

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5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）	9
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）	21
5. ソートン研究室（海洋知覚システム）	28
6. 横田研究室（海中・海底情報システム学）	34

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。海の世界バ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5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

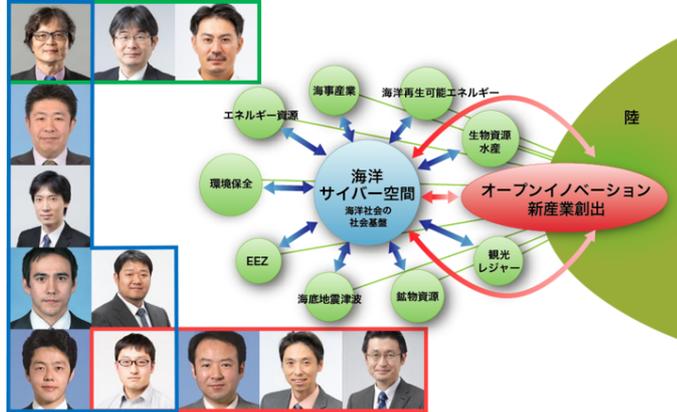
海洋環境工学 (林昌奎 教授; センター長)
 構造健全性診断学 (岡部洋二 教授)
 時空間メディア工学 (大石岳史 准教授)

海洋観測システム分野

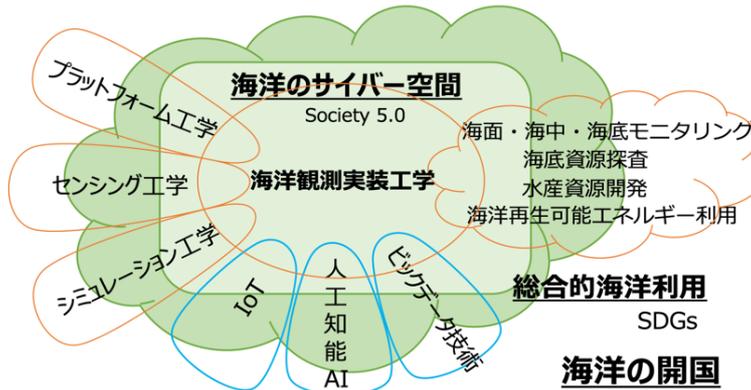
海洋環境工学 (林昌奎 教授)
 総合海底観測工学 (川口勝義 客員教授)
 ワイヤレス通信ネットワーク (杉浦慎哉 准教授)
 海洋フォトニクス (ソートンブレア 准教授)
 海中プラットフォームシステム学 (巻俊宏 准教授)
 海中・海底情報システム学 (横田裕輔 准教授)
 海洋複合計測システム (福場辰彦 特任准教授)

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 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



<p>海洋サイバーフィジカルシステム</p> <p>海面観測と海洋エネルギー (林研究室)</p> <p>海底観測ネットワーク (川口研究室)</p> <p>Optical fiber (Cladding diameter: 125μm)</p> <p>PSFBO optical fiber sensor (Central core: 10μm)</p> <p>CFRP specimen</p> <p>Adhesion</p> <p>構造健全性 (岡部研究室)</p> <p>T-shaped stringer</p> <p>Adhesive debonding</p> <p>複合現象 (林石研究室)</p>	<p>海洋観測システム</p> <p>高信頼協調通信 (杉浦研究室)</p> <p>GNSS-A, 海底地震と防災 (横田研究室)</p> <p>Delay-tolerant wireless relay networks</p> <p>レーザープラズマ熱水鉱床分析 (ソートン研究室)</p> <p>Equivalent Markov-chain model</p> <p>Microfluidics for Oceanography (福場研究室)</p> <p>海中ロボット海氷マッピング (巻研究室)</p> <p>生態系シミュレーション (北澤研究室)</p> <p>Sea Ice Mapping</p> <p>AUV MONACA</p> <p>Autonomous Navigation</p> <p>環境情報融合システム (根本研究室)</p>	<p>海洋情報融合</p> <p>Scalar field by simulation</p> <p>Measurement by AUV</p> <p>観測とシミュレーションの融合 (長谷川研究室)</p> <p>環境情報融合システム (根本研究室)</p>
--	--	---

<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】

- 2023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6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。インパーソン/ウエビナーのハイブリッド形式で開催し162名（インパーソン70名、ウエビナー92名）の参加者を得た。
- 2024年1月23日-24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「2023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9回中海海底工学フォーラム・ZERO（2023年4月21日）、第10回中海海底工学フォーラム・ZERO（2023年10月13日）、水中ロボットコンベンション in JAMSTEC 2023（2023年8月26-27日）を協賛・支援した。
- 海と産業革新コンベンション 2024（2024年1月23日）、Techno-Ocean 2023（2023年10月5日-7日）、OCEANS 2023 Gulf Coast（2023年9月25日-28日）、海洋都市横浜うみ博 2023（2023年8月5日-6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、次世代波力発電装置の実用化など海洋再生可能エネルギー利用、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（2023年5月19日、2023年7月4日、2023年10月19日、2024年2月6日）を開催した。

【巻研究室】

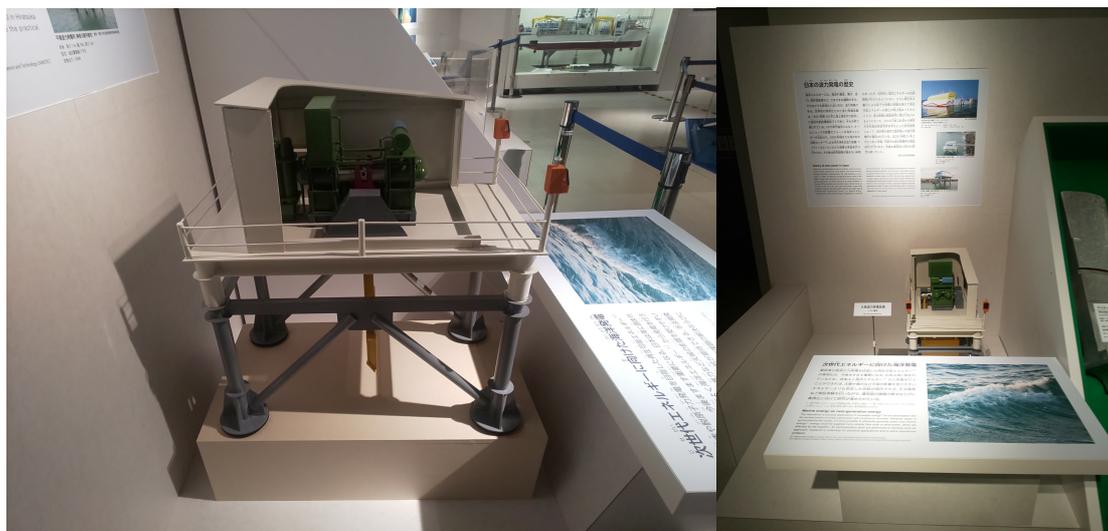
- 2023年8月26-27日に開催された「水中ロボットコンベンション in JAMSTEC 2023」において巻俊宏准教授、山縣広和特任研究員が実行委員を務めた。4年ぶりの現地開催となり、27チーム、185名の参加者があり、盛大に行われた。また、巻研究室の学生チーム MakiLabM1 が AI チャレンジ部門において優勝した。



<本センターの特記すべき研究活動のサマリー>

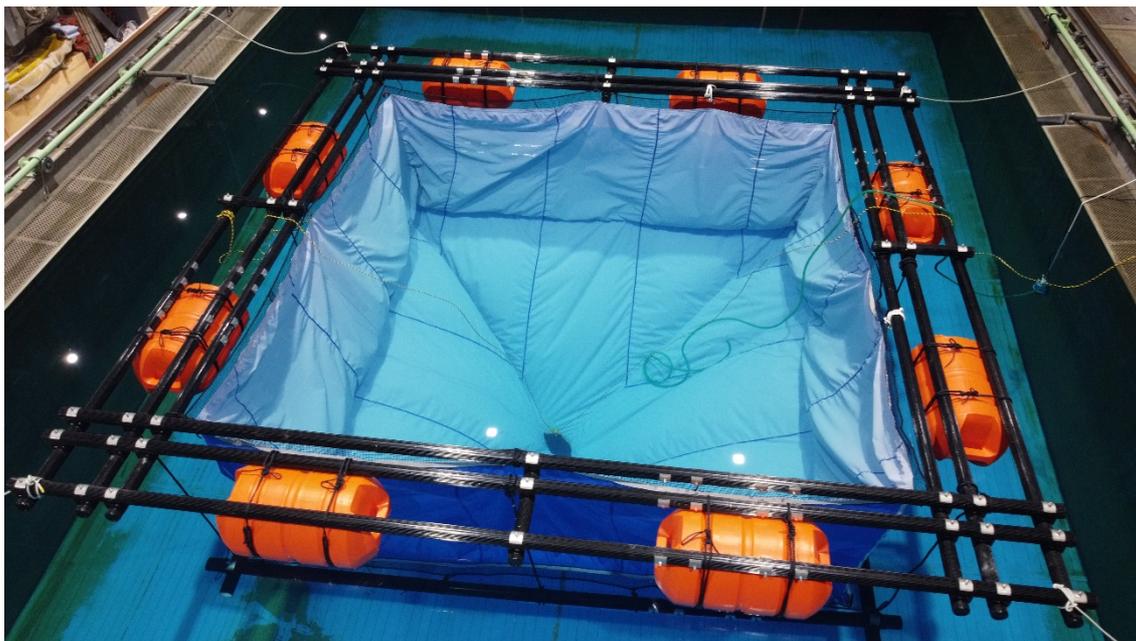
【林研究室】

- 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、2016年9月から2022年2月までに岩手県久慈市の久慈港玉の脇防波堤前に設置し海域実証実験を行った、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模型(1/20)が展示されている。



