

福山大学
安全安心防災教育研究センター

2024年度 活動報告書

2025年10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年に発せられた2050年カーボンニュートラル宣言より、日本はその実現に向けて邁進してきました。しかしながら、本来は地球環境を保全し持続可能な社会を作るはずの取組みが、環境を顧みない行き過ぎた開発が発生するなど、大きな社会問題となっています。本学は上記カーボンニュートラル宣言に先立つ2017年に、環境・生態系に加え、人の暮らし・経済も持続可能で発展することを模索するブランド研究プロジェクト「瀬戸内の里山・里海学」を立ち上げました。また、2022年に発出した「グリーン&ブルー宣言」は、瀬戸内の里山（グリーン）・里海（ブルー）と密接に関わり共存しつつも経済、産業、文化を発展しカーボンニュートラルを実現する研究・教育、人材育成を目指しています。

当安全安心防災教育研究センターは工学の面から上記の実現に貢献するため、研究プロジェクト「ひと・まち・暮らしプロジェクト」を組織して積極的に取り組んでいます。また、当センターは西日本最大級を誇る構造試験設備をはじめとした種々の構造・材料に関わる研究・試験施設を保有しており、安全安心や防災に関する教育や研究にも取り組んできました。

本活動報告書は上記の本センターの昨年度の取り組み状況を報告するものであり、ブルーカーボンに貢献する藻場環境計測、人工知能と自然エネルギーを利用した養殖システム、自然災害から暮らしを守るIoT利用の災害予知、地域遺産の技術継承や保全、交通システムの安全性向上、DXによる新しい暮らしの創造、本研究センターの構造・材料設備を利用したコンクリート構造の性能向上、カーボンニュートラルに貢献する牡蠣殻のコンクリート構造への応用、強度と高延性が両立できる新チタン合金構造の開発といった様々な研究活動を紹介しています。

また、本センターが継続的に行っている防災教育として、「地域防災基礎」と「地域防災応用」で構成される「地域防災リーダー養成講座」、その発展型であるアクティブラーニング型の「実践地域防災学」があり、これらの実施状況の報告を行いました。

昨年度末には、福山市の「まなびの館ローズコム」において本センターの取組みをポスター展示にて紹介し、多くの方々にご覧いただきました。



安全安心防災教育研究センター

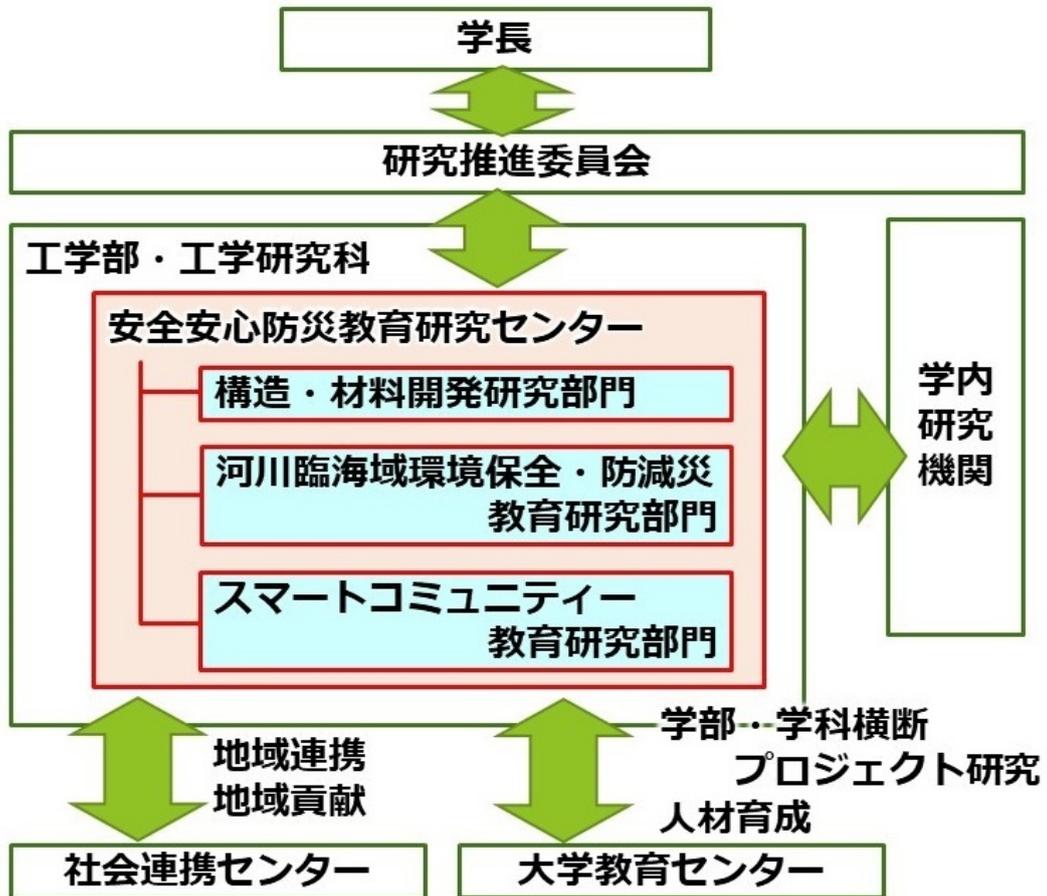
2024 年度 活動報告書 目次

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（2025 年度）	3
1.3 運営委員各担当（2025 年度）	4
2. 研究活動	5
2.1 ひと・まち・暮らしプロジェクト	11
(A) 瀬戸内の里山・里海学関連（福山大学ブランド研究プロジェクト）	11
(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	38
2.2 兼務教員による研究プロジェクト	42
(A) センター施設を利用した研究	42
(B) 一般研究テーマ	*
2.3 研究資金獲得一覧（2024 年度）	52
2.4 研究業績一覧（2024 年度）	54
2.5 特許一覧（2024 年度）	58
3. 教育活動	59
3.1 防災士関連	60
3.2 アクティブラーニング	63

1. 組織および運営

1. 1 組織図



1. 2 センター体制（2025年度）

	所属	氏名	担当	兼任	運営委員	ひとまちらし	ブランド研究
センター長	電気電子工学科	仲嶋 一		○	○	○	○
副センター長	大学教育センター	津田 将行		○	○		
工学部長	建築学科	梅國 章		○	○		
研究科長等協議会議長	薬学科	今 重之			○		
社会連携センター	社会連携センター	中村 雅樹	社会連携	○	○		
構造・材料開発研究部門							
部門長	建築	都祭 弘幸		○	○	○	
	建築	(梅國 章)	HP	(○)	(○)		
	機械システム工学科	加藤 昌彦		○			
	機械システム工学科	中東 潤		○	○		
河川臨海域環境保全・防減災教育研究部門							
部門長	大教セ	津田 将行	教務	(○)	(○)		
	電気電子工学科	(仲嶋 一)	教務				
スマートコミュニティー教育研究部門							
部門長	電気電子工学科	歌谷 昌弘	安全	○	○		
	電気電子工学科	田中 聡		○		○	
	建築学科	伊澤 康一	成果報告	○	○		
	建築学科	佐藤 圭一		○		○	○
	情報工学科	池岡 宏		○		○	
	情報工学科	中道 上		○	○	○	
幹事	工学部・生命工学部事務	佐藤 理恵			○		

1. 3 運営委員各担当（2025年度）

	所属	氏名	担当
センター長	電気電子工学科	仲嶋 一	センター運営、予算申請 ひと・まち・くらしPJ再編
副センター長・部門長	大学教育センター	津田 将行	センター運営 予算申請
	建築学科	梅國 章	アドバイザー (工学部長)
	薬学科	今 重之	アドバイザー (研究科長等協議会議長)
	社会連携センター	中村 雅樹	アドバイザー (社会連携)
構造・材料部門長	建築学科	都祭 弘幸	部門運営 予算申請
構造・材料部門	機械システム工学科	加藤 昌彦	
	機械システム工学科	中東 潤	教務 HP
	建築学科	(梅國 章)	
河川臨海域部門長	大学教育センター	(津田 将行)	部門運営 教務、防災
河川臨海域部門	電気電子工学科	(仲嶋 一)	
スマコミ部門長	電気電子工学科	歌谷 昌弘	部門運営・予算申請 ひと・まち・くらしPJ再編
スマコミ部門	情報工学科	中道 上	HP 成果報告
	建築学科	伊澤 康一	成果報告
	工学部・生命工学部事務室	佐藤 理恵	事務取り纏め

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（福山大学ブランド研究プロジェクト）

アブストラクト

■瀬戸内の里海プロジェクト ～里海の藻場環境観測システム～

／工学部電気電子工学科 仲嶋 一、田中 聡、沖 俊任、伍賀 正典 11
ブルーカーボンを担う藻場の観察力の強化することを目的として、藻場生態系の詳細観察に特化した藻場観察 ROV/ロボットの開発、複数の定点センサを注目エリア内に配置した域内分布時系列環境モニタリングを目的とした複数点連続データ収集システム、モバイル型海洋データサンブラ&分析システム、ドローン利用植物活性分布評価システムの開発を 2023 年度より福山大学ブランド研究の優先課題「里海の藻場環境観測システム」としてスタートした。同時に、次世代養殖システムと併せて、里海関連のひと・まち・くらしプロジェクト「瀬戸内の里海プロジェクト」としてスタートしている。里海の藻場環境観測システムの 2 年目の開発進捗を報告する。

■瀬戸内里海の次世代養殖システムの研究開発～ AI を用いた自発給餌システムの開発 ～

／工学部・情報工学科 池岡宏 22
本研究では、AI を用いたシロギス養殖のための自発給餌システムを開発している。なお本システムは、水槽内を撮影する画像入力部、その画像よりシロギスの水槽内の分布状況を AI により把握する画像認識部、給餌のタイミング、場所、量を AI により決定する給餌制御部、給餌開始および終了の信号を給餌器に接続したマイコンに送信する給餌器作動部の 4 パートで構成される。

瀬戸内里海の次世代養殖システムの研究開発

—養殖水槽加温システムの太陽熱利用シミュレーション—/建築学科 伊澤康一 25
水槽水温が低下する冬季にはシロギスは不活発となり餌をあまり食べなくなるため、冬季も自発給餌システムを成立させるためには水槽水の加温が必要である。本研究では、シロギスの冬季成長促進のための太陽熱利用水槽加温システムを対象として、集熱器や蓄熱槽の適正容量を、数値シミュレーションによって検討した。その結果、水槽断熱・集熱面積 80 m²・蓄熱槽容量 8 m³の条件で熱負荷の約 84%を太陽熱で賄えることを確認した。

ひと・まち・くらしプロジェクト

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

■広域環境データの連続計測のための簡易ネットワーク計測システムの開発

／工学部・電気電子工学科 香川直己 31

西日本豪雨災害に代表されるように里山での土砂災害などは、我々の生命・生活を守る上で重要な問題である。また、地球環境において気候変動への影響、気象予測と災害対策、生態系と漁業、科学研究とモデリングなどに大きな影響を与えることから、その正確な観測は、地球環境の持続可能な未来を築く上で極めて重要である。

そこで、本プロジェクトは光通信と無線通信を組み合わせて里山にセンサー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システムを研究開発することを目的とした。ここでは、簡易ネットワーク計測による広域の環境計測の成果について報告する。

■土壌水分センサネットワーク部分に関する研究

／工学部・電気電子工学科 歌谷昌弘 34

本研究では、数を確保しやすい簡易水分センサを使用した土壌水分監視ネットワークの構築を目指している。昨年の検討結果より、土壌中に設置したコンデンサの静電容量が水分量によって増減することを RC 発信回路の周波数変化として計測する簡易水分センサが最も適していると判断した。今年度はこのセンサが土壌水分量に対してどのような計測結果を出力するかを調査した。

■「地域遺産」としての「神な備－旧松本家住宅－」 —備後地域遺産研究会 2024 活動報告—

／工学部・建築学科 佐藤圭一 36

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）の 2024 年度活動報告である。2021 年度からは、「く地から成る／力なる」建築を活動ミッションに加え、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。

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

■ 鉄道駅から離れた市街地における自転車事故の ETC2.0 データと GIS 情報による分析

／工学部・スマートシステム学科 関根康史 38

自転車は、道路交通法上では軽車両に分類されており、歩道と車道の区別のある道路では、車道を走行することが原則とされる。しかしながら、自動車にとって、車道を走行する自転車は、運転を難しくする迷惑な存在となる。また、自転車の歩行者への加害性も少なくない。本研究では、GIS 情報と ETC2.0 データにより鉄道駅から離れた市街地における自転車事故を分析することにより、自転車の歩行者や自動車との安全な共存を考えていく。

■ インタラクティブプラネタリウム「星空 Touch」

／工学部・情報工学科 中道上 40

本研究では、天体についての新たな学習環境としてインタラクティブプラネタリウム「星空 Touch」を提案しています。星空 Touch はディスプレイに表示された天体を指さすことでポインタを操作し、ポインタが指定した範囲にホバーした際に天体についての説明を表示することで参加者が興味を持った天体について学習することができるシステムである。

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

■小規模建築物の基礎梁合理化工法の開発

／工学部・建築学科 都祭弘幸..... 42

小規模建築物の基礎構造方法は、告示平 12 建告第 1347 号第 1 に必要最低限の規定がある。災害地の仮設住宅にも同規定が求められるため恒久建築にはならない。本研究は、被災後に早期恒久住宅を推進するため、容易・短期間で施工できる合理化工法基礎梁に関して検討したものである。基礎梁側面を無筋プレキャストコンクリート板とした工法を考案し、構造実験および解析検討を実施した。検討結果から、提案工法は在来工法と同等以上の構造性能があることが確認できた。

■カキ殻を用いた環境配慮型コンクリートの開発とその CO2 固定化能力の評価

／工学部・建築学科 都祭弘幸..... 47

広島県はカキの特産地であるが、産業廃棄物となるカキ殻の排出量も非常に多い。その処分量は年々増加しているため、飼料・肥料とは別の活用法開発が喫緊の課題である。コンクリートの細骨材利用を目的に粗粒率を調整したカキ殻細骨材で目標強度 $30 \cdot 50\text{N/mm}^2$ についてカキ殻置換率をパラメータとした強度試験を実施した。圧縮強度試験結果の分析から置換率 50%でも目標強度達成可能であること、置換率 0%に対する強度比率では6週でも8割以上となることが格にできた。

■水素処理による $\alpha+\beta$ 型 Ti-6Al-4V 合金の高強度化と高延性化～調和組織化への試み～

／工学部・機械システム工学科 中東 潤 50

金属材料の高強度化と高延性化が両立できる手法の一つとして、調和組織（微細粒組織と粗大粒組織で構成された組織）化がある。これまでチタン系材料では、粉末冶金法にて調和組織化を行って高強度化と高延性化を達成した例があるが、バルクの状態のものから加工・熱処理によって達成した例は存在しない。そこで本研究では、 $\alpha+\beta$ 型 Ti-6Al-4V 合金熱間押出材を用い、水素処理法による高強度化と高延性化の両立を試みた。

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

※2024年度は該当なし

ひと・まち・くらし「瀬戸内の里海プロジェクト」
福山大学ブランド研究「里海の藻場環境観測システム」

工学部
電気電子工学科



仲嶋 一 田中 聡 沖 俊任 伍賀 正典

プロジェクト研究概要

■プロジェクトアウトライン

沿岸域の藻場は稚仔魚を育む海のゆりかごである他、種々の生態サービスを人類に提供するが、中でも二酸化炭素の吸収・固定を行うブルーカーボンとしての機能はカーボンニュートラルのための重要項目として注目されている。'17~'22 にかけて本学ブランド研究「瀬戸内の里山・里海学」里海の海中探査プロジェクトにて藻場の生態系の観測手法の基礎技術の開発を行ってきた。藻場観察に特化した海中 ROV/ロボットの開発による生態系の詳細観察技術、定点設置マルチセンサによる定点時系列計測技術を構築した。この基礎技術を向上・連携させることにより、藻場内の生態の詳細観察、複数の定点センサを注目エリア内に配置した域内分布時系列環境モニタリングを行い、ブルーカーボンを担う藻場の観察力の強化することを目的とした新規プロジェクト「里海の藻場環境観測システム」を 2023 年度より 3 年の計画で開始した。

■サブプロジェクト

本プロジェクトは 4 つのサブプロジェクトからなり、個々の要素開発を発展させている。今後、トータルシステムとしての領域計測の機能達成を目指す。

- 1) 藻場観察 ROV/ロボット (沖 俊任)
- 2) 複数点連続データ収集システム (仲嶋 一)
- 3) モバイル型海洋データサンプリング&分析システム (田中 聡)
- 4) ドローン利用植物活性分布評価システム (伍賀 正典)

次頁以降で各サブプロジェクトの進捗状況を報告する。

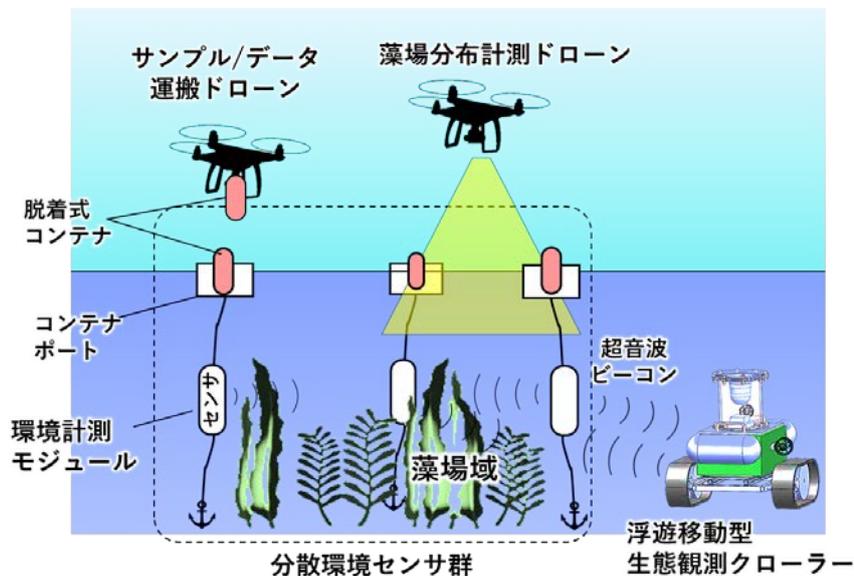


図1 プロジェクトの全体像

キーワード：藻場，環境観測，データ収集，瀬戸内の里山・里海学

瀬戸内の里海プロジェクト・里海の藻場環境観測システム
複数点連続データ収集システム

工学部 電気電子工学科

仲嶋 一 教授 Hajime Nakajima 博士 (工学)

専門分野：電子工学，計測工学，波動工学，光工学
E-mail：nakajima.hajime@fukuyama-u.ac.jp



研究概要

■ 研究の背景

湾などの数 ha オーダーの領域における藻場生育状況を包括的に観測することを目的として、連続計測可能なセンサを集積した定点観測器を対象領域に複数個所設置して空間的・時間的分布を持ったデータ取得を行う部分システムの構築を目指す。全システムは、複数点連続データ収集システム、モバイル型海洋データサンプリング&分析システム、ドローン利用植物活性分布評価システムを連携させた時空間に広がりを持つデータ収集システムであり、その中で、複数点連続データ収集システムの構築を担当している。プロジェクトでの実施計画および変更点は以下の通りである。

連続計測可能なセンサを集積した定点観測器を対象領域に複数個所設置し、空間的・時間的分布を有するデータ取得を行う。

- 1年目：定点観測器の設計と単品の試作・動作評価を実施した。
- 2年目：当初計画では、実地の動作試験と複数台の製作を行う予定であったが、現地での設置許可を得るのに想定外の期間を要したため、アママ場の生態系観察を兼ねた実地動作評価に内容を集約した。
- 3年目：(計画) 多点の観測システムの実現性評価を行う。また、エネルギーハーベストによる長期間無給電稼働も並行して検討する。

■ 研究内容

➢ 1年目での実施状況

藻場の衰退の要因として多くの要因が挙げられており、中でも草食性の海洋生物による食害、温暖化による海水温の上昇、水害等による塩分濃度の変動が主たる要因と考えられているが、個々の藻場においてその要因が断定されるまでには至っていない。このため定点観測器では、画像観測、温度計測、塩分計測を備えた最大深 5 m に耐える気密の海中観測部、海上または海浜に設置して前記海中観測部への電源供給とデータ収集の制御を行う制御部、基地局へのデータ転送を行う藻場観測モジュールを製作した。制御部には、ミニ PC、USB エクステンダー送信モジ



図 1. 藻場観測モジュール

ジュール、通信器接続用 PoE アダプターが内蔵される。海中観測部はパイプ外径 89 mm、肉厚 6 mm、長さ 250 mm、フランジ外径 180 mm のアクリルフランジに、USD エクステンダー受信モジュール及び USB カメラが内蔵されており、塩分濃度等の測定用の USB 接続のデータ収集機器を増設できるようにしている。閉止フランジも厚さ 13mm のアクリルであり、写真右がカメラ窓となっている。写真左側がケーブル導入用で 2 個の IP68 のケーブルグランドを設けており、写真奥側に USB エクステンダーを結ぶ PoE が導入されている。手前側は温度センサ及び塩分センサの海中投入用であるが、現状では封止している。

➤ 2 年目（当該年度）での実施状況

1 年目の成果に基づき、因島キャンパス前の大浜海岸にて運用実験を実施した。図 2 及び図 3 に大浜海浜への設置に向け広島県及び因島漁協に提出した説明図を示す。図 2 は計画時の機器の配置を示しており、制御部はマリンバイオセンターの海水取水管用のコンクリート構造物上に設置される。海中観測部は 50 m の POE ケーブルにて制御部と接続されており、制御部の設置個所から半径 50 m が設置可能エリアとなる。実際の設置に際しては、干潮時にアクセス可能な領域に限られ、根固め工より約 10 m の位置とした。一方、基地通信部に関しては、図 4 に示した



図 2. 機材設置構想（広島県、因島漁協及び内海生物資源研究所への提出図）

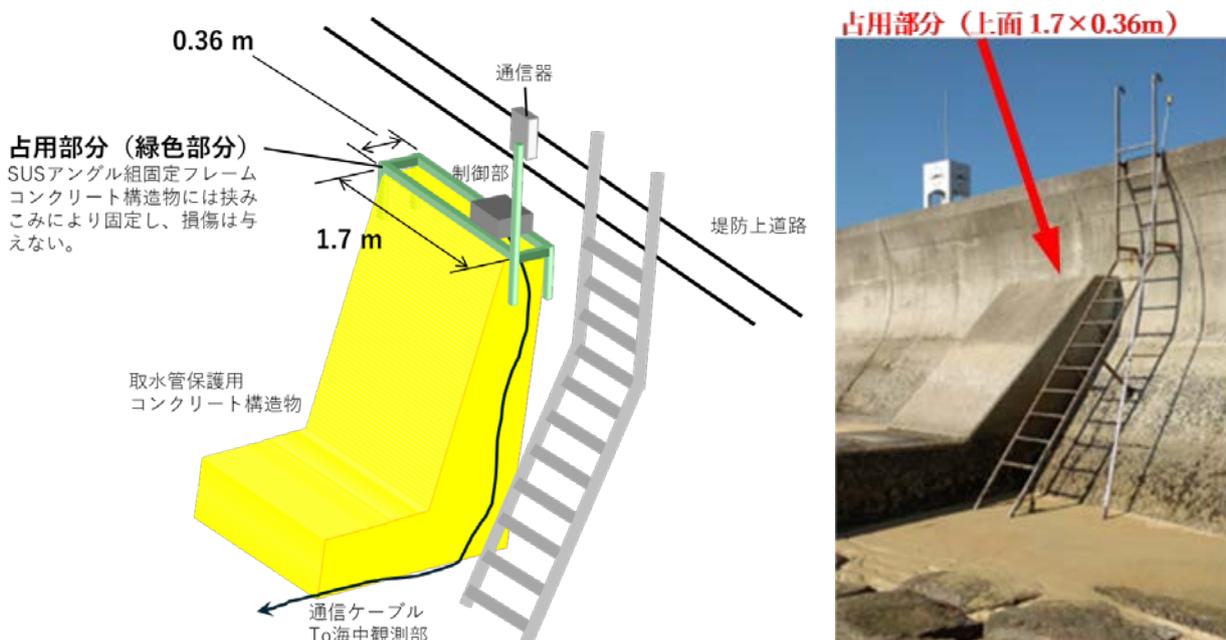


図 3. 海岸設置構想（広島県、因島漁協及び内海生物資源研究所への提出図）



図4. 基地通信部確認実験

(左：堤防上の藻場計測モジュール、中：養魚棟基地局通信器、右：養魚棟内基地局 PC)

