

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

令和2年度

目次

序

第1章 各研究室の概要	1
1.1 林研究室 (海洋環境工学)	2
1.2 川口研究室 (総合海底観測工学)	12
1.3 北澤研究室 (海洋生態系工学)	17
1.4 巻研究室 (海中プラットフォームシステム学)	25
1.5 ソーントン研究室 (海洋知覚システム)	32
1.6 長谷川研究室 (界面輸送工学)	41
1.7 横田研究室 (海中・海底情報システム学)	46
第2章 海洋センシング工学分野	55
第3章 海洋プラットフォーム工学分野	156
第4章 海洋シミュレーション工学分野	194
第5章 新聞及び雑誌記事	293

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、有効し活用するため、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。海的环境バッ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令和2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

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

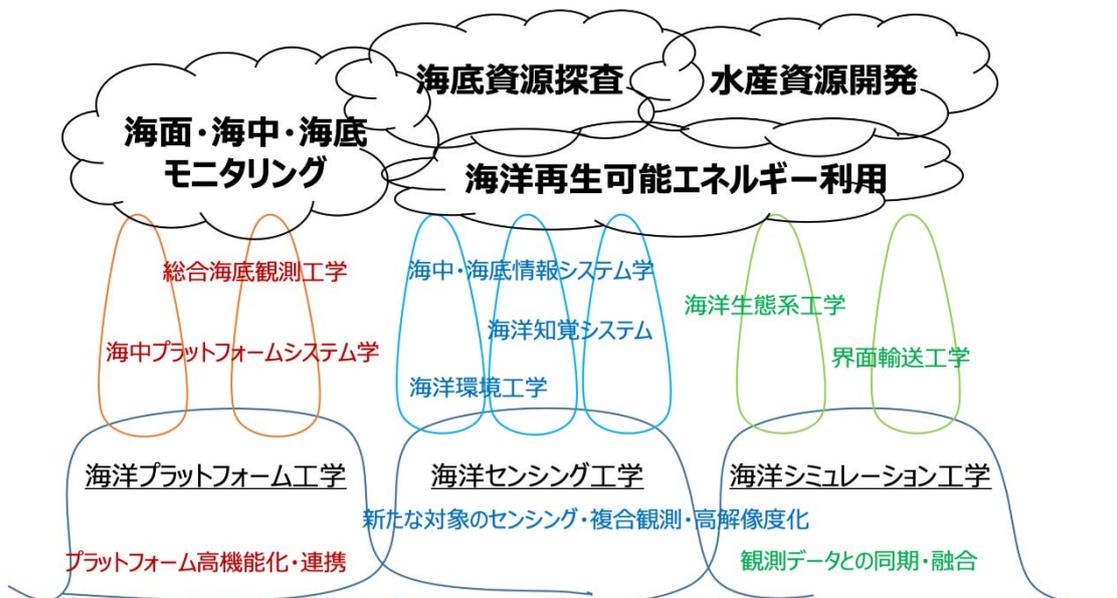
京都大学

早稲田大学

日本大学

(独) 海洋研究開発機構

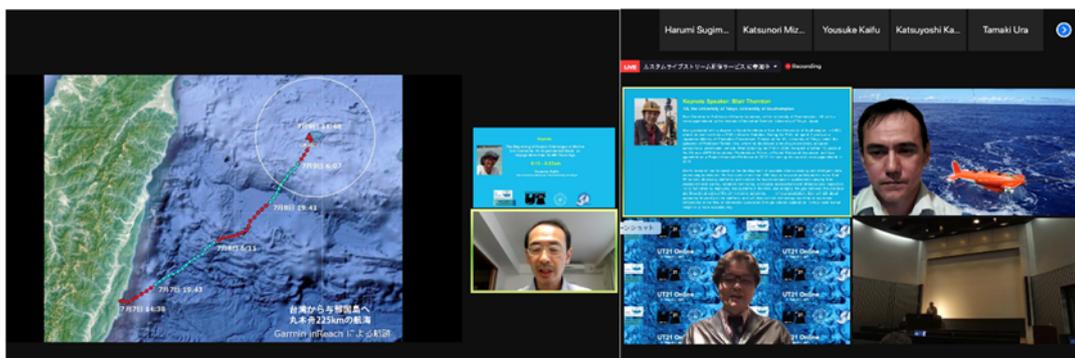
<本センターの研究分野>



<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】

- 2021年3月2日、UT21 Online -Underwater Video Competition 開催
Underwater Technology (UT) は、本所海中観測実装工学研究センターの教職員が中心となり企画している国際学会である。1998年に初めて東京で開催されて以来、2年に1度アジア圏で開催されている。UT21は対面で開催予定だったが、COVID-19によるパンデミックにより、対面の会議は2023年に延期し、新機軸として、一般部門と研究部門から成るビデオコンペを企画した。投稿者はわずか3分間で、自らの興味や研究対象について、他者を引きつける魅力を盛り込みながら分かりやすく的確に表現することが求められる。応募作品は力作が揃い、UT21のテクニカルプログラムコミッティによる審査の結果、研究部門応募作から10本、一般部門から14本が受賞を賭けた決勝ラウンドへ進んだ。当日は、いにしえと未来を繋げる海に関する「新技術」をテーマとする基調講演2件とビデオ受賞式から構成される半日間のプログラムを世界に向けて発信した (<http://www.ut2021.org/>)。基調講演者、各部門の大賞、次点、若手研究者賞の受賞者、ビデオ投稿者そして参加された皆様に御礼申し上げます。2023年3月、またお目にかかりましょう。



基調講演「The Beginning of Human Challenges in Marine Environments: An Experimental Study on Voyage More than 30,000 Years Ago」(海部陽介・本学総合研究博物館教授)
(左)、「Re-imagining Seabed Imaging」(ソーントンプブレア・本所准教授/サウスハンプトン大学教授兼任)(右)



テクニカルプログラムチェアーとして受賞式の司会を行う巻俊宏・本所准教授（上）、研究部門大賞受賞ビデオ「New Approaches for Practical Simultaneous Operation of Multi-AUVs」（Kangsoo Kim・海上技術安全研究所）（中）、一般部門大賞受賞ビデオ「A Multimodal Hybrid Aerial Underwater Vehicle NEZHA-III」（Chenxin Lyu・上海交通大学）（下）

- 2020年12月4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 -第3回-】開催

海底ケーブルを主要なインフラストラクチャとする観測システムは、海底で発生する多様な現象の可視化をリアルタイムに実現する唯一の手法として進化を遂げてきた。すでに海域に展開されているシステムの中には10年を超える運用を実現しているものも多く存在するようになり、技術的な信頼性の検証や観測手法としての有用性の検証も行われてきている。本ワークショップではこれまで、観測システムや観測手法の開発、そこから得られるデータの高度な利活用、さらには新たな観測計画への期待や将来展望について議論を行ってきた。第三回となる今回は、これらの話題に加え、加速的に進化する通信網を支える最新の技術や市場動向にも焦点を当て、研究・開発・製造・構築などに携わるステイクホルダーと取得されるデータの利用者が会し、海底ケーブルの科学利用に関する情報の共有を図った。

- 2020年8月1日～9月30日、オンラインで開催された、「海洋都市横浜うみ博2020～海を観察する・利用するための研究をのぞいてみよう～」に出典し、海を観察するための装置、および装置を搭載した自律型ロボットやブイ、海のエネルギーや食料を利用するための装置や構造物に関連する最新の研究について紹介した。
- 2021年2月25～3月10日、e-learning形式で実施された「2020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」を企画・運営した。

【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。
- 2020年10月28、29日、福島県郡山市で開催された「第9回ふくしま再生可能エネルギー産業フェア REIF(ふくしま2020)」に参加し、波力発電の仕組みや開発ロードマップ、浪江町でのFSについての活動、今までの経緯をパネルで紹介する他、平塚波力発電所と浪江波力発電所の模型展示を行った。

【巻研究室】

- 2020年12月5-6日に、「水中ロボットコンベンション in JAMSTEC 2020～海と日本プロジェクト～」を開催した（主催：日本水中ロボネット）。巻俊宏准教授が実行委員長を務めたほか、同研究室の松田匠未および山縣広和が実行委員を務めるなど、巻研究室が中心となって運営した。感染症拡大の影響でオンライン主体となったが、212名の参加者があった。



水中ロボコン in JAMSTEC' 21 オンライン参加者の集合写真

【ソーントン研究室】

- JOGMEC の委託事業において、ソーントン研究室は 2018 年度および 2019 年度に引き続き、2020 年 10 月～11 月に EEZ（経済専管水域）外の JA 国際鉱区において、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。また、2019 年度の JA 国際鉱区で取得した大量の画像データから、機械学習を用いたクラスト露出率推定手法を開発、また、音響厚み計測結果と組み合わせた解析では、開発したクラスト賦存量の推定手法により賦存量の推定を行った。
- イギリス National Oceanography Centre が所有する調査船 RSS Discovery 及び自律型海中ロボット Autosub6000 に画像マッピングシステムを搭載し、深海サンゴを保護するための海洋保護区のマッピング調査及び自動情報抽出方法が、IEEE Signal processing magazine の特集号及び Offshore Engineer と Marine Technology News などの業界誌に取り上げられた。
- JST の日英戦略的国際共同研究プログラム（SICORP）において、昨年度開発した深海粒子の現場計測カメラ RamaCam（ホログラフィック撮影+ラマン分光分析装置）試作品を用いて、船上試験を 2020 年 12 月に実施した。なお、開発した RamaCam は、Optical Society of America の Highlight topic として取り上げられ BBC Science Focus の特集記事として紹介された。

<本センターの特記すべき研究活動のサマリー>

【林研究室】

- 岩手県久慈市の久慈港玉の脇防波堤前の発電能力 43kW（波高 4m）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）、神奈川県平塚市のひらつかタマ三郎漁港の南防波堤前の定格 45kW（波高 1.5m）の油圧駆動振り子式波力発電システム（令和 2 年 2 月に設置）の実証実験を行っている。

【北澤研究室】

- 北澤大輔教授、吉田毅郎助教が参加している複合養殖による養殖場の環境保全に関する研究の一環として、2020 年 12 月～2021 年 1 月にかけて、ギンザケ養殖生簀直下の海底上でダイナングンボとナマコの飼育実験を実施した。

【巻研究室】

- 巻研究室において開発中の AUV MONACA について、海氷下での実証試験に成功した。2021 年 2 月に北海道紋別港で行われた実験において、MONACA は全 27 回、のべ 8 時間 17 分、8.9 km に渡って海氷下を全自動潜航し、のべ 47,143 m²（東京ドームとほぼ同じ面積）の海氷裏面の形状データを得た。完全無索での潜航にも成功し、南極海での完全結氷域探査の技術的目途が立った。

