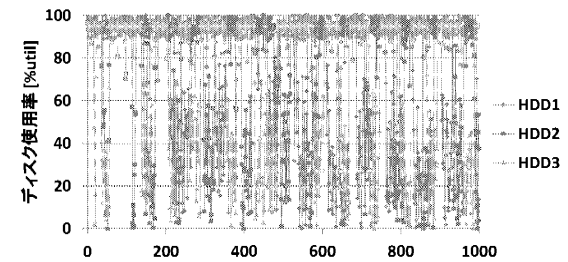
6. データ再配置によるアクセス間隔の拡大

ロングインターバルのあるデータを特定の HDD に集中配置することによって、HDD アクセス間隔の拡大を実現できると期待できる。本章にて、アクセス間隔の拡大の程度と、スループット低下の程度を評価する。具体的には、データ再配置前後の HDD のアクセス間隔とスループットを示す。

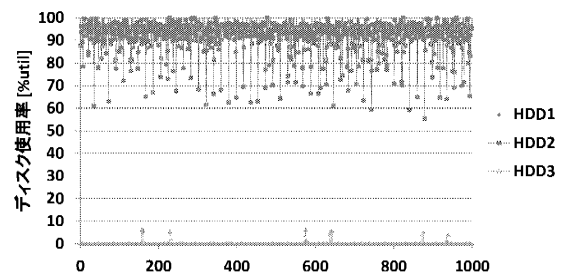
6. 1 データ再配置手法

ロングインターバルのあるテーブルファイルを一つの HDD に集中配置し、他の HDD にロングインターバルの無いテーブルファイルを移動することにより、その HDD のアクセス間隔の拡大を計る。VM 上のテーブルファイルは可能な限りまとめて配置する方が HDD 使用率が高くスループットが優れるため、再配置後もできる限り集中配置する。合計の VM 数をロングインターバルの無いファイルを配置する HDD 数で割り、剰余分は各 HDD に分散配置する。各 HDD 上に最低でも 1VM 分のファイルが集中配置

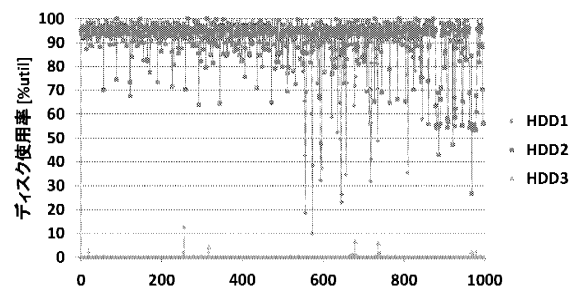
してあれば HDD 使用率は常に高くなると考えられる。



a. 再配置前



b. 再配置後手法 A(集中配置)



c. 再配置後手法 B(分散配置)

図9 再配置前後の HDD 使用率

6. 2 性能評価

3VM を使用して性能を評価した。再配置後の集中配置パターンは 2VM のロングインターバルの無いテーブルは 1つの HDD にまとめ、1つの VM は 2つの HDD にアクセス均等で分散配置する。

ロングインターバルのあるテーブルファイルを配置した HDD の再配置前後のアクセス間隔の測定結果を表 3 に示す。表 3 より、再配置前はロングインターバルの無いテーブルファイルが配置されているため、アクセス間隔は 10 秒以下しかないが、再配置後はロングインターバルのあるテーブルのみのため、アクセス数も減少し、60 秒以上や 120 秒以上の間隔

も複数確認できる。

再配置前後の HDD 使用率の結果を図 9 に示す。図 9 より、再配置前は 3 台とも HDD 使用率に余裕があり、それぞれの HDD で HDD 使用率が低下しているのがわかる。再配置後は配置後手法 A、B ともに HDD3 のみ使用率が著しく低下し、HDD1、2 はどちらも常に高い使用率であることがわかる。また再配置後手法 B では、HDD1、HDD2 の HDD 使用率の低下が配置後手法 A よりも多いことがわかり、集中配置のほうが HDD を良く使えていることがわかる。

再配置前後のスループットを図 10 に示す。図 10 より、配置後手法 A では vm3 のみを分散配置しているため、vm3 のみが大きく性能が下がっている。vm1 と vm2 で性能差があるのは vm3 との HDD 上の間隔が vm2 の方が近いため、vm2 が一番長く HDD を使用できたために性能が良くなった。配置後手法 B ではすべての VM の配置パターンが同じなためスループットは同じくらい低下している。平均で見ると配置後手法 A では 6%、配置後手法 B では 14% スループットが低下しているため配置後手法 A の方がスループットが良く、集中配置のほうの性能が良くなっていることがわかる。

表 3 再配置前後のアクセス間隔

アクセス間隔 [sec]	アクセス回数		
	再配置前	再配置後 (配置A)	再配置後 (配置B)
~120	0	19	19
120~60	0	15	20
60~30	0	9	7
30~10	0	1	0
10~1	209	43	46
1~0	474766	357	328

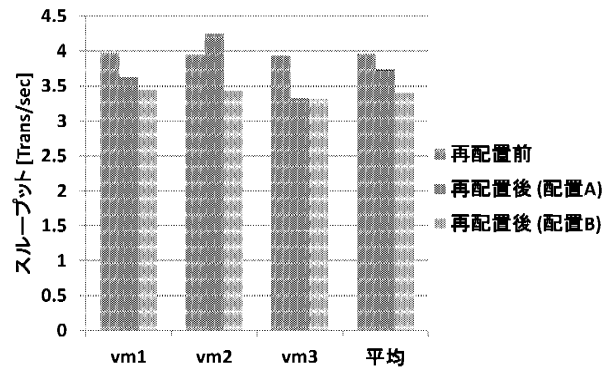


図 10 再配置前後のスループット

7. おわりに

本稿では、災害拠点の分散化のための低消費電力サーバシステムに着目し、データの再配置によるストレージアクセス間隔の拡大手法とそれによるストレージ消費電力の削減方法を提案した。具体的には、各 VM のテーブルファイルを可能な限り一つの HDD に配置することにより、少ない性能劣化で HDD のアクセス間隔を拡大する手法を提案した。

今後は平常時の運用と災害時の運用をシームレスに行うことを目的に、網制御方式やアプリケーションの詳細化を検討する。

参考文献

- 1) 畑崎恵介・高本良史、サーバ仮想化を用いたシステムの省電力ポリシー運用技術、信学技報, CPSYS20062) 村上正浩, 久保智弘, 久田嘉章, リアルタイム広域情報共有システム P. 181-184, 2012.
- 2) Norifumi Nishikawa, Miyuki Nakano and Masaru Kitsuregawa, "Energy Efficient Storage Management Cooperated with Large Data Intensive Applications," 28th IEEE International Conference on Data Engineering (IEEE ICDE 2012), 2012
- 3) 西川 記史 中野美山紀 喜連川 優, "アプリケーション処理の I/O 挙動特性を利用したディスクの実行時省電力手法とその評価: オンラインランザクション処理における省電力効果", 電子情報通信学会論文誌, J95-D, 3, 1-13 (2012.03)

分散型非常用電源供給システムの構築 — 風力利用発電システムによる検討 —

佐藤 光太郎*, 横田 和彦**

Key Words : Flutter, Wind-power generation, Flexible sheet, Jet, Circulation Control Wing, Coanda Effect, Fluid Force

1. 結 論

フラッタを利用した発電^{[1][2]}としては, Mckimney らの研究^[3]が広く知られている. これは剛体翼にリンク構造を用いて, フラッタを生じるように並進振動, 回転振動の位相差を拘束した構造によって翼フラッタを生じさせると共に, その機構を利用して, 翼フラッタを軸の回転振動に変え, それにより発電するものである.

一方, 従来の風車の作動範囲を広げるため循環制御翼 (Circulation Control Wing: CCW) の研究が進められている^{[4][6]}. CCW は翼の負圧面に吹出スロットを設け, 接線方向に吹き出しを行うことで噴流がコアンダ効果により円弧形状の翼後縁に沿って流れ, 揚力を制御するものである. CCW の循環量制御は噴流の運動量調整で行われるため, 空気源が確保できれば翼の幾何形状を変化させることなく揚力制御並びに失速抑制が可能となり, 風車の作動範囲拡大につながると思われる.

本研究では, 柔軟シートを回転支持し, その回転軸に発電機を繋いで発電するシステムを提案する. この発電方法は発電装置の構造が単純で, 携帯性が高いので被災地およびアウトドア分野での発電方法として期待できる. そこで本研究では回転軸に剛体・柔軟シートを支持し, さらに回転軸に繋がった支持棒の風上側に剛体を突き出すことで回転中心を変える. そして回転中心の位置がフラッタ風力発電に与える影響を調べた. 次に第二のテーマとして, CCW として最も単純な形状である前縁及び後縁が円弧形状の平盤翼に吹き出しスロット付の平板翼について数値的並びに実験的に解明を試みた. 主として実験ではスモークワイヤ法による流れの可視化と翼表面圧力計測, 数値計算では速度分布と圧力分布を求めることで CCW の空力特性と運動量係数および迎え角との関係について調べた.

2. 実験装置及び方法

図1に実験装置概略図を示す. 本研究では吹出型風洞を用い, その測定部は600×600mmの正方断面で全長3000mmである. 発電装置は測定部出口から1400mm上流に支持棒が鉛直になるように設置した. 発電装置は剛体部を発電機の回転軸が繋がった支持棒で回転支持し, シートのフラッタを発電機の軸の回転振動に変えて発電するシステムである. 発電機にはDCギヤードモータ (コバル電子製MG16B 減速比1/30) を用いた.

本実験では支持棒に剛体を取り付け, 剛体と柔軟体のそれぞれの長さ, 回転中心の位置を変えて実験を行った. 回転軸とシート材の固定方法, シート材のパラメータを図2に示す. 剛体としてステンレス板, 柔軟体としてゴムシートを使用した. ステンレス板およびゴムシートのパラメータを表1に示す. ヤング率はシート材のたわみから算出し, 密度は電子天秤を用いて, 重さと体積から算出した. シート材の固定方法として, 2枚のステンレス板(0.5mm)の間にゴムシート(1mm)

を挟み, 接着剤で固定した. そして中心に穴の開いた軸に, ステンレス材を取り付け, 3点をネジで固定した.

実験では送風機の回転速度をインバータにより制御することで風速を調節し, ピトー管と小型デジタル微差圧計GC30 (長野計器社製) を用い風速を求めた. シート材の鉛直方向変位を支持棒から20mm下流でCCDレーザ式のレーザ変位計 (キーエンス製LK-G150) を用い測定し, 変位データからFFTにより振動数を求めた. また, 発電機から発生する電流・電圧をデジタルマルチメータ (エーディーシー製ADCMT-7461A) で測定した. サンプルングデータ数はデジタルマルチメータの内部メモリの最大である10000とし, サンプルング周期は100 μ sに設定した.

そしてレーザ変位計からの信号, デジタルマルチメータの電圧・電流はサンプルング周波数10kHzで記録し, 自作トリガによって同時計測を行った. 計測器配置図を図3に示す.

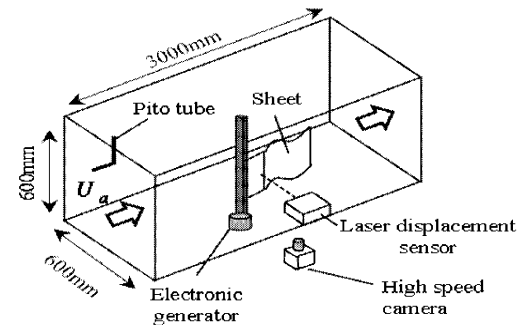


Fig. 1. Experimental setup

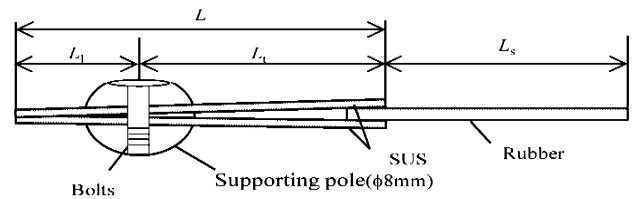


Fig. 2. Sheets setup

Table 1. Geometrical properties of rigid-flexible sheets

Material	SUS 304	Rubber
Density [kg/m ³]	7802	1526
Elastic ratio [GPa]	186	0.026
Thickness [mm]	0.5	1
Width [mm]	150	

* : 工学院大学グローバルエンジニアリング学部機械創造工学科

** : 青山学院大学理工学部機械創造工学科

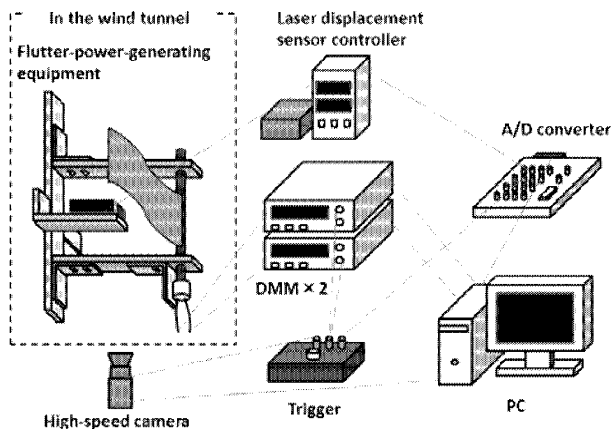


Fig.3 Experimental devices

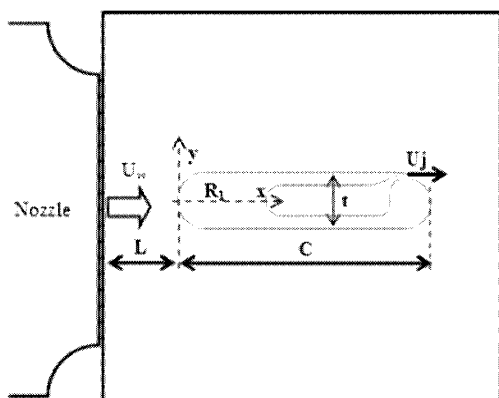


Fig.4 Schematic of test section and coordinates

図4に本実験で用いた実験装置概略と座標系および記号の定義を示す。CCWの実験には400mm×200mmの吹き出し口を有する開放型低速風洞を使用した。CCW試験片のコード長は $C=100\text{mm}$ であり、試験片前縁は半径 $R_0=11\text{mm}$ 、後縁は半径 $R_1=10\text{mm}$ の円弧形状となっている。またスパンは $w=200\text{mm}$ であり、スロット幅は $b=1\text{mm}$ である。試験片は風洞ノズルから150mmの位置に設置され、試験片両端はアクリル板で保持されている。なお試験片表面には $\phi=0.3\text{mm}$ の圧力計測孔がらせん状に設けられている。圧力計測にはデジタルマノメータDMP202N〔(株)岡野製作所〕を用いた。一方、流れの可視化にはスモークワイヤ法を適用した。ニクロム線は試験片前縁の上流側60mmと試験片後縁の下流側10mmの位置に配し、煙粒子の挙動についてはデジタルカメラEXLIM Pro EX-F1〔(株)カシオ計算機〕を用いてフレームレート300fpsで撮影した。本研究では主流速度 U_∞ 、噴流速度 U_j の場合の運動量係数を $C_\mu=(2U_j^2 b)/(U_\infty^2 C)$ と定義し、

ここでは主流速度 U_∞ と試験片コード長 C に基づくレイノルズ数 $Re=5.3\times 10^4(U_\infty=8.3\text{m/s})$ の条件下で得られた結果(計算結果を含む)について報告する。ただし、可視化実験ではスモークワイヤによる流れを鮮明にとらえるために $Re=1.9\times 10^4(U_\infty=2.9\text{m/s})$ で得られた結果を示す。また主流に対する迎え角を $AOA(\text{Angle Of Attack})$ として表記した。

3. 数値シミュレーション

数値シミュレーションには、非構造格子系熱流体解析システムSCRYU/Tetra for Windows〔(株)ソフトウェアクレイドル〕を用いた。図5にシミュレーションモデルの配置及び境界条件を示す。本研究では層流非定常の二次元非圧縮粘性流れを仮定し流れ場の解析を行った。境界条件として計算領域入口境界及び噴流出口(スロット)では流速を与え、計算領域出口境界では圧力一定条件を与えた。また上・下 $10C$ の外部境界を対称境界条件とした場合を便宜上、無限遠中に置かれたCCWの計算結果とした。試験片の各寸法は実験と同様に設定した。なお、本計算モデルのグリッド数は約340,000である。

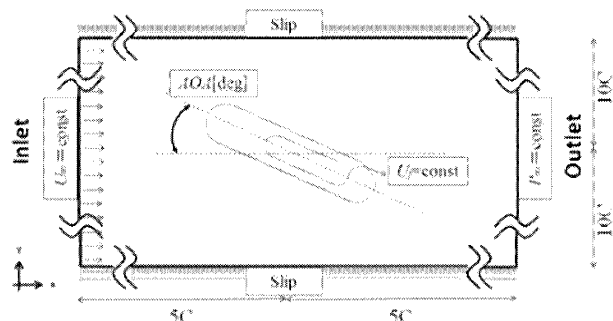


Fig.5 Numerical simulation domain and boundary condition

4. 結果および考察

4.1 電力・変位振幅・振動数

図6に剛体長さ $L=70\text{mm}$ 、シート長さ $L_s=100\text{mm}$ のシート材の回転中心の位置を変化させ実験を行った場合に得られた発電電力・変位振幅・振動数の一例を示す。横軸はすべて風速 $U=10\sim 22\text{m/s}$ とする。回転中心の位置に関わらず、風速の増加に伴い、発電電力は増加している。しかし、シート材が回転軸に前縁支持となる $L_f=4\text{mm}$ と比較し、 $L_f=14\text{mm}$ 、 $L_f=24\text{mm}$ と L_f の値が大きくなるにつれ、発電電力が小さくなっている。変位振幅について、 $L_f=4\text{mm}$ の場合については、風速の増加に伴い、増加しているが、 $L_f=14\text{mm}$ 、 $L_f=24\text{mm}$ の場合については、風速の増加に関わらず、変位振幅が小さい値を示している。振動数については、 $L_f=4\text{mm}$ の場合と比較し、 $L_f=14\text{mm}$ 、 $L_f=24\text{mm}$ の方が高い値を示している。これは

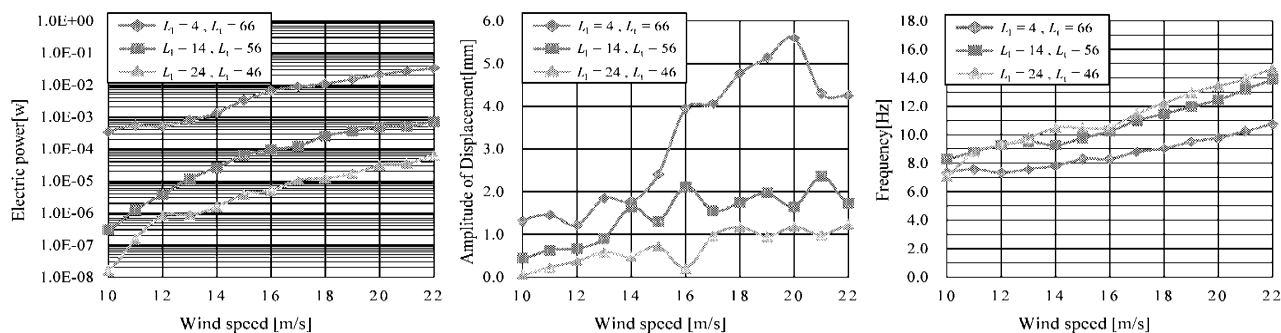


Fig. 6. Electric power, Amplitude of Displacement and Frequency of Experiment

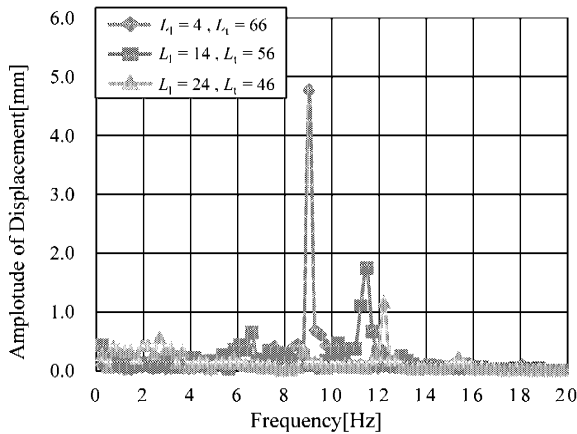


Fig. 7. FFT analysis of sheet displacement

回転軸から下流の長さが短いことが原因の一つと考えられる。このことから、シート材が回転軸に前縁支持となる位置から回転中心の位置を変えると、大きく発電効率が下がってしまうことが分かる。

4.2 FFT 解析結果

図7に剛体長さ $L=70\text{mm}$ 、シート長さ $L_s=100\text{mm}$ のシート材の回転中心位置を変化させた場合に得られた変位データをFFT解析した結果を示す。風速 $U=18\text{m/s}$ である。 $L_1=4\text{mm}$ の場合は、振動数 $f=9.0\text{Hz}$ で顕著なピークが見られたが、 $L_1=14\text{mm}$ 、 $L_1=24\text{mm}$ の場合では、小さな振幅の周波数ピークが複数あり、フラッタ振動が一定の挙動を示していないことが分かる。

4.3 シートの挙動

図8に $L=70\text{mm}$ 、シート長さ $L_s=100\text{mm}$ のシート材に対して回転中心位置を変えて実験を行い、ハイスピードカメラで撮影した画像を示す。風速 $U=18\text{m/s}$ である。それぞれ、1周期を8分割し、始点、終点を含む9枚の画像である。(a)の周期 $T=1.1 \times 10^{-1}\text{s}$ であり(b)の周期 $T=9.1 \times 10^{-2}\text{s}$ である。 $L_1=4\text{mm}$ の場合については、フラッタ振動中のシート材のねじれが少なく、1周期の始点と終点のシート材の様子が同じである。一方、 $L_1=24\text{mm}$ の場合では、フラッタ振動中のシート材のねじれが大きく、さらに、1周期の始点と終点のシート材の様子が異なっている。このことから、シート材が回転軸に前縁支持となる位置から回転中心の位置を変えると、フラッタ振動が不安定になってしまうことが分かる。

4.4 循環制御翼の空力特性

本研究では $t/C=0.22$ の結果について述べる。図9、10に $C_{\mu}=0.6$ の実験結果及び数値計算結果を示す。

図9はCCW周りのフローパターン及び圧力分布である。

(a)は $AOA=0[\text{deg}]$ 、(b)は $AOA=5[\text{deg}]$ の結果である。(i)はスモークワイヤ法による可視化写真、(ii)は時間平均ベクトル図である。図9(a)(i)及び(b)(i)の可視化実験では主流がCCWにより大きく曲げられ、特に前縁で剥離した流れが後縁付近で噴流により強制再付着させられるというCCWの特徴も観察できる。いずれの場合も翼の上流・下流で運動量が激的に変化していることが伺え、大きな揚力を作り出しているものと思われる。ただし、 $AOA=0[\text{deg}]$ の場合と比較して $AOA=5[\text{deg}]$ の方が剥離領域は大きくなっている。 $AOA=0[\text{deg}]$ で噴流速度 $U_f=0$ 、すなわち $C_{\mu}=0$ の場合には揚力は発生せず、本研究で用いた厚翼では翼の上下でほぼ対称に剥離が生じると考えられるが、 $C_{\mu}=0.6$ で後縁近くのスロットから噴流を与えることで、スロット上流の剥離領域も非対称となり、上側（負圧面側）の剥離領域が拡大、下側（圧力面側）の剥離領域が縮小したものと推察される。すなわち後縁近くのスロットから噴出される流れが上流の流れに大きな影響を及ぼしていることがわかる。(a)(ii)及び(b)(ii)の数値計算で得られたベクトル図も実験結果と同様の傾向を示しており、本実験結果と本計算結果とは定性的に一致していることが確認できる。ただし、定量的には $AOA=0[\text{deg}]$ 、 $AOA=5[\text{deg}]$ のいずれも剥離流れの再付着点に計算結果と実験結果に差異が見られ、計算による再付着点は実験で観察される再付着点よりも前方に位置している。この違いは計算が二次元流れを仮定しているのに対して、実験では翼端に側壁が存在するため厳密には三次元流れになっていることが、主な原因と考えられる。すなわち、実験では側壁近傍の剥離領域が小さく、翼中央での剥離領域は大きく現れるものと思われる。また、スロットから流出する噴流の剥離点にも実験と計算に定量的な違いが認められるが、定性的には両者は一致している。ところで、 $AOA=0[\text{deg}]$ の場合でも、翼の上下で噴流に起因する明確な流れ場の違いが確認できる。 $AOA=5[\text{deg}]$ で $C_{\mu}=0$ の場合でも翼の上下に圧力差が発生するが、ここでは上側（負圧面側）の剥離流れが再付着するため、閉じた剥離領域となり、低圧部が形成される。

図10に翼表面の圧力分布から求めた揚力係数 C_L と運動量係数 C_{μ} の関係を示す。中空プロット点・破線が実験結果、中実プロット点・実線が数値計算結果である。また、丸が $AOA=0[\text{deg}]$ 、四角が $AOA=5[\text{deg}]$ の結果である。実験、数値計算の両方で C_{μ} の増加とともに C_L が大きくなっている。

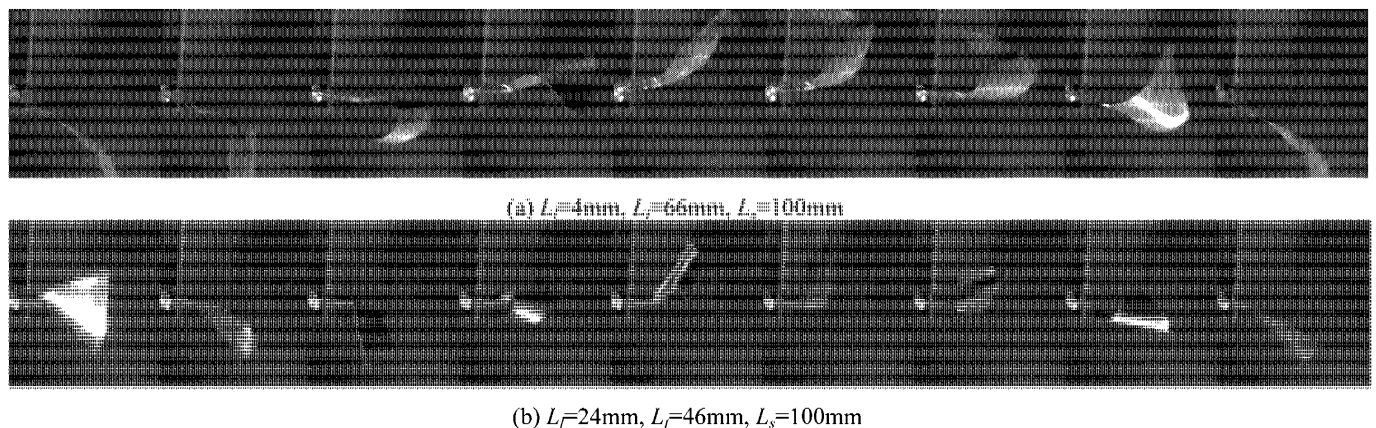


Fig. 8 Pictures of sheet flutter taken by high speed camera

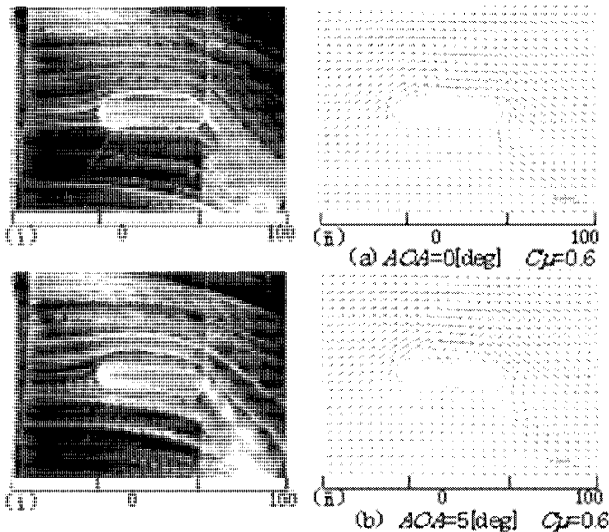


Fig.9 Flow patterns around a Circulation Control Wing
(i) : Flow visualization by Smoke wire method
(ii) : Velocity vectors by CFD

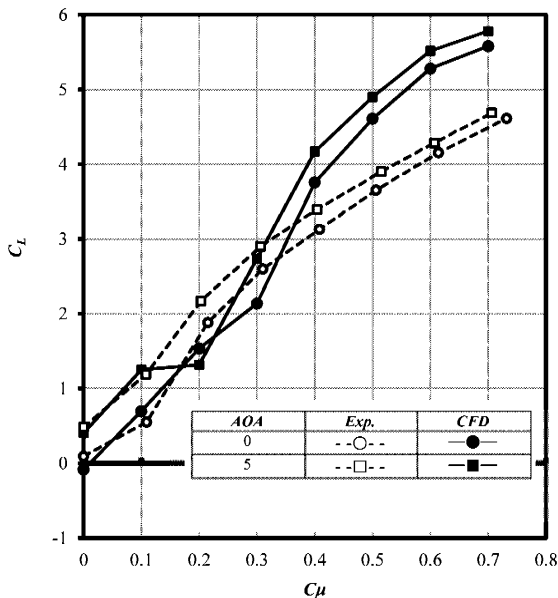


Fig.10 Relation between lift coefficient C_L and C_μ for various AOA at CFD and Exp.

実験結果, 数値計算結果それぞれ同一 C_μ において $AOA=5[deg]$ の値が $AOA=0[deg]$ の値を上回っている ($C_\mu=0.2$ の場合の数値計算結果を除く)。なお, 数値計算結果において, $AOA=0[deg]$ では $C_\mu=0.3\sim 0.4$, $AOA=5[deg]$ では $C_\mu=0.2\sim 0.3$ の間で, 実験結果では $AOA=5[deg]$ の $C_\mu=0.1\sim 0.2$ の間で揚力の急激な増加が認められる。これは上記の C_μ 付近で噴流の剥離点が後退するためであり, 剥離点の移動は C_μ が小さい時に厚翼後縁近傍に形成される死水領域が噴流の流速増加で縮小することに起因すると思われる。なお, 本図の条件範囲では揚力係数は迎角よりも運動量係数に大きく依存することが明らかである。

5. 結論

本研究ではフラッタを利用した発電並びに循環制御翼の空力特性の関する基礎的研究を行った。フラッタ発電に関する主な結論を1~4に, 循環制御翼に関する主な結論を5~8に示す。

1. 変位の振動数の急激な増加はシートのモード変化によるものである。
2. 変位の振幅および, 電力の急激な減少はシートのモード変化によるものである。
3. 風速の増加に伴い, 発電電力は増加する。
4. シート材が回転軸に前縁支持となる位置から回転中心の位置を変えると, フラッタ振動が不安定になり, 発電電力が減少する。
5. 実験と数値計算で得られたフローパターンは概ね一致しており, $C_\mu=0.7$ の場合には翼周りの流れが大きく偏向することがわかった。
6. 後縁が円弧形状の平盤翼では, 吹き出しを用いることで大きな揚力を得ることができるとわかった。
7. 翼前縁付近で剥離が生じる状況下でも, 吹き出しによる循環制御を行うことで, 剥離せん断層を再付着させることが可能であることを示した。
8. $AOA=5[deg]$ の場合, $C_\mu=0$ では迎角により翼前縁に負圧部が生じるのに対して, $C_\mu=0.7$ では翼後縁付近の負圧部が発生し揚力を生成することがわかった。

謝辞

本研究を遂行するにあたり, 青山学院大学助教 姜 東赫博士にご協力頂きました。また, 実験・数値計算の遂行には元工学院大学大学院 紙谷祐樹氏, 廣瀬夏穂氏, 元青山学院大学 市原祐飛氏, 田口寛氏, 藤森康彦氏の助力を得ました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- [1] Mckinney et al., Journal of Energy vol5,2,1981,109-115.
- [2] 市原ら, 日本機械学会関東支部第19期総会講演会, pp.385-386, 2013.3
- [3] Robert J.Englar, Overview of Circulation Control Pneumatic Aerodynamics: Blown Force and Moment Augmentation and Modification as Applied Primarily to Fixed-Wing Aircraft, *Applications of Circulation Control Technology*, pp23-68.
- [4] Cerchie, D., Halfon, E., Hammerich, A., Han, G., Taubert, L., Trouve, L., Varghese, P. and Wygnanski, I., Some Circulation and Separation Control Experiments, *Applications of Circulation Control Technology*, pp113-166.
- [5] Munro, S.E., Ahuja, K.K. and Englar, R.J., Noise Reduction Through Circulation Control, *Applications of Circulation Control Technology*, pp167-190.
- [6] 影山功郎, STOL 実験機「飛鳥」の開発, 日本機械学会誌, 第91巻, 第839号, pp.65-69(1988)

分散型非常用電源供給システムの構築 —独立型太陽光発電装置と短期発電予測—

太陽光発電，独立電源，無線通信，都市機能継続，発電予測

荒井純^{*}，小林浩昭^{**}

1. はじめに

建築・都市の減災と震災時機能継続に関する研究拠点の形成事業の研究設備として独立型太陽光発電システムを設置し動作確認をしてその特性を明らかにした。さらに装置としての電力供給力を高める研究を行った。

本システムの目的は，震災時に電力会社からの商用電源が停電することを想定し，その停電時にパソコンおよび無線通信機へ電力を供給することである。その電力の充電には自然エネルギーである太陽光発電を用いて，環境への配慮をしつつエネルギーを確保する構成としている。そして停電時に独立して電力を供給することにより遠方との通信を確保し，遠方との情報交換により減災さらには都市機能継続に役立てる装置である。

2. これまでの成果と今年度の成果

2010年度は独立型太陽光発電装置の基本設計，2011年度は装置の導入をした。2012年度は装置を運転して防災訓練時に模擬停電を起こして通信を行い設計時の当初の機能を確認した。電力の供給力を高めるために2013年度は発電出力の平準化の方法を研究⁽¹⁾。さらに2014年度（今年度）は太陽光発電の発電出力の短期予測手法を研究した。

3. 独立型太陽光発電装置

独立型太陽光発電装置の構成を図1（1点鎖線内）に示す。詳細は設備報告書を参照力⁽²⁾。発電電力の例として図2に1Hの発電電力を示す。雲の通過により発電電力が変動する様子がわかる。装置の特性として防災訓練時に模擬停電を起こさせて無線通信を行った。通信は目的通りに行えたが，ここでは本電源が尽きるまでは運転しなかったため，運転時の消費電力と蓄電池容量から供給時間を以下のように評価した。

八王子キャンパスの電源では下記となる。

$$\frac{\text{蓄電池の公称容量}}{\text{消費電力値}} = \frac{8960[\text{Wh}]}{88.8[\text{Wh}]} \\ = 100.9[\text{h}] \approx 4.2 \text{日}$$

さらに昼間のPVパネルからの発電があればその分電力供給量が増える。逆に電源装置には測定した回路の他にモニタが常時接続されているので，このモニタ電力消費を考慮する必要がある。これらのことを考慮した結果，八王子キャンパスの独立型電源の電力供給能力は，当初目的としていた2日間を満たしていると考えられる。

また新宿キャンパス側では下記となる。

$$\frac{\text{蓄電池の公称容量}}{\text{消費電力値}} = \frac{4250[\text{Wh}]}{19.2[\text{Wh}]} \\ = 221.3[\text{h}] \approx 9.2 \text{日}$$

新宿キャンパス側ではPVは無いので蓄電池容量が全てである。実際に停電した場合には通信用のパソコンへも電力供給する必要があり，その分を考慮して，やはり新宿キャンパス側電源も当初の目的である2日間を満たすと考えられる。

4. 太陽光発電の短期予測手法（本年度研究）

被災状況によっては停電期間がさらに長いことも予想される。蓄電池の充電状態と太陽光発電の発電出力の変動の予測ができれば，通信側である負荷の制御と組み合わせで，電力供給時間を長くすることができる。そこで本年度は太陽光発電電力の30分以内の短期予測手法を検討した。

3時間程度先の発電量の予測であれば，気象庁から得られる気象情報から大まかに予測することが可能であるが，数10分～30分程度先、かつ地域を限定した発電量は予測が困難である。局所的な雲の移動や形状変化が予測困難なためである。

* : 工学院大学工学部電気システム工学科

** : 工学院大学大学院工学研究科電気・電子工学専攻

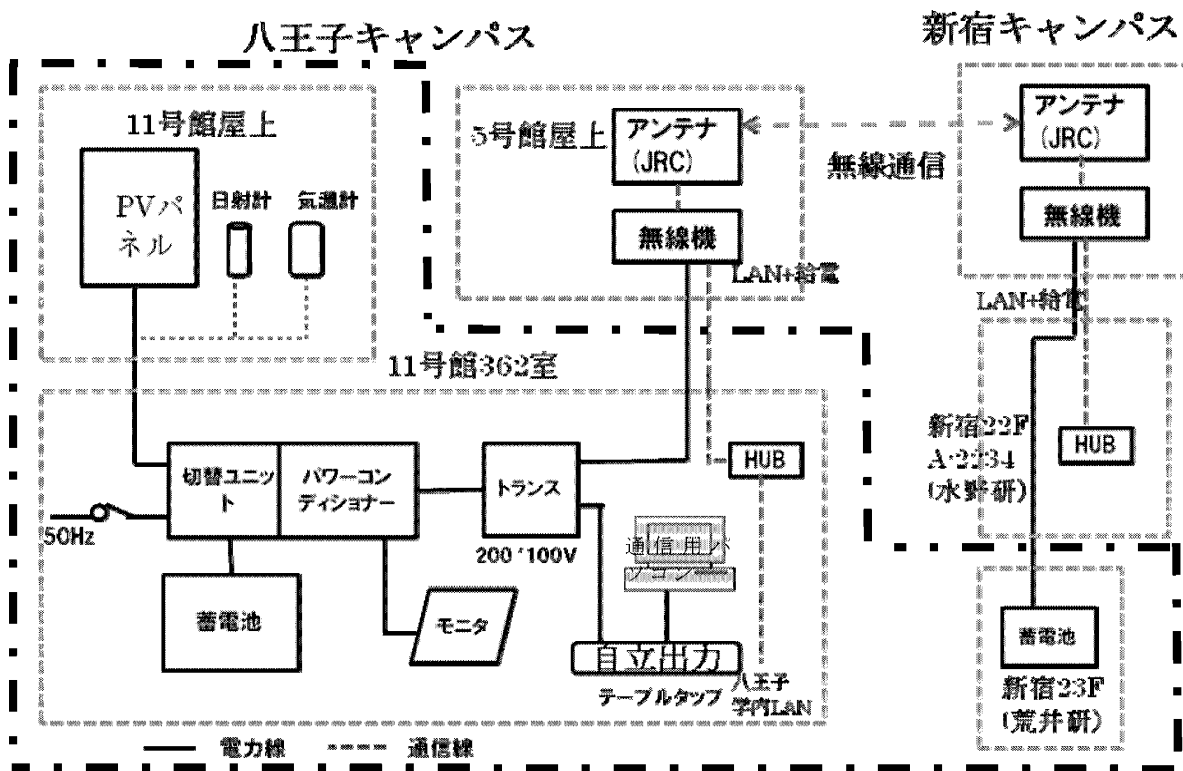


図1 独立型太陽光発電装置

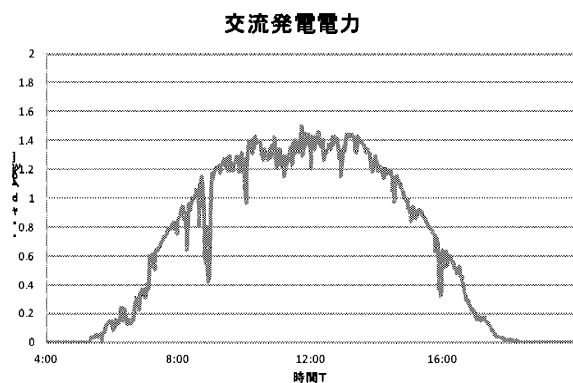


図2 発電出力例（2012年5月14日）

ここで研究した予測手法は、日本の天候は西から東に変化することを利用している。実験は、八王子キャンパスを始めとする都内5か所での観測データを用いている。西側の4地点の発電量データを用いて、目的地点である最も東側地点における発電量の予測を行っている。

この手法は、雲の移動や雲の形状変化を考慮し、おおむね30km東側、時間にして20~30分先の太陽光発電の発電量を予測できる。八王子キャンパスからおよそ35km東に位置する地点に新宿キャンパス

がある(図3)。

これら5か所には測定用の装置を新たに製作し、それを用いた。その測定器は5Wの太陽光パネルにマイコンで動作する可変抵抗器を接続し、その抵抗値を大~小へ変えて、その際の電圧と電流を計測する。その電圧と電流から発電電力を計算する。これを30秒毎に行い、記録する。その30秒ごとの測定データの中で最大発電電力を探し、それをその地点の発電量とした。ここでは日射強度を測定するのではなく、目的としていると同じ太陽光パネルを用いているので太陽光パネルの光の波長依存性の問題が発生しない。雲が西から東に移動するとこの測定器の発電出力変動が移動する。

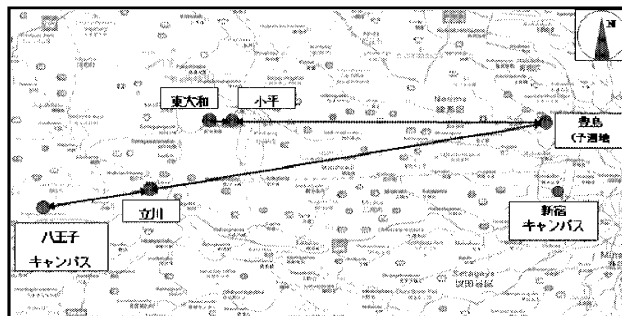


図3 測定地点地図

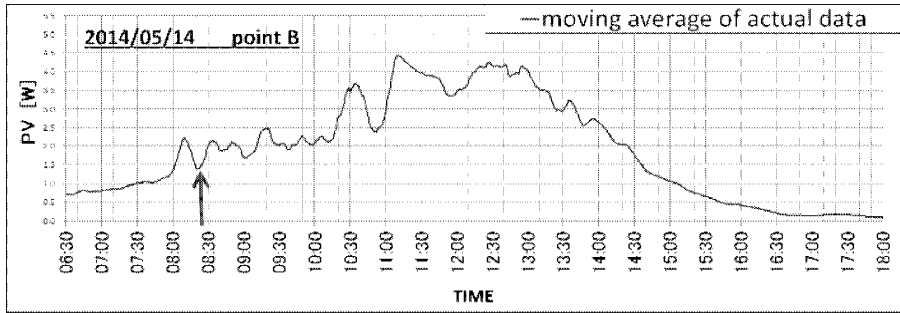


図4 (a) 発電出力例（八上子キャンパス 2014/5/14）

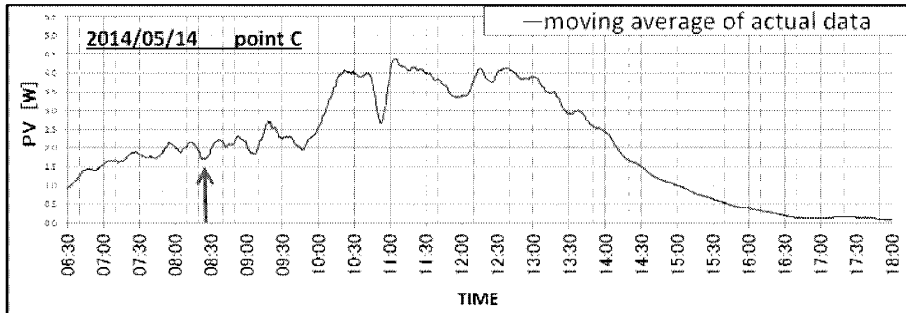


図4 (b) 発電出力例（立川市 2014/5/14）

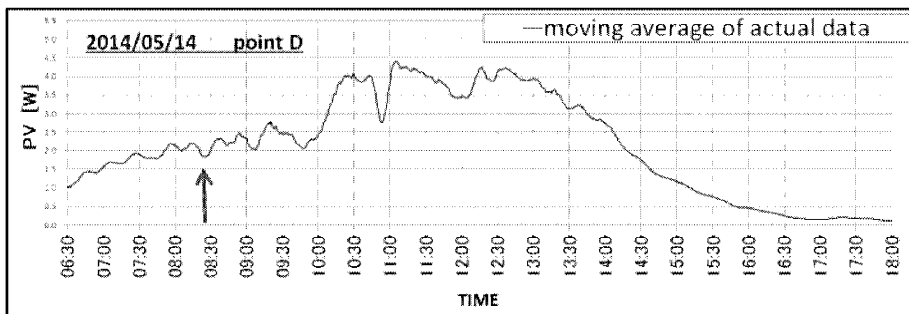


図4 (c) 発電出力例（東大和市 2014/5/14）

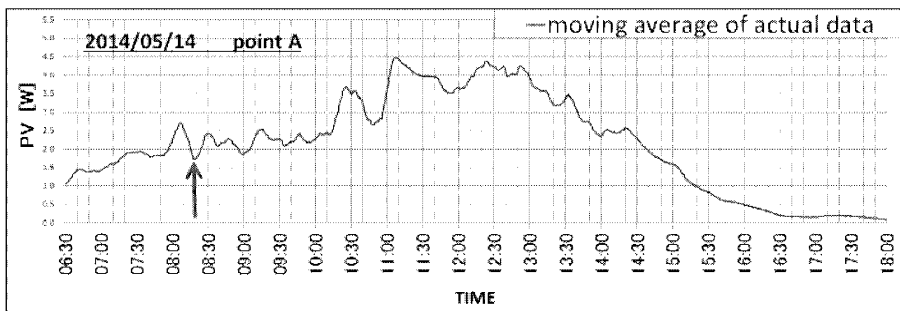


図4 (d) 発電出力例（小平市 2014/5/14）

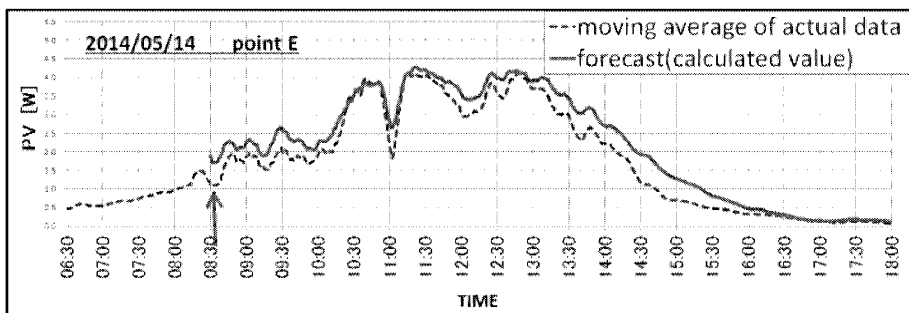


図4 (e) 予測地点発電出力例（豊島区 2014/5/14）赤：予測値、青：実測値

実際に検証を行った地点は少し北側の豊島区であるが、八王子からの距離は新宿とほぼ同じである。

図4(a)～(d)に西4地点の観測データおよび図4(e)に東に位置する豊島区の予測と実測値を示す。

図4(e)に示す東側地点の発電量予測（図の実線）は以下のように行われる。

①地点(a), (b), (c), (d)の2地点間の発電量の相関係数を求め、そこから各地点と(e)地点との雲の推定移動時間 τ を求める。

②各時刻における地点(a)～(d)の発電量データ P を合計して地点(e)の発電予測値を得る。ただし事前に雲の移動時間に相当する時間で時間軸を移動する。さらに目的地点(e)との距離の逆数に比例する重み係数 K を付加しておく。これらを式で表せば次式となる。

$$(e) \text{地点発電量予測値} = \sum (K_i \times P_i \times \tau_i), \quad (1)$$

ここでは $i = 1 \sim 4$

この例では、およそ9～11分先の発電量が予測できており、発電量誤差は時間帯にもよるが2～22%程度である⁽³⁻⁵⁾。

一般家庭にも太陽光発電設備が普及して来ているので、それらの発電情報を、停電時においても無線装置などにより収集可能であれば、リアルタイムによる目的地点の発電量予測が可能であることを示している。

5. おわりに

本研究では独立型太陽光発電装置を設置し、防災訓練時に模擬停電を起こさせて、本装置だけから通信無線アンテナ、通信用パソコンへ電力を供給して八王子-新宿間の情報伝送を行い、課題4.2と連携して初期の目的を達成した。さらに長時間の停電を想定して太陽光発電の発電予測を研究した。今後は発電予測を取り込んで通信用機器の運転停止をどのように制御すべきかの研究が必要であろう。

参考文献

- 1) 荒井純一, 他, 独立型太陽光発電システム, 総合研究所・都市減災研究センター研究報告書(平成22, 23, 24, 25年度)
- 2) 荒井純一, 市川紀充, 小林幹, 独立型太陽光発電システム, 総合研究所・都市減災研究センター(UDM)設備研究報告書(平成25年度)
- 3) 小林浩昭, 荒井純一, 他の地域の発電量データを利用した太陽光発電の短期予測, 電気学会 電力技術・電力系統技術合同研究会 pp.119-124(2014)
- 4) Hiroaki Kobayashi, Junichi Arai, Short-term Forecast for Photovoltaic Power Generation with Correlation of Solar Power Irradiance of Multi Points, World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS) 14th International Conference on ELECTRIC POWER SYSTEMS, HIGH VOLTAGES, ELECTRIC MACHINES pp. 89-94 (2014)
- 5) Hiroaki Kobayashi, Junichi Arai, Short-term Forecast for Photovoltaic Power Generation and Development of Measuring Equipment, 7th International Conference Information and Automation For Sustainability (ICTAFS) (2014)

EDLC を活用した独立型太陽光発電システムの蓄電部改善に関する一検討

キーワード（EDLC、鉛蓄電池、独立型太陽光発電システム、蓄電、切り替え）

米盛弘信* 小林 幹**

1. はじめに

近年、太陽光発電（Photovoltaic：PV）の導入は極めて活発に進展中である。その主要なるインセンティブは環境問題という視点から与えられていて、地球温暖化ガスの削減に寄与できるという、地球環境にやさしい発電として広く人々の理解を得ている。太陽光発電は、自家消費電力を超過したときに電力会社へ売電して収益の上げられる系統連系型の PV システムが広く販売されている。独立型 PV は、連系型に比べると華やかではないが着実にその応用分野を拡大してきている。単純なシステムの一例は庭の夜間照明器具としての応用商品などがある。

一方、地震防災に関する各種施策が国と地方自治体が主体となって活発に推進されている。中でも都市が地震災害などから被る経済的な損害を最小に留めるという取組みが重要である。民間では「事業継続マネジメント」という視点から地震被災後の早期復旧を主旨とする対応策の確立が推進されている。

本稿では、都市災害における通信路維持を目的として系統に頼らない独立型 PV に注目した電源構築について述べる。筆者らは、特に蓄電部へ注目し、EDLC を活用した鉛蓄電池の劣化を抑制する一方法について、過去に UDM 報告書にて報告した内容を総括する。

2. 災害時における電源確保

非常用の電源としては、大規模であれば貯蔵燃料を必要とするタービン発電機が主要な設備である。その貯蔵燃料の確保や平常時における管理などに課題があり、地震災害時に信頼のおける発電設備というには問題点を指摘できる。ここに、独立型 PV システムは燃料の貯蔵が不要であり、災害発生時の燃料供給途絶の心配がないメリットがある。独立型 PV システムは、大電力の供給が不可能であっても、通信系の電源としての有効活用を期待できる。本発電を地震災害時の通信用電源として設置するときの最大の特長は、一般的には長期に及ぶ地震発生を待機

期間中に、燃料経費をはじめとするメンテナンス経費が僅少であり、常時にはこの発電電力を別の用途へ流用できることである¹⁾。

図1に本主旨によるシステム構成を示す。定電圧定周波数無停電電源装置（Constant Voltage Constant Frequency：CVCF）を経由して PV 出力の一部を平常時に電力品質があまり問題とならない用途で利用する。蓄電部は必須の設備であり、PV モジュールの発電電力量を無駄なく貯蔵可能とする蓄電容量を、平常時負荷電力とのバランスを考慮して実験的に見いだす必要がある。

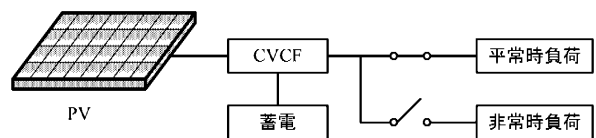


図1 地震災害時に活躍する独立型 PV システム

独立型 PV システムを災害時に活用するには、長期にわたってメンテナンスフリーであることが望まれる。我々は、運用年数が15年を経た独立型 PV の現地調査を実施して、PV 設備の長期運用に関する技術的な主要課題として、以下を見いだしている²⁾。

- ① 温度上昇と出力低下
- ② モジュール表面の汚染による出力低下
- ③ 二次電池の保守・管理
- ④ 植物繁茂など日影による出力低下
- ⑤ 端子部や電線絶縁部などの腐食発生
- ⑥ 管理者の欠落に伴う荒廃の加速
- ⑦ 台風、地震、積雪などの荷重負荷に耐える架台

屋外に設置される PV は、電気機器としては長期運転の使用実績に乏しい設備であり、15年を経過した設備からは学ぶべき事柄が多く見いだされた。ここに摘出した課題は、どれも独立型 PV を地震災害時の非常用電源として活用するうえで重要な研究課

* : サレジオ工業高等専門学校機械電子工学科

** : 工学院大学 名誉教授

題になっている。これら課題の中で、モジュール表面の汚染に関しては文献2等を参照頂くものとして、本稿では「蓄電」の課題に関する研究成果を述べる。

最も簡単な独立型 PV システムの電力回収方法の基本原則を図2に示す。十分な日射がありパネル電圧 V_{PV} が二次電池などの負荷が必要としている電圧より高い場合は、パネル電圧 $V_{PV} >$ 二次電池電圧 V_B になるので充電電流 I が二次電池に供給される。しかし、負荷が必要としている電圧にパネル電圧が達していない場合は、負荷へ電流が流れないため電力を回収できない。また、日射が少ないとき PV の発電電力は大きく減少し、負荷に対して十分な電力を供給できない。すなわち、日射が弱いときや安定していないときでも蓄電できる技術開発が必要である。さらに、図2に示す二次電池は充放電サイクルを繰り返すと劣化が激しくなるので定期的な交換が必要となる。これらの問題点を踏まえて災害時に活用可能な独立型 PV を構築する必要がある。

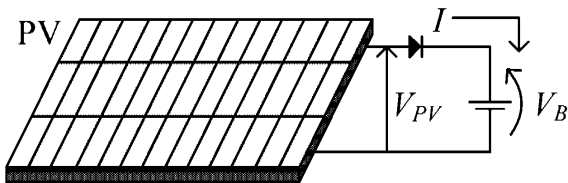


図2 PVパネルと二次電池の電圧関係

3. EDLCによる蓄電部の改善

表1に二次電池として用いられる鉛蓄電池と近年需要が拡大している EDLC（Electric Double-Layer Capacitor）の特徴を示す。鉛蓄電池の充放電回数は、約300回であるのに対して、EDLCは10万回以上の充放電が可能である。したがって、蓄電部に EDLC を採用することは、独立型 PV システムを安定的かつ長期運用する際の重要な選択肢といえる。しかし、鉛蓄電池と EDLC が実環境下でどのように充電されるかを把握しなければ、充電システムの設計が困難である。そこで、実環境下で両者の充電特性を明らかにする。

表1 電気二重層コンデンサと二次電池の比較³⁾

	電気二重層コンデンサ	鉛シール電池
電極材料	活性炭	PbO ₂ , Pb
電解液	有機溶媒	水溶液
蓄電方法	化学反応なし	化学反応
充放電回数	10万回以上	300回
環境性	有害性少ない	Pb

3. 1 構築した PV システムによる充電実験

図3に構築した独立型 PV システムを示す。YMT 社製 15W の PV モジュールで発電した電力を MPPT に通してから蓄電部へ充電する。そして、タイマを用いて 19:30~3:00 の間、負荷へ放電する。蓄電部は、鉛蓄電池：12V-11Ah×1 個および EDLC：2.5V-1000F を 6 直 4 並にしたものを使用する。負荷は、巻線抵抗 4Ω として、放電電流は 3A とした。日射計は英弘精機株式会社製の MS-602 を使用した。このときの電圧と電流および日射を HIOKI 社製 MEMORY HiLOGGER “8430” を用いて測定した。本実験では、PV モジュール—MPPT—鉛蓄電池と PV モジュール—MPPT—EDLC の場合を同時に測定することによって、蓄電部の違いが充電電力に与える影響を確認する。

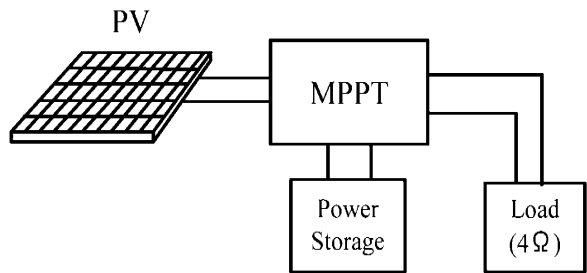


図3 充放電制御システム

3. 2 実験結果

図4に、雨の日（低日射時）の充電特性を示す。鉛蓄電池と EDLC の充電電力を比較するとほぼ等しいことがわかる。これは EDLC を二次電池と等価交換できることを示している。すなわち、二次電池と EDLC を併用することで、①PV から供給される電力の変動を EDLC で吸収、②二次電池の充放電回数を減らすことで性能低下の低減が期待できる。

4. 蓄電部の改善案

第3章の実験結果を受けて、図5に蓄電部の改善案を示す。図5に示すように提案法は EDLC と鉛蓄電池を条件によって接続を切り替えることで鉛蓄電池の性能低下を低減することを目的とした方式である。図5(a)の場合は EDLC を主要蓄電部とし、鉛蓄電池は接続していない状態とする。EDLC が満充電になったときに図5(b)のように鉛蓄電池と EDLC を接続して EDLC から鉛蓄電池へ電力を供給する。

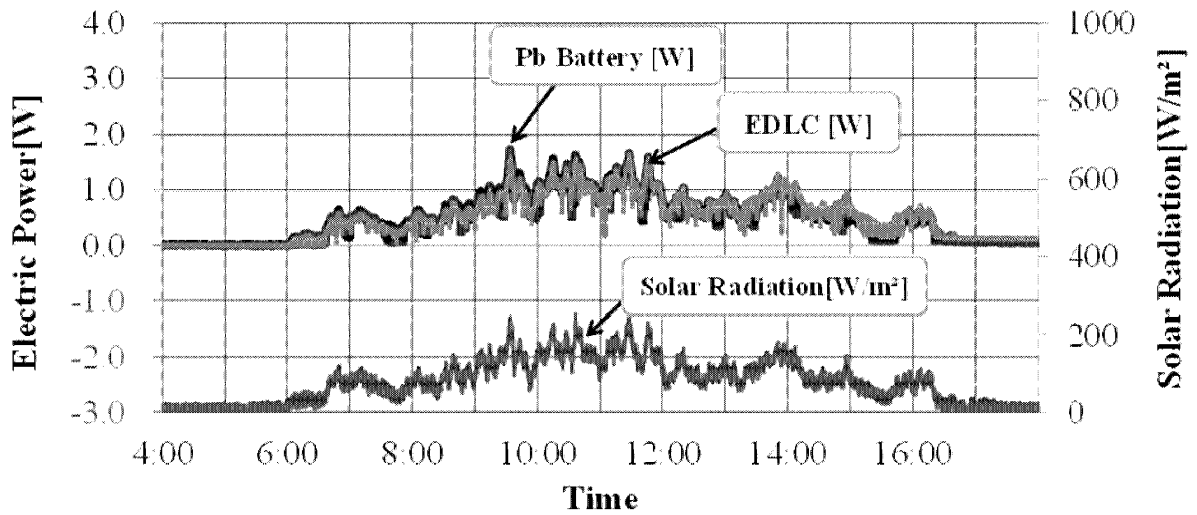
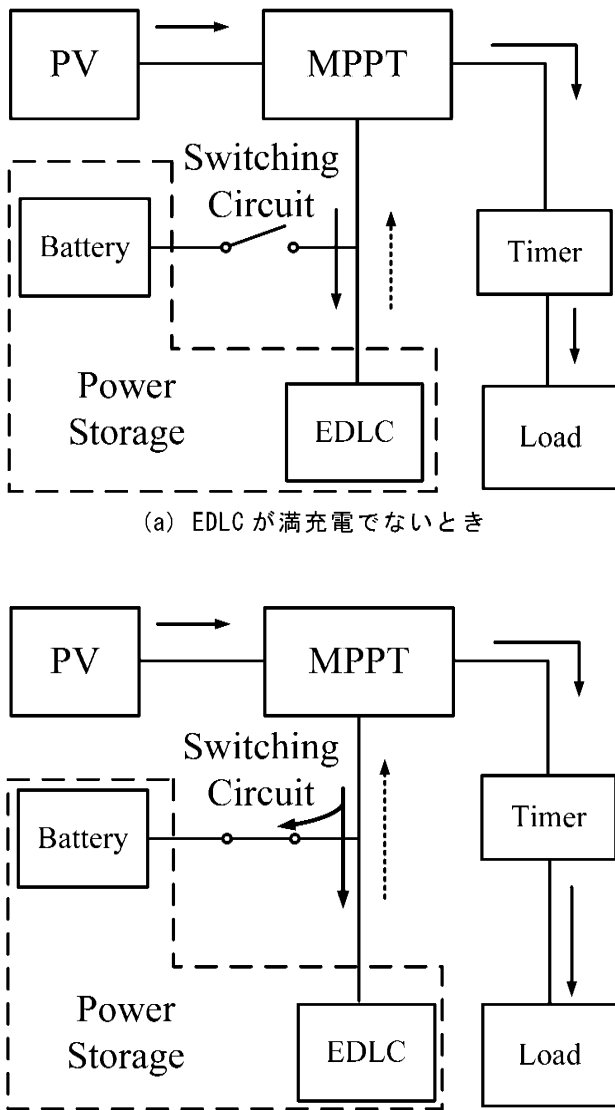


図4 鉛蓄電池とEDLCの充電特性比較



(a) EDLCが満充電でないとき

(b) EDLCが満充電のとき

図5 システム改善案

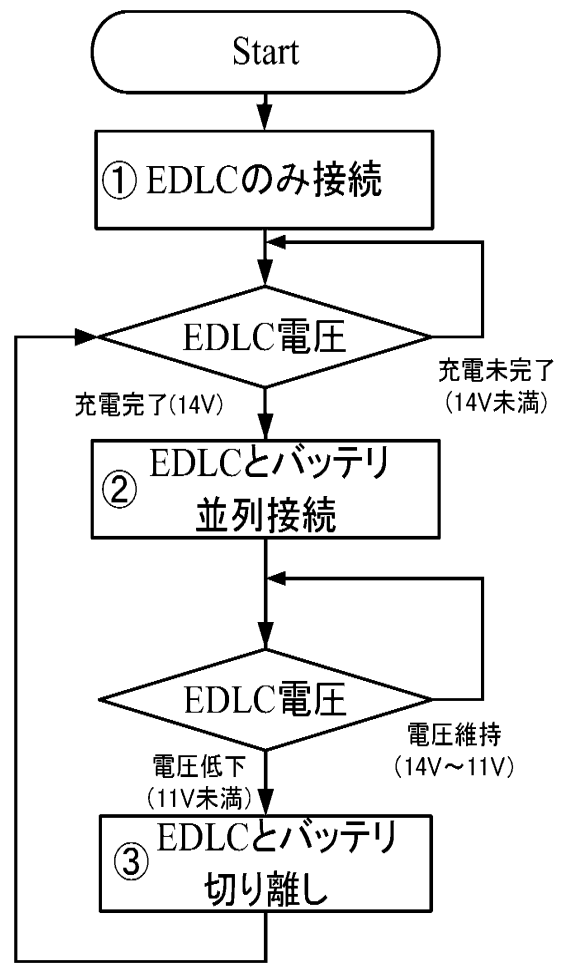


図6 EDLCと鉛蓄電池の切り替えフロー

4.1 システム切り替え条件

図6にシステムの切り替えフローを示す。提案する蓄電部の改善案は、自作した切り替え回路によりEDLCと鉛蓄電池を切り替えてエネルギー回収するシステムである。切り替え条件は、以下のとおりである。

- ① EDLCを基本蓄電部として充電。このとき、鉛蓄電池はEDLCと接続しない
- ② の状態でEDLCの電圧を測定し、満充電のときに鉛蓄電池を並列接続して充電
- ③ の状態で負荷に接続したEDLCの電圧が11V未満のときに鉛蓄電池とEDLCを切り離して①の状態に戻る。

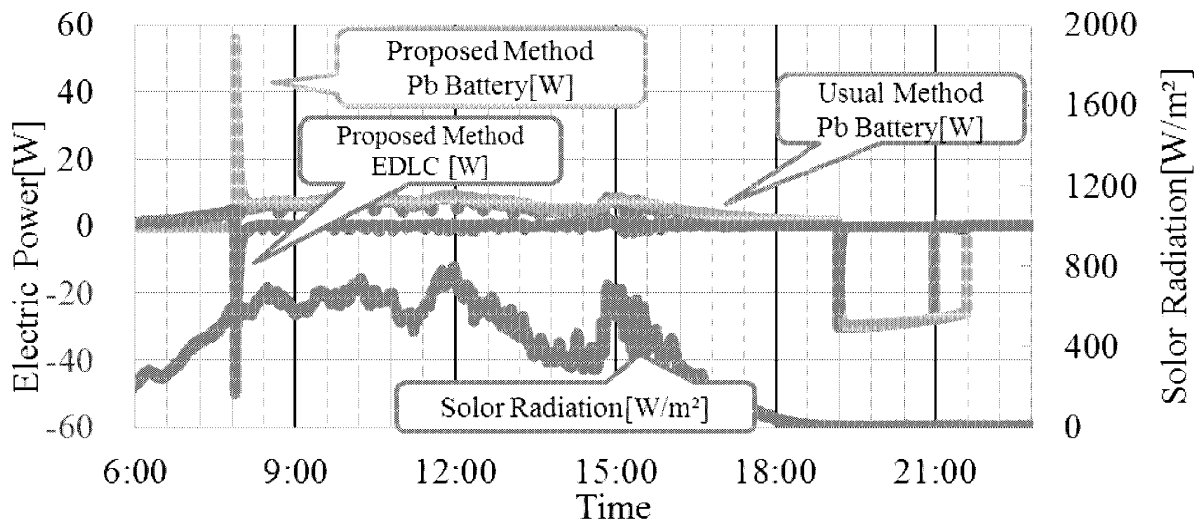
以上のように鉛蓄電池の使用頻度を下げることで性能低下の改善を期待する。

4.2 実験方法

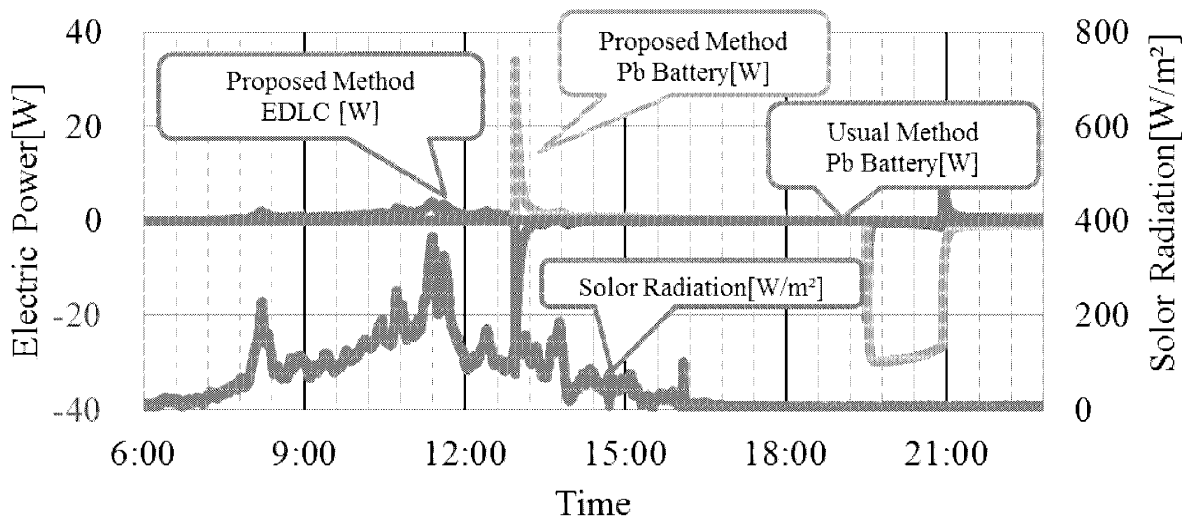
図3の蓄電部を従来法（鉛蓄電池のみ）と提案法（図5）にして両者を同時に測定することで蓄電部の違いが充放電特性に与える影響を確認する。

4.3 実験結果

図7に従来法と提案法の充放電特性を示す。図7(a)は晴れの日での充放電特性である。6:00~7:30は、「PVモジュールからEDLCのみの充電」（提案法）、「PVモジュールから鉛蓄電池へ充電」（従来法）の状態である。7:30ごろでは、提案法におい



(a) 晴れの日



(b) 雨の日

図7 提案法と従来法の充放電特性

て EDLC と鉛蓄電池が並列接続され、PV モジュールと EDLC から鉛蓄電池に充電されている。19:30～21:30 の放電期間をみると、放電時間は従来法よりも提案法の方が長いことがわかる。

図 7(b)に雨の日の充放電特性を示す。6:00～13:00 に着目すると提案法の EDLC のみが充電されており、従来法の鉛蓄電池単体では充電できていないことがわかる。これは日射量が低く PV モジュールの発電電力が小さいことに加え、鉛蓄電池と EDLC の内部抵抗の違いで充電の可否が生じたと考えられる。13:30 頃に EDLC の放電電力と鉛蓄電池の充電電力が等しいことから EDLC に蓄えられた電力で鉛蓄電池を充電していることがわかる。これは EDLC が満充電となり、鉛蓄電池が EDLC と並列に接続されたことを意味する。また、17:30 頃に従来法は放電できていないのに対して、提案法は放電できていることがわかる。したがって、提案法は低日射時でもエネルギー回収できていることを明らかにした。すなわち、EDLC を組み合わせることは蓄電部改善に有効であることが期待できる。

なお、放電終了時に図 7(b)において EDLC に充電していることが確認できる。これは、鉛蓄電池から EDLC に充電していることを意味している。内部抵抗が低い EDLC は鉛蓄電池よりも先に放電するので鉛蓄電池より電圧が若干低くなる。したがって、EDLC と鉛蓄電池が並列接続状態では図 7(b)の現象が生じる。しかし、図 7(a)は同様の現象が確認できない。図 7(a)は MPPT 内部の放電回路が放電停止と同時に自作切り替え回路によって EDLC と鉛蓄電池を切り離している。したがって、EDLC の方が鉛蓄電池より電圧が低くても EDLC に充電されることがない。本来、図 7(a)の状態が理想状態である。しかし、MPPT 内部の放電回路が自作切り替え回路のしきい値電圧よりも高い状態で放電を停止すると図 7(b)の状態のように EDLC と鉛蓄電池が並列状態を維持することとなる。どのような状況下でも図 7(a)の状態となるように切り替え回路の改善が必要と考えられる。

5. 提案法の改善

第 4 章で提案したシステムは、EDLC と鉛蓄電池を切り替え回路で接続し、エネルギー回収を増強するシステムである。表 2 に従来法と提案法を 3 ヶ月間動作させたときの鉛蓄電池の内部抵抗を示す。表

2 を見ると提案法の鉛蓄電池の方が約 $3\text{m}\Omega$ 内部抵抗が高いことがわかる。これは、EDLC と鉛蓄電池を接続したときに過渡的な充電電流が流れるため、長期運用した際、鉛蓄電池に過負荷がかかり劣化したと考察できる。そこで、電流制限が可能な DC-DC コンバータ回路を追加することで EDLC から鉛蓄電池に流れる電流を制御する。電流制限をかけることで鉛蓄電池の負担を軽減し、劣化が抑えられると考えられる。ここで、導入する電流制限回路の性能を評価する必要がある。本報告で用いる電流制限回路は株式会社 日新テクニカ製 “LM2596 Buck Converter” である。

表 2 従来法と提案法の鉛蓄電池の内部抵抗

	鉛蓄電池の内部抵抗 [$\text{m}\Omega$]	
	従来法	提案法
初期値	28.50	28.30
3 ヶ月後	33.44	36.95

5.1 実験方法

電流制限回路の有無を比較するために実験を行う。図 8 に実験用の充電システムを示す。ここでは、簡単化のために PV モジュールを直流安定化電源で模擬した。直流安定化電源は、KIKUSUI 社製 “PWR400R” を使用した。蓄電部は、EDLC (2.5V-1000F) を 6 直列接続したものと鉛蓄電池 (12V-11Ah) 1 個を切り替え回路 1 により並列接続できるものを使用する。以上の条件で蓄電部の電圧と蓄電部に流れる電流を HIOKI 社製のデータロガーで測定する。本実験では、直流安定化電源から EDLC に充電する。直流安定化電源を 14V に設定して EDLC を満充電にする。切り替え回路 1 を用いて満充電の状態の EDLC を鉛蓄電池と並列接続された状態にする。蓄電部内 (EDLC と鉛蓄電池) の充放電特性を測定することで電流制限回路の評価を行う。

5.2 実験結果

図 9 に電流制限回路の有無による充放電特性を示す。図 9 (a)より、切り替え直後に EDLC から鉛蓄電池に過渡的な電力を供給していることがわかる。これは切り替えした際に過大な電流が鉛蓄電池に流れるためである。一方、図 9(b)は切り替え直後からほぼ一定の電力で鉛蓄電池に電力供給しているため、

過渡な電流を抑制できていることがわかる。また、双方の鉛蓄電池における充電電力を比較したところ電流制限回路なしでは約 1.42 Wh、電流制限回路ありでは約 1.41Wh である。EDLC の放電電力と鉛蓄電池の充電電力から変換効率を算出したところ 90% 以上であり、電流制限回路による損失がほとんどないことがわかる。したがって、電流制限回路を導入することで鉛蓄電池の負担軽減が期待でき、独立型 PV システムの長期運用にも有効であると考えられる。

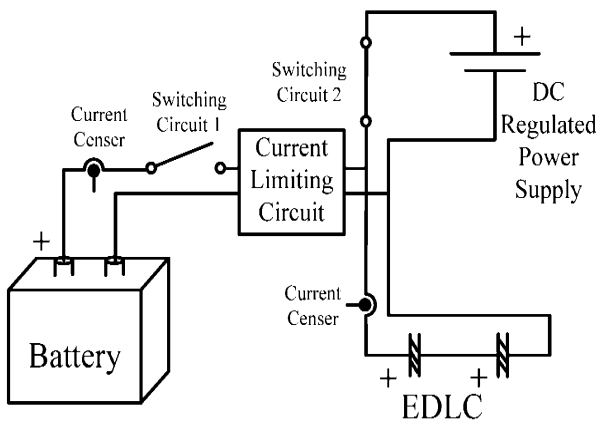


図8 充放電制御システムの構成

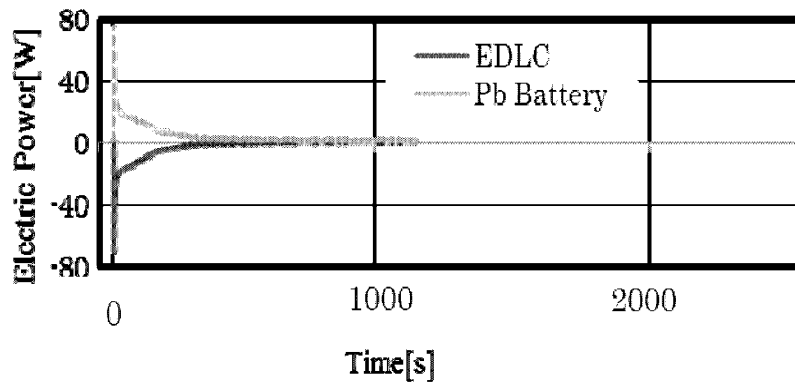
6. おわりに

本稿では、独立型 PV の減災への用途を意図して、充電効率向上のために EDLC の導入意義を実験的に検証した。EDLC は鉛蓄電池の代替品になることを実験的に示し、EDLC と鉛蓄電池を組み合わせたハイブリッド充電によって鉛蓄電池の劣化を抑制できることを明らかにした。独立型 PV の実用化へ向けては、第2章で示した通りに各種課題があり、各方面からの技術開発に期待が寄せられている。

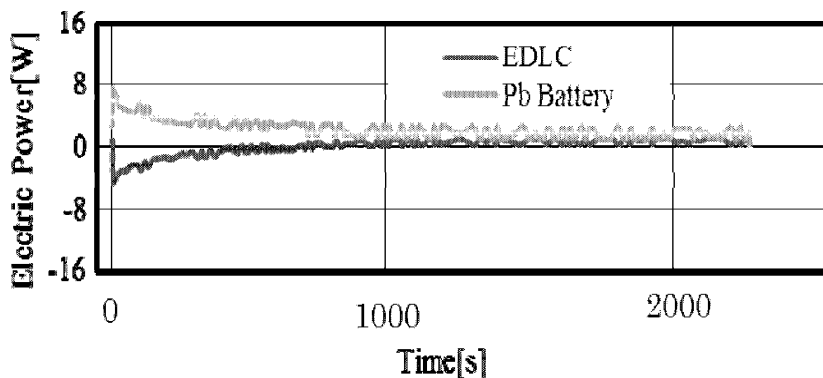
今後は、本報告で提案した電流制限回路を付加したシステムを長期運用した際の発電データと蓄電部の劣化具合を測定することでシステムの有効性を検討する予定である。

参考文献

- 1) 小林 幹, 米盛弘信: “安全・安心に有効である独立型 PV の提案”, 2009年電気学会産業応用部門大会講演論文集, pp.Ⅱ-119-Ⅱ-120, 三重大学 (2009-09)
- 2) 遠藤勇徳, 小林 幹: “へき地における独立型 PV システムの活用—光触媒によるセルフクリーニング効果の検証—”, 2007年(第25回)電気設備学会全国大会, pp.221-222, 広島工業大学 (2007-09)
- 3) 西野 敦, 直井勝彦, 「電気化学キャパシタの開発と応用Ⅱ」, シーエムシー出版, pp.28, (2007)



(a) 電流制限回路なし



(b) 電流制限回路あり

図9 電流制限の有無による充放電特性の比較

信頼性の高い電子機器の設計に関する研究

キーワード（帯電物体、誘導電圧、誤動作・故障、電子機器設計）

市川紀充*

1. はじめに

東日本大震災の発生により、太陽光発電設備等を活用した非常用電源設備が普及しているが、非常時にその設備が動作しない等のトラブルが発生することがある。また静電気や感電等が原因で太陽光発電設備の制御装置（電子機器）が誤動作^{1),2)}や誤停止を引き起こすことがある。主として静電気が原因で起こる電子機器の誤動作等を防止するには、障害の原因となる電子機器内に生じる誘導電圧を明らかにすることが必要になる³⁾。

例えば帯電した人体⁴⁾等（以下、帯電物体と呼ぶ。）が電子機器の近くを移動すると、電子機器内の電子回路基板上の導体に誘導電圧が発生し、その誘導電圧が原因で電子機器が誤動作等の障害を起こすことがある。電子機器内には、約5Vの電圧で故障する電子部品もある。人体等は10kVかそれ以上の電圧に帯電することがあり、帯電した人体等が電子機器に近づくと、電子機器内には相当大きな誘導電圧が発生する⁵⁾⁻⁹⁾。

本研究では、電子機器内に生じる誘導電圧が原因で起きる電子機器の誤動作を防止可能な電子機器設計に指針を与えることを目的として、一般に想定される実験環境で帯電物体が電子機器の近くを移動したとき、電子機器の金属筐体および筐体内に生じる誘導電圧を研究で明らかにした。本研究では、(a)帯電物体の接近で生じる誘導電圧、(b)帯電物体の孤立で生じる誘導電圧、(c)帯電物体の通過で生じる誘導電圧の3つの原因に分けて、電子機器の金属筐体および筐体内に生じる誘導電圧を検討した。本研究の成果は、信頼性の高い電子機器の設計に役立つ。

2. 年度別の進捗状況と成果

(1) 平成22年度

【H22進捗状況】

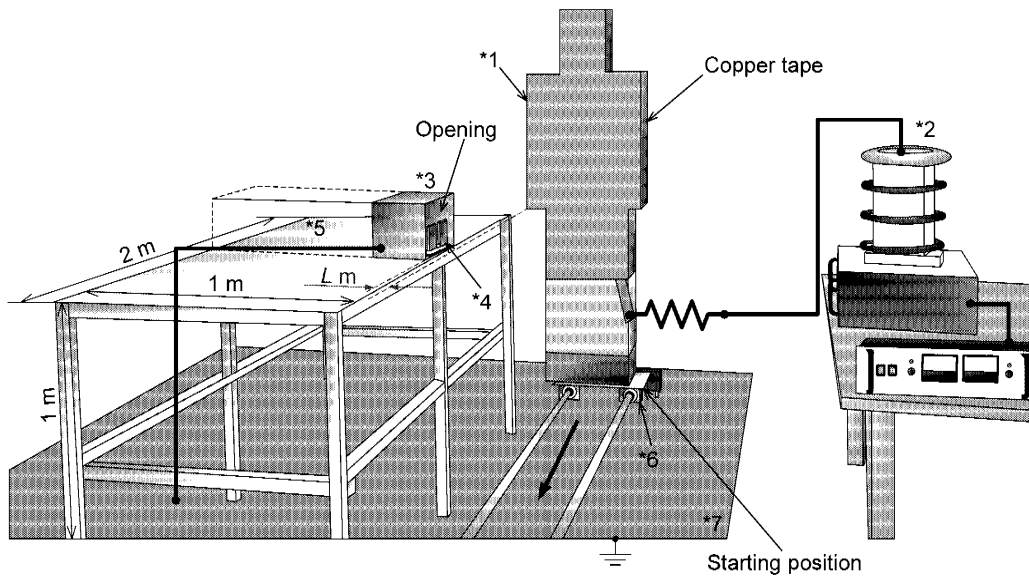
電子機器の金属筐体は、漏電による感電防止や高周波電流による筐体の電位上昇を防止すること等を目的として接地されている。他方、ノートパソコンや非接地で使用する電子機器の金属筐体は、電気的

に大地から絶縁された浮遊電位になる。平成22年度の研究では、接地された金属筐体内の二つの導体間（電子回路基板等を想定）に生じる誘導電圧と金属筐体の奥行き（体積）の関係を明らかにすることを目的として、主として実験研究を行った。電子機器の筐体には、プラスチック製の筐体や、一面がプラスチック等の非導電性の筐体を使用されている。平成22年度の研究では、図1の通り開口部のある金属筐体内を用いた。金属筐体内に生じる誘導電圧の測定には、高電圧の分野で一般に電圧測定器として使用されるスパークギャップと、そのギャップで生じる火花放電の電磁波を検出できる電磁波センサを用いた。金属筐体内に誘導電圧の測定器具に繋がった電線等を配置すると、筐体内の電界分布を乱してしまうため、正確な誘導電圧を測定できなくなる。このような理由から、スパークギャップと電磁波センサを用いた非接触の誘導電圧の測定法^{5)-7),9),10),14)}を用いている。

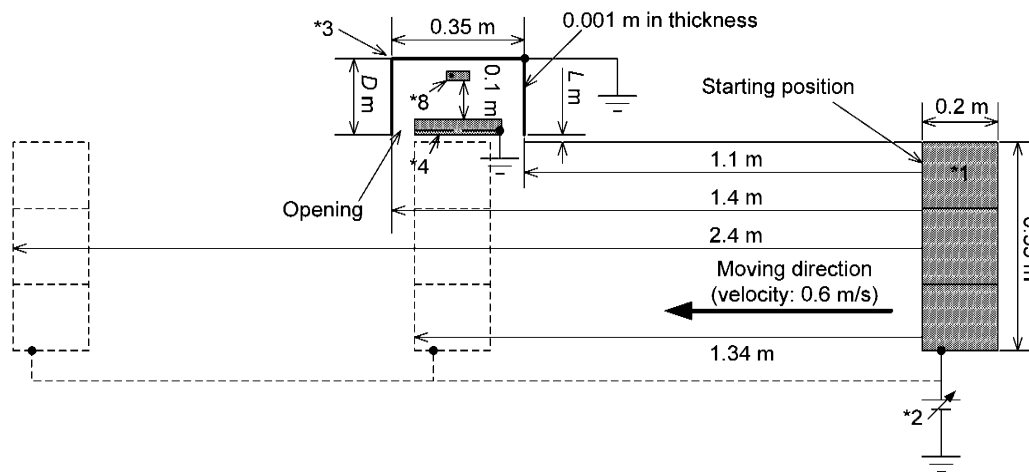
図1は、本研究に使用した実験装置を表している。本実験装置は、人体等の帯電物体が電子機器を模した金属筐体の前面を通過する状況を模擬した。帯電物体(*1)の大きさは、高さ1.8m、横0.55m、奥行き0.2mとした。帯電物体は、高電圧の直流電源に接続した。帯電物体は、移動ステージの上に置いてあり、人体がゆっくり歩行する速度(0.6m/s)で移動させた。電子機器の金属筐体として、前面のみ開口した図中のアルミの筐体(*3)（縦0.2m、横0.35m）を用いた。

図2は、帯電物体が金属筐体の前面を移動したとき、金属筐体内に生じる誘導電圧を測定できる誘導電極を表している。誘導電圧の測定の原理を、次の通り説明する。帯電物体が金属筐体の前面を移動すると、金属筐体内の誘導電極の二枚の銅板（スパークギャップ付き）に、静電誘導が原因で電圧が誘導する。二枚の銅板間の電位差がスパークギャップの火花電圧を超えると、スパークギャップで火花放電が起こる。スパークギャップの火花電圧は、パッシ

* : 工学院大学工学部電気システム工学科



(a) 3D view



(b) Top view

Figure 1. Arrangement of experimental setup. The distance L denotes the distance between the charged body (object) and the front of metal box. The depth D denotes the depth of the metal box. *1: charged object (body), *2: DC high voltage power supply (0-50 kV), *3: partially opened metal box, *4: induction electrode, *5: acrylic table (PMMA), *6: automatically transporting stage, *7: grounded copper plate, *8: EMI locator.

エンの法則で知られている通り、計算および実験で明らかになっている。スパークギャップで起きる火花放電を電磁波センサで検出すれば、帯電物体の電圧と金属管体内の誘導電極に生じる誘導電圧の比がわかる。

本研究では、金属管体の奥行きと管体内に生じる誘導電圧の関係を明らかにするため、奥行きのみ異なる金属管体（奥行き 0.2 m、0.4 m、0.5 m、0.7 m、1.0 m）を用いて実験を行った。

本実験は、温度 9~10℃、相対湿度 70%~77%の室内で行った。

【H22 研究成果】

代表的な研究成果は、次の通り。実験研究の結果、帯電物体が接地された金属管体の前面を通過すると、金属管体内に生じる誘導電圧は、金属管体の奥行きを 0.2 m（体積：0.014 m³）から 1.0 m（体積：0.07 m³）まで変えても、その大きさがほとんど変わらないことを明らかにした。このように接地された金属

筐体内に生じる誘導電圧は、筐体の大きさには依存しないことがわかった。

本研究の成果は、国内外の学会等で発表し、国外の英文論文誌に参考文献 10) の論文が掲載された。

(2) 平成 23 年度

【H23 進捗状況】

これまでの研究で、帯電物体が金属筐体の前を移動すると、金属筐体内に正極性と負極性の誘導電圧 (放電) 10) が発生することを明らかにしたが、正極性と負極性の誘導電圧が順番に現れる理由がわかつ

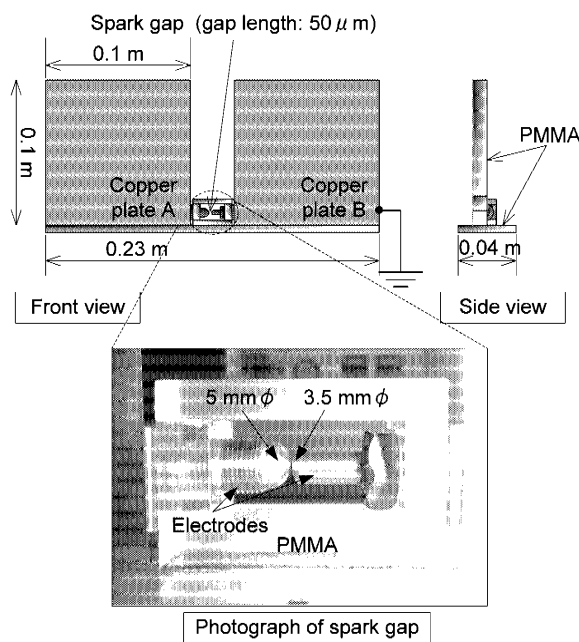
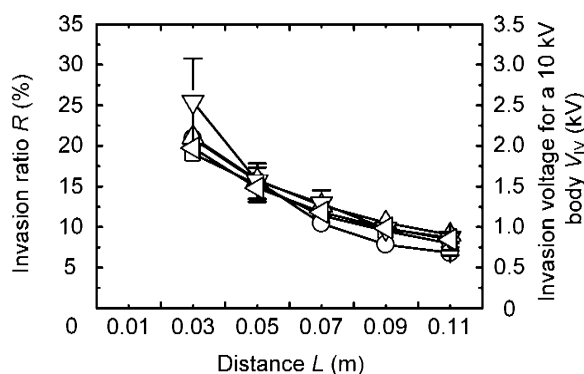


Figure 2. Induction electrode.



- : Metal box A (0.014 m³), ▽ : Metal box D (0.049 m³),
- : Metal box B (0.028 m³), ◁ : Metal box E (0.07 m³),
- △ : Metal box C (0.035 m³),

Figure 3. The invasion ratio generated in partially opened metal boxes with different volumes, and the invasion voltage for a 10 kV body.

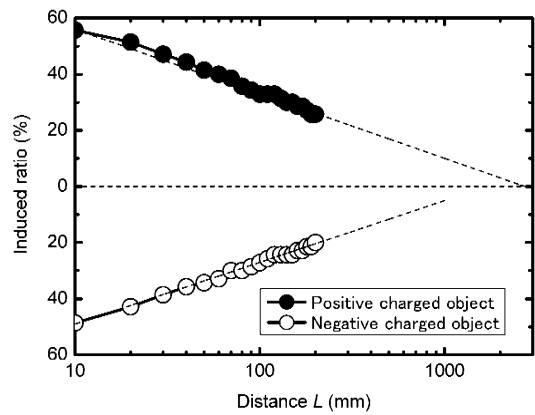


Figure 4. The extrapolation of the induced ratio at the distance L .

ていなかった。さらに本研究で検討を行っている誘導電圧の問題は、電磁界計算ソフト等を用いた 3D シミュレーションでは検討が難しい配置 (例えば、金属筐体内に厚さが 0.1 mm 程度の銅板を配置している等) も扱っており、主として実験で検討を行うことが必要になる。平成 23 年度の研究では、帯電物体が金属筐体の前を移動したとき、正極性と負極性の誘導電圧が生じる理由を明らかにすることを目的の一つとして、帯電物体が非接地の金属筐体の前を移動したとき、金属筐体に生じる誘導電圧を、帯電物体の電圧極性、帯電物体と金属筐体間の距離を変えて明らかにした。

本実験は、温度 14°C、相対湿度 70%の室内で行った。

【H23 研究成果】

パソコンの電源プラグ (3P プラグ) のアース線を確実に接地しないと、金属筐体は電気的に絶縁された浮遊電位になる。一般にビルや住宅のコンセントは接地端子の付いていない 2P プラグが多く使用されており、パソコンや計測器等の金属筐体は接地しないで使用されることが多い。これらの金属筐体は、しばしば火花放電 (電磁パルス) の発生源となる。静電気が原因で起きる電磁パルスは、パソコンや計測器等の電子機器の誤動作や誤停止の原因となる。

H23 の研究で得られた成果の一部を、図 4 に表す。図 4 は、帯電物体 (± 7 kV) が一般的な電子機器の金属筐体 (0.014 m³) の前を移動したとき、その非接地の金属筐体に生じる誘導電圧の割合 (誘導率) を表した結果を表している。誘導率は、以下の式で表せる。誘導率に帯電物体の電圧を掛けることで、

非接地の金属筐体に生じる誘導電圧を求められる。

- a) 正極性帯電物体： $R_P = -23 \log_{10} L + 79$ (%)
- b) 負極性帯電物体： $R_N = -22 \log_{10} L + 71$ (%)

本研究の成果は、国内外の学会等で参考文献 11) の論文を発表した。

(3) 平成 24 年度

【H24 進捗状況】

帯電物体の移動により電子機器の金属筐体および筐体内に生じる誘導電圧は、各導体間の静電容量が分かれば、計算で求めることができる。しかし電気磁気学で学ぶ基本的な静電容量の式は、導体間の間隔が狭いときにしか適用できないこともある。本研究で製作した実験装置のように各導体間の間隔が広がると、近くにある近接する物体の影響を考慮しないと、正確な誘導電圧を求めることが困難となる。一般に電子部品として使用される小さなコンデンサの静電容量を計測できる静電容量測定器は複数ある。一般的な静電容量測定器はコンデンサの電子部品を浮遊電位にして測定する。他方、対地静電容量を測定できる静電容量測定器は、一般には入手することはできないが、その測定器の使用により導体の対地静電容量を測定できる。

このように帯電物体が移動したとき、距離の離れた導体間の正確な静電容量を二種類の方法で求め、金属筐体および筐体内の誘導電圧を明らかにした研究は筆者の知る限りで報告されていなかった。本研究では、平成 23 年度の実験で測定した誘導電圧を、二種類の方法で求めた各導体間の静電容量から求めた誘導電圧と比較検討した。

【H24 研究成果】

図 5 は、帯電物体が金属筐体 (非接地) の前を移動したとき、金属筐体に生じる誘導電圧の最大値の

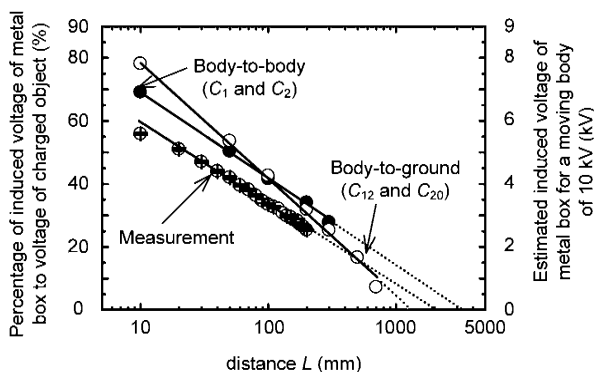


Figure 5. Estimated induced voltage of a metal box for a moving charged body of 10 kV.

