

福山大学
安全安心防災教育研究センター

平成29年度 活動報告書

平成30年9月

巻頭言
活動報告書発行にあたって

福山大学 安全安心防災教育研究センター
センター長 仲嶋 一

旧構造・材料開発研究センターにスマートコミュニティーに関する部門を加えて安全安心防災教育研究センターとして新たにスタートしてより、第2回目の活動報告となります。本学は、2017年度私立大学研究ブランディング事業に「瀬戸内海 しまなみ沿岸生態系に眠る多面的機能の解明と産業支援・教育」というテーマにて採択されました。このテーマは本学が2016年度より取り組んでいる大学のブランディングを推進のための全学的研究プロジェクト「瀬戸内の里山・里海学」から里海に関する研究にターゲットを絞って申請したもので、このプロジェクトには本センターのひと・まち・くらしプロジェクトの中から、藻場探査自律式海中ロボットシステム、衛星画像藻場分布計測、藻場環境計測システム、シロギス養殖水槽環境システムの開発について分担しています。本成果報告では、上述の里海関連のプロジェクトの他、2016年度より継続して推進している工学部横断型ひと・まち・くらしプロジェクトの研究成果を掲載しています。

構造材料開発研究に関しては、鉄筋コンクリート構造の強度評価、木造建造物の耐力特性評価、避難所体育館における温度解析といった多岐にわたる分野に関して、活動を紹介しています。さらに、防災教育として、地域リーダー養成講座、みらい工学プロジェクト「防災について考える」といった教育活動をまとめ、当センターの活動全体を集約しました。

また、2018年より新部門「河川臨海域環境保全・防減災教育研究部門」を新設します。河川はまちを貫いて里山と里海を結び、生活用水の提供をはじめ様々な恵みを我々に提供する重要な存在です。しかしながら過去においては高度成長の中で河川的环境破壊が進み、近年改善されているものの、芦田川をはじめ近隣の河川は更なる環境の改善を必要としています。一方、河川は災害の発生源でもあり、近年急増する集中豪雨による洪水に加え、河口域における津波、高潮を含めた防災、減災対策が急務となっています。このような背景から、河川環境の保全を研究すること、河川構造物の面から防災の研究を行う事、洪水発生の予知と避難等による減災の研究を行う事に係る教育研究部門として本部門を新設しました。次年度以降の研究成果にご期待ください。

安全安心防災教育研究センター

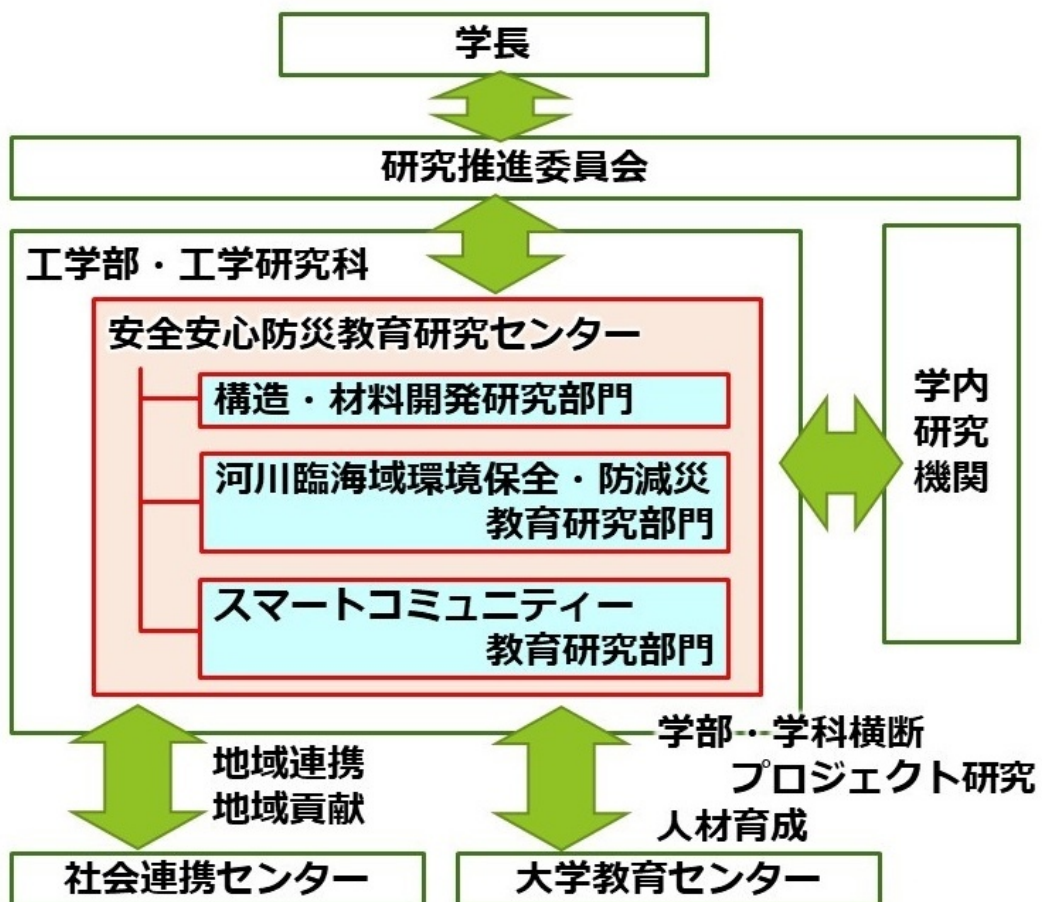
平成29年度 活動報告書 目次

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 運営委員会（兼 自己点検評価委員会）.....	3
2. 研究活動.....	5
2.1 ひと・まち・くらしプロジェクト.....	10
2.2 各教員による研究プロジェクト.....	80
2.3 研究資金獲得状況.....	100
2.4 研究業績一覧.....	104
3. 教育活動.....	113
3.1 みらい工学プロジェクト.....	114
3.2 地域防災リーダー養成講座.....	116

1. 組織および運営

1. 1 組織図



1. 2 運営委員会（兼 自己点検評価委員会）

役職	所属	氏名	担当業務
◆ 安全安心防災教育研究センター			
センター長	スマートシステム工学科	仲嶋 一	ひと・まち・くらしPJ再編 予算申請
副センター長	建築学科	都祭 弘幸	成果報告 予算申請
-	社会連携センター	中村 雅樹	社会連携・知財
-	スマートシステム工学科	香川 直己	アドバイザー
-	海洋生物科学科	倉掛 昌裕	アドバイザー
◇ 構造・材料部門			
部門長	建築学科	都祭 弘幸	(前掲)
-	建築学科	山田 明	HP・教務
◇ 河川臨海域部門			
部門長	スマートシステム工学科	仲嶋 一	(前掲)
-	大学教育センター	津田 将行	安全・教務
-	情報工学科	山之上 卓	HP
◇ スマートコミュニティー教育研究部門			
部門長	スマートシステム工学科	関田 隆一	安全・衛生
-	建築学科	伊澤 康一	成果報告
-	機械システム工学科	小林 正明	ホームページ

2. 研究活動

ひと・まち・くらしプロジェクト（私学研究ブランディング事業） アブストラクト

■海中探査システム開発プロジェクト（藻場環境観測システムの開発）

／工学部・スマートシステム学科 田中聡、伍賀正典、仲嶋一…………… 10

藻場内部に生息する魚類の生態解明、藻場の分布や流れの調査のために、水中の様々な環境情報を多角的方面から取得するシステムを開発する。観測器を分布的に海底に設置し、広い範囲で環境データを取得することを目標とし、生物に大きな擾乱を与えないで観測する手段を比較的低価格で用意するため、ステレオカメラを用いた海流速度測定システムの構築を行った。今度、種々のセンサを組み合わせたセンサーフュージョンによる環境認識意を組み合わせたシステムの構築を行う。

■海中探査システム開発プロジェクト（海中探査ロボットの開発）

／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、伍賀正典、工学部・情報工学科 池岡 宏…………… 32

藻場内部に生息する魚類の観察を行う海中・海上ロボットシステムを開発する。複雑に絡み合う藻場の中での調査に特化したシステムを考える。平成 29 年の活動として、海中ロボットと海上ステーションのプロトタイプの開発に着手し、ハードウェアは概ね完成、それに引き続くソフトウェア開発と実験計画について検討した。藻場探査ロボットシステムの全体像を構想し、プロトタイプ研究に必要な機材・資材の選定と導入を完了した。

■ 衛星画像藻場分布

／工学部・スマートシステム学科 関田 隆一…………… 38

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化変化を計測することが不可欠となる。そこで里海の豊かさを藻場の状態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、藻場の経年化変化を把握する研究を開始した。本研究は、藻場が人の活動及び里山から河川を伝って排出する砂等で受ける影響のモデル化まで踏み込む、従来にない意義の大きなものとなる。

■シロギス養殖水槽環境システムにおける水温・照度シミュレーションモデルの構築

／工学部建築学科 伊澤康一…………… 42

本開発では、ディーブラーニングによってシロギスが減耗せずに餌を良く食べ体長が大きくなるような好条件の環境パラメータを明らかにし、それをより効率的に達成するための方法をモデルベース開発によって明らかにする計画である。本研究では、モデルベース開発で用いる水槽環境システムの水温・照度シミュレーションモデルを構築し、気象データを用いることで水槽水温（熱環境）と水槽水上面照度（光環境）の予測を可能とした。

ひと・まち・くらしプロジェクト アブストラクト

■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

／工学部・スマートシステム学科 仲嶋一教授、三谷康夫教授、香川直己教授、田中聡准教授、
伍賀正典准教授..... 46

本研究テーマにて御器谷科学財団の助成を受け、2016年度から2017年度にかけて、パラメトリックスピーカを利用した制限音生成手法、骨伝導音による患者音声ピックアップ手法、マルチマイクのアレイ信号処理による音源特定手法、決定木を用いて病院内の会話で医療会話と非医療会話を分離する会話クラスタリング手法の開発を行い、上記科学財団への報告を完了した。完了後も各項目について卒業研究にて継続研究中である。報告では、逆伝搬ゲイン補正を行ったマルチマイクの遅延和法による信号処理を用いた音源分布生成について詳述する。

■超小型衛星概念設計モデル試作

／工学部・スマートシステム学科 関田 隆一..... 54

第4回大学宇宙工学コンソーシアム世界大会でファイナリスト10ミッションに選定された「地上センサーネットワークロボットと協調する低軌道衛星を活用した土砂崩れ予測ミッション」に向けて通信技術を検証する超小型衛星実験システムの概念設計を行った。結果、超小型衛星は、機器選定まで終わり基本設計へ進めるが、地上ロボットは研究進捗が遅くシステム成立性を得られなかった。平成30年度からミッション再設定の研究を行う。

■地域遺産としての備後表、無花果十蔵、備後柿渋、能舞台

／工学部・建築学科 佐藤圭一..... 60

ひと・まち・くらしプロジェクトの一環として実施している「備後地域遺産研究会」の2017年度活動報告である。備後地域の歴史と文化、生活に深く根ざした空間計画を方法として、地域のヒト・モノ・コトをデザインする実践を通じて、今まさに危機にある地域遺産を保全、継承することを第一義的な活動目的とする。2017年度は、2016年度から引き続き、備後藺草と備後表、明王院と草戸千軒、別所砂留をテーマとした活動を行うと共に、新たに、「地域遺産」としての無花果十蔵、備後柿渋、能舞台を「発掘」した。

■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..... 62

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

■交通安全プロジェクト

／工学部・機械システム工学科 内田博志、関根康史、小林正明、工学部・スマートシステム学科 仲嶋 一、田中 聡、伍賀正典、工学部・情報工学科 金子邦彦、人間文化学部・心理学科 平伸二、宮崎由樹 66

平成 27 年度に交通安全研究に関する広島県警察との包括協定を締結し、平成 28 年度に本プロジェクトを新規開始した。平成 29 年の活動として、ドライバー生体計測系、実写型シミュレータ、青色白色街灯等に関する研究を行い、広島県警本部交通部との共同研究協議会で報告した。生体計測系開発などに関する企業との共同研究 2 件を実施した。新規の取り組みとして、オープンソース技術を利用した自動運転車の開発に着手した。

■寺院で用いる線香着火装置の開発

／工学部・機械システム工学科 小林正明 76

日本人の多くは神社仏閣への参拝を行っている。特に初詣には多くに人が神社仏閣に参拝に行っている。参拝者の多くは大みそかから元旦にかけて参拝するため神社仏閣では大変混雑し参拝者がなかなか参拝できない状況が続いている。初詣時の寺院の参拝の様子を調査した結果、本殿での参拝時間よりも献灯・献香に用する時間に問題があることが分かった。本研究は寺院においてスムーズに参拝できるような線香着火装置を尾道市のサトウ板金の協力の元を開発を行った。

各教員による研究プロジェクト アブストラクト

■ 電気系設備保全のための IoT システムに関する研究

／工学部・スマートシステム学科 関田 隆一 80

社会は、IoT の発達によりネットワークサービスで何をどう具体化させるかが急務である。経済産業省は平成 29 年 2 月にデジタルファーストから IoT ファーストへ政策を転換し、ネットワークのビッグデータ活用によるプラント設備保全にソリューションを期待している。IoT と AI は、プラントの制御・計測機器保全で故障検知活用が可能になることから、電気・電子設備保全に新たなリスク解析を導入する研究を開始した。

■ 高密配筋された腰壁・垂れ壁を有する RC 梁部材の構造性能に関する実験的研究

／工学部・建築学科 都祭弘幸 82

「鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準(案)・同解説」(日本建築学会)では腰壁・垂れ壁付き梁部材が部材種別 FA を確保できる条件を提案している。その中で、壁厚比-壁高さ比関係の規定は解析的な検討から設定されたものであり実験研究で検証されていない。本研究は、提案された腰壁・垂れ壁付き梁部材の部材種別判別方法に関して実大・縮小試験体の実験を実施し、強度・変形状などを検証・検討している。

■木造－鉄骨造併用軸組の水平変形性能実験

／工学部・建築学科 山田 明、工学研究科・修士課程 金野章子…………… 88

まぐさをH形鋼とした木造と鉄骨造の併用軸組の実験について報告した。まぐさは鉛直荷重を負担する。柱とまぐさの仕口をパラメータとし、水平変形性能、仕口の挙動、履歴特性について検討した。実験の結果、1)軸組は1/10radの水平変形性能を有する。2)スリップ過程時に剛性が負となる。3)等価粘性減衰定数は変形角の増大とともに減少し、1/20rad以降で約12%に収束する。ことを明らかにした。

■施工段階別に計測した木造住宅の振動特性～備後地域のA邸、B邸について～

／工学部・建築学科 山田 明、工学研究科・修士課程 金野章子…………… 92

備後地域に実在する2棟の木造軸組住宅を対象に、建て方時から竣工に至るまでの4段階で常時微動計測を実施し、振動特性に関する実測値と計算値の照合を試みた。その結果、1)実測値と計算値を比較すると、雑壁の剛性は無視できない。2)筋交いの施工が振動数に及ぼす影響は極めて大きい。3)耐力壁の施工直後、下地未施工の状態の実測値が最も計算値に近い。4)実測値の約1/3の値が計算値となる。ことを明らかにした。

■避難所体育館冬季熱環境を対象とした定常感度解析

／工学部・建築学科 伊澤康一…………… 96

避難所体育館熱環境のあるべき姿を定常感度解析によって明らかにすることを目的とした。冬季の避難所体育館における暖房加熱速度・開口部面積と温度差換気量・室温の関係について解析を試みた結果、開放式ストーブを使用した場合では加熱速度と開口面積から求まる換気回数は必要換気回数に比べて小さく必要換気量が確保できないが、床暖房を使用した場合では必要換気量を確保しながら目標とする室温を達成できることがわかった。

海中探査システム開発プロジェクト 藻場環境観測システムの開発

田中聡・伍賀正典・仲嶋一
工学部スマートシステム学科

■ 目的

瀬戸内海の里海と呼ばれる生物多様性を有する沿岸海域において、藻場内部に生息する魚類の生態解明、藻場の分布や流れの調査のために、水中の様々な環境情報を多角的方面から取得するシステムを開発する(図1)。生物の生態は環境に大きく依存して(適応して)いることは周知の通りである。海流によってプランクトンや稚魚が漂流し、それを追って大型魚が集まる。そのような捕食者から逃れるように藻場に隠れて多くの魚類が生息するとは考えられているが、実際はそれがどのような場になっているのかを知ることが難しい。今回の研究プロジェクトではそのような場にメスをいれて、多くの観測器を分布的に海底に設置し、広い範囲で藻場の中の環境を明らかにすることを目標としている。そのためには生息する生物に大きな擾乱を与えないで観測する手段を比較的 low 価格で用意する必要がある。筆者らはそうした場に固定カメラを設置して長時間の動画やデータの記録を残すことを最終目標としている。生物観察用や観光用など海底に置くカメラは既に多く製品化されている[1][2]。しかしながら、筆者らの目標とするのはまずは物理的な環境要因を画像から解析することである。すなわち瀬戸内海のような遠浅で水底まで日光が入るような環境において、どのように海流や温度が変化してそれにともなってどのように海藻や魚類が移動・変化するのかを調べることである。海流の速度や方向の測定は実際にやってみると難しい場合が多い。たとえば、河川の水流はニュートン流体ならば表面が最も早く水底ほど遅いはずだが、実際は水面から20%の深さが最も流速が早い場合が多い。これは水面では波や風の抵抗で層流とはならないからだといわれている。海表面はさらに複雑で海面の波の動きは浜辺に寄る波と浜辺から離れる波などさまざまな方向への波面がモザイク状に組み合っており、海中の海水の動きとつながりがみられないものも多く、海流の動きを表層から見ただけではわからないといえる。そこで、海中にカメラを置いて、海中を移動する物体に焦点をあてて追跡することにより、その深さでどのような海流があるのかを調べようというのがこのカメラの目的である。この装置は、画像取得のために実装されたカメラを海底から海面の方向に向けて設置し、海中を移動する物体の3次元座標を測定することにより海流の方向や流速を求める機能がある。さらに水深、流速、温度(水温)、カメラの方向、時刻を測定し

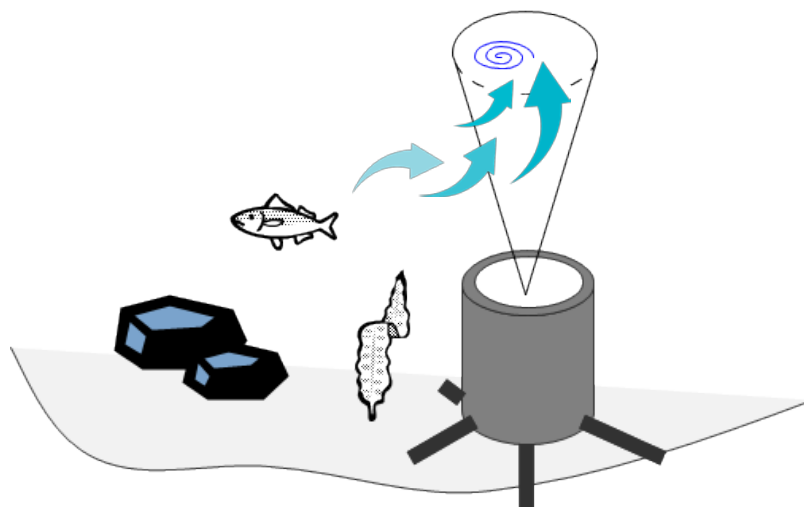


図1 藻場環境観測システムのイメージ

てデータの補正を行う。本装置は実験段階とはいえ実用システムとしての運用を目指していることから、信頼性および安全性、長期安定性に十分に配慮した設計が求められているとともに、性能のみならず、運用上の利便性や課題にも配慮した構造とし、周辺機器および運用ソフトウェアやマニ

ユアルの充実も考慮して開発する必要がある。

■ 2017 年度の実施目標及び実施計画

本年度は研究ブランディング事業採択による研究開始年度のため、藻場環境観測プロジェクト全体として藻場の状態を把握するために有効な環境パラメータの抽出と構想設計、2018 年度以降の実施計画の策定に特化して研究を進めた。その中で、海水の流れを低価格で計測する手段としてカメラを用いての水流センサの開発、このカメラによる計測を基本として更に水深、流速、温度（水温）、カメラの方向、時刻を測定してデータの補正を行う統合センサシステム、長期設置による観測窓への藻類の付着を防止する構造、このコンセプトから実行計画に至るまでが 2017 年度の実施事項である。

■ 参考文献

- [1] 水中カメラ 広和株式会社,<http://www.kwk.co.jp/marine/products/camera.html>
- [2] Waterproof Marine Network IP Cameras , IRIS Co.,
<http://www.boat-cameras.com/products/ip-cameras/>

藻場環境観測システムの開発 (海流を計測するための海底カメラシステム)

田中 聡
工学部スマートシステム学科

本文

■ 研究の背景目的

筆者らは藻場に固定カメラを設置して長時間の動画記録を残し、瀬戸内海のような遠浅で水底まで日光が入るような環境においてどのように海流が変化してそれにもなつて海藻や魚類が移動するのかを調べることを最終目標としている。海流の速度や方向の測定は実際にやってみると難しい場合が多い。たとえば、河川の水流はニュートン流体ならば表面が最も早く水底ほど遅いはずだが、実際は水面から20%の深さが最も流速が早い場合が多い。これは水面では波や風の抵抗で層流とはならないからだといわれている。海表面はさらに複雑で海面の波の動きは浜辺に寄る波と浜辺から離れる波などさまざまな方向への波面がモザイク状に組み合っており、海中の海水の動きとつながりがみられないものも多く、海流の動きを表層から見ただけではわからないといえる。そこで、海中にカメラを置いて、海中を移動する物体に焦点をあてて追跡することにより、その深さでどのような海流があるのかを調べようというのがこのカメラの目的である。

■ 研究の課題

本装置を海底という環境において長時間動作するための課題や目的とする機能を実現するための課題について以下にまとめる。

課題

1. 多湿環境における電子回路への結露、漏水への対策
2. 腐食性のある海水に耐える容器
3. バッテリーを長持ちさせるための省電力化
4. 付着生物による視界やセンサの不良への対策
5. 海流のある海底に垂直に立てるという設置方法
6. 画像処理によるオブジェクトトラッキング技術
7. 漁労による盗難

耐海水性の容器としてはチタン製のものがよく用いられるが、高価であり入手が容易ではない。7の漁猟による盗難を考えると高価なシステムは経済的損失が大きく、数年以下という短期間の運用目標を考えると、容器は樹脂製か特別な耐海水性はないがしばらくは使用できる金属製が適している。樹脂製は入手や加工に難があり耐加重や耐衝撃のために大型化する。内部にある温度センサと海水との温度差が大きくなることも避けなければならない。こうした点から金属製の容器を採用することとした。さらに、海底でのカメラの姿勢を知るために地磁気による方位センサが必要であるため強靱な鉄製容器を塗装したものは採用できず、ステンレスの中でも磁性をもたないオーステナイト系のSUS304を用いることになる。ただし、オーステナイト系ステンレスで作られた容器であっても加工中に結晶構造が変化して磁性を持つ場合もあるため事前に磁化の状態を注意深く確認しておく必要である。

次に1の多湿環境への対応についてであるが、バッテリーや電子回路への結露は避けなければならない。吸湿材料を使って内部の湿度を下げることも必要だが、あらかじめ内圧を高めておいて海水の侵入を防ぐ予防的対応も行う。この時、乾燥空気が窒素ガスを必要な圧力で注入することになるが、事前に内部の水蒸気や水分の排出が必要である。このようなガス作業は研究室のような屋内作業となるが、データの入出力や充電といった作業はフィールドで実施することも想定するので、給電部分のコネクタとガス配管を取り出した、完全密閉型の構造を想定している。密封に必要なガスケットはほとんどがゴム系であり、海中での使用では劣化が大きいとされている。しかしながら、海中撮影用のカメラハウジングの使用例を見る限り数年の使用で使えなくなるほどのものではな

いと言えそうである。とはいえ、Oリングを容易に交換できるような構造とする。

装置の消費電力が大きいのはLEDライトであり1000lmの光束を得るためには10W程度を消費する。また、カメラを含むマイコンボード部分も5W程度を必要とする。演算性能と消費電力はほぼ比例することからクロック周波数を高くしないことが望ましい。次に消費電力の大きいLEDライトについては撮影するタイミングで発光する構造とすることにより消費電力を半減させることができる。紫外線LEDの照射間隔については実証実験を行って決めることになる。

カメラの窓部分の透明窓材料として潜水艇ではアクリル樹脂を用いるケースも多いが長時間の海中での放置により表面の腐食により曇ってしまう場合が多いので、摩耗に強いガラスを用いる。また付着生物に対する対策として、ガラス表面に近紫外線(405nm)を照射[1]する方法や365nm帯域を照射する実験[2]が行われて成果を上げており、今回の実験でもこの方法を採用し効果を実証する。

海底にカメラのみを設置するという方式について、メンテナンスやバッテリーの面から海上ユニットと海底ユニットに分け、充電や通信は海上部分から行うという提案があったものの、現場の研究者の方から、海上と海底を結ぶテザーケーブルが切断される可能性が高いとの指摘があり採用は見送った。バッテリー容量の面から、運用期間は1日から2日に制限されることになり、頻りに設置と引き上げを繰り返すことになる。その際に、海底に安定して同じ姿勢で着地させることができるかどうかは課題になる(課題5)。海底は整地ではないので着地用の脚の構造は重要であるとともに、実際の着地姿勢を計測して画面の方向を正しく認識するための仕組みが必要である。

瀬戸内海の水深の平均値はおよそ30mである。テザーケーブルなしに海底に設置する場合、ケーブルで吊り下ろし、さらに、網などでひっかけて回収する必要があるが、このような運用は現実には難しい可能性がある。そこで当面は干潮時に浅瀬で上げ下ろしをする運用を選択した。瀬戸内海の干満差は大潮でも4mくらいであるため、設置できる場所の最大の水深は10m程度と見込んでいる。

課題7については漁労の盛んな瀬戸内海地域で完全に保護することは難しいとの指摘があった。展開と回収を頻りに行って監視をする必要があるようだ。

■システムの構成

図2に海底カメラの外形の3Dイメージを示す。円筒形の容器の上面に円形のガラス窓があり、その周囲は遮光用のフードがある。また、底面には脚部が4方向(本数は変わる可能性がある)に伸びている。

この海底カメラの特徴は

- ① ステレオカメラによる浮遊物体のトラッキングによる3次元流速測定
- ② 紫外線照射によるガラス窓面への付着防止実験
- ③ 水圧及び温度測定による水深の計測
- ④ 内部には感想空気もしくは窒素ガス2atmを充填して結露の防止

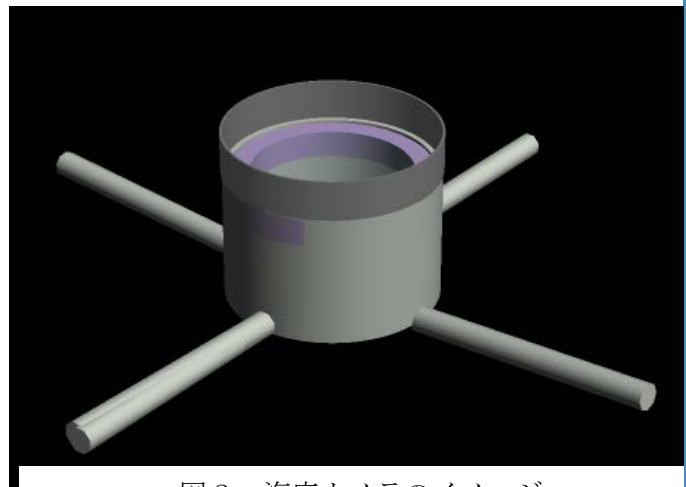


図2 海底カメラのイメージ

(1) 本体の構成

海底カメラの筐体は市販のステンレス真空容器に用いられる部材を使用して製作する。

- ① ステンレス ICF フランジ+石英ガラス窓 = (ビューポート) を使用
- ② ステンレス円筒チャンバ (ICF フランジ付きニブルを活用する)
- ③ 真空容器のためのケーブル用のポート
- ④ ガス入出力用の配管 (1/4インチ)
- ⑤ 海底に安定して固定するための支持脚を設けまた、高さを低くして低重心化
- ⑥ 水深測定のために外部圧力計の設置
- ⑦ 電食による防食の予防のために電位計
- ⑧ 海中を照らす白色ライトを装備

- ⑨ レーザによる光通信の実験のためのスペースを確保
- ⑩ 外部インターフェイスのためのケーブル端子（キャップ付き）

重心の高い容器は海底で倒れる可能性が高いので平たい形状の方が良いと考えている。内部に収納する機材のうち大きいものはモバイルバッテリーであり対角で220mm厚さ45mmは必要である。また、のぞき窓の部分はカメラのレンズ間隔が100mm以上を必要としていることから窓を取り付けるフランジはICF203が必要である。

カメラが傾いた場合に自動的に上に向ける機能を搭載することを考えていたが、薄型が必須である点とポートの窓にカメラが斜めに面した場合には画面が歪むことがわかってきた。そういった点から窓を大きくして画角も広げる方向で設計を行うこととした。さらに、カメラレンズの場合には側面から強い光が入射するとガラス面でハレーションを生じるため、ガラス側面に遮蔽を設けることとする。

円形窓ガラス厚の設計は次の計算式による。ガラス材料は300nm近辺の紫外線透過率の高い熔融石英を用いる。海底カメラの当面運用する水深は10mであるから1気圧でよいので

$$\frac{t}{D} = 0.866 \sqrt{\frac{P}{F_a}} \quad (1)$$

t：厚さ， D：形状が円形時の解放部の直径
 Fa：見かけの弾性限界（熔融石英では680 kg/cm²）， P：単位面積あたりの圧力（kg/cm²）
 水深10mの場合には10mm、30mの場合には18mmの厚さを必要とすることがわかる。

(2) 海底カメラの回路

海中カメラのブロック構成を図3に示す。構成の観点から本システムの特徴や目標とする仕様を以下に記述する。

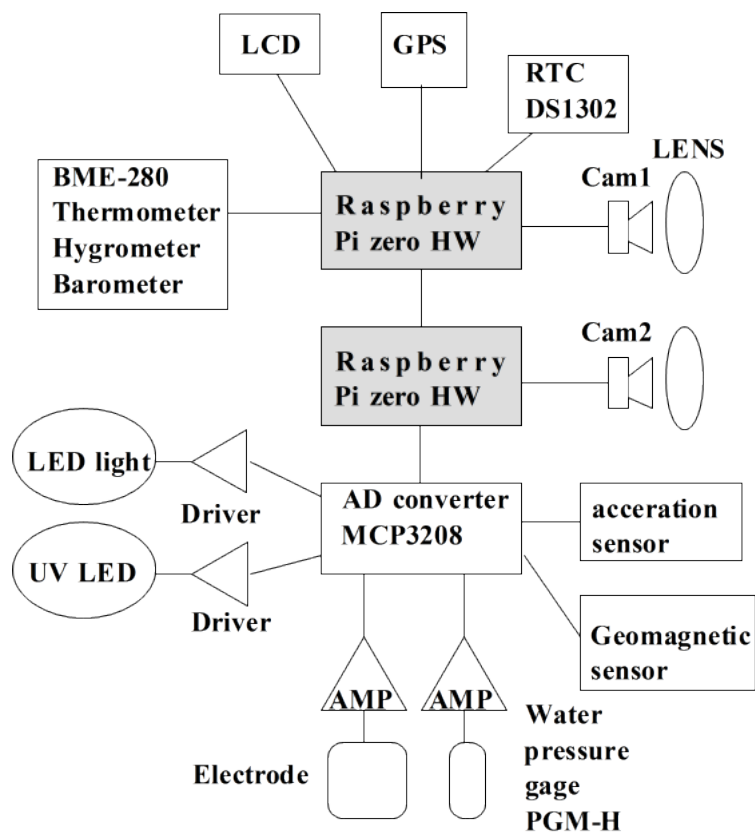


図3 2台のRaspberry Piを用いる構成

1. 制御用のコンピュータとして小型で実装が容易であり Linux OS 上でソフトウェア開発のできる Raspberry Pi を採用した。
2. Raspberry Pi では時刻は電源起動時から始まるため、RTC を装備する必要がある。GPS はフィールドにおいて正確な時刻を取得してこの RTC に設定するために用いる。
3. ステレオカメラとして CSI2 接続のカメラを 2 つ使う場合には Raspberry Pi zero WH (Wi-Fi および Bluetooth 機能あり) を 2 個使用する。CSI インターフェイスを 2 つもつ Raspberry pi compute module 3 を用いれば 1 個で接続できるが、接続のための基板の製作が別途必要となる。
4. 2 つの Raspberry Pi zero WH の間のカメラ同期や時刻同期のためのシリアル通信路を相互に設ける。カメラ同期用の信号路は GPIO を用いているが、シリアル通信は USB を経由するか Wi-Fi や Bluetooth を用いるかは接続実験の結果により決めることとした。
5. GPS が接続されている側の Raspberry Pi には NTP タイムサーバを設け、他方の Raspberry Pi では systemd-timesyncd を起動して時刻同期を行う。
6. GPS は水没するまで地点座標を記録しているため、測定を行った位置情報を正確に記録することができる。
7. 128GB の SD Card を用いれば後述する容量計算の結果からみて 2 日間の動画を保存できる。
8. 設置方向およびカメラの傾斜を測定するためにコンパスセンサおよび加速度センサを装備する。容器のステンレス SUS304 は非磁性のため磁気を使うコンパスセンサは地磁気に対応した方向を計測することができる。
9. それぞれの Raspberry pi には Watch Dog timer を設けて異常状態ではリセットが行われる。
10. 海食の防止のために電位測定を行う。リファレンス用の陽極を外部に設置する。
11. 内部の気圧計 BME-280 は容器からの窒素ガス漏れを監視する。ただし、BME-280 の最大計測圧力は 1100hPa であるため測定のためには 2 気圧で加圧された状態では機能しない。
12. 運用において容器内の減圧、加圧時のみにバルブの開閉が必要となる。ガス管の外部端は簡単なキャップをつけるのみとなり、強いストレスや加圧に弱いため、容器の内部において電磁バルブを用いて開閉を行う構造としている。
13. 水深の測定のために水圧計を容器外部に向けて装着する。水圧測定には圧力計 PGM-H (最大圧力 500kPa KYOWA 製) を容器外部に取り付けて用いる。(リファレンスは近隣の陸上に設置している気圧計) 水圧測定の水圧計は容器外に露出していることから長期の運用では付着生物による防汚のためにワイパーが必要となる可能性がある。

回路図を図 4 (左半分), 図 5 (右半分) に示すが回路図は GPIO ポートと中心としているため USB の接続やカメラの CSI ポートへの接続は省略されている。

センサへの接続は I2C および SPI、シリアル接続としている。高速な通信を必要とするデバイスはないので問題はない。

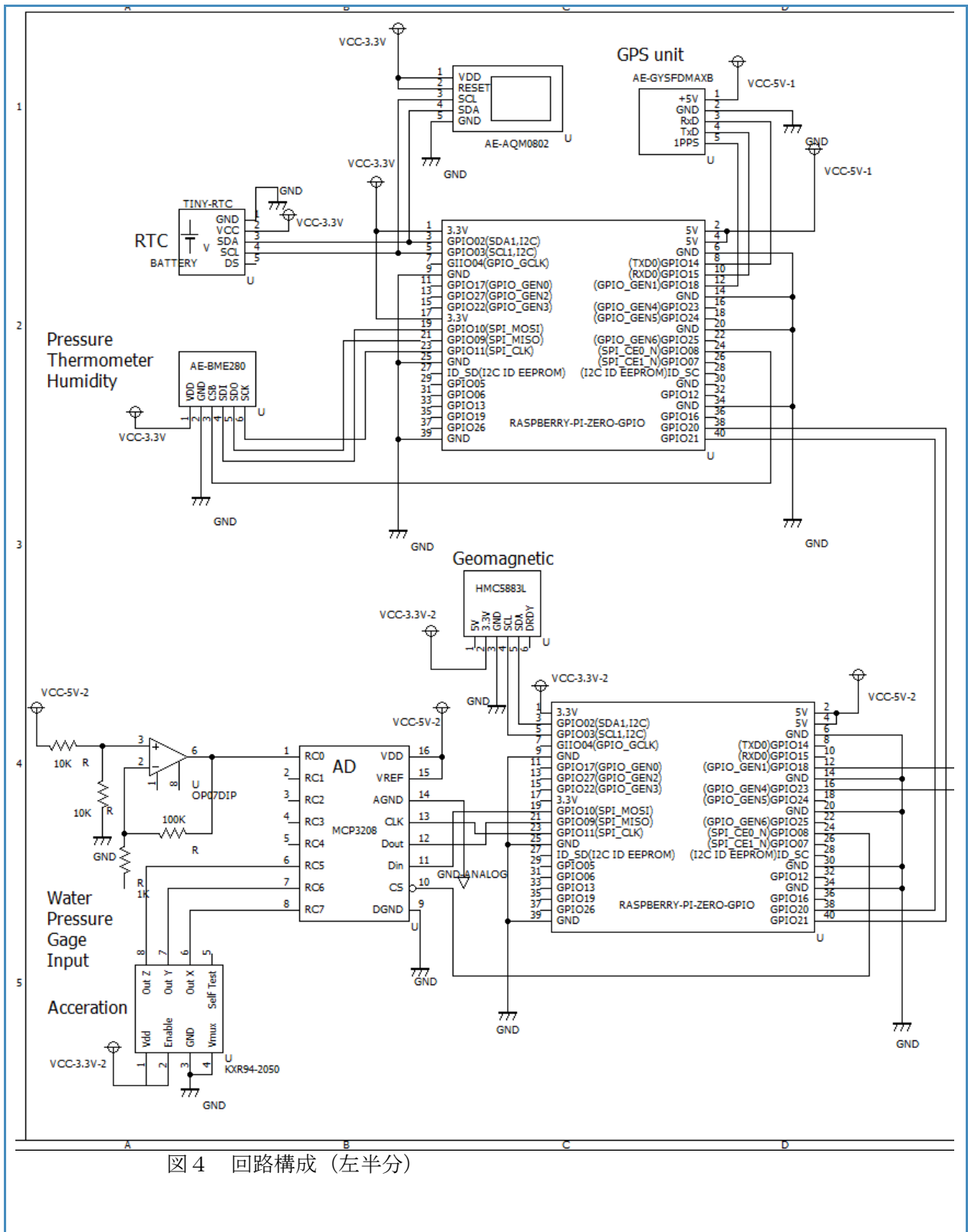


図4 回路構成 (左半分)

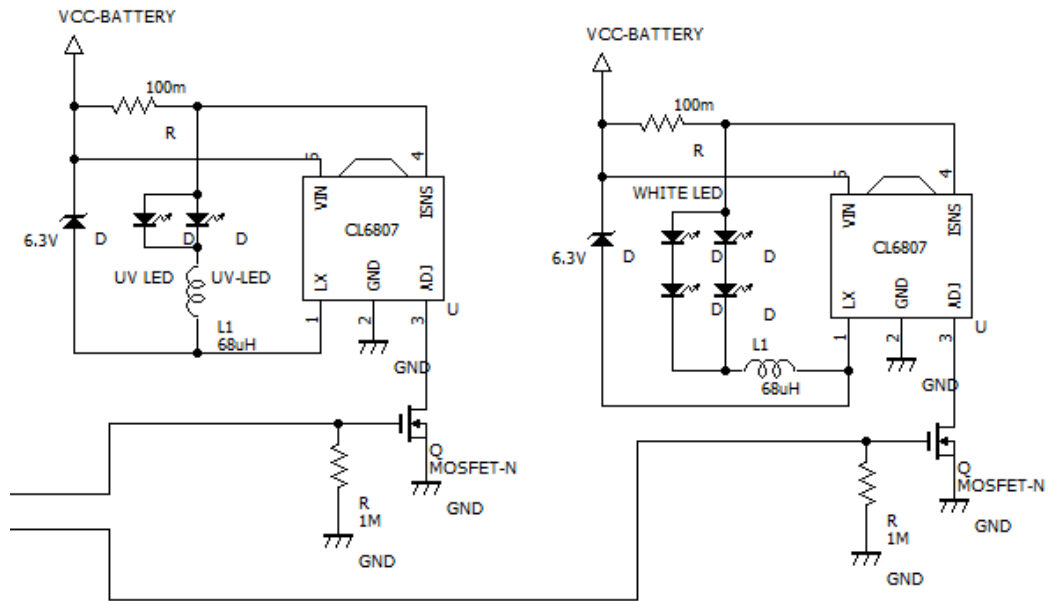


図5 回路構成 (右半分)

(4) 外部接続の部材の選定

- ・ 防水プラグ (キャップ付き)
耐水性能のあるプラグであり、



図6 ヒロセ 防水プラグ (キャップ付き)

- ・ 水圧センサ
セラミックダイアフラムを用いた圧力形である。筐体に外付けして水圧を測定する。



図7 KYOWA PGM-H 最大 500kPa

・ 給電・通信系統

電源	充電のための給電	2 端子
通信	Ethernet インターフェイス	8 端子
無線 LAN	Raspberry Pi の Wi-Fi および Bluetooth を利用	
	電源の強制リセット	2 端子

メンテナンス作業や設置作業中は無線 LAN を用いて遠隔でセンサやカメラ画像を確認することができる。水没後は次のような製品のケーブルを本体表面 (ガラス窓) に貼り付けておけば無線 LAN や Bluetooth による接続が可能と考えている。(設置終了後にどうやってこのケーブルを外すのかという点は課題)

(5) 消費電力の概算

ここではバッテリー容量と消費電力の関係を確認する。表1は機器の平均的な消費電力である。(ピーク時は数倍になるものもある。)

表1 消費電力量の概算

ユニット	平均消費	24時間の消費電力	省電力化後(目標値を含む)
CPUボード (Raspberry pi)x2台	4W	4Wx24=96Wh	96Wh
紫外線ランプ	1W	1Wx24=24Wh	3Wh
LEDライト(1000lm)	8W	8Wx24=192Wh	30Wh
GPSユニット	100mW	0.1Wx24=2.4Wh	0Wh
合計	4.5W	13.1x24*1.2=337.3Wh	129Wh

*1.2はインバータの変換効率

バッテリー(リチウムイオン電池)は下記のを搭載する予定である。

20000mAh x 2 = 40Ah 重量 500g x 3 = 1.5kg

充電性能が劣化してもしばらくは使えることを目標としてマージンを50%とると、使用可能な充電容量の目安は30Ahである。ワット容量に換算すると150Whであり、単純な消費電力では24時間動作としては不足している。

そこで、最も消費電力が大きいものはLEDライトであり、この消費を抑制することを検討した。

1. 日中は点灯しない。
2. 点灯はカメラの撮影タイミングに同期させて発光する。
3. 紫外線ランプの点灯デューティを10%程度に減らす。

GPSユニットは海中では動作しないので電源を停止することにより幾分かの省電力化が図れるが、他の外部ユニットの消費電力は格段に小さく効果が低い。上記1においてカメラによる照度の測定が必要となる。また、3については紫外線による防汚効果の実験結果によっては連続点灯が必要とされる場合も予想されるので省電力の目標にも余裕を持たせている。

(6) カメラ画像の記録

取得した画像はSDカードに保存される。画像データは大きいため、記録には大容量の記憶装置が必要になる。表2は従来からよく使われている動画圧縮方式により圧縮されたデータの容量の見込みを示したものである。

2画面分の映像があるため上記表の倍の容量が必要であるが、フレームレートを下げることでデータ量を減らすことができる。

図8は本システムのカメラ画像処理システムの構成ブロック図である。Raspberry Piには64個のGPUが搭載されており、GPUを使った動画変換処理などが実現できるが、これらのシステムはMMAL(Multi Media Abstraction Layer)と呼ばれるファームウェアとして実装されておりMMALのAPIを通じて実行できる仕組みとなっている。

表2 動画の圧縮方式とデータ量の関係

	画素数	フレーム	圧縮方式	ビットレート	1日(24時間)
--	-----	------	------	--------	----------

		レート			のデータ量
	426x240	30fps	H. 264	300k-500k	6. 5G-10G
SD	640x360			500k-1Mbps	10G-22G
SD	640x480	30fps	H. 264	1M - 2. 4Mbps	22G-45G
HD	1280x720	30fps	H. 264	2 M-4Mbps	43G-86G
フル HD 2K	1920x1080	30pfs	H. 264	4. 5-9Mbps	97G-194G
4K	3840x2160	30fps	MPEG-2	35-45Mbps	0. 75T-0. 97T
8K	7680x4320	60fps	HEVC/H. 265	200Mbps	4. 3T

実装されている MMAL ではカメラからの画像データを3つの出力に分配して取り出すことができるが、今回は preview 出力と video 出力を利用する。Preview 出力は VGA (640x480) の低解像度で取り出して、jpeg に変換して mjpeg-streamer[3] を用いてネットワーク上にストリーム出力している。これは設置や調整においてカメラの状態をモニタリングすることを目的としている。一方で、video 出力は HD(1280x720) で出力しており、この出力には画像の下部の画像を削除してそこに撮影時刻を表すタイムスタンプを書き込んでいる。図9に実際にタイムスタンプが書き込まれた画像を示す。

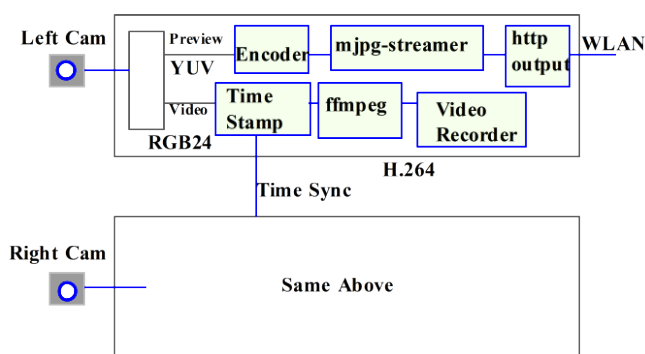


図8 カメラ画像の処理系のブロック図

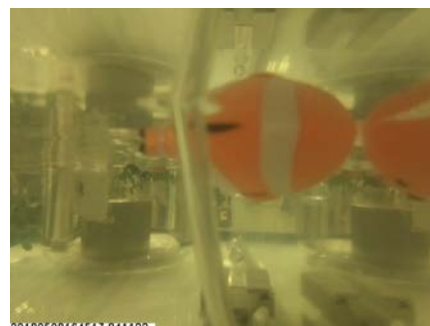


図9 左下にタイムスタンプが書き込まれた画像

今回のカメラではステレオ画像が別のカメラで撮影され記録される。データを解析する際には2つの動画データと同時に結合して作業する機会が多いことから、データの管理方法が問題になる。画像データのタイムスタンプを画像上に直接書き込むことにより画像の拡大縮小に対応でき単独画像からの情報検索が可能になった。

一方、大量の画像データを管理するためにはタイムスタンプを機械的に読み取って画像データを管理するソフトウェアが必要となる。画像処理ソフト群として定評のある opencv の opencv_contrib にはオープンソースライブラリ tesseract-ocr の呼び出す方法が実装されている[4]。今回はこれを利用してタイムスタンプを読み出したが、良好な応答時間で解析することができる。

(7) その他の計測データ (温度、湿度、圧力、加速度、GPS)

搭載している各種センサのデータ読み取りソフトウェア (python) を開発した。読み取ったデータはデータベース postgresql に時間データとともに記録される。計測データの読みだしは SQL 文によるが、将来的には CSV 形式などに変換して出力する機能の実装を予定している。

各種センサの性能を表3にまとめた。表において気圧センサは内部の水蒸気を排出完了をチェックするには最小値の値が高すぎる可能性がある (赤字部分)。

表3 各種センサの性能一覧

測定項目	センサ	測定レンジ	精度 (確度)	応答速度 (オーバーサンプルなし)	最大定格
気圧	BME280	300 - 1100hPa	0. 2Pa	記載なし	0 - 20000 hPa
水圧	PGM-5KH	-5000hPa	±0. 5%	固有振動 19kHz	記載なし

湿度	BME280	0-100 %	3% relative	1 秒	無通電時は結露を容認
温度	BME280	-40 - +85°C	1 °C	記載なし	-45 - +85°C
方位	HMC5883L	3 軸	1° - 2°	75Hz	-8 to +8Gauss
姿勢 (加速度)	KXR94-2050	3 軸	0.1%FS	800Hz	±2G
座標	GYSFDMAXB	GSS QZSS	2m	1 秒	