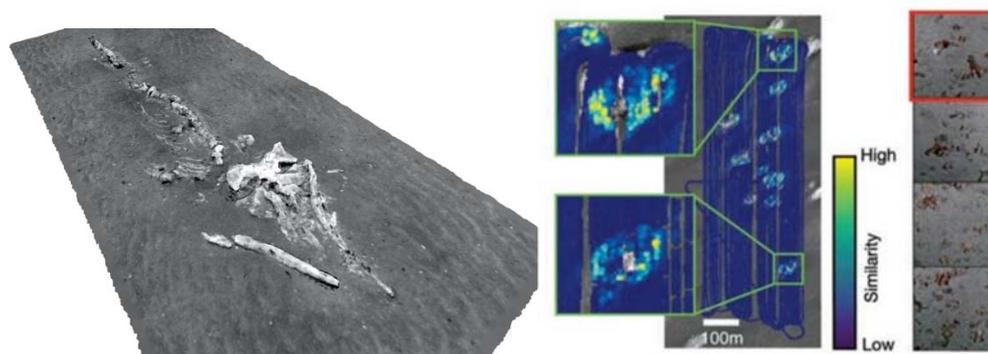


AUV MONACA 潜航開始直後の様子

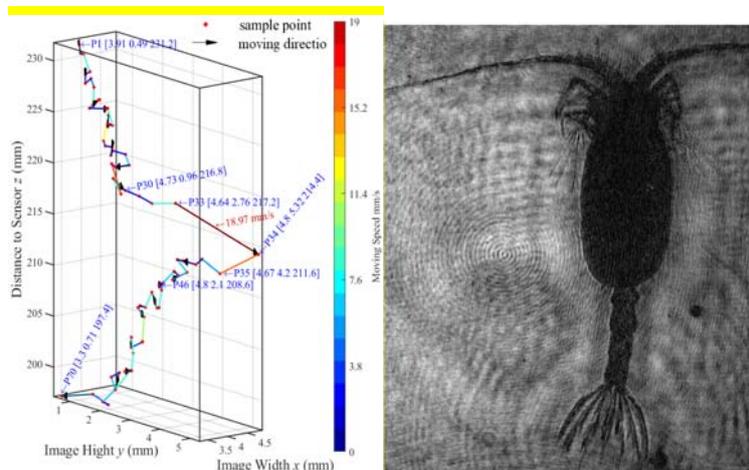
【ソートン研究室】

- JOGMEC の 2019 年度の委託事業において取得した JA 国際鉱区の大量の画像データから、機械学習を用いたクラスト露出率推定手法を開発、また、音響厚み計測結果と組み合わせた解析では、開発したクラスト賦存量推定手法による賦存量の推定を行った。

- 海底画像から様々のハビタットや生物を自動抽出する手法を開発し、Autosub6000 航海で取得したデータからサンゴ分布の自動抽出を行なった。
- 開発した深海粒子の現場計測カメラ RamaCam（ホログラフィック撮影+ラマン分光分析装置）により、ホログラフィックとラマンの統合計測のための計測を実施、3mm 程度のポリスチレン(PS)とアクリル樹脂(PMMA)粒子やプランクトンの移動速度を計測することに成功した。



深海サンゴの調査に置いてマッピングされた全長 8m の鯨骨の 3D 画像（左）及び自動解析により抽出されたサンゴ礁分布の結果



大容量高解像度ホログラフィック顕微鏡で計測されたプランクトン（全長 1mm）の移動のトラッキング結果

第1章

各研究室の概要

1.1 林研究室 (海洋環境工学)

1.1.1 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観測、水中線状構造物の応答に関連する研究を行った。

1.1.2 研究室の構成

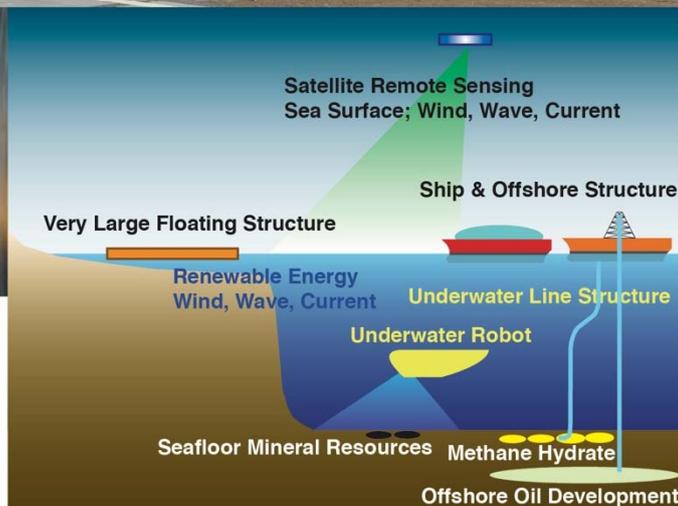
(1) 研究室所属者氏名と肩書き (他大学の指導を含む)

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
居駒 知樹	リサーチフェロー (日本大学工学部・教授)
砂原 俊之	リサーチフェロー (東海大学海洋学部・教授)
恵藤 浩朗	リサーチフェロー (日本大学工学部・准教授)
二瓶 泰範	リサーチフェロー (大阪府立大学・准教授)
村田 一城	協力研究員 (港湾空港技術研究所)
瓦谷ロバート孝一	シニア協力員
長田 芳明	シニア協力員
板倉 博	シニア協力員
吉田 善吾	技術専門職員
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)
侯 剛	共同研究員 (株式会社横浜ゴム)
永田 隆一	特任研究員
洲濱 美穂	特任専門職員
劉 修男	大学院修士課程
高橋 奏美	大学院修士課程
黒川 洸	大学院修士課程
高橋 良典	大学院修士課程
鈴木 雅洋	研究実習生 (日本大学大学院修士課程)

(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。



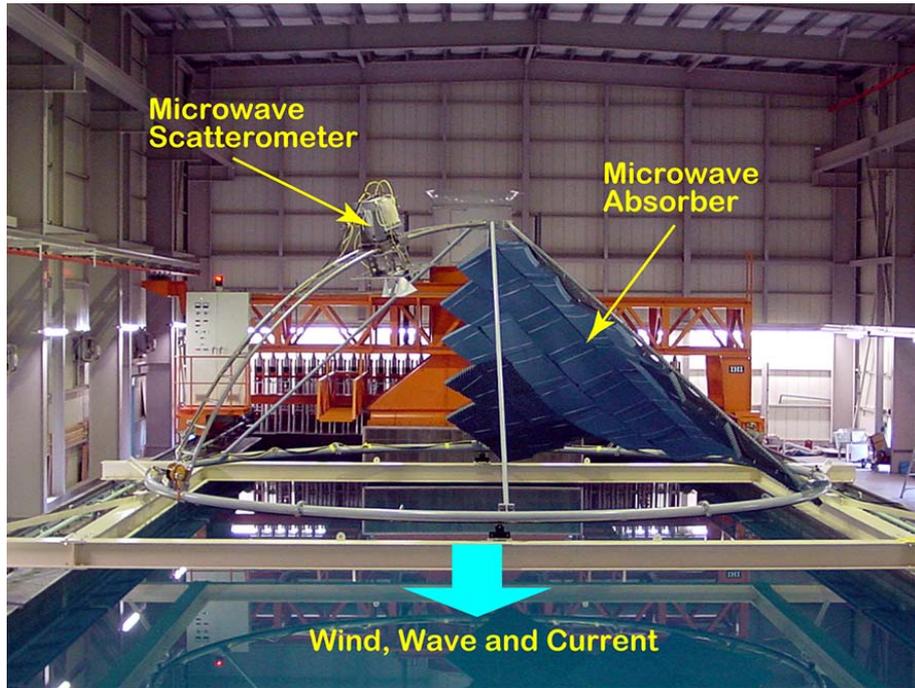
(b) 風路付造波回流水槽

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

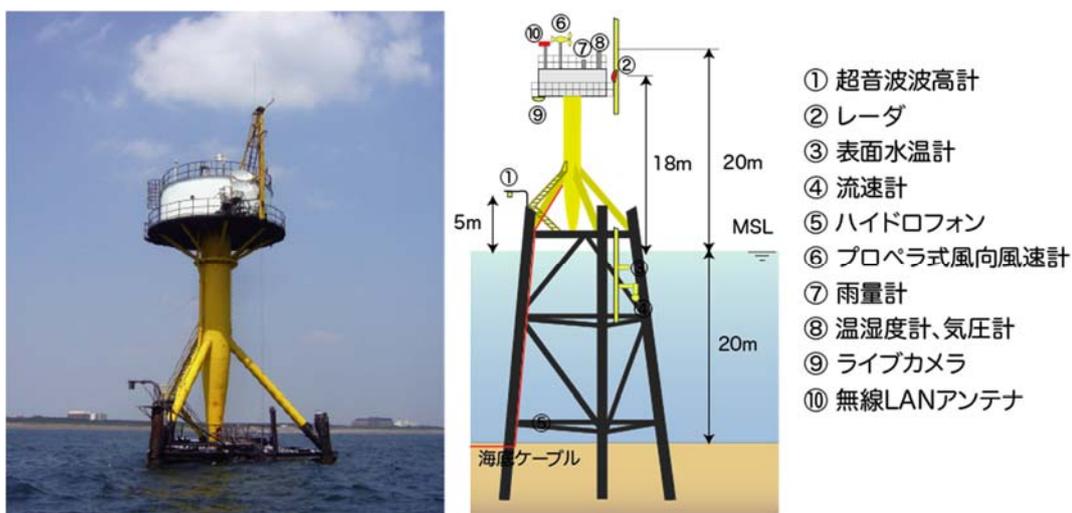
L-Band、C-Band、X-Band のマイクロ波帯域電磁波散乱計測装置である。海面の物理変動によるマイクロ波散乱特性の変化を計測し、風、波、潮流の海面物理情報を取得する研究に用いられる。衛星リモートセンシングによる海面計測を支援する装置である。



(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) の海洋にあって、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



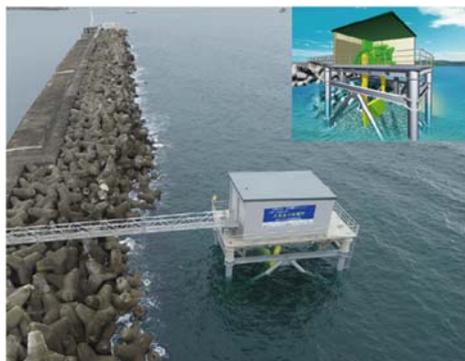
(e) レーダ海洋波浪観測設備

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) 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（波高 4m）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。



(g) 平塚波力発電所

神奈川県平塚市のひらつかタマ三郎漁港の南防波堤前に、令和 2 年 2 月、定格 45kW（波高 1.5m）の油圧駆動振り子式波力発電装置を設置し、波力発電の実用化に向けた実証試験を行っている。エネルギー変換率 50%以上を目標に性能及び耐久性の向上に関連する研究開発を行っている。



1.1.3 研究課題の説明

(a) 能動型マイクロ波センサー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が変化し、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ッ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～令和 1 年 6 月の 5 年間実施）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。環境省事業は、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おり、2020 年 2 月 5 日、神奈川県平塚市のひらつかタマ三郎漁港南防波堤前に定格出力 45kW の波力発電装置を設置し、海域実証試験がスタートした。

(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。

1.1.4 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-R3）

(b) 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-R2）

(c) 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-R3）

(d) 波力発電に関する開発の検討

環境省令和 2 年度脱酸素・資源循環「まち・暮らし創生」FS 委託業務（R2）

1.1.5 研究業績（*:別紙）

(1) 論文や投稿記事の一覧

- ・ 鈴木雅洋,居駒知樹,相田康洋,増田光一,林昌奎:”一様流中において回転する円柱に働く流体力の三次元性に関する実験的研究”,土木学会論文集 B2, vol.76, No.2, 2020, https://doi.org/10.2208/kaigan.76.2_I_1207 *
- ・ W. Chen, C.K. Rheem, Y. Zheng, A. Incecik, Y. Lin, and Z. Li: “Discrete-vortex analysis of high Reynolds number flow past a rotating cylinder”, AIP Advances 10, 055104(2020) <https://doi.org/10.1063/5.0004851> *
- ・ W. Chen, C.K. Rheem, Y. Lin and Y. Li: “Experimental investigation of the whirl and generated forces of rotating cylinders in still water and in flow”, Int. J. Naval Arch. and Ocean Eng. 12:531-540 (2020), <https://doi.org/10.1016/j.ijnaoe.2020.03.004> *

(2) 国際会議発表

- ・ C.K. Rheem: “Experimental Study on the Flow Around a Rotating Cylinder”, OMAE2020-19112, 2020 *