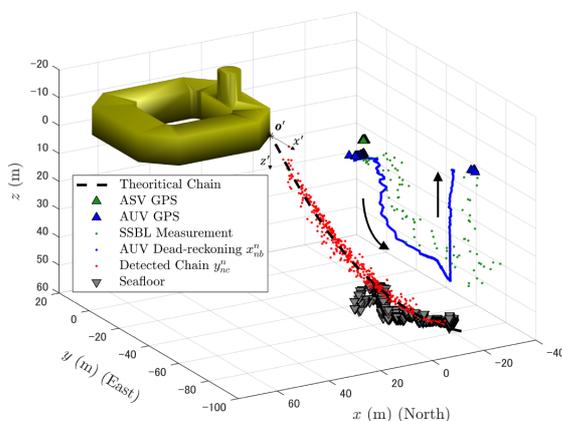
【北澤研究室】

- JST 未来社会創造事業の「日本型養殖システムの開発」において、従来の網地ではなくシートで覆われた柔軟体の海上半閉鎖循環式養殖生簀の研究を行い、実海域実証実験を行うためのサブスケールモデルを製作した。今後、サブスケールモデルを実海域に設置し、サバの飼育実験を行い、従来の網地生簀を用いた飼育との比較を行う予定である。



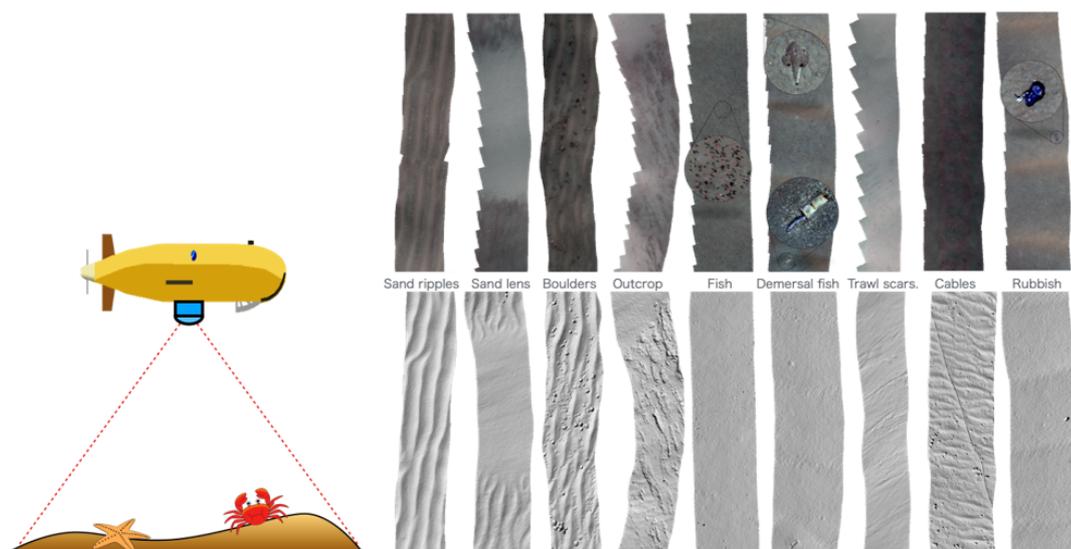
【巻研究室】

- 2023年9月に北九州響灘において AUV Tri-TON を展開し、浮体式洋上風力発電施設「ひびき」の係留チェーンの自動計測に成功した。本成果は、今後導入が進むであろう浮体式洋上風力発電のメンテナンスコストを低減し、日本将来のエネルギー戦略に貢献することが期待される。



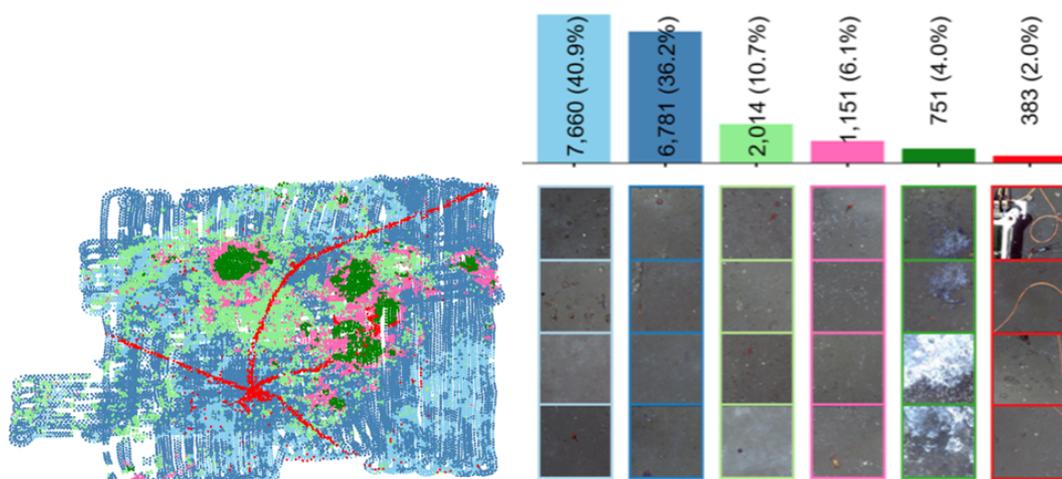
【ソートン研究室】

- JOGMEC の委託研究として、日本周辺海域において、複数 AUV を用いた「海洋鉱物資源調査に係るコバルトリッチクラスト賦存状況調査」を 2018 年から毎年実施し、貴重なレアメタルを含むコバルトリッチクラストの分布状況理解に資する基礎データを取得している。九州工業大学および民間調査会社と連携して実施することで、若手育成および AUV 技術の民間移転を進めている。
- 広範囲・高解像度の海底マッピング技術

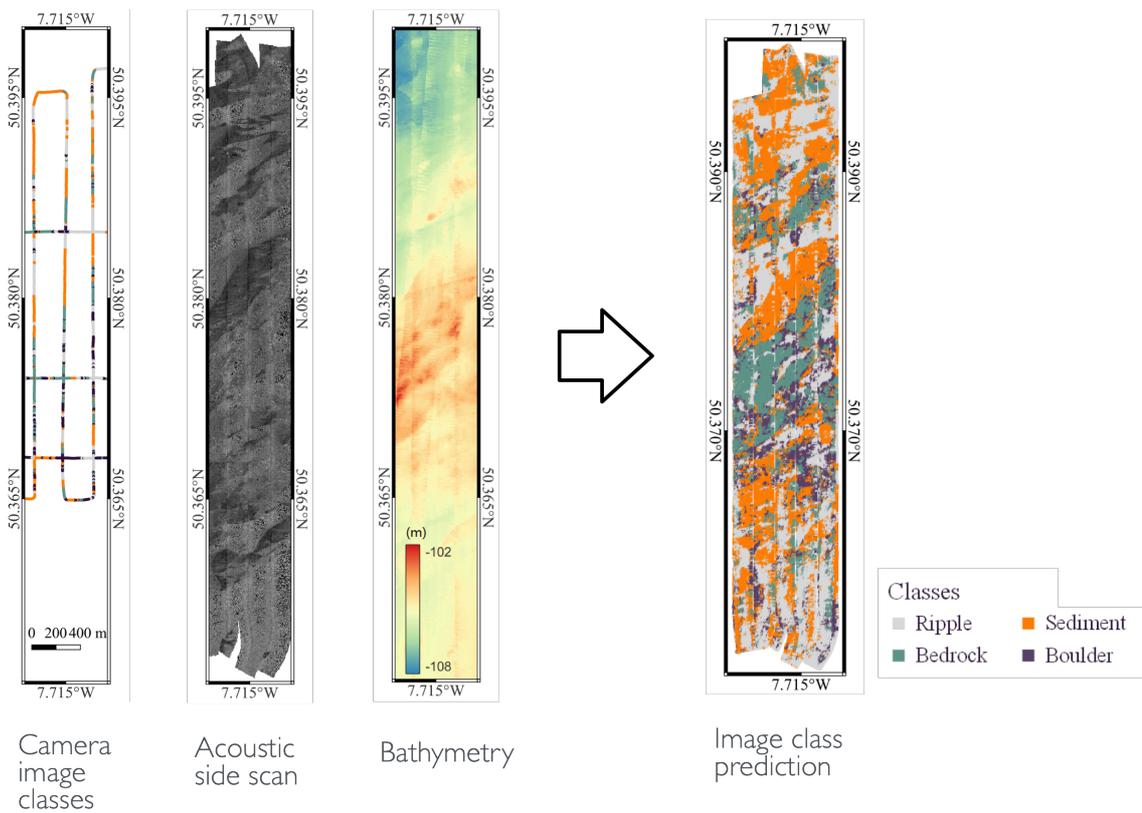


深海カメラやレーザを開発、ロボットで海底画像と微地形を広範囲で詳細にマッピング

- 観測データの解析と自動要約技術



自己教師あり学習を用いた観測データの自動解析と大規模データの自動要約



海底音響データ・海底画像を統合するマルチモーダル・データ解析

【横田研究室】

- とくに飛行艇型 UAV, ヘリコプター型 UAV の海洋工学への応用について各企業との連携活動を実施した.