(8) 海水位測定

海底にある装置にかかる水圧を用いて海水の水位を測定することができる。しかし、海底の水圧は大気圧と海水の水圧の和であるため、リファレンスとして大気圧の同時測定が必須である。大気圧は測定現場に近辺の陸上に設置した気圧計の値を用いる。

また、海水の比重は海水の温度により変化するため海水温のプロファイルが必要になる。海水温プロファイルの測定のために、接触型の水温水温ロガー-HOBO U-20 (図10)を導入した。実際の測定は図11のように船舶を用いて行う必要があるため、24時間の連続測定は不可能といえる。

試行的な測定の結果、水温のプロファイルの日変化や季節変化の特徴が得られればその結果を用いて海水位の測定精度を高めることができるものと期待している。



図10 HOBO-U20L 水温測定器

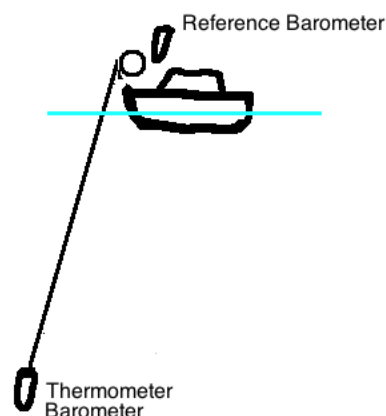


図11 水温プロファイル測定イメージ

(8) ステレオカメラ解析の評価

図12のように撮像角度 θ のカメラをDの距離に同じ向き(光軸を平行)に配置した場合、カメラから距離Zの距離において2つのカメラが同時に観測できる範囲WSを計算した。次の表4は1/30秒において秒速5m(およそ10kn)で物体が移動した時に観測が可能な角度 θ の限界を示している。ここで画面の利用率は画面内にある画像のうちで、ステレオ法により測距できる範囲(ピクセル数)の割合を表しており、カメラ間隔を離すほど利用率が低下する傾向にある。

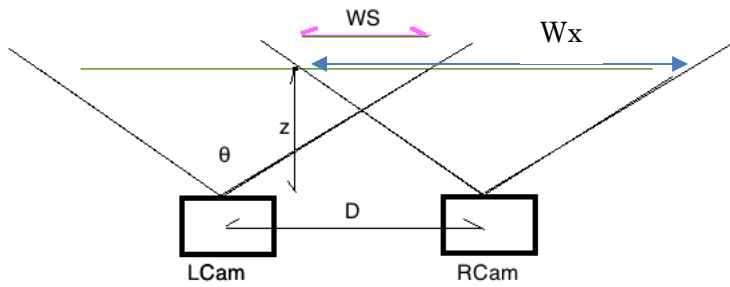


図 1 2 ステレオカメラの画角と利用範囲

$$\tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{W_x/2}{z} \quad (2)$$

$$W_s = 2z \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) - D \quad (3)$$

$$\text{画面の利用率} = WS/W_x \quad (4)$$

表 4 画角 θ の最低値 (θ deg) 及び画面の利用率(カッコ内)

Z (mm)	D=30mm	D=40mm	D=50mm	D=100mm	D=200mm
50	130(0.86)	130(0.81)	130(0.77)	140(0.63)	
100	90(0.85)	90(0.8)	90(0.75)	110(0.65)	130(0.5)
150	70(0.86)	70(0.81)	70(0.76)	80(0.6)	100(0.44)
200	50(0.84)	60(0.83)	60(0.78)	70(0.64)	90(0.5)

以上の計算結果から見て画角の大きいレンズを用いれば近くを通り過ぎた物体にも対応できるが、画面の利用率は高くない。画面の周辺は曲がりが大きくなり距離測定の誤差が増える。

ステレオ法による計測は、カメラの間隔 D が遠方における距離測定誤差に影響する。 Z 方向の誤差は参考文献[5]のように計算する。

イメージセンサとして SONY IMX219PQ (セルサイズ 3298x2515 1.12um 1/4.0 インチ) に、画角 70 度のレンズを用いる場合は、画角 70° で $fw=3.28\text{mm}$ 画角 120° で $fw=1.32\text{mm}$ である。計算結果を図 1 3、図 1 4 に示す。

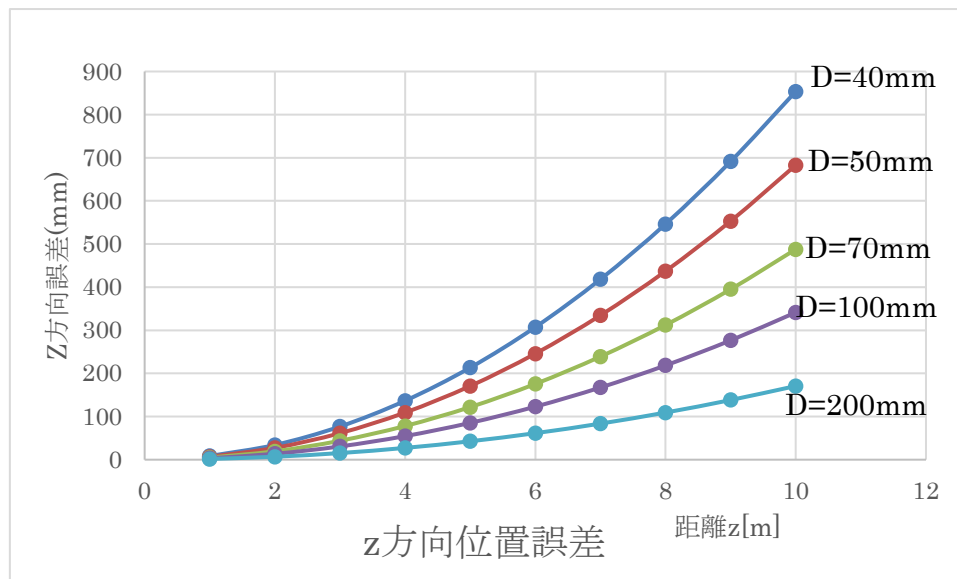


図 1 3 カメラ間隔と z 方向の誤差

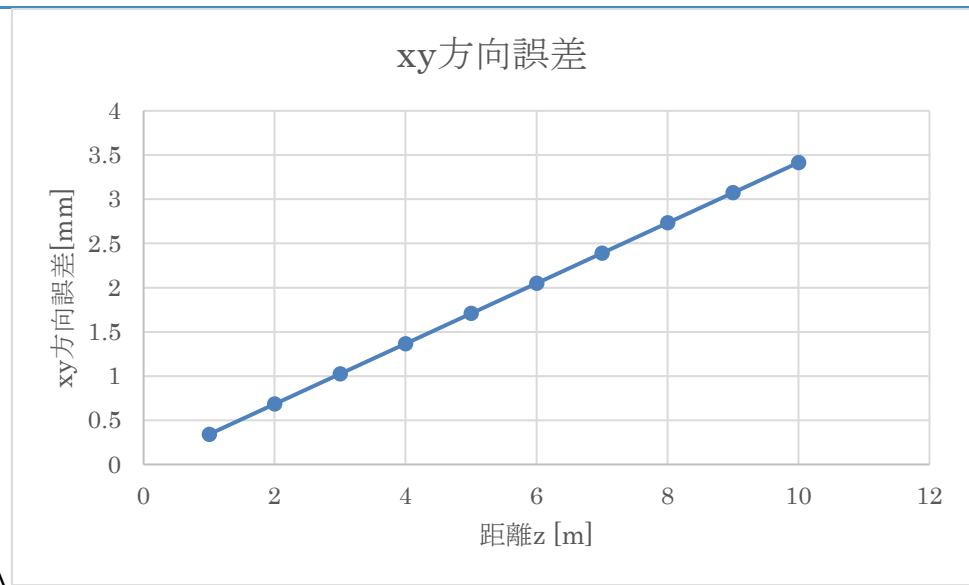


図1-4 z方向距離に対するxy方向の誤差

今回の解析では画面解像度をHD相当としているが、解像度をSD (640x480) とすると誤差が4倍になる。Z方向潮流は主な測定項目ではなく、また、瀬戸内海沿岸での干満差は平常時はせいぜい4m程度なので、干潮時に設置し測定するという今回の運用においてはZ方向深度は4m程度で良いことになる。

速度誤差は位置の測定誤差 Δx と時間差 Δt の比で求められる。

$$\Delta v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (5)$$

奥行き z 方向に誤差がある場合はそれが大きな誤差になると言える。よってカメラの仕様は次の仕様とする。

表5 ステレオカメラの構成

項目	値	重要度	備考
解像度	1280x720 16:9		画面比 4:3 を用いないのは動画への圧縮手順を簡易化するため
画角	80° (X 方向) 70° (Y 方向)		
カメラ間隔	100mm	◎	
最小測定距離	200mm		流速 10kn 時
Z 方向測定誤差	50mm		距離 4m 時
Xy 方向測定誤差	2mm		距離 4m 時

速度の測定誤差は画面内に連続して存在する場合は平均化して測定できるため誤差を低減する操作ができる。

現在は3Dのステレオカメラを用いて深度座標（奥行）を測定するためのソフトウェア開発を行っている。製作した3Dカメラの測距性能を高めるためにはピクセル単位の座標マッチングを必要としており、試作段階や実装後においてできるだけ早くかつ最も良い状態にカメラ位置やレンズ方向を定めて固定する手法も検討している。

カメラの画角および海中での写り具合をチェックするためには光路の解析、レンズの解析が必要である。この解析のためにPov-Rayによるレイトレーシングを用いる予定である。

(9) オブジェクトトラッキング (オプティカルフロー)

カメラ画像によるオブジェクトトラッキングについては多くの実施例がある。筆者は1つのカメラ画像を用いて2次元のオブジェクトトラッキングシステムを構築して実験を行った。図15に実験に使った実験装置の外観を示す。水を入れた水槽の斜め下側に海底カメラの試作版として製作した1眼のカメラ（写真奥側にある青色のボディ）を設置し、水面を下から見上げる方向で動画を撮影している。撮影された動画は無線LAN経由で別の raspberry pi3 のコンピュータに送信されて画像処理される。使用しているソフトウェアは opencv-contrib で提供されている object tracking のうちの median flow[6]を用いて制作した。図16はプログラムの実行画面である。画面中央に見えるクマノミの模型の2次元画面上での移動速度を計測している。この実験では HD 画像 (1280x720)を2FPS の速度でトラッキングすることができている。対象物の速度が速くなったり、大きく回転して形状が変化する場合にはトラッキングを失敗する場合がある。本実験装置での画像取得はネットワークを介してリアルタイムに行っており、その分画像のフレームレートが劣化している。画像を SD カードに直接保存して、後処理に一般的なパソコンを用いればリアルタイム時間に近いフレームレートが期待できる。



図15 実験装置の構成（カメラは奥側と手前の2個ある）

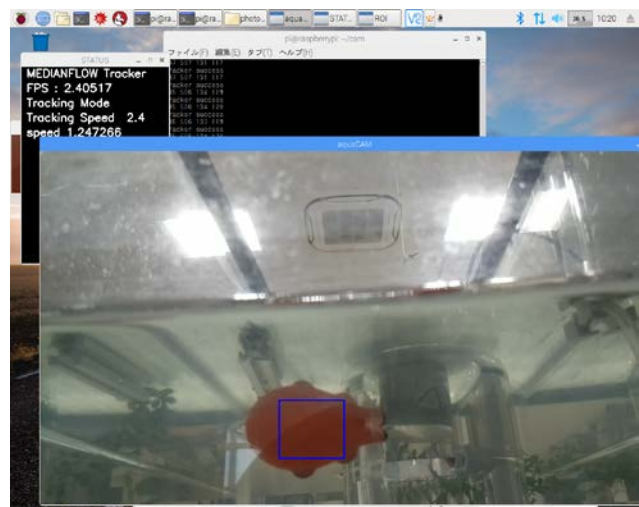


図16 速度測定画面

奥側のカメラの画像を用いてクマノミの模型の動きを追跡している。各フレームの処理時間と画像の伝送時間がほぼ一致している。左上のウィンドウに速度が表示される。

3次元計測のためのステレオカメラ画像から3次元のオプティカルフロー解析(Lucas-Kanade optical flow method)が挙げられる[7]。この手法では、追跡するターゲットとなるボクセルを追跡して3次元方向の移動を測定する。この手法を実現するために

- (1) ステレオカメラの左右画像のピクセルレベルのマッチング技法
- (2) 2つのビデオカメラの撮影の同期
- (3) トラッキングすべきオブジェクトの自動認識

を技術を確立する必要がある。

また、画像による流速測定はオプティカルフローが用いられることが多いが、追跡している物体の変形（向きが変わる場合も含む）に対して弱い。そこで種々のオブジェクトトラッキング技法が提案されている中で、近年の人工知能研究で使われている CNN を用いた GOTURN という手法[6]の適用を検討している。

(10) オブジェクト認識

本研究において最も技術開発要素の大きい部分がオブジェクト認識である。海中にある物体の動きを追跡するためには、追跡すべき物体を自動的に識別する機能が求められる。特に魚類や船舶をトラッキングしても流速の測定にはならないため、どのような物体の追跡が望ましいのかを実際に海洋でのフィールド実験において確認する必要がある。

オブジェクト認識技術については次のように複数の企業からフレームワークがリリースされているのでそれらを利用することを検討している。

- (1) Google 社 Cloud Vision API [8]
- (2) Facebook Style transfer [9]
- (3) Apple Gore ML [10]

■実験結果

現在実現している機能は以下である。

- (1) 単一カメラによる画像トラッキング (オプティカルフロー)
- (2) 撮影画像のストリーミング
- (3) 画像へのタイムスタンプの書き込みとタイムスタンプの読み取り
- (4) 磁気センサ、温度センサなどの各種センサの入力とデータベース保存
- (5) 3Dカメラによるデプス画像の作成

実際にフィールドで運用する場合にはシステム全体の機能の安定性を総合的に検証する必要があり、さらなるソフトウェア開発とチューニングが必要となると考えられる。

■今後の課題

試作テストの結果から見える当面の課題は次のような点である。

- (1) カメラにおいてHD画像を動画として高効率圧縮 (H264) を行う場合に Raspberry Pi zero では性能追いつかず2フレーム/秒程度の速度しか得られなかった。(8)で検討したように早い流速を測定できない可能性がある。画面解像度を下げてフレームレートを高めるか、低フレームレートでも確かなトラッキングを目指すといった判断が必要。
- (2) 加速度センサや地磁気センサの測定結果をもとにカメラの向きを算出する計画ではあるが、使用しているセンサの値のブレ幅が大きいため予想以上の方向誤差が出る可能性がある。
- (3) カメラに使用する真空容器や窓のコストが予想以上に大きく、当初予定したような、多点に設置して同時に測定するにはコストがかかりすぎるといえる。試作版の結果を元にして廉価に実現できる方策の検討が必要。

現在製作中のステレオカメラ方式の海底カメラを用いて、一方向の直線的な海流を作ることでできる大型の実験装置 (キャビテーション実験装置) を用いた流速測定実験を行う。また、3次元の層状の流れや上下方向の流れの測定実験のためにアクリル製の大型水槽に水中ポンプで流れを作り出して測定実験を行い、性能の向上を図る実験を予定している。その後は、試作機を海底に設置する実験を行い、およそ1年ほどで連続実験ができる体制を整える計画である。

■参考文献

- [1] 柳川俊治: “近紫外域 LED による生物付着対策技術の開発”, エネルギア総研レビュー, No. 51, pp8-9.
- [2] セリルリサーチ: “海棲付着生物の着生・繁殖を防止する方法”, <http://www.ekouhou.net/dispplicant-507030863.html>
- [3] jacsonliam: mjpeg-streamer <https://github.com/jacksonliam/mjpg-streamer>
- [4] ” Scene Text Detection and Recognition in Natural Scene Images” ,
- [5] CHEN / QIAN: ” 三角測定の形状計測” ,
<http://www.wakayama-u.ac.jp/~chen/education/cv/stereo.pdf>
https://github.com/opencv/opencv_contrib/tree/master/modules/text
- [6] opencv-contrib: “Object tracking MedianFlow” ,
https://docs.opencv.org/master/d7/d86/classcv_1_1TrackerMedianFlow.html

- [7] J. L. Barron, N. A. Thacker: "Tutorial: Computing 2D and 3D Optical Flow" , 20/1/2005,
- [8] Google, "Cloud Vision API" , <https://cloud.google.com/vision/>
- [9] Facebook , " style transfer" , <https://techcrunch.com/2016/10/25/facebook-video-filters/>
- [10] Apple, "Core ML", <http://developer.apple.com/documentation/coreml>

藻場環境観測システムの開発（画像取得カメラを中心とした水中環境認識用統合センサシステム）

伍賀 正典
工学部スマートシステム学科

本文

■ 概要

瀬戸内海の里海と呼ばれる生物多様性を有する沿岸海域において、藻場内部に生息する魚類の生態解明、藻場の分布や流れの調査のために、海中画像を取得するデバイスを中心とした水中の様々な環境情報を多角的方面から取得する能力をする水中環境認識用統合センサを提案する。この装置は、画像取得のために実装されたカメラを海底から海面の方向に向けて設置し、海中を移動する物体の3次元座標を測定することにより海流の方向や中速を求める機能がある。さらに水深、流速、温度（水温）、カメラの方向、時刻を測定してデータの補正を行う。本装置は実験段階とはいえ実用システムとしての運用を目指していることから、信頼性および安全性、安定性に十分に配慮した設計が求められているとともに、性能のみならず、運用上の利便性や課題にも配慮した構造とし、周辺機器および運用ソフトウェアやマニュアルの充実も考慮して開発する必要がある。

■ 研究の課題

本研究では、画像取得のためのカメラを中心とした様々な計測装置で瀬戸内海沿岸の藻場と呼ばれる環境の情報を多角的方面から取得する。単一のセンサから得られる以上の情報を複数のセンサからの情報の処理で取得する試みはセンサフュージョンと呼ばれる研究領域で扱われる。本研究で提案するシステムの中のカメラも複数を利用して3Dステレオ画像を取得することが狙いであり、両眼融合（binocular fusion）の技術のその一例である。また、海洋観測の現場ではCTD（Conductivity Temperature Depth profiler）と呼ばれる電気伝導度、温度、水深を計測する機器が用いられておりこれらの計測データから塩分密度の算出がされており、センサフュージョンの一つであるセンサ統合（integration）の技術が用いられてきたとも言える。これらを踏まえ本研究では、水中画像、気圧、水圧、湿度、温度、方位、加速度、座標などの取得した環境情報を処理し、局所的な水流に代表される高次データを生成し、瀬戸内沿岸の藻場における生物多様性の構造との相関を示す知見を探ることを課題とする。この藻場とは、海面下で「海の森」とも呼ばれ、多くの水生生物の生存を支え、沿岸領域において非常に大きな役割を担っているものとされている。水産庁の調査では、藻場には、水質の浄化、生物多様性の維持、波浪抑制と底質の安定の機能を有していることが指摘されている。これらを踏まえて、本研究での当初の課題は、以下の環境情報の取得と解析である。

- (1) ミクロスケール潮流
瀬戸内海沿岸の藻場において、局所的な海水の流れの動きを長期間連続的に取得することで、藻場の持つ波浪抑制機能や、海流と藻場と水中浮遊生物の関係に関して知見を得る。
- (2) 水質汚濁状況、底質汚濁状況
海水透明度、底層溶存酸素量、底生生物の個体数及び種類数の検出し、藻場の持つ懸濁防止機能と酸素供給等による水質浄化機能、これらと生物種の保全に関して知見を得る。
- (3) 総合的な生物生息環境
流れ藻としての機能、産卵場・養育場としての機能、生物相の総合的な観測をする。

■ システムの構成

統合センサシステムに実装するセンサの性能を表1に示す。また、このシステムの制御用のコンピュータとして小型で実装が容易であり Linux OS 上でソフトウェア開発のできる Raspberry Pi の採用を想定している。この場合のシステムのブロック構成を図2に示す。

表1 各種センサの性能一覧

測定項目	センサ	測定レンジ	精度 (確度)	応答速度 (オーバーサンプルなし)	最大定格
気圧	BME280	300 - 1100hPa	0.2Pa	記載なし	0 - 20000 hPa
水圧	PGM-5KH	-5000hPa	±0.5%	固有振動 19kHz	記載なし
湿度	BME280	0-100 %	3% relative	1秒	無通電時は結露を容認
温度	BME280	-40 - +85°C	1°C	記載なし	-45 - +85°C
方位	HMC5883L	3軸	1° - 2°	75Hz	-8 to +8Gauss
姿勢 (加速度)	KXR94-2050	3軸	0.1%FS	800Hz	±2G
座標	GYSFDMAXB	GSS QZSS	2m	1秒	

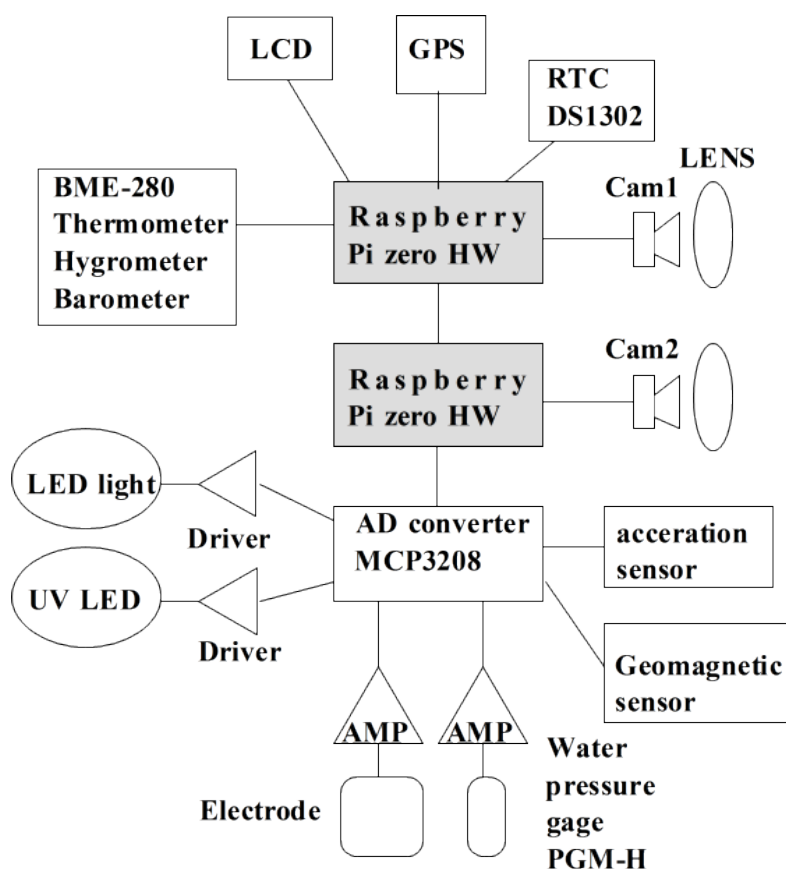


図2 2台の Raspberry Pi を用いる構成

統合センサシステムを実装した回路は図3に示す構造に封入される。2つの観測窓を備えている

が、各種センサの実装の方法を現在検討中である。

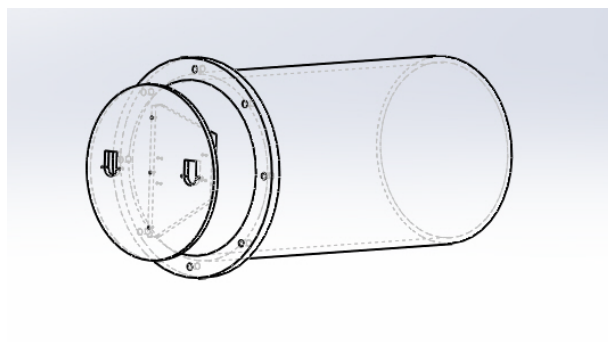


図3 統合センサ構造図

- 今後の課題
回路の試作を行う。

藻場環境観測システムの開発 (観測窓の微生物付着防止の研究)

仲嶋一

工学部スマートシステム学科

本文

■ 目的

藻場の環境を観測し、観測データを陸上の観測拠点に伝送するシステムの構築を目指しており、観測機を低コストに構築することにより、観測機を複数の定点に分散設置し、多数点の環境データを連続に取得可能なシステムを究極の目的としている。その低コスト化の手段として本研究プロジェクトでは、海中漂流斑をステレオカメラで捉え、距離画像のフローにより海流を計測する計測器の開発を行うが、海中において観測窓には海中微生物が付着しやすく、現存の機器にはワイパー付きの観測窓を有する装置もあるが、長期間のメンテナンスフリーの使用は難しく、比較的短期間で回収と窓洗浄などの保守を必要としている。

ワイパー以外の微生物の除去方法としては250~300nmの殺菌紫外線照射が有望であるが、これまでは短波長の紫外線を発生する手段として低圧水銀ランプ等の放電管以外に無く、海中の機器への応用は困難であった。しかし、近年紫外線LEDの進歩により、殺菌効果の高いUV-C領域である260nm台の紫外線LEDが市販となり、コンパクトな微生物付着防止機能の実現の可能性が出てきている。そこで、本研究プロジェクトの研究課題の一つとして、250~280nmのいわゆる殺菌線を発するLEDの光を観測窓に照射することによる窓の汚れ防止効果について研究し、その結果を観測機に適用する。

■ 成果

図1に観測窓の構想設計を示した。観測窓材にはUV-C(200~280nm)を透過する熔融石英ガラスを用いる。LEDによる観測窓照射域はステレオカメラの視野の範囲であるが、カメラの視界を妨げないよう斜方の入射としているが、斜方入射による反射損失が大きくなる。このため、光量が不足する場合には、プリズムを用いた入射メカニズムや窓材端面からの入射を検討する必要があるが、プリズムと窓との接合材による損失⁽²⁾や窓材の取り付け構造の複雑化が懸念されるため、まずは平板の窓材による藻類付着防止効果の見極めを行う。

文献[11]、[12]によれば、酵母およびカビを99.9%死滅させるのに必要な照射紫外線強度はそれぞれ、40mJ/cm²、400mJ/cm²程度である。使用予定の紫外線LEDの放射束は0.5mWであるので、照射効率50%として160秒で酵母菌、1600秒でカビ菌を死滅できると見積られる。しかしながら、海中の藻類およびその窓付着や貝類等動物の付着への防御効果に関する知見は無く、実験による検証が必要である。

■ 今後の計画

2018年度については、紫外線照射の観測窓への藻類付着抑制効果の検証を主に実施する。実験としては、図2に示すように、観測窓を模擬するように熔融石英ガラスを張り付けた箱を藻類の賠償水槽に浸し、空中より紫外線LEDの照射を行い、一定期間後の窓の可視光透過率の変化を測定し、同時に実施する紫外線照射をしない参照試験体との比較検証を実施する。これにより、藻類の繁殖する水中環境で、照射光量と窓への藻類付着量の関係を測定する。一定の照射による効果が来止められる場合は、実機に照射機構を組み込み実用途における性能検証を行う。さらに追加の基礎検討として間欠照射の実験も行い、最も付着防止効果の高い照射方法を確立して実機に適用する。図1に示した構造は一般のソーダガラスの観測窓にて製作を行い、実環境に於ける耐水性や撮像・計測性能の検証を先行して実施する。

■参考文献

- [11] 河端俊治, 原田常雄, 殺菌灯による水の消毒, 照明学会誌, 36(3), pp. 89-96, 1952
[12] 吉野潔, 黒カビ(*Aspergillus niger*)を光照射の指標微生物として使用する際の条件の検討, IWASAKI 技報 No. 21, pp. 14-19, 2009

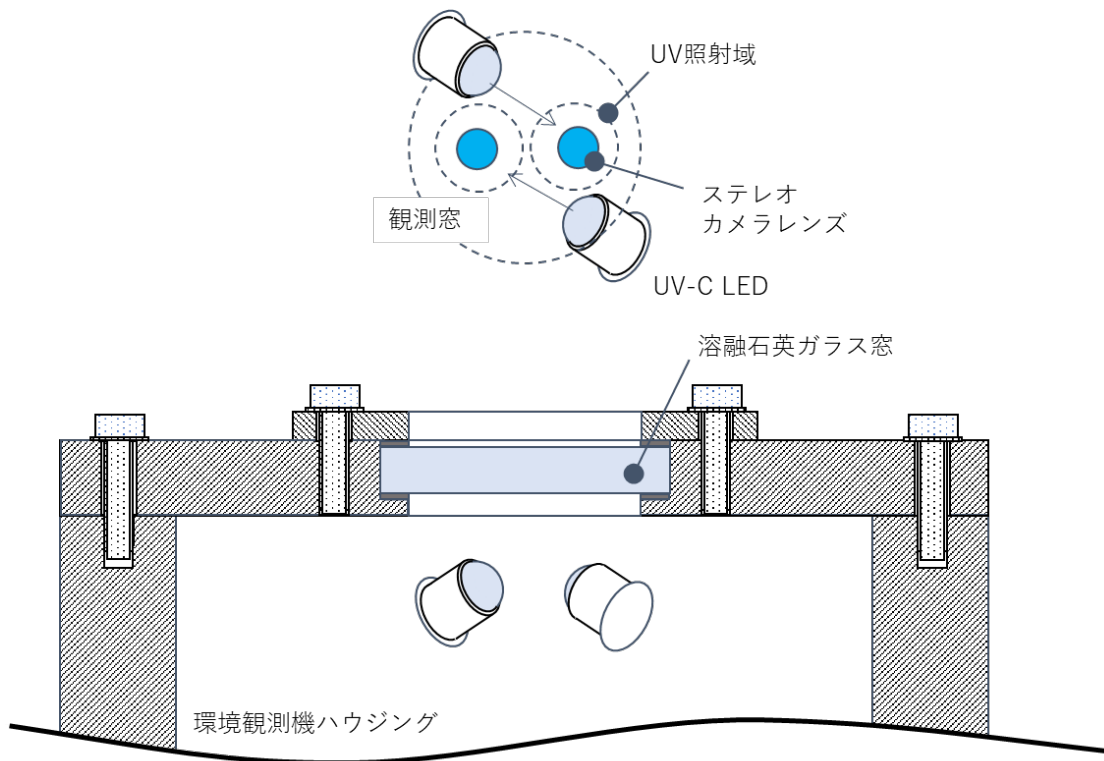


図1 藻類付着防止観測窓の基本構成図

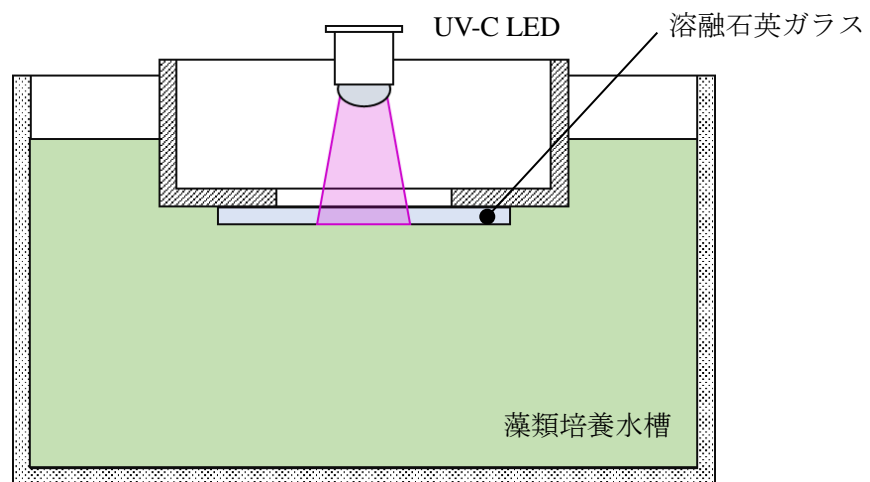


図2 基礎実験系の構想図

海中探査システム開発プロジェクト 海中探査ロボットの開発

内田博志、仲嶋 一、伍賀正典、池岡 宏

工学部 機械システム工学科、スマートシステム学科、情報工学科

■研究の目的

福山大学ブランディング事業「瀬戸内の里山・里海学研究」に基づき、本学近隣地域の瀬戸内海の海中探査を、独自技術で開発した海中ロボットシステムを用いて行う。下記2点の観点から研究開発を進める。

- ① 藻場内部に生息する魚類の観察を行うための海中・海上ロボットシステムを開発する。複雑に絡み合う藻類を潜って、内部に生息する魚類等の海洋生物の生態を調べることを目的とする。
- ② 海中・海上ロボットと連動して藻場探索を行う気球型飛行ロボットを開発する。藻場の位置や面積の把握を行い、海中ロボットの自律運転を支援する。また海中・海上ロボットのポジショニングやデータ通信の支援も行う。

■2017年度の主な成果

- ① 海中ロボットと海上ステーションのプロトタイプの開発に着手し、ハードウェアは概ね完成、ソフトウェア開発と実験プロセスについて検討した。
- ② 藻場探査ロボットシステムの全体像を構想し、プロトタイプ研究に必要な機材・資材の選定と導入を完了した。

■2017年度の研究結果

主な開発の進行状況について以下に述べる。

1. 藻場探査海中・海上ロボットシステム全体像

藻場探査の対象とする海域としては、本学内海生物資源研究所前の海岸域を考える（図1）。海中ロボットへの指令や、ロボットの高精度位置計測のため、海中ロボット、海上ステーション、気球型飛行ロボットを組み合わせたシステムを考える。準天頂衛星「みちびき」とRTKシステムを利用した高精度位置計測を行う（図2）。

この構成により、海岸から幾分離れた広範囲の海域において、無線自律運転による藻場の探査・調査を行う。



図1. 藻場探索海域

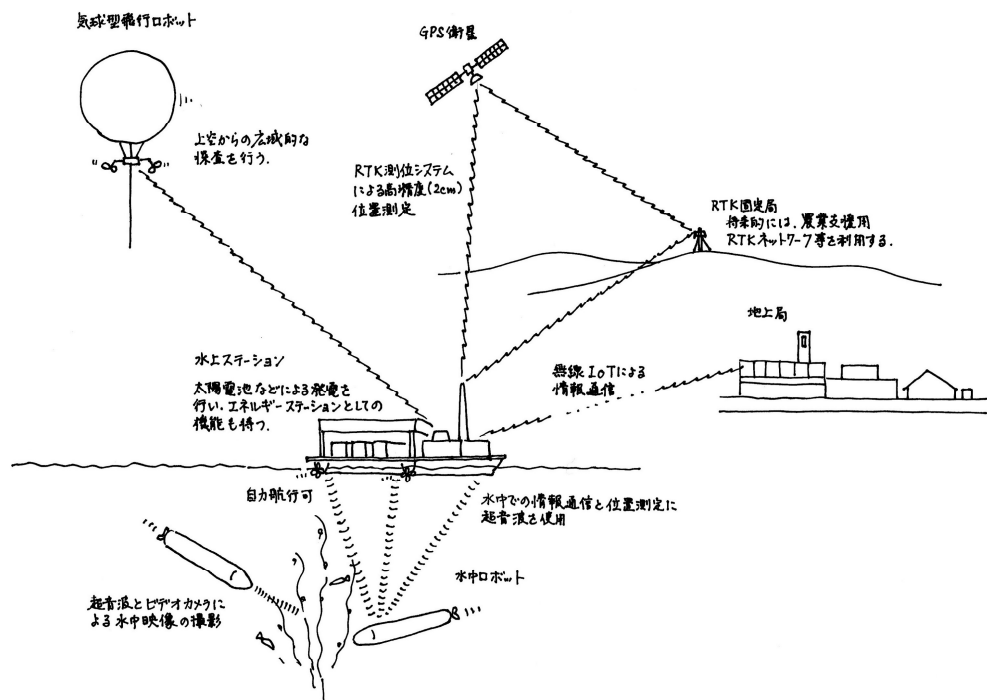


図 2. 藻場探査海中・海上ロボットシステム

2. 海中ロボット

藻場の中を移動するため、自由度の高い小型紡錘形状（500ml～1lのペットボトル大）の円筒断面ロケット型とする。推進器（プロペラ）は、藻への引っ掛かりなどを防止するため、ロボット後端に短軸のものを設ける。構造単純化のためラダーは設けず、ロボットの 5～6 自由度を、1 軸の推進器と 2 自由度の重心移動機構の合計 3 軸で制御する。重心移動機構を内蔵する構造となり、5～6 自由度を 3 軸で制御する非ホロノミック系となる。

現在製作中のロボットは、3 個の小型水中モーターを持つ構造であり、これを用いて非ホロノミック系運動制御などの方法論を確立した後、上記構想の水中ロボットを実際に製作する構想としている。

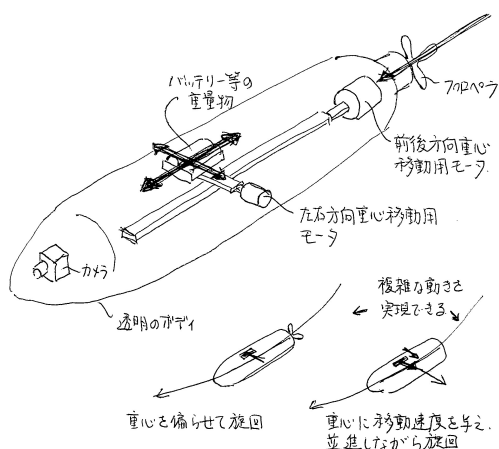


図 3. 藻場探査海中ロボット
左：開発構想図、右：製作中のロボット

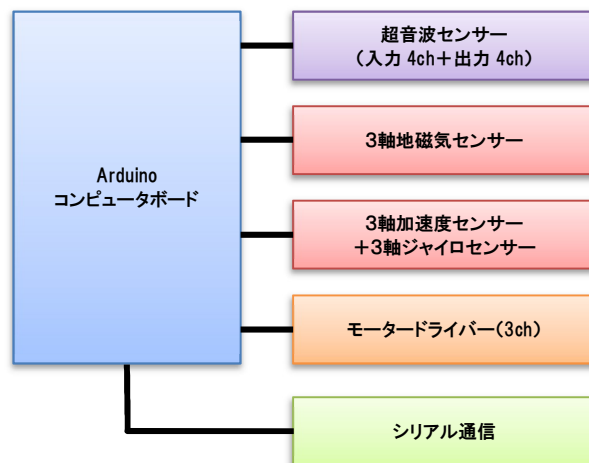


図 4. 海中ロボットの演算・入出力系の構成

3. 海上ステーション

電波の使えない海中からのデータ通信を行うため、また長時間にわたる海中探査を行うため、海上ステーションと海中ロボットをケーブル（給電線、通信線）で結合したシステムを考える。藻場は水面下 4~5m 程度の範囲にあることから、ケーブルの長さは同程度のもの考える。

利点：

- ① 海上からエネルギー供給することで、長時間にわたる観測が可能となる
- ② 海上ステーションを中継して遠隔制御での操縦やデータ収集が可能（観測者が藻場の近くにいないので、魚類への影響が少ない）
- ③ 海中ロボットの故障時、ケーブルを手繰って回収できる
- ④ 広い海域を探査する場合、海中ロボットが海上ステーションを曳航することでも移動可能

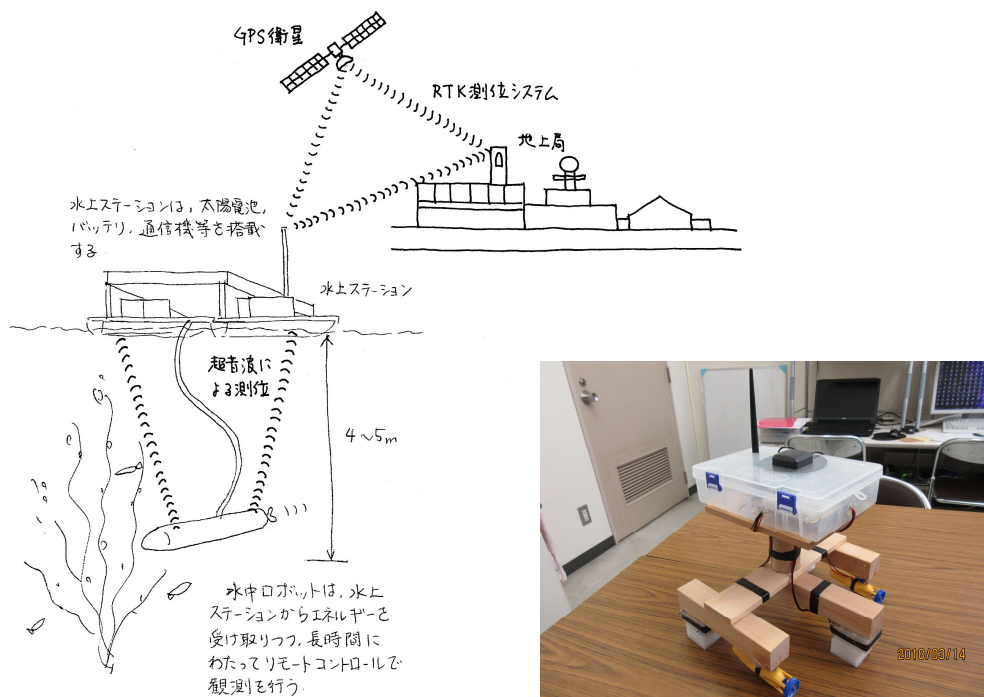


図 5. 藻場探査海上ロボット
左上：開発構想図、右下：製作中のロボット

4. 海中・海上ロボットのポジショニング（位置決定）

1) 海中ロボットのポジショニング

海中ロボットが藻場内で自律的に探索活動を行うには、自らの位置を決定（推定）できることが条件となる。しかし、海中では電波が届かず GPS が利用できない等の問題があることから、衛星測位系による海上ステーションのポジショニングと海上ステーション ↔ 海中ロボット間の距離計測の組み合わせにより、海中ロボットの位置を決定する方法を用いる。

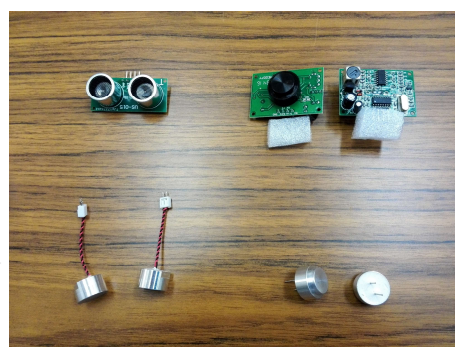
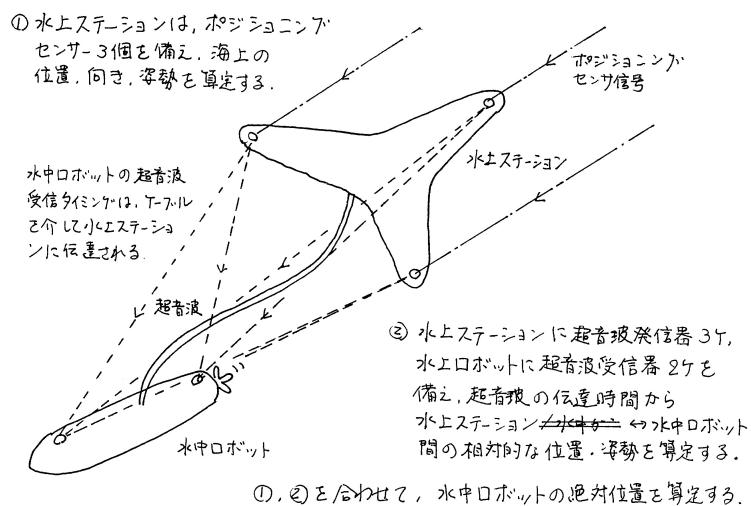


図 6. 超音波距離計測に基づく海中ロボットのポジショニング
(左図は海上ステーションと水面下の海中ロボットを上方から見たイメージ図。
右写真は各種超音波センサ。写真中左上のみ水中用ではなく、他の 3 種類は水中用。
水中用超音波センサの多くは発信機と受信機を兼ねる。)

2) 海上ステーションのポジショニング

GPS では位置推定精度が不十分 (2~10m) のため、RTK 測位システムによる高精度ポジショニング方法を検討する。2018 年度よりオープンサービスの運用が開始されている準天頂衛星「みちびき」を利用することで精度は 1m となり、さらに地上局を併用した Real Time Kinematic GPS (RTK) を用いることで精度は数 cm オーダーとなる。

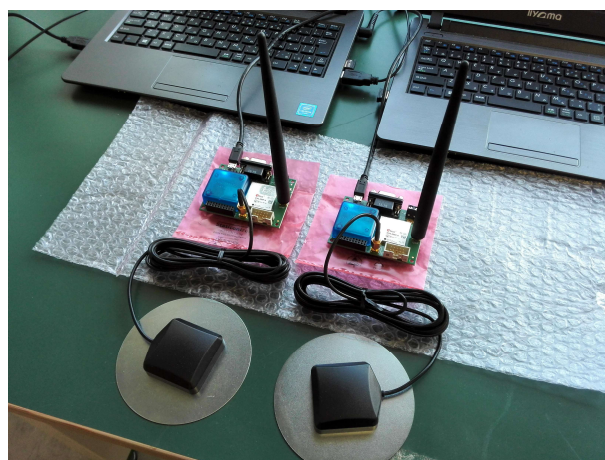


図 7. 実験中の RTK 測位システム

5. 藻場巡回の経路探索法

海中ロボットによる定期的な藻場の巡回観察を自動化・自律化することにより、藻場探査の効率化を図る。これを実施するうえで以下のことを考慮する必要がある。

- 藻場はひと塊ではなく、島状に点在している
- 藻場の形状や藻の種類構成は季節ごとに変動する
- 海水の透明度は低く、ごく近距離の藻場しか見えない場合がありうる

海中ロボットは、機体を直接見ながら操縦ができず、容易に教師データを作成することができない。したがってディープラーニングなどの機械学習に基づく方法論を単純に適用することができず、どのようにして「自律的」に動かすかという問題について検討を要する。一つの方策として、「バーチャル・リアリティ」と同種の技術である「リモート・リアリティ」の応用により、ロボットに搭載したカメラで海中の映像を見ながらロボットを遠隔操作し、教師データを作成する方法が考えられる。しかしこの方法は映像信号を海中から地上に送る必要があり、そのこと自体が技術課題である現段階では、直ちに実施することは難しい。

そこで第2の手段として、まずディープラーニング以外の手段に基づく半自律制御を行い、その結果の良否に基づいてディープラーニングによる学習を行うことが考えられる。こうしたディープラーニング以外の手段による半自律制御法として有望なものに、自然界の現象や生物を模倣した手法群があり、特に蟻コロニー最適化、蜂アルゴリズム (Bee's Algorithm) 等が、本研究課題に対して有望と思われる。

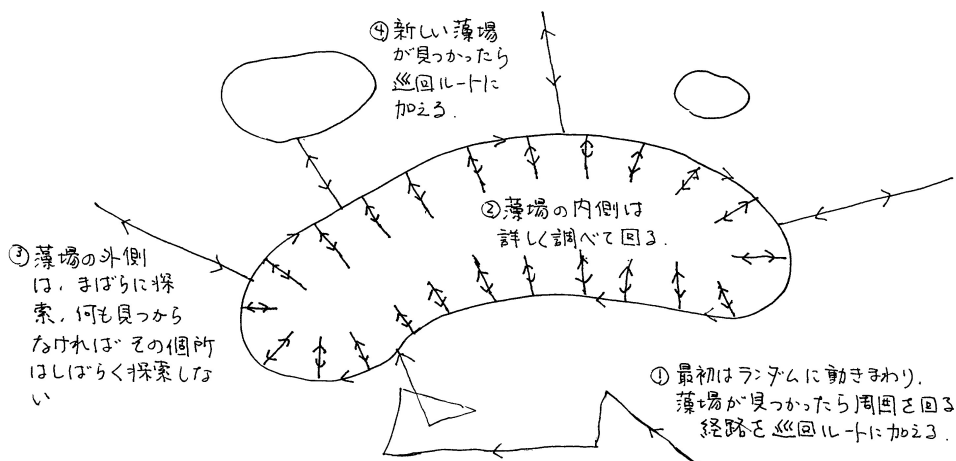


図 8. 藻場巡回における経路探索のイメージ

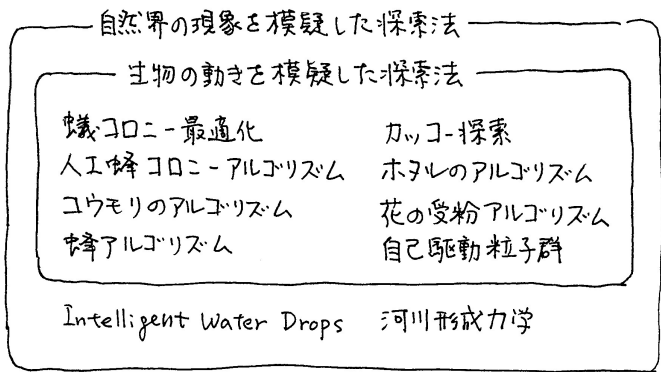


図 9. 自然界の現象を模倣した探索法

■2018 年度の予定

- 水槽内および海中での実験を通じて、海中ロボットの自律運転に関する基本技術を獲得する。プロトタイプ機での実験を通じた運動制御技術の基礎開発と並行し、機体形状の改良案について検討する。
- 自律運転の基礎となる、ポジショニング、障害物検出、経路計画の各要素技術を開発し、実験システムに組み込む。
- 藻場探索を目的とする気球型飛行ロボットの基礎技術を確立する。

