

福山大学
安全安心防災教育研究センター

2020年度 活動報告書

2021年12月

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

2020年度は新型コロナウイルス感染症のパンデミックの発生により、教育・研究に大きな打撃を受けました。遠隔での授業の準備に多くの時間を割かれ、また卒業研究生や大学院生も大学やフィールドで研究することもままならない状況でした。このような困難な状況下ではありましたが、全学を挙げた研究推進事業である福山大学ブランド研究プロジェクト「瀬戸内の里山・里海学」には大学より資金援助をいただき、活発な活動を継続することができました。当センターの主管する「ひと・まち・くらしプロジェクト」には上述の「瀬戸内の里山・里海学」に関連するプロジェクトが多数あり、これらの活動報告をまとめて掲載しています。「瀬戸内の里山・里海学」は、その里海に関わる部分について私立大学研究ブランディング事業（2017～2019）に採択されており、本活動報告でも、里海関連とその他に分類しています。その他のテーマとして、防災や地域遺産、介護・看護に関わるものなど多岐に亘って、里山、里海に囲まれた“まち”（“里”とも考えられる）の人々が持続可能に生活していくことを目的とした様々な課題に取り組んでいます。また、災害避難や交通安全など安全安心防災に関わるものをはじめ「瀬戸内の里山・里海学」関連以外の工学部独自の「ひと・まち・くらしプロジェクト」も多数活動しており、それらの活動内容を掲載しました。

本センターは建築建造物の強度向上や評価を目的としたハイテクリサーチセンターを発祥としており、西日本最大級を誇る構造試験設備をはじめ、種々の構造・材料に関わる研究・試験施設を有しています。これら施設を活用した鉄筋やコンクリート構造の強度評価、木造建造物の耐力特性評価、特殊な金属素材の開発など様々な研究が行われており、センターの施設を活用した研究として掲載しました。

一方、本センターは、地域防災リーダー養成講座（「地域防災基礎」、 「地域防災応用」）、 「実践地域防災学」、 未来工学プロジェクト「防災について考える」といった防災教育を継続して実施しており、例年各学部より多くの受講があり、毎年地域防災リーダーを輩出しています。本報告では、「地域防災リーダー養成講座」と「実践地域防災学」の実施状況を報告しました。

安全安心防災教育研究センター

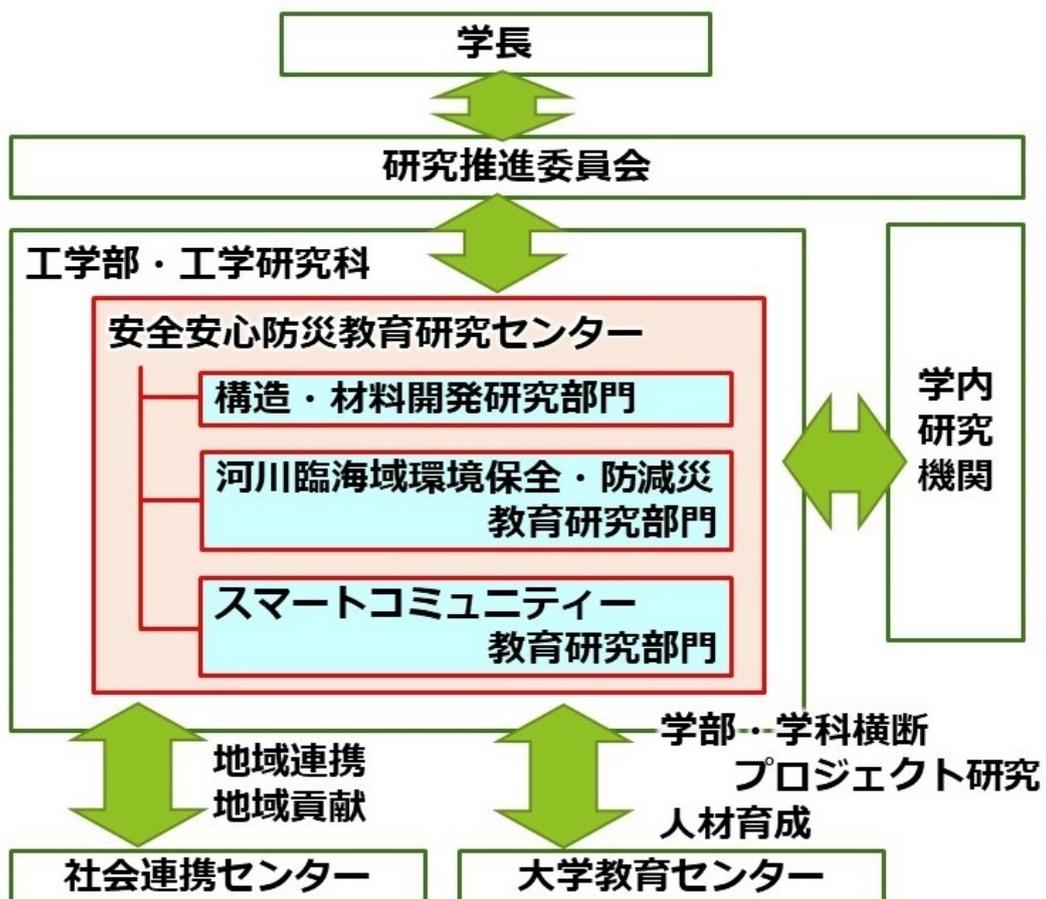
2020 年度 活動報告書 目次

巻頭言 活動報告書発行にあたって：センター長 仲嶋 一

1. 組織および運営.....	1
1.1 組織図.....	2
1.2 センター体制（2021 年度）.....	3
1.3 運営委員各担当（2021 年度）.....	4
2. 研究活動.....	5
2.1 ひと・まち・暮らしプロジェクト.....	12
(A) 瀬戸内の里山・里海学関連（私立大学研究ブランディング事業関連）.....	12
(B) 瀬戸内の里山・里海学関連（その他の瀬戸内の里山・里海学）.....	31
(C) 一般研究テーマ.....	45
2.2 兼務教員による研究プロジェクト.....	53
(A) センター施設を利用した研究.....	53
(B) 一般研究テーマ.....	71
2.3 研究資金獲得一覧.....	78
2.4 研究業績一覧.....	80
2.5 特許一覧.....	87
3. 教育活動.....	88
3.1 防災士関連.....	89
3.2 その他.....	92

1. 組織および運営

1. 1 組織図



1. 2 センター体制 (2021 年度)

	所属	氏名	兼任	運営 委員	ひと・ま ち・くらしプ ロジェクト	大学研究 プロジェクト
センター長	スマート	仲嶋 一	○	○	○	○
副センター長	建築	都祭 弘幸	○	○		
工学部長	機械	加藤 昌彦		○		
研究科長等協議会議長	生命栄養	井ノ内 直良		○		
社会連携センター	社会連携センター	中村 雅樹	○	○		
構造・材料開発研究部門						
部門長	建築	(都祭 弘幸)	(○)	(○)		
	スマート	宮内 克之	○			
	建築	山田 明	○	○		
	機械	中東 潤	○			
河川臨海域環境保全・防減災教育研究部門						
部門長	スマート	(仲嶋 一)				
	大教セ	津田 将行	○	○		
	グリーンサイエンス	中越 信和	○			
	社会連携推進センター	尾島 勝	参与			
	スマート	香川 直己	○			△
スマートコミュニティー教育研究部門						
部門長	スマート	関田 隆一	○	○		○
	建築	伊澤 康一	○	○	○	○
	建築	佐藤 圭一	○		○	
	情報	中道 上	○	○	○	
	機械	小林 正明	○	○	○	
幹事	工学部事務	山崎 護		○		

1. 3 運営委員各担当（2021年度）

	所属	氏名	担当
センター長・部門長	スマート	仲嶋 一	センター運営, 部門運営 ひと・まち・くらしPJ再編 予算申請
副センター長・部門長	建築	都祭 弘幸	部門運営 成果報告 (予算申請)
	機械	加藤 昌彦	アドバイザー
	生命栄養	井ノ内 直良	アドバイザー
	機械	加藤 昌彦	アドバイザー
構造・材料部門	建築	山田 明	HP・教務
河川臨海域部門	大教セ	津田 将行	安全・教務
スマコミ部門長	スマート	関田 隆一	部門運営 安全
スマコミ部門	建築	伊澤 康一	成果報告
	情報	中道 上	HP
	機械	小林 正明	コンプライアンス

2. 研究活動

ひと・まち・くらしプロジェクト

瀬戸内の里山・里海学関連（私立大学研究ブランディング事業関連）

アブストラクト

■海中探査ロボットシステムの開発

／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

工学部・情報工学科 池岡 宏..... 12

藻場に生息する魚類の観察を目的とする海中ロボットシステムを開発している。令和2年度は、水中ドローンによる藻場探索を支援する人工知能（AI）の開発を試み、藻場と地面領域を同時に認識可能なAIの開発に成功した。この認識処理は非常に高速であり、リアルタイム処理が可能なことを確認した。ロボット本体に関しては、船体構造およびスラストの改良を進めた。（海中音響ビーコン/通信システムの研究については別に報告）

■海中探査プロジェクト 海中音響ビーコン/通信システムに関する研究

／工学部・スマートシステム学科 仲嶋一、田中聡、伍賀正典、沖俊任

工学部・機械システム工学科 内田 博志（研究代表）

工学部・情報工学科 池岡 宏..... 15

瀬戸内海は透明度が低く、藻場探査 ROV や計測機器での通信や位置特定に光を使用することは困難で、音響による通信や位置特定が必要となる。圧電トランスデューサを送受信素子とし、BPSK 変調にて M 系列信号を発生する回路を FPGA にて構成して、伝送路特性の評価を行った。小型の水槽にて約 300mm の近接状態では、アイパターンは十分に開くことが確認できた。今後は、大型の水槽および実際の沿岸域での評価を実施する。

■衛星画像藻場分布

／安全安心防災教育研究センター スマートコミュニティ教育研究部門 関田隆一..... 19

里海の豊かさを藻場の状態（色や面積）で地球観測衛星によるリモートセンシングデータを使って定量化し、持続的な状態モニターにより藻場の経年変化を把握する技術確立を目的の研究である。本研究では、これまでの大気補正に加えて、海水の塩分、透明度及び夏の海水温を解析アルゴリズムへ組み込むことで解析精度 73%を達成した。また藻場が陸域の人の活動により受ける影響をモデル化する第一歩として造船活動と藻場生育の相関について分析を開始した。

■養殖水槽におけるシロギス成長と温度・照度の関係

—瀬戸内里海の次世代養殖システムの開発研究—

／工学部・建築学科 伊澤 康一..... 25

「テッポウギス」の安定養殖という課題を「AI を用いた自発給餌システム」によって解決することに着目し、本研究では、水槽の熱・光環境と養殖魚成長の関係性を明らかにするとともに、人工知能学習のための教師データとしての基礎データを得ることを目的とした。水槽 A（R1 生まれ）よりも水槽 B（R2 生まれ）の方が、成長が早い傾向が見られた。水槽 B（R2 生まれ）では、気温の高い夏季を 1 ヶ月長く経験したことによって、活発化し餌をよく食べた可能性がある。また、水槽 B（R2 生まれ）では、低照度の水槽環境によって、夜行性となり餌をよく食べた可能性もある。

ひと・まち・暮らしプロジェクト

瀬戸内の里山・里海学関連（その他の瀬戸内の里山・里海学） アブストラクト

■里山の災害対策のためのIoTシステムに関する研究

／工学部・スマートシステム学科 香川直己、

工学部・情報工学科 山之上 卓、金子邦彦 森田翔太..... 31

光通信と無線通信を組み合わせる里山にセンサネットワークを張り巡らせ、これをインターネットと接続した災害対策用IoTシステムを研究開発している。里山をきれいに保つための、廃棄物再生への応用も模索している。今年度は、レーザ光線の追尾系の高精度化、センサネットワークの試験運用、Bigdata 解析のためのデータ収集および保持システムの作成、音響分析における実データ収集と雨滴のエネルギーセンサの開発を行った。

■移動型光センサネットワークのための光軸自動追尾装置の高精度化

／工学部・スマートシステム学科 香川直己..... 33

大気中の温室効果ガスを非接触、リアルタイムで測定する手法として、赤外レーザ光線を利用した分光分析法の研究を続けている。これを屋外の通信ネットワークに適用すれば、センサネットワークとしても活用でき、センシングに利用可能である。このシステムはネットワーク（ノード）を移動させながら計測し、広範囲を計測エリアにすることを想定しているため、レーザの光軸を追尾するトラッキング機能を開発し高精度化を図っている。

■特徴量抽出を用いた大気中二酸化炭素の濃度変動と気象現象との関連性の検討

／工学部・スマートシステム学科 香川直己..... 35

大気中CO₂濃度の時間的、空間的变化には、気候、気象、地形、人為活動など様々な要素に起因すると思われる複合的な特徴が含まれ、これを逆問題として分析することで異常を検知することも期待できる。そこで、福山大学工学部棟屋上で計測しているCO₂濃度データに季節自己回帰和分移動平均（SARIMA）モデルを適用し、トレンド、周期、残差の3つの特徴量に分解し、松永測候所で記録された降雨現象との関連性を検討した。

■「地域遺産」としての松永塩田と備後柿渋 —備後地域遺産研究会 2020 活動報告—

／工学部・建築学科 佐藤圭一..... 37

本稿は、2016年度から福山大学ひと・まち・暮らしプロジェクトの一環となった「備後地域遺産研究会」（代表：佐藤圭一、活動拠点：ひとまち暮らしPJ室2（03204号室））の2020年度活動報告である。2020年度は、福山大学研究ブランディング事業予算などを得て、教育・研究・社会活動を展開した。研究会の中心メンバーは、著者の指導する建築学科のゼミ学生である。

■看護・介護を支援するスマートシステムに関するプロジェクト～マルチマイクロホンアレイ化～

／工学部・スマートシステム学科 仲嶋一、香川直己、田中聡、伍賀正典..... 39

病院での入院患者や高齢の要介護者のためのスマートベッドシステムを開発している。複数のマイクロホンをベッドのヘッド／フットボードに設置し、それらでピックアップされた音波信号の処理により音源を推定し、そのスペクトル的特徴と発生位置およびその移動を入力として深層学習に依りベッド内の対象者の行動を推定することを目標としている。各ボードに4個のマイクロホンを設置して音源推定を行った結果について述べた。

■透析患者向け医療ベッドの開発 ／工学部・情報工学科 中道上.....	43
--	----

指差しジェスチャによるマウスカーソルの移動を利用したポインティングシステムとして、Remote Touch Pointing の研究を進めています。現在、これまでに開発したポインティング技術を応用して、透析患者が人工透析中においても仕事が可能な医療ベッドの開発を進めています。天井ディスプレイとそれに対して非接触操作が可能なベッドを試作しています。

ひと・まち・くらしプロジェクト

一般研究テーマ

アブストラクト

■ 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 45
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。とくに防災への適用を進めています。学校などの屋内施設におけるセンサーネットワーク環境についても研究を進め、わかりやすい避難誘導インターフェースの開発、また実際のフィジカル空間での実験やサイバー空間での実験を行っています。

■ 運転者の体格の違いが踵を床に置くペダル操作に及ぼす影響

／工学部・機械システム工学科 関根康史 47
近年、高齢運転者によるブレーキとアクセルペダルの踏み間違い事故が社会的な問題となっている。なお、健常者の高齢運転者がペダル踏み間違い事故を起こす場合、自動車のペダル段差や踵を置く位置等といった、加齢による身体機能の低下以外の要因も影響すると考えられる。本研究では、加齢による身体機能の低下の影響の無い若年者を被験者として、踵を置く位置と運転者の体格の関係について分析を行った。

■ 幹線道路渋滞交差点の通過時間の増減と生活道路の安全性低下との関係についての分析

／工学部・機械システム工学科 関根康史 49
国道2号と県道244号が交差する「明神町交差点」において、交差点通過に要する時間の観測調査を実施し、幹線道路の渋滞状況と生活道路に流入する自動車の増減および安全性の低下に関係性がみられることを明らかにした。すなわち、幹線道路が渋滞する朝夕の通勤時間帯に、並行する生活道路に多くのクルマが流入する。道路幅員の狭い生活道路に多くの自動車が走行することにより、その安全性は低下する。

■ 超小型モビリティの開発

／工学部・機械システム工学科 小林正明 51
超小型モビリティは、自動車よりコンパクトで小回りが利き、環境に優れ、地域の手軽な移動の足となる1人から2人乗程度の車両である。本研究は、この超小型モビリティの可能性を検討し新しい超小型モビリティの開発を行っている。2019年度には、48Vの電源で駆動する電動の超小型モビリティを試作した。2020年度には、2019年度に製作した試作車の走行実験をもとに改良を行った。

兼務教員による研究プロジェクト センター施設を利用した研究 アブストラクト

■ 超高強度コンクリートを用いた耐震壁架構の耐震性能に関する研究
／工学部・建築学科 都祭弘幸..... 53
超高層建築物の下層階に用いる超高強度コンクリート（120N/mm²級）連層耐震壁の工業化を図るため、付帯柱をプレキャスト化した架構が提案された。本研究は、PCa付帯柱と場所打ちコンクリート壁板からなる連層耐震壁について、縮尺1/6の連層耐震壁3体の曲げせん断実験を実施し耐震性能を確認するものである。その結果、荷重変形関係および付帯柱－壁板間の接合部（鉛直接合部）のせん断伝達性能について一体打ち連層耐震壁と同等の性能を有することが確認された。

■ 集成材を芯材としたハイブリッド RC 柱の圧縮特性に関する解析的研究
／工学部・建築学科 都祭弘幸..... 56
コンクリート圧縮強度と同程度の強度を有する集成材を芯材としたハイブリッド RC 柱の圧縮特性について、構成材料の応力度－ひずみ度関係を仮定し、ひずみ増分による断面解析を行った。解析結果は、集成材の断面積に係わらず実験結果を比較的精度良く再現することができた。集成材を芯材とするハイブリッド RC 柱の圧縮特性は最大軸耐力だけでなく、軸ひずみ度に応じた累積強度が推定可能である。

■ 木造耐力壁の塑性域における剛性に着目した解析と実験
／工学部・建築学科 山田 明..... 59
本研究では、木造住宅を対象に、降伏後の剛性付加が最大変位を低下させる効果を、解析・実験により検討した。解析では、エネルギー一定則に加え、地震応答解析を取り扱った。実験では、木製筋かい・ボード等の各種耐力壁に鉄筋ブレースを並列した供試体を製作した。鉄筋ブレース端部のボルト孔はルーズホールとし、耐力壁本体の降伏後にブレースが効くように設計した。実験結果から鉄筋ブレースの付加剛性への寄与を確認した。

■ 水素処理 $\alpha+\beta$ 型チタン合金の超塑性特性に及ぼす圧延条件の影響
／工学部・機械システム工学科 中東潤..... 68
これまでの研究で、水素処理法によって微細組織化した $\alpha+\beta$ 型 Ti-6Al-4V 合金は優れた超塑性特性を示すことがわかっているが、水素処理工程の一つである熱間圧延時の圧下率が超塑性特性にどのように影響するかについてはまだわかっていない。そこで本研究では、さらなる超塑性特性の向上を目指すために、水素処理 $\alpha+\beta$ 型 Ti-6Al-4V 合金の超塑性特性に及ぼす圧延条件（圧下率）の影響について調べた。

各教員による研究プロジェクト

一般研究テーマ

アブストラクト

■ 室内熱環境における「温度想像力」養成に関する研究

～福山における冬季・春季調査～

／工学部・建築学科 伊澤康一..... 71

地域の気候風土を活かす高性能住宅のポテンシャルを引き出すには、住まい手が「環境調整行動」を上手に行なうことが重要である。「環境調整行動」を発現させるには、“今、何℃であるか？”と想像できる「温度想像力」を備えている必要があると考えた。本研究では、「温度想像力」を養成することを目的として住育実験を実施した。被験者が温度を想像した後に、実際の空気温度を確認する作業を繰り返すことによって、「温度想像力」が養成されるか否かを明らかにすることを試みた。その結果、住育実験によって「温度想像力」がある程度養成されることが確認できた。

キーワード：里山里海、海中探査、水中ロボット、音響ビーコン、人工知能

里海の海中探査プロジェクト：海中探査ロボットシステムの開発

安全安心防災教育研究センター

内田 博志 教授 Hiroshi Uchida 博士（工学）

専門分野：最適制御、最適設計、信号処理、統計解析、品質工学

E-mail : uchidah@fukuyama-u.ac.jp



研究概要

■ 研究の目的

藻場に生息する魚類の観察を目的とする海中ロボットシステムを開発する。場所や形状が不定である藻場を効率的に探索し、海水の濁りや複雑形状の海底が存在する環境下での観察に対応可能なシステムとする。海中、海上、上空から多角的・多面的な探索を行う海中探査ロボットシステムを実現する。この概念図を図0に示す。

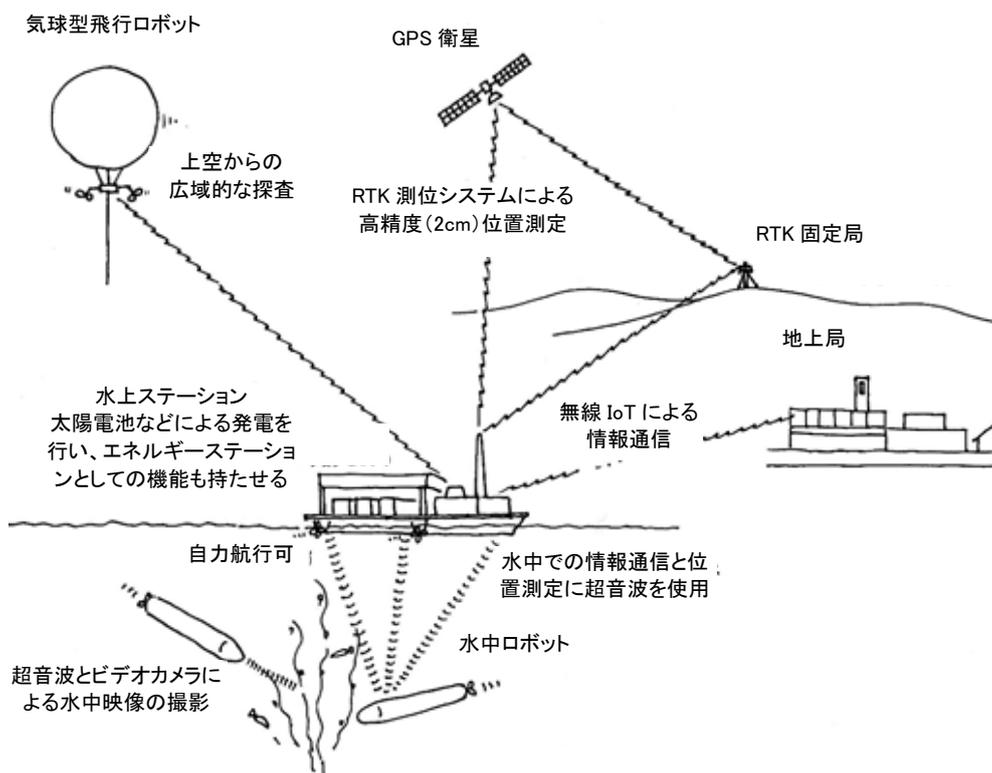


図0. 海中ロボットシステムの概念図

本研究課題は以下の3つのサブテーマで進めている。

- ① 海中ロボットシステム（担当：内田博志（教授））
- ② 海中音響ビーコン／通信システム（担当：仲嶋 一（教授））（別報告に記載）
- ③ 人工知能を用いた自律航行技術（担当：池岡 宏（准教授））

以下に、それぞれのこれまでの研究成果を述べる。

■ 研究成果

1. 海中ロボットシステム

海中ロボットは、藻場の中を移動することを想定して自由度の高い小型紡錘形状とし、スラスタ

は、藻への絡みなどを防止するため、プロペラが大きく露出しない形とした。またラダーは設けず、ロボットの5~6自由度を3軸の推進器で制御する非ホロノミック系として捉えることとした。

図1-1に初期型として製作した海中ロボットを示す。このロボットは、スラストとしてホビー用水中モーターを流用した物であったが、推進力が弱く運動性能に欠け、またスラスト内部への水漏れを原因とする動作不良をしばしば生じた。このため新たに、家庭用や産業用の小型ポンプをスラストとして利用した改良型の海中ロボットを製作した(図1-2)。

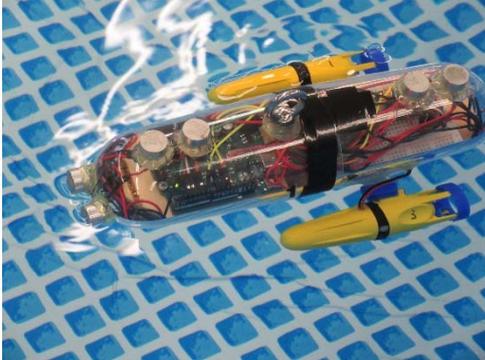


図 1-1. 初期型海中ロボット

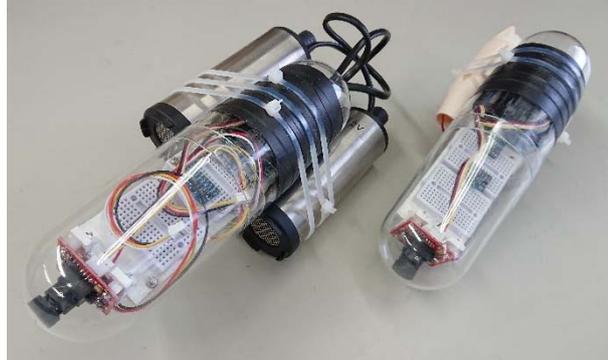


図 1-2. 改良型海中ロボット

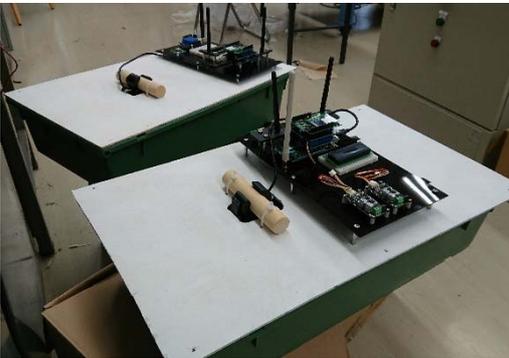


図 1-3. 海上ロボット (甲板側)



図 1-4. 海上ロボット (船底側)

図1-3および図1-4に、海中ロボットと連動させる海上ロボットの写真を示す。この海上ロボットは、長距離無線通信モジュールやIoTモジュールを備え、地上局との直接通信やインターネットを介してのデータ伝送が可能な構成としている。またRTK測位システムやみちびき対応GPSを備え、海上ロボットの高精度な位置同定を可能としている。底部には大小2つのアクリル製ドームを備え、その内部に360度カメラと小型デジタルカメラを配置している。これらは、海面から海中の藻場を探索することや、海中ロボットの位置測定を行うことを目的とするものである。

2. 藻場探索のための人工知能を用いた自動航行

海中に点在する藻場を、手動操作による水中ドローンで探索した場合、非常に多くの時間と人的コストを要する。そこで、水中ドローンによる藻場探索を支援する人工知能(AI)の開発を試みた。なお、AIは藻場認識、藻場探索の二つの能力を必要とするため、これらを別々に開発しているが、本年度は、前者の開発に注力した。

藻場認識用AIの開発にあたって、探索および観測の対象となる藻場認識機能のみならず、自動航行にあたって必要となる障害物認識(岩や地面)の認識機能の実装も行った。なお、各種ライブラリを比較検討した結果、AI実装に用いるライブラリとしてDeepLabのv3の採用を決めた。実装にあたっては、水中ドローンより撮影された動画データより、無作為に選択した10枚の画像に対して、手動で藻場領域指定(アノテーション設定)を行い教師データの作成を行った。なお、複数のアノテーション設定方法を試み、これをもとにDeepLabによる転移学習を行った結果、藻場領域の認識に成功した。さらに、同様に地面認識のための教師データを作成し、両者をあわせてAIに転移学習させた結果、図2-1に示すような藻場および地面領域を同時に認識可能なAIの開発に成功した。加えて、水中映像データに対して認識処理を実行したところ、非常に高速に処理できることから、リアルタイム処理が可能なることも確認できた。



図 2 -1 AI による藻場および地面認識の様子（赤領域：藻場と認識，緑領域：海底と認識）

キーワード : undersea research, acoustic communization, acoustic beacon, seaweed bed

海中探査プロジェクト 海中音響ビーコン/通信システムに関する研究

工学部 スマートシステム学科

仲嶋一 教授 Hajime Nakajima 博士 (工学)

専門分野 : 計測技術, 波動応用技術, 光応用技術, センサ情報処理技術

E-mail : nakajima.hajime@fukuyama-u.ac.jp



研究概要

海中探査において、情報通信は基本的に音波によって行われる。また、瀬戸内海は透明度が低く藻場探査のような沿岸での ROV 活動であってもその位置を光学的に特定することは難しく、音響による位置特定が必要となる。過去の研究においては、200kHz を発信周波数とするソナーを送受信器として検討を行ってきたが、指向性が非常に高く物理的に送受信器を偏向する以外に方向制御することが難しく通信開始時または相手位置喪失時にビーコンとして適用することが困難であること、送受信モジュールが搭載機器に対して大きくなることから、小型の圧電トランスデューサの適用を検討した。本活動報告では、その検討状況を報告する。

なお、本研究は、ひと・まち・くらしプロジェクト (スマートシステム学科 仲嶋一、田中聡、伍賀正典、沖俊任、機械システム工学科 内田博志 (研究代表)、情報工学科 池岡宏) 内の研究であり、そのサブプロジェクトである海中探査ロボットシステム、藻場環境観測システムへの適用をターゲットとしている。

研究背景

我々は福山大学が推進する研究プロジェクトである「瀬戸内の里山・里海学」の一つのサブプロジェクトである「瀬戸内の海中探査」プロジェクトに取り組んでいる。このプロジェクトは、海のゆりかごとも呼ばれる沿岸域の藻場に移動・固定の観測機器を導入し、藻場の環境、生育状態、藻場内の生態系を観測するというものである。瀬戸内海は栄養分が多く豊穡の海である反面、微生物や流れ込む河川の影響で透明度が低く、水深 5m 程度の藻場と言えど上記観測機器の位置を海上から光学的に特定することは極めて困難である。また、藻の生い茂る中を優先の ROV で移動することは、テザーが藻に絡まり航行不能になる可能性が高く、テザーレスによる航行システムも開発中であるが、このようなテザーレス自律航行システムでも、海中における自機の位置の把握が必須となる。このような要求に基づき、我々は海中における位置特定のためのビーコンシステムの開発を担当している。

透明度の低い水中の伝搬では光を含む電磁波の使用が不可能であり音波がもっぱら用いられ、情報通信においても高透明度、極近距離といった特殊環境を除いて唯一の手段である。このため、情報通信を兼ねた位置特定ビーコンシステムの構築を最終目標とした。

研究内容

■ システム概要

図 1 に提案する海中音響ビーコン/通信システムの概念図を示す。海中機器、母船搭載機器は同等の送受信機能を持つことを想定しており、複数の圧電トランスデューサーによる送受信素子アレイと信号処理ユニットからなる。藻場観測において母船は ROV に追従して移動するものとし、ROV の動作水深を 5m 以浅として通信距離を 10m と設定した。また、搭載を予定している ROV は定位置での観測を主目的としており、高速で移動する仕様とはなっておらず、速度としては 0.5 knot 程度になる見込みである。

ROV や固定観測器等海中機は藻場の中で用いられるため 0.5m 以下程度の小型に設計される。このような小型機に搭載されるため、送受信素子アレイのベースライン長としては 0.2 m~0.3 m 程度に抑える必要がある。このような条件で各受信機より得られるビーコン波の位相から伝搬時間差を計測するため周波数はなるべく高いほうが有利であり、また本システムを情報通信にも併用す

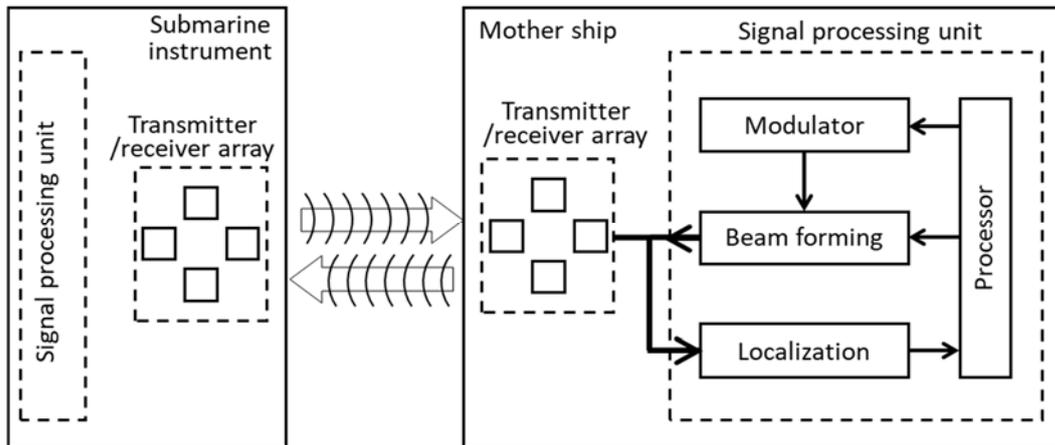


図 1. 海中音響ビーコン／通信システム概念

ることから、通信帯域を広げるためにも搬送周波数は高い程有利である。一方、音波では電磁波に比べて送受信機器の移動や海流によるドップラー広がりやマルチパスによる遅延広がりが大きいことや[3]、高周波になるほど伝搬損失が大きくなることから搬送周波数を際限なく高くすることはできない。また圧電トランスデューサの発信可能周波数にも限界がある。ドップラー広がりを検討すると、ドップラー広がり Δf は距離を L 、移動体の速度または海流の伝搬方向成分を v 、音速を c 、音響周波数を f とした場合、到達波の位相変動 ϕ は、

$$\phi = 2\pi L \frac{v}{c^2} \cdot \dots (1)$$

で求めることができる。研究開始当初入手性の良さから発信周波数 200kHz のレジャー用ソナーの適用を検討したが、指向性及びモジュールサイズの問題から小型圧電トランスデューサの適用の検討を進めている。 $L=10\text{m}$ 、 $c=1500\text{m/s}$ 、許容位相変動を BPSK の限界である $\pi/2$ (1/4 周期) とすると、200kHz の場合は許容速度が 0.28m/s (0.55knot) となり、ROV の航行能力に対してマージンのない値となる。ROV の航行速度を計画の倍の 1knot として、ドップラー広がり Δf のマージンを限界位相ずれの半分に規定すれば、搬送波の周波数は 50kHz となる。

藻場では海底や岩礁など近接して多くの反射体が存在し先に述べたマルチパスによる遅延広がりにより信号劣化を引き起こす。また、海面も刻々と反射角度を変化させる除去の困難な動的障害となる。このため、ビーコンと母船送受信機広がり角の狭いビームで相互に音響信号を伝送し合うことが好ましい。一方、個々の送受信素子アレイにとって送受信相手の機器がどの方位に存在しているかは不特定であるため、全方位に亘って狭角のビームを形成する必要がある。このような要求から、送受信素子アレイは、水平円周上に複数の素子を配置した構成とし移相器によって個々の素子へ入力する信号の遅れ時間を制御することで角度選択性の高い狭角の音響ビームを形成する。図では 4 方位に素子を配置しているが、各素子の発信音響波が干渉しなければならないため、個々の素子の広がり角によって配列の個数を設定する必要がある。

■送受信評価計系の構築と評価

送信には駆動部外形 5×5 mm、駆動長 20 mm 共振周波数 69 kHz の積層セラミックアクチュエータ (Tokin AE0505D16DF) を用いた。また、受信には、φ20 mm、共振周波数 5 MHz の超音波振動子を用いた。防水のためアクリルのカバー内にエポキシ樹脂で封入した。送信側のアクチュエータは駆動端がアクリル枠の開口部に近接するように配置している。駆動には、MOS トランジスタのプッシュプルを用い矩形波を入力する。波形生成は FPGA (CycloneIV) を用いている。アイパターンを評価するため、シンボルの波形は M 系列とし、図 2 に示すように生成多項式を (1,4) とする 4bit 生成回路を構成した。搬送波 f_c は 50 kHz、1 シンボルを搬送波 8 波で構成し、シンボルの H/L により搬送波の符号を反転させて BPSK 変調となるようにしている。

図 3 に示すように小型の水槽内に試作した上記送受信素子に対応させ、約 300mm の短距離におけるより伝送特性を評価した。図 3 に評価実験系の構成を併せて示している。PC は FPGA 回路設計とプログラムのダウンロードと復調処理を受け持つ。復調の信号処理は Simulink によりソフトウェアとして実施した。実機の試作時には Simulink のモジュール構成をハードウェアに置きなおしてリアルタイム化を行うことになる。FPGA は PC により書き込まれた M 系列 BPSK 変調回路により M 系列のシンボル配列を繰り返して出力するし、駆動回路を介して送信器より水中に音

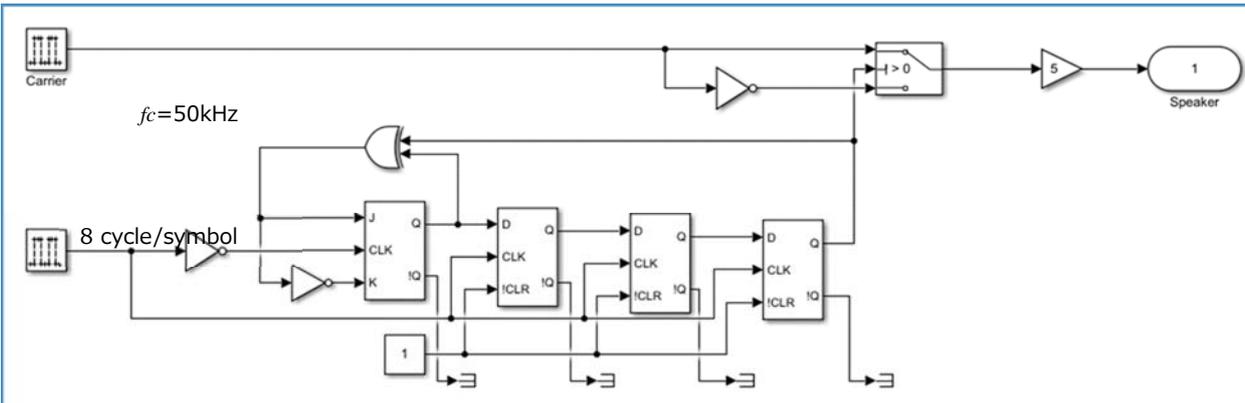


図 2. 送信側信号生成回路の構成

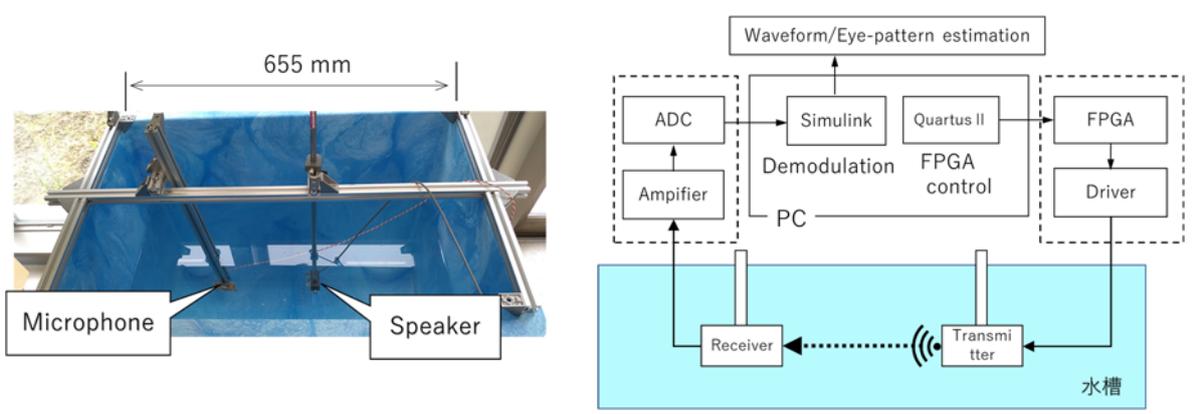


図 3. 伝搬測定評価における送受信器の設置状態と評価実験系の構成図

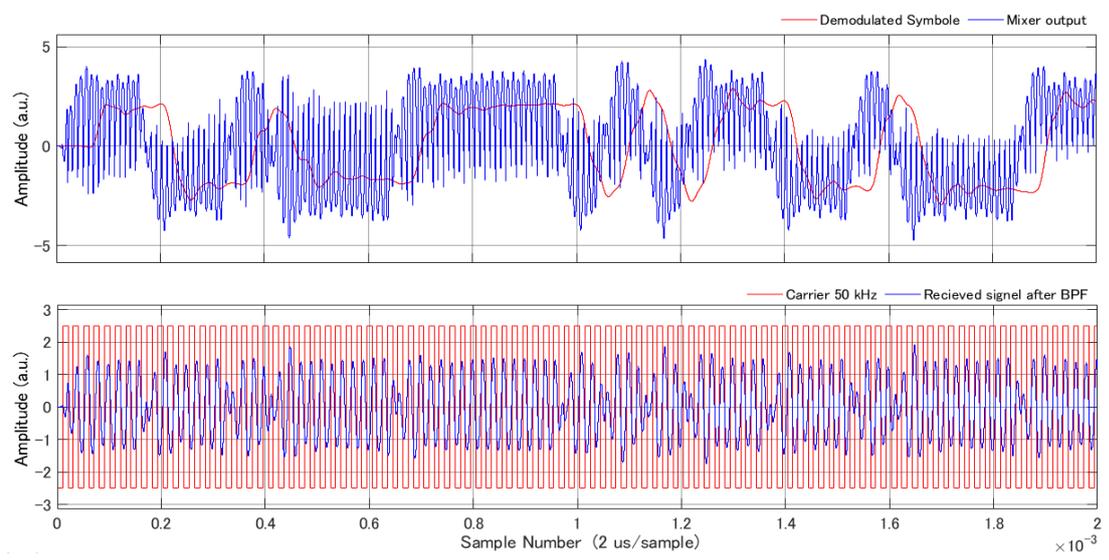


図 4. 受信波形 上段：復調シンボル波形（赤）、ミキサー出力（青）、
下段：50 kHz キャリア（赤）、BPF 通過後の受信波形（青）

波として放射される。伝搬後の音波は受信機によりピックアップされ増幅器で増幅されて A/D 変換されて PC に送られる。増幅器は、初段が遮断周波数 60kHz の 1 次 LPF、次段が通過帯域 160 Hz~200kHz の 2 次 BPF で構成されている。