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

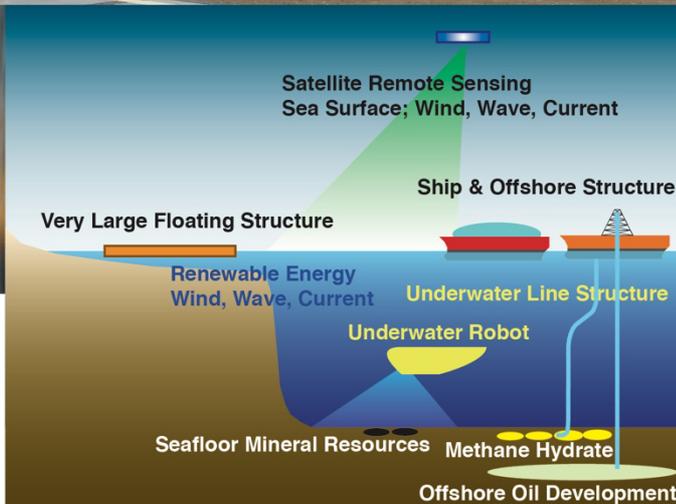
(1) 研究室所属者氏名と肩書き（他大学の指導を含む）

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
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
王 思佳	大学院博士課程
李 昊辰	大学院修士課程
手塚 竜馬	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。



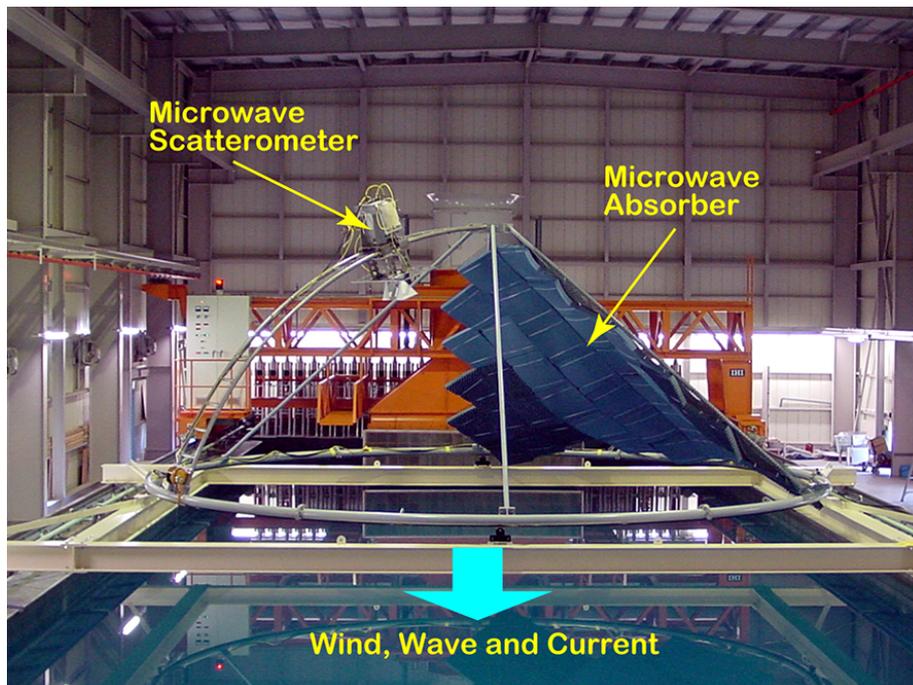
(b) 風路付造波回流水槽

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

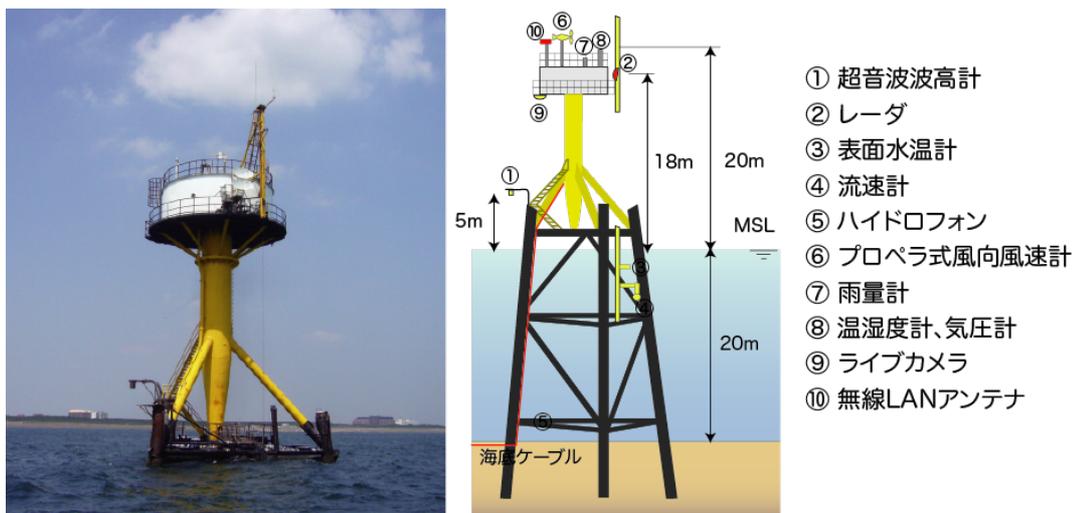
L-Band、C-Band、X-Band のマイクロ波帯域電磁波散乱計測装置である。海面の物理変動によるマイクロ波散乱特性の変化を計測し、風、波、潮流の海面物理情報を取得する研究に用いられる。衛星リモートセンシングによる海面計測を支援する装置である。



(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。



1.3 研究課題の説明

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 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

- (1) 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）
- (2) 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

- Xuanrui Zhang, Jun Li, Wenyao Zhang, Jiang Yan Shao, Wei Chen, Chang-kyu Rheem, Guoqiang Tang, Xiaobin Li : “Numerical investigation of the flow-induced vibration of a rotation pipe with internal flow”, Ocean Engineering, Volume 294, 116809(2024), <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.116809>
- 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れ場の性状に関する基礎的研究 —円柱の回転が流速分布に与える影響について—”, 日本船舶海洋工学会論文集, 第 38 巻, pp109-116(2023), <https://doi.org/10.2534/jjasnaoe.38.109>
- Wei Chen, Yanxu Bao, Wei Chai, Jie Li, Chang-Kyu Rheem, Yongshui Lin, Xiaobin Li : “Investigation of the combined effect of control rods and forced rotation on a cylinder”, Physics of Fluids, 35, 103605(2023), <https://doi.org/10.1063/5.0167449>
- Ran Li, Jie Gong, Wei Chen, Jie Li, Wei Chai, Chang-kyu Rheem, Xiaobin Li : “Numerical Investigation of Vortex-Induced Vibrations of a Rotating Cylinder near a Plane Wall”, J. Mar. Sci. Eng., 11(6), 1202(2023), <https://doi.org/10.3390/jmse11061202>

(2) 国際会議発表

- ・ Sijia Wang, Chang-Kyu Rheem : “Research on Optimal Machine Learning Algorithm for Sea Surface Observation using X-Band Doppler Radar”, OCEANS2023 Limerick(2023), <https://doi.org/10.1109/OCEANSLimerick52467.2023.10244534>