里海の藻場探査プロジェクト 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 准教授 Ryuichi Sekita 博士 (システムズ・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

連絡先：sekita@fukuyama-u.ac.jp / 084-936-2112 (ext. 4140)

研究概要 地球観測衛星画像から里海の豊かさを常に定量的に把握！

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化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、里海の豊か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の確立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 平成 29 年度の実施目標及び実施計画

瀬戸内の藻場の現状及び地球観測衛星による海洋観測と藻場観測の研究について現状を知ることを実施目標とした。

具体的にこれを達成する実施計画は、平成 29 年 9 月から国内外の先行研究サーベイを開始し、30 年度上期まで継続することとしている。またリモートセンシングの原理、陸域と海域の観測、最新ハードウェアとセンサー及び最新のデータ処理ソフトウェアを調査し、リモートセンシング研究の専門家と本研究の進め方について討議し、当該研究者のネットワーク構築を開始することとした。

③ 成果

瀬戸内の藻場について最新の調査結果と藻場の環境の推移を知る基盤情報として、環境省で平成 28 年度に実施した衛星データ調査結果を入手し、広島県の藻場面積は増加傾向にあり、研究対象の里海の豊かさは向上する方向にあることを確認した。ただしリモートセンシングデータからどのように藻場を特定し面積を解析したかの技法の詳細について公開されている報告書には記載がないため、本研究では独自の解析技法を構築する研究が必要である。

先行研究論文としては広く世界の地球観測衛星の技術動向をサーベイし、最新の海洋観測で使えるセンサーとデータを確保した。更に海洋観測、藻場、干潟及びサンゴについてのリモートセンシング研究論文から有用な情報を得ており、現在も特に海洋に関するデータの解析アルゴリズム関連研究を中心に論文サーベイを継続している。

これまでの論文サーベイで得た主要点は以下である。

- ✓ 地球観測衛星は、これまで陸域観測衛星が主で、グローバルな天候変動に関連して海から雲の連鎖を観測する海洋観測、大気観測が最近盛んになったところである。
- ✓ 藻場観測についての先行研究は少なく、国内では平成 17 年に広島工業大学が無人ヘリコプターと地球観測衛星 Landsat のデータで大崎上島付近の藻場分布を観測した結果と福井工業大学が平成 23 年度から 27 年度まで実施した小浜湾での藻場計測が参考になる。広島工業大学の研究は Landsat データを使い藻場識別に有効なバンドを提案して

いる点は本研究で基盤情報となる。一方、福井工業大学の研究では、NDVI(Normalized Difference Vegetation Index:正規化植生指数)を使い、リモートセンシングデータと地上観測分光カメラデータで藻場面積を精度付きで論じる技法の説明があり、やはり本研究での基盤情報になるが、瀬戸内海と日本海の相違により、技法の適用性の検証が必要となる。

- ✓ 藻場観測ではないが、クロロフィルについてグローバルな海洋観測をリモートセンシングデータから行っている研究は多い。それによると大気、海の植生変動をとらえる基本データは海面水温データである。このために最近の海洋観測衛星に搭載して用いるセンサーは、赤外線センサーとマイクロ波放射計であるが、両者共に一長一短がある。雲の下の計測を行えて、沿岸観測も行うためには、少なくともこの2つのセンサーは複合で使う必要がある。
- ✓ 更に最近では、複数の地球観測衛星の海水温データを融合する最適内挿法が広く用いられており、国際組織として NASA ジェット推進系研究所でこの融合データの公開が始まっている。

リモートセンシング技術の最新状況と今後の傾向についての情報交換は、リモートセンシング研究の第一人者である東京大学大学院岩崎教授と本研究に資する情報及び無料の地球観測衛星画像の取得と解析について討議した。無料でデータを得られる Landsat と ESA の衛星活用の具体化には、パソコン環境と外部記録装置及び画像処理ソフトなどの整備が必要と判明し、平成 30 年度から調達を開始する。岩崎先生と本研究について討議を進められるネットワークを組めたことが 29 年度の一つの大きな研究成果と言える。

地球観測衛星リモセンデータとして JAXA 地球観測研究センターから得た AQUA 衛星の MODIS(The Moderate Imaging Resolution Spectrodiometer) による晴天時の瀬戸内海の画像を図 1、2 に示すが、海水はスペクトル特性から通常画像では基本的に黒くなり、更にフリーで得られる最良画素の 250m でも未だ粗いため藻場の識別は不可能である。

数値データから海の識別に有効なバンドを抽出し、海表面の太陽光反射が大気で 90%吸収される特性の補正をかけるなど、先行研究を参考に解析技法の研究が必要である。

また NASA ジェット推進系研究所から海水温の最適内挿法解析データで瀬戸内海を表したものを図 3 に示す太平洋側の水温に比べて瀬戸内海の水温が低いことがわかる。ただし無料で入手できる画像は 1.1km 画素が最良であり、本画像よりズームアップすると沿岸地形がわからなくなり、本研究で使うには精度の問題がある。本研究に適切な詳細データを NASA から得るには研究コミュニティに入ることが必要となり検討を要する。

以上、平成 29 年度に計画した研究計画はすべて実行して、目標を達成した。

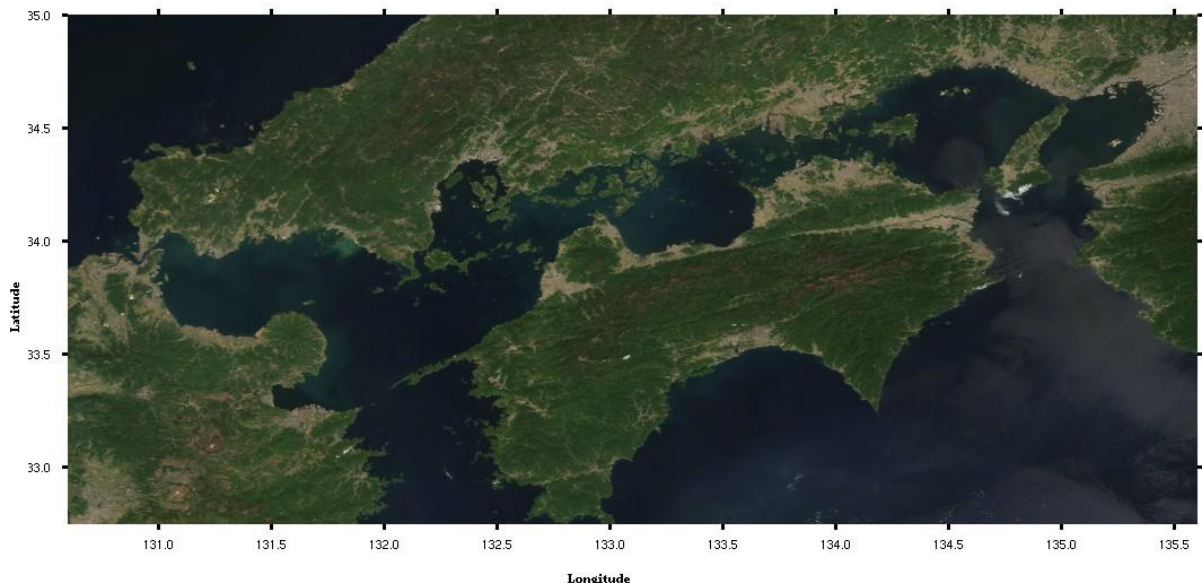


図 1 AQUA 衛星 MODIS 500m 画素 RGB 解析画像

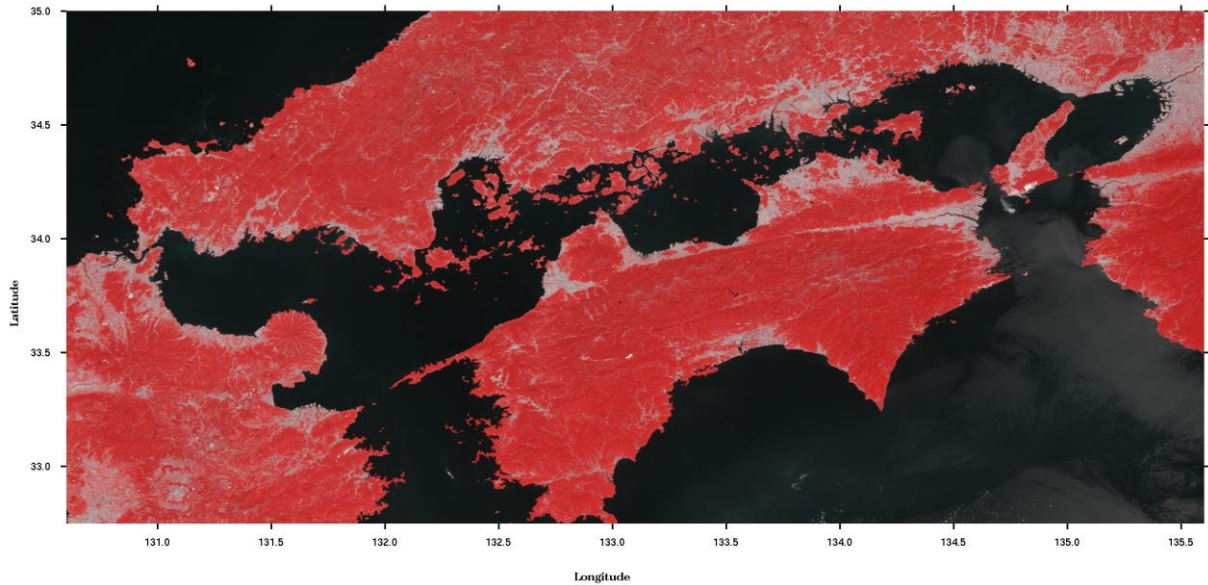


図2 AQUA衛星 MODIS 250m画素 基本画像

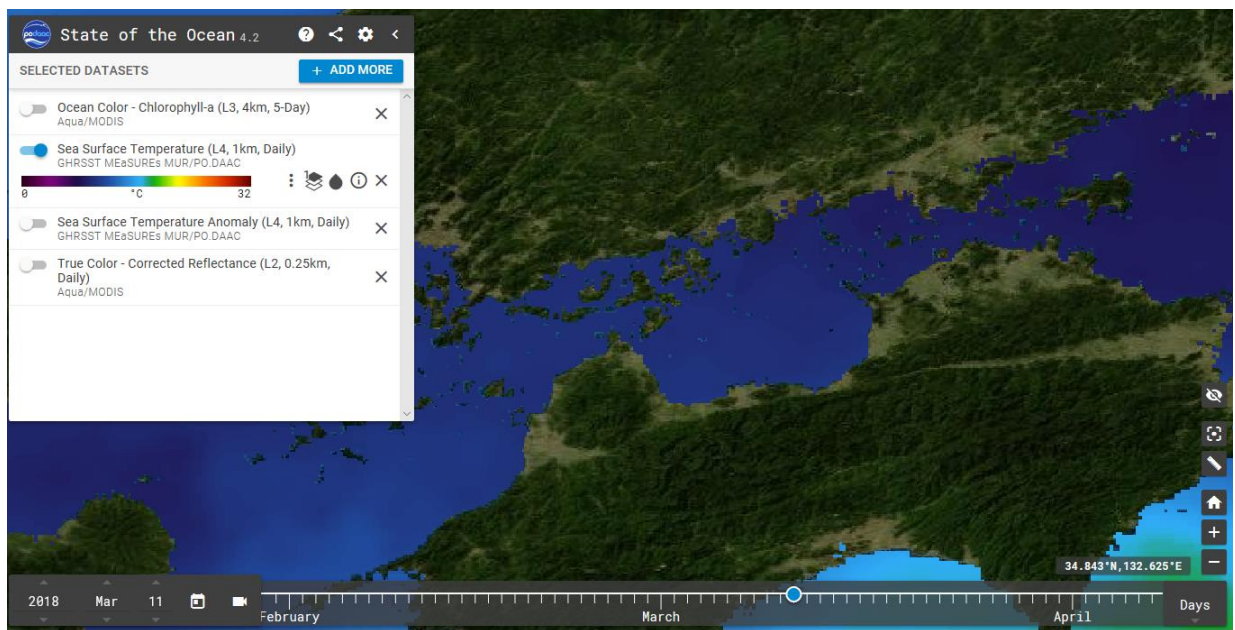


図3 NASA ジェット推進系研究所から得た最適内挿法解析による海水温データ

④ 今後の計画

平成29年度からの研究計画全体の流れを以下に示す。

- ① 現状を知る (H29、30 上期)
- ② 海岸・藻場の各種観測データによる定量化と補正の研究 (H30、31、32)
- ③ リモートセンシング、航空観測、現地観測の各解析技術と仕分けの研究 (H31)
- ④ データ収集、解析及び検証 (H31、32)
- ⑤ GISとの統合化モデル構築と考察 (H32)
- ⑥ 藻場の持続的発展に向けたデータ定量化とモデルの活用技法構築 (H32、33)

研究計画全体スケジュール図4に示す。

	平成29年度		平成30年度		平成31年度		平成32年度		平成33年度	
	下期	上期	下期	上期	下期	上期	下期	上期	下期	
研究マネジメントと論文										
インターフェース等調整会議		▽	▽		▽		▽	▽	▽	
学会発表			▽アメリカ航空宇宙学会発表				▽アメリカ航空宇宙学会発表			
学術論文					▽		▽		▽	
研究報告書			進捗▽		中間▽		進捗▽		最終▽	
研究実施										
①現状を知る	リモセン技術		先行研究 現地調査と観測点の設定							
②海岸、藻場の各種観測データによる定量化と補正の研究				瀬戸内に適した定量化技法とデータ補正方法の創造		従来技術の応用				
③リモートセンシング、航空観測、現地観測の各解析技術と仕分けの研究				各解析技術の研究 仕分けの検討		仕分けの検討				
④データ収集、解析及び検証		フリーのリモセンデータによる解析試行		海洋観測衛星 ドローン 現地		海洋観測衛星 ドローン 現地		藻場の生成増減に影響する要因研究		
⑤GISとの統合化モデル構築と考察						GIS統合モデル構築				
⑥藻場の持続的発展に向けたデータ定量化とモデルの活用技法構築						藻場の定量化		藻場の持続的発展に向けたデータ定量化		藻場の持続的発展モデル構築

図4 衛星画像藻場分布 研究全体スケジュール

平成30年度の研究計画

平成30年度は、瀬戸内の藻場の現状を現地検証し、様々な観測データを活用した藻場の定量化技法を明確にすることで、持続的なデータ観測方法を明確にすることが目標である。

具体的には、海洋観測技術と大気補正法、浅瀬の藻場観測に適したセンシングと解析技法及び藻場の生育増減に影響する陸域の要因について先行研究論文サーベイを上期までに終了させる。

更に環境省の調査結果報告書をベースに、本研究の対象海岸で現地データ取得を行い環境省データの検証と今後の研究基盤として精細化を行う。

解析技法の研究としては、藻場の定量化技法とデータ補正方法を先行研究の中から適切なもの（NDVI値活用、マルチスペクトル画像とパンクロマティック画像の活用及び大気と海洋の補正技法など）を選定するが、前述したとおり水中の藻の識別は従来から困難が多く、更に海洋観測ではセンサーに適した大気を海中のデータ補正がキーとなり困難を伴う。瀬戸内に適した定量化技法とデータ補正方法の創造はチャレンジングな研究となる。

更に海洋観測衛星から本研究対象域が判別可能な画素でのデータ入手方法の具体化が急務であるが、前述したとおり無料で入手できるデータでは画素数が粗い。その対策としては有料データの購入及びNASAの研究コミュニティへの参加が必要になる。

今後は東大の岩崎先生から紹介いただいた広島大学工学部の作野准教授と海洋観測衛星データからの藻場分布計測をテーマに討議をできるだけ早期に開始する考えである。

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

■論文受賞

平成21年度 日本工学教育協会論文・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

<http://www.fukuyama-u.ac.jp/smart-system/>

シロギス養殖水槽環境システムにおける 水温・照度シミュレーションモデルの構築

伊澤康一^{*1}

^{*1} 工学部建築学科

1. はじめに

1. 1 研究背景

自然環境に対して人が手入れすることによって、野放しの自然環境に比べて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いる。この日本特有の手入れ文化は、地球環境保全にとっては人間がいなくなった方が良くといった悲観論から脱却し、適度に資源を使うならば地球環境に人間がいた方が良くといった楽観論への意識シフトにつながると考える。

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

研究プロジェクトの一つである「瀬戸内里海の次世代養殖システムの開発研究」では、シロギスの養殖を対象とした瀬戸内里海型「完全養殖システム」の開発に取り組んでおり、「質」（体長 25cm 以上のテッポウギス）と「量」（稚魚期減耗解消）の双方に加えて、給餌量の必要最小化が求められている（写真 1）。本研究プロジェクトでは、それらの課題を「自発給餌システム」と「環境制御システム」によって解決することに着目している。

1. 2 開発手順

開発手順として以下を考えている。まず、「教師データ」を使ってディープラーニングを実施し、魚が餌を“食べたいときに・食べたいだけ・食べることができる”「自発給餌システム」を構築する。それと同時に、水温や照度等の環境パラメータも実測し、シロギスが減耗せずに餌を良く食べ体長が大きくなるような“好条件”の環境パラメータを明らかにする。最後に、“好条件”の環境パラメータをより効率的に達成するための方法を、モデルベース開発（MBD）によって明らかにする。

1. 3 研究目的

本研究では、モデルベース開発で用いる「水槽環境システムの水温・照度シミュレーションモデル」の構築を目的とした。水槽環境システムは建築環境システムとアナロジーの関係にあることから、養殖システムに対して建築環境設備学のアプローチを適用できる[2]。

1. 4 研究方法

まず、福山大学内海生物資源研究所にある養殖水槽の水温や室内照度を簡易実測した。次いで、実測値に基づいて水槽環境システムをモデル化し、気象データを用いて気象データを用いて水槽水温（熱環境）と水槽水上面照度（光環境）を予測する手法の構築を試みた。

2. 実測

2. 1 実測方法

2. 1. 1 定期計測

福山大学因島キャンパス（内海研）に設置されているシロギス稚魚飼育水槽では、1日1回、水槽水温が棒状温度計で計測されている（海洋生物科学科・有瀧研究室）。測定期間は2017年5月～9月であり、計測時刻はおおよそ午前9:00である。

2. 1. 2 実測

「水槽環境」における水温については、小型防水温度データロガー（TR-52i、ティアンドデイ）を用いて測定した。水槽が設置されている「室内環境」と「屋外環境」における空気温度・相対湿度・水平面照度については、照度・紫外線・温度・湿度データロガー（TR-74Ui、ティアンドデイ）を用いて測定した。測定期間は2017年10月3日～10月7日であり、データロガーの測定間隔は1分間とした。

2. 2 熱環境（水槽水温）

図1に、水槽水温の定期計測結果を示す。6月から9月は気温によって変化しているのに対し、

5月は気温よりも水温の方が5℃ほど高くなっていることが確認できる。このことから、5月はヒーターを使用している可能性と、建物の熱環境などの影響によって高くなっている可能性がある。

図2に、水槽水温の簡易実測結果を示す。水温が23℃から20℃を上下しており、昼夜の外気温変動の影響が小さい。

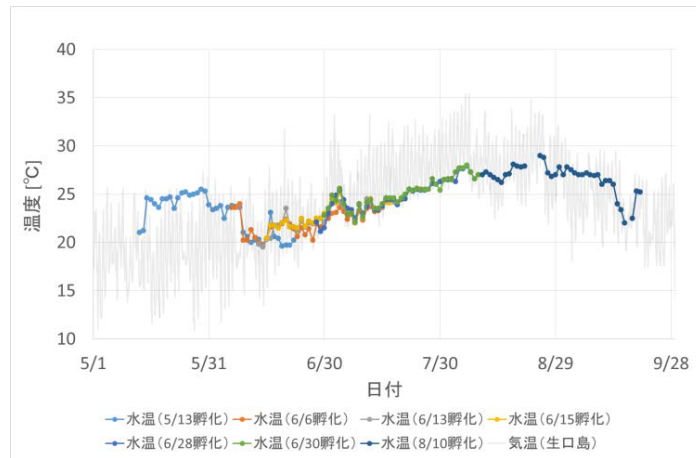


図1 定期計測水槽水温 (AM 9:00)

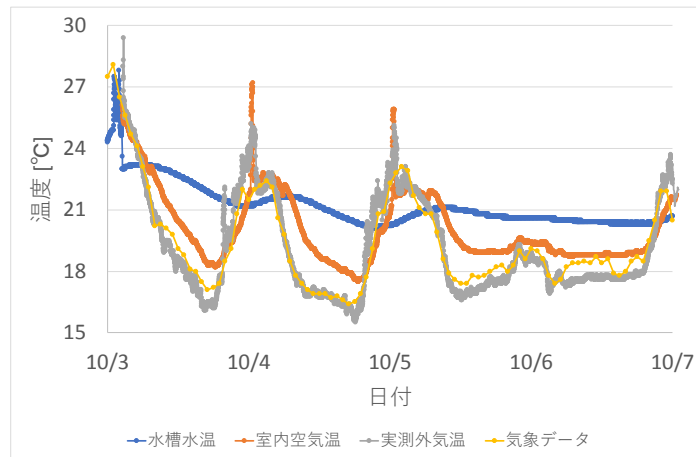


図2 実測水槽水温

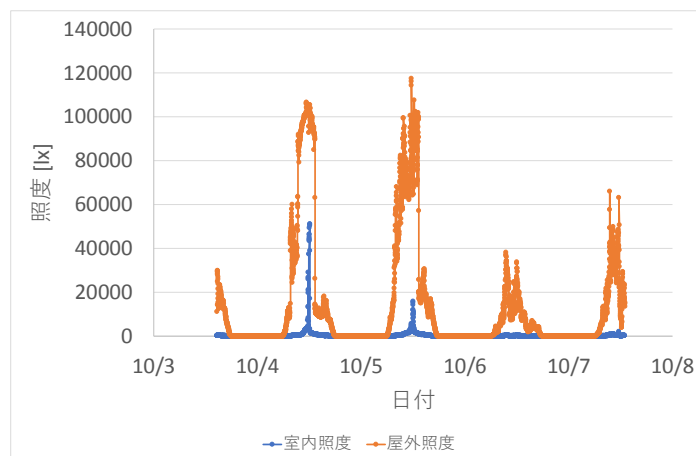


図3 実測照度 [lx]

2. 3 光環境 (水槽水上面照度)

図5に、「屋外環境」と「室内環境」の水槽周辺(≒水槽水上面)における水平面照度を示す。屋外

照度は 0~120000lx の範囲で変動し、水槽周辺照度は 0~50000lx の範囲で変動している。

3. 計算

3. 1 計算方法

3. 1. 1 水温計算

水槽水を系（システム）とするエネルギー収支を微分方程式で記述し、それを近似した差分方程式を、未知数である水温について解く式に変形したものをを用いて計算した。計算時間間隔は 1 時間とした。

図 4 に、計算フローを示す。気象データは、因島に近い生口島のものを用いた。簡便のため、日射と天空からの冷放射（実効放射）は無視し、水槽が設置されている部屋の空気温と給水水温は外気温と等しいとした。水槽水は一部を循環させるものとし、水槽への流入水の水温を一時刻前（一時間前）の水温と等しいとした。水槽用のヒーター・クーラーの使用は無しとした。その他以下の条件を想定した；水の比熱 4186 J/(kg・K)、水の密度 1000 kg/m³、水槽容積 1.0 m³、水槽水量 0.5 m³、水槽容器の熱貫流率 7.37 W/(m²・K)、水槽（水が入っている部分）の表面積 4.04 m²、換水量 14L/min。

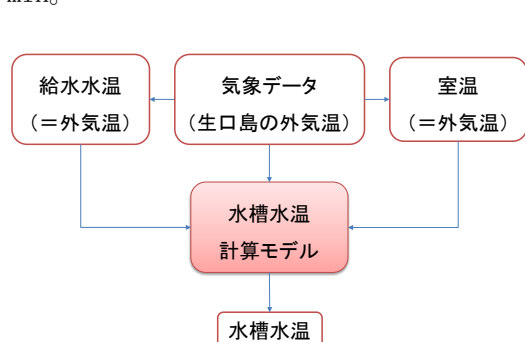


図 4 水槽水温の計算フロー

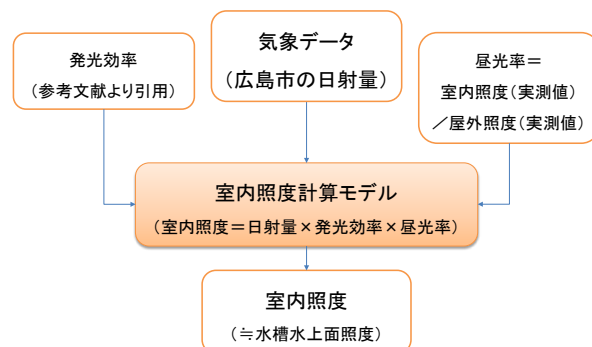


図 5 水槽水上面照度の計算フロー

3. 1. 2 水槽水上面照度計算

昼光率と発光効率に基づく水槽水上面照度計算モデルを作成した。

図 5 に、計算フローを示す。実測した室内照度を屋外照度で除して昼光率を求めた。直達日射の影響が小さい時間帯の昼光率の平均が 0.02[-]であったので水槽水上面照度計算で用いる昼光率を 0.02 とした。気象データの日射量[W/m²]に、天空光の発光効率 115[lm/W][3]と、「昼光率」0.02[-]を乗じて室内照度[lx]を求めた。

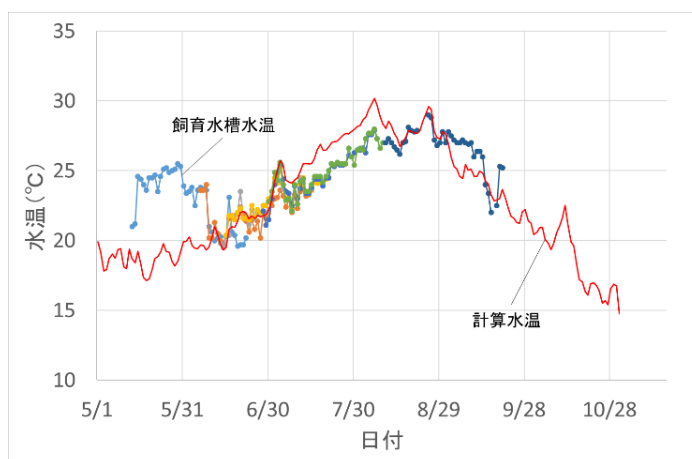


図 6 定期計測水温と計算水温

3. 2 熱環境（水槽水温）

図 6 に定期計測水温と計算水温を、図 7 に実測水温と計算水温を示す。実測水槽温度に比べて計算水槽水温の方がやや低くなっているが、温度変化のパターンはおおむね一致している。本研究の計算モデルでは、室内に入射する日射の影響を無視し、かつ、建物内の空気温の影響を外気温と等

しいとしている。この比較的粗いモデルでは、今回の結果が予測精度の限界であると考える。

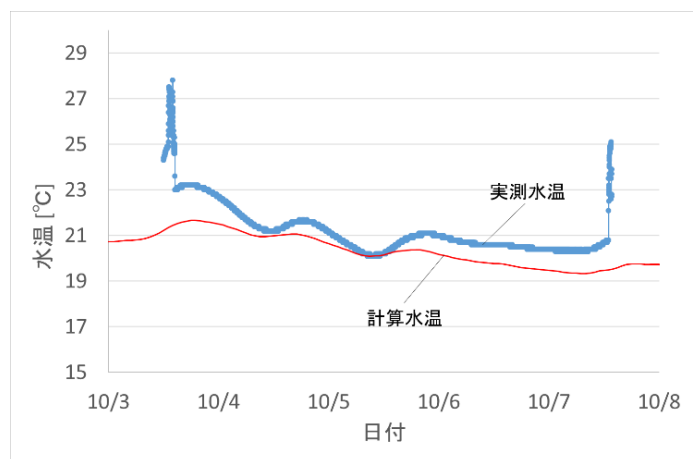


図7 実測水温と計算水温

3. 3 光環境（水槽水上面照度）

図8に簡易実測照度と計算照度を示す。実測室内照度は計算室内照度に比べて非常に高くなっている値があるが、それは直接日が当たって一時的に照度が高くなっているものであり、本研究の計算モデルでは対応できないが、それ以外は実測と計算はおおむね一致している。

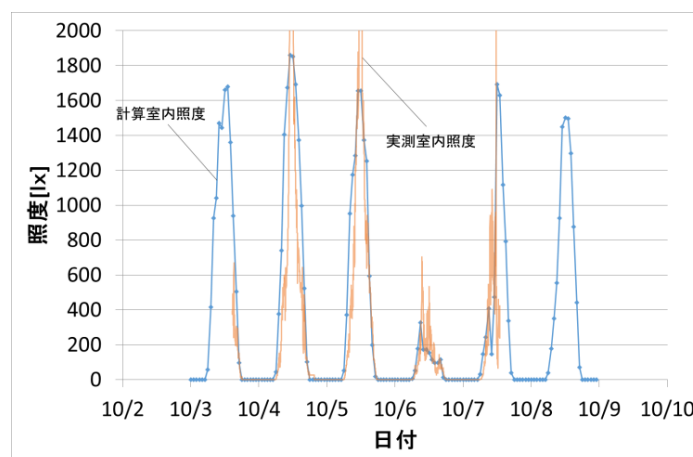


図8 計算照度と実測照度

4. まとめ

気象データを用いることで水槽水温（熱環境）と水槽水上面照度（光環境）を計算できる簡易シミュレーションモデルを構築できた。

【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—瀬戸内の里山・里海学— (<http://www.fukuyama-u.ac.jp/research/project/branding.html>)
- [2] 空気調和・衛生工学会：特集「いきものにとっての快適な環境を考える」、空気調和衛生工学, Vol. 90, No. 11, pp. 160, 2016年11月.
- [3] 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.
- [4] 漆原啓太：シロギス養殖水槽環境システムの水温・照度計算モデルの構築、福山大学工学部建築学科卒業研究梗概集，第36号，pp. 9-12，2018年3月.

【謝辞】

シロギス養殖水槽の水温データ入手と実測調査にあたり、本学海洋生物科学科の有瀧真人教授をはじめ有瀧研究室の学生の皆様にご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

看護・介護を支援するスマートシステム

仲嶋 一、三谷康夫教授、香川直己教授、田中聡准教授、伍賀正典准教授
工学部スマートシステム学科

本文

■研究の背景目的

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。

研究項目としては、パラメトリックスピーカを利用した制限音生成手法、骨伝導音による患者音声ピックアップ手法、マルチマイクのアレイ信号処理による音源特定手法、決定木を用いて病院内の会話で医療会話と非医療会話を分離する会話クラスタリング手法の開発を行っているが、以下本年の実施事項の一例として、ベッド内で対象者が行動に伴って発生する音の分布を取得し行動推定に供すると共に対象の口元等の特定位置の音声を選択的に増幅し、プライベート音空間を形成するための音源特定マイクによる信号取得及びアレイ信号処理に関する基礎検討について報告する。

■研究内容

1. システムの概要と行動推定のコンセプト

1. 2. システムの概要

図1に開発中のスマートベット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では、ベッド周辺に音場制限スピーカーと音源特定マイクが設置されている。音場制限スピーカーは超指向性の超音波パラメトリックスピーカ⁽²⁾により可聴音を対象者の耳の周辺の限定された空間に生成するシステムで、看護師の音声、TV、音楽またはシステムにより生成される合成音声を対象者に伝達する。一方、音源特定マイクは複数個のマルチピックアップにより音響信号を取得する。音源と各マイクの位置関係により到達する音波の音圧、位相が変化することを利用してアレイ信号処理を行い、2次元または3次元の音源マップを形成して以下に述べる認識システムに入力する。

認識処理系は音声認識系と対象者状態推測系の2系統で構成される。音声認識系では、前述の音源特定マイクにより信号処理される音波情報の内、口より発せられる音声を選択的に増幅され、人工知能により言語認識、意味理解が行われ、対象者に対する応答テキストが生成され、音声合成により対象者に伝達される。対話ハードウェア系では、ベッド周辺に音場制限スピーカーと音源特定マイクが設置されている。音場制限スピーカーは超指向性の超音波パラメトリックスピーカ⁽²⁾により可聴音を対象者の耳の周辺の限定された空間に生成するシステムで、看護師の音声、TV、音楽またはシステムにより生成される合成音声を対象者に伝達する。一方、音源特定マイクは複数個のマルチピックアップにより音響信号を取得する。音源と各マイクの位置関係により到達する音波の音圧、位相が変化することを利用してアレイ信号処理を行い、2次元または3

次元の音源マップを形成して以下に述べる認識システムに入力する。

認識処理系は音声認識系と対象者状態推測系の2系統で構成される。音声認識系では、前述の音源特定マイクにより信号処理される音波情報の内、口より発せられる音声を選択的に増幅され、人工知能により言語認識、意味理解が行われ、対象者に対する応答テキストが生成され、音声合成により対象者に伝達される。

一方、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嘔、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。

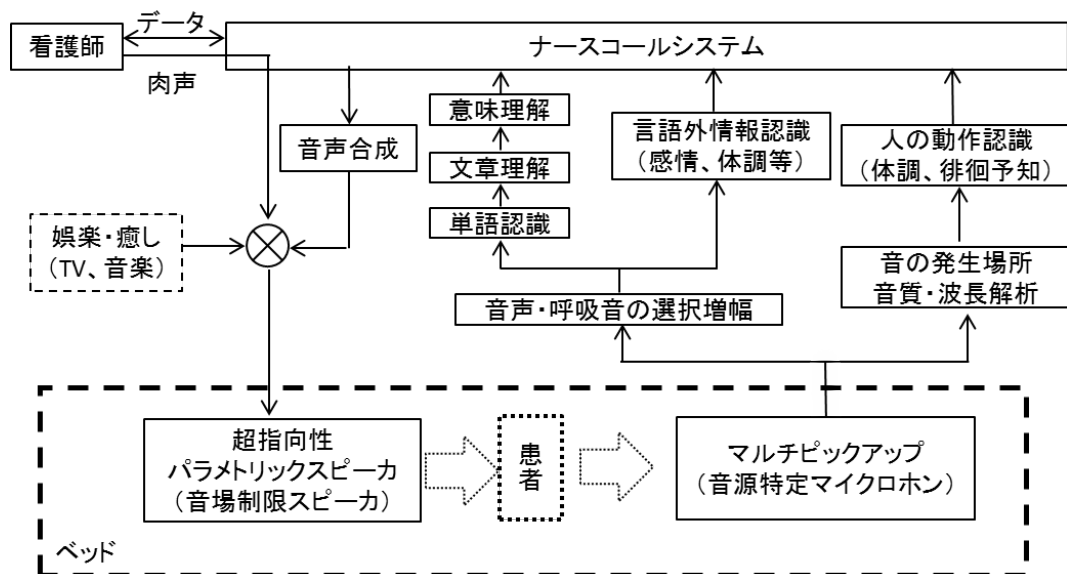


図1 システムの基本構成図

1. 2. 音源像による行動推定

人工知能を含むほぼすべての視覚認識システムがスペクトル（カラー）情報を含む光学的像の強度情報の2次元分布の特徴量により物体の認識を行っている。この場合、カラー情報は補助的役割であることが多く我々はモノクロームの画像であってもほぼ正確に物体を把握する事が出来るが、類似形状の識別などで識別精度を向上するにはカラーの情報が必須になる。音信号の場合は音源種別の探査分解能が粗いこともあり、主にスペクトルの情報により認識が行われる。しかしながら、視覚の場合と同様に類似音が多く存在しスペクトル情報だけからの特定が困難な場合には音源位置情報が補助として使われており、例えばエンジン音や水流の発する音などもスピーカーから本来の位置と異なる方向から再生すると認識を誤る場合もある。このような事から、音源の特定においては、スペクトル方向に細かい階層を持つ2次元の多重スペクトル音源像を形成して、これに深層学習等を用いた認識処理を行えば、対象者の行動に伴う擦過音のような音信号もどのような行動の中の発生音であるかをある程度推測できるものと思われる。例えば、512×512画素のカラー画像を処理する場合、その入力数は約79万画素であるが、音源像として100mmを分解能とすれば、一般的ベッドサイズとして1900mm×900mmを仮定して音源メッシュ数171点であり、音の周波数帯域を16kHzとして画像と同様の入力数で約3.5Hzのスペクトル分解能の階層を持たせることが可能である。

さらに、行動音は時間と共に位置及びスペクトル成分が変化するため、Recurrent Neural Network (3) 等を用いて時系列学習処理を行うことで対象者のベッド内行動の良好な推定ができるものと考えられる。そのためには、多数の音源の存在する環境下において広いスペクトル範囲で良好な2次元音源像を取得し、深層学習の入力とする必要がある。

2. ベッド音源像生成のための信号処理

2. 1. ベッドにおけるマイクアレイ構成とマイクへの音伝搬モデル

音波は時間遅れと距離に反比例する振幅減衰を伴って伝搬する事は周知の事であり、位置を音

源に対してずらした2個のマイクがあれば、得られた信号の振幅と位相差からその2次元位置を算出する事は理論上可能である。しかしながら、振幅の変化は比較的小さく演算誤差が大きくなるため、3個以上のマイクを配置したDS (Delay-and-Sum) (4)ベースの演算方法を検討した。一般のDS法はマイクを直線的に配置し、アレイ間隔に対して比較的離れたファーストフィールドと見做される音源の方向を特定するために用いられ(5)、また3次的に配置されることもあるが、マイク配列の大きさに対して遠方の音源を対象とした音波の到来方位の同定を行うものがほとんどである(6) (7)。一方、ベッド、特に病院、介護用のベッドにはヘッドボードとフットボードが取り付けられているのが一般的である。これを利用し、本システムでは、図2に示すように両ボードの上に直線状にマイクアレイを配置し、ベッドの両側から挟み込むように音信号を取得するようにした。これにより、直線状のマイクアレイでは困難であったアレイに対し奥行き方向、ベッドの長手方向の検出分解能を向上する事が可能である。

2. 2. アレイ信号処理方式

図2に示すように、マットレスをベッドの基準とし、その一つの角を原点として長手方向を x 、幅方向を y にとり、ベッド内の音源分布をピッチ p のメッシュ点上に存在する離散的点音源の分布と近似した。長手方向、幅方向のメッシュ点数をそれぞれ、 L 、 W としており、長手方向のベッド長が $p \cdot (L-1)$ であり、幅方向が $p \cdot (W-1)$ となる。マイクはそれぞれのボード上に等間隔に N 個配置されており、連続的に $2N$ までの番号を付与するものとする。また、両ボードはマットレスより δx だけ外側に設置されている。

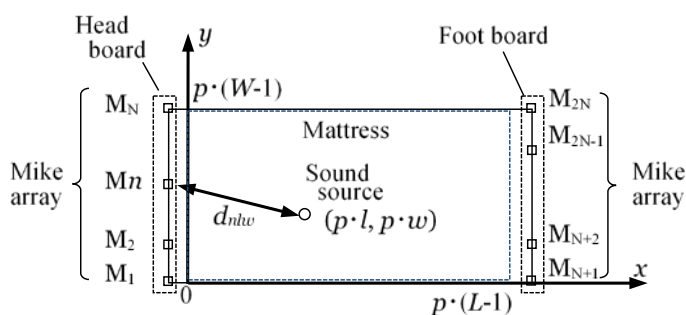


図2 マイク及び音源の配置

仮想の模擬音源に対する各マイクの信号波形は、一般的な音波の伝搬式により計算すと、式(1)のように、メッシュ点上の音源を総数 $L \cdot W$ のベクトルとし、マイクも総数 $2N$ のベクトルで表現するとき、マイクへの入力はアレイマニホールド行列を式(2)のように定義して式(3)で算出できる。ここで、 $a_{n,lw}$ はベッド長手方向に l 番目、幅方向に w 番目のメッシュ点の点音源から n 番目のマイクへの音波の伝達関数であり、座標 $(p(l-1), p(w-1))$ の点音源とマイク M_n との距離 $d_{n,lw}$ に対して、振幅は逆数に比例し、伝搬遅れに伴う位相シフトが発生する。仮想の模擬音源に対する各マイクの信号波形は、一般的な音波の伝搬式により計算すと、式(1)のように、メッシュ点上の音源を総数 $L \cdot W$ のベクトルとし、マイクも総数 $2N$ のベクトルで表現するとき、マイクへの入力はアレイマニホールド行列を式(2)のように定義して式(3)で算出できる。ここで、 $a_{n,lw}$ はベッド長手方向に l 番目、幅方向に w 番目のメッシュ点の点音源から n 番目のマイクへの音波の伝達関数であり、座標 $(p(l-1), p(w-1))$ の点音源とマイク M_n との距離 $d_{n,lw}$ に対して、振幅は逆数に比例し、伝搬遅れに伴う位相シフトが発生する。

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} s_1 \\ \vdots \\ s_{L \cdot W} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{M} = \begin{bmatrix} M_1 \\ \vdots \\ M_{2N} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{1,1} & \dots & a_{1,LW} \\ \vdots & a_{n,lw} & \vdots \\ a_{2N,1} & \dots & a_{2N,LW} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

$$a_{n,lw} = \frac{P_0}{d_{n,lw}} \exp(jkd_{n,lw}) \dots\dots\dots (3)$$

$$\mathbf{M} = \mathbf{A}\mathbf{S} \dots\dots\dots (4)$$

マイクの入力波形から音源からの音を選択的に増幅するビームフォーミングは通常、マイク入力ベクトルにアレイマニホールド行列に対する逆伝搬行列を作用させることで計算される。完全な逆伝搬では式(5)に示すように、伝達関数 $a_{n,lw}$ の逆数 $b'_{n,lw}$ を用いる。

$$b'_{n,lw} = \frac{d_{n,lw}}{P_0} \exp(-jkd_{n,lw}) \dots\dots\dots (5)$$

しかしながら、遠隔点におけるノイズの影響が強くなるため、ゲインの項を無くして位相項だけで補正して加算している例がある⁽⁸⁾。そこで、逆伝搬補正ゲインを式(6)に示すように定義した。図3にパラメータ α 、 β 、 γ と式(6)のゲイン項の関係を示す。音源がベッド中心の位置でゲイン項の分母が指数 β に関わらず $\alpha + \gamma$ となり、中心位置でのゲインが規定される。 β は距離の影響度を表しており、 β が正で大きくなるほど、マイク近接位置での振幅の補正効果が少なくなり、遠方のマイクの影響が小さくなる。完全な逆伝搬は、 $\alpha=1, \beta=-1, \gamma=0$ にて設定可能であり、ゲイン項をなくす場合は $\alpha=0$ で実現できる。

$$b_{n,lw} = \frac{1}{\gamma + \alpha \left(\frac{d_{n,lw}}{d_0} \right)^\beta} \exp(-jkd_{n,lw}) \dots\dots (6)$$

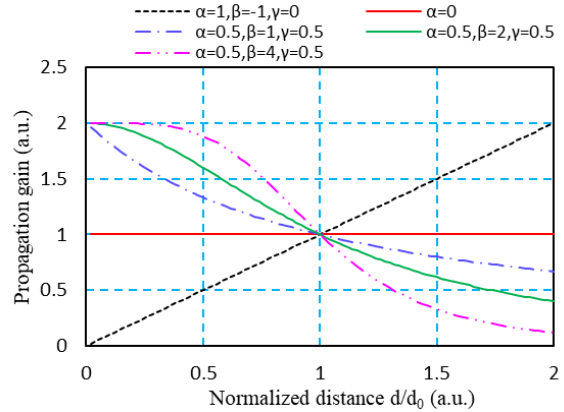


図3 逆伝搬補正ゲインと形状パラメータ α 、 β 、 γ の関係

3. 音源像生成シミュレーション

3. 1. 4マイクによる音源像生成

まず、マイクをヘッドボード、フットボードの両端に1個ずつ、計4個設置した場合の音源像生成特性を評価した。マイク数は多ければ多いほど音源特定性能は向上するが、処理能力、システムコストの面からマイク数は少ないほど良く、両ボードのマイクアレイでベッド内を挟み込む構成としては4マイクが最小構成となる。図4に逆伝搬のゲインとして式(4)のように音波の伝搬減衰量の逆数を用いた場合、 $\alpha=1, \beta=-1, \gamma=0$ での音源分布生成のシミュレーション結果を示す。次章で述べる実験で用いたベッドを想定しており、ベッドのマットレスが図中に方形の実線枠で示した1.9 m×0.9 mの範囲であり、その四隅の一つを原点としている。模擬音源は、ベッド中心と座標原点の中間地点(長手方向:0.475 m, 幅方向:0.225 m)に設置された周波数500 Hzの点音源とした。この音源位置も方形の実線で等高線図に重ねて表示している。ほぼ音源位置にピークを持つ強度分布が得られているが、左右のマイクアレイへの伝搬遅れの差が1波長分ずれる位置、つまりベッド長手方向に半波長シフトした位置にゴースト音源像が表れる。さらに図の右側、仮想音源位置の逆側のゴースト像でより強い強度ピークが表れており、最大ピークを音源位置とすれば推定を誤ることが判る。これは伝搬ゲインの逆数を逆伝搬ゲインとしたため、仮想音源位置より遠方のメッシュ点に対しマイクの信号が過剰に補正されてしまった事による。これは、逆にいうと位置によってはノイズを増幅してしまうことを意味する。一方、 $\alpha=0, \gamma=1$ として逆伝搬ゲインを定数として位相のみの補正とした場合の同様のシミュレーション結果を図5(a)に示す。設定音源位置が最大ピークとなっているが、ゲイン補正がないためマイクからの距離に関わらずメッシュのどの点においても同じ信号強度でマイクの信号が加算されることになり、位相の整合する条件で比較的強いピークが各所に現れる。これは音波の波長が短くなる高周波において顕著となる。図5(b)に1 kHzでのシミュレーション結果を示したが、多数のゴーストピークが現れているのが判る。

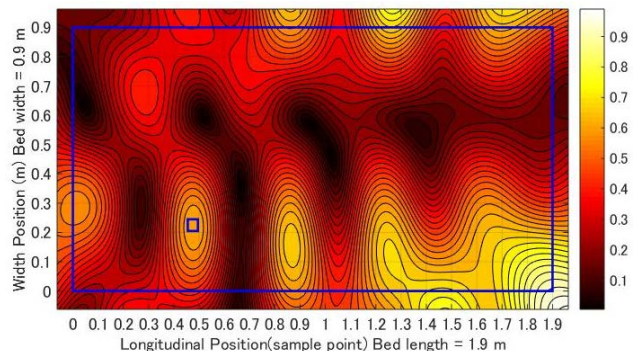


図4 逆伝搬補正ゲインとして伝搬減衰の逆数を用いた場合の音源分布シミュレーション結果(500Hz)

3. 2. 逆伝搬補正ゲインパラメータ最適化

前述のゴーストピーク強度を低減して音源推定精度を向上する一つの方法として、マイク遠方のメッシュ点に対して、逆伝搬ゲインを低下させることが考えられる。但し、その場合、マイク近接位置のメッシュに対して逆伝搬ゲインが上がるとマイク近傍のゴーストに推定音源位置が引き寄せられることになり、誤差がかえって上昇する事も考えられる。また、遠方におけるゲインを低下させすぎると、ベッドのヘッド/フット両側から挟み込んだ効果が薄くなり、ベッド長手方向の分解能の低下が発生する。そこで、式(5)に示したパラメータ α , β , γ の値に対して、音源位置推定精度がどのように変化するか同様のシミュレーションにより推定した。音源分布に複数のピークが現れることから、ノイズやその他外乱要因によるピーク値の変動で、シミュレーション上の最大ピーク以外のピークも音源として推定される可能性がある。このため推定誤差としては、得られた音源分布から最大のピークと2番目のピークの2つのピークの位置と設定音源位置との距離 $\square\square 1$, $\square\square 2$ を用いた評価関数 \square を設定した。但し、2番目のピークを選択する確率は1番目のピークの値との比に依存するため、重みとして2番目の誤差値 $\square\square 2$ にピーク強度比を掛けで加重平均化した式(6)を評価関数としている。