割合を表している。その割合とは、帯電物体の電圧に対する金属筐体の誘導電圧の大きさを表している。人体等は一般に 10 kV 程度かそれ以上に帯電することがあり、図中の右側の軸は帯電物体が 10 kV のときに金属筐体に生じる誘導電圧を表している。図中では、一般的な静電容量測定器を用いて測定した各導体間の静電容量から計算で求めた誘導電圧 (図中の Body-to-body)、対地静電容量を測定できる静電容量測定器で測定した結果から各導体間の静電容量を求めてから計算で得られた誘導電圧 (Body-to-ground)、実際に測定した誘導電圧 (Measurement) をそれぞれ表している。図 5 から、測定で得られた誘導電圧は、二種類の計算で得られた結果よりも約 25% ($L:10$ mm) 小さくなる。その差が生じた理由は、電荷の漏洩といえる。この図からわかる通り、帯電物体と金属筐体間の距離が 1 m 以上離れても、電子部品の故障を引き起こす誘導電圧が発生する可能性がある。

本研究の成果は、国外の学会および参考文献 12) の専門誌で発表している。

(4) 平成 25 年度

【H25 進捗状況】

これまでの研究では、帯電物体が金属筐体に近づき通過するときに生じる誘導電圧の問題を取り上げていた。しかし例えばパソコン (電子機器) のキーボードを操作していた人体が、椅子から立ち上がり、そのパソコンから遠ざかるときに生じる誘導電圧の問題もある。

特にノートパソコン等のバッテリー駆動の電子機器は、常に電氣的に絶縁された (浮遊電位) 非接地の金属筐体になり、この種の誘導電圧の問題が発生している可能性が高い。仮に帯電した金属筐体の近くにコイン等の導体が置いてあり、その導体間の間隔が数マイクロメートルになると、導体間での火花放電が起こる。金属同士の接近で生じる火花放電は広帯域の電磁パルスの発生源になることが知られている。金属同士の接近で生じる電磁パルスは、人体がドアノブに触れる瞬間に生じる放電の電磁パルスよりも、電子機器にとっては大変脅威となる。

このようなトピックに関する研究報告は少しあるが、本実験装置のように実際のモデルに近い大きさの装置を用いて、一般性のある実験研究を行った報告は筆者の知る限りでは報告されていない。

平成 25 年度の研究では、人体等の帯電物体が電

子機器の金属筐体（浮遊電位）から遠ざかったとき、開口部の無い金属筐体に生じる誘導電圧の問題に関して検討を行った。

本実験は、温度 25℃、相対湿度 63%の室内で行った。

【H25 研究成果】

図 6 は、帯電物体（0.7 kV）が非接地の金属筐体から遠ざかったとき、金属筐体に生じる誘導電圧（最大 -2.3 kV）の測定結果を表している。このように帯電物体が金属筐体から遠ざかると、金属筐体には帯電物体の電圧の -3.3 倍の誘導電圧が生じることを明らかにした。一般に導体に生じる誘導電圧は、各導体間の静電容量で構成されるキャパシタンスモデルを用いて計算する。このようなモデルでは、各導体間の静電容量の比から、浮遊電位の導体に生じる誘導電圧を計算する。しかし本研究のように帯電

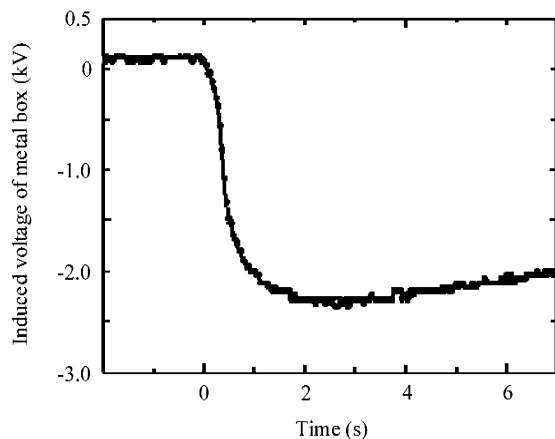


Figure 6. Induced voltage when a charged body moves away from a metal box (L : 10 mm).

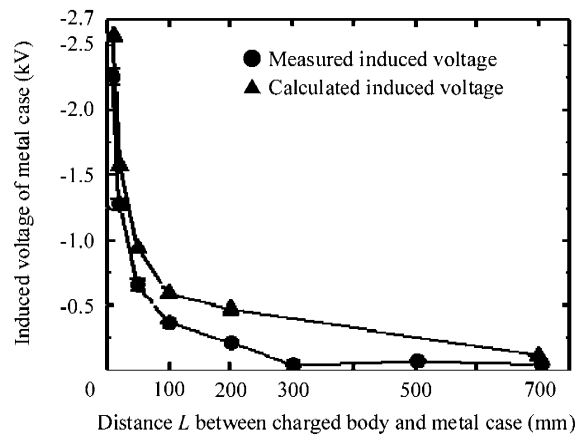


Figure 7. Comparison of measured and calculated results of induced voltage of metal box.

物体が浮遊電位の導体から遠ざかるときは、ボルテージディバイダー（分圧器）の原理で誘導電圧の理論計算等を行うと、実験結果とは電圧極性も異なる間違った結果が得られる。このように誘導電圧の問題を検討するには、(a)帯電物体の接近で生じる誘導電圧、(b)帯電物体の孤立で生じる誘導電圧、(c)帯電物体の通過で生じる誘導電圧の三つに分けて考えることが必要といえる。

帯電物体が金属筐体（浮遊電位）から遠ざかったときに生じる誘導電圧は、金属筐体に生じる正確な電荷量が明らかにならないと、計算から求めることはできない。実験で得られた逆極性の誘導電圧の結果を検討するために電荷量を測定し、誘導電圧を計算した結果を実験結果と比較した。

図 7 は、帯電物体（0.7 kV）を金属筐体から遠ざけたとき、金属筐体に生じる誘導電圧の最大値を測定と計算で比較した結果を表している。測定で得られた金属筐体に生じる誘導電圧は、帯電物体と金属筐体間の距離 L の増加にともなって、計算で得られた結果と同様の傾向になることがわかる。

本研究の成果は、国内の学会および学会論文誌で参考文献 13)の論文を発表した。

(5) 平成 26 年度

【H26 進捗状況】

人体等の帯電物体が電子機器の金属筐体から遠ざかったときに生じる誘導電圧の問題は、非接地の金属筐体だけでなく、接地された金属筐体内でも発生する。H26 年度の研究では、一般的な電子機器の金属筐体（縦 0.2 m、横 0.35 m、奥行き 0.2 m）から帯電物体が遠ざかったとき、開口部のある接地された金属筐体内に生じる誘導電圧の問題を検討した。

本研究では、帯電物体が金属筐体から遠ざかったとき、金属筐体内に生じる誘導電圧は図 2 の誘導電極と電磁波センサを用いた非接触測定で明らかにした。また非接触測定で得られた誘導電圧の結果は、静電気の電圧を測定できる表面電位計で測定した結果、さらに測定した電荷量から計算で求めた結果と比較検討を行った。

本実験は、温度 14℃～16℃、相対湿度 52%～58%の室内で行った。

【H26 研究成果】

図 8 は、帯電物体が開口部のある接地された金属筐体から遠ざかったとき、金属筐体内に生じる誘導電圧を測定と計算から検討した結果を表している。

平成25年度の研究で得られた結果と同様、金属筐体内に生じる誘導電圧は、帯電物体の電圧とは逆極性になる。スパークギャップと電磁波センサを用いた誘導電圧測定法の結果は、表面電位計で測定した結果と比べると72%の大きさになるが、帯電物体と金属筐体間の距離 L が増加すると、表面電位計で測定した結果に近づくことがわかる。このように三通りの方法で測定した誘導電圧は、同様の傾向になる。

本研究の成果は、国外の学会で参考文献14)の論文を発表した。平成22年度～26年度までに実施した研究では、UDMで主要な設備を購入していない。

3. おわりに

本研究では、人体等の帯電物体が電子機器(金属筐体)の近くを移動したとき、金属筐体および筐体内に生じる誘導電圧を明らかにし、電子機器の機器設計に指針を与え、新しい試験法を提案することを提案することを目的として実施した。

本研究成果の一部から、次のことを明らかにした。

- (1) 接地された金属筐体内に生じる誘導電圧の大きさは、筐体の奥行き(体積)には依存しない。
- (2) 浮遊電位の金属筐体には、帯電物体と金属筐体間の距離が1 m以上離れても、電子部品の静電破壊電圧を超える誘導電圧が発生する。
- (3) 帯電物体が浮遊電位の金属筐体から遠ざかると、金属筐体に生じる誘導電圧は、帯電物体の電圧の-3倍以上になることがある。
- (4) 帯電物体が接地された金属筐体から遠ざかると、金属筐体内には帯電物体の-0.4倍程度の誘導電圧が生じる。

本研究の成果は、信頼性の高い電子機器の設計に役立つと思われる。

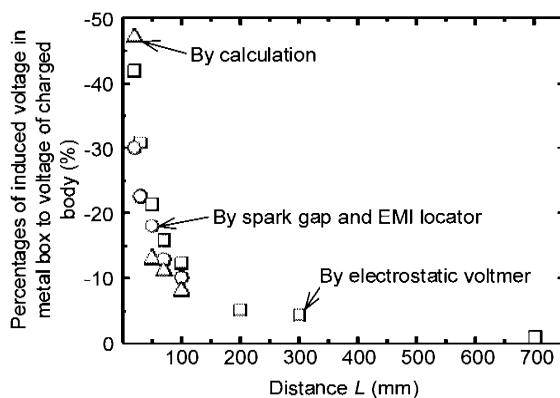


Figure 8. Percentages of induced voltages in the metal box, by measurements and calculation.

参考文献

- 1) 電気学会編、電気工学ハンドブック(第7版)、オーム社、pp. 2335-2338、2013
- 2) Masamitsu Honda, A new threat—EMI effect by indirect ESD on electronic equipment, *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 25, No. 5, pp. 939-944, 1989
- 3) 藤原修 他、スマートシティの電磁環境対策、S&T出版、pp. 106-118、2012
- 4) 渡邊政宏、市川紀充、坂本哲夫、帯電した人体の動きによって発生する誘導電圧を利用した動作判別、*静電気学会誌*, Vol. 38, No. 4, pp. 183-188、2014
- 5) 市川紀充、帯電物体の移動により金属筐体内部に生じる静電誘導電圧—金属筐体内の導体部分の面積比と誘導電圧の関係—、*電気学会論文誌 C*, Vol. 125, No. 7, pp. 1030-1036、2005
- 6) Norimitsu Ichikawa, Electrostatically induced potential difference between conductive objects contained in a partially opened metal box, *Journal of Electrostatics*, Vol. 65, No. 7, pp. 414-422, 2007
- 7) 市川紀充、非接地金属筐体内の導体に生じる静電誘導電圧、*電気設備学会誌*, Vol. 30, No. 7, pp. 599-606、2010
- 8) Norimitsu Ichikawa, Measuring of electrostatically induced voltage and its polarity in partially opened metal box by means of neon lamp and photomultiplier tube, *Journal of Electrostatics*, Vol. 68, No. 4, pp. 315-320, 2010
- 9) 市川紀充、金属筐体開口部に取り付けられたシールド導体による静電誘導電圧の低減効果、*電気設備学会誌*, Vol. 31, No. 10, pp. 813-820、2011
- 10) Norimitsu Ichikawa, Yuuki Huruta, Electrostatically induced voltage generated in "metal boxes with different volume" measured by spark gap and electromagnetic wave sensor, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, Vol. 18, No. 5, pp. 1433-1438, 2011
- 11) Norimitsu Ichikawa, Seiji Takei, Change in electrostatically induced voltages of an ungrounded metal box without openings generated by a moving charged object, *14th International Symposium on Electrets, Montpellier*, pp. 191-192, 2011.
- 12) Norimitsu Ichikawa, Measurement and calculation of electrostatically induced voltage of ungrounded metal box generated by moving charged body, *Journal of Electrostatics*, 2015 (掲載決定)
- 13) 市川紀充、牧田幸太、帯電した物体を金属筐体から遠ざけたときに生じる静電誘導電圧、*電気学会論文誌 D*, Vol. 134, No. 10, pp. 870-875、2014
- 14) Norimitsu Ichikawa, Electrostatically induced voltage on conductive objects contained in metal box when charged body moves away from the box, *9th Conference of the French Society of Electrostatics, Toulouse*, pp. 225-230, 2014

アンモニア燃料・水素エネルギーシステムの研究

キーワード：水素生成，カーボンフリー，アンモニア燃料，尿素，燃料電池

雑賀 高* 野原徹雄**

1. はじめに

住宅や集合住宅に導入する分散型電源として家庭用コージェネレーションシステムの導入が行われている。しかしながら天然ガス使用量の増加が懸念され、総合的なエネルギー効率に大きな効果は期待できない。そこで本研究のシステムでは、太陽光発電および格安となる商用深夜電力を用いて、固体高分子膜を利用した水電解による水素生成を行うシステムを提案する。これにより、二酸化炭素排出量の低減を行い、生成した水素を貯蔵することによって災害非常時に燃料電池で発電できる。

水素エネルギー社会の構築のためには、再生可能エネルギーから生成された水素を輸送・貯蔵する必要がある。そのための水素キャリアとしてアンモニアや尿素などが考えられる。アンモニア (NH_3) は窒素と水素の化合物で、常温常圧では空気より軽く、無色で刺激臭の気体である。 NH_3 の低発熱量は 18.8 MJ/kg であり、メタノールやエタノールに近い値であるので、内燃機関や燃料電池用の代替燃料としての可能性を持っている。標準状態における密度は 0.7016 kg/m^3 であるが、 25°C のもとで 1 MPa まで加圧すれば、 603 kg/m^3 となり、あるいは 101.3 kPa のもとで冷却すれば、 680 kg/m^3 となる。この時、純水素より非常に高いエネルギー密度を得ることができる。

アンモニアが有毒であるのに対して、尿素 ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) は毒性のない化学物質であり、安価な肥料として広く使用されているので、水素キャリアとしての利点をいくつか持っている。尿素はまた、排水およびヒト・動物の尿中の主要成分であり、高いエネルギー密度を持っている。尿素の密度は、70 MPa の圧縮水素の 2 倍あり、液体水素よりも約 70% 大きい。さらに、ディーゼルエンジンの NO_x 処理システムとして実用化されている尿素 SCR (Selective catalytic reduction) には、32.5% の尿素水である

AdBlue が用いられ、既存のインフラを使用して、AdBlue は世界中で広く利用可能である。

尿素をエネルギー源とした場合、尿素から水素を生成して、燃料電池やエンジンシステムを稼働するシステムが考えられる。図 1 に示すように、尿素水や尿などから直接的・間接的に発電や動力を得る方法について検討した。

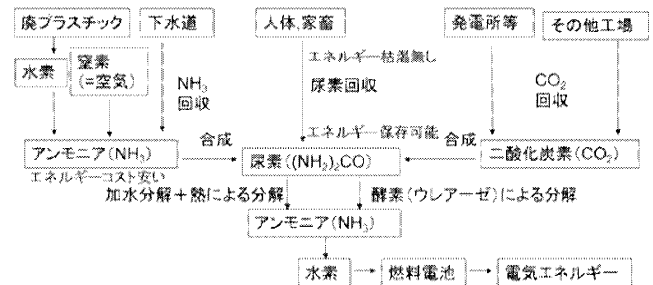


図 1 アンモニア・尿素による再生可能エネルギーシステムの概要

2. 平成 22 年度から 26 年度までの成果の概要

2.1 平成 22 年度の成果

現在、代替燃料として考えられる H_2 および NH_3 の可能性について、内燃機関等で使用されているガソリンやバイオ燃料の代表であるメタノールとの比較を表 1^{1),2)} に示す。 H_2 は質量あたりでのエネルギー密度は高いが、体積あたりのエネルギー密度では不利であり、液化するために -253°C まで冷却する必要がある。それに対し、 NH_3 はわずか -33°C で冷却するか、LPG 自動車の燃料タンクと同等の約 8 気圧まで圧縮すれば液化が可能になる。また、メタノールとの比較では質量および体積あたりのエネルギー密度はほぼ同じである。実際に 1940 年代にはガソリンの不足により、 NH_3 を燃料とするバスが北欧の交通機関として運行されていたこともある。

しかし、 NH_3 の有毒性、製造時の大きいエネルギー消費および化石燃料由来の炭化水素系原料の使用

* : 工学院大学グローバルエンジニアリング学部機械創造工学科

** : 工学院大学非常勤講師

等について懸念が残る．そのため，NH₃分子を含有し，様々な物質より回収可能，安全性および一般への使用実績が豊富な尿素を次式のようにNH₃のキャリア燃料として検討している²⁾．

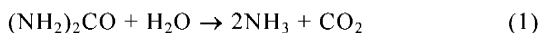


表1に示すように質量あたりのエネルギー密度はNH₃より劣るが，常温では固体のため，体積あたりのエネルギー密度はNH₃と同等である．さらに，尿素水生成時の潜熱も冷却エネルギーとして利用可能で，安全安価に長期間の在庫も可能なため，より小さいエネルギーによるNH₃への変換が可能な場合，有望な代替エネルギーとしての可能性がある．

仮にNH₃からH₂ → 燃料電池 → 発電の検討結果の上流に，回収尿素を酵素触媒のウレアーゼによってNH₃へ加水分解をした場合のWell to Wheelの計算結果を図2に示す．この結果より，理論上では燃料電池による高いエネルギー効率が得られる．

表1 代替燃料の物性値

Properties	Liquid				Solid
	Gasoline	Methanol	H ₂	NH ₃	Urea
H ₂ concentration (wt%)	15	12.6	100	17.8	6.7
Boiling Point (°C)	-	64.4	-253	-33.3	132.7
Density (g/L) at 20°C	728	795	70.9	680	1335
Energy Density (kJ/g)	43.44	19.96	118.59	18.63	9.07
Energy Density (kJ/L)	31624	15868	8408	12668	12106
Melting heat (kJ/mol) at 25°C and 1atm	-	-	-	34.18	-15.4

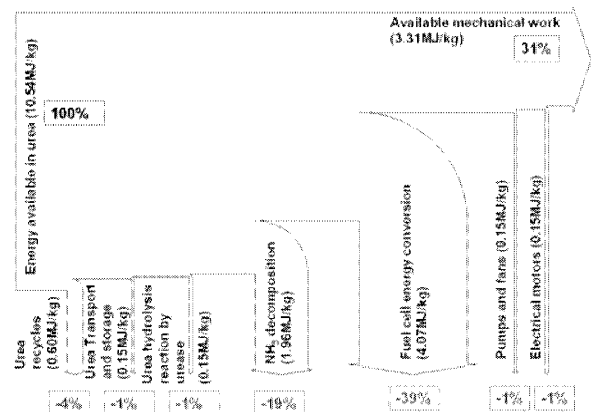


図2 尿素・アンモニア燃料の well to wheel (HHV)

2.2 平成23年度の成果

アンモニアが燃料電池に流れ込むと出力低下を引起してしまう課題があるので，この残ったアンモニアを電気分解によって除去するために，触媒の検討など基礎研究を行った．

図3にアンモニア分解水素生成システムの概略図を

示す．分解器，熱交換器の温度はコントロールユニットによって制御される．まず，液体アンモニアポンプから気化器を通しアンモニアを気化する．その後，熱交換器で加熱され，分解器に送られる．適切な触媒のもと，アンモニアは水素と窒素と残留アンモニアに分解され，熱交換器において，分解ガスの排熱を回収する．その後，残留アンモニアは，除去装置に送られる．ここでは，アンモニアの水に溶けやすい性質を利用し，溶液に溶けたアンモニアを電気分解によって除去するものである．この装置により無駄なくアンモニアを利用することができ，水素と窒素のみが燃料電池へと送られる．

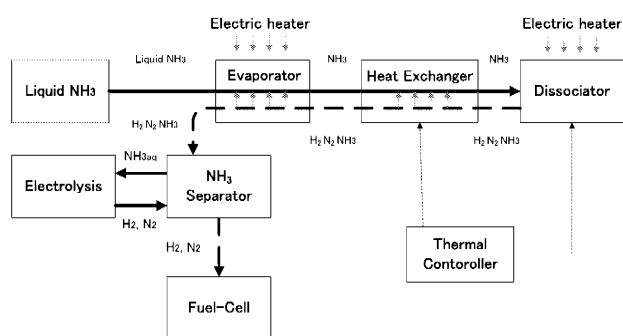


図3 アンモニア分解システム概略

触媒は，カーボンフェルトをベースに用いることにする．今回，微量のアンモニアを分解するために，比表面積の大きいものを使う必要があったからである．このベースに用いるカーボンフェルトの抵抗値は，0.1Ω以下のものを用いた．触媒の抵抗値が高いことは，電導性に影響を与え，電極反応に優れていないことがわかっているからである．

実験結果を比較する時に窒素，流量，酸素の3点に着目する必要がある．

- (1) 窒素が安定して発生して，アンモニアが除去されているかである．濃度を変化させて窒素が安定して発生しているのは，Pd+Ir と Ir だけであり，窒素発生量は，Pd+Ir>Ir という結果になった．
- (2) 流量の変動が大きいものは，安定して電気分解を行なっているとは捕らえ難く，除去装置に用いる場合に適していない．流量の変化が大きいものは，Pt 触媒と Pt+Ir 触媒である．Pt は酸化還元触媒として優れているが，発生する流量の変動が大きくアンモニアを酸化させるには望ましい結果を得ることができなかった．

(3) アンモニア濃度を高くすると、拡散層が薄くなるに
 にくくなるため、酸素の発生量が減少してい
 かなければならない。この酸素が減少傾向にあ
 るのは、Pd+Ir 触媒の時だけである。他の触媒は、
 酸素の発生にばらつきなどがある。

アンモニアを酸化させるのに適している触媒は、
 Pd+Ir である。不安定であった Pd の性質を Ir がサポ
 ートすることによって、アンモニアの酸化を促進さ
 せたものと考えられる。これにより、Pd や Ir 単体の
 時よりも流量が多くなっている。

2.3 平成 24 年度の成果

空気中のアンモニア濃度が 25ppm を超えると人体
 に対して危険性が出てくるなど、強い毒性を持った
 物質である。そこで、水素キャリアとしてアンモ
 ニアを使用する際のデメリットを克服するため、アン
 モニアを含む化合物である尿素に着目し、尿素を用
 いる水素エネルギーシステムを提案した。

尿素をアンモニアに分解する酵素を用いた加水分
 解反応について、生体触媒を用いたアンモニア選択
 発生バイオリアクターを提案し、逆浸透膜を用いた
 酵素の固定化によりシステムの有用性を示した。

尿素は熱によりアンモニアに分解することができる
 が、ディーゼルエンジンの排気ガス後処理システ
 ムである尿素 SCR システムでは、尿素の加水分解に
 180℃以上の高温を要する。そこで、より低エネル
 ギーで尿素をアンモニアに分解する方法として、酵
 素を用いた加水分解反応を検討した。

酵素を用いた水素エネルギーシステムのシステム
 概要を図 4 に示す。尿素からアンモニアを生成する
 プロセスと、アンモニアから水素を生成するプロ
 セスの二段階となっており、尿素を水に溶解させ
 る際の潜熱と、アンモニアを気化させる際の潜熱
 による冷却システムを組み込んだ発電給湯冷却コ
 ージェネレーションシステムとなっている。

1 回目の測定における活性を 1 とした残存酵素活
 性率の比較結果（図 5）から、測定を開始して 3
 日目まではアンモニアの発生量は顕著で、酵素が
 十分に活性を保っていることが確認できる。その
 後は測定を重ねるごとに減少傾向を示している。
 測定開始から 10 日目まではアンモニアの発生が
 確認されたが、16 日目に行った測定ではアンモ
 ニアの発生量は 0 ppm となった。また各測定時
 における、測定後の反応器内水溶液の pH の測定
 結果（図 6）から、アンモニア蒸気圧により発
 生するアンモニアガスと、水

溶液に残留するアンモニアが飽和するポイントが
 pH 9.3 付近であることが分かる。残存酵素活性
 率が 100% である 3 日目までの水溶液 pH と、
 残存酵素活性率が 20% に低下した 10 日目の水
 溶液 pH が近似していることから、膜内にはウ
 レアーゼが残存し、逆浸透膜を介してウレアー
 ゼによる尿素の加水分解反応が行われているこ
 とが分かった。これにより、RO 膜を用いた酵
 素の固定化が可能であることを実証した。

逆浸透膜を用いた膜型による固定法を用いて、
 ウレアーゼを固定できることを実証した。また酵
 素の繰り返し使用が求められるバイオリアクター
 において、ウレアーゼが繰り返し使用できるこ
 とを確認し、繰り返し使用できる条件を明らか
 にした。これにより、尿素を選択的にアンモニア
 に分解する酵素を用いた、バイオリアクターの有
 用性を示した。

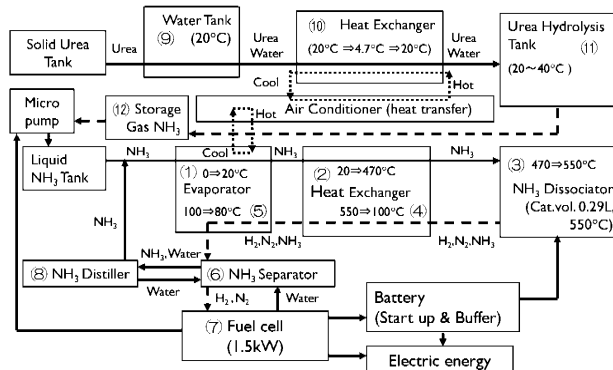


図 4 尿素エネルギーシステムの概要

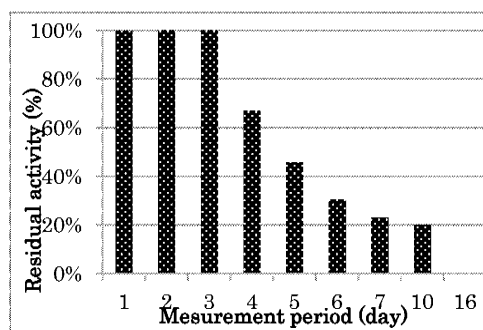


図 5 残存酵素活性率の比較結果

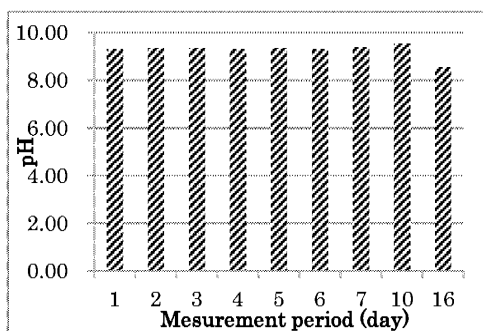


図6 反応器内水溶液の pH 濃度

2.4 平成 25 年度の成果

より小さいエネルギーで尿素を NH_3 へ分解可能な酵素触媒であるウレアーゼを使用した尿素加水分解実験により、 NH_3 生成速度について検証した。Lineweaver-Burk プロット等により、尿素濃度に対する最大反応速度やミカエリス定数を算出し、阻害剤ありなしによる NH_3 発生量計算を可能にした。また燃料電池による緊急用発電システムへの適用可能性も示した。

ウレアーゼ触媒での尿素加水分解による NH_3 生成最適条件は、これまでの実験結果より尿素水濃度 10wt%，尿素水温度 40°C 以下，尿素水 pH6.4~7.4（使用ウレアーゼ最適 pH）である²⁾。しかし，酵素触媒は様々な物質により反応速度が低下し， NH_3 がウレアーゼの阻害剤になる報告³⁾もある。それらの確認のため，尿素のモル濃度を変化(5~20wt%)させた尿素水溶液 100g を S(基質)とし，ウレアーゼ触媒 20,000Unit（理論上 0.02mol/min の NH_3 発生可能）にて NH_3 発生反応速度を検証した。

図7に NH_3 への各尿素水濃度での最大反応速度の実測結果を示す。5wt%までは反応速度に大きな差が認められるが，10wt%以上の尿素濃度では差がほぼなく，最大反応速度 $V_{\max}=1.44 \times 10^{-6} \text{mol/sec}$ になることが確認された。しかし，理論上のウレアーゼ触媒の最大反応速度は $3.33 \times 10^{-4} \text{mol/sec}$ であり，実際には理論上の約 0.5%の反応速度に留まっていることが判明した。

次に，ミカエリス定数 K_m を算出するために，Lineweaver-Burk プロットを作成し，理論上のウレアーゼ触媒反応速度（阻害剤なし）との比較も行った結果を図8に示す。プロットの形状比較およびウレアーゼの活性中心に重金属の Ni を含んでいることを考慮すると，非拮抗阻害のタイプと推測される。そのため， $E(\text{酵素}) + I(\text{阻害剤}) \rightarrow EI$ の平衡定数を K_i とした場合，阻害剤の NH_3 存在下の反応速度 v_i

は，次式となる。これより， NH_3 生成速度や量の推測が可能になり，緊急時に長期保管してある尿素と水を加水分解し，発生した NH_3 にてアルカリ型燃料電池(AFC)を駆動させる非常用電力システムの可能性も考えられる。また，非拮抗阻害のタイプでは E，ES(酵素-基質複合体)に結合して阻害するため，結合後の解離(E との解放)が起きるような処理をすることにより， NH_3 反応速度効率のさらなる向上が考えられる。

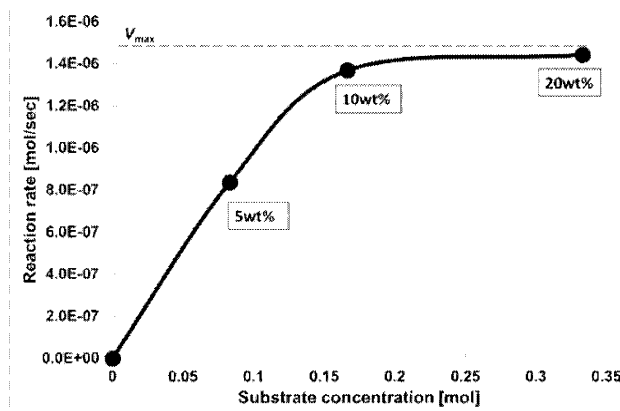


図7 NH_3 に対する尿素水濃度における反応速度

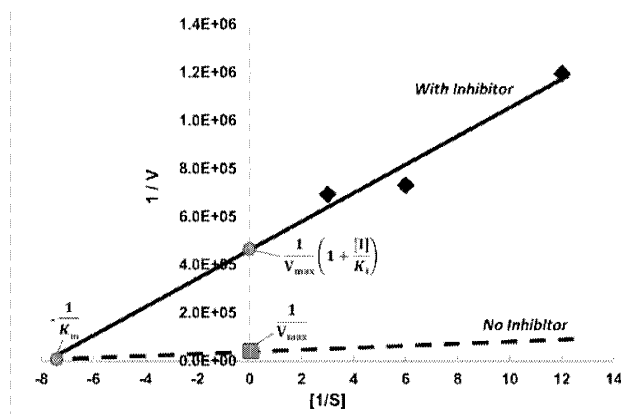


図8 Lineweaver-Burk プロット

Lineweaver-Burk プロットにて，ウレアーゼ触媒による実験結果より，最大反応速度およびミカエリス定数を算出し，生成物である NH_3 によるウレアーゼへの非拮抗阻害の可能性を示した。また， NH_3 生成速度の推測より，AFC による緊急用発電システムの適用可能性を示した。

2.5 平成 26 年度の成果

前年度までに，理論上のウレアーゼ触媒の最大反応速度は $3.33 \times 10^{-4} \text{mol/sec}$ であり，実際には理論上の約 0.5% の反応速度に留まっていることが判明している。また，Lineweaver-Burk プロットを作成し，

理論上のウレアーゼ触媒反応速度（阻害剤なし）との比較では明らかに阻害剤での影響が見られた。これらの阻害因子を解決することがNH₃発生量の増加および生成速度促進のために必要である。

尿素からNH₃の発生には水を加えることによる加水分解反応を利用するため、通常は尿素を水溶液にして使用する。その際にウレアーゼ触媒を使用した特性および最新の最適使用条件を紹介する。

① 尿素水最適温度

尿素は水に最大で約50wt%の溶解をする。その最大飽和状態である50wt%尿素水でも熱エネルギーのみでは20~40°Cでの常温域ではNH₃がほぼ発生しないが、ウレアーゼ触媒を使用した場合、尿素加水分解反応が促進され、40°Cでは約700ppm、60°Cでは約2000ppmも発生している（図9）。熱分解のみと比較すると、ウレアーゼ触媒での触媒活性により尿素からNH₃への分解効率が向上している。しかしウレアーゼは先述したように高分子量のたんぱく質を主体とする酵素であり、45°C以上で加熱した場合、たんぱく質の分解による失活（触媒活性の大幅低下）が始まってしまう。初期触媒活性状態から60分後の比較では、55°C付近で約20%、65°C付近で約40%、70°C付近では約70%活性低下の可能性もある。したがって、触媒の長時間活性および低エネルギー投入による尿素からNH₃への分解効率からも、ウレアーゼ触媒を使用する際には両方のバランスを考慮した~40°Cまでの使用が最適となる。

② 尿素水最適濃度

園芸用尿素を使用した尿素水濃度が50wt%から10wt%まで減少しても、逆にNH₃発生濃度は増加しており、熱分解のみでの結果と比較した場合、常温から40°Cまでの過渡状態でも約1500~5000倍のNH₃発生量の差となる（図10）。尿素水濃度が減少しても、NH₃発生濃度は増加している理由として、酵素触媒は使用条件のpHにより活性を大きく左右し、ウレアーゼの最適活性値であるpH7付近に近づけることにより、尿素水濃度が多い場合から濃度が低下していても影響がなく、逆に尿素水濃度のpHが減少し、ウレアーゼ触媒の最適活性条件に近づくため、NH₃が多く発生すると考えられる。しかし、ウレアーゼ触媒の反応速度が速くなくても反応すべき尿素絶対量がある程度以下になった場合、触媒との接触確率そのものが低下してしまうため、尿素水

濃度5wt%では逆にNH₃反応量が減少している。これらより、尿素水濃度10wt%がウレアーゼ触媒活性化と尿素量による接触確率の最適バランスポイントとなる。

③ 最適尿素タイプおよび最大NH₃発生量

現在、市販されている尿素は大きく分けると、規格の異なる園芸用（尿素成分約97%以上、他成分含有）と医薬品用（尿素成分99%以上、他成分含有小）がある。それらの各尿素水濃度でのpH値比較結果を図11に示す。尿素成分99%以上の他成分による影響を受けにくい医薬品用尿素を使用した尿素水では、尿素成分約97%以上の他成分含有可能性のある園芸用尿素を使用した尿素水に比べ、各濃度でpHが低下しており、特に10wt%ではウレアーゼ触媒最適活性値pH7付近に近似していることがわかる。

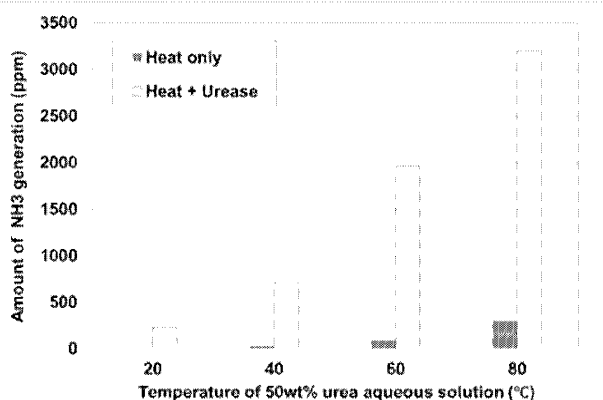


図9 温度違いおよびウレアーゼ触媒有無によるNH₃発生量比較（ウレアーゼ触媒20,000Units）

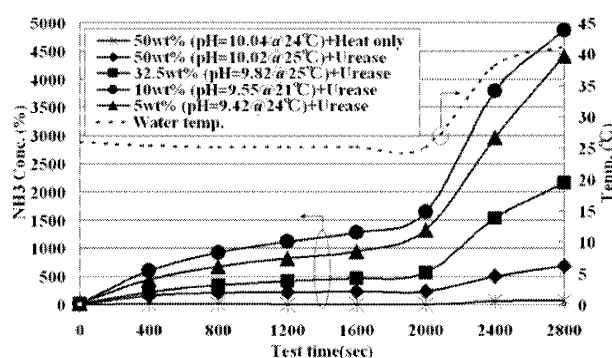


図10 20~40°Cでの尿素水濃度違いによるNH₃発生量比較（ウレアーゼ触媒20,000Unit）

その医薬品用尿素を使用し、尿素水濃度10wt%、尿素水量100gを中心にした各条件にてNH₃最大発生量および発生時間について比較した結果を図12

に示す。園芸用タイプ尿素使用 10 wt% 尿素水 100 g と比較した場合、同じ条件では約 1.33 倍、半分の濃度である 5 wt%尿素水 100 g でも約 0.83 倍の NH₃ の最大発生量の差がある。また、その発生時間は 1/5 の約 60 分、尿素水量が半分の 50 g では 1/10 の約 30 分で最大発生量まで達することがわかる。また 10wt%での最適条件およびウレアーゼ触媒量を変えずに尿素水量の増減をすることにより、NH₃ 最大発生量までの時間が比例する。しかし NH₃ 最大発生量に関しては最大でも 2.5%付近が上限となる。

④ ウレアーゼ最適量

ウレアーゼ触媒量 (20,000units, 0.2g) の 50 倍の触媒量である 1,000,000 Units ウレアーゼ触媒使用時では、わずか 5 分で 1.3%までの NH₃ 発生量の増加が確認されている (図 13)。しかしその後の発生量の上昇率および最大発生量はこれまでの 20,000 Units ウレアーゼ触媒とほぼ同等のレベルであった。これまでの NH₃ 発生時間への影響に関しては触媒量との相関が大いに見られるが、最大発生量とウレアーゼ触媒量との相関は認められない。これらより NH₃ 発生時間への影響に関しては触媒量との相関が大いに見られるが、最大発生量とウレアーゼ触媒量との相関は認められない。

3. おわりに

世界のエネルギー需要を満たすとともに、貧しい地域社会に電力を供給するためには、化石燃料の代替が必要である。遠隔地の場合には供給インフラが存在しないため、消費地でエネルギーの生成を必要とする可能性が高い。そこで、化学エネルギーを電気に高効率で直接変換することができる燃料電池を消費地の再生可能エネルギーを用いて稼働させることが望まれる。

尿素燃料電池は、肥料、尿素、尿および排水から電力を生成する効率的な方法である。この場合には、ヒト・動物の排泄物である尿は廃棄物ではなく、エネルギー源である。ヒトの成人が 2 wt%の尿素を含有する尿の 1.5 L を生成する場合は、液体水素 18 kg のエネルギーに相当する尿素 11 kg を毎年排出するので、尿素型燃料電池を搭載した場合、自動車を 2,700 km 駆動するために使用することができるといわれている。

理想のエネルギー源としては、豊富で無限に存在し、安価に製造・貯蔵・流通ができ、燃料電池のエ

ネルギー源などとして、無公害で信頼性のある技術的なインフラが可能である必要がある。その観点から、燃料電池やエンジンをを用いた尿素エネルギーシステムには、それらを実現する可能性がある。

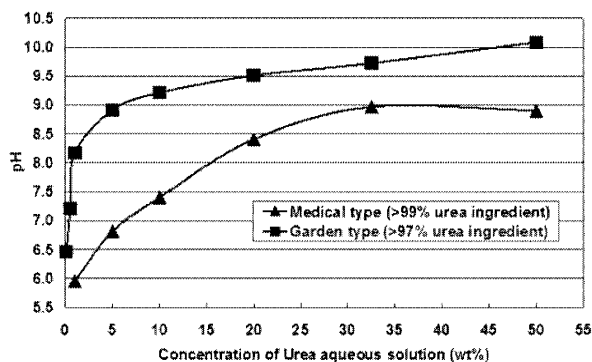


図 11 尿素タイプによる尿素水濃度 pH 比較 (20°C)

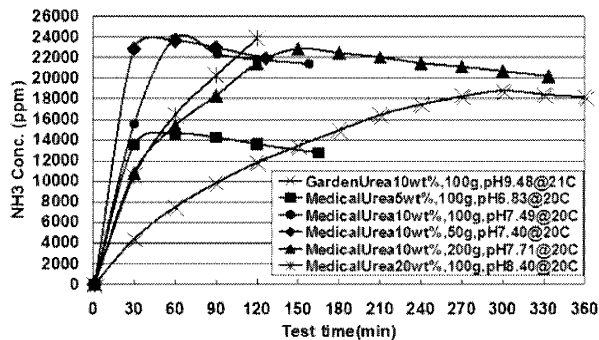


図 12 40°C での尿素水量および濃度による NH₃ 発生量比較

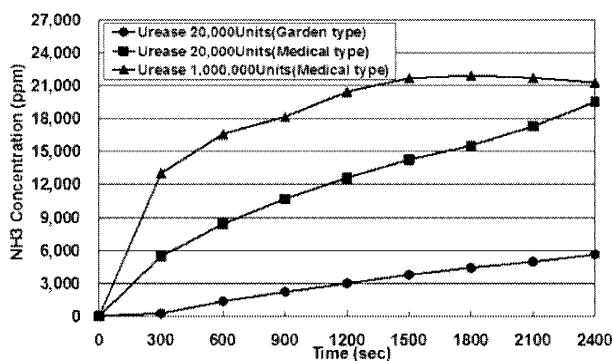


図 13 40°C での 10wt%尿素水でのウレアーゼ量による NH₃ 発生量比較

参考文献

- 1) T. Saika, T. Nohara, et al, JSME International Journal, Series B, Vol. 46, No. 1, pp. 78-83, (2006)
- 2) 野原 徹雄, 雑賀 高, 日エネ誌, 90, 895-904, (2011)
- 3) 丸尾 文治, 酵素ハンドブック, 朝倉書店, p.583, (1982)

非常時にも対応した自然エネルギー活用による電源と通信網の構築 自然エネルギー利用による効率的な非常電源の開発 『都市型コジェネレーションシステムに関する研究 (地震振動下における飽和およびサブクール流動沸騰熱伝達に関する研究)』

キーワード

大竹 浩靖*

地震振動 熱流動 冷却限界 沸騰気泡発生条件 コジェネレーション

1. 緒言

地球環境およびエネルギーセキュリティの観点から、都市の高層ビル群を中心に都市型コジェネレーション【熱併給発電：メタンを主成分とする CO₂ 負荷の低い地球環境にやさしい燃料（天然ガス）の燃焼ガスによる小型ガスタービンにて発電。その排熱を給湯に利用し、高い総熱効率を実現した、高効率な分散化電源】システムの導入が広がっている。このシステムは、地震発生後の救援拠点でもある都道府県庁施設および大規模総合病院でもその導入が行われている。また、そのシステムは、年々高性能（高出力・高効率）化し、0A化に伴う大きな電力需要に対応するため商用高層ビル群では、天然ガス利用ガスタービンと廃熱ボイラーで構成されるコジェネレーション型【CO₂ 負荷の低い地球環境にやさしい天然ガスによる小型ガスタービンにて発電、その排熱を利用して（廃熱ボイラー）蒸気を生成しさらに小型蒸気タービンを運転して、高い熱効率かつ大出力（大電力）にも対応した高効率な分散化電源】のものもあり、商用発電システムと類似のシステムを持つものもある。

本研究は、この都市型コジェネレーション（熱併給発電）システムの地震防災の評価システムを熱水力学観点から検討するものである。具体的には、地震振動時にあっても、各種熱機器が過熱状態にならないことを確認するとともに、特に、水から水蒸気への相変化現象を伴う機器の地震時の安全性を評価：水で冷却されている状態で、局所に水蒸気が接する時の安全性および設計の余裕度を定量的に検討する。すなわち、分散化電源である都市型コジェネレーションシステムを、非常時にも対応した自然エネルギー活用による電源同等の自立型電源かつ熱併給発電および廃熱をさらに利用するコンバインサイクルを地球環境に優れた効率的な電源である有効性を検討するとともに、当該電源の都市防災の健全性

（熱的安全性、大地震時の安全な停止および地震後の速やかなる復帰）を検討することを目的とする。今年度も昨年度に引き続き、実機のコンバインサイクル方式都市型コジェネレーション（熱併給発電）システムと同様な条件、すなわち蒸気発生部である廃熱ボイラー内同様な飽和流動沸騰に対する健全性、すなわち、熱的安全性を実験的に検討した。

2. 実験装置および方法

実験装置は Fig. 1 に示すような開放循環ループ系である。試験流体には十分に脱気したイオン交換水を用い、マグネットポンプにより試験液を試験部に送り込む。実験パラメータである、液サブクール度 ΔT_{sub} は飽和沸騰に近い 3K、液流速 u は 0.25, 0.67, 1.00, 1.33 および 1.67m/s である。試験部には上部に可視部が設けてあり、沸騰様相及び流動様相が観測可能となっている。試験流路は 10×10×500mm(水力等価直径 0.01m)の矩形流路である。伝熱面は電気回路用プリント基板を幅 3mm、長さ 26mm の長さのエッチングした銅薄膜(銅箔厚さ 35 μ m)を使用し定電流電源により直接通電加熱する。計測部は、電圧タップ線にはさまれた 3×10mm の領域である。伝熱面加熱量（平均熱流束）はジュール発熱量 (=電圧×電流) から求め、伝熱面温度は電流と電圧の計測値とあらかじめ得た銅薄膜の温度と電気抵抗値の較正直線から求めた。振動は、試験部を振動台（工学院大学 UDM プロジェクト仕様。水平方向最大振動加速度 5m/s² : 500 Gal）に載せることで実現させた。振動条件の実験パラメータである加速度 a および振動周波数 f は、 $a=4.15\text{m/s}^2$ (415 Gal : 震度 6 相当)、 $f=2.0\text{Hz}$ である。振動方向は、Fig. 1 に示すように加熱面を水平に配置した流動方向と振動方向が平行な振動（以下水平振動と呼ぶ）の実験条件とした。

* 工学院大学工学部機械工学科教授

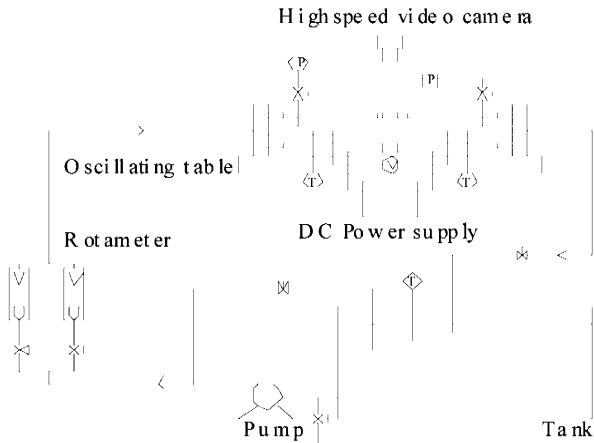


Fig. 1 Experimental Apparatus

3. 実験結果および考察

Fig.2 に、液サブクール度 3K、液流速 0.25 m/s における加熱面に対して水平方向振動の付加時の沸騰熱伝達特性を示す。Fig. 2 中の矢印記号は、限界熱流束であり、伝熱面が焼損する直前の熱流束である。Fig. 2 に示すように、加熱面の振動の付加により、限界熱流束、冷却限界が上昇することがわかる。この結果は、過去に我々のグループで行った、サブクール流動沸騰下の限界熱流束の実験事実、すなわち、加熱面の振動の付加により冷却限界は上昇する⁽¹⁾、との実験的傾向が同一である。また、Lee ら⁽²⁾の垂直加熱管の振動付加の実験結果とも同一である。すなわち、飽和流動沸騰条件でも、地震振動下の熱的安全性が確認されたと言える。

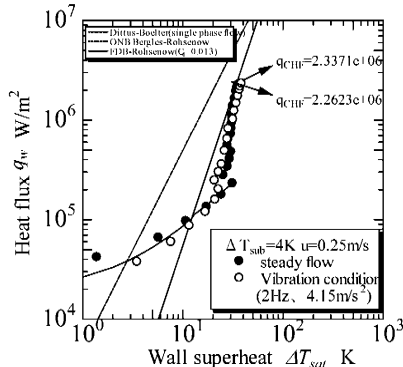


Fig.2 Boiling Curves

一方、Fig.3 に液サブクール度 3K、液流速 1.00 m/s における加熱面に対して水平方向振動の付加時の沸騰熱伝達特性を示す。加熱面の振動の付加により、限界熱流束、冷却限界がほとんど変化しないことがわかる。この事実は、液流速が上昇するとともに、限界熱流束である冷却限界が、加熱面の振動の影響を受けていないことを示唆する。さらに、Fig.4 に、液サブクール度 3K、液流速 1.67 m/s における加熱面に対して水平方向振動の付加時の沸騰熱伝達特性を示す。以降、加熱面上の沸騰気泡の挙動に注目する。

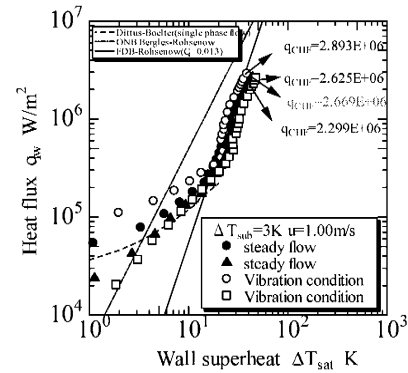


Fig. 3 Boiling Curves

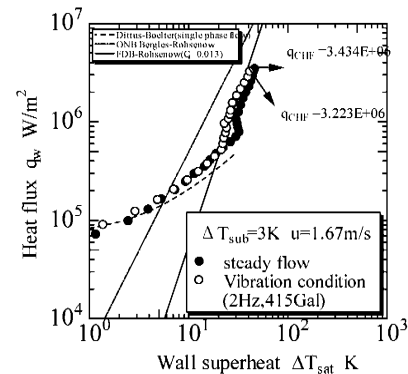


Fig. 4 Boiling Curves

Fig.5 に液サブクール度 3K、液流速 $u=0.25\text{m/s}$ に対する水平振動条件下における限界熱流束直前の加熱面上の合体気泡の観察結果を示す。Fig. 3 に示すように、液サブクール度 3K、すなわち飽和に近い条件下では流路中心に蒸気流れが見られ環状流が認められる。つまり、液サブクール度 3K ではドライアウト型の限界熱流束⁽³⁾であることが確認できた。Fig. 6 に液サブクール度 3K、液流速 $u=0.25\text{m/s}$ に対する水平定常条件下における限界熱流束直前の加熱面上の合体気泡の観察結果を示す。Fig.6 に示すように、Fig.4 と同様にドライアウト型の限界熱流束であることが確認できた。また振動付加の違いとして、振動条件下においては振動に合わせて気泡の成長のリズムが確認できたが、定常条件下においては一定のリズムで気泡が成長するような挙動が見えた。

Fig.7 に液サブクール度 3K、液流速 $u=1.00\text{m/s}$ に対する水平振動条件下における限界熱流束直前の加熱面上の合体気泡の観察結果を示す。Fig.8 に液サブクール度 3K、液流速 $u=1.00\text{m/s}$ に対する水平定常条件下における限界熱流束直前の加熱面上の合体気泡の観察結果を示す。

Fig.7 に示すように、Fig. 5 と同様にドライアウト型の限界熱流束であることが確認できた。また液流速の違いとして、低流速における気泡 (Figs.5, 6) は成長が著しく行われ、大きな気泡となることが確認できる。一方、高流速における気泡 (Figs.7, 8) は低流速

に比べ成長が遅く、結果、小さな気泡となることが確認できる。

Figs.9, 10 に、より高流速になると、それぞれ液サブクール度 3K、液流速 1.67m/s の水平振動条件下並びに水平定常条件下における限界熱流束直前の加熱面上の合体気泡の観察結果を示す。液流速がより高流速化すると、気泡が十分に成長せず、加熱面からの気泡の離脱を促し、小さな蒸気気泡どうしが繋がった流動様式が見られた。すなわち、環状流となっていることが確認でき、この条件では、限界熱流束がドライアウト型になり、限界熱流束に及ぼす加熱面の振動の影響が小さかったためと考えられる。

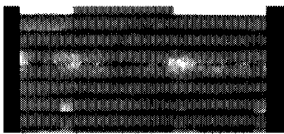


Fig.5 Bubble behavior Image of Saturated flow for $\Delta T_{sub}=3K$ $u=0.25m/s$

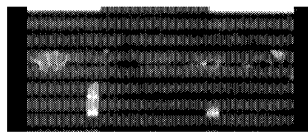


Fig.6 Bubble behavior Image of Saturated flow for $\Delta T_{sub}=3K$ $u=0.25m/s$

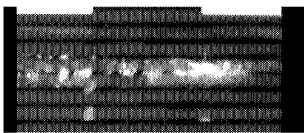


Fig.7 Bubble behavior Image of Saturated flow for $\Delta T_{sub}=3K$ $u=1.00m/s$

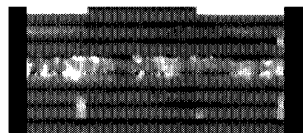


Fig.8 Bubble behavior Image of Saturated flow for $\Delta T_{sub}=3K$ $u=1.00m/s$

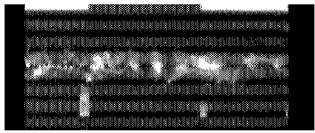


Fig.9 Bubble behavior Image of Saturated flow for $\Delta T_{sub}=3K$ $u=1.67m/s$

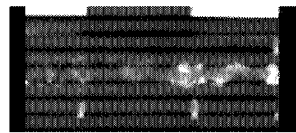


Fig.10 Bubble behavior Image of Saturated flow for $\Delta T_{sub}=3K$ $u=1.67m/s$

以上、まとめると、サブクール流動沸騰の限界熱流束では合体気泡挙動が関連するプール沸騰同様なバーンアウト型になるのに対して、飽和流動沸騰の限界熱流束では環状流下の液膜の蒸発が関連するドライアウト型となるためと考えられ、液流速が低い場合にはプール沸騰に近いバーンアウト型、液流速が高い場合にはドライアウト型になったためと考えられる。特に、ドライアウト型の場合には、流動様式が環状流となるため、流路中心に存在する蒸気塊が加熱面振動の影響を受けづらく、限界熱流束に大きな変化がなかったものと考えられる。

Fig.11 および Fig.12 に、今年度新たに設定した振動条件である、振動周波数 0.5Hz、加速度 $0.30m/s^2$ の長周期振動下における沸騰熱伝達特性および限界熱流束直前の加熱面上の合体気泡の観察結果を示す。この

Fig.11 (振動周波数 0.5Hz、加速度 $0.30m/s^2$) および Fig.2 (振動周波数 2.0Hz、加速度 $4.15m/s^2$) より、限界熱流束である冷却限界が、加熱面の振動の影響を受け向上していることがわかり、長周期下での熱的安全性が確認された。

また、今年度は臨界液流速の条件およびそのメカニズム (何故、流速の影響を受けたのか) の明確化が重要と考え、昨年度に引き続き検討を進めた。

また、加熱面振動が及ぼすドライアウト型限界熱流束への影響、すなわちメカニズムの解明を、熱工学的に行った。

CHF (冷却限界) に関する、液サブクール度と主流速度の関係を Fig.13 に示す。なお、CHF 向上の場合は黒丸プロットとし、CHF 減少あるいは変化がない場合を白丸プロットとした。高液サブクール度 (20K 付近) 条件で限界熱流束の上昇し、低域サブクール度 (3K 付近) 条件で液流速が小さいと CHF は向上することが認められる。一方、液流速が高いと CHF が減少した。以上、サブクール度 3K の飽和沸騰条件では、液流速 $1.33 m/s$ 以上では地震振動下の熱的安全性がやや低くなることが確認されたと言える。

この飽和沸騰下で液流速の増加に伴い CHF が減少する原因として、高流速化に伴い、気泡が十分に成長せずに離脱し環状流となることで、限界熱流速に及ぼす振動による影響を受けにくくなると考えられる。

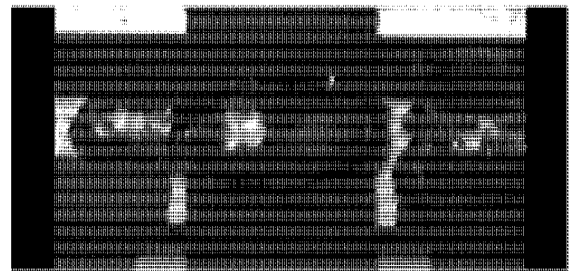


Fig.11 Bubble behavior Image of Saturated flow for $\Delta T_{sub}=3K$ $u=0.25m/s$ $f=0.5Hz$ $a=0.30m/s^2$

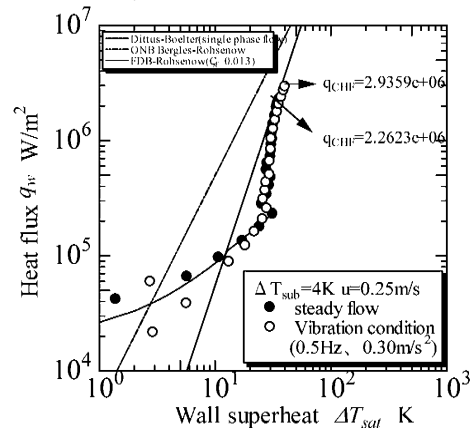


Fig. 12 Boiling Curves

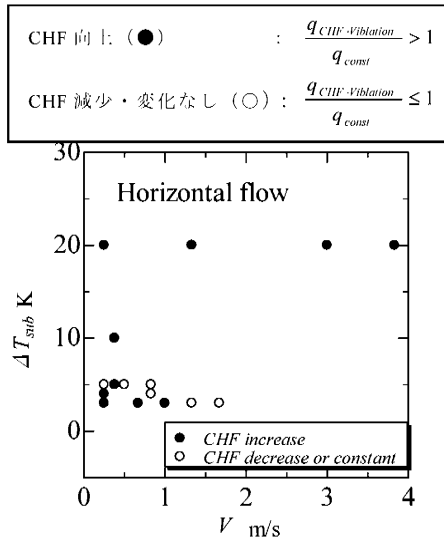


Fig.13 Liquid Flow and Subcooling Relation

4. 廃熱ボイラーデモ実験

以上の基礎研究に加え、下記の実験および調査研究も行った。先の東日本大震災において、多数の発電所が停止しエネルギー供給に大きな影響を及ぼした。それにより、大規模電源の集中リスクへの対応策として、分散型エネルギーが注目されている⁽⁴⁾。分散型エネルギーは、需要地に隣接して分散配置される小規模な発電設備全般のことであり、例として、コージェネレーションシステムが挙げられる。これは、電力と熱を同時に供給するシステムである。

このような設備が採用されることで、震災時、大型発電施設が停止しても分散型エネルギー施設が稼働していれば、その施設や地域レベルでのエネルギー供給が可能であるため、エネルギー供給不足による混乱の緩和が期待できる。そのためには、地震振動に対する安全性を確認することは必要不可欠である。そこで、まずは、廃熱ボイラーの特性が地震振動に及ぼすデモンストレーション実験を小型モデルを利用し検討した。

Fig.14 に実験装置概要を示す。実験装置はガスタービンコージェネレーションを小型化したもので、ボイラ内に水を貯め、ガスタービンからの排熱を、銅管を通してボイラ内に入れ水を沸騰させる。なお、今実験装置はガスタービンを工業用ドライヤーで代用した。ボイラ内の水温、ドライヤー出口の温度、ボイラ出口の温度を K 型シース熱電対を用いて計測する。現状では、非沸騰条件の実験を行ったが、温度計測の不確かさを検討中である。今後、沸騰条件下の実験を行い、廃熱ボイラー特性が地震振動に及ぼす影響の定常化を進める予定である。

5. 結言

地震発生時の都市型コージェネレーション（熱併給発電）システムの地震防災の評価システムを熱水力学観点から検討することを目的に、振動数 2Hz オー

ダーの振動が限界熱流束 (Critical Heat Flux, CHF) に及ぼす影響、特に飽和流動沸騰条件下における冷却限界に及ぼす振動の影響を実験的に検討し、

(1) 振動装置を用いて、試験部に対して水平方向に振動を付加することで加熱面の揺れに対する沸騰熱伝達、特に飽和流動沸騰下の限界熱流束に及ぼす影響を検討し、限界熱流束、すなわち、冷却限界が冷却流速の上昇に伴い影響を受けにくくなることを確認した。

(2) 飽和沸騰下の冷却液の高流速化に伴い、液流速方向に沿って加熱面上の気泡が細く流れる環状流となることを確認した。

(3) 液流速とサブクール度の関係性より、液サブクール度 20K はバーンアウト型限界熱流束、液サブクール度 3K はドライアウト型限界熱流束であることを確認した。

(4) この冷却限界に及ぼす液温の依存性の差異は、サブクール流動沸騰の限界熱流束では合体気泡挙動が関連するプール沸騰同様なバーンアウト型になるのに対して、飽和流動沸騰の限界熱流束では環状流下の液膜の蒸発が関連するドライアウト型となるためと考えられ、液流速が低い場合にはプール沸騰に近いバーンアウト型、液流速が高い場合にはドライアウト型になったためと考えられる。特に、ドライアウト型の場合には、流動様式が環状流となるため、流路中心に存在する蒸気塊が加熱面振動の影響を受けづらく、限界熱流束に大きな変化がなかったものと考えられる。

(5) 本実験条件範囲である飽和沸騰近傍の流動沸騰条件では、液流速 1.33 m/s 以上で、限界熱流束である冷却限界が加熱面の振動の影響を受けない、すなわち、振動なしの冷却限界と同じ値をとることを示した。

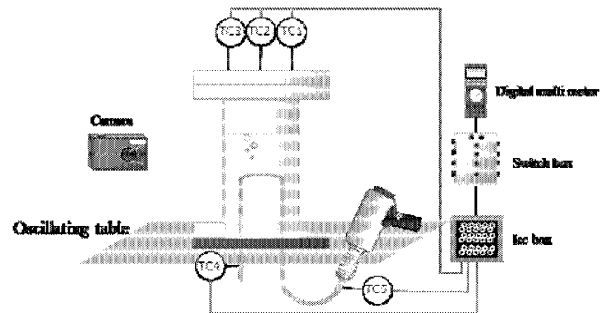


Fig.14 Experimental Apparatus

参考文献

- 1) Ohtake, H., Uchida, N. and Koizumi, Y., Study on Subcooled Flow Boiling Heat Transfer under Vibration Conditions, ICONE17-75738, pp. 1-5, 2009.
- 2) Lee, Y. H., Kim, D. H. and Chang, S. H., An Experimental Investigation on the Critical Heat Flux Enhancement by Mechanical Vibration in Vertical Round Tube, Nucl. Eng. Des., Vol. 229, pp. 47-58, 2004.
- 3) 植田、気液二相流、(1981)、養賢堂。
- 4) 吉識晴夫、畔津昭彦、(2010)、動力・熱システムハンドブック P265~281。

震災時における医療・福祉等施設の機能維持

キーワード（5個程度：明朝9ポイント）

氏名 長澤 泰* 氏名 山下てつろう*
 氏名 笈 淳大**

1. はじめに

小課題 5.1「震災時における医療・福祉当施設の機能維持」では新宿西口地域において大規模な震災が発生したときに医療・福祉施設を機能させるための必要条件を明らかにすることを目的として研究計画を立案した。それに基づいて、平成22年度には新宿西口地域の人口特性を明らかにし、平成23年度には当該地域の屋内における死傷者数の推計を行った。しかし、平成23年3月11日に発生した東日本大震災を契機に医療・福祉施設のBCPに関する研究が、厚生労働科学研究費補助金事業をはじめとする他の研究組織において複数実施され、当初本研究が目的としていた課題がほぼ達成された。そこで、本研究課題においては平成24年度以降は新宿西口地域において震災が発生した際の医療救護所（応急救護所）の計画条件を明らかにすることに研究の目的を変更した。平成24年度には医療拠点としての医療救護所の役割を、平成25年度には災害弱者の規模推計と救護方法の課題を、そして平成26年度には応急救護所の必要条件を明らかにすることができた。

図1：研究の実施経過



2. 震災時における医療・福祉等施設の機能維持

【平成22年度】

防災計画の一つの課題である「非定住者」に着目し、これまでの定住者中心の受領予測とは異なる災害時救急医療体制の在り方を検討した。本研究では公共空間や施設・オフィスビルのホール等を利用し、最前線救急医療拠点を設け、行政やDMATなどによって災害患者に救急医療提供の可能性を検討するものである。具体的には新宿駅周辺の被害想定や、医療施設の位置関係、被災者の人口分析、非定住者の受療行動から震災被害状況を想定した。そしてそれらのデータをもとに拠点数や拠点規模などを計画することを目的としており、22年度はまず屋外人口の把握を行った。

新宿駅周辺で被災者がどこに多く存在するのかを明らかにするために、交通量調査を行い、デジタルカメラの録画機能を使って、あらかじめ決めた道順を自転車で移動しながら撮影を行い、地上の人口分布を明らかにした。その結果、新宿西口は行動範囲に多少の差はあるものの、朝/昼/夜における大きな変化がみられなかった。一方新宿東口では昼から人口が増加し、夜でも人がおおく滞在している。特に歌舞伎町よりも丸井や伊勢丹がある新宿3丁目側に人が多く滞在していた。

地下の交通量調査はあらかじめ定めたポイントにおいて、タップ式カウンターを利用して実施した。その結果昼時の交通量は朝や夜に比べて少なく、通勤通学のための利用が大きな割合を占めていることがわかった。

総じて、新宿駅周辺の地上及び地下の人口分布は、基本的に駅から500m圏内に収まっていることが明らかとなった。地上の新宿駅周辺はオフィス街の西口と、繁華街の東口に明確に分かれていて、そのことから時刻による人口変化の違いに大きな特徴がみられた。新宿駅周辺の地下街では、地下道が大きなオフィスに直結していることが多いために、地下道

* : 工学院大学建築学部建築学科, ** : 工学院大学建築学部建築デザイン学科

は通勤利用の割合が大きく、オフィス街の特徴を持っているのが新宿駅の地下街の特徴である。

【平成23年度】

平成23年度¹⁾においては、「非定住被災者の受療行動を予測する」ための3つの前提条件として①新宿区地域防災計画に基づき東京湾北部地震（M7.3 風速15m）を想定、②新宿駅周辺の救護所の不足、③被災人口分布、を取り上げ、それらを算定する基礎資料として、新宿駅周辺における「屋内死傷者分布」を算出した。また、2種類の街頭アンケート調査を新宿区役所と工学院大学前で来訪者や職員に対して行い、首都直下地震想定時の負傷時の受療行動を予測した。アンケート調査結果から新宿駅周辺の病院/避難所/救護所に対する認知度の低さ、重傷者の全員および軽等症者の2割が医療施設や救護所に向かうという受療行動予測が示された。この予測に基づき、非定住被災者の多くは、自力で病院や救護所にたどり着ける可能性が低いと再度指摘した上で、駅周辺に溢れると予想される受診者に円滑な医療提供を行うためのオフィスビル等のホール等を利用した「最前線医療拠点」の可能性を提示した。また同拠点について、負傷者分布図や既存病院立地状況に基づき11か所の配置案を提示した。

【平成24年度】

平成24年度は、最前線救急医療拠点に比較的近い役割と機能を担っていると思われる医療救護所を分類し、諸機能の抽出、整理を行うことを目的として研究を実施した。具体的には、過去の震災における医療救護活動の報告・提言等、行政の防災計画等から、医療救護所に求められる機能や装備について、人的・物的条件を抽出し、整理を行った。

医療救護所の法的な位置づけとしては、「防災基本計画」に基づき各自治体で作成される「地域防災計画」内に「医療救護所」の言葉は登場する。

また、自治体の地域防災計画において、救護活動の行動マニュアル、救護班メンバー、携行品等について記されている場合でも、「医療救護所」そのものについて定義されている事例は少ない。

「医療救護所」は「現場救護所」や「応急救護所」といった言葉と同様に、医療救護活動全体（つまり、CSCATTT全般）を行う場を指す場合もあれば、トリアージポストや、各救護エリアを限定的に「救護所」と呼ぶ場合もある。活動時期や主体によって微妙に使分けられている場合もあるが、用語が統一され

ていない状況である。そこで本研究では[時系列]、[活動形態/場所]、[活動内容/目的]、[活動主体/関係者][救護対象]という観点で類似用語（論文における提案事例も含めた）の分類・整理を行った。

次に、医療救護所に求められる機能について、「立地、地盤、インフラ」、「建物」、「設備」、「しつらい・備品」に分けて、外的要素と内部計画の両面から検討を行った。

これらの整理を行った結果、「最前線救急医療拠点」を5つの軸を頼りに次のようにとらえ直すことができた。すなわち、最前線救急医療拠点は災害超急性期～急性期において、公的施設内などに展開される、拠点/定点式の、限られた医療資源の中で多数傷病者を最大限救うためにTTT（トリアージ・処置・搬送）を行う医療救護所であり、非定住被災者も受入対象としながら、活動主体や関係者とともに医療救護活動を展開する場である。また、医療救護所の機能については4つのカテゴリーから整理おこない、今後の研究において、同拠点の条件設定を行っていくための基礎資料とした。

【平成25年度】

平成25年度は前年度の研究を受けて医療救護所の条件設定を行った。まず災害時要援護者（以下「要援護者」）について、定義を抽出・整理した上で、新宿駅西口地区の要援護者の規模を改めて推計した。そして要援護者を受け入れるにあたり、本学新宿キャンパスの施設機能が災害時の一時避難場所、応急救護所としてどの程度対応可能かを明らかにした。具体的にはまずは、行政や公的医療機関がまとめたガイドラインを用いて、要援護者の定義を抽出・整理した。そして、その中でも後期高齢者、障害者の人口を統計データから推計した。そして後段では、要援護者の一時避難や応急救護における本学新宿キャンパスの施設機能を、1) アクセス性、2) 一時滞在性、3) 応急救護所としての対応能力、の3つの観点から分析した。1) では、要援護者のタイプ別に、1階、地下1階の主要出入口のアクセス性を確認した。2) では、本学の施設課、総務課に施設状況についてヒアリングを行い、施設の基本仕様を整理した。3) では前年度にとりまとめた「応急救護所に求められる機能」を評価項目として使い、施設の対応能力を分析した。

災害時のアクセス性については、新宿キャンパスには、1階に9ヶ所、地下1階に3ヶ所の出入口が

あるが、災害時、主に利用が想定されるのは、1階の南側、北側、西側（通用口を除く）の出入口である。次に、要援護者を「身体的機能」「言語・認知・判断力」の側面から12タイプに分類し、それぞれが大学内の各出入口にアクセス可能かを確認した。肢体不自由者や視覚障害者、傷病者や乳幼児に関しては、建物内へのアクセスが困難なことがわかる。また、同じ出入口でも要援護者のタイプによってアクセス性は大きく異なる。更に通常は通りやすい自動ドアも停電時は手を掛ける部位が小さいため健常者でも開け閉めするのが難しい。

災害時の一時滞在性については、ヒアリングした新宿キャンパスの施設状況を生活の観点から7項目に分類し、基本仕様と災害時の性能を整理した。特徴としては、(1)設備の多くが電力に頼っているため、停電すると照明・空調・給排水の多くが停止し、基本的な生活に大きな支障が出る（非常用発電は主に消防用である）、(2)食料の備蓄は2000人×3日間分あり、東京都の条例¹⁸⁾で示される量をほぼ備えている、(3)障害者のための落ち着いた小空間が低層階には少ない、といった点である。

応急救護所としての対応能力については前年度の報告書で取りまとめた「応急救護所に求められる機能」を用いて、新宿キャンパスの対応能力を確認した。立地において1階は大きな通りに面し、認知しやすいものの、歩車道間の緑石や植栽帯、敷地境界周辺の高差がアクセス性を低下させている。また、舗装のタイルや石等が地震により割れて隆起した場合には、搬送やトリアージに支障をきたす。医療資機材としては、主に救急セットがあり、他にAEDや健康相談室（看護師1名常駐）がある。

最後に、災害時と同様に充実した設備が無い時代、医療・看護の方法を唱えた資料としてフローレンス・ナイチンゲールの「看護覚え書き」を取り上げ、その中に記される13項目を用いて、応急救護所としての新宿キャンパスの施設状況を評価した。「看護覚え書き」には、治療の空間として求められる冷暖房や清潔性・感染対策、精神的サポートといった要件が挙げられており、災害対策を目的に今後施設を改修していく際の指標になると考えた。

表1：応急救護所に求められる機能

工学院大学の施設状況	
評価	詳細
■立地、地盤、インフラ	
認知しやすい	地上において、敷地の北・西側が大きな通りに面している。東側は広場に面し、南側は車両が1台通れる程度の道路幅員であるが敷地に引きがある。建物の出入口も大きなガラスで内部を視認することも出来、応急救護所として認知しやすい。 地下においては、北側の地下通路は停電時に採光が取れず、地下1階のラウンジは保守照明が2時間程度しか点かない。また、地下通路の工学院大学を示すサインは少なく、視認性は低い。
アクセスしやすい。(徒歩でも車でも)	敷地の北・西側では大きな通りに面しているものの、植栽帯が歩道へのアクセスの障害となる。南側は車道幅は狭く、ポールや駐輪がアクセスを阻む。また南西側の段差がアクセスの支障となるため、南東側からアクセスすることが必要となる。東側は広場に面しているが、1階フロアとのレベル差が支障となる。 地下においては、北側の地下通路とはレベル差があり、災害時要援護者においてはアクセスしにくい。地下駐車場に通ずる車路スロープと車の寄りつきがあるが、停電時は照明・採光が望めないため、利用は難しい。
搬送しやすい。	
医療資機材が入手しやすい	薬局、ドラッグストアは西新宿地域に数店舗存在する。
周辺に木造建物密集地帯はない。	西新宿高層ビル群に位置する。
液化化の危険性が低い地盤	液化化の危険性は低い。(東京都資料より)
インフラや地盤が安定	電源：1系統、非常用発電機有り。 新宿中央公園に淀橋給水所有り
情報収集/伝達しやすい	複数有り。新宿～八王子のキャンパス間高速無線も有るが(2系統)、停電により防災無線以外は使用できなくなる。
公的支援を受けやすい	災害拠点病院として、東京医科大学病院、東京女子医科大学病院が存在する。一番近い救急告示病院まで500m程度の距離がある。他に都庁や、大学等では首都医校、宝塚大学が存在する。
交通基盤が損壊しにくい	地下鉄、地下通路、立体交差が多く、損壊した際の影響は大きい。歩道が石・タイル貼の箇所は、割れや隆起により歩行に支障が出る。
立地・交通網：スタッフが参集しやすい	高層ビル群内は幅員の大きい道路で区割りされ、それらが甲州街道や青梅通りといった主要道路とつながっている。
■建物	工学院大学の施設状況
評価	詳細
車が寄り付きやすい	1F南北出入口には広い軒下と広場状空間がある。
歩車分離の動線が設けやすい	
トリアージ～搬送まで一方動線が可	複数出入口があり、一方動線が可能
天候や季節の影響を受けにくい	1Fアトリウム、B1Fラウンジで雨風を凌ぐことが可能。医ガスは無い。
耐震性能確保済み	竣工年：1989年
大人数収容スペース	外部からアクセスしやすい場所で、大凡の有効スペースを設定し、滞在人数を算定した。 【1Fアトリウム中央】700㎡ ⇒一時滞在所：400名 【1Fアトリウム南側】80㎡ ⇒一時滞在所：45名 【B1Fラウンジ】⇒採光・照明が得られず、滞在スペースとして利用できない。
■しつらい・備品	工学院大学の施設状況
評価	詳細
医療資機材	・救急箱・救急セット：259個 ・袋式担架：29台 ・災害救助用カーペット：10枚 ・車いす：1台 ・AED(全4機)：高層棟12階(フロアスタンド型)、23階(フロア壁掛け型)、中層棟4階(スタンド型)、地下1階ラウンジ(スタンド型) ・健康相談室(11階1117号室)：看護師1名 設置物品：ベッド2台、車いす1台、担架1台、検尿器1台、血圧計1台、視力検査機1台 薬剤：市販薬、消毒薬、包帯等少々(出来るだけストックは置かない方針)
備蓄	2000人分の下記食料・備品を用意している。 ・食料：3食/日 × 3日分 ・水：2L/人 ※ × 3日分 + 備宅困難者100名分(東京都補助金購入) ※収納スペースが足りないため、水の備蓄量が条例の目安量よりも少ない。(東京都備宅困難者対策条例の例では、水：3L/人・日 × 3日分) ・簡易トイレ：4枚/人・日 × 3日分 ・毛布：2000枚 ・その他：照明、女性用品、ラジオ、避難所間用仕切り、カセットコンロ、等 ・災害時の食料提供について、生協と連携を結んでいる。
生活資材(トイレ、飲食物、毛布)	

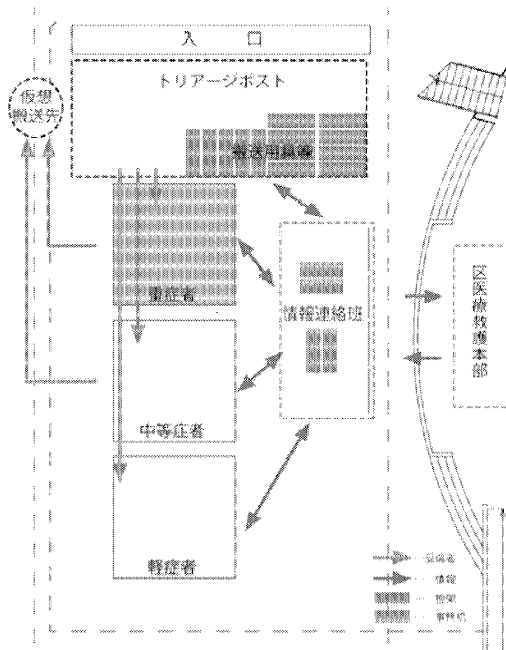
※「設備」については、3-2-一時滞在性の記載を参照のこと。

【平成26年度】

研究の最終年度にあたる平成26年度においては、震災時に負傷した被災者が医療施設や福祉施設へ過剰に集中することを軽減するために配置される、応急救護所の整備すべき必要な条件を明らかにした。研究方法はまず、2014年11月6日に行われた新宿駅西口地域地震防災訓練の医療救護訓練において受傷者や医療従事者、非医療従事者の人の動きに加えて、情報連絡の動き方を定点から写真撮影すること

により把握した。また、応急救護所の設営と必要物品の課題を文献調査により整理を行った。前者の防災訓練においては、「仮想緊急医療救護所立ち上げ」、「医療従事者による受傷者のトリアージ、診察、搬送順位決定」、「受傷者の応急手当、チェックシートを用いた観察記録、搬送、事務調整」などが行われている。

図2：新宿駅西口地域地震防災訓練会場レイアウト

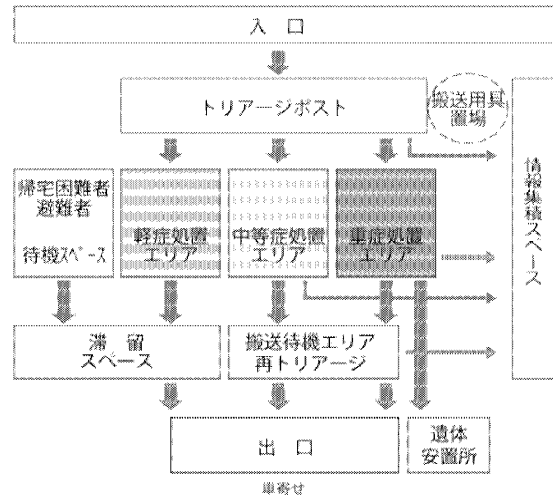


これらの訓練を観察した結果から、応急救護所の設置目的と役割としては、①治療の優先度を決定する医療トリアージ、②応急処置、③後方搬送準備、④避難所に併設されている場合は、収容者の健康管理があることが整理され、応急救護所が備えるべきエリアとしては、①トリアージエリア：入り口付近に担架台などを利用して設置、②受付場所、③軽症者・重症者の処置エリア、④入口、出口の分離、⑤搬送出口は近くに搬送待機者の場所を設置、⑥遺体を安置する場所、⑦救護要員の休憩場所が必要であることが、文献調査においても確認された。

さらに、文献調査により救護所が備えるべき物品のリストを作成し、そのリストと工学院大学に備品として備えられている物品を比較して、防災体制上の課題を明らかにした。

最後に、応急救護所のエリアの概念図を取りまとめ、今後応急救護所を整備する際の指針の一つを明らかにした。

図3：応急救護所のエリア概念図



3. おわりに

本研究を通じて、新宿駅周辺における非定住被災者を含む被災負傷者への医療拠点の配置計画と、整備条件を、工学院大学を事例として整理することができた。各研究年度において医療拠点の名称が統一できていないのは、その研究当時の背景を反映しているとともに、医療拠点の役割が定めきれないことに起因している。今後の地域防災計画においては単に救護所といった名称を利用するだけでなく、具体的な救護内容を明示することにより、より具体的な整備計画を立てる必要があるものと考えられる。

謝辞（ゴシック8）

本研究は、各年度において下記の研究者の協力を得て実施した。なお、所属は研究実施時のものである。
 平成22年度 佐藤豪（工学院大学大学院生）
 平成23年度 佐藤豪（工学院大学大学院生）
 平成24年度 与志平知子（工学院大学客員研究員）
 平成25年度 鎌倉敏上（工学院大学客員研究員）、上西大貴、加藤光貴、樋口祐介（工学院大学学生）
 平成26年度 今井暢子（工学院大学客員研究員）
 平成22年の調査は、私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「建築・都市の減災と震災時機能継続に関する研究拠点の形成」（研究代表者久田嘉章）、科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「震災時における都心部非定住者の受療行動予測・対応策に関する研究」（研究代表者山下てつろう）の研究費によって実施した。

参考文献

- 1) 新宿区帰宅困難者対策促進協議会、帰宅困難者対策報告書、2004
- 2) フロレンス・ナイティンゲール著、小玉香津子ほか訳、看護覚え書き 本当の看護とそうでない看護、日本看護協会出版会、2004
- 3) 酒井明子、小原真理子監修、災害看護 心得ておきたい基本的な知識、2012

超高層建築の防災計画・業務継続計画 建物の即時使用性判定と超高層街区の防災対策への展開

キーワード：超高層建築物、即時使用性判定、
 罫書き装置、業務継続計画、防災対策

宮村正光*村上正浩*久田嘉章*
 三好勝則*吉田倬郎**久保智弘***

1. はじめに

本研究は、「超高層建築の防災計画・事業継続計画」をテーマに、超高層建築物内の企業、大学、公的機関などの防災計画や事業継続計画に必要な方策について検討を行なったものである。防災街区の形成を考える上で、一棟数千人が居住する超高層建築物の防災対策を検討することは、図1に示すように、個別企業の事業継続性や地域の防災力を高める上で重要な要素となる。

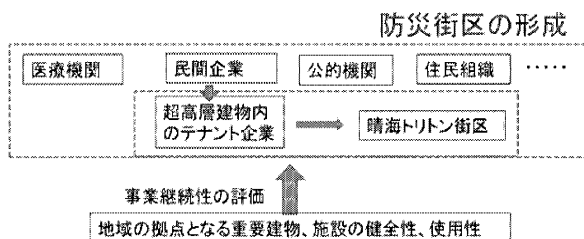


図1 防災街区の形成における研究の位置づけ

研究期間中、2011年3月11日の東日本大震災により、首都圏において、超高層建築物の室内被害や多数の帰宅困難者などが発生した。この教訓や経験を生かすために、当初の研究計画や目的を見直し、より実践的な超高層建築物の防災計画・事業継続計画の策定に向けて必要な検討を進めてきた。各年度の主な研究成果は以下の通りである。

1) 超高層建物内の大学における施設管理計画に基づく防災計画・事業継続計画の策定

(2011～2012年度)

① 業務優先度調査に基づくBCPの枠組み策定

② 首都直下地震における財務影響評価

③ 工学院大学のBCP策定のための調査研究

2) 負傷者数の軽減と実践的な緊急対応計画の検討

(2012～2013年度)

建物内の負傷者の発生に関する振動試験

3) 超高層建物の即時使用性判定手法の検討

(2013～2015年度)

即時使用性の客観的な評価の一つとして、簡便な罫書き装置を開発、工学院大学新宿校舎に設置。

チェックシートと併せ、建物管理者を対象とした被災度判定手法の提案と訓練による検証

4) 高層建物街区、晴海トリトンスクエアにおける地域継続計画（DCP）の検討

(2012～2015年度)

超高層建物と周辺施設から構成される街区の防災計画、事業継続に向けての問題点、課題を抽出。

本報告では、5年間のまとめとして、各年度に実施した内容の概略を示すと共に、後半に実施した超高層建物内の企業が重要業務を継続するための前提となる建物、施設の使用性判定の方法と、超高層建物で構成される街区での防災対策、街区継続計画作成に向けて晴海トリトン街区への展開事例を中心に述べる。

2. 研究内容

2-1 施設管理計画による防災計画・事業継続計画の策定

工学院大学を対象に以下の調査を実施し、3つの観点より取りまとめた。

- 1) 東日本大震災時における震災対応業務調査
- 2) 事業継続のための災害への備えなどの調査
- 3) 通常業務の被災時優先度調査

震災対応業務、業務の優先度などの調査により大学BCP策定に必要な基礎資料の取りまとめ、工科系大学のBCPの枠組み構築を試みた。図2は、業務分類の概要である。

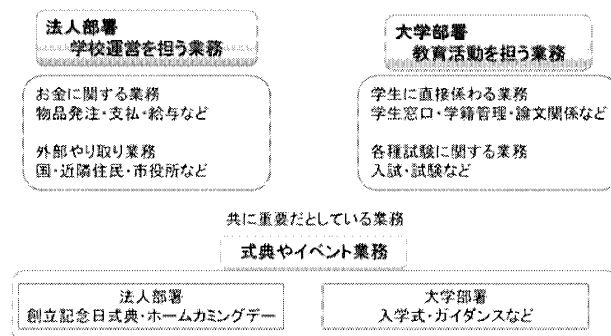


図2 工科系大学の業務分類の事例

*：工学院大学建築学部まちづくり学科，**：工学院大学名誉教授，***：防災科学技術研究所

2-2 首都直下地震における財務影響評価

東日本大震災の際、宮城県内の私立大学で地震被害により研究教育費(修繕費、奨学金)などの支出増加に対応して、収入として寄付金・補助金の増加があった。東日本大震災の結果を基に研究教育費の修繕費と奨学金について、工学院大学を対象に東京湾北部地震が発生した場合にどの程度増加するか、推計した結果、修繕費が2010年度の30~40倍、奨学金の支払いが2010年度の約8倍の増加となることが判明した。関東地方の私立大学で何らかの被害が発生した場合に備えて、支出増を賄うための収入について検討する必要がある。被災時にも継続・復旧すべき優先業務選定の基本方針が必要となる。

2-3 工学院大学のBCP策定のための調査研究

超高層建物内にある工科大のBCPのあり方について検討した。学内の業務の洗い出しに基づき、各部署の災害時における業務の優先順位、BCP作成に必要な基本情報を各部署へのヒヤリングやアンケート調査などにより把握した。一方、各部署の優先度の評価基準の全学レベルでの調整、対象リスクや、RTO設定などは、別途検討すべき重要課題として明らかになった。学内のさまざまな資源(リソース)の効率的な振り分けを大学の基本的使命である業務との関係で整理し、事前の被災対応と、被災時にも継続が必要な業務を把握する必要がある。図3は大学の業務と資源配分の考え方を示した一例である。大学で優先されている業務を、被災時にも継続が必要な業務の絞り込みに利用できると考えられる。

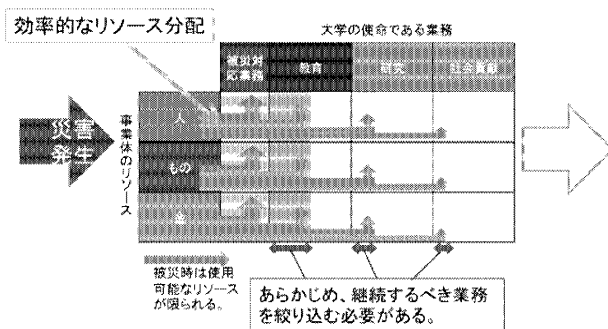


図3 大学の業務と資源の配分の考え方

3. 事業継続性と建物の使用性判定の考え方

東京都は首都圏周辺での大地震発生時に懸念される帰宅困難者への対応として、『東京都帰宅困難者対策条例』を制定し、混乱を避けるため、建物、施設の安全性の確保を前提として、できるだけ帰宅せず、72時間を日途に、建物内にとどまるよう企業に要請している。この場合、前提となるのは建物の構造躯体の健

全性の判断であるが、専門的な知識をもたない建物管理者にとって、構造躯体の健全性を即座に評価することは極めて困難で、建築専門家も即座に駆けつけることは難しい現状にある。3日間滞在するためには、構造躯体の健全性に加え、電気、水道、トイレや空調設備、室内居住空間の確保など、業務継続に必要なライフラインの機能確保も求められる。即ち、地震発生後には、即時に退避行動を起こすべきか否かの建物健全性の判断とその後の3日間の滞在に必要な機能性や、使用性についての判断も求められる。図4はこれらの関係を整理したものである。

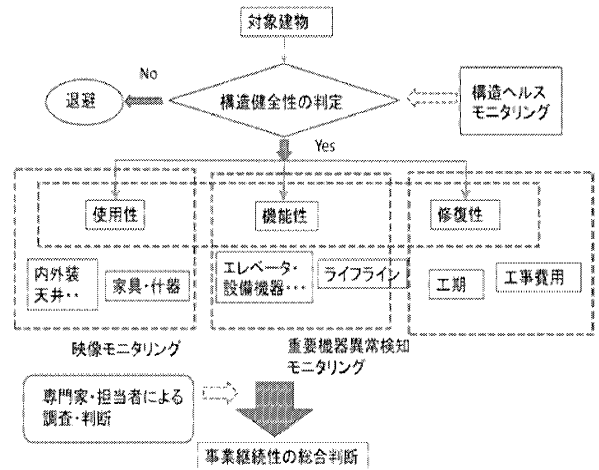


図4 使用性と事業継続性の考え方

4. 高層建築物における即時使用性判定のフロー

4-1 建物健全性判定の考え方

建物の構造健全性の判断は、建物内に滞在して業務を継続するか否かの判断の前提となるもので、非常に重要であるが、現在まで確立された手法はなく、正確な評価は専門家でも難しいとされている。

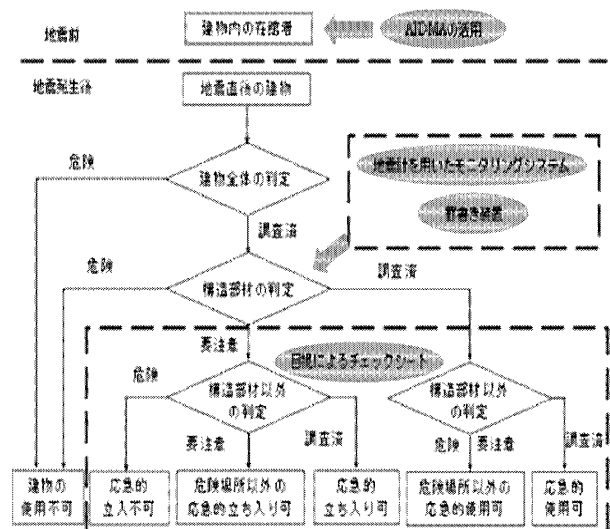


図5 建物即時健全性の判断フロー

ここでは専門的な知識をもたない建物管理者でも、即時に推定できる方法の構築を日指して、地震計等の計器観測と目視を組み合わせた種々の方法を継続的に検討してきた。超高層建物のような重要な建物に対しては、既に地震計からの情報を活用して自動判定される精度の高い、即時被災度判定システムが導入されているものもあるが、導入費用や維持管理が高額となるため、すべての高層建物に導入するのは難しい現状にある。一方建物管理者にとっては、目視による判断が難しいため、何らかの客観的な判断基準が必要であるとの意見も多い。そこで、安価で簡便に建物の被災度を判定することができる装置として、「けがき」による装置を開発した。試作モデルによる振動試験を踏まえて、建物内への設置による実地震の観測による検証を行っている。このけがき装置は、原則、高層建物の特に層間変形角が大きくなる階に設置し、目視による簡易チェックシートと合わせて用いることで、早期に建物の被災度を把握することを目的としている。同時に、安価な情報端末装置、iPad を使い、建物の揺れを計測して健全性を確認する方法についても同様に、実証実験を行っている。地震発生直後の建物健全性の概略の流れは図5のようになる。地震発生後にはまず火災の発生、傾斜など建物全体に係る判定を行う。その後、各種のモニタリングシステムや装置を活用して構造健全性の判定を行い、退避行動の判断を行う。構造部材の健全性が確認された場合は、目視によるチェックシートを活用して、各階ごとの判定を行い、立ち入りの可能性や一時使用性の判定を行う手順となっている。

