令和７年度　業務実績等報告書

令和８年６月

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所

目　　次

第１章　研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上に関する目標を達成するためとるべき措置 ---------- １
１．分野横断的な研究の推進等 ---------- ２
２．船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術に関する研究開発等 ---------- １６
（１）海上輸送の安全の確保 ---------- ２４
（２）海洋環境の保全 ---------- ８６
（３）海洋の開発 ---------- １２３
（４）海上輸送を支える基盤的な技術開発 ---------- １５９
３．港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等 ---------- １７８
（１）沿岸域における災害の軽減と復旧 ---------- １８１
（２）沿岸・海洋環境の形成・保全・活用と脱炭素社会の構築 ---------- ２００
（３）経済と社会を支える港湾・空港の形成 ---------- ２１７
（４）情報化による技術革新の推進 ---------- ２３４
４．電子航法に関する研究開発等 ---------- ２４７
（１）航空交通の安全性及び信頼性の向上 ---------- ２５４
（２）航空管制の高度化と環境負荷の低減 ---------- ２６９
（３）空港における運用の高度化 ---------- ２８３
（４）航空交通を支える基盤技術の開発 ---------- ３０１
５．研究開発成果の社会への還元 ---------- ３１７
（１）技術的政策課題の解決に向けた対応 ---------- ３１７
（２）災害及び海難事故発生時の対応等における技術的な貢献 ---------- ３２３
（３）研究の中核機関としての役割強化 ---------- ３２７
（４）研究成果の積極的な広報・普及 ---------- ３３５
６．戦略的な国際活動の推進 ---------- ３４７
（１）国際基準化、国際標準化への貢献 ---------- ３４７
（２）海外機関等との連携強化 ---------- ３５９

第２章　業務運営の効率化に関する目標を達成するためにとるべき措置 ---------- ３６２
１．組織運営の改善 ---------- ３６６
２．管理業務の改善 ---------- ３６７
３．業務環境の充実 ---------- ３６９
４．業務運営の効率化による経費削減等 ---------- ３６９

第３章　財務内容の改善に関する目標を達成するためにとるべき措置 ---------- ３７１
１．運営費交付金を充当して行う事業 ---------- ３７７
２．運営費交付金以外の収入の確保 ---------- ３７９
３．業務達成基準による収益化 ---------- ３７９

４．短期借入金の限度額 ---------- ３７９
５．不要財産の処分に関する計画 ---------- ３７９
６．財産の譲渡又は担保に関する計画 ---------- ３７９
７．剰余金の使途 ---------- ３７９

第４章　その他業務運営に関する重要事項 ---------- ３８０
１．内部統制に関する事項 ---------- ３８５
２．人事に関する事項 ---------- ３８６
３．外部有識者による評価の実施・反映に関する事項 ---------- ３８６
４．情報公開、個人情報保護の促進に関する事項 ---------- ３８７
５．施設・設備の整備及び管理等に関する事項 ---------- ３８７

第１章　研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上に関する目標を達成するためとるべき措置

1．分野横断的な研究の推進等

【中長期目標】

1．分野横断的な研究の推進等

研究所は、海洋の利用推進や運輸産業の国際競争力の強化等の政策について、第1期に引き続き分野横断的な研究を効率的かつ効果的に実施し、その実現に大きく貢献していくことが期待されている。

【重要度：高】国土交通分野での分野横断的な研究を効率的かつ効果的に実施し、国土交通省の政策実現に大きく貢献していくことが期待されているため。

各分野の技術シーズや専門的な知見を応用し、国土交通省の政策の実現に大きく貢献していくことを目的とした、以下の研究開発を推進する。

- 船舶、港湾、空港、ほか陸上物流に関連したビッグデータを活用した地震・津波や高潮・高波等による大規模災害時の輸送シミュレータ等災害防止・被害最小化方策に関する研究開発
- 再生可能エネルギー関連施設の主軸と見込まれる洋上風力発電施設の計画、施工、保守点検等の高度化に関する研究開発
- 海洋環境保全に関連し、船舶事故時等に環境汚染で問題となる油の回収等、環境汚染防止に寄与する研究開発

また、これら以外の新たな分野横断的な研究テーマの模索や検討も継続的に行う。

【中長期計画】

1．分野横断的な研究の推進等

海洋の利用推進、我が国産業の国際競争力強化といったテーマは、海上技術安全研究所、港湾空港技術研究所及び電子航法研究所の3研究所が保有する技術と知見を効果的にかつ最大限に活用して取り組むべき政策課題である。このため、3研究所の研究領域にまたがる分野横断的な研究を効率的かつ効果的に実施し、その政策の実現に貢献する。

そこで、安全・安心社会の構築に貢献すべく、船舶、港湾、空港、ほか陸上物流に関連したビッグデータを活用し、災害時等を想定したシミュレーションを行うことで自治体等の利用を念頭に置きながら効果的な研究開発を実施する。

また、今後益々発展が期待される再生可能エネルギー関連施設の促進に関連し、特に進展の目覚ましい洋上風力発電施設を対象とした初期計画、施工、運用時の保守点検等に関連した総合的研究開発を実施する。

それに加え、海洋環境保全の観点から重要となる、海上での衝突、座礁時の船舶事故時等の際に環境汚染で問題となる搭載油を効率的・効果的に回収し、環境汚染を最小限にとどめるための研究開発が必要とされている。

これらの分野横断的な研究課題について、3研究所が連携し、効率的かつ効果的に実施する。

具体的には、以下の研究開発を進める。

①安全・安心社会の実現に向けたビッグデータを活用した地震・津波、高潮・高波等による大規模災害時の輸送シミュレータ等災害防止・被害最小化方策に関する研究開発

②再生可能エネルギー関連施設促進に関連し、洋上風力発電施設の計画・施工、保守点検等の高度化に関する研究開発

③海洋環境保全に関連し、船舶事故時等で問題となる油の回収等、環境汚染防止に寄与する研究開発

上記の研究テーマを通じて、我が国の運輸・海事産業の国際競争力を強化しつつ、さらに、当該テーマ以外の分野横断的な研究テーマについても、模索や検討を継続的に行い、新たな研究テーマの確立と実施を目指す。

【年度計画】

1．分野横断的な研究の推進等

海洋の利用推進、我が国産業の国際競争力強化といったテーマは、海上技術安全研究所、港湾空港技術研究所及び電子航法研究所の3研究所が保有する技術と知見を効果的にかつ最大限に活用して取り組むべき政策課題である。このため、3研究所の研究領域にまたがる分野横断的な研究を効率的かつ効果的に実施し、その政策の実現に貢献する。

そこで、安全・安心社会の構築に貢献すべく、船舶、港湾、空港、ほか陸上物流に関連したビッグデータを活用し、災害時等を想定したシミュレーションを行うことで自治体等の利用を念頭に置きながら効果的な研究開発を実施する。

また、今後益々発展が期待される再生可能エネルギー関連施設の促進に関連し、特に進展の目覚ましい洋上風力発電施設を対象とした初期計画、施工、運用時の保守点検等に関連した総合的研究開発を実施する。

それに加え、海洋環境保全の観点から重要となる、海上での衝突、座礁時の船舶事故時等の際に環境汚染で問題となる搭載油を効率的・効果的に回収し、環境汚染を最小限にとどめるための研究開発が必要とされている。

これらの分野横断的な研究課題について、3研究所が連携し、効率的かつ効果的に実施する。

このため、以下の研究を進める。

①安全・安心社会の実現に向けたビッグデータを活用した地震・津波、高潮・高波等による大規模災害時の輸送シミュレータ等災害防止・被害最小化方策に関する研究開発

－安全・安心社会の構築に貢献すべく、船舶、港湾、空港、ほか輸送に関連したビッグデータを活用しながら、地震・水害等における救助・避難に関する水害救助シミュレータの開発を行う。

②再生可能エネルギー関連施設促進に関連し、洋上風力発電施設の計画・施工、保守点検等の高度化に関する研究開発

－今後益々発展が期待される再生可能エネルギー関連施設の促進に関連し、実海域実証を想定した洋上風力発電施設における、リスク評価に基づいた合理的な検査手法検討のためのリスクモデルの開発を行う。

③海洋環境保全に関連し、船舶事故時等で問題となる油の回収等、環境汚染防止に寄与する研究開発

－環境汚染を最小限にとどめ、海上での船舶の衝突、座礁等で問題となる搭載油を回収し、処理効率を向上させるため、エジェクターによる高粘度油の流動促進の検討などに取り組む。

上記の研究テーマに加え、これまで精密測位が困難であった洋上において安定的な精密測位が可能となる小型波浪ブイの研究開発を通じて、我が国の運輸・海事産業の国際競争力を強化しつつ、さらに探索的あるいは芽生え期の研究の推進を行う。また、共通基盤となる技術の活用を支援する3研勉強会等の活動を実施して、引き続き当該テーマ以外の分野横断的な研究テーマでの新たなシーズ発掘に努める。

◆当該年度の取組状況

令和 7 年度において、①ビッグデータを活用した災害シミュレータに関する研究開発、②再生可能エネルギーに関連した洋上風力発電施設に関する研究開発、③海洋環境保全に関連し船舶事故時等で問題となる油の回収に関する研究開発にそれぞれ取り組んだ。

さらに、④洋上精密測位が可能な小型波浪ブイに関する研究開発に着手するとともに、⑤萌芽的研究として船舶動静を考慮したコンテナターミナルの運用計画立案に関する調査も実施した。また、⑥その他の分野横断的な研究テーマの確立に向けた取組も積極的に推進した。

①ビッグデータを活用した災害シミュレータに関する研究開発

○災害時輸送シミュレータの開発

研究の背景

近年の日本では、毎年のように水害が発生している。多くの自治体では、洪水ハザードマップが作成されており、避難シミュレーション等を実施した研究が多くなされている。これらは地域のリスク評価や防災教育などに役立てられているが、これまでの輸送シミュレーションは、発災前等、道路が健全な状態での「避難」を想定しており、浸水後の「救助」を前提としたシミュレーションによる検討は十分ではない。それは、多くの輸送シミュレーションが単一機材による輸送を前提としているためである。水害発生時の浸水区域からの救助においては、車両、ヘリ、ボートの複数の輸送手段による載せ替えを考慮した輸送で、被災現場から避難所までドア・ツー・ドアの形で検討することが必要不可欠である。

研究目標

□水害救助シミュレータの開発及びシミュレータを用いた分析

令和 7 年度の研究内容

(1)シミュレータを用いた分析

令和 7 年度の研究成果

(1)シミュレータを用いた分析

浸水後の救助活動に要する時間及び輸送計画を検討するためのシミュレータを開発した。水害時の救助活動では、車両、ヘリコプター、ボートなど複数の輸送手段を組み合わせ、被災現場から避難所までドア・ツー・ドアで搬送する必要がある。そこで、マルチエージェントシステムを用いてこれら複数の輸送手段の挙動を再現するモデルを構築し、水害発生時の救助活動をシミュレーション上で検討可能とした。

自治体のハザードマップや人口分布データ等を入力条件として分析を行うことで、地域ごとの救助活動の状況やボトルネックを明らかにすることが可能となる。具体的には、救助に要する時間、避難所への人の集中状況、救助が困難なエリア等を把握することができる。

これまでの基礎データの整理等をもとにシミュレータを完成させ、実際に関心のある自治体(岡山県倉敷市真備町)の地域を対象にシミュレーションを行い、ハザードマップ等を基にした分析を実施した。分析は、救助にかかる時間、避難所への人の集中度合い、救助困難エリア等について行った。その結果、近隣自治体の避難所を活用することで効率的な救助につながる可能性が見い出された。

成果の公表

□科学雑誌掲載等論文:0 編

□査読付き国際会議論文:0 編

□和文査読付き論文:0 編

□各種表彰の受賞:1 件

・令和 6 年度土木学会論文賞 2025 年 6 月(受賞論文:中山恵介, 荒谷太郎, 間島隆博:高知県におけるシミュレータを用いた傷病者の輸送計画に関する検討, 土木学会論文集, Vol.80, No.5, 22-00131 (2024.5).

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

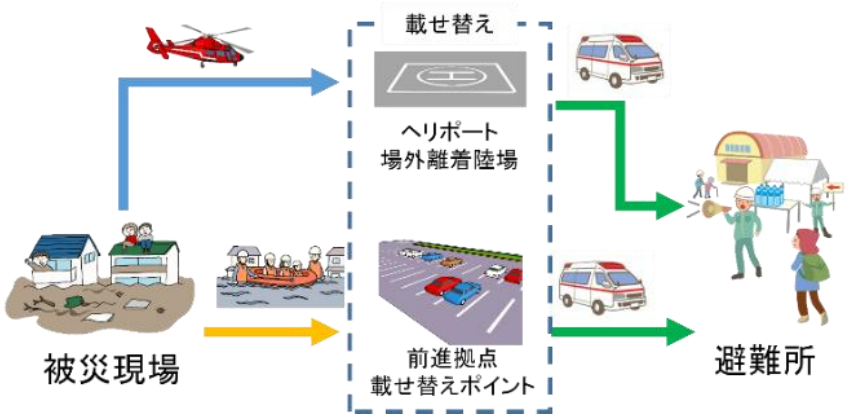
□その他

◆その他の全文査読付き論文等：0 編

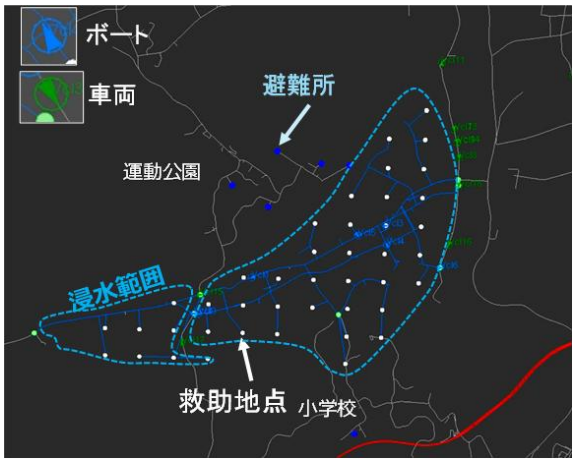
◆その他発表論文：2 編

・荒谷太郎，間島隆博，中山恵介：傷病者輸送シミュレータを用いた災害時輸送計画の検討，土木学会土木計画学研究・講演集，第 72 巻 （2025.11）.

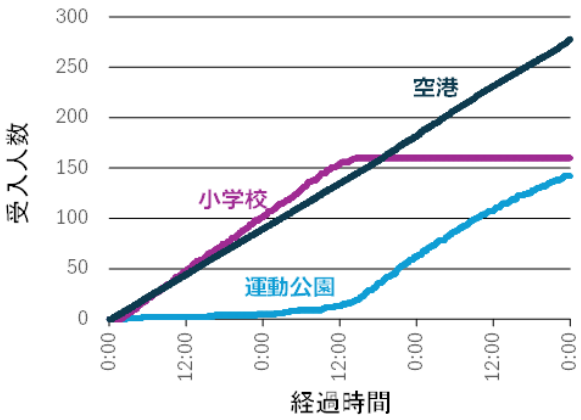
・Taro Aratani, Takahiro Majima: Simulation Analysis of Optimal Hospital Ship Placement Strategies During Large-Scale Disasters, The 16th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies (EASTS), Surakarta, Indonesia (2025.9).



図Ⅰ．1．①．1　救助活動のイメージ



図Ⅰ．1．①．2　水害救助シミュレータの画面



図Ⅰ．1．①．3　避難所への受入人数の推移
（小学校が満員になり運動公園にも避難所を開設）

②再生可能エネルギーに関連した洋上風力発電施設に関する研究開発

洋上風力発電施設の増加を見込み、検査の省力化・省人化を目指し、以下、2 つの研究を実施した。

○浮体式洋上風力発電施設の安全評価手法等の確立のための調査研究

研究の背景

再生可能エネルギー関連施設の主軸と見込まれる洋上風力発電施設の計画、施工、保守点検等の高度化に関する研究開発として、実海域を想定した洋上風力発電施設における、合理的な検査手法に関する検討が求められている。浮体の検査について省力化・省人化が必要である。

研究目標

□外部資金の獲得
□ガイドライン改訂案の作成

令和 7 年度の研究内容

（1）係留張力のモニタリング手法の検討
（2）コンクリート製浮体のガイドライン高度化のための課題抽出
（3）グリーンイノベーション基金 Phase 1 の結果を踏まえたガイドライン案の改訂の検討

令和 7 年度の研究成果

（1）係留張力のモニタリング手法の検討

過年度検証した数値解析手法を用いて、係留索 1 本破断と浮体平面運動の関係を網羅的に解析した。係留索1本破断に生じる復原力特性の変化を利用することで、破断していないと判断できる浮体の運動範囲を設定可能であることを明らかにした。

（2）コンクリート製浮体のガイドライン高度化のための課題抽出

洋上風力発電設備 1 基を対象として、安全性と経済性を統合的に評価する分析フレームワーク（リスクモデル）を構築し、鋼製浮体及びコンクリート製浮体への適用を行った。入力データとなる故障率については、鋼製浮体には海技研の知見を、コンクリート製浮体には港空研の知見をそれぞれ活用して設定することで、機関間の専門性を相互補完する形でデータ基盤を整備した。この結果、 コンクリート製浮体のコスト優位性を評価できるなど、O&M （Operation and Maintenance：運用保守管理）段階における洋上風力発電設備のリスクを定量的に評価する手法を確立した。

（3）グリーンイノベーション基金 Phase 1 の結果を踏まえたガイドライン案の改訂の検討

係留ラインの付属品（例：シャックル）に関する安全率の改訂を行うとともに、IEC 61400-3-2 の発行に伴う国/日本海事協会/IEC （International Electrotechnical Commission：国際電気標準会議）の比較整理表を作成した。資源エネルギー庁、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、日本海事協会とともに、事業者へのヒアリングを行ない、将来検討するべき論点・課題（例：バラストタンクの点検の省力化）を分類1から4に分け、ロングリストを更新した。また、産総研・日本海事協会とともに、将来の浮体式洋上風力発電の技術開発の方向性を示す技術開発ロードマップを作成した。

□外部資金の獲得：2 件
・国土交通省海事局　約 28,000 千円
・新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）5,500 千円

成果の公表

□科学雑誌掲載等論文：0 編

□査読付き国際会議論文：2 編

・Shunka C. Hirao, Ken Haneda, Tomohiro Hasumi, Sotaro Masanobu; Mooring system failure detection methods for floating offshore wind turbines using motion measurement: Part 1 tank tests for catenary mooring systems, Proceedings of the ASME 2025 44th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2025-156265 (2025.6).

・Ken Haneda, Shunka C. Hirao, Tomohiro Hasumi, Sotaro Masanobu: Mooring system failure detection methods for floating offshore wind turbines using motion measurement: Part2 numerical simulation for impact assessment of multiple factors, Proceedings of the ASME 2025 44th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2025-156098 (2025.6).

□和文査読付き論文：0 編

□各種表彰の受賞：0 件

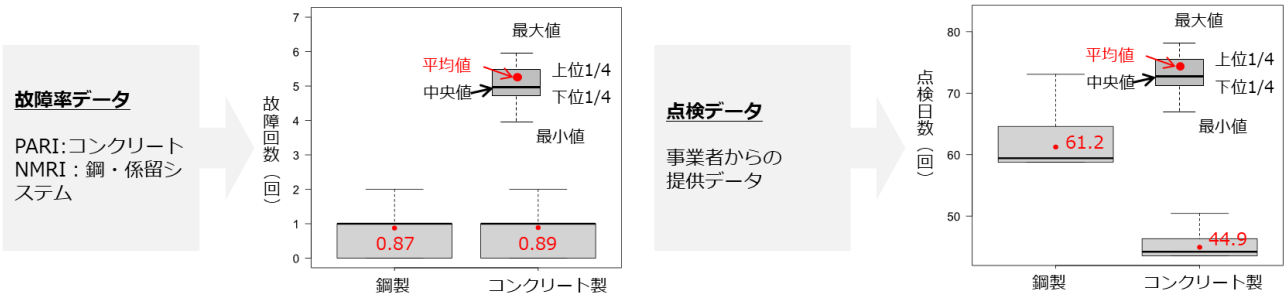
□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他

◆その他の全文査読付き論文等：0 編

◆その他発表論文：1 編

・柚井智洋，藤本修平，蓮見知弘，羽田絢，山路徹：浮体式洋上風力発電施設の安全性・経済性分析フレームワークの構築に向けて－鋼製浮体とコンクリート製浮体の比較－，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 41 号，pp.903（2025.11）.



図Ⅰ．1．②．1　リスクモデルを用いた鋼製浮体とコンクリート製浮体のリスクと経済性の評価結果

〇洋上風力発電施設の防食システムの検査方法に関する研究

研究の背景

再生可能エネルギー関連施設の主軸と見込まれる洋上風力発電施設の計画、施工、保守点検等の高度化に関する研究開発として、実海域を想定した洋上風力発電施設における、合理的な検査手法に関する検討が求められている。防食システムの検査について省力化・省人化が必要である。

研究目標

□長期データ収集を可能とする高耐久性を有するセンサー開発
□海洋鋼構造物の防食システムの検査方法の開発

令和 7 年度の研究内容

（1）海洋鋼構造物の防食システムの検査方法の実海域への適用

令和 7 年度の研究成果

（1）海洋鋼構造物の防食システムの検査方法の実海域への適用

UEP （Underwater Electric Potential：海中電界）センサーを取り付けた装置を 360° 回転させて測定を行う手法を開発した。この技術を用い、前年度と同様の実港湾構造物において、防食電流密度の深度方向の分布を測定した。その結果から、防食電流密度のベクトル量の測定が可能になることを確認した。また、測定装置に脚を取り付け、防食電流密度の測定を実施した。これにより、実港湾構造物と UEP センサーの距離を調整した測定が可能となった。

実港湾構造物での防食電流密度の測定では、今までの潜水士による測定に加え、水中ロボット(ROV)による測定を実施した。水中ロボットを構造物から離隔した際の電流密度分布の変動について、陽極に対して 3 方向でそれぞれ測定を行った。

鋼構造物に適用された防食塗膜の劣化を水中電位等の計測により検知する技術の確立に向けた基礎的な検討を実施した。防食塗膜の経年劣化を模擬して塗膜劣化（膨れ）を生じさせた試験片を対象に、レーザー計測機で膨れの形状と分布を精密に測定した。塗膜膨れの定量的な評価結果と水中電位等の計測結果を比較することにより、塗膜劣化の度合を検知する技術につながる。

成果の公表

□科学雑誌掲載等論文：0 編

□査読付き国際会議論文：0 編

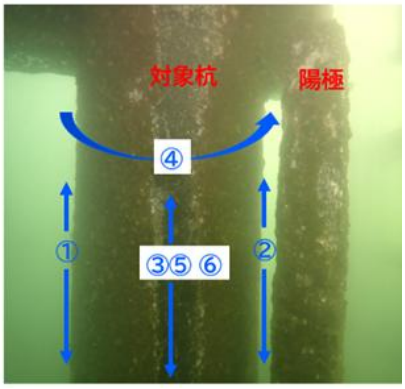
□和文査読付き論文：0 編

□各種表彰の受賞：0 件

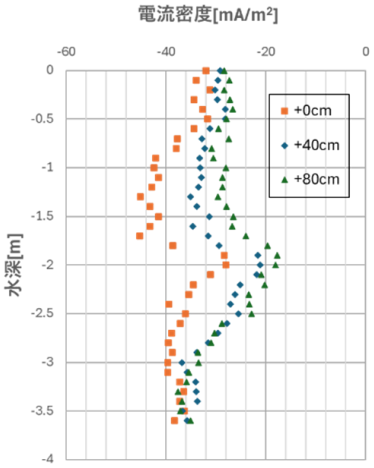
□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他

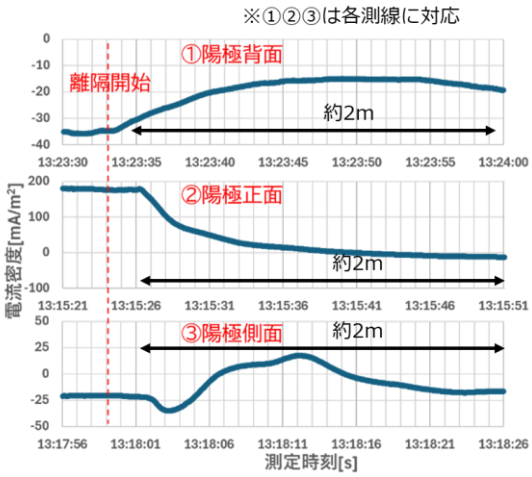
◆その他の全文査読付き論文等:0 編
◆その他発表論文:2 編
・橋本永手, 馬島八世, 冨阪正裕, 西村直喜, 山路徹, 藤本修平:UEP センサーを用いた電気防食工法維持管理のための電流密度計の開発, 材料と環境討論会講演集, Vol.72 (2025.10).
・山本凪人, 橋本永手, 馬島八世, 西村直喜, 小池賢太郎, 藤本修平:UEP センサーを用いた防食電流密度分布の現地測定, 材料と環境討論会講演集, Vol.72 (2025.10).



図Ⅰ. 1. ②. 2 対象の港湾鋼構造物(海中部):塗装無し+電気防食



a) 潜水士の場合(測線①)



b) 水中ロボット(ROV) にセンサーを搭載させた場合

図Ⅰ. 1. ②. 3 UEP センサーによる防食電流密度・電流方向の測定結果

③海洋環境保全に関連し船舶事故時等で問題となる油の回収に関する研究開発

○海難事故等における油流出・回収及び処理効率向上技術の開発

研究の背景

海難事故等で海底に沈んだ船舶に搭載された貨物油や燃料油は、放置すると重大な環境被害をもたらす怖れがあるため回収することが望まれる。沈没した船舶のタンク内の重油や流出油を回収した油回収船のタンク

内の重質油等は変質して高粘度となる場合が多く、回収作業の効率化が検討されている。従来技術としてはバルクヒーティング法などがあるものの、回収対象の重質油の粘度を低下させるために加熱する時間など、回収時間に課題があった。

研究目標

□従来手法の問題点を克服する画期的な沈船からの油回収システムの提案

令和 7 年度の研究内容

（1）実用化に向けた油回収システムの実験実施
（2）実験結果の検討・システムの構築

令和 7 年度の研究成果

（1）実用化に向けた油回収システムの実験実施

実用化に向けた油回収システムの実験について令和 8 年 2 月に実施する計画であったが、研究担当者の急逝により実現に至らなかった。また、民間サルヴェージ会社との打合せを実施し、強い関心を示して貰った。

（2）実験結果の検討・システムの構築

令和 6 年度までに実施した実験結果をレビューした上で、可視化計測で使用する光源の有効性を精査し、油水分離過程における油滴の微細化挙動について今後の計測方針を定めた。また、油水分離過程における気泡計の計測について外部機関と協議し、計測方針を検討した。

□外部資金の獲得：1 件
・日本学術振興会　科学研究費（若手研究） 3,500 千円

成果の公表

□科学雑誌掲載等論文：0 編

□査読付き国際会議論文：0 編

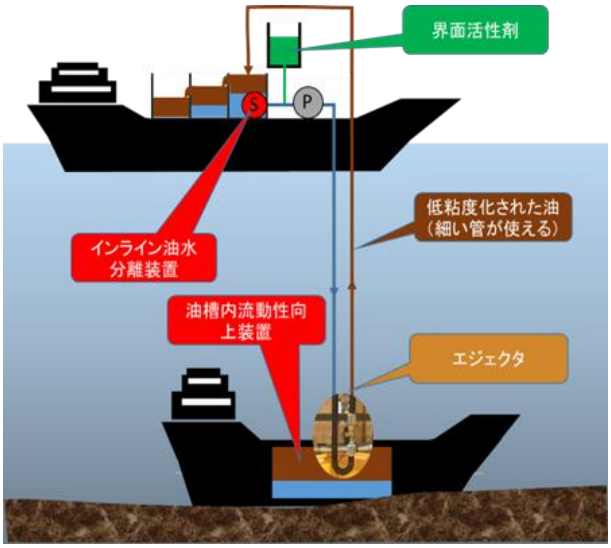
□和文査読付き論文：0 編

□各種表彰の受賞：0 件

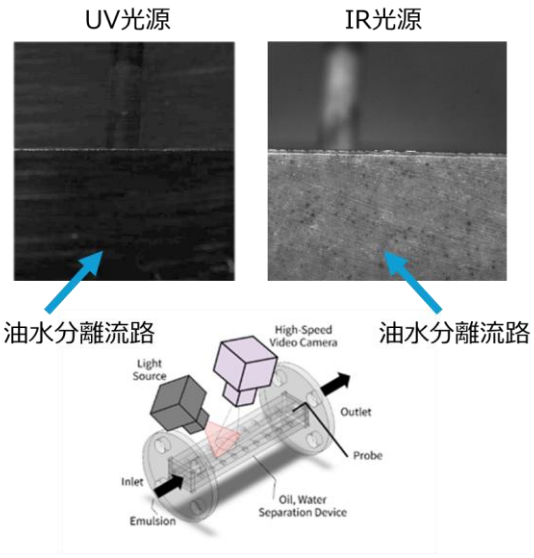
□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他
◆その他の全文査読付き論文等：0 編

◆その他発表論文：0 編



図Ⅰ．1．③．1　沈船からの回収のイメージ



図Ⅰ．1．③．2　可視化計測で使用する光源の選定

④洋上精密測位が可能な小型波浪ブイに関する研究開発

〇小型波浪ブイを用いた洋上精密測位

研究の背景

　洋上における精密測位は、陸上に比べて難しい。しかし、風波に代表される小規模な波の観測や地球惑星科学の観測空白領域を埋めるために、洋上において安定的な精密測位を実施することが求められてきた。

研究目標

□複数の小型波浪ブイを用いたネットワーク型の精密測位方式の提案

令和 7 年度の研究内容

（1）小型波浪ブイ搭載用受信機の開発
（2）波崎海洋研究施設における観測実験
（3）データ解析

令和 7 年度の研究成果

（1）小型波浪ブイ搭載用受信機の開発

　令和 7 年度前半に開発したブイの設計を踏襲するとともに新しい受信機と安価で軽量な加速度計を組み込んだ新しい観測システムを構築した。また、リチウムイオン電池のみの駆動で 17 時間の連続観測が実施できるようになった。RTK（Real-Time Kinematic：リアルタイムキネマティック）測位、CLAS（Centimeter Level Augmentation Service：センチメータ級測位補強サービス）測位ではほぼ 100%の Fix 率を記録した。これにより、小型波浪ブイに搭載でき、精密測位が可能な受信品質、長期間連続稼働ができる受信機を製作することができた。

（2）波崎海洋研究施設における観測実験

令和 7 年 11 月に波崎海洋研究施設で観測実験を行った。前回の実験からの課題であった高い波の時に Fix 解が得られない問題と、海面では衛星信号の受信強度が低い問題を解決するために、アンテナ高を上げるブイを製作し、実験した。これにより、アンテナ高を適切な高さにすることで、ほぼ 100%の Fix 率を達成しただけでなく、QZSS（Quasi-Zenith Satellite System：準天頂衛星システム）L6 信号を十分な強度（40 dB 程度）で受信することができた。 また、本格的な海洋設置を見据え、スターリンクを用いたテレメトリ限界の実験を実施した。これにより、沿岸から 170 km 離れた位置においてもスターリンクを利用し、データの送受信が行えることがわかった。

（3）データ解析

観測実験にて取得されたデータを解析し、観測システムの可用性と最も有効な測位方式について検討した。RTK 測位、CLAS 測位だけでなく、PPP（Precise Point Positioning：高精度単独）測位などの精密測位も加えてデータ解析による検証を進めている。

□外部資金の獲得：1 件
・日本学術振興会　科学研究費（基盤研究 B） 13,900 千円（新規採択）

成果の公表

□科学雑誌掲載等論文：0 編

□査読付き国際会議論文：0 編

□和文査読付き論文：0 編

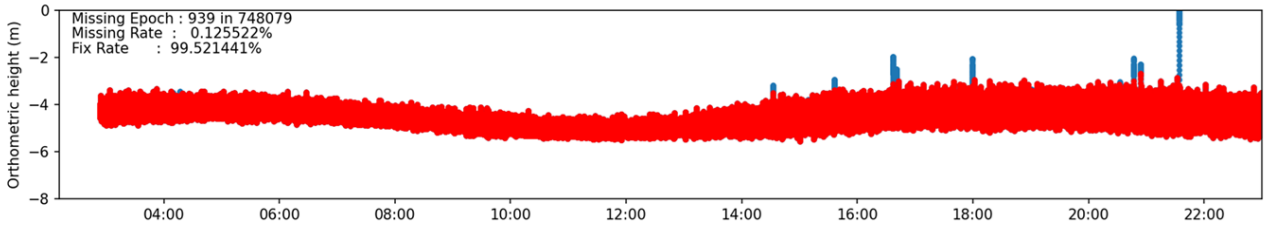
□各種表彰の受賞：0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他
◆その他の全文査読付き論文等：0 編

◆その他発表論文：1 編
・吉原貴之，伴野雅之，鈴木崇之，毛塚敦，高橋透：GNSS 衛星電波の海浜砂透過波による砂の物理量推定の初期検討，2026 年電子情報通信学会総合大会予稿集，B-2-18 （2026.3）.

図Ⅰ．1. ④. 1　受信機を搭載した波浪ブイ



図Ⅰ．1. ④. 2　波浪観測結果（赤：Fix 解）

⑤船舶動静を考慮したコンテナターミナルの運用計画立案に関する調査（萌芽的研究）

〇コンテナターミナルにおける本船動静の不確実性を考慮した荷役機械の運用計画立案に関する調査

研究の背景

日本のコンテナターミナルにおいては、取扱貨物量増加の流れにあるが、港湾労働人材の不足が深刻化してきている。一方で、コンテナターミナルオペレーションの計画運用業務は自動化が進んでおらず、オペレーションにおけるローカルルールや不確実性が要因の一つであることが分かっている。その不確実性の代表的なものが本船到着の遅れであり、荷役計画に大きな影響があると考えられる。

研究目標

□現地調査や文献調査の取りまとめとレビュー論文による公表

令和 7 年度の研究内容

（1）現地調査

（2）文献調査

令和 7 年度の研究成果

（1）現地調査

研究の方向性として、a) 港湾運用のタイムライン(船積～出港～着岸～陸上のような流れ)を明確化し、タイムラインに沿って取得できる各種データや求められる技術等を整理する、b) 実務者へのヒアリング調査を、本船動静の不確実性に限らず幅広い視点で行うとともに、文献調査によって国内外の研究開発状況を調査する、とした。その上で、港湾運営者 2 者(博多港、阪神港)にヒアリング調査を実施して、現場ニーズがあると考えられる研究開発課題として、機械学習による外来シャーシの搬出入予測、本船動静の不確実性の分析や予測に着目した。

(2)文献調査

現地調査から得られた研究開発課題における国内外の研究開発状況に関する文献調査を実施し、海上輸送の所要時間等の分析や予測技術、港湾における荷役機械の運用における最適化技術等の動向を調べ、調査結果を取りまとめた。研究事例や製品事例は存在するが、国内における研究蓄積が少なく、日本の港湾への適用性を考慮した研究が必要になると結論づけた。

□外部資金の獲得:1 件
・日本学術振興会　科学研究費(基盤研究 C)　3,400 千円(新規採択)

成果の公表

□科学雑誌掲載等論文:0 編

□査読付き国際会議論文:0 編

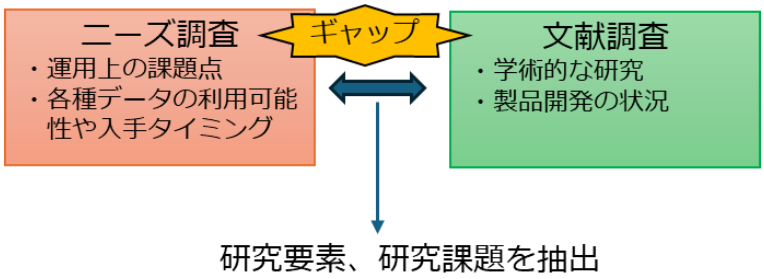
□和文査読付き論文:0 編

□各種表彰の受賞:0 件

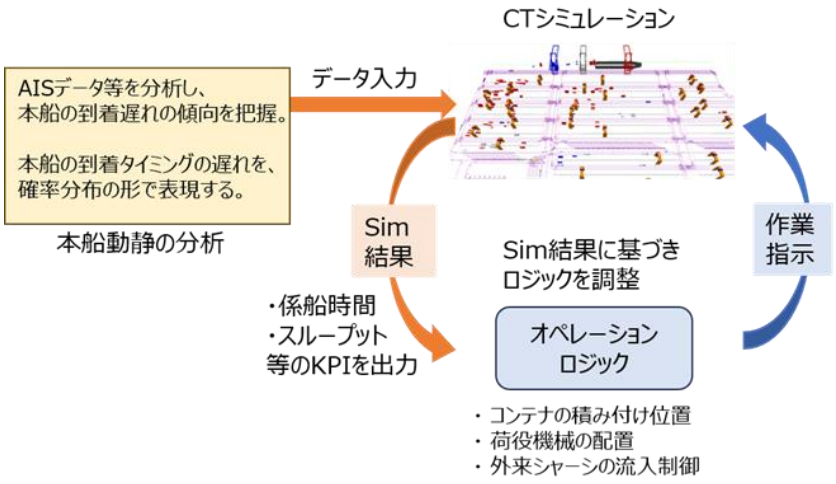
□特許・プログラム等の知的財産の出願等:0 件

□その他
◆その他の全文査読付き論文等:0 編

◆その他発表論文:0 編



図Ⅰ.1.⑤.1　ニーズ調査と文献調査による研究イメージ



図Ⅰ．1. ⑤. 2　本船動静の不確実性を考慮したコンテナターミナルシミュレーションの研究コンセプト

⑥その他の分野横断的な研究テーマの確立に向けた取組

うみそら研内での分野横断的研究の新規テーマの発掘や、実施課題のさらなる推進を図るため令和 3 年度より設立された「分野横断的研究推進会議」を定期的に開催した。分野横断的研究の主要課題と位置づけられた洋上風力発電をはじめ、「内部特別予算活用型分野横断的研究課題」に採択された研究項目の進捗報告や、次年度の継続に向けた課題ごとの研究計画について、本推進会議にて審議を行った。令和 6 年度から萌芽的な取り組みから連携が始まることを期待し、萌芽的連携推進研究課題を創出した。

その結果、引き続き、浮体式洋上風力発電施設の安全評価手法等の確立のための調査研究、洋上風力発電施設の防食システムの検査方法に関する研究、海難事故等における油流出・回収及び処理効率向上技術の開発、小型波浪ブイを用いた洋上精密測位を実施することとした。また、新たな連携推進研究課題として、災害時輸送シミュレータの利用に関する調査、LPWA（Low Power Wide Area：省電力広域無線通信）による衝突防止・協調操船システムの開発、萌芽的連携推進研究課題として、屈折率整合材料を用いた地盤内流場の可視化に関する研究、海洋曝露試験場における環境／腐食速度モニタリングによる腐食要因分析にも着手することとした。

また、3 研究所の研究内容の把握による連携促進や連携研究の進捗管理を目的として、3 研究所での連携勉強会に加え、参加しやすいオンラインのみのミニ勉強会を開催するとともに、交通モード連携の可能性検討のため、鉄道や車両を対象としている交通安全環境研究所とうみそら研とで合同勉強会も引き続き実施した。また、研究所ごとに主催する研究計画評価委員会や外部向けの研究発表会において、相互の参加や発表を通じた研究情報の共有に努めた。さらに、連携研究の進捗を管理するために「研究の連携案件調査票」を定期的（年 2 回）に更新し、研究所内で共有することにより、継続中の研究項目の実施状況の把握や、新たな連携課題の発掘のためのデータベース化を図った。3 研究所の各研究者情報を共有するため、3 研究所の全ての研究員に対して、リサーチマップへの情報登録を推奨した。

うみそら研では、港湾や空港での防災・減災、海上・航空輸送を活用した災害対応・復旧、洋上での効率的な油回収技術、実験施設を利用した評価・検証など、災害対応に応用可能なテーマに幅広く取り組んでいる。令和 7 年度は、防災・減災意識の向上や技術の普及が迅速な災害対応に寄与することを目的に、防災冊子「防

災・減災に関連した技術研究開発への取り組み」を発行した。この冊子では、うみそら研が取り組んでいる代表的な技術研究開発として、係留施設の利用可否判断、防災・減災現場でのドローンの安全な活用、災害シミュレータの開発を取り上げて紹介した。

図Ⅰ. 1. ⑥. 1　防災冊子「防災・減災に関連した技術研究開発への取り組み」

2. 船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術に関する研究開発等

【中長期目標】

2. 船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術に関する研究開発等

国土交通省は、海上輸送の安全の確保、海事分野の脱・低炭素化の実現、浮体式洋上風力発電施設をはじめとする海洋関連技術の開発等に取り組むとともに、海事産業のDXの推進等、国際競争力を強化するための政策を推進している。

研究所は、このような国土交通省の政策における技術的課題への対応や関係機関への技術支援等のため、次の研究開発課題について、重点的に取り組むこととする。

さらに、独創的または先進的な発想に基づき、研究所の新たな研究成果を創出する可能性を有する萌芽的研究に対しては、先見性と機動性を持って的確に対応する。

【重要度：高】我が国の海上輸送の安全の確保等における技術的課題の解決は、国土交通省の政策目標実現に不可欠であるため。

（1）海上輸送の安全の確保

海難事故の原因分析・再発防止と社会合理性のある安全規制の構築による安全・安心社会の実現及び国際ルール形成への戦略的な関与を通じた海事産業の国際競争力の強化に資するため、自動運航船やゼロエミッション船等の次世代船舶の安全性評価手法、自動操船・操船支援に係る技術の高度化に関する研究開発や、海難事故等の再現技術や評価手法、これらを通じた適切な再発防止策の立案等に関する研究開発に取り組む。

（2）海洋環境の保全

船舶による環境負荷の大幅な低減と社会合理性を兼ね備えた環境規制の実現及び国際ルール形成

への戦略的な関与を通じた海事産業の国際競争力の強化に資するため、水素・アンモニア等のゼロエミッション燃料の燃焼解析技術を始めとする温室効果ガス削減技術の高度化及び実海域における実船性能向上に関する研究開発、並びに船舶の運航時における環境負荷低減に資する基盤的技術及び環境影響評価手法等に関する研究開発に取り組む。

(3)海洋の開発

海洋再生可能エネルギー・海洋資源開発の促進及び海洋開発産業の振興並びに国際ルール形成への戦略的関与を通じた我が国海事産業の国際競争力強化に資するため、船舶に係る技術を活用して、海洋再生可能エネルギーの導入拡大に向けた安全性評価・最適化、海洋開発のための関連機器、マリンオペレーション技術等に関する研究開発に取り組む。

(4)海上輸送を支える基盤的技術開発

海事産業の技術革新の促進と海上輸送の新ニーズへの対応を通じた海事産業の国際競争力強化及び我が国経済の持続的な発展に資するため、デジタル技術等の活用等による造船所の生産性向上や適切な品質管理を図るための革新的技術、ビッグデータを活用した海上輸送の効率化・最適化に係る基盤的な技術等に関する研究開発に取り組む。

【中長期計画】

2. 船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術に関する研究開発等

中長期目標に掲げられた研究開発課題である海上輸送の安全の確保、海洋環境の保全、海洋の開発、海上輸送を支える基盤的技術開発等に対する適切な成果を創出し、国土交通省が推進する政策に技術的に貢献するため、本中長期目標期間においては、次に記載する研究に重点的に取り組むこととする。これらに取り組むにあたっては、研究開発成果の社会実装が強く求められていることも踏まえ、国の政策とともに民間ニーズ等を踏まえたものとなるよう適切な対応を図ることとする。

また、これら重点的に取り組む研究開発課題以外のものであっても、本中長期目標期間中の海事行政を取り巻く環境変化により、喫緊の政策課題として対応すべきものがある場合は、重点的に取り組む研究開発課題と同様に取り組むこととする。

さらに、独創的または先進的な発想に基づき、研究所の新たな研究成果を創出する可能性を有する萌芽的研究についても、先見性と機動性をもって的確に対応するとともに、研究ポテンシャルの維持・向上、海事分野での新たなシーズの創生を図るための取組を行う。

(1)海上輸送の安全の確保

海難事故の削減、事故時の影響最小化等を図ることにより、海上輸送における安心・安全を適切に確保することが社会から要請されており、不断に取り組む必要がある。その一方、国際海事機関(IMO)における技術的合理性のない安全規制の導入に対しては、技術的な知見を基に、社会的負担とのバランスを確保した適切な安全規制体系の構築を図る必要がある。また、自動運航船やゼロエミッション船をはじめとする次世代船舶の安全性評価手法、自動操船・操船支援に係る技術の高度化など、船舶の安全性向上に係る技術開発成果を背景として我が国が国際ルール策定を主導することは、安心・安全社会の実現とともに我が国海事産業の国際競争力強化の観点から重要である。

さらに、海難事故の高度な再現技術の確立等により、発生原因を正確に解明し、事故の適切な評価を行い、適切な再発防止技術を開発することは、海難事故の削減のため不可欠である。

このため、以下の研究開発を進める。

① 次世代船舶等の安全性評価・リスク解析手法及び自動操船・操船支援技術の高度化並びに船体構造評価技術に関する研究開発

② 海難事故等の再現技術や評価手法に関する研究開発

（2）海洋環境の保全

国際海運における 2050 年カーボンニュートラルの実現や内航海運におけるカーボンニュートラルの推進に向けて、水素、アンモニア等のゼロエミッション燃料船等の開発・実用化、安全基準の策定等環境整備が求められている。また、温室効果ガス削減以外にも、船舶に起因する環境負荷の低減に資する技術開発は、不断に行う必要がある。加えて、環境負荷低減に係る技術開発成果を背景として国際ルール策定を主導することは、地球環境問題解決への貢献とともに我が国海事産業の国際競争力強化の観点から重要である。

このため、以下の研究開発を進める。

① ゼロエミッション燃料を用いたGHG削減技術の高度化及び安全・環境対策並びに船舶の運航時における環境負荷低減に関する研究開発

② 実海域の海象・気象における船舶の性能向上に関する研究開発

（3）海洋の開発

海洋再生可能エネルギー・海洋資源開発の促進及び海洋開発産業の振興並びに国際ルール形成への戦略的関与を通じた我が国海事産業の国際競争力強化が求められている。一方、実際の海洋開発は民間での開発リスクが過大であるため、海洋開発推進、海洋産業の振興に向けた国と民間との連携が重要である。

したがって、研究所には、船舶に係る技術を活用し、海洋基本計画等の国の施策に沿ったナショナルプロジェクト等への技術的貢献を行うとともに、実際の開発・生産を担う我が国企業への技術的支援が求められている。

このため、以下の研究開発を進める。

① 海洋再生可能エネルギー開発に係る関連システムの安全性評価・最適化に関する研究開発

② 海洋開発のための機器・運用技術の高度化、マリンオペレーション技術の最適化・安全性評価に関する研究開発

（4）海上輸送を支える基盤的な技術開発

我が国海事産業が、その取り巻く環境の変化に適切に対応し、国際競争力を強化し、我が国経済の持続的な発展に貢献していくために、デジタル技術を活用した海事産業の技術革新の促進、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等を行っていくことが求められている。

このため、以下の研究開発を進める。

① デジタル技術の活用による海事産業の生産性向上や品質管理に資する技術に関する研究開発

② ビッグデータ等の活用による新たなニーズに対応した海上輸送システムに関する研究開発

【年度計画】

2. 船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術に関する研究開発等

中長期目標に掲げられた研究開発課題である海上輸送の安全の確保、海洋環境の保全、海洋の開発、海上輸送を支える基盤的技術開発等に対する適切な成果を創出し、国土交通省が推進する政策に技術的に貢献するため、本中長期目標期間においては、次に記載する研究に重点的に取り組むこととする。これらに取り組むにあたっては、研究開発成果の社会実装が強く求められていることも踏まえ、国の政策とともに民間ニーズ等を踏まえたものとなるよう適切な対応を図ることとする。

また、これら重点的に取り組む研究開発課題以外のものであっても、本中長期目標期間中の海事行政を取り巻く環境変化により、喫緊の政策課題として対応すべきものがある場合は、重点的に取り組む研究開発課題と同様に取り組むこととする。

さらに、独創的または先進的な発想に基づき、研究所の新たな研究成果を創出する可能性を有する萌芽的研究についても、先見性と機動性をもって的確に対応するとともに、研究ポテンシャルの維持・向上、海事分野での新たなシーズの創生を図るための取組を行う。

（1）海上輸送の安全の確保

海難事故の削減、事故時の影響最小化等を図ることにより、海上輸送における安心・安全を適切に確保することが社会から要請されており、不断に取り組む必要がある。その一方、国際海事機関（IMO）における技術的合理性のない安全規制の導入に対しては、技術的な知見を基に、社会的負担とのバランスを確保した適切な安全規制体系の構築を図る必要がある。

また、自動運航船やゼロエミッション船をはじめとする次世代船舶の安全性評価手法、自動操船・操船支援に係る技術の高度化など、船舶の安全性向上に係る技術開発成果を背景として我が国が国際ルール策定を主導することは、安心・安全社会の実現とともに我が国海事産業の国際競争力強化の観点から重要である。

さらに、海難事故の高度な再現技術の確立等により、発生原因を正確に解明し、事故の適切な評価を行い、適切な再発防止技術を開発することは、海難事故の削減のため不可欠である。

このため、以下の研究開発を進める。

① 次世代船舶等の安全性評価・リスク解析手法及び自動操船・操船支援技術の高度化並びに船体構造評価技術に関する研究開発

海難事故の原因分析・再発防止と社会合理性のある安全規制の構築による安全・安心社会の実現及び国際ルール形成への戦略的な関与を通じた海事産業の国際競争力の強化を目標に、研究開発の推進を図る。

本年度は、デジタル基盤を活用した安全運航の監視支援技術に関する研究、自動運航船の実現に向けた避航操船及び離着桟操船を対象とした安全評価技術に関する研究、建造精度を考慮可能な全船荷重・構造解析並びに強度評価一貫システムの開発を行う。

② 海難事故等の再現技術や評価手法に関する研究開発

事故再現シミュレーションツールの高度化、事故簡易推定手法の検討及び開発、海難事故DBシステム構築および拡充を行う。

（2）海洋環境の保全

国際海運における 2050 年カーボンニュートラルの実現や内航海運におけるカーボンニュートラルの推進に向けて、水素、アンモニア等のゼロエミッション燃料船等の開発・実用化、安全基準の策定等環境整備が求められている。また、温室効果ガス削減以外にも、船舶に起因する環境負荷の低減に資する技術開発は、不断に行う必要がある。

加えて、環境負荷低減に係る技術開発成果を背景として国際ルール策定を主導することは、地球環境問題解決への貢献とともに我が国海事産業の国際競争力強化の観点から重要である。

このため、以下の研究開発を進める。

① ゼロエミッション燃料を用いたGHG削減技術の高度化及び安全・環境対策並びに船舶の運航時における環境負荷低減に関する研究開発

船舶による環境負荷の大幅な低減と社会合理性を兼ね備えた環境規制の実現及び国際ルール形成への戦略的な関与を通じた海事産業の国際競争力の強化を目標に、研究開発の推進を図る。

本年度は、ゼロエミッション燃料（水素・アンモニア）やカーボンニュートラル燃料の燃焼データの取得と基礎的燃焼特性の解明、着火性の検証と燃焼排出物の排出メーカーニズムの解明並びに船舶由来化学物質が海洋環境に与える影響評価技術の高度化を行う。

② 実海域の海象・気象における船舶の性能向上に関する研究開発

経年劣化、生物汚損等を考慮したライフサイクル燃費評価法の構築、水槽試験とシミュレーションのデータ同化手法の改良、ウェザールーティングと連携した実運航性能評価技術の開発を行う。

(3)海洋の開発

海洋再生可能エネルギー・海洋資源開発の促進及び海洋開発産業の振興並びに国際ルール形成への戦略的関与を通じた我が国海事産業の国際競争力強化が求められている。一方、実際の海洋開発は民間での開発リスクが過大であるため、海洋開発推進、海洋産業の振興に向けた国と民間との連携が重要である。

したがって、研究所には、船舶に係る技術を活用し、海洋基本計画等の国の施策に沿ったナショナルプロジェクト等への技術的貢献を行うとともに、実際の開発・生産を担う我が国企業への技術的支援が求められている。

このため、以下の研究開発を進める。

① 海洋再生可能エネルギー開発に係る関連システムの安全性評価・最適化に関する研究開発

海洋再生可能エネルギー・海洋資源開発の促進及び海洋開発産業の振興並びに国際ルール形成への戦略的関与を通じた我が国海事産業の国際競争力強化を目標に、研究開発の推進を図る。

本年度は、多様な係留系仕様に対応した係留仕様算出プログラムの開発、浮体変位・海象データから浮体内の応力・疲労余寿命を推定する手法の開発を行う。

② 海洋開発のための機器・運用技術の高度化、マリンオペレーション技術の最適化・安全性評価に関する研究開発

海底鉱物資源の揚鉱を想定した動揺管中の固気液三相流の移送評価技術の構築、海洋CCSにおける管内流動解析と浮体運動解析の統合を行う。

③ 海洋の利用に関連する技術に関する研究開発

水中音響灯台を用いた水中完結型複数 AUV 同時運用技術の実機実装、水槽および実海域におけるホバリング型 AUV と深海ターミナルによるドッキング手法の検証、海空無人機システム AUV の詳細設計を行う。

(4)海上輸送を支える基盤的な技術開発

我が国海事産業が、その取り巻く環境の変化に適切に対応し、国際競争力を強化し、我が国経済の持続的な発展に貢献していくために、デジタル技術を活用した海事産業の技術革新の促進、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等を行っていくことが求められている。

このため、以下の研究開発を進める。

① デジタル技術の活用による海事産業の生産性向上や品質管理に資する技術に関する研究開発

海事産業の技術革新の促進と海上輸送の新ニーズへの対応を通じた海事産業の国際競争力強化及び我が国経済の持続的な発展を目標に、研究開発の推進を図る。

本年度は、設計情報検索や設計最適化を支援する AI プロトタイプの開発、配管艤装品の取り付けシミュレーションの精度向上および高速化、BOM や BOP と連携させた Quality-BOM(QBOM)体系化手法の開発を行う。

② ビッグデータ等の活用による新たなニーズに対応した海上輸送システムに関する研究開発

データ融合と AI 等評価手法の実装に向けた設計、海運・造船の GHG 削減策等に関するモデル/システムの試作、水害救助シミュレータを活用した孤立者の救助時間等に関する分析、データ活用型の合理的な運航及び設計手法の検討開発、フルシステムリアルタイムシミュレーショ

ン構築を行う。

◆年度計画における目標設定の考え方

中長期目標に掲げられた研究開発課題である「海上輸送の安全の確保」、「海洋環境の保全」、「海洋の開発」、「海上輸送を支える基盤的な技術開発」に対する適切な成果を創出し、国土交通省が推進する政策に技術的に貢献するため、当該中長期目標期間中に重点的に取り組む研究として10の重点研究課題を設定している。

・船舶の安全運航のための性能評価に関する研究
・次世代船舶技術の社会実装に不可欠なリスク解析技術の構築
・操船自動化・操船支援の高度化に関する研究
・船体構造評価技術に関する研究
・GHG 削減技術の高度化および安全・環境対策に関する研究
・実海域実船性能向上に関する研究
・海洋再生可能エネルギーの導入拡大に向けた関連システムの安全性評価・最適化に関する研究
・海洋開発のための機器・オペレーション技術に関する研究
・DX 造船所の実現に向けた研究開発
・ビッグデータの活用による輸送システムの高度化に関する研究

中長期目標に掲げられた研究開発課題と10の重点研究課題の関係は、次表のとおり。

第二期中長期計画	重点研究計画
（1）海上輸送の安全の確保	
① 次世代船舶等の安全性評価・リスク解析手法及び自動操船・操船支援技術の高度化並びに船体構造評価技術に関する研究開発	船舶の安全運航のための性能評価に関する研究 次世代船舶技術の社会実装に不可欠なリスク解析技術の構築 操船自動化・操船支援の高度化に関する研究 船体構造評価技術に関する研究（後掲）
② 海難事故等の再現技術や評価手法に関する研究開発等	船体構造評価技術に関する研究

（2）海洋環境の保全	
① ゼロエミッション燃料を用いたGHG削減技術の高度化及び安全・環境対策並びに船舶の運航時における環境負荷低減に関する研究開発	GHG 削減技術の高度化および安全・環境対策に関する研究
② 実海域の海象・気象における船舶の性能向上に関する研究開発	実海域実船性能向上に関する研究

（3）海洋の開発	
① 海洋再生可能エネルギー開発に係る関連システムの安全性評価・最適化に関する研究開発	海洋再生可能エネルギーの導入拡大に向けた関連システムの安全性評価・最適化に関する研究
② 海洋開発のための機器・運用技術の高度化、マリンオペレーション技術の最適化・安全性評価に関する研究開発	海洋開発のための機器・オペレーション技術に関する研究

（4）海上輸送を支える基盤的な技術開発	
① デジタル技術の活用による海事産業の生産性向上や品質管理に資する技術に関する研究開発	DX 造船所の実現に向けた研究開発
② ビッグデータ等の活用による新たなニーズに対応した海上輸送システムに関する研究開発	ビッグデータの活用による輸送システムの高度化に関する研究

独創的または先進的な発想に基づき、研究所の新たな研究成果を創出する可能性を有する萌芽的研究として、11の基盤研究課題を設定した。内容の詳細は省略するが、課題名は以下の通り。

・統計的因果探索を用いた係留系設計パラメータ因果関係マップの構築
・航走型多連結浮体の斜波中における波強制力に及ぼす相互干渉に関する基礎的研究
・浅水状態での馬力推定法の評価
・実海域再現水槽の送風機の風速分布の均一化に向けた基礎的な研究
・海洋鋼構造物の防食システム検査手法の高度化に向けた基礎検討（3 研連携推進研究課題、継続）
・液化アンモニア中の腐食疲労き裂伝播推定手法開発に関する研究
・知能の発達に学ぶ小規模言語モデルの基盤研究
・次世代液体燃料の排ガス特性評価
・機械学習技術を活用した拡張可能な推進システムの性能劣化モニタリングフレームワークの開発
・使用済燃料輸送容器の落下衝撃試験で現れる加速度ノイズに関する研究
・原子力の海上利用の実現に向けた技術的・規制的課題の分析燃料着火性評価のための基礎研究

◆当該年度の取組状況

令和 7 年度において、先に示した10の重点研究課題の各研究については、年度計画に記載された措置事項を着実に実施するとともに、研究所の内部評価及び外部有識者により外部評価の実施により、政策課題（社会・行政ニーズ）等の研究開発課題を取り巻く環境変化を踏まえた措置内容の見直し等を実施しつつ取り組んだ。

11の基盤研究課題の各研究について、得られた知見は、重点研究課題、科学研究費助成事業及び受託研究等に成果を接続するよう取り組んだ。

重　点　分　野	(1)海上輸送の安全の確保

研 究 テ ー マ	①次世代船舶等の安全性評価・リスク解析手法及び自動操船・操船支援技術の高度化並びに船体構造評価技術に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
海難事故の原因分析・再発防止と社会合理性のある安全規制の構築による安全・安心社会の実現及び国際ルール形成への戦略的な関与を通じた海事産業の国際競争力の強化に資するため、自動運航船やゼロエミッション船等の次世代船舶の安全性評価手法、自動操船・操船支援に係る技術の高度化に関する研究開発や、海難事故等の再現技術や評価手法、これらを通じた適切な再発防止策の立案等に関する研究開発に取り組む。	海難事故の削減、事故時の影響最小化等を図ることにより、海上輸送における安心・安全を適切に確保することが社会から要請されており、不断に取り組む必要がある。その一方、国際海事機関(IMO)における技術的合理性のない安全規制の導入に対しては、技術的な知見を基に、社会的負担とのバランスを確保した適切な安全規制体系の構築を図る必要がある。また、自動運航船やゼロエミッション船をはじめとする次世代船舶の安全性評価手法、自動操船・操船支援に係る技術の高度化など、船舶の安全性向上に係る技術開発成果を背景として我が国が国際ルール策定を主導することは、安心・安全社会の実現とともに我が国海事産業の国際競争力強化の観点から重要である。 さらに、海難事故の高度な再現技術の確立等により、発生原因を正確に解明し、事故の適切な評価を行い、適切な再発防止技術を開発することは、海難事故の削減のため不可欠である。 このため、以下の研究開発を進める。 ①次世代船舶等の安全性評価・リスク解析手法及び自動操船・操船支援技術の高度化並びに船体構造評価技術に関する研究開発	海難事故の削減、事故時の影響最小化等を図ることにより、海上輸送における安心・安全を適切に確保することが社会から要請されており、不断に取り組む必要がある。その一方、国際海事機関(IMO)における技術的合理性のない安全規制の導入に対しては、技術的な知見を基に、社会的負担とのバランスを確保した適切な安全規制体系の構築を図る必要がある。また、自動運航船やゼロエミッション船をはじめとする次世代船舶の安全性評価手法、自動操船・操船支援に係る技術の高度化など、船舶の安全性向上に係る技術開発成果を背景として我が国が国際ルール策定を主導することは、安心・安全社会の実現とともに我が国海事産業の国際競争力強化の観点から重要である。 さらに、海難事故の高度な再現技術の確立等により、発生原因を正確に解明し、事故の適切な評価を行い、適切な再発防止技術を開発することは、海難事故の削減のため不可欠である。 このため、以下の研究開発を進める。 ①次世代船舶等の安全性評価・リスク解析手法及び自動操船・操船支援技術の高度化並びに船体構造評価技術に関する研究開発 ーデジタル基盤を活用した安全運航の監視支援技術に関する研究、自動運航船の実現に向け

		た避航操船及び離着桟操船を対象とした安全評価技術に関する研究を行う。

A. 船舶の安全運航のための性能評価に関する研究

研　究　の　背　景

国土交通省第 5 期技術基本計画において、自動運航船等の実用化や基準策定、新技術の社会実装による新価値創造につながる技術研究開発、国際基準・標準策定への参画、気象災害に対するリスク低減等の課題が掲げられている。これらの課題に対応するため、操船リスクシミュレータを用いた自動運航船の認証に必要な操縦運動計算モデルの高精度化とモデルを簡易に構築する手法の開発、実船の総合性能評価のための実船、水槽、CFD の 3 者を統合したシミュレーション技術の開発、復原性に起因する船舶の危険事象を再現する技術開発と基準に関する研究、港内で錨泊する船舶の安全性評価のための技術開発の 4 つの研究課題に取り組む。

研　究　目　標

自動運航船等の実用化に向けた研究開発として、低速時の離着桟操船を再現できる操縦運動数学モデルについて、制限水域影響も含め船体に作用する流体力モデルの定式化を完了する。及び、モデル係数の簡易構築手法を考案し提案する。粘性 CFD ソルバーやそれ以外の制限水域影響評価手法ツールを調査し、レビュー論文を作成する。自由航走データからのモデル同定手法を開発し、論文化する。実践の総合性能評価のためのシミュレーション技術の開発においては、Model Based System Engineering (MBSE) に対応する Function Mockup Unit (FMU) を含む CFD 統合システム、実船性能推定の高精度化のための実船-CFD デジタルツインモデル、水槽-CFD デジタルツインモデルを組み合わせたデジタルトリプレットモデルのプロトタイプをコード実装し、提供する。港湾内での実船操縦運動シミュレーション手法を構築し、計算を実施する。復原性に起因する船舶の危険事象を再現する技術開発と基準に関する研究では、波浪中船舶の危険事象を再現する計算コードと水槽試験での再現技術を開発する。成果を反映し、危険を回避する操船支援システムを提供する。小型船舶の安全性に関する規則策定に係る技術支援を行い、知見を規則に反映する。港内で錨泊する船舶の安全性評価のための技術開発においては、航海計器や航海機器を連携して、錨泊時の安全性を評価するシステムを構築する。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

(1)港内操縦運動再現のための操縦運動数学モデルに関する研究

① 低速時操縦運動推定モデル開発のための拘束模型試験データ拡充、自由航走試験結果との比較によるモデル検証

肥大船型(ケミカルタンカー)の低速・大斜航条件の拘束模型試験を行って、船体流体力特性データを拡充した。また、前年度に実施した外部連携機関と共同研究体制を継続し、同ケミカルタンカーのバラスト状態を対象に拘束模型試験と離着桟時操船を想定した自由航走試験を実施し、離着桟操縦運動モデルの研究に必要なデータ拡充を行った。また、本小項目主任者が委員長を務める日本船舶海洋工学会プロジェクト研究委員会(P-69)と連携し、上述のデータを含む委員各位から提供された試験データに基づいて、過去に提案された Hull 操縦流体力モデルの精度検証を行った。なお、自由航走試験結果とモデル計算による離着桟操縦運動シミュレーションの比較は次年度中に成果を纏める予定である。

加えて、前年度までに実施した制限水域中の操縦流体力推定ツールの調査研究について、粒子法を用いた浅水・側壁影響下における真横移動時の流体力評価を実施した。

② 進化計算手法（焼きなまし法）による、模型船自由航走データからの巡航速力時操縦運動モデル同定の総括と低速時運動モデルのための基礎検討

前年度までに実施した巡航速力ベース操縦運動モデル（MMG モデル）の係数同定の成果について、取り纏めて国際会議(IWSH 2025)において発表を行った。操縦性指標に基づく焼きなまし法を用いたモデル係数群同定の計算時間短縮を目的として、効率的な係数同定手法の検討を行った。当該手法を用いて、モデル係数のグローバル感度解析を実施し、感度の高い係数を特定することができた。

加えて、本開発手法の低速時操縦運動モデルへの適用に向けた基礎的検討として、過去の研究の調査を行い、適用モデルと離着桟操船時の操縦性指標に関する候補を選定した。

③ 側壁影響検証のための水槽試験実施、及び狭水路運航中の流体力特性推定法の開発

九州大学において、浅水条件かつ側壁影響下の操縦性拘束模型試験を実施した。加えて、実海域再現水槽において同船型を用いて深水及び開水域条件における流体力と船体表面圧力場の計測を実施した。本結果は側壁影響下モデル研究や CFD コード開発の検証に用いる予定であり、次年度に分析を本格化させる。狭水路内操縦運動については、スエズ運河模擬水路を九州大学の水槽に設置して水槽試験を行い、CFD シミュレーションの精度検証・向上を進めた。狭水路内操縦運動モデルの一般形を考察し、構築した。

（2）総合性能評価のための CFD によるシミュレーション技術開発

① 実船性能の高精度推定に向けた数理モデル・新規計算手法の開発

実船性能の高精度推定に向けた粗度塗料モデル、ラダーホーン等が存在する舵について、いくつかの部分に分割して格子生成を行う手法、及びフィンスタビライザーを対象として格子変形に応じて動的に接合面格子を更新する手法を開発した。また、有限体積法と格子ボルツマン手法のハイブリッド手法について埋め込み境界法を導入した。

② 港湾内操船を主とした操縦性能推定法の開発

サブテーマ（1）及び広島大学と連携して、外乱影響を考慮した港湾操船状態のシミュレーション手法を検証した。

③ 仮想現実手法を導入した新たな設計手法の開発

仮想現実・拡張現実・複合現実装置において、座標位置や可視化指示等の入力情報を基にしたインタラクティブな可視化システムを開発した。

④ MBSE 対応システム化

重点研究 5 及び内閣府主導の経済安全保障重要技術育成プログラム(K-program)採択課題と連携し、ベースソルバー等についてデータ同化に対応する機能開発を行った。

（3）波浪中復原性に起因する船舶の危険事象を再現する技術開発と基準に関する研究

① 波浪中復原力変動を考慮した船体運動シミュレーションの運動軸の拡張

波浪中の復原力変動を考慮した横揺れ 1 自由度のパラメトリック横揺れ計算を実施し、模型実験結果との比較に基づいて評価精度と改良点を検証した。

② パラメトリック横揺れの予兆検知技術の開発と国際基準評価ツールの運用

モード分解手法を用いて得られる瞬時振幅・周波数を可視化することで、パラメトリック横揺れの予兆を検知する技術を確立した。また、昨年度開発した第二世代非損傷時復原性基準で扱う 5 つの危険モードの脆弱性評価計算コードを統合したソフトを HP で公開し、当該基準で用いる IACS Rec. No.

34（国際船級協会連合（IACS）が規定する波浪発現頻度表）の改正が判定結果へ及ぼす影響を調査した。

③ 小型船舶の GM 推定法の提案と復原性試験解説動画の作成

船上の旋回運動時の横傾斜角時系列データから GM を時々刻々運動学的に推定する手法を提案した。

（4）港内で錨泊する船舶の安全性評価のための技術開発

① 錨泊時の振れ回り運動の外力モデルの構築

錨泊時の振れ回り運動を想定した船体運動を与えた際に、船体に働く操縦流体力の推定モデルを構築した。振れ回り運動を想定した加減速を伴う拘束試験で計測された船体に働く流体力と本推定モデルの推定結果と比較し、本推定モデルの妥当性を確認した。

乾舷の低い内航タンカーの風洞試験結果と既存の推定式の推定結果を比較したところ、風圧力は比較的よく一致しているが風圧モーメントは良好な一致が得られなかった。そのため、風洞試験に用いた模型の要目を用いて風圧モーメントの着力点の推定式を新たに構築した。

② 船体に働く錨鎖張力の推定法の確立

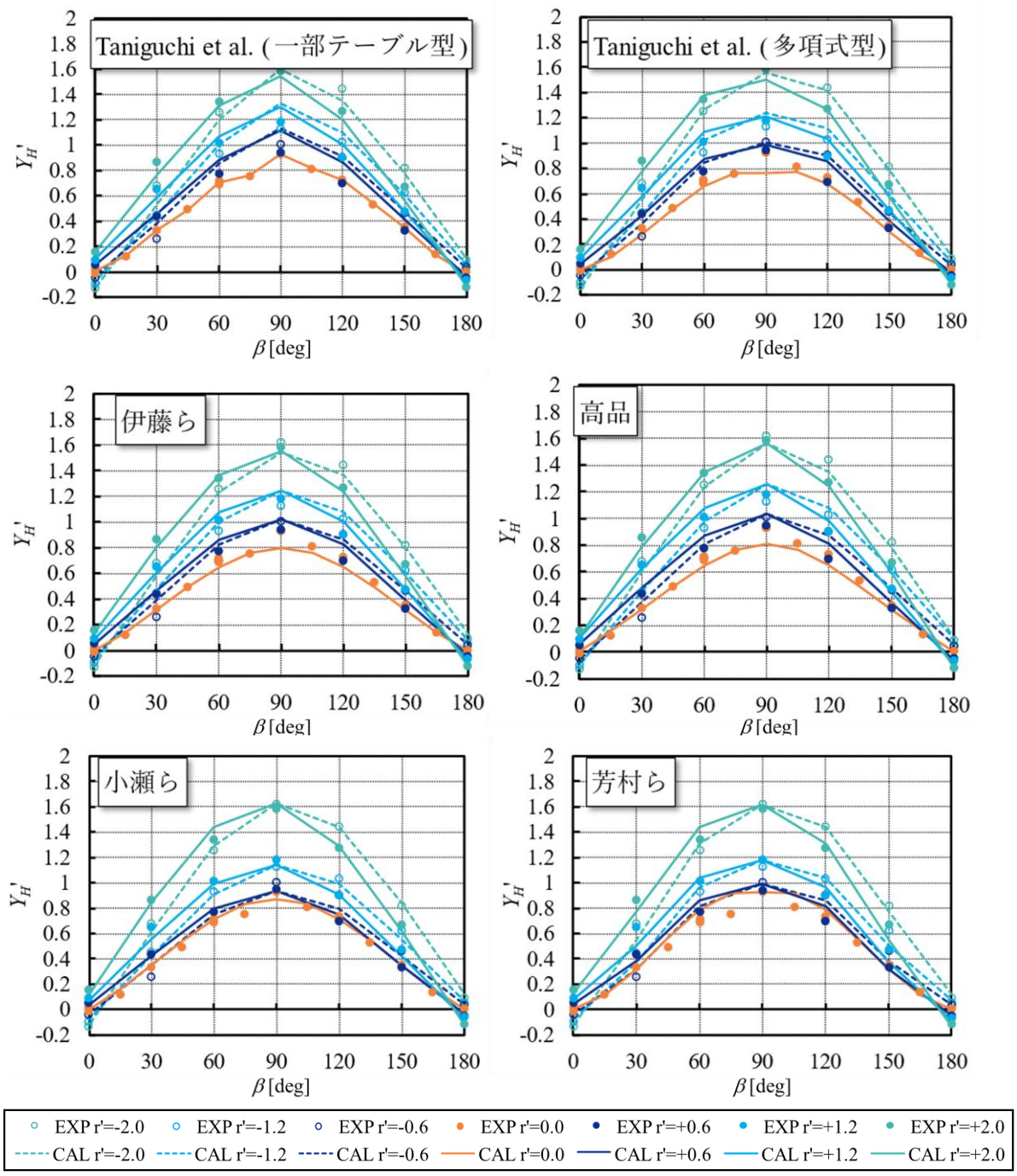
船体に働く錨鎖張力の推定法は、振れ回り運動時に働く外力を適切に推定できることが必須となる。小項目①と並行して、振れ回り運動時の船体運動、船体に働く外力、及び錨鎖張力の関係について再検討を行った。

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

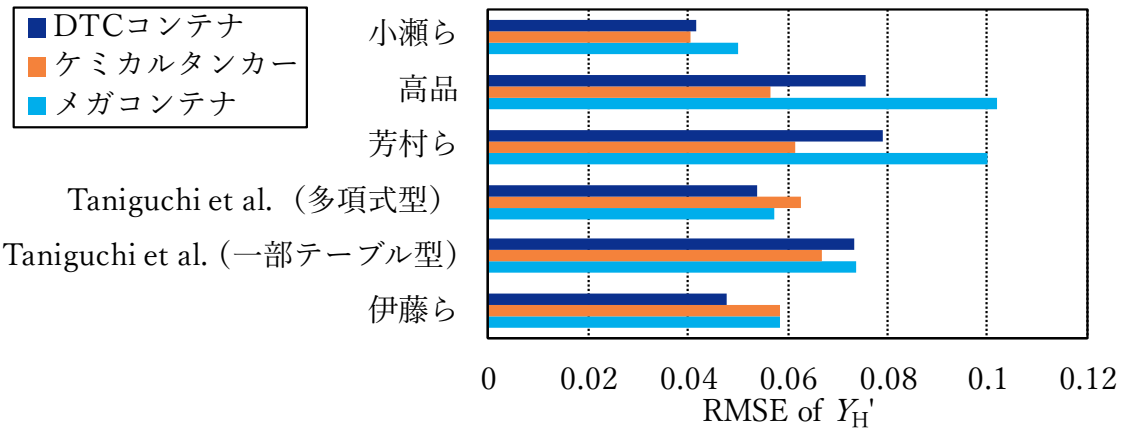
（1）港内操縦運動再現のための操縦運動数学モデルに関する研究

① 低速時操縦運動推定モデル開発のための拘束模型試験データ拡充、自由航走試験結果との比較によるモデル検証

モデル研究に関する成果の一例として、本研究主任者が委員長を務める日本船舶海洋工学会プロジェクト研究委員会(P-69)と連携して実施した離着桟操縦運動時の Hull 流体力モデルの推定精度検証結果を図Ⅰ. 2.（1）. ①. 1 及び図Ⅰ. 2.（1）. ①. 2 に示す。これらは、過去から最新の研究において提案された代表的な 6 つのモデルに対して、ケミカルタンカー模型の試験結果に基づいたモデルフィッテング結果と、計測値（図Ⅰ. 2.（1）. ①. 1 中 EXP）に対するモデル計算値（図Ⅰ. 2.（1）. ①. 1 中 CAL）の誤差二乗平均平方根（図Ⅰ. 2.（1）. ①. 1 中 RMSE）を解析したものである。

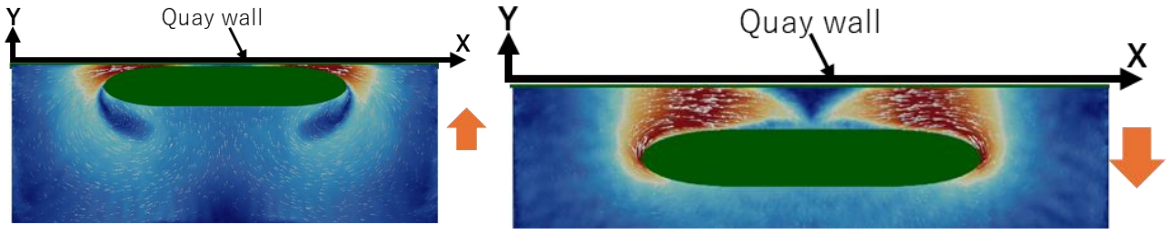


図Ⅰ．2．(1)．①．1　過去に提案された 6 つの低速操縦運動時用 Hull モデルによる
ケミカルタンカー船型の左右方向流体力のフィッティング結果



図Ⅰ．2.（1）．①．2　過去に提案された 6 つの低速操縦運動時用 Hull モデルによる
左右方向流体力の二乗平均平方根誤差の 3 隻分比較結果

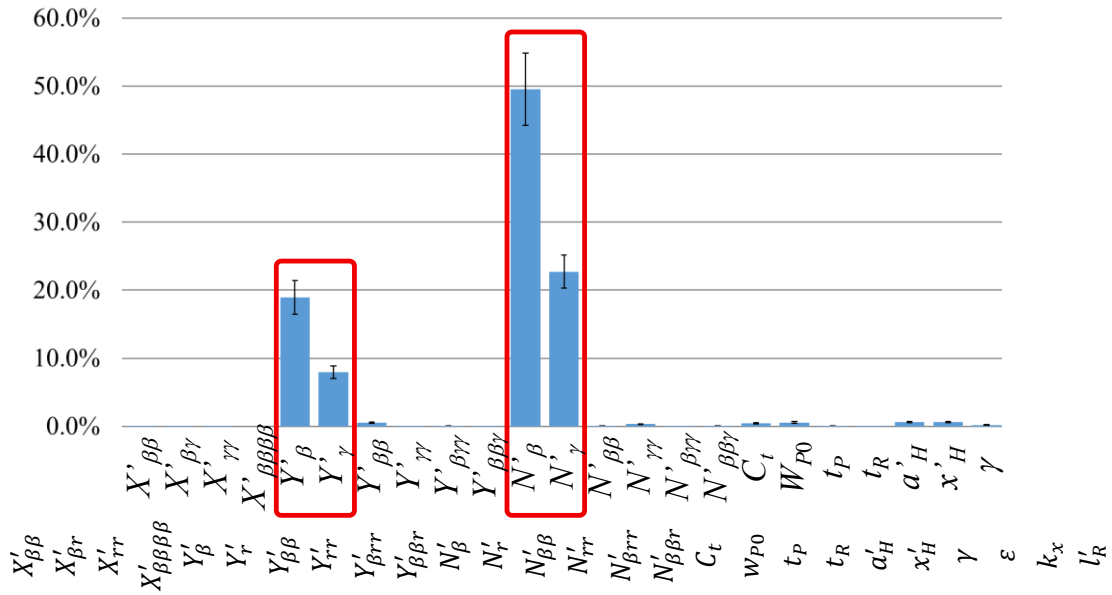
粒子法を用いた離着岸時の操縦流体力評価の適用性検証として、岸壁や水底を模擬した壁粒子を配置することで岸壁影響と浅水影響を考慮できることを確認した。具体的には、岸壁付近での横移動時における操縦流体力計算の結果と類似船型の模型試験結果との比較から、岸壁影響や浅水影響の傾向をおおむね再現できることを確認した（図Ⅰ．2.（1）．①．3）。一方で、計算負荷の制限から粒子による対象船型の正確な再現が困難であったため定性的な検証に留まっており、計算高速化技術の導入を含む定量的な精度検証については今後の課題として検討する必要がある。



図Ⅰ．2.（1）．①．3　粒子法による着岸時（左）及び離岸時（右）の流速分布の計算結果
（浅水条件における離着岸時には船首船尾周辺の回り込み流れが
大きくなることが知られており、その傾向が再現されている。）

② 進化計算手法（焼きなまし法）による、模型船自由航走データからの巡航速力時操縦運動モデル同定の総括と低速時運動モデルのための基礎検討

本研究で開発する手法は対象船の操縦性指標（旋回径や Zig-zag 試験におけるオーバーシュート角）を再現できる操縦運動モデルの係数群を焼きなまし法により同定するものであるが、旋回試験や Zig-zag 試験の時系列シミュレーションを介する必要があるため、係数の数が多いほど同定のための計算時間が増加する。本年度は効率的にモデル係数群の同定を行うための取り組みとして、操縦運動シミュレーションの入力となる各モデル係数の変化が、出力である操縦性指標に及ぼす影響（感度）を調査した。本研究では従来の 1 係数ごとに入力値を変化させるローカル感度解析ではなく、多くの係数が同時に変化した際の相互作用も含めて広く検証することが可能なグローバル感度解析手法（Sobol 法）を適用した。本手法を用いた感度解析の結果と、過去のローカル感度解析による検討結果を比較した結果、本手法により係数間の相互作用を考慮することによって、従来指摘されている横力及び回頭モーメントの線形微係数（$Y'_\beta, Y'_r\ N'_\beta, N'_r$）が Zig-zag 試験の第一オーバーシュート角に対して強い影響を及ぼすことが確認された（図Ⅰ．2.（1）．①．4）。これにより、計算効率改善と推定精度の両立を達成できることを確認した。



図Ⅰ．2．(1)．①．4 グローバル感度解析による Zig-zag 試験の第一オーバーシュート角（1st OSA）に対するモデル係数の影響度の調査結果（縦軸:1st OSA の分散に対するモデル係数の分散）

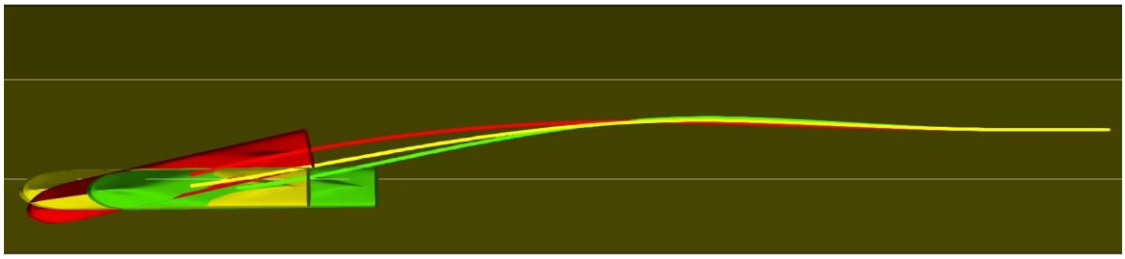
③ 側壁影響を検証するための実験装置製作、及び狭水路運航中の流体力特性推定法の開発

九州大学において浅水条件かつ側壁影響下の操縦性拘束模型試験を実施した。対象模型船（通称 DTC と呼ばれるコンテナ船、図Ⅰ．2．(1)．①．5）に船体表面圧力場を計測するための FBG 圧力センサーを多く設置した。加えて、当所の実海域再現水槽において、同船型を用いて深水及び開水域条件における流体力と船体表面圧力場の計測を行った。本結果は今後、側壁影響下モデル研究や CFD コード開発の検証に用いる予定である。

図Ⅰ．2．(1)．①．5 九州大学試験で使用した DTC コンテナ船模型
（船体右舷全面に FBG 圧力センサー（写真中黒点）を設置）

狭水路内を航行する船舶の操縦性について、側壁傾斜の違いによって船体抵抗に影響を及ぼす一方で、横力及び回頭モーメントには影響しないことがわかった。また、操舵角を変えた水路内 Zig-zag 試験を対象とする CFD シミュレーションを実施した結果、航跡への影響を踏まえると操船には

20deg.程度の舵角が必要であることがわかった(図Ⅰ. 2. (1). ①. 6)。国際会議 PRADS 2025 において側壁影響検証用の垂直壁設計に関する検討結果を、国際会議 MASHCON 2025 において前年度実施の狭水路内 PMM 試験 CFD シミュレーションをそれぞれ発表した。

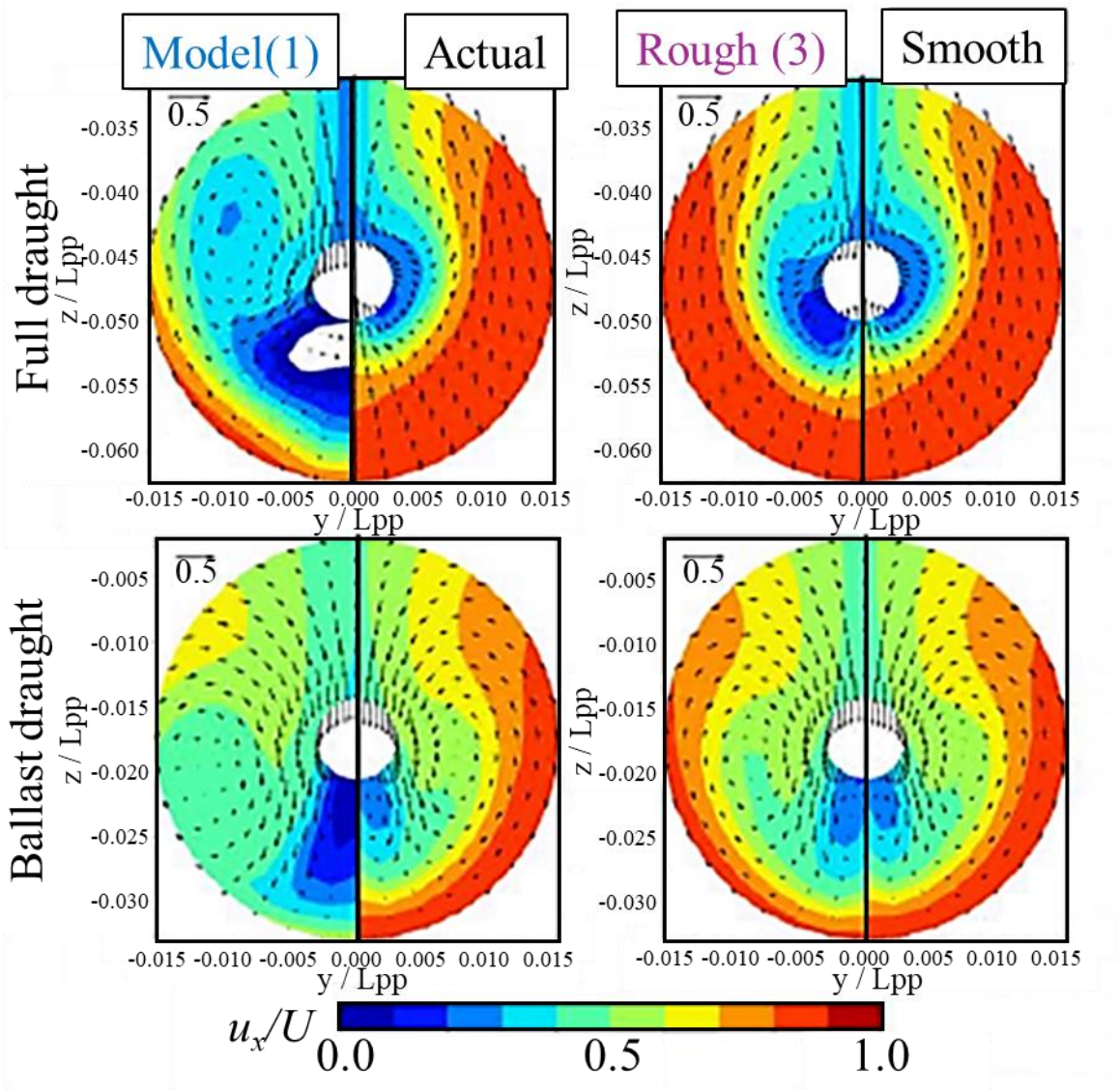


図Ⅰ. 2. (1). ①. 6 水路内 Z 試験 CFD シミュレーション航跡
(赤:舵角 10deg.、黄:20deg.、緑:30deg.)

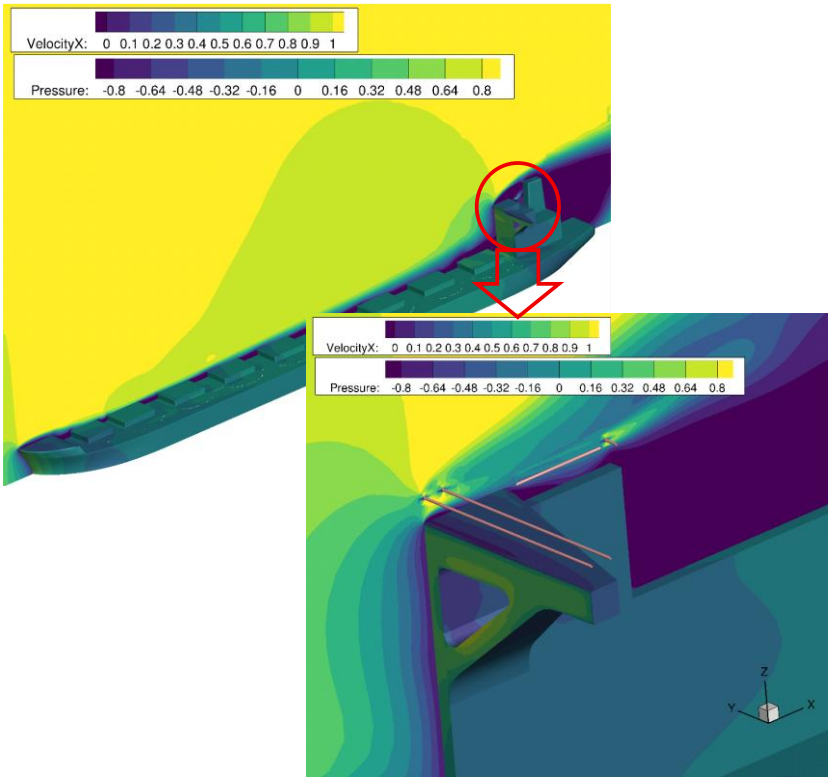
(2)総合性能評価のための CFD によるシミュレーション技術開発

① 実船性能の高精度推定に向けた数理モデル・新規計算手法の開発

実船性能推定のための数理モデル及び新規手法として粗度塗料壁関数モデルを開発した(神戸大学との共同研究)。実際の塗料を使った計測データに基づき、粗度高さと粗度波長をパラメータとした壁関数モデルを構築した。模型と実船のスケール影響、粗度有無の影響、満載とバラストの喫水状態の影響等を明らかにした(図Ⅰ. 2. (1). ①. 7)。有限体積法と格子ボルツマン手法のハイブリッド手法において格子ボルツマン法の埋込み境界法を導入し、物体適合格子と埋込み境界法により物体影響を考慮しつつ、相互干渉を重合格子手法で考慮できる手法を開発した。本手法を上部構造物周りに適用し、主要な構造物周りには有限体積法、付加的な構造物周りには埋込み境界法による格子ボルツマン法を適用し、相互干渉を考慮できることを示した(図Ⅰ. 2. (1). ①. 8)。ラダーホーン付き舵等について、複数の格子ブロックで再現して重合関係を生成することで、形状を処理できる重合格子手法を開発した。また、フィンスタビライザーのように計算途中で物体が動くことで物体の接合部が更新されるような状態も扱える動的重合格子手法を開発した。



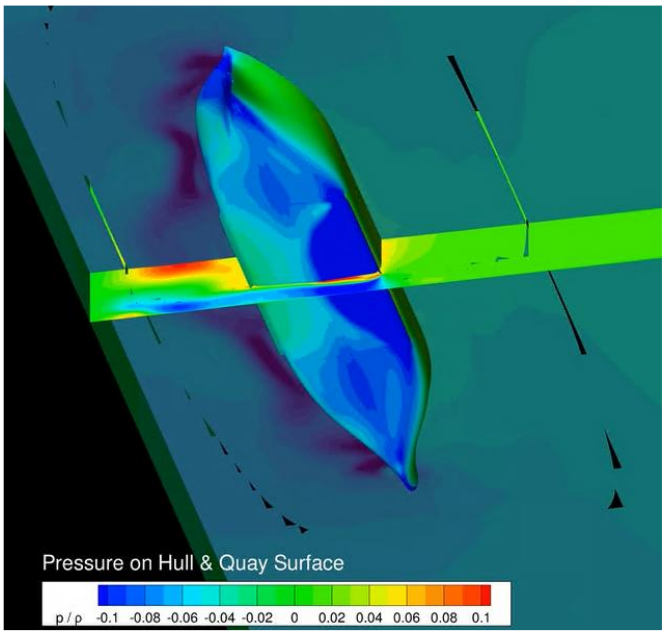
図Ⅰ．2.（1）．①．7　船尾のプロペラ位置の伴流分布(船速で無次元化)に対する模型(Model)と実船(Actual)スケール差(図中、左２つ)、粗度(Rough)有無(図中、右２つ)、喫水状態(図中、上下)の各影響の比較



図Ⅰ．2.（1）．①．8　上部構造物周り流れ全体図とハイブリッド法による付加物流れ付近の拡大図
（物体表面圧力分布と流速分布）

② 港湾内操船を主とした操縦性能推定法の開発

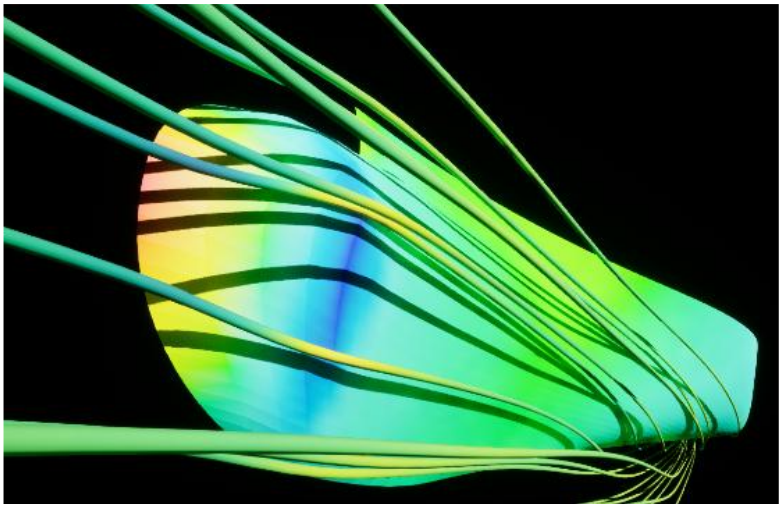
港湾内操船を主とした操縦性能の推定に向けて、離接岸時のシミュレーションを行い、流体力の時間変動を精度良く推定できることを確認するとともに、離接岸時の複雑な流場の変化を明らかにした（図Ⅰ．1.（1）．①．9）。狭水路内の風外乱下での舵 PD 制御による自由航走状態での針路保持計算手法を開発し、制御ゲインによる針路不安定、風外乱有無による針路の変化等を確認した。



図Ⅰ．2.（1）．①．9　離岸シミュレーションにおける離岸時の船体表面圧力分布と
ミッドシップ位置断面の流速分布の可視化

③ 仮想現実手法を導入した新たな設計手法の開発

仮想現実手法により、CFD 計算結果を仮想空間内で対話的に探索・更新できる可視化システムを開発し、仮想空間内で任意断面と任意位置の流線の設定と変更を、仮想空間用のデバイス(XR デバイス)を使用して対話的に可視化できることを確認した(図Ⅰ. 2. (1). ①. 10)。



図Ⅰ. 2. (1). ①. 10 仮想現実手法による船体表面圧力分布と流線の可視化

④ MBSE 対応システム化

重点研究 5 及び経済安全保障重要技術育成プログラム(K-program)採択課題と連携し、次年度予定の水槽試験の計画及び準備等を行うとともに、高精度化に向けて、データ同化機能として乱流モデルパラメータの設定インタフェース等を整えた。

(3)波浪中復原性に起因する船舶の危険事象を再現する技術開発と基準に関する研究

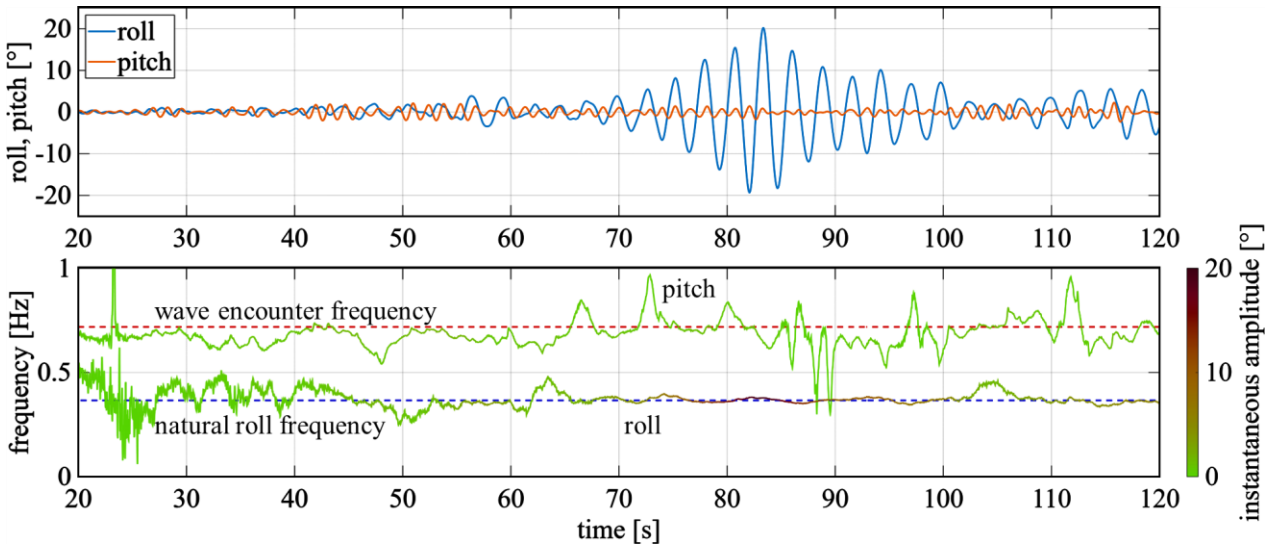
① 波浪中復原力変動を考慮した船体運動シミュレーションの運動軸の拡張

波浪中の復原力変動を考慮したパラメトリック横揺れ時の船体運動計算法について、運動軸を左右揺れ、上下揺れ、横揺れ、縦揺れ、船首揺れの 5 自由度に拡張するための数学モデルを定式化した。また、本数学モデルに基づいた計算プログラムの大枠を作成した。5 自由度のパラメトリック横揺れ計算法について、先行研究では横揺れを過大評価する傾向が示されているが、自由航走試験結果との比較に基づく検証に限られているため、誤差要因の究明には至っていなかった。一方で本シミュレーションでは、過去に当所で実施した曳航試験結果と比較を可能とするため、先行研究に対してモデルの変更を行っている。これにより、平均的な船の位置や船首方位の推定誤差を除いて、横揺れの推定精度に及ぼす時間変動する波力及び復原力の誤差等の影響を評価することが可能である。さらに本モデルでは、時間変動する波力や復原力に加えて、縦運動と横運動の連成に伴って生じる船体運動の慣性力に含まれる非線形成分も考慮している点に、先行研究と比較して新規性を有している。

② パラメトリック横揺れの予兆検知技術の開発と国際基準評価ツールの運用

パラメトリック横揺れの予兆検知技術として、モード分解手法を用いてパラメトリック横揺れ発生前後における瞬時振幅の増加、及び瞬時周波数が横揺れ固有周期付近に収束する特徴を可視化する手法を確立した。本手法の成果を日本船舶海洋工学会講演会において発表した。合わせて本手法の適用可能性について、様々な出会い波条件下で計測した模型試験データにより検証した結果、いずれの出会い波条件においてもパラメトリック横揺れの発生状況を可視化できることを確認した(図Ⅰ. 2. (1). ①. 11 は 30deg.追波時の動揺データの解析例)。また、前年度に作成した IMO 第二世代非損

傷時復原性基準（SGIS）の５つの危険モードの脆弱性評価計算コードを統合したソフトを海技研 HP で 2025 年 7 月に公開した。造船業界による当該ソフトの試用を促すため、海技研発表会や復原性研修等で普及活動を行った。さらに、SGIS で用いられる海象条件について IACS Rec. No. 34 の改正（2022）が基準に及ぼす影響を調査した。その結果、海象データの更新により判定結果が逆転する可能性があることが示された。このため、計算パラメータ及び基準値の再設定が必要となるが、これらを適切に再設定することで安全レベルが維持されることを確認した。本成果を ISSW2025 において講演した。

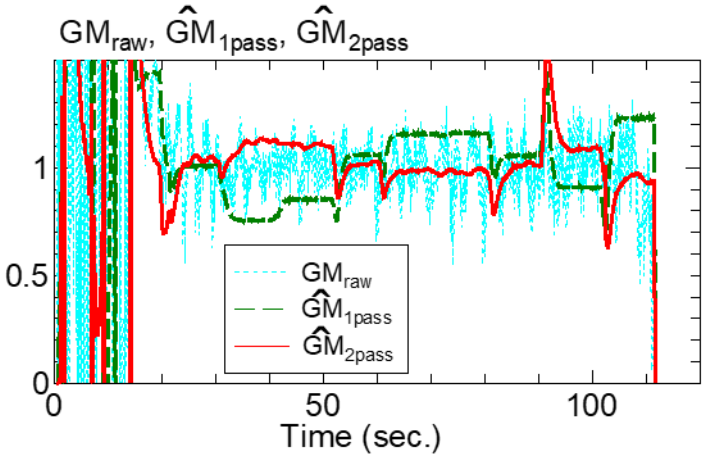


図Ⅰ．2.（1）．①．11 斜め追波の短波頂不規則波中のパラメトリック横揺れ時の roll 及び pitch の振幅・瞬時周波数

③ 小型船舶の GM 推定法の提案と復原性試験解説動画の作成

既往の船上における時系列データを用いた GM 推定法では、横揺れ固有周期と慣動半径の関係を用いた手法が主流である。これに対し本研究では、これらの量に依存しない新たな GM 推定法を開発した。本手法は、旋回運動中に生じる外方傾斜と GM の関係に基づいて GM を運動学的に導出し、横傾斜モーメントレバーを介した物理整合特徴量を外生入力とする ARX モデルを構築するものである。モデル構造は AIC 最小法で選択し、2 回の逐次予測を行うことで推定結果の自己整合性を高めた。水産技術研究所の調査船「たか丸」（船長 29.5m）による傾斜試験と旋回試験データで検証した結果、定常・非定常の双方で推定 GM は傾斜試験値と 4～5%の誤差で一致し、旋回という操作起因の非定常状態を含むオンボードデータから GM が推定可能であることを示した（図Ⅰ．2.（1）．①．12 及び表Ⅰ．2.（1）．①．1）。この成果は 2026 年春の日本船舶海洋工学会講演会において発表される。

また、調査船たか丸で実施した復原性試験の様子を撮影した動画を用いて復原性試験解説動画を作成し、例年実施している海事局依頼の復原性基礎研修の教材として活用された。



図Ⅰ．2.（1）．①．12　旋回時非定常データを用いた推定 GM
（青：観測値、緑：逐次予測（1 回）、赤：逐次予測（2 回））

表Ⅰ．2.（1）．①．1　舵角差 0.5deg.で区切った区間ごとの推定 GM 中央値
（傾斜試験での GM は 1.063m）

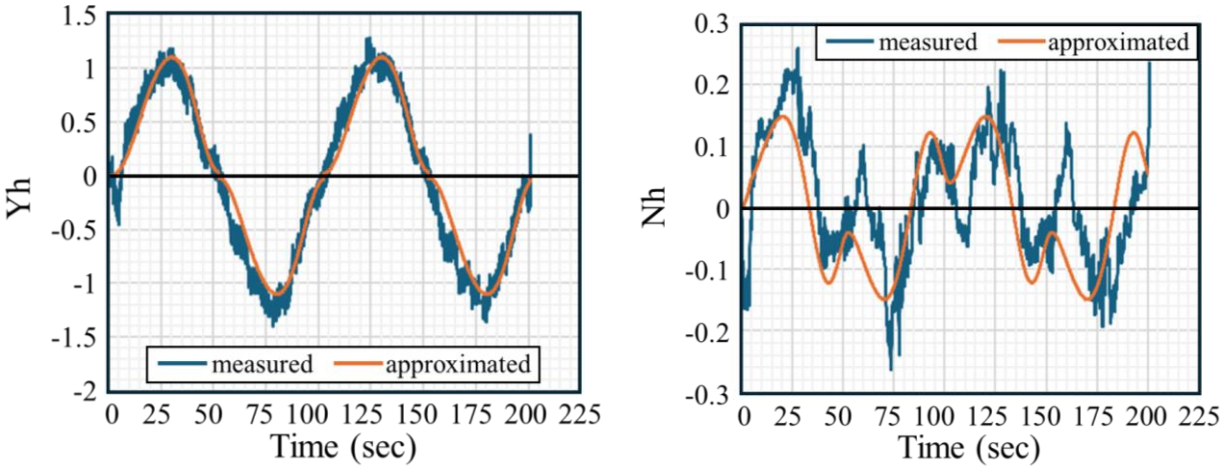
	Start (s)	Duration (s)	δ (deg)	U (m/s)	$\widetilde{GM}$ (m)	Num. of data
1	0.35	1.95	-1.6	5.75	1.494	17
2	2.35	8.95	0.2	5.71	1.486	168
3	11.35	9.95	12.8	5.59	1.376	196
4	**21.35**	**80.95**	**11.6**	**5.13**	**1.017**	**1620**
5	102.35	9.95	0.2	4.85	0.931	200
6	112.35	0.30	-2.5	5.14	-4.621	7

（4）港内で錨泊する船舶の安全性評価のための技術開発

① 錨泊中の船体に働く外力の推定手法の研究

「ヨー（Yaw）回転テスト」の解析手法を改良して、操縦流体力の推定モデルを構築した。振れ回り運動を模擬した曳航実験で計測された操縦流体力と本モデルを用いた操縦流体力の推定結果の比較を行うことで、本モデルの実用上の妥当性を確認した（図Ⅰ．2.（1）．①．13）。

旋回角加速度の符号が逆転する際に回頭モーメントの推定精度が若干低下するものの、これは船体運動（u, v, r）をパラメータとする既存のモデルで表現することは困難であると考えられる（図Ⅰ．2.（1）．①．13(b)）。



(a) 横力　　(b) 回頭モーメント

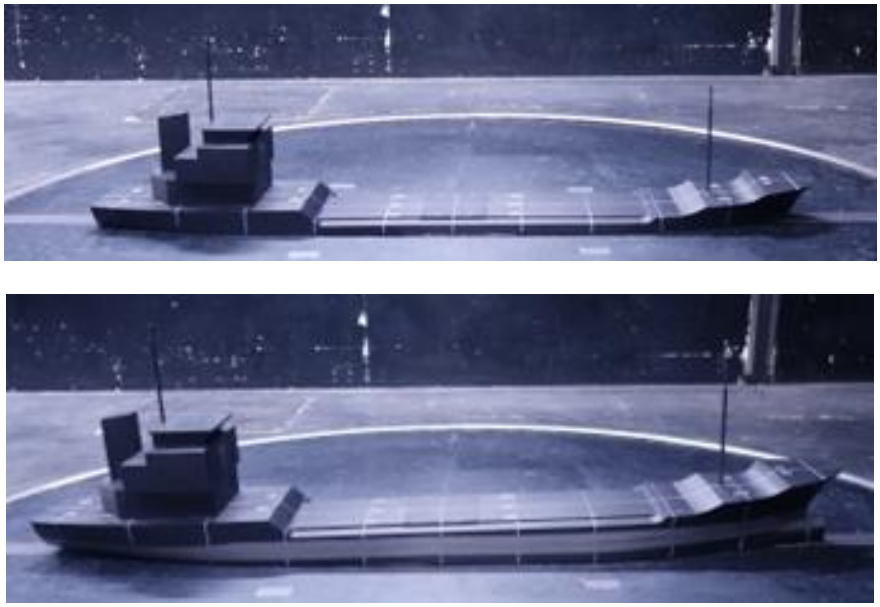
図Ⅰ. 2. (1). ①. 13　振れ回り運動を模擬した操縦流体力の比較

国内で行われている錨泊は、入港前の沖待ちや荒天回避を目的として実施される場合がほとんどである。これらの錨泊を行う機会が多い船型として、内航タンカーが挙げられる。現在、国内で運航されている内航タンカーは満載時の乾舷が低く、従来とは異なる状態で運航されている。(図Ⅰ. 2. (1). ①. 14)

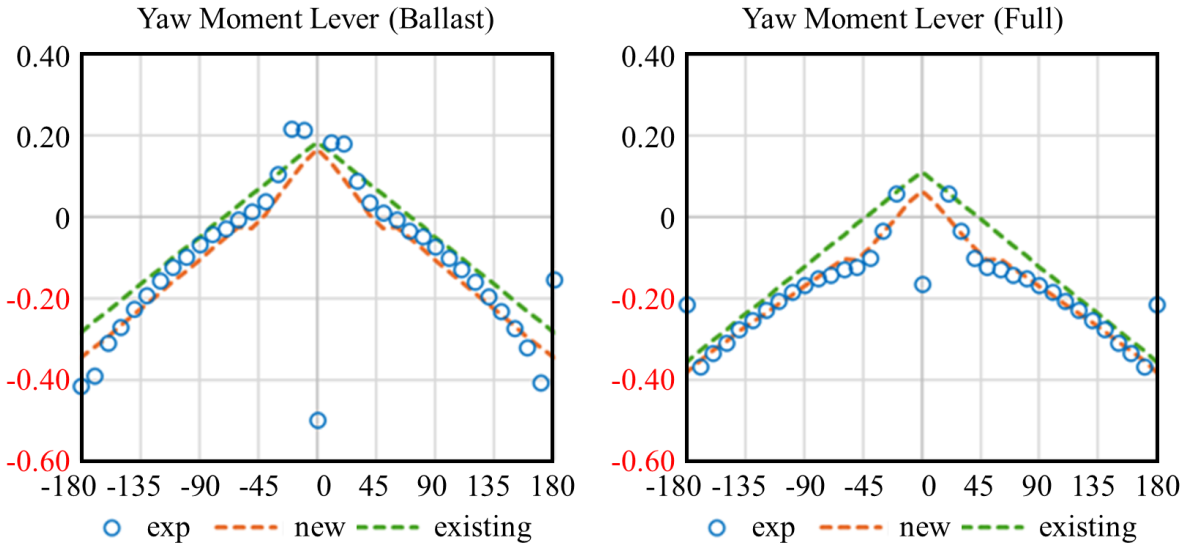
錨泊時の振れ回り運動の主要因は風圧力及び風圧モーメントであると考えられる。走錨事故を低減するためには、振れ回り運動時に船体に作用する風圧力と風圧モーメントを適切に評価することが重要である。

そこで内航タンカーを対象として風洞試験を実施した結果、既存の風圧力・風圧モーメントの推定式では風圧モーメントに関して無視できない推定誤差を生じることが確認された。この結果を踏まえ、風洞試験に用いた模型船の要目及び試験結果から、風圧モーメントの着力点を推定する新たな推定法を構築した。

船体は主船体、船首フレア、及び上部構造物から構成されていると考え、主船体については既存の推定式を適用し、それ以外の部位については各部位の要目を用いた新たな推定式を構築した。風洞試験結果と、既存の推定式及び新たな推定式による推定結果との比較を図Ⅰ. 2. (1). ①. 15 に示す。既存の推定式による結果は単純な形状となる一方で、新たな推定式では試験結果をより適切に捉えた形状が得られた。

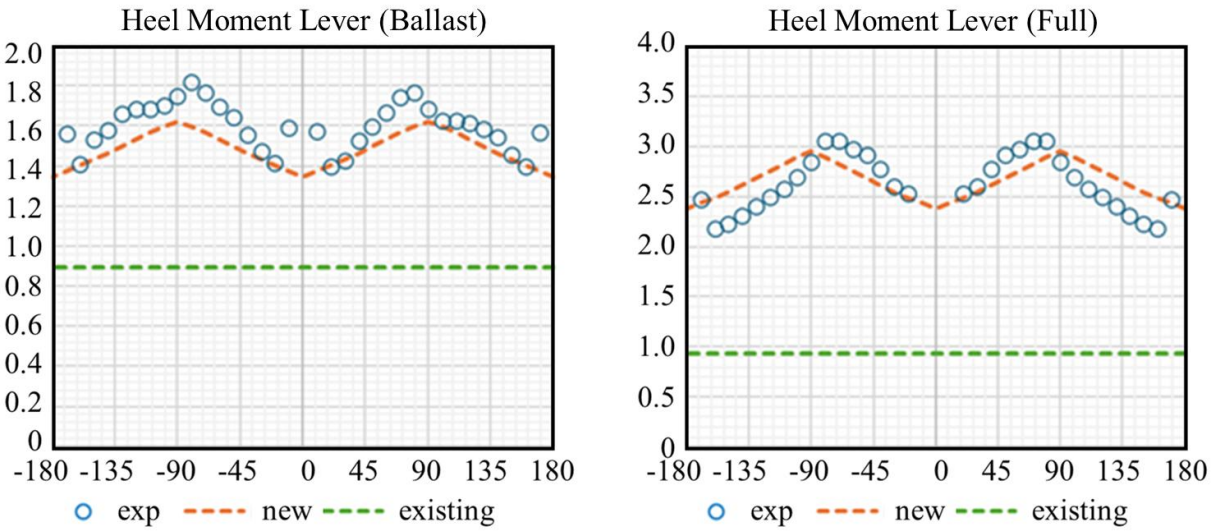


図Ⅰ．2．(1)．①．14　風洞試験の模型船における乾舷の違い
（上は満載状態、下は軽荷状態を示す）



(a) 回頭モーメントの着力点の比較

図Ⅰ．2．(1)．①．15　検討対象の内航タンカー形状と風圧モーメントの着力点の比較（続く）



(b) 横傾斜モーメントの着力点の比較

図Ⅰ. 2. (1). ①. 15　検討対象の内航タンカー形状と風圧モーメントの着力点の比較

既存の推定式で用いている着力点は単純な形状を想定している。図Ⅰ. 2. (1). ①. 15 (a)及び(b)に示す通り、回頭モーメントの着力点は傾斜モーメントと比較すると相対的に良好な一致を示しているものの、相対風向角が向い風を中心として±50deg.程度の範囲における急激な変化を十分に表現できていない。また、既存の推定式から得られる傾斜モーメントの着力点は、乾舷の違いを適切に表現できていないことが確認された。これは、既存の推定式が風圧側面積の重心高さと船舶の全長との比によって表現されているため、全長に対して重心高さの変化量が小さい船舶では乾舷の違いを表現することが困難であるためと考えられる。

そこで、これらの問題点を考慮し、新たな推定式では主船体とそれ以外の部位に分割し、各部位に対応した要目を用いて推定式を構築した。その結果、新たな推定式は風洞試験結果を良好な精度で推定できていると考えられる。ただし、条件によっては推定精度が若干低下する場合も認められるため、今後も引き続き検討を行う予定である。

② 船体に働く錨鎖張力の推定法の確立

船体に働く錨鎖張力の推定法は上記の小項目の研究成果を活用し、振れ回り運動時に船体に作用する外力を適切に推定できることが不可欠である。上記小項目の検討と並行して、振れ回り運動時の船体運動、船体に作用する外力及び錨鎖張力の関係について再検討を行った。

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載等論文：4 編

・Yoshiaki Kodama, Masatoshi Hirota, Hiroshi Kobayashi: Generation of structured grids using shrink and recover algorithm, Journal of Marine Science and Technology, Vol. 30, pp. 432–446, (2025).