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_1 + r\varepsilon_2}{2} \dots\dots\dots (7)$$

前節で示した、伝搬減衰の逆数を逆伝搬補正ゲインとした場合 ($\alpha = 1, \beta = -1, \gamma = 0$) と補正ゲインを定数 ($\alpha = 0, \gamma = 1$) とした場合の周波数 1 kHz でのシミュレーション結果をそれぞれ

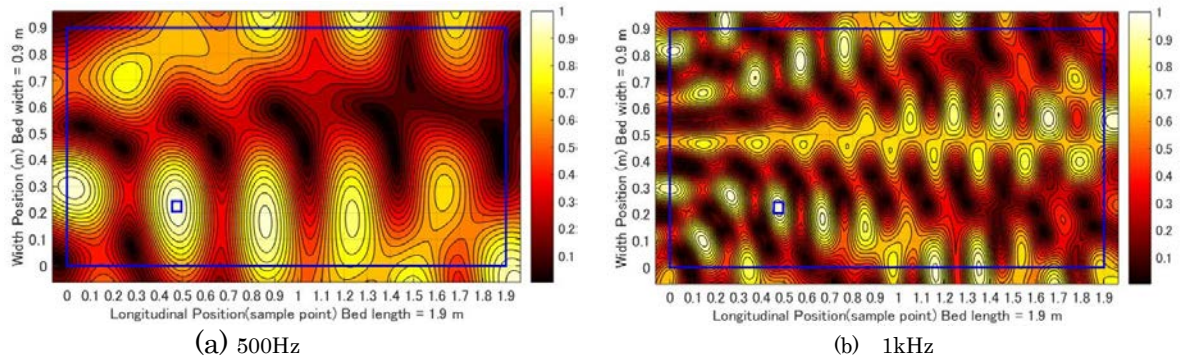


図5 逆伝搬補正パラメータ $\alpha=1, \gamma=1$ でのシミュレーション結果, (a) 500Hz, (b) 1kHz

れ図6(a), (b)に示す。図から明らかなように、(a)の場合は推定誤差が大きく、両サイドボードの近傍での誤差は2 mに近くっており、補正により遠い側のマイクの出力が過剰に増幅されベッドの反対側の位置と誤認識していると思われる。一方、補正ゲインを定数とした場合は推定誤差がかなり減少しておりベッド幅方向の中心近傍での推定誤差が特に小さくなっている。これは、図5(b)に現れているような比較的近接した幅方向のゴーストのピークまたは長手方向のマイクから見て遠方側に現れるゴーストが第2ピークとなったためと推察される。

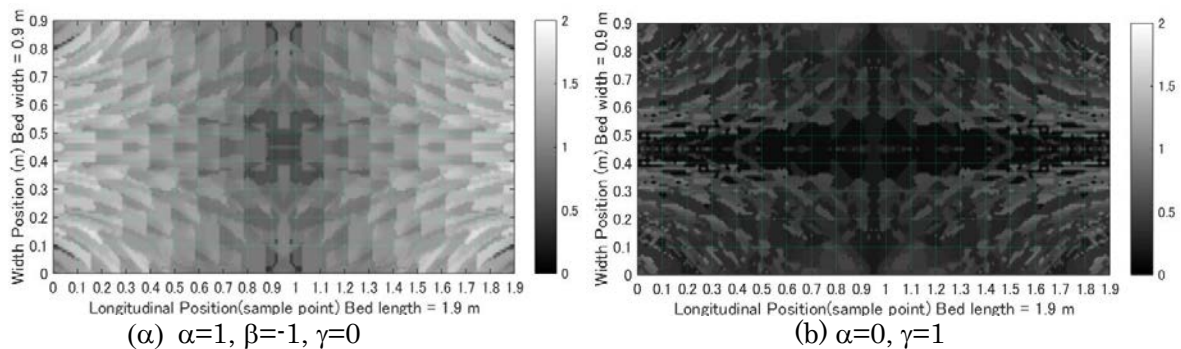


図6 周波数 1kHz の模擬音源の設定位置に対する音源位置推定誤差

以上のように、逆伝搬補正ゲインパラメータによって音源推定精度が大きく変化することから、 α 、 β 、 γ を変化させて推定誤差を最小にするパラメータ最適値を決定した。図7にその計算結果を示す。前述図6と同様、音源位置の推定誤差をベッドの全メッシュ点を模擬音源位置として計算し、その平均値を求めた。 γ は0.5とし、 β の値に対する推定誤差平均値の変化を、 α を0から0.5までの0.05刻みでプロットした。概して β の正側において良好な特性が得られ、 $\alpha=0.15\sim0.2$ 、 $\beta=3$ 近傍で最小値が得られる事が判る。

図8に $\alpha=0.15$ 、 $\beta=3$ 、 $\gamma=0.5$ における音源位置推定誤差の分布図を示した。先の図6(b)と比較しても大幅に誤差が低減し、ベッドの多くの部分で0.2m以下の検出誤差となっている。また、図9に上記パラメータによる500 Hz 模擬点音源の音源分布シミュレーション結果を示す。図5に比べ遠方位置での音源像強度が減少している。

3. 3 実音声による評価

実音の評価として、音声における音源像の生成を行った。前述と同じ位置(0.475, 0.225)に口の位置が来るように被験者の男性がベッドに仰臥し、上に向けて“あ”の音声を発してマイク M1~M4 にて取得した信号を解析した。解析に用いた信号の周波数スペクトルを図10に示すが、一般に知られているようにピッチ周波数毎のピークが口腔での共鳴による周波数特性の包絡線をもって現れている。この実験におけるピッチ周波数は約100 Hzであり、第1フォルマントは500 Hz近傍に、第2フォルマントは1 kHz近傍であった。前述のシミュレーションで用いた500 Hzの近傍513 Hzにピッチ周波数のピークがあり、その周波数での音源分布を図11に示す。若干ゴースト像の強度が高いがシミュレーションに近い結果が得られている。第1フォルマント近傍の他のピーク周波数において同様の音源分布を算出し、各々の最も強度の高い第1ピークと第2ピークをプロットしたものが図12である。被験者の口の位置を×印で示した。ほぼ第1ピークが発声位置の周辺0.2 m程度の範囲内で発生しているが、617 Hzでは第1ピークと第2ピークの距離が逆転しており、ゴースト像が第1ピークとなっている。この傾向は高音になる程顕著であり、図13に示した1 kHzにおける実音声の音源分布より明らかなように、ベッド幅方向(マイク配列方向)に複数の列をなしたゴースト像が現れる。このような音域では真の音源位置を特定する事が困難となり音源位置の誤認識となるため、更なる対策が必須となる。幅方向の音源像列の発生はマイク M1 と M2 の間隔が音波波長より長くなることによる繰り返しの発生であるためマイク間隔を狭くすれば除去する事が可能であるが、反面幅方向の分解能が低下するためマイク配列数を増加する必要がある、最適数は今後の検討事項である。

4. まとめ

音を利用しベッド内の対象者や被介護者の看護、介護環境を向上するスマートベッドシステムにおいて重要な機能である音によるベッド内の行動推定を行うためのデータ入力として、マルチスペクトル音源像の取得の基礎的検討を行った。ベッドのヘッドボード/フットボードの端に配置した総数4個のマイクで音源像を生成するDS法をベースとしたアレイ信号処理について逆伝搬補正ゲイン関数を定義し、適切なパラメータ値を設定することで音源位置の推定誤差を低減することをシミュレーションにより検討した。1番目と2番目のピークに

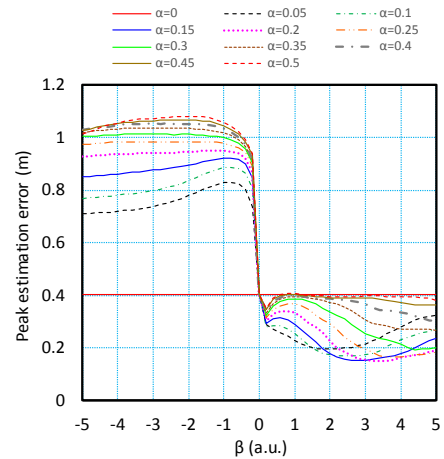


図7 β の値に対する音源位置の推定誤差平均値

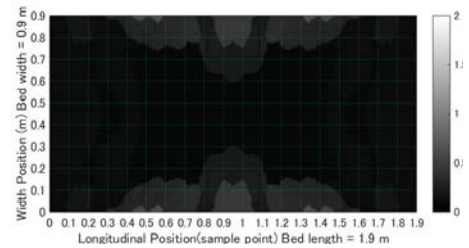


図8 $\alpha=0.15, \beta=3, \gamma=0.5$ での音源位置推定誤差分布

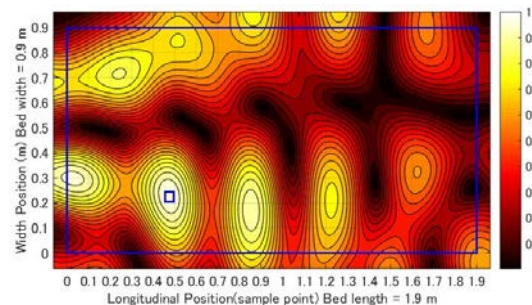


図9 $\alpha=0.15, \beta=3, \gamma=0.5$ でのシミュレーション結果(500Hz)

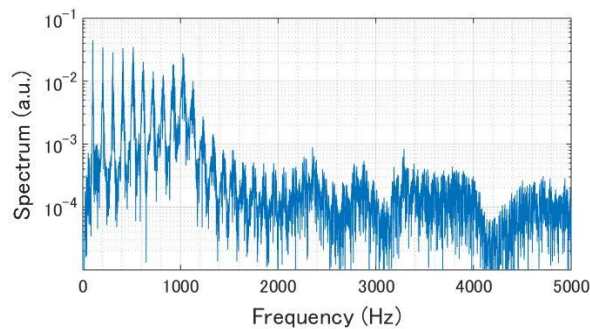


図 10 実音声の周波数スペクトル

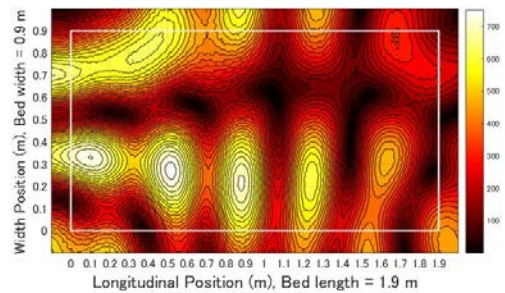


図 11 実音声での音源分布
($\alpha=0.15, \beta=3, \gamma=0.5, f=513\text{Hz}$)

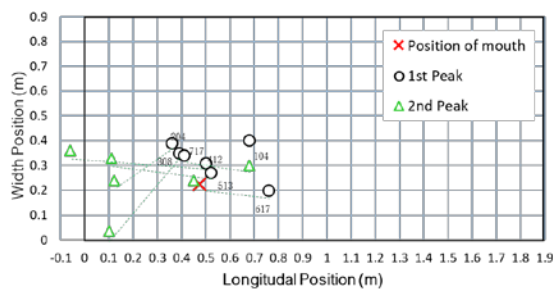


図 12 第 1 フォルマント近傍のピーク周波数における音源分布の第 1 及び第 2 ピーク位置

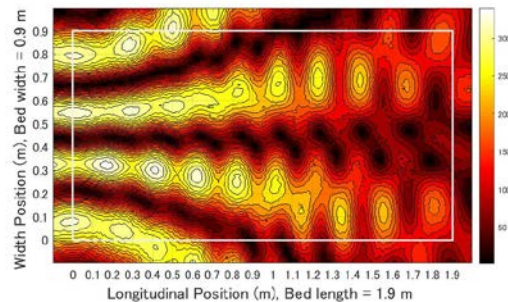


図 13 実音声での音源分布
($\alpha=0.15, \beta=3, \gamma=0.5, f=1010\text{Hz}$)

ついて、ピーク強度比を重みとして両者のピーク位置と模擬音源位置との距離を平均したものを誤差評価値とし、補正ゲイン関数のパラメータを変化させてシミュレーション実験した。その結果、誤差評価値が最小になる値が存在し、全ベッド域に対して誤差が低くなることを確認した。音波の周波数が高くなるほどゴースト像が増加し、音源特定が難しくなる傾向にあるため、今後マイク数の増加させた検討を行い、行動認識に必要なスペクトル域において最適となるマイク個数、補正ゲイン関数の検討を行っていく予定である。

■ 成果

本研究テーマにて御器谷科学財団の助成を受け、2016 年度から 2017 年度にかけて、パラメトリックスピーカを利用した制限音生成手法、骨伝導音による患者音声ピックアップ手法、マルチマイクのアレイ信号処理による音源特定手法、決定木を用いて病院内の会話で医療会話と非医療会話を分離する会話クラスタリング手法の開発を行い、上記科学財団への報告を完了した。完了後も各項目について継続研究中である。マルチマイク信号処理に関しては、逆伝搬ゲイン補正を行った遅延和法による音源分布生成に関して電気学会計測研究会研究会に発表予定（2月23日）であり、会話クラスタリング手法の開発においては、SICE 中国支部学術講演会にて 11月26日に発表を行った。今後もシステムの完成に向け継続して研究を行っていく。

大学プロジェクト特別研究 超小型衛星概念設計モデル試作

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 准教授 Ryuichi Sekita 博士 (システムズ・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

連絡先：sekita@fukuyama-u.ac.jp / 084-936-2112 (ext. 4140)

研究概要 衛星活用土砂崩れ予測システムの技術検証試験を行う超小型衛星

昭和 42 年から **40 年間で我が国の自然災害死者数の 42%が土砂崩れ**です。自然現象としての土砂崩れは科学技術で防げませんが、その被害は科学技術で最小化すべきです。

このために福山大学工学部は、土砂崩れリスクが高い人の入れない急斜面に計測ロボットを投入しセンサーネットワークを構成して土砂崩れ発生半日前の予測を目指します。この山深くにいるロボットの計測データは、Store&Forward (以降 S&F) データ通信技術を持つ低軌道衛星が回収する**土砂崩れ予測システム** (図 1 参照) に向けて通信技術を検証する超小型衛星実験システムを設計した。

① 研究目的

将来の土砂崩れ予測システムに向けた超小型衛星実験システム構築の一環として、地上センサーネットワークロボットと超小型衛星のミッション設定に沿ったシステムの成立性確認が目的である。

② 超小型衛星実験システムのミッション

本実験システムは、土砂崩れ予測システムの中でデータ計測と同様に重要な位置づけにある **S&F データ通信技術の成立性検証がミッション**である。超小型衛星は 10 cm × 10 cm × 30 cm の国際規格 3U サイズで S&F 通信実験に特化する。地上センサーネットワークロボットは、将来システムでは必須の小型化は本研究では目指さず電源も別置きとして、更に傾斜のゆるい斜面でのネットワーク構成でのデータ計測から衛星への送信のみを実験範囲とする。(図 2 参照)

本システムでの超小型衛星へのミッション要求は次の 3 項目である。

- 地上ロボットから確実に計測データをすべて受信すること
- 地上局からのコマンドを受信し、それに従ってすべてのプロセスを実行すること
- 地上局へ前周回で蓄積した計測データを確実にすべて送信すること

一方、地上センサーネットワークロボットへのミッション要求は次の 3 項目である。

- 子機たちは、サンプリングタイム 1 秒 (Minimum) でデータ計測を行い、レーザー通信に

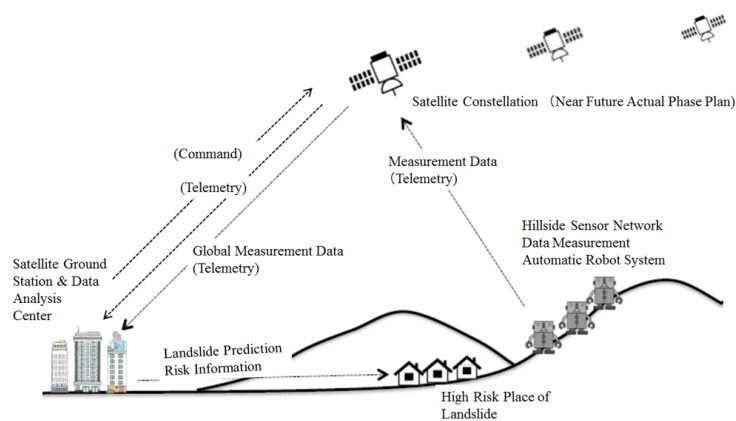


図 1 将来目指す土砂崩れ予測システム



図 2 超小型衛星実験システム

- より親機へ送信すること
- 子機は3機でセンサーネットワークを構築し、プログラムに従い自律移動すること
- 親機は子機からの計測データを蓄積し、超小型衛星へ確実に全データを送信すること

③ 超小型衛星実験システムの概念設計結果

A) 超小型衛星のシステム設計

システムズ・エンジニアリングを採用し、その**設計V字モデル**に従って概念設計の第一歩としてシステム設計を実施した。設計V字モデルについて説明は省略するが、ミッション要求、サクセスクライテリア、必要システム、要求、機器、スペックと順を追って詳細化するもので、S&F通信ミッションの結果を図3に示す。本研究では、設計に対応する製造と試験・検証に至らないため、設計V字モデルとしてのV字の右側を記載していない。

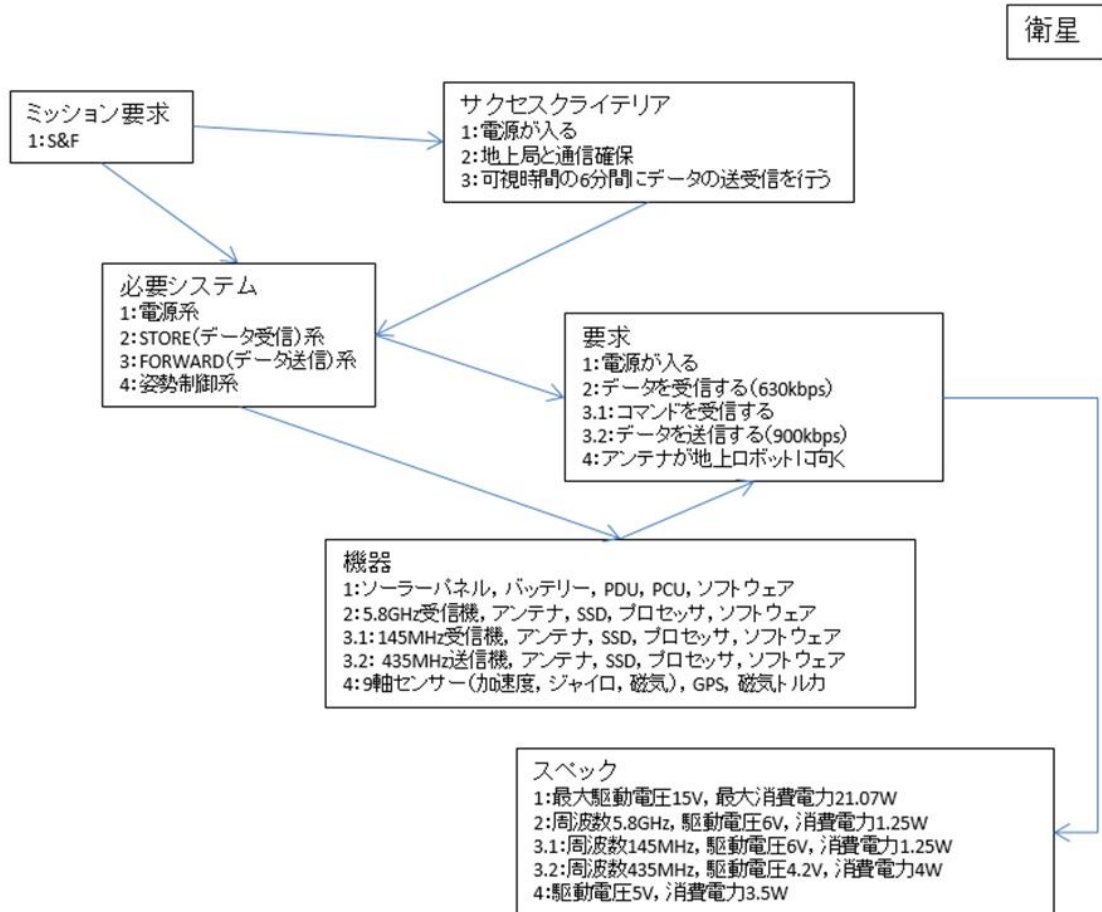


図3 超小型衛星 S&F ミッションのV字モデル設計結果

B) 地上センサーネットワークロボットのシステム設計

地上センサーネットワークロボットについてもシステムズ・エンジニアリングに従い、設計V字モデルによるシステム設計を実施した。その設計結果を図4に示す。地上センサーネットワークロボットは設計検討が浅いためミッション要求を満たす機器選定を実行できず、部品選定以降の概念設計を進捗できない状態である。

C) 超小型衛星の部品選定とシステム設計

前述 A)項で明確にした機器選定結果を基に設計した超小型衛星のサブシステムブロック線図を図5に示す。図5はデータの流れを示すもので、青色矢印は、各サブシステムからCommand and Data Handling System (以降 C&DH) 系のCPUへ送られるデータを、赤色矢印はC&DH系のCPUから各サブシステムへ送られるデータを示している。例えば青色矢印には、通信系が受け取ったデータをC&DH系のデータハンドリングユニット(以降 DHU)へ送るものを示し、赤色矢印ではC&DH系で処理したデータを地上局へ送信するためテレメトリー・コマンド(以降、テレコマ)通信系へ送るものがある。

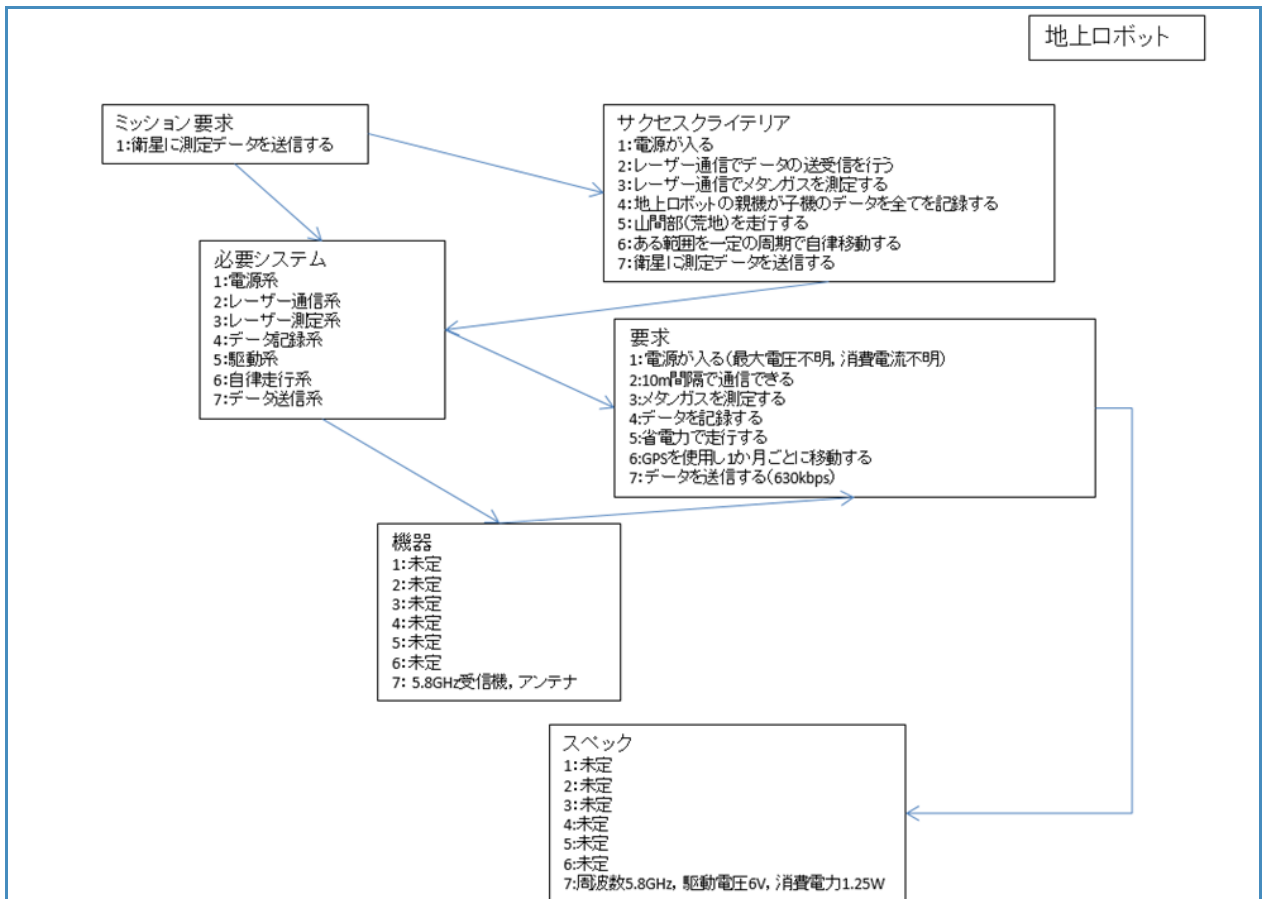


図4 地上センサーネットワークロボットのV字モデル設計結果

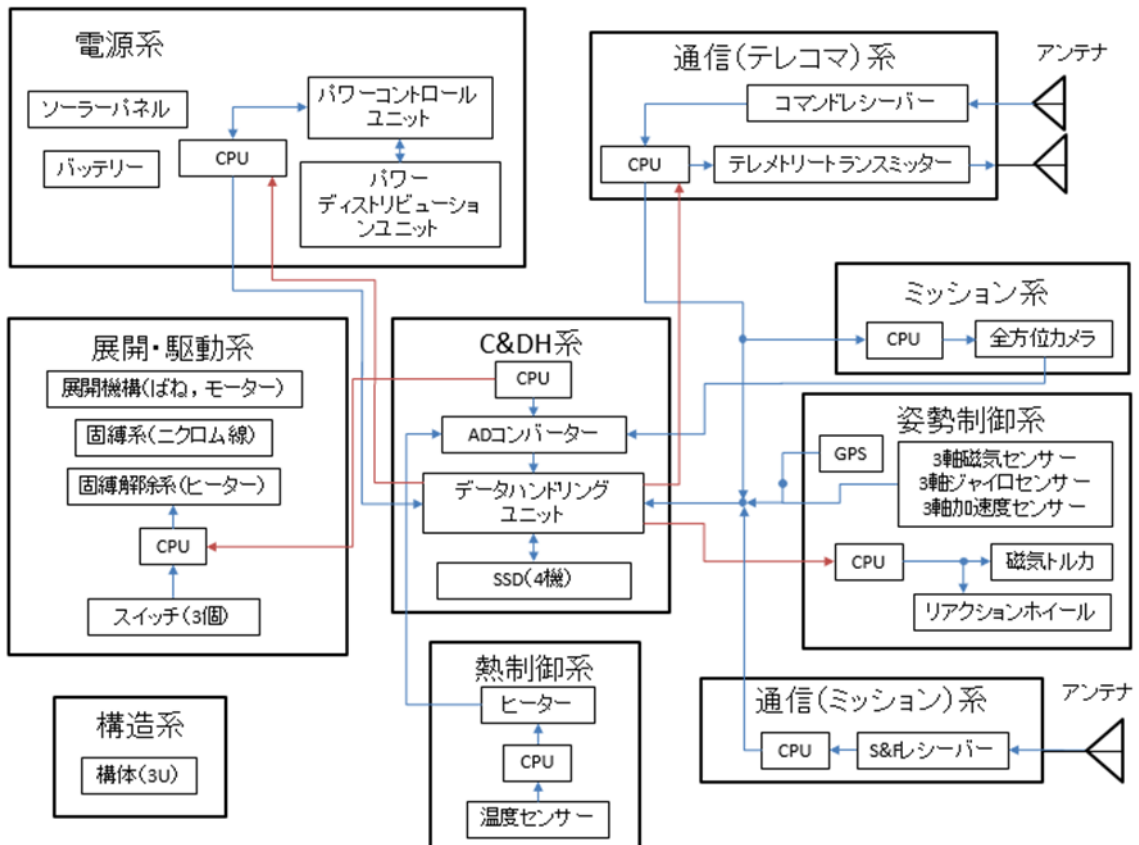


図5 超小型衛星サブシステムブロック線図(データライン)

D) 超小型衛星の軌道設計

超小型衛星を運用する地球周回低軌道選定条件は以下である。

- 世界的に陸地面積のカバー率が高い軌道であること
- 特殊な軌道ではなく、衛星を投入する機会が多いこと
- 日中の実験を行いやすい時間帯に多くの通信リンクが確保できること

現在、軌道上にある多くの地球観測衛星軌道は、これら1番目と3番目に該当するがそこへ投入するためのロケット打上げ機会が少ない。しかし軌道傾斜角 51.6°の国際宇宙ステーション軌道であれば、北半球の高緯度地域をカバーできない（この地域は永久凍土など地層が安定しており将来の土砂崩れ予測システムでも観測対象とならない）が、JAXA による国際宇宙ステーションからの衛星放出機会があるため、本実験システムの軌道として最適である。なお、国際宇宙ステーション軌道の簡易な可視時間解析によると広島上空は、毎日朝から夕方時間帯に 10~30 分で通過し、1日あたり多い日で 8回上空を通過する。

E) 超小型衛星のサブシステム設計

サブシステム、機器配置設計として、他大学で軌道投入実績がある超小型衛星の開発結果を参照として、機器・部品の第1次選定を実施した。その一覧を表1に示す。

表1 超小型衛星の機器一覧

システム名	コンポーネント名称	製品名	メーカー	個数[個]	消費電力[W]	外形[mm]	重量[g]
C & D H系	OBC	PIC16F877A-I/PT	Microchip Technology	8	0.000006	10×1×10	10
	ADコンバーター	ADS1282-SP	TEXAS INSTRUMENTS	1	0.025	18.23×12.70×5	10
	DHU	未定	未定	1	未定	未定	10
	SSD	AS25-SATA/PATA	アスコット株式会社	4	1	100×70×15	100
電源系	ソーラーセル	低価格GaAs太陽電池	イプロス製造業	1		10×26.3	175
	バッテリー	高性能宇宙用リチウムイオン電池	株式会社ジーエス・ユアサテクノロジ	1		98×38×159	1100
	PCU	PCU-1-N-0-28-PR2-A	航空宇宙技研	1	不明	42×41.2×14.6 (1/5)	300
	PDU	PDU-1-B-1-28-PR2-A	航空宇宙技研	1	不明	41.2×49.6×10.4 (1/5)	260
(ミッシェン)通信系	アンテナ	ダイポールアンテナ	自作	1	未定	100	未定
	S&Fレシーバー	5.8GHz帯高速通信無線モジュール	ロジカルプロダクト	1	1.56	60×50×10.5	300
(テレコマ)通信系	アンテナ	ダイポールアンテナ	自作	1	未定	100	未定
	テレメトリートランスミッター	TXE430MFCW-301A	西無線研究所	1	4	88.5×60×10.5	60
	コマンドレシーバー	RXE145M-301A	西無線研究所	1	1.25	60×50×10.5	38
姿勢制御系	3軸磁気センサー	磁気センサー付き	アナログ・デバイス株式会社	1	0.35	23×23×23	100
	3軸ジャイロセンサー	3軸慣性センサー	ADIS16400				
	3軸加速度センサー	衛星搭載GPS受信機	明星電気株式会社	1	0.17	72×50×40	230
	磁気トルカ	Magnetic Torque Actuator for Spacecraft	明星電気株式会社	1	0.15	42×41.2×14.6 (1/5)	100
	リアクションホイール	MAI-400A	先端技術研究所	3	0.85	33×33×38.4	90
熱制御系	温度センサー	TMP422-EP	TEXAS INSTRUMENTS	2	0.00275	2.8×2.9×8	10
	ヒーター	シリコンラバーヒーター	WATLOW	2	不明	10×10×10	未定
ミッシェン系	全方位カメラ	Panorama Camera 180-View	TAMRON	1	1.5	72×72×40	100
展開・駆動系	展開機構	未定	未定	未定	未定	未定	未定
	固縛機構	未定	未定	未定	未定	未定	未定
	固縛解除機構	未定	未定	未定	未定	未定	未定
	スイッチ	未定	未定	未定	未定	未定	未定

超小型衛星でキーとなる電源系設計として、機器の消費電力算出結果を表2に示す。消費電力が不明な機器も残ることから1.25倍のマージンを考慮して21.1Wが本超小型衛星の消費電力である。

衛星構造として国際規格3Uを想定すると構体に艤装できるソーラーパネルは14枚で、1パネルあたり1cm×2.6cmのソーラーセルを24枚貼ることができる。機器選定したソーラーセルの発電量は1枚あたり0.034Wであるため構体に艤装するソーラーパネルでは11.4Wの発電量となり21.1Wに足りない。

そこで図6のような展開機構を艤装することでソーラーパネル枚数を増やす。この場合のパネル総枚数は構体部で14枚、展開部で12枚、合計26枚となり $26 \times 24 \times 0.034 = 21.2W$ をまかなうことができ、電源系が成立する。

F) 超小型衛星について他の設計

国際規格3U構体での機器配置設計の結果を図7に示す。ここでは、本実験ミッションに加えて小中学生向けに衛星を操作して画像を取得する体験ミッションとして全方位カメラを搭載している。

この全方位カメラをユニット下部に配置し、中央には通信機及びバッテリーを、上部にはメンテナンスしやすいようにデータハンドリング系のコンポーネントを配置した。現状では機器の大きさにはマージンがあり、それでも余裕を持った配置で艤装が可能である。基本設計以降でサブシステム、機器設計を詳細化し配置設計も詳細化すれば構体を2U程度まで小型化する可能性がある。

表2 超小型衛星機器消費電力

システム名	コンポーネント名	製品名	個数[個]	消費電力[W]
C & D H系	OBC	PIC16F877A-L/PT	8	0.000006
	ADコンバータ	ADS1282-SP	1	0.025
	DHU	未定	1	未定
	SSD	AS25-SATA/PATA	4	1
電源系	バッテリー	高性能宇宙用リチウムイオン電池	1	
	PCU	PCU-1-N-0-28-PR2-A	1	不明
	PDU	PDU-1-B-1-28-PR2-A	1	不明
通信系	S&Fレシーバー	5.8GHz帯高速通信無線モジュール	1	1.56
	テレメトリートランスミッター	TXE430MFCW-301A	1	4
	コマンドレシーバー	RXE145M-301A	1	1.25
姿勢制御系	3軸磁気センサー 3軸ジャイロセンサー 3軸加速度センサー	磁気センサー付き 3軸慣性センサー ADIS16400	1	0.35
	GPS	衛星搭載GPS受信機	1	0.17
	磁気トルカ	Magnetic Torque Actuator for Spacecraft	3	0.15
	リアクションホイール	MAI-400A	3	0.85
熱制御系	温度センサー	TMP422-EP	2	0.00275
	ヒーター	シリコンラバーヒーター	2	不明
ミッション	全方位カメラ	Panorama Camera 180-View	1	2.5
合計消費電力[W]				16.860548

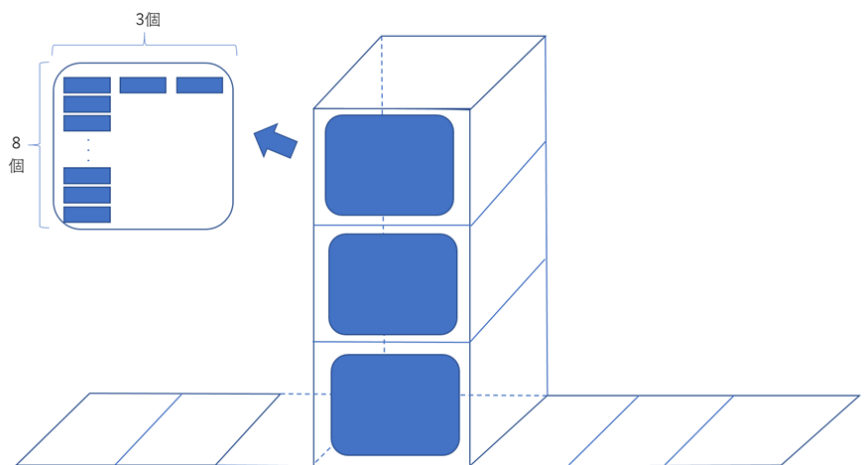


図6 超小型衛星 展開型ソーラーパネル

本実験システムでは、地上センサーネットワークロボットと高度 400km の超小型衛星間で行う通信が重要技術である。そこでこの地上ロボットと衛星の通信マージン解析を様々なケースで実施した。

通信機は、超小型衛星で使用実績の多い UHF 帯 145MHz、435MHz、福岡工業大学で開発した高速通信 UHF 帯 5.8GHz 及び衛星用 S 帯 2GHz を想定した。

結果を要約すると地上センサーネットワークロボットで艀装できる小型のダイポールアンテナではいずれの通信機でも通信マージンを確保できず、直径 500mm のパラボラアンテナを艀装すれば通信マージンを確保できる。パラボラアンテナを地上ロボットに艀装することは現実的ではない。

またこれらの無線機はいずれも国の無線局免許が必要であることが将来の土砂崩れ予測システム普及には壁となる。この解決として家庭用スマートメータで使う免許不要の特定無線帯機器の使用が候補となるが、他研究によると特定無線帯機器は高度 400km の低軌道衛星と通信できても、テキストで毎秒 2 文字程度しか通信できず通信スピード・容量に大きな問題が残る。

以上より、本実験システムでミッションを成立させるためには、小型で高速・大容量の通信機と小型アンテナについての更なる研究が必要である。

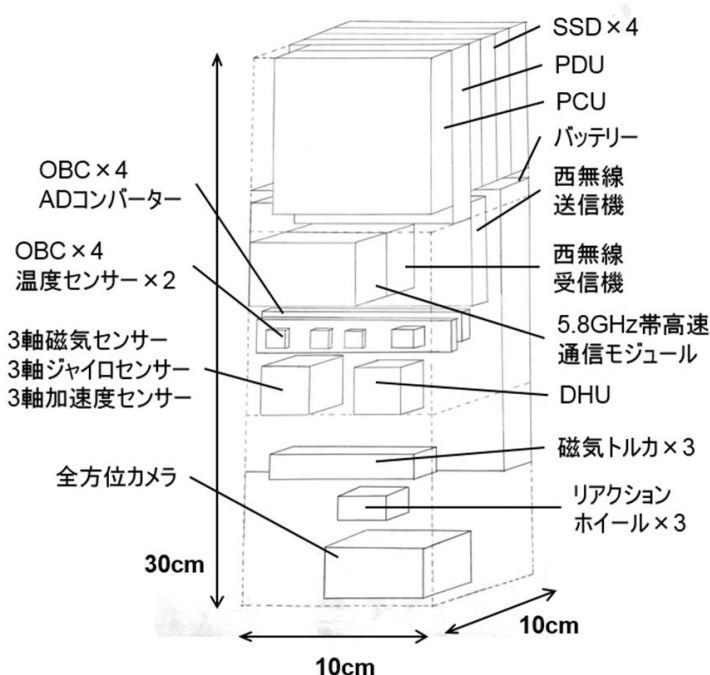


図 7 超小型衛星 機器配置

④ 結論と今後の計画

- ✓本研究で超小型衛星実験システムの概念設計を行ったが、地上センサーネットワークロボットの研究が進捗していないため、現状ではシステム成立性を得られない。
- ✓超小型衛星単体は、S&F 通信ミッションを行う衛星の概念設計として機器選定まで終わり、システム成立性も確認でき、基本設計へ進むことは可能であるが、衛星単体では意味がない。
- ✓地上センサーネットワークロボットと低軌道衛星の間で使う通信機器及びアンテナにも技術ブレークスルーが必要な研究課題が残っている。

本超小型衛星実験システムは、地上センサーネットワークロボットを使わないミッションへの再設定が必要である。本研究で成果が出た超小型衛星設計は基本設計へ進まず当面保留し、システムとしてのミッション再設定を平成 30 年度に研究する。

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

■論文受賞

平成 21 年度 日本工学教育協会論文・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

<http://www.fukuyama-u.ac.jp/smart-system/>

地域遺産としての備後表、無花果+蔵、備後柿渋、能舞台 —備後地域遺産研究会 2017 活動報告—

佐藤圭一*1

*1 工学部建築学科

1. 背景と目的

本稿は、福山大学ひと・まち・くらしプロジェクトの一環である「備後地域遺産研究会」（代表：佐藤圭一、活動拠点：まちづくりPJ室03204号室）の2017年度活動報告である。本年度の備後地域遺産研究会（以後、研究会とする）の中心メンバーは、著者の指導する建築学科1年生「教養ゼミ」、3年生「ゼミナール演習」、4年生「卒業研究」のゼミ学生であり、それら演習の活動と成果の一部も含まれる。

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

2016年度の主要活動テーマであった「備後表、明王院、別所砂留」については、2017年度も継続活動を行った。本稿では、主に2017年度の新たな取り組みについて報告する。研究会の活動目的の1つである地域遺産の「発掘」が相次いだ年度であった。

2. 主な活動概要

2.1 教育振興助成金による県外研修

2016年度は独自の活動資金はなかったが、2017年度はこれまでの活動実績が認められ、福山大学教育振興助成金「『地域遺産』としての備後表、明王院、別所砂留の保全と継承」（学生の参加する社会連携活動に対する助成金）を得ることができた。本助成金活動では、学生の県外遠隔地での研修にも重点を置いている。現在、研究会では、地域と協働で福山市本郷町において藺草栽培実践を行っているが、国内藺草栽培や関連業の最先端地域での研修である。4年生3人（いずれも研修後に大学院受験・進学）と共に熊本県八代地域の藺草農家や製織工場、整経工場、織機工場を訪れ、農家や職人への聞き取りを行った。



図1 熊本県八代地域における研修（大規模圃場と製織工場、整経工場、織機工場）

2.2 ギャラリー「蔵」との協働によるイチジク屋台の設計と製作

藺草栽培など研究会での地域における活動に目がとまり、ギャラリー「蔵」（福山市松永町）と地元建築家を通じて、イチジク（無花果）屋台の設計と製作の依頼があった。福山市本郷町において、夏期にイチジクの収穫を体験し、農家から聞き取りを行いながら、設計と製作を行った。「小さな建築」と銘打ち、木造建築と同様の企画・計画・設計・施工のプロセスを全て実施した。3年生ゼミの学生リーダーの元、地元建築家、大工にも助言を得ながら、学生チーム主体で取り組んだ。資材は、ギャラリー蔵や地元工務店等に無償提供いただいた。10月の三蔵祭での屋内展示を1つの目標において完成させたが、屋外での使用を前提とした防水加工工事は間に合わなかった。3月に改めて防水工事を行い、依頼主でもあるギャラリー「蔵」へ移設設置し、後述する「備後柿渋」による防水・防霉・防虫のための塗装を行った。



図2 イチジク屋台（果樹園、農家打合、CG、施工）とギャラリー「蔵」

2.3 備後柿渋

1年生教養ゼミでは、3,4年ゼミ生の助言や指導も得ながら、「備後柿渋」をテーマに調査研究を行った。かつて防水・防腐・防虫等のための伝統建材として活用され、備後地域も一大産地であったが、現在、備後柿渋の生産工場は尾道市浦崎町に1軒が残るのみである。後期に取り組んだため、夏期の渋柿収穫や製造工程は終了していたが、工場で工場長に聞き取り調査を行うことができた。現在の工場は、尾道市高須町にあった最後の工場が閉鎖する際に、NPO 法人「ぬまくま民家を大切に作る会」が譲り受けたものである。上記通り、同会の製造した柿渋を用いて、「蔵」へ移設したイチジク屋台に塗装施工を行った。



図3 柿渋工場（工場見学、聞き取り）と新聞掲載イメージ（20180418）

2.4 福山市に現存する能舞台調査とその保存・活用

福山市の歴史文化基本構想の基調講演「備後蘭草による備後表の継承 ～東村・本郷での取り組みから～」(西部地域担当講師：佐藤圭一、2018.2.24)を行った。その際に、福山市文化財課(2018年4月より文化振興課に再編)より、能舞台の調査依頼があった。1週間前に中央地域の講演を担当した、福山を拠点とする活動する喜多流大島家による現存能舞台の保存・活用の提案がきっかけであった。いずれも旧福山藩ゆかりの、旧阿部神社(現、備後護国神社)と三蔵稲荷神社に現存する能舞台が主な対象である。本件は、2018年度の建築学科4年生の卒業論文のテーマ「旧阿部神社の復元的研究」として展開している。また福山市には、近代建築としての喜多流大島能楽堂、国指定重要文化財「沼名前神社能舞台」も現存しており、全国的にも非常に珍しい地域である。



図4 能舞台調査（旧阿部神社、三蔵稲荷神社）と新聞掲載イメージ（20180410）

3. 今後の展開

上記等の研究会の活動実績と成果が認められ、2018年度は、「福山大学ブランディングのための研究プロジェクト」に関する学内研究助成金(優先課題2)『『地域遺産』の理念構築とその保全・継承』、および教育振興助成金「ギャラリー『蔵』を拠点とした福山市西部の地域デザイン」の両助成金を得ることができた。これらを活かして、2017年度に「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。

行動分析と誘導支援 (今津小学校の避難経路の問題と改善案の検討)

中道上*1・山之上卓*1・宮崎光二*1・池岡宏*1・森田翔太*1

*1 工学部情報工学科

本文

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

■研究の背景目的

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ある。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た[1]。

[1] 文部科学省：「東日本大震災の被害を踏まえた学校施設の整備について」の取りまとめについて； http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shisetu/017/toushin/1308045.htm (2011)。

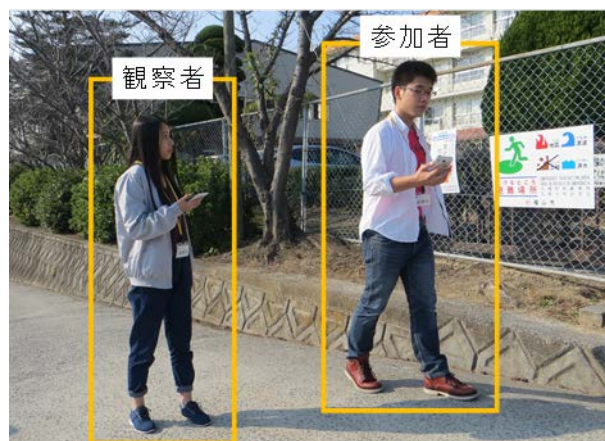
本研究では、参加者と観察者が二人一組となって、参加者の振る舞いを記録するためのペアテストティング手法を提案する。提案手法では、参加者は自身の振る舞いを記録し、観察者は参加者を観察しながら参加者の振る舞いを記録する。またペアテストティング手法において参加者の振る舞いの記録と確認を支援するツール群として、振る舞いの時刻と位置を記録するためのボタンと振る舞いの位置を確認するための可視化ツールを開発した。ペアテストティング手法と振る舞いの記録と確認を支援するツール群を、「学校施設の防災力強化プロジェクト（平成28年度）」の避難行動実験へ適用[2]する。避難実験行動の中で、参加者の振る舞いを記録し、記録漏れを補足することが可能であるか検証する。

[2] 福山大学：学校施設の防災力強化プロジェクト（平成28年度）委託事業成果報告書；
<http://www.fukuyama-u.ac.jp/archives/023/201703/学校施設の防災力強化プロジェクト.pdf> (2017)。

■ペアテストティング手法

本研究では実際のユーザーを用いた評価であるユーザビリティテストに着目し、ペアテストティング手法における役割として、その代表的な手法である主観評価とインタラクション評価を二人一組で実施する。

主観評価は、ユーザーの主観的印象、感じなど主観データを質問紙などで採取する。この手法は、幅広い評価ができることや定量的分析が可能である。しかし、ユーザー自身の記憶に依存してしまう問題があり、評価対象が1つでは作業効率や好感度の結果が得られても、それをどう判断したらよいか迷いが生じる場合がある。インタラクション評価は、評価対象のわかりやすさを評価することである。評価対象は1つ



でもよく、タスクを実行している参加者を観察する。この手法は、幅広い評価ができることや具体的に問題を指摘することが可能である。しかし、データ解析の工数が大きいことや参加者選定と評価者のスキルに依存することが問題である。

