

福山大学  
安全安心防災教育研究センター

平成26年度～平成28年度 活動報告書

平成29年2月

## 巻頭言

### 活動報告書発行にあたって

福山大学 安全安心防災教育研究センター  
センター長 仲嶋 一

2014年に旧構造材料開発研究センターを改組し、安全安心防災教育研究センターとして新たにスタートしてより、第1回目の活動報告となります。当センターは阪神淡路大震災をきっかけとし、主に建造物の構造や材料の開発研究、地域・学生への防災教育を通じて防災に貢献してきました。今回の改組は、当センター創設以来の構造材料開発研究、防災教育を継承しつつ、より広く地域社会の発展に貢献するため、交通安全等の自然災害以外の災害も含めた防災や、環境、福祉といった広い範囲での安心安全に対し活動を拡大し、また大学全体のブランディング研究である里山里海学の推進にも積極的に貢献していくことを目的としています。具体的な取り組みとして、前センターの時より継続して管轄している工学部ひとまちくらしプロジェクトをより研究的なプロジェクトとして見直し、学科、学部横断型のプロジェクト研究をサポートするものとして2016年度に公募し、新たな8プロジェクトとして一新致しました。各プロジェクトには工学部2、3、4号館内にあるプロジェクトスペースを割り当て、整った環境とすることで研究活動を推進しています。本報告書でもこの8プロジェクトの活動内容を報告いたします。また、防災に関しても、構造・材料に加え新たな視点から津波避難というソフト防災にも取り組み、文部科学省の「学校施設の防災力強化プロジェクト」に応募し採択されました。この活動状況に対しても報告いたします。

構造材料開発研究に関しては、鉄筋コンクリート構造の耐震性向上・補強、木造建造物の耐力特性評価、制震用金属材料開発といった多岐にわたる分野に関して、前回の旧構造材料開発研究センターの報告書以降の活動を紹介しています。

最後に防災教育にみらい工学プロジェクト「防災について考える」、地域リーダー養成講座といった教育活動をまとめ、当センターの活動全体を集約しました。

## 安全安心防災教育研究センター活動報告書 目次

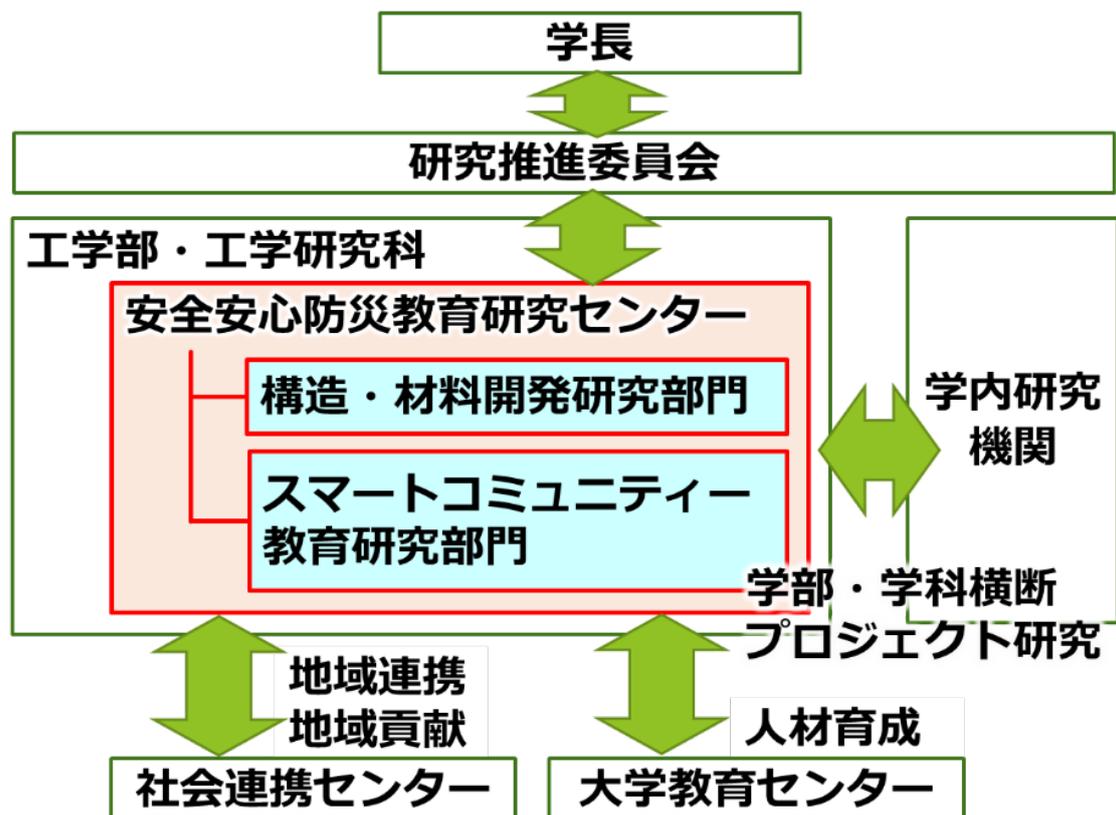
巻頭言 活動報告書発行にあたって：センター長 仲嶋 一

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 1. 組織および教員構成.....           | 1   |
| 1.1 組織図.....                | 2   |
| 1.2 教員構成.....               | 3   |
| 2. センターの運営.....             | 5   |
| 2.1 運営委員会（兼 自己点検評価委員会）..... | 6   |
| 3. 研究活動.....                | 7   |
| 3.1 ひと・まち・くらしプロジェクト.....    | 12  |
| 3.2 学校施設の防災力強化プロジェクト.....   | 48  |
| 3.3 各教員による研究プロジェクト.....     | 58  |
| 3.4 研究資金獲得状況.....           | 84  |
| 3.5 研究業績一覧.....             | 90  |
| 4. 教育活動.....                | 109 |
| 4.1 みらい工学プロジェクト.....        | 110 |
| 4.2 地域防災リーダー養成講座.....       | 112 |



# 1. 組織および教員構成

1. 1 組織図



## 1. 2 教員構成

|                  | 所属               | 氏名                      | 担当     |          |
|------------------|------------------|-------------------------|--------|----------|
| 運営委員会（自己点検評価委員会） | 安全安心防災教育研究センター   |                         |        |          |
|                  | センター長            | スマートシステム工学科             | 仲嶋一    |          |
|                  | 副センター長           | スマートシステム工学科             | 宮内克之   |          |
|                  |                  | スマートシステム工学科             | 田中聡    | 教務       |
|                  |                  | 大学教育センター                | 津田将行   | 教務       |
|                  |                  | 社会連携センター                | 中村雅樹   | 社会連携     |
|                  |                  | スマートシステム工学科             | 香川直己   | アドバイザー   |
|                  |                  | 人間文化学部 心理学科             | 青野篤子   | アドバイザー   |
|                  | 構造・材料開発研究部門      |                         |        |          |
|                  | 部門長              | スマートシステム工学科             | 宮内克之   | 成果報告     |
|                  |                  | 建築学科                    | 都祭弘幸   | 社会連携(知財) |
|                  |                  | 建築学科                    | 山田明    | ホームページ   |
|                  | スマートコミュニティ教育研究部門 |                         |        |          |
|                  | 部門長              | スマートシステム工学科             | 関田隆一   | 安全・衛生    |
|                  | 建築学科             | 伊澤康一                    | 成果報告   |          |
|                  | 情報工学科            | 池岡宏                     | ホームページ |          |
| 兼任教員・協力教員        | スマートシステム工学科      | 三谷康夫、菅原聡、伍賀正典           |        |          |
|                  | 建築学科             | 佐藤圭一                    |        |          |
|                  | 情報工学科            | 山之上卓、金子邦彦、宮崎光二、中道上、森田翔太 |        |          |
|                  | 機械システム工学科        | 内田博志、中東潤、小林正明           |        |          |
|                  | 他学部・他センター        |                         |        |          |



## 2. センターの運営

## 2. 1 運営委員会（兼 自己点検評価委員会）

|                         | 所属          | 氏名   | 担当       |
|-------------------------|-------------|------|----------|
| <b>安全安心防災教育研究センター</b>   |             |      |          |
| センター長                   | スマートシステム工学科 | 仲嶋一  |          |
| 副センター長                  | スマートシステム工学科 | 宮内克之 |          |
|                         | スマートシステム工学科 | 田中聡  | 教務       |
|                         | 大学教育センター    | 津田将行 | 教務       |
|                         | 社会連携センター    | 中村雅樹 | 社会連携     |
|                         | スマートシステム工学科 | 香川直己 | アドバイザー   |
|                         | 人間文化学部 心理学科 | 青野篤子 | アドバイザー   |
| <b>構造・材料開発研究部門</b>      |             |      |          |
| 部門長                     | スマートシステム工学科 | 宮内克之 | 成果報告     |
|                         | 建築学科        | 都祭弘幸 | 社会連携(知財) |
|                         | 建築学科        | 山田明  | ホームページ   |
| <b>スマートコミュニティ教育研究部門</b> |             |      |          |
| 部門長                     | スマートシステム工学科 | 関田隆一 | 安全・衛生    |
|                         | 建築学科        | 伊澤康一 | 成果報告     |
|                         | 情報工学科       | 池岡宏  | ホームページ   |

## 3. 研究活動

## ひと・まち・くらしプロジェクト アブストラクト

### ■スマートベッドシステム

／工学部・スマートシステム学科 仲嶋一, 伍賀正典, 田中聡, 香川直己, 三谷康夫..... 12

病床の周囲に、患者の耳周辺に限定された音場を生成する超音波パラメトリックスピーカと、患者音声を選択的にピックアップするマイクを配置し、一人の患者に限定されたプライベート音空間を形成する。これにより、他患者への騒音とならずに看護師と患者のナースコールを成立させる。更に、患者の発生する種々の音のスペクトル特性、発生位置及びその時間的変化を機械学習により解析することで患者の状態を推定するシステムを構築する。

### ■Data analysis and investigation of the precautionary information for taking refuge from disaster

／工学部・スマートシステム学科 関田隆一..... 18

2014年8月20日豪雨により広島市で土砂崩れが発生し、74名が犠牲になった。この74名は土砂災害警戒情報で避難しておらず、緊急時のリスク認識に行政と地域住民に差異がある。

過去40年の自然災害に依る死者・行方不明者の42%が土砂崩れであるが、これほど長い間、土砂崩れから地域住民を守るための解を得られないのはなぜか？本研究は前述の差異を明らかにし、この疑問に自然災害緊急情報の最適化から解を得た。

### ■地上センサーネットワークロボットと協調する低軌道衛星を活用した土砂崩れ予測システム

／工学部・スマートシステム学科 関田隆一..... 22

科学技術は土砂崩れ発生を防止できないが、被害最小化は実現すべきである。これまで様々な研究が行われていても未だ土砂崩れで大きな被害が出ており、どうしたら最小化できるのか？この疑問に答えるため地盤や大気の観測データを地上ロボットで計測しそれを衛星データ通信で地上局へまとめて送信し土砂崩れを予測する研究を実行している。住民の科学技術への要望、地域企業の開発意欲を調べ、土砂崩れリスク情報最適化の解を得た。

### ■「地域遺産」としての備後表、明王院、別所砂留－備後地域遺産研究会2016年度活動報告

／工学部・建築学科 佐藤圭一..... 24

ひと・まち・くらしプロジェクトの一環として実施している「備後地域遺産研究会」の2016年度活動報告である。備後地域の歴史と文化、生活に深く根ざした空間計画を方法として、地域のヒト・モノ・コトをデザインする実践を通じて、今まさに危機にある地域遺産を保全、継承することを第一義的な活動目的とする。2016年度は、備後蘭草と備後表、明王院と草戸千軒、別所砂留、庄原廃校再編計画を主テーマに活動した。

### ■水槽環境システム解析モデルの基礎的検討—瀬戸内の里山・里海学に関連して—

／工学部・建築学科 伊澤康一 ..... 28

里山・里海の資源利用と経済循環を目指して水産資源次世代養殖システムの開発に取り組み始めた。本研究では、水槽環境システムを対象にして、水温分布均一化や無駄のない給餌、速やかな残餌排出等を検討するための水温計算・濃度計算・CFD解析の基本モデルを作成した。今後、より詳細な運用方法や水温等の実測データに基づき解析モデルの精度を向上させるとともに、逆解析を活用し、システムの効率化を図る。

### ■行動分析と誘導支援

／工学部・情報工学科 中道上・山之上卓・宮崎光二・池岡宏・森田翔太..... 34

ひとの行動分析や誘導支援に関する研究や新たな技術の紹介、またそれらを体験する環境の整備を進めている。とくに観光や防災への適用を進めており、その成果を発表するとともに企画や提言をおこなっている。最近では、福山市からの依頼のもと福山駅から福寿会館への案内経路について、到着できるかの実証実験をおこなうとともに、文部科学省の委託実験として今津小学校の避難経路の問題と改善案を検討するための実験を実施している。

### ■せとうち海中探査プロジェクト

／工学部・機械システム工学科 内田博志、工学部・スマートシステム学科 仲嶋 一、田中 聡、伍賀正典、工学部・建築学科 伊澤康一..... 38

平成 28 年度に新規プロジェクトとして立ち上げ、里山里海プロジェクトにおける藻場生態系研究、水産資源研究との連携を主眼に、海洋ドローン開発、養殖システム開発の 2 テーマについて、藻場生態系研究・水産資源研究関係者（生命工学部）との協議を通じて、各研究に関する技術アプローチを検討し、今後の研究計画・予算計画を立案した。因島キャンパスでの藻場・養殖水槽視察を含む、各テーマ 2 回ずつの協議を行った。

### ■ひろしま交通安心プロジェクト

／工学部・機械システム工学科 内田博志、関根康史、小林正明、工学部・スマートシステム学科 仲嶋 一、田中 聡、伍賀正典、工学部・情報工学科 金子邦彦、人間文化学部・心理学科 平伸二、宮崎由樹..... 42

平成 27 年度に交通安全研究に関する広島県警察との包括協定を締結し、平成 28 年度に本プロジェクトを新規開始した。平成 28 年の活動として、3 月に広島県警察との第 1 回の協議会（出席者約 30 名）を開催し、また 9 月に広島県警察や国土交通省の学外関係者、学内の研究者・学生らを集めた交通安全シンポジウム（出席者約 30 名）を開催して、それぞれ交通安全に関する研究の現状報告と情報交換・意見交換を行った。

### ■工業デザイン・プロジェクト

／工学部・機械システム工学科 小林正明 ..... 46

工業デザイン・プロジェクトは、学習意欲の向上、学部の活性化、学科の魅力創出を目的として地元企業や自治体組織などと連携し、新製品の開発や「学生フォーミュラに挑戦」（みらい工学プロジェクト）で製作するフォーミュラカーのボディデザインなどを行う。また、地元企業や自治体組織などと連携してプロジェクトを進めることで学生の社会人基礎力や学士力の向上を目的としている。

## 学校施設の防災力強化プロジェクト（文部科学省委託事業） アブストラクト

### ■学校施設の防災力強化プロジェクト

／工学部・スマートシステム学科 仲嶋一、金子邦彦、中道上、山田明、伊澤康一、伍賀正典、菅原聡、都祭弘幸、宮内克之 ..... 48

南海トラフ巨大地震による津波で高台にある今津小学校への避難することを想定し、これに対する課題、対策に関する調査研究を文部科学省の委託事業として実施した。今津学区の地域住民に対しアンケートを実施し、防災意識と避難経路、住居の防災対応状況の調査を実施した。また、夜中の地震と停電が併発した場合の避難行動について、暗闇状態を模擬した避難を今津小学校の6年生に対して実施し、防災教育を兼ねた課題調査を行った。

## 各教員による研究プロジェクト アブストラクト

### ■ 高強度鉄筋 SD490 を用いた既存 RC 道路橋橋脚の耐震補強

／工学部・スマートシステム学科 宮内 克之..... 58

補強用軸方向鉄筋に SD490 を使用した既存 RC 道路橋橋脚の曲げ耐力向上型補強において、補強用軸方向鉄筋の定着端部に T 形ナットを配置し、定着孔を斜め削孔する補強方法の有効性について検討した。その結果、提案工法は既存 RC 道路橋橋脚の補強方法として極めて効果的であることが確認された。また、提案工法によって補強された既存 RC 道路橋橋脚の耐震性は、道路橋示方書に基づいて評価できることが確認された。

### ■ 連続繊維束により端部定着された炭素繊維グリッド板による既存 RC はりのせん断補強

／工学部・スマートシステム学科 宮内 克之..... 66

炭素繊維グリッド板の端部を連続繊維束で固定する定着方法でせん断補強された RC 部材の単調載荷試験を行い、連続繊維束を用いた炭素繊維グリッド板の定着方法の可否と補強部材の力学的挙動に関して検討した。その結果、提案する定着方法は極めて効果的であることが確認された。また、提案する定着方法によってせん断補強された RC 部材のせん断耐力は、既存の計算式で評価できることが確認された。

### ■ 伝統構法土塗雑壁の耐力特性に関する実験的研究（壁上下に水平スリットがある場合、および壁上部の梁がない場合）

／工学部・建築学科 山田 明..... 74

伝統構法木造住宅の主要な耐震要素は土壁であり、耐力特性が明らかにされている。しかし、実務で扱われる壁の仕様は、実験室で扱われるそれとは全く別次元のものである。例えば、壁上部に構造部材とみなせる梁が存在しない場合である。このような壁は、これまでの研究では扱われていない。本研究では、構造壁としての仕様を満足しない雑壁の耐力特性を実験的に明らかにすることを目的とした静的実験を実施し、その結果を報告している。

### ■ 制震ダンパー用 Zn-Al 系及び Zn-Al-X (X=Sn, Cu, Mg 等) 系常温超塑性合金の開発

／工学部・機械システム工学科 中東潤..... 80

住宅用制震ダンパーとして非弾性ゴムや低降伏点鋼を用いたものが実用化されているが、前者は小型化が難しいことや周辺工事が多く必要とされ、後者については地震後に交換する必要がある等の問題がある。本研究では、これらの問題を解決する手段として金属の超塑性現象に着目し、大地震による被害の最小化に寄与する制震ダンパー用常温超塑性合金の開発を目指すことにした。実験の結果、Zn-Al 系において伸びが 200%を超える合金を得た。

# スマートベッドシステム (音により福祉、医療を支援するインテリジェントシステムへの挑戦)

仲嶋一\*1・伍賀正典\*1・田中聡\*1・三谷康夫\*1・香川直己\*1

\*1 工学部スマートシステム学科

## 本文

### ■研究の背景目的

病院や特別養護老人ホームでは、入院患者からの要請に応えるためのナースコールシステムが導入されているが一般的である。このナースコールシステムは、患者のベッド又はベッド周辺にマイクとスピーカーよりなる子機が取り付けられ、ナースステーションや事務所に設置された親機に有線または無線で接続されている。子機には呼び出しスイッチが取り付けられているのが一般的であり、患者が必要に応じてスイッチを押すと親機との回線が接続され、親機または親機に接続されている看護師の PHS 等の携帯子機が発呼して看護師等の担当職員を呼び出す。看護師等職員は通信回線により患者と交信し、可能であれば要求事項を確認して患者への対応を行う。この場合の職員の音声は患者側子機のスピーカーより空間音波となって患者に伝わるため、隣接するベッドの静寂性を妨げる。とくに相部屋で夜中に頻回の呼び出しが行われた場合、隣接ベッドの患者の睡眠に問題が発生する場合もある。また、同様に患者からの通話も、ベッド周辺の子機マイクロホンへの一定以上の音量伝達が必要であるので、隣接患者の安静の妨げになる他、会話の内容に依ってはプライバシーの問題となる場合もある。

また、ナースコールシステムには感圧センサ、画像センサ等の種々のセンサがオプションで装備され、患者の状態や認知・せん妄等による離床がモニタされているが、センサの取り付け状態や患者挙動によっては離床検知が漏れてしまう場合もあり、画像センサではプライバシーが問題になる場合もある。更に、上記センサでは看護師の巡回の間に発生する患者の異変、例えば脳梗塞による昏、喘息発作、痙攣、無呼吸といったものは検知できず、早期に看護師に警告を発するシステムの開発が望まれている。

我々は、このような問題点を解決するため、スピーカーからの音の発生を患者の耳の近傍に限定する音場制限スピーカーと、患者の音声のみを高感度取得する音声ピックアップ、および複数のマイクを配列したマルチピックアップからの出力をアレイ信号処理することにより患者の発する各所からの音の2次元分布を取得する音源特定マイクロホンによるプライベート音空間の生成、さらに音源特定マイクロホンより得られる2次元の音分布より患者の状態を人工知能を用いて推定するインテリジェントなシステムをスマートベッドシステムと名付け、本プロジェクトにて取り組みを開始した。

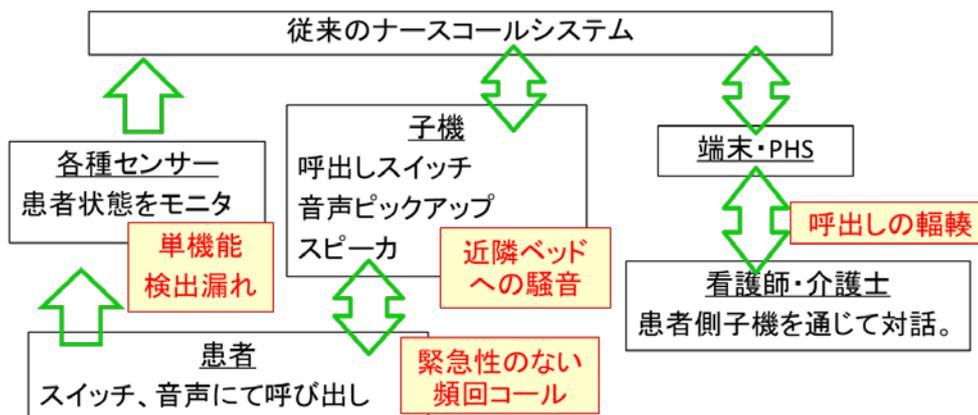


図1. 従来のナースコールシステムと課題

■ 研究内容（システムの全体構想）

本システムは、プライベート音空間を主要素とする対話ハードウェア系と、対話ハードウェア系の構成要素である音源特定マイクロホンからの情報を用いる認識処理系に大別される。対話ハードウェア系では、ベッド周辺に音場制限スピーカーと音源特定マイクロホンが設置されている。音場制限スピーカーは超指向性の超音波パラメトリックスピーカーにより可聴音を患者の耳の周辺の限定された空間に生成するシステムである。看護師の音声、TV、音楽またはシステムにより生成される合成音声を患者の耳元で生成し、周辺への漏洩を極力小さくして対象患者に音声情報を伝達する。一方、音源特定マイクロホンは現状で2種類の入力方式を検討中である。一つは、患者の発話音に特化してピックアップするシステムであり、もう一つは患者周辺で患者の発生する音をピックアップし、その音の発生する場所を特定するシステムである。後者は複数のマイクロホンで構成されたマルチピックアップであり、これにより複数の方位より音響信号を取得する。音源と各マイクロホンの位置関係により到達する音波の音圧、位相が変化することを利用してアレイ信号処理を行い、2次元または3次元の音源マップを形成して以下に述べる認識システムに入力する。

認識処理系は音声認識系と患者状態推測系の2系統で構成される。音声認識系では、前述の音源特定マイクロホンにより信号処理される音波情報の内、口より発せられる音声を選択的に増幅され、人工知能により言語認識、意味理解が行われ、患者に対する応答テキストが生成され、音声合成により患者に伝達される。一方、患者状態推測系では、例えば腰位置の移動によるベッド転み音や手足の移動による擦れ音、呼吸音、咳といった患者の発する音の2次元音源分布を形成し、その時系列的な変化から患者の動きを推測する。この処理では、動きの推測によりせん妄や認知症によるベッド離床・徘徊の予備動作の推定や脳梗塞による嘔、喘息発作等患者の発呼の無い要看護状態の検出を目標としており、実現時の看護支援効果は非常に大きいと期待される。

研究実務においては、各研究項目を分担して進めており、仲嶋が音場制限スピーカー及び認識システムを、三谷が患者音声ピックアップを、伍賀が音のアレイピックアップを、田中が言語認識を担当した。今年度は対話ハード系と言語認識処理の構築を行っており、その他認識ソフト系は次年度以降の活動となる。以下に本年度の成果を個別に報告する。

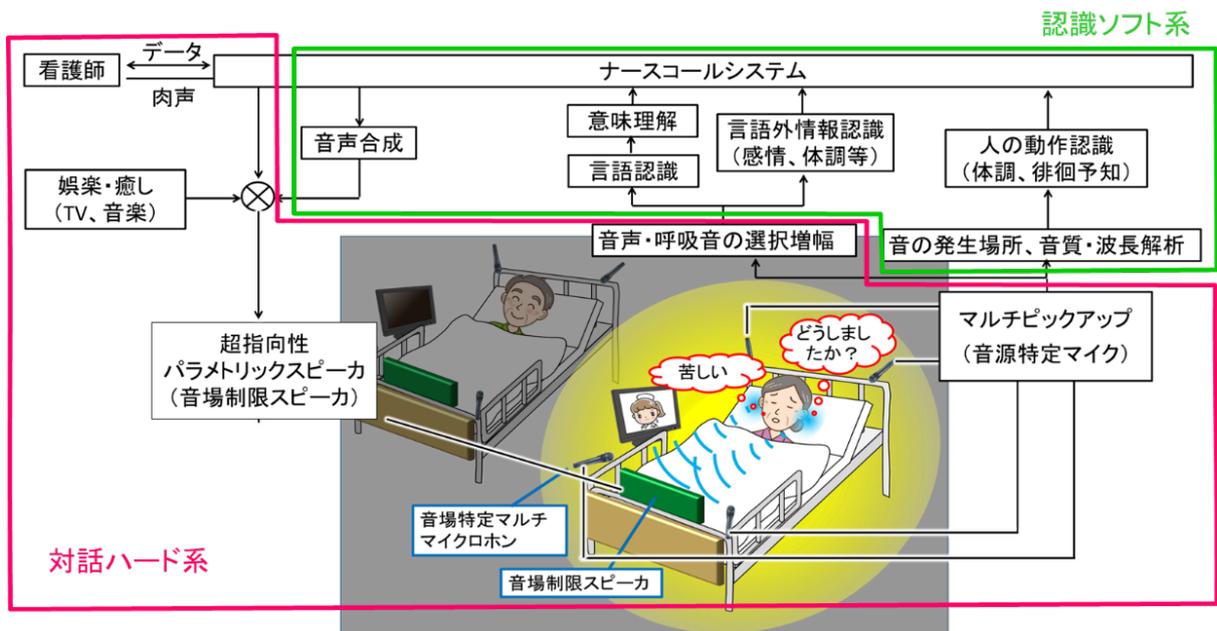


図2. スマートベッドシステムの構成図

■ 成果

1. 音場制限スピーカー ～超音波パラメトリックスピーカーの検討～ (仲嶋)

発生音場を制限するために本システムでは空気非線形効果による自己復調<sup>[1]</sup>を利用した超音波スピーカーアレイを用いる[1]。空気には非線形作用があり、その振幅が大きくなると圧力差による伝搬速度の差異から音圧波形に歪が現れる。特に、周波数の異なる2波が伝搬する場合には、伝搬に伴いその差音が発生することが知られている。よって、目的とする可聴音で振幅変調した超音波を放射すると伝搬に伴い変調波が可聴波となって出現する。図3にそのイメージを示すが、超音波アレイスピーカーより放射された音声信号で振幅変調された超音波が伝搬に伴って、実音波となって出現する。この時、伝搬の全ての位置において自己復調が発生するので、超音波の全ての存在範囲において仮想音源が存在しているとみなすことができる。さらに、仮想音源は復調した可聴波を等速で伝搬するので、音波の伝搬方向に縦列に仮想音源が並んでいるとみなすことができ、パラメトリックアレイと呼ばれる。

本年度は、市販の超音波アレイを用い、超音波を集束させる実験を行った。Φ8mmの超音波スピーカーを方形のプリント基板上に50個11段俵積みで配列したものであり、この基板6個を曲率半径800mmの円弧状に図4に示すように配列した。曲率の中心が音波の焦点となり、写真では焦点位置に超音波マイクが設置されている。円弧の中心線を伝搬軸とし、この伝搬軸に対して垂直方向をx軸として焦点距離での振幅分布を測定した。その結果を図5に示す。分布は軸対象をなすため、伝搬軸から片側のみの音圧分布を測定している。また、焦点での最大音圧で規格化した。焦点での音圧振幅の半値全幅は約20mmであり、超音波が鋭く収束しているのが判る。今後、この焦点位置で制限された可聴音の発生に関し検討を進めていく。

[1] 鎌倉友男、酒井真一：パラメトリックスピーカーの実用化、日本音響学会誌 62(11)、 pp. 791-797、(2006)

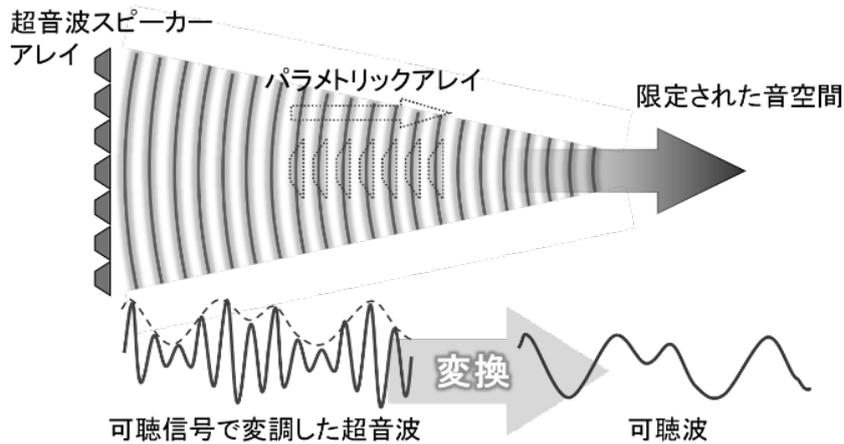


図3. 自己復調のイメージ

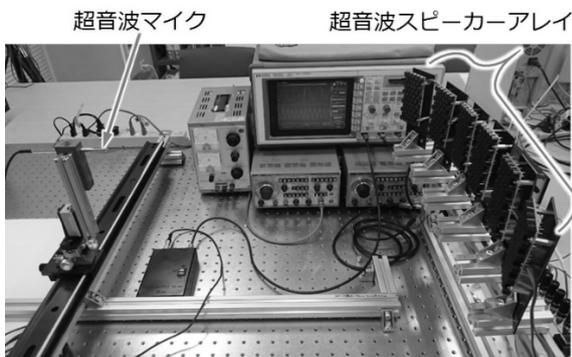


図4. 超音波スピーカーアレイの集束実験系

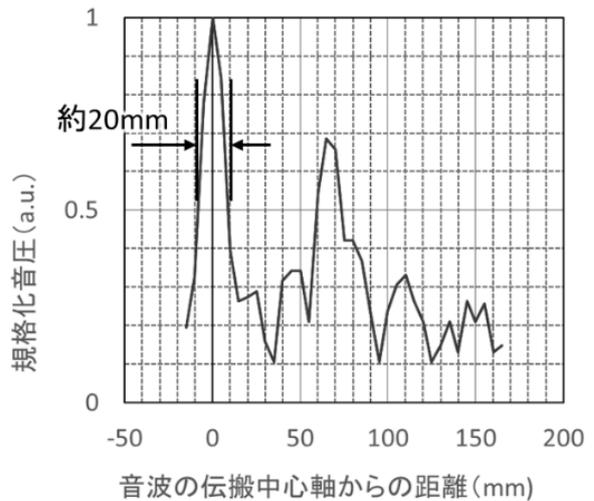


図5. 超音波スピーカーアレイの集束距離における音圧分布の測定結果

## 2. 患者音声ピックアップ ～骨伝導マイクロホンの検討～ (三谷)

患者の体調や訴えを把握するためには、音声を取り込まなければならない。このために複数のマイクロホンを用いて音声信号の取り込みをする方法が考えられる。取り込んだ音声を処理して特定の患者の音声のみを抽出する必要がある。しかし、複数の患者が同時に発話する状況や、周囲の環境が静寂ではなく、テレビや場合によっては外部から侵入する道路交通騒音や隣接した部屋からの暗騒音の影響がある場合も多い。このような環境の下で発話した音声から特定の個人の音声認識する方法は、未だ確立させておらず、研究の初期段階に留まっているのが現状である。そこで、患者の発話を選択的にピックアップする方式の一つとして骨伝導音に着目する。音声を発話する場合、口腔から発する空気伝搬音のほかに骨伝導音がある。骨伝導音は人体の内部を伝導する音（振動）であるため、外部の暗騒音が混入することがほとんどない。

そこで、我々は暗騒音の少ない場合は通常のマイクロホン（複数個）による音響信号に雑音除去アルゴリズムに基づく信号処理技術によって音声を処理する方法を考察する。それと同時に、前述の骨伝導を利用したマイクロホンを用いた音声信号の抽出を考察する。骨伝導音を利用したマイクロホンは、その特性として暗騒音は原理的に混入しない利点があるものの、特に中・高周波域において十分な周波数特性が得られないのが欠点である。発話した音声の意味情報としては、低周波域のみならず比較的高周波域での信号成分が音声認識そのものに重要な役割をはたしており、この点の対処法を考察している状況である。骨伝導音とマイクロホンからの信号成分の相関情報から、特定話者の音声信号を抽出する手法を提案したい。



図6. 骨伝導マイクロホン(耳装着)

## 3. マルチピックアップ ～音源特定マイクを用いた状態推測の検討～ (伍賀)

音源特定マルチマイクロホンを経由して取得された音声データによる、患者の姿勢の推測、また、様態の推測を行うことを目標とする。これまで、顔認証機能を有するカメラを使用し、高齢者介護施設の見守りシステム開発の知見により、特徴量と状態の検討を行ってきた[1][2]。検出する特徴量としては、コール (A 群)・姿勢 (B 群)・移動 (C 群)・時刻 (D 群) があり、要救護状態として、容態急変、転倒、夜間徘徊、無理な姿勢等が想定される。研究例により、これらの特徴量と状態を結びつける状態遷移モデルが提案されている。これらの特徴量を得るために、音源特定をするためのマイクアレイに要求される性能は、10cm 程度の空間分解能、ベッドの周囲 1m 程度・高さ 50cm 程度の測定レンジであり、マルチピックアップのシステムとして、長期間 (数週間～数か月) のデータロガー機能が必要とされる。現在はこの要求仕様を確定し、音源特定のためのマイクアレイの設計を検討している状態である。今後、マルチピックアップのシステムを構築し、状態遷移モデルの適用と改良を行い、有効な手法を開発する。

- [1] 松本哲也、中本裕之、伍賀正典：ユビキタスネットワークを活用した高齢者等の安心安全を確保する見守り空間創成に関する研究開発、兵庫県立工業技術センター研究報告書 第19巻、pp. 54-56 (2010)。
- [2] 松本哲也、中本裕之、伍賀正典、北川洋一、亀山博史、神瀬陽二郎、大森清博、角谷和俊、北山一郎：高齢者の転倒・徘徊など、常時監視、不要に、画像ラボ、Vol. 21、No. 9 (2010)。

4. 言語認識処理の構築 ～スマートベッドシステムに接続される対話システムの開発～ (田中)  
 ナースコールシステムでは患者の音声を聞き取る音声認識と、ナースに代わって応答する音声合成システムが必要である。本研究室においてはヒト型ロボットの **Robovie R2** を用いた対話システムを開発し4年前から運用している[1]。このシステムでは **Windows** の標準の音声認識システム **SAPI** を認識エンジンとし、**AquesTalk[2]**をベースとした音声合成エンジンを用い、定型文章の置換により1問1答形式で応答ができるようになっている。ナースコールシステムへの最初の実装においてはこの **Robovie R2** の音声認識システムの移植を行った。移植に際しては対話状況を文字表示するインターフェース画面を追加し、音声認識結果の信頼性の数値にもとづいて表示を変更するなどの細かい調整を行っている (図1)。

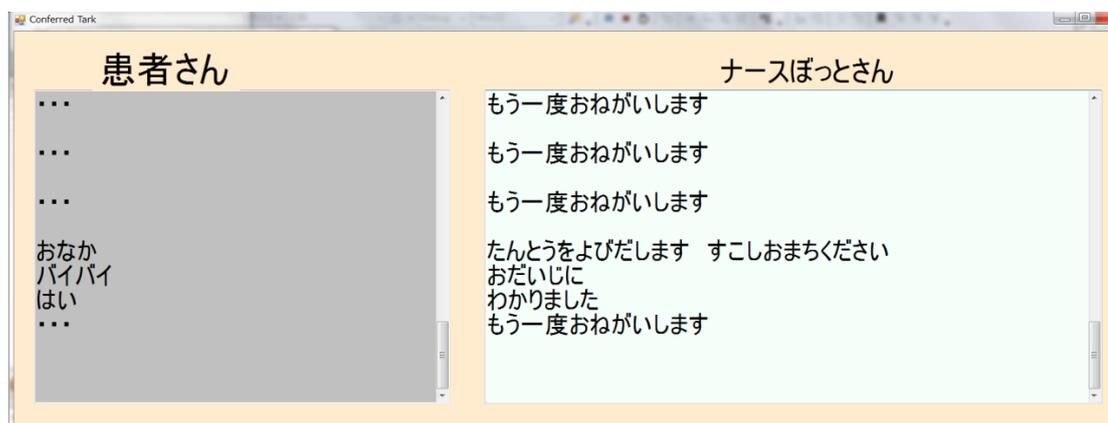


図7. ナースコールシステム(Conferd Talk)

音声合成については抑揚の変化が得意なコーパスベース音声合成方式の **AI Talk3** を採用しより人間らしい表現を目指した。今回使用した **AI Talk3** (図2) は独立したアプリケーションであり、ナースコールシステム (**Conferd Talk**) からの呼び出しが可能なAPIが公開されていない。そこで、**Win32API** のテキスト貼り付けとボタンクリックイベントのウインドウメッセージを **Conferd Talk** 側から **POST** するという方法により連係動作を実現している。



図8. AI Talk3 の動作画面

使用している Windows 標準の音声認識システムには多くの課題があることから、他の日本語認識システムの導入を検討してきた。その中で Google 社の公開している Google Speech API[3]は非常に安定した認識性能を示すことからこれを採用することとし、開発を進めている。現時点で Web ベースの Google Speech API を利用することができる状態になっているが、文章理解のためのシステムの開発が遅れておりナースコールシステムへの統合には至っていない。

今後の開発の中心は、Google Speech API をシステムコールとして利用できるインターフェースの開発と、自然な対話の実現のための仕組みの開発となる。

[1] 田中 聡、渡辺 成：Robovie R2 における会話システムの開発、福山大学工学部紀要 第 36 巻、 pp. 15-21 (2013-2)。

[2] <http://www.a-quest.com/products/aquestalk.html> (平成 28 年 1 2 月 2 1 日確認)

[3] <https://cloud.google.com/speech/> (平成 28 年 1 2 月 2 1 日確認)

## ■応用展開

本システムは冒頭に述べたように対話系と認識系で構成されており、各々個別でも相応の効果を発揮することが期待できる。例えば、比較的早期の実現が期待できる対話システムは、小児病棟、老人向け特別病床や特別養護老人ホームに展開する可能性が考えられる。老人は聴力の衰えている場合が多く、システムが制限された領域に大音量の通話音声を生産するのは、周辺への迷惑の低減に有効である。また、小児病棟では、夜間の寂しさに対してシステムが対話することで、小児患者の精神的安定度を向上できる可能性がある。

一方、認識系の構築により以下の効果が期待できる。まず、従来では全ての患者に対して看護師が均等に対応していたために、寂しさ等で頻回の呼び出しを行う患者等緊急度の低い患者の呼び出しによって、より優先順位の高い患者への応答が遅れる懸念があったが、認識系の処理で得られる患者状態推定によりシステムが 1 次対応を行って優先度付けを行えば効率的な看護活動が可能になり、患者も含めて負担が軽減されることが考えられる。

また、認知症やせん妄による徘徊の検知では従来は離床センサなどを各ベッドに設置する必要があり、センサの設置状況や離床の動作によっては検出漏れを起こす懸念があった。また、カメラにより監視する場合にはプライバシーの確保の点から同意が必要であるし、監視を嫌がられる場合もある。これに対し音による推定は比較的バリアが低く、また個別センサを配置する必要がないので、重篤患者など種々のモニタ監視が必須の場合を除き有効であると考えられる。

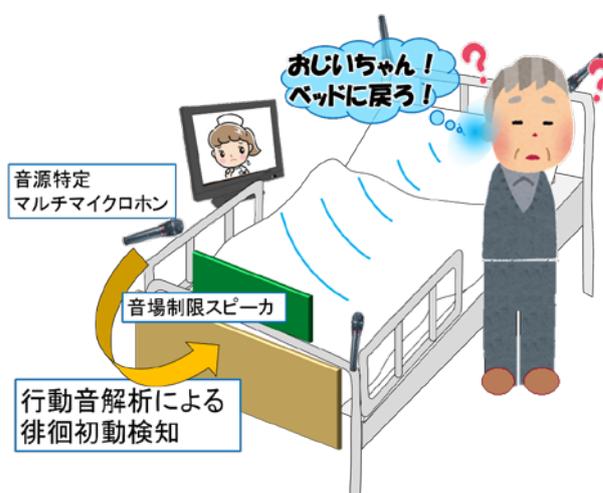


図 9. 離床検知のイメージ

# Data analysis and investigation of the precautionary information for taking refuge from disaster (ひとまちくらしプロジェクト、低軌道衛星活用土砂崩れ予測システム)

関田隆一\*1

\*1 工学部スマートシステム学科

## 本文

### ■研究の背景目的

2014年8月20日の豪雨により日本各地で大きな被害が出たことは記憶に新しい。特に広島市安佐南区を中心とした一帯では20日午前3時20分に大規模な土砂崩れが発生し、74名の尊い命が犠牲になった。この豪雨は8月19日から降り始め午後9時26分には気象庁から大雨警報（土砂災害、浸水）が発出され、日付が変わって20日午前1時15分には広島県から土砂災害警戒情報が発出されていた。74名の方々は皆、自宅に留まり土砂に流されて犠牲になったものであり、県からの土砂災害警戒情報を聞いて適切に避難できていれば命を落とすことはなかったと言える。ここから自然災害に関する非常時のリスク認識について行政側と地域住民に大きな差異があることを推定できる。この解消すべき差異の存在が本研究の背景である。

政府発行の防災白書に依ると日本各地に土砂崩れリスクの高い地域が53万カ所指定されており、最近10年は毎年、平均1,180件の土砂崩れが発生していることがわかる。また別の統計データに依ると過去40年の自然災害が原因の死者・行方不明者総数の42%が土砂崩れで占めている。この傾向を生む原因は、前述した広島市の土砂崩れ被害と同じであろう。では、なぜこれほどまで長い間、土砂崩れ災害から地域住民を守るための適切な解を得られなかったのだろうか？この疑問について、自然災害に関する緊急情報最適化から解を得ることが本研究の目的である。

### ■研究内容

地域住民が自然災害の緊急情報を受けた後にどのような行動をとるかを知る質問紙調査は、従来いくつかの行政機関で実施してきたが、それらの成果は学術論文として公表されることがない。検証対象を絞った防災関連の質問紙調査についての学術論文は数が少ない。そこで本研究は、先行研究を参考にしながら、広島県民1500名を対象に自然災害への備え、自然災害での懸念、緊急情報は実際にどこから得るかまたどこから得ることが理想なのか、災害緊急情報を得てからの行動を知る94問の質問紙調査を2015年12月に実施し、以下に示す3つの仮説を検証した。

仮説1：地域住民は、適時・適切な緊急情報を得ることができていない。

仮説2：自然災害の緊急時リスクの認識に行政と地域住民には差異がある。

仮説3：地域住民の緊急情報を得ての避難の認識は「すぐに避難する」「避難できない」「避難する気がない」の3つに分かれる。

### ■研究結果

#### (1) 調査概要

サンプル集団を図1に示す。広島県民に片寄りなく回答を得ている。また行政機関職員からも全体の3.5%のデータを得た。

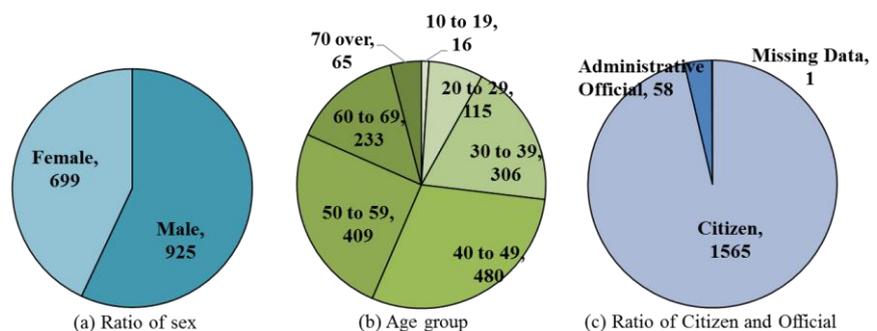


図1 質問紙調査サンプルの概要

(2) 災害時の緊急情報を入手する手段の現実と理想の相違

質問への回答は定量化のため多段階カテゴリ化し、以下の4段階リカート尺度とした。

- 1点：そうだとは思わない
- 2点：ややそうだとは思わない
- 3点：ややそうだと思う
- 4点：そうだと思う

データ集計を行い、回答点数のヒストグラムを作成したが、きれいな一山形状の正規分布状態でデータの信頼性は高い。このヒストグラムデータを使って広島県民の災害時緊急情報の入手方法について現実と理想の比較を行った。テレビ、ラジオなど14種類の方法の内、9種類が理想とは異なっていると判明した。その最も典型的なデータを図2に示す。