・Katsutoshi Takeda, Fuminori Yanagimoto, Daichi Ota, Tomoki Takami, Takako Kuroda, Kinya Ishibashi, Naoya Umeda: Validation of operational guidance for parametric roll based on the extended Grim's effective wave theory: insights from tank tests and 6-DOF simulation, Journal of Marine Science and Technology, Vol. 30, pp. 996–1012, (2025).

・Nobuaki Sakamoto, Hironori Yasukawa, Masanari Kagamizono, Masaaki Sano, Takuya Ohmori, Kunihide Ohashi: 6DoF free-run CFD and its comparison with experimental data: turning and zig-zag maneuvers of KCS in shallow water, Journal of Marine Science and Technology, Vol. 30, pp. 885–908, (2025).

・Kuroda, T.: Study of parameters for excessive acceleration failure mode in design stage, Ocean Engineering, Vol. 350, 124250, (2026).

□査読付き国際会議論文：0 編

□和文査読付き論文：0 編

□各種表彰の受賞：1 件

・黒田貴子，宮崎恵子，太田進: New righting test method for lifejackets using buoyancy Material considering clothing influence，日本航海学会論文賞（2025/6/5 受賞).

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：3 件

・複雑形状物体まわり流場計算のための重合格子処理プログラム UP_GRID Ver. 2.1

・重合格子による物体まわりの粘性流場計算プログラム NAGISA Ver. 4.03

・重合格子統合生成ソフト Jupiter UP_GRID Studio Ver. 1.0

□その他

◆国際活動：13 件

・北川泰士: ITTC Manoeuvring Committee 委員（第 2 回対面会合、CFD ベンチマーク計算チーム対応）(計 2 件)

・黒田貴子: ITTC Stability in Wave 専門委員会（対面 1 回、Web 会議 10 回）（計 11 件）

◆その他の全文査読付き論文等：4 件

・Takuya Ohmori, Kunihide Ohashi, Yoshitaka Furukawa, Hiroshi Ibaragi, Yuya Matsunaga: VISCOUS CFD SIMULATION OF PMM TESTS IN SHALLOW WATER AND IN A CANAL, Proceedings of the 7th International Conference on Ship Manoeuvring in Shallow and Confined Water (MASHCON 2025), International Workshop on Ship and Marine Hydrodynamics, pp. 425–433, (2025).

・Daichi Ota, Yasushi Kitagawa, Takuya Omori: Automatic Tuning of MMG Model Coefficients Using Simulated Annealing Based on Manoeuvrability Indices, Proceedings of the 13th International Workshop on Ship and Marine Hydrodynamics, Paper Number: IWSH2025-010, (2025).

・Masatoshi Hirota, Yasushi Kitagawa, Hiroshi Kobayashi: Evaluation of Mock Quay Wall Dimensions for Tank Tests Based on Numerical Analysis of Wall Effects, Proceedings of 16th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures (PRADS 2025), (2025).

・Kuroda, T. and Sakai, M.: Possible influence of the IACS Rec. No. 34 Rev. 2 on the second generation intact stability criteria, Proceedings of the 20th International Ship Stability Workshop, (2025)

◆その他発表論文：12 編

・廣田匡俊，北川泰士，小林寛: 岸壁近傍における船舶の離着岸時の側壁影響に関する CFD 解析，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 40 号, pp. 845-852, (2025).

・廣田匡俊，北川泰士，小林寛: 模擬岸壁寸法の変化が船体離着岸時の流体力に与える影響について，第 25 回海上技術安全研究所研究発表会, PS-4, (2025).

・北川泰士: 舵力モデルと自由航走模型試験の最近の研究，日本船舶海洋工学会関西支部シンポジウム「操縦性理論の手法と歴史－MMG モデルの歴史・基礎・応用－」, (2025).

・大森拓也，大橋訓英: 狭水路内 Z 試験実施のための数値的検討，日本船舶海洋工学会第 33 回推進・運動性能研究会, (2026).

・大橋訓英: 有限体積法と壁面反射条件に基づく格子ボルツマン法のハイブリッド計算の船舶上部構造物流れへの適用検討，日本流体力学会年会 2025 講演論文集, (2025).

・大橋訓英: 領域分割とハイブリッド並列における動的重合格子手法の高速化の検討，第 39 回 数値流力学シンポジウム, (2025).

・大橋訓英: Introduction of Maritime Research Field including Application of Numerical Simulation toward Model Based Design and Perspective of Ability Recommended for Recent DX Days，九州大学工学研究企画セミナー, (2025).

・桑原駿，大橋訓英，西岡諒，勝井辰博: 船底塗料の粗度を考慮した実船 CFD について，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 40 号, pp. 437-448, (2025).

・西岡諒，勝井辰博，大橋訓英，桑原駿，佐藤利紅，坂本信晶: 表面塗膜粗度を考慮した低 Re 型 CFD 計算による船舶の性能評価，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 40 号, pp. 427-436, (2025).

・大田大地，黒田貴子: 変動モード分解による不規則波中パラメトリック横揺れの予兆検知に関する基礎検討，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 40 号, pp. 331-334, (2025).

・黒田貴子: 第二世代非損傷時復原性基準 5 モード脆弱性基準計算ソフトウェアの紹介，第 25 回海上技術安全研究所研究発表会, (2025).

・H. MIYAZAKI, Y. TSUKADA: Study on Prediction Method of Manoeuvring Hydrodynamics Forces acting on a Ship Moving Laterally with Yawing Motion at Low Speed, Proceedings of 11th Pan Asian Association of Maritime Engineering Societies (PAAMES) Forum and Advanced Maritime Engineering Conference (AMEC) 2025, (2025).

◆公開実験：1 件

・多分割造波機による“文字造波”及び実海象波浪場の再現試験（2026/1/23）

B. 次世代船舶技術の社会実装に不可欠なリスク解析技術の構築

研　究　の　背　景

従来、船舶の安全基準は主として運用の経験に基づいて策定されてきた。しかし、近年、国際海事機関（IMO）においては、長年の実績を待たずに、技術的検討に基づいて安全基準を策定する事例が増えている。さらに、具体的な安全対策を規定する記述的要件に代えて、安全目標と機能要件による規定方法が採用される傾向や、設計段階におけるリスク解析の要求など、新しい開発物を想定したより早い段階からのリスク対応を求めるようになっている。

国土交通省が策定した国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップに基づき水素やアンモニアの新燃料の安全利用を図るため、また、従来とは異なる貨物の安全輸送を図るため、海上輸送を行う主体の事業者、基準策定や船の承認に係る主管庁及び船級機関、事故時の緊急対応にあたる海上防災当局等が定量的にリスクを見極めるためのリスク解析技術の整備が必要となっている。このように海域を通航する船舶や貨物が多様化する中、成長戦略実行計画（2021年 6 月 18 日閣議決定）における洋上風力の導入目標達成に向けて海域利用の促進が予想されるため、海上交通の安全確保が必要となっている。

本研究課題では、これまでに実績が無い技術を導入した船舶、既存のガイドや規則の適用が難しい船舶を新コンセプト船とし、現在社会実装化に向けて開発されている自動運航船、新規燃料船、新規貨物船を対象に、これら海上輸送を取り巻く様々な技術の安全上の懸念を解決するため、安全性評価のためのリスク解析技術の開発と関連規則の策定に関する研究を実施する。

研　究　目　標

IMO や船級等の規則/ガイドライン等において、設計時にリスク評価を要求する例が増加しており、新コンセプト船の実現のためには、それらの船舶に適したリスク評価手法が必要である。また、新コンセプト船を代替設計の同等安全性評価により主管庁承認するためのリスク評価手法も必要である。

自動運航船の安全性評価においては、従来のハードウェア中心のシステムでは無く、ハードウェア・ソフトウェア・人間が相互に作用することを考慮した、大規模・複雑システムとしての自動運航船に適した定性的な評価手法、及び事例の存在しない自動運航船のリスクを定量的に推定する定量的評価手法を開発する。

現行規則に無い新燃料（水素・アンモニア）使用に際して、リスクベースによる代替設計の同等安全性評価が重要となる。その評価に必要となる、燃料漏洩に伴う拡散・火災・爆発・急性毒性による影響度解析の実用的手法の開発を行う。

新規制対応に伴う廃炉等の結果、従来の核燃料や廃棄物のみならず、これまでに輸送実績が少ない解体廃棄物や溶融燃料が将来的に船舶輸送される可能性があり、放射性物質輸送の安全を確保するための安全評価手法を開発する。

海上保安庁の第 5 次交通ビジョンに掲げられる再エネ海域利用法施行を背景とした施設設置海域の海上交通の安全対策の策定、衝突リスク評価手法及び安全運航の監視評価手法に関する研究を実施する。また、運航・着離桟・荷役等の自動化には地形・気海象・港湾施設等のデジタル情報が必要であり、これらを地図の付加情報とする船舶版ダイナミックマッププラットフォーム（DMPF）の整備構築に関する技術的検討を実施する。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

（1）新コンセプト船に係るリスクベース評価手法の開発

① 新コンセプト船のリスク解析のためのモデルベースリスクアセスメント手法の開発

前年度までに UML（Unified Modeling Language）を応用したシステムモデリング手法等を使って、船橋内を対象にシステムモデル化及びリスク解析(HAZID)を実施してきたが、R7 年度は自動化された機関室を対象とするモデル化を実施し、当該モデルを利用したリスク解析を実施した。

自動運航船のリスク解析では、対象となる自動運航船の形態や使用方法等をまず理解する必要

がある。そのような対象物と運用の概念は ConOps と呼ばれる文書として纏められることがシステム工学では一般的であり、それらの ISO 等の国際標準も存在するが、自動運航船に関してはその方策が確立されていない。このような背景のもと、今年度は機関室も含めた自動運航船の ConOps の確立等に資することを目的として、航空機等の他分野における記述を参考に指針案の改良を行い、具体的なサンプルの作成を実施した。

② 新コンセプト船に由来する不確実性を考慮したリスク定量化手法の研究

船舶の実際の航海では、COLREGs(Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea : 海上における衝突の予防のための国際規則に関する条約)に基づく行動の義務が発生すると考えられている「衝突のおそれ（Risk of Collision）」が発生する前に避航動作が取られる。しかしながら、既往研究ではこの点が十分に考慮されていなかった。このため R7 年度は、前年度までに構築した自動運航船の衝突回避失敗確率推定モデルを階層的に再構成し、実際の操船行動を反映するよう改良した。一方、自動運航船ではソフトウェア不具合に起因する衝突回避失敗が想定されるものの、ソフトウェア不具合確率に関する利用可能なデータは存在せず、これを直接考慮した推定は困難である。そこで、ソフトウェア不具合確率を複数設定し、自動運航船の衝突回避失敗確率推定モデルにベイジアンネットワークを適用することで、パラメトリック解析に基づいて自動運航船の衝突回避失敗確率を定量的に推定した。

（2）新規燃料船に係る影響解析手法の開発

① 物理化学現象を考慮した大気拡散解析に関する研究

前年度に開発したアンモニア蒸発プールモデルの結果を CFD 解析のガス発生源として境界条件に組み込んで、プール蒸発から CFD による大気拡散解析まで一貫して解析を実施するための GUI コードを開発した。加えて、漏洩するガスが大気よりも密度が高い場合（プロパン、極低温メタン、凝縮した液滴を伴うアンモニア等）を対象に、密度によって成層状態となる現象が乱流拡散へ及ぼす影響を考慮可能な代数型乱流モデルを CFD コードに組み込み、既往の液化天然ガスの大規模拡散実験と比較した。

（3）放射性物質輸送に対応する安全性確保の研究

① 放射性物質輸送に対する安全評価手法の開発

R7 年度は、前年度までの成果を踏まえ、遮蔽計算コードの信頼性向上に直結する基盤整備を目的として、核データ及び群定数ライブラリーの整備・高度化に着手した。具体的には、最新の評価済み核データライブラリを基に、多群定数ライブラリの整備及びベンチマーク解析を実施し、遮蔽計算における適用性及び妥当性の検証を進めた。これにより、本手法の体系的な検証及び実務適用に向けた基盤を構築した。

（4）安全安心な海上交通環境の実現に関する研究

① 交通ルール導入による影響評価及び衝突リスク評価手法の高度化に関する研究

船長協会指定自主分離通航方式の IMO 指定推薦航路化に向けて、AIS データに基づく船舶交通分析及び衝突危険性評価を行った。航跡、通航隻数分布、遭遇頻度等を用いて交通状況及び見合い関係別の船舶遭遇の発生傾向を整理し、海域の問題点を抽出するとともに、改善の方向性を検討した。本成果は、日本船長協会から海上保安庁へ新たな推薦航路候補を提案する際の基礎資料として活用されており、現在、事業化に向けた提案及び関係機関との調整が進められている。

航路構築の事後評価手法の構築を目的として、航路を「航路システム」と捉え、設計から運用後評価までを対象とした評価の枠組みの検討を行った。システムエンジニアリングに基づく V 字モデルを

航路構築プロセスに適用し、設計段階で定義した要件や意図に対応した評価の考え方を整理した。

船舶衝突事故におけるヒューマンファクターの定量的評価を目的として、AISデータを用いた衝突危険度指標の検討を行った。R7 年度は、OZT（Obstacle Zone by Target）の定量化手法を用いて、船首方位及び対地進路の 2 種類の評価基準により計算される OCO （On-Course OZT） Intensity の比較分析を行った。また、事故調査報告書から抽出した操船者の危険認識と対応付けることで、指標と状況認識との関係を検討した。

広域において船舶の航跡から正確な行先を推定するために、隠れマルコフモデルを用いて船舶行動を行先ごとにモデル化した。また、推定した行先と実際の行先を比較し、本推定の有効性を検証した。

② デジタル基盤を活用した安全運航の監視評価手法に関する研究

DMPF のデジタル基盤活用及びクラウドベース機能の拡張を目的として、既存の外部環境データを統合する相互連携型データプラットフォームの構築と機能検証を行った。R7 年度は、気象海象データ等を API(Application Programming Interface)により集約・共有するクラウド基盤を構築するとともに、テスト開発版 DMPF と外部サービス間の連携機能を拡張した。さらに、仮想的な海事データサービス及びデモアプリを構築し、船上での実証試験を通じてデータ連携及び運航支援のためのユースケースの検証を行った。

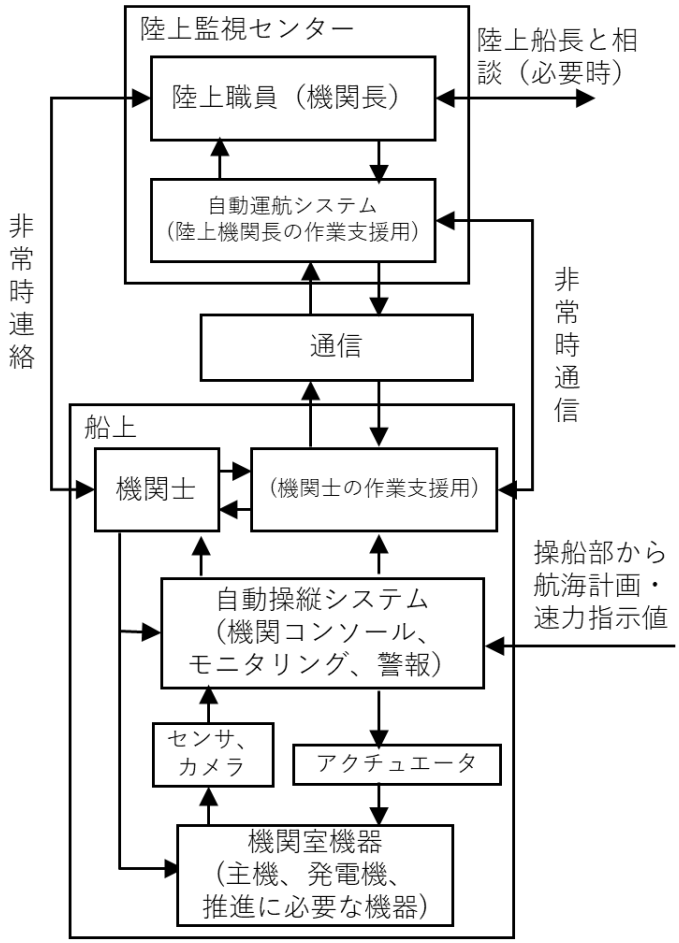
令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

（1）新コンセプト船に係るリスクベース評価手法の開発

① 新コンセプト船のリスク解析のためのモデルベースリスクアセスメント手法の開発

前年度までに開発した UML（Unified Modeling Language）を応用したシステムモデリング手法等を用いて、自動化された仮想の機関室のモデル化（図 Ⅰ . 2. （1）. ①. 16）を実施し、当該モデルを利用したリスク解析（HAZID）を実施した。前年度実施した船橋のモデル化と統合させることで、自動運航船全体（船橋+機関室）を対象としたリスク解析が可能となり、リスク解析手順における参考資料としての活用が期待される。また、これらの成果を反映した自動運航船リスク解析手順書（最終版）の作成を日本財団 MEGURI2040 事業における船技協受託事業により海技研が進めている。

さらに、前年度までに開発した自動運航船の ConOps の指針案に関して、文献調査等による改良及び当該指針案の適用例（ConOps のサンプル）の作成を実施した。

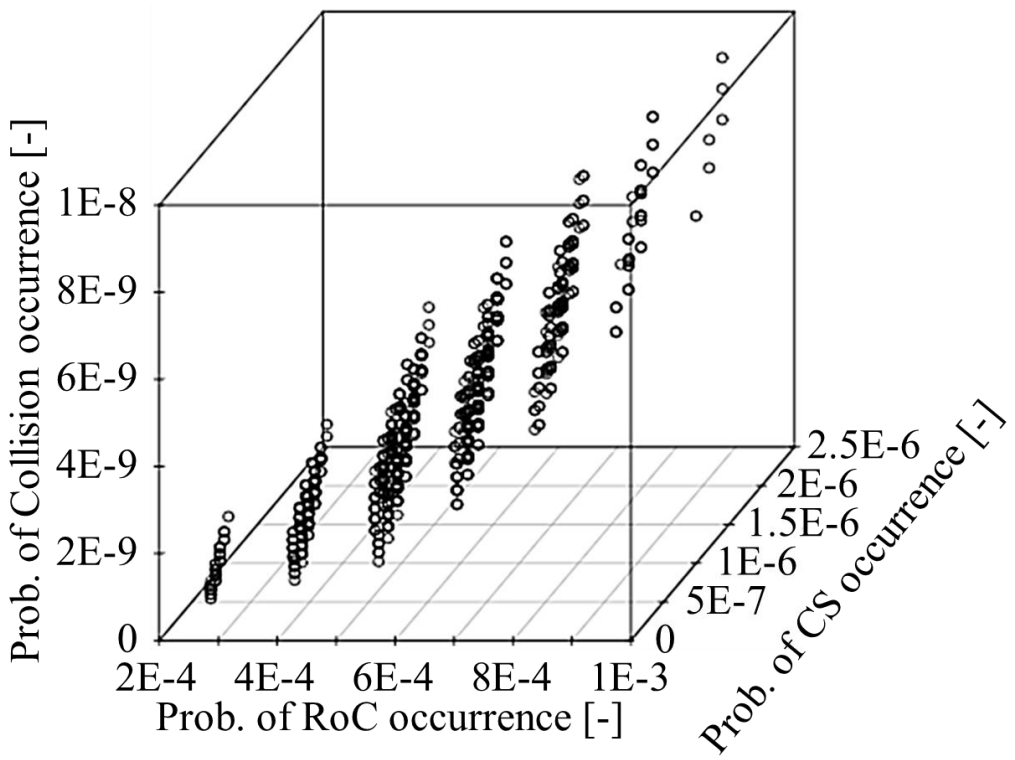


図Ⅰ．2.（1）．①．16 自動化された仮想の機関室のモデル化の結果
（陸上監視センターに陸上機関長及び陸上船長、船上に機関士が存在し、
通常は自動操縦システムによる自動的な操作（操船部が設定した速力指示値に沿った操縦）、
及び人手介入が必要と判断される場合は陸上機関長（人間）の指示による操作を想定したモデル。）

② 新コンセプト船に由来する不確実性を考慮したリスク定量化手法の研究

実際の船舶では、航行規則が適用される「衝突のおそれ（RoC : Risk of Collision）」を生じさせないような予防的操船が行われている。このような、予防的に行われる RoC 回避の要素を衝突確率推定において考慮するため、階層型ベイジアンネットワークに基づいた衝突確率推定モデルを開発した（図Ⅰ．2.（1）．①．17）。さらに、本モデルを自動運航システムに適用し、ソフトウェア不具合確率を複数設定したパラメトリック解析を行った（図Ⅰ．2.（1）．①．18）。

図Ⅰ. 2. (1). ①. 17 階層型の衝突回避失敗確率推定モデル
（衝突ハザードの進展として、Level 1：RoC 発生、Level 2：Critical Situation (CS)発生、
Level 3：衝突発生を想定。各レベルの発生要因として、認知、計画、制御の失敗を考慮し、
それらはハードウェア故障/ソフトウェア不具合により発生と仮定。）



図Ⅰ. 2. (1). ①. 18 階層型衝突回避失敗確率推定モデルの計算結果
(ソフトウェア不具合の確率の組合せを 1000 通り設定した計算結果。RoC の確率が高いほど、CS の確率が高くなり、衝突の確率も高くなることが示されている。したがって、RoC を回避することにより、衝突の可能性が大幅に減少する。)

(2)新規燃料船に係る影響解析手法の開発

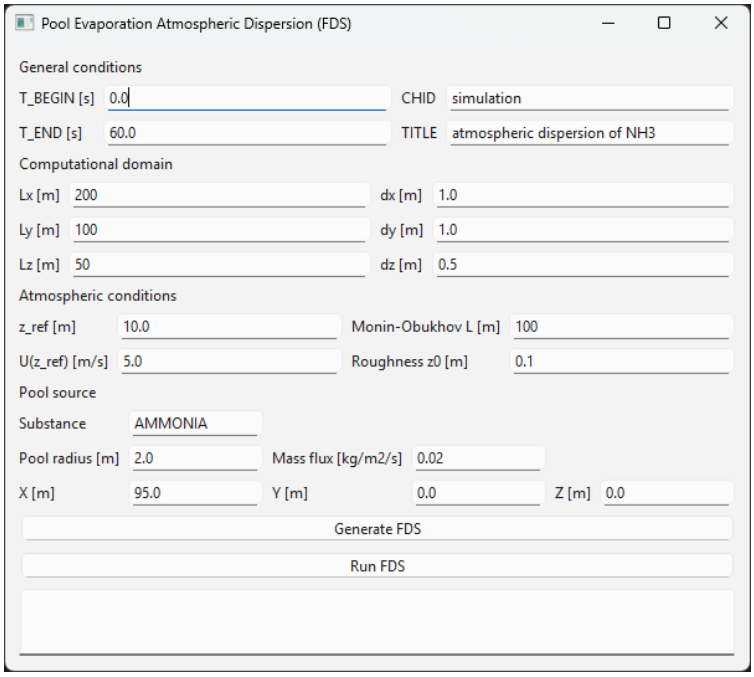
① 物理化学現象を考慮した大気拡散解析に関する研究

前年度に開発したアンモニア蒸発プールモデルの結果を、CFD 解析における蒸発面の境界条件データに変換するための Python モジュールを開発した。その上で、プール蒸発から CFD による大気拡散解析まで一貫して実行可能とする GUI コードのプロトタイプを開発した(図Ⅰ. 2. (1). ①. 19)。

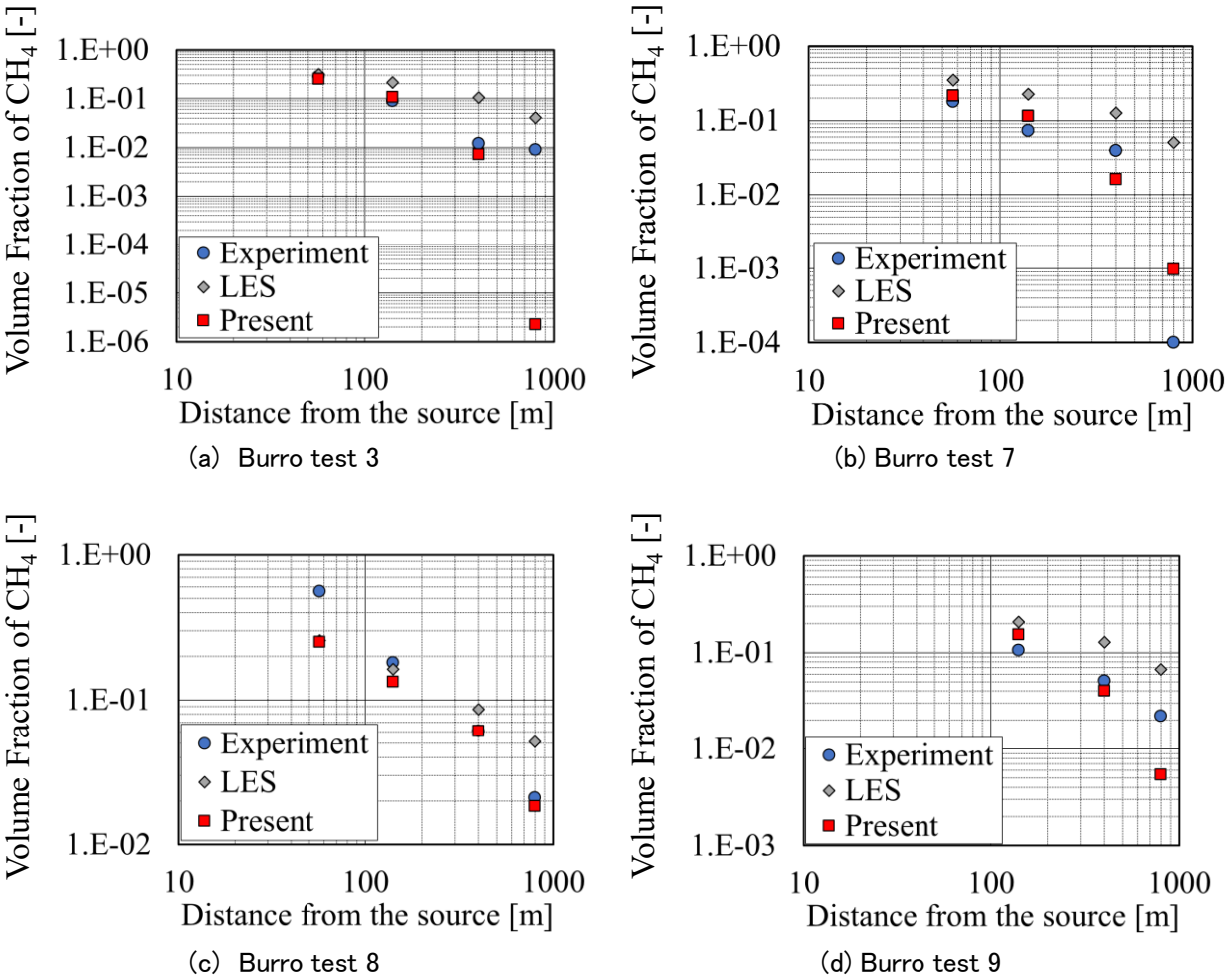
一般に、漏洩するガスの密度が大気よりも高い場合(プロパン、極低温メタン、凝縮した液滴を伴うアンモニア等)、漏洩ガスの塊は密度成層状態を形成することが知られている。このような密度成層が乱流拡散へ及ぼす影響を考慮可能なレイノルズ平均に基づく乱流モデルとして、Chan et al. (1987)の代数型乱流モデルに着目し、米国国立標準技術研究所(NIST)が開発した実用 CFD コードである Fire Dynamics Simulator(FDS)へのモデルの実装を行った。改良した CFD コードの検証として、1980 年に米国ローレンスリバモア国立研究所により実施された液化天然ガスの野外拡散実験(Burro Test シリーズ)を対象とする大気拡散シミュレーションを実施し、実験結果との比較を行った(図Ⅰ. 2. (1). ①. 20)。合わせて、FDS に標準搭載されているサブグリッドスケール渦粘性モデルを用いた数値シミュレーションも実施し、予測精度の比較を行った。

その結果、乱流解析手法として一般に高い予測精度を有するとされるラージエディシミュレーション(LES)を採用した標準 FDS と比較して、レイノルズ平均モデルに基づく改良コードの方が実験結果に近い結果を示す傾向が確認された。これは、密度成層が乱流拡散に及ぼす影響を再現できているためであると考えられる。さらに、改良コードはレイノルズ平均に基づく乱流モデルであることから、一般に比較的粗い計算格子を用いた場合にも精度を維持することが可能である。このため、計算コストを抑えつつ多数のシナリオに基づくケーススタディを実施することが可能であり、リスク解析の実務に適

した大気拡散モデルとして有効であることを確認した。



図Ⅰ. 2. (1). ①. 19 プール蒸発・CFD 一貫解析 GUI のプロトタイプ



図Ⅰ．2.（1）．①．20 LNG 拡散実験とシミュレーション結果の比較

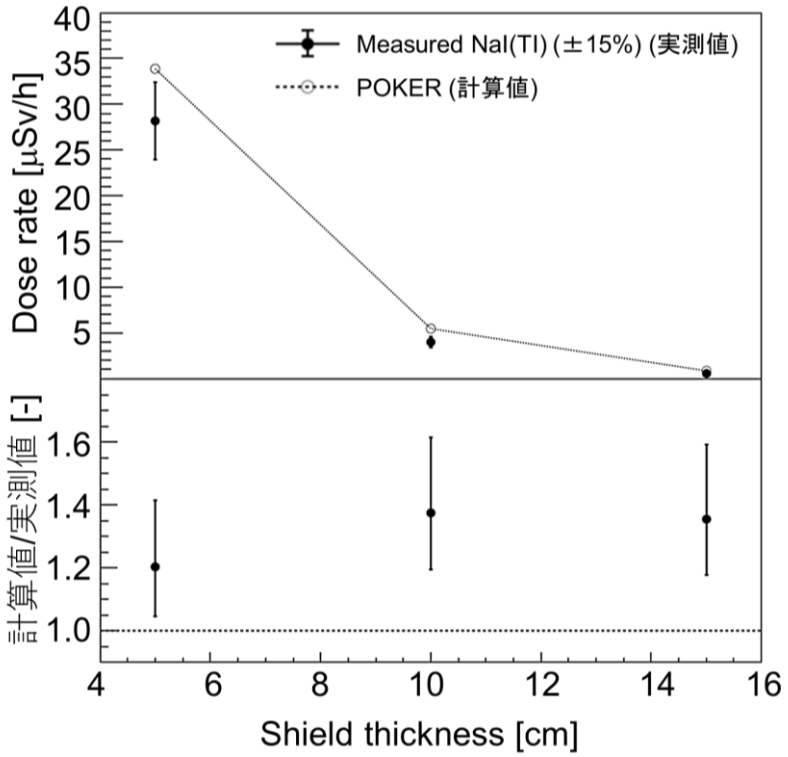
（空気より密度が高いガスの拡散において、密度成層の影響を考慮した乱流モデルを組み込んだ改良コード（Present.：赤）は、LNG 拡散実験結果（青）を良好に再現し、標準 FDS コードに組み込まれたラージエディシミュレーション（LES：灰色）よりも実験に近い傾向を示した。）

（3）放射性物質輸送に対応する安全性確保の研究

① 放射性物質輸送に対する安全評価手法の開発

鉄遮蔽体に対するガンマ線透過線量のベンチマーク解析を実施し、遮蔽計算コードの適用性及び基本的な挙動の検証を行った。遮蔽体厚さの増加に伴うガンマ線線量の減衰挙動について、計算結果は実測値の傾向を良好に再現することを確認した（図Ⅰ．2.（1）．①．21）。なお、測定値にはサーベイメータ(放射線測定器)の指示誤差（±15%）を考慮して比較を行い、測定の不確かさを含めた評価においても、本手法が遮蔽評価に適用可能であることを示した。

一方、遮蔽計算コードの信頼性向上を目的として、核データに基づく遮蔽群定数ライブラリの整備及び検証を実施した。最新の評価済み核データライブラリを基に、対象核種及びエネルギー範囲の拡充を行い、遮蔽計算に適用可能な多群定数ライブラリを構築した。さらに、代表的な遮蔽体系に対するベンチマーク解析の検討及び遮蔽計算コードへの適用方法の整理を進め、得られた知見の体系化を行った。これにより、遮蔽評価の高度化及び将来的な実務適用に向けた基盤を構築した。



図Ⅰ. 2. (1). ①. 21 鉄遮蔽体におけるガンマ線透過線量の比較(実測値と計算値)
(エラーバーはサーベメータの指示誤差(±15%)を示す。)

(4)安全安心な海上交通環境の実現に関する研究

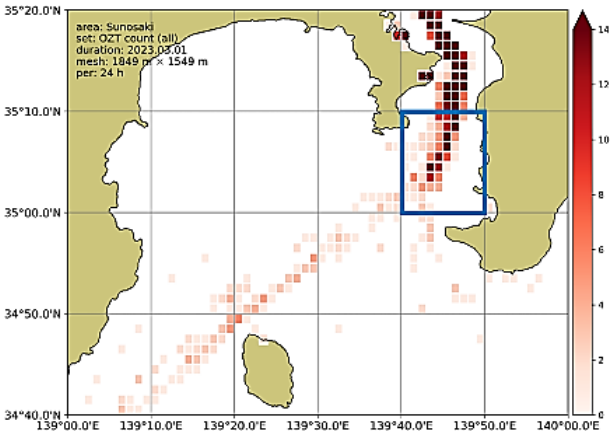
① 交通ルール導入による影響評価及び衝突リスク評価手法の高度化に関する研究

AIS データに基づく分析により、洲崎沖周辺における船舶交通の特徴及び見合い関係別の衝突危険性の分布を整理した。特に、東京湾入口、洲崎北方海域では、OZT は追越しが大部分を占める一方、遭遇頻度や Near collision(ニアミス)では Crossing(横切り)や Head-on(行き会い)の割合が高いなど、指標ごとに異なる傾向が確認された(図Ⅰ. 2. (1). ①. 22)。また、東京湾口南方海域において複数の航路の変針点が重複することにより、危険な見合いが発生しやすいことを示し、航路の延長等によって危険な見合いの発生を改善できる可能性があることを示した。

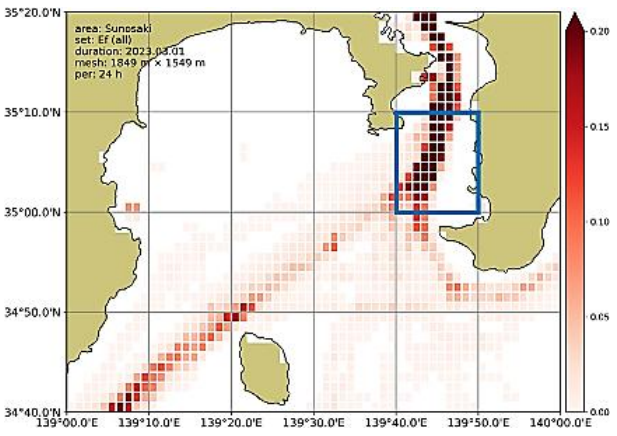
航路構築プロセスにシステムエンジニアリングで用いられる V 字モデルを適用することで、設計から運用後評価までを一体的に整理する枠組みを構築した。特に、設計段階で定義した要件や意図に対応した評価項目を整理し、実運用データを用いた事後評価の基本的な考え方を示した。今後は、検証・妥当性確認の具体的手法の精緻化及び適用事例の蓄積が課題である。

OCO Intensity の評価において、対地進路基準は操舵後の運動を反映しやすく、衝突可能性を適切に評価できることを示した。一方、船首方位基準は、操船者の認識や操船意図が影響する局面を捉える上で有効であることを明らかにした。さらに、両指標の差異が顕著となる場面は、操舵による船首方位と対地進路の乖離が操船者の認識や操船意図と対応して生じることから、ヒューマンファクターの関与が大きい可能性があり、事故解析におけるヒューマンファクター分析において有用な指標となることを示した。

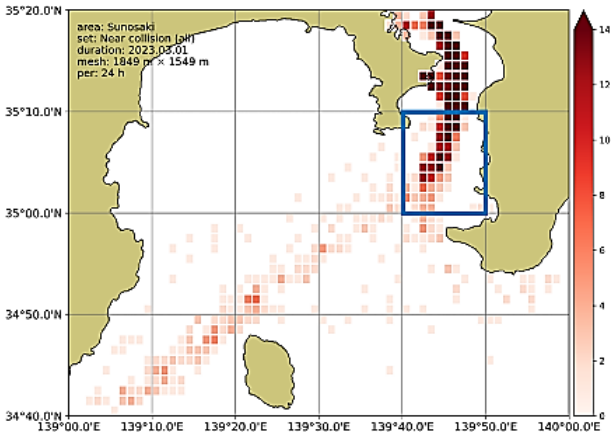
広域における船舶の航跡から正確な行先を推定するため、AIS 航跡データを基に隠れマルコフモデルを適用することで船舶行動を行先ごとにモデル化した。東京湾の浦賀水道航路を航行する船舶を対象として、位置情報を用いて行先を推定したところ、連続値の導入や船首方位のデータを追加することで、従来研究と比較して精度が向上することを確認した。



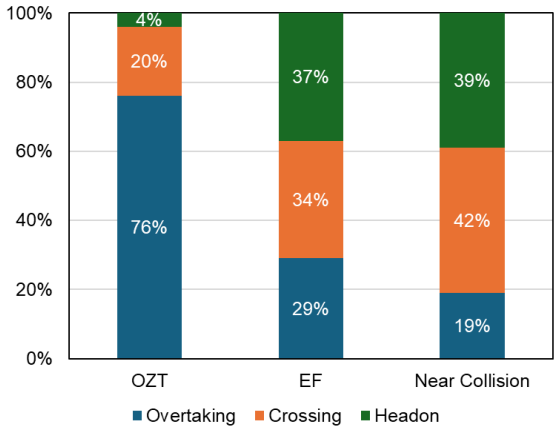
(a) OZT



(b) 遭遇頻度



(c) Near collision



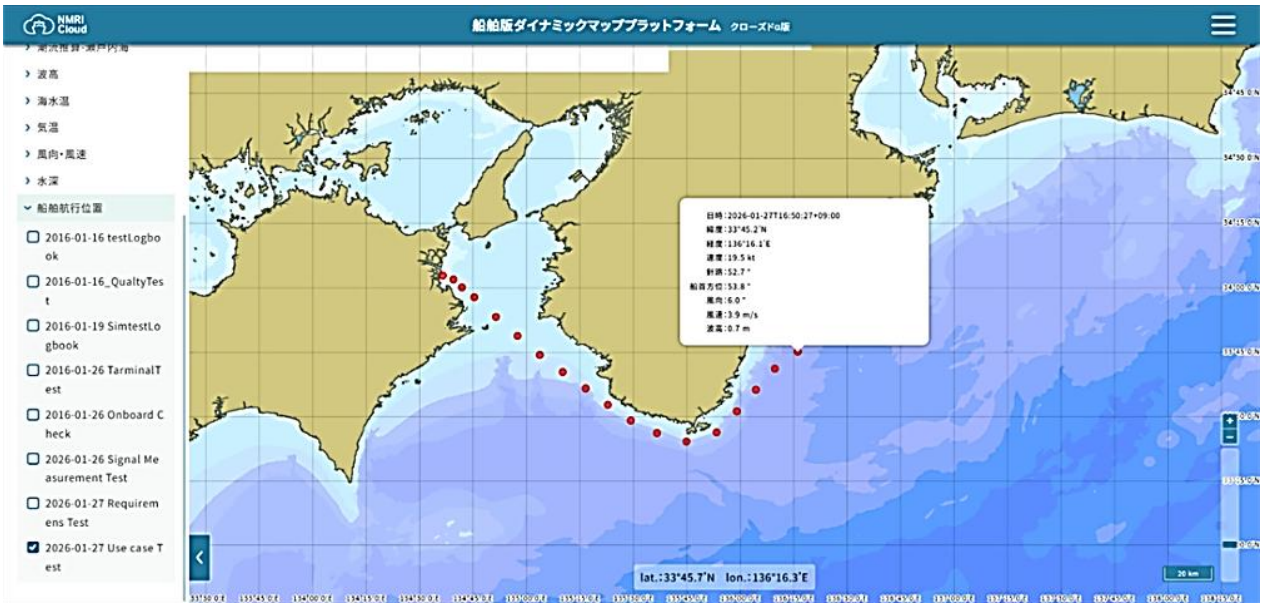
(d) 洲埼北方海域における見合い別の遭遇構成

図Ⅰ．2．(1)．①．22　指標別の 1 日当たりの船舶遭遇状況の分布(a～c)及び
洲埼北方海域における見合い別の遭遇構成(d)

(a～c の青枠で示す洲埼北方海域において、OZT では Overtaking による遭遇が多い一方、遭遇頻度(EF)や Near collision では Crossing や Head-on の割合が高い。これは、伊豆大島西岸沖を通航する北航船と南航船、及び房総沖を通航する南航船の変針地点が重なることに起因する。)

② デジタル基盤を活用した安全運航の監視評価手法に関する研究

相互連携型 DMPF を構築し、外部データと船舶観測データを統合的に扱うクラウド基盤の有効性を確認した。特に、DMPF とデモアプリ間の API 連携において安定したデータ通信が可能であり、船上環境においても実用的なデータ共有が実現できることを示した(図Ⅰ．2．(1)．①．23)。また、DMPF に実装された気象海象データの集約・可視化及び報告支援機能を通じて、DMPF が運航支援に応用可能であることを確認した。さらに、実証試験を通じて通信環境やデータ量に関する課題を整理し、プラットフォーム間連携の重要性と今後の拡張に関する方向性を明らかにした。



図Ⅰ．2.（1）．①．23 DMPF システムに集約された船上観測データの地図表示例

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載等論文：0 編

□査読付き国際会議論文：1 編

・Y. Oka, H. Oka, A. Tanno, K. Kamiya, Y. Sakurai: Practical model for predicting the smoke layer temperature in rectangular cross-sectional tunnel under natural ventilation, Proc. of the 15th Asia-Pacific Conference on Combustion, (2025).

□和文査読付き論文：3 編

・浅海里佳子，三宅里奈，伊藤博子: 事故解析における状況認識評価手法－船首方位または対地進路を用いた OZT 定量化手法の比較－，日本航海学会論文集，第 153 号, pp. 114-122, (2025).

・相野墓周平，伊藤博子，河島園子，川村恭己: タスク分析とベイジアンネットワークによる遠隔操船時のヒューマンエラー分析，日本航海学会論文集，第 153 巻, pp. 76-86, (2026).

・山木歩，伊藤博子，川村恭己，河島園子: 隠れマルコフモデルを用いた AIS 航跡データからの船舶の行先推定，日本航海学会論文集，第 153 巻, pp. 103-113, (2026).

□各種表彰の受賞：3 件

・塩苅恵，伊藤博子，柚井智洋，石村恵以子，三宅里奈，工藤潤一，河島園子: Structure model-based hazard identification method for autonomous ships，令和 7 年日本船舶海洋工学会賞論文賞及び日本海事協会賞（学会賞の副賞），(2025).

・浅海里佳子: 事故解析における状況認識評価手法―船首方位または対地進路を用いた OZT 定量化手法の比較―，航海学会フレッシュマン講演賞，(2025).

・児玉有，鎌田創: ガンマ線イベント抑制のための二層シンチレータ中性子検出器の検討，高エネルギー加速器研究機構・放射線科学センター（共催: 応用物理学会・放射線分科会）第 40 回研究会「放射線検出器とその応用」奨励賞，(2025).

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：3 件

・自動運航船の運航方法，リスク解析方法，運航システム，及びリスク解析システム

・船舶版ダイナミックマップをプラットフォームシステム

・放射性物質輸送容器遮蔽評価用多群平均断面積データベース

□その他

◆国際活動：13 件

・塩苅恵: IMO/MSC 110/5/13 Comments on document IMO/MSC 110/5 (2025)の草案へのコメント

・塩苅恵: IMO/MSC 111/5/13 Proposal for the development of a framework of the experience-building phase (2026)の草案作成

・工藤潤一: IMO/MSC 110/3/2 Editorial modifications to the draft amendments to the IGC Code

・工藤潤一: IMO/MSC 110/3/6 Proposals on the application of draft amendments to the IGC Code

・工藤潤一: IMO/MSC 110/3/7 Modification of the draft amendment to the IGC Code on position of non-return valves to keep consistency with the IGF Code

・工藤潤一: IMO/MSC 110/3/8 Consequential amendment to paragraph 16.9 of the IGC Code

・工藤潤一: IMO/MSC 110/3/9 Modification to model form of certificate of fitness of the IGC Code

・工藤潤一: IMO/MSC 110/3/10 Early implementation of the amendments to the IGC Code

・工藤潤一: IMO/CCC 11/11/1 Comments on document IMO/CCC 11/11

・工藤潤一: IMO/CCC 11/INF.5 Demonstration test results of a liquefied hydrogen carrier

・近内亜紀子: IMO/CCC 11/6/6　Amendments to the IMDG Code and supplements, Response to the questions raised by E&T 39 on open-type freight containers

・近内亜紀子: IAEA/TRANSSC 50, 6/23～27, IAEA/TRANSSC/Approval/T4.1 a Response to the questions from E&T 39 of IMO/CCC

・近内亜紀子: IAEA/TRANSSC 50, 6/23～27, プレゼン資料, Response to the questions from E&T 39

◆その他の全文査読付き論文等：3 編

・Yusuke Suyama, Sonoko Kawashima, Hiroko Itoh, Yasumi Kawamura: Analysis of ship collisions and congestion in the Kanmon Passage, Transactions of Navigation, 10(2), pp.83-91, (2025).

・Y. Oka, A. Tanno, C. Iwamoto, Y. Sakurai, H. Oka: Semi-empirical model of ceiling jet in tranquil flow region in arched ceiling tunnel, International Journal of Fire Science and Engineering, Vol. 39, No. 2, pp. 31-47, (2025).

・児玉有，鎌田創: ガンマ線イベント抑制のための二層シンチレータ中性子検出器の検討/Study of a Two-Layer Scintillator Neutron Detector for Suppressing of Gamma-Ray Events, Proceedings of the 40th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses, (2025).

◆その他発表論文：24 編

・Tomohiro Yuzui, Hiroko Itoh: Collision Probability Analysis of Autonomous Navigation Systems Using Hierarchical Bayesian Networks, Proc. of Asia Navigation Conference 2025, (2025).

・石村惠以子，沼野正義，疋田賢次郎，東福守，荒川修一，杉本文太: 自動運航船の推進機能の維持の検討 -第 2 報 自動運航船の一機能としての推進機能のモデル化-，第 95 回マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集, (2025).

・塩苅恵，伊藤博子，柚井智洋，石村惠以子，三宅里奈，工藤潤一，河島園子: Structure model-based hazard identification method for autonomous ships，令和 7 年日本船舶海洋工学会春季講演会，受賞記念講演, (2025).

・塩苅恵，伊藤博子，柚井智洋，石村惠以子，三宅里奈，工藤潤一，河島園子: Structure model-based hazard identification method for autonomous ships，日本船舶海洋工学会誌 KANRIN 121 号 Vol.21, Issue 4, (2025).
・塩苅恵，冨田悠貴，青山和浩: 大規模言語モデルを活用したハザード同定支援ツールの開発及び人間と人工知能の協働作業の展望－仮想の自動運航船への適用を通して－，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 41 号, (2025).
・冨田悠貴，塩苅恵，青山和浩: 設計初期アーキテクチャ評価のための大規模言語モデルを活用したモデルベース・ハザード同定， Design シンポジウム 2025Web サイトで公開, (2025).
・土田七夏，櫻井幹記，岡秀行，木村新太，浅見光史，岡泰資: 矩形物体周りの大気拡散を迅速に予測する数値モデルの開発，第 39 回数値流体力学シンポジウム講演予稿集, (2025).
・平尾好弘: AI エージェントによる遮蔽計算作業の自動化 簡易遮蔽計算コード Poker 用 MCP サーバの開発，日本原子力学会 2026 年春の年会予稿集，(2026)．
・Y. KODAMA, S. KAMADA: Concept and Design of a Two-Layer Scintillator Detector for Neutron-Gamma Discrimination, Proceedings of the Joint Symposium on Nuclear Data and ERATO TOMOE project in 2025, (2025).
・児玉有，鎌田創: Concept and Design of a Two-Layer Scintillator Detector for Neutron-Gamma Discrimination/中性子・ガンマ線弁別に向けた二層型シンチレータ検出器の検討,2025 年度核データ+TOMOE プロジェクト合同研究会予稿集 , (2025).
・石川祐太，丹野碧，櫻井幹記，岡秀行，岡泰資: 水平トンネルの天井に沿って伝播する煙層の速度減衰式の提案，第 58 回安全工学研究発表会講演予稿集, (2025).
・河端真輝，上矢恭子，岡秀行，櫻井幹記，岡泰資: トンネル火災時に発生する熱気流性状に及ぼす縦断勾配の影響に関する実験的研究，第 58 回安全工学研究発表会講演予稿集, (2025).
・K. Kamiya, H. Oka, Y. Oka: Experimental study on vertical distributions of temperature and extinction coefficient within the smoke layer propagating along the upslope ceiling in an inclined tunnel with a vertically elongated rectangular cross section, Proc. of Asia Pacific Symposium on Safety 2025, (2025).
・Y. Saito, Y. Sakurai, H. Oka, K. Kamiya, Y. Oka: Proposal of a Vertical Velocity Distribution Function in a Fire-Induced Flow Field in Tunnels with Rectangular Cross-Sections, Proc. of Asia Pacific Symposium on Safety 2025, (2025).
・福原直樹，櫻井幹記，木村新太，岡秀行，岡泰資: 高密度ガス移流拡散現象予測のための TWODEE-2 コードの改良と検証，安全工学シンポジウム 2025 講演予稿集, (2025).
・浅海里佳子，三宅里奈，伊藤博子: 事故解析における状況認識評価手法－船首方位または対地進路を用いた OZT 定量化手法の比較－，日本航海学会第 152 回講演会予稿集，13 巻 1 号，pp. 40-43, (2025).
・Rina Miyake and Hiroko Itoh: Changes in Traffic Safety Accompanying the Implementation of the Recommended Route off the Coast of Cape Shionomisaki (Part 2), Proc. of Asia Navigation Conference 2025 (ANC2025), (2025).
・三宅里奈，伊藤博子: 潮岬沖推薦航路の導入に伴う船舶交通の変化と衝突危険性への影響（第一報），日本航海学会第 151 回講演会予稿集, 12 巻 2 号, pp. 17-20, (2025).
・三宅里奈，伊藤博子，工藤潤一: 和歌山県潮岬沖における推薦航路の設定に向けた海上交通流の評価技術の開発，一般財団法人日本水路協会「水路」，第 214 号, (2025).
・山木歩，伊藤博子，川村恭己，河島園子: 隠れマルコフモデルを用いた AIS 航跡データからの目的地推定，日本航海学会講演予稿集, 13 巻 1 号, pp. 5-8, (2025).
・相野墓周平，伊藤博子，河島園子，川村恭己: タスク分析とベイジアンネットワークによる遠隔操船時のヒューマンエラー分析，日本航海学会講演予稿集, 13 巻 1 号, pp.36-39, (2025).

・伊藤博子, 河島園子: 海難事故データと AIS 航跡による沿岸域における船舶の他船/障害物との遭遇状況の推定, 日本航海学会講演予稿集, 13 巻 1 号, pp.87-90, (2025).
・Hiroko Itoh, Sonoko Kawashima: Estimating Coastal Vessel Encounters with Non-AIS Vessels and Obstacles Using AIS Trajectories and Casualty Data, Proc. of Asia Navigation Conference 2025, (2025).
・伊藤博子, 澤田涼平, 井上智之: 海の衛星群に係る衝突回避システムの要件設定に向けた調査研究, 第 25 回海上技術安全研究所研究発表会, PS-2. (2025).
・木村新太, 岡秀行: 船体構造の影響を考慮したアンモニアの大気拡散シミュレーション, 第 25 回海上技術安全研究所研究発表会, (2025).

◆公開実験:0 件

C. 操船自動化及び操船支援の高度化に関する研究

研　究　の　背　景

海上輸送の分野において船員の不足や高齢化が深刻な問題となっており、船員に受け入れられる省人化、無人化及び負荷軽減が求められている。欧州においては、船舶の安全性向上、運航コストの削減等を目的として、自動運航に関する研究・開発が始まっており、国際競争にさらされている我が国の海運・造船といった海事産業も、この動きに対応していく必要がある。また、自動運航船の課題の 1 つに安全性の確保が挙げられ、従来の安全性を担保する必要がある。

国土交通省海事局が公表している「自動運航船の実用化に向けたロードマップ」によると、自動運航船の実用化目標は 2025 年に定められている。その後、フェーズ 3 として、自律性が高く最終意思決定者が船員以外となる領域が存在する自動運航船の開発を進めていく計画とされている。そのため、そのコア技術となる他船や航路といった様々な条件下で自船がどのような操船を行うべきか決定するための「自動操船アルコリズム」の更なる開発は今後も必要と予測される。

自動操船アルゴリズムを早期検証するには、限りなく実際の船橋に近い操船環境を再現する「操船シミュレータ」と網羅的な検証を高速で実施する「ファストタイムシミュレータ」を併用することが有用であり、当所では、自動運航船の技術開発及び安全評価技術の開発に対応するため、これまでの操船リスクシミュレータに代わりフルミッション型の操船シミュレータである SHS（Ship Handling Simulator）と高速シミュレーションが可能な FTSS（Fast Time Ship Simulator）で構成された総合シミュレーションシステムを整備した。また、上記ロードマップにも示されている通り、自動運航船の基準や制度は外航船にも拡大していく方針であるため、SHS には操舵等による船体応答に加えて、波による操縦運動の変化、並びに波浪動揺の影響までもリアルに反映されることが求められる。

研　究　目　標

自動運航船の実現に向けた取り組みとして、自動避航及び係船を含む自動着桟を統合したシステムを開発する。また、操船自動化・操船支援システムの安全評価技術を確立する。

自動運航技術の開発及び安全評価に必要な総合シミュレーションシステムに関して、再現精度向上のため外洋外乱中の船舶操縦運動の実用的計算手法を開発する。

令和 7 年度の研究内容

（1）情報通信を利用した自動避航・着桟システムに関する研究

① 自動避航操船・支援システムに関する研究

自船だけではなく、相手船視点からの衝突危険度指標の開発と、VDES（VHF Data Exchange System、海域デジタル通信システム）を活用した操船支援のための情報交換システムの構築及び検証を行った。

② 自動離着桟・支援システムに関する研究

アプローチ操船中の遠近幅広い距離での岸壁について LiDAR の設置条件に対してロバストな岸壁計測を行うために、従来の直線検知手法に加え、3 次元領域検出手法等の新しいアルゴリズムの検討を行った。

③ 避航操船・離着桟システムの統合

これまでに作成した避航操船システムと離着桟システムについて、PLC（Programmable Logic Controller）をハブとしてモード切り替え時におけるシステム間のデータ同期及びタイミング制御を行うシステムを開発した。

④ 自動運航・支援システムに関する通信方法研究

3 連結バージを想定し、プッシャー船からバージを操船する船船間通信及び荷役場所からバージを操船する陸船間通信システムを構築し、操船シミュレータ及び実海域で検証した。

(2)総合シミュレーションシステムによる安全評価技術の高度化

① 避航操船及び離着桟操船を対象とした安全評価技術の確立

日本財団の MEGURI2040 プロジェクトの自動避航操船の実証船評価において、専門家評価の支援及び事業者の評価指標の算出を支援した。また、評価に用いる実海域シナリオの作成と模擬評価を実施し、その手順を確認した。

② 自動及び遠隔等の航行に必要な情報の抽出と提供方法及びその評価法の開発

SHS 実験で取得した心拍データに対し、呼吸データの影響補正等の試行により緊張度解析の精度向上を図った。また、リスク評価を踏まえたリスク軽減策のシミュレーション検討や遠隔操船システムの整備等を通じて、SHS の再現環境を拡充した。

③ 自動航行システムと自動着桟システムの切り替えを対象とした安全評価技術の構築

(1)③で構築したシステムを用いて、SHS で自動航行(自動避航)モードと自動離着桟モードの切り替えを評価するため、海域データ等を確認し、シナリオ作成を試行した。

(3)外乱中の船舶操縦運動の実用的計算手法に関する研究

① 波浪中 6 自由度操縦運動の計算手法の開発

波浪中の操縦運動を簡便に推定するための既存の手法の一つである 2 タイムスケール法(安川, 2006)(平水中の操縦運動モデルに波浪外力として定常波力のみを考慮する方法)について、論理的にその妥当性を検証した。また、前年度に作成した本計算のプログラムの精度を、複数の船型に対して評価した。検証用のデータは、公開された論文の実験結果を参照した他、新たに VLCC 及び小型船の模型を用いた規則波中の自由航走模型試験を実海域再現水槽で実施し、取得した。

② 避航操船時の操舵応答モデルにおける風波影響に関する研究

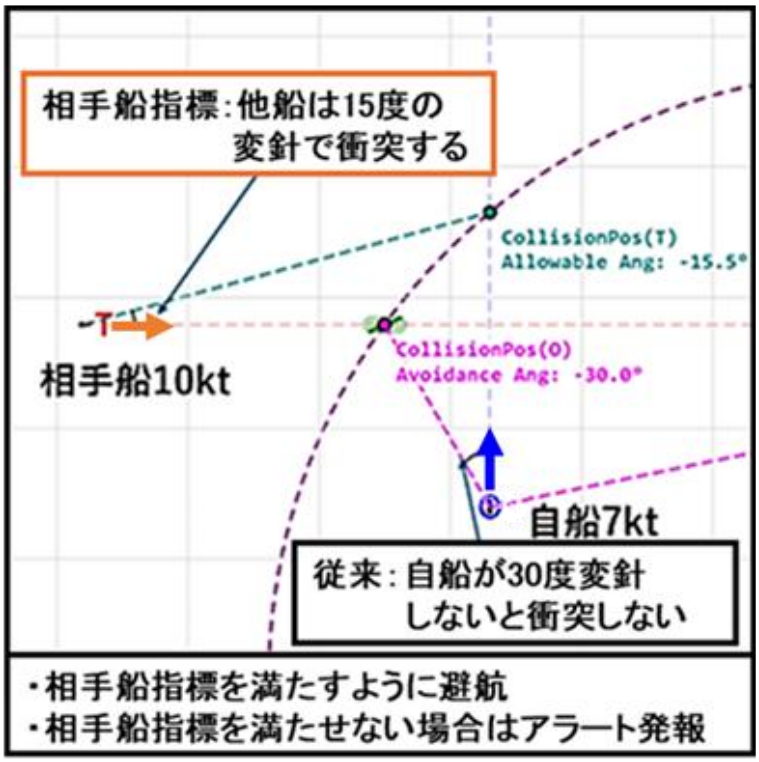
統合シミュレーションシステムの SHS と FTSS において波浪の影響を考慮すること目的として、操舵応答モデル(KT モデル)において定常波力を考慮するための数学モデルを導出し、このモデルを用いて規則波中旋回時の航跡の試計算を実施した。

令和 7 年度の研究成果

(1)情報通信を利用した自動避航・着桟システムに関する研究

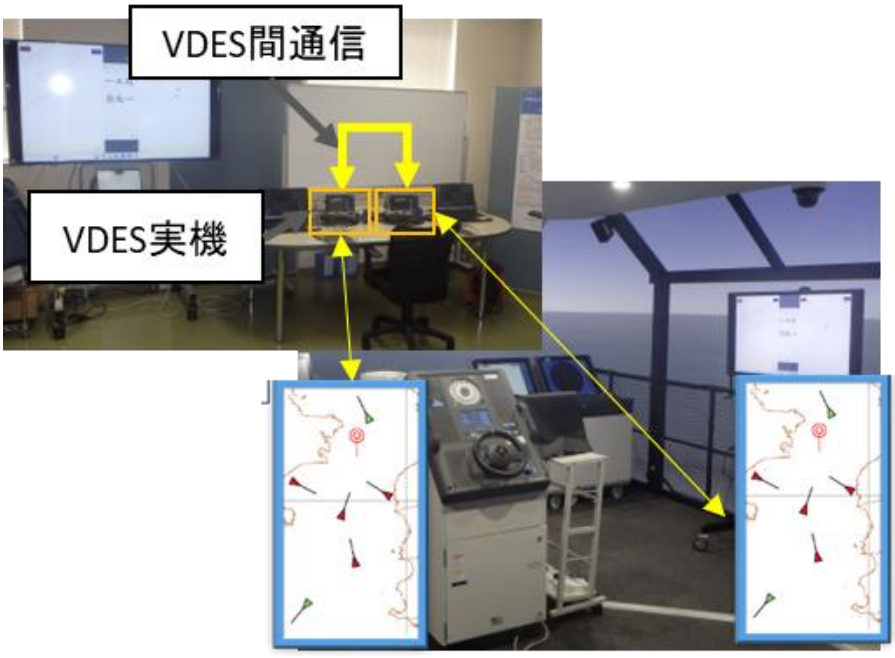
① 自動避航システムに関する研究

避航操船時の相手船の避航余裕を考慮できる指標開発を実施した。図Ⅰ. 2. (1). ①. 24 に自船視点と相手視点での衝突指標を示す。図の見合い関係の時、自船が衝突領域を避けるために 30deg.変針したケースにおいて、相手船が 15deg.変針するとぶつかってしまう状況を示している。このことから、自船だけの変針量を考えるのではなく、相手船の変針許容量を考慮することが重要であることを示している。



図Ⅰ. 2. (1). ①. 24 相手船視点での衝突指標

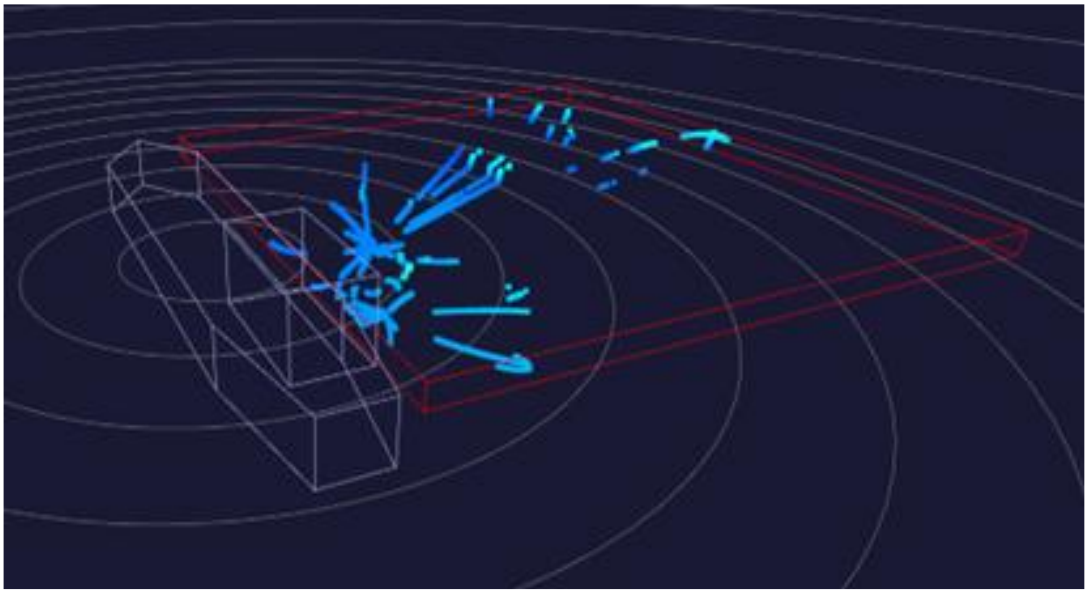
また、VDES(VHF Data Exchange System)実機を用いた操船計画情報交換デモの様子を図Ⅰ. 2. (1). ①. 25 に示す。操船者同士の意思疎通による協調的操船を支援することを目的として、VDE-ter(地上波 VHF データ交換)を用いた協調航法システムをタブレット上に構築した。海技士免許を持つ実験参加者を対象に SHS で本システムを用いた協調操船の実験を行った。船舶の計画航路の交換や、変針予定、自由文章などの情報交換を実施し、各機能が有用であることを確認し、システムに対する意見や要望も得ることができた。この結果は次年度の開発方針に反映することとした。



図Ⅰ. 2. (1). ①. 25 操船計画情報交換デモの様子

② 自動着桟のための計測技術に関する研究

一般貨物船の船橋ウイング等、海面より高所に LiDAR(Light Detection and Ranging)を設置した場合、岸壁との距離に応じてレーザーの照射角度が大きく変化する。さらに、岸壁との距離が小さくなるにつれて、レーザーの反射面が岸壁側面から岸壁上面へと変化する。このため、岸壁からの距離が大きく変わると LiDAR のレーザーが十分に岸壁に当たらず、アプローチ操船の全区間における岸壁計測が難しくなる。そこで、3 次元的なバウンディングボックスを設定し、安定して岸壁の位置を推定する方法等を検討した(図Ⅰ. 2. (1). ①. 26)。



図Ⅰ. 2. (1). ①. 26　LiDAR での計測の様子

③ 避航操船・離着桟システムの統合

総合シミュレーションシステムに、PLC をシステムハブとした、避航・離着桟等のサブシステムを連携させる統合制御基盤を構築した。本基盤を用いることにより、任意の操船システム等を接続することが可能となり、「④自動運航・支援システムに関する通信方法研究」で作成した遠隔操船試験タブレットについて、SHS を用いて動作検証を実施した。また、今後「(2)総合シミュレーションシステムによる安全評価技術の高度化」において実施する、操船装置を対象とした安全評価技術の検証では、本基盤を活用することで、SHS を用いて各種装置との連携を通じた評価が可能となることが期待される。

④ 自動運航・支援システムに関する通信方法研究

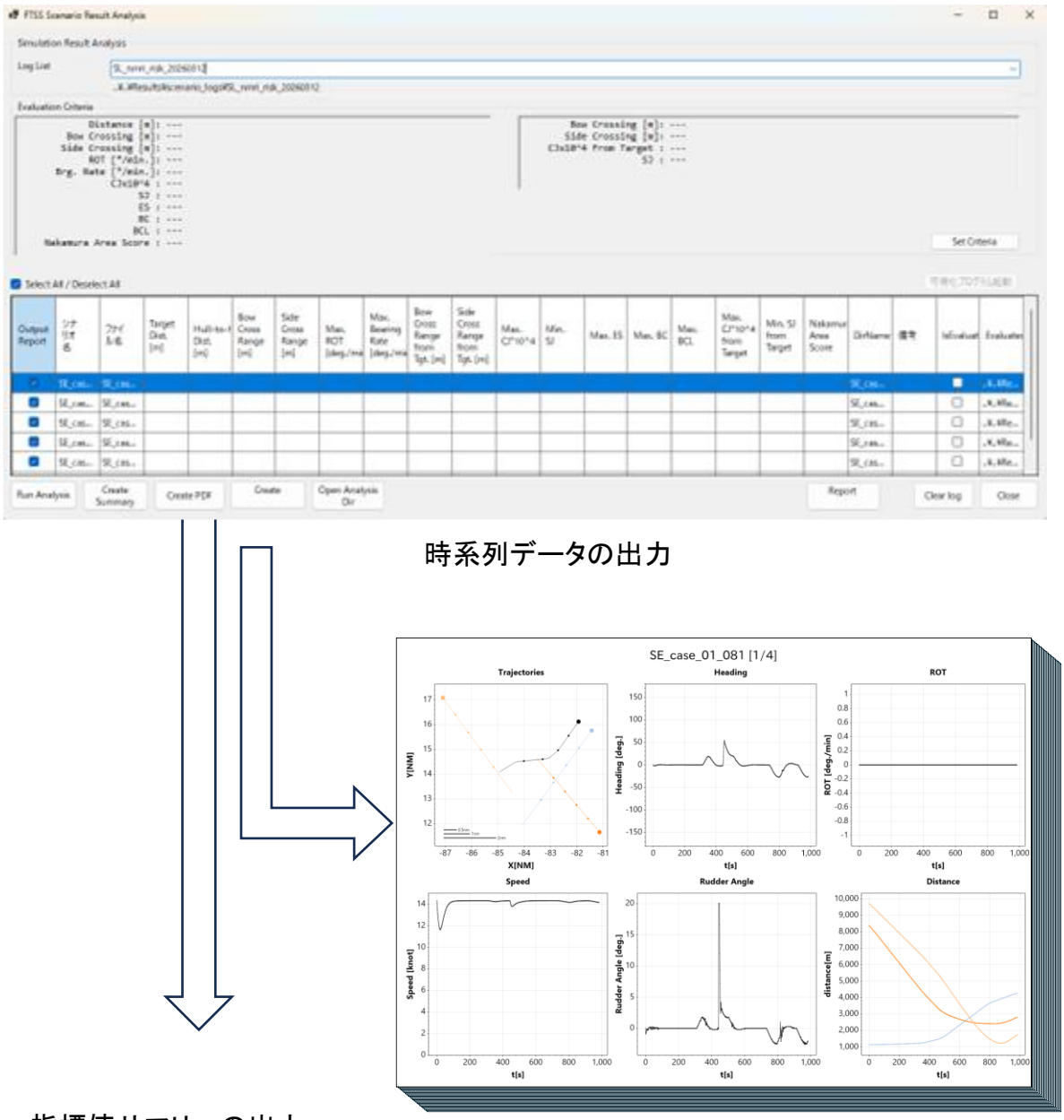
連結バージを想定し、プッシャー船からバージを操船する船船間通信及び荷役場所からバージを操船する陸船間通信システムを構築し、実海域においてバージ単体のタブレット端末による遠隔操船試験を実施した(図Ⅰ. 2. (1). ①. 27)。また、実験結果を基にバージの遠隔操船に関する安全性評価資料の作成を行った。

図Ⅰ．2.（1）．①．27　タブレットを用いたバージ単体の遠隔操船試験の様子

（2）総合シミュレーションシステムによる安全評価技術の高度化

① 避航操船及び離着桟操船を対象とした安全評価技術の確立

前年度までに確立した避航操船及び離着桟操船を対象とした安全評価技術の成果は、海事局が制定した自動運航船の安全基準及び検査方法に反映された。また、本基準・検査方法に基づくMEGURI 実証船評価において、日本船舶技術研究協会が実施する専門家評価を支援するとともに、事業者による評価指標の算出を支援した（図Ⅰ．2.（1）．①．28）。また、本基準・検査方法では、評価に用いる実海域シナリオについて、「航行予定海域の AIS（Automatic Identification System）等のデータを元に作成されること。その際、基本シナリオ群及び中間シナリオ群で明示したシナリオのうち、いくつかのシナリオが連続的に発生するようになっていること。」が求められている。これを踏まえて、AIS データを用いた評価用シナリオの作成手法を検討するとともに、総合シミュレーションシステム（FTSS 及び SHS）を用いた模擬評価を実施した。



No	ScenarioName	ScenarioFilename	MinDistar	MinDistar	MinBowCi	MinSideCi	MaxAbsRi	MaxBearir	MinBowCi	MinSideCi	MaxCj10K	MinSj	MaxEs	MaxBc	MaxBcI	MaxCjFror	MinSjFron	TotalNaka	MinDistar	MinBowCi	MinSic
1	SE_case_01_081	SE_case_01_081	1141.372	1092.88		2428.039	0	50.93228	2731.66	1549.972	24.92199	-0.64677	290.7725	0.639043	0.541446	6.526471	-0.68076	0	---	OK	---
2	SE_case_01_082	SE_case_01_082	1125.741	1080.838		1140.313	0	37.64925		1513.879	16.56953	-0.07195	185.3866	0.34197	0.290981	9.403782	-0.59826	0	---	OK	---
3	SE_case_01_083	SE_case_01_083	1125.741	1080.838		1410.811	0	37.35876		1507.04	16.46054	-0.73194	11.60358	0.688283	0.504758	8.916528	-1.15011	0	---	OK	---
4	SE_case_01_084	SE_case_01_084	1133.811	1088.948			0	33.71935	2138.841		24.57657	-0.4379	33.74306	0.440481	0.105603	6.41088	-1.41431	0	---	OK	OK
5	SE_case_01_085	SE_case_01_085	1067.026	981.6373	1696.605	1248.706	0	50.13453		1552.503	19.39078	-0.8997	0	0.738601	0.660549	20.54601	-1.21646	0	---	---	---

図Ⅰ．2．(1)．①．28　安全基準・検査方法に則した指標値の計算支援プログラム

② 自動及び遠隔等の航行に必要な情報の抽出と提供方法及びその評価法の開発

操船シミュレータでヒヤリハット事象を発生させる実験で取得した心拍データに対し、ノイズ除去及び呼吸データの影響補正を試行した。補正したデータを用いて、R-R 間隔（心拍周期を評価する指標）及び LF（Low Frequency：低周波成分）/HF（High Frequency：高周波成分）解析を実施し、心拍変動の自律神経指標の抽出の精度が上がることを確認した。

自動運航船のリスク評価で挙げられたリスク軽減策から SHS での検証対象として抽出された項目に対し、SHS において、ハザードを再現しリスク軽減策の効果を検証した。本検証では、自動操

船システムと SHS の操船システムの切り替えをボタンスイッチで可能にする操船切り替え機能(図Ⅰ. 2. (1). ①. 29)の導入やハザードの再現機能を構築した。また、遠隔監視室へ遠隔操船システムを整備するなど、評価に用いる SHS の再現環境の拡充を図った。

図Ⅰ. 2. (1). ①. 29　操船切り替えスイッチを含めた自動操船システムの接続

③ 自動航行システムと自動着桟システムの切り替えを対象とした安全評価技術の構築

上記(1)で構築した避航操船及び離着桟操船等のサブシステムを連携させる統合制御基盤を用いて、SHS 上で自動避航・接舷・離着桟支援システムのインタフェース検討及び機能評価を実施するための環境を整備した。なお、②の操船システムの切り替え機能も統合制御基盤上に構築した。

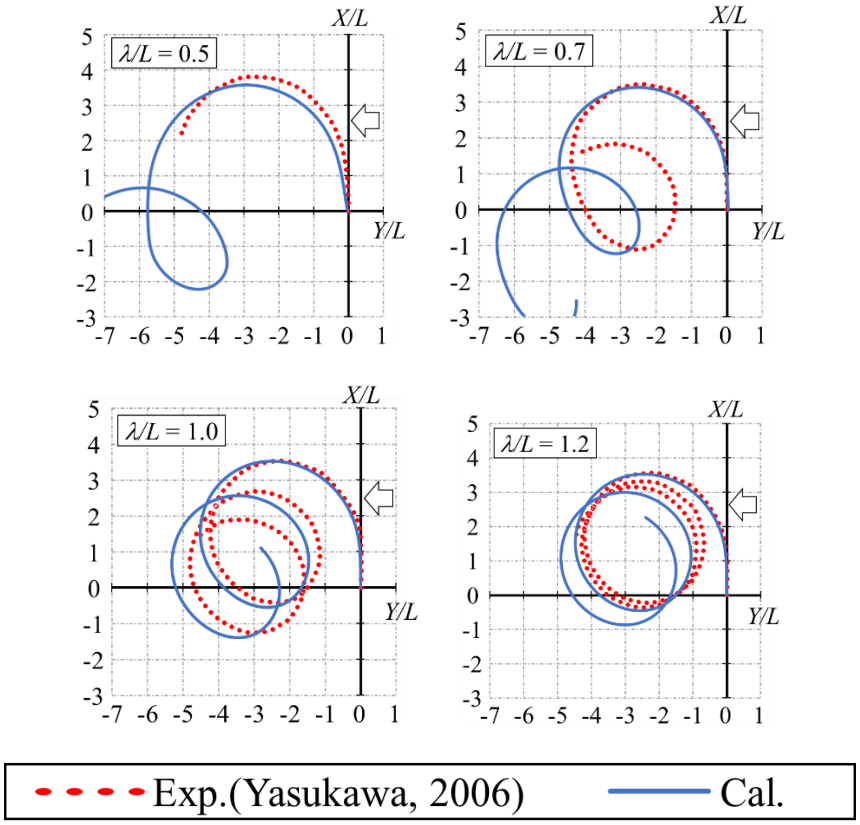
(3)外乱中の船舶操縦運動の実用的計算手法に関する研究

① 波浪中 6 自由度操縦運動の計算手法の開発

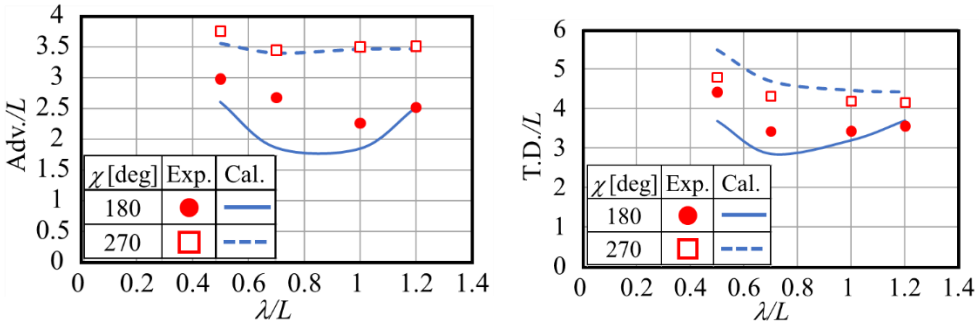
操縦運動の実用的な計算手法を開発することを目的として、2 タイムスケール法の適用性を検討した結果、理論的に厳密でない点が含まれるものの、操縦運動の推定精度への影響は小さく、実用上の問題がないことを検証した。次に、2 タイムスケール法に基づく操縦運動計算プログラムを開発し、外航コンテナ船、VLCC、小型船(垂線間長約 30m)といった様々な船型の波浪中旋回航跡を対象に計算を行った結果、概ね実験結果を推定できることを明らかにした。また、旋回性能指標(Adv.:船が 90deg.旋回するまでの前進方向距離、T.D.:船が 180deg.旋回するまでの幅方向距離)についても実験と比較することで、推定精度について定量的な評価を行った(図Ⅰ. 2. (1). ①. 30)。

② 避航操船時の操舵応答モデルにおける風波影響に関する研究

操舵応答モデル(KT モデル)において定常波力を考慮するため、定常波力の定式化を行い、これを組み込んだ操舵応答モデルを構築した。このモデルを用いることで、波による旋回航跡の変化の傾向を定性的に表現できることを明らかにした(図Ⅰ. 2. (1). ①. 31)。



(a) 航跡（χ：波向き(180deg.：向かい波)、λ/L：波長船長比）



(b) 旋回性能指標

(Adv.： 船が 90deg.旋回するまでの前進方向距離、T.D. ： 船が 180deg.旋回するまでの幅方向距離)

図 Ⅰ. 2. (1). ①. 30 外航コンテナ船に対する規則波中旋回運動の推定精度の検証

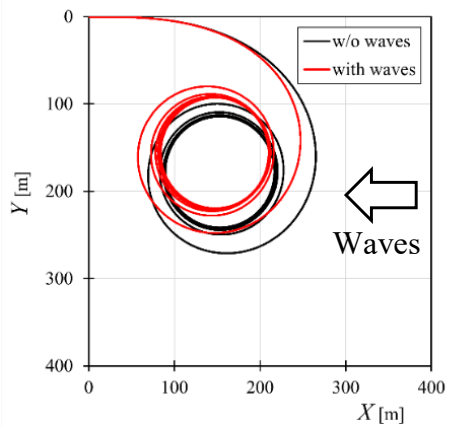


図 Ⅰ. 2. (1). ①. 31 操舵応答モデル(KT モデル)による平水中/規則波中旋回運動の推定

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文：1 編

・Suisei Wada, Ryohei Sawada, Atsuo Maki: System design and evaluation method for practical development of autonomous ships, Journal of Marine Science and Technology, Vol. 30, pp. 647–657 (2025).

□査読付き国際会議論文：2 編

・Ryohei Sawada, Makiko Minami, Keiji Sato, Tomoaki Yamada, Hideki Nomoto, Takayuki Hirose and Takahiro Majima: Safety Assessment and Experience-Building Scheme Using Simulators for Automatic Collision Avoidance Algorithm, ICMASS2025, Journal of Physics, Conference Series 3123 012003, (2025).

・Ikuo Tsukagoshi, Koichi Hirata, Mitsuru Kobayashi, Keiji Sato, Ryohei Sawada, and Tomoaki Yamada: High Quality Video Transmission For Ship Remote Operation, ICMASS2025, Journal of Physics, Conference Series 3123 012005, (2025).

□和文査読付き論文：0 編

□各種表彰の受賞：1 件

・澤田涼平: Framework of safety evaluation and scenarios for automatic collision avoidance algorithm, 海上・港湾・航空技術研究所理事長表彰(個人表彰、最優秀論文賞)（2025/12/17 受賞).

・牧敦生, 丸山湧生, Leo Dostal, 笹健児, 澤田涼平, 脇田康希: Practical method for evaluating wind influence on autonomous ship operations (2nd report), 令和 7 年度日本船舶海洋工学会賞（論文賞）及び日本海事協会賞 (2025/5/29 受賞).

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：1 件

・衝突領域計算可視化・交通流編集プログラム 1.0 版

□その他（各研究所特有）

◆国際活動：0 件

◆その他の全文査読付き論文等：1 件

・小林充, 佐藤圭二, 丹羽康之, 齊藤詠子, 戸板佳祐: Stereo Vision-Based Ship Detection and Positioning System Utilizing Deep-Learning, 海上技術安全研究所報告, 第 25 巻, 第 1 号, pp. 23–35, (2025).

◆その他発表論文：10 編

・SSATO Keiji, TAMARU Hitoi, ODA Hiroyuki, and IMAZU Hayama: Fundamental Analysis of a Behavioral Evaluation Index for Collision Avoidance Using OZT, Asia Navigation Conference 2025, (2025).

・Yasuyuki NIWA: Target Ship Association Acquired by RADAR TT and AIS, Proceedings of 11th Pan Asian Association of Maritime Engineering Societies (PAAMES) Forum and Advanced Maritime Engineering Conference (AMEC) 2025, pp.581–585, (2025).

・沼野正義, 疋田賢次郎, 石村惠以子, 東福守, 荒川修一, 杉本文太: 自動運航船の機関室等に対する状況認識支援の研究 –第 2 報 船上オペレータと陸上熟練者及び専門技術者との共通認識の形成–, 第 95 回マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集, (2025).

・疋田賢次郎，丹羽康之：水陸両用ヴィークルの活用による空港アクセス輸送改善の可能性 −エプロンと誘導路の共用化の検討−，日本機械学会 第 34 回交通・物流部門大会（TRANSLOG2025） 講演論文集, (2025).
・澤田涼平: 経路曲率を考慮した自動着桟のための経路追従アルゴリズム，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 40 号, pp. 39−44, (2025).
・澤田涼平: 衝突領域の解析的計算法，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 41 号, (2025).
・吉村健志: ヒューマンエラーの原因と対策，日本メックス 全国安全衛生大会, (2025).
・南真紀子，小林充，佐藤圭二，澤田涼平，平田宏一: 内航船の自動化技術・デジタル技術の開発，日本船舶海洋工学会，日本船舶海洋工学会誌 KANRIN7 月号, pp.32−37, (2025).
・南真紀子，佐藤圭二，澤田涼平，疋田賢次郎: 総合シミュレーションシステムを用いた自動避航アルゴリズムの評価，第 25 回海上技術安全研究所研究発表会, (2025).
・小林充，南真紀子，佐藤圭二，丹羽康之，疋田賢次郎，澤田涼平，枌原直人，間島隆博: VDES による航行意思疎通システムの構築，第 25 回海上技術安全研究所研究発表会, PS−1, (2025).