(3) 国内会議発表

- ・ 鈴木雅洋, 居駒知樹, 相田康洋, 林昌奎 : “流れ中における円柱の回転が流速分布に与える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 36 号, 2023S-GS10-6, 2023
- ・ 福永佳晏, 鈴木雅洋, 居駒知樹, 相田康洋, 林昌奎 : “回転円柱に作用する流体力に与える流速分布の影響に関する実験的研究”, 日本沿岸域学会研究討論会概要集, 第 36 号, 2023
- ・ 福永佳晏, 鈴木雅洋, 居駒知樹, 譚雷, 林昌奎 : “一様流中の回転円柱に作用する流体力に流速分布が与える影響に関する実験的研究”, 第 30 回海洋工学シンポジウム, OES30-A0052, 2023
- ・ 村田一城, 林昌奎, 米山治男 : “防波堤前面に設置した振り子式波力発電施設の津波リスク評価”, 第 30 回海洋工学シンポジウム, OES30-A0022, 2023
- ・ 鈴木雅洋, 居駒知樹, 林昌奎 : “流れ中における円柱の回転による運動量伝播特性に関する実験的研究”, 第 30 回海洋工学シンポジウム, OES30-A0017, 2023
- ・ 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速分布とレイノルズ応力に関する実験的研究”, 2023 年度日本建築学会大会学術講演梗概集, 10020, 2023
- ・ 井上朝哉, 金子達哉, 鈴木博善, 林昌奎, 和田良太, 勝井辰博 : “ドリルパイプダイナミクスに関する研究の取り組み”, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 37 号, 2023A-OS3-9, 2023
- ・ 鈴木雅洋, 居駒知樹, 林昌奎 : “流れ中における円柱の回転による運動量伝播特性について”, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 37 号, 2023A-OS3-7, 2023

(4) 招待講演

- ・ 林昌奎 : “波力エネルギー利用の未来像”, かわさき市民アカデミー環境とみどり講座, 2023.6.1
- ・ 林昌奎 : “波力発電の未来像”, 水環境 C&D 共生技術研究所 開所記念行事, 2023.11.6
- ・ 林昌奎 : “波力発電の利用”, Offshore Tech Japan 海洋再生可能エネルギーの利用, 2024.1.31

1.6 学会等の活動

(1) 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

2. 川口研究室（総合海底観測工学）

2.1 研究室の研究概要

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進めた。11月には地球深部探査船「ちきゅう」により、南海トラフに光ファバーバ計測技術を活用した新しい海底下孔内観測システムを構築しDONET2に接続を完了することでリアルタイム観測を開始した。

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

- ・研究プラットフォーム運用開発部門、部門長（－2023/09）
- ・審議役（2023/10-）

(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) 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。

(e) 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

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。加えて、海底下大深度掘削孔を用いた新たな観測技術の開発と整備を進めており、地震津波の観測にとどまらず、地震発生の準備過程で生じる地殻変動やスロースリップイベントなど、今まで観測することが難しかった、物理現象の可視化にも取り組んでいる。

また、2018 年度から継続して、ワークショップ：海底ケーブルの科学利用と関連技術に関する将来展望を海中観測実装工学研究センターの主催で開催しており、産学官の連携を高めながら、本研究成果の社会実装に向けての知見の共有を進めている。

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

- ・ 2024/1/29 Yahoo News 太平洋の海底には地震や津波を観測する大規模な海底観測網があった！

2.5 学会等の活動

(1) 国際・国内シンポジウム等の主催

- ・ 海洋理工学会令和 5 年度春季大会、2023/06/8-9、東京
- ・ 海洋理工学会令和 5 年度秋季大会、2024/10/25-27、福岡
- ・ 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 6 回-、2024/12/8、東京

(2) 特筆すべき学会等の活動

- ・ 海洋理工学会、会長

7 その他特筆すべき事項

(1) 学術的活動

- ・ 東京大学生産技術研究所、客員教授
- ・ 東海大学、客員教授
- ・ 防災科学技術研究所、客員研究員
- ・ 防災科学技術研究所、南海トラフ地震津波観測網構築計画技術委員会、専門委員
- ・ 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、浮体式洋上風力発電と網状構造物の相互干渉に関する研究、動物性タンパク質（水産物）の次世代養殖システム構築等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
古市 綾	事務補佐員
岸本 涼子	事務補佐員
董 書闢	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博士課程 1 年
胡 磊	システム創成学専攻博士課程 1 年
王 康年	システム創成学専攻博士課程 1 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 2 年
王 華勁	システム創成学専攻修士課程 1 年
韓 韞洲	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。特に柔軟体の海上半閉鎖循環式養殖生け簀の運動特性を調べた。また、生簀内部の流れ場について小型模型を用いた実験や数値シミュレーションによって調査した。さらに、海上半閉鎖循環式養殖生簀が波浪中で運動した際に発生するスロッシングなどの流動現象が魚の行動に及ぼす影響を調査した。

(2) 浮体式洋上風力発電と網状構造物の相互干渉に関する研究

浮体式洋上風車としてスパー型の風車を想定し、近傍に生簀を設置した場合の運動の変化を水槽模型実験によって調べた。風車模型と生簀模型の距離や、生簀模型の個数を変化させて風車の運動特性の変化を調べたところ、一部の方向の運動に変化が見られた。

(3) AI モデルを活用した波浪発電浮体アレイの不規則波中での実践的発電効率向上化

波力発電装置の発電効率向上化を検証するために、水槽模型実験の準備を行った。

(4) 三陸沿岸域における社会・生態システムモニタリングと漁場環境の変動予測

女川湾を対象として、陸域からの負荷や湾内の養殖事業が周辺の環境に及ぼす影響を数値シミュレーションによって調査した。

(5) 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、数値シミュレーションを行い、海洋工学水槽と小型造波回流曳航水槽で行われた実験結果を用いて検証した。

(6) 定置網漁業等における数量管理のための技術開発事業

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。また、近年は、定置網漁業においても数量管理が求められている。そこで、収穫すべき魚が入網している際に魚を集めるための駆集システムの水槽模型実験を実施した。

(7) 動物性タンパク質（水産物）の次世代養殖システム構築

沖合での養殖を可能とするために、岸から3~5km先の生簀に配管内で配合飼料を空気で搬送するシステムの研究を行った。配管が浮遊している部分について、流れ場による浮上や曲げの状況を再現するため、水槽模型実験を実施した。

(8) 生物付着と落下状況の観測と数値シミュレーション

海洋構造物への付着生物は、周辺の水質に影響を及ぼすとともに、脱落によって海底生態系にも影響を及ぼす。海洋構造物に付着した生物の脱落機構を現地観測によって明らかにするとともに、生態系モデルを用いた数値シミュレーションで予測するために脱落機構のモデル化を行った。

(9) 海洋マイクロプラスチックの回収技術に関する研究

海洋マイクロプラスチックを回収するために、低速のサイクロンを用いた磁気凝集分離による回収方法について基礎的な研究を行った。凝集に用いる鉄粉の再利用方法や、凝集効率に関する検討を行った。

(10) 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。

(11) 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

- (1) (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)
- (2) 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

(3) SIP 動物性タンパク質（水産物）の次世代養殖システム構築

(4) 水産庁 定置網漁業等における数量管理のための技術開発事業

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】

- Jinxin Zhou, Teng Tu, Huajin Wang, Daisuke Kitazawa (2024): Modeling environmental impacts of intensive shrimp aquaculture: A three-dimensional hydrodynamic ecosystem approach. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(4), 126.
- Zhixin Zhang, Jinxin Zhou, Jorge García Molinos, Stefano Mammola, Ákos Bede-Fazekas, Xiao Feng, Daisuke Kitazawa, Jorge Assis, Tianlong Qiu, Qiang Lin (2024): Incorporating physiological knowledge into correlative species distribution models minimizes bias introduced by the choice of calibration area. *Marine Life Science and Technology*, 6, 349–362.
- Qiao Li, Shuchuang Dong, Daigo Furuichi, Yoichi Mizukami, Daisuke Kitazawa (2024): Water-tank and semi-field experimental investigation of a hose net fish-hauling device for next-generation set-net fishing. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12, 44.
- Umme Kaniz Fatema, Hongxia Gao, Daisuke Kitazawa, Hiroyuki Matsuda (2023): Simple indicators for assessing sustainability of marine aquaculture in Miyagi, Mie, and Kagoshima Prefectures, Japan. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 27(5), 633–659.
- Qianqian Wu, Jinxin Zhou, Tatsuya Komoto, Toshiyuki Ishikawa, Naoshige Goto, Masayuki K. Sakata, Daisuke Kitazawa, Toshifumi Minamoto (2023): Opposite trends in environmental DNA distributions of two freshwater species under climate change. *Ecosphere*, 14(9), e4651.
- Jialin Han, Teruo Maeda, Hiroshi Itakura, Daisuke Kitazawa (2023): Experimental study on the motion reduction performance of a small suspension catamaran exploiting an active skyhook control strategy. *Ocean Engineering*, 281, 114642.
- 北澤大輔 (2023) : 海洋再生可能エネルギーの今後の可能性と漁業との協調. 漁港漁場漁村研報, 53, 4-8.
- 北澤大輔 (2023) : 海面養殖と洋上風力発電. 配管技術, 65(8), 12-17.
- 周金鑫, 吉田毅郎, 向後香澄, 董書闢, 北澤大輔 (2024) : 防波堤がもたらす久慈湾の流れ場と養殖有機物拡散の変化に関する数値解析. 生産研究, 76(1), 21-24.
- 董書闢, 白申逸, 周金鑫, 北澤大輔 (2024) : 粒子法を用いた閉鎖生簀内部自由水のスロッシング解析. 生産研究, 76(1), 15-19.