Simulink による処理波形を図 4 に示す。ミキサー出力にシンボル値による変化が表れており、その LPF 出力にシンボル復調信号が得られているのが分かる。シンボル復調信号によるアイパターンを図 5 に示すが、明瞭にアイが開いている。但し、これは送受信器間を非常に近接させた結果

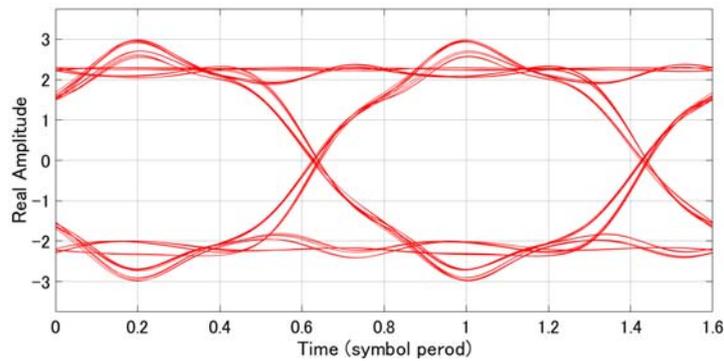


図 5. アイパターン

であり、距離を拡大させると信号に対して反射波によるマルチパスの影響が大きくなりアイが崩れてくる。より大きな水槽による送受信特性の把握が必要である。

■まとめと今後の展開

圧電アクチュエータを用い、短距離の通信路において 50 kHz の搬送波によるアイパターン評価を行い良好な特性を得た。しかしながら、本評価は近距離の送受信素子 1 対による水槽実験であり、長距離における特性や複数のアレイ素子を用いた指向性向上によるマルチパスの影響の削減効果の検討、合成開口によるビーコン波の掃引など、多くの検討課題が残されているが、まずは因島の水族館大水槽及び実際の海中での長距離伝送実験を行い数～10 m の伝送によるマルチパスの影響の把握が必要と考えている。

キーワード：リモートセンシング、海洋観測、画像分析、持続可能性

里海の海中探査プロジェクト 衛星画像藻場分布

安全安心防災教育研究センター スマートコミュニティ教育研究部門

関田 隆一 部門長 Ryuichi Sekita 博士(システム・マネジメント)

専門分野：システム工学、システム安全、マネジメント、宇宙機推進系

E-mail : sekita@fukuyama-u.ac.jp



研究概要

里海の豊かさを持続可能性を伴って維持するには、海の状態やその植生を表すパラメータについて季節や経年変化を計測することが不可欠となる。本研究は地球観測衛星によるリモートセンシングデータから瀬戸内海の藻場の分布状況を精度付きで観測し、里海の豊さを定量的に把握するものである。

1. 研究目的

里海の豊かさを藻場の状態（色や面積）で地球観測衛星によるリモートセンシングデータを使って定量化し、持続的な状態モニターにより藻場の経年変化を把握する技術を確認することが本研究の目的である。特に本研究では、藻場が海岸周辺の人々の活動により受ける影響及び里山から河川を伝って排出する砂等で受ける影響をモデル化する技術の確立まで踏み込む計画であり、これは従来研究にないもので意義が大きいと言える。

2. 研究計画

目的を達成するために立てた 2017 年度からの研究計画は以下の流れである。

- ① リモートセンシングと沿岸観測の現状を知る（2017、2018 上期）
- ② 地球観測衛星データから藻場を識別する解析技法の研究（2018～）
- ③ リモートセンシングの位置付けと対象衛星の研究（2018、2019）
- ④ 地球観測衛星データ収集、解析及び現地観測による検証（2018～）
- ⑤ 藻場増減要因の研究とモデル化に向けた考察（2019～）
- ⑥ 藻場の持続的発展に向けた陸域の活動と藻場増減モデル化（2020～）

2019 年度まで計画どおりに研究を進捗させ、藻場解析技法は精度 66%まで達成したが、環境省調査での解析精度 71%を越える目標の達成が 2020 年度に残った。

以下 3 項目が 2020 年度からの研究目標である。

- I. 地球観測衛星データから藻場を識別する解析精度について環境省精度を上回ること
- II. 藻場増減要因研究の一環として藻場の季節変化及び経年変化をデータでとらえる
- III. 陸域の活動及び自然環境変化による藻場増減モデル化

3. 研究成果

3.1 研究計画①～④の成果

海洋リモートセンシング研究は、グローバルな気象変動を解明する大気と水の循環が主であり、一地域に絞って沿岸域のデータ解析を行う研究は少ない。海洋観測に比べて沿岸域観測に困難が加わる点は以下の 2 点である。

- ✓ 複雑な地形の沿岸域を解析するため「高解像度の画像」が必要
- ✓ 川からの土砂による影響を知るため「高い波長の分解能画像」が必要

現在、沿岸域観測に適した地球観測衛星がなく、陸域用地球観測衛星のデータを使わずを得ない。その中で月 1 回程度は晴天の因島周辺データを得られること、2019 年度までで解析上の課題を克服してあること及びデータを無料で得られることから欧州の Sentinel-2(10m 画素)を選定した。アメリカの Landsat-8 データ(30m 画素)は画像補正済でデータとして使いやすいが、2019 年 2 月以降、消散係数比を算出できなくなりその状態が改善していない。またアメリカのデジタルグローブ社の商用地球観測衛星

World View シリーズは高解像度 (1.38m 画素) の画像を誇るもので、本研究で 2 日分の画像データを購入した。World View 衛星では、因島全体に雲がかからず撮像できているデータが限定的で Sentinel-2 よりも選択できる日数が少ない。また World View 衛星の撮像データを藻場識別に使う場合、消散係数比の算出に独特の工夫が必要でその結果、高解像度が活かしきれず識別精度は Sentinel-2 と同等であった。以上から本研究の藻場識別では Sentinel-2 衛星データを使えば十分であると判断した。

本研究では広島大学の研究成果を基に、Bottom Index (BI) による藻場分布解析技法について MATLAB 上で解析アルゴリズムを構築した。BI は Lyzenga が提案した技法で、異なる 2 バンド (青と緑) の画像を比演算し、両バンド画像の間で反射率が異なる藻類を抽出するもので、その原理を図 1 に示す。

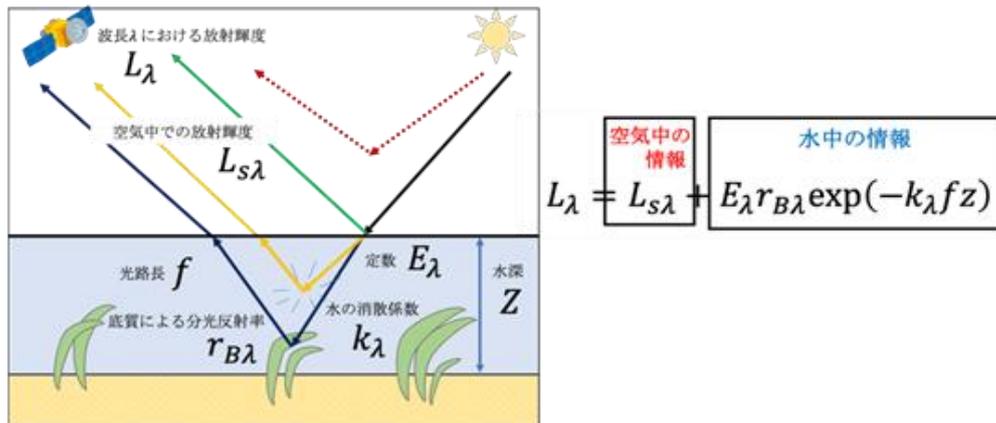


図 1 地球観測衛星センサーが検出する放射輝度による藻場識別の原理

この解析技法に空気中での放射輝度が散乱により低下する分を補正する技法として、2019 年度までに暗画素法と相対大気補正の両者を適用する研究を行い、藻場解析精度 66%を得ている。

3.2 2020 年度の研究成果

2 章に示した目標 I として、2019 年度までに得た解析精度を環境省調査の精度 71%を越えるまで向上させることとした。そのために以下 2 項目に取り組んだ。

(1) 海中補正

先行研究サーベイの成果から「塩分が低い、かつ、透明度が低い (=濁度が高い)、かつ、夏の海水温が高い海域では、藻の生育度が低くなるので、地球観測衛星データからの識別が困難」という仮説を立てた。

地球観測衛星データのある 2 つの周波数の反射率比から塩分、透明度及び海水温を推定することが可能で、因島の現地観測データ及び広島県水産海洋技術センターのデータを使って検証した上で一般化推定式を考案した。

塩分、透明度及び夏の海水温の藻の生育を低くするしきい値は以下と設定した。

- ① 塩分：藻の生育を低くする低塩分濃度は先行研究で報告がないため、因島周囲 30 ポイントを抽出し、その平均から標準偏差 (1σ) 引いた値とした。
- ② 透明度：環境省は、透明度が 1m より低いと藻の生育に影響があると報告しているが、因島沿岸域では、透明度が 1.5m より低いと藻の生育に影響があると考察できたため、1.5m と設定した。
- ③ 夏の海水温：本学海洋生物科学科の研究成果によると因島沿岸域に生育するアカモクの生育上限温度が 27℃であるため、27℃と設定した。

2020 年 2 月の地球観測データからの上記 3 項目推定結果とそれらが共通する海域、つまり藻の生育度が低いと推定した沿岸域 (図中の緑) を図 2 に示す。

(2) Lyzenga の式の適正化

上記(1)の海中補正により抽出した藻の生育度が低い沿岸域で BI の閾値を下げるアルゴリズムを実現させて、藻場識別を適正化させた。2019 年 3 月から 2020 年 2 月までの

6日分のデータで藻場識別解析を行い、現地観測結果を使って海中補正適用の有無による解析精度をそれぞれ求めた。それを表1に示す。海中補正を適用することにより藻場識別の解析精度73.0%であり、環境省の精度を越える目標を達成した。

しかし、藻がこれから生育を始めようとする時期の秋から冬の初めに解析では過剰に識別しており、未だ修正が必要である。

解析精度向上を達成し、2章に示した目標Ⅱとして主に次の2項目に取り組んだ。

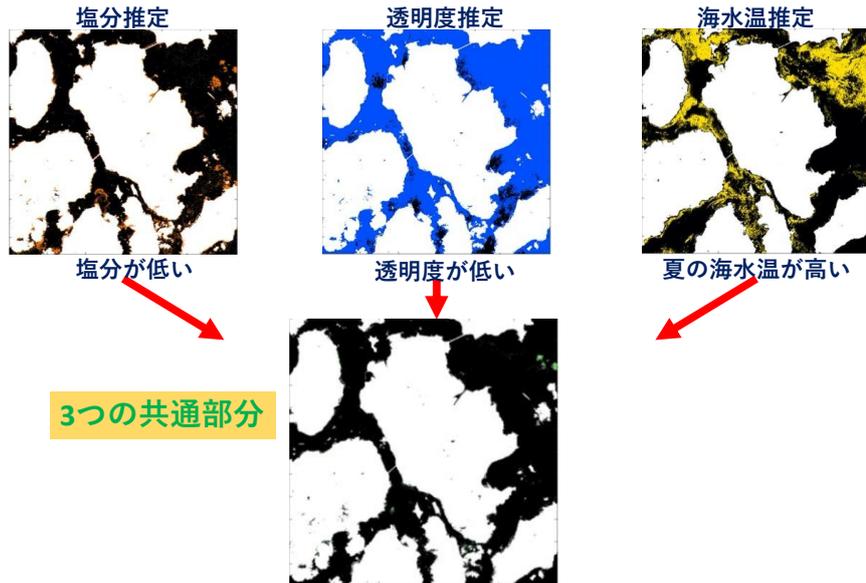


図2 藻の生育が低い沿岸域(2020年2月)

表1 藻場識別解析精度比較

年	月	解析精度		合わないポイント
		相対大気補正あり (海中補正なし)	海中補正あり	
2019	3	63%	81%	4,9,10
	5	75%	75%	1,3,4,10
	8	65%	82%	6,9,15
	10	61%	61%	3,8,9,12,13,14,15
	12	67%	56%	3,6,7,9,13,14,15,追加2
2020	2		83%	3,8,10
平均		66.2%	73.0%	

赤：藻場が存在しているが解析結果では藻場無しと判別

青：藻場が存在していないが解析結果では藻場有りと判別

(3) 藻場の季節変化

因島沿岸域全体で藻場識別解析結果の考察は困難であるため図3に示す3つの海域(A、B、C)に分けて考察した。また解析に使用したデータは、2019年3月から1年間である。

ここでは、アマモ場とガラモ場が混生している海域Aの季節変化を考察する。各月の藻場識別解析結果、推定藻場面積の季節変化グラフを図4に示す。図4には、推定藻場面積の図に示した理論的変化の数値が示す藻場の状態の説明表も記載してある。

図4では、藻場の季節変化を大まかにはとらえているが、8、9月期と12月に藻場面積の急増を示しており、藻場の実態と合致していない。8、9月期は、解析データを精査すると前述した海中補正により識別している部分が多く、この分過剰に識別していると考えている。この時期は藻場の一部が流れ藻になり消滅する時期であり、この流れ藻になる海水条件を藻場識別解析は反映することが有効と考えるが、詳細検討が必要である。12月については撮像日の2019年12月25日の2、3日前に大量の雨が降ったことから、濁度が変



図3 考察した3つの海域

化し、その影響で藻場を過剰に識別していると考える。正確な藻場識別解析には、地球観測衛星撮像日の直前の天候条件による海水状況も考慮する必要があることの示唆である。

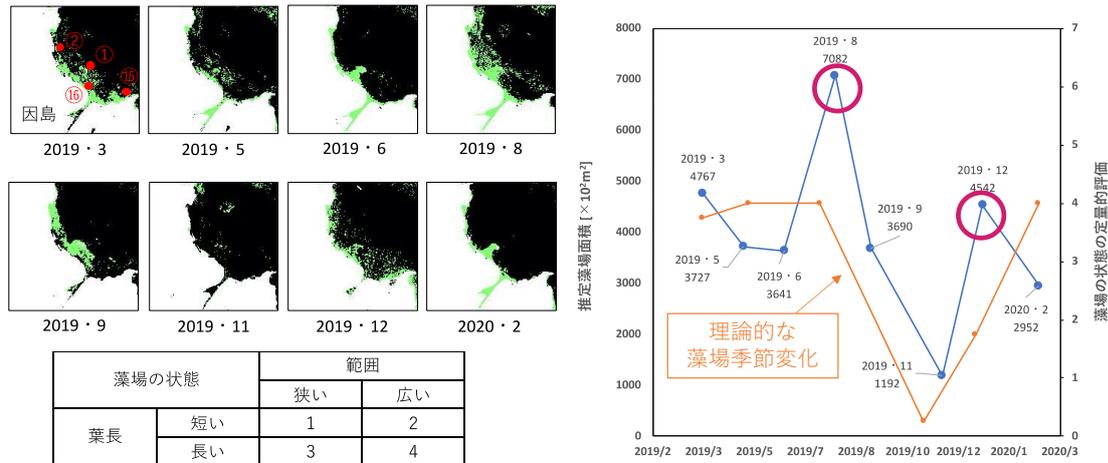


図4 海域Aにおける推定藻場面積の季節変化

(4) 藻場の経年変化

考察の対象は、季節変化の考察と同じ海域A,B,Cである。解析に使用したデータは、2018年から2020年までの4月頃の撮像データである。図5に3つの海域の藻場識別結果と推定藻場面積の経年変化を示す。

図5では藻場面積の増減で経年変化をとらえていることがわかる。個別には海域Aは藻場が減少傾向にあり、特に2020年に大きく減少しているがその実態は不明である。海域Bはアマモ場であるが、藻場面積の変化が大きい。2019年に大きく減少しているが、実際にこれほど減少しているかは疑問であり、これを除けば増加傾向であることも推定できる。海域Cはガラモ場で、藻場面積の変化は小さく若干の増加傾向である。

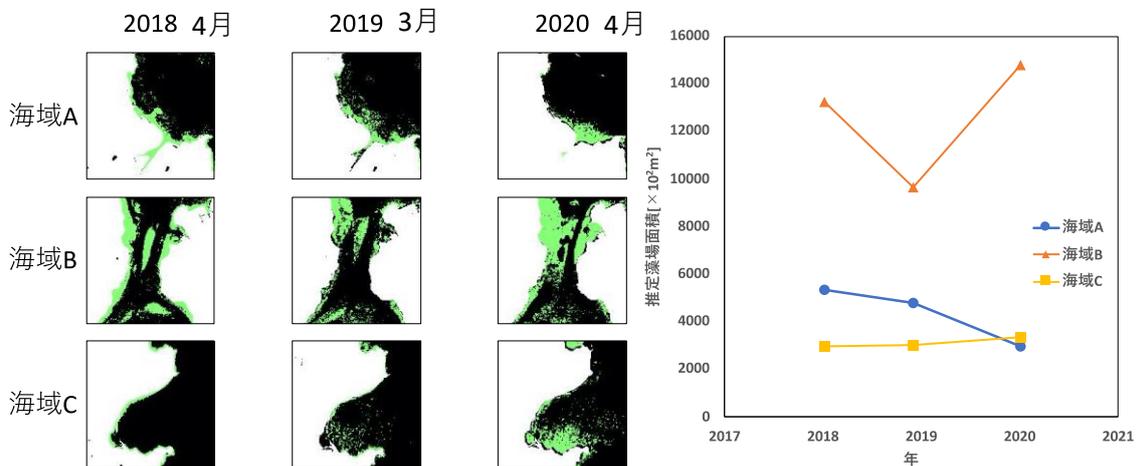
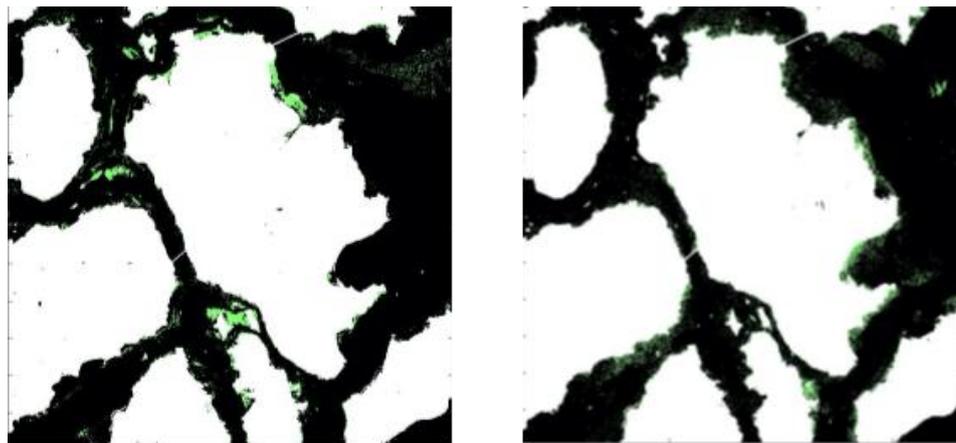


図5 海域A, B, Cにおける推定藻場面積の経年変化

(5) 自然環境変化による藻場の変化

2019年9月22日に台風17号が広島県を直撃した。この台風が直撃する前(2019年9月6日)と直撃した後(2019年9月26日)の藻場識別解析結果を比較する。

図6に台風直撃前後の藻場識別解析を示す。台風直撃前にある大きな塊の藻場が台風直撃後に細かな点となって消滅していることがわかる。また解析精度を見ると67%から56%へ大きく低下している。これは台風の影響により土砂の流入や因島海域全体の砂地の攪拌によって濁度が高くなり反射率に大きな変動があった影響と考えている。



(a) 台風直撃前 (2019/9/6)

(b) 台風直撃後 (2019/9/26)

図6 台風による藻場識別解析結果の変化

(6) 陸域活動と藻場の変化

本研究では陸域の人の活動として、因島の一大産業である造船所の作業を対象とした。尾道市役所の協力をいただき因島重井に位置する株式会社三和ドックより2018年7月1日から2020年6月30日までのメンテナンス作業でドックに接岸した（すなわち海に浸かっている）船舶の総トン数（単位：グロストン G/T）推移データを提供いただいた。

提供いただいたデータから月毎の海に浸かっている船舶の総トン数と藻場識別解析によって得られた推定藻場面積との相関を分析した。ここで推定藻場面積のエリアは、三和ドック付近で藻場増減の影響が出るのは比較的浅い西側の海域を抽出した。アマモは11月に発芽し12月が成長期であるため、11月から3月の船舶の合計に着目し、その相関結果を図7に示す。藻場成長期の船舶の合計トン数と推定藻場面積のピーク値（2019年5月と2020年4月）の関係を比較すると、2018年11月から2019年3月（以降、2018年度）は2019年11月から2020年3月（以降、2019年度）に比べて合計トン数が少なく推定藻場面積は大きいことがわかる。推定藻場面積は図8に示す。図8より

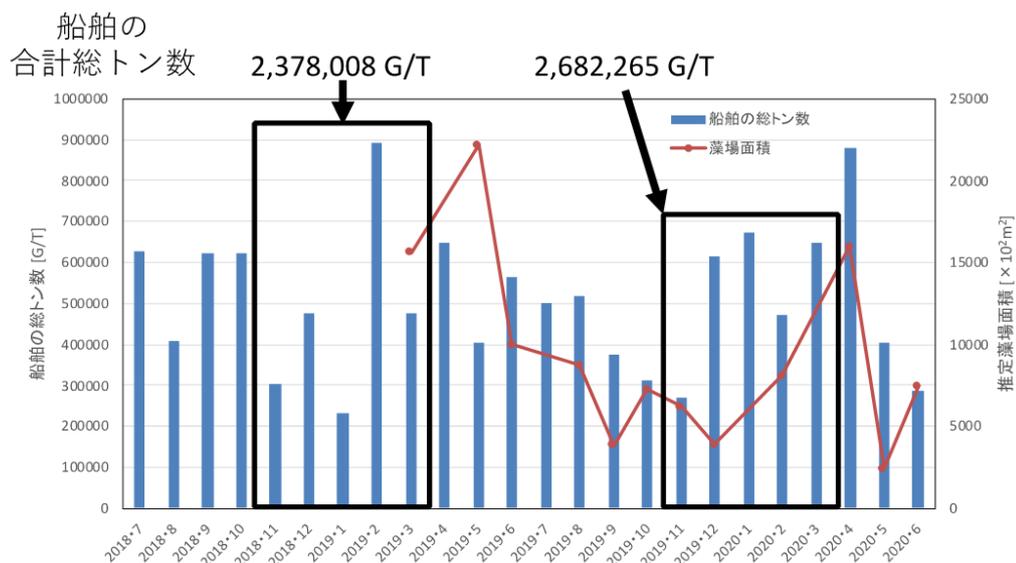
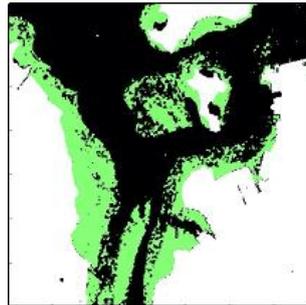
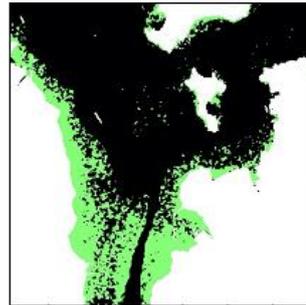


図7 月別の船舶総トン数と推定藻場面積の関係

2018年度から2019年度にかけて藻場が減少傾向であると判別でき、陸域の造船活動の影響によって藻場が減少する影響を受けている可能性が示唆された。しかし本研究では海に浸かっている船舶の総トン数データだけで分析しており、三和ドックのエンジニアからは、陸域の作業が海へ及ぼす影響をこれだけで評価することは適切ではなく、メンテナンス作業の内容や作業員人数なることが必要であるとのコメントをいただいております。今後の陸域活動のモデル化研究へ反映が必要である。



2019/5/4



2020/4/8



2019/2/25



2020/2/18

図8 三和ドック周辺海域の藻場識別解析結果と現地調査結果

4. 今後の研究計画

2021年度の研究は前述した研究目標Ⅲだけが残っており、以下を実施する計画である。

- ① 陸域の活動として2020年度に引き続き、造船会社の活動をメインとして、他に排水状況を示すパラメータも探索した上で、藻場生育の相関について詳細なデータを取得して分析し、藻場増減をモデル化

特許・論文等

■特許

- 1. アクチュエータ 特許公開 2003-11899 三菱重工業と共同
- 2. 出力軸固定用ブレーキ付き電動アクチュエータ 特許公開 2003-18791 三菱重工業と共同

■論文受賞

平成21年度 日本工学教育協会賞 論文・論説賞
航空宇宙開発でシステム安全活性化を図るエンジニア教育効果の定量的測定

研究室等ホームページ

<https://www.fukuyama-u.ac.jp/eng/smart-system/sekita-ryuichi/>
<https://www.facebook.com/FUSmartSystem/>

キーワード：里海、養殖、給餌システム、水槽環境システム、熱環境（温度）、照度（光環境）

養殖水槽におけるシロギス成長と温度・照度の関係 —瀬戸内里海の次世代養殖システムの開発研究—

安全安心防災教育研究センター 工学部

伊澤 康一 准教授 Koichi Isawa 博士（工学）

専門分野：建築環境・建築設備

E-mail : koichi.isawa@fukuyama-u.ac.jp



研究概要

1. 背景・目的・方法

人が手入れすることによって自然環境をより豊かにできる「里山・里海」の考え方・取組みの重要性が再認識されており、養殖は「里海」の取組みの1つとして位置付けている[1]。

対象魚であるシロギスは、25cm以上になると「テッポウギス」と呼ばれ、価値が上がり高値で取引される。産業支援を目的として「テッポウギス」の安定養殖が求められている。その課題を「AIを用いた自発給餌システム」によって解決することに着目した[2][3]。

本研究では、水槽の熱・光環境と養殖魚成長の関係性を明らかにするとともに、人工知能学習のための教師データとしての基礎データを得ることを目的とした[4][5]。

水槽と建屋の熱・光環境データを実測するとともに、屋外の熱・光環境データとして気象データを用いた。



Photo 1 Aquaculture aquarium

2. 適水温と産卵期[6][7][8]

シロギスは、砂地を好んでおり、春～夏には水深1m～15m程の浅瀬、秋～冬では水深30m～50mまでの深い場所に生息している（Fig.1）。

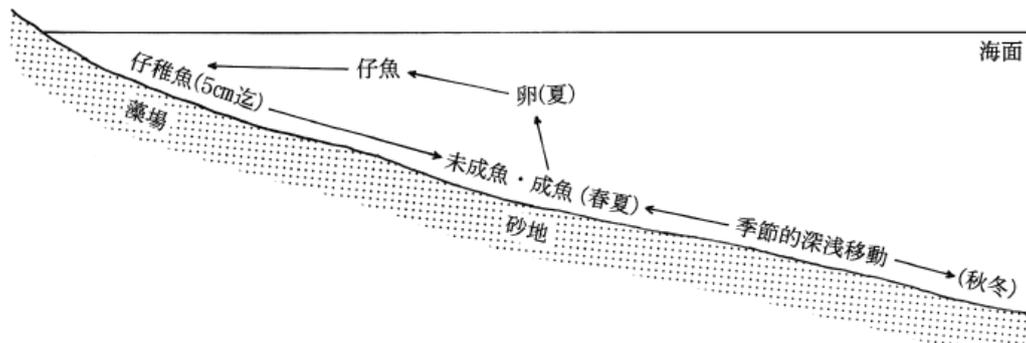


Fig.1 Schematic diagram of growth and distribution
(Source; Reference 6)

シロギスの適水温はおよそ 15°C~25°C であり、特に 20°C~25°C の温度時は活発に活動する。一方、水温が 15°C 以下の時、水温の安定した深場に移動し、活動も少なくなり、食事もほとんど行わなくなる (Fig.2)。

産卵期は 7~9 月頃であり、産卵は 1 回だけではなく期間中に何度も行なう。産卵は水深が 1m~15m 程度の藻場などで行われる。7~9 月頃の産卵期では、成長が鈍ると言われている。産卵期では、水温は 20~28°C、日長は 12~15 時間になる (Fig.3)。

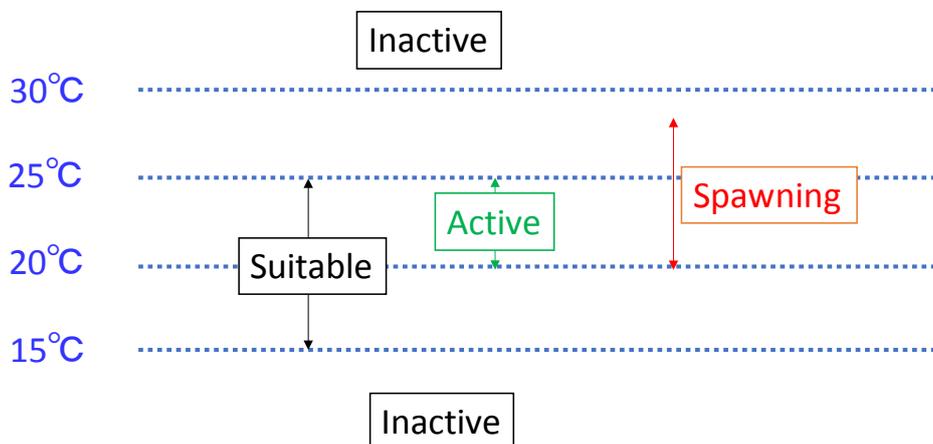


Fig.2 Effect of water temperature on activities

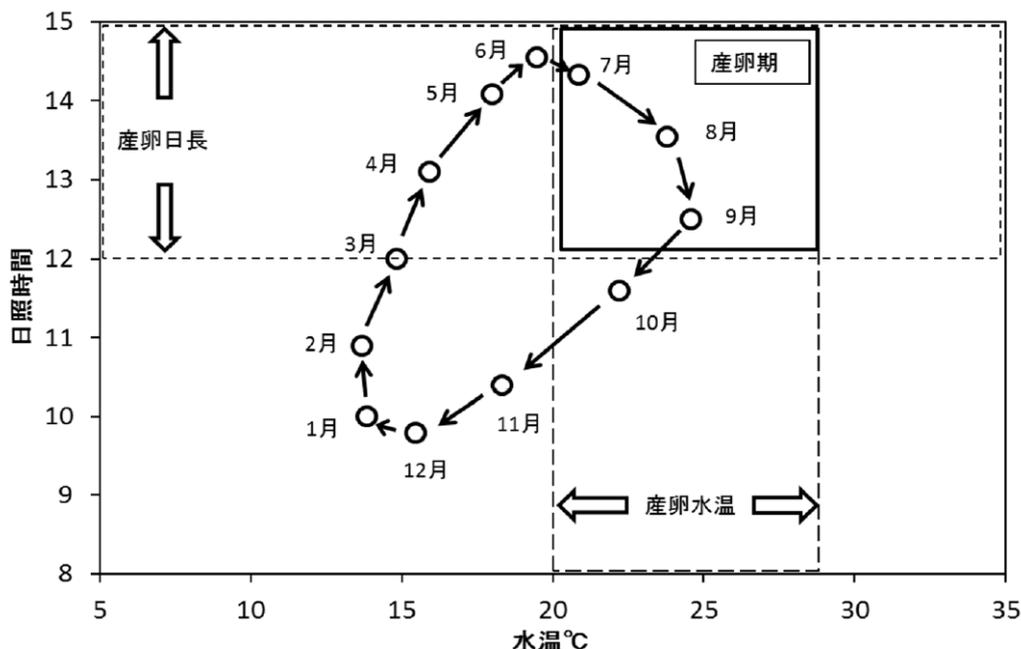


Fig.3 Schematic diagram of water temperature and photoperiod limiting spawning (Source; Reference 8)

3 調査方法

Table 1 に、入手した環境データの引用元を示す。建屋の気温・気中照度、また、水槽の水温・水中照度は実測した。それ以外のデータは、気象庁[9]と国立天文台[10]のサイトから引用した。なお、引用の際、水槽が置いてある因島にできるだけ近い地域のデータを用いることとした。

Table 1 Data source

		Location	Interval	Quote source
Temperature	Outside	Ikuchijima	1 hour	Japan Meteorological Agency
	Building	Innoshima	10 minutes	Measured value
	Aquarium water	Innoshima	10 minutes	Measured value
Illuminance	Outdoor	Hiroshima	1 hour	Japan Meteorological Agency
	Building	Innoshima	10 minutes	Measured value
	Aquarium underwater	Innoshima	10 minutes	Measured value
Day length	Photoperiod	Innoshima	1 day	National Astronomical Observatory
	Daylight hours	Ikuchijima	1 day	Japan Meteorological Agency

福山大学内海生物資源研究所（因島キャンパス）にあるシロギス養殖水槽—水槽 A（山側）と水槽 B（海側）—において、熱環境（室温・水温）と光環境（室内照度と水槽水中照度）について計測を行なった。計測期間は、2020年8月～11月である（ただし、水中照度のみ9月～）。

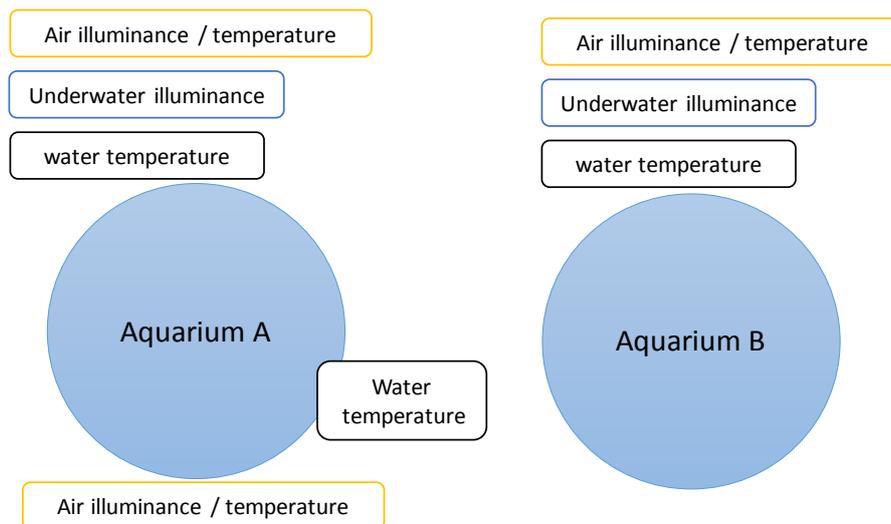


Fig.4 Measurement points

外気温は、気象データを用いた。屋外照度は、広島気象データの日照量 $[W/m^2]$ に天空日射の発光効率 $115 [lm/W]$ を乗じて推算した[11]。1日の明暗サイクルである光周期は、因島の日の出と日の入りの時刻から算出した。日照時間は、気象データを用いた。なお、日照は、直達日照量が $120W/m^2$ 以上と定義されている[9]。

4. 調査結果

Fig.5 に、外気温・建屋気温・水槽水温を示す。なお、水槽 A と水槽 B の水温がほぼ等しかったため、水槽 A の水温のみを示している。水槽水温を見ると、8月・9月は $25^{\circ}C$ をよりも高く、ほぼ産卵水温に該当している。10月は $20\sim 25^{\circ}C$ の範囲にあり、活発水温と産卵水温に該当する。11月・12月は $15\sim 20^{\circ}C$ の範囲にあり、適水温に該当する。

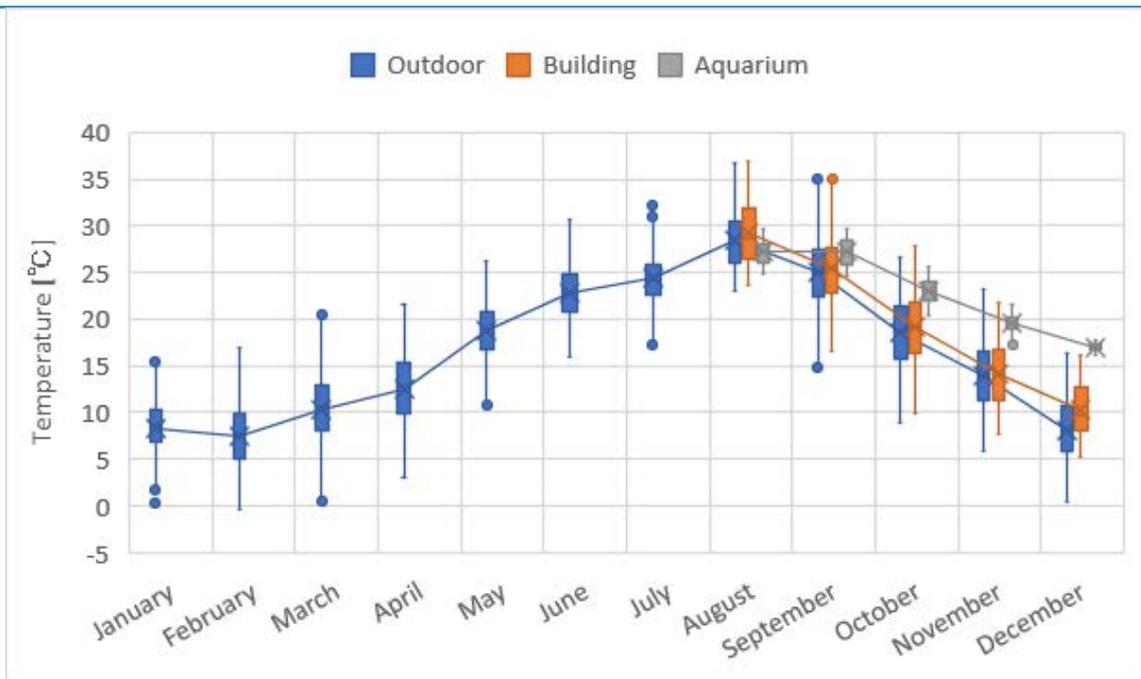


Fig.5 Monthly temperature distribution

Fig.6 に、屋外照度・建屋照度・水槽水中照度（水槽 A・水槽 B）を示す。水槽 A の水中照度は 10~20 lx、水槽 B の水中照度は 5~10 lx となっている。屋外照度を見ると、冬季と梅雨期の照度が比較的低い。