◆公開実験：1 件
・VDES による航行意思疎通システムの構築(2025/7/18)

重　点　分　野	(1)海上輸送の安全の確保

研 究 テ ー マ	①次世代船舶等の安全性評価・リスク解析手法及び自動操船・操船支援技術の高度化並びに船体構造評価技術に関する研究開発 ②海難事故等の再現技術や評価手法に関する研究開発等

中長期目標	中長期計画	年度計画
(1)①の記載内容と同様(略)	(1)①の記載内容と同様(略) このため、以下の研究開発を進める。 ①次世代船舶等の安全性評価・リスク解析手法及び自動操船・操船支援技術の高度化並びに船体構造評価技術に関する研究開発 ②海難事故等の再現技術や評価手法に関する研究開発等	(1)①の記載内容と同様(略) このため、以下の研究開発を進める。 ①次世代船舶等の安全性評価・リスク解析手法及び自動操船・操船支援技術の高度化並びに船体構造評価技術に関する研究開発 －デジタル基盤を活用した安全運航の監視支援技術に関する研究、自動運航船の実現に向けた避航操船及び離着桟操船を対象とした安全評価技術に関する研究、建造精度を考慮可能な全船荷重・構造解析並びに強度評価一貫システムの開発等を行う。等 ②海難事故等の再現技術や評価手法に関する研究開発等 －事故再現シミュレーションツールの高度化、事故簡易推定手法の検討及び開発、海難事故データベース(DB)システム構築及び拡充等を行う。等

○船体構造評価技術に関する研究

研　究　の　背　景

IMO における目標指向型構造基準 GBS の発効(2016.7)、及び国際船級協会連合 IACS におけるバラ積貨物船及び油タンカーの共通構造規則 CSR BC&OT が施行(2015.7.1 以降の建造契約船に適用)され、我が国では日本海事協会 NK において、全船種を適用対象とした構造規則 C 編の全面見直しが行われ公表(2022.7)された。これら構造設計規則に関する国内外の動向は、規則の形態を従来の仕様要求型から解析的手法及び実データ分析に基づく機能要求型へと設計思想を変えるものであり、規則の透明性を高めることによって設計の自由度の向上を図るとともに、新技術の導入を可能にする狙いがある。また近年、船体の安全性を確保するための手段として、ハルモニタリングの利用が拡大しており、データ活用によってメンテナン

スの負担軽減や設計改善が期待されている。

一方、省エネ化や省資源化の社会ニーズに応じるため、安全性を保持しつつ余剰な強度を排除した船舶の設計・建造が求められており、これを実現することが我が国の海事産業の競争力確保につながる。古くから構造設計規則には、規則に適合しない船への同等効力を認める要件が設けられているが、同等効力、すなわち安全性を定量的に示す手段がなかったため、船体構造の代替設計の実現は図られなかった。しかし、前述の基準動向を背景とした数値シミュレーション技術の向上、建造や運航にかかるビッグデータの構築によって、代替設計を実現できる可能性が高まり、安全性を定量評価するための技術開発に取り組むべき時期にさしかかっている。安全性を保持するには、建造時の品質や就航後の状態量のモニタリングデータを活用して、ライフサイクルで安全性を保持する手段を視野に入れて検討することが重要である。

研　　究　　目　　標

本研究では、前期重点研究で開発した荷重構造一貫解析システム（NMRI-DLSA）及びハルモニタリングに基づく船体構造デジタルツインシステムを利用して、次世代の船体構造設計に必要な基盤技術の構築を目指す。本中期計画の期間では、安全性を確保しながら環境に適合した合理的な船舶の設計建造の実現に向け、設計・建造・運航に渡りデータを蓄積するためのセンシング技術、データ同化型の解析予測技術、データ活用技術の高度化及びこれらの技術開発に必要なデータプラットフォームの構築にかかる研究を行う。

具体的には、建造・運航モニタリングデータを活用した設計・建造・保守支援システムの研究開発、実データ及び数値シミュレーションに基づく荷重・構造応答推定及び強度評価に関する研究、船体の環境・塗装劣化・腐食進行モニタリングによる管理・修繕支援技術の研究、船体外板の in-situ（現場）モニタリングによるメンテナンスの高度化に向けた研究、事故時の安全性評価並びに海難事故解析のための評価ツール開発に取り組む。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

（1）建造・運航モニタリングデータによる全船構造シミュレーションを活用した設計・建造・保守支援システムの開発

① 建造時の精度・誤差・経年劣化を考慮した降伏・座屈・疲労・最終強度を評価可能な安全設計システムの開発

全船荷重・構造解析並びに強度評価一貫システムに建造誤差、初期不整の影響を考慮可能な機能を付与した。

② 建造時や点検・修繕時における作業効率及び安全性向上に資する MR 等を活用した支援システムの開発

デスクトップ版搭載シミュレータを対象に、建造過程で発生する応力の許容判定及び事前方策が簡易な操作で提示可能となるよう操作性を向上させた。また、XR（Extended Reality：拡張現実）を適用した搭載シミュレータの開発の準備として、既存の汎用スマートグラスの適用性を調査した。

（2）船体応答計測に基づく非線形構造応答及び強度の推定技術

① 粒子法を用いた非線形船体応答の解析

大型浮体の非線形流体弾性について、3 次までの非線形たわみ波の理論解を導出し、模型実験データとの比較により、2 次及び 3 次の理論解の妥当性を検証した。

② 波浪中応答の非線形極値予測法の開発とその実装

波浪中船体応答解析ツール SPREME を多胴船版に拡張した。

③ 船体応答に基づく波浪情報推定における不確定性解析手法の検証

短波頂不規則波に適用するための波向きに関する離散モデルを提案し、数値水槽で有効性を検証した。

④ 水槽試験結果を用いた波浪逆推定手法の検証と高度化

GFRP（Glass Fiber Reinforced Plastic：ガラス繊維強化プラスチック）サンドイッチパネル製弾性模型船を用いた水槽試験の試験データを用いて、2 つの短波頂不規則波が重畳した多方向不規則波中での波浪逆推定手法の検証を実施した。

（3）船体の環境・塗装劣化・腐食進行モニタリングよる管理・修繕支援技術

① 腐食環境予測及びモニタリングを組み合わせた船体構造の塗装劣化・腐食進行推定プログラムの開発

下記（3）②で試作した腐食進行検知センサーの腐食促進環境における出力（腐食量）の評価を行った。

② 船舶における腐食環境で長期耐久可能な塗装劣化・腐食進行検知センサーの開発

初期の腐食進行に対し分解能の高い電気化学インピーダンス法と、分解能は低いが長期間腐食をモニタリング可能な電気抵抗法を併用するセンサーについて、腐食促進環境での耐久性試験を実施すると共に、温度変化に対する応答性を改善したセンサーを設計した。

③ 局部衰耗の進行評価法の開発

バラストタンク内環境を模擬した条件の複合サイクル試験により、複数の欠陥形状及び塗装グレードからの腐食進行及び実船から採取した局部腐食を有する構造材の孔食形状の評価及び孔食が引張強度に及ぼす影響を評価した。

（4）船体外板の in-situ モニタリングによるメンテナンスの高度化

① 船体塗装の塗膜厚等を船体内部からの超音波計測でモニタリングする方法の確立

膜厚計測装置プロトタイプの製作、波形データ処理アルゴリズムの改良、アルミ板上の塗膜計測の検証等の次年度の実船計測に向けた準備を実施した。

② 直接計測データと運航データ等から船体塗装の状態を把握する技術の開発

超音波により船体外板塗膜表面の形状（凹凸）の度合を評価する手法の確立に向けて、塗膜表面形状と超音波エコーの定量的な比較等の基礎的検討を実施した。

（5）事故時の安全性評価並びに海難事故解析のための評価ツール開発に関する研究

① 数値水槽を用いた流体構造連成及び構造破壊を考慮した事故再現シミュレーションツールの高度化、簡易推定手法の検討・開発

波浪中動揺再現シミュレーションツールの開発を行った。

② 海難事故データベース（DB）システム構築・拡充及びその類型化

海難事故 DB を整理して事故原因の分類を行った。

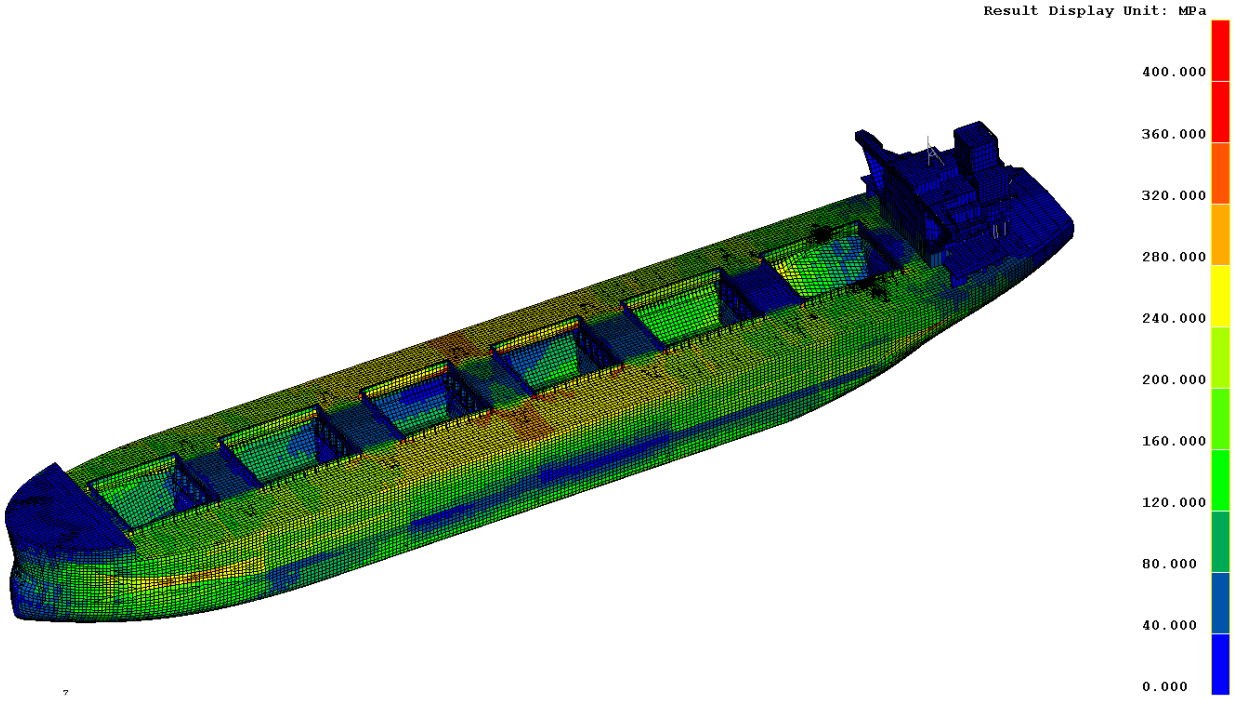
令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

（1）建造・運航モニタリングデータによる全船構造シミュレーションを活用した設計・建造・保守支援システムの開発

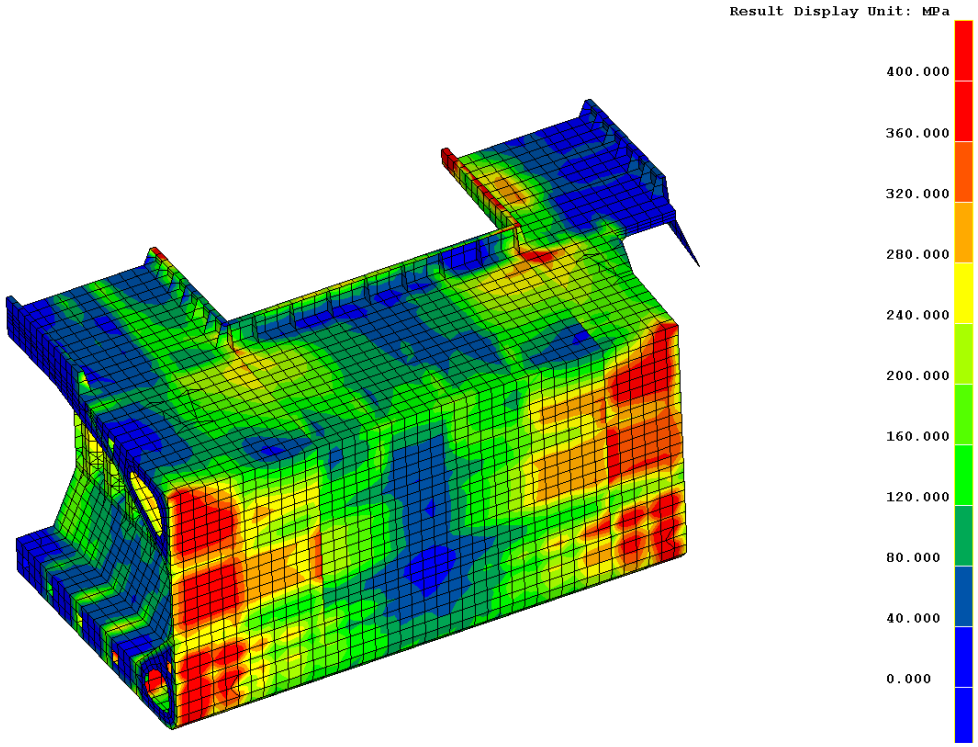
① 建造時の精度・誤差・経年劣化を考慮した降伏・座屈・疲労・最終強度評価可能な安全設計システ

ムの開発

下記(1)③の XR 型ブロック搭載シミュレータで得た“建造誤差、初期不整を有した構造解析用全船モデル”を活用し、全船荷重・構造解析並びに強度評価一貫システムに建造精度の影響を考慮可能にした(図Ⅰ. 2. (1). ①. 32)。 これにより、船体の建造時の品質を管理することができ、ライフサイクルでの安全性の確保につながる。

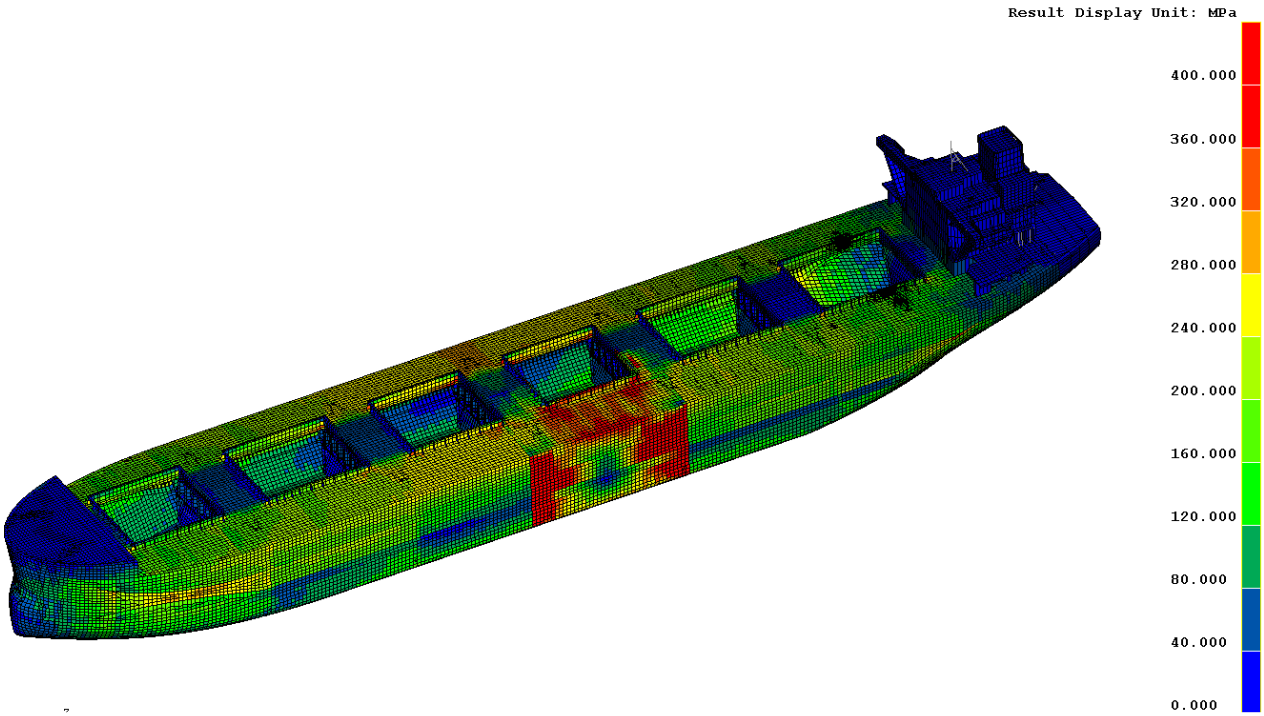


(a) 全船荷重・構造解析の結果



(b) ブロック搭載シミュレータの結果 (初期不整を有するブロックモデル)

図Ⅰ. 2. (1). ①. 32 全船構造解析結果の一例(続く)



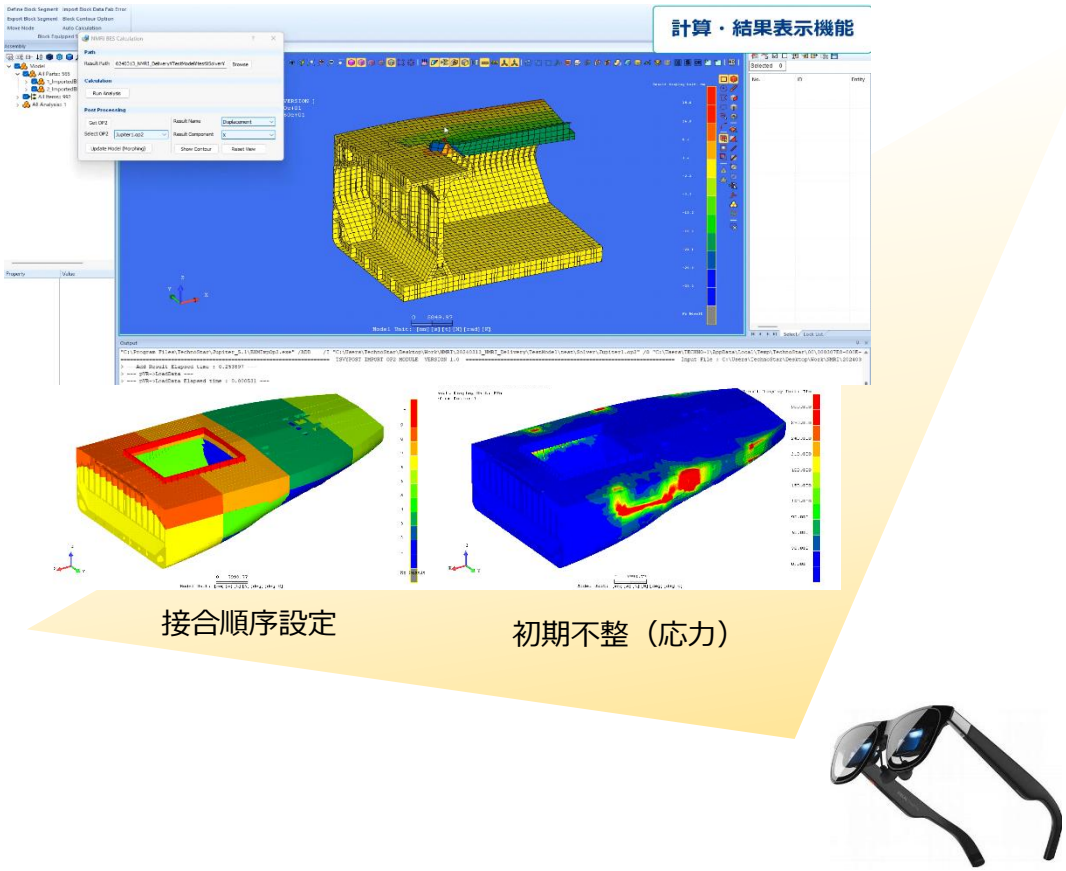
(c) 建造精度の影響を考慮した全船解析(ミーゼス応力分布)

図Ⅰ. 2. (1). ①. 32　全船構造解析結果の一例

(船体中央ブロックの初期不整を考慮した応力解析結果を全船解析結果に重ねて表示)

② 建造時や点検・修繕時における作業効率及び安全性向上に資する MR(Mixed Reality:複合現実)等を活用した支援システムの開発

位置決め及び連結を再現できる解析手法を開発し、デスクトップ版搭載シミュレータを作成した(図Ⅰ. 2. (1). ①. 33)。また, 吊り状態、建造誤差, 位置決め(ピース・ジャッキ等による強制的な補強材・パネルの位置合わせ)、接合順序により発生する応力許容判定、事前方策が簡易な操作で提示可能となった。XR を適用した搭載シミュレータの開発の準備として、既存の汎用スマートグラスの適用性を調査・選定した。

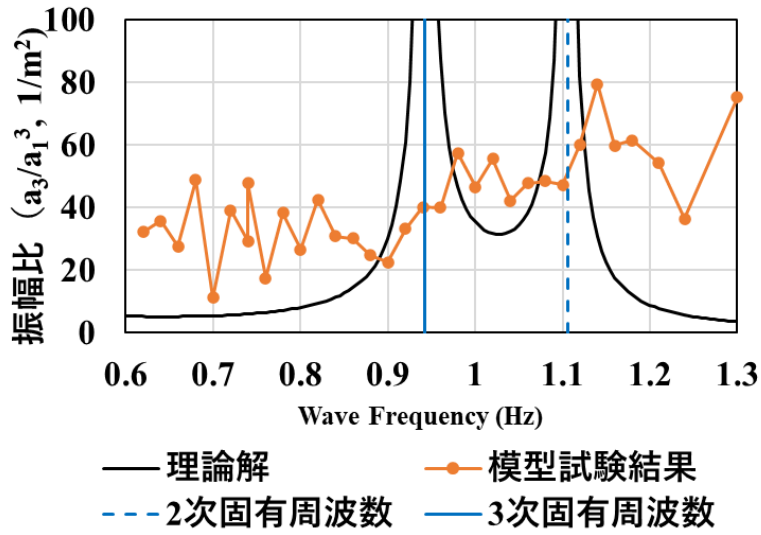


図Ⅰ．2.（1）．①．33 スマートグラス版搭載シミュレータの表示イメージ

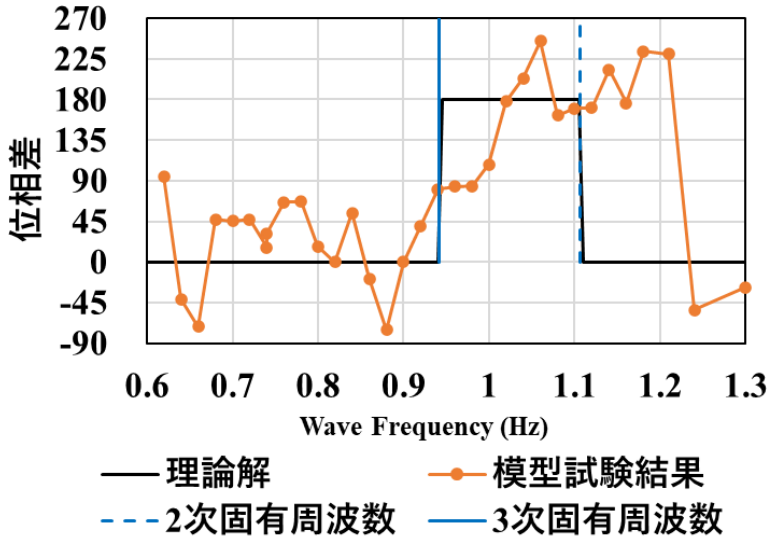
（2）船体応答計測に基づく非線形構造応答及び強度の推定技術

① 粒子法を用いた非線形船体応答の解析

非線形流体弾性について、これまでの研究で開発した 2 次理論モデルを 3 次に拡張し、3 次たわみ波の固有周期と波形の位相変化現象を理論的に解明した。さらに、模型試験結果との比較により、2 次・3 次たわみ波の固有周期（図Ⅰ．2.（1）．①．34 a）と波形の位相変化（図Ⅰ．2.（1）．①．34 b）における理論解の妥当性を検証した。理論モデルは浮体を無限長で仮定及び高次成分が十分に小さいことを仮定（摂動法）しているため、実験値と定量的には一致していないが、固有周期付近における非線形応答の増大や位相変化といった定性的傾向は整合していることを確認した。



(a) 3 次たわみ波の固有周期と振幅

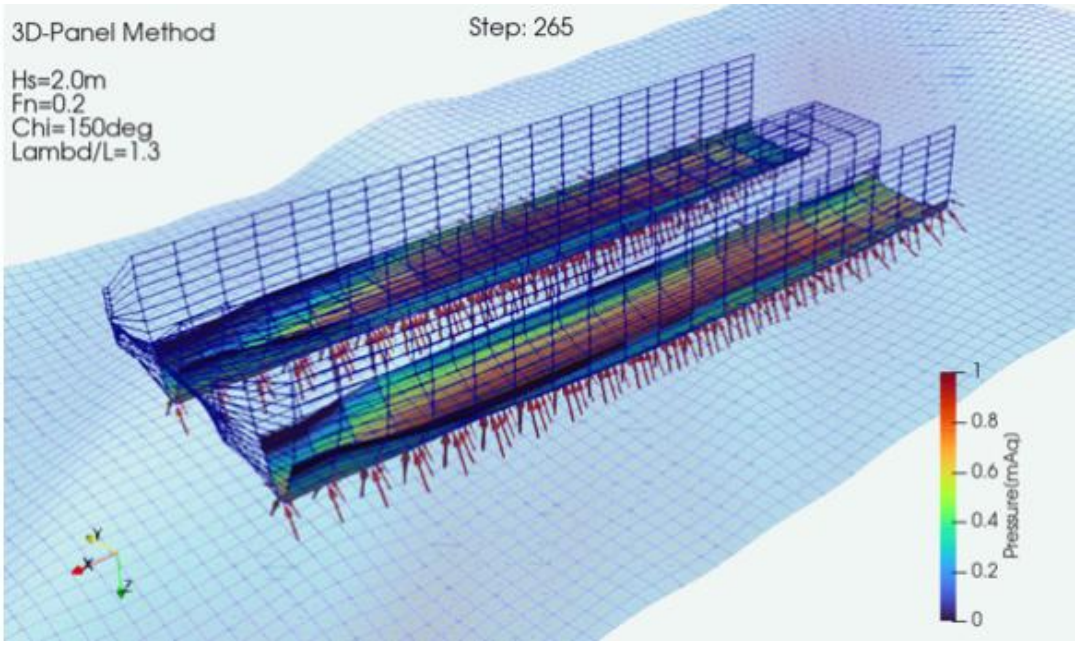


(b) 3 次たわみ波の位相

図Ⅰ. 2. (1). ①. 34 3 次たわみ波の検証

② 波浪中応答の非線形極値予測法の開発とその実装

波浪中船体応答解析ツール SPREME を多胴船(双胴船、三胴船)に対応できるように改良した(図Ⅰ. 2. (1). ①. 35)。これに伴って、直接荷重構造解析(DLSA)システムも多胴船に対応し、波浪中の構造強度評価を行うことができるようになった。さらに、流体力の多浮体間の相互干渉影響の ON/OFF 機能を開発し、船速に応じてより高精度な評価が可能となった。同影響の精度検証については、過去の論文に公表されているベンチマークデータ及び重点 7 で行われた水槽試験を通じて行い、有効性を確認した。

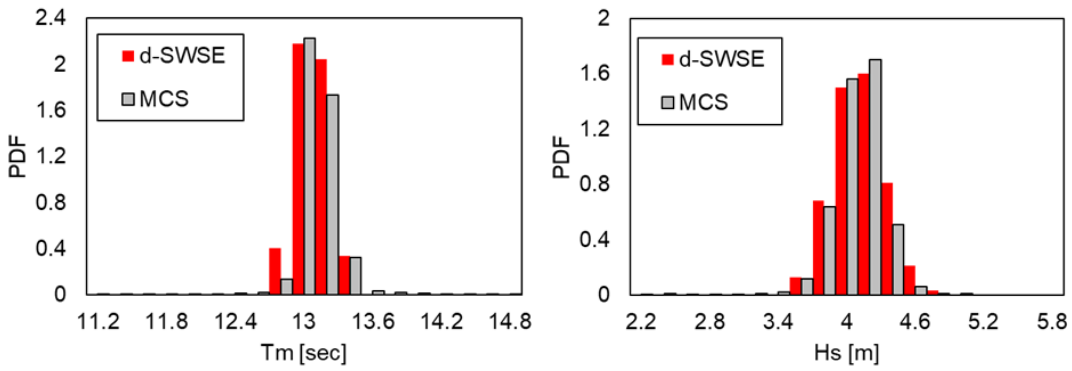


図Ⅰ．2．(1)．①．35　SPREME による波浪中双胴船運動のアニメーション(コンターは圧力分布)

③ 船体応答に基づく波浪情報推定における不確定性解析手法の検証

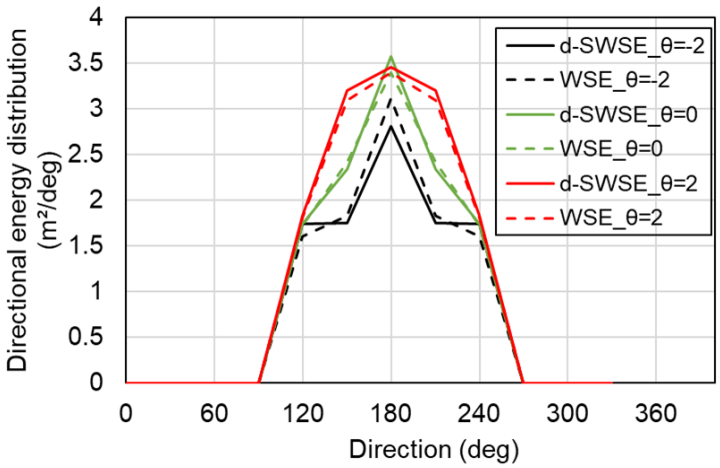
前年度までに提案した主成分分析(PCA)に基づく SWSE(Stochastic Wave Spectrum Estimation)法を、長波頂不規則波から短波頂不規則波へ拡張した(d-SWSE 法)。波向を複数のセクタ(d)に分割し、各セクターに対して共通の確率変数 $\theta=(\theta 1, \theta 2)$ によって各方向の波スペクトルパラメータ(有義波高 Hd(θ)、平均波周期 Td(θ))を設定した。これにより、波方向を考慮した波浪の不確定性の推定が可能となり、有義波高(Hs)や平均波周期(Tm)の確率密度関数(PDF)(図Ⅰ．2．(1)．①．36) だけでなく、各波方向のエネルギーの確率分布(図Ⅰ．2．(1)．①．37)についても適切に評価できるようになった。

図 2-4 では，確率変数の代表的な値として，平均的な条件に相当する $\theta=(0, 0)$，および標準正規空間において平均値から負側・正側に離れた条件に相当する $\theta=(-2, -2)$，$\theta=(2, 2)$ を用いた。横軸は波向を，縦軸は各波向セクターに分配された波エネルギーを示している。 d-SWSE 法でモンテカルロシミュレーションと同等な推定結果が得られ、計算時間の短縮を可能にした。



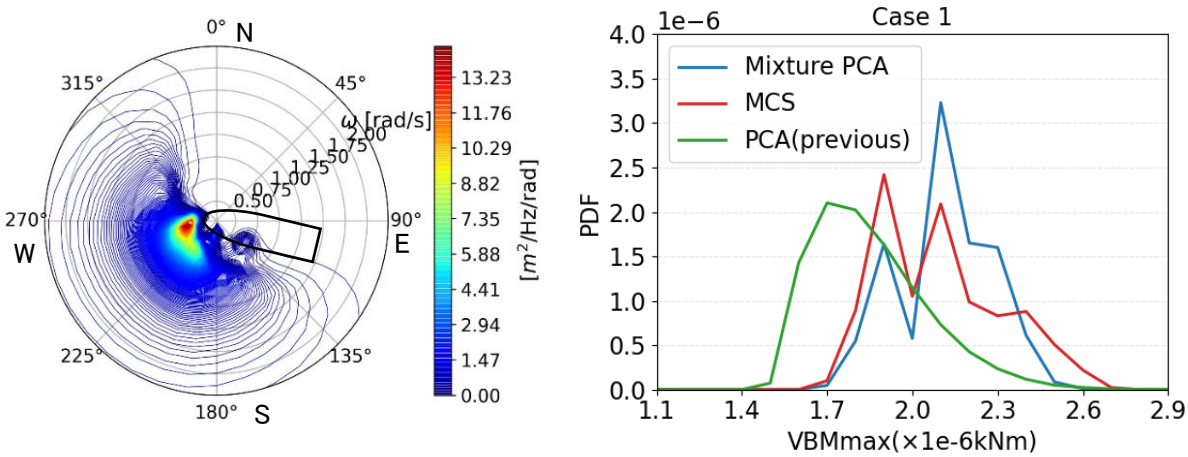
(a) Tm　　(b) Hs

図Ⅰ．2．(1)．①．36 14000TEU コンテナ船の Heave 運動に基づく波浪パラメータ(Tm：平均波周期、Hs：有義波高)の確率密度関数(PDF: probability density function)
(d-SWSE：短波頂に拡張した提案手法、MCS：確定性手法 WSE を用いた 1 万回の計算結果)



図Ⅰ．2．(1)．①．37　14000TEU コンテナ船を対象とした代表的な
確率変数条件での各波方向のエネルギー
（WSE：従来手法（モンテカルロシミュレーション）、d-SWSE：提案手法（PCA に基づく d-SWSE 法）。
各セクターのエネルギーの確率分布について、d-SWSE を用いることで
モンテカルロシミュレーションと等価な推定ができている。）

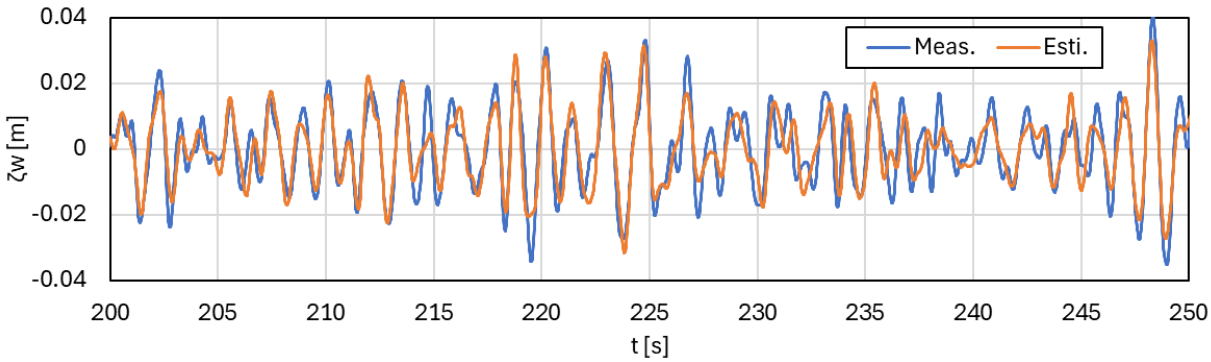
14000TEU コンテナ船を対象に、波浪逆推定手法における船体応答の応答伝達関数に含まれる不確かさを、4 年間の実船計測データから得られた船速のパターン、喫水のパターン、及び計算手法（New Strip Method (NSM), the Salvesen-Tuck-Faltinsen Method (STFM), 3D パネル法）のパターンを組み合わせて定量的に評価した。従来の船舶設計や波浪荷重評価では、単一の決定論的な伝達関数が用いられてきたが、実運航では速度や喫水が大きく変動し、さらに計算法に起因する差異も無視できない。そこで，これらの要因によって得られる約 3000 個の伝達関数をあらかじめ確率モデルとして表現した。パターンによって形状が複雑に変化する応答関数をより少ない変数で表現するため、混合主成分分析（MixturePCA）を用いた。これにより、確率解析時には 3000 個の伝達関数を用いて応答スペクトルや極値応答を逐次計算する必要がなくなり、モデル化された伝達関数を用いてそのばらつきを効率的に反映できるようになった。その結果、確率解析（図Ⅰ．2．(1)．①．38）の計算負荷を低減し、高速化を達成するとともに、極値応答（特に縦曲げモーメント：VBM）の予測精度を向上させた。提案手法を用いることで確率密度関数(PDF)の算出に要する計算時間はモンテカルロ法(MCS)と比較して、約 70 倍高速化された。また、提案手法では、従来手法では表現できなかった二峰性を有する確率分布を得ることができた（図Ⅰ．2．(1)．①．38）。



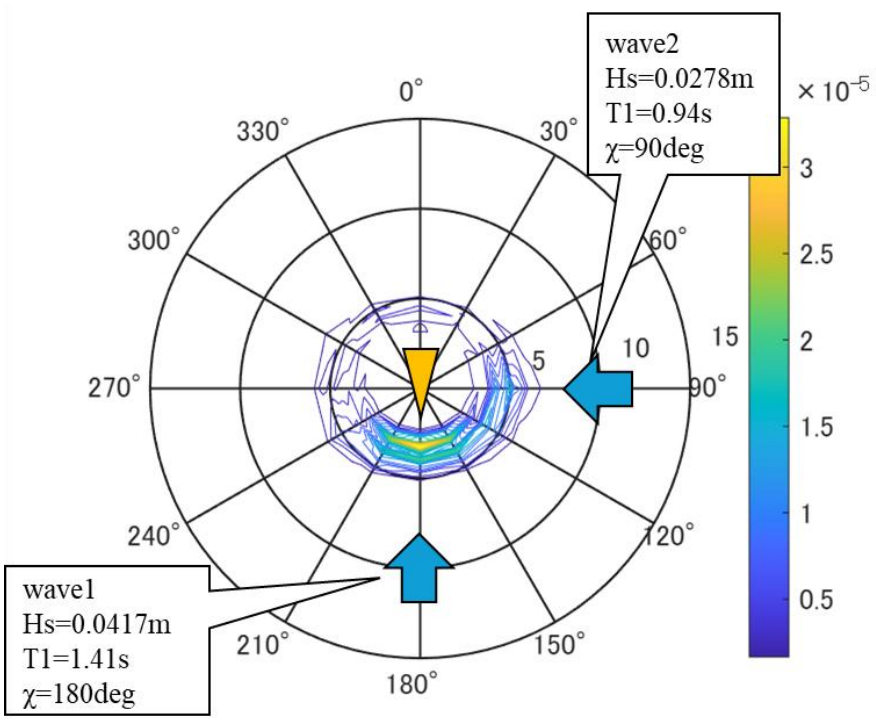
図Ⅰ．2．(1)．①．38　検証の対象とした海象の 2 次元波スペクトル（左）、及び提案した
MixturePCA モデルの検証結果（右：モンテカルロ法(MCS)、従来の手法(PCA(previous))との比較。
左図の円周上に 45 度間隔で示した角度は、地球固定座標系における波向を表す。）

④ 水槽試験による波浪逆推定手法の検証と高度化

風波とうねりのような 2 つの短波頂不規則波が重畳した条件において、船体応答からリアルタイムに出会波時刻歴や方向波スペクトルを推定する手法であるカルマンフィルター法の有効性を検証するために、GFRP サンドイッチパネル製バルクキャリア弾性模型船を用いた水槽試験で、2 つの短波頂不規則波が重畳した多方向不規則波中の水槽試験を実施した。その水槽試験結果を用いて、カルマンフィルター法による出会波時刻歴や方向波スペクトルの推定の有効性を示すことができた（図Ⅰ. 2. (1). ①. 39）。



（青線：計測値、オレンジ色線：推定値）



（円周方向は出会角[deg]、半径方向は波周波数[rad/s]を表す）

図Ⅰ. 2. (1). ①. 39 カルマンフィルター法で推定された出会波時刻歴（上）及び
カルマンフィルター法で推定された方向波スペクトル[m^2/((rad/s) rad)]（下）

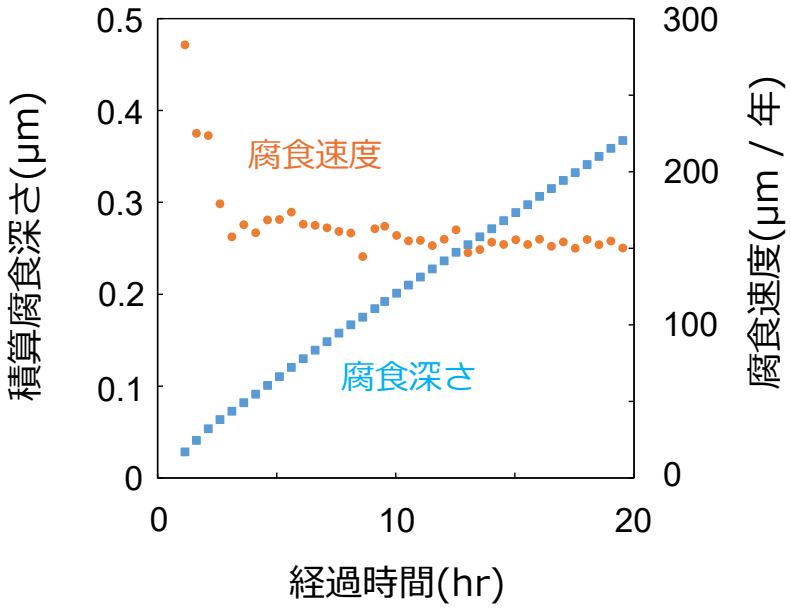
（両図とも、有義波高 H_s=4.165cm、平均波周期 T_{01}=1.41s、平均波向 χ_m=180deg と H_s=2.8cm、T_{01}=0.94s、χ_m=90deg の 2 つの短波頂不規則波が重畳した波浪場で、船体運動（heave、roll、pitch）と船体中央左舷甲板のひずみを用いた波浪逆推定による結果を示している。）

（3）船体の環境・塗装劣化・腐食進行モニタリングよる管理・修繕支援技術

① 腐食環境予測及びモニタリングを組み合わせた船体構造の塗装劣化・腐食進行推定プログラムの

開発

腐食進行モデルにより推定腐食衰耗量を算出し、腐食進行検知センサーの出力（腐食量）により推定値の補正を行う想定である。腐食促進環境において、腐食進行検知センサーにより得られる腐食量の評価を行った（図Ⅰ．2．（1）．①．40）。



図Ⅰ．2．（1）．①．40 経過時間と腐食深さ及び腐食速度の関係
（腐食進行検知センサーの人工海水浸漬時の出力。電気化学インピーダンス法により初期の微小な腐食量を評出来た。）

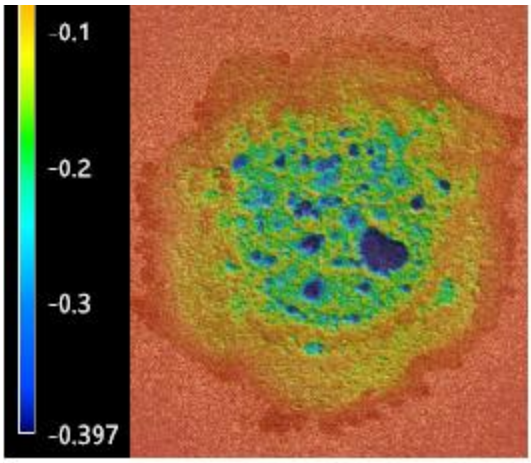
② 船舶における腐食環境で長期耐久可能な塗装劣化・腐食進行検知センサーの開発

初期の腐食進行に対し、分解能の高い電気化学インピーダンス法と、分解能は低いが長期間腐食をモニタリング可能な電気抵抗法を併用するセンサーについて、腐食促進環境での耐久性試験を実施すると共に、温度変化に対する応答性を改善したセンサーを設計した。

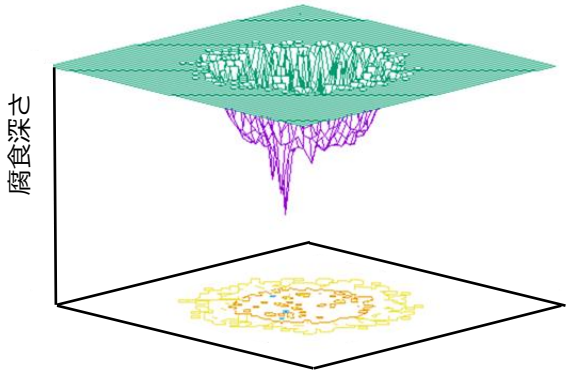
③ 局部的衰耗の進行評価法の開発

塗膜フクレが破れた状態を想定した円状人工欠陥を有する塗装板（150mm×100mm、SM400C 鋼製、エポキシ防食塗料塗布）について、腐食促進試験（複合サイクル試験）を行い、局部腐食形状の時間変化を追跡した。試験期間 56 日（実環境約 1.5 年相当）にて、欠陥の縁に周囲より深くなるマクロセル腐食が発生することを確認し、セルオートマトンによる孔食シミュレーション上でこれを再現するパラメータ設定を行い、長期的な成長予測のためのデータを得た（図Ⅰ．2．（1）．①．41、図Ⅰ．2．（1）．①．42）。引き続き、塗装品質による孔食成長への影響比較や、より長期間（実環境約 5 年相当）の試験結果を踏まえた孔食成長の時間変化についての評価を行う。

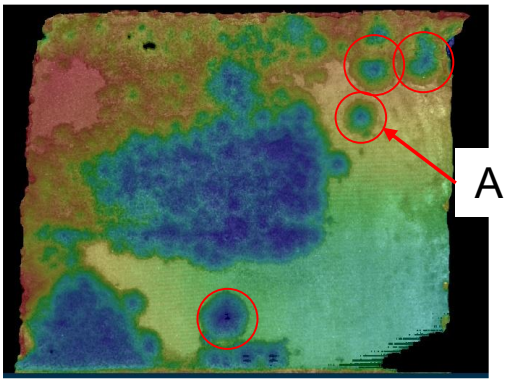
実船のバラストタンクから採取した構造材の孔食分布をレーザー変位計で計測し、孔食断面形状の大部分が円錐形であると評価されることを特定し（図Ⅰ．2．（1）．①．43、図Ⅰ．2．（1）．①．44）、これを踏まえた引張強度の試験及び弾塑性数値解析を実施した。孔食による引張強さの低下について、断面積の減少率により整理されること、かつ数値解析は安全側の評価を与えること（図Ⅰ．2．（1）．①．45）を確認し、局部腐食が構造強度に与える影響評価のためのデータを整備した。一方で、同じく構造全体の強度に影響する局所的な破断伸びは一般的な弾塑性解析では評価出来ず、試験結果を説明可能な形状的なパラメータについて引き続き探求を行う。



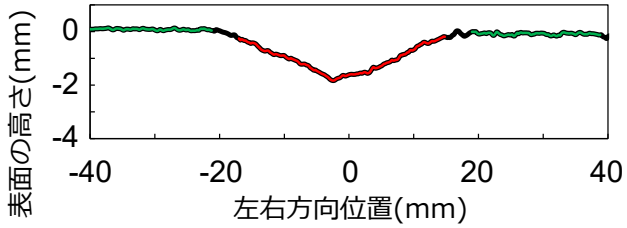
図Ⅰ．2．(1)．①．41　円状塗装欠陥からの腐食進行深さプロファイル
（数値は腐食深さ(mm)、中央の円形欠陥の縁に近い位置で深い腐食が生じている。）



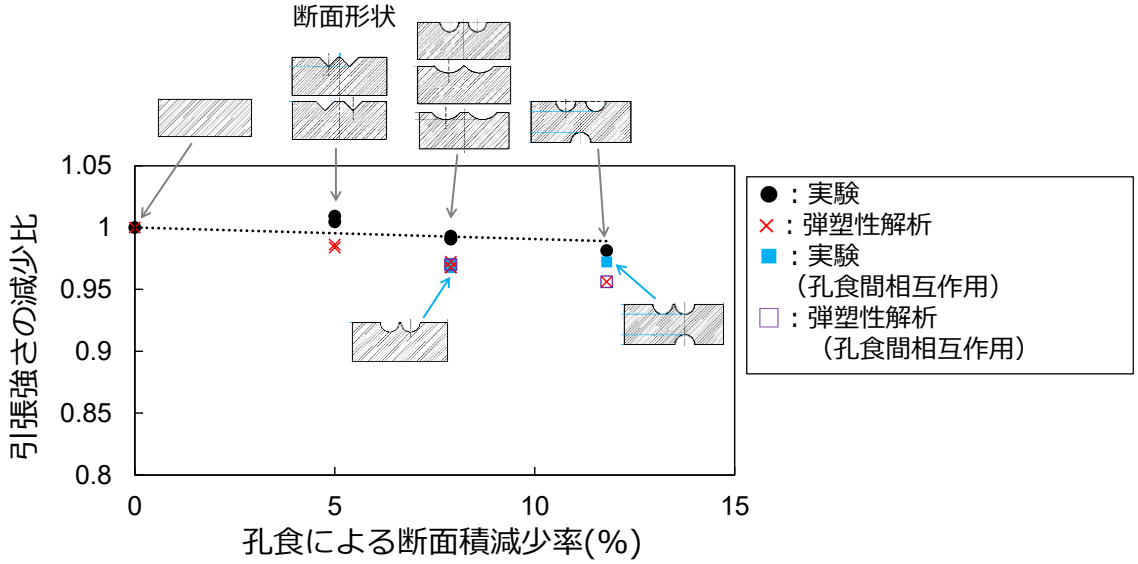
図Ⅰ．2．(1)．①．42　セルオートマトンによる孔食成長のシミュレーション
（円形欠陥の縁で深い腐食が生じる様子を再現）



図Ⅰ．2．(1)．①．43　実構造材の孔食形状プロファイル
（レーザー変位計計測結果、カラーは凹凸を表し、赤丸部が孔食に相当）



図Ⅰ．2．(1)．①．44　孔食形状プロファイルの断面形状評価（図 3-4 に A で示した孔食）
（大部分の孔食が球面形でなく円錐形と見なせる形状である。）

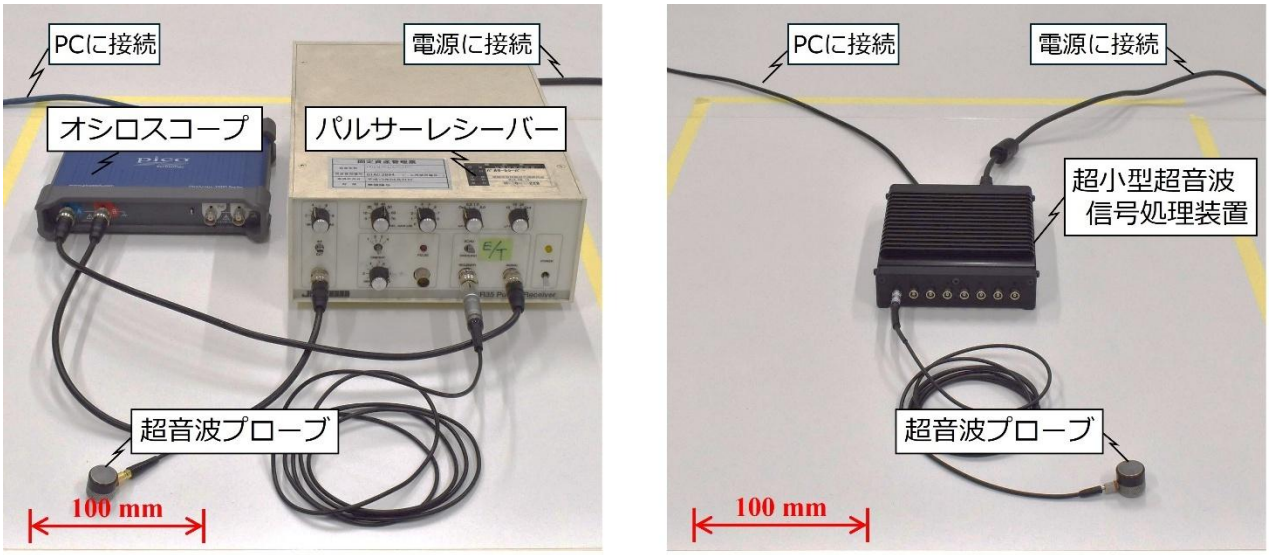


図Ⅰ．2．(1)．①．45　様々な模擬孔食を付与した引張試験片の引張強さ評価結果
（引張強さの減少比は、孔食によって減少した断面積率と相関があることを確認した。）

（4）船体外板の in-situ モニタリングによるメンテナンスの高度化

① 船体塗装の塗膜厚等を船体内部からの超音波計測でモニタリングする方法の確立

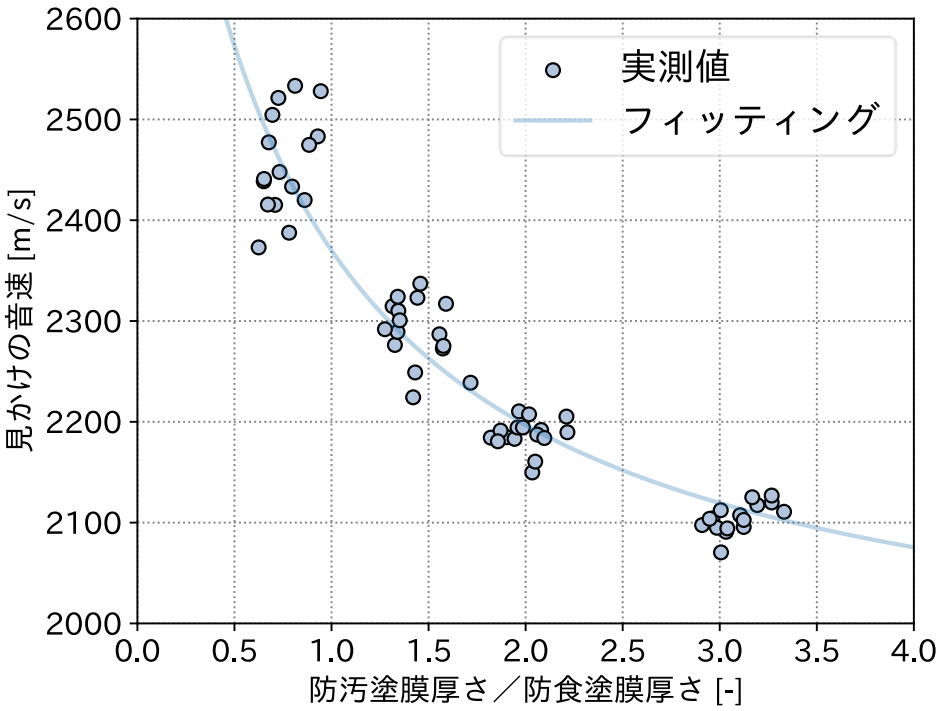
実船計測を想定した超音波膜厚計のプロトタイプを製作した。最新の超小型超音波信号処理装置を導入し、実船計測用に計測システムを大幅に小型化した（図Ⅰ．2．（1）．①．46）。導入した超小型超音波信号処理装置は超音波の送受信に関する設定を全てソフトウェア上で実行することができるため、従来は機器のツマミやスイッチで行っていた物理的操作が不要となり、計測の利便性が大きく向上した。



従来の計測システム　　小型化したプロトタイプ

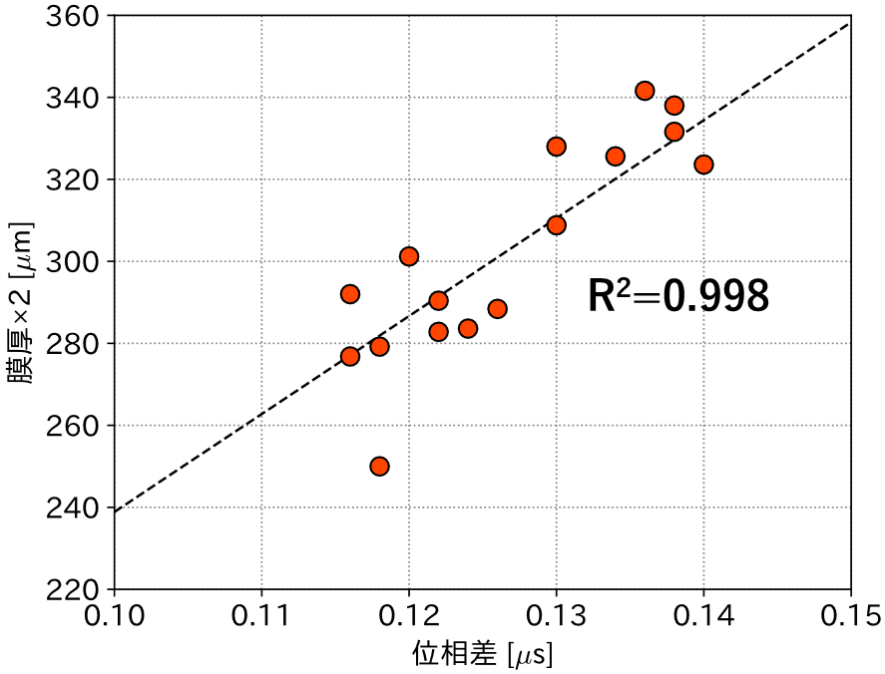
図Ⅰ．2．（1）．①．46　超音波膜厚計のプロトタイプ
（計測システムの小型化）

超音波による膜厚計測の波形データ処理アルゴリズムを改良した。船体外板表面の塗装は一般的に防食塗装の上に防汚塗装が塗り重ねられる。これまではこれら二種の塗装をまとめて一つの塗膜として扱っていたが、個別の塗膜としてモデル化した。防汚塗膜と防食塗膜との音速比及び防食塗膜の音速の 2 つをパラメータとし、防汚塗装の膜厚増大に伴う見かけの音速（防汚と防食塗膜を 1 つの塗膜と考えた場合の音速）が低下する現象を説明するモデルを構築した（図Ⅰ．2．（1）．①．47）。



図Ⅰ. 2. (1). ①. 47　波形データ処理アルゴリズムの改良

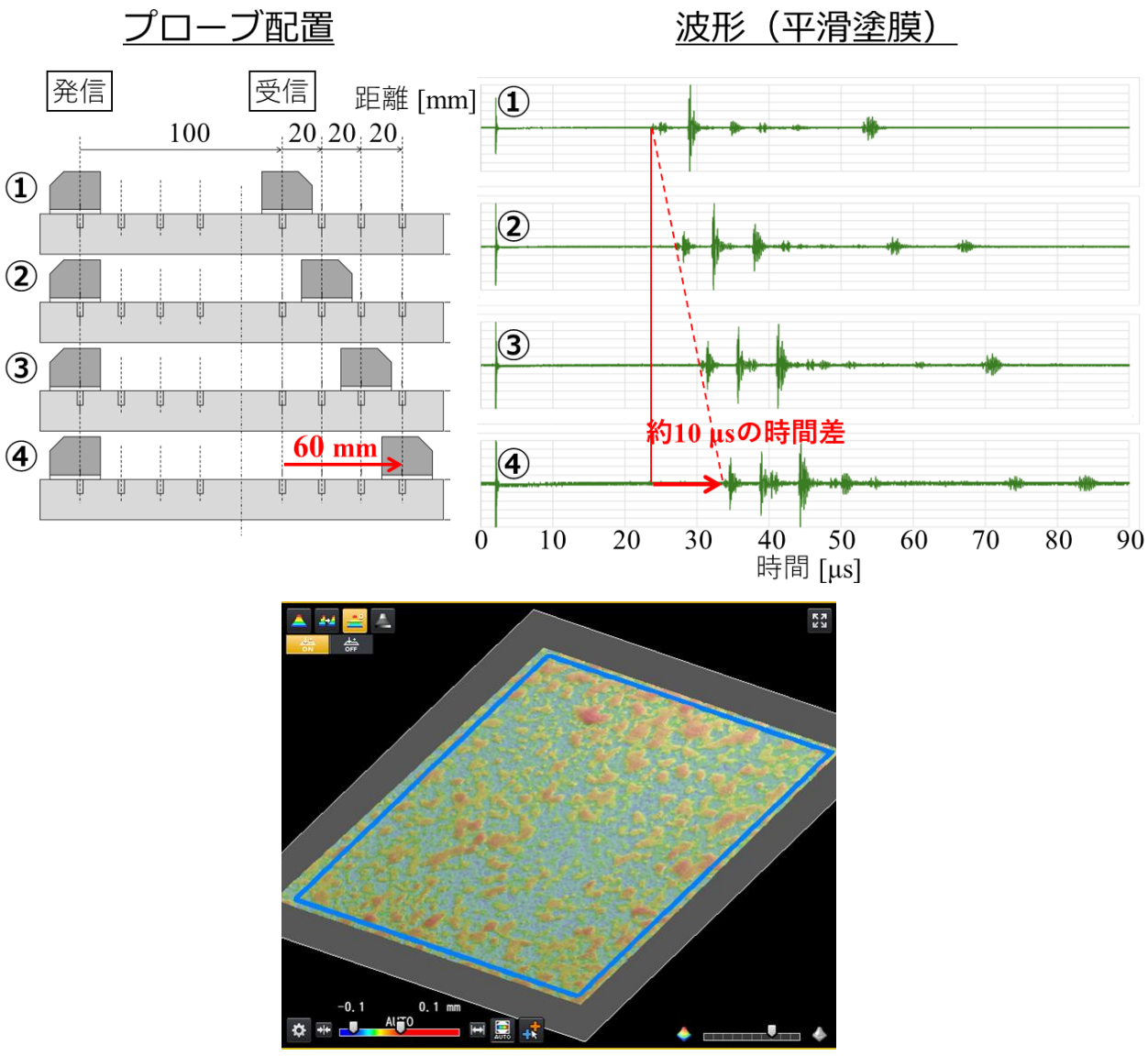
次年度に実船調査を想定している船舶がアルミニウム製であるため、開発手法のアルミニウムへの適用性を検証した（これまでの検証では鋼製試験片を使用）。試験片として100mm×100mm×t10mm のアルミ板の片面にエポキシ樹脂の錆び止めスプレーを多数回噴霧し、厚さ 120–170μm 程度の塗膜を形成させた（試験片内の位置により膜厚にばらつきが生じる）。試験片内の 16 カ所について、既存の渦電流式（非鉄金属用）膜厚計、および開発手法によるエコーの 2 種類の方法で位相差測定を行った。図Ⅰ. 2. (1). ①. 48 に測定結果の比較を示す。開発手法による塗膜厚さに起因するエコーの位相差と既存膜厚計による測定値には明確な線形の比例関係が見られ、これまで検証に用いてきた鋼製試験片と同様の結果が得られたことから、アルミニウム船への本開発手法の適用性が示された。



図Ⅰ. 2. (1). ①. 48　アルミニウム試験片での開発手法の検証

② 直接計測データと運航データ等から船体塗装の状態を把握する技術の開発

超音波により船体外板塗膜表面の形状（凹凸）を評価する手法の確立に向けて、超音波エコーの解析等の基礎的な検討を実施した（図Ⅰ．2．（1）．①．49（上））。発信・受信の二つのプローブ間の距離を変化させた計測を実施してエコー変化と比較し、どの様な伝播モードの波が計測されているかを解析した。本方法で得られるエコーは様々な伝播モードが複合した結果である。今回の解析により、一部のモードについては伝播モードを特定できたが、塗膜表面形状の違いが反映されたモードは未特定であるため、引き続き解析を進める必要がある。また、塗膜表面形状を定量的に評価するため、レーザー光による 3 次元形状計測装置を導入した（図Ⅰ．2．（1）．①．49（下））。詳細な形状計測が可能となったため、超音波エコーとエコー伝播箇所の塗膜形状を比較することで伝播モードの特定等の解析に活用できる。



図Ⅰ．2．（1）．①．49　超音波エコーの伝播モード解析（上）及び塗膜表面形状の計測（下）

（5）事故時の安全性評価並びに海難事故解析のための評価ツール開発に関する研究

① 数値水槽を用いた流体構造連成及び構造破壊を考慮した事故再現シミュレーションツールの高度化

弾塑性変形を考慮した 3 次元大規模波浪中のシミュレーション解析を行った。昨年度までは簡易船体モデルにて解析を行っていたが、今年度は、図Ⅰ．2．（1）．②．1 及び図Ⅰ．2．（1）．②．2 に示すよ

うなコンテナ船の大規模詳細船体モデル（L=300m、8000TEU、110 万要素）での解析に取り組んだ。詳細モデルを使用したことにより、ハルガーダの弾性振動の再現（図Ⅰ．2．（1）．②．3）に成功した。さらに、波浪中の船体任意箇所での流力弾性応答（加速度、応力分布等）を時々刻々表示できることを確認した。流体構造連成解析による縦曲げ応力の鉛直方向分布、長手方向分布を図Ⅰ．2．（1）．②．4 に示す。本手法を事故解析へ適用するべく、今後シリーズ計算や更なる検証を進める予定としている。

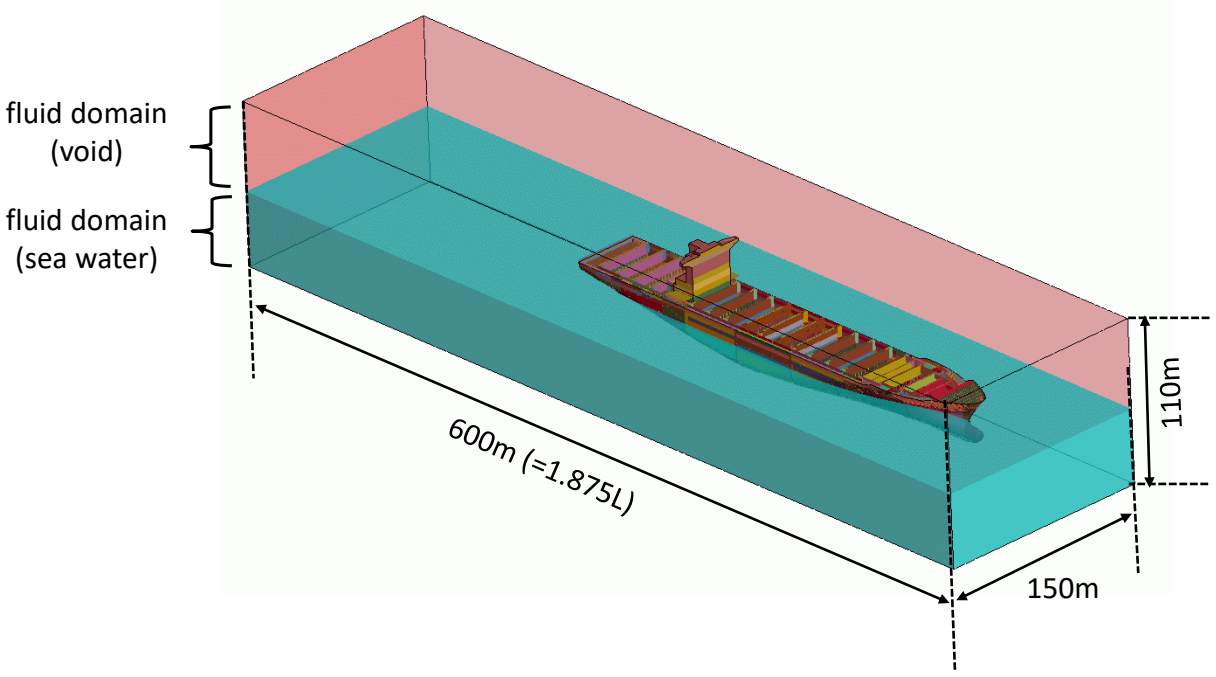
船体の剛性（船体変形）が船体運動・変位・速度・加速度に与える影響を定量的に明らかにした。まず、船体剛性が船体運動や変形等に与える影響を検証した。波高 Hw=20m の波浪条件では、上甲板船尾端の位置の差が鉛直方向で 3.5m 程度（型深さの約 15%）報じることがわかった（図Ⅰ．2．（1）．②．5、図Ⅰ．2．（1）．②．6）。3.5m もの変形が生じた場合、船体を剛体モデルとした場合と船体回りの流れが大きく異なると考えられることから、荷重推定の観点においても、流体構造連成解析の必要性があることが示された。

また、船体弾性振動により、剛体に比べて船首船底の Z 方向速度や Z 方向加速度が大きくなり、スラミング荷重は水面に突入する速度の二乗に比例して大きくなるため、重畳効果によってさらなる船体振動を誘発する可能性があることを確認した。

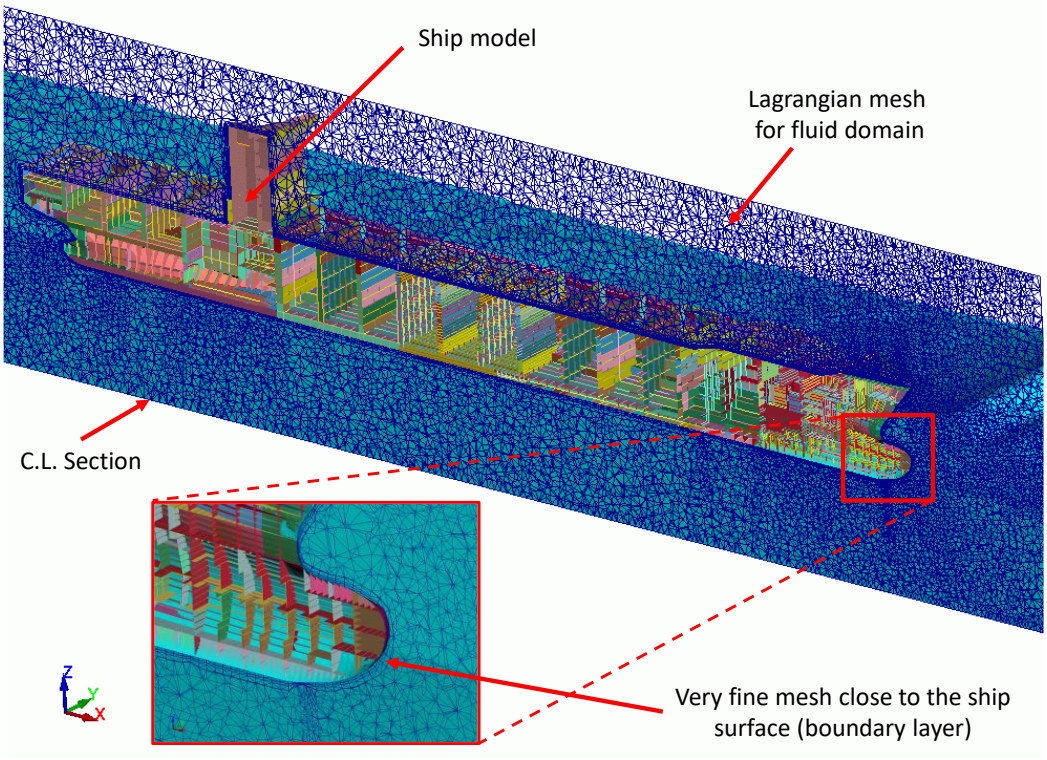
次いで、Z 方向加速度のフーリエ解析を実施した結果（図Ⅰ．2．（1）．②．7）、周波数 0.5Hz と 1.3Hz 付近で大きなエネルギーを示していることがわかった。これらの周波数が、造船所より提供を受けた船体ハルガーダの固有振動数とほぼ一致していたことから、本解析の妥当性が確認できた。

船首 Z 方向変位の比較を図Ⅰ．2．（1）．②．8 に示す。変位が剛体に比べて小さくなっているように見えるが、運動と変形を足し合わせた変位としてみた場合は、剛体より変位が大きくなる場合も小さくなる場合もあり、船体の剛性が変位に与える影響を定量的に確認できた。

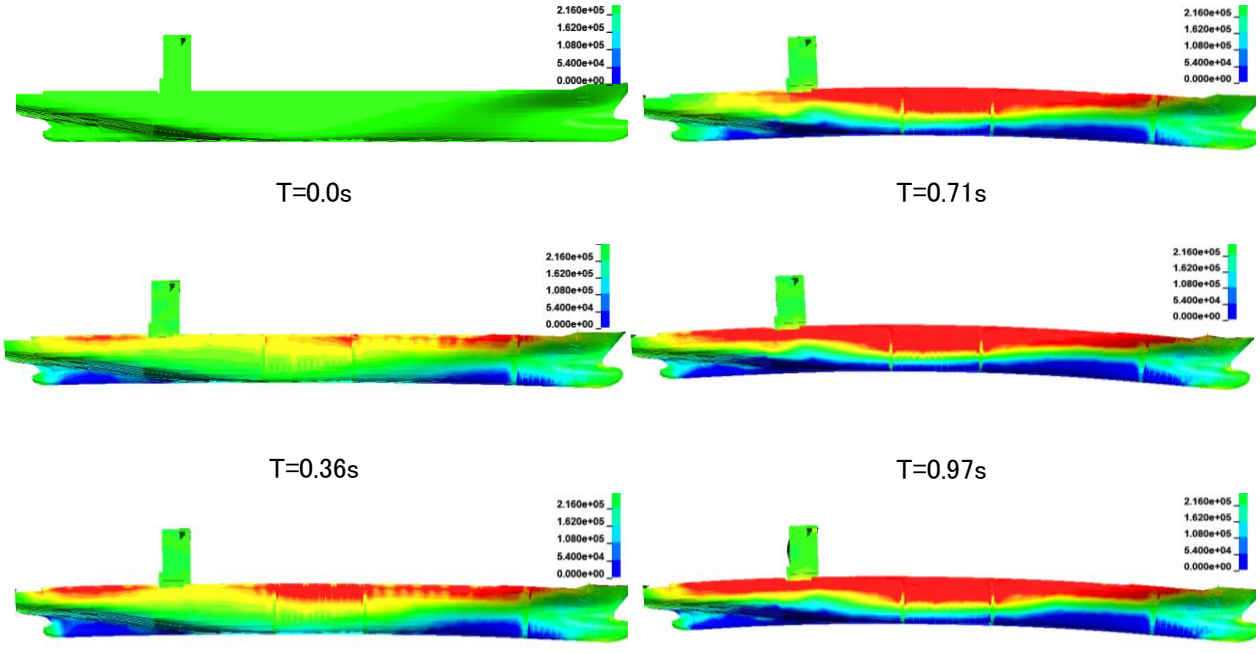
さらに、球落下解析及びバウフレア落下解析について、九州大学並びに防衛大学との連携のもと、ICFD（Incompressible Computational Fluid Dynamics）解析にて圧力や加速度の予測精度を検証した。



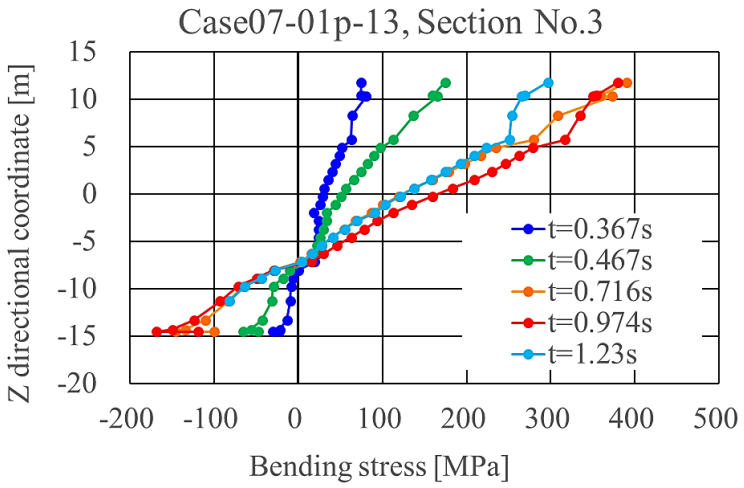
図Ⅰ．2．（1）．②．1 コンテナ船モデルを含む解析対象領域全体



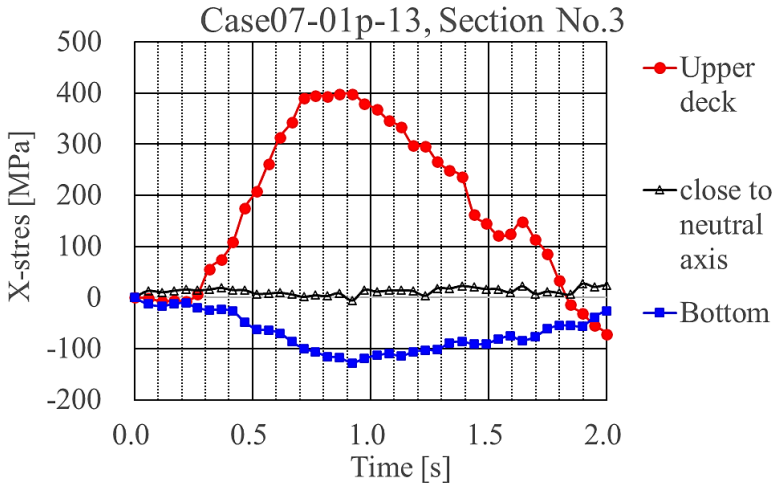
図Ⅰ．2．(1)．②．2　詳細なコンテナ船モデル、境界層モデル化並びに流体のラグランジェメッシュ



図Ⅰ．2．(1)．②．3　弾性体モデルによる船体弾性振動解析の一例（ホギング状態）
（コンター図の単位：N/m^2）



(a) 船体中央部付近での Z 方向の縦曲げ(X 方向)応力分布



(b) 船体中央付近における上甲板、中立軸付近、船底における縦曲げ(X 方向)応力の時刻歴(例)

図 Ⅰ. 2. (1). ②. 4 船体中央部付近の応力分布

(当該断面では、中立軸が船底寄りであること、相対的に甲板側が厳しい応力状態であることがわかる。)

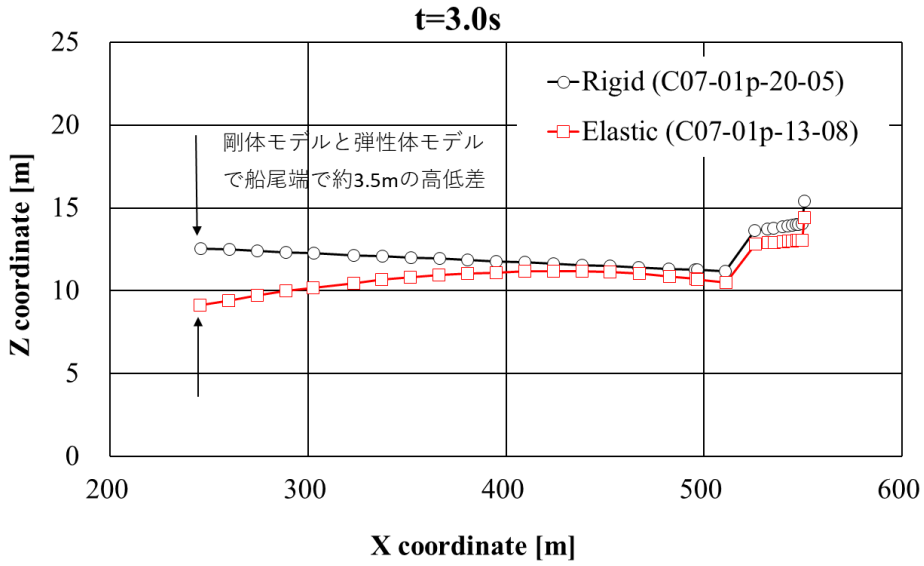
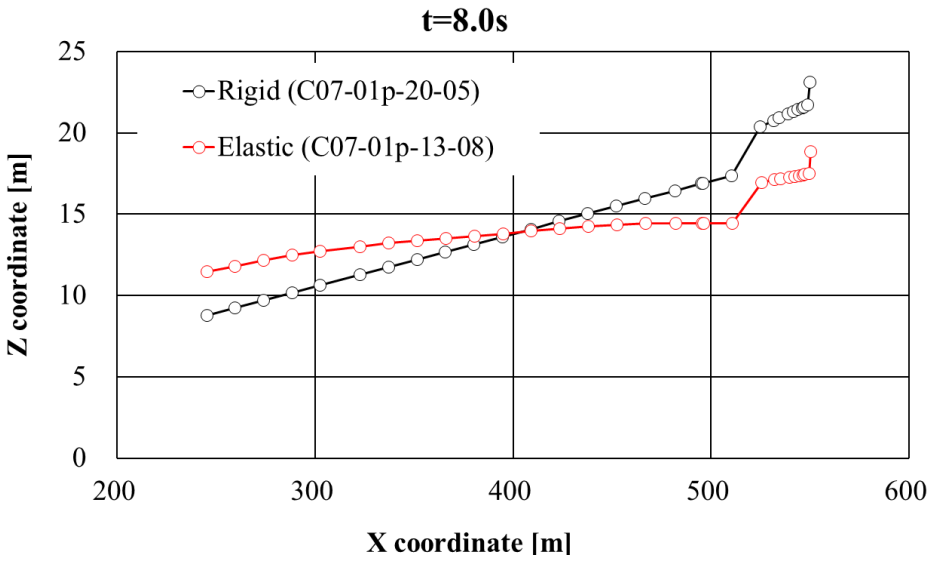
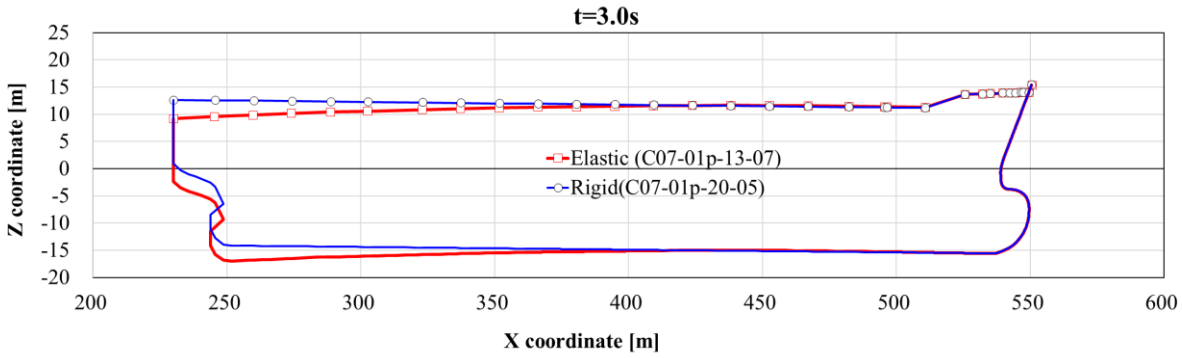


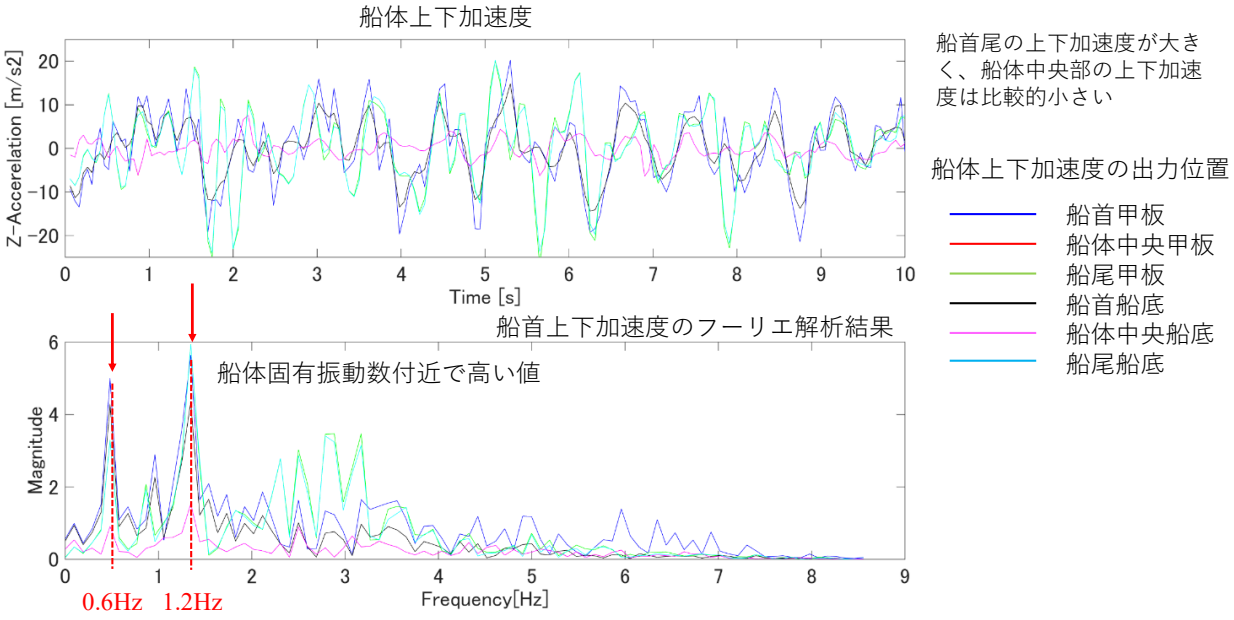
図 Ⅰ. 2. (1). ②. 5 剛体船舶モデルと弾塑性体船舶モデルでのコンテナ船甲板の変形量比較(続く)



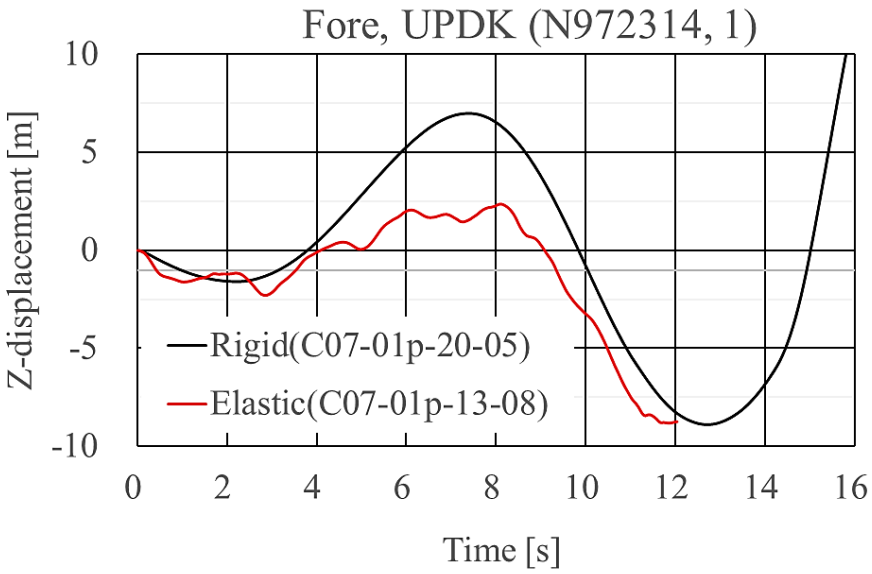
図Ⅰ．2.（1）.②. 5　剛体船舶モデルと弾塑性体船舶モデルでのコンテナ船甲板の変形量比較
（波条件：Hw=20m、Lw=300m、Lpp≒300m、グラフは船側方向から見た図、
黒：船体剛体モデル、赤：船体弾塑性体モデル）



図Ⅰ．2.（1）.②. 6　コンテナ船 CL 外形の比較
（波条件：Hw=20m、Lw=300m、黒：船体剛体モデル、赤：船体弾塑性体モデル）



図Ⅰ．2.（1）.②. 7　船体上 6 点の（上）上下加速度の時刻歴及び（下）同加速度のフーリエ解析結果



図Ⅰ．2．(1)．②．8　船首上下変位の比較（波条件：Hw=20m、Lw=300m）
（黒：船体剛体モデル、赤：船体弾塑性モデル）

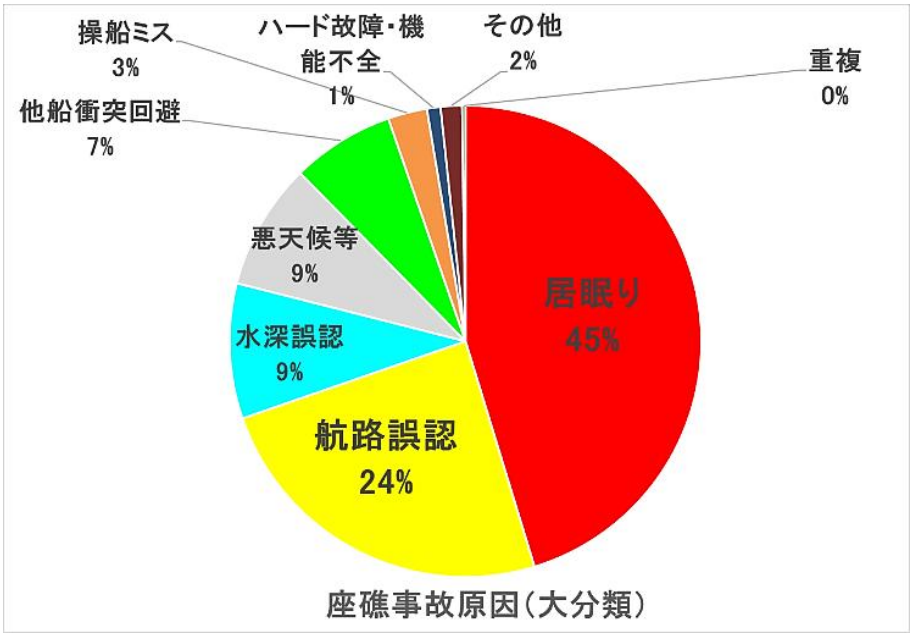
② 海難事故 DB システム構築・拡充及びその類型化

海難事故 DB を用いて、座礁事故原因の類型化・分類・分析を行った（図Ⅰ．2．(1)．②．9）。解析対象船舶をさらに拡大し、総トン数 GT10 万トン以上から、総トン数 100 トン以上の船舶までの解析がほぼ完了した。

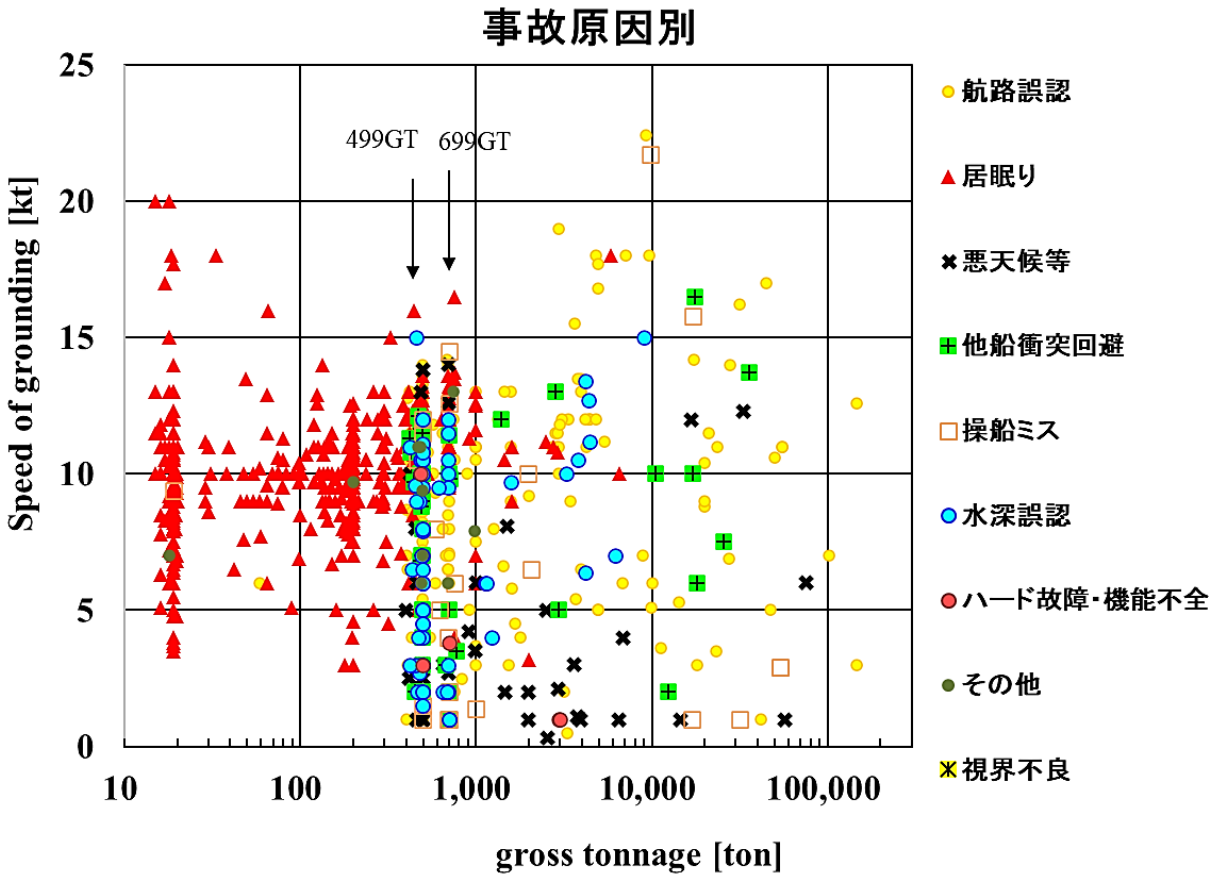
座礁速度と船舶の総トン数の関係について、事故原因（大分類）別に整理したものを図Ⅰ．2．(1)．②．10 に、船種別に整理したものを図Ⅰ．2．(1)．②．11 に示す。事故原因に関する研究・調査はあるが、座礁速度と事故原因、船種の関係を示した研究は他に例がなく、世界初である。運動エネルギーは速度の二乗であることから、座礁速度が高いほど高いエネルギーを有したまま岩礁等に乗り上げるため、被害が大きくなる。人命の安全・海洋環境保全（座礁による油流出防止）等観点からも、座礁速度の高い事故を防止することは特に重要である。図Ⅰ．2．(1)．②．10 及び図Ⅰ．2．(1)．②．11 からわかることを下記に示す。

・座礁事故原因 1～3 位は、居眠り、航路誤認、水深誤認である。
・水深誤認は 1,000GT 以下に多く、特に、499GT, 699GT に多い。
・大型船は喫水が大きいが座礁件数は少ない。中型船は相対的に喫水が小さいが、座礁も多い。（ただし、中型船と大型船で母集団数が異なるため事故件数が多いことだけを持って中型船の事故割合が高いとは評価できず、今後更なる検討が必要である。）
・居眠りが事故原因時の座礁速度は 10kt 以上と比較的高速である。
・悪天候では座礁速度は小さい（概ね 5kt 以下）。
・航路誤認は大型船に比較的多い。

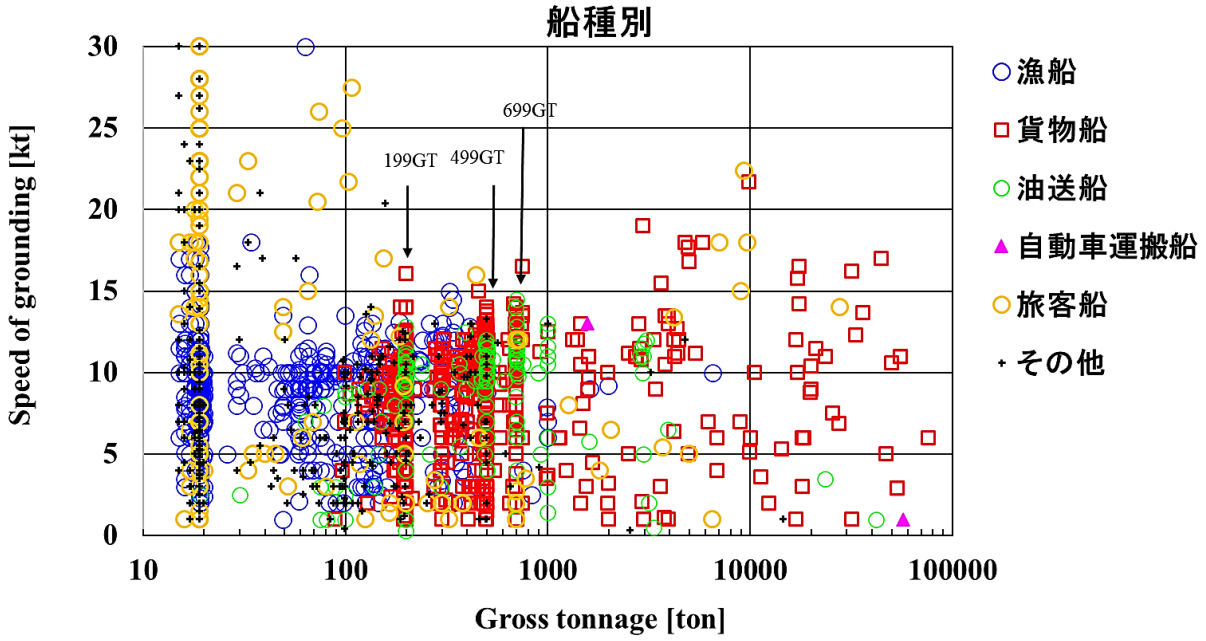
座礁事故は、未だに、大型船の海難事故種類の 2 位（海難の現況と対策、海上保安庁、令和 6 年）となっている。また、居眠りによる事故が後を絶たない。全船舶に対する一律の防止対策は必ずしも費用対効果に優れているとはいえず、効率的・効果的な事故防止対策のためには、事故原因を詳細に分析し、特定の船種・サイズ（今回の研究結果では例えば、499GT 船や 699GT 船）に対するピンポイントの対策を検討することが有効であると考える。本研究で得られた成果は、効率的・効果的な事故防止対策にフィードバック可能であり、有用性の高いものであると考える。



図Ⅰ．2.（1）.②. 9　座礁事故原因(大分類)



図Ⅰ．2.（1）.②. 10　座礁速度と総トン数、事故原因(大分類)の関係



図Ⅰ．2．(1)．②．11　座礁速度と総トン数、船種の関係

成　　果　　の　　公　　表

□科学雑誌掲載等論文：4 編

・Sadaoki Matsui, Masayoshi Oka: Long-term prediction of nonlinear ship roll motion using RAO, Applied Ocean Research, Vol. 158, 104590, (2025).

・Guillaume de Hauteclocque, Sopheak Seng, Masayoshi Oka, Chong Ma, Benjamin Bouscasse, Roberto Vettor, Shan Wang, Ivan Sulovsky, Jasna Prpic-Orsic, Kei Sugimoto, Tormod R. Landet: Vertical bending moment in extreme regular waves – Benchmarking of numerical codes against model tests, Journal of Marine Science and Engineering, 14(5), 481, (2026).

・Chen, X., Takami, T., Oka, M., Kawamura, Y., and Okada, T.: Uncertainty Assessment of Ship Transfer Functions Arising From Numerical Methods and Variability in Actual Operational Conditions, Ocean Engineering, Vol. 340, 122309, (2025).

・Tomoki Takami, Ulrik Dam Nielsen, Raphaël Emile Gilbert Mounet, Jørgen Juncher Jensen, Ryota Mori, Yusuke Komoriyama: Blind identification of incident waves and response transfer functions of a marine vessel based on measured responses, Expert Systems with Applications, 296, 129236, (2026).

□査読付き国際会議論文：4 編

・Chong Ma, Kazuhiro Iijima, Ananda Raiz Pambela, Takahiro Ando, Masayoshi Oka: Experimental research on nonlinear deflection wave of the floating plate, Proceedings of the ASME 2025 44th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, (2025).

・Kristjan Tabri, Michael Rye Andersen, Gaetano De Luca, Do Kyun Kim, Rafet Emek Kurt, Herve Le Sourne, Thomas Lindemann, Lucas Marquez, Tom Mitchell Ferguson, Jakub Montewka, Bianca de Carvalho Pinheiro, Bruce W.T. Quinton, Smiljko Rudan, Carey Walters, Yasuhira Yamada, Zhaolong Yu, Ling Zhu: Report of Limit States during Accidental and Damage Conditions, Proceedings of the 22nd International Ship and Offshore Structures Congress (ISSC 2025), (2025).

・Wang, J., Oka, M. et, al.: Proceedings of the ISSC committee I.2: Loads, Proceedings of the 22nd International Ship and Offshore Structures Congress (ISSC 2025), (2025).

・Tabri, K., Yamada, Y. et al.: Proceedings of the ISSC committee V.1 Limit States During Accidental and Damage Conditions, Proceedings of the 22nd International Ship and Offshore Structures Congress (ISSC 2025), (2025).

□和文査読付き論文：0 編

□各種表彰の受賞：2 件

・小森山祐輔，陳曦，松井貞興，岡正義: 船体モニタリングシステムによる波浪推定手法の開発，日本水路協会 令和 7 年度水路技術奨励賞 (2026/3/18 受賞).

・陳曦，高見朋希，岡正義: 船体応答に基づく波浪情報推定における不確定性解析手法 −第一報～第三報−，日本船舶海洋工学会 令和 7 年度日本船舶海洋工学会賞（論文賞）及び日本造船工業会賞 (2025/5/29 受賞)

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：2 件

・全船直接荷重構造解析システム DLSA-Basic Ver. 2.0

・多胴船の波浪中応答解析プログラム SPREME-Multihull

□その他

◆国際活動：9 件

・岡正義: Member of ISSC-2025/ I.2 Loads committee 委員 (Web 会議 2 回、現地会議 1 回) (計 3 件)

・馬沖: Member of ISSC-2028/ I.2 Loads committee 委員 (Web 会議 1 回、現地会議 1 回) (計 2 件)

・山田安平: Member of ISSC-2025/ V.1 Limit States during Accidental and Damage Conditions committee 委員 (Web 会議 1 回、現地会議 1 回) (計 2 件)

・山田安平: Member of ISSC-2028/ V.1 Limit States during Accidental and Damage Conditions committee 委員 (Web 会議 1 回、現地会議 1 回) (計 2 件)

◆その他の全文査読付き論文等：3 編

・Chong Ma, Masayoshi Oka: Simulation of ship dynamics and structural response based on SPH, Proceedings of SPHERIC World Conference, (2025).

・Fukui, K., Toh, K., Hibi, S., Yamada, Y., Yanagihara, D: Numerical Study on Dynamic Response and Slamming Pressure of Bow Flare Using ICFD Method, 38th Asian-Pacific Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures (TEAM2025), (2025).

・Tomoki Takami, Ulrik Dam Nielsen, Raphaël Emile Gilbert Mounet, Jørgen Juncher Jensen, Yusuke Komoriyama: Concurrent Estimation of Ship Transfer Functions and Incoming Waves by Using Response Measurements, Proceedings of 16th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures (PRADS 2025), (2025).

.

◆その他発表論文：16 編

・松井貞興: 波浪中非線形構造応答の統計予測，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 40 号, pp. 115-125, (2025).

・松井貞興ほか: 繰り返し水波を用いた新しい波浪中応答試験法，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 40 号, pp. 803-813, (2025).

・松井貞興，杉本圭: 液化ガス運搬船の接触摩擦構造解析に関する比較検討，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 40 号, pp. 501-507, (2025).

・松井貞興, 宝谷英貴: スペクトル分割により生成される不規則時系列の自己相関関数の誤差解析, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 40 号, pp. 777 – 788, (2025).
・松井貞興, 宝谷英貴: スペクトル分割により生成される不規則時系列のスペクトルの誤差解析, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 40 号, pp. 789-802, (2025).
・小森山祐輔, 山中晴斗, 安藤孝弘, 辰巳晃, 吉田智美, 宝谷英貴: 変位とひずみ計測による静水中の一体型バルクキャリア弾性模型船のボトム変形の推定, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 40 号, pp. 645-653, (2025).
・小森山祐輔: 船体構造デジタルツインのための計測応答データを用いたカルマンフィルターによる出会
い波時刻歴及び非計測応答の推定技術, 第 25 回海上技術安全研究所研究発表会, (2025).
・Takahiro Oda, Ryosuke Suzuki, Akira Tatsumi, Kazuhiro Iijima, Yusuke Komoriyama, Takahiro Ando: Buckling-induced Ductile Fracture of a Thin-walled Square Column Subjected to Monotonic Compression, Proceedings of 11th Pan Asian Association of Maritime Engineering Societies (PAAMES) Forum and Advanced Maritime Engineering Conference (AMEC) 2025, (2025).
・陳曦: 船体応答に基づく波浪情報推定における不確定性解析手法, 第 69 回 東部支部構造研究会, (2026).
・馬沖: Nonlinear Hydroelastic Behavior of Floating Bodies Under Waves, Clarkson Seminar on Hydrodynamics, (2025).
・藤本修平: 舶用防汚塗料の表面粗さによる超音波エコーの変化, 日本機械学会 2025 年度年次大会講演論文集, J041-03, (2025).
・清水天万音, 林原仁志, 武内崇晃, 山本規雄, 高田篤志, 大沢直樹: 円形ホリデー付塗装鋼板に生じる局部腐食のセルオートマトンシミュレーション, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 40 号, pp. 809-705, (2025).
・山本規雄: バラストタンク環境における局部腐食, ClassNK R&D Forum 2026, ポスターセッション, (2026)
・福井健太, 藤公博, 日比茂幸, 山田安平, 柳原大輔: CFD と FEM に基づく流体構造連成解析によるバウフレアスラミング時の動的圧力応答, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 41 号, (2025).
・日比茂幸, 福井健太, 藤公博, 山田安平: 船首模型を用いたコンテナ船のフレア部に生じる スラミング衝撃荷重に関する実験的検討, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 41 号, (2025).
・大川鉄平, 中島清孝, 山田安平: 船体用高延性鋼 NSafe-Hull による 船舶の衝突・座礁対策, 第 30 回 表面き裂解析プログラムユーザー会, (2025).

.

◆公開実験: 1 件
・環境装置による腐食実験設備の公開(2026/1/22)

重　点　分　野	(2)海洋環境の保全

研 究 テ ー マ	①ゼロエミッション燃料を用いたGHG削減技術の高度化及び安全・環境対策並びに船舶の運航時における環境負荷低減に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
船舶による環境負荷の大幅な低減と社会合理性を兼ね備えた環境規制の実現及び国際ルール形成への戦略的な関与を通じた海事産業の国際競争力の強化に資するため、水素・アンモニア等のゼロエミッション燃料の燃焼解析技術を始めとする温室効果ガス削減技術の高度化及び実海域における実船性能向上に関する研究開発、並びに船舶の運航時における環境負荷低減に資する基盤的技術及び環境影響評価手法等に関する研究開発に取り組む。	国際海運における 2050 年カーボンニュートラルの実現や内航海運におけるカーボンニュートラルの推進に向けて、水素、アンモニア等のゼロエミッション燃料船等の開発・実用化、安全基準の策定等環境整備が求められている。また、温室効果ガス削減以外にも、船舶に起因する環境負荷の低減に資する技術開発は、不断に行う必要がある。加えて、環境負荷低減に係る技術開発成果を背景として国際ルール策定を主導することは、地球環境問題解決への貢献とともに我が国海事産業の国際競争力強化の観点から重要である。 このため、以下の研究開発を進める。 ①ゼロエミッション燃料を用いたGHG 削減技術の高度化及び安全・環境対策並びに船舶の運航時における環境負荷低減に関する研究開発	国際海運における 2050 年カーボンニュートラルの実現や内航海運におけるカーボンニュートラルの推進に向けて、水素、アンモニア等のゼロエミッション燃料船等の開発・実用化、安全基準の策定等環境整備が求められている。また、温室効果ガス削減以外にも、船舶に起因する環境負荷の低減に資する技術開発は、不断に行う必要がある。加えて、環境負荷低減に係る技術開発成果を背景として国際ルール策定を主導することは、地球環境問題解決への貢献とともに我が国海事産業の国際競争力強化の観点から重要である。 このため、以下の研究開発を進める。 ①ゼロエミッション燃料を用いたGHG 削減技術の高度化及び安全・環境対策並びに船舶の運航時における環境負荷低減に関する研究開発 －ゼロエミッション燃料（水素・アンモニア）やカーボンニュートラル燃料の燃焼データの取得と基礎的燃焼特性の解明、着火性の検証と燃焼排出物の排出メーカーニズムの解明、並びに船舶由来化学物質が海洋環境に与える影響評価技術の高度化を行う。等

○GHG 削減技術の高度化および安全・環境対策に関する研究

研　　究　　の　　背　　景

持続可能で暮らしやすい社会の実現のために、船舶から排出される環境負荷物質を削減し、海洋環境を保護する必要がある。船舶から排出される環境負荷物質としては、航行する船舶の動力システムから排出さ

れる排ガスだけでなく、船体に塗布された防汚塗料由来の化学物質の拡散や沈船からの重油の流出による海洋環境汚染などがある。これら環境負荷物質の削減は強く求められている。

船舶からの GHG 排出については、国際海事機関(IMO)は、2030 年、2040 年それぞれに 2008 年比 20～30%削減、70～80%削減の目安、2050 年頃には GHG 排出ネットゼロの目標を定め、内航海運においては、2021 年に閣議決定された地球温暖化対策計画によって、2030 年度に 181 万トンの CO_2 削減(2013 年度比約 17%削減)の目標が決められた。また、2050 年には我が国のカーボンニュートラルに向けて船舶分野も協力していくことが求められている。GHG 削減のために、水素・アンモニア・メタノール・バイオ燃料等の代替燃料やバッテリー推進システムの利用による GHG の排出削減が政策に取り入れられている(第 5 期国土交通省技術基本計画、2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略など)。

研　　究　　目　　標

本研究では、代替燃料やバッテリーを利用した船について、その開発に係わる技術力の獲得、並びに技術開発・実証や関連する安全基準の策定に資するための研究開発を実施する。水素やアンモニアをエンジンにおいて安全に燃焼させるための要素技術や排ガス中の環境負荷物質の処理技術の開発を国内メーカーと協力して行う。さらに、高度になる環境負荷削減対策の研究開発に合わせて、環境への影響を精度よく評価するための技術も高度化する必要がある。そこで、船舶からの環境負荷物質排出量の推定、船体の塗料の性能、あるいは事故時損傷等に関連し、船外へ放出される物質の環境中濃度などの評価技術、モニタリング技術及び合理的後処理技術の高度化を行い、国際競争力強化及び我が国経済の持続的な発展に資する。具体的な研究項目と目標は下記である。

(1)水素・アンモニア燃料エンジン等の専焼コンセプトの開発の一環として、デュアルフューエル(ガス燃料を少量の液体燃料(軽油や重油)で着火・燃焼させる方式)から専焼を目指す上での課題を抽出し(R8 年度)、アンモニア専焼コンセプトを提案する(R11 年度)。

(2)次世代燃料のエンジン燃焼解析技術の高度化を目指し、各種新燃料の噴霧・燃焼特性解析のための実験技術を確立し、実験装置群の開発を行う(R6 年度)。さらに、各種新燃料の CFD 検証データ、燃焼データベース用システムを構築・公開する(R10 年度)。

(3)次世代燃料使用における安全・環境評価技術として、規格に沿った CN(Carbon Neutral)燃料の混合率、着火性指標(CCAI)と着火性との関係を公知化する。また、各種次世代燃料の安全利用のためのガイドラインの提案、排ガス処理性能予測手法の提案を行う(R8 年度)。

(4)船舶運航における環境影響評価技術の高度化の一環として、モニタリング手法を標準化し、船舶由来物質の環境影響を予測する。また、船体の防汚評価手法を構築する。

(5)内航・外航海運の省エネ化・GHG 削減対策に資する普及・実用技術として、内航船・外航船における GHG 削減目標に貢献する各種対策技術を社会実装する。

(6)重油のエマルション化による流動促進化及び回収技術の開発の一環として、エマルション化技術を利用した油回収システムを構築する(令和 5 年度)。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

（1）水素・アンモニア燃料エンジン等の専焼コンセプトの開発

① 既設機関の 1 気筒デュアルフューエル化に関連した研究

前年度までに、1 気筒デュアルフューエル化を目指した電子制御装置として、257 kW エンジンの 1 気筒にメタン用のガスを導入し、ガス噴射弁を電子制御化し、任意のクランク角度にて、任意の噴射量を噴射可能にした。今年度はガス燃料の噴射時期と噴射期間を調整して、ガス燃料のエネルギー割合を 80%以上（約 90%）まで変更して、ガス燃料の吹き抜け割合や、排ガスに与える影響を調査した。

② 水素専焼対応技術に関連した研究

舶用水素専焼エンジンの課題である異常燃焼への対応技術を開発することを目的として、民間企業と共同（日本財団助成事業）で研究を実施した。まず、異常燃焼抑制技術である排気再循環（EGR）技術として、昨年度までに明らかになった EGR 適用によるノッキング促進現象についてその要因と対策を検討するために、燃焼の数値計算を行い、EGR ガス中に含まれるガス種が異常燃焼に及ぼす影響を検証した。また、検証結果に基づいて、対策技術効果検証のための実験を計画し、設備構築と実験を実施した。さらに、水素専焼エンジンの過渡的運転状況への対応技術の開発に向けて、水素専焼時の負荷投入試験も実施した。

③ アンモニア燃焼支援による GHG 排出量の削減

アンモニア雰囲気中の軽油の自着火過程を調べるために、前年度に設計製作した小型の着火試験装置の改良を実施した。また、実験装置によりヘプタン（軽油相当燃料）を圧縮着火することで、装置が正常に機能することを確認した。

④ アンモニア専焼方法開発

副室式 NH_3 ガス専焼機関の開発に向けて、昨年度開発した市販スパークプラグを用いた半導体型テスラコイルを用いた高周波（13.56MHz: 産業科学医療用バンド）プラズマ生成装置のプラズマ点火方法として、市販ガスグリル用スパークジェネレータを用い、プラズマ点火（プラズマ点火タイミング制御）ができることを確認した。

アンモニア分解ガスを副室燃料に使用した副室火花点火式アンモニア予混合燃焼システムの研究について、当所が所有する可視化定容燃焼容器に対して、昨年度設計・製作した副室燃焼システムの追加・組み立てを行った。

（2）次世代燃料のエンジン燃焼解析技術の高度化

① 大型エンジン用の次世代燃料評価設備の構築と、計測技術の確立

昨年度までに開発を完了した大型燃焼試験装置を活用し、水素ディーゼル燃焼の可視化試験を実施するとともに、着火・燃焼に関するデータを取得した。また、最小限のパイロット燃料条件においても、高い着火安定性が得られることを確認した。

（3）次世代燃料使用における安全・環境評価技術

① ドロップイン燃料の着火性評価

アルコール系燃料（メタノール、エタノール）と既存燃料の混合時の着火性評価に続き、液体燃料の着火性試験装置（FCA）を用いて、ディーゼル代替燃料候補である OME(オキシメチレンエーテル)の着火性評価を行った。OME はオキシメチレン基の付いている炭化水素の総称であり、今年度はオキシメチレン基が 2、3 個ある OME2、OME3 に炭化水素系燃料を混合して実験を行った。

② 低濃度 PM を対象とした計測法の検討

アンモニア混焼時の PM 低減のためには、主要成分である OC（有機炭素）の低減が必要であるため、OC の炭化水素成分を分析するとともに、発がん性を有するニトロ化多環芳香族炭化水素(NPAH)の分析を行った。また、低 PM 捕集に合わせた装置の整備を行い、未燃アンモニア処理に使用されている排ガス後処理装置である酸化触媒下流での測定を実施した。

③ 光学計測による燃焼中の NO、すす生成の評価

前年度構築した、燃焼中のすす生成の空間分布、生成時期の評価手法を用いて、脂肪酸エステル系燃料とアルコール系燃料を対象に、すす及び NO 生成の空間分布から、各カーボンニュートラル燃料の排出ガス特性を評価した。

④ 舶用排ガス中の窒素化合物（NOx、N_2O）後処理システムの性能評価

NOx 関係触媒を対象に実排ガス対応のための、問題点への対処法を検討し、後処理システムの高度化を行った。さらに、NH_3 燃料を使用した場合に、船舶から排出される可能性がある温室効果ガスである N_2O（CO_2 の約 300 倍の温室効果）の削減方法について調査を行い、舶用に適応可能なシステムについて検討した。

⑤ メタン酸化触媒の性能評価

これまで構築してきた排ガスでのメタン酸化触媒性能評価モデルを高度化するために、実験的に得られた温度と活性点量の関係に関するモデルを組み込むことで、性能予測を向上させる方法について検討した。

⑥ 代替燃料船の安全規則 （船技協受託と関連）

前年度に引き続き、水素燃料船の国際安全ガイドラインの検討に関する CG の国内業界意見案をとりまとめた。さらに対策資料案を作成し、IMO/CCC11 における当該ガイドラインの最終化の審議に貢献した。

（4）船舶運航における環境影響評価技術の高度化

① 船舶由来化学物質が海洋環境に与える影響評価技術の高度化

従来高度化してきた環境影響評価手法を用いて、GHG 削減において有望な水素の輸送及び貯蔵を効率化する選択肢の一つである、メチルシクロヘキサン海中漏洩時の環境影響評価を実施した。

② 船体付着生物管理に必要な防汚システムの管理・最適化に関する研究

本研究項目に関して、下記の 2 つの項目を実施した。

・藻類（褐藻）を用いた船底防汚塗料性能評価試験法の開発

提案した試験法について、ISO（国際標準化機構）/TC 8（船舶及び海洋技術専門委員会）/SC 2（海洋環境保護分科会）/WG 5（船底防汚システム）での審議対応、及び当該試験法を国際規格として発行した。

・船体付着生物管理の法的枠組策定に関する国際的審議への対応

国際海事機関（IMO）において、適切な船体付着生物管理の法的枠組策定に関して、汚染防止・対策小委員会 PPR 13 に向けた提案文書作成のための事前協議・提案文書作成補助、及び PPR 13 での審議に対応した。

③ EGCS からの排水の濁度の標準化を目的とした調査研究

昨年度の結果を元に、他社で異なる濁度計による検証を行った。今後は、標準試薬の ISO 化について、検証結果を元に素案の見直しなど意見交換を実施する予定である。

（5）内航・外航海運の省エネ化・GHG 削減対策に資する普及・実用技術

① 次世代燃料エネルギーシステムの運用方法と最適化技術

エネルギーシステムに関するエネルギーフロー解析及びエクセルギー解析について、解析手法並びに船舶への適用例に関する文献調査を実施した。さらに、内航船の舶用エネルギーシステムについてシステム系統図を調査し、解析に向けた情報収集を実施した。

② 水素燃料船の安全性評価・建造支援

水素燃料利用の社会実装・建造支援の一環として民間企業と連携して、水素燃料利用船舶について HAZID 会議開催などの安全性評価に貢献し、建造を支援した。

③ 空気潤滑システムの防汚塗膜と防汚性能への影響評価

空気潤滑による防汚塗膜への影響を回転円筒試験装置で再現するための試験方法の検討と試験体の設計を行った。

④ 内航 Ready 船の検討（GHG 削減プロジェクトチームにおける請負研究として実施）

新燃料（LNG、メタノール、エタノール、アンモニア、水素）の内航 Ready 船に関するコンセプト船の検討を実施した。

（6）海難事故等における油流出・回収及び処理効率向上技術の開発

① 回収油分離に関する研究

前年度までに実施した油分離に関連する可視化計測結果及び解析結果についてレビューした。また、これまでに前例がない水、重質油、空気の 3 成分からなる作動流体の分散相（重質油、空気）の粒子径分布計測を対象とする直接可視化計測方法を精査した。

② 回収油の流動性に関する研究

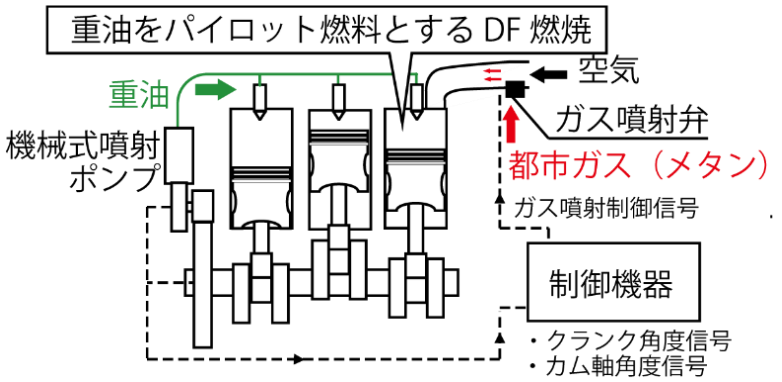
出口戦略として掲げている社会実装を意識し、民間サルヴェージ会社と研究打合せを実施した（港空研と共同）。

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

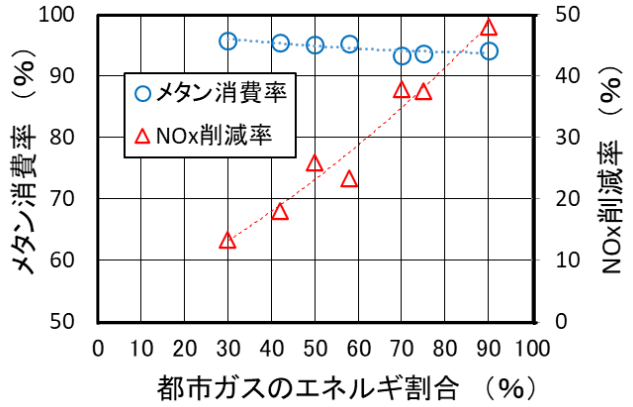
（1）水素・アンモニア燃料エンジン等の専焼コンセプトの開発

① 既設機関の 1 気筒デュアルフューエル化に関連した研究

図Ⅰ. 2. (2). ①. 1 に、既設ディーゼルエンジンの 1 気筒デュアルフューエル化の概要図を示す。既設ディーゼルエンジンの 1 気筒を対象に、エンジンに供給する空気に、都市ガス（主成分：メタン）を供給し、重油をパイロット燃料として、ガス燃料を着火燃焼するデュアルフューエル（DF）燃焼を実施し、未燃メタンや NOx の低減方法を研究開発している。ガス燃料の噴射量やタイミングを任意に変更できる制御機器を用いてガス燃料のエネルギー割合を 80%以上（約 90%）まで変更して実験を行った。本実験において、導入されたメタンは約 94%燃焼し、NOx はガスをエンジンに導入する前（従来の重油のみの運転）の状態に比べて約 50%削減することに成功した（図Ⅰ. 2. (2). ①. 2)。



図Ⅰ．2.（2）．①．1　1 気筒デュアルフューエル（DF）化したエンジン概要



図Ⅰ．2.（2）．①．2　都市ガスのエネルギー割合に対するメタン削減率及び NOx 削減率
（都市ガス（メタンガス）の混合と共に NOx が削減されている。）

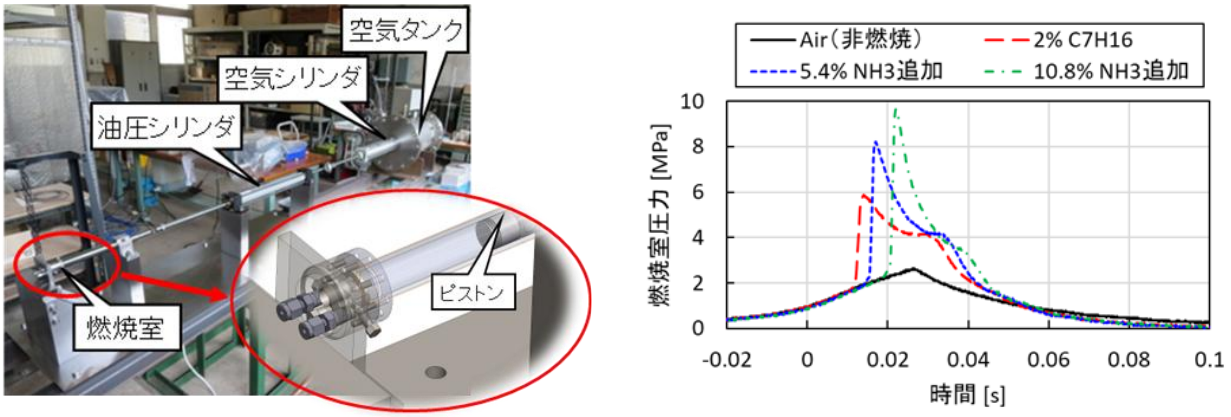
② 水素専焼対応技術に関連した研究

EGR ガス中に含まれるガス種が異常燃焼に及ぼす影響について検討するために、化学反応計算ソフトウェアである Cantera を用いて、EGR 適用時の燃焼を想定した計算から着火遅れ時間等を解析した。この結果、EGR 適用時に複数のノッキング促進因子が存在することが明らかになった。ノッキング促進因子に関する対策技術を検討し、効果検証のための設備構築・実験を実施した。この結果から、ノッキング促進因子を特定するとともに、その対応策を提案した。この対応策を講じた EGR 技術適用によって、短時間の評価ではあるものの水素専焼・100%負荷率において異常燃焼が発生しない安定した燃焼を実現した。水素専焼時の過渡的運転状況への対応技術の開発に向けて、水素専焼時の負荷投入特性の評価試験を実施した。水素供給に関わる制御システムを開発し、水素専焼状態における負荷投入試験を実施した。水素専焼負荷投入試験では、制御パラメータ調整によって負荷投入特性の改善を試みるとともに、投入負荷率の限界を評価した。これらの試験結果から、負荷投入に関する技術課題を整理した。