調査部位	調査内容	被害イメージ	被害ランク		
			○	△	×
①-1 同仕物壁	同仕物壁に転倒や変形(ゆがみ)等の被害が見られるか。		変形(ゆがみ)等はほとんど見られない	わずかな変形(ゆがみ)等が見られる	転倒や明確な変形(ゆがみ)が見られる
①-2 外壁内壁	外壁に、脱落、変形(ゆがみ)、ひび割れ等の被害が見られるか。		ずれや変形、ひび割れはほとんど見られない	わずかなずれや変形、ひび割れが見られる	大きな変形(ゆがみ)、脱落等が見られる
② 柱(鉄骨造)	柱の変形や接合部の破断が見られるか。		パネルジョイントの陥没が見られる	小さな局部座屈変形が見られる	大きな局部座屈変形が見られる・接合部破断が見られる
③ 扉	扉に変形(ゆがみ)、脱落等の被害が見られるか。		変形(ゆがみ)はほとんど見られない	わずかな変形(ゆがみ)が見られるが、脱落等の被害は無し	明確な変形(ゆがみ)が見られ、脱落等の被害は有り
④ 窓・ガラス	窓枠の脱落、変形(ゆがみ)、ひび割れ等の被害が見られるか。		変形(ゆがみ)、ひび割れ等はほとんど見られない	わずかな変形(ゆがみ)、ひび割れ等が見られる	脱落や明確な変形(ゆがみ)、ひび割れ等が見られる
カテゴリⅠの総合被害ランク		「○」のみ→「○」 「△」が1以上→「△」 「×」が2以上→「×」			

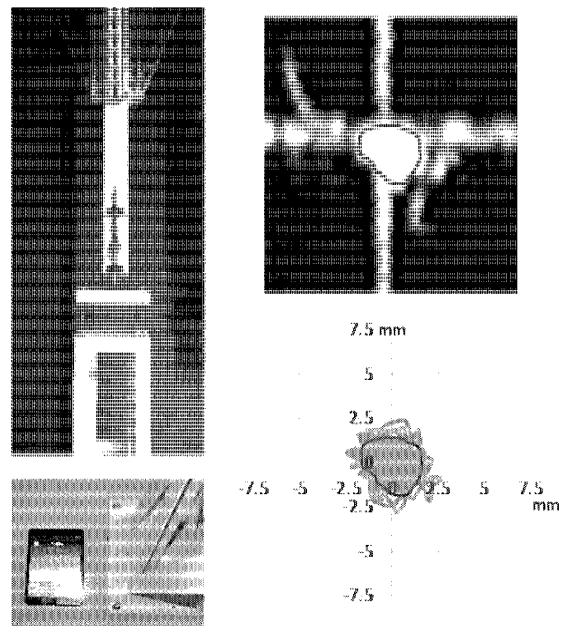
図6 目視によるチェックシートの例

1. モニタリング、ケガキの判定		
モニタリング、ケガキの判定が「×」の場合は、3.総合判定へ		
判定記入凡例 ×:危険 △:要注意 ○:調査済		
2. 建物各階の判定		
2.1 カテゴリⅠの判定		
	2階	地下1階
カテゴリⅠの判定	×	△
判定記入凡例 ×:危険 △:要注意 ○:調査済		
2.2 カテゴリⅡ～Ⅲの判定		
「○」のみの場合、カテゴリⅡ～Ⅲの判定は「○」とする		
1以上の「△」の場合、カテゴリⅡ～Ⅲの判定は「△」とする		
1以上の「×」の場合、カテゴリⅡ～Ⅲの判定は「×」とする		
調査項目	2階	地下1階
カテゴリⅡの判定	×	△
カテゴリⅢの判定	×	△
カテゴリⅡ～Ⅲの判定	×	△
判定記入凡例 ×:危険 △:要注意 ○:調査済		
3. 総合判定		
	2階	地下1階
建物の即時使用性の判定	○1	○2

図7 建物即時使用性判定の評価例

4-2 罫書き装置の実験及び地震観測による検証

罫書き装置は建物の層間変形を計測するため、通常3m程度の階高の間に吊り材と支柱が必要となる。そのため図8に示すような実験装置を製作し、観測波形を入力して、罫書き装置の応答特性を検証した。さらに工学院大学の地震時の応答性状を考慮し、層間変形角が大きい、11階、21階、24階の3か所に装置を設置して、地震計、簡易地震計(iPad mini)から得られる観測波形との比較を行い、その精度検証を継続的にを行っている。振動実験では強震時で増幅が見られる反面、実際の地震観測では、層間変形角小さいこともあり、最大振幅が若干異なっている。今後も継続的な観測、検証が必要である。



(1) 11階への設置 (2) 観測された軌跡

図8 罫書き装置の設置と観測事例

5. 超高層街区晴海トリトンスクエアへの展開

5-1 晴海トリトンスクエアの概要

新宿西口地域のみでなく、都心の高密度地域では、協議会などを中心とした街区単位での街区継続計画（DCP：District Continuity Plan）を構築する取り組みが行なわれている。地域の安全と秩序維持のために、街区レベルでの災害対策を取りこんだ、より実践的なDCPの構築が不可欠である。具体的な、DCP構築に取り組んでいる大規模開発の事例として、晴海アイランドトリトンスクエアを対象に検討した内容を以下に示す。本施設の概要を写真1に示す。大きく、3つの超高層建物と一つの低層棟、これらを結ぶ共用部で構成されている。各棟内は棟別の管理を行っているが、街区の統一管理者である（株）晴海コーポレーションを中心に、スーパーブロック全体の統一的な管理を行っている。電源、給水設備については街区全体で一括して設置され、空調用の熱源は地域冷暖房（DHC）から供給される。

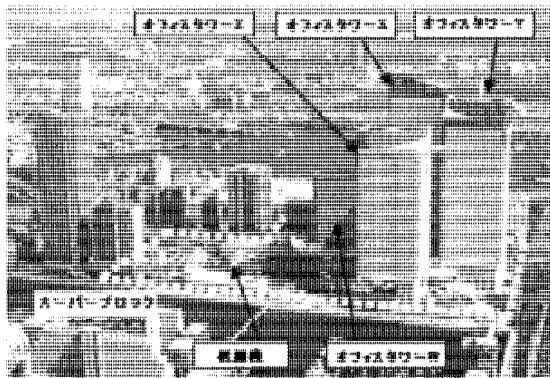


写真1 晴海トリトンスクエアの施設全景

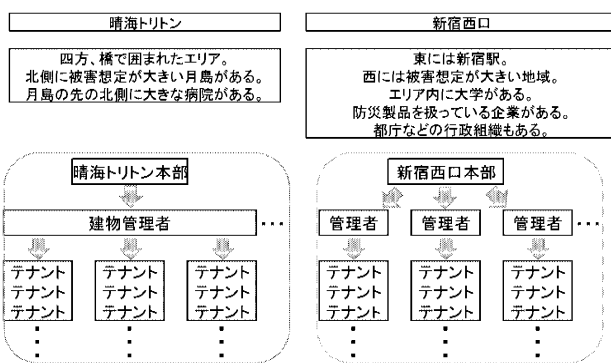


図9 新宿と晴海の管理体制の相違

新宿西口地域と晴海の管理体制は図9に示すように、晴海では各棟が晴海コーポレーションにより統一管理され、情報が共有しやすいが、多くの異なるテナントが同一建物内に混在している点は、2つの地域に共通である。実際の研究は、晴海トリトンに

おいて大学、各棟ビルオーナーおよび防災管理者、街区統一管理者、事務局等で構成される委員会により行われた。検討期間は2011年より4年あたりほぼ月1回の頻度で開催され、現在も継続中である。

本施設は、高い耐震性と信頼性を持つ大規模複合建築として設計され、災害に対して十分な対策を施しているものの、東日本大震災発生時の対応を踏まえ、本施設の現状を分析した結果、以下の課題が明らかになった。調査した主な課題を整理し、表1に示す。

表1 現状の課題と今後の検討事項

項目	現状	今後の検討事項
1. 負傷者への対応	・各テナントでの対応	・搬送方法、救護所の開設、トリアージ、医療スタッフ、テナントとの連携
2. 建物安全確認	・アンボンドブレースによる把握	・算査き装置によるシステムの導入検討、チェックシートの作成、評価基準と判定法、既往の判定システムとの整合性
3. 帰宅困難対応	・備蓄（水、食料、毛布等）	・受入体制などの詳細検討、安全配慮義務、都の支援制度
4. 火災対応	・非常電話、通報システム	・即時避難方法の確認と再検討
5. 情報伝達	・各棟での伝達方法	・日常的に利用可能な情報伝達システムの構築検討
6. 洪水、津波対応	・人工地盤への避難が可能	・津波に対する避難方法、情報伝達方法を検討

1) 負傷者への対応

超高層建物では、長周期成分が卓越した揺れが長時間継続することにより、家具、什器類の移動転倒や天井の落下等に伴う負傷者が発生することが想定されるが、街区内の診療所では、医師、看護師、医薬品等の資器材、受入れスペースに限界があり、多数の負傷者には対応しきれないことが懸念される。重症者の災害拠点病院への搬送が優先されるが、トリアージが機能しないと多くの軽傷者が病院に駆けつけ、災害拠点病院での重症者への対応に支障が生じる恐れがある。街区内で対応するためには救護所スペースや医療関係者を確保すること、応急手当に使用する医薬品や医療用資器材を備蓄することが求められる。また、災害拠点病院等への患者の過度な集中を回避するためには、街区内での医療機能の分担と必要な対策を検討し、軽傷者にはそれぞれのビルや地域で対処する態勢を構築することが必要となる。

2) 建物安全確認

現状で一部の建物にアンボンドブレースや地震計が設置され、判定マニュアルと共に、被災程度の客観的な評価が行なわれている。一方で、データの回収方法や、結果に対する即時判定方法など課題も残

されている。そのため、より簡便なけがき装置の導入や日視によるチェックシートの活用などを検討中である。

3) 帰宅困難対応

1万8千人近い勤務者がいる中で避難場所が4000人しか収容できないのを考慮すると、帰宅困難者を受け入れるのは難しい現状にある。屋内に滞在できない場合の想定も必要で、トイレや備蓄品、電力など72時間滞在可能な機能維持や、受け入れスペースの安全性の確保や備蓄品の確保など課題は多い。晴海トリトンとしては帰宅困難者を基本的には受け入れる姿勢で、入居者の避難場所に指定されている各棟ロビーや会議室に受け入れスペースを確保（約4000人）しているが、当然入居者優先となる。

4) 火災対応

火災は初期消火の訓練の徹底、火災通報システムなどを活用して、最優先に対応する仕組みで、屋外避難訓練などを重ねており、継続的な訓練により避難方法と併せ、検討が必要。

5) 情報伝達

トリトン内の通信設備は基本的に電力依存しており、統合防災センターと各防災センターとの通信は可能であるが、テナントとの通信手段はない。防災センターにテレビ電話を設置してあるが、24時間の非常電源使用後は通信が途絶する可能性がある。個別のテナントの状況は把握できず、必要情報の確保のために、トリトンの電源に依存しない通信手段の確保ペーパーや人海戦術による多重化、系統別の冗長性の確保が望まれる。

6) 洪水、津波対応

想定津波高さが低いことや、人工地盤への避難が可能なことから、適切な避難計画、方法を示すことにより、対応可能。

5-2 超高層街区としてのDCP構築に向けて

1) DCPの考え方

施設の立地条件、街区特性を踏まえた上で、独自のTSCP(Triton Square Continuity Plan)を構築することを目標とし、検討を進めている。TSCP構築のための検討フローは、図10に示す通りで、特に目標水準とRTOを明確にし、機能を維持、継続するため実行すべきボトルネックや街区としての重要な役割を特定する。想定地震ごとに設定した目標水準と、現状の課題を比較し、目標水準を達成するための方策を考慮し、目標と現状とのギャップを埋めるために、事前

のハード、ソフト両面の対策、発災時の対応を明確にして、具体的な対策に優先順位をつけて、実行する。

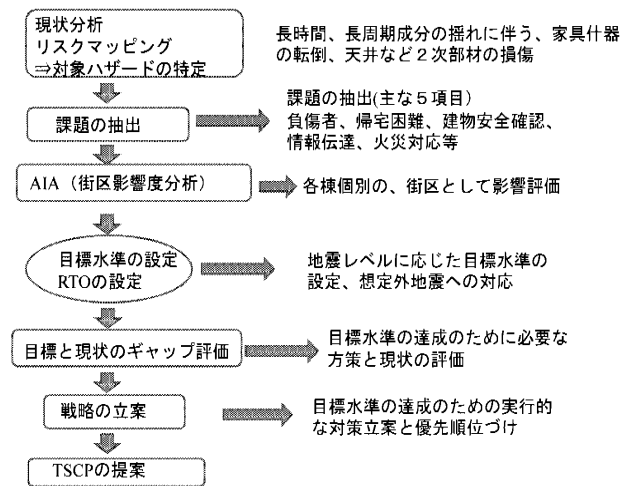


図10 TSCP構築のフロー

2) 目標水準の設定

想定される被害をレベル別に具体化し、各シナリオを作成した。シナリオは想定地震の事象、ライフラインの状況に区別して作成することで、災害の内容をより具体化し、各々の目標水準をより明確に決めることができる。現状分析、災害シナリオ、ボトルネック考察を踏まえ、以下の目標水準、RTOを設定した。

- ① 大震災時でも高い耐震性・安全性を確保する。
- ② 帰宅困難者が72h滞在できるようにする。
- ③ 入居者と各棟管理会社とのスムーズな情報伝達ができるようにする。
- ④ 原則として各棟内で対応し、困難な場合は統合および他棟の力を借りる。
- ⑤ 一定時間内での業務再開を可能にする。

レベル別の目標水準を表2に示す。

表2 地震レベルに応じた目標水準

レベル	想定事象	目標水準					
		建物強度	安全な避難	帰宅困難対応	救護体制	情報収集・伝達	業務継続
レベル1	通常大地震（震度6弱）	建物が無損傷	重傷者を2Fまで容易に搬送できる	入居者・来訪者がテナント内で72h滞在可能	各テナントで応急処置 重傷者は慈恵医大クリニックで応急処置 中央区救護所へ搬送	各棟防災センター⇄入居者（テナント）の連絡手段の確立 統合防災⇄各棟防災センターの連絡手段の確立	業務が24h以内に再開可能 （電気・空調・ELV・トイレが復旧）
レベル2	直下型地震（震度7）	構造体がほぼ無損傷	全停電前に、指定場所（2Fロビー）に避難 重傷者と一般者が混乱せずに避難できる	入居者・来訪者がテナント内および2Fロビーで72h滞在可能	各テナントで応急処置 X棟ロビーに指定救護所を移設、重傷者を応急処置 中央区救護所へ搬送	同上 通信用電源の確保	業務が1週間後に再開可能 （電気・空調・ELV・トイレが復旧）
レベル3	想定外の大震災	入居者・来訪者が倒壊前に避難	建物外に避難 重傷者と一般者が混乱せずに避難できる	入居者・来訪者が屋外で72h滞在可能	重傷者を中央区救護所へ搬送	人海戦術での情報伝達	—
レベル4	津波（AP+5.6m以上）	建物が無損傷	人命を最優先し、1F以下の全員が10分以内に2Fに退避	入居者・来訪者がテナント内または2Fロビーで72h滞在可能	各テナントで応急処置 重傷者は慈恵医大クリニックで応急処置	人海戦術での情報伝達	—

3)情報伝達システムの活用に向けて

被災情報の即時把握は、TSCPの構築に向けて、最も重要な項目の一つである。特に大規模複合施設では、関係者が多く、災害時に必要情報を共有し、効果的な支援活動を相互に行うためには、お互いの情報をより早く共有し対応する必要がある。そのためには、日常業務の中での情報伝達システムを活用し、習熟しておくことが重要になる。日常の情報伝達システム活用例を表3に示す。さらに、災害時に被災情報をいかに早く把握し、2次災害軽減の対策が実行されるかを具体的な訓練を通して、検証した。具体的には図11に示すWebを利用した被災情報入力システムを試作し、テナントを含めた活用訓練を行った。訓練後のアンケート調査により、入力のしやすさ、使い勝手などの使い勝手や課題を分析した。棟ごとに入力機器が異なることや、訓練そのものへの参加意欲については課題も挙がった。館内情報を建物管理者とフロー利用者(テナント)が共有することで、建物の現状を相互に把握する。建物管理者は、被害の把握と対応が行え、テナントは、状況を報告することで必要な資器材や協力の依頼が行える。

表3 情報の伝達方法の活用例

レベル	建物損傷把握	情報伝達システム活用例		活用策
		統合⇄各棟	各棟⇄入居者	
平常時	—	・ビデオ会議等の開催 各棟 ← お知らせ → 統合 各棟 ← 連絡 → テナント	・WEB情報システムの利用 各棟 ← 連絡 → テナント	日常利用
レベル0 軽地震 (震度5以下)	・震度情報確認 震度計 → 震度情報 → 統合 統合 ← 震度情報 → 各棟 統合 ← 記録保管 → 各棟	・震度情報の連絡 各棟 ← 震度情報 → 統合 各棟 ← 受信連絡 → テナント	・震度情報の連絡 各棟 ← 震度情報 → テナント 各棟 ← 受信連絡 → テナント	簡易訓練
レベル1~4 大地震 (震度6以上)	・震度情報確認 震度計 → 震度情報 → 統合 統合 ← 震度情報 → 各棟 統合 ← 記録保管 → 各棟 外部情報 → 統合	・関連情報のやりとり 各棟 ← 震度情報 → 統合 各棟 ← 状況報告 → 統合 各棟 ← 状況報告 → 外部情報	・情報提供、安否確認 各棟 ← 震度情報 → 統合 各棟 ← 状況連絡 → テナント	本番

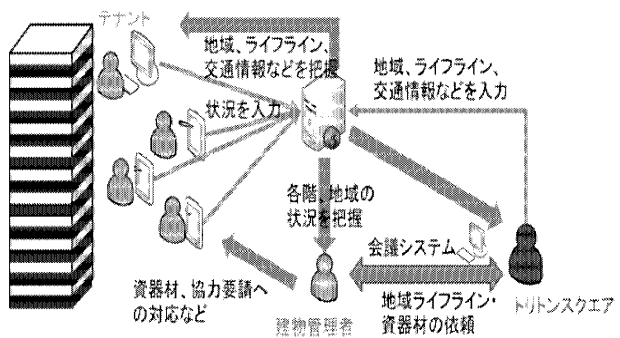


図11 情報伝達のしくみ

最終成果と今後の課題

研究後半で得られた主な成果と課題は以下の通りである。

- 1)高層建物入居者の業務継続の前提となる建物の即時使用性を、建物管理者でもごく簡便に評価する方法として、目視によるチェックシートと罫書き装置を組み合わせた方法を提案した。実験的な検証と共に、超高層建物への適用事例として、工学院大学新宿校舎の3か所に設置した。設置後、小地震ではあるが、実地震での記録が得られ、装置の有効性を確認した。今後より大きな実地震での検証と具体的活用法の訓練での検証が必要である。
- 2)新宿西口地域での取り組みの研究成果に基づき、超高層建築物群から構成される晴海トリトン街区の事業継続計画（TSCP）の構築に向け、検討を行った。各棟間の被災情報伝達、相互の連携方法、建物安全確認など街区継続計画の構築に向けて、数回の訓練で検証した。今後、テナント参加率の向上と、より実践的な訓練を重ねることにより、超高層建築から構成される周辺地域を含めた街区の防災力向上に寄与すると思われる。

謝辞

本研究を行う上で、日建総研の岡垣、李様、(株)晴海コーポレーションの谷本社長、谷川部長はじめ、晴海トリトンスクエアの関係企業の多くの皆様にご協力をいただきました。訓練検証には西口協議会の関係者の皆様、客員研究員鱒沢様、けがき装置開発、製作に際しては、客員研究員児島様、免震テクノ古畑様、大林組諏訪様、武設計、武居様、大学院生湯澤伸伍君他の多くの方々にご協力頂きました。謝意を表します。

参考文献

- 1) 諏訪仁、宮村正光、久田嘉章、村上正浩、鱒沢曜 児島帝二、武居山紀子、湯澤伸伍：超高層ビル街における地震後の建物被害確認と即時使用性判定に関する研究、第14回日本地震工学シンポジウム、2014,12
- 2) 久保智弘、宮村正光、岡垣 晃、李 致雨、大規模複合施設における震災対策の構築について、第14回日本地震工学シンポジウム、2014,12
- 3) 岡垣 晃、李 致雨他：大規模複合施設における大規模震災対応に関する研究 その1 街区継続計画構築のための調査、日本建築学会大会梗概集(北海道)、2013年8月
- 4) 東京都：東京都帰宅困難者対策条例
- 5) 工学院大学：総合研究所E.E.C研究報告書、2009年3月
- 6) 工学院大学都市減災研究センター：工学院大学地震防災訓練報告

地域防災拠点を核とした防災街区の形成と都市機能継続モデルの構築に関する研究

地域防災拠点、エリア防災、防災リテラシー、リアルタイム広域情報共有システム
都市再生安全確保計画

村上 正浩*

1. 研究の背景と目的

大都市のターミナル駅周辺地域は都市の国際競争拠点であり、様々な業務・商業機能等が集積し多くの人口が高密度に集中する。このような地域は地震に対して安全であると信じられてきたが、東日本大震災時には大量の帰宅困難者による混乱や深刻な道路渋滞に伴う緊急活動の遅れなどが大きな社会問題となった。しかし、業務時間帯に首都直下地震が発生すれば、こうした問題だけでなく、衝撃的な強い揺れによって高層ビル上層階を中心に多数の傷病者が発生する可能性もある。ライフラインの寸断によってビル機能が停止するなかで、多数の傷病者の救護活動や高層階からの搬送も必要となる。密集する飲食店等では同時多発的に火災が発生することも考えられる。他方、建築物等の損壊やライフラインの寸断によって企業の業務継続が困難となり、日本経済に多大な影響をもたらすことも懸念される。

このような状況を踏まえると、ターミナル駅周辺地域においては、建築物単位での地震対策や企業単位での消防計画・BCP だけでは限界があり、地域全体の視点から地震被害の軽減を図り、速やかな都市機能の回復を可能とする環境を整備することが必要である。本研究では、新宿駅周辺地域をモデルケースとして、こうした「エリア防災」のモデルを構築することが目的である。その特徴として、当地域に立地する工学院大学が地域防災拠点となり、平常時には地域事業者等の防災リテラシーの向上を図り、ソフト面からのエリア防災の実現に貢献する。一方、地震時には非常時通信システム・非常用電力供給システムと連携したリアルタイム広域情報共有システムの活用によって地域の防災活動の拠点として機能する環境を整備する。

2. 研究の進捗状況と成果

2. 1 年次計画の進捗状況と変更点

研究設備については、構想調書の研究計画に従い、

2010 年度にリアルタイム広域情報共有システムの基本設計を行い、2011 年度にはリアルタイム広域情報共有システムを開発した。2012 年度からは、工学院大学や新宿駅周辺地域での地震防災訓練において 4.1 の非常時通信システムや 4.2 の非常用電力供給システムと連携した試験運用を行い、システムの有効性と課題を明らかにした。

一方、東日本大震災を教訓として都市再生特別措置法が改正され、ターミナル駅周辺の都市再生緊急整備地域においては、エリア防災の視点から都市再生安全確保計画の策定が推進されることになった。都市再生緊急整備地域は全国で 62 地域が指定されており、新宿駅周辺地域もその 1 つである。また、新宿駅周辺の地域事業者等で構成する新宿駅周辺防災対策協議会では、東日本大震災時の経験を踏まえ、大規模地震時の新宿駅周辺の混乱防止を図るために「新宿モデル」の構築を目標にあげた。新宿モデルとは、地域事業者の防災リテラシーを高めつつ、地域事業者の防災活動の拠点である現地本部（西口地域：工学院大学、東口地域：新宿区役所第一分庁舎）を中心とした速やかな被害情報等の共有、滞在者の安全な退避・避難誘導、多数傷病者に対する医療連携、さらに企業等の事業継続可能な環境の確保を実現しようとするものである。こうした東日本大震災後の動向を踏まえて 2011 年度より研究計画を修正し、新宿モデルを軸にエリア防災のモデル構築に着手した。2011・2012 年度までの成果を総合して、2013 年度には新宿駅西口地域、2014 年度には新宿駅東口地域の都市再生安全確保計画を策定した。

また、本計画を具体化するには、時々刻々と変化するターミナル駅周辺の滞在人口や人口属性を把握し、被害想定などの基礎とすることが必要である。しかし、パーソントリップ調査に代表される既存人口統計情報の活用だけでは把握は困難であったことから、当初計画にはない、携帯電話の発信情報から時系列で滞在者数やその属性を推計する手法（モバ

* : 工学院大学建築学部まちづくり学科

イル空間統計）をNTTドコモ先進技術研究所と共同で検証することとした。2011年度より東京都全域・新宿区・新宿駅周辺地域をモデルに既存人口統計情報との比較を通じてモバイル空間統計の有用性を明らかにし、さらに帰宅困難者数等の被害推計への活用可能性を示した。

2. 2 本研究の成果

（1）ソフト面からのエリア防災モデルの構築

東京都や新宿区・地域事業者・医師会など多様な地域主体と連携し、防災リテラシー向上のためのセミナー（年5～7回程度）と、災害対応力強化のための講習会（年2、3回程度）および地震防災訓練（年1回）を2010年度より継続して実施した¹⁾²⁾（表1、図1、図2）。同時に、訓練やワークショップ、東日本大震災の被災地支援活動等を通じて、学生ボランティア³⁾や地域防災の担い手（自主防災組織等）の育成⁴⁾も継続して進め、ソフト面からのエリア防災のモデル構築を図った。これらのセミナー・講習・訓練で構成する教育プログラムには、1.1、2.1、2.2の高層ビルの揺れと被害の予測、それに基づく5.2の建物使用性チェックシート等の成果を活用するとともに、当地域の特性とこれまでの実績を踏まえて教育プログラムを体系的に整理しているところである（表2）。この成果はホームページにて公開する準備を進めている。

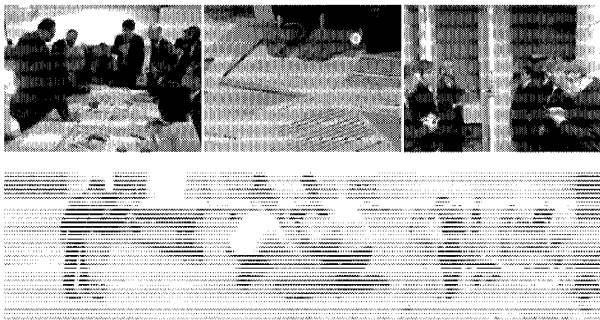


図1 セミナー・講習会の例（2012年度）（上：第7回セミナー、下：応急救護講習会）



図2 地震防災訓練の例（左：多数傷病者対応訓練、中央：西口現地本部訓練、右：震災時を想定した学生ボランティア活動訓練）

（2）ハード面からのエリア防災モデルの構築

ハード面からはリアルタイム広域情報共有システムを開発し、4.1の非常時通信システムおよび4.2の非常用電力供給システムと連携することで、地域防災活動の拠点として機能する環境を整備した。

リアルタイム広域情報共有システムは、T学院大学に設置した地震計と連携したリアルタイム地震観測システム（図3左）とWebGISを基盤とした広域情報共有システム（図3右）で構成し、新宿駅周辺地域地震防災訓練においては西口現地本部（本学新宿校舎）を中心とした地域事業者・新宿区災害対策本部・災害拠点病院・緊急医療救護所間での情報共有（図4）、高層ビル防災センターでの建物被災度判定、さらに本学地震防災訓練においては校舎の被災度判定、新宿校舎・八王子校舎間の被害情報共有、TKK3大学連携プロジェクトを進める神戸学院大学（神

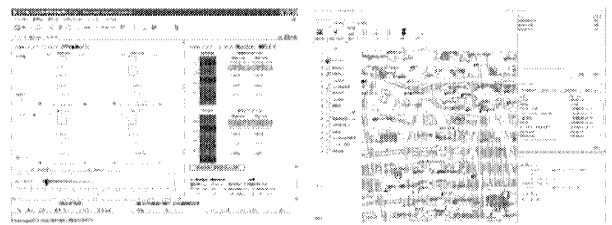


図3 リアルタイム広域情報共有システムの画面例（左：リアルタイム地震観測システム、右：広域情報共有システム）

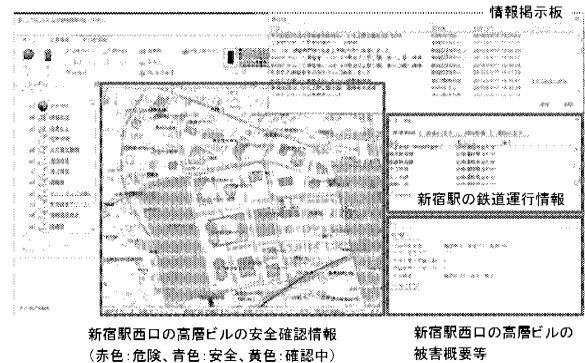


図4 新宿駅周辺地域の地震防災訓練での広域情報共有システムの活用例



図5 広域情報共有システムからスマートフォンへの提供情報の画面例

表1 防災リテラシー向上のためのセミナー、災害対応力強化のための講習会の例（2012年度）

名称	題目	目的
第1回セミナー (87名)	災害対応における企業の法的リスクと事業者等の連携による地域防災	応急救護活動や民間施設における帰宅困難者の受入れ等災害対応における法的リスクについて理解し、事業者や行政に求められる対策について考える。
第2回セミナー (44名)	首都直下地震等による東京の被害想定	地域防災計画等の前提条件となる東京都の被害想定を理解し、地域における具体的な対策課題を考える。
第3回セミナー (37名)	地震時にオフィス・ビル内では何が起きる？	事業所内での被害の軽減のため、長周期地震動等によるオフィス内の揺れや被害の特徴・対策の考え方等について理解するとともに、自社での什器類等の耐震点検方法についても学ぶ。
第4回セミナー (29名)	オフィス・ビル内の耐震対策方法は？	オフィス家具・什器類の具体的な固定方法等に関するデモンストレーションを実施し、自社における耐震点検結果と照らし合わせて対策に役立てる。
研修会(39名)	トリアージ研修会(医療者向け)	①一次トリアージ(START式)をマスターする。②二次トリアージを体験する。
第5回セミナー (32名)	オフィス・ビル内の防災点検マップを作成する	大規模地震への平常時の備えとして、自社事業所内を点検し、防災上の特性や防災資源等を図面に落とし「点検マップ」の作成の考え方を習得する。
第6回セミナー (27名)	オフィス・ビル内で起きる地震被害を想定する	大規模地震発生時に、自社内及び自社周辺において発生し得る「被害」について、グループディスカッション等を交えて検討を行い、災害時の状況をイメージする能力を養う。
講習会(14名)	災害時応急救護リーダー養成講習会	自社における応急救護等の災害対応をリードし傷病者を適切に医療者に引き継ぐために必要な知識・技能を習得する。
第7回セミナー (26名)	ビルの地震直後の継続使用性を判断する	超高層ビルにおける建物被災モニタリング事例の見学、および建物使用性チェックシートやケガキを用いた建物継続使用判定の演習を行う。
講習会(47名)	応急救護講習会	傷病者に接し、応急手当、観察および搬送を行うために必要な基礎知識と技能を習得する。

注：名称の括弧内の数字はセミナー・講習会の参加者数を示す。

表2 新宿駅周辺地域の特性とこれまでの実績を踏まえ体系化した教育プログラム（案）

	セミナー(一般知識編)	セミナー(応用編)	講習会(リーダーの育成)	知識の実践(訓練)	
災害対応の基礎	政策 法律	①災害対応における企業の法的課題 ②消防法 ③地域防災計画 ④東日本大震災以降の防災対策の動向	①高層ビル街区の消防計画 ②雑居ビルの消防計画 ③都市再生安全確保計画(エリア防災)の取組み ④東京都の震災対策 ⑤新宿区の震災対策	①消防関係施設を使った初期消火等の実習 ②消防設備講習	—
	体制 組織	①災害時の自衛消防隊の役割 ②ICSを活用した組織作り		①超高層ビルを想定した災害対応組織運営(図上演習)	
	その他	①地震被害想定を理解 ②阪神淡路大震災等過去の災害事例と教訓 ③事業継続計画について ④災害心理学等 ⑤要援護者対応	①新宿の街について	①街歩き、地勢的な特徴 ②地域内の施設(防災施設、ライフライン施設等)見学 ③地震教室/防災教室	
事業・生活継続可能な環境確保	①地震時にオフィスビルで何か起きるのか？ ②オフィスビル内での耐震対策方法は？ ③過去の建物被害 ④建物被害の調査 ⑤地震災害と建物火災 ⑥地震災害とライフライン被害	①オフィスビル内の地震被害を想定する ②地震観測・被災度判定システム ③高層ビルなどの耐震対策 ④集客施設や超高層ビルにおける被害対応事例と取組み	①建物被害確認と即時使用性判定	□建物被害対応訓練	
情報収集・伝達	①ライフライン施設と震災対策 ②災害情報 ③火災時・災害時における情報収集・伝達・共有	①火災時・災害時における高層ビル内の情報収集・伝達 ②新宿区の情報収集・伝達体制	①情報機器講習会 ②現地本部の機能図上演習	□情報共有訓練(現地本部) □防災センター訓練	
退避・避難誘導支援	①オフィス内の防災点検マップ作成 ②退避行動の基礎 ③火災時・災害時の避難計画 ④災害時要援護者の避難	①高層ビルにおける避難手順 ②集客施設や超高層ビルにおける火災対応の取組み	①建物内でのサーチ&レスキュー	□滞留者等誘導訓練 □shake out	
医療連携	①災害医療 ②行政による傷病者対応の限界 ③災害時の傷病者の初期対応 ④医療施設と震災対策	①集客施設や超高層ビルにおける傷病者対応の取組み	①災害医療講習会(リーダー研修) ②医療者向け災害医療研修 ③応急救護講習会(基礎研修) ④駅周辺の医療施設見学 ⑤救命講習	□傷病者対応訓練	

戸）・東北福祉大学（仙台）との広域情報共有において有効活用した。2013年度からは、広域情報共有システムの高層ビルの被害情報や滞留者の受入情報をHTML形式に変換してデジタルサイネージやスマートフォンへ提供し、新宿駅周辺地域の滞留者を安全な退避場所へ誘導する訓練にも活用した（図5）。こ

うした訓練での運用実験を通じて、本システムが速やかな広域被害情報等の共有を可能とし、緊急対応組織の初動対応の支援だけでなく、滞在者の安全な退避誘導や医療救護活動の支援など地域が連携した応急活動にも有効に活用できることを示した⁵⁾。

表3 新宿駅周辺地域のエリア防災モデル構築に向けた方向性

	首都直下地震発生時に想定されるシナリオ	想定シナリオに応じた計画目標(あるべき姿)	目標を実現するための方向性
情報収集・伝達	<ul style="list-style-type: none"> ○電話の輻輳や停電により、衛星電話やMCA無線等の一部の通信機器を除き、情報伝達機器の使用が不能あるいは著しく困難となる。 ○テレビやラジオ等については、広域の被害状況やスポーツ的事例については報道するが、新宿駅周辺地域の詳細な情報は分からない。 ○インターネット上にはロコミにより沢山の情報が溢れているが、信憑性については明確ではない。 	<ul style="list-style-type: none"> ○情報収集・連絡手段を確保し、現地本部を中心に方法及び体制を整備する。地域の情報拠点として、西口現地本部を設け、停電や電話の輻輳等が発生した場合にも地域内の事業者が、安全に災害対応活動等ができるよう、情報収集・連絡手段を確保する。また、新宿区の災害対策本部より信頼性の高い情報を収集する。 ○情報伝達手段を確保し、現地本部を中心に方法及び体制を整備する。西口現地本部を設け、地域の混乱を最低限におさえるための情報伝達手段を確保し、一定水準以上の信憑性のある情報を地域に提供する。 	<ul style="list-style-type: none"> ○情報収集・連絡手段・方法及び体制 <ul style="list-style-type: none"> ・地域の事業者が災害対応を行うために必要となる地域情報を、情報収集の拠点として設置する「西口現地本部」を中心に情報収集し関係者に連絡する。 ・現地本部を設けて情報収集・連絡を行う際の課題として、本部を運営するための最低限の要員が十分に集まるのか、地域で共有すべき情報とは何か等について、今後の検討が必要となる。 ・高層ビル街についてはビル管理会社を中心となって、ビル内のテナント企業との間で情報共有を行なう必要があると考えられる。その他、地域の災害拠点病院や応急救護所との情報連携のあり方については、今後の検討が必要となる。 ・地域内での備蓄品や災害対応要員の融通調整を行うとともに、遠隔地との情報交換を行なうかについても課題となっている。 ・特定のエリアや施設に滞留者等が集中しないよう、現地本部において情報を収集・整理し負担の分散化を誘導することも必要となる。一時滞在施設の受入情報や滞留者等への支援物資の備蓄・配布状況等について連絡・共有化する手段の検討が必要となる。 ○情報伝達手段、方法及び体制 <ul style="list-style-type: none"> ・地域内への情報伝達についても拠点として設置する「西口現地本部」を設けて行なう。 ・発災後については事業所内に待機することが原則となるが、やむを得ず全館退避が必要となった場合に、周辺状況を加味した計画的な避難に必要な情報を提供する必要がある。 ・特定のエリアや施設に滞留者等の負担が集中しないよう、適切な誘導を行なうために必要な、駅及び大規模集客施設に対して情報提供方法の検討を行なう必要がある。
避難・退避誘導支援	<ul style="list-style-type: none"> ○停電により、ビル内の照明が消える。非常用電力が確保されているビルにおいても、非常灯などの限られた照明だけが点灯し、平常時より館内は暗くなる。多くの在館者が不安になり、ビル外へ退避し始める。 ○電話がかかりにくくなり、家族の安否が確認できない。多くの在館者が家族が心配で帰宅し始める。 ○エレベーターが停止し、閉じ込め被害が発生する。しかし、首都圏で多くのエレベーターが停止し、エレベーター保守業者の限られた人員では、復旧に時間を要する。 ○ビル外への退避経路は階段に限られる。階段に一挙に多くの人々が押し寄せ、将棋倒しなどによる負傷者発生危険が高まる。 ○密集市街地では、建物被災や火災の発生等により屋内での待機が困難となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ビル内で安全に待機できる：停電や電話の輻輳等が発生した場合にも、在館者が混乱することなく、ビル内で安全に待機できる。 ○ビルから安全に退避できる：ビル外への退避が必要となった場合にも、退避施設と退避経路を確保し、在館者を安全にビル外に退避誘導できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○避難施設及び避難経路 <ul style="list-style-type: none"> ・災害時にビルから従業員等が安全に退避できるよう、退避施設及び退避経路をあらかじめ確保しておく必要がある。また、対象地域内の公園や公開空地等の災害時の使い方を検討する必要がある。 ○退避シミュレーションにもとづく検証 <ul style="list-style-type: none"> ・退避経路上で過度な混雑が想定される地点として、①通路幅の急減地点、②退避経路の合流地点がある。 ・このような地点において、別経路に行くよう誘導することで、空間の高密度(人/m²)の持続時間の低減でき、将棋倒しなど2次災害のリスクを低減できる。また、退避時間も短縮できる。 ・災害時にビルから従業員等が安全に退避できるよう、エリアの地域特性を踏まえ、退避経路上の適切な地点に誘導員を配置するとともに、退避誘導支援のための情報連絡態勢を整備する必要がある。 ・今後は、エリア全体での退避誘導支援態勢を検討するため、退避シミュレーションの対象領域を拡大することも必要である。 ○避難誘導・退避方法、手段及び体制 <ul style="list-style-type: none"> ・災害時にビルから従業員等が安全に退避できるよう、避難誘導・退避方法、手段及び体制を整備しておく必要がある。 ・災害時の退避行動について、基本ルールを整備し、周知を図る必要がある。 ・発災後に停電や通信の輻輳によりビル内の従業者等が混乱しないよう、安否確認方法をあらかじめ啓発しておくとともに、在館者への情報提供方法もあわせて整備しておく必要がある。 ・退避方法については、エリア全体での支援態勢(組織体制、役割分担、誘導員の配置、情報連絡態勢、誘導方法等)を整備する必要がある。 ○その他 <ul style="list-style-type: none"> ・建物の安全確認がとれれば、屋外には余震による看板やガラス片の落下等の危険があるため、火災が発生しない限り、原則ビル内に待機することが望ましい。 ・ビル内で混乱なく待機できるためには、施設面での課題としては、非常用電力の拡充(照明用、空調用など)、在館者への地震や被害等に関する情報提供態勢の整備等を推進する必要がある。 ・テナント事業者での課題としては、従業者への行動指針の周知(「原則ビル内待機」、「171や災害用伝言板による安否確認」など)、水・食料・毛布等の備蓄等を推進する必要がある。

（3）新宿駅周辺地域都市再生安全確保計画の策定
東日本大震災を教訓とした都市再生特別措置法の改正により、ターミナル駅周辺の都市再生緊急整備地域において、エリア防災の視点から都市再生安全確保計画の策定が進められている。当課題担当の村上は、都市再生の推進に係る有識者ボード防災WG（事務局：内閣官房地域活性化統合事務局、現・内

閣府地方創生推進室）に参加して本制度の創設に関わり、新宿駅周辺地域をモデルケースとしてエリア防災モデルを検討した。2011・2012年度は当地域の特性の把握とモデル構築の方向性を明らかにし⁶⁾⁷⁾（表3）、その成果をもとに2013年度は新宿駅西口地域、2014年度は新宿駅東口地域の都市再生安全確保計画を策定し⁸⁾⁹⁾（表4）、全国に向けて情報発信

表3 新宿駅周辺地域のエリア防災モデル構築に向けた方向性（続き）

	首都直下地震発生時に想定されるシナリオ	想定シナリオに応じた計画目標(あるべき姿)	目標を実現するための方向性
医療連携	<ul style="list-style-type: none"> ○強い揺れにより、家具類の転倒・落下・移動、割れたガラス片の飛散、天井ボードの落下等により、ビル内で負傷者(軽傷、重症)が発生する。 ○ビル内の診療所では、医師、看護師、医薬品等の資器材、受入れスペースに限界があり、ビル内で発生する多くの負傷者には対応しきれない。 ○災害拠点病院等では、病院周辺地域(※西口エリア内外)から軽傷者が流入してくるとともに、重症者が搬送されてくる。また、帰宅困難者が、一時滞在の場所を求めて流入してくる。建物、敷地は、大量の患者や帰宅困難者であふれ、重症者への対応(※災害拠点病院の本来機能)に支障が生じる。 ○交通機関の運行停止に伴い発生した大量の帰宅困難者が、新宿駅から西口エリアに流入してくる。エリア内の道路は人であふれ、緊急通行車両の通行に支障が生じる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○負傷者にビルで対応できる:ビル内で医療スペース、医療従事者及び支援者、医薬品・医療資器材を確保し、軽傷者への応急手当、重症者への医療提供を行う。 ○災害拠点病院等で重症者に対応できる:軽傷者、帰宅困難者を適切に院外に誘導することで、医療資源(医師、看護師、スペース、医薬品・医療資器材等)を確保し、災害拠点病院の本来機能である重症者対応を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ○医療救護所の設置場所 <ul style="list-style-type: none"> ・災害拠点病院等に負傷者や帰宅困難者が大量に流入し、本来機能(重症者への医療対応)が低下しないよう、ビル等にも医療救護所を設置し、エリア内で医療機能の分担を図る必要がある。 ・現在、新宿区内の医療救護所は全て区民対象のものであり、昼間人口対象の医療救護所は新宿区地域防災計画に位置づけられていない。今後、新宿区地域防災計画への位置づけ、西口エリアでの設置施設の確保、医療従事者の確保等を図る必要がある。 ・なお、昼間人口対象の医療救護所を新宿区地域防災計画に位置づけるに当たっては、①設置場所の確保及び平時の維持管理態勢の確保、②設置・運営態勢の確保(区、医師会、地元地域等での役割分担、都への支援要請など)、③医薬品、医療用資器材の確保、が課題となる。 ○活用可能な医療資源(人的資源、物的資源、施設) <ul style="list-style-type: none"> ・西口エリアには大量の従業者や来街者が存在しており、災害時に発生する多くの負傷者に対して、エリア内の医療資源だけでは対応に限界があり、①医師、看護師等の医療従事者の確保、②医療従事者の支援者の確保、③医薬品、医療資器材の確保、④負傷者の受入れスペースの確保、が課題となる。 ・地域災害医療コーディネーターを中心としたエリア全体での医療救護活動に係る情報連絡態勢を整備し、エリア全体を見渡した医療資源の配分(医師等の派遣、医薬品・医療資器材の調達・分配等)の実現を図る必要がある。 ・負傷者の受入れスペースについては、ビル等での医療救護所の設置、昼間人口向けの区指定の医療救護所の確保等により、エリア内での医療救護所の拡充を図る必要がある。 ・ビル等に医療救護所を設置した場合には、滞留者から医療従事者や医療ボランティアを募り、人的資源を確保するといった対応も必要である。 ○医療従事ボランティアの確保 <ul style="list-style-type: none"> ・西口エリアには大量の従業者や来街者が存在しており、災害時に発生する多くの負傷者に対して、エリア内の医療資源だけでは対応に限界がある。 ・そのため、医療機関、都福祉保健局、新宿区等が平時から連携し、医療従事ボランティアを募集、育成するとともに、研修・訓練を通じて災害時の対応力の向上を図る必要がある。また、非被災地からの医療従事ボランティアの受け入れ体制についても整備しておく必要がある。
建物安全確認	<ul style="list-style-type: none"> ○高層ビルでは階層により「揺れ」が大きく異なり、通常1階や地下階に設置される事の多い、防災センターではビル全体の被害を把握できない。 ○同一地域であっても、ビルの高さ・形状・構造等により被害状況が異なるが、外観からは構造的な被害を把握することが難しい。 ○構造上深刻な被害が懸念される場合には、専門家による確認が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○建物安全判断システムの導入:防災センター等において、各階層別の建物の被害状況が把握できる仕組みを構築する。また、その各ビルにおける被害状況を、現地本部等を介して地域で共有できる仕組みを構築する。 ○建物安全確認マニュアルの作成:建築の専門家だけでなく、地域内の他のビルと比較可能な一定の基準による被害状況の確認が行なえる。また、それらの被害状況をもとに優先順位をつけた上で、専門家による建物安全確認が行われる。 ○在館者等の退避・収容方法:在館者の安全が確保できない場合には、地域が示した一定の避難基準に従って避難を行い、退避者については地域で収容する。 	<ul style="list-style-type: none"> ○建物安全判断システムの導入 <ul style="list-style-type: none"> ・一般に高層ビルについては、その高さ・構造・形状により揺れに対する挙動が異なるが、各ビルの防災センターでは階層別の揺れについて発生直後に把握することは困難である。そこで、高層ビルの各階の揺れの情報等をもとに安全判断を行なうシステムを構築・導入する必要がある。また、建築の専門家による地域内の建物安全確認にあたっては、その優先度の判断が重要となるため、地域内で各ビルの安全確認結果を共有する仕組みが必要となる。 ○建物安全確認マニュアルの作成 <ul style="list-style-type: none"> ・大規模地震による高層ビルのゆれに対して、外観から構造的な被害を把握することは難しい。最終的な判断については、建築の専門家が行なうことが望ましいが、専門家による安全確認の優先順位をつけるため、地域内の他のビルと比較可能で、ある程度一般化された確認手順を定める必要がある。 ○在館者等の退避・収容方法 <ul style="list-style-type: none"> ・東京都等の帰宅困難者等対策の基本的な考え方としては、発災後3日間程度はビル内に一時滞在することが原則となっている。しかし、大規模地震発災後の高層ビルでは、火災の発生や季節・天候上の理由、また燃料不足による非常用電源の停止等の理由により全館退避が必要となる可能性がある。地域の混乱を最低限に抑えるため、在館者の避難手順や退避者の収容の考え方について整理する必要がある。

した¹⁰⁾。本計画は、4.1・4.2の成果と広域情報共有システム（5.3）の成果を反映した「情報収集伝達」「退避誘導支援」、5.1の成果を反映した「医療救護活動」、1.1・5.2の成果¹¹⁾とリアルタイム地震観測システム（5.3）の成果を反映した「事業継続可能な環境の確保」、さらにセミナー・講習・訓練（5.3）の成果を反映した「平常時の対応」で構成し、それぞれにおいて達成目標とハードウェア・ソフトウェア・ヒューマンウェア対策の視点から実施方針を示した。

また、本計画の具体化に向けて、被害想定などの基礎となる詳細な人口統計情報としてNTTドコモ先進技術研究所と共同研究により、携帯電話の発信情報から人口統計情報を推計する手法（モバイル空間統計）を確立し（図6）、ビックデータを活用した帰宅困難者数等の被害推計と計画の具体化のための活

また、本計画の具体化に向けて、被害想定などの基礎となる詳細な人口統計情報としてNTTドコモ先進技術研究所と共同研究により、携帯電話の発信情報から人口統計情報を推計する手法（モバイル空間統計）を確立し（図6）、ビックデータを活用した帰宅困難者数等の被害推計と計画の具体化のための活

表4 新宿駅周辺都市再生安全確保計画の基本方針

事業継続可能な環境の確保(新宿モデル:事業継続可能な環境の確保モデルに該当) ○達成目標 1: 建物の安全を判断する仕組みの構築(1.1、5.2、5.3の成果を反映) 実施方針 【ハードウェア対策】①建物モニタリングシステムの導入、②情報連絡網の構築 【ソフトウェア対策】①情報連絡体制の構築、②建物安全確認マニュアルの作成、③専門家による建物安全確認支援、④建物安全確認に関する従事者の確保 【ヒューマンウェア対策】①建物モニタリングシステムの活用方法の周知 ○達成目標 2: 安全に待機・活動できる仕組みの構築 実施方針 【ハードウェア対策】①事業所での備蓄の確保、②非常用電源等の確保、③備蓄倉庫等の整備、④耐震改修、⑤什器等の固定 【ソフトウェア対策】①事業所内待機ルールの整備と周知・啓発、②情報連絡手段の多重化、③備蓄の融通、④飲食店や小売店との協力体制の構築
情報収集伝達等(新宿モデル:情報収集・伝達モデルに該当) ○達成目標 1: 現地本部を中心として情報収集・連絡体制の構築(4.1、4.2、5.3の成果を反映) 実施方針 【ハードウェア対策】①情報通信網の整備 【ソフトウェア対策】①情報連絡体制の構築、②現地本部の運営の仕組みの確立、③備蓄体制や運用ルールの整備 【ヒューマンウェア対策】①現地本部の運営の在り方の周知、②専門家やリーダーの育成 ○達成目標 2: 情報伝達手段を整備し、現地本部を中心に方法及び体制の構築(4.1、4.2、5.3の成果を反映) 実施方針 【ハードウェア対策】①情報提供のための環境整備 【ソフトウェア対策】①情報連絡体制の構築、②情報提供方法の検討、③現地本部の運営システムの確立、④帰宅困難者の誘導対策 【ヒューマンウェア対策】①現地本部の運営の在り方の周知、②専門家やリーダーの育成
退避誘導支援等(新宿モデル:避難・退避誘導支援モデルに該当) ○達成目標 1: ビルから安全に退避できる仕組みの構築(4.1、4.2、5.3の成果を反映) 実施方針 【ハードウェア対策】①情報通信網の整備、②退避ルート・場所の確保、③災害時に活用する空き駐車スペースの確保、④退避誘導支援に向けた環境整備 【ソフトウェア対策】①ビルからの退避に関する退避誘導ルールの整備と周知・啓発、②ビルからの退避支援体制の構築等、③地域連携による退避の支援態勢の構築、④滞留車両の誘導方法の構築 【ヒューマンウェア対策】①退避行動、退避支援の在り方の周知・啓発 ○達成目標 2: 滞留者等への対応(4.1、4.2、5.3の成果を反映) 実施方針 【ハードウェア対策】①情報提供のための環境整備、②滞留者等の備蓄の確保、③非常用電源等の確保、④備蓄倉庫等の整備、⑤帰宅困難者等の受入スペースの整備、⑥耐震改修、⑦什器等の固定 【ソフトウェア対策】①滞留者誘導ルールの整備と周知・啓発、②備蓄の融通 【ヒューマンウェア対策】①専門家やリーダーの育成
医療救護活動等(新宿モデル:医療連携モデルに該当) ○達成目標 1: 負傷者に対応できる仕組みの構築(5.1の成果を反映) 実施方針 【ハードウェア対策】①情報通信網の整備、②医療備蓄の確保、③医療スペース等の整備 【ソフトウェア対策】①医療従事者の確保、②医療スペースの事前指定等、③医療備蓄の運用体制の構築 【ヒューマンウェア対策】①専門家をサポートする人材の育成 ○達成目標 2: 災害拠点病院等で重症者に対応できる仕組みの構築(5.1の成果を反映) 実施方針 【ハードウェア対策】①情報通信網の整備、②医療救護所の拡充 【ソフトウェア対策】①地域全体での医療機能の最適配置の実現
平常時の対応(新宿モデルの運用)(5.3の成果を反映) 【ソフトウェア対策】①地域防災活動の地域への浸透、②現地本部の法人化の検討、③セミナー等の仕組みの構築、④継続的な地域連携訓練の実施

用可能性を示した¹²⁾。

3. 研究成果と今後の課題

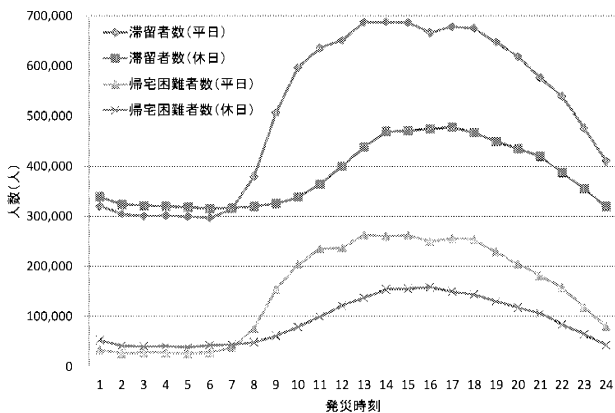
本研究では、工学院大学を地域防災拠点とし、地域事業者・新宿区・医師会等と連携して新宿駅周辺地域をモデルケースとする大都市中心市街地で効果的なエリア防災モデルを示した。地域防災拠点は、平常時には地域事業者等の防災リテラシーの向上を図り、ソフト面からのエリア防災の実現に貢献するとともに、地震時には非常時通信システム・非常用電力供給システムと連携したリアルタイム広域情報共有システムの活用によって地域の防災活動の拠点として機能する環境を整備することができた。

一方で、今後に向けた幾つかの課題が残された。1つは、WebGISを基盤にJava環境でリアルタイム広域情報共有システムを開発したため、AndroidやiOSを搭載したスマートフォン・タブレット端末から直接閲覧することができず、HTML形式に変換して情報提供する必要があることである。スマートフォンやタブレット端末が急速に普及していることを踏まえると、スマートフォンやタブレット端末でも円滑に

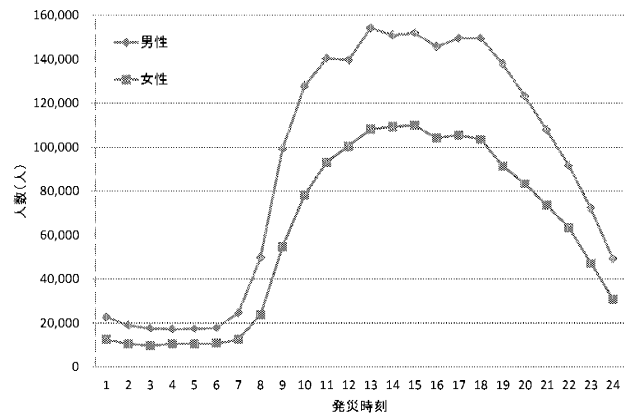
利用できる環境の整備が不可欠である。

2つめは、エリア防災を日常から持続的に運用する仕組みが提示できていないことである。この課題解決の方向性として、大丸有地区での取り組みに代表されるように、H常のエリアマネジメントにエリア防災を位置づけることが有効だと考える。エリア防災の取り組みが、個々の企業のBCPの限界を補完し、災害時の業務機能維持や早期復旧能力の向上、安全・安心という側面から国際競争拠点としての魅力と地域価値を高め、投資に対する不確実性を解消するなど地域の各主体に長期的な利益をもたらすとともに、地域の持続的発展にもつながる。今後は欧米のBID（Business improvement district）制度なども参考としながら、エリアマネジメント活動の一環として活動の担い手を育成し、エリア防災を持続的に運用していくための手法の開発が必要である。

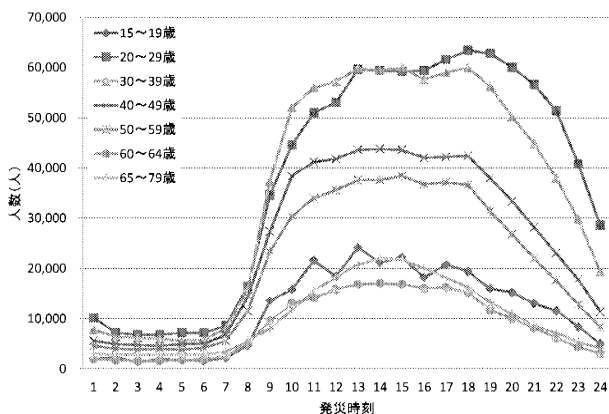
こうした課題が残されたが、本研究成果による副次的効果も得ることができた。まず、当初計画にはなかった、携帯電話の発信情報から人口統計情報を推計する技術とビッグデータの活用手法は、東京都や埼玉県などでの帰宅困難者対策に有効に活用され、



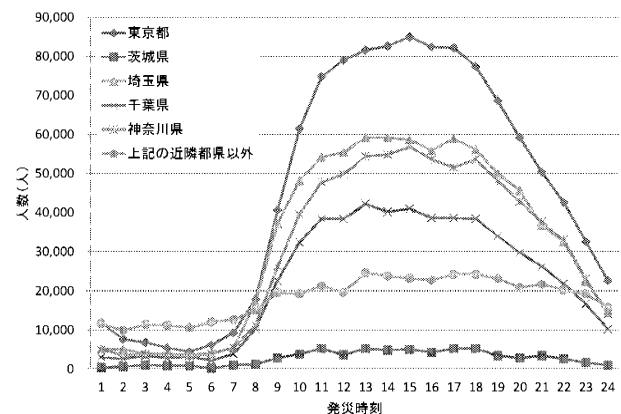
時系列でみた滞留者数・帰宅困難者数の推移



時系列・性別でみた帰宅困難者数の推移



時系列・年齢別でみた帰宅困難者数の推移



時系列・居住地別でみた帰宅困難者数の推移

図6 新宿区をモデルにモバイル空間統計により滞留者数・帰宅困難者数を推計した結果の例

その後は事業化されたことで全国での展開が図られている。この技術はドイツ・フラウンホーファー研究機構 (ドイツの66の研究所の集合体) も注目し、この技術の利活用について当機構と2013年に意見交流を行った。さらに、ビックデータを活用した帰宅困難者数の被害推計等の成果は、当課題担当の村上が参加する「都市防災対策の新たな課題に関する検討委員会」(事務局:国土交通省都市局都市安全課都市防災対策企画室)において、ビックデータの都市防災対策の活用方策のガイドライン作成の参考としても利用した。

また、本学が地域防災拠点として、セミナー・講習・訓練を継続して実践してきた実績と東日本大震災時に約700名の帰宅困難者の受け入れた実績から、中山新宿区長(当時)と本学高田理事長の出席のもとで「新宿区と学校法人工学院大学との防災・減災対策の相互連携に関する基本協定」および「帰宅困難者一時滞在施設の提供に関する協定」を2012年12月に締結することができた。これによって、本学の地域防災拠点としての役割が公的に位置づけられることになった。

謝辞

携帯電話情報を活用した人口統計推計手法(モバイル空間統計)の検証は、NTTドコモ先進技術研究所との共同研究で行った。東京都全域でのモバイル空間統計の有用性の検証においては「大地震発生時における外出者対策の推進に関する調査研究」(平成23年度、東京都総務局総合防災部)の委託業務の分析過程で算出した値を活用させて頂いた。

また、新宿駅周辺地域での地震防災訓練の実施とモデルの検証にあたっては、新宿駅周辺防災対策協議会から多大な協力を頂いた。さらに都市再生安全確保計画の策定は、新宿駅周辺地域都市再生緊急整備協議会および当協議会西口周辺分科会・東口周辺分科会の協力のもと実施させて頂いた。特記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) Yoe Masuzawa, Yoshiaki Hisada, Masahiro Murakami, Jun Shindo, Masamitsu Miyamura, Hitoshi Suwa, Satoshi Tanaka, Kaoru Mizukoshi and Yosuke Nakajima, Practice on an Education and Training Program to Development of Response Literacy to Earthquake Disaster in a Central Business District in Japan, Journal of Disaster Research, Vol.9, No.2, pp. 216-236, 2014
- 2) 鱒沢曜、久田嘉章、村上正浩、新藤淳、中心市街地の地震災害への対応力を高める教育訓練と傷病者対応の取組み、第14回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1424-1433, 2014
- 3) 村上正浩、大学を地域防災拠点とした防災・減災の

- 取り組み、日本地震工学会誌、19、pp.5-8、2013
- 4) 村上正浩、特集 阪神淡路大震災20年:災害への備えがどう変わったか「新しい公共の担い手を取り巻く課題と今後」、都市住宅学、88号、pp.29-32、2015
 - 5) 村上正浩、新宿駅周辺地域の防災まちづくりに向けて、防災システム、Vol.35, No.2, pp.1-6、2012
 - 6) 新藤 淳、平本達也、村上正浩、久田嘉章、東日本大震災時における事業者の行動等について—新宿駅西口地域を対象としたアンケート調査より—、日本地震工学会論文集、Vol.12, No.4, pp. 288-307、2012
 - 7) 村上正浩、新宿駅周辺地域におけるエリア防災の取組 その2:都市再生安全確保計画と今後の課題、公開研究会「大地震から巨大都市(首都)をどう守るか—東日本大震災の経験を踏まえた建物・まちの対策—」、pp.49-56、2013
 - 8) 村上正浩、新藤 淳、久田嘉章、新宿駅周辺地域を対象とした都心業務地域のエリア防災に関する研究 その1:都市再生安全確保計画と今後の課題、第14回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.1405-1414、2014
 - 9) 新藤 淳、村上正浩、久田嘉章、新宿駅周辺地域を対象とした都心業務地域のエリア防災に関する研究 その2:地域連携による危機対応とその標準化、第14回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.1415-1423、2014
 - 10) 新宿駅周辺地域都市再生緊急整備協議会、新宿駅周辺地域都市再生安全確保計画、2013
http://www.city.shinjuku.lg.jp/zen/kikikanri/01_000110.html
 - 11) 諏訪仁、宮村正光、久田嘉章、村上正浩、鱒沢曜、児島帝二、武居由紀子、湯澤伸伍、超高層ビル街における地震後の建物被害確認と即時使用性判定に関する研究—建物管理者による即時使用性判定法の提案と訓練での検証—、第14回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1482-1485、2014
 - 12) 村上正浩、帰宅困難者数の推計へのモバイル空間統計の活用、都市計画、62(6)、pp.64-67、2013

高層建築物の防災計画と地域における防災管理が連携する制度のあり方

地域防災計画、消防計画、防災管理、共助、財源

氏名 三好勝則*

1. はじめに

近年、高層の建築物が急速に増加している。東京消防庁管内（稲城市及び島しょを除いた東京都全区域）で、表1の通り11階以上の建築物は1万棟を超えて毎年数百棟ずつ増え続けており、そのうち30階以上の超高層建築物は15年間で約4倍となった。

大規模な地震が起こった場合には、被害が同時多発的に発生するとともに、揺れなどによる被害と火災による被害が重なる可能性があり、特に高層建築物では「地上とのアクセスが構造上大きく制限されること、避難時の移動距離が非常に長くなること、群集心理によりパニックを生じやすいこと等から、適切な対策が施されていない場合の消防防災上のリスクは極めて大きい。また、その応急活動は高度・複雑なものとなるため、防火対象物全体の状況に応じた組織的対応が不可欠となるが、事業所の組織体制や活動計画にはなお未整備の部分が多い。」と指摘されている²⁾。

	11階以上棟数計	30階以上棟数計
1999年	6,091	76
2000年	6,512	88
2001年	6,884	104
2002年	7,340	125
2003年	7,926	141
2004年	8,474	152
2005年	9,124	173
2006年	9,650	197
2007年	10,191	217
2008年	10,837	241
2009年	11,016	257
2010年	11,337	267
2011年	11,685	282
2012年	12,085	293
2013年	12,519	300

表1：東京都内の高層建築物数(各年末)¹⁾

高層建築物は、多くの人を収容しており、被害が多数発生した場合には周辺に及ぼす影響が大きくなる。一方では、高層建築物は耐火耐震構造になっていることから、地域の住民やいわゆる帰宅困難者を大規模災害時に受け入れる場所となることが期待される場合もある。

大規模な地震などの災害対応に関して、自助、共助、公助が必要であると言われるようになった。災害対策の歴史に鑑みれば、行政機関や公共機関だけでなく、住民、事業所、各種団体、地域(地縁)組織などが災害対応に当たる必要性は高いと考えられる。しかし、自助、共助、公助が理念としての位置付けに留まり、また、個別の活動に留まっていれば、災害時に有効に機能しないばかりでなく混乱を生じる恐れが大きい。自助、共助、公助のそれぞれの役割と実施内容を明確にし、かつ、相互の関連を明示しておかなければならない。

このことを現行法制度から見てみると、災害対策基本法は、国が策定する防災基本計画に基づいて各行政機関及び地方公共団体が計画を策定することとしている。高層建築物の事業者が策定する消防法に定める防災管理のための消防計画では、各事業者がそれぞれの方法で被害を想定して対策を立てることとなっている。このため、複数の高層建築物が地域において連携して防災活動を行うことは、明確に位置づけられていない(図1)。

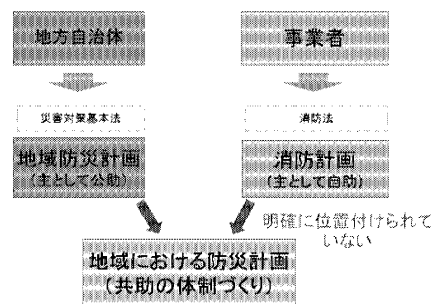


図1：防災管理に関する計画の現状

本研究では、個別の建築物(防災管理のための消防計画を策定する単位)の防災対策の課題と、地域

* : 工学院大学建築学部まちづくり学科

における防災管理との関連について、調査を行ってきた。研究の進め方として、まず、高層建築物における防災管理のための計画の現状と計画作成上の課題を抽出した。2011年3月に東日本大震災が発生したことから、計画と実際の被害および対応状況との比較検証を行った。次に、地域における防災管理の実効性を高めるために、地域の構成員が関わる計画作りについて、他分野での実績を参照しながら検討を行った。さらに、「自助、共助」と「公助」との関係について、役割をより明確にすることを目的として、システムを検討することとした。

2. 高層建築物における計画の作成状況

2009年6月1日から施行された消防法の一部改正により、多数の者が利用し、11階以上で延べ面積が10,000㎡以上など一定の要件に該当する大規模・高層の防火対象物は、消防計画を作成し、避難の訓練の実施その他防災管理上必要な業務を行うことが義務付けられた。

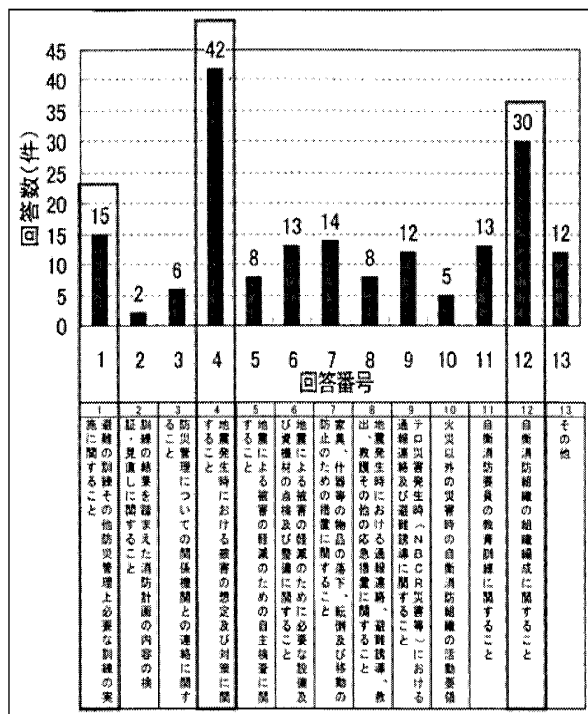


図2：新消防計画作成上、苦慮した点³⁾

事業者が計画を策定するに当たっては、災害の発生要因と引き起こされる被害を想定し、応急対応を検討する。この中から事前に予防措置を講じることのできる対策を見出し、対処することによって被害の軽減を図る。また、被害の程度に応じて業務の継

続可能性を算定し、被害が大きい場合の代替措置を準備する事業継続計画との関連づけも考慮する。計画作成過程では、多くの事業者が被害の想定について苦慮したことが、図2に示されている。これは、地方公共団体が策定する地域防災計画における建築物の被害予測は、地盤と建築物の状況を基礎データとして、過去の地震における被害の調査データから得られた推計式を用いて推定するのが一般的であり、町丁目や地域メッシュを単位として数量を計算し、市区町村などの行政区域別に数値が算出されており、建物毎の被害は示されていない。事業者において、「具体的な災害の発生を想定し、その被害態様の全体像（①建物等の基本被害②建築設備等被害③避難施設等被害④消防設備等被害⑤収容物等被害⑥ライフライン等被害等）」⁴⁾ための情報は、十分に提供されていると言えない状況にあるためである。

3. 東日本大震災における施設・設備への被害とその影響及び防災管理の運用状況

岩手県、宮城県、福島県において、消防法に定める防災管理を要する建築物等で自衛消防組織の設置を要する防火対象物を対象に2011年7月から8月に行われたアンケート調査の結果(回答数 205)によれば、地震によりオフィス家具等の転倒・落ド・移動があったもの170(82.9%)、消防用設備等について破損や誤作動等の被害があったもの116(56.6%)となっている。このうちどのような消防用設備に被害があったかを複数回答でみると、スプリンクラー設備が46.6%、自動火災報知設備37.9%、誘導灯31.0%、屋内消火栓設備22.4%、非常警報設備(放送設備)21.6%の順となっている。被害の発生した状況は、防火扉が開放してスプリンクラーヘッド破損、スプリンクラー設備の配管が破損して下部床の誘導灯に漏水故障、地震によるほこりで自動火災報知設備が発報などであった。被害のあった消防用設備を地震発生前と同じ状態に復旧するまでの日数は、当日中が11.2%、2日から1週間未満が17.3%で、1週間以上を要したものが50.9%、調査時点(回答期限8月12日)で復旧できていないものが22.4%あった。自衛消防組織、防災センターは、ほとんどが消防計画等に基づく活動を行っていた。⁵⁾

被災地の建築物に対応状況についての個別ヒアリングを行ったところ、以下のような課題が生じてい

た。避難に関して、地震直後に停電し連絡体制や在館者の避難誘導等の初動対応に支障を生じたり、大規模複合施設では停電により放送設備が使用できずエレベータも停止したために階段で避難渋滞が生じて二次被害が懸念されたりした。停電時の非常用発電について、燃料の不足から残量を確認しながら短時間で運転を停止し、追加の燃料購入もできなかった。また、消防用設備等の予備電源であるバッテリーは1時間分の容量になっているため非常用電源が使用できなければ作動しない。このため、巡回の強化などでの対応や、営業停止、一部閉鎖をした。消防用設備の配管について冬期の凍結防止用にヒーターを巻き付けているが、停電で加温できなくなった。このように被害の発生が一様でなく、また一つの被害が他の障害となっていることが分かる。

4. 地域における防災管理と行政

地域においては、居住者、事業者、来訪者などが様々な活動を行っている。これらの人的要素が、道路、鉄道、河川などのインフラ整備、周辺環境などどのような繋がりを持つかが地域を形成する主要な要因となる。行政は、より良い地域形成のために政策目標を定めて、地域における活動に関する内容を計画として制度化することにより実行を確保することができる。

地域における個々の活動と行政の施策展開との調和を保つための制度として、例えば景観に関するものがある。2004年に景観法が制定される前に、450の市町村(全国の市町村の14%)において494の景観条例が制定されていた(国土交通省の調査2003年9月30日現在)。条例内容で特徴を挙げると、神戸市都市景観条例は、1978年に制定され、その後の都市景観条例のモデルと言われる(環境省)もので、市が計画を策定し規制誘導するという行政主導の施策の他に、身近な都市景観の形成を図ることを目的とした市民団体等(景観形成市民団体)の認定、区域の実情に応じた都市景観の形成を図るため一定の区域内に存する土地、建築物等又は広告物の所有者等が締結する都市景観の形成に必要な事項についての協定(景観形成市民協定)の認定を行うことを規定している。1981年以来認定された12の景観形成市民団体と、1998年以来認定された9の景観形成市民協定がある。条例に基づき、認定した景観形成市民団体及び景観形成市民協定の当事者が行う活動に対し、市

は技術的援助又は活動に要する経費の助成を行うことにより、地域が自主的に活動する環境を作った。

小田原市は1993年に制定(施行は1994年3月)した小田原市都市景観条例において、市長が指定する景観形成地区の他に、一定の地区内の住民その他利害関係者によって結成された都市景観の形成を目的とする市長が認定した団体が、自主的景観形成地区の案及び景観形成計画等の案を作成し、市長に届け出て、市長が地区の指定及び計画の決定を行う規定を第3章として設けた。2004年12月に景観法が施行されたことに伴い、新たに小田原市景観条例を制定し2006年2月から施行した。同時期、新たなまちづくり制度を検討して小田原市街づくりルール形成促進条例を制定し、2006年4月から施行した。同条例は、「まちの空間は公共のものであるとの基本的な認識」(第3条第1項)の下に、適切な街づくりルールを形成するための施策を講じる。具体的には、市長の登録を受けた街づくりプロデューサーを代表者として街づくりルールの形成の促進を図る目的の団体を地区街づくり基準形成協議会として市長が認定し、地域における街づくりのルールである地区街づくり基準を策定して市長の認定を受けることができることとした。地区街づくり基準は、必要な場合は市が都市計画法の地区計画に決定するなどの措置を講じなければならないことが規定され、実効性の担保が図られている。

防災に関して災害対策基本法は、市町村、都道府県、国及び国の行政機関並びに公共的機関及び公益事業法人が防災に関する計画を策定し、実施することを規定している。同法は、制定された1961年以来、特に市町村が応急対策の多くを実施し、都道府県が広域自治体として補完する制度とし、都道府県と市町村が策定する計画を地域防災計画と称している。阪神・淡路大震災の後に改正された際に、住民の自発的な防災組織(自主防災組織)に関する規定が追加された。また、東日本大震災を契機として2012年に防災意識の向上、都道府県地域防災計画への自主防災組織の参画などに資する改正が行われ、住民組織又は住民の代表者が地方自治体に協力し、または支援を受けることが行われてきた。例えば、練馬区は区民防災組織を地域防災計画で位置付け、名称(防災会は297ある)と格納庫設置場所等を計画の資料に掲載している。

さらに進んで、住民、事業者などの活動について

計画を作成し、行政の計画と関連づけることは、地域における防災活動を民間（自助、共助）と行政（公助）が連携して構築することとなり、より効果が大きくなると期待できる。災害対策基本法の見直しのため2012年に内閣府に設けられた災害対策法制のあり方に関する研究会、中央防災会議の防災対策推進検討会議における議論を経た災害対策基本法の改正で、同法第42条の市町村地域防災計画に、一定の地区内の居住者及び当該地区に事業所を有する事業者が共同して行う防災訓練、防災活動に必要な物資、資機材の備蓄、災害が発生した場合の相互支援などの計画（地区防災計画）を市町村が定めることを提案できることとなったことは、一歩前進である。さらに地域における防災活動を継続するためには、住民、事業者が自ら計画作成主体となり、それに基づいて活動することを市町村が担保するよう、もう一歩進める必要がある。

5. 地域における防災管理の財源

防災計画を実施するための財源については、これまで明示的な議論は多くない。災害復旧については、負担の大きさに耐えられないとの観点で、国が地方公共団体や一部の民間事業者に高率の国庫補助負担金を支出してきた。災害対策、特に災害予防においては、経常経費としての財政措置の中で賄われており、国と地方財政との分担は公共事業の一環として処理され、また自助、共助として実施される活動への公的財政支出は、一部に補助金が充てられる程度にすぎない。今後、自助、共助による防災対策を進めていくためには、個人や事業者にかかる費用の財源を検討しておく必要がある。

事前の災害対策を講じておくことは、応急対策・復旧に必要な公的財政負担を減らすこととなることから、税制における対応として、必要な経費を所得税、法人税から控除（損金算入）することは合理性がある。これまで既に住宅耐震改修費用について所得税の税額控除が行われている。また、建て替えにより固定資産税が増加することに対して軽減措置が講じられている。さらに、地域で自主防災組織や協議会などを設置して災害対策に当たることは、行政施策の肩代わりとして「民間と行政による帰宅困難者対策に関する協議会が設置され、今後、民間ビルに協力を求める範囲、行政との役割分担等、仕組みの具体化が進められる。こうした協議の成果を踏

まえ、民間において実施される自助を超えた地域・社会への貢献に対し、行政による支援が必要とされた場合、税制の活用も考えられる。」⁶⁾との考え方を具体化する必要がある。

地方税の一つである都市計画税は、都市計画事業又は土地区画整理事業に要する費用に充てるために市町村（特別区の区域は東京都）が課す目的税である（地方税法第702条）。防災に関する十分な備えを持った地域を作ることは、都市計画事業などの実施と並んで地域の価値を高めることとなるとの観点から、地域の防災活動に関する計画を策定し活動する住民、事業者について都市計画税の減免を検討することは、合理性があると考えられる。

6. おわりに

地区防災計画制度は都市計画法に定める地区計画を参考として規定され2014年4月1日から施行された。景観行政では、重要な地区であるという認識の共有があつて継続性を持つこととなった。地域の防災に関する計画は、自主的に活動できることが重要な要素となる。都市計画や景観行政との対比に留意して、運用を検討する必要がある。

税制に関しては、「特定の政策目的に基づく税負担軽減措置については、政策効果と公平性のバランス、インセンティブ効果、より有効な手法の可能性、事業部門による施策と税制との役割分担、税収への影響等を十分に勘案する必要がある。」⁷⁾とされており、対象とする要件など詳細な検討が必要である。

謝辞

ヒアリングに協力をいただいた盛岡地区広域消防組合及び仙台市消防局に感謝申し上げます。本研究の震災被害分析は、日本消防検定協会からの委託により一般財団法人消防科学総合センターが実施した調査を参考にしました。

参考文献

- 1) 東京消防庁統計書、各年発行版により作成
- 2) 消防審議会、大規模地震等に対応した自衛消防力の確保に関する答申、2007
- 3) 総務省消防庁調査検討事業の一環として、全国74事業所からアンケート回収、59事業所が届け出済み（2009年12月）
- 4) 総務省消防庁、大規模地震等に対応した消防計画ガイドラインについて、消防予第272号、2008
- 5) 総務省消防庁、大規模防火対象物の安全対策のあり方に関する検討部会、2012
- 6) 東京都税制調査会答申、2011
- 7) 東京都税制調査会答申、2014

資料 1 : 平成 26 年度 最終研究業績

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成22～26年度)
テーマ4 小課題番号1.1 久田嘉章 (建築学部まちづくり学科)

著書

1. 久田嘉章ほか (編集)、免震建築物のための設計用入力地震動作成ガイドライン、日本免震構造協、全123項、2014.1

2. 久田嘉章ほか (編集)、2011年東北地方太平洋沖地震災害調査速報、日本建築学会、pp116-180、2014.7

査読付き論文

1. 松本俊明、久田嘉章、永野正行、野津 厚、浅野公之、宮腰 研、田邊朗仁、強震動予測手法に関するベンチマークテスト：理論的手法の場合 (その3)、日本建築学会技術報告集、41巻、pp.71-76、2013年2月

2. 久田嘉章、久保智弘、松澤 佳、松本俊明、田邊朗仁、森川 淳、2011年福島県浜通り地震の地表断層近傍の建物被害調査、日本地震工学会論文集、第12巻、第4号、pp.104-126、2012

3. 山下哲郎、久田嘉章、坂本有奈利、久保智弘、新宿区超高層街区に建つ鉄骨造超高層建築の東北地方太平洋沖地震前後の振動特性、日本地震工学会論文集、第12巻、第4号、pp.3-16、2012

4. 久保智弘、久田嘉章、相澤幸治、大宮憲司、小泉秀斗、東日本大震災における首都圏超高層建築における被害調査と震度アンケート調査、日本地震工学会論文集、第12巻、第5号、pp.1-20、2012

5. 新藤 淳、平本達也、村上正浩、久田嘉章、東日本大震災時における事業者の行動等について - 新宿駅西口地域を対象としたアンケート調査より、日本地震工学会論文集、第12巻、第4号、pp.288-307、2012

ほか、16編

国際学会論文 (査読付も含む)

1. K. Kasai, Y. Matsumoto, S. Yamada, T. Yamashita, and Y. Hisada, Recent Development of the Seismic Resistant Steel Structures in Japan, EUROSTEEL 2014, September 10-12, Naples, Italy, 2014.9

2. Y. Hisada, T. Yamashita, et. al., Seismic Response and Damage of High-Rise Buildings in Tokyo, Japan, during the 2011 Tohoku Earthquake, Proc. 15th World Conf. of Earthq. Engineering (LISBOA), CD-ROM, 2012

3. Kubo, T., Y. Hisada, M. Murakami, et. al., Application of an Earthquake Early Warning System and a Real-time Strong Motion Monitoring System in Emergency Response in a High-rise Building, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, V.31/2, 231-239, 2011.2 (査読有)

ほか、7編

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 久田嘉章、免震に思う 活断層近傍の強振動と免震、MENSIN (日本免震構造協会)、2014.11

2. 鱒沢 曜、久田嘉章、超高層建築物の防災と事業継続対策、ビルと環境、No.138、pp.4-14、2012.9

3. 久田嘉章、東京・新宿駅周辺地域における地域連携による地震防災対策の取組み (特集 東日本大震災による住まいへの影響と課題)、住宅、日本住宅協会、61(5)、32-37、2012.5

招待講演

1. 久田嘉章、強震動予測一その基礎と応用、第14回講習会、日本地震学会、2014.12

2. 久田嘉章、想定地震・強震動予測と設計用地震動 に関する現状と課題、第42回地盤震動シンポジウム、日本建築学会、2014.11

3. 久田嘉章、中心市街地における災害対応能力向上のための教育・訓練と新宿駅周辺地域への適用、第4回災害対応研究会・公開シンポジウム、2014.2

4.