(2) 国際会議発表

- Huaizhi Zhao, Shuchuang Dong, Jinxin Zhou, Qiao Li, Daisuke Kitazawa (2023): A physical model approach to mooring forces and motion responses of a closed fish tank including internal

- free water. Proceedings of the ASME 2023 42nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2023-105129, 8pp.
- Ryota Hayashi, Akihisa Konno, Jinxin Zhou, Qiao Li, Shuchuang Dong, Daisuke Kitazawa (2023): Experimental and numerical analysis on the hydrodynamic force of an ice piece in synthetic brash ices with defined distance. Proceedings of the ASME 2023 42nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2023-104700, 8pp.
 - Qiao Li, Shuchuang Dong, Jinxin Zhou, Daisuke Kitazawa (2023): An experimental study on the responses of a spar-type floating structure integrated with aquaculture systems. Proceedings of the ASME 2023 42nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2023-104637, 7pp.
 - Jialin Han, Daisuke Kitazawa, Motohiko Murai (2023): Numerical simulation of motion responses of a cabin-suspended catamaran in head waves. Proceedings of the ASME 2023 42nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2023-103284, 8pp.
 - Jinxin Zhou, Junbo Zhang, Toyonobu Fujii, Takero Yoshida, Qiao Li, Shuchuang Dong, Daisuke Kitazawa (2024): Fish wastes promote oyster growth in a polyculture farm. The 11th East Asian Workshop for Marine Environment and Energy 2024.
 - Shenyi Bai, Shuchuang Dong, Jinxin Zhou, Daisuke Kitazawa, Qiao Li, Motohiko Murai (2024): Review of recent research on offshore floating wind turbine collaborated with aquaculture cages. The 11th East Asian Workshop for Marine Environment and Energy 2024.
 - Shenyi Bai, Shuchuang Dong, Jinxin Zhou, Qiao Li, Huaizhi Zhao, Kangnian Wang, Daisuke Kitazawa (2023): Towards the development of an innovative aquaculture pen: A sub-scale fish tank utilizing flexible sheets. 13th Asia Pacific Marine Biotechnology Conference (APMBC 2023).
 - Shuchuang Dong, Jinxin Zhou, Qiao Li, Huaizhi Zhao, Bai Shenyi, Wang Kangnian, Daisuke Kitazawa (2023): Experimental investigation of the motion response of a sheet fish tank in waves. 13th Asia Pacific Marine Biotechnology Conference (APMBC 2023).
 - Jinxin Zhou, Daisuke Kitazawa, Yuki Hayakawa, Ikuo Yoshida, Kotaro Tabata, Kuniaki Okumura (2023): Review of the impacts of sessile organisms attached to artificial floating structures on the surrounding environment. World Conference on Floating Solutions 2023.
 - Shuchuang Dong, Jinxin Zhou, Qiao Li, Daisuke Kitazawa (2023): Numerical simulation of the three-dimensional sloshing and internal free surface oscillation control in a closed fish tank using the particle method. World Conference on Floating Solutions 2023.
 - Noboru Okuda, H. Okamoto, Jinxin Zhou, Daisuke Kitazawa, M. Itoh, A Ohtaka, M. Fujibayashi, Y. Kobayashi (2023): The fate of benthic biodiversity in a deep ancient Lake Biwa under changing climate. JpGU-AGU Joint Session 2023.

(3) 国内学会発表

- ・ 鄒倩倩, 周金鑫, 河本達也, 石川俊之, 坂田雅之, 後藤直成, 北澤大輔, 源利文 (2023): 環境 DNA 分析と生態モデルによる気候変動下における生物の時空間分布予測. 第 6 回環境 DNA 学会九州大会.
- ・ 白申逸, 董書闢, 周金鑫, 李僑, 北澤大輔 (2023): 養殖用円筒タンク内部自由水のスロッシングの数値解析. 日本船舶海洋工学会令和 5 年度秋季講演会.
- ・ 王康年, 董書闢, 周金鑫, 李僑, 北澤大輔 (2023): 規則波における半閉鎖式柔軟生簀の挙動とスロッシングに関する実験解析. 日本船舶海洋工学会令和 5 年度秋季講演会.
- ・ 董書闢, 周金鑫, 李僑, 北澤大輔 (2023): 柔軟な膜を用いた海面半閉鎖循環養殖生簀の動的応答に関する研究. 日本船舶海洋工学会令和 5 年度秋季講演会.
- ・ 奥田昇, 岡本紘奈, 周金鑫, 北澤大輔, 伊藤雅之, 大高明史, 藤林恵, 小林由紀 (2023): 気候変動下における古代湖・琵琶湖のベントス多様性の運命. 日本陸水学会第 87 回大会 (大分)
- ・ Teng Tu, Jinxin Zhou, Daisuke Kitazawa (2023): Reduction of parameter uncertainty in ecosystem models using Bayesian optimization methods. 令和 5 年度日本水産学会秋季大会.
- ・ Jinxin Zhou, Junbo Zhang, Toyonobu Fujii, Takero Yoshida, Qiao Li, Shuchuang Dong, Daisuke Kitazawa (2023): Numerically optimizing coastal aquaculture configuration through ecological carrying capacity assessment: A case study in post-earthquake Onagawa Bay, Japan. 令和 5 年度日本水産学会秋季大会.
- ・ 湯浅廣之, 李僑, 董書闢, 水上洋一, 北澤大輔 (2023): 波浪中における円錐形船首をもつポータブル船の運動特性に関する実験的研究. 第 30 回海洋工学シンポジウム, OES30-A0043, 4 pp.
- ・ 周金鑫, 吉田毅郎, 向後香澄, 董書闢, 北澤大輔 (2023): 養殖海域の底生生物による環境負荷低減効果に関する研究. 第 30 回海洋工学シンポジウム, OES30-A0033, 4 pp.
- ・ 董書闢, 周金鑫, 李僑, 北澤大輔 (2023): 波・流れ場におけるスカートを用いた養殖生簀網の係留力と動的応答について. 第 30 回海洋工学シンポジウム, OES30-A0045, 5 pp.
- ・ 白申逸, 董書闢, 周金鑫, 李僑, 北澤大輔 (2023): 海面半閉鎖循環式養殖タンク内の自由水のスロッシング挙動に関する実験的研究. 第 30 回海洋工学シンポジウム, OES30-A0041, 5 pp.
- ・ 周金鑫, 董書闢, 吉田毅郎, 向後香澄, 北澤大輔 (2023): セジメントトラップを用いた簡易モニタリングによる底質の状態推定手法. 日本沿岸域学会令和 5 年度全国大会研究討論会.
- ・ 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.

(4) 受賞（タイトル、対象テーマ）

- ・ 2024.1.25: Outstanding Paper Presentation Award, The 11th East Asian Workshop for Marine Environment and Energy (Shenyi Bai, Shuchuang Dong, Jinxin Zhou, Daisuke Kitazawa, Qiao Li, Motohiko Murai)
- ・ 2024.1.25: Outstanding Paper Presentation Award, The 11th East Asian Workshop for Marine Environment and Energy (Jinxin Zhou, Junbo Zhang, Toyonobu Fujii, Takero Yoshida, Qiao Li, Shuchuang Dong, Daisuke Kitazawa)
- ・ 2023.11.27: 日本船舶海洋工学会若手優秀ポスター賞最優秀賞（董書闖）

(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

- ・ 2023.12.21: 飼料のDHAを発酵大豆へ サバ養殖シンポ。日刊水産経済新聞。
- ・ 2023.10.24: 未利用海域での養殖拡大を。みなと新聞。
- ・ 2023.10.18: 「養殖業の新たな展開」協議。持続可能性に向け議論。日刊水産経済新聞。
- ・ 2023.9.27: Techno-Ocean 2023。海洋分野の産学官が集結。日刊水産経済新聞。
- ・ 2023.6.19: イケス直下の底質環境測定へ。水産タイムス。

3.6 学会等の活動

(1) 国際国内シンポジウム等の主催

- ・ 2023.11.24: 第85回海洋教育フォーラム「海のことをもっと知ろう！～久慈発、世界へ～ブルーとグリーンが織りなす北三陸の未来～」(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 2023 42nd 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：浮体式洋上風力発電の可能性と漁業・養殖業との連携
会議名：次世代エネルギーフェスティバル in 能代
年月日：2023.10.20
講演者：北澤 大輔
- ・ 題 目：新規設置された海洋構造物が環境に与える影響や付着生物相の変化について
会議名：火力原子力発電技術協会 海生生物対策研究会
年月日：2023.7.19
講演者：北澤 大輔
- ・ 題 目：久慈市沖での洋上風力発電に向けた取組みについて