③ アンモニア燃焼支援による GHG 排出量の削減

アンモニア雰囲気中の軽油の自着火過程を調べるために、空気圧と油圧を組み合わせた機構により燃焼室内を圧縮し、高温高圧雰囲気を作り出す着火試験装置を、昨年度に引き続き製作した（図Ⅰ．2.（2）．①．3 （a））。軽油に相当する着火性を持つヘプタンを圧縮着火できることを確認した。図Ⅰ．2.（2）．①．3 （b)に、燃焼時と非燃焼時の燃焼室の圧力履歴を示す。非燃焼時は、ピストンの圧縮によって、燃焼室内の圧力が約 3 MPa に達した後、速やかに減少している。燃焼時は、空気のみの場合に比較して、昇圧時に急激に圧力が上昇していることが分かる。この圧力上昇は、ヘプタンと

空気の混合気の着火・燃焼によるものである。また、混合気にアンモニアを追加していくと、アンモニアの濃度の上昇と共に、着火の遅れや圧力の最高到達点の増加といった変化が確認できる。混合気の組成が着火・燃焼に及ぼす影響を測定できており、装置が正しく機能することを確認した。今後、圧縮着火させる混合気の組成や温度をパラメータとした実験を実施し、ピストン変位や圧力変化を測定することで、アンモニア雰囲気中のヘプタンの着火燃焼を解析する。



(a) 圧縮着火するための燃焼室部分と駆動機構　　(b) 燃焼室の圧力履歴（非燃焼時・燃焼時）

図Ⅰ. 2. (2). ①. 3　小型の圧縮着火試験装置概要と試運転結果
（燃焼室の圧力履歴から、混合気の圧縮着火による燃焼と、
混合気の組成による着火への影響を測定できることを確認した。）

④ アンモニア専焼コンセプトの提案

昨年度、市販のスパークプラグと半導体型テスラコイルを用いた高周波プラズマ生成装置（13.56MHz、産業科学医療用バンド（ISM））を開発した。この装置は、簡易型 NH_3 改質 H_2 生成反応器である。副室式 NH_3 ガス専焼機関の開発に向けて、同装置のプラズマ点火方法として市販ガスグリル用スパークジェネレータを用いた検討を行った。その結果、外部からのプラズマ点火、及びプラズマ点火タイミング制御が可能であることを確認した（図Ⅰ. 2. (2). ①. 4）。

アンモニア分解ガスを副室燃料に使用した副室火花点火式アンモニア予混合燃焼システムの研究について、当所が所有する可視化定容燃焼容器に副室燃焼システムを追加する装置の組み立てを行った。

図Ⅰ. 2. (2). ①. 4　簡易型 NH_3 改質 H_2 生成反応器

（2）次世代燃料のエンジン燃焼解析技術の高度化

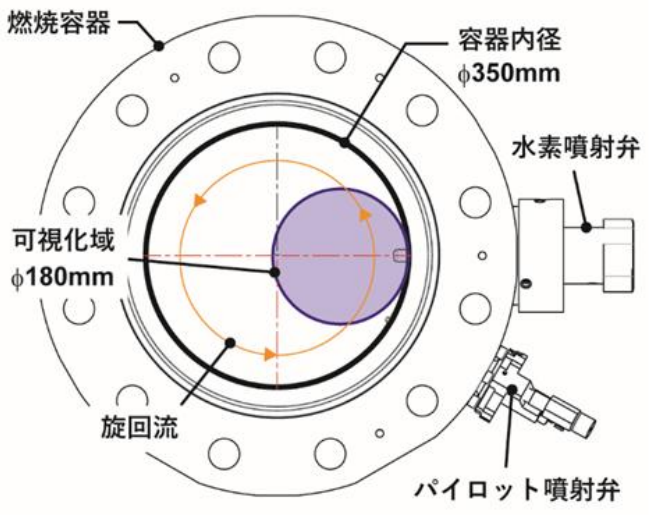
① 水素燃焼データベースの構築と燃焼特性の解明

本研究を遂行するにあたり、当所では大型燃焼試験装置の開発及び試験環境の整備を進め、舶用主機において開発が進められているディーゼルサイクル型水素燃焼の可視化試験が実施可能な環境を構築した。昨年度は、粒子画像流速計測法（PIV）及び高速応答熱電対を用いた燃焼室内温度計測試験を実施し、本試験装置の燃焼器内において舶用条件を模擬することが可能であることを確認した。また、燃焼過程を詳細に可視化するための光学系を構築した。

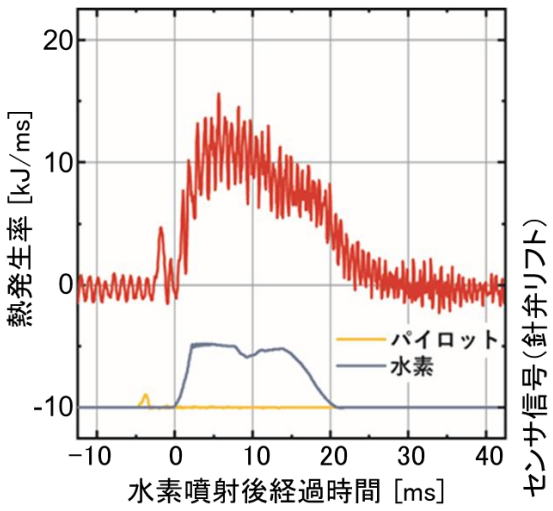
当該年度においては、本試験装置を用いて、パイロット燃料により着火する水素火炎の可視化試験を実施した。本試験により、次世代燃料の燃焼データベース構築に向けたデータの取得を行うとともに、水素エンジンの燃焼上の課題に対する解決指針を得ることを目的とした。水素エンジンの燃焼上の課題に対する解決指針を得ることを目的として実施した研究の一例を示す。

点火源として用いられるパイロット燃料には、重油や軽油といった石油系燃料の使用が想定されている。このため、高い CO_2削減効果を得るには、パイロット燃料の使用量を最小化する必要がある。一方で、パイロット燃料を最小化すると火炎塊が縮小し、点火源としての機能低下が懸念され、結果として水素の着火不良による燃焼安定性の低下につながる可能性がある。したがって、水素の着火に十分な火炎塊が形成されるかを明らかにする必要がある。そこで、当所が保有するパイロット燃料噴射系において設定可能な最小噴射量で試験を実施し、微小量条件下における水素噴流の着火可否を確認した。図Ⅰ. 2. (2). ①. 5 に、容器概要及び燃焼室内圧力履歴、シャドウグラフによる燃焼可視化写真を示す。燃焼容器の内径は 350 mm であり、そのうち可視化窓が設置される 180 mm の領域が観察可能である。容器上方を 0deg.として、水素噴射弁は、90deg.の位置に、パイロット噴射弁は120deg.の位置に配置されている。実機の筒内流動を模擬した旋回流は、図の反時計方向に流れている。パイロット燃料はスワールに乗って流され、水素噴射弁近傍に点火源となる火炎塊が形成されるよう設計されている。

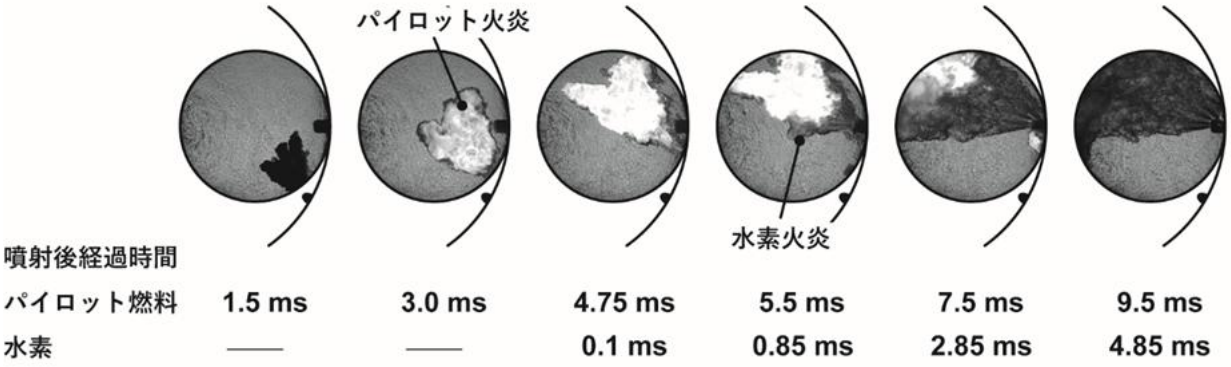
筒内圧力の計測値を元に算出した熱発生率と、シャドウグラフ法により撮影した燃焼画像を図中に示す。シャドウグラフ画像はモノクロで撮影されており、パイロット火炎は輝炎として白色で認識される。パイロット噴射開始から 3.0ms 後には火炎が発達し、噴射量は最小化されているにもかかわらず、水素噴流を着火させるのに十分な広域の火炎塊が形成される。その後、水素が噴射されるとパイロット火炎と干渉し、燃焼は円滑に開始される。このとき、典型的なディーゼルサイクル型の熱発生率が得られる。水素はすすを生成しないため不輝炎燃焼となり、画像上では黒色を呈する。パイロット火炎が消失した水素噴射後 4.85ms では、可視化領域全体を不輝炎の水素火炎が覆う様子が確認された。本実験により、パイロット燃料を最小化した場合であっても、適切な噴孔レイアウト及び筒内流動の活用により水素を安定的に点火でき、高い燃焼安定性が得られることが示唆された。



(a) 大型燃焼試験装置の概要図



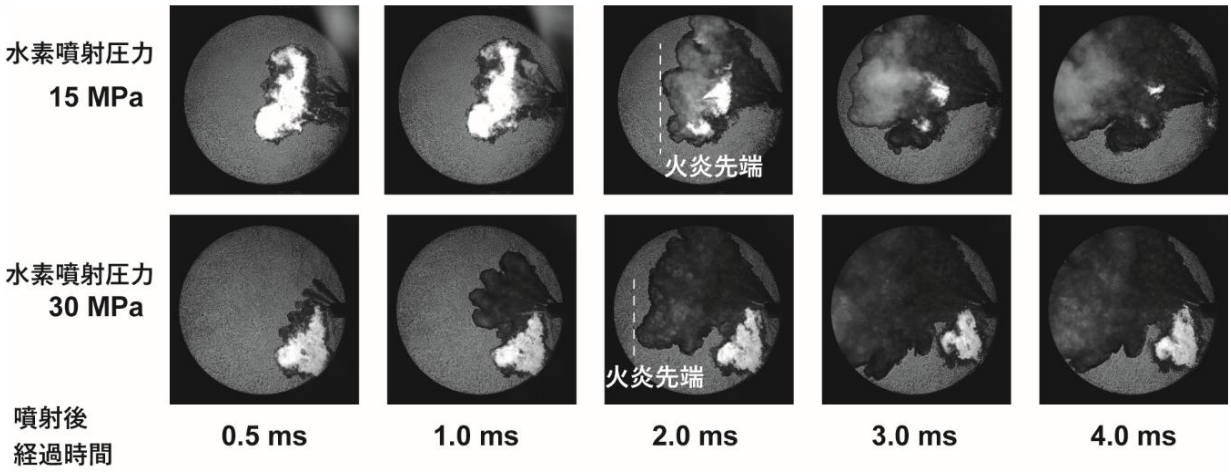
(b) 燃料噴射後の熱発生率の経時変化
(黄色、灰色の線は各燃料の噴射状態を示し、
赤線は燃料の燃焼に伴う熱発生率を示す。)



(c) 水素噴流の着火・燃焼の様子

図Ⅰ. 2. (2). ①. 5 微小噴射条件における水素噴流の着火・燃焼過程
(パイロット燃料を最小化した場合であっても、適切な噴孔レイアウト及び筒内流動の活用により
水素を安定的に点火でき、高い燃焼安定性が得られることが明らかになった)

また、データベース構築のため、燃焼に影響を及ぼす水素の噴射圧力やパイロット燃料の噴射時期を変化させた試験を実施し、データの蓄積を進めている。その一例として、噴射圧力を 15MPa 及び 30MPa とした試験結果を図Ⅰ. 2. (2). ①. 6 に示す。噴射圧力の増加に伴い、水素噴流の運動量が増加し、火炎先端の伸長が確認された。これらの結果は、噴射圧力の変化に対する CFD モデルの適用範囲を評価するための基礎データとして活用できる。

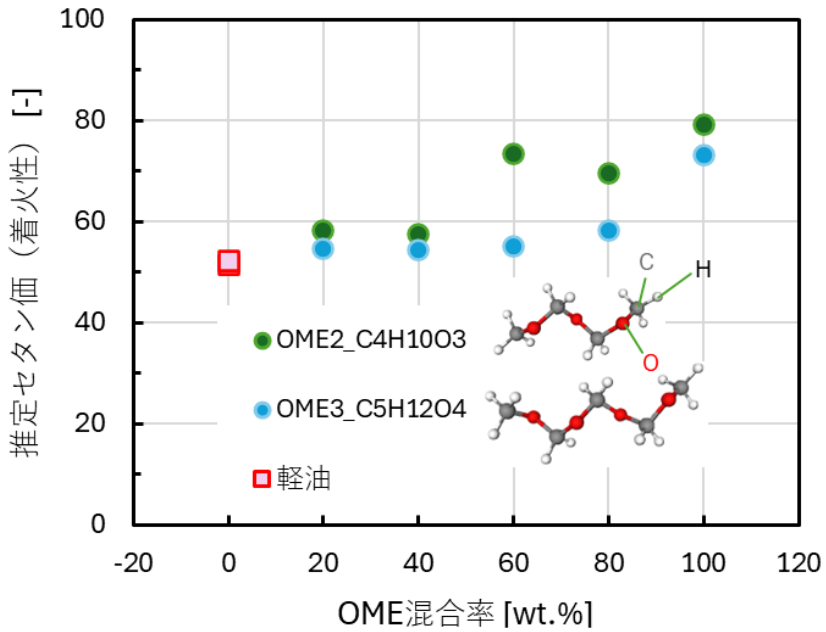


図Ⅰ．2.（2）．①．6　水素噴流火炎の燃焼過程に与える噴射圧力の影響
（噴射圧力の増加に伴い、水素噴流の運動量が増加し、火炎先端の伸長が確認された。）

（3）次世代燃料使用における安全・環境評価技術

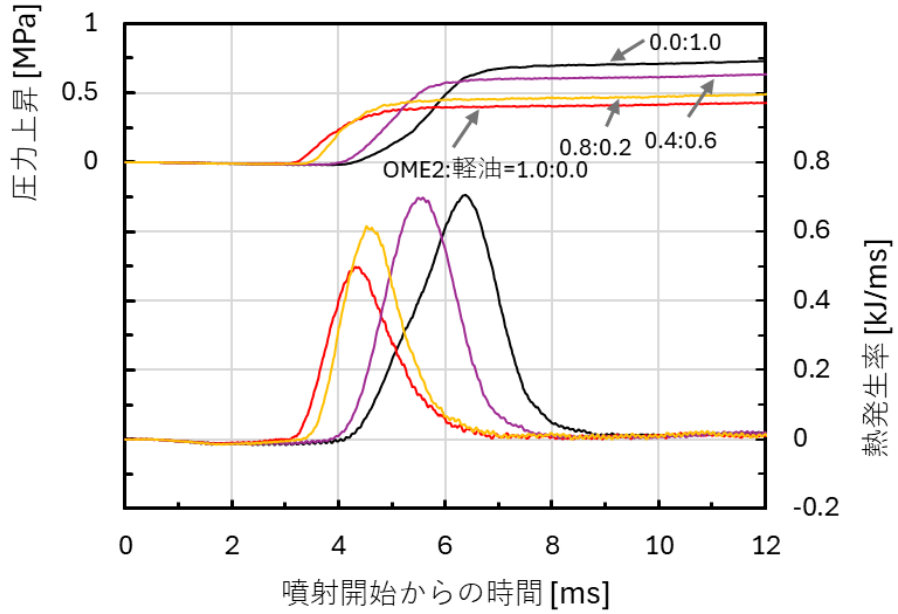
① ドロップイン燃料の着火性評価

中国、欧州で軽油との混合が検討されているオキシメチレンエーテル（OME）を対象に炭化水素系燃料と混合し、既存エンジンに使用できる燃料について検討した。OME はオキシメチレン基の付いている炭化水素の総称であり、カーボンニュートラルな燃料として作製することができる。対象とした炭素数の少ない 2 種類の OME（CH_3–O–(CH_2O)n–CH_3：n=2、3）は、既存の炭化水素燃料よりも高着火性であるが、混合量の増加に対して着火性が比例的に向上しないことがわかった。今回用いた OME では、半分程度の混合では着火性は向上せず、エンジンの調整を必要なく運転できることを示唆している。次年度は、炭素数の多い OME4、5 を対象に前年度と同様の混合燃料を用いて、着火性試験を行う（図Ⅰ．2.（2）．①．6）。



(a) OME2、3 と軽油混合燃料の着火性評価

図Ⅰ．2.（2）．①．6 OME と軽油混合燃料の着火と燃焼（続く）



(b) OME2 と軽油混合時の圧力、熱発生率

図Ⅰ. 2. (2). ①. 6 OME と軽油混合燃料の着火と燃焼

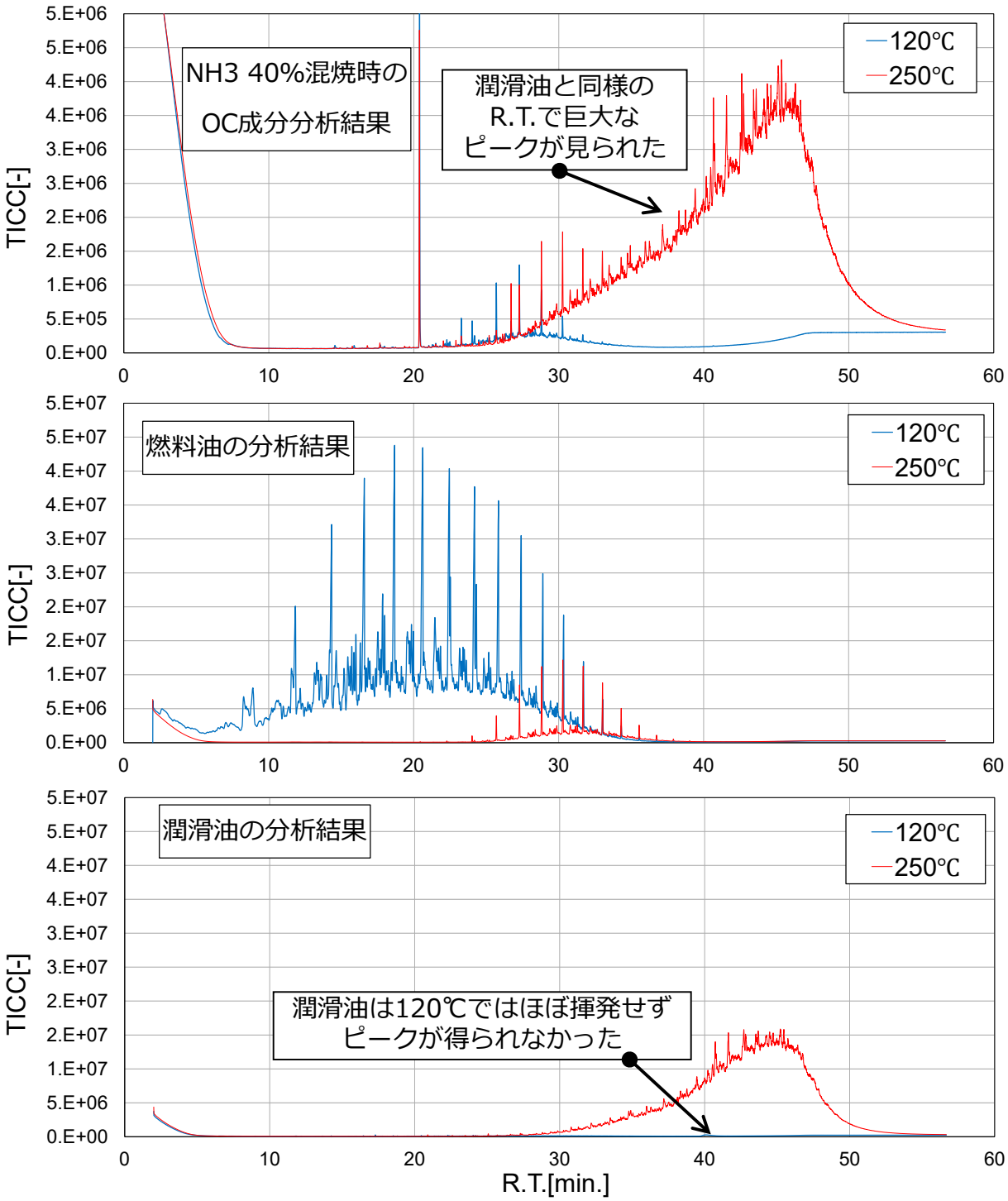
((a)OME は軽油よりも着火性の高い燃料であり、着火性の指標であるセタン価は大きくなる。軽油に OME を混合していくと比例的に着火性が向上しない。(b)OME2 と軽油の混合では、軽油混合量の増加に対して、着火時期は遅れ、燃料の持つ発熱量の増加によって圧力上昇が大きくなる。)

② 低濃度 PM を対象とした計測法の検討

アンモニア混焼時に捕集した PM 中に含まれる炭化水素成分をパイロライザー(試料の熱分解装置)とガスクロマトグラフ質量分析器(GCMS)を組み合わせて分析した。パイロライザーで 2 段階(120℃・250℃)の昇温による前処理をすることで、潤滑油と軽油の成分を分離してから、GCMS によって分析する方策を見い出した。軽油と潤滑油、それぞれのクロマトグラム分析結果(図Ⅰ. 2. (2). ①. 7の中下段)と比較すると、前年度の実験で確認されたアンモニア混焼時における OC(有機炭素)成分の増加は、潤滑油が起源であることが明らかになった(図Ⅰ. 2. (2). ①. 7)。

7 種類の NPAH(ニトロ多環芳香族炭化水素)について分析をした結果、ピークが非常に小さく、確実な定性に至らなかった。サンプル量を増やし、抽出液を濃縮する前処理方法に変更することで分析可能になると予想しており、来年度も継続して研究を実施する。

アンモニア混焼時のアンモニア処理に使用される酸化触媒下流において PM の試測定を実施し、最少捕集量(0.25mg)を超えることが確認できた。捕集回数を増やすために捕集装置を二重化して同時計測を実施し、捕集時の温度を規定内(52℃以下)に維持する対策として、希釈管を延長する等の対策をした(図Ⅰ. 2. (2). ①. 8)。



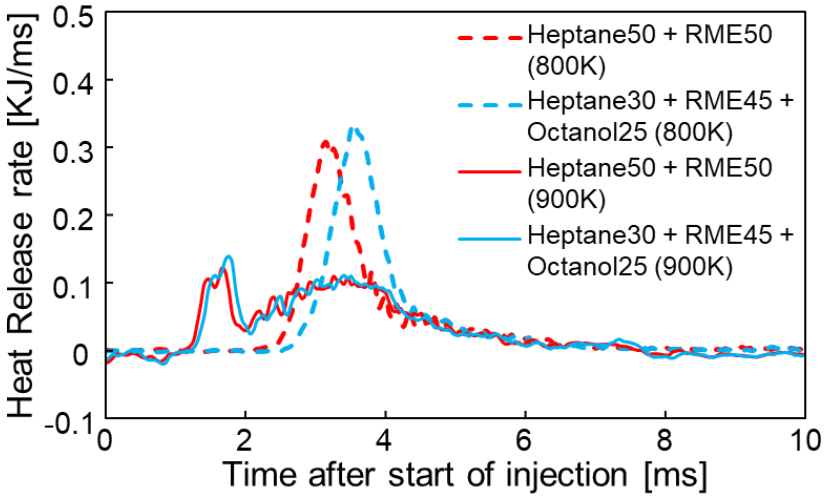
図Ⅰ. 2. (2). ①. 7 アンモニア混焼 40%運転時の PM 中 OC 成分、燃料油、潤滑油のクロマトグラムの比較
（それぞれの分析結果を比較することで、アンモニア混焼時における OC（有機炭素）
成分の増加は、潤滑油が起源であることが明らかになった。）

図Ⅰ. 2. (2). ①. 8 酸化触媒下流における PM 試測定に用いた装置及び排気管
（捕集時の温度の冷却能力の増強のため、赤矢印部分の希釈管を延長している）

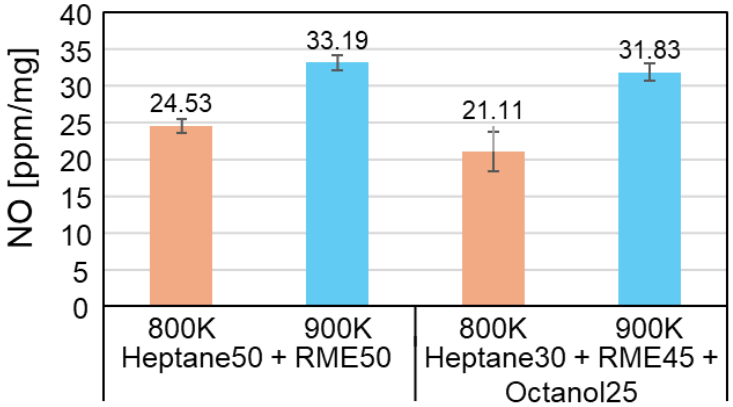
③ 光学計測による燃焼中の NO、すす生成の評価

図Ⅰ. 2. (2). ①. 9 に、燃焼実験における(a)熱発生率と(b)単位燃料噴射量当りの窒素酸化物排出濃度の結果を示す。試験燃料は、「ヘプタン 50 vol.%+RME(菜種油メチルエステル)50 vol.%」と、「ヘプタン 30 vol.%+RME45 vol.%+オクタノール 25 vol.%」の 2 種類とした。オクタノール（アルコール燃料）の混合は、カーボンニュートラル燃料の利用拡大を狙っている。この 2 つの試験燃料はセタン価がそれぞれ 54.5 と 50.4、低位発熱量はそれぞれ 42.9MJ/kg 及び 39.8MJ/kg である。また試験では燃料噴射開始時期の雰囲気温度を 800K と 900K の 2 種類に設定した。(a)を見ると、セタン価の違いによる熱発生率の立ち上がりの違いは見られるものの、今回の試験範囲では、熱発生率のピーク値や燃焼期間に大きな相違は見られなかった。これに対し(b)では、発熱量の低いアルコール含有燃料の方が、概ね窒素酸化物排出濃度は低い値を示した。

窒素酸化物の生成について、NO の時空間分布計測を試みた。昨年度に検討した光学系では NO の自発光強度が想定よりも弱く、計測に至らなかったため、光学系を見直し、高感度の高速度ビデオカメラを用いた撮影を実施したが、計測できなかった。今後、窒素酸化物評価は、排出ガス濃度による評価に切り替えて、各カーボンニュートラル燃料の排出ガス濃度評価を行う。



(a) 熱発生率



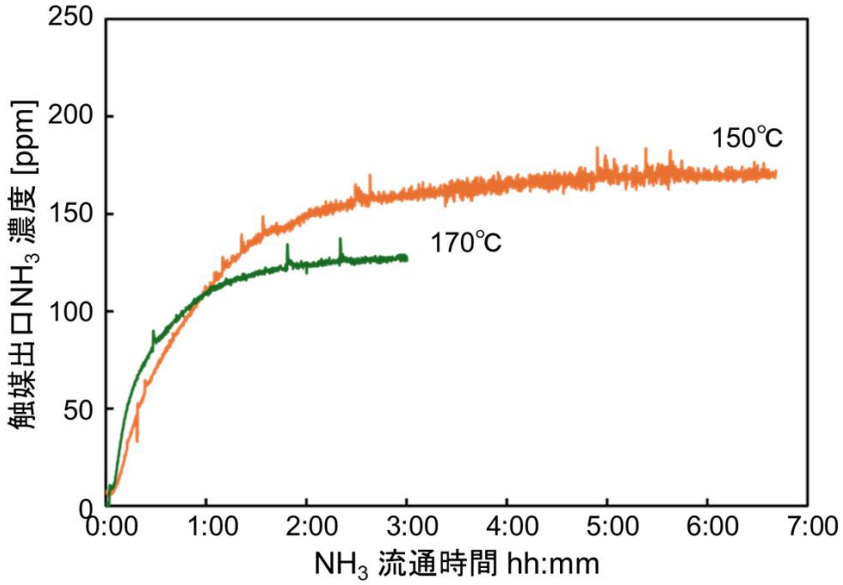
(b) 単位燃料噴射量当りの窒素酸化物排出濃度

図Ⅰ. 2. (2). ①. 9 RME(菜種油メチルエステル)、オクタノール混合時の燃焼と排気(NOx)特性
((a)では、セタン価の違いによる熱発生率の立ち上がりの違いが見られるものの、
ピーク値や燃焼期間に大きな相違は見られなかった。(b)では、アルコールを含有した
燃料の方が概ね窒素酸化物排出濃度は低い値を示した。)

④ 舶用排ガス中の窒素化合物(NOx、N_2O)後処理システムの性能評価

これまでの燃料からの転換によって、過給機排気タービン等での排熱回収を向上させて従来よりも機関効率を高める需要が出てくると想定される。この場合、従来より低温の排気温度でも性能を発揮できる触媒の搭載が求められると考えられる。このため、200℃以下の低い排気温度における SCR 触媒の脱硝性能評価を行った。図Ⅰ. 2. (2). ①. 10 に、150℃及び 170℃における脱硝触媒出口の NH_3 濃度の時系列変化(NH_3/NO 等量比:1.2、H_2O:5%、O_2:13%、N_2 バランス)を示す。NH_3 流通開始から 170℃では 3 時間程度で出口濃度が安定するものの 150℃では 4～5 時間程度を要する。脱硝触媒では、主に NH_3 が触媒に吸着することで脱硝反応が進むものであるが、200℃以下では NH_3 の吸着速度が遅くなるため、安定した性能測定には時間を要することが確認された。次年度は実排気に暴露されて劣化した SCR 触媒を用いて、低温排気条件下での脱硝性能評価を行う。

また、N_2O 分解触媒に関して文献等調査を実施した。十分に N_2O 分解する温度は触媒材料の開発に伴って段階的に低下しており、実験室レベルであるが、300℃前後で N_2O が分解する触媒が開発され、実排ガスの温度レベルに近づいていることが確認された。アンモニア燃料エンジン排気中の NH_3、NOx、N_2O の後処理に使用される触媒上では、化学反応の経路がガスの組成や温度により複雑に変化することから、その解明に向けてアンモニア同位体を用いた反応経路解析手法の構築を行う。



図Ⅰ．2.(2).①. 10　150℃及び 170℃における脱硝触媒出口の NH_3 濃度の時系列変化
(NH_3/NO 等量比：1.2、H_2O：5%、O_2:13%、N_2 バランス)
(NH_3 流通開始から 170℃では 3 時間程度で出口濃度が安定するものの
150℃では 4～5 時間程度を要する。)

⑤ メタン酸化触媒の性能評価

排ガスでのメタン酸化触媒性能評価モデルを構築し、メタン酸化時の触媒内部の温度分布の実験結果を用いて検証を試みたものの、モデルの改良が必要であることがわかった。

⑥ 代替燃料船の安全規則（船技協受託と関連）

水素燃料船の国際安全ガイドラインの検討に関して、設置されたコレスポンディンググループ（CG）の対応、国内業界意見案のとりまとめ、対策資料案の作成及び提案文書案(コメントペーパー2 件、INF 文書 1 件)の作成を行い、IMO 第 11 回貨物運送小委員会（CCC11）における水素燃料船の国際安全ガイドラインの最終化の審議に貢献した。

(4)船舶運航における環境影響評価技術の高度化

① 船舶由来化学物質が海洋環境に与える影響評価技術の高度化

メチルシクロヘキサン(MCH)は常温常圧で液体であり、気体水素よりも取り扱いが容易であり、気体水素と比較して、単位体積当たり 500 倍までの水素を含有できることから、水素キャリアとして、輸送・貯蔵を効率化する選択肢の 1 つである。一方で、環境に対する有害性（水生環境有害性に対する影響区分）は、急性・長期ともに区分 1 であるため、海中漏洩時の海洋環境における挙動を把握しておくことが重要である。

(1) 評価対象海域の設定

海外から輸送された MCH は、港湾内における脱水素プラントで荷役が予定される。また、MCH 漏洩による水質汚染は、閉鎖性内湾の場合に深刻化するため、典型的な狭窄湾口を有する東京湾を評価対象海域とした。

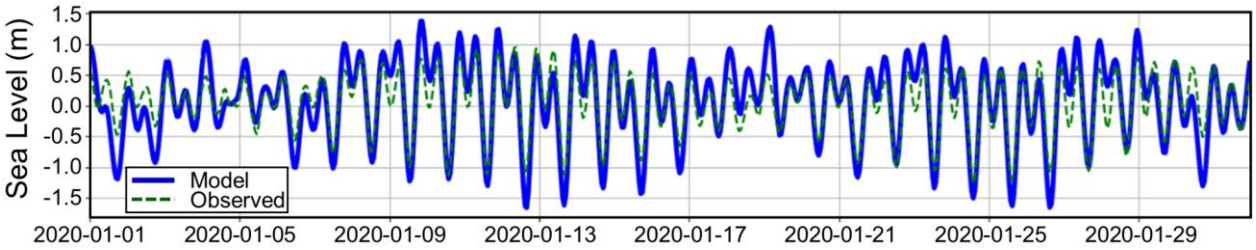
(2) 物質移動強制力の再予測

閉鎖性内湾では潮汐残渣流が卓越するため、領域海洋循環モデル ROMS で潮汐を考慮した強制力の再予測を行った。潮汐に係る調和定数に TPXO9-atlas による 15 分潮を、湾口における外洋水

流出入の境界に解像度 1/12deg.の再解析データを設定した。2 段 nesting によりダウンスケーリングを行い、空間解像度を詳細化した。

(3) 強制力の再予測結果

海洋モデルにより再予測された潮位及び海水温度を、実測と比較した(図Ⅰ. 2. (2). ①. 11 潮位予測値の例)。この予測結果は、強制力が実現象を十分に再現できていると判断できる。



図Ⅰ. 2. (2). ①. 11 潮位の海洋モデルによる予測値(青線)及び実測値(緑線)の比較(4 月例)

(4) 海洋 4 相間モデル

海洋を溶存相(1-dissolved)、溶存有機炭素相(2-DOC)、懸濁相(3-SPM)、堆積相(4-seabed sediments)に分類し、これらの相を移行する物質移行モデルを構築した。相の間は、分配係数から得られる相間移行係数により移行する。有機化合物については、懸濁物質及び堆積物に属する固体粒子の、有機炭素分率がその吸着能力を担っていると仮定することで、分配係数を推定した。東京湾に特徴づけられる 50 程度のパラメータを調査し、文献から抽出あるいは仮定値を求めた。

(5) 予測結果

図Ⅰ. 2. (2). ①. 12 に、MCH に保守的な風化条件を与えた場合における、放出から 3 日後及び 15 日後の海水における予測無影響濃度 PNEC 比を示す(赤点:放出位置)。PNEC 比は、海水においては半月強、堆積物においては 1 ヵ月程度で 1 未満となり、時間とともに風化することが示唆される。

(a) MCH 放出から 3 日後
(赤点:MCH の海表面放出位置)

(b) MCH 放出から 15 日後

図Ⅰ. 2. (2). ①. 12 MCH 放出の予測結果(予測無影響濃度 PNEC 比)
(MCH が流出した場合、海水中においては半月強、堆積物においては、
1 ヵ月程度で時間とともに風化することが示唆された。)

② 船体付着生物管理に必要な防汚システムの管理・最適化に関する研究

ISO/TC 8/SC 2/WG 5 において、藻類(褐藻)を用いた船底防汚塗料性能評価試験法の提案及び我が国主導で審議を進めた。その結果、ISO 21716 シリーズの第 4 部として ISO より国際規格が発行され、所定の目標を達成した。また、PPR 13 への提案文書に関し、共同提案国(ノルウェー)とのオンライン事前協議を実施し、PPR 13/5/1 の作成を補助した。また、PPR 13 での船体付着生物管理の法的枠組策定(議題 5)に関する審議に対応し、我が国意見の反映に努めた。

③ EGCS からの排水の濁度の標準化を目的とした調査研究

昨年度の結果を元に、他社で異なる濁度計による検証を行った。今後は、標準試薬の ISO 化について、検証結果をもとに素案の見直しなど意見交換を実施する予定である。

（5）内航・外航海運の省エネ化・GHG 削減対策に資する普及・実用技術

① 次世代燃料エネルギーシステムの運用方法と最適化技術

エネルギーシステムに関するエネルギーフロー解析及びエクセルギー解析について、解析手法ならびに船舶への適用例に関する文献調査を実施した。さらに、実船に適用する前に、詳細なデータ取得が可能な当所研究用ガスエンジンシステムを対象とすることが有益であると判断し、エネルギーフロー解析及びエクセルギー解析の適用に向けた検討を開始した。一方で、内航船の舶用エネルギーシステムについてシステム系統図を調査し、解析に向けた情報収集を実施した。

② 水素燃料船の安全性評価・建造支援

水素燃料利用の社会実装・建造支援の一環として、民間企業と連携し水素燃料利用船舶について、HAZID 会議を実施した（4 社 5 件）。それぞれ、HAZID 会議においてファシリテータを担当した。2 件については、次年度に継続予定である。

③ 空気潤滑システムの防汚塗膜と防汚性能への影響評価

当所が建造支援を実施した空気潤滑システムを搭載した新造内航貨物船の防汚塗膜と防汚性能への実海域での運航影響を評価するために、就航後 1 年での実船調査を予定していたが、入渠時期の延期により調査は来年度へ延期となった。一方、空気潤滑による防汚塗膜への影響を回転円筒試験装置で再現するための試験方法の検討と試験体の設計を行った。

④ 内航 Ready 船の検討

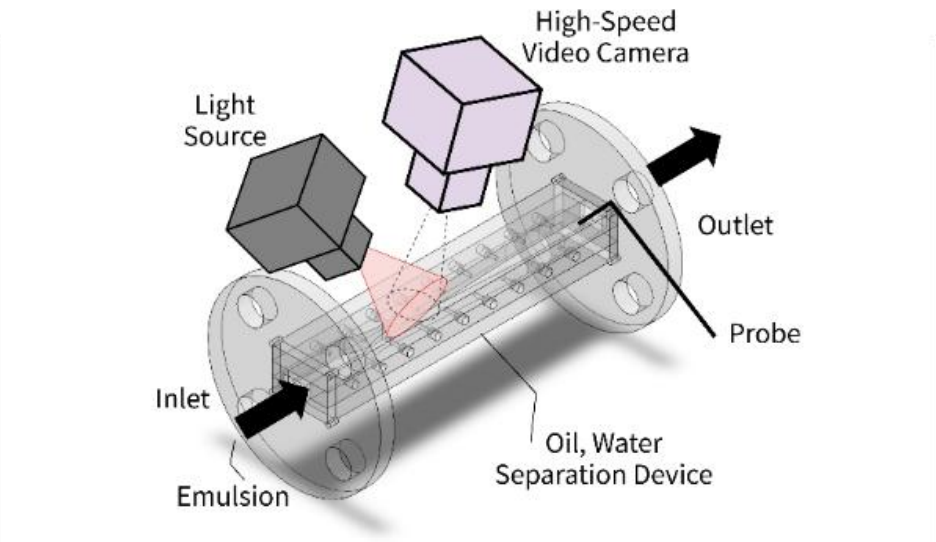
新燃料（LNG、メタノール、エタノール、アンモニア、水素）の内航 Ready 船に関するコンセプト船の検討を実施し、コンセプト図を作成し、メタノール燃料船に関して機関室配置などを検討し、国交省の内航船の新燃料等対応 Ready 船設計等調査検討委員会の実施に貢献した。

（6）海難事故等における油流出・回収及び処理効率向上技術の開発（港空研と連携）

① 回収油分離に関する研究

水、重質油、空気の 3 成分からなる作動流体の分散相（重質油、空気）の粒子径分布計測を対象とする直接可視化計測に向け、計測方法を含めた撮影体系について所内外の専門家と協議し、R8 年度から実施する可視化計測を滞りなく進められるように計画した。具体的には、配管内を流れる分散状態の重質油滴を明瞭にとらえ、画像処理により油滴の粒子径分布を取得することで、配管内部の流動状況を把握する。図Ⅰ. 2. (2). ①. 13 に可視化計測の概要図を示す。

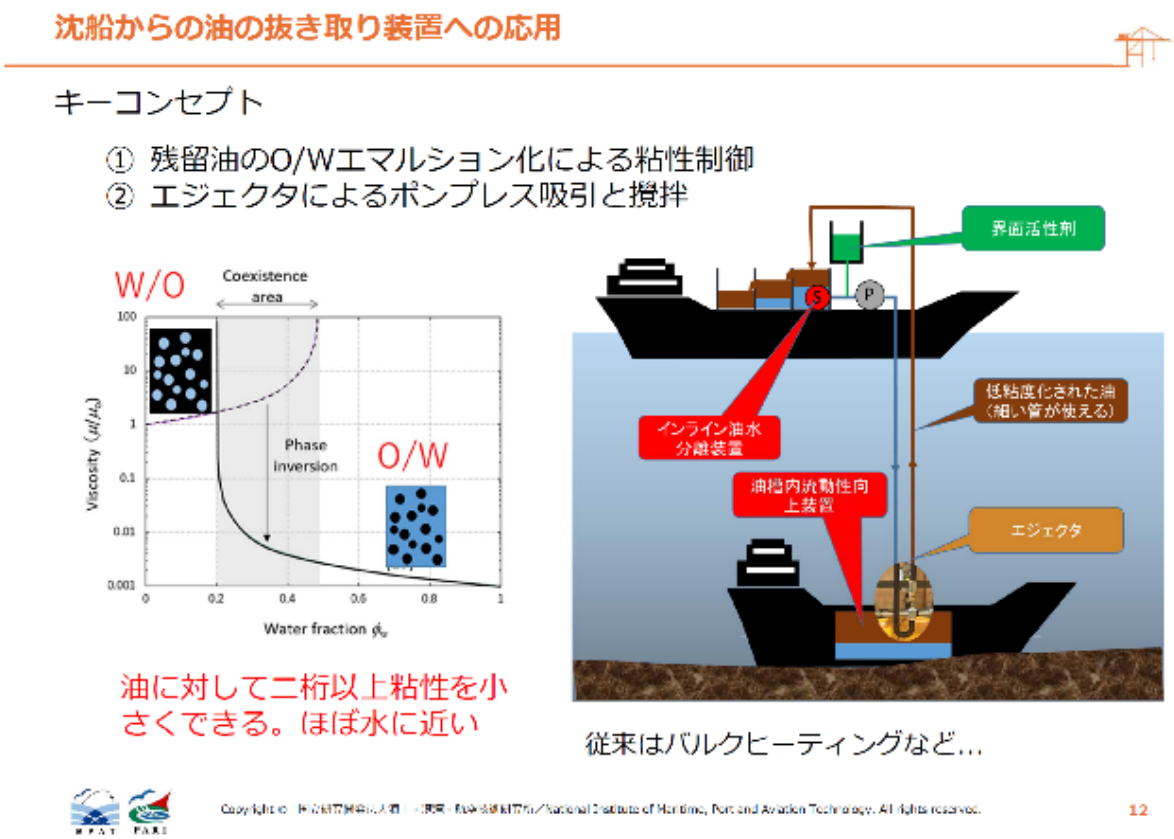
他方で、不透明流体内を流れる気泡の粒子径分布取得には、光ファイバープローブを用いた計測技術が開発されている。この流体計測技術を用いて当該作動流体内における分散相粒子径分布を開発元の外部機関と協議し、油分離挙動の定量化方針を定めた。



図Ⅰ．2.(2).①. 13　可視化計測の概要図
（油水分離の性能を向上するために、流動状態と重質油滴の状態を把握する必要がある）

② 回収油の流動性に関する研究

エマルション化による粘性低下を利用した沈船からの油抜き取り装置について、民間サルヴェージ会社と研究打合せを実施した（図Ⅰ．2.(2).①. 14）。



図Ⅰ．2.(2).①. 14　沈船からの油抜き取り装置への応用　説明スライド

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文：4 編

・Hidenori Sekiguchi: Evaluation of Non-catalytic Reverse Water-Gas Shift Reaction Using Microwave Discharge Plasma at Atmospheric Pressure, Plasma Chemistry and Plasma Processing, Vol. 46, 41, (2026).

・Hidenori Sekiguchi: Experimental Investigations of Pure Carbon Dioxide Splitting Using a Rod-Electrode-Type Microwave Plasma Source at Atmospheric Pressure, Progress In Electromagnetics Research C, Vol. 164, pp. 8-14, (2026).

・Hidenori Sekiguchi: Study on Development of Rod-Electrode-Type Microwave Plasma Source at Atmospheric Pressure, Progress In Electromagnetics Research C, Vol. 160, pp. 113-119, (2025).

・Misaki Mitsuno, Xiao Ma, Koji Hasegawa: Evaporation-induced freezing dynamics of droplets levitated in acoustic field, Physics of Fluids, 37, 084107, (2025).

□査読付き国際会議論文：1 編

・Yoichi Niki, Satoshi Kawauchi, Chiori Takahashi, Naoki Hashimoto: Fuel property effects on emissions and combustion in an ammonia-diesel dual-fuel engine, Proceedings of The 11th International Conference on Modeling and Diagnostics for Advanced Engine Systems (COMODIA 2025), (2025).

□和文査読付き論文：0 編

□各種表彰の受賞：0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他（各研究所特有）

◆国際活動：6 件

・小島隆志: International Organization for Standard (ISO), ISO 21716-4: 2025, Ships and marine technology – Bioassay for screening anti-fouling paints Part 4: Algae.

・小島隆志: International Maritime Organization (IMO), PPR 13/5/1, Development of a legally binding framework for the control and management of ships' biofouling to minimize the transfer of invasive aquatic species – Consideration of options for the legal structure of a legally binding framework on biofouling management, submitted by Japan and Norway, Sub-committee on pollution prevention and response 13th session (PPR 13), agenda item 5, (2025).

・新田好古: IMO/ CCC11 提案文書案(コメントペーパー2 件、INF 文書 1 件)の作成、および IMO 第 11 回貨物運送小委員会（CCC11）に出席. (計 4 件)

◆その他の全文査読付き論文等：2 編

・Imai Y., Takagi M.: Evaluation of Wall Heat Loss and Estimation of Soot Emissions in Diesel Flames Combined with Chemiluminescence Images, Book of Extended Summary, The 11th International Conference on Modeling and Diagnostics for Advanced Engine Systems (COMODIA 2025), (2025).

・Satoshi Kawauchi, Yoichi Niki, Yasuhisa Ichikawa, Yoshihiko Kinoshita, Ryota Ohara, and Kota Shimada: Visualization of Hydrogen Jets Under Engine-Like Conditions for Low-Speed Two-Stroke Marine Engines, Book of Extended Summary, The 11th International Conference on Modeling and Diagnostics for Advanced Engine Systems (COMODIA 2025), (2025).

◆その他発表論文:6 編

・西尾澄人, 仁木洋一, 市川泰久: メタンの混合割合と EGR がディーゼル機関の燃焼と排気特性に及ぼす影響, 第 95 回マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集, (2025)

・市川泰久: 舶用・陸用の発電向け副室火花点火式天然ガスリーンバーンエンジンへの水素混焼・専焼レトロフィット技術開発, 水素利用技術集成 Vol.7～水素燃焼技術～, (株)エヌ・ティー・エス, (2025)

・川内智詞, 仁木洋一, 市川泰久, 木下芳彦, 大原良太, 島田昂汰: 低エネルギーパイロット噴射条件下における水素拡散火炎の着火・燃焼挙動の可視化, 第 95 回マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集, pp. 193-194, (2025).

・川内智詞, 仁木洋一, 市川泰久: 大型可視化燃焼装置を用いたパイロット着火式水素噴流火炎における着火安定性の評価, 第 25 回海上技術安全研究所研究発表会, PS-7, (2025).

・浅見光史: 海陸風循環が船舶排出物の輸送に与える影響について-瀬戸内海の例-, 第 25 回海上技術安全研究所研究発表会, (2025).

・高木正英: メタノール, エタノール混合燃料の着火特性, 第 95 回マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集, (2025).

◆公開実験:1 件

・大型燃焼試験装置、大型ディーゼルエンジン実験設備(2026/1/23)

重　点　分　野	(2)海洋環境の保全

研 究 テ ー マ	②実海域の海象・気象における船舶の性能向上に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
船舶による環境負荷の大幅な低減と社会合理性を兼ね備えた環境規制の実現及び国際ルール形成への戦略的な関与を通じた海事産業の国際競争力の強化に資するため、水素・アンモニア等のゼロエミッション燃料の燃焼解析技術を始めとする温室効果ガス削減技術の高度化及び実海域における実船性能向上に関する研究開発、並びに船舶の運航時における環境負荷低減に資する基盤的技術及び環境影響評価手法等に関する研究開発に取り組む。	国際海運における 2050 年カーボンニュートラルの実現や内航海運におけるカーボンニュートラルの推進に向けて、水素、アンモニア等のゼロエミッション燃料船等の開発・実用化、安全基準の策定等環境整備が求められている。また、温室効果ガス削減以外にも、船舶に起因する環境負荷の低減に資する技術開発は、不断に行う必要がある。加えて、環境負荷低減に係る技術開発成果を背景として国際ルール策定を主導することは、地球環境問題解決への貢献とともに我が国海事産業の国際競争力強化の観点から重要である。 このため、以下の研究開発を進める。 ②実海域の海象・気象における船舶の性能向上に関する研究開発	国際海運における 2050 年カーボンニュートラルの実現や内航海運におけるカーボンニュートラルの推進に向けて、水素、アンモニア等のゼロエミッション燃料船等の開発・実用化、安全基準の策定等環境整備が求められている。また、温室効果ガス削減以外にも、船舶に起因する環境負荷の低減に資する技術開発は、不断に行う必要がある。加えて、環境負荷低減に係る技術開発成果を背景として国際ルール策定を主導することは、地球環境問題解決への貢献とともに我が国海事産業の国際競争力強化の観点から重要である。 このため、以下の研究開発を進める。 ②実海域の海象・気象における船舶の性能向上に関する研究開発 －経年劣化、生物汚損等を考慮したライフサイクル燃費評価法の構築、水槽試験とシミュレーションのデータ同化手法の改良、ウェザールーティングと連携した実運航性能評価技術の開発等を行う。等

○実海域実船性能向上に関する研究

研　究　の　背　景

国際海運分野における GHG 削減目標の達成に向けて、実運航における燃費実績の格付け制度（CII：Carbon Intensity Indicator）による評価が開始され、実海域での実船性能の向上が求められている。そのためには、船舶の低速化肥大化や自然エネルギーの利用に関する技術開発が求められている。低速化に伴い主機なども小型化するため、実運航に耐えうる船を実現するためには実海域中の推進性能や耐航性能を正しく評価する技術が必要となっている。また、燃料費の増加によって省エネによる効果も大きな影響があることから、実海域中の燃費性能改善を診断する技術の開発も必要となる。さらに、水中騒音規制への対策としてキャビテーションによる水中騒音の低減技術、評価技術、シミュレーション技術の連携や、水槽試験技術

が必要となる。

研　　究　　目　　標

実海域性能推定による省エネ船ライフサイクル燃費評価技術の開発の一環として、ゼロエミッションに向けた実運航時の GHG 排出量・燃料消費量を設計要素・運航モデルに基づくシミュレーションにより評価する技術を開発する。

計測とシミュレーションを同化させた推定技術の開発の一環として、設計要素についての評価のための水槽・シミュレーション・実船データ連携による世界初・世界一となる性能推定技術、キャビテーション水槽・シミュレーションによる水中騒音の事前推定技術及び騒音低減技術を開発する。

内航・外航の実船データによる性能分析結果を用いた診断技術の開発の一環として、運航中の既存船の実海域性能向上のための水槽・シミュレーション・実船データを統合したデータベースによる実海域性能改善提案技術を開発する。

運航中の既存船の実海域性能向上のため、代替燃料プラントを含めライフサイクル燃費を評価できる技術、実験とシミュレーションを同化させた推定技術を組み合わせることによる、実海域実船性能の診断技術を開発する。

これらの研究開発を通じて、水槽・シミュレーション・実船データを連携した船舶性能統合データベースによる実海域実船性能の向上により、船舶からの GHG 削減が実現し、海洋環境が保護される。また、ライフサイクル評価技術の国際標準化により、船の生涯における GHG 削減が図られる。水中騒音評価技術の開発により、適切な騒音低減対策が実施され、海洋環境が保護される。海事クラスター共同研究での人材育成を通じ、我が国海事産業（クラスター）競争力強化に資する。ITTC（International Towing Tank Conference）や国際シンポジウムで成果を展開することにより、我が国の国際的プレゼンス向上に資する。

経済的観点からは、国際ルール形成への戦略的な関与により、我が国海洋産業の国際競争力が強化される。GHG 削減技術の正確な評価により、造船業の国際競争力が強化される。ウェザールーティングと連携した実海域性能向上技術の開発により、我が国海運のコスト低減が達成される。

国際的観点からは、船舶性能統合データベースに基づく船舶の省エネ化、運航改善により、国際海運の排出する温室効果ガスが削減され、地球環境が保全される。また、環境性能に優れた船の実現、運航技量改善方法の採用等により、GHG 排出規制の的確な実施が図られ、IMO 等の期待に応えられる。さらに、北極海航路の性能推定技術により、ポーラーコード等の技術的要請に応えられる。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

（1）実海域性能推定による省エネ船ライフサイクル燃費評価技術の開発

① 内航・外航海運の低・脱炭素化省エネ船評価技術の開発

針路不安定となりやすい低速幅広船の操縦性能向上のため、舵面積と高揚力舵についてシミュレーションベースで評価した。

代替燃料を用いた船について、輸送効率を考慮したライフサイクルにおけるトンマイル当たりの GHG 排出量の評価方法を検討した。

実船モニタリングデータ解析による経年劣化・生物汚損パラメータに基づいたライフサイクル燃費評価を実施した。

実海域実船性能評価手法について、国内海事産業クラスターと連携しライフサイクル燃費評価に関する ISO 規格の提案を行った。

② 自然エネルギー等を使用した推進性能評価（風力利用、省エネ装置）

風などの自然エネルギーを利用する省エネデバイス搭載船（帆船）の推進性能評価のため、ウェザールーティングを遭遇海象のばらつきを考慮した省エネ効果の一般化に関する検討を行った。

（2）計測とシミュレーションを同化させた推定技術の開発

① 実海域での時系列シミュレーションのための技術開発（中水槽・実海域再現水槽等連携）

実海域を航行している船舶に作用する抵抗の変動が主機応答に及ぼす影響を評価し、主機作動条件の適切な管理による燃費性能改善につなげるため、時系列シミュレーションのモデルの構築や検証を目的とした水槽試験を実施した。

② 船体周りの流場計測と CFD の同化に基づく、低速状態を含めた多様な船型・運航条件における信頼性の高いシミュレーション技術の開発

水槽試験、シミュレーション及び実船データを連携し、多様な船型・運航状態における性能推定技術を開発することを目的として、統計的データ同化手法と機械学習に基づくデータ強化手法を組み合わせたデータ強化型シミュレーション手法の開発を進めている。本研究の一環として、喫水状態や速度の違いに応じた船体周りの流場及び船体表面圧力の計測データを蓄積するとともに、データ同化手法の改良に向けた検討を実施した。

③ 水中騒音の改善技術の開発

水中騒音の簡易推定法について、低周波数帯の騒音レベルのピーク値を推定するための機能を追加した。あわせて、詳細な水中騒音推定法を開発した。

（3）実船データによる性能分析結果を用いた診断技術の開発

① 実船データによる性能の分析的評価技術の開発

実海域燃費性能評価シミュレーションツール及び実船モニタリングデータ解析ツールを用いて、実船の運航性能を診断することを目的として燃費性能の分析を行った。その結果を用いて、実海域性能評価を実施した。

② 診断結果の検証技術の開発

診断結果を検証するための船舶統合データベース（SIRIUS）において、当所が開発している実海域性能シミュレーションを外部プログラムや AI と連携可能とする API（Application Programming Interface）として開発し、対外リリースした。あわせて、実船データベースを用いた実海域性能評価を行った。

③ ウェザールーティングと連携した実船性能向上技術の開発

当所で開発した実海域燃費性能評価モジュールをウェザールーティングシステムに組み込み、サービスの提供を行っている。さらに、海象に応じた航路選択において燃費性能と共に重要となる耐航性能評価機能についても同ウェザールーティングシステムに組み込み、検証を継続しつつ実用化に向けた調整を行った。また、風力アシスト船の評価機能についても同システムへの組み込みを行った。

令和７年度の研究成果

（1）実海域性能推定による省エネ船ライフサイクル燃費評価技術の開発

① 内航・外航海運の低・脱炭素化省エネ船評価技術の開発

針路不安定となりやすい低速幅広船（従来船に対して輸送効率を高め、GHG 排出削減を実現するため、設計速力を落として幅広化した船舶）の操縦性能改善方法として、舵面積に着目したシミュレーションベースの評価を行った。その結果、バルクキャリアを想定した低速幅広船を対象に、舵高さ一定とした場合に舵面積を従来の約 20%～25%増加させることにより、国際海事機関（IMO）の操縦性基準

を満足する操縦性能が得られることを確認した。また、高揚力舵としてフラップ舵を採用することで、舵面積を変更することなく操縦性基準を満足できることを確認した（図Ⅰ．2.（2）．②．1）。

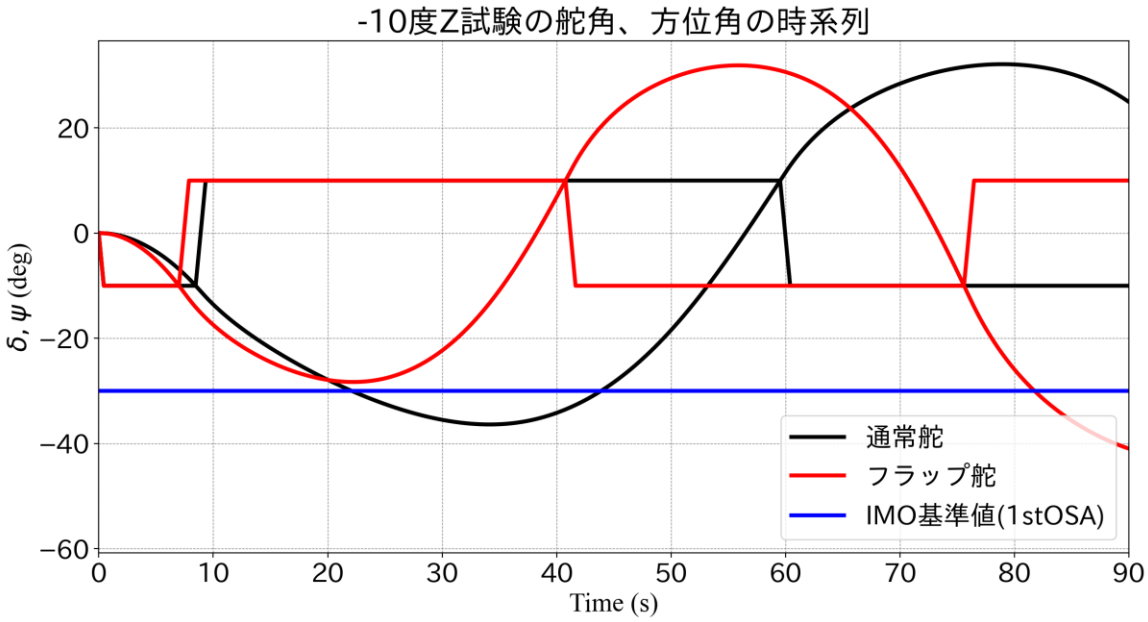
代替燃料を用いた6500TEUコンテナ船について、燃料タンク容量の増加が載荷重量（DWT）に及ぼす影響を考慮した実海域性能評価を実施し、トンマイル当たりの GHG 排出量を評価する手法を構築した（図Ⅰ．2.（2）．②．2）。

さらに、自動車運搬船を対象に、実船モニタリング解析により得られた経年劣化・生物汚損のパラメータを用いて、ドックインターバルの違いがライフサイクル燃費に及ぼす影響を評価した（図Ⅰ．2.（2）．②．3）。

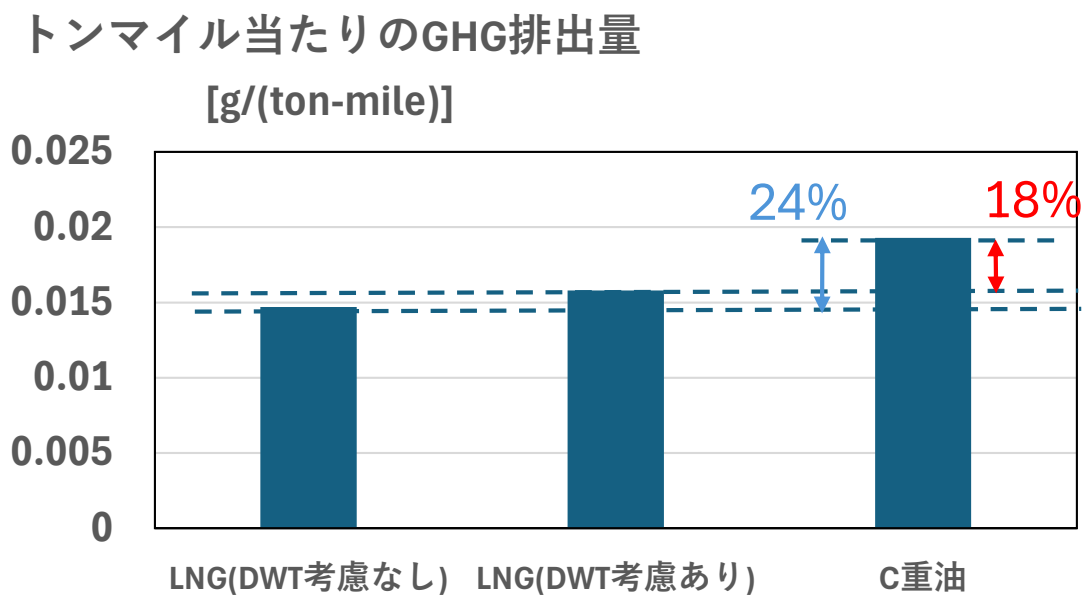
加えて、開発したライフサイクル燃費評価手法に基づき、ISO/TC 8/SC 2（国際標準化機構 船舶及び海洋技術専門委員会／海洋環境保護分科委員会）に対して、「実海域における燃料消費量及び推進性能の評価手法」（ISO25817）を提案した。その結果、国際規格開発に向けた作業部会が設置された（図Ⅰ．2.（2）．②．4）。

② 自然エネルギー等を使用した推進性能評価（風力利用、省エネ装置）

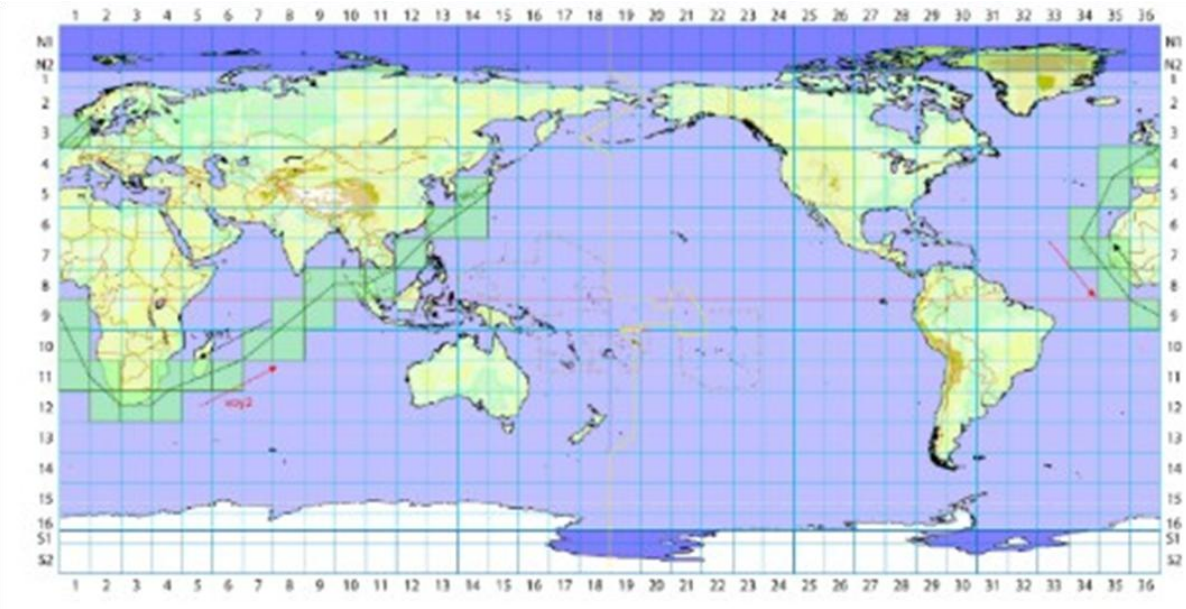
風力を利用した省エネデバイス搭載船は、風況の影響を大きく受けることから、ウェザールーティングと組み合わせた評価が不可欠である。従来は、特定の航路及び時期を仮定した絶対的な評価を行ってきたが、航路や時期・季節の違いによって遭遇する海象条件が異なる点に課題があった。そこで、遭遇海象のばらつきを考慮した統計的評価を実施し、省エネ効果の一般化に向けた検討を行った。具体的には、省エネデバイス搭載船（帆船）を対象として、時期による影響を反映した適切な評価点数を定めて、これを実運航時 GHG 排出量及び燃費評価技術に組み込んだ。

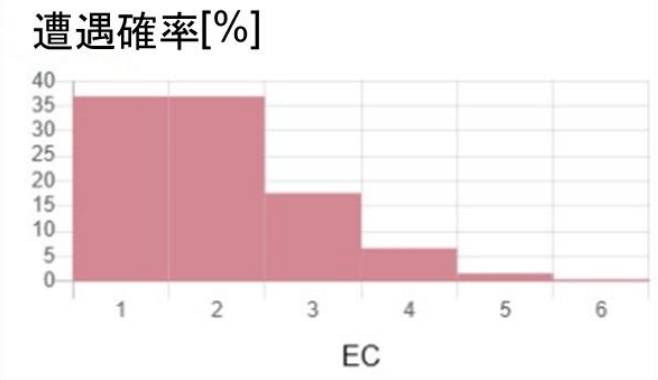


図Ⅰ．2.（2）．②．1 −10 度 Z 試験の舵角・方位角時系列（通常舵とフラップ舵）



図Ⅰ. 2. (2). ②. 2 トンマイル当たりの GHG 排出量

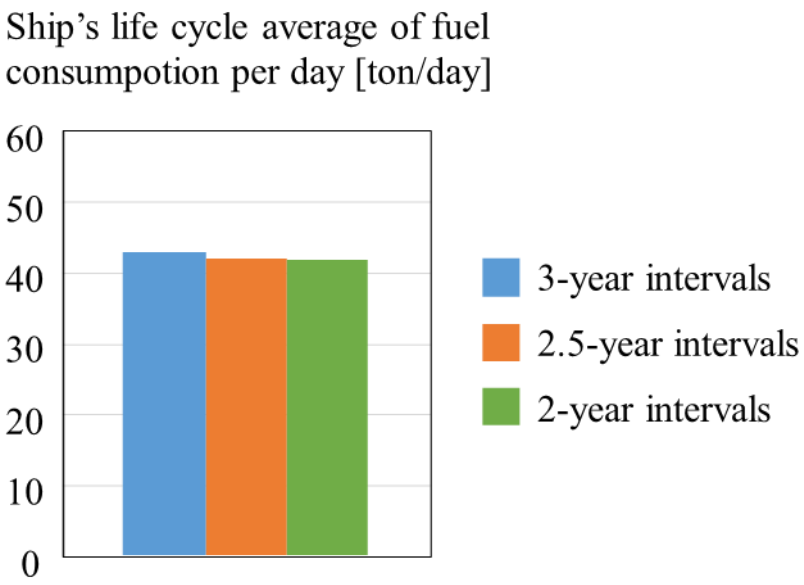




ID	風速 [m/s]	有義波高 [m]
EC1	4.4	1.25
EC2	6.9	2.00
EC3	9.8	3.00
EC4	12.6	4.00
EC5	15.7	5.50
EC6	19.0	7.00

(a)想定航路と海象条件(遭遇確率)

図Ⅰ. 2. (2). ②. 3 外航船のライフサイクル燃費におけるドックインターバル評価(続く)



(b) 1 日あたりの燃料消費量のライフサイクル平均値の比較

図Ⅰ. 2. (2). ②. 3　自動車運搬船ライフサイクル燃費におけるドックインターバル評価

ISO/TC8/SC2 N 1320

RESOLUTIONS
ISO TC 8/SC 2 2025 Plenary

Resolution 326: ISO/TC 8/SC 2 agrees to change the title of ISO 25817-1 and ISO 25817-2 as follows:

- ISO/AWI 25817-1 Ships and marine technology- Evaluation of fuel consumption and propulsion performance in actual seas- Part 1: Method for evaluating fuel consumption and propulsion performance (Project Leader: Mr. Tetsuro Ashida)
- ISO/AWI 25817-2 Ships and marine technology- Evaluation of fuel consumption and propulsion performance in actual seas- Part 2: Index for life cycle fuel consumption (Project Leader: Dr. Mariko Kuroda)

Resolution 327: ISO/TC8/SC2 agrees to establish a new working group "Evaluation of fuel consumption and propulsion performance in actual seas," with Yoshihiko Sugimoto as Convenor, for a period of 3 years, commencing immediately. Mr. Reita Matsumoto of JISC/JSTRA shall serve in a secretarial support role for the WG. The work items under the cognizance of this new working group are:

- ISO/AWI 25817-1 Ships and marine technology- Evaluation of fuel consumption and propulsion performance in actual seas- Part 1: Method for evaluating fuel consumption and propulsion performance (Project Leader: Mr. Tetsuro Ashida)
- ISO/AWI 25817-2 Ships and marine technology- Evaluation of fuel consumption and propulsion performance in actual seas- Part 2: Index for life cycle fuel consumption (Project Leader: Dr. Mariko Kuroda)

図Ⅰ. 2. (2). ②. 4　ISO 25817 の WG 設置の決議

（2）計測とシミュレーションを同化させた推定技術の開発

① 実海域での時系列シミュレーションのための技術開発（中水槽・実海域再現水槽等連携）

不規則波中抵抗増加を対象に、水槽試験データに基づくクロスバイスペクトル解析を実施し、その

解析手法の有効性を評価した。また、波浪中前後力振幅値に関する試験を実施し、モデル式の検証を目的として振幅値の波高依存性及び周波数応答に関するデータを取得した（図Ⅰ．2.（2）.②．5）。

さらに、波浪中における船体動揺及び荷重度を考慮した自航要素と船尾流場の関係性を調査するため、長波長の波浪中 PIV（Particle Image Velocimetry）計測を実施した。その結果、船体運動を伴う場合の波浪中船尾流場に関するデータを取得した。

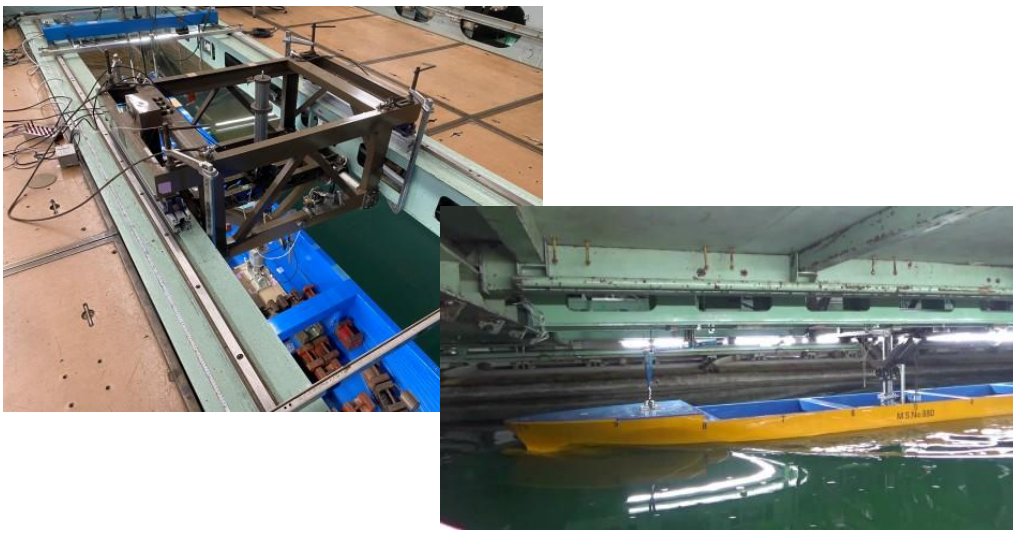
② 船体周りの流場計測と CFD の同化に基づく、低速状態を含めた多様な船型・運航条件における信頼性の高いシミュレーション技術の開発

CFD を用いて、乱流モデル（EASM）のパラメータの変更に伴って生じる船体表面圧力及び船尾流場の変化を把握し、データ同化手法に有効な計測位置の評価を行った。その結果、乱流モデルのパラメータの変化が船体表面圧力に与える影響は船尾部において顕著であり、各パラメータの影響度の差異を定量的に整理した（図Ⅰ．2.（2）.②．6、図Ⅰ．2.（2）.②．7）。また、データ同化において変更対象とする乱流モデルのパラメータが摩擦抵抗にも影響を及ぼすことを確認した。さらに、運航状態及び速度の違いを考慮した船体表面圧力及び船尾流場の計測を実施し、データ同化に用いるデータの蓄積を行った。

加えて、マイクロバブルをトレーサーとした PIV 計測システムの構築に向けて、マイクロバブルの発生方式（加圧溶解法、超音波法）の比較検討を行うとともに、曳航水槽において吹出位置（長手方向距離、水深など）が計測断面における気泡分布に及ぼす影響についても調査を実施した（図Ⅰ．2.（2）.②．8）。

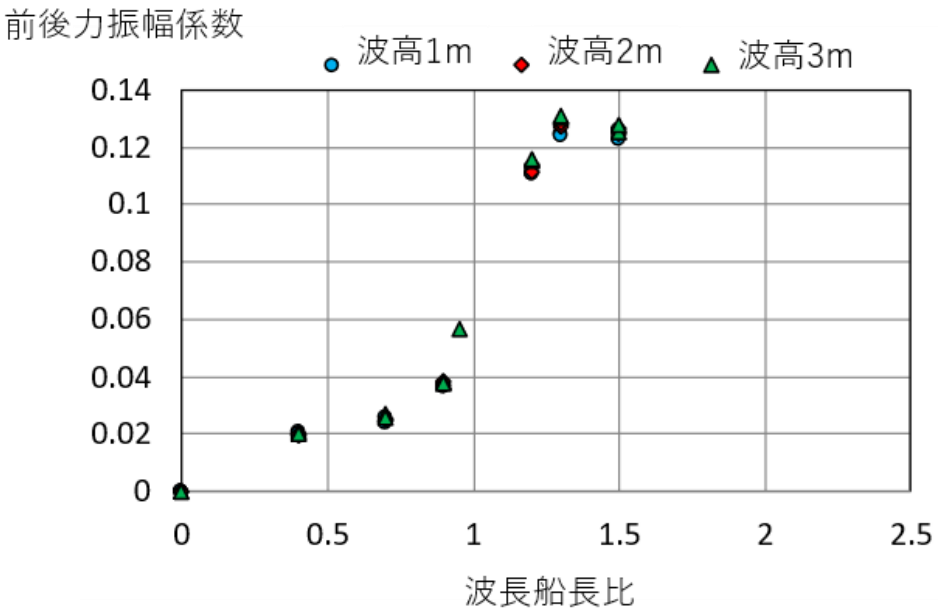
③ 水中騒音の改善技術の開発

水中騒音の簡易推定法については、船尾変動圧力を推定するためのチャートを開発し、これを音圧レベルへ換算することにより、低周波数帯における騒音特性のピーク周波数を推定可能とする拡張を行った（図Ⅰ．2.（2）.②．9）。また、詳細推定法として、パネル法及び気泡力学を用いた高周波数域の音圧レベルを推定する手法を開発した（図Ⅰ．2.（2）.②．10）。



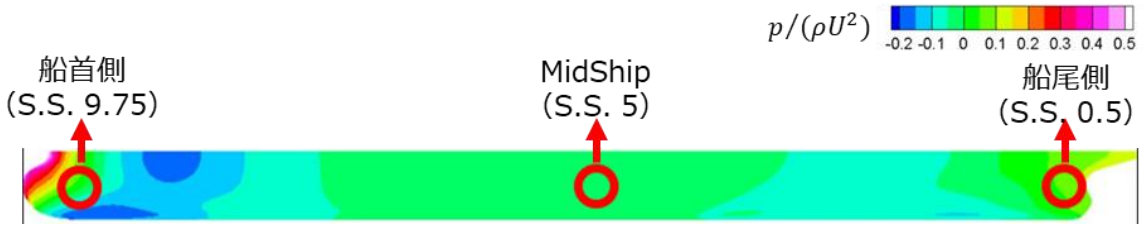
（a）船の前後揺固定試験の様子

図Ⅰ．2.（2）.②．5　船の前後揺固定試験による波浪中前後力の計測

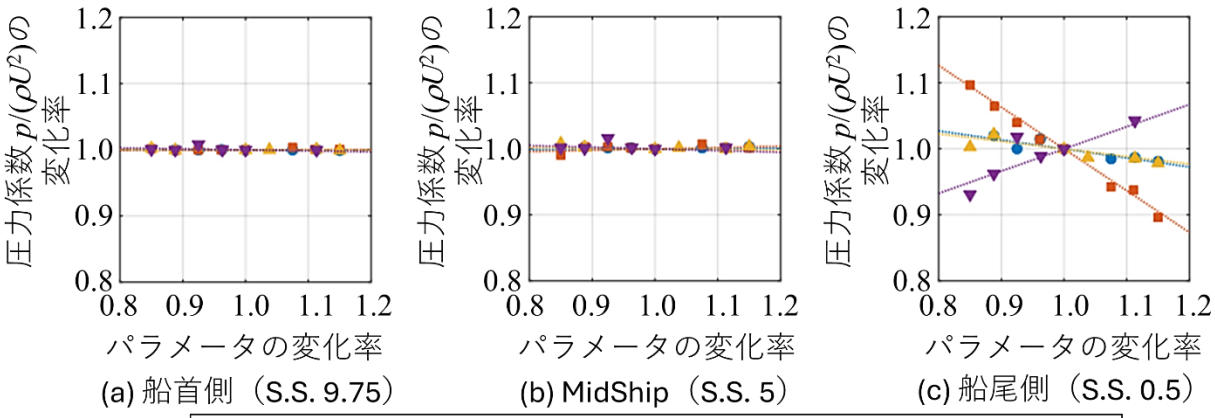


(b) 前後力振幅の周波数応答の結果

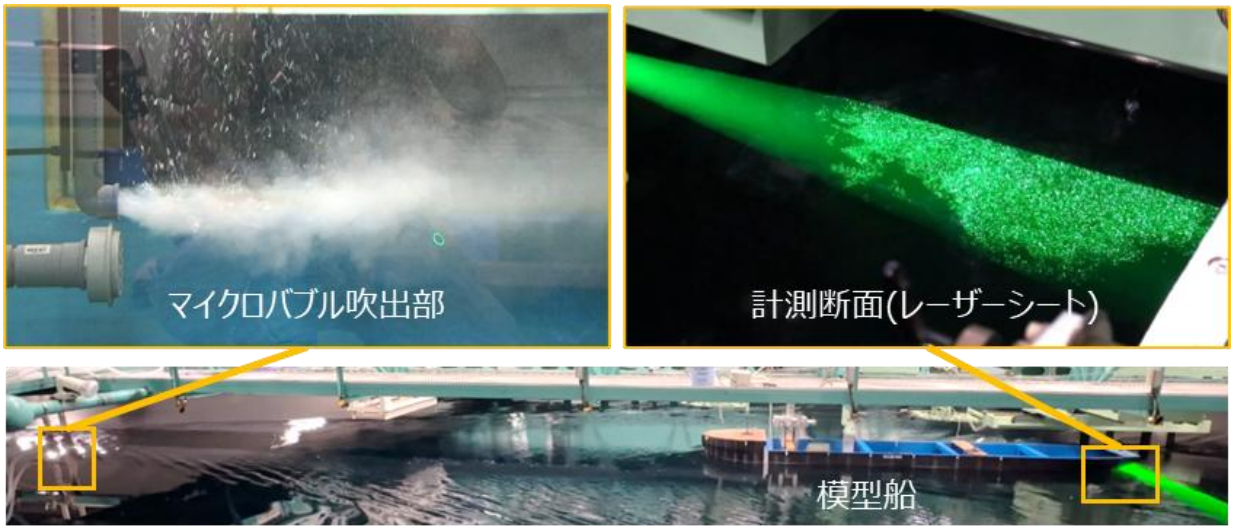
図Ⅰ. 2. (2). ②. 5 船の前後揺固定試験による波浪中前後力の計測



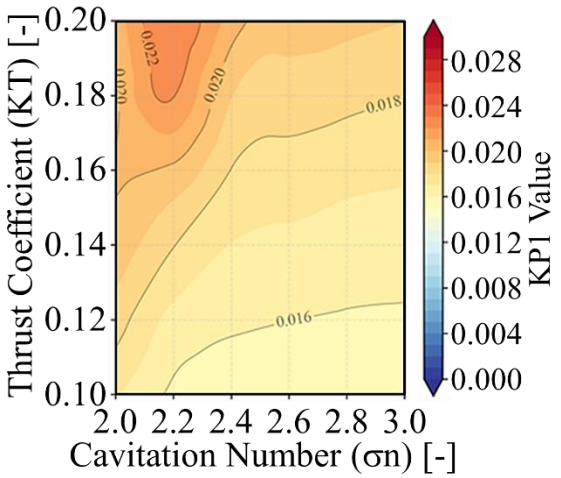
図Ⅰ. 2. (2). ②. 6 オリジナルパラメータによる計算結果の圧力分布及び、図Ⅰ.2.(2).②.7 の圧力データ取得位置(赤丸)



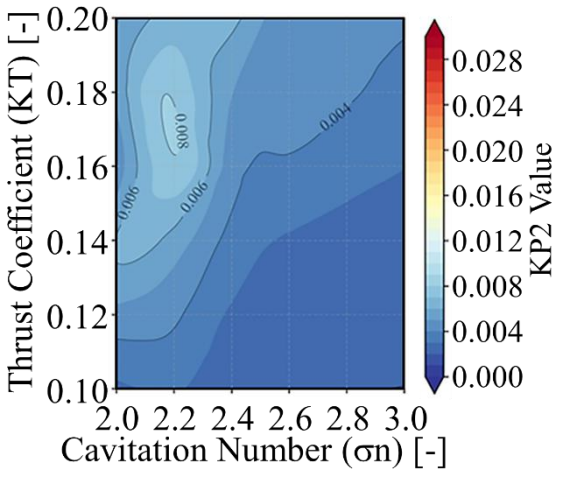
図Ⅰ. 2. (2). ②. 7 乱流モデルのパラメータ変更による圧力の変化



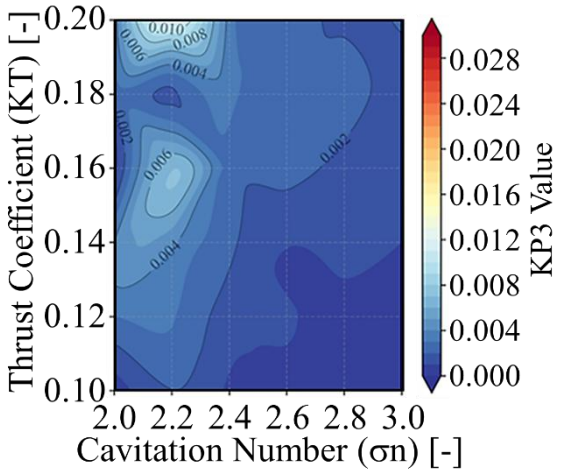
図Ⅰ．2.(2).②.8 マイクロバブルをトレーサーとして用いたPIV計測の検討試験の様子



(a) 船尾変動圧力推定チャート(KP1)

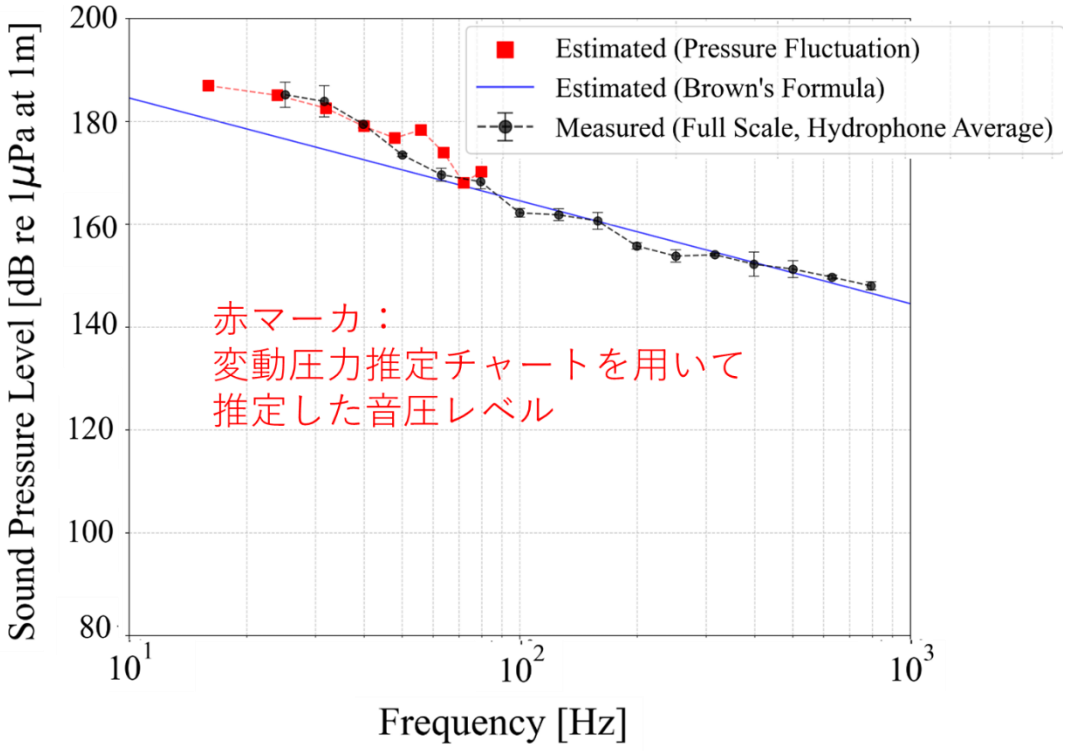


(b) 船尾変動圧力推定チャート(KP2)



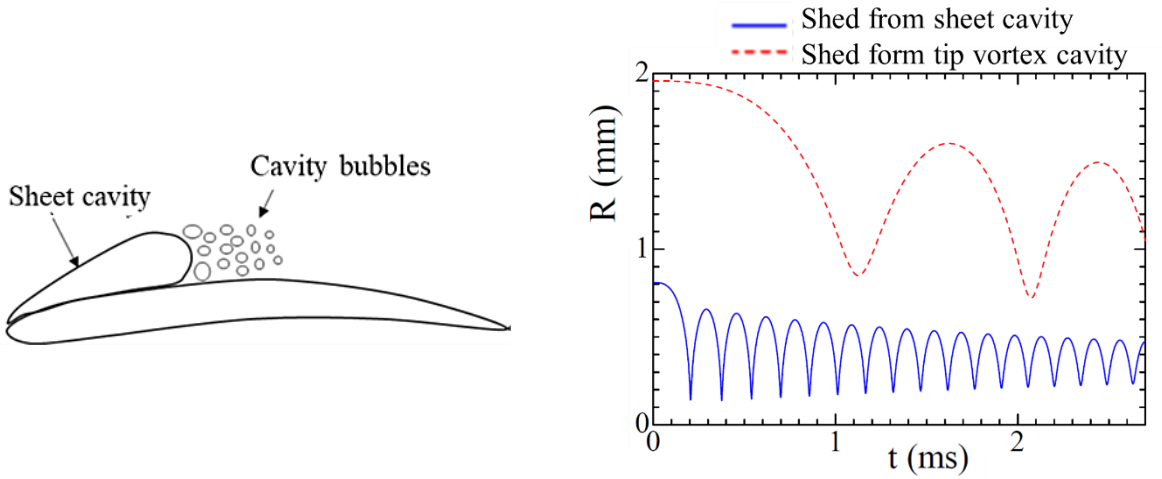
(c) 船尾変動圧力推定チャート(KP3)

図Ⅰ．2.(2).②.9 船尾変動圧力推定チャートと推定音圧レベル



(d) 水中騒音レベル比較（実船計測、簡易推定法）（302m コンテナ船、20knot）

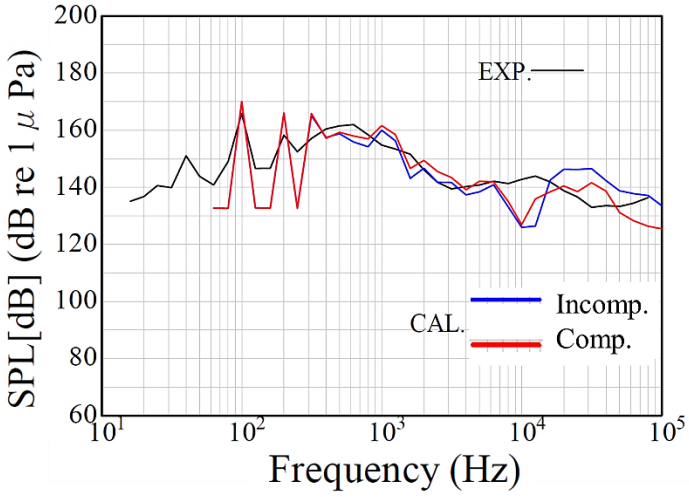
図Ⅰ．2.(2).②．9　船尾変動圧力推定チャートと推定音圧レベル



(a) プロペラキャビテーション気泡の発生モデルの模式図

(b) 単一気泡の半径変化（シートキャビテーション、翼端渦キャビテーション）

図Ⅰ．2.(2).②．10　パネル法と気泡力学を用いた水中騒音推定法



水中騒音の音圧レベル（実験、推定（非圧縮性、圧縮性））

図Ⅰ．2.（2）．②．10　パネル法と気泡力学を用いた水中騒音推定法

（3）実船データによる性能分析結果を用いた診断技術の開発

① 実船データによる性能の分析的評価技術の開発

実海域燃費性能評価シミュレーションツール及び実船モニタリングデータ解析ツールを用いて、実船の運航性能を診断するための燃費性能分析を行った（図Ⅰ．2.（2）．②．11）。

速力試運転解析で用いる波浪修正法の簡易手法について、当所が開発した手法（Simple-NMRI）をITTC Recommended Procedures（今期改訂ドラフト）へ反映することについて、ITTC Advisory Committee において合意を得た（図Ⅰ．2.（2）．②．12）。

② 診断結果の検証技術の開発

耐航性能評価機能及び風力アシスト船評価機能を組み込んだ実運航性能シミュレータ VESTA のウェブ版を、海技研クラウド上にてリリースした。

400m 水槽（三鷹第二船舶試験水槽）に搭載されている統合水槽試験システム（IRIS）について、品質管理を目的として整備を行い、複数模型船を対象にリフレッシュ工事前後における不確かさ評価を繰り返し試験により実施した。その結果、推進性能試験の計測精度について、33,000DWT ケミカルタンカーでは、不確かさが 1.5%から 1.2%に低減し、計測精度の向上を確認した（図Ⅰ．2.（2）．②．13）。

実船モニタリングデータ解析プログラムで利用する海象データ取得のための外部 API について、従来の全球データに加えて、日本近海のデータも取得可能とするバージョンアップを実施した。

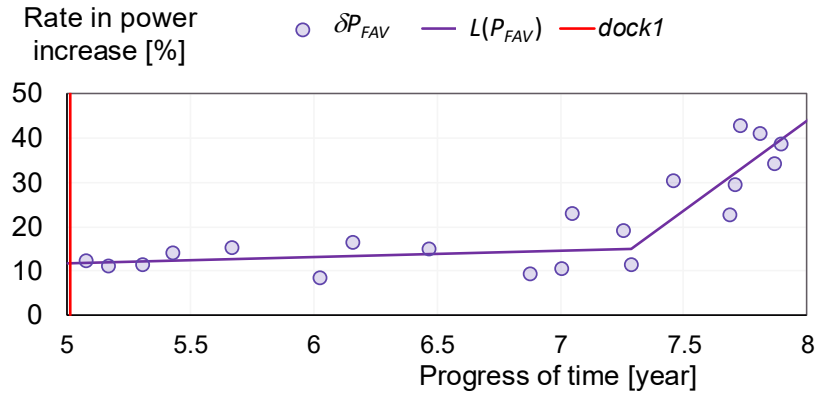
診断結果の検証を目的とした船舶統合データベース（SIRIUS）において、当所で開発している実海域性能シミュレーションを外部プログラムや AI との連携を可能とするため、実船モニタリングデータ解析プログラム、船舶のライフサイクル燃費評価プログラム、及び船体形状・船体性能簡易推定プログラムの API 化を行い、利用者のニーズを踏まえて対外リリースした。

さらに、実船データのうち船体要目データについてデータベース化を行い、これを用いた実海域性能評価を行った（図Ⅰ．2.（2）．②．14）。

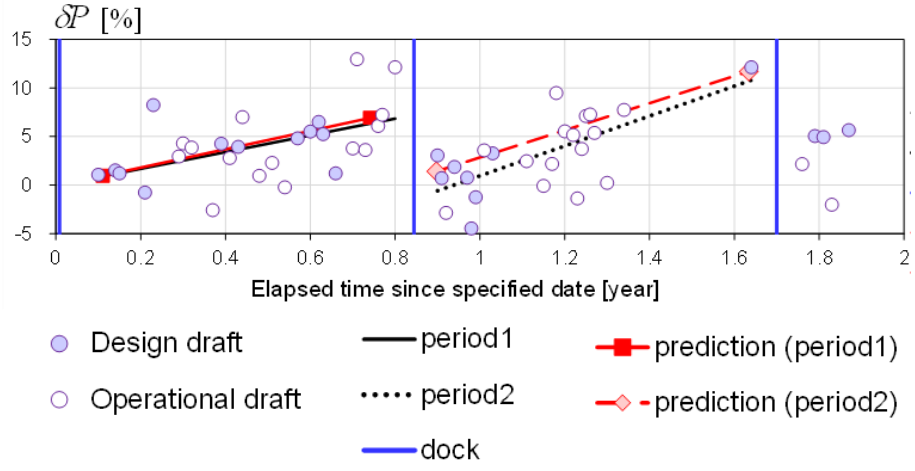
③ ウェザールーティングと連携した実船性能向上技術の開発

民間のウェザールーティングシステムに当所で開発した実海域燃費性能評価モジュールを組み込み、実サービスとしての運用を開始した。さらに、海象に応じた航路選択において燃費性能とともに重要となる耐航性能評価機能についてもウェザールーティングシステムへ組み込み、実用性検証を継

続するとともに、ロバスト性向上を目的とした改良を実施した。さらに、風力アシスト船評価機能の組み込みを行った。

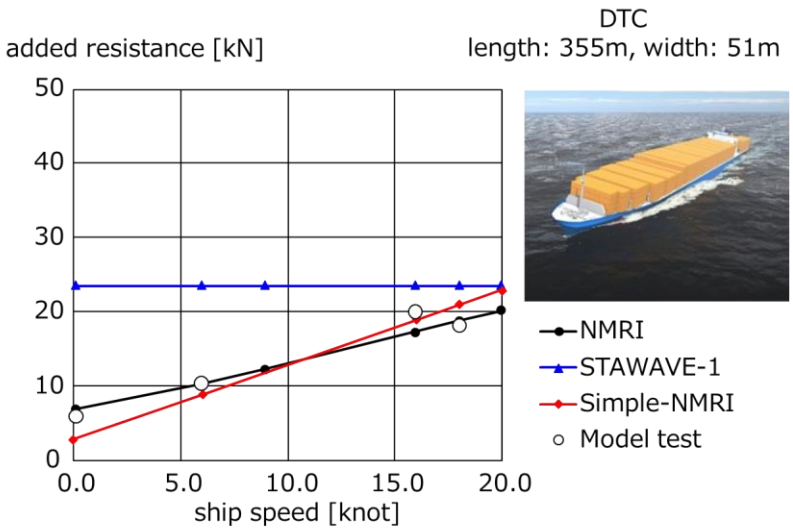


(a) 外航船



(b) 内航船

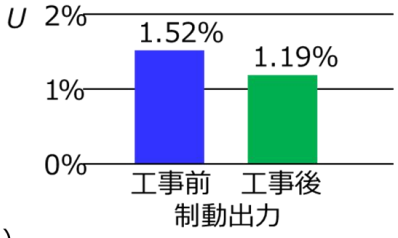
図Ⅰ. 2. (2). ②. 11　実船モニタリングデータの分析から、経年劣化・生物汚損影響を抽出した例



図Ⅰ. 2. (2). ②. 12　コンテナ船を対象とした手法の差異による波浪修正量への影響

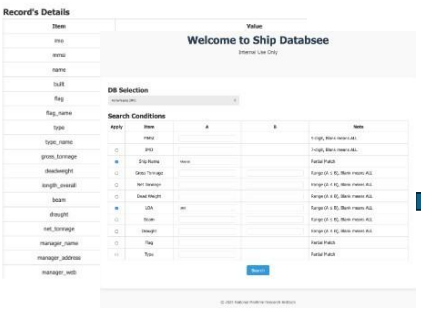
33,000DWT型ケミカルタンカー模型船（船長6.2m）

模型プロペラ（直径0.24m）

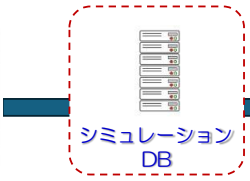


制動出力の拡張不確かさ

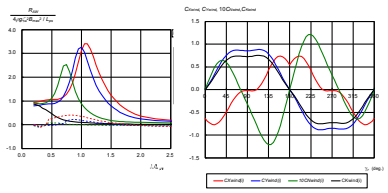
図Ⅰ．2.（2）．②．13　繰り返し試験による推進性能試験の計測精度の確認（ケミカルタンカーの例）



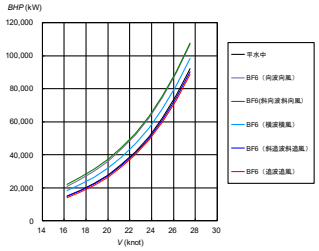
実船データベースから
個船データを抽出



要目データから
船型データ・船体性能
を簡易推定し、
実海域性能評価を実施



波・風による影響評価



実海域性能評価
（船速パワーカーブの推定）

図Ⅰ．2.（2）．②．14　実船 DB による実海域性能評価

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載等論文：1 編

・Kenichi Kume, Mariko Kuroda, Hideo Orihara, Tetsuya Hamano, Kotaro Takano, Shuji Mizokami: Experimental validation of standardised procedures for added resistance and ship motion estimates in regular waves by round-robin tests, Journal of Marine Science and Technology, Vol. 30, pp. 706–724, (2025).

□査読付き国際会議論文：0 編

□和文査読付き論文：0 編

□各種表彰の受賞：1 件

・澤田祐希，新川大治朗，白石耕一郎：「どちらに旋回しているように見えますか？」可視化情報学会

JapanVis2025 アートコンテスト金賞

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：10 件

・電動機組み込みノズルプロペラ
・ALS Design
・400m水槽統合水槽試験システム IRIS400 V.1
・150m 水槽統合水槽試験システム IRIS150 V.1
・実船性能高速シミュレーションライブラリモジュール V3 版
・実船モニタリングデータ解析プログラムクラウド版 V2.1 版
・船型データ及び性能データ変換プログラム CMOCT V1.0 版
・実運航シミュレータ VESTA-V5.1 版
・OCTARVIA-API V1 版
・EAGLE-OCT.-API V1 版

□その他

◆国際活動：11 件

・黒田麻利子: ISO/TC 8/SC 2/WG 15 にて実海域性能評価に関する審議に参加, 1 回.
・黒田麻利子: International Towing Tank Conference (ITTC), Full Scale Ship Performance Committee (FSSPC) に参加, 3 回.
・Tetsuro Ashida, Mariko Kuroda: Introduction of ISO/NP 25817-1 and 25817-2, ISO/TC 8/SC 2, Ad hoc meeting for ISO25817, (2025)
・Yoshihiko Sugimoto, Tetsuro Ashida, Mariko Kuroda: Tentative initial draft of ISO25817-1 for the ad-hoc meeting, ISO/TC 8/SC 2, Ad hoc meeting for ISO25817, (2025)
・Yoshihiko Sugimoto, Tetsuro Ashida, Mariko Kuroda: Tentative initial draft of ISO25817-2 for the ad-hoc meeting, ISO/TC 8/SC 2, Ad hoc meeting for ISO25817, (2025)
・Mariko Kuroda: Progress of ToR2, International Towing Tank Conference, Full-Scale Ship Performance Committee (ITTC FSSPC), (2025)
・Mariko Kuroda: Progress of ToR8, International Towing Tank Conference, Full-Scale Ship Performance Committee (ITTC FSSPC), (2025)
・Tetsuro Ashida, Mariko Kuroda: Overview of ISO 25817-1 and 25817-2, ISO/TC 8/SC 2/WG 15, (2025)
・Tetsuro Ashida, Mariko Kuroda: Supplement to the PL observations for comments, ISO/TC 8/SC 2/WG 15, (2026)

◆その他の全文査読付き論文等：6 件

・OKADA Yohihisa, KOBAYASHI Yosuke, ARAKAWA Daijiro, WAKO Daisuke, HIROI Takamichi, ICHINOSE Yasuo, ANDO Jun: Integrated Design of Propeller and Multiple Energy Saving Devices with Consideration of Their Interaction, Proceedings of XI International Conference on Computational Methods in Marine Engineering (MARINE2025), (2025).
・Daijiro Arakawa, Koichiro Shiraishi, Yasutaka Kawanami, Hideki Kawashima: Propeller design for air lubrication ship considering the change of wake, Proceedings of the 13th International Workshop on Ship and Marine Hydrodynamics, (2025).
・Naoto Sogihara: Regression formulae of the parameters estimating lateral ship motion -GM and KG, 海上技術安全研究所報告, 第 25 巻, 第 1 号, pp. 45-56, (2025).
・Saori Yokota, Masaru Tsujimoto, Mariko Kuroda: Influence of Roll Motion on Added Resistance in Waves

in Full and Ballast Load Conditions, Proceedings of 16th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures (PRADS 2025), (2025).

・Takashi Kanemaru, Daijiro Arakawa, Yuki Sawada, Koichiro Shiraishi, Jun Ando: Rapid Cavity Volume Calculation of Marine Propeller Using Lift Equivalent Method, Proceedings of 16th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures (PRADS 2025), (2025).

・Hideki Kawashima, Daijiro Arakawa, Koichiro Shiraishi, Tatsuya Hamada, Takamichi HIROI, Keita Fujii: Research on improving the practical energy-saving effects of air lubrication systems by constructing an IoT-based energy-saving effect monitoring system in actual sea areas, Proceedings of EcoDesign 2025 International Symposium, (2025).

◆その他発表論文:38 件

・新川大治朗, 黒田麻利子, 拾井隆道, 花木孝明, 大橋訓英: 船舶性能統合データベースによる実海域実船性能向上に向けて～計測とシミュレーションの同化による技術開発～, 第 25 回海上技術安全研究所研究発表会, (2025).

・川島英幹, 新川大治朗: 高度空気潤滑システムを初搭載した内航貨物船の就航, 第 25 回海上技術安全研究所研究発表会, PS-5, (2025).

・横田早織, 若生大輔, 黒田麻利子: 波浪中自航要素と船尾流場の関係性の研究 -船尾形状影響の調査, 第 25 回海上技術安全研究所研究発表会, PS-6, (2025).

・濱田達也: 統合水槽試験システム(IRIS)を用いた不確かさ評価結果について, 第 25 回海上技術安全研究所研究発表会, PS-15, (2025).

・川島英幹, 新川大治朗: 空気潤滑による船体摩擦抵抗の低減, ターボ機械, 第 53 巻, 第 11 号, pp. 37-46, (2025).

・新川大治朗, 白石耕一郎, 久米健一, 川並康剛, 金丸崇, 安東潤: プロペラキャビテーションノイズの簡易推定法の改善, ターボ機械協会第 27 回プロペラ分科会, (2025).

・新川大治朗, 川島英幹, 濱田達也, 若生大輔, 拾井隆道: 空気潤滑法の高度化に向けた研究-推進性能と表面粗度影響について-, ナカシマデザインコミッティ, (2025).

・白石耕一郎, 久米健一, 新川大治朗, 川並康剛, 金丸崇, 安東潤: プロペラキャビテーションノイズの簡易推定法の改善ー第 2 報: 船尾変動圧力に基づく低周波数域の精度向上ー, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 40 号, (2025).

・金丸崇, 新川大治朗, 澤田祐希, 白石耕一郎, 安東潤: 高周波数域におけるプロペラキャビテーションノイズの一計算法 第二報:キャビティ気泡群の周囲圧に関する考察, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 41 号, (2025).

・新川大治朗, 川島英幹, 濱田達也, 拾井隆道: 空気潤滑法が推進性能とプロペラ設計に与える影響について, 舶用プロペラ研究会, (2025).

・黒田麻利子: 船舶性能統合データベース:SIRIUS による実海域性能の向上, うみそら研勉強会・交通研所内セミナー, (2026).

・松沢孝俊: 船舶要目データベースとその研究活用事例, うみそら研勉強会・交通研所内セミナー, (2026).

・濱田達也: 統合水槽試験システム:IRIS の水槽 DB の利用方法について, うみそら研勉強会・交通研所内セミナー, (2026).

・黒田麻利子: NP 25817(実海域実船性能)の紹介, 第 88 回実海域推進性能研究会, (2025).

・横田早織, 若生大輔, 濱田達也, 黒田麻利子: 模型試験による波浪中の船尾流場と自航要素に関する検証, 第 88 回実海域推進性能研究会, (2025).