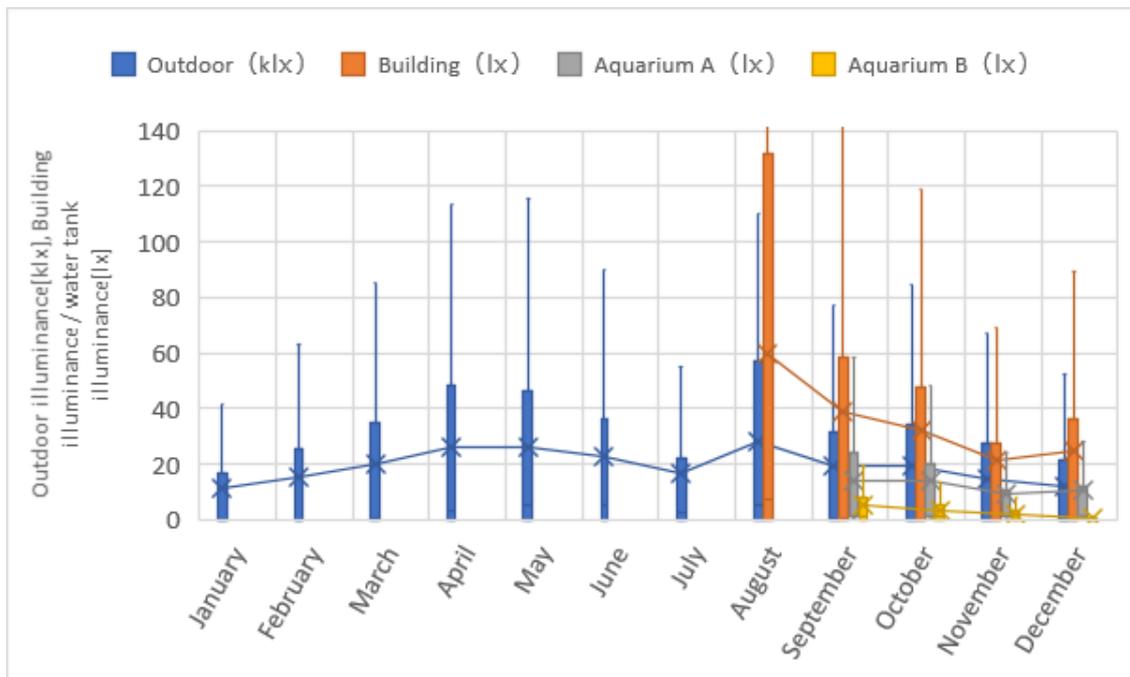


Fig.6 Monthly illuminance distribution

Fig.7 に、日長として光周期と日照時間を示す。光周期は夏至が含まれる 6 月が最も長く、14 時間程度ある。一方、日照時間は梅雨期が含まれる 7 月が最も短く、平均で 4 時間程度である。

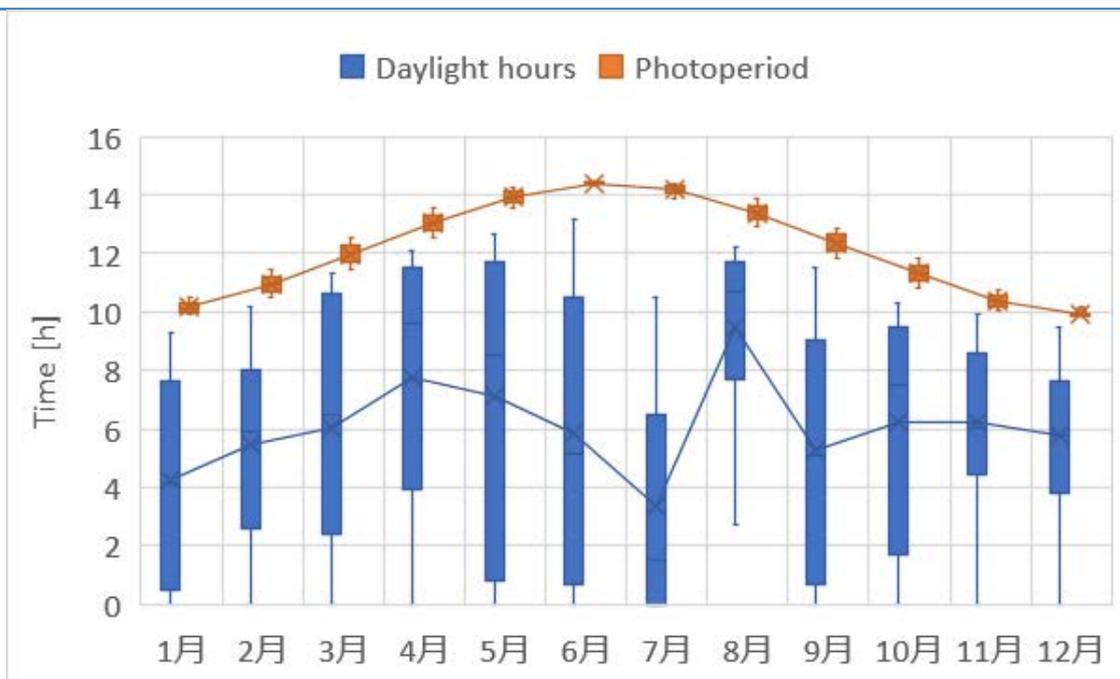


Fig.7 Monthly day length distribution

Fig.8 に、全長・体長を、令和1年生まれ（以下、R1）と令和2年生まれ（以下、R2）について示す。R1を見ると、7月・8月では他の月に比べて成長速度が鈍っている。これは、産卵期の影響と考えられる。0歳4か月でR1とR2を比較すると、R2の方が成長している。これは、R1は8月に生まれたのに対し、R2は7月に生まれたことにより、R2は気温が高い夏季を1か月長く過ごしたことによる可能性がある。また、R2の水槽はR1の水槽に比べて低照度であったことによる可能性もある。

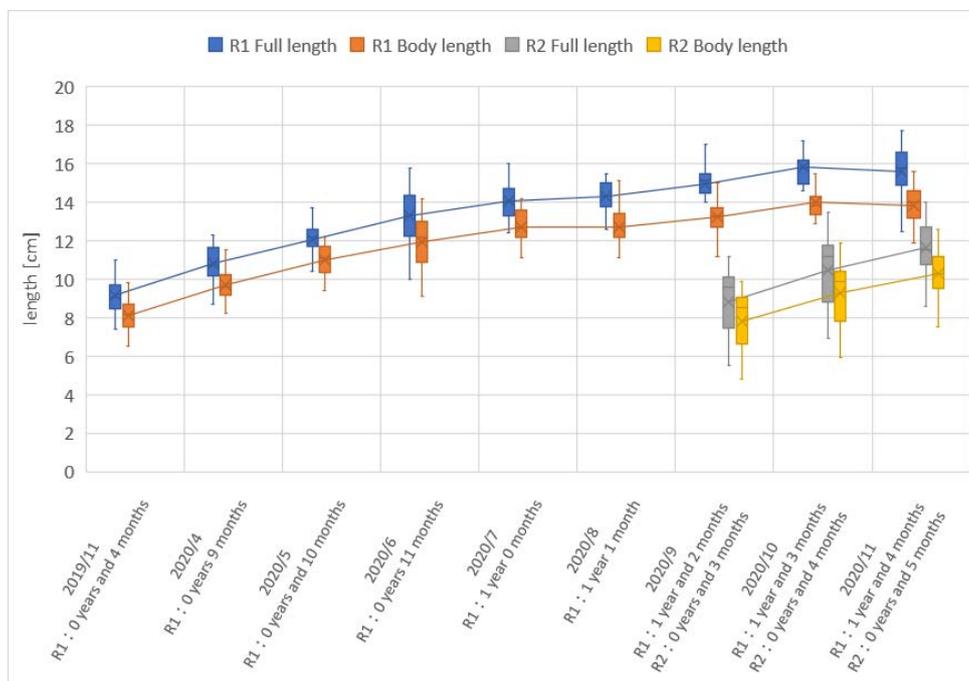


Fig.8 Monthly total length / body length distribution

5. 考察

産卵水温（20～28℃）・産卵日長（12～15時間）にならないように環境制御すれば、産卵を抑制し成長を促進できる可能性が考えられる。しかし、シロギスが活発となり餌をよく食べる好適温（20～25℃）と産卵水温（20～28℃）はほぼ重なる。したがって、熱環境は好適温に維持しながら、光環境の制御することによって成長を促すことが重要になってくると考えられる。

一方で、夜行性となった固体は大型化することが知られている。短日長・低照度の制御によって夜の状態に近い光環境を作り出し、夜行性となることを促すと成長が早くなる可能性もある。

しかしながら、対象は生き物であることから、適切な環境制御はそう単純ではないと推測される。物理的な側面に加えて、生物学的側面（生体リズムなど）を考慮しながら検討していく必要があると考える。

6. 結論

- 1) 適水温域の時期によく成長するが、産卵期には成長が鈍ることを確認した。
- 2) 水槽 A (R1 生まれ) よりも水槽 B (R2 生まれ) の方が、成長が早い傾向が見られた。
- 3) 水槽 B (R2 生まれ) では、気温の高い夏季を 1 カ月長く経験したことによって、活発化し餌をよく食べた可能性がある。
- 4) 水槽 B (R2 生まれ) では、低照度の水槽環境によって、夜行性となり餌をよく食べた可能性もある。

【謝辞】

シロギス成長データのご提供ならびに養殖水槽の実測調査にあたり、本学海洋生物学科の有瀧真人教授をはじめ有瀧研究室の方々にご協力を頂きました。また本研究は、寺坂侑大さん・別宮優太さんの卒業研究（2020 年度）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。

【参考文献】

- [1] 福山大学ブランディング推進のための研究プロジェクト https://www.fukuyama-u.ac.jp/project/project_branding/ (アクセス日：2021 年 10 月 21 日)
- [2] Haruki Kuroki, Hiroshi Ikeoka, Koichi Isawa: "Development of simulator for efficient aquaculture of *Sillago japonica* using reinforcement learning," Proceeding of International Conference on Image Processing and Robotics (ICIPRob), 4pages,2020. <Best Student Paper Award>
- [3] 黒木春樹, 池岡宏: "人工知能を活用した自発給餌システムによるシロギス養殖の高効率化および低コスト化に関する検討", 第 18 回情報科学技術フォーラム(FIT), pp.295-296,2019.
- [4] 伊澤康一: シロギス養殖水槽環境システムにおける水温・照度の簡易シミュレーションモデルの構築, 太陽/風力エネルギー講演論文集 (松江) pp.247-250, 2018 年 11 月.
- [5] 伊澤康一・池岡宏: 瀬戸内里海の次世代養殖システムの開発研究—CFD 解析によるグラデーション給餌の検討—, 日本太陽エネルギー学会講演論文集 (2019) (青森) pp.226-227, 2019 年 10 月.
- [6] 社団法人全国豊かな海づくり推進協会: 主要対象生物の発育段階の生態的知見の収集・整理報告 (https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_thema/pdf/sub40b.pdf) (アクセス日: 2021 年 10 月 21 日) .
- [7] 瀬戸熊卓見・吉野幸恵・土田修二・木下秀明: 水温および日長制御によるシロギスの複数年にわたる周年産卵, 海生研報, 第 19 号, pp.67-72, 2014.
- [8] 瀬戸熊卓見・吉野幸恵・土田修二・木下秀明: シロギスの産卵終了に及ぼす日長の影響, 海生研報, 第 19 号, pp.73-78, 2014 年.
- [9] 気象庁ホームページ (<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/>) (アクセス日: 2021 年 10 月 21 日)
- [10] 国立天文台ホームページ (<https://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/koyomix.cgi>) (アクセス日: 2021 年 10 月 21 日)
- [11] 宿谷昌則: 数値計算で学ぶ光と熱の建築環境学, 丸善, p.30, 1993 年 7 月.

里山の災害対策のための IoT システムに関する研究

安全安心防災教育研究センター 工学部

香川直己 (代表) 山之上卓 金子邦彦 森田翔太

専門分野 : 電子機器学, 情報工学

E-mail : kagawa@fukuyama-u.ac.jp



研究概要

■ 研究の背景 近年, 里山では豪雨による土砂災害とともに, 有害鳥獣による農産物の被害も発生している. 我々は IoT, レーザ光線を使った環境測定, 音声処理, ビッグデータ解析などの技術を融合し (図 1), 里山で今後も発生する可能性のある被害を緩和に役立てることを目的とする.

■ 研究内容 光通信と無線通信を組み合わせる里山にセンサネットワーク (WSN: Wireless Sensor Networks) を張り巡らせ, これをインターネットと接続した災害対策用 IoT システムを研究開発する. 光通信は様々な種類の気体のセンサとしても機能し, これを他のセンサと組み合わせる里山の様々な情報を収集し, インターネット上のデータベースに集める. データベースに集められた情報は Big Data 解析や音響分析法により解析され, 災害の発生や予兆の発見, 人命救助のための情報の抽出などが行われる. 当該ネットワークのノードやネットワークとインターネットを接続するゲートウェイでもデータ解析を行う.

当該研究は, 現状で次項に示す 4 つのサブテーマに分かれて進行している.

■ 令和 2 年度の成果

(1) 光センサネットワーク (OWSN: Optical Sensor Networks) のための信号処理システムの整備

光センサネットワークのレーザビーム追尾 (トラッキング) システムの精度向上のため, 送受信光学系の信号処理系における受光システムのゲイン調整アルゴリズムを完成させた②⑤⑥. レーザ光線をリンクとしたネットワークを維持するためには, 安定にレーザビームを補正し続ける必要がある. しかしながらカメラゲインの自動調整機能の応答が遅れ, 特にカメラフレームにかかるレーザビームを見失うことがしばしば生じていた. そこで, レーザビームの画像情報からカメラゲインを推定しビーム領域の抽出アルゴリズムにフィードバックすることを試み, 有効性の一端を検証することができた. 今後は, この機能をレーザトラッカーに実装し動作を検証する.

(2) IoT システムの無線センサネットワーク (RFWSN: Radio Frequency Wireless Sensor Networks) のための研究開発

オブジェクト指向を進めた WSN 端末のデバックが進み一部のセンサデータの計測ができるようになった. このことを受けて, 温度, 湿度, 気圧, 紫外線のセンサ, マイク, GPS, さらに, ZigBee 規格無線通信機を搭載した端末ボードを 7 台製作し, このうち 6 台を用いたマルチホップ接続を行い (図 2), 基地局の「食」にある (見通しが効かない) 端末ボードからもデータ収集が滞りなくできることを確認した. 収集し

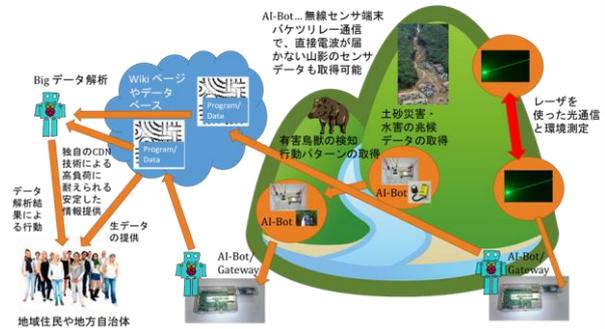


図 1 開発中の WSN の概要

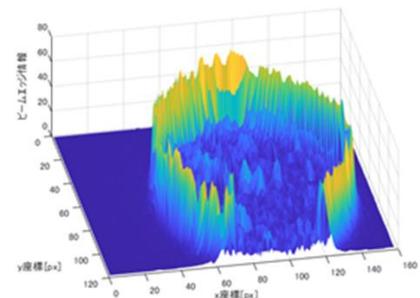


図 2 撮像素子群 (画面) 内にレーザビームがある場合の輝度の勾配情報

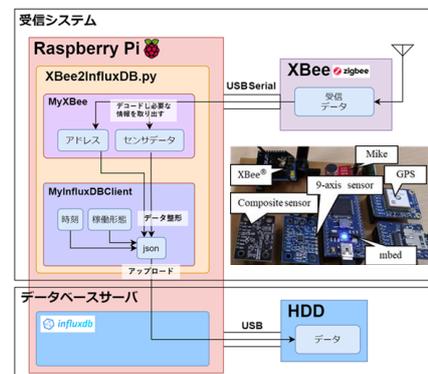


図 3 データ収集の流れと開発したセンサボード

たデータはデータベースに蓄積し、Web ベースで公開することが可能である。

さらに、データ処理を担うマイクロプロセッサへのソフトウェアの転送し解析アルゴリズムを更新することにも成功した③。

(3)音響センサ部分の研究開発

降雨による音響データを収集するため、簡易的な箱に防水対策を施してマイクロフォン内蔵の録音機器を収納して録音した(図5)。雨量計は、録音機器の隣に設置し、降水量表示機器を PC で録画してリアルタイムの降水量を記録した(図6)。

一方で、雨滴の運動エネルギーと着底時の音響エネルギーの相関を調べるため、空气中を落下する水滴の運動エネルギーを計測するためのセンサを、ひずみゲージを用いて試作し(図7)、その基本性能を調べた④。その結果として、センサ出力のドリフト対策、量子化制度の向上が課題であることが明らかになった。

(4)AI を用いたデータ解析手法の研究開発

センサ時系列データから機械学習を用いて異常特徴量を抽出するためのパラメータを明確にすることを試みた。用いたデータは、工学部棟屋上に設置した CO₂ 濃度センサによる取得データであり、最大時間分解能は 30 秒である。これと、自動取得した松永測候所で観測された公式の気象データ、特に降雨との相関を見出そうとしている。

さらに、計測のトラブルとしては、センサの不具合によるデータ欠損である。そこで、データ欠損部を補間するとともに、予測を行うアルゴリズムを試作し、その可能性を見出した①。

特許・論文等

- ① R. Kitamura, N. Kagawa, The 22nd IEEE HISS,pp.47-48,Nov.2020.
- ② T. Shinki, N. Kagawa, The 22nd IEEE HISS,pp.186-187,Nov.2020
- ③ T.Yamanoue, Journal of Information Processing(JIP), 2020 Vol.28 pp.204-213 (2020)
- ④ 高橋, 林, 香川, 森田, 山之上, 金子, 第 29 回計測自動制御学会中国支部学術講演会講演論文集, pp. 59-60, Nov.2020.
- ⑤ 新木, 香川, 福山大学工学部紀要, 第 44 回, pp.1-6, Feb.2021.
- ⑥ 新木, 香川, Proceedings of the JSME Conference on RoboMech, 1p1-G04, Jun.2021._

研究室等ホームページ

【香川】 <https://www.fukuyama-u.ac.jp/eng/smart-system/kagawa-naoki/>

【山之上】 <https://www.fukuyama-u.ac.jp/eng/information-engineering/yamanoue-takashi/>

【金子】 <https://www.fukuyama-u.ac.jp/eng/information-engineering/kaneko-kunihiko/>

【森田】 <https://www.fukuyama-u.ac.jp/eng/information-engineering/morita-shota/>



図4 6つのセンサノードの出力表示結果

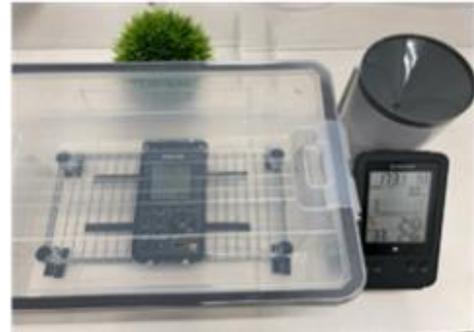


図5 市販のマイクロフォンを用いた音響センサ端末ボックス

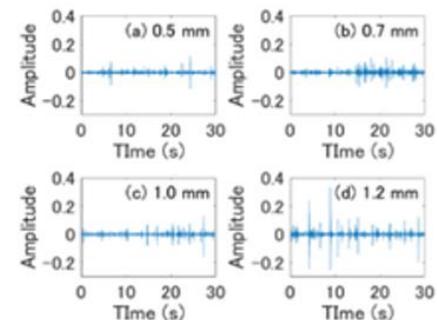


図6 市販のマイクロフォンを用いた音響センサ端末ボックスを用いた計測結果

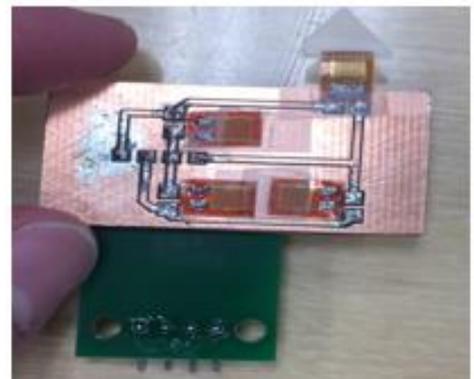


図7 ひずみゲージを使った雨滴の運動エネルギーの計測センサ

移動型光センサネットワークのための 光軸自動追尾装置の高精度化

工学部 スマートシステム学科

香川 直己

教授 Naoki Kagawa

博士（工学）



専門分野：電子機器学，光応用計測

E-mail : kagawa@fukuyama-u.ac.jp

研究概要

■研究の背景 二酸化炭素，メタン等の大気中の温室効果ガスを非接触，かつ，リアルタイムで測定するための手法として，赤外レーザー光線を解放大気に伝搬させるときに生じる共鳴吸収を利用した分光分析法の研究を継続的に続けている．これを屋外の通信ネットワークに適用できれば，同時にセンサネットワークとしても活用でき各種のセンシングに活用が可能であると考えている．このシステムは，ネットワーク（ノード）を移動させながら計測し，広範囲を計測エリアにすることを想定している（図1）．そのため，レーザーの光軸を追尾するトラッキング機能が必要となる．

■研究内容 光軸検出に画像処理を用いたシステムを設計し，光軸追尾機能を評価するための実機モデルによる動作検証を行い，レーザー光源から受光側までの距離が変化してもレーザー光源の回転軸を中心に円弧状追尾できるようになった¹⁻⁵⁾．しかし，その把持力は十分ではなく，受光したビームを追尾する途中で外れる問題がしばしば見られた．そこで，その原因を追究し改善を試みた．

■成果の詳細 検証によりビームの明るさや撮像アレイが捉えているビーム部分の割合によってカメラゲインが変動し，ビーム領域内の色が変わることによりビーム領域が判別できなくなる場合があることが明らかになった．そこで，カメラゲインの変化に連動しカラートラッキングのパラメータを自動調整する機構を考えた．この時，ゲイン信号を回路内から直接得ることが困難であるため，図2に示すような，ビーム画像の光強度分布の勾配からカメラゲインを推定することを試みた．

図3は，その検証に用いた勾配抽出のアルゴリズムをブロック線図で示したものである．勾配の計算には典型的な一次微分フィルタ（グレイディエントフィルタ）と，平滑効果も加えた微分フィルタである Prewitt フィルタ，そして，それぞれのフィルタの前段にノイズ低減のためのガウシアンフィルタを施した 4 種類のフィルタの適用し，図2のビーム形状の特徴量を抽出しカメラゲインを推定することを試みた．

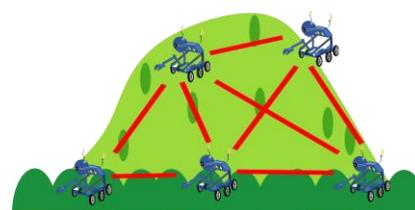


図1 ネットワークシステム概念

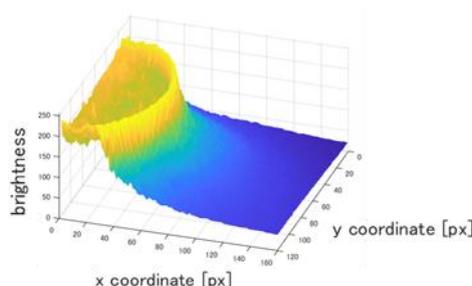


図2 抽出したレーザービームの輝度分布

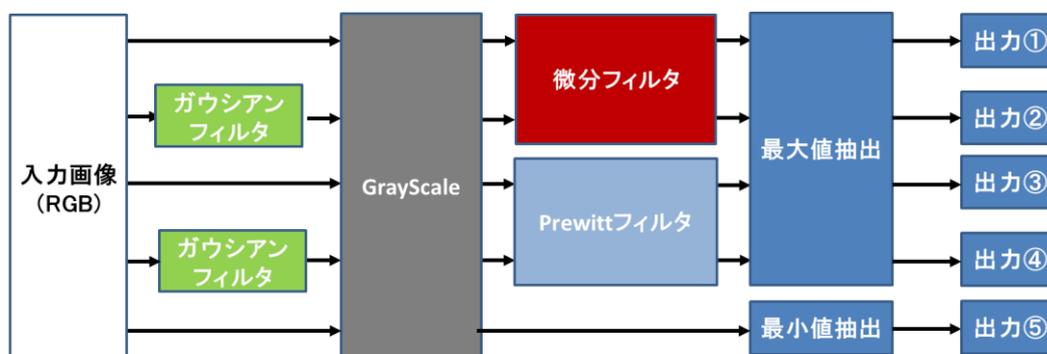


図3 ビーム輝度の勾配抽出のアルゴリズム

実験では、図4に示すように撮像素子の面内（画面）にレーザビームを一定速度で往復させ、レーザビームが当たっていない画素群の輝度を記録するとともに、画面全体に対して図3のアルゴリズムによるビームの強度分布の勾配を計算した。ビームが当たっていない画素群の輝度は、カメラゲインを直接反映するものとしてリファレンスの役割を担うことになる。

図5は、4つの条件により計算した勾配を最大値で規格化した結果を縦軸に、図4に示すビームの位置関係を横軸に描画した結果である。実験結果のうち最もばらつき（分散）の小さかったのは典型的な微分一次フィルタだけを用いたものであったが、ばらつきに関しては4者の間での顕著な優位性は認められなかった。

図6の各マークは、4つのフィルタ条件に対し、横軸に図5の縦軸を、縦軸をビームが当たっていない画素群の輝度として描画したグラフである。また、実線はマークで示された実験結果から線形最小二乗法で算出した近似曲線である。

試行の結果から、実験結果は2次関数で精度よく近似できることが分かった。その中で、典型的な微分一次フィルタだけを用いた結果に基づく近似曲線は、原点に最も近い場所を通過することが分かった。さらに、ビームが当たっていない画素群の輝度から推定されるカメラゲインが最小の時に近似曲線が極小値をとることも明らかとなった。このことは、この結果が最もカメラゲインとの対応が付けやすいことを意味しており、この点から典型的な一次微分フィルタを適応することに優位性があると言える。

また、結果として直線性はないが、この方法で推定されるカメラゲインはダイナミックレンジが大きくなり計測に適していると言える⁶⁾。

特許・論文等

■ 関連論文：

1) T. Shinki, N. Kagawa, HISS 22nd, pp.186 - 187, Nov.2020.

2) 新木, 香川, 福山大学工学部紀要, 第44巻, pp.1-6, Feb.2021.

3) 新木, 香川, Proceedings of the JSME Conference on RoboMech, 1p1-G04, Jun.2021.

6) 新木, 香川, 第39回レーザセンシングシンポジウム, P-10, Sep.2021.

5) T. Shinki, N. Kagawa, "Improvement of beam-tracker algorithm for sensor network with free space optics", Proc. of the SICE Annual Conf.2021, pp.979-982(2021).

6) T. Shinki, N. Kagawa, "IMPROVEMENT OF BEAM-TRACKER FOR SENSOR NETWORK WITH FREE SPACE OPTICS", Measurement: Sensors, Vol.18, 100212(2021)

7) 新木, 香川, 第39回レーザセンシングシンポジウム, P-10, Sep.2021.

研究室等ホームページ

■ 研究室：<https://www.fukuyama-u.ac.jp/eng/smart-system/kagawa-naoki>

■ 研究者：<http://rdbv.fukuyama-u.ac.jp/view/n2fwI/>

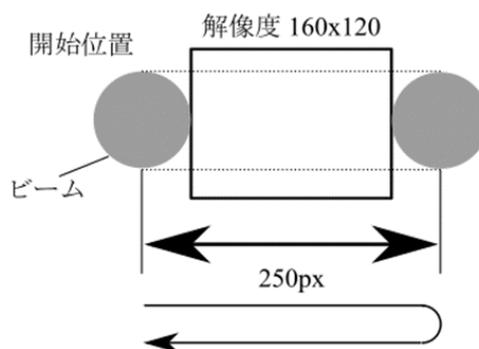


図4 検証実験の方法

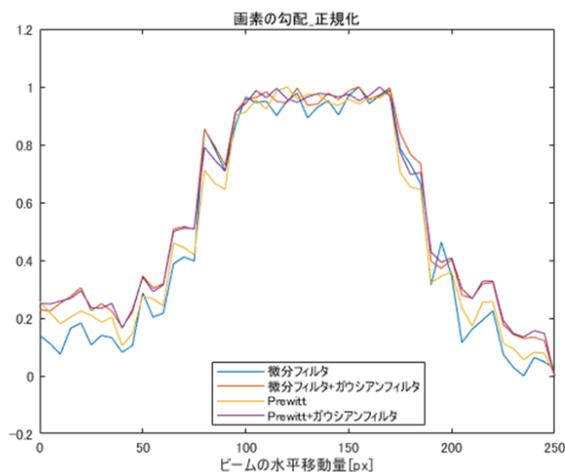


図5 画面内のビームの位置と各微分フィルタ適用時のビームの輝度の勾配の最大値による規格化結果の関係

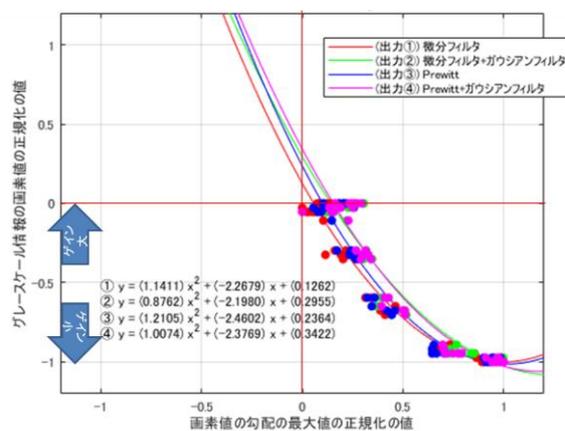


図6 画素値の勾配の最大値による規格化結果とビームが当たっていない画素群の輝度の関係。(マークは実験結果、実線は近似曲線)

特徴量抽出を用いた大気中二酸化炭素の濃度変動と気象現象との関連性の検討

工学部 スマートシステム学科

香川 直己

教授 Naoki Kagawa

博士 (工学)

専門分野：電子機器学, 光応用計測

E-mail : kagawa@fukuyama-u.ac.jp



研究概要

■研究の背景 NPO 法人「co2sos」は、全国で 16 か所（国外を併せると 18 か所）の地表付近に NDIR 型の CO₂ センサーを現地在住者の協力を得て設置し、同時リアルタイム測定、インターネット経由でのデータの収集、蓄積を行うとともに管理するウェブサイトでデータ公開している。取得した CO₂ 濃度データの時間的、空間的变化には、気候、気象、地形、人為活動など様々な要素に起因すると思われる複合的な特徴が含まれ、これを逆問題として分析することで先の要素の変異や異常を検知することも期待できる。

■研究内容 各計測ステーションの CO₂ 濃度データのトレンド特性を調査するため、季節自己回帰和分移動平均モデル (Seasonal Auto Regressive Integrated Moving Average : SARIMA) を適用することで、トレンド、周期、残差の 3 つの特徴量に分解する。

■研究成果

[1] 降雨量と二酸化炭素特徴量の関係の分析

平成 30 年 7 月豪雨時を調査対象とした結果、図 2 に福山市、図 3 に広島市の CO₂ 濃度変動値の各特徴量と降雨量を示す。広島市の CO₂ 濃度のトレンド成分を見ると、降雨に伴って大きく上昇する傾向がある。福山市のデータには欠損値があり、豪雨最中のデータは見ることはできないが、広島市と同様に上昇の傾向があったと推察される。100 km ほど離れた地点で同様のトレンドが示されることから、これは植生活動や気象現象に依るところが大きいと言える。また、広島市については 7 月初めに上昇した後の下降のトレンドが見られるが、これは前月にも豪雨があったことに起因していると思われる。更に、CO₂ 濃度は本来ならば降雨により一時的に上昇、その後下降のトレンドが見られるが、両地点とも豪雨後 2 週間ほど高値を維持する特徴が見いだせた。

[2] 欠損データの補間

図 2 のデータからわかるように、システムの不具合によりデータの欠損が生じる場合がある。全体の特徴量を学習する場合に、欠損区間を省く場合が多いが、欠損区間も全体の特徴を継承させたほうが、その後の特徴量抽出の精度が上昇すると考えられる。

そこで、図 4 に示すアルゴリズムを用いて、実データを用いてモデル自身に欠損値を補完させつつ特徴を学習させることを試みた。

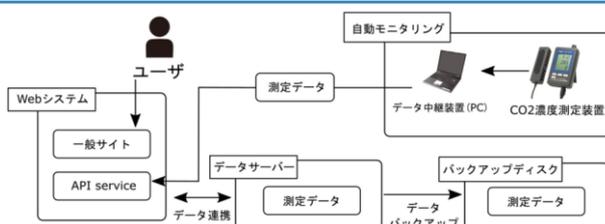


図 1 CO₂ センサーネットワークの構成

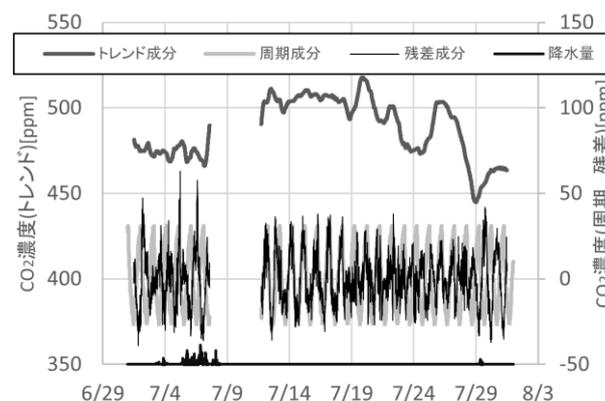


図 2 福山市における 2018 年 7 月の降雨量と CO₂ 濃度データのトレンド、周期、残差成分

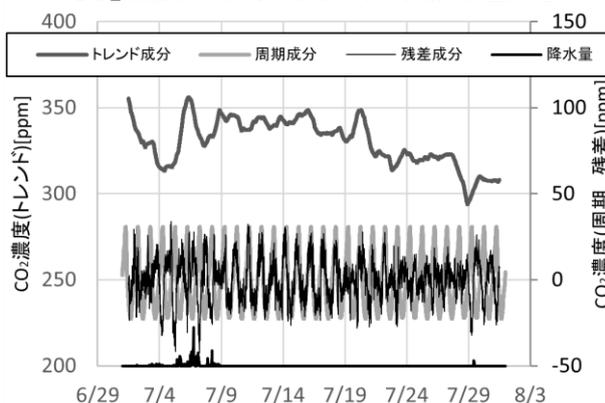


図 3 広島市における 2018 年 7 月の降雨量と CO₂ 濃度データのトレンド、周期、残差成分

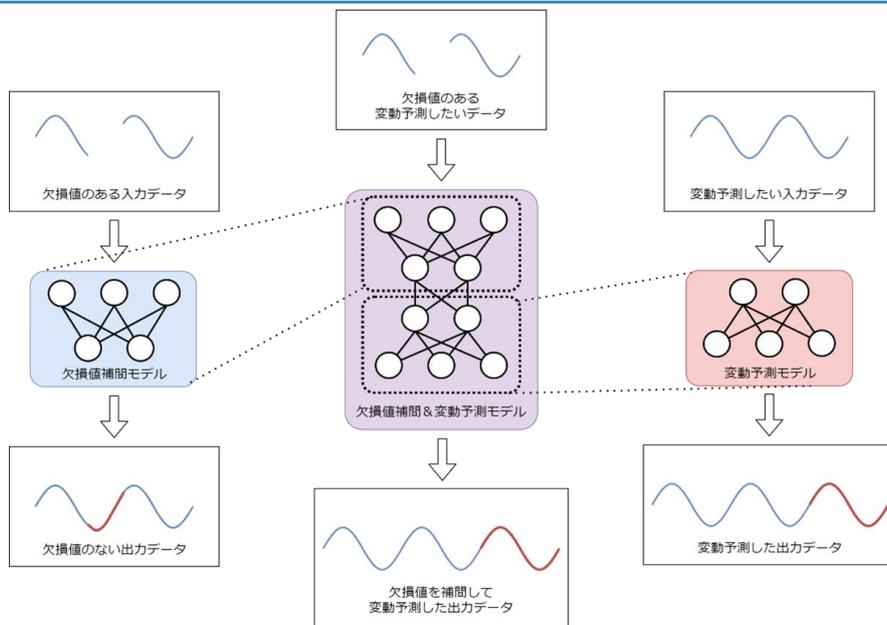


図4 提案する補完と推定のためのアルゴリズム

手法の有効性を確認するために、欠損の無い二酸化炭素データを故意に欠損させ、残りの区間を学習データとして用い、欠損部分を推定し、欠損区間に元来あったデータと比較した。図5は、学習データとして、予測しようとしている二酸化炭素濃度の変動データの欠損区間の前と後の双方の区間のデータを用いた結果であるが、周期変動をわずかに再現するに留まっている。

そこで、傾向（トレンド）成分の特徴を降雨データから得ることを試みた。その結果が図6である。この場合は周期変動の再現の改善は認められるが傾向細分は、改善は認められない。

さらに、過去の入力データによって変動した内部状態を次のバッチ入力時にも保持する Stateful 動作を推定に用いた結果を図7に示す。この結果より、傾向成分も再現できつつあることがわかる。

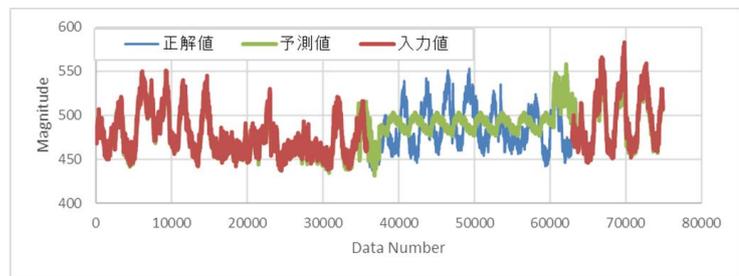


図5 二酸化炭素濃度変動データを学習データとした補完結果

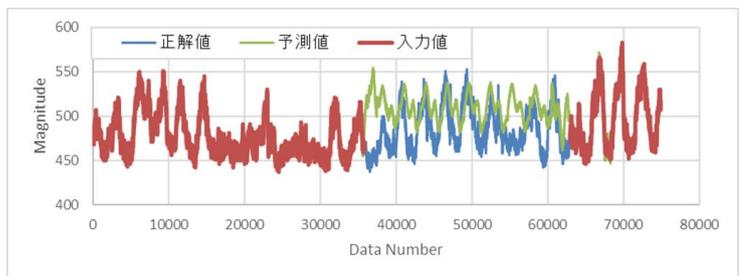


図6 学習データに降雨量を加えた補完結果

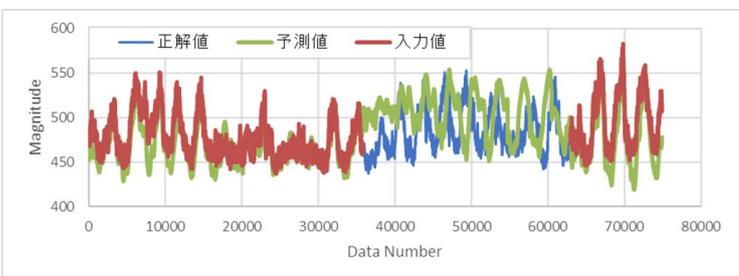


図7 Stateful 動作を取り入れた補完結果

特許・論文等

- 関連論文：[1] 北村, 香川, 2020 年度 (第 71 回) 電気・情報関連学会中支連大, R20-15-03-06, Oct. 2020. [2] R. Kitamura, N. Kagawa, The 22nd IEEE HISS, pp.47-48, Nov. 2020.