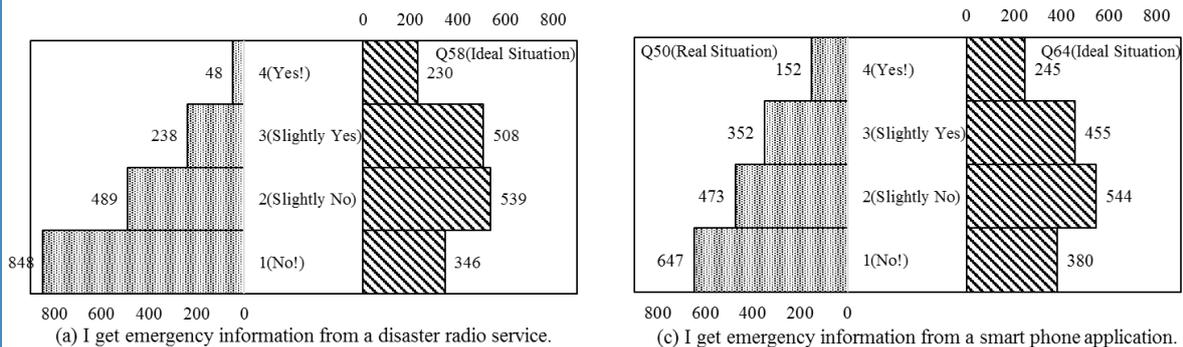


図2 緊急情報入手方法の現実と理想の典型データ

図2の左図は緊急情報を防災ラジオから得るか、右図はスマートフォンアプリから得るかという質問への回答分布である。それぞれ左側が現実で右側が理想を表している。この図から広島県民は、防災ラジオもスマホアプリも理想的には使いたいものの、現実には使えていないということがわかる。つまり広島県民は災害緊急情報をリアルタイムに自分自身のリスク情報として得たいが、それができず現状では、避難に係るリスクを適時に理解することができない状態にあると言える。仮説1が検証された。今後解決すべき課題である。

(3) 災害緊急時のリスク認識について行政と住民の差異

住民と行政職員の間で回答の平均値の出方に差があるかをStudentのt-検定で確認した。この検定での帰無仮説は、以下である。

「住民と行政職員の間で平均値には差がない」

住民と行政職員の間で分散が等しいかどうかをLeveneの検定で確認した上で、有意確率(両側)5%で検定した結果、5%以下の確率を示して帰無仮説が却下された質問がリスク認識に係る32問の内、8問あった。それを表1に示す。

表1の中で例えばQ81を例にすると、住民は「避難場所を知らないまたは行ったことがないので避難できない」と認識しているのに対して、行政職員は「そんなことはない、知っているはずだ」と認識しており、住民に必要な行政施策が十分ではない可能性を示唆している。これら8問が示す項目はすべて住民にとって現状のままでは適時の避難に十分ではないとの認識に至っているのに対して、このことを行政職員は十分に認識していない実態を表しており、解決すべき課題である。仮説2が検証された。

(4) 住民の確実な避難についての意識構造分析

住民の確実な避難モデルを意識構造分析で得る前に、94問の質問の中で避難に関する26問を対象に探索的因子分析を行った。その結果、表2に示すとおり50%を越える情報を説明するためには4個の因子が必要と判明した。この4因子を基本として相関分析結果を参照し試行錯誤しながら住民の確実な避難に関するモデルを作成し、共分散構造分析を実行した。結果は、行列式で示すよりも視覚的に理解しやすいグラフィカルモデリング方式として図3に示す。

表1 住民と行政職員の間にあるリスク認識の差異検定データ

| 質問                                  | 住民/<br>行政 | 平均           | 標準偏差           | Student t-検定 |              |       |           |       |
|-------------------------------------|-----------|--------------|----------------|--------------|--------------|-------|-----------|-------|
|                                     |           |              |                | t 値          | 有意確率<br>(両側) | 平均の差  | 差の95%信頼区間 |       |
|                                     |           |              |                |              |              |       | 下限        | 上限    |
| Q79: 避難準備が勧告か、対象などが現状情報はあいまい        | 住民<br>行政  | 2.88<br>2.5  | 0.704<br>0.96  | 2.985        | 0.004        | 0.380 | 0.125     | 0.635 |
| Q80: 現状では災害の危険性や緊急性の情報を得られない        | 住民<br>行政  | 2.92<br>2.48 | 0.714<br>0.978 | 3.354        | 0.001        | 0.435 | 0.175     | 0.694 |
| Q81: 避難場所を知らない、行ったことがないので避難できない     | 住民<br>行政  | 2.5<br>1.41  | 0.836<br>0.726 | 11.143       | 0            | 1.088 | 0.893     | 1.284 |
| Q83: 深夜や早朝にいきなり緊急情報が出て対応できない        | 住民<br>行政  | 2.98<br>2.59 | 0.768<br>0.992 | 2.983        | 0.004        | 0.393 | 0.129     | 0.656 |
| Q87: テレビやラジオで情報を聞いている限り他人事である       | 住民<br>行政  | 2.34<br>1.59 | 0.763<br>0.817 | 7.333        | 0            | 0.751 | 0.55      | 0.951 |
| Q91: 行政からの情報は決まり文句の繰り返しで避難に結びつかない   | 住民<br>行政  | 2.46<br>1.93 | 0.722<br>0.896 | 5.392        | 0            | 0.525 | 0.334     | 0.716 |
| Q92: 地域を知った人のリアルタイム情報がないと避難に結びつかない  | 住民<br>行政  | 2.45<br>1.83 | 0.731<br>0.841 | 6.362        | 0            | 0.625 | 0.433     | 0.818 |
| Q94: 災害リスクの高まりを実感できる情報がないと避難に結びつかない | 住民<br>行政  | 2.41<br>1.72 | 0.714<br>0.812 | 7.14         | 0            | 0.685 | 0.497     | 0.873 |

表2 因子分析結果

| 因子   | 固有値   | 累積分散説明率 (%) |
|------|-------|-------------|
| 第1因子 | 5.39  | 14.973      |
| 第2因子 | 4.996 | 28.85       |
| 第3因子 | 4.744 | 42.027      |
| 第4因子 | 4.715 | 55.123      |

図3のモデルで使っている記号を説明する。

□ は、観測変数を表しており質問で実測した項目である。

○ は、実測できない背後にある要因などを示す潜在変数である。

→ は、パスと呼ばれる関係を示すもので、原因から結果に向かって矢がささる。パスの上の数値はパス係数といい、その影響度を示している。

○ は、単方向のパスを受けている変数（内生変数）に付随する誤差変数を示す。

モデルは、いわば調査結果について分析者の仮想世界であり我田引水におちいりやすい。そこでこの仮想と現実の乖離度を客観的に検証する適合度関数（指標）が統計学研究で数多く提案され、本研究では次の3個を適合度指標として採用した。

- ①  $\chi^2$ 乗値（カイじじょうち）：統計学一般で広く乖離度として知られている指標である。測定したデータと完全に一致しているモデル（飽和モデルという）の場合は値が0になり、データと全くあてはまっていないモデル（独立モデルという）では無限大になる。
- ② 比較適合度指標(CFI)：飽和モデルでは1、独立モデルでは0を取る。ケース数の影響を受けない指標である。
- ③ 平均二乗誤差平方根(RMSEA)：母集団とモデルの乖離度を表す値で、推定するパラメータの数の影響を受けない指標として知られている。この値が0.05未満の場合、モデルのあてはまりが良いと判断し、0.1以上ではあてはまりが悪く採用できない。

図3の中に適合度指標の計算結果も示したが、 $\chi^2$ 乗値は3桁と小さくはなく、RMSEAも0.5未満まで下がっていないものの0.06であり、CFIが0.95を越えて1に近いことから本モデルは広島県民の意識と良く一致していると言って良い。

この図3から住民が災害緊急情報の最適化による確実な避難につながると考えている因果関係が以下のとおりであるとわかる。

- ① 災害緊急情報はテレビ、スマホメール、防災無線屋外放送の他、自主防災組織などの近所の人から得る。
- ② すると地域のリアルタイム情報を避難に結びつけられる。
- ③ 災害の危険性や緊急性情報を十分に得られることで災害緊急情報の改善に結びつく。
- ④ 深夜・早朝以外に緊急情報を得て、避難場所も十分に知って確実な避難に資する。
- ⑤ 行政からの災害情報の内容も明確に理解でき確実に避難できる。
- ⑥ 災害によるリスクの高まりを実感して確実な避難に結び付けらる。
- ⑦ 上記により行政の指示を待たず早めの避難と共助による避難まで実現できる

(5) まとめ

本研究により住民が災害緊急情報を得る現状の手段の64%は、確実な避難のためには改善が必要と判明した。

災害リスクに関する32項目の内、8項目について住民は現状のままでは確実な避難として十分ではないと認識しているが、そのことを行政は十分に認識しておらず解決が必要である。

また住民を災害被害から守るためには4個の因子があると判明し、その内3個の因子を使った共分散構造分析から住民の確実な避難の意識構造モデルを得ることができた。災害緊急情報の改善から確実な避難の因果関係まで明確にした。

■ 今後の対応

本研究結果は2016年10月の4th International Conference on Urban Disaster Reductionにて国際的に発表した。更に研究成果を国内で広めて災害被害の発生防止に役立てるため地域安全学会へ学術論文として投稿する予定である。

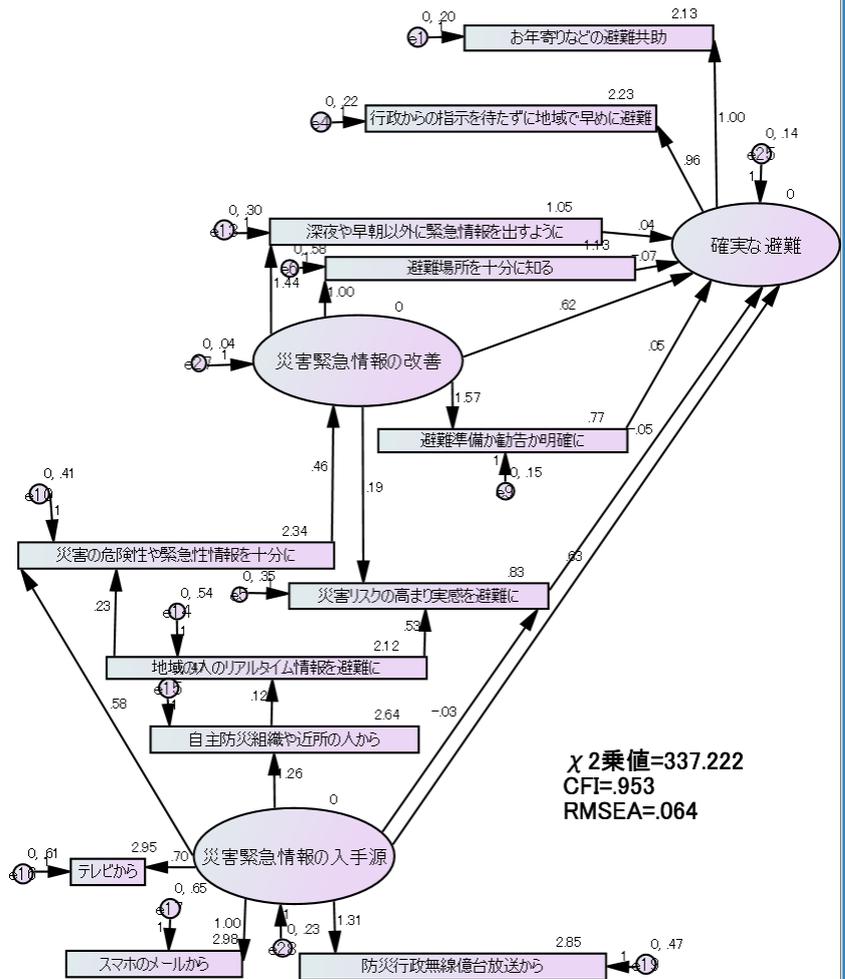


図3 住民の確実な避難についての意識構造モデル

# 地上センサーネットワークロボットと協調する 低軌道衛星を活用した土砂崩れ予測システム (ひとまちくらしプロジェクト)

関田隆一\*1, 香川直己\*1, 田中聡\*1, 沖俊任\*1, 伍賀正典\*1

\*1 工学部スマートシステム学科

## 本文

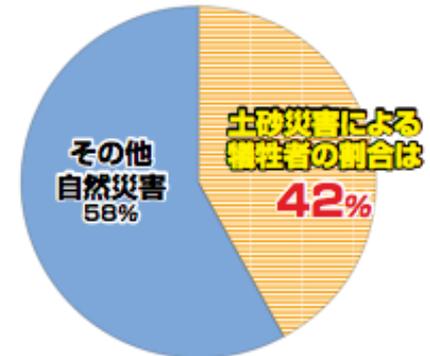
### ■研究の背景目的

広島県では以前から土砂崩れ災害が多く発生しており、住民と行政の危機意識は他県に比べて高く防災情報なども充実しているが、自然の猛威を前に2014年8月20日に甚大な土砂崩れ被害が出た。自然災害全体の中で土砂崩れ被害の占める割合が大きいことは一般に知られていない。右図に示す統計によると我が国の自然災害による犠牲者数の42%が土砂崩れで、平成12年からの10年間は年平均約1000件の土砂崩れが全国で発生している。

自然災害である土砂崩れを科学技術で防止することは不可能である。しかし科学技術により災害被害は最小化すべきであり、災害発生の事前検知、最適な防災情報、最適な避難を達成する防災教育など、これまで様々な研究が行われてきた。それでも未だ大きな被害が出てしまうのはなぜだろう、どうしたら最小化できるのか、この疑問に答えることが本研究の目的であり、広島県のみならず世界で求められているものである。

**土砂崩れの確実な予測で  
失わなくて済む命を救う！**

昭和42年～平成20年までの自然災害による  
死者・行方不明者数の内訳



※平成20年度以降の自然災害による死者・行方不明者は除く  
※自然災害については消防庁調べ、土砂災害については国土交通省砂防部調べによる



### ■研究内容

本研究に続く技術開発全体としては、地球観測、衛星データ通信と地上データ計測を協調動作させるグローバルな土砂崩れ予測システムを創出する。

現在では装置を斜面に設置して土砂崩れ関連データ観測装置が一部商品化されている。ただし装置が大きく自然環境との適合が困難であること、土砂崩れリスクの高い山の斜面は急傾斜で草木が鬱蒼としていて人が立ち入ることができず計測・解析に必要な作業を行えないことから土砂崩れの確実な予測に至っていない。一方、衛星地球観測も、リモートセンシングでは地表表面付近の観測に留まり、地表面下で発生する地盤ずれまで検知が困難で、やはり確実な土砂崩れ予測の実現に至っていない。

そこで、様々な地表面下や大気のアクティブ観測データを小型地上センサーネットワークロボットで計測しそれを衛星データ通信によりグローバルに収集し地上局へ送信して土砂崩れ予測を実現させる研究を行う。



↑ NEC が実用化した土砂崩れデータ計測装置

## ■研究結果

### (1) 2014 年度

福山市民を対象として科学技術と福山活性化に関するアンケート調査を行い、そのデータの定量解析により、福山大学で災害対応の衛星研究を行い若年層の教育と地域企業での連携を促し地方活性化につなげることを市民が望んでいる意識構造にあることを検証した。この結果に対応して超小型衛星研究プロジェクト計画の検討を開始した。

### (2) 2015 年度

4月より土砂崩れ予測システム構築に向けた超小型衛星実験システムプロジェクト（不転プロジェクトと命名）を学内審査会を経て開始し、超小型衛星と地上センサーネットワークロボットの概念設計に着手した。

福山市と府中市の企業を対象に企業連携と開発活動活発化及び地方活性化に関するアンケート調査を行い、企業は今までにない連携を組んで新たな技術開発を開始し地方活性化の一翼になりたいという意識構造にあることを検証した。これに対応してプロジェクト活動を地域企業と協働で実行する体制を構築した。

土砂崩れ予測によるリスク情報で災害情を最適化することで地域住民の確実に避難につなげることが可能という仮説を広島県民を対象としたアンケート調査により検証した。

概念設計を終了させる計画であったが、衛星、ロボット共に概念設計継続となった。

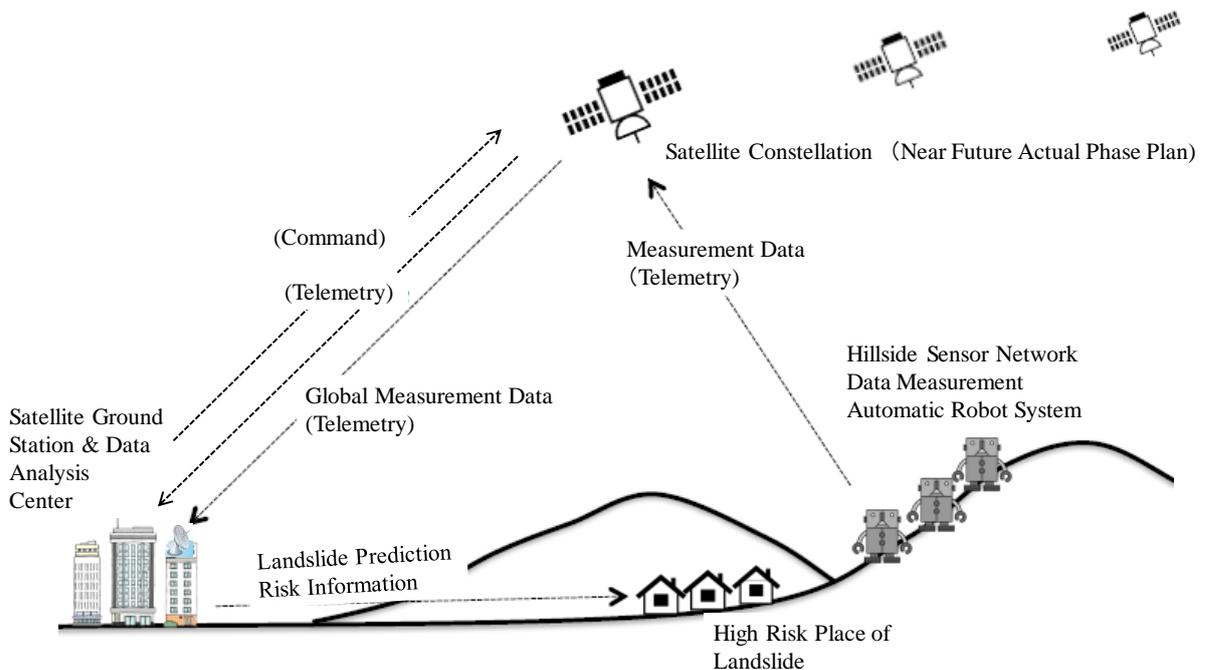
### (3) 2016 年度

前年度研究成果を基に地域住民の確実な避難につなげる災害情報の最適化について“Data analysis and investigation of the precautionary information for taking refuge from disaster”として国際都市防災学会（ニュージーランド開催）で発表した。また土砂崩れ予測システムを新しい小型衛星ミッションとすることを大学宇宙工学コンソーシアム（UNISEC）の第4回衛星ミッションコンテストに応募して審査結果、世界のファイナリストに認定されブルガリアでの国際会議で発表した。

衛星概念設計は、通信系の設計検討を進捗させたが未だ終了していない。地上ロボットも計測センサーなどサブシステム研究を進捗させたがシステムとしての概念設計の終了には至っていない。

## ■今後の対応

2017 年度には文部科学省・宇宙航空科学技術推進委託費の科学拠点形成プログラムに応募して研究経費獲得を目指す。その上で工学部横断プロジェクトに拡大し、地域製造業との協働を本格化させて超小型衛星実験システムの概念設計を終了させ基本設計へ移行する計画である。



# 「地域遺産」としての備後表、明王院、別所砂留 —備後地域遺産研究会 2016 活動報告—

佐藤圭一\*1

\*1 工学部建築学科

## 1. 背景と目的

本稿は、福山大学ひと・まち・くらしプロジェクトの一環である「備後地域遺産研究会」（代表：佐藤圭一、活動拠点：まちづくりPJ室03204号室）の2016年度活動報告である。本年度の備後地域遺産研究会（以後、研究会とする）の中心メンバーは、著者の指導する建築学科1年生「教養ゼミ」、3年生「ゼミナール演習」のゼミ学生であり、それら演習の活動と成果の一部も含まれる。

地域遺産とは、「有形無形を問わず、地域の人々が守り、後世に伝えたい地域の至宝」である。事例調査から著者が導いたものであり、ユネスコの世界遺産が、人類が共有する「顕著な普遍的価値」を掲げることへの批判的考察から提示したものである。しかし、この「地域遺産」の規定は仮説であり、研究会の継続的な教育、研究、実践活動を通じて常に再構築し、地域遺産の保全と継承、そして活用に資する理念構築を行うことが大きな活動目的である。備後地域の歴史と文化、生活に深く根ざした空間計画を方法として、地域のヒト・モノ・コトをデザインする実践を通じ、今まさに危機にある地域遺産を保全、継承することを第一義的な活動目的とする。

## 2. 主な活動概要と今後の展開

### 2-1. 蘭草栽培と備後表

日本の建築は、畳の呪縛から逃れることはできない。畳は、代替可能な単なる床材の1つではなく、日本建築文化の核心をなす。高温多湿な気候風土と生活様式の激変にも動じない沓脱ぎの慣習が、この根幹を支える。著者および研究会では、現在、「蘭草栽培を通じた備後表の生産・流通・設計・施工プロセスの解明」という研究テーマに取り組んでいる。今まさに危機に晒されている備後地域の至宝「備後蘭草と備後表」について、地域における蘭草栽培の実践を通じて、その全プロセスを解明しようというものである。もはや商業ベースで、備後地域における蘭草栽培を担うことはできない。蘭草栽培の中心地は、国内では1970年代に熊本県へ、そして1990年代には中国大陸へと移行しており、備後蘭草（「地草」と呼ばれる備後地域で栽培される蘭草を指す）は国内生産量全体の0.1%程度である。中国大陸産も含めれば、実に0.02%程度に過ぎない。

備後地域では、有志の蘭草農家による極小状態で栽培が続けられている（本稿では個人、企業、協働、兼業等の参入形態を問わず、蘭草の栽培を行う個々の主体を「蘭草農家」とする）。一方で、製織後の備後表は、現在でも最高級畳表としてのブランド価値は高く、予算の潤沢な国宝、重要文化財や宮内庁管轄の建造物の修復に指定されることが多い。しかし現在、流通する特撰「びんご畳表」（広島県蘭製品商業協同組合による地域団体商標登録、2008年10月）の多くは、国内蘭草生産量の9割を占める熊本県産が原料である。中国大陸産備後表はないとされるが、制度上、広島県外産蘭草（原草）を原料とする「びんご畳表」を許容しているのが現状である。さらに、一般にはあまり知られていないが、畳表生産の重要な工程である「製織」の地も県外が許容され、最終的な「加工」作業を備後地域の指定の組合加盟業者が行えば、備後表として流通できる。断っておくが、現在の管理された他県産蘭草の品質や製織技術は、備後地域に勝るとも劣らないものである。1970年代以降改良を重ね成熟した生産技術が熊本県から備後地域に逆輸入されているのが現状である。

しかし、果たしてこれを備後表として喧伝することが、地域遺産の保全、継承といえるのだろうか。備後表を巡っては、蘭草栽培と畳表生産、さらには畳表製造卸業者（畳表流通資本）、畳店（製畳職人）、施工業者が混同されて議論されることがあるが、何を保全、継承しようとしているのか論点を明確にした方がよい。原点である蘭草栽培の現場に注力すると共に、備後蘭草と備後表もいったん分けて考える必要がある。議論の余地は当然あるが、誤解を恐れずいえば、研究会では、「備後蘭草（地草）以外を原料とする畳表は、備後表にあらず」というのが基本姿勢である。実質稼働3戸（加盟はさらに数戸程度ある）である広島県蘭草生産組合連絡協議会の加盟農家が、「びんごうまれ、びんごそだち」という証紙（証糸）織り込み制度を運用し、辛うじて「備後蘭草による備後表」（産地によって、備後本口表、備後本場表という呼称もある）が守られてきた。死守してきたと言っていい近年の壮絶な歴史がある。先賢の功績に依りながら、後継者ゼロベースの備後

地域において、藺草栽培と畳表生産の品質管理を徹底しつつ、後継者育成、新規参入も考量した「備後藺草による備後表」という価値観を実質担保する新しいシステムづくりが次世代に求められる。

研究会が行った2016年11～12月の予備現地調査（全ての藺草圃場を悉皆、聞き取り）では、当年に備後地域で藺草の植え付けを行った農家は5戸、規模は合計11枚、約1haである。詳細な調査、分析は今後の課題であるが、藺草栽培への新規参入と撤退が繰り返されながら、2010年を底として、この数字は微増していると思われる。著者のゼミ学生を中心とする研究会においても、2016年12月に地元農家や畳表製造卸業者（佐野商店、福山市芦田町）の協力を得て、福山市本郷町の約7aの圃場に藺草の手植えを行った。まず備後地域の藺草作付面積において貢献すると共に、参加した14名の若い学生達は地域社会とその伝統産業に直接参画することとなった。9月の苗づくり（株分け）、11月の田起こし・代掻きなどの準備工程も経験してきた。これに先立つ7月には、前年に藺草農家が植え付けた圃場において、手刈りとハーベスタによる刈り取り、泥染め作業も行っている。建築家を志す学生達が、日本建築文化の核心部分に直接触れると共に、かつて生業であった伝統産業の後継者候補として地域社会と交わった瞬間でもある。

今後は、農家の指導を仰ぎながら、日々の圃場管理と共に、2017年5月の先刈り・網掛け、7月の刈り取り・泥染めを行い、最高品質の藺草を収穫することで、生産量においても寄与したい。今シーズンの藺草栽培と平行して、刈り取った藺草で製織作業を行う予定である。福山ブランドにも認定された日本で唯一の「動力織中継六配表」（佐野商店）の技術も修得、継承したい。

教育研究の方法としては実験ではなく実践、目的は開発ではなく解明である。学術調査に基づく地域遺産の理念構築と共に、備後表の保全、継承のために、参与観察によって全プロセスの解明を目指したい。本テーマに関しては、1月30日に、著者の指導する建築学科1年生「教養ゼミ」において、現場経験に基づく「藺草の生き様」と題したポスター発表も行われた。福山大学キャンパス内の著者研究室近くにある約10aの水稲圃場は、今年度の収穫をもって40年の栽培の歴史に幕を閉じた。本郷町や東村町の周辺圃場とあわせ、この跡地で藺草を育て、福山大学ブランド（東村表や本郷表）として備後表の長い歴史の一端を担うことも検討したい。食農カフェを併設するなど、跡地周辺整備も構想したい。大学の優越性は、常に志ある若い優秀な人材が集うことである。しかし地域同様、藺草栽培の専業（指導）者の人材確保という難関をクリアできないのが現状である。

文化財豊保存会（京都市）が中心となり、2010年5月、福山市熊野町に伝統建材の保護を目的とした文化庁の「ふるさと文化財の森」事業の藺草圃場約1haが設定された。設定地はかつての備後藺草栽培の中心地であるが、現在では、約10a、1枚を残すのみである（2012～2015年の連作による障害を避けるため2016年は休作）。2016年度の研究会による予備調査研究から、備後藺草の単価増、栽培専業者の確保・育成、それらを踏まえた流動しない備後藺草1haの作付面積を維持するシステムの構築が、備後地域の全ての関係者一丸で協働して成す歴史的使命と思われる。

**取材記事：**読売新聞朝刊20161127、朝日新聞朝刊20161129、叻物新聞20161210号、中国新聞朝刊20170115

**謝辞：**本文に記載した以外の農家や職人、備後表関連業者・団体、そして地域住民の方々にも、現地調査や資料提供など多大な協力をいただいた。広島県農業経営発展課、福山市地産地消課には備後表に関する統計資料等を提供いただいた。備後表を統括する広島県藺業協会（福山市今津町）の寺本事務局長と笹木事務局次長には、新規参入の助言や最新統計資料を提供いただいた。広島県藺草生産組合連絡協議会の吉田会長には、歴史的背景について直にお話を伺うことができた。また、文化財豊保存会（京都市）の佐竹副会長には、福山の圃場にもご足労いただき学生達へのご指導たまわると共に、種々資料提供いただいた。皆様に心より御礼申し上げます。



図1 本郷町圃場での刈取 (2016. 7. 11)



図2 苗づくり (株分け) (2016. 9. 25)



図3 田起こし (2016. 11. 12)



図4 代掻き (2016. 11. 23)



図5 本田手植え (2016. 11. 26)



図6 「動力織中継六配表」 (2016. 6. 18)

## 2-2. 国宝明王院（草戸千軒）における建築専門ガイド

中道山円光寺明王院（福山市草戸町）は、本堂（1321年建立）と五重塔（1348年建立）がそれぞれ国宝建造物に指定されている。広島県内7件の国宝建造物のうち、備後地域には尾道市の浄土寺本堂と多宝塔、向上寺三重塔をあわせ、5件が存在する（他は厳島神社と不動院金堂）。古都を除けば、日本屈指の国宝建造物密集地域と言っている。明王院本堂は、建立が鎌倉時代まで遡れる日本最古級の折衷様の中世本堂であり、その細部意匠や構造の大胆さは他に類をみない。門前の草戸千軒町遺跡とあわせてその歴史的価値は非常に高い。しかし、これまで明王院は、備後地域在住者にもその実態はあまり知られておらず、一般向けに開放される機会も少なかった。2013年に、地元住民を中心に「明王院を愛する会」（三谷干城会長）が結成され、毎月第3土曜日には非公開の県指定重要文化財の庫裡や書院の内部が公開されるようになった。五重塔初重に不動明王、愛染明王と共に鎮座する弥勒菩薩坐像（2016年10月に錯誤であった「大日如来坐像」から名称変更）は、33年に一度公開の秘仏であったが、毎年12月に開扉、一般公開されている。地域に開くという片山弘雄院家のご意向と、愛する会の三谷会長をはじめとするスタッフの献身的な活動によるものである。数ヶ月に一度であるが、研究会で訪問して地域遺産としての古建築の価値を学び、将来は建築専門ガイドとして貢献できるよう努めている。

現在、庫裏や書院に敷かれている畳表は、藁草が原料のものではなく新建材であり、また国宝本堂外陣に仮設的に敷かれているものも同様であることが分かった。全国の国宝や重文、宮内庁関係建造物修復に優先され、地元の畳職人は備後藁草に触れたことがなく、地元の最重要文化財には備後表が使われないという皮肉な事態が起きている。このままでは継承は難しい。厳しい管理を前提とした流通量の安定確保による適正価格の設定が、備後表の保全、継承には必要不可欠である。備後地域の文化財修復等において、「備後藁草による備後表」の優先流通ルート構築も検討に値する。木造建築様式や木材料には造詣深い古建築の専門家や建築史研究者でも、仮設的な畳という建材には驚くほど関心がない。畳表生産者と建築設計・施工業者をつなぐ建築専門家の必要性を痛感した。

3月26日、明王院書院において、特別講演会「国宝明王院本堂の建築様式について―世界初の魅力に迫る―」（広島大学大学院三浦正幸教授、福山市歴史文化基本構想推進講演会）が開催される。日本遺産登録や2021年の明王院本堂建立700年祭に向けての機運を盛り上げるために、著者やメディア・映像学科の中嶋健明教授らが専門委員を務める市民団体「草戸千軒ビレッジ」（三谷干城会長）が主催する（共催：福山市文化財課、後援：福山大学）。研究会メンバーらで、一般向けに、現地で建築専門ガイドを担う予定である。これに先立ち、研究会では、それぞれ国宝指定の塔と本堂を擁する明王院と浄土寺（尾道市）において、宮大工徳岡秋雄氏（徳岡工務店、三次市）による古建築現地研修会などを行い、知識と技術を深化させた。徳岡氏は徹底した調査研究に基づいて、寺社建築の復元設計と施工を一貫して行える全国でも数少ない宮大工棟梁である。近年、福山市内に寺社建築専門の一級建築士事務所「徳岡伝統建築研究所」（設計部次長徳岡旭氏）も開設されるなど、備後地域では無比の存在である。現在の大学建築学科のカリキュラムに古建築設計はもちろんなく、研究会では継続的に現場にて知識と技術をご教授いただいている。

関連記事：山陽新聞朝刊 20160628 「草戸千軒ビレッジ設立総会」など



図7 草戸千軒ビレッジ構想 (2016. 6. 18)



図8 三谷会長と庫裡にて (2016. 10. 15)



図9 古寺移築現場研修 (2016. 11. 3)



図10 古建築工房見学 (2016. 11. 3)



図11 現地研修 (明王院五重塔) (2016. 11. 9)



図12 現地研修 (浄土寺多宝塔) (同左)

### 2-3. 別所砂留周辺整備

地域住民有志の手によって、近年、「発掘」された国内最大級の近世の砂防ダム群が「別所砂留」（福山市芦田町）である。五入堂川（有地川支流）流域に、現在 36 基が周辺の土砂の下から掘り出され、良好な状態で確認されている。他の近世福山藩築造の砂留群とあわせ、備後地域で発達した石積み技術を伝える超一級の文化財でもある。2016 年 6 月の大水害では、下流の溜池は決壊して被害が出たが、砂留群はほとんど無傷であり、築造から 300 年を経た現在でも本来の機能を果たしていることが実証された。無骨なはずの石積みが人を魅了するのは、その内に生命維持という機能美の極致を湛えるからであろう。2009 年 11 月にわずか 2 人で始めた地道な保全活動は、次第に地域住民を巻き込み、2015 年には、「別所砂留を守る会」（光成良秀会長）が結成されて組織化されている。研究会では、年間を通じて、守る会の周辺整備活動に参画している。2015 年の土木学会「選奨土木遺産」認定に続き、地域住民や学生と守る会の協働によって、2016 年度土木学会「市民普請大賞」グランプリ受賞に輝いた。微力ながらも、研究会の活動も受賞に寄与したと聞いた。

学術調査に関しては、岡山大学大学院の樋口輝久准教授（土木史）の研究室が中心となって行われており、土木学会による評価は高い。しかし、これまで一般の知名度はほとんどなく、近隣住民でさえその確かな存在と価値を知ったのは最近である。現在、別所砂留にはわずかな助成金の他に公金は投入されておらず、守る会の強い結束と意思だけで実に壮大な周辺整備が日々行われている。全てを掘り出すことが文化財保護とはならない可能性もあり、防災の観点からもさらなる議論が必要である。縦割りを廃した文化財保護政策が望まれる。現在、駐車場と案内板、仮設トイレ程度しか施設設備がないため、研究会で、遊歩道計画や休憩所（トイレ）のデザインを構想中である。

関連記事：中国新聞朝刊 20161125 「別所砂留を守る会 市民普請大賞グランプリ受賞」など



図 13 埋もれた石積を「発掘」（2016.12.18）



図 14 地域住民の方々と協働(同左)



図 15 遊歩道整備のための測量(同左)

### 2-4. 旧小鳥原小学校再編計画（庄原市西城町矢鉾地区）

「ひろしま さとやま未来博 2017」の一環として行われるシンボルプロジェクトの 1 つ「廃校リノベーション」のワークショップに研究会メンバーが全 4 回参加した（10/1, 10/29, 11/13, 11/27）。旧小鳥原小学校を舞台にして開催され、その成果である地域住民や一般参加者、東京大学隈健吾研究室とのワークショップ案は、2017 年春に着工予定であり、施工にも参加予定である。3 月 18 日まで、広島県がクラウドファンディングを利用した資金調達（目標金額 3,000 万円）を実施している。予算と納期に限りのあるワークショップ案に対して、研究会では、独自の現地調査と資料収集による分析と考察を加えて、新たな再編計画案を提示した。「備後最北の地に集い繋がる一旧小鳥原小学校再編計画」と題して、著者指導のゼミ生が、1 月 24 日の「ゼミナール演習」（建築学科 3 年生）において、設計趣旨や調査内容、平面計画、CG・パース等の発表を行った。

取材記事：中国新聞朝刊 20161002 「地域に生かす廃校舎 庄原ワークショップ始まる」



図 16 ワークショップ（2016.11.13）

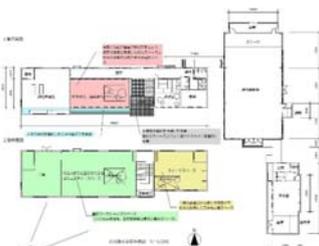


図 17 平面計画(2016.1.24 発表)



図 18 画廊スペース内観パース（同左）

### 3. 今後の課題

備後地域遺産研究会は、2016 年 6 月からのひと・まち・くらしプロジェクトへの参入であり、予算も含めた活動体制構築が最大の課題である。来年度以降も地に臨みながら、活動を続けたい。

# 水槽環境システム解析モデルの基礎的検討

## —瀬戸内の里山・里海学に関連して—

伊澤康一\*1

\*1 工学部建築学科

### 1. はじめに

本稿は、ひと・まち・くらしプロジェクトの一環である「建築環境デジタルデザイン」（代表：伊澤康一、活動拠点：エコロジー製品開発PJ室 03203室）の2016年度の活動報告である。

#### 1. 1 背景

中国山地と瀬戸内海とに挟まれて立地する本学は、里山・里海の資源利用と経済循環を目指す『瀬戸内の里山・里海学』に基づく研究プロジェクトを推進している[1]。

研究プロジェクトの1つである『水産資源次世代養殖システムの開発』では、より効率的な養殖環境を目指しており、水温分布均一化や無駄のない給餌、速やかな残餌排出などに着目している。

「水槽環境システム」は、表1に示すように「建築環境システム」とアナロジーの関係にあり、養殖システムで求められていることに対して建築環境工学のアプローチが適用可能であると考えられる[2]。

|          |    | 流れ場       |                     |
|----------|----|-----------|---------------------|
|          |    | 温度場       | 濃度場                 |
| 建築環境システム | 環境 | 熱環境       | 空気環境                |
|          | 調整 | 加熱・冷却     | 換気<br>(汚染質濃度)       |
|          | 設備 | ヒーター・クーラー | 換気システム<br>(吹出口・吸入口) |
| 水槽環境システム | 環境 | 熱環境       | 水環境                 |
|          | 調整 | 加熱・冷却     | 換水<br>(餌濃度)         |
|          | 設備 | ヒーター・クーラー | 換水システム<br>(注水口・排水口) |

#### 1. 2 目的

そこで本研究では、水槽環境システムを対象にして、水温均一化と給排餌効率化を検討するための基本となる解析モデルを作成することを試みた。

まず、気象データを用いたエネルギー収支解析による年間の水槽水温計算モデルを作成した。次いで、物質収支解析による給餌・排餌に伴う水槽濃度計算モデルを作成した。最後に、熱流体解析（CFD解析）による流れ場・温度場・濃度場モデルを作成した。

### 2. 計算方法

#### 2. 1 収支解析

##### 2. 1. 1 水温の経時変化（エネルギー収支解析）

水槽水を系（システム）としたエネルギー収支について微分方程式を立てた。微分方程式は後退

差分式で近似した。後退差分式を水槽水温について解くかたちに変形し、その式を用いて水槽水温を計算した。

計算フローは次のようになる。まず、一時刻前の水槽水温を既知として現時刻の水槽水温を未知として解く。次に、現時刻の水槽水温を次の時刻の水槽水温として格納する。格納した水槽水温を既知としての次の時刻の水槽水温を未知として解く。この繰り返しによって時々刻々の水槽水温を求めることができる。

## 2. 1. 2 餌濃度の経時変化（物質収支解析）

水槽水を系（システム）とした物質（餌）収支について微分方程式を立てた。微分方程式は後退差分式で近似した。後退差分式を水槽水の餌濃度について解くかたちに変形し、その式を用いて水槽水の餌濃度を計算した。なお、本計算モデルでは餌は瞬時一様拡散を仮定している。計算フローは、水温計算（2. 1. 1）と同様である。

## 2. 2 CFD 解析（熱流体解析）

流れ場・温度場・濃度場の予測は“流れの基礎方程式”の解に基づいている[3]。これらの方程式は「連続の式」、XYZ 座標ごとの 3 つの「運動量方程式」、「エネルギー方程式」、「汚染物質の分布に関する輸送方程式」から構成される。方程式の全ては時間平均され、局所の乱れについては乱流粘性と呼ばれる空間変動する拡散係数で表現される。通常、この粘性は 2 つの追加された輸送方程式、すなわち「乱流エネルギーに関する方程式」と「乱流エネルギーの散逸率に関する方程式」から計算される。したがって、流れの全様相は連成された非線形の 8 つの微分方程式によって記述される。

システム（系）の流れ場に対してこれらの微分方程式を直接解くことができないため、数値計算法が適用される。解析対象空間はセルで分割される。微分方程式は各グリッド点周りに定式化された離散方程式（差分方程式）に変換される。方程式と同数の未知数を与えることになる。数値計算法では、通常 3000 回程度の繰り返し計算を要する反復解法が用いられる。

## 3. 計算条件

表 2 に、解析条件を示す。「流れ場」・「温度場」・「濃度場」それぞれの“入力”・“出力”に分けて整理した。水槽水量は  $1\text{m}^3$ 、高さ  $0.82\text{m}$ 、底面半径  $0.623\text{m}$  とした。換水量（給水量・排水量）は最大  $14\text{ L/min}$  とした。

### 3. 1 収支解析

#### 3. 1. 1 水温の経時変化

因島の 1 年間の気象データを用いた。水槽は建屋内に設定されている場合を想定し、日射と実効放射の影響は無視した。すなわち、気象データは外気温のみを用いた（図 1）。

表 3 に、比較ケースを示す。換水循環の有無とヒーター・クーラーの有無の 4 通りの組合せについて比較した。注水温度は、換水循環なしの場合（ケース 1・ケース 2）では外気温と等しいとし、換水循環なしの場合（ケース 3・ケース 4）では一時刻前の水温とした。ヒーター・クーラーの設定温度は  $18^\circ\text{C}$  とし、水温が  $18^\circ\text{C}$  より低い場合はヒーターが稼働し、水温が  $18^\circ\text{C}$  より高い場合はクーラーが稼働するように制御されるとした。ヒーター使用時の加熱量は  $1000\text{ W}$  とし、クーラー使用時の冷却量（除熱量）は  $600\text{ W}$  とした。

水槽タンクの壁材料はポリカーボネートとし、壁厚  $4\text{mm}$ 、熱伝導率  $0.19\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  とした。水槽内表面側（水）の総合熱伝達率を  $290\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  とし、水槽外表面側（空気）の総合熱伝達率を  $9\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  とすると、水槽水から周囲空気（外気）への熱貫流率は  $7.37\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  となる。

#### 3. 1. 2 餌濃度の経時変化

給餌速度  $5\text{ g/min}$ 、給餌時間  $10\text{ min/回}$ 、給餌回数  $3\text{ 回/日}$  とした。3 回の給餌開始時刻は、 $8:00$ 、 $12:00$ 、 $16:00$  とした。注水（給水）の餌濃度は  $0\text{ ppm}$  とした。換水を循環させた場合のろ過装置による餌除去率は  $100\%$  とした。ワンパス方式の場合は除去率  $100\%$  の場合と同じとみなせる。

### 3. 2 CFD 解析

表3のケース4についてCFD解析を行なった。「温度場」については定常解析を、「濃度場」については非定常解析を行なった。注水口(φ30)は2個とし、排水口(φ60)は1個とした。水槽から排水口へ流出した水は、1000Wヒーター(水温上限温度18℃)で加熱されるとともに、ろ過装置によって餌が100%除去された後に、注水口から水槽へ流入するように循環するとした。

### 3. 2. 1 温度分布(定常解析)

冬季の場合(外気温5℃)の一時刻について解析した。

### 3. 2. 2 濃度分布(非定常解析)

水槽水の初期餌濃度を0ppmとし、餌投入開始からの1時間、すなわち、10分間餌を投入し、その後50分間の濃度について解析した。

表2 解析条件

| 流れ場 |    | 入力   | 注水口(2個)                                 | 流入流量                       | 7 L/min<br>0.007 m <sup>3</sup> /min<br>0.000117 m <sup>3</sup> /sec | 定常解析  |                              |
|-----|----|------|---|----------------------------|--|-------|------------------------------|
|     |    |      |   | 流入入口断面積(φ30)               | 0.0007065 m <sup>2</sup>   |       |                              |
|     |    |      |   | 流入速度                       | 0.165 m/s  |       |                              |
|     |    |      |   | 吹出し角度<br>:斜め吹き出し           | 平面角 45°, -135°   |       |                              |
|     |    |      |   |                            | 仰角 -45°  |       |                              |
|     |    | 出力   | 排水口(1個)                                 | 流出量                        |  |       |                              |
|     |    |      |   |                            |  |       | 14 L/min                     |
|     |    |      |   |                            |  |       | 0.014 m <sup>3</sup> /min    |
|     |    |      |   |                            |  |       | 0.000233 m <sup>3</sup> /sec |
|     |    |      |   |                            |  |       | 0.002826 m <sup>2</sup>      |
|     |    |      |   | 流入速度                       | 0.083 m/s  |       |                              |
| 温度場 | 入力 | ヒーター | ヒーター加熱量                                 | 1000 W                     |  |       |                              |
|     | 出力 | 熱貫流  | 周壁の熱通過率(熱貫流率)                           | 7.37 W/(m <sup>2</sup> ·K) |  |       |                              |
| 濃度場 | 入力 | 給餌   | 給餌速度                                    |                            | 5 g/min<br>300 g/h   |       |                              |
|     |    |      | 給餌時間                                    |                            | 10 min/回   |       |                              |
|     |    |      | 給餌回数                                    |                            | 3 回/日  |       |                              |
|     | 出力 | 換水   | 換水(注水・排水)によって餌を排出・除去(ろ過装置の餌除去率は100%とした) |                            |  | 非定常解析 |                              |

表3 比較ケース

|      | 換水               | ヒーター・クーラー |
|------|------------------|-----------|
| ケース1 | 循環なし<br>(ワンパス方式) | なし        |
| ケース2 |                  | あり        |
| ケース3 | 循環あり<br>(循環方式)   | なし        |
| ケース4 |                  | あり        |