・黒田麻利子, 辻本勝, 横田早織, 金子杏実: 速力試験解析のための簡易波浪修正法と適用例の紹

介，第 89 回実海域推進性能研究会，(2025).
・横田早織，深澤良平，箕浦宗彦: 波浪中抵抗増加の時系列の推定に関する研究，第 89 回実海域推進性能研究会，(2025).
・櫻田顕子: 可変ピッチプロペラ（CPP）の実運航シミュレーション，第 90 回実海域推進性能研究会，(2026).
・折原秀夫，黒田麻利子: ITTC FSSPC 活動報告，第 31 回 推進・運動性能研究会，(2025).
・金丸崇，新川大治朗，澤田祐希，白石耕一郎，安東潤: 高周波数域におけるプロペラキャビテーションノイズの実用的計算法に関する研究，第 33 回推進・運動性能研究会，(2026).
・芦田哲郎，黒田麻利子: Introduction of ISO/NP 25817-1 and 25817-2, Smart Maritime Network Tokyo 2025, (2025).
・横田早織，黒田麻利子，金子杏実，辻本勝: Influence of Wave Correction Methods on Sea Trials, Proceedings of 11th Pan Asian Association of Maritime Engineering Societies (PAAMES) Forum Advanced Maritime Engineering Conference (AMEC) 2025, (2025).
・粉原直人，杉本義彦，佐野裕之: Impact of Data Frequency and Data Block Length on Ship Performance Evaluation in Onboard Monitoring, Proceedings of 11th Hull Performance & Insight Conference (HullPIC) 2026, pp. 56-67, (2026).
・芦田哲郎，黒田麻利子: Introduction of the new ISO initiative for the evaluation of fuel consumption and propulsion performance in actual seas (ISO 25817), Proceedings of 11th Hull Performance & Insight Conference (HullPIC) 2026, pp. 68-76, (2026).
・澤田祐希: 研究紹介: 可視化技術，大型キャビテーション試験水槽 50 周年記念講演会，(2025).
・川島英幹，久米健一: キャビテーション水槽 における空気潤滑実験，大型キャビテーション試験水槽 50 周年記念講演会，(2025).
・辻本 勝: 大型キャビテーション試験水槽 50 周年記念講演集 序，大型キャビテーション試験水槽 50 周年記念講演会，(2025).
・辻本 勝: 流体設計系の中長期ビジョンと大型キャビテーション試験水槽の将来像，大型キャビテーション試験水槽 50 周年記念講演会，(2025).
・辻本 勝: 大型キャビテーション試験水槽 50 周年記念講演会，大型キャビテーション試験水槽 50 周年記念講演会，(2025).
・藤沢純一: 大型キャビテーション試験水槽の概要，大型キャビテーション試験水槽 50 周年記念講演会，(2025).
・新川大治朗: 研究紹介: 水中放射騒音関連，大型キャビテーション試験水槽 50 周年記念講演会，(2025).
・久米健一: 船体抵抗低減や推進性能向上に関する研究と成果，日本船主協会 環境セミナー，(2026).
・松沢孝俊: 海氷のサンプリングと現場における強度試験，2025 年度低温科学研究所共同研究集会 砕氷船を用いた次世代海氷観測手法の検討，(2026).
・松沢孝俊: 国立研究開発法人における業務 -海上技術安全研究所-，工学院大学機械工学科特別講義，(2025).
・松沢孝俊: みらい II における EM 氷厚計の準備計画，研究集会: 北極域研究船観測に向けての海洋・海氷研究，(2025).
・松沢孝俊: しらせの海氷・船体モニタリング機能と航路選択への応用，船上観測を軸とした将来の南極研究に関する研究集会，(2025).
・松沢孝俊: JARE66 夏隊における観測活動の報告，令和7年度 JCAR 氷工学 WG 第 1 回研究会，(2025).
・池田靖弘，田村兼吉，高品純志，藤本航，櫻田顕子，粉原直人: ShipDC データハンドブック実海域性能評価編第 1 版 これ 1 冊でわかる！船上でのデータ収集から実海域性能評価，(2025).

◆公開実験：1 件

・400m 水槽「IRIS を使った模型船の波浪中試験(2025/6/26)

重　点　分　野	(3)海洋の開発

研 究 テ ー マ	①海洋再生可能エネルギー開発に係る関連システムの安全性評価・最適化に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
海洋再生可能エネルギー・海洋資源開発の促進及び海洋開発産業の振興並びに国際ルール形成への戦略的関与を通じた我が国海事産業の国際競争力強化に資するため、船舶に係る技術を活用して、海洋再生可能エネルギーの導入拡大に向けた安全性評価・最適化、海洋開発のための関連機器、マリンオペレーション技術等に関する研究開発に取り組む。	海洋再生可能エネルギー・海洋資源開発の促進及び海洋開発産業の振興並びに国際ルール形成への戦略的関与を通じた我が国海事産業の国際競争力強化が求められている。一方、実際の海洋開発は民間での開発リスクが過大であるため、海洋開発推進、海洋産業の振興に向けた国と民間との連携が重要である。 したがって、研究所には、船舶に係る技術を活用し、海洋基本計画等の国の施策に沿ったナショナルプロジェクト等への技術的貢献を行うとともに、実際の開発・生産を担う我が国企業への技術的支援が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ①海洋再生可能エネルギー開発に係る関連システムの安全性評価・最適化に関する研究開発	海洋再生可能エネルギー・海洋資源開発の促進及び海洋開発産業の振興並びに国際ルール形成への戦略的関与を通じた我が国海事産業の国際競争力強化が求められている。一方、実際の海洋開発は民間での開発リスクが過大であるため、海洋開発推進、海洋産業の振興に向けた国と民間との連携が重要である。 したがって、研究所には、船舶に係る技術を活用し、海洋基本計画等の国の施策に沿ったナショナルプロジェクト等への技術的貢献を行うとともに、実際の開発・生産を担う我が国企業への技術的支援が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ①海洋再生可能エネルギー開発に係る関連システムの安全性評価・最適化に関する研究開発 －係留の健全性評価手法の開発と生物付着影響評価、デジタルツイン技術を用いた浮体応力推定手法の開発等を行う。等

○海洋再生可能エネルギーの導入拡大に向けた関連システムの安全性評価・最適化に関する研究

研　　究　　の　　背　　景

エネルギー基本計画（令和 3 年 10 月閣議決定）では、カーボンニュートラル社会の実現に向け、再生可能エネルギーの活用が掲げられている。特に洋上風力発電は、再生可能エネルギー主力電源化の切り札として推進していくことが必要であるとして高い期待が寄せられている。洋上風力産業ビジョン（第1次）（令和2年12 月）において、2030 年（令和 12 年）までに 10GW、2040 年（令和 22 年）までに浮体式も含む 30GW～40GW の導入目標が掲げられた。遠浅海域の少ない我が国では、特に浮体式の洋上風力発電の商用化が急務となっている。グリーンイノベーション事業のフェーズ 2（令和 6 年度開始）では、実海域での適用を前提とした設計・施工・運転保守の各段階の低コスト化に資する要素技術開発が求められており、複数の実機による実証試験も開始すると考えられている。そのために、特にウィンドファームを対象に、安全性を確保しつつ発電コスト低減につながる研究開発が求められており、浮体施設や合成繊維索を用いた係留系の安全性評価から運営保守管理（O&M）技術の高度化等、広範囲の分野で研究開発の成果が求められている。また、波力発電等の海洋再生可能エネルギーについては、実用化に向けた実機スケールでの実証実験を目指すための研究開発が必要とされている。

研　　究　　目　　標

本研究は、浮体式洋上風力発電を中心に海洋再生可能エネルギーの普及拡大のための関連システム（浮体、係留、O&M 等）について、これまでに実施してきた単独のシステムを対象とした研究から、大規模な実用化を目指し、多数の浮体で構成されるファームを対象とした研究に移行していく。そのために、以下の研究を実施するものである。

大規模 FOWT（Floating Offshore Wind Turbines）において、適切な安全性を確保しつつ、発電量の最大化とコスト低減を実現するため、合理的な安全性等の評価手法に関する研究を実施する。具体的には、浮体変位データを用いた係留の健全性評価手法の研究開発、大規模 FOWT への RBI（Risk Based Inspection）導入のためのリスク評価手法の開発、コストインパクト要因の特定とライフサイクル経済性評価モデルの構築、ブレードピッチ制御や建造性を考慮した浮体構造の最適化支援技術の開発を実施する。

次に、近い将来に大規模 FOWT における利用が想定されている合成繊維索を用いた係留系について、最適設計手法及び合理的な安全性評価手法、簡便な係留仕様算出法を開発する。係留系と他構成要素間の相互影響評価を加えて、安全性評価手法を高度化させる。合わせて、実海域浸漬試験による生物付着量の定量的評価及び強度影響評価を実施する。

さらに、浮体式洋上風力発電では、時々刻々の状態量に基づく安全性評価や状況に応じた保守管理計画による合理的な運用・維持を可能とするためのデジタルツイン技術を開発する。ウィンドファームでの運用においては、限られた点数の浮体状態量（変位、歪等）から多様な情報を推算する必要があり、そのための研究開発を実施する。例えば、浮体変位データを用いた遭遇海象の推定手法、変位・海象データとデータ同化技術による浮体の応力・疲労余寿命の推定手法を開発する。これらを応用し、浮体係留索に働く張力や疲労余寿命の推定手法も合わせて開発する。

加えて、波力発電や潮流・海流発電は、風力発電にない利点（波力：波の予測しやすさ、潮流・海流：発電の安定性）を持ち、実用化が期待されている。実海域での高効率化・低コスト化の実証に加え、他業種との連携による事業性向上も重要である。そこで、波力発電については、既存成果を活用し、より高度な発電制御技術を開発する。また、事業性向上のため複数基連結時の安全性評価や、風力発電との設置海域・係留系の共有を視野に、波力、潮流・海流発電の導入を検討・提案する。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

（1）大規模 FOWT の安全性等評価手法の構築に関する研究

① 検査の合理化のための係留健全性評価に資するモニタリング手法の開発

緊張係留（TLP 浮体）を採用した FOWT について、係留破断に伴う浮体軌跡の変化を数値計算と水槽模型試験で比較し、その精度を検証した。また、係留ラインの異常を浮体位置のモニタリングから検知する手法の実現に向け、過年度検証した数値解析手法を用いて係留索 1 本破断と浮体平面運動の関係を網羅的に解析した。

② リスク評価による合理的な検査手法の開発（分野横断的研究へ移行）

1基の発電設備を対象に、安全性と経済性を統合的に評価する分析フレームワークを構築した。

③ コスト等推計手法の開発

浮体式洋上ウィンドファームの運転保守のコスト構造把握のため、過去の実証事業の点検実績を分析した。2040 年の政府の案件形成目標を達成するために必要な関連作業船（SEP 船: Self Elevating Platform, CTV: Crew Transfer Vessel, SOV: Service Operation Vessel, AHTS: Anchor Handling Tug Supply 等）の毎年の必要隻数と建造隻数を予測モデルを用いて、複数のシナリオで算出した。

（2）合成繊維索を用いた係留システムの安全性評価手法の構築に関する研究

① 簡易的に良好な仕様を出力する設計手法・プログラムの開発

過年度までに作成したプログラムを発展させ、トート係留の仕様を簡便に算出可能とする係留仕様算出プログラムの機能改良を実施した。

② ウィンドファームにおける他要素（制御等）との相互影響評価

ブレードピッチ制御のパラメータを変えた数値解析を行い、索張力の違いを比較した。

（3）デジタルツイン技術の構築に関する研究

① 浮体遭遇海象推定手法の開発

過年度までに実施した弾性相似模型を用いた水槽試験結果を用い、浮体運動・浮体構造断面力・係留張力の規則波に対する応答関数、及び短波頂不規則波に対する応答を取得し、それらを用いて波が方向分散性を有する短波頂不規則波の場合に対し、浮体が遭遇した海象を推定した。遭遇波浪の推定精度に影響するパラメータを抽出した。

② 浮体各所の応力等推定手法の開発

水槽試験で取得した浮体構造断面力が、数値シミュレーションで再現できているかを検証した。

（4）波力・潮流・その他発電施設の安全性評価・性能向上に関する研究

① 複数の波力発電装置に対する効率的な配置の導出

波力発電は風力発電と比較して出力が小さいことが多く、複数基を 1 か所に配置することが想定されるため、係留系の共有化等により，波力発電の複数基設置が実現可能な係留方式及び浮体配置を検討し、単機を係留した場合と、係留系を共有した場合の浮体運動や係留張力の差を数値計算により検証した。

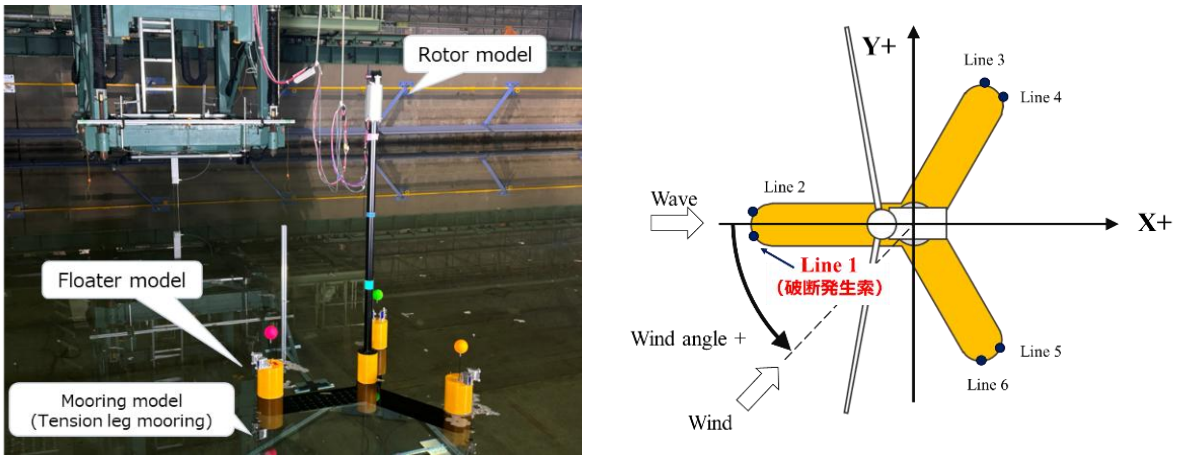
令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

（1）大規模 FOWT の安全性等評価手法の構築に関する研究

① 検査の合理化のための係留健全性評価に資するモニタリング手法の開発（港空研と連携）

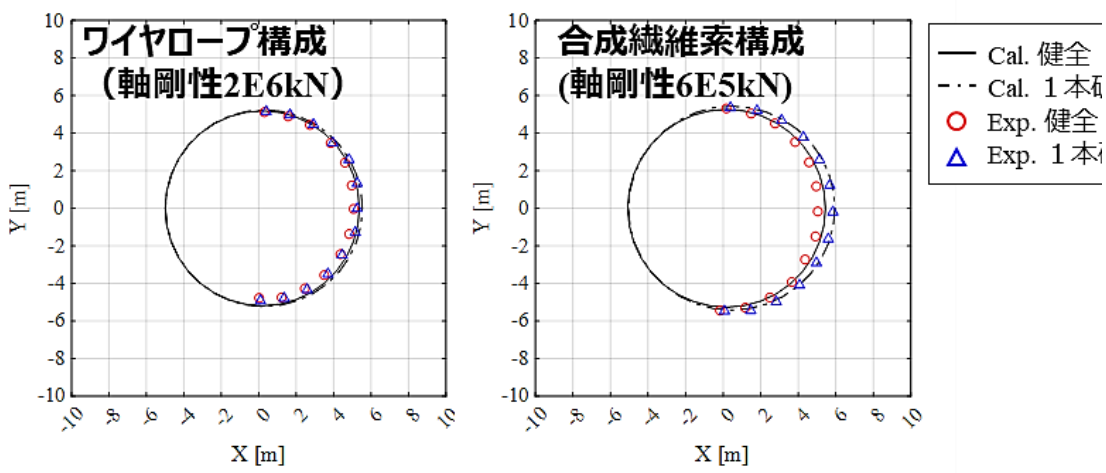
緊張係留（TLP 浮体）を採用した FOWT を対象として、係留索に破断が発生したときの浮体の平面運動への影響把握を目的とした水槽試験を実施し、定量的な傾向を把握するとともに他の係留形式に比較して影響が小さくなることを確認した。また、試験を再現した数値解析を実施し、その精度が実機換算値で最大 0.3 m 程度であり、今後の詳細検討に使用できることを確認した（図Ⅰ. 2. (3). ①. 1、図Ⅰ. 2. (3). ①. 2）。

また、過年度までに実施したカテナリー係留を対象として、係留 1 本破断の影響を網羅的に解析した（図Ⅰ. 2. (3). ①. 3）。この解析では破断する係留索と風向を共にパラメータとした。この結果を利用して、係留索に破断が生じていないと判定できる浮体運動範囲の設定手法を提案した。同手法は、係留索の破断に伴う係留復原性能の変化に基づくものであり、他の係留方式でも適用可能である。

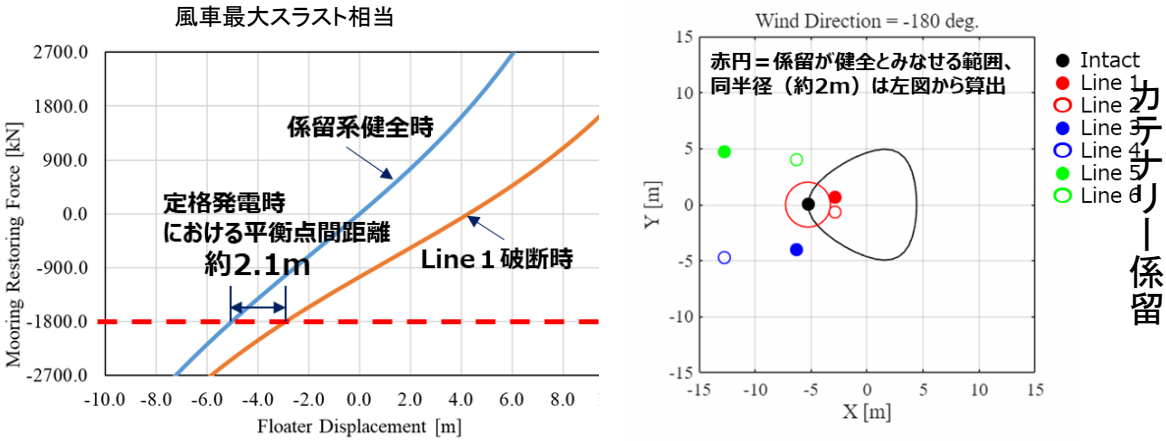


図Ⅰ. 2. (3). ①. 1 TLP 浮体を対象とした水槽試験の様子（左）と係留配置（右）

Wind



図Ⅰ．2.（3）.①. 2 係留索 1 本破断に伴う浮体平面運動の変化
（図Ⅰ．2.（3）.①. 1 に示す TLP 浮体が対象、係留索の軸剛性を変えて 2 種類実施）



図Ⅰ．2.（3）.①. 3 カテナリー係留での係留索 1 本破断に伴う復原性能変化（左）と
想定運動範囲の適用事例（右）
（図Ⅰ．2.（3）.①. 1 に示す TLP 浮体が対象）

② リスク評価による合理的な検査手法の開発（分野横断的研究へ移行）

商用時のウィンドファームを想定した検査の在り方の基礎検討のため、リスク評価モデル開発によるリスクの定量化を目指して、1基の発電設備を対象に安全性と経済性を統合的に評価する分析フレームワークを構築した。鋼製浮体とコンクリート製浮体に適用したところ、O&M 段階においてコンクリート製浮体の優位性を示した。

③ コスト等推計手法の開発

浮体式洋上風力発電の維持管理コストは、定期的なメンテナンスコストと非定期的メンテナンスコストに分類される。そして、タワー・浮体基礎・係留システムは、船舶安全法に定められた検査を受検する必要がある。そこで、定期的なメンテナンスコストのコスト構造を明らかにするため、長崎沖、福島沖、北九州沖の国内の実証事業を対象に、検査の受検にあたって必要となる点検に要した日数を、検査項目別に集計・分析した。その結果、中間検査におけるバラストタンクの検査（事前・事後準備も含め、正味 7 日程度）と係留ラインの検査（1 日当たり 2 本程度であり、6 本係留なら 3 日）の 2 項目が、特にインパクトが大きいことを示した（図Ⅰ．2.（3）.①. 4）。国内の点検実績に関する基礎的データはこれまでに報告されておらず、今後、このデータをもとに、維持管理コスト・作業船需要等の各種推計の基礎データとなるものである。

2040 年に洋上風力発電の導入目標は 30～45GW であり、そのうち浮体式が 15GW 以上として設定された。この目標を達成するために必要となる関連作業船である、SEP 船, CTV, SOV, AHTS 等の毎

年の必要隻数と建造隻数を図Ⅰ．2.（3）．①．5 に示した予測モデルを用いて、複数のシナリオで算出した。その結果、45GW の案件形成を達成し、欧州と同程度の施工シナリオ（サイクルタイム）を実現した場合、施工に使用する SEP 船は現有船舶で十分、AHTS と CLV は、それぞれ最大 4 隻、1 隻と建造時期にピークが出る。維持管理で使用する CTV と SOV は、毎年 2～5 隻程度、2 隻程度の継続的な建造が必要になることを示し、関連する業界団体から構成される検討会において報告した。このモデルは、将来の着床式・浮体式洋上風力発電の世界規模の需要を見据えた作業船の建造計画にも応用できる汎用性の高いものである（図Ⅰ．2.（3）．①．6）。

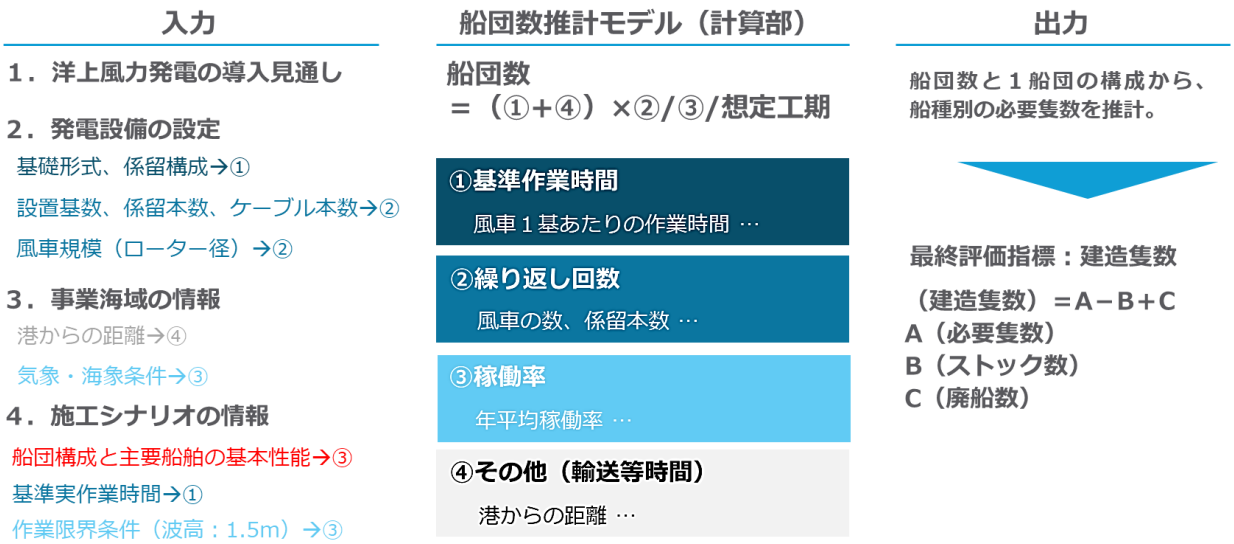
【バラストタンク】

	5MW Advanced spar	Substation Advanced spar	3MW Barge
Pre	6 days	4 days	*2 days*
Inspection	1 day	1 day	*1 day*
Post	1 day	1 day	*2 days*
Total	8 days	6 days	*5 days*

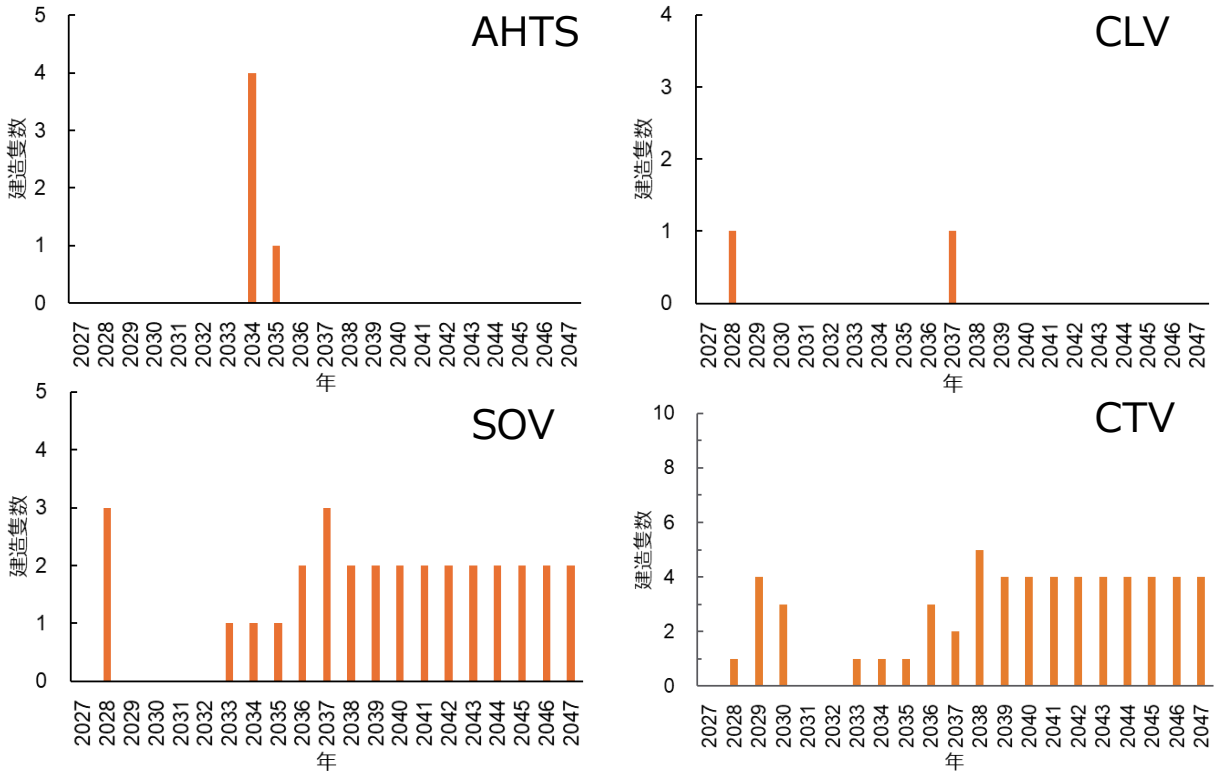
【係留全長】

Substation Advanced spar	3MW Barge	2MW Hybrid spar	Average value in Fukushima project
2 lines/day	1 line/day	2 lines/day	2.6 lines/day

図Ⅰ．2.（3）．①．4　実証事業における検査の受検に必要な点検実績の推計結果



図Ⅰ．2.（3）．①．5　洋上風力発電関連船舶の建造隻数推計モデルの流れ



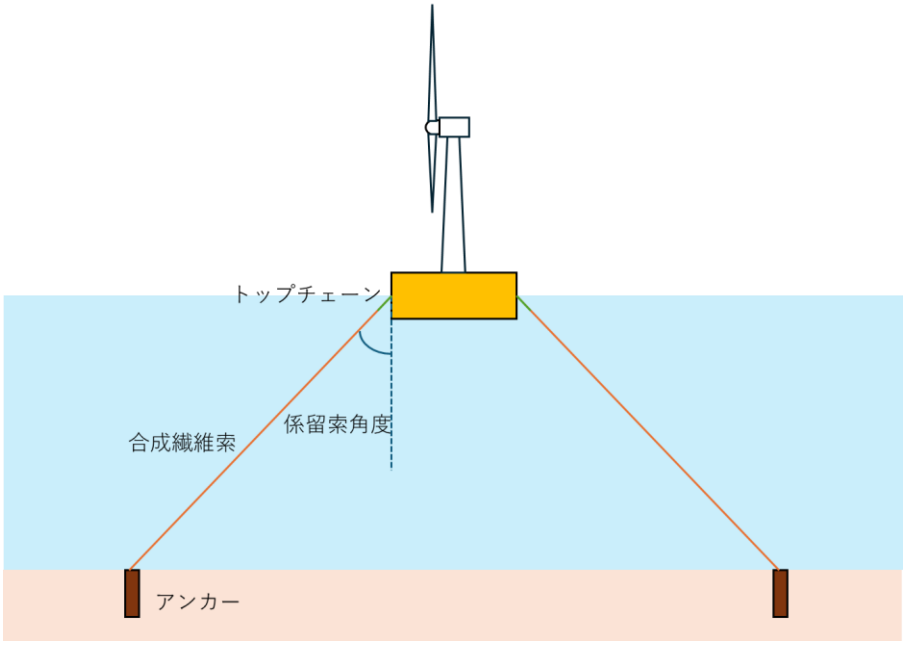
図Ⅰ．2．(3)．①．6　45GW 案件形成のための主要船舶の建造隻数の見通しの例

(2)合成繊維索を用いた係留システムの安全性評価手法の構築に関する研究

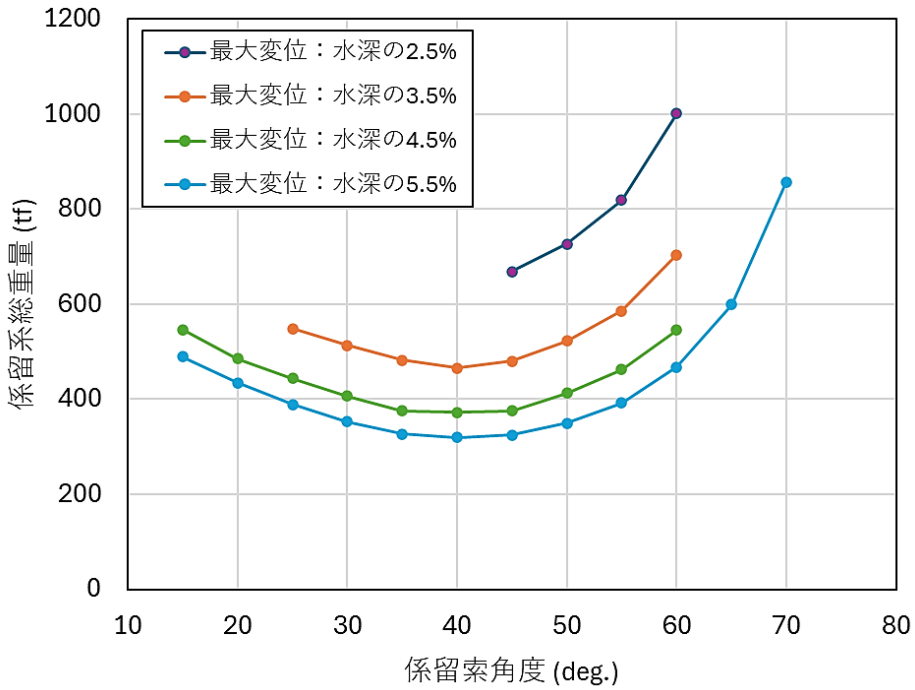
① 簡易的に良好な仕様を出力する設計手法・プログラムの開発

昨年度までに開発した係留仕様算出プログラムを対象に、設置海域の水深に対し係留半径を小さくすることができるトート係留(図Ⅰ．2．(3)．①．7)に対応するため、拡張を実施した。簡易な入力に対し、安全率や浮体の移動量等の制約条件を満たし、係留系総重量で最小、すなわちコスト的に最も優位と考えられる係留系仕様を算出することが可能となった(図Ⅰ．2．(3)．①．8、表Ⅰ．2．(3)．①．1)。この改良により、係留仕様算出プログラムはカテナリー係留、ブイ・シンカー係留、トート係留の主要な係留方式に対応可能となった。

また、令和 8 年度実施予定の水槽試験計画を作成した(令和 8 年 8 月予定、上記三種の係留形式を模擬した強制動揺試験により張力を検証)。



図Ⅰ．2．(3)．①．7 トート係留のイメージ



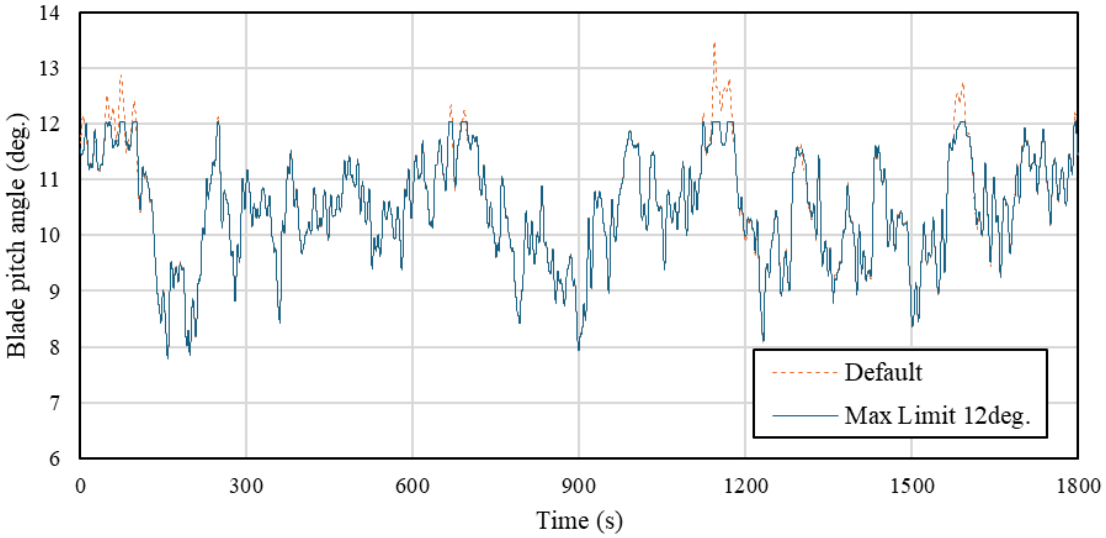
図Ⅰ．2．(3)．①．8 係留仕様算出プログラムの出力結果の例（水深 800m、ナイロンロープ）
（係留索と浮体との角度、浮体の最大変位を変えた場合の係留索重量）

表Ⅰ．2．(3)．①．1　係留仕様算出プログラムの出力結果の例
（水深 800m、ナイロンロープ、最大変位：水深の 5.5%）

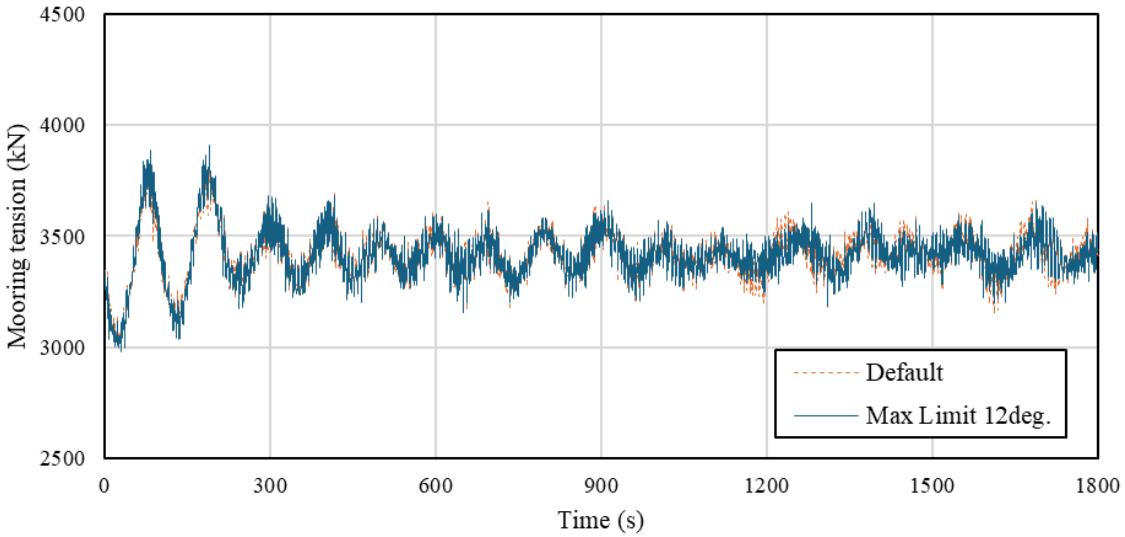
係留索角度 [deg.]	索本数	トップチェーン長 [m]	トップチェーン径 [mm]	ロープ長 [m]	ロープ径 [mm]
70	12	10	96	2164	249
65	9	10	103	1750	266
60	9	10	97	1479	256
55	9	10	97	1288	250
50	9	10	96	1148	250
45	9	10	97	1042	252
40	9	10	100	959	260
35	9	10	104	894	271
30	12	10	97	841	252
25	12	10	104	799	270
20	15	10	101	765	261
15	18	10	98	739	257

② ウィンドファームにおける他要素（制御等）との相互影響評価

ブレードピッチ制御のパラメータを変えた数値解析を行い、索張力の違いを比較した。例えば、有義波高 2.5m、有義波周期 7sec、平均風速 10m の海象条件下で、ROSCO（NREL（アメリカ再生可能エネルギー研究所）開発の、浮体変位を考慮した制御アルゴリズム）デフォルトの制御パラメータを用いた場合と、ブレードピッチ角の上限を 12deg に設定して発電量の増加を試みた場合では、係留張力の違いはごくわずかであることが分かった（図Ⅰ．2．(3)．①．9、図Ⅰ．2．(3)．①．10）。このことは一般的な制御の範囲内では係留張力への影響は小さいことを示している。



図Ⅰ．2．(3)．①．9　ブレードピッチ角の違い

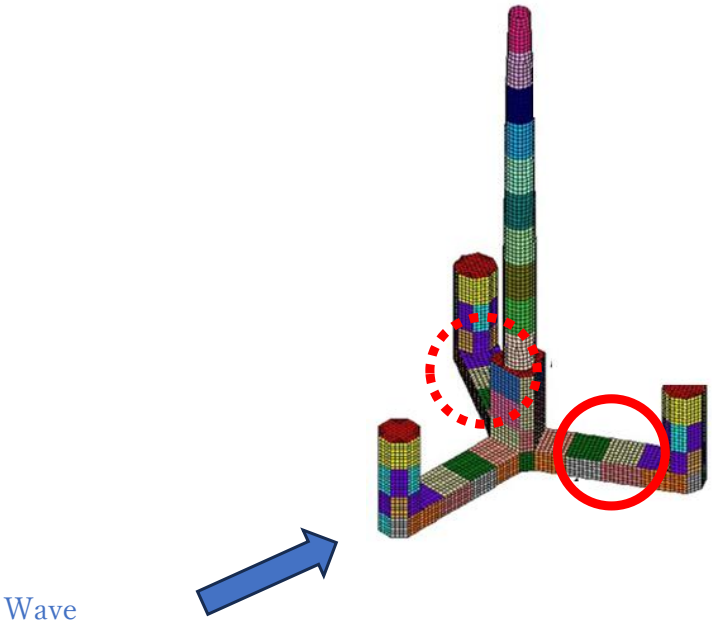


図Ⅰ．2．(3)．①．10　係留張力の違い

(3)デジタルツイン技術の構築に関する研究

① 浮体遭遇海象推定手法の開発

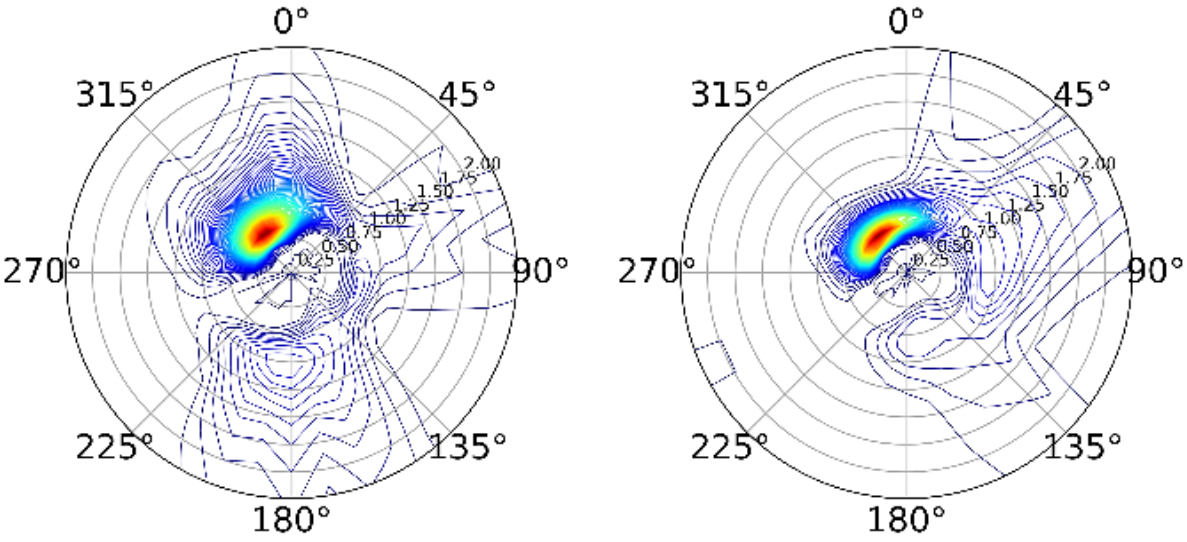
昨年度に実海域再現試験水槽において実施した剛性相似模型を用いた短波頂不規則波中での水槽試験結果を使用して、15MW 風車を搭載した 3 本コラムセミサブ型浮体(詳細情報は下記の参考文献に記載)の遭遇海象を推定した。遭遇海象の推定では、浮体の運動(Pitch, Heave, Sway)の 3 種のデータを入力としたもの(Combination A)と、浮体ロワーハル部の水平曲げ(Horizontal bending; 図Ⅰ．2．(3)．①．11)を加えた 4 種のデータを用いたもの(Combination B)、係留張力(Mooring)から求めるもの(Combination C)の 3 パターンをそれぞれ実施した。その結果、係留張力を用いると推定精度が最も良くなったが(Combination C)、入力パラメータを運動及び水平曲げとした場合(Combination B)でもこれに近い精度で推定ができることが分かった(図Ⅰ．2．(3)．①．12、図Ⅰ．2．(3)．①．13)。継続的な係留張力計測が困難である実機に対しては、水平曲げ歪を計測することが有力な選択肢となる。



図Ⅰ．2．(3)．①．11　水平曲げの計測位置(左右両舷で同等と仮定)

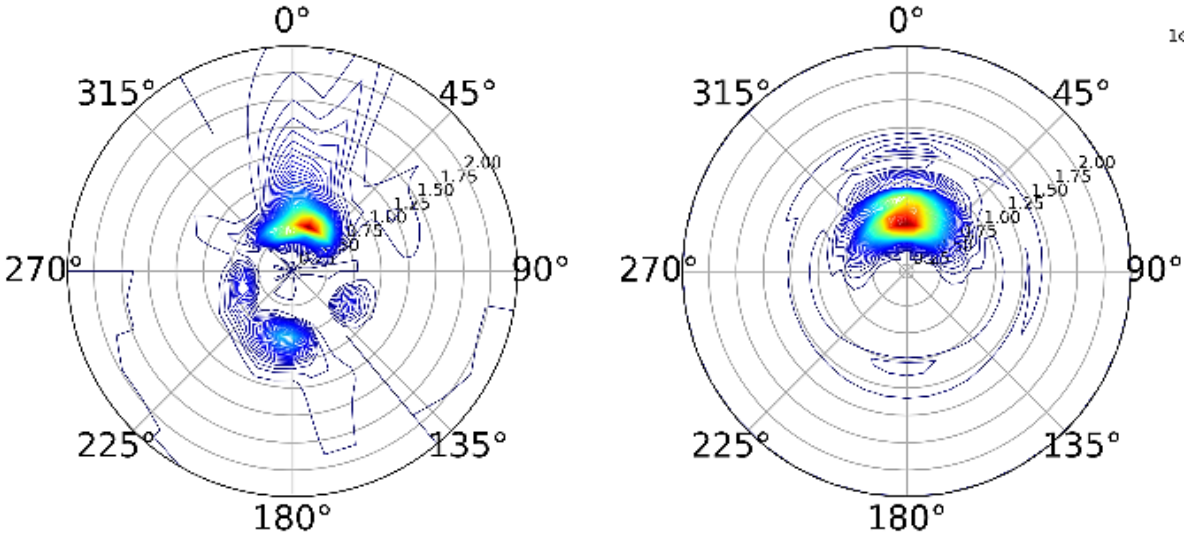
表Ⅰ．2．(3)．①．1　遭遇海象推定に用いた入力情報

	Category	Sensors
Combination A	Motions	Pitch, Heave, Sway
Combination B	Motions + Horizontal bending	Pitch, Heave, Sway, Lower Hull #2 (horizontal bending)
Combination C	Mooring	Mooring line tensions #1–#3



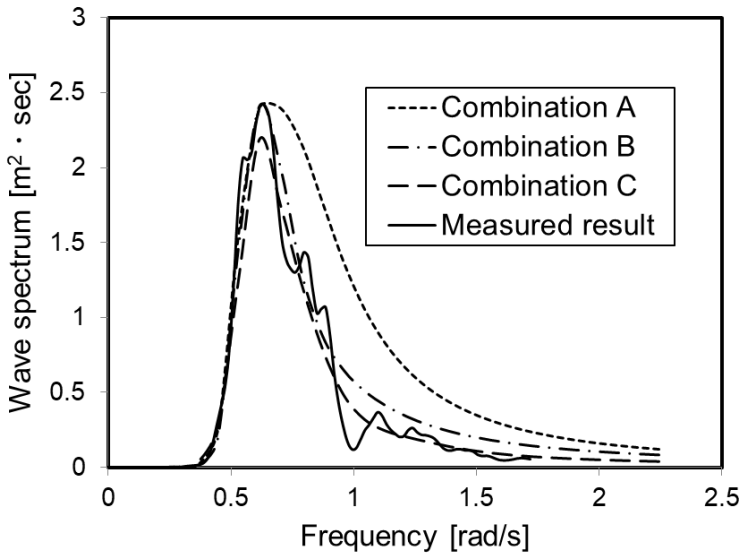
(a) Combination A　　(b) Combination B

図Ⅰ．2．(3)．①．12 海象推定の結果（短波頂不規則波を用いた場合）その 1（続く）



(c) Combination C　　(d) 水槽試験

図Ⅰ．2．(3)．①．12 海象推定の結果（短波頂不規則波を用いた場合）その 2

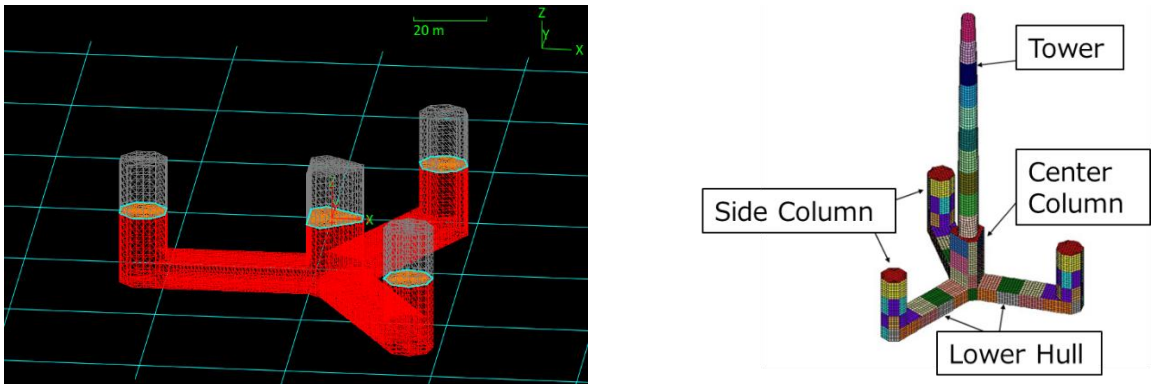


図Ⅰ. 2. (3). ①. 13 海象推定の結果(短波頂不規則波を用いた場合)その 2
(計測した波スペクトルと浮体応答・歪応答を用いた推測結果の比較)
(波向の推定精度は劣るものの、周波数スペクトルに関しては水平曲げを加えた
Combination B の精度が Combination C と同等に良いことが分かる。)

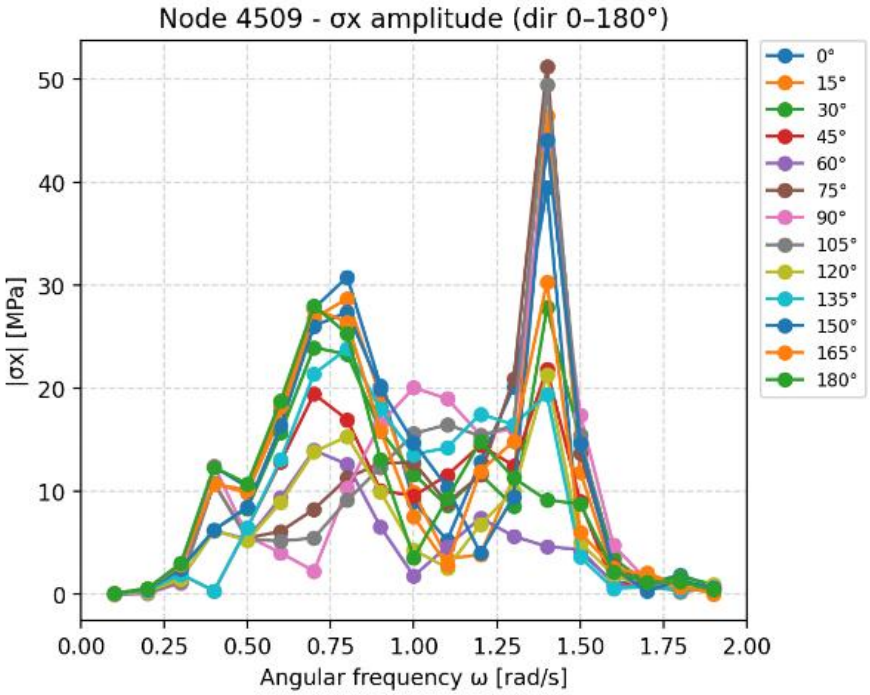
② 浮体各所の応力等推定手法の開発

昨年度に作成した FE(Finite element)モデルを用いて、浮体式風車の荷重構造一貫解析プログラムを構築した(図Ⅰ. 2. (3). ①. 14)。

このシステムは波浪荷重解析用ソフト(OrcaWave)と FE 解析ソフト(NASTRAN)から構成され、インターフェイスプログラム及び FE モデルに荷重を付与する際の境界条件の設定などが研究開発要素である。これにより浮体の応力及び疲労の評価が可能になり、また遭遇海象推定のための応力応答関数を効率的に得られるようになった。



図Ⅰ. 2. (3). ①. 14 一貫解析システムの荷重計算モデル(左)及び構造解析用 FE モデル(右)

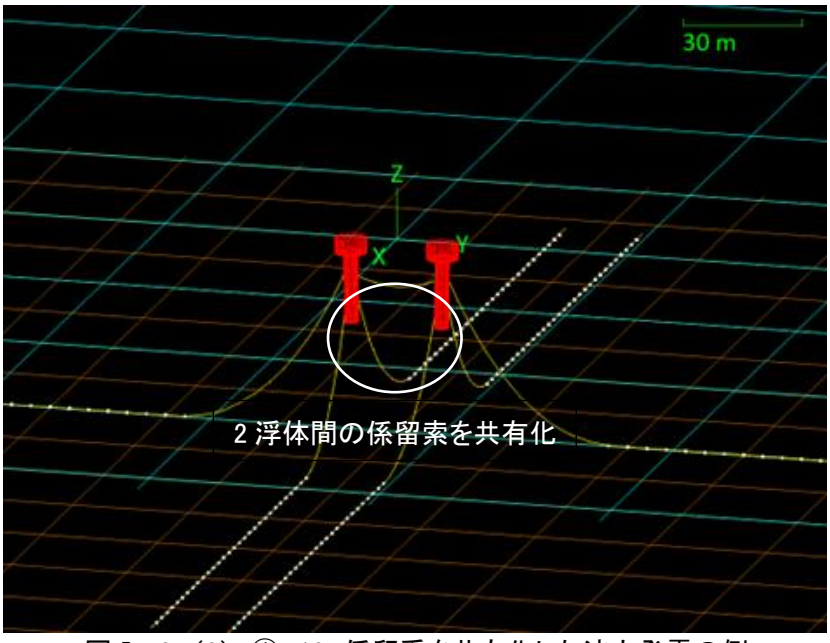


図Ⅰ．2．(3)．①．15　荷重構造一貫解析で得られた応答関数の例(タワー基部の応力)

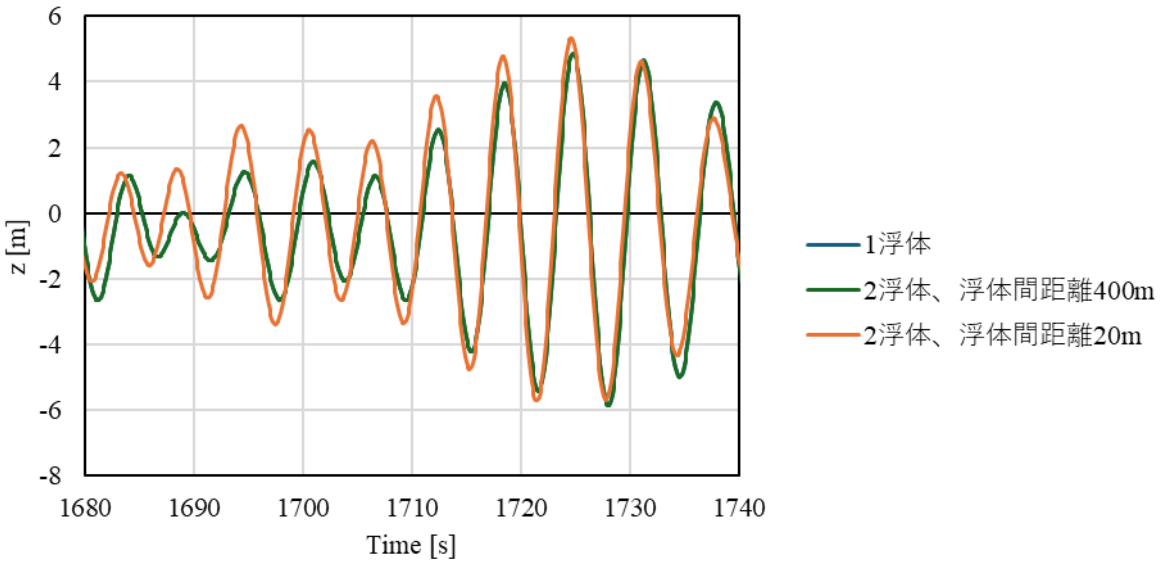
(4)波力・潮流・その他発電施設の安全性評価・性能向上に関する研究

① 複数の波力発電装置に対する効率的な配置の導出

波力発電は風力発電と比較して出力が小さいことが多く、複数基を 1 か所にまとめて配置することが想定されるため、係留系の共有化等により、波力発電の複数基設置が実現可能な係留方式及び浮体配置を検討した(図Ⅰ．2．(3)．①．16)。係留系を共有しないことを想定し、単機で設置し基数分に必要な物量を算出した場合と、係留系を共有化した場合の係留系の物量の差及び発電量に直接関係する浮体変位を数値計算により求め、比較した。発電量に直接影響する浮体の上下運動の差(図Ⅰ．2．(3)．①．17)から、係留系の共有化により削減される索とアンカーのコストから、発電コスト低減効果が見込まれることを明らかにした。なお、この際に浮体の相互干渉による波変形の影響を考慮している。



図Ⅰ．2．(3)．①．16　係留系を共有化した波力発電の例



図Ⅰ. 2. (3). ①. 17 波力発電浮体の係留系による運動の違い
（単機の場合と浮体を接近させた場合で浮体運動は小さくなっていないため、発電量は減少しないと考えられる。また、浮体間の相互干渉により発電量が増加する可能性がある。）

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文：3 編

・Hasumi, T., Yokoi, T., Haneda, K., Wada, Y., Masanobu, S.: The number of AHTSs and CLVs required for installation of floating offshore wind farms with weather characteristics and installation strategies., Journal of Marine Science and Technology, Vol. 30, pp. 964–979, (2025).

・Taiga Mitsuyuki, Takahiro Shimozawa, Itsuki Mizokami, Shinnosuke Wanaka: Supply Chain Design Method for Introducing Floating Offshore Wind Turbines Using Network Optimization Model, Systems, Vol. 13, 598, (2025).

・Ryota Wada, Amir R. Nejad, Kazuhiro Iijima, Junji Shimazaki, Mihaela Ibrion, Shinnosuke Wanaka, Hideo Nomura, Yoshitaka Mizushima, Takuya Nakashima, Ken Takagi: Floating offshore wind in Japan: addressing the challenges, efforts, and research gaps for large-scale commercialization, Wind Energy Science, Vol. 11, pp. 1013–1056, (2026).

□査読付き国際会議論文：3 編

・平尾春華, 羽田絢, 蓮見知弘, 正信聡太郎: Mooring System Failure Detection Methods for Floating Offshore Wind Turbines Using Motion Measurement: Part 1 Tank Tests for Catenary Mooring, Proceedings of the ASME 2025 44th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, (2025).

・羽田絢, 平尾春華, 蓮見知弘, 正信聡太郎: Mooring System Failure Detection Methods for Floating Offshore Wind Turbines Using Motion Measurement: Part2 Numerical Simulation, Proceedings of the ASME 2025 44th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, (2025).

・蓮見知弘, 横井威, 羽田絢, 中條俊樹ら: Reduction of Total Installation Time for Floating Offshore Wind Farms by Improving Actual Unit-Installation Time and Optimizing, Proceedings of the ASME 2025 44th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, (2025).

□和文査読付き論文：1 編

・黒岩隆夫, 陳曦, 岡正義, 中條俊樹: 波浪推定による浮体式風車の構造デジタルツインの試み－長波頂不規則波、短期スペクトルー, 日本船舶海洋工学会論文集, 第 41 巻, pp. 53–65, (2025).

□各種表彰の受賞：0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：3 件
・波力発電装置
・浮体式洋上風力発電と船舶の衝突確率算出プログラム V1 版
・浮体式洋上風力発電施設の係留系設計プログラム V2 版

□その他
◆国際活動：7 件
・中條俊樹，蓮見知弘，羽田絢：IEC 61400-3-2 TC 88/MT 3-2 の専門家会合に参加，IEC 61400-3-2 の改訂に関する審議，4 回.
・中條俊樹：ISSC Committee V.4（Renewable Energy）の専門家会合に参加，年度報告書の作成に関する審議，3 回.

◆その他の全文査読付き論文等：0 編

◆その他発表論文：13 編
・陳曦，黒岩隆夫，岡正義，中條俊樹：浮体式風車の弾性模型試験及び応答に基づく波浪推定－短波頂不規則波－，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 40 号，pp. 623-632，(2025).
・蓮見知弘，横井威，羽田絢ら：浮体式洋上風力発電の洋上施工作業船の需給バランスに関する研究，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 40 号，pp. 411-416，(2025).
・羽田絢，平尾春華，蓮見知弘，正信聡太郎：トート係留を採用した浮体式洋上風力発電施設に発生する係留異常検知手法の開発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 40 号，pp. 417-422，(2025).
・藤本修平，蓮見知弘，柚井智洋，羽田絢：実績データに基づく浮体式洋上風車の点検所要日数に関する調査，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 41 号，(2025).
・蓮見知弘，和田祐次郎，松尾剛，羽田絢ら：洋上風力発電の洋上施工の船団数予測モデルの研究，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 41 号，(2025).
・柚井智洋，藤本修平，蓮見智弘，羽田絢ら：浮体式洋上風力発電施設の安全性・経済性分析フレームワークの構築に向けて－鋼製浮体とコンクリート製浮体の比較－，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 41 号，(2025).
・羽田絢，穴井陽祐，安藤孝弘，津村秀一ら：合成繊維索の洋上風力発電への適用のための疲労強度に関する実験的研究 -ナイロン索を対象とした検討-，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 41 号，(2025).
・蓮見知弘：日本財団主催の浮体式洋上風力発電設計・製作セミナーに関する取組，令和7年度研究施設一般公開，(2025).
・中條俊樹：船舶海洋工学研修 海洋開発概論－ 海洋再生可能エネルギー －，船舶海洋工学研修.
・蓮見知弘，羽田絢，平尾春華，正信聡太郎ら：浮体式洋上ウィンドファーム実現に向けた安全性等評価手法に関する研究開発，第 25 回海上技術安全研究所研究発表会，(2025).
・中條俊樹，齋藤昌勝，渡邊充史，合成繊維索を用いた浅海域での係留仕様算出プログラムについて，第 25 回海上技術安全研究所研究発表会，PS-12，(2025).
・石田茂資：洋上風力発電の動向，再生可能エネルギー2026 フォーラム分野 8（海洋エネルギー），(2026).
・小島隆司：PAAMES/AMEC 2025 出席報告，日本マリンエンジニアリング学会，2026 年新年懇談会，(2026).

◆公開実験：1 件
・浮体式洋上風力発電設計・製作セミナー（2025/8/20 - 8/22）

重　点　分　野	(3)海洋の開発

研 究 テ ー マ	②海洋開発のための機器・運用技術の高度化、マリンオペレーション技術の最適化・安全性評価に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
海洋再生可能エネルギー・海洋資源開発の促進及び海洋開発産業の振興並びに国際ルール形成への戦略的関与を通じた我が国海事産業の国際競争力強化に資するため、船舶に係る技術を活用して、海洋再生可能エネルギーの導入拡大に向けた安全性評価・最適化、海洋開発のための関連機器、マリンオペレーション技術等に関する研究開発に取り組む。	海洋再生可能エネルギー・海洋資源開発の促進及び海洋開発産業の振興並びに国際ルール形成への戦略的関与を通じた我が国海事産業の国際競争力強化が求められている。一方、実際の海洋開発は民間での開発リスクが過大であるため、海洋開発推進、海洋産業の振興に向けた国と民間との連携が重要である。 したがって、研究所には、船舶に係る技術を活用し、海洋基本計画等の国の施策に沿ったナショナルプロジェクト等への技術的貢献を行うとともに、実際の開発・生産を担う我が国企業への技術的支援が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ②海洋開発のための機器・運用技術の高度化、マリンオペレーション技術の最適化・安全性評価に関する研究開発	海洋再生可能エネルギー・海洋資源開発の促進及び海洋開発産業の振興並びに国際ルール形成への戦略的関与を通じた我が国海事産業の国際競争力強化が求められている。一方、実際の海洋開発は民間での開発リスクが過大であるため、海洋開発推進、海洋産業の振興に向けた国と民間との連携が重要である。 したがって、研究所には、船舶に係る技術を活用し、海洋基本計画等の国の施策に沿ったナショナルプロジェクト等への技術的貢献を行うとともに、実際の開発・生産を担う我が国企業への技術的支援が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ②海洋開発のための機器・運用技術の高度化、マリンオペレーション技術の最適化・安全性評価に関する研究開発 －海底鉱物資源の揚鉱を想定した動揺管中の固気液三相流の移送評価技術の構築、海洋 CCS における管内流動解析と浮体運動解析の統合を行う。CTV の風車タワーへの乗り移り性能評価プログラムの開発、海洋 CCS に係る管内流動の評価を行う。等 ③海洋の利用に関連する技術に関する研究開発 －水中音響灯台を用いた水中完結型複数 AUV 同時運用技術の実機実装、水槽及び実海域に

		おけるホバリング型 AUV と深海ターミナルによるドッキング手法の検証、海空無人機システム AUV の詳細設計を行う。等

○海洋開発のための機器・オペレーション技術に関する研究

研　究　の　背　景

平成 30 年 5 月に閣議決定された第 3 期海洋基本計画では、その主要施策の一つに「海洋の産業利用の促進」が挙げられている。当該施策において、メタンハイドレートや海底熱水鉱床などの海洋資源は、将来の商業化への移行が可能となるよう、産業化のための技術開発を着実に進めていくことが記されている。現在、海底熱水鉱床、コバルトリッチクラストに続き、大水深に賦存するマンガン団塊やレアアース泥についても開発技術の検討が進められている。国内の稀少鉱物資源確保やエネルギーの安定供給を目指す上でも海洋資源開発技術に係る研究が必要不可欠となっている。

鉱物資源は、産業活動及び国民生活の基礎を支える必要不可欠な素材で、近年台頭している資源ナショナリズムの中、陸上資源の乏しい日本にとって、海底資源の開発は国の成長戦略はもちろん、経済安全保障の観点からも重要な課題となっている。AUV（Autonomous Underwater Vehicle, 自律型無人潜水機）は、人間の接近が極めて制限的な深海底に対しても、至近距離まで接近し、海底資源の調査に不可欠な高品位・高精度の情報が収集できる。こうした背景から、AUV をはじめとする海洋無人機は、次世代の海洋資源開発にて海洋調査の主役になりつつあり、より高度な海洋調査の実現に向け、先進的な海洋無人機の研究開発が強く求められている。

また、海洋空間の利活用においては各種作業船による建設や O&M、水素やアンモニア等の洋上生産・荷役やバンカリング、洋上での CCS（Carbon dioxide Capture and Storage, CO_2 回収・貯留）のための洋上 CO_2 圧入等では、非常に高度なマリンオペレーションが要求されており、その運用手法や安全性・稼働性評価手法に関する技術開発が求められている。

研　究　目　標

マリンオペレーション技術の最適化と高度化手法の確立に関する研究では、洋上風力発電の設置、維持管理技術に関する運用支援プログラムを整備することで、近年、産業界の注目が集まっている洋上風力発電事業への参入を後押しする。また、海洋 CCS については CCS 技術を評価するためのツールを整備して活用することで、技術的面から我が国沿岸域での CCS ポテンシャルを調査し、政府及び本邦企業に対して CCS に今後求められる技術等を示す。さらに、燃料バンカリングや CCS 等に対する 2 船体連成運動推定プログラムを整備することで、本邦企業への技術支援を行う。また、国が策定する次世代舶用燃料船の早期導入とバンカリング等に関するガイドラインの策定へ貢献する。

海洋資源開発システム等の安全性評価と開発支援技術の確立に関する研究では、海洋資源開発における国家プロジェクトへの技術支援や本邦企業の海洋産業への進出を技術的に支援することにより、我が国の海洋産業の育成やエネルギー・鉱物資源の安定供給に貢献する。また、海洋資源開発で使用可能なシステム構成の選定に資する情報に関して、資源開発を担う機関に提供し、開発計画の検討に活用する。さらに、海洋資源開発における国家プロジェクト、商業化を担う本邦企業にて開発計画の検討に活用する。

高度な海洋調査に向けた先進的海洋無人機に関する研究開発では、試作機及び実証機による実海域試験で海空無人機システム AUV の有効性を実証し、海外進出を含めた市場の開拓を後押しする。また、高品位海底調査における有用性を実証し、AUV の民間企業への技術移転や指導を行う。さらに、民間企業と連携し、事業ベースの海底資源調査に活用する。加えて、ハードウェアシステムと運用技術を元に、民間企業による委託事業等への参入を促す。

これらの研究開発を通じて、評価技術や運用技術、支援ツール等を本邦企業に提供、あるいは技術移転

することで実プロジェクト等への参入を支援することを目指す。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

（1）マリンオペレーション技術の最適化と高度化手法の確立に関する研究

① カタマラン（双胴）型高速船の風車タワーへの乗り移り性能評価プログラムの開発及び SEP の運動性能評価モデルの構築

SEP 船の脚部位置を変更可能かつ脚部に作用する荷重を評価可能な数値解析モデルを構築し、波浪中の応答において脚部位置の違いが SEP 船全体挙動に及ぼす影響を明らかにした。SWATH（Small Waterplane Area Twin Hull, 小水線面積双胴船）型 CTV（Crew Transfer Vessel, 洋上風力発電アクセス船）に対する乗り移り評価プログラムを開発し、洋上風力発電の日本沿岸有望海域での乗り移り性能評価等を行った。カタマラン型 CTV 模型の波浪中運動計測試験を実施し、昨年度開発した片舷デミハル（単胴）まわりの流体力から双胴間の干渉力を推定する計算法と海技研 SPREME（Strip/Panel-based Response Estimation Method, 波浪中船体応答解析ツール）による計算結果を比較検証した。また、CFD 海技研ソルバーNAGISA を用いて波浪中運動計測試験を模擬した CFD シミュレーションを実施し、試験結果との比較を通じて検証した。

② 振動管内の液体 CO_2 流動解析モデルの開発、CCS 洋上プラットフォームの全体挙動評価モデル（β 版）の構築

液体 CO_2 移送時におけるローディングホースの挙動と管内流動の相互作用を評価するため、連成解析モデルの検討を行うとともに、その妥当性検証に向けた試験計画書を作成した。また、前年度に取得した VIV（Voltex Induced Vibration: 渦励起振動）挙動計測データを基に商用ソフト VIVANA による試解析を実施するとともに、内部流影響を考慮した VIV 挙動推定モデルを検討した。さらに、不純物が液体 CO_2 の気液平衡特性に与える影響を把握するため、多成分混合物の気液平衡に関する文献調査を実施するとともに、多成分系流体の気液平衡測定手法を検討し、気液平衡試験装置の設計、製作を実施した。

昨年度までの予備試験の結果に基づき、液体 CO_2 移送評価のための可視化計測を行った。また、実在気体モデル、蒸発・凝縮モデルを組み込んだ液体 CO_2 移送用 CFD モデルを開発し、振動する U 字管を用いた液体 CO_2 移送評価試験と比較・検証することで、CFD モデルが振動管内の圧力損失を精度よく推定できることを確認した。

（2）海洋資源開発システム等の安全性評価と開発支援技術の確立に関する研究

① 揚鉱技術及び管内多相流計測に係る研究

海洋鉱物資源開発を対象に模擬鉱石を用い、配管動揺が管内固気液三相流に及ぼす影響を調査するための試験を実施した。試験では圧力損失等を計測し、動揺周期の変化と圧力損失の時間平均成分の関係を調査し、動揺影響を評価した。また、周波数解析を行い、加振周波数の変化が圧力損失の振幅に与える影響を調査した。

管内混相流の計測試験には、内径 26mm の配管、ガラスビーズ（密度：2,550kg/m^3、直径 4mm）を用いた。

② 海底鉱物資源開発における開発システムの最適化に係る研究

本邦 EEZ 内の環境条件に適応した最適な揚鉱管を選定できるアルゴリズムの作成を行っており、昨年度に開発した最適な管径と浮力体の配置に加え、本年度は鉱物の種類ごとに異なる比重条件を設定し、内径を一定とした条件のもと、API(American Petroleum Institute: 米国石油協会) Standard 5L で規定された 11 種類（降伏強度：290～830 MPa）のグレードより、規定された内径と外径サイズで最

適な組み合わせの揚鉱管を選定可能なアルゴリズムに改良した。
また、文献調査に基づき、払出方式による作業限界波高の推定を行った。

③ 海底鉱物資源開発を対象とした支援ツールの開発
開発システム構成の最適化における精度向上を図るため、開発支援プログラムの入出力パラメータ間の因果関係について統計的因果探索を用いて把握した。

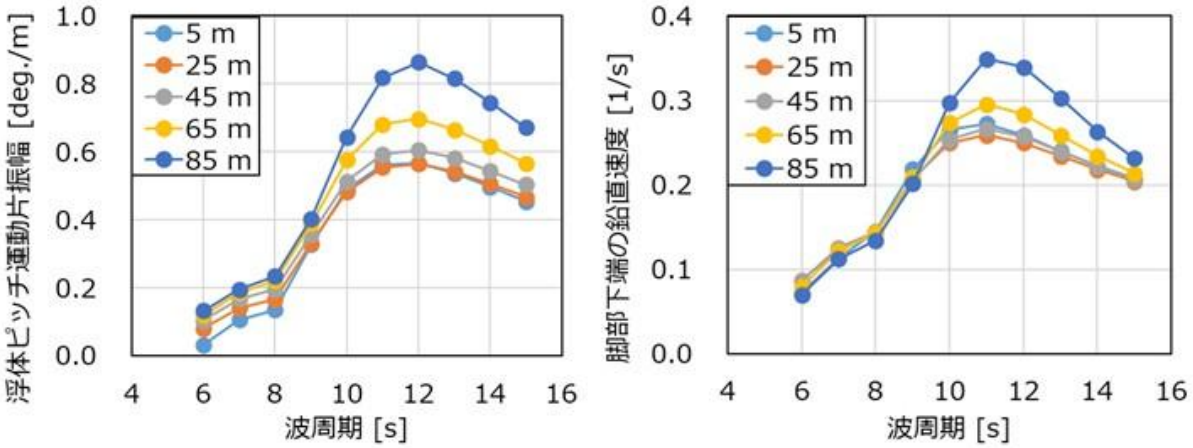
(3)高度な海洋調査に向けた先進的海洋無人機に関する研究開発
① 水中音響灯台の導入による水深 1,000m 以浅海域で航行型 AUV2 機による協調群制御の実証
測位基準局としての水中音響灯台を用いた AUV 自機位置自動推定手法を開発し、reference-follower 協調群制御と統合することで、水中完結型の複数 AUV 同時運用技術を実機実装した。駿河湾水深 1,000m 海域で実海域潜航試験を行い、洋上管制を要しない同技術の有効性を世界に先駆けて実証した。

② 水深 100m 以浅海域におけるホバリング型 AUV のドッキングの実証
画像認識による AUV ドッキング誘導アルゴリズムを改良し、海技研のホバリング型 AUV「ほばりん」に実装した。駿河湾及び沖縄県久高島沖で実海域試験を行い、誘導・ドッキング・データ転送・充電の一連のミッションを完遂、無浮上による広域・長期海洋環境モニタリングの実現可能性を実証した。

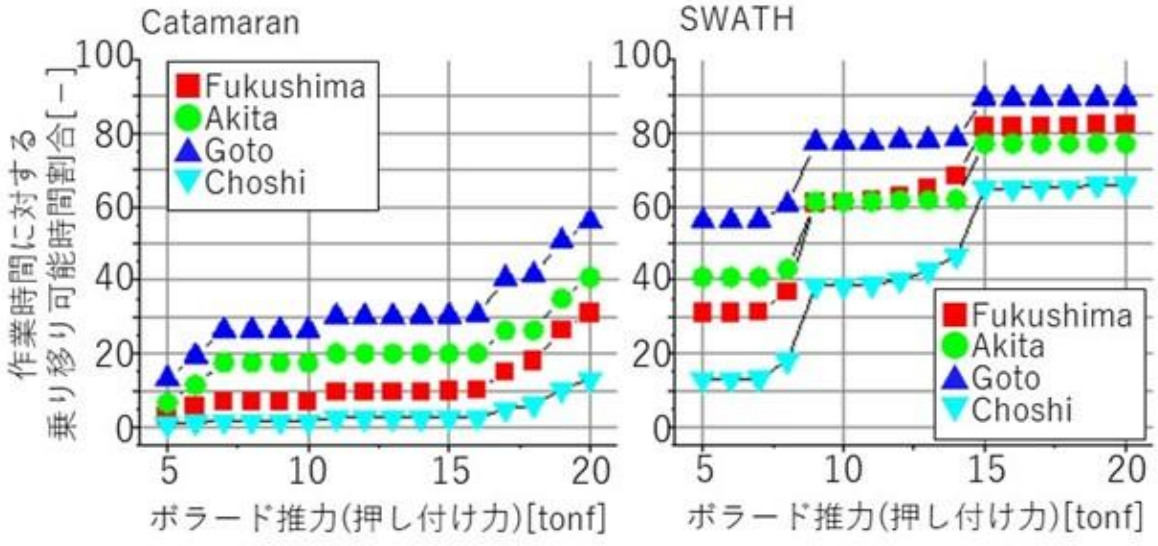
③ 海空無人機システム試作機 AUV の制御系設計及び深深度 AUV の詳細設計
前年度に構築した海空無人機システム AUV 試作機のダイナミックモデルを元に、5 自由度の運動制御系を設計し、その有効性をシミュレーションにより検証した。最大深度 6,000m の深深度 AUV に対し、前年度に行った基本設計の結果を元に、詳細設計を行った。

令和 7 年度の研究成果

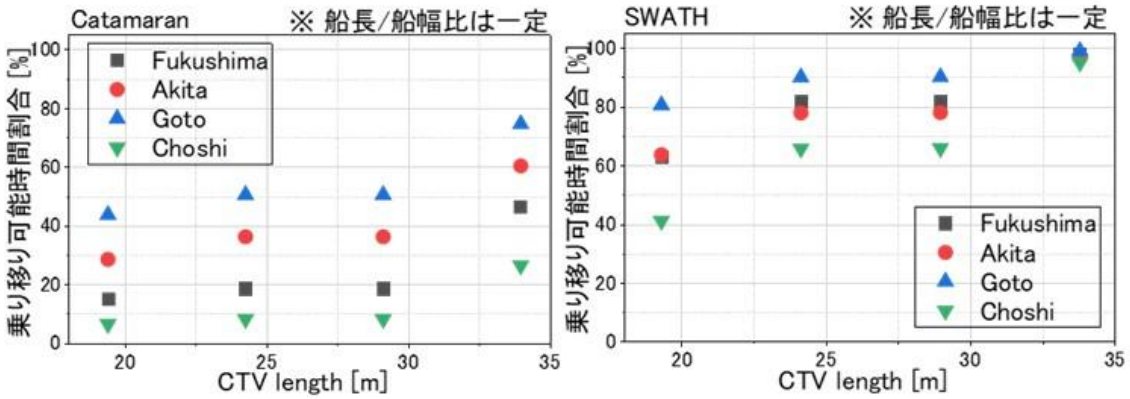
(1)マリンオペレーション技術の最適化と高度化手法の確立に関する研究
① カタマラン型高速船の風車タワーへの乗り移り性能評価プログラムの開発及び SEP 船の運動性能評価モデルの構築
SEP 船の稼働性評価が可能な全体応答解析モデルを構築した。本モデルで波浪中応答解析を行った結果、水面下の脚部長が 65m を超えると急激に船体ピッチ応答と脚部下端の鉛直速度が増加することが明らかになった(図Ⅰ. 2. (3). ②. 1)。
SWATH 型 CTV に対し、前年度に実施した水槽試験結果を基に開発している乗り移り評価プログラムを検証した。また、本プログラムを使って日本沿岸における洋上風力発電の有望海域を対象に、他の有望船型であるカタマラン型との比較を行った結果、SWATH 型が乗り移り性能に優れていることを確認した。加えて、船長等が乗り移り性能等に与える影響を明らかにした(図Ⅰ. 2. (3). ②. 2)。これまでの水槽試験結果との比較検証を通じて、船型(カタマラン、モノハル、SWATH)、船長の違いが着底式洋上風力発電施設への乗り移り性能に与える影響を評価できるようになった。
次年度に実施予定であるモノハル型、カタマラン型、SWATH 型の 3 船型の CTV における乗り心地の比較評価に向けて、カタマラン型 CTV の波浪中船体運動について、片舷のデミハルまわりの流体力から双胴間の干渉力を推定する手法と比較したところ、SPREME と CFD ソルバーNAGISA はいずれの波周期でも実験値を精度良く再現できることを確認した(図Ⅰ. 2. (3). ②. 3)。



図Ⅰ. 2. (3). ②. 1 脚部長さをパラメータとした SEP の全体挙動解析
（水面下の脚部長が 63m を超えると脚部下端の鉛直速度が大きく増加することが確認された。）

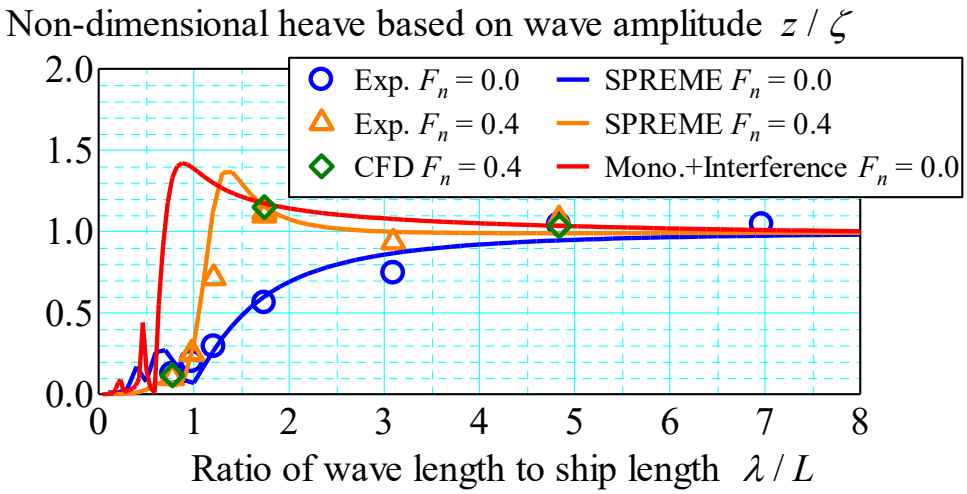


(a) カタマラン型と SWATH 型 CTV の比較



(b) 船長による影響比較

図Ⅰ. 2. (3). ②. 2 洋上風力発電アクセス船の乗り移り性能評価
（乗り移り性能は船型及び船長サイズに大きく異なることが確認された。）

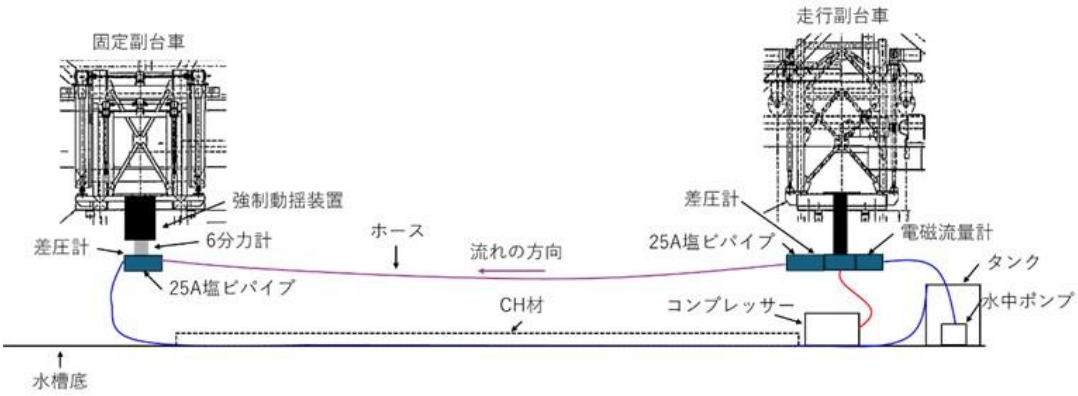


図Ⅰ．2.(3).②. 3 カタマラン型 CTV の真向波中上下揺れ振幅計算値の実験値との比較
（SPREME 及び CFD は実験値をよく再現することが確認された。）

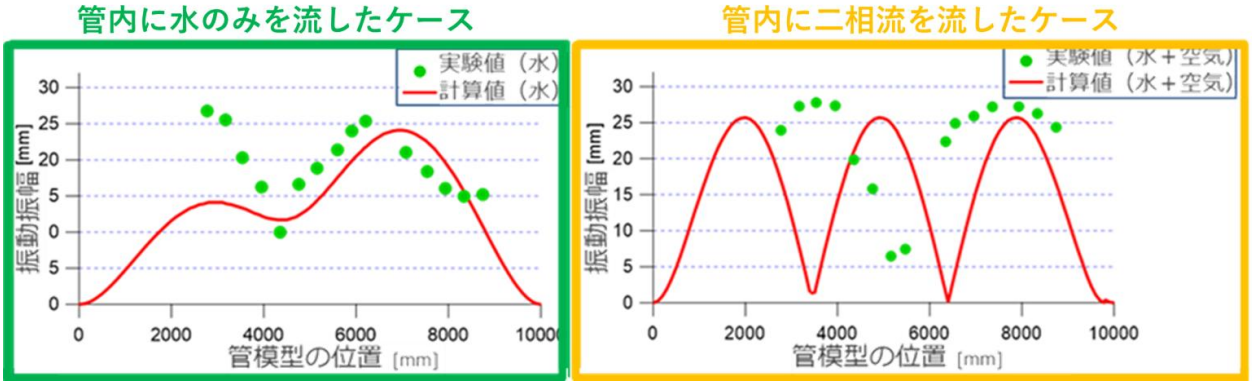
② 振動管内の液体 CO_2 流動解析モデルの開発、CCS 洋上プラットフォームの全体挙動評価モデル（β版）の構築

内部流影響を考慮した時間領域におけるホース挙動解析プログラムの基本構成を整理し、その妥当性検証のため、4 インチホース相当の移送ホース模型を用いた強制加振試験計画を作成した（図Ⅰ．2.(3).②. 4）。また、前年度に取得した VIV 挙動計測データと商用ソフト VIVANA の数値計算結果を比較した結果、振幅は概ね再現されるものの、振動周波数の低下傾向や振動モードの一致が得られないなど周波数特性に課題があることが確認された。このため、内部流影響を考慮する補正モデルとして、局所的に偏在するスラグ（水塊）を質量変化として扱うとともに、スラグ曲率部通過時の遠心力影響を外力項として導入する有限要素法モデルについて検討した（図Ⅰ．2.(3).②. 5）。さらに、微量不純物が CO_2 の気液平衡に与える影響を評価するため、多成分系流体の気液平衡測定手法の検討を実施した。多成分系流体の気液平衡測定では、単一成分流体とは異なり、相変化の始まりと終わりである露点と泡点の温度と圧力を測定するが、そのためには温度と圧力だけでなく気相の体積も測定する必要がある。そこで、気相の体積変化を測定するためのレーザー変位計を組み込んだ、気液平衡試験装置の設計、製作を実施した（図Ⅰ．2.(3).②. 6）。

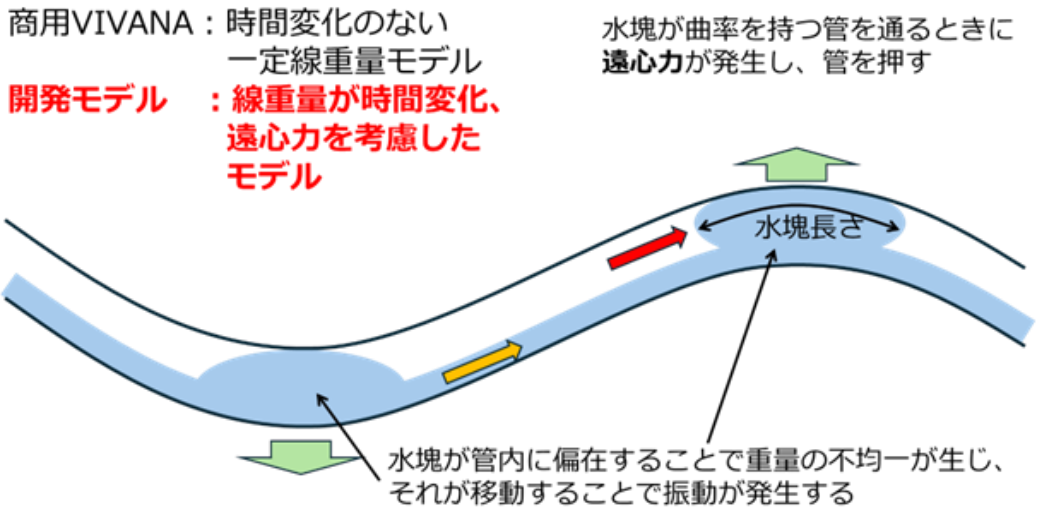
昨年度までの予備試験に基づき、PIV 解析及び CO_2 ガスを画像データから検出する手法など、液体 CO_2 移送評価のための可視化計測手法を確立した（図Ⅰ．2.(3).②. 7）。実在気体モデル及び蒸発・凝縮モデルを組み込んだ液体 CO_2 移送用 CFD モデルを開発した。さらに、環境省 CCS 事業において実施された振動する U 字管を用いた液体 CO_2 移送試験（図Ⅰ．2.(3).②. 8）において、CFD モデルの比較・検証を行い、本 CFD モデルが振動管内の圧力損失を 5%以内で推定できることを確認した（図Ⅰ．2.(3).②. 9）。



図Ⅰ．2.(3).②.4　移送ホース強制加振試験の計測配置



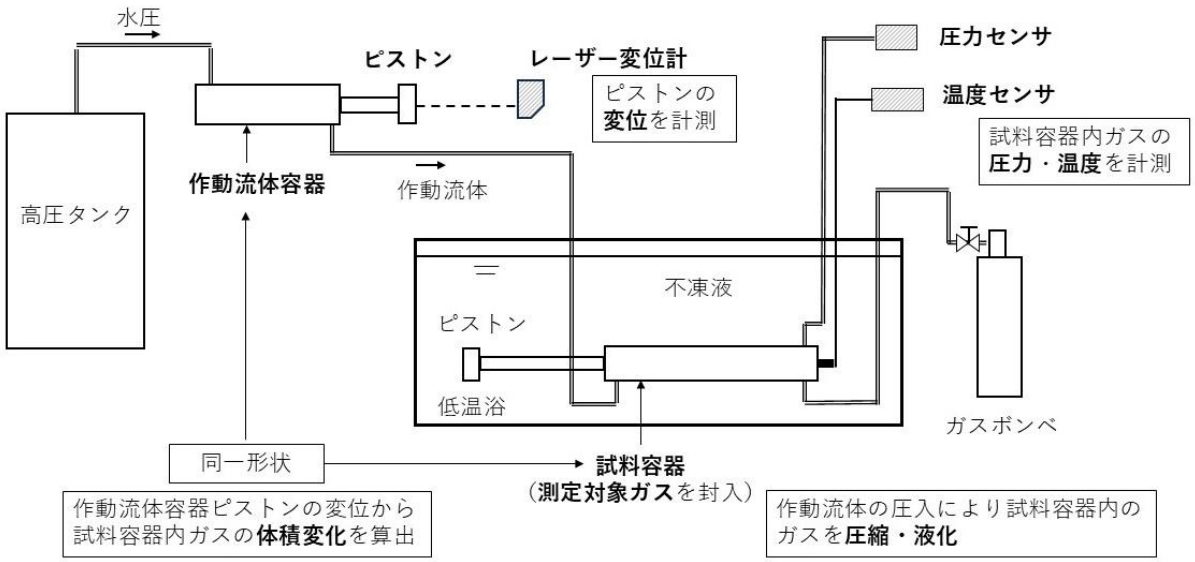
(a)VIV 試験結果と数値計算の比較結果



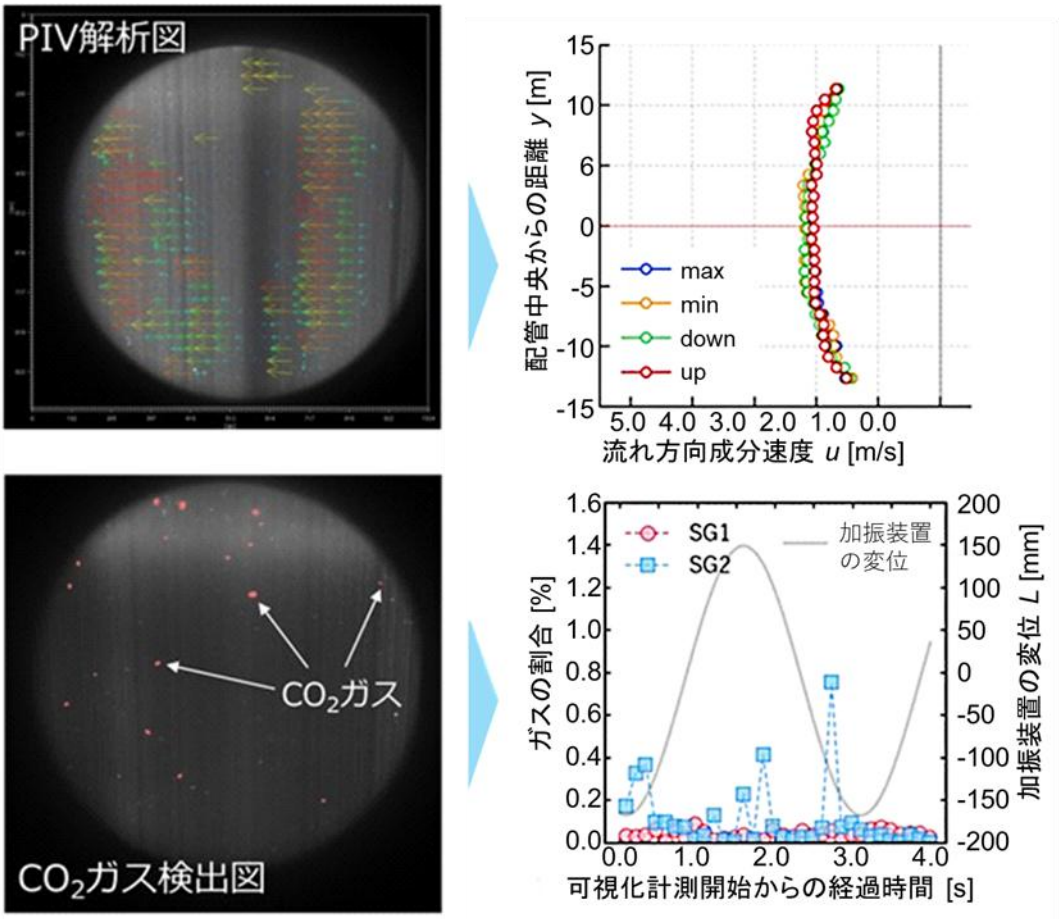
(b)内部流影響を考慮するための補正モデル

図Ⅰ．2.(3).②.5　内部流影響を考慮した VIV 試験結果と数値計算比較

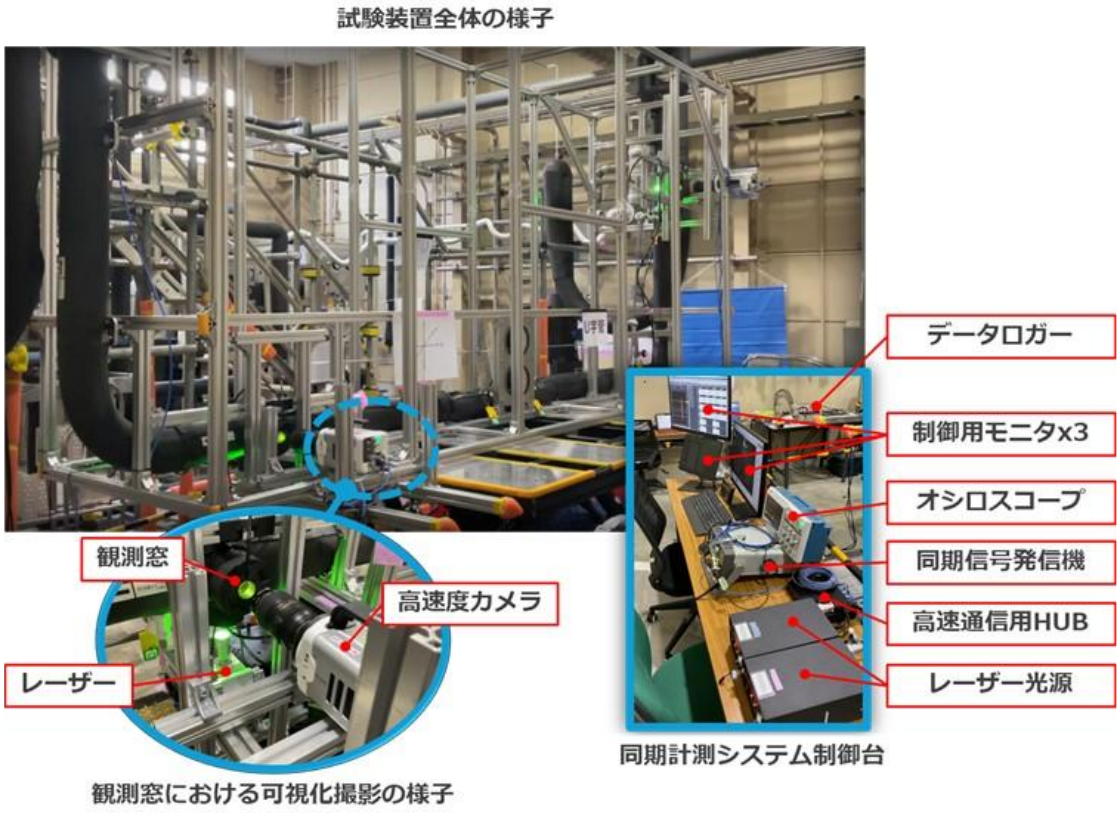
（VIV 試験結果と数値計算を比較し、内部流影響を考慮するための補正モデルを検討した。）



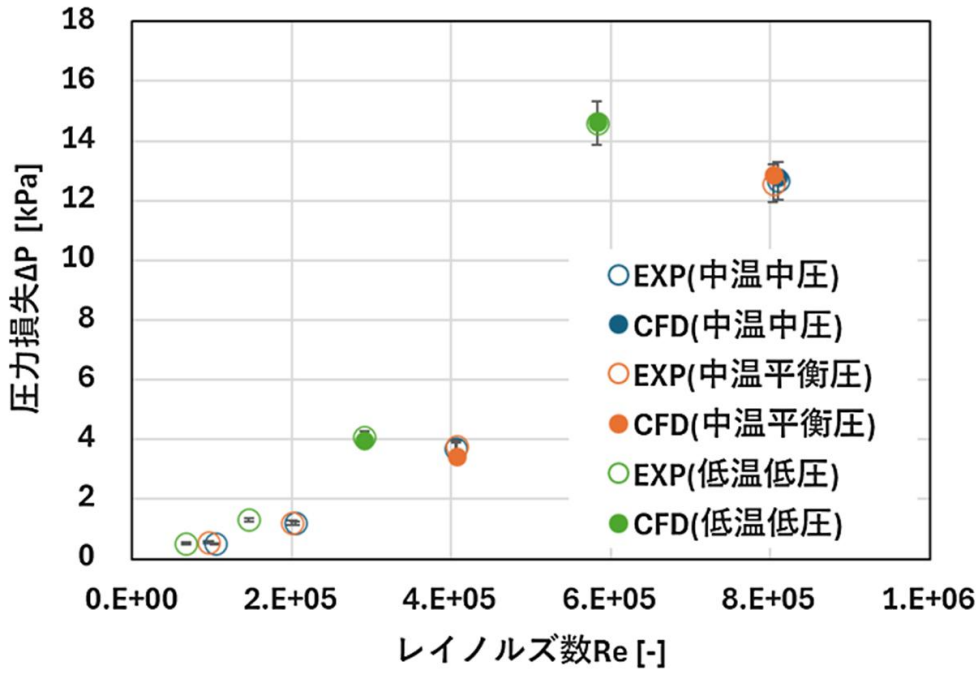
図Ⅰ. 2. (3). ②. 6 気液平衡試験装置の概略図



図Ⅰ. 2. (3). ②. 7 液体 CO_2移送評価のための可視化計測結果



図Ⅰ. 2. (3). ②. 8　振動を伴う液化 CO_2直接可視化計測の様子

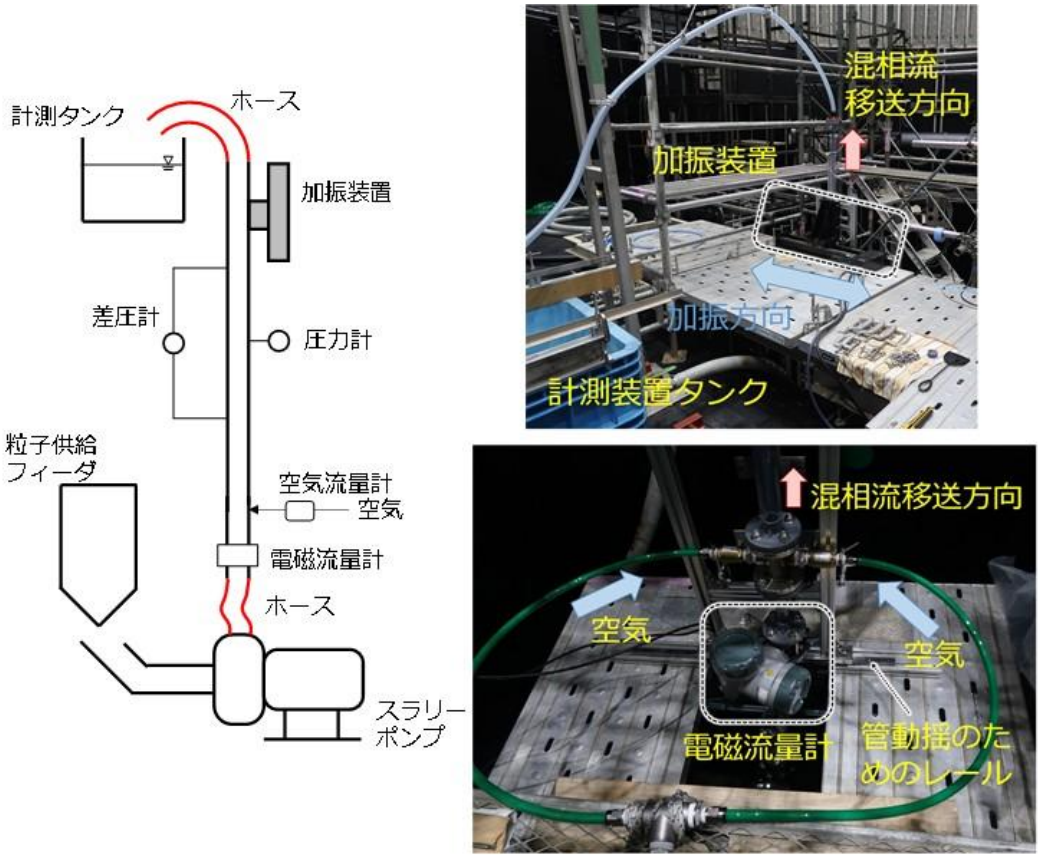


図Ⅰ. 2. (3). ②. 9　液体 CO_2の U 字管流れにおける圧力損失の CFD と実験結果の比較
（図中エラーバーは 5%の誤差を表す。環境省 CCS 事業にて行われた液体 CO_2移送評価試験結果との比較を通じて CFD 計算精度の妥当性を確認した。）

（2）海洋資源開発システム等の安全性評価と開発支援技術の確立に関する研究

① 揚鉱技術及び管内多相流計測に係る研究

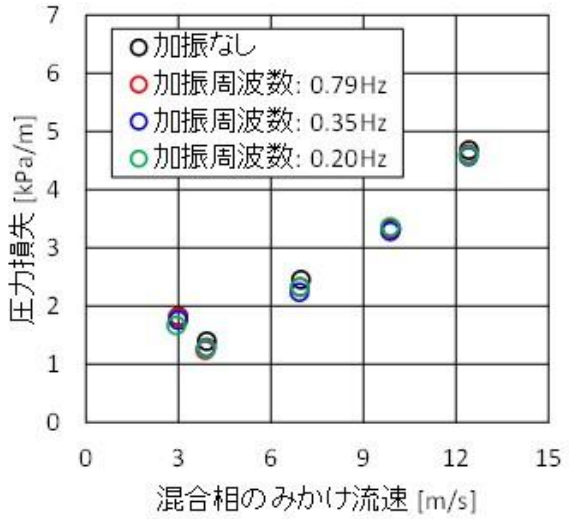
洋上プラットフォームの運動に起因する揚鉱管動揺を想定し、水平方向の管動揺が、粒子の衝突頻度や液膜厚さ等の変化に伴う圧力損失に及ぼす影響を調査する試験（図Ⅰ．2.（3）．②．10）を実施した。ガスリフト方式での資源揚収を想定し、管内混相流は気液二相（空気、海水を想定）及び固気液三相流（鉱物、空気、海水を想定）とした。流速や管動揺の条件を表Ⅰ．2.（3）．②．1 に示す。当該試験で得られた、混合相のみかけ流速と圧力損失の時間平均成分の関係の例を図Ⅰ．2.（3）．②．11 及び図Ⅰ．2.（3）．②．12 に示す。管動揺が圧力損失の時間平均成分へ及ぼす影響は小さいことが明らかとなった。管動揺がない場合の圧力損失に対する管動揺がある場合の圧力損失の相対誤差とみかけ流速の関係を図Ⅰ．2.（3）．②．13～図Ⅰ．2.（3）．②．15 に示す。みかけ流速が低く、計測された圧力損失が小さい範囲では相対誤差が相対的に大きくなる傾向にあるが、概ね 4%以内の相対誤差であった。



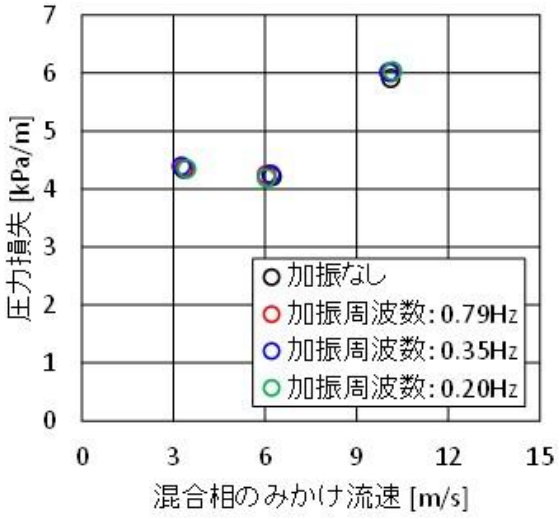
図Ⅰ．2.（3）．②．10 水平方向の揚鉱管動揺が圧力損失に及ぼす影響の調査試験装置の概要

表Ⅰ．2.（3）．②．1 水平方向の揚鉱管動揺が圧力損失に及ぼす影響の調査試験条件
（模型スケール）

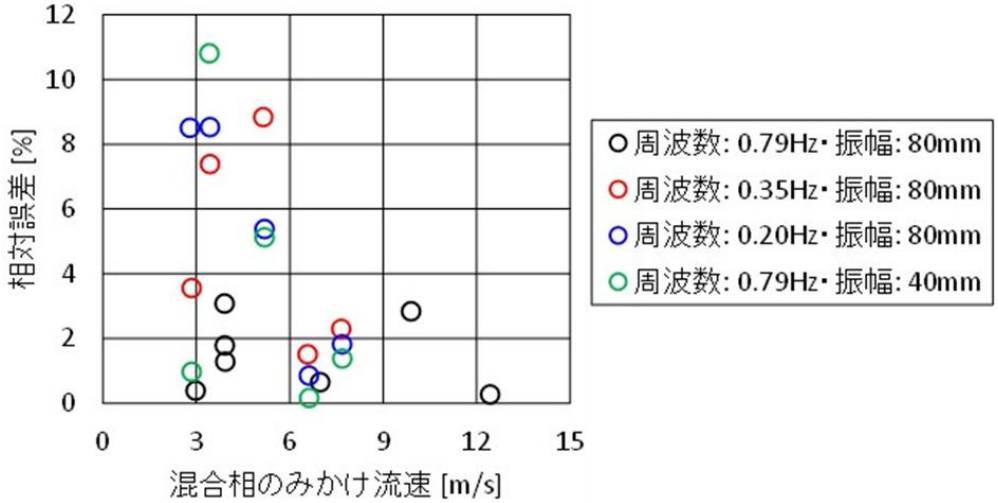
気相見かけ流速（m/s）	液相見かけ流速（m/s）	固相見かけ流速（m/s）	管動揺周波数（Hz）	管動揺振幅（mm）
0.5～10	1.4～2.8	0.088～0.39	0.20～0.79	40, 80