研究室等ホームページ

- 研究室： <https://www.fukuyama-u.ac.jp/eng/smart-system/kagawa-naoki/>
- 研究者： <http://rdbv.fukuyama-u.ac.jp/view/n2fwI/>
- NPO 法人 co2sos: <http://www.co2sos.net/index.html>

「地域遺産」としての松永塩田と備後柿渋 —備後地域遺産研究会 2020 活動報告—

工学部 建築学科

佐藤 圭一 教授 Keiichi Sato 博士 (工学)

専門分野：地域生活空間計画
E-mail : keis@fukuyama-u.ac.jp



研究概要

1. 背景と目的

本稿は、2016 年度から福山大学ひと・まち・くらしプロジェクトの一環となった「備後地域遺産研究会」（代表：佐藤圭一、活動拠点：ひとまちくらし PJ 室 2 (03204 号室)）の 2020 年度活動報告である。2020 年度は、福山大学研究ブランディング推進事業予算を得て、教育・研究・社会活動を展開した。2020 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」、4 年生「卒業研究」、大学院修士課程のゼミ学生であり、それら演習等の活動と成果の一部も含まれる。

2020 年度が研究最終年度であった研究ブランディング事業の事例調査を通じて、これまで暫定規定してきた「地域遺産」を再定義した。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り、その保全・継承には、地域自らの遺したいという意思と、地域の自発・自律的な保全活動、またその継承を担保するための中核人物の存在するコミュニティが必要不可欠である。」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、人類が共有すべき「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」の規定は現時点でも仮説であり、研究会の継続的な教育・研究・社会活動を通じて常に再構築し、地域遺産の保全と継承、そして活用にあ資する理念構築（再構築）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て、今まさに危機にある地域遺産を保全、継承することを一義的な活動目的とする。

2016 年度の主要活動テーマは「備後表、明王院、別所砂留」、2017 年度は「備後表、無花果+蔵、備後柿渋、能舞台」、2018 年度は「沼隈半島～瀬戸内島嶼部」、2019 年度は「福山市西部地域」であり、各年次報告書において報告済みであるが、これらのテーマについても、2020 年度も継続活動を行っている。地域遺産の「発掘」そのものが、研究会の活動目的の重要な部分である。しかし、2020 年度の活動はこれまでと大きく違い、体験したことのないコロナ禍の社会情勢で、本活動が主方法とする臨地調査（フィールドワーク）、特に遠隔地での調査が極めて困難だったことである。そのため、大学近隣の松永や浦崎のフィールドに絞って活動を行い、地域遺産研究の原点とも言える、松永塩田と備後柿渋を主テーマとした。



柿渋収穫参与観察（尾道市浦崎）

2. 活動概要

2.1 ブランディング推進のための研究プロジェクト

『地域遺産』の理念構築とその保全・継承に関する研究（代表：佐藤圭一、2018～2020 年度）と題する福山大学ブランディング事業関連研究助成を得て、地域協働で、下記(1)～(8)をテーマとした調査研究を行っている。研究最終年度であり、全 63 ページの成果報告書を提出した（2021 年 5 月）。上述通りコロナ禍の社会情勢のため大学近隣のフィールドを中心に活動し、これまで継続的に調査を行ってきた(4)に関連する備後柿渋（尾道市浦崎町）と(5)に関連する松永塩田に関する 2 本の卒業論文を含む成果を得た。研究成果発表やメディア掲載は、文末や巻末に記載の通りである。

- (1) 明王院、別所砂留などの先行事例の地域協働による臨地調査
- (2) 藺草栽培実践（本郷町・熊野町）による備後表の保全と継承
- (3) 備後地域発祥の中継表の技術継承と織機復元
- (4) 鞆町を含む沼隈半島および島嶼部における地域遺産の「発掘」
- (5) 福山市西部地域における地域遺産の「発掘」と地域デザイン
- (6) 備後地域内外に残る能舞台や能楽堂の予備調査と復元
- (7) 備後地域外での建築、集落、風習など地域遺産比較調査
- (8) その他、地域遺産に関する史資料収集と聞き取り



未来創造館「育志菴」

2.2 協働事業等

2018～2019 年度は研究会活動に関連して計 8 件の協働事業契約を行った。2020 年度は新たに、2 件の協働事業契約を行った。

協働事業：瀬戸内まちなみ LABO（福山市鞆町）

NPO 法人ぬまくま民家を大切にする会（福山市沼隈町）

3. 今後の展開

これまでの研究会の活動実績と成果も認められ、2020 年度からは、JSPS 科研費基盤研究(C)「藺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、(研究代表：佐藤圭一、2020～2024 年度)に取り組んでいる。この長期の基礎研究費も活かして、これまでに「発掘」した地域遺産の保全と継承に資する教育・研究・社会活動を展開したい。

本学のある福山市西部地域は沼隈半島の西端の付け根に位置し、半島東に草戸（明王院）、南に鞆の浦、中央に熊野町（藺草栽培のかつての中心地）、西に浦崎（現存唯一の備後柿渋工場）、その対岸に百島があるなど、地域遺産の宝庫である。これまで「地から知へ、知を地へ」を研究ミッションに掲げてきたが、今後は「<地から成る/力なる>建築」を加えて展開したい。2021 年度も本学の研究ブランド事業「瀬戸内の里山・里海学」にも寄与できる成果をまとめたい。

メディア掲載・招待講演・学生学会発表等

■ 2020 年度（一部 2021 年度）

7/2 中国新聞「イグサ今年も豊作 福山で収穫」

7/29 中国新聞「備後表の織機再生 研究論文が高評価」

9/10 岡田紘汰, 佐藤圭一, 長岡正芳, 大岩智之, 河田陽依菜：備後中継表を活かした瀬戸内島嶼部・百島の商店再生 一藺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 その 8 一, 日本建築学会大会 デザイン発表会, 2020.9（採択・大会は中止）

9/22 山陽新聞「「備後表」の復興目指す 福山大佐藤教授ら」

10/5 中国新聞「備後表継承会 初の実用化」

10/6 朝日新聞「地元いぐさの備後表 後世に 生産履歴を明示」（10/27 全国紙夕刊に転載）

10/11 「備後の『中継ぎ織り』を継ぐ」, 講師：佐藤圭一, ひろしまアトラウンジ事業「水野勝成とびんごい草」, 福寿会館, 公益財団法人ひろしま文化振興財団主催

10/22 NHK お好みワイドひろしま「中継・備後表継承へ動力織機を復活」（大学より生中継）

11/15 中国新聞「備後表用イグサ植え付け」

12/10 「絶滅危惧の備後藺草と中継ぎ織り畳表」, 講師：佐藤圭一, 通常例会卓話, 福山ニューキヤッスルホテル, 福山南口ータリークラブ主催

1/16 中国新聞「福山大院生 1 級級建築士合格にぎわいづくり夢描く」

（建築学専攻 M2 河田陽依菜）

2/7 読売新聞「「備後表」技術継承に力」（ニュースの門@広島）

3/11 中国新聞「備後を誇る 備後表 産地・技継承 産学で探る」

3/18 FM ふくやま「GO! GO! B びんご」出演(福山大学未来創造館茶室「育志菴」にて収録)

3/21 「備後畳表をユネスコ無形文化遺産へ 一日本建築文化を守る歩みに学ぶ」, 講師：佐藤圭一, 人の歩みに学ぶ松永教室, 福山市西部市民センター, 福山市松永生涯学習センター主催

3/30 中国新聞「卒論で備後の文化継承訴え 柿渋作りと塩田跡の変遷」

（建築学科 4 年佐藤貴行「備後柿渋の製造工程に関する調査研究」と井上誠一郎「本郷島と長和島を中心とした松永塩田跡の変容（1962～2020 年）」の卒業論文記事）

2021/4/24 中国新聞「備後表織機の製造 記録 福山大の佐藤研究室 写真や動画撮影」

キーワード：スマートベッド、音源分布、行動推定、看護、介護

看護・介護を支援するスマートシステムに関するプロジェクト ～マルチマイクロホンアレイ化～

工学部スマートシステム学科

仲嶋一（代表）博士（工学），香川直己，田中聡，伍賀正典

専門分野：計測技術，波動応用技術，光応用技術，センサ情報処理技術

E-mail：nakajima.hajime@fukuyama-u.ac.jp



研究概要

■ 研究の背景

病院での入院患者や高齢の要介護者（以下対象者）はベッドを中心とした生活を送っているが、せん妄や認知による離床徘徊といったトラブルが発生しており、各種センサや監視モニタの設置による対策が行われている。しかし、センサは個々の行動に対してほぼ 1 対 1 に対応するため対象者の全ての行動を網羅するには多くのセンサの設置必要になる。また、監視モニタでは照明光が必要なため、完全に消灯して就寝する場合には赤外線カメラ、赤外線照明が必要となるうえ、プライバシーの問題から設置ができない可能性や、設置が許諾されても対象者にとっての心理的圧迫になる可能性がある。一方、音は対象者が発するもので、完全に受動の計測が可能であり、対象者にとってもプライバシーに関わる抵抗感は比較的少ない。更に、病院におけるナースコールや遠隔介護では看護師、介護士とのコミュニケーションとして音声情報機器は必須であることから、音声情報から対象者の状態や行動が推測できれば、看護、介護の品質を飛躍的に向上できると期待される。

我々は、このようなコンセプトに基づき、対象者に限定されたプライベート音空間を形成して音による高度な看護・介護環境を実現するスマートベッドシステムの開発を行っている。図 1 に開発中のスマートベッドシステムの概念図を示す。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は、対象者の耳の周辺の限定された空間に音響場を生成するシステムと、複数個のマルチピックアップから音響信号を取得してアレイ信号処理により特定話者の音声を抽出する音源特定マイクロホンシステムから構成される。後者は特定話者の音声のピックアップに加えて、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し、対象者の状態を推定する。

この対象者状態推測系では、例えば腰位置の移動によるベッド軋み音や手足の移動による擦れ音、呼吸音、咳といった対象者の発する音の2次元音源分布を形成し、その時系列的な変化から対象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鼾、喘息発作等対象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。

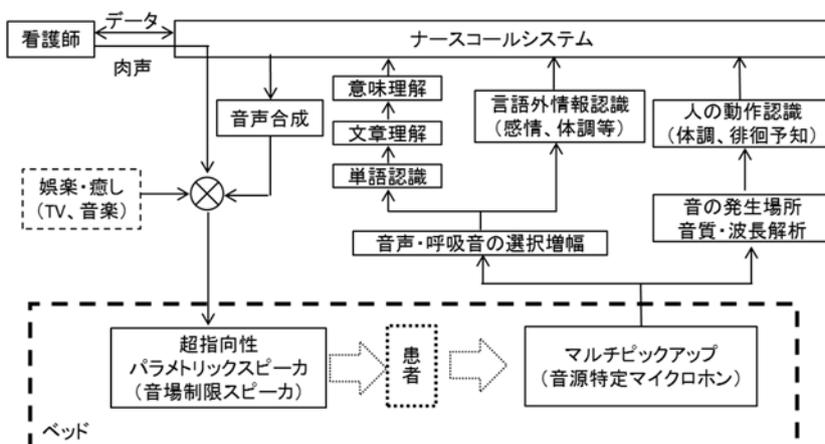


図 1 システムの基本構成図

■ 研究内容

本システムにおいては、音源特定マイクロホンシステムによる対象者の行動推定が重要なキー技術となるが、これまでの研究では機器の制限からベッドの四隅に計4個のマイクを設置するに留まっていた。また、收音には高SN比の音楽用マイクロホンを用いていたが、サイズが大きく、ベッドのヘッドボード、フットボードへの実装に問題があったことから、高感度、低ノイズのエレクトレットコンデンサマイクロホン (Primo EM172) を採用し、ヘッド、フットに各々4個のマイクロホンを配置する集音系を構築し、その特性の評価を行った。採用したマイクロホンは、感度-28 dB at 1 kHz (0 dB = 1 V/Pa), SN比 80 dB typ. At 1 kHz であり、過去の研究に用いた音楽用マイクロホン (Behringer B1, 感度-34 dB (0 dB = 1 V/Pa), SN比 81 dB A-weighted) と比べて遜色無く、素子サイズは直径 10mm, 高さ 4.5 mm と実装性に優れている。素子の出力は、擦過音等ベッドで発生する微小な音を処理するため、低ノイズアンプ (LT115, Linear Technology) を用いて約 400 倍に増幅している。ベッド内で大音響の発生は無いと考えて高音圧による飽和は考慮していないが、その是非については今後の課題である。

図2にマイク及び音源の配置の定義を示す。ベッドのマットレスのエリアに対してヘッドボード、フットボードは若干オフセットしている場合があり、それを考慮した設定としている。マットレスのいわゆる対象者の存在を仮定するエリアは幅 1 m, 長さ 2 m とし、今回の評価においては実際のベッドには設置せず、上記想定ベッドのヘッド/フットボード位置にマイクロホンを設置した。各ボードとマットレスエリアとのオフセットはゼロとしている。マイクロホンは想定ヘッドボード上に図の下方より M_1 から M_N まで配置する。本報告では $N=4$ である。フットボード側も同様に図の下方よりヘッドボードと同数配置する。

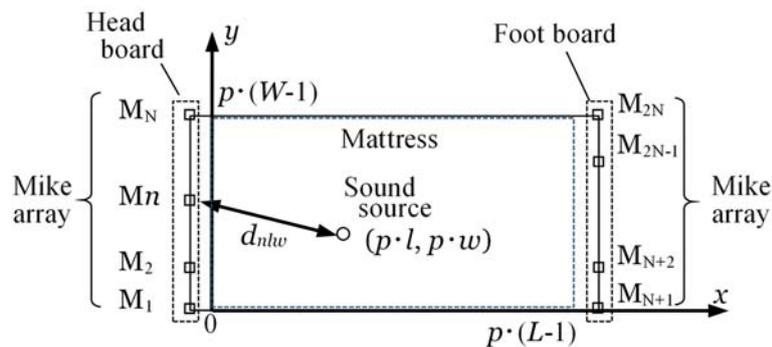


図2 マイク及び音源の配置

音波の到来方向の特定はベッドの各メッシュ点において、各マイクロホンまでの距離から飛行時間を算出し、遅延補正を行った波形について相関演算を行っている。音源がそのメッシュ点である場合には各マイクへの飛行時間が正しく補正されて、強い相関が現れる。各ボードでの配置は等間隔、不等間隔が考えられるが、到来音波の波長に対して 1/2 波長以上のマイクロホン間隔とすると一意の到来方向特定ができなくなる。一方、音源位置の特定精度向上のためにはなるべく異なる位置のマイクロホン情報を得ることが有効である。この点を考慮し、 M_1 と M_2 , M_3 と M_4 の間隔を 100mm とした。これにより、 M_1 - M_2 , M_3 - M_4 間の相関による方位推定では、1.7 kHz 以下の到来音波に対して一意の推定が可能となる。 M_1 - M_2 と M_3 - M_4 の間の距離は、遠すぎる場合には特に対象者の存在確率の高いベッド中央部での集音性に懸念が出ることから、各マイク対の中点をボード

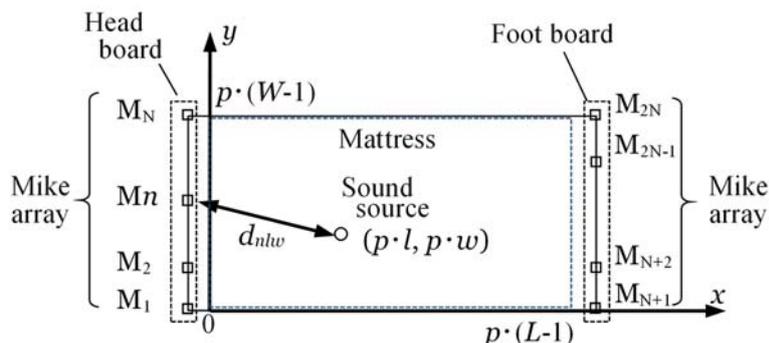


図3 評価実験の状況

の1/4の位置、つまりy座標の0.25 mおよび0.75 mの位置に配置した。配置した評価系の状態を図3に示す。マイクロホンはリノリウム張りのコンクリート床の上方1 mに配列されており、音源はマイクロホンアレイと同一の平面内に設定している。

マットレスエリア中央での拍手を音源として評価した結果が図4である。取得した音響信号を20 Hz~2 kHz, 20 次のIIRバンドパスフィルタに通過させた後、相関処理を行った。図の(a)から(d)は上記マイクロホン対の相関を示している。

また、(e)は(a)~(d)の加算であり、音源推定の1方式である。各相関分布は音源位置であるマットレスの中央を指向しており、総和である(e)でも一意の音源特定ができています。一方、擦過音での推定結果が図5である。二つの発泡スチロールを擦り合わせて擦過音を発生させており、上述と同様のマットレスエリアの中央で発生させているが、(a)から明らかのように全く推定が出来ていない。(b)の時間波形からも確認でき、比較的近接するマイクロホンM₁とM₂間でも波形の類似が殆ど見られない。これは、擦過音が微小な波束の集合であり、短時間で相関が相関が消滅していると推察しており、床による反射が強く混入するためさらに相関を劣化させているものと考えている。今回の評価では音源の下方向はコンクリートの床であったが、実際のベッドでは数cm厚のマットレスが敷かれるため、下方向の音は相当量マットレスで吸音されると考えられる。また、相関を評価するデータ長を適切に設定することにより、擦過音の持つ波束の長さに対応した相関を取得できるものと考えられ、今後の課題である。

なお、本研究は、科研費 基礎基盤研究C 20K12748 の助成を受けたものです。

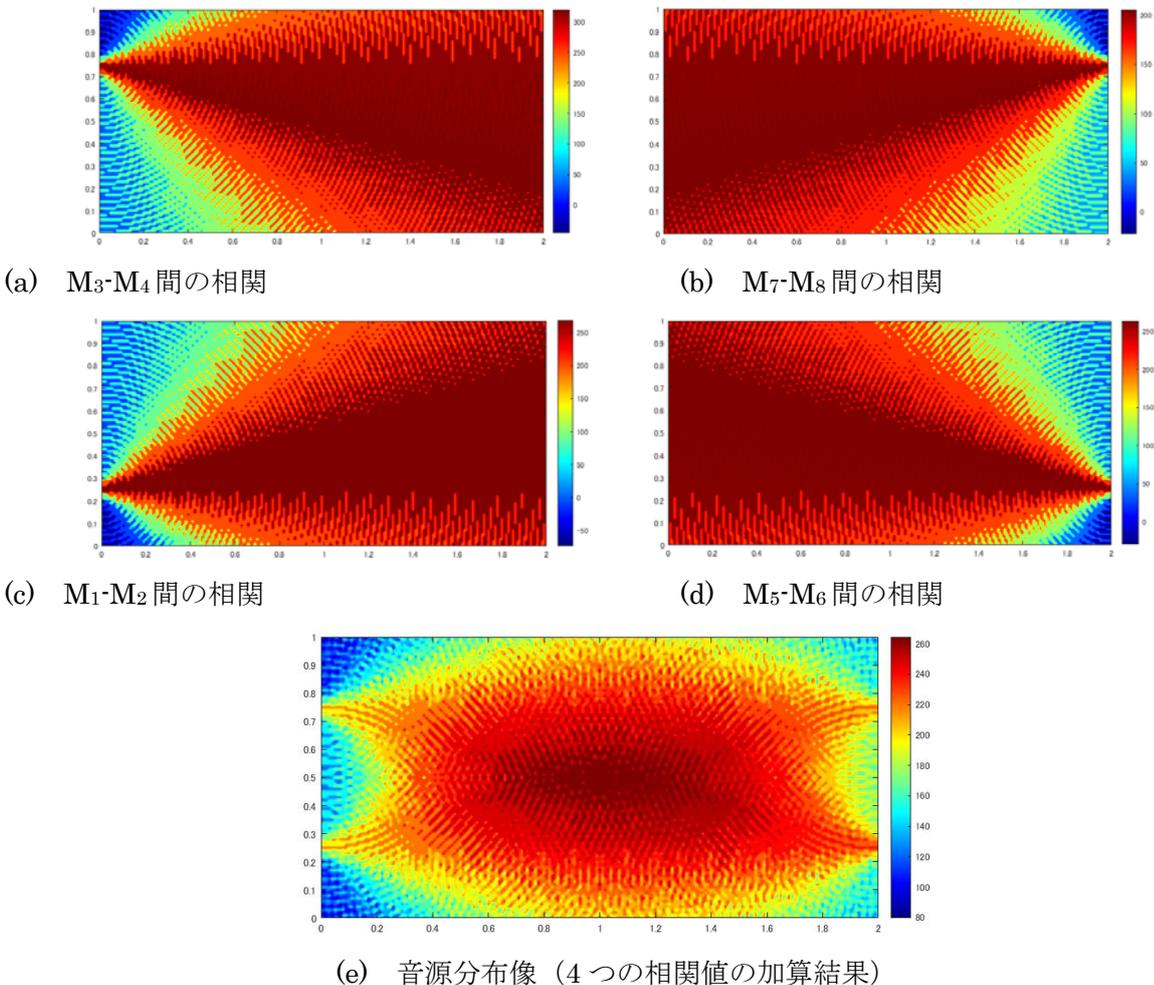


図4 拍手を音源とした位置特定評価

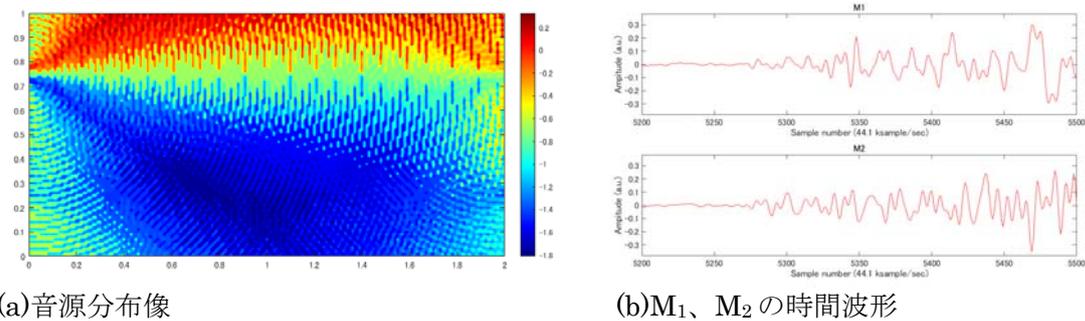


図5 擦過音に対する評価結果

特許・論文等

1. 音によるベッド内行動認識のための音源像の生成, 電気学会計測研究会, IM-20-005, (2020)
2. 音によるベッド内患者行動認識のための相互相関を用いた音源像生成の検討, 福山大学工学部紀要, Vol.42, pp. 25-32, (2019)
3. 音によるベッド内行動認識のための多重スペクトル音源像の生成～空間相関行列の適用検討～, 電気学会計測研究会, IM-19-009, (2019)
4. 音によるベッド内行動認識のための多重スペクトル音源像生成の基礎検討, 福山大学工学部紀要, Vol.41, pp.9-14, (2018)
5. 音によるベッド内行動認識のため多重スペクトル源像生成(基礎検討), 電気学会計測研究会, IM-18-006, (2018)
6. 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, 福山大学工学部紀要, Vol.40, pp.25-28, (2017)

研究室等ホームページ

<https://www.fukuyama-u.ac.jp/eng/smart-system/nakajima-hajime/>

キーワード：非接触操作，行動解析，UX デザイン，サービスデザイン

透析患者向け医療ベッドの開発

－ ポインティング技術の開発と応用 －

工学部 情報工学科

中道 上 教授 Noboru Nakamichi 博士 (工学)

専門分野：HCI (ヒューマンコンピュータインタラクション), UX デザイン, サービスデザイン, ソフトウェア工学

E-mail : nakamichi@fukuyama-u.ac.jp / 084-936-2112 (ext. 4157)



研究概要

指差しジェスチャによるマウスカーソルの移動を利用したポインティングシステムとして、Remote Touch Pointing の研究を進めています。Remote Touch Pointing は指差しジェスチャの延長線上をポインティング位置としてマウスカーソルを表示しています。そのため、直観的にポインティングを行うことが可能となります。

■ 研究の背景

日本では「少子高齢化に伴う生産年齢人口の減少」「育児や介護との両立など、働く方のニーズの多様化」などの状況に直面しており、働き方改革が注目されています。「働き方改革実現会議」において2017年3月に「働き方改革実行計画」が決定され、今後実行すべき政策の1つとして、「病気の治療と仕事の両立」が掲げられています。

透析患者の患者数は年々増加しており約32万人もの患者がいます。透析患者は1回平均4時間かかる人工透析を1週間に3回する必要があり、1週間に合計で12時間ベッドの上で過ごさなければなりません。

■ 研究内容

これまでに開発したポインティング技術を応用して、透析患者が人工透析中においても仕事が可能な医療ベッドの開発を進めています。天井ディスプレイとそれに対して非接触操作が可能なベッドを試作しました。

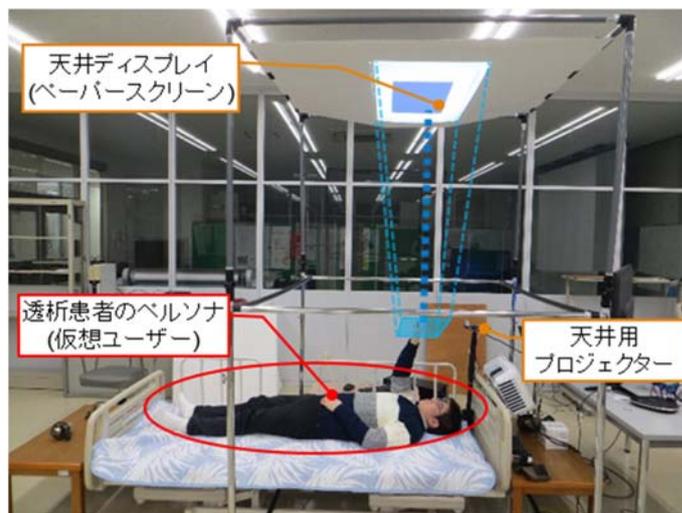


図1 試作した透析患者向けベッド

非接触操作として仮想的なタッチパネルを実現した Remote Touch Panel を利用していますが、タッチパネル面を視認することができない課題があります。仮想的なタッチパネルの可視化に向けて、指先へのプロジェクションマッピングの適用を検討し、開発を進めております。

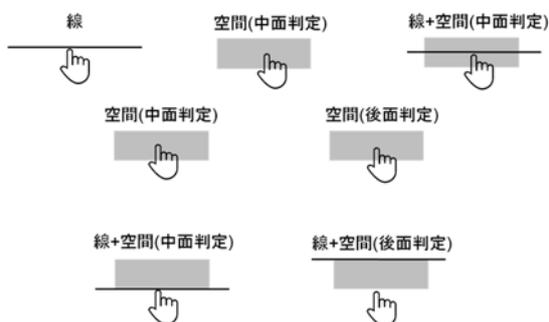


図2 照射する光の7種類の形状

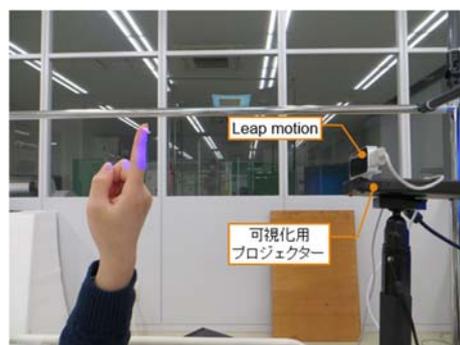


図3 線(白)+空間(青)を指にあてた様子

本研究では、光による仮想タッチパネルの可視化の検証をするために、可視化用プロジェクターによって指に光を照射し、形状と色についての実験を行いました。実験は大学生54名(男性:31名, 女性:23名)に対して実験を実施しました。最も選ばれた光フィードバックは図3の線(白)+空間(青)の組み合わせでした。線には仮想タッチパネルの判定面としての役割があり、空間には判定面に近づいたことを示す役割があると考えられます。

■ その他の応用例

現在、特許も取得し皆様に技術公開が可能となりました。さらに教育分野(図書館での利用、スクリーンやテーブル、床面に対するポインティング技術)、自動車分野(カーナビゲーション操作や外の世界とのやり取りへの応用)への応用技術の開発を進めております。

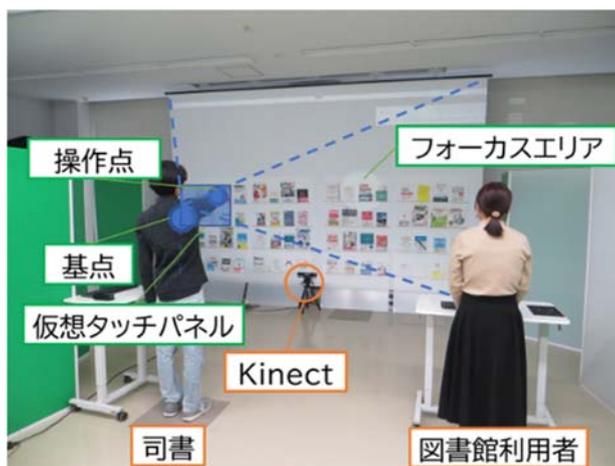


図4 図書館での本を案内するためにポインティングする様子

特許・論文等

■ 特許

- 特許第6472252号「仮想タッチパネルポインティングシステム」

■ 論文

- 正畑智徳, 武田祐樹, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉, "図書案内のためのスポットライト型ポインティングシステムの提案", The 22nd IEEE Hiroshima Section Student Symposium, Vol., No., pp.232-233, Nov. 2020. (HISS 優秀研究賞を受賞)
- 武田祐樹, 渡邊桃子, 中道上, 稲葉利江子, 渡辺恵太, 山田俊哉, "透析患者向けベッドにおける非接触タッチパネルへの光フィードバックの適用", 情報処理学会インタラクシオン 2021 論文集, Vol., No., pp.205-210, Mar. 2021.
- 正畑智徳, 武田祐樹, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉, "図書案内のためのスポットライト型ポインティングシステム", 情報処理学会インタラクシオン 2021 論文集, Vol., No., pp.447-450, Mar. 2021. (プレミアムデモ発表に認定)

キーワード：行動解析, UX デザイン, サービスデザイン

避難誘導アプリ Virtual Wall による避難誘導実験

- 避難行動分析と誘導支援 -

工学部 情報工学科

中道 上 教授 Noboru Nakamichi 博士 (工学)

専門分野：HCI (ヒューマンコンピュータインタラクション), UX デザイン, サービスデザイン, ソフトウェア工学

E-mail : nakamichi@fukuyama-u.ac.jp / 084-936-2112 (ext. 4157)



研究概要

日本は自然災害が多い国であるため、地震や台風による大雨や土砂崩れ、洪水などが頻繁に発生している。屋内施設で崩落や火災などが発生した場合、発生個所を把握できなければ二次災害に巻き込まれてしまう可能性があります。そのため、防災 ICT として Bluetooth Beacon を活用したスマートフォンへの避難誘導通知による誘導効果が検証されている。屋内において二次災害を避けて避難誘導するために、Beacon を用いて防火扉のように設定できる仮想的な壁「Virtual Wall」を提案する。その避難誘導効果について、フィジカル空間とサイバー空間において避難実験を実施し、提案する避難誘導アプリ Virtual Wall によって避難時間の短縮につながることを明らかにしました。

■ 研究の背景

世界有数の自然災害大国と呼ばれる日本において学校施設は、児童生徒等の学習・生活の場であるとともに、災害時には地域住民の避難所としての役割も果たすことから、防災機能の強化は極めて重要です。東日本大震災では、津波等により学校施設に多くの被害が生じたり、応急避難場所としての施設機能に支障が生じたりするなど、従来想定していなかった新たな課題が見られました [1]。また、平成 26 年 8 月豪雨や平成 30 年 7 月豪雨において、広島県では土砂崩れや浸水による被害が相次いでいる状況にあります。

■ 研究内容 Virtual Wall

本研究では大学やショッピングモールなどの大型施設に Beacon がすでに整備されている環境を想定している。例えば屋内の照明部分に「LED Beacon」が整備されており、位置情報などをスマートフォンに通知可能な環境が構築されている環境である。

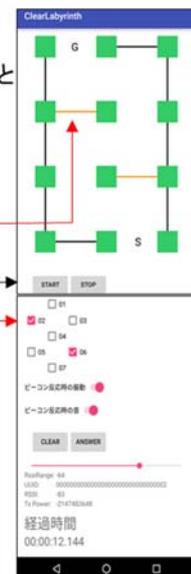
避難誘導アプリの中で表示される仮想的な壁を Virtual Wall と呼ぶ。Virtual Wall は物理的な壁と異なり実験環境上で実体を直接確認することができない。

スマートフォン上のマップ画面を図に示す。避難誘導アプリの柱 (緑色) の間を塞いでいる線 (オレンジ色) が Virtual Wall である。本システムは指定した地点で避難者のスマートフォンが Beacon に反応し、Virtual Wall を通知・表示するよう設定が可能である。これにより、立ち入り禁止エリアを避難者に通知し発生直後の避難誘導を可能とする。

Virtual Wallに見立てたBeaconに近づくと携帯端末が反応し、音+振動で避難者に通知し、アプリ画面上に Virtual Wallが表示される。

START, STOPのボタンで避難時間を計測することができる。

Virtual Wallの位置をチェックマークを付けることで設定する。





Beaconセンサー
 極低消費電力の近距離無線通信規格「Bluetooth Low Energy (BLE)」
 を利用している位置特定技術



Virtual Wall
 (アプリ上に表示)

フィジカル空間の実験環境

サイバー空間の実験環境

避難誘導の種類	フィジカル空間		サイバー空間	
	平均時間 [s]	標準偏差	平均時間 [s]	標準偏差
A) 物理的な壁	12.696	3.270	13.078	5.428
B) VW (通知+表示有)	16.968	8.425	11.893	6.009
C) VW (通知+表示済)	11.313	2.944	11.266	4.966
D) VW (表示済)	11.092	2.519	10.600	4.565

サイバー空間では、Virtual Wall での避難誘導が物理的な壁より早い結果となり、Virtual Wall による避難誘導は避難時間の短縮に有効だと考えられる。そしてフィジカル空間においても、Beacon の配置による通信精度向上によって、Virtual Wall は有効となると考えられる。

避難誘導実験の結果、フィジカル空間・サイバー空間ともに避難誘導アプリ上に仮想的な壁の役割を持つ Virtual Wall を表示することによって避難時間が短縮可能であることが明らかとなった。

今後は、フィジカル空間では、Beacon の設定位置や個数を調整して通信精度の向上を図る。またサイバー空間では、実験順序の改善や操作方法の見直しを行うことで、Virtual Wall の避難誘導効果について分析を進めていく。

■ その他の応用例

本研究は、Beacon などの活用したセンサーネットワーク環境の整備研究の一部として進められています。今回は、おもに仮想的な壁 Virtual Wall によって立ち入り禁止エリアを分かりやすく避難者に通知できるかについて検討した。避難誘導を認知しやすいインターフェースの開発について紹介しましたが、その他にも下記のような避難誘導に関する研究もおこなっています。

- 評価者と参加者がペアとなって行動解析をおこなうペアテスト
- 3方向分岐路の内、1方向が通行禁止になった場合を想定し、円滑な避難を実現できるように、携帯端末に「方向指示」と「禁止提示」を表示するインターフェースを検討
- VR 避難訓練に向けた現実空間と仮想空間 (VR 環境) における避難行動の差異の分析

特許・論文等

■ 論文

- 山上誠人, 黒木春樹, 部谷泰生, 中園龍次, 池岡宏, 中道上, "仮想空間における Virtual Wall の誘導効果の検証", 電子情報通信学会 2020 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, No.ISS-SP-056, pp.214, Mar. 2020.
- 山上誠人, 黒木春樹, 部谷泰生, 中園龍次, 池岡宏, 中道上, "避難誘導アプリ Virtual Wall による避難誘導実験", The 22nd IEEE Hiroshima Section Student Symposium, Vol., No., pp.123-126, Nov. 2020. (HISS 優秀プレゼンテーション賞を受賞)

運転者の体格の違いが踵を床に置くペダル操作に及ぼす影響

工学部 機械システム工学科

関根康史

准教授 Yasufumi Sekine

博士 (工学)

専門分野：自動車の安全，道路交通の安全，高齢化社会，など

E-mail : sekine_y@fukuyama-u.ac.jp



研究概要

1. はじめに

近年、高齢運転者によるブレーキとアクセルペダルの踏み間違い事故が社会的な問題となっている。なお、健常者の高齢運転者がペダル踏み間違い事故を起こす場合、自動車のペダル段差や踵を置く位置等といった、加齢による身体機能の低下以外の要因も影響すると考えられる。本研究では、加齢による身体機能の低下の影響の無い若年者を被験者として、踵を置く位置と運転者の体格の関係について分析を行った。

2. 方法

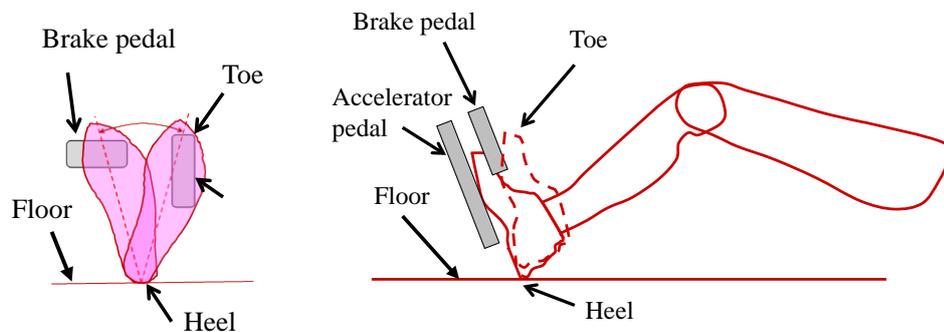


図1 踵を床に付けたペダル操作のイメージ

本報では、被験者1(身長162cm, 18歳)と被験者2(身長184cm, 18歳)に対し、踵を床に置いてアクセルからブレーキへのペダル踏み換えを行わせた(図1)。なお、このペダル操作方法は、ペダル踏み換え時間が短くエラー率が低い等のメリットがある(参考文献)。また、実験に使用した車両のペダル段差は図2に示した通り20mm。

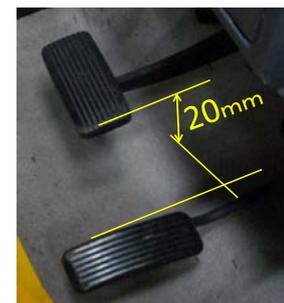


図2 試験車のペダル段差

参考文献：平野昭夫他：“高齢者ドライバのペダル操作の定量的解析と人間特性の関係
運転寿命延伸を目指したドライバ運転特性研究”，自動車技術会 2021年春季
大会学術講演会講演予稿，20215171，2021.

