

東京大学生産技術研究所
海中観測実装工学研究センター
年次報告書

平成 30 年度

目 次

序

第 1 章 各研究室の概要	1
1.1 浅田研究室	2
1.2 林研究室	8
1.3 川口研究室	14
1.4 北澤研究室	23
1.5 巻研究室	33
1.6 ソーントン研究室	42
1.7 長谷川研究室	54
1.8 横田研究室	59
第 2 章 センシング工学分野	61
第 3 章 プラットフォーム工学分野	147
第 4 章 シミュレーション工学分野	237
第 5 章 新聞及び雑誌の記事	357

序

東京大学生産技術研究所「海中観測実装工学研究センター」は、「海」に関わる工学分野の創成を目指して精力的な活動を続けてきた「海中工学研究センター」「海中工学国際研究センター」の理念を受け継ぎ、さらに海洋底の資源開発研究技術を核として大外的に発展させるべく、平成28年4月1日から活動を開始しました。

センターの活動目的は、海が持つ機能の本質を知り、有効に活用するため、先進のセンシング技術、プラットフォーム技術、そしてシミュレーション技術をインテグレートした新しい観測実装工学を創成し、海に関わる研究・教育、そして産業の活性化に貢献することです。

海洋生物、海洋環境、海洋エネルギー、海洋資源、海洋汚染、海底地震、津波、海底火山と正しく向き合う科学技術は、大気、陸地、海を知ることから始まります。しかし、海は未だ殆どが神秘のベールに包まれた状態です。

海底の大地は地球表面の7割を占め、海水（平均水深3,800m）の総質量は全大気の260倍に相当します。海の世界バフファとして働く機能と、生態系への影響を理解しつつ海の持つポテンシャルを活用し、災害リスクを軽減することが観測実装工学です。

本センターは、本学平塚沖総合実験タワー、本所海洋工学水槽及び風路付き造波回流水槽を活用し、今まで構築してきた国内外との連携をさらに強化・発展させて、国際連携を基に人類と海の共生に貢献します。

本報告書は、下記センター構成メンバー及び連携メンバーの平成30年度の研究活動成果を報告するものです。

本センターを支えてくださる皆様に感謝するとともに、今後の発展に向けて、一層のご指導、ご協力、ご鞭撻を賜るよう、お願い申し上げます。

<本センターの陣容>

センター長

林 昌奎 教授

構成メンバー

浅田 昭 教授

北澤 大輔 教授

川口 勝義 客員教授

巻 俊宏 准教授

ソートン ブレア 准教授

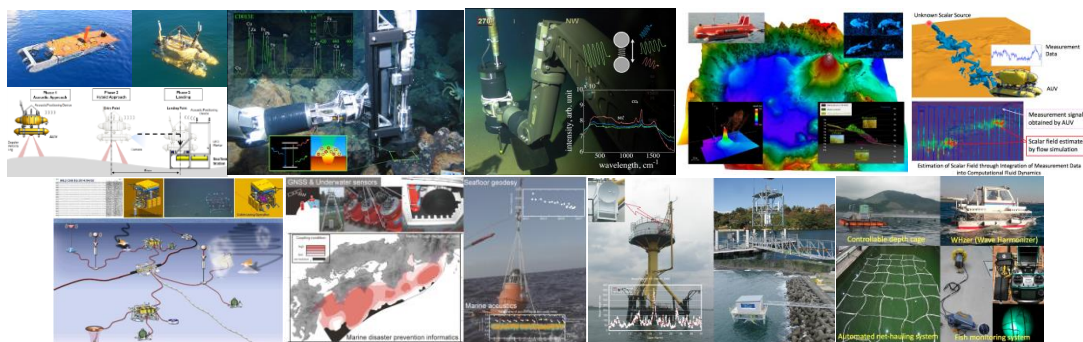
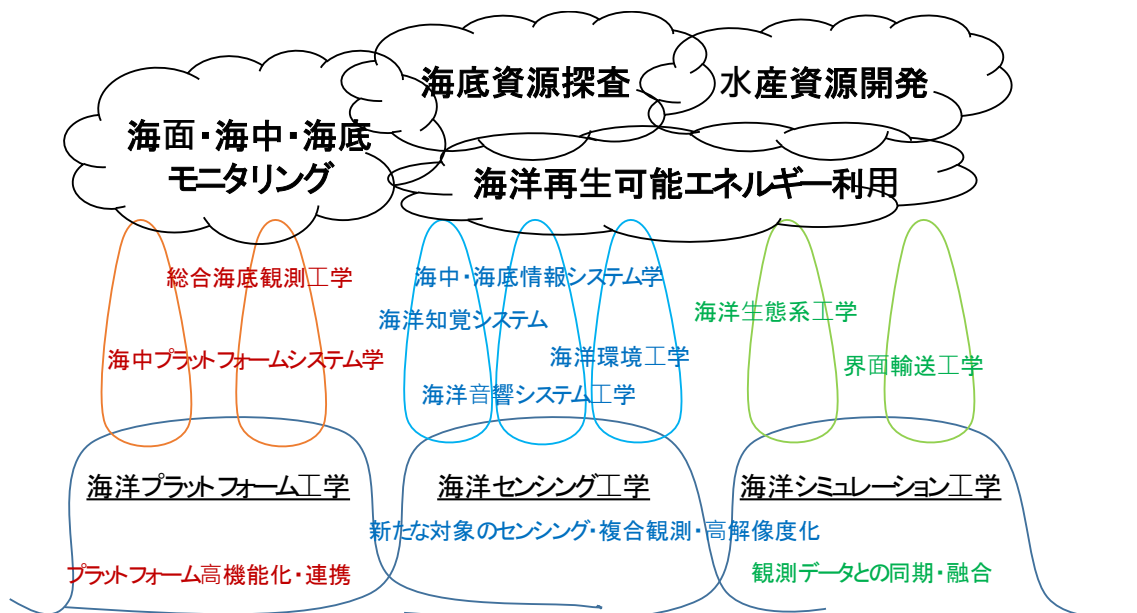
長谷川洋介 准教授

横田 裕輔 講師

学外連携研究機関

- 九州工業大学
- 高知大学
- 九州大学
- 京都大学
- 早稲田大学
- 日本大学
- (独) 海洋研究開発機構

<本センターの研究分野>



＜本センターの1年分の対外的活動のサマリー＞

【センター全体】

- 2018年5月28～31日、神戸市で開催された「OCEANS'18 MTS/IEEE Kobe / Techno-Ocean 2018」に参加し、海中ロボットや計測装置の展示を行った。
- 2018年9月19日、「ワークショップ：海底ケーブルの科学利用と関連技術に関する将来展望」を開催した。当日は約170名の参加があり、活発な議論が行われた。川口勝義客員教授が実行委員長を務めた。
- 2018年11月28～29日、平塚市で開催された「2018年度 港湾及び海洋土木技術者のためのROV等水中機器類技術講習会」を運営した。
- 2019年2月20～21日、横浜市で開催された「海と産業革新コンベンション」に参加し、海中ロボットや計測装置の展示を行った。
- 2019年3月19日、本センターメンバーを中心に、波力発電装置の海域実証を含む海洋活用技術に関連する研究開発、新産業の創出、人材育成等を目的とする、東京大学生産技術研究所と平塚市との連携協力協定が締結された。

【林研究室】

- 平塚沖総合実験タワーにおいて観測した気象・海象情報をWEB上で一般公開している。情報は、漁業、防災、レジャー等に利用されている。
- 2018年10月18～20日、平塚市で開催された「湘南ひらつかテクノフェア2018～未来へはばたけし新たな技術～」に参加し、平塚沖総合実験タワーの活動と海洋再生可能エネルギー利用に関連する展示を行った。
- 2019年2月、紋別市流氷展望塔オホーツクタワーにおいて、パルスドップラーレーダを用いた流氷観測を行った。

【巻研究室】

- 2018年8月24～26日、横須賀市で開催された「水中ロボットコンベンション in JAMSTEC 2018 海と日本プロジェクト」において巻俊宏准教授が実行委員長を務めた。延べ418名が参加した。海中観測実装工学研究センターが後援した。
- 和歌山県和歌山市加太地区において、地元漁協と連携して海中観測システムの開発に着手した。AUVの適用可能性を検討するため、まずは水中観察用カメラを試作し、2018年2月より現地試験を進めている。

【ソーントン研究室】

- Schmidt Ocean Institute (SOI) の国際航海#AdaptiveRoboticsを2018年8月に実施し、ソーントン研究室を中心にイギリス・サウスハンプトン大学、スペイン・バレリッ

ク島大学、オーストラリア・シドニー大学、アメリカ・SOIのチームと合同で複数台の海中ロボットをアメリカ西海岸沖に展開し、世界でもっとも広い海底の3D画像マップを作成した。

- 破壊の危機にある沖縄・瀬底のサンゴ礁のモニタリングをソートン研究室が琉球大学、シドニー大学、サウスハンプトン大学と合同で、海中ロボットによる3Dマッピングを2018年10月に実施し、台風直撃直後のデータを取得した。
- JOGMECの委託事業において、ソートン研究室は2018年11月に南鳥島南西の拓洋第五海山において、複数台のロボットを用いたコバルトリッチクラストの大規模資源及び環境影響調査を実施した。
- Shell Ocean Discovery X-prizeの国際ロボットコンペ（優勝賞金7億円）において、ソートン研究室はTeam KUROSHIOのメンバーとして32チームの内7チームが進んだ決勝ラウンドに参加して、2018年12月に海底の広域マッピングに成功した。大会の結果は2019年5月に発表される。

<本センターの特記すべき研究活動のサマリー>

【林研究室】

- 宮城県塩竈市浦戸諸島寒風沢水道の発電能力5kWの油圧ユニットを用いる低流速型潮流発電システム（平成26年11月に設置）と岩手県久慈市の久慈港玉の脇防波堤前の発電能力43kWの船舶用操舵装置を用いる沿岸設置型振り子式波力発電システム（平成28年11月に設置）の実証実験を行っている。

【北澤研究室】

- 2018年8月、北澤大輔准教授が参加した水産庁のICTを利用した漁業技術開発事業のうちICT養殖推進事業において、環境の変化に対応して設置深さを変えることができる可変深度型生簀の実海域実証実験が終了した。
- 2018年10月、北澤大輔教授が、神奈川県平塚沖において、波エネルギーを収穫して動揺を抑制する小型船の実海域実験を実施した。

【巻研究室】

- ウミガメのような大型遊泳生物の自動探知追跡手法の研究開発に着手した。2018年11月に実施した海域試験において、AUVにより自然状態のウミガメを短時間であるが追跡することに成功した。

【ソートン研究室】

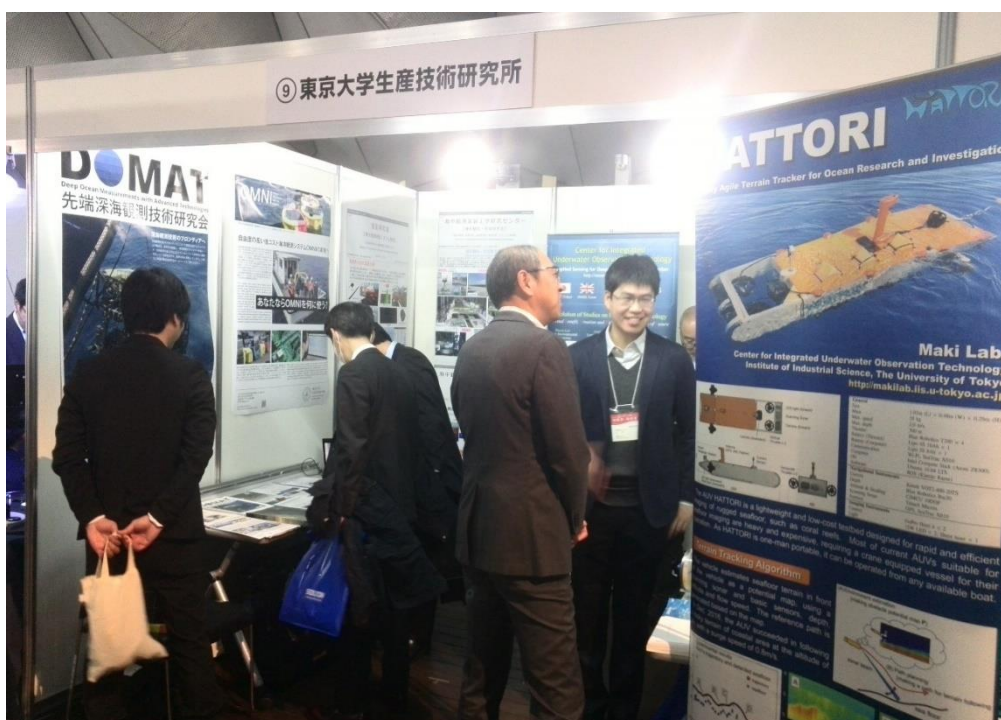
- 国際的な研究プログラムとして、日英コラボプロジェクトとして、Daiwaプロジェクトによる瀬底サンゴ礁のマッピング、NERC-JST SCICORPにおける小型レーザ

センサーの開発が今年度に新たに立ち上がった。また、アメリカ・NASA の Jet propulsion laboratory と Seti Institute と共同で土星の衛星であるエンセラダスの海において地球外生命を探索するシステムの技術開発プロジェクトが今年度に新たに立ち上がった。

【長谷川研究室】

- 海中センシングとシミュレーションの融合の試みとして、長谷川研究室、巻研究室、北澤研究室は、連携して乱流中スカラー源推定に関する研究を進めている。海中ロボットや海底ステーションによって得られる温度、pH 等の計測データは、ノイズを含む、点データである。これを流体シミュレーションに取り込むことによって、限られたセンサ情報から、周辺の熱・物質流動場の推定を目指している。2018年度は、流れの状態やセンサの個数がスカラー源位置の推定に与える影響を系統的に調査し、推定誤差を生み出す要因に関する解析やセンサの最適配置に関する研究を行った。

<各活動に対して代表的な写真等 1 枚>



海と産業革新コンベンションにおける展示



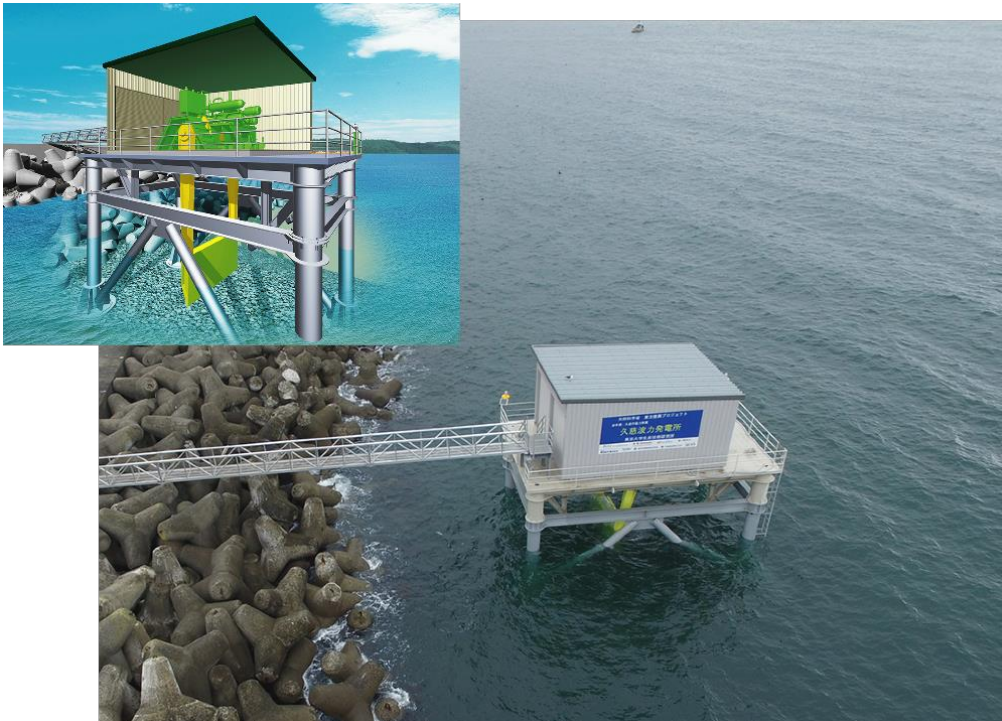
可変深度型生簀の実海域実証実験（北澤研究室）



波エネルギーを収穫して動揺を抑制する小型船の実海域実験（北澤研究室）



ソートン研究室を中心に実施された#Adaptive Robotics 国際航海。イギリス・サウスハンプトン大学とコラボで Tuna Sand, Tuna Sand 2, Ae2000f の3台の自律型海中ロボット、遠隔操縦ロボット Subastian がアメリカ西海岸の海底ケーブルネットワークおよびガスハイドレート地帯において世界最大の海底3D画像マップを取得した。



岩手県久慈市の波力発電システム（林研究室：2016年9月設置）

第 1 章

各研究室の研究概要

1.1 浅田研究室

1.1.1 研究室の研究概要

水中音響計測技術の高度化による高精度・高効率化を目指して、ソナーの開発、各種周辺センサ技術と融合した観測のシステム化、解析手法、応用技術の先進技術研究を行っている。

分野としては、音響工学をコア技術とした海底熱水鉱床精密探査、水中構造物の内部診断、海洋哺乳類、魚介類、水生植物の高分解能イメージセンシングと種別判定・分類とハビタットマッピング（生物の生息地図作成）等であり、また海中ロボットに搭載したソナーを用いて、海中、海底、海底下の実用的な研究を中心に行っている。

特に、海洋鉱物資源探査システム開発は、現在、当研究室が最も注力している研究課題である。我が国周辺の海底には、海底熱水鉱床やコバルトリッチクラスト等の海洋資源が眠っており、この貴重な資源を有効に活用するためには、海底に多数存在する小域の海底熱水鉱床を突き止め、さらに正確な賦存量を広範囲にわたり計測するための技術が必要であり、海底資源開発での海底ビークル利用を念頭に置き、海中ビークル位置精度、海底地形計測精度を共に数 cm オーダで実現するための新しい音響計測システムを開発するものである。

このためのソナーセンシング技術として、自律型水中ロボット（以下 AUV）に搭載したインターフェロメトリ合成開口ソナー（以下 InSAS）、パラメトリックサブボトムプロファイラー（以下 PSBP）、及び、海底下の3次元音響コアリング技術の開発を進めている。