## 4. 結果・考察

### 4. 1 収支解析

#### 4. 1. 1 水温の経時変化

図2に、1年間における水温の経時変化を示す。ケース1は、外気温（図1）とほぼ同じ値を示しており、冬季に低下し夏季に上昇している。これは、換水を循環しない場合（ワンパス方式）では注水温（外気温）の影響を強く受けるためである。ケース2は、ケース1に比べて冬季は若干高く、夏季は若干低い。ワンパス方式では、ヒーター・クーラーによる効果が弱いことが確認できる。ケース3は、ケース1・ケース2と比べて、季節変動は同様であるが、昼夜変動は緩やかになっている。これは、水槽水温を循環させていることが影響している。ケース4は、18℃前後で微変動している。これは、設定温度18℃のヒーター・クーラーが影響している。

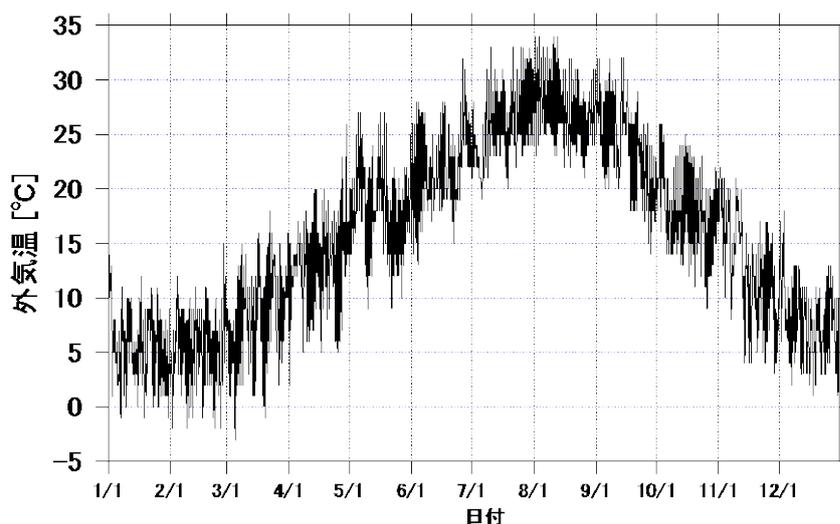


図2 外気温

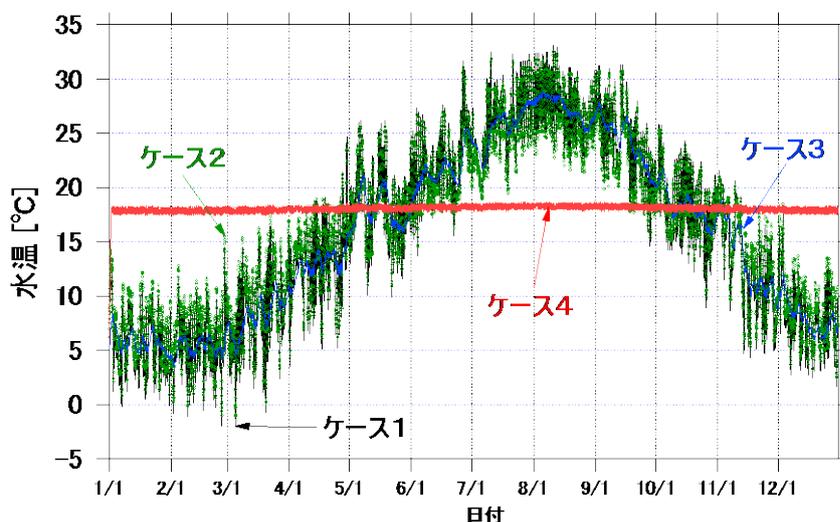


図3 水槽水温

#### 4. 1. 2 濃度の経時変化

図3に、1日における餌濃度の経時変化を示す。10分間の給餌終了直後の8:10, 12:10, 16:10では50ppm(mg/L)を超えている。その後、指数関数的に減衰し、1時間後には30ppm程度に、4時間後には3ppm程度に下がっている。これは換水の効果である。この物質収支解析では瞬時一様拡散が仮定されているので、水槽水濃度分布の偏り（高濃度エリアの偏在）については検討出来ない。これについてはCFD解析で検討できる。

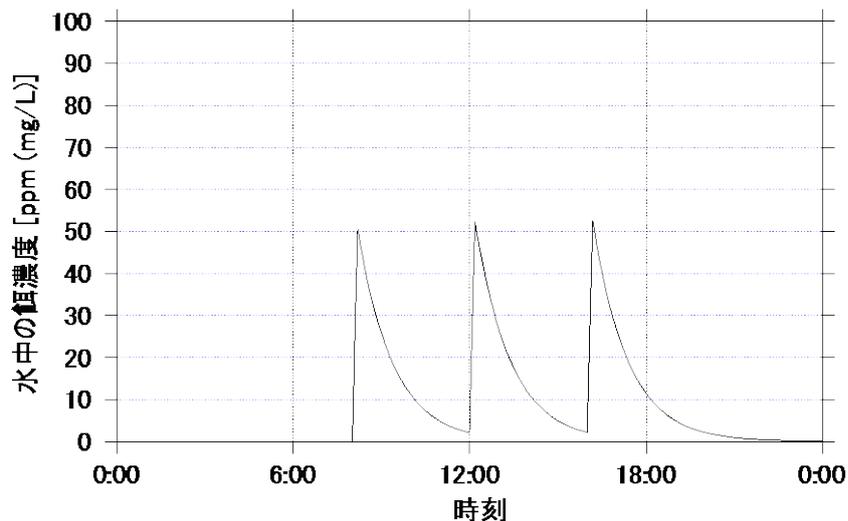


図4 水槽餌濃度

#### 4. 2 CFD 解析

##### 4. 2. 1 温度分布（定常解析）

図4に、水温分布（矢印ベクトル）と水流（コンター）を示す。水槽上部の注水口から比較的温度の高い水がある程度の速度を持って投入されていることが確認できる。温度分布はほぼ一様になっている。換水速度 14 L/min の条件では水槽水の攪拌が十分に行なわれていると推測される。

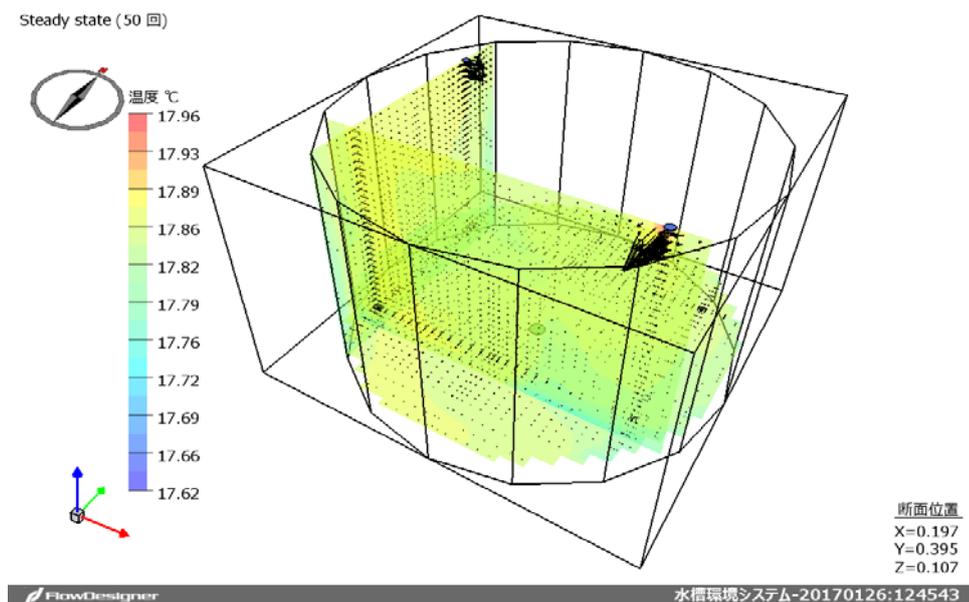


図4 水温分布・水流分布

##### 4. 2. 2 濃度分布（非定常解析）

図5に、給餌開始から10分後（給餌終了直後）の餌濃度分布を、図6に、給餌開始から1時間後の餌濃度分布を示す。

10分後（図5）を見ると、水面上部の濃度が比較的高くなっていることが確認できる。水面上部の濃度は100 ppm程度である。

1時間後（図6）を見ると、濃度がほぼ一様になっていることが確認できる。これは、餌が水槽水から排出されるとともに、餌が一様に拡散したためと考えられる。平均濃度は約30 ppmである。物質収支解析（図3）を見ると、餌投入開始から1時間後の濃度は30ppm程度であり、物質収支解析とCFD解析とは整合性でとれている。

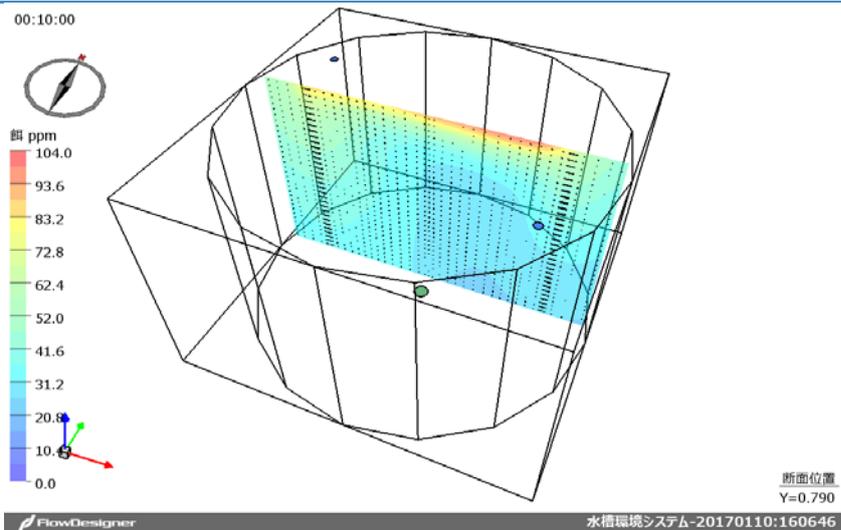


図5 餌濃度分布・水流分布（10分後）

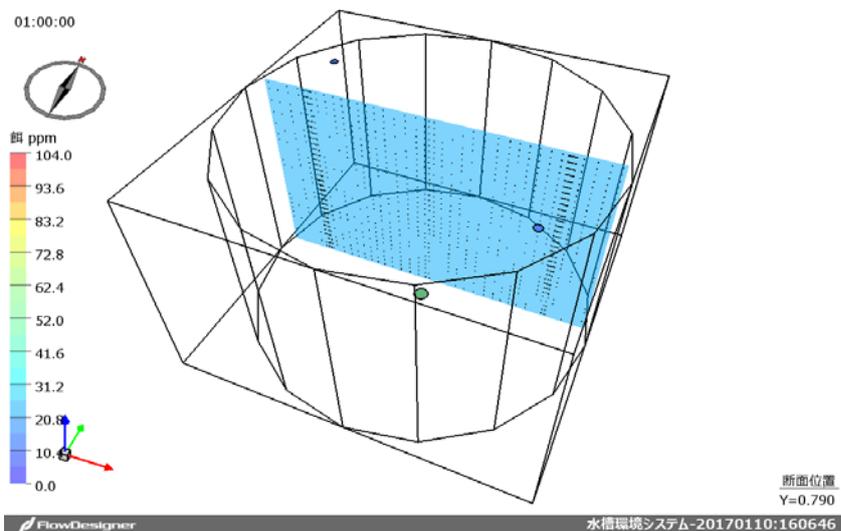


図6 餌濃度分布・水流分布（1時間後）

## 5. おわりに

### 5. 1 結論

養殖水槽を対象にして、水温計算・濃度計算・CFD解析の基本モデルを作成した。

### 5. 2 今後の方針

より詳細な運用方法や水温等の実測データに基づき解析モデルの精度を向上させるとともに逆解析を活用し、水温分布均一化や無駄のない給餌、速やかな残餌排出等、システムの効率化を図る。

#### 【参考文献】

- [1] 福山大学ホームページ ([http://blog.fuext.fukuyama-u.ac.jp/2016/01/blog-post\\_6.html](http://blog.fuext.fukuyama-u.ac.jp/2016/01/blog-post_6.html))
- [2] 空気調和・衛生工学会：特集「いきものにとっての快適環境を考える」、空気調和衛生工学、Vol.90, No.11, pp.1-60, 2016.11
- [3] REHVA (編集)・空気調和衛生工学会 (翻訳)：換気設計のための数値流体力学 CFD、pp.1-2, 2011.8

#### 【謝辞】

養殖水槽運用条件の入手にあたり、本学海洋生物学科の有瀧真人教授にご協力をいただきました。また本研究は本学工学部建築学科3年次科目「ゼミナール演習」におけるゼミ生のPBL活動によるところが大きいです。ここに記して謝意を表します。

## 行動分析と誘導支援 (福山駅から観光地への行動記録と分析)

中道上\*1・山之上卓\*1・宮崎光二\*1・池岡宏\*1・森田翔太\*1

\*1 工学部情報工学科

### 本文

ひとの行動分析や誘導支援に関する研究や新たな技術の紹介、またそれらを体験する環境を整備しています。とくに観光や防災への適用を進めており、その成果を発表するとともに企画や提言をおこなっています。最近では、福山市からの依頼のもと福山駅から福寿会館への案内経路について、到着できるかの実証実験をおこなったり、文部科学省の委託実験として今津小学校の避難経路の問題と改善案を検討する実験を実施しています。

#### ■研究の背景目的

観光はほかの産業に比べて直接・間接の経済波及効果が大きく、また雇用創出力、税収効果の高い産業であると認識され、「経済の起爆剤」として期待されている。そこで、地方自治体も地域活性化の重要な要素として観光をとらえ、観光地内のモノの修復・整備やイベントの企画などに力を入れている。しかし、観光地までのスムーズに誘導できていない可能性があるなどの問題点がある。そこで、案内を整備するために、現状の問題点を見つけるための1つの手法としてユーザビリティ評価が考えられる。

ユーザビリティ評価には、多くの手法が提案されている。実際のユーザーを用いた評価手法ある、ユーザビリティテストは実際の課題解決場面を見ることになるため、ユーザビリティの問題点を見出しやすく、説得力のある情報を得られるので設計へのフィードバックがしやすい利点がある。

ユーザビリティテストの代表的な手法として主観評価とインタラクション評価が挙げられる。主観評価とは、ユーザーの主観的印象、感じなど主観データを質問紙などで採取する。この手法は、幅広い評価ができることや定量的分析が可能である。しかし、ユーザー自身の記憶に依存してしまう問題があり、評価対象が1つでは作業効率や好感度の結果が得られても、それをどう判断したらよいか迷いが生じる場合がある。

インタラクション評価とは、評価対象のわかりやすさを評価することである。評価対象は1つでもよく、タスクを実行している参加者を観察する。この手法は、幅広い評価ができることや具体的に問題を指摘することが可能である。しかし、データ解析の工数が大きいことや参加者選定と評価者のスキルに依存することが問題である。

#### ■ペアテストイング手法

ユーザビリティテストで発生するこれらの問題に起因する評価の記録漏れを少なくする手法としてペアテストイング手法を提案する。ユーザビリティテストは、実際にユーザーに参加してもらい、その行動や振る舞いを記録・分析する。

本研究では、評価漏れを削減するために参加者だけでなく、参加者と評価者が2人1組のペアとなって参加者の評価結果の記録と確認を行うペアテストイング手法を提案する。参加者は主観評価を行う。主観評価とは、タスクに対して参加者自身の行動や振る舞いを評価する。評価者はインタラクション評価を行う。インタラクション評価とは、評価者が参加者を観察しながら振る舞いを評価する。提案手法によって評価中に参加者自身が見落としてしまった問題点を、評価者が参加者を観察することで見つけた問題点を用いてデータの評価漏れを補完する手法である。



ペアテスト手法では、参加者と評価者が2人1組のペアとなって参加者の評価を記録し確認を行う。ペアテスト手法の手順について下記に示す。

#### 手順1. 記録

参加者と評価者が2人1組のペアとなって、それぞれが参加者の評価を記録する。参加者は主観評価、評価者はインタラクション評価を同じタイミングで記録し始める。これにより、参加者自身が回答し忘れた場合においてもインタラクション評価の結果を用いて補完することで、より評価漏れの少ない参加者の評価結果を記録することが可能になると考えられる。

#### 手順2. 確認

提案手法において記録した参加者自身の評価データと評価者の観察による評価データの包含関係を図1に示す。参加者と評価者が記録した評価データが一致した部分していない部分に関わらず、正しく記録されているか確認する必要がある。その確認手順を下記に示す。

手順2-1. 参加者と評価者の評価が重なっている部分の一致したデータを確認する

手順2-2. 参加者のみの評価部分を参加者自身が正しいか再確認する

手順2-3. 評価者のみの評価部分が参加者の評価漏れではないか参加者が確認する

手順2-4. 参加者が手順2、3で正しいと判断した評価を分析対象とし、それ以外を除外する

本研究では、提案手法により取得した評価データの包含関係を調べることで、提案手法によって評価漏れを削減可能か検証する。

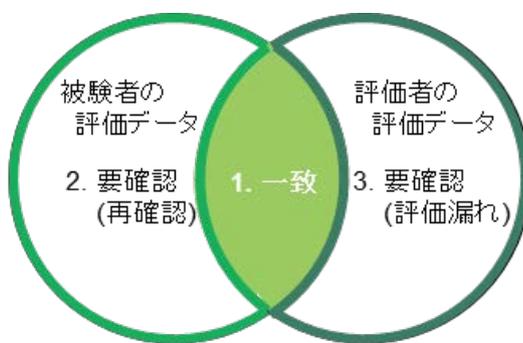


図1 参加者自身が記録した評価と評価者が参加者を観察しながら記録した評価の包含関係

#### ■行動分析への適用

提案手法による評価漏れの削減効果を確認するために、観光者が目的地まで行動する際の行動分析実験を行う。提案手法を用いて参加者の行動と振る舞いから迷いのタイミングを評価した。行動分析に用いるデータのスタート地点を福山駅構内の観光案内所とし、ゴール地点を福寿会館の事務所とした。参加者は13名、評価者は3名とし、参加者の後ろに評価者を1人つけて2人1組で実験を行った。本研究ではスタート地点からゴール地点までの迷った時刻を評価し、補完されたか検証する。



記録前

記録中(画面に触れる)

記録後(画面から指をはなす)

図2 迷いボタンツールで迷い時刻記録時の画面遷移図



図3 福寿会館へのアクセスページ



図4 参加者が支援を必要とする地点

ゴール地点である福寿会館の事務所、その周辺に行ったことがない人を参加者として記録実験を行った。事前準備としてHASC Loggerのインストール、GPSなどの設定をしてある携帯端末を用意する。スタート時に参加者に見せる地図を印刷しておく。地図は実際に福寿会館のホームページに掲載されているアクセスページを印刷したものを用いた。そのページを図3に示す。スタート前には参加者に記録・評価方法の説明をし、参加者の携帯端末で迷いボタンツールが使用可能か確認・設定した。次にスタート地点からゴール地点までの地図を見せた。参加者がゴール地点を確認後、HASC Loggerと迷いボタンツールの記録をスタートしてから行動を開始する。移動中は、参加者はゴール地点を目指し、評価者は参加者の振り舞いや行動が見える後方から参加者を観察する。参加者はGPSデータと迷い時刻を記録し、評価者は参加者を観察して迷い時刻を記録する。

■ 包含関係に基づく補完効果の分析

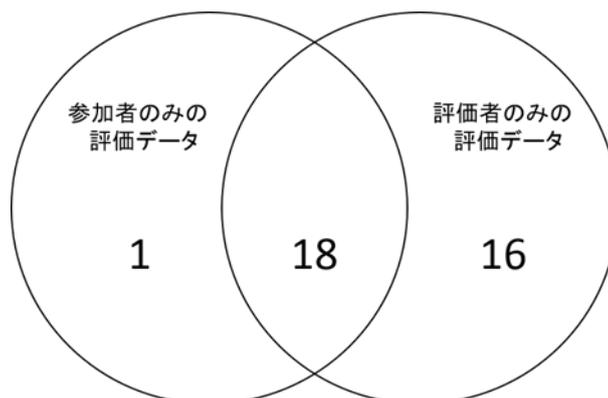


図5 提案手法に基づく参加者と評価者の評価データの包含関係

提案手法に基づいて評価データを整理すると、参加者が記録した評価データよりも評価者が記録した評価データが45.7% ( $=16 / (1+18+16)$ ) 補完可能であった。参加者が記録した迷いの回数は、全体で記録した迷いの回数のうち54.3% ( $=(1+18) / (1+18+21)$ ) である。54.3%しか記録できていない要因として、参加者は目的地に向かうことと、移動中に迷った場合に携帯端末の画面を触れるという複数のことを同時に行わなければならないため、記録漏れにつながったと考えられる。また、評価者が記録した迷いの回数は、全体で記録した迷いの回数のうち97.1% ( $=(18+16) / (1+18+16)$ ) である。このことから、評価者は参加者の行動から迷いと判断していることが分かり、迷いが生じる場合には行動に何らかの変化があることが考えられる。

インタビューの結果、迷いの原因として計 5 種類にわけられる。「分かれ道で迷う」、「周辺で目印が見つけれなかった」、「宣伝の看板が複数あってどれかわからない」、「入り口付近に看板が 2 つあり迷った」、「建物が複数あり事務所がどれかわからない」などの問題点が明らかになった。ほとんどの参加者が迷っていたが、中には地図をみただけで場所がわかったという参加者もいた。

迷いの原因と移動経験に基づいた改善案を検討するためにアンケートを実施した。アンケート質問 1 の結果、実際に案内を補助するものとして計 7 か所、案内の追加・修正を参加者が求めていることがわかった。その結果を図 9 に示す。計 7 か所のうち、4 か所 (①～④) は予想された経路で他の 3 か所 (⑤～⑦) は予想外の経路だった。4 か所 (①～④) の現状の具体的な問題点と検討した改善案を紹介する。

**①** どの建物が受付かわからない

現状の問題点



改善案



**②** 近くの建物が福寿会館か左に曲がらなければいけないのかわからない

現状の問題点



改善案



**③** 福寿会館は左かまっすぐか左に何があるのかわからない

現状の問題点



改善案



**④** 福寿会館へは右側に移動した方がいいのかわかりにくい

現状の問題点



改善案



# せとうち海中探査プロジェクト (里山里海学への先端テクノロジー応用研究)

内田博志\*1・仲嶋 一\*2・田中 聡\*2・伍賀正典\*2・伊澤康一\*3

\*1 工学部機械システム工学科、\*2 工学部スマートシステム学科、

\*3 工学部建築学科

## 本文

### ■研究の背景目的

瀬戸内海は豊かな水産資源に恵まれた漁場であると同時に、古くから我が国の重要な海上交通路や海事拠点としての機能を果たしてきており、それらによって海と深く結び付いた固有の産業、文化、風土が育まれてきた。そして海中には、それらを生み出した水中資源と水中環境、それらの痕跡である遺物や遺構が残されている。

本プロジェクトは、海洋生物科学科・内海生物資源研究所、地域公官庁の水産・海運部門等と共同で、本学近隣地域の瀬戸内海の海中探査を、自前技術で開発した水中ロボットを用いて行う研究等を活動の主体とし、以下の事項について参加学生の学修につなげることをねらいとする。

- ① 新型移動体の設計・制御に関するアイデア発想法と専門技術の習得
- ② 瀬戸内海に結び付いた地元地域の産業、文化、歴史、風土の調査研究と理解
- ③ 他の学部・学科、地元企業、地方公共団体との共同研究活動を通じた社会貢献
- ④ 地元小中学校生・高校生を対象とする科学技術教育、ものづくり教育の実施

### ■研究内容

里山里海プロジェクトにおける藻場生態系研究、水産資源研究との連携を主眼に、以下の2テーマについて研究を行う。

- ① 藻場の生物多様性涵養機能を解明するための空中・水中ドローンの利用と開発  
藻場内部に生息する魚類の観察を行うための水中ロボットの開発を行う。複雑に絡み合う藻類をすり抜けて内部に生息する魚類等の海洋生物の記録を取るために、魚雷型水中ロボットを検討する。また、ロボットの姿勢をコントロールするための運動制御技術、エネルギー供給のための水上ステーション、藻場の巡回観察を自動化するための自律探索システム、物理・化学的環境因子センサーの付与について検討する。開発と同時に既存の空中・水中ドローンを用いて、藻場の面積や魚類相の把握を行う。得られたデータは環境 DNA のデータと比較検討し、藻場の生物多様性涵養機能について探る。
- ② 瀬戸内海水産資源を対象とした人工知能養魚システム開発  
瀬戸内の水産資源を対象とした新しい養殖システムを開発する。特にシロギスを効率的に大きく成長させるための養殖システムの最適化と低コスト化を目指す。具体的には、内海生物資源研究所の水槽を利用して、ディープラーニング（ニューラルネットワーク）による自発給餌システムの開発と、品質工学に基づくパラメータ設計と熱流体シミュレーションによる逆解析を用いた水温、日長、給餌間隔、養魚密度等の養殖条件の最適化を行う。

### ■成果

上記研究①②について、藻場生態系研究、水産資源研究関係者との協議を通じて、各研究に関する技術アプローチを検討し、今後の研究計画・予算計画を立案した。

#### ① 海洋ドローン開発

藻場生態系研究関係者と2回の協議を行った。

第1回目：海洋ドローン開発に向けて連携研究の方向性を探る

日時：平成28年6月6日（月）18:00～19:30

場所：工学部2・3・4号館1階スマートシステム学科ミーティングエリア

参加者：工学部 香川直己教授、仲嶋一教授、内田博志教授、田中聡准教授、伍賀正典准教授

生命工学部 北口博隆准教授、阪本憲司准教授、山岸幸正准教授、渡辺伸一准教授、佐藤淳准教授、水上雅晴講師

話題：

1. 瀬戸内の里山・里海プロジェクト概要説明（佐藤淳）
2. 藻場とは何か？ドローンの必要性について（山岸幸正）
3. 干潟とは何か？ドローンの必要性について（阪本憲司、北口博隆）
4. 赤潮とは何か？ドローンの必要性について（北口博隆）
5. 新しい最適制御理論の水中ロボットへの応用について（内田博志）

藻場については空中ドローンによる分布把握が可能であること、藻場に生息する生物相の把握については水中ロボットの利用が可能であること、流れ藻については現在の水中ロボットでは稼働時間の制約があること、省エネルギーロボットをつくる必要性があること、定点カメラとデータロギングによる流れ藻の動態把握が可能であること、バイオミメティクスの観点から水中ロボットを作ることができるかどうかの可能性、水中ロボット試作機の試験を内海生物資源研究所の水族館で行うことが可能か、干潟探索ドローンの可能性、などを中心に議論した。

第2回目：藻場の視察と海洋ドローン開発の具体化を協議

日時：平成28年6月18日（土）13:00～16:00

場所：福山大学内海生物資源研究所（因島キャンパス）

参加者：工学部 仲嶋 一教授、内田博志教授

生命工学部 北口博隆准教授、阪本憲司准教授、山岸幸正准教授、佐藤淳准教授、水上雅晴講師

話題：

1. 藻場構成種の季節・年変化の説明（山岸幸正）
2. 藻場探査水中ロボットの提案（内田博志）
3. 既存の水中ドローンの紹介と水中ドローン開発の説明（仲嶋 一）

上の 1 で山岸准教授による藻場の季節・年変化に関する説明の中で、「人の手では連続的な測定ができない」、「藻場の面積を調べる手段がない」、「藻場の変化の要因が複雑でありよくわかっていない」という課題が挙げられた。これらの課題を解決するための水中ロボットとして、2 で内田教授から、魚雷型水中ロボットの開発に関して具体的な提案があった。複雑に絡み合う藻場をすり抜けて観察を行うための形態やエネルギー供給に関する説明も合わせてあった。姿勢のコントロールが技術的な課題であり、研究すべきポイントであるとの説明があった。3 で仲嶋教授から、既存の水中ドローンの紹介があり、1 万円から数 10 万円で購入することができ、新しい水中ロボットができるまでに、既存の水中ドローンを使ってテストすることで成果を出すこともできるとの議論があった。藻場の変化の要因を把握するためのセンサーや、藻場の面積を調べるための空中ドローンの可能性に関する議論も行った。議論の結果、工学部では、新しい水中ロボットの開発と共に、既存の水中ドローンの利用による調査を行うこととなった。



図 1. 藻場（アマモ場とガラモ場）の視察

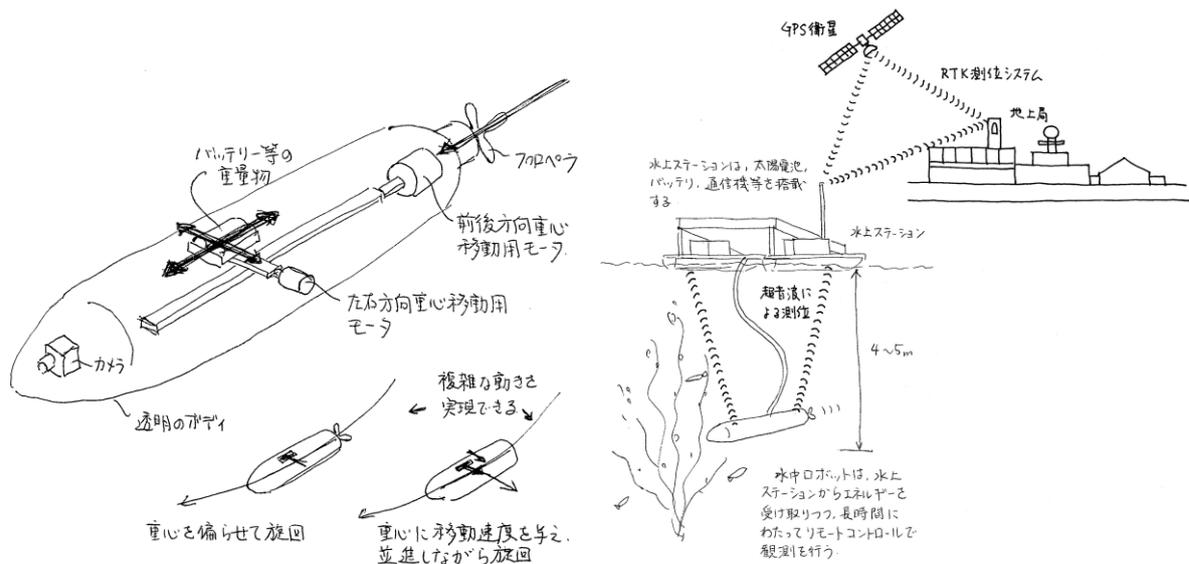


図 2. 水中ロボットシステム案（構想図の一部）  
運動制御方法（左）と位置同定方法（右）

## ② 水産資源養殖システム

水産資源研究関係者と 2 回の協議を行った。

第 1 回目：水産資源養殖システム開発に向けて連携研究の方向性を探る

日時：平成28年6月7日（火）18:00～19:15

場所：工学部2・3・4号館1階スマートシステム学科ミーティングエリア

参加者：工学部 仲嶋一教授、内田博志教授、伊澤康一講師

生命工学部 有瀧真人教授、佐藤淳准教授

話題：

1. 瀬戸内の里山・里海プロジェクト概要説明（佐藤淳）
2. 因島鉄砲ギス養殖プロジェクトの概要と課題の説明（有瀧真人）
3. 品質工学的手法の養殖システムへの応用について（内田博志）
4. 逆解析を利用した養殖システムのシミュレーション研究について（伊澤康一）

20 cm以下のシロギスは、から揚げなどで食されているが、単価が安く養殖の対象とされてこなかった。一方で、25 cm級の大きなシロギスは主に刺身や寿司ネタに使われるため付加価値が高まる。したがって、シロギスを効率的に大きく育てるための養殖システムを開発する意義は大きい。シロギスの卵について通常よりも 3 か月早い早期採卵を行うことで、2 年目の夏に 25 cm級のシロギスを得ることができる。しかし、これを達成するためには放卵を誘発するための水温と日長のコントロールが必要である。ここでは効率的な温度・光度調節システムの可能性を議論した。また、一般にシロギスの養殖には高価な餌と人件費がかかるために、コストを抑えるための方法が必要である。自動給餌システムの可能性について議論し、シミュレーションを用いた養殖水槽の最適化に関する議論も行った。

第 2 回目：養殖水槽の視察と水産資源養殖システム開発の具体化を協議

日時：平成28年6月18日（土）10:00～12:00

場所：福山大学内海生物資源研究所（因島キャンパス）

参加者：工学部 仲嶋一教授、内田博志教授、伊澤康一講師

生命工学部 有瀧真人教授、佐藤淳准教授

話題：

1. 因島キャンパスと養殖水槽の視察（有瀧真人）（図3）

## 2. 人工知能養魚システムの提案（内田博志、伊澤康一）（図4）

水産資源による経済の活性化を目標とした時に、「魚種」、「低コスト化」、「商品化」がキーワードとなる。給餌の効率化、人手の軽減の観点から、低コスト化に向けた新しい養殖システムの開発に関する議論を行った。上の 2 において、内田教授からディープラーニング（ニューラルネットワーク）による自発給餌システムと、品質工学に基づく養殖条件の最適化に関して、伊澤講師から水槽の最適化を目指したシミュレーション研究に関して具体的な提案があり、それぞれ低コスト化につながることを確認した。本研究に必要な自動給餌装置、ビデオカメラ、PC 等の実験システムについても既存の養殖水槽に取り付け可能であることも確認した。ブランディング事業に限らず国の動きも見定めながら研究費を獲得していくのが良いという議論もあった。



図 3. 養殖水槽の視察

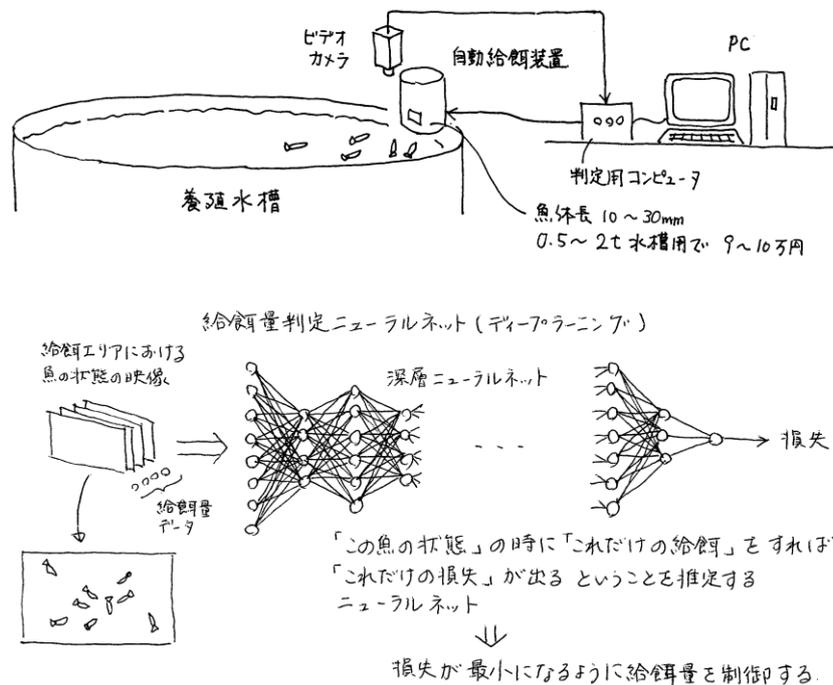


図 4. 人工知能養魚システム案（構想図の一部）  
全体構成（上）と給餌量判定ニューラルネット（下）

# ひろしま交通安心プロジェクト (広島県警察との共同による交通安全研究)

内田博志\*1・平 伸二\*4・香川直己\*2・仲嶋 一\*2・金子邦彦\*3・田中 聡\*2・  
伍賀正典\*2・関根康史\*1・小林正明\*1・宮崎由樹\*4

\*1 工学部機械システム工学科、\*2 工学部スマートシステム学科、  
\*3 工学部情報工学科、\*4 人間文化学部心理学科

## 本文

### ■研究の背景目的

広島県の交通事故件数は年々減少しているが、ここ数年は交通事故死者数が横ばい状態にあるなど、交通安全のさらなる向上に向けた努力が望まれている。特に福山大学の地元である福山市西部では、自動車事故における追突事故の割合が全国平均に比べて多い（人身事故の50%が追突事故、他地域では35%程度）など交通事故に特有の特徴がみられ、その原因解明と対策が求められている。

また高齢社会に伴う諸々の交通問題も発生しており、広島県警察では、年毎にモデル地区を設けて、高齢者ドライバーの運転再教育を行うなどの活動を進めている。他方、地域の過疎化により商店や公共交通機関がなくなり、高齢者が日常の買い物にも出かけられなくなる、いわゆる「交通弱者（買物難民）」問題も、地元地域の深刻な問題として進行しつつある。

本プロジェクトは、警察、広島県、福山市周辺市町村、国交省等の協力を得つつ、これら地元特有の交通問題に関する調査研究を行い、学生の志とアイデアによって地元の交通の安心・安全に貢献する分析や提案を行うことを目的とする。

### ■研究内容

本プロジェクトでは、下記に挙げる諸活動を行う。

- ① 交通事故多発地点、高齢者モデル地区、過疎地域等での交通事情に関するフィールドワーク、当該地の地理的・地域的特徴の現地調査
- ② 警察、広島県、地元市町村、国交省等から提供される交通情報・道路情報の分析
- ③ 警察、医療機関での高齢者等の運転動作・歩行動作の調査・分析
- ④ ①②③を踏まえた自動車システム、道路システム、交通訓練システム等の検討・開発

### ■成果

平成28年に、交通安全に関する1回の学内シンポジウムと2回の協議会を開催し、広島県警察および国土交通省等との問題共有、交通安全に貢献する研究の提案と発表を行った。

第1回：広島県警察と福山大学における交通安全教育等に関する共同研究協議会

日時 平成28年2月19日（金）13:30～16:20

場所 工学部1階 社会安全工学研究室

学外からは、広島県警察本部より土井交通部参事官兼交通企画課長はじめ4名、安佐北警察署、福山西警察署、福山東警察署、福山北警察署、三原警察署、尾道警察署、因島警察署、府中警察署の交通課長等が出席した。本学からは、富士副学長をはじめ、機械システム工学科、情報工学科、スマートシステム学科、心理学科、メディア情報文化学科、社会連携センターの教職員と機械システム工学科学生が参加し、総勢で30名を越す協議会となった。

下記の講演とドライビングシミュレータによるプレゼンテーションが行われた。

|                                 |              |
|---------------------------------|--------------|
| 「交通事故総合分析センターにおける交通事故調査・分析の紹介」  | 関根康史准教授      |
| 「ドライビングシミュレータによる交通安全技術の研究」      | 内田博志教授       |
| 「ドライブレコーダーを活用した高齢運転者の運転診断の取り組み」 | 広島県安佐北警察署交通課 |
| 「ドライブレコーダー動画の解析による異常検知の可能性」     | 金子邦彦教授       |
| 「動画解析ソフトと全方位カメラシステムの提案」         | 伍賀正典准教授      |



図1. 第1回共同研究協議会の様子

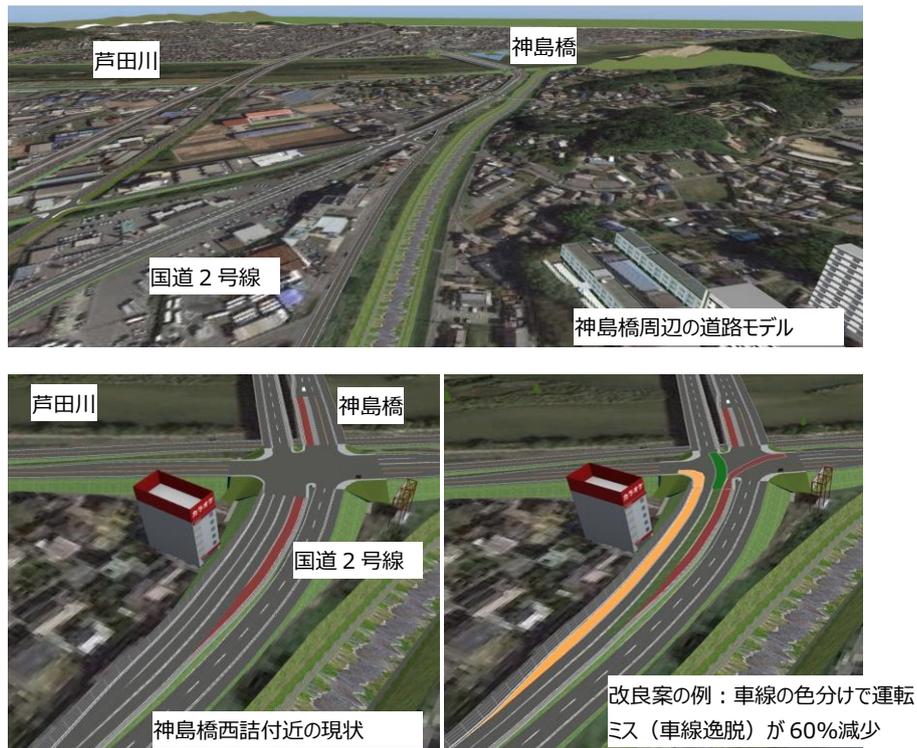


図2. ドライビングシミュレータ応用研究の例（内田教授の講演より）

## 第2回：交通安全シンポジウム

日時 平成28年9月13日（火） 13:00～17:00

場所 福山大学 大学会館3階 ICT教室 CLAFT

広島県警察本部4名、国土交通省中国地方整備局福山河川国土事務所4名、福山西交通安全協会5名、広島県環境県民局2名、福山市建設局2名が出席した。本学からは、松田学長をはじめ、機械システム工学科、情報工学科、スマートシステム学科、心理学科、社会連携センターの教職員と機械システム工学科の学生が参加し、総勢30名を超えるシンポジウムとなった。

下記の講演が行われた。

### 基調講演

「最近の道路行政について」 国土交通省 福山河川国道事務所 副所長 岸部明和氏

「広島県交通安全計画における取組について」 広島県警察本部 交通企画課 新庄一司氏

研究報告（福山大学より）

「地域の交通問題を解消するための小型モビリティの開発」 小林正明講師研究室

「福山市鞆町における可変交通情報看板の効果」 小林正明講師

「映像監視が視覚探索に及ぼす影響」 宮崎由樹講師

「ドライブレコーダー画像からの特徴抽出と個性の分析」  
 「ドライビングシミュレータを応用した安全運転教育」  
 「最近のデータ分析手法の交通安全研究への応用について」  
 「眼窩周辺からの視覚情報の効果に関する研究」

金子邦彦教授  
 内田博志教授研究室  
 内田博志教授  
 香川直己教授

話題提供

「事故分析の手法について」

広島県警察本部 交通企画課 統計係長 門田吉正氏

特別講演

「学際的研究で支える安心・安全・日本一」

福山大学 人間文化学部長 平 伸二教授



図 3. 交通安全シンポジウムの様子



図 4. 可変交通情報看板の表示例と実験の様子（小林講師の研究報告より）

1. 運転者A 昼間走行

3. 運転者B 昼間走行

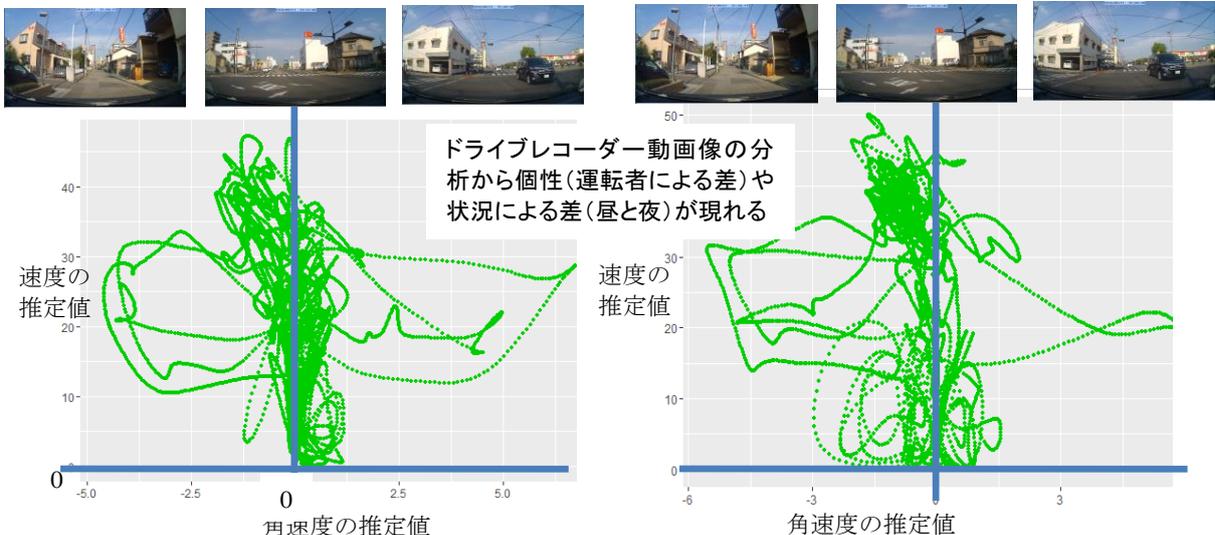


図 5. ドライブレコーダー画像からの特徴抽出と個性の分析（金子教授の研究報告より）

青色・白色複合 LED 照明



ナトリウム灯照明

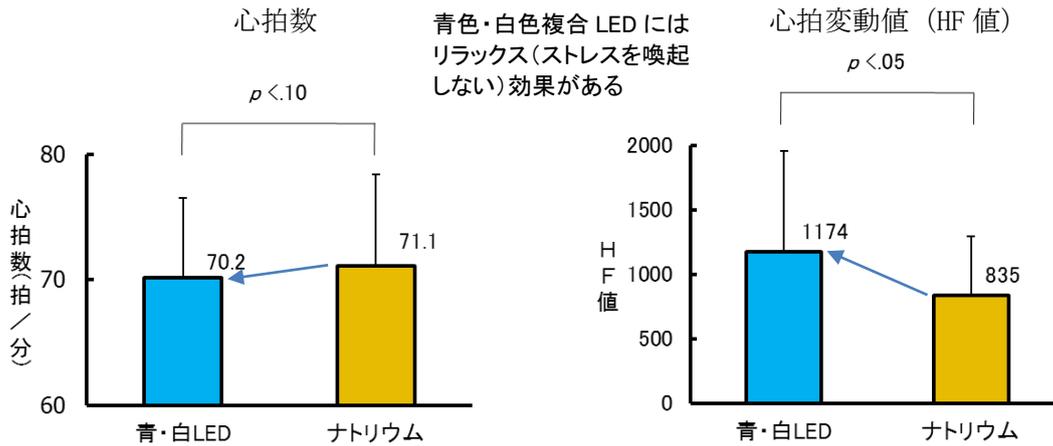


図 6. 青色・白色複合 LED 照明の効果 (平教授の特別講演より)