それから、今回の実験では、踵を置く位置によるニアミスのし易さを見るため、

【条件①】：踵をアクセルの位置に置いた場合

【条件②】：踵をブレーキの位置に置いた場合
の条件について比較を行った(図3)。

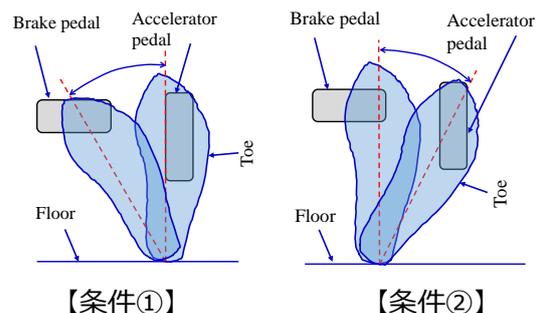


図3 右足の踵を置く位置

3. 結果

【条件①】踵をアクセルの位置に置いた場合
 図4に被験者のペダル踏み換えの様子を示す。小柄な被験者1の方が、被験者2よりも多めに足首を旋回させている。両者共にアクセルへのニアミスが発生している。

【条件②】踵をブレーキの位置に置いた場合
 図5に被験者のペダル踏み換えの様子を示す。この条件では、被験者2の方が足首を大きく旋回させている。両者共、ニアミスの発生は無い。

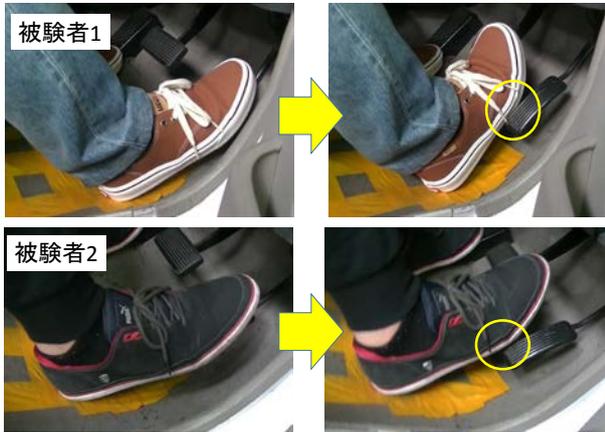


図4 【条件①】でのペダル踏み換え

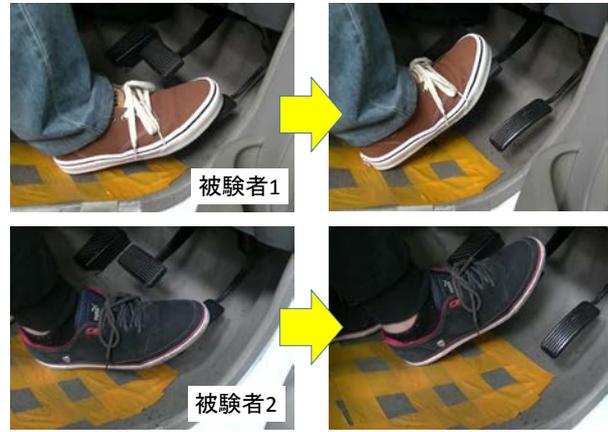
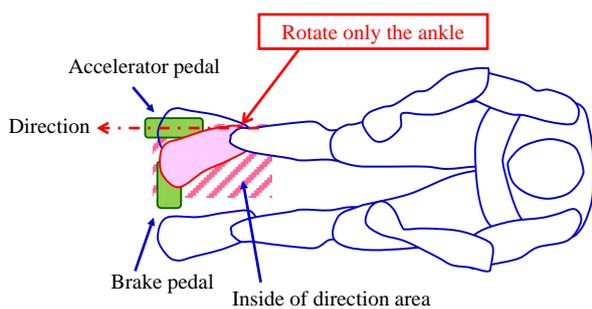
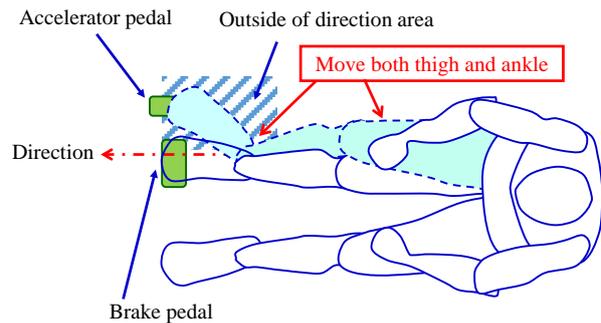


図5 【条件②】でのペダル踏み換え

図6に前進運転での運転姿勢をとっている運転者のイメージを示す。自動車の運転席に座り、前進運転をしようとする場合、一般的な乗用車では運転者の多くが、ある程度股間を開いた運転姿勢で運転しようとする。この運転姿勢で、右足先の踵をフロアに置き、これを支点に右足先を回転させようとした場合、自動車の進行方向に対し内側に向けて回転させる場合、足首だけを回転させることになることから内側に回転できる角度は少ない。このため、足の踵をアクセルペダルの位置にいた場合に、アクセルペダルへのニアミスが発生し易くなると考えられる。一方、自動車の進行方向に対し外側に向けて回転させる場合、股間を開き太腿を動かすことと足首の回転の両方を行うことから外側に回転できる角度は大きい。したがって、右足の踵をブレーキペダルの位置に置いた場合、アクセルペダルへのニアミスを起こすことなく確実にブレーキペダルを踏むことが出来るようになると思われる。



(a) 右足先を自動車の進行方向に対し内側に向けて回転させるイメージ



(b) 右足先を自動車の進行方向に対し外側に向けて回転させるイメージ

図6 前進運転での運転姿勢をとっている運転者のイメージ

「踵を床に付けたペダル操作法」は、「足先を安定させた状態でペダル操作できる」方法であるが、このペダル操作法を、より安全に行えるようにするためには、右足の踵をブレーキペダルの位置に置くことが望ましいと考えられる。

キーワード：道路交通，安全性評価，事故要因分析，運転支援

幹線道路渋滞交差点の通過時間の増減と生活道路の安全性低下との関係についての分析

工学部 機械システム工学科

関根康史

准教授 Yasufumi Sekine

博士 (工学)

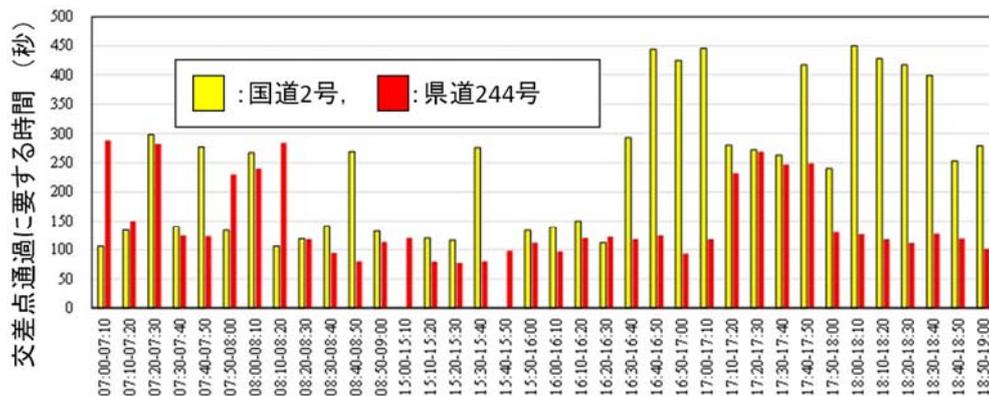
専門分野：自動車の安全，道路交通の安全，高齢化社会，など

E-mail : sekine_y@fukuyama-u.ac.jp



研究概要 (注1)

国道2号と県道244号が交差する「明神町交差点」において，交差点通過に要する時間の観測調査を実施し，朝夕の通勤時間帯に長く，昼間の時間帯に短くなることを確認した．すなわち，従来は明確に示されることは無かった，幹線道路の渋滞状況と生活道路に流入する自動車の増減に関係性がみられることを明らかにした．



明神町交差点における国道2号と県道244号の交差点通過に要する時間の時間変動

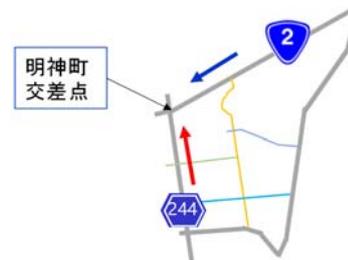
国道2号と県道244号が交差する明神町交差点付近は，朝夕の通勤時間帯に通行する自動車が非常に多く，長い渋滞は発生している．



国道2号・明神町交差点，17:19
東方向



県道244号・明神町交差点，17:20
北方向



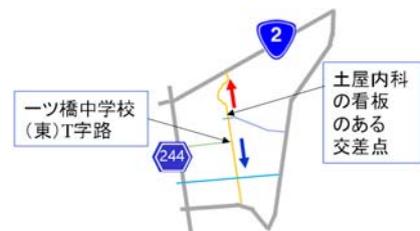
この渋滞を回避すべく，並行する生活道路に多くのクルマが流入している．すなわち，生活道路は道路幅員が狭いにも関わらず，自動車の通行量が多い．



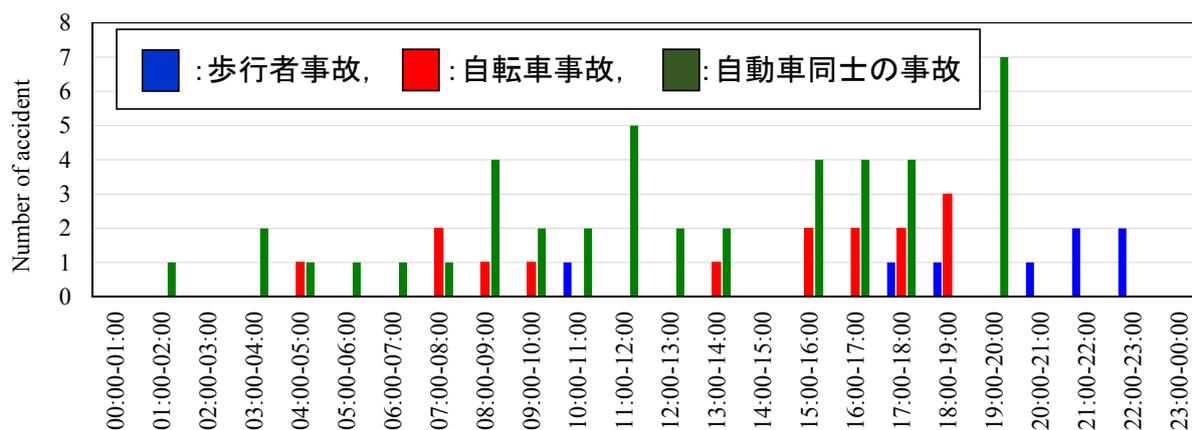
一ツ橋中学校(東)T字路，7:18
南方向



土屋内科の看板のある交差点，17:38
北方向

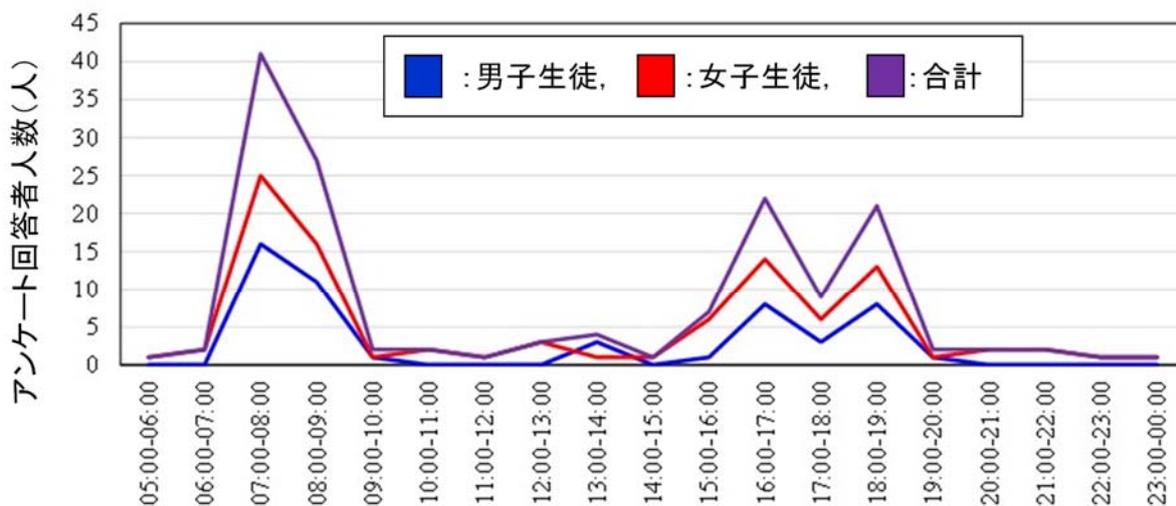


自転車事故と自動車同士の事故は、朝夕の通勤時間帯に多くなる傾向。



生活道路における発生時間帯別の事故発生件数

時間帯別にみたアンケートで「危険な体験」・「危険だと思った」回答者数についても、朝夕の通勤時間帯に多くなり、昼間の時間帯に少なくなる。生活道路の交通量の増加は、安全性を相対的に低下させると考えることができる。生活道路の安全性を確保するためには、通勤時間帯に生活道路に流入する自動車を減らすことも、有効な対策の一つであり、そのためには、幹線道路（国道2号、県道244号）の渋滞を改善することも大切と考えられる。



時間帯別にみたアンケートで「危険な体験」・「危険だと思った」回答者数

(注1) 本研究は国土交通省中国整備局福山河川国道事務所 包括的連携・協力に関する協定書に基づく令和元年度 受託研として実施したものである。

特許・論文等

関根康史, 山本俊雄, 林祐志, 大坪裕哉, 幹線道路の渋滞と周辺地域の交通環境の関係についての分析 (ETC2.0 および事故分析とアンケートによる生活道路の安全性評価), 日本機械学会論文集, Vol. 87, No. 898 (2021).

超小型モビリティの開発

工学部 機械システム工学科

小林 正明

講師

Masaaki Kobayashi

工学修士

専門分野：教育工学、モノづくり教育、交通システム

E-mail : m-koba@fukuyama-u.ac.jp



研究概要

■ 研究の背景

日常的な生活を送る上での行動範囲は、限られており公共交通機関か自家用車による移動が中心である。国土交通省の調べによると、地域交通における自動車の利用は、10km以内の利用が75%で20km以内の利用が約90%であり、約80%が1人での利用であることが報告されている。

国土交通省では今日の自動車交通の利用実態や環境問題の対策として超小型モビリティの導入を支援している。超小型モビリティは、自動車よりコンパクトで小回りが利き、環境に優れ、地域の手軽な足となる1~2人乗り程度の車両のことである。超小型モビリティは、公共交通機関がなく自家用車での移動しかない地域での新しい交通機関とだけでなく、これからのSDGsに向けた新しい生活形態での移動手段として期待されている。そこで、本研究では軽自動車と原動機付自転車の間である超小型モビリティを開発していく。

■ 超小型モビリティ（認定制度）

国土交通省が進めている超小型モビリティは、軽自動車より小さくマイクロカー（原動機付四輪自動車）より大きい従来にない全く新しいカテゴリーの車両である。この新しいカテゴリーの超小型モビリティ（認定超小型モビリティ）は基準制度緩和により公道走行を可能とした車両のことである。認定制度の超小型モビリティ（認定超小型モビリティ）は、トヨタ、日産、ホンダなどが開発を行っている。（図1）



TOYOTA i-ROAD



日産ニューモビリティコンセプト



Honda MC-β

図1 認定超小型モビリティ

現在は、超小型モビリティの普及に向けた実証実験を実施している。実証実験から超小型モビリティの活用シーンは以下のように3通りに分類された。

- (1) 業務や公務利用（訪問介護、児童相談、見回り、防犯パトロール、小口配送業務）
- (2) 観光地や商業地利用（観光地や商業地での回遊や周遊）
- (3) 日常利用（高齢者の移動、子育て層の移動、離島部やコンパクトシティでの活用）

■ 研究内容

国土交通省が進めている超小型モビリティ（認定超小型モビリティ）は、従来にない全く新しいカテゴリーの乗り物である。しかし、活用シーンに合わせた3通りを実現するのに新しいカテゴリーの車両でなくても現在のカテゴリーでも実現することは可能である。我々は、活用シーンに合わ

せた3通りを実現するために側車付二輪車で超小型モビリティを開発することとした。側車付二輪車は、3輪の車両で、前輪1輪、後輪2輪のトライクと呼ばれる車両と、前輪2輪、後輪1輪のリバーストライクというものがある。開発を行っている超小型モビリティは、リバーストライクと呼ばれる側車付二輪車である。駆動輪となる後輪は1輪であるため複雑なデファレンシャルギヤが必要でなく構造が簡単になり製作が容易になる。また、原付二種スクーターの駆動系を使用するため維持費も安く二人乗りが可能となる。2019年度は原付二種スクーターの駆動系である電動モーターを使用し試作車を製作した。電動モーターを使用することにより使用する部品点数が少なくレイアウトの自由度が高くなった。図2に2019年度製作した試作車を示す。図2の2019年度に製作した車両は大人が二人乗れる車両としたため必ずしもコンパクトで小回りが利く車両ではなかった。図3に2020年度製作した車両のCAD図面を示す。図3より2019年度はバッテリーを運転席後ろに設置していた。図4の2020年度の車両はバッテリーを運転席の下に設置することにより全長を短くすることができた。



図2 2019年度製作車両

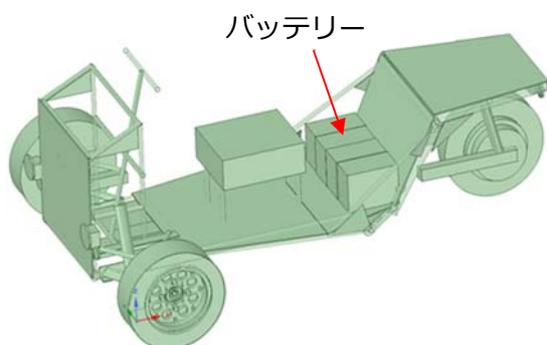


図3 2019年度車両

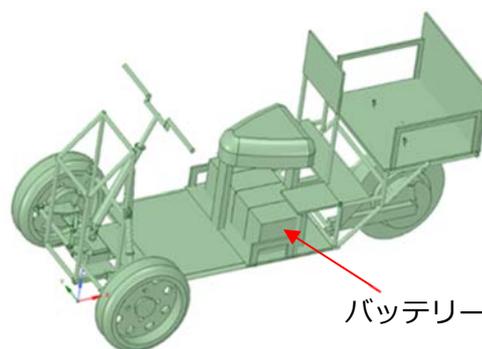


図4 2020年度車両

■成果

2019年度に製作した車両は、大人が2人乗れることを考えたためサイズが大きくなった。その結果、取り回し悪く小回りが利かない車両となってしまった。2020年度は小回りが利くコンパクトな車両を目標に検討した。全長を短くするためにバッテリーの位置を運転席の後ろから運転席の下に移動することにより後部座席は狭くなったが全長を短くすることができた。しかし、2020年度は車両の制作には至らなかった。

■実用化に向けて

2020年度で基本的な車両サイズが決定した。2021年度は詳細設計を行う試作車の製作を行う。試作した車両は実証実験を行い実用性などを検討していく。また、開発しているリバーストライクの超小型モビリティは現行の道路運送車両法が適用される車両である。市販化を考えて加工工程や部材の調達方法なども検討していく。車両の製作と並行しボディーの検討を行う予定である。

超高強度コンクリートを用いた耐震壁架構の耐震性能に関する研究

工学部 建築学科

都祭 弘幸 教授 Hiroyuki Tomatsuri 博士 (工学)

専門分野：建築構造，鉄筋コンクリート構造，損傷制御，合成構造

E-mail : tomatsuri@fukuyama-u.ac.jp



研究概要

■ 研究背景

鉄筋コンクリート造（以下，RC造）の地上64階建て超高層複合建築物が，東京都港区で建設が進められている。このような規模の大きい超高層RC造建築物では，下層階の柱・梁部材寸法スリム化を図るため，超高強度コンクリートおよび超高強度鉄筋が使用されるのが一般的である。また，建設現場における品質確保および施工合理化・工期短縮を目的に，部材プレキャスト化の適用事例が増えている。

この超高層RC造建築物の下層階には耐震性確保のために設計基準強度 120N/mm^2 の連層耐震壁が配置されている。この連層耐震壁の施工合理化を図るために，付帯柱をプレキャストとし壁板を現場打ちとする構工法が採用されることとなった。しかしながら，超高強度材料を用いた連層耐震壁の研究事例は少なく，一部プレキャスト部材とした連層耐震壁に関する研究はほとんど例が見られない。

本研究は，付帯柱プレキャスト・壁板現場打ちとした連層耐震壁が，柱・壁板を一体打ちとした連層耐震壁と同等の構造性能を有することを構造実験により確認することを目的に実施した。本報告では，その研究内容および研究結果の概要を述べる。研究の詳細内容については，参考文献を参照されたい。

■ 実験概要

1) 試験体

試験体は縮尺が約 $1/6$ の3層から成る連層耐震壁3体である。試験体一覧を表-1に，試験体形状を図-1に示す。試験体C-0は柱・壁板を一体打ちとした基準となる試験体であり，試験体P-1およびP-2はプレキャスト付帯柱を設置後に壁板を後打ちした試験体である。プレキャスト付帯柱と壁板とは，図-2に示すように，シヤーキーと水平接合筋で接合されている。

2) 加力方法

加力装置を図-3に示す。加力装置は福山大学が保有する鉛直油圧ジャッキ10MN，水平油圧ジャッキ5MNの能力を持つ建研式逆対称加力装置を利用し，連層耐震壁にキャンチレバー形式にモーメントが作用す

表-1 試験体一覧

試験体名称	打設方法	鉛直接合部		
		シヤーキー [mm]	水平接合筋	接合筋比 [%]
C-0	一体打ち	-	-	-
P-1	柱 PCa	150x32x10	D6@50 ダブル	0.85
P-2	壁板後打ち	25 箇所	D6@100 ダブル	0.43

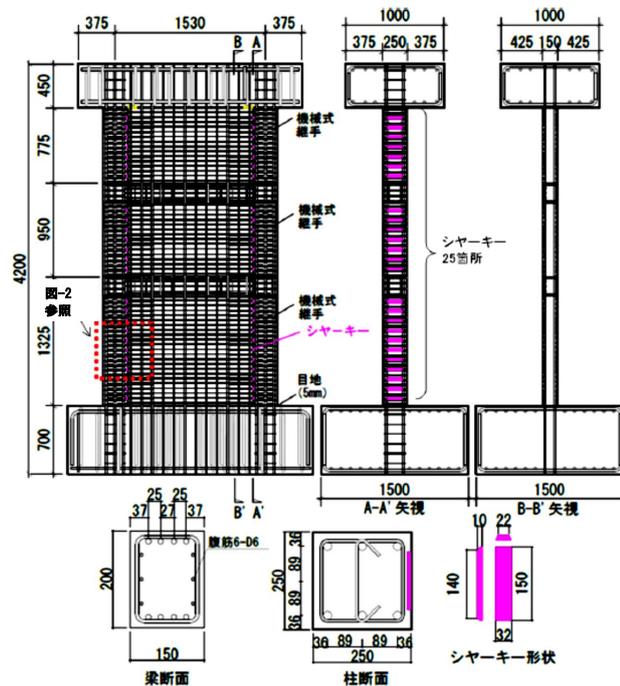


図-1 試験体形状

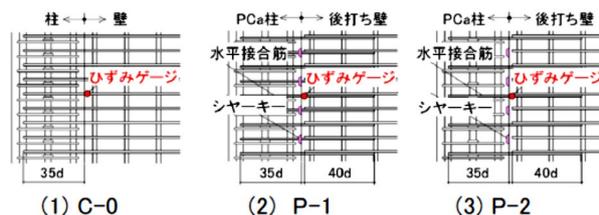


図-2 鉛直接合部詳細

るよう加力点を調整している。超高層 RC 造建築物の下層階 3 層を取り出した試験体なので、縮尺 1/6 でも軸力比 0.15 に相当する長期軸力 (5,800kN) を再現するためには大きな許容荷重を持つ鉛直油圧ジャッキが必要となる。

載荷実験は、鉛直軸力を保持した状態で 5MN 水平油圧ジャッキにより正負交番の繰り返し加力を行った。加力制御は、上スタブ中心での変形角 $R = \pm 0.5 \times 10^{-3} \text{rad}$ に続いて、 $\pm 1, \pm 2, \pm 4, \pm 6, \pm 10, \pm 15, \pm 20 \times 10^{-3} \text{rad}$ を各 3 回繰り返すこととした。

3) 実験結果

図-4 に最終破壊状況および荷重変形曲線を示す。試験体は 3 体とも同様な荷重変形関係および破壊経過であった。

破壊経過は、曲げひび割れ発生後、壁板にせん断ひび割れが発生し、 $R = 5 \times 10^{-3} \text{rad}$ のサイクルで圧縮側柱脚部かぶりコンクリートが剥落した。また、同サイクルで引張側柱主筋が降伏し、次の $R = 10 \times 10^{-3} \text{rad}$ のサイクルで壁縦筋が降伏した。水平荷重は $R = 10 \times 10^{-3} \text{rad}$ 近傍で最大となり、次の $R = 15 \times 10^{-3} \text{rad}$ を目指したが、正側 1 回目の $R = 12 \sim 15 \times 10^{-3} \text{rad}$ で圧縮側柱脚部が圧壊し、荷重が急激に低下した。

最終破壊状況は、図-4(a)に示すように柱壁一体打ち連層耐震壁でも、プレキャスト付帯柱の連層耐震壁でも圧縮側柱脚部と壁板部分の圧壊によるものであった。また、荷重変形曲線についても柱壁一体打ち、プレキャスト付帯柱連層耐震壁に顕著な差異は見られなかった。最大耐力荷重やその変形角についても近似した結果となった。

最大耐力実験値と計算値の比較や鉛直接合部に関する考察については、参考文献を確認頂きたい。

■ 構造実験見学会

本研究は、実際のプロジェクト案件に基づいて実施されたものなので、事業に関係する設計者や施工者らによる構造実験見学会を実施した。写真-1 に見学会状況を示す。

見学会は、2020 年 9 月 17 日に実施された。この時期は、新型コロナウイルス感染症の第 2 波が下火になった頃(日本全国で 300 ~ 700 人程度)であったが、見学会参加者の多くは東京近郊の方々であったことから新型コロナウイルスへの感染防止対策を講じた上での実施であった。

見学会には、本学関係者を含め全員が 14 日間の健康調査データを提示すること、大学施設入館時の検温で体温 37°以上の方は入場できないこと、大学施設内ではマスク着用、を参加条件とした。

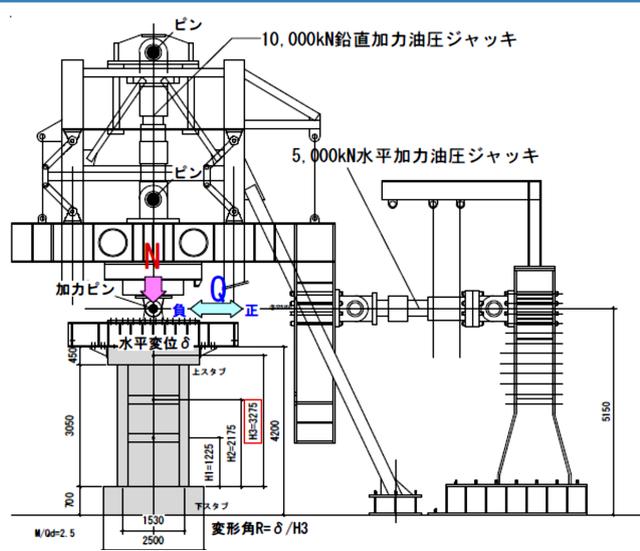
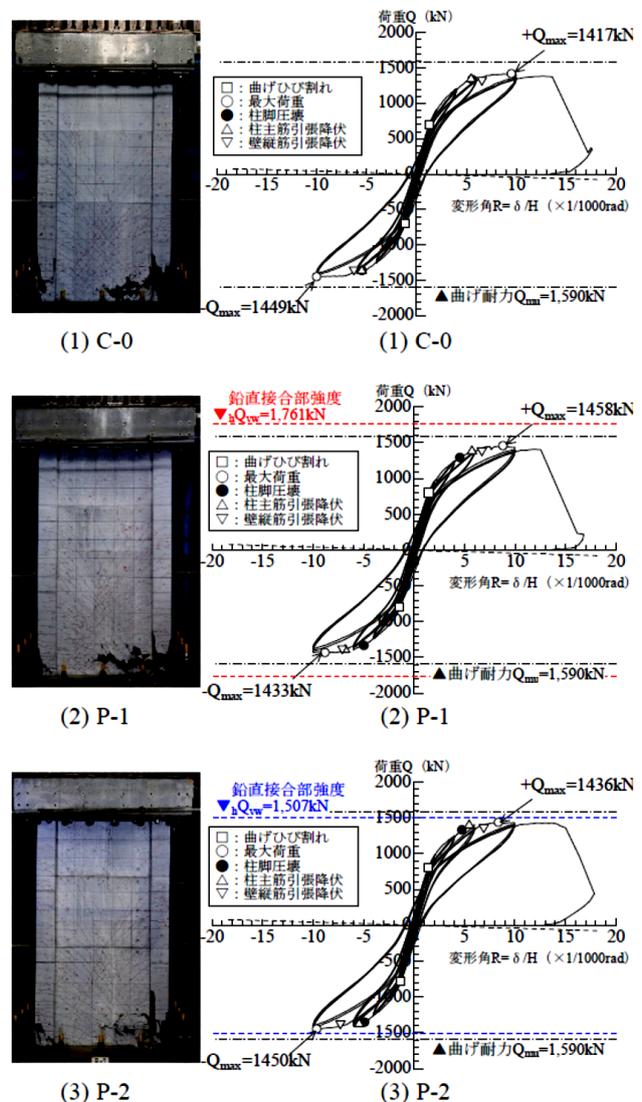
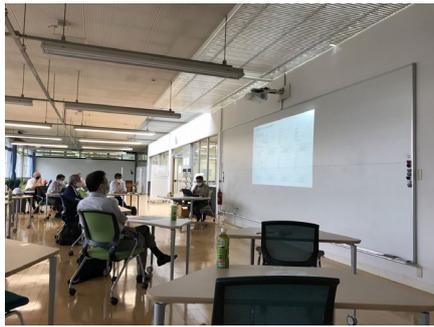


図-3 加力装置



(a)最終破壊状況 (b)荷重変形曲線

図-4 実験結果



(a)実験内容説明



(b)実験中試験体見学



(c)終了試験体見学

写真-1 見学会状況

見学会は、10時から13時の3時間という短い時間であったが、プロジェクト関係者の方々にとっては有意義なものであったと思われる。福山大学にとっても多くの方々施設を利用した共同研究ができることを知って頂く良い機会であった。

■最後に

本研究の実施にご協力頂いた関係者に厚くお礼申し上げますとともに、本実験を基にした研究成果が利用されたプロジェクトが無事に完了することを祈願します。

参考文献

- 1) 江頭寛, 大園友梨子, 都祭弘幸, 土橋徹, 小田稔: 120N/mm²コンクリートを用いた PCa 柱と場所打ち壁板からなる連層耐震壁の検討 (その3)連層耐震壁の加力実験の概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.175-176, 2021.9
- 2) 大園友梨子, 江頭寛, 岡部和正, 小坂橋裕一: 120N/mm²コンクリートを用いた PCa 柱と場所打ち壁板からなる連層耐震壁の検討 (その4)連層耐震壁の加力実験の結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.177-178, 2021.9
- 3) 田野健治, 大園友梨子, 松永健太郎, 江頭寛, 井上樹里也, 小田稔, 南圭祐: 120N/mm²コンクリートを用いた PCa 柱と場所打ち連層耐震壁の接合構造に関する実験的検討, 三井住友建設技術研究開発報告 第19号, 2021, 掲載予定

研究室等ホームページ

都祭研究者情報: <http://rdbv.fukuyama-u.ac.jp/view/VWUw9/>

集成材を芯材としたハイブリッド RC 柱の圧縮特性に関する解析的検討

工学部 建築学科

都祭 弘幸 教授 Hiroyuki Tomatsuri 博士 (工学)

専門分野：建築構造，鉄筋コンクリート構造，損傷制御，合成構造
E-mail : tomatsuri@fukuyama-u.ac.jp



研究概要

■ 研究背景

木材を建築物に使用・活用した事例が多数見られるようになったが，耐火建築とするためには木材を石膏ボードなどで被覆しなければならない。燃えしろ設計もできるが，準耐火建築物に限定されている。

木造を構造体で使用する場合，耐火建築とするための石膏ボードに替わって鉄筋コンクリート（以下，RC）で木質部材を被覆することによって構造体としての強度上昇も得られると考えた。本研究は環境配慮型の建築構法の一つとして考案したものであり，木質材料の使用機会増大を目的としている。

■ 構造実験概要

集成材を芯材とするハイブリッド RC 造の基礎研究として，図 1 および表 1 に示すハイブリッド RC 柱の中心圧縮実験を 2019 年度に実施した。RC 部分の使用材料試験結果を表 2 に，集成材の単体試験結果を図 2 に示す。試験体の配筋状況を写真 1 に，中心圧縮試験方法・計測方法を図 3 に示す。

中心圧縮試験で得られた最大耐力の比較を表 3 に，各試験体の軸耐力-軸ひずみ関係を図 4 に示す。

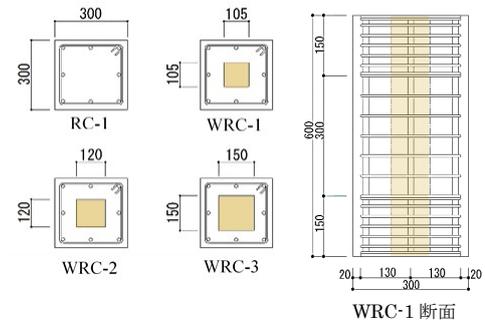


図 1 断面図および配筋詳細

表 1 試験体一覧

試験体名	断面 (mm)	主筋	せん断補強筋	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	割裂強度 (N/mm ²)
RC-1	300×300	8-D16 (SD390)	2-D6@50 (SD295A) p _w =0.38	31.7	31.3	4.86
WRC-1						
WRC-2						
WRC-3						

表 2 鉄筋材料試験結果

種別	径	材質	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	伸び (%)
主筋	D16	SD390	437.6	593.5	203.4	17.6
せん断補強筋	D6	SD295A	341.7	516.3	190.2	14.9

表 3 最大軸耐力の比較

試験体名	断面積比 RC:集成材	N _u (kN)		実験値 / 計算値
		実験値	計算値	
RC-1	—	3382.0	3085.3	1.10
WRC-1	7.2:1.0	3542.5	3129.5	1.13
WRC-2	5.3:1.0	3529.5	3143.1	1.12
WRC-3	3.0:1.0	3450.0	3175.6	1.09

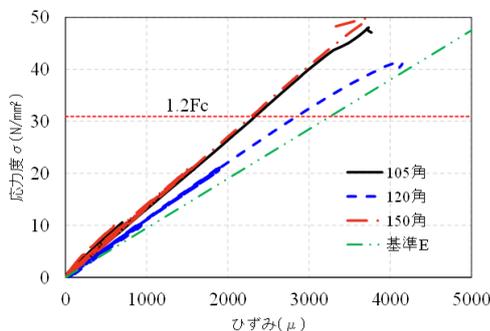


図 2 集成材の応力度-ひずみ関係



写真 1 WRC2 試験体配筋状況

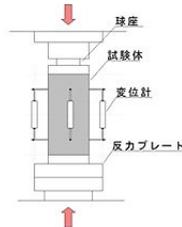


図 3 中心圧縮試験

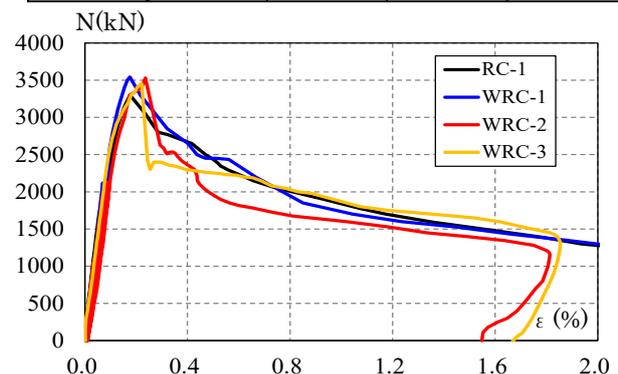


図 4 軸耐力-軸ひずみ度関係

■ハイブリッド RC 柱の最大耐力

表 3 に示すように、最大軸耐力実験値は RC 部分と集成材の断面積比が異なっても顕著な差異はなかった。RC 柱で使用される累加強度式(1)に木質材料を追加した式(2)を用いた実験値/計算値の値は、集成材の断面積に関係なくほぼ 1.1 倍となった。これより、ハイブリッド RC 柱の最大軸耐力を評価できることが確認された。

$$N_u = 0.85 A_c \cdot \sigma_B + A_s \cdot \sigma_y \quad (1)$$

$$N_u = 0.85 A_c \cdot \sigma_B + A_s \cdot \sigma_y + A_w \cdot \sigma_w \quad (2)$$

A_c :コンクリートの断面積(mm²), A_s :鉄筋の断面積(mm²), A_w :集成材の断面積(mm²), f_c :コンクリートの圧縮強度(N/mm²), f_y :主筋の降伏強度(N/mm²), f_w :集成材の圧縮強度(N/mm²)

■解析的検討

ハイブリッド RC 柱の最大軸耐力が上記式(2)で推定できることが明らかとなったので、強度面だけでなく、変形段階においても累加強度が成り立つことを解析的に検討した。検討方法は、軸耐力-軸変形性状について、構成材料の応力度-ひずみ度関係(σ - ϵ 関係)を用いた断面解析である。

RC 部分の σ - ϵ 関係は、一般的に用いられているモデルを使用する。かぶり部分は Fafitis-Shar 式を、コア部分については NewRC モデルとした。集成材の σ - ϵ 関係は、別途実施した檜集成材(同一等級 E95-F315)の単体圧縮実験結果を参考にヤング係数 12.5kN/mm², 限界圧縮強度は材料基準強度の 1.2 倍とした。主筋の σ - ϵ 関係は、引張試験結果を圧縮側に流用したバイリニア型モデルとし、降伏後の第 2 勾配は 1/100 とした。主筋以外のモデル化した材料の σ - ϵ 関係を図 5 に示す。

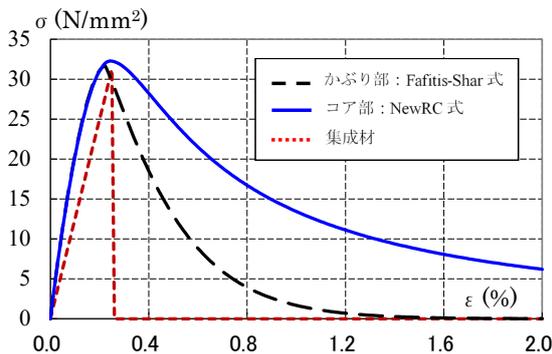


図 5 コンクリートおよび集成材の σ - ϵ モデル

表 4 最大耐力時に関する比較

	最大軸耐力時		実験値/計算値	
	N_{max} (kN)	$\epsilon_{(N_{max})}$ (%)	N_{max}	$\epsilon_{(N_{max})}$
RC-1	3521	0.23	0.96	0.77
WRC-1	3487	0.24	1.02	0.72
WRC-2	3480	0.25	1.01	0.94
WRC-3	3472	0.25	0.99	0.89
平均	—	—	1.00	0.83