ペアテスト手法では、参加者と観察者が二人一組のペアとなって参加者の振る舞いを記録し、お互いに確認を行う。その手順について下記に示す。

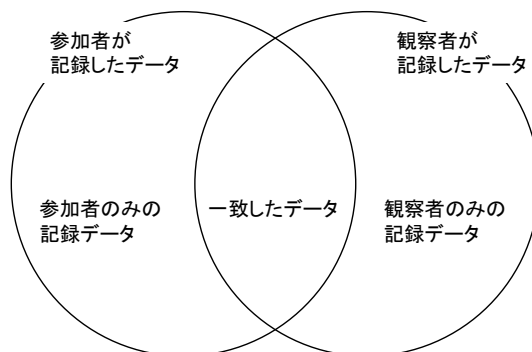
手順 1. 振る舞いの記録

参加者と観察者が二人一組のペアとなって、それぞれが参加者の振る舞いを記録する。参加者は主観評価、観察者はインタラクション評価を同じタイミングで実施し、参加者の振る舞いの記録を始める。

これにより、参加者自身が記録を忘れた場合においても、観察者によるインタラクション評価の記録を用いて補足することで、より記録漏れの少ない参加者の振る舞いを記録することが可能になる。

手順 2. 振る舞いの確認

ペアテスト手法において参加者自身が記録した振る舞いと観察者が記録した参加者の振る舞いの包含関係を図に示す。参加者と観察者が記録した振る舞いが一致したか、一致していないかに関わらず、正しく記録されているかをお互いに確認する必要がある。その確認手順を下記に示す。



手順 2-1. 参加者と観察者の記録が重なっている部分の一致した振る舞いを確認する

手順 2-2. 参加者のみの記録部分を参加者自身が正しいか再確認する

手順 2-3. 観察者のみの記録部分が参加者の記録漏れではないか参加者が確認する

手順 2-4. 参加者が手順 2-1~2-3 で正しいと確認した振る舞いを分析対象とし、それ以外を除外する

■ 避難行動実験への適用

ペアテスト手法と支援ツール群を避難行動実験に適用し、参加者の振る舞いを記録する実験を行った。避難行動実験では、振る舞いとして参加者の「迷い」に着目し、記録と確認を行った。

避難行動実験では、ペアテスト手法とその支援ツール群を用いてスタート地点からゴール地点までの迷いの振る舞い時刻を記録する。避難行動実験のスタート地点からゴール地点までの経路が確認できる地図をもとに、スタート地点 A を今津公民館と B を高諸神社の 2 か所とし、ゴール地点を今津小学校とした。スタート地点が今津公民館の参加者は 6 名、スタート地点が高諸神社の参加者が 5 名、参加者は計 11 名、観察者は 4 名とした。参加者の振る舞いを確認できる位置に観察者が 1 人つき、参加者と観察者が二人一組となって避難行動時の迷いを記録する実験を行った。

参加者自身が主観的に振る舞いに気づいた時点で記録し、後で確認できる仕組みとして、振る舞いの記録を支援する「振る舞い記録ボタン」と振る舞いの確認を支援する「振る舞い位置可視化ツール」を開発した。

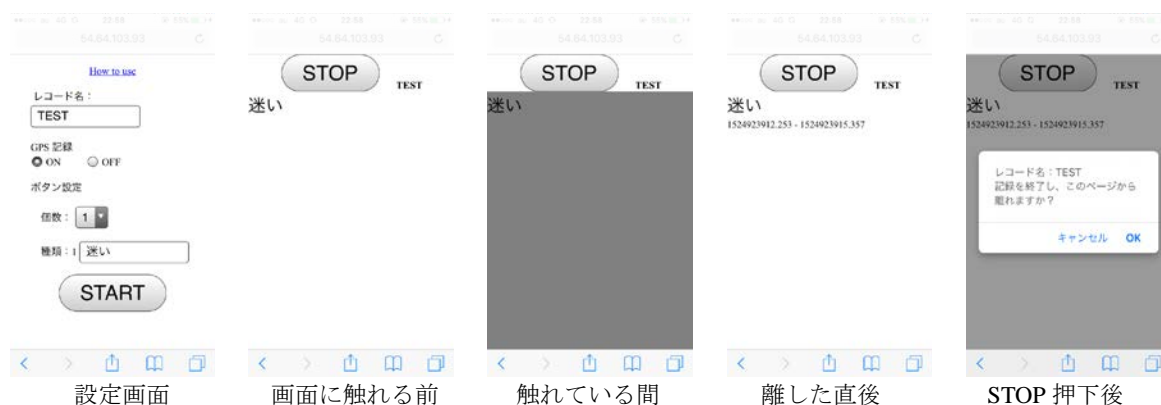


図 1 記録支援ツールの画面遷移

振る舞い記録ボタンは、1つの携帯端末で行動データ(GPSデータ)と振る舞いデータ(振る舞い時刻)を記録するWebアプリケーションである。振る舞い位置可視化ツールは、振る舞い記録ボタンを用いて記録した行動データと振る舞いデータを地図上に可視化する。

記録した行動データと振る舞いデータを集計した。参加者が避難行動の記録開始から終了するまでの経過時間とゴール地点に到着できたかを表1に示す。また参加者と観察者が記録した迷いの回数を表2に示す。表1より、ゴール地点に到着したのは参加者11名中4名と少ないことがわかった。表2より、参加者自身が記録した迷いの回数よりも観察者が参加者を観察しながら記録した迷いの回数が多く、約3.2倍(=150/47)もの差があった。

参加者と観察者が記録した迷いの包含関係を確認する。迷い回数の包含関係を図2に示す。参加者と観察者の記録が一致している部分(AかつB)の回数が異なっている。これは参加者が1回の迷いと記録した際に、観察者が複数回の迷いと記録したためだと考えられる。しかし、実験での記録対象が参加者であることから参加者の記録結果を一致した記録として分析する。ペアテスト手法の確認に基づいて振る舞いを整理すると、参加者が記録した振る舞いを観察者が記録した振る舞いによって47.5%(=38/(1+41+38))が補足可能であった。この結果より、ペアテスト手法とその支援ツール群によって参加者の記録漏れを補足可能であることが明らかとなった。参加者と観察者の記録した振る舞いにより、参加者が記録した迷いの回数は、全体で記録した迷いの回数のうち52.5%(=(1+41)/(1+41+38))であった。また、観察者が記録した迷いの回数は、全体で記録した迷いの回数のうち98.8%(=(41+38)/(1+41+38))であった。

行動計測を開始する前に参加者に見せた地図に迷っていた地点と回数を図4に示す。図4より、道の分岐地点に迷っていたと判断された地点が多いことがわかる。行動計測を開始する前に着せた地図の範囲外に迷っていたと判断された地点があったことから、初めて訪れた地域において目的地の方向がわからなくなる人が何名かいることがわかる。

表1 参加者が行動計測開始から終了するまでの経過時間とゴール地点への到着あり・なし

参加者	経過時間	到着あり・なし
X01	打ち切り (15分)	なし
X02	打ち切り (15分)	なし
X03	打ち切り (15分)	なし
X04	12分43秒	あり
X05	打ち切り (15分)	なし
X06	打ち切り (15分)	なし
X07	10分20秒	あり
X08	9分2秒	あり
X09	打ち切り (15分)	なし
X10	打ち切り (15分)	なし
X11	14分48秒	あり

表2 参加者と観察者が記録した迷いの回数

参加者	観察者	参加者自身が記録した迷い(A)	観察者が観察しながら記録した迷い(B)
X01	Y01	3	22
X02	Y01	11	19
X03	Y01	0	17
X04	Y02	2	21
X05	Y02	5	8
X06	Y03	1	6
X07	Y04	10	10
X08	Y04	0	7
X09	Y04	5	21
X10	Y03	3	6
X11	Y02	7	13
合計		47	150

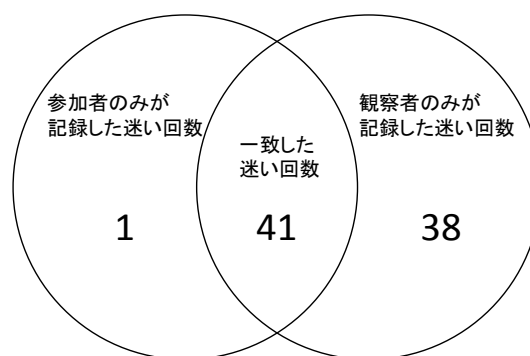


図2 参加者と観察者が記録した迷い回数の包含関係

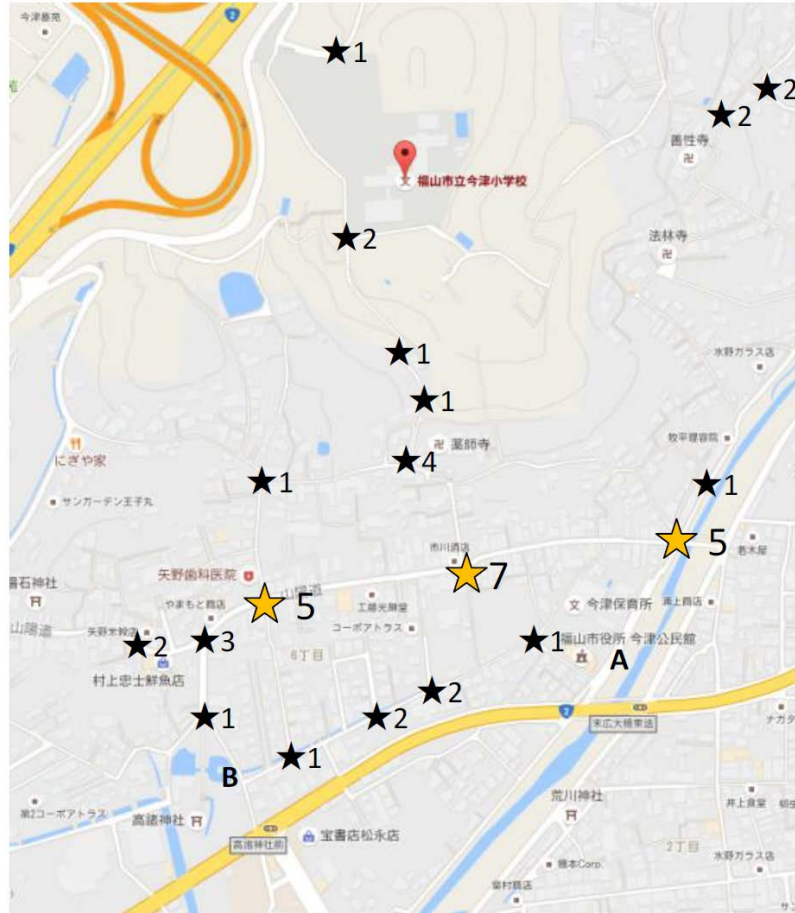


図2 迷い地点とその回数

■ ペアテストング手法による効果の考察

振る舞い記録実験におけるペアテストング手法を取り入れた効果について、参加者と観察者の観点から考察する。参加者に対しては、より実験に集中できる環境を提供できる点が挙げられる。今回のような避難行動実験は実験に対する不安を持つ場合があるが、観察者が同行することによって実験に集中することが可能となる。

観察者にとっては、参加者との歩行の同調効果によって参加者の振る舞いの変化に気づきやすい状況となる。ペア歩行時の歩調引き込みとして誰かと並んで歩き、いつの間にか二人の歩調が同期してしまうことがある[12]。ペアテストング手法において観察者が、参加者が気づけなかった無意識な迷いも含む迷いに気づけた要因として、このペア歩行時の歩調引き込みが挙げられる。観察者は参加者が迷っていない通常時であれば歩調の引き込みによってスムーズに歩行が可能である。しかし、参加者の歩調のずれによって、観察者は参加者の迷いに気づきやすい状況が生まれている。そのためペアテストング手法による補足が可能になったと考えられる。

またペアテストング支援ツール群による効果についても考察する。振る舞いの記録を支援する「振る舞い記録ボタン」を使用するにあたって、参加者から手が当たってしまったなどの押し間違いや記録するのを忘れてしまったなどの記録間違いにつながる申告はなかった。その要因として、ボタンを押すではなく画面に触れるというシンプルな記録方法であったためだと考えられる。また触れる範囲が大きいこと、画面を確認することなく画面に触れて記録することが可能であることが考えられる。「振る舞い位置可視化ツール」を用いて振る舞いが記録された位置を可視化した。これにより、振る舞いの状況などを思い出しやすくなり振る舞いの確認しやすさにつながったと考えられる。

交通安全プロジェクト

内田博志、香川直己、金子邦彦、関根康史、伍賀正典、小林正明、平 伸二、宮崎由樹

工学部 機械システム工学科、スマートシステム学科、情報工学科

人間文化学部 心理学科

■研究の目的

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

社会の高齢化に伴う諸々の交通問題も、全国傾向と同様に、地元地域にも発生してきている。広島県警察では、年毎にモデル地区を設けて、高齢者ドライバーの運転技術の再教育を行うなどの活動を進めている。他方、地域の過疎化・限界集落化により商店や公共交通機関がなくなり、高齢者が日常の買い物にも出かけられなくなる、いわゆる「交通難民（買物難民）」問題も、地元地域の深刻な問題として進行しつつある。

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

■2017年度の主な成果

- ① ドライバース生体計測系、実写型シミュレータ、青色白色街灯等に関する研究を行い、広島県警本部交通部との共同研究協議会で報告した。企業との共同研究2件に着手し、共同研究費110万円を獲得した。
- ② オープンソース技術を利用した自動運転車の開発に着手した。

■2017年度の研究結果

1. 自動車運転に対する青色白色LED街灯の心理的効果

1) 背景・目的

青色白色LED街灯の設置地域では犯罪が減少した事例があり、福山市でもLED防犯灯として利用している⁽¹⁾。速度感が損なわれやすい夜間走行では、速度超過による事故発生の可能性が高まるが、青色白色LED街灯はそうした危険の抑制にも有効である可能性がある。

本研究では、車道の青色街灯が同様の心理効果をもたらすことによって、スピード違反等の交通違反の抑制に効果が得られるかを調査する。ドライビング・シミュレータを用いて、各色の街灯を設置した道路を走行した場合の速度変化や走行時間などを測定し、どのような違いが表れるかを調べる。

2) 実験方法

ドライビング・シミュレータで、高速道路に見立てた8の字状道路(時速60kmで1周約20分)を設定する。時間帯を夜に設定し、走行レーンに街灯を一定間隔で設置する。道路を均等長に4区間に分けて各区間の街灯色を白・オレンジ・緑・青の4色に設定する。色を違えることによって街灯の輝度が変わらないように街灯色毎に輝度調節を行った。

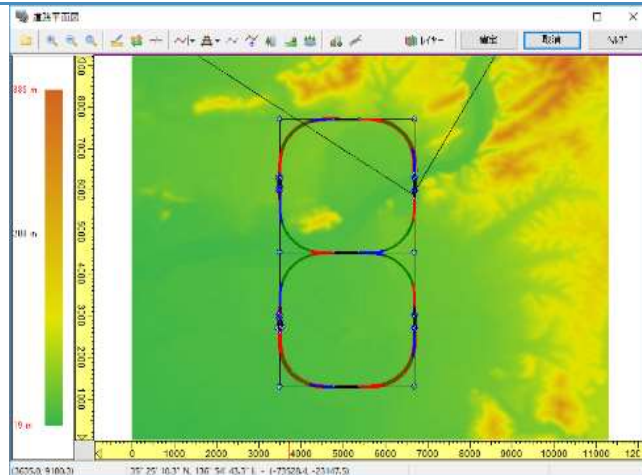


図1 道路平面図

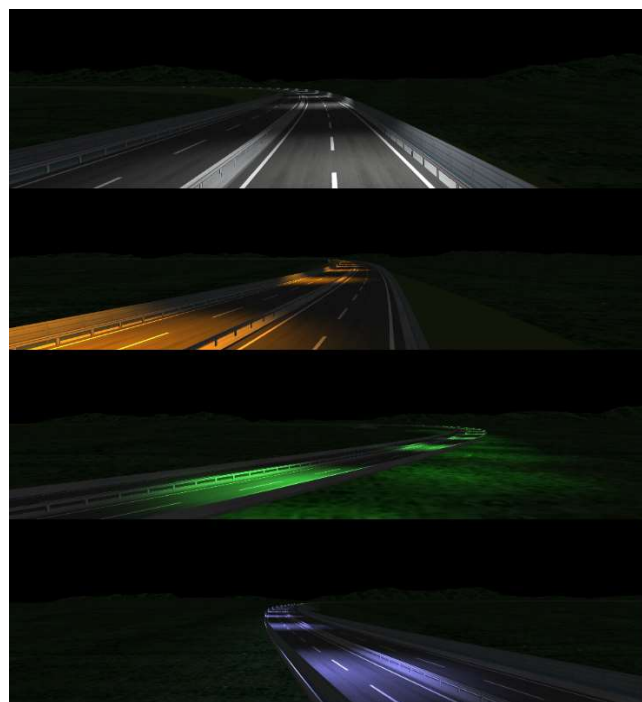


図2 4つの街灯色

3) 実験結果

男子大学生1名を被験者として、ドライビング・シミュレータで各区間の平均速度や区間通過時間を測定した。図3に各区間の走行速度の平均値と標準偏差を、図4にスロットル開度と舵角の標準偏差を示す。また白色区間の舵角の周波数分布を図5、青色区間の場合を図6に示す。

図3を見ると、青色区間では平均速度が低い。また図4を見ると、青色街灯のときは舵角の標準偏差が高くなっている。図5、図6を見ると、白色区間では車速が安定しているが、青色区間では、0.2~0.3Hzの低周波域で車速が大きく変動している。青色区間では、平均速度は低い、車速を上げたり下げたりと不安定な運転をする様子がうかがえる。

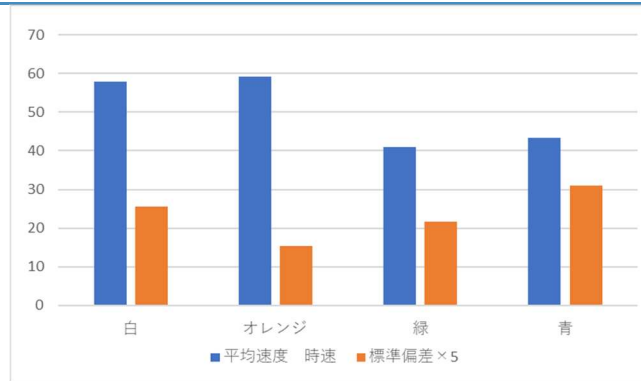


図3 平均速度と標準偏差

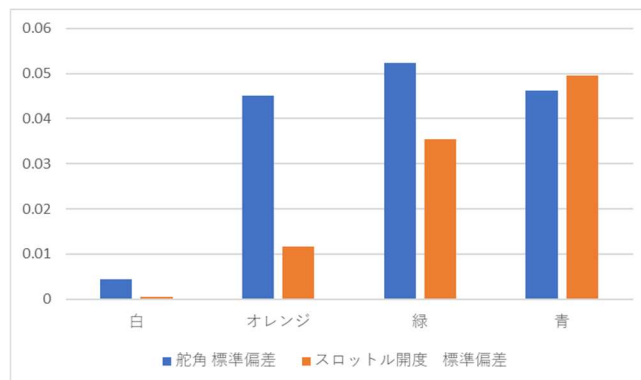


図4 舵角とスロットル開度の標準偏差

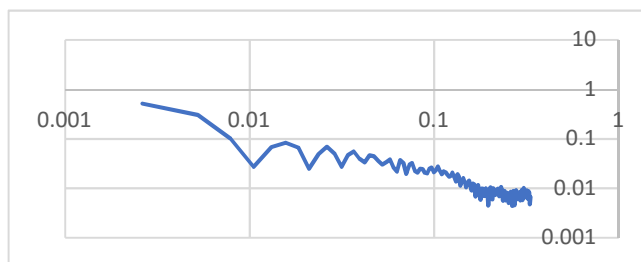


図5 白色区間の舵角の周波数分布

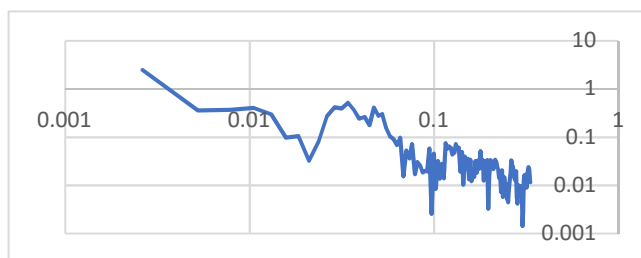


図6 青色区間の舵角の周波数分布

4) 結論

青色の街灯では平均速度は下がるものの、舵角やスロットル開度が大きく変動し、落ち着きのない運転をする傾向がみられた。青色街灯を設置した道路では、ドライバーがこうした影響を意識して運転する必要があることが示唆された。

5) 今後の課題

- ① 被験者数を増して、実験結果の信頼性を高める。
- ② 脳波のデータを加えて、車両速度などの変化と共にドライバーの心理状態にどのような変化が現れるかを調べる。

③ それらの結果を通じて、街灯色によって交通違反や交通事故を低減できるか考察する。

参考文献

- [1] 平 伸二 (2016) 青色防犯灯による防犯効果と青色・白色複合 LED 照明の開発
- [2] UC-win/Road ver.9 Operation guidance

2. 安全運転支援のためのドライバー生体計測系の開発

1) 背景・目的

企業向け安全運転講習や高齢者運転講習において、交通事故低減を狙いとする運転指導が実施されているが、目に見える成果につながっておらず、より多くのドライバーの日常の運転を支援する方策、運転の要改善点や要注意点を多面的に指導する方策の実現が望まれている。本研究はその開発を通じて、より効果的に交通事故の危険を低減し、自動車ドライバーに安心感を提供することを目的とする。

大多数の人がスマートホン所持するようになってきていることから、その機能を利用した安全運転支援システムの実現により、幅広い自動車ドライバーの多面的な安全運転支援が可能となる。このようなシステムは前例がなく、地域の交通事故低減、自動車ドライバーの安心感向上に大きく貢献できる可能性がある。

上記システムの実現に向けては以下の課題が未解決であり、これら課題を解決するための技術研究が必要である。

- ① スマートホンの機能（内蔵センサー等）を利用して運転者の運転傾向を即時的に評価し、適切な注意喚起を行う手法の開発
- ② スマートホンの機能（内蔵センサー等）を利用して運転者の運転特性に関するデータを収集し、そのデータの分析結果に基づいて、運転の要改善点や要注意点を多面的に抽出する手法の開発

2) 実験方法

本研究では、簡易型脳波計、腕時計型脈拍計、頭部の挙動やまばたきを検知できる眼鏡型センサーを使った。（図1）脳波計は、Bluetoothを介してスマートホンと接続可能なもので、スマートホンのアプリケーションプログラムを用いて脳波をファイルに保存した。腕時計型脈拍計は、スマートホンに専用アプリケーションをダウンロードし、それを使用した。眼鏡型センサーは、専用のUSBアクセスポイントとソフトを使って、パソコンでデータを取った。



図1 実験に使用した生体センサー

実験では、被験者に、脳波計と脈拍系と眼鏡型センサーを装着してもらい、座位でドライブレコーダーの映像を見てもらい、その時のデータを記録した。記録したデータのうち脳波は、デジタルフィルタにより α 波、 β 波、 δ 波、 θ 波の各成分に分離し、そのエンベロープ曲線として各成分の

ヒルベルト変換の絶対値を求めた。

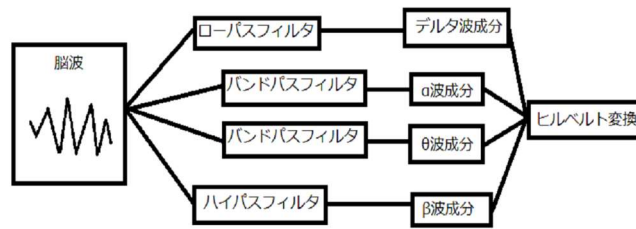


図2 脳波フィルター

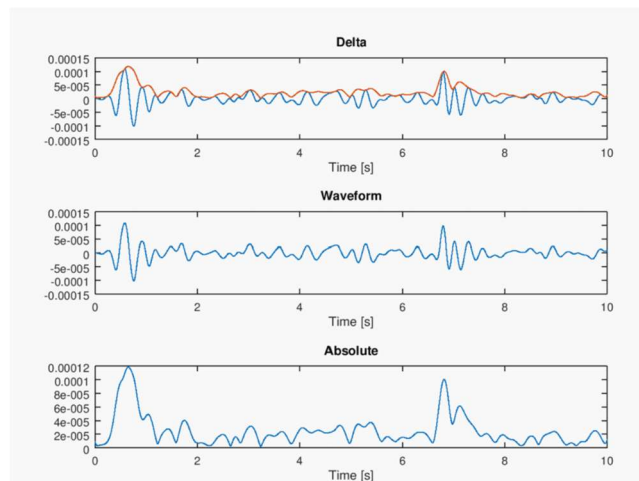


図3 脳波（ δ 波）とそのヒルベルト変換

被験者に、脳波計と脈拍計とスマートグラス（頭部の挙動とまばたきを計測可能）を装着させ、ロイヤルドライビングスクールの中を一周し、データを計測した。



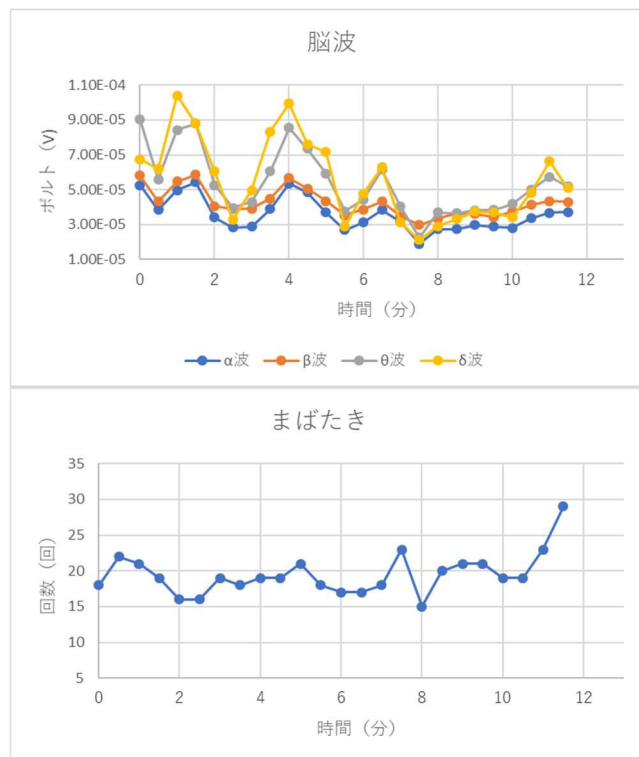


図4 共同研究先での実験状況

3) 実験結果

複数の被験者から5人を選び、その脳波、まばたき回数、脈拍回数の結果をグラフにした。結果を見ると、脳波は全員の α 波が低く、基本的に δ 波か θ 波が高いが、時折 β 波が高くなる傾向が見られた。まばたきは1人の被験者以外は実験開始直後にまばたき回数が増える傾向が見られ、脈拍は全員の脈拍が開始直後と開始後10分前後の所で高くなった。まばたきと脈拍を比較すると、相互に反比例する傾向が見られた。

脳波成分の傾向から全体的に、ドライバーがある程度の緊張感を持って運転している事が分かった。 δ 波や θ 波がみられるのは、運転慣れにより、無意識的に運転操作ができるためと推察された。



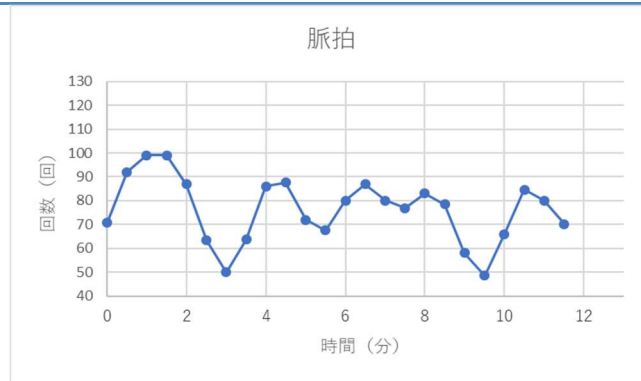


図5 生体量計測結果の例 (1 被験者分)
上から、脳波、瞬き回数、脈拍回数

4) 結論

簡易脳波計、腕時計型脈拍計、眼鏡型センサー等を使用して自動車ドライバーの生体量を計測するシステムを開発した。実験の結果、脳波成分の傾向からドライバーがある程度の緊張感を持って運転している事などがわかった。脳波の δ 波や θ 波の成分が大きく表れたことは、運転の慣れによりドライバーが無意識的に運転操作しているためと推察された。

5) 今後の課題・問題点及び改善策

今回使用した生体センサーのほかに、体温や発汗量、車両運動（加速度）を使用することも考えられる。各信号間の時間的相関性は、今後深く分析する必要がある。

実験実施上の問題として、センサー同士が接触したり、センサーを動かしたりすると、データが変動してしまう事があった。また機器が被験者の体に合わなかったり、バッテリー容量不足により脳波計が長時間のデータ計測できなかったりなどの問題もあり、今後これらの解決も必要である。

参考文献

- [1] One (脳波について) <http://oneness555.com/theta-wave>
- [2] 全日本交通安全協会「平成28年中における交通死亡事故について」、
<http://www.jtsa.or.jp/topics/T-274.html>

3. 実写型自転車シミュレータの開発

1) 背景・目的

通常のドライビング・シミュレータは、CG（コンピュータ・グラフィクス）による道路映像を映し出すが、その映像のもとになるCGモデルの作成には大変な手間を要する。そこで本研究では、CGの代わりにカメラで撮影した映像を用いるシミュレータの実現を目指す。各自転車利用者の自宅周辺を実際に自転車で走行して映像を収集し、それを加工してシミュレータ用映像として用いることにより、どの利用者にも自分の街のシミュレーション映像を提供できるようになり、交通安全教育の効果が増すと考えられる。市販サイクルトレーナを利用して、カメラ撮影した画像の活用を含め、自在にアレンジ可能な自転車シミュレータを製作する。

2) 開発構想

360度カメラで撮影した画像・映像をディスプレイに投影する。ユーザーは、後輪を市販のサイクルトレーナーに乗せた自転車に乗り、映像を見ながらペダルを漕ぐ。後輪の回転速度とハンドル回転角をセンサーで読み取り、映像の再生速度を後輪回転速度に合わせ、視野角度をハンドル回転角に合わせるにより、ユーザーが実際の自転車走行を行っている感覚が得られるようにする。（下の図は開発前の構想図であり、実際に製作したシミュレータは、若干仕様が異なる。）



図1 実写型自転車シミュレータの概念図

3) 開発経過

企業（マイクロメイト岡山(株)）との共同研究で、2月19日(月)と20日(火)、2月23日(金)に、山口県内各地を巡り、シミュレータ用の画像と映像を収録した。2月19日(月)と20日(火)は、角島大橋、秋吉台、萩城下町の3か所を、また2月23日(金)は、周防大島と岩国錦帯橋周辺を、それぞれ撮影した。

撮影した画像と映像は、データフォーマットの変換や視線方向の調整など表示用に画像処理した後、現在、自転車シミュレータ用画像・映像として用いている。





図2 実写型自転車シミュレータの開発状況
上は萩市内での映像撮影、下は社会安全工学教育研究室での動作確認

4. オープンソース技術を利用した自動運転車の開発

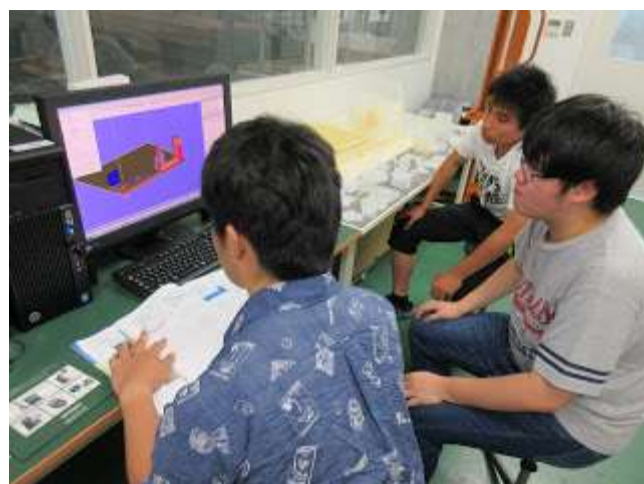
1) 背景

自動運転に関わる技術環境・開発環境が急速に進展・普及しており、2017年初めにスマートホンコントローラとする簡易型自動運転装置が発売され、その直後にそのオープンソースキットが公開されるに至った。また米国の大学生がこのキットを用いて8万円で自動運転車を開発したというニュースが話題になった。本テーマではこのオープンソース技術を導入し、活用することを手始めに、地域の交通問題の解消に寄与しうる自動運転車の開発を行う。

2) 2017年度の主な進捗

- ① コントローラ製作用部品の入手
- ② コントローラ筐体の製作（高速光造形装置を使用）
- ③ コントローラへのオペレーティングシステムのインストール
- ④ 人工知能（ディープラーニング）開発ツールとコントローラ・ソフトウェア開発ツールのPCへのインストール、テストプログラムの実行

2018年度はコントローラを完成させ、実際の車両に搭載して実験を行う方向で研究を進める。



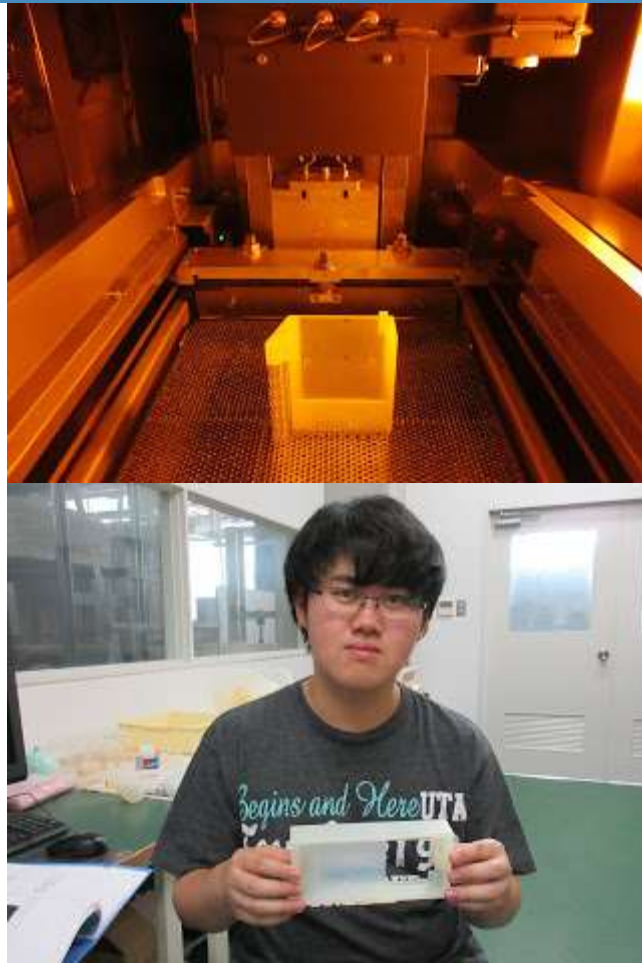


図1 高速光造形機によるコントローラケースの製作状況

■2018年度の予定

- ① 広島県警からのニーズが急速に高まっている国道486号線の各交差点や、信号のない交差点での横断歩行者の重大交通事故多発問題、ならびに国土交通省中国地方整備局からの要求である生活道路への迂回交通問題の解消技術研究を中心に取り組む。
- ② オープンソース技術を活用した自動運転コントローラの試作を引き続き続け、市販車両、電動カート等を自動運転車両とする実験を行って、自動運転に関する基礎技術を獲得する。

寺院で用いる線香着火装置の開発

小林正明 *1

*1 工学部機械システム工学科

本文

■研究の背景目的

日本人の多くは神社仏閣への参拝を行っている。特に初詣には多くに人が神社仏閣に参拝に行っている。インターネットリサーチの DIMSDRIVE による「年末年始の過ごし方」に関するアンケート 2011 によると「初詣」に行くと回答した人は 37.5(%)であった。総務省統計局によると 2011 年度の日本の総人口は約 1 億 2793 万人と報告されているので 4797 万人が初詣に行っていることになる。乗換案内のジョルダンによると最も参拝客が多いのは東京の明治神宮で約 318 万人、次に多いのは千葉の成田山新勝寺の約 311 万人であった。備後地方では福山市の草戸稲荷神社、尾道市の千光寺、府中市の備後一宮などが初詣の参拝者数では有名である。福山大学の地元である尾道市にも多くに寺院があり年末年始には初詣の参拝者が多くの寺院を参拝している。

参拝者の多くは大みそかから元旦にかけて参拝するため神社仏閣では大変混雑しなかなか参拝できない状況が続いている。初詣時の寺院の参拝の様子を調査した結果、本殿での参拝時間よりも献灯・献香に用する時間に問題があることが分かった。本研究は寺院においてスムーズに参拝できるような線香着火装置を尾道市のサトウ板金の協力の元に開発を行った。

■寺院での一般的な参拝手順

神社と寺院での一般的な参拝方法は表 1 に示すように異なっている。最も異なっているのは寺院では本殿での参拝の前に献灯・献香があることである。献灯・献香は体とその場所を清めるためにお線香をあげて一礼をする。献灯・献香の場所は本堂の前にあり一般的に風などの影響を受ける屋外にありロウソクの火で線香に着火する方法とられている。図 1 は千光寺（尾道市）の献香（線香への着火）の場所を示す。

表 1 一般的な参拝手順

神社での一般的な参拝手順	寺院での一般的な参拝手順
① 鳥居の前で一礼	① 山門の前で一礼
② 手水舎で身を清める	② 鐘をつく
③ 拝殿に参る	③ 献灯・献香
④ 境内から退く	④ 本堂に参る
	⑤ 山門から出る時に一礼



図 1 千光寺での献香

初詣など多くの参拝者で混雑する場合にどのような手順で参拝を行っているか尾道市の千光寺で調査を行った。調査を行ったのは初詣の日ではないが休日ということもあり多くの参拝者が参拝に来ていた。ほとんどの参拝者は、表1の手順の①山門の前で一礼、②鐘をつく、⑤山門から出る時に一礼はほとんど行われていなかったが、本堂前での献香を行う参拝者は多かった。本堂での参拝時間はそれぞれだったがほぼ短時間で済んでいた。しかし、献香での線香に火をつける時間に大きく差があり混雑の原因の一つであることが確認できた。

■線香への着火実験

線香への着火時間が参拝時間影響していることが千光寺での調査により確認された。千光寺では図2に示すように缶の中にあるろうソクの火で線香に火をつける方法をとっている。そこで、ろうソクに火から線香に着火する着火実験を行った。着火実験は2名の被験者がそれぞれ実験しその平均時間で評価することとした。実験は、表2に示すような条件で実施した。また実験の様子を図3に示す。



図2 ろうソクでの着火

表2 線香着火実験

項目	条件
実験環境	無風状態 or 風がある状態
線香の数	3本(千光寺で使用している本数)
着火方法	ろうソクに火からの着火



図3 線香着火実験

■線香への着火実験の結果

線香への着火実験の結果を表3に示す。実験結果より線香への着火時間は風の影響を受けていることがわかった。千光寺では図2に示すように複数の参拝者が屋外に置かれたろうソクから線香に火をつけているため実際には実験結果よりも多くに時間がかかると予想される。

表3 線香着火実験の結果

	風なし		風あり	
	線香1本	線香3本	線香1本	線香3本
実験者A	4.34(s)	7.00(s)	4.64(s)	8.64(s)
実験者B	5.47(s)	6.62(s)	5.18(s)	8.67(s)

■線香着火装置の開発

線香着火実験の結果より風などの影響を受けずだれでも簡単に短時間で線香に着火できる装置を開発すれば参拝にかかる時間を短縮できると考え、新しい線香着火装置を開発した。新しい線香着火装置の条件は以下の通りとした。

- 風の影響を受けない
- 誰でも同じ条件で着火することが可能である
- 連続で長時間使用することができる
- 安全に線香に着火することが可能である
- 寺院で使用しても違和感がない
- 使用方法が簡単である
- 安価に製作することができる

ろうソクでの着火では、「ろうソクが燃焼が進むにつれ火の位置が下がり一定の条件での着火が困難である。」「ろうソクの燃焼時間には限界があり長時間の使用が困難である。」「ろうソクの火は風などの影響を受けやすく線香に火をつけるのに個人差がしやすい。」などがあり着火するための熱源に電熱線を用いた。線香の先端に着火するためには線香の先端を確実に熱源に接触させる必要がある。ろうソクの火のから着火する場合は炎を目で確認し線香の先端を炎に近づける必要がある。炎の温度分布は一応ではなく炎に近づける場所によって着火までの時間は異なる。そのため確実に線香の先端が熱源に同じ条件で接触する方法を考える必要がある。

1) 熱源

線香着火装置の熱源に電熱線を使用した。今回使用した電熱線は図4の電気コンロを使用した。図4の電気コンロを使用することにより風の影響を受けず安定的に熱源を確保できることになる。

2) 線香の位置決め装置

線香の先端を熱源に確実に接触させるために線香の位置決め装置（線香ガイド）を考えた。線香ガイドを用いることで誰でも確実に熱源の上に線香の先端を接触することが可能になる。線香ガイドを図5に示す。



図4 電気コンロ

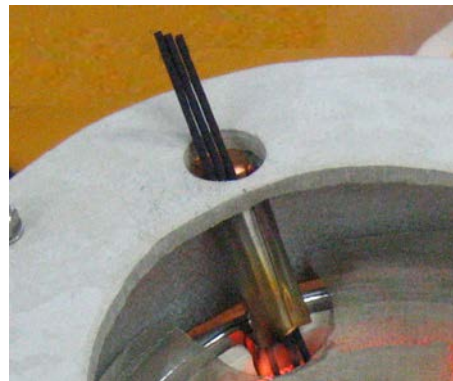


図5 線香ガイド

実際に千光寺では図2のように缶に入れたろうソクで線香に火をつけている。ここで開発する線香着火装置も千光寺で使用している装置と同様に円形の形状とした。開発した線香着火装置を図6に示す。図2の装置は1本のろうソクの火で線香に火をつけるため多くても一度に2名しか利用することができない。しかし、開発した図6の装置では線香挿入口を4か所も設けることにより同時に4名使用することができるようになる。開発した装置で線香に着火するまでの時間を測定した結果を表4に示す。表4の結果よりろうソクで着火するよりも簡単に早く線香に着火できることが確かめられた。

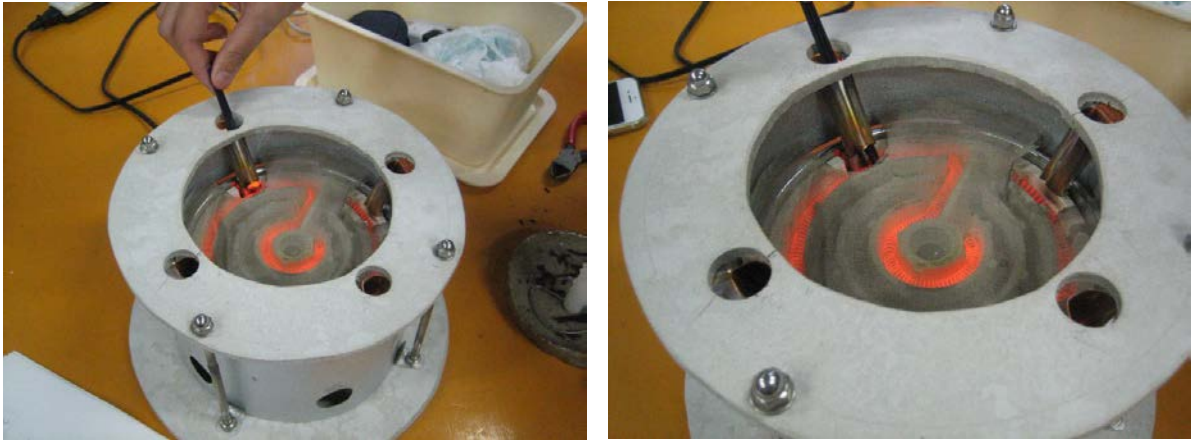


図6 開発した線香着火装置

表4 開発した線香着火装置の着火実験結果

	風なし		風あり		開発した着火装置	
	線香1本	線香3本	線香1本	線香3本	線香1本	線香3本
実験者A	4.34(s)	7.00(s)	4.64(s)	8.64(s)	3.73(s)	5.33(s)
実験者B	5.47(s)	6.62(s)	5.18(s)	8.67(s)	3.54(s)	4.75(s)

■開発した線香着火装置の評価

開発した線香着火装置を寺院に持っていき寺院の関係者の方に評価していただいた。線香への着火時間や使用方法など高い評価を得ることができた。意見の中には、「すぐにでも使用したい。」というコメントもあった。しかし、以下のような意見もあった。

- ・簡単に着火することはできるが使用方法を説明しないと難しいのではないかな？
- ・形を工夫しているが上からコンロが見えているので工夫がいるのではないかな？
- ・いままでろうソクの火から線香に火をつけていたので違和感がある。
- ・線香に火が付いたかどうかの判断が難しい。
- ・線香が中で折れたときはどうなるのかな？

一般の方からは「簡単に線香に火がすぐつくので後ろで待っている人のことを気にして焦ることがなくていい。」という意見があった。

■まとめ

線香に火をつけるという機能には問題ない結果を得ることができた。しかし、本年度の初詣では使用されることはなかった。寺院で参拝者が使用することを考えると機能だけで評価することができないことがあることがわかった。次年度に向けデザインや使用方法だけでなく参拝者の気持ちになって改良を加え寺院で使用できる装置の開発を目指していくこととした。

電気系設備保全のための 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 スマートコミュニティ教育研究部門

関田 隆一 准教授 Ryuichi Sekita 博士 (システムズ・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

連絡先：sekita@fukuyama-u.ac.jp / 084-936-2112 (ext. 4140)

研究概要 ネットワークサービスによるデジタル産業革命へ対応

社会は、すべてのものがインターネットでつながる IoT の急速な発達によりネットワークサービスで何をするか、それをどう具体化させるかが急務である。実際に経済産業省は平成 29 年 2 月にデジタルファーストから IoT ファーストへ政策を転換し、中でもネットワークのビッグデータ有効活用による消費生活用製品の事故防止とプラント設備保全のスマート化によるリスク最小化にソリューションが期待されている。(図 1 参照) この状況でプラントのリスクベース保全研究の一環として新たな研究を進めている。

- 高度なセンシングによるビッグデータの収集、AIによる分析を通じて、異常・予兆の早期検知、適切なアラームを可能とする。
 - 世界に先駆けたスマート化投資により、装置型産業の競争力の強化を実現。
- ◆安全性：リスクの事前予知が可能となり、安全性が大幅に向上 ◆生産性：設備管理の効率化、生産の歩留まり改善等により、生産性が向上

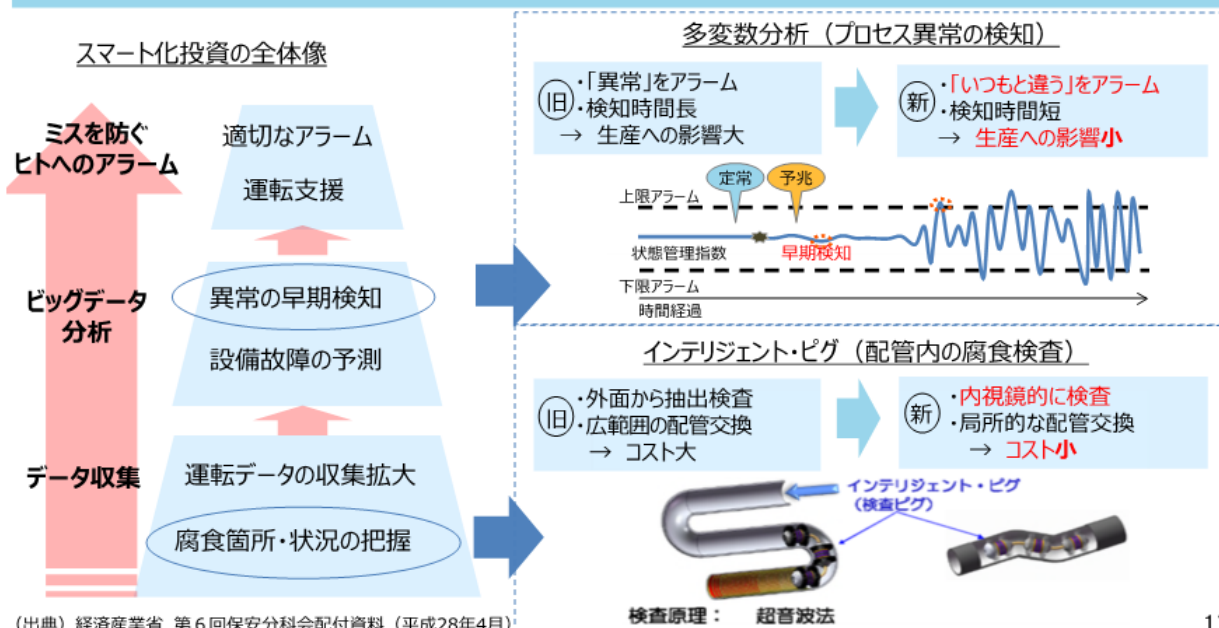


図 1 経済産業省の IoT ファースト政策で期待するプラント保全スマート化

① 研究目的

IoT 発達によるビッグデータ活用と AI による解析力向上は、プラントの制御・計測機器保全へ従来できなかった故障検知活用が可能になる。そこで瀬戸内に所在する企業工場の電気・電子設備保全に IoT を活用した新たなリスク解析技法を導入する基盤確立を目的とする。