2016年に東青ヶ島カルデラでの熱水鉱床精密探査において、InSASを用いて、金や銀を多量に含む高品位の熱水鉱床を発見し、2017年～2018年において、本プロジェクトで開発した AUV に搭載した InSAS や AUV に搭載した PSBP を用いて、海底熱水鉱床の精密探査に成果を上げている。

また 2018 年には、気泡を多く含む砂泥中の物体検知のニーズが高まっていることから、マイクロバブルを充満させた水中での音波伝搬の確認を目的に実験を行った。この研究は、PSBP による散乱堆積層内奥の探査に有効である。

1.1.2 研究室の構成

(1) 研究室所属者氏名と肩書（他大学の指導も含む）

浅田 昭	教授
村越 誠	特任研究員
斎藤 悠太	特任研究員
山中 香織	学術支援専門職員
中山 絢子	学術支援専門職員
瀧 克凡	海洋技術環境学専攻 大学院修士課程 2年

学外研究員等

渡辺 好章	研究顧問	同志社大学（教授）
石井 和男	リサーチフェロー	九州工業大学大学院（教授）
黒田 洋司	リサーチフェロー	明治大学（教授）
近藤 逸人	リサーチフェロー	東京海洋大学（准教授）
飛龍 志津子	リサーチフェロー	同志社大学（准教授）
小島 淳一	協力研究員	(株)KDDI 研究所
中谷 武志	協力研究員	海洋研究開発機構
松本 義徳	協力研究員	(株)ウィンディーネットワーク
杉本 裕介	協力研究員	(株)ウィンディーネットワーク
永橋 賢司	協力研究員	三井造船(株)

1.1.3 研究課題の説明

(1) 内閣府：平成30年度松花江（佳木斯地区）試掘事業のうち水中金属物探査に係る調査業務（代表：浅田昭）

日中共同声明と日中平和友好条約に基づき、内閣府は人道的支援として民間技術を使い中華人民共和国内に過去に遺棄された化学毒物の入った金属容器の発掘・回収と無害化再処理事業を実施している。このうち河川試掘事業において本格的な発掘・回収作業を安全かつ効率的に実施するため、より効率的で精度の高い探査方法を確立すること、流速等の河川状況及び遺棄された化学毒物の入った金属容器の埋没状況に応じた最適な発掘・回収方法を確立すること、平成30年度において試験的発掘・回収（試掘）を実施し、その成果を検証することが求められている。松花江省佳木斯市の松花江（佳木斯地区）の河川試掘事業を対象とし、磁気探査及び音響探査の技術を融合し水中金属容器の探査及び計測解析の技術支援を実施する。

(2) 文部科学省：海洋資源利用促進技術開発プログラム「海洋鉱物資源広域探査システム開発」（代表：浅田昭）

我が国の周辺海域に存在する海底熱水鉱床やコバルトリッチクラスト等の多様な海洋鉱物資源に関して、その資源量を広域にわたって効率的に探査するための技術開発がこれまで進められてきた。本業務では、海底熱水鉱床等の海洋鉱物資源が存在する可能性を有する水深3,000mまでの海域を対象に、有効な既存技術も組み合わせ、これら個別に開発を行ってきた海洋鉱物資源探査技術を統括し、新たな熱水鉱床等の海洋鉱物資源を探査する技術と海洋鉱物資源の資源量・分布・品位の評価を行う技術を開発して、広域を探査、資源量を評価するシステムを開発して実用化を図ることを目的とする。

東京大学に中核拠点を形成し、これまでに開発した優れた技術をコアとして、熱水鉱床域海底地質の音響探査技術、コバルトリッチクラストの賦存量調査技術、熱水鉱床形成構造の探査・解析技術、電磁探査技術、熱水鉱床の化学計測システム技術、海洋鉱物資源データの統合解析手法研究、実海域調査における調査船の運用技術等を実用化に向けた技術開発課

題に設定し、各課題が連携協力して全体としてスムーズに目標成果が達成されるように研究統合調整と統括指揮を行う。

また、各課題の成果や探査技術情報を一極集中管理し、統合的に鉱床探査情報を解析することで、より効果的な探査技術開発とその実用化を進める。さらに、各課題で開発したセンサそれぞれの機能を活かしながら統合して観測を行うシステムを構築し、そのための観測研究に必要な船舶機会を確保し、効率的な運航の計画調整、センサー・プラットフォームへの装備技術を高度化し、効率的な海洋鉱物資源の広域化探査手法を確立する。

(3) 浮泥探査装置の開発評価（代表：浅田昭）

浮泥やヘドロには放射性物質もたまりやすく、底生生物、魚類等の棲息環境にも影響があるため、環境保全対策の基礎資料として浮泥の厚さを計測する必要性が高まっていることから研究開発を行い、評価する。

(4) 水中超音波探査法の土木建築分野応用の基礎検討（代表：浅田昭）

低周波数超音波であっても指向性の強いビームを形成可能なパラメトリック超音波法等の高透過性・高分解能な水中超音波探査技術を土木建築分野で必要とされている計測へ応用する。

(5) 水中構造物内部状況と船体構造の画像化点検技術に関する研究

港湾施設の水中構造物の多くは建設後30年以上経過しており、近年老朽化が顕著となっている。これらの対策として、構造物内部の状況を把握するためには、パラメトリック送信技術を用いた点検が有効である。パラメトリック送信技術とは、送波器から2つの異なる周波数の音波（1次波）を同時に送波することにより発生する差音（2次波）を利用するもので、差音は周波数が低いため、透過性が良く指向性も鋭い特長がある。しかしこのパラメトリック送信による反射強度、伝達速度などのデータ解析し構造物内部の状況を判断するためには、相当の経験と知見が必要である。本共同研究は、パラメトリック送信技術により得られるデータを画像化し、施設管理者が不可視部の状況判断が可能となる技術を確立することを目的とする。また、音響ビデオカメラによる詳細な画像化処理により劣化状況の点検検査手法を高度化する。

(6) 音響手法による水中植物の植生計量手法の開発

水中植物はその水域の緩急指標ともなる重要な植物であり、その植生の増減をモニターすることは水環境の変化をとらえる上で極めて重要である。高周波ソナーを基とする計測システムを構築し、水中植物のイメージング、植生ボリュームの計量手法の開発を行っている。

(7) 伊豆沼・内沼水生生物の3次元分布調査業務

伊豆沼・内沼で2周波音響カメラ（ARIS: Adaptive Resolution Imaging Sonar）等を用いて水生生物生息状況調査・計測を行う。また調査範囲の環境データ（水深・底質等）の計測を行い、得られた水生生物の3次元分布情報について、水環境の特性との関連性を考察する。

1.1.4 主要研究 Fund

- (1) 受託研究：内閣府：平成30年度松花江（佳木斯地区）試掘事業における水中金属物探査に係る調査業務（2018.04～2019.03）（代表：浅田昭）
- (3) 共同研究：(株)アーク・ジオ・サポート：平成29年～30年：浮泥探査装置の開発評価（代表：浅田昭）
- (4) 所内措置研究：生研国際シンポジウム OCEANS' 18 MTS/IEEE Kobe/ Techno-Oceans 2018（代表：浅田昭）
- (5) 所内措置研究：海中海底工学フォーラム（第61回、62回）（代表：浅田昭）

1.1.5 研究業績（＊代表論文）

(1) 論文や投稿記事の一覧

- ・Kokichi Iizawa, Akira Asada, Katsunori Mizuno, Fuyuki Katase, Sangkyun Lee, Mitsuhiro Kojima, Nobuhiro Ozawa, “Native gold and gold-rich sulfide deposits in a submarine basaltic caldera, Higashi-Aogashima hydrothermal field, Izu-Ogasawara frontal arc, Japan.” Mineralium Deposita, <https://doi.org/10.1007/s00126-018-0808-2>, Springer, (2018.4.30)＊
- ・菅沼大輝, 水野勝紀, 浅田昭, 「高周波超音波による内生二枚貝の音響可視化」, 超音波 TECHNO (2018.5.6)
- ・Hiroki Sukanuma, Katsunori Mizuno and Akira Asada, “Application of wavelet shrinkage to acoustic imaging of buried asari clams using high-frequency ultrasound,” Published 25 June 2018, @2018 The Japan Society of Applied Physics, Volume 57, Number 7S1. (2018.6.25)＊
- ・深見明久, 「近距離用合成開口ソナーの半自己動揺補正方式」, 海洋音響学会, Vol. 46, NO. 1, (2019.1)

(2) 国際会議発表等

(口頭)

- ・Katsunori Mizuno, Zhang Yu, Makoto Murakoshi, Hiroki Sukanuma, Akira Asada, Yasufumi Fujimoto, Yusuke Takahashi, Tetsuo Shimada, “Survey of the lotus root habitats in the sediment using acoustic coring system,” Proc. OTO' 18 KOBE (2018.5.31)＊
- ・Zhang Yu, Katsunori Mizuno, Akira Asada, Shigenori Tabeta, Yasufumi Fujimoto, Tetsuo Shimada, “Research on fish classification by using high-resolution acoustic video camera-ARIS and 3-D fish model simulator,” Proc. OTO' 18 KOBE (2018.5.31)＊

(3) 国内学会発表等

- ・浅田昭,「海底と壁の裏側を探るパラメトリック音響探査と高感度磁気探査技術の開発」, 第61回中海海底工学フォーラム講演(2018.04.13)
- ・浅田昭, 飯笹幸吉, 水野勝紀, 斎藤悠太, 片瀬冬樹, 小島光彦,「東青ヶ島カルデラに於ける音響, 地質, 磁気による熱水鉱床探査」, 資源地質学会第68回年会学術講演会シンポジウム 海底鉱物資源—技術開発研究の最前線—, 共催 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)(2018.6.27)
- ・浅田昭,「湾岸施設におけるアセットマネジメント実現に向けての取組」, 海洋調査技術学会, 創立30周年記念研究発表会(2018.11.29)
- ・村越誠, 浅田昭「パラメトリックサブボトムプロファイラのマイクロバブル充満水中における透過と反射に関する研究」, 海洋調査技術学会, 創立30周年記念研究発表会(2018.11.29)

(4) 新聞・雑誌・テレビ・ラジオ等、メディアに取り上げられたものの一覧

<テレビ>

- ・2018.5.6:NHK総合7:30~7:58:「ダーウィンが来た」
「世界初撮影!幻のイルカ大集結」「高性能ソナーカメラで暗黒の水中が見えた!」

<インターネットメディア>

- ・2018.5.28~2018.5.30:OCEANS'18 MTS/IEEE Kobe/ Techno-Oceans 2018

1.1.6 学会等の活動

(1) 国際国内シンポジウム等の主催

(浅田昭)

- ・第61回中海海底工学フォーラム共催 東京(2018.4.13)
- ・第62回中海海底工学フォーラム共催 東京(2018.10.19)

(2) 国際国内シンポジウム等のセッションのオーガナイザーあるいはチェア

(浅田昭)

- ・OCEANS'18 MTS/IEEE Kobe/Techno-Ocean 2018 実行委員長*

(3) 招待講演(講演者、講演題目、招待側組織名、日時)

(浅田昭)

- ・海洋音響学会 第28回技術講習会講師 「ソナーの最新技術」(2018.12.04)
- ・退職記念講演会 「海洋音響システム工学研究 ~19年の歩み~」(2019.03.05)
- ・次世代海洋資源調査技術のオリジナリティと世界展開 パネリスト(2018.11.19)

(4) 特記すべき学会等の活動

(浅田昭)

- ・海洋音響学会，理事，評議委員，表彰委員
- ・海洋調査技術学会，企画運営委員
- ・海上保安庁 UJNR 海底調査専門部会，日本側技術顧問
- ・海中海底工学フォーラム運営委員会，委員
- ・テクノオーシャン・ネットワーク理事
- ・日本水路協会 理事
- ・文部科学省 「海洋鉱物資源広域探査システム開発」研究代表者
- ・海洋研究開発機構 次世代深海探査システム委員会 委員
- ・国土交通省 社会資本整備審議会 技術部会 委員
- ・国土交通省 交通政策審議会 技術部会 委員

1.2 林研究室

1.2.1 研究室の研究概要

林研究室では、マイクロ波レーダによるリアルタイム水域観測システム、海洋再生可能エネルギー利用発電システムの開発、海洋ライザー等円筒断面を持つ水中線状構造物の応答解析、流氷及び流出油移動・拡散の数値シミュレーション、大型浮体構造物の応答制御、海洋災害防止に関連する研究開発を行っている。本年度は、潮流及び波力発電システムの開発、マイクロ波レーダを用いたリモートセンシングによる海面及び流氷の観測、水中線状構造物の応答に関連する研究を行った。

1.2.2 研究室の構成

(1) 研究室所属者氏名と肩書き（他大学の指導を含む）

林 昌奎	教授
前田 久明	名誉教授、研究室顧問
丸山 康樹	特任教授
永田 修一	リサーチフェロー（佐賀大学海洋エネルギー研究センター・教授）
居駒 知樹	リサーチフェロー（日本大学理工学部・教授）
砂原 俊之	リサーチフェロー（東海大学海洋学部・准教授）
恵藤 浩朗	リサーチフェロー（日本大学理工学部・准教授）
二瓶 泰範	研究員（大阪府立大学・准教授）
瓦谷ロバート孝一	シニア協力員
長田 芳明	シニア協力員
吉田 善吾	技術専門職員
板倉 博	特任職員
鈴木 文博	特任職員
石戸谷博範	学術支援専門職員
杉山 陽一	共同研究員（中部電力株式会社）
松田 徹	共同研究員（株式会社東京久栄）
侯 剛	共同研究員（株式会社横浜ゴム）
永田 隆一	特任研究員
村田 一城	特任研究員
洲濱 美穂	特任専門職員
CHEN, Wei	大学院博士課程
高西 捺帆	大学院修士課程
劉 修男	大学院修士課程
志柿 友基	研究実習生（日本大学大学院修士課程）
鈴木 雅洋	研究実習生（日本大学）

(2) 特殊な施設名とその仕様

(a) 海洋工学水槽

長さ 50m、幅 10m、深さ 5m の水槽で、波、流れ、風による人工海面生成機能を備え、変動水面におけるマイクロ波散乱、大水深海洋構造物の挙動計測など、海洋空間利用、海洋環境計測、海洋資源開発に必要な要素技術の開発に関連する実験・観測を行う。

(b) 風路付造波回流水槽

長さ 25m、幅 1.8m、水深 1m（最大水深 2.0m）のに回流、造波、風生成機能を備え、潮流力、波力、風荷重など海洋における環境外力の模擬が可能な水平式回流水槽である。

(c) マイクロ波散乱計測装置

L-Band、C-Band、X-Band のマイクロ波帯域電磁波散乱計測装置である。海面の物理変動によるマイクロ波散乱特性の変化を計測し、風、波、潮流の海面物理情報を取得する研究に用いられる。衛星リモートセンシングによる海面計測を支援する装置である。

(d) 平塚沖総合実験タワー

神奈川県平塚市虹ヶ浜の沖合 1km（水深 20m）の海洋にあつて、昭和 40 年（1965 年）科学技術庁防災科学技術研究所（現、国立研究開発法人防災科学技術研究所）によって建設された。海面から屋上までの高さは約 20m あり、鋼製の支持構造物にはさび止めの工夫がされており、建設以来 50 年以上も経過しているにもかかわらず、堅牢な状態を今でも保っている。平成 21 年 7 月 1 日より、平塚市虹ヶ浜にある陸上の実験場施設とともに国立大学法人東京大学に移管され、今は防災科学に限らず、広く海洋に関する調査、実験に利用され、民間にもその利用が開放されている。タワーには陸上施設から海底ケーブルを通じ、動力用電力を含め、豊富な電力が供給され、多数の通信回線も確保されている。現在観測されている項目は以下のとおりである。

- ・海象関係：波（波高、周期、波向）、水温（3m 深、7m 深）、流向、流速
- ・気象関係：風向、風速、気温、雨量、気圧、湿度
- ・カメラによる観測

(e) レーダ海洋波浪観測設備

パルス式マイクロ波ドップラーレーダを用いた波浪観測装置である。リモートセンシングにより海洋波浪の成分ごとの波向、波周期、波高、位相等を計測する装置である。現在、相模湾平塚沖の東京大学平塚沖総合実験タワーに設置され、沿岸波浪の観測を行っている。

(f) 寒風沢潮流発電所

宮城県塩竈市浦戸諸島寒風沢水道に定格 5kW (流速 1.2m/sec) の垂直軸型ロータ 2 基を有する潮流発電装置を設置し、潮流発電に関連する様々な研究開発を行っている。経済産業省の検査・東北電力の系統連系検査に合格し、正式な認可を受けて系統連係した国内初の潮流発電装置である。

(g) 久慈波力発電所

岩手県久慈市の久慈港玉の脇地区に定格 43kW のラダー（振り子）式波力発電装置を設置し、波力発電に関連する様々な研究開発を行っている。経済産業省の検査・東北電力の系統連系検査に合格し、正式な認可を受けて系統連係した国内初の波力発電装置である。

1.2.3 研究課題の説明

(a) 能動型マイクロ波センサによる海面観測システムの開発

マイクロ波パルスドップラーレーダを用いる海面観測システムの開発を行っている。海面から散乱するマイクロ波は、海面付近水粒子の運動特性によって周波数に変化し、海面から散乱強度には使用するアンテナの特性が含まれる。その特性を解析することで、海洋波浪の進行方向、波高、周期及び位相、海上風の風速と風向、海面高さの情報を得ることができる。相模湾平塚沖での海面観測を行っている。

今年度は、IoT、クラウド、AI を活用した海面観測システムから得られる海面情報の有効利用に関連する研究開発を行うと共に、半径数 km 以内の海域における小型ボートを含む海面移動体の動きをより高精度で観測できる海面モニタリングシステムの構築を行った。その他、開発した海面観測手法を市販品の固体化レーダに応用するために研究開発を進めている。

(b) 水中線状構造物の挙動に関する研究

海洋掘削用ドリルパイプは比較的単純な構造物であるにもかかわらず、作用する流体外力、構造自体の応答特性も一般に非線形である。また、海流など流れを有する海域で作業するドリルパイプには、回転による振動に流れによる振動が加わり、より複雑な応答を示す。これらの問題は、対象となる水深が深くなりパイプが長大になるに従い、強度が相対的に低下したり、水深ごとの流れの流速が変化したりすると、強度設計、安全性確保の観点からより重要になる。