ように、海水取水管上方の堤防巻き返しから、内海生物資源研究所養魚棟への通信の確保を確認していたが、通信器への給電に多くのバッテリー電力が割かれ、連続駆動時間が短縮されるため通信は行わず、バッテリー駆動時間ないで動作させた後に制御部のみを持ち帰り、本学で取得データの転送とバッテリーの充電を行うこととした。このため、図3で記載している通信器の取り付けは行っていない。図3に黄色で示した取水管コンクリート構造物の上平面が占用部分であり、緑色で示す SUS の L アングルで枠を構成し、制御部やケーブルを固定した。

① 冬季の観察状況

アマモの芽生えの季節より観察を開始し、先ず 2025 年 2 月 17 日に投入し約 1 日の動画撮影を実施した。図4左に、中型の遊泳魚が通過（左上）している所を切り出した 1 シーンを示す。10 cm 程度のアマモの幼体が生えている。撮影した全体としては動物の活性は高くなく、特に稚仔魚のような小魚は見られなかった。右は海中部の状況で、海中部を約 2 週間海中放置した、2 月 28 日の状況であり DJI Osmo Action3 にて撮影した。右がカメラ窓であり、不明瞭ではあるが、カメラ窓前方 20 cm 程度の海底に、左の画像に移っているアマモの新芽が生えているのが分かる。カメラ前方はアマモ育成域を示すブイのワイヤーで、海洋生物科学科の山岸教授のアマモ播種域がブイの奥側となる。



図4. アマモ場観察 1

(左：海中観察部による撮影画像、右：海中観測器の設置状況)

② 夜間観察

図5に夜間撮影（3月17日）の結果を示す。左は撮影画面全体をキャプチャしたもので、アマモとプランクトンを含む微小な浮遊物が映っている。画面の両側に上下方向に3個並んだ楕円のパターンは照明 LED がカメラ窓の表面に反射して映り込んだもので、画像処理で消しきれなかったものである。アマモはカメラ窓前方 20 cm 程度の非常に近接したところにあり、これに関しては移っているがそれより遠い領域は全く撮影できていない。これは、カメラ付属の照明 LED の発光波長が一般的赤外線照明の 850 nm で、この波長域における水分子に依る吸収が非常に大きいためである。図6に水の分光透過率を示したが、850 nm での透過率は、約 $5 \times 10^{-5}/\text{m}$ であり、カメラで撮影されているものは、LED の発光分布の短波長側の裾野によるものと思われる。手前にプランクトンと思われるものが映り込んでいるが、カメラ窓に非常に近接しており輝度が高く飽和している上に、カメラの焦点が合っておらず詳細な形状は全く分からない。動画ではこの後にアマモの方に移動するが、その位置で

は非常に小さく、やはり形状の識別は難しくなる。カメラの焦点を近接化し、カメラ位置をアマモに近づければプランクトンも形状も判るようになると思いが割れるが、その際には視野が狭くなりイベントを捉える確率が低下する。遠隔駆動を追加して視点や焦点位置などを基地局からリモートで調整するようにするかどうかは、複雑さ、消費電力の増加、コストの上昇など課題も多く、今後の課題である。写真右はハゼと思われる底生魚がカメラ窓に張り付いている所であり、右側の LED により強力に照明されている。

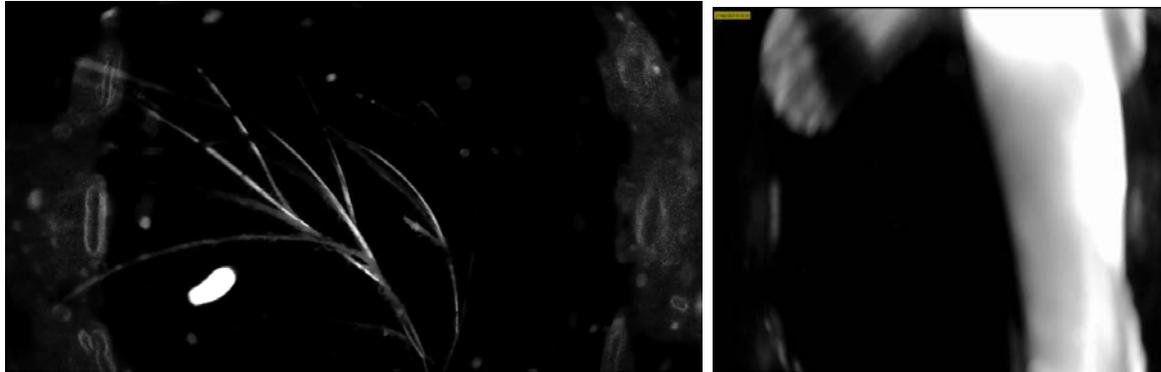


図 5. アマモ場観察 2 夜間撮影 (左: プランクトンが映り込んだ 1 シーン (画面全域)、右: カメラ窓に貼り付いた底生魚 (画面一部))

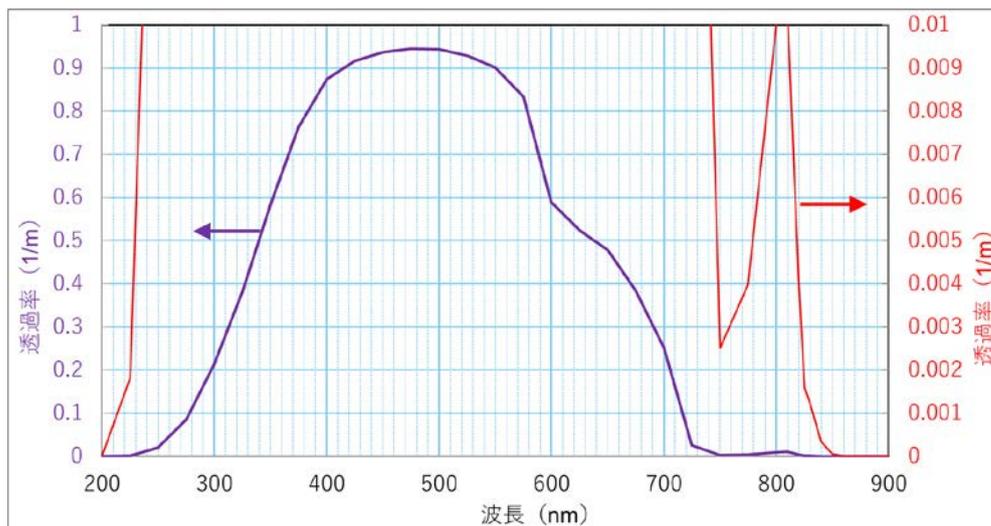


図 6. 水 (H₂O) の分光透過率

➤ 今後の取り組み

最終の 3 年目にて次の取り組みを行っていく予定である。

- ① 夜間の撮影能力を向上するため、800~810 nm の特殊な波長域の LED 照明、又は赤の照明を導入する。白色光の照明は魚種などの判別がし易いが、夜行性の生物の挙動を常態から変化させる可能性が高いため、このプロジェクト内では 800~810 nm の帯域に特に注目して進めたい。
- ② これまでの観測器は陸上に制御部を設置するものであるが、設置場所の制約があるため、多点の観測に向けて海中独立型の検討を進める。現状では、制御コンピュータ等の制御部を海上浮遊をとし、海底観察には USB 接続でカメラや塩分等の計測部を沈下する予定である。海上浮遊の制御部にはソーラーパネル等のエネルギーハーベスト手段や、別のサブプロジェクトで取り組んでいる海水サンプラを取り付ける予定であるが、現状の消費電力でエネルギーハーベストでの長時間駆動は困難であり、動画の撮影仕様、制御コンピュータの見直し、エネルギーハーベストの出力増大の工夫等の課題について取り組んでいく予定である。

キーワード：ドローン、オブジェクト認識、オブジェクトトラッカ、YOLO-OB

海水サンプリングドローンのための海上オブジェクト認識システムの研究

安全安心防災教育研究センター

田中 聡

准教授 電気電子工学科

学術博士



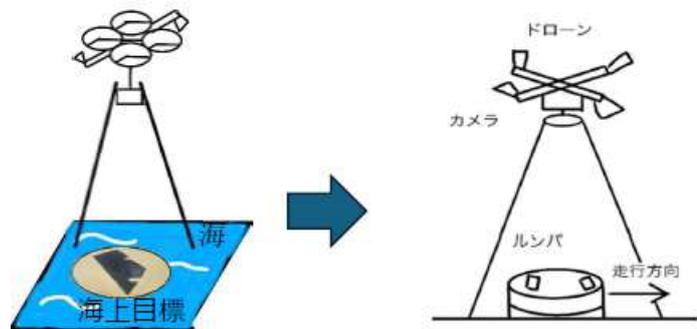
写真

専門分野：通信工学、電子機器、海洋システム

E-mail : tanaka3n@fukuyama-u.ac.jp

研究概要

ドローンを用いて海上から海水サンプルを持ち帰るシステムの開発を行っている(図1(a))。本年度は陸上での模擬実験のために iRobot の Roomba をターゲットとした識別システムを構築する(同(b))。また、次の海洋環境で識別システムのための海上に置かれる標的である、海上マーカについても研究した。オブジェクト認識システムの一つであるYOLO-OBをベースに制作したシステムでは実験環境においてほぼ100%の識別性能を得た。本システムの特徴はターゲットの位置や大きさのみならず「方向」をも識別できる点である。また、トラッキング技術と組み合わせることによりドローンのように高速移動中で視野外にはずれた場合でも追跡を続行できるという利点もある。



(a) 海上オブジェクト (b) 陸上模擬実験
図1 ドローンによるオブジェクトトラッキング

■研究の背景

海中の二酸化炭素や有機塩類を計測に必要な海水サンプル回収にはドローンの活用が有用である。海上の複数地点から効率よくサンプル(容器)を回収するためには、目標点に確実にドローンを着水する技術が求められる。自立飛行により目標点に接近するための誘導方式として画像によるオブジェクト認識およびトラッキングシステムを用いる。目標点の位置のみならず方向についての情報も有用であることからこれらの情報を識別できる画像認識システムと、海上目標であるために移動する目標をトラッキングする技術について研究した。

■研究内容

オブジェクト認識システムはYOLO-OB v5[1]を用いた。このシステムでは認識したいオブジェクトに対して図2のようにバウンディングボックス(存在する場所と大きさを示す枠線)を表示するとともにオブジェクトの方向を識別する事ができる。同図では緑線の方向が前方を示している。この仕組みを用いることにより、ターゲットのドローンへの着陸方向を知ることができる。



図2 YOLO-OBによるターゲット認識

さらに、図3のような海上の目標である「海上ステーション」に設置するマーカ"sealabel"を考

案して学習・認識を行った結果ほぼ 100%のクラス（2つのマーカの違い） および方向を識別することができた。

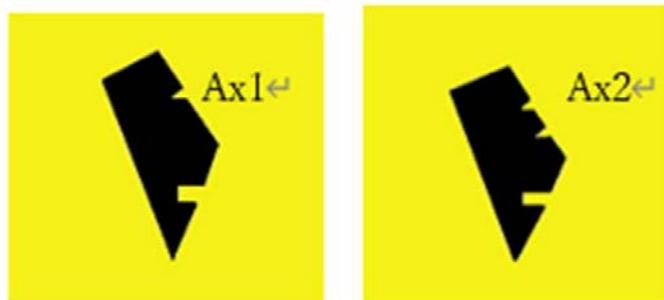


図3 海上マーカ（sealabel） 完全に回転に対して非対称であるが、Aのところの一部異なっている。黄色地に黒で直線が多いので海上でも目立ちやすい。

考案したマーカが実用環境で十分利用可能であるのかどうかを評価するために Blender を用いた海洋のシミュレータを構築した。図4のように海面に置かれた海上マーカが波に洗われる状態や強い太陽光の反射を受けるシーンを表現することができる。

■「実用化に向けて」

自然界のさまざまな環境で安定に運用できるようにするためには上記のようなシミュレーション活用を含めた検証を多角的に進めていく必要がある。

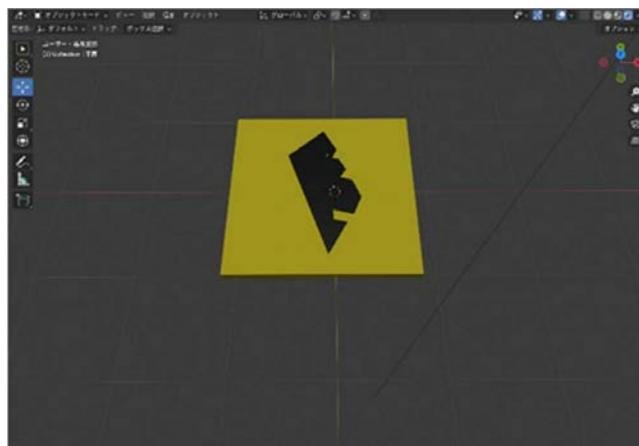


図4 blender を用いた環境シミュレータ

■「研究の方向性」

実際のドローンの離着水の制御システムおよびドローンの飛行を計測するシステムの開発が進行中である。

なお、このシステムは海洋観測のみならずドローン輸送などの分野で有用な技術である。

特許・論文等

(1) 田中 聡, 荒木 彰英, 「ドローンによる海水サンプリングの研究」
2023 年度 (第 74 回) 第 33 回計測自動制御学会中国支部学術講演会 1C-1, 2024 年 11 月 23 日.

(2) 田中 聡, 瀬尾輝翔 「空中ドローンからの移動物体の画像追跡に関する研究」
, 2024 年度 (第 75 回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会 ,R24-2 1-0 1, 2024 年 10 月 26 日.

【公報種別】特許公報(B1)

【特許番号】特許第 7463596 号(P7463596)

【発明の名称】周囲データ取得装置、周囲データ取得システム、自己位置推定装置、自己位置推定システム、周囲データ取得方法、周囲データ取得プログラム、自己位置推定プログラム

キーワード：瀬戸内の里山・里海学、藻場観察、ROV、深度制御、OpenModelica

瀬戸内の里海プロジェクト・里海の藻場環境観測システム 藻場観察 ROV／ロボット

工学部電気電子工学科

沖 俊任

准教授 Toshitaka Oki

博士（工学）



専門分野：自動制御、メカトロニクス応用、ロボティクス応用

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

研究概要

■ 研究の背景

藻場における生態系観察において、高機能カメラを備えた海底移動が可能な ROV は有用と考えられる。また、藻場はアマモ場のような砂地だけでなく岩場もあることから、岩場でも活動できる ROV の開発も望まれる。

そこで本プロジェクトの 2024 年度の活動目標は次とする。

- ・初年度に試作した浮遊移動クローラ型 ROV（以下クローラ型 ROV と略記）について、残された機能の開発と改良、および、因島にて実験評価と運用を行うことを目指す。
- ・クローラ型 ROV の深度制御について、シミュレーション環境を整える。
- ・岩場でも活動を目指したクモ型 ROV は、クローラ型 ROV を優先し休止とする。

■ 研究内容

2024 年度の研究内容は次の④つに大別される。

- ①クローラ型 ROV の未完成部分の完成させる
 - * 稼働中のデータを記録できるようにする
 - * 記録したデータを確認・抽出するインターフェースを制作する
 - * 浮力制御部（ハードウエアとソフトウエア）を完成させる
 - * 中期稼働のための基地局のケース（小屋？）
 - * 水密の確認
- ②これまでに分かった問題点の改善を検討する
 - * カメラの販売終了に伴う代替機の調査
 - * カメラハウジングの曲率による高倍率撮像時解像度低下の改善。カメラ部の置き換えを検討
 - * テザーケーブルの柔軟性が少ないため置き換えを検討
 - * ROS1 の開発修了に伴う ROS2 への移行
 - * 重量増加のためクローラ部の強化
 - * PoE の能力不足のため ROV 内バッテリーの充電能力の改善
- ③フィールドでの短期・長期動作試験を行う
- ④クローラ型 ROV の深度制御について、シミュレーション環境を整える。（年度途中で追加）

■ 成果

実施計画に対し、次となった。各項目の先頭に、前述の研究内容に関する番号を記して対応を示す。

- ・できたこと
- ① 稼働中のデータを記録（ただし、開始・停止の UI は未実装）
- ① 浮力制御部（ハードウエアとソフトウエアは実装。制御即は未実装）
- ① 水密の確認（陸上では行ったが、水中では未確認）
- ② PoE の能力不足のため ROV 内バッテリーの充電能力の改善のための部品調達
 - ・できなかったこと（検討・作業時間を確保できなかった）
- ①～③ 年度当初に計画した改善のほとんど。
- ③ フィールドでの短期・長期動作試験。
 - ・年度当初の計画にはなかったが得た成果：
- ④ 中間報告で追加した浮遊状態での深度制御シミュレーションができることを確認した。この成果は 2025 年度の学会講演会に投稿している。しかし、着底や海面浮上状態を含むシミュレーションには至らなかった。

①～④以外 水中での動作確認の浸水による失敗に備え、予備の部品を調達した。

<<深度制御シミュレーション環境>>

これらの内、④の深度制御シミュレーション環境の開発が重要であり得られた技術の応用範囲も広い。次にこの結果の概略を示す。

<背景>

開発中のクローラ型 ROV は、深度制御に置いて次の困難さがある。

- A) ゴム風船の膨張により浮力を得るが、開発中のシステムでは法線の体積は水深、風船内空気圧、大気の圧縮性、ゴム風船の張力が影響し、これらの内ゴム風船の体積と風船内圧力には強い非線形性を考慮した計算は複雑となる。
- B) A)の非線形性により通常の制御が困難と考えられる。
- C) ゴム風船の膨張の使う圧縮空気は基地局からチューブで移送するため、空気とパイプ間で生じる摩擦や気体の流れを考慮する必要があるが、モデルは複雑となる。
- D) この ROV は海底着底、浮遊、海面浮上のそれぞれにおいても動作が異なるため、これらの特性を考慮する必要がある。

これらを踏まえたシミュレーション環境として、OpenModelica の適用を試みる。このシミュレーション環境は非因果モデルを用いるため、この利用方法修得は今後の学科での教育でも有用であるため、OpenModelica でシミュレーション環境を試みる。

<結果>

構築したモデルを図 1 に示す。このモデルを用いて、背景の A)、C)、D)の一部を再現することができた。

B)について、このモデルを用いて PID 制御を行った例を図 2 に示す。目標深度に対して深度が追従できていないが、ゴム風船の体積と浮力の変化が計算できていることがわかる。なお、この後の改良で深度制御が可能であることを示唆する結果が得られ、2025 年に発表している。

■今後の取り組み

継続して未完成部分を開発し、フィールドでの動作実験を目指す。

謝辞

シミュレーション開発について、機械システム工学科の金谷健太郎講師には有用な知見をいただいた。ここに感謝の意を示す。

論文等

「水底作業ロボットの風船による浮力制御の一考察」、第 33 回計測自動制御学会中国支部学術講演会予稿集 pp.25-26 (2024)

「生態系観察のための浮力調整機能付きクローラ型 ROV のシステム開発」、第 33 回計測自動制御学会中国支部学術講演会予稿集 pp.27-28 (2024)

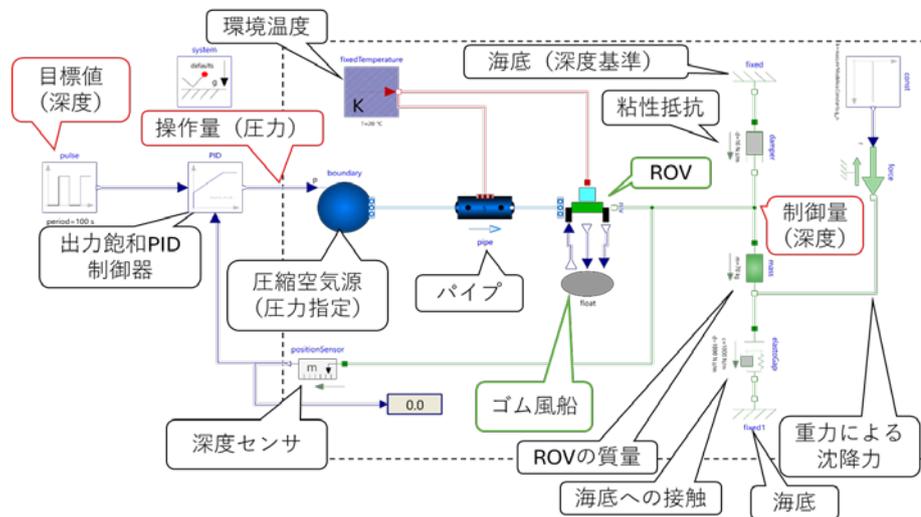


図 1 OpenModelica を用いた深度制御モデル

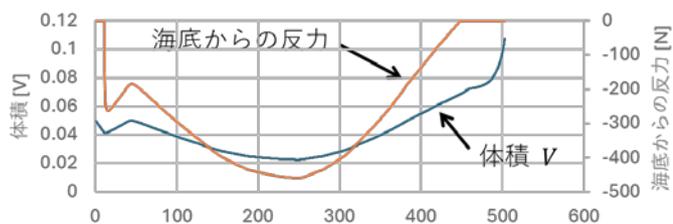
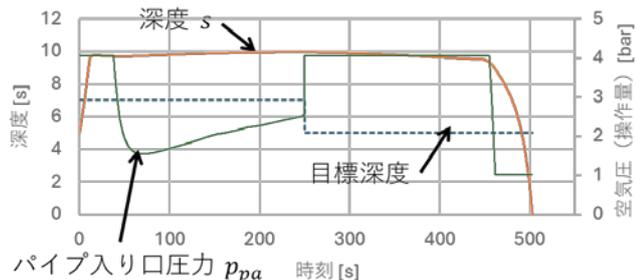


図 2 深度制御シミュレーション例

キーワード：〇〇〇〇, 〇〇〇〇, 〇〇〇〇, 〇〇〇〇

瀬戸内の里海プロジェクト・里海の藻場環境観測システム ドローンによる藻場観測システム

工学部電気電子工学科

伍賀 正典 准教授 Masanori Goka 博士 (工学)

専門分野：ソフトコンピューティング, ロボティクス, センサフュージョン

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

研究概要

■ 研究の背景

藻場における生態系観察において、アマモ等の成長を効率よく認識するため、広大な敷地で、植物の成長が一目で分かるマップを作成することが求められる。本研究では、ドローンに実装した機器を用いて撮影した映像から、パノラマ展開したマップ、撮影画像の3Dモデリングを行い、画像処理によりクロロフィルの検出画像と重ね合わせることでより理解しやすいマップやモデルを製作することを提案している。2024年度の研究内容は以下を挙げた。

