

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4年度

目次

序

1. 林研究室（海洋環境工学）	1
2. 川口研究室（総合海底観測工学）	8
3. 北澤研究室（海洋生態系工学）	12
4. 巻研究室（海中プラットフォームシステム学）	20
5. ソーントン研究室（海洋知覚システム）	28
6. 長谷川研究室（界面輸送工学）	37
7. 横田研究室（海中・海底情報システム学）	43

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、海の持つ機能（資源、エネルギー、物質変換など）を社会のために有効活用する海中観測実装工学の創出、海に関わる研究・教育そして産業の活性化への貢献を目指しています。

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、海はま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。海は環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海洋観測実装工学です。

令和3年4月からは海中観測実装工学を基盤とする、IoT、人工知能（AI）、ビッグデータ技術を取入れ、海洋のフィジカル空間（現実空間）と高度に融合され、アクセス困難の制約から解放された、海洋社会基盤としての海洋のサイバー空間（仮想空間）の創出が新たな活動目標に加わりました。新たな活動目標である海洋のフィジカル空間と高度に融合させた海洋のサイバー空間の実現のため、「海中の広域・高効率・高精度探査を可能とするプラットフォームシステムの開発」「大規模海洋情報のリアルタイム計測技術の開発」「海洋観測情報を統合する物理法則を考慮した機械学習アルゴリズムの開発」「海洋ビッグデータに基づく海洋物理・化学・生態数理モデルの学習」「海洋サイバー空間の構築」の五つの課題を設定しました。

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4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

岡部 洋二 教授

北澤 大輔 教授

長谷川洋介 教授

川口 勝義 客員教授

巻 俊宏 准教授

ソーントン ブレア 准教授

横田 裕輔 准教授

福場 辰洋 特任准教授

(協力メンバー)

大石 岳史 准教授

根本 利弘 准教授

杉浦 慎哉 准教授

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

明治大学

(独) 海洋研究開発機構

<本センターの研究分野>

海中観測実装工学から海洋社会基盤構築へ

海洋サイバーフィジカルシステム分野

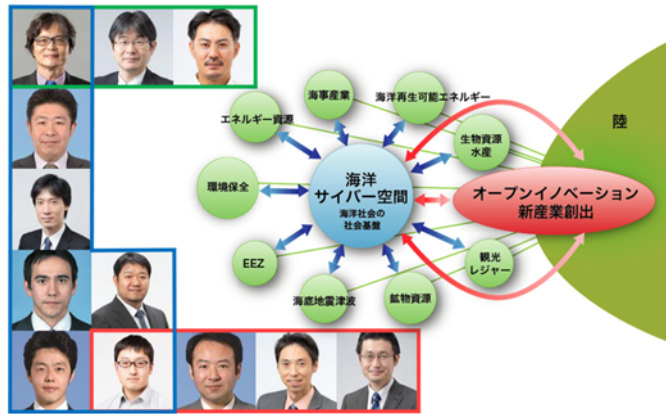
海洋環境工学 (林昌奎 教授; センター長)
 構造健全性診断学 (岡部洋二 教授)
 時空間メディア工学 (大石岳史 准教授)

海洋観測システム分野

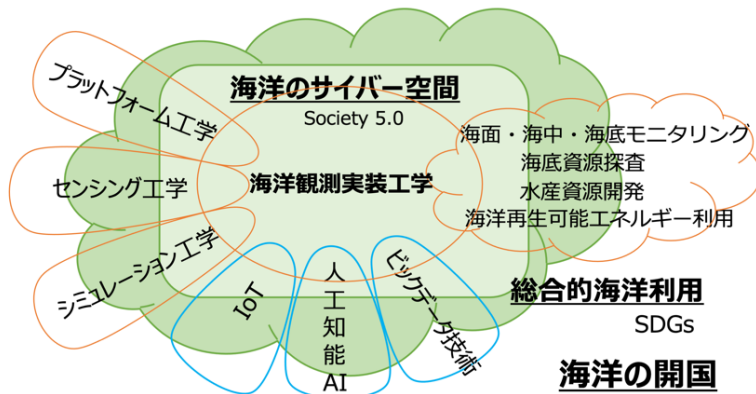
海洋環境工学 (林昌奎 教授)
 総合海底観測工学 (川口勝義 客員教授)
 ワイヤレス通信ネットワーク (杉浦慎哉 准教授)
 海洋フォトニクス (ソートンブレア 准教授)
 海中プラットフォームシステム学 (巻俊宏 准教授)
 海中・海底情報システム学 (横田裕輔 准教授)
 海洋複合計測システム (福場辰洋 特任准教授)

海洋情報融合分野

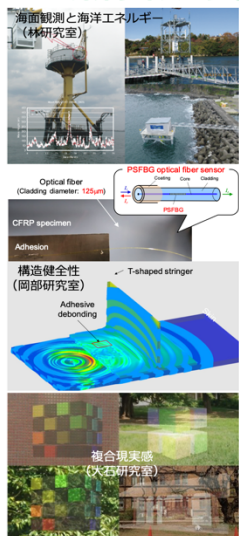
海洋生態系工学 (北澤大輔 教授)
 界面輸送工学 (長谷川洋介 准教授)
 地球観測データ工学 (根本利弘 准教授)
 海中・海底情報システム学 (横田裕輔 准教授)



海洋社会の社会基盤



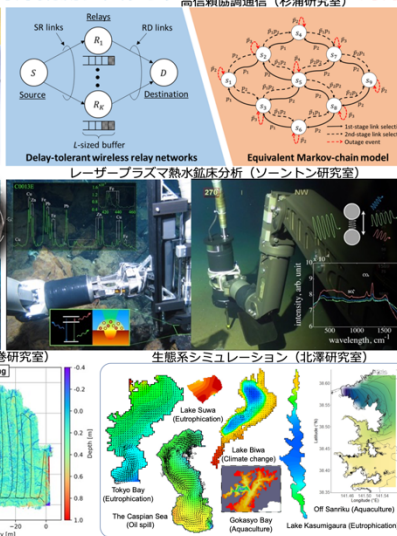
海洋サイバーフィジカルシステム



海洋観測システム



海洋情報融合



<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】

- 2022年12月8日、東京大学生産技術研究所 An 棟コンベンションホールにおいて実施された、「ワークショップ：第5回海底ケーブルの科学利用と関連技術に関する将来展望」を主催した。145名の参加者を得た。
- IEEE Oceanic Engineering Society(OES), IEEE OES Japan Chapter, 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海中工学に関する国際会議、International Symposium on Underwater Technology (UT23)を2023年3月6-9日の期間、生産技術研究所で開催した。会議には20か国より161名の方の参加があり、89編の研究発表とパネルセッション1件を含む3件のKeynoteセッションが行われた。



- 2023年2月1日、2月2日、平塚商工会議所会館と平塚漁港（新港）において実施された「2022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。
- 第8回海中海底工学フォーラム・ZERO Online（2022年10月14日）、第7回海中海底工学フォーラム・ZERO Online（2022年4月22日）、水中ロボットコンベンション in JAMSTEC 2022（2022年8月27-28日）を協賛・支援した。
- 海と産業革新コンベンション（2023年2月21日）、海洋産業技術展示会【SubseaTech Japan】（2022年9月14日-16日）、海洋都市横浜うみ博 2022（2022年8月1日-9月30日）、【Sea Japan】（2022年4月20日-22日）に出展し、センターの活動を紹介した。
- 平塚沖総合実験タワーにおける海象及び気象データの取得と観測データの情報発信を行っている【<https://www.hiratsuka-tower.jp/>】。平塚沖総合実験タワーの情報発信 Web へのアクセスは1日平均2000ユーザー程度であり、台風や爆弾低気圧の通過などで海が荒れる時は、通常の2～3倍のアクセスがある。
- 岩手県及び釜石市との連携協力協定、神奈川県平塚市との連携協力協定に基づく海洋観測、海洋再生可能エネルギー利用、岩手県・久慈市における波力発電の実証実験、福島県浪江町での次世代波力発電の展開、北海道紋別市における流氷観測、和歌山市・加太漁協との共同研究による海底調査など研究成果の社会実装につながる活動を行なっている。
- 海洋都市横浜うみ協議会に参加して活動している。学内連携として、主に理学系研究科臨海実験所と農学生命科学研究科水産研究所が進めている海洋生物研究教育拠点の整備準備 WG に参画し、将来の三崎における観測システムや部局間の連携について検討している。

【林研究室】

- 産官学民が参加する波力発電の展開に関連した研究開発等を進めている平塚海洋エネルギー研究会（2022年4月13日、2022年7月22日、2022年10月14日、2023年3月3日）を開催した。

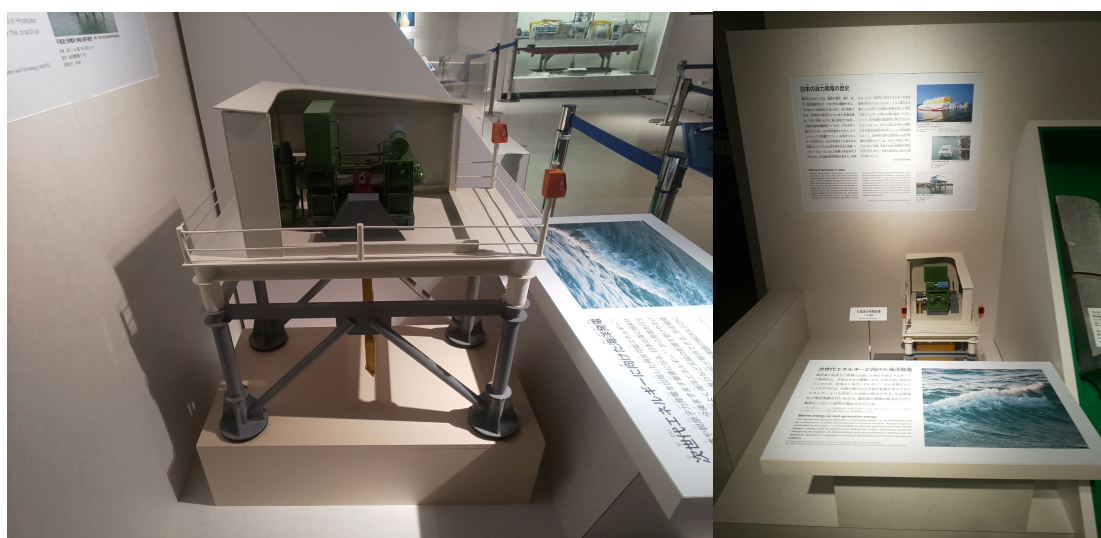
【巻研究室】

- 2022年8月27-28日に、「水中ロボットコンベンション in JAMSTEC 2022」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、山縣広和特任研究員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。感染症拡大の影響が収まらず、昨年度に続きオンラインでの開催となったが、2日間で延べ309名の参加者があった。

<本センターの特記すべき研究活動のサマリー>

【林研究室】

- 2016年9月から岩手県久慈市の久慈港玉の脇防波堤前に設置して進めていた、系統連係した国内初の波力発電所である、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の実証実験が終了した。上野の国立科学博物館地球館2階展示「日本の海洋研究—地球最後のフロンティア「海」への挑戦 見えてきたものとは—」コーナーにおいて、2022年4月26日から久慈波力発電装置の模型(1/20)が展示されている。



【巻研究室】

- 2022年11月～2023年3月にかけて実施されたJARE64(第64次南極地域観測)夏隊に山縣(特任研究員)と山本(修士課程学生)が隊員として参加し、国立極地研究所と共同で開発を進めてきたAUV MONACAの現場試験を実施した。限定的な運用であったものの、南極海において20回の潜航を実施し、我が国初となる南極海氷域でのAUV運用に成功した。