会議名：令和5年度東北地区港湾整備促進協議会「講演会」

年月日：2023.5.9

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)
- 日本船舶海洋工学会 理事
- 日本沿岸域学会 理事
- Techno Ocean Network 理事
- Techno Ocean 2023 実行委員会 TPC 委員長
- JST 戦略的創造研究推進事業（さきがけ）海洋バイオスフィア・気候の相互作用解明と炭素循環操舵研究領域アドバイザー
- 環境省令和5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）検討会委員長
- 環境省令和5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）技術委員会委員
- 水産庁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
- 水産庁養殖業シナジービジネス創出事業のうち水素燃料電池漁船開発事業水素燃料電池漁船部会委員
- いわて研究開発評価委員会委員
- 岩手県久慈市沖浮体式洋上風力発電検討委員会（環境省）
- 串間大規模沖合養殖地域プロジェクト協議会委員（水産庁）
- 新たな海洋開発がその近傍の漁場に与える変化に関する調査委員会委員（水産庁）
- 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
- 海洋エネルギー資源利用推進機構生物環境分科会会長
- 日本船舶海洋工学会海洋教育推進委員会庶務幹事

- ・日本船舶海洋工学会海洋環境研究会幹事
- ・日本船舶海洋工学会論文審査委員会査読委員
- ・日本沿岸域学会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

3.7 その他特筆すべき事項

- ・2024年2月13日～2月16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。今年度は下田、響灘、鹿児島、知床、紋別での計6回の実験を行うなど、海域実証試験に力を入れた。特に響灘では AUV Tri-TON により洋上風車の係留索の自動トラッキングに成功した。

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	
大熊 健児	技術職員	
山縣 広和	特任研究員	
翁 洋	特任研究員	
茂木 優一	技術補佐員	
岩本 聖奈子	事務補佐員	
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 3年
関森 祐樹	海洋技術環境学専攻	博士課程 2年
MERCADO, Marie Angelyn	海洋技術環境学専攻	博士課程 2年
千 歳和	海洋技術環境学専攻	博士課程 1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 2年
鳥山 遍	海洋技術環境学専攻	修士課程 2年
横畑 大樹	海洋技術環境学専攻	修士課程 1年
博多屋 梨紗	海洋技術環境学専攻	修士課程 1年
春日 啓志	海洋技術環境学専攻	修士課程 1年

(2) 特殊な施設名とその仕様

(a) 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)

海底熱水地帯のような複雑環境の精密観測を目的に 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。2023 年に大規模改修を行い、高度な計算能力を備えた汎用のテストベッド機として生まれ変わった。全長 1.3m、空中重量 150kg。

(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。スキャニングソナーを用いたアルゴリズムにより、海底を高速かつ低高度で追従することができる。

(f) HATTORI 2 (ハットリ ツー)

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

(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

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。今年度は母船との相互音響測位手法を開発し、北海道紋別において海氷下での試験を行った。また、2024 年度の 2 回目の南極展開に向けて AUV MONACA の整備、ソフトウェア改良を実施した。

(5) 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ナーの計測結果から 3 次元的にトラッキングする手法について、水槽での実証に成功した。

(6) インフラ点検システム

洋上風力発電設備や港湾施設などのインフラ点検を AUV システムにより自動化する手法の開発に取り組んでいる。今年度は洋上風車浮体の係留チェーンをマルチビームイメージングソナーによって検出、追跡する手法を開発し、AUV Tri-TON を用いた海域試験により、その有効性を実証した。

4.4 主要研究 Fund

- ・民間等共同研究：株式会社 FullDepth (2022-25) 「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」
- ・民間等共同研究：株式会社島津製作所 (2023) 「水中光無線を活用した AUV の開発」
- ・受託研究：NEDO (2023) 「効率的係留技術の確立」
- ・科研費：基盤 B (2023-25) 「海氷・棚氷の詳細観測を可能とする AUV の氷下ナビゲーション手法」
- ・受託研究：国交省 SBIR/株式会社 FullDepth (2023-27) 「小型 AUV を用いた日常的な港湾構造物点検システム開発」

4.5 研究業績

(1) 論文・投稿記事

- ・Sekimori Y., Noguchi Y., Matsuda T., Weng Y., Maki T., Bearing, elevation and depth difference passive inverted acoustic navigation for an AUV fleet, *Applied Ocean Research*, 144 (2024.3)
- ・Matsuda T., Weng Y., Sekimori Y., Sakamaki T., Maki T., A One-way-signal-based Localization Method of Multiple Autonomous Underwater Vehicles for Distributed Ocean Surveys, *Journal of Robotics and Mechatronics*, 36(1), 190-200 (2024.2)
- ・Noguchi Y., Sekimori Y., Maki T., Guidance Method of Underwater Vehicle for Rugged Seafloor Observation in Close Proximity, *Journal of Field Robotics*, 41(2), 314-326 (2023.11)
- ・Weng Y., Sekimori Y., Chun S., Alkhazragi O., Matsuda T., Trichili A., Ng T.K., Ooi B.S., Maki T., Scalable Laser-based Underwater Wireless Optical Communication Solution Between Autonomous Underwater Vehicle Fleets, *Applied Optics*, 62(31), 8261-8271 (2023.11)
- ・石輪健樹, 山縣広和, 菅沼悠介, 柴田大輔, 梶田展人, 巻俊宏, 小型 Remotely Operated Vehicle (ROV) を用いた氷下地形測量法の開発, *地質学雑誌*, 129(1), 567-571 (2023.8)
- ・Maki, T., Who's Who in the IEEE OES, *IEEE OES Beacon Newsletter*, 12(3), 64-65 (2023.9)

(2) 著書

- ・北極域の研究—その現状と将来構想, 海文堂出版 (2024.3) ※巻が 2-2-4 を担当

(3) 国際会議発表

- ・Mercado, M.A., Sekimori, Y., Maki T., Low-cost AUV Visual System for Marine Ecosystem Monitoring and Analysis, OCEANS 2023 Gulf Coast (2023.9) student poster
- ・Weng, Y., Chun, S., Ohashi, M., Matsuda, T., Sekimori, Y., Pajarinen, J., Peters, J., Maki T., Underwater Wireless Optical Communication for Autonomous Underwater Vehicles, RobotoKAUST 2023, Thuwal (2023.5) poster

(4) 国内学会発表

- ・Sekimori, Y., Maki, T., Scalable Acoustic Positioning Towards Navigation of Autonomous Underwater Vehicle Fleet – a Review –, 日本船舶海洋工学会 秋季講演会, 長崎 (2023.11)
- ・山本和, 山縣広和, 藤井昌和, 吉田弘, 野木義史, 卷俊宏, 相互 SSBL 測位による AUV 自己位置の確率的水底手法, 海洋調査技術学会 第 35 回研究成果発表会, 東京 (2023.11)
- ・周錦焜, 高下裕章, 卷俊宏, An automatic noise removal method for multibeam seafloor bathymetry based on cartographers' manual editing, 海洋調査技術学会 第 35 回研究成果発表会, 東京 (2023.11) poster
- ・Chun, S., Kawamura, C., Maki, T., 3D Position and Pose Estimation Method using Multibeam Imaging Sonar for Marine Animal Tracking AUV, ロボティクス・メカトロニクス講演会'23, 1P1-B19, 名古屋 (2023.6) poster
- ・Mercado, M. A., Sekimori, Y., Toriyama, A., Ohashi, M., Maki, T., Seafloor Visual Survey and Image Analysis using Monocular Cameras on a Low-cost Autonomous Underwater Vehicle, ロボティクス・メカトロニクス講演会'23, 1A2-B19, 名古屋 (2023.6) poster
- ・山縣広和, 山本和, 藤井昌和, 吉田弘, 野木義史, 卷俊宏, AUV MONACA による南極海探査の実施, ロボティクス・メカトロニクス講演会'23, 1A2-B18, 名古屋 (2023.6) poster
- ・横畑大樹, 千歳和, 川村知隼, 伊藤昌平, 卷俊宏, 平林紳一郎, 海中ロボットとソナーを用いた浮体式洋上風車係留索の形状計測手法, 日本船舶海洋工学会 春季講演会, 気仙沼 (2023.6)

(5) 受賞

- ・鳥山遍, American Beaurou of Shipping, 2024 Best Thesis Award (2024/3/21)
- ・山本和, 海洋調査技術学会, 若手優秀発表賞 (2023/11/8)

- ・春日啓志, 博多屋梨紗, 横畑大樹, 日本水中ロボネット, 水中ロボットコンベンション in JAMSTEC 2023 AI チャレンジ部門 優勝 (2023/8/27)
- ・横畑大樹, Continental UTokyo-IIS Global Engineering Fellowship (2023/7/31)