1. 画像処理方法の検討：NDVI（近赤外線光を用いた手法）と通常RGB画像から得られるクロロフィル検出指標の比較を実施する。
2. カメラデバイスの改良：光学フィルタ換装の撮影デバイスを製作し、水域での光路長の特性を含めて情報取得できるシステムの開発を行う。ドローンに実装することを目指して小型軽量化する。
3. 機械学習を活用した画像解析に関する検討：上記により収集された多数の画像データを活用し、藻場の状態と画像をマッチングさせる機械学習を実施し、汎用性の高い解析システムの確立を目指す。既に、養殖海苔や養殖昆布を対象とした機械学習活用の画像診断の研究例はあるため、これらの手法の藻場への適用を検討する。"

■ 研究内容

2024年度に実施した研究内容は以下である。

- ① ドローンに実装可能なカメラデバイスの製作、ドローンの飛行試験
- ② ドローンに実装したRGVカメラからの画像処理
OpenDroneMapのWebodmを用いたパノラマ・3Dモデリング
- ③ 近赤外線カメラを用いた撮影とNDVI画像の構築試験
- ④ ②③の結果を用いパノラマ・3Dモデリングに画像処理結果を合わせた地図モデルを製作

■ 成果

- ・小型カメラのドローン実装、カメラを実装したドローンの屋内飛行試験を実施(図1, 2)
- ・ドローンで撮影のRGVカメラからの画像処理、パノラマ画像、3Dモデルのブラッシュアップ
- ・近赤外線カメラ撮影画像からのNDVI画像構築

以上の成果を得たが、パノラマ・3Dモデリングとクロロフィル画像処理結果の合成には至らなかった。また、実際の藻場においてドローンを用いた藻場撮影というフィールド試験を予定していたが未実施となっている。

検討項目として、水中では近赤外線の透過が期待できないため、NDVI画像を得ることが困難であるという指摘がある。これに関して調査を行い、近赤外線を使用せず通常のRGV画像によって生育状況可視化を行うVARI、RGBVI、GRVI等の植生指標の適用を考慮する。また、ドローン実装用に小型化したサーモカメラ等を用い、多様な情報の取得を目指す。

■ 今後の取り組み

今回製作したドローンに実装したカメラシステムを用いたフィールド試験を実施する。本研究の目的である藻場環境の観測という観点で、藻場環境の定量的評価を可能にすることを目指している。前述の画像を用い、機械学習、及び生成AIを活用した評価手法の検討を行う。



図1：カメラユニット実装ドローン 図2：同背面

瀬戸内里海の次世代養殖システムの研究開発 ～ AI を用いた自発給餌システムの開発 ～

工学部 情報工学科

池岡 宏

教授 Hiroshi Ikeoka

博士 (工学)

専門分野：コンピュータビジョン, 画像処理, CG, AI

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

研究概要

■ 研究背景と目的

福山大学では、シロギス養殖技術の確立を目指している。当養殖における給餌作業は経験に基づく手作業のため、その人的コストが負担となっている。そこで、AI 制御によるシロギス養殖のための自発給餌システムの実現を目指している。

■ システム構成

本提案システムの概要を図2に示す。養殖水槽上に設置したカメラで水槽内を撮影する**画像入力部**、その画像より水槽内のシロギス分布および残餌分布を AI により認識する**画像認識部**(図3)、その情報から給餌のタイミング、場所、量を AI により決定する**給餌制御部**、最後に、給餌開始および終了の信号を給餌器に接続したマイコンに送信する**給餌器作動部**の全4パートで本システムを構成する。

■ これまでの開発過程

①画像認識部における AI の改良

YOLO アルゴリズムにより魚位置を取得するのみならず、その頭部位置から方向も認識するように実装したが、その頭部認識精度が低く、またその方向情報による給餌制御効果が見込めなかった(図2)。そこで、水槽中の餌(残餌)の認識が可能な実装を進めている。これは水槽内の残餌分布を考慮した給餌制御の効果を確認するためである。

②給餌制御部における AI の改良

前段の画像認識部で新たに取得する残餌分布を用いた給餌制御を実現するために、給餌制御 AI の基礎学習(深層強化学習)用シミュレータを Unity により実装した。加えて、このシミュレータ上で報酬設計に基づき、Unity の深層強化学習実装機能である ML-Agents により、PPO アルゴリズムを使った給餌のタイミング、場所、量を決定する AI を開発した[1][3]。なお、最新の改良では、水質維持を目的とした残餌分布を考慮するように、報酬設計を見直した AI となっている。

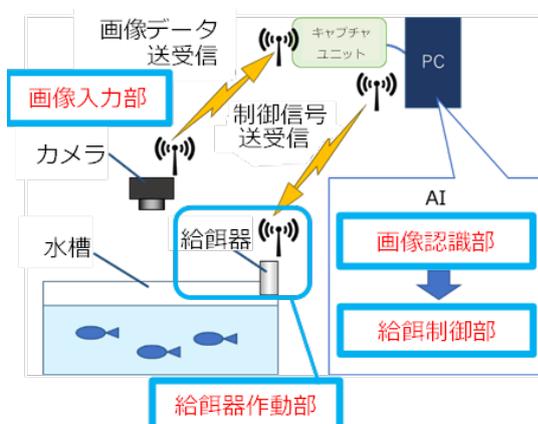


図1 自発給餌システムの構成

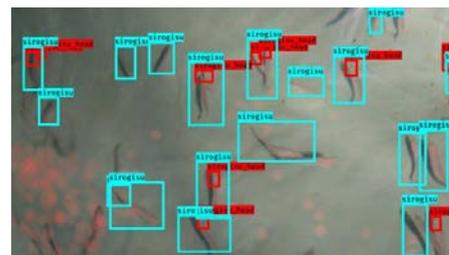


図2 水槽内のシロギス分布を把握する画像認識部
※水色：個体位置, 赤色：向き(頭部位置)

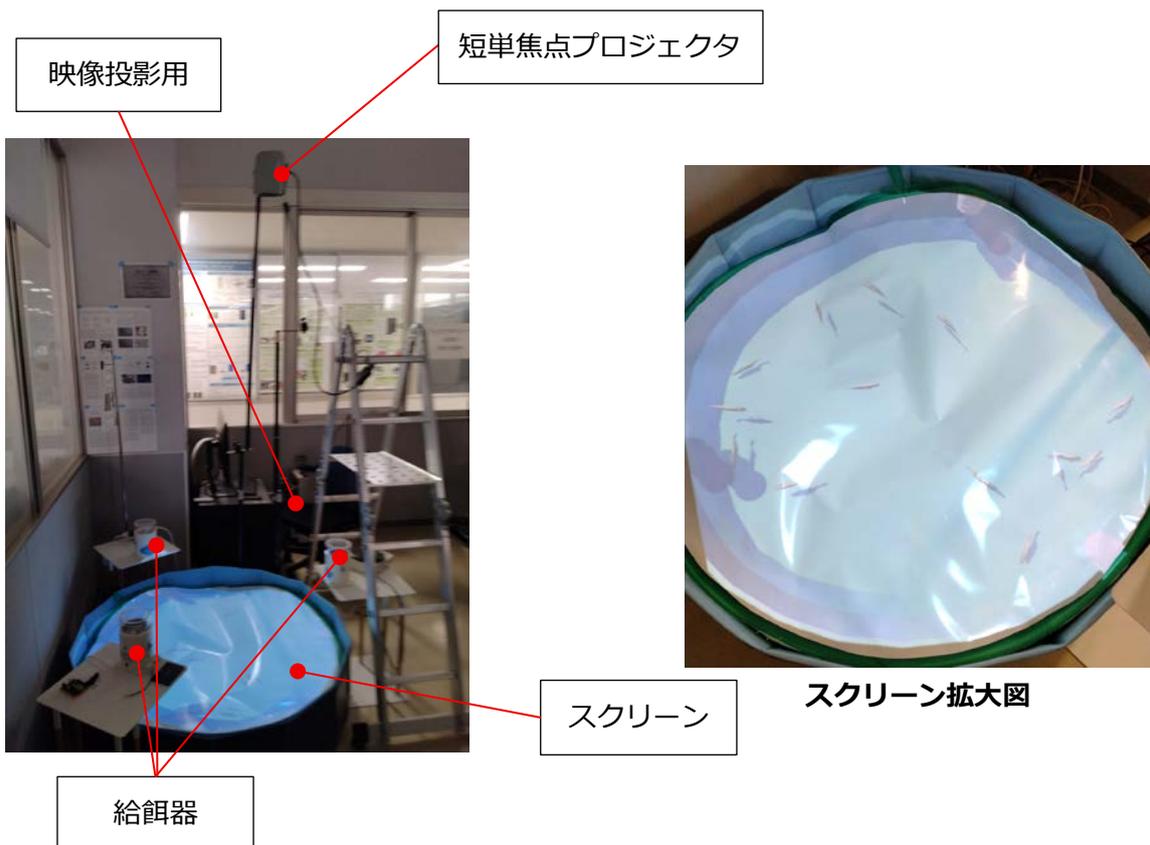


図3 評価および追加学習のための映像投影型の模擬養殖環境

③実環境を模した映像投影環境の構築

より実環境に近い物理構成にて評価および追加学習を可能にするため、投影用スクリーンを収めた水槽および3台の給餌器で構成した養殖模擬環境の構築を進めてきた(図3)。なお、シロギスの遊泳の様子を水底に投影する映像については、遊泳アニメーションの改良を行い、加えて水の透明度、光の屈折、水流、波面の大きさを任意に調整できるGUIを構築し、様々な養殖環境を再現できる環境を実装した。

■まとめと今後の課題

シロギス養殖のための自発給餌システムの改良にあたって、残餌分布関連のAIの改善に加え、評価および追加学習が容易な映像投影環境を構築した。今後は、未完了となっている、(1)画像認識部における深度取得機能の追加、(2)実養殖環境での実証実験を進めるためのシステム細部の調整を予定している。

謝辞

本研究にあたり、有瀧真人教授、伊澤康一准教授にご協力をいただきました。また、本研究は黒木春樹さん、佐藤琢哉さん、皿海豊さん、趙梓皓さん、入江龍さんの研究成果(2020~2024年度)によるところが大きいです。ここに謝意を表します。

文献

- [1]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," 情報科学技術フォーラム講演論文集 18th, 2019.
- [2]Takuya Sato, Haruki Kuroki, Hiroshi Ikeoka, Koichi Isawa: "DEVELOPMENT OF REAL-TIME FISH POSITION RECOGNITION SYSTEM FOR AUTOMATIC FEEDING AQUACULTURE," Image Electronics and Visual Computing Workshop(IEVC), 2021.
- [3]Haruki Kuroki, Hiroshi Ikeoka, Koichi Isawa: "Development of simulator for efficient aquaculture of *Sillago japonica* using reinforcement learning," International Conference on

Image Processing and Robotics(ICIPRob), 2021.
[4]Yutaka Saragai, Takuya Sato, Haruki Kuroki,Hiroshi Ikeoka, Koichi Isawa: "Study on Adaptation of Auto Feeding System for Sillago Japonica to Actual Aquaculture Environment," International Conference on Image Processing and Robotics(ICIPRob), 2022.

キーワード：シロギス、養殖水槽、水温、自然エネルギー、太陽熱

瀬戸内里海の次世代養殖システムの研究開発 —養殖水槽加温システムの太陽熱利用シミュレーション—

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

テッポウギス（体長 25cm 以上のシロギス）の安定養殖のため、AI を用いた自発給餌システムに着目した試みがなされている¹⁾。

しかし、水槽水温が低下する冬季にはシロギスは不活発となり餌をあまり食べなくなるため、冬季も自発給餌システムを成立させるためには水槽水の加温が必要と考えられる。

水槽水を加温するにあたり、化石燃料を使用するボイラによって加温することが一般的であるが、必要加熱量の一部を自然エネルギー利用である太陽熱で加温すれば省エネルギーになり、延いては、必要加熱量の全てを自然エネルギー利用で賄えばカーボンニュートラル養殖水槽を創出できる可能性もある。

そこで本研究では、シロギスの冬季成長促進のための太陽熱利用水槽加温システムを対象として、集熱器や蓄熱槽の適正容量を、数値シミュレーションによって検討することを目的とした。

2. シロギスと水温の関係

シロギス養殖水槽（写真 1）を対象としてシロギスの成長と水温等の関係について実測調査した既報²⁾において、水温が 15℃低下する冬季にシロギスの成長が停滞することが確認された。シロギスの適水温は 15～25℃であり、20～25℃で活発に活動する一方、20～28℃は産卵水温に該当する（図 1）。本研究では、図 1 に示す「活発水温」の最低温度である 20℃を目標値とした。



写真 1 シロギス養殖水槽

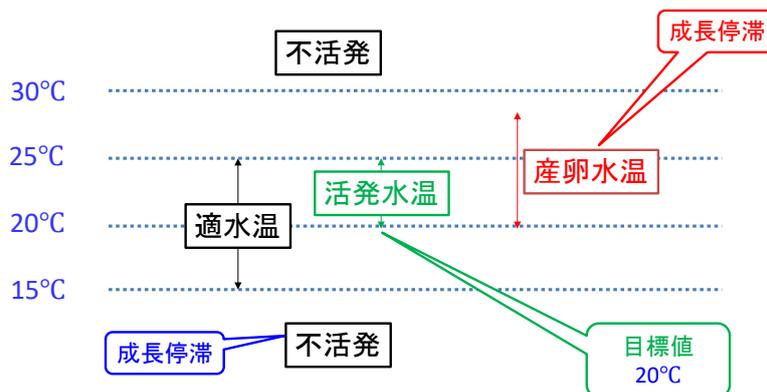


図 1 シロギスの適水温

なお、冬季でも水槽水温を 18℃以上に維持できる沖縄で量産の成功事例がある³⁾。瀬戸内海においても冬季水槽を加熱して 18℃以上を維持すれば、シロギスの成長を促進できる可能性がある。マーケットに近い場所での養殖によって活魚での出荷も可能となる。

3. 太陽熱利用システム

対象システムは、集熱器・蓄熱槽・ボイラ・熱交換器で構成される。太陽熱温水とボイラ加熱温水のハイブリッド加熱循環式水槽システムを想定した(図2)。水槽容積は 20 m³を、水体積は 18 m³を想定した。

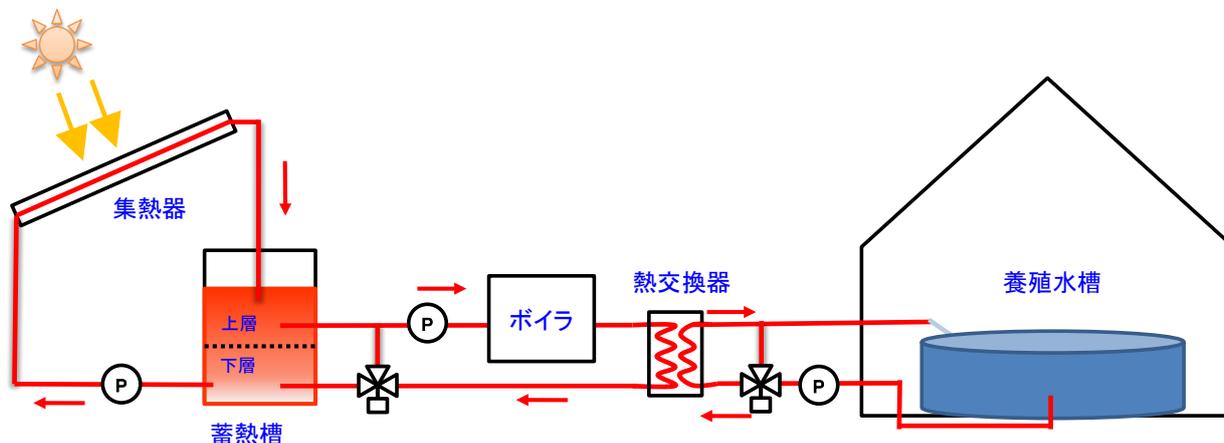


図2 太陽熱を利用した加熱循環式水槽システム

4. 水槽の熱負荷

4.1 冬季の水槽水温

図3に、冬季1月の水槽水温と外気温を示す。水槽水温の変動は外気温の変動よりも緩やかである。これは、水槽水の熱容量が影響していると考えられる。本研究では目標水温を 20℃としたが、20℃にするためには加熱が必要であることが確認できる。

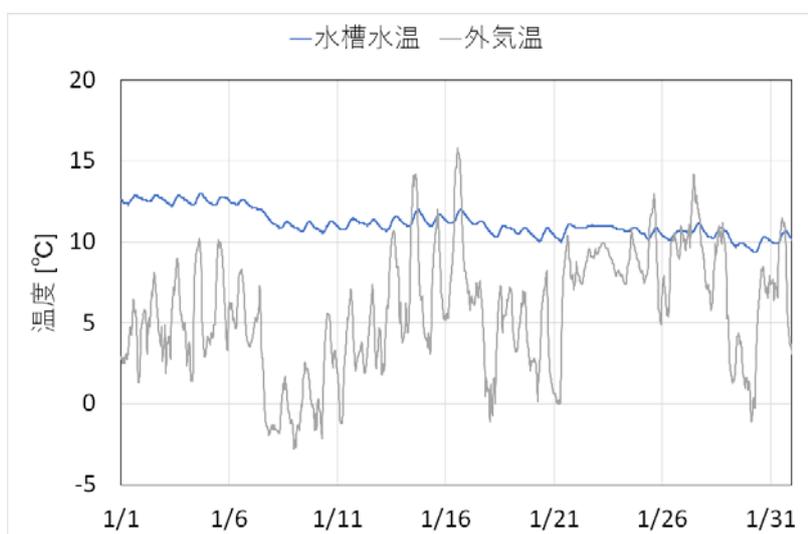


図3 水槽水温と外気温 (2021年1月)

4.2 水槽の平均熱貫流率

対象とした水槽水の必要加熱量(熱負荷)を求めるにあたり、熱貫流率を概算した。水槽内側の熱伝達率は液体水の熱伝達率を想定し、水槽外側の熱伝達率は空気の熱伝達率を想定した。水面の熱貫流率は、上記2つの熱伝達率から求め、8.73 W/(m²・K)となった。水槽側面の熱貫流率は、水槽材料としてポリカーボネート(厚 4mm)を考慮し、7.37 W/(m²・K)となった。水槽底面の熱貫流率は、簡単のため側面と同じとして近似した。水面・側面・底面の表面積重み付け平均した結果、水槽外皮平均熱貫流率は 7.87 W/(m²・K)となった。また、水槽の側面と底面に断熱材(スタイロフォーム、熱伝導率 0.037 W/(m・K)、厚 100mm)を設置することを想定した場

合の水槽外皮平均熱貫流率は $3.42 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ となった。

4. 3 熱負荷の計算

以下に、熱負荷の計算式を示す。水槽水温を一定と仮定し、定常状態を想定した。式(1)の第一項は、換水に伴う熱負荷である。式(1)の第二項は、水槽水から外気への熱貫流負荷である。

$$H = C_p \rho Q_{\text{sea}} (T_n - T_{\text{sea}}) + KA(T_n - T_o) \quad (1)$$

H	: 必要加温速度 (熱負荷) [W]
C_p	: 水の比熱 [$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$]
ρ	: 水の密度 [kg/m^3]
Q_{sea}	: 海水補給速度 [m^3/s]
T_n	: 水槽水温 [K]
T_{sea}	: 海水温 [K]
K	: 水槽水から周囲空気 (外気) への熱貫流率 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
A	: 水槽の表面積 [m^2]
T_o	: 外気温 [K]

気象条件の外気温と相対湿度は、広島の間 2021 年 1 月 1 日～31 日の気象データを用いた。水の比熱は $4186 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 、水の密度は $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ 、水槽水温は 20°C 、海水温は広島の 1 月の平均海水温である 14°C 、水槽水から周囲空気への熱貫流率は、断熱なしの場合を $7.87 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ とし、断熱ありの場合を $3.42 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ とした。水槽の表面積は 53.7 m^2 、外気温は図 3 に示す時々刻々の値を与えた。海水補給量 (換水量) は、文献 4) を参考にして、循環水量の $1/15$ とした。

図 4・図 5 は熱負荷計算結果であり、図 4 に断熱なしの場合を、図 5 に断熱ありの場合をそれぞれ示す。図 4 (断熱なし) を見ると、貫流負荷は約 $2\text{kW} \sim 9\text{kW}$ になっており、海水補給熱負荷は 8kW 一定である。貫流負荷と海水補給負荷を合わせておおよそ $10\text{kW} \sim 17\text{kW}$ の熱負荷となった。図 5 (断熱あり) を見ると、貫流負荷は約 $2\text{kW} \sim 9\text{kW}$ になっており、海水補給熱負荷は 8kW 一定である。貫流負荷と海水補給負荷を合わせておおよそ $9\text{kW} \sim 12\text{kW}$ の熱負荷となった。

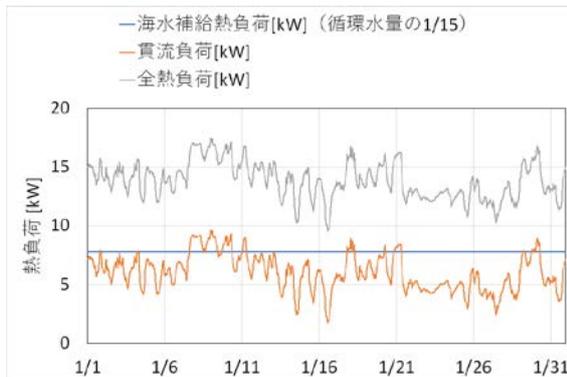


図 4 熱負荷 (断熱なし; 既存)

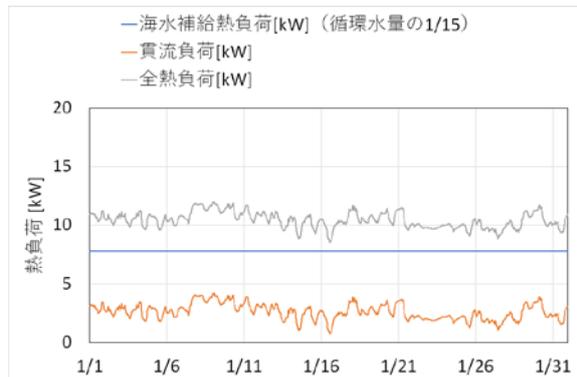


図 5 熱負荷 (断熱あり)

5. 太陽熱利用システムのシミュレーション

5. 1 計算方法

文献 5) の計算理論を用いた。集熱器・蓄熱槽上層・蓄熱槽下層の 3 システムについて、3 本のエネルギー収支式を立て、それらを連立して解くことによって、集熱器出口温度・蓄熱槽上層温度・蓄熱槽下層温度の 3 点を求めた。