(3) 国内会議発表

- ・ 鈴木雅洋,居駒知樹,相田康洋,増田光一,林昌奎：“一様流中において回転する円柱の端部影響に関する実験的研究”、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 30 号、2020S-GS3-2、2020
- ・ 林昌奎, 黒川洸：“回転円柱周りの流速分布とレイノルズ応力”、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 30 号、2020S-GS8-5、2020
- ・ 鈴木雅洋,居駒知樹,相田康洋,増田光一,林昌奎：“一様流中において回転する円柱の流体力に関する実験的研究”、第 28 回海洋工学シンポジウム、OES28-026、2020
- ・ 黒川洸,林昌奎：“回転円柱周りの流れ場に関する実験的研究”、第 28 回海洋工学シンポジウム、OES28-017、2020

(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

- ・ 2020-05-29: 建設通信新聞 Digital 世界初、実用化ベース新型波力発電/実証試験スタート/東大と平塚市
- ・ 2020-05-29: 建設通信新聞(朝刊)3面 東大と平塚市 世界発 実用化ベース新型波力発電 実証試験スタート
- ・ 2020-06-01: メガソーラービジネス 平塚市の港で波力発電の実証開始、東大生産研が開発
- ・ 2020-06-03: 電波新聞デジタル 相模湾で波力を活用した発電の実証開始
- ・ 2020-06-03: 時事ドットコム 波力発電、実証試験を開始 実用化へ新型装置—東大など
- ・ 2020-06-05: 電気新聞(朝刊)4面 波力発電の実証開始 東大など 神奈川・平塚漁港で
- ・ 2020-06-05: 日刊建設工業新聞(朝刊)5面 波力発電所の海域実証開始 平塚市、東大 10年後の商業化目指す
- ・ 2020-06-09: スマートジャパン 自然エネルギー 波の力で電力を生む、湘南・平塚で波力発電システムが実証稼働
- ・ 2020-06-09: 化学工業日報(朝刊)8面 波力発電 実証スタート 平塚市、東大 10年内商用化目指す
- ・ 2020-06-09: 日刊産業新聞(朝刊)3面 平塚波力発電所 海域実証を開始
- ・ 2020-06-11: マイナビニュース テクノロジー 東大と平塚市、平塚波力発電所で海域実証試験を開始
- ・ 2020-06-15: 環境ビジネスオンライン 平塚市で「波力発電所」の海域実証試験を開始
- ・ 2020-06-27: 読売新聞(朝刊)11面 海で発電 波に乗れ
- ・ 2020-06-27: 読売新聞オンライン 海洋の力をエネルギーに...平塚で波力発電の実

証実験

- ・ 2020-08-05: メガソーラービジネス 「波力発電は地産地消に最適、2050年に日本で1GWの事業化の可能性」、東大・林教授に聞く *
- ・ 2020-10-03: 福島民友(朝刊)1面 浪江に波力発電 検討 エイブル(広野)や東大生研
- ・ 2020-10-03: 福島民友新聞 浪江に波力発電所検討 エイブルや東大生研、請戸漁港で調査へ

1.1.6 学会等の活動

(1) 国際国内シンポジウム等の主催

- ・ Underwater Technology 2021 (UT21) General Co-Chairs

(2) 特筆すべき学会等の活動

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

1.2 川口研究室（総合海底観測工学）

1.2.1 研究室の研究概要

本研究室では以下に示す課題について研究開発を行った。

- ・ 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、海底の光ファイバーセンシングを中心とした開発研究。

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）

川口 勝義 客員教授

国立研究開発法人海洋研究開発機構

プラットフォーム運用開発部門

企画調整部長

(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) 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。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。

e) 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。現在は拡張用のインターフェース機能のみ使用可能。データはアーカイブデータを公開提供中。

f) 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。

g) 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

1.2.3 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 年度より実施された、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、東南海地震の想定震源域に 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 の開発と構築を行い、平成 27 年度にはシステムの大規模化が直面する、高電圧対策に関する問題を克服した新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機能向上と維持運用を行っている。

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を行っている、本年度は、海洋研究開発機構に導入された海底着座型の表層掘削機器 BMS を改造利用することで、海底面下 20m の地点に傾斜計のリアルタイム観測点を設置することに成功した。これと併せて、海底光ファイバーセンシングに係る技術検討を実施し、また、2018 年度から継続している、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（第 3 回）を、海中観測実装工学研究センターの主催で開催した。さらに、IEEE OES 日本支部、東京大学生産技術研究所、東京大学地震研究所の共催となる、国際会議 UT21 (Underwater Technology 2021) を、ビデオコンペティション形式にて開催した。

2.2.4 主要研究 Fund

- ・ 文部科学省：海洋研究開発機構、運営費交付金：海域で発生する地震及び火山活動に関する研究開発

- ・ 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:
- ・ 文部科学省:海洋研究開発機構、運営費交付金:海洋ロボティクスの開発実装

1.2.5 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】

- ・ Jin-Kyu Choi (Korea Maritime and Ocean University), Eiichiro Araki, Katsuyoshi Kawaguchi (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology), “Cable Laying Using an ROV”, Marine Technology Society Journal, September/October 2020 Volume 54 Number 5, PP. 84-90, 2020/09/01 *

(2) 受賞 (タイトル、対象テーマ)

- ・ 2020/06 日本水路協会、水路技術奨励賞、母船レスの海底調査を可能とする洋上・海中ロボットシステムの開発および実証「TeamKuroshio」*注、令和元年度分の受賞であるが、本年は感染症の影響で、公表等が6月にずれ込んだ。

<https://www.jha.or.jp/jp/jha/business/b06.html>

- ・ 2021/03/11, 第9回ロボット大賞、審査員特別賞、母船レス海底調査を可能とする洋上・海中ロボットシステム [Team KUROSHIO (海洋研究開発機構、東京大学生産技術研究所、九州工業大学、海上・港湾・航空技術研究所、三井 E&S 造船株式会社、日本海洋事業株式会社、株式会社 KDDI 総合研究所、ヤマハ発動機株式会社)]
<https://www.robotaward.jp/winning/index.html#R09>

(3) 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】

- ・ 2021.3.11 毎日新聞 朝刊 緊急地震速報 より早く、正確に

【オンライン記事】

- ・ 2020.4.17 Sankei Biz 南海トラフに備え 三重県が津波予報システム本格運用
- ・ 2020.06.25 Science Portal 無人ロボットが拓く海底探査 ～Team KUROSHIO 地球のラ
- ・ ストロンティア深海への挑戦の軌跡～
- ・ 2020.07.03 FLASH 編集部 スパコン「富岳」で予測可能になった「南海トラフ地震」
- ・ 2021.1.31 日本経済新聞 [有料会員限定]巨大地震の兆候探る 揺れない「スロー地震」に注目防災フロンティア
- ・ 2021.3.1 日テレ NEWS24 いち早く津波に気づく 海底観測網の構築

- ・ 2021.3.10 毎日新聞オンライン有料記事 震災から10年 進歩を続ける「緊急地震速報」何が変わったの？
- ・ 2021.3.11 The Mainichi 10 years after 3.11, tech behind Japan's Earthquake Early Warning system keeps improving
- ・ 2021.3.14 読売新聞オンライン有料記事 [サイエンス Report] 東日本大震災10年 減災に向けて...常識砕いたM9 重み増す「過去研究」「避難」

1.2.6 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 - 第3回 -, 東京大学生産技術研究所, 2019/12/04
- ・ UT21 Online Underwater Video Competition, IEEE OES 日本支部、東京大学生産技術研究所、東京大学地震研究所 共催、2021/03/02

(2) 特筆すべき学会等の活動

- ・ IEEE Ocean Engineering Society Japan Chapter, Chair
- ・ 海洋理工学会、副会長

1.2.7 その他特筆すべき事項

- ・ 国立研究開発法人防災科学技術研究所、客員研究員
- ・ 東京大学生産技術研究所、客員教授
- ・ 東海大学、客員教授
- ・ 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所、港湾空港技術研究所、客員研究員

1.3 北澤研究室の概要

1.3.1 研究室の研究概要

本年度は、養殖場の簡易的環境影響評価および環境容量評価、定置網漁業の魚捕部または金庫網への自動魚群誘導システム、海洋再生可能エネルギー発電設備周辺の生態系モニタリングシステムの開発を中心とした研究を実施した。

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）

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
李 僑	特任助教
董 書闖	特任研究員
周 金鑫	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
韓 佳琳	協力研究員
水上 洋一	シニア協力員
黒崎 明	シニア協力員
岡本 強一	シニア協力員
大内 和夫	シニア協力員
森川 佳宥	民間等共同研究員

高 紅霞	システム創成学専攻博士課程 1年
馮 璇達	システム創成学専攻修士課程 2年
遠藤 和真	システム創成学専攻修士課程 1年
古市 大剛	システム創成学専攻修士課程 1年
孫 善智	システム創成学専攻大学院研究生
鐘 宇佳	システム創成学専攻大学院研究生
趙 懷志	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、波浪と流れ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。海洋工学水槽や風路付き造波回流

水槽で行う実験の予備実験や動物を使った実験を行うのに適しており、可撓性ホースを用いた定置網漁業自動魚群誘導システムや海洋再生可能エネルギー装置まわりの動物の行動、モニタリング手法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。

1.3.3 研究課題の説明

(1) 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。2020年度は、適正な養殖密度を推定し、養殖の環境影響評価を簡易的に行うための手法について検討した。適正な養殖密度の推定については、シミュレーションを簡易化し、流速、生産量、地形情報から指標値を作成することによって環境容量を推定する方法の枠組みを構築した。養殖の環境影響評価については、漁業者が自ら実施できる簡易的なモニタリング手法として、セジメントトラップによる調査を提案し、そのデータから底質環境を予測する方法を構築した。

(2) 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。2020年度は、既存の流れ場・生態系結合数値モデルに、養殖種や底生動物などの高次栄養段階の動物の動態を予測できるモデルを結合した。本研究を通じて、東北大学、大気海洋研究所、海洋研究開発機構が中心として実施している東北マリンサイエンス拠点形成事業（海洋生態系の調査研究）に参画し、主に東北大学が取得した観測データを用いて数値モデルの検証を行った。次に、緞網で組み立てた囲い込み手法を用いて、岩手県久慈市の銀鮭養殖場下で、ダイナギンポとナマコの飼育実験を実施し、複合養殖の可能性を検討した。

(3) 養殖ポテンシャルマップに関する研究

日本近海において、沖合養殖事業を展開できる可能性がある海域のマップを作成することを目的とした。既存の水温データ等の環境データから養殖魚の成長と生産量を予測し、地形、流速などの制約条件を含めてポテンシャルマップを作成した。

(4) 定置網漁業における自動魚群誘導システムの開発

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した。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数値モデルを開発した。また、可撓性ホースネットの小型スケールモデルを製作し、箱網も含めて大型水槽で浮沈実験を行い、可撓性ホースネットの挙動と性能を明らかにした。

(5) 沖合養殖と洋上風力発電の協調に関する調査

沖合養殖と協調した洋上風力発電の成立条件を明らかにするために、海域情報の収集、魚介類の選定、養殖設備の概略設計を行い、成立条件を把握した。

(6) 無段変速機を用いた波エネルギー収穫効率化

幅広いスペクトルを持つ不規則波から波エネルギーを効率よく収穫することを目的として、無段変速機を導入した波力発電装置のフィージビリティを確認するため、水槽実験用の小型スケールモデルの概略設計を行った。

(7) 魚眼カメラを用いた観測システムの開発と魚画像解析

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や種類を調べるシステムを開発している。海洋再生可能エネルギー設備周辺で観測できる可搬式モニタリングシステムの開発を行い、平塚新港周辺で実海域実験を行った。また、マグロ養殖生簀を対象として、マグロ個体を識別する機械学習法を改善した。

(8) 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の予測技術を向上するために、流れ場・生態系結合数値シミュレーションを改良した。

(9) 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。縮尺比 1/100 のタービンプレード模型を用いて、明暗条件などの環境条件と魚のタービンプレードへの衝突との関係を水槽実験により調べた。