口頭発表

1. 久田嘉章、大原美保、巨大都市における震災・水害等の複合災害に関する課題、第14回日本地震工学シンポジウム、2014.12

2. 久田嘉章、科学技術振興機構 (JST)・超高層ビル街における地震後の傷病者対応、建物の被害確認と継続使用性判定に関する研究、日本建築学会大会。2013.9

ほか、95編

外部資金の獲得

1. 久田嘉章、文部科学省・科研費・基盤B一般/平成22～26年度、大都市圏で想定される広帯域強震動と超高層建築の減災対策(研究代表者)

2. 久田嘉章、文部科学省・都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト/平成24～27年度、中心市街地における効果的な災害対応能力向上手法の開発

3. 久田嘉章、科学技術振興機構 (JST)・SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) レジリエントな防災・減災機能の強化/平成26～30年度、中心市街地における効果的な災害対応能力向上手法の開発

各種メディア (新聞・テレビ・ラジオなど)・展示会等で公表

1. 久田嘉章、雑誌 Newton、「かならずやあてくる 首都圏巨大地震」協力、2014/10

2. 久田嘉章、朝日新聞 集合住宅共に守る「逃げないが原則」 インタビュー記事掲載、2014/09/22

ほか、多数

輩出した博士・修士・学士

修士10名 学士39名

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成22～26年度)
テーマ1 小課題番号 1.2-1 近藤龍哉 (建築学部建築学科)

著書

査読付き論文

1. 近藤龍哉, 山本泰稔, 加藤三晴, 伴幸雄, 既存建物袖壁付き柱のせん断補強に関する実験的研究, コンクリート工学協会年次論文集第32巻(2010), 997-1002, 2010/7
2. 大和征良, 山本泰稔, 近藤龍哉, 接着系あと施工アンカーの強度と靱性に関する研究, 第13回日本地震工学シンポジウム(2010), 1595-1602, 2010/1
3. 近藤龍哉, 伴幸雄, 加藤三晴, 山本泰稔, 既存建物袖壁付き柱の曲げ補強に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol133 No2, 1345-1350, 2011
4. 伴幸雄, 山本泰稔, 近藤龍哉, 大和征良, 既存建物袖壁付き柱の補強に関する群アンカーの実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol133 No2, 1423-1428, 2011
5. 大和征良, 山本泰稔, 近藤龍哉, 接着系あと施工アンカーの引張強度と靱性に関する実験的研究と各種設計式の設計引張耐力比較検討, コンクリート工学年次論文集, Vol133 No. 2, 1057-1062

国際学会論文 (査読付も含む)

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 近藤龍哉, 清水泰, 周建東, 特集実務に役立つ耐震補強のワンポイント (東日本大震災で耐震補強建物の被災状況), 建築技術, 2012年5月号, 4ページ
2. 近藤龍哉, 耐震改修で困った時のQ&A 建物上部だけ補強すれば良い場合下階の補強材は抜いても良いのか, 建築技術, 2014年11月号, 2ページ
3. 近藤龍哉, 耐震改修で困った時のQ&A 耐震壁の縦長・連続開口の評価法 (回転耐力) について, 建築技術, 2014年11月号, 2ページ

招待講演

口頭発表

- 1 2. 近藤龍哉, 伴幸雄, 清水啓介, 染川拓也, 加藤三晴, 山本泰稔, 右開口そで壁付柱のそで壁増し厚工法の開発研究 (補強パネル水平接合部周辺の損傷に着目した強度解析), 日本建築学会学術講演梗概集 (2014年度大会), 99ページ~100ページ, 2014年9月
- 他11編

外部資金の獲得

1. 近藤龍哉, 指定寄付, 株式会社ピタコラム, 1,000千円, 2009年度
2. 近藤龍哉, 指定寄付, 株式会社ピタコラム, 1,000千円, 2010年度
3. 近藤龍哉, 指定寄付, 株式会社ピタコラム, 2,000千円, 2011年度
4. 近藤龍哉, 指定寄付, 黒沢建設株式会社, 300千円, 2011年度
5. 近藤龍哉, 指定寄付, 株式会社ピタコラム, 1,000千円, 2012年度
6. 近藤龍哉, 指定寄付, 古久根建設株式会社, 1,000千円, 2014年度
7. 近藤龍哉, 指定寄付, 株式会社ピタコラム, 2,000千円, 2014年度

知的財産権の取得 (国内特許、国外特許、実用新案、著作権など)

各種メディア (新聞・テレビ・ラジオなど)・展示会等で公表

輩出した博士・修士・学士

修士4名

その他 (報告会・シンポジウムの主催・共催など)

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成22～26年度)
テーマ1 小課題番号 1.2-2 小野里憲一 (建築学部建築学科)

著書 (関連文献を全て記述)

1. 小野里憲一、西村彰敏、「考えるプロセスがわかる」変形を理解する構造力学、彰国社、2014.4.30
2. 一瀬賢一、西田 朗、小野里憲一、他、高強度コンクリート施工指針・同解説、9章 鉄筋の加工・組立て、pp.136-149、日本建築学会、2013.11
3. 小野里憲一、西村彰敏、「考えるプロセスがわかる」力のつり合いを理解する構造力学、彰国社、2013.9
4. 榎田佳寛、阿部道彦、小野里憲一、他 32名：建築工事標準仕様書・同解説 JASS5N 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事、日本建築学会、10節、14節、2013.2.15
5. 廣澤雅也、勅使河原正臣、小野里憲一、他 22名：「埼玉県公共施設のための耐震診断・耐震改修マニュアル」2012年度改訂版、埼玉建築設計監理協会、上巻 pp.42-43、下巻 pp.213-344、付録7、2012.9.25
6. 廣澤雅也、勅使河原正臣、小野里憲一、他 22名：既存建築物の耐震診断・耐震補強設計マニュアル2012改定版、建築研究振興協会、上巻 pp.42-43、下巻 pp.213-344、付録7、2012.9.1
7. 高橋茂、真野孝次、小野里憲一、他 19名：平成24年度 コンクリート技士研修テキスト、日本コンクリート工学協会 pp.92-101、2012.6.15
8. 大野義昭、小野里憲一、他：鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説 2010、9章 (分担)・付録B、日本建築学会、2010.11.5

査読付き論文 (関連文献を全て記述)

1. 兼平雄吉、小野里憲一、簡略モデルによる単独耐震壁の最大強度の解析精度 (対角加力を受ける単独耐震壁の場合)、日本建築学会構造系論文集、第80巻、第707号、pp.105-116、2015.1
2. 兼平雄吉、小野里憲一、極限解析マクロモデルによる単独耐震壁の最大強度の解析精度 (対角加力を受ける単独耐震壁の場合)、日本建築学会構造系論文集、第78巻、第689号、pp.1289-1298、2013.7
3. 兼平雄吉、小野里憲一、マクロモデルによる単独耐震壁の最大強度の解析精度、日本建築学会構造系論文集、第77巻、第671号、pp.65-73、2012.1

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 小野里憲一、【特集】機能とカタチ-動くディテール[RC造]セパレーター、ピーコン、建築技術、pp.114-145、2013.10

ほか7編

招待講演

1. 小野里憲一、鉄筋コンクリート造の配筋の要点、建築構造講演会 講師、主催(社)宮崎県建築士事務所協会、協賛(株)建築構造センター、2013.10.23

ほか1回

口頭発表

1. 劉智、船津卓馬、小野里憲一、高橋良徳、シングル配筋ラーメン構造の提案と予備実験 その1. 実験計画、日本建築学会大会学術講演会、2013.9.1

ほか10回

その他 (報告会・シンポジウムの主催・共催など)

1. 第16回同年代大会日本災害看護学会 教育講演講師「地震でこんな時は危ないー建物の耐震構造を学ぶ」

ほか6回

輩出した博士・修士・学士 (博士は氏名・表題・取得年月日、その他は人数のみ)

修士 6名 学士 40名

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成 22～26 年度)
テーマ 1 小課題番号 1.1&1.3、テーマ 2 小課題番号 2.1 山下哲郎 (建築学部建築学科)

著書

1. 山下哲郎：鋼構造制振設計指針 (分担)，日本建築学会，pp.123-125, 181-183, 2014.11
2. 山下哲郎：東日本大震災合同調査報告 建築編 3 鉄骨造建築物 シェル・空間構造 (分担)，日本建築学会，p.273, pp.278-280, pp.298-299, 2014.9
3. 山下哲郎：耐震構造の設計，日本建築学会関東支部、6章 鋼構造 (分担)、pp.367-452、2012.10
4. 山下哲郎：既存建築物の耐震診断・耐震補強設計マニュアル 2012 年度版，一般社団法人 建築研究振興協会、同 構造調査コンサルティング協会、横浜市建築設計協同組合，屋内運動場 (分担)，非構造部材の診断と補強 (分担)，上巻 pp.278-281，下巻 pp.191-192, 2012.9

査読付き論文

1. 武田和也・西川豊宏・山下哲郎・大橋 正，建築設備における天吊り配管と吊りボルトの耐震性能に関する実験的研究，空気調和・衛生工学会論文集，208 pp.21-28, 2014年7月
2. 小泉秀斗，坂本有奈利，久田嘉章，山下哲郎，振動台実験によるシステム天井シングルライン工法の力学特性および損傷評価に関する研究，日本地震工学会論文集，Vol.14 No.2 pp.144-163, 2014.5
3. 山下哲郎，竹内良太，白鳥和希，佐藤玄樹，正三角形格子鋼板の繰返しせん断加力実験，日本建築学会構造系論文集，Vol.76 No.694 pp.2153-2163, 2013.12
4. 山下哲郎，仙場雄太，六角形格子で構成された単層格子シェル構造の弾性座屈特性，日本建築学会構造系論文集，Vol.76 No.694 pp.2143-2152, 2013.12
5. 米田良祐，山下哲郎，鉄骨造学校体育館の桁行方向ブレース構造の弾塑性応答変形推定，日本建築学会技術報告集，42 501-506, 2013年6月
6. 山下哲郎，久田嘉章，坂本有奈利，久保智弘，新宿区超高層街区に建つ鉄骨造超高層建築の東北地方太平洋沖地震前後の振動特性，日本地震工学会論文集 特集号「2011年東日本大震災」その1，12 4 14-26, 2012年9月
7. 佐藤玄樹，山下哲郎，竹内良太，せん断と面内曲げを受ける正三角形格子耐震壁の線形座屈荷重の評価，構造工学論文集、日本建築学会，58B 437-443, 2012年3月
8. 志津えりか，大橋正，西川豊宏，山下哲郎，増田真也，スプリンクラ配管の静的加力実験 -建築の非構造部材・建築設備の耐震補強と改修に関する研究(その1)-，日本建築学会技術報告集，38 249-254, 2012年2月
9. 星幸男，久田嘉章，山下哲郎，鱈沢曜，島村賢太，超高層建築における常時微動・人力加振・地震観測記録と3次元立体解析結果の比較検討による振動性状評価に関する研究，日本地震工学会論文集，10 2 73-88, 2010年5月

ほか、2編

国際学会論文 (査読付も含む)

1. Tetsuo Yamashita, Seismic Performance of X-Braces of Steel Equal-leg Angle, 15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisbon, 2012, No.3260 (in USB), 2012年9月 (査読あり)

ほか、11編

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 山下哲郎，置屋根支承部の実験，建築研究開発コンソーシアム 鉄骨置屋根構造の耐震性能に関する研究会資料、「鉄骨置屋根構造の被害分析および耐震診断の進め方」，pp.100-110, 2013年9月

ほか、9編

招待講演

1. 山下哲郎，耐震診断と改修の現状，大空間施設の総合的耐震性能を考える—東日本大震災を経験して—，2012年度日本建築学会 PD, pp.26-39, 2012年9月

口頭発表

1. 山下哲郎・白鳥和希・和田直記，鉄骨置屋根構造スライド支承部の可動性に関する研究 その2 可動性に関する考察，2014年度日本建築学会大会 (近畿) (学術講演梗概集 B-1 pp.881-882), 2014.9

ほか、49回

外部資金の獲得

1. 山下哲郎：優れた意匠性と透光性を有する鉄骨格子耐震壁の耐震性能評価実験、公益財団法人 LIXIL 住生活財団研究助成、1,200 千円、2014

ほか、計 3,750 千円

知的財産権の取得 (国内特許、国外特許、実用新案、著作権など)

シングルライン天井板落下防止金具 (特許申請予定)

その他 (報告会・シンポジウムの主催・共催など)

2012 年度日本建築学会大会構造部門 PD (シェル・空間構造)「大空間施設の総合的耐震性能を考える—東日本大震災を経験して—」担当小委員会主査として企画、事務局を担当

輩出した博士・修士・学士

修士 8 名 学士 35 名

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成22～26年度)
テーマ1 小課題番号1.4 河合直人 (建築学部建築学科)

著書

1. 河合直人 (共著), 限界耐力計算による伝統的木造建築物の構造計算指針・同解説、(本人1章、3章、5章、付録1、付録3を担当 pp.13-17、pp.39-78、pp.87-109、pp.121-134、pp.139-143)、2013年2月
2. Naohito Kawai (共著), Preliminary Reconnaissance Report of the 2011 Tohoku-Chiho Taiheiyo-Oki Earthquake, Architectural Institute of Japan, (本人Chapter 3を分担 pp.115-148), 2012年9月
3. 河合直人 (共著), 2011年東北地方太平洋沖地震災害調査速報, (本人第6章6.1を担当 pp.383-401), 日本建築学会, 2011年8月

査読付き論文

1. 塚崎英世, 河合直人, 小松幸夫, 前川秀幸, 松留慎一郎, 機械加工能率を向上させた腰掛蟻仕口の強度特性に関する研究 一寸法・形状の変化が強度特性に及ぼす影響一, 日本建築学会構造系論文集, Vol.79, No.700, pp.811-818, 2014年6月
2. 中川学, 五十田博, 河合直人, 腰原幹雄, 荒木康弘, RC造と木フレームを平面的に併用した構造の振動台実験, 日本建築学会構造系論文集 Vol.79 No.697, pp.401-410, 2014年3月
3. 石垣 創, 田守伸一郎, 五十田博, 中川貴文, 河合直人, 個別要素法を用いた木質構造物の時刻歴応答解析, 日本建築学会技術報告集 第44号 pp.105-110, 2014年2月
4. 山口和弘, 稲山正弘, 志村智, 畠山太志, 河合直人, スパン, 層高, 鉛直荷重の有無などを変化させた木質ラーメン架構の実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, Vol.78, No.683, pp.119-128, 2013年1月
5. 清水秀丸, 向坊恭介, 堀川恵巳子, 槌本敬大, 河合直人, 大橋好光, 実大震動台実験による伝統的な木造建築の耐震性能検証に関する研究 一部材断面がやや小さい都市近郊型試験体の震動台実験結果一, 日本建築学会構造系論文集, Vol.76 No.663, pp.943-950, 2011年5月

国際学会論文 (査読付も含む)

1. Naohito Kawai, Analytical Study On Seismic Behavior of Traditional Wood Houses Considering Sliding at Column Bottom, World Conference on Timber Engineering, CD-ROM, Final Paper Journal Tuesday pp.327-334, 2012.07 ほか, 5編

学術雑誌, 商業誌, 研究機関への研究報告, 展望, 解説, 論説など

1. 河合直人, 特集:耐震補強による既存木造住宅の耐力UP術 IV耐震補強の全体計画評点の考え方と注意点, 建築技術2012年8月号, pp.110-111, 2012年8月

招待講演

1. 河合直人, 東日本大震災一1.被害の概要③木造の被害, 日本建築学会大会総合研究協議会, 早稲田大学, 2011年8月25日

口頭発表

1. 松本憲幸, 河合直人, 伝統的木造住宅の地震時挙動に関する解析的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 構造III pp.429-430, 2012年9月 ほか, 9回

外部資金の獲得 なし

知的財産権の取得 (国内特許, 国外特許, 実用新案, 著作権など) なし

各種メディア (新聞・テレビ・ラジオなど)・展示会等で公表 なし

輩出した博士・修士・学士

修士3名、学士5名

その他 (報告会・シンポジウムの主催・共催など)

都市減災研究センター (UDM) 2014年度報告会【研究テーマ1.4+3合同報告会】, 2014年12月25日, 工学院大学新宿校舎 ほか, 4回

総合研究所・都市減災研究センター（UDM）業績報告書（平成22～26年度）
テーマ1 小課題番号1.4 後藤治（建築学部建築デザイン学科）

著書

1. 後藤治・足立裕司他、被災歴史的建造物の調査・復旧方法の対応マニュアル、pp.1-100、日本建築士会連合会、2014
2. 後藤治・三浦卓也他、増田 横手市増田町伝統的建造物群保存対策調査報告書（2～5・7章を分担）、pp.5-178、pp.189-192、横手市、2012年
ほか10冊

査読付き論文

1. 岡田玲・後藤治・前田潤慈他、2012年5月6日に北関東地方で発生した竜巻による建築物等への被害について-その後の調査分析-、日本風工学会誌 38-1、pp.17-30、2013
ほか5編

国際学会論文（査読付も含む）

1. Satomi TAKATSUKA・Osamu GOTO・etc. The field survey on properties of manufacturing of the KOKERA roofing in comparison with growth environment、WCTE2010-11th World Conference on Timber Engineering in Trentino, Italy, 2010
ほか3編

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 後藤治、木造密集市街地は解消すべきなのか？、世界 865、pp.182-189、2015
ほか12編

招待講演

1. 後藤治、歴史的建造物の保全・活用の推進を目指す、岡山県建築士会、岡山市ルネスホール、2015年
ほか50回

口頭発表

1. 後藤治、東日本大震災における被災建物の保存・再生技術、日本建築学会大会地球環境部門PD、日本建築学会大会、富山大学、2014年9月
ほか14回

外部資金の獲得

1. 後藤治、横手市増田町伝統的建造物群保存地区防災対策調査／平成26年度／3,251千円、受託研究
ほか2回

知的財産権の取得（国内特許、国外特許、実用新案、著作権など）

1. 後藤治・田村雅紀・丸山紘明・横島順一・石崎斯征、補修壁、補修天井及びコテ仕上げ面体の補修方法（出願番号：KGP-00140）、2015年2月／出願中

各種メディア（新聞・テレビ・ラジオなど）・展示会等で公表

1. 上会連合会／被災歴史的建造物調査・復旧の手引作成／時系列で対応解説、日刊建設工業新聞、2014年4月16日、2面
ほか5編

輩出した博士・修士・学士

修士11名 学士45名

その他（報告会・シンポジウムの主催・共催など）

1. 久田嘉章、阿部道彦、後藤治、田村雅紀、河合直人ほか：都市減災研究センター（UDM）2014年度研究成果合同報告会、小課題1.4+3.1連携、工学院大学A1161、2014年12月25日17～19時
ほか2回

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成23～26年度)
テーマ2 小課題番号2.1-5 西川豊宏 (建築学部・まちづくり学科)

査読付き論文

1. 志津えりか・西川豊宏 他：スプリンクラ設備の静的加力実験 建築の非構造部材・建築設備の耐震補強と改修に関する研究(その1), 日本建築学会技術報告集, vol.18, No.38, pp.294-254, 2012.2
2. 武田和也・西川豊宏 他：建築設備における天吊り配管と吊りボルトの耐震性能に関する実験的研究, 空気調和・衛生工学会論文集, No.208 (July,2014), pp.21-28, 2014.7

国際学会論文

1. Toyohiro Nishikawa・Kazumasa Ohashi・Erika Shizu, SEISMIC RISK MANAGEMENT OF BUILDING EQUIPMENT FOR BUSINESS CONTINUITY PLANNING, 9th International Conference on Urban Earthquake Engineering/ 4th Asia Conference on Earthquake Engineering, 2012年3月、Tokyo
2. Erika Shizu・Toyohiro Nishikawa, STATIC LOADING TESTS OF SPRINKLER PIPING FOR SEISMIC RETROFIT AND RENOVATION OF AGED BUILDINGS, 9th International Conference on Urban Earthquake Engineering/ 4th Asia Conference on Earthquake Engineering, 2012年3月、Tokyo
3. T. Nishikawa・K. Takeda, Experimental study of the seismic performance of hanger bolts supporting ceiling-installed piping, 40th International Symposium of CIB W062 water Supply and Drainage for Buildings, 2014.9, Sao Paulo, Brazil
4. K. Takeda・T. Nishikawa, Seismic performance and their interaction between the two behavior of water piping during seismic excitation of building equipment, 40th International Symposium of CIB W062 water Supply and Drainage for Buildings, 2014.9, Sao Paulo, Brazil

招待講演

1. 大橋一正、JAFIA (JAPAN ARCHITECTURE FACILITIES INSPECTION ASSOCIATION) 第4回 日本建築設備診断機構シンポジウム 「これからの建築・設備の保守保全 -新たな危機に直面して(大地震・電力不足) -」 2013年2月
2. 西川豊宏、JAFIA (JAPAN ARCHITECTURE FACILITIES INSPECTION ASSOCIATION) 第4回 日本建築設備診断機構シンポジウム 「これからの建築・設備の保守保全 -新たな危機に直面して(大地震・電力不足) -」 2013年2月

口頭発表

1. 志津えりか・西川豊宏、既存建物におけるスプリンクラ設備の地震リスク分析に関する研究スプリンクラ配管の静的加力実験、空気調和・衛生工学会大会学術講演、2011年9月
2. 志津えりか・西川豊宏、事業継続計画策定における建築設備の地震リスクに関する研究(第1報)東北地方太平洋沖震における水使用とその設備被害、空気調和・衛生工学会大会学術講演、2012年9月

ほか3編

3. 志津えりか・西川豊宏、事業継続計画策定を支援する建築の非構造部材・建築設備の地震リスクに関する研究(その1)既存建物におけるスプリンクラ配管の静的加力実験、日本建築学会大会、2012年9月

ほか5編

外部資金の獲得

1. 西川豊宏、文部科学省・科研費・基盤A一般(研究分担) /平成24～26年度 /1,560千円、吊り天井ならびに天井懐に設置された設備機器の耐震設計法に関する研究
2. 西川豊宏、文部科学省・科研費・基盤A一般(研究分担) /平成24～26年度 /大都市圏で想定される広帯域強震動と超高層建築の減災対策

輩出した博士・修士・学士

修士: 2名

学士: 5名

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成23～26年度)

テーマ2 小課題番号2.2

小林光男 (工学部・機械システム工学科) 後藤芳樹 (工学部・機械工学科)

小久保邦雄 (名誉教授) 一之瀬和夫 (名誉教授)

著書

1. 鯉淵興二, 小久保邦雄編著; 疲労破壊事故の解析と強度対策, 日刊工業新聞社(2011.01 共著)
2. 立野昌義・後藤芳樹・小久保邦雄 他3名: 基礎から学ぶ材料力学, オーム社(2013.10 共著)
3. 小林光男 多数: 新版 固体潤滑ハンドブック, 養賢堂(2010.03)

査読付き論文

1. 林柿征・小久保邦雄・小松: クリンチング継手で結合したアルミニウム組み立て梁 日本機械学会論文集, Vol.76, No.763, pp.699-704(2010-3)
2. 林柿征・若林博之・一之瀬和夫・小久保邦雄・小林光男: 円管の塑性座屈を利用した片側締結ボルト, 日本ねじ研究協会誌, Vol.41, No.4, pp.96-102, (2010-4)
3. 井口卓也・後藤芳樹・小林光男・岡本淳一・小久保邦雄・八戸英夫: アルミニウム細線の疲労試験, 材料試験技術, Vol.55, No.1pp.24-28(2010-1)
4. 田中稔・田中道彦・小林光男: ねじの塑性域締付けシミュレーション(3次元応力分布を考慮した有限要素法解析), 日本産業技術教育協会, Vol.52, No.3, pp.229-236(2010-10)
5. P. Lin, K.KOBUBO, K. ICHINOSE: Experimental and Numerical Analysis of Fastening Bolt using Plastic Buckling of Pipes, Jour. Solid Mechanics and Material Processing, Vol.4, No.12, pp1765-1777(2010-9)
6. 羅 旭・溝口・小久保邦雄: アンダーフィルの物性値の適正化による接合部の信頼性向上, 日本材料学会, Vol.59, No.9, pp.699-704(2010-9)
7. 米山高史・立野昌義・後藤芳樹・小久保邦雄: 小型試験片を用いた一軸引張試験によるはんだ合金の力学特性, 材料試験技術, Vol.56, No.1, pp18-24(2011-1)
8. 八戸英夫・小林光男・後藤芳樹・丹羽直毅: 平均分散検定を用いた小ねじの締付け試験における繰返し回数の妥当性, 材料試験技術, Vol.56, No.1, pp25-31(2011-1)
9. 林柿征・小久保邦雄・小松: クリンチング継手の引張せん断強さの評価(第1報: アルミニウム合金板接合へのクリンチング継手の適用性に関する研究), 塑性と加工, Vol.52, No.603, pp.459-463(2011-4)
10. 林柿征・小久保邦雄・小松: クリンチング継手の疲労強さの評価(第2報: アルミニウム合金板接合へのクリンチング継手の適用性に関する研究), 塑性と加工, Vol.52, No.603, pp.463-468(2011-4)
11. 鶴淵淳也・上原大明・西谷要介・後藤芳樹・関口勇・北野武: VGCF/PP のせん断流動特性に及ぼす TPE 添加の影響, 成形加工, Vol.11, pp.253-254(2011-6)
12. P. Lin, K.KOBUBO, K. KOMATSU: Study of Built-up Connected by Mechanical Clinching, Jour. Solid Mechanics and Material Processing, Vol.5, No.9, pp495-507(2011-9)
13. 小林光男・平川嘉壽・田中道彦・山本健司: 高圧設備における圧力円筒ねじ端の設計指針における適用対象の拡大, 構造物の安全性及び信頼性(A論文)JCOSSAR-7, pp.492-497(2011-10)
14. 河野和哉・丹羽直毅・小林光男・一之瀬和夫・湯本敦史: 密閉型鍛造を用いた強化工による純チタンの結晶粒超微細化, 材料試験技術, Vol.57, No.2, pp.121-125(2012-4)
15. Y. IWAKAWA, T. MACHIDA, M. KOBAYASHI, HE J.: Investigation on Impact Performance of Light-Weight Composite Honeycomb Sandwich Panels, Applied Mechanics and Materials, pp.8-13, (2013-1)
16. 芝崎達朗・大石久己・小林光男・後藤芳樹・一之瀬和夫: 圧力円筒ねじ端の荷重分布に及ぼすねじ栓材料の影響, 材料試験技術, Vol.58, No.1, pp.49-55(2013-1)

国際学会論文

1. T.ISHIYAMA, T.NAKAKUKI, C.ISHII, M.KOBAYASHI: Development Particle Simulator on Cancer Cell Signaling Network with PC Cluster System, International Conference on Control, Automation and System(ICCAS-2010) 他 1編

招待講演・特別講演

1. 東京都立産業技術研究センター「締結研究会」より依頼講演「外力を受けるねじ締結体の軸力挙動と設計」東京都支援化事業部門技術経営支援室主催(2010年2月)
2. スズキ財団より依頼講演「ねじ継手に関する具体的問題とその解決策及び成果」(2012年10月) 他 2件

口頭発表

1. 小林光男・生野雅也・後藤芳樹・一之瀬和夫・小久保邦雄・大橋一正・西川豊宏: 地震によるスプリングラ一配管構造の検討事例, 日本機械学会 M&M-2011 カンファレンス(2011-7) 他 120編

知的財産権の取得 (国内特許、国外特許、実用新案、著作権など)

1. 秋間, 小久保, 天野; 既設鋼管柱腐食防止補強法 (特許番号: 4448556(特開 2011-117166)、2011年6月)

外部資金の獲得・各種メディア (新聞・テレビ・ラジオなど)・展示会等で公表

1. (株)不二電業社, 工学院大学; インフラ鋼管の倒れ防止製品の開発, 2013年度東京都産業交流展(東京都経営革新優秀賞受賞), 2013年12月

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成 22～26 年度)

テーマ 3 小課題番号 3.1 阿部道彦 (建築学部建築学科)

著書

1. 阿部道彦, 他: 高炉スラグ細骨材を使用するコンクリートの調合設計・施工指針・同解説 (分担)、日本建築学会, 2013.2
他6件

査読付き論文

1. 金子樹、阿部道彦: 乾湿繰り返しによるコンクリートの吸水性状と塩化物イオンの浸透・拡散に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文報告集, pp.1073-1079, 2014.8
2. 鈴木澄江、真野孝次、阿部道彦: 硬焼生石灰を添加したモルタル供試体によるポップアウトの確認試験方法に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, ROMNo.1010, 2011.6
3. 古川雄太、石川嘉崇、阿部道彦、友澤史紀: 品質改善した石炭熔融スラグ細骨材を用いたコンクリートの諸性状, コンクリート工学論文集, Vol.32, No.1, pp.77-83, 2010
他11件

国際学会論文

1. Michihoko Abe, Tatsuya Saito : An Experimental Study on Crushing Value of Blast-Furnace Slag Fine Aggregate, 第11回韓国・日本建築材料ジョイントシンポジウム論文集, pp.70-73, 2012.8
他4件

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 阿部道彦、真野孝次、鹿毛忠継: 日本建築学会 高炉スラグ細骨材を使用するコンクリートの調合設計・施工指針改定について, コンクリート工学, Vol.51, No.7, pp.551-557, 2013.7
他19件

口頭発表

1. 彦根俊海、尾作勇介、阿部道彦: 40年経過した高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの長期性状, 日本建築学会関東支部研究報告集 I, 1003, 2015.3
2. 齊藤辰弥、尾作勇介、中村則清、阿部道彦: 長期出暴露したコンクリートの性質に関する実験 (その 1. 中性化)、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.433-434, 2014.9
3. 阿部道彦、花野克哉、篠山彰: 住宅基礎コンクリートの性状に及ぼす締固め方法の影響 (その 3 再振動に関する既往の研究との比較), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.379-380, 2013.8
他81件

外部資金の獲得

1. 阿部道彦: 指定寄付金 鉄鋼スラグ協会 1,000千円 2014 他4件

各種メディア (新聞・テレビ・ラジオなど)・展示会で公表 4件

招待講演 3件

その他 (報告会・シンポジウムの主催・共催など)

1. 久田嘉章、阿部道彦、後藤治、田村雅紀、小野甲憲一、河合直人、杉山永幸ほか: 都市減災研究センター (UDM) 2014年度研究成果合同報告会、小課題 1.4 都市型木造建物、伝統建築物の耐震診断・補強法の開発と推進、連携テーマ 3.1 震災廃棄物の再資源化と高機能化, 工学院大学 A1161, 2014年12月25日 17~19時
他12件

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成 22～26 年度)

テーマ 3 小課題番号 3.1 田村雅紀 (建築学部建築学科)

著書

1. 田村雅紀, ほか5名, コンクリートの環境テキスト (案), 日本コンクリート工学会, 104(46-55, 61-104), 2013年6月11日
他6冊

査読付き論文

1. 田村雅紀, 依田和久, 大島正記, 斉藤順一, 副産微粉を混和したコンクリートの災害時を含む品質保証と力学特性への影響, 日本コンクリート工学会年次大会論文集, Vol.36, No.1, pp.2182-2184, 2014.7
2. 田村雅紀, 依田和久, 大島正記, 斉藤順一, 二次副産材を混和したコンクリートの資源環境保全貢献性とフレッシュ性状への影響, 日本コンクリート工学会年次大会論文集, Vol.35, No.1, pp.1927-1932, 2013.7
他10件

国際学会論文

1. M.Tamura and Y.Nachi, “The Packing System Analysis required to Evaluate CO2 Emissions During Whole Building Materials Transportation”, International Conference on Sustainable Construction Materials & Technologies (SCMT3), Kyoto, 2013.8
他12件

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 田村雅紀ほか, 災害時のレジリエンス対応技術と資源ストック利活用の接点, 日本建築学会大会地球環境部門 PD, 2014.8
他22件

口頭発表

1. 田村雅紀, 大岩優美, 木質バイオマス系無機有機混合外装材の品質評価と環境影響, 2014年日本建築仕上学会研究発表論文集, pp.43-46,, 2014.10
2. 田村雅紀, 小川剛司, 海洋生物殻を混和した多層構造型空隙コンクリート材料の遮熱性能に関する基礎的検討, 2013年日本建築仕上学会研究発表論文集, pp.9-12, 2013.10
他75件

外部資金の獲得

1. 平成 23～25 年度 都市減災・早期復興に資する震災廃棄物起源材料の高度利活用研究、文部科学省 科学研究費補助金 (若手研究 A) 他5件

各種メディア (新聞・テレビ・ラジオなど)・展示会で公表 10件

招待講演 2件

その他 (報告会・シンポジウムの主催・共催など)

1. 久田嘉章、阿部道彦、後藤治、田村雅紀、小野里憲一、河合直人、杉山永幸ほか: 都市減災研究センター (UDM) 2014 年度研究成果合同報告会、小課題 1.4 都市型木造建物、伝統建築物の耐震診断・補強法の開発と推進、連携テーマ 3.1 震災廃棄物の再資源化と高機能化、工学院大学 A1161, 2014 年 12 月 25 日 17～19 時
他10件

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成22～26年度)
テーマ4 小課題番号4.1-1 水野 修 (工学部情報通信工学科)

著書

査読付き論文

国際学会論文 (査読付も含む)

1. A. Takashi, S. Yamamoto, K. Asatani, O. Mizuno, “Design of the Mitigation Information network in urban area,” Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS 2012), S1-6, Seoul, Korea, Sept., 2012 (査読付き)
2. Syou Yamamoto, Akito Takashi, Koichi Asatani, Osamu Mizuno, “Proposal for Mitigation Information Network Applications to Provide Communication Services,” The 11th International Symposium on Advanced Technology (ISAT-spetial), UDM2-2, Hachiouji, Japan, Oct., 2012
3. O. Mizuno, A. Takashi, K. Asatani, “Sustainable Operation Technologies for the Mitigation Information Network in Urban Area”, IEEE Region 10 Human Technology Conference 2013, in USB, Sendai, Japan, Aug., 2013. (査読付き)

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

招待講演

口頭発表

1. 芳根歩, 大割健史, 飯塚 航, 水野 修, 平常時/災害時でシームレスに運用可能な減災情報ネットワークの提案, 2015年電子情報通信学会総合大会、2015年3月
2. 芳根 歩, 水野 修, OpenFlowによる減災情報ネットワーク冗長化の評価実験, 電子情報通信学会技術報告, 2015年3月
3. 芳根 歩, 水野 修, OpenFlowによる減災用長距離無線LANシステム冗長化構成の実装, 2014年電子情報通信学会ソサエティ大会, 2014年9月

ほか、16回

外部資金の獲得

水野 修、文部科学省・科研費・基盤C一般/平成25～27年度/3,700千円、社会的弱者に適用可能な減災情報提供方式(研究代表者)

知的財産権の取得 (国内特許、国外特許、実用新案、著作権など)

各種メディア (新聞・テレビ・ラジオなど)・展示会等で公表

輩出した博士・修士・学士

博士0名

修士5名

学士11名

その他 (報告会・シンポジウムの主催・共催など)

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成22～26年度)
テーマ4 小課題番号4.1-2 小林亜樹 (工学部情報通信工学科)

査読付き論文

1. 高橋徹, 小林亜樹, “嗜好の一貫性を重視した推薦のための区分類似度方式”, WebDBForum 2010 論文誌, 4A-2, pp. 1-8, 2010.
2. 秋山洋平, 小林亜樹, “通信途絶地域との通信を行うための DTN アーキテクチャに基づくプロトコル提案と試作”, FIT2013, FIT2013 R0-015 (査読付き), FIT2013, No. 4, pp. 149-156, 2013

国際学会論文 (査読付も含む)

1. Aki Kobayashi, Toshiaki Shinmori, Masayuki Inogami, Takao Koyama, "A Study on Temperature Prediction at Every House Using Regional Grid Network", Proc. of ISAT-special 2012, P-C11-I, 2012.
2. Takao Koyama, Naoki Matsumoto, Masaru Iguchi, Toshifumi Satake, Aki Kobayashi, Tsukasa Tsukidate, "Development of a Heat Pump Heating Control System for Cold Regions", Proc. of ISAT-special 2012, P-C12-I, 2012.
3. Takao Koyama, Masaru Iguchi, Toshifumi Satake, Aki Kobayashi, Tsukasa Tsukidate, "Development of Heating Management System in Cold Regions", Proc. of Applied Computing 2012, P168, 2012.

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 石川直樹, 小林亜樹, 経路情報の能動的キャッシュによる P2P 探索負荷削減, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 110, No. 449, pp. 377-382, 2011.
2. 村上雄亮, 小林亜樹, 目に留まるツイート投稿タイミング推薦手法, DEIM2013 講演論文集, P1-4, 2013.
3. 秋山洋平, 小林亜樹, DTN アーキテクチャに基づくストレージ運搬型通信による災害時情報共有システム, 信学技報, Vol. 113, No. 472, pp. 525-530, 2014.
4. 高崎尚人, 小林亜樹, コンテンツ指向ネットワークにおけるタグ共起性による探索特性評価, 信学技報, Vol. 114, No. 477, 2015.

ほか、8 編

口頭発表

1. 石川直樹, 小林亜樹: 高負荷探索ルートの縮減による探索負荷低減, 電子情報通信学会 2011 年総合大会, B-7-27, 電子情報通信学会, 東京都世田谷区, 2011 年 3 月
2. 石倉頌子, 小林亜樹: 寄り道経路推薦方式, 情報処理学会第 74 回全国大会講演論文集 1P-2, No. 1, pp. 671-672, 名古屋市, 2012 年 3 月
3. 古賀健士郎, 庄司功樹, 小林亜樹: タイミングを考慮した将来イベント tweet の再通知, 情報処理学会第 74 回全国大会講演論文集 3P-4, No. 1, pp. 709-710, 名古屋市, 2012 年 3 月
4. 工藤悠太, 小林亜樹: リツイート率の算出による価値あるツイートの発見手法, 情報処理学会第 74 回全国大会講演論文集 3X-1, No. 3, pp. 297-298, 名古屋市, 2012 年 3 月
5. 庄司功樹, 小林亜樹: 協調的な情報を用いた検索ナビゲーション手法, FIT2011 D-012, FIT2011, No. 2, pp. 149-150, 函館市, 2011 年 9 月

ほか、12 回

輩出した博士・修士・学士

修士 7 名 学士 32 名

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成 22～26 年度)
テーマ 4 小課題番号 4.1-3 山口 実靖 (工学部情報通信工学科)

著書

査読付き論文

1. Tomoki Kozu, Yuria Akiyama, Saneyasu Yamaguchi, "Improving RTT Fairness on CUBIC TCP", International Journal of Networking and Computing, Vol 4, No. 2, pp.291-306 (2014), (論文誌)

国際学会論文 (査読付も含む)

1. Tomoki Kozu, Yuria Akiyama, and Saneyasu Yamaguchi, "SQUARE: FF on CUBIC TCP over Links with Different RTT," The 16th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS2014), S2-15 (査読付き, Poster)

2. Yuria Akiyama, Tomoki Kozu, and Saneyasu Yamaguchi, "Active Packet Dropping for Improving Performance Fairness among Modern TCPs," The 16th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS2014), S3-12 (査読付き, Poster)

3. Shunsuke Yagai and Saneyasu Yamaguchi, "Energy Efficient Storage Management Cooperated with Data Intensive Applications in Virtual Machines", The 1st International Workshop on Future Technologies for Smart Information Systems (FTSIS 2014) in conjunction with the 33rd IEEE Symposium on Reliable Distributed Systems (SRDS 2014), (査読付き)

4. Masaya Yamada, Yuki Watanabe, Saneyasu Yamaguchi, "An Integrated I/O Analyzing System for Virtualized Environment", 8th ICCM: 2012 International Conference on Computing Technology and Information Management (査読付き)

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

山口実靖, "インターネットの通信技術(1) (LAN 技術, WAN 技術, TCP/IP, TCP の性能)", 平成 25 年度春季先端オープン講座開講 (2014)

招待講演

Saneyasu Yamaguchi, "Performance Fairness among Modern TCPs", BIT's 2nd Annual World Congress of Emerging InfoTech-2013 (InfoTech-2013) (招待講演)

口頭発表

1. 谷貝 俊輔, 山口 実靖, "仮想化環境における DB データ配置に関する一考察", 第 159 回 マルチメディア通信と分散処理研究会, DPS159-33

2. 若色 匠・山口実靖, "データベースの動作情報を用いたデータ再配置によるストレージ停止時間拡大の仮想化環境への適用", 第 13 回情報科学技術フォーラム (FIT2014), C-014

ほか、20 回

外部資金の獲得

山口 実靖, 文部科学省・科研費・若手研究 B/平成 25～27 年度、高速な規模伸縮が可能な低消費電力クラウド分散データベース管理システム (研究代表者)

知的財産権の取得 (国内特許、国外特許、実用新案、著作権など)

各種メディア (新聞・テレビ・ラジオなど)・展示会等で公表

輩出した博士・修士・学士

博士 0 名

修士 5 名

学士 10 名

その他 (報告会・シンポジウムの主催・共催など)

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成22～26年度)
テーマ 4 小課題番号 4.2-1 佐藤光太郎 (機械創造工学科), [横田和彦 (青山学院大学)]

著書

なし

査読付き論文

1. 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 (in press), 2015
2. 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, [DOI: 10.1299/jfst.2014jfst003 3], 2014
3. 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, [DOI: 10.1299/jfst.2014jfst0007], 2014
4. 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, 日本混相流学会誌「混相流」27巻5号, 623-630頁, 2014

他3編

国際学会論文 (査読付も含む)

1. 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, Chicago, Illinois, USA, 2014 【査読有】
2. Takanori Nakazawa, Masanori Kudo, Koichi Nishibe, Kotaro Sato, FLOW CHARACTERISTICS 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, Chicago, Illinois, USA, 2014 【査読有】

他15編 (うち査読有14編)

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 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, 99-104頁, 2014

他0編

口頭発表

1. 山中貴央, 姜 東赫, 横田和彦, 佐藤光太郎, 柔軟シートフラッタ風力発電に対する発電負荷の影響, 日本機械学会関東支部第20期総会・講演会 (東京・小金井), 2014.3.14

他54編

輩出した博士・修士・学士

1. 博士1名, 修士20名, 学士27名

その他 (報告会・シンポジウムの主催・共催など)

1. UDM報告会4回

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成22～26年度)
テーマ 4 小課題番号 4.2-2 荒井純一 (電気システム工学科)

著書

1. 荒井純一, 伊庭健二, 鈴木克己, 藤田五郎, 基本からわかる電力システム講義ノート, オーム社, p1-33, p151-159, 2014

査読付き論文

1. 荒井純一, 安斎雄亮, 電力貯蔵装置の風力発電出力平準化制御方式, 電気設備学会誌, Vol. 31, No. 12, pp968-973, 2011
2. 小野貴之, 荒井純一, 電力系統に大量の風力発電が導入された場合の電力貯蔵装置の不感帯型周波数制御, 電気学会論文誌B, Vol. 132, No. 8, pp709-717, 2012
3. 佐藤 泰平, 荒井純一, 電力貯蔵装置と燃料電池で電力供給する集合住宅における自立運転に関する安定運転の検討, 電気学会論文誌B, Vol. 135, No. 3, pp1-9, 2015

他1編

国際学会論文 (査読付も含む)

1. Alsalem Mohammed Hassan, Junichi Arai, Analysis of ac transmission from desert area large scale photovoltaic generation, EELC2013, No. 103, Hong Kong, Dec 24-25, 2013 (査読あり)
2. Taihei Sato*, Junichi Arai, Study on Coordinated Operation for Isolated Power System Consisting of Battery Energy Storage System and Fuel Cell, IEEJ-EIT Joint Symposium on Advanced Technology in Power Systems, PSE-14-008, Bangkok, Thailand, Mar. 7, 2014 (査読あり)
3. Yuta Suga, Junichi Arai, Frequency Control with Battery Energy Storage System in Island Power System Including Renewable Energies, ICEE PSP-0323, June 16, 2014 (査読あり)
4. Junichi Arai, Shingo Uchiyama, Basic Study on Contribution to Dynamic Stability by Large Photovoltaic Power Generation, AMCSE2014, Varna Bulgaria, Sept. 13-15, 2014 (査読あり)
5. Hiroaki Kobayashi, Junichi Arai, Short-term Forecast for Photovoltaic Power Generation with Correlation of Solar Power Irradiance of Multi Points, WSEAS, ELECTRIC POWER SYSTEMS, HIGH VOLTAGES, ELECTRIC MACHINES (POWER '14), pp89-94, October 30-November 1, Lisbon, Portugal, 2014 (査読あり)
6. Hiroaki Kobayashi, Junichi Arai, Short-term Forecast for Photovoltaic Power Generation and Development of Measuring Equipment, D2S3-1.3, ICIAfs2014, Dec. 22-24, Colombo, Sri Lanka, 2014 (査読あり)

他27編

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 佐藤泰平, 荒井純一, 緒方隆雄, 塚田龍也, 山下明, 電力貯蔵装置とインバータ電源で構成する自立系統の運転限界に関する検討, 電気学会電力系統技術委員会研究会, PSE-13-068, PE-13-052, 9月11日, 2013
2. 小林浩昭, 荒井純一, 他の地域の発電量データを利用した太陽光発電の短期予測, 電気学会電力系統技術研究会, PSE-14-164, 9月24日, 大阪府立大学, 2014
3. 菅 祐太, 小林 浩昭, 荒井 純一, 再生可能エネルギーが導入された離島電力系統における蓄電池と従来方式の協調周波数制御, 電気学会電力系統技術研究会, PSE-14-145, 9月24日, 大阪府立大学, 2014

他18編

口頭発表

1. 久保守二郎, 荒井純一, 大容量キャパシタを用いた太陽光発電出力平準化方式の検討, 電気学会全国大会, 7-073, 2013年3月

他20編

輩出した博士・修士・学士

1. 修士: 19名 学士: 50名

その他 (報告会・シンポジウムの主催・共催など)

1. UDM報告会4回

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成22～26年度)
テーマ4 小課題番号4.2 米盛弘信 (サレジオ高専)

国際学会論文 (査読付も含む)

1. Hirotoshi Nakagawa, Kouhei Matsuoka, Hironobu Yonemori: “A Study about the Self-Cleaning of a PV Module Surface Using Photocatalyst”, IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference 2014 (R10 HTC), pp.98-103, Chennai, Tamilnadu, India (2014-08) (査読あり)
2. Norimitsu Ichikawa, Junichi Arai, Hironobu Yonemori, Miki Kobayashi: “Emergency Photovoltaic Power Generation System”, The 11th International Symposium on Advanced Technology, pp.165-166, Tokyo (2012-10)

ほか、5編

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 中川寛淑, 片倉嘉之, 岩下真輝, 米盛弘信: “分子結合チタニアシリカ光触媒が塗布されたPVモジュールの発電特性に関する検討”, サレジオ高専研究紀要, 第13号, pp.33-38 (2014-12)
2. 米盛弘信: “若者にとっての太陽光発電”, 電気設備学会誌, 34巻8号, pp.521-524 (2014-08)
3. 米盛弘信, 松岡耕平, 山口圭, 杉山光祐, 中川寛淑, 佐藤雅史: “PVモジュール表面に塗布した分子結合チタニアシリカの諸効果に関する検討”, サレジオ高専研究紀要, 第12号, pp.15-21 (2014-04)
4. 佐藤雅史, 米盛弘信, 市川紀充, 荒井純一, 小林幹: “EDLCを用いた独立型太陽光発電システムにおける蓄電手法の検討”, サレジオ高専研究紀要, 第40号, pp.59-63 (2013-03)
5. 米盛弘信, 佐藤雅史, 野口拓哉, 小林幹: “独立型太陽光発電システムにおけるPVモジュール表面の防汚と蓄電部改善に関する検討”, サレジオ高専研究紀要, 第39号, pp.31-36 (2012-10)
6. 藤原章裕, 米盛弘信: “研究室紹介—産業応用研究室—”, 日本高専学会誌, 第16巻, 第4号, pp.47-50 (2011-10)
7. 米盛弘信, 小林幹: “用途を都市減災に据えた独立型太陽光発電の開発”, 電気設備学会誌, 31巻4号, pp.273-276 (2011-04)

ほか、10編

口頭発表

1. 鈴木嘉晃, 米盛弘信: “情報通信機器を利用した住宅用太陽光発電監視システムの提案”, 第6回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, pp.46-47 (2014-12) 優秀賞
2. 山口圭, 米盛弘信: “光触媒塗布PVモジュールにおける散水冷却効果の検討”, 第6回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, pp.114-115 (2014-12) 優秀賞
3. 中川寛淑, 米盛弘信: “分子結合チタニアシリカ光触媒を塗布したPVモジュール表面の汚染除去に関する検討”, 2014年(第32回)電気設備学会全国大会講演論文集, pp.333-334 (2014-08) 発表奨励賞
4. 片倉嘉之, 米盛弘信: “PVモジュールにおける塩害対策の検討”, 2014年(第32回)電気設備学会全国大会講演論文集, pp.335-336 (2014-08) 発表奨励賞
5. 鈴木嘉晃, 根岸拓矢, 中川寛淑, 片倉嘉之, 米盛弘信: “M2Mを活用した太陽光発電設備の遠隔監視システムに関する一検討”, M2M研究会専門部会セミナー第8回教育専門部会—特別講演とM2M活用学生実験・応用研究の実践—, pp.15-16, 芝浦工業大学 (2014-04)
6. 佐藤雅史, 米盛弘信, 小林幹: “独立型PVシステムにおける鉛蓄電池のための電流制限回路に関する検討”, 2013年(第31回)電気設備学会全国大会講演論文集, pp.151-152 (2013-09)
7. 山口圭, 米盛弘信: “気化熱によるPVモジュールの発電量向上に関する検討”, 2013年(第31回)電気設備学会全国大会講演論文集, pp.149-150 (2013-09) 発表奨励賞
8. 米盛弘信, 小林幹: “光触媒塗布PVモジュールにおける発電特性の基礎検討”, 2013年(第31回)電気設備学会全国大会講演論文集, pp.155-156 (2013-09)
9. 野口拓哉, 米盛弘信: “太陽電池モジュール表面の防汚に関する検討—光触媒と撥水コーティングの比較—”, 第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, pp.136-137 (2011-12) 優秀賞受賞
10. 矢崎克侑, 藤原章裕, 米盛弘信: “EDLCと二次電池を用いた独立型PVシステム用ハイブリッド充電方式の基礎検討”, 平成23年電気学会全国大会講演論文集[4], p.236, 大阪大学 (2011-03)

ほか、23回

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成22～26年度)
テーマ4 小課題番号4.2 市川紀充 (電気システム工学科)

著書

1. 市川紀充：スマートシティの電磁環境対策 (分担：第2章エネルギーマネジメントシステムから俯瞰した電磁環境対策、第2節 BEMS の構成機器と電磁波対策の概要)、S&T 出版、pp. 106-118、2012
2. 市川紀充：電気工学ハンドブック 第7版 (分担：45 編 静電気・医用電子・一般、1 章 静電気)、電気学会 (オーム社)、pp. 2335-2340、2013
3. 市川紀充：電気学会 125 年史 1888-2013 (分担：第2部5編2章第1節総説、第2節感電災害の防止技術)、電気学会、pp. 663-665、2013
4. 市川紀充：基本からわかる電磁気学講義ノート (分担：6 章 絶縁体 (誘電体)、7 章 磁性体)、オーム社、pp. 157-207、219-221、2014

査読付き論文

1. 市川紀充、非接地金属筐体内の導体に生じる静電誘導電圧、電気設備学会誌、Vol. 30、No. 7、pp. 599-606、2010
2. Norimitsu Ichikawa, Measuring of electrostatically induced voltage and its polarity in partially opened metal box by means of neon lamp and photomultiplier tube, *Journal of Electrostatics*, Vol. 68, No. 4, pp. 315-320, 2010
3. Norimitsu Ichikawa, Yuuki Huruta, Electrostatically induced voltage generated in "metal boxes with different volume" measured by spark gap and electromagnetic wave sensor, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, Vol. 18, No. 5, pp. 1433-1438, 2011
4. 市川紀充、金属筐体開口部に取り付けたシールド導体による静電誘導電圧の低減効果、電気設備学会誌、Vol. 31、No. 10、pp. 813-820、2011
5. Atsushi Ohsawa, Norimitsu Ichikawa, ESD detection by transient earth voltage, *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 418, 012054, pp. 1-6, 2013
6. Norimitsu Ichikawa, Kazuhiko Taniguchi, Study on an insulating safeguard based upon DC breakdown voltages of insulating materials, *Automatic Control of Physiological State and Function*, Vol. 2, No. 1, 1000105 (4 pages), 2013
7. Norimitsu Ichikawa, Electrical fatality rate by industry in Japan, 1974-2003, *IEEE Transactions on Industrial Applications*, Vol. 50, No. 3, pp. 1604-1609, 2014
8. 渡辺 政宏、市川紀充、坂本 哲夫、帯電した人体の動きによって発生する誘導電圧を利用した動作判別、静電気学会誌、Vol. 38、No. 4、pp. 183-188、2014
9. 市川紀充、牧田幸太、帯電した物体を金属筐体から遠ざけたときに生じる静電誘導電圧、電気学会論文誌D、Vol. 134、No. 10、pp. 870-875、2014
10. Norimitsu Ichikawa, Statistical accident analysis and electrical fatality rate in Japan, 2002-2011 -causes and preventive measures of fatal electrical accidents-, *IEEE Industry Application Magazine*, 2015 (掲載決定)
11. Norimitsu Ichikawa, Measurement and calculation of electrostatically induced voltage of ungrounded metal box generated by moving charged body, *Journal of Electrostatics*, 2015 (掲載決定)

国際学会論文 (査読付も含む)

1. Norimitsu Ichikawa, Electrostatically induced voltage on conductive objects contained in metal box when charged body moves away from the box, *9th Conference of the French Society of Electrostatics*, Toulouse, pp. 225-230, 2014 (査読あり)

ほか、19編

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 市川紀充、電気安全の大切さ、電気設備学会誌、Vol. 33、No. 4、pp. 239～243、2013

ほか、26編

口頭発表等は、記入するスペースがないため、記載しない。

輩出した博士・修士・学士

1. 修士4名 学士50名

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成22～26年度)
テーマ4 小課題番号4.2-5 雑賀 高 (グローバルエンジニアリング学部)

査読付き論文

1. 野原徹雄, 雑賀 高, 石見聖人, 齊藤洋輔, 尿素を原料とするアンモニア燃料水素エネルギーシステムの研究, 89(10), pp. 996-1005, 2010
2. 野原徹雄, 雑賀 高, 尿素を原料とするアンモニア燃料水素エネルギーシステムの研究 (続報) —酵素触媒による尿素加水分解およびアンモニア分解による水素生成—, 日本エネルギー学会誌, Vol.90, No.9, pp.895-904, 2011

国際学会論文 (査読付も含む)

1. Hirano, T., Nohara, T., Saika, T., DME Hybrid Power System with CO2 Recycling for Commercial Vehicles, SAE Paper 2010-01-1789, SAE Power Systems Conference, Ft. Worth, Texas, USA, November 3, 2010
2. Arai, A., Kanzaki, Y., Saito, Y., Nohara, T. Saika, T., A Fuel-Cell Electric Vehicle with Cracking and Electrolysis of Ammonia, SAE Paper 2010-01-1791 SAE Power Systems Conference, Ft. Worth, Texas, USA, November 3, 2010

ほか, 7編

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 雑賀 高, 自動車のエクセルギー解析, 自動車技術, 64(4), pp.10-15, 2010
2. 雑賀 高, 液体アンモニアを燃料とする新しい水素生成装置の開発, 燃料電池(秋号), 10(2), pp.87-91, 2010
3. 雑賀 高, 水素キャリアとしてのアンモニア利用, エネルギー・資源, Vol.35 No.1, pp.47-51, 2014
4. 雑賀 高, 水素生成のための尿素エネルギーシステムの研究開発の現状と将来展望, 日本エネルギー学会誌, Vol.93, No.5, pp.402-406, 2014

招待講演

1. Takashi Saika, Clean Energy Systems Using Ammonia as a Sustainable Fuel, 12th International Symposium on Advanced Technology - Clean Energy Application, 2013年11月

口頭発表

1. 野原徹雄, 石見聖人, 齊藤洋輔, 雑賀 高, 尿素を燃料とする水素エネルギーシステム (第二報), 日本エネルギー学会年次大会, 工学院大学, 2010年8月3日
2. 浜野友紀, 野原徹雄, 雑賀 高, 尿素エネルギーシステムにおけるアンモニア生成, 第55回研究発表会, 日本エネルギー学会関西支部, 2010年11月25日
3. 浜野友紀, 野原徹雄, 雑賀 高, 尿素を燃料とする水素エネルギーシステム(第3報), 第20回日本エネルギー学会大会, 2011年8月
4. 野原徹雄, 浜野友紀, 雑賀 高, 尿素を原料とするアンモニア燃料・水素エネルギーシステムの研究—酵素触媒および尿素濃度によるアンモニア生成速度の検証—, 第21回日本エネルギー学会大会, 2012年8月

ほか, 15回

外部資金の獲得

1. 雑賀 高, 文部科学省・科研費・基盤C一般/平成20～24年度/3,900千円, 水素生成のための尿素エネルギーシステムに関する研究(研究代表者)

各種メディア (新聞・テレビ・ラジオなど)・展示会等で公表

1. 雑賀 高, 「アンモニアから水素」, 化学工業日報, p.2, 2010年8月11日
2. 雑賀 高, 「アンモニア 効率的に抽出」, 日刊工業新聞, p.27, 2011年2月28日

輩出した博士・修士・学士

1. 野原徹雄, 尿素を原料とするアンモニア燃料・水素エネルギーシステムの研究, 2011年7月16日
修士12名 学士26名

著書

なし

査読付き論文

なし

国際学会論文 (査読付も含む)

1. Hiroyasu Ohtake, Koji Hasegawa, Boiling Heat Transfer Characteristics and Film Boiling Collapse Temperature through the Two-Dimensional Temperature Field Measurement, 15th Int'l Heat Transfer Conference, IHTC15-9511/PBL-B1-522, August 15, 2014, Kyoto, Japan (Room: B1/PBL5 12:50-14:50)。(査読付)
2. Kei Oda, Hiroyasu Ohtake, Koji Hasegawa, EFFECT OF PRESSURE ON BOILING HEAT TRANSFER MECHANISM BY USING MEMS TECHNOLOGY, 22nd International Conference on Nuclear Engineering, ICONE22-30558, 2014年7月8日。(査読付)

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

なし

招待講演

なし

口頭発表

1. 小川淳平(工学院大院), 大竹浩靖(工学院大), 長谷川浩司(工学院大), , 地震振動が冷却限界および沸騰気泡挙動に及ぼす影響に関する研究 (飽和沸騰), 日本原子力学会「2014秋の大会」、京都大学、2014年9月8日(月)午後。

外部資金の獲得

1. 科学研究費補助金・基盤研究(C)、平成24年度～26年度、MEMS技術を利用した単気泡下の限界熱流束(CHF)の発生機構の解明、研究代表者、平成24年度:2,900千円、平成25年度:700千円、平成26年度:500千円。

知的財産権の取得 (国内特許、国外特許、実用新案、著作権など)

なし

各種メディア (新聞・テレビ・ラジオなど)・展示会等で公表

なし

博士

なし

修士1名 (M1)

学士2名

その他 (報告会・シンポジウムの主催・共催など)

なし

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成22～26年度)
テーマ5 小課題番号5.1 長澤泰 (建築学部建築学科)
山下てつろう (建築学部建築学科)
笈淳夫 (建築学部建築デザイン学科)

著書

なし

査読付き論文

1. 佐藤豪、長澤泰、笈淳夫、村上正浩、久保智弘、山下哲郎、首都直下地震を想定した新宿駅周辺の被災人口推計と医療拠点配置の検討、日本建築学会計画系論文集、77巻682号、pp.2749-2755、2012年12月
2. 江川香奈、内田聡、野田五十樹、依田育上、堀内義仁、小林健一、笈淳夫、長澤泰、病院の傷病者受け入れ潜在能力に関する分析—災害傷病者の病院における収容場所に関する研究、日本建築学会計画系論文集、77巻669号、pp.2057-2064、2011年11月

国際学会論文 (査読付も含む)

なし

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 山下哲郎、伊藤正、瀬川寛、笈淳夫、座談会 震災時の病院BCPを支える建築機能保持、近代建築、Vol.66 No.11、pp.54-60、2012年11月
2. 笈淳夫、医療施設の震災対策—建築的な視点—、保健の科学、55巻11号、pp.730-734、2013年11月

招待講演

なし

口頭発表

なし

外部資金の獲得

1. 笈淳夫、文部科学省・科研費・基盤C /平成24～26年度/3,800千円、医療分野における事業継続計画 (BCP) の現状と外的ネットワークに関する研究 (研究代表者)
2. 笈淳夫、厚生労働科学研究費補助金 (厚生労働科学特別研究事業) /平成11年度/23,400千円、大規模災害に対応した保健・医療・福祉サービスの構造、設備、管理運営体制等に関する研究 (H23—特別—指定—001) (研究代表者)

知的財産権の取得 (国内特許、国外特許、実用新案、著作権など)

なし

各種メディア (新聞・テレビ・ラジオなど)・展示会等で公表

なし

輩出した博士・修士・学士

博士 江川香奈、地震時の病院における災害医療に関する建築計画的な研究 (博甲第123号)、2012年3月31日

修士 3人

学士 1人

その他 (報告会・シンポジウムの主催・共催など)

日本災害看護学会第16回年次大会の開催、2014/08/19-20

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成22～26年度)
テーマ5 小課題番号5.2 宮村正光 (建築学部まちづくり学科)

著書

1. 宮村正光、技術者の倫理:改訂版、20章 建物の耐震安全性と建築技術者の倫理(担当章)、pp.188-198、コロナ社、2015

査読付き論文(5編、他2編)

1. 諏訪仁、宮村正光、久田嘉章、村上正浩、鱒沢曜 児島帝二、武居由紀子、湯澤伸伍
超高層ビル街における地震後の建物被害確認と即時使用性判定に関する研究、第14回日本地震工学シンポジウム、2014、12
2. 久保智弘、宮村正光、岡垣 晃、李 致雨、大規模複合施設における震災対策の構築について、第14回日本地震工学シンポジウム、2014、12
3. 松山美樹、宮村正光、杉本三千雄、震災時における透析施設の機能継続に関する調査・研究、日本建築学会技術報告集、第20巻、第46号、2014.10
4. 太田宏、安達俊夫、宮村正光、新山龍、佐藤洋子：液状化被害の損失評価法に関する研究—浦安市における公共施設の外構被害の補修費用に関する検討—、日本建築学会構造系論文集、第79巻、第695号、2014.1
5. 太田宏、安達俊夫、宮村正光、新山龍：生活密着型施設の事業継続性に与える地形・地盤条件の影響に関する研究—2004年新潟県中越地震および2007年新潟県中越沖地震の事例—、日本建築学会技術報告集、第18巻、第40号、pp.1125-1130、2012.10

国際学会論文 (査読付も含む)

1. Hiroshi Ohta, Toshio Adachi, Masamitsu Miyamura, Ryu Niyama : Survey study on the business recovery process of the daily stores located on different soil conditions at Tohoku region by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake on March 11., 15th World conference on earthquake engineering, 2012.9

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 宮村正光、震災が教える社会工学的アプローチ、Re 特集：災害から学ぶ、建築保全センター、No.182、pp.33-36 2014.4

招待講演

1. 宮村正光、建物の即時使用性判定の試み、第2回東京都帰宅困難者対策フォーラム、東京都庁第一本庁舎9階防災センター、2014年1月9日
2. 宮村正光、地震発生直後における検知と監視技術の活用の可能性、平成23年度都市地震工学シンポジウム、東京工業大学、2011年10月12日

口頭発表(査読なし、他15編)

1. 宮村正光、諏訪仁、久田嘉章、村上正浩、鱒沢 曜、飯塚章仁：超高層ビル街における地震後の傷病者対応、建物の被害確認と即時使用性判定に関する研究、その4：建物管理者による即時使用性判定、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、2013年8月
2. 湯澤伸伍、宮村正光、諏訪仁、久田嘉章、鱒沢曜、田中聡：超高層ビル街における地震後の建物被害確認と即時使用性判定に関する研究、その3：建物管理者による即時使用性判定法の提案と訓練での検証 日本建築学会大会学術講演梗概集(神戸)、2014年9月
3. 岡垣 晃、李 致雨、宮村正光、久保智弘：大規模複合施設における大規模震災対応に関する研究 その1 街区継続計画構築のための調査、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、2013年8月

輩出した博士・修士・学士

修士:3名 学士:45名

その他(報告会・シンポジウムの主催・共催など)

1. 東日本大震災を踏まえた官庁施設の機能確保に関する検討会、委員
国土交通省大臣官房官庁営繕部 整備課、平成23年11月10日～平成24年3月31日
2. 官庁施設の被災状況に関する情報収集等効率化検討会、委員(座長)
国土交通省大臣官房官庁営繕部 計画課、平成25年11月～平成27年3月

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成22～26年度)
テーマ5 小課題番号5.3 村上正浩 (工学院大学)

著書

1. 村上正浩、社会貢献学入門 社会貢献活動支援士を日指して、社会貢献学会、第3章第2節・第3節 (分担)、pp.67-102、2012
2. 村上正浩、いまからのキャンパスづくり 大学の将来戦略のためのキャンパス計画とマネジメント (分担)、pp.175-177、日本建築学会、2011
3. 村上正浩、後藤治、計画当初の建築法規・消防法、その後の変化、新建築 2010年9月別冊 日本IBM本社ビル 1971-2009 建築とファシリティマネジメントのライフタイム記録、株式会社新建築社、pp.164-166、2010

査読付き論文

1. Yoe Masuzawa, Yoshiaki Hisada, Masahiro Murakami, Jun Shindo, Masamitsu Miyamura, Hitoshi Suwa, Satoshi Tanaka, Kaoru Mizukoshi and Yosuke Nakajima, Practice on an Education and Training Program to Development of Response Literacy to Earthquake Disaster in a Central Business District in Japan, Journal of Disaster Research, Vol.9, No.2, pp. 216-236, 2014
2. 佐藤 豪, 村上正浩, 久保智弘, 長澤 泰, 笈 淳夫, 山下哲郎、首都直下地震を想定した新宿駅周辺の被災人口推計と医療拠点配置の検討、日本建築学会計画系論文集第77巻、第682号、pp. 2749-2755、2012
3. 新藤 淳、平本達也、村上正浩、久田嘉章、東日本大震災時における事業者の行動等について、新宿駅西口地域を対象としたアンケート調査より、日本地震工学会論文集、第12巻、第4号、pp. 288-307、2012

国際学会論文 (査読付も含む)

1. Tomohiro KUBO, Yoshiaki HISADA, Masahiro MURAKAMI, Fusako KOSUGE and Kohei HAMANO: Application of an Earthquake Early Warning System and a Real-time Strong Motion Monitoring System in Emergency Response in a High-rise Building, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Volume 31, Issue 2, pp.231-239, 2011

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 村上正浩、新藤 淳、久田嘉章、新宿駅周辺地域を対象とした都心業務地域のエリア防災に関する研究 その1:都市再生安全確保計画と今後の課題、第14回日本地震工学シンポジウム論文集、pp.1405-1414、2014
 2. 村上正浩、帰宅困難者数の推計へのモバイル空間統計の活用、都市計画、62(6)、pp.64-67、2013
- ほか、17編

招待講演

1. 村上正浩、ターミナル駅を軸とした広域的な防災対策～新宿駅周辺地域におけるエリア防災の取り組み～、事業所震災対策委員会 (主催:東京消防庁)、2015年2月
- ほか、74回

口頭発表

1. 村上正浩、新藤 淳、新宿駅西口地域の都市再生安全確保計画に関する研究、日本建築学会大会 (近畿)、2014年9月
- ほか、56回

外部資金の獲得

1. 村上正浩 (代表)、受託研究、新宿駅周辺地域都市再生安全確保計画、新宿区、12,139千円、2014
- ほか、14件

知的財産権の取得 (国内特許、国外特許、実用新案、著作権など)

なし

各種メディア (新聞・テレビ・ラジオなど)・展示会等で公表

1. 防災力クライシス、NHKスペシャル、NHK、2011年1月17日
- ほか、40回

輩出した博士・修士・学士

博士:0名、修士:7名、学士:56名

その他 (報告会・シンポジウムの主催・共催など)

1. 新宿駅周辺防災対策協議会セミナー (4回開催)、新宿防災ウィーク (11/4-11/7、期間中に3つの講演会・シンポジウムを主催)、新宿駅周辺防災対策協議会訓練 (11/6 14:00~17:00)、2014年度
- ほか、59回

総合研究所・都市減災研究センター (UDM) 業績報告書 (平成22～26年度)
テーマ5 小課題番号5.2 三好勝則 (建築学部まちづくり学科)

著書

1. 三好勝則、地域創造研究所研究叢書第19号、第3部 東日本大震災から学ぶ巨大震災への備え、1 減災のための地域づくり、pp131-143、愛知東邦大学 2013

査読付き論文

- 1.

国際学会論文 (査読付も含む)

- 1.

学術雑誌、商業誌、研究機関への研究報告、展望、解説、論説など

1. 三好勝則、大震災と情報工学と政、地方債月報、(372)、pp.28-29 2010
2. 三好勝則、復興に関するガバナンス強化のために～大学組織との連携システムづくり～、計画行政、34(3) (108)、pp18、2011

招待講演

1. 三好勝則、東日本大震災から学ぶ巨大地震への備えー減災のための地域づくりー、愛知東邦大学 地域創造研究所・東日本大震災研究会、2012年2月11日

口頭発表

1. 三好勝則、地震・津波発生時における防災機関の活動と課題、日本計画行政学会・四国支部研究会、徳島大学、2011年7月

外部資金の獲得

- 1.

知的財産権の取得 (国内特許、国外特許、実用新案、著作権など)

- 1.

各種メディア (新聞・テレビ・ラジオなど)・展示会等で公表

- 1.

輩出した博士・修士・学士

- 1.

その他 (報告会・シンポジウムの主催・共催など)

東日本大震災復旧復興支援特別委員会、日本計画行政学会
東日本大震災調査復興支援本部 研究・提言部会・首都、日本建築学会
高松市消防防災等のあり方検討委員会委員長

資料 2 : 最終成果報告会資料

文部科学省 私立大学戦略的研究基盤形成支援事業(平成22年度～平成26年度)

工学院大学総合研究所
都市減災研究センター(UDM)

RESEARCH CENTER for URBAN DISASTER MITIGATION

最終成果 報告会

日時

2015年3月31日(火) 13:30▶17:00

会場

工学院大学 新宿校舎 アーバンテックホール(高層棟3階)

参加費無料/申込不要

直接会場にお越し下さい

建築・都市の減災と震災時機能継続に関する研究拠点の形成

1. 都市型建築の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進
2. 建築機能維持施設の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進
3. 震災廃棄物の再資源化と高機能化
4. 災害対策拠点の分散化を支援する耐災害性の高い電源・通信システムの開発
5. 自治体・地域協働による震災時の都市機能維持

プログラムについては裏面をご覧ください。

工学院大学総合研究所
都市減災研究センター (UDM)

最終成果報告会

- ◆ 日 時：2015年3月31日(火) 13：30～17：00
- ◆ 会 場：新宿校舎 アーバンテックホール(高層棟3階)
- ◆ 司 会：阿部道彦 教授(工学院大学 建築学部 建築学科)

	テーマ	講演者
成果報告	13：30～15：20	
	成果概要	久田嘉章 教授 (工学院大学 建築学部 まちづくり学科)
	大都市の建築構造の耐震性評価と補強法 ～超高層から木造まで～	山下哲郎 教授 (工学院大学 建築学部 建築学科)
	建築機能維持施設の効果的な 耐震補強・改修法の開発と推進	西川豊宏 准教授 (工学院大学 建築学部 まちづくり学科)
	震災廃棄物の再資源化と高機能化	田村雅紀 准教授 (工学院大学 建築学部 建築学科)
	災害対策拠点の分散化を支援する 耐災害性の高い電源・通信システムの開発	水野 修 教授 (工学院大学 工学部 情報通信工学科)
	新宿駅周辺地域におけるエリア防災の 実践と今後の課題	村上正浩 准教授 (工学院大学 建築学部 まちづくり学科)
招待講演	15：30～16：30	
	地方に迷惑をかけない首都圏の防災・減災	福和伸夫 教授 (名古屋大学 減災連携研究センター長)
	大都市の震災対策の新展開と課題	中林一樹 教授 (明治大学大学院 政治経済学研究科 危機管理 研究センター 特任教授/首都大学東京 名誉 教授)
質疑・議論	16：30～17：00	

報告会終了後にファカルティクラブ（中層棟 8 階）で交流会を行います。

工学院大学総合研究所・都市減災研究センター(UDM) 最終成果報告会 成果概要



2015年3月31日(火)
13:30～17:00

工学院大学新宿校舎
3階アーバンテックホール



久田嘉章

都市減災研究センター長
工学院大学建築学部教授

都市減災研究センター

(UDM: Research Center for Urban Disaster Mitigation)

- 目的: 震災時における建築・都市の減災と機能継続に関する研究拠点の形成。2009年度4月より6年(2010年より文部科学省・私立大学戦略的研究基盤形成支援事業で採択)、学内30名+多数の学外研究者・自治体・機関が参加
- 2011年東日本大震災での首都の大混乱、研究内容の修正

自治体(新宿区・八王子市など)や地域住民・事業者等との連携、成果の利活用

⇄ 連携・成果活用

事業名: 建築・都市の減災と震災時機能継続に関する研究拠点の形成

ハード面からの1次災害低減

ソフト面からの2次災害低減・機能継続

グループ1: 建物・設備の補強・改修保全

テーマ1 都市型建築対策(4課題)

テーマ2 建築設備対策(2課題)

成果活用

グループ3: 地域連携・

情報共有・機能維持

テーマ4 非常時通信(2課題)

テーマ5 共助・機能維持(3課題)



⇄ 成果活用

⇄ 成果活用

グループ2: 震災廃材利活用

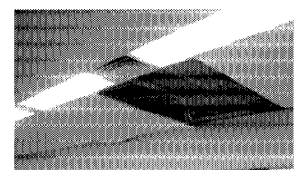
テーマ3 震災廃棄物の再資源・高機能化(1小課題)

↑ 施設・成果の活用

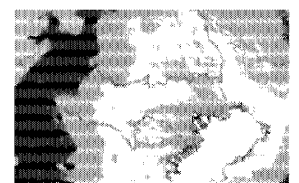
地震防災・環境研究センター(EEC: 2001-2005、Post EEC: 2006-2008)



新宿駅周辺の大混乱



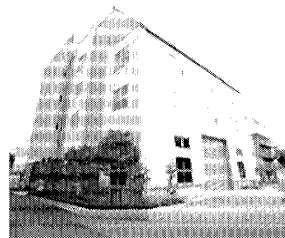
非構造部材の被害



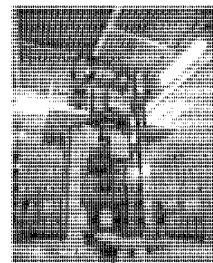
想定首都直下地震

主要な施設・設備

・施設・装置(八王子キャンパス11号館EEC棟)
既存の施設・装置を活用:鉄骨反力フレーム、
加力ジャッキシステム、耐久性試験装置など



11号館(八王子)



高軸力載加型
加力設備

・設備(新規)

2010年度導入

高軸力載加型加力設備(テーマ1):

RCマンション構造実験など

大変形水平加力設備(テーマ1・2):

超高層建築の非構造部材・設備配管など

2011年度導入

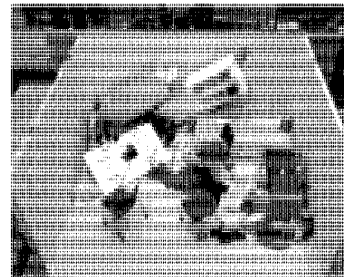
長距離無線LAN・非常用通信システム(テーマ4)

独立型太陽光発電システム(テーマ4)

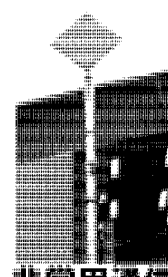
新宿-八王子間の非常用通信・電源など

リアルタイム広域情報共有システム(テーマ5)

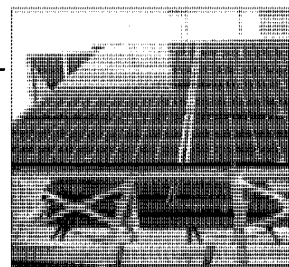
新宿・八王子エリアの情報共有など



大変形水平加力設備



非常用通信
システム



太陽光発電システム



広域情報
共有システム

研究テーマと小課題(担当)

テーマ1 都市型建築の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進 ⇒ 山下哲郎の報告	
1.1 首都直下地震・活断層等による強震動予測と超高層建物等の減災対策	○久田嘉章、山下哲郎 吉村智昭(故人)、笠井和彦(東工大)
1.2 鉄筋コンクリート造建築の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進	○近藤龍哉、小野里憲一
1.3 体育館の耐震性能評価と補強法に関する研究	○山下哲郎
1.4 都市型木造建物・伝統木造建物の耐震診断・補強法の開発と推進	○河合直人、後藤 治
テーマ2 建築機能維持施設の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進 ⇒ 西川豊宏の報告	
2.1 建築の非構造部材・設備の耐震補強と改修	○山下哲郎、西川豊宏、三好勝則、田中 孝(タナカ建築設備)
2.2 建築のライフライン設備の耐震性向上と長寿命化	○小林光男、後藤芳樹、小久保邦雄、一之瀬和夫、 長嶋利夫(上智大学)、坂口雅昭・若林博之(フセラシ)
テーマ3 震災廃棄物の再資源化と高機能化 ⇒ 田村雅紀の報告	
3.1 震災廃棄物の再資源化と高機能化	○阿部道彦、田村雅紀、後藤 治、石川嘉崇(電源開発)
テーマ4 災害対策拠点の分散化を支援する耐災害性の高い電源・通信システムの開発 ⇒ 水野 修の報告	
4.1 災害対策拠点の分散化を支援する耐災害性の高い通信システム	○水野 修、小林亜樹、山口実靖、浅谷耕一、 中里秀則(早稲田大学)
4.2 分散型非常用電源供給システムの構築	○佐藤光太郎、荒井純一、市川紀充、大竹浩靖、雑賀 高、 横田和彦(名古屋工業大学)、小泉安郎(信州大学)、 米盛弘信(サレジオ工業高等専門学校)
テーマ5 自治体・地域協働による震災時の都市機能維持 ⇒ 村上正浩の報告	
5.1 震災時における医療・福祉等施設の機能維持	○寛 淳夫、山下てつろう、村上正浩、長澤 泰
5.2 超高層建築の防災計画・事業継続計画	○宮村正光、久田嘉章、村上正浩、吉田倬郎、 久保智弘(防災科学技術研究所)
5.3 地域防災拠点を核とした防災街区の形成と都市機能継続モデルの構築	○村上正浩、久田嘉章、三好勝則

成果概要

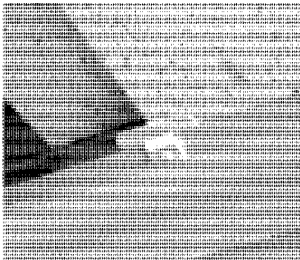
・レジリエンスな建築・都市⇒被害の抑制と軽減、教訓から強靱化

○被害の抑制(テーマ1～3)⇒被害を出さない事前対策

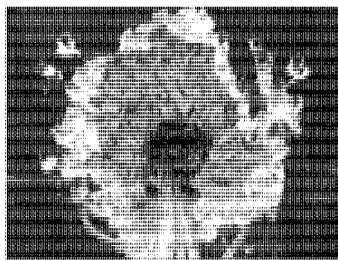
首都直下地震にも有効な超高層オフィスビルの制振補強、RCマンション補強、置屋根型体育館の耐震性能、木質系・伝統建物の補強、非構造・設備補強(天井・スプリンクラー・水槽タンクなど)

○被害の軽減(テーマ4・5)⇒万が一の被害に対する対応力向上

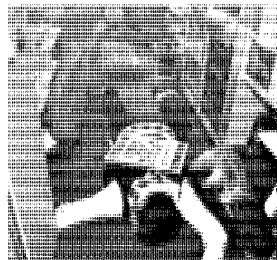
非常用通信・電源システム、中心市街地におけるエリア連携型震災対応(新宿モデル:情報収集・伝達、避難・退避誘導、医療連携、建物安全確認モデルとしくみづくり)



システム天井板
落下防止補強金具



浸透性アクリル樹脂
土蔵壁・漆喰天井等補強



高層ビル内発
災対応型訓練



エリア連携による
多数傷病者対応訓練

主な成果発表と社会貢献

・著書・論文・学会発表・外部資金・特許・教育

著書56、査読付き論文134、国際学会発表149、学術雑誌・論説173、招待講演194
口頭発表726、外部資金50、特許3(申請予定含む)、博士1、修士126、学士429
マスメディアなど110以上(NHKスペシャル・ニュースなど)

・学会(提言・PD・シンポジウム)

日本建築学会・提言「首都」・特別研究委員会、関東支部PD、日本地震工学会・特別研究委員会、免震構造協会、日本災害看護学会シンポジウム、ほか

・国・自治体

内閣府・防災対策推進検討会議・首都直下地震対策検討WG、国土交通省・都市再生安全確保計画、文部科学省・地震調査研究推進本部・調査観測計画部会、気象庁・長周期地震動に関する情報のあり方検討会、消防科学総合センター・消防用設備等の震災時における機能維持のための方策に関する調査検討会、ほか

東京都・防災会議地震部会、港区・防災街づくり検討委員会、新宿区防災会議、新宿駅周辺防災対策協議会、新宿駅周辺地域都市再生緊急整備協議会、ほか

・受賞 2015年ジャパン・レジリエンス・アワード【最優秀レジリエンス賞】

・工学院大学(教育機関部門):「巨大都市・中心市街地における防災・減災拠点としての研究・教育・社会貢献活動」、新宿駅周辺防災対策協議会(NPO・市民活動部門):「新宿駅周辺地域の混乱防止と機能継続の実現を目指す『新宿モデル』の構築」

UDMの運営・成果公表・評価

- **運営委員会・研究会**
総合研究所運営委員会(親委員会):年10回程度開催
UDM運営委員会:各テーマ・小課題リーダー、年6回程度開催
研究会:各テーマ、テーマ連携の促進:年5回程度開催
- **成果の公表・活用**
年次報告会・報告書など:関連学協会論文・大会、メディアほか
利活用:防災訓練(大学、新宿・八王子)、各種講演会・セミナー・WS
ホームページ:<http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwgt024/index.html>
- **文部科学省による中間評価:平成25年4月**
研究進捗状況報告書:平成24年度に文部科学省に中間報告
総合評点A、A:3.11を踏まえた見直し、テーマ間の連携・カバー領域
- **外部評価委員会:2011年、2013年の実施**
委員:中林一樹 特任教授(明治大学危機管理研究センター)
福和伸夫 教授(名古屋大学減災連携研究センター)
野澤 康 教授(工学院大学建築学部まちづくり学科)
木村 雄二 教授(工学院大学工学部環境エネルギー化学科)
- **文部科学省による事後評価:平成27年1月**
総合評点A、B:予定通り進行、成果十分。311後の修正が明瞭でない

本日の報告会のスケジュール

■成果報告(13:30~15:20)

- **成果概要** 久田嘉章 教授(工学院大学 建築学部 まちづくり学科)
- **大都市の建築構造の耐震性評価と補強法 ~超高層から木造まで~**
山下哲郎 教授(工学院大学 建築学部 建築学科)
- **建築機能維持施設の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進**
西川豊宏 准教授(工学院大学 建築学部 まちづくり学科)
- **震災廃棄物の再資源化と高機能化**
田村雅紀 准教授(工学院大学 建築学部 建築学科)
- **災害対策拠点の分散化を支援する耐災害性の高い電源・通信システムの開発**
水野 修 教授(工学院大学 工学部 情報通信工学科)
- **新宿駅周辺地域におけるエリア防災の実践と今後の課題**
村上正浩 准教授(工学院大学 建築学部 まちづくり学科)

■招待講演(15:30~16:30)

- **地方に迷惑をかけない首都圏の防災・減災**:福和伸夫 教授(名古屋大学)
- **大都市の震災対策の新展開と課題**:中林一樹 教授(明治大学)

■質疑・議論(16:30~17:00)

報告会終了後にファカルティクラブ(中層棟8階)で**交流会**を行います。

大都市の建築構造の耐震性評価と 補強法 ～超高層から木造まで～ (テーマ1)

工学院大学都市減災センター

最終成果報告会

2015/3/31

テーマ1 研究課題

No.	課題名	研究者
1.1	首都圏直下地震・活断層等による強振動予測と超高層建物等の減災対策	久田嘉章(工学院大学)、山下哲郎(工学院大学)、故・吉村智昭(大阪大学)、笠井和彦(東京工業大学)、ほか
1.2	鉄筋コンクリート造建築の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進	近藤龍哉(工学院大学)、小野里憲一(工学院大学)
1.3	体育館の耐震性能評価と補強法に関する研究	山下哲郎(工学院大学)
1.4	都市型木造建物・伝統木造建物の耐震診断・補強法の開発と推進	後藤治(工学院大学)、河合直人(工学院大学)、宮澤健二(工学院大学)

久田嘉章、山下哲郎

小課題1.1 首都圏直下地震・活断層等による強振動予測と超高層建物等の減災対策

小課題1.1 概要

- **目的:**首都圏で考慮すべき地震(首都圏直下地震、海溝型巨大地震、および活断層帯における地震)を対象に強震動予測を行い、各地震動特性に対応した効果的な超高層建物等の都市型建物の減災対策を提案
- **内容(3つのメインテーマ):**
 - ①強震動予測手法に関するベンチマークテストの実施
→ 手法と結果の妥当性検証(Verification & Validation)を実施
首都直下地震・南海トラフ地震の入力地震動評価
 - ②大規模な地殻内地震における震源モデル化と震源近傍の強震動特性に関する研究
→ 2011福島県浜通り地震や2014年長野県神城断層地震における建物被害調査、断層直上の耐震対策の検討
 - ③首都直下地震と海溝型巨大地震による超高層建築の地震応答解析と制震補強に関する研究
→ 長周期地震動だけでなく、首都直下地震など短周期地震動にも有効な補強法を立体フレーム振動解析より検討

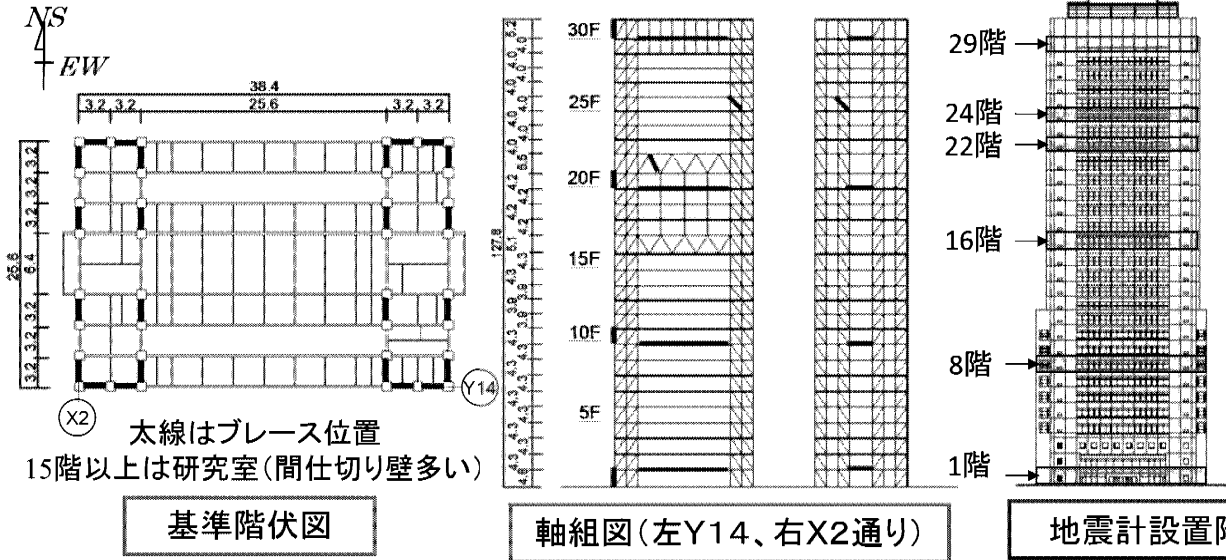
③首都圏直下地震と海溝型巨大地震による超高層建築の地震応答解析と制震補強に関する研究

工学院大学新宿校舎の構造

- ・地上29階(S造)、地下6階(SRC+RC造)
- ・1989年竣工、基準階1170m²
- ・東西コアを結ぶ25.6mの大スパン梁
- ・EW方向16階、21階にスーパーフレーム
- ・地階は街区全体でBF6までSRC構造

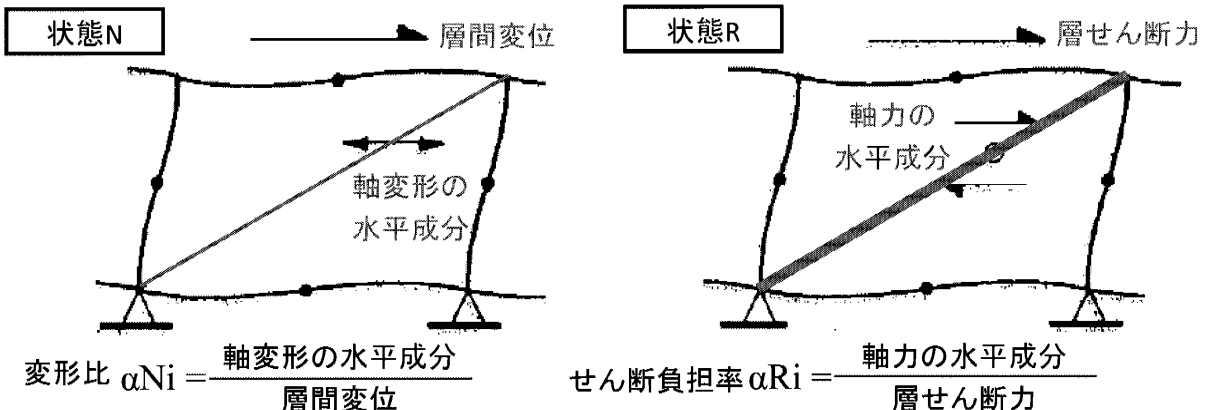
311地震から同定した振動特性

方向	モード次数	固有周期	振動数	減衰定数
NS	1次	3.079	0.325	0.015
	2次	0.942	1.062	0.018
	3次	0.475	2.105	0.030
EW	1次	2.965	0.337	0.015
	2次	0.993	1.007	0.017
	3次	0.518	1.931	0.028



制振ダンパーの最適配置：N・R解析について(笠井教授)

立体モデルを用いて、入力外力やダンパー特性に依存しない骨組特性を算出し、ダンパー配置及び性能の検討を行う。骨組特性値の算出では検討箇所に擬似ダンパーとしてブレースを設置し、状態N (No Damper)ではブレース剛性を骨組の剛性に寄与しないほど小さくしたもの、状態R (Rigid Damper)ではブレース剛性をブレースが変形しないほど大きくしたものとしてモデルに配置。Ai分布外力を入力とし増分解析により検討を行う。(層間変形角1/1000 までプッシュオーバーの弾性解析)



状態N (No Damper)解析よりブレース軸変形の水平成分を層間変位で割ったものを变形比 α_{Ni} としてダンパー配置位置の变形しやすさを示す。

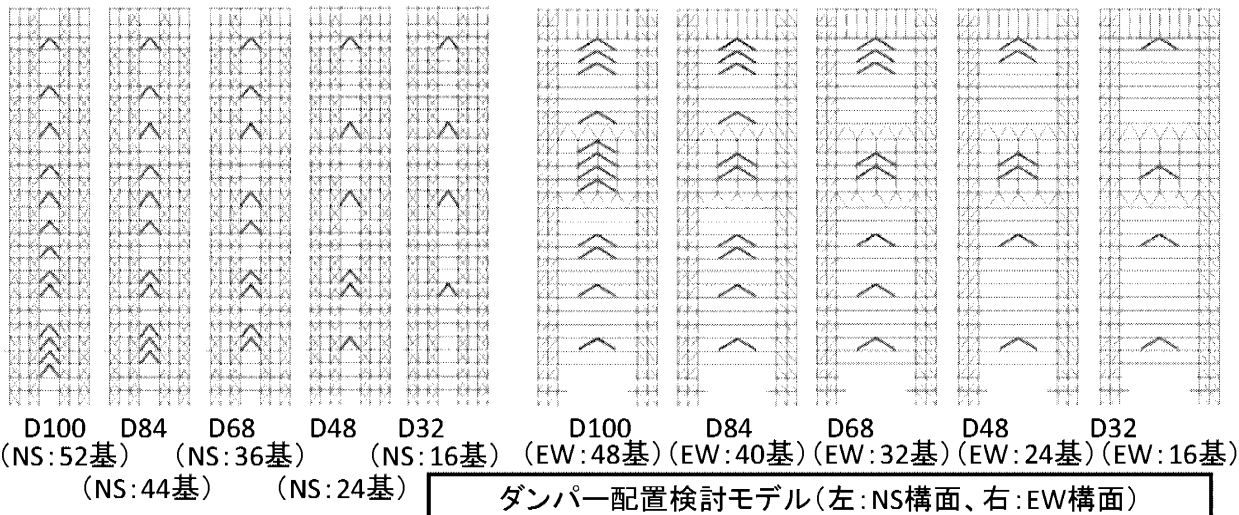
状態R (Rigid Damper)解析よりブレース軸力の水平成分を層せん断力で割ったものをせん断負担率 α_{Ri} としてダンパー配置位置の力の入りやすさを示す。

それぞれ外力の比を取ることで入力外力に依存しない特性値となるため、多様な揺れに効果のあるダンパー配置を検討することが可能となる。

ダンパー変形比 α_{Ni} 、せん断負担率 α_{Ri} 双方の値が大きな位置がダンパー配置に最適な位置となる。

※8 : KAZUHIKO KASAI, Xilin Lu, Wuchuan Pu, Tetsuo Yamashita, Yousuke Arakawa, Ying Zhou. Effective Retrofit Using Dampers for a Steel Tall Building Shaken by 2011 East Japan Earthquake — China-Japan Cooperation Program (Part 2), 10th CUEE Conference, Proc. of 10th CUEE Conference, pp. 1295-1302, Mar. 2013.