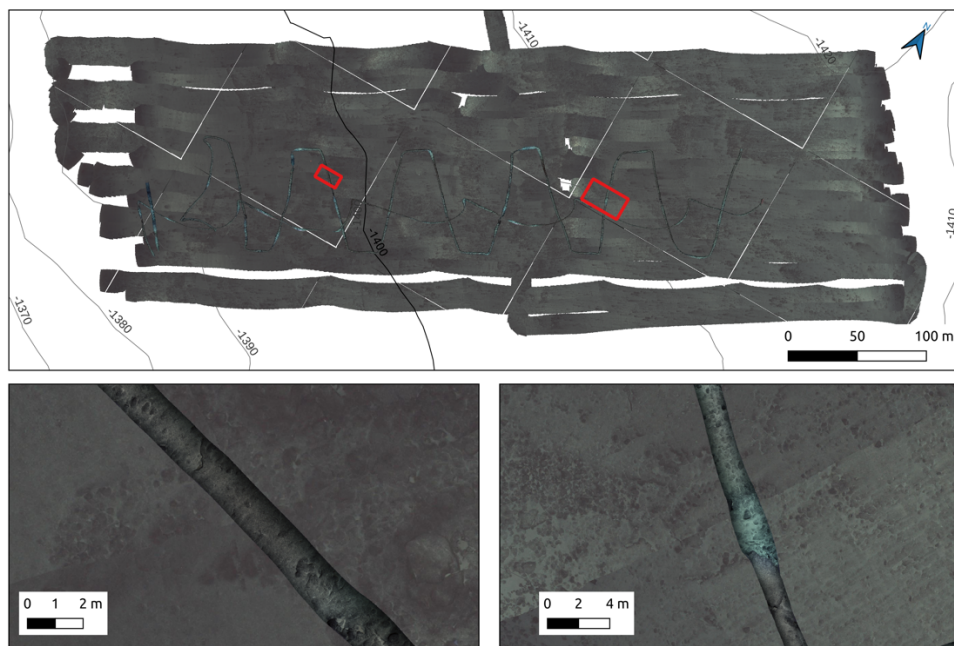
「しらせ」より氷海に降ろされる MONACA
(<https://nipr-blog.nipr.ac.jp/jare/20230211auv-monaca.html>)

【ソートン研究室】

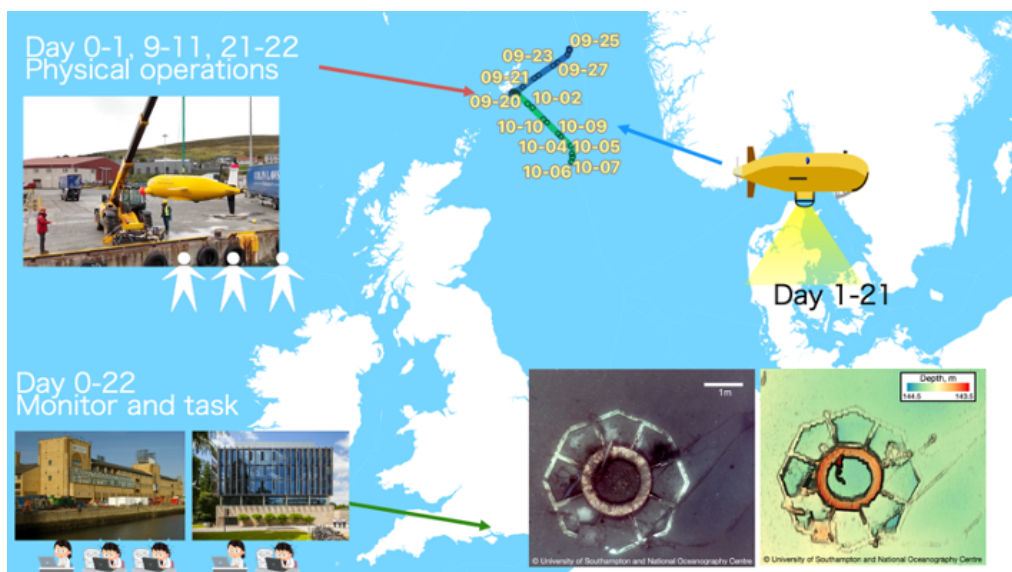
- JOGMEC の委託事業（2018 年度から毎年実施）において、2022 年 10 月～11 月に日本周辺の複数の海山で、複数台のロボットを用いたコバルトリッチクラストの大規模資源及び環境影響調査を実施した。調査で取得した大量のデータを用いて、機械学習を用いたクラスト露出率推定手法および未調査エリアの露出率推定手法を発展させた。また、クラストの音響厚み計測結果と組み合わせた解析において、クラスト賦存量の推定の高精度化と基盤からの反射が見られる堆積層の厚み計測アルゴリズムの開発を進めた。
- R4 年度から、科学研究費補助金課題「海底画像と衛星データの統合機械学習による広域サンゴ礁と海藻マッピング手法の開発」を開始、マルチレゾリューションな観測により取得したマルチモーダルなセンサデータを統合解析することで、海底の未調査エリアの底質や生物分布を推定する手法を開発している。
- 開発した 3D 画像マッピングシステム BioCam を UK の National Oceanography Centre が所有する AUV AutoSub Long-Range “Boaty McBoatface” に搭載し、母船なしで 21.5 日間、1013km の航行を行い、廃棄された海底石油基地の画像観測に成功した。AUV は港から発進後は、定期的に浮上、衛星通信により艇体およびペイロードの状態報告を研究者に知らせることで、オペレータなしの無人航行を実現させた。
- JOGMEC 委託事業において取得した大量のデータから、機械学習を用いたクラスト露出率推定手法および未調査エリアの露出率推定手法を発展させた。また、クラストの音

響厚み計測結果と組み合わせた解析において、クラスト賦存量の推定の高精度化と基盤からの反射が見られる堆積層の厚み計測アルゴリズムの開発を進めた。

- DriftCam を AutoSub Long-Range に搭載し、母船なしの長距離無人航行を行い（21.5 日間、1013km）、廃棄された海底の石油基地の観測に成功した。AUV が港から発進後は、定期的に浮上、衛星通信により艇体およびペイロードの状態報告を研究者に知らせるシステムを開発、航行中は極力省エネで稼働させることで長時間・長距離無人航行を実現させた。



JOGMEC 委託事業において AUV「AE2000f」（高高度マッピング）と「BOSS-A」（低高度詳細マッピング）が航走した測線の 3D マッピング例（上）。一部拡大した図（下）から観測幅が分解能とトレードオフであることが分かる。



AUVによる母船なしの長距離無人航行を行い（21.5日間、1013km）、廃棄された海底の石油基地の観測に成功した。AUVが港から発進後は、定期的に浮上、衛星通信により艇体およびペイロードの状態報告を研究者に知らせるシステムを開発、航行中は極力省エネで稼働させることで長時間・長距離無人航行を実現させた。

【横田研究室】

- 海上保安庁と共同で GNSS-A 海底測地観測技術の高度化研究を行った。
- 関連企業、防災科学技術研究所を代表とする関連組織と連携して UAV、海底温度計、ミュオグラフィなどに代表される新技術の開発を実施した。



1. 林研究室（海洋環境工学）

1.1 研究室の研究概要

林研究室では、マイクロ波レーダを用いたリモートセンシングにより、海洋波浪、潮位や津波、海上風、海氷などの計測す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、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。

1.2 研究室の構成

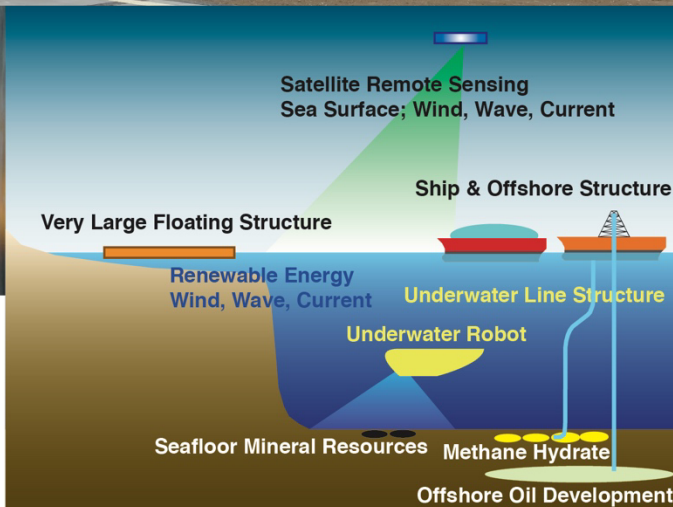
(1) 研究室所属者氏名と肩書き（他大学の指導を含む）

林 昌奎	教授
前田 久明	名誉教授、研究室顧問
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・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	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）
丸山 康樹	シニア協力員
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
石戸谷博範	シニア協力員
吉田 善吾	技術専門職員
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
荒川 泰行	大学院修士課程
王 思佳	大学院修士課程
李 昊辰	大学院修士課程
鈴木 雅洋	研究実習生（日本大学大学院博士課程）
福永 佳晏	研究実習生（日本大学理工学部）
佐藤 颯	研究実習生（工学院大学先進工学部）