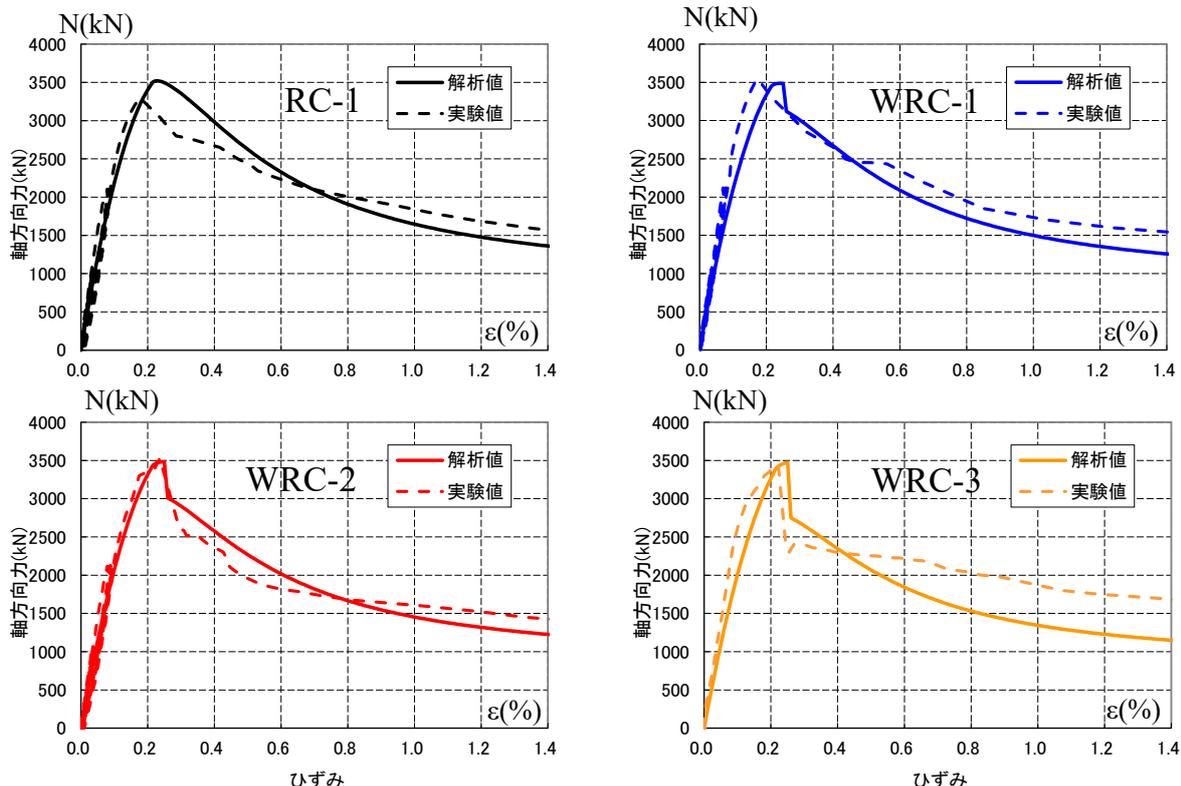


図 6 軸耐力-軸ひずみ関係 (実験結果と解析結果の比較)

■解析成果

仮定した構成材料の σ - ϵ 関係から得られた各試験体の軸耐力-軸ひずみ関係を図 6 に示す。また、表 4 には最大耐力時における実験値と解析値との比較を示す。

図 6 よりハイブリッド RC 柱の断面解析結果は、集成材の σ - ϵ 関係を本研究のように仮定することによって、最大軸耐力後の耐力低下およびその低下幅、さらに耐力低下以降の現象を再現していることが分かる。また、表 4 より本断面解析によりハイブリッド RC 柱の最大軸耐力を精度良く推定できることが確認できた。ただし、最大耐力時の軸ひずみ度は断面積の大きいコンクリート部分の影響を大きく受け実験値よりも大きくなっている。これは、実験における計測検長の影響によるものと考えられる。

■まとめ

本研究から以下の知見が得られた。

- 1) 集成材を芯材としたハイブリッド RC 柱の圧縮特性は、構成材料の σ - ϵ 関係から軸耐力-軸変形関係を推定することができる。ハイブリッド RC 柱の荷重低下現象は、集成材の σ - ϵ 関係で限界圧縮強度以降の負担応力をゼロとすることにより再現できる。
- 2) 解析結果は、集成材断面の大きさにかかわらず、最大軸耐力を適切に、最大軸耐力時の軸変位を大きめに推定した。

参考文献

- 1) 都祭弘幸：木芯コンクリート柱の圧縮特性に関する基礎的研究，工学部紀要第44巻，pp.27-32，2021.3
- 2) 都祭弘幸，藤井稔己：集成材を芯材としたハイブリッドRC柱の圧縮特性に関する実験的研究（その1,2），日本建築学会大会学術講演集，構造IV，pp.199-202，2021.9

研究室等ホームページ

都祭研究者情報：<http://rdbv.fukuyama-u.ac.jp/view/VWUw9/>

木造耐力壁の塑性域における剛性に着目した解析と実験

工学部 建築学科

山田 明

准教授 Akira Yamada

博士(工学)

専門分野：耐震工学，建築振動学，木構造学

E-mail : yamada@fukuyama-u.ac.jp



研究概要

1. はじめに

建築物の構造設計では、部材のひび割れ・降伏等による剛性低下を考慮し、層の荷重変形関係を求める。層の荷重変形関係を図 1(a)の OCD のような完全弾塑性型に仮定すると、層が降伏すると架構は剛性を消失し、損傷によるエネルギー吸収によって耐えることになる。

建築物の塑性設計では、エネルギー一定則に基づき、弾性系の最大ポテンシャルエネルギー（図 1(a)の△OAB の面積）と弾塑性系のポテンシャルエネルギー（同図の台形 OCDE の面積）を等しくするように設計すれば、両者の耐震安全性は等しいと考える。これに従えば、台形 OCDE を完全弾塑性型ではなく、図 1(b)の四角形 OCA'B'のように層の降伏後に剛性 rK を保持するバイリニア型に設計することができれば、最大変位 δ_u を δ'_u まで小さくすることができ、このことは、木造住宅においても言えることである。

降伏後の剛性については、地震応答解析の復元力特性モデルでは考慮されていることが多い。例えば、五十田・河合¹⁾が提案しているモデルでは、折点（層間変形角 $1/120\text{rad}$ ）以降の剛性が折点の割線剛性に対し 0.26 倍になっている。既報²⁾で提案したモデルでは、折点（ $1/120\text{rad}$ ）以降の剛性を折点の割線剛性に対し 0.12 倍としたとき、実験結果と解析結果の対応がよいとした。

他方、文献³⁾（以降、“マニュアル”と記載）では、各種耐力壁の荷重変形関係は完全弾塑性型となっており、降伏後の剛性は考慮されていない。耐力壁の実験結果を再検討し、完全弾塑性型をバイリニア型に見直す方法もあり得るが、損傷が進展した中で剛性を期待することは、確実性が伴わない限り危険側の判断になる可能性もあり、設計においては慎重であるべきと考えられる。したがって、降伏後の剛性を期待するならば、既往の荷重変形関係を見直すよりも、むしろ降伏後の剛性を確保するための別の耐震要素を考慮する方が、設計においては適切な判断であろう。

このことに類似した研究については、小堀・南井⁴⁾が先駆的に取り組んでいる。その中では、構造物を常時部材と耐震部材の 2 種で構成するものとし、耐震部材は小振幅における剛性を担う傍ら大振幅では降伏ないし破断する“pretention wire”と、微小振幅を超えるに依りその威力を発揮する“twisted wire”に分けられている。このような耐震部材の地震応答特性が数学的に吟味されている。また、筆者らは、既報⁵⁾において、既存木造住宅にハードニング型復元力特性を追加したときの耐震補強効果について解析的な検討を試みたが、本研究はその継続的なものでもある。

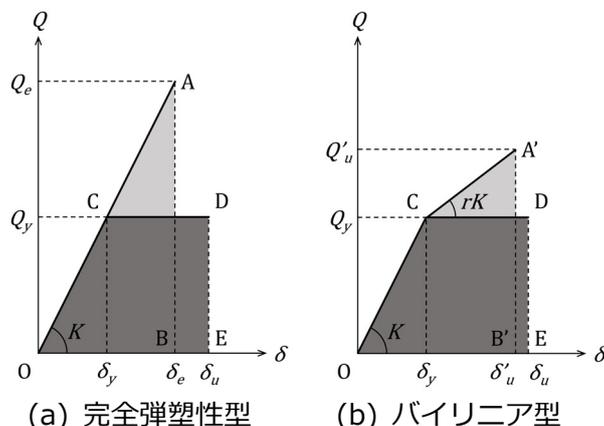


図 1 エネルギー一定則における塑性変形能力

本研究では、木造住宅を対象に、降伏後の剛性を付加することについて検討することを目的とする。まず、解析的に検討し、次いで実験を行う。実験では、木製筋かい・ボード等の各種耐力壁に鉄筋ブレースを並列する。鉄筋ブレース端部のボルト孔はルーズホールとし、耐力壁本体の降伏後にブレースが効くように設計した。

2. 解析

2.1 エネルギー一定則におけるバイリニア型の特徴

エネルギー一定則の仮定の下、図 1(b)のバイリニア型復元力特性の変形を見る。基準となる荷重変形関係は完全弾塑性型 OCD であり、初期剛性 K 、降伏耐力 Q_y 、降伏変位 δ_y 、終局変位 δ_u である。比較対象となるバイリニア型 OCA' については、降伏点は完全弾塑性型と同一で、降伏後は rK の 2 次剛性を保持し、終局耐力 Q'_u 、終局変位 δ'_u に達する。完全弾塑性型、バイリニア型の塑性率をそれぞれ $\mu = \delta_u / \delta_y$ 、 $\mu' = \delta'_u / \delta_y$ とし、台形 OCED と四角形 OCA'B' の面積が等しいとして μ' を求めると、 $r \neq 0$ のときは次式のようになる。

$$\mu' = \frac{r-1 + \sqrt{2r(\mu-1)+1}}{r} \quad (1)$$

なお、 $r=0$ のときは $\mu' = \mu$ である。

完全弾塑性型の構造特性係数 D_s を減衰の効果を検討せずに、

$$D_s = \frac{1}{\sqrt{2\mu-1}} = C_y \quad (2)$$

のように降伏せん断力係数 C_y に読み替える。木造建築物の D_s が 0.25~0.5 であることを考慮に入れて、 $C_y=0.3, 0.4, 0.5$ としたときの 2 次剛性比 r と塑性率比 μ'/μ の関係を図 2 に示す。ところで、マニュアルでは土壁、筋かい、面材の δ_y は変形角にして一律に $1/120\text{rad}$ であり、 δ_u は変形角にしてそれぞれ $1/15, 1/30, 1/30$ (釘本数が少ない場合は $1/60$) rad とされている。図 2 に示す $C_y=0.3, 0.4, 0.5$ は、(2)式よりそれぞれ $\mu=6.1, 3.6, 2.5$ である。同図において δ_y を変形角にして $1/120\text{rad}$ とすれば、 δ_u は $1/20, 1/33, 1/48\text{rad}$ となるから、 $C_y=0.3, 0.4, 0.5$ は、大略、土壁、筋かい、面材に対応すると見てよい。

図より、2 次剛性比 r の増大にともない μ'/μ が漸減すること、すなわち、変形が低下することが確認できる。とくに、同じ r であっても、 C_y が小さいほど変形は低下する。したがって、エネルギー一定則においては、 C_y が小さい方が、耐力壁の種類で言えば面材や筋かいよりも塑性変形能力の高い土壁の方が、 r による変形の低下を期待することができる。

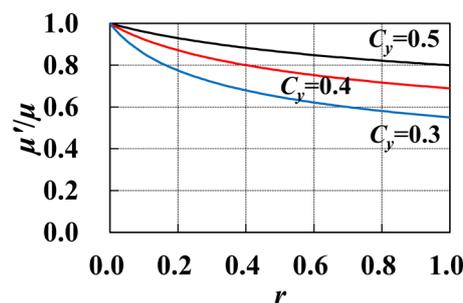


図 2 エネルギー一定則における剛性比 r と塑性率比 μ'/μ の関係

2.2 動的な場合

先に示したエネルギー一定則では、正負繰り返し時の履歴則の違いは考慮されていない。そこで、履歴則の違いを考慮した地震応答解析により、動的な場合について確認する。モデルは 1 質点系とし、その復元力 ϕ は、次式に示す安定した履歴型の復元力 ϕ_B とスリップ型の復元力 ϕ_S の複合型とする²⁾。

$$\phi = \gamma\phi_B + (1-\gamma)\phi_S \quad (3)$$

式中の γ は複合係数である。既報 2)では $\gamma=0.4$ のとき、既報 6)では $\gamma=0.1$ のとき、それぞれ実大の在来構法軸組木造住宅、土壁単体の実験結果と解析結果の対応がよいとした。ここでは、木造住宅全般の復元力特性をスリップ成分の強さの違いで概括的に捉え、 $\gamma=0.5, 0.25, 0.00$ の 3 種、さらに比較のため $\gamma=1.0$ も取り扱う。骨格曲線は 2 次剛性比 r のバイリニア型で、降伏変形角 $R_v=1/120\text{rad}$ とする。降伏せん断力係数は先に同じく $C_v=0.3, 0.4, 0.5$ とする。 r については、変位の応答が極端に大きくなる $r=0$ は除外し、 $r=0.01\sim 1$ の 0.01 刻みとする。

粘性減衰について、木造建築物の地震応答解析を扱った事例を確認すると、初期剛性比例型に加え、特定時 (1/120rad 時等) の剛性による割線剛性比例型^{例えぼ⁷⁾}、瞬間剛性比例型^{例えぼ⁸⁾}等の様々な設定がある。粘性減衰定数の値にも $h=0.01\sim 0.05$ の幅がある^{例えぼ⁸⁾}。このように、減衰については一意的には設定し難いので、初期剛性比例型と瞬間剛性比例型の 2 種、 h の値も 0, 0.02, 0.05 の 3 種とする。

入力地震動は大地震 (Level 2) の人工地震波とする。解放工学的基盤の加速度応答スペクトルに、第 2 種地盤の増幅特性 (平成 12 年建設省告示第 1457 号第 10) を考慮し、0.05~5 秒の範囲の疑似速度応答スペクトルに適合する地震動を 100 波作成する。継続時間は 120 秒、位相特性は乱數位相、包絡線は Jennings 型とする。作成方法は文献 9)に従った。

数値積分の方法は中央差分法 (刻み時間 $\Delta t=0.001$ 秒) とし、解析結果については、100 波の入力地震動に対する最大応答の平均値を取り扱う。

図 3 に地震応答解析結果の一覧を示す。各図の横軸は 2 次剛性比 r 、左縦軸は各 r における塑性率 μ' を $r=0.01$ の塑性率 μ で基準化した塑性率比 μ'/μ 、右縦軸は 100 波の入力地震動に対する最大応答の変動係数 C_v である。

まず、左上の図 ($\gamma=1.0, h=0.00$) の μ'/μ を丁寧にみると、およそ $r\leq 0.1$ では r の変化に対して μ'/μ は敏感で、 r の増大にともない急減することが分かる。その後しばらくの間は鈍感で、 $r=0.3\sim 0.4$ で底を打つ。その後 $r>0.6$ になると急増する。このことを変形に及ぼす剛性と履歴減衰能力の影響の観点から考察すると、 r が極めて小さく降伏後の剛性が低いと、最大変形は一過性の応答で決まってしまう、履歴減衰能力が発揮されない。 r が大きくなると履歴減衰能力が発揮され、変形に及ぼす履歴減衰の影響が相対的に強まり、逆に r のそれは弱まる。ところが、 r がさらに大きくなると、1 サイクルの履歴面積が小さくなるため履歴減衰能力が低下し、再び r の影響が強まる。浅野¹⁰⁾は、擬定常ホワイトノイズを受ける $r=0.1, 0.3, 0.5$ のバイリニア型 1 質点系の地震応答解析を行い、 $r=0.3$ のときの最大変位が最小になったとした。本研究と浅野が取り扱っている地震動と計算手法は異なるものの、図(a)の結果は傾向的には類似している。また、降伏せん断力係数 C_v が 0.3~0.5 で異なっても、 μ'/μ には定性的、定量的な違いはほとんどなく、これは図 2 の傾向とは異なる。

つぎに、一つずつ下方の図に目を移し、スリップ成分の増大に伴う図の変化を確認すると、 $\gamma=1.00, 0.50$ の傾向は似ているが、スリップ成分が増えて $\gamma=0.25, 0.00$ になると、 μ'/μ が暴れ出すことが分かる。とくに $\gamma=0.00$ のときは判読が難しいが、 μ'/μ は右下がりの傾向にあることから、スリップ成分が増えると履歴減衰能力が低下し、その結果、 r が変形を支配すると言える。

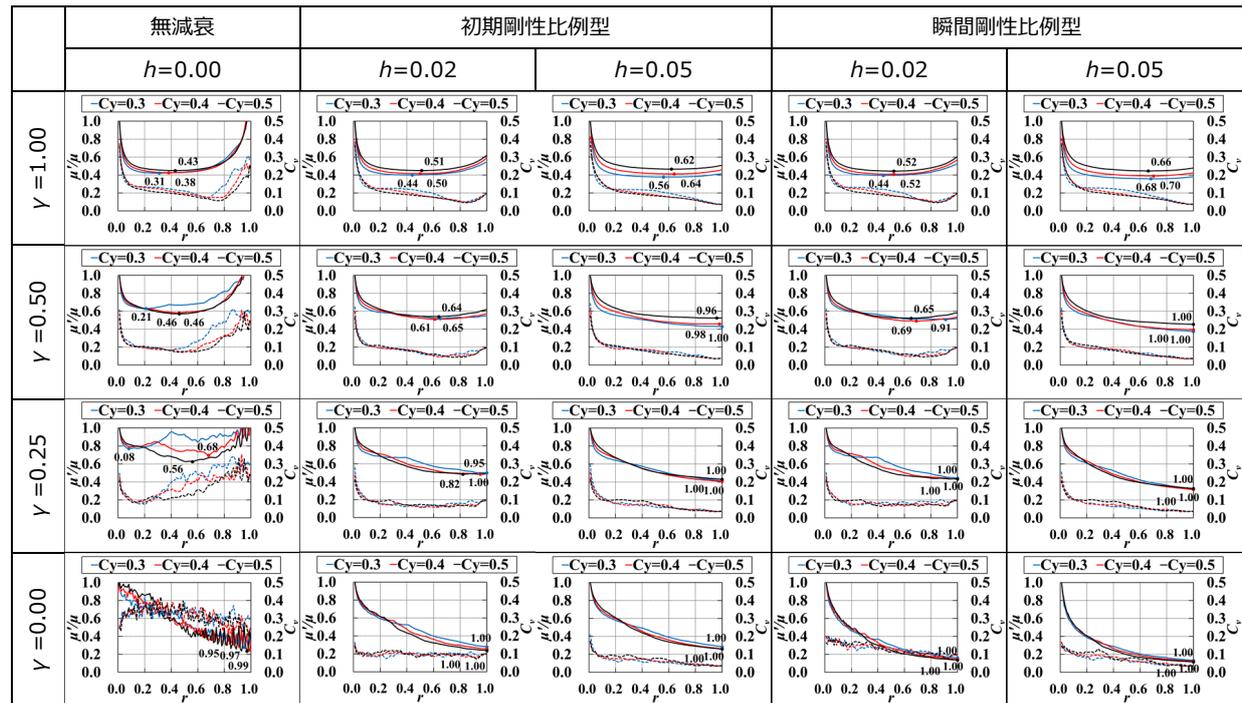
今度は一つ右側の列の図 (初期剛性比例型、 $h=0.02$) に目を移すと、 $h=0.00$ の結果に見られるような μ'/μ の暴れは解消されていることが分かる。 $\gamma=1.00, 0.50$ の図を見ると、 $h=0.00$ のときに見られた $r>0.6$ における μ'/μ の急増は弱まり、 $r>0.1$ では大きな変化がなく、 μ'/μ はほぼ一定になると見てよい。 $\gamma=0.25, 0.00$ では μ'/μ は単調減少であり、 r を大きくすれば最大変形は小さくなる。

粘性減衰定数の大きさの違い (初期剛性比例型、 $h=0.02, 0.05$) で図を比較すると、 $\gamma=1.00, 0.50$ では $h=0.05$ の方が 0.02 よりも $r>0.6$ における μ'/μ が若干小さく、粘性減衰が強さの違いが表れている。 $\gamma=0.25, 0.00$ では $h=0.05$ と 0.02 の図に違いはほとんどない。

剛性の型の違い (初期剛性比例型、瞬間剛性比例型) で図を比較すると、大きな違いは見られず、減衰の型の違いは μ'/μ には大きくは影響しないと言える。

入力地震動の違いによる C_v を見ると、 $h=0.00$ のような極端な場合を除くと、 $r>0.1$ ではどの図でも C_v が 0.1~0.2 の間で安定していることから、 μ'/μ の傾向は同程度のばらつきを持ったものとみなせる。

以上を構法に関連付けてまとめると、在来構法のようにスリップ成分が強くない場合 (解析では $\gamma=0.50$ に相当) には、 r による変形の低減効果を期待することができるが、 r は無暗に大きくする必要はなく、 $r>0.1$ であれば μ'/μ は 0.6 前後に収まる。他方、伝統構法のようにスリップ成分が強い場合 ($\gamma=0.25, 0.00$ に相当) には、 r を大きくするほど変形は低下する。また、 C_v の違いは r による変形の低減効果には無関係である。入力地震動の違いによる低減効果のばらつきは、無減



註) 図中の数値は μ'/μ が最小となる r を示す。

図3 1質点系の地震応答解析結果

衰でない限り概ね一定である。

3. 実験

3.1 供試体

供試体は表1(a)~(g)に示す半間(1P)の同一形状の軸組6体である。軸組形状は幅910mm、高さ2,730mmで、部材は柱・土台105×105mm(無等級スギ製材)、桁105×105mm(無等級ベイマツ製材)である。柱頭・柱脚の仕口は短ほそとし、短期許容引抜耐力35kNのホールダウン金物を取り付ける。

(a)に示すNo.0は軸組のみの供試体で、(b)に示すNo.1の実験結果を分析するために用いる。No.1は鉄筋ブレースの特性を把握するためのもので、軸組の両面からφ9の片側ブレースを取り付けてX型とし、ブレース端部を1-M12の中ボルトでガセットプレートに固定する。ブレース端部の羽子板については、図4に示すようにφ13のボルト孔を開け、柱脚側には7mmのルーズホールを設ける。この7mmの長さは、軸組の層間変形角が1/120radに達するまではルーズホールの中でボルトを滑らせ、それ以降の変形角でブレースを効かせるためのものである。ルーズホールでのボルトの滑りを妨げないように、ボルトはきつく締め付け過ぎず、さらにシリコンプレーを吹き付ける。軸組側のガセットプレートの厚さは4.5mmで、柱と横架材にCN90釘を4本ずつ打ち付けて固定する。

(d)、(e)のNo.2、3は、それぞれ30×90mmの三つ割筋かい、45×90mmの二つ割筋かい耐力壁に鉄筋ブレースを並列した供試体である。筋かい端部には、筋かいプレートBP、BP2をそれぞれ取り付ける。(f)のNo.4は、厚さ9mmの構造用合板耐力壁に鉄筋ブレースを並列した供試体である。合板外周部には、N50釘を150mm間隔で打ち付ける。(g)のNo.5は、厚さ12.5mmの構造用石膏ボードA種に鉄筋ブレースを並列した供試体である。ボード外周部には、GNF40釘を150mm間隔で打ち付ける。

3.2 载荷と計測の方法

供試体柱脚側のホールダウン金物は土台を貫通してボルトで鉄骨架台に緊結し、供試体の浮き上がりを防止する。桁端部に取り付けたモートルシリンダーにより供試体を水平载荷する。加力サイクルは、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, 1/15, 1/12, 1/10rad (0.22, 0.33, 0.50, 0.67, 1.00, 1.33, 2.00, 2.50, 3.33, 4.00, 6.67, 8.33, 10.00×10⁻²rad)とし、各振幅につき3往復の正負交番载荷をするが、

表 1 供試体の仕様

番号	(a)No.0	(b)No.1	(d)No.2	(e)No.3	(f)No.4	(g)No.5
名称	軸組	X 型鉄筋ブレース	三つ割筋かい X 型鉄筋ブレース	二つ割筋かい X 型鉄筋ブレース	構造用合板 X 型鉄筋ブレース	石膏ボード X 型鉄筋ブレース
図						
仕様	柱・土台： 105×105(スギ) 桁： 105×180(ハイマツ) 仕口： 短ほぞ 30×85×52.5 ホールダウン金物 35kN	鉄筋： φ9(SS400) G.PL： t=4.5, 1-M20 柱梁各 4-CN90 羽子板： 図 4 参照	筋かい： 30×90 交差部 2-N75 端部 BP 間柱： 30×105(スギ)	筋かい： 45×90 交差部 2-N75 端部 BP2 間柱： 30×105(スギ)	構造用合板： 2 級, t=9 N50@150 間柱： 30×105(スギ)	構造用石膏ボード： A 種, t=12.5 GNF40@150 間柱： 30×105(スギ)

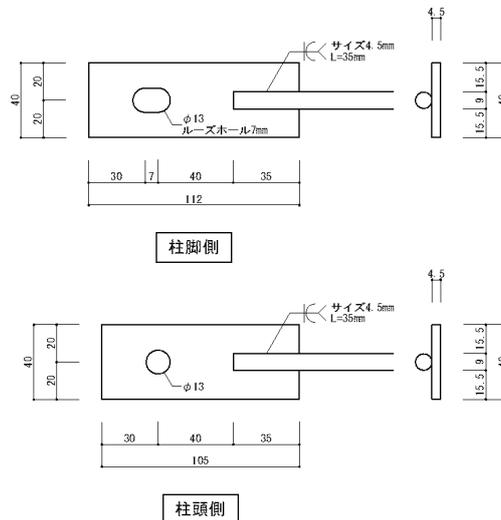


図 4 鉄筋ブレース端部の仕様（鋼材は SS400）

途中、軸組に著しい破壊が生じた場合には実験を終了する。

供試体の水平変位を測定するため、桁木口 1 箇所、桁側面 1 箇所、土台 1 箇所の計 3 箇所に水平方向の変位計を取り付ける。柱の引き抜き、供試体の浮き上がりを測定するため、柱頭 2 箇所、柱脚 2 箇所、土台両端 2 箇所の計 6 箇所に鉛直方向の変位計を取り付ける。

4. 実験結果

4.1 損傷状況

No.0 については、当然のことながら目立った損傷もなく 1/10rad まで加力し、実験を終了した。

つぎに、No.1~5 の鉄筋ブレースの挙動について説明する。すべてにおいて概ね共通し、1/450rad から圧縮側ブレースが面外にはらみ出し始め、1/200rad 時にはそれが顕著になった。1/200rad から引張側ブレースの端部ルーズホールが少しずつ移動し始めた。1/75rad 時にはルーズホール孔の移動が目視でも確認できるようになり、1/50rad 時にはルーズホール孔が移動しきった。鉄筋ブレースは引張ブレースとして働き、軸部の塑性化も見られた。

さらに、個々の供試体について説明する。No.1 では、1/150rad 以降、軸組からのきしみ音が確認されたが、1/25rad に至るまで目立った損傷は認められなかった。1/20rad 時に鉄筋ブレース

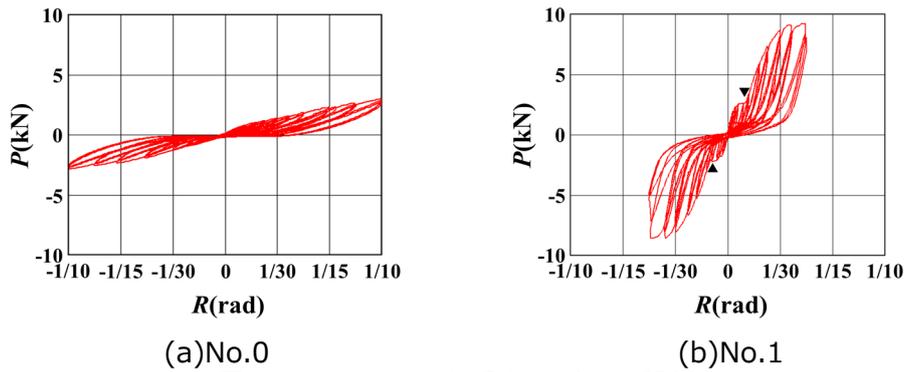


図5 No.0, 1の荷重と変形角の関係

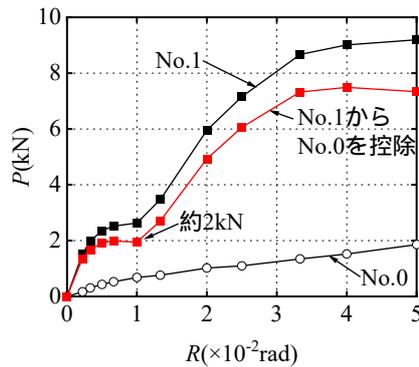


図6 No.0, 1の包絡線

端部のガセットプレートが木部から脱落し、実験を終了した。

No.2では、1/75rad時に筋かいの面外変形により、交差部を留めている釘が抜け始めた。1/50rad時に木材の割裂音がし、圧縮側筋かいの面外へのはらみ出しが顕著になった。1/40rad時に交差部の釘が完全に外れた。また、鉄筋ブレース端部の釘も抜け始めた。1/30rad時に圧縮側筋かいが座屈破壊し、実験を終了した。

No.3では、1/50rad時に筋かいプレートの釘が抜け始め、1/40rad時に圧縮側筋かいの面外へのはらみ出しが顕著になった。1/30rad時に柱直下の土台が水平方向に割裂し、耐力の上昇が見られなくなった。1/25時に引張側の筋かいプレート部分の木材が割れ、鉄筋ブレースのガセットプレートも外れ始めた。圧縮側筋かいが座屈破壊し、実験を終了した。

No.4では、1/100rad時から構造用合板外周の釘がめり込み始め、合板外周部に部分的なひび割れが生じた。1/75rad以降、木材からの音が聞こえるものの、大きな変化は生じなかった。1/30rad時には合板周囲の釘のめり込みが顕著になり、1/25rad時には合板が軸組から浮き出し、音とともに耐力低下が生じた。1/20rad時にはそれらが顕著になり、耐力が最大耐力80%以下になったため、実験を終了した。

No.5では、1/100~1/50radにかけて石膏ボード四隅が破壊し、1/75rad時にはボード周囲の釘のめり込みが生じた。1/40rad以降、ボードの軸組からの浮き上がりが顕著になり、1/20rad時には耐力上の機能が消失したように思われた。その後、耐力低下は生じなかったため実験を継続したものの、1/12rad時に鉄筋ブレースのガセットプレートが軸組から脱落したため、実験を終了した。

4.2 荷重変形関係とその包絡線

図5(a), (b)に、それぞれNo.0, 1の荷重と変形角の関係を示す。両者とも供試体の浮き上がりが認められなかったことから、横軸の変形角は見かけのせん断変形角とした。図(a), (b)を見比べると、ルーズホール付き鉄筋ブレースの効果が明瞭に認められる。具体的には、図(b)の1/100rad付近に見られる凹み(図中の▼)である。もう少し丁寧に見ると、1/150radまではほぼ弾性で、その後いったん降伏して剛性を消失し、耐力が一定の領域を経た後、再び剛性が生じ、再度降伏している。正負の加力方向による違いは認められない。

このことをより詳しく確認するため、図6に正加力時の包絡線を示す。包絡線の構成点は先述の

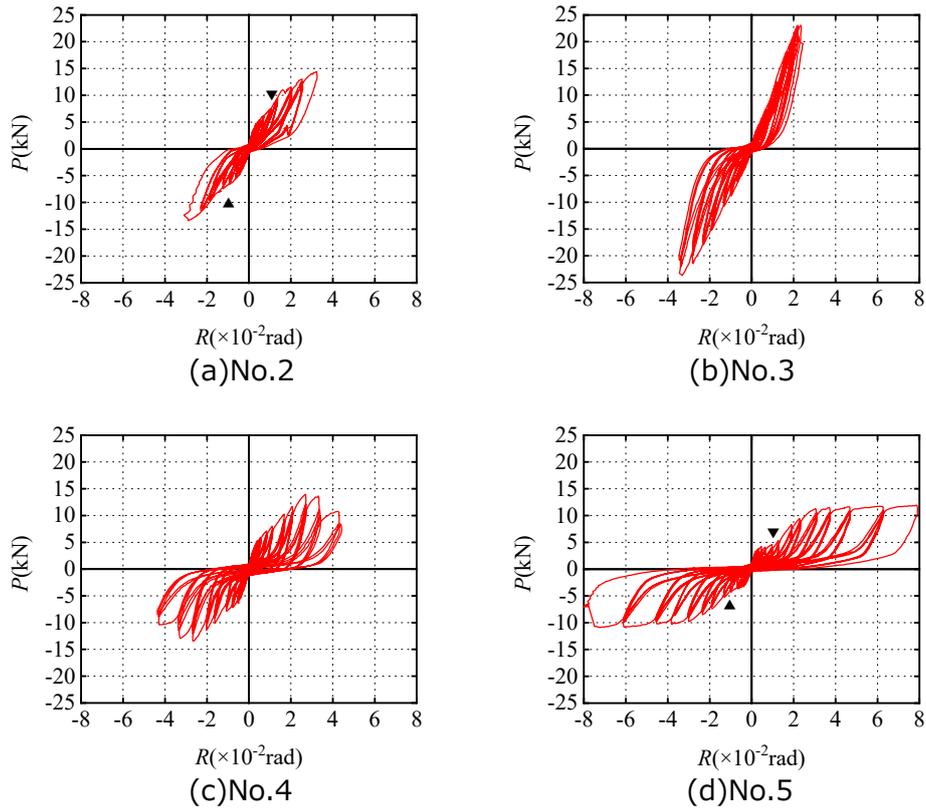
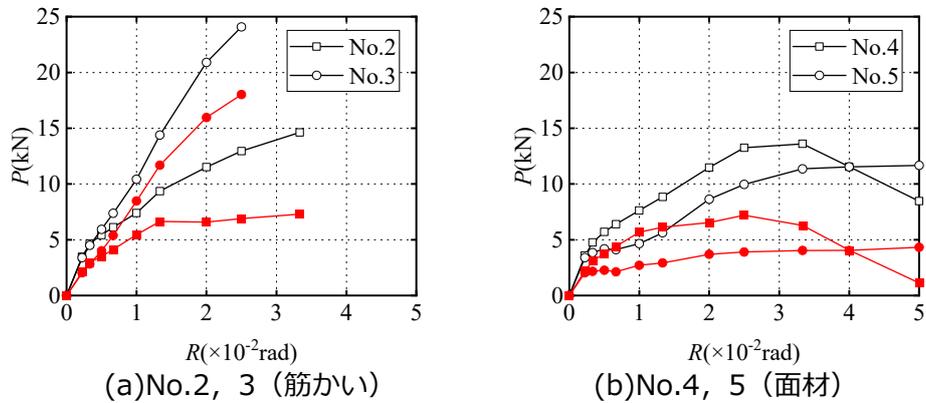


図7 No.2~5の荷重と変形角の関係



註) 白抜きは実験結果, 塗り潰しは実験結果から鉄筋ブレース(図6の赤の■)を控除したもを示す。

図8 No.2~5の包絡線

加力スケジュールと同一とし、载荷反転時の変形のずれを線形補間により修正することで構成点を求めた。同図のNo.1からNo.0を減じた線(赤の■)が、No.1における鉄筋ブレースの寄与分である。これを見ると、 $1/200 \sim 150 \text{rad}$ でいったん降伏し、 $1/100 \text{rad}$ 時には剛性がほとんど消失していることが分かる。 $1/100 \text{rad}$ 時の耐力値は約 2kN であり、これはレースホール部における羽子板とガセットプレートの滑り抵抗と考えられる。その後、ボルトがレースホール端部にあたり、 $1/75 \text{rad}$ 以降に剛性が回復し、再び $1/25 \text{rad}$ で降伏している。この時の耐力は約 7.5kN であった。

図7(a)~(d)に、No.2~5の荷重と変形角の関係を示す。横軸の変形角については、No.3で土台の割裂による浮き上がりが確認されたことから、No.2~5のすべてについて真の変形角とした。図(a)、(d)を見ると、 $1/100 \text{rad}$ あたりに包絡線の凹み(図中の▼)が見られ、No.1の結果で説明した軸組降伏後の鉄筋ブレースの効果が認められる。他方、図(c)では弱く、(b)では判然としない。これは、耐力壁本体の耐力が大きく、鉄筋ブレースの寄与が少ないためと考えられる。

図8(a)にはNo.2, 3(筋かい)の正側の包絡線を白抜きで示す。同図より、筋かいでは $1/300 \text{rad}$

で荷重変形関係がいったん折れ曲がり、その後は、ほぼ直線で耐力が上昇していることが分かる。白抜き値から鉄筋ブレースの寄与（図 6 の赤の■）を減じることで耐力壁本体の包絡線が得られ、これを同図中に赤の塗り潰しで示す。包絡線の構成点は、No.1 の最大変形角が $1/20\text{rad}$ であることから No.2~5 で $1/20\text{rad}$ 以上の変形があったとしても、包絡線の変形角の上限は $1/20\text{rad}$ とした。図より、No.2 の三つ割筋かい本体は、 $1/75\text{rad}$ で軸組が降伏に至っており、剛性を消失していることが確認できる。他方、No.3 の二つ割筋かいは耐力自体が大きいので、やはり、鉄筋ブレースの 2 次剛性への寄与は不明瞭である。

図 8(b) は No.4, 5 (面材) の包絡線である。図中の塗り潰しを見ると、No.4, 5 とともに $1/100$ 以降は耐力の上昇が認められない。塗り潰しと白抜きを比較すると、軸組が降伏した後の剛性がブレースによって付与されたことが確認できる。

以上より、木造軸組の降伏後において、ルーズホール付き鉄筋ブレースによって、降伏後の 2 次剛性が確保することができることが分かった。

4.3 2 次剛性の評価

No.2~5 の実験結果の包絡線をバイリニア型に置換し、鉄筋ブレースによって付加される 2 次剛性を確認する。置換方法については、超高層建築物の地震応答解析にしばしば用いられるトリリニア置換、木造耐力壁の壁倍率評価法に基づく完全弾塑性置換があるが、ここではマニュアルの復元力特性を参考に検討を進める。ここで扱った耐力壁については、マニュアルでは一律に $R_y=1/120\text{rad}$ の完全弾塑性型となっているので、ここでも $R_y=1/120\text{rad}$ とする。

図 8(a), (b) の塗り潰しの線は、鉄筋ブレースの寄与を控除した耐力壁本体の包絡線であるので完全弾塑性型に、白抜きの鉄筋ブレースの寄与が含まれた包絡線は 2 次剛性を有するバイリニア型にそれぞれ置換する。

まず、塗りつぶしの耐力壁本体の包絡線を完全弾塑性置換する。終局変形角 R_u については、No.2, 3, 5 ではそれらの包絡線の最終点の $1/30, 1/40, 1/20\text{rad}$ とする。No.4 では $1/30\text{rad}$ 以降の耐力低下が生じているので、耐力が最大値の 0.8 倍に低下した変形角を求め、 $R_u=1/28.6\text{rad}$ とした。これで R_y と R_u が定まったので、包絡線と完全弾塑性型のポテンシャルエネルギーが同じになるよう、完全弾塑性型の降伏耐力 Q_{y1} を求める。

つぎに、白抜きの鉄筋ブレースを含んだ包絡線をバイリニア型に置換する。 R_y は先の完全弾塑性置換と同じで $1/120\text{rad}$ である。降伏耐力 Q_{y2} については、ブレース端部の滑り抵抗が加わるので、先ほど得られた Q_{y1} に図 6 に記載の 2kN を加える ($Q_{y2}=Q_{y1}+2$)。 R_y 以降に 2 次剛性 rK を仮定し、白抜きの包絡線と同じポテンシャルエネルギーになる r を求める。

このようにして得られた完全弾塑性型、バイリニア型のパラメータを表 2 に示す。表より、バイリニア置換により得られた r は $0.15\sim 0.27$ となった。ただし、No.3 については、図 6(a) の塗り潰しを見て分かるように、明らかに弾性・塑性の区別がなく、完全弾塑性置換自体に些かの無理があると思われる。

表 2 完全弾塑性・バイリニア置換のパラメータ

	No.2	No.3	No.4	No.5
$R_y(\text{rad})$	1/120			
$R_u(\text{rad})$	1/30	1/40	1/28.6	1/20
$Q_{y1}(\text{kN})$	6.52	12.11	6.40	3.76
$Q_{y2}(\text{kN})$	8.52	14.11	8.40	5.76
r	0.23	0.15	0.23	0.27

5. おわりに

本研究では、地震動を受ける木造住宅を対象に、降伏後の剛性の付加が最大変位を低下させる効果について、解析的・実験的に検討した。解析では、エネルギー一定則の理論値に加え、基本的な復元力特性を有する 1 質点系の地震応答解析結果を取り扱った。実験では、木製筋かい・ボード等の各種耐力壁に鉄筋ブレースを並列した供試体を製作した。鉄筋ブレース端部のボルト孔はルーズホールとし、耐力壁本体の降伏後にブレースが効くように設計した。荷重変形関係から、バイリニア置換による 2 次剛性の大きさを確認した。