(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

- ・2024/2/12, 地球沸騰化時代、南極「棚氷」を解かず海の謎に挑む日本の観測隊, nippon.com
- ・2023/11/11, 文・理系の枠を超え「STEAM 教育」 ロボ完成、出来栄を競う 善通寺の中学生 水中で缶回収に挑戦, 四国新聞
- ・2023/11/10, 「STEAM 教育」中学生がロボット制作, RNC news every., 西日本放送
- ・2023/10, ロボットに託す未知への冒険, SCOPE NET, Vol.89, 24-26
- ・2023/6/6, 海で働く自律型ロボットの未来を考える, Open Engineering Center
- ・2023/5/14, 超無敵クラス, 日本テレビ
- ・2023/5/13, 最後の秘境 南極大陸, 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 9-10 回)
- ・巻俊宏, 食料生産技術研究会 (第 26-29 回)

(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 2023, PS2, オーガナイザー
- ・巻俊宏, 山縣広和, '23 水中ロボットコンベンション in JAMSTEC, 実行委員

(3) 招待講演

- ・巻俊宏, 海に光を、ロボットに冒険を ～AUV 研究の最前線～, 海洋調査技術学会 第 35 回研究成果発表会 特別講演, 東京 (2023.11.7)
- ・山縣広和, 第 64 次南極地域観測事業における AUV“MONACA”の運用, 第 10 回海中海底工学フォーラム・ZERO, 東京 (2023.10.13)
- ・巻俊宏, 水中ロボコン -水中ロボット競技会を通じた学生教育-, 海洋アライアンスシンポジウム 第 18 回 東京大学の海研究「海に生きる次世代を育てる」, 東京 (2023.10.10)
- ・巻俊宏, AUV に関する研究動向とソフトウェア, AUV 官民プラットフォーム 第 1 回技術部会 (2023.6.21)
- ・Maki T., Autonomous platform systems for underwater exploration: Light for the sea, adventures for the robots!, RobotoKAUST 2023, Thuwal (2023.5.8)

(4) 特筆すべき学会等の活動

【学会誌編集活動】

- ・ 卷俊宏, Associate Editor, Journal of Oceanic Engineering, IEEE Oceanic Engineering Society
- ・ 卷俊宏, 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】

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

【省庁の委員会・審議会等】

- ・ 卷俊宏, 内閣府, 政策参与
- ・ 卷俊宏, 日本小型船舶検査機構, 評議員
- ・ 卷俊宏, 文部科学省研究開発局 科学技術・学術審議会, 専門委員
- ・ 卷俊宏, 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
- ・ 卷俊宏, (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
- ・ 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

4.7 その他特筆すべき事項

(1) アウトリーチ活動

- ・ IFAC2023 同時開催イベント 海洋ロボット夜の祭典において AUV HATTORI のデモを実施した。2023/7/12
- ・ 山形東高校の生徒約 40 名に対して AUV のデモを実施した。2023/12/19
- ・ ISA (International Seabed Authority) の海外研修生 5 名に対して講義および見学ツアーを実施した。2023/11/29
- ・ 香川県善通寺市中学校 STEAM プログラム「水中ロボットで学ぶ STEAM」において 卷俊宏, 山縣広和が講師を務めた。2023/7/7

5. ソーントン研究室（海洋知覚システム）

5.1 研究室の研究概要

JOGMEC の委託事業（2018 年度から毎年実施）において、2023 年 10 月～11 月に日本周辺の複数の海山で、複数の AUV を用いたコバルトリッチクラスト（CRC）の大規模資源調査を実施し、大量の海底面の画像・音響データを取得した。データ解析を行い、海底の底質クラス分け、クラスト賦存量推定を進めるだけでなく、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」で開発しているマルチモーダルなセンサデータの統合解析手法を応用して、未調査エリアの底質クラス分け手法の高精度化を進めた。

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

(a) seaXerocks 3

seaXerocks 1（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。

(b) BOSS-A (Bottom Skimmer System – A type)

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 (seaXerocks 1) 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して 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。

(c) Tuna-Sand クラス AUV (Tuna-Sand, 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。後継機である「Tuna-Sand 2」は 2015 年度に建造された耐深度 2,000m の AUV。研究室で開発した高精度低高度 3 次元画像マッピングシステムを搭載している。サンプリング機能向上研究を進め、2018 年 3 月、清水沖の試験において、80~120 m 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、生物資源分布調査に用いられており、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)。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。

(d) 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ショナル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ゾナー) 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 CRC 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。

(e) 現場型レーザーラマン 装置

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。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。

(f) RamaCam 装置

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。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 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。

(g) 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。

5.3 研究課題の説明

本研究室は、海底を広い範囲でかつ詳細に海を調べるためのロボティクスとセンシングの研究に取り込んでいる。水中では、リモート・センシングに使える信号が減衰するため、海底を観測するには、ロボットにセンサーを搭載し、潜って移動しながら近距離から観測を行う必要がある。超音波では比較的広範囲を観測できるが、データの解像度が低い。一方カメラを使えば詳細な情報が得られるが、調査できる範囲に限られる。広い範囲でかつ詳細に海を調べるには、このような異なる種類のデータを効率的に取得し、統合的に解析する必要がある。

5.4 主要研究 Fund

- ・エネルギー・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) :R5 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)
- ・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)
- ・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)
- ・海洋エンジニアリング (株) : R5-R6 : 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)
- ・(株) ワールドスキャンプロジェクト : R5-R6 : コバルトリッチクラスト賦存海域の海底の物性に関する研究：(研究代表者)

5.5 研究業績

(1) 論文・投稿記事

- Tomoko Takahashi, Zonghua Liu, Thangevel Thevar, Nicholas Burns, Dhugal Lindsay, John Watson, Sumeet Mahajan, Satoru Yukioka, Shuhei Tanaka, Yukiko Nagai and Blair Thornton, Multimodal Image and Spectral Feature Learning for Efficient Analysis of Water-Suspended Particles, *Optics Express*, Vol. 31, pp.7492-7504, 2023.
- Miquel Massot-Campos, Francisco Bonin-Font, Eric Guerrero-Font, Antoni Martorell-Torres, Miguel Martin Abadal, Caterina Muntaner-Gonzalez, Bo Miquel Nordfeldt-Fiol, Gabriel Oliver, Jose Cappelletto and Blair Thornton, Assessing Benthic Marine Habitats Colonised with *Posidonia oceanica* using Autonomous Marine Robots and Deep Learning: a Eurofleets Campaign, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2023.
- Tomoko Takahashi, Wataru Takahagi, Eiji Tasumi, Akiko Makabe, Koudai Taguchi, Blair Thornton and Ken Takai, In Situ Measurement of Liquid and Gas CO₂ with High Purity at Deep-sea Hydrothermal Vents in the Mariana Arc using Raman Spectroscopy, *ACS Earth and Space Chemistry*, Vol. 7, No. 12, pp.2489-2497, 2023.
- Harumi Sugimatsu, Yuya Nishida, Sotaro Takashima, Kazunori Nagano, Shogo Inoue, Blair Thornton, Tamaki Ura and Tomonori Hamatsu, Investigation of demersal fish using Autonomous Underwater Vehicle - Kichiji Rockfish, *Sebastrobus macrochir* (Günther, 1877), surveys and challenges, *海洋調査技術*, Vol. 35, No. 1, pp.3-16, 2023 (in Japanese).

(2) 国際会議発表

- Ryo Miyakawa, Yuya Nishida, Blair Thornton and Kazuo Ishii, Motion Control of an AUV Based on Disturbance Observer for Tidal Current Estimation, *OCEANS 2023 - MTS/IEEE U.S. Gulf Coast*, Proc. OCEANS 2023 Gulf Coast, 2023.
- Umesh Neettiyath, Harumi Sugimatsu and Blair Thornton, Seafloor Classification Based on an AUV Based Sub-Bottom Acoustic Probe Data for Mn-Crust Survey, *OCEANS 2023 - MTS/IEEE U.S. Gulf Coast*, Proc. OCEANS 2023 Gulf Coast, 2023.

(3) 国内学会発表

- Neettiyath Umesh, 杉松 治美, 小池 哲, 長野 和則, 浦 環 and Thornton Blair, 複数プラットフォームによる海底鉱物資源調査 -AUV, ROV および曳航体によるコバルトリッチクラストの広域分布推定-, 日本船舶海洋工学会秋季講演会, 2023.

(4) 受賞

- ・高島 創太郎,手賀 太郎,西田 祐也,浦 環, ソートンブレア: 第 6 回日本オープンイノベーション大賞 農林水産大臣賞: ロボット技術で水産資源管理の課題解決に挑む!(ズワイガニ編): 2024.2.14.

(5) 特許

- ・国内特許出願: 水中構造体の回収システム、及び水中構造体の回収方法: 東京大学、三菱重工マリタイムシステムズ(株)、海洋研究開発機構、九州工業大学:2023.5.1.

(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

- ・北国新聞(朝刊)32 面: 水圧 1 万トン 一瞬で大破か タイタニック潜水艇: 2023.6.25.
- ・河北新報(朝刊)7 面: 巨大水圧 一瞬で大破か 米の潜水艇: 2023.6.25.
- ・富山新聞(朝刊)26 面: 巨大な水圧、一瞬で破壊か タイタニック潜水艇 専門家指摘: 2023.6.25.