(2) 特殊な施設名とその仕様

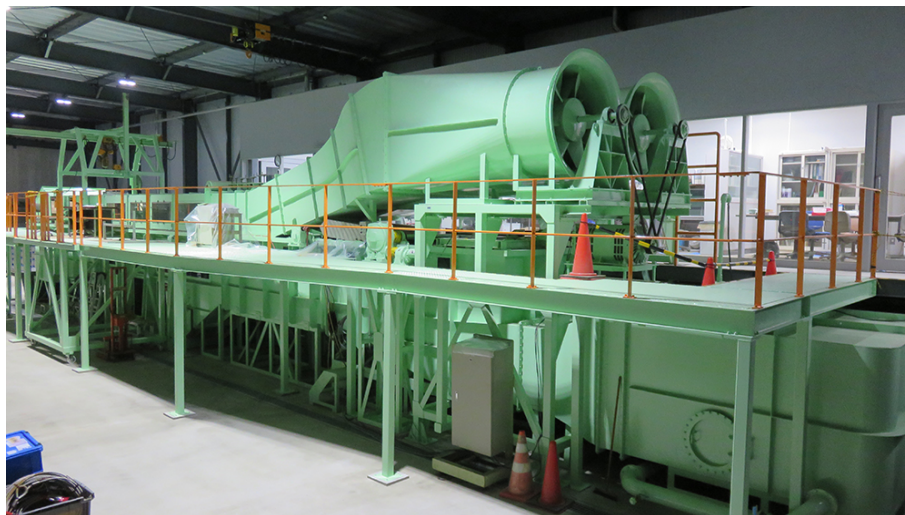
(a) 海洋工学水槽

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。



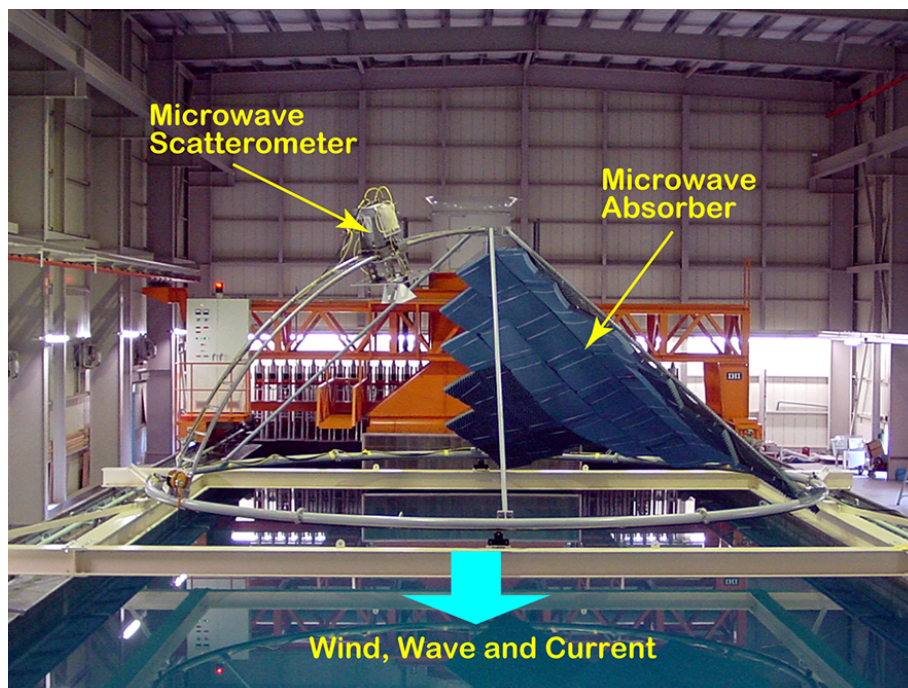
(b) 風路付造波回流水槽

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

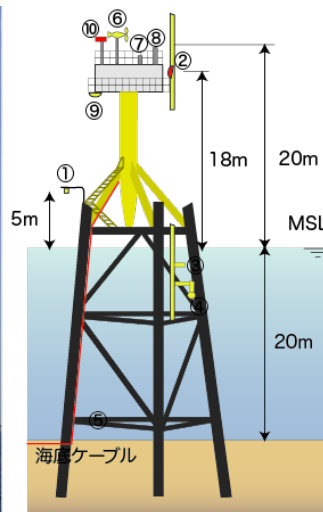
L-Band、C-Band、X-Band のマイクロ波帯域電磁波散乱計測装置である。海面の物理変動によるマイクロ波散乱特性の変化を計測し、風、波、潮流の海面物理情報を取得する研究に用いられる。衛星リモートセンシングによる海面計測を支援する装置である。



(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



- ① 超音波波高計
- ② レーダ
- ③ 表面水温計
- ④ 流速計
- ⑤ ハイドロフォン
- ⑥ プロペラ式風向風速計
- ⑦ 雨量計
- ⑧ 温湿度計、気圧計
- ⑨ ライブカメラ
- ⑩ 無線LANアンテナ

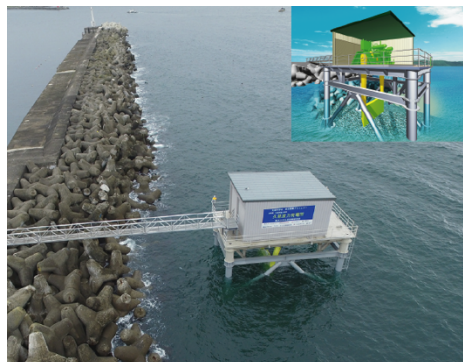
(e) レーダ海洋波浪観測設備

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系した国内初の波力発電装置である。



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、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、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 9 月設置、11 月から稼働）の実証実験が終了した。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と連携して、沿岸設置型振り子式波力発電システムの実用化に向けた研究開発を進めるとともに、福島県浪江町及び平塚海岸に行ける波力発電の可能性について検討している。

(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。

1.4 主要研究 Fund

(a) 海洋エネルギー発電の設計開発、海域設置及び、運転維持管理の検討に関する共同研究

国内 16 企業との共同研究（R3-R5）

(b) 流れ中で回転する円柱周辺の運動量伝搬に関する研究

科学研究費基盤研究(B)(一般)（R3-R5）

1.5 研究業績

(1) 論文や投稿記事の一覧

- Xinge Geng, Weiguo Wu, Erpeng Liu, Yongshui Lin, Wei Chen, Chang-Kyu Rheem : “Experimental Study on Vibration of a Rotating Pipe in Still Water and in Flow”, Polish Maritime Research 1 (117) 2023 Vol. 30; pp. 65-77, <https://doi.org/10.2478/pomr-2023-0007>
- Yanxu Bao, Yongshui Lin, Wei Chen, Chang-Kyu Rheem, Xiaobin Li : “Numerical investigation of wake and flow-induced vibrations of a rotating cylinder in flow”, Ocean Engineering, Volume 262, 112207(2022), <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112207>

(2) 国際会議発表

- M. Suzuki, T. Ikoma, C.K. Rheem, Y. Aida : “Experimental Investigation of Roughness Effect on Flow Field Around Cylinder in Steady Flow”, OMAE2022-79452, 2022, <https://doi.org/10.1115/OMAE2022-79452>

(3) 国内会議発表

- 鈴木雅洋,居駒知樹,相田康洋,林昌奎：“流れ中における回転円柱周りの流量変化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35号、2022A-GS26-1、2022
- 福永佳晏,鈴木雅洋,居駒知樹,相田康洋,林昌奎：“PIVによる回転円柱まわりの流れ場の可視化とレイノルズ応力に関する研究”、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第35号、2022A-GS26-2、2022

(4) 解説

- 林昌奎：“海岸線を活用する波力発電”、建築保全センター機関誌「Re」No.217、2023

(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

- 2022-10-10:日刊工業新聞(朝刊)15面、波力発電 低コスト工法 エイブル、24年度めど福島に

1.6 学会等の活動

(1) 特筆すべき学会等の活動

- 海中・海底技術に関する国際会議「Underwater Technology 2023 (UT23)」実行委員長
- IEEE/OES 日本支部 IEEE OES Japan Chapter Young Researcher Award 審査委員会委員長

2. 川口研究室（総合海底観測工学）

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。

- 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、海底下孔内観測システムの構築を中心とした開発研究を行った。
- 国立研究開発法人防災科学技術研究所の進める、南海トラフ地震津波観測網構築計画、技術委員会に専門委員として参加、開発計画について助言を行った。

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

部門長

(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である。

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 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、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 of メカニズムの解明や地震発生 of 準備過程 of 理解を進めるにあたり、地殻変動観測 of 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 of 実現には、新たな手法 of 導入が必要となる。リアルタイム観測 of 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 of 高精度校正による地殻 of 上下方向 of 微小変動検出と、海底堆積層 of 傾斜変動を組み合わせた、海底地殻変動観測技術 of 開発を行っている、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 of 科学利用と関連技術に関する将来展望（第 5 回）を、海中観測実装工学研究センター of 主催で開催した。

2.4 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

【オンライン記事】

- 2022.09.01 現代ビジネス | 講談社 「地震予報士」が誕生する日は来るか
- 2022.11.05 わかやま新報 巨大地震への備え万全に中内防災企画課長に県の対策聞く世界津波の日
- 2023.03.09 読売オンライン 南海トラフ前兆「スロー地震」、即時検知へ日米協力…水中ドローンや AI 活用

- 2023.03.11 現代ビジネス 3・11 以後「巨大地震はもう見落とさない」…日本の太平洋側はすでに「巨大海底観測網」で見守られていた！《全長 5500 km 150 ヲ所、常時 24hr 監視海底観測網》

2.5 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 5 回 -, 東京大学生産技術研究所, 2022/12/08
- International Symposium on Underwater Technology (UT23), 2023/03/06-09

(2) 招待講演（招待側組織名、講演題目、日時）

- 九州工業大学「海中ロボット実験水槽」完成記念式典、「海洋研究開発と北九州」、2022/04/27

(2) 特筆すべき学会等の活動

- IEEE Ocean Engineering Society Japan Chapter, Chair (2022/06 まで)
- 海洋理工学会、会長(2022/06 から)

2.6 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、客員研究官

3. 北澤研究室（海洋生態系工学）

3.1 研究室の研究概要

本年度は、日本型養殖システムの開発、極点航路航行を想定した氷海船舶のパフォーマンスモデルの高度化、波力発電の高効率化、養殖漁場環境の維持・改善ガイドライン等の作成を中心とした研究を実施した。

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
李 僑	助教
古市 綾	事務補佐員
岸本 涼子	事務補佐員
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
吉田 毅郎	リサーチフェロー
中山 一郎	リサーチフェロー
生田 和正	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
高 紅霞	システム創成学専攻博士課程 3年
屠 騰	システム創成学専攻修士課程 2年
趙 懷志	システム創成学専攻修士課程 2年
白 申逸	システム創成学専攻修士課程 1年

(2) 特殊な施設名とその仕様

a) 小型造波回流曳航水槽

小型造波回流曳航水槽は、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。

3.3 研究課題の説明

(1) 日本型養殖システムの開発

サバ類を対象として、養殖システムの概念設計を実施した。特に海上半閉鎖循環式養殖システムや洋上風力発電と養殖の組み合わせの実現可能性を調べるために水槽実験を実施した。海上半閉鎖循環式養殖システムでは、剛体と柔軟体とで実験を実施し、それぞれの特性の違いを明らかにした。また、柔軟体生簀のサブ・スケールモデルを製作した。

(2) 極点航路航行を想定した氷海船舶のパフォーマンスモデルの高度化

複数の氷片が水面上に浮遊している状況で氷片に作用する流体力を評価するために、海洋工学水槽と小型造波回流曳航水槽で実験を行い、水槽依存性を調べた。また、対応する数値シミュレーションを行い、実験結果を用いて検証した。

(3) 波力発電の高効率化

波力発電装置の開発にあたり、漁業協調、環境対策、安全対策、制御方法等について評価を行い、有効性の裏付けを行った。また、無段変速機を用いた波エネルギー収穫の効率化、波力発電アレイの効率化に関する水槽実験等を実施した。

(4) 養殖漁場環境の維持・改善ガイドライン等の作成

持続的養殖生産確保法に基づく養殖水産動植物の種類ごとの漁場改善計画で定める適正養殖可能数量の設定について、過去の実績だけでなく、最新の環境容量の範囲内で設定できるように見直しを行った。

(6) 定置網漁業の自動魚群誘導システム

定置網漁業において、箱網に入った魚を収穫する作業は揚網作業と呼ばれるが、多くの作業員を必要とし、早朝の危険を伴う作業である。そこで、この作業を自動化するための自動魚群誘導システムについて、数値シミュレーションモデルの改良を行った。

(7) 統計的手法による沿岸生態系モデルのパラメータ推定に関する研究

生態系モデルを社会実装するためには、モデルに含まれる不確かなパラメータを客観的にチューニングする必要がある。そこで、ベイズ最適化を活用したパラメータ推定法を提案

して女川湾の生態系シミュレーションに適用し、パラメータ数や観測地点数が最適化に及ぼす影響を調べた。

(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。琵琶湖での過去の長期水質変動を再現する数値シミュレーションを実施するとともに、将来の気象シナリオおよび栄養塩流入負荷シナリオを与えて、琵琶湖での全循環欠損のリスクの予測シミュレーションを行った。

(9) 養殖の持続可能性の評価に向けた指標の開発

国内外の養殖場では、養殖魚からの排泄物や陸域からの栄養塩負荷による環境汚染が頻発している。海域の養殖の環境収容力を判断するため、排泄物と陸域からの負荷を考慮した指標を改良した。

(10) 複合養殖による養殖場の環境保全に関する研究

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について実海域実験を行った。魚類養殖場直下の海底上でナマコを飼育し、成長を把握した。

3.4 主要研究 Fund

- (国研) 科学技術振興機構 未来社会創造事業(探索加速型) 日本型養殖システムの開発 (代表: 中山一郎)
- 科学研究費補助金 (基盤研究 B) 極点航路航行を想定した氷海船舶のパフォーマンスモデルの高度化 (代表: 金野祥久)
- 水産庁 養殖漁場環境の維持・改善ガイドライン等の作成