第 3 回：交通安全シンポジウム事後協議会

日時 平成 28 年 11 月 2 日 (水) 14:30~16:00

場所 工学部 1 階 社会安全工学研究室

広島県警察本部 3 名、機械システム工学科、情報工学科、スマートシステム学科、心理学科、社会連携センターの教職員が参加し、出席者 10 名の協議会となった。9 月の交通安全シンポジウムの研究報告の詳細内容および新たに提供されたトピックについて議論し、それを基に今後の共同研究の課題と進め方について協議した。

下記の講演が行われた。

- |                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| 「福山市鞆町における可変交通情報看板の効果 等 (詳細版)」    | 小林正明講師  |
| 「H27 年中の広島県内道路横断中の歩行者死亡事故調査の報告」   | 関根康史准教授 |
| 「メタ認知について：見落とし事故はなぜおきるのか？」        | 宮崎由樹講師  |
| 「ドライブレコーダー動画の解析による異常検知の可能性 (詳細版)」 | 金子邦彦教授  |
| 「地域の道路特性に基づく交通事故原因の分析 等」          | 内田博志教授  |
| 「眼窩周辺からの視覚情報の効果に関する研究 (詳細版)」      | 香川直己教授  |

# 工業デザイン・プロジェクト

小林正明\*1

\*1 工学部機械システム工学科

## 本文

### 1. 研究背景と目的

福山市を中心とする広島県東部備後地区はモノづくりが盛んな地区である。「工業デザインプロジェクト」は、地域の産業界や自治体組織などと連携して、学習意欲の向上、学部活性化、学科の魅力創出のために実施するプロジェクトである。本プロジェクトは、地元企業や自治体組織などと連携して、「学生フォーミュラに挑戦」(みらい工学プロジェクト)で製作するフォーミュラカーのボディデザインや新製品の開発などを行うことを目的としている。

また、本プロジェクトは地元企業や自治体組織などと連携して実施することでプレゼンテーションやコミュニケーションの能力の向上だけでなく地元企業との交流、社会人基礎力や学士力の向上などを目的としている。

### 2. 研究内容

#### 2.1 学生フォーミュラのボディデザイン

学生フォーミュラ大会は社団法人自動車技術会が主催する学生の自作によるフォーミュラスタイルのレーシングカーの競技会である。機械システム工学科では2016年度より学生フォーミュラ大会出場を目指して「学生フォーミュラに挑戦」(みらい工学プロジェクト)を実施している。工業デザイン・プロジェクトでは、2016年度より実施した「学生フォーミュラに挑戦」で製作する車体のボディをデザインするものである。

機械システム工学科では卒業研究(交通システム研究室)でマイクロカーの開発を実施してきた。同研究室では車体だけでなくボディのデザインも3DCADを用いて行った。ボディの製作は地元企業である有限会社徳毛レジンに協力していただきFRPで製作した。製作した車両を図1に示す。

「学生フォーミュラに挑戦」では図2に示すような教材車両を製作している。この車両のボディ製作を行う。ボディの製作には交通システム研究室で製作したボディと同様に3DCADでデザインしFRPでボディを製作していく。



図1 マイクロカー



図2 教材車両

#### 2.2 新製品の開発

工業デザイン・プロジェクトは2016年度から開始したプロジェクトで新製品の開発も2016年度から開始した。新製品の開発は地元企業と連携し新製品を開発していくものである。2016年度より実施しているテーマは「雨どいに詰まる落ち葉の対策」である。寺院や住宅の屋根についている雨どいは屋根面を流れる雨水を集め地上あるいは下水に導くための装置である。雨どいに枯れ葉等が詰まると雨水が雨どいをあふれ屋根瓦から雨水が瓦の溝(凹み)にそって幾

筋も水流が軒先から落ちることになる。小雨なら滴が垂れる程度で済むが、降りが激しくなると、何本ものホースを並べて屋根から水を落としているような状態となる。落ちたところは水浸しになり落ちた地面は泥はねがおき腐食も生じることとなる。また、水たまりができるだけでなく建物の寿命も縮める結果となる。「雨どいに詰まる落ち葉の対策」は地元の有限会社サトウ板金がすでに特許を取得し「おちバトル」という製品を販売している。「おちバトル」を図4に示す。「おちバトル」は雨どいに詰まった落ち葉を手動で取り除くことを目的とした装置である。本テーマでは手動ではなく自動で枯れ葉を取り除くことができる装置の開発を進めていく。図4に本テーマで使用する実験装置を示す。

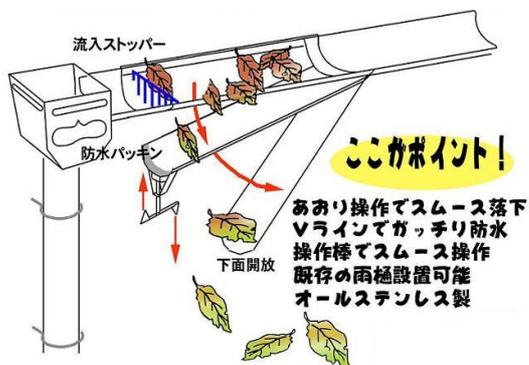


図3 おちバトル



図4 屋根模型

### 3. 研究成果

#### 3.1 学生フォーミュラのボディデザイン

学生フォーミュラのボディは空力だけを考えたボディデザインだけでなくエンジンの冷却や見た目のカッコよさも考慮したデザインにする必要がある。そのために教材車両の見取りと今まで学生フォーミュラに参加している他大学の車両のボディデザインを調査した。また、FRPで製作するためにFRPでの製作方法やFRP製作時の注意点などについて調べた。今後は、車両データを3DCADでデータ化していく必要がある。フレーム図を図5に示す。

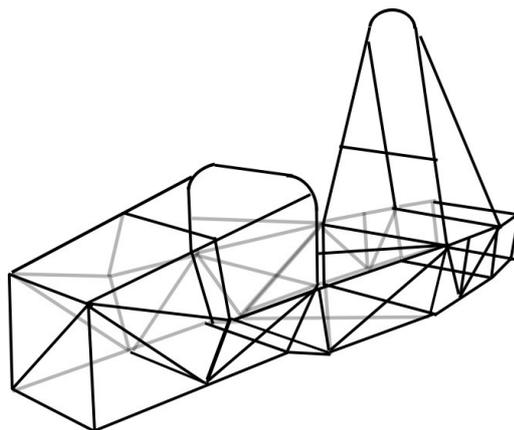


図5 フレーム図

#### 3.2 新製品の開発

落ち葉が詰まらない方法として、詰まった落ち葉を自動で流す方法と雨どいに落ち葉が入らない方法を検討している。詰まった落ち葉を自動で流す方法は、雨どいのパイプ部分に詰まった湿った枯葉を乾燥させ流れやすくする方法である。乾燥させるにはヒーターで加熱する必要がある。また、雨どいに落ち葉が入らないようにする方法は、屋根に落ちた枯れ葉が雨どいに流れ込まないように瓦に装着するものである。枯れ葉だけを雨どいに流れ込まないようにする工夫が必要になる。現在、2つの方法について実験を行いながら検討を進めている。実験の様子を図6に示す。後は、2つの方法について実験を行い開発を進めていく予定である。



図6 実験の様子

# 学校施設の防災力強化プロジェクト (文部科学省委託事業)

仲嶋一\*1・金子邦彦\*2・中道上\*2・山田明\*3・伊澤康一\*3・関田隆一\*1  
・伍賀正典\*1・菅原聡\*1・都祭弘幸\*3・宮内克之\*1・香川直己\*1

\*1 工学部スマートシステム学科、\*2 情報工学科、\*3 工学部建築学科

## 本文

### ■背景

当安全安心防災教育研究センターの前身である構造・材料開発研究センターは、阪神淡路大震災をきっかけとして設立され、構造、材料といったハードウェアによる防災を主テーマとして活動を実施してきたが、2014年の現センターへの改組に伴いソフト面も含めより広い防災にまで範囲を広げた研究活動を開始している。その一環として、津波に対する災害避難をテーマとしたソフト防災のプロジェクトを2016年度文部科学省委託事業「学校施設の防災力強化プロジェクト」に応募し採択された。

### ■目的

瀬戸内、特にこの備後地区は大規模な地震の経験もなく、また紀伊水道や豊後水道より遠く離れており、南海地震でも大きな被害を被っていない。このため、住民には安全な地域という強い安心感があり、災害に対する対策を軽視しがちである。しかしながら、東日本大震災の教訓に立ち、過去の南海トラフの挙動及び遠い過去にまで遡った地震災害の調査が実施され、南海トラフから東海域まですべてが連動し、さらに海溝付近まで広がる長大滑り域を伴う巨大地震の発生可能性が明らかとなった。このような巨大地震は数百年、数千年に一度の頻度であり確率は低いものの、発生すればこの福山の海岸にも最大5m近い津波が押し寄せる可能性があることが、シミュレーションにより明らかとなっている。

このような地震発生時には津波浸水域から安全な高台に避難することが唯一の手段であるが、発生が夜中であつて停電が発生した場合、十分な照明装置を持っていなければ避難には相当の困難が伴う。また、地震による建造物の倒壊や火災により想定した避難経路が閉ざされることも考えられ、確実な避難のためには考え得る複数の避難障害要因に対し予め対策を講じておくことが重要である。

一方、松永市街の北西の高台に位置する今津小学校は、その学区のかかなりの部分が干拓によって形成された低地であり唯一の津波避難場所であるが、今津が古い宿場町であったことから昔ながらの木造家屋が密集しており、道も狭く入り組んでいる。そこで、今津学区を対象とした津波避難に対する調査研究を上記文部科学省委託事業に提案、実施中である。

### ■実施項目

#### 1. 避難経路の調査

##### ① アンケート調査

防災の意識、日ごろの準備、状況、避難に対する備え、耐震性、平素想定している避難経路などについて、アンケート調査を行う。松永地域住民の防災意識、準備の状況、不安に思っていることなど、地域の課題をデータで浮かびあがらせることを目的とした。

##### ② 災害時経路不通リスク推定

避難経路に隣接する建造物の倒壊やそれが道路を封鎖する可能性、火災及び延焼の可能性について調査・検討し、調査に基づいたリスクマップの作成を行う。

##### ③ 実地避難経路調査・複合的避難障害要因実地調査

避難時及び避難路不通、停電等の避難障害要因があった場合の人の迷い行動について、福山大学学生をターゲットに調査・分析を行う。

④ 体育館環境調査

避難時の集合場所である小学校体育館について、夏冬の温度環境の調査を行う。

2. 模擬避難

夜間の地震発生、停電、避難経路不通といった複合的避難困難要因が発生した最悪の状況を想定した模擬避難を今津小学校生徒に体験してもらい、避難の困難性、備えの重要性を理解してもらおうと共に、アンケート調査、実地避難経路調査・複合的避難阻害要因実地調査で得られた避難に関する仮説を検証する。

3. 避難に関する課題抽出、対策モデルの策定

模擬避難や各種調査結果を基に想定した災害の発生時の避難に対する課題を抽出すると共に、さらに、福山大学にて教育プログラムとしても取り組んでいる発想法を適用して改善モデルを検討し、提案する。

■実施内容及び進捗状況

1. 避難経路の調査

①アンケート調査

図1に示す A3 判 4 頁設問数 19 のアンケートを、今津学区自治会連合会の御協力によって今津地区全域で配布・回収を行った。図\*のような A3 版 4 ページ、設問数 19 問の今津地区全域に対し匿名でのアンケート調査を実施した。但し、自治会の班名（または常会名）は記載（図1(a)）とし、住居の耐震性の分布データが得られるようにした。

9 月末に自治会員 1 5 2 7 軒に各自治会役員より配布頂き、10 月末に 7 0 3 部を回収した。回収率 4 6 % と非常に高い回収率を得、自治会のご協力に感謝すると共に、防災に関する関心の高さが窺われた。集計処理は完了しており、本執筆時点で個々の結果に関する解析処理中である。

重要

## 今津学区防災アンケート

このアンケートは、今津学区の住民のみなさまのご理解とご協力を得まして、防災などに関する備えや意識を調査し、今津学区の住民のみなさまがより安全に安心して生活できますよう、防災対策などの立案に役立てるものです。このことをご理解ください。ありのままにお答えくださいようお願いいたします。なお、**お答えになりにくい質問がございましたら、ご回答を飛ばしていただけますようお願いいたします。**

期限: 10 月 25 日, 提出先: 各町内会長または自治会長

**※ 最初に、あなたが、お住まいの場所についてお尋ねします。**  
地域の実情に応じた適切な防災対策の立案などに使います。

当てはまるものを丸を付け、目録内にご記入ください

|           |   |    |  |   |  |
|-----------|---|----|--|---|--|
| 1. 矢野自治会  | □ | 用  |  |   |  |
| 2. 駅前自治会  | □ | 高会 |  |   |  |
| 3. 長波自治会  | □ | 地区 |  |   |  |
| 4. 東町内会   | □ | 高会 |  |   |  |
| 5. 中自治会   | □ | 高会 |  | 用 |  |
| 6. 西自治会   | □ | 高会 |  |   |  |
| 7. 南今津自治会 | □ | 用  |  |   |  |

それぞれの質問で、「当てはまる」と思うものすべてに、丸を付けてください。

1. あなたがお住まいの地域で、「特に注意すべき」とお考えになる災害は何ですか？

|       |   |       |            |       |        |       |
|-------|---|-------|------------|-------|--------|-------|
| 気象災害  | 雨 | ①河川洪水 | ②排水路の水路の氾濫 | ③斜面崩壊 | ④土石流   | ⑤地すべり |
|       | 雪 | ⑥大雪   | ⑦ひょう       | ⑧雹    |        |       |
|       | 風 | ⑨強風   | ⑩たつ巻       | ⑪高潮   | ⑫波高    | ⑬海岸侵食 |
|       | 雷 | ⑭落雷   | ⑮森林火災      |       |        |       |
| 気候    |   | ⑯干ばつ  | ⑰冷害        |       |        |       |
|       |   |       |            |       |        |       |
| 地震・津波 |   | ⑱地震   | ⑲液状化       | ⑳斜面崩壊 | ㉑岩盤なだれ |       |
|       |   | ㉒津波   | ㉓地震火災      |       |        |       |

2. 災害への備えについてお尋ねします。

1. 非常時に必要な物（食料や水、懐中電灯、救命セット、携帯ラジオなど）を用意している。
2. 就寝位置の変更や家具の固定など生活上の配慮をしている。
3. 住まいの耐震対策（耐震診断・改修）をしている。
4. 地域で実施される防災活動（消火訓練・避難訓練など）に参加したことがある。
5. 特別なことは何もしていない。
6. その他（ \_\_\_\_\_ ）

3. あなたは、今まで避難勧告などの情報を何から知ることが多かったですか？

1. テレビ・ラジオ
2. インターネット（パソコンなど）
3. 携帯電話
4. 広報車・防災行政無線
5. 市の職員や警察官などの行政
6. 消防団員や町内会などの地域団体
7. 家族や知人
8. その他（ \_\_\_\_\_ ）

4. 津波警報を知りました。まずは、どのように行動しますか？

1. 浸水想定区域外の高台などへすぐに避難する
2. 福山は安全だから避難しない
3. とりあえず様子を見て周りが避難していたら自分も避難する
4. 階上に避難する
5. 貴重品を収集してから避難する
6. その他（ \_\_\_\_\_ ）

5. あなたが避難を始めるきっかけは何になると予想しますか？

1. 生命の危険を感じたとき
2. 避難勧告を見たとき
3. 避難指示を見たとき
4. 家族や知人に勧められたとき
5. 市の職員や警察官に勧められたとき
6. 消防団員や町内会に勧められたとき
7. その他（ \_\_\_\_\_ ）

図1(a)アンケート調査 P.1

6. 近隣の避難場所や避難所をご存知ですか？

1. 知っている 2. 知らない 3. どちらとも言えない

7. 6で「1. 知っている」とお答えの方のみお尋ねします。津波警報での自主避難で避難する、避難場所や避難所を決めていますか？

1. 決めている 2. 決めていない 3. どちらとも言えない

8. 6で「1. 決めている」とお答えの方のみお尋ねします。津波警報での自主避難での、避難場所や避難所はどこに決めていますか？ 具体的な地名、施設名などをお書きください。

最初の避難場所（ ）

しばらく避難生活を続けるための避難所（ ）

9. あなたが避難したくても、避難できない理由として予想されるものは何ですか？

1. 避難する余裕がなかったから  
2. 荷物をまとめることなどに時間がかかり機会を逸したから  
3. 災害情報を知らなかったから  
4. 何とかなると思ったから  
5. 避難する方が危険だと思ったから  
6. 避難が必要なほど大きな災害ではないと思ったから  
7. 避難勧告・避難指示が出ていることを知らなかったから  
8. 避難先や避難経路が分からなかったから  
9. 家族が得らず、その家族が得るのを待っていたから  
10. 子供・お年寄り・ご病気の方などの要配慮者がいて、避難するのが大変だったから  
11. 体力に自信がなく、悪天候の中を避難できなかったから  
12. 家財が気になって避難できなかったから  
13. 身の危険を感じなかったから  
14. 避難所まで行くこととしたが危険なので戻ったから  
15. その他（ ）

10. 複数人でご一緒にお住まいの方にお尋ねします。ご一緒にお住まいの方の中に、子供・お年寄り・ご病気の方など、要配慮者は居られますか？

1. 居る 2. 居ない 3. どちらとも言えない

11. 10で「1. 居る」とお答えの方にお尋ねします。居られる場合、どのような状況でしようか？ 書きえない範囲でお答えください。

12. 複数人でご一緒にお住まいの方にお尋ねします。災害で避難するときの避難経路について、ご一緒にお住まいのご家族などと相談していますか？

1. 相談している 2. 相談していない 3. どちらとも言えない

13. 複数人でご一緒にお住まいの方にお尋ねします。災害で避難するときの集合場所を、ご一緒にお住まいのご家族などと相談して決めていますか？

1. 決めている 2. 決めていない 3. どちらとも言えない

14. 複数人でご一緒にお住まいの方にお尋ねします。災害時の連絡のとり方を、ご一緒にお住まいのご家族などと決めていますか？

1. 決めている 2. 決めていない 3. どちらとも言えない

15. 災害時の避難について、不安、心配に思うことは何ですか？

1. 事前に避難指示がきちんと来るのか  
2. 避難が間に合うのか  
3. 避難しているときに事故にあうのではないかと  
4. 避難で、大切な人を残して避難してしまうこと  
5. 避難経路はどうなっているのか  
6. 一緒に避難してくれる人が欲しい  
7. 避難場所がどこか  
8. 避難先で一定期間、生活を続けることができるのか  
9. その他（ ）

16. 過去の災害時に、あなたが欲しかったにもかかわらず、十分には得ることができなかった情報は何かですか？

1. 災害の程度  
2. 自分の家族が避難すべきかどうかという情報  
3. 市町村など行政による避難勧告や避難指示  
4. 自分の住む地域が大丈夫かどうかという災害予測情報  
5. 何に注意して行動したらよいかの指示  
6. 自分の住む地域の被害情報  
7. 家族や知人の安否情報  
8. 避難場所や避難方法など、避難に関する情報  
9. 道路・鉄道などの交通情報  
10. 電気・ガス・水道・電話などに関する情報  
11. 食料の配給や風呂のサービスなどの生活情報  
12. その他（ ）

図 1 (b) アンケート調査 P. 2

17. 防災対策として重要だと思われることは何ですか？

1. 災害用品の備蓄  
2. 避難所設置場所の見直し  
3. 避難所の運営体制の改善  
4. 情報伝達体制の改善  
5. 避難経路や避難所を示した地図の配布  
6. 地域の自然災害に関する危険度の公表  
7. 住民への防災教育の徹底  
8. 地域における防災訓練の推進  
9. 消防団の育成やその活動の支援  
10. 被災者の生活の急ぎ支援体制の検討  
11. 被災者の生活再建支援体制の検討  
12. その他（ ）

18. 災害などでの避難など、災害対策について、行政に期待することは何ですか？

1. 避難場所や避難所を増やすこと  
2. 避難場所や避難所についての情報が簡単に得られるようにすること  
3. 避難所に、水、食料、毛布、布団、目録し、暖房器具などの生活物資を備蓄すること  
4. 避難所で、大切な人との連絡が取れるように、自由に使える非常用の携帯電話、公衆電話などを整備すること  
5. 避難所で、必要な情報がすぐに得られるように、テレビ、ラジオなどが整備されていること  
6. 避難所の生活で、プライバシーが保証されていること  
7. 避難所で、食料や水などの配給を受けて持ち帰ることができるようにすること  
8. 避難している時に、事故にあわないように、道路、橋、階段などを整備すること  
9. 夜間の避難が安全にできるように、街灯、誘導灯を整備すること  
10. 堤防、水門などの防災設備を強化すること  
11. 防災や避難に詳しい人材の育成  
12. 避難誘導訓練を実施すること  
13. 要配慮者と一般住民と一緒に避難しやすいように、日ごろの地域交流を支援してくれること  
14. 災害などに関する講習会を実施すること  
15. その他（ ）

19. お住まいの住宅の耐震性についてお尋ねします

(1) 今お住まいの住宅への地震被害について、どのように考えていますか？

1. 自分は大きな地震には遭遇しない(生きている間には大地震はない)と思う。  
2. 大きな地震が発生するかもしれないが、自分の家は大丈夫だと思う。  
3. 大きな地震が発生した場合、自分の家は多少は被害を受けると思う。  
4. 大きな地震が発生した場合、自分の家はかなり被害を受けると思っている。  
5. その他（ ）

(2) あなたのお住まいは、次のうちどれですか？

1. 木造一戸建住宅  
2. 木造共同住宅(長屋含む)  
3. 木造以外の一戸建住宅  
4. 木造以外の共同住宅  
5. その他（ ）

(3) あなたのお住まいはいつ頃建てられたものですか？

1. 昭和56年5月以前  
2. 昭和56年6月以降～平成12年5月以前  
3. 平成12年6月以降  
4. わからない

(4) あなたのお住まいのリフォーム歴、耐震診断の実施についてお尋ねします。

1. リフォーム歴があるが、そのときに専門家による耐震性の検討を実施し、耐震性は確保されている。  
2. リフォーム歴があるが、そのときに耐震性の検討はしなかった。  
3. すでに耐震診断を実施し、耐震補強もしている。  
4. すでに耐震診断を実施し、耐震補強の必要はないことを確認した。  
5. すでに耐震診断は実施したが、その後の対策を行っていない。  
6. 耐震診断の必要性を感じているが、耐震診断は実施していない。  
7. 耐震診断の必要性を感じていない。  
8. 分からない  
9. その他（ ）

図 1 (c) アンケート調査 P. 3

これ以降の質問は、下の地図の範囲にお住いの方のみご回答ください。  
それ以外の方は、ここで終了です。ご協力ありがとうございました。

(1) お住まいの場所から一番近い場所を選び、○を付けてください。

1. 今津公民館
2. 高路神社

(2) (1) でご回答の場所から今津小学校へ避難するとき、  
どのような経路で避難しますか？ 下の地図にご記入ください。

ご協力ありがとうございました。

**アンケート情報取り返しの指針**

- ・ 本アンケートは匿名で実施します。本人を特定できるような情報（例えば住所や氏名など）を別途収集することはありません。
- ・ アンケートの回答は、福山大学・安全安心防災教育研究センター及び関係機関における、地域貢献・地域連携ならびに安全安心防災に関する教育と学術研究の目的のために使用するとともに、福山市、今津学区自治連合会における活動に利用します。

**アンケートに関する問い合わせ先**  
福山大学・安全安心防災教育研究センター

**著作権表示**  
本アンケートの製作者は、次の通りです。  
伊藤 康一（福山大学工学部建築学科・講師）  
金子 邦彦（福山大学工学部情報工学科・教授）  
村崎 一（福山大学工学部スマートシステム学科・教授）  
中道 上（福山大学工学部情報工学科・准教授）  
山口 明（福山大学工学部建築学科・准教授）  
【お問い合わせ】

**謝辞**  
本アンケートの実施にあたりまして、福山市総務局総務部危機管理課防災課、今津学区自治連合会、今津公民館のご協賛およびご協力を得ました。感謝いたします。設問の一部は、「おはるかQ ネット」第6回アンケート（<http://www.pref.fukushima.jp/kakaku/quest6.html>）の設問を参考・引用利用しています。その利用許諾は大沼企画室から2014年8月3日に取得済みです。設問の一部は、国土交通省 東北地方整備局 船代河川国道事務所作成「水害時の避難行動に関するアンケート」（<http://www.wtr.mlit.go.jp/tonkai/kasen/wsguochiwa/ryoutu1.pdf>）の設問を参考・改定利用しています。改定を含む利用許諾は同所調査第一課から2016年8月4日に取得済みです。利用許諾に感謝いたします。

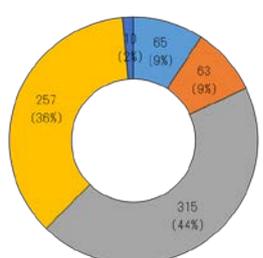
図1 (d) アンケート調査 P. 4

②災害時経路不通リスク推定

地震時に建築物が倒壊したり、火災が発生したりして道路が閉塞されると、避難に支障をきたすだけでなく、救急車・消防車のような緊急車両の進入にも支障をきたす。したがって、市街地における建築物の耐震安全性、および火災発生の可能性を定性的に把握することは、地震防災上重要なことである。

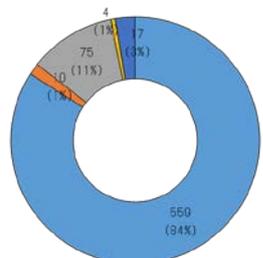
建築物は、建築当時の建築基準法に従って設計・施工されている。他方、建築基準法は度重なって改正されている。したがって、古い建築物は、建築時の建築基準法には適合していても、現在の建築基準法には適合していない場合がある。その中には、地震に対して脆弱な建築物も含まれることは容易に予測されよう。

そのような観点から、市街地にある建築物のうち、地震防災上の危険性がある建築物を検討し、避難時におけるリスクを示すことで、地域の防災力の向上に寄与することを目指す。ここでは、松永地域を取り扱い、まず、避難所分布、人口分布、避難時間シミュレーション等から当該地域の特性を把握する。つぎに、航空写真から各地域の脆弱点の指摘を試みる。さらに、アンケート調査結果を分析し、地域固有の防災上の特性を把握する。



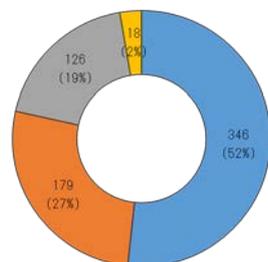
- 1. 自分は大きな地震には遭遇しない（生きている間には大地震はない）と思う。
- 2. 大きな地震が発生するかもしれないが、自分の家は大丈夫だと思う。
- 3. 大きな地震が発生した場合、自分の家は多少は被害を受けると思う。
- 4. 大きな地震が発生した場合、自分の家はかなり被害を受けると思っている。
- 5. その他

(a) 地震被害に対する意識



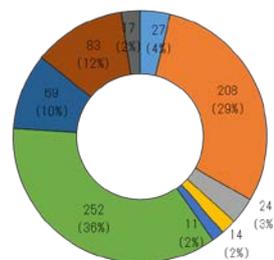
- 1. 木造一戸建住宅
- 2. 木造共同住宅（長屋含む）
- 3. 木造以外の一戸建住宅
- 4. 木造以外の共同住宅
- 5. その他

(b) 建築物の種別



- 1. 昭和56年5月以前
- 2. 昭和56年6月以降～平成12年5月以前
- 3. 平成12年6月以降
- 4. わからない

(c) 建築時期



- 1. リフォーム歴があるが、そのときに専門家による耐震性の検討を実施し、耐震性は確保されている
- 2. リフォーム歴があるが、そのときに耐震性の検討はしなかった
- 3. すでに耐震診断を実施し、耐震補強もしている
- 4. すでに耐震診断を実施し、耐震補強の必要はないことを確認した
- 5. すでに耐震診断は実施したが、その後の対策を行っていない
- 6. 耐震診断の必要性を感じているが、耐震診断は実施していない
- 7. 耐震診断の必要性を感じていない
- 8. 分からない
- 9. その他

(d) 耐震診断・耐震改修に対する意識

図2 耐震意識調査の結果の一例

検討の結果、つぎのことを明らかにした。

- 1) 松永町1～4丁目、南松永町1～4丁目の避難人口は男女ともほぼ同数である。70歳以上の人口は、男性よりも女性の方がやや多い。子供の人口も多い。したがって、地震避難時には、高齢者と子供の避難を確実に避難させることが重要である。
- 2) 松永町1～4丁目、南松永町1～4丁目では、避難施設の収容人数は地域住民の人口よりもかなり少なく、長期的な避難には耐えない。住民が避難すると考えられる津波避難施設は3カ所であるが、そのうち2カ所は海拔3m程度であり、想定浸水深よりは高いものの必ずしも十分ではなく、夜間の立ち入りが困難な可能性もある。
- 3) 松永町1～4丁目、南松永町1～4丁目から松永中学校までの避難時間は高齢者・子供連れであっても15～30分であるが、標高の高い今津小学校まで避難する場合には最長で1時間半程度を要し、かなりの避難時間を要する。避難経路が閉塞され、迂回する場合にはさらに時間を要する。
- 4) 南松永町1～4丁目を対象としたところ、古い建物が密集したところ、細い路地が密集したところ、木材を扱う工場・倉庫が密集したところが確認された。古い住宅の倒壊により避難経路の閉塞される可能性があり、路地では迂回することすら困難になり得る。木材を扱う工場・倉庫で火災が発生した場合、延焼の危険性がある。
- 5) 今津学区を対象とした耐震意識アンケートの結果、住民は地震時に住家が被災するリスクは知りながら、耐震診断・耐震補強等は実施していないことが判明した。古くからの住宅地では全体の2/3が、比較的新しい住宅地では約半数が、昭和56年5月以前の建築物であった。したがって、当該地域では中地震時においても被災の可能性があると言える。

### ③ 実地避難経路調査・複合的避難阻害要因実地調査

調査手法として、「ペアテストング手法」により実施する(図3(a))。ペアテストング手法とは、ユーザビリティテストの中で、一般的に行われるユーザ自身の主観評価と、評価者によるインタラクション評価を同時に行う。ユーザ自身が主観評価を忘れた場合においても、評価者のインタラクション評価の結果を用いて補完する。これにより、ユーザ自身が回答し忘れた場面においても、評価者のインタラクション評価の結果を用いて補完することでより正確なユーザの評価データを記録することが可能になる。ペアテストング手法を実施することにより、被験者の迷いの記録漏れを補完することが可能になり、迷い行動の発生地点を漏れなく記録することが期待される。

分析については、被験者と評価者にインタビュー(図3(b))しながら、迷いの時刻変化のグラフを作成し、迷い時の地点を示したうえで、迷いの要因となった避難阻害要因について分析を進める予定である。また今回、生体情報の収集、記録が可能な衣服と一体化したウェアラブル端末も

あわせて利用する。また、実験により記録した迷いの時刻変化や生体情報の変化について分析を継続して進めていくことによって、避難行動時の迷いの検出手法につながる可能性がある。

実施内容：同一の被験者に対し、以下について、IT機器を用い、迷い行動をモニタリング実施。

(1)学校の位置を知らない状況（初回）：完了

(2)学校の位置を把握したのち：完了

(3)遮光ゴーグルを装着した状況：(12/E完了)

上記により得られた知見は模擬避難に反映した。



図 3 (a) ペアテスト実施の様子



図 3 (b) ペアテスト実施後のインタビューの様子

#### ④体育館環境調査

学校施設の防災機能の強化を目的として、避難所施設としての使用が想定される小学校体育館の熱・空気環境に関する改善策を、数値解析によって検討した。

地震等の自然災害が起きたとき、「初期」は災害の危険から速やかに逃れることを目的に住民は「避難場所」に集合するが、その後「避難生活期」に入ると、住民は小学校体育館等の「避難所」で生活を開始する。しかし、「避難所」として用いられる小学校体育館は、避難所としての使用が想定されて設計されているわけではない。窓や壁などの建築外皮の断熱性能が比較的 low、暖冷房設備が設置されていないことがほとんどである。特にライフライン途絶時では、身の回りにある限られた物品での応急対応が求められる。

不十分な熱・空気環境の現状については、被災地避難所の実測等によりいくつか報告されているが、具体的な改善の検討はほとんどなされていない。熱環境改善策の検討には、実測に加えて実大実験が有効であると考えられる。しかし、模擬避難者を多数集めて実大実験することは、現実的には困難に近い。代替として、居住者（避難者）から発生する CO<sub>2</sub>・熱・水分を模擬発生装置から発生させて実大実験を行なう手法も考えられるが、労力・費用を必要とする。

そこで本研究では、労力・費用を比較的低く抑えつつ検討できる数値解析を活用し、避難所体育館の熱・空気環境の現状把握と改善策について基礎的検討を試みた。

まず、福山市立今津小学校の体育館（図4）を対象として、簡易実測と建築図面を参考にして伝熱解析モデル・気流解析モデルを作成した。次いで、必要換気量の制約条件の下、伝熱解析によって室内空気や床・壁・天井の温度を試算した。最後に、気流解析（CFD解析）によって、空間の気流分布・温度分布について解析し、より詳細な熱・空気環境を把握することを試みた。



図4 福山市立今津小学校体育館

伝熱解析の結果、応急的な建築外皮性能向上と後付け暖冷房装置を組み合わせることで、どの程度まで熱環境を改善できるかについて定量的に示した。冬季については、床面に段ボールを敷いたり窓面内側に気泡緩衝材を設定したりして建築躯体の断熱性能を少しでも高くするとともに、開放式ストーブを体育館内に設置して暖房した場合などの効果を把握した（図5）。夏季については、窓面外側にすだれ等を設置して日射遮蔽性能を高くするとともに、自然換気を行なった場合などの効果を把握した（図6）。

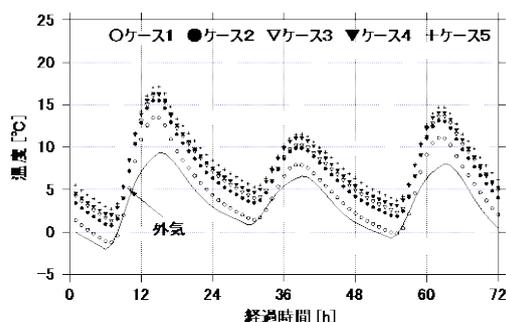


図5 室温（冬季）

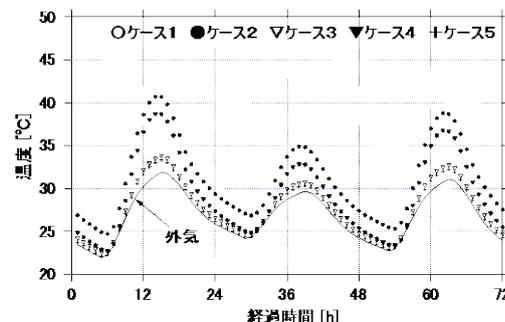


図6 室温（夏季）

気流解析（CFD解析）では、プライバシーの観点から設置の標準化が求められている間仕切り（2m×2m×2m）のある空間を前提として、できるだけ不快でない熱・空気環境を実現する工夫に

ついて検討している(図7)。間仕切りによって、冬季には保温効果向上の可能性が、逆に、夏季には間仕切り内に熱気が籠る可能性等が予想され、それをいかに解消するかが課題である。冬季では、大空間のため暖気は天井付近に滞留し冷気は床付近の居住域に滞留することをいかに軽減するかが課題であり、その改善策として、間仕切り空間に簡易天井を設定して熱上昇流を抑えた場合の効果も把握する。夏季では、主に居住者からの人体発熱をいかに屋外へ排出するかが課題であり、その改善策として、開口部を開けて比較的温度の低い外気を1階開口部から取り込み比較的温度の高い空気を2階窓から屋外へ排出するといった気流設計(温度差換気・置換換気)の効果も把握する。以上のことは、本年度、研究室の卒業研究で取り組んでいる。

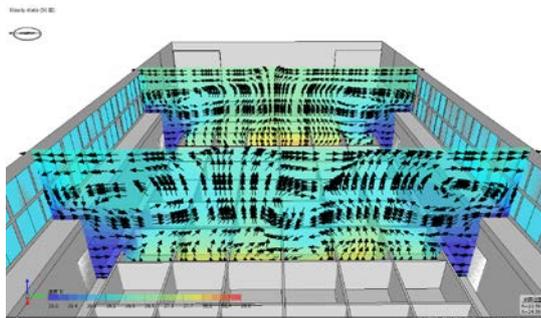


図7 気流分布・温度分布の一例

## 2. 模擬避難

夜間の地震発生、停電、避難経路不通といった複合的避難困難要因が発生した最悪の状況を想定した模擬避難を今津小学校生徒に体験してもらい、避難の困難性、備えの重要性を理解してもらおうと共に、アンケート調査、実地避難経路調査・複合的避難阻害要因実地調査で得られた避難に関する仮説を検証した。

複合的避難困難状態の模擬：

夜間の停電の模擬は自作の遮光ゴーグルを対象者に被らせることで行う。遮光ゴーグルは、スキー用ゴーグルの全面を減光フィルムで覆い、全面部分に厚紙でひさしを設けることで、前方への視界を無くし、足元のみを携帯電話の照明程度で照らした状態となるように調整している。また、避難経路不通は、不通と設定した街路に指示要員を立たせ、模擬避難者に対して経路不通を宣言してUターンさせることで模擬した。火災による経路不通は相当手前から視認できるが、これが今回の模擬対象とはせず、建物倒壊による普通経路で直前まで視認できないものとした。

模擬避難実施エリアの選定：

実施運営上の理由により、対象を6年生として午後の授業として実施した。このため、学校から模擬避難スタート点までの移動、模擬避難、帰校、さらに、まとめ講義の全項目を午後の授業である2時間内で完了できるように計画した。模擬避難スタート点を海岸に近い遠方に設定する事は断念し、小学校の丘を下った直近の高諸神社、今津東集会所とした。ゴール地点は、小学校に向かう丘を少し上ったところにある薬師寺と設定した。

また、上記スタート点から学校の丘に登る境にある旧山陽道は道が狭いわりに車の通行が多く危険であることから、旧山陽道を歩かせないこととし、薬師寺に向かう道に接続する路地以外で旧山陽道に接続する路地は全て経路不通とした。

実施日時：11月25日(金)13:30~15:30

実施内容：

今津小学校6年生63名を10班(6~7名/班)に分け、班の中の1名が遮光ゴーグルを装着して夜間の避難を模擬した。(図8(a)~(c))生徒全員が避難を体験できるよう、5分で交代とし、全班員が模擬避難を体験した時点でゴールに到着の有無に関わらず、終了して帰校するようにした。また、全員が模擬避難を体験する前にゴールである薬師寺に到達した場合は、適当な距離まで引き返し、全員が模擬避難を体験できるようにした。

模擬避難により得られた知見：

非常に早く歩行する児童もいたが、経路を把握しての行動ではなく勇気を示したい男子児童にありがちな行為と推察され、道路分岐点における迷い状態等より、2、3人目までは経路を

把握できていなかったと考えられる。後半の班員は迷いがあまり見られなかったが、前の班員が模擬避難行動をする間に経路を把握したためであり、時間的な制約や安全確保要員の制約が無ければ、模擬避難範囲の拡大、班人数の削減により、更に効果的な模擬避難が可能である。

経路を把握し切る前の前半の生徒に限定すれば、足元だけの景観の判らない暗闇の状態では、学校の方角が判らなくなる、特に経路が不通になり、行きつ戻りつする間に完全に方向を見失って、学校と反対の海側に向かう生徒も発生した。このことから、夜中の避難におけるランドマークの重要性に関する仮説が立証されたと言える。また、マンホールや舗装の違い等の道路の明暗の変化が段差や溝と区別し難く、怖さを感じる児童が多く存在した。これは、瓦礫や液状化による砂泥等の散乱する実災害環境での避難の困難さを示唆するものであり、これも仮説を検証するものとなった。

#### 防災教育の実施：

模擬避難終了後にまとめ講義として15分の防災教育を実施した。(図8(d))南海トラフ巨大地震の発生する可能性、干拓地であり津波に対して比較的脆弱である福山、特に松永・今津地区の地域的特質、津波をはじめとする水流の怖さについて講義した。そのような事態が発生した時、夜中でも着実な避難ができるように備えることの重要性について示し、将来に向けて自分たちの町の防災について考えて行くように指導した。児童も講義に集中して参加しており、防災意識が向上できたと期待できる。

#### アンケートの実施：

小学校の御厚意により、実施後に感想の自由記入を含むアンケートを実施した。南海トラフ巨大地震や津波の怖さに対する深い認識が得られたと共に、夜の避難について、道に瓦礫等の散乱している場合により避難の難易度が増す事に対する懸念や高齢者の避難に対する気遣いを記載したアンケートも見られ、参加児童の防災に対する意識向上に十分な効果が得られたことが明らかとなった。また、非案に対し怖さを感じた事などのアンケート結果を対策モデル策定会議における課題として反映した。



図8(a) スタート地点集合



図8(b) 遮光ゴーグルを装着した模擬避難



図8(c) 経路不通の指示



図8(d) 模擬避難後のまとめ講義

### 3. 避難に関する課題抽出、対策モデルの策定

#### 発想法：

アンケート調査、実地避難経路調査・複合的避難阻害要因実地調査、模擬避難により得られた避難に関する課題に対する対策案を岡山大学工学部塚本信也教授が発案された「メカニカル発想法」を用いて抽出した。本発想法は福山大学で工学部のみならず学部横断のプロジェクトベースラーニング講義で適用して教育効果を上げている。

本発想法の主要点は、課題解決を考案する際に、機械が部品を別の物に交換したり増減させると機能や性能が変化する様に、課題やその周辺を構成する概念を増減させたり、逆転させてみて新たに成立するアイデアを探索することにある。この概念を機械の部品の如く変えてみる方法は①増長、②縮減、③複数化、④破壊、⑤逆転、⑥定義変換、⑦組合せ、⑧消去の8通りであり、転換プロセスと呼んでいる。

メカニカル発想法の実行方法概要は以下である。今回の対策モデル策定では課題の明確化と課題に関する既成概念のリストアップまで福山大学で行ってから、実行したものである。

- (1) 解決すべき課題を明らかにし、その課題について既に世の中に存在する既成概念を参加者全員で話し合いながら数多くリストアップし、一覧表にまとめる。
- (2) 参加者全員でこの既成概念一覧表を見て8通りの転換プロセスの何かを採用してみると新しいアイデアとして合理的に説明できるかについてブレインストーミングを行う。
- (3) 参加者個人は、頭の中で転換プロセスを機械的に取り換え、既成概念も次々と換えて、新しいアイデアとして説明できそうなものを数多く発言する。
- (4) 従来にない発想を得る主旨として現状にとらわれ過ぎず、現在から近未来の科学技術の発展や応用で説明できそうなもの、こうなったら良いなと思うものを遠慮せずに提案する。
- (5) ブレインストーミングの結果、特徴のあるアイデアを中心に他人に説明できるように資料として記録を残す。

#### 対策モデル策定会議：

実施日時：12月13日（火）15：00～17：00

会議メンバー：今津小学校、今津自治会、福山大学

#### 避難に関する課題：

##### 1) アンケート調査で判明した懸念点・課題

- ① 経路が明らかにわかるようになってほしい
- ② 高齢の方、子供たちが自分の意志で避難を開始できるか懸念がある

##### 2) 実地避難経路調査、模擬避難で判明した懸念点・課題

- ① 暗闇で目印がなくなると道がわからなくなる
- ② 足元だけ見て歩いていると方向を失ってしまう
- ③ 暗闇では、溝、穴など危険なものと道のシミなど見分けがつかなくなり恐怖がある

抽出されたアイデア：2チームに分かれて行った発想結果の資料を図3-2及び図3-3に添付する。アイデアの概要は以下である。

##### 1-① 避難経路の明確化と誘導

避難経路の目印として当地区のシンボルである案山子を設置し、夜間の災害発生時には適切な間隔を置いた案山子を自動点火させ弱い火で燃やして避難誘導に活用する。

##### 1-② 高齢者・子供の避難誘導

直接的な対応策は難しい。若年層を取り込み、子供の段階から介助者を育成していく。

##### 2-①、② 暗闇での目印・方位の確保

災害発生時に学校の4Fを自家発電で点灯し、闇の中で避難場所である学校の方向を示す灯台とする。自家発電電力は点灯用照明と同時に、通信用電源として活用する。

##### 2-③ 道路の危険物の認識

懐中電灯などの非常用照明器具の備えの他、手摺等の設置の案も出されたが、地区全てに亘って整備するには費用的に困難であるため、モデル提案の対象からは外した。

# 高強度鉄筋 SD490 を用いた既存 RC 道路橋橋脚の耐震補強

宮内 克之

工学部スマートシステム学科

## 1. はじめに

既存の鉄筋コンクリート (RC) 道路橋橋脚の補強方法としては、RC 巻き立て工法、鋼板巻き立て工法、連続繊維シート貼付け工法などが主に用いられている。著者らは、これまでに普通強度の鉄筋 SD345 とポリマーセメントモルタル (以下、PCM) の乾式吹付け工法を併用した既存 RC 構造物の耐震補強方法 (乾式吹付耐震補強工法) の開発を行ってきた<sup>1)</sup>。この工法は一般的な RC 巻き立て工法と比較して、耐久性の向上、少ない断面増し厚量、良好な施工性による大幅な工期短縮などの特徴を有している。道路橋橋脚の多くが水環境や海岸に近い地域にも多く存在すること、河川内橋脚では河積阻害率が問題となることや施工期間が限定されることなどを考慮すると、この工法は道路橋橋脚の補強方法として極めて効果的であると考えられる。