(10) 高速艇の衝撃緩和に関する研究

高速艇のポーポイジングなどに伴う衝撃を緩和するための制御システムを構築し、陸上実験によって制御システムの妥当性を検証した。また、対応する数値シミュレーションモ

デルを構築した。

1.3.4 主要研究 Fund

- ・ 文部科学省: 科学研究費補助金 (基盤 B) :平成 30 年~令和 2 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)
- ・ 農研機構: 「知」の集積と活用による革新的技術創造促進事業 (うち「知」の集積と活用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)
- ・ 国際エメックスセンター 若手研究者活動支援制度 「養殖海域の底生生物による環境負荷低減効果による研究」 (代表: 吉田毅郎)
- ・ 科学研究費補助金 (若手研究) 「速度ベクトル計測のための合成開口レーダー信号解析と海流計測への適用性評価」 (代表: 吉田毅郎)
- ・ 日本船舶海洋工学会 海外共同研究促進事業 共同研究補助金 「潮流・海流発電タービンブレードと魚類衝突リスクに関する水槽実験と現地計測の比較」 (代表: 吉田毅郎)
- ・ 河川基金 「SAR 画像を用いた河川流速分布の推定」 (代表: 吉田毅郎)

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】

- ・ Motohiko Murai, Qiao Li, Junki Funada (2020): Study on power generation of single Point Absorber Wave Energy Converters (PAWECs) and arrays of PA-WECs. *Renewable Energy* 164, 1121-1132.
- ・ Chunyi Zhong, Fang Yin, Junbo Zhang, Shuo Zhang, Rong Wan, Daisuke Kitazawa (2020): Optimized algorithm for processing outlier of water current data measured by acoustic Doppler velocimeter. *Journal of Marine Science and Engineering*, 2020, 8, 655.
- ・ Jintao Wang, Yuqing Jiang, Junbo Zhang, Xinjun Chen, Daisuke Kitazawa (2020): Catch Per Unit Effort (CPUE) standardization of Argentine shortfin squid (*Illex argentinus*) in the Southwest Atlantic Ocean using a habitat-based model. *International Journal of Remote Sensing*, 2020, vol.41, NO.24, 9309-9327.
- ・ Ataollah Gharechae, Mohammad Javad Ketabdari, Daisuke Kitazawa, Qiao Li (2020): Semi-analytical and experimental study on array of elastic circular floaters vertical motions in regular sea waves. *Ocean Engineering*, 217 (2020) 107851. *
- ・ Qiao Li, Motohiko Murai, Daisuke Kitazawa (2020): Short-time wave force prediction and control strategy for a point-absorber WEC. *Ocean Engineering*, 218 (2020) 108000. *
- ・ Junbo Zhang, Hiroki Shimizu, Hirotaka Nakashima, Yoichi Mizukami, Takero

Yoshida, Lili Liu, Daisuke Kitazawa (2020): Water-tank experiment and static numerical analysis of the mooring system of a controllable depth cage. *Aquacultural Engineering*, 91 (2020) 102118. *

- Jinxin Zhou, Daisuke Kitazawa, Takero Yoshida, Junbo Zhang, Shuchuang Dong, Qiao Li, Toyonobu Fujii (2020): Numerical simulation of waste transport based on water circulation around aquaculture sites in Onagawa Bay, Northeast Japan. *Journal of Marine Science and Technology*, 18pp. *
- Takero Yoshida, Kazuo Ochi, Chan-Su Yang (2020): Validation of MA-ATI SAR theory using numerical simulation for estimating the direction of moving targets and ocean currents. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, PP (99):1-5.
- Junbo Zhang, Chonglan Ren, Hu Zhang, Fang Yin, Shuo Zhang, Rong Wan, Daisuke Kitazawa (2020): Review of estimating trophic relationships by quantitative fatty acid signature analysis. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8, 1030.
- 董書闢, 周金コン, 李僑, 吉田毅郎, 北澤大輔 (2021): 美保湾におけるギンザケ養殖の有機物負荷の拡散と沈降. *生産研究*, 73(1), 51-56.

(2) 著書 (タイトル、出版社、著書、出版年月)

- 北澤大輔 (2021): 第 1 章海とのかかわり, 第 8 章海洋利用の展望. *海洋へのいざない* 第 2 版, 日本船舶海洋工学会, 6-15, 100-105.

(3) 国際会議発表

- Qiao Li, Yue Li, Yoichi Mizukami, Shuchuang Dong, Takero Yoshida, Daisuke Kitazawa (2020): Experimental study on fish-harvest performance of the flexible hose net. *Proceedings of the ASME 2020 39th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering*, OMAE2020-18513, 7 pp. *
- Hongxia Gao, Guanglei Xu, Jinxin Zhou, Shuchuang Dong, Qiao Li, Takero Yoshida, Daisuke Kitazawa (2020): Sustainability assessment of marine aquaculture based on a simple index in Kyushu, Japan. *Global OCEANS 2020: Singapore-U.S. Gulf Coast*, 8 pp.
- Guanglei Xu, Qiaochu Chen, Takero Yoshida, Kei Terayama, Yoichi Mizukami, Qiao Li, Daisuke Kitazawa (2020): Detection of bluefin tuna by cascade classifier and deep learning for monitoring fish resources. *Global OCEANS 2020: Singapore-U.S. Gulf Coast*, 4 pp.

(4) 国内学会発表

- ・ Daigo Furuichi (2020): Comparison of behavior of fish near a model of tidal and oceanic current turbine by changing light and dark conditions. 日本船舶海洋工学会 令和 2 年秋季講演会ポスター発表.
- ・ Hongxia Gao, Guanglei Xu, Jinxin Zhou, Shuchuang Dong, Qiao Li, Takero Yoshida, Daisuke Kitazawa (2020): Sustainability assessment of marine aquaculture based on a simple index approach. 第 28 回海洋工学シンポジウム講演論文集, OES28-009, 3 pp.
- ・ 周金コン, 董書闢, 吉田毅郎, 北澤大輔 (2020) : ナマコ育成用綯網の周辺流速分布への影響に関する実験的研究. 第 28 回海洋工学シンポジウム講演論文集, OES28-032, 6 pp.

(5) 受賞 (タイトル、対象テーマ)

- ・ 2020.8.6: OMAE2019 Best Paper Award, Study on the generated power changes by the relation between and arrangement of an array of point absorber type WECs and an incident wave angle. (Qiao Li)

(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

- ・ 2020.12.28: 沖合・陸上養殖に可能性 日刊みなと新聞.*

1.3.6 学会等の活動

(1) 国際国内シンポジウム等の主催

- ・ 2020.12.24 : 第 69 回海洋教育フォーラム「海のことをもっと知ろう！
～～海洋が拓く北三陸の未来」(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 2020 38th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (北澤大輔)
- ・ 第 28 回海洋工学シンポジウム、海洋産業施設の環境影響 OS、司会 (北澤大輔)

(3) 招待講演 (招待側組織名、講演題目、日時)

- ・ 題 目 : 国内外の沖合養殖の現状
会議名 : 令和 2 年度日本水産工学会シンポジウム～これからの養殖施設を考える～
年月日 : 2020.12.19
講演者 : 北澤 大輔
- ・ 題 目 : 再生可能エネルギーで地球温暖化から生態系をまもる

会議名：波力ポンププロジェクト第1回研究会

年月日：2020.9.19

講演者：北澤 大輔

(4) 特筆すべき学会等の活動

- ・ International Energy Agency, Ocean Energy Systems, Environmental, Analyst
- ・ The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE), Oceanic Engineering Society (OES) Japan Chapter, Young Researcher Award 幹事
- ・ Editor in Chief of Modeling Earth Systems and Environment
- ・ Associate Editor of Limnology
- ・ International Towing Tank Conference, Academic Council
- ・ The 29th International Towing Tank Conference, Quality Systems Group Committee
- ・ Techno Ocean Network 理事
- ・ Techno Ocean 2021 実行委員会 副実行委員長
- ・ 環境省「スパー型浮体式洋上風力発電施設の低コスト低炭素化撤去手法の開発・実証検討会委員」委員
- ・ 環境省 令和2年度浮体式洋上風力発電による地域の脱炭素化ビジネス推進事業審査委員会委員
- ・ 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（バージ型及び要素技術実証）技術委員会委員
- ・ 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）技術委員
- ・ 岩手県久慈市洋上風力発電ゾーニング協議会委員
- ・ 戦略的基盤技術高度化支援事業（研究開発計画名：低コスト化・難燃化ニーズに応えるため、表面改質技術とテンション制御技術を活用した樹脂製亀甲網の開発）アドバイザー
- ・ (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
- ・ 串間大規模沖合養殖地域プロジェクト協議会委員
- ・ 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東部支部運営委員
- ・ 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
- ・ 日本沿岸域学会企画運営委員会副委員長
- ・ 日本水産工学会評議委員
- ・ 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
- ・ 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
- ・ 日本船舶海洋工学会海洋プラスチック汚染研究委員会委員
- ・ 日本船舶海洋工学会第 67 回海洋教育フォーラム実行委員
- ・ 日本船舶海洋工学会第 70 回海洋教育フォーラム実行委員
(以上、北澤大輔)
- ・ 海洋工学シンポジウム実行委員 (吉田毅郎)
- ・ 日本船舶海洋工学会海洋環境研究会委員 (吉田毅郎)
- ・ 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 (吉田毅郎)

1.3.7 その他特筆すべき事項

- ・ 2021 年 2 月 9 日～2 月 12 日の柏キャンパスサイエンスキャンプを担当した。

1.4 巻研究室の概要

1.4.1 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。今年度は感染症拡大のためフィールド実験のやりにくい状況であったが、時期を調整することで全体としては大きな遅れなく研究を推進することができた。特に南極探査用 AUV および低コスト AUV システムにおいて大きな進展があった。

1.4.2 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	技術職員	
増田 殊大	特任研究員	
山縣 広和	特任研究員	
堀本 大洋	特任研究員	
岩本 聖奈子	事務補佐員	
大熊 健児	技術補佐員	
松田 匠未	協力研究員	
野口 侑要	海洋技術環境学専攻	博士課程 3 年
翁 洋	海洋技術環境学専攻	博士課程 2 年
齋藤 諒	海洋技術環境学専攻	修士課程 2 年
柳澤 岳人	海洋技術環境学専攻	修士課程 2 年
戒田 雄士	海洋技術環境学専攻	修士課程 1 年
小知井 秀馬	海洋技術環境学専攻	修士課程 1 年
手島 聡	海洋技術環境学専攻	修士課程 1 年
千 歳和	研究生	

(2) 特殊な施設名とその仕様

a) MONACA (モナカ)

南極の棚氷、海氷下探索用に開発されたホバリング型 AUV。HATTORI の設計思想を受け継ぎ、複雑な氷や海底地形に追従しやすいように設計されている。センサ部を上下反転させることで氷、海底いずれの観測にも対応できる。最大深度は 1500m。2019 年に進水。

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。DVL (ドップラ

一式対地速度計)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-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ー、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。

d) 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。

e) 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。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。

f) 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。

g) 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。

h) BUTTORI (ブットリ)

AUVの運用支援用のブイ型のASV (Autonomous Surface Vehicle)。SSBL方式の音響通信・測位装置により水中のAUVの位置計測および相互通信が可能。2018年に開発開始、2020年に本格運用をスタートした。波浪や強風に対応できる高い位置保持能力を持つほか、測位中のAUVを追跡する機能を持つ。

1.4.3 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。

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。本年度は昨年度までの実験結果の解析および対外発表を行った。また、AUV 間で可視光による高速通信を行うため、音響測位と強化学習による相対位置制御手法の検討を進めた。

c) 低コスト AUV システム

従来よりも小型かつ低コストでありながら、海底画像マッピングなど価値のあるデータを取得することのできる AUV システムを開発する。本年度は小型 AUV による海底画像マッピング手法について取りまとめるとともに、インターベンション（作業）のための経路計画手法を提案し、シミュレーションによりその有効性を確認した。また、AUV と ASV の連携による高精度かつ効率的な海中探査手法を提案し、テストベッドとして AUV HATTORI および ASV BUTTORI を整備し、平塚、下田、加太の浅海域において海域試験を実施した。