今年度は、流れ中で回転する円筒型線状構造物の応答特性に関連する研究を行っている。剛体円筒模型及び弾性パイプ模型を用いた水槽実験やDVM(Discrete Vortex Method)による数値解析手法などを用いて、回転が円筒に働く流体力及ぼす影響、並びに回転が円筒構造物の運動に及ぼす影響について調べている。

(c) 大型浮体構造物の挙動に関する研究

波浪に起因する浮体式海洋構造物の動揺、弾性変形、波漂流力などを、海洋波浪レーダによるリアルタイム波浪観測技術とエアクションを用いた浮力制御技術により、制御する方法について研究を行っている。

(d) 再生可能海洋エネルギー開発に関する研究

東北復興次世代エネルギー研究開発プロジェクト（文部科学省）で開発・設置した、宮城県塩竈市浦戸諸島寒風沢水道の発電能力 5kW の油圧ユニットを用いる低流速型潮流発電システム（平成 26 年 11 月に設置）と岩手県久慈市の久慈港玉の脇防波堤前の発電能力 43kW の船舶用操舵装置を用いる沿岸設置型振り子式波力発電システム（平成 28 年 11 月に設置）の実証実験を進めると共に、新たに環境省の CO2 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業「反射波を活用した油圧シリンダ鉛直配置式波力発電装置（平塚波力発電所）の海域実証」（平成 30 年度～平成 32 年度）事業を開始した。環境省事業では、神奈川県平塚市の平塚漁港南防波堤前に定格出力 45kW の波力発電装置を 2020 年 2 月に設置し、海域実証を行う予定であり、平成 28 年 6 月に発足した平塚海洋エネルギー研究会及び平成 29 年からの国内 13 社が参加する海洋エネルギー共同研究グループが主体となって事業を進めている。また、海中観測実装工学研究センターのメンバーを中心に、波力発電装置の海域実証を含む海洋活用技術に関連する研究開発、新産業の創出、人材育成等を目的とする、東京大学生産技術研究所と平塚市との連携協力協定が平成 31 年 3 月 19 日に締結された。なお、次世代海洋エネルギー発電技術研究開発（NEDO）として進めていた、比較的低速な潮流において、高い年間設備利用率が期待でき、維持管理も容易な次世代の油圧連結潮流発電システムについて、発電能力 100kW プロトタイプの平成 32 年頃の実証実験の実施を目指して活動を行った。

(e) リアルタイム海氷観測システムの研究開発

マイクロ波パルスドップラーレーダを用いた海氷観測システムの開発を行っている。マイクロ波の海氷からの後方散乱と開水面等からの後方散乱の特性を利用して、高感度の海氷観測を可能にするデータ処理アルゴリズムを開発する。

1.2.4 主要研究 Fund

(a) 海洋再生エネルギー（潮流、波力）の開発に関する共同研究

国内 13 企業との共同研究（H29-H31）

(b) 波力発電関連分野での新産業創出促進事業委託

平塚市（H28-H30）

- (c) マイクロ波ドップラーレーダによる工事向け航行安全監視システムの構築
五洋建設(株) (H28-H30)
- (d) 油圧式潮流発電装置(HydrauTide)の開発に関する共同研究
油圧式潮流発電研究会 (H28-H30)
- (e) 流れ中におかれた回転する円筒型線状構造物の挙動予測に関する研究
科学研究費基盤研究(B)(一般) (H30-H32)
- (f) 反射波を活用した油圧シリンダ鉛直配置式波力発電装置(平塚波力発電所)の海域実証
環境省 CO2 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業 (H30-H32)

1.2.5 研究業績 (*:別紙)

(1) 論文や投稿記事の一覧

- ・Chen, W. & Rheem, CK : “Experimental investigation of rotating cylinders in flow”, J Mar Sci Technol, Vol. 26, No. 1. pp.111-122, 2019,
<https://doi.org/10.1007/s00773-018-0535-5> *

(2) 国際会議発表

- ・T. Ikoma, H. Eto, K. Masuda and C.K. Rheem : “Turbine Performance of Pitch-Controlled VAMTs from Flume Tests and a Sea Test”, OCEANS’ 18 MTS/IEEE Kobe, May 2018 *

(3) 国内学会発表

- ・村田一城, 林昌奎, 居駒知樹 : “MPS 法による振り子式波力発電装置の数値モデルの開発に関する基礎的研究 -第二報 3次元モデルの提案と計算制度に関する考察-”, 日本船舶海洋工学会講演会論文集、第27号、2018A-GS13-4、2018
- ・林昌奎 : “離散渦法による流れ中の2次元回転円柱の挙動考察”, 日本船舶海洋工学会講演会論文集、第27号、2018A-GS11-2、2018
- ・村田一城, 林昌奎, 丸山康樹, 居駒知樹 : “MPS 法による振り子式波力発電装置の1次変換性能の評価法に関する基礎的研究” 第27回海洋工学シンポジウム、OES27-060、2018

(4) 新聞・雑誌・テレビ・ラジオ等、メディアに取り上げられたものの一覧

- ・2018-04-23 : 沖縄タイムス「波力発電設置へ宜野湾漁港視察-東大研究所計画説明」

- 2019-03-20：日刊建設工業新聞「海洋活用研究開発推進で連携協定-平塚市と東大」*
- 2019-03-20：神奈川新聞「波力発電研究拠点に-平塚新港に実験施設」*
- 2019-03-28：タウンニュース「波力発電所設置で連携協定」

1.2.6 学会等の活動

(1) OCEANS' 18 MTS/IEEE Kobe / Techno-Ocean 2018 (OTO' 18)

- Technical Program Committee Co-Chairs

(2) 特筆すべき学会等の活動

- IEEE/OES 日本支部 Vice-Chair / IEEE OES Japan Chapter Young Researcher Award
審査委員会委員長

1.3 川口研究室

1.3.1 研究室の研究概要

本研究室では以下に示す2つの課題について研究開発を行った。

(1) リアルタイム海底観測に関する研究

地震・津波観測監視システム (Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis; DONET) の観測機能向上、展開された水圧計ネットワークの高精度校正手法の開発及び海底下孔内観測システムの構築を中心とした開発研究。

(2) 海中ロボットを用いた国際コンペティションへの挑戦

米国の XPRIZE 財団が主催する、海中ロボットを用いた海底地形マッピングの能力を競う競技会の開催を機に、日本国内の若手研究者を結集した枠組みの構築を実施し競技会への参戦を果たすとともに、本取り組みで得られた新たな知見をもとに、海中ロボットを用いた完全自動観測に関する検証を開始した。

1.3.2 研究室の構成

(1) 研究室所属者氏名と肩書き (他大学の指導を含む)

川口 勝義 客員教授

国立研究開発法人海洋研究開発機構

海洋工学センター

センター長

(2) 特殊な施設名とその仕様

a) DONET1

平成23年度より本格的な運用を開始した、南海トラフ熊野灘に設置の、地震・津波観測監視用ケーブル式リアルタイム観測システム。全長320kmの基幹ケーブルシステム内に5基のノード(観測装置用の海底コンセントレーション)を装備し、システム内に最大40式の観測機器を海中で着脱運用することが可能。平成28年度末時点で22式の地震津波複合観測点、2式の掘削孔内観測点が接続されている(5式のノードのうちノードEについては障害により平成28年6月より停止中)。三重県尾鷲市古江町にシステムの陸上局舎、国立研究開発法人海洋研究開発機構横浜研究所内にバックアップセンターを有する。システムの運用については平成28年度より国立研究開発法人防災科学技術研究所に移管して行われており、同研究所のデータ配信システムを介して、東京大学地震研究所、気象庁、防災科学技術研究所等にデータのリアルタイム提供を実施している。

b) DONET2

南海トラフ紀伊水道沖に構築中の、地震津波観測監視用ケーブル式リアルタイム観測システムの2号機。DONET1の持つ観測機能、海中のインターフェース機能を維持したまま、さらに、大規模なシステム構成を可能にする機能を開発搭載している。全長500kmの基幹ケーブルシステム内に7基のノードを装備し、システム内に最大56式の観測機器を海中で着脱運用することが可能。徳島県海部郡海陽町と高知県室戸市室戸岬町にシステムの陸上局舎を有し、バックアップセンターは国立研究開発法人海洋研究開発機構横浜研究所内設備をDONET1と共用する。平成28年度よりシステムの本格運用が国立研究開発法人防災科学技術研究所に移管された上で開始されており、同研究所のデータ配信システムを介して、東京大学地震研究所、気象庁、防災科学技術研究所等にデータのリアルタイム提供を実施中。

c) 横浜バックアップセンター

国立研究開発法人海洋研究開発機構横浜研究所内に整備されるDONET1及び2の運用・制御・監視、データのクオリティコントロール、データ処理・活用・公開・配布等を実施する制御拠点。地震津波イベントの定常監視を行うとともに、データ活用法に関する研究開発を実施する。地震津波関連ユーザー以外に向けたデータの多目的利用に関連する提供や活用手法の実装についても対応している。

d) 高知県室戸岬沖「海底地震総合観測システム」

平成9年に設置され、観測が開始された、海底ケーブルシステム内に観測装置を埋め込んだ形状のクラシックシステム。ケーブル端部に先端観測ステーションをもちここでは、地中温度計、流向流速計、ADCP、CTD等の観測を実施していたが、老朽化により現在先端観測装置機能は停止中。また、沖合約100kmと約70kmには海底地震計および海底津波計が装備されており、そのデータは関係機関にリアルタイム提供中であるとともに、アーカイブデータを含めた全データを地震津波以外の多目的利用にも提供中。

e) 北海道釧路十勝沖「海底地震総合観測システム」

平成11年に設置され、観測が開始された、海底ケーブルシステム内に観測装置を埋め込んだ形状のクラシックシステム。室戸岬沖システムと同様にケーブル端部に先端観測ステーションをもち、ここでは、テレビカメラ、地中温度計、流向流速計、ADCP、CTD、ハイドロフォン、LEDライトが装備されているが、老朽化により一部機能は停止中。また、沖合約140kmには海底地震計、約70kmに海底地震計および海底津波計が装備されている。データは関係機関にリアルタイム提供中であるとともに、アーカイブデータを含めた全データを地震津波以外の多目的利用にも提供中。

f) 相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」

平成 5 年に設置され、観測が開始された、リアルタイム観測システムのテストベッド。テレビカメラ、地震計、水圧計、流向流速計などの多くの観測機器とともに拡張用のインターフェース機能が装備されている。データはアーカイブデータを含めた全データを公開提供中。

g) 環境シミュレータ

国立研究開発法人海洋研究開発機構横須賀本部内に設置された、圧力センサの高精度校正施設。深海底の環境と温度条件を模した試験環境を長時間維持する機能を持ち、圧力センサの性能評価や、海域での圧力センサ校正に必要な調整を実施することができる。

h) 展張装置

国立研究開発法人海洋研究開発機構が所有する ROV ハイパードルフィンに搭載使用するツールスキッド（追加装置）。ROV を用いた海中での重量物の設置回収やサクシオンポンプによる表層堆積物の除去、観測装置の海中接続に用いるケーブルの海底面への自動展張機能等を併せ持つ。DONET で確立した海底観測ネットワークの構築維持管理や今後実施が想定される海中ロボット等による多様な海中作業の実施に不可欠な装置

i) AUV-NEXT

国立研究開発法人海洋研究開発機構が開発した、次世代深海探査システム評価用試作機。水深 4000m の水深で 24 時間以上の連続地形調査を実施する能力を持つ。本システムは Xprize の本選でも活用された。

1.3.3 研究課題の説明

(1) リアルタイム海底観測に関する研究

平成 18 年度より実施している、海溝型巨大地震発生帯における先進的かつ効率的なリアルタイム長期観測手法の確立を目指す研究開発計画「地震・津波観測監視システム」の構築において、巨大地震発生 of 切迫度が高まっているとされる南海トラフの内、東南海地震の想定震源域が存在する熊野灘を観測対象と設定し、海中での交換・修理・機能向上等が可能な世界的にも例を見ない高密度地震津波観測用の海底ケーブル式観測ネットワーク DONET の開発と整備を進めてきた。熊野灘にはすでに DONET1 システムが展開されており、陸上と同等の観測点密度を持つ 20 点の高精度地震・津波観測ネットワークが構築され平成 23 年度より本格的な運用に供されている。この観測ネットワーク開発の成果を受け、現在熊野灘の西側に位置する、南海地震の想定震源域をもつ紀伊水道沖を観測対象として、DONET1 と比較してさらに大規模なシステムを管理運用することが可能な観測ネットワーク DONET2 の開発と構築を進めてきた。平成 27 年度にはシステムの大規模化が直面する、システムの高電圧

対策に関する問題を克服した新たなシステムの海域への構築を完了し平成28年度からはこれら二つのシステムの運用が開始されている。

巨大地震発生メカニズムの解明や地震発生準備過程の理解を進めるにあたり、地殻変動観測の重要性が近年議論されている。陸上ではGPSを用いた観測網により研究が進むが、GPS情報を取得できない海底における地殻変動観測の実現には、新たな手法の導入が必要となる。リアルタイム観測のためのインフラとしてDONETを用いることを前提に、海底に展開された津波観測用水圧計の高精度校正による地殻の上下方向の微小変動検出と、海底堆積層の傾斜変動を組み合わせた、海底地殻変動観測技術の開発に着手した。平成30年には水圧計校正装置試作機を完成させ、海域での試験校正を開始した。傾斜変動観測については高精度傾斜計の基礎検討を進めた。さらに、海底面下10-20m程度の深度に傾斜計を埋設設置する掘削技術に関しても実海域試験を実施している。

(2) 海中ロボットを用いた国際コンペティションへの挑戦

Shell Ocean Discovery XPRIZEはRoyal Dutch Shellがスポンサーとなり米国のXPRIZE財団が主催する、海中ロボットを用いた海底地形マッピングの能力を競う競技会である。この大会はH27年12月にサンフランシスコで開催されたAGU(American Geophysical Union) fall meetingにおいて正式にアナウンスが行われ、3年以内に大会規定に則った方法で、海中ロボットを用い、最大水深4,000mの指定海域において15時間以内に最低250平方km以上の海底マップ構築と海底ターゲットの写真撮影というミッションの実施を競うというもので、大会参加チームの募集が世界的に行われた。この開催告知を受け、生研の持つAUVを用いた海洋観測技術のプレゼンスを示す絶好の機会ととらえ、客員教授として本大会への参加の検討と枠組みの構築を進めることとした。この検討にはソートン准教授及び巻准教授からも協力をいただき、海中ロボット研究に携わる全国の若手研究者及び若手技術者を集結したチーム編成で、本大会に参加するという計画を立案し、最終的に、生産技術研究所海中観測実装工学センター、北九州工業大学、KDDI研究所、三井造船、ヤマハ、海上技術安全研究所、海洋研究開発機構の30歳代の若手で構成する、TeamKUROSHIOを立ち上げた。チーム立ち上げ以降は巻准教授とともにアドバイザーボードメンバーとして、チームの大会挑戦に必要な進捗確認調整とチームスポンサー獲得のための活動を実施した。H30にはギリシャで開催された大会決勝戦に参戦した。また、本取り組みで得られた新たな知見をもとに、海中ロボットを用いた完全自動観測に関する検証を開始した。

1.3.4 主要研究 Fund

- (1) 受託業務：防災科学技術研究所：平成30年度：地震・津波観測監視システム(DONET)の運用及び保守：
- (2) 文部科学省：運営費交付金：平成26~30年度、海域地震発生帯研究開発(代表：小平秀一)

1.3.5 研究業績

(1) 論文や投稿記事の一覧【代表論文、記事のあとに*を付ける】

TAKESHI OHKI, TAKASHI YOKOBIKI, SHUHEI NISHIDA, KENICHIRO TANI, EIICHIRO ARAKI, KATSUYOSHI KAWAGUCHI, Probabilistic Cable Damage Risk Assessment Method for Seafloor Cabled Observatory and its Application to Hydrothermal Fields, MARINE TECHNOLOGY SOCIETY JOURNAL, Vol.52, No.3 pp 138-149, DOI: 10.4031/MTSJ.52.3.4

岩瀬 良一, 川口 勝義, 西田 周平, 海底ケーブル型観測システムによる大型鯨類鳴音の観測と判別, 海洋音響学会誌, Vol.45, No.3, 136-142

西田 周, 松尾 行雄, 岩瀬 良一, 川口 勝義, 海底ケーブル型観測システムによる大型鯨類鳴音の地圏化, 海洋音響学会誌, 海洋音響学会誌, Vol.45, No.3, 131-135

(2) 国際会議発表

TOSHINORI KIMURA, EIICHIRO ARAKI, YUYA MACHIDA, TAKASHI YOKOBIKI, SHUHEI NISHIDA, SHUICHI KODAIRA, KATSUYOSHI KAWAGUCHI, Keir Becker, MASATAKA KINOSHITA, Sean Toczko, Alexander Roesner, Tianhaozhe Sun, Joshua Edgington, Burhan Senyener, Earl Davis, Masanori Kyo, Keita Akiyama, Tomokazu Saruhashi, Takahiro Yokoyama, Noriaki Sakurai, Real-time monitoring of crustal deformation through submarine cable network by the long term borehole monitoring system in the Nankai Trough, JpGU 2018 meeting, 2018/5/22, Chiba JAPAN

HIROYUKI MATSUMOTO, EIICHIRO ARAKI, KATSUYOSHI KAWAGUCHI
Comparison of sensor's drift of pressure transducers by sensing mechanism, OCEANS' 18 MTS/IEEE Kobe/Techno-Ocean 2018, 2018/5/31, Kobe JAPAN

JIN-KYU CHOI, TATSUHIRO FUKUBA, HIROYUKI YAMAMOTO, YASUO FURUSHIMA, TETSUYA MIWA, KATSUYOSHI KAWAGUCHI, Pinpoint and Safe Installation of a Standalone Seafloor Observatory, Techno-Ocean 2018, 2018/5/30, Kobe JAPAN

YUYA MACHIDA, SHUHEI NISHIDA, EIICHIRO ARAKI, TOSHINORI KIMURA, HIROYUKI MATSUMOTO, KATSUYOSHI KAWAGUCHI, A development of a mobile pressure calibrator for seafloor geodetic measurements, OCEANS' 18 MTS/IEEE Kobe, 2018/5/31, Kobe JAPAN, DOI: 10.1109/OCEANSKOB.2018.8559426