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】

- Takero Yoshida, Jinxin Zhou, Kei Terayama, Daisuke Kitazawa (2022): Monitoring of cage-cultured sea cucumbers using an underwater time-lapse camera and deep learning-based image analysis. *Smart Agricultural Technology*, 3, 100087.
- Fang Yin, Zhiwei He, Zhibo Song, Weiwei Zhang, Xianbin Li, Boyu Qin, Li Zhang, Penghao Su, Junbo Zhang, Daisuke Kitazawa (2022): Gas-particle partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons from oil combustion involving condensate, diesel and heavy oil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 242, 113866.
- Sang-gyu Park, Daisuke Kitazawa, Shuchuang Dong, Jinxin Zhou, Takero Yoshida,

- Qiao Li (2022): Characteristics of the flow field inside and around a square fish cage considering the circular swimming pattern of a farmed fish school: Laboratory experiments and field observations. *Ocean Engineering*, 261, 112097.
- Jinxin Zhou, Shuchuang Dong, Takero Yoshida, Daisuke Kitazawa (2022): Hydrodynamic analysis of a bottom-placed fine-mesh cage and its effects on the transport of particulate organic waste. *Ocean Engineering*, 261, 112152.
 - Jinxin Zhou, Takero Yoshida, Daisuke Kitazawa (2022): Numerical analysis of the relationship between mixing regime, nutrient status, and climatic variables in Lake Biwa. *Scientific Reports*, 12:19691.
 - 北澤大輔 (2022) : 洋上風力発電所の海洋生物への影響. 沿岸域学会誌, 34(4), 38 - 43.
 - 北澤大輔 (2023) : 沖合養殖. 重要トピックから学ぶ現代の魚類養殖業, 養殖ビジネス臨時増刊号, 60(4), 67 - 69.
 - 北澤大輔 (2023) : 浮沈式生簀. 重要トピックから学ぶ現代の魚類養殖業, 養殖ビジネス臨時増刊号, 60(4), 70 - 73.
 - 林諒汰, 金野祥久, 周金鑫, 李僑, 董書闢, 北澤大輔 (2023) : 浮氷群下流の氷片に作用する流体力の数値解析. 生産研究, 75(1), 37-40.
 - 董書闢, 朴相圭, 周金鑫, 吉田毅郎, 張俊波, 李僑, 北澤大輔 (2023) : 沖合養殖の環境影響の数値シミュレーション. 生産研究, 75(1), 41-44.

(2) 著書 (タイトル、出版社、著書、出版年月)

- Jinxin Zhou, Kentaro Kikuchi, Hideya Kubo, Takero Yoshida, Md. Nazrul Islam, Daisuke Kitazawa (2022): Risk finance for natural disaster in lakes and coastal seas using modeling techniques. *Global Blue Economy, Analysis, Developments, and Challenges* (ed. Md. Nazrul Islam, Steven M. Bartell). CRC Press, 129-146.

(3) 国際会議発表

- Qiao Li, Guanglei Xu, Jinxin Zhou, Shuchuang Dong, Yoichi Mizukami, Daisuke Kitazawa (2023): An experimental study on the stability of a catamaran boat equipped with an underwater camera. *Underwater Technology 2023*.
- Daigo Furuichi, Shuchuang Dong, Qiao Li, Jinxin Zhou, Yoichi Mizukami, Daisuke Kitazawa (2023): Numerical analysis of the motion of an automated fish guiding system for set net fishery. *Underwater Technology 2023*.
- Ryota Hayashi, Akihisa Konno, Jinxin Zhou, Qiao Li, Shuchuang Dong, Daisuke Kitazawa (2023): A comparative study on the experimental hydrodynamic force of an ice piece in model-scale brash ices. *The 37th International Symposium on*

the Okhotsk Sea & Polar Oceans 2023.

- Georges Safi, M. Le Marchand, E. Azaouzi, A. Copping, J. Fox, EA. Fulton, D.J. Hasselman, L. Hemery, W. Shuang, D. Kitazawa, D. Lithgow, I. Machado, M. Martinez, D. Rose (2022): The ecosystem approach applied to marine renewable energies: application and knowledge gaps. International Conference on Ocean Energy (ICOE) 2022.
- T. Thorvaldsen, MS. Olsen, HM. Førre, T. Osmundsen, A. Misund, K. Størkersen, S. Afewerki, R. Tveterås, S. Sønvisen, P. Lader, D. Kitazawa, C. Mather, M. Rust, JL. Anderson, MD. Smith, R. Shields, K. Heasman (2022): A cross regional study of drivers for innovation in aquaculture. Aquaculture Europe 2022.
- Jialin Han, Qiao Li, Akito Mochizuki, Teruo Maeda, Hiroshi Itakura, Daisuke Kitazawa (2022): Experimental investigation on a cabin-suspended catamaran for wave energy harvesting. Proceedings of the ASME 2022 41th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2022-79503, 8pp.

(4) 国内学会発表

- Hongxia Gao, Jinxin Zhou, Shuchuang Dong, Daisuke Kitazawa (2023): Environmental sustainability analysis of marine fish aquaculture in Japan. 令和5年度日本水産学会春季大会.
- 林諒汰, 金野祥久, 周金鑫, 北澤大輔 (2022): 浮氷群下流の氷片に作用する流体力の数値解析による調査および実験との比較. 日本船舶海洋工学会令和4年度秋季講演会.
- Shuchuang Dong, Huaizhi Zhao, Jinxin Zhou, Qiao Li, Daisuke Kitazawa (2022): An experimental analysis on motion characteristics of a closed fish cage including internal sloshing flows. 日本船舶海洋工学会令和4年度秋季講演会.
- 屠騰, 周金コン, 北澤大輔 (2022): ベイズ最適化手法による生態系モデルのパラメータ不確実性の低減. 日本沿岸域学会研究討論会 2022.
- 趙懷志, 董書闢, 周金コン, 李僑, 北澤大輔 (2022): 規則波における閉鎖な剛体生簀の動的応答について. 令和4年度日本水産工学会学術講演会.
- 李僑, 董書闢, 周金鑫, 北澤大輔 (2022): 給餌システムの併設によるスパー型浮体式風車の動揺に関する実験的研究. 令和4年度日本水産工学会学術講演会.

(5) 受賞 (タイトル、対象テーマ)

なし

(6) 特許 (タイトル、出願番号)

- 浮沈式構造体（西郷清彦，戎井章，黒崎哲也，平井良夫，細川貴志，水上洋一，磯部正明，北澤大輔）特許第 346878 号（2023. 2. 6 登録，ノルウェー）

(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

- 2023. 1. 7: 迫る危機 広がる陸上養殖 毎日新聞.
- 2022. 9. 30: エンジニアリング協会 10 月 19 日にシンポジウム 初のハイブリッド方式 3 年ぶり交流会も 鉄鋼新聞.
- 2022. 9. 26: 10 月 19 日にシンポ 企業の取り組み紹介 日刊建設工業新聞.
- 2022. 9. 20: エンジニアリングシンポジウム 2022 10 月 19 日 3 年ぶりに交流会も 日刊工業新聞.
- 2022. 8. 4: 海洋再生可能エネ 本県の重要性学ぶ 岩手日報.
- 2022. 7. 25: 点検用水中ドローンを共同開発 水産タイムズ.

3.6 学会等の活動

(1) 国際国内シンポジウム等の主催

- 2022.12.15: 第 81 回海洋教育フォーラム「海のこともっと知ろう！～持続可能な北三陸のために～」(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 2022 41th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering
- 日本沿岸域学会研究討論会、司会

(3) 招待講演(招待側組織名、講演題目、日時)

- 題 目: Environmental impact assessment of fish farming activities in coastal seas
会議名: 2022 Future Ocean International Industry-University-Research-Application Cooperation Conference
年月日: 2022.11.27
講演者: 北澤 大輔
- 題 目: 沿岸生態系モデルの環境影響評価への活用
会議名: 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会 2022 年度水圏生態系モデリングシンポジウム
年月日: 2022.11.17
講演者: 北澤 大輔
- 題 目: 海洋空間の多面的な利用に向けて～食料・エネルギー生産の展望～
会議名: エンジニアリングシンポジウム 2022

年月日：2022.10.19

講演者：北澤 大輔

- 題 目：Carrying capacity of farming sites and sustainability
会議名：Training Course on Innovative Approaches in Aquaculture of Asian Productivity Organization
年月日：2022.8.4
講演者：北澤 大輔
- 題 目：Numerical simulations of the environment around farming sites
会議名：Training Course on Innovative Approaches in Aquaculture of Asian Productivity Organization
年月日：2022.8.3
講演者：北澤 大輔
- 題 目：海洋再生可能エネルギーについて
会議名：岩手県政調査会
年月日：2022.8.3
講演者：北澤 大輔
- 題 目：Current status of cage aquaculture systems
会議名：Training Course on Innovative Approaches in Aquaculture of Asian Productivity Organization
年月日：2022.8.2
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
- International Towing Tank Conference, Academic Council
- International Towing Tank Conference, Future of ITTC WG
- The 29th International Towing Tank Conference, Quality Systems Group Committee
- International Advisory Board of Development licenses as a driver for innovation in fish farming Effects on technology, industry and regulation (DEVELOP)
- Techno Ocean Network 理事
- Techno Ocean 2023 実行委員会 TPC 委員長
- 環境省 令和 4 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

- 環境省 令和 4 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促進事業委託業務（早期普及に向けた調査・検討等事業）検討会委員
- 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
- 養殖業成長産業化提案公募型実証事業技術開発部会委員
- 岩手県久慈市沖浮体式洋上風力発電検討委員会
- 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
- 一社 食の未来システム創造協議会の推奨事業にかかる選考委員
- 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第 78 回海洋教育フォーラム実行委員
- 日本船舶海洋工学会第 83 回海洋教育フォーラム実行委員

3.7 その他特筆すべき事項

- 2023 年 2 月 14 日～2 月 17 日の柏キャンパスサイエンスキャンプを担当した。

4. 巻研究室 (海中プラットフォームシステム学)

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影響が若干残ったものの後半はほぼ以前の状態に戻り、海域試験を予定通り行うことができた。国土交通省「海の次世代モビリティの利活用に関する実証事業」では和歌山市と共同で加太地区に小型 AUV システムを展開し、藻場の画像マッピングをおおこなった。AUV MONACA については、第 64 次南極観測行動 (JARE64) において我が国初の南極海氷域での運用に成功するなど、大きな進展があった。

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	
山縣 広和	特任研究員	
翁 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	
周 錦焜	海洋技術環境学専攻	博士課程 2 年
関森 祐樹	海洋技術環境学専攻	博士課程 1 年
千 歳和	海洋技術環境学専攻	修士課程 2 年
川村 知隼	海洋技術環境学専攻	修士課程 2 年
山本 和	海洋技術環境学専攻	修士課程 2 年
大橋 真輝	海洋技術環境学専攻	修士課程 1 年
鳥山 遍	海洋技術環境学専攻	修士課程 1 年
MERCADO, Marie Angelyn	海洋技術環境学専攻	研究生
横畑 大樹	研究実習生 (東京大学工学部システム創成学科)	

(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。2023 年春、南極海氷域での初運用に成功。

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-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。

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) 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ル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。

g) 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。

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ほか、ブロードキャストの超音波信号によるスケラビリティの高い測位手法について実験を行った。

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。高い機動力とセンシング能力を備え、複雑な海底を追従することのできる AUV HATTORI および AUV の測位・通信支援用 ASV BUTTORI を開発し、これらをテストベッドとして応用研究を進めている。本年度は国土交通省「海の次世代モビリティの利活用に関する実証事業」において和歌山市と共同で加太地区に本システムを展開し、藻場の画像マッピングを行った。

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 の研究開発を進めている。今年度は第 64 次南極観測行動(JARE64)において我が国初の南極海氷域での運用に成功するなど、大きな進展があった。