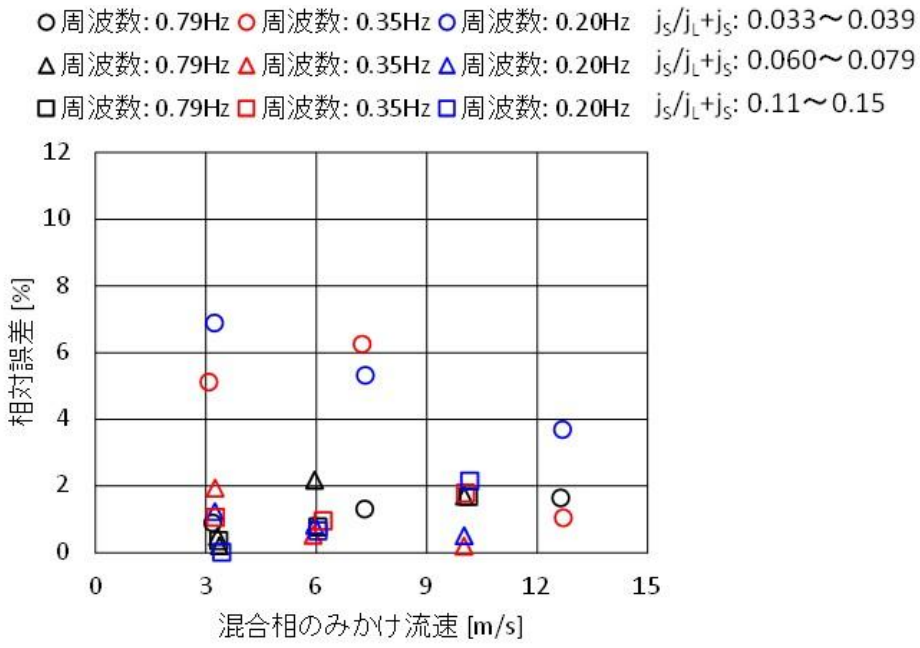
図Ⅰ. 2. (3). ②. 11　気液二相流の圧力損失
（管が動揺している場合としていない場合で圧力損失の時間平均成分を比較すると、管動揺が圧力損失に及ぼす影響は小さいことを確認した。）



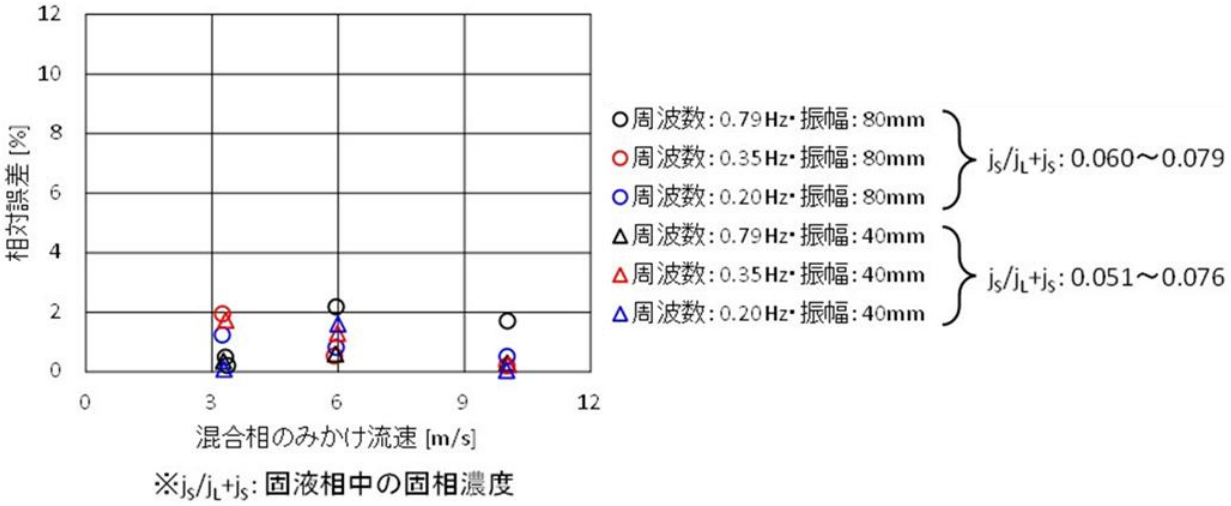
図Ⅰ. 2. (3). ②. 12　固気液三相流の圧力損失
（管が動揺している場合としていない場合で圧力損失の時間平均成分を比較すると、管動揺が圧力損失に及ぼす影響は小さいことを確認した。）



図Ⅰ. 2. (3). ②. 13　静止した配管に対する圧力損失の相対誤差（気液二相流）
（混合相の見かけ流速が低いときに、相対誤差が大きくなる傾向があるが、これは計測値自体が小さく誤差が相対的に大きくなるためであると考えられる。）

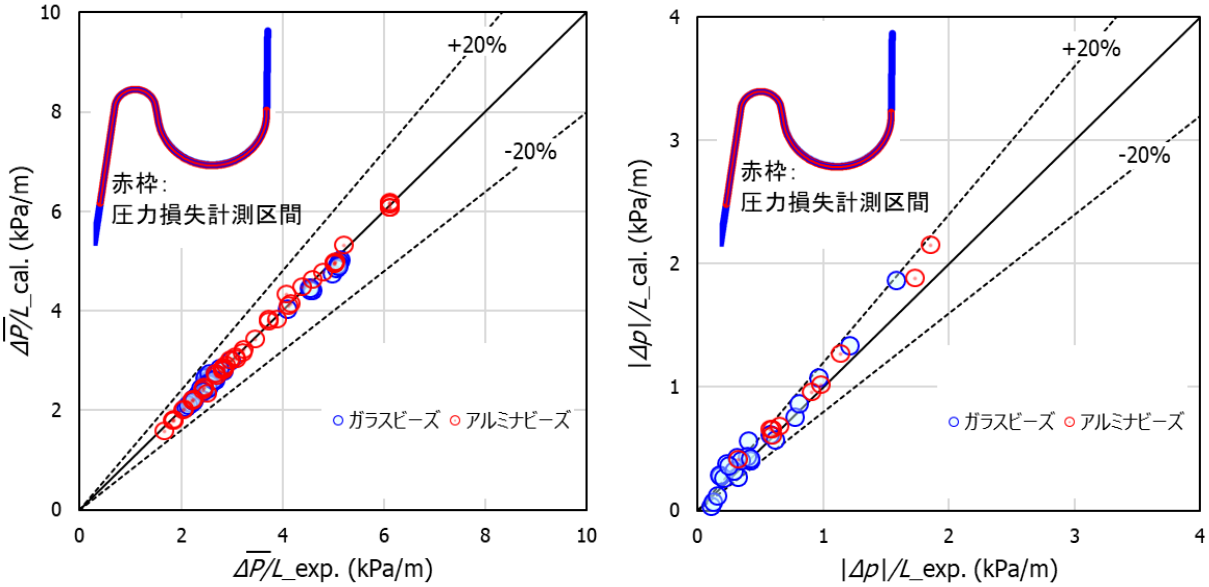


図Ⅰ. 2. (3). ②. 14　静止した配管に対する圧力損失の相対誤差（固気液三相流）
（周波数が大きいほど、粒子の衝突や液膜への影響は大きくなると考えられるが、
濃度が低く、周波数が小さいときに、相対誤差が大きくなる傾向を確認した。）



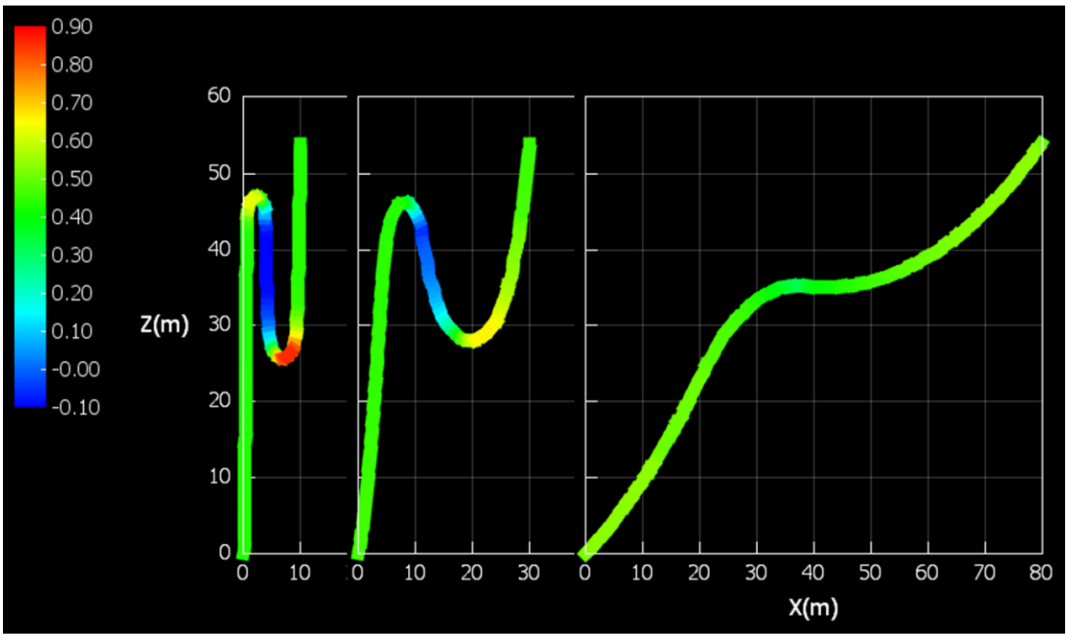
図Ⅰ. 2. (3). ②. 15　静止した配管に対する圧力損失の相対誤差（固気液三相流）
（振幅や周波数と相対誤差に関して、特徴的な傾向は認めらなかった。）

さらに、任意形状配管における非定常固液二相流の圧力損失推定プログラムを開発して、試験結果との検証を通じて当該プログラムの有効性を確認した（図Ⅰ. 2. (3). ②. 16）。また、商用規模の揚鉱を想定したSteep-wave形状の移送管内の圧力損失を評価して、移送管形状の変化や固液二相流の変動特性が圧力損失に及ぼす影響を明らかにした（図Ⅰ. 2. (3). ②. 17）。



(a) 時間平均成分　　(b) 脈動振幅

図Ⅰ. 2. (3). ②. 16　移送管内固液二相流における圧力損失の計算結果と試験結果の比較
(時間平均成分、変動成分の試験結果との比較を通じて開発プログラムの妥当性を確認した。)



図Ⅰ. 2. (3). ②. 17　移送管形状と局所水力勾配分布の関係
(移送管形状、内部流の変動特性等をパラメータとした感度解析を実施して、
想定した移送管における最適な移送条件を提示した。)

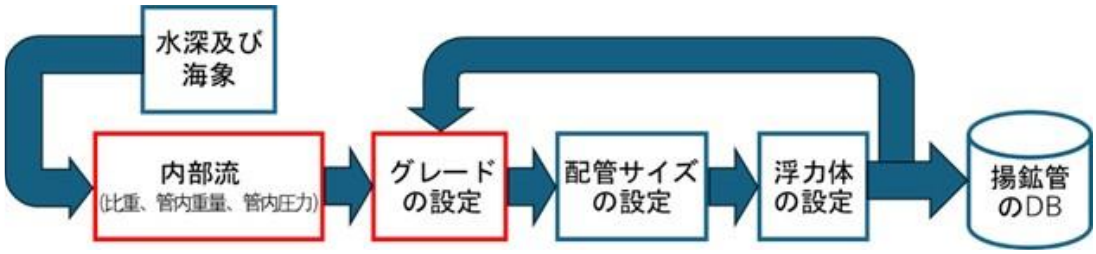
② 海底鉱物資源開発における開発システムの最適化に係る研究

海底鉱物資源開発で使用可能な最適な揚鉱システムを選定するため、von Mises 応力を判定値とし、揚鉱管の管厚、浮力体の有無や配置に加え、内部流の影響としてスラリー比重(管内重量)や管内圧力を考慮し、API Standard 5L で規定された 11 種類のグレードの中で使用可能でより安価となる仕様決定最適化アルゴリズムを開発した。開発したアルゴリズムの概要を図Ⅰ. 2. (3). ②. 18 に示す。最適化には、外径の異なる管寸法、鋼材グレード、浮力体(有無・配置)を設計変数とし、von Mises 応力が許容応力を下回るものを選定した。表Ⅰ. 2. (3). ②. 2 に API Standard 5L で規定される

グレードの降伏応力と試解析で設定した許容応力（降伏強度の 1/3）を示す。また、表Ⅰ. 2. (3). ②. 3 に対象とする鉱物の比重、想定したスラリー容量濃度、及びスラリー比重を示す。

試解析では、各鉱物が賦存する水深を考慮し、ライザー長をコバルトリッチクラスト（CRC）と海底熱水鉱床は 2,000m、マンガン団塊は 6,000m とし、全ケースで上端は静水面上 30 m（Air Gap）と設定した。上端支持は掘削用ライザーの Gimbal に相当する回転ばね定数を用いてモデル化した。内部流については、各鉱物に対応するスラリー比重を用い、当該比重からライザーの内圧を算定し、内外圧差の増加が von Mises 応力を増大させる影響を考慮した。解析結果を図Ⅰ. 2. (3). ②. 19 に示す。

いずれのケースも許容応力（降伏強度の 1/3）を満足する最適な外径・グレード・浮力体が選定されていることがわかる。CRC と熱水鉱床のライザー長は 2,000m であるが、CRC の方が比重が小さいため内圧が低く、von Mises 応力も小さくなるため、熱水鉱床よりも低いグレードの管材を使用できる結果となった。



図Ⅰ. 2. (3). ②. 18 鉱物資源開発における揚鉱管選定の最適化アルゴリズムのフローチャート
（赤枠が本年度に新たに追加した部分）

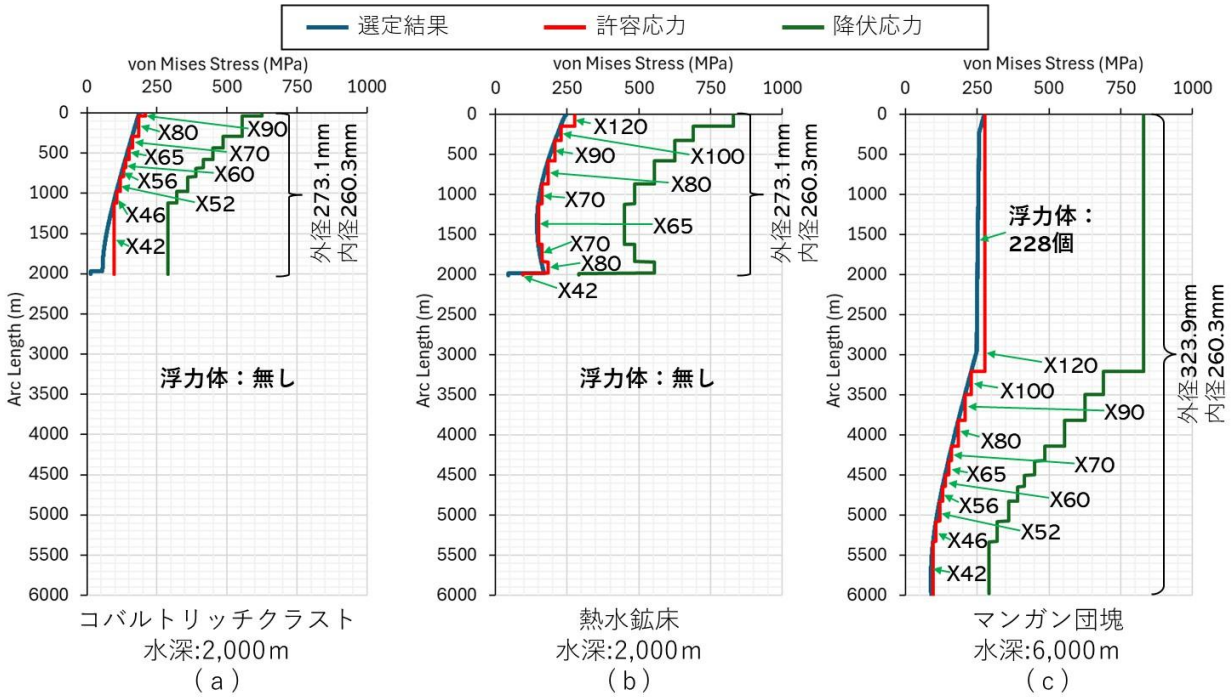
表Ⅰ. 2. (3). ②. 2 API Standard 5L グレードでの揚鉱管降伏応力及び許容応力

グレード	降伏応力（MPa）	許容応力（MPa）
X120	830	253
X100	690	277
X90	625	230
X80	555	208
X70	485	185
X65	450	162
X60	415	150
X56	390	138
X52	360	130
X46	320	120
X42	290	107

表Ⅰ. 2. (3). ②. 3 対象鉱物に対する鉱石比重、スラリー容量濃度及びスラリー比重

	鉱石比重	スラリー容量濃度	スラリー比重
コバルトリッチクラスト（CRC）	1.9	15%	1.2
CCZ マンガン団塊	3.1	15%	1.3
熱水鉱床	4.0	15%	1.5

※CCZ: 太平洋中央部クラリオン・クリッパートン海域

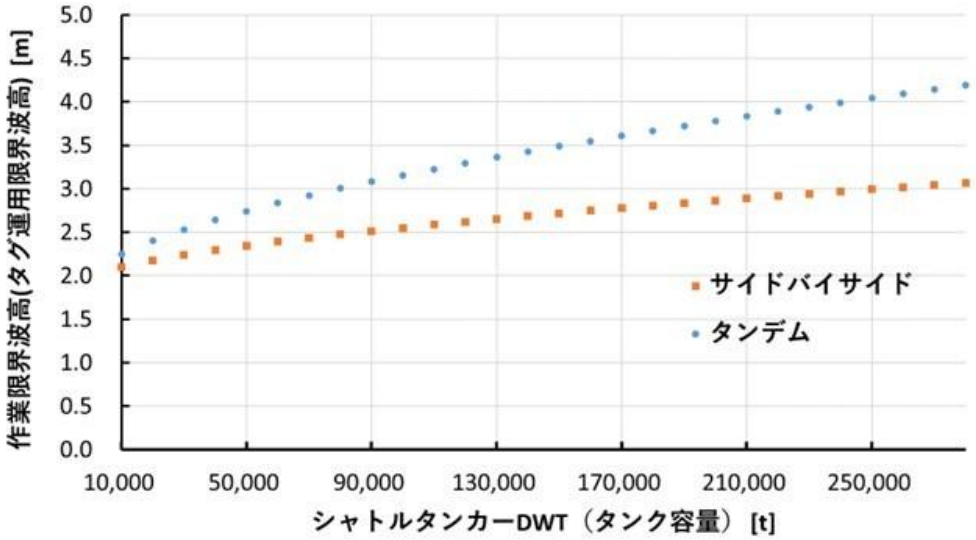


図Ⅰ．2.(3).②.19　対象鉱物及びライザー長の違いによる最適化解析結果

((a) CRC、(b) 熱水鉱床、(c) マンガン団塊)

(対象とする鉱物に応じて許容値(赤線)を満足する管径、浮力体、グレードの選定(青線)ができている)

開発支援プログラム内における稼働性評価に資する鉱石払出に係る作業限界について精緻化を図るため、タグボートの運用限界に関する文献、タグボート及びシャトルタンカーの仕様等から回帰式を構築することにより、シャトルタンカーの載貨重量と払出時の作業限界波高(タグ運用限界波高)の関係について算定した(図Ⅰ．2.(3).②.20)。算定結果を元に、開発支援プログラムにおける稼働性を評価する際に、払出方式を考慮した評価が可能となった(図Ⅰ．2.(3).②.21)。

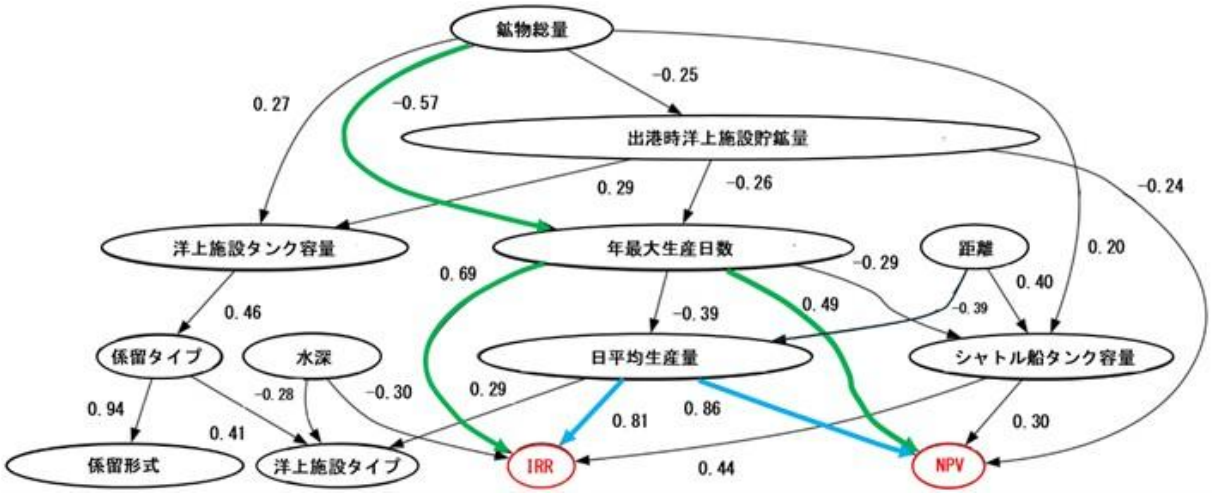


図Ⅰ．2.(3).②.20　サイドバイサイド方式とタンデム方式の作業限界波高の推定結果

図Ⅰ．2.（3）．②．21　開発支援プログラムへの実装

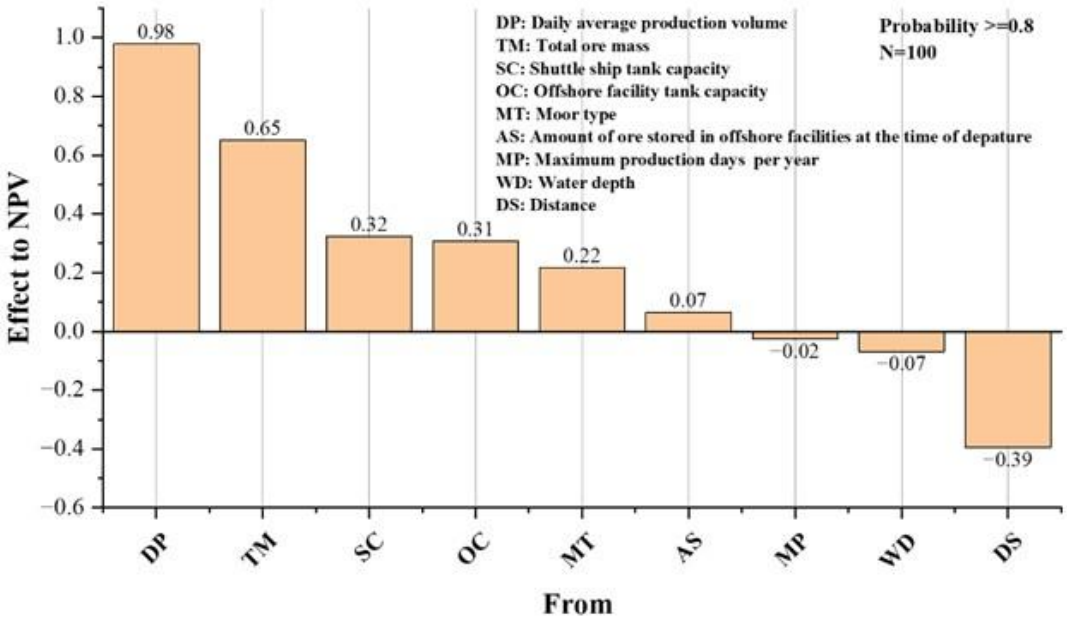
③　海底鉱物資源開発を対象とした支援ツールの開発

開発システム構成の最適化における精度向上を図るために海底熱水鉱床開発を例として、開発支援プログラムの入出力パラメータ間における因果関係を把握した。手法として統計的因果探索（Direct LiNGAM）を用い、経済性指標（NPV: Net Present Value 正味現在価値, IRR: Internal Rate of Return 内部収益率）とその他のシステム構成要素間の因果関係を探索した。探索結果から、日平均生産量が同指標に対して直接的に強い影響力を持ち、鉱物総量も間接的に影響していることが明らかとなった。（図Ⅰ．2.（3）．②．22）。同図は上段から下段に向けて NPV, IRR に係る因果関係を示している。係数の符号は、正及び負の相関を示す。従って、正負どちらも数値の大きい方が、因果関係が強いことを示す。

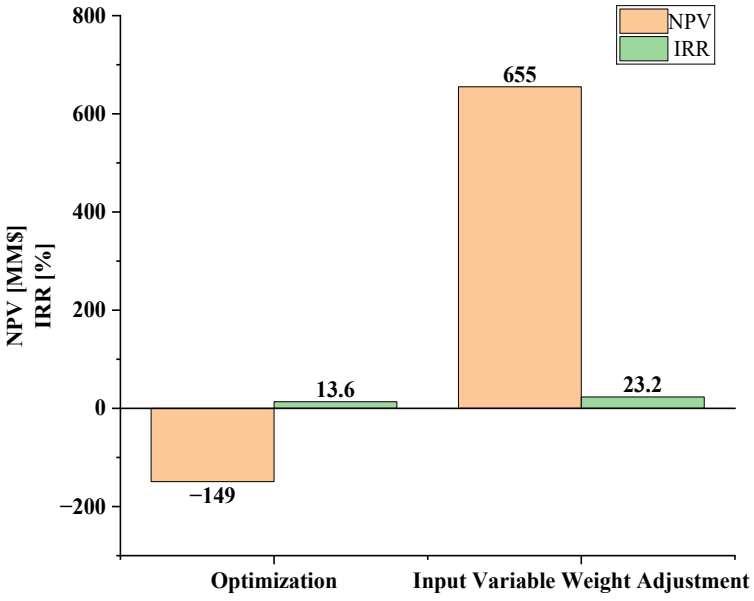


図Ⅰ．2.（3）．②．22　経済性指標とその他のシステム構成要素間の統計的因果探索の結果
（経済性指標（NPV, IRR）に対する因果関係を示しており、日平均生産量が直接的に影響（水色線）し、鉱物総量も間接的に強い影響していることが分かる（緑色線）。）

また、直接的な影響と間接的な影響を統合し、経済性指標（NPV, IRR）に影響のある変数を抽出した（図Ⅰ. 2. (3). ②. 23）。さらに、影響のある変数に重み付けして従来のニューラルネットワークを改良し利益を確保しつつ総支出を削減可能な入力変数の組み合わせの抽出に成功した（図Ⅰ. 2. (3). ②. 24、表Ⅰ. 2. (3). ②. 4）。表中の Optimization は同プログラムに実装した最適化アルゴリズムを用いて評価した結果、Input Variable Weight Adjustment は同アルゴリズムの入力変数について統計的因果探索の結果を用いて重み付けした結果を示す。重み付けを実施した結果、日平均生産量を Optimization 時よりも減少させ、プラットフォームと揚鉱システムを小型化することで利益を確保しつつ CAPEX と OPEX を削減して、総支出を 11%削減できた。



図Ⅰ. 2. (3). ②. 23　経済性指標（一例として NPV）に影響力のある変数



図Ⅰ. 2. (3). ②. 24　経済性指標の比較

（最適化の際に統計的因果探索から求めた重みを入力変数に付与することで、従来の最適化（Optimization）よりも経済性指標の改善が認められた(Input Variable Weight Adjustment)。）

表Ⅰ．2.（3）．②．4　総支出額の比較
（最適化の際に統計的因果探索から求めた重みを入力変数に付与することで、従来の最適化（Optimization）よりも支出を削減できた(Input Variable Weight Adjustment)。）

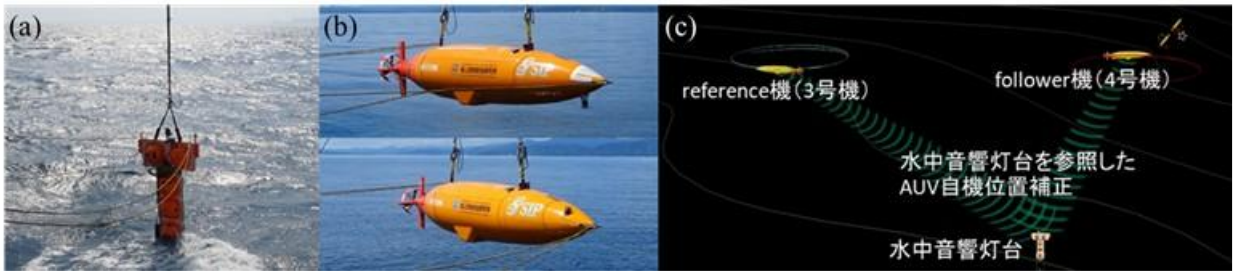
	Expense [MM$]
Optimization	7,407
Input Variable Weight Adjustment	6,595

（3）高度な海洋調査に向けた先進的海洋無人機に関する研究開発

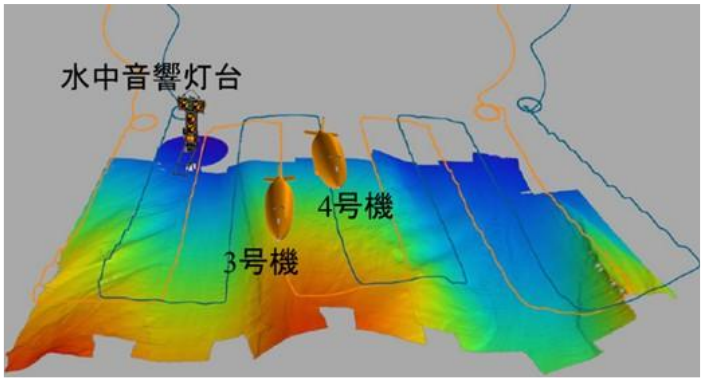
① 複数 AUV 協調群制御アルゴリズムの航行型 AUV の制御系への実装

洋上管制に頼らず水中で完結する複数 AUV 同時運用システムの構築に向け、海底に設置される AUV 測位の基準局として、水中音響灯台システムを開発した。水中音響灯台を基準とした全自動の AUV 自機位置補正手法を開発し、reference-follower 協調群制御技術と統合することで、水中完結型の複数 AUV 同時運用技術を実機実装した（図Ⅰ．2.（3）．②．25）。水中音響灯台と当所の航行型 AUV2 機を用い、駿河湾水深 1,000m 海域で実海域潜航試験を実施した。その結果、洋上からの管制を必要としない水中完結型の複数 AUV 同時運用技術を世界に先駆けて実証した。

水中完結型の複数 AUV 同時運用手法では、洋上管制に比べてはるかに近距離に設置した基準局（水中音響灯台）を用いて自機位置を補正するため、位置推定精度が飛躍的に向上する。その結果、水深 1,000m の深海域においても、解像度 1m の高精度な海底地形観測を AUV2 機の同時運用により高効率で実現した（図Ⅰ．2.（3）．②．26）。



図Ⅰ．2.（3）．②．25　水中完結型複数 AUV 同時運用ユニット
（(a)水中音響灯台、(b)NMRI 航行型 AUV3,4 号機、(c)アニメーションで再現した水中音響灯台を参照した AUV 自機位置補正）



図Ⅰ．2.（3）．②．26　水中完結型 AUV2 機同時運用から得られた駿河湾水深 1,000m 海域の高品質・高精度な海底地形図

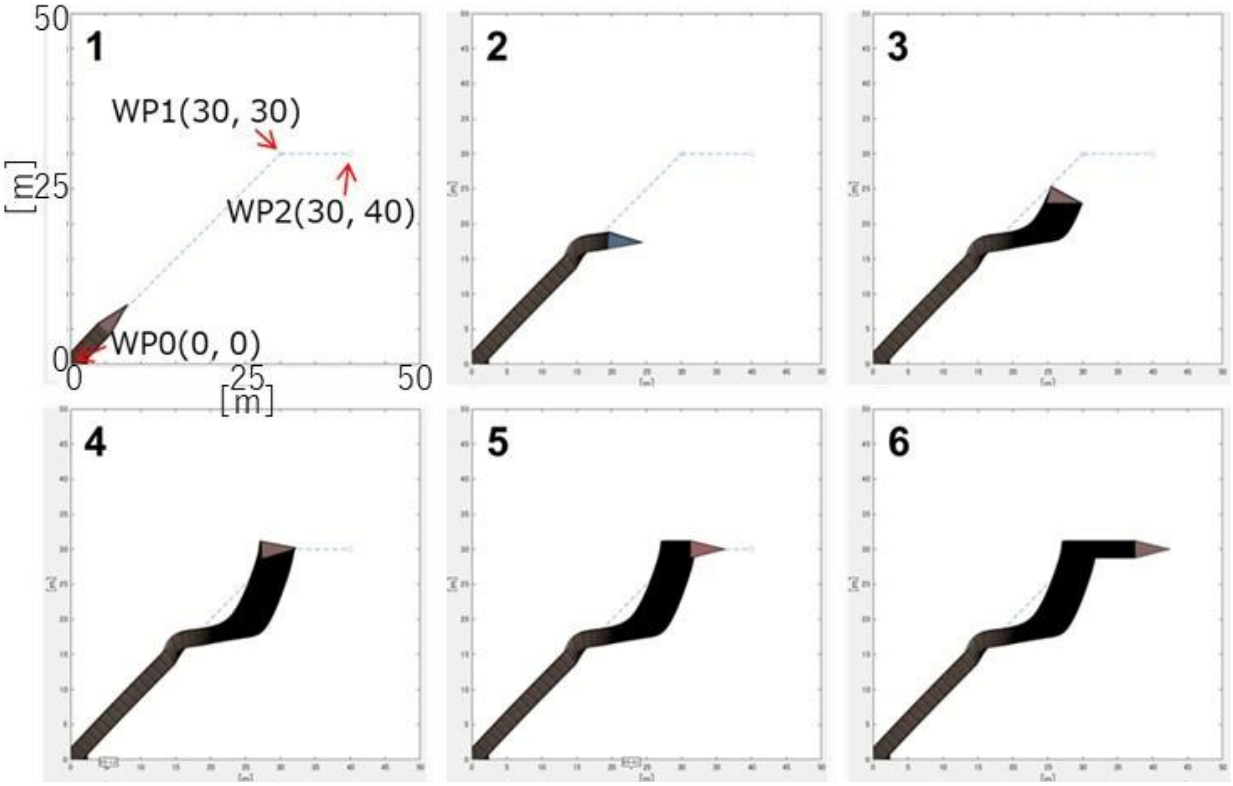
② ホバリング型 AUV のドッキング技術の実証

画像認識を用いた AUV ドッキング誘導アルゴリズムを高度化し、海技研のホバリング型 AUV「ほばりん」に実装した。本アルゴリズムは、水中環境における視認性の変動やノイズの影響に対するロバスト性を高め、安定した誘導・ドッキングを実現するものである。これを用いて、深海ターミナルと連携したドッキング試験を駿河湾及び沖縄県久高島沖の実海域において実施した（図Ⅰ. 2. (3). ②. 27）。その結果、誘導からドッキング、データ転送、充電に至る一連のミッションを安定して完遂し、AUV が浮上することなく広域かつ長期間にわたる海洋環境モニタリングを遂行できる可能性を実証した。

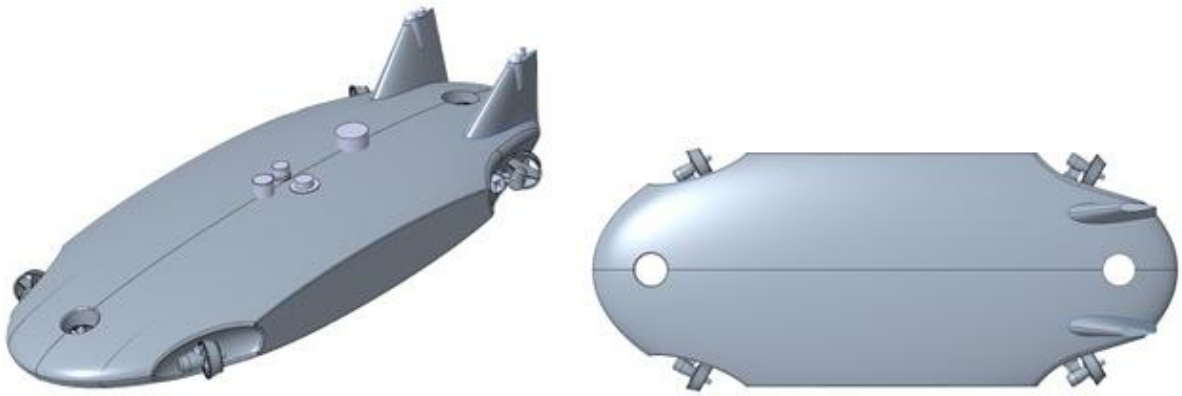
図Ⅰ. 2. (3). ②. 27 ホバリング型 AUV ほばりんの深海ターミナルドッキング駿河湾試験
（(a)音響誘導により約 5m の距離まで深海ターミナルに接近、
(b)向きを整えドッキングのための画像誘導開始、(c)ドッキング完了）

③ 海空無人機システム試作機 AUV の制御系設計及び深深度 AUV の詳細設計

前年度に構築した海空無人機システム AUV 試作機のダイナミックモデルを元に、surge, sway, heave, pitch, yaw の 5 自由度運動を対象とした運動制御系を設計した。設計した制御系については数値シミュレーションにより応答特性や安定性を評価し、無人飛行艇による自動揚収への対応向け、所期の性能を満たすことを確認した（図Ⅰ. 2. (3). ②. 28）。さらに、最大深度 6,000m 級の深深度 AUV について、前年度の基本設計成果を踏まえ、形状最適化、スラスタ選定及び配置、針路安定性を確保する安定板の設計等、機体形状、抵抗・推進性能、操縦性能を中心に詳細設計を実施した（図Ⅰ. 2. (3). ②. 29）。



図Ⅰ. 2. (3). ②. 28　自動揚収対応 AUV 制御のシミュレーション
(1.WP0 出発、Line Of Sight (LOS)誘導で WP1 へ向かう、2.WP1 までの残距離 20m で目標方位を 90deg.とし位置制御開始、3.位置制御で WP1 へ接近、4.WP1 到着、定点保持制御開始、5. WP2 へ画像誘導開始、6.WP2 到着(無人飛行艇にドッキング))



図Ⅰ. 2. (3). ②. 29　深深度 AUV 詳細設計の結果として得られた機体形状

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文:2 編

- Kazuhisa Otsubo, Kenta Hasegawa, Kei Ishida: Transfer Performance of Catamaran-Type CTV in Wind and Waves, Journal of Marine Science and Technology, Vol. 30, pp.528-541, (2025).
- Satoru Takano and Sotaro Masanobu: Estimating frictional pressure drops of inclined two- and three-phase flows for subsea resource production, Applied Ocean Research, Vol. 165, 104803, (2025).

□査読付き国際会議論文：8 編

・Kazuhisa Otsubo, Kei Ishida: Comparative Investigation of the Transfer Performance Between Catamaran-, Monohull and SWATH-Type CTVs, Proceedings of Proceedings of the 35th International Oceans and Polar Engineering Conference, (2025).

・Motoki Araki, Kunihide Ohashi: A Study on the Hydrodynamic Interactions Between Demi-Hulls on Roll Damping of A Catamaran Type Crew Transfer Vessel Using Rans Simulations, Proceedings of the ASME 2025 44th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, (2025).

・Marcio Yamamoto, Joji Yamamoto, Kazuhiro Yukawa: Improvements in the Optimization of a 4,000 M Class Riser System for Deep Sea Mining, Proceedings of the ASME 2025 44th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, (2025).

・Satoru Takano and Sotaro Masanobu, Effect of internal diameter of pipe on velocity distribution for gas-liquid-solid three-phase pipe flows, Proceedings of the ASME 2025 44th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, (2025).

・Sotaro Masanobu, Satoru Takano and Marcio Yamamoto, Pressure Loss in Curved Pipe Slurry Transport for Subsea Mining, Proceedings of the ASME 2025 44th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, (2025).

・Yasuharu Nakajima, Joji Yamamoto, Satoru Takano, Marcio Yamamoto, Tomo Fujiwara, Masao Ono: Study on Gas Hydrate Formation and Dissociation Characteristics for Hydrate Slurry Transportation, Proceedings of the ASME 2025 44th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, (2025).

・Takumi Sato, Kangsoo Kim, Akihiro Okamoto, Shogo Inaba, Jun Umeda, Toshifumi Fujiwara: Development of Cooperative Formation Control System for Multiple Cruising AUVs with Acoustic Positioning between AUVs, Proceedings of the ASME 2025 44th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, (2025).

・Masahiko Sasano, Akihiro Okamoto, Shogo Inaba, Kanako Kobatake, Kangsoo Kim, Toshifumi Fujiwara: Underwater Data Harvesting from a Bottom Landing Observatory using AUVs with Underwater Optical Wireless Communication, Proceedings of the ASME 2025 44th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, (2025).

□和文査読付き論文：0 編

□各種表彰の受賞：1 件

・佐藤匠, 金岡秀: 複雑地形照合航法による AUV の自己位置推定, 日本マリンエンジニアリング学会 ロイドレジスター電気電子工学賞、(2025/5/30 受賞).

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他（各研究所特有）

◆国際活動：0 件

◆その他の全文査読付き論文等：0 編

◆その他発表論文：8 編

・小西凛空, 大坪和久, 長谷川賢太, 村井基彦: モノハル型洋上風力発電アクセス船から着床式洋上

風車へ乗り移る際の船首スリップ評価，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 41 号，(2025)．

・藤原智，小野正夫，高野慧: 液体 CO_2 移送が移送管の VIV 挙動に与える影響について，第 25 回 海上技術安全研究所研究発表会，(2025)．

・Marcio Yamamoto, Joji Yamamoto, Kazuhiro Yukawa: Axial Structural Reinforcement on 4,000m-class Riser System For Deep Sea Mining, 日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 41 号，(2025)．

・Marcio Yamamoto: Research & Development Initiatives for Deep Sea Mining at NMRI, Nor-Shipping, (2025)．

・Marcio Yamamoto, Joji Yamamoto, Sotaro Masanobu, Kazuhiro Yukawa: The Use of Drilling Riser for the Exploitation of Subsea Minerals, Annual Workshop on the Rio Grande Rise, (2025)．

・Kangsoo Kim, Masahiko Sasano, Akihiro Okamoto, Shogo Inaba, Takumi Sato, Kanako Kobatake, Toshifumi Fujiwara, Sotaro Masanobu, Tadanori Takimoto: Developing Multi-AUV Systems for Advanced Wide-Area Underwater Exploration, OCEANS 2025 Brest, (2025).

・Toru Nakanishi, Kangsoo Kim, Masatoshi Hirota: Simplified Model-Based CFD Analyses and Manoeuvring Simulation for Cruising AUVs, OCEANS 2025 Brest, (2025).

・中西徹，金岡秀，廣田匡俊: モジュール・ベースの AUV ダイナミックモデル推定法，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 41 号，(2025)．

◆公開実験:1 件

・海洋資源開発システム等の安全性評価と開発支援技術の確立に関する研究(2026/1/23)

重　点　分　野	(4)海上輸送を支える基盤的技術開発

研 究 テ ー マ	①デジタル技術の活用による海事産業の生産性向上や品質管理に資する技術に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
海事産業の技術革新の促進と海上輸送の新ニーズへの対応を通じた海事産業の国際競争力強化及び我が国経済の持続的な発展に資するため、デジタル技術等の活用等による造船所の生産性向上や適切な品質管理を図るための革新的技術、ビッグデータを活用した海上輸送の効率化・最適化に係る基盤的な技術等に関する研究開発に取り組む。	我が国海事産業が、その取り巻く環境の変化に適切に対応し、国際競争力を強化し、我が国経済の持続的な発展に貢献していくために、デジタル技術を活用した海事産業の技術革新の促進、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等を行っていくことが求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ①デジタル技術の活用による海事産業の生産性向上や品質管理に資する技術に関する研究開発	我が国海事産業が、その取り巻く環境の変化に適切に対応し、国際競争力を強化し、我が国経済の持続的な発展に貢献していくために、デジタル技術を活用した海事産業の技術革新の促進、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等を行っていくことが求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ①デジタル技術の活用による海事産業の生産性向上や品質管理に資する技術に関する研究開発 －設計情報の生成を支援する AI プロトタイプの開発、配管艤装品の取り付けシミュレーションの精度向上及び高速化、BOM（Bill of Materials：部品表）や BOP（Bill of Process：工程情報）と連携させた Q-BOM(品質 BOM) 体系化手法の開発等を行う。等

○DX 造船所の実現に向けた研究開発

研　　究　　の　　背　　景

第 5 期国土交通省技術基本計画では、造船所の抜本的な生産性向上と、船舶のライフサイクル全体での価値を高めるビジネスモデルへの転換を図るため、設計から竣工、さらには運航・メンテナンスを含めたライフサイクル全体の効率化を実現する「DX 造船所」の構築に取り組むことが示されている。また、同計画では、持続可能なインフラメンテナンスの一環として、インフラの維持管理における高度化・効率化に向けた技術研究開発の必要性についても言及されている。

こうした国土交通省における海事産業のデジタルトランスフォーメーション（DX）推進の方針を踏まえ、本研究では、デジタル技術の活用による造船所の生産性向上に関する研究開発に取り組むこととする。造船所の DX 化は、海事産業における技術革新を促進するとともに、海上輸送の新たなニーズへの的確な対応を可能とし、海事産業の国際競争力の強化及び我が国経済の持続的な発展に資するものである。我が国の造船業は今後、自動運航船や代替燃料船など、いわゆるゼロエミッション船といった複雑な製品開発において、無

駄を省きつつ、より迅速かつ正確に製品を提供することが求められる。造船所の DX 化は、こうした複雑な製品開発体制の整備に貢献し、我が国造船業の国際競争力の強化のみならず、安全・安心の確保や海洋環境負荷の低減にも寄与する。

研　究　目　標

本研究では、造船所の DX（デジタルトランスフォーメーション）を推進し、製品開発における納期・品質・コストを、数値に基づき計画どおりに達成できる開発・生産体制の構築を目指す。具体的には、設計から建造、品質管理に至るまでの全工程を数値的に計画・管理することで、造船所全体の生産性と確実性を高める。この目的のもと、造船所における設計、建造、品質管理、新工作法の各観点から、以下の研究開発を実施する。

まず、船舶のモデルベース設計に関する研究開発として、船舶製品開発におけるデータ構造（E-BOM、M-BOM、BOP）に関するガイドラインおよびデータ標準化案を作成する。併せて、設計データの生成を支援するシステムの開発、ならびに造船用 PLM（Product Lifecycle Management）システムの開発を行う。また、船舶の MBSE（Model-Based Systems Engineering）に関する開発ガイドラインを整備する。次に、造船製造現場の DX に関する研究として、造船製造現場における建造シミュレータの開発、および工程計画・工程管理システムの開発を行い、製造現場の計画精度と実行力の向上を図る。さらに、品質管理のデジタル化に関する研究として、溶接ビード品質マネジメントシステムおよびブロック寸法品質マネジメントシステムの開発を行うとともに、それらに関するガイドラインを作成する。加えて、品質データのデータ構造を整理し、PLM システムへの実装を通じて設計・製造との連携を強化する。また、予防保全の高度化を目的とした新工作法・評価技術に関する研究として、溶接および接着接合（補修を含む）に関する施工技術および評価技術のガイドラインを作成する。併せて、新たな工作法を取り入れた将来の造船工程のイメージを構築する。

以上の研究開発を通じて、設計・建造・品質管理を一体化した船舶のモデルベース開発体制と造船用 PLM システムを確立するとともに、新工作法を取り入れた次世代造船のコンセプトを策定する。本研究の成果により、造船所の DX 化を通じて、海事産業における技術革新を促進し、多様化・高度化する海上輸送の新たなニーズに対応することで、海事産業の国際競争力強化および我が国経済の持続的発展に貢献する。また、持続可能なインフラメンテナンスの観点から、インフラメンテナンスの高度化・効率化にも寄与する。さらに、自動運航船や代替燃料船などのゼロエミッション船に代表される高い複雑性を有する船舶製品開発において、正しい製品を迅速に提供することに貢献する。複雑な製品開発体制の整備を通じて、我が国造船業の国際競争力強化のみならず、安全・安心の確保および海洋環境負荷の低減にも寄与することを目指す。

令和 7 年度の研究内容

（1）船舶のモデルベース設計に関する研究開発

① 造船 PLM システムの開発

PLM/BOM ベースの船舶開発のため、設計プロセス及びデータフロー、BOM データモデルのカスタマイズ、既存システムと PLM システムの接続インタフェース等について整理した。また、PLM/BOM ベースの船舶開発に関して PLM システム上でのデモを作成した。

② 設計データ生成に関する研究

造船用製品構成ナレッジグラフとその生成 AI によるデータ生成技術に関する研究に着手した。

（2）造船製造現場の DX に関する研究

① 建造シミュレーション技術

作業のモデル化やシミュレーションのパラメータ、エージェントの判断ロジック等を改良し、シミュレーションモデルの精度向上を実施した。

M-BOM（製造 BOM）、BOP データを自動生成するためのアルゴリズム開発を実施した。
配管の経路計画アルゴリズムを応用した組立シミュレーション技術のプロトタイプを開発した。

② 工程計画・管理システム
作業計画及び日程計画への建造シミュレータの利活用として、造船所にて運用の試行を実施した。

（3）品質デジタル化に関する研究
① ブロック品質のデジタル化
溶接・切断や組立工程で生じる寸法誤差を確率論的な誤差伝播モデルとしてモデル化し、計画段階での誤差評価を可能にする手法の開発を行った。また、大型溶接構造物の寸法の自動計測における重要な課題である、構造物のエッジ検出を可能にする新しい点群解析手法を開発した。

② 溶接ビード品質のデジタル化
溶接ビード品質管理においては、新たな概念である Q-BOM(品質 BOM) を導入し、BOM や BOP と連携した管理手法を提案した。

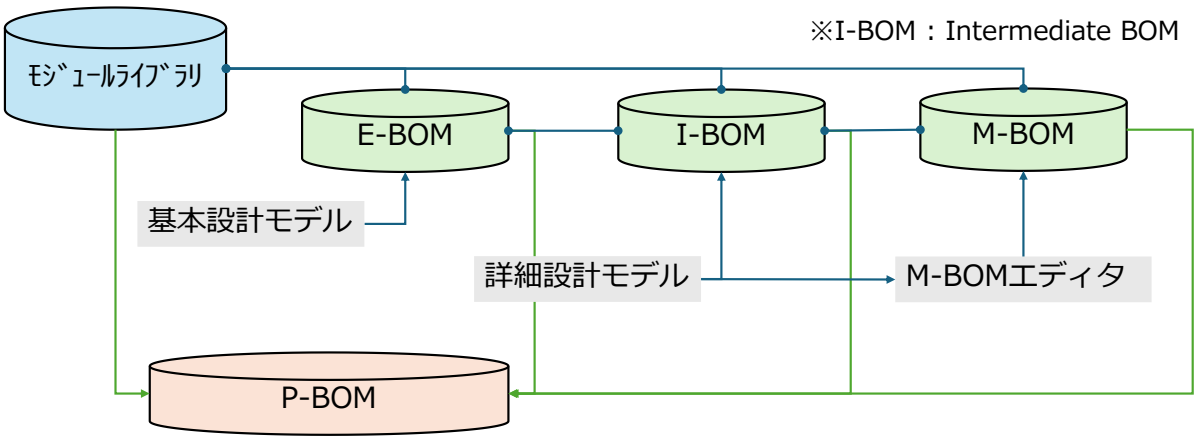
（4）予防保全高度化のための接合の新工法・評価技術に関する研究
① 接合部の疲労損傷・腐食・破壊挙動の検証
多数ニードル打撃方式及び大径ニードル方式について、従来グラインダ施工に対する優位性を造船所等へのヒアリングにより調査した。また、接着接合に使用する接着剤の表面剥離状態から、海水曝露及び紫外線曝露の影響を明らかにした。

② 代替施工法・代替材料による作業効率評価
造船で接着施工が望まれる具体的部材を調査して検証用部材として選定し、この部材に対して施工法の違いによる作業性や強度等の力学性能を比較し、施工条件と性能の関係性を明らかにした。

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

（1）船舶のモデルベース設計に関する研究開発
① 造船 PLM システムの開発
昨年度は、造船における BOM の生成プロセスを整理し、設計の進展に伴って BOM 情報を段階的に確定・詳細化していく方法を明確化した。一方、BOM を基軸とした設計・計画・調達等の業務プロセス全体の構造や、それを実現するデータモデルについては課題として残されていた。
今年度は、この課題に対して、BOM を基軸とした造船製品開発の業務プロセス及びデータモデルの整理を行った。具体的には、プロダクトミックス船及び同型シリーズ船開発を対象に、設計、計画、調達を含む業務プロセスを整理し、BOM ベース製品開発の ConOps（Concept of Operations）及び全体フローを定義した。その中で、BOM を製品そのものの構成表であると同時に、設計・調達・生産へ情報を流すための起点となる情報流通の基盤として位置づけ、論理部品も含めた統合的な製品全体情報モデルとしての拡張 BOM の概念を整理した。これにより、従来の図面起点の設計プロセスから、構成情報を起点として設計・生産・調達を並行的に進める BOM ベースプロセスへの転換の方向性を示した。上流の仕様定義から基本設計、詳細設計、生産計画に至る各段階における BOM データ構造及びその連携関係を整理し、データ設計書として取りまとめた。これらの業務プロセス及びデータモデルの有効性を確認するため、汎用 PLM システム上においてデモ環境を構築し、BOM ベース製品開発の運用イメージを具体化した。デモでは、仕様情報に基づく初期 BOM の作成、CAD モデルや図面情報の BOM への登録、詳細設計に伴う BOM の更新、さらに M-BOM や BOP との連携による設計

変更の伝播及び履歴管理の一連の流れを再現した。また、船体のみならず舶用部品を対象とした BOM 構築及び PLM への実装についても進め、実業務を想定した検証を行った。



Product Structure

Search...

Description	Operati...	Component ...	Index	Effecti...	Effecti...	Q...	BO
S1000	...	000911		12/31/...			En
10: S1000_top	...	000912				1	En
10: HULL	...	000936				1	En
20: MACHINARY	...	000937				1	En
20: SHAFTING AND PROPELLER	...	001018				1	En
30: STEAM GENERATING PLANT	...	001019				1	En
50: AUXILIARY MACHINERY	...	001021				1	En
60: HEAT EXCHANGER	...	001022				1	En
70: MISCELLANEOUS EQUIPMENT	...	001023				1	En
80: TANKS	...	001024				1	En
90: PIPE AND FITTING	...	001025				1	En
100: MAIN DIESEL ENGINE (a)	...	001104				1	En
110: MAIN DIESEL ENGINE (b)	...	001105				1	En
120: MAIN DIESEL ENGINE (c)	...	001106				1	En
130: ELECTRIC GENERATOR ENGINE (a)	...	001107				1	En
140: ELECTRIC GENERATOR ENGINE (b)	...	001108				1	En
150: ELECTRIC GENERATOR ENGINE (c)	...	001109				1	En
30: ELECTRIC	...	000938				1	En

図Ⅰ．2．(4)．①．1　BOM ベース製品開発イメージと汎用 PLM システム上の BOM データ

② 設計データ生成に関する研究

昨年度は、モジュール部品を含むマスターBOM から個船 BOM を生成する手法を提案するとともに、PLM システム上で E-BOM から M-BOM が自動生成されることを確認した。また、ナレッジグラフ及び生成 AI を用いて設計データを構造化・生成する基礎的な機能を検証した。一方で、これらの手法を設計業務における具体的なデータ生成・活用プロセスへ適用するための検討は課題として残されていた。

今年度は、設計情報の生成及び活用を支援することを目的として、設計情報授受関係の構築に着目し、大規模言語モデル（LLM）を用いた設計データ生成手法の検討を行った。具体的には、図面間で授受される設計情報（どの図面がどの情報を必要とするか）を対象として、LLM により設計情報項目の抽出及び依存関係の推定を行う仕組みを構築した。その結果、適切なプロンプト設計を行うことで、設計観点レベルにおいて人間設計者と同等の設計情報授受関係を生成可能であることを確認し

た。これらの成果を基に、設計情報検索や設計最適化を支援する AI プロトタイプの構築に向けた基本性能を確認した。具体的には、設計情報授受関係をグラフ構造として表現し、設計変更時の影響範囲把握や必要情報の検索に活用可能であることを示した。本研究の成果については COMPIT（Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries）及び日本船舶海洋工学会秋季講演会において発表し、造船設計における生成 AI 活用の有効性を示した。

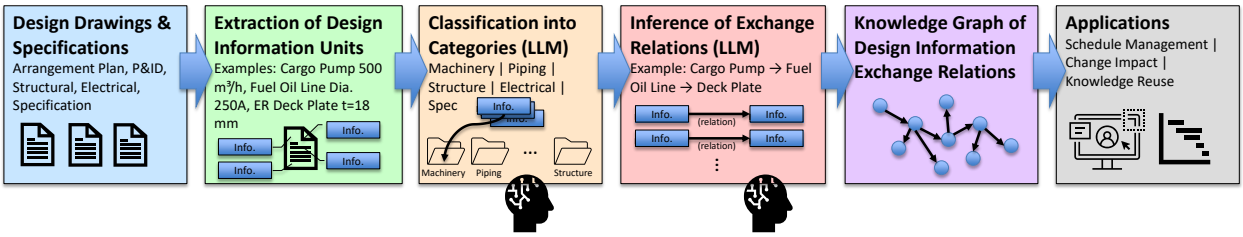


図 Ⅰ. 2. (4). ①. 2 大規模言語モデル(LLM) を活用した設計情報授受関係の構築フロー

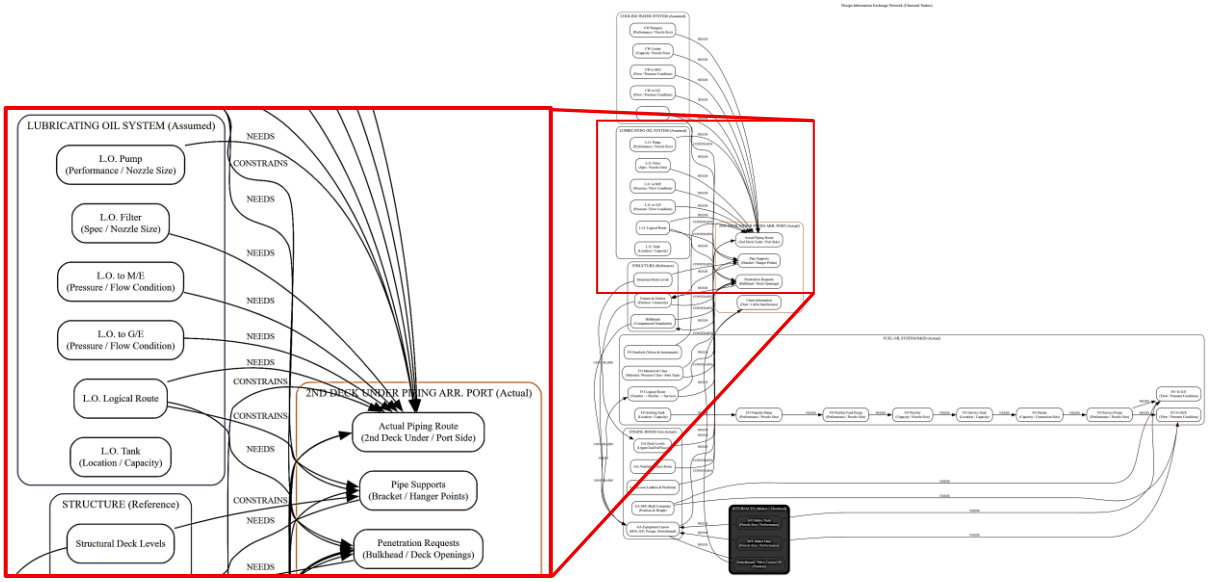


図 Ⅰ. 2. (4). ①. 3 設計情報授受関係のグラフネットワーク

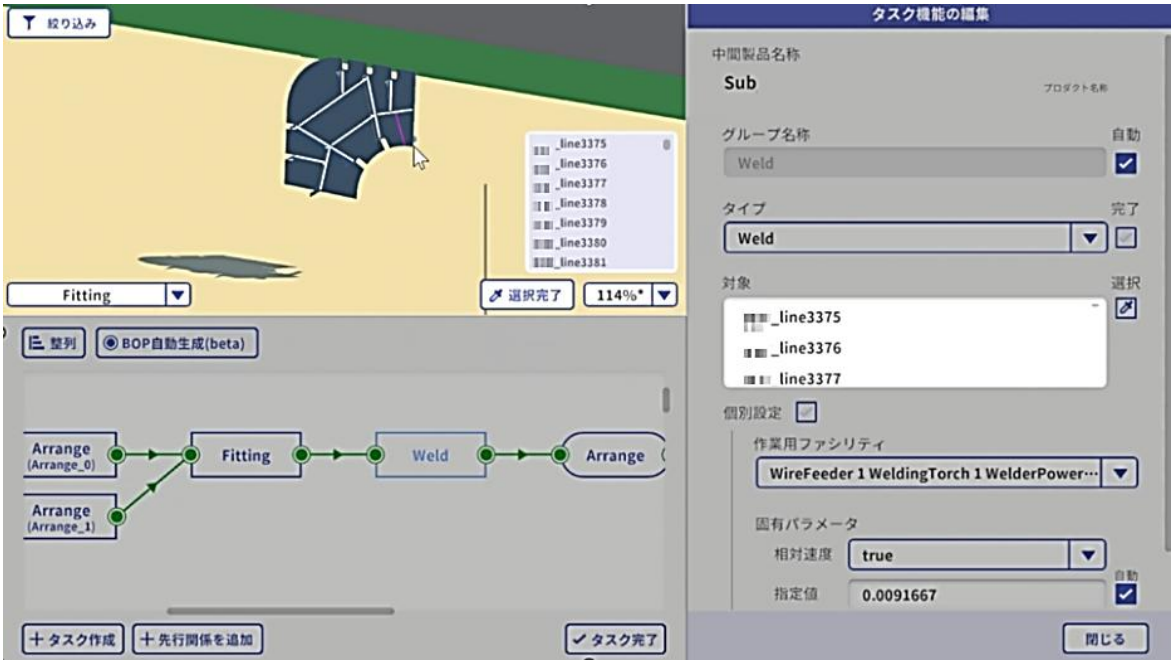
(2)造船製造現場の DX に関する研究

① 建造シミュレーション技術

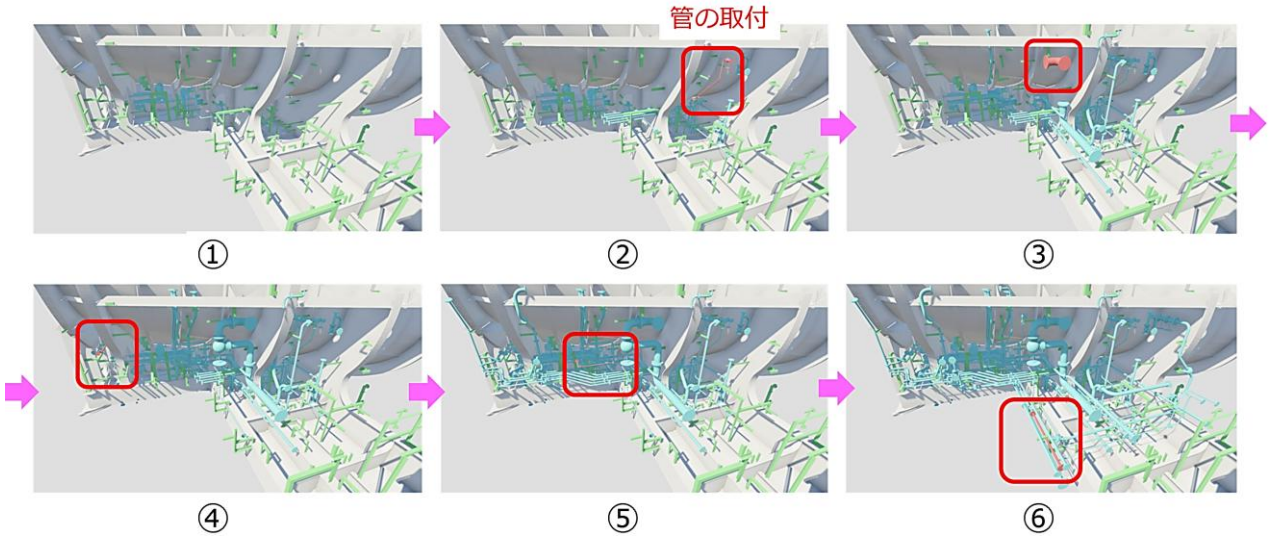
建造シミュレーションを実施するにあたり、生産情報である M-BOM と BOP データが入力として必要となる。前年度はこれらデータの編集や作成のエディタの開発及び限定的ではあるが自動生成アルゴリズムを提案した。本年度は BOP 自動生成に関して、溶接線 1 本単位での姿勢や脚長などから溶接速度を自動計算し、BOP 自体も生成するアルゴリズムの開発を実施した。具体的には、実際の造船用ブロックモデルに対して、図 Ⅰ. 2. (4). ①. 4 に示すように溶接線1本単位で板厚と姿勢を考慮した場合の溶接速度を自動計算することができる。また、表面と裏面にパーツがついている場合は、それらを認識し反転前の溶接作業と反転後の溶接作業として BOP を分けて生成することができることを確認している。

さらに、配管を代表とした艤装品の取付シミュレーション技術の開発も行っている。前年度は経路計画アルゴリズムを応用した組立シミュレーションを提案したが、本年度は 390 本の大規模な配管の実

モデルに対して適用できるように拡張し、Rapidly-exploring Random Tree（RRT）に独自の衝突解消手法（ResolveCollision）を組み込み経路探索の無駄な試行を削減するとともに、Upper Confidence Bound（UCB）に基づく手順探索により全組合せ探索を回避することで、前年度比約3倍の高速化を実現するロジックを開発した。これにより約15分以内に計算することが可能となった。図Ⅰ．2．（4）．①．5にその計算結果の絵を示す。これらの成果は既に海外ジャーナル誌へ投稿し、公開済みである。



図Ⅰ．2．（4）．①．4　溶接線1本単位の詳細なBOPの自動生成



図Ⅰ．2．（4）．①．5　配管の組立手順及び組立経路の自動生成

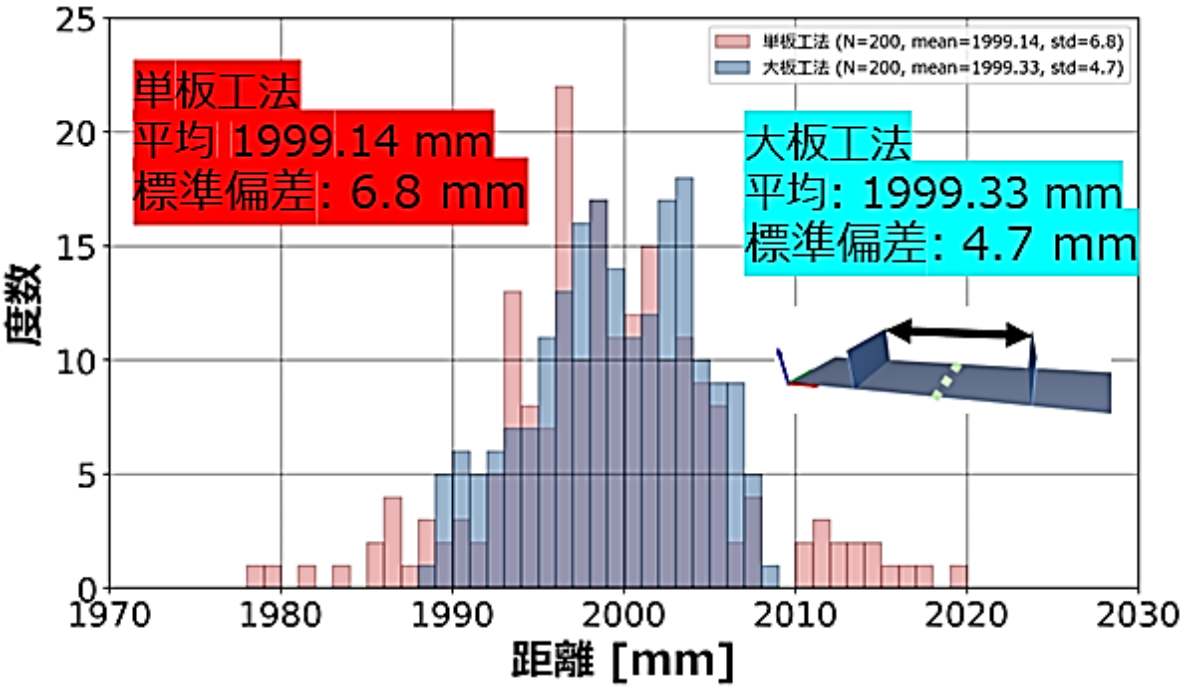
② 工程計画・管理システム

造船所で利用しているCADの3Dモデルに対して、①で構築したM-BOM・BOPエディタで読込みBOP自動生成を実現できるようにコンバータを開発している。溶接線を計算し、M-BOM・BOPエディタで読み込めるフォーマットに変換することができ、BOPの自動生成が可能であることを確認した。また、同様に艤装品の取付シミュレーションに対しても読込みと実行が可能となっている。

（3）品質デジタル化に関する研究

① ブロック品質のデジタル化

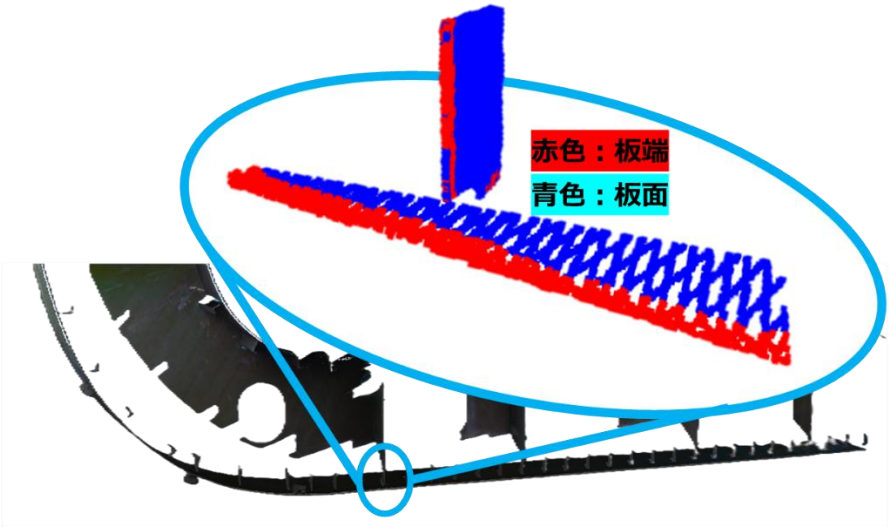
船舶のような大型構造物では、各ブロックの寸法精度を計画する体系的な手法が未整備であることが課題となっている。本研究では、溶接・切断や組立工程で生じる寸法誤差を確率論的な誤差伝播モデルとしてモデル化し、図Ⅰ．2.（4）.①. 6 に示すように計画段階での誤差評価を可能にする手法を開発した。具体的には、開発手法では部材形状（継手の種類、板厚、基準線／基準面の取り方等）と、工程情報（切断→仮組→本組→溶接）を入力として、作業内容ごとに定義した誤差モデルを工程順に適用する。例えば、切断では熱切断に起因するばらつきを端部位置のばらつきとして与え、組立では位置決めに起因する相対ずれ、溶接では入熱と拘束に起因する変形を、工程ごとの誤差発生イベントとして付与する。これらを逐次に重ね合わせることで、最終工程の誤差だけでなく、「どの部材に」「どの工程で」「どの種類の誤差が」「どレーダーけ増えたか」を定量的にシミュレーションすることが可能となった。



図Ⅰ．2.（4）.①. 6　任意サンプル点での寸法誤差評価可能な手法の開発

また、船舶をはじめとする大型構造物では、構造物全体の寸法に比べて板厚寸法が非常に小さく、エッジの検出が難しいことが寸法の自動計測における重要な課題となっている。この課題を解決するため、点群データをグラフ構造としてモデル化し、グラフベースのニューラルネットワークを活用したクラスタリング技術を適用することで、希薄なエッジ形状を高精度に抽出する分類機を開発した。具体的には、計測対象の点群から局所近傍（k 近傍など）に基づいて点同士を接続し、各点をノード、近傍関係をエッジとするグラフ表現を構成した。ノード特徴量には座標に加え、従来の幾何ベース特徴量である法線ベクトル及び曲率を付与し、板面とエッジ近傍で特徴が分離しやすい入力表現とした。このグラフを入力として、近傍情報を畳み込むグラフベースのニューラルネットワークにより点を分類し、板端（板厚面）に相当する希薄なエッジ点群を高精度に識別する分類機を構築した（図Ⅰ．2.（4）.①. 7）。推論結果は F1 スコアで 0.8 以上を達成しており、前処理として実用上十分な精度を確認した。加えて、模擬ブロックを対象として同手法に基づき前処理を行った点群を対象として、ブロック計

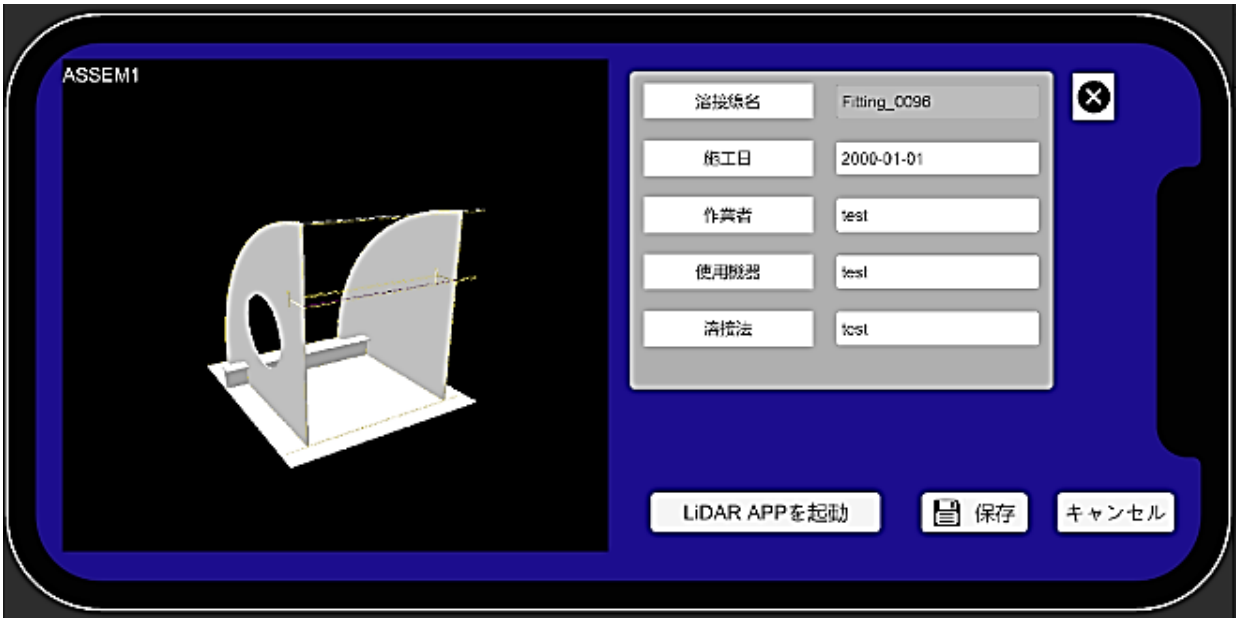
測を実施したところ造船所で行われている従来法と遜色のない精度で計測可能であることを確認した。なお、F1 スコアは、分類結果における適合率（エッジと判定した点のうち実際にエッジであった割合）と再現率（実際のエッジ点のうち正しく検出できた割合）の調和平均であり、誤検出と検出漏れの双方を考慮した評価指標である。



図Ⅰ．2.（4）．①．7 船体ブロックの形状エッジを抽出する機会学習モデル

② 溶接ビード品質のデジタル化

船舶に代表される大型溶接構造物では、製造プロセスと連携した溶接品質の体系化が未整備であり、現状の BOM や BOP に溶接品質を単純に紐づけた場合、溶接線全体が一括で扱われてしまい、個別の箇所ごとの管理が困難であるという課題がある。本研究では Q-BOM として他 BOM や BOP と PLM 内で連携させるためのデータモデル・連携方法・データフローを整理し、図Ⅰ．2.（4）．①．8 に示すような実証実験用の現場品質管理アプリ（デモ用ツール）を開発した。具体的には、溶接箇所 ID 等の識別子を介して、「不具合が製品のどの部位で発生しているか」を溶接線単位で特定し、集計・可視化できることを確認した。さらに、作業 ID 等を介して、「誰が・どのリソースで・いつ実施したか」と品質結果を関連付けることで、工程起因のばらつきや再発傾向の分析、ならびに作業者のスキル認定に資する情報を抽出できることを確認した。



図Ⅰ．2．(4)．①．8　現場品質管理アプリ(デモ用ツール)

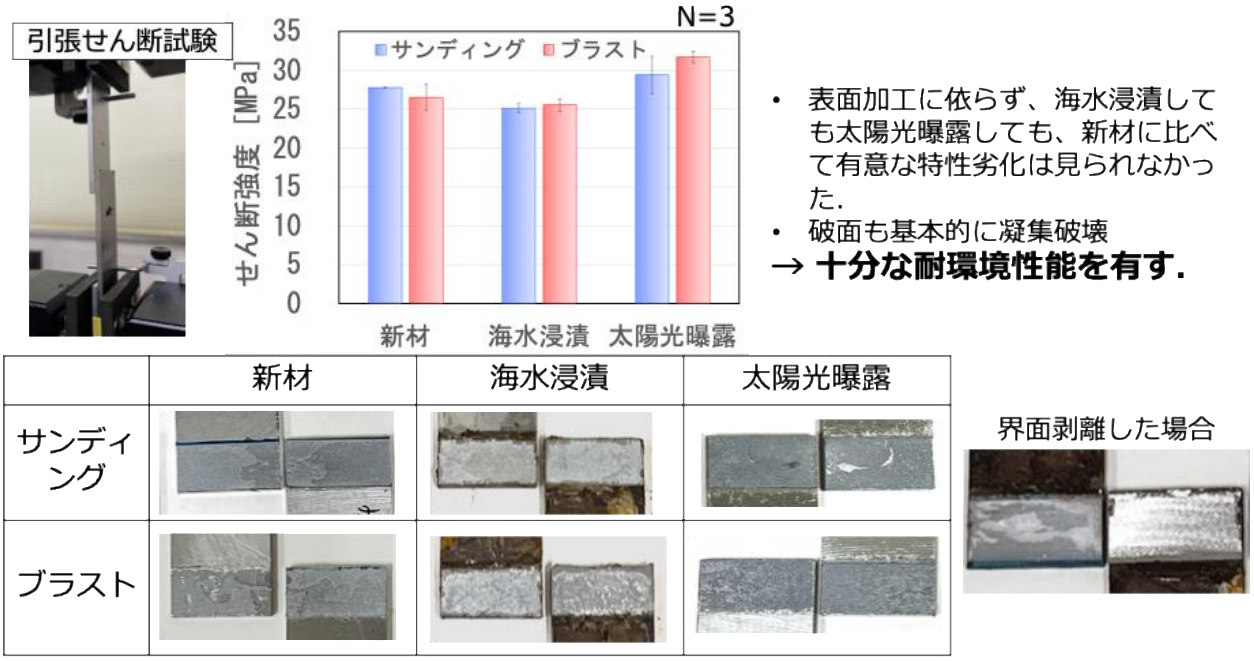
(3)予防保全高度化のための接合の新工法・評価技術に関する研究

① 接合部の疲労損傷・腐食・破壊挙動の検証

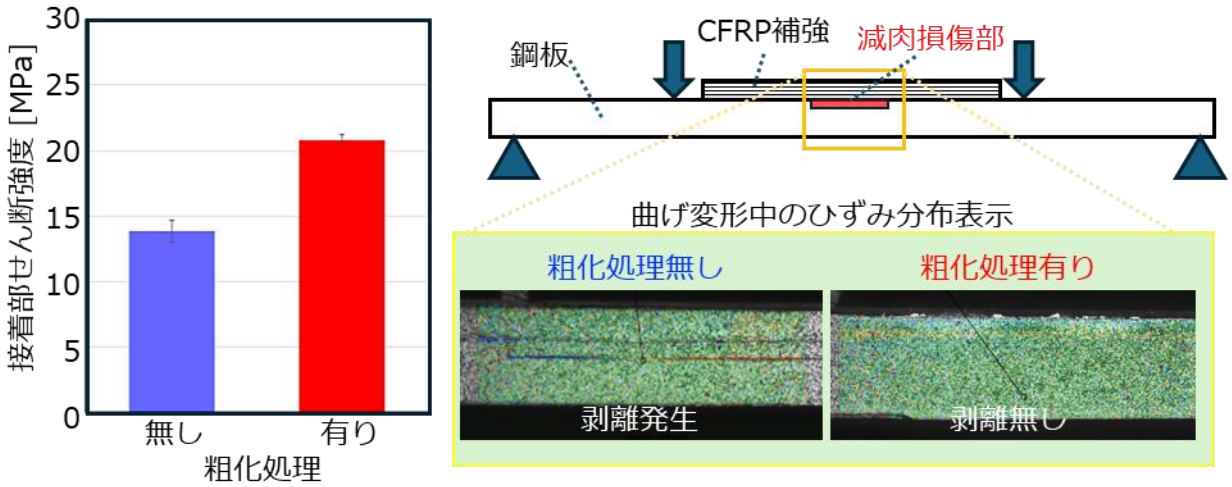
多数ニードルを用いた提案ピーニング法による溶接部疲労強度向上のメーカーニズムを分析し、圧縮残留応力の付与効果を解明した。特に形状付与効果と圧縮残留応力の付与効果について、強度向上への寄与度を定量的に評価した。この結果を学会誌に投稿した。

また、溶接の代替施工法として提案する接着接合部の耐環境性能評価のため、接着剤により接合したシングルラップ継ぎ手試験片を製作し、海水曝露及び太陽光曝露の環境劣化試験を行い、せん断引張強度試験を実施して、曝露しない条件での強度と比較した。その結果、接着剤の種類によっては強度劣化が起きず、十分な耐環境性能を有していることが分かった(図Ⅰ．2．(4)．①．9)。

CFRP(Carbon Fiber Reinforced Platstics： 炭素繊維強化プラスチック)を用いた鋼の損傷部に対する補強施工について、接着性能の向上を図るために、接合面の面粗度を粗くする処理を施した。その結果、海水浸漬環境下においても、接着部の剥離を抑制することができ、実用に堪える高強度化が達成されることを確認した(図Ⅰ．2．(4)．①．10)。



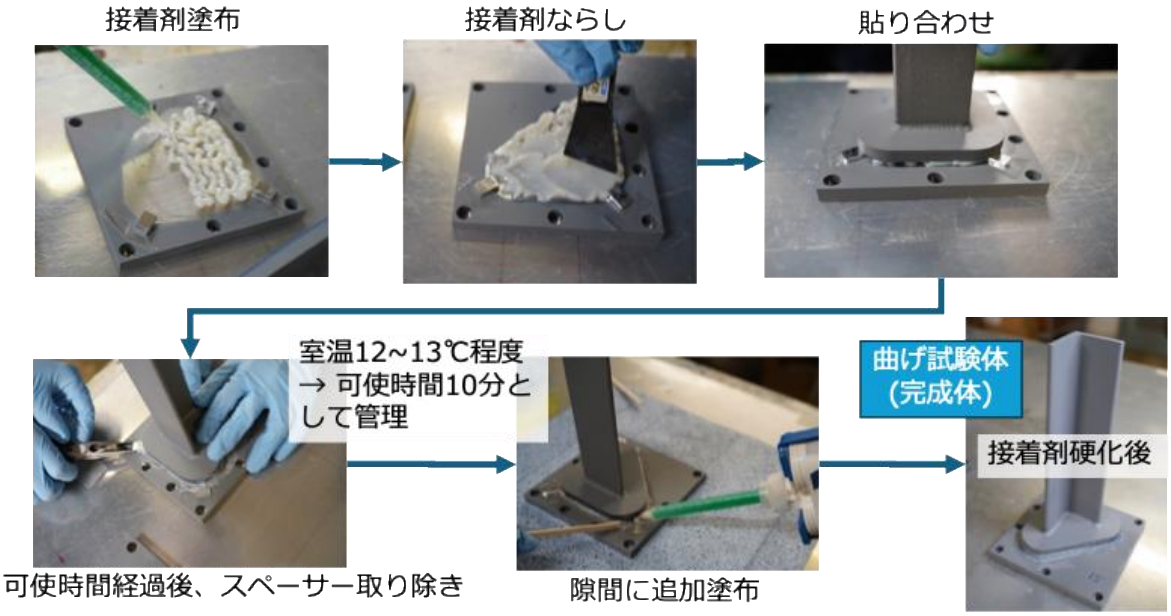
図Ⅰ.2.(4).①.9 接着接合の耐環境性能評価試験結果



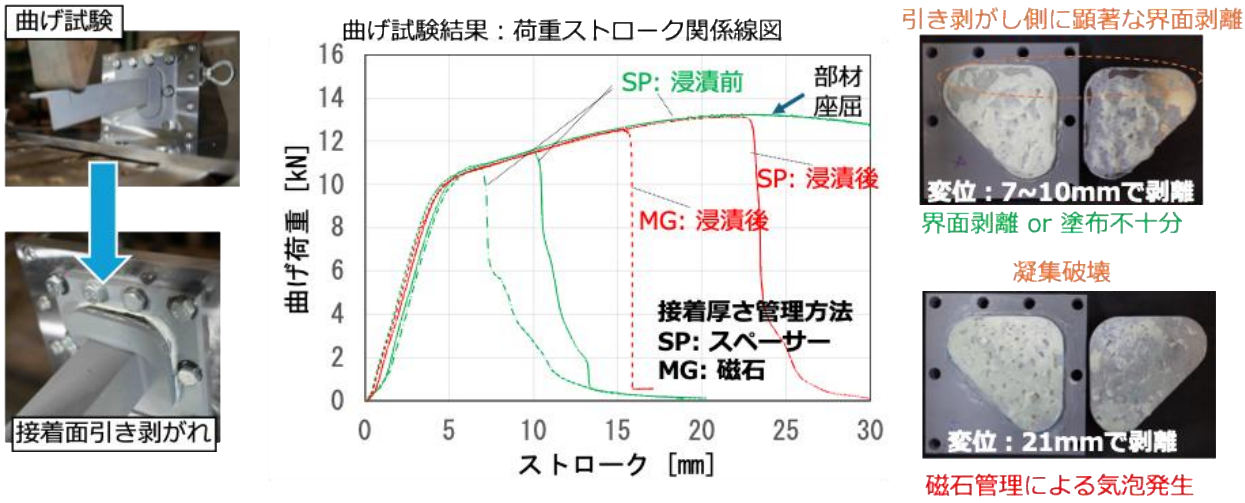
図Ⅰ.2.(4).①.10 CFRP 補強した鋼構造の表面処理の違いによる曲げ挙動の比較(海水浸漬環境)

② 代替施工法・代替材料による作業効率評価

適用可能性が高い具体的な部材を選定し、溶接から接着接合に代替する場合の寸法、形状を決定して、実際に接着接合性能評価用の試験体を試作した(図Ⅰ.2.(4).①.11)。接着硬化時の保持方法(接着剤厚さ管理方法)や接着面下地処理の影響、海水浸漬や太陽光曝露の影響を調べるため、試作した試験体に曲げ変形等の負荷を与えて接着部の剥離試験を実施した。その結果、接着施工条件と強度特性の関係を明らかにした(図Ⅰ.2.(4).①.12)。



図Ⅰ. 2. (4). ①. 11　接着接合の工程



図Ⅰ. 2. (4). ①. 12　接着接合試験部材の曲げ試験結果

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文：2 編

・Tomoya Kawabata, Hoichi Kitano, Takumi Ozawa, Yoshiki Mikami: Reverse bend experiments on the base plate and discussion of the appropriate amount of reverse bending for precrack straightness (Effect of the reverse bend process on the CTOD toughness evaluation and understanding of its mechanisms), Theoretical and Applied Fracture Mechanics, 137, 104869, (2025).

・Tomoyuki Taniguchi and Kohei Matsuo: Simultaneous generation of assembly paths and sequences for shipbuilding piping using modified RRT with UCB strategy, Journal of Marine Science and Technology, Vol. 31, pp. 124–137, (2026).

□査読付き国際会議論文：1 編

・Tsuyoshi Matsuo, et. al.: Reinforcement Effect and Adhesive Strength of CFRP Reinforced Steel Plate based on Accelerated Testing Method in Seawater, Proceedings of the ASME 2025 44th International

Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, (2025).

□和文査読付き論文：1 編

・松尾宏平，森下瑞生: 造船 BOM のデータ構造に関する研究，日本船舶海洋工学会論文集，第 42 巻，（2026）.

□各種表彰の受賞：0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他

◆国際活動：1 件

・松尾剛: CD consultation for ISO 527-6, ISO/TC61/SC13/WG2, (2025).

◆その他の全文査読付き論文等：0 件

◆その他発表論文：8 編

・Kohei Matsuo: Connecting NAPA Models with Production Simulation: Evaluating Productivity in Earlier Design Phase, NAPA User Meeting 2025, (2025).

・Kohei Matsuo, et. al: Early-Stage Productivity Evaluation through Model-Based Shipbuilding: Connecting NAPA Models with Production Simulation, Conference proceedings 23rd Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries (COMPIT), (2025).

・Kohei Matsuo: Constructing Design Information Exchange Relations in Shipbuilding Using Large Language Models, Conference proceedings 23rd Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries (COMPIT), (2025).

・森下瑞生，松尾宏平: 造船における BOM ベース製品開発に関する基礎検討，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 41 号，(2025).

・松尾宏平: 大規模言語モデルによる造船知識の利用可能性と設計情報授受関係構築の試行，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 41 号，(2025).

・谷口智之，松尾宏平，森下瑞生: NAPA モデルと生産シミュレーションの連携：設計初期段階における生産性評価, NAPA Japan, NAPA User Seminar Japan 2025, (2025).

・谷口智之，松尾宏平，森下瑞生: デジタルシップヤードの実現に向けて: 仮想建造シミュレーションとデータ駆動型造船，バリシップ 2025, (2025).

・松尾剛 他: 現場 VaRTM 法により CFRP で補強した鋼板の耐環境性能の基礎実験評価，第 17 回 日本複合材料会議講演論文集，(2026).

◆公開実験：1 件

・構造用接着剤を用いた接合実験及び環境装置による腐食実験に関する公開実験(2026/1/22)

重　点　分　野	(4)海上輸送を支える基盤的技術開発

研 究 テ ー マ	②ビッグデータ等の活用による新たなニーズに対応した海上輸送システムに関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
海事産業の技術革新の促進と海上輸送の新ニーズへの対応を通じた海事産業の国際競争力強化及び我が国経済の持続的な発展に資するため、デジタル技術等の活用等による造船所の生産性向上や適切な品質管理を図るための革新的技術、ビッグデータを活用した海上輸送の効率化・最適化に係る基盤的な技術等に関する研究開発に取り組む。	我が国海事産業が、その取り巻く環境の変化に適切に対応し、国際競争力を強化し、我が国経済の持続的な発展に貢献していくために、デジタル技術を活用した海事産業の技術革新の促進、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等を行っていくことが求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ②ビックデータ等の活用による新たなニーズに対応した海上輸送システムに関する研究開発	我が国海事産業が、その取り巻く環境の変化に適切に対応し、国際競争力を強化し、我が国経済の持続的な発展に貢献していくために、デジタル技術を活用した海事産業の技術革新の促進、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等を行っていくことが求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ②ビックデータ等の活用による新たなニーズに対応した海上輸送システムに関する研究開発 －データ融合と AI 等評価手法の実装に向けた設計、海運・造船の GHG 削減策等に関するモデル/システムの試作、水害救助シミュレータを活用した孤立者の救助時間等に関する分析、データ活用型の合理的な運航及び設計手法の検討開発、フルシステムリアルタイムシミュレーション構築等を行う。等

○ビッグデータの活用による輸送システムの高度化に関する研究

研　究　の　背　景

我が国における社会情勢は刻々と変化している。人口減少による労働力不足や自然災害の頻発等、限られた条件の元で最大限資源を活用することが求められている。令和 4 年 6 月に閣議決定された「新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画」では、AI技術を基にした実践・試行錯誤の蓄積が重要とされ、民間企業による実践を通じて積極的な技術情報の提供が求められている。特に、交通分野におけるデジタル化・データ融合の影響は、新しい交通インフラの創出、既存インフラの運営・改善など、輸送の多くの部分で関わっている。デジタル化の基盤となるデータは、社会・産業に対して欠かせないインフラの一つとなっており、このデータを用いた個々の利用者の多様なニーズに、よりきめ細やかに対応した情報提供サービスの充実を行っていく必要がある。加えて、「第 5 期国土交通省技術基本計画」では、我が国の変革期である日本における国民の安全・安心で豊かな暮らしを実現するための技術研究開発、技術の効果的な活用が求められており、経済的インセンティブによる国際海運の脱炭素化、国土強靱化の確保（災害対応）、デジタル化の推進等の方針が示されている。

本重点研究では、これら政府等の方針に則し、①ビッグデータと海運・造船に係る評価手法の開発、②災害時の輸送に関わる研究開発、③デジタルツイン統合システムの研究開発を実施し、分野横断的なデータの利活用によるイノベーションの創出、技術の効果的な活用等を実現していく。

研　究　目　標

研究の背景に掲げた 3 つの研究課題に対する具体的な研究目標を以下に示す。

ビッグデータと海運・造船に係る評価手法の開発では、AIS（Automatic Identification System、船舶自動識別装置）等のビッグデータを利用することにより、船舶の港間移動等の詳細情報を元にした各種の海運・造船指標の高度な利用が想定される。そのため、詳細かつ正確な指標を推定・予測するための AI 等評価手法の実装、国際海運 GHG 削減における経済的手法等を評価する高度な海運・造船市場のモデル開発、海事産業の構造変化に関して利害関係者間の合理的な意思決定を支援するシステム設計、これらのデータを統合し、輸送システムの高度化に向けたデータベースの開発を行う。

次に、災害時輸送システムの評価・判断支援手法の開発では、災害時輸送において複数の輸送機関を効率的に活用していくことが求められていることから、関係者が利用しやすいシステムとして輸送機関が機能している必要がある。本研究では、我が国の国土強靱化対策に対応すべく、災害時輸送を支援するための可視化技術や情報共有の高度化及び災害時輸送に関わる評価分析を行う。

さらに、デジタルツイン統合システムの研究開発では、船舶設計や運航へのデジタル化技術導入を促進することにより、GHG 削減や自動化船等の実現に貢献することが社会ニーズとしてある。本研究では、これまで研究開発を行ってきた航路支援や主機、船体、設計・建造等のデジタルツイン技術を連携・統合することにより、船舶用デジタルツインとしてデファクト化を目指す。デジタルツイン統合システムの普及を図ることより、船舶の安全・安定運用を実現するとともに、データ活用による設計・建造の合理化を追求する。関連する重点研究（「船体構造評価に関する研究」、「実海域実船性能向上に関する研究」、「DX 造船所の実現に向けた研究開発」等）と連携して研究を遂行する。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

（1）ビッグデータと海運・造船に係る評価手法の開発

① AIS 等の船舶動静データを基にしたデータ融合と AI 等評価手法の実装に向けた設計

② 海運・造船の GHG 削減策等に関するモデル/システムの試作

（2）災害時輸送システムの評価・判断支援手法の開発（3 研連携）

① シミュレータのアルゴリズムの検討

② 計算条件、出力結果の共有化のためのデータベース設計・開発、実動訓練の実施

（3）デジタルツイン統合システムの研究開発

① データ活用型の合理的な運航及び設計手法の検討開発

② フルシステムリアルタイムシミュレーション構築

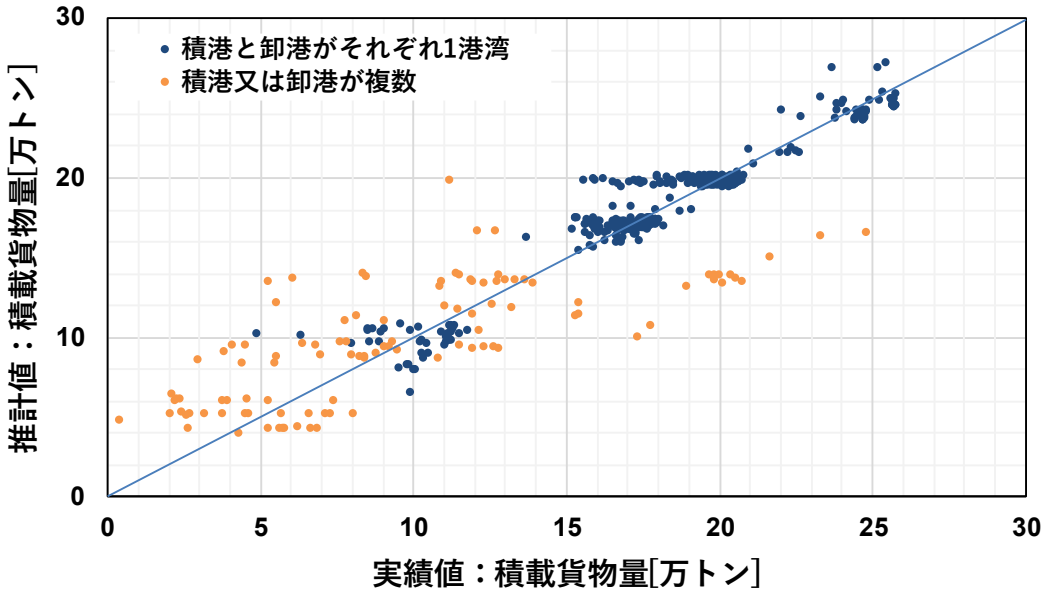
令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

（1）ビッグデータと海運・造船に係る評価手法の開発

① 海運・造船関連のデータ融合と AI 等評価手法の実装

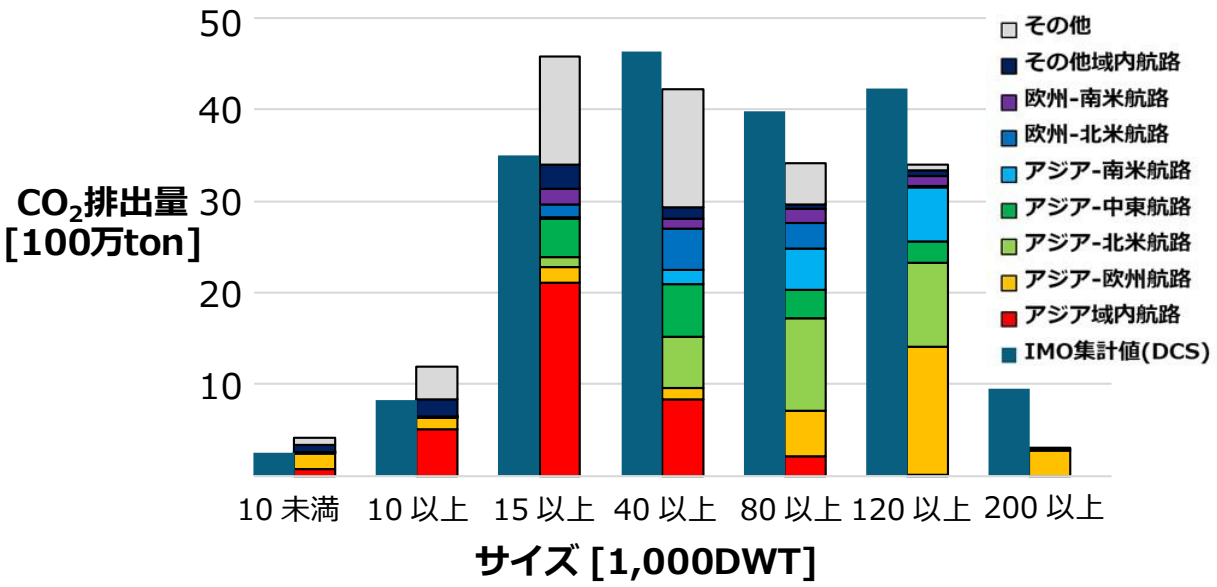
AIS・船舶動静データと貨物流動データを融合することにより、船舶の積載貨物量を推計する AI 手法を改善し、バルク貨物における推計精度が向上した（図Ⅰ. 2. (4). ②. 1）。

AIS 等から個別船舶の燃料消費量を推計する手法の開発を行った（図Ⅰ. 2. (4). ②. 2）。



図Ⅰ．2.（4）．②．1　船舶の積載貨物量推計

（バルクキャリアにおける個船の積載貨物量の推計精度の検討例。AI 手法に船舶の運航時の喫水値や品目の情報を導入し、船舶の積載貨物量推計に用いることで、推計の精度が向上した。）

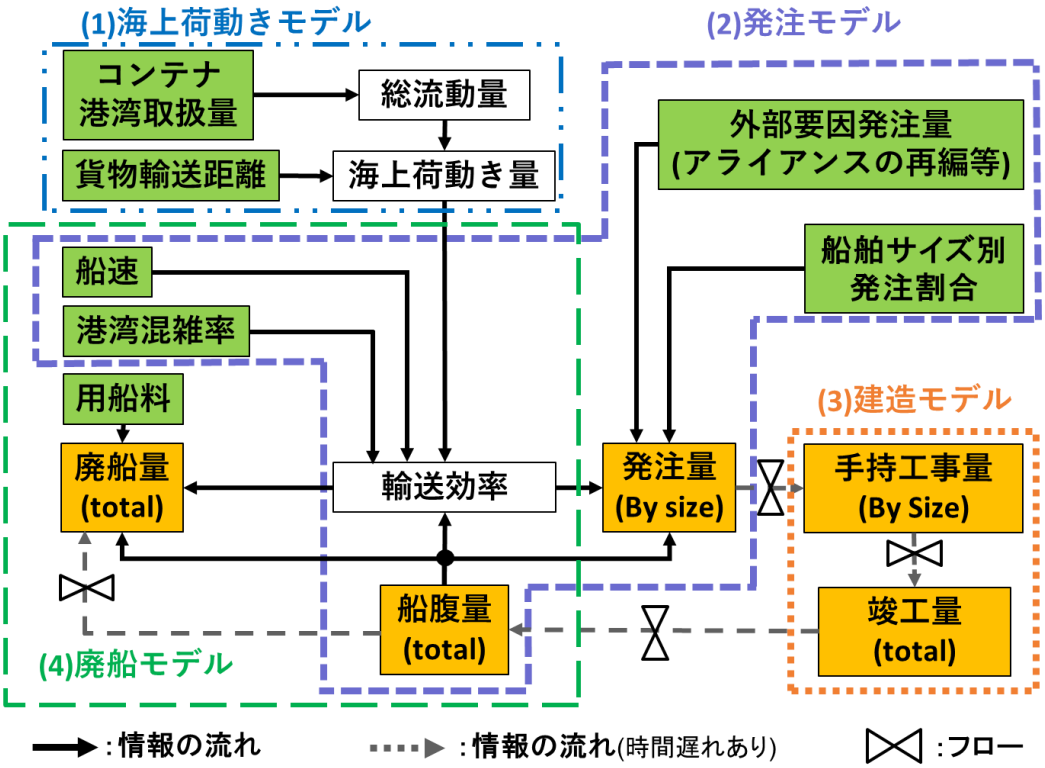


図Ⅰ．2.（4）．②．2　コンテナ船の CO2 排出量：IMO 集計値(DCS)と航路別推計値の比較

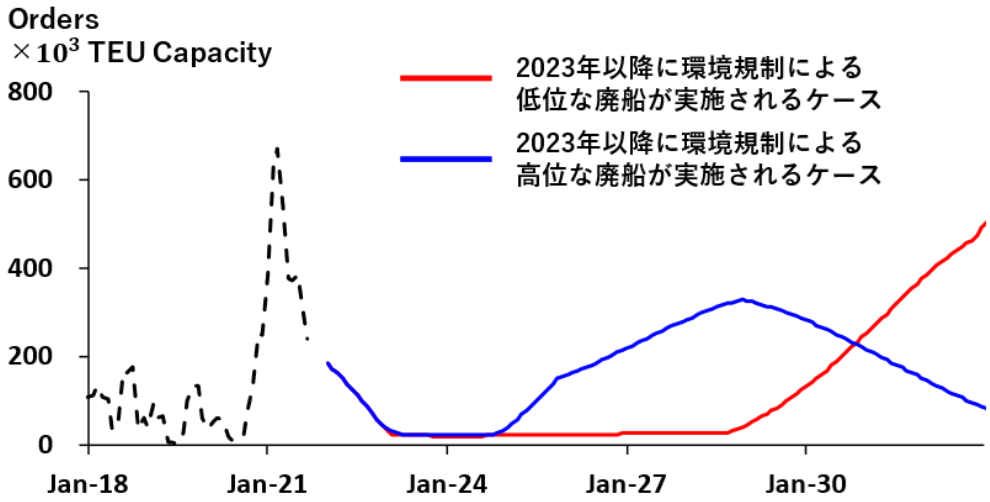
（個別船舶の CO2 排出量の推計手法を開発することで、
既存の公表データ以上に詳細な値を推計できるようになった。）

② 海運・造船関連のモデル化とシステム設計

システムダイナミクス(SD)に基づくコンテナ船の造船需要シミュレーションモデルを作成し、近年の中東情勢が造船需要に与えた影響及び将来の建造需要を検討した（図Ⅰ．2.（4）．②．3）。



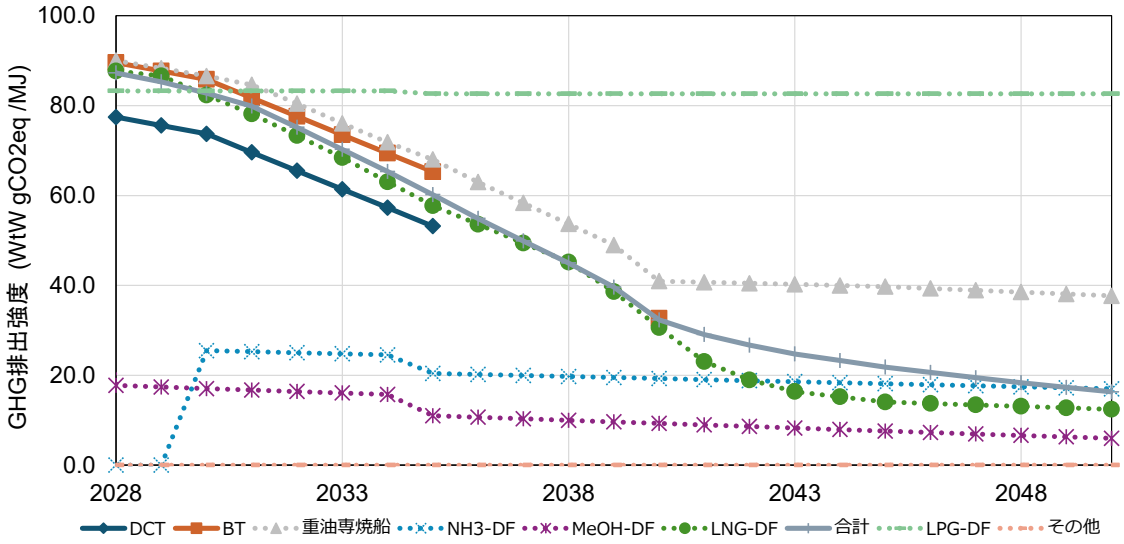
(a) SD に基づくコンテナ船の造船需要予測モデル



(b) SD モデルによるコンテナ船発注量予測例

図Ⅰ. 2. (4). ②. 3 SD による次世代環境船の導入シミュレーション
(従来の SD モデルにおいてコンテナ船市場を対象にしてモデルを構築した。)