NR解析より決定したオイルダンパー配置モデル



3次元立体フレーム地震応答弾塑性解析モデル(SNAP)

柱脚:固定支持、パネルゾーン:弾性範囲内でせん断変形を考慮

減衰定数:311地震観測記録より同定(1次1.5%、3次3.0%のレイリー減衰)

柱:塑性化しないものと仮定した断面二次モーメント、及び正負で異なる全塑性モーメントを算出。また、バイリニアの履歴特性を使用

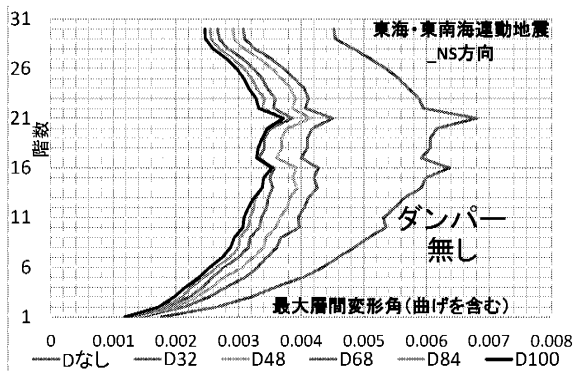
ブレース:座屈を考慮した柴田・若林の履歴モデル

梁:合成梁として評価し、床スラブの剛性を考慮

ダンパー:KYB株式会社の制震用オイルダンパー

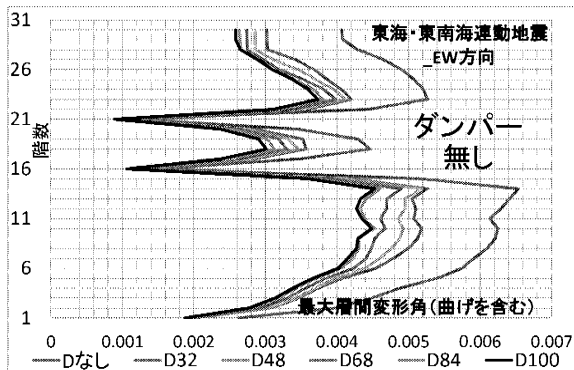
解析結果

東海東南海連動地震



NS方向 各階最大層間変形角(曲げを含む)

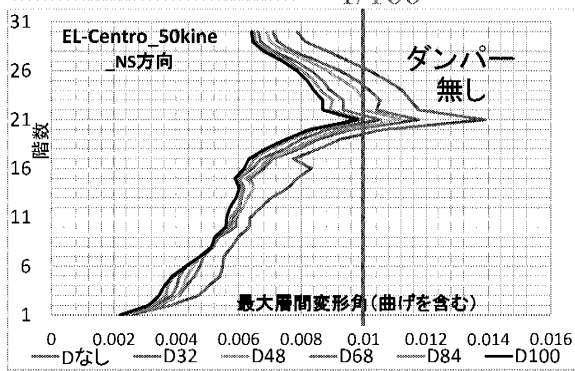
D100(NS:52基) D84(NS:44基) D68(NS:36基) D48(NS:24基) D32(NS:16基)



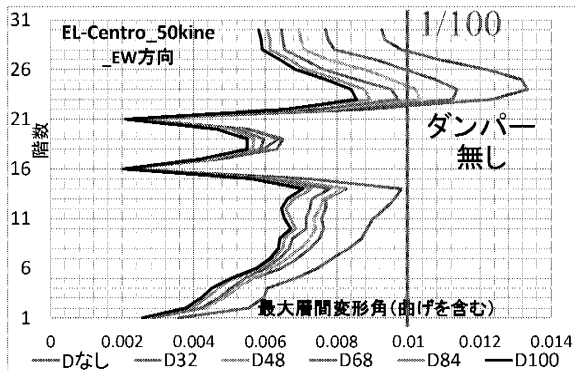
EW方向 各階最大層間変形角(曲げを含む)

D100(EW:48基) D84(EW:40基) D68(EW:32基) D48(EW:24基) D32(EW:16基)

エルセントロ波



NS方向 各階最大層間変形角(曲げを含む)



EW方向 各階最大層間変形角(曲げを含む)

近藤龍哉、小野里憲一

小課題1.2 鉄筋コンクリート造建築の効果的な耐震補強・改修法の開発と推進

背景と目的1

既存鉄筋コンクリート造中高層建築物の新しい耐震補強工法の開発を目的とする。特にこれから需要が多くなると考えられる集合住宅は、住民の公平性から、学校校舎等と異なり、特定の部分(住戸)に補強要素を集中して取り付ける補強は行えない。また、「住まいながら補強」が強く求められる。提案する耐震補強工法は建築物の外側から補強する工法で、補強自体が住民の生活の妨げにならないことから公平性と住まいながら補強の2点を満足する工法とする。

背景と目的

中高層RC造集合住宅の耐震補強に必要なこと

- ・公平性(集中的にある住戸を塞ぐ補強が不可能)
- ・居ながら補強

上記に対応するため以下の工法を開発、提案する。

①湿式パネル工法

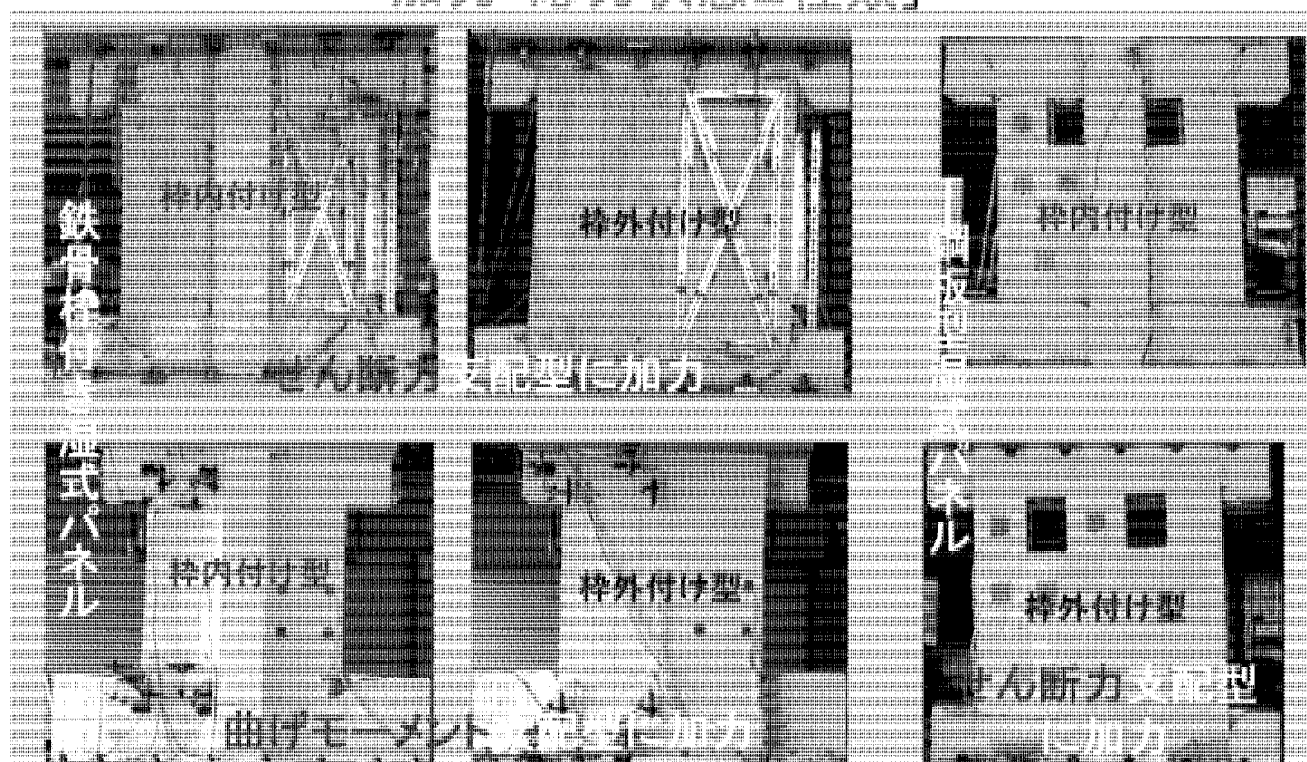
集合住宅の北構面と南構面にある既存袖壁付き柱の袖壁を建物外側から鉄骨枠付き補強パネルで増し厚する工法

②シングル配筋ラーメン構造

高強度の材料を用いた薄肉のRCラーメン構造を集合住宅の北構面と南構面に外付けする工法

湿式パネル工法の性能検証実験研究概要

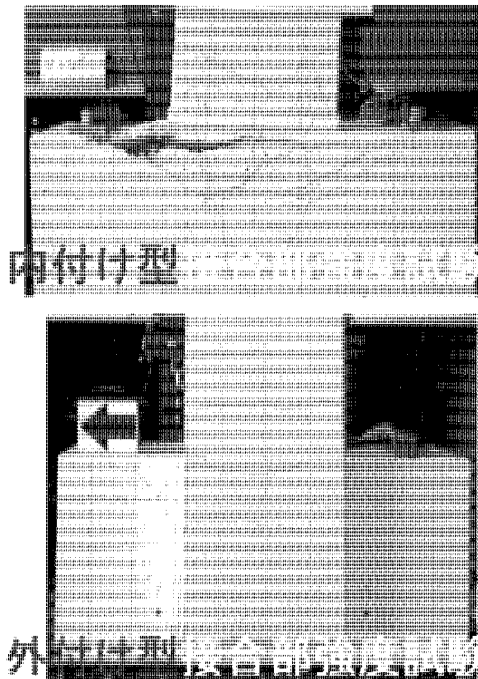
変動因子:「**そで壁の開口の有無、 取り付け形態2種類、
加力・応力状態2種類**」



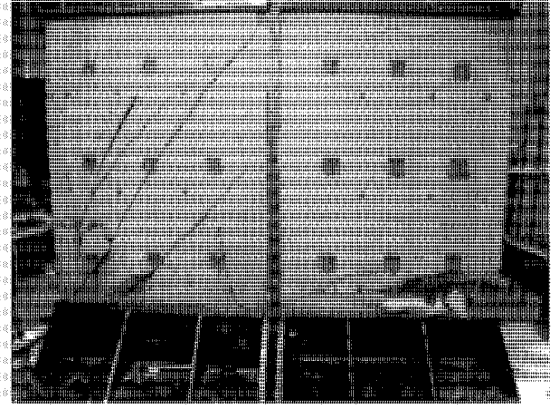
湿式パネル工法の性能検証実験研究 概要

(あと施工アンカーによる接合部強度、湿式パネル強度)

接合部強度検証実験



湿式パネルせん断強度試験

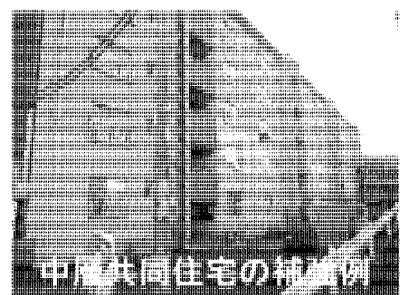
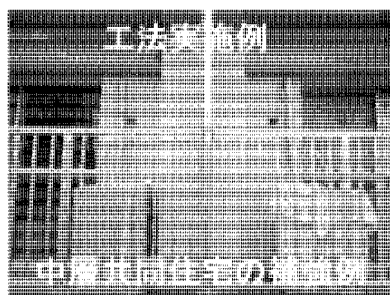
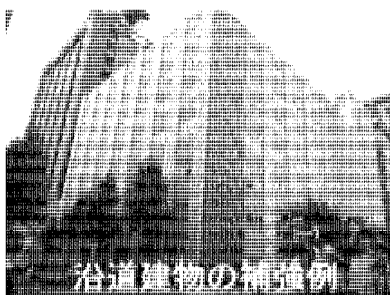


湿式パネルの曲げせん断強度 検証実験

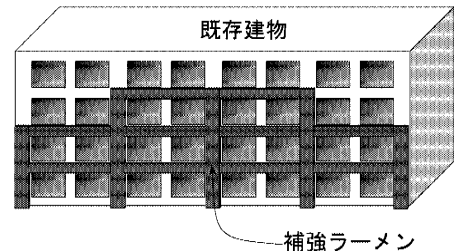
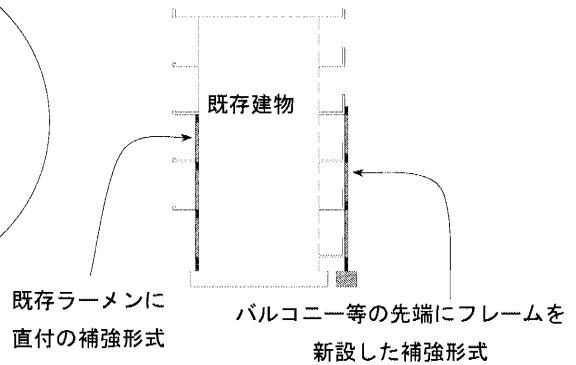
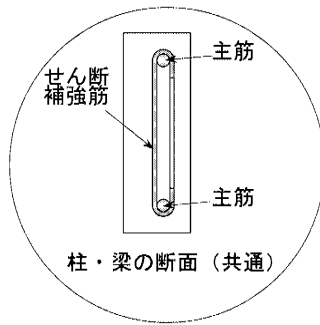
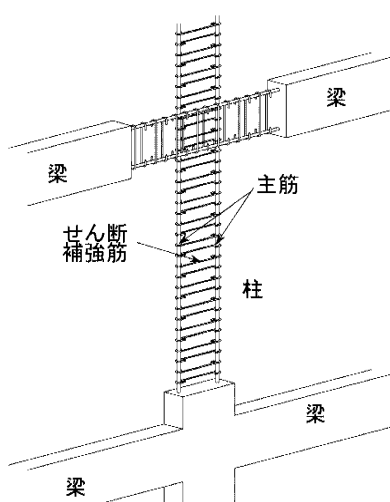
湿式パネル工法の開発と普及 概要

「大学と共同開発機関との役割分担」

段階	内容	主担当機関	大学の貢献
①企画	工法実現性(商業化)の検討 ^{a)}	矢作建設 芝浦工業大学	
②性能研究	性能検証実験の実施 ^{b)} と妥当性の証明 ^{c)}	工学院大学	b)実験の実施(2009年～)・研究指導 c)論文・梗概・技術解説(2010年～)
③普及	設計手法の確立 ^{d)} と設計者への技術説明 ^{e)} と施主への解説 ^{f)} と施工者の監督 ^{g)}	矢作建設	d)設計マニュアルの監修 e)設計者団体機関紙への投稿・実験の公開 f)実験の公開・技術解説 g)技術相談・問題の聴取



シングル配筋ラーメン構造の概要



高強度の材料を利用

コンクリート	$F_c60\text{N/mm}^2$
鉄筋(主筋)	USD685

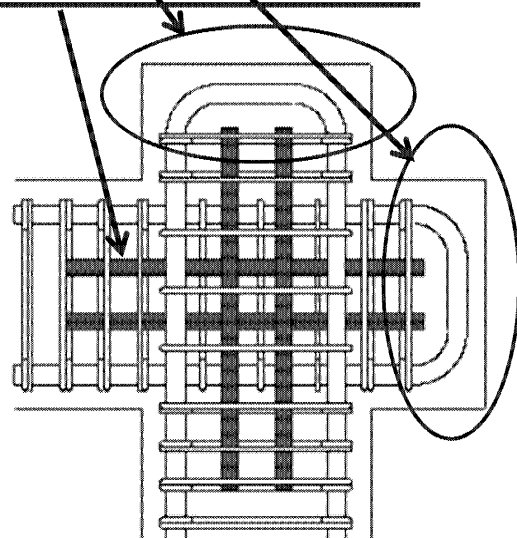
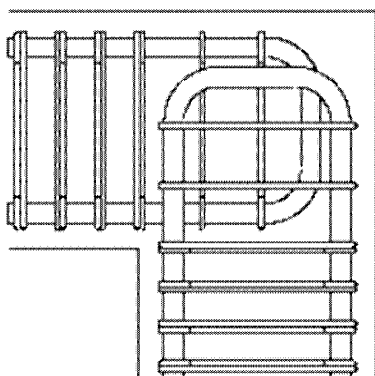
シングル配筋ラーメン構造の課題と研究の経過

課題: 柱梁の接合部破壊の防止が必須

かき出し破壊の防止 → 定着長さを長くする

せん断破壊の防止 → 補強筋を配置する

一般的な接合部



シングル配筋ラーメン構造の課題と研究の経過

【2010年度】

シングル配筋ラーメン構造を考案

【2011年度】

接合部破壊を防止する補強方法を考案、検証実験の計画

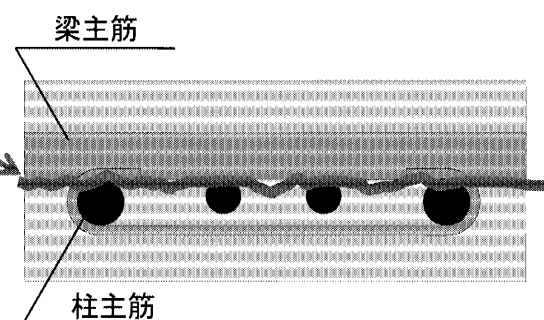
【2012年度】

接合部破壊を防止する補強効果の検証実験

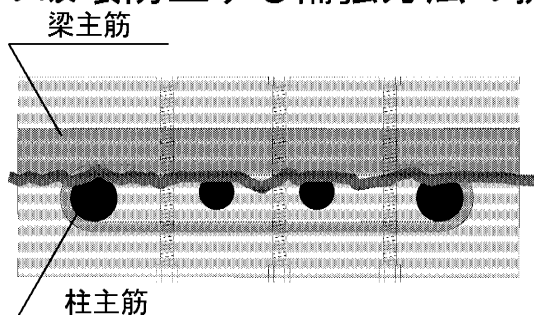
想定した破壊は防止できたが、新たな破壊の発生

シングル配筋ラーメン構造の課題と研究の経過

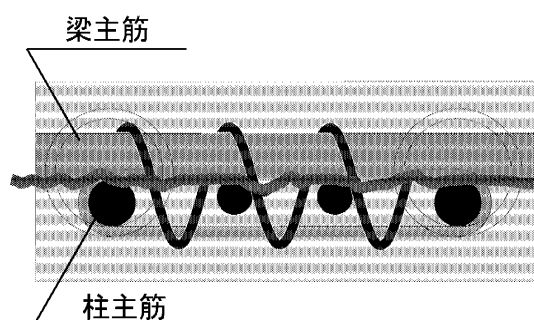
新たな破壊
柱と梁の主筋の間で厚さ方向
に引き裂かれる破壊



この破壊防止する補強方法の提案



ボルトによる補強



スパイラル筋による補強

シングル配筋ラーメン構造の課題と 研究の経過

【2013年度】

新たな破壊を防止する補強方法の提案と、検証のための試験体を作製

【2014年度】

新たな破壊を防止する補強効果の検証実験の実施
ボルト、スパイラル筋による補強のそれぞれで最大強度が上昇し、ボルトによる補強では新たな破壊を防止する効果が確認できた。両者で補強した場合はそれぞれで補強した場合に比較して、さらに接合部強度を高めらることを確認した。

まとめ(小課題1.2)

湿式パネル工法

- ・成果: 鉄骨枠付き湿式パネルによる補強実績は100棟以上に普及した。
- ・問題点①: 鋼板型補強パネルによる補強が実施されていない。
モルタル打設の煩雑さから工事費の縮減を図れない。費用対効果の再検討が必要。
- ・問題点②: 設備小開口付きそで壁の補強設計法が明確化していない。
2014年度末に行った実験(未発表)の結果「強度型の設計」から「剛性を考慮した設計」に移行する必要性を認識した。しかし、剛性確保の技術手法が未定。

シングル配筋ラーメン構造

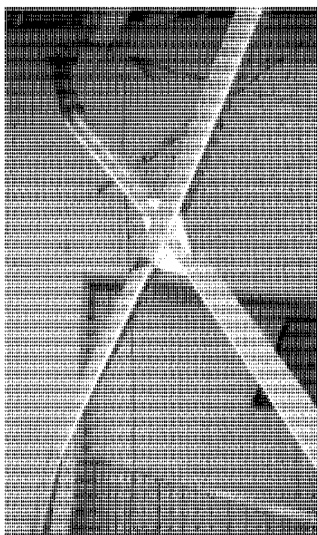
シングル配筋における問題点である接合部破壊を防止する補強方法を提案することができた。これにより、提案する工法の実現性が高まった。

山下哲郎

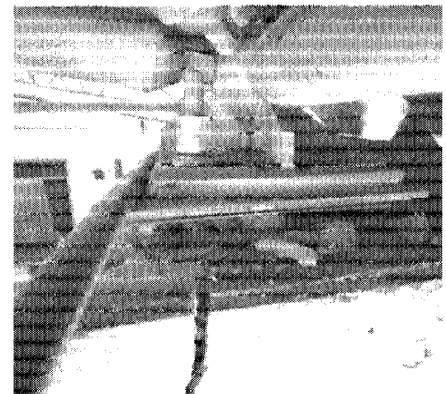
小課題1.3 体育館の耐震性能評価 と補強法に関する研究

背景と目的(地震被害への対応)

- 東日本大震災以前:鉄骨造体育館の桁行方向ブレースの破断・座屈
- 東日本大震災:天井、置屋根構造体育館の支承部

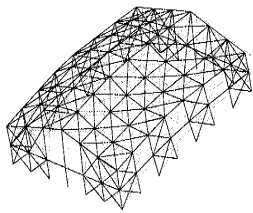


↓
実験により被害部位の耐力と変形性能を調べる
特に支承部については既往の実験はほとんどない

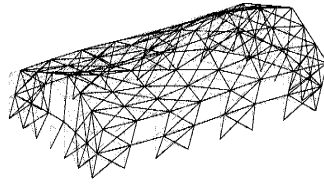


背景と目的(屋体基準の問題)

- 避難所として使用するには地震後の損傷予測(応答評価)が必要
- ⇔ 保有耐力計算(構造体の耐力と塑性変形性能)が基本であり、応答評価をしない
- 剛床仮定が成立せず、振動特性が3次元的
- ⇔ 剛床の成立する層状構造物の計算方法をそのまま使用



梁間方向1次モード

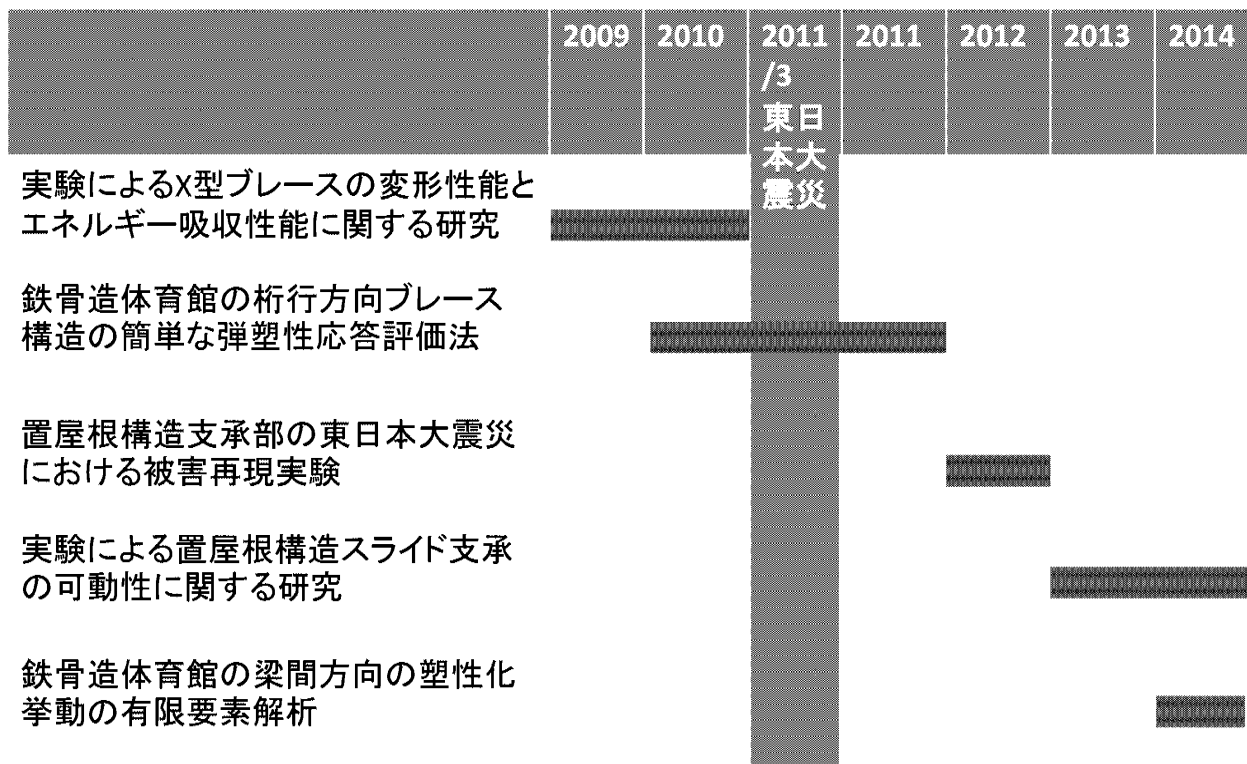


桁行方向1次モード

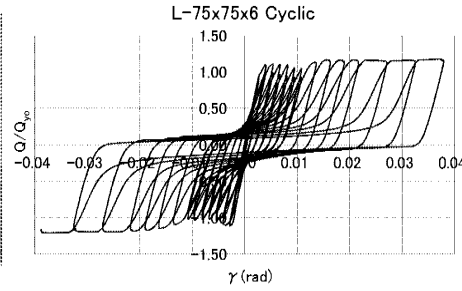
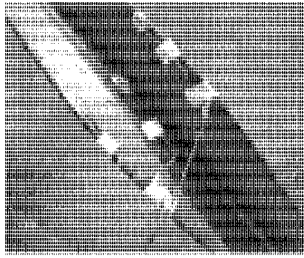


簡単な応答評価方法を提示すると共に、耐震性指標 I_s 値と弾塑性応答の関係を明示

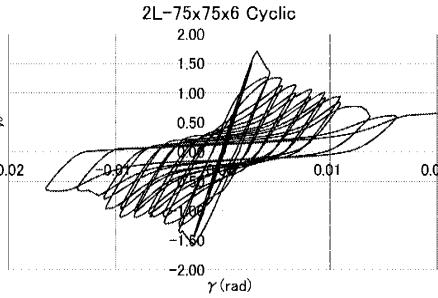
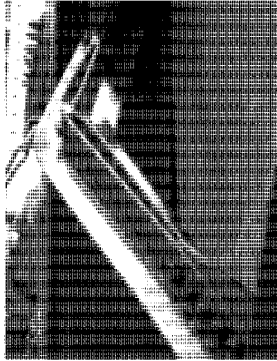
研究内容と経過



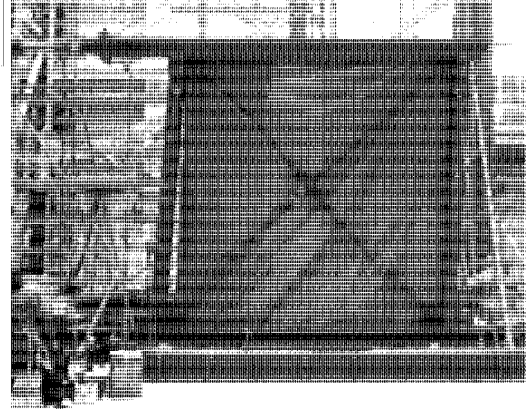
山形鋼X型ブレースの実大破壊実験



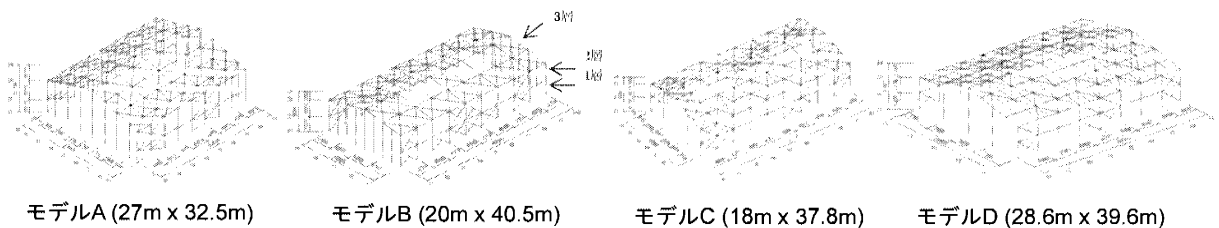
シングルアングル: 塑性変形性能が非常に良好



ダブルアングル: 座屈後の劣化が顕著 層間変形角1/100で破断



限界耐力計算による応答変形の簡易推定

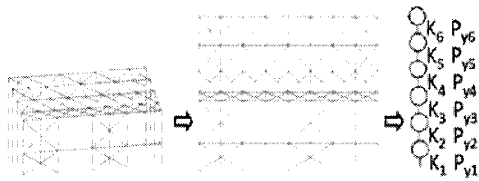


モデルA (27m x 32.5m)

モデルB (20m x 40.5m)

モデルC (18m x 37.8m)

モデルD (28.6m x 39.6m)



(屋根を重層と扱うモデル)

参考文献: 長屋、中澤他: 桁行き方向に地震動を受ける体育館のリスクアナリシス: その1: 等価質点モデル、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-1分冊、pp.745-746、2009

(屋根を剛床としたモデル)

図26 簡易質点モデル

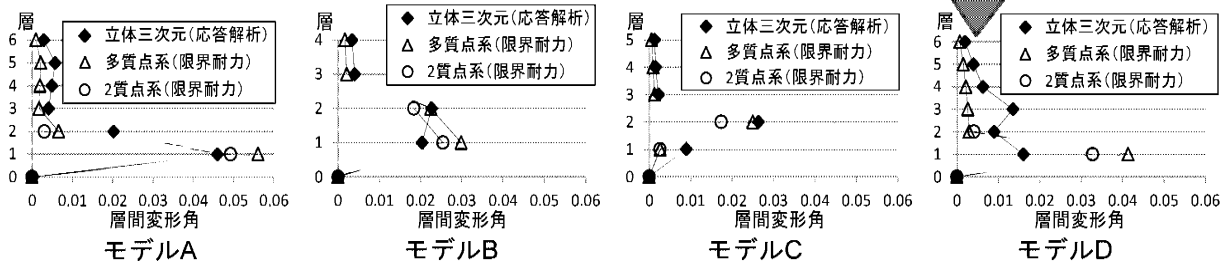
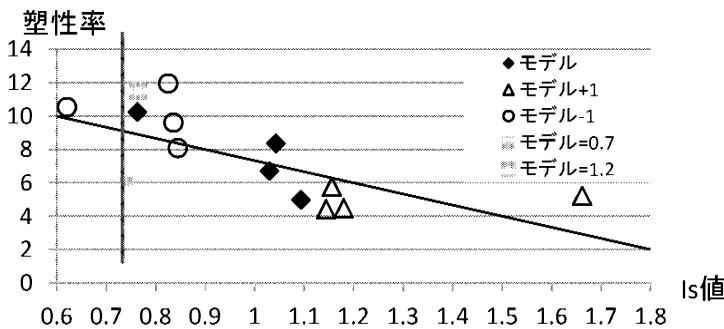
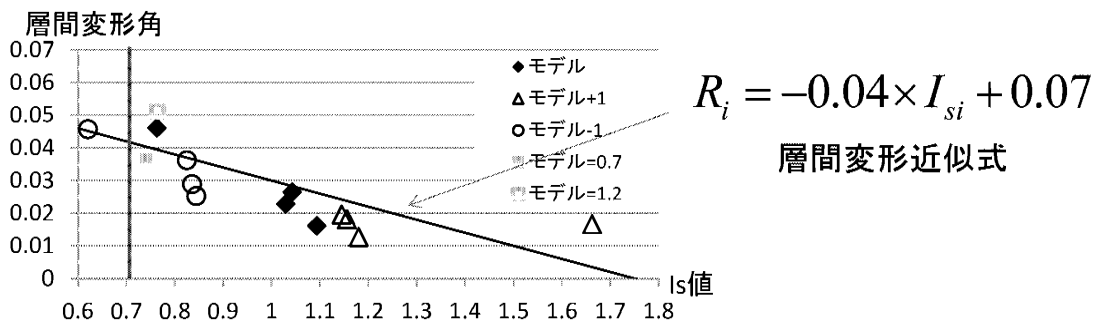


図27 限界耐力計算による弾塑性応答の推定精度

耐震性指標 I_s 値と弾塑性応答の関係

- 補強後の $I_s \geq 0.7$ (文科省診断基準)でも変形は大きい→壁の非構造部材の剥落、ブレースの過大な座屈が懸念される

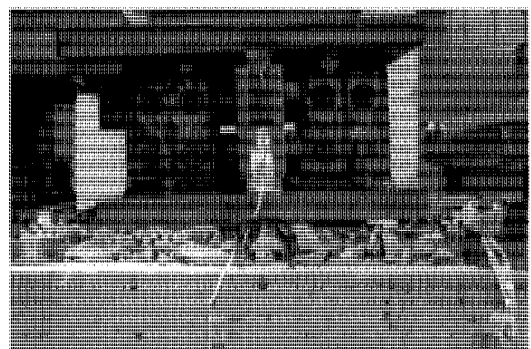
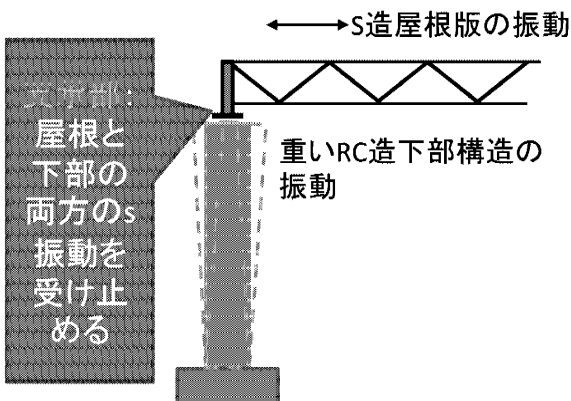


置屋根支承部の実験(2012-)

- 東日本大震災では鉄骨置屋根支承部の被害が多発。(設計、診断法の盲点)
- 2012年度より支承部の繰り返し加力実験を実施。被害を再現
- 支承部の応力評価、耐震診断法の開発に結び付ける



支承部の被害例



被害を再現

置屋根支承部の実験(2012-)

- 東日本大震災では鉄骨置屋根支承部の被害が多発。
(設計、診断法の盲点)

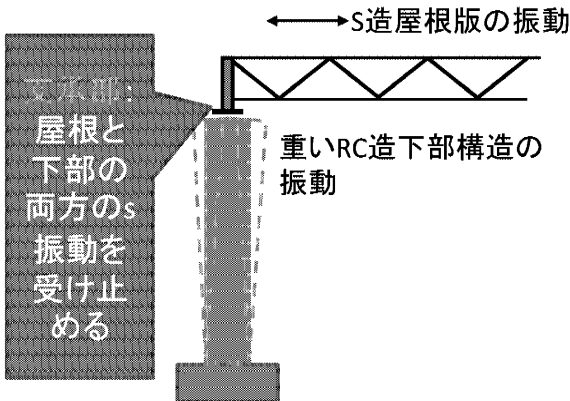
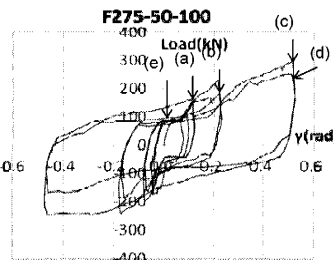
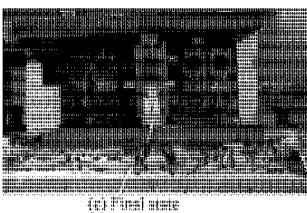
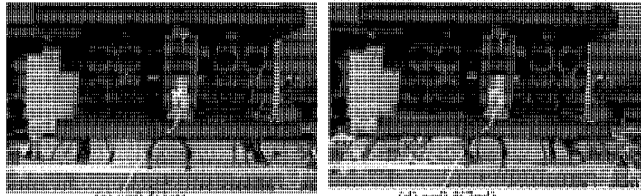
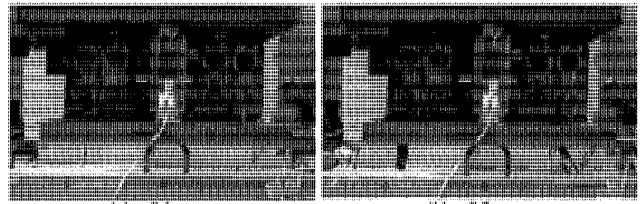
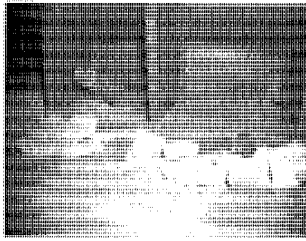


写真5 モルタル層の破壊挙動(F275-50-100)

スライド支承の可動性(継続中)

- スライドして柱の変形を逃がすはずが引っ掛かる場合がある→引っ掛かる条件を定量化

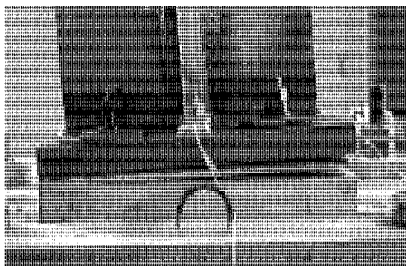
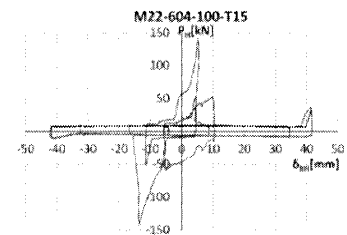
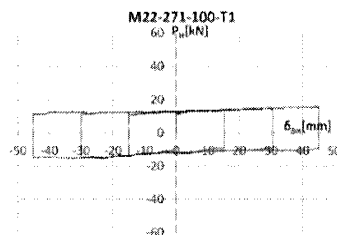


写真4 スライド途中の引っ掛かりと回転



スライドする場合

引っ掛かる(回転する)場合

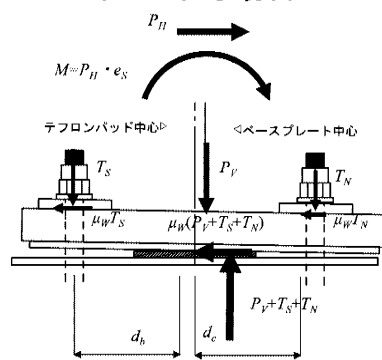


図16 スライド支承が受ける力

表5 摩擦係数

Experiment	μ_{SL}	μ_W
M22-271-0-T25	0.07	0.32
M22-271-100-T1	0.10	0.40
M22-271-100-T25	0.06	0.30
M22-604-100-T15	0.07	0.28
M22-604-100-T0	0.07	-
M22-604-100-T1	0.07	0.32

まとめ(小課題1.3)

- 実大実験による山形鋼X型ブレースの変形性能を評価した(2008-2010)^{2,5,6)}。
 - S造体育館の桁行方向の耐震性指標 I_s 値と弾塑性応答の相関を示し、桁行方向を簡易質点モデルに置換し限界耐力計算で応答を推定する方法を提示した(2010-2011)^{2,7)}。
-
- 置屋根支承部のアンカーボルトとモルタル層の損傷に注目した地震被害再現実験を実施し、耐力を評価(2012)^{9,10)}。
 - 置屋根構造スライド支承の可動性を調べる実験(2013-継続)¹¹⁾
 - 梁間方向ラーメン構造の有限要素解析による弾塑性挙動の検証(2014-継続)⁸⁾。

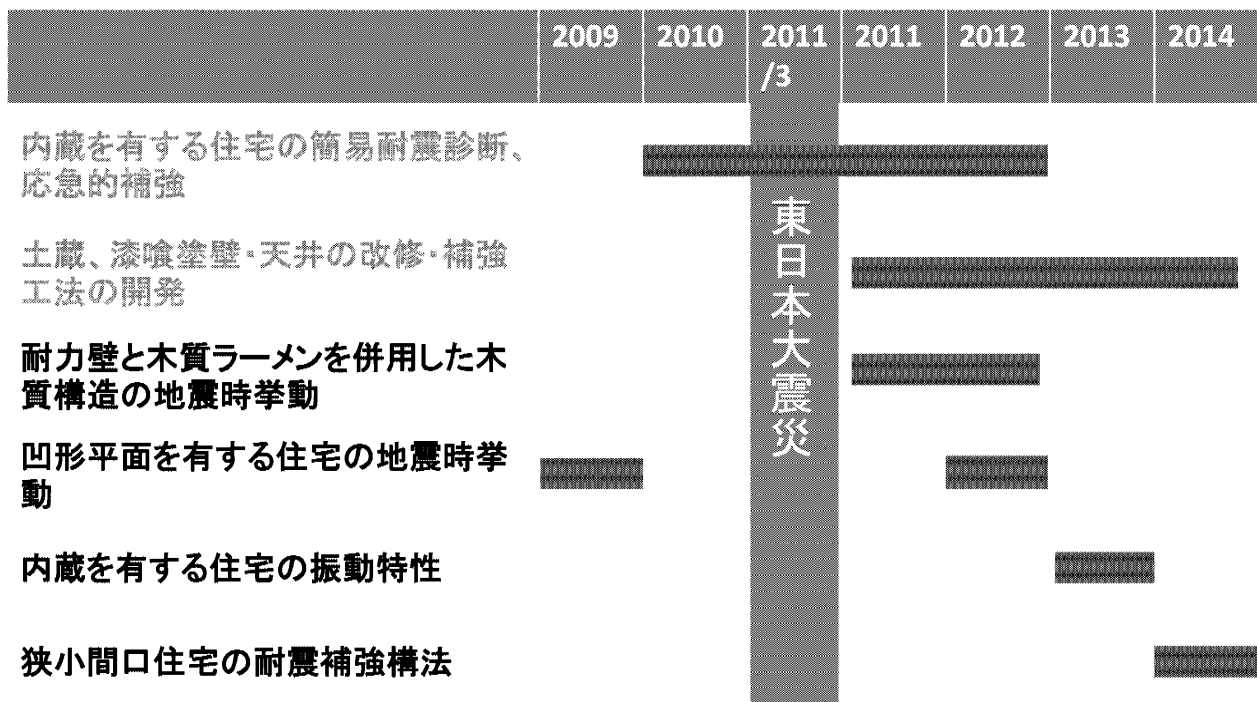
後藤治、河合直人

小課題1.4 都市型木造建物・伝統木造建物の耐震診断・補強法の開発と推進

背景と目的

- 都市部の木造住宅のうち、歴史的・文化的価値を持つ建物には、耐震補強や防耐火性能の向上と価値の保全の双方が求められる。
→簡便で廉価な診断・改良方法の開発を行う
- 平面的な剛性・強度のバランスの悪い(凹型平面など)木造建築が多いが、未解決の問題が残る。
→これらについて、地震時挙動の解明と補強方法の検討を行う。

研究内容と経過



内蔵を有する住宅の簡易耐震診断・応急的補強

都市型の歴史的・文化的価値を持つ建物＝町家、土蔵、土蔵造町家
 ※埼玉県川越市の町並等のように全国に事例が多数存在する
 研究対象＝秋田県横手市増田町の町家・土蔵

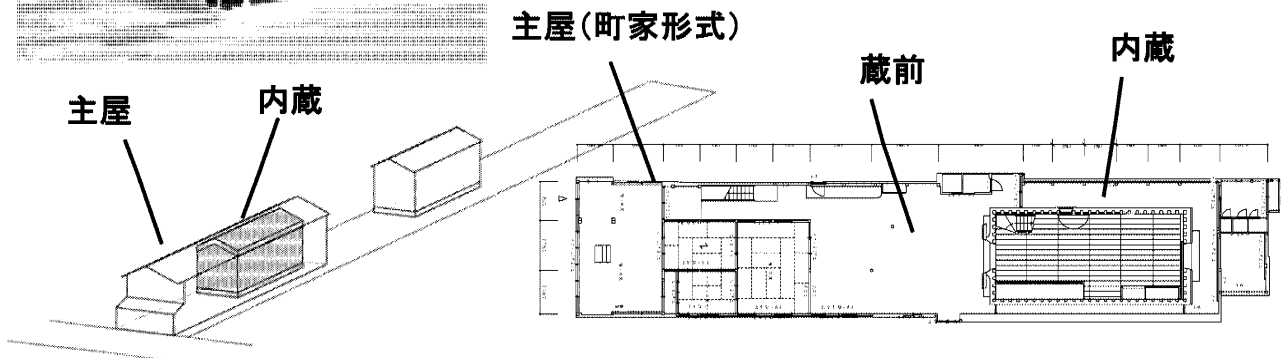
※ 土蔵は、覆屋のなかにもあり「内蔵」と呼ばれている

市が所有する「蔵の駅(旧石平金物店)」について簡易耐震診断を行い、最も危険性の高い箇所を中心に応急的補強を実施した。

補強＝部屋境通し柱への添え柱による補強

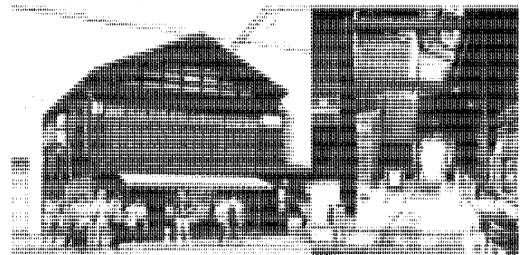
蔵前独立柱を礎石に緊結・添え柱補強

蔵前上部の梁の落下防止対策

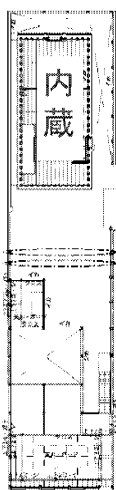


内蔵を有する住宅の振動特性

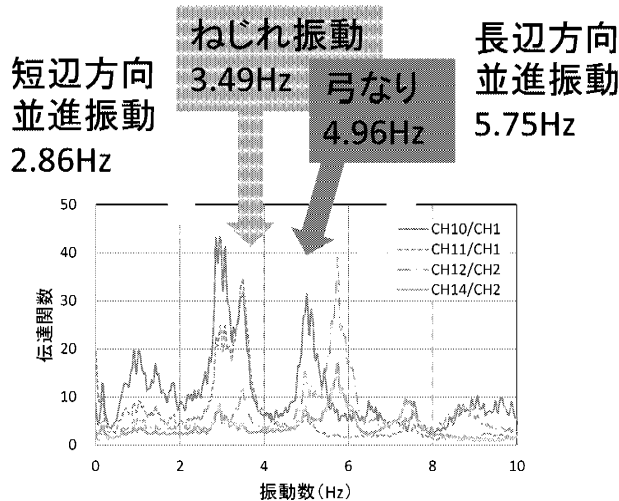
内蔵を有する住宅の常時微動測定を実施
 内蔵と住居・みせ部分とで剛性が大きく異なり、緩やかに連結される構造
 複雑な構造の振動性状を把握



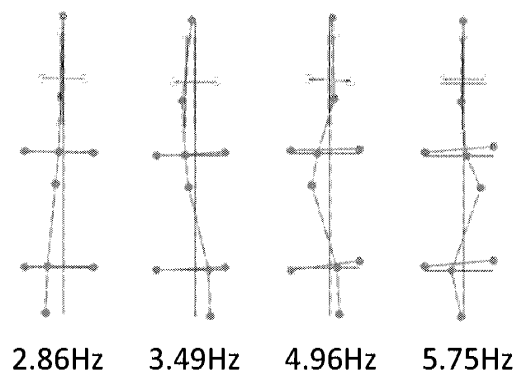
住居・みせ部分から吹き抜け空間を挟んで内蔵が建つ



平面図



FFT解析結果(伝達関数)



振動モード図

土蔵、漆喰塗壁・天井の改修補強工法の開発

東日本大震災では、多くの土蔵に被害が発生した。改修には粗壁、中塗りからの塗り直しが必要で、それに多大な手間と金額がかかることから、取り壊されてしまうものも多かった。

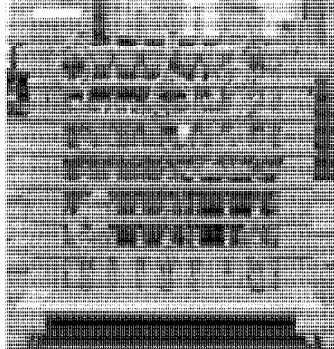
近代の洋風建築の漆喰壁・天井にも多くの被害が発生し、天井の落下によって死者が出る事件も発生した。

そこで本研究では、浸透性の高いアクリル樹脂接着剤を用いて、土蔵、漆喰塗壁・天井を手間をかけずに改修補強する工法の開発を行った。

※2015年2月に特許出願／本研究は、テーマ3.1、株式会社樹との共同研究
2015年4月テーマ1.3グループの協力で、振動台による加力試験実施予定



東日本大震災で被害が発生した土蔵



工法開発用の試験体
土蔵壁モデル

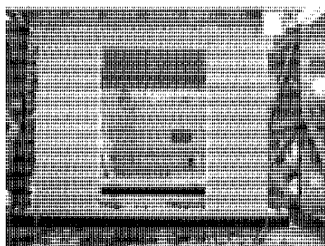


樹脂接着剤の注入

併用構造の振動台実験

木質ラーメンと耐力壁を併用した箱形の試験体。

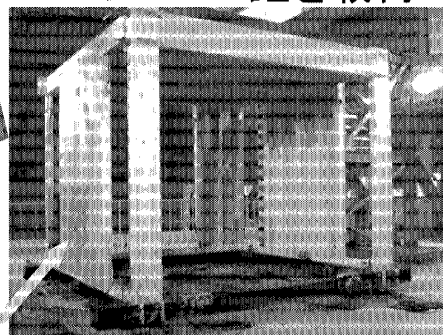
入力地震動には建築センター波(BCJ-L1、BCJ-L2)を使用。



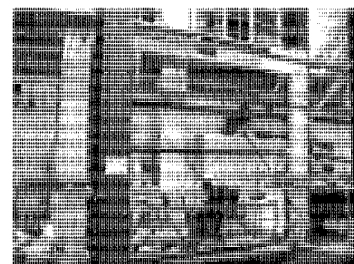
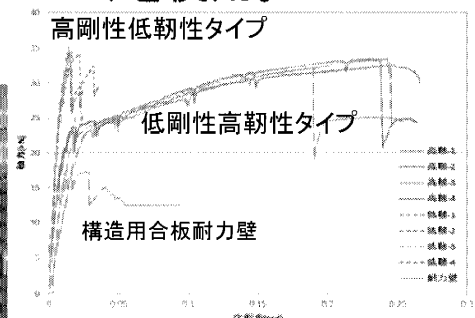
耐力壁

直交方向耐力壁
試験体の安定のため

2Fに10tの錘を載荷



加振方向



木質ラーメン

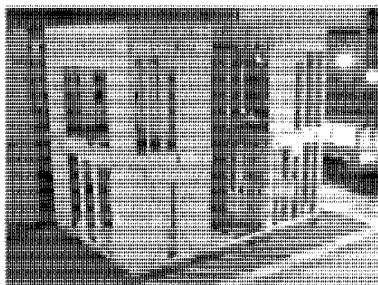
{ 低剛性高靱性タイプ
高剛性低靱性タイプ

木質ラーメンの荷重変形関係は、接合部等の設計により大きく変化する。靱性の乏しい木質ラーメンを用いた場合には、耐力壁と比べて早期に急激な耐力低下を起し、構造物全体の耐震性確保に問題が生じる恐れがある。

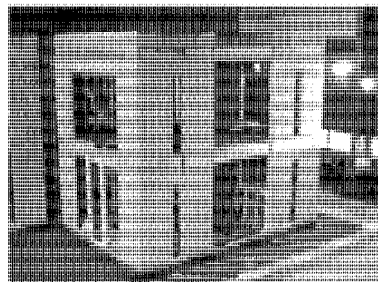
凹形平面を有する住宅の地震時挙動

凹型平面の枠組壁工法住宅

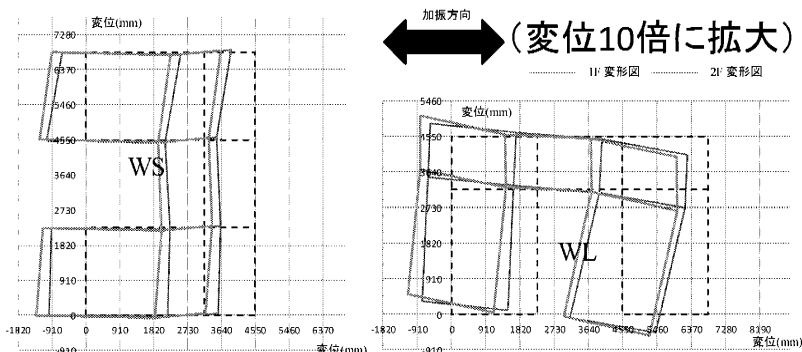
くびれ部分に床を設置した場合、両側を繋ぐ制振部材を設置した場合、などを含め、振動台実験を実施。



平面的くびれを有する試験体



くびれ部分に床を設けた試験体

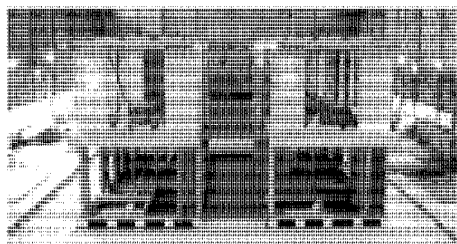


2階床、屋根の変形状態 JMA神戸-NS 316gal

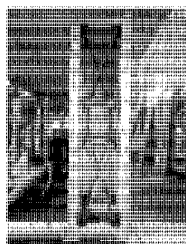
凹形平面で全体偏心があり、外部開口左右で耐力壁が不均衡の場合、左右で異なる床の変形が見てとれる。制振連結部材の設置により左右の床構面が一体化されることが確認された。

狭小間口住宅の耐震補強構法

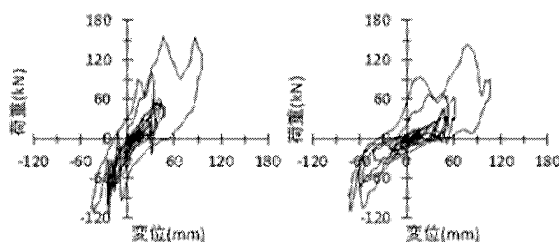
狭小間口住宅に対する耐震補強構法として、低降伏点鋼を利用した耐力制振壁(オメガ壁)の補強効果を確認する振動台実験を実施



試験体全景



耐力制振壁

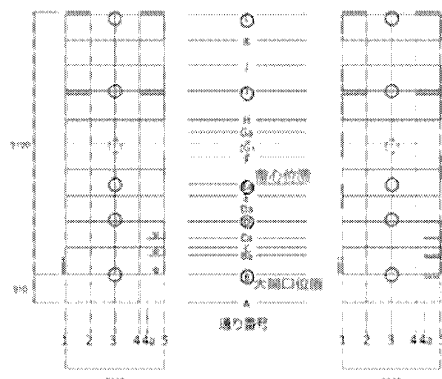


ステージ2

JMA神戸NS 50%に対する1階の荷重変形関係(重心位置の変位を使用)

耐力制振壁(オメガ壁)を配置した狭小間口住宅の振動台実験により、オメガ壁の実建物内での挙動を把握し、変形抑制効果を確認した。

損傷状況からオメガ壁の最大耐力に見合った接合仕様選択の重要性が示唆された。



耐力壁等の平面配置(ステージ2)

まとめ(小課題1.4)

- 都市にある歴史的・文化的建物(町家、土蔵等)を継承していくためには、その耐震補強が必要であるが、実施の前に、常時微動や簡易耐震診断によって地域的な構造特性を把握すること、並びに、本格的な補強を行えない場合には応急的な補強を実施しておくことが有効である。
- 経年等で劣化、災害等で破損した土蔵、漆喰塗壁・天井について、浸透性の高いアクリル樹脂接着剤を用いて、簡易に改修補強ができる工法の開発を行った。本工法の普及によって、今後、都市にある歴史的・文化的建物(土蔵、近代の洋風建築等)の地震被害の軽減が期待できる。
- 不整形平面の木造住宅、木質ラーメンや高耐力制振壁を補強に用いた木造住宅の地震時挙動、内蔵など高剛性部分を有する木造住宅の振動特性について、水平構面のせん断変形を含む3次元的な挙動を把握した。
- これらに対し、水平構面のせん断変形を考慮した疑似3次元モデルを用いた耐震性能評価法を提案した。

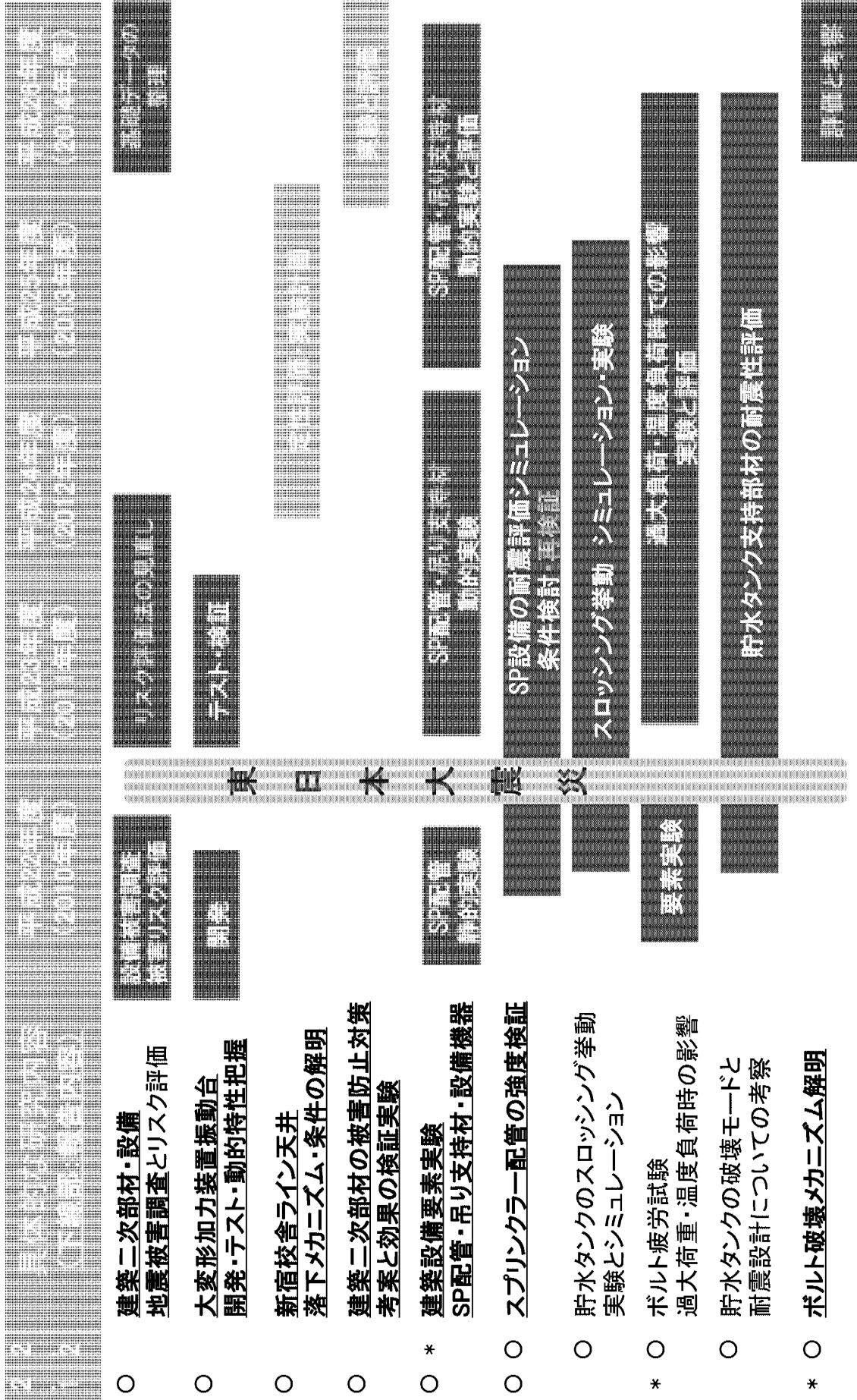
テーマ1まとめ

- 対象 超高層から木造住宅に至る都市型建築物のうち、特に既存の耐震性の低い建築物
- 目的 構造としての耐震性向上と地震後の機能維持
- 成果
 - 1-1 超高層:首都圏における入力地震動の評価法、超高層の応答と有効な制振補強方法を提示
 - 1-2 RC建築物:中高層集合住宅に適した補強工法を開発
 - 1-3 体育館:被害の生じた構造要素の実験による耐震性能評価と簡易な応答評価法の提案
 - 1-4 木造:歴史的木造建築に適した補強方法の提案と非整形木造建築の応答特性の解明、補強方法の提案
- 関連雑誌論文:審査付27 審査なし61

建築機能維持施設の 効果的な耐震補強・改修法の開発と推進

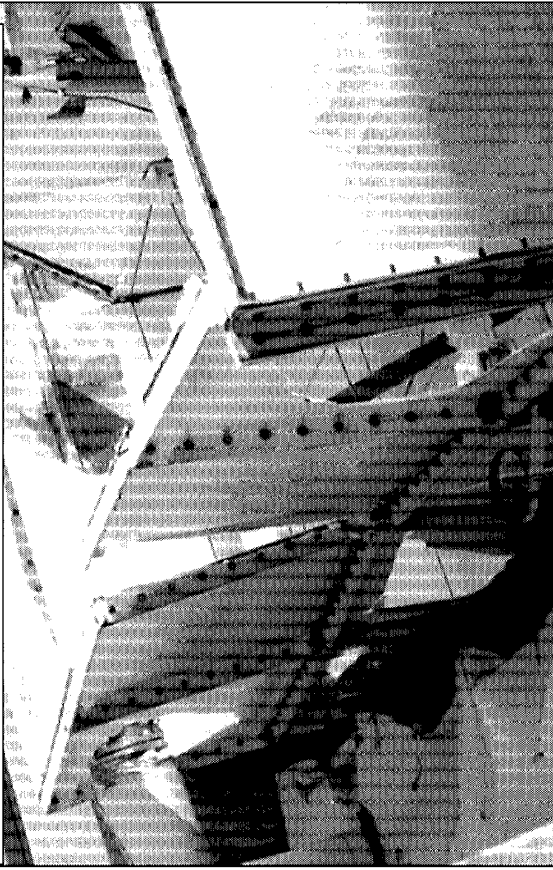
建築学部 まちづくり学科 西川豊宏

研究テーマの概要と経過

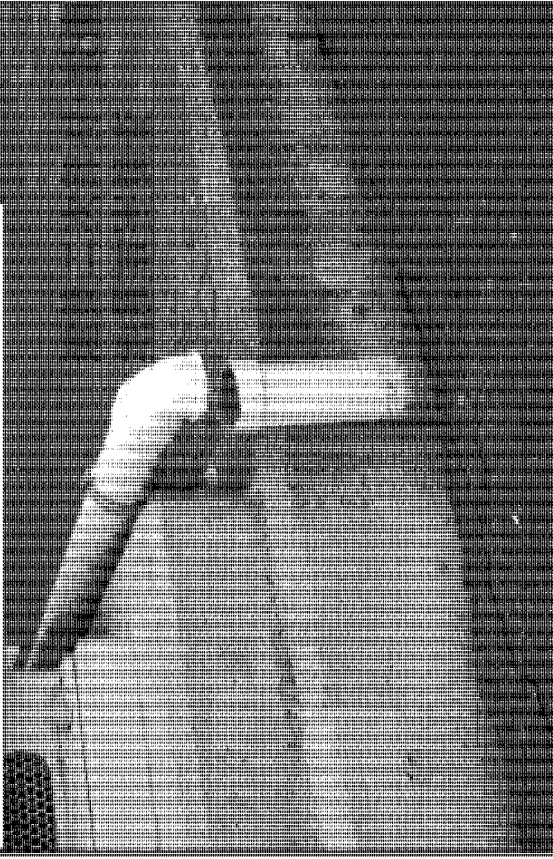


建築二次部材・設備地震被害調査

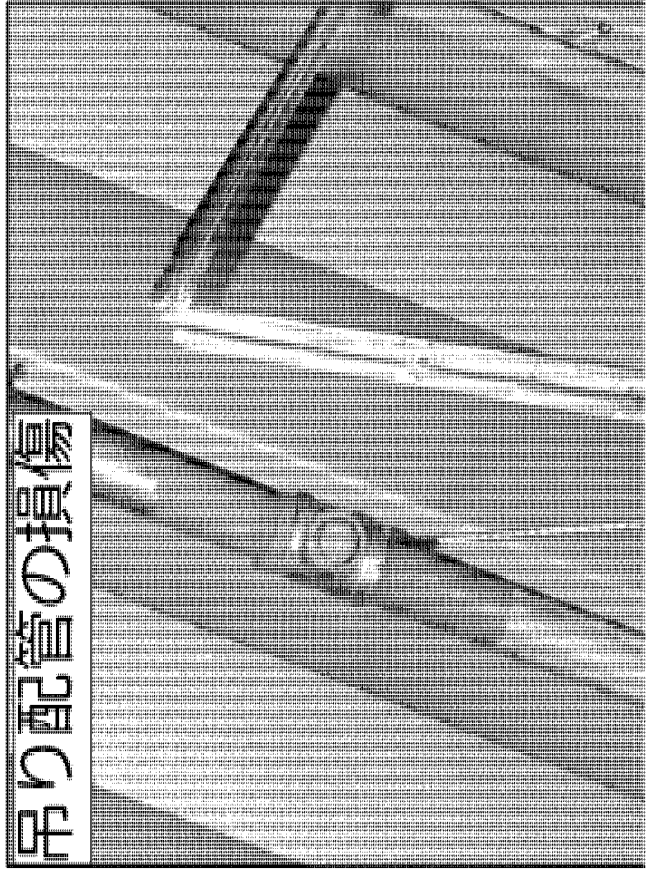
スロッシングによる水槽被害



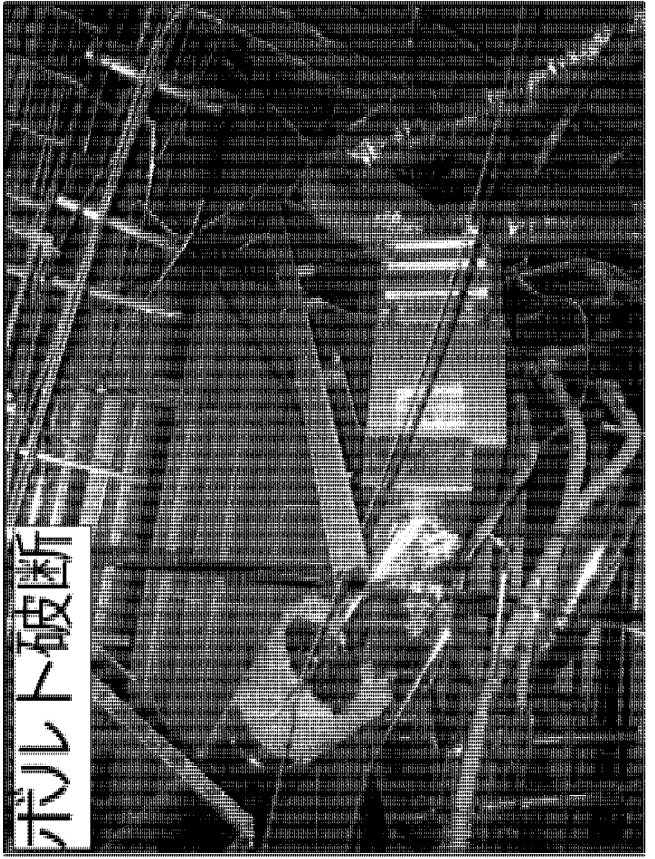
配管引き込み部の損傷



吊り配管の損傷



ボルト破断

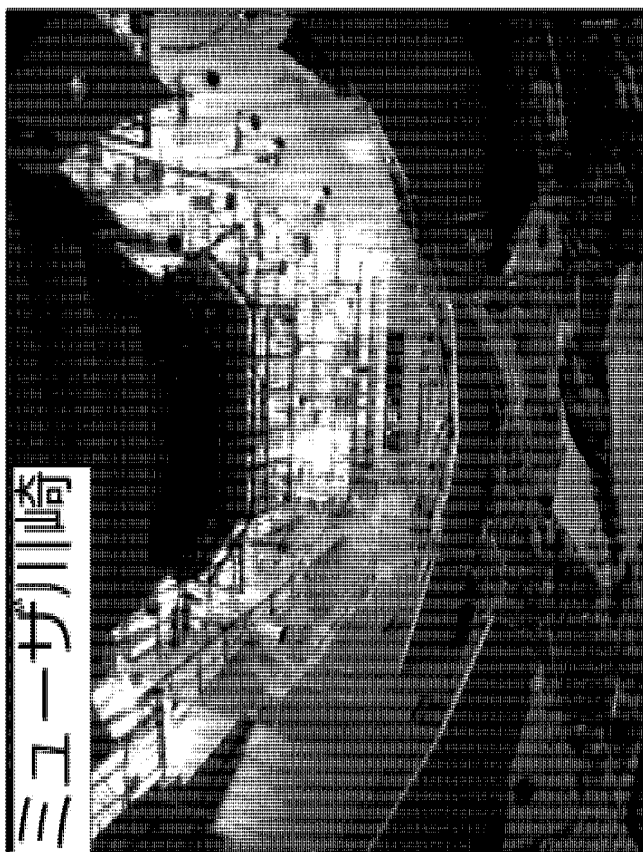


東日本大震災 非常時の建築機能維持

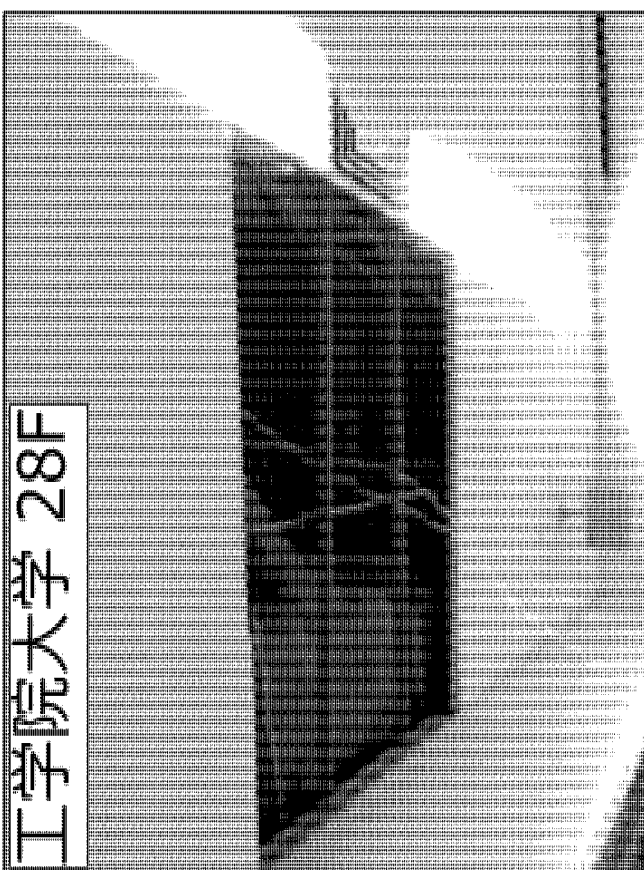
仙台メディアアテーク



ミューザ川崎



工学院大学 28F

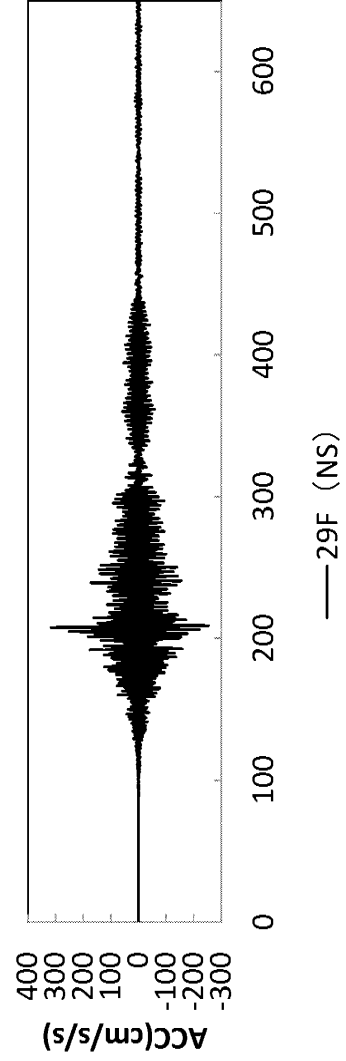
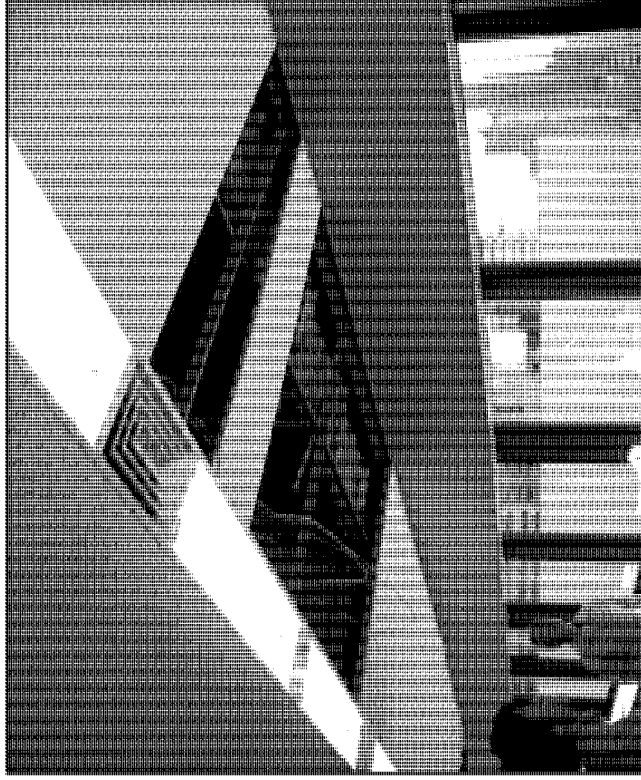


工学院大学 1F



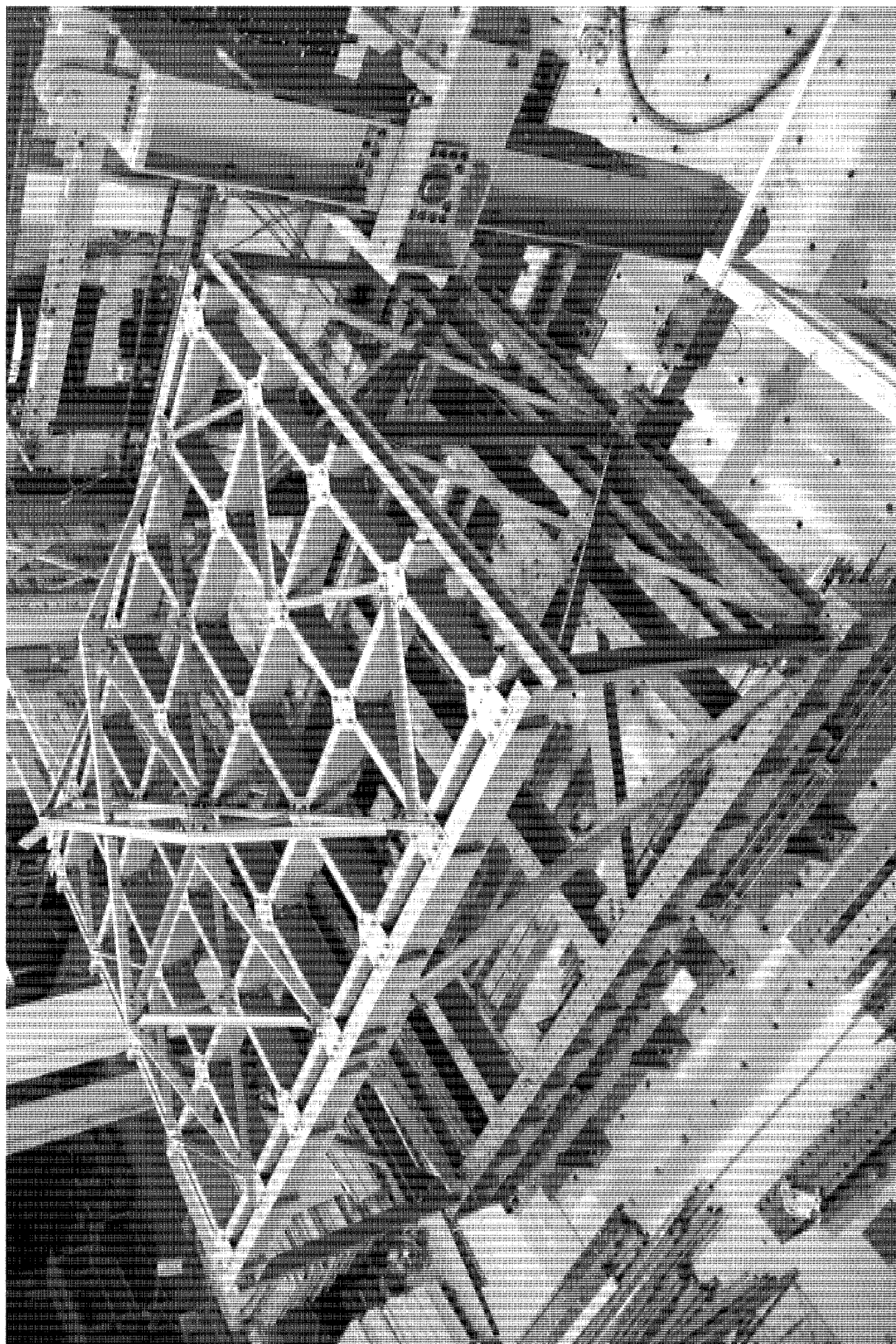
東日本大震災 非常時の建築機能維持

高層階のライン天井にて天井板の落下が発生

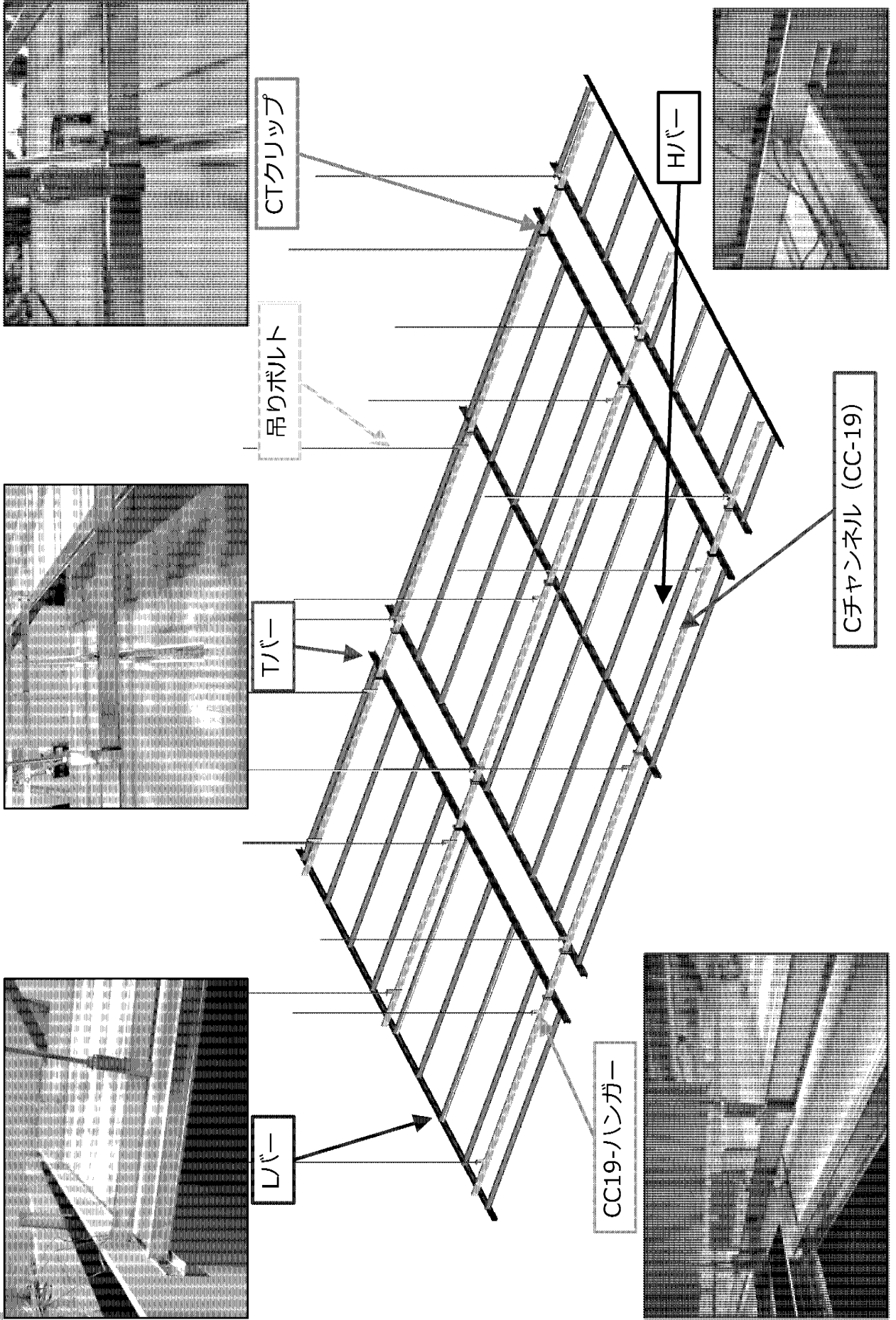


最上階の応答加速度
max340gal
⇒大した加速度ではない
にもかかわらず落下

大変形加力装置振動台



新宿校舎ライン天井 落下メカニズム・条件の解明



新宿校舎ライン天井 落下メカニズム・条件の解明

支持部材 (Tバー) の掛かり代より隙間が大きい場合

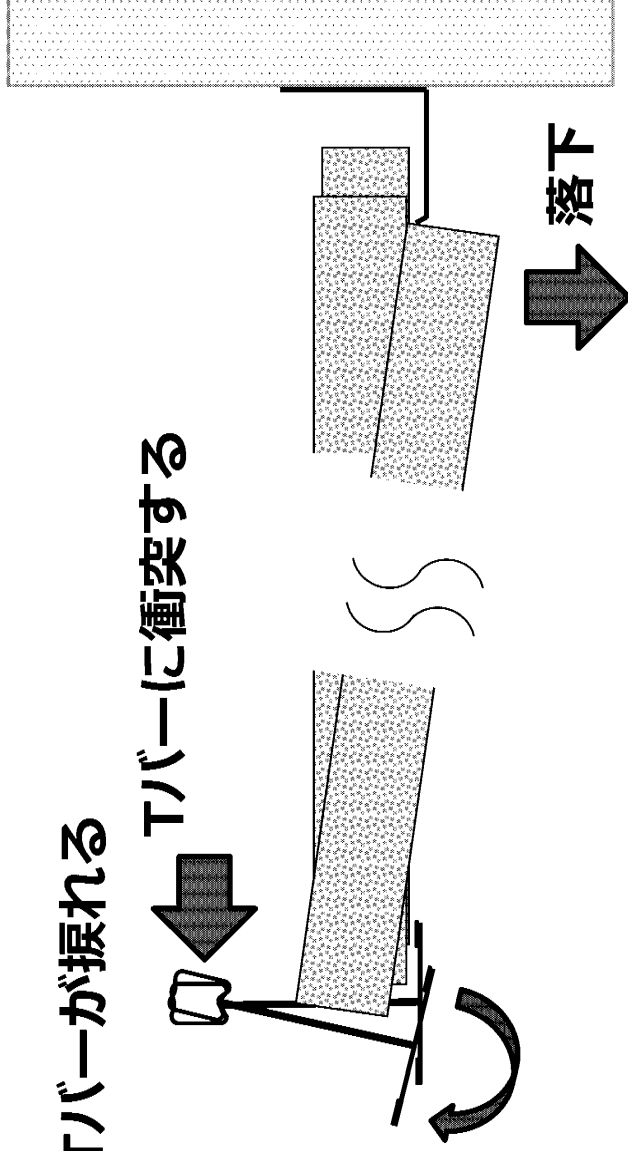


片側に寄ると自然に落下

支持部材 (Tバー) の掛かり代より隙間が小さい場合

Tバーが振れる

Tバーに衝突する



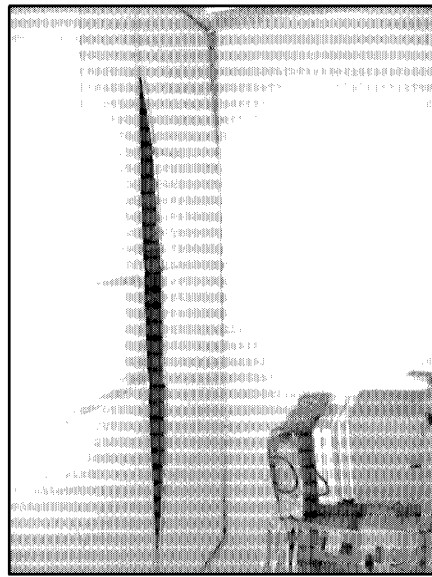
- 4)坂本有奈利、小泉秀斗、山下哲郎、久田嘉章：振動台を用いたシングルライン天井の天井板落下実験～その1実験概要、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、2013.8、構造Ⅱ
- 5)小泉秀斗、坂本有奈利、久田嘉章、山下哲郎：振動台を用いたシングルライン天井の天井板落下実験～その2：天井落下と加速度の関係、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、2013.8、構造Ⅱ

新宿校舎ライン天井 落下メカニズム・条件の解明

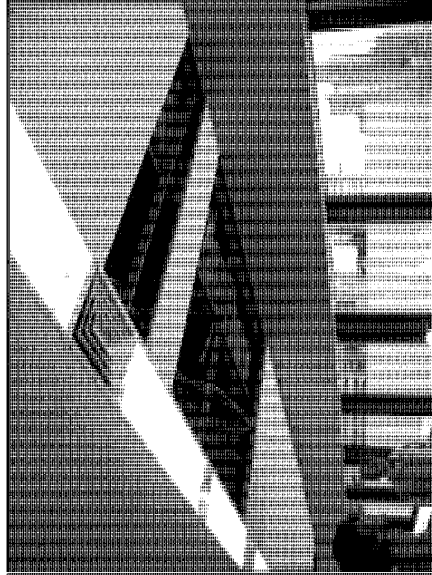
システム天井損傷クライテリア¹⁾

	損傷度		床応答加速度[cm/sec ²]
損傷度1	部材の脱落はない	一部のボードがずれる	150 ≤ A ≤ 500
損傷度2	天井のラインに曲りやズレがある	一部のパネルが落下する が設備の落下はない	500 ≤ A ≤ 1200
損傷度3	天井の部材がずれ、変形・落下する	重量部材が落下する	1200 ≤ A

損傷度1



損傷度2

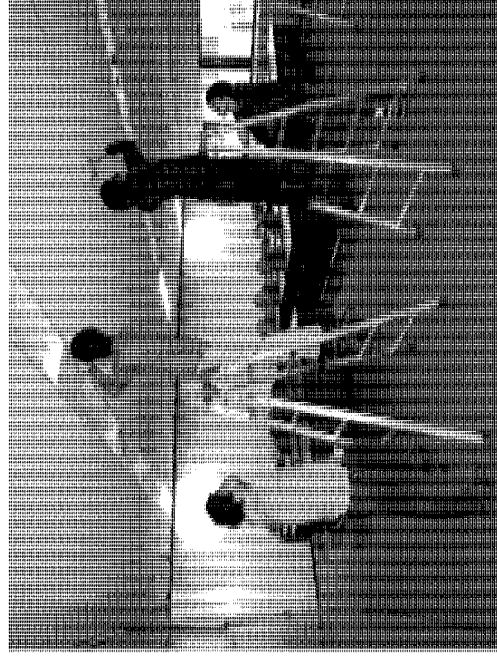
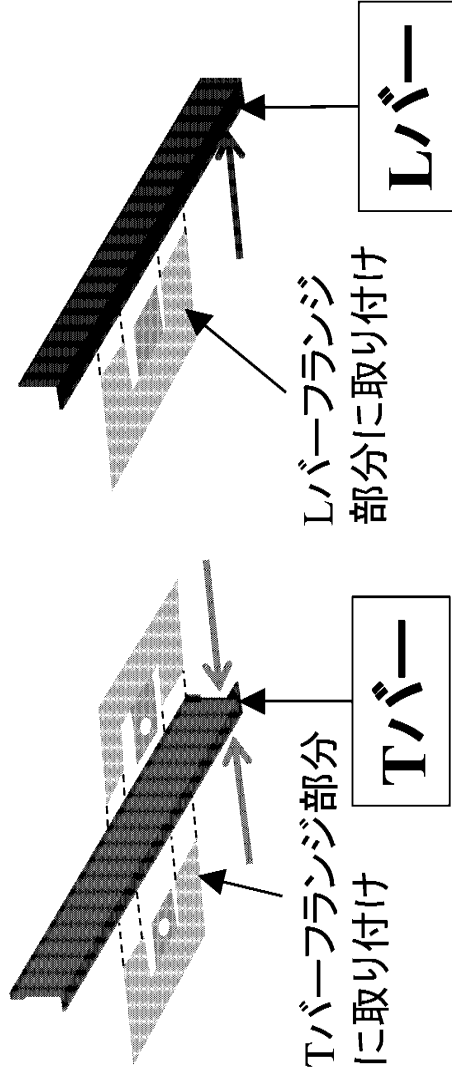
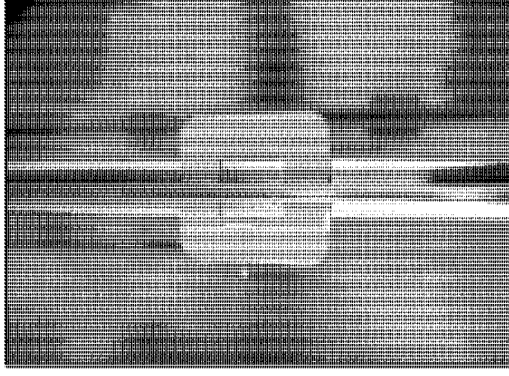


天井板が滑り始める300cm/sec²に下方修正

損傷度別被害写真

1)金子美香、東野雅彦：家具・非構造部材、設備系の被害、長周期地震動に関する公開研究会、2011.2、P175-236

天井板落下防止対策（金物による補強）

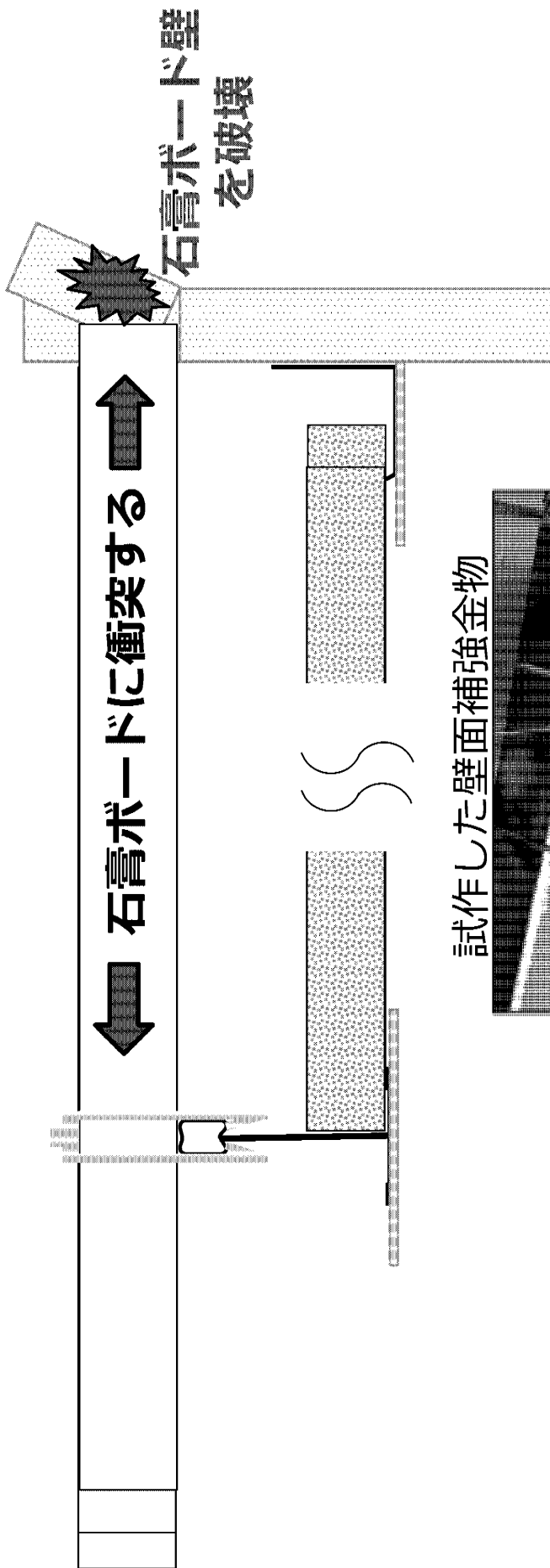


Tバー補強完成形

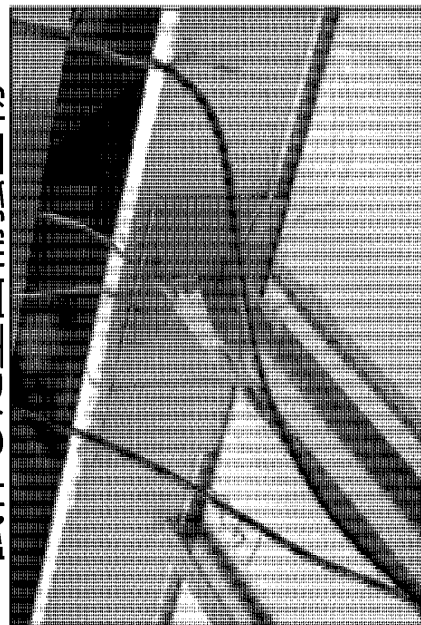
Lバー補強完成形

壁の貫通破壊 (今後の課題)

- 天井を支えるCチャンネルが周辺壁面ボードを貫通する破壊の可能性
- 面積の大きな実際の天井面のCチャンネル軸力の推定方法が必要

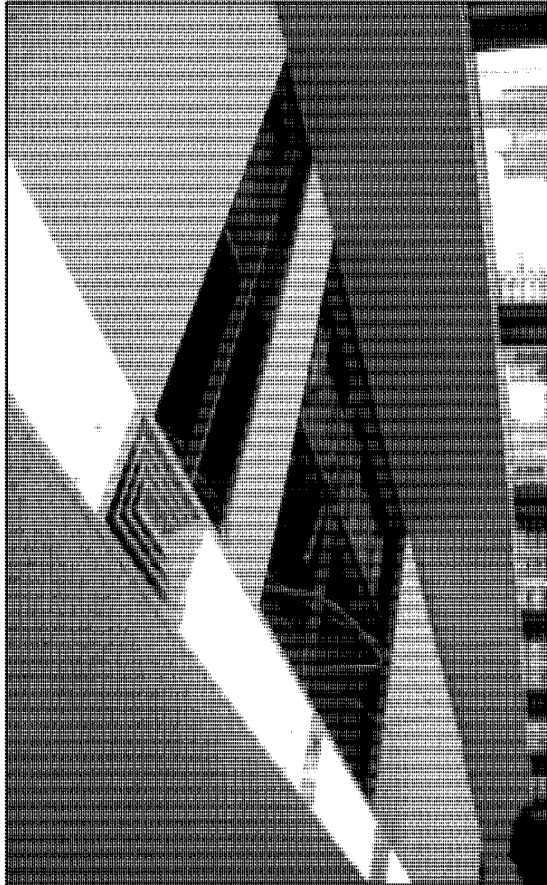


試作した壁面補強金物



建築二次部材の被害防止対策 落下した天井と試験体の構成

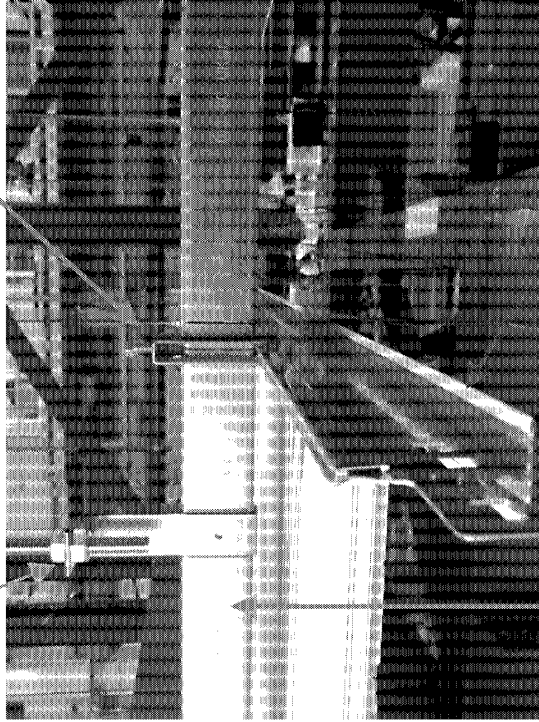
落下した天井



試験体天井の構成

⑥CC19-ハンガー

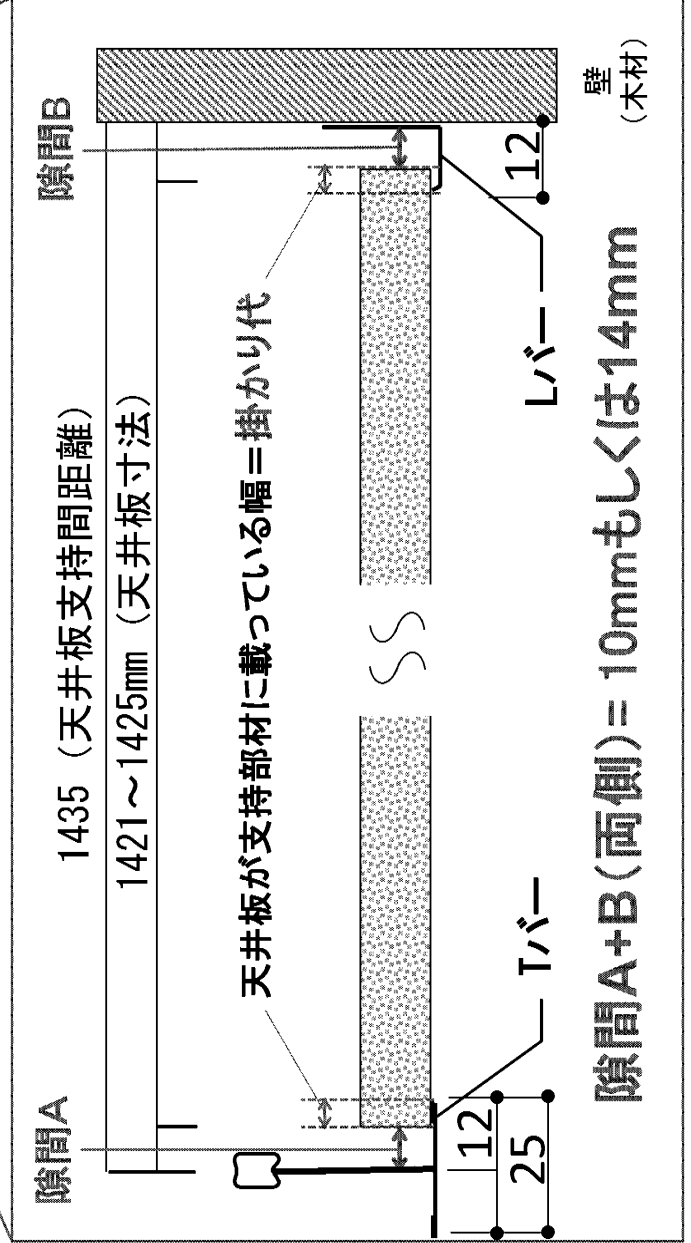
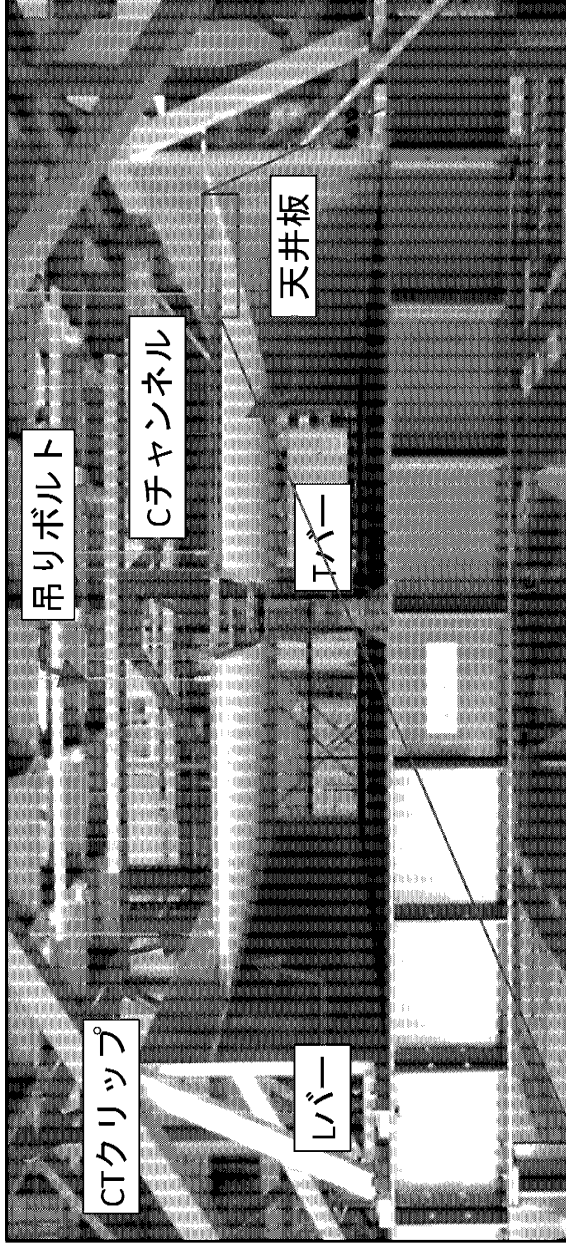
⑤CTクリップ