また、2012 (平成 24) 年 3 月に、道路橋示方書が改定され、その中で新設の道路橋に関しては降伏点強度が高い鉄筋 SD490 の使用が認められた。このことにより、既設の道路橋の耐震補強に関しても、降伏点強度が高い SD490 を使用する環境が整ったものと考えられる。これを受けて、補強用軸方向鉄筋に降伏点強度が高い SD490 を配置し、PCM を乾式で吹き付ける耐震補強工法の道路橋橋脚を想定した曲げ耐力向上型補強方法としての有効性を確認したところである<sup>2)</sup>。

ところで、普通強度の鉄筋 SD345 を用いた場合の後施工アンカーとしての補強用軸方向鉄筋の定着長は、一般的に  $20\phi$  ( $\phi$ : 鉄筋径) が採用されている。これに従うと、補強用軸方向鉄筋に降伏点強度が高い SD490 を使用した場合、十分な定着を得るためには、SD345 を使用した場合の約 1.5 倍の定着長、すなわち、 $30\phi$  の定着長が必要となるものと考えられる。したがって、普通強度の鉄筋 SD345 と比較して定着長が相当長くなり、施工性が極めて低下することが懸念される。この解決方法の一つとして、補強用軸方向鉄筋の定着端に T 形ナット (写真-1) を配置する方法が考えられる。しかし、T 形ナットにはフランジがあるため、補強用軸方向鉄筋を既存橋脚面に接して設置することが困難となることが予想される。このことへの対処法として、定着用の削孔を斜め削孔することが考えられる (図-1)。しかし、SD490 の定着用削孔を斜め削孔した場合の定着特性は十分には明らかになっていない。そこで、定着端に T 形ナットを配置した SD490 について、定着孔を斜め削孔した場合に関して、鉄筋の引抜き試験を行い、定着効果の確認を行った。

また、定着端部に T 形ナットを有す降伏点強度が高い SD490 を補強用軸方向鉄筋として配置し、PCM を乾式で吹き付ける耐震補強工法 (以下、提案工法) で補強された RC 柱試験体に関して正負交番繰返し載荷試験を実施し、既存 RC 道路橋橋脚の曲げ耐力向上型の補強方法としての提案工法の有効性を確認した。

さらに、補強設計の前提となる補強断面における平面保持の仮定が成立するか否かについて確認するとともに、提案工法によって補強された既存 RC 道路橋橋脚の耐震性が、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編<sup>3)</sup> (以下、道路橋示方書) に基づいて評価できるか否かに関して、水平力～水平変位関係の計算結果と実験結果との比較において検討した。

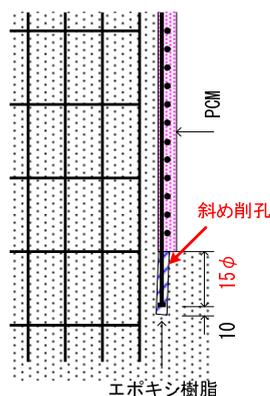


図-1 定着方法のイメージ



写真-1 SD490 端部の T 形ナット

## 2. 斜め削孔した場合の定着特性

### 2.1 実験計画

補強用軸方向鉄筋の定着端部に T 形ナットを配置し、定着長を 240 mm (15φ) とした場合について、軸方向鉄筋定着用の削孔を斜め削孔 (後述の RC 試験体において、補強用軸方向鉄筋が既存柱面に接して配置されるよう、約 6.5% の傾斜で削孔している。) した場合には鉄筋の引抜き試験を行い、定着性能の確認を行った。

試験体の基礎部は 800 mm×800 mm×高さ 500 mm とし、基礎部のコンクリートには、後述の RC 試験体と同一配合のコンクリートを使用し、鉄筋は RC 試験体と同一の D16 (SD490) とした。削孔径は 53 mm (T 形ナットの最大幅 43 mm+10 mm) とし、定着用充填材にはエポキシ樹脂を使用した。また、試験体は 3 体準備した。図-2 に試験体の概要を示す。また、写真-2 に斜め削孔の様子を示す。

コンクリート表面からの深さ方向の鉄筋のひずみ分布を求めるために、コンクリート表面から 40、80、120、160、200 mm の相対する位置にひずみゲージを貼り付けた。実験時における基礎部コンクリートの圧縮強度は 40.8 N/mm<sup>2</sup> であった。写真-3 に引抜き試験の様子を示す。

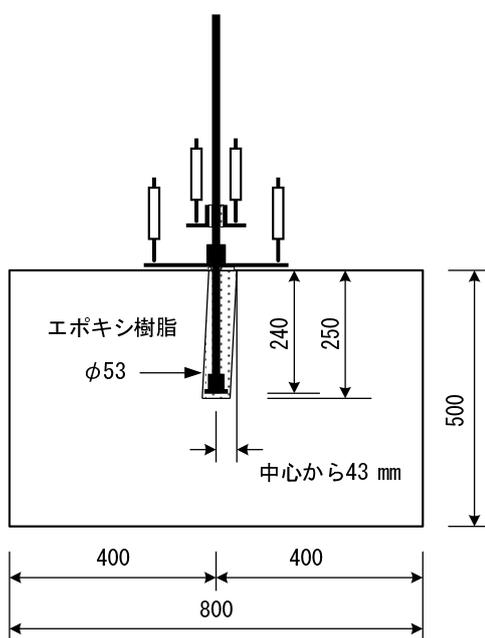


図-2 試験体の概要 (単位: mm)



写真-2 斜め削孔の様子



写真-3 引抜き試験の様子

## 2.2 実験結果および考察

破壊形式は3体全ての試験体で鉄筋の破断であった。写真-4に、実験終了後の定着部の破壊状況を示す。実験終了時における定着部の状況は、以下の3種類の破壊形式がそれぞれ1体ずつであった。なお、写真中の数字は、基礎コンクリートの剥離範囲（鉄筋からの距離：mm）を表す。

- ①定着用充填剤のエポキシ樹脂のみがコーン状に剥離し、基礎コンクリートにはほとんどコーン状剥離が生じない（写真-4(a)参照）。
- ②基礎コンクリートにコーン状剥離が発生（写真-4(b)参照）。
- ③広い範囲にわたって基礎コンクリートにコーン状剥離が発生（写真-4(c)参照）。

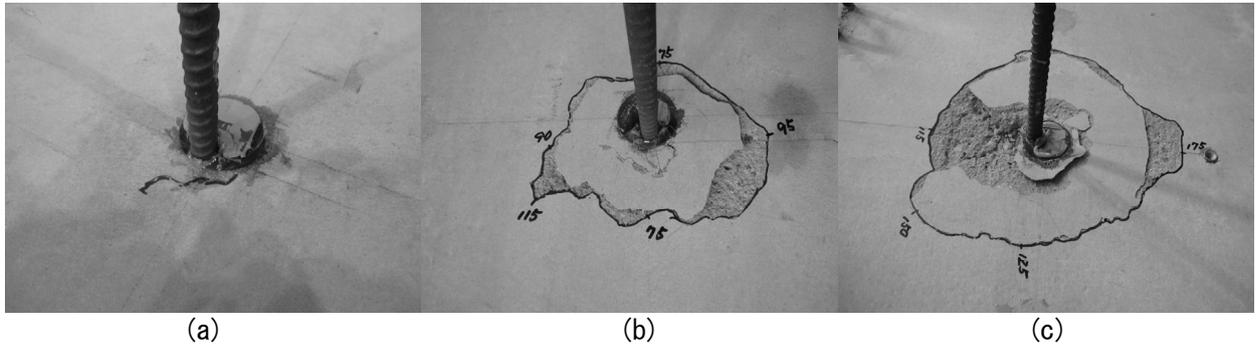


写真-4 定着後の破壊状況

図-3に、基礎コンクリートの上面から定着長方向の鉄筋のひずみ分布の一例を示す。鉄筋の相対する位置にひずみゲージが貼り付けてあり、図-3におけるひずみの値は、原則として2枚のひずみゲージの値の平均値で示してある。コンクリート表面（深さ：0 mm）の位置における鉄筋のひずみの値は、コンクリート表面から上方70 mmの位置に貼付したひずみゲージの値である。

鉄筋の降伏以前には定着長全体の付着とT形ナットによる機械的な支圧により引抜き荷重を負担していることがわかる。降伏直後（図-3中の◆印）には、深さが約40 mmより浅い範囲でひずみの値が急増しており、鉄筋と樹脂との付着が切れ、約40 mmよりも深い部分の付着力とT形ナットによる機械的な支圧により、引抜き荷重に抵抗しているものと考えられる。さらに、引抜き荷重が最大値に達す直前（図-3中の\*印）においても、深さが約80~120 mmよりも深い範囲で、付着力が引抜き荷重に対して効果的に抵抗していることがわかる。

以上のことより、SD490を使用し、定着孔を斜め削孔した場合で、充填剤にエポキシ樹脂を使用した場合の定着長は、鉄筋径の15倍（15φ）で十分であるものと考えられる。

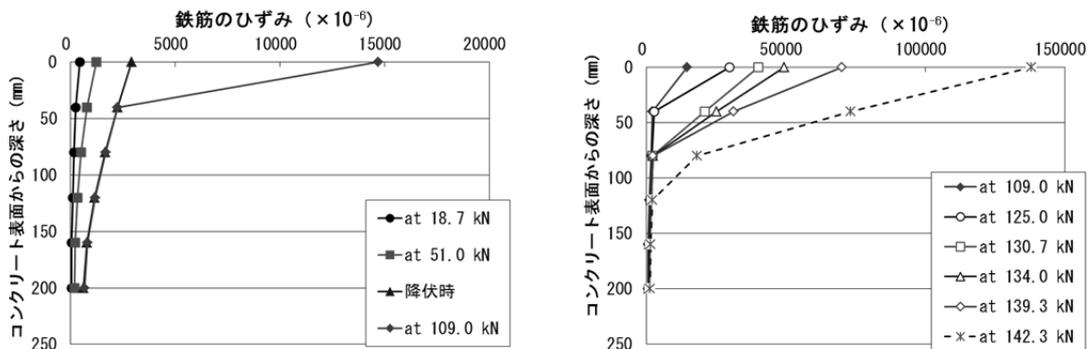


図-3 鉄筋のひずみ分布の例  
（写真-4(c)の場合）

### 3. 補強試験体の正負交番繰返し載荷試験

#### 3.1 実験計画

前述したように、補強用軸方向鉄筋の定着端部に T 形ナットを配置し、定着長を 240 mm (15φ) とした場合について、鉄筋定着用の削孔を斜め削孔した場合に関して鉄筋の引抜き試験を行い、十分な定着性能が得られることが確認された。そこで、この定着方法によって補強された RC 柱試験体の正負交番試験を行い、提案工法の耐震補強方法としての有効性を確認した。

実験計画および試験時における既設コンクリート、PCM の強度特性を表-1 に、鋼材の力学的特性を表-2 に示す。また、試験体の概要および補強の詳細を図-4 に示す。

試験体 N は、既存の RC 道路橋橋脚を想定したものであり、材料強度の規格値を用いて、2007 年制定土木学会コンクリート標準示方書<sup>4)</sup>に基づいて算定したせん断曲げ耐力比は約 1.2 である。また、道路橋示方書に基づいて計算した結果は「曲げ破壊型」と判定される試験体である。

補強試験体 TNS は、試験体 N に対して引張圧縮面に D16(SD490)を 2 本、既設の躯体面に接して配置し、基礎コンクリートに定着したものである。定着用の削孔は斜め削孔とし、削孔径は T 形ナットのフランジ径 43 mm+10 mm の 53 mm とした。定着用充填剤にはエポキシ樹脂を使用した。定着方法は、補強用軸方向鉄筋の端部に T 形ナットを有する定着方法とし、定着長は 15φ (240 mm) とした。また、組立て用鉄筋および配力鉄筋として、引張圧縮面に 1 本、せん断面に 2 本の D16(SD490)を配置した。補強用帯鉄筋には D13(SD295A)を 100 mm 間隔で配置した。このときのせん断補強筋の量は、標準示方書<sup>4)</sup>に基づいて計算されたせん断曲げ耐力比が 2 程度となる量である。

PCM のかぶり厚が最外縁の鉄筋径以上となるように、補強用帯鉄筋の径と同じ 13 mm を採用し、PCM の吹付け厚さは 42 mm とした。

表-1 実験計画

| 試験体 | 補強用軸方向鉄筋    |     |           | 補強用帯鉄筋       | 柱脚部横拘束筋の体積比 | 既設コンクリート圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 補強用 PCM                   |                           |                            |
|-----|-------------|-----|-----------|--------------|-------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
|     | 種類          | 定着長 | 定着形式      |              |             |                                   | 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 割裂強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> ) |
| N   | —           | —   | —         | —            | —           | 37.9                              | —                         | —                         | —                          |
| TNS | D16 (SD490) | 15φ | 端部 T 形ナット | D13 (SD295A) | 0.0057      | 43.7                              | 67.1                      | 5.71                      | 26.9                       |

表-2 鋼材の力学的特性

| 鋼材の種類       | 降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> ) |
|-------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| D16(SD345)  | 414                       | 606                       | 195                        |
| D13(SD295A) | 355                       | 532                       | 201                        |
| D10(SD295A) | 382                       | 552                       | 203                        |
| D16(SD490)  | 547                       | 712                       | 196                        |

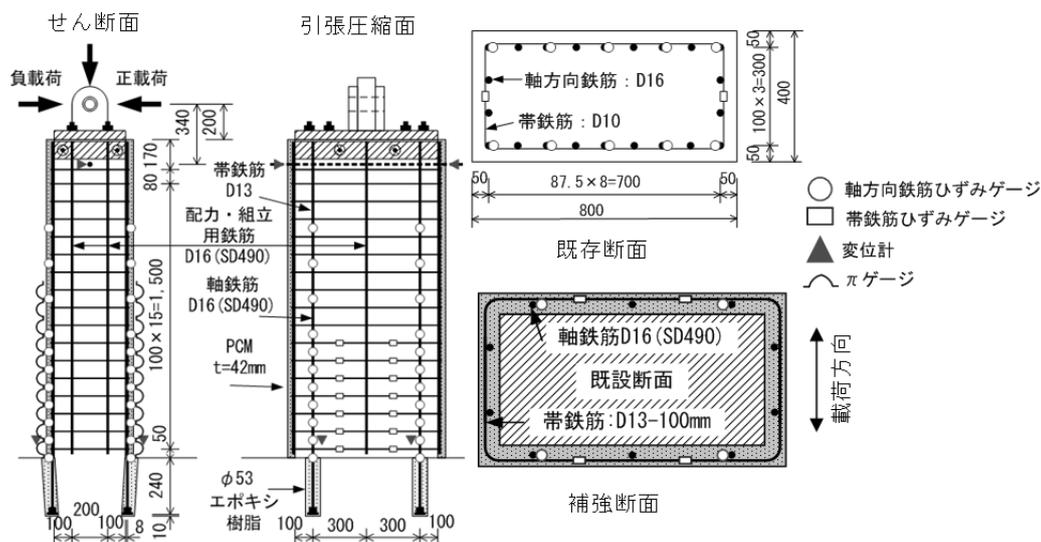


図-4 試験体の概要 (単位: mm)

### 3.2 実験方法

実験は試験体上端をピン機構とした状態で、建研式加力装置を用いて行なった。無補強の試験体あるいは補強試験体のいずれにおいても、断面の最外縁軸方向鉄筋（補強試験体においては補強用軸方向鉄筋）が降伏ひずみに達したときの載荷点変位（実際には、躯体基部から 1,660 mm の位置における水平変位。以後、便宜上載荷点変位と呼ぶ。） $\delta y$  を基準として、 $\pm 1 \delta y$ 、 $\pm 2 \delta y$ 、 $\pm 4 \delta y$ 、 $\pm 6 \delta y$ 、 $\pm 8 \delta y$ 、・・・と変位制御方式で正負交番繰返し載荷を行った。同一変位での繰返し回数は原則として 3 回とした。軸方向圧縮力として一定値 640 kN を載荷した。軸方向圧縮応力度は、既存断面に対して  $\sigma = 2.0 \text{ N/mm}^2$  に相当する。水平加力に伴う軸方向圧縮力の変動は、 $\pm 5\%$  の範囲に収まるように随時調整した。

### 3.3 破壊状況

図-5 に荷重～変位関係を示す。なお、図中の数字は繰返し載荷変位 ( $\times \delta y$ ) を表す。写真-5 に実験終了後における試験体 TNS の柱脚部の破壊の様子を示す。試験体 N の破壊状況に関しては文献<sup>5)</sup> に詳細に記述されているため、ここでは概要のみを示す。

#### (1) 無補強試験体：N

$\pm 6 \delta y$  の載荷時になると圧縮側コンクリートの圧縮破壊が進行し、 $-6 \delta y$  の 3 回目載荷時に圧縮側の軸方向鉄筋が大きく座屈するとともに、基礎から 400 mm の範囲のかぶりコンクリートが剥落して荷重が低下し終局に至った。

#### (2) 補強試験体：TNS：斜め削孔 T 形ナット定着

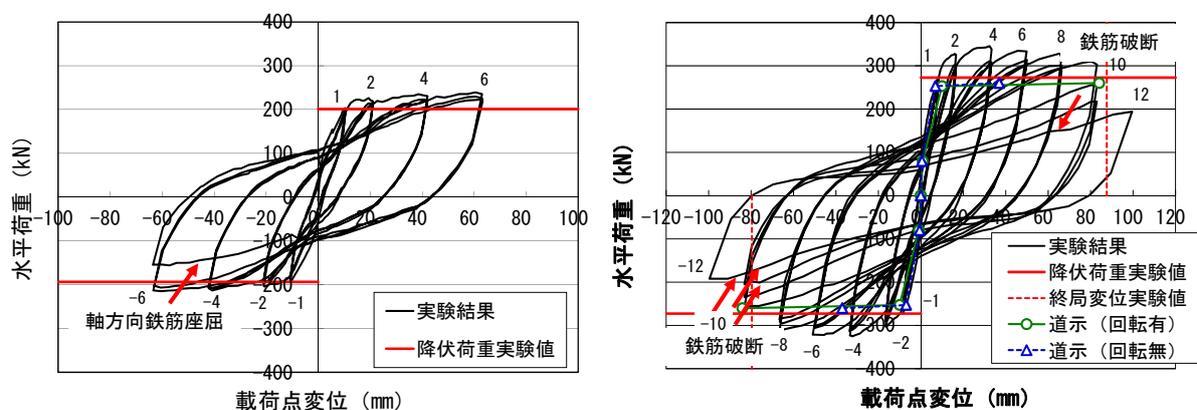
$\pm 2 \delta y$  の載荷時になると、基礎から 1,200 mm の範囲で約 200 mm 間隔で曲げひび割れが発生した。 $\pm 6 \delta y$  の載荷時になると、補強用軸方向鉄筋の伸びが大きくなり、躯体基部における曲げひび割れの幅が著しくなった。

$-8 \delta y$  の 1 回目載荷以降、圧縮側の基礎から約 200 mm の範囲で PCM のはらみ出しが確認できるようになった。この段階で補強用軸方向鉄筋が座屈を開始したものと推察される。 $-10 \delta y$  の 1 回目載荷時になると基礎から約 650 mm の範囲の PCM が剥落し、圧縮側で補強用軸方向鉄筋の座屈が目視により確認された。

$-10 \delta y$  の 3 回目の載荷時に、引張側の補強用軸方向鉄筋 1 本が破断した。その後、 $+12 \delta y$  の 1 回目載荷時に 1 本、 $-12 \delta y$  の 1 回目載荷時に残り 2 本の補強用軸方向鉄筋が破断した。鉄筋 SD345 で補強した場合と比較して、SD490 を使用した場合、座屈から破断に至るまでの過程が多少早く感じられる。これは、SD490 の伸び率が SD345 と比較して多少小さいことが影響している可能性がある。

実験終了後の目視では、初引張側 ( $+1 \delta y$  の載荷時に引張状態になる側)、初圧縮側 ( $+1 \delta y$  の載荷時に圧縮状態になる側) とともに基礎から 250 mm (基礎から 3 段目) までの帯鉄筋で、大きなはらみ出しが確認された。補強用軸方向鉄筋の座屈長は 200 mm 程度であった。また、既存軸方向鉄筋の座屈も確認された。さらに、打音検査では基礎から約 650 mm の範囲でかぶり PCM の浮きまたは剥落が確認された。

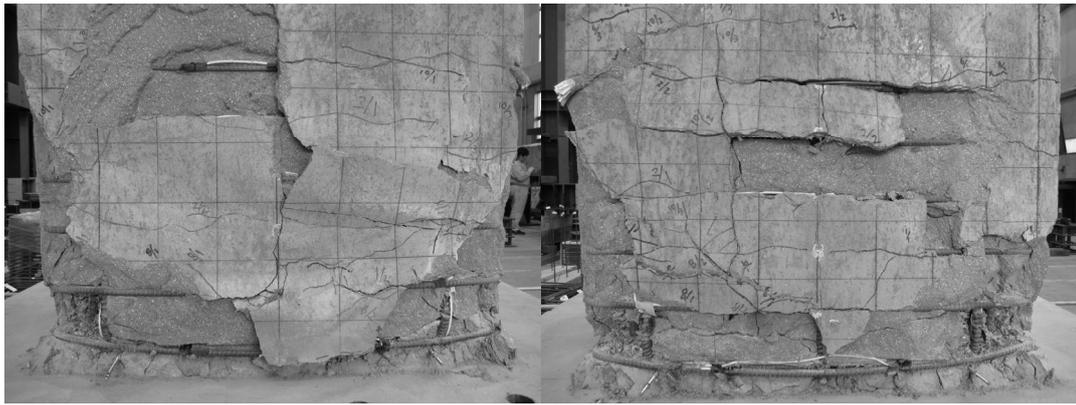
なお、実験終了時まで補強用軸方向鉄筋を基礎コンクリートに定着するためのエポキシ樹脂の基礎からの抜出しは観察されなかった。



(a) 無補強試験体 N

(b) 補強試験体 TNS

図-5 荷重～変位関係



(a) 初引張面基部 (b) 初圧縮面基部  
写真-5 破壊の様子 (実験終了後：TNS)

### 3.4 耐震性の検討

表-3 に実験結果および各試験体のじん性率を示す。終局変位は、荷重～変位関係の包絡線において、荷重が降伏荷重を下回らない最大変位とした。また、図-6 に試験体 TNS の等価粘性減衰定数の推移を示す。

試験体 TNS においては、 $8\delta_y$  辺りから徐々に荷重が低下したが、じん性率は 10 以上の値を示した。また、等価粘性減衰定数は大変形域においても 0.25 を上回る値を示し、繰返し載荷に伴う等価粘性減衰定数の低下もほとんどなく、耐震性に富んだものであった。

これらのことより、提案工法は耐震補強方法として効果的であるものと考えられる。

表-3 実験結果一覧表

| 試験体 | 降伏荷重 $P_y$ (kN) | 降伏変位 $\delta_y$ (mm) | 最大荷重 $P_{max}$ (kN) | 終局変位 $\delta_u$ (mm) | じん性率 $\mu$ |
|-----|-----------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------|
| N   | 197             | 10.6                 | 227                 | 60.4                 | 5.7        |
| TNS | 273             | 8.3                  | 336                 | 84.6                 | 10.2       |

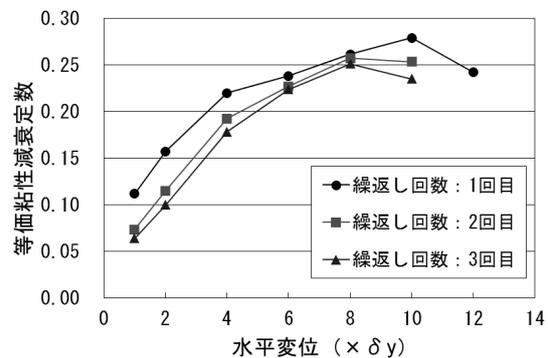


図-6 等価粘性減衰定数の推移：TNS

### 3.5 躯体基部断面内のひずみ分布

図-7 に、曲げひび割れ発生時、初降伏時および  $+2\delta_y$  時の躯体基部断面内 ( $+2\delta_y$  時は基部から 100 mm の位置) における既存軸方向鉄筋 (塗りつぶし記号) および補強用軸方向鉄筋 (白抜き記号) のひずみ分布を示す。また、道路橋示方書に基づいて計算した初降伏時および終局時の中立軸の位置を併せて示す。図-7 より、初降伏時までは断面内における鉄筋のひずみ分布はほぼ直線を示しており、平面保持の仮定が成り立っているものと考えられる。また、中立軸の位置も道路橋示方書に基づいた計算結果とよく一致している。 $+2\delta_y$  時においても、ばらつきはあるものの、鉄筋のひずみ分布はほぼ直線的であるといえる。このことか

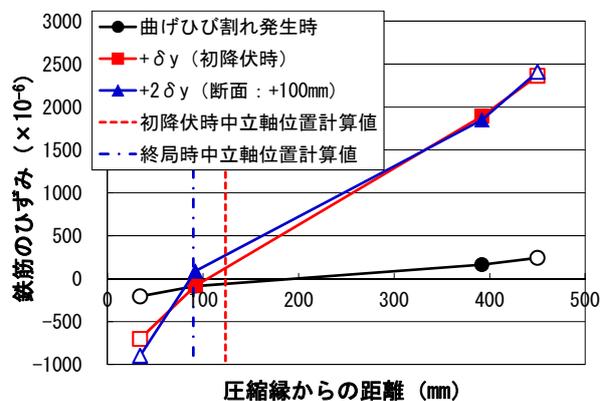


図-7 躯体基部断面内ひずみの分布

ら、提案工法で補強された橋脚躯体断面においても、平面保持の仮定が成り立つものと考えられ、補強設計においては、新設の鉄筋コンクリート構造物を設計する際に適用される一般的な曲げ理論が適用可能であるものと考えられる。

### 3.6 道路橋示方書に基づいた補強効果の検討

試験体 TNS に関して、レベル2地震動について、道路橋示方書に基づいて水平力～水平変位関係を計算した。計算にあたって、材料強度等は表-1、2に示す値を用いた。また、PCMの応力～ひずみ関係は、コンクリートの応力～ひずみ関係に準じた。初降伏時は補強用軸方向鉄筋が降伏ひずみに達した時点とした。補強試験体の塑性ヒンジ長  $L_p$  に関しては、文献<sup>6)</sup>において、一般にRC巻き立てによる補強の場合、新設橋脚の場合と比較して、塑性ヒンジ長が短くなることが知られているとして、道路橋示方書による計算値に0.8を掛けている。本論文においても、これを参考として、道路橋示方書による計算値に0.8を掛けている。このようにして算定した塑性ヒンジ長240mmは、目視により確認された補強用軸方向鉄筋の座屈長(200mm程度)から推察される塑性ヒンジ長とよく一致している。

前出の図-5(b)に道路橋示方書による水平力～水平変位関係の計算結果を実験結果と併せて示す。実験試験体の場合には、軸方向鉄筋の基礎からの抜出しに伴う躯体部の剛体回転による変位成分が相対的に大きくなる<sup>7)</sup>。ここでは実験時に、基礎から30mmの位置と、基礎との間で計測した鉛直方向の相対変位から求めた、鉄筋等の抜出しに伴う剛体回転による変位成分を計算値に加算した結果についても示している。試験体 TNS の負荷荷側において終局変位の実験値が剛体回転を加えた計算値よりも若干小さくなっているが、曲げ耐力および終局変位の実験結果は剛体回転を含まない計算結果とともに上回っており、提案工法によって補強された既存RC道路橋橋脚の耐震性は、道路橋示方書に基づいて評価できるものと考えられる。

## 4. まとめ

補強用軸方向鉄筋にSD490を使用した既存RC道路橋橋脚の曲げ耐力向上型補強において、定着長を短くし、なおかつ既存橋脚面に接触配置するために、補強用軸方向鉄筋の定着端部にT形ナットを配置し、定着孔を斜め削孔する補強方法の有効性をについて検討した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 鉄筋SD490の定着孔を斜め削孔した場合で、充填剤にエポキシ樹脂を使用した場合の定着長は、鉄筋径の15倍(15φ)で十分であった。
- (2) じん性率および等価粘性減衰定数から、提案工法は耐震補強工法として効果的であるものと考えられる。
- (3) 提案工法で補強された橋脚躯体断面においても、平面保持の仮定が成り立つものと考えられる。したがって、提案工法によって補強された既存RC道路橋橋脚の補強設計においては、新設の鉄筋コンクリート構造物を設計する際に適用される一般的な曲げ理論が適用可能である。
- (4) 提案工法によって補強された既存RC道路橋橋脚の耐震性は、道路橋示方書に基づいて耐震補強の設計計算を行えば、安全側で評価できるものと考えられる。

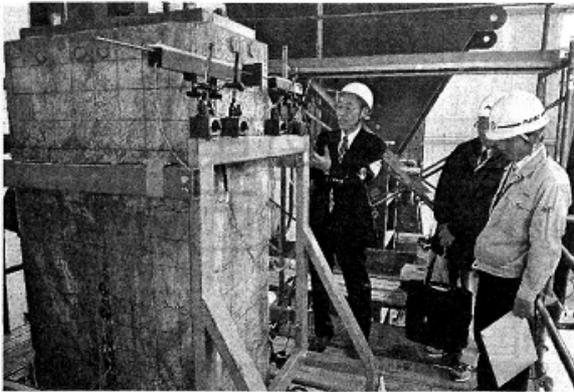
謝辞 本研究で使用した鉄筋SD490およびT形ナットは東京鐵鋼(株)後藤隆臣氏よりご提供いただきました。ここに記して感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 宮内克之, 秋田政人, 下枝博之, 黒石吉孝: 乾式吹付け工法を用いたRC橋脚の曲げ耐力向上型補強, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.2, pp.973-978, 2009.7
- 2) 宮内克之, 下枝博之, 三島弘敬, 後藤隆臣: 補強用軸方向鉄筋にSD490を用いた既存RC道路橋橋脚の耐震補強, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.2, pp.1351-1356, 2013.7
- 3) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2012.3
- 4) (社)土木学会: 2007年制定コンクリート標準示方書 [設計編], 2007
- 5) 宮内克之, 秋田政人, 下枝博之: 炭素繊維グリッドと乾式吹付け工法を用いた既存RC橋脚の曲げ耐力向上型補強, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.2, pp.1369-1374, 2010.7
- 6) (財)海洋架橋・橋梁調査会: 既設橋梁の耐震補強工法事例集, 2005.4
- 7) 星隈順一ほか: 載荷繰返し特性と塑性曲率分布に着目した曲げ破壊型鉄筋コンクリート橋脚の塑性変形性能とその評価法, 構造工学論文集, Vol.44A, pp.877-888, 1998.3

# 橋脚補修で新工法

福山大 宮内教授ら 高強度鉄筋を使用



新工法について説明する宮内教授（左）

福山工科大学の宮内克之教授（コンクリート構造学）らが、既存のコンクリート橋脚を補修する新たな工法を開発。福山市東村町の同大で4日、建設業者らに公開した。

河川の橋脚の補修などを行う際、鉄筋を入れ周囲を型枠で囲んでコンクリートを流し込む従来の工法では橋脚が相応に太くなる。一方、洪水も想定して流

量を確保するため、国は川を横切って設置する構造物を合計で川幅の5%以内に抑えなければならぬと定めており、橋脚の太さを増さずに補強する方法が課題だった。

宮内教授は東京の企業などと協力し昨年、コンクリート柱の補強に高強度鉄筋を使い、ポリマー（重合体）入りモルタルを吹き付ける工法を開発した。た

このため鉄筋の下端にナットを付けて埋め込み、穴を深くせずにしっかりと固定する方法を考案。これらの工夫により、施工部分の厚みを従来工法の半分以下にできた。

同大構造・材料開発研究センターで開かれた公開実験には約40人が参加。新工法で補強したモデル橋脚の強さを計測し、必要な強度

が確保されていることを確認した。

新工法は型枠や大量のセメントを必要とせいでコスト削減や施工の効率化にもつながると、橋脚の補修や耐震強

「実」に役立ててほしい」として、

（森川進豪）

平成 25 年 12 月 6 日 山陽新聞

# 橋脚補強へ新工法実験

福山大と2社 厚み抑えて耐震

コンクリート柱の前で新工法による耐震補強について説明する宮内教授（左）



河川の橋脚を効果的に耐震補強する新工法を、福山大と建設業の三島産業（福山市）、福山市東村町の同大でコンクリート補強材販売、施工のStocon工学部の宮内克之教授（コンクリート構造学）が、増水時に水の流れを妨げないよう、橋脚に密着する、川幅に占める橋脚の総幅の割合を5%以下にするなど、河川工事の目安がある。しかし、中小の河川では制限が厳しく、建設された橋脚が多量に、耐震工事を求めるには補強部分が薄くて済む工法が求めら

elec（ストロクリック）ジャパン（東京）が共同開発し4日、福山市東村町の同大で公開した。

河川に橋脚を建設する際には、増水時に水の流れを妨げないよう、川幅に占める橋脚の総幅の割合を5%以下にするなど、河川工事の目安がある。しかし、中小の河川では制限が厳しく、建設された橋脚が多量に、耐震工事を求めるには補強部分が薄くて済む工法が求めら

れていた。

研究開発には、福山市が本年度と前年度、各193万円を補助している。宮内教授は「近年は地震、洪水などの自然災害が増えている。利点の多い新工法を採用してほしい」と話している。

（永井友浩）

平成 25 年 12 月 6 日 中国新聞

# 連続繊維束により端部定着された炭素繊維グリッド板による既存 RC はりのせん断補強

宮内 克之

工学部スマートシステム学科

## 1. はじめに

日本は周囲を海に囲まれている。社会活動の中心は海に面した河川の流域に集中している。これらの地域内の人命や財産等を津波や高潮等から守っているのが水門・樋門等の構造物である。ところが、これらの水門・樋門等の中には 1980 年以前のいわゆる旧基準に基づいて設計されたものが多く、耐震性能が必ずしも十分ではなく、近い将来発生が危惧されている巨大地震により強い地震動を受けると、相当な被害が生じることが予想される構造物も少なくない。

ところで、水門・樋門等の耐震補強においては、水環境、塩分環境に曝されることから、当然のことながら耐久性が求められる。また、ゲート幅を変えなくて済む、あるいは補強による断面厚の増加が少ない方法が求められる。これらの要求にこたえる補強方法として、炭素繊維グリッド板(以下、CFG 板)とポリマーセメントモルタル(以下、PCM)の乾式吹付け工法を併用した補強方法は極めて効果的な工法であると思われる。CFG 板は、錆びない、軽い、強い(引張強度は一般的な鉄筋の約 3 倍)といった利点のほかに、格子板の縦横の筋が同一平面内にあり、補強による増厚を小さくできる利点も有している。また、予め練り混ぜられたモルタルを圧送して吹き付ける湿式吹付け工法と異なり、乾式吹付け工法は、セメント、砂およびポリマーを主成分とする粉体を圧送し、吹き付ける直前で水を加える。したがって、作業中断による圧送ホース内の清掃が不必要であるばかりでなく、圧送距離も湿式吹付け工法よりもはるかに長く、200 m 以上の圧送が可能であり、河岸に圧送プラントを置き河道中での吹付作業が行えるため、施工性が極めて良好である。

しかし、CFG 板を水門・樋門等の補強に使用する場合、CFG 板の定着が問題となる。独立した柱部材の場合、周囲を取り囲む方法によりせん断補強が可能であるため、CFG 板の定着も容易であり、その効果は確認されている<sup>1)</sup>。しかし水門・樋門等の補強においては、部材を取り囲むことが困難な場合が想定されることから、CFG 板端部の定着を考慮しておく必要がある。一般的な定着の方法としては鋼板等による固定も考えられるが、耐久性の問題、ゲート幅変更の不可等の観点から、採用は難しいものと推察される。この問題を解決する方法の一つとして、良好な耐久性を有し既存断面内での補強を可能とする方法として、可撓性を有する炭素繊維あるいはアラミド繊維を用いた定着方法が考えられる(図-1 参照)。そこで実施工を考え、CFG 板の端部を炭素繊維束またはアラミド繊維ロープ束で固定し、PCM を乾式で吹き付ける定着方法でせん断補強された RC 部材の単調載荷試験を行い、炭素繊維束あるいはアラミド繊維ロープ束を用いた CFG 板の定着方法の可否と補強部材の力学的挙動に関して検討を行った。すなわち、提案する定着方法によりせん断補強用 CFG 板の性能が十分に発揮できるかどうかについて検討した。また、提案方法を用いてせん断補強された RC 部材のせん断耐力が、既存の設計式で評価できるかどうかについて検討した。



写真-1 水門

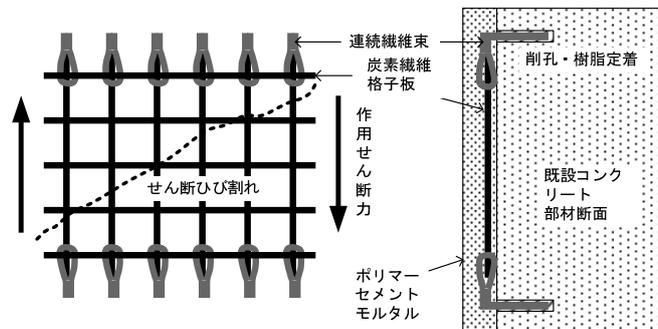


図-1 提案工法のイメージ

## 2. 実験概要

試験体の概要を図-2に示す。また、使用材料の力学的特性を表-1～3に示す。

RCはり部材のせん断スパンに、せん断補強用のCFG板を板1枚につきφ6アンカー6本で仮留めし、上下端部を炭素繊維束またはアラミド繊維ロープ束で既設コンクリートに定着した。せん断補強用に配置したCFG板上下端部の定着は、左右のせん断スパンで定着材料を変えている。左側せん断スパンでのCFG板上下端部の定着には炭素繊維束を用いた。また、右側せん断スパンでのCFG板上下端部の定着にはアラミド繊維ロープ束を使用した。エポキシ樹脂を含浸させた定着用連続繊維束の一端をCFG板の最上下端の格点に結束し、他端を定着用の孔に挿入し、エポキシ樹脂で定着した。定着に使用した連続繊維束の量は、CFG板の筋1本が有す引張耐力の約1.3倍の耐力となる量とした。炭素繊維の引張強度は4,829 N/mm<sup>2</sup>、弾性係数は253 kN/mm<sup>2</sup>、アラミド繊維ロープの引張強度は2,752 N/mm<sup>2</sup>、弾性係数は107 kN/mm<sup>2</sup>である。定着用の連続繊維束は3格点分をひとまとめにして1ヶ所の定着孔に挿入した。定着孔の直径は、炭素繊維束用で22 mm、アラミド繊維ロープ束用で26 mmとした。また、定着孔は試験体の断面を貫通して開けているものの、連続繊維束の定着は各側面から行い、定着長はいずれも150 mmとした。なお、定着孔の開口端は応力集中等による連続繊維束の耐力低下を防ぐために、半径20 mm程度の丸みをつけた。

載荷は単純支持状態での二点对称載荷とした。試験中は、支点、載荷点およびスパン中央のたわみ量を変位計により測定した。また、軸方向鉄筋、帯鉄筋およびCFG板の縦筋のひずみを電気抵抗線式ひずみゲージにより測定した。

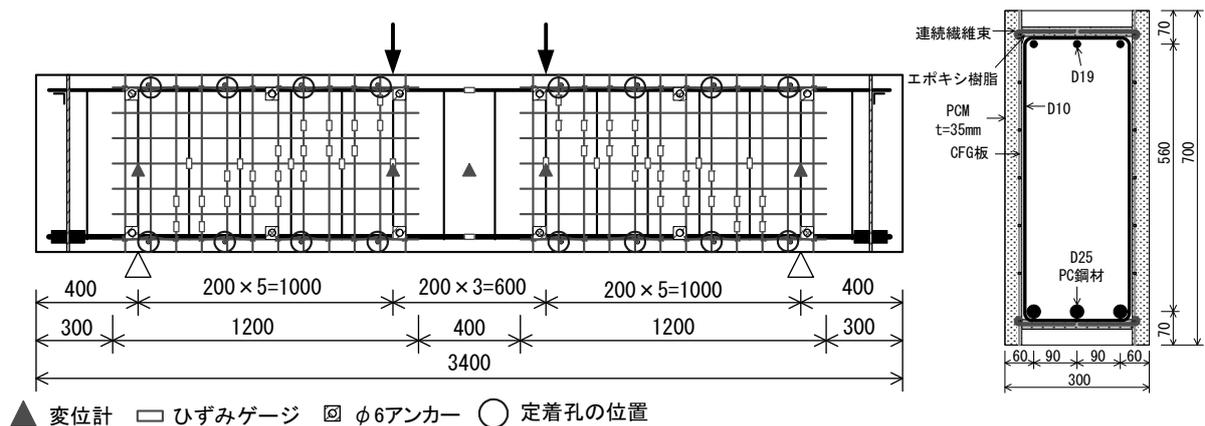


図-2 試験体の概要 (単位: mm)

表-1 鋼材の力学的特性

| 筋種          | 降伏強度 (耐力) (N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> ) | 適用   |
|-------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|------|
| D25:PC B種1号 | 994                            | 1,144                     | 200                        | 引張鉄筋 |
| D19:SD345   | 374                            | 579                       | 198                        | 圧縮鉄筋 |
| D10:SD295A  | 372                            | 578                       | 188                        | 帯鉄筋  |

表-2 CFGの力学的特性

| 筋種  | 引張強度 (N/mm <sup>2</sup> ) |       | 弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> ) |       | 筋1本の断面積 (mm <sup>2</sup> ) |
|-----|---------------------------|-------|----------------------------|-------|----------------------------|
|     | 実測値                       | 保証値   | 実測値                        | 保証値   |                            |
| CR8 | 1,811                     | 1,400 | 101.4                      | 100.0 | 26.4                       |

表-3 コンクリート系材料の力学的特性

|        | 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 割裂強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> ) |
|--------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| コンクリート | 34.6                      | 2.94                      | 31.5                       |
| PCM    | 57.1                      | 6.62                      | —                          |

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 破壊状況

実験により得られた試験体の荷重～スパン中央変位関係を図-3に示す。また、実験終了後におけるひび割れ発生状況を写真-2に示す。

荷重が 200 kN あたりで引張縁に曲げひび割れが発生し、荷重が 400 kN を超えると、左右のせん断スパン内の曲げひび割れがせん断ひび割れへと発展した。荷重が 700 ～900kN にかけて、せん断ひび割れが発生した。その後、荷重が 1,300kN にかけて、せん断ひび割れが進展するとともに、せん断ひび割れ幅も拡大した。さらに、荷重が 1,300 kN を過ぎたあたりから、せん断ひび割れ幅が徐々に拡大するとともに、左载荷点近傍のコンクリートに破壊が確認されるようになった。最終的には、1,384.5 kN の最大荷重を示した後、特に左側せん断スパン（炭素繊維束で定着した側）において、せん断ひび割れの幅の拡大が著しくなった。荷重が 1,300 kN を超えたあたりから、CFG 板の筋の破断を思わせる音が数回聞こえた。実験終了後、主破壊面となったせん断ひび割れ近傍の PCM を取り除き、CFG 板の状況を確認したところ、CFG 板の筋の破断は確認されなかった。しかし、以下に示すような CFG 板の筋の損傷等が確認された。

写真-3は、主破壊面となったせん断ひび割れ近傍の PCM を取り除いた後の状況を示したものである。主破壊面となったせん断ひび割れと交差する CFG 板の横筋（部材軸方向の筋）が、せん断変形に伴う上下方向のずれにより大きくせん断変形した部分（写真-4）や、繊維方向に割れ裂けた部分（写真-5）が確認された。また、せん断変形に伴う上下方向のずれにより、格点中あるいは格点近傍でも CFG 板縦筋と CFG 板横筋の一体性が損なわれる等の理由による、CFG 板縦筋の下方へのずれが確認できた（写真-6）。一方、定着用炭素繊維束は定着部および格点結束部を含め、特に損傷は確認されなかった。