本研究では、2 次側の水槽熱負荷を「熱負荷システム」として簡略化し、1 次側のシステムを検討するシミュレーションを実施した (図 6)。

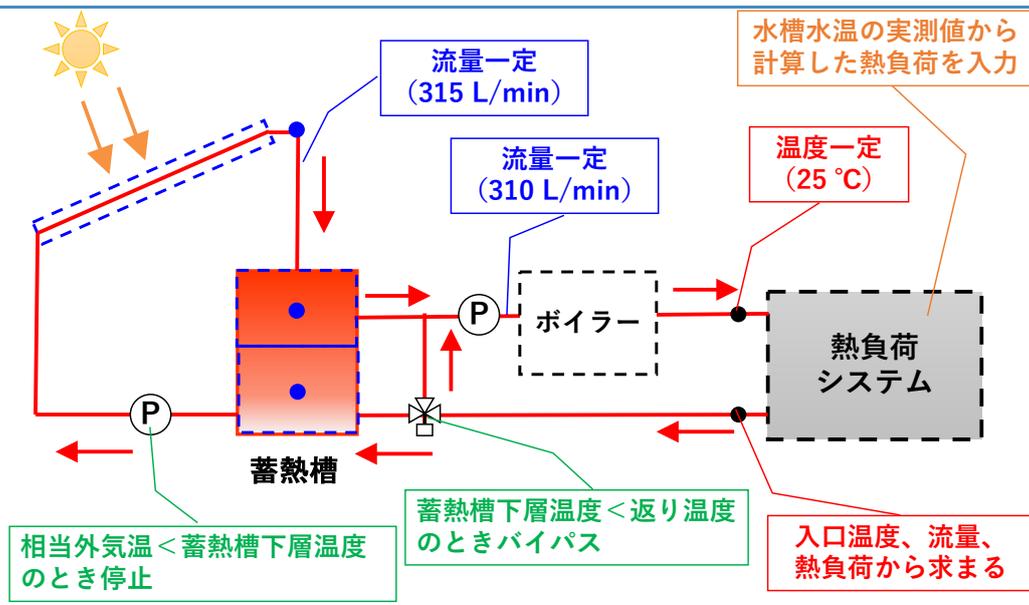


図6 計算モデルの概要と制御条件

5.2 計算条件

5.2.1 固定条件

文献等を参考にして以下の定数値を設定した⁶⁾。「 $\tau \cdot a$ ：実効日射透過吸収係数」は、0.9（透過率 $0.95 \times$ 吸収率 0.95 ）とした。「 K_c ：集熱器内熱媒体と外部の間の熱損失係数」と「 K_o ：集熱面と外部の間の熱損失係数」は、 $K_c \leq K_o$ の関係を満足する値としてそれぞれ $1.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、 $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ とした。「 K_T ：蓄熱槽の熱貫流率」は、 $0.355 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ とした。「 t_{ox} ：蓄熱槽の周囲温度」は、 26.5°C とした。気象データは、4.3と同様に、広島市の2021年1月を用いた。図6に、設備機器の制御条件を示す。ボイラ入口温度が 25°C 未満の場合はボイラ加熱によりボイラ出口温度が 25°C となることを想定した。

5.2.2 比較条件

表1に、水槽の外皮性能と設備能力（集熱面積・蓄熱槽容量）の条件を示す。Case 1では、既存外皮（断熱なし）で、集熱面積 50 m^2 、蓄熱槽容量 8 m^3 を想定した。Case 2では、Case 1と同じ集熱面積・蓄熱槽容量で、断熱材を設置することを想定した。Case 3では、Case 2と同様に断熱ありで、集熱面積を 80 m^2 に増やすことを想定した。

表1 ケーススタディの条件

	外皮	集熱面積	蓄熱槽容量
Case 1	既存（断熱なし）	50 m ²	8 m ³
Case 2	断熱あり		
Case 3		80 m ²	

5.3 計算結果

図7・図8・図9は、積算熱量であり、図7にCase 1を、図8にCase 2を、図9にCase 3をそれぞれ示す。

図7（Case 1）を見ると、入射日射量は約 6 MWh であり、その内訳は集熱時間内が 5.41 MWh 、集熱時間外が 0.76 MWh である。集熱時間内の 5.41 MWh のうち、 4.44 MWh が集熱器で集熱されている。熱供給は、蓄熱槽由来が 4.48 MWh であり、ボイラ由来が 5.52 MWh である。蓄熱槽由来の熱供給は、集熱量とほぼ同じである。蓄熱槽由来とボイラ由来を足し合わせて約 10 MWh の熱負荷を賄っている。

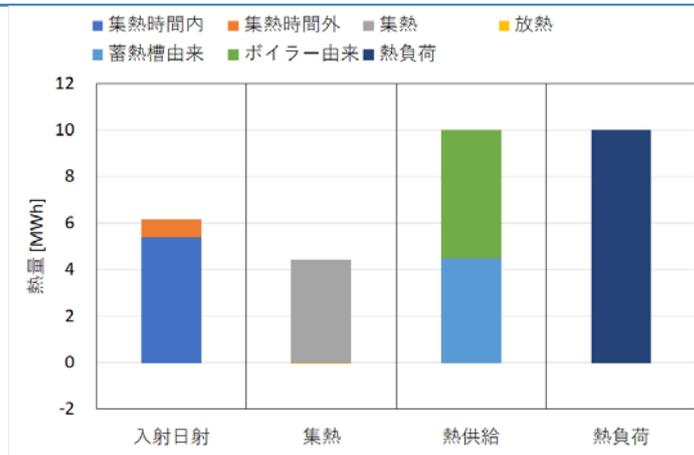


図7 Case 1の積算熱量 (2021年1月)

図8 (Case 2) を見ると、熱負荷が約 7.8 MWh であり、Case 1 に比べて約 2.2 MWh 小さくなっている。断熱の効果を確認できる。Case 2 の入射日射量・集熱量・蓄熱槽由来の熱供給は、Case 1 と同じである。Case 2 の熱負荷が Case 1 に比べて小さくなったことで、ボイラ由来の熱供給は 3.3 MWh で済み、Case 1 に比べて約 2.2 MWh 小さくなっている。

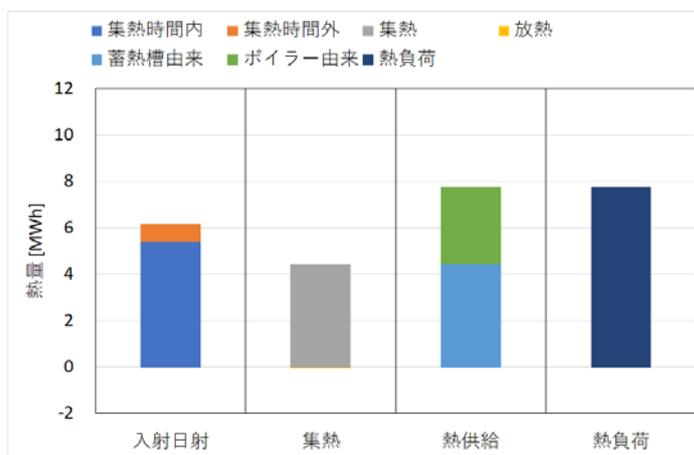


図8 Case 2の積算熱量 (2021年1月)

図9 (Case 3) を見ると、入射日射量の集熱時間内は 8.65 MWh である。集熱面積を増やした効果が確認できる。集熱量は 6.87 MWh であり、熱供給の蓄熱槽由来が 6.55 MWh、熱供給のボイラ由来が 1.21 MWh となっている。蓄熱槽由来の熱供給 6.55 MWh は、熱負荷 7.76 MWh に対して約 84.4% である。

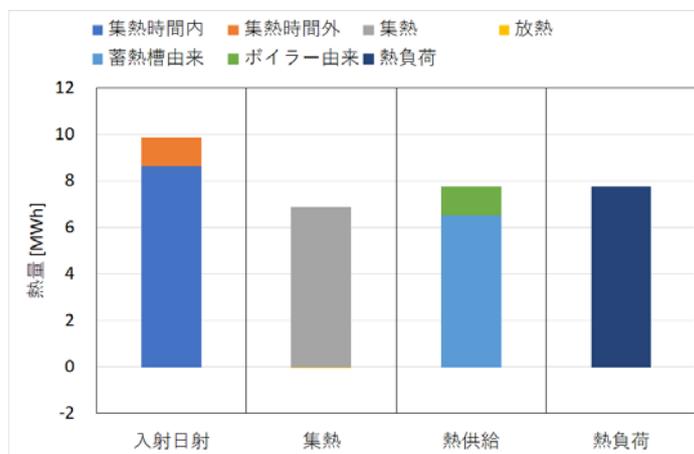


図9 Case 3の積算熱量 (2021年1月)

6. まとめ

自発給餌システムを冬季においても成立させる課題に対し、太陽熱利用水槽加温システムに着目し、シミュレーションによるケーススタディを実施した。その結果、水槽断熱・集熱面積 80 m²・蓄熱槽容量 8 m³の条件で熱負荷の約 84%を太陽熱（蓄熱槽由来）で賄えることを確認した。

必要加熱量の全てを自然エネルギー利用で賄うカーボンニュートラル養殖水槽を目指し、太陽熱に加えて木質バイオマス熱を利用する場合について検討していく。

【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、福山大学生命工学部海洋生物学科（2024 年度当時）の有瀧真人教授をはじめ沿岸資源培養学研究室の方々にご協力を頂きました。また、本研究には福山大学工学部建築学科卒論生の藤本翔さんが尽力してくれました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) Hiroshi Ikeoka, Haruki Kuroki, Koichi Isawa: Development of simulator for efficient aquaculture of *Sillago japonica* using reinforcement learning, 2020 International Conference on Image Processing and Robotics (ICIP), 1-4, 2020.3.
- 2) 伊澤康一：養殖水槽におけるシロギスの成長と熱・光環境の関係，福山大学内海生物資源研究所報告，33号，pp.1-10，2023.3
- 3) クラハシ，<https://www.kurahashi.co.jp/initiatives/bingonohime/>，(2025.1.16 参照)。
- 4) 福所邦彦・藤村卓也・山本剛史：加温循環式水槽によるマダイの親魚養成と早期採卵，水産増殖，34 巻・2 号，p.69-75，1986 年 9 月。
- 5) 田中俊六監修・宇田川光弘ほか著：最新建築設備工学（改訂版），井上書院，pp.71-73，2010 年。
- 6) 伊澤康一・宋城基：ZEB 実現のための自然エネルギー利用システムの最適設計の検討—太陽熱利用システムの計算モデル構築—，日本太陽エネルギー学会講演論文集（2023）（大阪），pp. 67-70，2023.11.

広域環境データの連続計測のための簡易ネットワーク計測システムの開発

工学部・電気電子工学科

香川 直己 教授 Naoki Kagawa 博士（工学）



専門分野：電子機器学

連絡先：kagawa@fukuyama-u.ac.jp

研究概要

■ 研究の背景

西日本豪雨災害に代表されるように里山での土砂災害などは、我々の生命・生活を守る上で重要な問題である。また、地球環境において気候変動への影響、気象予測と災害対策、生態系と漁業、科学研究とモデリングなどに大きな影響を与えることから、その正確な観測は、地球環境の持続可能な未来を築く上で極めて重要である。

そこで、本プロジェクトは光通信と無線通信を組み合わせることで里山にセンサー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システムを研究開発することを目的とした。ここでは、簡易ネットワーク計測による広域の環境計測の成果について報告する。

■ 研究内容

図1に海水温等測定システムの概略を示す。このサブシステムは、測定部（子機）と測定部からのデータを受信しLTE（Wi-Fi）を介して通信する基地局（親機）から成る。子機は、二酸化炭素、気温、湿度、気圧、および、海水温のデータを取得し送信用フォーマットに変換し通信モジュールと同期させるマイクロコントローラ（ESP32 DevKit v1）、LPWA 通信モジュール（920MHz 帯 LoRa モジュール ES920LR）、そして、駆動用モバイルバッテリーから成る。一方、親機は LPWA 通信モジュール（同前）と LTE 通信データに変換するためのマイクロコントローラ（同前）、LTE 配信のためのモバイルルータで構成されている。親機は屋内に設置するため、AC 電源を介して電力を供給する。

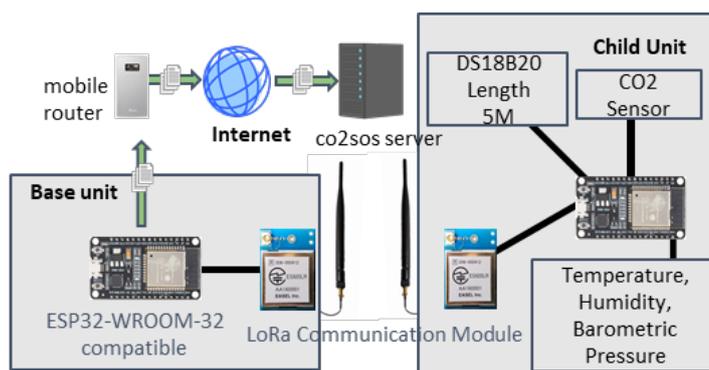


Fig.1 測定装置の構成

LTE を介して収集したデータは、当該 NPO 法人が管理するサーバ内に保持し、データベース化する。データベース内のデータは目的に応じて出力できる。

■ 成果

連続運用能力を確かめる実験を行った。2024年8月19日から、岡山県笠岡市にある笠岡市立カブトガニ博物館の飼育プールにセンサを設置し測定を開始した（図2、図3）。このプールは水



Fig.2 飼育プールの防護柵に設置した子機

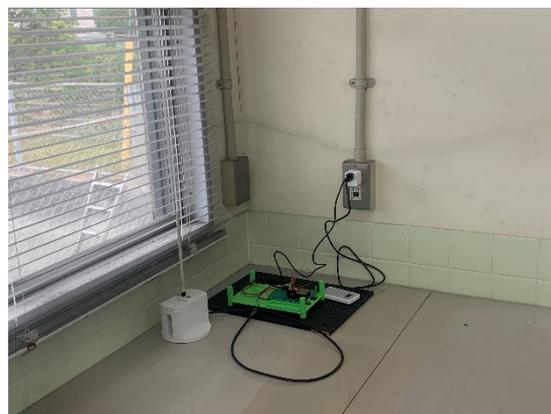


Fig.3 研究棟内に設置した親機

路で外海と通じており潮の干満で水位が変化する。水温センサはプール脇のフェンスに設置した子機から 5m のケーブルを介して接続されている。親機はプールに併設された研究棟内に設置した。海水温センサのプロープ部分は、飼育プールに着底しているが、プロープが直接水底に接触しないようにしている。潮の干満により、水深は数十センチから 2m 程度まで変化する。

図 4 に 2024 年 10 月 5 日午前零時から 2025 年 1 月 7 日 23 時 59 分までの連続測定結果を示す。この間においても、11 月 27 日から 12 月 11 日までの間に機器の動作不良によるデータの欠損がある。図 4 の気温、および、海水温の針状の突起の一つが 1 日の日変化に対応している。

ここでは、上述の日変化より大きな時間スケールの変動に注目して巨視的な観点から測定結果を考察する。当該計測期間においては、12 月中旬にかけて気温と水温は単調に減少している。加えて、二酸化炭素も減少の傾向を見せている。

一般的には、冬季は気温の低下に伴う植物の光合成活動の低下、枯葉や有機物の分解、化石燃料の使用量の増加などにより、大気中二酸化炭素濃度は上昇する。即ち、気温と二酸化炭素濃度の変動は逆位相になる。しかしながら、この度の観測結果では、二酸化炭素濃度は寧ろ減少の傾向を見せており、気温および海水温の変化と同位相の変動になっている。

冬季に大気中の二酸化炭素濃度が減少する現象は、強い冷気団の流入による空気の置換、海洋表面温度が低下することによる二酸化炭素溶解度の上昇など、非常に特殊な条件下で観測されるという研究結果がある。特に、後者の効果は局所的なものと言われているが、当該データが沿岸部での観測で得られたものであることから可能性は否めない。

■展 望

開発中の無線センサユニットを連続運用し、見通し外通信においても良好に遠隔データが取得できることが確認できた。

その上で、夏季から冬季にかけての運用実験においては、特に以下の 2 点の興味深い傾向が認められた。これらを継続して調査したい。

1. 日変化において、二酸化炭素濃度が極大となる時刻は、海水温に「棚」様の特徴的な変動が出現する傾向がある。

2. 冬季に気温、海水温の低下に伴って大気中の二酸化炭素濃度のトレンドが減少した現象。一般的には、冬季は二酸化炭素濃度が上昇する。

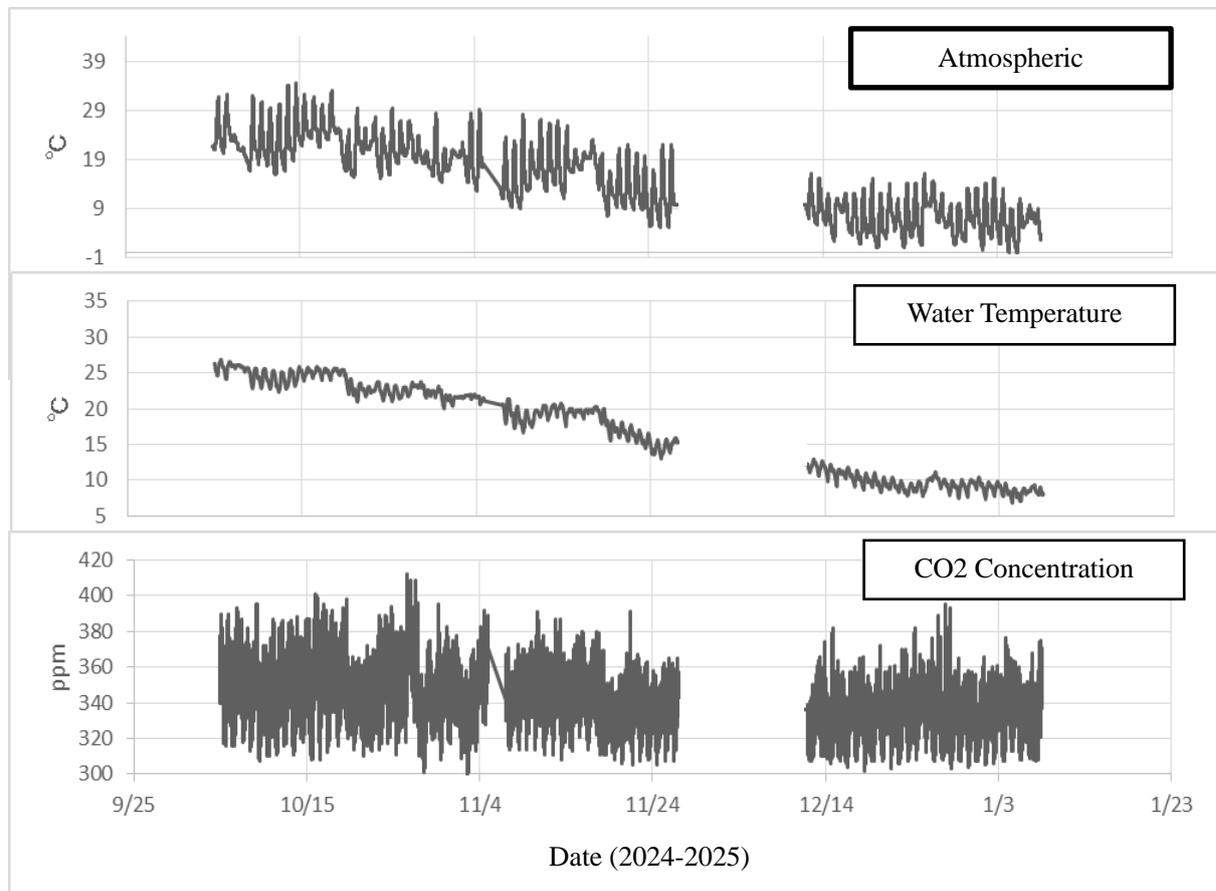


Fig. 4 2024 年 10 月 5 日午前零時から 2025 年 1 月 7 日 23 時 59 分までの連続測定結果

これらは、多地点の長時間データが十分に収集できれば有意な特徴であるかが明らかになる可能性がある。

加えて、海水温と、その測定地点近傍の二酸化炭素濃度を同期し、かつ 30 秒という短い測定間隔で計測することはあまり試みられていないと思われる。それゆえに、これまでの環境計測では見落とされていた物理変動間の因果関係が見いだされることが期待できる。

ネットワーク計測の活用としては、後述する他地域との同時計測もあるが、一方で比較的狭い範囲での多点計測にもある。例えば同じ湾内の汽水、沿岸の複数個所の同時計測を行うことで、対象とする圏域の環境動態の特徴を明らかにすることも期待できる。

筆者らが協働する特定非営利活動法人(NPO 法人)co2sos は、この計測システムを活用して環境省中国四国地方環境事務所が進める「気象変動適応における広域アクションプラン策定事業」に協力している。この事業は、環境省中国四国地方環境事務所が「気候変動適応中国四国広域協議会」を設立し 2 年かけて着手したものであり、地域の関係者との連携を強化しながら広域的な適応策の検討を進めている。本報告で述べた測定ユニットは比較的廉価に製作できるため、設置協力者も得られ、新たに本ユニットを太平洋岸（高知県土佐清水市）と瀬戸内海沿岸（岡山県備前市）の 2 か所に設置し、試験データの収集を開始した。これにより、他地域との比較も可能となる。

この事業において、co2sos は「瀬戸内海及び日本海側の漁業等、地方産業における気象変動影響への適応分科会」において、

1. ICT を活用したモニタリングシステムデータの集約、発信
2. 新規モニタリングシステムデータの収集
3. 情報共有、協議の場の設置

の役割を担おうとしている。

海水温データは現在 co2sos のホームページからダウンロードできるが、今後、協議会のオープンデータカタログサイトに掲載し、そこからもデータをダウンロードできるように準備を進めている。広く一般に環境動態の現状を示し、関心を誘起し気象変動影響への適応および緩和に寄与することが望まれる。

特許・論文等

[1] 香川 直己, 新木 智博, 石井 杏拓, "海水温を含む環境動態の簡易ネットワーク 計測システムの開発", 2024 年度 (第 75 回) 電気・情報関連学会 中国支部連合大会, R24-25-5 (2024.10)

[2] 石井 杏拓, 新木 智博, 香川 直己, "環境動態の簡易ネットワーク計測システムの開発と連続運用試験", 第 25 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム論文集, pp.12-14 (2024.11) 【優秀プレゼンテーション賞受賞】

[3] 香川 直己, 新木 智博, 石井 杏拓, 世良 守紗哉, "簡易ネットワーク計測システムにより取得した環境データからの情報量抽出", 第 33 回計測自動制御学会中国支部学術講演会, pp.55-56 (2024.11)

[4] 香川 直己, 新木 智博, 石井 杏拓, "海水温を含む環境動態の簡易ネットワーク計測システムの開発と運用試験", 福山大学工学部紀要, Vol.48, pp.7-12 (2025.03)

研究室等ホームページ

※香川直己

■ <https://www.fukuyama-u.ac.jp/course/eng/ee-eng/kagawa-naoki/>

※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」関連研究

■ https://www.fukuyama-u.ac.jp/research/project/project_branding/



土壌水分センサネットワーク部分に関する研究

工学部 電気電子学科

歌谷 昌弘 教授 Masahiro Utatani 博士 (工学)

専門分野：電力システム，計測応用
E-mail : utatani@fukuyama-u.ac.jp

研究概要

■ 研究の背景・目的

西日本豪雨災害に代表されるように里山での土砂災害などは、我々の生命・生活を守る上で重要な問題である。そこで、多数存在する土砂災害が発生すると予想される場所を限られた予算で広範囲に監視できるセンサネットワークが求められている。本研究では、数を確保しやすい簡易水分センサを使用した土壌水分量監視ネットワークの構築を目指している。昨年の検討結果より、土壌中に設置したコンデンサの静電容量が水分量によって増減することを RC 発信回路の周波数変化として計測する簡易水分センサが最も適していると判断した。今年度はこのセンサが土壌水分量に対してどのような計測結果を出力するかを調査した。