④Cチャンネル
_CC-19

①Tバー
_eT4025ストレート

建築二次部材の被害防止対策 考案と効果の検証実験



建築二次部材の被害防止対策 考案と効果の検証実験

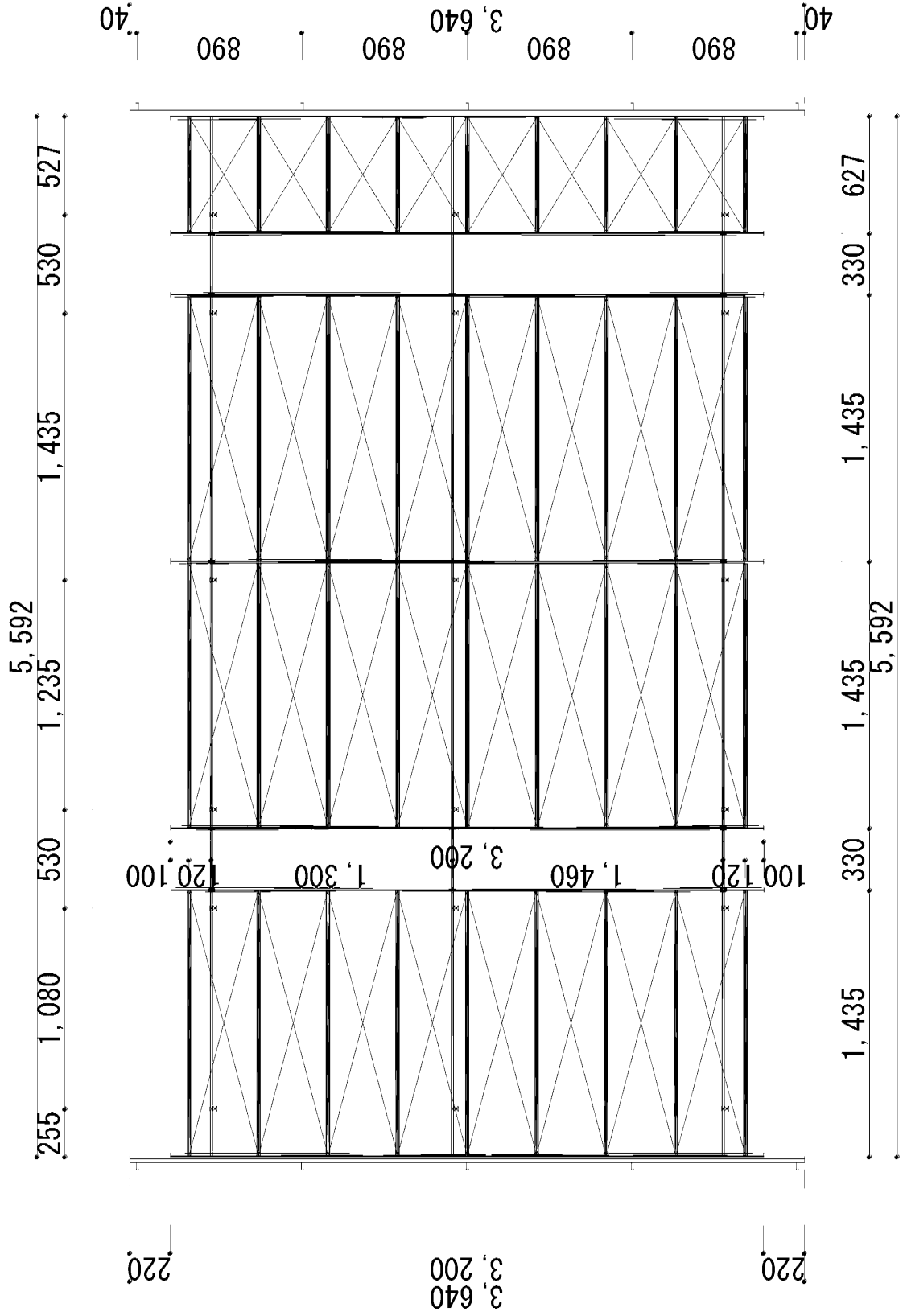
システム天井のクライテリア

損傷度		床心筈加速度[cm/s/s]
損傷度1	部材の脱落はない	$150 \leq A \leq 500$
損傷度2	天井のラインに曲りやズレがある	$500 \leq A \leq 1200$
損傷度3	天井の部材がずれ、変形・落下する	$1200 \leq A$

天井落下のプロセス

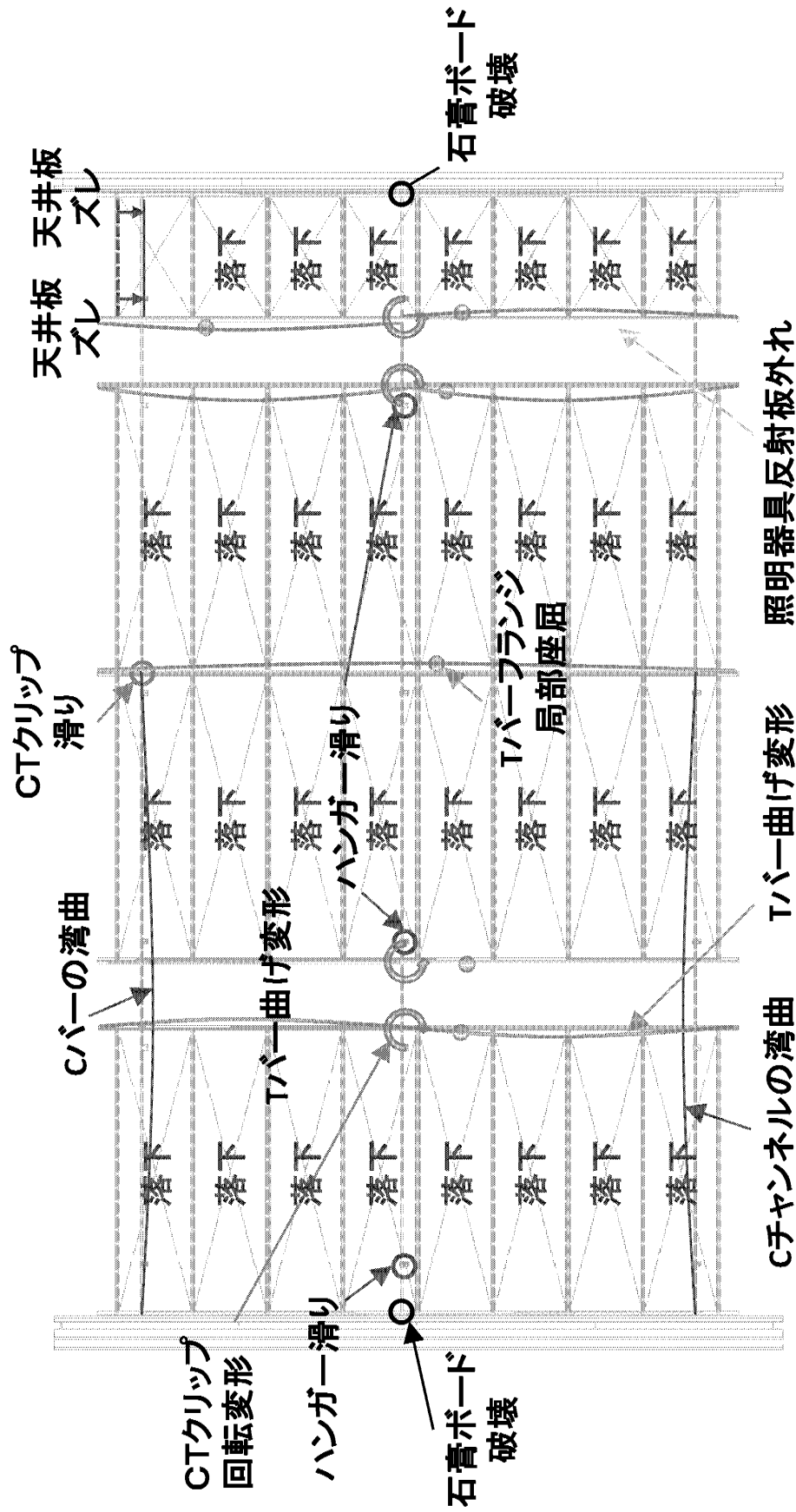
発生順序	1	2	3	4
落下 メカニズム	地震発生 Tバー Lバー	天井板が動き出す 少し動く	天井板が連なって動く	天井板が一体的にTバーに衝突
天井板 の挙動	Tバー 天井板 地震発生	天井板が動き出す	大きく動く事によりTバー・Lバーに当たり天井板が隣り合う天井板と一体的に動く	一体的に動いた天井板の衝突により、Tバーが変形し落下する。

試験体平面図

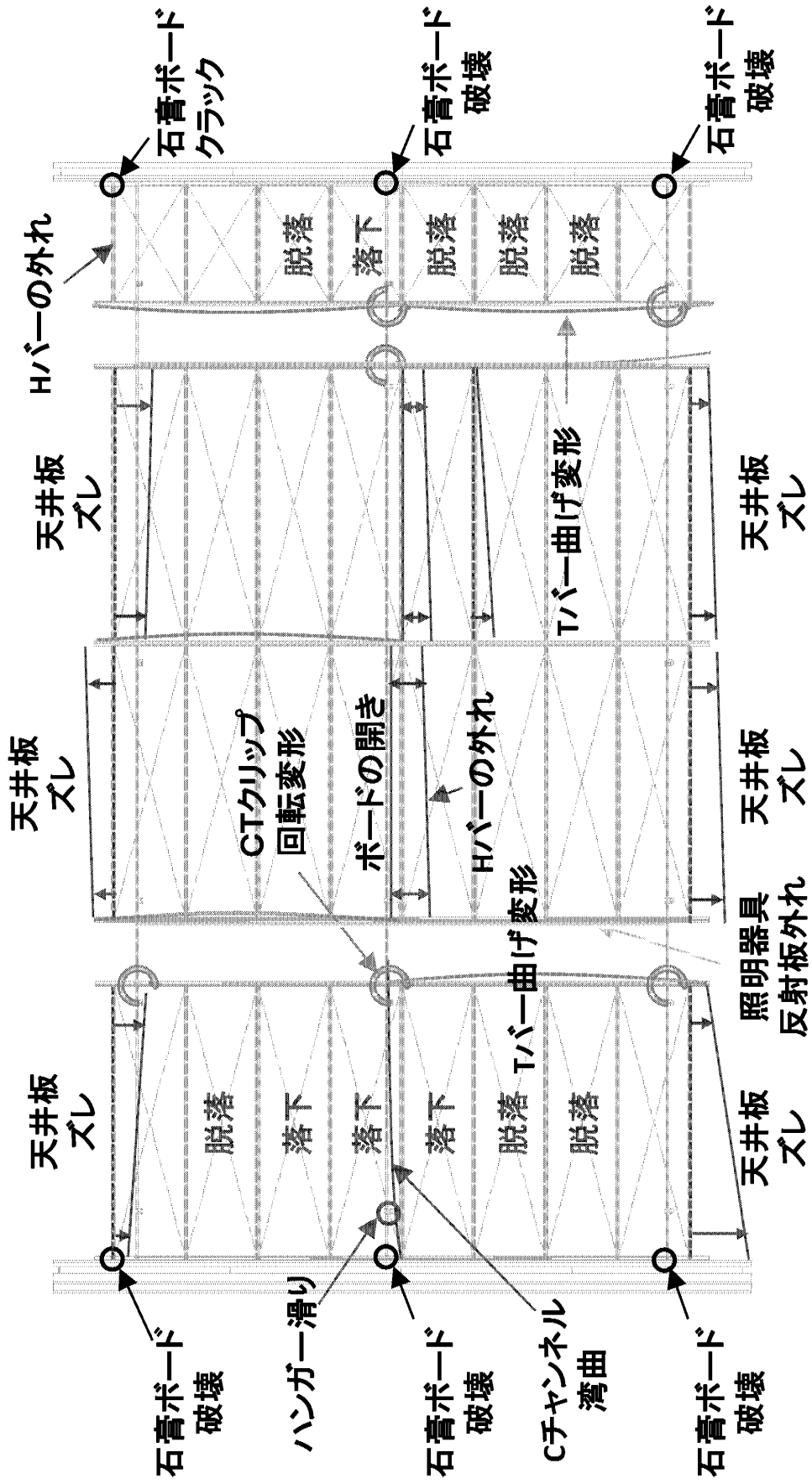


建築二次部材の被害防止対策 考案と効果の検証実験

加振後の状況（無補強）



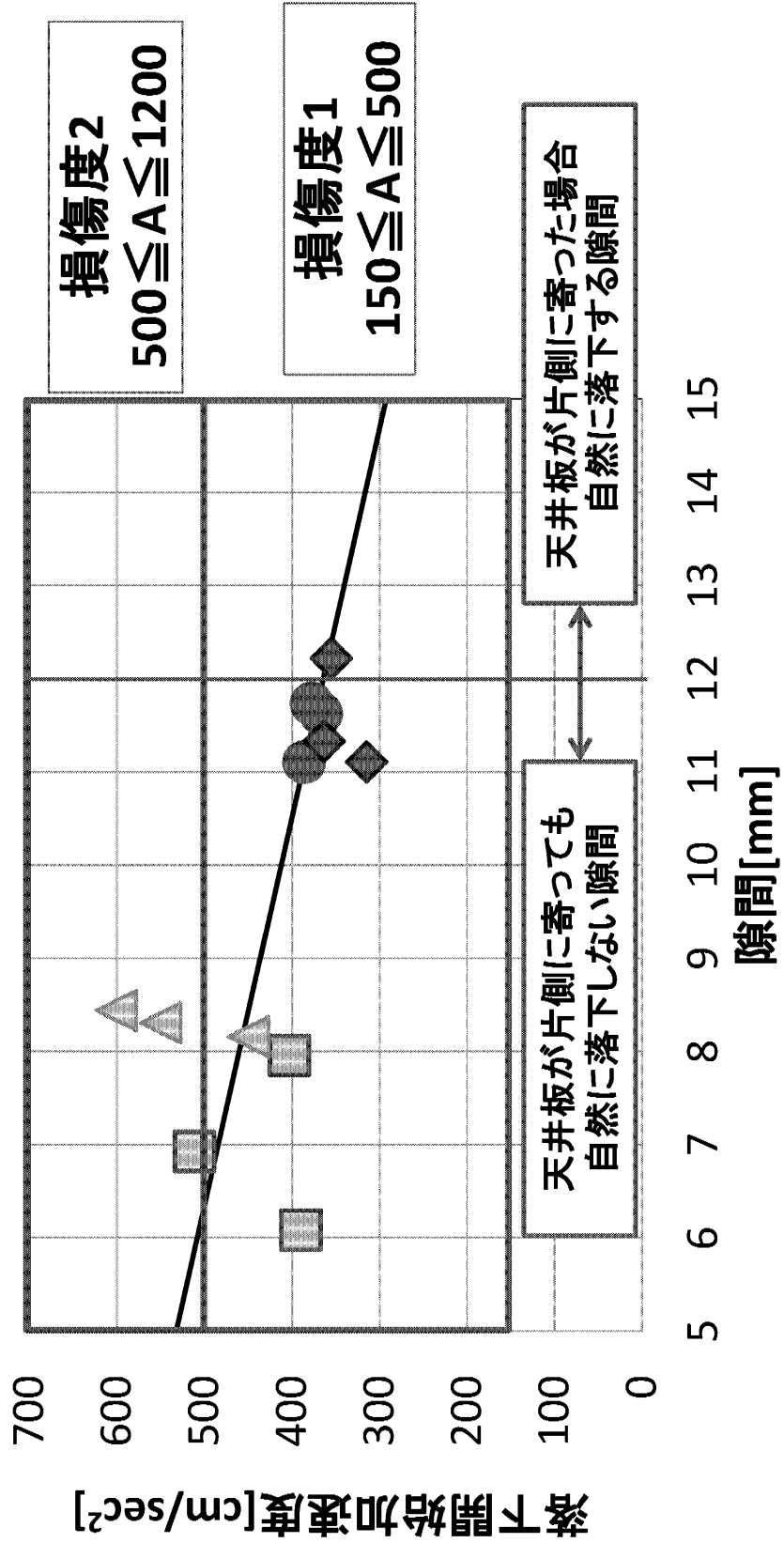
加振後の状況 (落下防止金物ののみ)



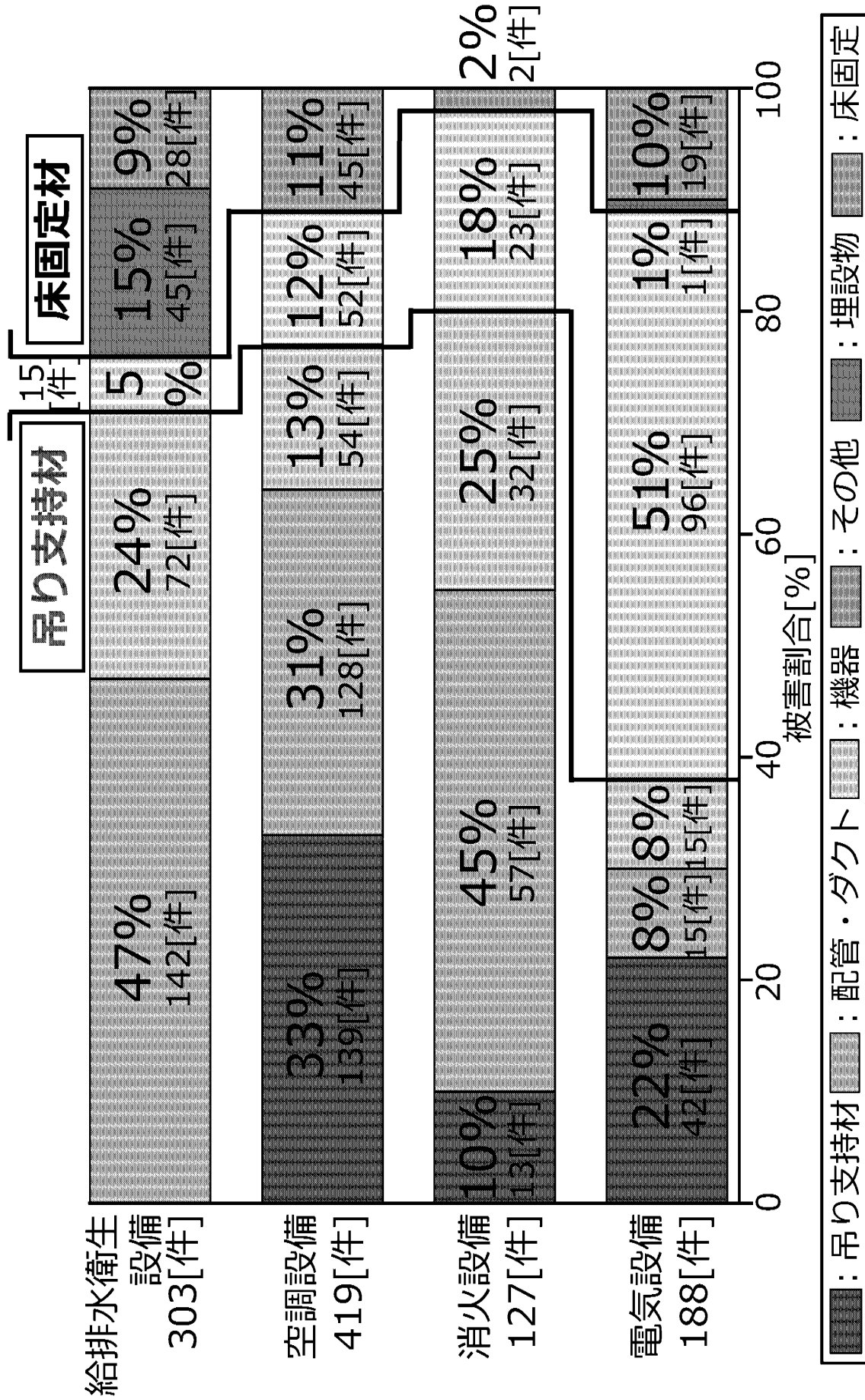
建築二次部材の被害防止対策 考案と効果の検証実験

クライテリアと実験結果

- 実験パターン① 周期1秒_隙間10mm
- ▲ 実験パターン② 周期0.5秒_隙間10mm
- 実験パターン③ 周期1秒_隙間14mm
- ◆ 実験パターン④ 周期0.5秒_隙間14mm



建築二次部材・設備地震被害調査



(b) 被害事象 (総数1,037件)

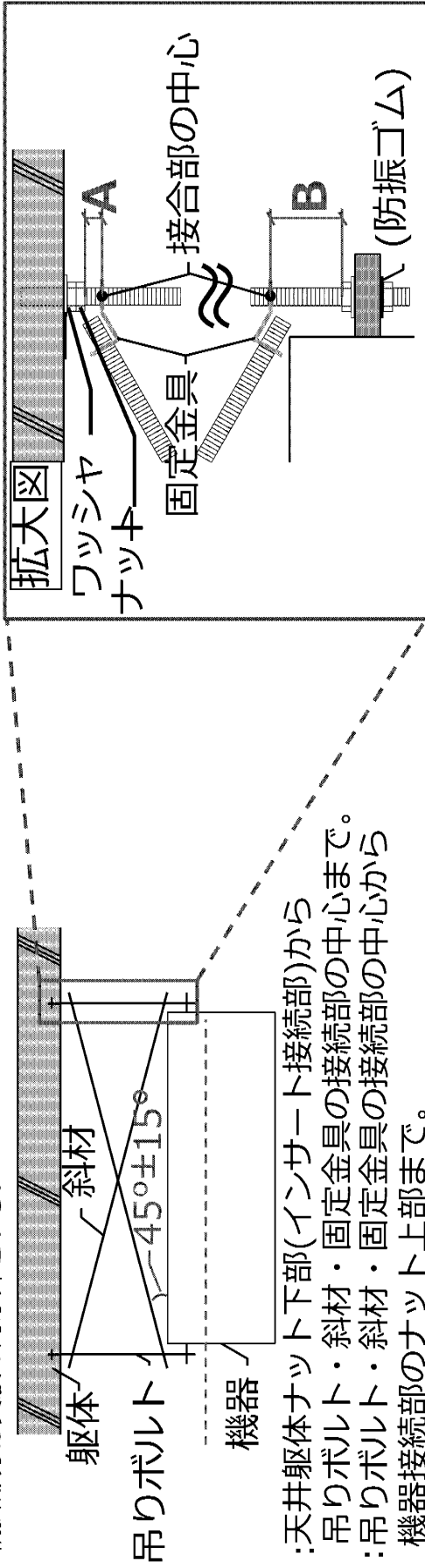
参考文献) 建築設備技術者協会 震災復興支援会議: 東日本大震災による建築設備被害状況に関する調査報告書, pp.8-16, 2011. 10

建築二次部材・設備地震被害調査

実務的設備耐震対策と分類

対策		標準的な対策		機能確保を図る対策	
機器重量[kg]					
耐震対策の分類					
1000m m未満	適用可能 斜材の種類	①	②	③	④
	適用可能斜材	鋼製架台又は全ねじボルト	鋼製架台又は全ねじボルト	鋼製架台又は全ねじボルト	鋼製架台
鉛直材長さ と対策					
25~30cmは機器鉛直吊りボルトを12φにすること で可					
耐震対策の分類					
1000m m以上	適用可能 斜材の種類	⑤	⑥	⑦	⑧
	適用可能斜材	鋼製架台又は全ねじボルト	鋼製架台	鋼製架台	鋼製架台
鉛直材長さ と対策					
25~30cmは機器鉛直吊りボルトを12φにすること で可					

※ 網掛部分は実験の対象外とする。

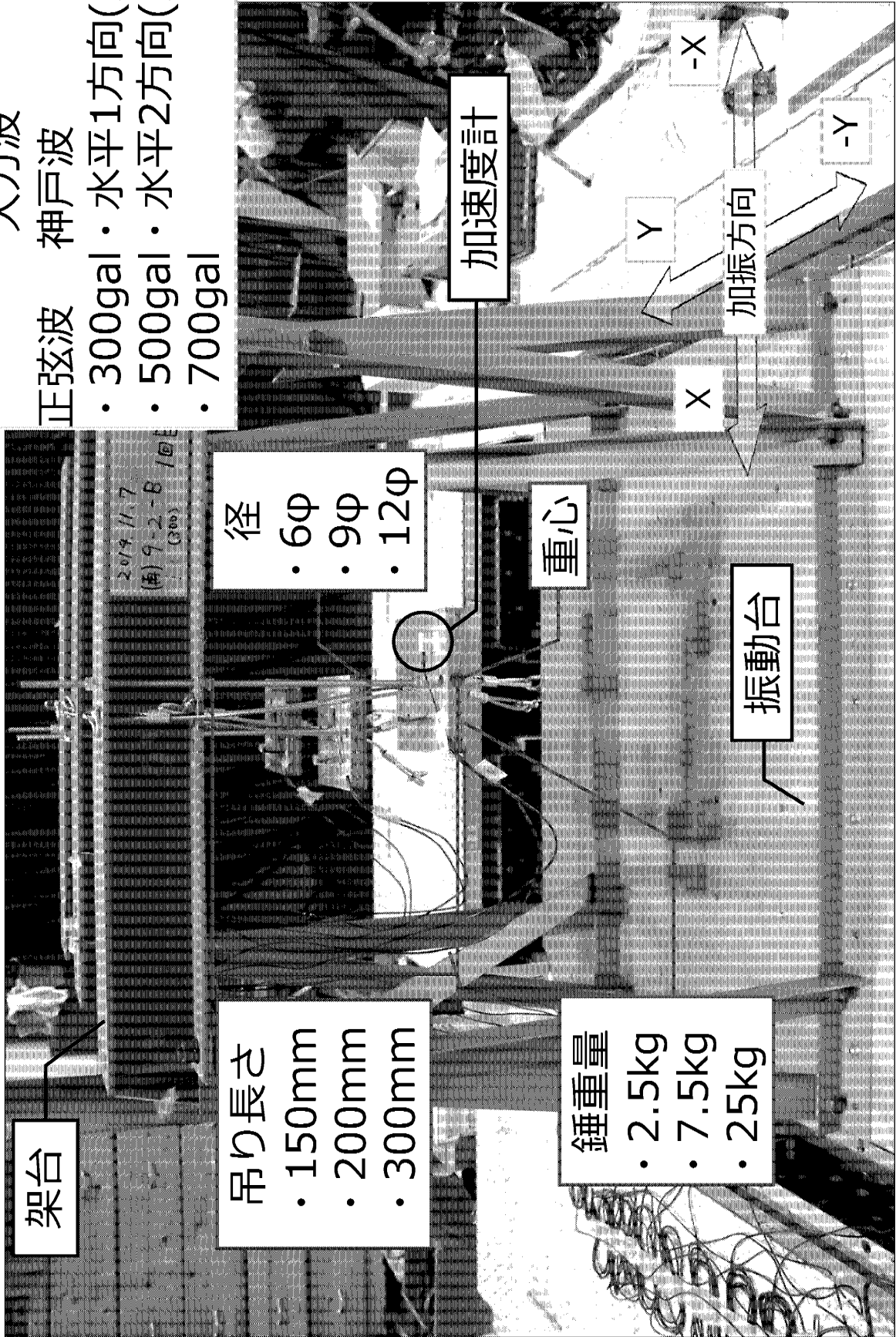


A : 天井躯体ナット下部(インサート接続部)から吊りボルト・斜材・固定金具の接続部の中心まで。
 B : 吊りボルト・斜材・固定金具の接続部の中心から機器接続部のナット上部まで。

機器 : $A+B \leq 250\text{mm}$ (機能確保を図る場合 $A+B \leq 200\text{mm}$)
 配管 : 平均吊り長さ $A+B \leq 200\text{mm}$ (又は満水時の配管径 40A 以下)

建築設備要素実験 SP配管・吊り支持材・設備機器

入力波
 正弦波 神戸波
 ・ 300gal・水平1方向(X)
 ・ 500gal・水平2方向(X,Y)
 ・ 700gal



架台

吊り長さ
 ・ 150mm
 ・ 200mm
 ・ 300mm

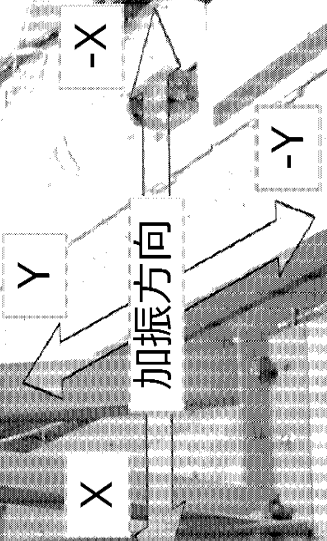
径
 ・ 6φ
 ・ 9φ
 ・ 12φ

重心

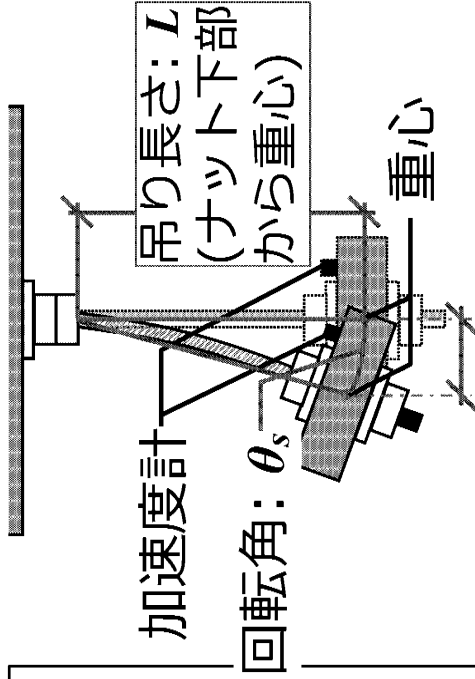
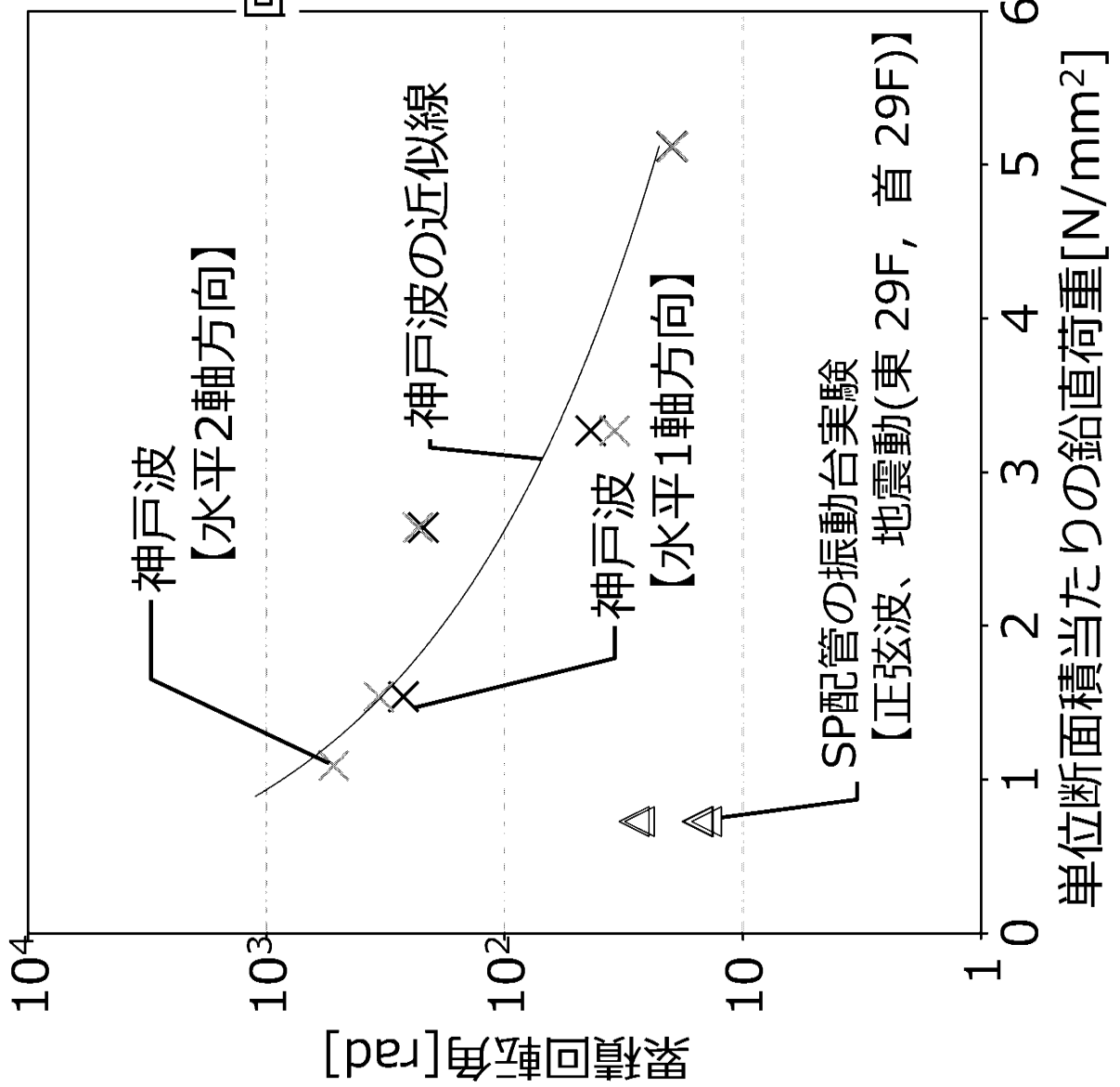
錘重量
 ・ 2.5kg
 ・ 7.5kg
 ・ 25kg

振動台

加速度計



ボルト破壊メカニズム説明



試験体の重心の変位: δ_s

$$\theta_s = \arctan \frac{\delta_s}{L} \dots (1)$$

θ_s : 時間sにおける吊りボルトの回転角 [rad]
 L : 試験体の吊り長さ [mm]
 δ_s : 時間sにおける試験体の変位 [mm]

累積回転角

・・・破断までの回転角の総和

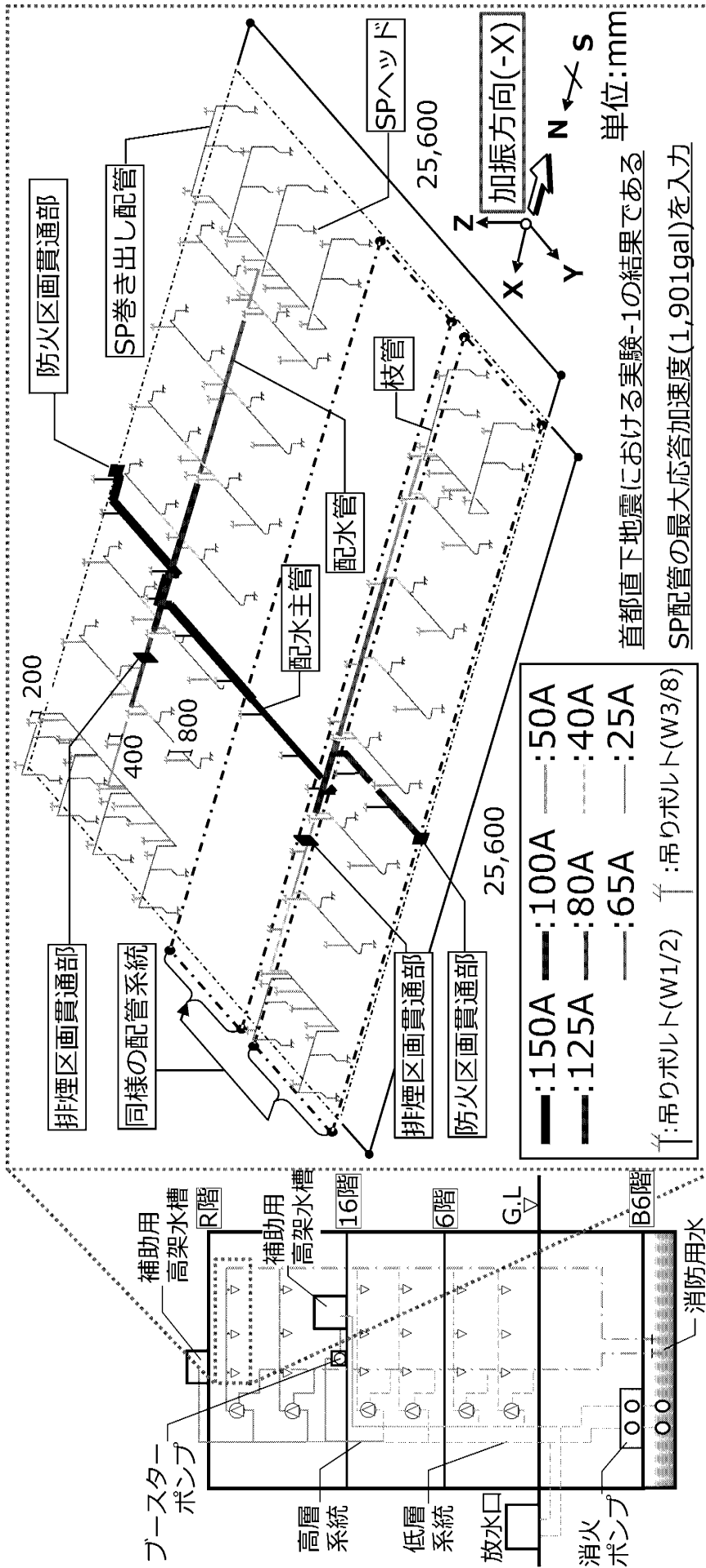
平均回転角

・・・累積回転角を振幅回数で除したもの

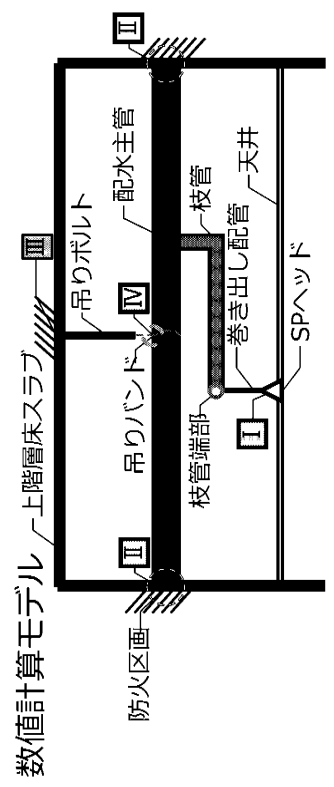
$$\bar{\theta} = \frac{\theta_{sum}}{T} \dots (2)$$

$\bar{\theta}$: 吊りボルトの平均回転角 [rad]
 θ_{sum} : 吊りボルトの累積回転角 [rad]
 T : 振幅回数 [回]

スプリンクラー配管の強度検証



—:高層系統 —:低層系統 —:排水管

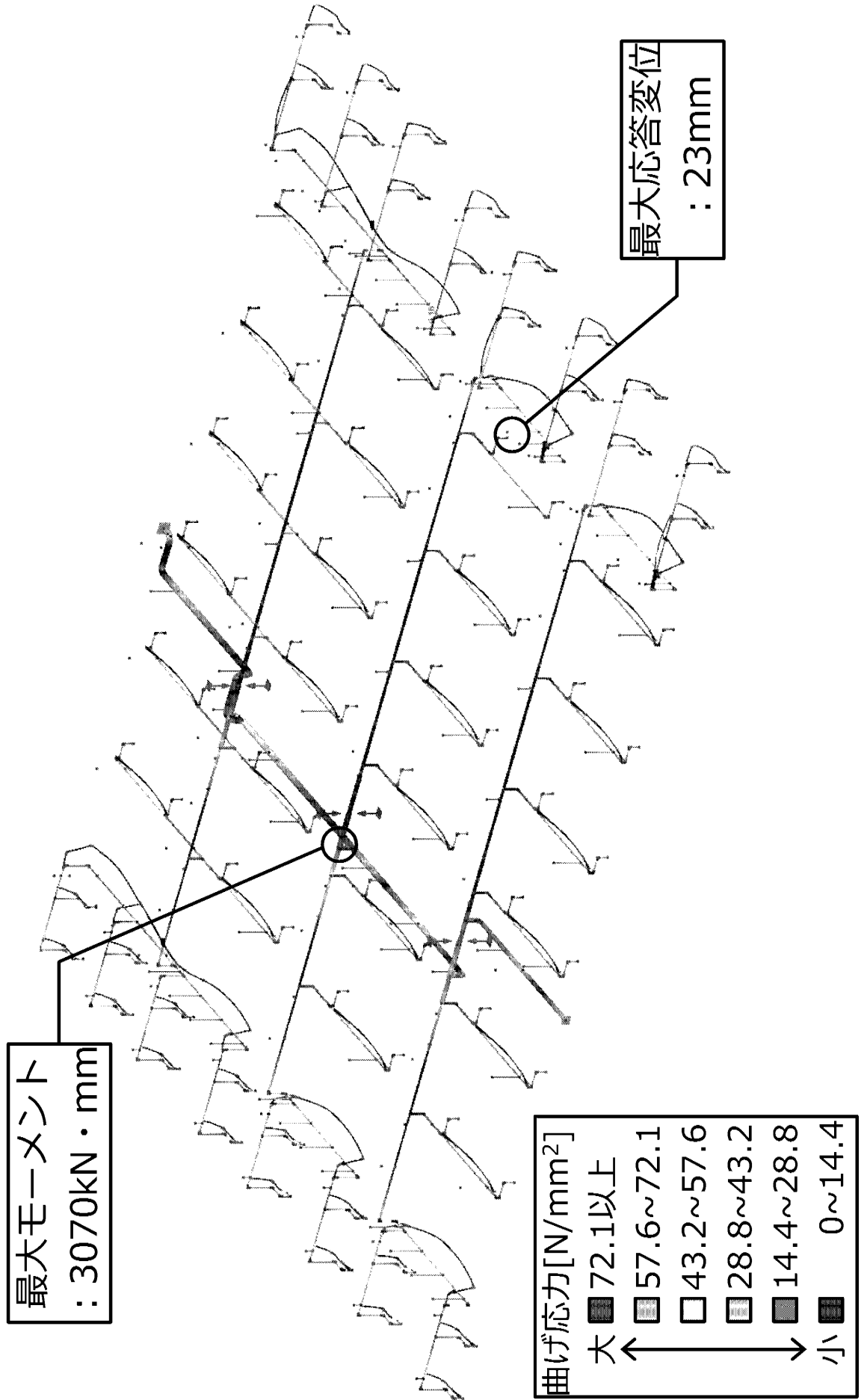


横引き管の各部分の境界条件

要素	計算番号					
	①	②	③	④	⑤	⑥
I 天井との接合部	剛	剛	ピン	ピン	接続無し	接続無し
II 配水主管防火区画・配水管排煙区画貫通部	剛	自由端	剛	自由端	自由端	自由端
III 上層階スラブと吊りボルト	剛					
IV 吊りボルトと配管	ピン					

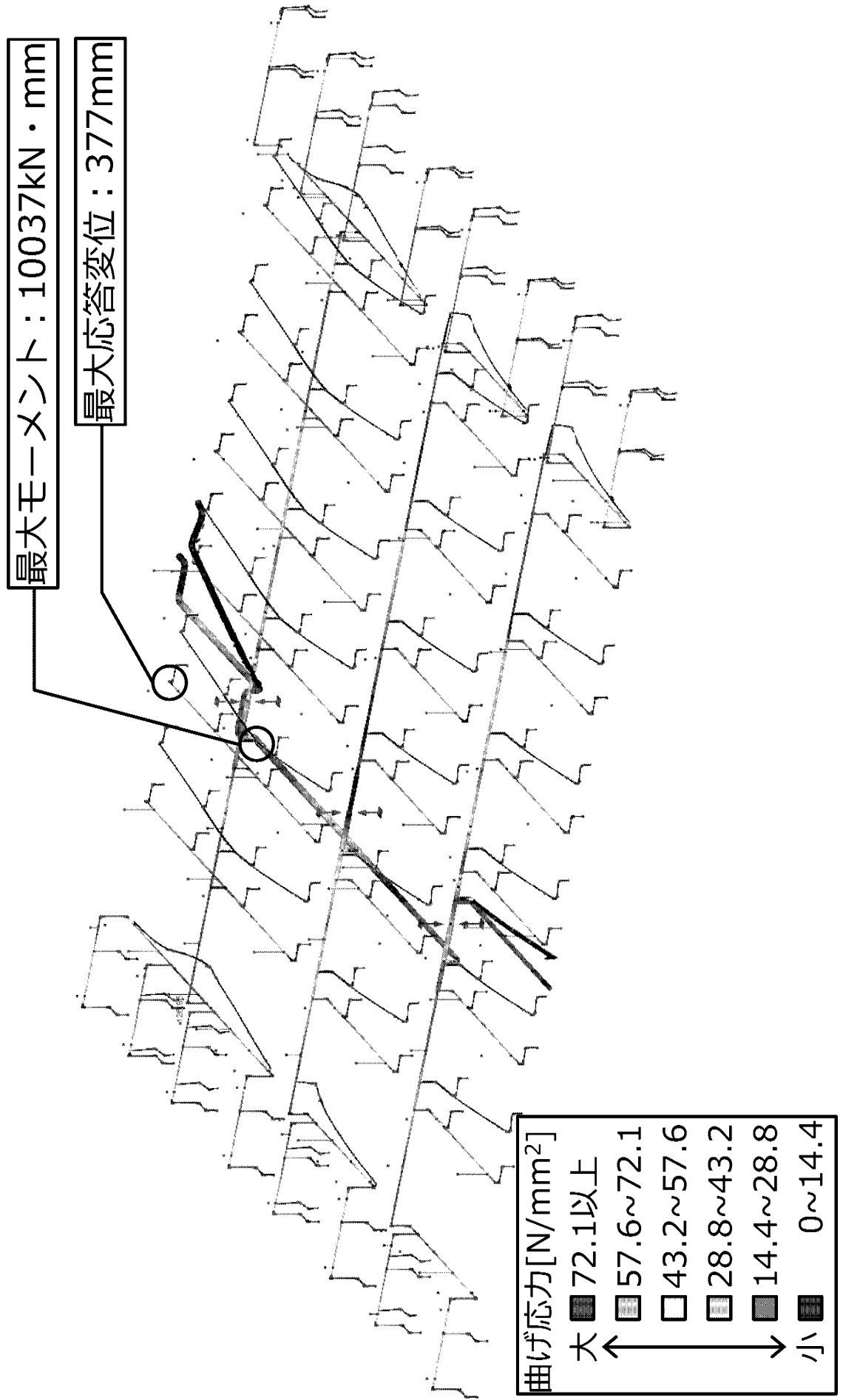
スプリンクラー配管の強度検証

首都直下地震時のSP横引き管の最大モーメントと応答変位分布 (現状)



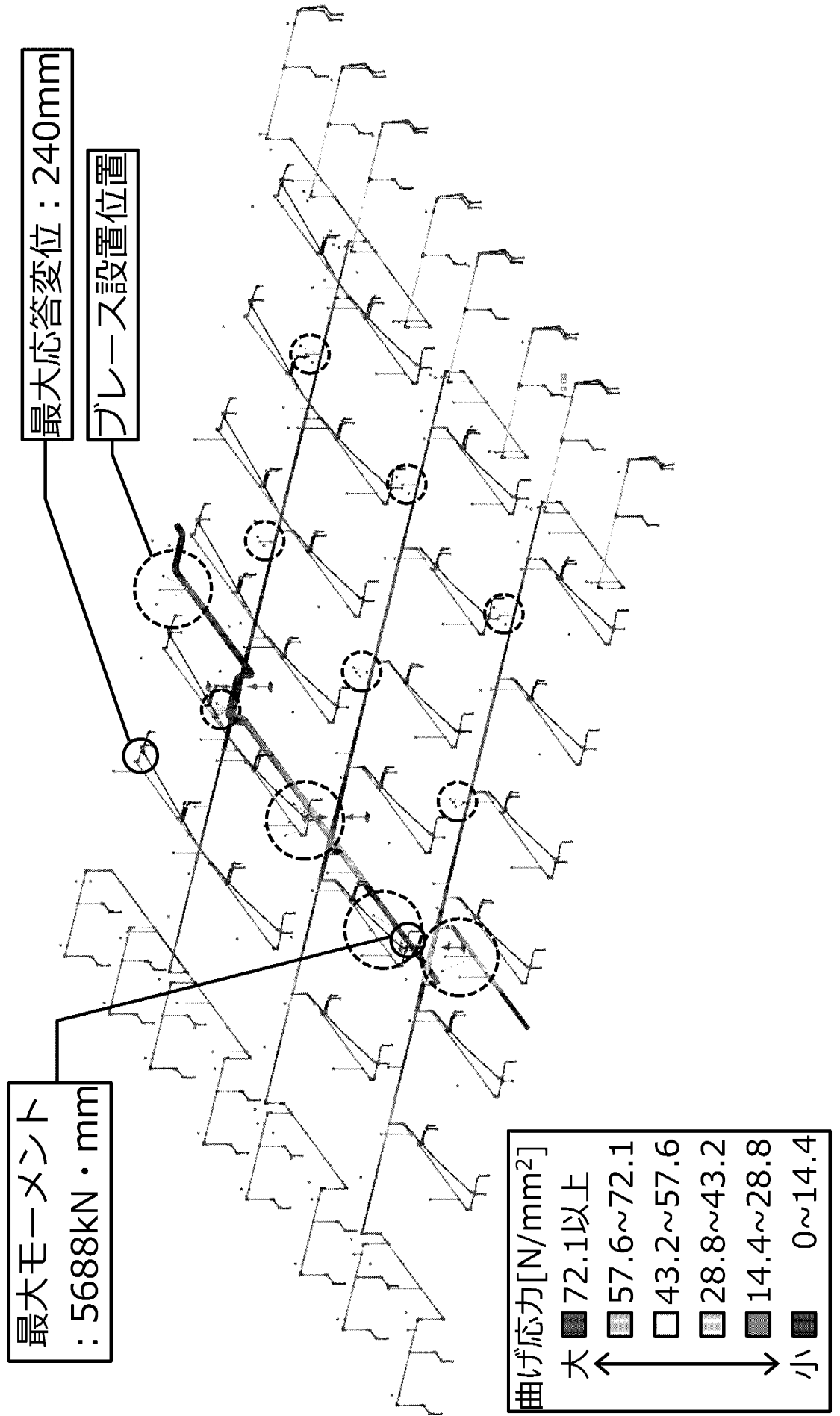
スプリンクラー配管の強度検証

SP横引き管をフレキシブル配管にし、区画貫通部が破損した場合

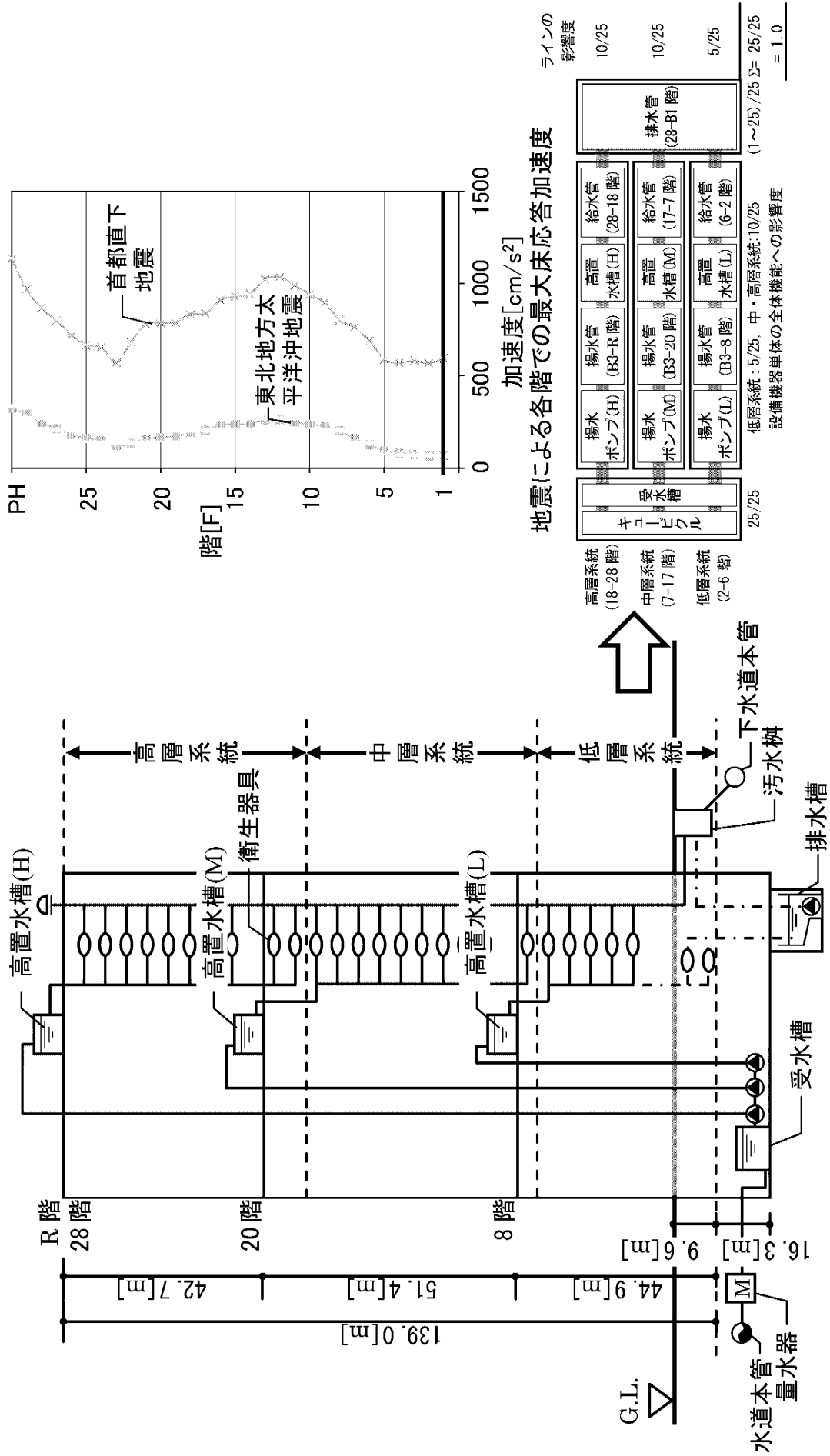


スプリンクラー配管の強度検証

前図にブレースを施した場合



建築二次部材・設備 地震被害調査とリスク評価



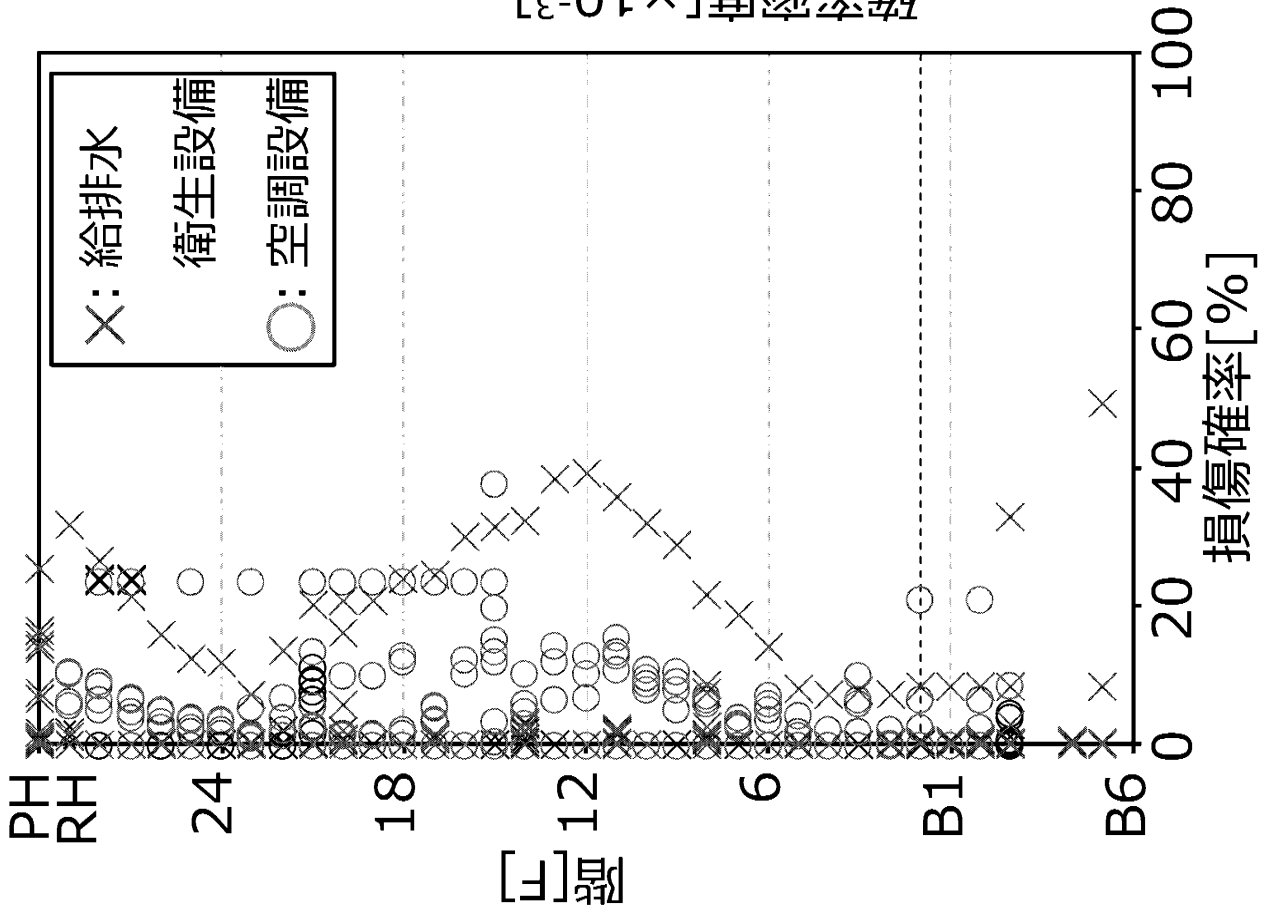
建築二次部材・設備 地震被害調査とリスク評価

各被害形態に対応する損傷確率

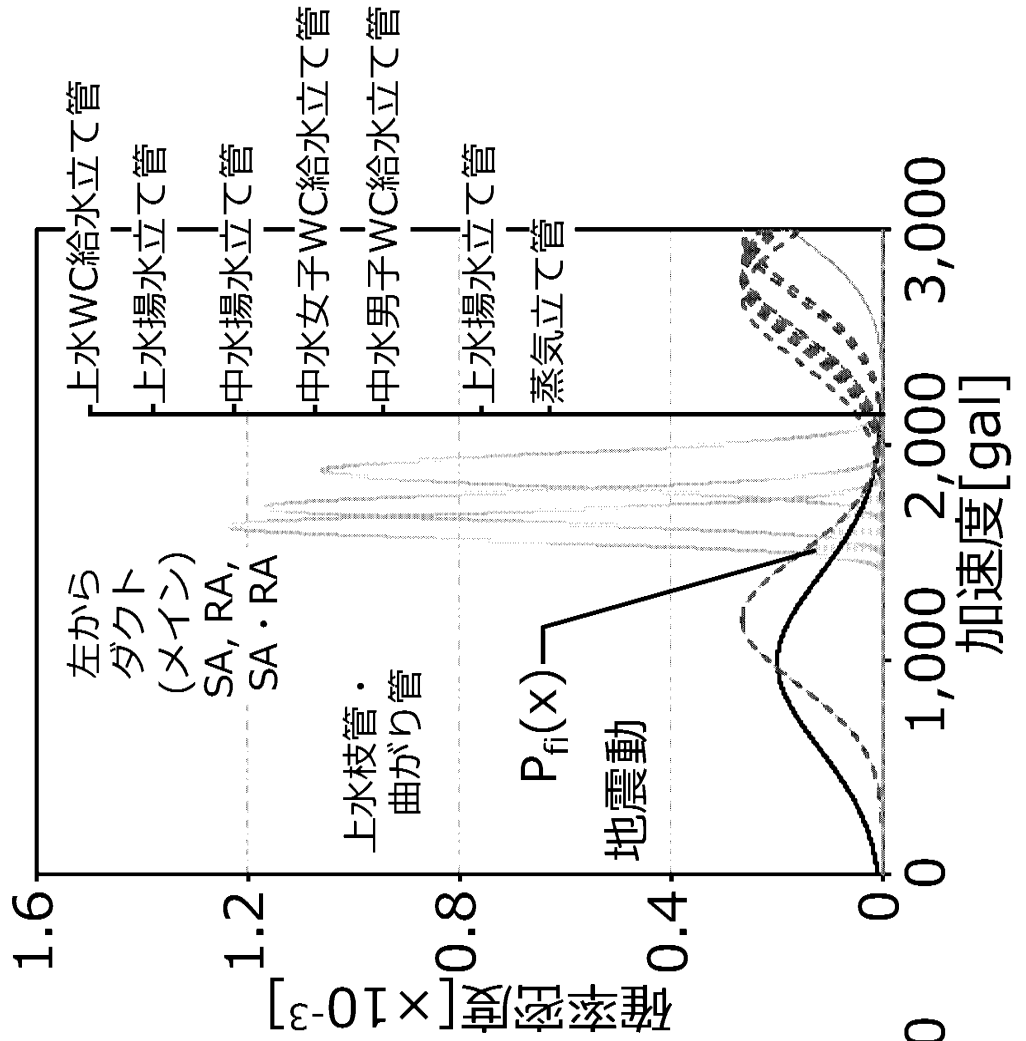
$$P_{fi}(x) = \int_0^{r_{mi}} \left[\sqrt{2\pi} \cdot \sqrt{\zeta_{Ci}^2 + \zeta_{Ri}^2} \right] \cdot \exp \left\{ \frac{-(\ln x - \ln c_{mi})^2}{2 \left(\sqrt{\zeta_{Ci}^2 + \zeta_{Ri}^2} \right)^2} \right\} \cdot x^{-1} dx$$

- r_{mi} : 各被害形態に対応する損傷確率
- ζ_{Ci} : 設備機器・配管*i*に作用する地震動の中央値
- ζ_{Ri} : 耐力値の対数標準偏差
- C_{mi} : 作用地震動の対数標準偏差
- P_{fi} : 設備機器・配管*i*の作用地震動に換算した耐力の中央値
- x : 作用地震動

建築二次部材・設備 地震被害調査とリスク評価



11F設置機器類の耐力値と
 床応答加速度の関係 (一例)



おわりに

当研究テーマの小課題においては、

- 2.1: 建築二次部材・設備の地震応答と損傷評価、耐震対策
- 2.2: スプリングラ強度解析、ボルト締結部の問題、タンクのスロッシング
などを研究対象とした。

総体として超高層建築の二次部材・設備の耐震性、耐久性を向上させる要素技術の研究で、目標としては統一性があり、個々の研究では成果(※)を得ることができた。
(※)研究業績: 査読付論文19件、国際学会論文6件、招待講演等4件、口頭発表128件

その一方で、2.1と2.2の有機的な統合には至らず、研究成果の横断的な精査が課題である。

また、当支援事業で開発した大変形加力装置振動台は、実大の天井・設備の地震応答を知る上で強力なツールとなり、有効に活用することができた。

特に建築二次部材と設備の相互作用や耐震性を評価する際には、現在のジャッキ能力では再現できない短周期・高加速度加振の必要性を認識したため、次期研究プロジェクト等で実現させ、課題事項の精査を行いたいと考えている。

2015 3. 31 都市減災研究センター (UDM)
最終成果報告会

震災廃棄物の 再資源化と高機能化

テーマ3関連

工学院大学 建築学部・准教授
環境材料科学研究室 田村 雅紀
<http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~dt40009/>

テーマ3の研究概要

小課題1-4と連携

- ① 茅葺のカビ劣化・難燃化(伝統住宅)
- ① こけら葺の耐久化(伝統住宅)
- ① 施工法による品質改善(住宅基礎)

小課題1-2と連携

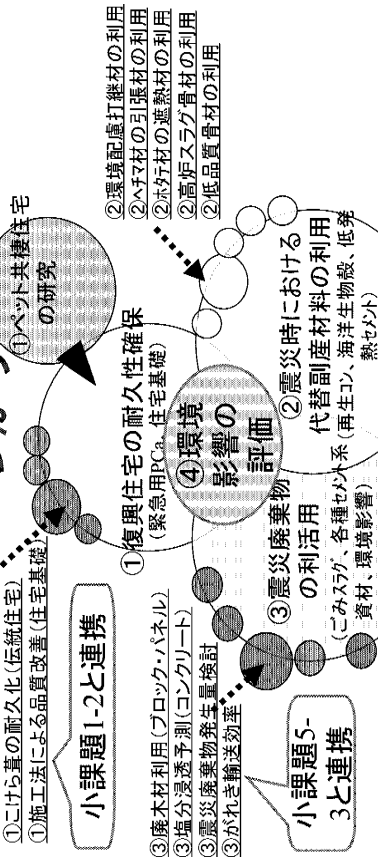
- ③ 廃木材利用(ブロック・パネル)
- ③ 塩分浸透予測(コンクリート)
- ③ 震災廃棄物発生量検討
- ③ がれき輸送効率

小課題5-3と連携

災害時に
つくる

平常・災害時に

つかう



平常時に
つくる

災害時に
つくる

テーマ3の目的

震災時の都市機能回復に多大な影響を及ぼすとされている震災廃棄物を対象にその再資源化・高機能化を図る技術を考案し、社会や環境に対する震災廃棄物の影響を最小化する方策を提案する。

- ① 復興住宅の耐久性確保
- ② 震災時における代替副産材の利用
- ③ 震災廃棄物の利活用
- ④ 環境影響の評価

災害時に対応可能な躯体材料への有効利用技術

2014年度 無機系テーマ

(黒=当初より継続、赤=前々回、青=前回より、緑=新規)

① 復興住宅の耐久性確保

- 1) プレキャストコンクリートの耐久性確保: 緊急時対応
- 2) 住宅基礎の高耐久化: 再振動の効果の確認
- 3) 高流動化コンクリートの製造: 人手不足の解消

② 震災時における代替副産材の利用

- 4) 副産物起源のセメント(混合セメント): 耐久性の確認
- 5) 石炭溶解スラグ⇒ポツアートの試験方法⇒JIS化の予定
- 6) ごみ溶解スラグ⇒建築学会の指針改定⇒高強度へ利用可
- 7) 高炉スラグ⇒建築学会の指針改定⇒高強度へ利用可
- 8) 低品質骨材(東北地方産): 長期性状の確認

③ 震災廃棄物の利活用

- 9) 再生骨材コンクリート: プリーディング抑制効果
- 10) コンクリートへの塩分浸透: 試験法の検討
- 11) 品質管理試験方法の簡易化

災害時に対応可能な内外装材料への有効利用技術

2014年度 有機系テーマ

(黒=2012～13年度、緑=2013～2014年度 新規) * 2011前は除く

①復興住宅の耐久性確保

- 1) 内装材料の開発(明暗差による壁紙の認識度)
- 2) 外装材料の評価(タイル仕上げの施工時環境と剥離剥落要因)
- 3) 外装材料の評価(タイル仕上げの維持保全リスク評価)

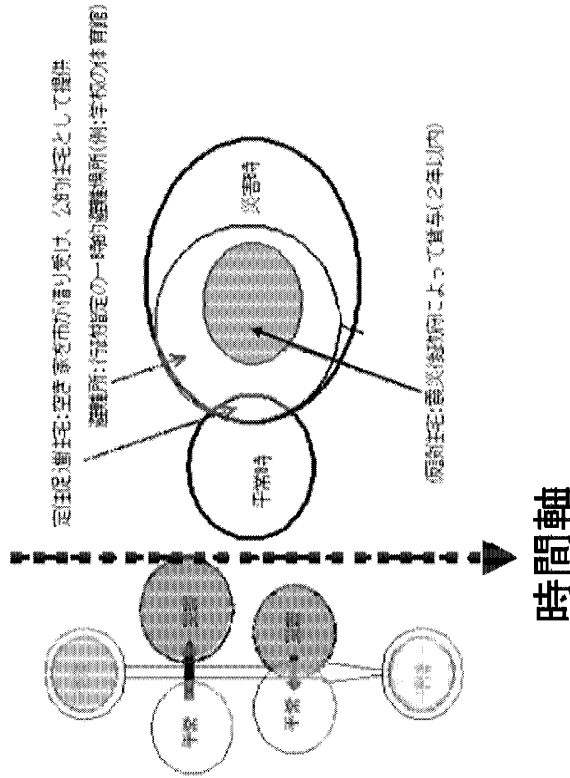
②震災時の代替副産材料・震災廃棄物の利用

- 4) 非構造材料への多種混合セメントの応急製造技術
- 5) 非構造材料への震災廃木材の利用

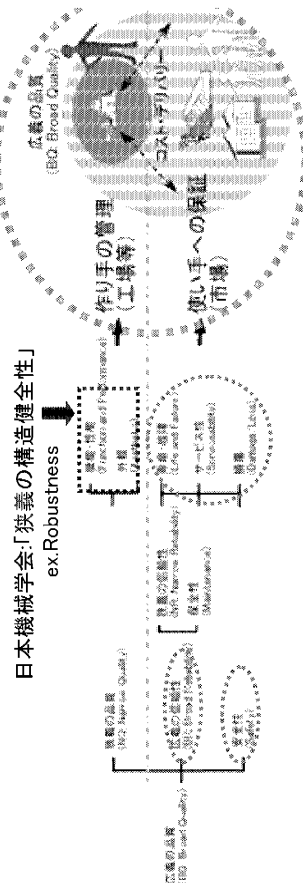
③住環境の影響評価

- 6) 内外装材料の各種工事における騒音分析
- 7) 内外装材料とペット共棲条件との関係

Point1 災害時における「時間軸上」の課題



Point2 平常・災害時の「空間軸上」の課題



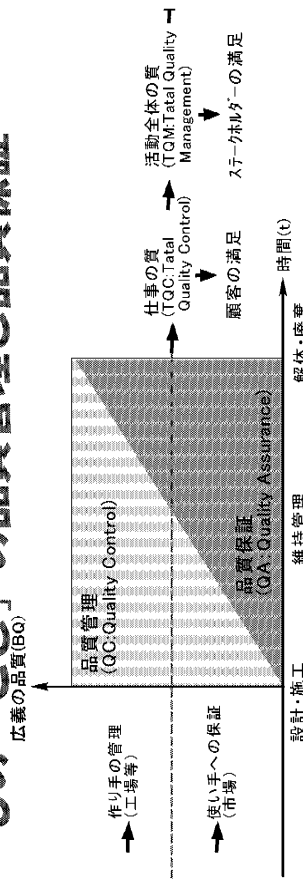
信頼性 (JIS Z 8115)

「アイテムが与えられた条件下で、与えられた期間、要求機能を遂行できる能力」

安全性(生産物全般・共通内容)

「人間の死傷または資材に損失もしくは損傷を与えるような状態がないこと」

Point3 平常・災害時の「ヒト」に対する「もの・こと」の品質管理と品質保証



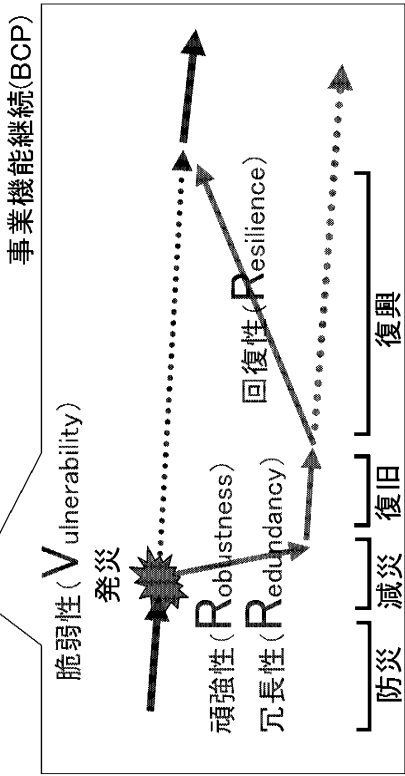
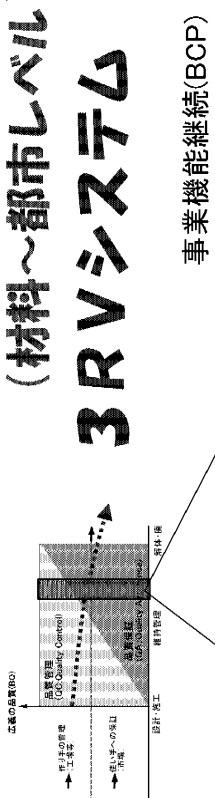
品質管理(QC:JIS Z 8101)

「買手の要求に合った品質の品物又はサービスを経済的に作り出すための手段の体系」

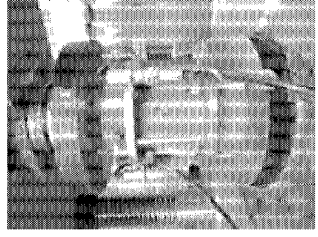
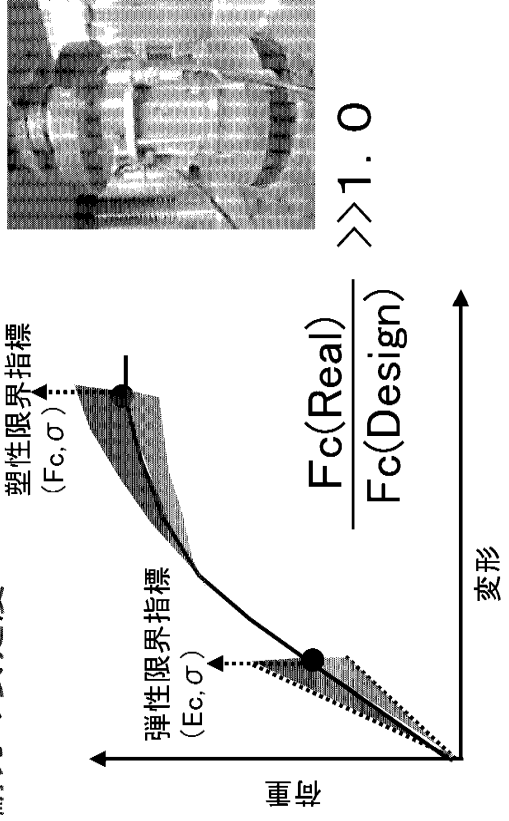
品質保証(建築学会, コンクリートの品質管理指針1999)

「品質に対する要求事項が満たされていることについて、十分な信頼感を得るために行う活動の全体」

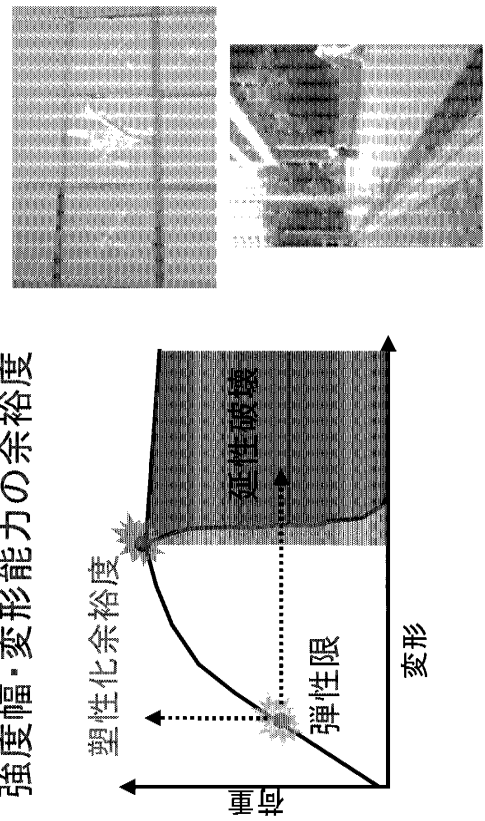
平常・災害時に対応する要求条件の設定 (材料～都市レベル) 3RVシステム



頑強性の例 (Robustness)
外力に抵抗する強度や剛性のばらつきを踏まえた耐力の安定度

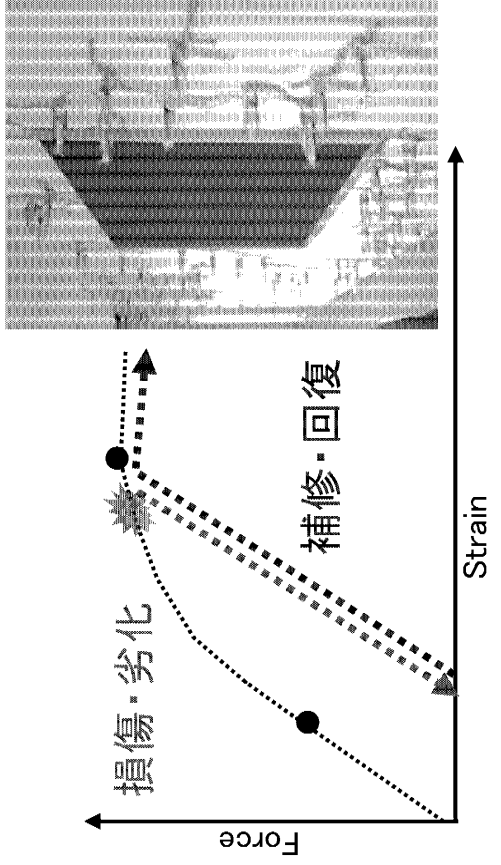


冗長性の例 (Redundancy)
外力に抵抗する弾性限界から塑性限界までの強度幅・変形能力の余裕度



塑性化・破壊化の余裕度 >> 標準

回復性の例 (Resilience)
外力による品質・システムの劣化・損傷に対する自律的な改善度



脆弱性の例 (Vulnerability) ≒ 損傷リスク

外力と感受性(構造体以外の健全性影響要因)を踏まえた実抵抗力の比

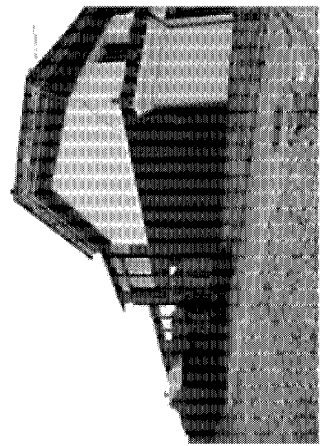
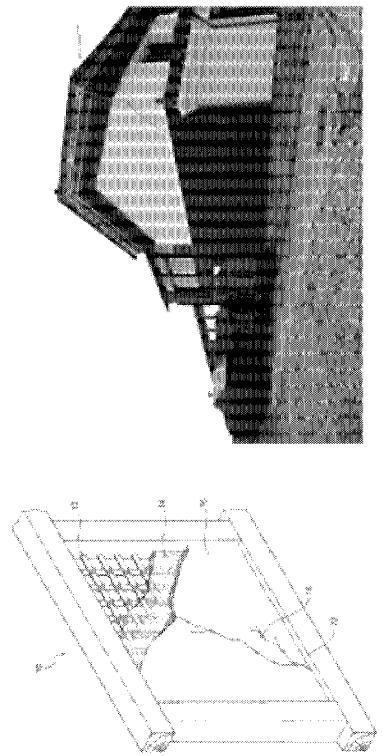


外力F(Real)

設計F(Design) - 間接F(Indirect Effect) << 1.0

研究成果事例 (特許出願ケース)

整理番号 [] 特願2015-039541 (Proof) 提出日:平成27年 2月27日
 【発明者】 明細書
 【発明の名称】 補修壁、補修天井及びびこテ仕上げ面体の補修方法
 【技術分野】
 [0001]
 本発明は、こテ仕上げにより構築された補修壁、補修天井及びびこテ仕上げにより構築された壁、天井等の面体の補修方法に関する。



研究連携(2014年度 テーマ3+1.4)

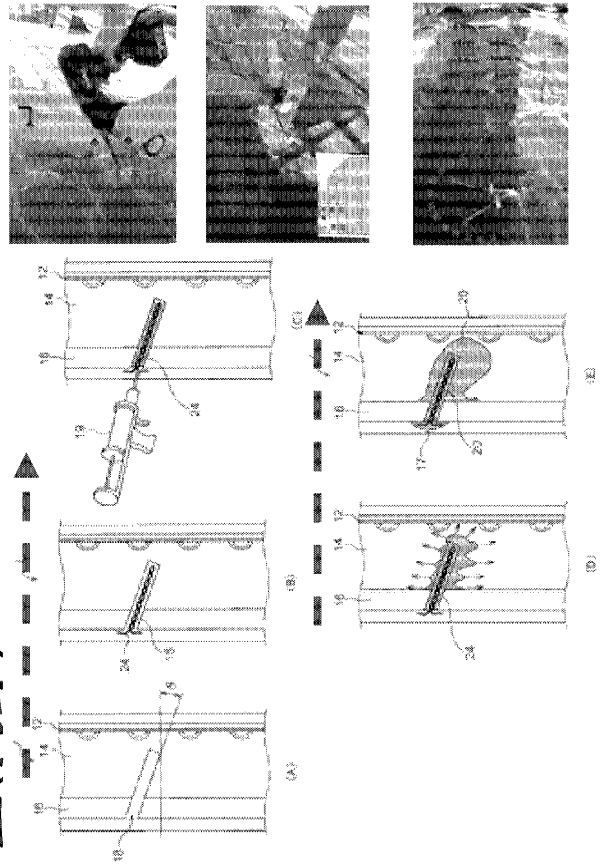
テーマ3 震災廃棄物の再資源化と高機能化

- 1) 災害時に対応可能な躯体材料への有効利用技術
阿部道彦教授
田村雅紀准教授
- 2) 災害時に対応可能な内外装材料への有効利用技術

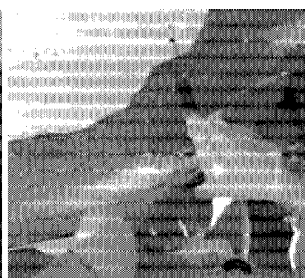
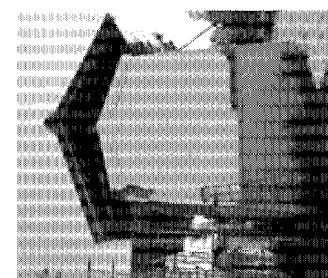
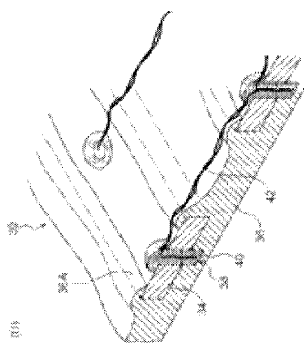
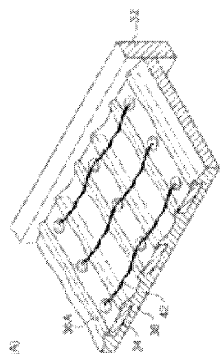
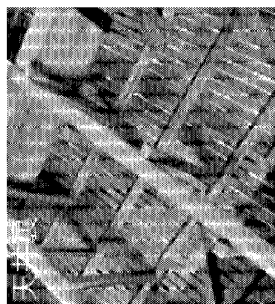
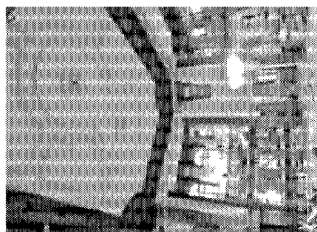
テーマ1.4 都市型木造建物・伝統木造建物の耐震診断・補強法の開発と推進

- 3) 都市型木造建物の耐震補強法と評価法
河合直人教授
- 4) 伝統木造建物に効果的な耐震補強・改修法の開発と推進
後藤治教授、田村雅紀准教授

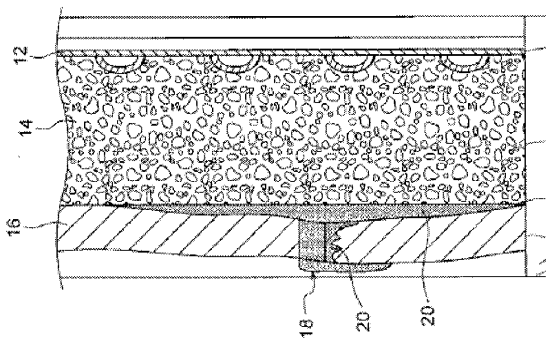
壁(内部)



天井(左官仕上げ)



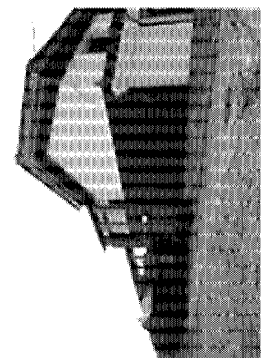
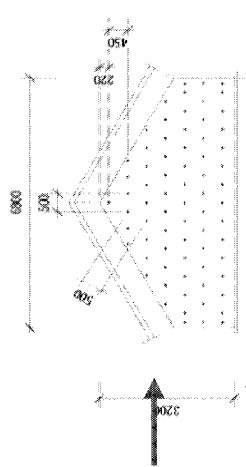
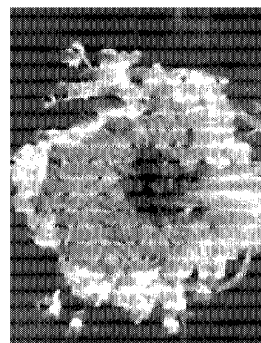
壁(表面)



補修事例(秋田・増田町 伝統的建築物保存地区)

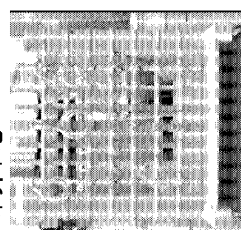
2014年9月12日(金)~9月15日(月)

補修工事:株式会社 樹

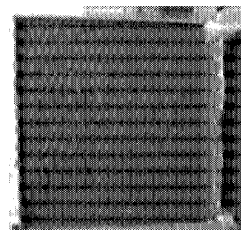


左官壁の要素実験

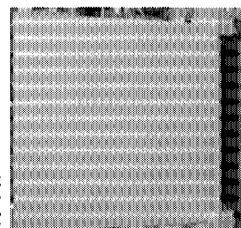
木舞下地



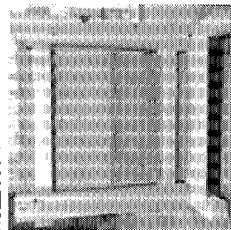
荒壁十中塗



漆喰仕上



荒壁背面

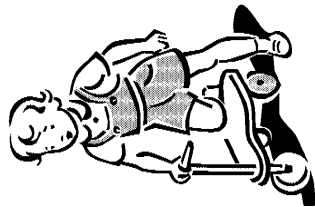


(連携研究)
田村研究室・後藤研究室
あじま左官工芸
株式会社 樹 丸山

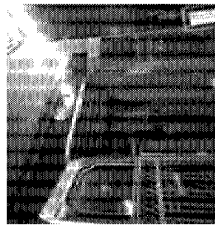
左官壁が傷む場所は？

人

- 1) 肉・骨 = 荒壁
- 2) 下着 = 中塗り
- 3) 上着 = 上塗り
- 4) 機能材 = 扉・意匠

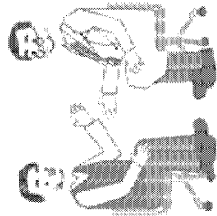


左官壁



左官壁の診断・補修の方法

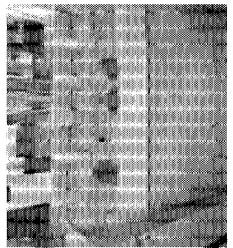
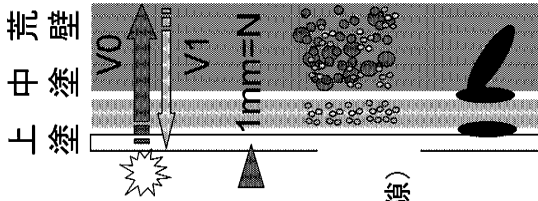
実験1) 荒壁+中塗り+上塗り
= 衝撃波Voによる
反発速度比(V1/Vo)



実験2) 上塗り
= 角部1mm貫入時の
表面硬度(N)

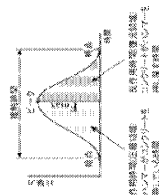
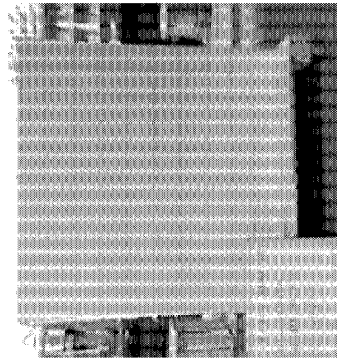
実験3) 荒壁+中塗り
= 組成分析(粘土+砂+空隙)

実験4) 荒壁+中塗り+上塗り
= 樹脂補修の評価
(付着試験)

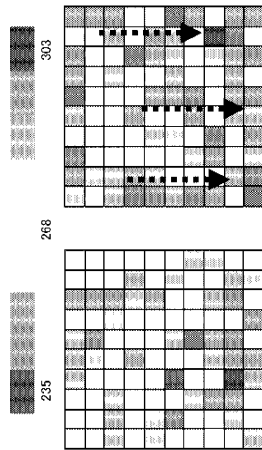


左官壁の実験状況

実験1: 衝撃波Voによる反発速度比(V1/Vo)

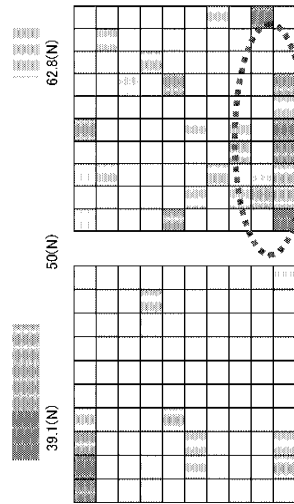
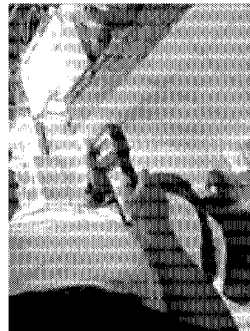


反発速度比 = $V1/V0 \times 1000$

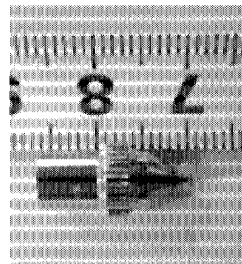


グレードBはひげこ繊維が不足し
壁が全体に下がっている
> 内部の空隙のばらつきが確認

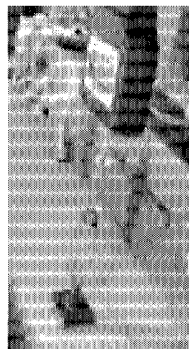
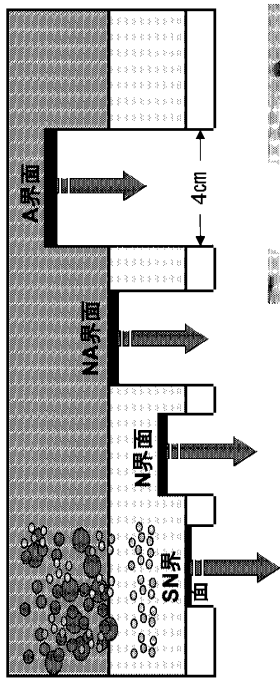
実験2: 1mm貫入時の表面硬度(N)の測定



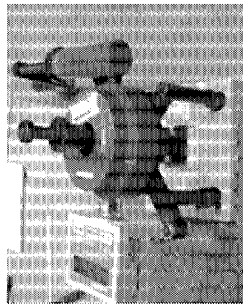
グレードBはひげこ繊維が不足し
壁が全体に下がり変形した結果
> 上塗りの強度低下が確認



実験3 左官壁の付着試験

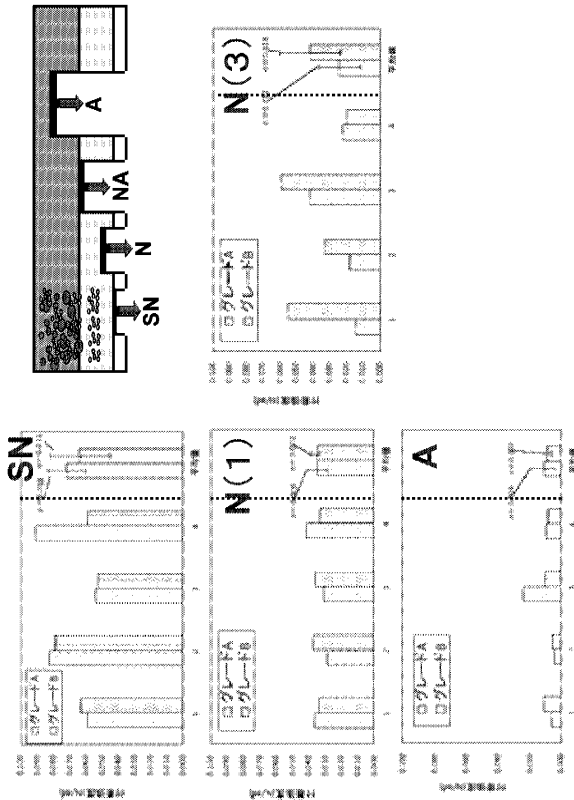


付着試験機(微小強度)



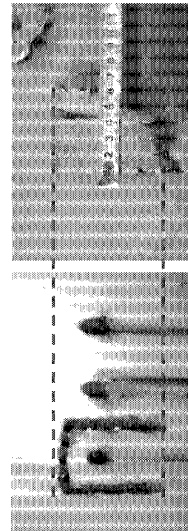
付着試験機(高強度)

実験3 左官壁の付着性能(補修前)

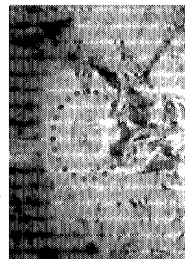


実験4 左官壁の付着性能(浸透性アクリル樹脂)

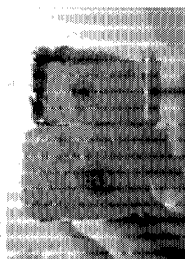
表層補修	深さ	径	注入回数	硬化時間
表面補修	50 mm	4 mm	1回	1日
深部補修	100 mm	10 mm	3回	5日