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の開発を進めた。

4.4 主要研究 Fund

- ・ 所内：展開研究（2022）「AUV による浮体係留索のモニタリング手法」
- ・ 受託研究「AUV 群制御位置精度向上技術とドッキング技術に関する研究」
- ・ 民間等共同研究「持続可能な漁場育成のための自律型海洋ロボットシステムを活用した海の可視化」
- ・ 民間等共同研究「AUV による浮体式洋上風車の係留索挙動ケーブルレスモニタリング手法の開発」

4.5 研究業績

(1) 論文や投稿記事の一覧

- Weng Y., Matsuda T., Sekimori Y., Pajarinen J., Peters J., Maki T., Establishment of Line-of-Sight Optical Links Between Autonomous Underwater Vehicles: Field Experiment and Performance Validation, Applied Ocean Research, 129 (2022)
- Weng Y., Pajarinen J., Akrou R., Matsuda T., Peters J., Maki T., Reinforcement Learning Based Underwater Wireless Optical Communication Alignment for Autonomous Underwater Vehicles, IEEE Journal of Oceanic Engineering, 47(4), 1231-1245 (2022)
- Noguchi Y., Humblet M., Furushima Y., Ito S., Maki T., Wide-area 3D imaging of mesophotic coral reefs using a low-cost AUV, Marine Technology Society Journal, 56(4), 74-89 (2022)
- Weng Y., Matsuda T., Sekimori Y., Pajarinen J., Peters J., Maki T., Pointing Error Control of Underwater Wireless Optical Communication on Mobile Platform, IEEE Photonics Technology Letters, 34(13), 699-702 (2022)
- 野口侑要, 関森祐樹, 卷俊宏, 自律型海中ロボットシステムによる西之島海底調査, Ogasawara Research (小笠原研究), 49, 97-112 (2023)
- 卷俊宏, 氷下を拓く自律型海中ロボット, 極地, 58(2), 17-20 (2022)
- 松田匠未, 卷俊宏, 坂卷隆, 複数の自律型海中ロボットの協調による水中完結型の海洋調査手法 (第 31 回研究成果発表会講演録), 海洋調査技術, 32(1, 2), 31-34 (2022)

(2) 著書

(3) 国際会議発表

- Sekimori Y., Nettiyyath U., Kawamura C., Chun S., Maki T., Observability analysis of multi-agent underwater acoustic positioning for underwater vehicles, International Symposium on Underwater Technology 2023 (2023) student poster
- Weng Y., Matsuda T., Maki T., Improving the Quality of Underwater Wireless Optical Communications in Uncertain Ocean Environments, International Symposium on Underwater Technology 2023 (2023)
- Chun S., 3D Tracking of a Moving Target by an AUV with a Tilt-controlled Multibeam Imaging Sonar, The 9th KAIST-SJTU-UTokyo Joint Academic Symposium (2022)
- Sekimori Y., Weng Y., Matsuda T., Noguchi Y., Kawamura C., Maki T., Acoustic Passive BEDD Self-localization for a Fleet of AUVs: A Sea Experiment Validation, OCEANS 2022 Hampton Roads (2022)
- Weng Y., Matsuda T., Sekimori Y., Pajarinen J., Peters J., Maki T., Time Synchronization Scheme of Underwater Platforms Using Wireless Acoustic and Optical Communication, AUV 2022 Singapore (2022)

(4) 国内学会発表

- 川村千隼, 横畑大樹, 自律型海中ロボット(AUV)による浮体式洋上風車水中部の自動点検システム実用化を目指して, 第2回北九州沖合における海洋再生エネルギー利用に関する協創ワークショップ, 北九州, (2022) poster
- 手島聡, 野口侑要, 卷俊宏, ASVとの連携による低コストAUVの方位誤差補正および流向流速推定手法, ロボティクス・メカトロニクス講演会'22, 2A2-A02, 札幌, (2022) poster
- Chun, S., Kaida Y., Maki, T., An Underwater Pose Estimating Neural Network with 3D Convolutional Layer and Multi-ResNet Using a Multi-Beam Imaging Sonar and a Vertical Scanning Device, ロボティクス・メカトロニクス講演会'22, 2A1-C09, 札幌, (2022) poster
- 戒田雄士, 千歳和, 馬場宏治, 卷俊宏, イメージングソナーの首振り制御とCNNによるウミガメの3次元位置推定手法 -遊泳生物の自動モニタリングに向けて-, ロボティクス・メカトロニクス講演会'22, 2A1-C06, 札幌, (2022) poster

(5) 受賞

- 千歳和, 東京大学大学院新領域創成科学研究科海洋技術環境学専攻, 三好賞 (2023/3/23)
- 関森祐樹, American Beaurou of Shipping, 2023 Best Thesis Award (2023/3/23)
- 千歳和, UTokyo-IIS Research Collaboration Initiative Award 2022 (2023/3/20)

- Y. Sekimori, UT23 Student Poster Competition, Sponsor Prize by Shoshin Corporation (2023/3/9)
- Y. Weng, IEEE OES Japan Chapter Young Researcher Award (2022/12/8)
- 千歳和, Continental UTokyo-IIS Global Engineering Fellowship (2022/10/24)
- 関森祐樹, IEEE OES Japan Chapter OCEANS Student Support Program (2022/10/14)

(6) 特許 (タイトル、出願番号)

(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

- 2022/12/30, 海洋ロボで漁場を把握 東大が加太で実験成果報告, わかやま新報.
- 2022/11/26, 海中ロボで資源調査 和歌山市加太で, わかやま新報.
- 2022/7/29, 南極の氷の全体像をつかめ! 自律型海中ロボット「MONACA」 東大研究チームが挑む前人未到のミッションとは..., FNNプライムオンライン.
- 2023/2/3, 気候変動 カギは南極の海, 報道ステーション, テレビ朝日.
- 2022/11/10, 「経験が通用しない未知の世界に」“異例づくし”南極観測隊が出発へ 4カ月の密着取材, 報道ステーション, テレビ朝日.
- 2022/9/23, 南極の氷に何が...解明の切り札 海中ロボ, Live News α, フジテレビ.

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7-8回)
- 巻俊宏, 食料生産技術研究会 (第22-25回)
- 巻俊宏, '22 水中ロボットコンベンション in JAMSTEC'
- 巻俊宏, UT23

(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, Techno-Ocean 2021, PS2, オーガナイザー
- 山縣広和, '22 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

- Maki T., Underwater Robot Competitions in Japan, Workshop on Career Path Benefits of AUV/ROV Competitions (UT23), Tokyo (2023)
- 巻俊宏, 持続可能な漁場育成のための自律型海洋ロボットシステムを活用した海の可視化, 国土交通省主催セミナー 海の次世代モビリティが持つポテンシャル, 東京 (2023)

- Maki T., Autonomous platform systems for underwater observation - Light for the sea, adventures for the robots! -, Deep Sea AUV Challenges 2022, Online (2022)
- 巻俊宏, 自律海中プラットフォームシステムの新展開, 第7回 海洋資源開発技術プラットフォーム会合, オンライン (2022)
- 巻俊宏, 海を拓く自律海中プラットフォームシステム, 「新しい海洋産業とそれを支える技術」シンポジウム, 沖縄 (2022)

(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, Vice Chair, IEEE/OES Japan Chapter
- 巻俊宏, 海洋調査技術学会, 企画委員
- 巻俊宏, 日本水中ロボネット, 理事
- 巻俊宏, 東京大学レアアース泥開発推進コンソーシアム, 委員
- 巻俊宏, 海中海底工学フォーラム・ZERO, 幹事

【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, 委員
- 内閣府科学技術・イノベーション推進事務局, 研究開発ビジョン検討ワーキンググループ, 委員
- 巻俊宏, 国土交通省国土技術政策総合研究所 港湾の施工における新技術導入促進に関する検討委員会, 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

4.7 その他特筆すべき事項

(1) 航海・調査活動

- 2022年11月～2023年3月にかけて実施されたJARE64（第64次南極地域観測）夏隊に山縣（特任研究員）と山本（修士課程学生）が隊員として参加し、国立極地研究所と共同で開発を進めてきたAUV MONACAの現場試験を実施した。限定的な運用であったものの、南極海において20回の潜航を実施し、我が国初となる南極海氷域でのAUV運用に

成功した。

(2) アウトリーチ活動

- 内閣府科学技術・イノベーション推進事務局，研究開発ビジョン検討ワーキンググループ，委員 2022 年 8 月 27-28 日に、「水中ロボットコンベンション in JAMSTEC 2022」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、山縣広和特任研究員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。感染症拡大の影響が収まらず、昨年度に続きオンラインでの開催となったが、2 日間で延べ 309 名の参加者があり、盛大に行われた。
- 1 件の出前講義を実施した（桐生第一高等学校）。
- 2022 年 10 月に行われた東京大学駒場祭において展示を行った。

5. ソートン研究室（海洋知覚システム）

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、科学研究費補助金課題「海底画像と衛星データの統合機械学習による広域サンゴ礁と海藻マッピング手法の開発」を開始した。広大な海底を AUV/ROV で調査しきることは困難である。このため、衛星、船、AUV/ROV 等によるマルチレゾリューションな観測により取得できるマルチモーダルなセンサデータを、機械学習により統合解析することで、海底の未調査エリアの海底資源や生物分布を推定する手法の開発を進めている。イギリス・スペインでは、AUV システムを用いた画像マッピングを実施し、海洋保護区における海草や深海サンゴの分布調査を実施した。

また、UK の NOC が所有する AUV に開発した 3D 画像観測装置を搭載し、母船なしで 21.5 日間、1013km の航行を行い、廃棄された海底石油基地の画像観測に成功した。AUV が港から発進後は、定期的に浮上、衛星通信により艇体およびペイロードの状態報告を研究者に知らせるシステムを開発、航行中は極力省エネで稼働させることで長時間・長距離無人航行を実現させた。

産学連携に関しては、昨年度に引き続き、委託事業によって JOGMEC の海洋資源調査を本研究室と民間調査会社とで共同実施した。

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
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
西田 祐也	Research Fellow
高橋 朋子	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	シニア協力員

(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 $10\mu\text{m}$ 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間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)。2021 年度には、技術移転したいであ (株) の「YOUZAN」を用いて福井県沖若狭湾でズワイガニの画像マッピングを実施した。

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ーソーナー) 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。

5.3 研究課題の説明

1) 3D画像計測によるマッピング技術

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、マルチレゾリューション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。

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・Resnet18をベースとして、Georeference Contrastive Learningなど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、海底鉱物資源の分布、深海サンゴや海草の分布について実際の解析を行い、異なる海域、ロボット、カメラシステム及び解析のターゲットのマルチモーダルなデータについて、手法の精度と適用性を検証している。

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リットルにミクロン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。

JSTの日英の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)試作品を用いて、2021年10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。

3) 資源調査

社会のニーズに応えるべく、開発した技術の民間移転にも積極的に取り組んでいる。2008年度～2017年度、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)賦存量計測センサ類を開発した。2018年度から毎年、JOGMECの委託事業により、民間企業と共同して、開発センサ類を搭載した複数AUVを用いた大規模な実用調査を毎年実施している。調査では、複数AUV(AE2000f:高高度3D画像マッピング、BOSS-A:低高度3D画像マッピング+クラストの厚み計測)とROV(高高度3D画像マッピング)そしてSBP(海底下構造)を用いたマルチレゾリューションな調査により、マルチモーダルなデータ(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詳細情報および海底下構造など)を効率的に取得し、機械学習によるデータ解析と未調査エリアの底質等の推定を行っている。