■ 研究内容

誘電体中を通過する電磁波の伝搬速度は、誘電体の誘電率が大きくなるほど遅くなる性質がある。土壌の誘電率は水分量が増えると大きくなることから、電磁波を使った土壌水分計が広く使用されているが、高価であるため検討している土壌水分計測ネットワークには使用しづらい。昨年は維持管理や様々なアレンジが可能で計測原理もわかりやすく入手しやすい部品で構築できるセンサをいくつか試作・比較した結果、図 1 に示すような土壌中に設置したコンデンサの静電容量が水分量によって増減することを RC 発信周波数の変化として計測する方法が適していると判断した。この RC 発信回路センサは AC コードで製作したプローブをコンデンサ (図 2) として使用した。このコンデンサは、土壌に含まれるイオンの影響も少ないうえ、水分量の変化に対して十分な周波数変化がある。今回はこの RC 発信回路センサの出力特性を調査する。水分量を把握しやすくする観点から、市販土壌水分センサ (DFROBOT SEN0193) と RC 発信回路センサを設置した植木鉢の重さをそれぞれ計測することにした。植木鉢の重さの計測には、図 3 に示すビーム型ロードセル (SC-133-5kg) とロードセル専用 AD コンバータモジュール (HX711) を使用した。

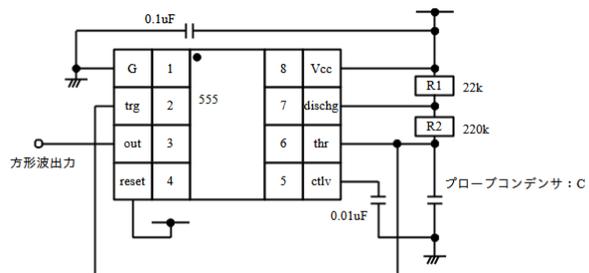
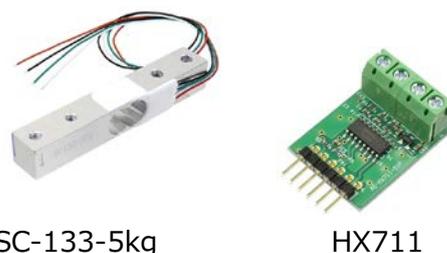


図 1 RC 発信回路センサ



図 2 プローブコンデンサ



SC-133-5kg

HX711

図 3 ロードセルと AD コンバータモジュール

■ 成果

図 4 のように 2 つの植木鉢を用意して市販土壤水分センサ (DFROBOT SEN0193) と RC 発信回路センサを設置した。この植木鉢にそれぞれ 100g の水を入れ、植木鉢の重さがどのように変化するかをロードセルで計測した。ロードセルは植木鉢の下へ設置してある。植木鉢の重さを差し引いた水の重さに対するセンサ出力を計測した結果を図 5 に示す。市販土壤水分センサの出力は、水が蒸発して軽くなるにつれてセンサの出力電圧がリニアに上昇する傾向を示した。それに対して、RC 発信回路センサの出力は、水が 90g から 40g まで減少しているにもかかわらず発信回路の周波数がほぼフラットに変化し、40g 以下になると周波数がリニアに上昇する傾向を示した。水が 90g から 40g まで減少するあいだ周波数の変化が比較的フラットなのは、図 2 のプローブコンデンサの隙間に水分がたまるためであると思われる。40g 以下の周波数がリニアに上昇する傾向になるのは、プローブコンデンサの隙間に水分がたまることのできないほど乾燥するためであると考えられる。以上から、RC 発信回路センサのプローブ用コンデンサに使用する素材や構造をもう少し水分がたまらないようにすることで、市販土壤水分センサの出力特性に近づけることができると思われる。



図 4 実験装置

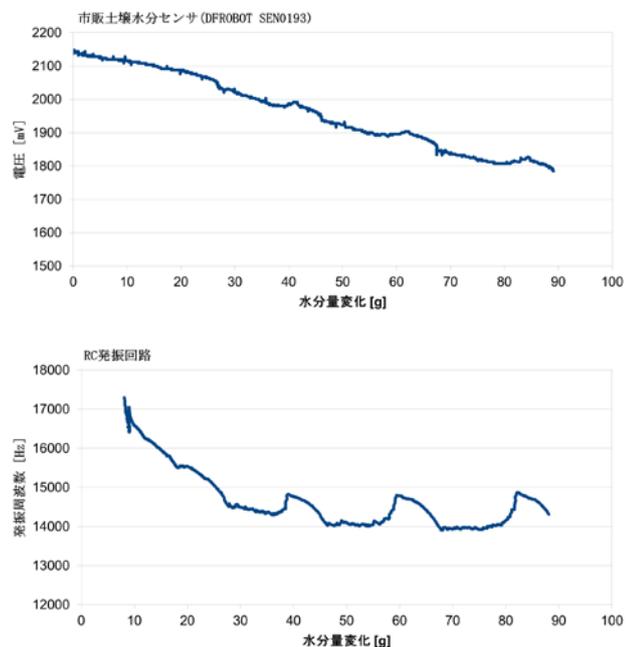


図 5 計測結果

特許・論文等

- [1] 歌谷昌弘, "小規模農家向け土壤水分計測に関する研究", 令和 6 年電気学会全国大会, 4-160 p.268 (2024.03)
- [2] 歌谷昌弘, "小規模農家向を対象とした土壤水分計測に関する研究", 令和 7 年電気学会全国大会, 4-145 p.243 (2025.03)

「地域遺産」としての「神な備－旧松本家住宅－」 －備後地域遺産研究会 2024 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：2 号館 1 階建築学科ゼミ室など。ひとまちくらし PJ 室 2 (04204 号室) は 2024 年 9 月で閉鎖）の 2024 年度活動報告である。2024 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」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。

2018～2020 年度は、「『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）と題する福山大学ブランディング推進事業予算を得て、地域協働で調査研究を行い、教育・研究・社会活動を展開した。研究最終年度である 2020 年度は、全 63 ページの成果報告書を提出した（2021 年 5 月）。福山大学研究ブランディング推進事業予算を得て、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味と、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。また、地域遺産と呼ばれる物件は、その構成資産が地域住民だけでなく、広く一般に原則公開されることが望ましい。その保全・継承が困難な場合、継承主体の変更など新たな枠組みづくりも検討する。」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、そして活用に至る理念構築（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「備後表、無花果+蔵、備後柿渋、能舞台」、2018 年度「沼隈半島～瀬戸内島嶼部」、2019 年度「福山市西部地域」、2020 年度「松永塩田と備後柿渋」、2021 年度「旧街道と宿場町」、2022 年度「神辺宿」、2023 年度「神辺遺産」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、2024 年度も継続して活動を行った。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。

2. 活動概要

2.1 地域遺産「発掘」を主題とした新たな展開

2020 年度までに一定の成果を得たので、その後数年間は、地域遺産の「発掘」が再び活動主題となる。2021～23 年度は、「旧街道と宿場町」をテーマとした地域横断・比較型の新たなテーマを見出し、特に神辺宿に焦点をあてた。その調査過程で、学校法人福山大学が、2025 年 3 月、旧西国街道沿いの江戸期古民家を神辺駅前サテライトキャンパスとして取得した。研究会では、地域協働で、片付けを手伝いながら、調査を重ねリノベ計画を練った。地域協働で、下記(1)～(10)をテーマとした調査研究を展開している。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. 蘭草栽培実践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. 旧街道宿場町の空間形成とその変容・転生・保全・継承
8. 駅舎・駅前空間の再編・再利用（新規）
9. 備後地域外での建築、集落、風習など地域遺産比較調査
10. その他、地域遺産に関する史資料収集と聞き取り



神な備－旧松本家住宅－

2.2 協働事業等

2018～2023 年度は研究会活動に関連して計 12 件の協働事業契約を行った。2024 年度は、4 月にユタカ工業株式会社（福山市）、10 月に株式会社安藤・間（安藤ハザマ技術研究所）（東京都港区）と協働事業契約を行った。いずれも、備後柿渋研究着手の準備である。

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)「蘭草栽培を通じた備後表の生産・流通・設計・施工プロセスの解明（研究代表：佐藤圭一、2020～2025 年度、1 年間延長）」に取り組んでいる。また、2024 年度から 3 か年計画で、福山大学ブランド研究里山・里海学「地域遺産としての備後柿渋－栽培・製造から流通・ブランド化まで－」に着手した。これら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。

2016～2020 年度までの 5 年間は「地から知へ、知を地へ」を研究ミッションに掲げてきたが、2021 年度からは「<地から成る／力なる> 建築」も加えて活動展開し、都市空間や建築などの「創造的再利用」をテーマに取り組んでいる。2024 年度は、神辺宿研究に関して「神辺遺産」の概念提示から「駅舎・駅前空間」への展開や、2017 年度からの予備調査を経た「備後柿渋」研究の本格着手など新たな研究展開の画期の年となった。2025 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提出したい。

メディア掲載・招待講演・主催イベント等

■メディア掲載・出演等

- 2024.8.3 山陽新聞「福山のイグサを守る 唯一の生産者や備後表継承会 刈り取りスタート」
- 2024.8.3 中国新聞「備後表 イグサ青々と」
- 2024.8.4 読売新聞「イグサ伝統残したい」
- 2024.11.14 中国新聞「神辺遺産 新たに 4 件」
- 2024.12.26 山陽新聞「神辺の古民家再生へ」
- 2025.1.20 山陽新聞「神辺遺産 4 件追加」
- 2025.1.21 中国新聞「古民家 福山大生ら利活用へ」
- 2025.1.22 FM ふくやま「GO! GO! Bびんご〜」出演（畳文化継承と神辺古民家について）
- 2025.1.26 山陽新聞「福山市長と市民直接対話」
- 2025.3.21 山陽新聞「神な備で地域交流を 福山大など あす施設お披露目 神辺」
- 2025.3.23 中国新聞「古民家「神な備」お披露目 福山 琴演奏やプレゼン」

■招待講演等

- 2024.4.29 持仏堂一般公開「上段の間と寺宝「十三仏来迎図」、第 6 回今津宿ふれあい市
- 2024.11.2 古民家再生工房展(10/26-11/3)クローリング企画「畳の時間」 展示&講演「備後中継ぎ畳表の継承と課題－選定保存技術とユネスコ無形文化遺産－」
- 2025.2.8 産学連携セミナー「神辺・鞆地域の古民家再生・利活用プロジェクト」
- 2025.3.6 飛天双〇能 in 鞆の浦 講座「地域遺産の保全と継承－備後柿渋・能舞台・神辺宿－」
- 2025.3.7 飛天双〇能 in 鞆の浦 シンポジウム 2025「日本の畳文化を残すために」

■主催イベント等

- ・2024.10.19-20 福山大学三蔵祭において展示・ワークショップ開催「神な備と神辺人」&「建築家・平野毅展」を企画・運営
- ・2024.11.16 第 7 回地域遺産フォーラム in 神辺開催（神辺交流館、Café Anjin、福山市神辺町）「拡張する『地域遺産』－第 2 回神辺遺産の認定－」

2025.3.22-23 「神な備－旧松本家住宅」（神辺駅前サテライトキャンパス）プレオープン

- その他（受賞）「備後表継承会」が第 21 回（2024 年度）日本建築学会中国建築文化賞を受賞

鉄道駅から離れた市街地における自転車事故の ETC2.0 データと GIS 情報による分析

工学部 電気電子工学科

関根 康史

准教授 Yasufumi Sekine

博士 (工学)

専門分野：道路交通環境の安全性，高齢化社会，無人航空機(ドローン)など

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



研究概要

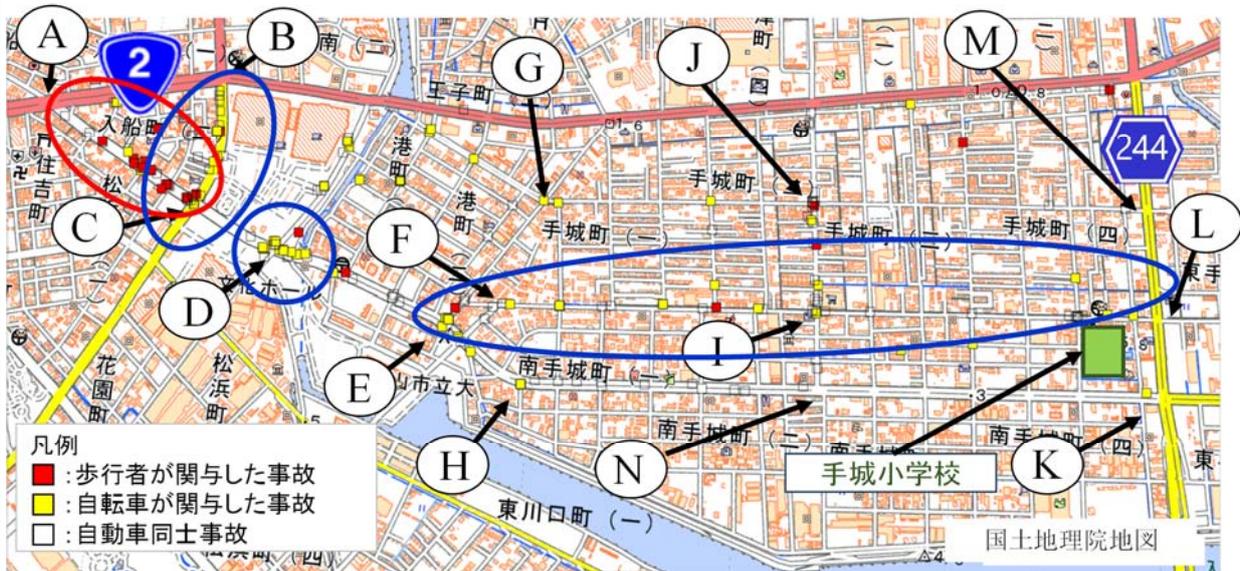
自転車は、近年において手軽で環境に優しい乗り物としても注目されているが、道路交通法上では軽車両に分類されており、歩道と車道の区別のある道路では、車道を走行することが原則とされる。しかしながら、自動車の運転者にとって、車道を走行する自転車は、安全な運転を難しくする迷惑な存在となる。また、自転車は歩行者との衝突時の加害性も少なくない。本研究では、GIS (Geographic Information System : 地理情報システム) 情報を用いて市街地における自転車事故を分析、さらに ETC2.0 データから事故発生場所の道路環境を照合することにより、自転車の歩行者や自動車との安全な共存を考えていく。

歩行者事故は、

駅から徒歩で15分から20分程度の場所
で発生している。

自転車事故は、

駅から遠い場所でも多く発生している。
(徒歩なら1時間近くかかる場所)



歩行者事故では、

①と③の区間に集中して発生。
この以外での発生は少ない。

自転車事故では、

区間②-④や④地点、区間⑤-⑩-⑬
等多くの場所で発生している。

図1 調査対象地域内で、2015年から2019年までの5年間に発生した事故の分布状況

GIS 情報より、事故発生状況を分析した。調査対象地域における自転車事故の約 9 割が交差点で発生、そのうち信号のある交差点では道路横断中の自転車へ右左折する自動車が衝突する事故が多く、信号の無い交差点では出会い頭事故が多い。また、自転車事故が多く発生する交差点は自動車交通量が多く、通行する自動車の速度も速い。(鉄道駅から徒歩 30 分以上かかる場所では歩行者事故は少なくなる。)

インタラクティブプラネタリウム「星空 Touch」

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), 要求工学, ソフトウェア工学, 行動解析

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



研究概要

本研究では、天体についての新たな学習環境としてインタラクティブプラネタリウム「星空 Touch」を提案しています。星空 Touch はディスプレイに表示された天体を指さすことでポインタを操作し、ポインタが指定した範囲にホバーした際に天体についての説明を表示することで参加者が興味を持った天体について学習することができるシステムである。

本研究は MVC モデルをもとにシステムの作成を行った。MVC モデルとはシステムを Model・View・Controller の 3 つに分けて設計するソフトウェア設計モデルのことである。星空 Touch は Model を Windows 上のシステム、View をプラネタリウムの画像、Controller を Remote Touch Pointing として設計を行った。

Remote Touch Pointing のシステムは、Leap Motion Controller のセンサーによって感知された右手の人差し指の位置と人差し指から胸までの長さから三角関数によっておおよその頭の位置計算し、胸の位置を基点、右手の人差し指を操作点として指さした先にポインタが表示されるシステムである(図 1)。Remote Touch Pointing は Leap Motion Controller を使用した仮想タッチパネルを手元に設置することで非接触操作によるディスプレイの操作を可能にする。

本研究ではプラネタリウムでの使用を想定しているが試験的にプロジェクタで壁面に画像を表示して開発を行ったため、今回は夏の大三角形を表示して研究を行った。MVC モデルの中では View のプラネタリウムの画像すなわち夏の大三角形を表示する機能、Model の Windows 上のシステムによってポインタが指定した範囲にホバーした際に画像が切り替わる機能を HTML と CSS によって新たに実現した。実際にわし座の範囲にポインタがホバーした際に鷲座の星座絵に切り替わっている画像が(図 2)の画像である。

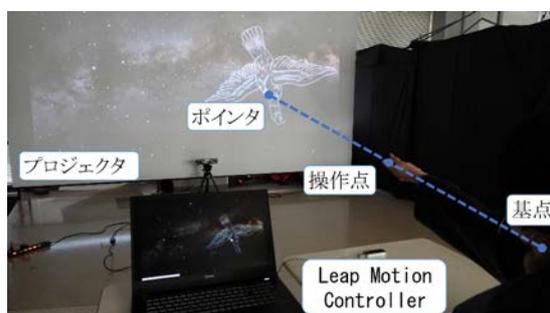
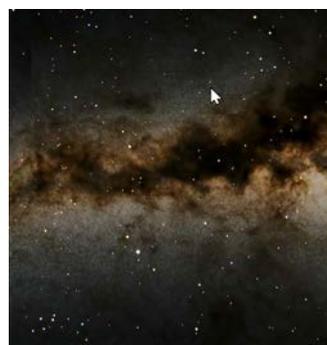
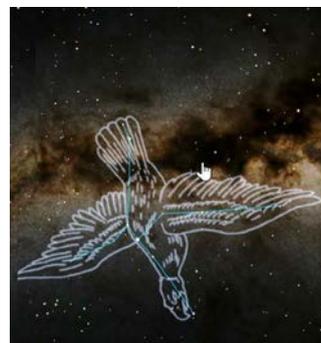


図 1 Remote Touch Pointing のシステム



(a)ホバー前



(b)ホバー後

図 2 星空 Touch を使用中の画像

星空 Touch は同時に複数人が操作することを想定しており、一度に複数のポインタを表示すると自分のポインタを見失ってしまい操作感にストレスを感じる場合がある。そこで本研究では複数人で非接触操作を行う際のポインタについて検討した。

星空 Touch は同時に複数人が操作することを想定しており、一度に複数のポインタをディスプレイに表示してしまうと従来のポインタ(図 3)では参加者自身のポインタが他の参加者と見分けがつかなくなってしまうという問題が起こる可能性がある。そこで複数人で利用するツールとしてチームのためのビジュアルコラボレーションボード Miro[10]を参考にポインタを検討した。提案するポインタ(図 4)では、ポインタの色やポインタにプラネタリウムの座席番号を印字するとともに色分けすることで、他人のポインタと自分のポインタに違いを付けた。

アンケートの結果を表に示す。「通常のプラネタリウム(鑑賞のみ)と星空 Touch どちらを体験したいですか?」という問いに対して「星空 Touch」と回答した人は 60.0%だった(表 1)。「あなたは天体についての知識を得るときに星空 Touch を今後、利用したいと思えますか?」という問いにしたいして 20 人全員が「やや利用したい」、「利用したい」と回答があった。あなたは「星空 Touch を利用することで天体について興味関心が高まりましたか?」という問いに対しては「やや高まった」、「高まった」と回答した人が 85.0%だった(表 2)。星空 Touch を「体験したいか」、「利用したいか」、星空 Touch によって「興味関心が高まったか」の 3 つの観点において高い評価を得ることができた。

これら 3 つの質問に対する回答の結果により星空 Touch が天体についての学習方法として効果的であったという結果を得ることができた。

特許・論文等

■論文

- [1] 参加者体験型プラネタリウム「星空 Touch」の検討, 原田稀史, 小山惇之介, 渡辺恵太, 山田俊哉, 山之上卓, 中道上, The 25th IEEE Hiroshima Section Student Symposium, pp.223-224, 2023 年 11 月.
- [2] 参加者体験型プラネタリウム「星空 Touch」に関する研究, 小山惇之介, 原田稀史, 渡辺恵太, 山田俊哉, 山之上卓, 中道上, 情報処理学会インタラクシオン 2024 論文集, No.3A-03, pp.1076-1079, 2024 年 2 月.
- [3] 星空 Touch を利用したアクティブラーニングに向けた非接触操作の検討, 渡辺航平, 小山惇之介, 山田俊哉, 渡辺恵太, 中道上, The 26th IEEE Hiroshima Section Student Symposium, pp.79-82, 2024 年 11 月.