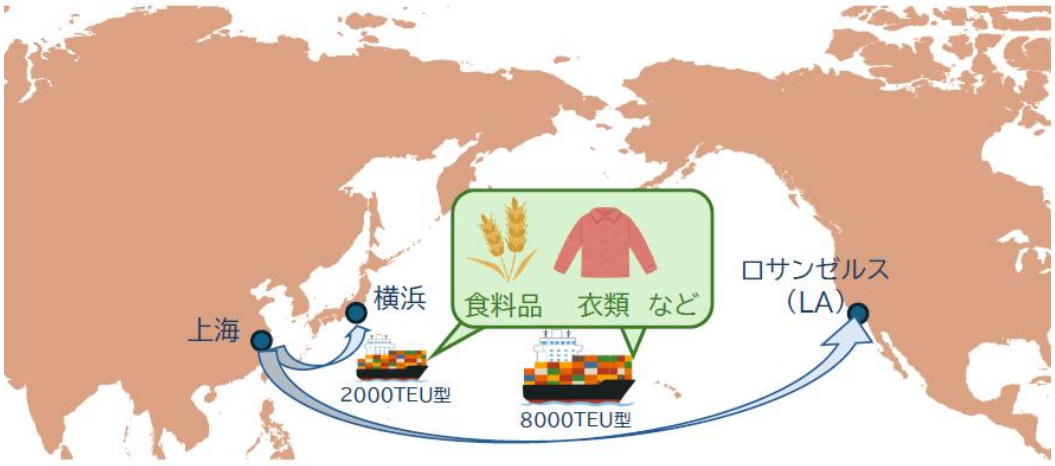
国際海運の GHG 削減目標、輸送需要シナリオ、燃料需要、燃料価格、エンジン種別等に基づき、船種毎に燃料 GHG 強度規制(GFS: GHG Fuel Standard)における GHG 強度規制値(GFI: GHG Fuel Intensity)の検討が可能なシミュレータを開発した(図Ⅰ. 2. (4). ②. 4)。このシミュレータは、外部機関の政策検討に利用された。



・ＤＣＴ(Direct Compliance Target)：直接適合目標，BT（Base Target）：ベース目標，IMOのGHG排出強度の規制値を表す。
・LNG-DF: LNG二元燃料船、NH3-DF:アンモニア二元燃料船、MeOH-DF:メタノール二元燃料船、LPG-DF：LPG二元燃料船を表す。

図Ⅰ．2.（4）．②．4 シミュレータによるGHG排出強度の検討
（各種の国際海運データに基づきGHG排出強度等のシナリオ分析が可能なシミュレータを作成し、外部機関の活動に活用された。）

船舶データベース（船舶動静データ，船舶の個船データなど融合）を開発し、IMOにおけるGHG規制（IMO Net zero framework）が採択された際の海上運賃及び我が国における物価に与える影響を分析した。この結果は、外部機関の基礎資料として利用された（図Ⅰ．2.（4）．②．5）。



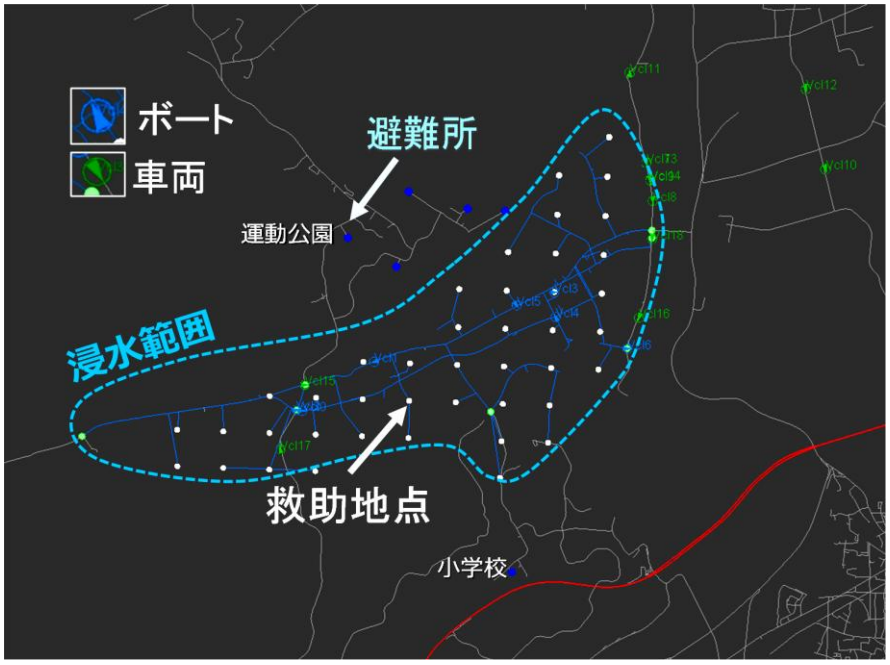
輸出国	輸入国	運賃上昇率(a)		品目	従価運賃率(b)	輸入価格上昇率(a×b)	
		high	low			high	low
中国(上海)	米国(LA)	1.7%	1.1%	穀物等の調整品	8.7%	0.15%	0.10%
				野菜等の調整品	8.2%	0.14%	0.09%
				プラスチック製品	6.6%	0.11%	0.07%
				繊維製品や中古衣類等	6.3%	0.11%	0.07%
中国(上海)	日本(横浜)	1.9%	1.2%	穀物等の調整品	5.1%	0.10%	0.06%
				野菜等の調整品	4.9%	0.09%	0.06%
				プラスチック製品	5.9%	0.11%	0.07%
				繊維製品や中古衣類等	6.2%	0.12%	0.08%

図Ⅰ．2.（4）．②．5 IMOにおけるGHG規制が海上運賃・物価に与える影響
（国際海運データに基づきIMO GHG規制の経済的な影響評価を行い、外部機関の基礎資料に活用された。）

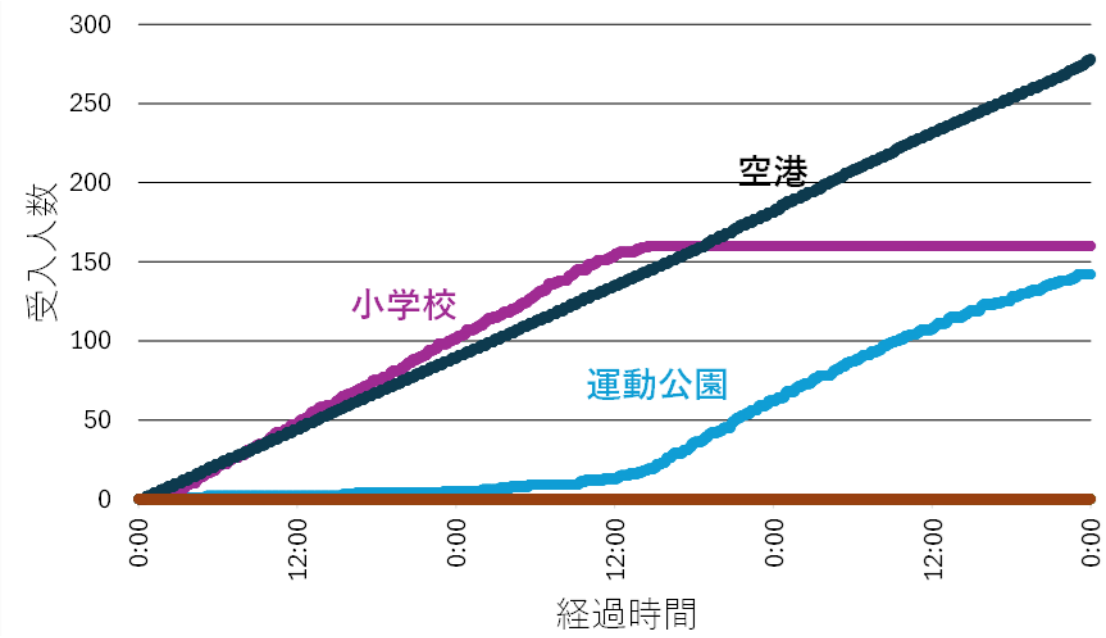
（2）災害時輸送システムの評価・判断支援手法の開発（3 研連携）

① 水害救助シミュレータのアルゴリズムの検討

水害孤立者の救助シミュレータ（浸水範囲及びその地域の人数、救助及び避難所地点を入力することで、避難所まで要救助者を輸送するシミュレータ）を完成させ（図Ⅰ．2.（4）.②. 6）、岡山県倉敷市真備町を対象に、シミュレータを活用した分析を行った。モバイル空間統計を活用した居住者滞在分布に従い、救助にかかる時間、避難所への人の集中度合い、救助困難エリア等について分析を行った（図Ⅰ．2.（4）.②. 7）。



図Ⅰ．2.（4）.②. 6 水害救助シミュレータの画面



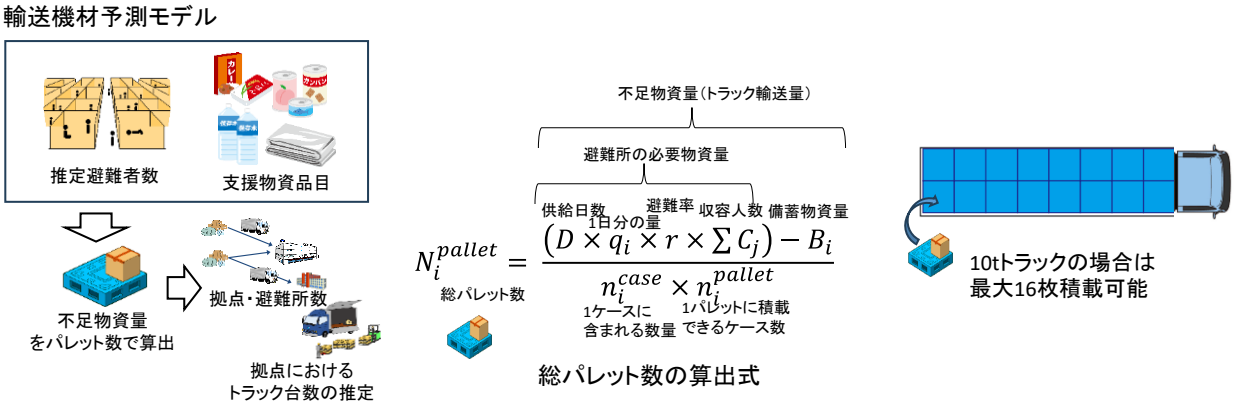
図Ⅰ．2.（4）.②. 7 各避難所への受け入れ人数の推移（シミュレータ出力結果）

② 緊急支援物資輸送システムの開発

岡山県物資オペレーション訓練（10／9、11／5、6）に協力し、システムを稼働させた。合わせて、見学自治体等に当該システムの説明を実施した（図Ⅰ．2.（4）.②. 8）。

避難所における推定避難者数から必要な物資量を想定することで、トラック輸送に必要な総パレット数を算出する式の構築を行った（図Ⅰ．2．（4）．②．9）。例えば、10t トラックの場合、パレット 16 枚／台と換算することにより物資輸送に必要なトラック台数を求めることが可能である。

図Ⅰ．2．（4）．②．8　物資オペレーション訓練時の緊急支援物資輸送システムの稼働の様子



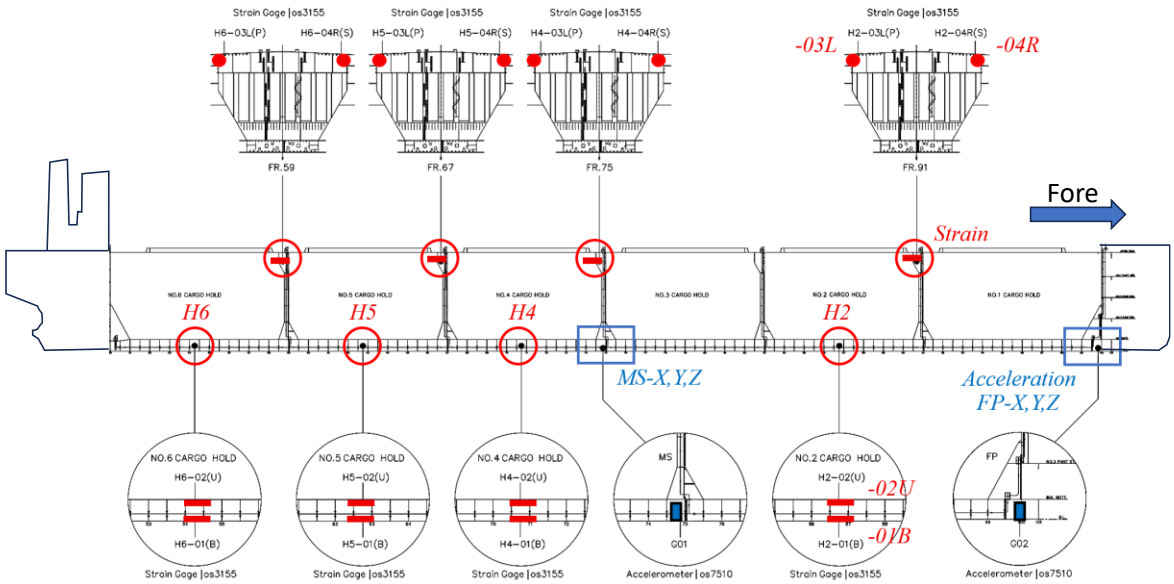
図Ⅰ．2．（4）．②．9　総パレット数を求める算出式

（3）デジタルツイン統合システムの研究開発

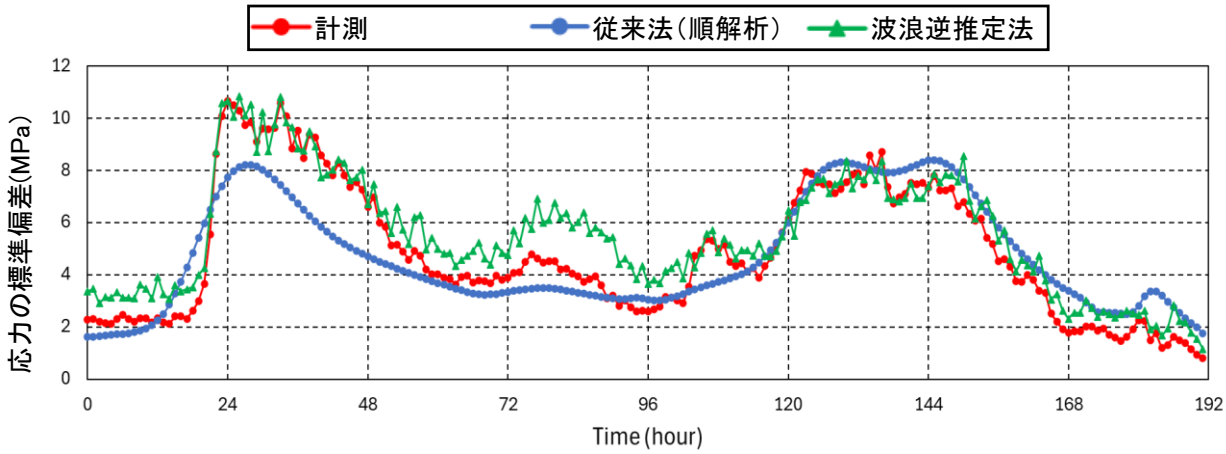
① デジタルツイン統合システムを活用した安全・安定運用、設計・建造手法の開発

日本－豪州間を就航中の大型鉱石運搬船（長さ 320m）に搭載した船体構造デジタルツインシステム（図Ⅰ．2．（4）．②．10）を使用して波浪逆推定法（波スペクトル法）の検証を行った。

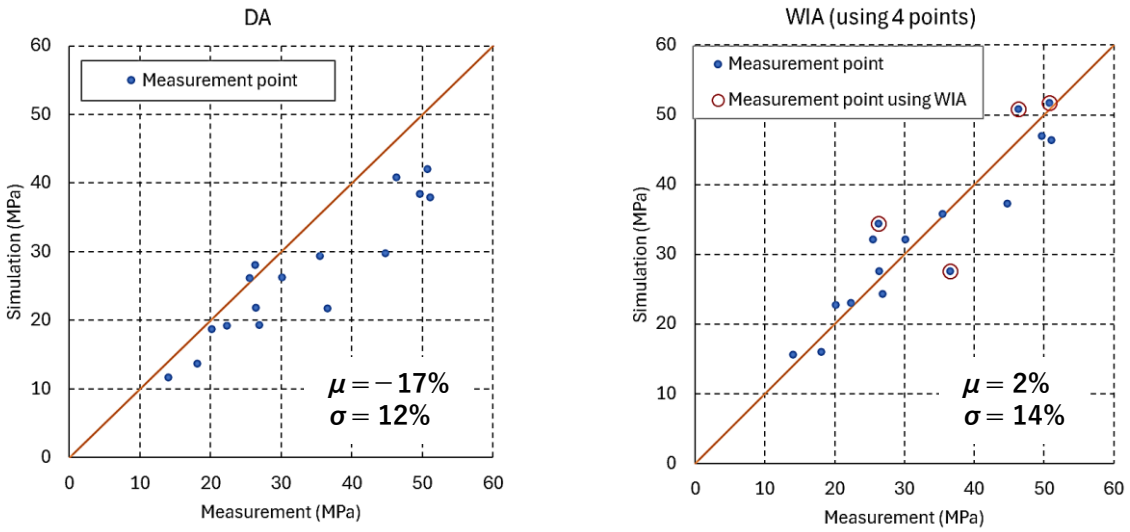
波浪追算による波スペクトルを用いた従来の応力推定法では、本船に作用した応力 16 箇所の推定誤差が 30%であったところ、船体応答から求めたピンポイント地点の波スペクトルを用いて応力を推定した波浪逆推定法では、推定誤差が 15%以下に低減され、より精度のよい応力推定が可能であることが示された（図Ⅰ．2．（4）．②．11、図Ⅰ．2．（4）．②．12）。



図Ⅰ．2.（4）.②. 10　鉱石運搬船に搭載したデジタルツインシステムに用いられるセンサーの配置
（歪みゲージ 16 箇所、加速度 2 箇所）



図Ⅰ．2.（4）.②. 11　鉱石運搬船の波浪逆推定手法による応力推定結果
（計測最大値を観測した最悪海象付近での船縦曲げ応力の時刻歴）

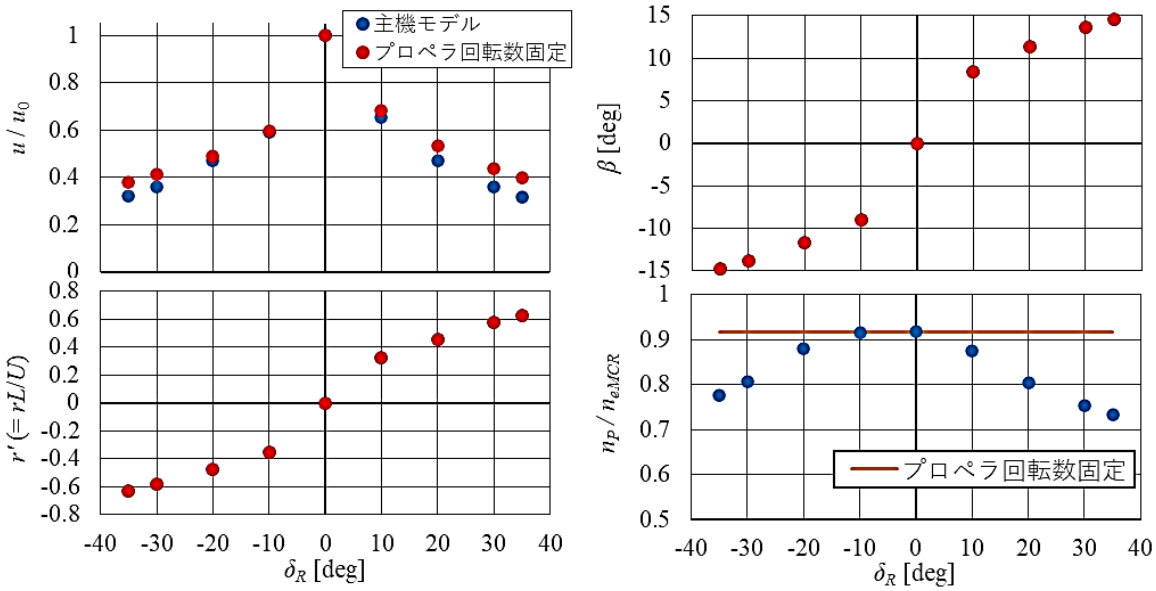


図Ⅰ．2.（4）.②. 12　鉱石運搬船にて計測した最大応力（16 箇所）と推定値の比較
（左：従来法（波浪追算スペクトルを用いた順解析）、右：波浪逆推定手法（WIA）、μ：平均値、σ：標準偏差）

② 実海域運航中の船体運動・構造応答・主機状態のリアルタイムシミュレーション手法の設計

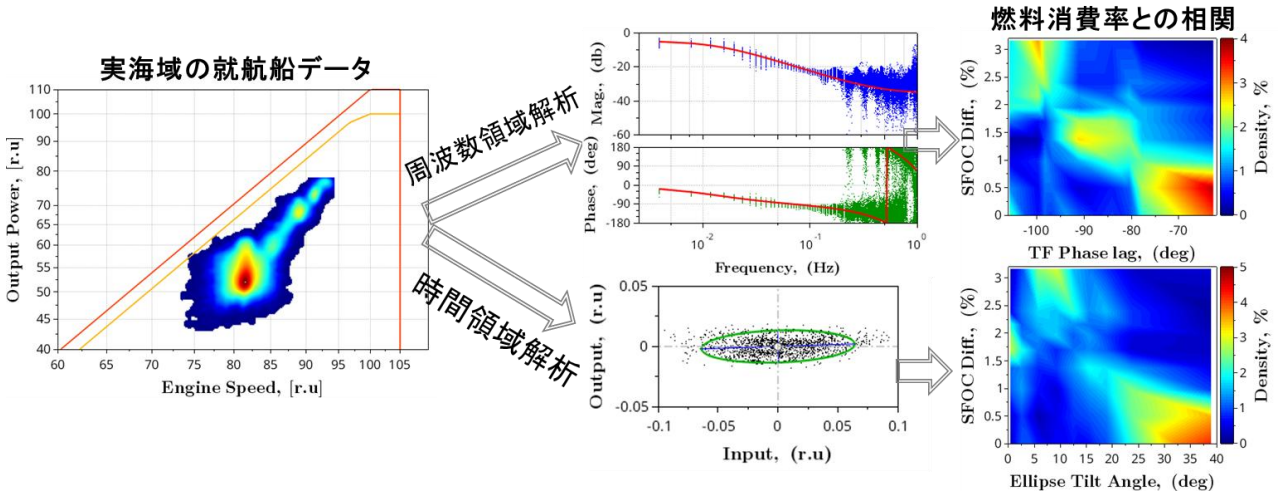
前年度は計算負荷のみを与えるダミー計算対応としていた船体構造応答モデルについて、船体縦曲げモーメントを入射波成分と船体動揺成分に分けて時系列計算するモデルを定式化し、船体運動・構造応答・主機状態の 3 要素をリアルタイム計算するための定式化を完了させた。加えて成果発表の一環として、操縦運動モデルと主機モデルの連成による操縦運動特性の計算結果(図Ⅰ. 2. (4). ②. 13 は計算例。主機特性を考慮すると前後方向船速に影響あり)を国際会議(PRADS2025)で公表した。

船舶デジタルツインや本研究のリアルタイムシミュレーション手法に関して、研究発表を通じた情報収集や民間企業(船社)への技術紹介・ヒアリングを通じて、技術の需要調査を行った。国際会議等における技術調査においては、長時間実運航データを用いて構築した船体構造デジタルツインによる波浪中応答推定技術など、個別要素のデジタルツインを活用する技術の発展は見受けられたが、本研究のように 3 要素以上を連成させた技術は未だ確認されなかった。他方で、それら多要素モデルを活用したリアルタイムシミュレーション技術の需要調査については、デジタルツインの活用例が未だ十分数でないこともあり、そもそもどのように利用可能なのかを明瞭に見出せていない印象を受けた。そのため、具体的な利用例を開発者側から示すことの重要性を認識した。他方で、主機モデルの利活用に関しては、昨今の EEDI(エネルギー効率設計指標)削減方針に伴い低出力主機が増えることによる加速性能への懸念など、モデル研究促進に関する需要があった。

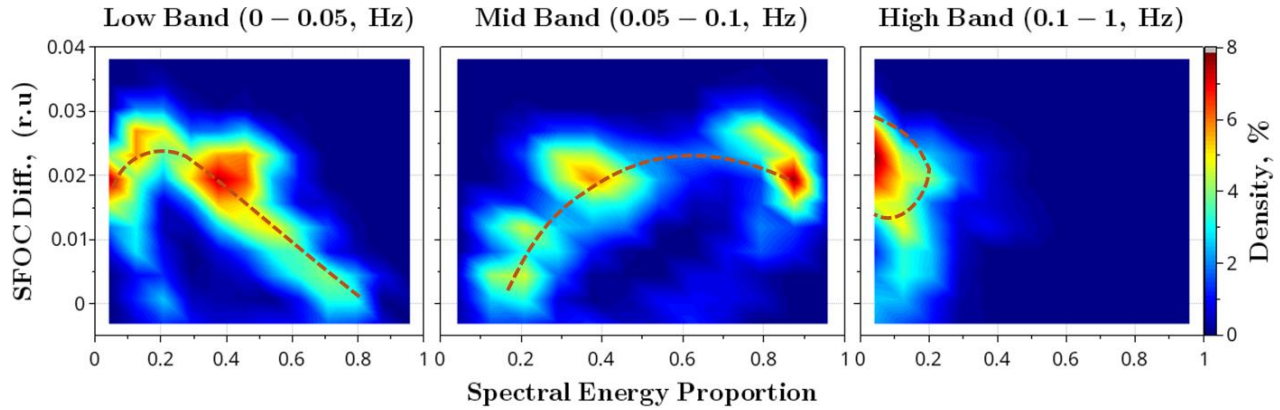


図Ⅰ. 2. (4). ②. 13 操縦運動モデルと主機モデルによる定常旋回運動特性
(左上:前後方向船速と計画船速の比、右上:斜航角、左下:無次元回頭角速度、
右下:プロペラ回転数と連続最大出力時主機回転数の比)

主機デジタルツインの高度化に向けて、神戸大学との共同研究により、外航ばら積み貨物船の 1s 周期実運航データを取得し、主機動特性の分析を実施した。時系列及び周波数領域における解析により、実運航条件下における主機及び過給機の動的応答特性を明らかにした。さらに、これらの応答特性と燃費変動との相関関係を確認した。以上により、実運航データに基づく主機動特性の評価が可能であることを示し、エンジンデジタルツイン及び Hybrid-CMV モデルの高度化に資する基礎的知見を得た。その結果、過給機応答の周波数帯域別スペクトルエネルギー分布と出力に依存した基準燃費特性からの偏差として定義した比燃料消費率変化との関係を明らかにした(図Ⅰ. 2. (4). ②. 14)。



(a) データ分析フロー



(b)エネルギー割合の密度分布

図Ⅰ. 2. (4). ②. 14 就航船の測定データの分析フローと過給機応答の周波数帯域別スペクトルエネルギー分布と比燃料消費率変化との関係
（過給機応答の支配的な周波数成分が低周波数帯域から中周波数帯域へ移行するにつれて SFOC Diff の増加が見られ、燃料消費が悪化していることが観察される。
また、高周波数成分の寄与も燃料消費率の変化に影響を与えていることが示唆される。）

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載等論文：1 編

・Shinnosuke Wanaka, Kazuo Hiekata, Tomohito Takeuchi, Masanobu Taniguchi: Model-based assessment of marine fuel GHG intensity regulation with flexible compliance mechanism, Transportation Research Part D Transport and Environment, Vol. 150, 105102, (2026).

□査読付き国際会議論文：0 編

□和文査読付き論文：2 編

・和田祐次郎，鎌田拓実，渡邊大介，五十嵐祐介，濱田邦裕: 商用船舶動静データの品質評価と特徴分析，日本船舶海洋工学会論文集，第 41 巻, pp. 87-96, (2025).

・松倉洋史: 超巨大地震のプル型輸送期以降を想定した遺伝的アルゴリズムによる不定期船配船計画作成、日本船舶海洋工学会論文集，第 42 巻, pp. 81-99, (2025).

□各種表彰の受賞：2 件

・Yujiro Wada, Soma Hirano, Kunihiro Hamada: A System Dynamics Model for Container Ship Demand Forecasting, Best Paper Award of 11th Pan Asian Association of Maritime Engineering Societies (PAAMES) Forum/Advanced Maritime Engineering Conference (AMEC) (2025/12/12 受賞).

・中山恵介，荒谷太郎，間島隆博: 高知県におけるシミュレータを用いた傷病者の輸送計画に関する検討，土木学会 令和 6 年度土木学会賞論文賞 (2025/6/13 受賞).

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：1 件

・データ駆動型エンジン部品劣化監視システム

□その他

◆国際活動：6 件

・和田祐次郎: IMO の審議対応（ISWG- GHG 19, IMO ISWG- APEE 1, IMO MEPC 83, IMO MEPC/ES.2, IMO ISWG- GHG 20）: 5 件

・和田祐次郎: IMO NET ZERO Framework に係るシミュレーションを実施し，データ分析結果を提供: 1件

◆その他の全文査読付き論文等：6 件

・Balqis Shintarahayu, Takara Maruoka, Naokazu Taniguchi, Yujiro Wada, Kunihiro Hamada: Long-Term Vessel Distribution Forecasting in East and Southeast Asia: A Case Study on Capsize Bulk Carriers, Proceedings of The 38th Asian-Pacific Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures, (2025).

・Samer Hassan Okasha,Yujiro Wada, Hegazy Zaher, Ryuichi Shibasaki: Predicting crude oil and bunker prices using deep neural network and dimensionality reduction, Proceedings of International Association of Maritime Economists (IAME) 2025 Conference, (2025).

・Yota Sasada, Yujiro Wada, Ryuichi Shibasaki: Short-term forecasting of dry bulk cargo throughput using automatic identification system data and machine learning, Proceedings of International Association of Maritime Economists (IAME) 2025 Conference, (2025).

・Taro Aratani, Tomoya Kawasaki, Takuma Matsuda: Utilization of Maritime Transport and Ports Following the 2024 Noto Peninsula Earthquake in Japan, Proceedings of International Association of Maritime Economists (IAME) 2025 Conference, (2025).

・Kentaro Kan, Taro Aaratani, Tomoya Kawasaki, Naoyuki Tomari, Keisuke Yoshioka, Tomoyuki Todoroki: Utilization Trends of Container Ports in Japan in Terms of Hinterlands and Prefectures, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.16, (2026).

・Yasushi Kitagawa, Yoshiaki Tsukada, Oleksiy Bondarenko: A Study on Maneuverability of a Ship Equipped with CFRP Propeller by Means of Simulation Model Including Engine Dynamics, Proceedings of 16th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures (PRADS 2025), (2025).

◆その他発表論文：16 編

・和田祐次郎: （研究者の論点 日本海運経済学会）AIを用いた海運市況予測―短期予測の精度を検証，日本海事新聞, 2025 年 6 月 25 日付, (2025).

・和田祐次郎，平野想真，松田琢磨，濱田邦裕，システムダイナミクスによるコンテナ船需要予測モデルの構築とシミュレーション分析，日本船舶海洋工学会講演論文集 41, (2025).

・Yujiro Wada, Soma Hirano, Kunihiro Hamada, A System Dynamics Model for Container Ship Demand Forecasting, Proceedings of 11th PAAMES and AMEC 2025, (2025).

・笹田陽太，和田祐次郎，柴崎隆一: AIS データを用いた多変数 LSTM に基づく石炭の港湾取扱量の予

測，第 42 回日本物流学会全国大会研究報告集，(2025).

・前田航汰，迫田知宙，谷口直和，和田祐次郎，堀浩太，五十嵐祐介，濱田邦裕: Transformer モデルを用いた海運市況予測に関する研究 —Patch & Inverted Transformer の提案—，日本船舶海洋工学会講演論文集，第 41 号，(2025).

・新谷仰，佐藤 悠太，入鹿颯太，和田祐次郎，谷口直和，濱田邦裕: 配船シミュレータと船舶需要予測用 SD モデルを用いた 国際海運の GHG 排出削減政策が海事産業に及ぼす影響の分析，日本船舶海洋工学会講演論文集，第 41 号，(2025).

・小坂浩之: AI と統計データの融合による国際貨物流動推計の高度化，第 25 回海上技術安全研究所研究発表会，(2025).

・小坂浩之: 将来的な代替燃料の活用を視野に入れた内航船のコンセプトデザイン，第 25 回海上技術安全研究所講演会，(2026).

・Taro Aratani, Takahiro Majima: Simulation Analysis of Optimal Hospital Ship Placement Strategies During Large-Scale Disasters, The 16th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies (EASTS) in Surakarta Indonesia, (2025).

・荒谷太郎，間島隆博: 災害時の物資輸送における疑似量子コンピューティングの活用について，Q-STAR クオンタムシティ推進部会，(2026).

・荒谷太郎: 空港・港湾の被災状況と災害時の活用事例（港湾），令和7年度第4回グローバルセキュリティセンターセミナー，(2026).

・荒谷太郎，間島隆博，中山恵介: 傷病者輸送シミュレータを用いた災害時輸送計画の検討，土木学会土木計画学研究・講演集，第 72 巻，(2025).

・管健太朗，荒谷太郎，川﨑智也，泊尚志，吉岡慶祐，轟朝幸: HHI を用いた国内コンテナ港湾における背後圏と取扱コンテナ数の関係性に関する研究，土木学会土木計画学研究・講演集，第 71 巻，(2025).

・Hiroshi Matsukura: Tramper Allocation Planning by Genetic Algorithm for and after the Pull Type Transportation Term after a Mega-Earthquake,日本船舶海洋工学会講演論文集，第 40 号，pp.931-936, (2025).

・Bondarenko O.， Kitagawa Y.: Effect of Torque Limiter on Propulsion Engine Responses and Steady-State Operating Point Shift，日本船舶海洋工学会講演論文集，第 40 号，pp. 463-472, (2025).

・北川泰士，松井貞興，岡正義: 運航中船舶デジタルツインのためのリアルタイムシミュレーションモデルに関する一検討，第 31 回推進・運動性能研究会，(2025).

◆公開実験：0 件

3. 港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等

【中長期目標】

3. 港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等

国土交通省では、港湾・空港施設等の整備、防災及び減災対策、インフラ長寿命化に加え、近年対応が求められる、ICT技術やDXの導入による生産性向上、沿岸・海洋環境の形成に加え脱炭素社会の構築への対応のための政策を推進している。

研究所は上記政策における技術的課題への対応や関係機関への支援のため、構造物の力学的挙動等のメーカーニズムの解明や要素技術の開発など港湾・空港整備等に関する基礎的な研究開発等を実施するとともに、港湾・空港整備等における事業の実施に係る研究開発を実施する。

さらに、独創的または先進的な発想に基づき、研究所の新たな研究成果を創出する可能性を有する萌芽的研究に対しては、先見性と機動性を持って的確に対応する。

なお、研究所による基礎的な研究開発等の成果は、国土技術政策総合研究所において、技術基準の策定など政策の企画立案に関する研究等に活用されている。 このことから、研究所は引き続き国土技術政策総合研究所との密な連携を図る。

【中長期計画】

3. 港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等

中長期目標に掲げられた研究開発課題、すなわち港湾・空港施設等の防災及び減災対策、インフラ整備の長寿命化、サイバー施工技術やDXの導入による生産性向上、沿岸・海洋環境の形成に加え脱炭素社会の構築への対応における技術的課題の解決等、国土交通省が推進する政策への技術的支援に対する適切な成果を創出し、関係機関を含めた幅広い技術課題の解決を図るため、本中長期目標期間においては、次に記載する研究に重点的に取り組むこととする。なお、研究開発等にあたってはデジタル技術の活用にも積極的に取り組むこととする。

基礎的な研究開発等のうち、地震、波浪、環境、地形、地盤、計測等の基礎的な研究開発は、研究所が取り組む港湾・空港等分野のあらゆる研究の基盤であることから、これらを推進する。また、成果の実用化を目途とする実用的な研究開発等とともに港湾・空港等の整備を技術的に支援するための研究開発についても積極的に取り組む。

さらに、独創的または先進的な発想に基づき、研究所の新たな研究成果を創出する可能性を有する萌芽的研究に対しては、先見性と機動性を持って的確に対応する。これら重点的に取り組む研究開発課題以外のものであっても、本中長期目標期間の港湾空港行政を取り巻く環境変化により、喫緊の政策課題として対応すべきものがある場合には、同様に取り組むこととする。

なお、港湾・空港等分野に関する研究開発については、同分野において政策の企画立案等に関する研究を実施する国土技術政策総合研究所との一体的な協力体制を維持するとともに、研究成果の社会還元を図るため、引き続き民間との連携を推進する。

【年度計画】

3. 港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等

中長期目標に掲げられた研究開発課題、すなわち港湾・空港施設等の防災及び減災対策、インフラ整備の長寿命化、サイバー施工技術やDXの導入による生産性向上、沿岸・海洋環境の形成に加え脱炭素社会の構築への対応における技術的課題の解決等、国土交通省が推進する政策への技術的支援に対する適切な成果を創出し、関係機関を含めた幅広い技術課題の解決を図るため、本中長期目標期間においては、次に記載する研究に重点的に取り組むこととする。なお、研究開発等にあたってはデジタル技術の活用にも積極的に取り組むこととする。

基礎的な研究開発等のうち、地震、波浪、環境、地形、地盤、計測等の基礎的な研究開発は、研究所が取り組む港湾・空港等分野のあらゆる研究等の基盤であることから、これらを推進する。また、成果の実用化を目途とする実用的な研究開発等とともに港湾・空港等の整備を技術的に支援するための研究開発についても積極的に取り組む。

さらに、独創的または先進的な発想に基づき、研究所の新たな研究成果を創出する可能性を有する萌芽的研究に対しては、先見性と機動性を持って的確に対応する。これら重点的に取り組む研究開発課題以外のものであっても、本中長期目標期間中の港湾空港行政を取り巻く環境変化により、喫緊の政策課題として対応すべきものがある場合には、同様に取り組むこととする。

なお、港湾・空港等分野に関する研究開発については、同分野において政策の企画立案に関する研究を実施する国土技術政策総合研究所との一体的な協力体制を維持するとともに、研究成果の社会還元を図るため、引き続き民間との連携を推進する。

◆令和 7 年度計画における目標設定の考え方

中長期目標に示された研究開発課題の研究を的確に実施するため、社会・行政ニーズ及び重要性・緊急性を踏まえ、8 件の研究テーマを設定し、具体的に取り組むべき研究実施項目を設定した。研究実施項目の設定に当たっては、研究所の内部評価及び外部有識者による外部評価において、研究目標、研究内容、アウトプット、アウトカム、研究期間、研究体制、研究実施項目の構成などに関する検討を行っている。

このうち、基礎研究について、第 6 期科学技術・イノベーション基本計画（令和 3 年）は、「世界を主導する卓越した研究を強化し、豊かな発想の土壌となる多様な研究の場を確保するなど、我が国の基礎研究力を一層強化すべく取り組んでいかなければならない」とし、基礎研究を重視している。

これを踏まえ、中長期目標は、地震、波浪、環境、地形、地盤、計測等に関する原理・現象の解明に向けた基礎研究に積極的に取り組むことを求めており、令和 7 年度計画においても、基礎研究に積極的に取り組むこととした。

また、中長期目標、中長期計画を受けて、令和 7 年度計画においても、将来の発展の可能性があると想定される萌芽的研究への予算配分を行い、先見性と機動性をもって推進することとした。

◆令和 7 年度における取組状況

（1）基礎研究への取組

令和 7 年度も基礎研究を重視し、地震、波浪、環境、地形、地盤、計測等に関する原理・現象の解明に向けた研究を実施した。

令和 6 年度においては 41 件の研究実施項目のうち、17 項目を基礎研究として位置付けた。

また、基礎研究以外の応用研究・開発研究と位置づけた研究実施項目においても、基礎研究的な要素・成果を含む研究が存在する。

（2）特定萌芽的研究の推進

特定萌芽的研究制度は、独創的、先進的な発想に基づく萌芽期の研究であって、かつ将来の研究所の新たな研究分野を切り開く可能性を有する研究に、先行的に取り組みその推進を図ることを目的として、下記①から③の条件を満たすものを特定萌芽的研究とし、研究者から応募のあった研究課題の中から採択し、研究費を競争的に配分する制度である。

① アイデアの段階、予備的な机上の検討段階、あるいは試行的な調査や実験・計算、試作の段階など萌芽期の研究であって、将来の研究所の新たな研究分野を切り開く可能性を有する研究であること。
② 将来、研究所が他の研究機関との競争において、十分な競争力を有する可能性がある研究分野であること。
③ 独創的、先進的な研究テーマであるか、研究手法が独創的、先進的であること。

令和 7 年度は、「余震を考慮した確率論的地震ハザード解析の新たな実施手法の構築に関する研究」「コンテナターミナルの荷役機械の運用計画に関する調査」の 2 件を特定萌芽的研究として採択し、優先的に研究費を配分した。

（3）国土技術政策総合研究所との連携

国土技術政策総合研究所とは「港湾の施設の技術上の基準」、「港湾の施設の点検診断ガイドライン」等への研究成果の反映のための密な連携体制が確立されている。令和年度においても、国土技術政策総合研究所との共催により、国、民間事業者等に向けた講演会を多く開催してきており、共同で研究活動や成果を発信することにより、社会的要請を踏まえた研究ニーズ等を両研究所が効率的かつ効果的に把握し、研究活動の実施に役立っている。

更に、両研究所と各地方整備局等との間で、継続的な“技術対話”を開催し、それぞれの技術的強みを活かしながら、現場技術力の維持・向上を図るべく、連携を推進している。

重　点　分　野	(1)沿岸域における災害の軽減と復旧

研 究 テ ー マ	①地震災害の軽減や復旧に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
南海トラフ巨大地震や首都直下地震をはじめとする大規模災害の発生リスクが高まっているなか、国民の生命や財産を守るために、防災及び減災対策を通じた国土強靱化の推進が必要である。研究所は、既往の災害で顕在化した課題への対応を引き続き推進するとともに、地震災害の軽減や復旧に関する研究開発、気候変動・津波・高潮・高波による災害の軽減や復旧に関する研究開発に取り組む。	南海トラフ巨大地震や首都直下地震等の大規模地震に伴う地震・津波災害や気候変動に伴う極端気象によって生じる高潮・高波に関連した災害を軽減するとともに、迅速な復旧を図る取組が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ①地震災害の軽減や復旧に関する研究開発	南海トラフ巨大地震や首都直下地震の大規模地震に伴う地震・津波災害や気候変動に伴う極端気象によって生じる高潮・高波に関連した災害を軽減するとともに、迅速な復旧を図る取組が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ①地震災害の軽減や復旧に関する研究開発 －全国港湾の強震観測や地震動の事後推定、被害調査、迅速な被害評価・復旧支援を推進。共同防災訓練での利用可否判断支援装置の活用。 －液状化流動の影響評価手法や地盤改良技術の高度化、地震後の施設性能を直接評価する変形照査手法や簡易被害推定手法の開発、空洞探知や復旧手法の検証。等。

研　究　の　背　景

南海トラフ巨大地震や首都直下地震をはじめとする大規模災害に対して、地震後の早い段階からの所要の幹線貨物輸送機能の確保、また、復旧復興の拠点としての必要最小限の緊急物資輸送機能の早期確保が必要とされている。さらには地震・津波・高波と地盤の相互作用による沿岸災害が懸念され、その軽減が必要とされている。

研　究　目　標

最大級かつ継続時間が長い地震動に関して、地震動の予測技術、構造物の被害予測技術を確立する。さらに、既存構造物の耐震補強技術、現地被害調査における被害の評価技術や応急対策技術を開発する。また、海底地滑りによる津波現象、津波、高波、流れに対する地盤性能や対策法を解明する。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

(1)最大級の地震による波形予測と被害予測に関する研究

① 港湾地域および空港における強震観測と記録の整理解析

地震時の行政機関による対応、被災原因の究明、施設整備の際の設計地震動の設定などに資する目的で、全国 69 港湾、160 箇所をカバーする強震観測網による観測を行う。規模の大きな地震動

については関係機関と迅速に情報共有が行われた。また、「全国港湾強震観測計画」に基づき、強震計の更新等を進めた。

② 地震災害および被災要因調査

港湾・空港施設の地震被害の要因を解明し、対策工の研究開発に資する基礎資料として、地震被害事例の調査・収集を行い、整理・分析して記録する。さらに、地震直後の施設の安全性を評価し、供用可否を迅速に判断するための手法を整理する。2025 年青森県沖地震では、関係機関と連携して被害調査や復旧検討への技術支援を実施した。また、各地で防災訓練に参加し、利用可否判断支援装置(Berth Surveyor)を活用した訓練やデモを通じて技術支援・助言を行った。

③ 地震学的・地盤工学的知見に基づく地震動の事後推定技術に関する検討

大地震発生後の被害評価・分析を目的とし、地震動の事後推定技術を確立する。2024 年能登半島地震において被災が生じた能登空港の被災要因解明のために必要となる地震動情報に関して、能登空港に臨時の強震計を設置して余震観測を実施し(2024 年 6 月～2025 年 3 月)、そのデータを用いて能登空港における再現地震動を設定した。

④ 液状化流動が沿岸・海洋構造物等にもたらす影響評価手法の開発

液状化流動が沿岸・海洋構造物に及ぼす影響の評価手法を開発・実証する。人工排水材や CPG 工法の改良により、ボイリング被害の抑制や地盤改良効果を大幅に向上させる新たな施工技術を開発する。

(2)最大級の地震に対する被害軽減技術に関する研究

① 地震動作用後を対象とした沿岸域施設の変形予測手法の検討

地震後の施設性能を直接評価する変形照査手法の確立を目的に、係留施設と船舶の相互作用や空港施設への影響を分析する。能登空港地震被害を定量評価する解析手法を提案、被災要因を解明する。

② 地震による係留施設損傷過程の可視化とそれに基づく簡易被害推定方法の開発

巨大地震に備え、係留施設の損傷過程を把握し迅速な被害推定を可能とする手法の開発を目的とし、液状化過程の解明と簡易被害推定法の構築を進める。応力発光粒子を用いた実験により、応力場とひずみ場を高精度に可視化・定量化し、粒子単位の力の評価手法を開発する。

(3)地震・津波・高潮・高波と地盤ダイナミクスの相互作用に関する研究

① 地震・高潮・高波による吸い出し・陥没等予知と維持管理技術の開発

開発した地中レーダーによる空洞の早期探知手法の有効性を検証する。二層フィルター復旧手法の適用性を各種条件下で検証する。気候変動に伴う波高増大を踏まえた海底土質に応じた波による液状化危険度を分析する。

令　和　7　年　度　の　研　究　成　果

(1)最大級の地震による波形予測と被害予測に関する研究

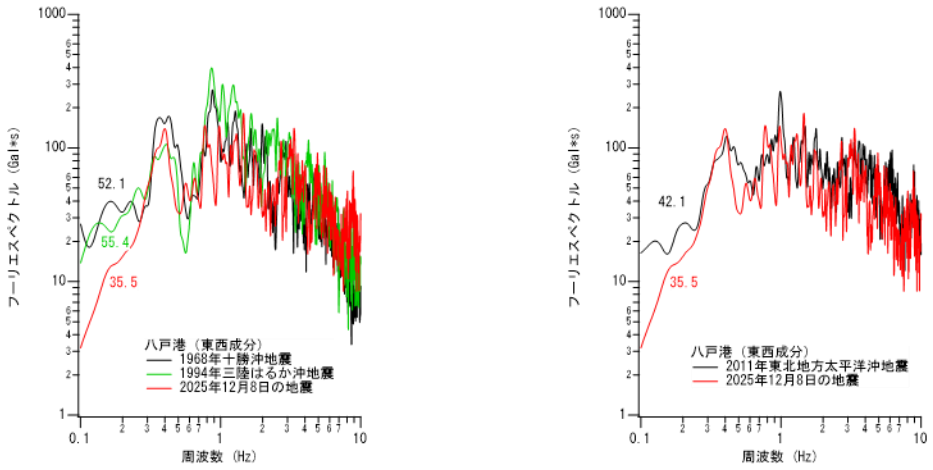
① 港湾地域および空港における強震観測と記録の整理解析

令和 7 年 1 月～12 月の期間内に、全国で 2,507 個の強震記録が取得された。

最大加速度が最も大きかった記録は 12 月 8 日青森県東方沖地震(M7.5)による八戸港(八戸-O)の EW 方向の記録(最大加速度 283Gal)。即時に速度 PSI 値やフーリエスペクトルの過去地震等との比較を行い、2011 年東北地方太平洋沖地震の際と同等の地震動であり被害発生の可能性があることを本省、東北地整と即時に情報共有した。現地被害調査における参考情報や被災要因解明等にお

いても活用された。(図Ⅰ.3.(1).①.1)

このほか、本省や地方整備局と連携し、観測の長期的な方向性についてとりまとめた「全国港湾強震観測計画」(2018 年 3 月)に従って順次強震計の更新等実施した。



図Ⅰ.3.(1).①.1　2025 年 12 月 8 日の青森県東方沖地震による八戸港地表での地震動のフーリエスペクトルの過去地震動との比較(数字は速度 PSI 値)

左図:1968 年十勝沖地震, 1994 年三陸はるか沖地震との比較

右図:2011 年東北地方太平洋沖地震との比較(数字は速度 PSI 値)

観測された地震動時刻歴波形から即時に速度 PSI 値やフーリエスペクトルを算出して過去地震と比較。

② 地震災害および被災要因調査

2025 年青森県沖地震において国総研、本省、東北地整と連携して地震被害調査を実施。東北地整の八戸港復旧検討会に参画して被災要因解明、復旧方針検討について技術的支援を実施した。

内閣府 BRIDGE「港湾施設の被災状況把握・利用可否判断の迅速化」を実施した。Cyber Port 防災情報サブシステムとの連携においては、BRIDGE で開発中の利用可否にかかわる情報収集表示システムと防災情報サブシステムでの相互の連携情報について整理した。

中部地整(R7.7.18)、九州地整(R7.11.27)、横須賀市(R7.12.16)と共同防災訓練を行い、技術支援実施。例えば、これまでに開発した港湾施設の利用可否判断支援装置(Berth Surveyor)を九州地整が活用して利用可否判断訓練を実施し、港空研が遠隔から利用可否判断に係わる助言等を行った。横須賀市における「港と船を活用した物資運搬等訓練」にも参画し、Berth Surveyor のデモンストレーションを行って係留施設利用可否判断について支援した。(図Ⅰ.3.(1).①.2.a)。

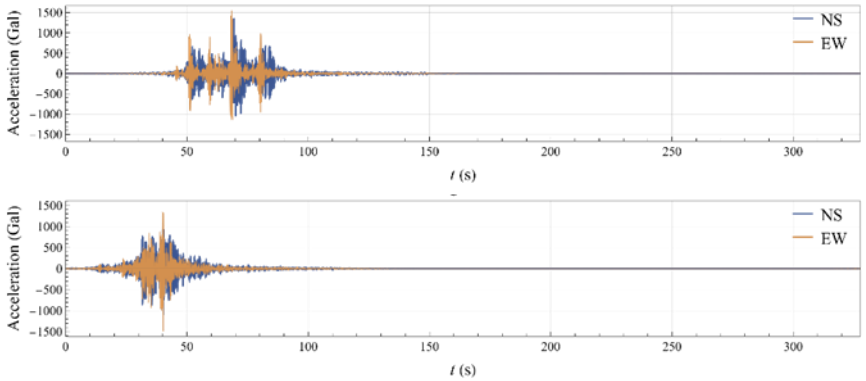
訓練でのBerth Surveyor活用（九州地整）　横須賀市訓練でのBerth Surveyorデモ（tvkニュース）

図Ⅰ.3.(1).①.2　防災訓練における Berth Surveyor 活用

③ 地震学的・地盤工学的知見に基づく地震動の事後推定技術に関する検討

2024 年 1 月 1 日能登半島地方の地震(M7.6)についてこれまでに算定した輪島港、飯田港、七尾港等でサイト特性および再現地震動の他に、能登空港での余震観測を実施して評価した能登空港の

サイト特性が反映された能登空港の再現地震動を評価し、最大加速度が 1500Gal に達するような大きな地震動が生じていたことが想定された。作成された能登空港における再現地震動は港空研で実施した能登空港の被災要因解明において活用された。

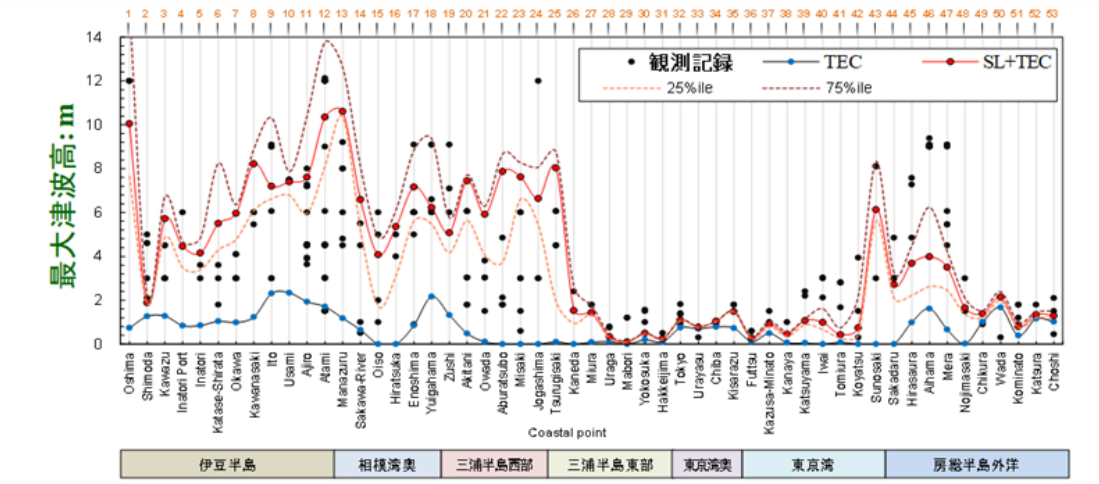


図Ⅰ.3.(1).①.3　2024 年能登半島地震での能登空港の工学的基盤面における再現地震動
（2E 波）
震源特性の違いにより上図と下図で波形が異なる

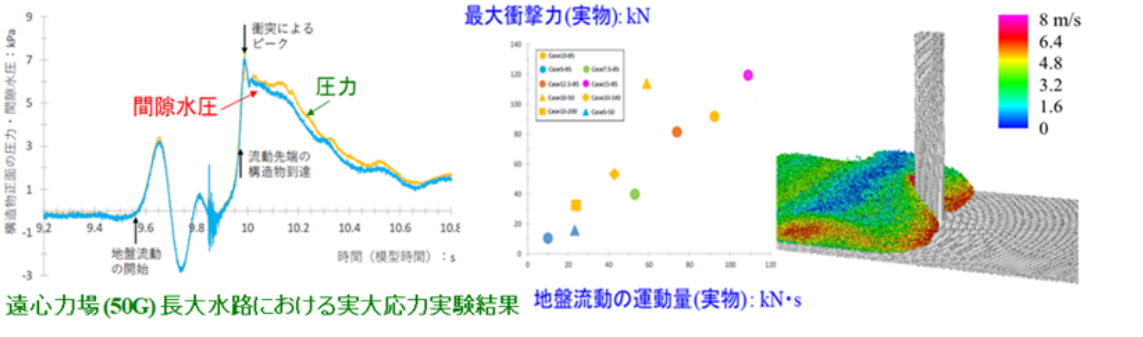
④ 液状化流動が沿岸・海洋構造物等にもたらす影響評価手法の開発

沿岸・海洋構造物等に液状化流動がもたらすインパクト・挙動の影響評価手法を開発・提示、体系的解明とその影響評価手法を世界に先駆けて開発・提示，有効性を包括的に実証した。1923 年関東地震津波の評価において、実測結果と比較して、液状化流動ダイナミクスを考慮したモデル（SL+TEC）は、従来の地震断層モデル（TEC）よりも精度を大きく向上できることを確認し、海底液状化土砂流動ダイナミクスが 3 半島にまたがり観測された最大津波高分布を整合的に説明するうえで本質的かつ重要な役割を果たしていることを解明した。液状化流動、海底地すべり・液状化地盤流動による海底構造物へのインパクト評価においては、液状化土密度に相当する高密度流体として特性化しうることを実験および解析により解明した。これらについて世界トップジャーナルに数多く公表した。港湾の施設の技術基準・同解説改訂に全面的に反映した。日本学術会議公開国際シンポジウム開会講演，国際学術会議・国連防災機関共催世界会議代表講演，UNESCO Chairs Programme−複合災害減災国際会議基調講演等を通じて世界をリードする知見・成果の普及・展開した。（図Ⅰ.3.(1).①.4、図Ⅰ.3.(1).①.5）

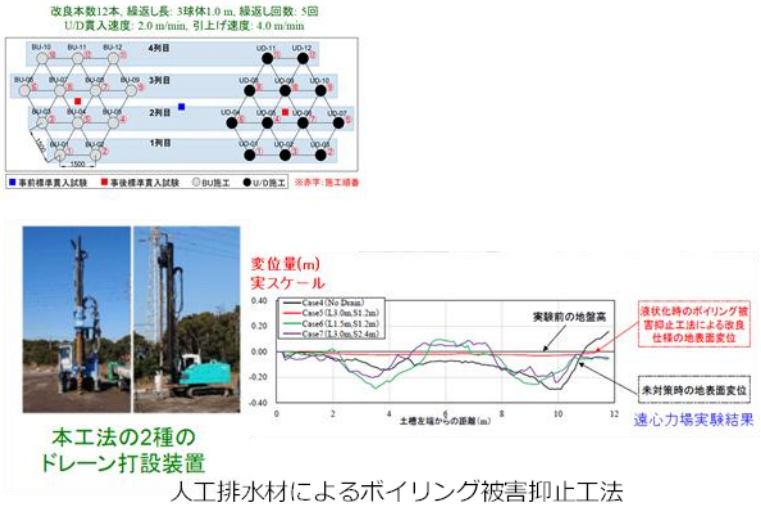
液状化対策としての新たな CPG 工法（静的圧入締固工法）のアップダウン施工法（U/D 施工）を開発し、現場実験により細粒分混じり地盤でも従来の BU 施工と比較して U/D 施工において約 7 割の隆起量抑制と約 2 倍の N 値増加が得られる効果を確認した。人工排水材を用いた地震時のボイリング被害抑止工法を開発し、遠心力場実験により効果的に地表面沈下が抑制されることを確認した。（図Ⅰ.3.(1).①.6）



図Ⅰ.3.(1).①.4　液状化流動ダイナミクスを考慮した 1923 年関東地震津波評価と実測結果



図Ⅰ.3.(1).①.5　液状化流動、海底地すべり･液状化地盤流動による
海底構造物へのインパクト評価の実験と解析



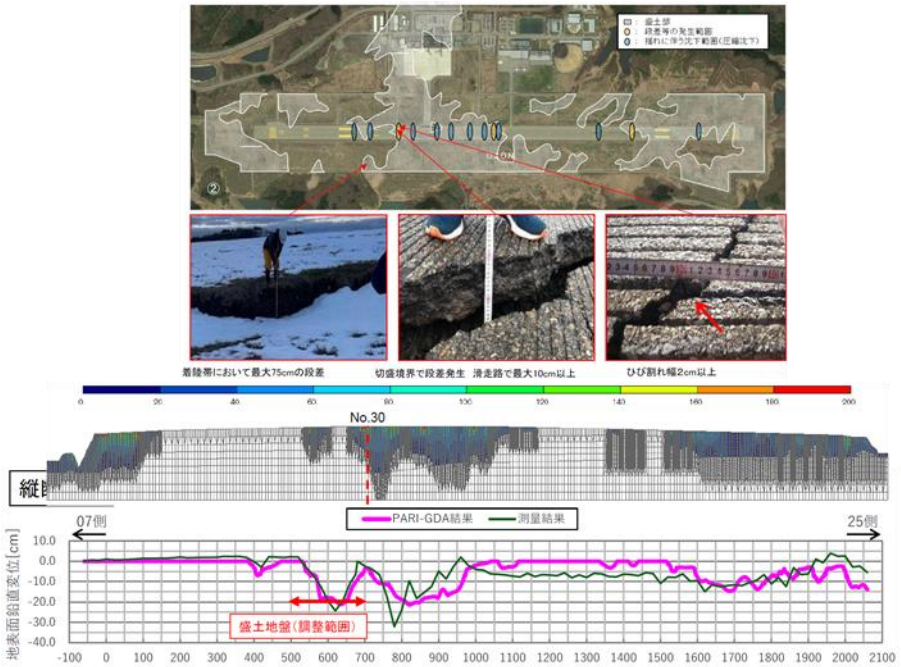
図Ⅰ.3.(1).①.6　開発した CPG 工法（静的圧入締固工法）のアップダウン施工法
（U/D 施工法）（左図）とボイリング抑止工法（右図）

（2）最大級の地震に対する被害軽減技術に関する研究

①　地震動作用後を対象とした沿岸域施設の変形予測手法の検討

2024 年能登半島地震においては能登空港において沈下被害が生じ、被害調査と空港用地施工図等比較により、基本施設の盛土部において沈下が生じたことが確認された。その被害メーカーニズム

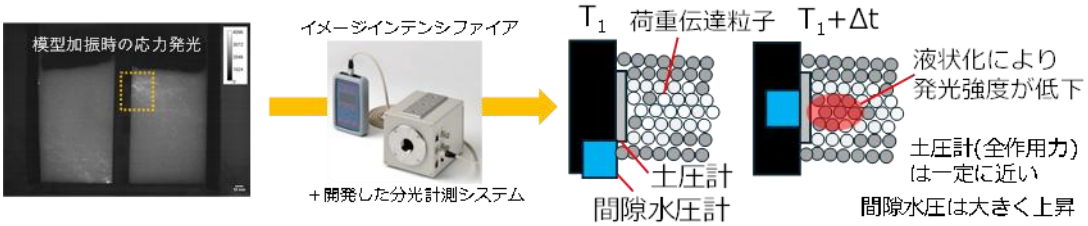
の解明においては、空港基本施設被害を定量的に評価できる解析手法（PARI-GDA）を提案し、能登空港での 2024 年能登半島地震での再現地震動を用い、能登空港での盛土変状について解析（地震応答解析、盛土変形解析）を行って盛土部で沈下が大きい実被害の傾向を再現した。解析結果の詳細分析により、沈下被害において盛土地盤体積収縮の影響が大きいことを明らかにした。この手法は航空局における全国盛土空港耐震性評価・対策の検討に反映されることが予定されている。（図Ⅰ.3.(1).①.7）



図Ⅰ.3.(1).①.7 2024 年能登半島地震での能登空港基本施設の被害メーカーニズムの検討
上図：能登空港での被害状況
下図：数値解析による変位量分布、
滑走路地表面沈下量実測値と解析結果との比較

② 地震による係留施設損傷過程の可視化とそれに基づく簡易被害推定方法の開発

令和 7 年度は応力場計測の高分解能化として、応力発光粒子を用いた液状化過程の可視化実験を実施し、粒子間作用力（応力場）・粒子単位の変位（ひずみ場）の両面から定量的に観察を行い、粒子単位の圧縮力，せん断力を算出する解析方法を整理した。（図Ⅰ.3.(1).①.8）



図Ⅰ.3.(1).①.8 応力発光粒子を用いた液状化に至る瞬間の可視化する実験

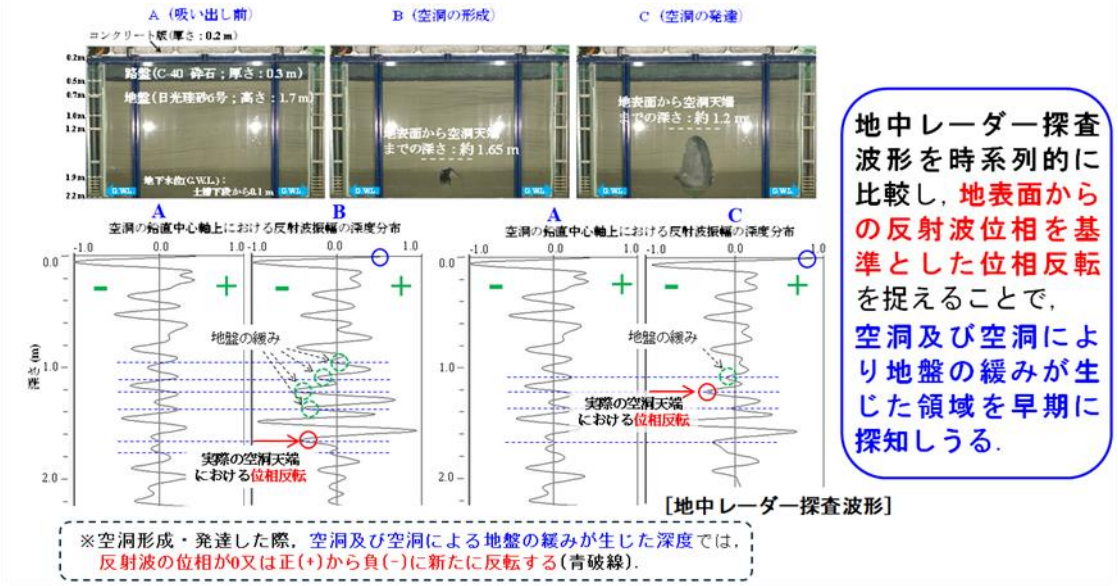
（3）地震・津波・高潮・高波と地盤ダイナミクスの相互作用に関する研究

① 地震・高潮・高波による吸い出し・陥没等予知と維持管理技術の開発

これまでに開発した地中レーダーによる空洞発達の早期探知手法について、通常の裏埋め砂とともに貝殻・サンゴ礫混じりの海砂に対しても、有効に空洞天端および空洞により地盤の緩みが生じた領域を早期に探知・同定しうることを明らかにした。（図Ⅰ.3.(1).①.9）

これまでに構築した二層フィルターによる復旧手法について，通常砕石とともに岩ズリをフィルター材として用いた際の各種外力環境下の適用性・有効性を通常の裏埋め砂と海砂双方に対して実証した。

気候変動に伴う波高増大による日本周辺の波による液状化危険度の変化について系統的に分析し、海底土質の違いに対応した、現実的な高波作用下で液状化しうる水深域を明らかにした。



図Ⅰ.3.(1).①.9 空洞形成と地中レーダー探査波形

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文：6 編［2025.4.1～2025.12.31］

・Atsushi Nozu: Generation Mechanism of Vnon, the Apparent Residual Vertical Velocity in Strong Motion Records, Journal of Japan Association for Earthquake Engineering, Vol. 25, No. 13, 2025

・Noriki Sugahara, Atsushi Nozu, Nobuoto Nojima, Yusuke Fukunaga, Yosuke Nagasaka, Hiroki Eguchi (2025): A Physics-Based Study on the Correlation Between Fourier Amplitude Spectra and Deformations of a Caisson-Type Quay Wall: To Illustrate the Utility of PSHA Based on Fourier Spectra for Assigning Seismic Actions for Geotechnical Structures, Seismological Research Letters

・佐々真志 Global Promotion of Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk: Three Years on P-LRT、Progress in Landslide Research and Technology、2025

・佐々真志、佐藤啓明、安川総一郎：The ICL-UNESCO new initiative for global promotion of understanding and reducing landslide disaster risk、Landslides、2025

・佐々真志，成瀬元，David Tappin：Recent Advances in Understanding and Reducing Multi-Geohazard Risks: Liquefaction, Coastal and Submarine Landslides, Turbidity Currents, and Tsunamis、Progress in Landslide Research and Technology、2025

・佐藤啓明，安川総一郎，佐々真志：Bridging Science and Practice: A Categorized Keyword Mapping of Landslide Research and Technology、Progress in Landslide Research and Technology、2025

□査読付き国際会議論文：8 編［2025.4.1～2025.12.31］

・工代健太，佐々真志，　梁順普，和田優希：Deterrent Effect of Two-layer Filer using Rock Debris against Coastal Internal Erosion of Sea Sands under Various Hydrodynamic Forcing、Proceedings of the 12th International Conference on Scour and Erosion (ICSE-12)、2025

・梁順普，佐々真志，工代健太,和田優希：Prototype-Scale Experiments on the Processes and Detection of Coastal Internal Erosion, Cavity Formation and Collapse beneath Asphalt Pavement、Proceedings of

the 12th International Conference on Scour and Erosion (ICSE-12) 、2025
・宮本順司, 佐々真志: Projected Increase in Wave-induced Liquefaction Risks under Climate Change-induced Severer Wave Conditions、Proceedings of the 12th International Conference on Scour and Erosion (ICSE-12) 、2025
・石坂修, 佐々真志:Sassa A Preventive Maintenance and Recurrence Prevention Measure Against Coastal Internal Erosion and Collapse through Caisson Joint Wave Reduction 、Proceedings of the 12th International Conference on Scour and Erosion (ICSE-12) 、2025
・渡部要一, 福島健太, 椋木俊文, 佐々真志: Observation of suffusion in pumice sand with non-plastic fines by X-ray CT scanner、Proceedings of the 12th International Conference on Scour and Erosion (ICSE-12) 、2025
・牧野凌弥, 宮本順司, 佐々真志, 辻本剛三:Centrifuge experiments on submarine gravity flow of liquefied sand and its impact on structures、Proceedings of the 12th International Conference on Scour and Erosion (ICSE-12) 、2025
・佐々真志:Large-scale Mass Movements and their Consequences: Landslides and Tsunamis、Proceedings of the 12th International Conference on Scour and Erosion (ICSE-12) 、Keynote Paper、2025
・Yusuke Fukunaga, Naoki Sumioka, Yu Otake, Noriki Sugahara, Masafumi Miyata (2025): PROPOSAL FOR AIC IN A REDUCED-ORDER MODEL BASED ON PROPER ORTHOGONAL DECOMPOSITION, Proc. of the 9th International Symposium for Geotechnical Safety and Risk (ISGSR)

□和文査読付き論文:12 編
・工代健太, 佐々真志, 梁順普, 和田優希:護岸裏込法面上の吸い出し・空洞形成・陥没過程と二層フィルターによる復旧手法の研究、土木学会論文集:2025
・梁順普, 佐々真志, 工代健太,和田優希:臨海部の舗装直下地盤の地中レーダーによる空洞早期探知手法の研究、土木学会論文集:2025
・工代健太, 佐々真志, 梁順普, 和田優希:港湾・臨海域の液状化予測判定における細粒分混じり地盤の現地 N 値補正法の高度化と検証、土木学会論文集:2025
・田代聡一, 浅田英幸, 上野一彦, 片平遥平, 佐々真志:人工排水材を用いたボイリング被害抑止工法の有効応力解析と設計フローについて、土木学会論文集:2025
・髙田美音マリノ,佐々真志, 竹之内寛至, 小堀諒士, 岩城徹也, 大野喜代孝, 金子誓:新たな CPG 工法の低炭素化施工に向けた等価改良率の実験的検証、土木学会論文集:2025
・牧野凌弥, 宮本順司, 佐々真志, 辻本剛三:海底敷設構造物への地盤流動の作用に関する実大応力実験、土木学会論文集:2025
・大矢陽介, 野津厚, 小濱英司, 竹信正寛, 長坂陽介:2022 年 3 月 16 日福島県沖の地震による矢板式係船岸の矢板変形パターンに関する検討, 日本地震工学会論文集, Vol. 25, No.5, pp.106-115, 2025.
・渡部要一, 大矢陽介, 長坂陽介, 千葉明裕:能登半島地震による港湾・漁港・空港施設の被害概要, 地盤工学会災害調査論文報告集(印刷中)
・塩崎禎郎, 水谷崇亮, 野津厚, 大矢陽介, 松村聡, 嘉數浩靖, 國里立紀, 村田誠:桟橋用鋼管杭のレベル 2 地震照査時の限界曲率超えの制限値について, 土木学会論文集, Vol.81, No.18, 25-18137, 2025.
・藤曲広起, 仙頭紀明, 大矢陽介:繰返しせん断に伴う礫質土の沈下に及ぼす載荷周波数の影響, 土木学会論文集, Vol.81, No.18, 25-18111, 2025.
・佐伯嘉隆, 大矢陽介, 佐藤成:空港基本施設を対象とした地下構造物周りの液状化対策範囲の評価, 土木学会論文集, Vol.81, No.18, 25-18182, 2025.
・菅原法城, 野津厚, 能島暢呂, 福永勇介, 長坂陽介: 強震動予測結果の位相波選択に起因する変動と港湾構造物への影響の評価, 土木学会論文集, 第 50 回 海洋開発シンポジウム、2025

□各種表彰の受賞:0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：1 件

・プログラム登録：体積収縮を考慮した地盤変形解析プログラム（PARI－GDA）の登録

□その他

◆港湾空港技術研究所報告・港湾空港技術研究所資料：2 編

・佐々 真志・上野 一彦・浅田 英幸・グエン ビン・田代 聡一・片山 遥平・赤金 秀孝・山内 義文：人工排水材を用いたボイリング被害抑止工法の開発、港空研報告、64-4-1 2025 年 12 月

・長坂陽介，野津厚，福永勇介: 港湾地域強震観測年報（2022），港空研資料, No.1430, 2025 年 9 月

◆社会実装（現場や基準等に反映された研究成果等）：10 件

・目地透過波低減法の実用化: 横浜港新本牧地区

・目地透過波低減法の実用化: 飯田港

・目地透過波低減法の実用化: 新潟港

・目地透過波低減法の実用化: 輪島港

・目地透過波低減法の実用化: 那珂湊港

・フィルター層の実用化: 横浜港新本牧地区（R7：事業設計、R8：施工予定）

・国総研・中部地整との利用可否判断の現地訓練を実施。

・国総研・九州地整との利用可否判断の現地訓練を実施。Berth Surveyor を活用した訓練（九州地整が Berth Surveyor を操作して利用可否判断実施）。

・国総研・横須賀市との利用可否判断の現地訓練を実施。Berth Surveyor デモンストレーション。

・全国盛土空港の耐震性検討業務における研究成果の利用

◆学会発表、講演等：37 件

・宮本順司，佐々真志：波浪による海底地盤の液状化リスク評価と今後の気候変動に伴う危険度の変化、土木学会 第 80 回年次学術講演会、2025

・工代健太，佐々真志， 梁順普，和田優希：護岸裏込法面上の吸い出しによる空洞陥没の二層フィルターによる復旧手法の研究、土木学会 第 80 回年次学術講演会、2025

・梁順普，佐々真志，工代健太,和田優希：臨海部コンクリ―ト舗装直下地盤の地中レーダーによる空洞早期探知手法の研究、第60回地盤工学研究発表会、地盤工学会、2025

・工代健太，佐々真志， 梁順普，和田優希：臨海部の液状化予測判定における細粒分混じり地盤の現地 N 値補正法の高度化、第60回地盤工学研究発表会、地盤工学会、2025

・清家弘治，佐々真志：海底堆積物の液状化が底生生物におよぼす影響、2025 年日本堆積学会、2025

・清家弘治，佐々真志海底液状化が底生生物に及ぼす影響：水槽振動台実験からのアプローチ、2025 年日本ベントス学会・日本プランクトン学会 合同大会、2025

・高田美音マリノ，佐々真志，小堀諒士,高田圭太，野口晋平：新たな CPG 工法の適用範囲拡大と効率化に向けて－隆起・側方変位抑制効果－、第60回地盤工学研究発表会、地盤工学会、2025

・大野喜代孝，佐々真志，小堀諒士,竹之内寛至，岩城徹也：新たな CPG 工法の適用範囲拡大と効率化に向けて－繰返し回数・相対密度・K0 値－、第60回地盤工学研究発表会、地盤工学会、2025

・岩城徹也，佐々真志，小堀諒士，高田美音マリノ，野口晋平，金子誓：新たな CPG 工法の適用範囲拡大と効率化に向けて－液状化強度と等価改良率の検証－、第60回地盤工学研究発表会、地盤工学会、2025

・川村喜一郎，野村英雄，金指勝，八代修，黒武者貴幸，宮本順司，大久保泰邦，佐々真志：海底地質リスクとその動向、第60回地盤工学研究発表会、地盤工学会、2025

・牧野凌弥，宮本順司，佐々真志：水中地盤流動の構造物への作用過程に関する遠心模型実験、第60回地盤工学研究発表会、地盤工学会、2025

・竹之内寛至，佐々真志，小堀諒士,高田圭太，大野喜代孝：CPG 工法の低炭素化施工と経済的・効果的な設計法に向けて－全体概要－、土木学会 第 80 回年次学術講演会、2025
・小堀諒士,佐々真志，高田美音マリノ，岩城徹也，野口晋平：CPG 工法の低炭素化施工と経済的・効果的な設計法に向けて－隆起・側方変位抑制と相対密度・K0 値－、土木学会 第 80 回年次学術講演会、2025
・野口晋平，佐々真志，小堀諒士，竹之内寛至，高田圭太，金子誓：CPG 工法の低炭素化施工と経済的・効果的な設計法に向けて－セメント種類の影響と等価改良率－、土木学会 第 80 回年次学術講演会、2025
・渡部要一，大矢陽介，千葉明裕：港湾施設の被災状況，地盤工学会誌，vol.73，No.1，pp.23-26，2025.
・大矢陽介：地震時の港湾の利用可否判断－能登半島地震における事例と施設の変位評価－，建設資料，No.196，pp.15-19，2025.
・大矢陽介：港湾施設の利用可否判断を支える解析技術・計測技術，明日を築く，pp.2-3，2025.
・岡田真聡，大矢陽介，近藤明彦，毛利惇士：地震被害を受けた能登空港高盛土の変状調査と地震応答解析，日本地震工学会第 19 回第 19 回年次大会梗概集，2025.
・大矢陽介：輪島港みなとカメラの映像を用いた令和6年能登半島地震における護岸の変位評価の試み，日本地震工学会第 19 回第 19 回年次大会梗概集，2025.
・渡部要一，大矢陽介，長坂陽介：第7章 港湾施設の被害，地震被害調査シリーズ No.5 2024 年能登半島地震 被害調査報告書，2025.
・一井康二，大矢陽介：被災事例・実験を対象とした護岸構造物の非線形地震応答解析，基礎工，Vol.53，No.3，pp.85-88，2025.
・塩崎禎郎，水谷崇亮，野津厚，大矢陽介，松村聡，嘉數浩靖，國里立紀，村田誠：桟橋用鋼管杭のレベル 2 地震照査時の限界曲率超えの制限値について，土木学会第 50 回海洋開発シンポジウム，No.3-04，2025.
・藤曲広起，仙頭紀明，大矢陽介：繰返しせん断に伴う礫質土の沈下に及ぼす載荷周波数の影響，土木学会第 50 回海洋開発シンポジウム，No.2-34，2025.
・佐伯嘉隆，大矢陽介，佐藤成：空港基本施設を対象とした地下構造物周りの液状化対策範囲の評価，土木学会第 50 回海洋開発シンポジウム，No.2-38，2025.
・上原隆宏，竹信正寛，大矢陽介，蒔苗嘉人：気候変動による海面水位の上昇に伴う岸壁の照査用震度への影響に関する検討，地盤工学会第 60 回地盤工学研究発表会講演概要集，論文番号 DS-4-03，2025.
・大矢陽介，毛利惇士，笠田龍輝，小濱英司，松村聡：令和6能登半島地震における七尾港・岸壁エプロン部等の沈下評価と繰返し三軸試験，土木学会第 80 回年次学術講演会講演概要集，第 III 部門，論文番号 III-289，2025.
・塩崎禎郎，大矢陽介，小濱英司：降伏応力 450MPa 超えの高強度鋼管杭の試作と軸力曲げ実験，土木学会第 80 回年次学術講演会講演概要集，第 III 部門，論文番号 III-271，2025.
・大矢陽介，毛利淳士：令和6年能登半島地震による能登空港の滑走路における被害と数値解析による基礎的考察，土木学会第 45 回地震工学研究発表会講演論文集，講演番号 551，5pp.，2025
・毛利惇士，大矢陽介，長坂陽介，野津厚，齋藤和寿：令和6年能登半島地震における能登空港の地震動と地震応答解析による被害検証，土木学会第 45 回地震工学研究発表会講演論文集，講演番号 553，6pp.，2025
・藤曲広起，仙頭紀明，大矢陽介：締固め度の違いが礫質土の繰返しせん断に伴う沈下に及ぼす影響，土木学会第 45 回地震工学研究発表会講演論文集，講演番号 485，5pp.，2025
・毛利淳士，大矢陽介，小濱英司：係留系の剛性の違いに着目した桟橋と係留船舶の模型振動実験，日本地震工学会第 19 回第 19 回年次大会梗概集，2025.
・菅原法城，野津厚，江口拓生，山田雅行，福永勇介，長坂陽介，能島暢呂，竹信正寛，上原隆宏(2025): フーリエスペクトルを用いた確率論的地震ハザード解析に基づく部分安全係数算出法に関す

る一考察，第 28 回応用力学シンポジウム
・菅原法城，野津厚，福永勇介，長坂陽介（2025）：位相の設定法が設計パラメータに及ぼす影響に関する一考察～フーリエスペクトルを用いた確率論的地震ハザード解析への適用に向けた検討～，2025 年度 建築学会大会
・菅原法城，野津厚，能島暢呂，福永勇介，長坂陽介（2025）：フーリエスペクトルを用いた PSHA で算出
する設計入力地震動の位相の設定法に関する一考察，第 45 回地震工学研究発表
・菅原法城，野津厚，能島暢呂，福永勇介，長坂陽介（2025）：フーリエスペクトルを用いた PSHA への適
用を想定したプレート境界型巨大地震に付随する余震震源の空間分布の評価，日本地震学会 2025 年度秋季大会
・菅原法城，野津厚，能島暢呂，福永勇介，長坂陽介（2025）：プレート境界型巨大地震が誘発する余震の震源分布の評価、～フーリエスペクトルに基づく PSHA への適用を想定した検討～，日本地震工学会・大会-2025″
・毛利惇士，大矢陽介，長坂陽介，野津厚，齋藤和寿（2025）：令和 6 年能登半島地震における能登空港の地震動と地震応答解析による被害検証，2025 年地震工学研究発表会

◆その他の国際連携活動（研究協力協定締結以外の国際活動）：6 件
・国際航路協会 PIANC Marcom WG 225 において強震観測記録の耐震設計への活用方策について議論
・洋上風車関連の国際機関との研究連携
・アメリカ・ヨーロッパ・アジア・オセアニア横断の国際地盤工学会技術委員会委員長として，地球表層の洗掘・侵食「Scour and Erosion」の世界 80 か国 1600 人以上で構成される委員会ネットワークにおいて世界的なリーダーシップを発揮している。
・国際洗掘侵食会議（ICSE-12，中国重慶)のオープニング基調講演において、洗掘・侵食の機構と対策の先端知見について、波―地盤―構造物相互作用，波・潮汐・浸透流・地震・越波・降雨下の吸い出し・陥没抑止の機構と有効な対策等について、世界的な啓蒙・普及を行っている。
・洋上風力への沿岸・海底ジオハザード影響評価に関するアジア太平洋・欧・米連携体制（25 か国）を構築し，当該国際活動に世界的なリーダーシップを発揮している.
・UNESCO-Chairs Programme 複合災害減災国際会議基調講演，ユネスコ斜面防災世界会議パネリスト代表講演，東･東南アジア地球科学計画調整委員会(CCOP）第 61 回会議の基調講演等を通じて，世界をリードする知見・成果の普及・展開活動を行った。

重　点　分　野	(1)沿岸域における災害の軽減と復旧

研 究 テ ー マ	②津波・高潮・高波災害の軽減や復旧に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
南海トラフ巨大地震や首都直下地震をはじめとする大規模災害の発生リスクが高まっているなか、国民の生命や財産を守るために、防災及び減災対策を通じた国土強靱化の推進が必要である。研究所は、既往の災害で顕在化した課題への対応を引き続き推進するとともに、地震災害の軽減や復旧に関する研究開発、気候変動・津波・高潮・高波による災害の軽減や復旧に関する研究開発に取り組む。	南海トラフ巨大地震や首都直下地震等の大規模地震に伴う地震・津波災害や気候変動に伴う極端気象によって生じる高潮・高波に関連した災害を軽減するとともに、迅速な復旧を図る取組が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ②津波・高潮・高波災害の軽減や復旧に関する研究開発	南海トラフ巨大地震や首都直下地震等の大規模地震に伴う地震・津波災害や気候変動に伴う極端気象によって生じる高潮・高波に関連した災害を軽減するとともに、迅速な復旧を図る取組が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ②津波・高潮・高波災害の軽減や復旧に関する研究開発 －随伴型データベースによる波形合成法を高潮解析へ応用する手法を開発する。また、高精度な台風気象場を迅速に生成する代理モデルの構築を開始する。 －多数の小型波浪計を面的に配置した観測と高解像度の推算によって沿岸の高波の監視と予測を行うシステムの検討を開始する。 －設計の実務への導入を念頭に、複雑な断面形状をもつ護岸に対する気候変動の影響(越波量と波力の変化)を明らかにする。また、岸壁上に設置する越波浸水対策工に作用する設計波の算定法を提案する。等

研　究　の　背　景

南海トラフ巨大地震による津波など、巨大な津波の来襲が切迫している。一方、気候変動にともなう海面上昇、高潮・高波の強大化が顕在化しはじめ、対応方針の策定が急務となっている。津波想定の見直しや、将来気候に関する予測データの更新、確率的なリスク評価に対するニーズが高まっている。さらに、ハード面からみると港内施設の大規模浸水対策や、吸い出しなど老朽化する港湾施設の修繕などの対策も急務である。近年では、DX 化やデジタルツインによる被害予測などの新技術の導入や SDGs の観点からのグリーンインフラの活用も重要視されてきており、対策工法のイノベーションが必要となっている。

研　究　目　標

本研究では、逼迫する巨大津波や気候変動による海象の激甚化に対応するため、①津波の波形と被害の予測手法や、②気候変動化の高波・高潮リスクの評価法を確立することを目標とする。

さらに、津波や気候変動に対応するためのハード・ソフト対策を実施するため、③災害対策技術のイノベー

ションを図ることを念頭に、波浪外力に対する港内施設やグリーングレイ複合インフラの最適設計手法の確立、数値波動水槽の設計実務への導入を目標とする。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

（1）津波・高潮・高波のリスク評価に関する研究

① 機動的津波高潮評価に関する研究

海域と陸域で取得された津波データに対するモデリング誤差を考慮する手法を新たに開発し、随伴型データベースを利用した津波の初期水位分布推定法を高度化する。

② 代理モデルによる高潮リスクの効率的な評価手法の開発

機械学習における敵対的生成ネットワークなどを用い、高精度な台風気象場を迅速に得るための新たな代理モデルを構築する。

③ 沿岸防災に資する高波の監視と予測に関する研究

既開発の高解像度波浪スペクトルモデルによる日本沿岸の波浪再現計算および小型 RTK-GNSS センサーを活用した小型波浪・津波計の開発を行う。

（2）港湾・海岸施設の災害対策技術に関する研究

① 海面上昇と波高増大が外郭施設に及ぼす影響に関する研究

設計外力の増大によるブロック大型化の抑制や被覆ブロックの安定性の低下、護岸嵩上げ工に作用する揚圧力、吸出し防止策や吸出し孔の早期発見手法、モノパイル周囲の洗堀対策工やグリーンインフラによる堆砂効果などについて実験的に検討する。

② 数値波動水槽と水理実験を併用した設計法の導入

水理模型実験による越波流量及び消波ブロック内部の流路の解析や、粒子法型数値波動水槽 PARISPHERE の壁面・造波モデルの改良、圧力解の時間発展高次化、及び PARISPHERE と格子法型数値波動水槽 CADMAS-SURF/3D の計算補助システムの開発を通じ、数値計算技術の設計への導入を図る。

③ 港内施設の設計波浪外力の算定法に関する研究

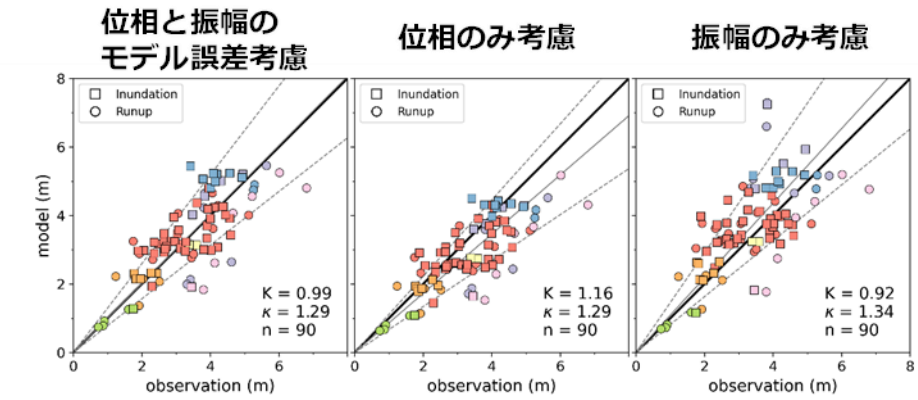
港内施設に作用する波浪外力を効率的に算定できるよう高精度波浪変形モデル NOWT-PARI による計算を高速化するとともに、越波浸水過程に関する平面水槽実験を行い NOWT-PARI による算定精度を検証する。また、岸壁上の浸水対策工に作用する波力の変化特性を明らかにするために断面水路による模型実験を実施する。

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

（1）津波・高潮・高波のリスク評価に関する研究

① 機動的津波高潮評価に関する研究

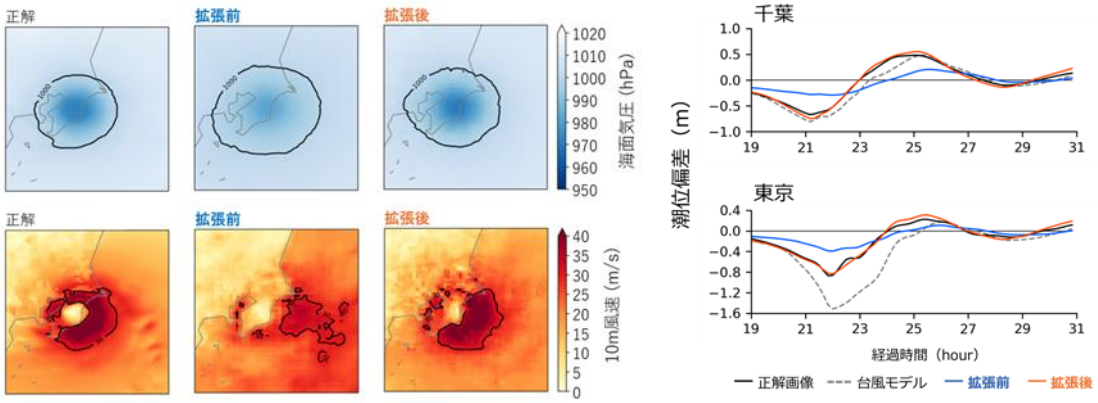
随伴型データベースを利用した津波初期水位分布推定法において、海域と陸域の津波データに対するモデリング誤差の考慮手法を新たに開発した。津波の波形の位相と振幅の両方の誤差を考慮することで、2024 年能登半島地震津波で観測された沖合の津波波形と陸上の痕跡高の双方を高精度に再現する初期水位分布モデルを提示した（図Ⅰ.3.(1).②.1）。



図Ⅰ.3.(1).②.1　2024 年能登半島地震津波による痕跡高の推定精度の比較

② 代理モデルによる高潮リスクの効率的な評価手法の開発

気象モデルを活用して過年度に開発した手法をもとに、気象の再解析値（正解）に含まれていない極端な台風を物理的に複数生成して拡張データセットを作成した。一方、この気象モデルの代理として、理想的な台風の気象場（台風モデル）をより現実的なものへと変換する機械学習手法を採用した。この手法は、再解析値のみを学習させるよりも（拡張前）、拡張データセットを追加して学習させるほうが（拡張後）、台風の気象場や高潮計算の精度が向上することを示した（図Ⅰ.3.(1).②.2）。

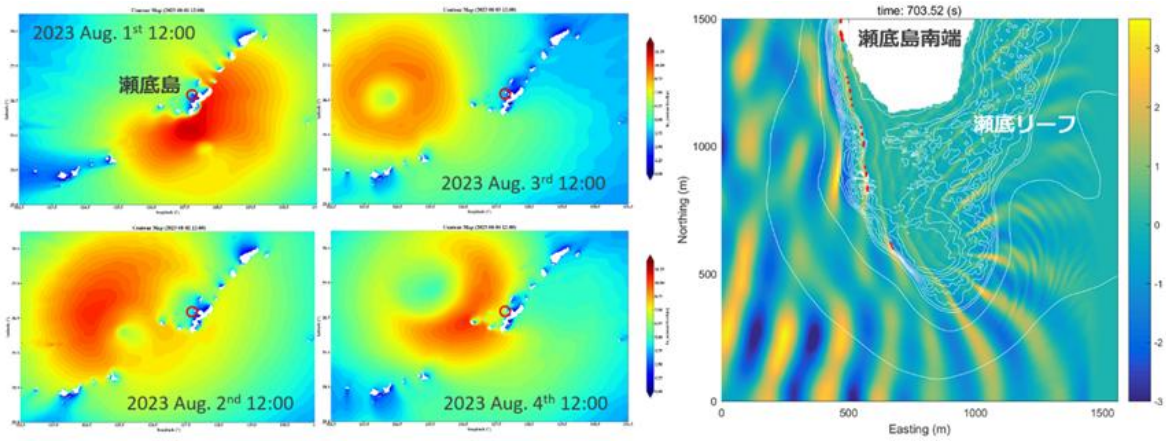


図Ⅰ.3.(1).②.2　台風の風・気圧場（左）と高潮計算（右）の精度向上効果

③ 沿岸防災に資する高波の監視と予測に関する研究

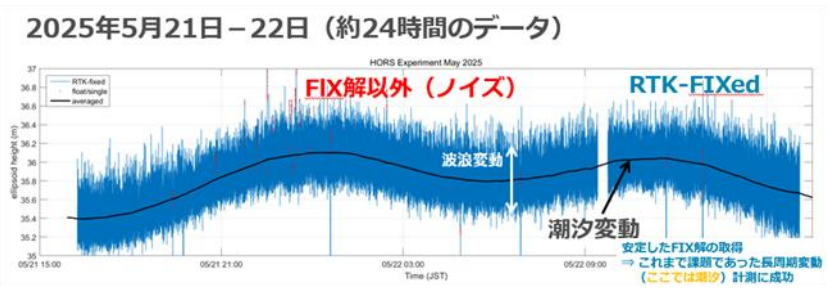
2023 年台風 6 号によって大きな地形変化が生じた沖縄県瀬底海域での波浪計算を第三世代波浪モデル WW3 及び非静水圧波浪モデル SWASH を用いて行ったところ、リーフ地形による屈折作用により礁斜面での地形性砕波を回避した波浪がリーフ背面から作用する現象が確認された（図Ⅰ.3.(1).②.3）。

小型 RTK-GNSS センサーによる長周期波（潮位等）変動計測を実現するとともに、3D プリンタで作成した小型浮体に小型センサーを搭載した、低廉で大量生産可能な小型波浪計の開発を進めた（図Ⅰ.3.(1).②.4）。



有義波高の時間発展　　水位のスナップショット（赤丸：砕波点，白線：海底地形）

図Ⅰ.3.(1).②.3　WW3（左）および SWASH（右）による 2023 年台風 6 号波浪の再現計算



GNSS センサーによる長周期波（潮位等）変動観測　　小型波浪計

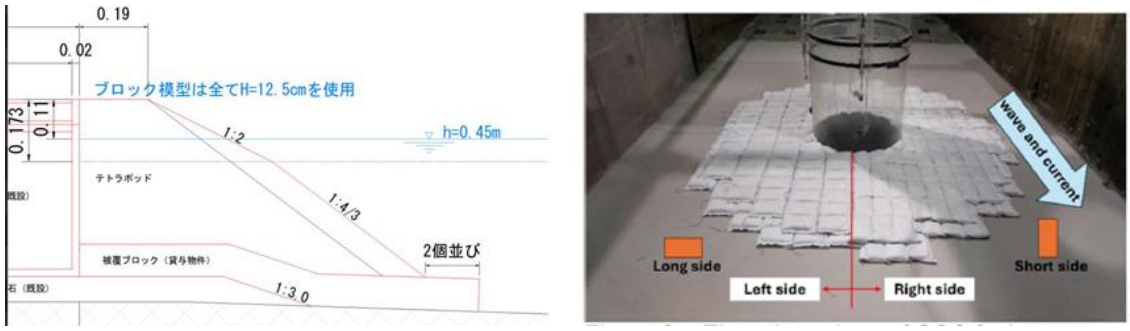
図Ⅰ.3.(1).②.4　GNSS センサーによる水面変動の観測例と自作した小型波浪計

（2）港湾・海岸施設の災害対策技術に関する研究

① 海面上昇と波高増大が外郭施設に及ぼす影響に関する研究

ブロックの大型化によらず安定性を高めるために波力が増大する法面での勾配変更を提案するなど、港湾・海岸施設の気候変動適応策の検討を進めるとともに、モノパイル周辺における洗堀対策工の効果的な配置方法を明らかにした（図Ⅰ.3.(1).②.5）。

SATREPS プロジェクトにおいてインドネシア公共事業・国民住宅省（PUPR）に対し、グリーンインフラの堆砂効果の検討を含む水路模型実験のノウハウを指導した。



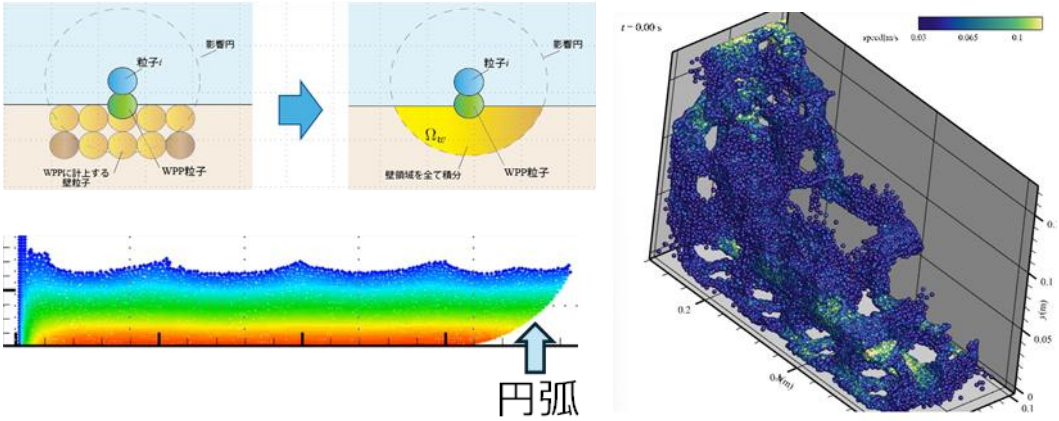
図Ⅰ.3.(1).②.　ブロック大型化を抑制する法面勾配（左）とモノパイル周辺の洗堀対策工（右）の検討

② 数値波動水槽と水理実験を併用した設計法の導入

護岸越波計算の再現性を向上させるため、PARISPHERE の多角形・曲壁面に対応した壁面モデルや反射波制御型造波モデルを開発するとともに、消波ブロック被覆工内部の流れ場を詳細に解析・把握した（図Ⅰ.3.(1).②.6）。また、ベンチマークテスト用の直立消波ブロックの越波流量データを蓄積

した。

CADMAS-SURF 実務設計研究会を通じて改良プログラム及び越波計算の手引書を作成・公開するとともに、PARISPHERE を含めた前・後処理の統合ソフトウェアを開発し、研究会メンバーで共有した。

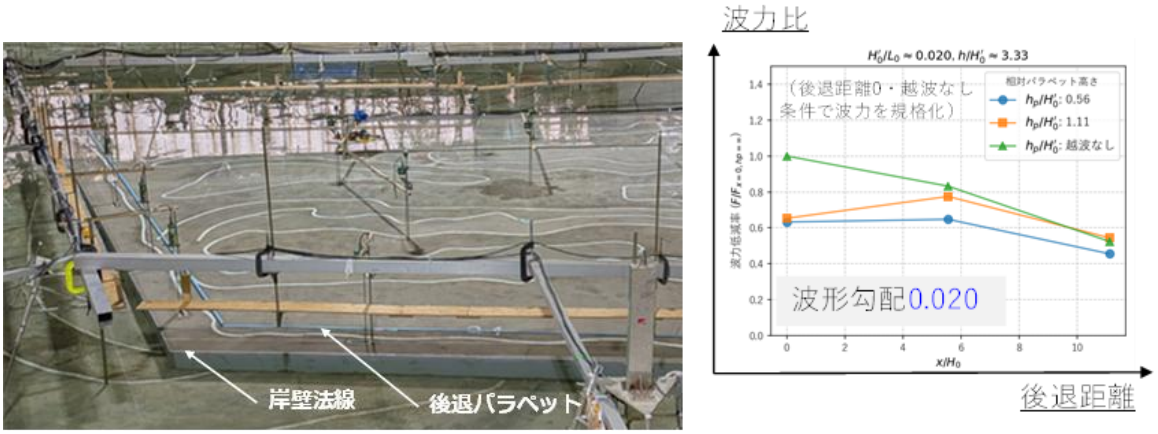


図Ⅰ.3.(1).②.6 PARISPHERE における壁面モデルの改良(左)と
消波ブロック工内部の流れ場の可視化(右)

③ 港内施設の設計波浪外力の算定法に関する研究

NOWT-PARI で算定された越波流量や波力を用い、平面模型実験による検証を通じ、浸水対策工の設計外力となる岸壁での換算沖波波高の逆推定手法を拡張した。あわせて、換算沖波波高の推定ツールとしての適用性を向上させるために、並列計算による NOWT-PARI の高速化を実現した。

時間的に変化する高潮・波浪を再現できるよう改良した平面水槽を用い、NOWT-PARI で算定された高潮・波浪の時間変化に伴う岸壁上の越波浸水過程の妥当性を検証した。あわせて、後退距離や越波の有無による浸水対策工への作用波力の変化特性を実験的に明らかにした(図Ⅰ.3.(1).②.7)。



図Ⅰ.3.(1).②. 7 岸壁上の平面越波浸水過程の再現実験(左)と浸水対策工に作用する波力の計測結果(右)

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文:5 編 [2025.1.1～2025.12.31]

・Shigihara, Y., Tanaka, K., Suppasri, A., Takagawa, T., Yamamoto, A., Sasaki, D., & Imamura, F.: A New index for assessing aquaculture facility damage caused by tsunamis using a drifting model: a case study of the 2022 Tonga eruption tsunami. Coastal Engineering Journal, 67(3), 471-494, 2025.6. https://doi.org/10.1080/21664250.2025.2513744

・Takagawa, T., Chida, Y., Fujiki, T., & Kawaguchi, K.: High-resolution source inversion of 2024 Noto Peninsula earthquake tsunami with modeling error corrections. Scientific Reports, 15(1), 24889, 2025.7. https://doi.org/10.1038/s41598-025-08978-0

・Chida, Y., Takagawa, T., Suzuki, K., & Tsuruta, N.: Soliton fission at Iida Port during the 2024 Noto Peninsula Earthquake Tsunami: a numerical analysis of dispersion effects and complex propagation processes. Coastal Engineering Journal, 67(4), 747-768, 2025.10. https://doi.org/10.1080/21664250.2025.2563435

・Yagi, Y., Fukahata, Y., Okuwaki, R., Takagawa, T., & Toda, S.: Breaking the Cycle: Short Recurrence and Overshoot of an M9-class Kamchatka Earthquake. Seismica, 4(2), 2025.11. https://doi.org/10.26443/seismica.v4i2.2012

・Takafumi Gotoh, Naoki Tsuruta, Shun Yamanaka, Abbas Khayyer & Hitoshi Gotoh: Wave overtopping analysis by an enhanced SPH method considering the porosity structure of wave-dissipating blocks, Coastal Engineering Journal, 1793-6292, 2025.7.

□査読付き国際会議論文：3 編

・Naoki Tsuruta, Takafumi Gotoh, Abbas Khayyer, Hitoshi Gotoh: Development of Fluid Interphase Particle for particle-based multiphase flow simulation, proceedings of International workshop SPHERIC 2025, Barcelona, Spain, 2025.7.（要旨査読のみ）

・Takumu Iwamoto, Tomohiro Takagawa, Tomoya Shibayama, Miguel Esteban, Martin Mäll: Hindcasting Storm Surges in Tokyo Bay induced by an intense yet notably compact typhoon Faxai in 2019. 4th Workshop on Waves, Storm Surges, and Coastal Hazards 18th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting. Santander. Spain, 2025.9.（要旨査読のみ）

・Tomohiro Takagawa: Adjoint Modeling for High-Resolution Tsunami Source Inversion, International Tsunami Symposium, 2025.11.（要旨査読のみ）

□和文査読付き論文：10 編

・後藤友亮，鶴田修己，千田優，鈴木高二朗，國方康史，山野俊介: 砂地盤上への被覆ブロックの直接設置による広範囲津波洗掘防止工の実験的検証，土木学会論文集特集号（海岸工学）81 巻，18 号，2025.11

・山縣史朗・田中智也・鶴田修己: 新形式護岸の複合による越波抑制の増強効果に関する研究，土木学会論文集特集号（海洋開発）81 巻，19 号，2025.10

・鈴木樹・後藤友亮・鶴田修己・鈴木高二朗・森信人：現地観測及び数値実験によるマングローブ林が有する沿岸土砂捕捉効果の検証，土木学会論文集特集号（海岸工学）81 巻，18 号，2025.11

・田中智也，山縣史朗，鶴田修己，鈴木高二朗，池邉将光：ゴムチップマットを用いた護岸吸出し防止工の効果の検討，土木学会論文集特集号（海岸工学）81 巻，18 号，2025.11

・鈴木樹，鶴田修己: CADMAS-SURF/3D における移流スキームの高次化に対応した水表面境界条件の検証，土木学会論文集，81 巻 18 号、論文 ID: 25-18102、2025.11.

・平山克也，平井翔太：弱非線形ブシネスクモデルにより算定された重複波力の補正式の提案，土木学会論文集，Vol.81，No.18，24-18122，2025.10.

・鈴木雄太，濱野有貴，平山克也，森谷拓実，富田孝史：高潮・波浪による浸水事象へのブシネスクモデルの現地適用性：2019 年台風 19 号時の事象を例として，土木学会論文集，Vol.81，No.17，25-17197，2025.11.

・鈴木雄太，濱野有貴，平山克也，富田孝史：2019 年台風 19 号における清水港の高潮・波浪特性の評価，土木学会論文集，Vol.81，No.18，25-18084，2025.10.

・間瀬肇，武田将英，由比政年，金洙列，原知聡，平山克也，安田誠宏：打上げ・越波統合算定モデルを用いた打上げ高低減による消波護岸の越波流量変化予測，土木学会論文集，Vol.81，No.6，25-00004，2025.6.

・濱野有貴, 平山克也：越波流量や波力から換算沖波波高を逆推定する手法の平面波浪場への適用性に関する考察, 土木学会論文集, Vol.81, No.17, 25-17158, 2025.11.