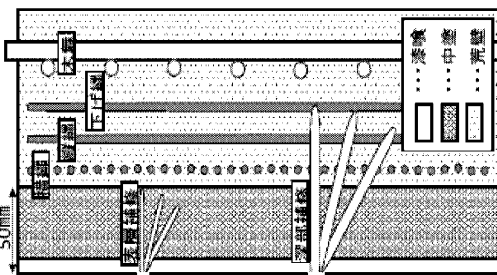
樹脂注入孔と切欠き



深部補修の内部面

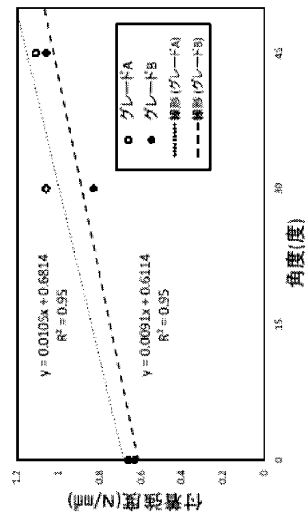
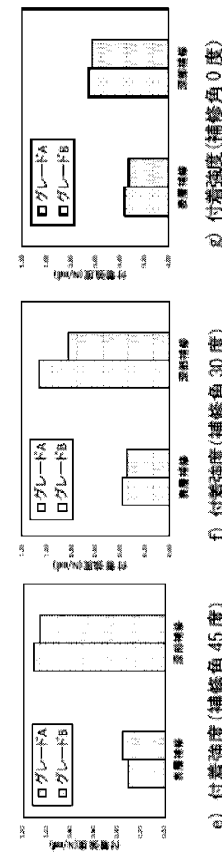


表層補修の破断面

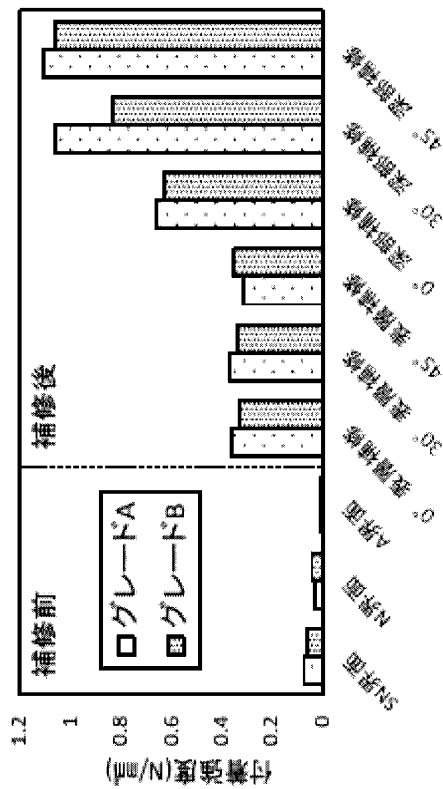


d) 試験体の補修図

実験4 左官壁の付着性能(補修後)



実験(3+4)左官壁の付着性能(before/after)



天井の事例:旧盛岡銀行

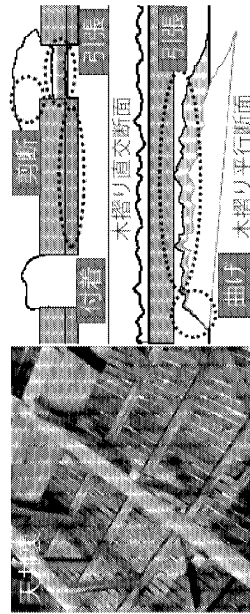
盛岡銀行旧本店本館

所在地: 盛岡市中ノ橋通一丁目2-20
 設計: 西野金吾 事務所
 竣工: 明治44年(1911)
 用途: 銀行(旧盛岡銀行本店本館)

構造形式: 木骨レンガ造
 調査目的: 内部木骨構造調査
 調査箇所: 保存活用にあたり耐震補修及び用途変更予定
 現状: 一部に改修あるも、耐震性能の要へ改修予定

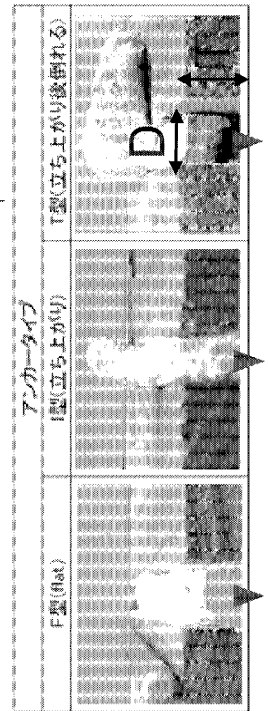
写真: 外観、内部天井、木骨構造、非破壊検査機、八王子へ移送、搬入

天井材の断面構成(木刷り+漆喰)

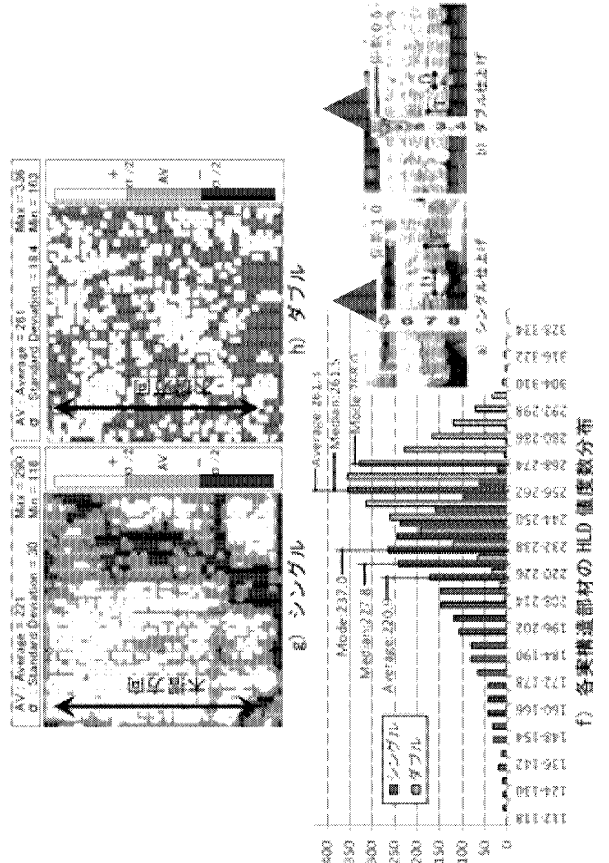


$$\text{アンカー係数} = \frac{D}{T}$$

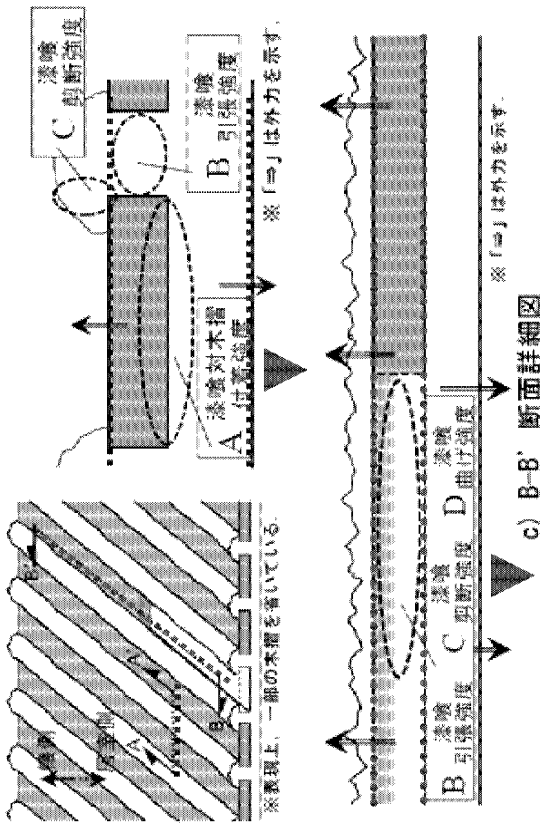
ムニユ



天井材の非破壊試験(反発速度比)

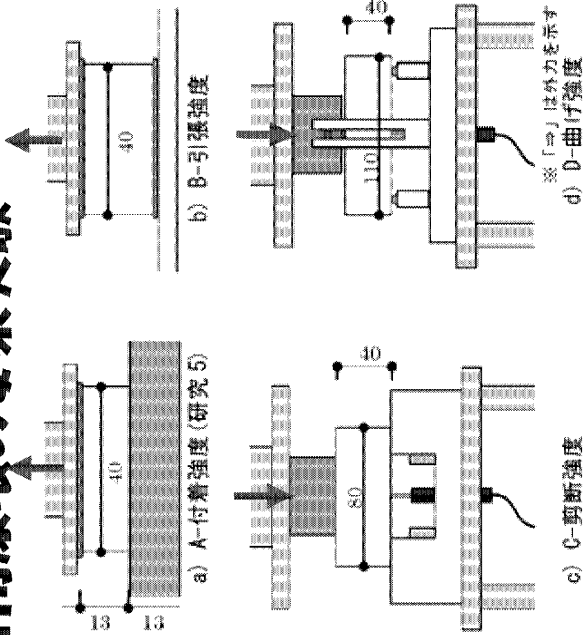


天井材の力学特性の評価



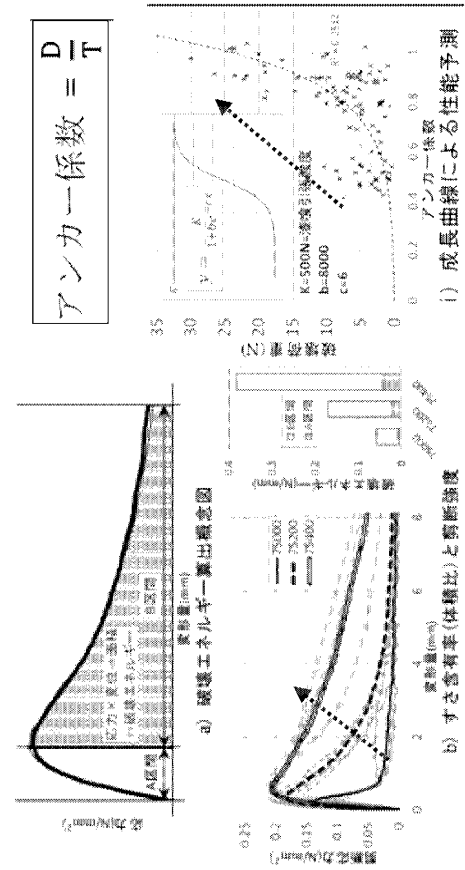
c) B-B' 断面詳細図

左官用漆喰の要素実験



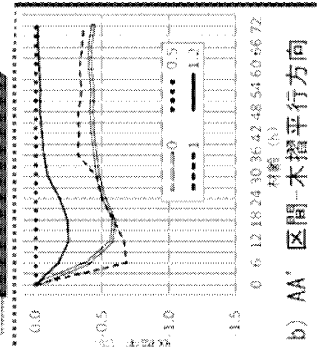
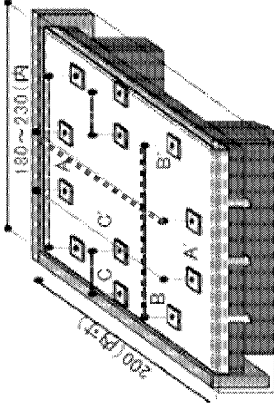
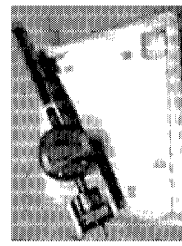
c) C-剪断強度

荷重-変形特性と破壊エネルギー

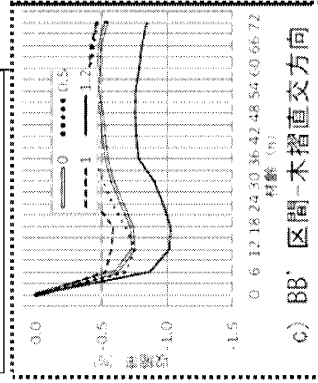


$$\text{アンカー係数} = \frac{D}{T}$$

長期使用による乾燥収縮の影響



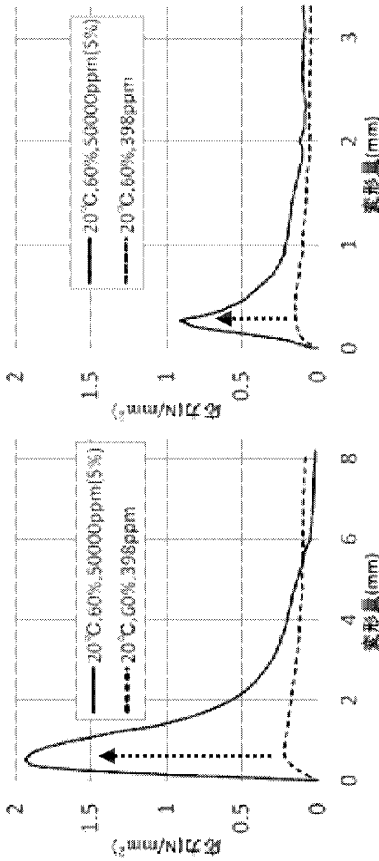
b) AA' 区間-木摺平行方向



c) BB' 区間-木摺直交方向

$$\text{アンカー係数} = \frac{D}{T}$$

長期使用による炭酸化の影響



b) 応力-曲げ変形

まとめ

「震災廃棄物の再資源化と高機能化研究」を通じ、多様な寿命を有する建築ストックに使用された基幹材料・部材における
平常時・災害時を通じた使用性・安全性の性能低下度を把握することができた。
また、現状発展型の再生処理技術を適用し、材料・部材の性能改善を図るための技術的対策を具体的に提案し、
材料保存・資源循環性の確保を前提に、建物全体の長期耐用さらには歴史的建造物の文化性の保全に資する研究成果を提示した。

[テーマ4] 災害対策拠点の分散化を支援する 耐災害性の強い電源・通信システム

2015.3.31

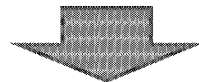
工学院大学 工学部 情報通信工学科

水野 修

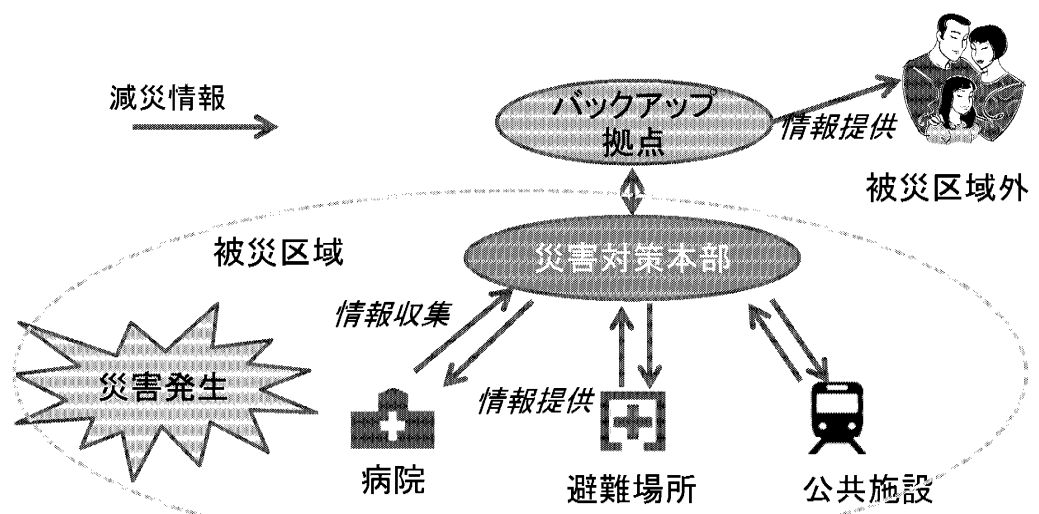
Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

目的

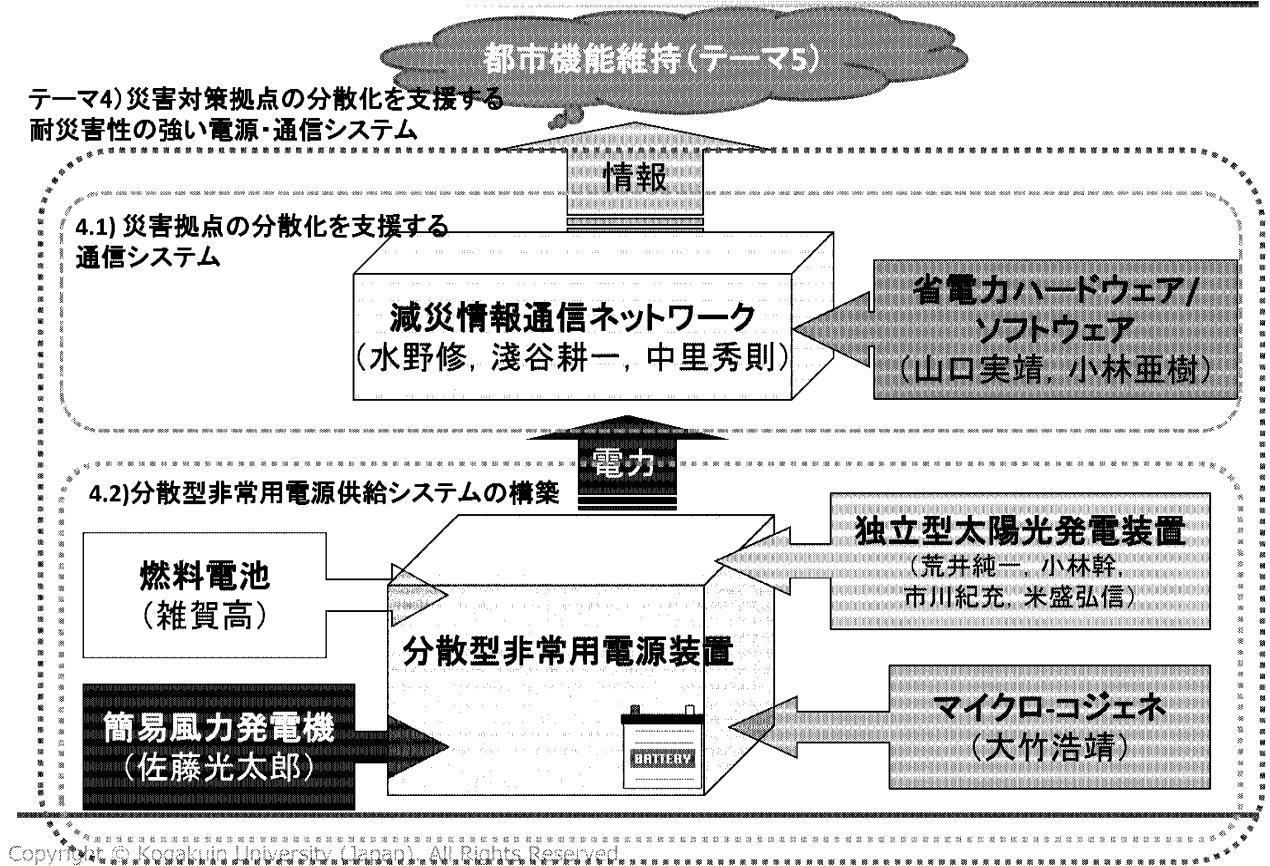
ソフト面からの2次災害低減，機能継続



災害対策拠点の分散化を支援するための，
通信システム・電源システムの構築法の確立

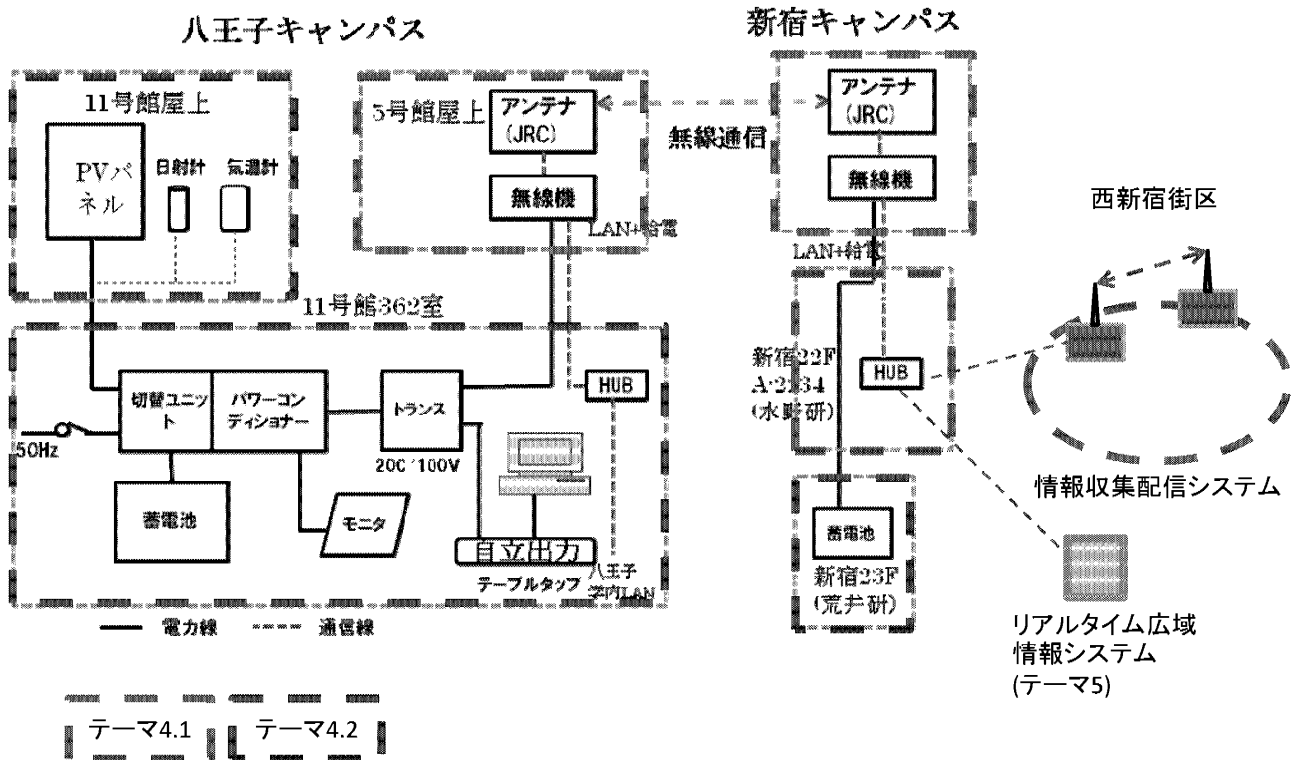


Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved



活動

	H22年度	H23年度	H24年度 (2012年度)	H25年度 (2013年度)	H26年度 (2016年度)	H27年度 度~
4.1) 通信システム	基本検討	システム構築 実験	結合 結合実験	課題対応		PostUDM
4.2) 分散型非常用電源供給システム	基本検討	システム構築 実験	結合 結合	防災訓練	防災訓練	防災訓練 研究終結
(参考)テーマ5						



Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

[テーマ4.1] 災害拠点の分散化を支援する 通信システム

①学内

長距離無線LAN・非常用通信システム構築法

情報通信工学科・教授 水野 修

分散型拠点構築法・分散型災害時情報共有システム

情報通信工学科・准教授 小林 亜樹

省電力サーバシステムの研究

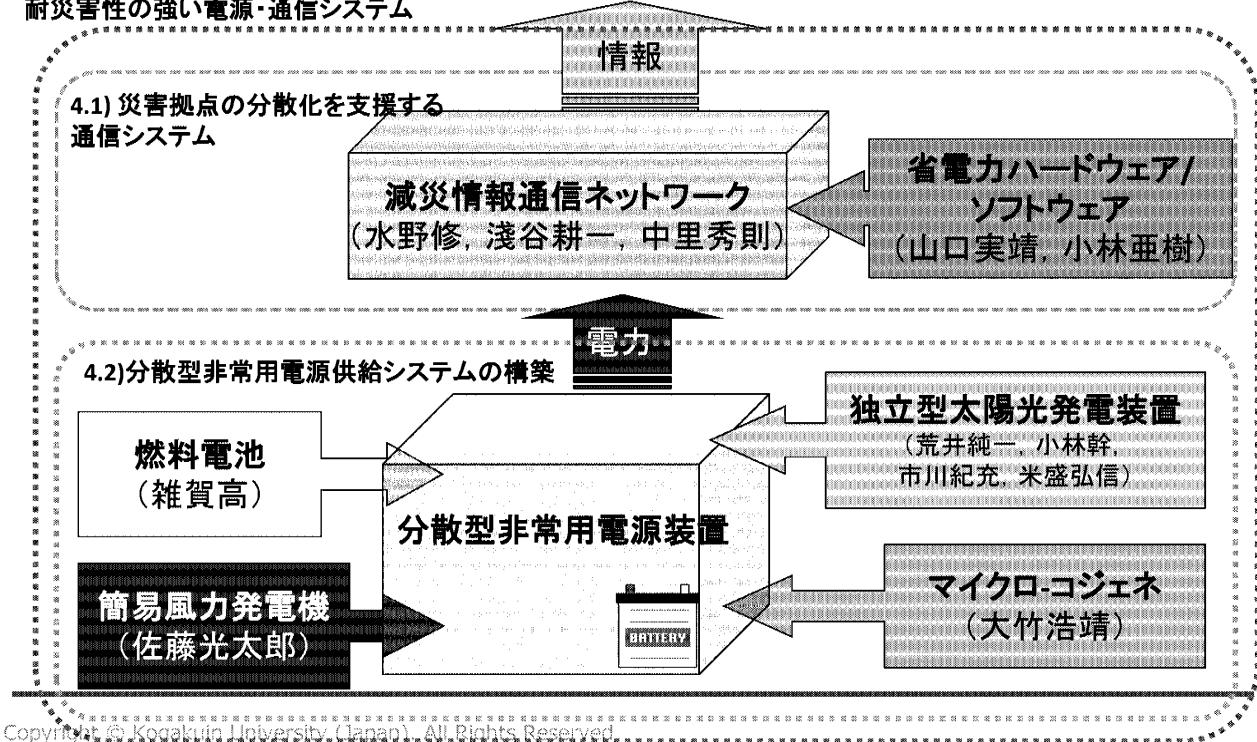
情報通信工学科・准教授 山口 実靖

②学外

工学院大学 名誉教授：浅谷 耕一，早稲田大学・教授：中里 秀則，

都市機能維持(テーマ5)

テーマ4) 災害対策拠点の分散化を支援する
耐災害性の強い電源・通信システム



Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved.

背景と目的

• 背景

都市部における災害発生時においては、山間部や居住区域と異なる減災情報システムが求められる。

- 密集地における映像等を用いた災害地の状況把握
- 多数の罹災者への情報提供
- 企業活動を途絶しないための遠隔地への業務分担
- エネルギー消費が少ないシステム

• 目的

災害発生状況下で、情報伝達を円滑に実現するための、情報通信システム構築法の確立

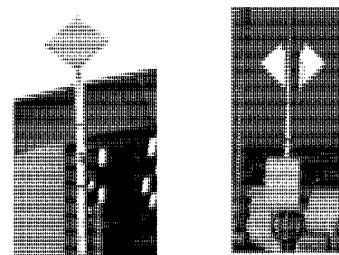
- 独立型電源システム(テーマ4.2)との連携による電源供給
- リアルタイム広域情報共有システム(テーマ5.3)との連携による情報共有
- 西新宿地区の情報収集配信システムの実験検証
- 防災訓練での検証
- DTN(Delay Tolerant Network)の適用
- サーバ構成要素ごとのエネルギー消費評価

今回報告

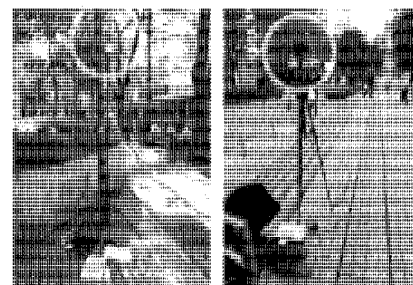
Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

設備

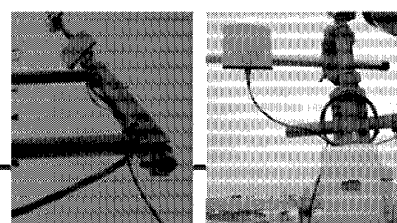
項目	機器名	型番	メーカー	数量	備考
親局	無線機	JRL-749AP2	日本無線	1台	4.9GHz
	アンテナ	NZA-647	日本無線	1台	21dB
	電源供給ユニット	GMN-101A	日本無線	1台	
子局	無線機	JRL-749ST2	日本無線	1台	4.9GHz
	アンテナ	NZA-647	日本無線	1台	21dB
	電源供給ユニット	GMN-101A	日本無線	1台	



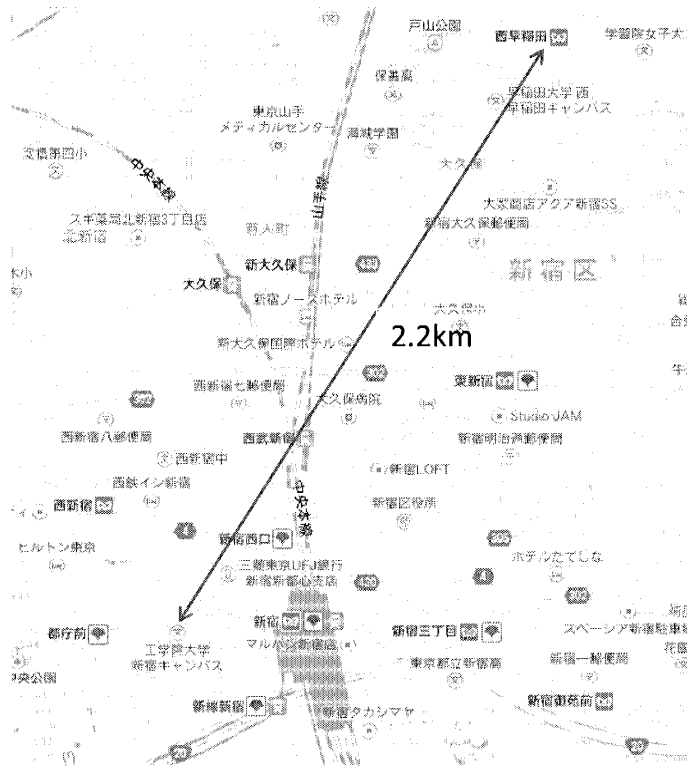
項目	機器名	型番	メーカー	数量	備考
親局	無線機	JRL-749AP2	日本無線	1台	4.9GHz
	アンテナ	NZA-657	日本無線	1台	利得5dB
	同軸ケーブル	7ZCWNO005	日本無線	1本	
子局	無線機	JRL-749ST2	日本無線	5台	4.9GHz
	アンテナ	NZA-646	日本無線	5台	利得5dB
	同軸ケーブル	7ZCWNO005	日本無線	5本	



項目	機器名	型番	メーカー	数量	備考
親局	無線機	JRL-710AP3	日本無線	1台	5.6GHz
	アンテナ	NZA-646	日本無線	1台	18dB
	電源供給ユニット	GMN-101A	日本無線	1台	
子局	無線機	JRL-710ST3	日本無線	1台	5.6GHz
	アンテナ	NZA-646	日本無線	1台	18dB
	電源供給ユニット	GMN-101A	日本無線	1台	

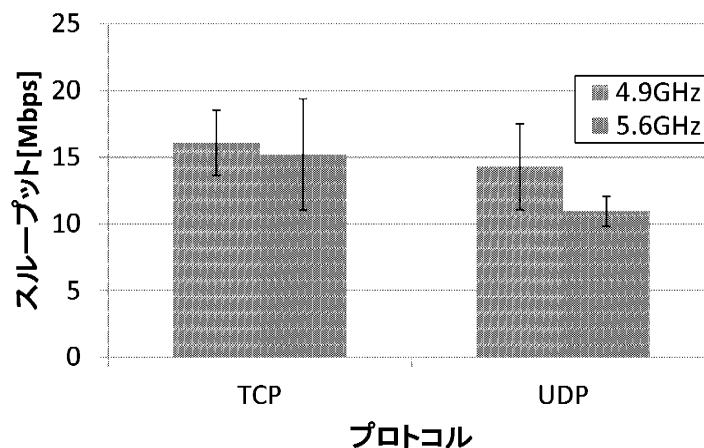


- ・実施日: 2014.11.4-6
- ・場所:
工学院大新宿キャンパス屋上
早稲田大56号館(シルマン
ホール)屋上
- ・測定内容
iPerfを使ってスループットを測定
無線機のコマンドを使ってRSSI
(電界強度)を測定



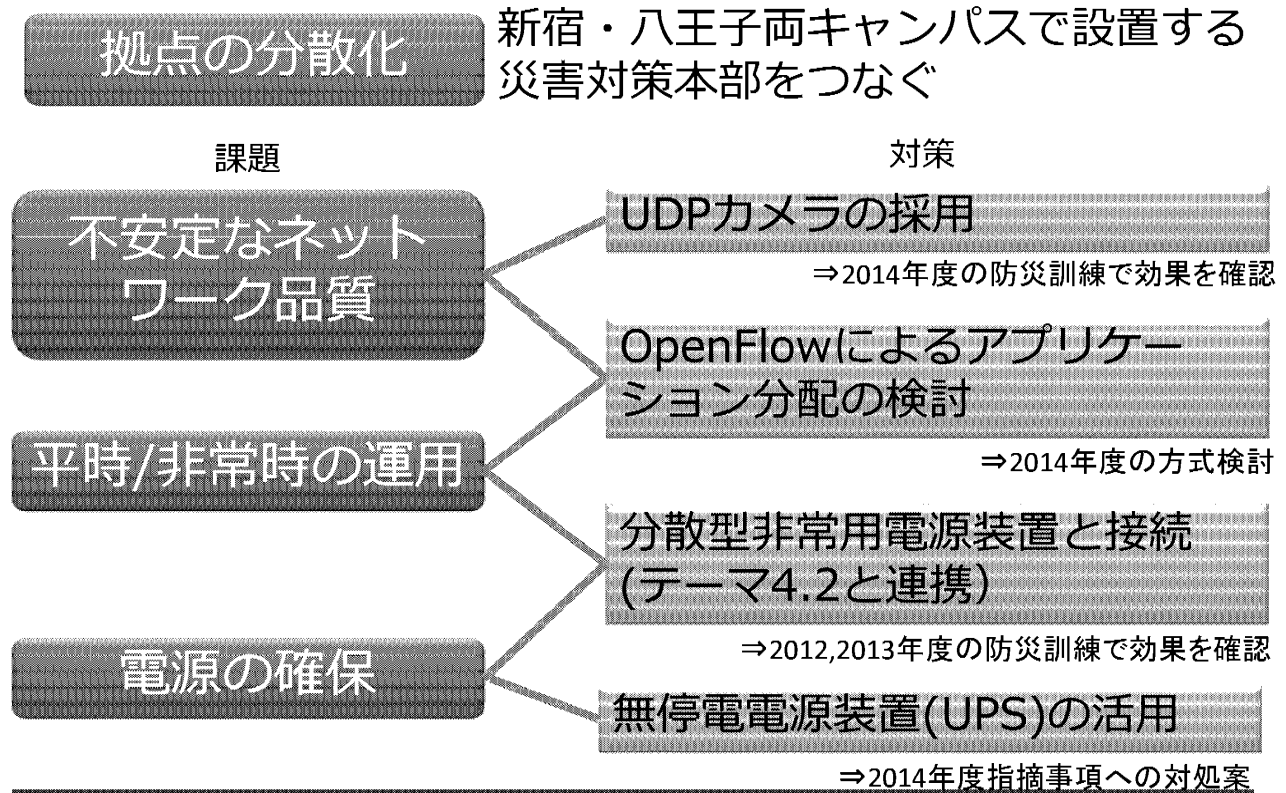
Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

結果



- ・ 4.9GHz, 5.6GHzとも電界強度は同程度。
- ・ スループットは若干4.9GHzが良いが、どちらも動画を転送するレベルのスループットは安定して充分得られる。

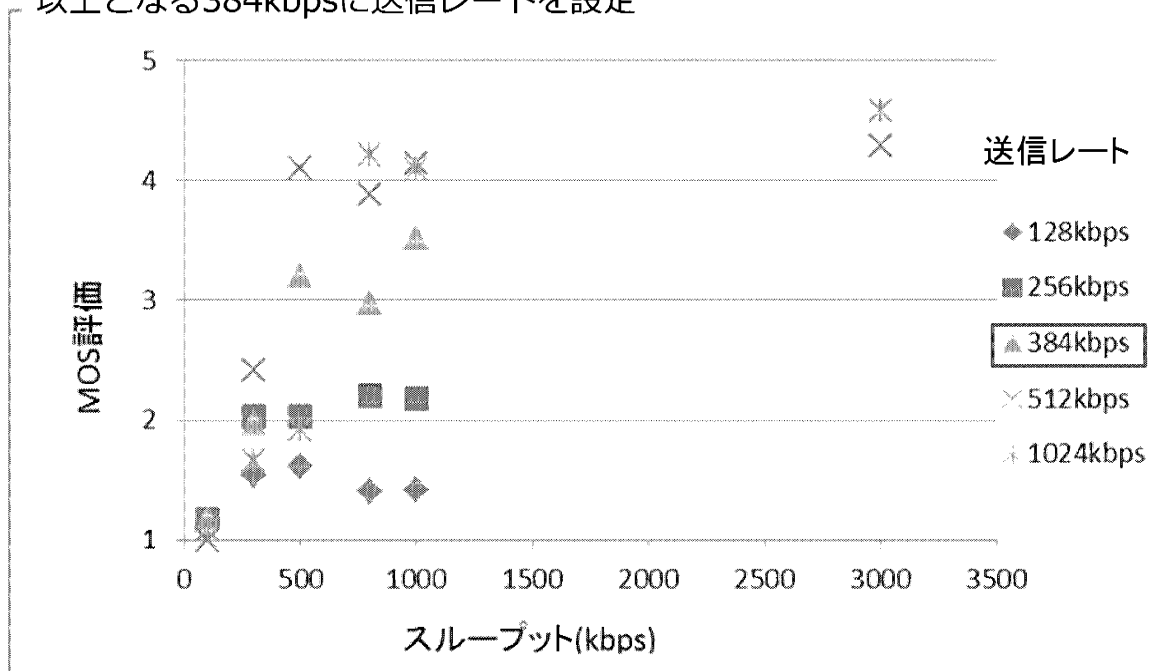
Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved



[参考]TCPとUDP

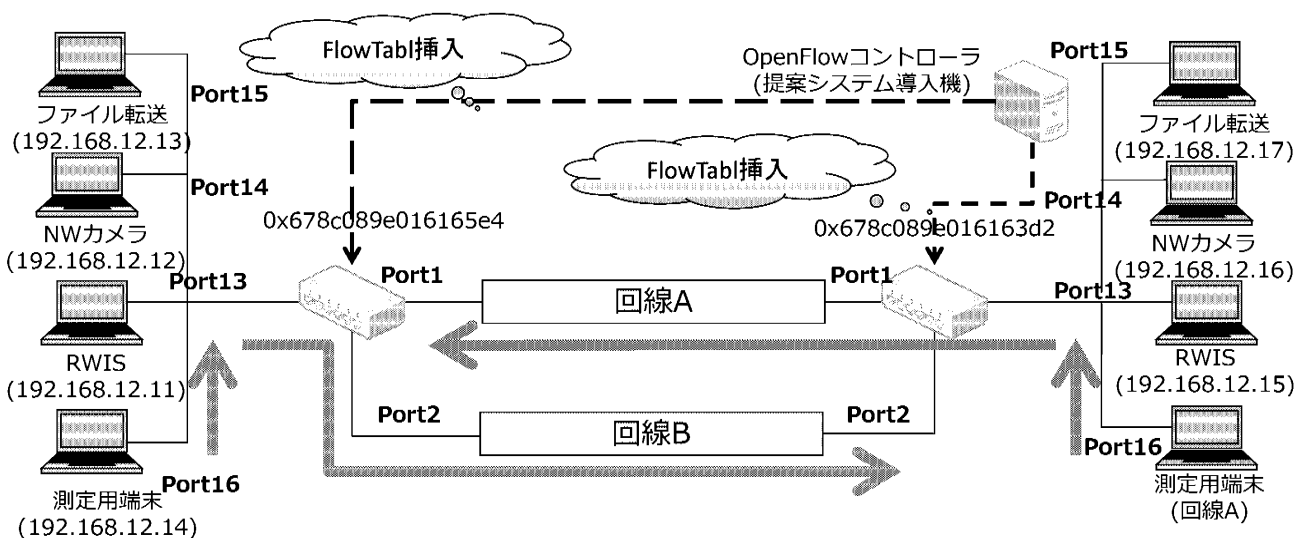
- TCP (Transmission Control Protocol)
 伝送するデータの信頼性を確保する方式
 ⇒ 高い品質が得られる。
 ⇒ データが失われると、再送や伝送量の制限を行う
- UDP (User Datagram Protocol)
 データが届いたかどうかを関与しない方式
 ⇒ とりあえず、届いたデータで再生する
 ⇒ 送信レートとネットワークの帯域を一致させることが望ましい。

ネットワークのスループットが低くても、ユーザ評価値(MOS)が3(普通)以上となる384kbpsに送信レートを設定



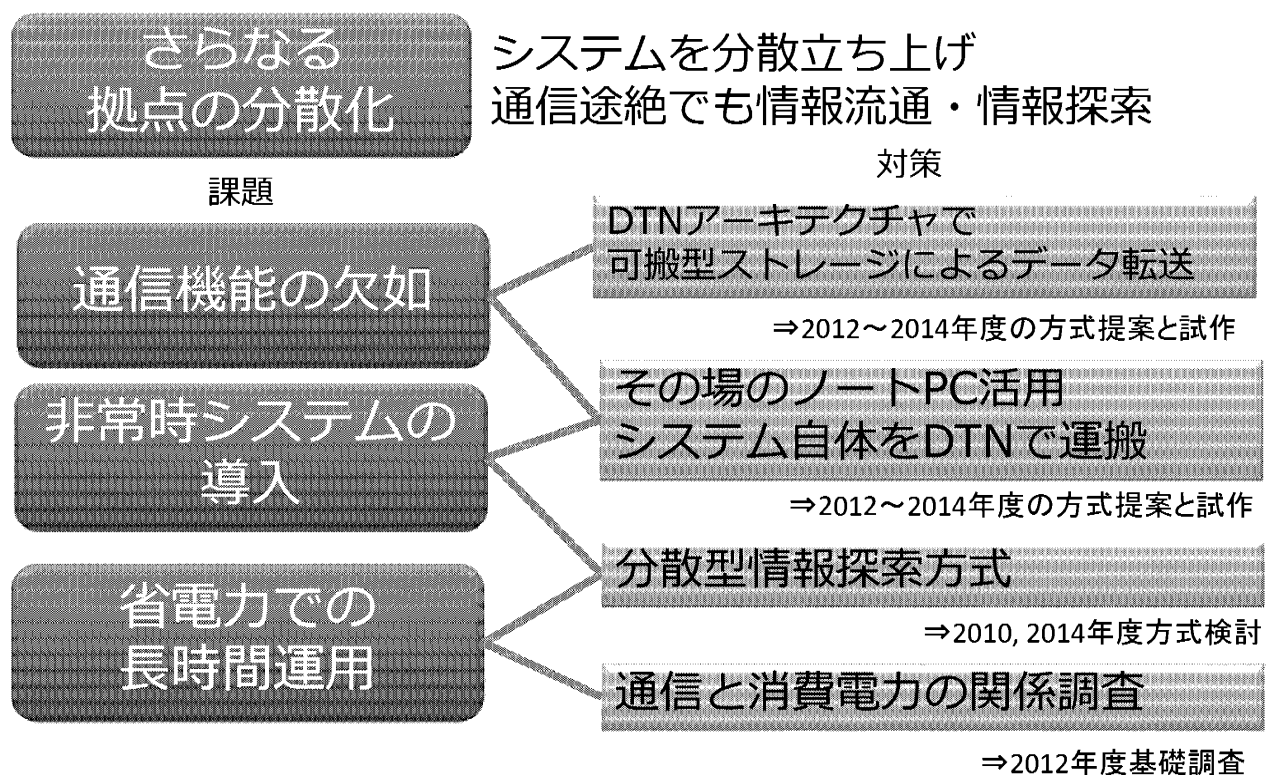
OpenFlowを用いたアプリケーション分配

1. 2回線の帯域を測定する
2. 測定した値をコントローラに通知する
3. コントローラは値を参考に通信方式、及び2回線の分配比率を変更する
4. アプリケーションの分配を行う



- 分散型非常用電源装置, 非常用電源装置による電源供給 ⇒ 無線機, サーバ, 照明など
 - 個別バッテリー ⇒ ノートPC
- ↓
- パイプシャフト内のハブや, ディ스플레이などは電源供給ができない
⇒ UPSの活用

分散型拠点による災害時情報システム - 1/2 工学院大学
KOGAKUIN UNIVERSITY



[テーマ 4.2] 分散型非常用電源供給システムの構築

①学内

独立型太陽光発電システムの研究

電気システム工学科・教授 荒井純一，准教授 市川紀充

コアンダ風車，フラッタ発電の基礎的研究

グローバルエンジニアリング学部・教授 佐藤光太郎

再生可能エネルギーによる分散型燃料電池発電システムの開発研究

グローバルエンジニアリング学部・教授 雑賀高

都市型コジェネレーションシステムに関する研究

機械工学科・教授 大竹浩靖

②学外

サレジオ高専：准教授：米盛弘信，青山学院大学・教授：横田和彦，

信州大学・教授：小泉安郎

都市機能維持 (テーマ5)

テーマ4 災害対策拠点の分散化を支援する
耐災害性の強い電源・通信システム

4.1) 災害拠点の分散化を支援する通信システム

減災情報通信ネットワーク

省電力ハードウェア/ソフトウェア

電力

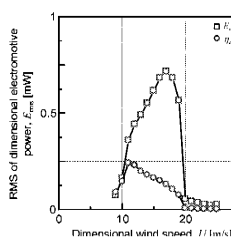
4.2) 分散型非常用電源供給システムの構築

独立型太陽光発電装置
荒井純一，市川紀充，米盛弘信
(後述)

分散型非常用
電源装置

風力発電 (佐藤光太郎，横田和彦)

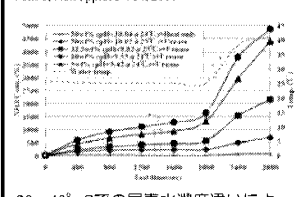
Donghyuk Kang, Kazuhiko Yokota, and Kotaro Sato, Flagmill - A New Power Generator Utilizing Flexible Sheet -, Bulletin of the JSME, Journal of fluid science and technology, 2012, 2



主流速度と発電量・発電効率との関係およびフラッタの挙動観察例 (L=0.1m, W=0.1m)

燃料電池 (雑賀 高)

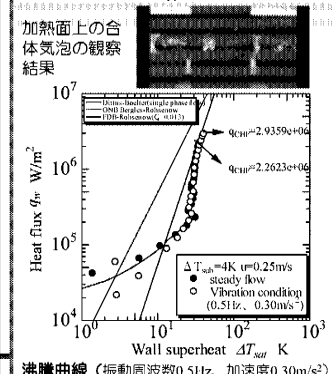
野原徹哉, 雑賀 高, 尿素を原料とするアンモニア燃料水系エネルギーシステムの研究 (続報) - 酵素触媒による尿素加水分解およびアンモニア分解による水素生成 -, 日本エネルギー学会誌, Vol.90, No.9, pp.895-904, 2011



20~40°Cでの尿素水濃度違いによるNH₃発生量比較 (フラーゼ触媒 20,000Unit)

マイクロコジェネ (大竹浩靖)

Hiroyasu Onitske and Koji Hasegawa, Boiling Heat Transfer Characteristics and Film Boiling Collapse Temperature through the Two-Dimensional Temperature Field Measurement, 15th International Heat Transfer Conference, IHTC15-9511/PBL-B1-522, pp. 1-10, 2014. [査読有]



沸騰曲線 (振動周波数0.51Hz, 加速度0.30m/s²)

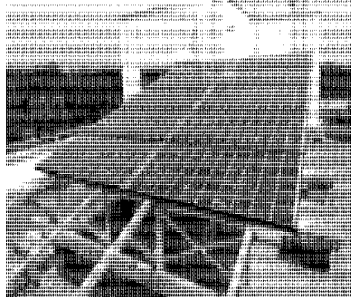
- 震災時に電力会社からの商用電源が停電することを想定し、その停電時にパソコンおよび無線通信機へ電力を供給
- 停電時に独立して電力を供給することにより遠方との通信を確保し、遠方との情報交換により減災さらには都市機能継続に役立てる
- 自然エネルギーの活用
- 信頼性の高い電子機器の設計(市川)
- 太陽光発電装置の発電出力予測(荒井, 米盛)

今回報告

Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

信頼性の高い電子機器の設計

太陽光パネル

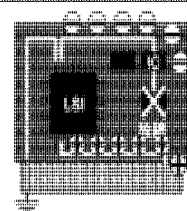


計測機器等



信頼性の高い電子機器の設計に指針を与えることを目的として、主として実験研究を実施した。

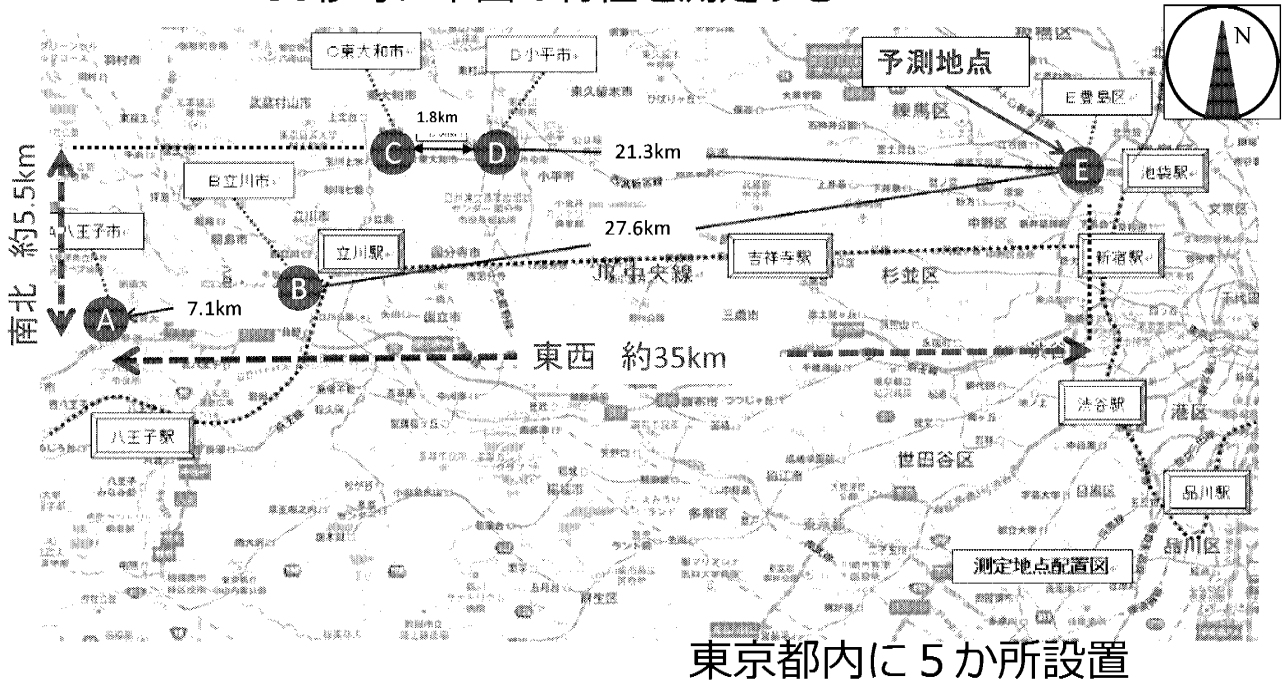
GMRヘッドは、5ボルト程度の電圧でも壊れる



電子回路基板

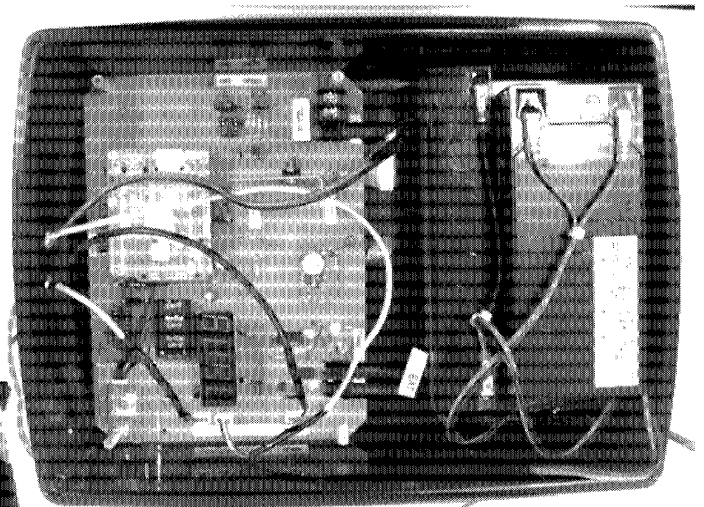
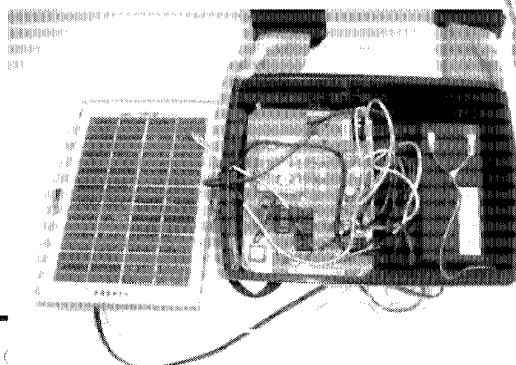
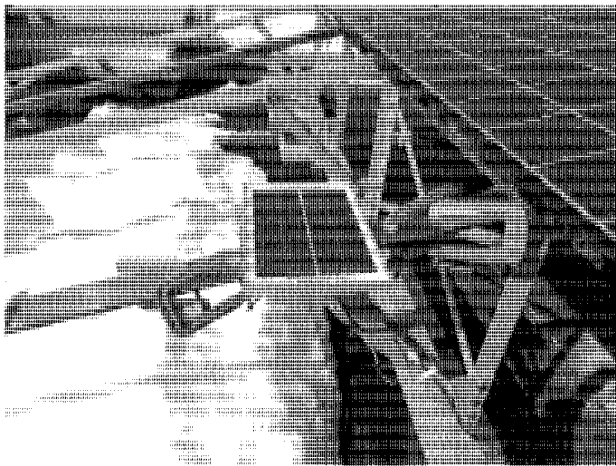
帯電物体(約10キロボルトに帯電)の移動

小さなPVパネルを用いて発電量を測定
30秒毎に下図の特性を測定する



Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

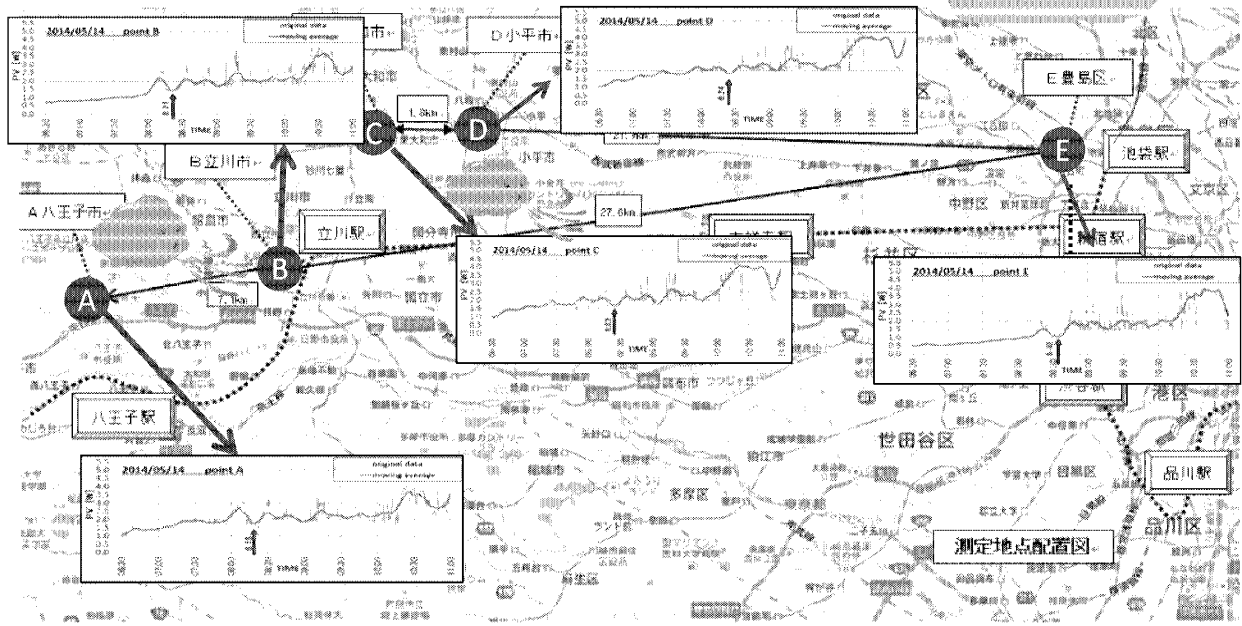
開発した測定装置



Copyright (

測定例

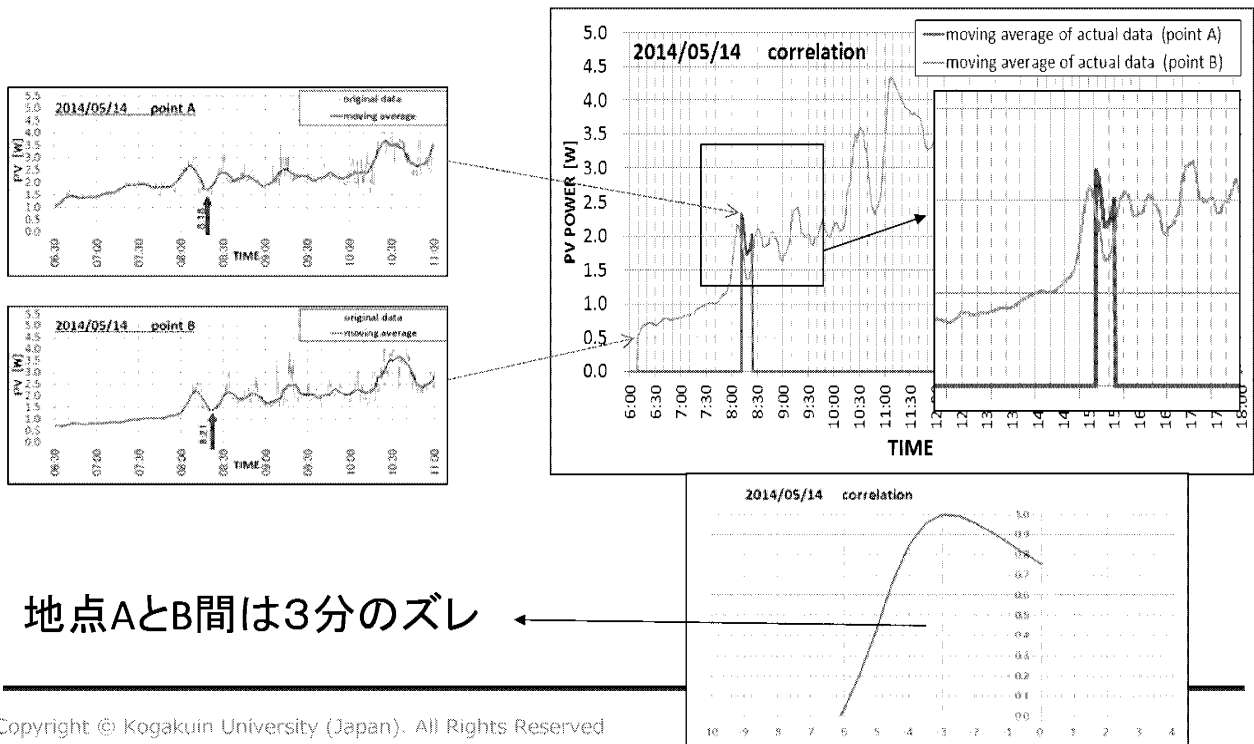
電力低下点に着目する



Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

電力低下点の特定

30km程度離れた場所に測定装置を置けば、5～6分程度前に発電量の変化を予測できる



地点AとB間は3分のズレ ←

Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

- 4.1非常時通信システム, 4.2非常用電力供給システム, 5.3広域情報共有システムの連携で, 「情報収集伝達」「退避誘導支援」について成果を得た.
- ネットワークの不安定さの改善, 平時・非常時のスムーズな運用移行についてOpenFlow技術を用いる方式を検討した.
- 防災訓練で運用の課題を検証し, 対処方法を示した.
- 実用化・商用化段階に入った太陽光発電については, 実用性を検証した.
- 萌芽的研究である燃料電池, フラッタ発電では, 理論解析的な手法を用いるなど, 本研究を通じて一定の学術的成果が得られた

以下スクラッチ

4. 2

独立型太陽光発電装置 の出力予測

電気システム工学科
荒井純一, 小林浩昭

UDM報告2014

Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

これまでの成果と課題

- 独立型電源システム(テーマ4.2) による電源供給
- リアルタイム広域情報共有システム(テーマ5.3)の適用
- 西新宿地区の情報収集配信システムの設置方法
- システム運用法を防災訓練で検証
- DTN(Delay Tolerant Network)の適用
- サーバ構成要素ごとのエネルギー消費評価

新宿区域内通信システムの構築

新宿～八王子の長距離無線LANの安定した情報伝送の確保

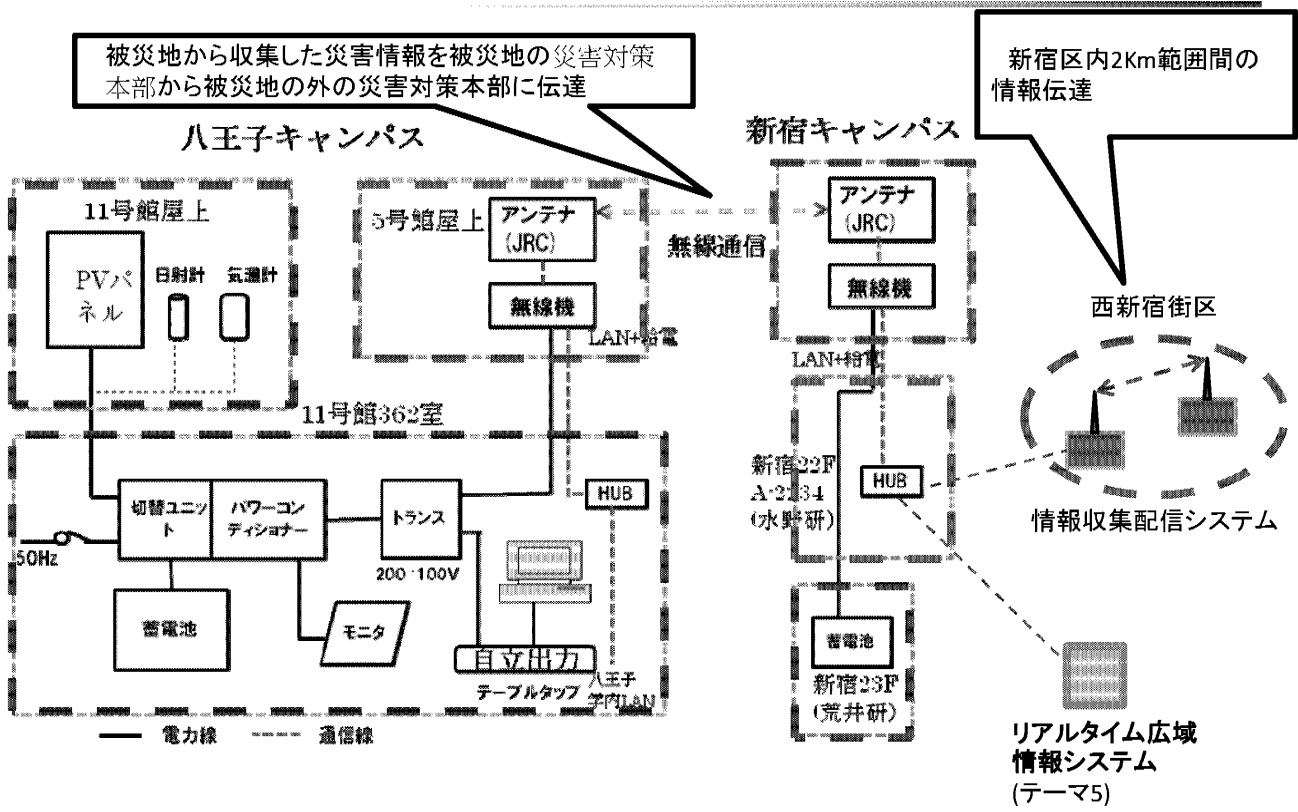
DTNを応用した災害情報共有システム



PostUDMへ

Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

システム構成



Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

各周波数帯の比較

周波数帯	2.4GHz	4.9-5.0GHz	5.47GHz-5.725GHz
チャンネル間隔	規定なし	5/10/20/40MHz	20/40MHz
空中線電力	5mW/MHz	25mW/MHz	5mW/MHz
空中線利得	12.14dBi	13dBi	規定なし
DFS、TPC	不要	不要	必要
電波干渉	ルーター、電子レンジとの干渉	少ない	レーダーとの干渉有
規格	802.11b/g/n	802.11j	802.11a
無線局登録	不要	要	不要

新宿地区は干渉が多く使用できない

・新宿～八王子無線LANで使用
・最近利用が増大

新宿区内での適用性を検証

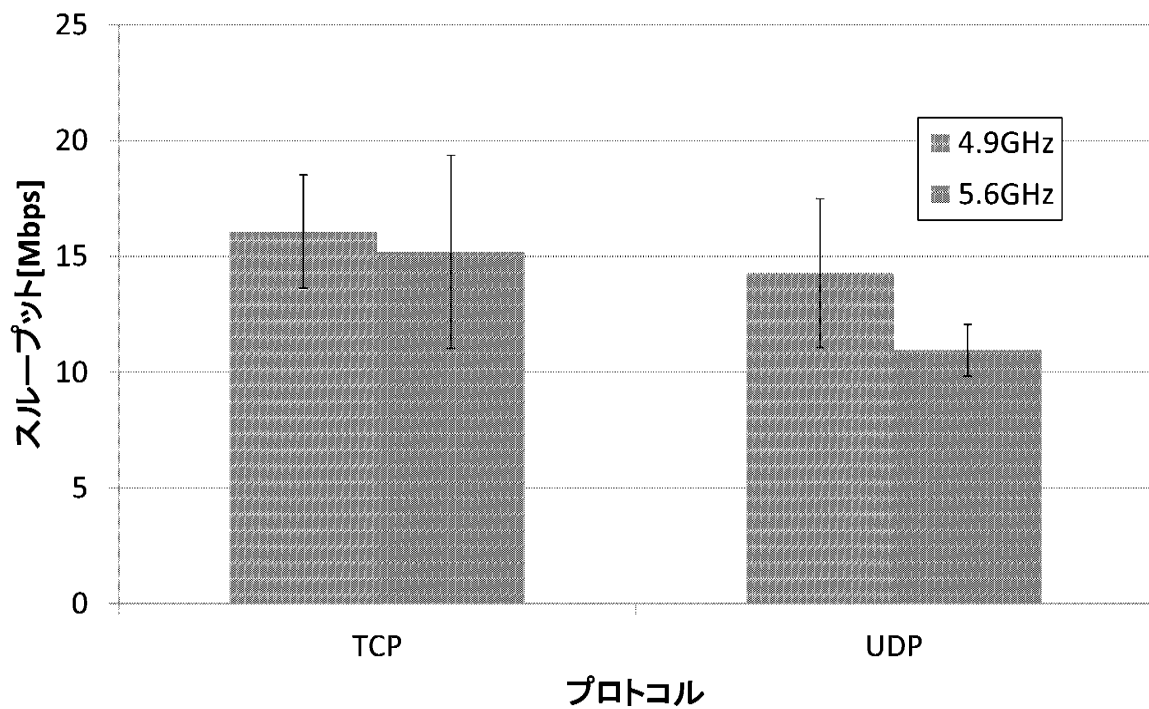
DFS(Dynamic Frequency Selection): 無線LANがレーダとの周波数を共有して使用するための機能
 TPC(Transmitter Power Control): 無線LANのひとつの通信系における平均の空中線電力を3dB下げる機能

Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved



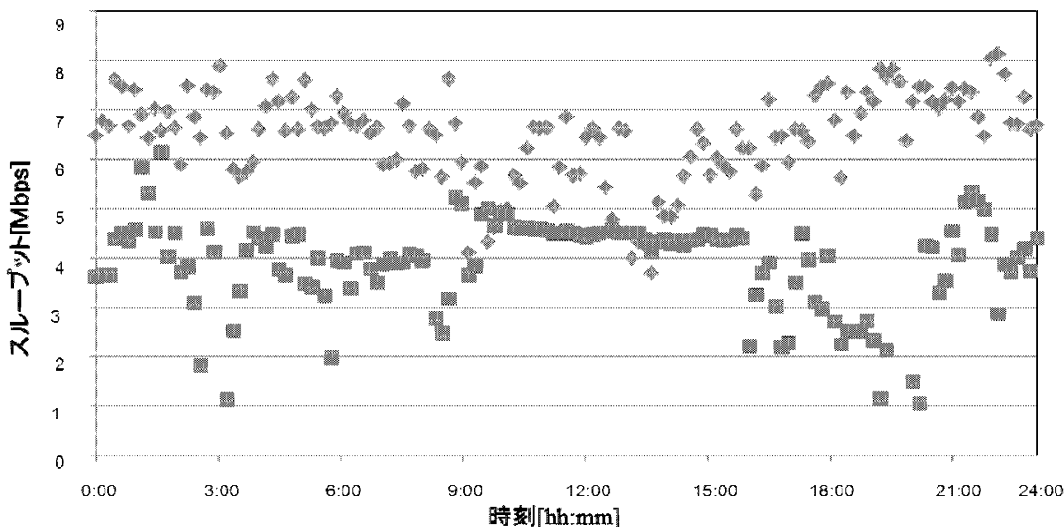
Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

プロトコル別スループット測定値 工学院大学 KOGAKUIN UNIVERSITY



Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

同時刻に測定した2回線のスループットの比較を行ったところ、2回線とも揺らぎは発生する
 → 安定したスループットを得るには？



2012年11月8日の測定結果

Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

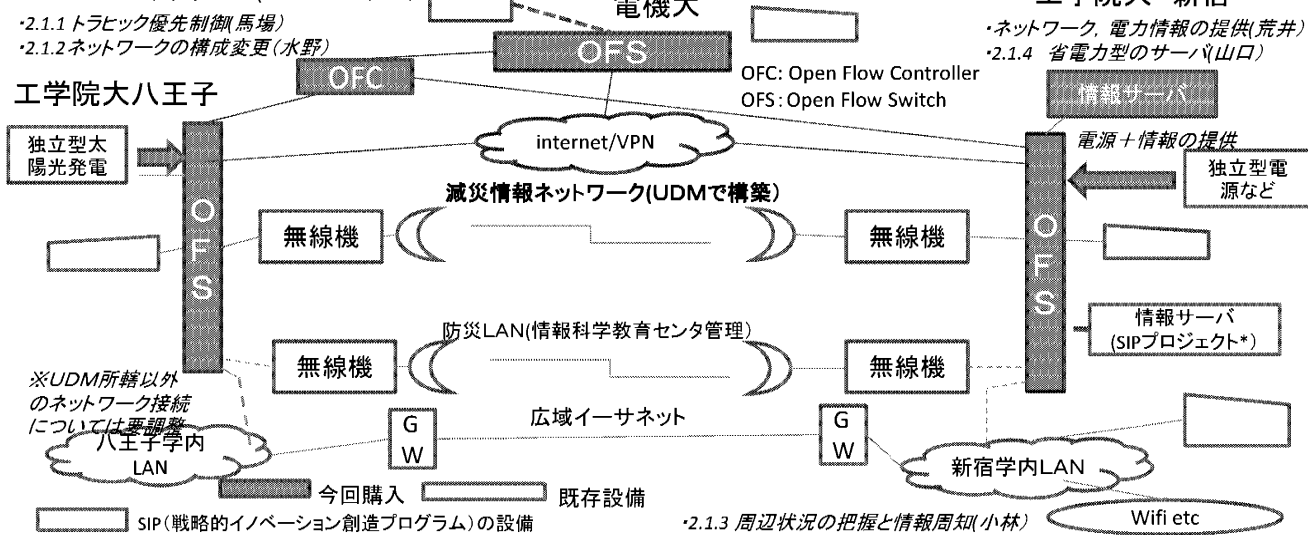
Post UDM

- ・目的: 通常時と災害時の継続的な運用の実現
 - ・通常時/災害時のネットワークモード切換えを行う→災害対策本部の優先制御, 外部からの問い合わせトラフィックの分散化など
 - ・通信系と電力系と組み合わせた運用を実現する →電源の状況の見える化, モニタリングデータ(カメラ, 天候など)の配信,

ユースケース 通常: 新八間のテレビ会議, SDNの実験, などで使用. 省エネの啓蒙など

災害時: 災対本部間通信, 情報伝搬などに使用

クライアント(SIPプロジェクト*)



Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

小課題 4.2) 分散型非常用電源供給システムの構築

小課題研究組織

①学内

独立型太陽光発電システムの研究

電気システム工学科・教授 荒井純一，准教授 市川紀充

コアンダ風車，フラッタ発電の基礎的研究

グローバルエンジニアリング学部・教授 佐藤光太郎

再生可能エネルギーによる分散型燃料電池発電システムの開発研究

グローバルエンジニアリング学部・教授 雑賀高

都市型コジェネレーションシステムに関する研究

機械工学科・教授 大竹浩靖

分散型電源開発のための基礎的研究

②学外

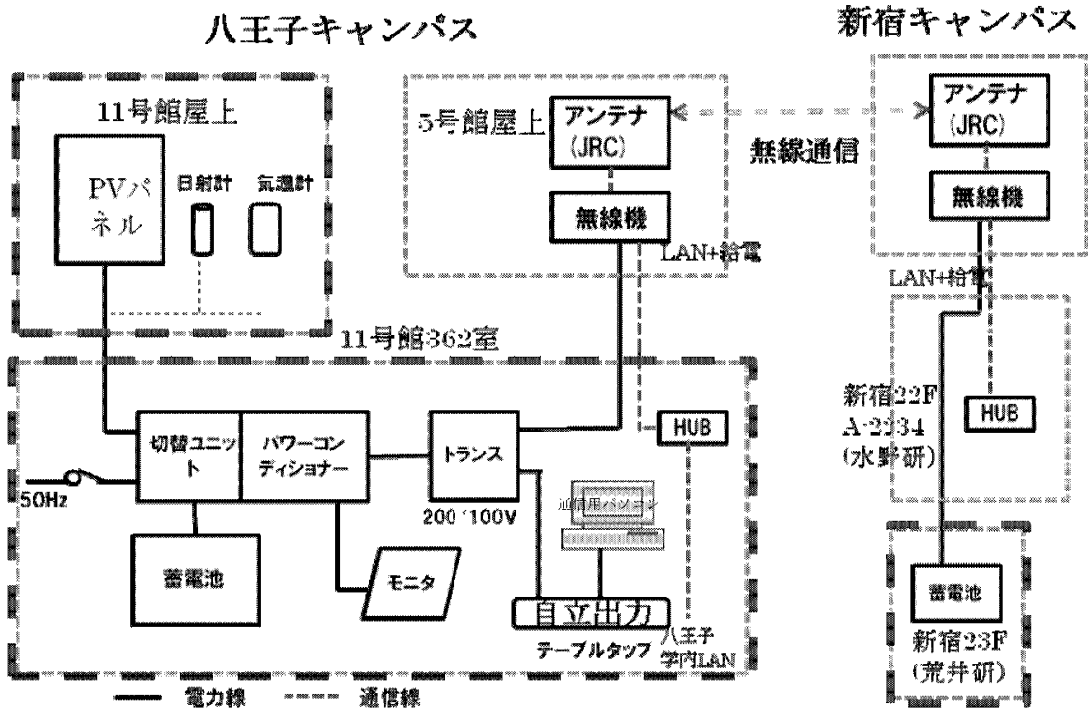
サレジオ高専：准教授：米盛弘信，青山学院大学・教授：横田和彦，信州大学・教授：小泉安太郎

Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

これまでの成果と本年度研究



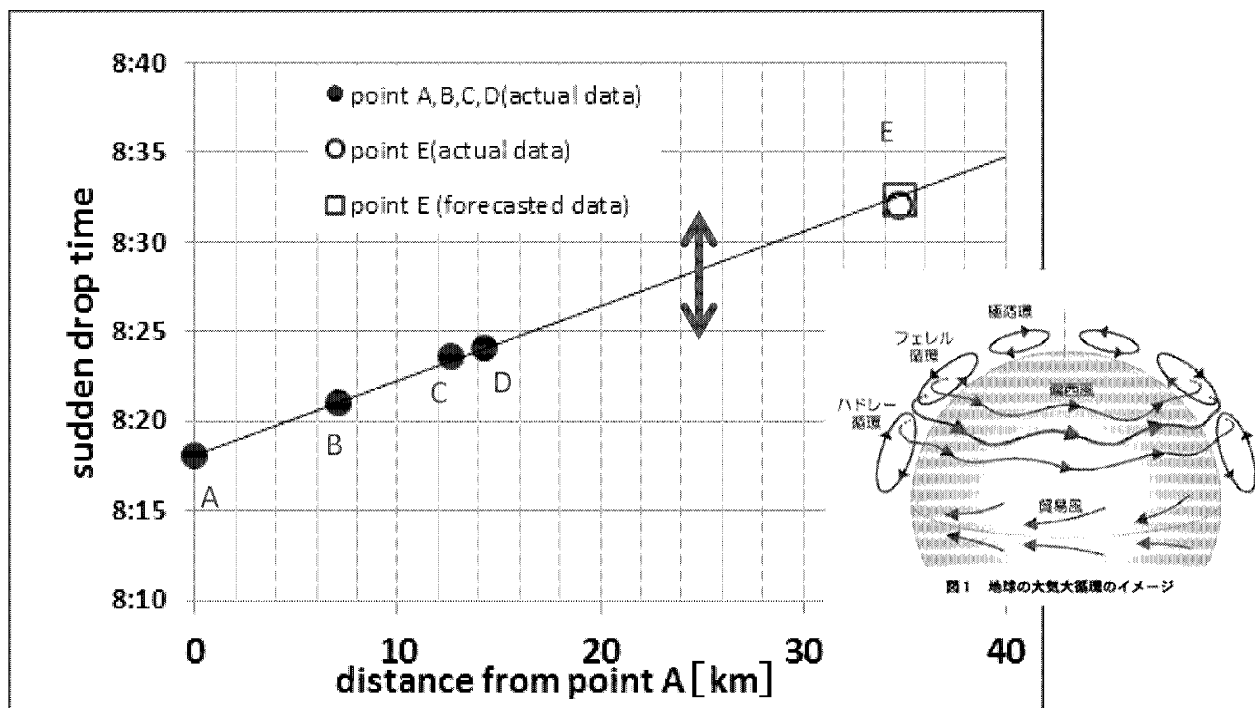
- 独立型太陽光発電装置を構築
- 商用電力システムを模擬停電させて，新宿との無線通信を行い当初の目的を達成することができることを確認
- 独立型太陽光発電装置は，常時，併設する蓄電池に充電をしておき，停電時にその蓄電池から電力を供給。そこではあらかじめ接続した計算機とアンテナへ電力を供給し，その継続期間を2日と想定していた。そのような少ない負荷では2日間は電力供給できることを確認した。
- しかし，更に長時間の停電を想定すると，蓄電池の充電容量が少ない場合，太陽光発電装置の発電量に見合った負荷を維持する，つまり計算機やアンテナの台数制限などの工夫も考えられる。そこで太陽光発電装置の発電量の変動が事前に分かれば，つなげる負荷の選択などと組み合わせれば，さらなる長時間の電力供給ができると考えられる。
- そこで本年度は，太陽光発電装置の出力変動を数分前に予測する手法を検討した。



Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

電力低下時刻予測

距離データを用いて直線近似



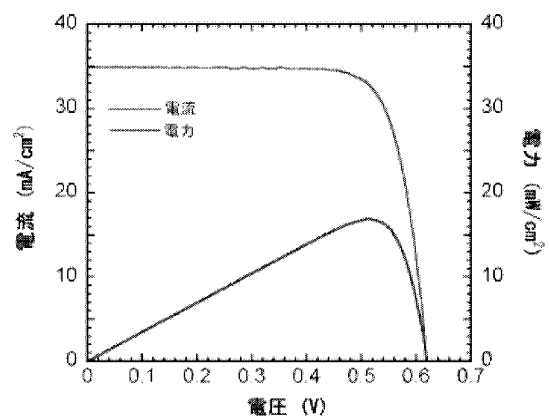
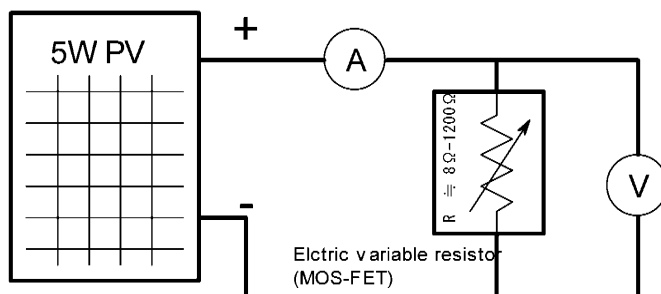
Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

- 本年度は、独立型太陽光発電システムの発電量予測の第一ステップとして、発電量低下時期の予測を行った
- 偏西風により雲が西から東に移動することを利用
- 30km程度離れた場所に測定装置を置けば、5～6分程度前に発電量の変化を予測できることを示した

Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

測定方法

小さなPVパネルを用いて発電量を測定
30秒毎に下図の特性を測定する



マイコンで抵抗値を切り替えてAとVを測定

電圧—電流、電圧—電力特性

Copyright © Kogakuin University (Japan). All Rights Reserved

新宿駅周辺地域における エリア防災の実践と今後の課題

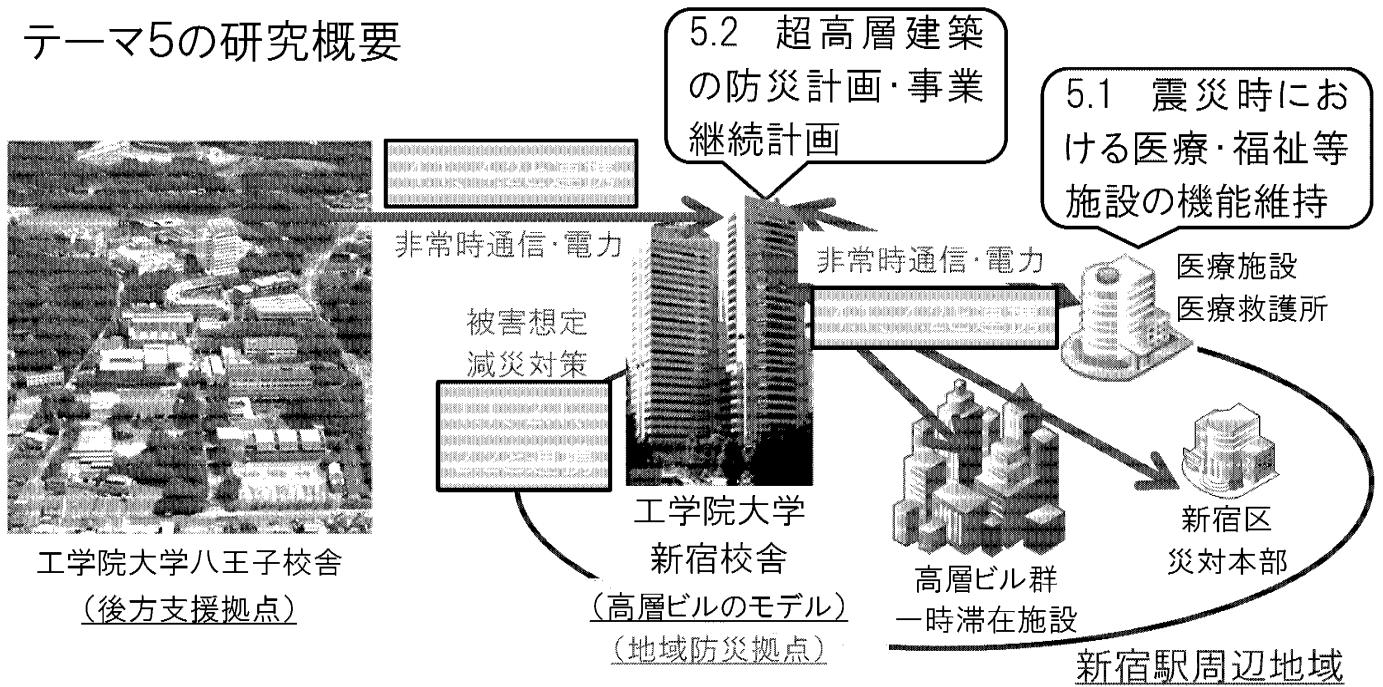
都市減災研究センター(UDM)最終報告会 2015.3.31

工学院大学建築学部まちづくり学科 准教授 村上 正浩

参考URL 新宿駅周辺地域都市再生安全確保計画
http://www.city.shinjuku.lg.jp/anzen/kikikanri01_000110.html

自治体・地域協働による震災時の都市機能維持

テーマ5の研究概要



5.3 地域防災拠点を核とした防災街区の形成と都市機能継続モデルの構築

工学院大学を地域防災拠点とし、新宿駅周辺地域を対象に「エリア防災」のモデル構築

新宿駅周辺地域のエリア防災の視点



3.11 滞留者であふれる歩道

新宿駅周辺防災対策協議会

(2007年から継続して活動、約70の事業者等で構成)

「新宿モデル」(エリア防災)の構築

- ✓ 東日本大震災時の教訓と首都直下地震への備え
- ✓ 安全・安心のブランド化により地域価値を高め、「活気」と「にぎわい」のあるまちを目指す

エリア防災の視点

- 事業継続可能な環境の確保(事業・生活を継続するしくみづくり)
- 情報収集・伝達(情報連絡・共有のしくみづくり)
- 避難・退避誘導支援(誘導情報の提供のしくみづくり)
- 医療連携(医療・応急救護所のしくみづくり)

エリア防災の担い手の育成

地域防災拠点の平常時の役割:防災ひとづくりの拠点

ソフト面からのエリア防災モデルの構築＝エリア防災の担い手の育成

新宿駅周辺防災対策協議会を中心に、地域事業者・医師会・新宿区・東京都など多様な地域主体との連携して、2010年から継続して実施

- 防災リテラシー向上のためのセミナー(年4～7回程度)
- 災害対応力強化のための講習会(年2、3回程度)
- 地震防災訓練(年1回、2007年から継続)

高層ビルの揺れと被害の予測(1.1、2.1、2.2の成果)、それに基づく建物使用性チェックシート(5.2の成果)等の本研究の成果を活用



セミナーの様子



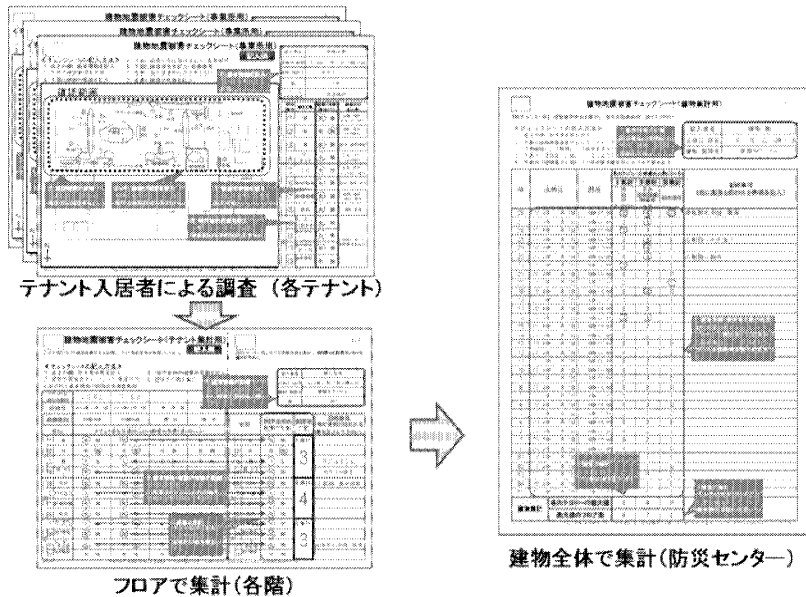
応急救護講習会の様子



医療救護訓練の様子

建物被害対応訓練

事業者の防災リテラシー向上
地域が保有する資源(建築専門家)との連携のしくみ



情報収集、情報共有の効率化
(5.2の成果)



建物被害対応訓練の様子

情報共有訓練(西口現地本部)(1)

リアルタイム広域情報共有システム(5.3)を開発し、非常時通信システム・非常用電力供給システム(テーマ4の成果)と連携することで、地域防災活動の拠点として機能する環境を整備

新宿区災害対策本部 (新宿区役所本庁舎)

東口現地本部 (新宿区役所第1分庁舎)

西口現地本部 (工学院大学新宿校舎)

情報掲示板

新宿駅の鉄道運行情報

新宿駅西口の高層ビルの安全確認情報 (赤色:危険、青色:安全、黄色:確認中)

新宿駅西口の高層ビルの被害概要等

東京都・新宿区合同帰宅困難者対策訓練(2012年2月)

新宿駅西口ロータリー 移動中継車

災害対策本部 新宿区役所本庁

東口現地本部 (新宿区役所分庁舎)

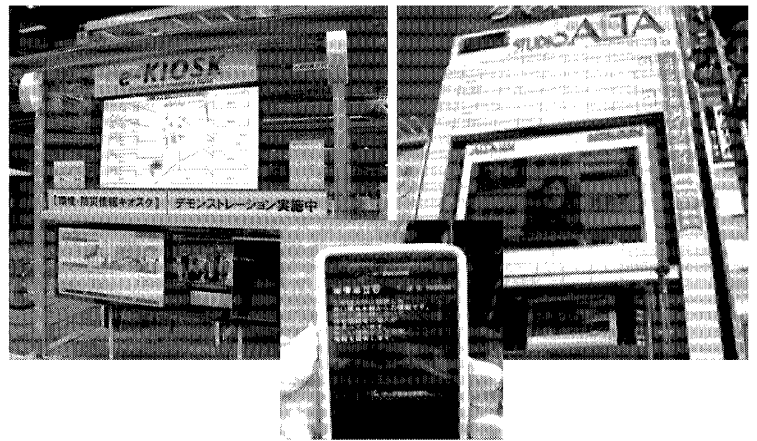
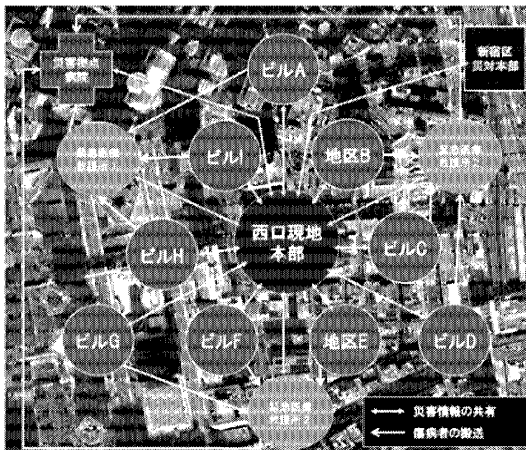
伊勢丹 住友ビル アルタ

都庁、都民広場 (一時特機施設)

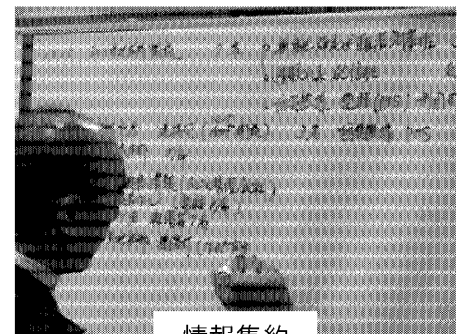
西口現地本部 (工学院大学)

新宿駅周辺地域に構築した
5GHz帯長距離無線LAN網の例

情報共有訓練(西口現地本部)(2)



滞留者への情報提供(サイネージ、大型ビジョン、スマホ等)



都市減災研究センター(UDM)最終報告会

7

新宿駅周辺地域のエリア防災の実現に向けて

都市再生安全確保計画制度の創設(都市再生特別措置法改正、2012.7.1施行)
「都市再生緊急整備地域」(全国62地域の関係者が密接に連携して、ハード・ソフト両面からエリアとしての防災機能を強化)

新宿駅周辺都市再生安全確保計画の策定(2012年~2014年)

ハードウェア(ものづくり)、ソフトウェア(しくみづくり)、ヒューマンウェア(ひとづくり)

- 事業継続可能な環境の確保(1.1、5.2、5.3の成果)
 - 目標① 建物の安全を判断する仕組みの構築
 - 目標② 安全に待機・活動できる仕組みの構築
- 情報収集・伝達(4.1、4.2、5.3の成果)
 - 目標① 現地本部を中心とした情報収集・連絡体制の構築
 - 目標② 現地本部を中心とした情報伝達体制の構築
- 退避誘導支援(4.1、4.2、5.3の成果)
 - 目標① ビルから安全に退避できる仕組みの構築
 - 目標② 滞留者等への対応
- 医療救護活動(5.1の成果)
 - 目標① 負傷者に対応できる仕組みの構築
 - 目標② 災害拠点病院等で重症者に対応できる仕組みの構築