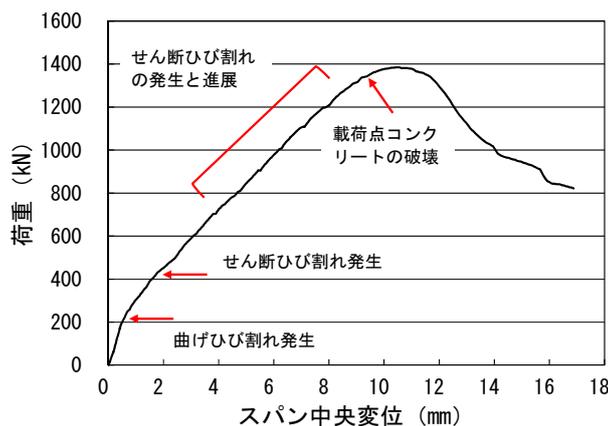


図-3 荷重～スパン中央変位関係

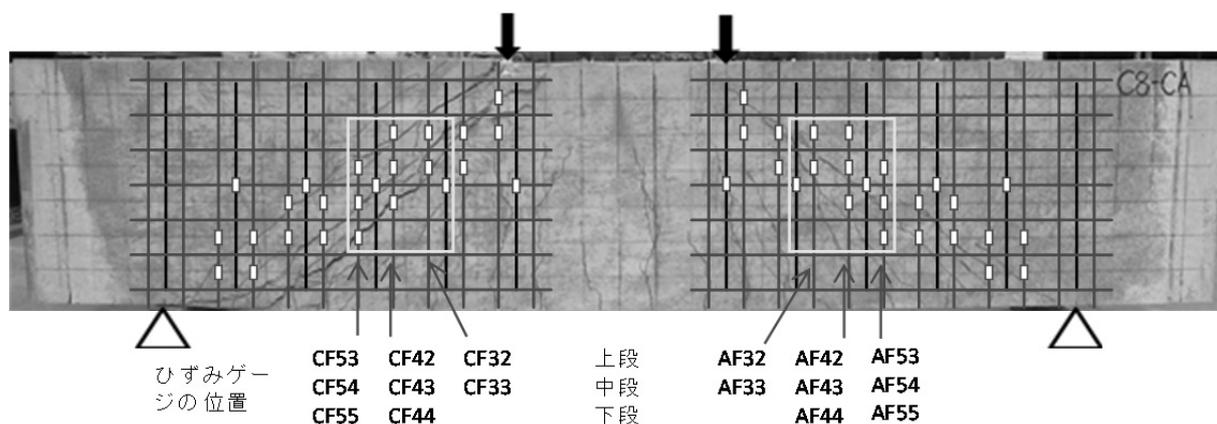


写真-2 ひび割れ発生状況（実験終了後）

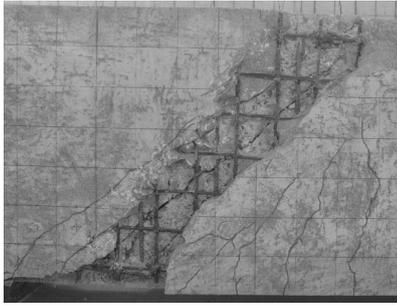


写真-3 主破壊面に沿った CFG 板の状況



写真-4 CFG 板横筋のせん断変形

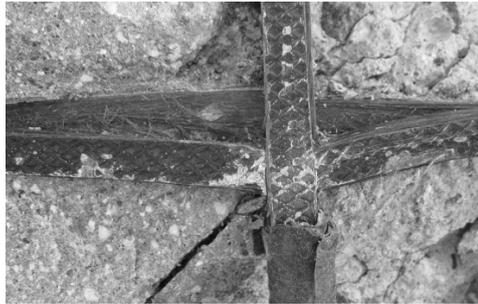


写真-5 CFG 板横筋の繊維方向の割れ裂け

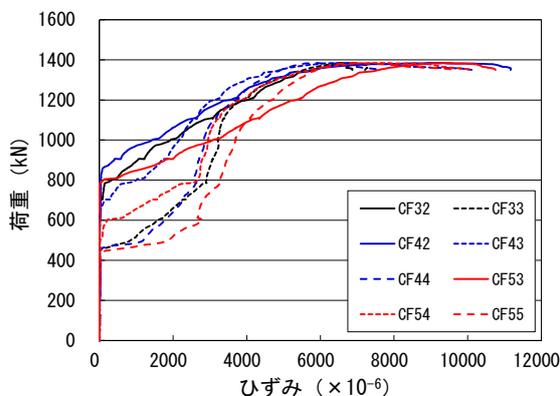


写真-6 CFG 板上端の下方へのずれ

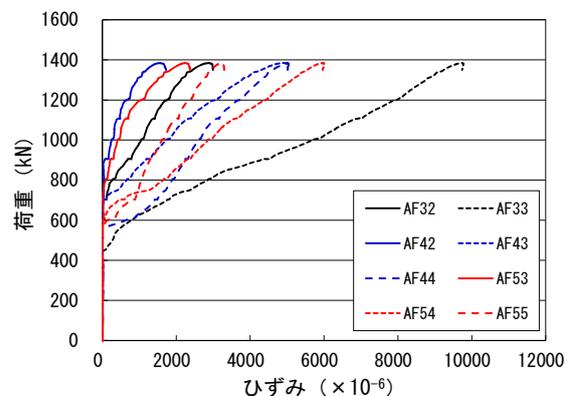
### 3.2 CFG のひずみ分布

図-4は、CFG板縦筋が負担するせん断力を算定する際に使用したCFG板縦筋のひずみ分布を、左右のせん断スパンごとに（CFG板の定着方法ごとに）、前面のCFG板に関して示したものである。

左右どちらのせん断スパンにおいても、せん断ひび割れの発生が確認された荷重 400 kN あたりから、せん断ひび割れ発生位置に近いCFG板縦筋のひずみが増大し始めた。主破壊面である左側せん断スパン（炭素繊維束で定着）における最大荷重時のCFG板縦筋のひずみは約  $10,000 \times 10^{-6}$  を示した。測定された最大ひずみは約  $16,000 \times 10^{-6}$  であった。この値は、ほぼCFG板の筋の破断ひずみに相当する値であり、定着が十分に機能しており、せん断補強用のCFG板の性能が十分に発揮できているものと考えられる。一方、右側せん断スパン（アラミド繊維ロープ束で定着）における最大荷重時のCFG板縦筋のひずみは  $6,000 \sim 10,000 \times 10^{-6}$  を示した。測定された最大ひずみは約  $13,500 \times 10^{-6}$  であった。



(a) 炭素繊維束定着  
（左側せん断スパン）



(b) アラミド繊維ロープ束定着  
（右側せん断スパン）

図-4 CFG板縦筋のひずみ（前面）

### 3.3 CFGが負担するせん断力

図-5は、炭素繊維束で定着された左側スパンに関して式(1)により算定した、帯鉄筋、CFG板縦筋およびそれ以外のコンクリート系断面（既存コンクリートおよび吹付けPCM）が負担するせん断力の推移を示したものである。計算にあたって、帯鉄筋のひずみは荷点から左200mm、400mmの位置の帯鉄筋の計4枚のひずみゲージの値の平均値を使用した。なお、一端降伏ひずみに達した場合には、その後のひずみ値が得られていない場合でも、帯鉄筋は降伏しているものとして処理し、応力は降伏強度で一定とした。また、CFG板縦筋のひずみは、荷点から250、350、450mmの位置の表裏16枚のひずみゲージの値の平均値を使用した。計算に使用した帯鉄筋およびCFG板縦筋のひずみゲージの位置を写真-2中に□で示す。

$$V_s = \frac{\varepsilon_{s,ave.} \times E_s \times 2A_s \times z}{s_s}$$

$$V_g = \frac{\varepsilon_{g,ave.} \times E_g \times 2A_g \times z}{s_g} \quad (1)$$

$$V_c = V - V_s - V_g$$

ここに、 $V$ :作用せん断力(N)

$V_s$ : 既設帯鉄筋が負担するせん断力(N)

$V_g$ : 補強用CFG板縦筋が負担するせん断力(N)

$V_c$ : コンクリート系材料が負担するせん断力(N)

$\varepsilon_{s,ave.}$ : 既設帯鉄筋のひずみの測定値

$\varepsilon_{g,ave.}$ : 補強用CFG板縦筋のひずみの測定値

$E_s$ : 既設帯鉄筋の弾性係数(N/mm<sup>2</sup>)

$E_g$ : 補強用CFG板縦筋の弾性係数(N/mm<sup>2</sup>)

$A_s$ : 既設帯鉄筋の断面積(mm<sup>2</sup>)

$A_g$ : 補強用CFG板縦筋1本の断面積(mm<sup>2</sup>)

$s_s$ : 既設帯鉄筋の間隔(mm)

$s_g$ : 補強用CFG板縦筋の間隔(mm)

$z$ : 偶力のアーム長(mm)

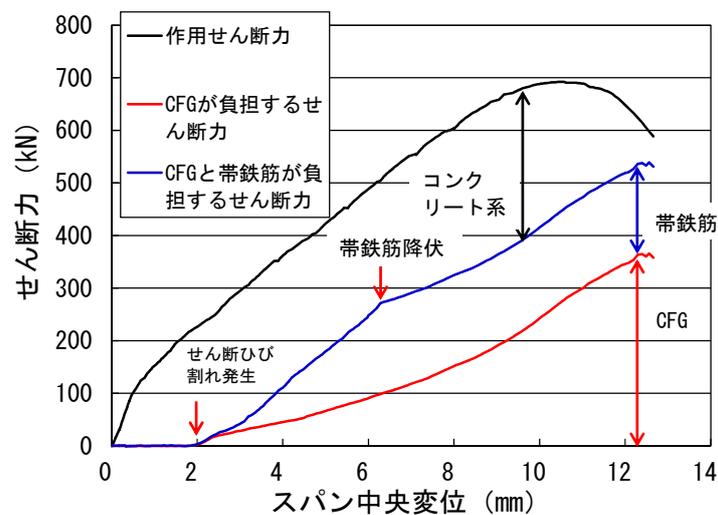


図-5 CFG板縦筋が負担するせん断力

図-6は、左右のせん断スパンに関して、図-5と同じ位置のひずみの値を用いて定着材料ごとに式(1)により算定した CFG 板縦筋が負担するせん断力の推移を示したものである。図中に示す  $V_{gu0}$ 、 $V_{gu1}$ 、 $V_{gu2}$  に関しては式(3)により算定した。 $V_{gu0}$  算定時においては、 $f_t$  は実強度、 $\alpha=1.0$ 、 $K_g=1.0$  を用いた。 $V_{gu1}$  算定時においては、 $f_t$  は保証値、 $\alpha=1.0$ 、 $K_g=1.0$  を用いた。また、 $V_{gu2}$  算定時においては、 $f_t$  は保証値、 $\alpha=2/3$ <sup>2)</sup>、 $K_g=1.0$  を用いた。式(3)中における  $K_g$  は、定着用連続繊維束で補強用 CFG 板の格子を結束することによる、補強用 CFG 板の格子の強度の減少あるいは結束による応力集中等による定着用連続繊維束の強度低下を、補強用 CFG 板縦筋の強度の有効係数  $K_g$  の形で評価式に取り入れようとするものである。

これらの図より、せん断ひび割れが発生して以降、CFG 板縦筋と帯鉄筋とが負担するせん断力が増加していることがわかる。また、最大荷重時において、炭素繊維束で定着した左側せん断スパンにおける CFG 板縦筋の負担するせん断力は約 300 kN、アラミド繊維ロープ束で定着した右側せん断スパンにおける CFG 板縦筋が負担するせん断力は約 150 kN であった。

図-7は、CFG 板縦筋が負担するせん断力の作用せん断力に占める割合の変化を示したものである。せん断破壊した左側スパン（炭素繊維束で定着）における CFG 板縦筋が負担するせん断力の割合は、最大荷重時で約 40%、最終的には約 60%に達していることがわかる。一方、アラミド繊維ロープ束で定着した右側スパンにおける CFG 板縦筋が負担するせん断力の割合は、最大荷重時で約 23%であった。

図-8は、せん断破壊した左側スパンに関して、式(1)を用いて求めた実験結果においてコンクリート系材料（コンクリートおよび PCM）が負担するせん断力  $V_c$  と、二羽式<sup>3)</sup> および標準示方書<sup>4)</sup> に基づくコンクリート系材料のせん断耐力との比較を示したものである。計算にあたって、コンクリート系材料のせん断耐力は、コンクリート部分が負担するせん断耐力と PCM の負担するせん断耐力との合計とした。せん断ひび割れ発生時および最大荷重時共に、二羽式から求まるせん断耐力は実験結果とよく一致した。

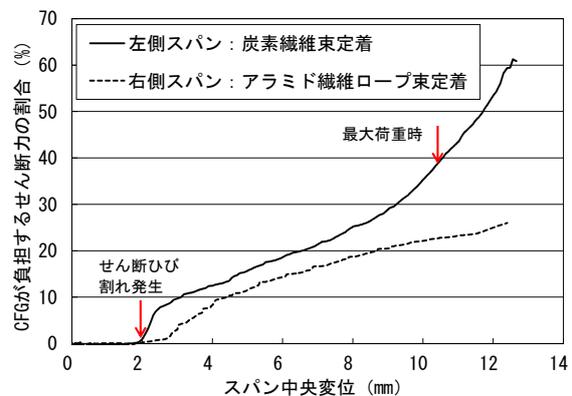
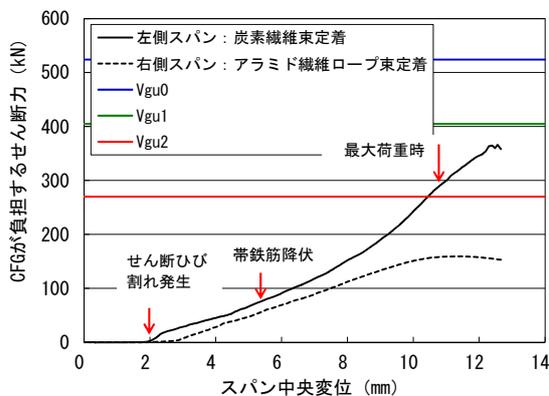


図-6 CFG 板縦筋が負担するせん断力の推移

図-7 CFG 板縦筋が負担するせん断力の割合

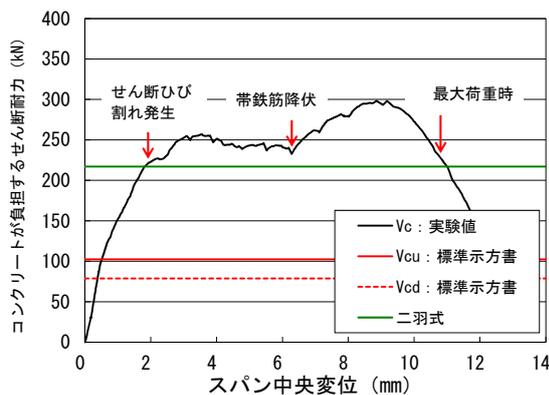


図-8 コンクリート系が負担するせん断力

### 3.4 せん断耐力の実験値と計算値との比較

試験体の作用せん断力の実験値（荷重の 1/2）と標準示方書に基づいて算定した終局せん断耐力および設計せん断耐力との比較を図-9に示す。CFG 板でせん断補強された部材のせん断耐力は式(2)で表されるものと仮定した。  $V_{gu}$  に関しては式(3)により算定した。

終局せん断耐力の計算においては、強度などの材料特性は全て実際の値（表-2～4）を使用し、材料係数、部材係数は全て 1.0 を使用した。また、設計せん断耐力の計算においては、強度などの材料特性は特性値を使用し、材料係数の値は標準示方書に定める値を用いた。部材係数に関しては全て 1.0 を使用した。CFG の終局時における引張強度の安全率は  $\alpha=2/3$  を用いた。また、 $K_g=1.0$  を用いている。

$$V_u = V_{cu} + V_{sy} + V_{gu} \quad (2)$$

ここに、 $V_u$  : せん断耐力 (N)

$V_{cu}$  : コンクリート系材料が負担する  
せん断耐力 (N)

$V_{sy}$  : 既設帯鉄筋が負担するせん断耐力 (N)

$$V_{gu} = \frac{2A_g \times f_g \times \alpha \times K_g \times z}{s} \quad (3)$$

ここに、 $V_{gu}$  : 補強用CFG板が負担するせん断耐力(N)

$f_g$  : 補強用CFG板縦筋の引張強度 ( $N/mm^2$ )

$K_g$  : 補強用CFG板縦筋の強度の有効係数

$\alpha$  : 補強用CFG板縦筋の引張強度の安全率

せん断耐力の実験値は、標準示方書に基づいて算定した終局せん断耐力よりも多少小さい値（実験値/計算値=0.88）となった。これは、実験における最終的な破壊形態が、載荷点近傍の圧縮側コンクリートの圧縮破壊であったことが影響しているものと考えられる。また、写真-4、5に示したようなせん断ひび割れと交差する CFG 板横筋のせん断変形や繊維方向の割れ裂けも影響しているものと考えられる。一方、実験値は標準示方書に基づいて算定した設計せん断耐力を大きく上回る結果（実験値/計算値=1.45）となった。したがって、CFG 板と PCM の乾式吹付けを併用した補強方法は、提案した定着方法により CFG 板端部を定着することにより、既存 RC 部材のせん断補強方法として効果的に機能するものと考えられる。ちなみに、終局せん断耐力の計算値と実験における最大せん断耐力との比率から算定した補強用 CFG 縦筋の強度の有効係数の値は、 $K_g=0.90$ であった。

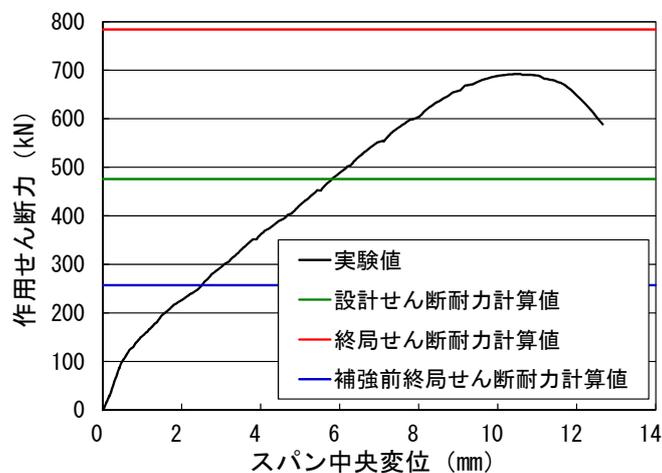


図-9 せん断耐力の比較

#### 4. まとめ

炭素繊維格子板の端部を炭素繊維束またはアラミド繊維ロープ束で固定し、ポリマーセメントモルタルを乾式で吹き付ける定着方法でせん断補強された RC 部材の力学的挙動を検討した。本研究により明らかとなったことは、以下のとおりである。

- (1) 提案工法によりせん断補強された試験体は、破壊に至るまで、定着用炭素繊維束およびアラミド繊維ロープ束の損傷あるいは破断は確認されておらず、両繊維を用いた定着方法はどちらも効果的であるものと考えられる。
- (2) 炭素繊維束で定着されたせん断スパンにおいてせん断破壊が生じた。その際、測定された CFG 板縦筋の最大ひずみは約  $16,000 \times 10^{-6}$  であり、せん断補強用 CFG 板の性能が十分に発揮できているものと考えられる。
- (3) 実験結果は土木学会コンクリート標準示方書に基づいて算定した設計せん断耐力を大きく上回る結果となった。したがって、提案工法において、引張耐力が CFG 板縦筋の引張耐力の約 1.3 倍の炭素繊維束を用いてせん断補強された RC 部材のせん断耐力は、既存の計算式で評価が可能である。

#### 参考文献

- 1) 宮内克之, 清水健蔵: 乾式吹付けと炭素繊維グリッドを併用した補強方法の耐震補強効果, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.3, pp.1597-1602, 2007.7
- 2) FRP グリッド工法研究会: FRP グリッド増厚・巻立て工法によるコンクリート構造物の補修・補強 設計・施工マニュアル (案), 2001
- 3) 二羽淳一郎ほか: せん断補強筋を用いない RC はりのせん断強度式の再評価, 土木学会論文集, 第 372 号/V-5, pp.167-176, 1986.8
- 4) (社) 土木学会: 2007 年制定コンクリート標準示方書 [構造性能照査編], 2007

# 伝統構法土塗雑壁の耐力特性に関する実験的研究 (壁上下に水平スリットがある場合、および壁上部の梁がない場合)

山田 明\*1

\*1 工学部建築学科

## 本文

### ■研究の背景目的

既存建築物に対する耐震診断・耐震補強の促進への機運が高まる中、建築物の大多数を占める木造住宅の診断・補強の実施は急務であり、地震防災・社会安全の観点からも重要な課題と言える。

伝統構法木造住宅の主要な耐震要素は土壁であり、耐力特性が明らかにされてきた。しかし、診断・補強の実務で扱われる壁の仕様は、実験室で扱われるそれとは全く別次元のものである。例えば、写真1の壁は、天井裏では塗られておらず、構造部材とみなせる梁も存在しない。このような壁は、これまでの研究では扱われていない。また、写真からも明らかにように、このような壁は、軸力を負担していない。いわば雑壁である。

本研究では、構造壁としての仕様を満足しない「雑壁」の耐力特性を実験的に明らかにすることを目的とした静的実験を実施する。



写真1 土塗り雑壁の天井裏の状況

### ■実験概要

#### (1)試験体

試験体は耐力壁の面内せん断試験方法<sup>1)</sup>に従って設計し、8種類作成する。試験体の形状は共通で、図1、2に示すように、幅が柱心間で910mm(1P)、高さが土台-桁心間で2730mmである。部材寸法は、柱・土台がともに105mm×105mm、梁が105mm×180mmで、それらの仕口は35mm×85mmの短ほぞである。壁下地は3段の通し貫とし、その断面は15mm×105mmである。試験体は、壁の有無、梁の有無をパラメータとし、仕様の違いにより表1に示すNo.1~No.8の8種類とする。No.7、8は柱頭を補強梁(105mm×105mmをボルト締め)でつないだ補強試験体である。なお、

No.7については、後述の実験過程における損傷(土台の割裂破壊)を考慮して、No.7-1とNo.7-2の2体を作成した。小舞と壁土の仕様は建築基準法施行令の関連告示に従う。柱頭、柱脚には、土台・梁の両側面から山形プレートVPを取り付ける。なお、No.8の柱脚のみに、他の試験体の損傷状況を考慮して、金物を追加した。

使用木材の樹種は、梁を無等級ベイマツ、それ以外を無等級スギとする。壁は小舞の上に荒壁・中塗り壁の両面塗りとし、その総厚は60mmである。壁下地の小舞は、間渡し竹が幅20mmの割竹

表1 試験体の仕様

| 番号               | 名称      | 概要                 |
|------------------|---------|--------------------|
| No.1             | 標準軸組    | 上部梁あり、土壁なし         |
| No.2             | 標準土壁    | 上部梁あり、土壁なし         |
| No.3             | スリット    | No.2の上下に215mmのスリット |
| No.4             | 梁なし軸組   | No.1の上部梁なし         |
| No.5             | 梁なし土壁   | No.2の上部梁なし         |
| No.6             | 梁なしスリット | No.3の梁なし           |
| No.7-1<br>No.7-2 | 補強1     | No.5の補強試験体         |
| No.8             | 補強2     | No.6の補強試験体         |

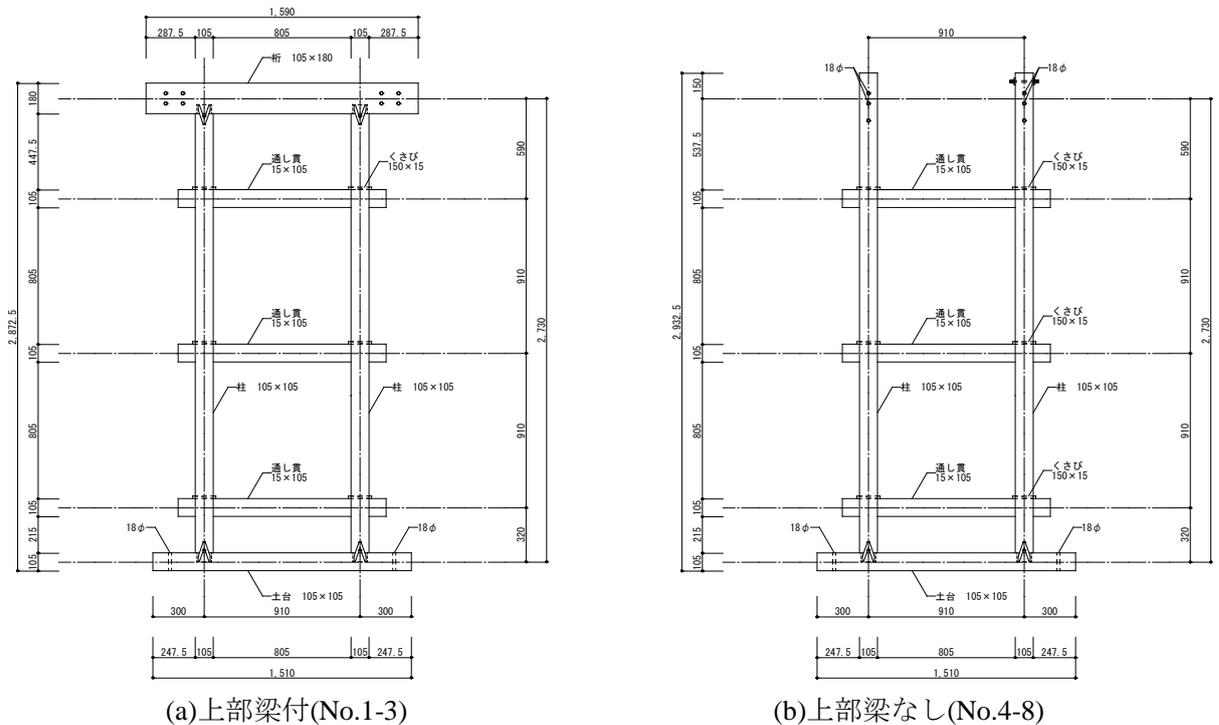
を縦横 300mm 内外の間隔で配し、端部を柱・梁に 10mm 差し込む。小舞竹は幅 20mm の割竹を縦横 45mm 以下の間隔で間渡し竹にしゆる縄で留め付ける。壁土の仕様は法令に従い、荒壁土が 100 リットルの荒木田土・荒土・京土、その他これらに類する粘性のある砂質粘土に対して 0.4kg 以上 0.6kg 以下のわらすさを混合したもの、または同等の強度を有するものとする。中塗土は 100 リットルの荒木田土・荒土・京土、その他これらに類する粘性のある砂質粘土に対して 60 リットル以上 150 リットル以下の砂および 0.4kg 以上 0.8kg 以下のもみすさを混合したもの、またはこれと同等の強度を有するものとする。

(2) 荷荷方法

土台をアンカーボルトで鉄骨架台に固定する。一般に、室内の間仕切り壁等の雑壁は、軸力負担がないものと思われる。そこで、本試験では、試験体の鉛直方向は無荷重とする。梁をモートルシリンダによって水平方向に正負交番繰返し加力し、図 3 に示すように、その履歴は見かけのせん断変形角にして 1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50, 1/40, 1/30, 1/25, 1/20, 1/12, 1/10rad であり、各変形角について正負 3 回の荷荷を行う。その後、シリンダのストローク限界まで引き切り、押し切りを行う。

(3) 測定方法

図 4 に計測機器の配置を示す。試験体の鉛直、水平の変位を測定するために、柱頭・柱脚の仕口部 4 か所（上部梁なしでは柱脚 2 か所のみ）、土台の両端部 2 か所に鉛直方向の変位計を、梁の 2 箇所（上部梁なしの場合は左右の柱頭にそれぞれ 1 か所）、土台の 1 箇所に水平方向の変位計を取り付ける。



註)No.7, 8 は頂部を梁でつなぐ

図 1 試験体軸組図

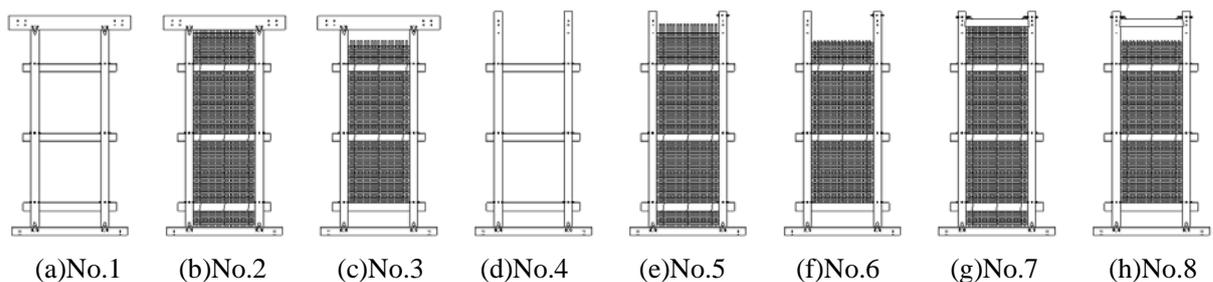
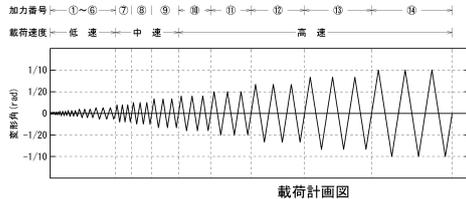


図 2 試験体の種類

| 加力番号        | ①     | ②     | ③     | ④     | ⑤     | ⑥    | ⑦    | ⑧    | ⑨    |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 層間変形角 (rad) | 1/450 | 1/300 | 1/200 | 1/150 | 1/100 | 1/75 | 1/50 | 1/40 | 1/30 |
| 層間変位 (mm)   | 6.1   | 9.1   | 13.7  | 18.2  | 27.3  | 36.4 | 54.6 | 68.3 | 91.0 |

| 加力番号        | ⑩     | ⑪     | ⑫     | ⑬     | ⑭     |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 層間変形角 (rad) | 1/25  | 1/20  | 1/15  | 1/12  | 1/10  |
| 層間変位 (mm)   | 109.2 | 136.5 | 182.0 | 227.5 | 273.0 |



- 特記事項
- ・加力方式は無載荷式とする。
  - ・変形角1/10rad (加力⑭) までは正負交番繰り返し加力とし、その後、ストローク限界まで引き切る。
  - ・同一変形角に対し、3回の繰り返し加力を行う。
  - ・載荷速度は低速・中速・高速についてそれぞれ0.5mm/s・1mm/s・2mm/sとする。
  - ・最大荷重に達した後、荷重が最大荷重の0.8倍に低下した場合には、加力の継続を検討する。
  - ・柱が折損した場合には、加力を終了する。

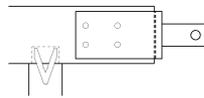
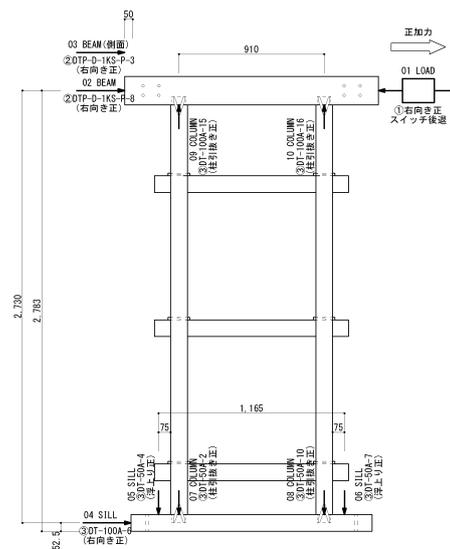


図3 載荷計画



| 番号 | 数量 | 器材           | 型番                         | 備考                               |
|----|----|--------------|----------------------------|----------------------------------|
| ①  | 1  | ロードセル        | —                          | モートルシリンダに接続<br>推力98kN、ストローク630mm |
| ②  | 3  | ポテンシオメータ式変位計 | DTP-D-1KS(ワイヤ延長)<br>(共和電業) |                                  |
| ③  | 7  | 変位変換器        | DT-50AまたはDT-100A<br>(共和電業) |                                  |
| ④  | 2  | ポテンシオメータ式変位計 | DTP-D-1KS(ワイヤ延長)<br>(共和電業) |                                  |

・図中の01~10は計測チャンネルを示す。  
・変位計は部材心に取り付ける。

図4 計測機器の配置

## ■実験結果

### (1) 損傷状況

実験過程で観察された損傷を簡単に説明する。軸組試験体(No.1, 4)では、1/100rad 時にきしみ音を伴った損傷が始まり、1/15rad 時に山形プレートの面外変形が表れ、1/10rad 時に貫端部の楔が折れた。実験は引き切り、押し切りまで実施した。

壁付き試験体(No.2, 3, 5~8)では、1/100rad 時に壁隅角部のひび割れが、1/50rad 時に貫に沿ったひび割れと土台の山形プレート接合部の割裂が生じ始めた。No.2, 3 では1/15rad 時に、No.6 では1/10rad 時に片面の壁が全面剥離して落下したため実験を終了した。No.5 では1/20rad 時に、No.7-1, 7-2 では1/30rad 時に土台の割裂が著しくなったため実験を終了した。No.8 では1/15rad 時に片面の壁が面外にはらみだしたが、実験は引き切り、押し切りまで実施した。

### (2) 荷重変形関係と最大耐力

図5(a)~(i)に、No.1~8の荷重-変形角関係を示す。図中には、参考として文献[2]に従って計算した限界耐力計算に用いる設計用復元力特性(No.1, 4では短ほぞと通し貫、それ以外は土壁)も併記する。実験結果の変形角は、梁(梁付き試験体)または柱頭(梁なし試験体で、シリンダに接続した柱頂部)の水平変位を高さで除した値から、柱仕口の抜け出しによる回転角を控除した真のせん断変形角である。図から、つぎのようなことが確認できる。

標準軸組のNo.1では最大耐力が2.3kNである。そこからNo.4のように梁を取り除くと1.4kNになり、No.1から39%低下し、梁の有無の影響が表れている。水平剛性についてもNo.4の方が低い。No.1, 4とも引側(正)と押側(負)の差はほとんど見られず、形状はほぼ対称的である。

標準土壁のNo.2では最大耐力が7.0kNであるのに対し、上下にスリットが入ったNo.3では5.2kNであり、No.2から26%低下している。水平剛性はNo.3の方が若干低い。

No.2から梁を取り除いたNo.5では、最大耐力が4.8kNで、No.2から31%低下している。No.5の剛性は、押側(負)ではNo.2よりも若干低いが、引側(正)では著しく低下し、形状の対称性が失われている。

No.5の上下にスリットが入ったNo.6では、最大耐力が3.3kNであり、No.2から53%低下している。押側(負)の剛性はNo.5よりも若干低く、引側(正)では著しく低下している。

No.5に補強梁を設けたNo.7-2では、最大耐力が6.4kNであり、No.5から25%上昇している。同様に、No.6に補強梁を設けたNo.8では、最大耐力が4.7kNであり、No.6から30%上昇している。補強梁の効果により、押側、引側の対称性が回復している。

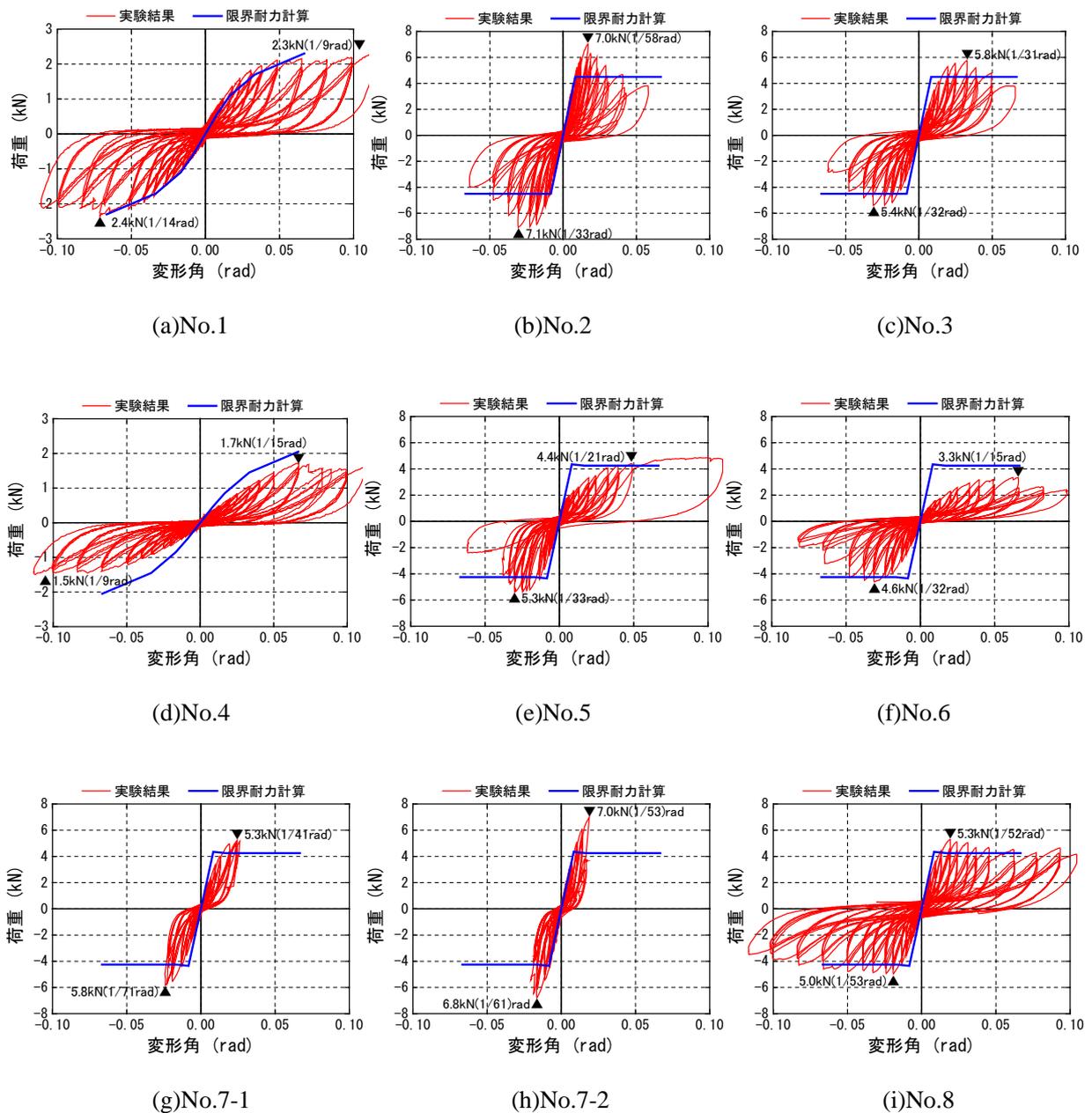


図5 荷重-変形角関係

### (3)包絡線・壁倍率・等価粘性減衰定数

No.1~No.8 試験体の荷重-変形角関係の包絡線を図6に示す。同図より、包絡線が途中で途切れているのは、土台の割裂により実験を終了したためであり、従って、土台に割裂破壊が生じない条件下においては、約1/15radまでの変形性能は有すると判断できる。

壁倍率を表2に示す。壁倍率は壁倍率評価基準に基づいて計算しているが、各試験体数が1体なので、ばらつき係数は無視した。なお、ここでは正加力時の計算結果のみを示す。同表より、No.4はNo.1の約半分、No.5はNo.2の約半分の壁倍率になり、壁上部の梁の効果は大きいと言える。他方、壁上下のスリットが壁倍率に影響を及ぼしていることは明らかであるものの、定量的に言及するには試験体数が少なく、今後の課題としたい。

各変形角に対する履歴減衰性能の推移を確認するために、等価粘性減衰定数  $h_{eq}$  を求める。 $h_{eq}$  は次式による。

$$h_{eq} = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{\Delta W}{W}$$

ここで、 $W$ 、 $\Delta W$  はそれぞれ等価ポテンシャルエネルギー、履歴ループの1サイクル面積を示す。得られた  $h_{eq}$  を図7に示す。同図(a), (b), (c)はそれぞれ1回目、2回目、3回目加力の際の結果で

ある。図から、 $1/150\text{rad}$  以降では 10~15% に安定していることが分かる。2 回目では 1 回目よりも若干低下している。3 回目と 2 回目の違いはほとんど認められない。

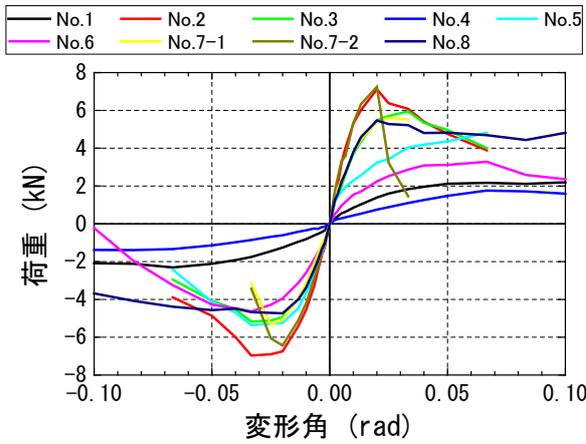
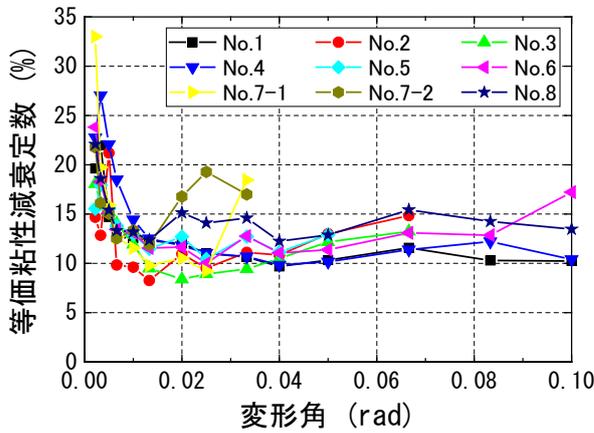


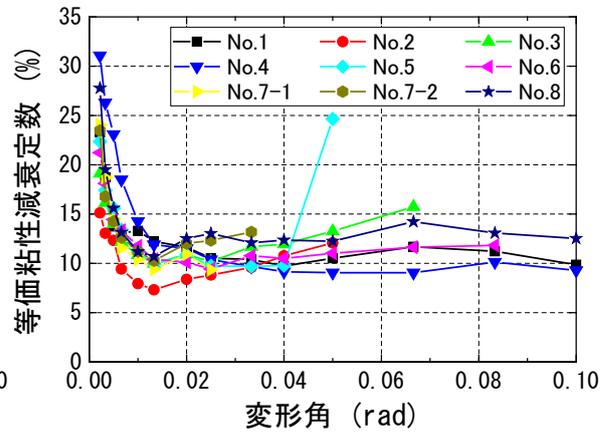
図 6 包絡線

表 2 壁倍率

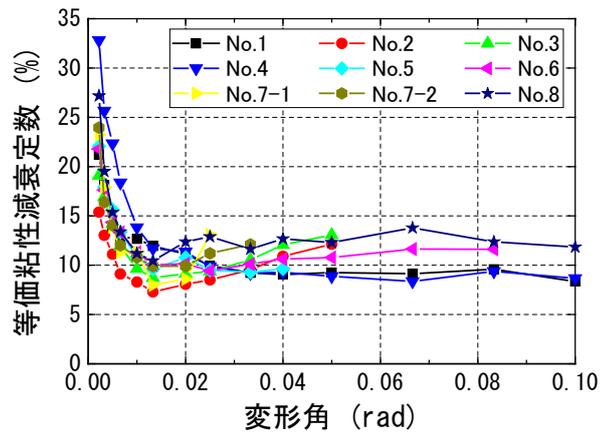
|        | 降伏耐力 | $P_u \times (0.2/D_s)$ | $P_{max} \times 2/3$ | $1/120(\text{rad})$ 時の耐力 | $P_a(\text{最小値})$ | 壁倍率  |
|--------|------|------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|------|
| No.1   | 1.39 | 0.80                   | 1.55                 | 0.74                     | 0.74              | 0.41 |
| No.2   | 6.98 | 3.48                   | 4.72                 | 4.40                     | 3.48              | 1.95 |
| No.3   | 4.00 | 2.22                   | 3.97                 | 3.10                     | 2.22              | 1.25 |
| No.4   | 1.00 | 0.45                   | 1.18                 | 0.40                     | 0.40              | 0.22 |
| No.5   | 2.72 | 2.20                   | 3.22                 | 2.03                     | 2.03              | 1.14 |
| No.6   | 1.77 | 1.44                   | 2.20                 | 1.34                     | 1.34              | 0.75 |
| No.7   | 3.34 | 2.13                   | 3.55                 | 3.05                     | 2.13              | 1.19 |
| No.7-2 | 4.07 | 2.48                   | 4.87                 | 4.76                     | 2.48              | 1.39 |
| No.8   | 4.11 | 3.60                   | 4.64                 | 3.88                     | 3.60              | 2.02 |



(a)1 回目加力



(b)2 回目加力



(c)3 回目加力

図 7 変形角と等価粘性減衰定数  $h_{eq}$  の関係

#### ■研究成果

本研究から得られた成果を以下にまとめる。

- (1) 壁上部の梁の有無により、軸組(No.1 と 4)の最大耐力は約 40%減少し、壁倍率は約半分になる。同様に、土壁(No.2 と 5)の最大耐力は約 30%低下し、壁倍率は約半分になる。
- (2) 壁上部の梁がない場合(No.4～6)、正加力時と負加力時の荷重変形関係は大きく異なり、対称性が失われる。梁がある場合と比較して、壁を押すときは耐力・剛性は低下するものの荷重変形関係の形状はあまり変化しない。他方、壁を引くときには、壁が変形に追従しないため、耐力、剛性とも著しく低下する。
- (3) 梁なし試験体に補強梁を設けると、最大耐力は 25～30%増大し、荷重変形関係の対称性も改善する。
- (4) 等価粘性減衰定数  $h_{eq}$  は、層間変形角 1/50rad 以降では 10～15%である。2 回目加力以降は、1 回目加力と比べて、 $h_{eq}$  が若干低下する。

#### ■謝辞

本研究の一部は平成 27 年度福山大学学内研究助成金でなされたものです。また、本報は、2016 年度福山大学工学部紀要でも報告しています。

#### ■参考文献

- [1] (財)日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008 年版)、(2011)。
- [2] (社)日本建築構造技術者協会関西支部：伝統的な軸組構法を主体とした木造住宅・建築物の耐震性能評価・耐震補強マニュアル、(2011)

# 制震ダンパー用 Zn-Al 系及び Zn-Al-X (X=Sn, Cu, Mg 等) 系常温超塑性合金の開発

中東潤  
工学部機械システム工学科

## 1. 研究目的

大地震による建築物の被害を最小限度に食い止める方策の一つとして、制震ダンパーを建築物の一部に組み込み、そこで地震エネルギーを吸収させて建物の倒壊を防ぐ方法<sup>(1)</sup>がある。住宅専用制震ダンパーを注目すると、非弾性ゴムや低降伏点鋼を用いたものが実用化<sup>(2)</sup>されているが、前者については小型化が難しいことや周辺工事が多く必要となり、コストの面で大きな問題がある。後者については塑性変形時に加工硬化し、地震後に交換する必要があるなど多くの問題が残されている<sup>(2)</sup>。本研究では、これらの問題を解決する手段の一つとして金属の超塑性現象に着目し、大地震による被害の最小化に寄与する制震ダンパー用常温超塑性合金の開発を目指すことにした。この制震ダンパー用材料に求められる性質として高延性がある。よって開発目標値として、制震デバイス用材料として使用されている低降伏点鋼以上の伸びを示す合金の開発を進めることにした。常温で超塑性を発現させるためには再結晶温度を 100℃ (373K) 以下に設定することが必要である。よって、融点を 473℃ (746K) 以下とする合金設計が必要となる。また、組織を等軸微細粒にする必要があるが、これには多相型合金が望ましく、さらに、脆性破壊を起こす可能性のある BCC (体心立方格子) 系金属を避ける必要がある。そこで、本研究ではこれらの条件を満足する候補材として Zn-Al 系 (状態図を図 1 に示す) 及び Zn-Al-X (X=Sn, Cu, Mg 等) 系合金に着目し研究を進めることにした。とりわけ Zn-Al 系合金については上述の必要とされる再結晶温度の条件から、Al の添加量を最大 20wt.% の合金を候補材として研究を進めることとした。