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。

- a) エネルギー・金属鉱物資源機構(JOGMEC):R4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)
- b) 科学研究費基盤B:R4-R6:海底画像と衛星データの統合機械学習による広域サンゴ礁と海藻マッピング手法の開発:(研究代表者)
- c) 科学研究費基盤B:R3-R5:画像・分光分析技術を応用した現場型深海粒子連続モニタリングシステムの開発:(研究分担者)

- d) 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)
- e) いであ (株) : R2-R4 : ホバリング型 AUV による底質サンプリングシステムの開発 : (研究代表者)
- f) 海洋エンジニアリング (株) : R4-R5 : コバルトリッチクラストの賦存量推定手法の高度化 : (研究代表者)

5.5 研究業績

(1) 論文や投稿記事の一覧

査読論文

- Christopher Gotts, Benjamin Hall, Oliver Beaumont, Ziyang Chen, William Cleaver, James England, David White, Blair Thornton, Development of a Prototype Autonomous Inspection Robot for Offshore Riser Cables, in Ocean Engineering 257, 111485, DOI:10.1016/j.oceaneng.2022.111485
- Takaki Yamada, Adam Prugel-Bennett, Oscar Pizarro, Stephan Williams and Blair Thornton, GeoCLR: Georeference Contrastive Learning for Efficient Seafloor Image Interpretation, in Field Robotics 2, 1134-1155, DOI:10.55417/fr.2022037

(2) 国際会議発表

一般講演

- Harry Redfern, Guy Denton, Miquel Massot-Campos, Blair Thornton, Passive pre-tensioning of buoyancy engines for fail-safe and energy efficient depth control, In proc. OCEANS 2022 Hampton Roads, 2022.10.
- David Stanley, Adrian Bodenmann, Miquel Massot-Campos, Blair Thornton, Modelling our way out of a featureless correspondence problem for automatic calibration of laser stripe mapping systems, In Proc. Underwater Technology 2023 (UT23), 2023.3.
- Miquel Massot-Campos, Takaki Yamada, Blair Thornton, Towards sensor agnostic artificial intelligence for underwater imagery, In Proc. Underwater Technology 2023 (UT23), 2023.3.
- Zonghua Liu, Sarah Giering, Tomoko Takahashi, Thangavel Thevar, Marika Takeuchi, Nick Burns, Blair Thornton, John Watson, Dhugal Lindsay, Advanced subsea imaging technique of digital holography: in situ measurement of marine microscale plankton and particles, In Proc. Underwater Technology 2023 (UT23), 2023.3.
- Miquel Massot-Campos; Takaki Yamada; Bronwyn Walker-Rouse, Ken Collins, Julian Leyland; Hachem Kassem, Blair Thornton, Shallow Water Seagrass Survey at Studland Bay with the AUV Smarty200, In Proc. Underwater Technology 2023 (UT23), 2023.3.

- Adrian Bodenmann, José Cappelletto, Miquel Massot-Campos, Darryl Newborough, Ed Chaney, Rachel Marlow; Robert Templeton, Alexander B. Phillips, Brian J. Bett, Catherine Wardell, Blair Thornton, High-resolution visual seafloor mapping and classification using long range capable AUV for ship-free benthic surveys, In Proc. Underwater Technology 2023 (UT23), 2023.3.
- Tomoko Takahashi, Zonghua Liu, Thangavel Thevar, Nicholas Burns, Mehul Sangekar, Dhugal Lindsay, John Watson, Blair Thornton, RamaCam: autonomous in-situ monitoring system of marine particles by combining holography and Raman spectroscopy, In Proc. Underwater Technology 2023 (UT23), 2023.3.
- Shogo Inoue, Sotaro Takashima, Kazunori Nagano, Kotohiro Masuda, Satoru Taoka, Blair Thornton, Harumi Sugimatsu, Yuya Nishida, Isao Koike,; Tamaki Ura, Development of the Autonomous Core Sampling System for AUV, In Proc. Underwater Technology 2023 (UT23), 2023.3.
- Umesh Neettiyath, Mehul Sangekar, Kazunori Nagano, Tetsu Koike, Blair Thornton, Harumi Sugimatsu, Hikari Hino, Akiko Suzuki, Enhancing the Coverage of Underwater Robot Based Mn-crust Survey Area by Using a Multibeam Sonar, In Proc. Underwater Technology 2023 (UT23), 2023.3.
- Matthew Mowlem, Fillipa Carvalho, Blair Thornton, et al., Technologies for Ocean Sensing project developments in imaging and sensing, Proc. OCEANS 2023 Limerick, 2023.6.

(3) 国内学会発表

なし

(4) 受賞（タイトル、対象テーマ）

なし

(5) 特許（タイトル、出願番号）

- 国内特許出願（ソーントン・ブレア、KDDI（株）、海洋研究開発機構、九州工業大学）：無人潜水機、音響通信システム、及びプログラム：特願 2018-0989004：登録
- 国内特許出願（東京大学、九州工業大学、三井 E&S 造船（株）、海洋研究開発機構）：水中航走体の展開装置、曳航装置、水中航走体の展開システム、及び水中航走体の展開方法：特願 2018-052104：特許番号：6912409：登録日 2021 年 7 月 12 日

(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

- 2022.5.16: Success for AUV SMARTY200 in its maiden mission to survey seagrass in Studland Bay: University of Southampton (プレスリリース)
- 2022.5.19: Robots to explore extent of seagrass on Studland's seabed: Swanage

news(インターネットメディア)

- 2022.5.19: University of Southampton study into Studland Bay seagrass: DorsetECHO(インターネットメディア)
- 2022.5.31: Southampton University Press Release 16 May 2022: Christchurch Sailing Club(インターネットメディア)
- 2022: Studland Bay no-anchor zone extended to protect seabed: BBC News (インターネットメディア)
- 2022.11.19: Autonomous technology exploring end-of-life North Sea oil fields improves marine survey sustainability: University of Southampton (プレスリリース)

<https://www.southampton.ac.uk/news/2022/11/biocam-atsea-mission.page>

5.6 学会等の活動

(1) 国際国内シンポジウム等の主催

Underwater Technology 2023 (UT23)における Technical Program Co-Chair (ソーントンブレア) および事務局 (杉松治美)

(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

(3) 招待講演

学会：第7回海中海底工学フォーラム・ZERO

日程：2023/04/22

場所：オンライン

題名：複数 AUV によるコバルトリッチクラスト(CRC)賦存量調査

発表者：ソーントン・ブレア

学会：第145回ロボット工学セミナー「極限環境で活躍する水中ロボットの世界」

日程：2022/12/12

場所：オンライン

題名：21世紀もそろそろハーフ・タイム、世界は海洋ロボットに何を求めているのか

発表者：ソーントン・ブレア

(4) 特筆すべき学会等の活動

ソーントンブレア

- Marine Imaging Workshop 2022 Organising Committee
- IEEE Robotics and Automation Letters Associate Editor

- Marine Autonomy Technology Showcase Organising Committee
- 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
- IEEE OES Newsletter BEACON Contributing 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 (2022.1.1～)
- IEEE OES Newsletter BEACON Editor-in-Chief

6. 長谷川研究室（界面輸送工学）

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、自律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。

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・教授）
大澤 崇行	（東京大学生産技術研究所・技術職員）
Kumar, Vivek	（東京大学生産技術研究所・特任研究員）
Chen, Di	（東京大学生産技術研究所・特任研究員）
Kumar, Prashant	（東京大学生産技術研究所・特任研究員）
Liu, Ming	（東京大学生産技術研究所・特任研究員）
Han, Xu	（東京大学生産技術研究所・特任研究員）
Liu, Zhuchen	（東京大学生産技術研究所・特任研究員）
Wang, Hanzhi	（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）
渡邊 翔	（東京大学生産技術研究所・博士課程3年）
Pan, Junxiu	（東京大学生産技術研究所・博士課程3年）
Niu, Qizhou	（東京大学生産技術研究所・博士課程2年）
Xiao, Yao	（東京大学生産技術研究所・博士課程2年）
Fang, Tingting	（東京大学生産技術研究所・博士課程2年）

Yang, Linghui	(東京大学生産技術研究所・博士課程1年)
Guan, Fengbo	(東京大学生産技術研究所・博士課程1年)
Qiao, Yang	(東京大学生産技術研究所・博士課程1年)
高林 一貴	(東京大学生産技術研究所・修士課程2年)
関根 彰吾	(東京大学生産技術研究所・修士課程2年)
Yang, Shihan	(東京大学生産技術研究所・修士課程2年)
富澤 駿	(東京大学生産技術研究所・修士課程1年)
弓削田 悠介	(東京大学生産技術研究所・修士課程1年)
Revera, Yaroslav	(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)
大西 諒	(東京大学生産技術研究所・研究実習生)
太田 有	(東京大学生産技術研究所・研究実習生)
奥須賀 康佑	(東京大学生産技術研究所・研究実習生)
斎藤 寛生	(東京大学生産技術研究所・研究実習生)

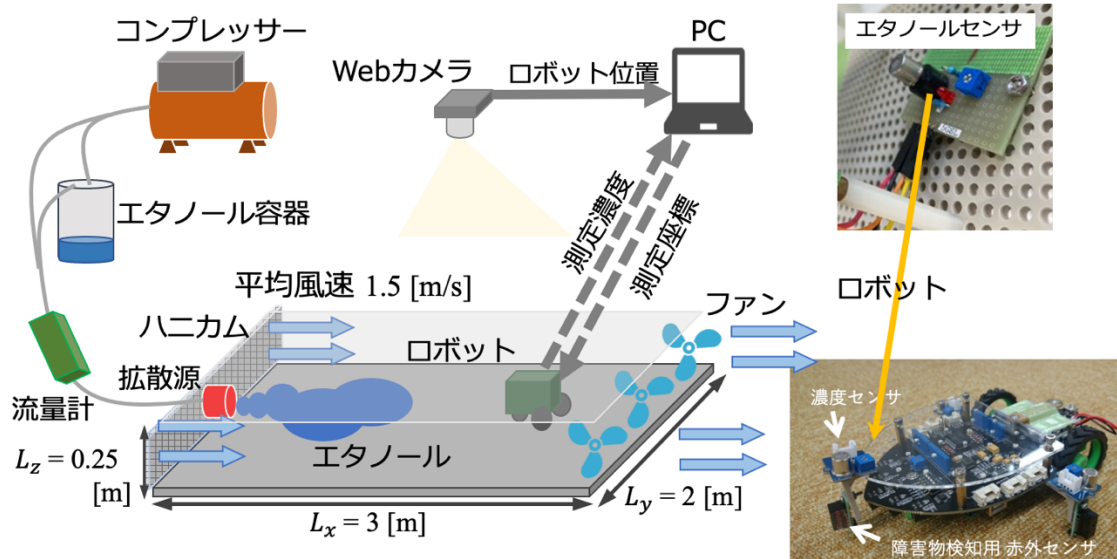
(2) 特殊な施設名とその仕様

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

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。

2023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、その有効性を検証を進めている。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。限られた計測データに基づき、濃度場やスカラー場を推定した結果に基づき、次の計測場所を決める能動学習アルゴリズムを考案するとともに、異なる流動条件やスカラー源配置における探索実験を複数回行うことにより、提案手法の優位性を統計的に示した。



スカラー源探索用風洞実験システム

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」(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 S 「機械学習を活用した革新的流れ制御パラダイムの創出と実践」(分担)
- 基盤研究 A 「脳卒中リスク予測のための全身一脳循環代謝の解析システム構築」

民間等との共同研究

- 「シミュレーションによる部品への成膜予測に関する共同研究」
- 「形状最適化による新たな熱交換器フィン形状の研究」
- 「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」
- 「随伴解析による金属 3 D P を活用した熱交換器への応用開発」
- 「流れ解析手法を用いた構造最適化手法に関する研究」
- 「流動・伝熱部品の Generative Design プロセスの研究」
- 「産学連携研究協力協定に基づく次世代モビリティ・IoT 社会の実現と発展を支える研究」

受託研究

①公的資金

- 1) 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）
- 2) NEDO 先導研究プログラム／エネルギー・環境新技術先導研究プログラム／表面・構造機能化による新コンセプト熱物質交換器開発（分担）

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】

- Takashi Nakazawa, Takashi Misaka, Yosuke Hasegawa: Optimal Design for Suppressing Time Fluctuation Part of Two-Dimensional Jet in Crossflow, International Journal of Computational Fluid Dynamics, Vol. 36, Issue 2, 112-124 (2022)
- 伊藤宗嵩, 長谷川 洋介: チャネル乱流の最適制御におけるレイノルズ数の影響: 生産研究, Vol. 74, Vol.1, pp. 29-33 (2022).
- 園田 隆博, 劉 竺辰, 伊藤宗嵩, 長谷川 洋介: 壁乱流制御における強化学習の有効性の検証: 生産研究, Vol. 74, Vol.1, pp. 35-38 (2022).