SHUHEI NISHIDA, YUYA MACHIDA, EIICHIRO ARAKI, KATSUYOSHI KAWAGUCHI,
Level Adjustor of Mobile Pressure Calibrator for Ocean Bottom Pressure Gauge,
OCEANS' 18 MTS/IEEE Kobe, 2018/5/31, Kobe JAPAN, DOI:
10.1109/OCEANSKOBE.2018.8559279

Toshinori Kimura, Eiichiro Araki, Yuya Machida, Katsuyoshi Kawaguchi,
Temporal Changes in Seismic Velocity Detected by Ambient Noise Records Observed by
Seafloor Seismic Network in the Nankai Trough, Japan, OCEANS' 18 MTS/IEEE Kobe,
2018/5/31, Kobe JAPAN, DOI: 10.1109/OCEANSKOBE.2018.8559385

Eiichiro Araki, Demian Saffer, Toshinori Kimura, Yuya Machida, Katsuyoshi Kawaguchi,
Seafloor Borehole Observatory Array for Monitoring Slow Slip Events in the Nankai
Trough Seismogenic Zone, OCEANS' 18 MTS/IEEE Kobe, 2018/5/31, Kobe JAPAN

(3) 国内学会発表

川口勝義、海底ケーブルネットワークの長期運用、ワークショップ：海底ケーブルの科学利用と関連技術に関する将来展望、2018/09/19, Tokyo JAPAN

(4) 受賞（タイトル、対象テーマ）

金田義行、川口勝義、高橋成実：地震津波観測監視システムの開発、科学技術分野の文部科学大臣表彰、科学技術賞、開発部門、2018/4/10

DONET 開発チーム（金田義行、川口勝義、高橋成実、今井健太郎、末木健太郎、大林涼子、馬場俊孝、石橋正信）：・東南海・南海地震の震源域に世界初の海底観測ケーブルネットワークシステムを構築、2018年 濱口梧陵国際賞（国土交通大臣賞）、2018/11/7

(5) 特許（タイトル、出願番号）

特許 6403022、電力供給システム、川口 勝義、横引 貴史、日本電気株式会社、NEC ネットエスアイ株式会社、NEC マグナスコミュニケーションズ株式会社、2018/09/21

(6) 新聞・雑誌・テレビ・ラジオ等、メディアに取り上げられたものの一覧

【新聞記事】

2018/10/29 建設通信新聞 濱口梧陵国際賞に2個人1団体選定

2018/10/29 日刊建設産業新聞 間瀬名誉教授など2人1団体 18年濱口梧陵国際賞が決定

2018/10/30 日刊建設工業新聞 濱口梧陵国際賞 2 個人 1 団体決定 国交省、11月7日に表彰

2018/11/9 日刊建設工業新聞 濱口梧陵国際賞 2 氏・1 団体を表彰 国際津波・沿岸防災技術啓発事業組織委

2019/3/8 読売新聞 津波予測海底の観測網 南海トラフ整え 整備着々

2019/3/11 日本経済新聞 減災へ「南海トラフ包囲網」

1.3.6 学会等の活動

(1) 国際国内シンポジウム等の主催

ワークショップ：海底ケーブルの科学利用と関連技術に関する将来展望

開催日：2018年9月19日

主催：東京大学生産技術研究所 海中観測実装工学研究センター

<http://seasat.iis.u-tokyo.ac.jp/WS20180919/WS20180919.html>

(2) 国際国内シンポジウム等のセッションのオーガナイザーあるいはチェア

OCEANS'18 MTS/IEEE Kobe / Techno Ocean 2018 (OTO'18)、一般講演座長、2018/5/30

ワークショップ：海底ケーブルの科学利用と関連技術に関する将来展望、座長 2018/09/19

(3) 招待講演（招待側組織名、講演題目、日時）

題目：「海洋ロボティクスへの取り組み」

会議名：経団連、海洋開発推進委員会

年月日：2018/06/29

場所：日本、東京

講演者：川口 勝義

題目：「VISIBLE OCEAN、海洋の4次元観測」

会議名：防衛装備庁、防衛技術研究会

年月日：2018/06/29

場所：日本、東京

講演者：川口 勝義

題目：「海洋研究開発機構における観測技術開発への取り組み」

会議名：島津製作所社内講演会

年月日：2018/08/10

場所：日本、東京

講演者：川口 勝義

題目：「海中観測技術の社会実装への取り組み」

会議名：SUBSEA TECH JAPAN 2018

年月日：2018/09/27

場所：日本、東京

講演者：川口 勝義

題目：「海洋ロボティクスへの取り組み」

会議名：内閣府海洋政策本部、海洋科学技術に関する研究会

年月日：2018/10/29

場所：日本、東京

講演者：川口 勝義

題目：「海底のリアルタイムモニタリング」

会議名：JX-JAMSTEC 講演会

年月日：2019/02/27

場所：日本、東京

講演者：川口 勝義

(4) 特筆すべき学会等の活動

学協会名 IEEE OES Japan Chapter

国際国内：国内

役職区分：Chair

役職：Chair

任期年/月：2015/06-

参考 URL：<http://www.ieee-jp.org/section/tokyo/chapter/OE-22/>

学協会名：海洋理工学会

国際国内：国内

役職区分：理事、副幹事長

任期年/月：2014/02 -

参考 URL：<http://amstec.jp/>

学協会名：OTO' 2018 実行委員会

国際国内：国内

役職区分：Technical Program Committee Co-Chairs

任期年/月：-2019/03

参考 URL：[http:// oceans18mtsieekobe.org/](http://oceans18mtsieekobe.org/)

1.4 北澤研究室

1.4.1 研究室の研究概要

本年度は、深さ方向の任意の位置に設置できる可変深度型生簀の実証実験、小型船の姿勢制御に関する実海域実験、養殖場の環境影響評価のためのモニタリングと数値シミュレーションを中心とした研究を実施した。

1.4.2 研究室の構成

(1) 研究室所属者氏名と肩書き

北澤 大輔	教授
吉田 毅郎	助教
古市 綾	事務補佐員
岸本 涼子	事務補佐員
韓 佳琳	特任研究員
李 僑	特任研究員
董 書闢	特任研究員
金野 祥久	リサーチフェロー
張 俊波	リサーチフェロー
岡本 強一	協力研究員
アタオラ ガレチャエ	国際協力研究員
水上 洋一	シニア協力員
黒崎 明	シニア協力員
高川 真一	シニア協力員
川口 隆	シニア協力員
細川 貴志	民間等共同研究員
周 金鑫	システム創成学専攻博士課程2年
陳 翹楚	システム創成学専攻修士課程2年
周 雪	システム創成学専攻修士課程2年
于 帅	システム創成学専攻修士課程2年
望月 瑛登	システム創成学専攻修士課程2年
朴 相圭	システム創成学専攻修士課程1年
李 越	システム創成学専攻修士課程1年
徐 光磊	システム創成学専攻修士課程1年
高 紅霞	システム創成学専攻修士課程1年
馮 璇達	システム創成学専攻大学院研究生
韓 毅	システム創成学専攻大学院研究生

(2) 特殊な施設名とその仕様

a) 小型造波曳航水槽

小型造波曳航水槽は、長さ6m、幅1m、深さ50cmの水槽であり、波浪を起こすことができるとともに、模型を曳航することができる。海洋工学水槽で行う実験の予備実験を行うのに適しており、可変深度型生簀の運動、高密度ポリエチレンパイプや可撓性ホースを用いた定置漁業自動揚網システム等に関する実験を行った。

b) 回転水槽

回転水槽は、湖沼や沿岸域における流れが地球自転の影響を受ける場合に、流れの再現実験に用いられる水槽である。本研究室の回転水槽は、直径2mのターンテーブルを有し、現在はモデル湖沼として円錐型地形を設置している。

1.4.3 研究課題の説明

(1) ICTを利用した漁業技術開発事業のうちICT養殖推進事業

本研究では、養殖場周辺の環境データに対応して、鉛直方向に設置位置を変えられる可変深度型生簀の開発を行った。まず、可変深度型生簀とその係留システムの設計を行うために、波浪、流れ場、水温、溶存酸素濃度などの環境調査を行った。次に、可変深度型生簀の安全性を調べるために、水槽模型実験を行った。主に、生簀の抵抗を明らかにするための曳航実験、流れ場および波浪場での係留力や係留システムの姿勢を計測するための係留実験を実施した。さらに、実海域において、係留ロープに深度計を取り付け、係留システムの形状解析を行った。

(2) 定置漁業における自動揚網システムの開発

海中構造物の浮沈技術は、オイルフェンスなどを利用した海洋環境の保全措置や水産業における海中空間の有効利用、海上作業の効率化において必要とされている技術である。本研究では、漁労作業の効率化に用いられる可撓性構造物を対象とし、構造物内部への給排気による可撓性構造物の挙動を明らかにすることを目的とする。2018年度は、内部の空気圧によって剛性が変化する可撓性構造物の海中での挙動を明らかにするための水槽模型実験手法、構造物内部の空気流れ解析と可撓性構造物の挙動解析を組み合わせたシミュレーション手法を開発するため、既存の文献を調査するとともに、国際会議に参加して情報収集した。また、長さ8mの可撓性ホース、および可撓性ホースを平面上に加工したホースネットを作成し、水槽模型実験によりホースネットの形状変化や浮上、沈下時間を計測した。また、実験結果を再現するための数値シミュレーションモデルの開発に着手した。また、自動揚網システムの設計を行うとともに、使用する部材の要素試験を行った。

(3) 波エネルギーを収穫して動揺を抑制する小型船の研究

船舶は、温室効果ガスの排出量削減が求められている。本研究で開発している小型船 Wave Harmonizer (WHzer)は、キャビンとフロートの相対運動から波エネルギーを収穫するとともに、キャビンの動揺抑制を目指したものである。2018年度は、制御システムをデジタル化するとともに、波エネルギー収穫効率を向上するための制御アルゴリズムを開発し、水槽模型実験および平塚沖での実海域実験を行った。

(4) 海洋エネルギー実証フィールド漁業協調調査

岩手県釜石市沖の海洋再生可能エネルギー実証フィールドと漁業との協調に係る調査研究を行うとともに、研究内容にかかる地元関係者への情報提供を一体的に行い、地域の理解促進、機運の醸成を図ることを目的とした。まず、海洋再生可能エネルギー施設周辺の海生動物を観測するための水中カメラシステムの高度化を行い、静岡県網代や神奈川県平塚沖で試験した後、釜石市沖の定置網で調査を行った。次に、これまで撮影した画像の解析を行い、魚種の判別につながるデータベースを作成した。最後に、上記の研究成果を報告書にまとめた。

(5) 潮流・海流発電普及に向けた環境影響評価手法の検討

潮流・海流発電のタービンプレードが海中に設置され、回転すると、海生動物が衝突するリスクがある。海生動物の衝突リスクを把握する方法として、現地計測、数値モデル、水槽模型実験などがあるが、本研究では、縮尺比 1/100 のタービンプレード模型を用いて、魚の種類とタービンプレードへの衝突との関係を調べた。

(6) 海氷減退期に適した新しい北極海航路航行安全性評価手法の構築

本研究は、海洋減退が進む夏季の北極海航路で、目視やレーダーでは発見できない氷塊に船舶が開水中航行速度で衝突するリスクを考慮した航行安全性評価手法を提案することを目的とする。氷塊の運動を計測するための運動計測システムの導入し、小型造波曳航回流水槽を用いて予備的な実験を実施した。

(7) 大規模沖合養殖システム実用化研究

本研究では、環境に調和した養殖場を設計するため、養殖場の環境影響評価を行うことを目的としている。2018年度は、水槽模型実験による生簀の流体力の数値モデル化、養殖場まわりの物理環境と生態系のシミュレーションモデルの開発、数値シミュレーション結果を検証するための環境データの取得を行った。

(8) 複合養殖による養殖場の環境保全に関する研究

本研究では、養殖種の排泄物を他の生物に吸収させる複合養殖によって、養殖場の環境を

保全する方法を検討する。研究課題は、養殖場周辺の物質循環の数値シミュレーション技術の開発、複合養殖で使用する生物種を一定の範囲の位置で飼育するためのフェンスの開発、複合養殖で使用する生物種のモニタリング手法の開発、実海域での複合養殖の試行からなる。2018年度は、主に物質循環の数値シミュレーション技術の開発と、数値シミュレーション結果を検証するための環境データの取得を行った。また、同様のテーマに取り組んでいる東北大学との連携のための協議を行った。

(9) 琵琶湖全循環の環境リスクファイナンス

気候変動に伴い、琵琶湖では全循環の欠損が懸念されている。将来の気象シナリオに基づいて、琵琶湖での全循環欠損のリスクを流れ場・生態系結合数値シミュレーションによって予測し、その結果をもとに、全循環オプションを構築した。

(10) 魚眼カメラを用いた観測システムの開発と魚画像解析

定置漁業の箱網や生簀内の魚の数や種類を判別するための技術開発が求められている。本研究では、魚眼カメラを用いた観測システムを開発するとともに、得られた画像から魚の数を数えるシステムを開発した。マグロ養殖生簀を対象として、HAAR-like 特徴を用いてマグロ個体を識別する機械学習法によりマグロ個体数をカウントした。実際のマグロ養殖生簀で撮影された画像より目視で確認した個体数と比較し、手法の検証を行った。

(11) 合成開口レーダを用いた海流速度ベクトル計測手法の開発

合成開口レーダから海流などの速度ベクトルを求めるために、2台のレーダの干渉信号から推定する方法を開発した。人工衛星や航空機搭載の合成開口レーダにより得られた画像や数値シミュレーションから推定方法の検証を行った。

(12) 炭電極を用いた汚水の電気化学的処理技術の開発

汚水処理技術の一つとして、電気分解が注目されている。電気分解によって発生した酸素は貧酸素水に供給され、水素はエネルギーとして利用される。また、富栄養化、赤潮の原因となる無機態窒素化合物を分解することもできる。電気分解では、一般に金属製の電極が用いられるが、使用中にイオン化し、水生生物に影響を及ぼす可能性があるため、当研究室では炭電極を用いた電気分解による汚水処理技術の開発を行っている。炭電極とそれを覆うフィルターとなる素焼きの作成方法、および電源の与え方などが概ね確立し、電気分解実験によって pH 等のパラメータを安定化させた上で、無機態窒素化合物などを除去することができており、これらの成果のとりまとめを行った。

1.4.4 主要研究 Fund

(1) 水産庁：ICTを利用した漁業技術開発事業のうちICT養殖推進事業（代表：マリノ

フォーラム 21)

- (2) 岩手県：海洋再生可能エネルギー実証フィールド漁業協調調査（代表：北澤大輔）
- (3) 文部科学省：科学研究費補助金（基盤B）：平成30年～平成32年度：内部の空気流れを考慮した可撓性構造物の水中挙動の解析（代表：北澤大輔）
- (4) 文部科学省：科学研究費補助金（基盤C）：平成29年～平成31年度：海氷減退期に適した新しい北極海航路航行安全性評価手法の構築（代表：金野祥久）
- (5) 農研機構：「知」の集積と活用場による革新的技術創造促進事業（うち「知」の集積と活用場による研究開発モデル事業）大規模沖合養殖システム実用化研究（代表：新日鐵住金エンジニアリング株式会社）
- (6) 千葉実験所推進研究費：複合養殖による養殖場の環境保全に関する研究（代表：北澤大輔）

1.4.5 研究業績

(1) 論文や投稿記事の一覧【代表論文、記事のあとに*を付ける】

- ・ Jialin Han, Daisuke Kitazawa, Takeshi Kinoshita, Teruo Maeda, Hiroshi Itakura (2019): Experimental investigation on a cabin-suspended catamaran in terms of motion reduction and wave energy harvesting - by means of a semi-active motion control system. Applied Ocean Research, 83, 88-102. *
- ・ Daisuke Kitazawa, Junbo Zhang, Yoichi Mizukami, Yoshio Hirai, Takashi Hosokawa (2018): Experimental study on the motion of a flexible hose net used for fish-harvesting in a set net fishery. Journal of Marine Science and Technology, 23(3), 620-632. *
- ・ 吉田毅郎, 周金鑫, 朴相圭, 北澤大輔 (2018): 潮流・海流発電の環境影響評価における現状の総説. 環境アセスメント学会誌 16(2), 41-51. *
- ・ 周金鑫, 朴相圭, 吉田毅郎, 李僑, 張俊波, 北澤大輔 (2019): 美保湾の養殖場周辺の物理環境シミュレーション. 生産研究, 71(1), 19-22.

(2) 著書

- ・ 北澤大輔 (2018): 第6章 環境問題（河川・カスピ海）—国境を越えた環境問題を解決するためには？—, アゼルバイジャンを知るための67章, 明石書店, 43-47.

(3) 国際会議発表

- ・ Takero Yoshida, Jinxin Zhou, Sanggyu Park, Daisuke Kitazawa (2018): Monitoring different type of fish around tidal and oceanic current turbines in water tank. Proceedings of 4th Asian Wave and Tidal Energy Conference, AWTEC2018-310, 4 pp.