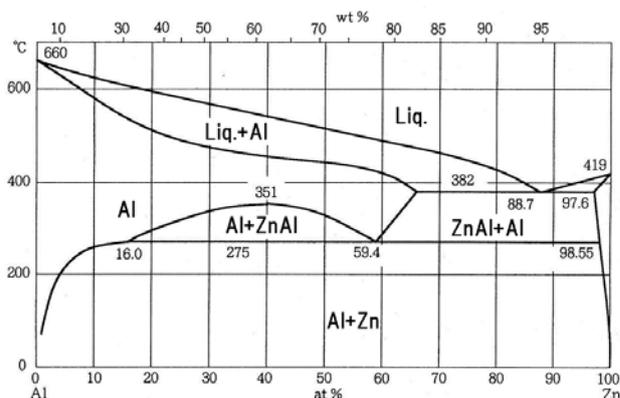


図 1 Al-Zn 系平衡状態図

## 2. 実験方法

### 2.1 供試材

供試材として、Zn-5Al 合金、Zn-10Al 合金、Zn-15Al 合金、Zn-20Al 合金の圧延焼鈍材を準備した。圧延焼鈍材の作製工程であるが、まず溶解用試料 (純度: Zn:99.99%, Al:99.99%) を大気中にて 1023K に加熱、溶解して、Zn-Al 合金インゴット (サイズ: 80mm×19mm×13mm) を作製した。次に、成分均一化のために大気中にて温度 623K に加熱、180ks 間保持して溶体化を行った。なお、この時の冷却は空冷および水冷で行った。次の熱間圧延は温度を 523~673K (圧下率を 70%) に変化させて行った。後述するが、溶体化の冷却を水冷にすることで冷間圧延が可能になることが分かったので、冷間圧延 (圧下率 70%) を行った試料も準備した。最終工程の焼鈍は、温度を 523~673K に変化させて行った。

### 2.2 組織観察

上述の方法により作製した圧延焼鈍材の金属組織を観察するために、組織観察用試料を作製して光学顕微鏡による組織観察を行った。なお、組織観察用試料は、観察試料を鏡面研磨した後、特定の腐食液にて研磨面を腐食して作製した。

### 2.3 引張試験

Zn-Al 合金圧延焼鈍材の引張特性を把握するために、圧延焼鈍材から引張試験片を切り出し、初期ひずみ速度  $8.3 \times 10^{-4} \text{s}^{-1}$  で引張試験を行った。また、Zn-10Al 合金の伸びと変形応力に及ぼす初期ひずみ速度の影響を調べるために、初期ひずみ速度  $1.7 \times 10^{-3} \text{s}^{-1} \sim 1.7 \times 10^{-1} \text{s}^{-1}$  に変化させて常温引張試験を行った。なお、本試験の初期ひずみ速度は地震の際の制震デバイス材の最大変形速度を参考<sup>(2)</sup> に設定した。

### 3 実験結果と考察

#### 3.1 Zn-Al 合金の組織に及ぼす焼鈍温度の影響（圧延温度：523K）

組織観察結果の一例として、溶体化の冷却を空冷で行い、圧延温度：523K で圧延した後、焼鈍を行った Zn-Al 合金の組織を光学顕微鏡で観察したものを図 2 に示す。なお、Zn-5Al 合金については圧延時に割れが発生したため、Zn-10Al、Zn-15Al、Zn-20Al 合金の組織観察結果を示す。まず焼鈍温度を 523K とした場合、Zn-10Al 合金は比較的均一で、かつ微細な組織となっていることが分かった。しかしながら Al の添加量の多い Zn-15Al 合金及び Zn-20Al 合金では一部に粗大粒が観察された。一般に優れた超塑性を示すためには均一微細な組織が必要である。このことから、本実験の中では Zn-10Al 合金が良好と言える。しかしながら、焼鈍温度を 573K もしくは 623K とした場合、Zn-10Al を含めていずれの合金も結晶粒が粗大化する傾向が確認された。

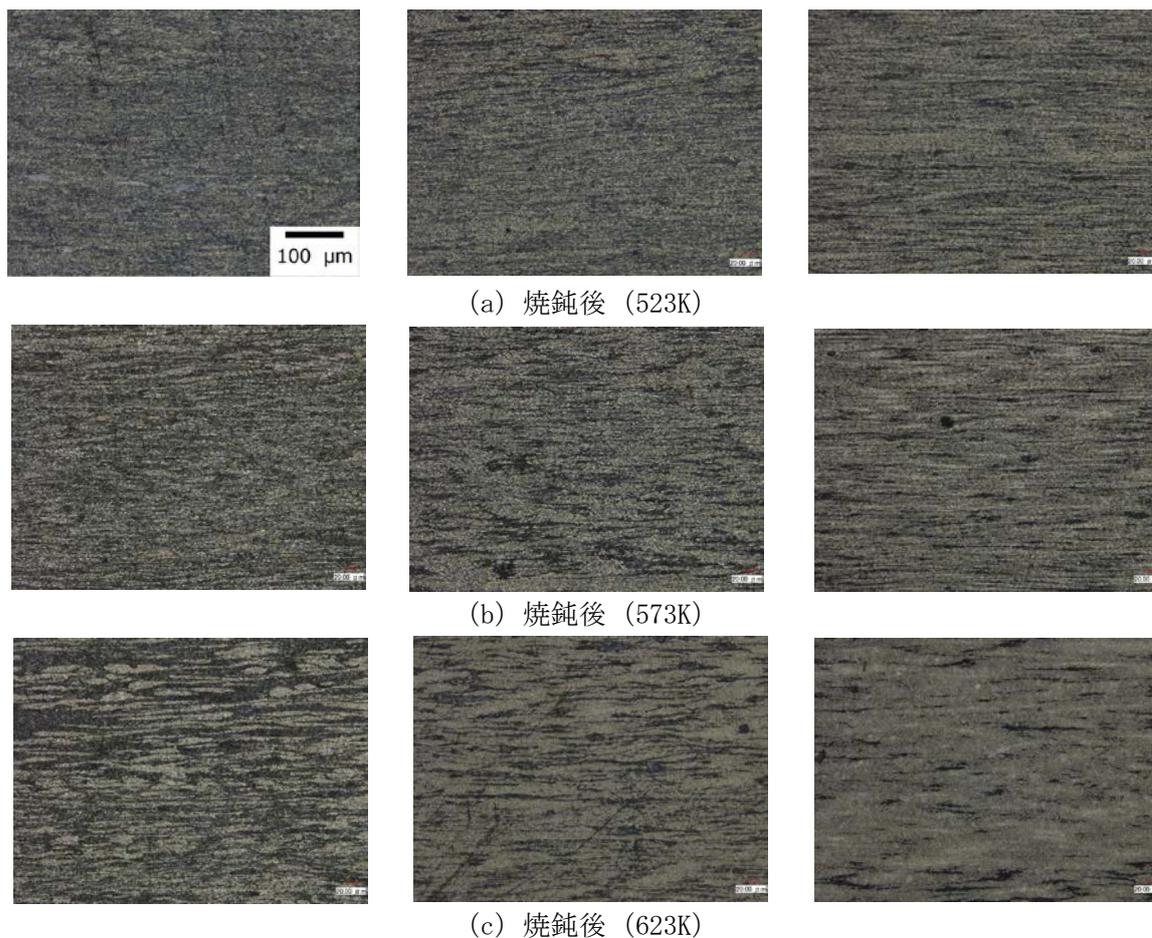


図 2 Zn-Al 合金の組織に及ぼす焼鈍温度の影響（圧延温度：523K、圧下率 70%）

#### 3.2 Zn-Al 合金の引張特性

圧延温度 523K、焼鈍温度 523K で作製した Zn-Al 合金の公称応力-ひずみ線図を図 3 に示す。まず、Zn-20Al 合金であるが、230MPa の最大応力を示した後、ひずみの増加と共に応力は徐々に低下し、あまり大きな伸びを示さずに破断に至った。しかしながら、Al の添加量が少ない Zn-10Al 合金、Zn-15Al 合金については最大応力が低下し、さらに Zn-10Al 合金では伸びの向上が確認された。通常、結晶粒が微細化すると強度はホールペッチ則に従って向上する。しかしながら超塑性が発現した場合は微細化と共に強度は低下する。引張強さが最も低く、かつ大きな伸びを示した Zn-10Al 合金は、図 2 に示すように他の合金と比較して均一微細な組織であったことから、本合金は僅かではあるが超塑性変形を示したと考えられる。

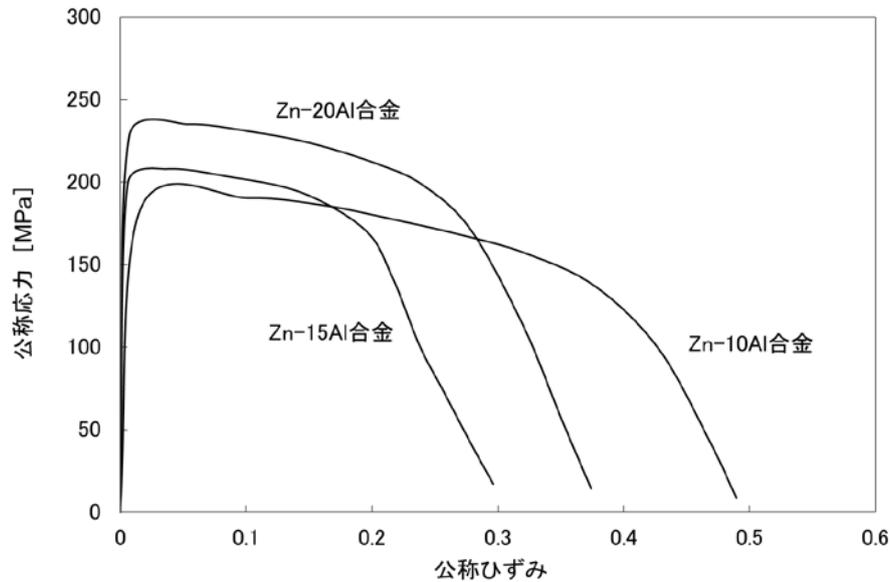
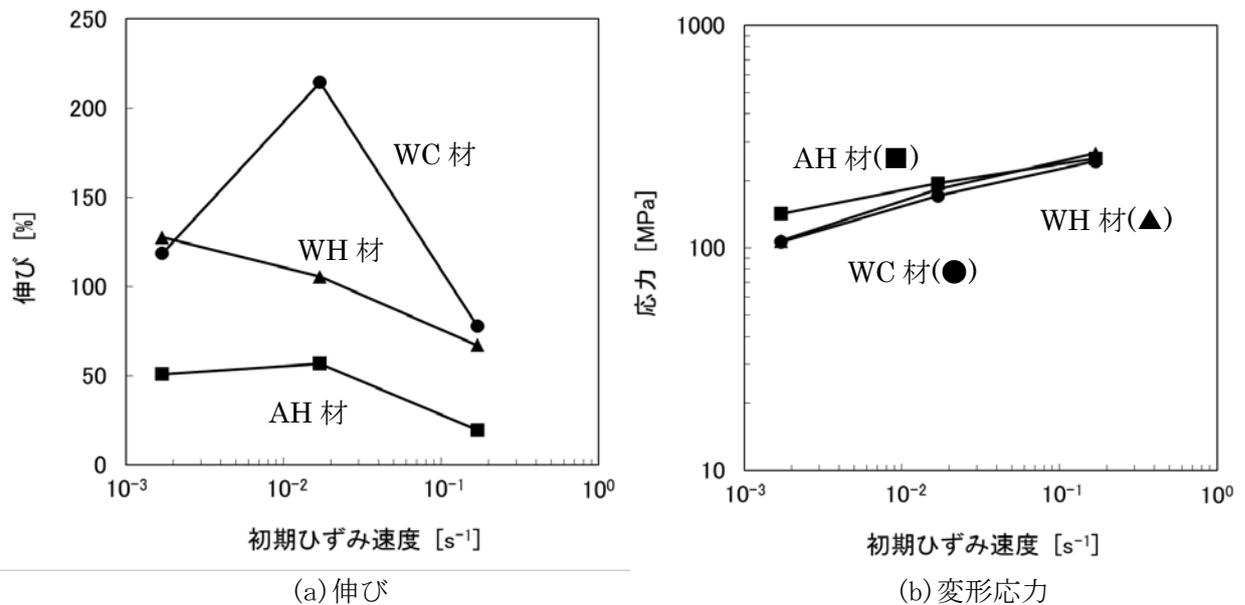


図3 Zn-Al合金の公称応力-ひずみ線図

### 3.3 Zn-10Al合金の引張特性に及ぼす溶体化の冷却速度の影響

溶体化後の冷却を水冷とすることで、Zn-10Al合金は冷間での圧延が可能になるという知見を本研究で得られた。そこで、Zn-10Al合金の溶体化後の冷却を空冷および水冷で行い、さらに熱間および冷間圧延-焼鈍後の引張特性を調べることにした。Zn-10Al合金(AH材、WH材、WC材)の伸びに及ぼす初期ひずみ速度の影響を図4(a)に示す。まずAH材についてであるが、初期ひずみ速度が $1.7 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ の時に51%の伸びを示し、その値はひずみ速度の増加と共にやや増加した。しかしながら、 $1.7 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$ では伸びは急激に低下する傾向を示した。WH材は、AH材よりは全初期ひずみ速度領域において高い値を示し、 $1.7 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ において約130%の伸びを示した。しかしながら、初期ひずみ速度の増加と共に伸びは低下する傾向を示した。WC材についてはAH材、WH材と比較して高い伸びを示し、 $1.7 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ において本実験における最高値である220%の値を示した。次に、Zn-10Al合金(AH材、WH材、WC材)の変形応力に及ぼす初期ひずみ速度の影響を図4(b)に示す。



AH材：溶体化(空冷)→熱間圧延→焼鈍  
 WH材：溶体化(水冷)→熱間圧延→焼鈍  
 WC材：溶体化(水冷)→冷間圧延→焼鈍

図4 Zn-Al合金の伸びと変形応力に及ぼす初期ひずみ速度の影響

まず AH 材についてであるが、 $1.7 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  で 142MPa の変形応力を示し、その値は初期ひずみ速度の増加と共に上昇した。WH 材、WC 材も同様な傾向を示したが、各値は AH 材よりも低い。とりわけ WC 材はもっとも低い良好な値を示した。なお、このグラフの傾きで示されるひずみ速度感受性指数 (m 値) の最大値は AH 材 : 0.14、WH 材 : 0.23、WC 材 : 0.21 であった。一般に m 値が 0.3 以上の時、超塑性が発現したと判断される<sup>(3)</sup>。このことから、WH 材、WC 材は超塑性が発現しつつある状態と言える。

### 3.4 Zn-Al-X (X=Sn, Cu, Mg 等) 系常温超塑性合金の開発

これまでの金属系超塑性の研究<sup>(4)</sup>において、2 相型合金は数多く存在するが、3 相型合金系は極めて少ない。しかしながら、3 相型銅合金においては 8000% を示した例<sup>(5)</sup>もある。これは異相界面が同相界面よりも超塑性の変形機構である粒界すべりが多く発生することに起因するためと考えられる。よって、本研究においても 3 相型合金の加工熱処理条件の最適化により、更なる超塑性の向上が可能であると考えている。そこで本研究では Zn-10Al 合金にさらに合金元素を添加して 3 相型合金の開発を試みている。

#### 3.4(a) Zn-Al-Sn 系合金の最適 Sn 添加量及び加工熱処理条件の探索

Zn-10Al への Sn 添加量を変化させたものを溶体化(冷却:水冷)した後、様々の条件で圧延を行った。その時の圧延可否の結果を表 1 に示す。

Zn-10Al-10Sn 及び Zn-10Al-1Sn においては、全ての条件で多くの割れが生じた。Zn-10Al-0.1Sn においても上記の試料ほどではなかったが、割れが所々で観察された。以上の結果より現時点では最適な Sn 添加量及び加工熱処理条件は把握できていない。

表 3.1 Zn-10Al-xSn (x=0.1, 1, 10) 系合金の圧延条件探索

|               | 溶体化温度[K] | 圧延温度[K] | 圧延結果 |
|---------------|----------|---------|------|
| Zn-10Al-10Sn  | 473      | 473     | 不可   |
|               |          | 冷間      |      |
|               | 623      | 523     |      |
| 623           |          |         |      |
| Zn-10Al-1Sn   | 473      | 473     |      |
|               |          | 冷間      |      |
|               | 623      | 523     |      |
| 623           |          |         |      |
| Zn-10Al-0.1Sn | 473      | 473     |      |
|               | 623      |         |      |

## 4 今後の予定

Zn-Al-X (X=Cu, Mg 等) 系常温超塑性合金の開発を進める。とりわけ最適合金元素添加量と熱処理条件の探索を行っていく予定である。

### 【参考文献】

- (1) 例えば、藤田聡、古谷修、構造物の耐震技術の現状と将来展望、日本機械学会誌 116-1139 (2013-10)、688-694
- (2) 櫛部淳道、東健司、超塑性合金制震ダンパー、日本機械学会誌、16-1139 (2013-10)、699-702
- (3) JIS H 7007 金属系超塑性材料用語
- (4) 例えば、東健司、超塑性と超塑性材料の進歩 (I)、粉体工学会誌、25-8 (1988)、528-536
- (5) 東健司、超塑性と超塑性成形-その将来と問題点-、機械の研究、44-7 (1992-7)、724-730

### 3. 4 研究資金等獲得状況

#### (1) 科学研究費-----

##### <都祭弘幸>

研究活動スタート支援 (H26~H27 年度) 課題番号 26889059 研究代表者

研究科題名: アーチ形ダンパーの履歴性状に関する基礎的研究

補助金額: 総額 2,730,000 円 (直接経費 2,100,000 円、間接経費 630,000 円)

研究成果: 本研究は、実験的研究と解析的研究で構成される。実験的研究では、約 1/3 縮尺計 11 体の構造実験を実施した。実験結果から一般材種の H 形鋼でも安定した履歴を保有できること、および吸収エネルギーと部材角との関係を明らかにした。また、剛性・強度を低減させた特殊形状の曲げ降伏ダンパーは、同じ履歴則での累積塑性変形倍率が最大となり、合理的なダンパーとなり得ることを示した。解析的研究では、有限要素モデルによる弾塑性解析を実施し、荷重変形曲線のループ形状や吸収エネルギー量に関する検討を行った。その結果、解析によりダンパー降伏後の荷重変形曲線および吸収エネルギー量を概ね再現できることが確認できた。

##### <佐藤圭一>

挑戦的萌芽研究: 2014~2016 年度、生活用水供給システムの変遷からみた熊本地域の居住空間形成、研究代表者: 佐藤圭一、2,900 千円

##### <伊澤康一>

基盤研究 (B): 2013 年度~2015 年度、エクセルギー理論に基づく人—建築環境・コミュニティ環境システムの解明、研究代表者: 宿谷昌則、研究分担者: 伊澤康一 他、研究分担者として 2014 年度 600 千円、2015 年度 550 千円

研究分担者の研究成果: 冬季の条件で人体エクセルギー収支の非定常計算を行なった。その結果、震え等による生理的適応メカニズムがエクセルギーの観点から、どのような意味を持つかがある程度明らかになり、また、服を着る、エアコンのスイッチを入れるなどの行動的適応が人体エクセルギー消費速さを小さくすることを確認できた。使用頻度の低い部屋に関しては、木造などの比較的熱容量の小さい躯体や内装木質化された場合に化石燃料を浪費しない (好ましい) 行動的適応と熱的快適性が発現する可能性が示唆された。これは、使用頻度の低い部屋では室内表面温度が使用開始後になかなか上昇せず、その間の人体エクセルギー消費速さが大きいままに維持されてしまうからだと考えられた。

##### <中道上>

若手研究(B)、期間 (年度) 2015 - 2018、研究課題名: 協調学習のための直観的なスマートインタラクション環境に関する研究、研究代表者 中道上、研究経費 4,160 千円

研究成果: 生涯にわたって学び続ける力、主体的に考える力を持った人材を育成するためにアクティブラーニング環境の導入が積極的に進められている。そのような環境において「わ

かり方の多様性」という学習感をもとにした協調学習 (Collaborative Learning) が実施されている。本研究では、学修者に対して能動的な学修への参加を促すため、教員と学修者がスクリーンに映し出された学習内容に対して直観的に操作可能なスマートインタラクション講義環境の構築とそれによる協調学習効果の有効性の検証を目指す。提案する環境は、教員と学修者が協調的に学習を進めることが可能であり、お互いの情報共有と相互理解の促進による協調学習効果について検証する。

## (2) 共同研究-----

### <都祭弘幸>

建築基準整備促進事業 S22 (H28 年度) 研究分担者

研究課題名：高密配筋を行った鉄筋コンクリート造部材の部材種別の評価に関する検討

補助金額：総額 12,870,000 円 (直接経費 9,900,000 円、間接経費 2,870,000 円)

研究成果：平成 28 年度に発行された「鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準(案)・同解説」(日本建築学会) では、梁の部材種別判定条件として“せん断補強指標”が提案された。ただし、この指標の基となる既往の研究データは縮小試験体の実験結果であるため、寸法効果の影響が懸念された。本研究は、縮小試験体と実大試験体を製作・構造実験することにより、梁部材の部材種別判定条件として“せん断補強指標”が適切であるかを検討することを目的とする。矩形断面およびスラブ付き断面の 2 種類について実大試験体と 1/2 縮尺試験体を製作し、構造実験により強度・変形性能に関して検討を行った。その結果、寸法効果により実大試験体の方が早期に強度低下が発生すること、スラブは上端主筋の付着割裂による復元力低下を抑制する効果があることが確認できた。

高強度せん断補強筋に関する実験研究 (H28 年度) JFE テクノワイヤ(株)

補助金額：総額 108,000 円 (直接経費 100,000 円、間接経費 8,000 円)

提供品：試験体等

耐震補強に関する実験研究 宇部興産(株)

補助金額：総額 480,000 円 (直接経費 432,000 円、間接経費 48,000 円)

提供品：試験体等

## (3) 受託研究・委託研究-----

### <宮内克之>

StoCretec Japan 株式会社：平成 26 年度～平成 27 年度、乾式吹付モルタル TS100 を用いた既設 RC 構造物の耐震補強方法の開発、宮内 克之、3,500 千円

StoCretec Japan 株式会社：平成 27 年度～平成 28 年度、乾式吹付工法による断面修復後の鉄筋腐食再劣化に関する研究、宮内 克之、1,000 千円

三島産業株式会社：平成 28 年度、炭素繊維グリッド板を用いた既設水門・樋門の耐震補強方法の開発、宮内 克之、2,000 千円

<仲嶋一>

文部科学省委託事業『学校施設の防災力強化プロジェクト』：平成 28 年度、研究代表者：仲嶋一、研究分担者：宮内克之・関田隆一・菅原 聡・伍賀正典・都祭弘幸・山田 明・伊澤康一・金子邦彦・中道上、1,158 千円、  
研究成果：アンケート調査、模擬避難、避難経路リスクマップ作成、対策モデル抽出を実施。

<関田先生>

一般財団法人ひろぎん経済研究所受託研究：平成 28 年度、研究担当責任者：関田隆一、340 千円、中国地域の製造事業者の航空機産業に対する意識構造の解析  
研究成果：中国地域全体の製造事業者を対象に行った質問紙調査データについて多変量解析をかけて、中国地域の製造事業者が航空機産業に特有の安全・品質を確保させながら新たな産業として活性化させるための課題及び製造事業者が航空機産業に対して持つ期待や行政等への支援要望などを定量的に明らかにし、更に製造事業者の意識構造モデルまで明らかにした。

福山市受託研究：平成 27 年度、研究担当責任者：関田隆一、1,700 千円、備後圏域に所在する道の駅等の調査・研究

研究成果：備後圏域に所在する 7 つの道の駅と 1 つの産地直売所の現状と課題を把握し、それぞれの持つ強みを生かしながら、8 つの道の駅等がこれまでにないネットワークを組むことで新たな人や商品の流れが生まれ地域の活性化に繋がることをデータ解析により検証した。さらに道の駅等のネットワーク化を活用する新たな施策を提案し一部を試行して、その有効性も確認した。

(4) 研究助成寄付金-----

<仲嶋一>

公益財団法人 御器谷科学技術財団研究開発助成：平成 27 年度、研究代表者：仲嶋一、研究分担者：伍賀正典、田中聡、三谷康夫、香川直己、1,000 千円、プライベート音空間の生成により看護・介護を支援するスマートベッドシステムに関する研究、  
研究成果：病棟におけるナースコールシステムや介護での遠隔対話システムにおいて、イヤホンや口元へのマイクの設置をする事無く自由空間中に対象者にのみ制限されたプライベートな音空間を形成するシステムの基本部分の構築を行った。

<都祭弘幸>

H28 年度

宇部興産(株) 耐震補強に関する実験研究 50 万円

H27 年度

宇部興産(株) 耐震補強に関する実験研究 50 万円

H26 年度

JFE テクノワイヤ(株) 高強度せん断補強筋を用いたコンクリート系構造部材の耐震性能に関する研究 100 万円

宇部興産(株) 高層用デザイン U フレームの実験的研究への助成 50 万円

山陽建設サービス(株) 低強度コンクリートの力学特性に関する研究 30 万円

五洋建設(株) XSC 柱の開発研究 50 万円

<山田明>

サタケ技術振興財団：平成 26 年度、研究代表者：山田明、500 千円、伝統構法による土壁の耐震補強法に関する実験的検討

研究成果：現行の耐震設計思想に適合しない仕様の土壁について、簡易な耐震補強法の試設計を行い、実際に施工性を確認した上、補強の効果を検証した。

(5) 学内研究助成金-----

<関田隆一>

福山大学学内研究助成：平成 28 年度、研究担当責任者：関田隆一、2,016 千円、衛星活用土砂崩れ予測システムに向けた超小型衛星の確実かつ効率的な新たな開発手法の研究

研究成果：人工衛星の知識と開発経験が皆無の本学学生や地域企業エンジニアの少ない人数の要員でも、効率的かつ確実に超小型衛星システム開発を進めることを可能とする市販の衛星モデルを活用した新しい開発手法を構築した。更に平成 28 年度現在、福山大学の超小型衛星概念設計で未確定の通信系の基本機能・性能を確認する試験手法も明確にした。

福山大学学内研究助成：平成 27 年度、研究担当責任者：関田隆一、360 千円、土砂崩れ予測システム構築に向けた地球観測衛星ミッション具体化に関する研究

研究成果：土砂崩れなどの自然災害発生前に行政機関が避難情報を出しても、住民は「避難する気がない」「避難できない」「避難する方法がわからない」といった状況にあることが、未だ防災政策上の課題である。土砂崩れ予測システム構築にあたっては避けて通れない課題として、本研究では、行政はどのような情報を出したいのか、住民はどのような情報を知りたいのか、衛星から何を出せるのかを明らかにし、それらの最適化により土砂崩れ予測システム用衛星ミッション具体化の基盤情報を得た。

福山大学学内研究助成：平成 26 年度、研究担当責任者：関田隆一、745 千円、福山近郊地域のスマートシステム構築に向けた地球観測衛星ミッション創出の研究

研究成果：福山近郊の中国工業地帯を含む瀬戸内海沿岸地域において自律的に安全を確保し、残存リスクを住民に理解してもらい生活の安心を得る地域のスマートシステム構築に役立つ新しい人工衛星の利用ミッションを創出した。これにあたって、福山市民を対象にした質問紙調査と福山市と府中市の企業を対象にした質問紙調査を行いそこから得たデータの定量解析を実行した。

福山大学教育振興助成：平成 26 年度、研究担当責任者：関田隆一、100 千円、工学系・薬学系に特化した正確な日本語を書く教育とその実践

研究成果：工学系では PL 法施工後、製品安全の視点から知的で精緻な技術文書作成の専門基礎教育が必要となっている。一方医歯薬系はその行為が人命に関わりその重要なプロセスに文書作成があるがそれに対応できる教育例が少ない。そこで本学に適した「正確な技術文書作成教育プログラム」を工学部学生と薬学部学生の文書作成能力データの解析から明らかにした。

#### <山田明>

学内研究助成：平成 26 年度、研究代表者：山田明、300 千円、伝統構法木造住宅における土壁の簡易な耐震補強法に関する実験的検討

研究成果：天井裏の壁が施工されていない土壁のうち小壁を扱い、その耐力特性を明らかにした。さらに、簡易な耐震補強法の効果について検証した。

学内研究助成：平成 27 年度、研究代表者：山田明、300 千円、地震動を受ける質点系構造物の粘性減衰の設定法に関する解析的研究

研究成果：中高層の鉄筋コンクリート造純ラーメン架構を静的荷重増分解析により設計し、その質点系モデル、柱・梁部材の挙動を考慮した立体モデルの地震応答解析を行い、それらを定性的・定量的に比較・検討した。とくに、静的設計が動的設計よりも安全側であるという耐震設計思想の立場のもと、地震応答解析モデル、粘性減衰の設定法について検討した。

学内研究助成：平成 28 年度、研究代表者：山田明、280 千円、伝統構法木造土壁の壁土強度試験における供試体の強度特性に及ぼす寸法の効果および壁の耐力推定について

研究成果：壁土の圧縮強度試験法について検討することを目的に、供試体の形状・寸法の違いが圧縮強度に及ぼす影響（寸法効果）について実験的に確認し、体系化するために基礎資料を得た。さらに、土壁の強度との因果関係から、適切な供試体形状・寸法について検討した。

#### <伊澤康一>

福山大学学内研究助成金：平成 24 年度、研究代表者：伊澤康一、2197 千円、キャンパスオ

#### ールエコ化へ向けた工学部新棟オールエコ化の検討

研究成果:工学部新棟が竣工して以来最も電力使用量が大きかった2014年12月(42354kWh)のデータに基づいてオフグリッドのための蓄電装置容量と太陽光パネル発電能力を見積もった。その結果、現状の外皮断熱性能の場合では、蓄電装置容量として約5000kWh、太陽光パネル発電能力として約1700kW(現状の約34倍)が必要であることがわかった。オフグリッド化を実現するには、建物の“エネルギー需要”を減らすための建築外皮断熱性能の向上が必須であり、また、オフグリッド化の対象エリアを工学部新棟の一部として絞り込むことが現実的であると考えられた。

福山大学学内研究助成金:平成25年度、研究代表者:伊澤康一、303千円、工学部新棟冬季温熱環境のエコリノベーション

研究成果:工学部新棟の温熱環境を対象にして効果的なエコリノベーションの効果を数値シミュレーションによって定量的に明らかにした。以下5つを検討した;1)工学部新棟西側教員室の熱環境改善、2)工学部棟自然換気システムの有効活用、3)オフグリッド非定常シミュレーション簡易モデル構築、4)太陽光発電パネルによる工学部棟オフグリッドの検討、5)ソーラーカーポートシステムによる工学部棟オフグリッドの検討。

(6) 受託研究員-----

<都祭弘幸>

H28年度 JFEテクノワイヤ(株) 70万円

H27年度 JFEテクノワイヤ(株) 70万円

H26年度 JFEテクノワイヤ(株) 70万円

以上

### 3. 5 研究業績一覧

#### (1) 著書-----

##### <都祭弘幸>

油断しないで 福山の地震：福山市建築物耐震診断等評価委員会（都祭弘幸，橋本健，石村光由，尾熊政男，藤井和司，三好信男），NPO 法人コミュニティルネッサンス，2016.3

海洋建築の計画・設計指針：中西三和，北嶋圭二，濱本卓司，藤田謙一，植木卓也，中田善久，松井徹哉，都祭弘幸，野口憲一，福住忠裕，新宮清志，佐々木仁，日本建築学会，4章 pp.73-119，および 5.4 節 pp.125-135，2015

##### <中東潤>

新材料・新素材シリーズ 水素吸蔵材料の開発と応用、監修：小島由継、全 275 ページ(2016-4) 第9編「次世代水素貯蔵材料・処理技術」第4章「水素処理によるチタン合金の結晶粒微細化と常温及び超塑性引張特性」(pp.202-208)を担当

#### (2) 論文-----

##### <宮内克之>

連続繊維束を用いた炭素繊維グリッド板の端部定着特性に関する研究，宮内 克之，下枝 博之，小林 朗，コンクリート工学年次論文集，Vol.38，No.2，pp.1393-1398，2016.7（査読有）

補強用軸方向鉄筋 SD490 を壁際配置した既存 RC 道路橋橋脚の耐震補強，宮内 克之，下枝 博之，三島 弘敬，コンクリート工学年次論文集，Vol.37，No.2，pp.871-876，2015.7（査読有）

MECHANICAL BEHAVIOUR OF RC BEAMS STRENGTHENED WITH LAMINATED PLATES OF CARBON FIBRE GRID AND POLYMER CEMENT MORTAR, Katsuyuki MIYAUCHI, Hiroyuki SHIMOEDA, Akira KOBAYASHI, Proceedings (DVD) of fib Symposium Copenhagen 2015, pp.1-8, 2015.5

Smart Strengthening of Existing RC Piers with SD490 and PCM, Katsuyuki MIYAUCHI, Hiroyuki SHIMOEDA, Hirotaka MISHIMA, Proceedings (DVD) of IABSE SYMPOSIUM MADRID 2014, pp.2909-2915, 2014.9（査読有）

比較的大きい断面を有す炭素繊維グリッドの重ね継手の力学的特性，宮内 克之，下枝 博之，小林 朗，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.2，pp.1153-1158，2014.7（査読有）

<仲嶋一>

看護・介護支援スマートベッドシステムの基本構想とプライベート音空間の生成、仲嶋一、伍賀正典、田中聡、香川直己、三谷康夫、福山大学工学部紀要 No.40 採録予定

<関田隆一>

関田隆一 : Data analysis and investigation of the precautionary information for taking refuge from disaster, 4th International Conference on Urban Disaster Reduction Session6, Wellington, New Zealand, 2016.10 (審査により発表決定, 論文提出済)

関田隆一 : 福山市の活性化政策につなげる超小型衛星研究, 日本公共政策学会 2015 年研究大会, 京都府立大学, 自由公募セッション「地方自治体におけるガバナンス」, 2015.6 (審査により発表決定, 論文提出済)

関田隆一 : 福山市と府中市の企業を対象とした企業連携と地域活性化に関する質問紙調査データの定量解析, 福山大学工学部紀要, 第 40 巻, 2017.2 (印刷中)

関田隆一 : ひろしま航空機産業振興協議会へ参加している企業の航空機産業に対する意識構造の解析, 福山大学工学部紀要, 第 39 巻, pp.27-44, 2016.2

<都祭弘幸>

積山悠, 平石久廣, 和泉寛幹, 都祭弘幸 : 半固定型柱を用いた変形一様化構造システムの設計ならびに応答性状に関する研究, 明治大学理工学部研究報告 第 53 号 (109), pp.23-32, 2016.3 (査読無し)

川端康平, 稲井栄一, 秋田知芳, 川本孝紀, 尾崎純二, 柿原巧弥, 片桐友樹, 都祭弘幸 : 既存 RC 造建築物の外付けフレームによる耐震補強工法の研究 その 12 2 層 1 スパン試験体の水平加力実験, 日本建築学会中国支部研究報告集, 39, pp.185-188, 2016.3 (査読無し)

Hiroyuki Tomatsuri : Study on Bow-shaped Hysteretic Dampers for RC Buildings, 5<sup>th</sup> Structural Engineers World Congress, Singapore, 2015.10 (査読有)

Toshiki Fujii, Hiroyuki Tomatsuri : Shear Crack Behavior of Reinforced Concrete members with High-Strength Shear Reinforcement, 5<sup>th</sup> Structural Engineers World Congress, Singapore, 2015.10 (査読有)

都祭弘幸, 岩田善裕, 壁谷澤寿一, 奥田泰雄, 喜々津仁密, 迫田丈志 : 外壁材の脱落を考慮した耐津波設計, 日本建築学会大会パネルディスカッション資料 建築物の津波荷重に関する新たな研究の方向性を探る, pp.22-50, 2015.8 (査読無し)

<山田明>

Experimental Study of the Strength Characteristics and Seismic Retrofitting of Traditional Japanese Hanging Walls with Slits, 山田明, 鎌田輝男, 鈴木三四郎, 16th World Conference on Earthquake Engineering, Santiago, Chile, Paper No.388, 2017.1 (査読有)

地震動を受ける中高層鉄筋コンクリート造建築物の振動モデルに関する一考察、山田明、小西琢真、鎌田輝男、鈴木三四郎、福山大学工学部紀要、第38巻、pp.85-104、2015.2

伝統構法土塗り雑壁の耐力特性に関する実験的研究、山田明、日本建築学会近畿支部研究報告集、第56号・構造系、pp.589-592、2016.6

梁下に隙間を有する伝統構法木造小壁の耐力特性および簡易耐震補強法に関する実験的研究、山田明、鈴木三四郎、福山大学工学部紀要、第39巻、pp.87-93、2016.2

塗り込み欠損を有する伝統構法木造小壁の耐力特性と簡易補強法に関する研究、山田明、鎌田輝男、鈴木三四郎、日本建築学会近畿支部研究報告集、第55号・構造系、pp.317-320、2015.6

地震動を受ける中高層鉄筋コンクリート造建築物の振動モデルに関する一考察、山田明、小西琢真、鎌田輝男、鈴木三四郎、福山大学工学部紀要、第38巻、pp.85-104、2015.2

<伊澤康一>

Sensitivity Numerical Analysis of Human Body Exergy Balance under an Unsteady-State Thermal Environment —Behavioral Adaptation Induced by Undesirable Cold Storage by Building Envelope in Winter, Koichi Isawa, Masanori Shukuya, Health, 2016, 8, 737-748 (査読あり)

Sensitivity Analysis on the Relationship between Building Envelope Material and Human Body Exergy Balance, Koichi Isawa, Energy Procedia, 2015. (査読あり)

Human Body Exergy Balance: Numerical Analysis of an Indoor Thermal Environment of a Passive Wooden Room in Summer, Koichi Isawa, Buildings (peer reviewed), 5(3), pp. 1055-1069, 2015. (査読あり)

塩素系薬剤を用いた微生物対策—実大空間における超音波霧化による次亜塩素酸水と微酸性電解水の殺菌効果の検証、山口一・伊澤康一・山田容子・川上梨沙・富岡一之、日本建築学会環境系論文集、第80巻、第716号、pp.945-952、2015年10月(査読あり)

パッシブ木造住宅夏季温熱環境の人体エクセルギー評価、伊澤康一、福山大学工学部紀要、第38巻、2015年2月(査読なし)

オフグリッド非定常シミュレーション簡易モデル、伊澤康一・亀井栄司・土屋拓未、福山大学工学部紀要, 第 39 卷, 2016 年 2 月 (査読なし)

避難所体育館の熱・空気環境に関する基礎的検討—伝熱解析と水分収支解析—、伊澤康一・村上雅也・前田善貴、福山大学工学部紀要, 第 40 卷, 2017 年 2 月 (掲載予定) (査読なし)

<中道上>

Remote Touch Pointing for Smart TV Interaction, Keita Watanabe, Yuta Miyake, Noboru Nakamichi, Toshiya Yamada, Takashi Ozeki, Proc. IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 査読有り, pp.232-235, 2014 年 10 月.

行列因子分解による Web ユーザビリティ評価値の予測, 山田俊哉, 中道上, 松井知子, 情報処理学会論文誌, 査読有り, Vol.56, No.1, pp.97-105, 2015 年 01 月.

Spotlighting for Guiding to Articles on Display, Kenta Amahaya, Ryuuji Kittaka, Keita Watanabe, Noboru Nakamichi, Toshiya Yamada, Proc. IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 査読有り, pp.389-392, 2015 年 10 月.

Differences of Pointing Gestures Between a Standing Posture and a Sitting Posture, Keiya Sugihara, Kenta Amahaya, Keita Watanabe, Noboru Nakamichi, Toshiya Yamada, Proc. IEEE 5th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 査読有り, pp.174-177, 2016 年 10 月.

Evaluation of Feedback Conditions in the Noncontact Operation, Kenta Amahaya, Keiya Sugihara, Kohei Okuda, Keita Watanabe, Noboru Nakamichi, Proc. IEEE 5th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 査読有り, pp.178-182, 2016 年 10 月.

追従性を考慮した注視点可視化手法の提案と評価, 中道上, 中下航, 大町怜司, 渡辺恵太, 木浦幹雄, 山田俊哉, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 査読有り, Vol.18, No.4, pp.385-394, 2016 年 11 月.

<宮崎光二>

タブレット端末を用いた出席管理システムの開発, 宮崎光二, 中道上, 日本教育工学会論文誌, 査読有り, Vol.40, No.2, pp.105-112, 2016 年 09 月.

<森田翔太>

Robust front-end for speech recognition by human and machine in noisy reverberant environments: the effect of phase information, Yang Liu, Naushin Nower, Shota Morita, and Masashi Unoki, Proceedings of ISCSLP 2016, 査読有, pp. 17-20, 2016 年 10 月

Speech enhancement of instantaneous amplitude and phase for application in noisy reverberant

environments, Yang Liu, Naushin Nower, Shota Morita, and Masashi Unoki, Speech Communication, 査読有, pp. 1-14, 2016 年 11 月

<山之上卓>

An Interactive, Manageable and Wearable LED Matrix Sign System Using Wiki Software and Twitter, Takashi Yamanoue, 5th International Congress on Advanced Applied Informatics, pp. 1223-1224, 2016 年 7 月.(査読有)

Enhancing Campus Cyber Security through Classes with Combination of Computer Ethics Videos and Logical Thinking, Takashi Yamanoue, Noboru Nakamichi, Kunihiko Kaneko, SIGUCCS '16 Proceedings of the 2016 ACM on SIGUCCS Annual Conference, 査読有り, pp.117-123, 2016 年 11 月.