5.6 学会等の活動

(1) 招待講演

- ・ブレアソートン: AUV がひとりでお使い: 1000km、22 日に渡る複数廃止石油サイトのマッピング調査: 第 9 回海中海底工学フォーラム・ZERO ハイブリッド (2023 年 4 月 21 日)

(2) 特筆すべき学会等の活動

【学会誌編集活動】

- ・ブレアソートン: Associate Editor, Journal of Oceanic Engineering, IEEE Oceanic Engineering (OES) Society
- ・ブレアソートン: IEEE OES Newsletter BEACON Associate Editor
- ・杉松 治美: IEEE OES Newsletter BEACON Editor-in-chief

【学協会での役職】

- ・ブレアソートン: 海中海底工学フォーラム・ZERO 運営委員
- ・杉松 治美: 海中海底工学フォーラム・ZERO 事務局
- ・杉松 治美: IEEE OES Administrative member

5.7 その他特筆すべき事項

(1) 航海・調査活動

JOGMEC の委託研究として、2023 年 10 月～11 月、日本周辺の海山平頂部において、複数 AUV を用いた「海洋鉱物資源調査に係るコバルトリッチクラスト賦存状況調査」を実施して、

貴重なレアメタルを含むコバルトリッチクラストの賦存状況の理解に資する貴重な海洋底の画像および音響データを取得した。

(2) 学術的活動

2023年6月、タイタニック号の残骸の観光を目的として、アメリカの観光会社オーシャンゲート社が運航するタイタン号が、潜水中連絡が途絶え、4日後、潜水艇の破片のようなものが発見され、潜水艇は水圧により圧潰したとみられる事故が大きく報道された。その際、ソートンブレアが、BBCなどのTVニュースで意見を求められ、専門家の立場から学術的な解説を行った。

6. 横田研究室（海中・海底情報システム学）

6.1 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。

6.2 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
井上 智裕	学振 PD
吉住 優懂	修士課程 1 年
張 銘	修士課程 1 年

6.3 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。

(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。

6.4 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5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)
- ・ 令和5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)

6.5 研究業績

(1) 論文や投稿記事の一覧 (* 代表論文)

- ・ Tanaka HKM, Gallo G, Gluyas J, Kamoshida O, Presti DL, Shimizu T, Steigerwald S, Takano K, Yang Y, Yokota Y (2023): First navigation with wireless muometric navigation system (MuWNS) in indoor and underground environments, *iScience*, 107000. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.107000>
- ・ Watanabe S, Ishikawa T, Nakamura Y, Yokota Y (2023): Full-Bayes GNSS-A solution for precise seafloor positioning with single uniform sound speed gradient layer assumption, *J. Geod.*, 97, 79. <https://doi.org/10.1007/s00190-023-01774-6> *
- ・ Tanaka HKM, Bozza C, Bross A, Cantoni E, Catalano O, Cerretto G, Giammanco A, Gluyas J, Gnesi I, Holma M, Kin T, Roche IL, Leone G, Liu Z, Presti DL, Marteau J, Matsushima J, Oláh L, Polukhina N, Ramakrishna SSVS, Sellone M, Shinohara AH, Steigerwald S, Sumiya K, Thompson L, Tioukov V, Yokota Y, Varga D (2023): Muography. *Nature reviews methods primers*, 3:88. <https://doi.org/10.1038/s43586-023-00270-7>
- ・ Matsuda T, Yokota Y (2023): Cooperative ocean survey method by a UAV and an AUV: State estimation of the AUV based on the UAV. *Marine Technology Society Journal* 57, 4. <https://doi.org/10.4031/MTSJ.57.4.5>
- ・ Otsubo T, Kobayashi M, Yokota Y, Kouno K, Araki H (2024): Acoustic positioning of closely-flying aircraft for eye safety laser applications. *Adv. Space Res.*, 73(1), 982-991. <http://doi.org/10.1016/j.asr.2023.09.067>
- ・ Sakic P, Schmidt D, Ballu V, Hutchinson J, Heesemann M, He K, Kido M, Nakamura Y, DeSanto JB, Tadokoro K, Xie S, Yokota Y, Watanabe S (2023): Seafloor geodesy data standardization task force within the Inter-Commission Committee on Marine Geodesy (ICCM) report for the International Association of Geodesy (IAG). Inter-Commission

Committee on Marine Geodesy (ICCM) of the International Association of Geodesy (IAG).
<https://hal.science/hal-04319233> *

- ・横田裕輔, 石川直史, 渡邊俊一, 中村優斗, 永江航也 (2023): GNSS-A 観測の 2023 年までの観測結果と誤差に関する研究, 海洋音響学会誌 50, 4, 160-167
- ・古屋正人, 市川隆一, 大久保慎人, 大坪俊通, 田中愛幸, 中村優斗, 西村 卓也, 松尾功二, 宮原伐折羅, 横田裕輔, 渡邊俊一 (2023): 第 28 回 IUGG 総会報告, 日本測地学会誌 69, 18-27
- ・横田裕輔 (2023): 第 28 回 IUGG 総会報告及び Journal of Geodesy 編集委員会, GGOS WG on DOIs, IAG ICCM 会合報告, 日本測地学会誌 69, 28-30

(3) 国際会議発表

- ・Yokota Y, Kaneda M, Hashimoto T, Yamaura S, Kouno K, Hirakawa Y (2023): Engineering issues of UAV-based GNSS-A observation technology, OCEANS 2023 Gulf Coast, 25-28 September 2023, <https://doi.org/10.23919/OCEANS52994.2023.10337021>
- ・Nakamura Y, Ishikawa T, Watanabe S, Nagae K, Yokota Y (2023): Subseafloor tectonic phenomena along the Japan Trench and the Nankai Trough revealed from recent GNSS-A observation at Japan Coast Guard's SGO-A sites, UT23, 2079, <https://doi.org/10.1109/UT49729.2023.10103402>
- ・Zhao S, Yokota Y, Wang Z, Xue S (2023): Investigation on GNSS-A precise point positioning based on adaptively robust filter considering the horizontal heterogeneity of sound speed structure, UT23, 2015, <https://doi.org/10.1109/UT49729.2023.10103431>
- ・Sumiyoshi M, Hyakudome T, Yokota Y, Nagasawa R, Nakatani T, Nagahashi K, Aso T (2023): Developments of standardization and quality control for AUV bathymetric data through sea trials of "AUV-NEXT", UT23, 210110. <https://doi.org/10.1109/UT49729.2023.10103401>

(4) 国内学会発表 (* 代表論文)

- ・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 (2023): 小型・低価格・多目的の衛星レーザ測距システム Omni-SLR の開発, 第 67 回宇宙科学連合大会秋季大会, 3M04
- ・石川直史, 横田裕輔, 永江航也, 中村優斗, 渡邊俊一 (2023): GNSS-A 測位で用いられる音響測距技術の諸問題, 海洋音響学会 2023 年度研究発表会講演論文集, 23-22
- ・横田裕輔, 石川直史, 永江航也, 中村優斗, 渡邊俊一, 望月将志, 河野賢司, 吉田善吾 (2023): GNSS-A 観測の機器・角度依存性を検証するための水槽実験, 海洋音響学会 2023 年度研究発表会講演論文集, 23-23 *

(5) 受賞

- ・ 2023 年 10 月 第 31 回日本測地学会賞坪井賞 (団体賞)

6.6 学会等の活動

(1) 国際国内シンポジウム等の主催

- ・ 令和 5 年度測地学会サマースクール (2024.09.04-06)
- ・ 令和 5 年度日本 SLR 技術連絡会 (2024.01.19)
- ・ 令和 5 年度 GGOS Japan 報告会 (2024.03.11)
- ・ 測地データ DOI 研究集会 (2024.03.12)

(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 140 回日本測地学会 (セッションチェア: GGOS)
- ・ 日本地震学会 2023 年度秋季大会 (セッションチェア: 地殻変動・GNSS・重力)
- ・ JpGU meeting 2023 (セッションオーガナイザー: GGOS・測地学)

(3) 招待講演

- ・ 横田裕輔 (Jan 24, 2024): 海洋音響工学関連の最新の研究動向, 2023 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
- ・ Nakamura Y, Ishikawa T, Watanabe S, Nagae K, Yokota Y (2023): GNSS-A observation of the Japan Coast Guard: a history of two decades, AGU fall meeting 2023 G42A-01
- ・ 横田裕輔, 金田政太, 橋本武憲, 山浦秀作, 河野賢司, 平川嘉昭 (May 22, 2023): UAV による GNSS-A 海底地殻変動観測の実証実験, JpGU2023, SSS12-01
- ・ 横田裕輔 (Apr. 21, 2023): 新しい海面プラットフォーム: UAV の海底測地観測への応用, 第 9 回海中海底工学フォーラム ZERO

(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