② 29 年度の実施目標及び実施計画

消費生活用製品でもプラント設備でも電気系機器について故障と事故の未然防止に資する部品の劣化モデルは何か、それを基にリスク解析は可能かの目途を得ることを目的とした。

目的を達成するために通年で信頼性分野を中心に先行研究サーベイを行い、事務機器で先端的取組を行うリコー、路線設備保全に IoT 活用を始めた JR 西日本と討議する計画とした。

③ 成果

- ✓ 電気系設備では、過去に蓄積した機器の状態データの平均値からのずれによる故障診断研究が活発であるが、状態監視技術の困難さと必要コストが高いことが要因で実用化できない。そこへ最近、製品の信頼性を実使用条件下で評価し故障を判定する Prognostics and Health Management (以下 PHM) 研究が故障予知につながり、残存寿命推定も可能であるため世界的に開始されている状況である。PHM はまだまだ解決すべき課題が多いものの、電気系設備のリスクベース保全への適用が有効であり、本研究で取り組む技法に最適と判断している。
- ✓ リコーは、自社複合機の顧客使用データをクラウドに収集し、そこから故障予兆を検知する研究に注力しており、プラント機器への対応は長期的研究として本学と協働で実施することも可能とのことである。
- ✓ JR 西日本は、線路と電線で構築してあるネットワークから故障予兆検知を研究しており、電気系機器の部品データの微小変異データについて共同で研究する可能性があるとのこと。

④ 今後の計画

- ✓ PHM 研究の先行研究サーベイによる本研究の位置づけを再度確認し、更にプラントの RBM としての実用に必要な信頼性解析技術を識別する。
- ✓ PHM で取得が有効な部品データと故障の因果関係及び電気・電子系部品の故障の影響を質問紙調査 (対象予定: JFE 福山、リコー、JR 西日本他プラント各社) から得る。
- ✓ 質問紙調査で得たデータを定量的に解析し、PHM で使える信頼性解析技法を模索する。
- ✓ 本研究に係る産学ネットワークを構築して、人的基盤を得る。
- ✓ 上記の実施を、独立行政法人 日本学術振興会 リスクベース設備保全第 180 委員会の研究助成金公募へ平成 30 年度研究として提案したところ採択され、研究費を獲得してある。
- ✓ 平成 30 年度実施計画を図 2 に示す。

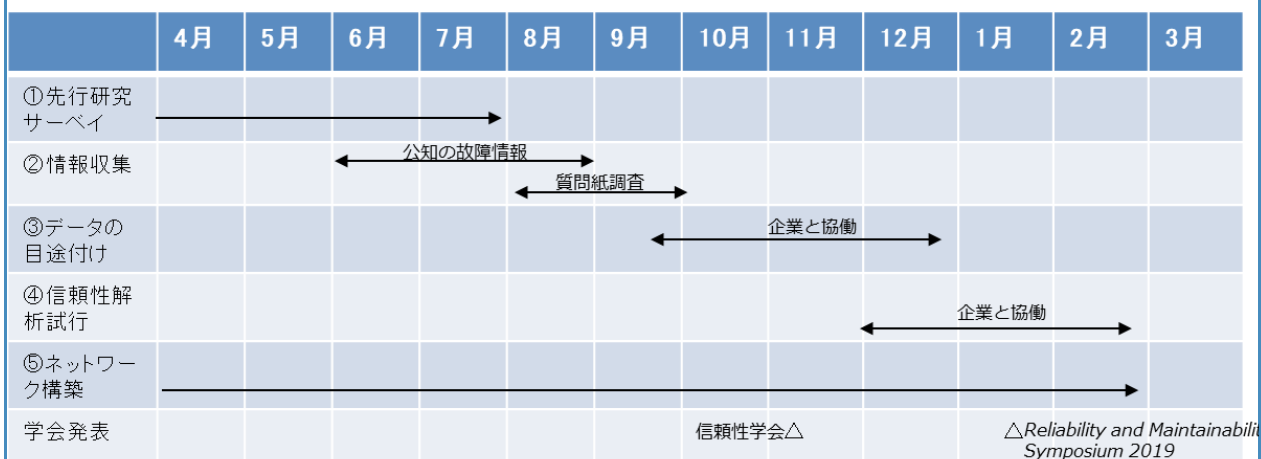


図 2 平成 30 年度実施計画

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

■ 論文受賞

平成 21 年度 日本工学教育協会論文・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

<http://www.fukuyama-u.ac.jp/smart-system/>

高密配筋された腰壁・垂れ壁を有する RC 梁部材の構造的な性能に関する実験的研究

都祭弘幸*1

*1 工学部建築学科

本文

■ 研究の背景目的

2016年4月に刊行された「鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準(案)・同解説」(日本建築学会)1)では腰壁・垂れ壁付き梁部材が部材種別FA(必要な限界変形角 $R=25 \times 10^{-3}$ rad.以上)を確保できる条件として3つの項目を提案している。梁せい(D_b)に対する梁幅(B_b)の比の下限值, 引張鉄筋比(p_b)上限値の他に, 図1に示す腰壁・垂れ壁における梁幅(B_b)に対する壁厚(t_w)の比($\alpha = t_w/B_b$)と梁せい(D_b)に対する壁高さ(D_h)の比($\beta = D_h/D_b$)に関する規定である。壁厚比 $\alpha \geq 0.5$ であれば壁高さ比 β に関係なく部材種別FAとなる。図1の判定方法は解析的な検討から設定されたものであり実験研究で検証されたものではない。

本研究は, 提案された腰壁・垂れ壁付き梁部材の部材種別判定方法に関して実大・縮小試験体によって実験的に検証することを目的としている。

■ 実験概要

試験体は, 文献1)の腰壁・垂れ壁付き梁部材の部材種別FAとなる判定条件を満足させた実大1体と1/2縮尺3体の計4体である。試験体一覧を表1に, 試験体断面と各試験体の相関関係を図2に, 配筋図を図3に示す。壁厚比 α は全て0.5であり, 壁高さ比 β は0.7と1.5の2水準である(図1の α - β 関係にプロット)。腰壁・垂れ壁付き梁部材の靱性能に影響すると考えられる壁端部拘束は日型形状を基本とするが, $\beta=0.7$ の縮小試験体の壁端部拘束は幅止め筋のみとしている。腰壁・垂れ壁付き梁部材の曲げ終局強度は高橋らによる提案式2)を, せん断設計は文献1)の袖壁付き柱のせん断終局耐力式を使用した。各試験体のせん断余裕度は評価式のばらつきを考慮し1.25を上回るよう計画した。

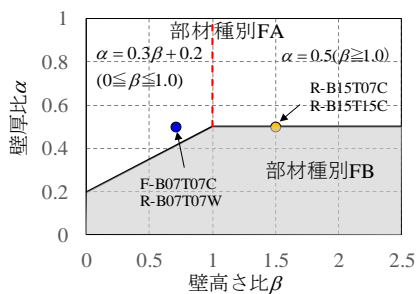


図1. 壁厚比 α と壁高さ比 β による部材種別の判定

表1. 試験体一覧

試験体名	F-B07T07C	R-B07T07W	R-B15T07C	R-B15T15C
梁幅×梁せい (mm)	480×700	240×350		
梁主筋(SD345)	3-D32	3-D16	2-D16	
引張鉄筋比 (%)	0.790	0.792	0.528	
あばら筋(SD295)	2-D13@200	2-D6@100		
あばら筋比 (%)	0.265	0.27		
壁幅×壁高さ (mm)	240×500	120×250	120×525	
壁横筋(SD295) (mm)	2-D13@150	2-D6@75		
壁横筋比 (mm)	0.706	0.711		
壁縦筋(SD295) (mm)	2-D13@200	2-D6@100		
壁縦筋比 (mm)	0.529	0.533		
壁端部筋(SD345) (mm)	4-D19	4-D10		
壁厚比 α	0.5			
壁長さ比 β	0.71		1.50	
設計基準強度 F_c (N/mm ²)	24	24	48	24
部材スパン (mm)	6300	3150		
せん断スパン比 (mm)	1.85		1.13	
曲げ終局 Q_{mu} (kN)	574	152	301	281
せん断終局 Q_{su} (kN)	861	224	513	382
Q_{su}/Q_{mu}	1.50	1.47	1.71	1.36
τ_u/F_c (梁断面のみ)	0.075	0.074	0.077	0.141
中立軸 x_{n2} (mm)	267	117	49	102
拘束筋形状・ピッチ	日型@100	幅止めのみ@50	日型@50	
拘束領域 (mm)	359	178	178	
拘束筋比 面内 (%)	1.59 (1.06)	0.53 (0.00)	1.60 (1.07)	
拘束筋比 面外 (%)	1.06 (1.06)	0.54 (0.54)	1.08 (1.08)	

曲げ終局強度・せん断終局強度：コンクリートおよび鉄筋の材料試験結果を使用
拘束領域：壁内側の面外拘束筋+かぶり層, 拘束筋比：括弧内は壁縦筋を除いた値

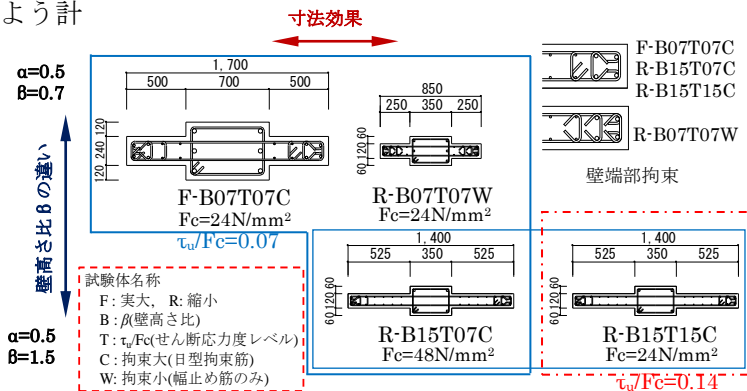


図2. 試験体相関図

試験体に用いたコンクリートおよび鉄筋の材料試験結果を表 2 および表 3 に示す。コンクリートの最大骨材径はかぶり厚さを考慮し実大で 20mm, 縮小で 15mm とした。

実大試験体の荷重装置を図 4 に示す。試験体上スタブにピンを設け、ピン中心に水平力が作用するようにした片持ち梁形式の装置を用いた。水平油圧ジャッキ引張側を正とし、部材端部から油圧ジャッキまでの高さにおける部材角で制御する変位制御にて行った。部材角 $R \pm 1/1600(\text{rad})$ を各 1 回, 以降 $\pm 1/800, \pm 1/400, \pm 1/200, \pm 1/133, \pm 1/100, \pm 1/50, \pm 1/33, \pm 1/25, \pm 1/20(\text{rad})$ を各 2 回繰り返す計画とした。

計測は図 5 に示すように、壁・梁部それぞれの曲率変形およびせん断ひずみなどを変位計により計測した。また、主筋・せん断補強筋・拘束筋などのひずみをひずみゲージにて測定した。

表 2. 材料試験結果(コンクリート)

試験体名	圧縮強度	ヤング係数	割裂強度
	N/mm ²	kN/mm ²	N/mm ²
F-B07T07C	23.6	29.2	2.44
R-B07T07W	27.0	29.1	2.45
R-B15T07C	61.4	36.3	3.12
R-B15T15C	29.4	20.3	2.40

表 3. 材料試験結果(鉄筋)

種別	降伏強度 N/mm ²	降伏ひずみ μ	引張強度	伸び率	
			N/mm ²	%	
D6	SD295	332.6	1622	636.5	18.4
D10	SD345	406.8	1984	587.6	19.0
D13	SD295	319.1	1556	479.0	23.6
D16	SD345	383.1	1869	563.0	19.0
D19	SD345	372.0	1815	561.6	17.7
D32	SD345	382.2	1865	574.3	24.7

注) D6 は 0.2% オフセット強度

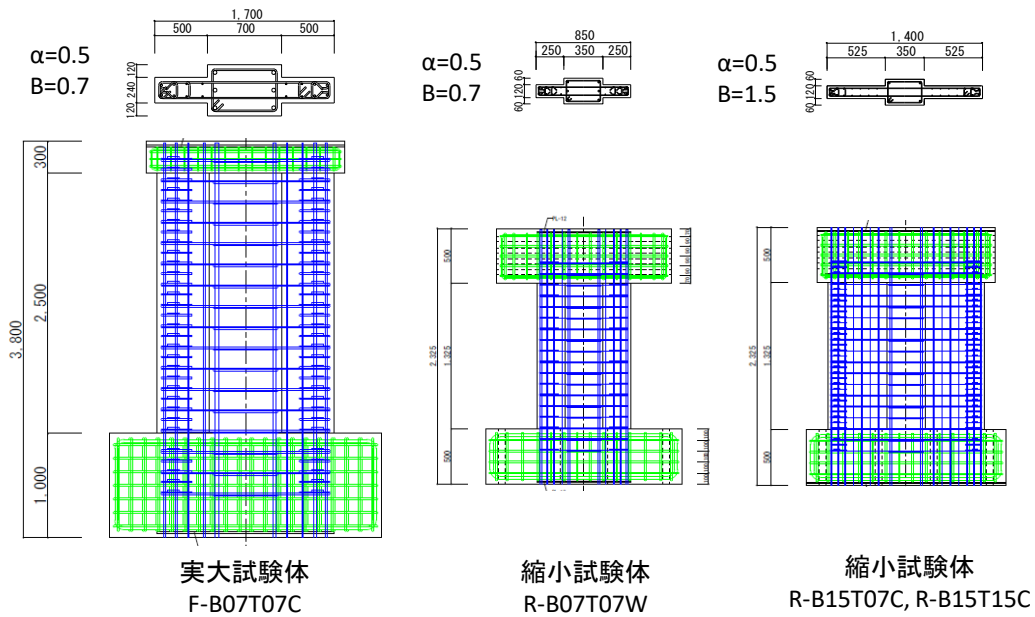


図 3. 試験体配筋図

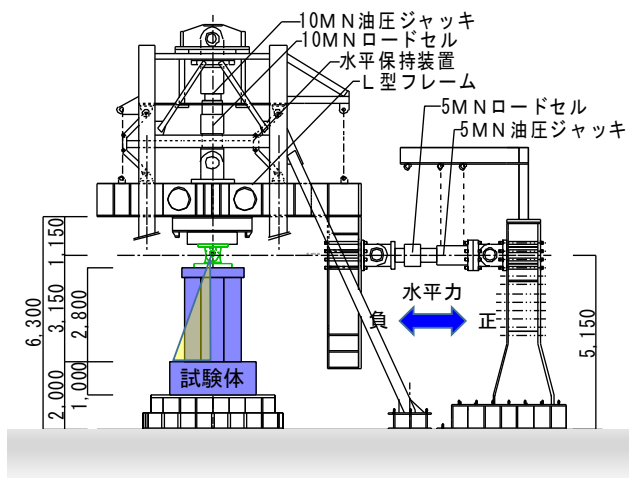


図 4. 実大試験体荷重装置

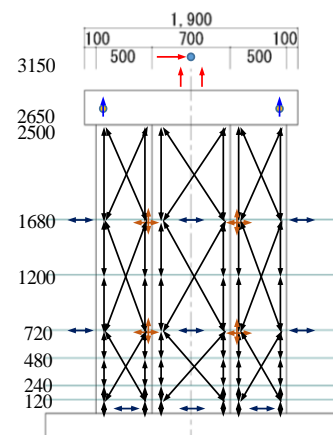


図 5. 変位計計測計画

■実験結果

1) 破壊経過

各試験体の荷重-部材角関係を図6に、最終破壊状況を写真1に示す。図6の赤線は曲げ終局強度計算値(Q_{mu})、青丸は最大耐力時である。壁高さ比 $\beta=0.7$ の試験体(F-B07T07C, R-B07T07W)は、 $R=1/400$ で壁端部筋が降伏し、 $R=1/200$ で壁横筋・梁主筋が降伏した。以降、圧縮側壁端部の破壊が進展し、実大・縮小ともに $R=1/50$ のサイクルまでに最大耐力に達した。実大試験体では壁端部筋が座屈し、縮小試験体では同鉄筋が座屈・破断するものもあった。壁端部拘束を幅止め筋のみとしたR-B07T07Wは $R=1/50$ の繰返しから荷重低下が日型拘束よりも大きい。壁高さ比 $\beta=1.5$ の試験体(R-B15T07C, R-B15T15C)は、 $\beta=0.7$ 試験体よりも早い $R=1/800$ で壁端部筋が降伏し、 $R=1/400$ で壁横筋・梁主筋が降伏した。以降、 $R=1/50$ のサイクルまでに最大耐力を示した。いずれの試験体も $R=1/33$ で壁端部筋が座屈し、破断するものもあった。壁端部が日型拘束されていても壁高さ比が大きくなると最大耐力以降の耐力低下の割合が大きくなる。

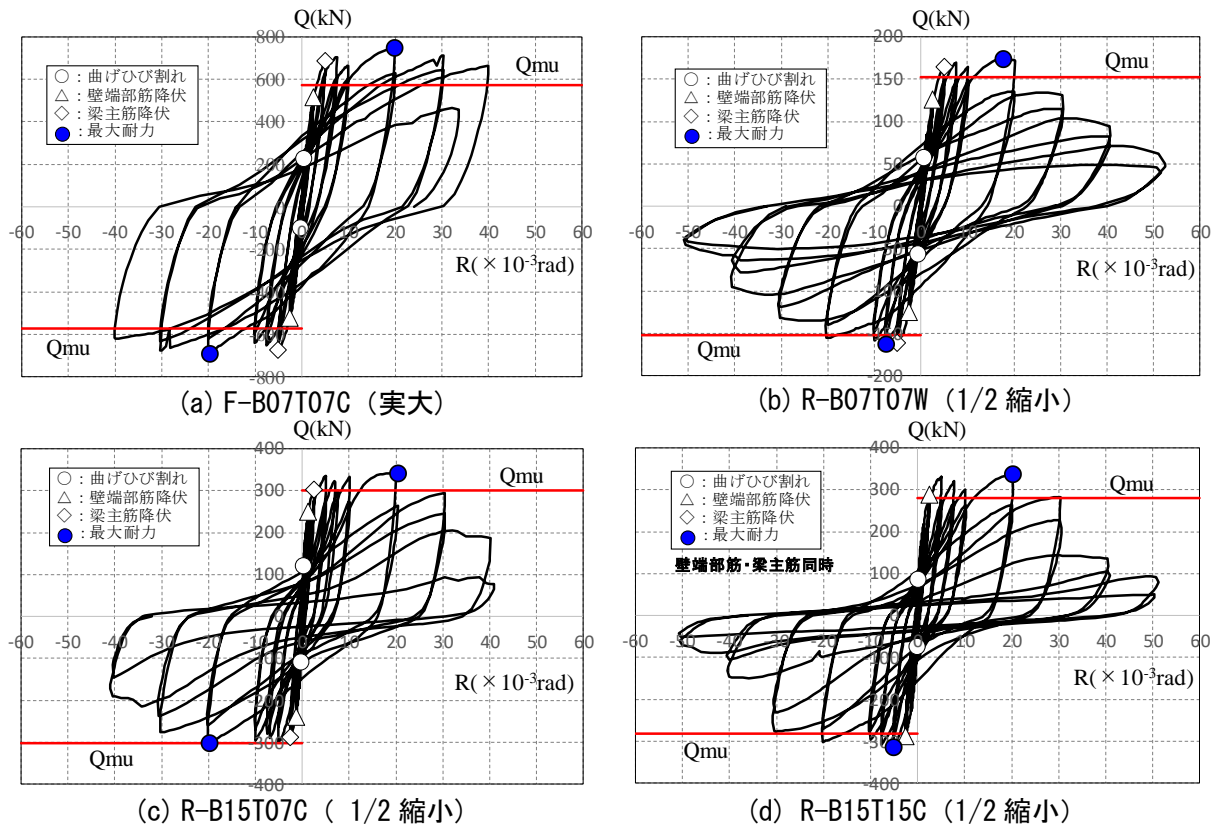


図6. Q-R関係

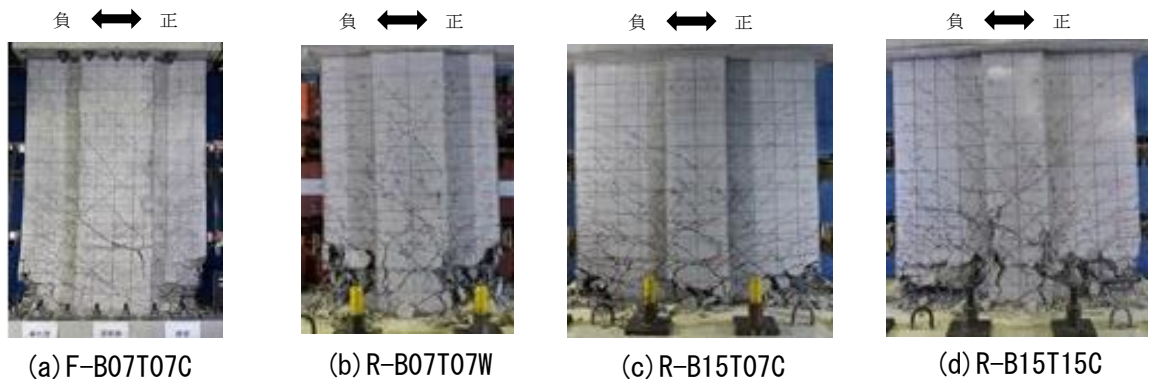


写真1. 最終破壊状況

2) 限界変形

図7に限界変形の算出図を示す。縦軸はせん断力を正側・負側のそれぞれの最大荷重で除し無次元化している。限界変形の算出方法は、包絡線の最外縁を結んだ線が最大荷重の80%の耐力線と交差した点を限界変形と定義した。算出した限界変形の一覧を表4に示す。いずれの試験体も正側・負側ともに限界変形は、保有水平耐力計算規準が規定する部材種別FAに求められる変形性能 $25 \times 10^{-3} \text{rad}$ 以上となった。

同じ部材種別FAでも壁端部拘束が日型の方が幅止め筋のみの拘束よりも最大耐力以降の大変形まで安定した変形性能を有することが確認された。壁高さ比やせん断応力度レベルが大きくなると限界変形以降の耐力低下が大きくなる傾向ある。

表4. 限界変形一覧

試験体	正側			負側		
	Qmax	0.8Qmax	Ru	Qmax	0.8Qmax	Ru
	kN	kN	$\times 10^{-3} \text{rad}$.	kN	kN	$\times 10^{-3} \text{rad}$.
F-B07T07C	752.5	602.0	40.0	-690.0	-552.0	-40.1
R-B07T07W	173.1	138.4	28.6	-161.8	-129.4	-30.4
R-B15T07C	344.3	275.5	32.1	-304.3	-243.5	-30.3
R-B15T15C	334.7	267.7	31.4	-314.2	-251.3	-30.8

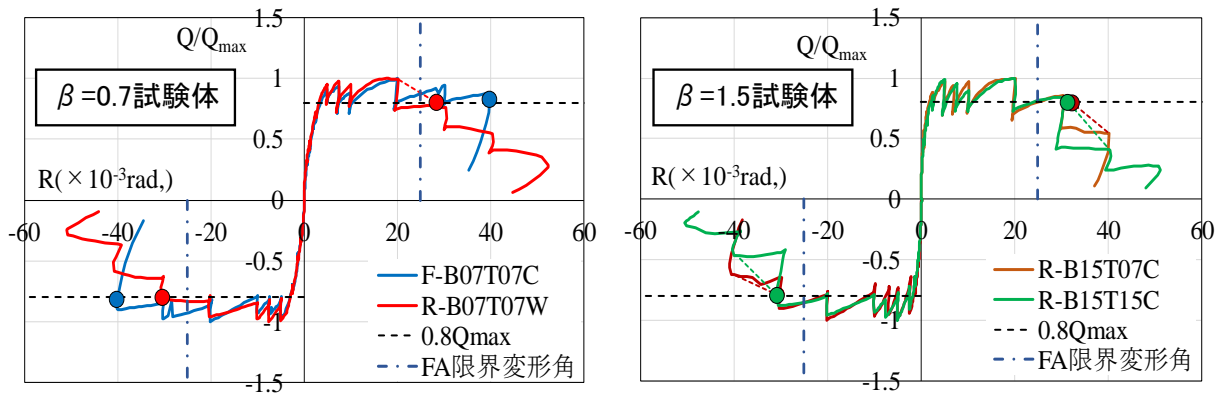


図7. 限界変形の算出

3) 初期剛性

各試験体の初期剛性について、実験値と計算値を比較したものを図8に示す。初期剛性実験値(青線)は部材角 $R=1/1600 \text{rad}$ サイクルの正側ピーク時の荷重変形関係から求め、初期剛性計算値(赤線)は鉄筋を考慮し式(1)より算出した。表5に初期剛性の実験値と計算値を比較した結果を示す。実験値に対する計算値の比は0.75~1.07であり、壁高さ比 $\beta=0.7$ は良い対応だったが、壁高さ比 $\beta=1.5$ では計算値が大きくなる傾向が見られた。

$$\frac{1}{K_0} = \frac{1}{K_s} + \frac{1}{K_{be}} \quad (1)$$

ここで、 K_0 : 弾性剛性(N/mm), $K_s = \frac{G_c A_0}{\kappa_e l}$: せん断剛性(N/mm), $K_{be} = \frac{12 E_c I_e}{l^3}$: 曲げ剛性(N/mm)

κ_e : 文献1)に示されたエネルギー法の式より算出

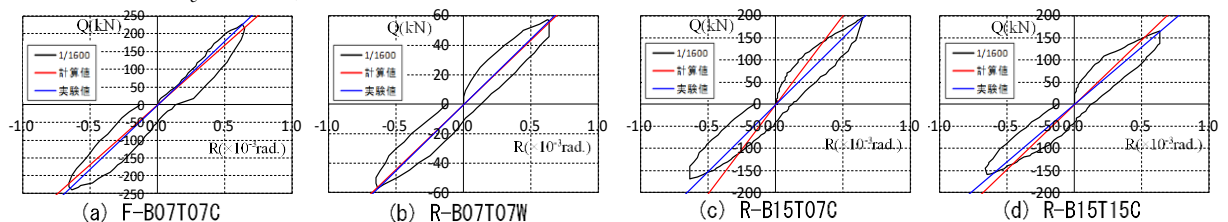


図8. 初期剛性の実験値と計算値の比較

表 5. 各試験体諸強度の実験値と計算値の比較

試験体	初期剛性			曲げひび割れ強度			曲げ終局強度					せん断応力度レベル	
	計算値	実験値	K_e/K_0	計算値	実験値	$E Q_{Mc}/c Q_{Mc}$	計算値	実験値+	$E Q_{max(+)} / c Q_{Mu}$	実験値-	$E Q_{max(-)} / c Q_{Mu}$	計算値	実験値
	K_0 kN/mm	K_e kN/mm		$c Q_{Mc}$ kN	$E Q_{Mc}$ kN		$c Q_{Mu}$ kN	$E Q_{max(+)}$ kN		$E Q_{max(-)}$ kN		$c \tau_u / \sigma_B$	τ_u / σ_B
F-B07T07C	107.1	114.9	1.07	106.8	172.5	1.62	573.7	752.5	1.31	-690.0	1.20	0.072	0.095
R-B07T07W	55.9	57.0	1.02	28.6	25.0	0.87	151.9	173.1	1.14	-161.8	1.07	0.067	0.076
R-B15T07C	256.8	192.5	0.75	111.2	70.0	0.63	280.6	344.3	1.23	-304.3	1.08	0.058	0.066
R-B15T15C	186.4	165.1	0.89	77.0	109.5	1.42	300.8	334.7	1.11	-314.2	1.04	0.113	0.135

4) 曲げひび割れ強度および曲げ終局強度

表 5 に各試験体の曲げひび割れ強度と曲げ終局強度の実験値(正側荷重)と計算値の比較をそれぞれ示す。曲げひび割れ強度せん断力は式(2), (3)により算出した。曲げひび割れ強度の実験値/計算値は 0.63~1.62 であり, 本実験では曲げひび割れ発生時の観察誤差の影響が考えられる。

$$Q_{Mc} = M_c / h \quad (2)$$

$$M_c = 0.56 \sqrt{\sigma_B} Z_e \quad (3)$$

ここで, h : 実験における加力点高さ(mm), σ_B : コンクリート圧縮強度(N/mm²)

Z_e : 初期剛性算出時の等価断面二次モーメントから算出した断面一次モーメント(mm³)

曲げ終局強度せん断力は式(4), (5)により算出した。式(5)は文献 1)に提案された高橋らによる式である。曲げ終局強度については, 実験値/計算値の比が正側では 1.11~1.31, 負側では 1.04~1.20 となり, 概ね良い精度であったと考えられる。曲げ終局強度に関しては, 寸法効果, 壁高さ比 β の差異による影響は見られなかった。

$$Q_{Mu} = M_u / h \quad (4)$$

$$M_u = \sum a_{ii} \sigma_{yi} (d_i - x_{n2}) \quad (5)$$

ここで, 式(5)の記号は文献 1) 参照。

5) 変形成分の推移

腰壁・垂れ壁付き梁部材の変形成分を検討するために, 曲げ変形・せん断変形・スリップ変形を求めた。曲げ変形 δ_B は, 腰壁・垂れ壁を含めた外側の測定区間の平均ひずみから測定区間の回転量を求め, その回転量を材軸方向に積分することにより算出した。スリップ変形 δ_{slip} は, 試験体の危険断面位置に近い梁軸心の水平変形(実大: 加力点高比 60mm/3150mm \div 0.02, 縮小: 加力点高比 50mm/1575mm \div 0.03) をスリップ変形量と定義した。せん断変形 δ_s は, 全変形から曲げ変形とスリップ変形を差し引いた成分を腰壁・垂れ壁付き梁部材のせん断変形量と定義した。

各試験体の変形成分の推移を図 9 にそれぞれ示す。壁高さ比 $\beta=0.7$ の実大試験体 F-B07T07C と縮小試験体 R-B07T07W を比較すると, $R=1/200rad.$ のサイクルまで曲げ変形の比率が若干異なるが, $R=1/200rad.$ から最大耐力の $R=1/50rad.$ まで曲げ変形成分 70~80% で推移することが分かる。R-B07T07W のスリップ変形が大きくなっている理由は, 壁端部拘束筋が面外方向の幅止め筋だけであるため壁端部にコアが形成できずコンクリートが剥落しやすいためだと考えられる。壁高さ比の異なる F-B07T07C と R-B15T07C を比較すると, 壁高さ比が大きい方が曲げ変形成分が小さくなる傾向が見られる。せん断応力度比が異なる R-B15T07C と R-B15T15C を比較すると, 曲げ変形成分には差異はないが, せん断応力度レベル(表 1 参照)が高くなるとせん断変形成分がやや大きくなる傾向が見られた。

6) 等価粘性減衰定数

等価減衰粘性定数(h_{eq})の算出概念図を図 10 に, 各試験体の変形角 $R=1/400rad.$ 以降の h_{eq} の推移を図 11 に示す。 h_{eq} は式(6)により算出した。最大荷重より前は各サイクルの 1 ループの面積を履歴エネルギー ΔW とし, 正側ピーク時の荷重と変形から弾性ひずみエネルギー W として算出した。最大荷重以後の弾性ひずみエネルギー W の計算は各サイクルのピーク時荷重ではなく最大荷重とそのサイクルの変形から W を算出した。

■ 結論

高密度配筋された腰壁・垂れ壁付き梁部材実験から下記が確認された。

- 1) 保有水平耐力規準(案)に提案された腰壁・垂れ壁付き梁部材の部材種別 FA の条件を満足した場合, 限界変形が 2.5% を上回った。

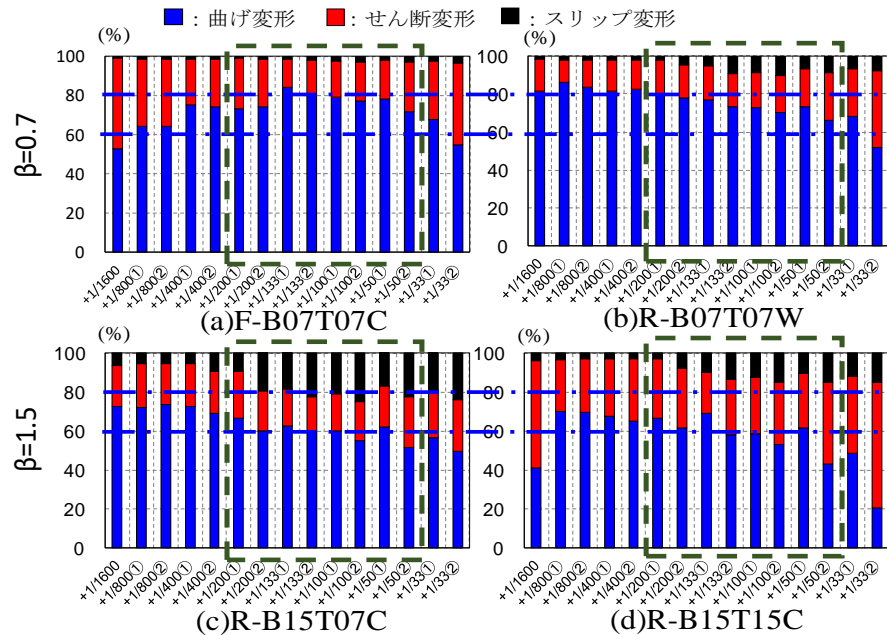


図 9. 曲げ変形・せん断変形・スリップ変形の推

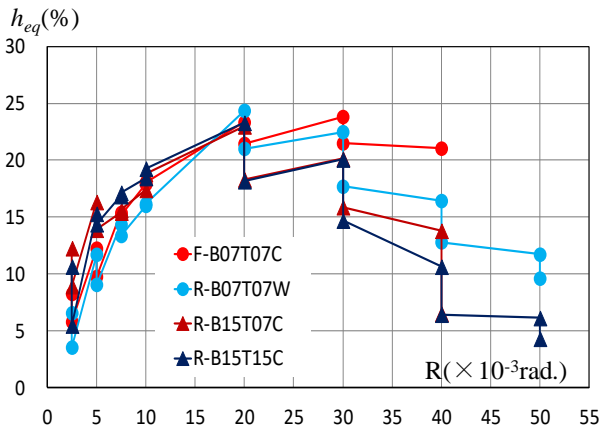


図 10. 等価粘性減衰定数の推移

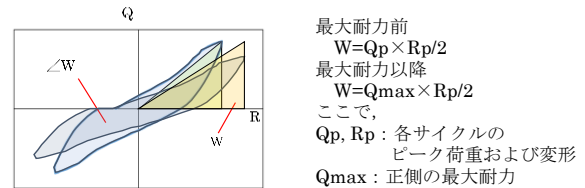


図 11. 等価粘性減衰定数概念図

- 2) 本実験では、せん断応力度レベルが高い試験体 ($E\tau_u/\sigma_B = 0.135$) でも限界変形までの履歴性状に差異は見られなかった。
- 3) 最大荷重以降の耐力低下を抑制するためには本実験における日型形式の壁端部拘束が必要であると考えられる。
- 4) 初期剛性、曲げひび割れ強度、曲げ終局強度に関しては寸法効果の影響は見られなかった。曲げ終局強度は高橋らの提案式で概ね精度良く評価できた。
- 5) 壁高さ比が大きくなると曲げ変形成分が減少する傾向がある。
- 6) 等価粘性減衰定数は各試験体とも変形の増大とともに増加し $R=1/50 \text{rad.}$ で 20~25% 程度となった。最大荷重以降、本報の h_{eq} 算出方法を用いると荷重低下現象が h_{eq} にも反映される結果となった。

謝辞

本研究は、国土交通省建築基準整備促進事業 S22「高密配筋を行った鉄筋コンクリート造部材の部材種別の評価に関する検討」および(国研)建築研究所指定課題「鉄筋コンクリート造部材の実験データベースを活用した構造特性評価に関する検討」により実施した。

参考文献

- 1) 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(案)・同解説，2016.4
- 2) 高橋之ほか：腰壁と袖壁を有する鉄筋コンクリート部材の曲げ設計モデル，日本建築学会構造系論文集第 641 号，pp.1321-1326，2009.7

木造一鉄骨造併用軸組の水平変形性能実験

山田 明*1, 金野 章子*2

*1 工学部建築学科, *2 工学研究科修士課程

本文

■背景と目的

木造住宅の平面計画において、モジュールは 910mm 内外に設定され、柱間隔を 910~1820mm に、床ばりスパンを 3~4m としながら柱割が行われる。高さ方向の柱配置については、構造計画上は他の構造と同様に上下階で揃えることが望ましいものの、木造住宅では揃わないことがある。これは、個々の居室が小さく、かつ、上下階で一致しない中で、間仕切り壁を耐力壁として扱うからである。したがって、木造軸組構法は、他の構造のように柱、梁が整然と配置された明快な架構になりにくい。

2階建てまたは3階建て木造住宅において、上階には軸組を設けるものの、その直下を開口にして軸組を抜く、いわゆる『下階柱抜き』がある。この場合、構造設計により、下階梁のたわみが過大にならず、かつ、上下階の応力伝達が可能であるかについて検討し、当該梁の必要せいを確保することになる。その結果、当該梁の必要せいが天井懐におさらない場合には、当該梁をせいの低い鉄骨形鋼梁に置き換えた併用軸組が採用されることがしばしばある。

一般に、鋼材は信頼性の高い材料である。しかし、剛性、強度は木材と比べれば極めて大きいため、両者の材料特性の違いを考慮しなければ、適切な設計になり得ない。具体的には、通常鉄骨造ではピン接合とみなせる接合部であっても、併用軸組では剛接合的な挙動を示す可能性がある。したがって、仕口のディテールは、併用軸組において非常に重要である。

本報では、在来木造軸組構法住宅における下階柱抜きを想定し、横架材の一部を鉄骨造とした併用軸組を扱い、その実験結果について報告する。本報の軸組では、開口部のまぐさを H 形鋼とし、そのまぐさが上階の床荷重を支持するものとして、鉛直荷重を負担させた。木造柱とのまぐさの仕口をパラメータとし、軸組の水平変形性能、仕口の挙動、耐力特性について実験的に検討した。なお、ここで扱う軸組は耐力壁には該当しない。

■実験概要

(1) 試験体

試験体については、木造柱と鉄骨まぐさの仕口詳細の違いによる No.1~3 の 3 種類を各 1 体製作した。主要な部材とその寸法は共通で、試験体の形状を柱心間 1,820mm、高さ(土台-梁心間)2,730mm とした。部材断面形状は柱・土台 105×105mm、梁 105×150mm とし、柱梁の仕口は短ほぞ(幅 30×85mm、長さ 50mm)とし¹⁻²⁾、短期許容引張耐力 5.9kN の金物 2 枚を柱両面に取り付けた。まぐさは H-100×100×6×8 の H 形鋼とした。木材の樹種は土台をヒノキ製材、柱・梁を対称異等級構成集成材(柱：E120-F330、梁：E95-F270)、鋼材は SS400 とした。図 1 に No.1 の形状を、図 2 に個々の軸組図を示す。仕口はつぎの仕様とした(図 3 参照)。

No.1：コーチボルト止め

No.2：リブプレート止め

No.3：ベースプレート・ガセットプレート止め

No.1 は実例を参考にしたもので、柱を 20mm 欠き込み、小口を厚さ 9mm の平鋼で塞いだまぐさを大入れし、M12、L=75mm のコーチボルトで止めた。柱を欠き込むことによる柱の断面欠損につ

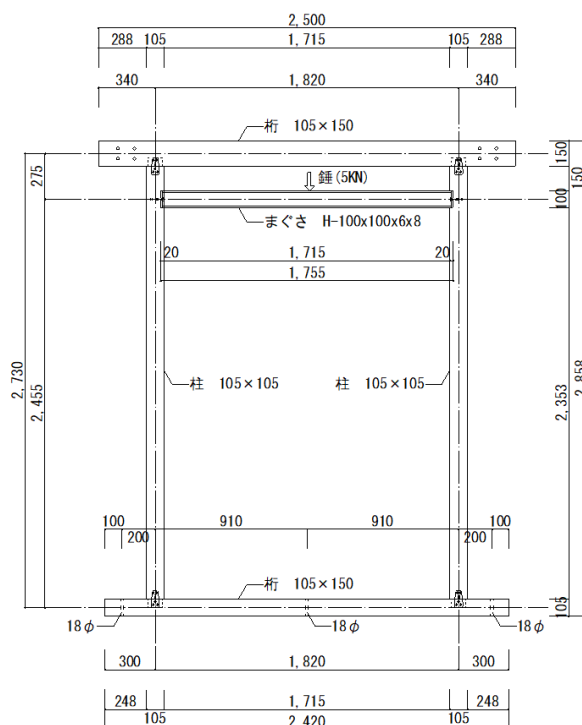


図 1 No.1 の形状(No.2, 3 もこれに準じる)

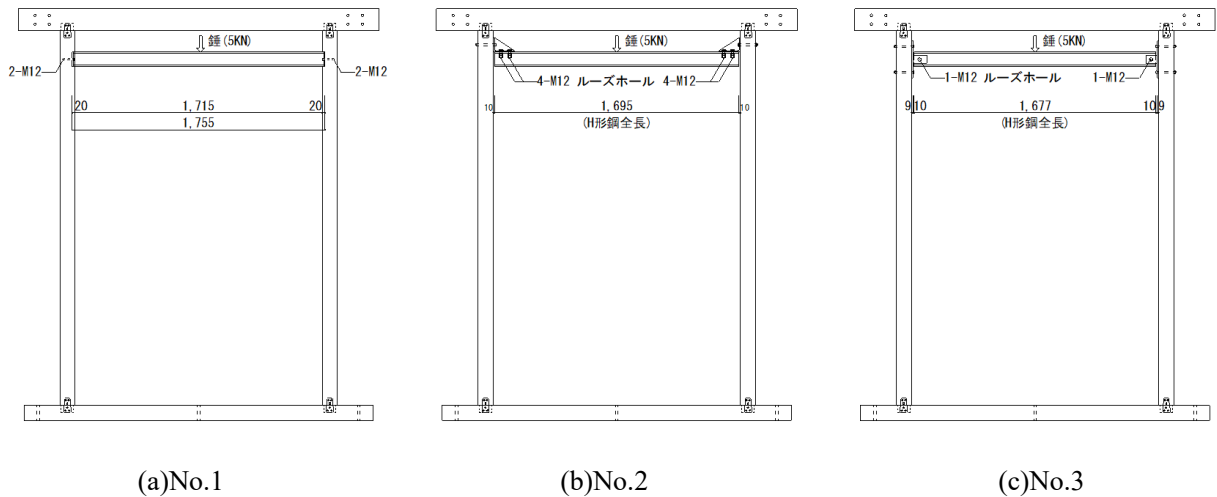


図2 試験体軸組図

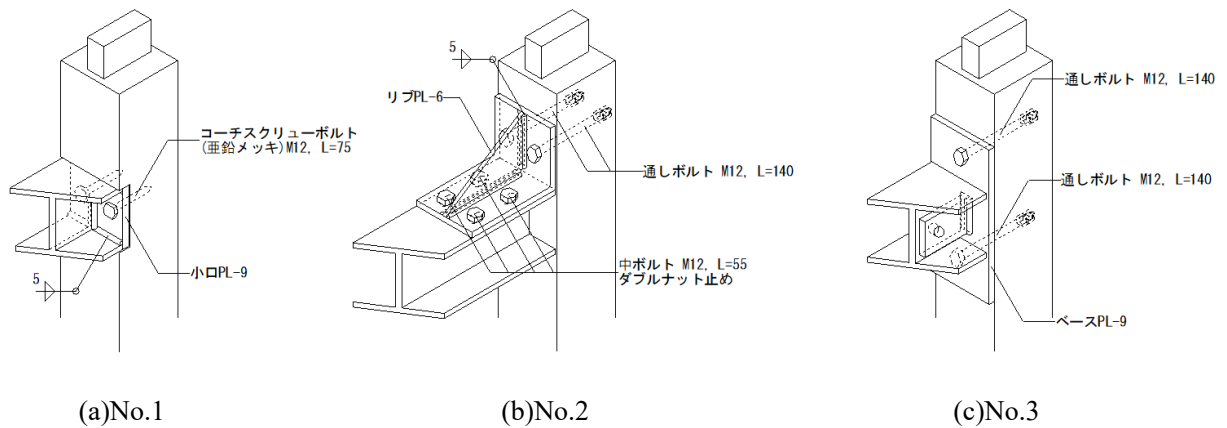


図3 仕口詳細図

いては、通常の大入れによる欠き込みと変わらないため、許容できると判断した。

No.2 は柱に欠き込みを設けない仕様であり、不等辺山形鋼 $L-150 \times 100 \times 9$ に厚さ 6mm のリブプレートを取り付けた受け金物を使用し、柱とまぐさを M12 の普通ボルトで止めた。施工性を考慮すれば、受け金物はまぐさを仮受けできるようにまぐさの下側に設けるべきであるが、ここでは、まぐさ直下にサッシを設けることを想定し、あえて受け金物をまぐさの上側に設けた。

No.3 は鉄骨造に準じた仕様であり、柱に M12 の普通ボルトにより固定したガセットプレートにまぐさを普通ボルトにより固定した。

No.2, 3 のまぐさの一端はルーズホールとし、施工時の寸法誤差を解消できるようにした。

(2) 載荷方法

実験は福山大学内の実験室で実施した。土台をアンカーボルトで鉄骨架台に緊結し、写真 1 に示すように、まぐさ中央に錘を取り付けた。文献 1-2) によると、積載荷重は 2000N/m 程度とされているが、実例の構造計算書を参考に 5KN の中央集中荷重とした。

写真 1 の右上に見えるように、モートルシリンダーを梁端部に固定し、水平方向に正負交番繰り返し載荷を行った。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, 1/30, 1/15, 1/10rad であり、正負各 3 回の交番繰り返し加力とした。

(3) 測定方法

試験体の水平方向の変位を測定するための変位計を梁端部に 2 か所、土台 1 か所、鉛直方向の変位を測定するための変位計を柱頭・柱脚の仕口 4 か所、土台両端 2 か所に取り付けた。変位計の設置位置を図 4 に示す。



写真1 錘の荷重状況 (No.1)

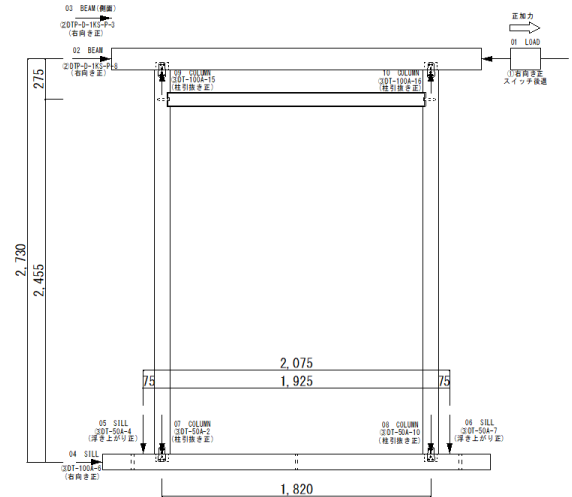


図4 変位計設置位置(矢印：変位計)