- Jialin Han, Daisuke Kitazawa, Teruo Maeda, Hiroshi Itakura (2018): Overview of the development of a series of cabin suspended ships governed by different motion control algorithms, Proceedings of the 13th International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles, 15 pp.
- Kazuo Ouchi, Takero Yoshida, and Chan-Su Yang (2018): Multi-aperture along-track interferometric SAR for estimating velocity vector of ocean currents. Proc. of International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2018)
- Shuai Yu, Takero Yoshida, Jialin Han, Yoichi Mizukami, Daisuke Kitazawa, Lili Liu (2018): Model experiment of a controllable depth cage and its mooring system. Proceedings of the ASME 2018 37th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2018-77757, 8 pp. *
- Xue Zhou, Yoichi Mizukami, Takero Yoshida, Daisuke Kitazawa (2018): Motion analysis of flexible hose based on water tank experiment. Proceedings of the ASME 2018 37th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2018-77597, 6 pp.
- Takero Yoshida, Daisuke Kitazawa, Yoichi Mizukami, Qiaochu Chen, Akito Mochizuki (2018): Investigation of monitoring fish using underwater fish-eye camera at the test site of marine renewable energy. Proceedings of the ASME 2018 37th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2018-77478, 5 pp. *
- Daisuke Kitazawa, Takero Yoshida, Jinxin Zhou, Sanggyu Park (2018): Comparative study on vertical circulation in deep lakes: Lake Biwa and Lake Ikeda. Proceedings of OCEANS'18 MTS/IEEE Kobe Techno-Ocean 2018, 4 pp.
- Takero Yoshida, Kazuo Ouchi, Chan-Su Yang (2018): Application of time-domain numerical simulation for multi-aperture along-track interferometric SAR. Proc. of International Symposium on Remote Sensing (ISRS 2018)
- Kazuo Ouchi, Takero Yoshida, and Chan-Su Yang (2018): Multi-aperture along-track interferometric (MA-ATI) SAR for velocity vector estimation of ocean currents using conventional ATI SAR data. Proc. of International Symposium on Remote Sensing (ISRS 2018)

(4) 国内学会発表

- 吉田毅郎, 武藤弘晃, 朴相圭, 周金鑫, 北澤大輔(2018): 潮流・海流発電タービン模型周辺の魚種による行動の比較. 日本船舶海洋工学学会講演会論文集 第27号, 2018A-GS3-3, 3 pp.
- 望月瑛登, 韓佳琳, 前田輝夫, 北澤大輔(2018): 小型船のエネルギー収穫のための制

- 御システムの開発. 日本船舶海洋工学会講演会論文集 第27号, 2018A-GS14-2, 3 pp.
- Jinxin Zhou, Sanggyu Park, Takeo Yoshida, Junbo Zhang, Jialin Han, Daisuke Kitazawa (2018): Numerical simulation on physical environment in Miho Bay for environmental impact assessment of aquaculture. 第27回海洋工学シンポジウム, OES27-029, 5 pp.
 - Sanggyu Park, Jinxin Zhou, Junbo Zhang, Takeo Yoshida, Jialin Han, Daisuke Kitazawa (2018): Theoretical calculation and measurement of drag of square cage model for environmental impact assessment of aquaculture. 第27回海洋工学シンポジウム, OES27-026, 8 pp.
 - 吉田毅郎, 朴相圭, 周金鑫, 北澤大輔(2018): 潮流・海流発電タービン模型周りの魚類行動観測の水槽実験. 日本船舶海洋工学会講演会論文集 第26号, 2018S-GS20-5, 3 pp.
 - 菅野聡太, 望月瑛登, 韓佳琳, 前田輝夫, 北澤大輔(2018): 小型船の姿勢角フィードバック制御システムの性能評価. 日本船舶海洋工学会講演会論文集 第26号, 2018S-GS15-1, 5 pp.
 - Jinxin Zhou, Sanggyu Park, Takeo Yoshida, Junbo Zhang, Jialin Han, Daisuke Kitazawa (2018): The study on effect of the fish cages on the flow based on the field survey in Miho Bay. 平成30年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, 97-98.
 - Sanggyu Park, Jinxin Zhou, Junbo Zhang, Takeo Yoshida, Jialin Han, Daisuke Kitazawa (2018): Analytical and experimental study on drag of square cage model. 平成30年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, 93-94.

(5) 特許

- 株式会社渋谷潜水工業、水上洋一、吉田毅郎(2019): 水中映像撮影装置. 2019-048826、出願中

(6) 新聞・雑誌・テレビ・ラジオ等、メディアに取り上げられたものの一覧

- 2018.10.19: 「三笠」でシンポ よこすか市民会議 10月14日参加者募集. 日本海事新聞.
- 2018.6.26: よこすか市民会議 10月に海洋シンポ テーマは最新船と記念艦. 日本海事新聞.

1.4.6 学会等の活動

(1) 国際国内シンポジウム等の主催

- 2018.11.22: 第47回海洋教育フォーラム海洋教育を考える「久慈湾開発と地域振興・

南部潜りと海女文化」(主催：日本船舶海洋工学会)

(2) 国際国内シンポジウム等のセッションのオーガナイザーあるいはチェア

- ・ Topic Organizer in the ASME 2018 36th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (北澤大輔)
- ・ 日本船舶海洋工学会平成30年秋季講演会 一般講演司会 (吉田毅郎)

(3) 招待講演(招待側組織名、講演題目、日時)

- ・ 題 目: Japanese fisheries and environmental studies
会議名: Seminar at Shanghai Ocean University
年月日: 2018.6.5
講演者: 北澤 大輔
- ・ 題 目: 海の食料・エネルギー利用のためのプラットフォーム
会議名: 日本大学海洋系研究懇談会「海洋建築の最前線」
年月日: 2018.7.10
講演者: 北澤 大輔
- ・ 題 目: Flotation and submersion of set net and cages
会議名: Aquaculture Students Presentation, Universidad Catolica del Norte
年月日: 2018.9.6
講演者: 北澤 大輔
- ・ 題 目: Offshore aquaculture: The state of the art
会議名: Aquaculture Students Presentation, Universidad Catolica del Norte
年月日: 2018.9.6
講演者: 北澤 大輔
- ・ 題 目: Aquaculture: technology and environment
会議名: Aquaculture Workshop, AQUAPACIFICO
年月日: 2018.9.7
講演者: 北澤 大輔
- ・ 題 目: ハイブリッド小型船の実現に向けて
会議名: 第45回海洋教育フォーラム(横須賀)
年月日: 2018.10.14
講演者: 北澤 大輔
- ・ 題 目: 養殖の環境影響評価手法のレビュー
会議名: 横浜国立大学セミナー
年月日: 2018.11.14
講演者: 北澤 大輔

- ・ 題 目：大規模沖合養殖の将来
会議名：第50回海洋教育フォーラム（静岡）
年月日：2018.12.15
講演者：北澤 大輔
- ・ 題 目：海洋エネルギーと漁業協調に関する研究開発動向と水中カメラ調査
会議名：岩手県海洋エネルギーシンポジウム
年月日：2019.2.12
講演者：吉田 毅郎
- ・ 題 目：災害に強い養殖業を目指して
会議名：公財）農学会・日本農学アカデミー共同主催 公開シンポジウム「自然からの災害に備える」
年月日：2019.3.9
講演者：北澤 大輔

(4) 特筆すべき学会等の活動

- ・ IEA OES Annex IV Analyst
- ・ IEEE OES Young Researcher Award 幹事
- ・ Editor in Chief of Modeling Earth Systems and Environment
- ・ Associate Editor of Limnology
- ・ International Towing Tank Conference, AC
- ・ International Towing Tank Conference, QSG グループ委員
- ・ OCEANS' 18 MTS/IEEE Kobe/Techno-Ocean2018
- ・ 総合地球環境学研究所共同研究員
- ・ 経済産業省 「平成30年度福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業 海洋生成物の付着に伴うライザーケーブルの維持管理手法検討ワーキンググループ」委員
- ・ 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）：次世代浮体式洋上風力発電システム実証研究技術委員会委員
- ・ 久慈市 洋上風力発電ゾーニング協議会委員
- ・ 財団法人（一財）九州産業技術センターアドバイザー
- ・ 経済産業省 洋上風力発電所に係る環境影響評価検討委員会委員
- ・ 社団法人（公社）日本工学アカデミー「海洋研究の戦略的推進プロジェクト」プロジェクトメンバー
- ・ 海洋エネルギー資源利用推進機構生物環境分科会会長
- ・ 日本船舶海洋工学会海洋教育推進委員会庶務幹事
- ・ 日本船舶海洋工学会海洋環境研究会幹事
- ・ 日本船舶海洋工学会論文審査委員会査読委員

- ・ 日本沿岸域学会誌編集委員会副委員長
- ・ 海洋工学懇談会幹事
- ・ 海と産業革新コンベンション実行委員会委員
- ・ 第53回海洋教育フォーラム実行委員
- ・ 日本船舶海洋工学会船舶海洋分野への人工知能（A I）の導入可能性の調査と評価研究委員会委員
- ・ 日本船舶海洋工学会再生可能エネルギーの水槽試験での縮尺影響研究委員会委員
- ・ 日本船舶海洋工学会次世代海洋食料生産システム研究委員会委員長
- ・ 日本水産工学会評議委員

1.4.7 その他特筆すべき事項

- ・ 2018年8月4日に、文京区子ども科学カレッジにおいて、船の科学に関する講義と実験を行った。
- ・ 2018年8月8日に、日本船舶海洋工学会海洋教育推進委員会の活動の一環として、国立科学博物館のサイエンススクエアに参加し、海と船の工作ひろば「すいすい水力船を作ってみよう！」を実施した。
- ・ 2018年7月12日に、ONGの出張授業として、芝浦工業大学柏高等学校にて、「研究活動とは？～課題設定から研究遂行・成果発表まで～」に関する講義を行った。
- ・ 2019年2月26日～3月1日の柏キャンパスサイエンスキャンプに参加するとともに、生研コースの取りまとめを行った。

1.5 巻研究室

1.5.1 研究室の研究概要

複数の自律海中プラットフォームの連携をキーワードに、プラットフォーム技術、ナビゲーション技術、データ処理手法という3側面から研究開発に取り組んでいる。本年度は複数AUVの協調観測（マルチAUV）、海底ステーションを基地とするAUVの長期展開（レジデントAUV）の技術開発に取り組んだほか、低コスト高速AUVの研究開発において大きな進展があった。

データ処理手法の工夫により、低コストなセンサによって複雑な観測行動を実現するため、スキャニングソナーによる海底地形追従手法の研究開発を進めている。本手法を実装したAUV HATTORI、および本ビークルの技術を基に民間企業との共同研究によって開発したAUV HATTORI 2により、石垣島周辺のサンゴ礁の3次元画像マッピングに成功した。また、本手法を応用して南極の棚氷、海氷下探索用のAUV MONACAのハードウェア設計および製作を行った。

また、遊泳生物の観測システムに関する研究開発でも大きな進展があった。2018年11月に閉じた海域で行われた試験において、マルチビームソナーと機械学習に基づくウミガメの探知追跡アルゴリズムを搭載したAUV HATTORIにより、自然状態のウミガメを約270秒間全自動で追跡することに成功した。

1.5.2 研究室の構成

(1) 研究室所属者氏名と肩書き（他大学の指導を含む）

巻 俊宏	准教授	
坂巻 隆	技術専門員	
松田 匠未	特任研究員	
増田 殊大	特任研究員	
山縣 広和	特任研究員	
岩本 聖奈子	事務補佐員	
大熊 健児	技術補佐員	
小林 亮介	海洋技術環境学専攻	博士課程3年
野口 侑要	海洋技術環境学専攻	博士課程1年
西村 崇之	海洋技術環境学専攻	修士課程2年
堀本 大洋	海洋技術環境学専攻	修士課程2年
濱松 祐矢	海洋技術環境学専攻	修士課程1年
藤田 健一	海洋技術環境学専攻	修士課程1年
谷田貝 浩也	海洋技術環境学専攻	修士課程1年

(2) 特殊な施設名とその仕様

a) Tri-TON (トライトン)

2011年に完成した最大深度800mのホバリング型AUV。トライドッグの後継機であることからこの名が付いた。全長1.4m、空中重量230kg。海底熱水地帯のような複雑な環境を精密観測できるように、カメラとシートレーザ、フラッシュからなる撮影装置を前方と下方に向けてそれぞれ備えている。また、音響測位・通信装置 (Acoustic Localization and Communication, ALOC) により、海底ステーションや他のAUVとの相対測位や情報共有が可能である。

b) Tri-TON 2 (トライトン ツー)

Tri-TONの大深度対応型として2013年に完成したホバリング型AUV。日本周辺の主要な海底熱水地帯へ展開できるよう、最大2,000mまで潜ることができる。ALOCにより、トライトンやトライドッグ1号、海底ステーションとの相対測位や情報共有が可能。DVL (ドップラー式対地速度計) に加えて高性能な慣性航法装置を備えており、外部支援無しでも画像マッピング等の高い位置精度を求められる調査ができる。

c) Tri-Dog 1 (トライドッグ ワン)

1999年に浦研究室 (当時) で開発された最大深度110mのホバリング型AUV。釜石湾口防波堤 (2002年～)、鹿児島湾 (2007年～) 等での海域試験をこなしつつ、ホバリング型AUVの観測行動に関する研究を支えてきた。現在は複数AUVの連携による広域観測手法の研究開発に用いられている。2018年度にソフトウェアをROS (Robot Operating System) に移行した。

d) 海底ステーション

AUVの観測支援用に、海底に設置するステーション。ALOCを備えており、ALOCを持つ他のAUVと相互通信・測位を行うことができる。これにより、AUVはステーションを基準としてリアルタイムに高精度な相対測位を行うことができる。スタンドアロンで約5日間の運用が可能である。小型軽量なA型、AUVのドッキング機構を備えたB型、海底での姿勢制御機能を備えたC型という3形態があり、用途に応じて組み替える。化学パラメータの定点観測にも利用される。A型により、AUVのドッキングおよび非接触給電試験が行われている。

e) HATTORI (ハットリ)

クレーン無しで運用可能な小型軽量のクルーズ型AUV。名前はHighly Agile Terrain Tracker for Ocean Research and Investigationより。汎用パーツやROS (Robot Operating System) の採用により、低コストで使いやすいAUVを目指して開発中。スキャニングソーナーを用いたアルゴリズムにより、海底を高速かつ低高度で追従することができる。

f) HATTORI 2 (ハットリ ツー)

HATTORI をベースとして株式会社 FullDepth と共同開発した AUV。クレーン無しで運用できるサイズに抑えつつ、実用機としての頑丈さとメンテナンス性を備えている。2018年11月に石垣島の石西礁湖へ展開し、サンゴ礁の画像マッピングに成功した。最大深度は300m。

1.5.3 研究課題の説明

a) レジデント AUV

海底ステーションとの連携により、人の支援を受けずに海底に長期展開可能な AUV システムの研究開発を行っている。特に海底での詳細観測に適したホバリング型 AUV を対象とし、全自動でのドッキング手法、海中での非接触充電手法を開発し、最終的には実際の AUV と海底ステーションを実海域に展開することを目指している。本年度は昨年度までの試験結果を踏まえ、ドッキング機構および非接触充電装置の改良に取り組んだ。そして、沿岸域にト Tri-TON 2 と海底ステーションを展開し、実環境におけるフェージビリティを確認した。

b) マルチ AUV

複数の AUV が相互に連携して同時に観測することで、広範囲を効率的に観測することができる。本研究では複数の AUV (自律型海中ロボット) がリアルタイムに相互の位置関係を確認し、また情報を交換することで、調査船の支援を受けずに広範囲を高い位置精度を保ったまま行動するための手法を開発する。本年度は鹿児島湾および内浦湾に Tri-Dog 1, Tri-TON, Tri-TON 2 を展開し、相互の音響測位による相対測位手法、フォーメーション制御手法に関する試験を実施した。また、複数 AUV 運用のための、ROS による汎用ソフトウェアの開発を推進した。

c) 低コスト高速 AUV

従来よりも小型かつ低コストな海底観測向け AUV を開発する。スキャニングソナーを中心とするセンサフュージョンによって海底地形を確率的に推定し、画像観測に適した高度で追従する手法を開発する。今年度は株式会社 FullDepth との共同研究によって AUV HATTORI 2 を開発し、2018年11月に石垣島の石西礁湖へ展開し、サンゴ礁の画像マッピングに成功した。また、水産業への応用を見据え、ウニが異常繁殖して海藻が食べつくされてしまう「磯焼け」対策のため、海底のウニを自動的にマッピングするアルゴリズムの開発を行った。

d) 極域探査

南極は熱、物質のリザーバとして地球全体に大きな影響力を持つが、氷に閉ざされているため調査が進んでいない。本研究では、南極の棚氷、海氷下の海底地形や氷の形状、水質等

の計測に活用できる AUV の研究開発を行う。HATTORI に導入したアルゴリズムを改良して、スキャニングソーナーにより海底や氷を一定高度で追従させる。本年度は国内外の極域探査 AUV に関する情報収集を進めるとともに、実証機 MONACA のハードウェアの設計、製作を行った。

e) 遊泳生物の観測システム

AUV により大型遊泳生物（ウミガメ、サメ、クジラ等）を全自動で探知・追跡する手法を開発する。生物にあらかじめタグを取り付けず、センサフュージョンや機械学習アルゴリズムの応用により AUV の持つ可視光や超音波センサのみで探知する。これにより従来のバイオロギングの課題であった生物へのタグ付けや取り外しを必要とせず、また当該生物の挙動を外部から連続的に観測できるため、生態学の強力なツールになると期待される。ウミガメを当面の目標とし、今年度はマルチビームイメージングソーナーの計測結果から機械学習によってウミガメを探知する手法を開発した。水族館や浅海域で得られたデータを用いて学習した結果、HATTORI によって自然状態のウミガメを約 270 秒間追跡することに成功した。

海底設置型の装置によって深海ザメの探知およびバイオペシーを行うシステムの開発を進めている。この一環としてテレビ朝日映像（株）と共同開発した深海カメラにより、駿河湾の水深 600m の海底において最大級の深海ザメであるオンデンザメの撮影に成功した。また、和歌山県和歌山市加太地区において、地元漁協と連携して海中観測システムの開発に着手した。AUV の適用可能性を検討するために水中カメラを試作し、2018 年 2 月より現地試験を開始した。

f) UAV の先進的ナビゲーション手法

洋上や農場といった強風環境において UAV（自律型飛行ロボット）を運用するための手法として、風向風速のリアルタイム高精度センシングによる強風下での安定した飛行手法の研究開発を行っている。今年度は、UAV にピトー管をとりつけ、他のセンサ情報と組み合わせる手法について、海域試験により性能検証を行った。

1.5.4 主要研究 Fund

- ・科学研究費：新学術領域（2017-21）「熱・水・物質の巨大リザーバ：全球環境変動を駆動する南大洋・南極氷床」 代表：川村賢二（国立極地研究所）
- ・寄附金：生産技術研究奨励会 特定研究奨励助成（大型長期研究助成）（2017-21）「ピーカンナツによる我が国の農業再生及び地方創生に関する研究」 代表：沖一雄、巻俊宏
- ・科学研究費：基盤研究 B（2018-20）「高性能 AUV を核とした AUV ネットワークによる海底の協調探査手法」 代表：松田匠未
- ・科学研究費：挑戦的研究（開拓）（2017-20）「海底の広域かつ詳細な観測を実現する次世