図 3 従来のポインタ



図 4 提案型ポインタ



図 5 実験風景

表 1 「通常のプラネタリウム(鑑賞のみ)と星空 Touch どちらを体験したいですか?」

選択肢	人数(人)	割合(%)
星空 Touch	12	60.0
通常のプラネタリウム	4	20.0
どちらとも いえない	4	20.0

表 2 「星空 Touch で天体について興味関心が高まりましたか?」

選択肢	人数(人)	割合(%)
高まった	13	65.0
やや高まった	6	30.0
変わらない	1	5.0

小規模建築物の基礎梁合理化工法の開発

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

1. 研究背景・目的

小規模建築物基礎の構造方法は，告示平 12 建告第 1347 号¹⁾に定められ，同年に施行の「住宅の品質確保の促進等に関する法律」と併せて，耐久性・安全性が保証されようになった（図-1 参照）。しかしながら，それ(2000 年)以前の木造戸建て住宅のような小規模建築物では，柱・梁や筋交い接合部などの仕口金物不足や基礎構造の耐震性不足などを原因とした地震被害が懸念される。残念なことに，令和 6 年能登半島地震では，石川県だけで約 9.1 万棟の木造住宅が被害を受け，そのうち全半壊が約 2.5 万棟であった。このような被災地における復旧・復興を促進するためには，安定した生活をおくることができる仮設住宅を短期間に多数必要となる。しかし，復旧・復興に必須である住宅基礎が建築基準法に適合しないため，2 年間に限定され生活拠点となる恒久建築物ではないという課題がある。

そこで，震災後に地域住民の DIY 建設活動を中心とした戸建て住宅基礎を検討し，外殻プレキャスト（以下，外殻 PCa と略す）を利用した合理化工法を考案した。木造戸建て住宅の基礎梁を短期間で容易に建設することが可能とするために，外殻 PCa や施工方法を図-2 および図-3 に示すように簡略化している。

- 外殻 PCa 工法を検討する上で考慮したポイントは，
- (1) 外殻 PCa 板は人が持ち運べるサイズ・重量（10kg 程度）とし，300mm 幅を基本とする
 - (2) 外殻 PCa 板の製造コストを考慮して，無筋コンクリートとし，板同士が接する小口は単純化する
 - (3) 外殻 PCa 板の設置方法をできるだけ簡素化する
 - (4) 布基礎でもべた基礎でも使える外殻 PCa 形状とする

である。

提案工法の実用化により，以下の効果が期待できる。

- (1) 建築基準法の仕様規定を満足した耐久性・安全性を備えた高品質の戸建て住宅用基礎梁が短工期での建設が可能となる
- (2) 建築施工管理技術者の指導があれば，運搬・設置に特殊な施工機材を必要としない外殻 PCa 板を用いるので一般の方でも建設が可能となる

本研究で提案するような部分的にプレキャスト化した工法や型枠コンクリートブロックを用いた研究には事例がある。ただし，外殻 PCa 梁部材に関する研究では，単配筋部材ではなく外殻 PCa 板は部材長さ全域に配置した工法であり，本研究のように外殻 PCa 板を材軸方向に分割した工法

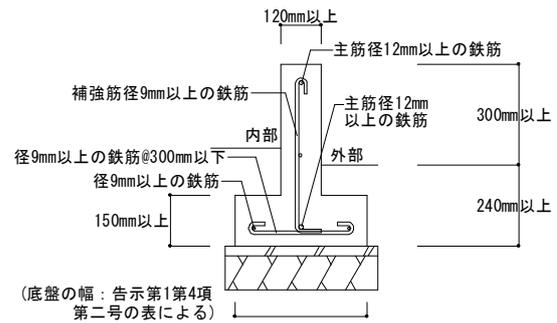


図-1 在来工法基礎（梁断面）

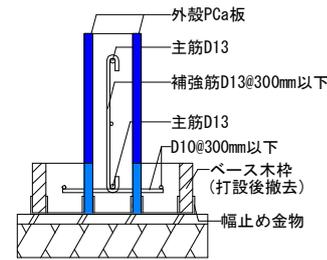


図-2 提案工法基礎（梁断面）

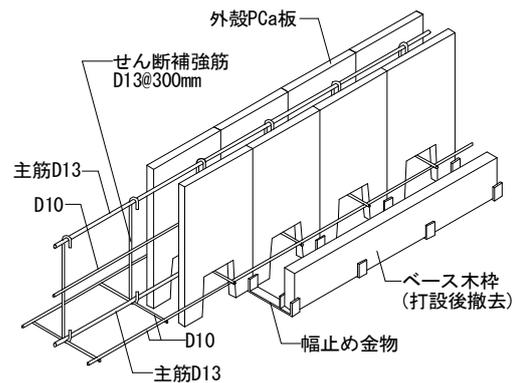


図-3 提案工法施工方法

の研究事例はほとんどない。本研究の目的は、外殻 PCa 板を分割配置した梁部材が在来工法と同等の曲げ変形性能を有すること、および外殻 PCa 構造型枠が大変形まで一体で挙動することを確認することである。

2. 実験結果の分析

2.1 試験体・使用材料

提案基礎梁の曲げせん断性状確認のための試験体一覧を表-1に、梁断面図を図-4に試験体形状・配筋図を図-5に示す。試験体は基礎立ち上がり部 450mm を取り出した実大 4 体で、シアスパン比は 3.0 である。いずれの試験体も主筋 1-D13, せん断補強筋 D13@300 である。実際には腹筋を配筋するが試験体には配筋していない。

CRC-150 は在来工法の試験体で、他の 3 体は厚さ 25mm の外殻 PCa 板を利用した試験体である。PCN-170 は建築基準法必要梁幅 120mm に捨て型枠 (断面計算上は PCa 部分を無視する) として PCa 板を設けた試験体である。PCS-150 と PCS-130 は外殻 PCa 板を構造型枠 (PCa 部分を構造断面として考慮する) とした試験体である。

図-6にPCa板の形状および断面寸法を示す。捨て型枠・構造型枠ともに厚さ 25mm×幅 300mm×せい 450mm であるが、構造型枠には後打ちコンクリートとの一体性を図るために梁内側面にコッターを設けている。コッターは、後打ちコンクリート部に形成されるコッター面積が PCa 縦断面積 (厚さ 25mm×せい 450mm) 以上となるように計画した。

外殻 PCa 板型枠は木製で、梁内側面からコンクリートを打設し、型枠パイプで震動を与え製作した。試験体の施工は、実際の施工と同様に梁断面上部 (実験では正加力時に引張側となる面) からコンクリートを打設して製作した。

外殻 PCa および後打ちコンクリートの材料試験結果を表-2に、主筋・せん断補強筋に使用した鉄筋 D13 の試験結果を表-3に示す。本実験で使用する D13 の降伏比が 0.67 であることから、曲げ降伏後、曲げ耐力は約 1.5 倍まで上昇することが予測できる。せん断に対しては、荒川 mean 式によるせん断強度が曲げ終局強度に対して約 6 倍あり十分な余裕度がある。

表-2 コンクリート試験結果

使用部位	圧縮強度 N/mm ²	ヤング係数 kN/mm ²	割裂強度 N/mm ²
PCa板	34.0	34.6	3.4
在来, 後打ち部	31.2	30.9	3.0

表-3 鉄筋材料試験結果

鉄筋径 (材種)	降伏強度 N/mm ²	破断強度 N/mm ²	降伏ひずみ μ	ヤング係数 kN/mm ²	降伏比 %
D13(SD295)	324.3	487.1	1784	181.9	66.6

表-1 試験体一覧

試験体名	工法	PCa役割	梁幅 (mm)	後打ち 幅(mm)	梁せい (mm)	主筋	せん断 補強筋
CRC-150	在来	—	150	—	450	1-D13	D13 @300
PCN-170	外殻PCa	捨て型枠	170	120			
PCS-150		工法	150	100			
PCS-130		構造型枠	130	80			

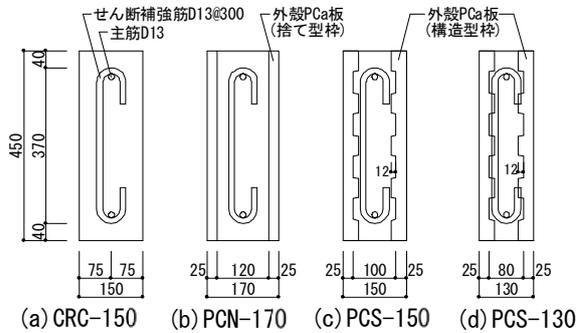


図-4 梁断面図

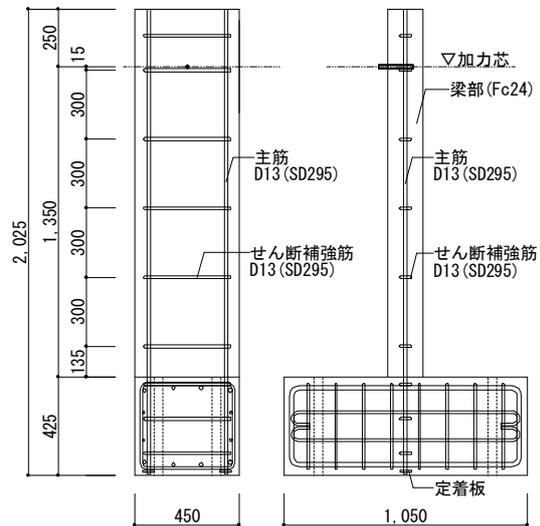


図-5 試験体形状・配筋図

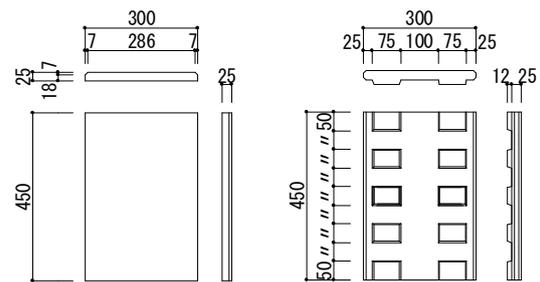


図-6 外殻 PCa 板形状図



写真-1 外殻 PCa 板製作状況

2.2 加力方法・測定方法

加力は図-7に示す片持ち梁形式の加力装置を用い、柱状に設置し1MN油圧ジャッキで引きを正加力として水平力を作用させた。加力履歴は水平力作用位置における部材角で制御した。载荷プログラムは、 $R(\text{rad.})=\pm 1/800, \pm 1/400$ を各1回、 $\pm 1/200, \pm 1/100, \pm 1/50, \pm 1/33$ を各2回、 $1/20$ を目指した大変形で正負1回とした。

変形については、制御変位のほか、曲率変形、図-8に示すヒンジ部せん断変形を測定した。鉄筋については、主筋、せん断補強筋にひずみゲージを貼付してひずみを測定した。

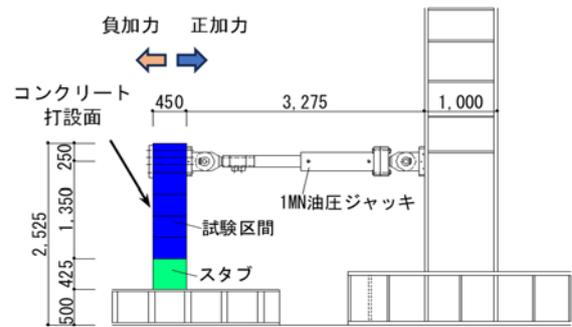


図-7 加力装置

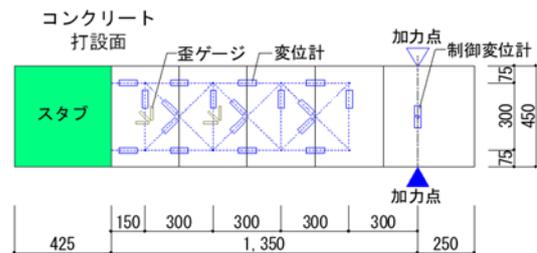


図-8 変位計測計画

3. 実験結果の概要

3.1 破壊経過および諸強度

図-9に各試験体の荷重-部材角関係および $R=1/50$ 終了時の破壊状況を示す。また、表-4に諸強度の実験値と計算値の比較を示す。諸強度の計算式は、文献2)に準拠した。各試験体の実験値は、弾性剛性および曲げひび割れ強度は正加力時の値であり、曲げ終局強度は正・負加力の平均値である。

いずれの試験体も同様の破壊経過であった。 $R=1/800$ のサイクルで曲げひび割れが発生し、ピーク時に曲げ降伏強度を上回った。ただし、主筋降伏は $R=1/400$ のサイクルであった。その後、CRC-150(在来工法)では $R=1/100$ で梁上面に主筋付着割裂が発生、PCN-170では $R=1/100$

表-4 実験結果一覧

試験体名	弾性剛性			曲げひび割れ強度			曲げ終局強度		
	実験値 kN/mm	計算値*1 kN/mm	実験値 計算値	実験値 kN	計算値*1 kN	実験値 計算値	実験値 kN	計算値 kN	実験値 計算値
CRC-150	41.7	20.6	2.02	9.5	20.6	0.46	16.5	10.7	1.54
PCN-170	50.0	16.6	3.01	7.0	9.8	0.71	16.8	10.7	1.57
		23.2	2.15		13.7	0.51			
PCS-150	41.7	14.3	2.91	8.5	8.2	1.03	16.8	10.7	1.57
		20.6	2.02		12.1	0.70			
PCS-130	34.4	11.6	2.96	6.5	6.7	0.97	16.0	10.7	1.50
		17.9	1.92		10.6	0.61			

*1: 計算値の上段は外殻PCa板無視、下段は外殻PCa板考慮した値。

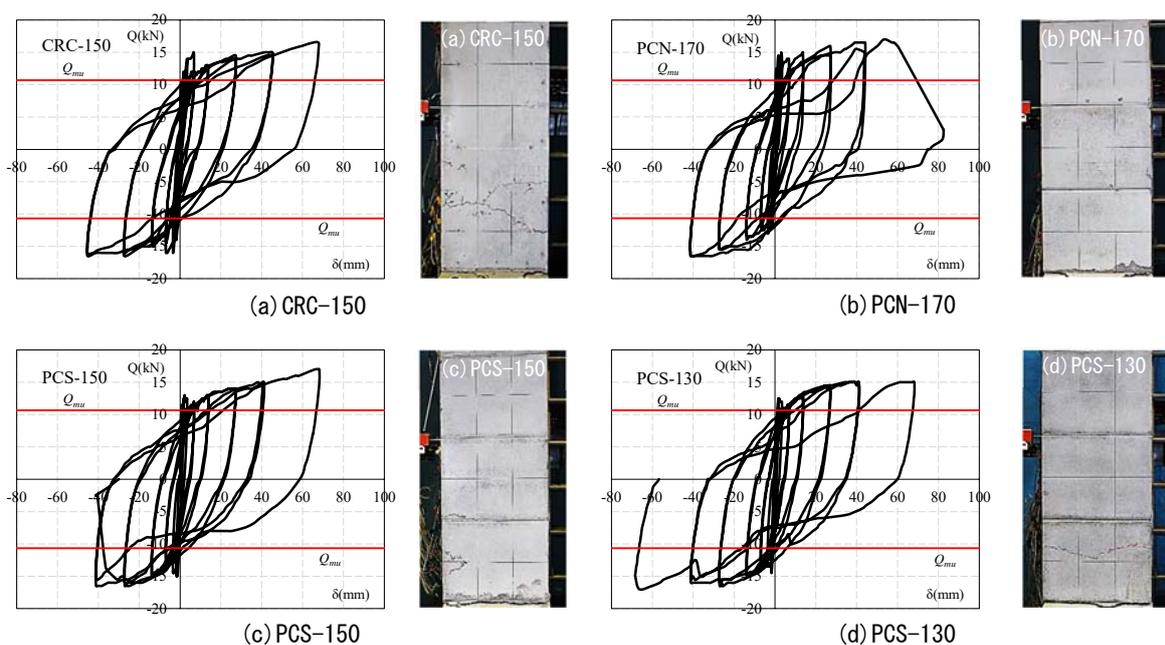


図-9 荷重-変形曲線および $R=1/50$ 終了時破壊状況

で梁上面の外殻 PCa 板と後打ちとの境界部にひび割れが発生, PCS-150 では R=1/100 で外殻 PCa 板に小さなひび割れが発生, PCS-130 では R=1/33 で梁上面の外殻 PCa 板と後打ちとの境界部にひび割れが発生,等の損傷が見られた。いずれの試験体も変形増大に伴い荷重は計算値の 1.5 倍以上に増加した。在来工法, 外殻 PCa 工法にかかわらず, R=1/50 のサイクルで梁端部に圧壊が観察されたが顕著な耐力低下はなかった。最終的には R=1/20 の繰返しで主筋が破断し急激に耐力低下した。図-9 から, 在来工法・外殻 PCa 工法にかかわらず大変形まで紡錘形の良好な履歴ループを描き, R=1/33 まで曲げ終局強度を維持し安定した履歴を示すことが確認できた。

表-4 より, 弾性剛性に関しては捨て型枠・構造型枠ともに外殻 PCa 板を考慮した方が実験値に近くなる傾向がある。しかし, 曲げひび割れ強度に関しては外殻 PCa 板を無視した方が実験値に近い。曲げ終局強度については, 主筋の降伏比の逆数に比例していずれも 1.5 倍以上となった。

3.2 主筋ひずみ分布

図-10 に在来工法 CRC-150 と外殻 PCa 板を構造型枠使いした PCS-150 および PCS-130 の各変形段階における梁上端主筋の材軸方向ひずみ分布を示す。外殻 PCa 板を捨て型枠とした PCN-170 のひずみ分布は PCS-150 と同等であったので省略する。いずれも R=1/400 で降伏が発生しているが, 在来工法では梁せいの約 2/3(300mm)が降伏領域であり, 外殻 PCa 工法の 3 体は材端部にひずみが集中する傾向が見られた。PCS-150 では在来工法と同様に降伏領域が梁せいの約 2/3 まで拡大するが, PCS-130 では大変形まで降伏領域に拡がりは見られなかった。

3.3 曲率分布

図-11 に CRC-150 と PCS-150 の R=1/800 から 1/50 までの曲率分布を示す。どちらも材端部 150mm の範囲における曲率が増大するが, 在来工法の方が梁せい範囲まで曲率が生じている。外殻 PCa 工法の場合, PCa 板により曲げひび割れが材端部および PCa 板同士の境目に限定される傾向があることが分かる。

3.4 せん断変形成分の推移

端部梁せい区間のせん断変形角 γ_s の推移を図-12 に示す。せん断変形角の計算は, 図-8 に示すヒンジ部に設置した対角方向変位計の計測値 δ_1 と δ_2 から式(1)により算出した。

$$\gamma_s = \frac{\sqrt{h^2 + l^2}}{2hl} (\delta_1 + \delta_2) \quad (1)$$

ここに, h : 計測高さ(mm), l : 計測幅(mm), δ_1 : 対角向変位量 1(mm), δ_2 : 対角向変位量 2 (mm)。

在来工法 CRC-150 は, 初期の変形段階からせん断変形角が発生するが, 外殻 PCa 工法の試験体は捨て型枠・構造型枠に限らず R=1/100 までほぼゼロであった。また, PCN-170 と PCS-150 は大変形までせん断変形角はゼロに近い。同じ梁幅 150mm でも外殻 PCa 工法の方がせん断変形を抑制できる。梁幅を 130mm とした PCS-130 は R=1/50 以降でせん断変形角が大きくなる傾向が見られた。

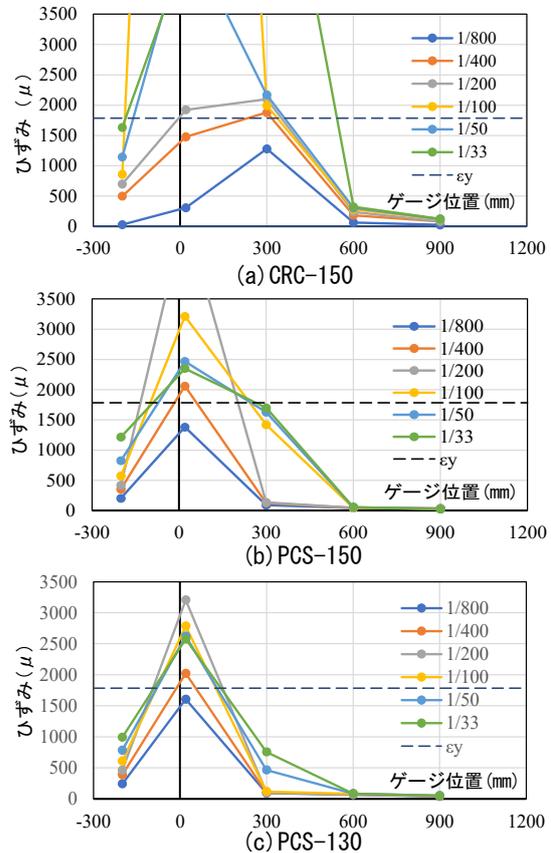


図-10 主筋ひずみ分布 (梁上端筋)

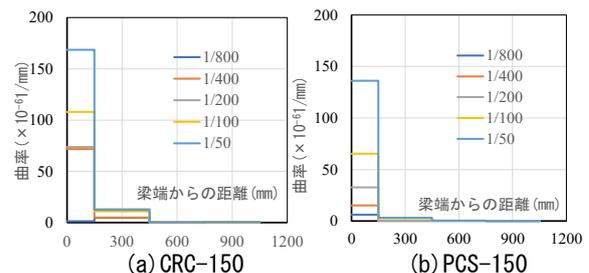


図-11 曲率分布

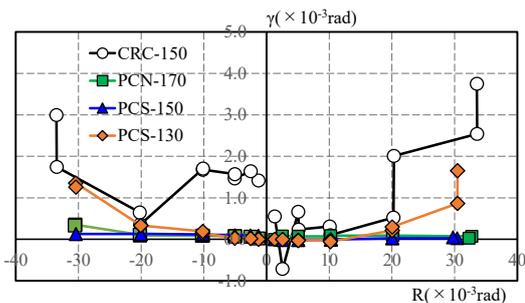


図-12 せん断変形角の推移

4. まとめ

短期間で容易に施工できる外殻 PCa 基礎梁工法に関して、構造実験の検討から次の事項が確認できた。

- 1) せん断余裕度が大きい曲げ降伏型の外殻 PCa 工法基礎梁は、大変形まで紡錘形の安定した履歴性状を持つことが確認できた。
- 2) 外殻 PCa 工法のヒンジ領域（主筋降伏領域）は、在来工法よりも若干、範囲が小さくなる傾向がある。
- 3) 外殻 PCa 板は梁端部のせん断変形角増加を抑制する働き有する可能性がある。

今後、外殻 PCa 基礎梁工法を一般化するためには、せん断ひび割れやせん断終局強度などに関する実験や解析が必要となる。また、更なる施工性を考慮した場合、後打ち部への施工方法としてプレパックドコンクリートの採用が望まれる。

ファイバーモデルを用いた解析的検討結果については、文献 3) に詳細が述べられている。また、施工実験を含めた合理化工法のコンセプト・構造実験の詳細が文献 4) に記載されている。

参考文献

- 1) 2015 年度版建築物の構造関係技術基準解説書, pp.80-89, 2015.6
- 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準・同解説, 2021.2
- 3) 都祭弘幸, 藤井稔己, 野田光明：小規模建築物用の外殻プレキャスト基礎梁に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.47, No.2, pp.271-276, 2025.7
- 4) 野田光明, 都祭弘幸, 藤井稔己, Win Htet Aung, 石井創次郎：小規模建築物基礎梁の合理化工法の開発, その 1～その 4, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.331-338, 2025.9

カキ殻を用いた環境配慮型コンクリートの開発とそのCO2 固定化能力の評価

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

1. 研究背景・目的

広島県は牡蠣の国内生産量の6割強を占める約10万tを生産する牡蠣の特産地である。生産量が多い分、カキ殻（生産量の7~8割）の排出も突出している。カキ殻は魚介類残渣扱いで一般廃棄物処分となるため、広島県ではカキ殻を肥料・飼料として活用している。しかし、その量は多くはなく、カキ殻処分量は年々増加する一方であり、肥料や飼料だけでなく、できるだけ多くの量を再利用できる活用法の開発が急務である。

カキ殻やホタテ貝殻をコンクリートの細骨材や粗骨材に置換利用する研究例は、参考文献 1)から3)のように実施されているが、決して多くはない。既往の研究では、研究者が粉砕したカキ殻・ホタテ貝殻を用いて実施し、次のような知見が得られている。

- ・カキ殻を細かく粉砕できれば、牡蠣側細骨材の密度が高く、吸水率が低い、品質の高いカキ殻細骨材ができる。
- ・カキ殻の粒径が大きい材料が分離する可能性がある。
- ・カキ殻・ホタテ貝殻置換率が増加すると、コンクリートの空気量および塩化物イオン含有量は増加する傾向がある。
- ・カキ殻置換率の増加に伴い、圧縮強度、静弾性係数、引張強度、曲げ強度は低下する傾向がある。ただし、引張強度、曲げ強度の圧縮強度に対する比率は一般コンクリートと同程度であった。

カキ殻を利用したコンクリートの既往研究では、処分場のカキ殻を粉砕するところから始めている。しかし、本研究では、広島県福山市内の企業（ト部産業(株)）が生産するカキ殻肥料・飼料の原料を細骨材として置換利用するので、カキ殻細骨材の粒度・成分・水分量が工場管理された材料を使用する。既往の研究ではカキ殻細骨材の置換率を増やすと強度や静弾性係数が低下することが報告されているが、カキ殻細骨材の粒度分布が適切ではことが要因だと考えられる。そこで本研究では、粒度分布を調整したカキ殻細骨材を用いたコンクリートの研究を実施し、コンクリート二次製品の実用化を目指す。

研究目的は次の3項目とする。

- [1] カキ殻細骨材置換率50%コンクリートの目標強度配合計画の確立
(一般に使用するコンクリート強度範囲30~60N/mm²とする)
- [2] 更なる環境配慮と強度発現の相乗効果を狙った環境配慮型コンクリートの開発
(カキ殻イオン水および高炉スラグ微粉末の強度発現効果の確認)
- [3] 必要強度が低い構造物に対応したカキ殻細骨材置換率100%コンクリートの開発
(消波ブロックの場合、20~24N/mm²程度)
- [4] カキ殻利用によるCO2固定化量とカキ殻及び普通細骨材製造過程CO2排出量に関するCO2量の総合評価