平常時の対応(持続的運用)(5.3成果) エリアマネジメント、担い手の育成のしくみ

都市減災研究センター(UDM)最終報告会

8

事業継続可能な環境の確保の実施方針

目標① 建物の安全を判断する仕組みの構築

【ハードウェア対策】の実施方針

①建物モニタリングシステムの導入：階層別の揺れの大きさを建物モニタリングシステム等を用いて防災センター等で集中して把握することで、階層別の被害状況や詳細調査の必要性等を判断する。

②情報連絡網の構築

【ソフトウェア対策】の実施方針

①情報連絡体制の構築

②建物安全確認マニュアルの作成：建築の専門家でなくても「一定水準で他のビルと比較可能な建物の被害状況の確認」が可能となるように、標準的な確認手順を確立するとともに、確認すべき点に関するチェックリスト等を作成する。

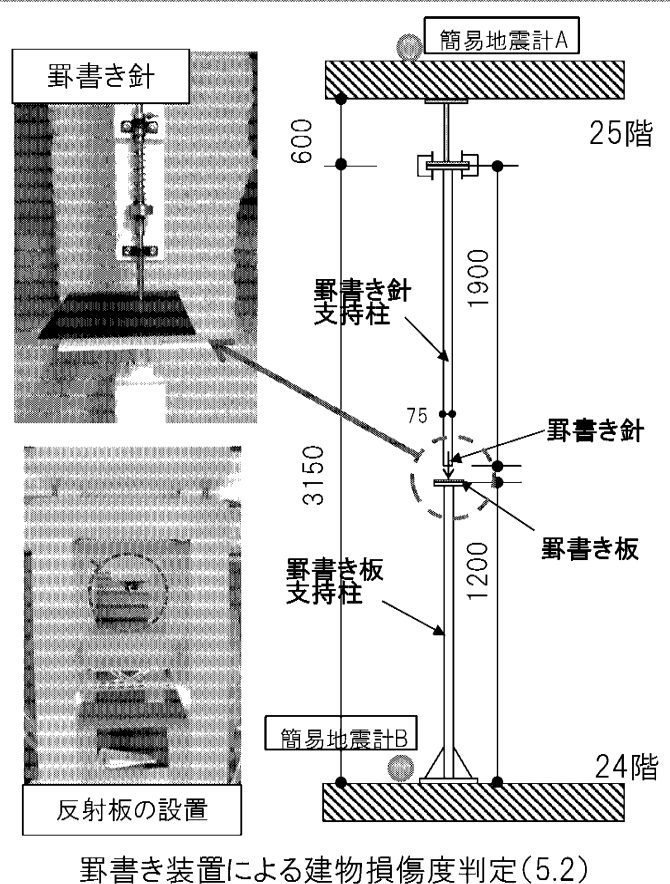
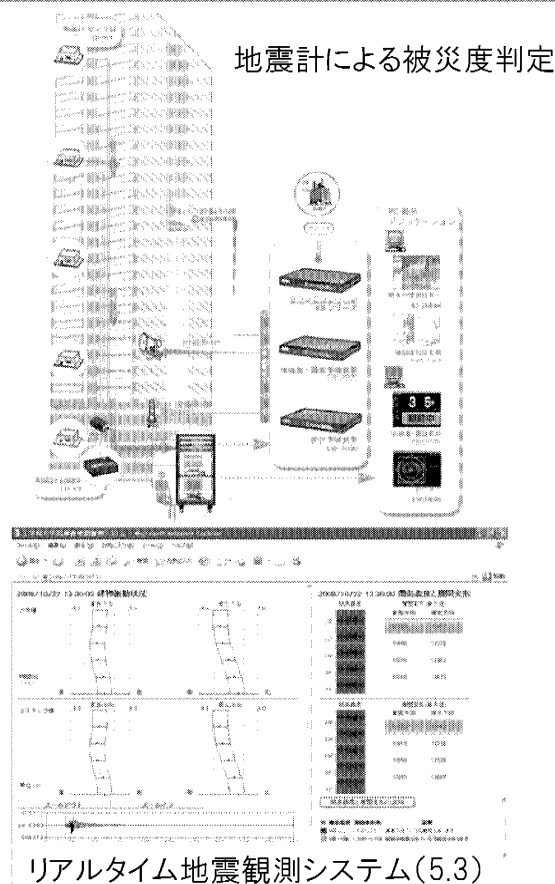
③専門家による建物安全確認の支援：地域内の限られた専門家が、効率的に地域内の建物安全確認を行うには、地域内で確認の必要性の優先順位を付ける必要がある。その基準を整備するとともに、災害時に協力可能な専門家のリストアップを行う。

④建物安全確認に関する従事者の確保

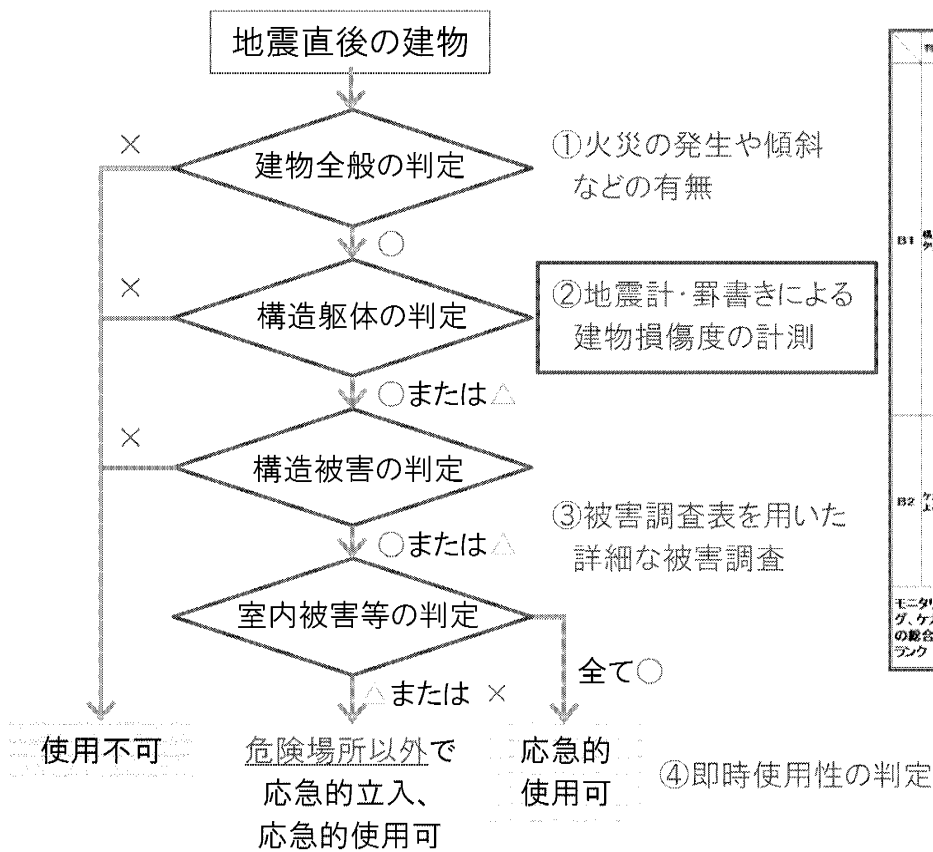
【ヒューマンウェア対策】の実施方針

①建物モニタリングシステムの活用方法の周知

建物モニタリングシステムの活用(5.2、5.3の成果)



建物安全確認マニュアル作成の方向性(5.2の成果)



判定方法	調査内容	被害ランク			判定
		○	△	×	
図1 構造モニタリング	南北方向 18.0 16.0 南 北 全層モニタリング 調査 調査日 調査場所 調査員 調査結果 調査者 調査日 調査場所 調査員 調査結果 調査者	小破以下 (指図書 別表: 1/200以 下)	中破 (指図書 別表: 1/100~ 1/100以 上)	大破 (指図書 別表: 1/100以 上)	○
図2 クガキによる判定	クガキによる判定 クガキ クガキ クガキ	小破以下	中破	大破	○
モニタリング、クガキの総合被害ランク	「○」のみ→「○」 「△」が1以上→「△」 「×」が1以上→調査を終了し、1. モニタリング、クガキの判定へ				○ △ ×

医療救護活動の実施方針

目標① 負傷者に対応できる仕組みの構築

【ハードウェア対策】の実施方針

- ①情報通信網の整備、②医療備蓄の確保、③医療スペース等の整備

【ソフトウェア対策】の実施方針

- ①医療従事者の確保、②医療等スペースの事前指定等
③医療備蓄の運用体制の構築

【ヒューマンウェア対策】の実施方針

- ①専門家をサポートする人材の育成

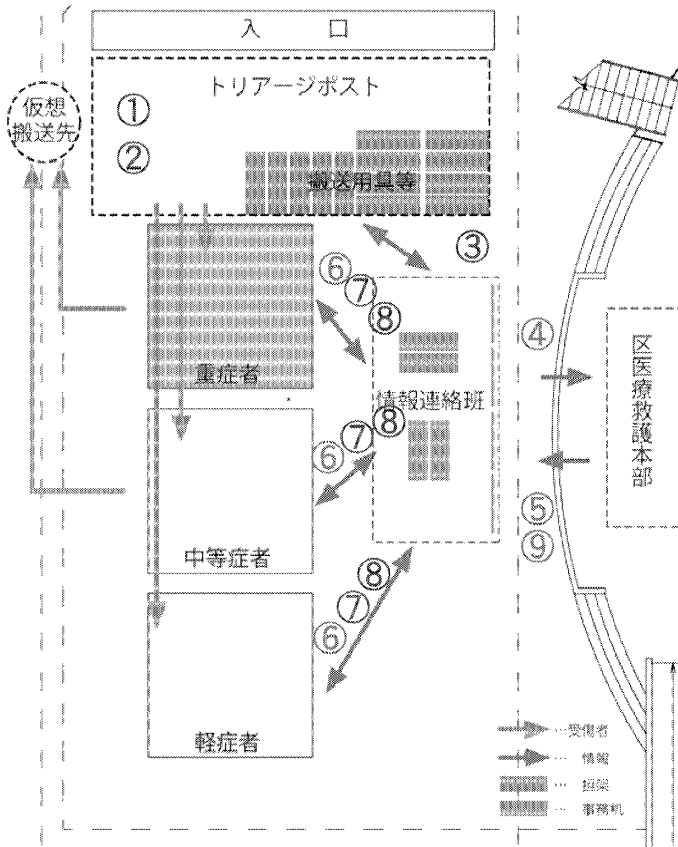
地域医療資源が連携した 医療救護体制づくり

- 被災をまぬがれたビル内医療従事者
+
- 怪我のない、救護・搬送等知識をもつ非医療従事者



医療救護訓練の様子

医療救護所に必要な機能・備品等の検討(5.1の成果)



医療救護訓練のレイアウトの例

- ① 医療従事者によるトリアージタグ取付
- ② 傷病者観察記録シートの書き込み
- ③ トリアージ情報の報告
- ④ 受入可能な収容医療機関を問合せ
- ⑤ 受入可能な収容医療機関を指定
- ⑥ 搬送先を伝達
- ⑦ 傷病者観察記録シートの回収
- ⑧ 必要物品の要求
- ⑨ 必要物品の調達

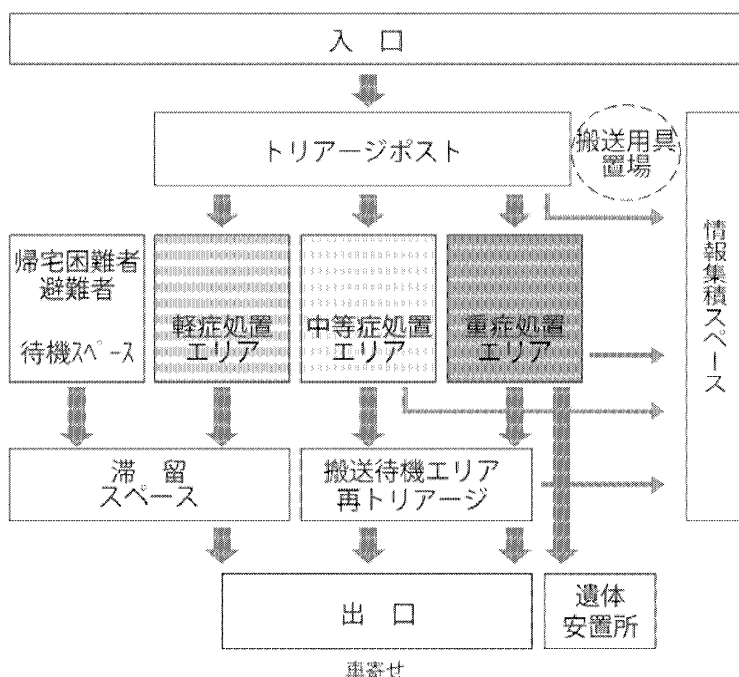
文字色凡例

- 赤文字 ⇒ 医療従事者
- 青文字 ⇒ 非医療従事者
- 緑文字 ⇒ 情報連絡班等

訓練の様子を定点観測・記録(30秒ごと)し、人の動きと情報の流れを分析

医療スペース・医療備蓄の整備の方向性(5.1の成果)

必要な機能：搬送用具置場、搬送待機、再トリアージエリア、滞留スペース、遺体安置所、情報集積スペース、(救護要員の休憩場所)



医療救護所に必要な備品

- 診療道具：聴診器、血圧計、体温計、心電計、記録用紙、など
- 蘇生用具：AED、挿管用具、吸引器、酸素吸入用具、など
- 治療用具：縫合セット、シーネ、頸部固定カラー、点滴セットなど
- 医薬品：内服薬、注射薬、シップ剤、点眼薬など
- 感染防止用：手袋、ガウン、マスク、ゴミ袋など
- 診療所用器材：診療机、椅子、ベッド、担架、毛布、など
- 通信機器：電話、FAX、ノートパソコン、など
- その他の器材：発電機、水タンク、浄水器、トイレ、など

凡例

- … 情報
- ⇒ … 受傷者の移動

効率的な医療救護活動を行うための救護所のレイアウト

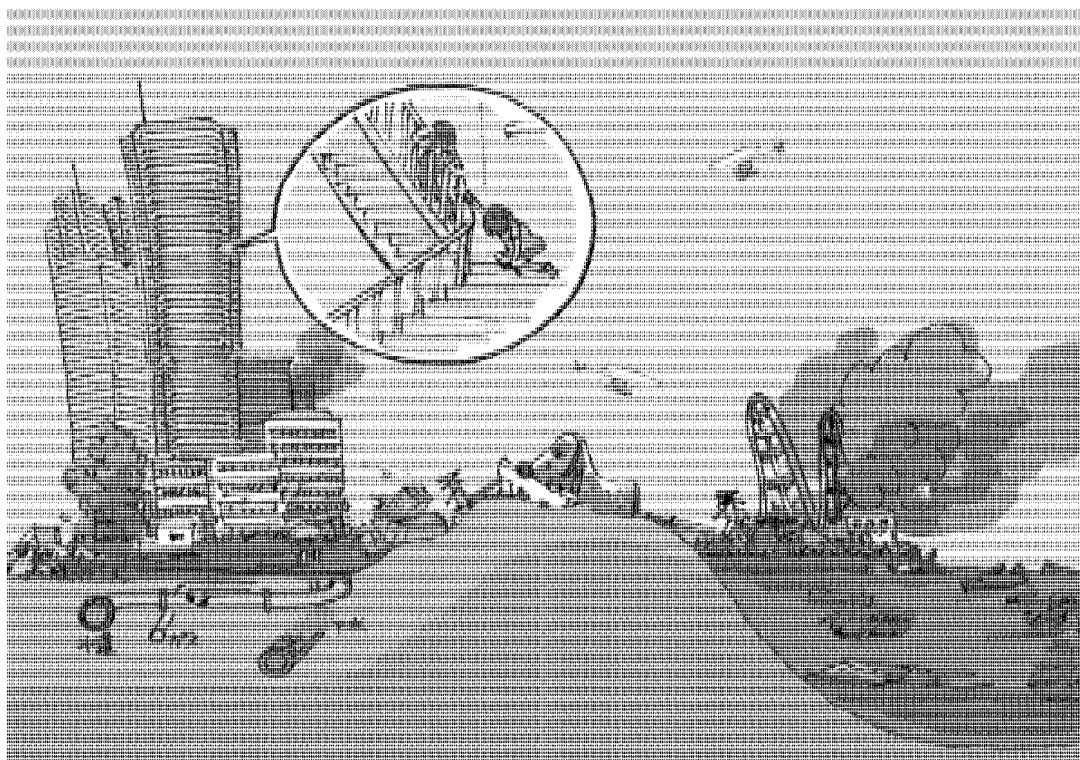
本研究の成果

- 多様な地域主体と連携した大都市中心市街地のエリア防災モデルの構築
 - ✓ 新宿駅周辺地域の特性を踏まえ、「事業継続可能な環境の確保」「情報収集・伝達」「避難・退避誘導支援」「医療連携」の視点からモデル構築
 - ✓ 地域防災拠点の形成
 - ・ 平常時：事業者の防災リテラシーの向上を図り、エリア防災の担い手を育成
 - ・ 地震時：非常時通信システム・非常用電力供給システムと連携した情報共有システムの活用によって地域の防災活動の拠点として機能する環境を整備
- 本研究による副次的な効果
 - ✓ 当初計画になかった、携帯電話の発信情報から人口統計情報を推計する技術(NTTドコモ先進技術研究所との共同研究)とビックデータの活用手法
 - ・ 東京都・埼玉県などでの帰宅困難者対策への展開
 - ・ ビックデータの都市防災対策の活用方策のガイドライン(国交省)への活用
 - ✓ 新宿区との協定締結(「防災・減災対策の相互連携に関する基本協定」および「帰宅困難者一時滞在施設の提供に関する協定」、東京都防災隣組認定・ジャパン・レジリエンス・アワード最優秀賞(新宿駅周辺防災対策協議会))

今後の課題

- 「エリアマネジメント」としてのエリア防災の展開
 - ✓ 外向きのエリアマネジメント活動にエリア防災を位置づけ、地域防災力の強化を通じて地域価値の向上・国際競争力の強化
 - ✓ 担い手となる組織を常設し、計画運用・事業推進の仕組みづくり(日常・非日常をシームレスにつなぐ組織体制、資金調達・組織運用の仕組み、など)
- 地域が保有する資源(ひと、もの、技術・知識)の連携・有効活用
 - ✓ 官民スペースの連携・有効活用(公開空地、地下街、道路、など)
 - ✓ 地域資源の連携による新たな地域価値・仕組みの創出
- 被災レベルに応じた地域関係者の行動指針・行動計画の具体化
 - ✓ 被災レベル・対応レベルに応じた行動計画の地域ルール化
 - ✓ 国際規格ISO22320へ対応、標準化
 - ✓ マルチハザードへの対応(地震災害×水害×……)

地方に迷惑をかけない首都圏の防災・減災



15.3.31 工学院大学
名古屋大学減災連携研究センター 福和伸夫



寺田寅彦「天災と国防」

いつも忘れられがちな重大な要項がある。それは、文明が進めば進むほど天然の暴威による災害がその劇烈の度を増すという事実である。 ～中略～ 文明が進むに従って人間は次第に自然を征服しようとする野心を生じた。そして、重力に逆らい、風圧水力に抗するようないろいろの造営物を作った。そしてあつぱれ自然の暴威を封じ込めたつもりになっていると、どうかした拍子に檻を破った猛獣の大群のように、自然があばれ出して高樓を倒壊せしめ堤防を崩壊させて人命を危うくし財産を滅ぼす。その災禍を起こさせたもとの起こりは天然に反抗する人間の細工であると言っても不当ではないはずである、災害の運動エネルギーとなるべき位置エネルギーを蓄積させ、いやが上にも災害を大きくするように努力しているものはたれあろう文明人そのものなのである。

経済往来1934年11月号



1923年大正関東地震 (by武村)

死者 105000人

住家全潰11000+火災92000+土砂700~800+津波200~300

1703年元禄地震と1923年大正関東地震

1703年元禄地震		1923年大正地震	
甲府領	83	山梨県	22
小田原藩	2,291	足柄上・下郡	1,624
房総半島	6,534	千葉県	1,346
江戸府内	340	東京市	68,660
駿河・伊豆	397	静岡県	444

	人口	世帯数	総数	圧死	焼死
東京市	2,079,094	452,404	68,660	2,758	65,902
西側合計	1,657,042	355,786	10,023	1,489	8,534
東側合計	422,052	96,618	58,637	1,269	57,368

本所が町奉行所支配になるのは1690年、 $1489人 \times (70万 \div 166万) = 628人$

名古屋大学福和研究室



東南海地震と関東地震

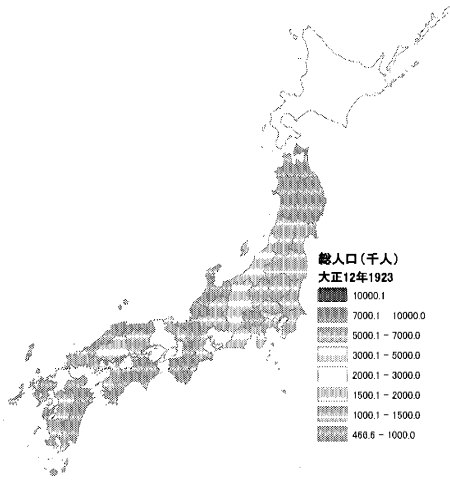
	関東地震(1923) 東京都15区	東南海地震(1944) 名古屋市13区
人口・人	2,079,094	1,344,100
死者・人	68,660	121
全潰世帯・戸	35,350	1,221
焼失世帯・戸	300,924	2
発生時刻	9月1日11時58分	12月7日13時35分
天候	雨のち晴れ・強風	晴れ・おだやか
震度(最大)	6弱(6強:本所区)	5強(6弱:南区・港区)
耐震基準	無し(翌年より施行)	有り(1943年停止)
その他	無防備	防空体制下

From 武村(地盤工学会)

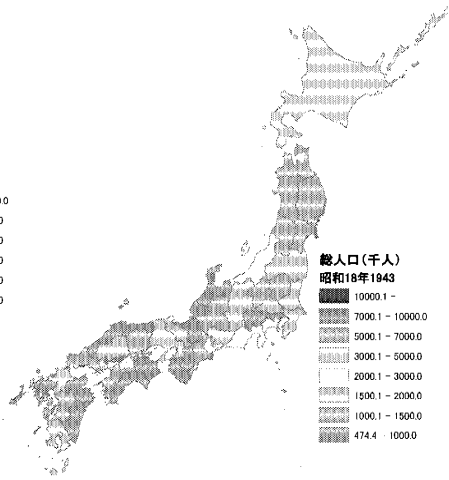
名古屋大学福和研究室



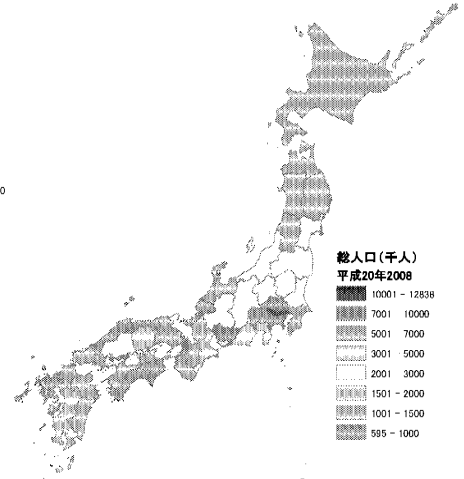
都道府県の人口の変遷



1923年



1943年



2008年

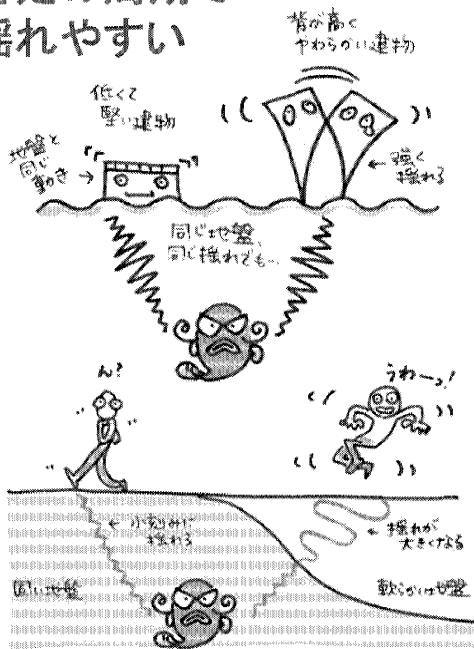
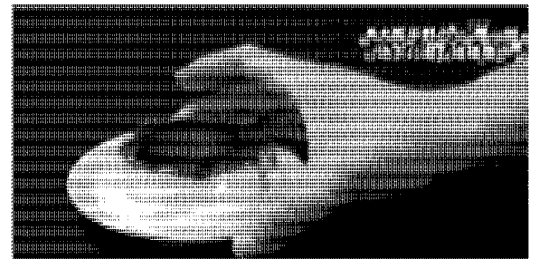


名古屋大学福和研究室

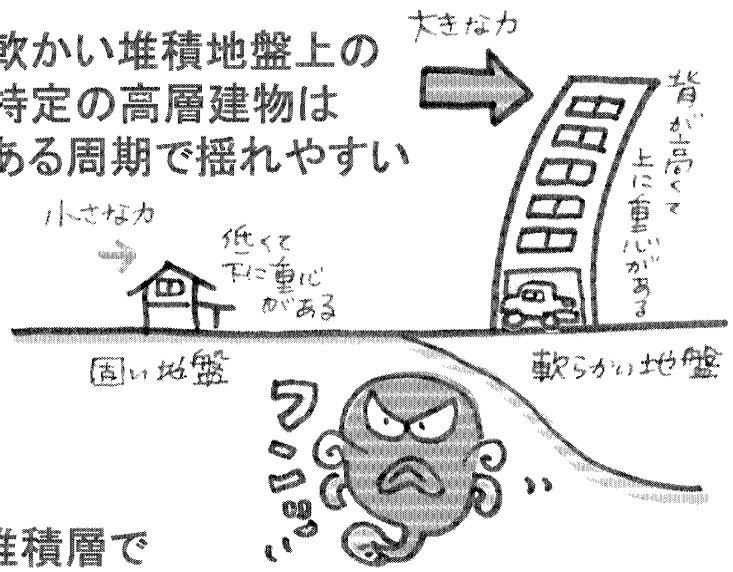


建物に加わる地震力

高層建物は変形しやすく
特定の周期で
揺れやすい



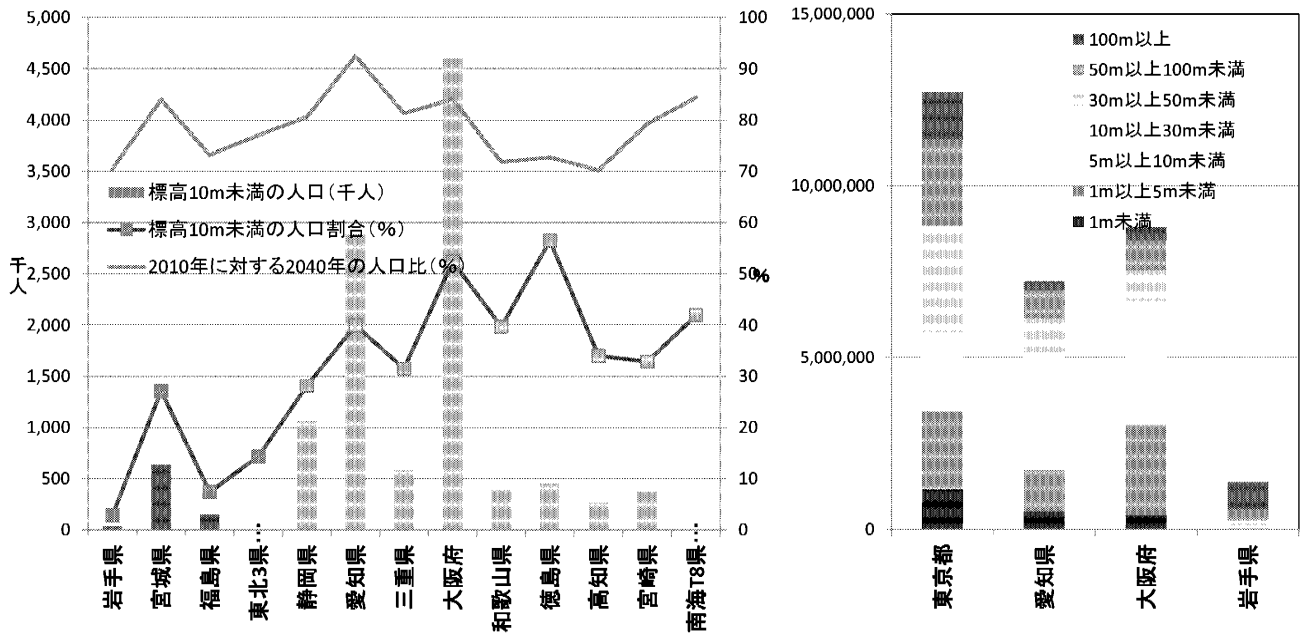
軟かい堆積地盤上の
特定の高層建物は
ある周期で揺れやすい



名古屋大学福和研究室



東北と南海との違い



東北と比べ土地利用の問題が大きい

名古屋大学福和研究室



田舎者・福和が見た東京観 東京の特殊性の理解不足

1. 日本中の人(若者)と富を吸い尽くす
2. 都庁・東京消防庁の東京都出身者の少なさ
3. 地元意識の少なさ(周辺県からの遠距離通勤)
4. 地元小中学校への進学者の少なさ
5. 賃貸居住者、単身者割合の多さ
6. 町会との距離感、ターミナル駅中心の発想
7. 未婚率・離婚率の高さと出生率の低さ
8. 製造業・農業従事者の少なさ＝汗をかく人
9. エネルギー・食料などの他地域依存(自律性)
10. 自然との距離感:危険地域への拡大・集中

名古屋大学福和研究室



東京と地方

人口
年齢構成
結婚
出生率
同居率
転出入
産業と行政
産業
エネルギー
考える力
技術者
汗をかく人
役人の出身地
水・食料
土地利用
住まい
災害伝承
共助力
自律性(地産地消)
公と私
性格
地元愛・地域参加

過密
現状は良好、今後高齢化
低結婚率&高離婚率
低出生率
単独世代・一人世帯
転入(大学&就職)
産業>行政
金融商業、製造業は流出
他地域依存
大学・企業・シンクタンク
スタッフ部門比率が高い
ホワイトカラー中心
地方出身者が多い
他地域頼み
埋立地・沖積低地
中高層集合住宅
新興地域では皆無
孤立社会
弱い
権利意識と市民参画
長男的、過保護
弱い

過疎
限界集落化(若者転出)
高結婚率&低離婚率
高出生率
多世代同居
転出(大学&就職)
産業<行政
製造業・農林水産業
地域内供給力有り
都道府県(東京のシンクタンク)
ライン部門が殆ど、技術者少ない
ブルーカラーが多い
地元出身者が殆ど
地域内供給
既存集落
戸建低層住宅
豊富
地域共同社会残る
過疎化を脱却できれば強い
義務・責任感と公徳行
三男坊的、遅しさ(近年は弱者?)
強い

減災



克災



レジリエンス



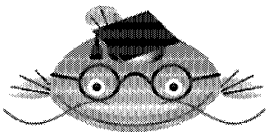
シンクタンク・アゴラ

3A+5R+10J

3A=頭(戦略)、汗(実践)、愛嬌(連携)

5R=Regional, Robust, Redundant, Resistant, Resilient

10J=自由・地道・地元愛+自主・自律・自助・地力・情報・実践・持続



地域を魅力的にする 故郷が好きになる

地域に有為な人が集まり・残る

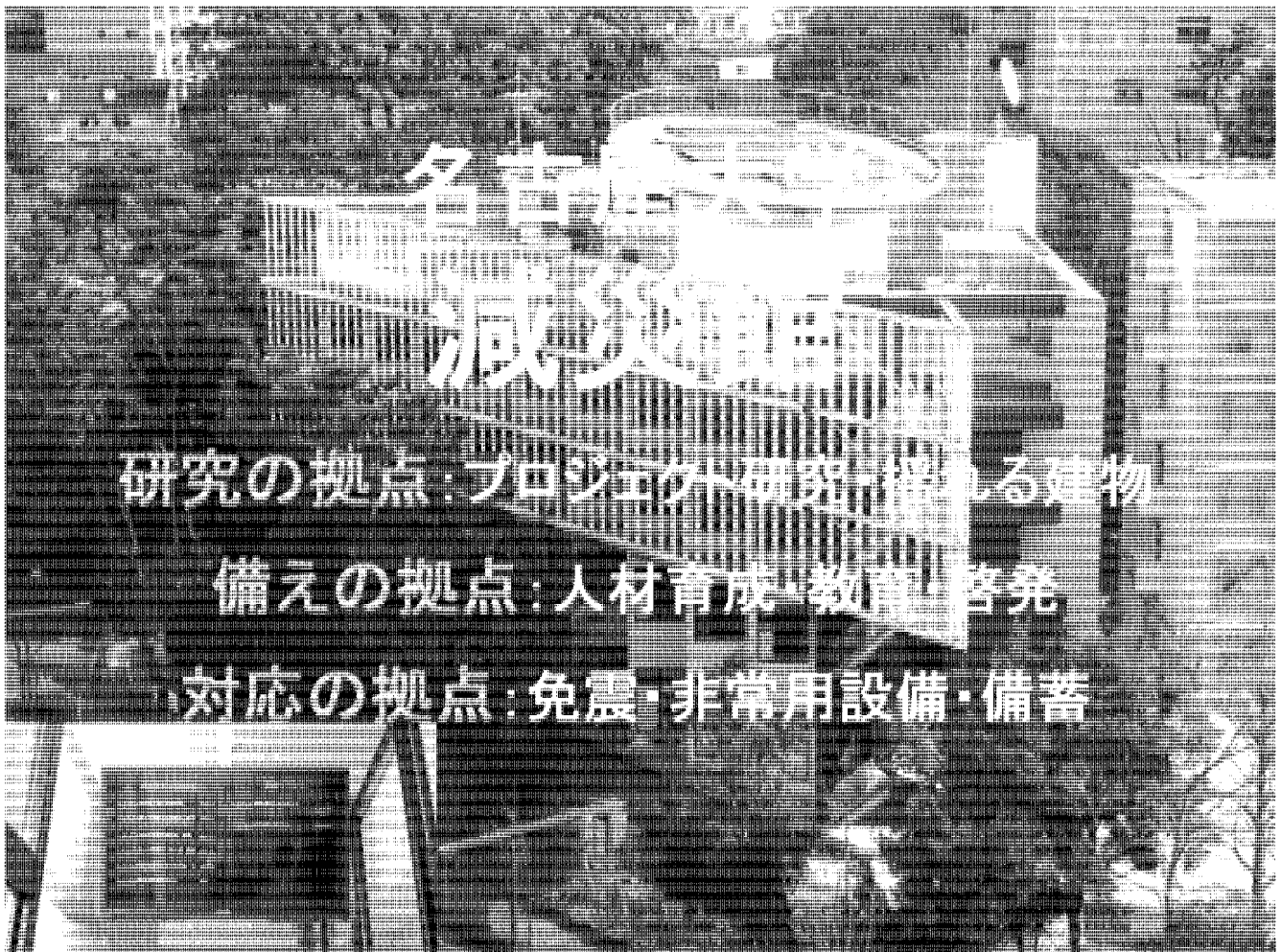
地産地消・自律分散協調型の社会

(三男坊・田舎・実直・製造業・農林水産業・子沢山)



現代版参勤交代制！(故郷⇔首都)
大都市に就業前の若者を吸い寄せない
モデルは江戸時代&西三河地域

名古屋大学徳和研究室





減災館を地域創生の博物館に！

地域を魅力を再発見し未来を考え地域を育む場

- 地域を知り地域が好きになる: 良い点・悪い点
- 地域の将来像を描く: 地域を維持し未来の夢を描く
- 組織を超えて地域を元気にする活動を進める
- 主役は地域の人＝地域に開かれた場
 - 体感を通して課題に気づきメカニズムを学ぶ場(ギャラリー)
 - 地域の歴史・地勢・地物を学び地域の危険と魅力を知る場(ライブラリー&セミナー)
 - 地域が好きなたちが集まり考える場(アゴラ)
 - 共に考え活動して地域の人を育む場(エデュケーション)
 - 解決策を考え地域の将来像を描く場(シンクタンク)
 - 新しい発想で魅力的な地域を創生(ルネサンス)

名古屋大学福和研究室



減災館の魅力

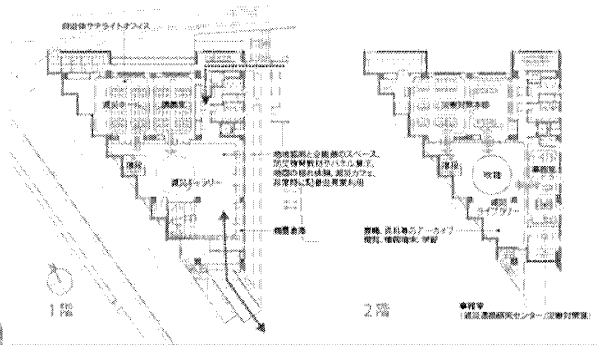
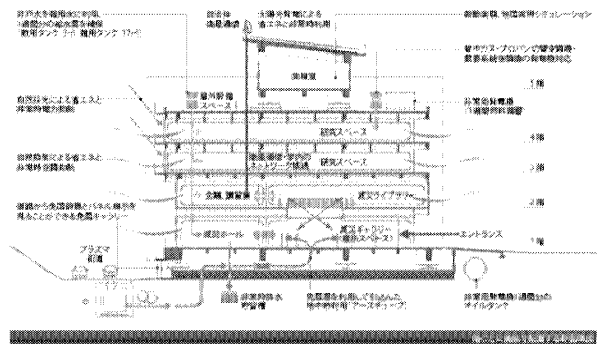
ショートケーキ風プリズム外観

- ⑤ 揺れる屋上実験室
発電・ガス・貯水・通信
 - ③④ プロジェクトスペース
 - ② 減災ライブラリー
災害対策本部室
 - ① 減災ギャラリー
減災ホール→対応拠点
- 免 ジャッキ加力System
高性能弾性免震System

建築計画の特徴

中核は開かれた防災の教育・研究の場。歩道時には災害拠点として、1階を体験と学びのゾーン、2階を災害学習のゾーン、3-4階を研究のゾーンと位置づけ、3つの軸を明確に定義している。

また、西側の雁行型の平面形状を活かし、展示スペースや研究室を配置している。災害発生時には、1階は地域の行政とメディアに開放し、2階は名古屋大学の災害対応の場、3-4階は全例の研究者の読書調査の拠点として活用する予定である。



名古屋大学福和研究室

工学院総合研究所
都市減災研究センター(UDM)最終成果報告会
＜招待講演＞

大都市の震災対策の新展開と課題

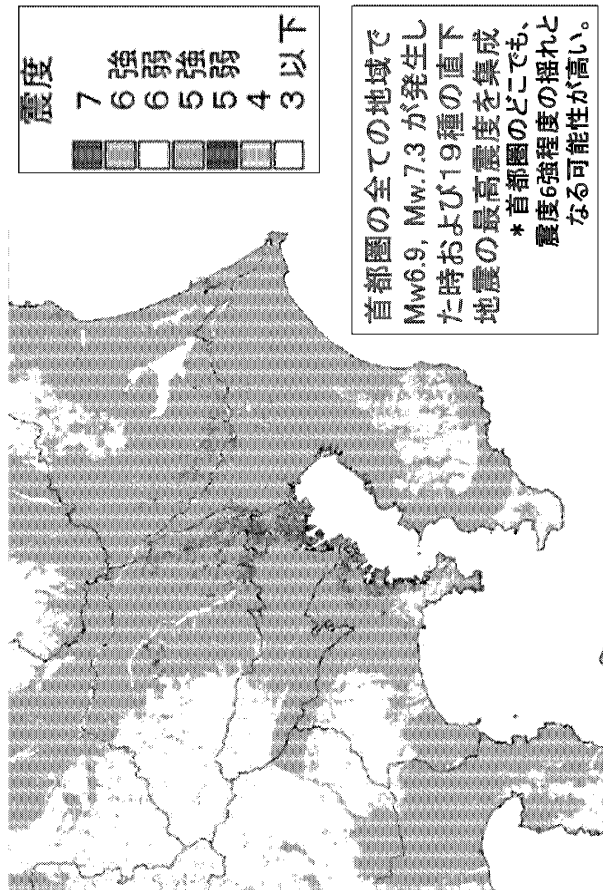
2015年3月31日

なかばやし いつき

中林 一樹

明治大学 危機管理研究センター 特任教授

1. どこで起きるかわからない首都直下地震



本日の構成

- 改めて「首都直下地震の被害想定」から大都市地震災害の課題を整理する
- 新しい法制度の整備と対策の展開
事前防災：国土強靱化法
減災準備：災害対策基本法改正・首都直下地震対策特別措置法
 - ・災害時要配慮者・要支援者対策等
 - ・地区防災計画制度の創設
 - ・首都直下地震緊急対策実施計画
 復旧復興：大規模災害借地借家特措法・復興法
 ・「被災地短期借地権」の創設
- 長期的、短期的に、どう備えるか

被害想定となる建物・人口の現況

都 県	建物棟数(千棟)			人口(千人)			
	木 造	非木造	合 計	深 夜	昼 間	夕 方	合 計
埼 玉	1,690	542	2,232	7,209	6,033	6,176	
千 葉	1,530	443	1,973	6,196	5,301	5,364	
東 京	1,853	757	2,610	13,134	16,216	15,364	
区 部	1,102	532	1,634	8,920	12,505	12,023	
神奈川	1,616	602	2,218	9,060	7,922	8,002	
4都県	6,689	2,344	9,033	35,599	35,472	34,906	
他5県	3,864	1,600	5,464	11,620	11,406	11,737	
合 計	10,553	3,944	14,497	47,219	46,878	46,643	

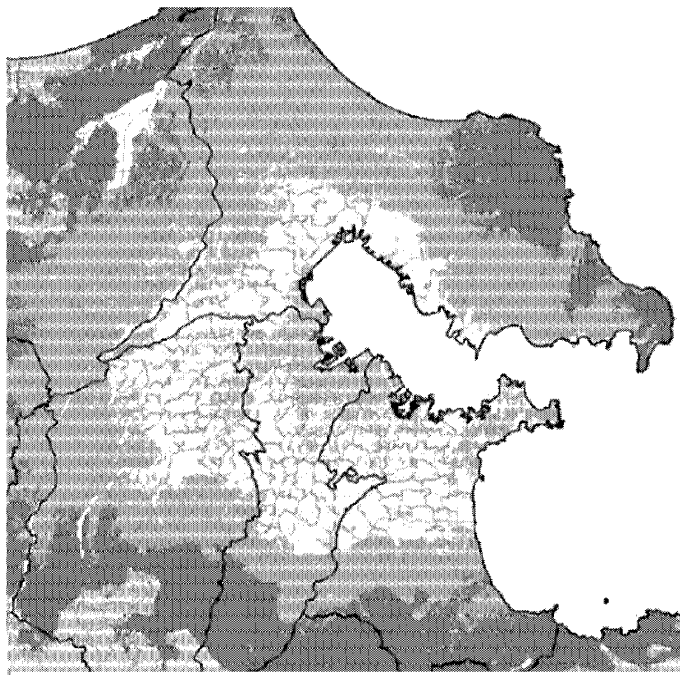
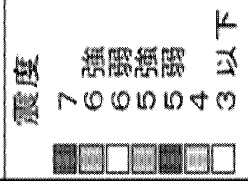
1) 他5県：茨城県、栃木県、群馬県、山梨県、静岡県
 2) 建物棟数：2011.1.1現在の「固定資産の価格等の概要調査」(総務省)
 3) 人口：2010国勢調査と2008東京都圏ハートマップ調査に基づく推計

都心南部直下地震

の想定

震度分布

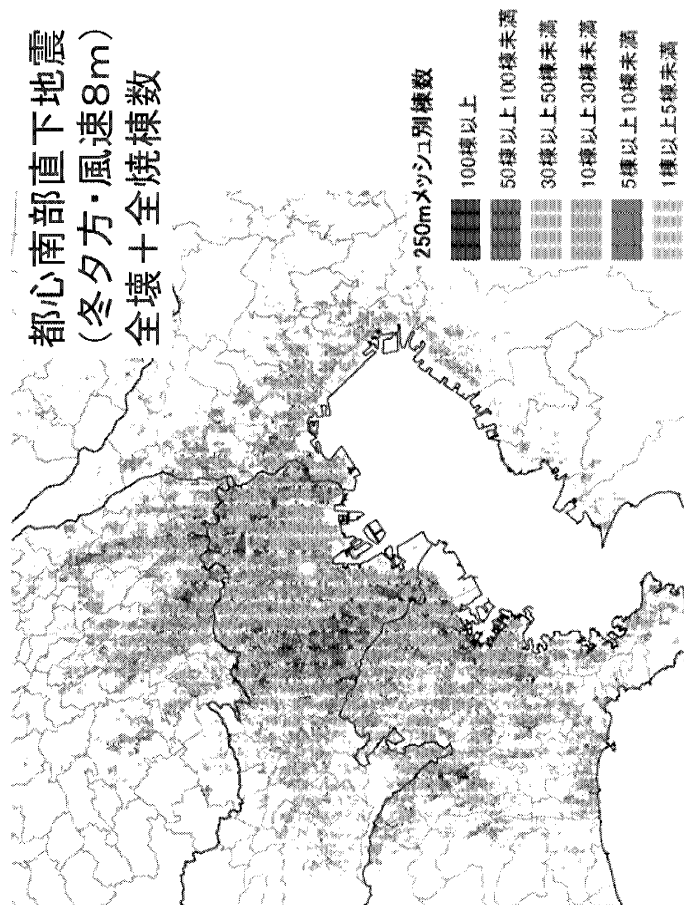
★政府が、災害対策検討の対象とした首都直下地震



震度別にみる暴露建物・人口

	震度7	震度6強	震度6弱	震度5強	震度5弱	合計
9都県	1.2	1,702	5,004	2,385	1,837	6,708
棟数(千棟)	0.0	11.7	34.5	16.4	12.7	75.3
比率	1.2	945	688	—	—	1,634
9都県	0.1	57.8	42.1	—	—	100
人口(深夜)千人	9.5	8,847	20,834	6,321	3,710	39,722
比率	0.0	18.7	44.1	13.4	7.9	84.1
9都県	9.5	5,282	3,625	—	—	8,917
人口(昼間)千人	0.1	59.2	40.6	—	—	100
比率	13.1	12,516	17,788	5,528	3,633	39,479
9都県	0.0	26.7	37.9	11.8	7.8	84.2
人口(年間)千人	13.1	8,999	3,492	—	—	12,504
比率	0.1	72.0	27.9	—	—	100

都心南部直下地震 (冬・夕方・風速8m) 全壊+全焼棟数



都心南部直下地震における建物等の被害

被害想定項目	冬・深夜	夏・昼	冬・夕方
地震動	175,000棟		
液状化	22,000棟		
急傾斜地崩壊	1,100棟		
地震火災での焼失	49,000棟	38,000棟	268,000棟
風速3m/s	90,000棟	75,000棟	412,000棟
風速8m/s	247,000棟	236,000棟	465,000棟
全損建物(全壊・焼失)	287,000棟	272,000棟	610,000棟
ブロック塀等の転倒数	80,000件		
自動販売機の転倒数	15,000件		
屋外落下物発生建物	22,000棟		

(註) ガレキ: 重量換算 9,800万トン 体積換算 8,500万立方メートル

都心南部直下地震における人的被害

被害想定項目		冬・深夜	夏・昼	冬・夕方
揺れる死者数	建物倒壊	11,000人	4,400人	6,400人
	急傾斜地崩壊	100人	30人	60人
	屋外物転倒落下	10人	200人	500人
火災による死者数	風速3m/s	2,100人～ 3,800人	500人～ 900人	5,700人～ 10,000人
	風速8m/s	3,800人～ 7,000人	900人～ 1,700人	8,900人～ 16,000人
死者数合計	風速3m/s	13,000人～ 15,000人	5,000人～ 5,400人	13,000人～ 17,000人
	風速8m/s	15,000人～ 18,000人	5,500人～ 6,200人	16,000人～ 23,000人
負傷者数		109,000人～ 113,000人	87,000人～ 90,000人	112,000人～ 123,000人
自力脱出困難者		72,000人	54,000人	58,000人

社会・経済への影響 (1) 首都機能

1. 政府機関と政府機能
 - ・建物被害以上に機能損傷による影響に注意
 - ・ライフライン機能の強化を進め、復旧を優先するが交通渋滞、停電、通信困難等による復旧が遅れる可能性もある
 - ・就業時間外の被災で職員の参集困難による人手不足
2. 経済中枢機能
 - ①資金決済機能

「日本銀行金融ネットワークシステム」で決済されるが、職員確保・大阪システムへの切り替え、重要データの同期などが堅牢性が高く、システムが一旦停止しても当日中の資金決済が可能である。
 - ②証券決済機能

株式取引は遠隔エイトの動機や非常電源の確保など当日中の再稼働体制が確保、株式や債券の決済も、高いシステムの耐震性と非常電源が確保され、2時間以内のバックアップセンターとのデータの同期が可能。しかし、一時的に取引が停止される可能性はあり、風評による市場の不安心理が増幅される恐れはある。
 - ③企業活動等

企業の本系機能等における継続性の確保(BCP・BCM)、商業・サービス業を中心とする膨大な被害の発生と停電・情報・交通混乱の影響が大きい、サブライチエーの寸断がもたらす国内外への影響の波及、経営環境の激変は企業の倒産を要し、国際競争力の低下を招く恐れがあるが、復旧復興への膨大な需要の発生が経済活動を活性化する可能性もある。

建物被害—都心南部直下地震(冬・夕方・風速8m/s)—

原因	揺れ	液化化	傾斜地崩落	火災	全壊・焼失建物	
					合計棟数	%
埼玉	21,000	4,900	20	71,000	97,000棟	4.3
千葉	11,000	5,600	80	25,000	42,000棟	2.1
東京	105,000	7,000	300	221,000	333,000棟	12.8
区部	97,000	7,000	200	195,000	299,000棟	18.3
神奈川県	37,000	2,800	700	95,000	136,000棟	6.1
4都県	174,940	20,640	1,100	411,950	608,530棟	6.7
他5県	60	1,360	—	50	1,470棟	—
合計	175,000	22,000	1,100	412,000	610,000棟	—

1) 他5県：茨城県、栃木県、群馬県、山梨県、静岡県
 2) %：建物棟数(1固定資産の価格等の概要調査1(総務省2011.1.1))に対する全損率

人的被害—都心南部直下地震(冬・夕方・風速8m/s)—

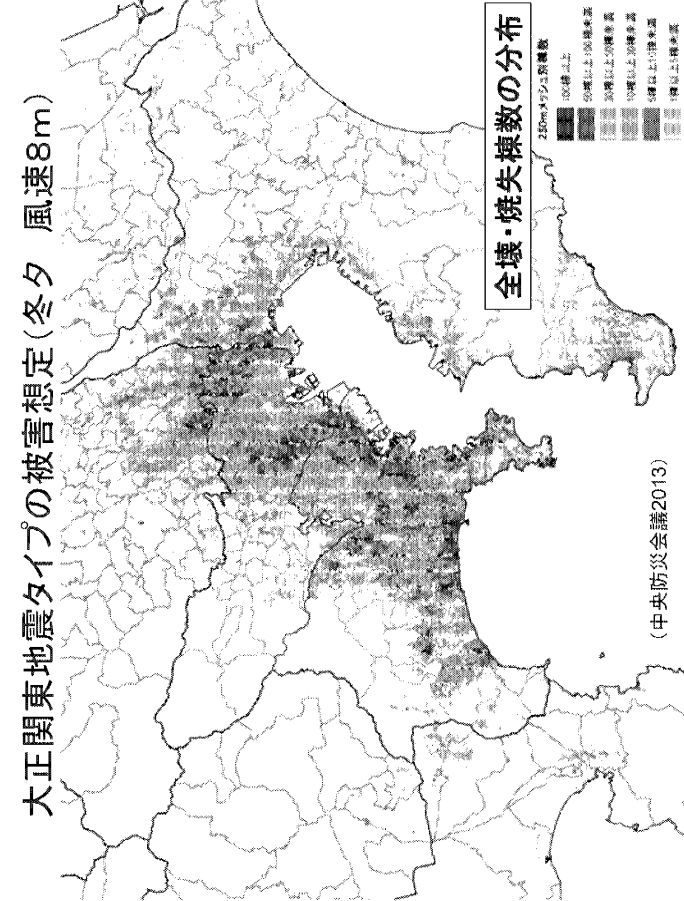
原因	建物倒壊		傾斜地崩落	火災	合計死者数	
	家具	屋外転倒落下			死者数	万比
埼玉	700人	20人	—	1,600～ 3,000人	2,400～ 3,800人	6.2
千葉	400人	20人	—	500～ 1,000人	900～ 1,400人	2.6
東京	4,000人	300人	20人	4500～ 8,400人	8,900～ 13,000人	8.0
区部	3,700人	300人	10人	4,000～ 7,400人	8,000～ 11,000人	8.8
神奈川県	1,300人	100人	40人	2,100～ 4,000人	3,600～ 5,400人	6.8
合計	6,400人	600人	60人	8,900～ 16,000人	16,000～ 23,000人	—

1) 茨城県、栃木県、群馬県、山梨県、静岡県では、死者は想定されなかった。
 2) 万比：2010国勢調査と2008東京都圏パーソントリップ調査に基づく夕方人口(推計) 1万人あたりの死者数

社会・経済への影響 (2) 巨大過密都市の被害の様相と課題

1. 深刻な道路交通麻痺(道路密着と深刻な渋滞)
 - ・直後から環状8号線内側での道路・電柱等の被害、信号停止、延焼火災の発生、放置自動車等の発生、幹道の運行停止による歩行者の激増などによる深刻な混乱状況が発生。延焼火災地域では2日間ほど帰宅も混乱。
 - ・交通混乱し、周辺の木造密集市街地での消火活動、救出救助活動、ライフライン等緊急復旧活動、物資輸送・人員輸送に大きな支障が生じる可能性がある。
2. 膨大な数の避難者・被災者の発生
 - ・同時多発的な市街地火災からの避難遅れによる犠死者の大量発生、大量の火災による身傷者の発生も高懸念。避難所不足の事態に陥る。
 - ・自宅損壊以外にライフライン停止などによる大量の被災者や帰宅困難者などが避難所に避難できず、避難所不足の事態に陥る可能性がある。
3. 物流機能の低下による物資不足
 - ・陸路や港湾施設の二重によって被災地での物流が停止し物資が不足するのみならず被災地以外で食料・生活物資・ガソリンなどの買い付け(買いたたけ)行動が発生し、全国的に物資不足になる可能性がある。
4. 電力供給の不安定化
 - ・震度6弱程度で火力発電所が運転停止し、電力供給が不足し、不安定化する。
5. 情報の混乱
 - ・固定・携帯電話は広域で輻輳し、インターネットもプロバイダーでのサービス継続が困難になると、情報収集・伝達は困難で、災害対応活動も困難に。交通渋滞や麻痺は、緊急修理等の措置も困難にし、情報の不足が、アマの流布等を助長する可能性もある。
6. 復旧・復興のための土地不足
 - ・空地の不足は、ガレキ・放置車両・復旧資機材や緊急車両等、応急仮設住宅の建設など災害対応から復旧復興に向けて、空地不足が顕在化する可能性が高い。

地震	関東大震災タイプ地震(2013想定)		首都直下地震(2013想定)	阪神・淡路大震災(1995)	関東大震災(1923)
	震源	震源	震源	震源	震源
震源	相模トラフ	相模トラフ	都心南部直下	淡路島～宝塚	相模トラフ
地震の規模	M7.9	M7.3	M7.3	M7.3	M7.8
風速	8m/秒	8m/秒	8m/秒	3m/秒	15m/秒(最大)
時期・時刻	冬夕方	冬夕方	冬夕方	冬5時46分	夏12時56分
人的被害	70,000人	23,000人	23,000人	5,500人	105,000人
負傷	240,000人	123,000人	123,000人	44,000人	52,000人
建物被害	515,000棟(津波3000棟)	198,000棟	198,000棟	105,000棟	77,000戸
半壊	820,000棟	—	—	144,000棟	—
焼失棟数	—	412,000棟	412,000棟	7,432棟	538,000戸
避難者	8,000,000人	2,900,000人	2,900,000人	320,000人	—
帰宅困難者	—	8,000,000人	8,000,000人	(出勤困難多数)	—
損失+再建	—	95兆円	95兆円	16兆円	—



地方公共団体が作成する各種計画

①首都中枢機能維持基盤整備等計画について

- 基盤整備等地区は、首都中枢機能の集積状況を勘案して指定
 - 基盤整備等地区内の地方公共団体が作成
 - 首都中枢機能の維持等に寄与し、円滑かつ確実に実施されるもの等を認定
 - ライフラインやインフラ施設の整備等基盤整備事業に係る開発許可等の特例
 - 備蓄倉庫等の安全確保施設に係る都市再生特別措置法*の適用等
- * 都市再生緊急整備地域外でも、基盤整備等地区内であれば活用可能

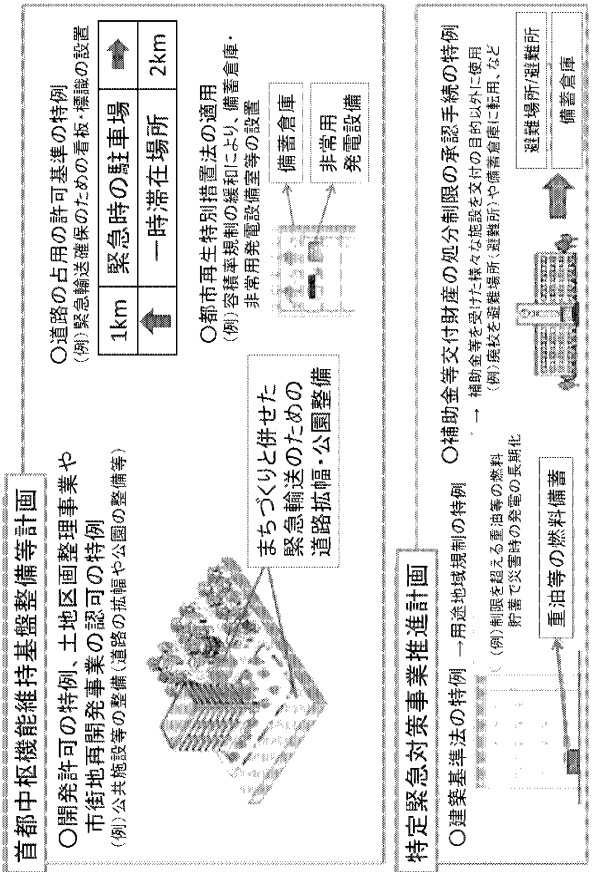
②地方緊急対策実施計画について

- 緊急対策区域内等の都県知事が作成
- 計画には、区域・目標・計画期間・必要な対策を記載
- 必要な対策は、集客施設の安全確保、建築物の耐震化、災害応急対策の備え、住民等の協働などについて幅広く記載

③特定緊急対策事業推進計画について

- 緊急対策区域内等の地方公共団体が作成
- 首都直下地震対策の推進に寄与し、円滑かつ確実に実施されるもの等を認定
 - 避難施設等についての建築基準法の特例、補助金等甲府財産の処分制限に係る承認手続きの特例

地方公共団体が作成する計画に基づく特別～活用イメージ～



首都中枢機能維持基盤整備等地区の指定

○首都中枢機能維持基盤整備等地区 は、

- ・首都中枢機能の維持に必要な基盤の整備
- ・滞在者等の安全の確保に必要な施設の整備等を緊急に行う必要がある地区

○首都中枢機能維持基盤整備等地区 は、

- ・首都中枢機能の集積状況、昼夜間人口を考慮して、下記の4区を指定
 - ・千代田区
 - ・中央区
 - ・港区
 - ・新宿区

○指定時期：平成26年3月28日 (内閣総理大臣)

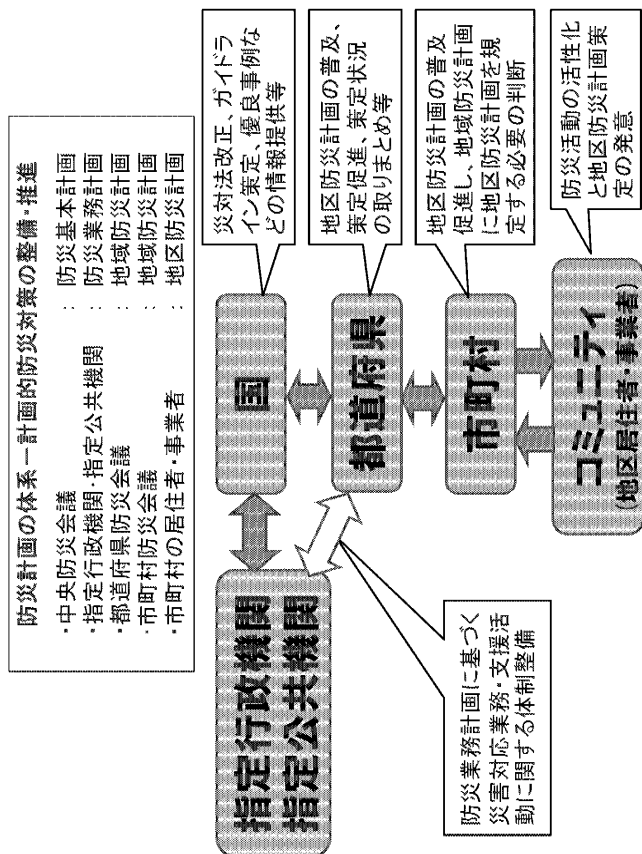
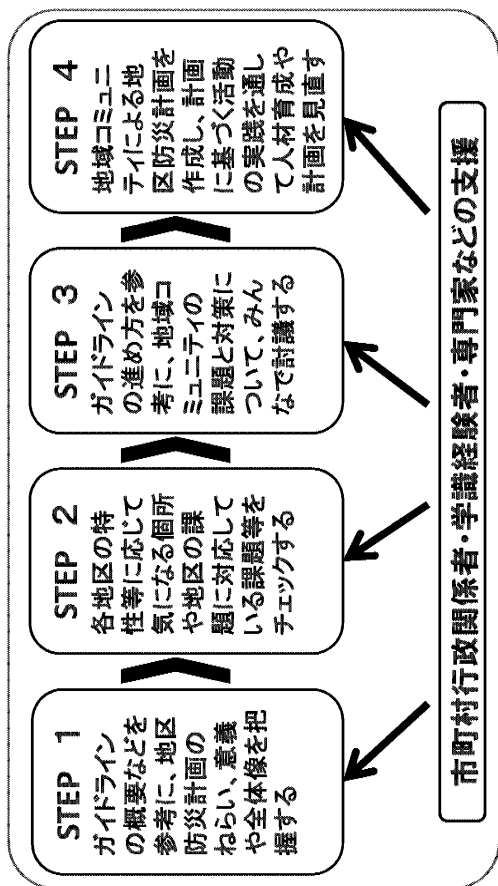
(2) 「地区防災計画」の取り組み

平成25年の災害対策基本法改正において、地域コミュニティにおける共助による防災活動の推進の観点から、市町村内の一定の地区の居住者及び事業者(地区居住者等)が行う“自発的な防災活動”に関する地区防災計画制度が新たに創設された。

地区防災計画とは、市町村内の一定の地区の居住者及び事業者(地区居住者等)が行う“自発的な防災活動”に関する計画であるが、市町村地域防災計画の中にこの計画が規定されることによって、「市町村地域防災計画に基づく防災活動」と「地区防災計画に基づく防災活動」とが連携して、共助の強化により地区の防災力を向上させることを目的とする。

また、地区居住者等が市町村防災会議に対して地区防災計画に関する提案(計画提案)を行うことができることになっており、市町村防災会議には、その提案に対する応諾義務が課せられた。

地区防災計画の策定にあたって ガイドラインの活用(内閣府のHP)



木造密集市街地での「地区防災計画」

- ・ 防災まちづくりを目指す「防災街区整備地区計画」がハードの計画
- ・ 大火災(炎の津波)から命を守る「広域避難」の仕組みを「地区防災計画」として、地域から提案するべき。
- ・ 「避難行動時要支援者」の支援システム
- ・ 「初期消火」と「広域避難」の行動基準
- ・ 避難情報の伝達システム
- ・ 来街者との共存システム……課題は多い!

6. 「国土強靱化地域計画」の取組

過酷事象を乗り越え「復興する目標」を長期目標に、「地域の継続を可能とする被害レベル」を短期目標に、「過酷事象」に取り組み強靱化!

- ・ ハードで物的被害、ソフトで人的被害を軽減
- ・ 社会と人間の力こそが最悪事態から国・地域を継続し、将来を切り開く
- ・ それには、「起きてはならない事態」を対応可能なレベルに軽減して、BCPで対応
- ・ 最終目標は復興不要の地域像、それは過酷事象からの復興目標を目指す事前防災

＜国家として回避すべき過酷事象：国難＞ 起きてはならない45の「最悪の事態」(1)

基本目標	事前に備えるべき
	1. 人命の保護が最大限図られる II. 国家及び社会の重要な機能が致命的な障害を受けず維持される III. 国民の財産及び公共施設に係る被害の最小化 IV. 迅速な復旧復興 起きてはならない最悪の事態
1	1-1 大都市での建物、交通施設等の複合的・大規模倒壊や住宅密集地における火災による死傷者の発生
	1-2 不特定多数が集まる施設の倒壊・火災
	1-3 広域にわたる大規模津波等による多数の死者の発生
	1-4 異常気象等による広域かつ長期的な市街地等の浸水
	1-5 大規模な火山噴火・土砂災害(深層崩壊)等による多数の死傷者の発生のみならず、数年度にわたる国土の脆弱性が高まる事態
2	1-6 情報伝達の不備等による避難行動の遅れ等で多数の死傷者の発生
	2-1 被災地での食糧・飲料水等、生命にかかわる物資供給の長期途絶
	2-2 多数かつ長期にわたる孤立集落等の同時発生
	2-3 自衛隊、警察、消防、海保等による救助・救急活動等の絶対的不足
	2-4 救助・救急、医療活動のためのエネルギー供給の長期途絶
	2-5 想定を超える大量かつ長期の帰宅困難者への水・食糧等の供給不足
	2-6 医療施設と関係者の絶対的不足、被災、支援ルートの途絶による医療機能の麻痺
2-7 被災地における疫病・感染症等の大規模発生	

起きてはならない45の「最悪の事態」(3)

事前に備えるべき	起きてはならない最悪の事態
6	6-1 電力供給ネットワーク(発電電所、送配電設備)や、石油・LPGガスサプライチェーンの機能の停止
	6-2 上水道等の長期間にわたる供給停止
	6-3 汚水処理施設等の長期間にわたる機能停止
	6-4 地域交通ネットワークが分断する事態
	6-5 異常洪水等により用水の機能の途絶
7	7-1 市街地での大規模火災の発生
	7-2 海上・臨海部の広域複合災害の発生
	7-3 沿線・沿道の建物倒壊による直線的な被害および交通麻痺
	7-4 ため池、ダム、防災施設、天然ダム等の損壊・機能不全による二次災害の発生
	7-5 有害物質の大規模拡散・流出
8	7-6 農地・森林等の荒廃による被害の拡大
	7-7 風評被害等による国家経済等への甚大な影響
	8-1 大量に発生する災害廃棄物の処理の停滞により復旧・復興が大幅に遅れる事態
	8-2 道路開通等の復旧・復興を担う人材等(専門業、コーディネーター、労働者、地域に精通した技術者など)の不足により復旧・復興が大幅に遅れる事態
	8-3 地味コミュニティの崩壊、治安の悪化等により、復旧・復興が大幅に遅れる事態
8-4 新幹線等の幹線インフラの損壊により復旧・復興が大幅に遅れる事態	
8-5 広域地帯域下等による広域・長期にわたる浸水被害の発生により、復旧・復興が大幅に遅れる事態	

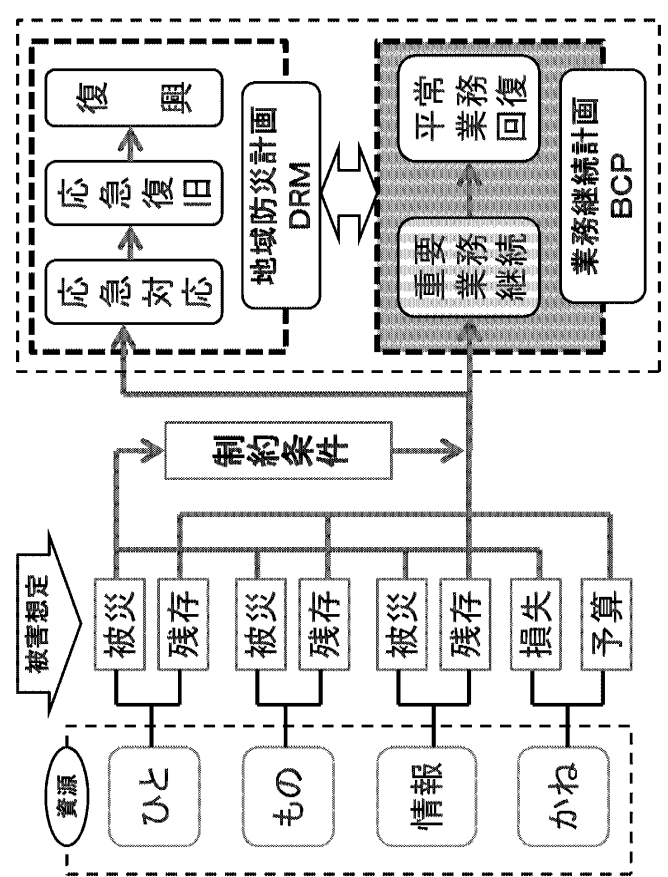
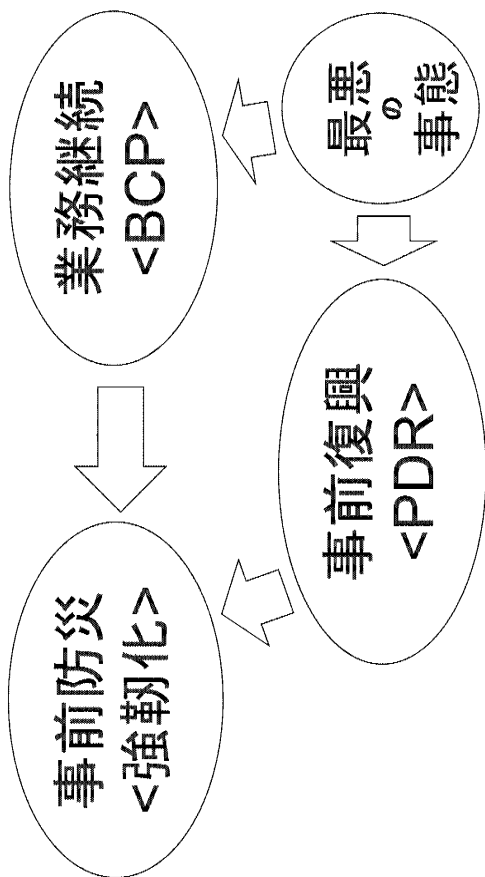
起きてはならない45の「最悪の事態」(2)

事前に備えるべき	起きてはならない最悪の事態
3	3-1 矯正施設からの被収容者の逃亡、被災による地域の警察機能の大幅な低下による治安の悪化
	3-2 信号機の全面停止等による重大交通事故の多発
	3-3 首都圏での中央官庁機能の機能不全
4	3-4 法行政機関の職員・施設等の被災による機能の大幅な低下
	4-1 電力供給停止等による情報通信の麻痺・長期停止
	4-2 郵便事業の長期停止による種々の重要な郵便物が送達できない事態
5	4-3 テレビ・ラジオ放送の中断等により、災害情報が必要な者に伝達できない事態
	5-1 サプライチェーンの寸断等による企業の生産力低下による国際競争力の低下
	5-2 社会経済活動、サプライチェーンの維持に必要なエネルギー供給の停止
6	5-3 コンビナート、重要な産業施設の損壊、火災、爆発等
	5-4 (港湾、船舶、航路など)海上輸送の機能の停止による海外貿易への甚大な影響
	5-5 太平洋ベルト地帯の動線が分断するなど、基幹的陸上海上交通ネットワークの機能停止
	5-6 複数空港の同時被災
	5-7 金融サービス等の機能停止により商取引に甚大な影響が発生する事態
5-8 食糧等の安定供給の停滞	

「国土強靭化基本計画」 「アクションプラン2014」の目次

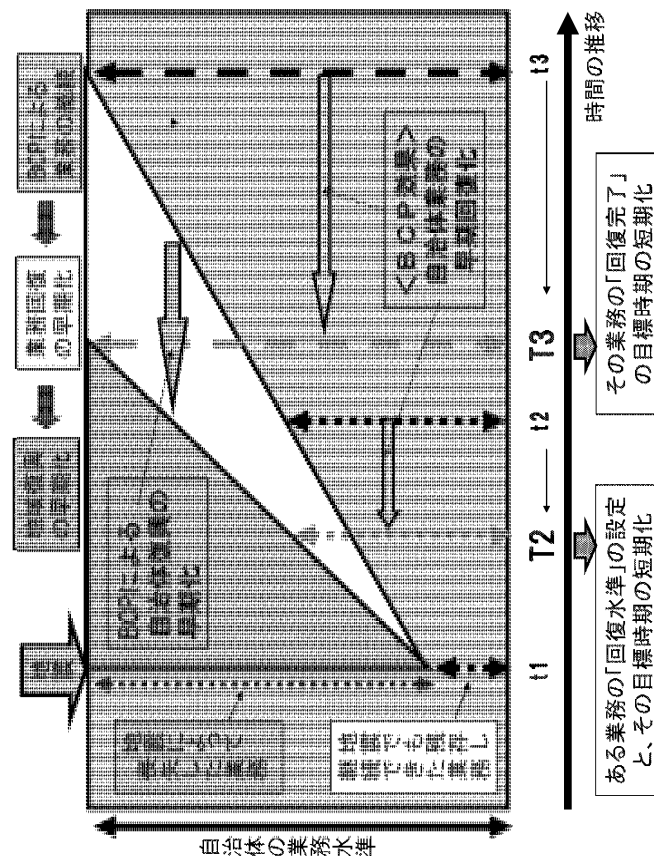
国土強靭化基本計画	第1章 強靭化の基本的考え方
国土強靭化 アクションプラン 2014	第2章 脆弱性評価
	第3章 国土強靭化の推進方針(施策分野別)
	第4章 計画の推進と不断の見直し
	<別表1> プログラムごとの脆弱性評価結果 <別紙2> 施策分野ごとの脆弱性評価結果 <別紙3> 各プログラムの推進方針
第1章 国土強靭化アクションプランの位置づけと構成	
第2章 プログラムごとの脆弱性評価	
第3章 各プログラムの推進計画	
第4章 プログラム推進のための主要施策	
<別表> プログラムごとの脆弱性評価結果	

「想定外」に事前防災する国土強靱化計画は「最悪事態」後に目指す地域像を長期目標に業務継続可能水準へ被害軽減を短期目標に



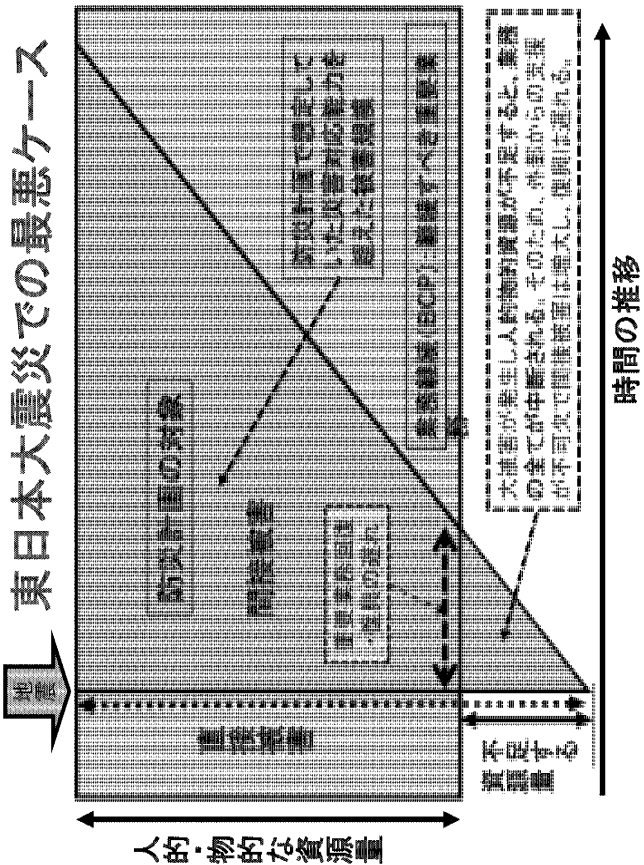
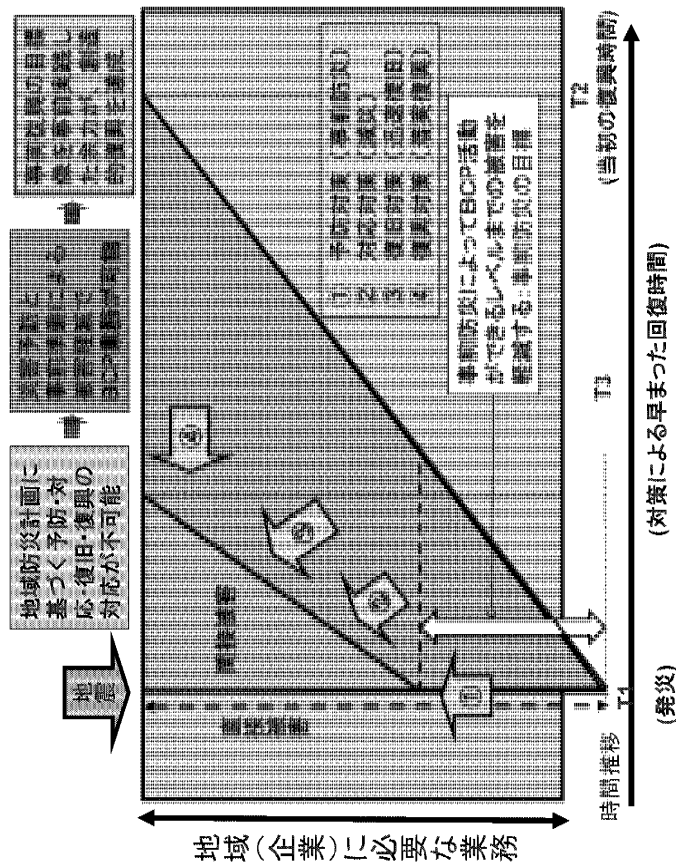
①地域防災計画から自治体BCPへ 自治体の防災も民間企業と同じようにBCP

- 災害対応策を中心に、対策の百科辞典としての地域防災計画
- 「いつ(時間軸)」、「どこで(空間軸)」、「誰が(主体)」が災害対応策の検討の三要素
- BCPのためには、「自治体自らの被害想定」をすることが、不可欠になる
- 受援体制の事前準備も(行政支援の有効活用)



従来のBCPは、L1対応ではないか

- 東日本大震災で激甚な被災自治体では、BCPは何の役にも立たなかったと言う。
- L2レベル(過酷事象)に対応した「BCP」を持っているのか。
- BCPが役に立たなくなるとなる過酷な事態を軽減する「事前防災の推進」が求められる。
- 過酷事象に対応して「BCPで対応できるレベルにまで被害を軽減」することこそ、国土強靱化の短期目標とすべきである。



② 想定外にも備える「事前復興計画」

- 想定外からも、「迅速な復興」が求められる
- が、迅速にできるのは「復旧」で、「復興」は復旧から継続的・着実に進める取組を。
- 過酷事象からの復興を着実に実現するには、事前復興計画(目標)の事前検討であり、その「事前復興の目標」こそが、国土強靱化の長期目標となる。
- 過酷事象後の「復興対策の準備」のみではなく、過酷事象からの「復興計画(目標)の事前検討」であり、その「事前復興の目標」こそが、国土強靱化の長期目標となる。
- 犠牲者が出る前に「津波地域では高台へ移転しておく」ように「木密の都市改造の取り組みをはじめる」

二つの「事前復興計画」の概念

- 第一概念：「迅速な復興のための事前準備」
- 最大規模の被害から迅速に復興する準備
- ①復興グランドデザインの事前検討
- ②復興マニュアルの策定…東京都の「時限市街地」の発想
- ③復興まちづくり訓練・復興図上訓練の実施
- 第二概念：「復興目標の街づくり・都市づくりの事前実施」
- 最大規模の被害想定からの復興グランドデザインの推進
- ①「地区計画」に復興まちづくりの方針を書き込み、共有化
- ②地籍調査の実施
- ③都市計画道路など復興時整備路線を事前決定し事業化
- ……東京都の「特定路線」整備も

想定外に対する事前防災「国土強靭化」

- 「防災計画」とは、基本的には、地震や洪水など地域のあらゆる「リスク」を想定し、「そのリスクに対する対応対策」をとりまとめるもので、例えば、防災基本計画では「各災害に共通する対策編」を設けつつ、「地震災害対策編」「津波災害対策編」など、リスクごとに計画が立てられる。従来から、そのために対応できない事態は想定しないこととすることもありま
- 「BCP」は、「(最悪の事態の視野に入れられることになっているが)災害発生後の状況にどのように対応し業務を継続(地域を継続)するか」を、事前に計画し、準備しておくものですが、最悪の事態が発生した後における地域継続を想定しているのか。
- 「国土強靭化」とは、リスクオペレーションの体系化ではなく、地域における、1)あらゆるリスクを見据え最悪の事態(過酷事象)を想定し、2)どんな事が起ころうとも最悪な事態に陥ることなく、3)さらに最終的には最悪の事態からの復興像を事前実現する『「強靭」な地域、社会、企業、国民』づくりである。
- つまり「短期的にはBCP対応でき、長期的には復興不要」となる、「事前復興の国・地域づくり」が、国土強靭化計画の目標である。

災害復興は、トレンドを加速する

〈これまで、目指してきた「復興目標」〉

- ②地域安全の確保…「再度被災防止」
- ③被災者の回復…「生活・仕事・住まい」
- ④地域経済の再生…「地域の活性化」
- ⑤地域社会の維持…「コミュニティ(絆)」
- ⑥地域文化の継続…「街並み・モニュメント」

〈しかし、留意せねばならない復興の「前提」〉

- ①国土・地域のトレンドの加速…第2の事前復興
- 「成長時代の復興と、成熟時代の復興は異なる」

大都市の最悪事態を引き起こすメカニズムを想定し、対策を構成する強靭化計画

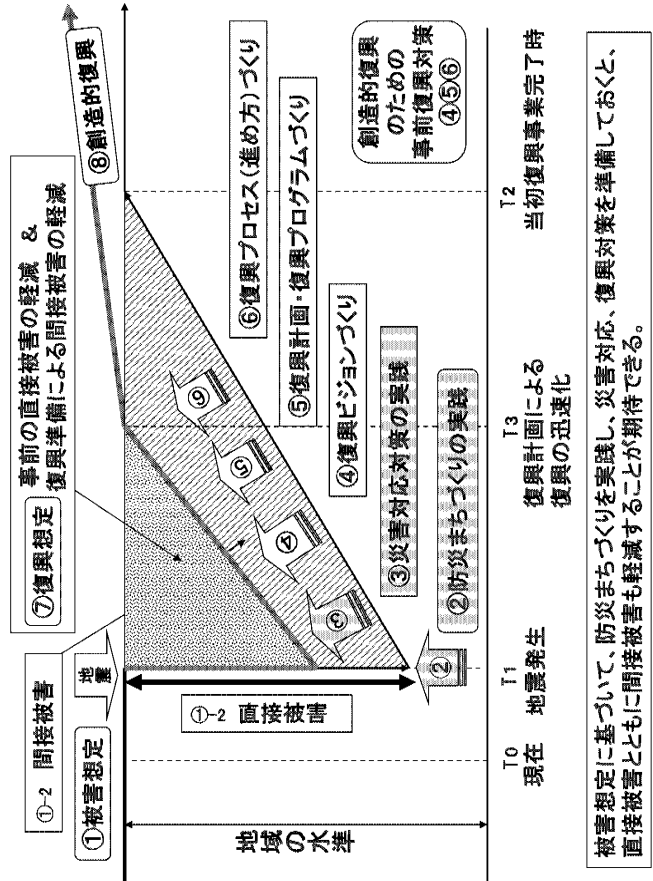
- 「市街地大火を発生させないこと」と「それによって死傷者を発生させないこと」の対策は、
- 「市街地大火の回避」には、建物の耐震化で出火防止し、不燃化で延焼阻止し、市街地整備で消防活動空間を確保する「ハード対策」……長期目標
- 初期消火と広域避難の「ソフト対策」……短期目標
- 「死傷者を生ささない」ためには、災害時要援護者(避難行動時要支援者)を助ける、コミュニティでの支援体制の構築・訓練する「ソフト対策」がある。

「国土強靱化地域計画」の目次(案)

国土強靱化基本計画	市町村国土強靱化地域計画
第1章 強靱化の基本的考え方	第4章 計画の推進と不断の見直し
第2章 脆弱性評価	＜別表1＞ プログラムごとの脆弱性評価結果
第3章 プログラム毎の推進方針・計画 (KPI:目標値の設定)	＜別紙2＞ 施策分野ごとの脆弱性評価結果 (KPI: 現状値)
	＜別紙3＞ 施策分野ごとの推進方針(計画) (KPI: 現状値)
	国土強靱化アクションプラン 2014

3. おわりに: 国土強靱化の取り組みで、大都市に どんなトレンドを作っておくのか

- 災害前の地域・社会・企業・市民の取り組みが、災害によって試される
- “脆弱化を引き起こしているトレンド”を改善していくための“事前の取り組み”が重要
- “地域課題の解決策”が強靱化プログラム
- 過酷事象を乗り越える“地域のトレンド”を創生しておくことが「地域の強靱化」



二つの「そうぞう力」を育てよう 「想像力」と「創造力」

Imagination can create more
effective measures.

想像が対策を創造する

ご静聴ありがとうございました。
中林一樹

資料 3 : 外部評価委員最終評価結果

文部科学省・私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（平成 22 年度～平成 26 年度）
 工学院大学総合研究所・都市減災研究センター（UDM）
 に係る最終評価（2015 年 3 月）

研究機関	工学院大学総合研究所・都市減災研究センター
研究期間	2010 年～2014 年度
研究プロジェクト名	建築・都市の減災と震災時機能継続に関する研究拠点の形成
外部評価委員名	中林一樹
<p>【研究成果に対する評価】</p> <p>1. 研究組織について</p> <p>都市の地震災害は多様な側面があるが、本研究プロジェクトは郊外住宅地域や古くからの木造住宅密集地域よりも高度な建築空間・機能をもつ都心地域に着目し、超高層建物などの建物空間・機能維持及び大量の来街人口に着目した広域的災害時情報システムの確保と、地域連携による都市機能維持に関する都市減災研究を推進した、研究課題は 5 テーマ 12 項目に整理され、それらに対応する研究組織を構成し、的確に研究を推進した。</p> <p>2. 研究施設等について</p> <p>とくに地震動に関する建築物の被害軽減を目指す研究では、大型震動装置を研究設備として活用しているが、本研究では研究開始 2 年目に東日本大震災を実体験しており、それが何よりも重要かつ貴重な研究データを提供した。さらに、地域連携による都市機能維持研究では、大学が所在している西新宿地区を研究フィールドとして民間組織等とも連携して社会実験として研究推進されたことは、高く評価できる。</p> <p>3. 研究成果等について</p> <p>東日本大震災による被災体験から、南海トラフ地震による東京の長周期問題を含めて、地震動対策としての研究成果を達成しているとともに、それらから首都直下地震による地震動の違いに関する研究への手がかりも得られていると評価できる。また、地域連携による地域減災に関する研究でも、地域間の情報連携システム b の構築のみならず、東日本大震災での体験を踏まえて、地域での減災活動の社会実験を通して所期の目標を達成した。</p> <p>4. その他（中間報告への対応等）</p> <p>中間評価において指摘していた課題に対して、適切に対応している。</p> <p>5. 総合評価と所見</p> <p>総合評価 （ A ）</p> <p><所見> 西新宿地区の超高層建物が集中している首都圏を代表する業務集積等都心地区をフィールドに、震災時における巨大都市の建築空間・機能の減災と地区における混乱防止と被災者への対応活動による二次被害の軽減のための研究に、適切な研究体制を維持し、的確に研究を推進しており、優れた研究成果をあげていると評価できる。単に研究成果のみならず、地域協働の取り組みという社会実験的研究アプローチは、研究フィールド地区の地域防災力の向上にも貢献していることは、研究成果の社会還元としても高く評価できる。</p>	

総合評価

A：優れた成果をあげている， B：成果はあがっている， C：あまり成果はあがっていない

文部科学省・私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（平成 22 年度～平成 26 年度）
 工学院大学総合研究所・都市減災研究センター（UDM）
 に係る最終評価（2015 年 3 月）

研究機関	工学院大学総合研究所・都市減災研究センター
研究期間	2010 年～2014 年度
研究プロジェクト名	建築・都市の減災と震災時機能継続に関する研究拠点の形成
外部評価委員名	福和伸夫
<p>【研究成果に対する評価】</p> <p>1. 研究組織について 連携が本質的に難しい大学において、研究者が役割を分担し、研究を進めている点は評価できる。現状は、多数の研究者によるパートナーシップに成功した段階であり、今後は更に、コラボレーションへと繋げていくことが期待される。</p> <p>2. 研究施設等について 適切な研究環境になっている。</p> <p>3. 研究成果等について 個々の研究は、実直かつ実用的であり、具体的な成果に結びついている点で評価できる。論文成果も十分に得られている。今後は、得られた成果を俯瞰的に見て、防災減災技術全体における位置づけを明確にし、新たな課題を見いだすこと、西新宿地区以外にも幅広く社会実装していくことが課題と考えられる。</p> <p>4. その他（中間報告への対応等） 中間報告時での指摘に対し、適切な対応が行われている。</p> <p>5. 総合評価と所見 総合評価（A～Cを記入ください） 所見 A 短い期間で、幅広いテーマに関して、多数の研究者が一つの目標に向かって成果を共有する枠組み作った点は、評価できる。さらに、研究成果を西新宿地域の防災・減災対策に具体的に適用するなど、十分な成果が得られている。</p>	

総合評価

A：優れた成果をあげている， B：成果はあがっている， C：あまり成果はあがっていない

文部科学省・私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（平成 22 年度～平成 26 年度）
 工学院大学総合研究所・都市減災研究センター（UDM）
 に係る最終評価（2015 年 3 月）

研究機関	工学院大学総合研究所・都市減災研究センター
研究期間	2010 年～2014 年度
研究プロジェクト名	建築・都市の減災と震災時機能継続に関する研究拠点の形成
外部評価委員名	野 澤 康 （工学院大学）
<p>【研究成果に対する評価】</p> <p>1. 研究組織について 概ね適切であったと言える。 大きくは、テーマ 1～3（被害の抑制）、テーマ 4～5（被害の軽減）というグルーピング。全体としてレジリエントな建築・都市、という大きな括りでの相互に関連した議論は進められているが、テーマ 1～5 を超えた（結んだ）横断的な考察はなかったのが、課題として残っている感を受ける。</p> <p>2. 研究施設等について 研究目的に沿って、この研究プロジェクトを遂行するのに必要な施設が整えられ、施設が十分に活用されている。</p> <p>3. 研究成果等について 多くの論文が発表され、十分な研究成果をあげたと考えられる。</p> <p>4. その他（中間報告への対応等） 中間報告会では小テーマ毎の発表で、ややバラバラしている印象を受けたが、今回の発表ではテーマ毎にリーダーがまとめて発表されたこともあり、各テーマの中で小テーマ間の連携がかなり進められたという印象を得られた。 中間報告会（2013 年 6 月）では、まだ東日本大震災で得られた知見を持ち込み、研究計画を見直している最中であり、それを反映させるには時間が不足していたが、今回は十分にそれを取り込んで、見直した研究計画に沿って研究を進めて、それにより大きな成果が得られている。</p> <p>5. 総合評価と所見 総合評価（A～C を記入ください） 所見 A</p>	

総合評価

A：優れた成果をあげている， B：成果はあがっている， C：あまり成果はあがっていない

その他、コメント（質問）

テーマ1

本学新宿校舎建物は一般解になり得るのか、特殊解なのか？
実用化につながる耐震診断・補強の研究成果が顕著にあらわれている。費用対効果などの課題は残るが。
屋体基準などの公的な基準への問題提起
東日本大震災で得られた被害に関する知見を有効に活かす。

テーマ2

2.1 と 2.2 との有機的な統合には至らなかったとされているが、発表の範囲ではある程度の連携が実現している。→スプリンクラー配管の強度検証（本学新宿校舎）
耐震改修の優先順位の立案・構築に役立つ。

テーマ3

テーマの性格上、テーマ 1.4 との連携研究により、このプロジェクトの特性を活かした大きな成果（特許出願）を得られている。
左官壁の補修 実験による付着性能の測定
時間の関係で、テーマ3の全体像がよく伝わらなかった感あり。

テーマ4

テーマ5（5.3）との連携あり。テーマ1～3とはない。
電源（テーマ4.2）との連携は中間で報告済み。
防災訓練での実用化実験で検証し、対処方法を示した

テーマ5

1.1、2.1、2.2、4.1、4.2 との連携
新宿駅周辺防災対策協議会→新宿モデルの構築
エリア防災の担い手育成、地域での情報共有
ものづくり、しくみづくり、ひとづくり
研究成果を新宿駅周辺都市再生安全確保計画の策定に活かす。
→エリア防災モデルの構築とその実現