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 の研究開発を進めている。今年度は開発した AUV MONACA の海域試験を実施した。2020 年 11 月に下田で行われた試験では AUV としての運用および水深 300m での動作試験を実施した。そして 2021 年 2 月に北海道紋別港で行われた試験では、海氷下での無索全自動潜航および海氷の形状マッピングに成功した。

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

バイオリ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として、水平位置だけでなく上下方向の移動速度も推定するアルゴリズムを開発し、昨年度までに取得したデータを用いてその有効性を確認した。

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、昨年度までに提案した再帰的ニューラルネットワーク（RNN）による推定手法の機体運動に対するロバスト性を高めるため、三崎臨海実験所において UAV がさまざまな運動中のデータを取得し、モデルの再学習を実施、性能向上を確認した。

1.4.4 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）
- ・ 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（2018-20）「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
- ・ 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）「ピーカンナッ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
- ・ 学内公募研究費：東京大学 GAP ファンドプログラム（2019-20）「複数の自律型海中ロボット（AUV）の協調ナビゲーション手法の確立」 代表：巻俊宏
- ・ 民間等共同研究：(株) FullDepth（2020-23）「無人海洋探査機の開発」
- ・ 民間等共同研究：(国研) 海洋研究開発機構（2020-21）「深海生物相の画像解析によるモニタリング法及びサンプリング法の開発」

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】

- ・ Y. Sekimori, T. Maki, Underwater Robot Convention in JAMSTEC 2020 - All Hands on Deck! Online!!, IEEE OES Beacon Newsletter, 10(1), 39-42 (2021.3)
- ・ Y. Noguchi and T. Maki, Tracking Omnidirectional Surfaces using a Low-cost Autonomous Underwater Vehicle, IEEE Journal of Oceanic Engineering, 46(1), 11-23 (2021.1)*
- ・ T. Matsuda, R. Takizawa, T. Sakamaki and T. Maki, Landing method of autonomous underwater vehicles for seafloor surveying, Applied Ocean Research, 101 (2020.8)*
- ・ 浅川賢一, 山縣広和, 小型 ROV を使った教育活動, 日本船舶海洋工学会誌 KANRIN, 90, 33-36 (2020.5)

(2) 国際会議発表

- ・ Y. Noguchi, T. Sakamaki, S. Ito, M. Humblet, Y. Furushima, T. Maki, Wide area seafloor imaging by a low-cost AUV, Global OCEANS 2020 Online, (2020.10)
- ・ H. Yamagata, T. Maki, H. Yoshida, Y. Nogi, Shallow Sea Trial of the Under Ice AUV “MONACA”, JpGU 2020, Online, (2020.7)

(3) 国内学会発表

- ・ 松田匠未, 濱松祐矢, 藤田健一, 坂巻隆, 巻俊宏, 海洋の完全無人探査に向けた自律型海中ロボット群の協調ナビゲーション, 2021年電子情報通信学会総合大会, オンライン, (2021.3)
- ・ 松田匠未, 藤田健一, 濱松祐矢, 坂巻隆, 巻俊宏, 高性能な AUV を核とした AUV ネットワークによる水中完結型の海洋調査手法, 海洋調査技術学会 第32回研究成果発表会, オンライン, (2020.11)

(4) 受賞 (タイトル、対象テーマ)

- ・ T. Matsuda, UT21 Online: Underwater Video Competition, Young Researcher Prize (2021/3/2)
- ・ 松田匠未, 海洋調査技術学会, 若手優秀発表賞 (2020/11/6)

(5) 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

- ・ 2021/3/31, 東大研究チーム、南極の海氷や棚氷域を探査する新しい自律型海中ロボット「MONACA」を開発, AXIS Web Magazine
- ・ 2021/3/27, 海氷帯の裏面 自動計測, 北海道新聞
- ・ 2021/3/27, 海氷下も自動航行 調査ロボ、実証試験成功—東大など, 時事通信社

- ・ 2021/3/26, 東大・極地研、海氷下潜行・探査ロボ 南極海調査に活用, 日刊工業新聞
- ・ 2021/3/23, 日本初 氷海をワイヤレス観測, 北海民友新聞
- ・ 2021/3/12, 自律ロボットで加太の海底調査 巻東大准教授, わかやま新報

1.4.6 学会等の活動

(1) 国際国内シンポジウム等の主催

- ・ 巻俊宏, 海中海底工学フォーラム・ZERO (第 3, 4 回)
- ・ 巻俊宏, 食料生産技術研究会 (第 16, 17 回)
- ・ 巻俊宏, '20 水中ロボットコンベンション in JAMSTEC ～海と日本プロジェクト～, 実行委員長

(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

- ・ 巻俊宏, UT21 Online, プログラム委員長
- ・ 松田匠未, 山縣広和, '20 水中ロボットコンベンション in JAMSTEC ～海と日本プロジェクト～, 実行委員

(3) 招待講演

- ・ 山縣広和, 水中ロボット教育, 水域ロボットシンポジウム, 沖縄 (2020.11)
- ・ T. Maki, Autonomous platform systems for underwater observation, The 7th KAIST-SJTU-UTokyo Joint Academic Symposium, (2020.10)

(4) 特筆すべき学会等の活動

【学会誌編集活動】

- ・ 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, 国土交通省 海における次世代モビリティに関する産学官協議会, 構成員
- ・ 巻俊宏, (国研)海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 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会, 委員

- ・ 巻俊宏, (国研)海洋研究開発機構 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「革新的深海資源調査技術」における「無人探査機制御システム標準化検討会議」, オブザーバー
- ・ 巻俊宏, (国研)海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 AUV の運用における予防・緩和策検討 WG, 委員
- ・ 巻俊宏, 神戸市 企画調整局 神戸市海洋産業振興に係るプロジェクトチーム, 委員
- ・ 巻俊宏, (国研)海洋研究開発機構 研究航海検討委員会, アドバイザー

1.4.7 その他特筆すべき事項

(1) 航海・調査活動

南極の棚氷・海氷下探査に向けて開発中の AUV MONACA について、海氷下での実証試験に成功した。2021 年 2 月に北海道紋別港で行われた実験において、MONACA は全 27 回、のべ 8 時間 17 分、8.9 km に渡って海氷下を全自動潜航し、のべ 47,143 m² (東京ドームとほぼ同じ面積) の海氷裏面の形状データを得た。完全無索での潜航にも成功し、南極海での完全結氷域探査の技術的目途が立った。

(本件についてのプレスリリース <https://www.iis.u-tokyo.ac.jp/ja/news/3513/>)

(2) アウトリーチ活動

2020 年 12 月 5-6 日に、「水中ロボットコンベンション in JAMSTEC 2020 ~海と日本プロジェクト~」を開催した (主催: 日本水中ロボネット)。巻俊宏准教授が実行委員長を務めたほか、同研究室の松田匠未および山縣広和が実行委員を務めるなど、巻研究室が中心となって運営した。感染症拡大の影響でオンライン主体となったが、212 名の参加者があった。

1.5 ソーントン研究室

1.5.1 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、JST の日英戦略的国際共同研究プログラム (SICORP) において、開発した深海粒子の現場計測カメラ RamaCam (ホログラフィック撮影+ラマン分光分析装置) の試作品を用いた調査航海において、装置の機能を検証することができた。

また、産学連携に関して、昨年度に引き続き、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。海底画像マッピングデータから、効率的にハビタットや生物の分布を全自動で抽出する手法を開発し、深海サンゴ、海底資源や海底にある人工構造物に適用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)

Blair Thornton	准教授 (サウスハンプトン大学・教授)
杉松 治美	特任研究員
Umesh Neettiyath	特任研究員
Zonghua Liu	特任研究員
長野 和則	特任研究員
武永 玲子	特任専門職員
小池 哲	民間等協力研究員
高橋 朋子	協力研究員
西田 祐也	協力研究員
永橋 賢司	協力研究員
中谷 武志	協力研究員
小島 淳一	協力研究員

(2) 特殊な施設名とその仕様

1) seaXerocks 3

seaXerocks (高度 1.2~2m) をベースに開発した装置。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) RamaCam 装置

本装置は、プランクトンやマイクロプラスチックなどの深海粒子を現場計測できるホログラフィックおよびラマン分光分析装置の試作品セットアップである。ひとつのレーザーによりホログラフィック撮影とラマン分光分析と行うことで、粒子の形状と成分を同時に計測することができるコンパクトなシステムである。解像度は 10 μ m 程度であり、20ml 計測領域中で 0.3mm 程度の粒子の移動を計測することが可能である。

6)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。

7) 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。

8) 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-Sand 2」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。サンプリング機能向上研究を進めており、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、オホーツク海の底棲魚「キチジ」の資源量調査 (2013～2017 年)、瀬底のサンゴ礁の時空間モニタリングのため、海底面の画像マッピングを行った (2016 年～2018 年)。

9) 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 50 m 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 コンペ参加、JOGMEC のコバルトリッチクラスト資源量調査など、数多くの海洋底観測に幅広く用いられている。

10) 曳航式放射線計測装置 RESQ hose

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。

11) 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。

1.1.3 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、取得した画像データから、生物あるいはコバルトリッチクラストのような鉱物資源の分布を抽出することを目的として開発を進めている、ディープラーニング・コンボリューション・ニューラルネットワーク「ALEXNET」Krizhevsky et al. (2012)をベースとした Georeferenced オートエンコーダーを用いた全自動解析手法について、教師なしで抽出する代表画像（100枚以下）のみラベリングし、これらを元に再学習する Semi-Supervised learning（半教師あり学習）を行うプロセスを導入、これにより精度の向上を実現した。開発手法により、2019年に Schmidt Ocean Institute の #AdaptiveRobotics 国際航海で取得したハイドレート地帯のデータおよび2019年度に JOGMEC の JA 国際鉱区で取得したコバルトリッチクラストの分布、National Oceanography Centre の Darwin Mounds 海底保護区の調査で計測した深海サンゴの分布について実際の解析を行い、精度を検証した。

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しかできなかった、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。

今年度は、2018年度に開始されたJSTの日英の戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)において、2019年度に開発した深海粒子の現場計測カメラ RamaCam (ホログラフィック撮影+ラマン分光分析装置) 試作品を用いて2020年12月に調査航海を実施、ラマン分光部に関する機能検証を行った。開発した試作品は船上用のため、今後、insituの装置の開発を行う。ホログラフィック部で取得したデータ解析については、センサーと対象との位置関係に依存する最適なイメージの確認はマニュアルで行っているため時間と労力を要する。このため、機械学習を導入し自動化する研究を進めている。また、従来のホログラフィーでは、同じ粒子が撮影する向きにより形が大きく異なることが分類精度のボトルネックのため、反射式のホログラフィーのセットアップの提案を行っている。

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年および2019年に引き続き、JOGMECの委託により民間企業と共同してJA国際鉱区において実施。今年度の調査では、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)、SBP曳航体による海底下構造の調査を同時に行い、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情報および海底下の構造についての情報を短期間の内に効率的に取得した。

1.5.4 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。

- ・ 科学研究費基盤A : H30-R2 : 「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
- ・ 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) : R1 年度海洋鉱物資源調査に係わるコバルトリッチクラスト賦存状況調査 : (業務責任者)

- ・ 日英共同研究 NERC-JST SICORPH30-R3: 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)
- ・ いであ (株) : R1-R4 : Tuna-Sand クラス AUV の実用調査への応用と新たなロボティクス技術展開の提案：(研究代表者)
- ・ 海洋エンジニアリング (株) : R1-R1 : コバルトリッチクラストの賦存量調査技術の最適化：(研究代表者)
- ・ KDDI 総合研究所 H31-R2: アジア域におけるカワイルカの生態観測：(研究分担者)
- ・ 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)