得られた結果から、結論をつぎのようにまとめる。

- (1) エネルギー一定則の場合、2次剛性の付加にともない変形が必ず低下し、塑性変形能力に富む(D_s が小さい)方が、より顕著に表れる。壁の種類と関連付けると、面材や筋かいよりも塑性変形能力の高い土壁の方が、2次剛性による変形低下の効果を期待することができる。
- (2) 他方、動的な場合、2次剛性による変形の低減効果は、履歴則に占めるスリップ成分の強さによって異なり、降伏せん断力係数の違いは影響しない。入力地震動の違いによる低減効果のばらつきは、無減衰でない限り概ね一定である。構法に関連付けると、スリップ成分が強くない在来構法では、履歴減衰による変形の低減効果を期待することができ、塑性域の2次剛性は $r > 0.1$ であれば効果はあまり変わらない。他方、スリップ成分の強い伝統構法では、履歴減衰能力が低い分、塑性域の2次剛性が変形によく効き、2次剛性を大きくするほど変形が低下する。
- (3) 耐力壁にルーズホール付きの鉄筋ブレースを並列すると、耐力壁本体の降伏後に2次剛性を付加することができる。本研究で扱った耐力壁においては、荷重変形関係のバイリニア置換の結果、鉄筋ブレースによる2次剛性比は0.15~0.27となった。

本研究では、筋かい・面材系の耐力壁を取り扱ったが、土壁の方がそれらよりも2次剛性の付加による変形の低減効果をより期待できると考えられる。本研究では、都合上、土壁の検討には至らなかったが、今後、検討を広げていきたいと考えている。

謝辞

本研究は、三島産業株式会社との共同研究で実施したものです。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1)五十田博, 河合直人: 木造軸組工法住宅に用いる壁の復元力特性モデルー木造建物の地震時挙動に関する研究ー, 日本建築学会構造系論文集, 第616号, pp.157-163, 2007.6
- 2)山田明, 鈴木三四郎, 浅野幸一郎: 軸組木造住宅の地震応答特性に基づく剛性倍率評価に関する一考察, 日本建築学会構造系論文集, 第584号, pp.111-117, 2004.10
- 3)日本建築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(第2版), 2019.4
- 4)小堀鐸二, 南井良一郎: 地震による構造物の非線形振動について(その2 構造物力学特性の人為的非線形化過程), 日本建築学会論文集, 第52巻, pp.41-48, 1956.3
- 5)山田明, 鈴木三四郎: 既存木造住宅の耐震補強効果の簡易評価法ー平屋の場合ー, 日本建築学会構造系論文集, 第76巻, 第659号, pp.105-112, 2011.1
- 6)山田明: 繰り返し载荷を受ける木造土壁の耐力劣化に関する実験的研究ー半間の土壁の場合ー, 日本建築学会技術報告集, 第26巻, 第63号, pp.508-513, 2020.6
- 7)宋成彬, 曾田五月也: 木質構造の減衰, 第64回理論応用力学講演会講演論文集, 2017.8
- 8)宋成彬, 曾田五月也: エネルギー応答に基づいた木質構造物の減衰機構の評価, 日本建築学会構造系論文集, 第78巻, 第686号, pp.825-832, 2013.4
- 9)建設省建築研究所, 財団法人日本建築センター: 設計用入力地震動作成手法技術指針(案), 1992.3
- 10)浅野幸一郎: 弾塑性履歴特性を有する質点構造物の確率統計的地震応答 その1 擬定常 White Noise 入力を受ける1自由度系, 日本建築学会論文報告集, 第247号, pp.75-82, 1976.9

キーワード：結晶粒微細化、水素、チタン合金、超塑性

水素処理 $\alpha + \beta$ 型チタン合金の超塑性特性に及ぼす 圧延条件の影響

工学部 機械システム工学科

中東 潤

准教授 Jun Nakahigashi

博士 (工学)



専門分野：材料工学

E-mail : jnakahi@fukuyama-u.ac.jp

研究概要

1. 緒論

チタン合金は軽量かつ高強度であり、かつ高い耐食性を示すなど、多くの優れた特徴を有しているが、塑性加工が難しいことで知られている。この難塑性加工性を改善する手法として超塑性を活用した加工法があるが、この超塑性発現のためには結晶粒を等軸微細化する必要がある。 $\alpha + \beta$ 型チタン合金の結晶粒を微細化する数少ない方法として水素処理法(図1)がある。この処理によって $\alpha + \beta$ 型 Ti-6Al-4V 合金の結晶粒径 (α 粒径) は $0.5\mu\text{m}$ もしくはそれ以下の等軸微細組織となり、優れた超塑性特性を示すようになることがこれまでの研究⁽¹⁾でわかっている。水素処理の熱間圧延であるが、これまでの研究では累積圧下率: 80%で実施してきたが、この圧下率が超塑性特性にどのように影響するかについてはまだわかっていない。

そこで本研究では、水素処理によって等軸微細組織化した $\alpha + \beta$ 型 Ti-6Al-4V 合金の超塑性特性に及ぼす熱間圧延工程における圧下率の影響について調べることにした。

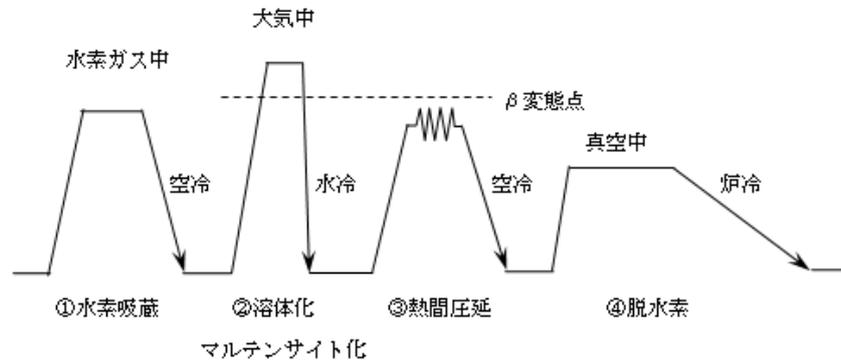


図1 水素処理の模式的熱履歴線図

2. 実験方法

2.1 水素処理

供試材である直径 80mm の $\alpha + \beta$ 型 Ti-6Al-4V 合金丸棒材(鍛造材)から、 $35 \times 40 \times 50\text{mm}$ の試料を切り出し、これに水素処理を行った。水素吸蔵は試料を高真空高温炉(水素処理炉)に挿入後、アルゴンガス気流中にて温度: 1073K に加熱、1.8ks 間保持後、アルゴンガス気流中にて冷却した。この処理によって水素吸蔵量: 0.5wt.% の試料を得た。次に温度: 1223K、保持時間: 4.8ks で溶体化・マルテンサイト化(冷却: 水冷)を行った後、温度: 923K、圧下率: 60%、70%、80%、90%の熱間圧延を行った(以下、それぞれ 60%材、70%材、80%材、90%材と記す)。最終工程の脱水素は各材料とも真空中にて温度: 873K に加熱、3.6ks 間保持した後、炉冷して行った。60%材、70%材、80%材、90%材の組織を観察するため、各材料から金属組織観察用試料を作製した。そして水素処理後の組織に及ぼす圧下率の影響を金属顕微鏡にて調べた。

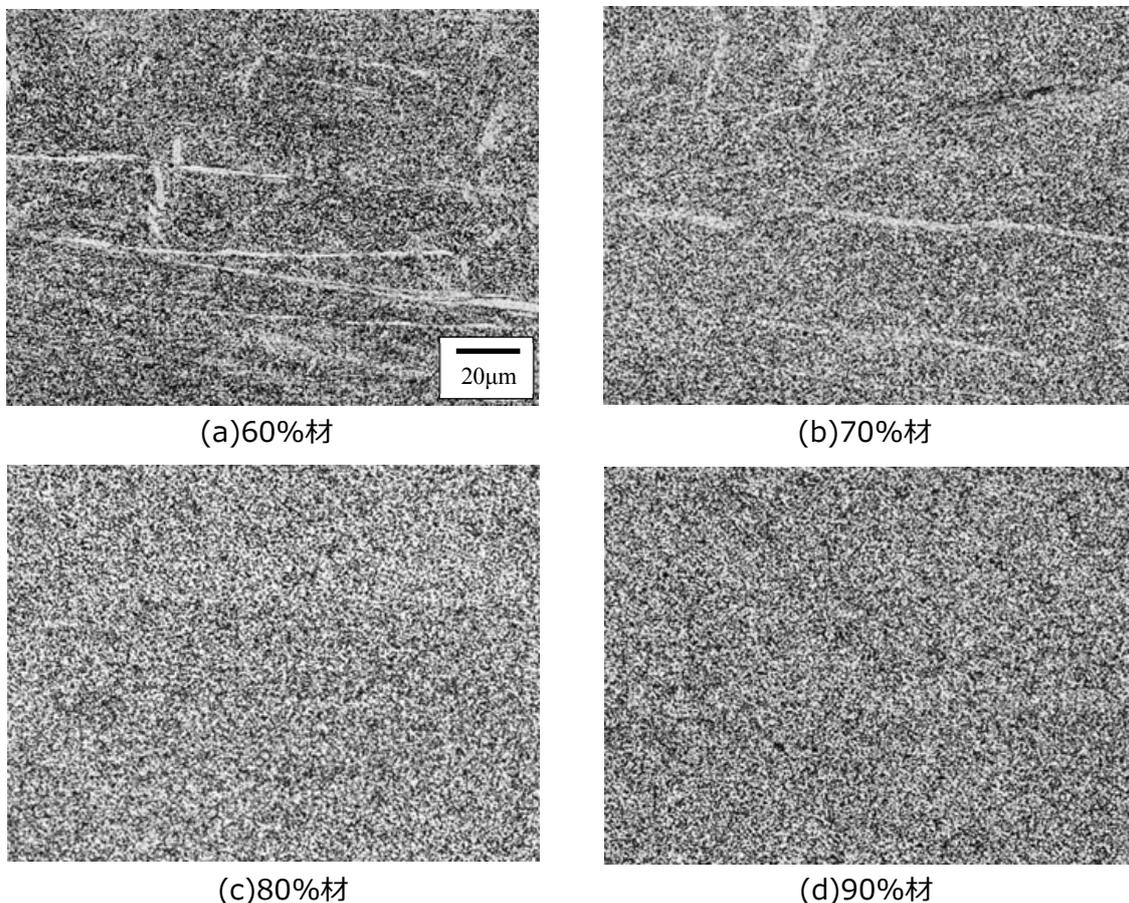
2.2 超塑性引張試験

60%材、70%材、80%材、90%材の超塑性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、超塑性引張試験を行った。その時の条件として、温度は β 変態点以下である 973K~1273K、初期ひずみ速度は高速超塑性領域である $1 \times 10^{-2}\text{s}^{-1}$ とした。

3. 実験結果と考察

3.1 水素処理後の組織の及ぼす圧下率の影響

60%材～90%材の組織を金属顕微鏡で観察したものを図 2 に示す。いずれも微細粒組織となっていたが、60%材及び 70%材については一部に不均一な組織が確認された。80%材及び 90%材については均一な微細粒組織となっていた。



熱間圧延温度：923K

図 2 水素処理後の $\alpha+\beta$ 型 Ti-6Al-4V 合金の微細組織

3.2 公称応力-ひずみ線図

60%材、70%材、80%材、90%材の公称応力-公称ひずみ線図の一例として、温度：1173K、初期ひずみ速度： $1 \times 10^{-2} \text{s}^{-1}$ にて超塑性引張試験を行ったものを図 3 に示す。すべての材料が変形初期の段階で最大の公称応力（以下、これを変形応力と記す）を示した後、公称ひずみの増加と共に公称応力は徐々に低下した。変形応力を比較すると、60%材と 70%材はほぼ同等であるが、80%材は両材よりもやや低く、90%材においては格段に低い値を示した。

3.2 超塑性伸びと変形応力に及ぼす温度の影響

60%材、70%材、80%材、90%材の超塑性伸びと変形応力に及ぼす温度の影響を図 4 に示す。まず超塑性伸び（図 4(a)）についてであるが、どの材料も温度の上昇と共に超塑性伸びも大きくなり、1173K で最大値を示した後、1273K では急激に低下する傾向を示した。各材料の最大値を比較すると、80%材が最も高い超塑性伸びを示すことが分かった。次に変形応力（図 4(b)）であるが、どの材料も温度の上昇と共に低下したが、90%材が特に低い値を示した。60%材や 70%材が 80%材と比較して超塑性伸びが低く、変形応力が高い要因として、不均一組織の存在が考えられる。また、90%材については圧下率が高いことと、変形応力が格段に低いことから、更なる微細粒組織が得られている可能性がある。よって 90%材の微細粒組織の分析が必要である。また、低い変形応力を示す一方で、超塑性伸びは大きな値を示していない。これについては超塑性特性に及ぼす初期ひずみ速度の影響を調査する必要があると考えられる。

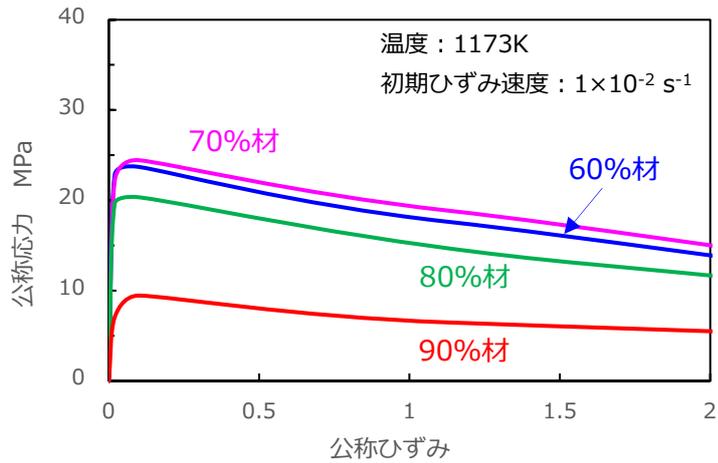


図3 公称応力-公称ひずみ線図

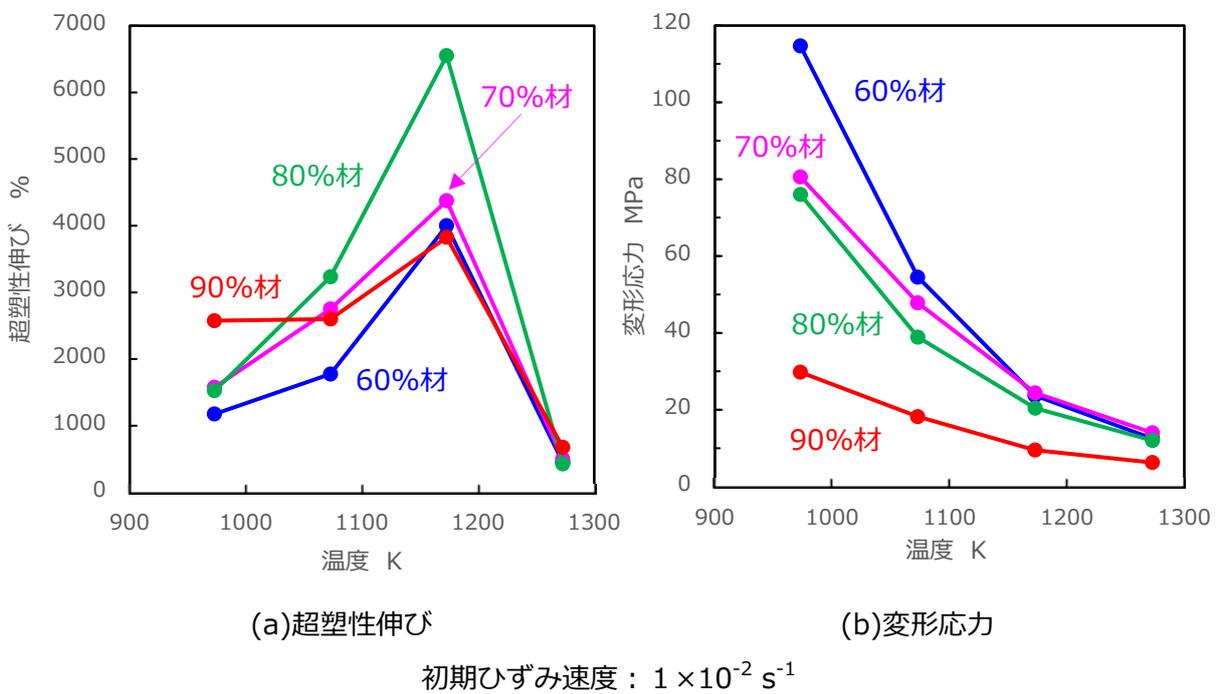


図4 超塑性伸びと変形応力に及ぼす温度の影響

4. 結論

水素処理の熱間圧延工程の圧下率を上げることで、水素処理 $\alpha+\beta$ 型 Ti-6Al-4V 合金超塑性伸びは向上し、変形応力は低下することが明らかになった。90%材については再度確認及び詳細な分析が必要である。

■参考文献

(1)中東潤、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、チタン、Vol.64-No.3、40-44、2016

■関連特許

(1) 特許第 6214217 号、チタン合金の製造方法、発明者：中東潤、高橋恭 ((株)本田技術研究所)、2017
 (2) Patent No.: US 10,006,114 B2, TITANIUM ALLOY, METHOD OF MANUFACTURING HIGH-STRENGTH TITANIUM ALLOY, AND METHOD OF PROCESSING TITANIUM ALLOY, Inventors: Jun Nakahigashi, Kyo Takahashi, 2018

室内熱環境における「温度想像力」養成に関する研究 ～福山における冬季・春季調査～

工学部 建築学科

伊澤 康一

准教授 Koichi Isawa

博士（工学）

専門分野：建築環境・建築設備

E-mail：koichi.isawa@fukuyama-u.ac.jp



研究概要

1. はじめに

1. 1. 研究背景

地域の気候風土を活かす高性能住宅のポテンシャルを引き出すには、住まい手が「環境調整行動」を上手に行なうことが重要である。筆者らは、「環境調整行動」といった熱的適応（行動的適応）、すなわち「住み熟し」を発現させるには、自ら過ごす熱環境を意識・想像する「熱環境想像力」を備えている必要があることに着目した。また、「熱環境想像力」の評価尺度の一つとして、住まい手が“今、何℃であるか？”と想像する「想像温度」、すなわち「温度想像力」に着目している[1]。この「温度想像力」が基礎力として養成されることによって、“不快な熱環境”を“不快でない熱環境”へ改変（創造）する「温度創造力」（熱環境創造力）が応用力として円滑に醸成できる可能性があるとも予想している。「温度想像力」の養成は、住まい手が自ら熱中症やヒートショックを回避する上でも重要と位置付けている。

本研究では、「温度想像力」を養成する手法として介入実験に着目した。被験者が温度を想像した（想像温度の申告）後に、実際の空気温度（以下、実際温度）を確認する作業を繰り返すことによって「温度想像力」が養成されるか否かを明らかにする。介入実験は、日常生活の中で行なうものと実験室での2つを実施した。

また本研究では、住まい手の「個人特性（寒がり・暑がりなど）」に相応しい「住み熟し」を見出すことに着目している。「平均特性」を明らかにするためには多数の被験者での検討が必要であるが、本研究では「個人特性」に重点を置くため、少数の被験者（本報では8名）での検討を行なっている。「個人特性」に着目し、夏・秋・冬・春・夏といった長期間（5季節）において同じ被験者を継続して調査している点に本研究の特色がある。

既報では3地域（札幌・福山・熊本）において3季節（夏季・秋季・冬季）・2季節（夏季1年目・夏季2年目）における熱的感覚と想像温度や想像温度に対する自信度についてまとめている[2], [3], [4]。その結果、耐暑・耐寒限界の想像温度と冷暖房滞在時間、防暑・防寒行動数には季節ごとに地域差がみられたこと、任意の空間の温度を想像し実際温度を確認する機会をつくることで「温度想像力」を養成することができることなどを明らかにしている。また、地域差・季節差・個人差の3つのファクターのうち、季節差と個人差の2つのみに着目し、特に寒がり・暑がりの特性（個人差）と想像温度の関係等の詳細を調べる検討も行なっている[5]。

1. 2. 研究目的・研究方法

本研究では、1地域（福山）・2季節（冬季・春季）・8被験者を対象にして、介入実験による温度想像力（≒住み熟し力）の養成効果を、①事前アンケート調査、②日常生活調査、③実験室調査、④事後アンケート調査の4つによって明らかにすることを目的とした。本報では、①事前アンケート調査と②日常生活調査の結果を述べる。

2. 実験方法

表1に、被験者実験の概要を示す。実験は、熊本県立大学生命倫理審査委員会の承認を得て実施した。

表1 調査概要

【冬季】

<期間>

- ◇事前アンケート調査 2020年2月4日
- ◇日常生活調査 2020年2月5日～11日(7日間)
- ◇実験室調査 2020年2月4日～7日, 12日(5日間)
- ◇事後アンケート調査(Web) 2020年2月27日～3月6日

【春季】

<期間>

- ◇事前アンケート調査(Web) 2020年5月11日～12日
- ◇日常生活調査 2020年5月12日～5月18日(7日間)
- ◇実験室調査 実施なし(※新型コロナ感染防止のため)
- ◇事後アンケート調査(Web) 2020年5月28日～30日

【冬季・春季で共通】

<対象>

学生8名(男性8名)

<温度手帳の内容>

- ①申告時の服装
- ②想像温度
- ③屋外の想像温度
- ④寒暑感(9段階)
- ⑤快適感(4段階)
- ⑥実際の温度
- ⑦申告前の行動
- ⑧申告時の室内の状況
- ⑨時間と場所
- ⑩天気予報視聴の有無※
- ⑪自信度(7段階)※

※⑩は各日の1回目のみ申告, ⑪は各日の最後に1回のみ申告

2. 1. 事前アンケート調査

想像温度はこれまでの記憶や経験が影響している[1]ことから、日常生活調査・実験室調査の実施前に「日々の暮らし方に関するアンケート」を実施した。このアンケートでは、主に被験者のエアコン(冷房・暖房)の使用や環境調整行動について調査した。

2. 2. 日常生活調査

被験者に空気温湿度計(ティアンドディ, TR-72wf)を終日携帯してもらい、2分間隔で被験者の過ごす熱環境を計測した。また、被験者には、「温度手帳」と呼ぶ記録帳に1日3回(最高5回)を目安に、任意の場所・時刻で想像温度・寒暑感・快適感などを申告してもらい、その直後に実際の気温を確認・記録してもらうことで温度想像力の養成を試みた。

2. 3. 実験室調査

冬季のみ、被験者8名のうちの4名(被験者 E, F, G, H)には、さらに1日に1回、時間を指定して実験室内(福山大学工学部棟 03203 室)で日常生活調査と同様の調査を追加実施した。具体的には、「あまり快適でない」とされる空間(例えば、冬季エアコン設定温度 19℃)や「快適」とされる空間(例えば、冬季エアコン設定温度 22℃)の熱環境条件を実験者側が作り、被験者には室内の空気温度と表面温度分布を想像・申告してもらう作業を実施した。その際、実験室調査用の「温度手帳」に記入してもらった。

2. 4 事後アンケート調査

介入実験前後での被験者の暮らし方の変化を把握するために、日常生活調査・実験室調査を実施した後に「環境調整行動に関するアンケート」を実施した。

3. 結果・考察

3. 1. 事前アンケート調査

表2に、冬季・春季の事前アンケート結果を示す。被験者8名（A～H）は、冬季では「寒がり（5名）」、「暑がり（3名）」となり、春季では「寒がり（4名）」、「暑がり（4名）」となった（被験者Hのみ寒がりから暑がりに変化）。耐寒の限界想像温度は、冬季・春季ともに寒がりが高く、暑がりが低い傾向が見られる。耐暑の限界想像温度も、冬季・春季ともに寒がりが高く、暑がりが低い傾向が見られる。環境調整行動の選択数は、被験者ごとにばらつきがある。例えば、冬季耐寒の環境調整行動では、2～11個である。自室の冷暖房設定温度は、春季エアコンについては半数の被験者が「わからない」と回答した。これは、春季のためエアコンを使用する機会が冬季に比べて減ったことによると考えられる。ストーブの設定温度については、冬季・春季ともに、すべての被験者が「わからない」（もしくは記入なし）と回答した。冷暖房滞在時間は、冬季暖房では、寒がりが長く、暑がりが短い傾向が見られる。

表2 事前アンケート調査結果（冬季・春季）

		冬季								春季							
		実験室調査なし				実験室調査あり				実験室調査なし				実験室調査あり			
		A	B	C	D	E	F	G	H	A	B	C	D	E	F	G	H
寒暑特性（申告）		寒がり	寒がり	暑がり	暑がり	暑がり	寒がり	寒がり	寒がり	寒がり	寒がり	暑がり	暑がり	暑がり	寒がり	寒がり	暑がり
限界想像温度 [°C]	耐暑	35	33.5	25	30	28	35	30	30	35	30	24	26	25	30	28	28
	耐寒	5	10	0	3	10	2	15	10	8	10	7	5	9	5	10	10
環境調整行動 の選択数	耐暑	6	6	4	12	6	3	4	7	8	5	6	9	6	6	7	6
	耐寒	5	5	4	11	2	4	4	5	4	4	4	3	2	4	4	2
自室の冷暖房 設定温度[°C]	エアコン	23	26	24	25	25	※	27	※	※	※	※	25	25	※	27	30
	ストーブ	—	—	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
冷暖房滞在時間 [h/日]	冷房	—	—	—	—	—	—	—	—	6	0	0	0	0	0	0	0
	暖房	12	20	4	4.5	12	12	15	20	6	0	0	0	0	0	0	0

※わからない — 記入なし

3. 2. 日常生活調査

図1・2は、生活温度・実際温度・想像温度であり、図1に冬季を、図2に春季を示す。

生活温度とは日常生活調査で測定した被験者近傍空気温度であり、実際温度とは想像温度申告時の被験者近傍空気温度である。外気温（福山気象データと実験室調査実施建物屋上）も併せて示す。

生活温度について箱ひげの箱部分（データの50%）で比較すると、冬季・春季ともに、全被験者が外気温よりも高い温度帯で生活している。冬季を見ると、被験者Aを除いて、寒がりの被験者は比較的高い生活温度帯で生活し、暑がりの被験者は比較的低い生活温度帯で生活している。想像温度は、冬季・春季ともに、実際温度と概ね対応している。

図3・4は、想像温度から実際温度を引いた値（以下、相対差）とその絶対値（以下、絶対差）であり、図3に冬季を、図4に春季を示す。なお、外れ値は除外した。

相対差を見ると、冬季・春季ともに、ほとんどの被験者が実際温度よりも想像温度を比較的低く申告する傾向が見られた。これは、想像温度申告時の実際温度よりも生活温度帯が低いことが影響している可能性がある。また、生活温度帯よりも低い外気温帯が影響している可能性も考えられる。さらに、仮説ではあるが、夜間の外気温によって冷やされた建築躯体から放たれる冷放射が低めの想像温度を誘発した可能性もあると考える。

絶対差を見ると、温度想像力の高い被験者と低い被験者の特徴が表れている。例えば、箱ひげの箱（データの50%）で比較すると、被験者Bは冬季・春季ともに0～1℃に収まっているが、被験者Fは1～2℃となっている。

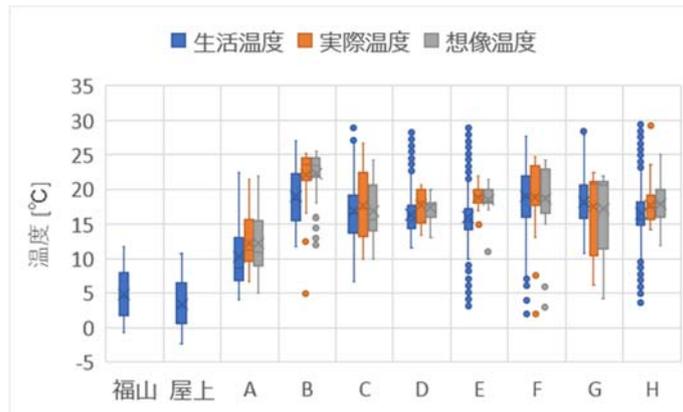


図1 生活温度・実際温度・想像温度（冬季7日間）

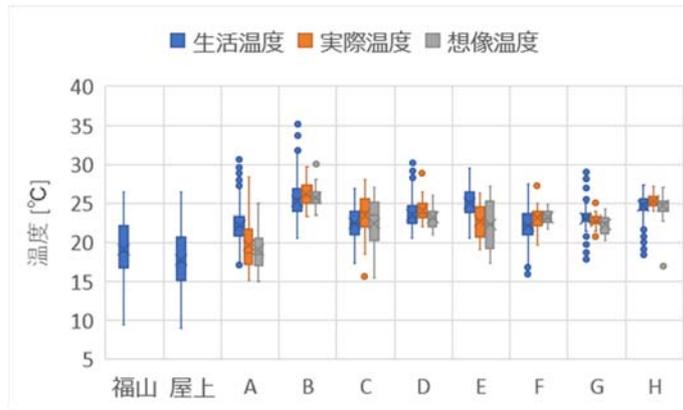


図2 生活温度・実際温度・想像温度（春季7日間）

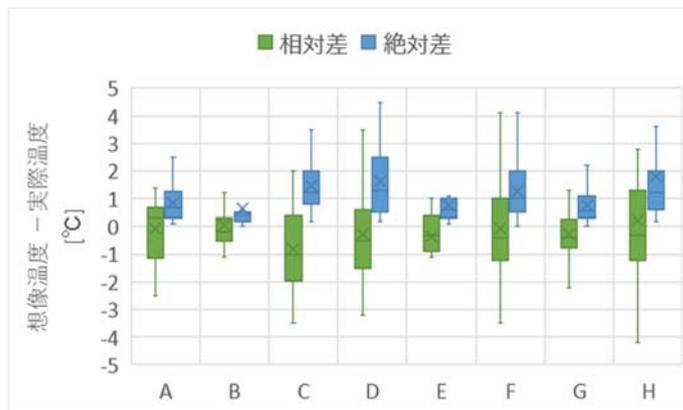


図3 相対差・絶対差（冬季7日間）

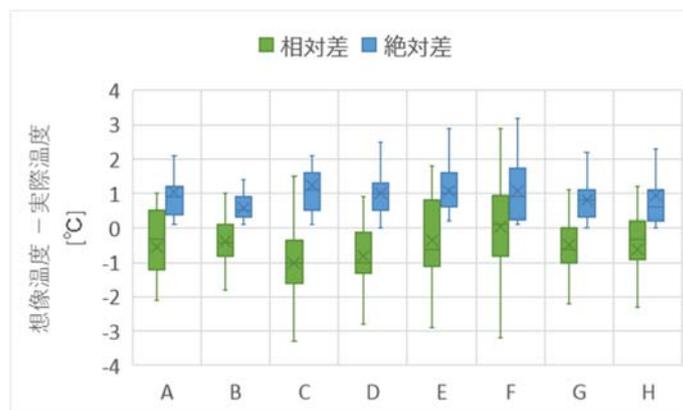


図4 相対差・絶対差（春季7日間）

図5・6は、絶対差の経日変化で、図5に冬季を、図6に春季を示す。なお、横軸日付上の数字は、各日の申告回である。冬季・春季ともに、日にちの経過にともなって絶対差の分布が若干小さくなる傾向が見られた。近似曲線（線形）の相関係数を調べたところ、冬季では、「実験室調査なし」が0.00、「実験室調査あり」が-0.38、春季では、「実験室調査なし」が-0.15、「実験室調査あり」が-0.56であった。なお、春季の実験室調査は実施していないが、夏季・秋季・冬季の3回の実験室調査を重ねたことで、温度想像力が「実験室調査なし」の群よりもある程度養成された可能性がある。

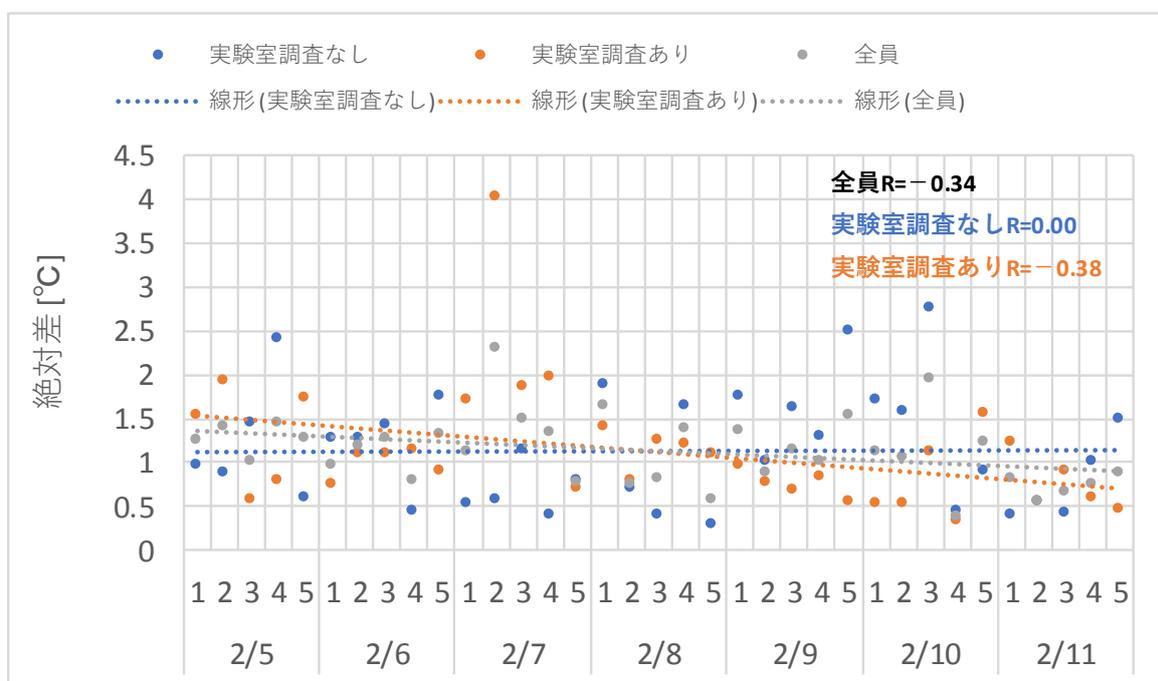


図5 絶対差の経日変化（冬季7日間）

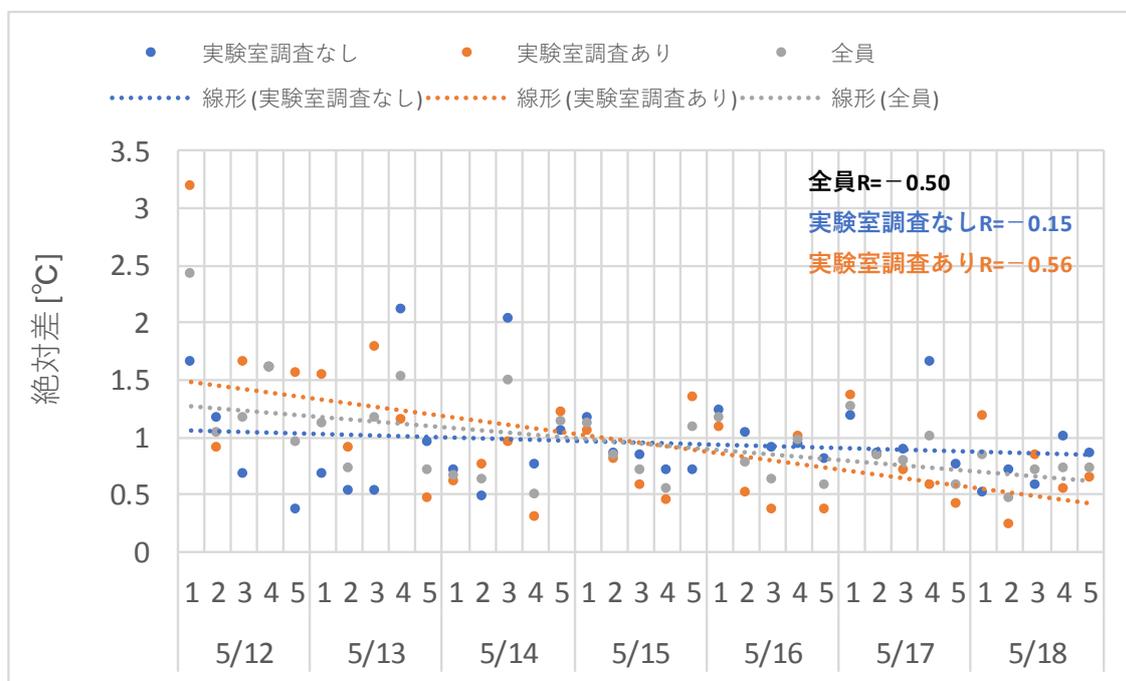


図6 絶対差の経日変化（春季7日間）

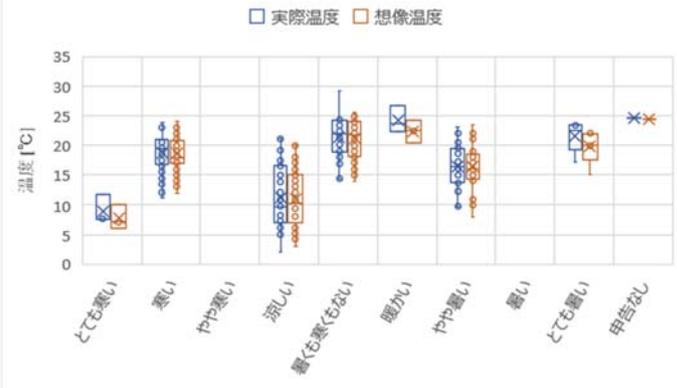


図7 冬季の寒暑感と実際温度・想像温度

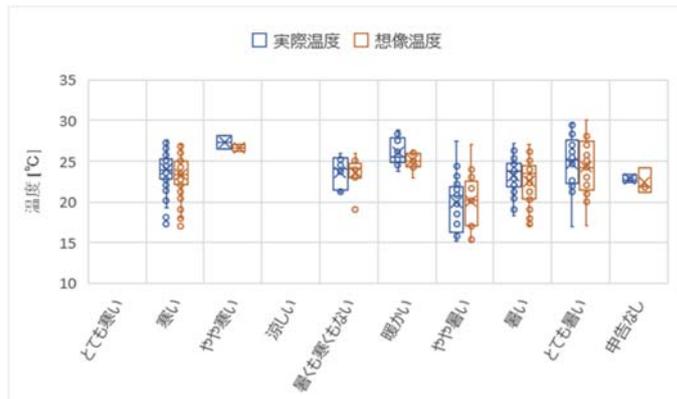


図8 春季の寒暑感と実際温度・想像温度

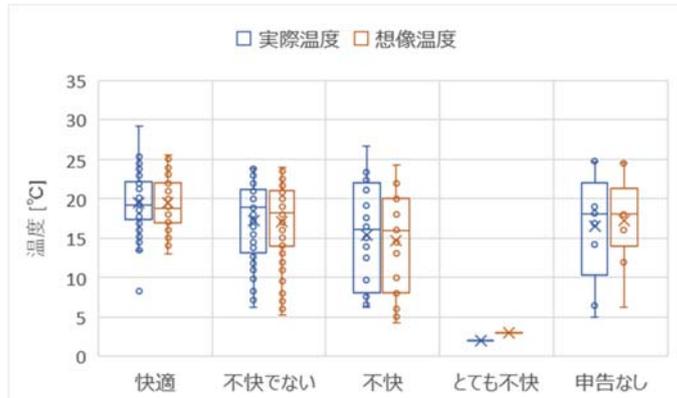


図9 冬季の快適感と実際温度・想像温度

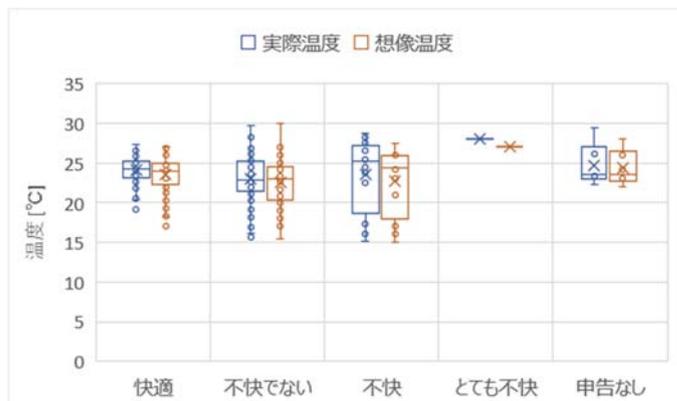


図10 春季の快適感と実際温度・想像温度

図7・8は、寒暑感と実際温度・想像温度の関係で、図7に冬季を、図8に春季を示す。冬季・春季ともに、寒暑感と実際温度・想像温度に相関が見られる。また、実際温度と想像温度とは概ね対応している。同じ申告が比較的広い想像温度帯で得られている。例えば、冬季の「暑くも寒くもない」は最低・最高で15～25℃（標準偏差の上下幅で18～24℃）である。