代型 AUV」 代表：巻俊宏

- ・科学研究費：研究活動スタート支援（2018-19）「自律型水中ロボット教材による STEM 教育活動の教育効果測定」 代表：山縣広和
- ・共同研究：五洋建設株式会社（2018-19）「水中施工機械の誘導・接合方法の構築と実機による検証」 代表：巻俊宏
- ・受託研究：海上技術安全研究所（2018）「AUV 間相互測位・通信用 ROS ソフトウェアの開発」 代表：巻俊宏
- ・寄付金：（一財）港湾空港総合技術センター 研究開発助成（2018）「自律型水中ロボットと海底ステーションによる水中構造物の全自動・長期モニタリングシステム(その 3)」 代表：松田匠未
- ・所内措置研究費：千葉実験所推進研究（2017-18）「生物追跡ロボティクス」 代表：巻俊宏
- ・共同研究：株式会社 FullDepth（2017-18）「海洋調査の完全な洋上無人化を実現する調査ソリューションの開発」 代表：巻俊宏
- ・科学研究費：基盤研究 A（2016-18）「海底センサネットワークとの連携による AUV の長期広域展開手法」 代表：巻俊宏
- ・科学研究費：基盤研究 B（2016-18）「深海トップ・プレデター研究のための全自動 in situ バイオプシーシステムの開発」 代表：藤原義弘（海洋研究開発機構）

1.5.5 研究業績

(1) 論文や投稿記事の一覧【代表論文、記事のあとに*を付ける】

- ・巻俊宏, 自律型海中ロボット 一魚のごとくー, 人工知能, 34(2), 222-227 (2019.3)
- ・巻俊宏, 水中ロボットの測位の話, 研究者発の海の話, 東京大学海洋アライアンス (2019.3)
- ・T. Maki, Y. Noguchi, Y. Kuranaga, K. Masuda, T. Sakamaki, M. Humblet, and Y. Furushima, Low-altitude and High-speed Terrain Tracking Method for Lightweight AUVs, Journal of Robotics and Mechatronics, 30(6), 971-979 (2018.12) *
- ・H. Yamagata, T. Maki, Underwater Robot Convention in JAMSTEC 2018 - from an Educational Perspective, IEEE OES Beacon Newsletter, 7(4), 68-72 (2018.12)
- ・巻俊宏, AUV: 自律型海中ロボット, 日本機械学会誌, 121(1199), 24-27 (2018.10) *
- ・T. Matsuda, T. Maki, Y. Sato, and T. Sakamaki, Experimental Evaluation of Accuracy and Efficiency of Alternating Landmark Navigation by Multiple AUVs, IEEE Journal of Oceanic Engineering, 43(2), 288-310 (2018.4) *

(2) 国際会議発表

- H. Yamagata, T. Maki, H. Yoshida, Y. Ohta, Y. Nogi, Design of the Variable and Compact AUV “MONACA” for Antarctic Survey, The 1st GRAntarctic International Symposium and the 9th Symposium on Polar Science, Tokyo, (2018.12)
- P. King et al., Deploying an AUV beneath the Sørsdal Ice Shelf: Recommendations from an expert-panel workshop, 2018 IEEE OES Autonomous Underwater Vehicle Symposium, Porto, (2018.11)
- T. Matsuda, T. Maki, K. Masuda, T. Sakamaki, K. Ohkuma, Port Experiments of the Docking and Charging System Using an AUV and a Seafloor Station, 2018 IEEE OES Autonomous Underwater Vehicle Symposium, Porto, (2018.11)
- H. Horimoto, T. Maki, K. Kofuji, T. Ishihara, Autonomous Sea Turtle Detection Using Multi-beam Imaging Sonar: Toward Autonomous Tracking, 2018 IEEE OES Autonomous Underwater Vehicle Symposium, Porto, (2018.11) poster
- K. Fujita, T. Maki, Momonga-like AUV -AUV with a variable wing-, 2018 IEEE OES Autonomous Underwater Vehicle Symposium, Porto, (2018.11) poster
- A. Yamaki, T. Yamamoto, T. Furukawa, H. Miyake, T. Shimura, T. Maki, Y. Koyano, A. Sasaki, The Exhibition, Research and Education of Lamellibrachia satsuma In the Kagoshima City Aquarium, 10th International Aquarium Congress 2018 Fukushima Japan, Fukushima, (2018.11) poster
- Y. Noguchi, Quaternion-based Attitude Control of a Low-cost AUV, The 5th UTokyo-SJTU-KAIST Joint Academic Symposium, Chiba, (2018.9)
- S. Sandøy, T. Matsuda, T. Maki, I. Schjølberg, Rao-Blackwellized Particle Filter with grid-mapping for AUV SLAM using Forward-Looking Sonar, OCEANS’ 18 MTS/IEEE Kobe / Techno-Ocean 2018, Kobe, (2018.5)
- T. Matsuda, T. Maki, T. Sakamaki, Multiple AUV Navigation Based on a Single High-performance AUV for Accurate and Efficient Seafloor Survey: Sea Experiments with 3 AUVs, OCEANS’ 18 MTS/IEEE Kobe / Techno-Ocean 2018, Kobe, (2018.5)
- T. Maki, H. Yoshida, Y. Ota, Y. Noguchi, Y. Nogi, Toward under ice exploration using a high-mobility lightweight AUV, JpGU 2018, Chiba, (2018.5)

(3) 国内学会発表

- 山縣広和, 巻俊宏, 直観的な学習を目的とした水中ロボット教材の ロボットコンテストにおける効果検証, 日本STEM教育学会 第1回年次大会, R13, 東京, (2018.10)
- 松田匠未, 巻俊宏, 坂巻隆, 高性能 AUV を核とした AUV 群の測位手法 -海底熱水地帯における複数 AUV の展開-, 第36回日本ロボット学会学術講演会, 春日井, (2018.9)

- ・巻俊宏, 山田大介, 増田殊大, 坂巻隆, マルチコプター型 UAV による風向風速計測手法の開発 -機体姿勢およびピトー管による手法の検討-, ロボティクス・メカトロニクス講演会' 18, 1A1-B12, 北九州, (2018.6) poster
- ・堀本大洋, 巻俊宏, 小藤一弥, マルチビームソナーを用いた AUV のための遊泳生物検出手法 -水槽環境でのカメ検出試験-, ロボティクス・メカトロニクス講演会' 18, 2P1-A08, 北九州, (2018.6) poster
- ・野口侑要, 堀本大洋, 巻俊宏, 低コスト高速 AUV の3次元姿勢制御, ロボティクス・メカトロニクス講演会' 18, 2P2-B11, 北九州, (2018.6) poster
- ・松田匠未, 瀧澤亮太, 坂巻隆, 巻俊宏, 海流に正対する方位制御手法および着底の安定性判定手法の開発 -ホバリング型 AUV の安定した着底を目指して-, ロボティクス・メカトロニクス講演会' 18, 2P2-C12, 北九州, (2018.6) poster
- ・増田殊大, 巻俊宏, 松田匠未, AUV 向け海中非接触充電装置の開発及び海域試験, ロボティクス・メカトロニクス講演会' 18, 2P2-D07, 北九州, (2018.6) poster

(4) 新聞・雑誌・テレビ・ラジオ等、メディアに取り上げられたものの一覧

- ・2019/3/17, 未来の起源, TBS
- ・2018/12/8, 4K アドベンチャー 日本列島 奇跡の海を行く 第一夜/富士山と立山が育む豊かな深海, BS 朝日
- ・2018/12/4, 駿河湾の超巨大ザメ、4K での撮影成功 謎の生態に一步近づく, ORICON NEWS
- *
 - ・2018/12/3, 東大、自律海中ロボ開発 深度 300m 対応・漁船運用可能, 日刊工業新聞*
 - ・2018/11/1, ロボコン OB・OG の履歴書 第 17 回 山縣広和さん, ロボコンマガジン, 120, 60-61
 - ・2018/7/27, 海中ロボをワイヤレス給電 東大、長期の自律稼働実現, 日刊工業新聞*
 - ・2018/7/6, 研究開発助成 成果 6 件の報告 SCOPE, 建設通信新聞(朝刊)2 面

1.5.6 学会等の活動

(1) 国際国内シンポジウム等の主催

【国際】

- ・巻俊宏, Publications & Publicity Committee Co-Chair, OCEANS' 18 MTS/IEEE Kobe / Techno-Ocean 2018

【国内】

- ・巻俊宏, 日本船舶海洋工学会 平成 30 年秋季講演会, 実行委員
- ・巻俊宏, 日本水中ロボネット 水中ロボコン in JAMSTEC' 18, 実行委員長

(2) 招待講演（招待側組織名、講演題目、日時）

- ・ 巻俊宏, 小型無人プラットフォームによる海洋環境計測, CSIS シンポジウム 2018 - ドローンを利用したフィールドサイエンス最前線 -, 東京 (2018. 11. 17)
- ・ 巻俊宏, 海中で活躍するロボット技術の最新動向と今後の展望, 日本ロボット学会 第116回ロボット工学セミナー, 東京 (2018. 10. 31)
- ・ 野口侑要, パネルディスカッション: 海中ロボット大衆化時代の水産と工学の連携, 第62回海中海底工学フォーラム, 千葉 (2018. 10. 19)
- ・ 巻俊宏, 自律型海中ロボット (AUV) の開発, SUBSEA TECH JAPAN 2018 併催セミナー, 東京 (2018. 9. 26)
- ・ T. Maki, Autonomous Underwater Platform Systems, The 5th UTokyo-SJTU-KAIST Joint Academic Symposium, Chiba, (2018. 9. 21)
- ・ 巻俊宏, NomadAUV : 海底ケーブルネットワークを基地とする AUV システムの実現に向けて, ワークショップ: 海底ケーブルの科学利用と関連技術に関する将来展望, 東京 (2018. 9. 19)
- ・ 巻俊宏, 海中ロボットの最新動向, 第33回技術連講演会, 茨城 (2018. 9. 5)
- ・ 巻俊宏, AUV の最新事情, 海洋開発利用システム実現学寄付講座 第51回セミナー, 千葉 (2018. 6. 27)

(3) 特筆すべき学会等の活動

【学会誌編集活動】

- ・ 巻俊宏, Editor, Electronic Newsletter, IEEE Oceanic Engineering Society
- ・ 巻俊宏, Associate Editor, Journal of Oceanic Engineering, IEEE Oceanic Engineering Society
- ・ 巻俊宏, 海洋調査技術学会, 海洋調査技術 編集委員

【学協会での役職】

- ・ 巻俊宏, 食料生産技術特別研究会, 代表幹事
- ・ 巻俊宏, Secretary, IEEE/OES Japan Chapter
- ・ 巻俊宏, 日本水中ロボネット, 理事

【省庁の委員会・審議会等】

- ・ 巻俊宏, J-DeEP 技術研究組合 「AUV の運用に関する要件等のガイドライン化に関する検討委員会(仮称)」 委員

1.5.7 その他特筆すべき事項

(1) 航海・調査活動

第1章 各研究室の研究概要

- ・南星丸航海 (2018/6/23-25, 鹿児島大学 南星丸, 鹿児島湾奥, 主席研究員: 山本智子 (鹿児島大学)): 鹿児島湾奥に Tri-TON ならびに Tri-TON 2 を展開し、相互音響測位によるナビゲーション手法の実証試験を実施した。また、ROV によりサツマハオリムシの観測を行った。
- ・新青丸航海 (2018/8/30-9/8, JAMSTEC 新青丸 KS-18-11 次研究航海, 三陸沖, 主席研究員: 佐藤克文 (大気海洋研究所)): UAV による風向風速のリアルタイムセンシング手法を開発するため、データ取得試験を実施した。風速センサを搭載した UAV を船上から飛行させ、水面直上から 30m 程度の範囲でマニュアル操作で飛行させ、データを取得した。また、ウミガメおよびその採餌生物を観測するため、小型 ROV を展開した。

(2) アウトリーチ活動

- ・東京大学海洋アライアンス出前授業「海を拓く海中ロボット」の実施: 巻俊宏准教授が以下の講義を実施した。
 - ・松尾・大平学童クラブ (2018/7/23)
 - ・学校法人武南学園 武南中学高等学校 (2018/7/26)
 - ・神奈川県横浜市立南高等学校附属中学校 (2018/8/1)
- ・ONG 依頼出張授業の実施: 巻俊宏准教授が以下の講義を実施した。
 - ・広尾学園中学校高等学校 (2018/7/17)
- ・展示会等への出展: 以下の学会もしくは展示会において海中ロボット等の展示を行った。
 - ・JpGU2018, 幕張メッセ (2018/5/20-24)
 - ・OCEANS' 18 MTS/IEEE Kobe / Techno-Ocean 2018, 神戸国際展示場 (2018/5/28-31)
 - ・東京大学生産技術研究所 70 周年記念展示「もしかする未来 工学×デザイン」, 国立新美術館 (2018/12/1-9)
 - ・海と産業革新コンベンション (うみコン 2019), 大さん橋ホール (2019/2/20-21)

1.6 ソーントン研究室

1.6.1 研究室の研究概要

本研究室は、光を用いた新たなセンシングの基礎を構築し、海底や人工構造物を視覚的に捉え、含まれる化学成分をその場で知ることができる技術を開発している。これらのセンサーを使うには、搭載する海中ロボットの行動の高度化、さらに、取得するデータは豊富であるため、そこから効率的に情報を抽出する必要がある。これらの一連を、海底資源・生物の分布、汚染調査や構造物の健全性を可視化、解析、解釈し、社会のニーズや、化学的好奇心に答えることを目指している。今年度は、イギリス・サウスハンプトン大学、アメリカ・Google社の元COEが立ち上げたSchmidt Ocean Institute、アメリカ・XPrize財団のShell Ocean Discovery Xprizeとの国際的な調査を実施し、新たなプロジェクトを立ち上げた。また、産学連携に関して、委託事業によってJOGMECの国家資源調査を本研究室と民間調査会社と共同実施した。

1.6.2 研究室の構成

(1) 研究室所属者氏名と肩書き（他大学の指導を含む）

Blair Thornton	准教授（サウスハンプトン大学准教授）
高橋 朋子	特任助教
杉松 治美	特任研究員
Mehul Sangekar	特任研究員
Umesh Neettiyath	特任研究員
長野 和則	特任研究員
下村 香理	学術支援専門職員（～2018年10月30日）
水口 恵	学術支援専門職員（2018年11月～）
西田 祐也	協力研究員
小原 敬史	シニア協力員
小池 哲	民間等協力研究員
Adrian Bodenmann	国際協力研究員（2017年11月1日～2018年10月30日）

(2) 特殊な施設名とその仕様

1) seaXerocks 3

本装置は、10m程度の高い高度から海底の3D画像マッピングを行う装置である。高感度なカメラ、長いベースラインを用いたラインレーザとフラッシュ光源を用いることによって、数mmの分解能で海底の地形と色情報を計測する。ピクセル単位でバシメトリー情報の位置での色情報を加えるアルゴリズムを使って海底の画像を3Dで再現することが可能である。10mの高度から撮影することにより、一度に13m程度の幅での計測が可能であり、従来のマッピング装置より10倍程広い面積をマッピングすることができる。3世代目の装置は

耐圧深度 3,000m、大深度仕様 (Unagi) は、耐圧深度 6,000m である。

2) 現場型 LIBS 装置 ChemiCam D

本装置は、2 世代目のレーザー誘起破壊分光法を用いて海水の成分を現場分析する装置である。計測するターゲットに特殊なロングパルス (30mJ, 150ns) を照射して物質にプラズマを起こし、これを分光分析することによって含まれている物理元素を検出することが可能である。装置は一体型であり、計測対象は液体中の要存金属イオンであり、3000m まで適応可能である。検出限界は元素によって 10 から 100 μ mol/L 程度である。

3) 現場型 LIBS 装置 ChemiCam F

本装置は、2 世代目のレーザー誘起破壊分光法を用いて海底鉱物の成分を現場分析する装置である。計測するターゲットに特殊なロングパルス (30mJ, 150ns) を照射して物質にプラズマを起こし、これを分光分析することによって含まれている物理元素を検出することが可能である。装置は計測部と光ファイバーの先にあるプローブ部から構成されており、計測対象は鉱物に含まれる金属イオンである。3000m まで適応可能であり、検出限界は元素によって 0.1 から 1% 程度である。

4) 現場型レーザーラマン 装置

本装置は、レーザーラマン散乱を用いて鉱物や液体に溶けたガス成分を現場分析する装置である。計測するターゲットに 200mW, 532nm のレーザーを照射し、散乱光を分光分析することによって含まれている分子の検出が可能である。装置は計測部と光ファイバーの先にあるプローブ部から構成されており、2000m まで適応可能である。

5) 放射線計測装置 GB3 x 2

全長 50cm の放射線計測措置。重量は 10kg, 耐圧深度は 3000m である。検出限界は 10Bq/kg 程であり、海水・海底土のガンマ線を計測することが可能である。

6) BOSS-A (BOttom Skimmer System - A type)

本自律型海中ロボットは、日本近海の深海底に賦存するコバルト・リッチ・クラスト (CRC) の賦存量を高精度計測するため 2013 年 3 月に建造された。搭載する音響厚さ計測装置により、海底面を 2m の定高度で移動しながら CRC の厚さを連続計測する。ロボット底面には海底斜面に合わせて音波を垂直にあてるジンバル機構を有している。広いペイロードスペースに、3D 画像マッピング装置を搭載しており、海底面の起伏や底質などの状況を視覚的に把握することができるため、CRC の分布状況を総合的に把握できる。耐圧深度は 3,000m である。

7) TUNA-SAND クラス AUV TUNA-SAND および TUNA-SAND2

科学調査や遺失物調査のプラットフォームとして研究開発された小型ホバリングタイプの自律型水中ロボット。「TUNA-SAND」は2007年3月に進水した1,500m仕様の画像観測用実用機。「TUNA-SAND2」は、「TUNA-SAND」をより進化させたものとして2015年度に建造された耐深度2,000mのロボット。画像ベースにより対象を特定してサンプリングを行う機能を有し、また、研究室で開発した低高度3次元画像マッピングシステムを搭載する。サンプリング機能の向上に向けた研究を継続して進めており、2018年3月、清水沖の試験において、80~120mの海域で貝のサンプリングに成功した。

TUNA-SAND クラスロボットは、熱水地帯の海洋底調査、生物分布調査などに用いられており、瀬底のサンゴ礁の時空間モニタリングのため、海底面の3Dマッピングを行った(2016年~2018年)。