1.5.5 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】

査読論文

- ・ Zonghua Liu, Tomoko Takahashi, Dhugal Lindsay, Thangavel Thevar, Mehul Sangekar, Hiromi Watanabe, Nick Burns, John Watson, and Blair Thornton, Digital In-line Holography for Large-Volume Analysis of Vertical Motion of Micro-scale Marine Plankton and Other Particles, Journal of Oceanic Engineering (Accepted), 2021.
- ・ Seiki Ohnishi , Blair Thornton , Toshikazu Koike , Naoteru Odano , Mitsufumi Asami , So Kamada , Kazunori Nagano & Tamaki Ura, Analysis of radioactive cesium-enriched particles and measurement of their distribution in marine sediment near Fukushima Daiichi nuclear power plant, Journal of Nuclear Science and Technology, 2021, DOI: 10.1080/00223131.2021.1879688 *
- ・ Takeshi Ohki, Hitoshi Kakami, Yuya Nishida, Takeshi Nakatani, Blair Thornton, Development and testing of an unmanned surface towing system for autonomous transport of multiple heterogeneous underwater vehicles for seafloor survey, Marine Technology Society Journal 54 (5), 61-71, 2020, DOI: 10.4031/MTSJ.54.5.10
- ・ Takaki Yamada, Adam Prugel-Bennet, Blair Thornton, Learning Features from Georeferenced Seafloor Imagery with Location Guided Autoencoders, Journal of Field Robotics 38, 52-67, 2021, DOI: 10.1002/rob.21961 *
- ・ Tomoko Takahashi, Zonghua Liu, Thangavel Thevar, Nicholas Burns, Sumeet Mahajan, Dhugal Lindsay John Watson, Blair Thornton, Identification of microplastics in a large water volume by integrated holography and Raman spectroscopy, Applied Optics, DOI: 10.1364/AO.393643
Editor's pick with this associated media article. Dr Takahashi received the UT2021 online research video award for a video entry based on this research. *

- Tomoko Takahashi, Soichi Yoshino, Yutaro Takaya, Tatsuo Nozaki, Koichi Ohki, Toshihiko Ohki, Tetsuo Sakka, Blair Thornton, Quantitative in situ mapping of elements in deep-sea hydrothermal vents using laser-induced breakdown spectroscopy and multivariate analysis, *Deep-Sea Research Part I* 158, 103232, DOI: 10.1016/j.dsr.2020.103232
- Umesh Neettiyath, Blair Thornton, Mehul Sangekar, Yuya Nishida, Kazuo Ishii, Adrian Bodenmann, Takumi Sato, Tamaki Ura, Akira Asada, Deep-sea robotic survey and data processing methods for regional scale estimation of manganese crust distribution, *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, DOI: 10.1109/JOE.2020.2978967

査読なし論文

- G West, A Bodenmann, D Newborough, B Thornton, Resolution and coverage-The best of both worlds in the BioCam 3D Visual Mapping Project, *Journal of Ocean Technology* 15 (3), 67-76

(3) 国際会議発表

一般講演

- Yang, Q., Massot Campos, M., Das, S., Thornton, B. & Pizarro, O., Deployment strategies for representative surveys using passive drifting seafloor imaging floats, *2020 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles Symposium (AUV)*. Canada, 2020.
- Stanley, D., Bodenmann, A., Massot Campos, M. & Thornton, B., A featureless approach to improve self-consistency in structured light bathymetry, *2020 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles Symposium (AUV)*. Canada, 2020.
- Rolfe, C., Thornton, B. & Massot Campos, M., Development of a passively pre-tensioned buoyancy engine for fail-safe underwater vehicle operation. *2020 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles Symposium (AUV)*. Canada, 2020.
- Z. Liu, T. Takahashi, T. Thevar, D. Lindsay, N. Burns, J. Watson and B. Thornton, Comparison of region proposal methods for marine holograms, *Global OCAENS 2020 Singapore - U.S. Gulf Coast*, 2020.

(5) 受賞 (タイトル、対象テーマ)

- Team KUROSHIO,” 第9回ロボット大賞審査員特別賞, 母船レス海底調査を可能とする洋上・海中ロボットシステム”, 第9回ロボット大賞審査特別委員会, 2021.3.12.

(6) 特許 (タイトル、出願番号)

- ・ 国内特許出願 (ソーントン・ブレア、増田殊大、杉松治美、小島淳一、西田祐也、富樫定幸、白仁浩文) : 水中音響マイクロフォン、水中音響マイクロフォンの製造方法 : 2020-102846 :

(7) 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

- ・ 2020.6.03 : Optical Society : Light-based system lays foundation for continuous monitoring of ocean plastic particles:
<https://phys.org/news/2020-06-light-based-foundation-ocean-plastic-particles.html>
- ・ 2020.7: IEEE Signal Processing Magazine : 2020. July: pp.7-10: Signal Processing Advances Undersea Research: Subsea Research Presents Unique Challenges that Signal Processing Is Helping to Address
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9127844> *
- ・ 2020.8.26: BBC Focus magazine : The technology solving the ocean's greatest mysteries
<https://www.sciencefocus.com/planet-earth/the-technology-solving-the-oceans-greatest-mysteries/>
- ・ 2020. 10.21: Offshore Engineer: Seabed imaging Re-Imagined,
https://www.oedigital.com/news/482593-seabed-imaging-re-imagined?utm_source=AOGDigital-ENews-2020-10-21&utm_medium=email&utm_campaign=OEGDigital-ENews
- ・ 2020-10-00 : Marine technology Reporter : 2020.10: pp.6-50: Seabed imaging Re-Imagined
<https://magazines.marinelink.com/nwm/MarineTechnology/202010/#page/46> *

1.1.6 学会等の活動

(1) 招待講演

- ・ Blair Thornton, “Re-imagining seabed imaging”, UT21 Online, Tokyo, Japan, 2021.3.
- ・ Blair Thornton, “Remote awareness in the Deep”, Satellite Applications for the Future of our Seas, Hampshire County Council, University of Surrey, Guildford, UK, 2021.3.
- ・ Blair Thornton, “Rapid understanding of Seafloor Imagery”, Schmidt Ocean Institute Science Symposium 2021 "Technology at Sea" 2021.02.18
- ・ Blair Thornton “Re-imagining Seafloor Imaging”, Catch the next wave - Oceanology International 2020 2020.11.19

- Blair Thornton “Interpreting Data at Scale in Expedition Relevant Timeframes”, Schmidt Ocean Institute, Global Oceans 20.10.7

(4) 特筆すべき学会等の活動

Blair Thornton

- Field Robotics 特集号 Unmanned Marine Systems: Guest Editor
- 海中海底工学フォーラム・ZERO 運営委員
- IEEE OES Journal Associate Editor
- IEEE OES Newsletter BEACON Associate Editor

杉松 治美

- 海中海底工学フォーラム・ZERO 事務局
- IEEE OES Administrative Committee 委員 (2015.1.1～2020.12.31)
- IEEE OES Newsletter BEACON Editor-in-Chief
- IEEE OES Japan Chapter Vice President

1.5.7 その他特筆すべき事項

- Director of the In situ and Remote Intelligent Sensing Centre of Excellence, University of Southampton
- Contributing Member of the Offshore Committee of the International Subsea Committee

1.6 長谷川研究室

1.6.1 研究室の研究概要

乱流中に物質が放出されると、濃度プリュ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。

1.6.2 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）

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)
中倉 満帆	(東京大学生産技術研究所・JSPS 特別研究員)
Kaithakkal, Arjun	(東京大学生産技術研究所・特任研究員)
Liu, Chein-Chia	(東京大学生産技術研究所・特任研究員)
Kumar, Vivek	(東京大学生産技術研究所・特任研究員)
下平 佐都	(東京大学生産技術研究所・技術補佐員)
伊藤 宗嵩	(東京大学生産技術研究所・博士課程 3 年)
Liu, Zhuchen	(東京大学生産技術研究所・博士課程 2 年)
Henzel, Dominik	(東京大学生産技術研究所・博士課程 2 年)
Wang, Hanzhi	(東京大学生産技術研究所・博士課程 2 年)
渡邊 翔	(東京大学生産技術研究所・博士課程 1 年)
Pan, Junxiu	(東京大学生産技術研究所・博士課程 1 年)
Ding, Mingqian	(東京大学生産技術研究所・修士課程 2 年)
宇治 孝節	(東京大学生産技術研究所・修士課程 2 年)

園田 隆博 (東京大学生産技術研究所・修士課程 1 年)
 Yang, Linghui (東京大学生産技術研究所・修士課程 1 年)

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)
 細矢 太一 (東京大学生産技術研究所・研究実習生)
 大西 諒 (東京大学生産技術研究所・研究実習生)

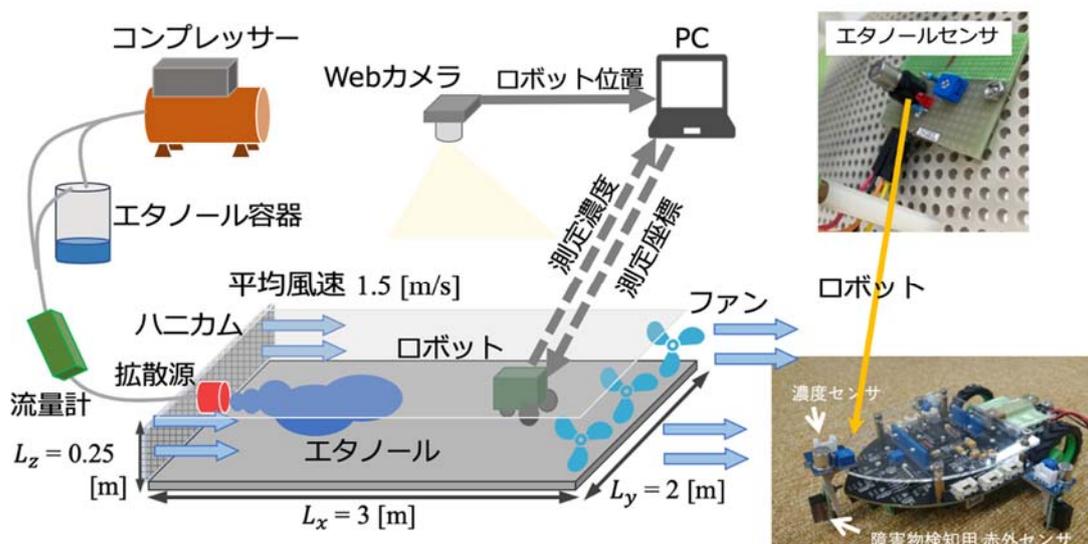
(2) 特殊な施設名とその仕様

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
 スカラー源探索実験用風洞, および移動ロボット制御システム
 高性能計算機クラスター 200 コア以上
 熱交換器性能評価用風洞

1.6.3 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。

2020 年度は、物質輸送の支配方程式を考慮した深層学習によって限られた濃度計測からスカラー源を推定するアルゴリズムを提案し、その有効性を検証した。さらに、同アルゴリズムをスカラー源探索のための実験風洞に適用し、移動ロボットから得られる濃度計測データに基づいて、ロボットが自律的にスカラー源を探索するシステムを構築した。



スカラー源探索用風洞実験システム

1.6.4 主要研究 Fund

科研費による研究

- ・ 基盤研究 B 「移動センサ群を用いた乱流環境におけるスカラー源探査に関する研究」(代表)
- ・ 国際共同研究加速基金(国際共同研究強化)「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」(代表)
- ・ 挑戦的研究(開拓)「ガン治療を目的としたゼブラフィッシュ内ナノメディシンの数理モデルの構築とその検証」(代表)
- ・ 基盤研究 A 「機械学習による乱流ビッグデータの特徴量抽出手法の構築」(分担)
- ・ 基盤研究 B 「組織幹細胞維持機構解明のための微小血管システムの構築」(分担)