(2) 著書（タイトル、出版社、著書、出版年月）

- 長谷川洋介, 中山雅敬, 生体内毛細血管網の輸送特性と分岐形態最適化, マイクロ・ナノ熱工学の進展 (第4篇3章(4)分担執筆), エヌ・ティー・エス, 978-4-86043-722-0, 2021

(3) 国際会議発表

- Kumar, V., Cai, S., Nakakura, M., Nakajima, H., Karniadakis, G., Hasegawa, Y., "Artificial Intelligence Velocimetry for Unsteady Blood Flow Prediction in the Basilar Artery of a Young Zebrafish", 9th World Congress of Biomechanics (WCB-2022), Taipei, Taiwan, July 10-14 (2022)
- Kaneko, K., Tsugane, M., Sato, T., Hayakawa T., Hasegawa Y., and Suzuki, H., "Detection of nanoparticles in a minute sample using the vibration induced flow", The 17th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered & Molecular Systems (IEEE-NEMS 2022)., Online, 2022/4/15
- Kaneko, K., Hayakawa, T., Hasegawa, Y., Suzuki, H., "Numerical simulation of vibration-induced mixer using a cylindrical pillar with various vibration directions", APCOT 2022, Online, 2022/05/30

- Kaneko, K., Hasegawa, Y., Hayakawa, T., Suzuki, H., "NUMERICAL STUDY OF THE VIBRATION-INDUCED CHAOTIC MIXER BASED ON VIBRATION SWITCHING", The 26h International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (MicroTAS) 2022, Online, 2022/10/24
- Kaneko, K., Tsugane, M., Sato, T., Hasegawa, Y., Hayakawa, T., Suzuki, H., "Detection and Quantification of Nanoparticles Using the Vibration-Induced Flow", MHS2022, Nagoya and Online, 2022/11/29
- Huang, Z., Kaneko, K., Asada, Y., Hasegawa, Y., Hayakawa, T., Suzuki, H., "NUMERICAL CHARACTERIZATION OF THE VIBRATION-INDUCED FLOW IN VARIOUS CONDITIONS"
The 26h International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (MicroTAS) 2022, Online, 2022/10/26
- Kaneko, K., Hasegawa, Y., Hayakawa, T., and Suzuki, H., "NUMERICAL INVESTIGATION OF THE VIBRATION-INDUCED CHAOTIC MIXING UNDER RECTILINEAR VIBRATIONS"
Serendipity Workshop 2022, Korakuen Campus, Chuo University, Japan, 2022/5/14
- Kanji Kaneko, Mamiko Tsugane, Taku Sato, Takeshi Hayakawa, Yosuke Hasegawa and Hiroaki Suzuki, Detection of Nanoparticles in A Minute Sample Using the Vibration Induced Flow, IEEE-NEMS2022, online, 2022.4.15

(4) 国内学会発表

- Linghui YANG, Yosuke HASEGAWA : Optimization of sensor placement for scalar source estimation based on physics-informed deep kernel learning
The 36th Computational Fluid Dynamics Symposium, 東京, 2022年12月14日-16日
- 潘俊秀, 劉明, 中倉満帆, 松原幸治, 長谷川洋介: 境界埋め込み法を用いた多孔質内におけるふく射、熱伝導、対流熱伝達の連成シミュレーション, 日本機械学会熱工学コンファレンス 2022, 東京, 2022年10月8日-9日
- 高林一貴, HENZEL Dominik, YANG Linghui, 長谷川 洋介: 随伴解析による複雑流れにおけるスカラー源推定とセンサ配置最適化, 第 36 回数値流体力学シンポジウム, 東京, 2022年12月14日-16日
- 渡邊翔, 長谷川洋介: Physics-informed neural networks を用いた新たな形状最適化フレームワーク, 日本流体力学学会年会 2022, 京都, 2022年9月27日-29日
- Hanzhi Wang, Xu Han, 長谷川洋介: 高精度液滴射出に関する流体力学解析, 日本流体力学学会年会 2022, 京都, 2022年9月27日-29日

- Xu HAN, 大澤崇行, Hanzhi Wang, 長谷川洋介: 非定常法における熱伝達率測定のための伝熱モデル及び評価基準の検証, 日本流体力学会年会 2022, 京都, 2022年9月27日-29日
- Ming LIU, 長谷川洋介: 境界埋め込み法とレベルセット法に基づく複雑形状におけるふく射伝達シミュレーション, 日本機械学会熱工学コンファレンス 2022, 東京, 2022年10月8日-9日
- 陳 迪, Prashant Kumar, 亀谷 幸憲, 長谷川 洋介: カスタマイズされた OpenFOAM による共役熱伝達のトポロジー最適化, 日本機械学会熱工学コンファレンス 2022, 東京, 2022年10月8日-9日
- Prashant KUMAR, Di CHEN, Yosuke HASEGAWA : OpenFOAMにおける Volume Penalization 法の乱流伝熱面トポロジー最適化への応用, 日本機械学会熱工学コンファレンス 2022, 東京, 2022年10月8日-9日
- 金子完治, 津金麻実子, 長谷川洋介, 早川健, 鈴木宏明: 振動誘起流れを用いた微量サンプル内ナノ粒子の検出および定量, 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第45回研究会, 中央大学後楽園キャンパス, 2022年5月22日
- 金子完治, 佐藤拓, 津金麻実子, 長谷川洋介, 早川健, 鈴木宏明: 効率的なナノ粒子検出に向けた振動誘起マイクロ混合デバイスの開発, 日本機械学会 2022年度年次大会, 富山大学, 2022年9月14日
- 金子完治, 津金麻実子, 長谷川洋介, 早川健, 鈴木宏明: 振動が誘起する混合による簡易なナノ粒子検出手法の開発, 人工細胞モデル&分子ロボティクス 第3回研究会, オンライン, 2022年7月4日
- Zhitai HUANG, Kanji KANEKO, Yosuke HASEGAWA, Takeshi HAYAKAWA, Hiroaki SUZUKI: NUMERICAL AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE VIBRATION-INDUCED FLOW AROUND COMPLEX PILLAR SHAPES WITH VARIOUS VIBRATIONS, 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第45回研究会, 中央大学後楽園キャンパス, 2022年5月21日
- 浅田勇飛, 金子完治, 佐藤拓, 黄之泰, 永倉大暉, 早川健, 長谷川洋介, 鈴木宏明: 振動が誘起する流れ場の3次元挙動の数値シミュレーション, 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第46回研究会, アスティとくしま(徳島県徳島市), 2022年11月16日

7. 横田研究室（海中・海底情報システム学）

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、UAV 海洋観測技術の開発、海中・海底の新観測技術開発、水路測量技術の標準化や高度化に向けた研究、衛星軌道の捕捉技術などの研究を実施している。

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 准教授

河野 賢司 技術専門職員

Zhao Shuang 博士研究員

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) UAV 海洋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。

(3) 海中・海底の新観測技術の学際的応用

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、ミュオグラフィ技術による位置決定技術の開発とそこから得られる知見の応用に向けた研究活動も進めている。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 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。

7.4 主要研究 Fund

- 科学研究費：学術変革領域研究(A) Slow-to-Fast 地震現象の詳細把握へ向けたマルチスケール観測技術の開発 (分担)
- 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)
- (公財)セコム科学技術振興財団 令和4年度一般研究助成 次世代の高速海底地殻変動観測を実現するための UAV 海底観測システムの実証 (代表)
- UTEC-UTokyo FSI Research Grant Program UAV-GNSS-A ネットワークのための基盤技術の構築 (代表)
- 令和4年度東京大学地震研究所共同利用公募研究 GNSS-A 海底測地観測データの高精度化に向けた精度評価システムの構築 (代表)

7.5 研究業績

(1) 論文や投稿記事の一覧 (* 代表論文)

- Yokota Y, Kaneda M, Hashimoto T, Yamaura S, Kouno K, Hirakawa Y (2023): Experimental verification of seafloor crustal deformation observations by UAV-based GNSS-A, Scientific Reports, <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31214-6> *
- Yokota Y, Watanabe S, Ishikawa T, Nakamura Y (2022): Temporal change of km-scale underwater sound speed structure and GNSS-A positioning accuracy, Earth Space Sci, 9, e2022ea002224, <https://doi.org/10.1029/2022EA002224> *
- 住吉昌直, 長澤亮佑, 小川遥, 吉澤信, 秋山裕平, 長野勝行, 橋本崇史, 堀之内龍一, 堀内幸二, 斎藤康仁, 川上友希, 吉田善吾, 横田裕輔 (2022): マルチビーム測深機の精度検証実験手法と初期結果, 海洋音響学会誌, 49(4), 127-137. <https://doi.org/10.3135/jmasj.49.127>
- Tanaka HKM, Gluyas J, Holma M, Joutsenvaara J, Kuusiniemi P, Leone G, Presti DL, Matsushima J, Oláh L, Steigerwald S, Thompson LF, Usoskin I, Poluianov S, Varga D, Yokota Y (2022): Atmospheric Muography for Imaging and Monitoring Tropic Cyclones, Scientific Reports, 12:16710. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20039-4>
- Yokota Y, Kojima S (2022): Development and field verification experiment of UAV that can automatically observe underwater condition data by XCTD/XBT, Journal of the Japan Society for Marine Surveys and Technology, 33, 1-2, 1-7. https://doi.org/10.11306/jsmst.33.1-2_3
- Tanaka HKM, Aichi M, Balogh SJ, Bozza C, Coniglione R, Gluyas J, Hayashi N, Holma M, Joutsenvaara J, Kamoshida O, Kato Y, Kin T, Kuusiniemi P, Leone G,

Presti GL, Matsushima J, Miyamoto H, Mori H, Nomura Y, Okamoto N, Oláh L, Steigerwald S, Shimazoe K, Sumiya K, Takahashi H, Thompson LF, Tokunaga T, Yokota Y, Paling S, Varga D (2022): Periodic sea-level oscillation in Tokyo Bay detected with the Tokyo-Bay seafloor hyper-kilometric submarine deep detector (TS-HKMSDD), *Scientific Reports* 12:6097.