図9・10は、快適感と実際温度・想像温度の関係で、図9に冬季を、図10に春季を示す。快適感と実際温度・想像温度には対応関係が見られる。冬季の「不快でない」の想像温度帯は最低・最高で5～24℃（標準偏差の上下幅で14～22℃）であり、春季の「不快でない」の想像温度帯は最低・最高で15～30℃（標準偏差の上下幅で17～26℃）であった。

以上の想像温度は、各被験者の温度想像力の高低に加えて、寒がり・暑がりの特性（個人差）、申告時の活動量・時間帯・放射環境の影響、さらには、熱的履歴や記憶・経験温度[1]が影響していると考えられる。

【参考文献】

- [1] 斉藤雅也・辻原万規彦：ヒトの想像温度の形成プロセスに関する考察, 日本建築学会学術講演梗概集(東北), pp.269-272, 2018.9
- [2] 中谷航平・中村きらら・原大介・廣林大河・伊澤康一・辻原万規彦・斉藤雅也：住まい手の「温度想像力」養成に関する研究(その1)札幌・福山・熊本における夏季・秋季・冬季の熱的感覚と想像温度, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1143-1146, 2020.9
- [3] 中村きらら・中谷航平・原大介・廣林大河・伊澤康一・辻原万規彦・斉藤雅也：住まい手の「温度想像力」養成に関する研究(その2)夏季・秋季・冬季の想像温度に対する自信度, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1147-1150, 2020.9
- [4] 中村きらら・中谷航平・廣林大河・斉藤雅也・辻原万規彦・伊澤康一・岡本孝美：熱環境に対する「温度想像力」養成に関する研究～札幌・福山・熊本における2019年夏季と2020年夏季の被験者実験～, 日本建築学会研究報告九州支部, 第60号, 2021.3(掲載予定)
- [5] 伊澤康一・難波陸・秋山駿太・中村きらら・原大介・中谷航平・斉藤雅也・辻原万規彦・岡本孝美：室内熱環境における「温度想像力」養成に関する研究～福山における夏季・秋季調査～, 日本建築学会中国支部研究報告集, 第43巻, pp.365-368, 2020.3

【謝辞】本研究はJSPS科研費JP19K04731の助成を受けたものである。

2. 3 研究資金獲得一覧

(1) 科学研究費(代表)

No	研究種目	所属学科	氏名	直接経費	間接経費	合計
1	基盤(C)	情報工	池岡 宏	600,000	180,000	780,000
2	基盤(C)	スマートシステム	宮内 克己	100,000	30,000	130,000
4	基盤(C)	機械システム工	加藤 昌彦	300,000	90,000	390,000
5	基盤(C)	建築	都祭 弘幸	300,000	90,000	390,000
6	基盤(C)	建築	佐藤圭一	700,000	210,000	910,000
7	基盤(C)	スマートシステム	仲嶋一	300,000	90,000	390,000
8	基盤(C)	情報工	尾関 孝史	1,100,000	330,000	1,430,000

(2) 科学研究費(分担)

No	研究種目	所属学科	氏名	直接経費	間接経費	合計
1	基盤(C)	情報工	尾関 孝史	100,000	30,000	130,000
2	基盤(C)	建築	伊澤康一	200,000	60,000	260,000
3	国際共同 研究強化(B)	情報工	森田翔太	400,000	120,000	520,000

(3) 共同研究

No	研究種目	所属学科	氏名	直接経費	間接経費	合計
1	(株)日圧機販	スマートシステム	関田 隆一	990,000	110,000	1,100,000
2	(株)中電工 技術本部技術センター	スマートシステム	三谷 康夫	270,000	30,000	300,000
3	三井住友建設(株)	建築	都祭 弘幸	9,540,000	1,060,000	10,600,000
4	三島産業(株)	建築	山田 明	540,000	60,000	600,000
5	常石商事(株)	機械システム工	加藤 昌彦	405,000	45,000	450,000
6	合同会社スカイブルー	スマートシステム	関根 康史	324,000	36,000	360,000

(4) 受託研究

No	受託者	所属学科	氏名	直接経費	間接経費	合計
1	国土交通省 中国地方整備局 福山河川国道事務所	スマートシステム	仲嶋 一	4,350,000	487,000	4,837,000
2	国土交通省 中国地方整備局 福山河川国道事務所	機械システム工	関根 康史	3,278,700	364,300	3,643,000

(5) 研究助成金

No	寄附者	所属学科	氏名	金額
1	富士電機(株)	スマートシステム	菅原 聡	490,000
2	オリエンタル白石(株) 大阪支店	建築	都祭 弘幸	300,000
3	(公財)大林財団	建築	伊澤 康一	1,500,000
4	(公財)電気通信普及 財団	情報工	中道 上	750,000
5	(公益)小野音響学研 究助成基金	情報工	森田翔太	1,000,000
6	(公財)サタケ技術振興 財団	情報工	宮崎光二	500,000

2. 4 研究業績一覧（2020年度）

【スマートシステム学科】 -----

<香川直己>

1. 新木智博、香川直己、"光リンクセンサーネットワークのための光軸追尾アルゴリズムの改良とその性能評価"、2020年度（第71回）電気・情報関連学会中支連大、R20-15-03-05、2020年10月。（査読なし）
2. 北村蘭丸、香川直己、"大気中CO2濃度時系列データに含まれる特徴量と気象現象との関連性の検討"、2020年度（第71回）電気・情報関連学会中支連大、R20-15-03-06、2020年10月。（査読なし）
3. Rammaru. Kitamura、Naoki. Kagawa、"Investigation of the relationship between CO₂ concentration data and weather", The 22nd IEEE HISS、pp.47-48、Nov.2020.（査読あり）
4. Tomohiro. Shinki、Naoki. Kagawa、"Improvement of Laser-tracking Algorithm for Spectral Sensing with Free Space Optics and its Performance Evaluation", The 22nd IEEE HISS、pp.186-187、Nov.2020.（査読あり）
5. 高橋蓮、林良成、香川直己、森田翔太、山之上卓、金子邦彦、"音響センサネットワークを用いた降雨量推定に向けた雨音の分析"、第29回計測自動制御学会中国支部学術講演会講演論文集、pp. 59-60、Nov.2020.（査読なし）
6. 新木智博、香川直己、"光リンクセンサーネットワークのための自動光軸追尾システムの改良"、福山大学工学部紀要、第44巻、pp.1-6、2021年2月。（査読なし）

<関田隆一>

7. 施策立案における事業者側と住民側の意識形成の定量把握ー中国地域におけるドローン活用事業の調査を事例にー、共著 関田隆一、橘洋介、公益事業学会「公益事業研究」72-1号、pp11-21、(2020-9)（査読あり）
8. 里海の海中探査プロジェクト 衛星画像藻場分布、単著 関田隆一、福山大学安全安心防災教育研究センター2019年度活動報告書、pp15-18、(2020-10)（査読なし）
9. 里海の海中探査プロジェクト 衛星ミッション変更、単著 関田隆一、福山大学安全安心防災教育研究センター2019年度活動報告書、pp25-41、(2020-10)（査読なし）
10. Seagrass Beds Distribution Analysis using Satellite Remote Sensing Data for The Sustainable Growth of the Seto Inland Sea Coastal Area Ecological System, 共著 Ryuichi Sekita, Yusuke Katsube, American Institute of Aeronautics and Astronautics

(AIAA), Science and Technology Forum and Exposition Forum (The 2021 AIAA SciTech), Virtual U.S.A (査読あり) (2021-1)

11. 地域交通自動化での事故0に資する自動車旅客運送業の事故情報定量解析, 単著 関田隆一, 福山大学工学部紀要 第44巻, pp.7-12, (2021-3)
12. 地球観測衛星画像データを用いた因島沿岸の藻場状況定量解析, 共著 関田隆一, 勝部雄介, 福山大学内海生物資源研究所報告・第31号, pp1-15 (2021-3)

<仲嶋一>

13. 「イノベーションを創出する最新の計測技術 2021」:—— 特集号によせて ——, 仲嶋一, 電気学会論文誌. A 141(9) 471-471 2021年
14. 計測技術における研究開発の動向と最前線, 大谷 昭仁, 仲嶋一, 小池 真利子, 河村 颯大, 電気学会論文誌. A 141(1) 14-16 2021年

【建築学科】 -----

<都祭弘幸>

15. 都祭弘幸: 木芯コンクリート柱の圧縮特性に関する基礎的研究, 福山大学工学部紀要, 第44巻, pp.27-32, 2021年3月 (査読なし)
16. 田中圭介, 中澤淳, 藤井稔己, 都祭弘幸: 高強度せん断補強筋を用いた重ね継手性能に関する実験的研究, (その1. 引抜き実験), 日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV, pp.167-168, 2020.9 (査読なし)
17. 中澤淳, 田中圭介, 藤井稔己, 都祭弘幸: 高強度せん断補強筋を用いた重ね継手性能に関する実験的研究, (その2. 重ね継手せん断補強された RC 梁の曲げせん断実験), 日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV, pp.169-170, 2020.9 (査読なし)
18. 平田延明, 都祭弘幸, 坂本啓太, 吉田敏之, 前川利雄, 石渡康弘: エネルギー吸収性能改善型 RC 造梁部材に関する実験的研究 その4. せん断応力度レベルが高い梁への適用実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV, pp.189-190, 2020.9 (査読なし)
19. 長山浩二, 都祭弘幸, 阿部隆英, 野田亜久里, 野畑茂雄, 平田延明: エネルギー吸収性能改善型 RC 造梁部材に関する実験的研究 その5. せん断応力度レベルが高い梁への適用実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV, pp.189-190, 2020.9 (査読なし)
20. 都祭弘幸, 石渡康弘, 野田亜久里, 平田延明, 久保田雅春, 長山浩二: エネルギー吸収性能改善型 RC 造梁部材に関する実験的研究 その6. 結果分析および考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV, pp.193-194, 2020.9 (査読なし)

<佐藤圭一>

21. 佐藤圭一：「ふるさと文化財の森」を活用した備後表継承会による普及啓発活動 藺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 その7 日本建築学会大会（関東），学術講演梗概集 pp. 89-90，2020. 9

<山田明>

22. 山田明、三島弘敬：強非線形域における在来構法軸組木造住宅の剛性付加効果に関する実験的研究、福山大学工学部紀要、第44巻、pp. 33-37、2021. 2（査読なし）
23. 山田明：Experimental study on deformability and P- Δ effect of a wooden framework comprising steel lintel, 17th World Conference on Earthquake Engineering, Sendai, Japan, Paper No. C000379, 2020. 9（査読あり）
24. 山田明、三島弘敬：多数回の繰り返し載荷を受ける土壁の構造劣化特性 その2 小壁の場合、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅲ、pp. 569-570、2020. 9（査読なし）
25. 山田明：繰り返し載荷を受ける木造土壁の耐力劣化に関する実験的研究—半間の土壁の場合—、日本建築学会技術報告集、第26巻、第63号、pp. 508-513、2020. 6（査読あり）
26. 山田明、三島弘敬：多数回の一定振幅繰り返し載荷を受ける土壁の耐力特性 その2 小壁の場合、日本建築学会近畿支部研究報告集、第60号・構造系、pp. 401-404、2020. 6（査読なし）
27. 山田明：常時微動計測を活用した文化財建築物の耐震性能評価、考古学ジャーナル、No. 739、pp. 26-29、2020. 5（査読なし）

<伊澤康一>

28. Koichi Isawa：Human Body Exergy Consumption and Entropy Disposal in the Thermal Environment of Shelter Gymnasium in Winter, PROCEEDINGS OF ECOS 2020, pp. 320-331, 2020. 6
29. 伊澤康一・宋城基：人体の放射エントロピー入出力とエントロピー排出効率—学校体育館冬季熱環境実測値を用いた試算—、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 1291-1292、2020年9月
30. 伊澤康一・宋城基：指定避難所における建物・設備対策の現況と室内環境（第2報）夏季実測、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp. 421-424、2020年9月
31. 伊澤康一・宋城基：自立型避難所体育館に関する研究（その2）太陽熱温水床暖房システムの検討、日本太陽エネルギー学会講演論文集（2020）、pp. 95-98、2020年11月
32. 伊澤康一・宋城基：避難所体育館における太陽熱温水床暖房システムに関する試算、日本建築学会 レジリエント建築シンポジウム、pp. 84-87、2020年11月

33. 伊澤康一：環境設備学の可能性，公益社団法人 空気調和・衛生工学会 中国・四国支部 創立 50 周年記念誌，これからの建築設備・支部活動の展望，p. 45，2020 年 11 月
34. 伊澤康一・宋城基・大下樹弥・大原優人・池田陽弥：ZEB 避難所体育館を目指した太陽熱温水床暖房システムの検討，福山大学工学部紀要，第 44 巻，pp. 39-44，2021 年 3 月
35. 伊澤康一・中村きらら・中谷航平・廣林大河・斉藤雅也・辻原万規彦・岡本孝美：室内熱環境における「温度想像力」養成に関する研究～福山における冬季・春季調査～，日本建築学会中国支部研究報告集，第 44 巻，pp. 325-328，2021 年 3 月

【情報工学科】 -----

<山之上卓>

36. Development of an Intrusion Detection System Using a Botnet with the R Statistical Computing System, Takashi Yamanoue, Junya Murakami, 11th International Conference on E-Service and Knowledge Management (ESKM 2020), 1 - 15 September, Online Congress Japan, pp. 59-62, (2020-9)
37. R を使ったマイニングマルウェアの通信の特徴検知の試行，村上順也，山之上卓，第22回 IEEE 広島支部学生シンポジウム(HISS)論文集，pp. 218-221，オンライン (2020-11)
38. Takashi Yamanoue、"An Attempt of Automatic and Flexible Operation of Campus Equipment Using Bot Computing、"SIGUCCS '21: ACM SIGUCCS Annual Conference、 March 2021 Pages 30-35、 <https://doi.org/10.1145/3419944.3441163> (査読あり)
39. 高橋蓮、林良成、香川直己、森田翔太、山之上卓、金子邦彦、“音響センサネットワークを用いた降雨量推定に向けた雨音の分析”，第29回計測自動制御学会中国支部学術講演会講演論文集、pp. 59-60、Nov. 2020. (査読なし)

<金子邦彦>

40. 高橋蓮、林良成、香川直己、森田翔太、山之上卓、金子邦彦、“音響センサネットワークを用いた降雨量推定に向けた雨音の分析”，第29回計測自動制御学会中国支部学術講演会講演論文集、pp. 59-60、Nov. 2020. (査読なし)

<中道上>

41. Responsiveness Evaluation of Pointing Operations on Active Learning Environment, Tomonori Shohata, Daichi Yokoyama, Yuki Takeda, Noboru Nakamichi, Takashi Yamanoue, Keita Watanabe, IIAI-AAI2020 International Congress on Advanced Applied Informatics, pp. 808-809, (2020-9)
42. 避難誘導アプリ Virtual Wall による避難誘導実験，山上 誠人，黒木 春樹，部谷 泰生，

- 中園 龍次, 池岡 宏, 中道 上, The 22nd IEEE Hiroshima Section Student Symposium, pp. 123-126, (2020-11)
HISS 優秀プレゼンテーション賞 受賞
43. 図書案内のためのスポットライト型ポインティングシステムの提案, 正畑 智徳, 武田 祐樹, 中道 上, 渡辺 恵太, 山田 俊哉, The 22nd IEEE Hiroshima Section Student Symposium, pp. 232-233, (2020-11)
HISS 優秀研究賞 受賞
44. ソーシャルディスタンスの感覚による認識の差異, 高田 佳吾, 正畑 智徳, 中道 上, The 22nd IEEE Hiroshima Section Student Symposium, pp. 234-237, (2020-11)
45. Web 面接における評価過程の導出支援手法の検討, 山本拓真, 中道上, The 22nd IEEE Hiroshima Section Student Symposium, pp.265-268, (2020-11)
46. 透析患者向けベッドにおける非接触タッチパネルへの光フィードバックの効果, 武田祐樹, 中道上, 稲葉利江子, 渡辺恵太, 山田俊哉, 福山大学工学部紀要, Vol. 44, pp. 63-70, (2021-2).
47. ソーシャルディスタンスの個人差の検証と新たな実践の検討, 槇村明紘, 池田智哉, 高田佳吾, 正畑智徳, 中道上, 電子情報通信学会2021年総合大会情報・システムソサイエティ特別企画ジュニア&学生ポスターセッション予稿集, No. ISS-SP-014, pp. 150, (2021-3).
48. 接触履歴にもとづく注意喚起環境の検討, 三宅匠, 中道上, 電子情報通信学会2021年総合大会情報・システムソサイエティ特別企画ジュニア&学生ポスターセッション予稿集, No. ISS-SP-015, pp. 151, (2021-3).
49. 360 度カメラによるマスク有無画像からの人数検出, 中川駿, 中道上, 電子情報通信学会2021年総合大会情報・システムソサイエティ特別企画ジュニア&学生ポスターセッション予稿集, No. ISS-SP-016, pp. 152, (2021-3).
50. 非接触操作における状態遷移モデルの検討, 渡邊桃子, 正畑智徳, 武田祐樹, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉, 電子情報通信学会2021年総合大会情報・システムソサイエティ特別企画ジュニア&学生ポスターセッション予稿集, No. ISS-SP-036, pp. 172, (2021-3).
51. 透析患者向けベッドにおける非接触タッチパネルへの光フィードバックの適用, 武田祐樹, 渡邊桃子, 中道上, 稲葉利江子, 渡辺恵太, 山田俊哉, 情報処理学会インタラクシオン2021論文集, pp. 205-210, (2021-3).
52. 図書案内のためのスポットライト型ポインティングシステム, 正畑智徳, 武田祐樹, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉, 情報処理学会インタラクシオン2021論文集, pp. 447-450, (2021-3).

<池岡宏>

53. 夜間 NIR 動画像からの動領域スケール変換による遠方歩行者検出, 平松 篤樹, 亀田 裕介, 池岡 宏, 浜本 隆之, 電子情報通信学会技術研究報告, vol.120, no. 39, pp. 79-83 (2020-

5)

54. Style Transfer CNNのための電子透かし埋め込みに関する検討, 梅澤 丈司, 亀田 裕介, 池岡 宏, 浜本 隆之, 画像符号化シンポジウム(PCSJ2020)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS2020)予稿集, 2 pages (2020-11)

<森田翔太>

55. 音色に着目した笑い声検出法の検討, 田中聡一郎, 森田翔太, 鶴木祐史, 2020年度電気・情報関係学会北陸支部連合大会講演論文集, G-2-4. (2020-9)
56. 聴覚的印象に着目した笑い声検出法, 田中聡一郎, 森田翔太, 鶴木祐史, 電子情報通信学会技術研究報告書, EA2020-24, pp. 12-20. (2020-11)
57. Study on laughter detection based on auditory attributes, Soichiro Tanaka, Shota Morita, Masashi Unoki, Proc. RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing 2021 (NCSP' 21), pp. 373-376 (2021-2).
58. 自己聴取音の印象に関する個人性の調査, 森田翔太, 鳥谷輝樹, 鶴木祐史, 2021年春季日本音響学会講演論文集, pp. 705-708 (2021-3).
59. 高橋蓮、林良成、香川直己、森田翔太、山之上卓、金子邦彦、“音響センサネットワークを用いた降雨量推定に向けた雨音の分析”, 第29回計測自動制御学会中国支部学術講演会講演論文集, pp. 59-60、Nov. 2020. (査読なし)

【機械システム工学科】 -----

<内田博志>

60. 折紙工学を応用した軽量柔軟ロボットの開発、内田博志、Dynamics and Design Conference 2020 (D&D2020) U00279_526 (2020-9) (査読無)
61. 自動運転における前後方向制御のためのエネルギー最適制御の適用、内田博志、第11回横幹連合コンファレンス C-3-3 (2020-10) (査読無)

<関根康史>

62. 広島県における車両単独事事故事例での安全運転サポート車による被害軽減効果の推定－車線逸脱防止装置および被害軽減ブレーキからの被害低減効果の推測－ 関根康史 自動車技術会論文集, Vol. 51, No. 3, 2020, pp. 447-452, (2020-5) (査読有)
63. 幹線道路の渋滞と周辺地域の交通環境の関係についての分析 (ETC2.0を用いた交通状況分析による抜け道交通の安全性の評価) 関根康史, 山本俊雄, 林祐志, 大坪裕哉 日本機械学会2020年度年次大会講演論文集, J18105 in Web, (2020-9) (査読無)

64. 自動車のペダル配置の違いが高齢運転者のペダル操作に与える影響 – アクセルとブレーキのペダル段差が高齢運転者の足の動かし方に与える影響 – 関根康史, 関戸崇, 岡本脩 自動車技術会2020年秋季大会学術講演会予稿集, 20206176, in Web, (2020-10) (査読無)
65. ペダル段差の少ない乗用車における高齢運転者のペダル操作 – 前進運転姿勢でのアクセルからブレーキへのペダル操作における右足の挙動 – 関根康史, 関戸崇, 岡本脩 第56回日本交通科学学会学術講演会講演集, p. 90. (2020-11) (査読無)
66. 運転者の右足を置く位置がペダル踏み間違いに及ぼす影響の分析 関根康史, 植松慧, 花村智哉 日本機械学会 第 29回交通・物流部門大会 講演論文集, 1503 in Web, (2020-11) (査読無)

<中東潤>

67. 水素処理による α 型 Ti-5Al-2.5Sn 合金の結晶粒微細化と引張特性、中東潤、福山大学工学部紀要、第44巻、2021年2月 (査読なし)

<小林正明>

68. 中学生を対象にした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、日本科学教育学会年会論文集 44 p 327-328 (2020-8) (査読無)
69. 中学生を対象にしたモノづくりに関する意識調査とその結果、小林正明, 岩村充希子、日本教育工学会2020年秋季全国大会講演論文集 44 p. 345-346 (2020-9) (査読無)

以上

2. 5 特許一覧

<特開 2020-183643>

- ・ 発明名称：配筋構造
- ・ 出願人：福山大学、(株)熊谷組、鉄建建設(株)、飛島建設(株)、(株)長谷工コーポレーション、大日本土木(株)
- ・ 発明者：都祭弘幸、他

<特開 2020-183643>

- ・ 発明名称：全方位カメラ装置、全方位カメラ装置の設計方法
- ・ 出願人：福山大学
- ・ 発明者：伍賀正典

3. 教育活動

「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

2011年東北地方太平洋沖地震以降も大地震、大雨による水害、土砂災害が頻繁に発生し、多くの人命と財産が失われた。そのような状況の中、2018年7月の西日本の豪雨により広島県、愛媛県を中心とした土砂災害、および岡山県を中心とした浸水害は、近年比較的自然災害が少ないとされていた備前、備中、備後地域においては極めて強烈に印象に残るものとなった。また、自然災害が少ないがゆえに様々な問題が残された。

福山大学では2013年度より、「地域防災基礎」および「地域防災応用」の2科目の教養教育科目からなる「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。

2. カリキュラム

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、教養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。表-3に2020年度のカリキュラムを示す。また、写真-1に講義風景を示す。

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

2020年度は年度当初よりCOVID-19の影響を大きく受けた。前期授業は1ヶ月遅れで開講され、講義科目は全て遠隔授業となった。「地域防災基礎」も例にもれず遠隔で実施せざるを得なかった。また、後期「地域防災応用」においても受講生が多く、対面授業の実施が困難であるため、防災士の資格取得希望者（約30名）は対面授業、その他の受講生は遠隔授業という形態で授業を行った。

3. 受講者数および単位取得者数

表-1に2020年度の受講者数等を示す。

表-1 受講者数等（名）

	講義科目	履修登録者	平均出席者	定期試験受験者	単位取得者
前期	地域防災基礎	235	208	218	217
後期	地域防災応用	179	145	152	148

4. 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、福山大学において普通救命講習を実施している。2020年度はCOVID-19下において三密を避けるため、2/16、2/17の2回に分けて少人数で実施した。写真-2に講習会の様子を示す。

5. 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る試験官が実施する。表-2に、2020年度の受験者数および合格者数を示す。

表-2 防災士資格取得試験の結果(名)

	合計	人間文化 学部部	経済学	工学部	生命 工学部	薬学部	大学院
受験者	23	5	3	12	2	1	0
合格者	14	5	1	6	2	0	0

表-3 「地域防災リーダー養成講座」のカリキュラム(2020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	5/13	概説、防災士の役割	宮内 克之(工学部教授)
2	5/20	近年の自然災害に学ぶ	田中 義浩(広島県危機管理監危機管理課防災担当監)
3	5/27	身の周りの危険性を調べてみる	宮内 克之(工学部教授)
4	6/3	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)
5	6/10	訓練と防災研修	磯打 千雅子(香川大学地域強靱化研究センター特命准教授)
6	6/17	土砂災害と対策	宮内 克之(工学部教授)
7	6/24	ライフラインと被害	平山 和弘(国土交通省中国地方整備局企画部総括防災調整官)
8	7/1	火災と防火対策	下見 育弘(福山地区消防組合消防局警防部予防課長補佐)
9	7/8	火山噴火のしくみと被害	田辺 和康(工学部教授)
10	7/15	災害・避難情報の入手と発信	山田 朗生(福山市危機管理防災課地域防災担当次長)
11	7/22	被害想定・ハザードマップと避難行動	山田 朗生(福山市危機管理防災課地域防災担当次長)
12	7/29	命を守るための避難計画:マイタイムライン	宮内 克之(工学部教授)
13	8/5	災害とライフライン	宮内 克之(工学部教授)
14	8/12	事業継続計画と地域継続計画	宮内 克之(工学部教授)
15	8/19	地域の復興と再建	宮内 克之(工学部教授)

(b) 後期:「地域防災応用」:2単位

回	日付	講義内容	講師(所属)
1	9/23	地震・津波のしくみと被害	宮内 克之(工学部教授)
2	9/30	意思決定訓練	磯打 千雅子(香川大学地域強靱化研究センター特命准教授)
3	10/7	風水害と対策	津田 将行(大学教育センター講師)
4	10/14	身近でできる防災対策	宮永 正稔(日本防災士会広島県支部事務局長)
5	10/21	地域の防災活動	青木 秀明(福山防災リーダー連絡協議会長)
6	10/28	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)
7	11/4	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)
8	11/11	都市防災	宮内 克之(工学部教授)
9	11/25	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	12/2	耐震診断と耐震補強	山田 明(工学部准教授)
11	12/9	行政の災害対策と支援制度	藤井 勲(国土交通省中国地方整備局統括防災官室防災室長)
12	12/16	災害と危機管理	田中 義浩(広島県危機管理監危機管理課防災担当監)
13	1/6	災害と損害保険	三村 雅彦(日本損害保険協会中国支部事務局長)
14	1/13	惨事ストレスと心のケア	武田 知也(人間文化学部心理学科講師)
15	1/20	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)



写真-1 講義風景



写真-2 普通救命講習の実施風景

(参考)

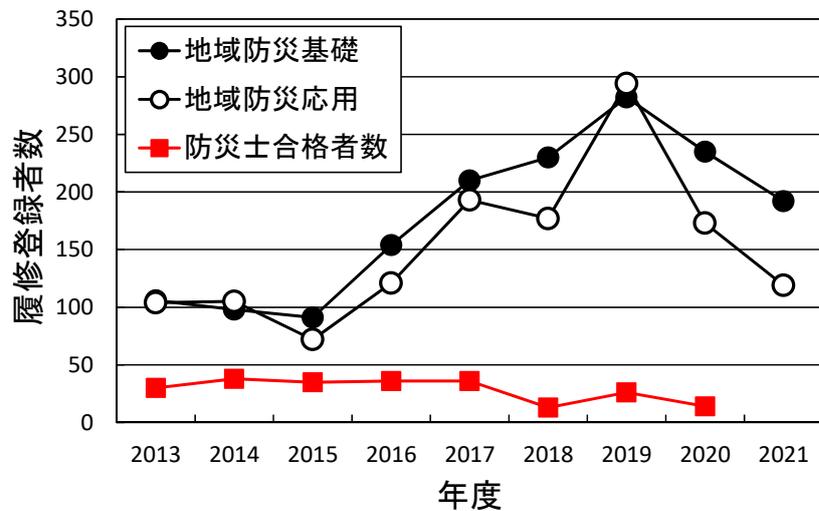


図-2 地域防災リーダー養成講座の履修登録者数の推移

- 2013. 10. 16 : 伊豆大島土石流災害 (死者 : 36 名、行方不明 : 3 名)
- 2014. 2 : 低気圧による大雪・暴風雪 (死傷者 : 2,000 名以上)
- 2014. 8. 20 : 広島土砂災害 (直接の死者 : 74 名)
- 2014. 9. 27 : 御嶽山噴火 (死者 : 58 名、行方不明 : 5 名)
- 2015. 9. 9-9. 11 : 関東・東北豪雨; 茨城県常総市で鬼怒川堤防決壊
- 2016. 4. 14, 4. 16 : 熊本地震 (直接の死者 : 50 名、関連死 : 205 名以上)
- 2016. 10 : 台風 10 号 (死者 : 22 名、行方不明 : 5 名)
- 2016. 12. 22 : 糸魚川大火 (147 棟焼損)
- 2017. 7. 5-7. 6 : 九州北部豪雨 (死者 : 38 名、行方不明 : 5 名)
- 2017. 11-2018. 4 : 平成 30 年豪雪 (山形県大蔵村で積雪量 445cm)
- 2018. 4. 11 : 大分県中津市耶馬溪町土砂災害 (死者 : 6 名)
- 2018. 6. 18 : 大阪府北部地震 (死者 : 6 名)
- 2018. 6. 28-7. 8 : 平成 30 年 7 月豪雨 (死者 : 224 名、行方不明 : 8 名)
- 2018. 9. 4 : 台風 21 号 (死者 : 14 名)
- 2018. 9. 6 : 北海道胆振東部地震 (死者 : 42 名)
- 2018. 9. 28-9. 30 : 台風 24 号 (死者 : 1 名、行方不明 : 1 名)
- 2019. 8. 26-8. 28 : 令和元年九州豪雨 (死者 : 4 名)
- 2019. 9. 5-9. 9 : 台風 15 号 (停電 : 約 934,900 戸、断水 : 139,744 戸)
- 2019. 10. 11-10. 12 : 台風 19 号 (死者 : 104 名、行方不明 : 3 名、全壊 : 3,308 棟)
- 2020. 7. 3-7. 31 : 令和 2 年 7 月豪雨 (死者 : 84 名、行方不明 : 2 名、全壊 : 1,620 棟)
- 2020. 9. 4-9. 7 : 台風 10 号 (死者 : 2 名、行方不明 : 4 名、全壊 : 2 棟)

「実践地域防災学」の実施

宮内 克之*1・津田 将行*2

*1 工学部スマートシステム学科、*2 大学教育センター



1. はじめに

防災に関する正しい知識と技能を有し、災害時には自助、共助の中心として活躍できる防災士を育成し、学生の資質の向上と地域の防災・減災力向上に貢献することを目的として、平成 25 年度より、教養教育科目「地域防災基礎」および「地域防災応用」からなる「地域防災リーダー養成講座」を開講してきた。その結果、この 8 年間で約 228 名の防災士を育成してきたところである。

また、この講座の開講にあたっては、国土交通省中国地方整備局、広島県をはじめ、地元の福山市、福山地区消防組合、自主防災組織および防災士会などの協力を得てきた。

2013 年の災害対策基本法の改正で、市町村の一定の地区内の居住者および事業者（地区居住者等）による自発的な防災活動に関する「地区防災計画制度」が創設された（2014 年 4 月 1 日施行）。これに基づき、各自治体は地元住民に対して地区防災計画の作成を推進、指導してきている。しかしながら、地区防災計画といっても、それぞれの地区・地域により対象とする災害は異なり、画一的に作成しても実効性を伴わない。また、それぞれの地区・地域の自主防災組織の防災・減災に対する意識と熱意も様々であり、必要とするすべての地区・地域において実効性のある効果的な地区防災計画が作成されているとは言えない。さらに、地区防災計画は作成されたとしても、その有効性の検証等は、多くの地区でなされていないのが実情である。

このような地元地域の実情を踏まえ、「地域防災リーダー養成講座」により育成した学生防災士の知識等を多少なりとも地元地域に還元するために、地元の自主防災組織と協働して、防災・減災に関するその地区に特有の諸問題に取り組む「実践地域防災学」を開講した。

学生は、「実践地域防災学」をとおして地域の防災・減災の現実と接することにより、また、地元住民と接することなど、通常の授業では経験することができない、より実践的な活動をとおして、防災・減災の考え方や実践的な行動について学ぶことができる。さらに、地域の防災・減災力の向上に貢献することができる。

2. 科目の位置付け、定員等

- (1) 科目の位置付け：教養教育科目 F 群（地域学）；2 単位：夏季集中授業
- (2) 履修対象学生：全学部全学科の 2～4 年生を対象とするが、「防災士」の資格取得者もしくは「地域防災基礎」および「地域防災応用」の単位取得者が望ましい。
- (3) 定員：20 名程度

3. 2020 年度の対象地域：福山市本郷学区内 昌源寺地区、納屋地区、御領地区

本郷学区内のほぼ中央を北から南へ流れる本郷川は、学区北部の谷間部から南部で急に開け扇状地を形成している。平常時には水量はそれほど多くはないものの、過去には幾度となく氾濫している。

今年度対象とした地区は本郷川左岸、扇状地の北部に位置し、地区の北側斜面の多くが土砂災害特別警戒区域（急傾斜地）や土砂災害警戒区域（急傾斜地）に指定されており、大雨の際には急斜面の崩壊（がけ崩れ）の危険性が極めて高い。

また、本郷川の支流の上流には農業用のため池（松永溜池）があり、地震発生の際、強い揺れにより堤防が決壊し、溢れ出た水が下流に位置する納屋地区、御領地区を襲う恐れがある。福山市の想定によると、堤防決壊後 3～5 分後には地区の中心部に水流が到達し、浸水の深さは 2～3m とされている。

また例にたがわず、高齢化が進み一人暮らしの高齢者が多いことも、避難行動を妨げる大きな要因の一つとなっている。



対象地区

4. カリキュラム

回	内容	回	内容
1	目的、内容、スケジュールの説明 地区防災計画について	7	調査結果の検討 問題点の洗い出し
2	グループ分け、GRの選任 対象地区の特徴と災害の危険性の確認	8	
3	マイ・タイムラインについて	9 ～ 13	避難計画の問題点と解決策の検討 避難マップの作成 マイ・タイムラインの作成 検討結果提示用ポスターの作成
4	本郷地区の地区防災計画について（現状説明） 問題点について考える 次回現地調査に向けて準備、事前調査等	14	問題解決の方策検討結果の地区への提示
5	本郷公民館にて、現地踏査の説明	15	反省と意見交換
6	現地調査		

5. 現地調査



地元住民から過去の水害について話を聞く



現地調査の様子

6. 避難経路マップ、マイ・タイムラインの作成、成果発表



グループに分かれての情報の整理



成果発表の様子

グループごとに、昌源寺地区、納屋地区、御領地区を担当し、地元自主防災組織の方々と共に現地調査を行った。現地調査では、防災面から見た地区の特徴、避難場所の確認を行うとともに、マイ・タイムライン作成上必要となる種々の情報（避難経路、避難経路上の危険箇所の確認、避難に要する時間、避難開始のタイミング等）を収集した。

また、地区ごとに代表的な高齢者（例えば、80歳代女性、一人暮らし、車運転せず、年齢相応の歩行可能等）を1名選定し、その人を対象としたマイ・タイムライン（個人の避難計画）の作成を行った。

授業の最後には、グループごとに作成した避難経路マップやマイ・タイムラインを用いたプレゼンテーションを行った。

今回の授業の計画実施に当たり、福山市本郷学区自治会連合会会長の横山様、自主防災会会長の佐藤様、自主防災会の大村様、福山市市民局松永支所松永地域振興課細谷様に大変お世話になりました。また、30℃を超える炎天下にもかかわらず、現地調査にご協力いただきました、本郷地区の皆様、ご協力ありがとうございました。

～タイムライン～

	天気予報	川の状況	福山市からの避難情報	私のすること
雨が降り始める				<ul style="list-style-type: none"> 福山市に大雨注意報が発令されていることの確認、今後の雨量の動きの確認 避難場所の確認 避難経路の確認 持ち物の確認（下参照）
雨が強くなる	大雨注意報 洪水注意報	水位が上がる	避難準備 高齢者避難開始	福山市からの避難所開設情報、避難開始の情報を得たのち避難開始 関係者（家族等）への連絡
大雨になる	大雨警報 洪水警報		避難勧告	避難完了（※なるべく雨が強くないうちに）
水害発生	大雨特別警報	ため池、川の氾濫 地すべり発生		

絶対必須：水（500mlを2、3本）

：食料（理想は非常食）

（なければ賞味期限が半年以上持つものが理想）

・あると良い物

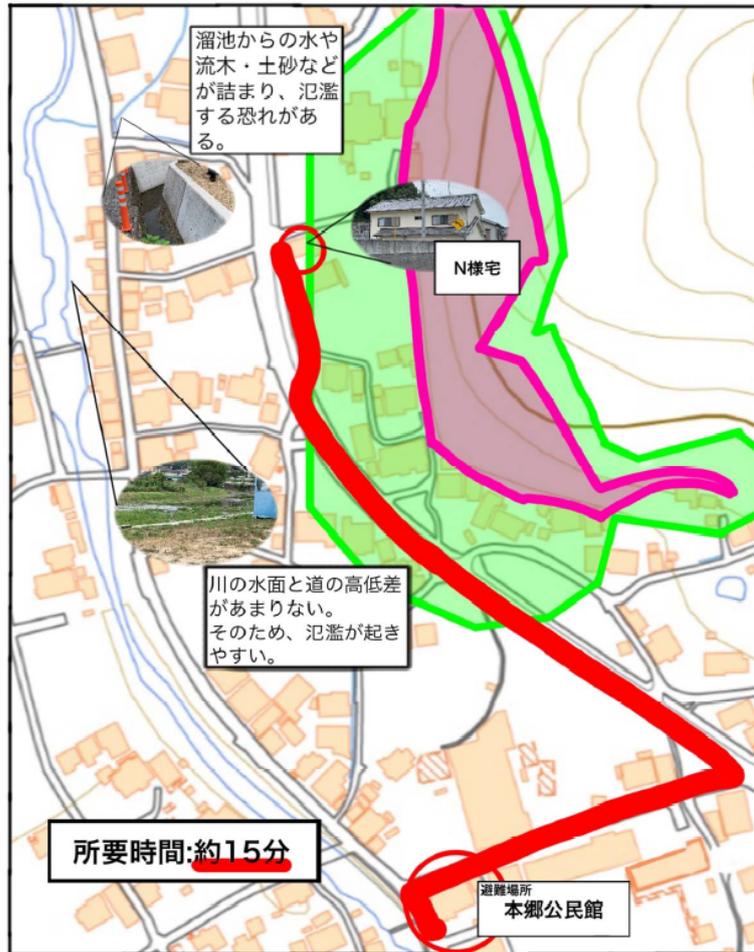
- 貴重品 薬類 お金 ラジオ
- 衣類 懐中電灯 マスク
- タオル 携帯 電池



納屋地区 (0様)

避難経路マップ (昌源寺地区)

- 崖崩れ警戒区域
- 地滑り警戒区域



昌源寺地区 (N様)

作成した避難経路マップの一例