<真鍋圭司>

動的陽解法有限要素法による柱の揺れ解析, 真鍋圭司, 福山大学工学部紀要, 第 38 卷(2015-2), pp.163-168, (査読無)

骨組構造の動的陽解法 FEM 解析, 真鍋圭司, 安原周平, 福山大学工学部紀要, 第 39 卷(2016-2), pp.137-142, (査読無)

教材フォーミュラカーのフレーム構造 FEM 解析, 真鍋圭司, 木村純壯, 手嶋昭良, 福山大学工学部紀要, 第 40 号(2017-2), 掲載予定, (査読無)

1 次要素による非圧縮性超弾性体の GLS 有限要素解析, 真鍋圭司, 日本計算工学会論文集, Transactions of JSCES, Paper No. 20160018, 2016 年 8 月 10 日, JSTAGE, pp.1-11 (査読有)

<木村純壯>

生体運動モデル代用による筋電制御実験, 木村純壯, 森永 陽, 福山大学工学部紀要, Vol.38, pp.169-173, 2015.2 (査読無)

省エネルギー最適サーボ制御の基礎的研究, 木村純壯, 濟川久仁雄, 福山大学工学部紀要, Vol.37, pp.197-202, 2014.2 (査読無)

<小林正明>

工作やモノづくりに対する意識調査についての研究, 小林正明, 三宅正太郎, 岩村充希子, 福山大学工学部紀要, 第 39 卷, pp.151-157, (2016-2) (査読無)

モノづくりに関する意識調査についてー 家庭環境における影響の分析から-, 小林正明, 岩村充希子, 福山大学工学部紀要, Vol.40, pp. - , 2017.2 (査読無, 掲載予定)

交通環境を考慮した小型モビリティの開発について，小林正明，山下稔，山川奨太，下村拓哉，福山大学工学部紀要，Vol.40,pp. - ，2017.2（査読無，掲載予定）

モノづくりに関する意識調査について，小林正明，第7回日本科学教育学会研究会(中国支部)(2014-5)

モノづくりや理系科目に関するアンケートの実施について，小林正明，岩村充希子，日本産業技術教育学会第44回中国支部大会（島根大会）（2015-5）（査読無）

モノづくりに関する意識調査について，小林正明，岩村充希子，三宅正太郎，日本科学教育学会年会論文集 39 p 326-327，（2015-8）（査読無）

モノづくりに関する意識調査について（その2），三宅正太郎，小林正明，岩村充希子，日本教育工学会，第31回全国大会後援論文集 p401-402，（2015-9）（査読無）

モノづくりに関する意識調査について（その3），三宅正太郎，小林正明，岩村充希子，沖竜太郎，日本教科教育学会第41回全国大会 日本教科教育学会全国大会論文集 p52-53，（2015-10）（査読無）

工作やモノづくりに関する意識調査について（その1）－キーワード「モノづくり」の連想語の分析から－，小林正明，岩村充希子，三宅正太郎，日本科学教育学会年会論文集 40 p 273-274，（2016-8）

工作やモノづくりに関する意識調査について（その2）－制作経験や教科の学習などとの関連から－，三宅正太郎，小林正明，岩村充希子，日本科学教育学会年会論文集 40 p 275-276，（2016-8）（査読無）

工作やモノづくりに関する意識調査について（その2）－キーワード「モノづくり」の連想語の分析から2－，小林正明，岩村充希子，三宅正太郎，日本産業技術教育学会第59回全国大会 講演要旨集 p 143，（2016-8）（査読無）

モノづくりに関する意識調査の分析について（その3）－個人特性や制作経験との関連から－，三宅正太郎，小林正明，岩村充希子，日本教育工学会第32回全国大会（講演要旨集） p 153-154，（2016-09）（査読無）

工作やモノづくりに関する意識調査について（その3），－家庭環境における影響の分析から1－，小林正明，岩村充希子，三宅正太郎，日本教科教育学会第42回全国大会，日本教科教育学会全国大会論文集 p 130-131（2016-10）（査読無）

<坂口勝次>

温水と冷水の凍結におけるムペンバ現象に関する一考察, 坂口勝次, 福山大学工学部紀要, Vol.40, pp. - , 2017.2 (査読無, 掲載予定)

<中東潤>

FATIGUE BEHAVIOR OF ULTRA-FINE GRAINED Ti-6Al-4V ALLOY, R.Ebara , M.Endo, H.J.Kim, J.Nakahigashi, Fatigue of Materials III: Advances and Emergences in Understanding, pp.33-51(2014-10) (査読有)

水素処理による微細粒チタン合金の引張特性と歯科分野への応用、中東潤、チタン、Vol.64、No.3、pp.40-44(206-210) (2016-7) (査読なし)

<関根康史>

乗用車の車体形状の違いによる前面衝突時の乗員傷害内容の比較 –SUV, 1BOX 車とセダン型乗用車の乗員傷害の詳細分析による比較–, 関根 康史, 自動車技術会 2016 年度春季大会学術講演会予稿集, 2016.5 (査読無し)

自動運転システム “自動運転に必要な技術のロードマップ” (日本機械学会・自動運転に関する分野横断型分科会作成によるロードマップ), 関根 康史, 自動車技術会・ひろしま産業振興機構共催「自動車工学基礎講座 2016」講習会テキスト Vol.3, pp.43-60, 2016.7 (査読無し)

交通事故統計分析から推定する道路形状別リスク評価, 関根 康史, 日本機械学会 2016 年度年次大会講演論文集, No.16-1, J1810101, 2016.9 (査読無し)

乗用車と前面衝突した原付乗員の傷害内容の分析 –ITARDA の事故統合データによる原動機付自転車乗員傷害の詳細分析–, 関根 康史, 自動車技術会 2016 年度秋季大会学術講演会予稿集, 2016.10 (査読無し)

交通事故統計分析から推定する道路形状別リスク評価 (第 2 報) (車種構成・行動類型・危険認知速度・事故発生時間帯の比較), 関根 康史, 日本機械学会第 25 回交通・物流部門大会講演論文集, No.16-36, 3306, 2016.12 (査読無し)

環境性能・安全性能・騒音“自動車と環境/クリーンエネルギー車/衝突安全/視認性/振動騒音”, 関根 康史, 自動車技術会・宮城県共催「自動車工学基礎講座 in 宮城」講習会テキスト Vol.1, 2016.12 (査読無し)

SUV と中型セダン型乗用車の前面衝突事故における乗員の傷害内容の分析, 関根 康史, 日

本機械学会論文集 Vol.83, No.845, 2017.1 (査読有、採用決定)

(3) 報告-----

なし

(4) 講演 (学会発表等) -----

<宮内克之>

2層積層使用された炭素繊維グリッドの力学的挙動について, 宮内 克之, 下枝 博之, 小林 朗, 土木学会第 69 回年次学術講演会講演概要集, V-140, pp.279-280, 2014.9

端部 T 形ナットにより定着された SD490 を用いた既存 RC 橋脚の耐震補強について, 宮内 克之, 下枝 博之, 三島 弘敬, 黒石 吉孝, 土木学会第 70 回年次学術講演会講演概要集, V-128, pp.255-256, 2015.9

連続繊維で端部定着された炭素繊維グリッド板のせん断特性について, 宮内 克之, 下枝 博之, 小林 朗, 土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集, V-634, pp.1267-1268, 2016.9

<仲嶋一>

超音波とマイクロ波の干渉を利用した非接触 3 次元温度計測の基礎検討, 萩原健太, 仲嶋一, IEEE 主催 2016 年度第 2 回学生研究発表会予稿集 IEEE\_IM-S16-19, 2016.12 (査読無)

<関田隆一>

関田隆一 : Landslide Prediction Mission In Cooperation with Hillside Sensor Network Robots, The 4th Mission Idea Contest for Micro/Nano-satellite Utilization, Varna, Bulgaria, 2016.10 (審査により Finalist 選出, 論文集書籍発行にむけて査読審査中)

<都祭弘幸>

コンクリート構造物は終局設計から損傷制御設計に向かうか, (公社) コンクリート工学中国支部講演会, 2014.12

弓形鋼製部材による RC 建物の制震化に関する研究 (その 4. 端部特殊形状およびステンレス製 H 形鋼の逆対称曲げせん断実験): 大久保貴弘, 都祭弘幸, 富田祐介, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.455-456, 2016.8

弓形鋼製部材による RC 建物の制震化に関する研究 (その 5. 累積塑性変形倍率による評価): 都祭弘幸, 大久保貴弘, 富田祐介, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.457-458, 2016.8

既存 RC 造建築物の外付けフレームによる耐震補強工法の研究 その 9 2 層 1 スパン試験体の水平加力実験：柿原巧弥，稲井栄一，秋田知芳，川端康平，河本孝紀，尾崎純二，都祭弘幸，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅳ，pp.615-616，2016.8

既存 RC 造建築物の外付けフレームによる耐震補強工法の研究 その 10 補強フレームの復元力特性の評価：尾崎純二，稲井栄一，秋田知芳，川端康平，都祭弘幸，河本孝紀，柿原巧弥，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅳ，pp.617-618，2016.8

高強度せん断補強筋を用いたフックの定着力に関する実験的研究 その 4：中澤淳，藤井稔己，田中圭介，都祭弘幸，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅳ，pp.733-734，2016.8

高強度せん断補強筋を用いたフックの定着力に関する実験的研究 その 5：藤井稔己，都祭弘幸，田中圭介，中澤淳，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅳ，pp.735-736，2016.8

弓形鋼製部材による RC 建物の制震化に関する研究（その 3．H 形鋼の逆対称曲げせん断実験）：都祭弘幸，前島克朗，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅳ，pp.611-612，2015.9

高強度せん断補強筋を用いた RC 部材のせん断ひび割れ性状に関する実験的研究（その 14）：藤井稔己，田中圭介，中澤淳，都祭弘幸，南宏一，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅳ，pp.435-436，2015.9

外壁材の脱落による津波波力低減効果に関する実験的研究 その 1 実験概要：岩田善裕，本多直巳，奥田泰雄，喜々津仁密，壁谷澤寿一，都祭弘幸，富田祐介，西畑剛，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅰ，pp.75-76，2014.9

外壁材の脱落による津波波力低減効果に関する実験的研究 その 2 実験結果：富田祐介，岩田善裕，壁谷澤寿一，本多直巳，奥田泰雄，喜々津仁密，都祭弘幸，西畑剛，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅰ，pp.77-78，2014.9

柱梁接合部に高強度コンクリートを用いた柱 RC 梁 S 接合部の実験的研究 その 1 実験概要：細井泰行，都祭弘幸，富田祐介，前島克朗，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅲ，pp.1305-1306，2014.9

柱梁接合部に高強度コンクリートを用いた柱 RC 梁 S 接合部の実験的研究 その 2 柱梁接合部の支圧耐力とせん断耐力の評価：都祭弘幸，富田祐介，前島克朗，細井泰行，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅲ，pp.1307-1308，2014.9

柱梁接合部に高強度コンクリートを用いた柱 RC 梁 S 接合部の実験的研究 その 3 鉄骨ブレ

ース付柱 RC 梁 S 構造の十字形架構実験：前島克朗，都祭弘幸，細井泰行，富田祐介，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅲ，pp.1309-1310，2014.9

鋼管で被覆した X 形配筋合成柱の開発 (その 2 高強度鉄筋を用いた柱の逆対称曲げせん断実験)：宮内靖昌，西村泰志，南宏一，松谷輝雄，佐藤尚隆，田辺太一，樋渡健，都祭弘幸，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅲ，pp.1427-1428，2014.9

鋼管で被覆した X 形配筋合成柱の開発(その 3 柱のせん断抵抗機構の考察)：松谷輝雄，宮内靖昌，西村泰志，佐藤尚隆，田辺太一，樋渡健，都祭弘幸，南宏一，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅲ，pp.1429-1430，2014.9

鉄筋コンクリート造耐震壁に設けたひび割れ誘発目地に関する実験 その 2 耐震壁の曲げせん断実験：都合重範，佐藤尚隆，松井亮夫，濱田真，櫻井臣央，都祭弘幸，坂下雅信，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅳ，pp.333-334，2014.9

<佐藤先生>

佐藤圭一：熊本県南部の山間地域における水道祭りと水道組合 —生活用水供給システムの変遷からみた熊本地域の居住空間形成—，日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），2016年8月，pp211-222

<山田先生>

雑壁仕様の伝統構法土塗雑壁の耐力特性、山田明、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅲ、pp.319-320、2016.8

梁下部に隙間を有する小壁の耐力特性と簡易耐震補強法、山田明、鎌田輝男、鈴木三四郎、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅲ、pp.439-440、2015.9

地震動を受ける木造住宅モデルの動吸振器による耐震補強効果に関する一考察、山田明、鈴木三四郎、鎌田輝男、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅲ、pp.287-288、2015.9

<伊澤康一>

避難所体育館の熱環境解析による基礎的検討、伊澤康一、日本建築学会中国支部研究発表会、島根大学、2017.3（掲載予定）

夏季の人体エクセルギー消費と発汗蒸泄の関係にかんする感度解析、伊澤康一、日本建築学会大会（九州）学術講演会（環境工学Ⅱ）、福岡大学、pp.327-328、2016.8

夏季の人体エクセルギー収支と発汗蒸泄の関係にかんする感度解析、伊澤康一、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集（鹿児島）、鹿児島大学、pp.133-136、2016.9

地震火災を対象とした減災教材の開発研究—CFDの活用—、村上剣士・伊澤康一、公益社団法人日本工学教育協会 平成 28 年度工学教育研究講演会講演論文集, pp.380-381, 2016.9

冬季躯体蓄冷が誘発する行動的適応の人体エクセルギー収支分析, 伊澤康一・宿谷昌則, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 第 6 巻, pp.97-100, 2015

冬季の望まない躯体蓄冷が誘発する行動的適応と人体エクセルギー収支に関する感度解析, 伊澤康一・宿谷昌則, 日本建築学会大会学術講演梗概集・建築デザイン発表梗概集, D-2, pp.205-206, 2015

Human Body Exergy Balance Numerical Analysis on the Indoor Thermal Environment of a Passive Wooden House in summer, Koichi Isawa, Proceedings of 2015 TAU Conference: Mitigating and Adapting Built Environments for Climate Change in the Tropics, pp.20-31, 2015

パッシブ木造住宅夏季温熱環境の人体エクセルギー収支分析, 伊澤康一、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、第 6 巻、pp.93-96、2014

木造住宅夏季温熱環境の人体エクセルギー収支に関する数値解析, 伊澤康一、日本建築学会大会学術講演梗概集・建築デザイン発表梗概集, D-2, pp.11-12, 2014

Human Body Exergy Balance Numerical Analysis of the Indoor Thermal Environment in Passive Wooden House in Winter, Koichi Isawa, GRAND RENEWABLE ENERGY 2014 Proceedings, O-At-6-3, 2014

<中道上>

Remote Touch Pointing によるスマート TV インタラクション, 渡辺恵太, 三宅雄太, 中道上, 山田俊哉, 尾関孝史, ヒューマンインタフェース学会 ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014 論文集(DVD-ROM), 査読無し, pp.269-272, 2014 年 09 月.

避難行動にもとづく迷い地点の抽出, 高橋翔太, 渡辺恵太, 中道上, 平成 26 年度(第 65 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, pp.132-133, 2014 年 10 月.

非接触操作におけるフィードバック反応位置の検証, 大森和洋, 渡辺恵太, 中道上, 平成 26 年度(第 65 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, pp.134-135, 2014 年 10 月.

Remote Touch Pointing によるスマート TV 操作, 渡辺恵太, 中道上, 山田俊哉, 尾関孝史, 平成 26 年度(第 65 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, pp.163-164, 2014 年

10月.

車内システムにおける直感的な操作手法の提案, 三宅雄太, 渡辺恵太, 中道上, 平成 26 年度 (第 65 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, pp.175-176, 2014 年 10 月.

プレゼンテーションのための直観的ポインティングシステムの提案と評価, 渡辺恵太, 中道上, 山田俊哉, 尾関孝史, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2014 論文集, 査読無し, pp.545-552, 2014 年 12 月.

注視行動レベル分解にもとづく要求獲得プロセスの提案, 前田雅樹, 渡辺恵太, 中道上, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2014 論文集, 査読無し, pp.202-207, 2014 年 12 月.

避難移動速度にもとづく迷い地点抽出支援ツールの提案, 高橋翔太, 渡辺恵太, 中道上, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2014 論文集, 査読無し, pp.156-159, 2014 年 12 月.

非接触操作におけるフィードバック反応位置の比較, 大森和洋, 渡辺恵太, 中道上, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2014 論文集, 査読無し, pp.160-163, 2014 年 12 月.

スポットライティング, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉, インタラクシオン 2015 論文集 DVD-ROM, 査読有り, Vol.2015, pp.710-711, 2015 年 03 月.

追従性を考慮した注視点可視化手法の提案, 中下航, 大町怜司, 杉原悠記, 渡辺恵太, 中道上, 電子情報通信学会 2015 年総合大会 情報・システム講演論文集 1, 査読無し, pp.S-1-S-2, 2015 年 03 月.

移動速度と高度変化による迷い地点抽出支援ツールの提案, 川野由香子, 高橋翔太, 渡辺恵太, 中道上, 電子情報通信学会 2015 年総合大会 情報・システム講演論文集 1, 査読無し, pp.S-3-S-4, 2015 年 03 月.

非接触操作におけるフィードバックパターンの比較, 天早健太, 大森和洋, 渡辺恵太, 中道上, 電子情報通信学会 2015 年総合大会 情報・システム講演論文集 1, 査読無し, pp.S-5-S-6, 2015 年 03 月.

直感的なポインティング手法を用いた車内システム操作, 杉原慶哉, 三宅雄太, 渡辺恵太, 中道上, 電子情報通信学会 2015 年総合大会 情報・システム講演論文集 1, 査読無し, pp.S-7-S-8, 2015 年 03 月.

立位・座位によるポインティングジェスチャーの差異, 杉原慶哉, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉, FIT2015 (第 14 回情報科学技術フォーラム) 第 3 分冊, 査読無し, pp.385-388, 2015 年 09

月.

車内における直感的な非接触操作システムの提案, 三宅雄太, 中道上, 渡辺恵太, 公益社団法人自動車技術会 2015 年秋季大会学術講演会講演予稿集, 査読無し, pp.418-423, 2015 年 10 月.

追従性を考慮した注視点可視化手法の提案と評価, 中下航, 大町怜司, 中道上, 渡辺 恵太, 平成 27 年度(第 66 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, pp.14-7-2, 2015 年 10 月.

処方監査における熟達度による確認行動の比較, 大町怜司, 中下航, 中道上, 宮崎光二, 江藤精二, 平成 27 年度(第 66 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, pp.14-8-2, 2015 年 10 月.

自学自習教育システムの提案と学習効果の分析, 森川裕矢, 奥田宏平, 中道上, 平成 27 年度(第 66 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, pp.25-8-2, 2015 年 10 月.

二次災害の防止のための危険エリア通知システム, 中井美穂, 中道上, 渡辺恵太, 平成 27 年度(第 66 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, pp.25-9-2, 2015 年 10 月.

ペアテストング手法の提案と避難行動解析への適用, 井上大樹, 奥田宏平, 中道上, 平成 27 年度(第 66 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, pp.25-14-2, 2015 年 10 月.

教育環境における認知共有支援システムの提案, 杉原慶哉, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉, 第 17 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム論文集, 査読有り, pp.263-266, 2015 年 11 月.

スポットライティング: 認知共有のためのスポットライト型ポインティングシステム, 中道上, 天早健太, 渡辺恵太, 山田俊哉, インタラクシオン 2016 論文集, 査読有り, Vol.2016, No., pp.964-969, 2016 年 03 月.

自学自習プロセスの提案と学習効果の分析, 森川裕矢, 奥田宏平, 杉原慶哉, 中道上, 池岡宏, 花田勝仁, 情報処理学会 第 134 回コンピュータと教育研究会, 査読無し, Vol.2016-CE-134, No.7, pp.1-6, 2016 年 03 月.

ペアテストング手法の提案と行動計測実験への適用, 川野由香子, 井上大樹, 奥田宏平, 津田将行, 中道上, 電子情報通信学会 2016 年総合大会情報・システムソサイエティ特別企画学生ポスターセッション予稿集, 査読無し, pp.233, 2016 年 03 月.

視線に基づく薬剤処方監査における学生の教育効果の検証, 栗原盛人, 大町怜司, 中下航, 江藤精二, 中道上, 電子情報通信学会 2016 年総合大会情報・システムソサイエティ特別企画学生ポスターセッション予稿集, 査読無し, pp.234, 2016 年 03 月.

非接触操作フィードバックを評価するための標準タスクの検討と適用, 天早健太, 奥田宏平, 渡辺恵太, 中道上, 電子情報通信学会 2016 年総合大会情報・システムソサイエティ特別企画学生ポスターセッション予稿集, 査読無し, pp.235, 2016 年 03 月.

薬剤処方監査の学習度による注視点移動の差の分析, 中道上, 大町怜司, 中下航, 江藤精二, 第 20 回医療情報学会春季学術大会抄録集, 査読有り, pp.112-113, 2016 年 06 月.

薬学部における視線を利用した学修度評価の試み, 中道上, 第 7 回川崎医科大学学術集会抄録集, 査読無し, pp.S92, 2016 年 08 月.

事前学習としての LMS への問題入力による学習意欲の向上, 中道上, 池岡宏, 宮崎光二, 森田翔太, 平成 28 年度 ICT 利用による教育改善研究発表会資料集, 査読有り, pp.18-21, 2016 年 08 月.

薬学部における視線を利用した熟達度評価の試み, 中道上, 江藤精二, 五郎丸剛, 金子邦彦, 日本教育情報学会第 32 回年会論文集, 査読有り, pp.322-323, 2016 年 08 月.

行動分析におけるペアテスト手法による補完効果, 川野由香子, 中道上, 津田将行, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2016 論文集, 査読無し, pp.80-87, 2016 年 12 月.

インタラクティブコンテンツ利用モデルによる口頭説明場面の抽出, 浜信彦, 天早健太, 杉原慶哉, 中道上, 渡辺恵太, 森田翔太, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2016 論文集, 査読無し, pp.166-171, 2016 年 12 月.

大画面に対する仮想タッチパネルシステムの提案, 天早健太, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2016 論文集, 査読無し, pp.395-396, 2016 年 12 月.

協調学習のためのスマートインタラクション講義環境の提案, 杉原慶哉, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2016 論文集, 査読無し, pp.397-398, 2016 年 12 月.

処方監査における学習度の点数化の検討, 栗原盛人, 中道上, 大町怜司, 中下航, 江藤精二, 平成 28 年度(第 67 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, pp.R16-25-08-2, 2016 年 10 月.

Beacon を活用した屋内における危険エリア通知システムの提案, 藤井誠貴, 中道上, 渡辺恵太, 小滝泰弘, 平成 28 年度(第 67 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, pp.R16-25-09-2, 2016 年 10 月.

インタラクティブコンテンツ利用支援のための説明場面抽出手法の提案と評価, 浜信彦, 天早健太, 杉原慶哉, 中道上, 渡辺恵太, 平成 28 年度(第 67 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, pp.R16-25-10-2, 2016 年 10 月.

<宮崎光二>

AR インターフェースによる家電機器操作システム, 奥田 宏平, 宮崎 光二, 平成 27 年度(第 66 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, 2015 年 10 月.

HMD を用いた PC 組み立て支援システムの開発, 片石 秀紀, 宮崎 光二, 平成 27 年度(第 66 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, 2015 年 10 月.

表情認識を用いた AR マスク合成システム, 原田 友紀, 宮崎 光二, 平成 27 年度(第 66 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, 2015 年 10 月.

出席確認における顔画像による個人判別の試み, 笹田 陵太, 宮崎 光二, 平成 27 年度(第 66 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, 2015 年 10 月.

タブレット端末による出席管理と利便性の向上, 宮崎 光二, 2016 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 査読無し, 2016 年 09 月.

<山之上卓>

Twitter と Wiki を使った自動情報提示システム, 山之上 卓, 情報処理学会, 研究報告インターネットと運用技術 (IOT) , vol. 2016-IOT-32, No.5, pp. 1-7, 2016 年 3 月.

時間付きマルコフモデルを用いた障害検知に関する一検証, 近藤 喜芳, 立花 篤男, 下園 幸一, 長谷川 輝之, 阿野 茂浩, 山之上 卓, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2016 年\_通信(2), 477 2016 年 3 月.

時間付きマルコフモデルを用いた障害検知手法の提案, 近藤 喜芳, 立花 篤男, 下園 幸一, 長谷川 輝之, 阿野 茂浩, 山之上 卓, 電子情報通信学会技術研究報告 = IEICE technical report : 信学技報 115(482) 109-112, 2016 年 3 月.

Bot と Wiki を使った試験的な並列プログラミング, 山之上 卓, 情報処理学会, 研究報告インターネットと運用技術 (IOT) , vol. 2016-IOT-34, No.2, pp.1-12, 2016 年 6 月.

どこでも ICT 強化教室にするポータブルクラウドとそれを使った授業の実際, 山之上 卓, 内垣戸 貴之, 前田 吉広, 日本教育情報学会 第 3 2 回年会, 2016 年 8 月.

Wiki ページに書かれた R 言語のプログラムの実行を可能にした Bot の試作, 平田篤, 藤田健吾, 伊勢本和広, 山之上卓, 平成 28 年度 (第 67 回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会, R16-25-07, 2016 年 10 月.

Raspberry Pi とセンサで構成した Bot と, R 言語プログラムの実行が可能な Bot と, PukiWiki を組み合わせた IoT システムの試作, 藤田健吾, 平田篤, 山之上卓, 第 18 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム予稿集, A3-36 2016 年 11 月. (査読有)

Wiki ページに書かれた R 言語のプログラムによるデータ解析を可能にした Bot の試作, 平田篤, 藤田健吾, 伊勢本和広, 山之上卓, インターネットと運用技術シンポジウム 2016 論文集, 情報処理学会シンポジウムシリーズ No. 2016, pp. 91-97, 2016 年 12 月. (査読有)

インターネット上の Wiki ページ上でエッジ側端末の I2C デバイスの設定と入出力を可能とする IoT システムの試作, 山之上卓, インターネットと運用技術シンポジウム 2016 論文集, 情報処理学会シンポジウムシリーズ No. 2016, pp. 91-97, 2016 年 12 月.

#### <内田博志>

内田博志: 研究会を通じた企業連携について ~元企業人として, 現大学人としての思い~, ひろしま先進ものづくり研究会 基盤技術研修, 場所: 広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター (福山市), 2015 年 3 月 10 日

内田博志: 産学公連携による広島クオリティづくり ~新たな不確実性の時代を乗り切るために~, 広島品質工学研究会 (第 1 回), 場所: 広島市工業技術センター, 2016 年 5 月 18 日

内田博志: 品質工学と最適設計, ものづくり大学 品質工学セミナー①, 場所: エフピコ RiM ものづくり交流館 (福山市), 2016 年 6 月 24 日

内田博志: ロバスト診断と制御のための品質工学, ものづくり大学 品質工学セミナー②, 場所: エフピコ RiM ものづくり交流館 (福山市), 2016 年 8 月 26 日

内田博志: 備後地域の交通安全問題とその科学的対策, 福山大学公開講座, 場所: 福山大学, 2016 年 10 月 8 日

内田博志: 備後地域の交通安全問題とその科学的対策, 福山大学公開講座, 場所: 三原市中央公民館, 2016 年 10 月 12 日

内田博志：品質工学に基づく安全システム設計、ものづくり大学 品質工学セミナー③、場所：エフピコ RiM ものづくり交流館（福山市）、2016年10月17日

内田博志：ものづくりに活かせる感性工学・品質工学への誘い、ひろしま先進ものづくり研究会 基盤技術研修、場所：広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター（福山市）、2016年11月11日

<真鍋圭司>

微圧縮混合型 FEM による陰解法弾塑性解析、真鍋圭司，第 19 回計算工学講演会論文集 (CD) (C-7-1) (2014)

ミンドリン板の GLS 有限要素解析、真鍋圭司，第 20 回計算工学講演会論文集 (CD) (F-8-1)，(2015)

<中東潤>

水素処理による微細粒  $\alpha+\beta$  型チタン合金の超塑性、中東潤、第 154 回超塑性研究会、(2014-5)

水素処理チタン合金の超塑性とその応用、中東潤、福山大学研究成果発表集 2015 年度版、36、(2015-8)

水素によるチタン合金の塑性加工性改善に関する研究、中東潤、福山大学研究成果発表集 2016 年度版、43、(2016-6)

水素処理チタン合金の超塑性とその応用、中東潤、川崎医学会誌（第 7 回川崎医科大学学術集会抄録集）、42-補遺号、S90、(2016-8)

(5) 特許-----

<都祭弘幸>

制震建築構造物の構築方法およびそのための制震部材：都祭弘幸，特許第 6016359 号，2016.10

制振装置：小田康弘，都祭弘幸，細井泰行，特許第 5940320 号，2016.5

曲げ降伏型ダンパー：都祭弘幸，特願 2016-018188，2016.2

耐震壁：植木理枝子，都祭弘幸，細井泰行，特許第 5702169 号，2015.2

接合構造：都祭弘幸，特開 2014-177780，2014.9

建築構造：平石久廣，都祭弘幸，特開 2014-136888，2014.6

柱梁接合の施工方法及び柱梁接合構造：竹内博幸，都祭弘幸，特許第 5467881 号，2014.2

以上



## 4. 教育活動

# みらい工学プロジェクト「防災について考える」の実施

宮内 克之\*1・山田 明\*2・中村 雅樹\*3

\*1 工学部スマートシステム学科、\*2 工学部建築学科、\*3 社会連携センター

## 1. はじめに

みらい工学プロジェクトは、与えられたプロダクト（成果物）あるいは、そのコンセプトを学科横断のプロジェクトチームにより、完成させる。その過程において、ものづくりの手順を知り、積極性、即ち、企画力、行動力、コミュニケーション力の礎を築くことを目的として、2012年度からスタートした。また、2014年度からは授業科目として単位化されている。

センターでも、2012年度から「防災について考える」というテーマで、自ら作製した耐力壁の模型の強さを競うことにより、木造家屋を構成する耐力壁の役割および機能の理解を勧めてきた。

## 2. 講義の内容

講義内容の概要は、以下のようなものである。

- (1) 地震とその被害（主に木造建築物）に関して知る。
- (2) 木造構造物における耐力壁の役割について知る。
- (3) 各自、耐力壁に関するアイデアを練る、アイデアの具体化、設計図面の作成
- (4) 耐力壁の作製
- (5) 耐力壁綱引き大会
- (6) レポート作成、まとめ

## 3. 競技を終えて



2013年度



2014年度

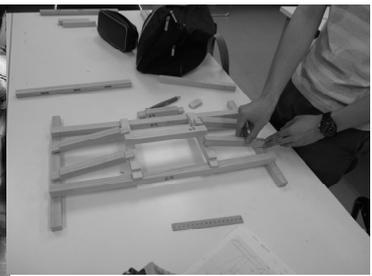


2015年度



2016年度

#### 4. 耐力壁の作製風景



### みらい工学プロジェクト ～ 防災について考える ～

担当: 安全安心防災教育研究センター  
宮内、山田、中村

テーマ: 耐力壁綱引き大会

<目的>

自ら作製した耐力壁の模型の強さを競うことにより、木造家屋を構成する耐力壁の役割および機能を理解する。

<競技方法>

同じ重りを引張り合い、横への変形量が少ない方を勝者とする。



ようやく本番だ!

勝者を囲んで? パチリ!  
みんな、いい笑顔!

ぼくが工夫した点は...  
え〜と...

決勝トーナメントを勝ち抜いた  
二人による決勝戦!  
どちらが栄冠を勝ち取るか!

地震に強い構造は...?  
え〜と...



ああでもない。  
こうでもないっ!

まだまだ道半ば

#### プロジェクト紹介パネル

# 「地域防災リーダー養成講座」の実施

宮内 克之

工学部スマートシステム学科

## 1. はじめに

福山大学が位置する広島県東部地域、すなわち備後地域は、岡山県西部、備中地域とともに、日本でも比較的自然災害が少ないとされる地域である。また、福山大学の入学生は広島県東部の福山・尾三地域を中心としている。これらの学生は、自然災害に対する関心が薄く、防・減災に対する意識も決して高いとは言えない。ところが福山大学を卒業し社会人となると、活躍の場は福山・尾三地域を中心とした地域にとどまるとは限らない。あるいは、旅行等で全国いろいろな場所を訪れる可能性がある。そのような場所で、万が一、地震や大雨に遭遇したらどうなるか？無知で無防備に過ごしている者と、自然災害に対する正しい知識を有し、災害を意識して過ごしている者との差は極めて大きい。

したがって、自然災害に対する危機感を全くと言ってよいほど有さない学生に、自然災害に対する正しい知識と、それに対する最低限の備え方の知識を付与することは極めて重要かつ有意義なことである。

このような考えに立ち、2013（平成 25）年度より、「地域防災基礎」および「地域防災応用」の 2 科目の一般教育科目からなる「地域防災リーダー養成講座」を開講している。この講座は、福山大学が特定非営利活動法人日本防災士機構から防災士養成研修実施法人としての認証を受け開講するもので、講座を修了した学生は日本防災士機構が実施する「防災士資格取得試験」の受験資格を得ることができる。写真-1 に 2016（平成 28）年度の防災士養成研修実施法人としての認証状を示す。

## 2. 講座の内容

防災に関する正しい知識と技能を有し、災害発生時には自助、共助の中心として活躍できるだけでなく、平常時においては地域の防災・減災力向上のための一員として協働できる人材となるために必要な防災・減災に関する基礎的な知識を有する「地域防災リーダー」を育成するために、地域防災リーダー養成講座は、以下の 2 科目で構成されている。また、一般教育科目として開講されているため、履修登録し、一定の要件（出席、成績）を満たせば、単位認定される。

|             |         |
|-------------|---------|
| 前期：「地域防災基礎」 | 選択 2 単位 |
| 種別：共通教育科目   | 教養教育科目  |
| 後期：「地域防災応用」 | 選択 2 単位 |
| 種別：共通教育科目   | 教養教育科目  |

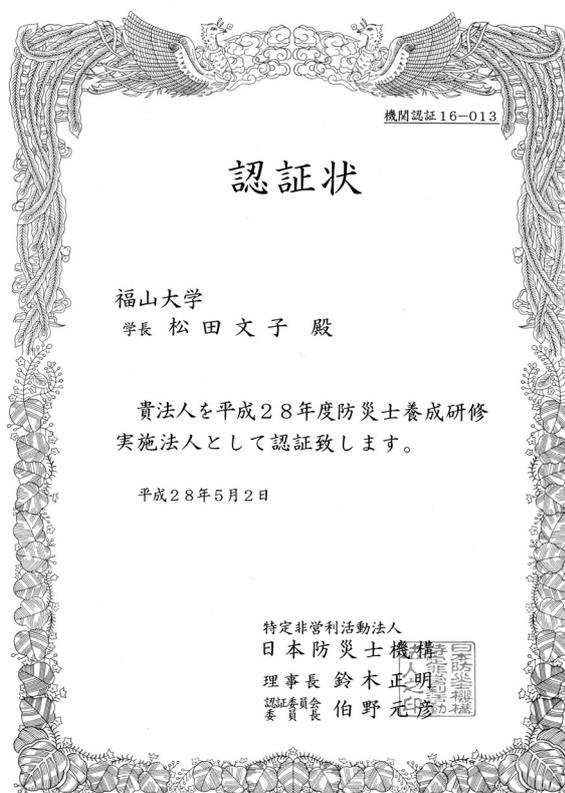


写真-1 2016（平成 28）年度の認証状

### 3. カリキュラム

講座は、「地域防災基礎」および「地域防災応用」の2科目を履修すると、「防災士」の資格を取得するために必要な知識として「防災士教本」に記載されている内容を網羅する形で実施している。

表-1に2016（平成28）年度のカリキュラムを示す。表-1には、講師陣も併せて示す。講師の先生方は、福山大学の教授陣をはじめ、国土交通省中国地方整備局企画部、広島県危機管理監危機管理課、福山市総務局危機管理防災課、福山地区消防組合消防局、福山市西学区自主防災組織、福山市社会福祉協議会ボランティアセンター、日本気象予報士会広島県支部、日本防災士会広島県支部など、防・減災の第一線で活躍されている方の貴重なご経験、活きた知識、知恵を付与することに主眼を置き、趣旨にご賛同をいただいた各方面の幅広い専門家に講義をご担当していただいている。写真-2に講義風景を示す。

表-1 「地域防災リーダー養成講座」のカリキュラム（2016年度）

(a) 前期：「地域防災基礎」：2単位

| 回  | 日付   | 講義内容              | 講師（所属）   |
|----|------|-------------------|--|
| 1  | 4/13 | 概説、防災士の役割         | 宮内 克之（工学部教授）                                     |
| 2  | 4/20 | 近年の自然災害に学ぶ        | 山本 雅治（広島県危機管理監危機管理課防災担当監）                        |
| 3  | 4/27 | 地震・津波のしくみと被害      | 宮内 克之（工学部教授）                                     |
| 4  | 5/11 | 風水害と対策            | 尾島 勝（福山大学名誉教授 宮地茂記念館長）                           |
| 5  | 5/18 | 先人の教えに学ぶ（治水の歴史）   | 尾島 勝（福山大学名誉教授 宮地茂記念館長）                           |
| 6  | 5/25 | 最新の地震活動、地震危険情報    | 中村 雅樹（福山大学社会連携センター助教）                            |
| 7  | 6/1  | 災害情報と災害報道         | 福田 彩乃（中国新聞社 備後本社編集部 記者）                          |
| 8  | 6/8  | 防災気象情報の知識と活用      | 熊谷 智代（気象予報士：日本気象予報士会広島県支部）                       |
| 9  | 6/15 | 意思決定訓練            | 磯打 千雅子（香川大学四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構 地域強化研究センター特命准教授） |
| 10 | 6/22 | ライフラインと被害         | 足立 司（国土交通省中国地方整備局企画部総括防災調整官）                     |
| 11 | 6/29 | 土砂災害と対策           | 宮内 克之（工学部教授）                                     |
| 12 | 7/6  | 火山噴火のしくみと被害       | 田辺 和康（工学部教授）                                     |
| 13 | 7/13 | 災害・避難情報の入手と発信     | 矢野 隆正（福山市総務局危機管理防災課長）                            |
| 14 | 7/20 | 火災と防火対策           | 佐藤 征史（福山地区消防組合消防局警防部予防課長）                        |
| 15 | 7/27 | 被害想定・ハザードマップと避難行動 | 矢野 隆正（福山市総務局危機管理防災課長）                            |

(b) 後期「地域防災応用」：2単位

| 回  | 日付    | 講義内容              | 講師（所属）   |
|----|-------|-------------------|--|
| 1  | 9/21  | 災害とライフライン         | 宮内 克之（工学部教授）                                     |
| 2  | 9/28  | 行政の災害対策と支援制度      | 足立 司（国土交通省中国地方整備局企画部総括防災調整官）                     |
| 3  | 10/5  | 耐震診断と耐震補強         | 山田 明（工学部准教授）                                     |
| 4  | 10/12 | 身近でできる防災対策        | 宮永 正稔（日本防災士会専門員）                                 |
| 5  | 10/19 | 地域の防災活動           | 青木 秀明（福山市西学区自主防災協議会長）                            |
| 6  | 10/26 | 惨事ストレスと心のケア       | 谷口 敏淳（人間文化学部心理学科准教授）                             |
| 7  | 11/2  | 事業継続計画と地域継続計画     | 宮内 克之（工学部教授）                                     |
| 8  | 11/16 | ゲリラ豪雨等災害と避難       | 熊谷 智代（気象予報士：日本気象予報士会広島県支部）                       |
| 9  | 11/30 | 災害ボランティア活動と避難所の運営 | 鳥海 洋治（福山市社会福祉協議会ボランティアセンター長）                     |
| 10 | 12/7  | 災害と損害保険           | 吉田 徹（日本損害保険協会中国支部事務局長）                           |
| 11 | 12/14 | 訓練と防災研修           | 磯打 千雅子（香川大学四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構 地域強化研究センター特命准教授） |
| 12 | 12/21 | 災害と危機管理           | 山本 雅治（広島県危機管理監危機管理課防災担当監）                        |
| 13 | 1/11  | 災害と応急手当           | 鴨田 吉浩（福山地区消防組合消防局警防部救急救助課 救急担当次長）                |
| 14 | 1/18  | 都市防災              | 宮内 克之（工学部教授）                                     |
| 15 | 1/25  | 地域の復興と再建          | 宮内 克之（工学部教授）                                     |



講義風景



熊谷 智代 氏の講義風景

真一 2 講義風景

4. 受講者数および単位取得者数

表一 2 に、開講当初からの受講者数等の推移を示す。

表一 2 受講者数等の推移 (名)

|    | 講義科目       | 年度   | 履修登録者 | 平均出席者   | 定期試験受験者 | 単位取得者 |
|----|------------|------|-------|---------|---------|-------|
| 前期 | 地域防災<br>基礎 | 2013 | 106   | 93.5*1  | 96      | 95    |
|    |            | 2014 | 98    | 88.3    | 92      | 86    |
|    |            | 2015 | 91    | 83.5    | 86      | 83    |
|    |            | 2016 | 154   | 139.8   | 149     | 143   |
| 後期 | 地域防災<br>応用 | 2013 | 104   | 82.5    | 87      | 83    |
|    |            | 2014 | 105   | 87.9    | 91      | 87    |
|    |            | 2015 | 72    | 60.0    | 62      | 56    |
|    |            | 2016 | 121   | 107.7*2 | —       | —     |

\*1 : 2013.7.3 の警報発表に伴う自主休講日を除く。(自主休講日を含む場合 : 91.0 名)

\*2 : 2016.12.21 現在

5. 普通救命講習

防災士資格取得試験合格者が防災士として認証登録を行うためには、「普通救命講習 I」を受講することが必要である。そのため、福山地区消防組合の協力を得て、毎年 9 月から 10 月にかけて、2 回に分けて「普通救命講習 I」を実施した。講師の中には福山大学の卒業生もいらっしゃいました。写真一 3 に普通救命講習の実施風景を示す。



写真一 3 普通救命講習の実施風景

## 6. 防災士資格取得試験

防災士資格取得試験は、毎年、福山大学で2月中旬に実施している。試験は日本防災士機構から派遣された2名の試験官で実施される。表-3に、受験者数および合格者数を示す。

表-3 防災士資格取得試験の結果(名)

| 年度   |     | 合計 | 経済学部 | 人間文化学部 | 工学部 | 生命工学部 | 薬学部 | 大学院 |
|------|-----|----|------|--------|-----|-------|-----|-----|
| 2013 | 受験者 | 39 | 3    | 2      | 31  | 3     | 0   | 0   |
|      | 合格者 | 30 | 3    | 1      | 23  | 3     | 0   | 0   |
| 2014 | 受験者 | 39 | 6    | 1      | 31  | 1     | 0   | 0   |
|      | 合格者 | 38 | 6    | 1      | 30  | 1     | 0   | 0   |
| 2015 | 受験者 | 37 | 0    | 2      | 33  | 0     | 1   | 1   |
|      | 合格者 | 35 | 0    | 2      | 31  | 0     | 1   | 1   |



写真-4 試験前の説明を受ける受験生

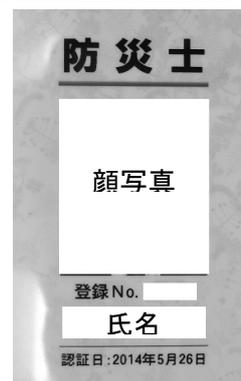
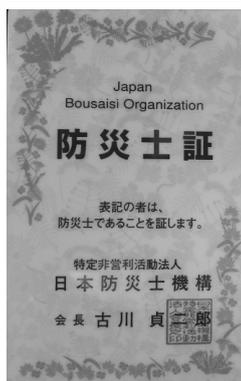


写真-5 防災士証  
(左:表面 右:裏面)

**「防災士」初の資格試験**

福山大学(福山市東村町)は本年度から、地域の防災に貢献する「防災士」の養成に努める。19日には同大で初の資格取得試験があり、地震発生の仕組みや応急処置などを講座で1年間学んだ学生たちが挑戦した。

**養成講座開講の福山大**

福山大学(福山市東村町)は本年度から、地域の防災に貢献する「防災士」の養成に努める。19日には同大で初の資格取得試験があり、地震発生の仕組みや応急処置などを講座で1年間学んだ学生たちが挑戦した。

**地震の仕組み 学生39人挑戦**

防災士は阪神・淡路7万4千人が取得して大震災を受け、NPO法人・日本防災士機構(東京)が2003年に創設した民間資格。災害発生時は避難誘導や初期消火の中心となり、平時は防災訓練などのリーダーを務める。広島県など全国自治体や大学が認定養成機関となつて講座を開き、現在全国で約

同大では来年度も開講する方針。工学部建築・建設学科の宮内克之教授は「災害の少ない備後地方だからこそ、万が一に備えて意識を高めておく必要がある。学生がどのような実生活に役立つのか

もめる。南海トラフ大地震も懸念されており、自分や地域を守るための知識は重要だと思つたと話していた。

19日は工学部や経済学部などの14年生計39人が試験に挑戦し、真剣な表情で取り組んだ。合否は3月4日に発表される。

工学部機械システム工学科2年の安原周平さん(20)は「実家が倉敷市玉島地区ある倉敷市玉島地区を聞き、現在全国で約

外部講師の福山地区消防組合消防士らが、地震や津波のメカニズム、応急処置、災害復

外部講師の福山地区消防組合消防士らが、地震や津波のメカニズム、応急処置、災害復

外部講師の福山地区消防組合消防士らが、地震や津波のメカニズム、応急処置、災害復

地域防災リーダー養成講座開講当時の新聞記事  
2014年2月22日 山陽新聞

考える良い機会でもあり、今後も推進していきたいと話していた。(舟越俊司)

# 「地域防災リーダー養成講座（短期コース）」の実施

宮内 克之

工学部スマートシステム学科

## 1. はじめに

平成 25 年度より、授業の一環として本学学生を対象とした「地域防災リーダー養成講座」を開講している。平成 26 年度は、防災士資格取得を目指す社会人を対象とした「地域防災リーダー養成講座（短期コース）」を開講した。この講座は、防災に関する正しい知識を有し、災害時には自助、共助の中心として活躍できる防災士の養成を目的とした講座であり、この講座を履修すると、特定非営利活動法人日本防災士機構の防災士資格取得試験の受験資格を得ることができる。

## 2. 講座の内容

講座スケジュール：1 時限は 60 分

(所属：開講当時)

| 月日                    | 時限 | 講義内容         | 講師（所属）                          |
|-----------------------|----|--------------|---------------------------------|
| 第 1 回<br>12/20<br>(土) |    | 開校式          | 宮内 克之（工学部教授）                    |
|                       | 1  | 防災士の役割       | 桑木 光信（日本防災士会広島県支部副支部長）          |
|                       | 2  | 近年の自然災害に学ぶ   | 小原 友弘（広島県危機管理監危機管理課防災担当監）       |
|                       | 3  | 災害と危機管理      | 小原 友弘（広島県危機管理監危機管理課防災担当監）       |
|                       | 4  | 地震・津波のしくみと被害 | 宮内 克之（工学部教授）                    |
| 第 2 回<br>1/10<br>(土)  | 5  | 土砂災害と対策      | 宮内 克之（工学部教授）                    |
|                       | 1  | 火山噴火のしくみと被害  | 田辺 和康（工学部教授）                    |
|                       | 2  | 耐震診断と耐震補強    | 山田 明（工学部講師）                     |
|                       | 3  | 被害想定とハザードマップ | 矢野 隆正（福山市企画総務局総務部危機管理防災課長）      |
|                       | 4  | 風水害と対策       | 熊谷 智代（気象予報士：日本気象予報士会広島県支部）      |
| 第 3 回<br>1/24<br>(土)  | 5  | 災害医療         | 熊谷 智代（医師、防災士：日本防災士会広島県支部）       |
|                       | 1  | 都市防災         | 宮内 克之（工学部教授）                    |
|                       | 2  | 行政の災害対応      | 後藤 寿久（国土交通省中国地方整備局福山河川国道事務所副所長） |
|                       | 3  | 地域の自主防災活動    | 青木 秀明（福山市西学区自主防災協議会長）           |
|                       | 4  | 身近でできる防災対策   | 豊田 千春（防災士、福山市春日学区自主防災会会長）       |
|                       |    | 修了式          | 松田 文子（福山大学 学長）<br>宮内 克之（工学部教授）  |

## 3. 受講料：1,000 円

## 4. 協賛および後援をいただいた機関

- (1) 協賛 国土交通省中国地方整備局、福山市、日本防災士会広島県支部  
日本気象予報士会広島県支部、福山西学区自主防災協議会
- (2) 後援 広島県

## 5. 受講者数および修了者数

- (1) 受講申込者 49 名
- (2) 受講者 48 名
- (3) 修了者 44 名

修了者 44 名の方には、学長自ら、お一人お一人に修了証書を手渡しました。

## 6. 防災士資格取得試験

防災士資格取得試験を、平成 27 年 2 月 22 日（日）に福山大学において実施した。結果は以下  
のようであり、合格率は 100%であった。

- (1) 防災士資格取得試験受験者 39名
- (2) 防災士資格取得試験合格者 39名



広島県危機管理監危機管理課防災担当監  
小原 友弘 氏の講義風景



防災士、気象予報士で医師でもある  
熊谷 智代 氏の講義風景



工学部 山田 明 講師の講義風景



福山市企画総務局総務部危機管理防災課長  
矢野 隆正 氏の講義風景



学長自ら、修了生お一人お一人に  
修了証書を手渡しました。



試験前の説明に聞き入る受験者