<https://doi.org/10.1038/s41598-022-10078-2>

- 渡邊俊一, 石川直史, 中村優斗, 横田裕輔 (2022): 音速構造と海底局位置を一括推定する海底地殻変動解析ソフトウェア「GARPOS」の構築及び東北地方太平洋沖地震後 10 年間の海底地殻変動成果を用いた余効変動の検出と解釈, 季刊水路 10 月号 (203 号)

(3) 国際会議発表

- Nakamura Y, Ishikawa T, Watanabe S, Nagae K, Yokota Y (2022): GNSS-A seafloor geodetic observation along the Japan Trench and the Nankai Trough conducted by the Japan Coast Guard, AGU fall meeting 2022, G35B-0331
- Zhao S, Yokota Y, Wang Z, Xue S (2022): Configuration design and positioning capability assessment of seafloor geodetic network, AGU fall meeting 2022, G35B-0328
- Yokota Y, Otsubo T, Araki H, Matsumoto T, Kouno K (2022): Development of Omni-SLR System: (3) Timing/software subsystem, 22th International workshop on laser ranging, S08-P03
- Araki H, Otsubo T, Yokota Y, Matsumoto T, Kobayashi M, Takashima T (2022): Development of Omni-SLR System: (2) Tracking subsystem, 22th International workshop on laser ranging, S08-P02
- Otsubo T, Araki H, Yokota Y, Matsumoto T, Kobayashi M, Kouno K, Doi K, Aoyama Y, Takashima T, Yanagimoto N (2022): Development of Omni-SLR System: (1) tracking subsystem, 22th International workshop on laser ranging, S08-P01
- Otsubo T, Araki H, Yokota Y, Matsumoto T, Kobayashi M, Kouno K, Doi K, Aoyama Y, Takashima T, Yanagimoto N (2022): System design and concept of small-size, low-cost, multi-purpose Omni-SLR System, 22th International workshop on laser ranging, S09-06
- Yokota Y, Hashimoto T, Yamaura S, Kaneda M, Kawakami T, Hirakawa Y, Matsuda T (2022): Development of UAV technology to realize high-frequency GNSS-A observation: preparation, Slow2Fast Earthquake Workshop 2022, Nara, P092

- Ogawa H, Sumiyoshi M, Nagasawa R, Yoshizawa M, Kumagai T, Akiyama Y, Fuchinoue H, Hashimoto T, Horiuchi K, Horinouchi R, Ikeuchi Y, Kaneo M, Kawakami T, Kobayashi K, Kurita H, Maehara K, Mori H, Mori Y, Nagano K, Saito K, Saito N, Seo N, Sugiyama S, Yoshida Y, Yoshida Z, Yokota Y (2022): Preliminary report on the experiment to verify the precision and performance of multibeam echo-sounder using a water tank, CHC2022, 4B-8
- Nakamura Y, Ishikawa T, Watanabe S, Yokota Y (2022): Overview of the seafloor geodetic observation conducted by the Japan Coast Guard using the GNSS-Acoustic ranging combination technique, EGU General Assembly 2022, EGU22-1652
- Watanabe S, Ishikawa T, Nakamura Y, Yokota Y (2022): Full-Bayesian GNSS-A seafloor positioning solution derived by the Markov-Chain Monte Carlo method, EGU General Assembly 2022, EGU22-3274
- Yokota Y, Ishikawa T, Watanabe S, Nakamura Y (2022): Development of a method to analyze the error factor of GNSS-A system using SGO-A data, EGU General Assembly 2022, EGU22-1564

(4) 国内学会発表 (* 代表論文)

- 横田裕輔 (2023): GGOS, GGOS Japan, 日本測地学会におけるオープンデータの進捗報告, 令和4年度 GGOS Japan 連絡会
- 大坪俊通, 荒木博志, 横田裕輔, 松本岳大, 小林美穂子, 河野賢司, 土井浩一郎, 青山雄一 (2022): Omni-SLR 組み上げ試験 (1) 概要と追尾系, 令和4年度日本 SLR 技術連絡会
- 荒木博志, 大坪俊通, 横田裕輔, 松本岳大, 小林美穂子 (2022): Omni-SLR 組み上げ試験 (2) 光学系, 令和4年度日本 SLR 技術連絡会
- 横田裕輔, 大坪俊通, 荒木博志, 松本岳大, 河野賢司 (2022): Omni-SLR 組み上げ試験 (3) タイミング計測系, 令和4年度日本 SLR 技術連絡会
- 宮原伐折羅, 大坪俊通, 横田裕輔, 栗原忍 (2022): 全球統合測地観測システム (GGOS) と日本での活動 (GGOS Japan), 令和4年度日本 SLR 技術連絡会
- 横田裕輔, 永江航也, 石川直史, 渡邊俊一, 中村優斗 (2022): SGO-A における音響信号の角度・機器依存性と上下動誤差, 日本地震学会 2022 年度秋季大会, S03-10
- 石川直史, 横田裕輔 (2022): 南海トラフ及び日本海溝におけるプレート境界すべりの検出能力, 日本地震学会 2022 年度秋季大会, S03-13
- 永江航也, 横田裕輔, 石川直史, 渡邊俊一, 中村優斗 (2022): SGO-A における統一的な新しい音響信号読み取り方法の検討, 日本地震学会 2022 年度秋季大会, S03-09
- 中村優斗, 横田裕輔, 石川直史, 渡邊俊一 (2022): 数値シミュレーションによる GNSS-A 解析ソフトウェア「GARPOS」の測位誤差の評価, 日本地震学会 2022 年度秋季大会, S03-08

- 中村優斗, 横田裕輔, 石川直史, 渡邊俊一 (2022): 数値シミュレーションによる GNSS-A 解析ソフトウェア「GARPOS」の精度評価: フルベイズと経験ベイズの精度比較, 日本測地学会第 138 回講演会, 14
- 永江航也, 横田裕輔, 石川直史, 渡邊俊一, 中村優斗 (2022): SGO-A における機器・角度依存した上下動誤差と GARPOS を用いた音響信号読み取り方法の検討, 日本測地学会第 138 回講演会, 15
- 宮原伐折羅, 大坪俊通, 横田裕輔, 栗原忍, Laura Sánchez (2022): 全球統合測地観測システム (GGOS) -最近の活動と日本での連携-, 日本測地学会第 138 回講演会, 01
- 大坪俊通, 荒木博志, 横田裕輔, 松本岳大, 小林美穂子, 河野賢司, 土井浩一郎, 青山雄一, 高嶋徹, 柳本教朝 (2022): 小型・低価格 Omni-SLR 組み上げ試験 (1) 概要と追尾系, 日本測地学会第 138 回講演会, 04
- 荒木博志, 大坪俊通, 横田裕輔, 松本岳大, 小林美穂子 (2022): 小型・低価格 Omni-SLR 組み上げ試験 (2) 光学系, 日本測地学会第 138 回講演会, 05
- 横田裕輔, 大坪俊通, 荒木博志, 松本岳大, 河野賢司 (2022): 小型・低価格 Omni-SLR 組み上げ試験 (3) タイミング計測系, 日本測地学会第 138 回講演会, 06
- 中村優斗, 横田裕輔, 石川直史, 渡邊俊一 (2022): 数値シミュレーションによる GNSS-A 海底地殻変動観測における海中音速場の単層水平傾斜に関する考察, JpGU meeting 2022, SCG48-11
- 渡邊俊一, 石川直史, 中村優斗, 横田裕輔 (2022): マルコフ連鎖モンテカルロによる GNSS-A 海底測位解の導出と単一音速傾斜層モデルの適用, JpGU meeting 2022, SGD01-10
- 横田裕輔, 石川直史, 渡邊俊一, 中村優斗 (2022): GNSS-A 観測における海洋場の表現と解析における拘束条件, JpGU meeting 2022, SGD01-11 *
- 石川直史, 渡邊俊一, 中村優斗, 横田裕輔 (2022): GNSS-A 海底地殻変動観測から推定される南海トラフ沿いのプレート間固着状態の空間分布と時間変動, JpGU meeting 2022, SGD01-P02
- 横田裕輔, 落唯史, 関戸衛, 瀧口博士 (2022): 測地学分野のオープンデータシステムの実装に向けて, JpGU meeting 2022, SGD02-02 *
- 横田裕輔, 石川直史, 渡邊俊一, 中村優斗 (2022): GARPOS を用いた GNSS-A 観測の精度評価: 海底局アレイと上下位置, JpGU meeting 2022, SGD02-P09
- 宮原伐折羅, 大坪俊通, 横田裕輔, 栗原忍, Martin Sehnal, Laura Sánchez (2022): 全球統合測地観測システム (GGOS) -最近の活動と日本での連携-, JpGU meeting 2022, SGD02-01
- 大坪俊通, 荒木博志, 横田裕輔, 松本岳大, 土井浩一郎, 青山雄一, 國森裕生, 柳本教朝, 高嶋徹, 亀岡航, 小林美穂子 (2022): 小型・低価格 Omni-SLR システムの開発: 追尾系と室内ターゲット測距, JpGU meeting 2022, SGD02-09

(5) 受賞

なし

(6) 特許

なし

(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

- 日刊工業新聞(朝刊) 27面 台風の透視 初成功 東大など 早期警報応用に期待 (2022, Oct. 12)
- 福島民報(朝刊) 2面 スペース社(南相馬)の飛行艇型ドローン 世界初 深海底機器と通信 (2022, Nov. 19)
- 電波新聞(朝刊) 10面 海面着水 UAV で深海底観測 東大・横国大など世界初成功 海洋ロボに道 観測を高速・高効率・低コスト化 (2022, Nov. 24)
- 日本工業新聞(朝刊) 26面 飛行艇ドローン、深海底測距 東大など 基準局と音響通信 (2022, Nov. 25)
- 読売新聞 ドローンで深海の水深計測成功 (2023, Jan. 16)

7.6 学会等の活動

(1) 国際国内シンポジウム等の主催

- 令和4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

- 第138回日本測地学会 (セッションチェア: GGOS)
- JpGU meeting 2022 (セッションオーガナイザー: GGOS・測地学)

(3) 招待講演 (招待側組織名、講演題目、日時)

- 横田裕輔 (Jan 24, 2023): “UTEC UTokyo Meetup” (Supported by: The University of Tokyo, Division of University Corporate Relations and Division of External Relations)” https://www.ut-ec.co.jp/english/news/utec_news/utec-utokyo-meetup
- Yokota Y (Jan 18, 2023): Development of UAV technology to realize high-frequency seafloor observation, 50th Joint Meeting UJNR Sea Bottom Surveys Panel, JT-7, Japan Coast Guard 4th building
- 横田裕輔 (Dec 19, 2022): GGOS, GGOS Japan, 日本測地学会におけるデータの取扱いの検討状況, ROIS-DS-JOINT 2022 共同研究集会, 国立極地研究所

- Yokota Y, Ishikawa T, Watanabe S, Nakamura Y, Nagae K (Dec 12, 2022): Observation accuracy of GNSS-A seafloor geodetic observation array (SGO-A) in 2022, AGU fall meeting 2022, Chicago, G5A-03
- Elger K, GGOS DOI Working Group (Nov 14, 2022): Some backgrounds about DOI minting, GGOS days 2022, Munich, <https://doi.org/10.5281/zenodo.7354893>
- Otsubo T, Miyahara B, Kurihara S, Yokota Y, Takagi Y, Nakamura Y, Takiguchi H, Aoyama Y, Matsuo K (Nov 14, 2022): Report from GGOS Japan, GGOS days 2022, Munich
- Elger K, GGOS DOI Working Group (Oct 23, 2022): Concepts for DOI minting for Geodetic Datasets, UAW 2022, Thessaloniki, <https://doi.org/10.5281/zenodo.7239190>
- 横田裕輔 (Oct 3, 2022):海底測地観測網 SGO-A の構築と次世代の海洋情報取得プラットフォーム, 東京都市大学・東京大学生産技術研究所学術連携「都市大サロン」2022

(4) 特筆すべき学会等の活動

- Earth Planets Space, Editor
- Journal of Geodesy, Associate Editor
- GGOS, WG on DOIs, 担当委員
- GGOS, Consortium
- GGOS Japan, データ部会長
- IAG, Inter Commission Committees on Marine Research
- 日本測地学会, データ作業部会長
- 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 2023 (UT23), Technical Committee