民間等との共同研究

- ・ 「壁面吹き出し・吸い込み進行波による高熱伝達・低圧損制御」
- ・ 「車載用送風機の最適設計のための解析技術開発」
- ・ 「熱流体関連機器を対象としたトポロジー最適化技術の研究」
- ・ 「随伴解析による金属 3DP を活用した熱交換器への応用」
- ・ 「流動・伝熱一体(CHT)解析と随伴解析(Adjoint 法)に基づく形状最適化コードの開発」
- ・ 「金属 AM 技術の適用を想定した流動・伝熱部品の Generative Design プロセスの研究」
- ・ 「トポロジー最適化を活用したファン及びインペラ最適設計技術の開発」

受託研究

①公的資金

- ・ NEDO クリーンエネルギー分野における革新的技術の国際共同研究開発事業/未利用熱等活用に資する革新的機器・デバイス開発/炭酸ガス分解用ソーラー集熱反応器の国際共同研究開発(分担)

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】

- ・ Ansel Blumers, Minglang, Yin, Hiroyuki Nakajima, Yosuke Hasegawa, Zhen Li, Geroge E. Karniadakis: Multiscale parareal algorithm for long-time mesoscopic simulations of microvascular blood flow in Zebrafish: arXiv:[2101.08414](https://arxiv.org/abs/2101.08414) (2021)
- ・ Arjun J. Kaithakkal, Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa: Dissimilar heat transfer enhancement in a fully developed laminar channel flow subject to a traveling wave-like wall blowing and suction: International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol.164, 120485 (2021)*

- Fatemeh Mirzapour-shafiyi, Yukinori Kametani, Takao Hikita, Yosuke Hasegawa, Msanori Nakayama: Numerical evaluation reveals the effect of branching morphology on vessel transport properties during angiogenesis: bioRxiv, Oct 13 (2020)
- Jiaming Gong, Junya Onishi, An He, Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa, Naoki Shikazono: Heat transfer enhancement and pressure loss in a plate-fin heat exchanger with V-shaped oblique wavy surface: International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol.161, 120263 (2020)
- Yukinori Kametani, Yutaka Fukuda, Takayuki Osawa, Yosuke Hasegawa: A new framework for design and validation of complex heat transfer surfaces based on adjoint optimization and rapid prototyping technologies: Journal of Thermal Science and Technology, Vol. 15, No. 2, JTST0016 1-15 (2020)*
- 細矢 太一, 亀谷 幸憲, 大澤 崇行, 塚原 隆裕, 長谷川 洋介: 4次元変分法を用いた面計測データに基づくダクト内円柱周りの流れ場推定: 生産研究, Vol. 73, Vol.1, pp. 77-81 (2021).

(2) 国際会議発表

- Arjun J. Kithakkal, Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa: Mechanism of dissimilar heat transfer enhancement in a laminar channel flow subjected to wall blowing and suction induced by traveling wave-like wall blowing suction: 8th International and 47th National Conference On Fluid Mechanics and Fluid Power (FMFP), IIT Guwahati, India, December 9-11 (2020).
- Yosuke Hasegawa: Optimal control of wall turbulence for dissimilar heat and momentum transport: 8th International and 47th National Conference On Fluid Mechanics and Fluid Power (FMFP), IIT Guwahati, India, December 9-11 (2020). (Invited Lecture).

(3) 国内学会発表

- Liu, Z., 鈴木崇夫, 長谷川洋介, 「複数の面計測情報を用いたチャネル乱流場の状態推定」
日本流体力学会年会 2020, 宇部, 2020年9月18-20日
- Kaithakkal, A., 亀谷幸憲, 長谷川洋介, 「チャネル乱流における非相似伝熱促進のための壁吹き出し・吸い込みの最適進行波モード」, 日本流体力学会年会 2020, 宇部, 2020年9月18-20日
- 伊藤宗嵩, 長谷川洋介, 「大きな空間スケールを有する壁面吹き出し・吸い込みによる壁乱流の最適制御」, 日本流体力学会年会 2020, 宇部, 2020年9月18-20日

- ・ 中倉満帆, Yin, M., 中嶋洋行, Karniadakis, G., 長谷川洋介, 「ゼブラフィッシュ脳内血管網における生体ライブイメージングを用いた1次元血流モデルの検証」, 日本流体力学会年会 2020, 宇部, 2020年9月18-20日
- ・ Henzel, D., Liu., Z., Karniadakis, G., 長谷川洋介, 「物理法則を考慮した深層学習を用いた限られた計測情報に基づくスカラー源および濃度分布の推定」, 日本流体力学会年会 2020, 宇部, 2020年9月18-20日*
- ・ 宇治孝節, 伊藤宗嵩, 長谷川洋介, 「壁乱流フィードバック制御則のための最適制御入力の学習」
日本流体力学会年会 2020, 宇部, 2020年9月18-20日
- ・ 亀谷幸憲, 松本圭, 荘田隆博, 石居真, 長谷川洋介, 「相変化蓄熱系における非定常共役熱伝達の直接数値シミュレーション」, 日本流体力学会年会 2020, 宇部, 2020年9月18-20日

1.6.6 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

日本流体力学会年会 2020, FM2020 委員

第34回数値流体シンポジウム, セッションオーガナイザー

(2) 招待講演 (招待側組織名、講演題目、日時)

- ・ Yosuke Hasegawa: Optimal control of wall turbulence for dissimilar heat and momentum transport: 8th International and 47th National Conference On Fluid Mechanics and Fluid Power (FMFP), IIT Guwahati, India, December 9-11 (2020). (Invited Lecture).

1.6.7 その他特筆すべき事項

該当なし

1.7 横田研究室の概要

1.7.1 研究室の研究概要

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。

1.7.2 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

1.7.3 研究課題の説明

(1) GNSS-A 観測技術に関する研究

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) グローバル測地学：SLR 観測システム

グローバル測地学、とくに測地基準系を構築する上で SLR 観測は不可欠なものである。この観測技術を代表とするグローバル測地学に関連する観測技術の研究を行っている。とくにレーザー光学系、駆動系、制御系、データ管理、建造物を含む全体のシステム構築にかかわる研究を実施している。

(4) 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。また地球物理学的数据は、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。

(5) 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。

1.7.4 主要研究 Fund

- ・ 令和 2 年度東京大学卓越研究員 (代表：横田裕輔)
- ・ 共同研究：海洋エンジニアリング(株) 汎用型海底測地観測技術の実証研究 (代表：横田裕輔)
- ・ 共同研究：(株)SELAB 航空機による海中・海底情報収集技術の研究 (代表：横田裕輔)
- ・ 2020 年度科学研究費基盤研究 (B)：ミリメートル精度測距で地球の形と変動を捉える：全球展開型の衛星レーザ測距装置 (分担：横田裕輔)

1.7.5 研究業績

(1) 論文や投稿記事の一覧 (* 代表論文)

- ・ 渡邊俊一, 横田裕輔, 石川直史 (2020): キネマティック精密単独測位を用いた

GNSS-A 海底測位の精度検証, 測地学会誌 66:1-7,
<https://doi.org/10.11366/sokuchi.66.1>

- Ishikawa T, Yokota Y, Watanabe S, Nakamura Y (2020): History of on-board equipment improvement for GNSS-A observation with focus on observation frequency, *Frontiers in Earth Science*, <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00150> *
- Yokota Y, Ishikawa T, Watanabe S, Nakamura Y (2020): Kilometer-scale sound speed structure that affects GNSS-A observation: Case study off the Kii channel, *Frontiers in Earth Science*, <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00331>
- 横田裕輔, 石川直史 (2020): 海底下ゆっくりすべりを検知するための GNSS-A 解析戦略と海洋学的应用, *海洋音響学会誌*, 47(4), 151-157
- Watanabe S, Ishikawa T, Yokota Y, Nakamura Y (2020): GARPOS: Analysis software for the GNSS-A seafloor positioning with simultaneous estimation of sound speed structure, *Frontiers in Earth Science*, <https://doi.org/10.3389/feart.2020.597532> *
- Nakamura Y, Yokota Y, Ishikawa T, Watanabe S (2021): Optimal transponder array and survey line configurations for GNSS-A observation evaluated by numerical simulation, *Frontiers in Earth Science*, <https://doi.org/10.3389/feart.2021.600993>
- Yokota Y (2020): How to know slow slip events and anticipate future large earthquakes, *The Science Breaker*, ISSN-2571-9262, <https://doi.org/10.25250/thescbr.brk405>
- 倉本和興, 横田裕輔, 吉田善吾, 柴田耕治 (2020): ワイドバンドマルチビーム測深器 (R2Sonic2024) の帯域制限確認試験, *海洋音響学会 2020 年度研究発表会講演論文集*, 20-9
- 河合晃司, 渡邊俊一, 中村優斗, 瀬尾徳常, 福良博子, 横田裕輔 (2020): 下里水路観測所の人工衛星レーザー測距観測の紹介, 第 64 回宇宙科学連合大会秋季大会, 2C10
- 土井浩一郎, 大坪俊通, 荒木博志, 横田裕輔, 松本岳大, 國森裕生, 小林美穂子, 青山雄一 (2020): 将来の南極運用をめざした小型の衛星レーザー測距システムの構想, 第 64 回宇宙科学連合大会秋季大会, 2C08
- 石川直史, 渡邊俊一, 横田裕輔, 中村優斗 (2020): 海上保安庁の海底地殻変動観測の新たな解析手法, *海洋調査技術学会第 32 回研究成果発表会*, 10
- 横田裕輔, 石川直史, 渡邊俊一, 中村優斗 (2020): 様々な海中音速場が音線計算に与える影響, *海洋調査技術学会第 32 回研究成果発表会*, 4
- 大坪俊通, 宮原伐折羅, 栗原忍, 横田裕輔 (2021): GGOS Japan: グローバル宇宙測地推進剤として, *2020 年度 VLBI 懇談会シンポジウム*, 7-1
- 海底地殻変動観測グループ (2021): GNSS-A によって 2019 年までに観測された海底の地殻変動, *水路新技術講演集第 34 巻*

(2) 国際会議発表

- Nakamura Y, Ishikawa T, Watanabe S, Yokota Y (2020): Evaluation of the effects of sound speed variation on the GNSS-A positioning accuracy of the new analysis software "GARPOS" using numerically simulated data, AGU fall meeting 2020, G021-0012
- Otsubo M, Miyahara B, Yokota Y, Kurihara S (2020): GGOS Japan: 7-year history and hot topics, AGU fall meeting 2020, G008-0004
- Watanabe S, Ishikawa T, Yokota Y, Nakamura Y (2020): Development of GNSS-A analysis tool "GARPOS" and its application to the seafloor geodesy around Japan, AGU fall meeting 2020, G021-0009
- Yokota Y, Ishikawa T, Watanabe S, Nakamura Y (2020): Quantitative error evaluation of GNSS-A observation using new analysis tool "GARPOS": high-rate GNSS and ocean field disturbance, AGU fall meeting 2020, G021-0016
- Ishikawa T, Yokota Y, Watanabe S (2020): Open data action to publish the GNSS-A seafloor geodetic data, JpGU-AGU meeting 2020, MGI36-P03
- Otsubo M, Miyahara B, Yokota Y, Kurihara S (2020): GGOS Japan's roles and activities as a GGOS Affiliate, JpGU-AGU meeting 2020, SCD01-06
- Watanabe S, Seo N, Nakamura Y, Yokota Y, Fukura H (2020): Satellite Laser Ranging and GNSS observations in the Shimosato Hydrographic Observatory, Japan, JpGU-AGU meeting 2020, SGD01-P06
- Yokota Y, Ishikawa T, Miyahara B, Otsubo M (2020): Issues and progress of Open Science in geodesy, JpGU-AGU meeting 2020, MGI36-11
- Elger K, Coetzer G, Botha R, GGOS DOI Working Group (2020): Why do Geodetic Data need DOIs? First ideas of the GGOS DOI Working Group, EGU General Assembly 2020, D1748 EGU2020-17861
- Otsubo T, Miyahara B, Yokota Y, Kurihara S, Munekane H, Watanabe S, Miyazaki T, Takiguchi H, Aoyama Y, Doi K, Fukuda Y, Matsuo K, Jike T, Matsumoto T, Ichimura R (2020): GGOS Japan: Uniting space geodetic activities in Japan, EGU General Assembly 2020, D1749 EGU2020-3244
- Yokota Y, Ishikawa T, Watanabe S, Nakamura Y (2020): Recent advances in GNSS-A observation technology and networks and latest observation results around Japan Islands, EGU General Assembly 2020, D1238 EGU2020-3231