8) AE2000a&f

航行型中型自律型海中ロボット「r2D4」の後継機として、海底ケーブルトラッキングを主目的として開発されたAE2000(アクアエクスプローラ2000)のハードウェアおよびソフトウェアを改造し、海洋底の観測活動に不可欠な高度自律性能を実現し、本研究室で提案しているマルチレゾリューションな観測に必要なセンサを搭載し、AE2000a(インターフェロメトリソーナー)およびAE2000f(seaXerocks)と名付けた。AE2000aは高度50m程度、AE2000fは高度10m程度で海洋底を調査する。Shell Ocean Xprizeの国際AUVコンペに参加するTeam KUROSHIO(東大生研・JAMSTEC・海技研等の若手で構成)のRound1技術評価試験(本所水槽使用)用実機として用いられるなど幅広く海洋底観測に用いられている。

9) 曳航式放射線計測装置 RESQ hose x 4

本装置は、海底土放射濃度を連続的に計測する装置である。全長8mの曳航式の放射線計測装置である、重量は135kg、耐圧深度は500mである。計測の対象は、海底土に含まれた ^{137}Cs 、 ^{134}Cs と自然放射性物質である ^{40}K の濃度をBq/kg wetで計測する。検出限界は10Bq/kg程度である。装置は、ワイヤを使って船から曳航し、底底面と接触した状態で曳航することによって、測線上に連続的なデータを計測する。運用は、ウィンチ付きの船(5トン以上)を用い、曳航速度は2knotとし、1日で40km程度の水底放射能の分布を計測することが可能である。原子力規制庁プロジェクトなどで、これまで1600km以上の海底土のセシウム分布の調査に成功した。

10) 小型曳航式放射線計測装置 RESQ hose mini x 1

本装置は、水底土放射濃度を連続的に計測する装置である。全長4mの曳航式の放射線計測装置である、重量は80kg、耐圧深度は500mである。RESQ hoseと同じく、水底土に含まれた ^{137}Cs 、 ^{134}Cs と自然放射性物質である ^{40}K の濃度をBq/kg wetで計測するが、コンパクト

であるため、沼、川底や湖の調査が可能である。検出限界は 10Bq/kg 程である。装置は、ワイヤを使って船から曳航し、水底面と接触した状態で曳航することによって、測線上に連続的なデータを計測する。運用は、90kg 以上のボートを用い、曳航速度は 2knot とし、仕様深度は 500m までである。1 日で 40km 程度の水底放射能の分布を計測することが可能である。

1.6.3 研究課題の説明

1) 3D 画像計測によるマッピング技術

海底資源、生物や人工物の調査では、広範囲の海底面を高いレゾリューションで視覚的に捉える必要がある。しかしながら、海底環境は均一ではないため、広い範囲を調査するには、マルチレゾリユショナルな手法が必要である。本研究では、詳細な情報を必要とする場所を集中的に調査できるよう、データの自動解析方法、マルチレゾリユショナルな海中ロボットの行動などに関する研究を実施している。また、取得したデータから情報を抽出するためのデータベース化と自動解析に関する研究を行なっている。

今年度は、Google 社の元 COE が立ち上げた海洋調査組織 Schmidt Ocean Institute の国際航海公募課題として採択された #AdaptiveRobotics 航海 (2018 年 7 月 31 日～8 月 16 日) を実施した。本研究室を中心に日本、イギリス、スペイン、オーストラリアから参加した研究チームが、複数台の海中ロボット (本研究室開発ロボット Tuna Sand, Tuna Sand 2, Ae2000f) をアメリカ西海岸沖のメタンハイドレート地帯に展開した。合計 11 ha を超える世界でもっとも広い海底の画像マッピングデータを取得し、調査期間中において教師なし機械学習によるデータの自動解析から航海中に調査域を絞り込み、海中ロボットに搭載したレーザ分光化学センサーによる間隙水成分の測定や、より詳細な画像マッピングを実施した。調査したハイドレート地帯およびそこに設置された海底観測ケーブルネットワークの環境に関して新たな知見が得られることが期待される。第 62 回中海海底工学フォーラム (2018 年 10 月 19 日) において、SOI から研究担当を招聘し財団の活動を紹介、イギリス・Royal Society とアメリカ・Oceanology International において、航海の成果についてソーントン准教授が招待講演を行った。

また、沖縄瀬底サンゴ礁のハビタットマッピングにおいては、今年度は Daiwa の日英国際コラボレーション (本学とイギリス・サウスハンプトン大学) と、JST による瀬底フィールド調査においては、台風が直撃した 2 日後にサンゴ礁を調査した (2018 年 10 月 2 日)。本調査では、2016 年と 2017 年に引き続き、30m 以深のサンゴ礁の 3D 画像マッピングを複数年度実施してきた。時空間モニタリングにより生物分布とその要因に関するデータを取得し、特に台風などの影響を受けるサンゴの深場レフュジア仮説 (Deep reef refugia Hypothesis) 検証に向けたデータ取得に成功した。

これらの調査のデータが、サイエンス、また機械学習の教師データとして容易に用いられるよう、オープンな海底画像データベース <http://130.211.155.120/geodata/explore#map>

を構築している。

2) 小型海洋レーザセンシング技術

本研究では、今までサンプリングによって調べることはできなかった、海底鉱物や、浮遊粒子に含まれる成分を、現場でリアルタイムに検出することができる、レーザセンシング手法の研究を行なっている。特に粒子のセンシングに関しては、1リットルにマイクロオーダーの粒子が複数個しか存在しないものの、世界規模の化学循環に大きな役割を果たしていることが知られている。2018年度は、昨年度に引き続き、本研究室が開発したレーザラマン分光装置およびホログラフィックカメラ(eHoloCAM: アバディーン大学開発)の実海域試験において、観測対象である粒子、熱水等が計測可能であることを実証した。レーザラマン分光装置は、SOI 財団のFK180731 国際航海において、AUV で事前にマッピングを行い絞り込んだ調査エリアにおいて、ROV に搭載したラマン分光分析装置と温度計を同時運用して間隙水成分のプロファイル測定を実施した。得られたデータから温度との相関を分析した。また、同航海で取得した海底画像と合わせることで、温度・ SO_4^{2-} 成分濃度の面的な変化を評価することに成功した。ホログラフィックカメラについては、KM18-07C 航海において、Deep Tow に搭載して計測を実施、水深約1600mの地点において、複数種のプランクトンの撮影に成功した。結果はアバディーン大学と共同で解析中である。

2018年度からは、上記ホログラフィックカメラ(eHoloCAM)とラマン分光装置を統合利用した深海粒子の長期化学計測カメラ RamaCam の開発を行う JST の日英の戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)が始まり、アバディーン大学、サウスハンプトン大学および海洋研究開発機構らと連携しながら各装置の試験器を開発し、粒子の解析手法の開発を進めている。また、2019年2月にアメリカ・NASA が本研究室が開発した深海レーザ有機破壊分光、ラマン分光をベースとした、地球外生命及び熱水活動を調査する技術の開発を目指したプロジェクトをNASAのJet propulsion laboratory、及びSeti Institute と共同で新たに立ち上げた。

3) 資源調査

社会のニーズに応えるべく、本研究室では開発した技術の民間移転にも積極的に取り組んでおり、文部科学省の「海洋資源の利用促進に向けた基盤ツール開発プログラム」においてコバルトリッチクラスト(クラスト)賦存量の計測を目的として平成20年度から開発してきた3次元画像マッピング装置とクラストの厚み計測装置を搭載した複数AUVを用いた大規模な実用調査を、2018年11月、JOGMECの委託により民間企業と共同して拓洋第5海山において実施、面積にして1平方キロメートルにおよぶ世界初の大規模な海底調査を短期間のうちに達成した。本調査では、AE2000f(高高度3D画像マッピング)およびBOSS-A(マンガンクラストの厚さ計測)で実施した。複数ロボットにより、海底面の連続的な3次元画像マッピングを、段階的に高度を変えて行うことで、海底の形状、底質、クラスト被覆状

態、棲息生物などの情報に関する多元的な詳細データを短時間で効率的に取得、データ量は、面積にして約1平方キロメートルにおよぶ。

4) 汚染調査

福島第1原子力発電所事故により大量の放射性物質が放出され、この一部は海底土壌中に留まっている。本研究においては、小型船から海底に曳航式のガンマ線計測装置を降ろし海底面上で曳航することにより、連続的にガンマ線の分布を計測するシステムを開発し、これを用いた海底土の連続的放射性セシウムの調査手法を確立した。2018年度は、原子力規制庁の委託事業において、RESQホースによる福島沖曳航調査の曳航式スペクトロメータ測定結果を回収しスペクトルデータの解析を行うとともにRESQホースの整備を行った。また、福島県沖曳航調査で取得するデータおよび他機関が取得したデータの解析結果について、地理情報システムの整備および図示を行った。

1.6.4 主要研究 Fund

上記研究活動は、大学運営交付金の他、以下の外部資金等により支えられている。

- a) 科学技術振興機構 CREST : H31 : 海洋生体系の酸性化応答評価のための微量連続炭酸系計測システムの開発 (研究代表者: 茅根 創) : における研究分担者 (生物サンプリング (ロボットセンシング機能強化))
- b) 原子力規制庁 : H30 年度放射性物質測定調査委託費 : H30 年度福島県沿岸海域における放射性核種の蓄積状況等に関する調査 : 研究分担者 (研究総括)
- c) 戦略的イノベーションプログラム (SIP) : 次世代海洋資源調査技術 : 生態系の実態調査と長期監視技術の開発に関する現場分析システム開発 : (研究分担者)
- d) 戦略的イノベーションプログラム (SIP) : H27~30 : 「潜頭性熱水鉱床の規模・品位探査に資する物理化学・生物観測技術の創出」 : (研究協力者)
- e) 科学研究費基盤 A : H30-H32 : 「レーザ分光を用いた海中浮遊粒子の現場計測の技術基盤に関する研究」 : 研究代表者
- f) 科学研究費基盤研究 B : H28-30 : 「現場型海底鉱石品位計測法を用いた鉱石粒子選別システムの基盤的技術の開発」 : (研究分担者)
- g) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) : H30 年度海洋鉱物資源調査に係わる小針とリッチクラスト賦存状況調査 : (業務責任者)
- h) KDDI 総合研究所 : アジア域におけるカワイルカの生態観測 : (研究分担者)
- i) 日英共同研究 NERC-JST SICORP : ホログラフィックカメラとラマン分光分析を統合利用した、深海粒子の長期化学計測カメラ「RamaCam」の開発 : (研究分担者)
- j) NASA : INVADER—地球外生命及び熱水活動を調査する技術の開発 : (研究国際協力者)

1.6.5 研究業績

(1) 論文や投稿記事の一覧【代表論文、記事のあとに*を付ける】

1) 論文（査読付き）5件

- Thornton B., Sizing drop weights for deep diving submersibles taking into account non-uniform seawater density profiles, IEEE Journal of Oceanic Engineering (2019) *
- Yelameli, M., Thornton, B., Takahashi, T., Weerkoon, T. & Ishii, K., Classification and statistical analysis of hydrothermal seafloor rocks measured underwater using laser-induced breakdown spectroscopy, Journal of Chemometrics (2018) e3092
- Maruyama, T., Takahashi, T., Watsuji, T., Kayama-Watanabe, H., Nagai, Y., Fujiwara, Y., Toyofuku, T., Nemoto, S., Koyano, Y. & Thornton, B., In situ vital staining for chasing the galatheid crab *Shinkaia crosnieri* on deep-sea floor, JAMSTEC Report of Research and Development 27 (2018) 87-97
- Takahashi, T., Thornton, B., Sato, T., Ohki, T., Ohki, K. & Sakka, T., Partial least squares regression calculation for quantitative analysis of metals submerged in water measured using laser-induced breakdown spectroscopy, Applied Optics. 57 (2018) 5872-5883 *
- Yoshino, S., Thornton, B., Takahashi, T., Takaya, Y. & Nozaki, T., Signal preprocessing of deep-sea laser-induced plasma spectra for identification of pelletized hydrothermal deposits using Artificial Neural Networks, Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy 145 (2018) 1-7 *

2) 国際学会での発表・ポスター

- Sobron, P., Barge, L. M., Amend, J., Burnett, J., Detry, R., Doloboff, I., Kelley, D. S., Marburg, A., Misra, A. K., Nawaz, A., Price, R. E., Smith, M., Zacny, K. & Thornton, B., Exploring Underwater Vent Systems: New Technologies and Strategies to Advance Life Detection and Scientific Understanding of Ocean Worlds, American Geophysical Union, Fall Meeting 33, Washington DC, USA, 2018.12.
- Leat, M., Thornton, B. & Bodenmann, A., Analysis of measurement uncertainty in high-resolution laser-scanned bathymetric measurements of seafloor topology using an autonomous underwater vehicle, AUV2018, Porto, Portugal, 2018.11.
- Takahashi, T., Yoshino, S., Takaya, Y., Nozaki, T., Ohki, T., Ohki, K., Sakka, T. & Thornton, B., Development of in-situ LIBS and Raman spectroscopic

- analysers for exploration of deep-sea hydrothermal vent fields, SciX, USA, 2018.10.
- Harumi Sugimatsu, Junichi Kojima, SungMin Nam, Tamaki Ura, Rajendar Bahl, Vivek Sheel Sagar, Rajeev Chauhan, OCEANS2018 Charleston, Charleston, USA, 2018.10.
 - Nakajima, Y., Yamamoto, J., Takahashi, T., Dodbiba, G., Thornton, B., Fujita, T., Measurement of metal grade of ore particles in slurry using laser-induced breakdown spectroscopy, OCEANS' 18 Kobe, Kobe, Tokyo, 2018.5.
 - Ohki, T., Nakatani, T., Nishida, Y. & Thornton, B., Fast and ultra-wide area bathymetric survey system without support vessel, OCEANS' 18 Kobe, Kobe, Tokyo, 2018.5.
 - Nishida, Y., Nagano, K., Kojima, J., Kakami, H., Yokota, S., Ohki, T., Nakatani, T., Thornton, B., Unmanned surface vehicle for managing parallel cruising of a multiple AUVs, OCEANS' 18 Kobe, Kobe, Tokyo, 2018.5.
 - Lim, J. W., Prugel-Bennett, A. & Thornton, B. Automated interpretation of seafloor visual maps obtained using underwater robots, OCEANS' 18 Kobe, Kobe, Tokyo, 2018.5.
 - Lim, J. W., Hopkinson, P., Harris, M., Thornton, B., Prugel-Bennett, A. & Teagle, D., Automated analysis of borehole core imagery from Oman drilling project hole GT2A, JPGU, Chiba, Japan, 2018.5. Poster

(2)受賞

受賞名：海のフロンティアを拓く岡村健二賞

授与団体：テクノオーシャン・ネットワーク

受賞対象：1000mの深さを超えた熱水鉱物に含まれる元素成分を深海現場レーザー誘起破壊分光システム（LIBS）定量解析する新しい手法の開発。

受賞者：高橋朋子特任助教

受賞日：2018.5.30

(3)特許

題目：無人潜水機、音響通信システム、及びプログラム

発明者：発案者：西谷明彦、小島淳一、中谷武志、大木健、西田裕也、ソーントンブレア

取得状況：出願

出願番号：特願 2018-098900

(4) 新聞・雑誌・テレビ・ラジオ等、メディアに取り上げられたものの一覧【代表記事のあ

とに*を付ける】

1) 新聞記事

- 2018年4月：ロボスタ（インターネットメディア）：東大生産研と九工大、自律型海中ロボット「Tuna-Sand2」を初公開 海中の生物を全自動でサンプリング
- 2018年4月：マイナビ（インターネットメディア）：自律型ロボット「Tuna-Sand2」が海底生物の捕獲に成功 - 機体が公開
- 2018年4月24日：日経新聞：ロボ海底動き生物捕獲 *
- 2018年4月24日：読売新聞（夕刊）：深海探査ロボ生物採取成功 *
- 2018年4月25日：日刊工業新聞：ロボット革命 海中ロボ、生物を自動採取、東大・九州工大 調査の負担軽減
- 2018年4月26日：毎日新聞（夕刊）：夢の海底自動探査ロボ 九州工大などチーム 生物を識別、採取 *
- 2018年4月26日：鉄鋼新聞：東大と九工大 自律型海中ロボット サンプル採取に成功 資源調査など応用期待
- 2018年5月11日：科学新聞（週間）：生物サンプル可能自律型海中ロボット開発
- 2018年5月17日：日経新聞（電子版）：海底で生物や鉱物を集める小型ロボット
- 2018年8月：Laboratory Equipment News（インターネットメディア）：AI rapid data driven exploration of underwater habitats
- 2018年8月：Eureka alert（インターネットメディア）：AI rapid data driven exploration of underwater habitats
- 2018年8月：Physics Org（インターネットメディア）：AI rapid data driven exploration of underwater habitats
- 2018年8月：Science Daily（インターネットメディア）：AI rapid data driven exploration of underwater habitats
- 2018年8月：ABC（インターネットメディア）：AI rapid data driven exploration of underwater habitats
- 2018年8月：News on 6（インターネットメディア）：AI rapid data driven exploration of underwater habitats
- 2018年8月：Portland Business News（インターネットメディア）：AI Helps Create One of the Largest 3D Maps of the Seafloor
- 2018年8月：Technology networks（インターネットメディア）：AI Helps Create One of the Largest 3D Maps of the Seafloor
- 2018年8月：NBC News（インターネットメディア）：Artificial intelligence guides rapid data driven exploration of changing underwater habitats mapped

- 2018年8月：Marine Technology News (インターネットメディア)：AI Guides Rapid Data-Driven Exploration of Changing Underwater Habitats
- 2018年9月：Neurorobotics (インターネットメディア)：AI guides rapid data-driven exploration of changing underwater habitats
- 2018年9月：Azo Robotics (インターネットメディア)：Using Artificial Intelligence and Autonomous Robotics for Rapid Exploration of Deep-Sea Ecosystems
- 2018年9月：Subsea world news (インターネットメディア)：AI Leads Data-Driven Survey of Changing Underwater Habitats
- 2018年9月：Tunisiesoir: Research (インターネットメディア)：Mapped onto one of the world's largest multiresolution 3D photogrammetric reconstruction of the seafloor

2) 雑誌

- 2018年9月：Eco Magazine：Artificial Intelligence Guides Rapid Data-Driven Exploration of Changing Underwater Habitats
- 2018年10月：Optronics10月号 pp.107-112：その技術は宇宙を目指す、未知の海底を照らす海洋フォトニクスとは：東京大学 ソーントン ブレア *
- 2018年12月：Sea Technology 59 pp. 14-16：Adaptive Robots at Sea: AUVs, ROVs and AI are changing how we do oceanography *