2. カキ殻利用によるCO2固定化量の試算

カキ殻利用によるCO2固定化量とカキ殻及び普通細骨材製造過程CO2排出量に関するCO2量の総合評価とは、図-1に示すように固定化というプラスの要因だけでなく、生産過程で発生するCO2排出量というマイナスの要因を考慮した評価を意味する。カキ殻利用によるCO2固定化量の試算および細骨材生産過程CO2排出量の評価について、その方法を以下に述べる。このCO2固定化量と材料生産過程でのCO2排出量に関しては、福山大学とト部産業(株)が共同で、2年間の研究期間を通して検討していく。

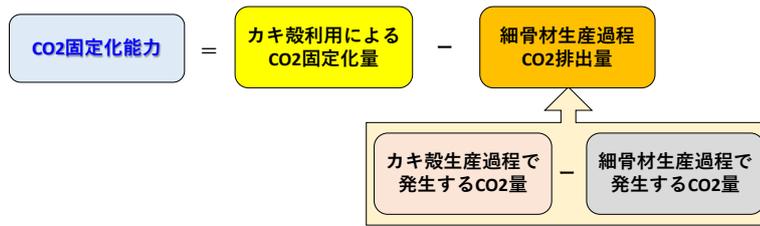


図-1. カキ殻利用による CO2 固定化能力の評価方法

福山大学でカキ殻の成分分析を行った結果、ト部産業(株)で製造したカキ殻の 90~98%が炭酸カルシウム (CaCO₃) であることが分かった。また、2023 年度に実施したカキ殻置換率 50%のコンクリート 1 立米の配合設計で使用するカキ殻は 304kg であったので、その 90%が炭酸カルシウムと考えると、コンクリート 1 立米あたりの炭酸カルシウムは 273.6kg となる。

炭酸カルシウム (CaCO₃) のモル質量は約 100.09g/mol
 二酸化炭素 (CO₂) のモル質量は約 44.01g/mol

上記から、炭酸カルシウム (CaCO₃) 1mol あたりに含まれる CO₂ の質量は、44.01/100.09≒ 0.44 となる。よって、1kg の炭酸カルシウム (CaCO₃) には約 0.44kg の CO₂ が含まれていることになる。したがって、カキ殻置換率 50%のコンクリート 1 立米には、0.44×273.6kg= 120.4kg の CO₂ が固定化されたことになる。

研究目的 [3] で検討する消波ブロック用のカキ殻置換率 100%コンクリート (設計基準強度 24N/mm²) が実現できれば、上記以上の CO₂ 固定化量が期待できる。設計基準強度が下がるとセメント量が減るので細骨材量が増え、現段階で検討した配合計画では約 770kg のカキ殻使用量となり、1 立米あたり約 305kg (=0.44×770×0.9) の CO₂ 固定化が期待できる。
 補足：カキ殻の比重について調査した結果、その比重は細骨材の比重と大きな差異はなかった。

カキ殻利用により CO₂ 固定化が図れるが、カキ殻を生産する過程で CO₂ が排出される。カキ殻に置換した分の細骨材使用量は減るので、細骨材を生産する過程で排出される CO₂ との相殺分がカキ殻置換で排出する CO₂ 量となる。

細骨材生産に係わる CO₂ 排出要因には、①採取・採掘 (機械運転・燃料消費)、②破碎・洗浄・分級 (電力消費・燃料消費)、③運搬 (採取場から加工場へ) などがあり、これらはカキ殻生産とほぼ同じ要因と考えられる。

3. カキ殻置換率と圧縮強度との関係

図-2 に目標強度 Fc30 と Fc50 (呼び強度はそれぞれ 27 N/mm²と 45 N/mm²) の強度発現状況を示す。また、各目標強度の詳細データを表-1 および表-2 に、普通コンクリート(置換率 0%) に対するカキ殻置換率ごとの強度比率を図-3 示す。細骨材のカキ殻置換率 0%, 30%, 50%について 6 週にわたって強度発現を比較した。カキ殻置換率を高めると、置換率の増加に応じて強度が低下する傾向があること、また、その強度低下は 4 週後以降に低下割合が増える傾向にあると言われている。

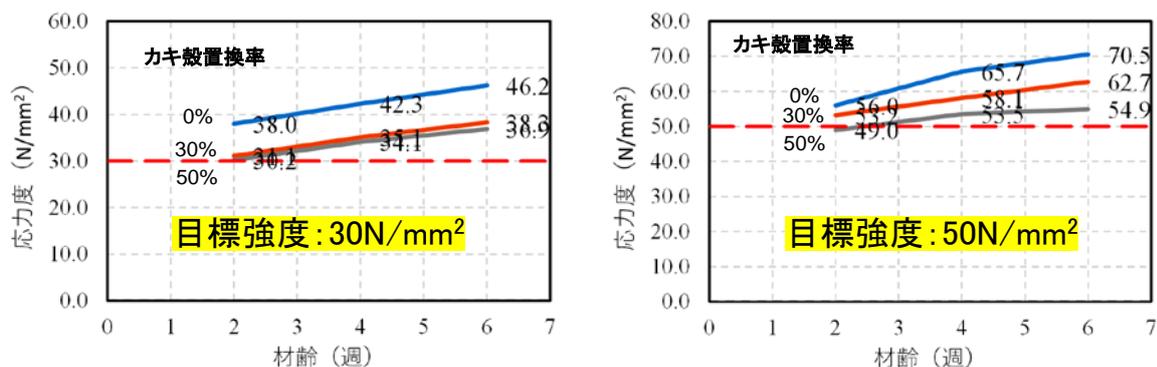


図-2. カキ殻コンクリートの強度発現状況

表-1. Fc30 の強度発現状況

置換率	0%		30%		50%	
	強度	比率	強度	比率	強度	比率
材齢(週)						
2	38.0	100.0	31.1	81.8	30.2	79.5
4	42.3	100.0	35.1	83.0	34.1	80.6
6	46.2	100.0	38.3	90.5	36.9	87.2

表-2. Fc50 の強度発現状況

置換率	0%		30%		50%	
	強度	比率	強度	比率	強度	比率
材齢(週)						
2	56.0	100.0	53.2	95.0	49.0	87.5
4	65.7	100.0	58.1	88.4	53.5	81.4
6	70.5	100.0	62.7	95.4	54.9	83.6

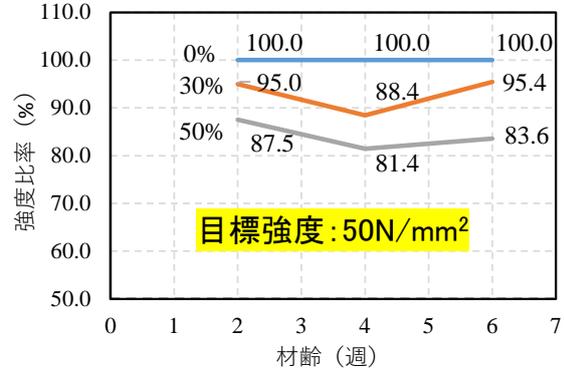
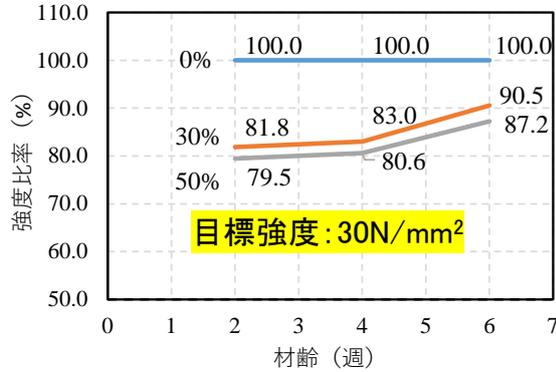


図-3. 普通コンクリート(置換率 0%)に対するカキ殻置換率ごとの強度比率

本研究で実施したカキ殻の粗粒率は 2.67 であり、細骨材の一般的な粗粒率 2.70 ± 0.3 程度範囲にある材料である。図-2 より罹患率 0% の普通コンクリートよりも強度は低下するが、目標強度 30N/mm^2 では置換率 50% でも 2 週後に、目標強度 50N/mm^2 では 4 週後に目標強度に達した。表-1・表-2 および図-3 より、置換率 0% に対する強度比率の推移を見ると、目標強度 30N/mm^2 ではカキ殻コンクリートは 4 週まで約 80% であるが、6 週では置換率 50% でも置換率 0% との強度差は縮まっている。目標強度 50N/mm^2 では 2 週強度はやや高くなるが、6 週における置換率 0% との強度差は縮小している。これらは既往の研究とは異なる結果であり、カキ殻コンクリートでも粗粒率を細骨材と同等にすれば、コンクリート骨材に利用できることを示唆していると言える。

4. まとめ

カキ殻をコンクリートの粗骨材料として活用するために、粗粒率を調整した材料を用いて目標強度 30N/mm^2 と目標強度 50N/mm^2 についてカキ殻置換率だけをパラメータとする配合計画を作成し、その圧縮強度試験を実施した。今回の結果分析から下記のことことが明らかとなった。

- 1) 粉碎したカキ殻は、細骨材として活用可能な粗粒率に調整できる。
- 2) カキ殻コンクリートは、置換率の増加に伴い置換率 0% よりも強度が低下する。ただし、置換率 50% でも目標強度 30N/mm^2 については 2 週で、目標強度 50N/mm^2 については 4 週で目標強度に達することができる。
- 3) 粗粒率を調整したカキ殻コンクリートは、既往研究のように 4 週以降、置換率 0% との強度差が拡大することはなかった。

参考文献

- 1) 堀口至, 目片雄士, 三村陽一: コンクリートの基礎特性に及ぼすカキ殻細骨材の影響, Cement Science and Concrete Technology, Vol.67, pp559-564, 2014
- 2) 堀口至, 目片雄士, 三村陽一: コンクリート用細骨材への破碎したカキ殻の適用性, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp1576-1581, 2012
- 3) 山内匡, 清宮理, 横田季彦, 八木展彦: ホタテ貝殻を細骨材として活用したコンクリートの基本的性質, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp1649-1654, 2006

謝辞

本研究は、広島県カーボンリサイクル関連技術研究開発支援事業の補助金により実施したものです。ここに深く感謝いたします。

水素処理による $\alpha + \beta$ 型 Ti-6Al-4V 合金の高強度化と高延性化～調和組織化への試み～

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

■研究の背景、目的

チタン合金は軽量でありながら強度に優れ、また耐熱性や耐食性も高いことから航空機部品や海洋建造物、医療用の道具など多種多様な分野で活用されている。一方で他の金属材料と同様に高強度化を行うと延性が低下するというジレンマが存在する。これを改善するための方法として、調和組織化がある。調和組織とは、延性に富む粗大粒組織（Core 相）と高強度な微細粒組織（Shell 相）をネットワーク状に複合させ、加工硬化を増進させることで高強度・高延性の両立が実現できる組織（図 1）である。調和組織化については粉末冶金法と超強加工法を組み合わせる創製される調和組織材料についての研究⁽¹⁾が行われているが、本研究では、バルクの状態で加工・熱処理による調和組織化を行うことにより、高強度・高延性化を試みている。これまでの研究では、 $\alpha + \beta$ 型 Ti-6Al-4V 合金において、 β 変態点よりも低い温度で焼入れを行い、その後熱間圧延及び焼鈍を行うことでわずかながら高強度化、高延性化を示すことが分かっているが、本年度はさらなる高強度化と高延性を図るため、チタン合金の結晶粒微細化法である水素処理法（水素吸蔵－溶体化・マルテンサイト化－熱間圧延－脱水素）を用いて、高強度化と高延性化の両立の可能性を探索した。

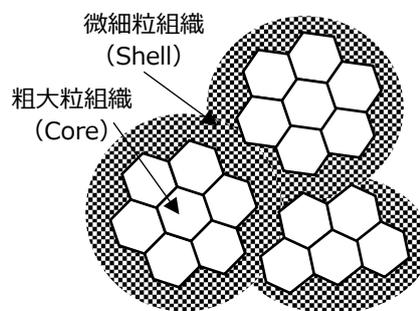


図 1 調和組織モデル

■研究内容

・引張特性に及ぼす溶体化・マルテンサイト化温度の影響

供試材として $\alpha + \beta$ 型 Ti-6Al-4V 合金丸棒材（直径 80mm）を用いた。この供試材から 12.5×25×50mm の試料をワイヤカット式放電加工機で切り出し、研磨を行って表面を金属光沢とした後、水素吸蔵を行った。水素吸蔵は Ar ガス気流中にて加熱、1073K に到達後、水素ガス気流中に置換、0.6ks 間保持した後、Ar ガス気流中にて冷却することで、約 0.5wt.% の水素吸蔵材が得られた。次の溶体化・マルテンサイト化であるが、調和組織の Shell 相の微細組織化条件を探索するために、温度を β 変態点（1123K）以下である 1023K、923K、823K にそれぞれ加熱し、1.8ks 間保持後、水冷して行った。また、比較として β 変態点より 100K 高い温度である 1223K で溶体化・マルテンサイト化を行った試料も準備した。次工程の熱間圧延は温度：923K、累積圧下率 80%にて行った。そして、この熱間圧延材からワイヤカット放電加工機を用いて引張試験片を切り出し、研磨を行った後、真空中にて温度 873K、保持時間：7.2ks の条件で脱水素を行った。上記の処理工程で作製した試験片を用いて常温引張試験を行い、引張特性に及ぼす溶体化・マルテンサイト化温度の影響を調べた。

・水素処理後の引張特性に及ぼす熱間圧延条件の影響

水素処理後の引張特性に及ぼす熱間圧延条件の影響を調べるために、熱間圧延の温度を変化させ、さらに圧延後、圧延温度で一定時間保持した試料を作製した。水素吸蔵（0.5wt.%）－溶体化・マルテンサイト化（温度：1223K）を行った後、熱間圧延の温度を 1023K、1073K とし、さらに圧延後、熱間圧延温度にて 1.8～7.2ks 間保持後、空冷した試料を準備し、この試料から上項と同様に引張試験片を作製し、脱水素を行って常温引張試験を行った。

■成果

・引張特性に及ぼす溶体化・マルテンサイト化温度の影響

引張特性に及ぼす溶体化・マルテンサイト化温度の影響を調べた結果、溶体化・マルテンサイト化温度を β 変態点よりも高い 1223K とした場合、引張強さ：1308MPa、伸び：5.9%を示した。そ

れに対して β 変態点よりも低い温度（1023K、923K、823K）で溶体化・マルテンサイト化を行った場合、いずれも引張強さは同等であったが伸びが低く、この条件での高強度化と高延性化の両立は達成できなかった。

・水素処理後の引張特性に及ぼす熱間圧延条件の影響

引張特性に及ぼす熱間圧延条件の影響を図2に示す。まず熱間圧延温度を1073Kとし、その後の加熱保持を行わなかった場合、引張強さは1233MPa、伸びは5.6%を示したが、圧延温度を1073Kとし、圧延後の加熱保持時間を3.6ksとした場合、引張強さはほぼ同等で伸びが11.3%を示し、大幅な向上を示した。

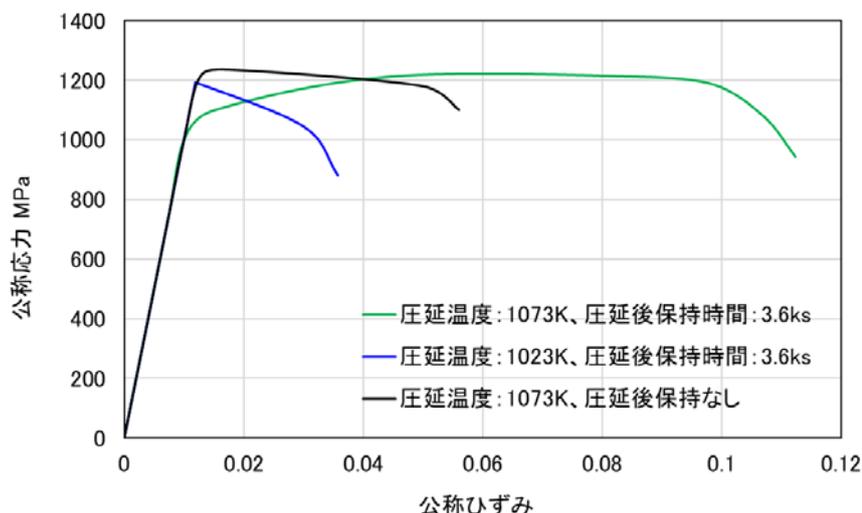


図2 引張特性に及ぼす熱間圧延条件の影響

・水素処理後の引張特性に及ぼす熱間圧延後の保持時間の影響

引張特性に及ぼす熱間圧延後の保持時間の影響を図3に示す。圧延温度を1073Kとし、圧延後、同じ熱間圧延温度にて1.8ks、3.6ks、7.2ks間保持した場合、それぞれの引張強さは、1275MPa、1213MPa、1248MPaで、伸びは、13.2%、11.3%、11.8%であった。この結果から、特に保持時間を1.8ksとした場合、高強度・高延性化の傾向を示すことが分かった。この要因として、熱間圧延温度での保持時間中に再結晶粒が生じ、これが成長してCore相として機能したのではないかと考えられる。今後、詳細な組織観察を行う必要がある。

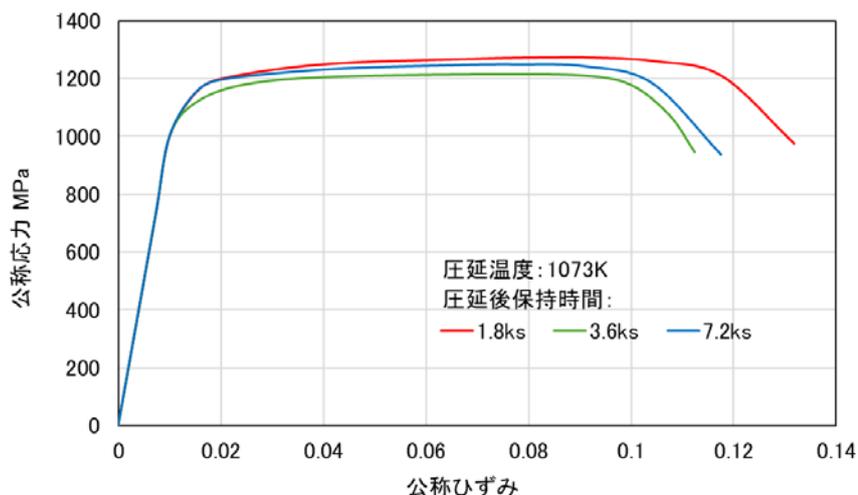


図3 引張特性に及ぼす熱間圧延温度及び熱間圧延後の保持時間の影響

〈参考文献〉

(1) 飴山 恵、調和組織制御と加工熱処理を組み合わせた高強度・高延性チタンの開発、チタン、Vol.69、No.1、pp 42~47、2021

2. 3 研究資金獲得一覧（2024年度）

(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
1	基盤（B）	建築	藤谷 秀雄	1,700,000	510,000
2	基盤（C）	建築	佐々木 伸子	1,000,000	300,000
3	基盤（C）	建築	佐藤 圭一	700,000	210,000
4	基盤（C）	情報工	谷口 億宇	700,000	210,000
5	基盤（C）	建築	伊澤 康一	1,800,000	540,000
6	基盤（C）	情報工	池岡 宏	1,100,000	330,000
7	基盤（C）	機械システム工	中東 潤	400,000	120,000
8	研究活動スタート支援	建築	大畑 友紀	1,200,000	360,000
9	基盤（B）	建築	藤谷 秀雄	100,000	30,000

(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
1	国際共同研究強化（B）	情報工	森田 翔太	200,000	60,000
2	基盤（B）	建築	山本 一貴	700,000	210,000
3	基盤（C）	情報工	谷口 億宇	100,000	30,000
4	基盤（B）	建築	佐々木 伸子	70,000	21,000

(3) 共同研究

No.	研究種目	所属学科	氏名	直接経費	間接経費
1	(株)アクティス	情報工	中道 上	450,000	50,000
2	(株)クラハシ	電気電子工	関田 隆一	1,125,000	125,000
3	(株)日圧機販	電気電子工	関田 隆一	1,620,000	180,000
4	(株)野田設計	建築	都祭 弘幸	1,305,000	145,000

5	(株)富士電機	電気電子工	菅原 聡	450,000	50,000
6	福山市農業協同組合	機械システム工	加藤 昌彦	450,000	50,000
7	植田基工(株)	建築学科	都祭 弘幸	7,920,000	880,000

(4) 受託研究

No.	受託者	所属学科	氏名	直接経費	間接経費
1	国土交通省 中国地方整備局 福山河川国道事務所	電気電子工	仲嶋 一	4,446,000	494,000
2	(株)竹中工務店	建築	梅國 章	297,000	33,000
3	三島産業(株)	建築	藤原 美樹	990,000	110,000

(5) 研究助成金

No.	寄附者	所属学科	氏名	金額
1	(株)奥村組技術研究所	建築	藤谷 秀雄	1,000,000
2	(株)アクティス	情報工	中道 上	1,500,000
3	(株)野田設計	建築	都祭 弘幸	1,000,000
4	オリエンタル白石(株)	建築	都祭 弘幸	300,000
5	(公財)サタケ技術振興 財団	情報工	天満 誠也	500,000
6	(一社)ヤンマー資源循環 支援機構	情報工	池岡 宏	1,000,000

(6) 研究助成金

No.	寄附者	所属学科	氏名	金額
1	広島県カーボンリサイクル 関連技術研究開発支援 事業補助金	建築	都祭 弘幸	1,500,000

以上

2. 4 研究業績一覧(2024年度)

【電気電子工学科】-----

<仲嶋一>

1. 音源像とスペクトルをマルチモーダル入力とした深層学習によるベッド内の行動推定, 原勇真、仲嶋 一, 2024年度(第75回)電気・情報関連学会 中国支部連合大会 R24-24-03 (査読なし)
2. 音によるベッド内の行動推定～分布型画素密度によるベッド外への音源像の範囲拡大の検討～, 原 勇真、仲嶋 一, IEEE主催2024年度第1回「学生研究発表会」IEEE_IM-S24-13 (査読なし)
3. 藻場環境観測・複数点連続データ収集システム ～設計と予備実験～, 仲嶋一, 福山大学工学部紀要, Vol. 48, pp. 1-6, 2024.3 (査読なし)

<田中聡>

4. ドローンによる海水サンプリングの研究, 田中 聡, 荒木 彰英, 2023年度(第74回)第33回計測自動制御学会中国支部学術講演会 1C-1, 2024年11月23日 (査読なし)
5. 空中ドローンからの移動物体の画像追跡に関する研究, 田中 聡, 瀬尾輝翔, 2024年度(第75回)電気・情報関連学会中国支部連合大会, R24-21-01, 2024年10月26日
6. 海上にある物体を AI で探し出す, まなびの館ローズコム(福山市生涯学習プラザ)ポスター展示, 2025年3月25日～31日

<沖 俊任>

7. 水底作業ロボットの風船による浮力制御の一考察, 沖俊任, 第33回計測自動制御学会中国支部学術講演会予稿集 pp. 25-26, 2024.11 (査読なし)
8. 生態系観察のための浮力調整機能付きクローラ型ROVのシステム開発, 沖俊任, 第33回計測自動制御学会中国支部学術講演会予稿集 pp. 27-28, 2024.11 (査読なし)