■実験結果

(1) 損傷過程

No.1 では 1/40rad 時に柱梁仕口の金物に歪みが生じ、1/200~1/10rad の間に柱梁仕口からの定期的な軋み音が確認された。それは徐々に大きくなり、1/10rad 時に最大耐力を記録した。

No.2 でも 1/150~1/10 rad の間に軋み音が確認され、それが徐々に大きくなり、1/12rad 時に柱にまぐさによるめり込みが確認され、1/10rad 時に最大耐力を記録した。

No.3 でも 1/100~1/10rad の間に定期的な軋み音が確認され、1/30rad 時に柱脚金物が歪み、仕口部に亀裂が生じた。さらに 1/15rad 時に仕口金物に大きな歪が生じ、1/10rad 時に最大耐力を記録した。

No.1~3 とも、柱の引抜による鉛直変位は観察されなかった。No.2, 3 では、柱側面のまぐさ通しボルトの座金部にめり込みが生じた。

(2) 荷重変形関係

図5(a)~(c)に No.1~3 の荷重変形関係を示す。図より、どの試験体についてもスリップ過程で剛性が負となっていることがわかり、これは、通常の軸組のみ荷重変形関係(例えば3)とは大きく異なる。とくに、No.1 と No.2 においてその現象が顕著に表れている。

図6に図5の包絡線を示す。図より、No.1~3 とも初期の立ち上がりはほぼ同じであるが、それ以降、No.3 では剛性が低下していることが分かる。No.1, 2 では約 1/30rad(負加力時 0.03rad)までは耐力はほぼ同じであるが、それ以降では No.3 の方が大きい。最大耐力は No.1~3 についてそれぞれ 1.76kN, 2.37kN, 1.83kN であった。

(3) 等価粘性減衰定数

図7に No.1~3 の1回目加力時の履歴ループから計算した等価粘性減衰定数 h_{eq} を示す。図より、すべての試験体について 1/20rad までは変形角の増大とともに h_{eq} は減少、それ以降では一定であり、約 12%に収束していることが分かる。No.3 の h_{eq} が最も大きく、No.2 が最も小さく、No.1 はその中間に位置する。なお、2回目、3回目加力時の h_{eq} は1回目のそれと傾向、数値においてほとんど同じであった。

(4) 壁倍率

No.1~3 の壁は耐力壁ではないが、壁倍率を計算したところ終局耐力 P_u または 1/120rad 時耐力で決まり、約 0.1 であった。

■研究成果

本研究から得られた成果を以下にまとめる。

- ・変形性能は十分にあり、1/10rad まで目立った損傷も生じない。
- ・スリップ過程時に剛性が負となり、これは通常の軸組の荷重変形関係とは異なる。
- ・等価粘性減衰定数は変形角の増大とともに減少し、1/20rad 以降では約 12%に収束する。
- ・壁倍率は約 0.1 であった。

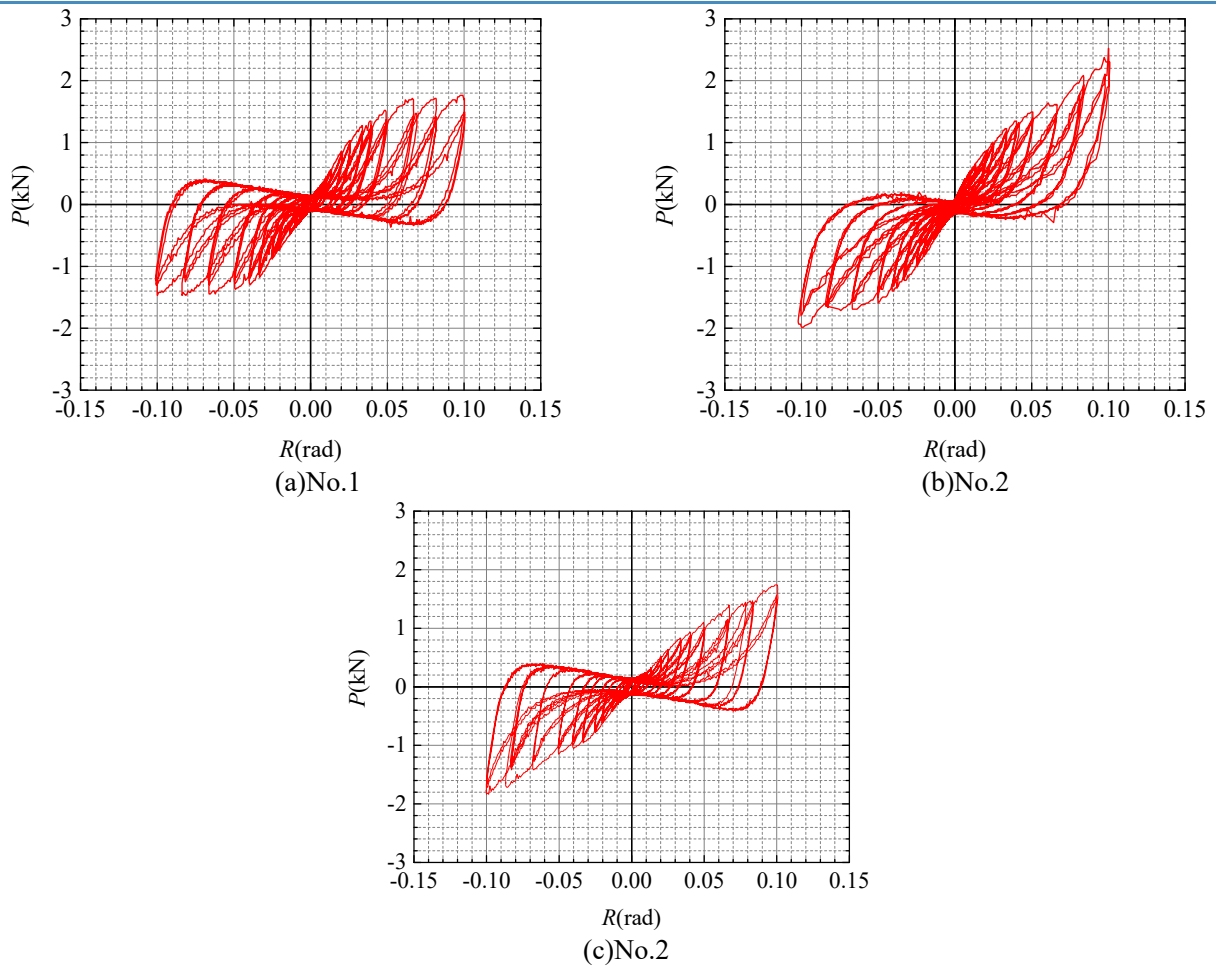


図5 荷重変形関係

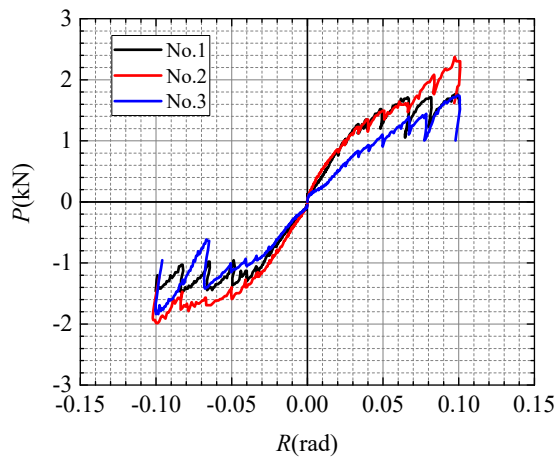


図6 包絡線

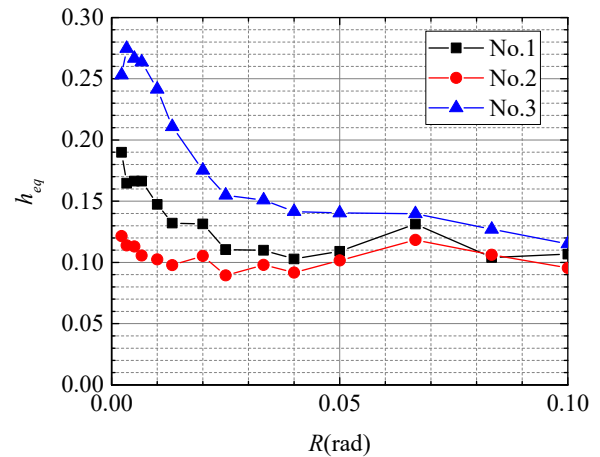


図7 等価粘性減衰定数 h_{eq}

■謝辞

本研究は、2018年度日本建築学会近畿支部研究発表会、および2018年度日本建築学会大会でも発表しています。また、試験体の検討・作製には(株)加度商の多大な協力を得ました。ここに記して感謝申し上げます。

■参考文献

- [1] 木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008年版), (財)日本住宅・木材技術センター
- [2] 木造の耐力壁及びその倍率性能試験・評価業務方法書, (一財)日本建築総合試験所
- [3] 山田真澄, 鈴木祥之, 後藤正美, 清水秀丸: 単位木造フレームを用いた動的・静的実験による木造軸組の耐震性能評価, 日本建築学会構造系論文集, 第582号, pp.95-102, 2004年8月

施工段階別に計測した木造住宅の振動特性 ～備後地域の A 邸, B 邸について～

金野章子*1, 山田 明*2

*1 工学研究科修士課程, *2 工学部建築学科

本文

■背景と目的

一般的な木造 2 階建て住戸の多くは 4 号建築物と言われ、建築基準法第 46 条に規定される壁量計算が義務付けられており、上位の構造計算が行われることは少ない。このため、既存木造住宅を対象とした壁量計算による壁率と常時微動計測結果を比較した研究事例は数多くあるが(例えば¹⁾、許容応力度計算と常時微動計測結果を比較した研究は数を見ない。本報では長期優良住宅の認定を受け、許容応力度計算による構造計算が行われた 2 階建て木造軸組工法住宅を対象として、建て方時から竣工に至るまでの各施工段階で実施した常時微動計測結果から木造住宅の振動特性の変化を定性的、定量的に把握し、それらと構造計算書との照合を試みる。

■建物概要

調査対象の木造住宅は、備後地域で設計・施工された A 邸及び B 邸の 2 棟の 2 階建て木造軸組工法住宅である。地盤条件はともに第 2 種地盤である。耐力壁については、2 棟とも外周部に火山灰無機質性構造用面材が用いられ、内部は筋交い、一部石膏ボードの組み合わせとなっており、耐震等級 2 の性能が確保されている。建物の平面図を図 1 に示す。

■計測・解析方法

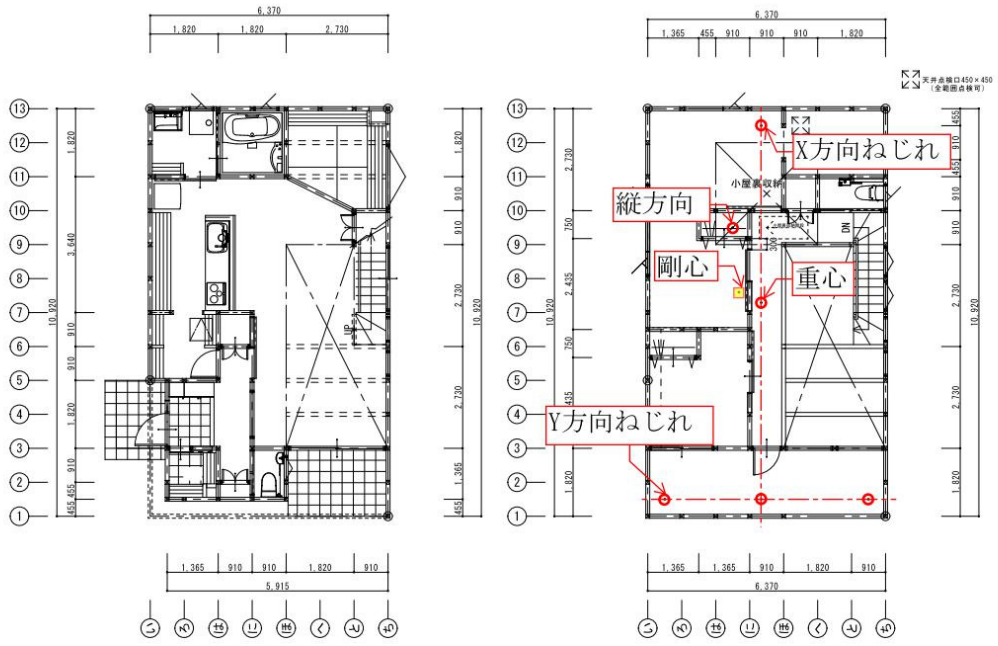
計測は施工段階の違いにより、表 1 に示す 4 回にわたって実施した。測定は、2 階床重心位置の X, Y 方向、ねじれを測定するため X, Y 各方向について 2 階床の建物両端と中央部 3 か所、高さ方向の振動モードを測定するため小屋裏・2 階床・土間の 3 か所、地盤条件を判断するため地盤の X, Y, Z 方向とした。測定機器はサーボ型速度計 (VSE-15D, (株)東京計測振) とし、速度波形からフーリエ振幅スペクトルを求めた。サンプリング周波数は 100Hz, 計測時間は 500 秒とした。得られた数値列を 1 数値列につき 2000 個、計 25 個の数値列に分け、各数値列の前後に 0 を追加して 4096 個の数値列にし、それを高速フーリエ変換した。得られた 25 個の数値列を平均化し、ハニングウインドウによる平滑化を 10 回行った。

表 1 計測を実施した施工段階

1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
上棟直後 軸組のみ	耐力壁配置後	内外装下地 施工後	仕上げ後

■計測結果

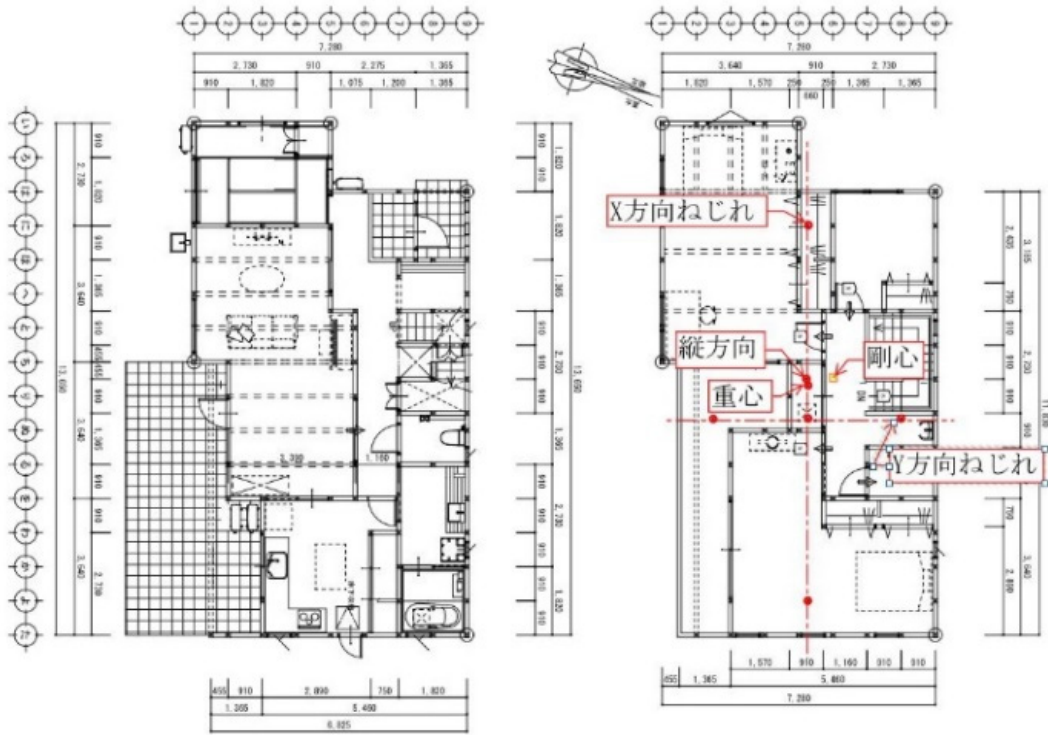
各施工段階で計測したデータの FFT による A 邸及び B 邸の 1 次、2 次固有振動数の推移を表 2 に、A 邸及び B 邸の 4 回目のフーリエ振幅スペクトルを図 2 に示す。表 2 より、A 邸、B 邸とも 1 回目の 1 次固有振動数は約 5Hz であり、建物が完成する 4 回目に向けて高くなるのが分かる。なお、フーリエ振幅スペクトルからは 3 回目以降の 2 次固有振動数の山が明瞭でなかったため、構造計算書の質量、剛性から求めた 1 次、2 次の固有振動数比に最も近く、かつ山の値の高い位置を 2 次固有振動数と仮定し、表 2 中に記した。固有振動数は 3 回目から 4 回目に向けて減少したところもあった。これは、壁の施工が終了し剛性が変化しないものの、固定・積載荷重による質量が増えることに起因し、後述の計算結果と測定結果の相関が見られる。



1階(61.48m²)

2階(52.17m²)

(a)A邸(福山市神南辺町)



1階(80.32m²)

2階(78.28m²)

(b)B邸(尾道市西藤町)

図1 平面図

表2 固有振動数の実測値(単位: Hz)

		1回目		2回目		3回目		4回目	
		1次	2次	1次	2次	1次	2次	1次	2次
A邸	X	5.34	12.49	6.39	16.28	7.62	26.47	7.74	25.45
	Y	4.53	10.63	7.64	17.49	8.97	22.40	8.99	25.47
B邸	X	4.95	11.96	5.64	14.69	7.96	22.51	7.84	22.73
	Y	4.85	11.53	6.27	16.35	8.10	24.93	8.80	23.39

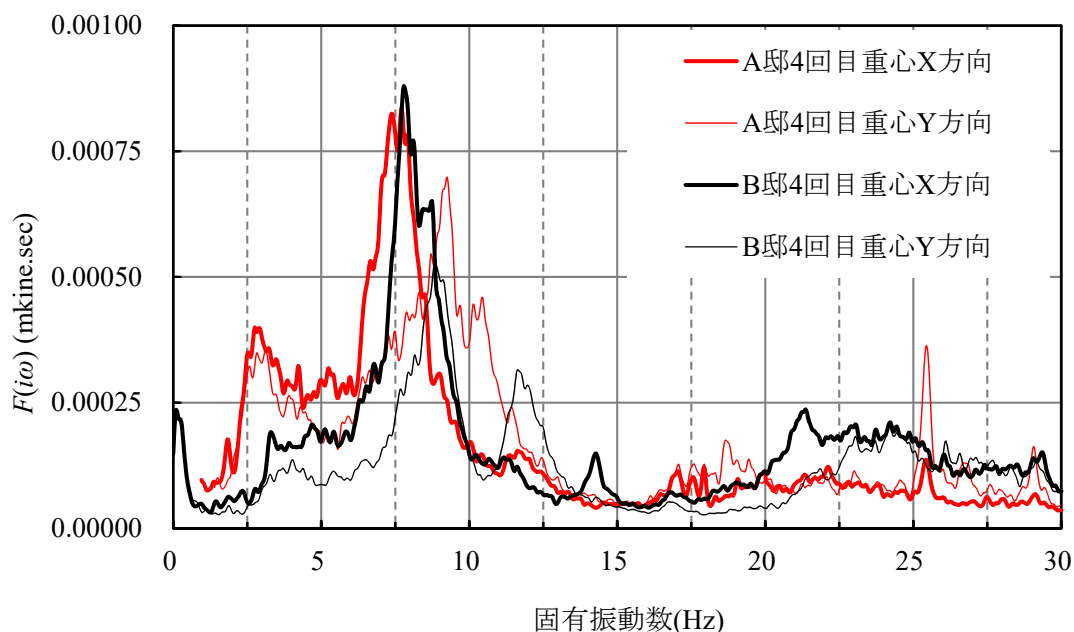


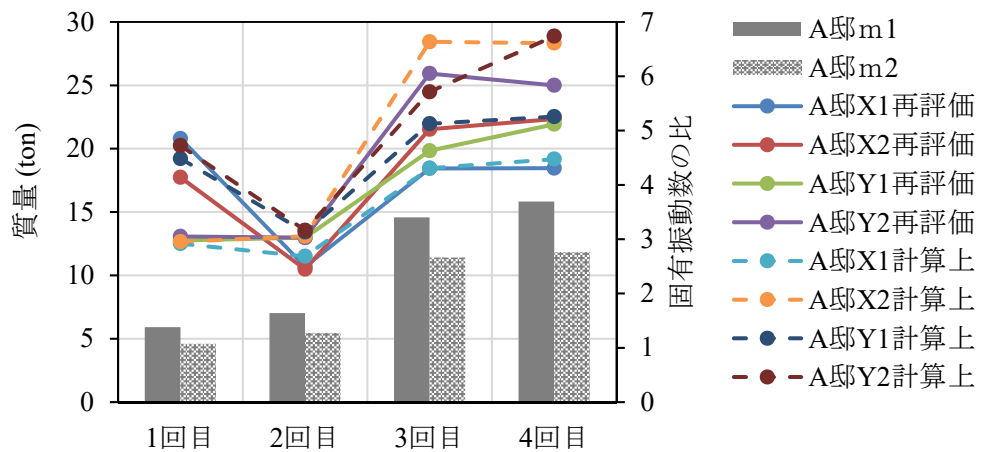
図2 A邸, B邸の4回目のフーリエ振幅スペクトル

■考察・構造計算との比較

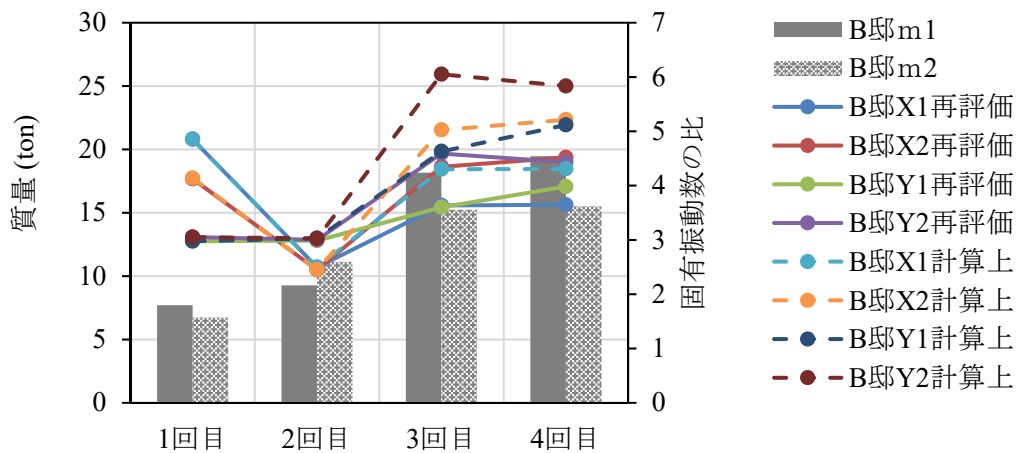
構造計算書に記載された質量, 剛性と施工段階での実情を比較した. その結果をA邸及びB邸についてそれぞれ図3(a)及び(b)に示す. 両図より, 質量は3回目から4回目にかけて完成に近づくため変化しなくなることが確認できる. 構造計算書の質量, 剛性から計算した固有振動数に対する実測値の比は, 図(a)中の破線を見ると最大で約7倍であった.

そこで, 実測値と計算値の齟齬を解消するために, 固定荷重, 積載荷重を各施工段階の実情にあわせて再計算を試みた. また, 設計上耐震性能が担保されないため計算から除外されていた, 本来なら壁量として考慮できる壁, 準耐力壁の剛性を考慮し, より実情に近い状態で剛性を再評価した. 再評価した剛性による振動数に対する実測値の比を同図中に実線で示すが, これでもなお比は約3~5倍に留まる. これは建物の違い, 施工段階の違いによらなかった.

1回目の測定で計算値を上回る振動数が測定されたことは床剛性, 筋交いの有無の影響が大きいことが推測される. 剛性を再評価した固有振動数は, 計算上, 再評価ともに2回目の乖離が最も小さく, 比は約3倍(測定値の1/3が計算書による振動数)であった. 完成に近づくにつれて雑壁の影響が大きくなり, 計算値より高振動になっていく. これらの結果から, 面材耐力壁が設置され, 石膏ボード, 内装が未施工の状態ですべて測定を行ったときが, 最も構造計算の状態に近いと言える.



(a)A 邸



(b)B 邸

図3 実測値に対する構造計算書から求めた質量と振動数の変化

■研究成果

- ・固有振動数に関し、実測値と剛性を再評価した計算結果から、雑壁は剛性に大きく影響する。
- ・構造計算による固有振動数に比べて1回目の実測値の値が大きく、筋交いの効果が大きいと考えられる。
- ・耐力壁が入った直後、下地未施工の状態ですぐに常時微動計測を行ったときの固有振動数が最も構造計算書のそれに近く、実測値から約 1/3 が壁量計算の値に最も近い。

■謝辞

本研究は、2018年度日本建築学会大会でも発表しています。また、調査物件を提供いただいた株式会社加度商に感謝申し上げます。

■参考文献

- [1] 入江：建設段階に伴う2階建て在来工法木造住宅の振動特性，構造工学論文集，Vol.44B，1998年3月

避難所体育館冬季熱環境を対象とした 定常感度解析

伊澤康一^{*1}

^{*1} 工学部建築学科

1. はじめに

本報では、冬季の避難所体育館における暖房加熱速度・開口部面積と温度差換気量・室温の関係について定常感度解析を試みた結果を報告する。

学校施設には、教育施設としての役割に加えて地域コミュニティにおける防災の拠点（避難所）としての役割が求められているが、建築外皮の断熱性が低く室内熱環境が劣悪である。発想を転換し、避難所としての使用を想定し環境性能を高くして「コミュニティ・シェルター」とすることが重要である¹⁾。

2013年の時点で、建築後25年以上を経過した公立小中学校施設が保有面積の約7割を占め²⁾、比較的老朽化した既存体育館が避難所として使用される場合が多いと予想される。本研究では、既存体育館の熱的応急対応やエコ改修の効果を解析対象とした。

解析対象環境の全体像を把握するため、特に重要と推測される環境パラメータの相互関係を定量的に明らかにし、環境調整の可能性と限界を把握することが重要であると考え。その検討には、計算負荷が小さく、かつ、環境パラメータの相互関係を網羅的に感度解析できる定常解析が有効だと考える。

そこで本研究では、防災機能を具備した安心・安全なエコスクールの構築を目標として避難所体育館の熱環境システムのあるべき姿を、定常伝熱の感度解析によって明らかにすることを目的とした。避難所で実際に形成される換気量や室温の範囲を定量化し、可能性や限界を把握するとともに、設計資料や避難所住まい方ガイドとして活用できる知見を得ることを目標としている。

2. 対象環境

2. 1 対象フェイズ

学校避難所の開設・閉鎖プロセスは、[救命避難期] → [生命確保期] → [生活確保期] → [学校機能再開期] → [正常化期] と分析される¹⁾。本研究の解析では、[生命確保期] と [生活確保期] を対象とした。

2. 2 季節・時間帯

本研究では、冬季を対象とし、1日のうち最も外気温が低くなる夜明け前を対象時間帯として安全側の評価となるようにした。

2. 3 住まい方

室温を高くするには暖房装置の能力を高くしたり設置台数を増やしたりすれば良いが、開放式ストーブを使用する場合は、ストーブから発生するCO₂量が増える。そのための必要換気量も増えるが、換気量を増やせば換気熱損失も増大する。このような複合問題を定量的に検討することが重要であると考え。

3. 数値解析

3. 1 計算式

3. 1. 1 室温

簡便のため壁体での蓄熱を無視し定常熱伝導で扱った室内空気のエネルギー収支式を用いた。

3. 1. 2 温度差換気量

冬季における自然換気として、1F 出入口をある程度開ける場合を想定した。温度差換気が作用し、外気が出入口の下部から流入し、室内空気が出入口の上部から屋外へ流出することを想定した。

本研究では簡便のため、a)縦長1開口における温度差換気量の計算式³⁾と、b)上下2開口における温度差換気量の計算式⁴⁾の2つを用いて比較的粗い計算を実施した。a)では、南側または北側の片方みの1F出入口を開けた場合を、b)では、南側と北側の両方の1F出入口を開けた場合を想定し、換気量の下限値をa)で、上限値をb)で推定することを狙った。

3. 2 計算方法

室温と温度差換気量は、双方の計算式を満足するまで繰り返し計算を行なって求めた。

3. 3 固定条件

3. 3. 1 躯体仕様

対象建物は小学校体育館を解析対象とし、対象空間は建物内の屋内運動場とした。建物方位は真南である。

(a)室寸法

対象空間は、長方形形状(幅37.3m×奥行20.4m×高さ7.5m)で近似した。

(b)外皮総面積(A)

各面積の合計は、窓148 m²、屋根・天井761 m²、外壁718 m²、床761 m²であり、外皮総面積は2387 m²である。

(c) 外皮平均熱貫流率(U_A値)

各面の熱貫流率は、窓6.21 W/(m²・K)、屋根・天井3.74 W/(m²・K)、外壁1.04 W/(m²・K)、床2.96 W/(m²・K)である。本研究では、窓面室内側に高性能気泡緩衝材(熱伝導率0.041 W/(m・K))を設置する場合を想定し窓面熱貫流率を3.01 W/(m²・K)とし、また、床室内側に段ボール(5mm厚3枚)(熱伝導率0.07 W/(m・K))を設置する場合を想定し床面熱貫流率を1.81 W/(m²・K)とした。以上の条件で外皮平均熱貫流率(U_A値)を計算すると2.63 W/(m²・K)となる。

3. 3. 2 気候特性

広島県福山市の気象データを参考にした。外気温が低下し熱的ストレスが大きいと推測される夜明け前を想定して外気温は0℃とし、日射量は無視した。

3. 3. 3 住まい方

(a) 居住者人数

居住者人数は180人とした。居住者1人あたり人体発熱100W、CO₂発生量0.02 m³/hとした。

(b) 暖房

体育館内に後付けの開放式ストーブ(4kW)を複数台(最大で8台)設置する場合と、体育館内に放射式暖房システム(床暖房等)を予め設けた場合の2つを想定した。ストーブのCO₂発生量は灯油燃焼量1kWあたり0.12m³/hとした⁵⁾。

(c) 換気

必要換気量(必要換気回数)は、室内許容CO₂濃度を1000ppmとし、外気濃度400ppmとして求めた。

3. 4 検討パラメータ

暖房装置能力[kW/台]×暖房装置設置台数[台]、すなわち、暖房加熱速度[kW]と、開口部(1F出入口)の開口面積[m²]の2つを検討パラメータとした。

4. 結果・考察

4. 1 開放式ストーブの場合

図1は、換気回数を示しており、「曲線コンター」は暖房加熱速度と開口部開口面積の関係から決定される温度差換気による換気回数(以下、「温度差換気回数」)を、「縦直線」は暖房加熱速度に比例して発生するCO₂から決定される必要換気量による換気回数(以下、「必要換気回数」)を示す。a)に「縦長1開口の式」を用いた場合を、b)に「上下2開口の式」を用いた場合を示す。

a)を見ると、暖房加熱速度が大きいほど、開口部面積が大きいほど、温度差換気回数は大きい。暖房加熱速度が大きいくほど、必要換気回数は大きい。温度差換気回数(曲線コンター)と必要換気回数(縦直線)の交点が、必要換気量を確保できる条件となる。温度差換気回数は、必要換気回数に比べて小さい。計算条件の範囲内では、必要換気量を確保できていない。

b)を見ると、温度差換気回数と必要換気回数の交点が見られる。b)式を用いた場合では、a)と同じ計算条件の範囲内で、必要換気量を確保できている。

図2は、室温を示しており、「曲線コンター」は暖房加熱速度と開口部開口面積の関係から決定される室温（以下、「室温」）を、「縦直線」は必要換気量確保時の室温（以下、「必要換気回数確保時室温」）を示す。a)に「縦長1開口の式」で求めた換気量を代入して室温計算した場合を、b)に「上下2開口の式」で求めた換気量を代入して室温計算した場合を示す。a)を見ると、暖房加熱速度が大きいほど、開口面積が小さいほど、室温が高い。開放式ストーブ（4kW）設置台数0～20台の範囲内、かつ、1F出入口開口面積の範囲内では、室温は2～14℃であり、快適とは言えない温熱環境であることが確認できる。暖房加熱速度が大きくほど、必要換気回数確保時室温は高い。室温（曲線コンター）と必要換気回数確保時室温（直線）の交点が必要換気回数を確保しながら達成できる室温となる。計算条件の範囲内では、必要換気回数を確保しながら達成できる室温はないことがわかる。b)を見ると、室温と必要換気回数確保時室温の交点が見られる。b)式を用いた場合では、a)と同じ計算条件の範囲内で、必要換気量を確保しながら達成できる室温が存在する。

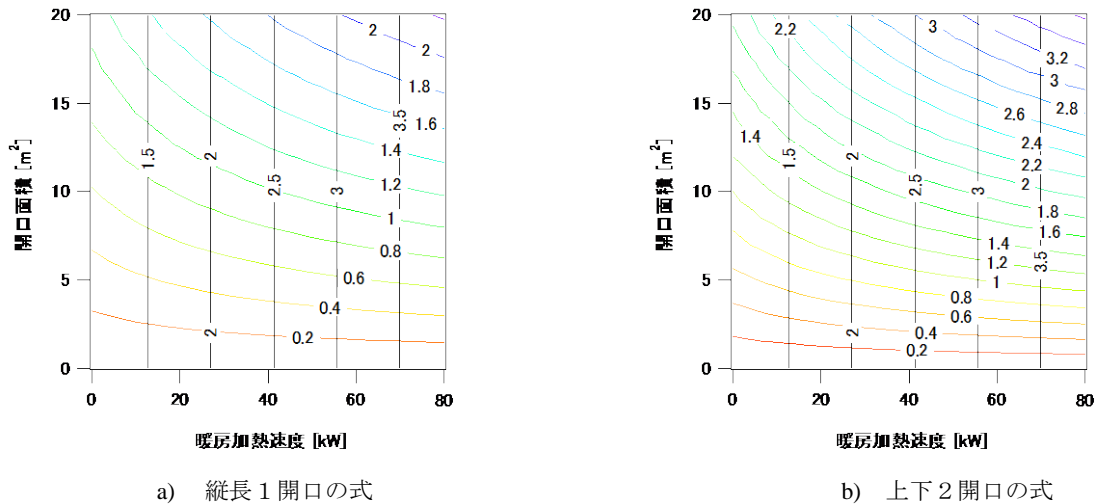


図1 温度差換気回数（曲線）と必要換気回数（縦直線）—開放式ストーブの場合—

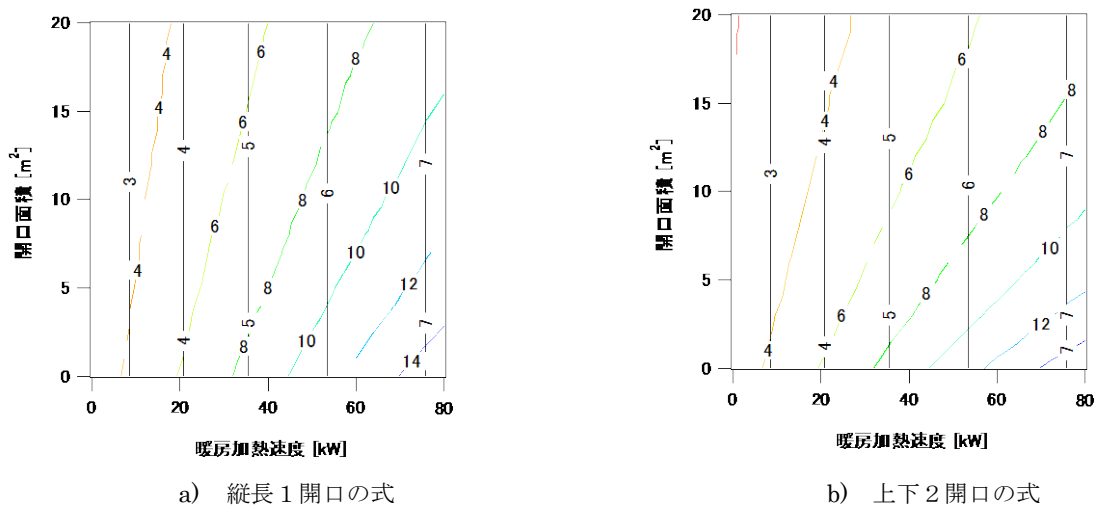
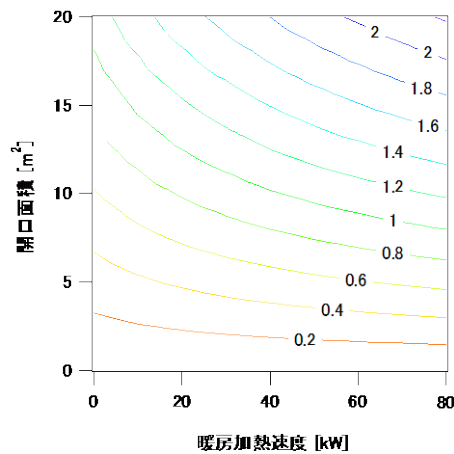


図2 室温（曲線）と必要換気量確保時室温（縦直線）—開放式ストーブの場合—

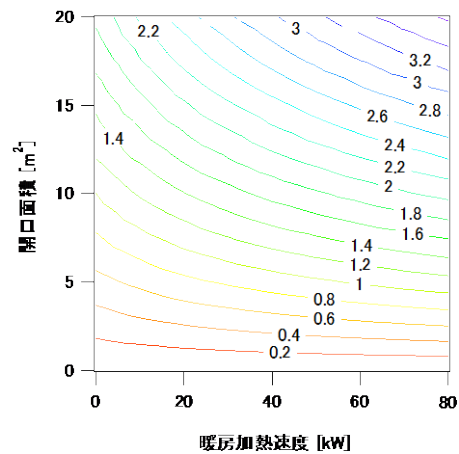
4. 2 放射式暖房の場合

図3は、換気回数を示しており、図1と同様に「曲線コンター」は「温度差換気回数」を示す。「縦直線」は「必要換気回数」を示す。なお、図1で現われた「縦直線」（「必要換気回数」）が図3で現れないのは、図3では放射式暖房のため暖房装置からのCO₂発生量がなく、人体からのCO₂発生量のみで一定（1.05回/h）となり、等高線が形成されないためである。

a)を見ると、図1と同様に、暖房加熱速度が大きいほど、開口面積が大きいほど、温度差換気回数が大きい。曲線コンター右上の範囲では、加熱速度と開口面積から求まる換気回数が必要換気回数（1.05回/h）より大きいので、必要換気量を確保できている。

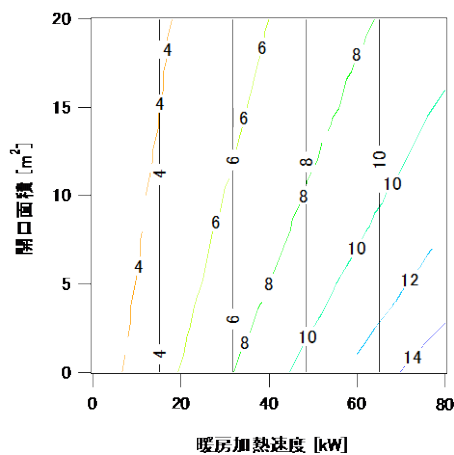


a) 縦長1開口の式

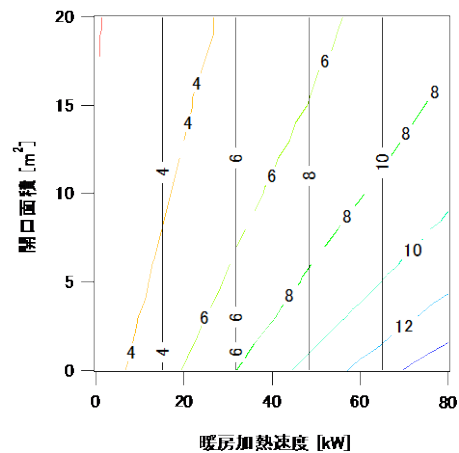


b) 上下2開口の式

図3 温度差換気回数(曲線)と必要換気回数(縦直線) —放射式暖房の場合—



a) 縦長1開口の式



b) 上下2開口の式

図4 室温(曲線)と必要換気量確保時室温(縦直線) —放射式暖房の場合—

b)を見ると、a)に比べて温度差換気回数が大きく、必要換気回数(1.05回/h)より大きく必要換気量を確保できる曲線コンター右上の範囲が広がっている。

図4は室温を示しており、図2と同様に「曲線コンター」は「室温」を、「縦直線」は「必要換気回数確保時室温」を示す。

a)を見ると、図2と同様に、暖房加熱速度が大きいほど、開口面積が小さいほど、室温が高い。放射式暖房による加熱速度0~80kWの範囲内、かつ、1F出入口開口面積の範囲内において、図2と同様に、室温は2~14℃であり、快適とは言えない温熱環境であることが確認できる。しかし、室温(曲線コンター)と必要換気回数確保時室温(直線)の交点が見られ、必要換気回数を確保しながら達成できる室温が存在する。

b)を見ると、a)に比べて室温が若干低く、必要換気回数を確保しながら達成できる室温の条件は、a)に比べて開口面積を小さくした場合となっている。

放射式暖房の場合(図3・図4)は、開放式ストーブの場合(図1・図2)に比べて、必要換気回数を確保しながら目標とする室温を達成しやすいと考えられる。

5. まとめ

- 1) 開放式ストーブを使用した場合には、加熱速度と開口面積から求まる換気回数は、必要換気回数に比べて小さく、必要換気量が確保できない。また、快適とは言えない温熱環境である。
- 2) 放射式暖房システム(床暖房等)を使用した場合には、暖房加熱速度0~80kWの範囲内では1)と同様に快適とは言えない温熱環境が形成されるが、必要換気量を確保しながら目標とする室温を達成できる。

2. 3 研究資金獲得状況

(1) 科学研究費

基盤研究(C)：平成 28 年度～平成 30 年度：Wiki と良性ボットを使った悪性ボットネット対策システム、研究代表者：山之上卓、研究経費 4,290 千円

研究成果：今までに購入した小型コンピュータ等を組み合わせて、試験的な悪性ボット対策システムの構築と、そのシステムの性能評価を行う為の偽ボットの開発をおこなった。この過程で従来から開発していた良性 Bot の改良を行い、それに関する発表として“Monitoring Servers, With a Little Help from my Bots”(SIGUCCS '17 Proceedings of the 2017 ACM on SIGUCCS Annual Conference, pp. 173-180, Seattle, Washington, USA, Oct., 2017.) と“IoT システムを利用したグループ学習の活発度の計測実験”(信学技報, vol. 117, no. 209, ET2017-37, pp. 35-40, 2017 年 9 月)を行った。

基盤研究(B)：平成 27 年度～平成 31 年度：認知症早期診断のための身体運動・体性感覚評価システムの開発研究、研究分担者：山之上卓、

研究成果：Raspberry Pi を購入し、人体の動きを検知する素子や、超小型無線センサ用端末素子を組み替えて、人体の動きを収集する IoT システムを構築した。これに関する発表として“IoT システムを利用したグループ学習の活発度の計測実験”(信学技報, vol. 117, no. 209, ET2017-37, pp. 35-40, 2017 年 9 月)等を行った。

基盤研究 (C) , 研究代表者：金子邦彦, 期間：2016 年 4 月から 3 年間, 題目：データベースから予測失敗の原因を探る 直腸癌・放射化学療法の日利き支援 配分額の総額：4,030 千円 (直接経費：3,100 千円、間接経費：930 千円)

研究成果：DNA マイクロアレイのデータのプローブ約 40000 に対して p 値を求め、p 値の小ささを当該プローブの重要度を示す尺度とするとき、果たして、上位何個のプローブを選択すべきかという問題に取り組み、シルエット距離という数理的手法によって、選択すべき上位個数の決定が可能であることを示した。

基盤研究 (S), 研究分担者：金子邦彦, 期間：2015 年 4 月から 5 年間, 題目：持続可能なスマートモビリティ向け情報基盤プラットフォーム研究.