(3) 国内学会発表

- 大坪俊通, 荒木博志, 横田裕輔, 松本岳大(2021): Omini-SLR 開発スタート, 2021年度 GGOS Japan 報告会, 19

- ・ 横田裕輔 (2021): GGOS working group on DOI's for geodetic data sets の検討状況, 2021 年度 GGOS Japan 報告会, 05
- ・ 大坪俊通, 荒木博志, 横田裕輔, 土井浩一郎, 國森裕生, 小林美穂子, 塚越涼, 友松雅人, 松本岳大(2020): 低価格・小型 Omini-SLR 計画の概要, 第 8 回 ILRS 技術連絡会, 17
- ・ 横田裕輔, 大坪俊通, 宮原伐折羅, 石川直史, 渡邊俊一 (2020): 測地学分野のオープンデータシステムと DOI の活用について, 第 8 回 ILRS 技術連絡会, 15
- ・ 横田裕輔, 石川直史, 渡邊俊一, 中村優斗 (2020): 様々な海中音速場が音線計算に与える影響, 海洋調査技術学会第 32 回研究成果発表会, 4
- ・ 石川直史, 渡邊俊一, 横田裕輔, 中村優斗 (2020): 海上保安庁の海底地殻変動観測の新たな解析手法, 海洋調査技術学会第 32 回研究成果発表会, 10
- ・ 土井浩一郎, 大坪俊通, 荒木博志, 横田裕輔, 松本岳大, 國森裕生, 小林美穂子, 青山雄一 (2020): 将来の南極運用をめざした小型の衛星レーザ測距システムの構想, 第 X 回宇宙科学連合大会秋季大会, 2C08
- ・ 河合晃司, 渡邊俊一, 中村優斗, 瀬尾徳常, 福良博子, 横田裕輔 (2020): 下里水路観測所の人工衛星レーザ測距観測の紹介, 第 X 回宇宙科学技術連合大会秋季大会, 2C10
- ・ 中村優斗, 渡邊俊一, 石川直史, 横田裕輔 (2020): GNSS-A データ解析ソフトウェア GARPOS のための数値シミュレーター, 日本地震学会 2020 年度秋季大会, S3-P10
- ・ 石川直史, 渡邊俊一, 横田裕輔, 中村優斗 (2020): GNSS-A 海底地殻変動観測における海中音速プロファイルの影響, 日本地震学会 2020 年度秋季大会, S3-P09
- ・ 渡邊俊一, 石川直史, 横田裕輔, 中村優斗 (2020): オープン GNSS-A に向けた解析ツール GARPOS の開発, 日本地震学会 2020 年度秋季大会, S3-P08
- ・ 横田裕輔, 石川直史, 渡邊俊一, 中村優斗 (2020): GARPOS を用いた GNSS-A 海底地殻変動観測時の音速度場の評価, 日本地震学会 2020 年度秋季大会, S3-10
- ・ 石川直史, 渡邊俊一, 横田裕輔, 中村優斗 (2020): 海上保安庁の海底地殻変動観測の新解析戦略とデータの公開, 日本測地学会第 134 回講演会, 44
- ・ 中村優斗, 渡邊俊一, 石川直史, 横田裕輔 (2020): GNSS-A データ解析ソフトウェア「GARPOS」を用いた数値シミュレーションによる GNSS-A 測位精度の評価, 日本測地学会第 134 回講演会, 45
- ・ 渡邊俊一, 石川直史, 横田裕輔, 中村優斗 (2020): 下里水路観測所における SLR 及び GNSS 観測によるグローバル測位, 日本測地学会第 134 回講演会, 73
- ・ 大坪俊通, 荒木博志, 横田裕輔, 土井浩一郎, 國森裕生, 小林美穂子, 塚越涼, 友松雅人, 松本岳大(2020): SLR 装置の小型化・低価格化の試み: Omini-SLR 計画の概要, 日本測地学会第 134 回講演会, 74
- ・ 宮原伐折羅, 大坪俊通, 横田裕輔, 栗原忍 (2020): 全球統合測地観測システム (GGOS) -役割と活動-, 第 18 回 VLBI 技術開発センターシンポジウム, 12

- ・ 石川直史, 横田裕輔, 渡邊俊一, 中村優斗 (2020): GNSS-A 海底地殻変動観測から見る南海トラフの固着状態の変化, JpGU-AGU meeting 2020, SSS14-10
- ・ 中村優斗, 横田裕輔, 石川直史, 渡邊俊一 (2020): GNSS-A 疑似データを用いた海底局アレイサイズの GNSS-A 海底地殻変動観測精度への影響の評価, JpGU-AGU meeting 2020, SCG66-P17
- ・ 渡邊俊一, 横田裕輔, 石川直史, 中村優斗 (2020): 海上保安庁の GNSS-A 海底測位ルーチン解析へのキネマティック精密単独測位の適用, JpGU-AGU meeting 2020, SGD02-07
- ・ 横田裕輔, 石川直史, 渡邊俊一, 中村優斗 (2020): GNSS-A 観測に影響を与える海洋場の時空間的性質, JpGU-AGU meeting 2020, SCG66-05

(4) 受賞

- ・ 令和 2 年度海上保安庁長官表彰, 受賞者: 横田裕輔
- ・ 第 28 回日本測地学会賞坪井賞, 受賞者: 横田裕輔
- ・ 2019 年度日本地震学会技術開発賞, 受賞者: 藤田雅之, 松本良浩, 佐藤まりこ, 石川直史, 渡邊俊一, 横田裕輔
- ・ 令和 2 年度東京大学卓越研究員 (推薦型), 受賞者: 横田裕輔

(5) 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

- ・ 日経電子版 (WEB) (2020.05.13) 東大とプロドローン、海中・海底の観測を効率化する新しいドローンを開発
- ・ 日経クロステック (2020.05.14) 東大らが海中・海底観測ドローン開発 観測機器の投下と離着水に成功
- ・ fabcross for エンジニア (2020.05.14) 海中／海底の観測を効率化、高速化する新ドローンを 2 種類開発 東京大学とプロドローン
- ・ 建設通信新聞 Digital (2020.05.14) 東大生産研、プロドローン/海中・海底の観測を効率化/機動性備えたドローン開発
- ・ 建設通信新聞(朝刊)1 面 (2020.05.14) 東大生研 プロドローン 海中・海底の観測を効率化 機能性備えたドローン開発
- ・ DRONE (2020.05.14) PRODRONE、東京大学と海中・海底の観測を効率化する新しいドローンを開発
- ・ 日刊建設工業新聞(朝刊)3 面 (2020.05.15) 海洋観測ドローン プロドローンと東大が 2 機種 コスト低減 後押し
- ・ 鉄鋼新聞(朝刊)5 面 (2020.05.15) 海中・海底観測を効率化 東大などがプロドローン開発
- ・ 健康美容 EXPO ニュース (2020.05.16) 海中、海底の観測を効率化する新しいドロー

- ンを開発/プロドローン、東大
- ・ 化学工業日報(朝刊)6面 (2020.06.11) 海中・海底観測を効率化 東大-プロドローン
ドローン2機種開発
- ・ DG Lab Haus (2020.07.06) より多くのデータを海から 「海洋観測用ドローン」活
用の試み
- ・ 日本経済新聞電子版 (2021.03.19) 東大・九大・関西大・NEC など、ミュオグラフィ
の陸から海への展開
- ・ ACNnewswire (2021.03.19) 東大・九大・関西大・NEC など、ミュオグラフィの陸
から海への展開
- ・ 財経新聞電子版 (2021.03.19) 東大・九大・関西大・NEC など、ミュオグラフィの陸
から海への展開
- ・ ScopeAsia (2021.03.19) 東大・九大・関西大・NEC など、ミュオグラフィの陸から
海への展開

1.1.5 学会等の活動

(1) 国際国内シンポジウム等の主催

- ・ 令和2年度 GGOS Japan 報告会

(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

- ・ JpGU meeting 2020 (セッション: GGOS・測地学一般)

(3) 招待講演

- ・ Yokota Y (2020): GNSS-A seafloor geodetic observation and global geodesy around
the Japan Islands, ILRS virtual station world tour 2020 (Nov. 4)
- ・ Otsubo T, Miyahara B, Kurihara S, Yokota Y, Takagi Y, Watanabe S, Takiguchi H,
Aoyama Y, Matsuo K (2020): Report from GGOS Japan, GGOS Days 2020 (Oct. 5)
- ・ Yokota Y (2020): Shallow slow slip events along the Nankai Trough detected by
GNSS-A, Hyuga-nada IODP Workshop 1st day (Sep. 7)
- ・ Yokota Y, Ishikawa T, Watanabe S, Nakamura Y (2020): Development of GNSS-A in
this decade and observation results along the Japan Trench, JpGU-AGU meeting
2020, SCG61-08 (Jul. 12)
- ・ Yokota Y, Miyahara B, Otsubo M, Murayama Y, Munekane H, Ishikawa T (2020):
Activities of WG on DOIs in GGOS and Data DOI WG in GGOS Japan, JpGU-AGU
meeting 2020, SGD01-05 (Jul. 11)
- ・ Yokota Y, Ishikawa T, Watanabe S, Nakamura Y (2020): Slow slip events and
temporal changes of coupling condition on the shallow side of the Nankai Trough,

JpGU-AGU meeting 2020, SCG58-11 (Jul. 9)

- ・ 横田裕輔, 石川直史 (2020): 海底下ゆっくりすべりを検出するための GNSS-A 観測の高度化と海洋学的応用, 第 28 回海洋工学シンポジウム (Sep. 30)
- ・ 横田裕輔 (2020): GNSS-A 海底地殻変動観測による南海トラフ海底下のプレート間固着の検出およびその高感度化に基づく浅部スロースリップイベントの発見, 日本測地学会第 134 回講演会 (Oct. 22)
- ・ 藤田雅之, 松本良浩, 佐藤まりこ, 石川直史, 渡邊俊一, 横田裕輔 (2020): 定常的な GNSS-A 海底地殻変動観測技術の確立と地震学への貢献, 2020 年度日本地震学会秋季大会, S20-06 (Oct. 31)
- ・ 横田裕輔, 大坪俊通, 宮原伐折羅, 石川直史, 渡邊俊一 (2020): 測地学分野におけるオープンデータ: グローバル測地学における議論と海底測地学における事例, 第 148 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, S001-09 (Nov. 2)
- ・ 横田裕輔 (2021): 海底で記録される信号の解明に向けて~地殻変動と海洋擾乱~, 2021 年度 TIA かけはしワークショップ (Mar. 10)

(4) 特筆すべき学会等の活動

- ・ GGOS WG Japan, 担当委員
- ・ GGOS Japan, 部会長
- ・ GGOS, Consortium
- ・ GGOS, WG on DOIs
- ・ IAG, Inter Commission Committees on Marine Research
- ・ 日本測地学会, 評議員
- ・ 日本測地学会, 庶務委員
- ・ 日本地震学会, 企画委員
- ・ 海洋調査技術学会, 評議員
- ・ 海洋調査技術学会, 編集委員
- ・ 海洋音響学会, 理事
- ・ 海洋音響学会, 評議員
- ・ 海洋音響学会, 企画運営委員
- ・ 海中海底工学フォーラム・ZERO, 運営委員
- ・ International Symposium on Underwater Technology 2021 (UT21), Technical Committee