<伍賀 正典>

9. 身環境計測とデジタルツインのためのドローン機能拡張, 伍賀正典, 超異分野学会2024 岡山・中四国フォーラム2024, P-42, 2024.05 (査読なし)
10. デジタルツインを指向したドローン取得データの画像処理に関する研究, 溝上翔太, 高橋海斗, 中藪穂成, 龍和希, 伍賀正典 第33回計測自動制御学会中国支部学術講演会, pp. 59-60, 2024.11 (査読なし)

【建築学科】-----

<都祭弘幸>

11. 都祭弘幸: 曲げ降伏型RC梁に配した端部トラス筋の効果に関する実験的研究, コンクリー

ト工学年次論文集, Vol. 46, No. 2 学術講演梗概集 pp. 295-300, 2024. 7

12. 都祭弘幸, 藤井稔己, 野田光明: 小規模建築物に適用する外殻プレキャスト基礎梁工法の開発, その1. 曲げ降伏型基礎梁の構造実験, 日本建築学会中国支部研究報告概集, 第48巻, pp.91-94, 2025.3 (査読なし)

<佐藤圭一>

13. 佐藤圭一: 「備後柿渋の栽培・製造から流通・ブランド化までの現状と課題 —地域遺産としての備後柿渋の継承— その1—, 日本建築学会大会 (九州), 学術講演梗概集 pp. 145-146, 2024

<伊澤康一>

14. 伊澤康一・宋城基: ZEB 避難所体育館を目指した太陽熱利用システムのエクセルギー消費パターン評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東京), pp. 655 -656, 2024. 8.
15. 伊澤康一: 里山のための農産物保存コンテナの開発研究—熱環境に関するシミュレーションと実測—, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (佐賀), pp. 285-288, 2024. 9.
16. 伊澤康一・宋城基: ZEB 実現のための自然エクセルギー利用システムの最適設計の検討—太陽熱利用システムのエクセルギー評価—, 日本太陽エネルギー学会講演論文集 (札幌), pp. 219-220, 2024. 11.
17. 養殖水槽加温システムの太陽熱利用シミュレーション—瀬戸内里海の次世代養殖システムの開発研究—, 日本建築学会中国支部研究報告集, 第48巻 (東広島), pp. 435-438, 2025. 3

【情報工学科】-----

<山之上卓>

18. Experience of Classes with the Portable Cloud Computing System and a Raspberry Pi Cluster, Takashi Yamanoue, SIGUCCS '24: Proceedings of the 2024 ACM SIGUCCS Annual Conference, March 2024Pages 14-19, <https://doi.org/10.1145/3599732.3641317>
19. Pico Wiki Driver, -Raspberry Pi Pico WによるBot Computing その1-, 山之上 卓 情報処理学会、研究報告インターネットと運用技術 (IOT) 、vol.2024-IOT-64, No. 25, pp. 1-6, (2024-03-05)
20. ネットワークで機能を持った物体を転送するシステムの開発の2024年1月時点の進捗状況報告, 山之上 卓, 筒井 保博, 筒井 隆夫, 情報処理学会、研究報告インターネットと運用技術 (IOT) 、vol.2024-IOT-64, No. 26, pp. 1-6, (2024-03-05)

<池岡宏>

21. 対照学習を用いた同一人物の時間的一貫性を維持する外観匿名, 趙 マイケル 嘉, 前田 慶博, 佐藤 俊一, 池岡 宏, 浜本 隆之, 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)予稿集, P1-03, pp. 20-21, 2023年11月.
22. Apodization と深層学習を適用した Wavefront Coding による再構成画像の画質向上, 佐藤

俊一, 池岡 宏, 浜本 隆之, 画像符号化シンポジウム(PCSJ)／映像メディア処理シンポジウム(IMPS)予稿集, P3-14, pp.102-103, 2023年11月.

23. Image anonymization preserving consistency of appearance for the identical person using contrastive learning, Michael Jia Zhao, Yoshihiro Maeda, Shunichi Sato, Hiroshi Ikeoka Takayuki Hamamoto, The International Workshop on Frontiers of Computer Vision (IW-FCV), PS1-5, 5 pages, 2024年2月.

<中道上>

24. 人間行動計測環境「5x5Cuboid」の提案とAR迷路オブジェクトの検討, 田邊基起, 山中正敬, 西山佳吾, 小山惇之介, 中道上, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム2023論文集, Vol.2023, pp.321-324, 2023年08月.
25. Comparison of Maze Play Time using 5x5 Cuboid in Cyberspace, Motoki Tanabe, Masato Yamagami, Noboru Nakamichi, Proc. IEEE 12th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), pp.233-236, 2023年10月.
26. AR迷路におけるARマーカー配置に関する研究, 山中正敬, 田邊基起, 西山佳吾, 小山惇之介, 中道上, 2023年度(第74回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, pp.R23-25-21-1, 2023年10月.
27. コンテンツ切り替えのためのワープジェスチャーの提案, 平松大尚, 中道上, 2023年度(第74回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, pp.R23-25-22-2, 2023年10月.
28. 情報提供手法を組み合わせた研究案内の魅力度調査, 藤井翼, 河村脩平, 中道上, 2023年度(第74回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, pp.R23-25-02-1, 2023年10月.
29. 「Map AR マーカー」を埋め込んだ案内板の提案, 西山佳吾, 田邊基起, 山中正敬, 小山惇之介, 中道上, 2023年度(第74回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, pp.R23-25-03-2, 2023年10月.
30. 操作手法とポインタデザインの組合せごとのホットスポット位置の認識差異, 小山惇之介, 山田俊哉, 中道上, The 25th IEEE Hiroshima Section Student Symposium, pp.60-63, 2023年11月.
31. 参加者体験型プラネタリウム「星空Touch」の検討, 原田稀吏, 小山惇之介, 渡辺恵太, 山田俊哉, 山之上卓, 中道上, The 25th IEEE Hiroshima Section Student Symposium, pp.223-224, 2023年11月.
32. 壁面ディスプレイ上のデジタル図書コンテンツ表示手法の検討, 小山惇之介, 山田俊哉, 中道上, The 25th IEEE Hiroshima Section Student Symposium, pp.302-305, 2023年11月.
33. 階層分析法を用いたデジタル図書コンテンツ表示手法の評価, 小山惇之介, 山田俊哉, 中道上, 情報処理学会インタラクシオン2024論文集, No.2P-91, pp.1023-1028, 2024年02月.
34. 参加者体験型プラネタリウム「星空Touch」に関する研究, 小山惇之介, 原田稀吏, 渡辺恵太, 山田俊哉, 山之上卓, 中道上, 情報処理学会インタラクシオン2024論文集, No.3A-03, pp.1076-1079, 2024年02月.
35. 5x5Cuboidを用いたAR迷路での探索時間とエンターテインメント性の比較, 田邊基起, 天満誠也, 山中正敬, 西山佳吾, 小山惇之介, 中道上, 情報処理学会インタラクシオン2024論文集, No.3B-21, pp.1161-1166, 2024年02月.

36. 壁面ディスプレイ上のデジタル図書コンテンツ表示手法の検討, 小山惇之介, 山田俊哉, 中道上, 福山大学工学部紀要, Vol. 47, pp. 67-72, 2024年03月.
37. 人間行動計測環境「5x5_Cuboid」におけるAR迷路のエンターテインメント性評価, 田邊基起, 山中正敬, 西山佳吾, 天満誠也, 中道上, 福山大学工学部紀要, Vol. 47, pp. 73-80, 2024年03月.
38. 非接触操作における段階的奥行表現の提案, 塩塚慶之介, 小山惇之介, 山田俊哉, 中道上, 電子情報通信学会2024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-083, pp. 178, 2024年03月.
39. 安心感を与える成績チェック方式の検討, 松田慧音, 三ヶ山俊介, 中道上, 電子情報通信学会2024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-084, pp. 179, 2024年03月.
40. 5x5Cuboidを利用した複数ARエンターテインメント環境の試作, 掛田康介, 山中正敬, 田邊基起, 西山佳吾, 小山惇之介, 天満誠也, 中道上, 電子情報通信学会2024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-085, pp. 180, 2024年03月.

<宮崎光二>

41. 打ち上げ花火のシミュレーションアプリの開発, 宮崎光二, 福山大学工学部紀要, Vol. 47, pp. 81-84, 2024年03月.

<森田翔太>

42. Timbre and height differences in self-perceived own voices, Proc. The 2nd International Conference on Advances in Information and Communication Technology (ICTA 2023), pp. 300-307, Thai Nguyen, Viet Nam, 2023年12月.

【機械システム工学科】-----

※該当なし

以上

2. 5 特許一覧 (2024 年度)

特許番号：特許第 7463596 号 (J-GLOBAL ID : 202403002004507539)

- ・ 発明名称：周囲データ取得装置、周囲データ取得システム、自己位置推定装置、自己位置推定システム、周囲データ取得方法、周囲データ取得プログラム、自己位置推定プログラム
- ・ 発明者：杉山 肇, 田中 聡
- ・ 出願人/特許権者：杉山 肇

以上

3. 教育活動

「地域防災リーダー養成講座」の実施

津田 将行
大学教育センター

1. はじめに

平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震以降も日本各地において大地震、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、平成 30 年(2018 年)7 月豪雨、別称、西日本豪雨では広島県、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、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。

2024 年の国内における自然災害についてみると、1 月 1 日に「令和 6 年能登半島地震」の発生。4 月 17 日には豊後水道で M6.6 の地震が発生。8 月 8 日には日向灘で M7.1 の地震が発生した。この地震により初の「南海トラフ地震臨時情報」の発表された。9 月 21 日から 22 日にかけて石川県能登地方で記録的大雨により、能登半島地震の被災地に再び大きな被害等が発生しており、日本各地で発生した災害は、今後の災害対策上の重要課題となっている。

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(以降、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

「地域防災リーダー養成講座」では、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、平常時においても地域の防災・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」を育成することを目的としている。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。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-2 に 2024 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 F 群
後期：「地域防災応用」 選択 2 単位 種別：教養教育科目 F 群

3. 受講者数および単位取得者数

表-1 に 2024 年度の実受講者数等を示す。2022 年度は、福山市防災リーダー協議会の西部ブロック協議会からの要望で、「授業公開」の制度を利用して、社会人の方の受講者がいた。しかし 2024 年度は、前期、後期ともに社会人の方の受講者は、いなかった。

表-1 受講者数等 (単位:名)

	講義科目名	履修登録者	単位取得者
前期	地域防災基礎	213	192
後期	地域防災応用	132	124

4. 普通救命講習

2023 年度までは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須であり、防災士資格取得試験の受験希望者全員が、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受講していた。

表-2 「地域防災リーダー養成講座」のカリキュラム(2024年度)

(a) 前期:「地域防災基礎」:2単位

回	日付	講義内容	講師(所属)
1	4/10	概説、防災士の役割	津田 将行(福山大学大学教育センター准教授)
2	4/17	土砂災害と対策	宮内 克之(福山大学名誉教授)
3	4/24	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)
4	5/1	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)
5	5/8	ライフラインと被害	大塚 尚志(国土交通省中国地方整備局総括防災調整官)
6	5/22	地震・津波のしくみと被害	宮内 克之(福山大学名誉教授)
7	5/29	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	6/5	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)
9	6/12	風水害と対策	津田 将行(福山大学大学教育センター准教授)
10	6/19	火災と防火対策	江草 利勝(福山地区消防組合消防局総務部予防課専門員)
11	6/26	惨事ストレスと心のケア	安藤 孟梓(福山大学人間文化学部心理学科准教授)
12	7/3	火山噴火のしくみと被害	津田 将行(福山大学大学教育センター准教授)
13	7/10	災害・避難情報の入手と発信	江原 誠一(福山市危機管理防災課地域防災担当次長)
14	7/17	被害想定・ハザードマップと避難行動	江原 誠一(福山市危機管理防災課地域防災担当次長)
15	7/24	命を守るための避難計画:マイタイムライン	津田 将行(福山大学大学教育センター准教授)

(b) 後期:「地域防災応用」:2単位

回	日付	講義内容	講師(所属)
1	9/25	身の周りの危険性を調べてみる	津田 将行(福山大学大学教育センター准教授)
2	10/2	身近でできる防災対策	越智 秀二(広島県自主防災アドバイザー)
3	10/9	耐震診断と耐震補強	山田 明(広島工業大学建築工学科准教授)
4	10/16	地域の防災活動	佐藤 千代子(日本防災士会広島県支部東部地区長)
5	10/30	大雨による災害と避難	熊谷 智代(気象予報士:日本気象予報士会広島県支部)
6	11/6	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)
7	11/20	インフラの防災対策と災害支援	乗松 晃生(国土交通省中国地方整備局防災室長)
8	11/27	都市防災	宮内 克之(福山大学名誉教授)
9	12/4	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)
10	12/11	災害とライフライン	宮内 克之(福山大学名誉教授)
11	12/18	災害と応急手当	青木 浩司(福山地区消防組合消防局警防部救急課専門員)
12	1/8	災害と損害保険	国好 雅夫(日本損害保険協会OB講師)
13	1/15	災害ボランティア活動と避難所の運営	堀田 琢哉(福山市社会福祉協議会ボランティア担当次長)
14	1/22	事業継続計画と地域継続計画	松井 裕一朗(ミネルヴァベリタス(株)代表取締役)
15	1/29	地域の復興と再建	津田 将行(福山大学大学教育センター准教授)

しかし、2024年度に日本防災士機構の防災士資格取に関する規約が改定された。その改正内容は、「第一種運転免許(応急救護処置講習)」を新規取得後5年以内のものに限って「普通救命講習Ⅰ」と同等のものとして認められ、防災士の認証登録には、「普通救命講習Ⅰ」を受講した「救命講習修了証カード」のコピー、または「第一種運転免許(応急救護処置講習)」(新規取得後5年以内)のコピーのどちらかを選択して提出することが必須となった。

そこで、防災士資格取得試験の受検希望者に「救命講習修了証カード」のコピー、または「第一種運転免許(応急救護処置講習)」(新規取得後5年以内)のコピーのどちらかを提出するかをアンケートを行った。その結果、「救命講習修了証カード」のコピー提出希望者が10名未満のため、福山地区消防組合による出張普通救命講習を中止とし、「普通救命講習Ⅰ」の受講を希望する学生には、福山市内の各消防組合で実施される「普通救命講習Ⅰ」を各自で受講することとした。

5. 防災士資格取得試験

防災士資格取得試験は、2022年度までは福山大学で2月中旬に実施していた。しかし2023年

度に日本防災士機構の防災士資格取得試験に関する規約が改定された。その改定内容は、「試験の受験者数が30名未満の場合には試験を実施しない」であった。そこで、2024年度は、2023年度と同様に福山市が実施する「福山防災大学」の受験者と同じ日時に試験を受検した。ちなみに試験は2025年2月9日に、まなびの館ローズコム大会議室・中会議室で受検した。試験は日本防災士機構から派遣された試験官が実施する。表-3に2024年度の受験者数および合格者数を示す。

表-3 防災士資格取得試験の結果(単位:名)

	経済学部	人間文化学部	工学部	生命工学部	薬学部	大学院	合計
受験者	2	9	8	3	0	0	22
合格者	2	9	6	2	0	0	19



写真-1 講義風景

(参考)

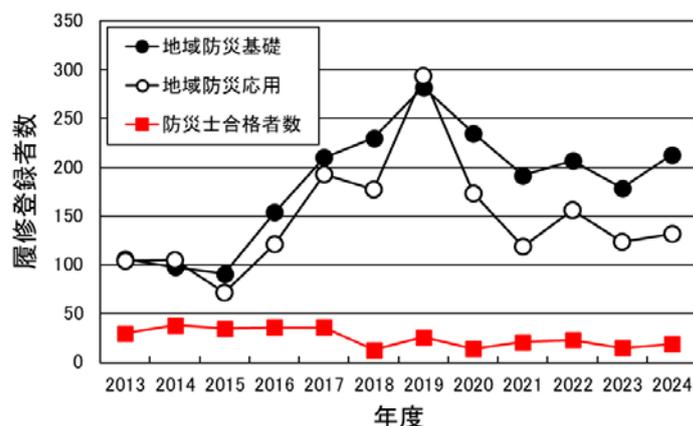


図-1 地域防災リーダー養成講座の履修登録者数の推移

「実践地域防災学」の実施

津田 将行
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、2013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、2013年度の開講以降、これまでに306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実施している。

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・減災の考え方および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. 科目の位置づけ、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. 2024年度の対象地域：福山市本郷学区内の昌源寺地区と御領地区

対象地域である福山市本郷学区内の地理的な特性として、学区内のほぼ中央を北から南へと本郷川が流れている。また学区の北部は谷間部が多く、また南部には急に開けた扇状地や低地を形成している。本郷川の平常時の水量はそれほど多くはないが、過去には幾度となく氾濫を起こしている。

今年度の調査対象地区は、昌源寺地区と御領地区である。

昌源寺地区と御領地区はともに本郷小学校に近く、昌源寺地区は本郷小学校の北側であり、御領地区は本郷小学校の東側である。

昌源寺地区の地形は、東側に山地、西側には本郷川が北から南に流れており、西側に比べて東側の方が高く、西側が低い西低東高の地形となっている。また南北には県道48号線の府中松永線が縦断しており、国道48号館を境として東側に昌源寺というお寺や住宅が点在するが、西側の方が住宅数が多い。昌源寺地区の防災上の留意箇所は、東側の山地が土石流の警戒区域や特別警戒区域、急傾斜地の警戒区域や特別警戒区域に指定されている箇所がある。また西側は、本郷川が氾濫した場合の氾濫想定区域に指定されている。

御領地区の地形は、北側が山地、南側が低地の微高地になっている。よって、南北方向は、中央部分が低いお椀型の形状であり、東西方向は、東側の方が低地の微高地であり、東西方向に東側が高く、西側が低い西低東高の地形となっており、小さい河が東側から西側に流れている。中央部分

は比較的、畑や田んぼが多く、北側の山際や南側の微高地に住宅が多い。御領地区の防災上の留意箇所は、北側の山地が急傾斜地の警戒区域や特別警戒区域に指定されている箇所がある。また北側の山地や南側の微高地は、地すべりの警戒区域に指定されている。また住宅や田畑から少し離れた箇所には、松永溜池や二六池があり、これらの池は地震や豪雨時に決壊した場合に浸水区域に家屋や公共施設等が存在し、人的被害を与えるおそれのあるため池として防災重点ため池に指定されている。



図-1 本郷学区 現地対象域

4. カリキュラム

本講義のカリキュラムを以下に示します。

表-1 本講義のカリキュラム

回	実施日	時限	内 容
1	9/9 (月)	1	目的、内容、スケジュールの説明 地区防災計画について
2		2	広島県の風水害の特徴、災害図上訓練DIG
3		3	本郷地区の特徴と防災上の危険性の確認
4	9/10 (火)	1	マイ・タイムラインについて
5		2	本郷地区の地区防災計画について (現状説明) 対象地区の特徴と災害の危険性の確認 現地踏査に向けて準備、確認事項等
6~9	9/11 (水)	1、2	現地踏査の説明、現地踏査
		3、4	現地踏査の結果整理、避難経路の問題点抽出
10~13	9/12 (木)	1、2	避難所運営ゲームHUG
		3、4	避難計画の問題点と解決策の検討、避難マップの作成
14~15	9/13 (金)	1	避難対象者のマイ・タイムラインの作成
		2	成果発表、意見交換

5. 授業実施（災害図上訓練 DIG、避難所運営ゲーム HAG）

現地踏査の事前準備として、災害図上訓練 DIG により本郷学区を流れる川やため池等の自然条件、自治会境界、消防、警察、病院、及び小学校などの防災資源、及び土砂災害警戒区域、及び浸水想定区域を地図上にマークしました。次に避難対象者について、その方の家から避難場所までの避難手段、及び避難経路について複数案を考えた。

また、避難への不安を少しでも減らし、避難後の状況について考えるために、避難所の運営者の立場から避難所に次々にやってくるいろいろな人々への対応、避難所で発生すると考えられる出来事にどう対応すれば良いかを、ゲーム感覚で模擬体験できる避難所運営ゲーム HUG を実施した。

6. 避難経路、マイ・タイムライン（個人の避難計画）の作成、成果発表

昌源寺地区と御領地区で生活されている方を対象として、地元自主防災組織の方と共に昌源寺地区と御領地区の現地調査を行った。

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、及び避難開始のタイミング等の種々の情報を確認、収集しました。

また、担当地区毎に代表的な高齢者として、昌源寺地区の N さま 82 歳の男性と 81 歳の女性のご夫婦。御領地区の O さま車の 69 歳の男性と 68 歳の女性のご夫婦。運転が可能で年齢相当の歩行も可能。スマートフォンを所有している。ペットは飼っていない等の家族構成や移動手段を元に、そのご家族のマイ・タイムラインを作成しました。

授業の最後には、グループ毎に作成した避難経路のマップやマイ・タイムラインを用いたプレゼンテーションを行いました。

今回の授業実施に当たり、福山市本郷学区本郷学区自治会連合会会長の横山様、自主防災会の大村様、嶋田様には大変お世話になりました。この場をお借りして感謝申し上げます。ありがとうございました。

Nさまの避難経路

避難情報を得る手段

✓テレビ ✓ラジオ ✓携帯電話

	いつ	どこへ	移動手段	移動時間
①	レベル3 高齢者等避難	本郷小学校	車	3分
②	レベル4 避難指示	本郷小学校	徒歩	郵便局(赤)：8分 本郷川(青)：10分
③	レベル4 避難指示	本郷保育所	徒歩	6分

図-2 昌源寺地区 N様の避難経路案

Oさまの避難経路

避難情報を得る手段

✓テレビ ✓ラジオ ✓携帯電話

	いつ	どこへ	移動手段	移動時間
①	レベル3 高齢者等避難	本郷小学校	車	2分
②	レベル4 避難指示	本郷小学校	徒歩	狭い道：8分 広い道：10分
③	レベル4 避難指示	本郷保育所	徒歩	4~5分

図-3 御領地区 O様の避難経路案

マイタイムライン Nさま

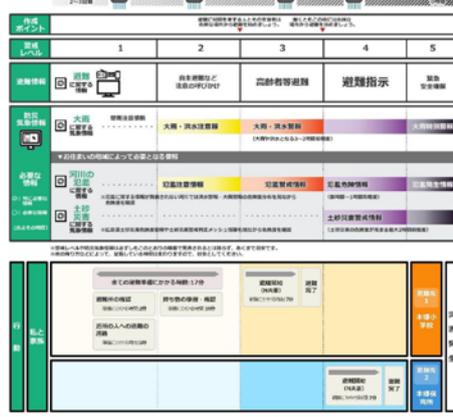


図-4 昌源寺地区 N様のマイ・タイムライン

マイタイムライン Oさま

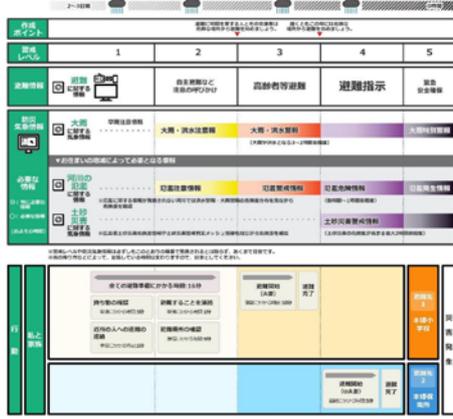


図-5 御領地区 O様のマイ・タイムライン



写真-1 成果発表会の様子