3) TV

- 2018年4月24日：NHKWEBNEWS：深海生物 探知から採取まで自動のロボット開発

1.6.6 学会等の活動

(1) 招待講演 5件

- 主催：Explorers Club and Oceanology International
会議名：Catch the Next Wave: Frontiers of Exploration
日程：2019年2月27日
場所：アメリカ・サンディエゴ
演題：Marine Robotics 2.0
講演者：Blair Thornton
- 主催：Royal Society
会議名：Beyond Challenger
日程：2018年11月12日
場所：イギリス・ロンドン
演題：Whole-site multi-resolution photogrammetric surveys of deep-sea

vents and cold seeps

講演者：Blair Thornton

- 主催： 海中海底工学フォーラム
会議名： 第62回海中海底工学フォーラム
日程：2018年10月19日
場所：柏
演題：Adaptive Robotics on-board the Falkor
講演者：Blair Thornton
- 主催： Schmidt Ocean Institute
会議名： Private VIP party
日程：2018年9月22日
場所：アメリカ・サンフランシスコ
演題：Intelligence and Autonomy Exploring Earth's Inner Space
講演者：Blair Thornton
- 主催： Optics Society
会議名： World day of Light Forum
日程：2018年7月17日
場所：イギリス・サウスハンプトン
演題：Shedding Light on Ocean Matters
講演者：Blair Thornton

(3) 特筆すべき学会等の活動

- IEEE OES Journal：編集委員（2017.10～）
- IEEE OES Newsletter BEACON:編集委員（2015.3～）
- 海中海底工学フォーラム・ZERO：運営委員（2019.1～）
- Team Kuroshio コアメンバー
- ISSC Offshore Committee member

1.6.7 その他特筆すべき事項

(1) 航海・調査活動

- FK180731 #Adaptive robotics：複数AUVによる海底調査（Ae2000f, Tuna-sand, Tuna-Sand2）
- KOYO18-01 JOGMECによるコバルトリッチクラスト調査（A）
- SSK18-01 瀬底における

(2) 学術的活動

- クロスアポイント制度 ソートン ブレア サウスハンプトン大学准教授
(Associate Professor of Oceanic Engineering Science)
- 共同研究、サウスハンプトン大学 (H27.9~H31.8) 「Marine autonomy and sensing」
- Daiwa Foundation Award (大和日英基金) 重点助成制度 (H29.6.1~H30.5.31) : 「UK-Japan mapping of live corals using autonomous underwater vehicles」

(3) アウトリーチ活動

- FK180731 の HP
 - <https://schmidtocean.org/cruise-log-post/launching-adaptive-robotics/>
 - Live Ship to Shore (Small Piece, Exploratorium, Smithsonian Institute とのライブ中継)
 - Ask me anything <https://oceanama.amafeed.com/ama-underwater-robotics-in-834938#c597712>
- Team Kuroshio の HP
 - <https://team-kuroshio.jp/>

1.7 長谷川研究室

1.7.1 研究室の研究概要

乱流中に物質が放出されると、濃度プルームは乱流運動によって大きく変形・分断され、放出源下流の濃度センサからは、複雑かつ間欠的なシグナルが得られる。一般に、物質拡散現象は不可逆過程であり、上記のような限られた計測データから、物質の放出源を特定し、その周辺の熱・物質流動場を推定することは極めて困難な課題である。

本研究では、乱流の直接数値シミュレーションによって、計算機上に乱流場を再現し、その中に仮想的なスカラー源を配置することにより、乱流スカラー拡散を再現する。更に、スカラー源の下流にセンサを配置し、それらの計測点における濃度シグナルのみを用いて、随伴解析等の様々な逆解析手法に基づきスカラー源の位置や強度を推定する手法を提案している。

このような計測データとシミュレーションの融合技術は、本センターで開発されている海底情報ネットワーク、海底ステーション、自立型海中ロボットと組み合わせることによって、海底熱水鉱床における複雑な熱流動現象やその周辺環境の予測システムの構築に大きく貢献することが期待される。

1.7.2 研究室の構成

(1) 研究室所属者氏名と肩書き（他大学の指導を含む）

長谷川 洋介（東京大学生産技術研究所・准教授）
大澤 崇行（東京大学生産技術研究所・技術職員）
亀谷 幸憲（東京大学生産技術研究所・特任助教）
下平 佐都（東京大学生産技術研究所・技術補佐員）
Kaithakkal, Arjun（東京大学生産技術研究所・博士課程3年）
Wu, Yuelin（東京大学生産技術研究所・修士課程2年）
Yang, Qifan（東京大学生産技術研究所・修士課程2年）
Cui, Chang（東京大学生産技術研究所・修士課程2年）
湯浅 拓実（東京大学生産技術研究所・修士課程2年）
Liu, Zhuchen（東京大学生産技術研究所・修士課程2年）
明智 ゆき（東京大学生産技術研究所・研究実習生）
金子 完治（東京大学生産技術研究所・研究実習生）
氏川 直人（東京大学生産技術研究所・研究実習生）
田村 駿（東京大学生産技術研究所・研究実習生）

(2) 特殊な施設名とその仕様

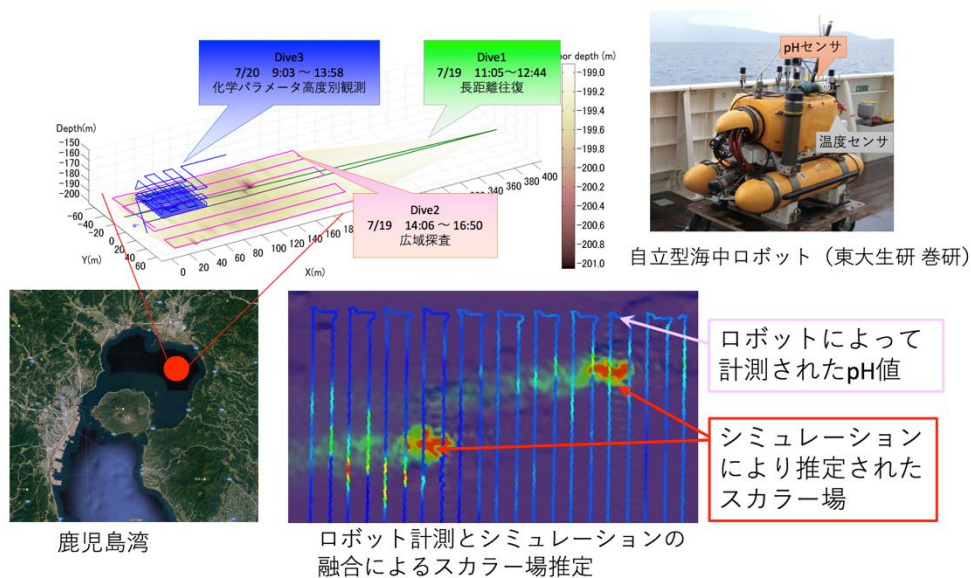
共焦点マイクロPIVシステム、画素数512 x 512、フレームレート2kHz
2次元PIVシステム

1.7.3 研究課題の説明

乱流中におけるスカラー源推定を目的として、固定型センサ群の空間配置の最適化、および移動型センサの移動経路の最適化を行うための理論を構築し、その問題の定式化、アルゴリズムの導出、流体シミュレーションへの実装を進めている。

一方、室内実験では、風洞にエタノール発生装置を配置し、移動ロボットを用いて、スカラー源探索を行うシステムを構築した。今後、これにより、様々なスカラー源探索アルゴリズムを同じ流動条件下において評価することが可能となることが期待できる。

上記の基礎実験系の構築と並行して、巻研究室、北澤研究室と協働し、上記で構築されたアルゴリズムの実現象への応用を進めている。具体的には、鹿児島湾の熱水鉱床周辺にてロボットにより得られた計測データを用いて、その周辺環境の推定（下図）を継続しており、今後、更なる推定精度の向上と実地でのオンライン探索に向けた基礎研究を進めている。



1.7.4 主要研究 Fund

1. 「生体内毛細血管網のマルチスケール・マルチフィジックス・シミュレーション」, 科研費 国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）H29-H31, 研究代表者
2. 「血管網モデリングから学ぶ熱流体システム形状最適化」, 科研費 基盤研究B, H29-31, 研究代表者

1.7.5 研究業績

(1) 論文や投稿記事の一覧【代表論文、記事のあとに*を付ける】

- 1) Davide Gatti, Alexander Stroh, Bettina Frohanpfel, Yosuke Hasegawa: Predicting turbulent spectra in drag-reduced flows, Flow Turbulence and Combustion, Vol. 100, pp. 1081-1099 (2018).
- 2) Davide Gatti, Andrea Cimarelli, Yosuke Hasegawa, Bettina Frohnappfel, Maurizio

Quadrio: Global energy fluxes in fully developed turbulent channels with flow control, *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 857, 345-373 (2018).

- 3) Kanji Kaneko, Takatuki Osawa, Yukinori Kametani, Ken Hayakawa, Yosuke Hasegawa, Hiroaki Suzuki: Numerical and experimental analyses of three-dimensional unsteady flow around a micro-pillar subjected to rotational vibration, *Micromachines*, Vol. 9, E668 (2018)
- 4) Qi Wang, Yosuke Hasegawa, Tamer Zaki: Adjoint algorithm for spatial reconstruction of scalar sources from remote measurements in turbulent flow, *Journal of Fluid Mechanics*, in press.

(2) 著書 (タイトル、出版社、著書、出版年月)

- 1) 長谷川洋介, 中山雅敬: 生物の優れた機能から着想を得た新しいものづくり (第5章「毛細血管リモデリングと流路ネットワーク最適化」分担執筆), pp.146-155, シーエムシー出版 (2018).

(3) 国際会議発表

- 1) Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa: Adjoint-based shape optimization for turbulent convective heat transfer with a hybrid RANS-DNS approach, 16th International Heat Transfer Conference (IHTC16), Beijing, China, Aug. 10-15 (2018).
- 2) Arjun J. Kaithakkal, Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa: Optimal control of heat and fluid flow in a channel at low Reynolds' numbers, 16th International Heat Transfer Conference (IHTC16), Beijing, China, Aug. 10-15 (2018)..
- 3) Yukinori Kametani, Yutaka Fukuda, Takayuki Osawa, Yosuke Hasegawa: Experimental assessment of heat transfer and pressure loss characteristics of optimal heat transfer surfaces, 12th European Fluid Mechanics Conference (EFMC12), Vienna, Austria, Sept. 9-13 (2018).
- 4) Yuki Akechi, Yuya Yamada, Takayuki Osawa, Takahiro Tsukahara, Yosuke Hasegawa: Flow estimation behind a cylinder using data assimilation, 12th European Fluid Mechanics Conference (EFMC12), Vienna, Austria, Sept. 9-13 (2018).
- 5) Kanji Kaneko, Takayuki Osawa, Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa, and Hiroaki Suzuki: A numerical model for three-dimensional analysis of vibration-induced flow, The 22nd International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (μ TAS 2018), Kaohsiung, Taiwan, Nov. 11-15 (2018).
- 6) Kanji Kaneko, Taiji Okano, Takeshi Hayakawa, Yosuke Hasegawa, and Hiroaki Suzuki: A pumpless mixer for efficient capturing of small particles utilizing vibration-induced flow, The 32nd International Conference on Micro Electro Mechanical Systems

(MEMS 2019), Seoul, Korea, Jan. 27-31 (2019).

- 7) Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa: Adjoint-based shape optimization for complex heat transfer surfaces in turbulent flows, Adjoint-based shape optimization for complex heat transfer surfaces in turbulent flows, Bad Herrenalb, Germany, Mar. 26-29 (2019).
- 8) Arjun J. Kaithakkal, Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa: Dissimilar response of the streamwise velocity and temperature field under traveling wave-like wall blowing and suction, Bad Herrenalb, Germany, Mar. 26-29 (2019).

(4) 国内学会発表

- 1) 亀谷幸憲, 長谷川洋介: 乱流場における伝熱面形状最適化アルゴリズムの構築と実証1, 第55回日本伝熱シンポジウム, 札幌, 2018年5月29-31日.
- 2) 福田豊, 大澤崇行, 亀谷幸憲, 長谷川洋介: 乱流場における伝熱面形状最適化アルゴリズムの構築と実証2, 第55回日本伝熱シンポジウム, 札幌, 2018年5月29-31日.
- 3) 金子完治, 大澤崇行, 鈴木宏明, 長谷川洋介: 旋回振動によりマイクロ構造物周りに誘起される3次元非定常流れ場の数値解析及びPIV計測, 第55回日本伝熱シンポジウム, 札幌, 2018年5月29-31日.
- 4) 深淵康二, 山本誠, 岩本薫, 長谷川洋介, 塚原隆裕, 福島直哉, 守裕也, 青木義満: 機械学習を用いた乱流の特徴抽出手法の構築に向けて, 日本流体力学会年会2018, 大阪, 2018年9月3-6日.
- 5) 明智ゆき, 大澤崇行, 塚原隆裕, 長谷川洋介: データ同化を用いた粘弾性流体における円柱後流の流れ場推定, 日本機械学会 第96期 流体工学部門 講演会, 室蘭, 2018年11月29日-30日.
- 6) 金子完治, 大澤崇行, 岡野太治, 長谷川洋介, 鈴木宏明: 微量液体の効率的攪拌に向けたポンプレスミキサの開発, 日本機械学会第9回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, 札幌, 2018年10月30日-11月1日.
- 7) 金子完治, 岡野太治, 早川健, 長谷川洋介, 鈴木宏明: 微粒子の効率的な捕捉に向けた振動誘起流によるポンプレスミキサ, 公益社団法人 精密工学会 2019年度春季大会, 東京, 2019年3月13日-15日.

(5) 特許 (タイトル、出願番号)

- 1) 長谷川洋介: 伝熱装置, 特願2018-150074.
- 2) 長谷川洋介, カイタツカラ・ジョン・アルジュン, 吉田達哉, 小原公和, 特願2018-150074

1.7.6 学会等の活動

特に無し

1.7.7 その他特筆すべき事項

特に無し

1.8 横田研究室

1.8.1 研究室の研究概要

横田研究室は2019年1月に発足した。

海中・海底を精密に計測し把握することは、海洋の利活用・生産活動の基盤であり、本研究室では計測技術の開発と情報の利活用と応用のための研究を多面的に推進している。本年度は、GNSS-A技術の開発、海底測地基盤観測網の構築に向けたデータシステムの開発、水路測量技術の標準化や高度化に向けた研究を実施している。

1.8.2 研究室の構成

本研究室では、一部の研究を海上保安庁海洋情報部と共同して実施している。また、いくつかの外部機関の研究者との連携により研究活動を進めている。

(1) 研究室所属者氏名と肩書き（他大学の指導を含む）

横田 裕輔 講師

1.8.3 研究課題の説明

(1) GNSS-A 海底地殻変動観測技術の開発

海底の精密測距技術であるGNSS-Aは、地震学・地質学的な重要性のみならず、将来の巨大地震像の理解による津波災害、強震動災害などの地震に関する複合災害に対する防災工学の基礎的な情報を構築する。このため、政府の地震調査研究推進本部等の調査観測技術の研究推進課題として近年、重要性が高まっている。この技術によって得られる測地学的情報の地震防災工学的利活用、海洋学等への多角的応用、技術の高度化などに関する研究を推進している。具体的には海洋学的な情報を把握する解析技術の開発や、準リアルタイムGNSS観測技術の開発、ゆっくりすべり現象の検知と現象の解釈を実施しており、将来的な基盤観測網構築に向けた基礎技術開発を進めている。

(2) 海底基盤観測網の学際的応用

海洋構造や海上の大気・電離圏構造の情報はグローバル海洋予測、水産資源予測、気象予測、宇宙・電離圏状態の予測にとって重要である。しかしながら現在の海洋観測網は、未だ十分に必要な情報を抽出できている訳ではない。これは、定点連続性の欠落が主な要因である。一方で、地震防災を目的とした海底観測網は定点連続性が必要であるため、これらの技術応用が既存の海洋観測ネットワークを補完できる可能性がある。防災工学的な海底観測網の水産学・海洋学などへの多角的応用・連携とそこから得られる知見の地震防災工学へのフィードバックに向けた研究活動も進めている。

(3) 地球科学データのオープンデータシステム

測地学・地震学・地質学などの固体地球物理学的情報は災害科学に強く関連するため公共性が高く、広く異なる学術分野の研究者が容易にデータにアクセスする環境が必要である。また地球物理学的データは、長期に多くの人員と予算を割いて観測し、成果を管理する必要があるため、観測業務と技術開発・成果に関する研究について、貢献を適切に評価し、安定したシステムを構築する必要がある。このようなオープンデータシステムは医学・薬学・社会学・物理学分野では進展してきており、防災工学・地球科学分野におけるデータシステムの早急な構築を推進している。現在、国際機関等との協力のもと測地学分野の多岐にわたるデータ管理手法の研究を実施している。

(4) 水路測量技術の高度化

海底測量・海底検知・海底資源探査など、現代の海底観測においてマルチビーム測深技術は不可欠なものである。しかしながらマルチビーム測深器には、音響発振部の特性や返信シグナルの解析技術など、複数の領域において不確定性が存在する。これまでの目的精度において問題にならなかった誤差も、AUVによる高密観測・水路における連続観測・高度な学術応用に向けては大きな課題となっている。このような課題を改善するための技術開発・基準構築に向けた研究活動を実施している。

1.8.4 研究業績

(1) 新聞・雑誌・テレビ・ラジオ等、メディアに取り上げられたものの一覧

- ・サイエンス ZERO 巨大地震予測の新たなカギ スロースリップ (2019年3月10日)

1.8.5 学会等の活動

(1) 国際国内シンポジウム等のセッションのオーガナイザーあるいはチェア

- ・第7回 ILRS 技術連絡会
- ・JpGU meeting 2019 (セッション: GGOS・測地学一般)

(2) 招待講演 (招待側組織名、講演題目、日時)

- ・海上保安庁海洋情報部, 海洋情報部研究成果発表会, ゆっくりすべり検知のための海底地殻変動観測技術の高度化~GNSS-A と黒潮海洋場~ (2019年1月17日)

(3) 特筆すべき学会等の活動

- ・GGOS WG Japan, 担当委員
- ・GGOS days, LOC
- ・日本測地学会, 庶務委員
- ・海洋音響学会, 評議員
- ・海洋音響学会, 企画運営委員