研究成果：地図データベースへの取り組みとして、新しい地図データベース構造の設計、Spanning Tree を用いた経路探索における一方通行を考慮した Spanning Tree 構成法を創出した。平成 29 年度は、3 次元地図データベースの構成とその応用、クリックブルなデジタル地図システムの構築、ディープラーニングを用いた渋滞解析の 3 サブテーマに取り組み、それぞれに

ついて試作システムや実験による評価に至った。

基盤研究 (A), 研究分担者: 金子邦彦, 期間: 2015年4月から3年間, 題目: 元気な高齢者のQOL向上のための日常生活情報を利活用したサービスデザイン研究

研究成果: アンケート調査やウェアラブルデバイスを用いての計測などで得られる種々の数値データを解析するとき、その要因分析のため、統計的手法を複数実施することになる。研究分担者として、データ解析システムを受け持ち、要因分析に有効と判断した、いくつかの統計処理プログラムセット (R 言語を使用) を整備し、アンケートデータで試験した。

若手研究(B): 平成 27 年度～平成 30 年度、協調学習のための直観的なスマートインタラクション環境に関する研究、研究代表者: 中道上、研究経費 4,160 千円

研究成果: 生涯にわたって学び続ける力、主体的に考える力を持った人材を育成するためにアクティブラーニング環境の導入が積極的に進められている。そのような環境において「わかり方の多様性」という学習感をもとにした協調学習 (Collaborative Learning) が実施されている。本研究では、学修者に対して能動的な学修への参加を促すため、教員と学修者がスクリーンに映し出された学習内容に対して直観的に操作可能なスマートインタラクション講義環境の構築とそれによる協調学習効果の有効性の検証を目指す。提案する環境は、教員と学修者が協調的に学習を進めることが可能であり、お互いの情報共有と相互理解の促進による協調学習効果について検証する。

基盤研究(C): 平成 26 年度～平成 29 年度、アオリ光学系を用いた車載用周囲監視システムのための距離推定、研究代表者: 池岡宏、研究経費4,030千円

研究成果: アオリ光学系を活用した距離推定方式を複数提案しており、その実用化のための実験・検証を行った。一つは、前方被写界深度境界が地面に一致する光学系から得られる画像より対象物体のイメージセンサ上への投影位置を判定し、距離を推定する方式である。もう一つは、ニューラルネットワークおよびディープラーニングを活用し、異なる光学系より得られた二つの鮮鋭度比から距離を推定する方式である。

(2) 共同研究

共同研究: 平成 28 年 12 月 1 日～平成 29 年 5 月 31 日、研究代表者: 香川直己、300 千円 (平成 29 年度は 0 円)、産業用設備用センサー向け無線化の研究

研究成果: 将来のスマートコミュニティを支えるライフラインのインフラを IoT によるセンサーの無線ネットワークの技術で制御する試みを産業用プラント内の冷却水網に適用し、無線周波数

に依存する伝搬特性を明らかにした。

東亜林業共同研究：平成 27 年度、研究代表者：関田隆一、200 千円、材木製材業へのリスクマネジメント導入による作業環境と作業効率の改善（その 1）研究成果：全国的に材木製材業は事業所数が減っているが、福山市には輸入原木を住宅用建材に加工する広島県唯一の大規模製材所があり、環境問題と製造プロセス効率化の課題を抱えて、その解決に苦慮している。そこで、我が国で初めて製材業にリスクマネジメントを導入し、ハードウェア、作業手順など全体についてシステム最適化設計を行うためのハザード識別とその制御方法を抽出して製造プロセスの改善方法を明らかにした。

共同研究：平成 29 年 12 月 1 日～平成 30 年 9 月 30 日、内田博志、加藤昌彦、中東潤、350 千円、金属表面の超微量油分分析手法の開発

概要：製品製造過程で発生するアルミニウム切粉には切削油分が付着し、これがアルミニウムのリサイクル率の向上を低下させる要因となっている。切削油分を除去する方法は開発されつつあるが、その方法によって処理した後の微量油分の検出方法については十分な手法が存在しない。本研究ではこの微量の切削油分の検出手法の開発を目指して、現在検討及び実験を進めている。

（3）受託研究・委託研究

アサヒタクシー(株)受託研究：平成 27 年度、研究代表者：関田 隆一、700 千円、タクシー事故情報データの定量解析（その 1）

研究成果：タクシー、バス輸送は、地域住民の足として重要であるが、交通事故の発生による処置・補償費用と再発防止対策費用が企業経営に影響している。福山市のアサヒタクシーもその例にもれず事故撲滅を目標に事故報告書をこれまで5年間で約750件を蓄積してきているものの、具体的活用方策がわからないまま、それを解明したいとの依頼で研究を行った。先行研究サーベイに続き、事故情報の計量テキスト分析として形態素解析を行い、事故の状況と傾向を考察し、それを反映して文書データをすべて数量化した。それらの多変量解析結果から、事故防止要因を明らかにした。

三島産業株式会社：平成 29 年度、炭素繊維グリッド板を用いた既設水門・樋門の耐震補強方法の開発、研究代表者：宮内 克之、1,700 千円

国土交通省 建築基準整備促進事業：平成 29 年度、研究分担者：都祭弘幸、12,870 千円、高

密配筋を行った鉄筋コンクリート造部材の部材種別の評価に関する研究，研究成果：保有水平耐力規準が提案する FA 部材の判定条件を満足する実大スケールの腰壁・垂れ壁付き付き梁部材試験体に対して載荷実験を行い，その構造性能を検証した。また，実大試験体の断面形状を持つが壁端部拘束が異なる縮小試験体に対する載荷実験も併せて行い，寸法効果ならびに壁端部拘束が腰壁・垂れ壁付き梁部材の構造性能に及ぼす影響を検証した。さらに，保有水平耐力規準の FA 部材の判定条件に示されている梁せいに対する壁長さ比，せん断応力度レベルを実験変数とする縮小試験体に対する載荷実験も実施し，これらの変数が腰壁・垂れ壁付き梁部材の変形性能に及ぼす影響について検討を行った。

(4) 研究助成寄付金

公益財団法人サタケ技術振興財団 大学研究助成金：平成 29 年度、研究代表者：森田翔太、研究分担者：宮内克之、5,000 千円、インタラクティブコンテンツのための会話の盛り上がり測定に関する研究、研究成果：インタラクティブコンテンツにおいて会話の盛り上がりが重要となっている。会話の盛り上がりのための音声分析を実施するとともに，インタラクティブコンテンツを活発に利用するための方法についての検討を行った。

(5) 学内研究助成金

平成 29 年度福山大学教育振興助成金：200 千円，佐藤圭一（研究代表者）「地域遺産」としての備後表、明王院、別所砂留の保全と継承」（学生の参加する社会連携活動に対する助成金）

以上

2. 4 研究業績一覧

【スマートシステム学科】 -----

<香川直己>

1. 学習内容を印象付ける教材の使用とその効果, 塩飽尚道, 香川直己, 日本教育工学会研究報告集, Vol. 17, No. 2, pp. 95-99 (2017. 05) (査読無)
2. 小型衛星プロジェクトにおける光リンクセンサネットワークのための復調回路の研究開発, 香川直己, 2017 年度 福山大学研究成果発表集, p. 21 (2017. 06) (査読無)
3. 屋外使用可能な低電力可同調半導体レーザヘッドの開発, 山本篤, 高富大夢, 七川颯一, 香川直己, 平成 29 年度(第 68 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会, R17-11-06(2017. 10) (査読無)
4. 工業コースで理論を学ぶ生徒のための教材に関する考察, 塩飽尚道, 香川直己, 平成 29 年度(第 68 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会, R17-27-03(2017. 10) (査読無)
5. 光リンクセンサーネットワークのための光軸トラッカーのモデル設計と評価, 七川颯一, 高富大夢, 香川直己, 第 26 回計測自動制御学会中国支部学術講演会論文集, pp. 53-54(2017. 11) (査読無)
6. 工場内に敷設された大型装置の無線による IoT 化に関する基礎研究, 高富大夢, 七川颯一, 高富大夢, 中津祐, 香川直己, 福山大学工学部紀要, Vol. 41, pp. 15-18(2018. 02) (査読無)
7. 工業コースで学ぶ生徒の専門科目の印象付けに効果的な教授法に関する一考察, 塩飽尚道, 香川直己, 日本教育工学会研究報告集, Vol. 18, No. 1, (2018. 03) (査読無)

<関田隆一>

8. Landslide Prediction Mission in Cooperation with Hillside Sensor Network Robots, 単著 Ryuichi Sekita, Innovative Ideas on Micro/Nano-Satellite Missions and Systems Report on -Deorbit Device Competition (DDC) - Mission Idea Contest (MIC4), IAA Book Series-Volume1 Number7, pp.172-182, (2017-4) (査読あり)
9. 備後圏域の地方創生に資する道の駅活用施策の研究, 単著 関田隆一, 福山大学工学部紀要第41巻, pp19-35, (2018-2) (査読なし)
10. 地上センサーネットワークロボットをミッション機器とする新しい低軌道衛星の活用による土砂崩れ予測システムの研究, 単著 関田隆一, ちゅうごく産業創造センター 「ちゅうごく産業創造センター会報」, No. 113 pp4-8, (2017-6)
11. 平成 28 年度 ひろぎん経済研究所 受託研究 中国地域の製造事業者の航空機産業に対す

る意識工房の解析研究 成果報告書, 単著 関田隆一, ひろぎん経済研究所受託研究 2017年3月21日納入

12. リスクベースメンテナンス入門 –RBM–日本学術振興会・産学連携第180委員会「リスクベース設備管理」テキスト編集分科会編, 共著 関田隆一, 養賢堂, pp. 141-146, (2017-3)
13. 自動車旅客運送業 事故情報の定量解析, 単著 関田隆一, 日本信頼性学会 第30回秋季信頼性シンポジウム 2017年11月27日, 日本信頼性学会 第30回秋季信頼性シンポジウム発表報文集, pp. 99-102 (2017-11)

<宮内克之>

14. 炭素繊維束で端部定着された炭素繊維グリッド板のせん断特性について, 宮内 克之, 下枝博之, 三島 弘敬, 小林 朗, 土木学会第72回年次学術講演会講演概要集, V-179, pp. 357-358, 2017.9

<仲嶋一>

15. 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 (基礎検討), 仲嶋一, 多田一稀, 電気学会計測研究会, LM-18, LM-18-006, (2018) (査読無)
16. 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, 仲嶋一, 多田一稀, 福山大学工学部紀要 No. 41 採録予定

【建築学科】 -----

<佐藤圭一>

17. 佐藤圭一: 備後地域における藺草栽培の現状と課題 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 1, 日本建築学会大会 (中国), 学術講演梗概集 pp. 165-166, 2017.8
18. 中村晋作、佐藤圭一: 備後地域における藺草栽培と中継織の実践 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 2, 日本建築学会大会 (中国), 学術講演梗概集 pp. 167-168, 2017.8

<山田明>

19. 山田明: スリット付き土塗り壁の耐力特性、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅲ、pp. 533-534、2017.8 (査読なし)

<伊澤康一>

20. 避難所体育館冬季熱環境のCFD 定常解析による基礎的検討、伊澤康一、日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国)、pp. 581-582、2017.8 (査読なし)
21. 避難所体育館夏季熱環境のCFD 定常解析による基礎的検討、伊澤康一、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (高知)、pp. 213-216、2017.9 (査読なし)

22. 避難所体育館熱環境の基礎的検討、伊澤康一、空気調和・衛生工学会 100 周年支部記念講演会「建築環境・設備技術者が描く建築設備の将来」、2017.10.27
23. 避難所体育館冬季熱環境の定常感度解析、伊澤康一、福山大学工学部紀要, 第 41 卷, 2017 年 3 月 (査読なし)
24. 避難所体育館の冬季熱環境を対象とした定常感度解析、伊澤康一、日本建築学会中国支部研究報告集 第 41 卷 (呉), 2018 年 3 月 (査読なし)

【情報工学科】 -----

<尾関孝史>

25. ビデオ講義を対象とした学習者のノーティング動作の分析 (第 2 報), 渡邊栄治, 尾関孝史, 小濱 剛, 電子情報通信学会技術研究報告, HCS2017-5 HIP2017-5, pp. 37-42, 2017.5
26. 講義における講師の動作に対する受講者の動作の分析 (第 2 報), 渡邊 栄治, 尾関孝史, 小濱 剛, 電子情報通信学会技術研究報告, ET2017-21, pp. 7-12, 2017.7
27. Analysis of Behaviors of Participants in Meetings, Eiji Watanabe, Takashi Ozeki and Takeshi Kohama, Proceedings of ICL 2017, 12 pages, pp. 79-90, 2017.9 (査読有)
28. 講義における講師と受講者の相互作用の分析, 渡邊 栄治, 尾関 孝史, 小濱 剛, 電子情報通信学会技術研究報告, ET2017-36, pp. 29-34, 2017.9
29. 講義や自習における学習者の手書きノートの分析, 渡邊 栄治, 尾関孝史, 小濱 剛, 電子情報通信学会技術研究報告, IE2017-60, pp. 101-106, 2017.10
30. A Diagonal Calibration Method of Images Using a Rectangular Object in the case when the Optical Axis is Unknown, Takashi Ozeki and Eiji Watanabe, Proceedings of NOLTA2017, 4 pages, pp. 241-244, 2017.12 (査読有)
31. Estimation of Facial Motions in Lectures from Degraded Video Considering Privacy, Takashi Ozeki and Eiji Watanabe, Proceedings of IWAIT2018, 4 pages in USB, 2018.1(査読有)

<占部逸正>

32. 緊急時の避難警報に対する人間行動の心理メカニズム, 占部逸正, 岡崎 拓, 日本保健物理

学会第50回研究発表会講演要旨集, pp. 92, 2017.6

33. 原子力発電と放射線利用に対する国民の受け止め方の考察, 占部 逸正, 日本原子力学会 中国・四国支部第 11 回研究発表会要旨集, p. 45, 2017.9

<山之上卓>

34. ICT 機器を利用して毎回定めた目標を達成するためのグループ学習を行う授業, 山之上 卓, 平成 29 年度 ICT 利用による教育改善研究発表会 C-9, 2017.8
35. Raspberry Pi を使った情報工学科の学部学生向けの英語の授業とその改善, 山之上 卓, 情報教育シンポジウム論文集、情報処理学会シンポジウムシリーズ vol.2017, No.1, (IPSJ SIGCE SSS2017), pp. 23-30, 2017.8
36. IoT システムを利用したグループ学習の活発度の計測実験, 横山大知, 梅田凌弥, 山之上 卓, 森田翔太, 尾関孝史, 中道上, 電子情報通信学会信学技報, Vol. 117, No. 209, ET2017-37, pp. 35-40, 2017.9
37. Monitoring Servers, With a Little Help from my Bots, Takashi Yamanoue, SIGUCCS '17 Proceedings of the 2017 ACM on SIGUCCS Annual Conference, pp. 173-180, 2017.10 (査読有)

<中道上>

38. 視認性と直観性を考慮したプレゼンテーション支援: Remote Touch Pointing, 中道上, 渡辺恵太, 天早健太, 杉原慶哉, 山田俊哉, 日本教育情報学会第 33 回年会論文集, 査読有り, pp. 286-287, 2017.
39. 視線を考慮したループリックによる処方監査能力評価, 神原広明, 横山大知, 中道上, 江藤精二, ヒューマンインタフェース学会 ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017 論文集(DVD-ROM), 査読無し, pp. 295-298, 2017.
40. ペアテスィング支援ツールの提案と避難行動実験への適用, 川野由香子, 浜信彦, 奥村宏平, 中道上, 渡辺恵太, ヒューマンインタフェース学会 ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017 論文集(DVD-ROM), 査読無し, pp. 333-340, 2017.
41. アイコン変化によるフィードバックが得やすい非接触操作の比較, 天早健太, 木戸瑛一, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉, ヒューマンインタフェース学会 ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017 論文集(DVD-ROM), 査読無し, pp. 341-344, 2017.
42. 立位・座位におけるポインティングジェスチャーの相違度分析, 杉原慶哉, 渡辺恵太, 池岡宏, 中道上, 山田俊哉, ヒューマンインタフェース学会 ヒューマンインタフェースシ

- ンポジウム 2017 論文集(DVD-ROM), 査読無し, pp.663-668, 2017.
43. IoT システムを利用したグループ学習の活発度の計測実験, 横山大知, 梅田凌弥, 山之上卓 森田翔太, 尾関孝史, 中道上, 電子情報通信学会信学技報, 査読無し, Vol.117, No.209, ET2017-37, pp.35-40, 2017.
 44. 屋内避難時における携帯端末への通知による誘導効果の検証, 竹本一哉, 中道上, 藤井誠貴, 渡辺恵太, 小滝泰弘, 平成 29 年度(第 68 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, pp.R17-25-01-2, 2017.
 45. 車内システムにおける非接触操作の受容性検証, 木戸瑛一, 天早 健太, 中道上, 平成 29 年度(第 68 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, pp. R17-25-03-2, 2017.
 46. 自学自習教育システムにおける品質評価プロセスの検討, 小島祐里, 笹井葉月, 半田勝之, 杉原慶哉, 中道上, 森田翔太, 平成 29 年度(第 68 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, pp.R17-27-01-2, 2017.
 47. アクティブラーニングにおける貢献度と評価方法の分析, 富岡元, 笹井葉月, 中道上, 森田翔太, 平成 29 年度(第 68 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, 査読無し, pp. R17-27-02-2, 2017.
 48. 非接触型インタラクティブコンテンツにおける口頭説明の場面抽出, 浜信彦, 天早健太, 杉原慶哉, 中道上, 森田翔太, 渡辺恵太, 第 19 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム論文集, 査読有り, pp.139-144, 2017.
 49. Transition of Information Studies on Japanese Secondary Education - Meta Text Analysis of the Government Course Guidelines -, Yuki Watanabe, Masanao Kobayashi, Noboru Nakamichi, Rieko Inaba, Shinya Watanabe, Takashi Hasuike, Takeo Tatsumi, Tomoharu Ugawa, Yasuhiro Ohtaki, Yoshifumi Yamamoto, Kei Onishi, Toshio Matsuura, Hiroshi Ishikawa, Hawaii International Conference on Education 16th Annual Conference, 査読有り, pp.1706-1708, 2018 年 01 月.
 50. フィールドワークにおける振舞い記録のためのペアテスティング手法の提案, 中道上, 川野由香子, 浜信彦, 奥村宏平, 渡辺恵太, 福山大学工学部紀要, 査読無し, Vol.41, pp.69-76, 2018.
 51. ポインティングジェスチャーの差異の分析と要因の考察, 杉原慶哉, 天早健太, 渡辺恵太, 山田俊哉, 池岡宏, 中道上, 福山大学工学部紀要, 査読無し, Vol.41, pp.77-84, 2018.

52. 車内システムにおける非接触操作に対する慣れの検証, 木戸瑛一, 天早健太, 杉原慶哉, 中道上, 渡辺恵太, 情報処理学会インタラクシオン 2018 論文集, 査読有り, Vol. 2018, No., pp. 191-196, 2018 年 02 月.
53. ペアテスト手法を適用した初回避難行動における気づき効果の検証, 川野由香子, 浜信彦, 奥村宏平, 中道上, 情報処理学会インタラクシオン 2018 論文集, 査読有り, Vol. 2018, No., pp. 642-645, 2018 年 02 月.
54. Remote Touch Panel : 大画面における直観的なタップジェスチャー, 天早健太, 木戸瑛一, 杉原慶哉, 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 2018 論文集, 査読有り, Vol. 2018, No., pp. 779-784, 2018 年 02 月.

<宮崎光二>

55. ラフ集合のルール抽出結果に基づく属性間因果関係の推定, 宮崎光二, FIT2017 情報科学技術フォーラム 講演論文集, CD-ROM, 2017. 9
56. BLEを用いた屋内における位置推定の一提案, 奥村宏平, 宮崎光二, 平成29年度 (第68回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集, pp. R17-25-02, 2017. 10
57. Kinectを用いたARゲームの作成, 植村 悠汰, 宮崎 光二, 平成29年度 (第68回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集, pp. R17-26-01, 2017. 10
58. 歩行者の負担を考慮したナビゲーションシステムの開発, 村上 遼介, 宮崎 光二, 平成29年度 (第68回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集, pp. R17-26-02, 2017. 10

<新谷敏朗>

59. ドミノにおける異なる戦術の比較, 平上尚紀, 新谷敏朗, 平成 29 年度 (第 68 回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集, pp. R17-23-09, 2017. 10
60. カードゲーム「フリーセル」の性質に関する考察, 新谷敏朗, 福山大学工学部紀要, 第 41 巻, pp. 63-68, 2018. 2 (査読無)

<森田翔太>

61. Method of Blindly Estimating Speech Transmission Index in Noisy Reverberant Environments, Masashi Unoki, Akikazu Miyazaki, Shota Morita, and Masato Akagi, Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing, Vol. 8, No. 6, pp. 1430-1445, 2017. 11 (査読有)
62. Method of Estimating Signal-to-Noise Ratio Based on Optimal Design for Sub-band Voice Activity Detection, Shota Morita, Xugang Lu, Masashi Unoki, Masato Akagi,

Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing, Vol. 8, No. 6, pp. 1446-1459, 2017.11 (査読有)

<池岡宏>

63. RGB-D 映像の時空間相関を用いた高品質な深度画像の取得, 土屋 敦彦, 杉村 大輔, 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, P-3-4, 2017.11
64. Depth Estimation from Tilted Optics Blur by Using Neural Network, Hiroshi Ikeoka, Takayuki Hamamoto, International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT), 4pages, 2018.1 (査読有)

<金子邦彦>

65. 統合 3 次元地図データベースシステムのアーキテクチャ, 金子邦彦, 福山大学工学部紀要, 第 41 巻, pp. 57-62, 2018.2 (査読無)

【機械システム工学科】 -----

<中東潤>

66. Fatigue crack propagation behavior and debris formation in Ti-6Al-4V alloys with different grain size, H J Kim, J Nakahigashi, R Ebara and M Endo, Journal of Physics: Conf. Series, 843, p.1-7, 2017.6, 査読有
67. チタン合金の製造方法, 中東潤, 高橋恭、特許第6214217号、2017.9

<小林正明>

68. 中学生のモノづくりへの興味に対する家族や親族の取り組み方などの家庭環境の影響について, 小林正明, 三宅正太郎, 岩村充希子、日本科学教育学会研究会報告 Vol. 31 No. 7 (2017) p 5-8 (2017-6) (査読無)
69. 中学生のモノづくりへの意識は小中学校での授業への関心や態度が関係しているのか (1)、小林正明, 三宅正太郎, 岩村充希子、日本産業技術教育学会 第60回 全国大会講演要旨集 p.99 (2017-8) (査読無)
70. 中学生のモノづくりへの意識は小中学校での授業への関心や態度が関係しているのか (2)、小林正明, 三宅正太郎, 岩村充希子、日本科学教育学会年会論文要旨集41 p. 413-414 (2017-8) (査読無)
71. モノづくりに関する意識調査の分析について (その4) — 小学校中学校での他教科の印

象との関連を中心に 一、三宅 正太郎，小林 正明，岩村 充希子、日本教育工学会第33回
全国大会論文要旨集41 p. 337-338 (2017-9) (査読無)

72. 小学生を対象にしたモデルロケットを用いたモノづくり教材の開発、小林正明，高原沙起，
三宅正太郎，岩村充希子、日本科学教育学会研究会研究報告 Vol. 32 No. 2 p. 79-82
(2017-11) (査読無)

73. モノづくりに関する意識調査の分析について (その5) 小学校中学校での遊びや製作表現
活動の経験量との関連を中心に、三宅 正太郎，小林 正明，岩村 充希子、日本科学教育
学会研究会研究報告 Vol. 32 No. 2, p. 83-88 (2017-11) (査読無)

以上

3. 教育活動

みらい工学プロジェクト「防災について考える」の実施

宮内 克之*1・山田 明*2・中村 雅樹*3

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

1. はじめに

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

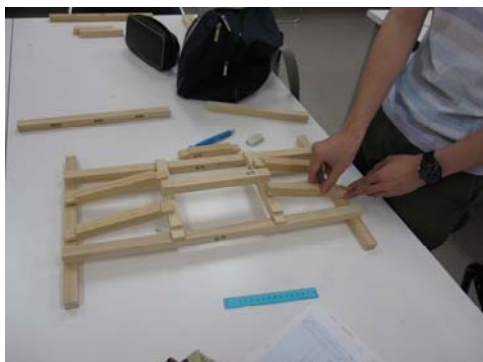
センターでも、2012年度から「防災について考える」というテーマで、自ら作製した耐力壁の模型の強さを競うことにより、木造家屋を構成する耐力壁の役割および機能の理解を勧めてきた。

2. 講義の内容

講義内容の概要は、以下のようである。

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

3. 耐力壁の作製風景（過年度）



4. 対戦を終えて



2013 年度



2014 年度



2015 年度



2016 年度

過年度に優勝した耐震壁の模型

みらい工学プロジェクト
～ 防災について考える ～
 担当: 安全安心防災教育研究センター
 宮内、山田、中村

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

<競技方法>
 同じ重りを引っ張り合い、横への変形量が少ない方を勝者とする。

プロジェクト紹介パネル

「地域防災リーダー養成講座」の実施

宮内 克之

工学部スマートシステム学科

1. はじめに

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

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

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

2. 講座の内容

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

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

3. カリキュラム

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

表-1 に 2017（平成 29）年度のカリキュラムを示す。表-1 には、講師陣も併せて示す。講師の先生方は、福山大学の教授陣をはじめ、国土交通省中国地方整備局企画部、広島県危機管理監危機管理課、福山市総務局危機管理防災課、福山地区消防組合消防局、福山市西学区自主防災組織、福山市社会福祉協議会ボランティアセンター、日本気象予報士会広島県支部、日本防災士会広島県支部等の方々である。防・減災の第一線で活躍されている方の貴重なご経験、活きた知識・知恵を付与することに主眼を置き、趣旨にご賛同をいただいた各方面の幅広い専門家に講義をご担当していただいている。写真-1 に講義風景を示す。

表－１ 「地域防災リーダー養成講座」のカリキュラム（2017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	4/12	概説、防災士の役割	宮内 克之（工学部教授）
2	4/19	近年の自然災害に学ぶ	山本 雅治（広島県危機管理監危機管理課防災担当監）
3	4/26	地震・津波のしくみと被害	宮内 克之（工学部教授）
4	5/10	風水害と対策	尾島 勝（福山大学名誉教授 宮地茂記念館長）
5	5/17	先人の教えに学ぶ（治水の歴史）	尾島 勝（福山大学名誉教授 宮地茂記念館長）
6	5/24	最新の地震活動、地震危険情報	中村 雅樹（福山大学社会連携センター助教）
7	5/31	災害情報と災害報道	高本 友子（中国新聞社 備後本社編集部 記者）
8	6/7	防災気象情報の知識と活用	熊谷 智代（気象予報士：日本気象予報士会広島県支部）
9	6/14	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	6/21	土砂災害と対策	宮内 克之（工学部教授）
11	6/28	ライフラインと被害	江角 信良（国土交通省中国地方整備局企画部総括防災調整官）
12	7/5	火山噴火のしくみと被害	田辺 和康（工学部教授）
13	7/12	災害・避難情報の入手と発信	山口 正記（福山市危機管理防災課長）
14	7/19	火災と防火対策	青山 康博（福山地区消防組合消防局警防部予防課長）
15	7/26	被害想定・ハザードマップと避難行動	山口 正記（福山市危機管理防災課長）

(b) 後期：「地域防災応用」：2単位

回	日付	講義内容	講師（所属）
1	9/27	災害とライフライン	宮内 克之（工学部教授）
2	10/4	行政の災害対策と支援制度	藤原 浩幸（国土交通省中国地方整備局企画部防災課長）
3	10/11	耐震診断と耐震補強	山田 明（工学部准教授）
4	10/18	身近でできる防災対策	宮永 正稔（日本防災士会専門員）
5	10/25	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	11/1	惨事ストレスと心のケア	谷口 敏淳（人間文化学部心理学科准教授）
7	11/15	事業継続計画と地域継続計画	宮内 克之（工学部教授）
8	11/22	ゲリラ豪雨等災害と避難	熊谷 智代（気象予報士：日本気象予報士会広島県支部）
9	11/29	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	12/6	災害と損害保険	深澤 政博（日本損害保険協会中国支部事務局長）
11	12/13	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）
12	12/20	災害と危機管理	山本 雅治（広島県危機管理監危機管理課防災担当監）
13	1/10	災害と応急手当	鴨田 吉浩（福山地区消防組合消防局警防部救急救助課救急担当次長）
14	1/17	都市防災	宮内 克之（工学部教授）
15	1/24	地域の復興と再建	宮内 克之（工学部教授）



写真－１ 講義風景

4. 受講者数および単位取得者数

表-2に2017年度の受講者数等を示す。

表-2 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	210	188	202	193
後期	地域防災応用	193	164	180	163

5. 普通救命講習

防災士資格取得試験合格者が防災士として認証登録を行うためには、「普通救命講習Ⅰ」を受講することが必要である。そのため、福山地区消防組合の協力を得て、10/14(土)、10/21(土)の2回に分けて普通救命講習を実施した。写真-2に普通救命講習の実施風景を示す。

また10月27日、福山大学においても福山地区消防組合西消防署、広島県防災航空隊と合同で、南海トラフを震源とした大規模地震の発生およびその後の火災を想定した消防防災訓練が行われた。この訓練において、普通救命講習の修了生が負傷者および救助者の役割を担いました。普通救命講習で身に付けたAEDの使用法や心肺蘇生法などを早速実践に役立てました(写真-3)。



写真-2 普通救命講習の実施風景



写真-3 消防防災訓練における活躍

6. 防災士資格取得試験

防災士資格取得試験は、毎年、福山大学で2月中旬に実施している。試験は日本防災士機構から派遣された2名の試験官で実施される。表-3に、2017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(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	43	5	5	29	4	0	0
合格者	38	5	5	25	3	0	0

7. 講義において一番印象に残った事項

本講座においては、2013（平成 25）年度の開講当初から、各講義の終わりに、出席確認を兼ねて 400 字詰め原稿用紙 1 頁の簡単なレポートの作成・提出を課している。レポートの記述内容は、「講義内容の概要」260 字以内と「一番印象に残った事項」80 字以内である。

図－1 は、2017（平成 29）年度第 1 回「概説、防災士の役割」において「一番印象に残った事項」をまとめたものである。第 1 回の講義内容は、防災士制度設立の経緯、防災士の社会的評価、地域防災リーダー養成講座、防災士の役割であり、出席者 206 名のうち履修登録者 192 名（最終的な履修登録者：210 名）に関する記述結果をまとめたものである。なお、「一番印象に残った事項」として、多くの学生が、1 項目ないし 2 項目程度記述しており、総項目数は 265 であった。

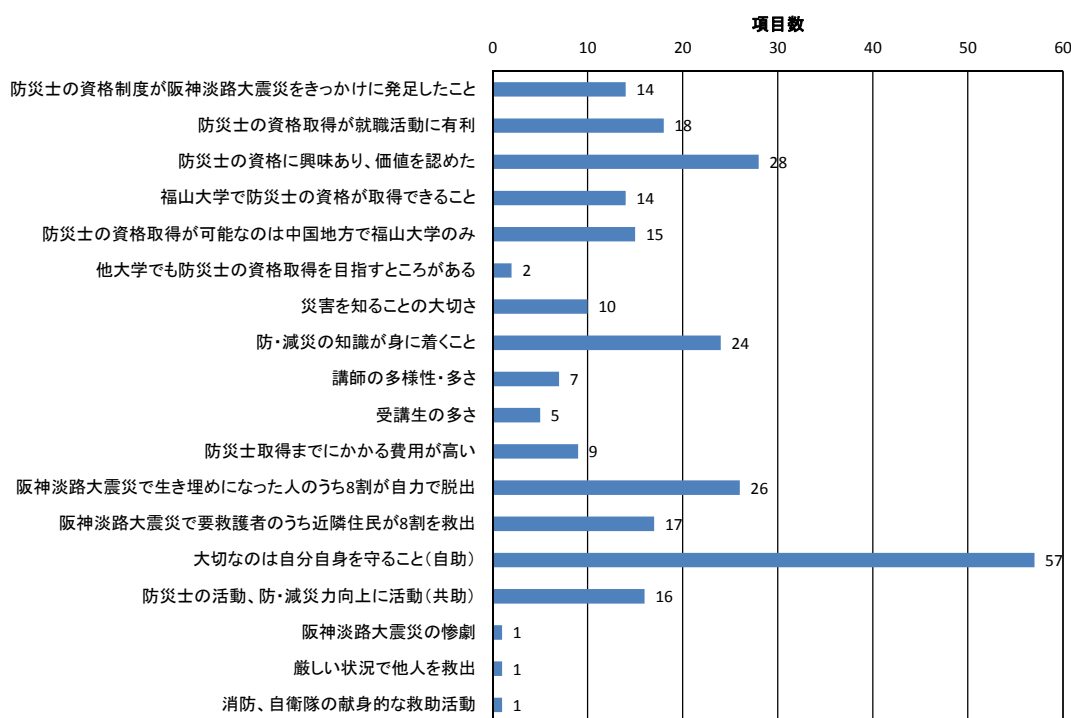
まず、防災士制度設立の経緯として、「防災士の資格制度が阪神淡路大震災をきっかけに発足したことを挙げた学生が 14 名いた。「防災士の資格取得が就職活動に有利」や「防災士の資格に興味があり、その価値を認めた」といった、防災士の社会的評価に関するものを挙げた学生が計 46 名いた。

「地域防災リーダー養成講座」に関連するものを挙げた学生が 86 名おり、その内訳として、「福山大学で防災士の資格が取得できること」を挙げた学生が 14 名いた。「防災士の資格取得が可能なのは中国地方の大学で福山大学のみである」こと 15 名、「災害を知ることの大切さ」や「防・減災の知識が身に着くこと」も、合わせて 34 名であった。さらに、「様々な分野の人の講義を聴くことができる」として、「講師陣の多様性や多さ」を挙げた学生が 7 名、「受講生の多さ」を挙げたものも 5 名いた。一方で、「防災士取得までにかかる費用が高い」と記述した学生も 9 名いた。

第 1 回の本論である「防災士の役割」に関するものとしては、1995 阪神淡路大震災の際、地震直後に生き埋めになった人が約 164,000 人おり、そのうちの「約 8 割の人が自力で脱出」したことを挙げた学生が 26 名、さらに、自力で脱出することができず要救護者となった人が約 35,000 人おり、「そのうちの約 8 割の 27,000 人を近隣住民が救出したこと」を挙げた学生が 17 名いた。阪神淡路大震災における、このような事実から、「自助：自分の命は自分が守る」を挙げた学生が圧倒的に多く 57 名であった。これらの学生の中には、「何かあったら、消防や自衛隊が助けてくれる」ものと思っている学生が少なからずいた。また、自分が助かった際に、「周りの被災者を助ける（共助）」を挙げた学生も 16 名いた。

「一人ひとりが命を落としたり大けがをしたりしないようにすること」、そのためには「災害をよく知る」ことが、防・減災の基本である、ということが多少なりとも伝われば、第 1 回の講義としては大成功と言えるであろう。

その他、「わかりやすい」、「面白そう」を挙げた学生が 4 名いた。



図－1 2017 年度第 1 回「概説、防災士の役割」において「一番印象に残った事項」

第2回の講義内容は「近年の自然災害に学ぶ」である。講師は広島県危機管理監危機管理課防災担当監の山本氏。山本氏は元自衛官であり、イラク復興支援特別措置法に基づき2004年サマワで復興支援に従事されたほか、2010年に発生したハイチ地震の際には、復興支援隊の隊長として活動されている。国内においては、1995阪神淡路大震災、2004中越地震、2011東日本大震災、2014広島土砂災害等、様々な被災地において被災者の救助や行方不明者の捜索等の指揮に当たられた。講義内容は、これらの活動をとおして経験された様々な迫力ある貴重な体験談を交えた内容であった。

図-2は、「近年の自然災害に学ぶ」において「一番印象に残った事項」をまとめたものである。出席者は202名、記述項目数は269であった。

一番多かった項目は、「迫力のある貴重な体験談」である。詳細についてみると、「自衛隊員として災害現場に携わった大変さ」を挙げた学生が12名、「災害現場の悲惨さ」10名、「バラバラのご遺体（肉片）」7名、「策で土砂をさらい指先を探す作業」6名などである。中には、「2011東日本大震災の際、涙を流しながら津波被災者のご遺体をきれいに水で洗う若い自衛官の姿」を挙げた学生も数名いた。また、現場で活動したものでなければ分からない、知りえない事実が語られ、「TVでは知りえないことを知ることができた」、「最近の災害なのに知らないことがたくさんあった」ことを挙げた学生が17名いた。

貴重な体験談と近年の災害事例を目の当たりにすることによって、「自然の脅威、自然災害の多さ」から、日本列島いっどこで災害が発生してもおかしくない、いつ自分が被災者になってもおかしくない、したがって、「普通に生活することはすごいこと」だと改めて認識し、この「普通の生活」を維持するためには、「災害に対する知識を身につけることの重要性」、「日ごろの備え」、被災者にならないための「自助」、生き延びた際の「共助」、さらには「公助」の仕組みの重要性を強く感じたようである。講師の人選および講義は大成功。

また、備後地域は近年比較的自然災害が少ないと感じている学生が多いようで、「広島県は土砂災害危険箇所が全国で一番多い」ことに強く印象を受けた学生が25名いた。

過去の災害の中では「1995阪神淡路大震災」が一番多く15件であった。その内容は、「死者の8割が建物倒壊による圧死であったこと」および「地震後の火災」が主である。

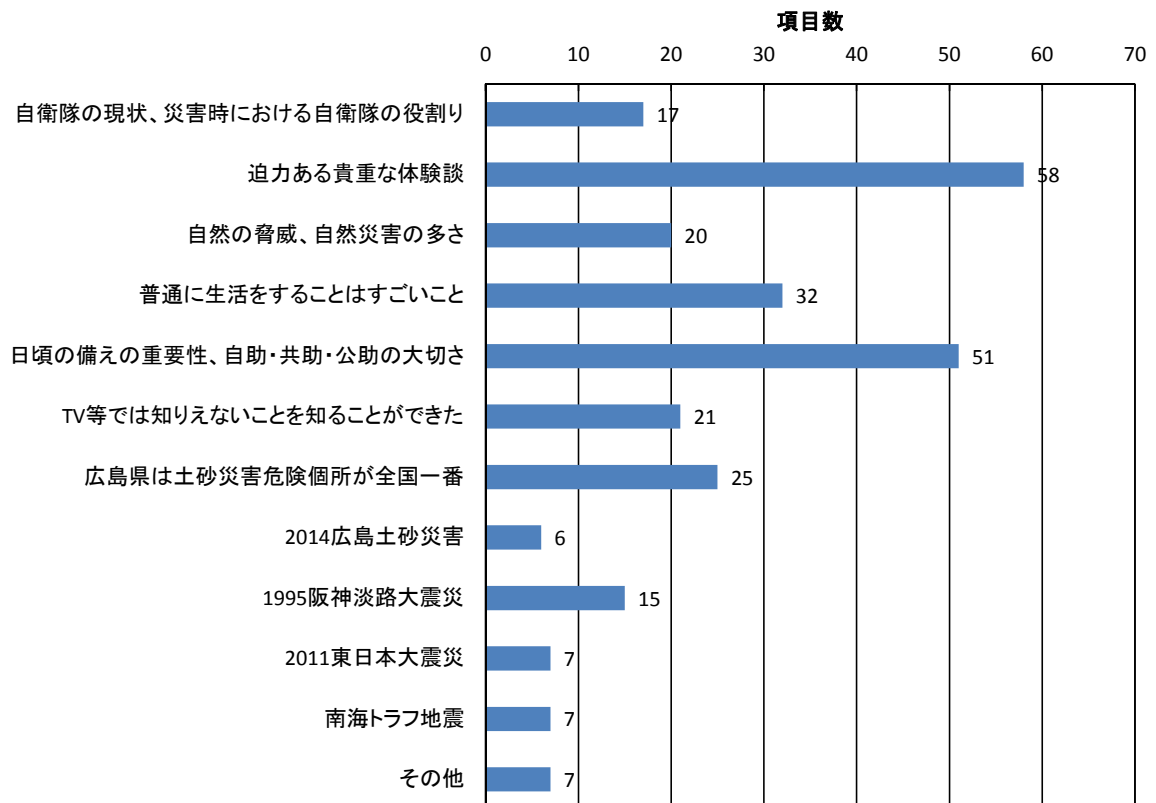


図-2 2017年度第2回「近年の自然災害に学ぶ」において「一番印象に残った事項」

図-3は、第3回の講義「地震・津波のしくみと被害」において「一番印象に残った事項」をまとめたものである。出席者は196名、記述項目数は297であった。

一番多かった項目は、「地震に関する基礎知識」である。その内容をみると、「マグニチュードが1大きくなれば放出されるエネルギーが30倍になること」が19件、「地震にはプレート境界型と内陸直下型の二種類があること」が15件であった。中には、「マグニチュードと震度階の違い」を挙げた学生が2名、「中央構造線月出露頭の写真」を挙げた学生が3名いた。また、「マグニチュードから放出エネルギーを求める計算式があることに驚いた」学生もいた。

二番目に多かった項目は、「地震被害のこわさ：地震により津波、火災、地すべりなど多くの災害が起こること」であり、52件であった。地震による被害と言え、地震動による建物の倒壊と津波による被害のみを想像していた学生が多かったようである。地震による広域火災や通電火災、地すべり、液状化、更にはため池の耐震性の低さが印象的であったようである。

地震に関する意識に関しては、「日本は4つのプレートの境界に位置している」ため、「日本の周辺で日々多くの地震が発生している」ので、「いつどこで地震が起こるか分からない」。したがって、「日ごろからの備えの重要性」をあらためて認識したようである。寺田寅彦の「災害は忘れた頃にやってくる」という言葉を挙げた学生が10名、「備えあれば憂いなし」という言葉を挙げた学生が9名いた。

1995阪神淡路大震災および2011東日本大震災以外では、「1978宮城県沖地震の際、ブロック塀倒壊による小学生18名の死」を挙げた学生が3名いた。また、2011東日本大震災の陰でマスコミ等では大きくは報じられなかったが、「東日本大震災の翌日、3月12日に2011長野県北部地震が発生していたこと」を挙げた学生も3名いた。

大学近隣に目を転じると、自分たちにとって比較的現実的なのか、「広島県地震被害想定の大きさ」が16件、その中身は「福山の近くに活断層があり地震が発生すれば福山市一帯が熊本地震のようになる」が15件であった。また、「南海トラフ地震」に関連した事項を挙げた学生が13名いた。

「津波の基本事項」に関しては、チリ沖で発生した津波が太平洋をジェット機並みの速さで伝わってくる、「津波の速さがとても速いこと」を挙げた学生が13名いた。

「その他」では、「日本には常に自然災害の脅威がある」ので、「平穏に暮らせることは特別なこと」という言葉を挙げた学生が2名いた。

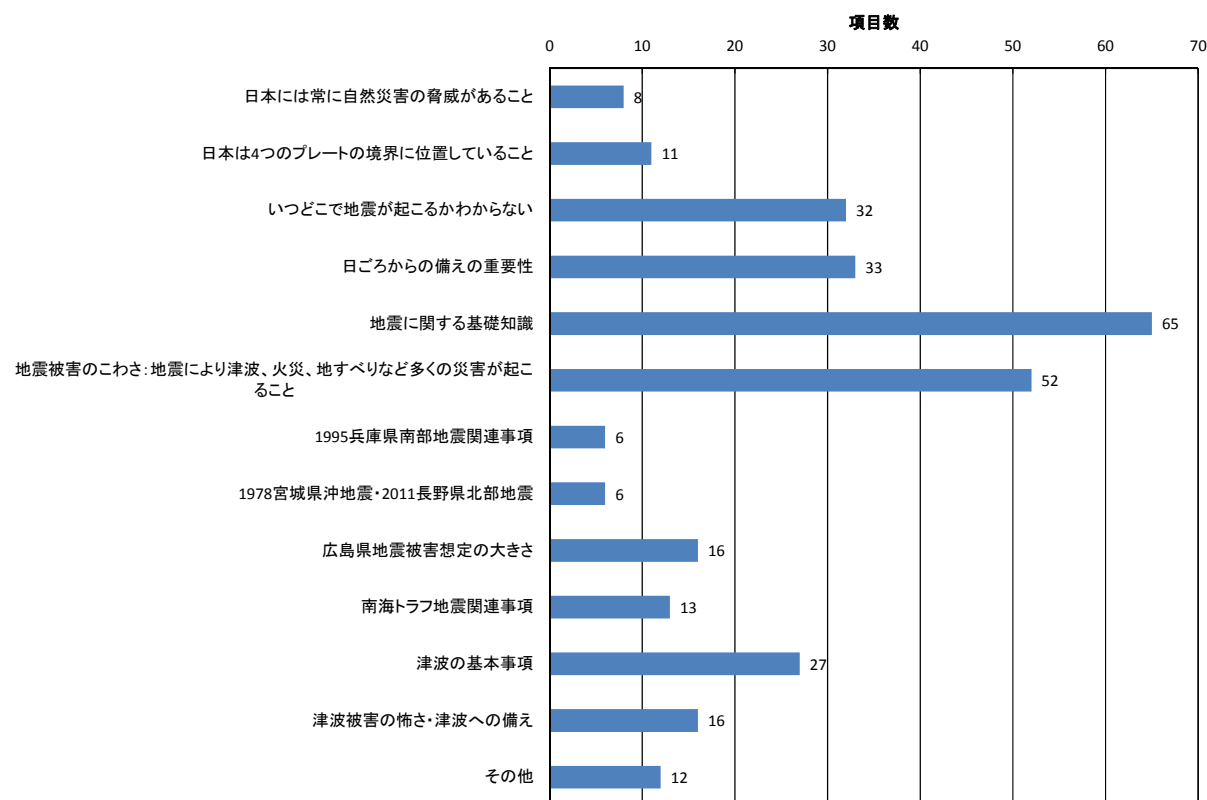


図-3 2017年度第3回「地震・津波のしくみと被害」において「一番印象に残った事項」

地域防災リーダー養成講座開講の初年度 2013（平成 25）年度と講座開講 5 年目の 2017（平成 29）年度に関して、当該年度の第 1 回「概説、防災士の役割」において「一番印象に残った事項」を比較したものを図-4 に示す。それぞれ受講生の数が異なるため、「一番印象に残った事項」として学生が挙げた総項目数に占める百分率で示している。ちなみに、2013 年度における対象者は 91 名、記述項目数は 127 であった。2017 年度における対象者は 192 名、記述項目数は 265 であった。

両年度で大きく異なる点は、2013 年度は 2017 年度に比べて、共助・公助を挙げた学生が多いことである。2013 年度においては、阪神淡路大震災の際、建物の下敷きになった住民の多くを近隣住民が救出したこと、共助の大切さを挙げた学生が圧倒的に多かった。また、自分が生き延びた際には、周りの被災者を助けたいとする意味で共助を挙げた学生も多数いた。さらに、公的機関の役割の重要性を挙げた学生も多数いた。2011 東日本大震災から 2 年しか経過しておらず、人命・人命救助に対する意識が高かったものと思われる。

防災士の資格および資格取得に関しては、「防災士の資格取得が就職活動に有利」や「福山大学で防災士の資格が取得できること」および「防災士の資格取得が可能なのは中国地方では福山大学のみ」であることを挙げた学生が、2017 年度は 2013 年度と比較して増加している。近年の自然災害の多さから、防・減災に対する社会の関心の高さを反映しているものと考えられる。また、「防・減災の基本は自助である」という考えが浸透してきているのか、防・減災に対する個人の意識が「公」から「個人」へ向かってきているためと思われる。

（注）2018 年度から、福山大学以外の中国地方の 2 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、防災士の資格取得を勧めている。

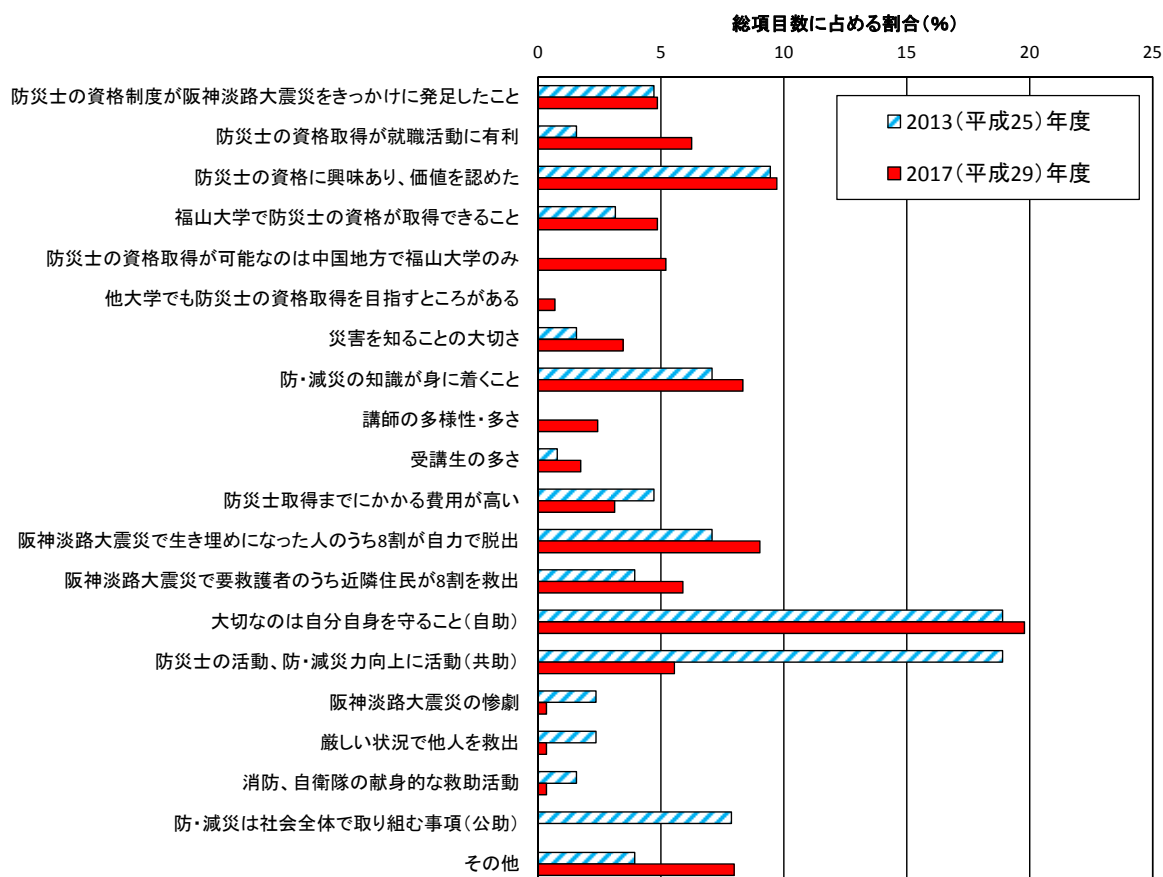
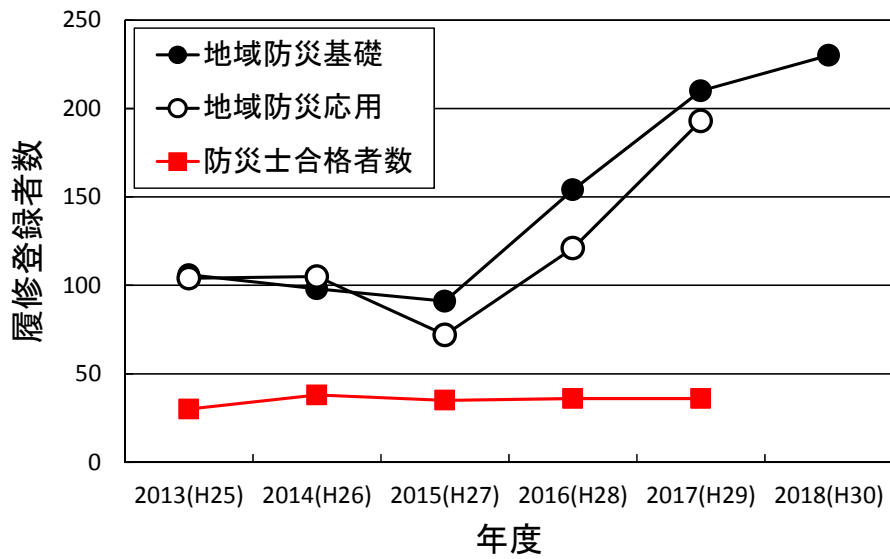


図-4 第1回「概説、防災士の役割」において「一番印象に残った事項」の年度比較

(参考)



図－5 地域防災リーダー養成講座の履修登録者数の推移
(2018年度「地域防災応用」の履修登録者数は未定)

- 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)
- 2018. 4. 11 : 大分県中津市耶馬溪町土砂災害 (死者: 6 名)



写真－4 毎回のレポート (5 年分)