□各種表彰の受賞：4 件

・Tomohiro Takagawa, Coastal Engineering Journal Reviewer Award of 2024, Coastal Engineering Committee, Japan Society of Civil Engineering
・Takumu Iwamoto, Coastal Engineering Journal Reviewer Award 2024, Coastal Engineering Committee, Japan Society of Civil Engineering
・岩本匠夢：令和 7 年度山田一宇賞
・平山克也・平井翔太：海洋開発優秀論文賞（土木学会海洋開発委員会）（平山克也, 平井翔太：弱非線形ブシネスクモデルにより算定された重複波力の補正式の提案, 土木学会論文集, Vol.81, No.18, 24-18122, 2025.10.）

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他（各研究所特有）

◆社会実装（現場や基準等に反映された研究成果等）：1 件

・気候変動に対応した港湾の施設の設計事例集を分担執筆（国土交通省港湾局）, 2025.4
（下記を引用文献として記載）
本多和彦・成田裕也・平山克也・髙川智博・森信人：日本沿岸の主要港湾における高潮・波浪への気候変動の影響評価, 国土技術政策総合研究所資料, No.1302, 45p, 2025.1.

◆学会発表、講演等：18 件

・髙川智博、千田優、藤木峻、川口浩二：モデル誤差を考慮した 2024 年能登半島地震津波の高解像度波源逆解析、日本地震学会 2025 年度秋季大会, 2025.10.
・深畑幸俊、八木勇治、奥脇亮、髙川智博、遠田晋次：2025 年カムチャツカ地震：極めて短い繰り返し間隔とその帰結、日本地震学会 2025 年度秋季大会, 2025.10.
・髙川智博：先験情報と内部交差検証による粒子フィルター法の安定化と遠地津波波形予測への適用、第 72 回海岸工学講演会, 2025.11.
・岩本匠夢：機械学習を活用した高潮シミュレーションについて. 港湾空港技術特別講演会 in 関東 2025.横浜, 2025.11.
・岩本匠夢：気候変動下での港湾の高潮リスク評価に向けた取り組み. 令和 7 年度気候変動適応の研究会 研究発表会・分科会. 東京, 2025.12.
・田村 仁, 岡嶋理功, 小塚晃, 日本海における波浪観測網の構築, 日本海洋学会秋季大会, 2025.9.
・田村 仁, 日本海波浪観測網の構築と寄り回り波の発生から襲来まで, 海岸工学講演会, 2025.11.
・寺下大智・志村智也・山崎友也・今井優樹・久保輝広・田村 仁・馬場康之・宮下卓也・森 信人, 小型波浪観測ブイ開発に向けた GNSS 測位精度の検証, 海岸工学講演会, 2025.11.
・Okajima and Tamura: Linking Whitecap Coverage to the Intensification of the Japan Sea Polar Airmass Convergence Zone (JPCZ), Ocean Sciences Meeting, 2026.2.
・鶴田修己・山縣史朗・千田優・志賀守:能登半島地震・津波における飯田港防波堤の破壊過程と対策工に関する越流試験, 第 72 回海岸工学講演会, 2025.11.
・鶴田修己, 後藤崇文, 渡邉萌人, Abbas KHAYYER, 後藤仁志: 砕波計算のための粒子法型気液混相流モデルの開発, 第 72 回海岸工学講演会, 2025.11.
・平山克也：波に対する港湾施設の設計と高潮・高波・津波防災, 第 208 回名古屋大学防災アカデミー, 2025.5.20.
・米山裕一・平山克也：深海域における NOWT-PARI の計算安定化手法の提案とその適用性に関する

考察, 第 72 回海岸工学講演会, 2025.11.24-26.
・濱野有貴:高潮・高波による越波浸水の算定手法に関する検討, 第 11 回日韓 WS, 2025.12.8.
・鈴木雄太・平山克也・富田孝史:港湾における高潮・高波浸水リスク評価に係る現場ニーズの把握、日本沿岸域学会令和 7 年度「研究討論会」(第 37 回)、2025.7.12.
・富田孝史・鈴木雄太・平山克也・宮田正史・竹信正寛・橋冨彰吾:港湾および港湾立地企業の防災力強化に向けた浸水脆弱性評価手法、日本沿岸域学会令和 7 年度「研究討論会」(第 37 回)、2025.7.12.
・鈴木雄太・橋冨彰吾・平山克也・富田孝史:高潮・高波浸水ハザード・リスク評価に関する港湾関係者のニーズ・課題意識、2025 年度地域減災研究ワークショップ, 講演概要集, Vol.5、2025.8.6-7.
・平山克也:港湾域における高潮・高波による浸水予測とその対策について, 機関紙「CDIT」第 65 号, 2026.3.

◆国際連携活動:1 件
・第 11 回日韓沿岸技術研究ワークショップに参加し、越波浸水過程の算定方法について紹介した。

◆その他の国際連携活動(研究協力協定締結以外の国際活動):7 件
・国際航路協会 PIANC WG239 にて、港湾における津波災害の低減に関するレポートの執筆に参画した。
・国際航路協会 PIANC YPCom に参加し、港湾に関連した若手技術者との交流を深めた。
・ISO-TC98SC3 国内津波 WG において ISO 基準の原案作成に WG 幹事として参画した。
・インドネシア(SATREPS)において、マングローブなどのグリーンインフラによる堆砂効果に着目した植生
調査、ガイドライン案の検討に参画し、現地研究機関との共同実験を実施した。
・フィリピン公共事業道路省から実習生を受け入れ、実験方法及び護岸の耐津波設計、数値波動水路 CADMAS-SURF/3D の使用方法を指導した。
・エジンバラ大学にて沿岸巨大波の共同実験を実施した。
・ケンブリッジ大学と粒子法のモデル開発を進めた。

◆港湾空港技術研究所報告・港湾空港技術研究所資料:1 編
・髙川智博・千田優・藤木峻・川口浩二:モデル誤差を考慮した 2024 年能登半島地震津波の高解像度波
源逆解析、港湾空港技術研究所報告、64-3-1, 2025.9.

重　点　分　野	(2)沿岸・海洋環境の形成・保全・活用と脱炭素社会の構築

研 究 テ ー マ	①沿岸・海洋環境の形成・保全・活用に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
海域環境の保全・再生・創出や海洋汚染の防除により豊かな海域環境を次世代へ継承するとともに、脱炭素社会への貢献への対応が必要である。研究所は、沿岸域等における、生態系の保全や活用、港湾・空港整備における脱炭素化に関する研究開発に取り組む。	グリーン社会の実現に向け、生物多様性を持続的に維持するため、干潟・藻場等の沿岸生態系を造成・保全・活用するための研究開発が求められている。また、海岸侵食や航路・泊地の埋没に対応するため、沿岸地形の形成や維持に関する研究開発が求められている。さらに、脱炭素社会の構築が求められていることから、ブルーカーボンや再生可能エネルギーの普及における技術的課題を解決するための研究開発が 求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ①沿岸環境の形成・保全や活用に関する研究開発	グリーン社会の実現に向け、生物多様性を持続的に維持するため、干潟・藻場等の沿岸生態系を造成・保全・活用するための研究開発が求められている。また、海岸侵食や航路・泊地の埋没に対応するため、沿岸地形の形成や維持に関する研究開発が求められている。さらに、脱炭素社会の構築が求められていることから、ブルーカーボンや再生可能エネルギーの普及における技術的課題を解決するための研究開発が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ①沿岸環境の形成・保全や活用に関する研究開発 －沿岸地形の形成や維持に関する研究開発では、波崎でのモニタリングや LiDAR 活用等による観測手法の高度化、汀線変化モデルの精度向上を図る。さらに、国内外の港湾における底泥・埋没課題に対し、高度なシミュレーションを用いた技術的支援を実施する。 －環境 DNA による沿岸域モニタリングについては、新法（生物多様性増進活動促進法 R7.4 施行予定）に合わせ、港湾技術者が生物モニタリングへ向けて利用可能なガイドラインを公表する。 等

研　究　の　背　景

沿岸・海洋環境の「形成」に関しては、海岸港湾構造物の設計、維持浚渫、養浜の計画の最適な策定をする上で土砂輸送や地形変化の予測計算の大幅な向上が必要不可欠である。また、沿岸・海洋環境の「保全」においては、油や軽石など様々な物質の漂流予測や回収技術の実用化は喫緊の課題であり、一方、水環境生態系モデルは様々あるものの、研究者以外のユーザーは限定的となっているのが実情である。さらに沿岸・海洋環境の「活用」に関しては、2018 年省令改正における生物共生型港湾構造物の組み込みや、2022 年末の「ブルーインフラ」標準化への打ち出しへの対応が求められており、沿岸環境の形成・活用の具体的な成果が期待される。

研　究　目　標

3 つのサブテーマを設定し、それぞれ以下の目標に向けた研究を実施する。

（1）沿岸・海洋環境の形成：航路泊地埋没や海岸侵食対策における最適化手法開発。実フィールドにおける数値モデルでの対策の効果予測の評価開始、実課題への対策の試験的検討への到達。

（2）沿岸・海洋環境の保全：海洋流出物の回収技術の実用化の到達、水環境生態系モデルの 3 大湾におけるプロトタイプ完成への到達。

（3）沿岸・海洋環境の活用：環境配慮に資する港湾構造物の条件提示、目指すべき環境の数値化及び可視化する技術のプロトタイプ完成への到達。

令和 7 年度の研究内容

（1）沿岸・海洋環境の形成に関する研究

① 土砂輸送・地形変化シミュレーションの高度化に向けたモニタリングとモデリング

波崎海洋研究施設における世界最長級の海浜地形モニタリングを継続する。加えて、荒天時等における急速な地形応答や未解明な前浜地形変化プロセスを捉えるため、固定設置型 LiDAR を活用した高頻度・高解像度な海浜地形モニタリング手法の確立を図る。

広域かつ長期的な地形変化の予測に向けて、衛星画像等から抽出された海岸線（汀線）時系列データの精度検証を行う。さらに、汀線変動モデルのキャリブレーション手法を工夫することで、従来モデルが課題としていた季節変動等の再現精度の向上を図る。

国内の実フィールド課題への対応として、宇部港において底泥調査を実施し、泥水密度を考慮した可航水深の設定に資する底泥動態の解明を行う。

海外インフラ展開支援として、バングラデシュ・マタバリ港を対象に、大河川からの土砂供給や塩分動態を考慮した実海域での高度な埋没シミュレーションを実装・検証する。

（2）沿岸・海洋環境の保全に関する研究

① 油等海洋流出物の改修及び対応の最終的解決に向けた研究開発

老朽化が進む大型油回収船のリプレース時期が迫っている。現行の舷側設置式・投げ込み式油回収装置は「装置の大型・重量過大」「水流抵抗の大きさ」「油回収性能の低さ」「固形浮遊物が回収できない」といった構造的・性能的課題がある。港湾空港技術研究所が開発した、水エダクタ―方式による低粘度～高粘度油および固形浮遊物を効率的に回収できる 200GT 級双胴船向けの技術が、大型油回収船に適用できる可能性がある。そこで、大型油回収船向けの水エダクタ―方式を採用した新型油回収装置の研究開発を行い、現行装置の課題克服と船舶全体の合理的・軽量な設計につながる技術の確立を目指す。

ゴミ回収船による洋上浮遊ゴミ回収の効率化を目的として、海域全体のゴミ発生量予測モデルおよびゴミ集積場所予測モデルを機械学習により構築する。得られた検討結果を基に、ゴミ発生量予測および集積場所予測を実行可能なプロトタイプシステムを作成し、特記仕様書で指定されたハードウェア上に Web アプリケーションとして実装する。

② 水環境生態系モデルの運用手法の標準化

過年度に開発した流動生態系シミュレーションシステム（通称 EcoPARI）の社会実装を目的とし、シミュレーション結果の図作成などの後処理について、地方整備局やコンサルタントなどで、初めてシミュレータに接する初学者も操作可能なポスト処理ユーザーインターフェースを完成させる。

昨年度より引き続き、シミュレーション結果の検証に用いる観測データベースを整備する。

入力条件の作成に関する指針を取りまとめる。

（3）沿岸・海洋環境の活用に関する研究

① 港湾域の生物モニタリング手法及び評価基軸となる指数の開発

環境 DNA の沿岸域での利用に関する知見をまとめ、港湾技術者が利用可能なガイドラインをまとめる。

② 湾口における大気・海洋環境モニタリングと解析

外洋水の東京湾への影響を解明する事を目指した海洋モニタリングのデータ取得を引き続き実施する。

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

（1）沿岸・海洋環境の形成に関する研究

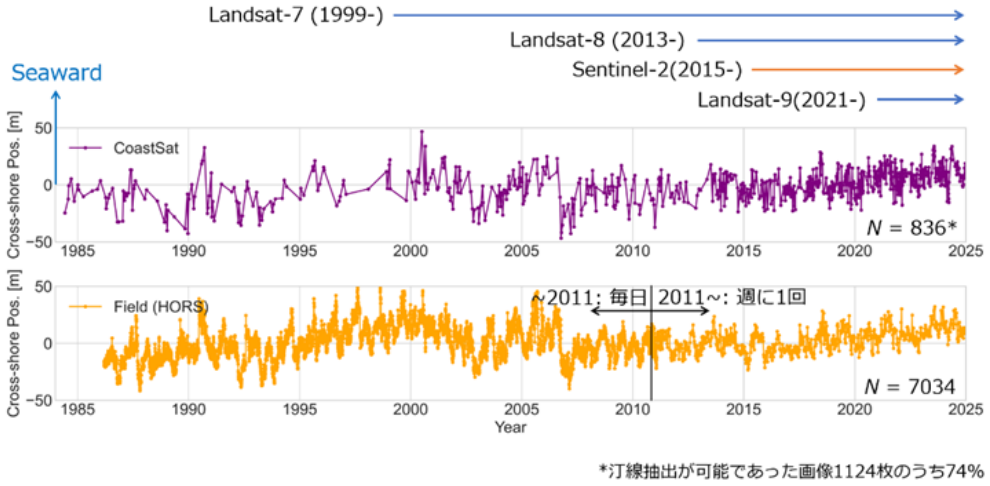
① 土砂輸送・地形変化シミュレーションの高度化に向けたモニタリングとモデリング

世界最長級となる 40 年間の海浜地形観測データセットを構築した。また、固定設置型レーザー測距装置（LiDAR）を活用した結果、数分～数時間スケールというこれまでにない高分解能での前浜地形変化の特性を明らかにした。これらの成果は、荒天時の急速な地形応答の把握や、将来の海岸保全対策の立案に直結する基盤情報となる。

衛星画像から抽出した海岸線時系列データについて、季節変動等の長期的な把握における有用性を実証した。これにより、汀線変動モデルの入力データとして活用できるデータベース構築に向けた環境を整備した（図 Ⅰ.3.(2).①.1）。また、キャリブレーションに用いるデータをあえて 2 年間の短期情報とする新たなキャリブレーション戦略を適用した。その結果、従来の経験的モデルと比較して季節変動の再現精度を大幅に向上させた。本成果は、気候変動下における長期的な地形変化予測モデルの汎用性と信頼性の向上に大きく寄与する。

泥水密度を考慮した可航水深の設定に関し、底質密度と水深検知の関係を示した。具体的には、音響測深では浅所と判定されるものの実際には船舶の航行が可能な底泥の堆積について物理情報を整理した。この知見に基づき、維持浚渫の要否判断など実務的な意思決定を支援する技術情報を提供した。本成果により、宇部港をはじめとする現場事務所における維持浚渫の効率化やコスト縮減などの喫緊の課題解決に直接的に貢献した。

大河川の影響を受ける実海域を対象に、河川流量と塩分・土砂濃度の連成プロセスが港湾の埋没に与える影響を数値シミュレーションにより検討した。これにより、バングラデシュ・マタバリ港等の海外インフラ展開において実用的な埋没対策シミュレーション技術の確立に向けて大きく進展した。



図Ⅰ.3.(2).①. 1
衛星画像を用いた汀線時系列データ(上)と
波崎海洋研究施設における現地測量に基づく汀線時系列データ(下)
衛星画像から抽出した海岸線の位置データを実測値と比較した結果

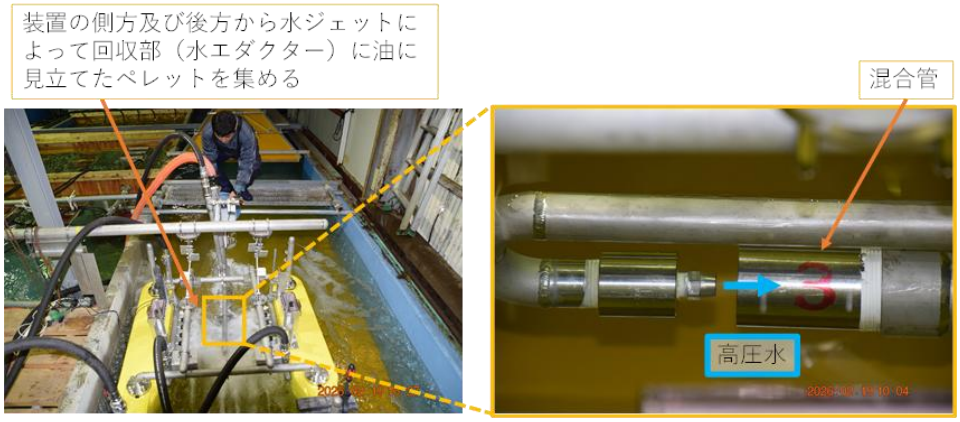
(2)沿岸・海洋環境の保全に関する研究

① 油等海洋流出物の回収及び対応の最終的解決に向けた研究開発

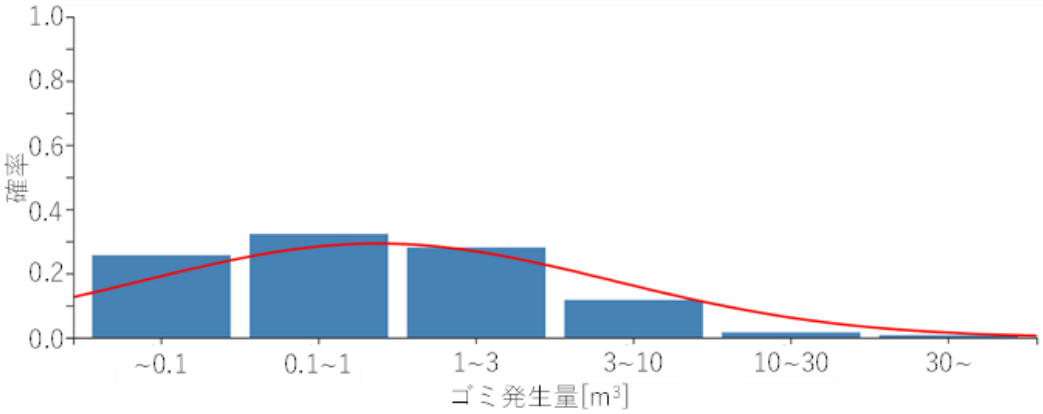
実機製作を想定した実験模型を用いた水槽試験(図Ⅰ.3.(2).①.3)により、水エダクター方式油回収装置について、回収量・揚程・環境応答に関する基本性能を体系的に把握し、大型油回収船に共通適用可能な設計基盤データを新たに取得した。流速および波浪条件が油回収率に及ぼす影響を実験的に検証し、流速増加および波浪付加に伴い回収率が低下することを定性的に示すとともに、環境条件を考慮した性能評価が必要であることを示した。国際特許に基づく水エダクタ—を大型油回収船の油回収装置に適用する世界初の試みとして、油水回収量の実測値が理論解の0.6〜0.8倍となることを実験により検証し、全国の大型油回収船三船に共通適用可能な油水回収量推定手法を確立した。実験結果から、従来の経験則に依存した水ジェット集油方式では安定した回収性能確保が困難であること、ならびに回収口の波浪追従性不足が回収率低下を招くことを新たに明らかにし、集油方式および装置構造の抜本的改良が次段階の実機開発に向けた重要課題であると示した。

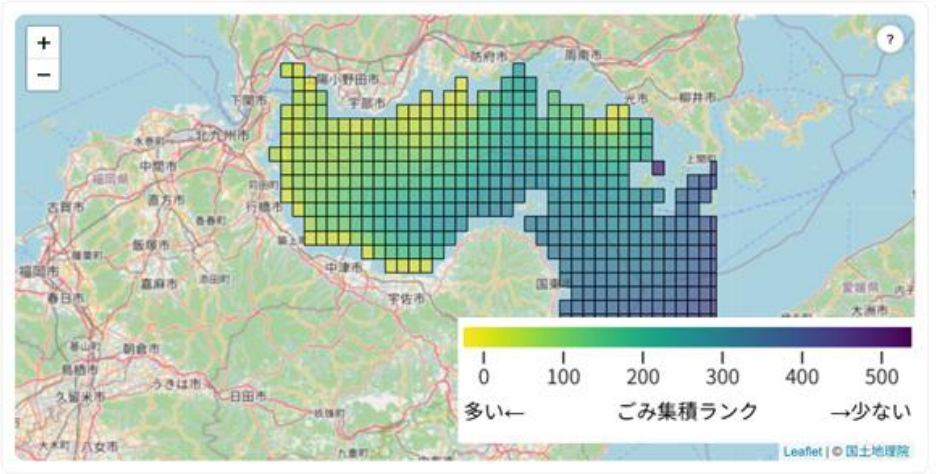
降雨量・風速・季節情報を入力とする機械学習モデルと、物理に基づく漂流計算を組み合わせることで、ゴミ発生量と集積場所を予測する実運用レベルの予測システム(プロトタイプ版)を構築した。

発注者のみが利用可能な認証付き Web アプリケーションとして実装し、継続的なデータ蓄積と再学習を前提とした全国のゴミ回収実務に共通利用可能な基盤システムを確立した。



図Ⅰ.3.(2).①.3 新型油回収装置の模型実験の様子。
高圧の水ジェットを混合管に向かって撃つことによって、水エダクタ—周辺の油水が回収される仕組み。





図Ⅰ.3.(2).①.4

ゴミ発生量予測システムで出力されたゴミ発生量(横軸)とその発生確率(縦軸)の関係(上図)
集積場所予測システムの概要(下図)。ゴミが集積する可能性の高い位置を色分けして示している。

② 水環境生態系モデルの運用手法の標準化

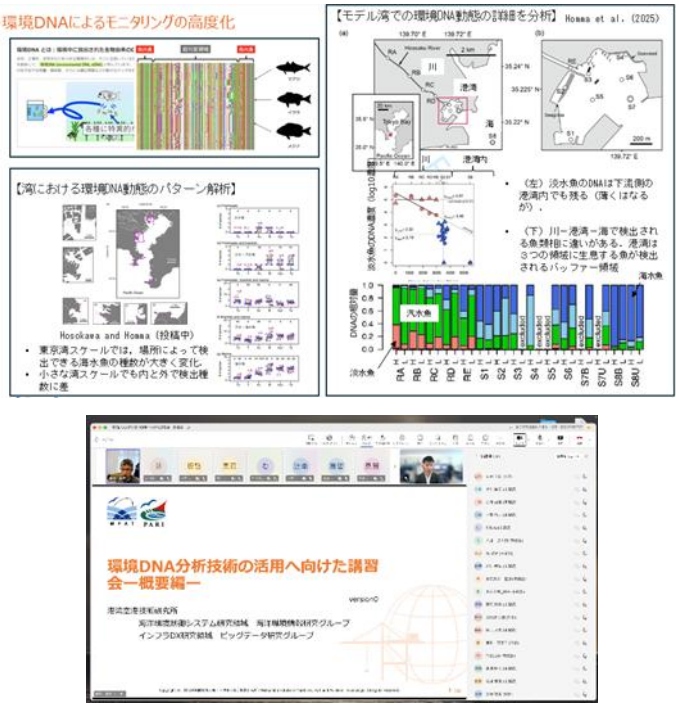
流動生態系シミュレーション(通称 EcoPARI)実施の前処理、シミュレーション実行、後処理が容易にできる基本システムが完成した(図Ⅰ.3.(2).①.5)。また地方整備局が実施しているモニタリングポストにおける観測データについて、東京湾(7 地点、2010 年～2024 年)、伊勢湾(5 地点、2010 年～2024 年)、大阪湾(6 地点、2010 年～2024 年)における水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル、流向流速のデータ(観測項目は地点による)を整理し、データベース化を行った。これにより、シミュレーション精度の検証が容易となった。

図Ⅰ.3.(2).①.5 水環境生態系モデルのシステム

（3）沿岸・海洋環境の活用に関する研究

① 港湾域の生物モニタリング手法及び評価基軸となる指数の開発

港湾等の沿岸域における環境 DNA の起源や流動等の特徴を考慮した調査技術の概要、及びその特徴を踏まえて効果的に生物モニタリングを可能にする調査計画に係る資料ととりまとめ、計4回の講習会を WEB で開催してその内容を公表した。



図Ⅰ.3.(2).①.6 沿岸域における環境 DNA の知見のとりまとめと講習会の様子

・環境 DNA の技術に関する概要のとりまとめ内容（左）

・技術の概要及び調査計画の講習会の WEB 画面（右）

② 湾口における大気・海洋環境モニタリングと解析

東京湾口における流動と水温・塩分のデータの取得を継続した。

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文 12 編［2025.4.1～2025.12.31］

・Y. Kuriyama, M. Banno (2025) Influence of Climate Change on Bimodal Cross-Shore Distributions of the Longshore Sediment Transport Rate and Current Velocity on a Dissipative Sandy Beach, Journal of Geophysical Research: Earth Surface 130(4).

・Xinyu Chen, Masayuki Banno, Nobuhito Mori (2025) Equilibrium shoreline change model with non-stationary free parameters at Hasaki Beach, Japan, Coastal Engineering 200 104761-104761.

・Yongjing Mao, Giovanni Coco, Sean Vitousek, Jose A. A. Antolinez, Georgios Azorakos, Masayuki Banno, Xinyu Chen et al. (2025) Benchmarking shoreline prediction models over multi-decadal timescales. Commun Earth Environ 6, 581.

・Xinyu Chen, Masayuki Banno, Nobuhito Mori (2025) Less Is More: Short-Term Window Calibration Improves Seasonal Shoreline Prediction in Modeling, Geophysical Research Letters, 52(17), e2025GL117764

・Kuriyama Y, Katano A, Shimizu T (2025) Disaster prevention function for a sandy beach based on the wave runup height and wave overtopping rate and considering the backshore width, Coastal Engineering Journal, online.

・Yoshinao Matsuba, Yoshimitsu Tajima, Takenori Shimozono, Kévin Martins, Masayuki Banno (2025) Minutely Monitoring of Swash Zone Processes Using a Lidar-Camera Fusion System, Coastal Engineering, 199(15), 104724.
・Minh Tri NGUYEN, Takayuki SUZUKI, Martin MÄLL, Masayuki BANNO (2025) Using explainable AI to identify beach volume changes under met-ocean conditions at Hasaki coast, Japan, Journal of Japan Society of Civil Engineers, 13(2), 25-18155.
・Yoshitaka Matsuzaki, Masaya Kubota, Tetsunori Inoue, Hayato Mizuguchi、Ecological hydrodynamic modeling and factor analysis of hypoxia dissipation in the semi-enclosed Mikawa Bay, Japan, in August 2020、 Marine Pollution Bulletin 218 118190-118190 2025 年
・Hibiki Yoneda, Chunmeng Jiao, Keisuke Nakayama, Hiroki Matsumoto, Kazuhide Hayakawa, Reproducibility Limits of the Frequency Equation for Estimating Long-Linear Internal Wave Periods in Lake Biwa, Hydrology
・Homma, S., S. Hosokawa, T. Komuro (2025) Fish eDNA composition along a gradient of freshwater eDNA in an estuarine bay, Environmental DNA, e70061
・Kosako, T., Y. Uchiyama, M. Ubara, S. Hosokawa, K. Momota (2025) Dispersal of rafting eelgrass seed and associated population connectivity in the Seto Inland Sea, Japan, Coastal Engineering Journal, 67, 319-334.
・Hosokawa, S., K. Momota, M. Sato, K. Watanabe, Y. Watanabe, S. Homma, S. Okura, S. Uwai, T. Kosako, Y. Uchiyama (2025) Spatial scale to distinguish the isolation patterns of genetic structure in seagrass, Estuaries and Coasts, 48, 109

□和文査読付き論文：13 編
・松崎義孝、井上徹教、 安藤さゆり、久保田雅也、宇野健司、日恵井京子、水口隼人、内藤大輔、坂本光、内田洋平、伊勢湾における流況および潮目のリアルタイム予測システムの構築と Web アプリケーション化、 土木学会論文集特集号（環境工学） 2025 年
・安藤さゆり、松崎義孝、久保田雅也、松本大輝、井上徹教. (2025). 伊勢湾の流動シミュレーションへの流域雨量指数の適用性. 土木学会論文集, 81(17), 25-17101.
・水口隼人、松崎義孝、井上徹教. (2025). 領域沿岸データ同化手法による 2020 年 8 月の三河湾への外洋水進入の再現精度の向上に関する検討. 土木学会論文集, 81(17), 25-17102.
・松崎義孝、井上徹教、内藤大輔、水口隼人. (2025). 領域沿岸データ同化手法による伊勢湾を対象とした物理量解析データベースの開発. 土木学会論文集, 81(17), 25-17173.
・松本大輝、中山恵介、Wedderburn 数と壁境界が閉鎖性水域のエネルギー分配に与える影響について. 土木学会論文集特集号（海岸工学） 2025 年
・松本海太、岡田健太郎、彭玥寧、米田響、松本大輝、尾山洋一、駒井克昭、中山恵介、水草場における表層混合層厚さの推定式の評価, 土木学会論文集特集号（海岸工学） 2025 年
・白井知輝、伴野雅之、有川太郎（2025）. CoastSat を活用した衛星画像ベースの長期汀線モニタリングの可能性, 土木学会論文集, 81 巻, 17 号, 25-17060.
・大塚勇吾、武若聡、伴野雅之（2025）. 電波式流速計により計測した沿岸流の解析, 土木学会論文集, 81 巻, 17 号, 25-17088.
・大河原知也、鈴木崇之、伴野雅之、小俣勇斗、松葉義直（2025）LiDAR スキャナによる波の遡上高と波打ち帯の地形変化の計測, 土木学会論文集, 81 巻, 17 号, 25-17090.
・浅木雄登、内山雄介、渡辺萌斗、佐野朝昭、橋本孝治、伴野雅之、増永英治、山崎秀勝（2025）夏季鹿島灘浅海域における内部ケルビン波による南下流の強化について, 土木学会論文集, 81 巻, 17 号, 25-17208.
・新見将輝、中川康之、小硲大地、楠原啓右、田村保、竹安希実香（2025）数値モデルを用いたベンガル湾沿岸部の流動場再現と観測値に基づく検証, 土木学会論文集, 81 巻, 17 号, 25-17081.

・森谷香澄、中川康之、小俗大地、小野信幸、村上和男（2025）航路・泊地の地形変化計算における構造・非構造格子ハイブリッド計算システムの構築，土木学会論文集，81 巻，17 号，25-17126.
・馬込伸哉、武田将英、浅田英幸、粟津進吾、中川康之（2025）定常流と往復流における盛土と窪みの埋没抑制効果の持続性，土木学会論文集，81 巻，17 号，25-17135.

□各種表彰の受賞：1 件
・海岸工学論文奨励賞：CoastSat を活用した衛星画像ベースの長期汀線モニタリングの可能性，白井知輝・伴野 雅之・有川 太郎

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：1 件
・特許（登録，欧州）： Floating-oil recovery device，（EP4019699B1）

□その他
◆港湾空港技術研究所報告・港湾空港技術研究所資料：3 編
・松崎義孝、久保田雅也、井上徹教、水口隼人、EcoPARI による 2020 年 8 月の三河湾における貧酸素水塊解消に関する流動生態系モデリングと要因解析．港湾空港技術研究所資料，1431，2025
・松崎義孝、久保田雅也、河川流量境界条件の不確実性が EcoPARI 予測システムの塩分・海水温の精度に及ぼす影響．港湾空港技術研究所資料，1432，2025
・井上徹教、松本大輝、松崎義孝．（2026）．日本沿岸を対象とした流動生態系モデルにおける入力条件作成手順．港湾空港技術研究所資料，1433，1-82.

◆社会実装（現場や基準等に反映された研究成果等）：3 件
・中部地整受託研究による「潮目・流況予測システム」の試験運用開始
・環境 DNA 講習会（概要編）の開催（2回）
・環境 DNA 講習会（調査計画編）の開催（2回）

◆学会発表、講演等：17 件
・松崎義孝、井上徹教、安藤さゆり、久保田雅也、宇野健司、日恵井京子、水口隼人、内藤大輔、坂本光、内田洋平、伊勢湾における流況および潮目のリアルタイム予測システムの構築と Web アプリケーション化、 第 62 回環境工学研究フォーラム 2025 年
・安藤さゆり、松崎義孝、久保田雅也、松本大輝、井上徹教、伊勢湾の流動シミュレーションへの流域雨量指数の適用性、 第 72 回海岸工学講演会 2025 年
・水口隼人、松崎義孝、井上徹教、領域沿岸データ同化手法による 2020 年 8 月の三河湾への外洋水進入の再現精度の向上に関する検討、 第 72 回海岸工学講演会 2025 年
・松崎義孝、井上徹教、内藤大輔、水口隼人、領域沿岸データ同化手法による伊勢湾を対象とした物理量解析データベースの開発 、第 72 回海岸工学講演会 2025 年
・松崎義孝、井上徹教、内藤大輔、水口隼人、領域沿岸データ同化手法による物理量解析データセットの作成と展望、第 62 回環境工学研究フォーラム、2025
・松本大輝、井上徹教、水口隼人、安藤さゆり,三河湾におけるアマモ場が植物プランクトンに与える影響について,第 62 回環境工学研究フォーラム、2025
・井上徹教、松崎義孝、低次生態系モデルによる三河湾における赤潮再現の試み、 第 72 回海岸工学講演会 2025 年
・井上徹教、鉄材の底生生物への影響に関する暴露実験,第 62 回環境工学研究フォーラム、2025
・伴野雅之、小俗大地、中川康之、本間翔太、橋本優、細川真也、波崎海洋研究施設における過去 40 年間の海浜地形観測データの公開について，第 72 回海岸工学講演会，2025 年 11 月 27 日，徳島.
・武若聡、湯陳豪、大塚勇吾、伴野雅之：メガカスプの沿岸方向移動と沿岸流速の関係，第 72 回海岸工学講演会，2025 年 11 月 27 日，徳島.
・Xinyu Chen, Masayuki Banno and Nouhito Mori: Beach morphodynamic time scales analysis at Hasaki beach, Japan, Coastal Dynamics 2025, 2025-04-08, Avairo, Spain.

・Xinyu Chen, Masayuki Banno and Nouhito Mori: Can shoreline models perform better with less data?, Ocean Sciences Meeting 2026, 2026-02-24, Glasgow, Scotland.
・細川真也(2025)生物多様性の調査と評価，環境水理部会研究集会 2025
・細川真也、本間翔太(2025)環境 DNA による沿岸魚類の多様性評価の可能性，海岸工学講演会
・(細川・本間分担)環境 DNA を活用した環境情報の高度化に関する共同研究共同研究報告書，土木研究所
・小硲大地、内山雄介、乳原材、細川真也、百田恭輔(2025)瀬戸内海におけるアマモの種子分散および個体群連結性，海岸工学講演会(招待講演)
・小硲大地(2025)内湾における海草の種子分散と個体群連結性のモデリング，日韓 WS

◆その他の国際連携活動(研究協力協定締結以外の国際活動):2 件
・二国間交流事業(日本学術振興会)による共同研究をフランスとの間で実施した。
・国際航路協会 PIANC EnviCom(環境委員会)、および YPCom(若手技術者委員会)に、それぞれ日本代表委員、副委員長代理として参加した。

重　点　分　野	(2)沿岸・海洋環境の形成・保全・活用と脱炭素社会の構築

研 究 テ ー マ	②脱炭素社会構築を支援する技術に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
海域環境の保全・再生・創出や海洋汚染の防除により豊かな海域環境を次世代へ継承するとともに、脱炭素社会への貢献への対応が必要である。研究所は、沿岸域等における、生態系の保全や活用、港湾・空港整備における脱炭素化に関する研究開発に取り組む。	グリーン社会の実現に向け、生物多様性を持続的に維持するため、干潟・藻場等の沿岸生態系を造成・保全・活用するための研究開発が求められている。また、海岸侵食や航路・泊地の埋没に対応するため、沿岸地形の形成や維持に関する研究開発が求められている。さらに、脱炭素社会の構築が求められていることから、ブルーカーボンや再生可能エネルギーの普及における技術的課題を解決するための研究開発が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ②脱炭素社会構築を支援する技術に関する研究開発	グリーン社会の実現に向け、生物多様性を持続的に維持するため、干潟・藻場等の沿岸生態系を造成・保全・活用するための研究開発が求められている。また、海岸侵食や航路・泊地の埋没に対応するため、沿岸地形の形成や維持に関する研究開発が求められている。さらに、脱炭素社会の構築が求められていることから、ブルーカーボンや再生可能エネルギーの普及における技術的課題を解決するための研究開発が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ②脱炭素社会構築を支援する技術に関する研究開発 －CO_2排出量の事前推計可能なCO_2指向型設計を試行するとともに、港湾に適用可能な低炭素材料などの活用によるCO_2排出量削減効果の試算など、CO_2削減技術の実用化に向けた検討を行う。 －複数外力作用下における洋上風力発電施設の応答把握に対する遠心実験と数値解析を行うとともに、洋上風力発電施設の設計指針等への反映内容を検討する。 等

研　究　の　背　景

社会経済活動に対して気候変動による影響が生じており、温室効果ガスの排出削減に向けた国際的な機運が急速に拡大している中、我が国でも脱炭素社会(2050 年カーボンニュートラル宣言)の実現を目指し、積極的に温暖化対策を行うことが求められている。このような背景から、ブルーカーボン生態系の各種利活用技術や洋上風力発電の高度解析技術等、港湾や沿岸域において脱炭素化等によりグリーン社会の実現を目指すための技術研究開発を推進する。

研　究　目　標

港湾や沿岸域において脱炭素社会の構築を支援するための技術を開発する。このため、メーカーボンニュートラルに資する環境技術（ブルーカーボン、ブルーインフラなどに関連する技術）の開発と、クリーンエネルギー利用を支援する海洋関連技術（洋上風力などの海洋再生可能エネルギー発電に関連する技術）の開発を進める。

令和 7 年度の研究内容

（1）カーボンニュートラルに資する環境技術に関する研究

① ブルーインフラを含む海洋植生の有する広域 CO_2 吸収能力の新評価法提案

港湾スケールの藻場分布・CO_2 吸収を評価・予測する手法を複数海区のモデル港湾に適用し、ブルーインフラの現地観測データを用いてモデルの評価をする。

藻場の炭素貯留量と広域的な CO_2 除去効果の実測を行う。

衛星・空撮画像から藻場分布等を把握するための解析手法とブルーカーボンデータアーカイブシステム（BDAS）でのデータアーカイブ手法の構築について検討する。

② 港湾工事の脱炭素化に向けた港湾構造物の CO_2 指向型設計手法と低炭素材料の開発

これまでに検討してきた GHG 排出量の事前推計手法を用いて、岸壁の構造形式選定（基本設計）段階を想定し、幾つかの設計条件で低炭素材料導入時における GHG 削減効果を推定するとともに、GHG 排出量の貨幣換算について検討する。ここでは 3.0 万円/t-CO_{2e} と仮定し、低炭素型材料を活用した場合の費用増加率（直接工事費）と GHG 排出量削減率を試算する。また、桟橋の基本設計および細部設計段階を想定し、GHG 排出量最小化の観点から試設計を行い、削減効果とコストを比較する。

港湾で活用可能な低炭素型材料として、カルシア改質土および鉄鋼スラグ水和固化体に着目し、大気から CO_2 を直接吸収させた製鋼スラグを港湾用建設材料として用いた場合の CO_2 排出量の削減効果、力学特性や耐久性、活用時の効果を検討した。

（2）クリーンエネルギー利用を支援する海洋関連技術に関する研究

① 洋上風力発電施設等の風・波・地震連成解析手法の開発

粘性土と砂の複層地盤に設置されたモノパイル式洋上風力発電施設を対象に、風・波・地震動の 3 つの外力が同時に作用した際の風車の振る舞いを明らかにすることを目的として、3 外力が同時に作用する環境を再現可能な遠心模型実験および数値解析を実施し、その応答特性を整理・分析する。

上記の結果を踏まえ、設計で考慮すべき事項を整理し、設計指針等への反映に向けた検討を行う。

令和 7 年度の研究成果

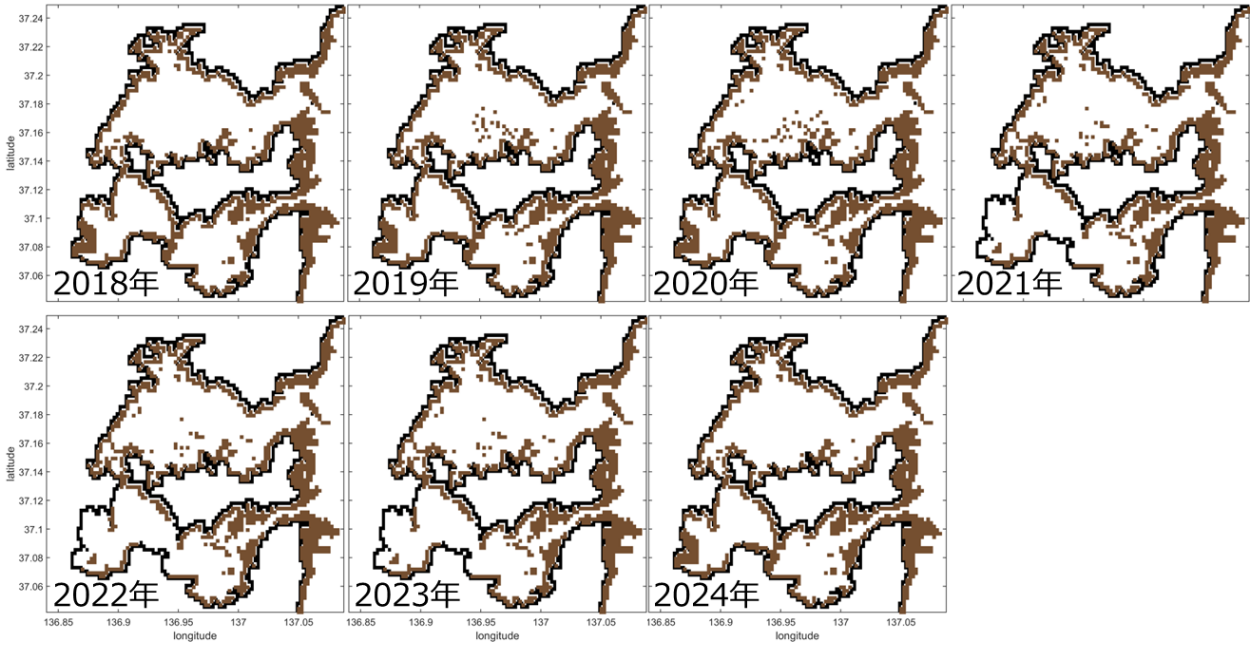
（1）カーボンニュートラルに資する環境技術に関する研究

① ブルーインフラを含む海洋植生の有する広域 CO_2 吸収能力の新評価法提案

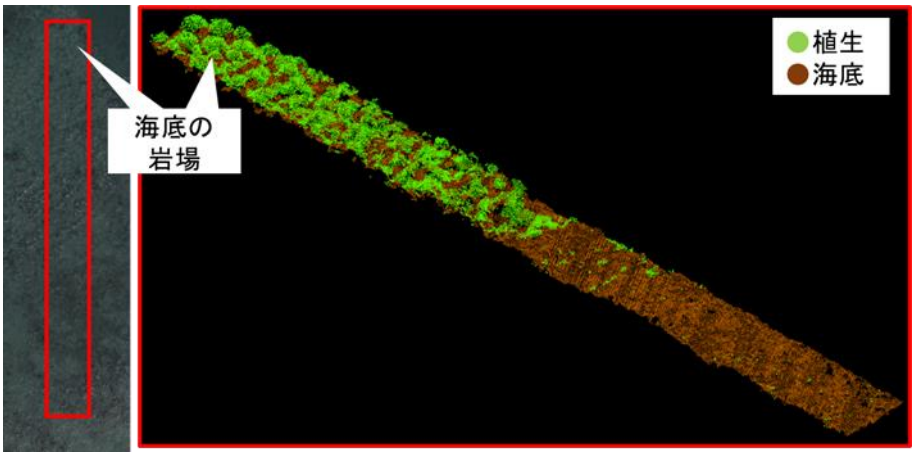
港湾スケールの藻場分布・CO_2 吸収を評価・予測するプロトタイプモデルを開発し、既往の報告（石川県藻場ビジョン）とも整合的な藻場分布を再現した（図 I.(1).①.1）。また、ブルーインフラの設置に伴う環境変化を解析可能とする炭素循環モデルの検証のための港湾で藻場分布、水質等の現地観測データを取得した。

釧路沿岸から沖合（太平洋）及びコムケ湖から沖合（オホーツク海）をモデルサイトとして、藻場の炭素貯留量と広域的な CO_2 除去効果の実測を行った。

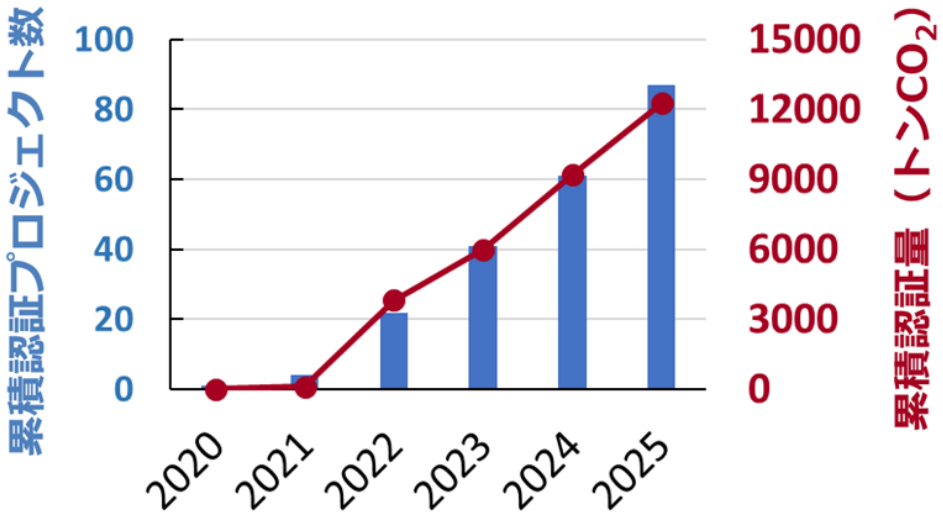
グリーンレーザースキャナ搭載ドローンで取得した点群データから藻場分布等を把握するための解析手法（図 I.(1).①.2）と BDAS でのデータアーカイブ手法の構築および藻場分布データを効率的に取得するために J ブルークレジット運用システムとの連結を実施した。ブルーカーボンによって創出される炭素クレジット（J ブルークレジット）の累積認証サイトが 87 サイトに到達した（図 I(1).①.3）。



図Ⅰ(1).①.1　数値モデルで推定した石川県七尾湾における温帯性ホンダワラ型（海藻種）の分布の経年変化



図Ⅰ(1).①.2　北海道増毛港にて取得した点群データの解析結果（グリーンレーザースキャナ使用）

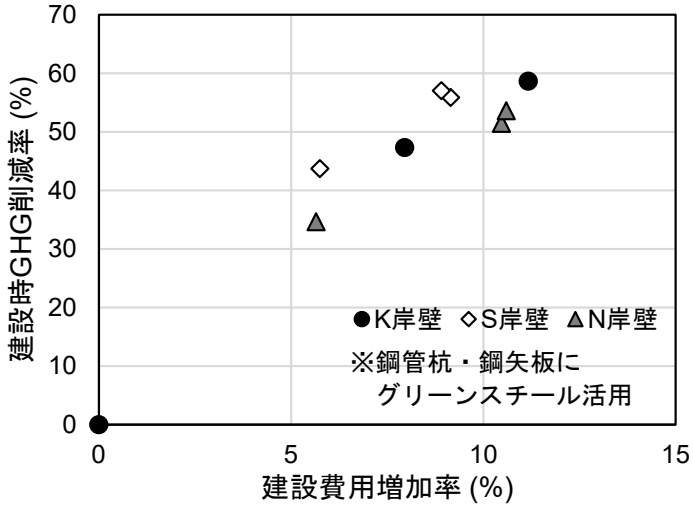


図Ⅰ(1).①.3 Ｊブルークレジットの認証実績

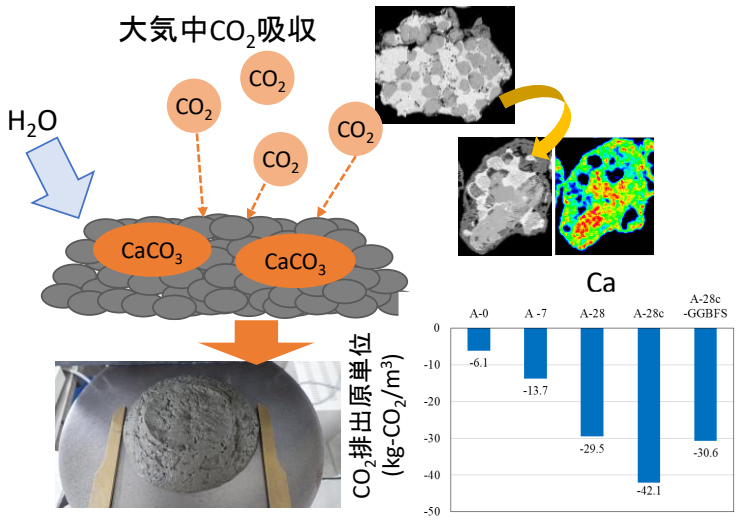
② 港湾工事の脱炭素化に向けた港湾構造物の CO_2 指向型設計手法と低炭素材料の開発

一部またはすべての鋼管杭または鋼矢板にグリーンスチール（GHG 排出量 0）を活用した際の GHG 削減率と建設費用の関係を試算した結果、約 10%の直接工事費の増加で建設時の GHG 排出量を約半減できることがわかった（図Ⅰ.3.(2).②.3）。また、構造形式選定段階では、グリーンスチールの導入量に応じて GHG 排出量最小化の観点での最適構造形式が変化することを明らかにした。あわせて桟橋を対象とした試設計の結果、高強度鋼材の活用や配筋の最適化によって 20-30%の GHG 排出量が削減できることを明らかにした。

製鋼スラグの大気からの直接 CO_2 吸収量を増やすとカルシア改質土の硬化不良が生じる場合があること、またその対策として高炉スラグ微粉末の添加が効果的であることを明らかにした。また、高炉スラグ微粉末を添加した配合であっても、CO_2 吸収型となるカルシア改質土を開発し（図Ⅰ.3.(2).②.4）、その活用方法や活用時の効果をガイドラインとして取りまとめた。あわせて、同様の手法を用いて CO_2 吸収型のコンクリートを開発することができた。



図Ⅰ.3.(2).②.3 グリーンスチールの導入による費用増加率と GHG 排出量削減率の試算



CO2吸収型カルシア改質土の開発

図Ⅰ.3.(2).②.4 大気から直接 CO_2 を吸収したスラグを用いたカルシア改質土の開発

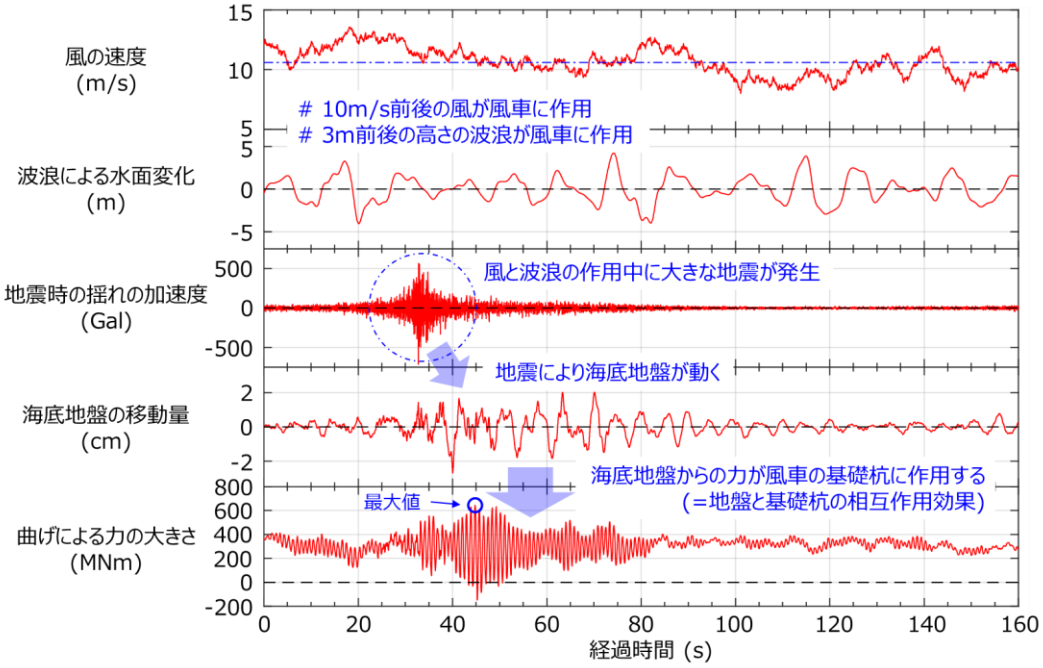
（2）クリーンエネルギー利用を支援する海洋関連技術に関する研究

① 洋上風力発電施設等の風・波・地震連成解析手法の開発

粘性土と砂の複層地盤に設置されたモノパイル式洋上風力発電施設を対象に、風車回転に起因する

振動に対して波および地震動を同時に作用させた結果、固有振動数近傍において外力の周波数成分が重畳し、単独外力時と比べて応答振幅が増大することを確認した。さらに、外力の作用タイミング（位相一致）が応答増大に及ぼす影響を示し、単独外力では評価できない複合外力特有の応答増大メーカーニズムを明らかにした（図Ⅰ.3.(2).②.5）。

また、風車応答に影響を及ぼす 3 外力の同時作用や作用タイミング（位相関係）を設計上考慮すべき課題として整理するとともに、設計指針等への反映に向けた検討事項を取りまとめた。



図Ⅰ.3.(2).②.5　風・波・地震の同時作用時における外力入力と応答の時刻歴
（外力の重畳および作用タイミングに伴う応答増大の解析例）

成　果　の　公　表

口科学雑誌掲載論文：9 編［2025.1.1～2025.12.31］

・Nakamura, W., K. Watanabe, T. Nakajima, R. Sugimoto, T. Miyajima, T. Tokoro, P.T. Naing, T. Kuwae, and J. Sasaki. : Insights into the comprehensive carbon cycle in a mangrove ecosystem: a case study for understanding carbon burial, outgassing, and outwelling in a subtropical island, Journal of Geophysical Research Biogeosciences. (2025.12)

・Kubo, A., M. Tenpaku, A. Toda, Y. Nishihara, K. Watanabe, and T. Kuwae.：A compact pCO2 measurement system using a gas-permeable membrane for underway and moored observations in coastal waters. Environmental Monitoring and Assessment, 197, 1344. (2025.11)

・Zonneveld, J-P., B. Britt, D. Brown, H. Corlett, K.M. Gingras, T. Kibblewhite, T. Kuwae, R. Kimisuki, A.S. Melnyk, S. Naone, F. Whitaker, and E.E.Z. Zonneveld.：Biogenic structures produced by foraging birds in marginal marine and marginal lacustrine settings: implications for the rock record. Journal of Paleontology, 99. 1–51. (2025.9)

・Nishihara, G.N., Y. Sato, M.A. Eger, J.B. Gallagher, C. Hurd, H. Kawai, T. Kuwae, and A. Pessarrodona.：Expert opinions regarding blue carbon in seaweed systems. Phycological Research. (2025.8)

・Miyata, T., Y. Umezawa, T. Ida, K. Watanabe, K. Momota, and T. Kuwae：Evaluation of part-specific primary production in Sargassum species using the 13C-labelling method. Phycological Research. (2025.7)

・Moki, H., K. Taguchi, K. Watanabe, T. Ichikawa, and T.Kuwae.：Numerical analysis of the impacts of the vegetation drag force on net primary production and carbon flow in shallow-waters using a hydrodynamic and ecological intercoupling model. Science of The Total Environment, 980: 179506. (2025.6)

・Nakamura, W., K. Tsuchiya, K. Watanabe, T. Miyajima, Y. Miyajiri, Y. Yokoyama, P.T. Naing, T. Kuwae, and J. Sasaki.: Radiocarbon analysis reveals decomposition of old soil organic carbon into dissolved inorganic carbon in a subtropical mangrove ecosystem. Limnology and Oceanography, 70, p.1740–1754. (2025.5)
・S. Nakamura, Y. Kawabata, M. Iwanami: Decision-making in structural type selection at the early design stage in terms of carbon emissions and cost – insights from case studies of port mooring facilities, Journal of Cleaner Production, (2025.3).
・S. Nakamura, Y. Kawabata, M. Yamashita, C. Kawanaka & A. Yamasaki: Mechanical feasibility and carbon reduction potential of improved dredged soil containing pre-carbonated steelmaking slag: A case study of backfill application in a port mooring facility, Case Studies in Construction Materials, 23, e.5623, (2025.12)

□査読付き国際会議論文：1 編
・S. Nakamura & Y. Kawabata: Utilisation of Semi-naturally Carbonated Steelmakng Slag as Concrete Aggregate, Proceedings of Eighth International Conference on Durability of Concrete Structures, Paper Number: DDM07, (2025.10)

□和文査読付き論文：12 編
・吉田光寿, 渡辺謙太, 棚谷灯子, 茂木博匡, 伴野雅之, 桑江朝比呂：グリーンレーザースキャナ搭載 UAV を用いた藻場現存量の広域推定手法の検討. 土木学会論文集, 81. (2025.11).
・西本壮汰, 大坪貴明, 加藤紀章, 迫田美祈, 桑江朝比呂, 岡田知也, 三戸勇吾：生物共生型護岸の CO2 フラックス予測モデルの構築と変動要因の解析. 土木学会論文集, 81, 25-17079., (2025.11)
・桑江朝比呂：沿岸域におけるブルーカーボン. 水環境学会誌, 48, p.306-310., (2025.9)
・西本壮汰, 大西晃輝, 大坪貴明, 志茂香, 桑江朝比呂, 岡田知也, 三戸勇吾：都市圏の港湾区域における干潟・岩礁帯を有する生物共生型護岸の CO2 吸収量の定量化. 土木学会論文集, 81(18), 25-18110., (2025.6)
・小野田雄介, 小林秀樹, 中路達郎, 加藤顕, 木田新一郎, 桑江朝比呂, 佐藤拓也, 沖一雄, 倭千晶：UAV によって拡がる生態学. 75(1), p.127-139, (2025.5)
・川端雄一郎, 中村董, 山路徹：混和材を大量に使用した低炭素コンクリートの港湾無筋コンクリートへの適用に関する検討, 土木学会論文集, Vol.81, No.18, ID:25-18021, (2025.10)
・田村勇一朗, 田中裕, 中村董, 松村聡, 川端雄一郎：CO2 固定によるカルシア人工石の緻密化と強度特性に関する基礎的研究, 土木学会論文集, Vol.81, No.18, ID:25-18042, (2025.10)
・川端雄一郎, 中村董, 山路徹：混和材を大量使用した低炭素コンクリートの港湾無筋ブロックへの適用に関する実験的検討と活用時の二酸化炭素排出量削減効果の試算, 材料, Vol. 74, No.5, pp.288-293, (2025.5)
・高橋英紀, 土田雄大, 加島寛章, 大矢陽介, 栗原大, 市川友弘：風・波・地震による複合外力作用下の着床式洋上風車の遠心模型実験, 土木学会論文集, Vol.81, No.18, 25-18047, 10, (2025.6)
・大坪正英, 高橋英紀, 栗原大, 佐藤樹, 松田達也, 内藤直人, 志賀守：飯田港東防波堤の被災調査と遠心模型再現実験, 土木学会論文集, Vol.81, No.18, 25-18049, 10, (2025.6)
・高橋英紀, 土田雄大, 栗原大：スパッドカン着底のための浮き型地盤改良による支持力増加工法, 土木学会論文集, Vol.81, No.18, 25-18132, 10, (2025.6)
・齋藤遼太, 馬場康之, 今井優樹, 山上路生：沖合観測塔で観測された方向スペクトル特性と風速場との相関解析, 土木学会論文集, Vol.81, No.17, 25-17219, (2025.11)

□各種表彰の受賞：1 件
・栗原大：海洋開発優秀論文賞

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：2 件
・特許（出願）： 水域用の採取具（特願 2025-202234）
・特許（登録）： 水域環境の観測装置および観測方法(特許第 7625196 号)

□その他

◆社会実装（現場や基準等に反映された研究成果等）：2 件

・国土交通省関東地方整備局　低炭素型材料試行工事，CO2 排出量削減効果算定

・国土交通省港湾局「港湾工事における CO2 排出量削減に向けた検討 WG」で公表されたロードマップに低炭素コンクリート等の成果が反映

◆港湾空港技術研究所報告・港湾空港技術研究所資料：2 件

・棚谷灯子，桑江朝比呂：人工構造物を用いた新たな生息場の創造によるサンゴ礁生態系の再生．港湾空港技術研究所報告，64(2)，p.1-56，(2025.6).

・山下真奈，川端雄一郎，中村董：CO2 排出量を考慮した係留施設の構造形式選定と低炭素型材料活用による CO2 削減量の試算に関する一考察，港湾空港技術研究所資料，No.1427，(2025.6)

◆学会発表、講演等：30 件

・Moki, H.：Introduction of New CNP initiatives. Seminar on Carbon Neutral Ports in ASEAN. Cambodia. (2025.12)

・Watanabe, K.：Quantification of organic carbon storage and CO2 removal by coastal macrophytes. PICES2025 Annual Meeting. Kanawaga. (2025.11)

・茂木博匡，須藤健二，柳田圭悟，菊田将平，堀正和，桑江朝比呂：全国の海草・海藻藻場の分布と炭素貯留量（ブルーカーボン）の推定．日本海洋学会 2025 年度秋季大会．北海道．(2025.9)

・茂木博匡：インベントリの算出方法 -海草・海藻藻場の面積とブルーカーボン-．2025 年度日本沿岸域学会講習会．東京．(2025.9)

・Andreoli, P.V., H. Moki, T. Kuwae, and Y. Koga.：From Rivers to the Sea: Integration of Numerical Models In Environmental Analysis. The 28th Japan Society on Water Environment Symposiumu. Toyama. (2025.9)

・茂木博匡：港湾空港技術研究所におけるブルーカーボン研究の取り組みについて．令和 7 年度 第 2 回ブルーインフラ整備技術ワーキンググループ．東京．(2025.9)

・Andreoli, P.V., H. Moki, K. Taguchi, K. Watanabe, T. Maruo, T. Ichikawa, and T. Kuwae.：Analysis of macroalgae ecosystems' impacts on carbon and major nutrient concentrations in shallow coastal areas. Japan Geoscience Union Meeting 2025. Chiba. (2025.5)

・渡辺謙太，堀正和，久保篤史，田中秀幸，茂木博匡，桑江朝比呂：大型海藻・海草由来溶存有機炭素の分解性．日本地球惑星科学連合 2025 年大会．千葉．(2025.5)

・安居里奈，杉本亮，渡辺謙太，久保篤史，津田彩夏，桑江朝比呂：厚岸湖における間隙水交換に伴う溶存態無機炭素およびアルカリ度フラックス．日本地球惑星科学連合 2025 年大会．千葉，ACG53-P03．(2025.5)

・中村航，渡辺謙太，所立樹，遠藤徹，桑江朝比呂，佐々木淳：石垣島吹通川河口におけるマングローブ沼地を介した無機炭素動態．月刊海洋 57(4)，p.169-176．(2025.4)

・梅澤有，樋口富彦，中村隆志，渡辺謙太：総論：沿岸海洋生態系－サンゴ礁・藻場・マングローブ－．月刊海洋 57(4)，p.133-138．(2025.4)

・ヘンリ―マイケル，川端雄一郎，棚谷灯子，中村董：グリーングレーハイブリッドインフラ防波堤における付加機能評価と利害関係者の専門分野との関連分析，土木学会第 80 回年次学術講演会，(2025.9)

・永井秀樹，瀧本和志，川端雄一郎：ハイブリッドインフラの設計耐用期間に関する一考察，土木学会第 80 回年次学術講演会，(2025.9)

・越川義功，瀧本和志，川端雄一郎：ハイブリッドインフラ（IGGI）の事業課におけるグリーン視点からの課題，土木学会第 80 回年次学術講演会，(2025.9)

・瀧本和志，川端雄一郎，越川義功，松橋宏治，相澤章仁：ハイブリッドインフラの現状と課題，土木学会第 80 回年次学術講演会，(2025.9)

・島多義彦，瀧本和志，川端雄一郎：都市防災型 IGGI（雨庭）の機能について，土木学会第 80 回年次学術

講演会, (2025.9)
・武藤あかね, 早野博幸, 茅野良太, 田中敏嗣, 佐藤誠, 川端雄一郎:低炭素型高機能コンクリートの海洋環境下における強度発現に関する基礎的検討, 土木学会第 80 回年次学術講演会, (2025.9)
・中村董, 川端雄一郎, 桑江朝比呂, 渡辺謙太:モルタルの表面形状が海藻着生に与える影響に関する基礎的検討, 土木学会第 80 回年次学術講演会, (2025.9)
・川端雄一郎, 越川義功, 松橋宏治, 相澤章仁, 瀧本和志:防災・減災型グリーングレーハイブリッドインフラの性能評価に向けた課題の整理, 土木学会第 80 回年次学術講演会, (2025.9)
・川端雄一郎:港湾構造物における CO2 排出量削減に向けた取組み, 港湾空港技術講演会 in 東北 2025, (2025.11)
・中村董:カーボン排出評価の現状, 第 48 回鋼構造基礎講座, (2025.10)
・川端雄一郎:港湾工事の脱炭素化に向けた低炭素型材料の活用, 港湾空港技術講演会 in 近畿 2025, (2025.12)
・中村董:港湾における脱炭素化に向けた取組み(暫定), 環境システムシンポジウム, 2026.1
・川端雄一郎:港湾構造物における複合構造物の CO2 排出量, カーボンニュートラルに向けた複合構造のあり方～複合構造物・FRP の CO2 排出量の試算例～に関する講習会, (2026.2)
・中村董:港湾における脱炭素化に向けた取組み, CDM研究会 令和7年度技術委員会 技術講演会, (2025.6)
・中村董:港湾構造物における CO2 排出量削減に向けた取組, 令和7年度 港湾技術設計基礎コース, (2025.9)
・齋藤遼太, 本田健悟, 齋藤有志, 鈴木優志, 山上路生:固定床海浜模型を用いた PIV 計測に基づく沿岸砂州発達過程の実験的検討, 第 72 回海岸工学講演会, (2025.11)
・H. Kashima:Occurrence Characteristics of Wave, Wind, and Seismic Loads for Offshore Wind Turbine Design, OCEANS 2025 BREST, 6, (2025)
・H. Kashima, and Yoneyama. H :Dynamic Response of a Monopile Offshore Wind Turbine to Combined Wind, Wave, and Earthquake Excitations, 44th International Conference on Ocean, Offshore & Arctic Engineering, 6, (2025)
・高橋英紀, 佐藤樹, 土田雄大, 栗原大:洋上風力発電基地港湾における岸壁での地盤工学的課題と対応, 地盤工学会誌 2025 年 12 月号, pp. 31-38, 12, (2025)

◆その他の国際連携活動(研究協力協定締結以外の国際活動):4 件
・国際航路協会 PIANC Blue Carbon WG のメンバーとして, 港湾におけるブルーカーボンの活用についてレポート執筆に向けた議論を進めた.
・Seminar on Realizing Carbon Neutral Ports in ASEAN Region に参画し、日本におけるブルーカーボン研究についてレクチャーを実施した.
・ISO 13315-7 "Environmental Management for Concrete and Concrete Structures - Part 7. End-of-life phase of concrete and concrete structures"の Convener(議長)を務め、同 ISO 制定に向けた執筆・議論等を実施した.
・エジンバラ大学・北海道大学との極大波発現特性に関する研究連携

重　点　分　野	(3)経済と社会を支える港湾・空港の形成

研 究 テ ー マ	①インフラ整備に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
我が国の産業の国際競争力を確保し、国民生活を支える港湾・空港等の効率的かつ効果的な整備に資するため、研究所は港湾・空港の機能強化を含むインフラ整備の高度化に関する研究開発等に取り組む。また、既存構造物の老朽化が進むなか、これまで行ってきた長寿命化に資する対策に加えて、インフラの高度利用に関する研究開発に取り組む。	過去に整備されたインフラの老朽化が進む中、予防保全への本格転換による効率的かつ効果的な維持管理を実施していく必要があるとともに、インフラの長寿命化や既存インフラの有効活用等の取組が求められている。また、インフラ整備のより一層の効率化のために調査から施工までを含めた整備手法の高度化が必要不可欠である。 このため、以下の研究開発を進める。 ①インフラ整備に関する研究開発	過去に整備されたインフラの老朽化が進む中、予防保全への本格転換による効率的かつ効果的な維持管理を実施していく必要があるとともに、インフラの長寿命化や既存インフラの有効活用等の取組が求められている。また、インフラ整備のより一層の効率化のために調査から施工までを含めた整備手法の高度化が必要不可欠である。 このため、以下の研究開発を進める。 ①インフラ整備に関する研究開発 －各港での波浪観測データの解析及び波浪特性の整理を行うとともに、リアルタイム係留船舶動揺予測による荷役安全性の評価に関する研究に着手する。 －「港湾・空港等整備におけるリサイクルガイドライン」に新たに鉱滓の循環利用に関して記載することを念頭に，成果を取りまとめ，原案を作成，提示する。

研　究　の　背　景

SDGs アクションプラン 2023 の重点項目の一つとして「持続可能で強靭な国土と質の高いインフラの整備」が挙げられている。また、国の活力の源である我が国産業の国際競争力を確保するためには、今後も国民生活を支える港湾・空港等のインフラを整備してゆく必要がある。一方、我が国は厳しい経済状況や少子高齢化といった社会的条件下にある。この制約の下で効率的かつ効果的にインフラを整備してゆくためには、省力化、コスト縮減に対する取組みが求められる。このような要求への対応として、基礎地盤の特性、施設の構造特性、作用外力およびこれらの相互作用を精度良く評価し、安全上の余裕代の高精度化といった設計法の合理化が必要である。合わせて環境負荷低減に対する配慮が必要である。

研　究　目　標

港湾・空港施設の経済性向上や環境負荷低減に配慮しつつ、効率的かつ効果的な港湾・空港施設を整備する技術の研究開発を目標とし、①設計法の合理化、②構造，施工の高度化といった課題に対する研究を行う。

具体的には、①取得データの蓄積及び分析による計測データの信頼性向上、新しい計測技術や蓄積データを活用した新しい解析手法や予測手法の開発と設計法の高精度化、および②リサイクル材を含む新素材を用いた部材や構造の検討，環境保全や安全性に配慮した施設整備の施工管理方法の検討が考えられる。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

（1）インフラ施設整備の合理化に関する研究

① 海象観測データの集中処理・解析に基づく海象特性及び波浪情報提供に関する検討

港湾施設設計に用いる作用外力設定、災害時の港湾施設被災原因の究明および顕著な海象事象の評価の際の基礎データ整備を目的として、各港で観測された波浪観測データを取りまとめた。

現在，作業者の目視による確認も実施している観測波形の品質チェックをより効率的に実施することを目的として、ノイズチェックなどナウファスシステム処理の高度化に関する検討を行った。

新たな波浪観測技術として，小型 SAR 衛星データ（SAR 画像）による波浪推定手法の検討に着手した。

② リアルタイム係留船舶動揺予測による荷役安全性の評価に関する研究

荷役安全性の的確な評価方法構築を目的として，船体形状の複雑化や平均海面上昇により変化する船体甲板と係留柱の位置関係に対応できる計算モデル開発および精度向上のためのプログラム改良を行った。

波浪変形計算と船体動揺解析を一体的に実施する厳密解析法に基づく常時の港内静穏度解析は，その概念がマニュアルに示されるのみで未だ実現していない。そこで，厳密解析法の実務利用に向けた接続計算手法の効率化及び高速化を図った。

③ インフラ整備の高度化に向けた Material Point Method 解析基盤の開発

液状化時の地盤変状や構造物の地盤への貫入などの大変形問題は FEM 解析では対応が困難である。そこで，このような問題へ対応可能な MPM 解析を対象に、将来的なインフラ整備への活用を見据えた解析基盤の構築を行った。

FEM や MPM に関する知識があっても，一からプログラムを書くのは非常に手間がかかることから，数式を記述する感覚でユーザーが手軽に MPM プログラムを掛けるツールを目標とした。

④ 土中で生じる電気化学現象の実務への利用に関する研究

粘土の電気浸透現象の理解や圧密挙動の予測のための科学的基盤構築を目的として，各地の処分場から採取した浚渫土砂の物理化学特性に関する基礎情報を蓄積した。

電気浸透脱水実用化の際に想定される技術的課題の克服を目的として，電極周辺の排水停滞による脱水効率の低下の解決手法を検討した。

（2）インフラ構造材料の高機能化に関する研究

① 矢板式係船岸の設計の合理化に関する研究

近年の大規模地震を受け、鋼構造港湾施設では L2 地震動後の安全性評価や利用形態を考慮した「ポスト L2 照査」が求められている。そこで，矢板式係船岸を対象に，永続・変動状態での安定性照査及びポスト L2 照査について、課題を抽出するとともに解決策を検討した。

静的照査と動的解析（FLIP）の結果を用いて，発生曲げモーメントの整合性や根入れ長に対する感度分析を行い、合理的な矢板根入れ長を検証した。

② 打撃応答特性を利用した杭の施工管理手法の確立

開発中の杭の施工管理手法における波形計測データ取得に関する技術課題解決を目的として，提案した新しい全抵抗算出手法の妥当性を検証した。

提案した新しい全抵抗算出手法の汎用性確保を目的として，杭とやっとこのインピーダンス変化に着目して理論的な裏付けを行った。

本研究成果の普及，社会貢献を目的として，施工管理マニュアルへの成果の反映を検討した。

③ 鉱滓の地盤材料としての循環利用に関する研究

鉱滓の循環利用時の確認事項や検討内容を明確にすることを目的として、技術マニュアル（案）を提示した。提示は，改訂を予定している「港湾空港等整備におけるリサイクルガイドライン：国土交通省港湾局，航空局（以下，リサイクルガイドライン）」への掲載を考え，改訂委員会に対して提示した。

モデルケースへの研究成果の還元を目的として，その設計等へ反映した。

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

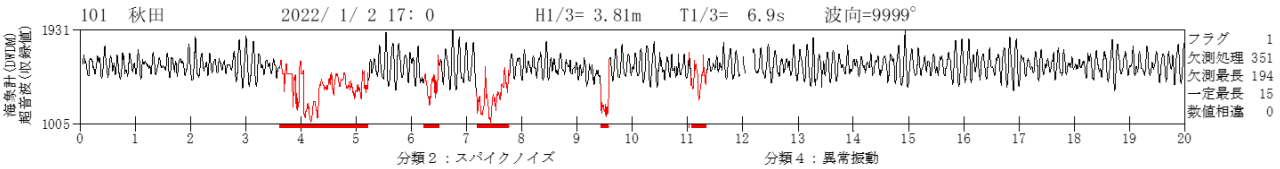
（1）インフラ施設整備の合理化に関する研究

① 海象観測データの集中処理・解析に基づく海象特性及び波浪情報提供に関する検討

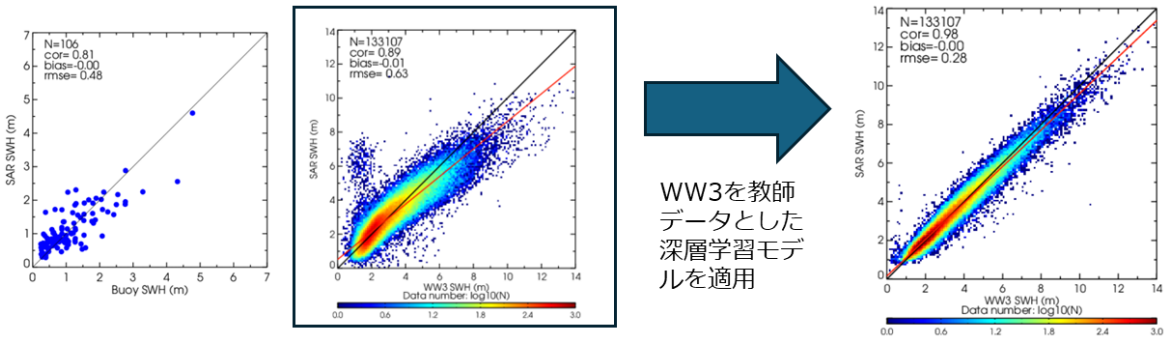
各港で観測された波浪観測データを基に 2024 年の確定波浪台帳を整備し、2024 年の各港における波浪の出現特性を港空研資料（全国港湾海洋波浪観測年報 2024）としてとりまとめた。

ナウファスシステム処理の高度化に関する検討において，観測波形データの異常値の除去処理プログラム（プロトタイプ）を整備し，試計算を実施した（図Ⅰ.3.(3).①.1）。

小型 SAR 衛星データ（SAR 画像）による波浪推定の検証を実施したところ概ね良好な結果が得られた。次いで，波浪推算データ（WW3）を教師データとした深層学習モデルを用いることでさらなる推定精度向上に向けた検討に着手した（図Ⅰ.3.(3).①.2）。



図Ⅰ.3.(3).①.1 観測波形データ内の異常値検出の例（波形中，赤で示した部分）



a)SAR 画像から推定された有義波高との比較例（左：FINO3 観測値，右：WW3）

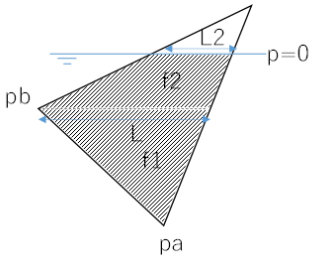
b)深層学習モデルを用いた有義波高との比較

図Ⅰ.3.(3).①.2 SAR 衛星データ（SAR 画像）による波浪推定とその精度向上検討結果

② リアルタイム係留船舶動揺予測による荷役安全性の評価に関する研究

船舶動揺計算の計算精度を向上させるために，船体へ作用する圧力の計算手法を改良した（図Ⅰ.3.(3).①.3）。

船舶動揺計算に並列計算機能を追加し，その計算コスト向上を検証した。加えて計算プログラムにリスタート機能を追加するなど，実務利用に向けた改良を行った。



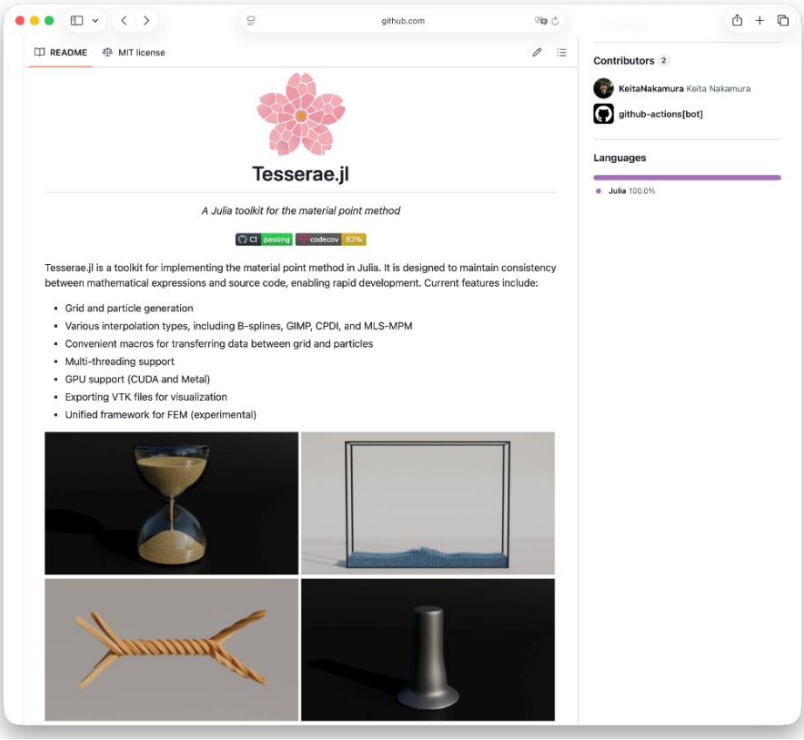
三角形要素の集合で表される船体について，各要素で水面との交点を求め，水面下にある部分の圧力を積分することで，各要素に作用する力を算出

図Ⅰ.3.(3).①.3　圧力の計算手法の改良

③ インフラ整備の高度化に向けた Material Point Method 解析基盤の開発

解析ソフトウェアのプロトタイプは既に開発を終え、Web 上でオープンソースとして公開した（https://github.com/KeitaNakamura/Tesserae.jl）（図Ⅰ.3.(3).①.4）。さらに大学研究室による使用実績を上げるとともにそこからのフィードバックを得た。

ドキュメント（英語のみ）および構造物の地盤への貫入問題に関わる MPM–剛体カップリングなど、サンプルプログラムの整備を進めた。

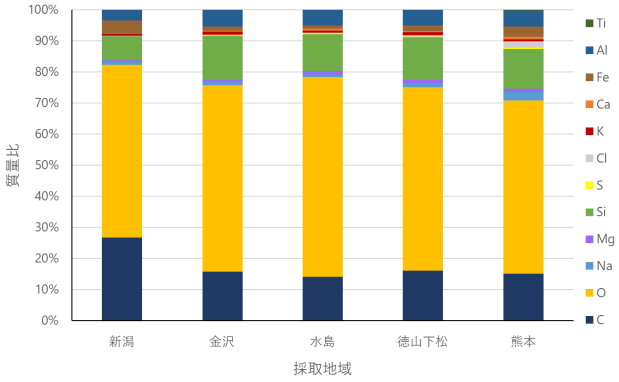


図Ⅰ.3.(3).①.4　Web 上で公開した解析ソフトウェアのプロトタイプ

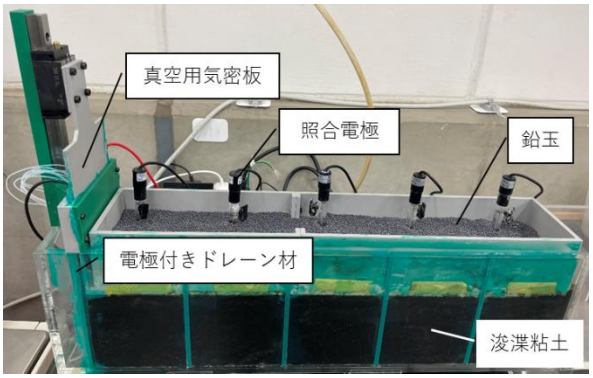
④ 土中で生じる電気化学現象の実務への利用に関する研究

各地の処分場から採取した浚渫土砂について、物理試験・圧密試験・ゼータ電位測定・電子顕微鏡を用いた構造観察および成分分析を実施し（図Ⅰ.3.(3).①.5）、物理化学特性に関するデータを拡充するとともに，電気浸透脱水前後の試料に対して X 線回折を実施し、含有イオン量変化について検討した。

電極周辺の排水停滞の解消や電気浸透脱水効果の向上を念頭に、真空圧密との併用による効果を検証するため、ドレーン付き電極を新たに製作した（図Ⅰ.3.(3).①.6）。



図Ⅰ.3.(3).①.5 各地から採取した浚渫粘土の成分分析結果の例



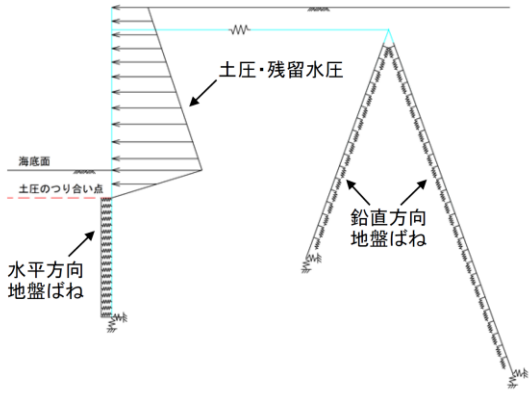
図Ⅰ.3.(3).①.6 ドレーン付き電極を用いた電気浸透脱水実験の様子

（2）インフラ構造材料の高機能化に関する研究

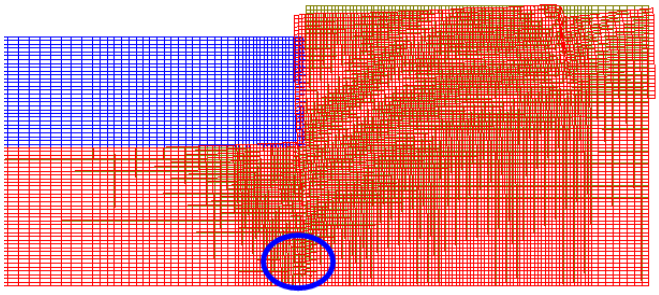
① 矢板式係船岸の設計の合理化に関する研究

前面矢板、タイ材及び控え工などを個別に照査していた従来の性能照査法に対して，各部材を連成させる骨組み解析による性能照査手法を提案し，前面矢板と控え直杭の両方を考慮した骨組モデルを数ケース構築・解析し（図Ⅰ.3.(3).①.7）、技術基準の性能照査手法より算出される鋼材の応力と比較した結果、概ね一致することがわかった。

前面矢板の根入れ長が施設に及ぼす影響について、地震波形や壁高を変化させた数ケースの構造断面を対象に FEM 解析を用いて検証した（図Ⅰ.3.(3).①.8）。その結果、技術基準の性能照査手法より算出された鋼材の応力等を根入れ長に応じて補正し、より経済性の高い構造断面を構築できる可能性が示唆された。



図Ⅰ.3.(3).①.7 骨組み解析（全体の変位及び部材照査）のイメージ



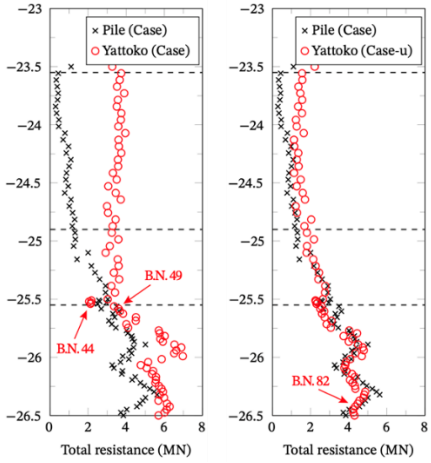
図Ⅰ.3.(3).①.8 FLIP の解析結果（変形図の例）

② 打撃応答特性を利用した杭の施工管理手法の確立

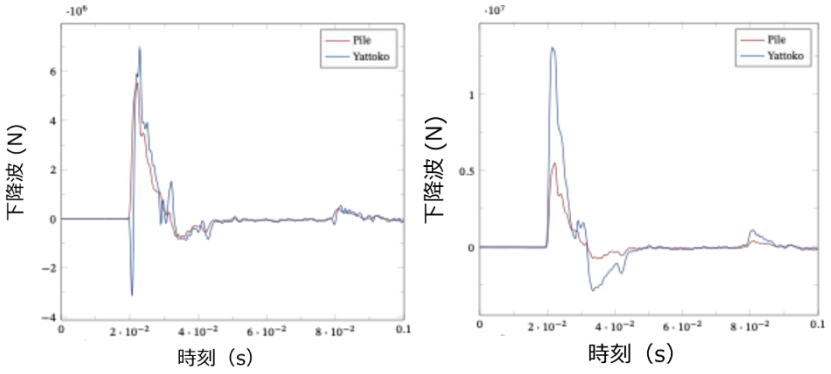
やっとこを用いた杭の施工管理手法の先端からの引張反射波が取得できないという技術的課題に対して、変位情報を用いた補正手法を導入することで一定の改善が確認できた(図Ⅰ.3.(3).①.9)。

杭とやっとこの機械インピーダンス（断面積や材料特性の違いによって決まる，応力波の伝わり方を表す量）変化が杭の全抵抗評価に大きく影響する点について、フーリエ変換を用いた波動再構成手法を適用し、物理的に整合した全抵抗算出を可能とした(図Ⅰ.3.(3).①.10)。

施工管理マニュアルの原稿案作成に着手した。



図Ⅰ.3.(3).①.9　杭の全抵抗
（左：旧手法，右：提案手法）

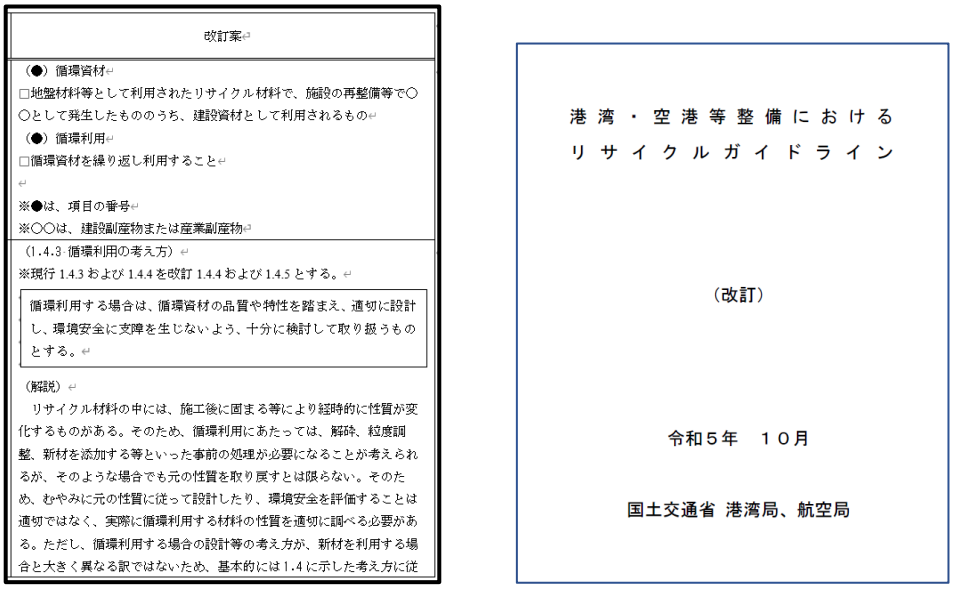


図Ⅰ.3.(3).①.10　やっとこ波形から再構成した杭波形（左：機械インピーダンス変化による反射・透過を考慮，右：未考慮）

③ 鉱滓の地盤材料としての循環利用に関する研究

特別な環境を除いて、再利用による材料劣化は考慮しなくてよい、という結論をえたものの，鉱滓の材料特性の不均質性や多様な利用環境により、実現場における鉱滓の再固化予測を一般化することが現状難しいことがわかった。そこで，技術マニュアル案は、再固化のメリットは期待しない、デメリットには配慮する、という形で取り纏めた。本成果を広く普及させるために、令和５年 10 月に策定して今後改訂を予定しているリサイクルガイドラインへの掲載を目標に，技術マニュアル案を改訂委員会に提出した（図Ⅰ.3.(3).①.11）。

鉱滓の再利用を計画する横浜港本牧の設計等へ成果を反映するとともに，検証例として技術マニュアル（案）に取り込んだ。


改訂案

（●）循環資材
□地盤材料等として利用されたリサイクル材料で、施設の再整備等で○○として発生したもののうち、建設資材として利用されるもの
（●）循環利用
□循環資材を繰り返し利用すること

※●は、項目の番号
※○○は、建設副産物または産業副産物

（1.4.3 循環利用の考え方）
※現行 1.4.3 および 1.4.4 を改訂 1.4.4 および 1.4.5 とする。

循環利用する場合は、循環資材の品質や特性を踏まえ、適切に設計し、環境安全に支障を生じないよう、十分に検討して取り扱うものとする。

（解説）
リサイクル材料の中には、施工後に固まる等により経時的に性質が変化するものがある。そのため、循環利用にあたっては、解砕、粒度調整、新材を添加する等といった事前の処理が必要になることが考えられるが、そのような場合でも元の性質を取り戻すとは限らない。そのため、むやみに元の性質に従って設計したり、環境安全を評価することは適切ではなく、実際に循環利用する材料の性質を適切に調べる必要がある。ただし、循環利用する場合の設計等の考え方が、新材を利用する場合と大きく異なる訳ではないため、基本的には 1.4 に示した考え方に従

港湾・空港等整備におけるリサイクルガイドライン

（改訂）

令和５年　１０月

国土交通省 港湾局、航空局

図Ⅰ.3.(3).①.11　技術マニュアル案の提示（リサイクルガイドライン改定時に「循環利用の考え方」を新設）

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文：1 編［2025.4.1～2025.12.31］

・Takagawa,T., Chida,Y., Fujiki,T., and Kawaguchi,K.: High-resolution Source Inversion of 2024 Noto Peninsula Earthquake Tsunami with Modeling Error Corrections, Scientific Reports, https://doi.org/10.1038/s41598-025-08978-0 (2025.7).

□査読付き国際会議論文：1 編 [2025.4.1～2025.12.31]

・Sugiyama,Y., Hashimoto,N., Takano,D., and Hossain, M.S.: An electrokinetic approach for reducing spudcan base suction, Proc. of the ASME 2025 44rd Int. Conf. on Ocean, Offshore and Arctic Engrg. (OMAE2025), 155384 (2025.6).

□和文査読付き論文：4 編

・平山克也・横瀬介人・濱野有貴: 離島航路の船舶を対象とした離島港湾における荷役稼働率算定法の提案, 土木学会論文集, Vol.81, No.17, 25-17063 (2025.11).

・國里立紀・松村聡・水谷崇亮: 砂質土地盤を対象とした控え直杭式矢板式係船岸における前面矢板の根入れ長に関する数値実験, 土木学会論文集, Vol.81, No.18, 25-18073 (2025.10).

・塩崎禎郎・水谷崇亮・野津厚・大矢陽介・松村聡・嘉數浩靖・國里立紀・村田誠: 桟橋用鋼管杭のレベル 2 地震照査時の限界曲率超えの制限値について, 土木学会論文集, Vol.81, No.18, 25-18137 (2025.10).

・松村聡・山下真奈・川端雄一郎・水谷崇亮・森川嘉之: 港湾構造物におけるスラグ発生土の再利用による CO2 排出量の削減効果の試算, 土木学会論文集, Vol.81, No.18, 25-18055(2025.10).

□各種表彰の受賞：0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他

◆港湾空港技術研究所報告・港湾空港技術研究所資料：3 編

・髙川智博・千田優・藤木峻・川口浩二：モデル誤差を考慮した 2024 年能登半島地震津波の高解像度波源逆解析, 港湾空港技術研究所報告, 第 64 巻第 3 号, pp.1-15 (2025.9).

・荒木達斗・松村聡・水谷崇亮・塩崎禎郎・野津厚・大矢陽介・嘉數浩靖・小濱英司・川端雄一郎・國里立紀・村田誠: 桟橋支持杭のレベル2地震動に対する性能規定の提案, 港湾空港技術研究所資料, No.1429 (2025.9).

・川口浩二・三原小弥・田村仁: 全国港湾海洋波浪観測年報(NOWPHAS2024), 港湾空港技術研究所資料, (2026.3 予定)

◆社会実装(現場や基準等に反映された研究成果等)：3 件

・川口浩二: web サイト(リアルタイムナウファス;国総研管理)での波浪台帳の公表(2023 年確定波浪台帳、2025 年速報波浪台帳(2025)).

・川口浩二：港内長周期波影響評価マニュアル(改訂版), 沿岸技術ライブラリー, No.63 (2025.7). ※分筆

・松村聡：鉱滓の循環利用に関する技術マニュアル(案)(リサイクルガイドラインへの掲載：ガイドライン検討委員会への提示)

◆学会発表、講演等：12 件

・山口雄也・杉山友理・橋本永手: 粘性土/電極界面のカソード反応に関する実験的検討, 第 60 回地盤工学会研究発表会, 22-9-3-08 (2025.7).

・松村聡・森川嘉之・川端雄一郎・水谷崇亮: スラグ発生土の地盤材料としての循環利用(その1：概要), 第 60 回地盤工学研究発表会, DS-4-11 (2025.7).

・森川嘉之・松村聡・嘉数浩靖, スラグ発生土の地盤材料としての循環利用(その2：土質特性) ,第 60 回地盤工学研究発表会, DS-4-12 (2025.7).

・松村聡・國里立紀・大矢陽介・毛利惇士・小濱英司: 令和6年能登半島地震で被災した七尾港（大田地区）矢板式係船岸の部材調査，令和 7 年度土木学会全国大会, II-29 (2025.9).
・大矢陽介・毛利惇士・笠田龍輝・小濱英司・松村聡: 令和6能登半島地震における七尾港・岸壁エプロン部等の沈下評価と繰返し三軸試験，令和 7 年度土木学会全国大会, III-289 (2025.9).
・仲井圭二・額田恭史・川口浩二・藤木峻: 令和 6 年能登半島地震による日本海沿岸部の津波の周波数特性，日本自然災害学会第 44 回学術講演会 (2025.9).
・髙川智博・千田優・藤木峻・川口浩二: モデル誤差を考慮した 2024 年能登半島地震津波の高解像度波源逆解，日本地震学会 2025 年度秋季大会 (2025.10).
・Nakamura,K.: Julia-powered tool kit for material point method, 9th Int. Conf. on Particle-based Methods (Particles 2025) (2025.10).
・三井正雄・森重輝政・橋本典明・川口浩二・三原小弥: 海底に設置した各種超音波式波浪計による波向特性について，第 72 回海岸工学講演会 (2025.11).
・Hashimoto,N., Kawaguchi,K., Fujiki,T., and Mitsui,M.: A Simple Method to Estimate the Surface Wave Spectrum from Spectra of Water Particle Velocities in Three Oblique Directions Measured by Doppler-type Directional Wave Meter, Int. Conf. on Asian and Pacific Coasts (APAC2025) (2025.12).
・中村圭太: 数式表現に基づく柔軟な MPM シミュレーション環境の開発，地盤工学会誌 (2026.2).
・松村聡: 鉱滓の地盤材料としての循環利用に向けて，環境研究機関連絡セミナー，口頭発表 (2025.11).

重　点　分　野	(3)経済と社会を支える港湾・空港の形成

研 究 テ ー マ	②インフラの維持管理に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
我が国の産業の国際競争力を確保し、国民生活を支える港湾・空港等の効率的かつ効果的な整備に資するため、研究所は港湾・空港の機能強化を含むインフラ整備の高度化に関する研究開発等に取り組む。また、既存構造物の老朽化が進むなか、これまで行ってきた長寿命化に資する対策に加えて、インフラの高度利用に関する研究開発に取り組む。	過去に整備されたインフラの老朽化が進む中、予防保全への本格転換による効率的かつ効果的な維持管理を実施していく必要があるとともに、インフラの長寿命化や既存インフラの有効活用等の取組が求められている。また、インフラ整備のより一層の効率化のために調査から施工までを含めた整備手法の高度化が必要不可欠である。 このため、以下の研究開発を進める。 ②インフラの維持管理に関する研究開発	過去に整備されたインフラの老朽化が進む中、予防保全への本格転換による効率的かつ効果的な維持管理を実施していく必要があるとともに、インフラの長寿命化や既存インフラの有効活用等の取組が求められている。また、インフラ整備のより一層の効率化のために調査から施工までを含めた整備手法の高度化が必要不可欠である。 このため、以下の研究開発を進める。 ②インフラの維持管理に関する研究開発 －暴露試験により各種建設材料（コンクリート系材料、鋼材の防食工法、木質系材料、固化処理土等）の長期耐久性を検討する。鋼材の電気防食工法については、現地調査と数値解析を組み合わせた評価手法についても検討する。 －施設の補修補強技術、既存施設の残存性能の評価（各種数値解析を用いた桟橋の残存性能評価等）の方法も検討する。 等

研　究　の　背　景

国の活力の源である我が国産業の国際競争力を確保するため、国民生活を支える港湾・空港等の効率的かつ効果的な整備だけでなく、持続可能な維持管理や（例：ICT 等の活用による地域の実情に対応した維持管理）、重大な事故を未然に防ぐこと（予防保全）等が強く求められている。このため、持続可能なインフラの維持管理を実現する技術の研究開発を行う。

なお、前中長期計画では、コンクリート構造物、鋼構造物を研究対象としたが、今中長期計画では地盤材料も対象とし、幅広い視点から研究を実施する。

研　究　目　標

持続可能なインフラの維持管理の実現を目標とし、①インフラの長寿命化、②既存施設の残存性能評価および改良・更新技術に関する研究を行う。

(1)インフラの長寿命化に関する研究

材料の長寿命化、品質確保（向上）による長寿命化、モニタリング等の活用による長寿命化等に関する研

究開発を実施する。

（2）既存施設の残存性能評価および改良・更新技術に関する研究

施設の補修補強技術、既存施設の残存性能評価等に関する研究開発を行う。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

（1）インフラの長寿命化に関する研究

① 長期暴露試験および実構造物調査を基にした各種建設材料の性能評価および評価手法の開発

長期暴露試験施設（1966 年から稼働）や実環境での暴露試験で得られたデータを基に、コンクリート系材料（微生物を用いたコンクリート等）及び各種木質材料の耐久性の評価や、鋼材の腐食・防食特性に関する評価を行う。

② 海洋構造物の防食工法の設計・維持管理の高度化に関する研究

電気防食工法の設計の高度化に関して、実環境での電気防食特性の評価手法の確立を行う。さらに、実海域（波崎海洋研究施設の観測桟橋や一般の港湾施設など）において波浪、水質等の環境情報を取得し、環境情報と防食に関する情報の関連性を整理する。

電気防食工法の維持管理の高度化に関して、定期点検診断時に測定する「電位」を基にした判定方法について検討を行う。

被覆防食工法の設計・維持管理手法の高度化に関して、波崎海洋研究施設の観測桟橋での長期暴露試験(2024 年で 40 年経過）など、実環境での検討を基に、長期経過後の被覆防食の性能の評価を行い、設計・維持管理手法の高度化を図る。

③ 改良地盤の長期耐久性の検討およびその評価手法の開発

曝露試験を実施して、水中と海中曝露による劣化特性を把握する。また、更なる高圧を用いた劣化促進試験を実施し、曝露試験の結果との対比データを取得する。さらに、土質ごとの海中曝露における劣化深度の違いを推定する方法を検討する。また対象範囲を広げて、関連する固化処理土の強度特性等についても検討する。

④ 湿潤条件を考慮したコンクリート部材接合部の設計・施工方法に関する検討

非拘束条件での差筋引抜き載荷を行い、より実構造物に近い条件下での、水の存在と部材接合部の耐荷性能との関係について検討する。また、防波堤の嵩上げを想定した水理模型実験を実施し、揚圧力の強度や分布形状を把握し、作用の考え方について整理する。

（2）既存施設の残存性能評価および改良・更新技術に関する研究

① デジタル技術を活用した港湾構造物の維持管理の省力化・高度化に関する研究

第3期 SIP「スマートインフラマネジメントシステムの構築」と連動し、以下について実施する。また、社会実装に向けて、国土交通省港湾局、国土技術政策総合研究所、港湾管理者（川崎市港湾局）と意見交換を行う。

数値解析によるメンテナンスのハイサイクル化に関する研究として、数値解析の高精度化のための、実部材（桟橋上部工から採取）の載荷試験を実施する。

港湾施設の3D モデル化技術とメンテナンスのハイサイクル化への利活用に関する研究として、港湾施設のうち、桟橋上部工の3D モデルから各種の構造解析モデルへ変換する手法について検討を行う。また、桟橋に作用する接岸力を対象とした構造解析の実施、および構造解析結果を教師データとした簡易モデル（外観による劣化度判定結果を基に残存性能を評価）の構築を進める。

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

（1）インフラの長寿命化に関する研究

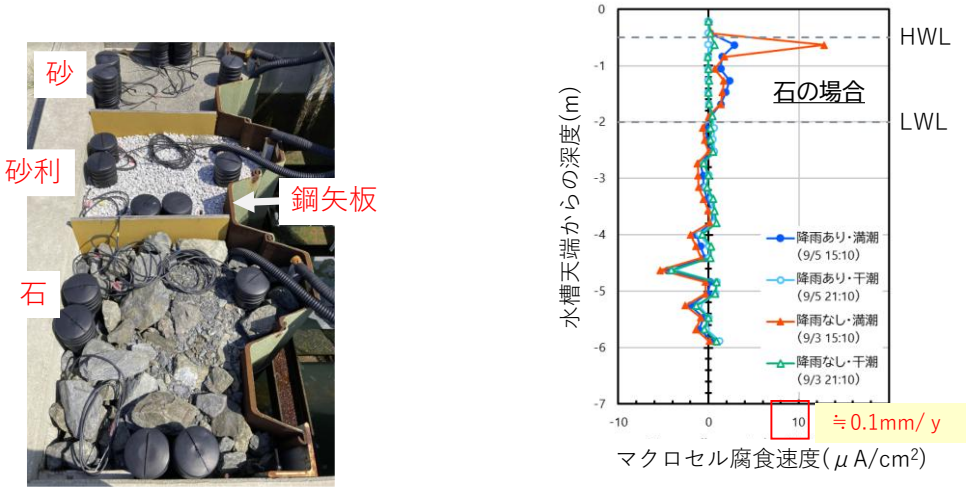
① 長期暴露試験および実構造物調査を基にした各種建設材料の性能評価および評価手法の開発

微生物を用いたコンクリートに関して、微生物によるひび割れ治癒効果および腐食抑制効果を検証するための長期暴露試験を継続中である（定期的な外観観察および自然電位、分極抵抗のモニタリングを実施）。ひび割れ補修材としての適用性について検討を開始した。

カルシウム溶脱に着目した、コンクリート系材料の劣化促進手法（電気的駆動力を印加）について検討を行った。

背面土中部の鋼材腐食の評価のための長期暴露試験を行った。海中の場合に LWL 直下で腐食速度（図ではマクロセル腐食速度）が極大となるが、背面土中部の場合は見られなかった（図Ⅰ.3.(3).②.1）。干満帯部分の鋼材が土により覆われていたメーカーソード反応（錆層の還元反応等）が起こりにくくなっている可能性が考えられる。

木材の樹幹内位置による海虫害抵抗性の変動や、被覆等による海虫害防除に関する試験体の海中浸漬を行ったほか、風化浸食速度と暴露環境・樹種の関係についての実験等を継続実施した。



a）暴露試験体　　b)マクロセル腐食速度の深度分布（石の場合）

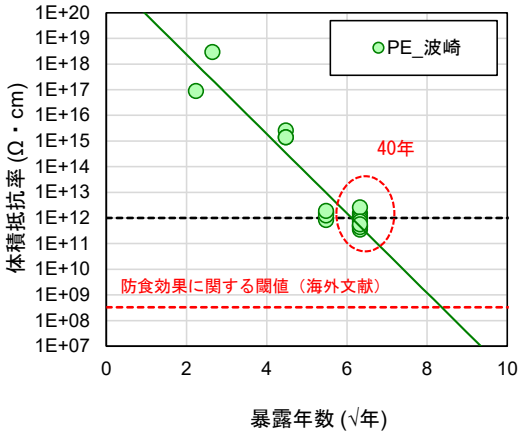
図Ⅰ.3.(3).②.1　背面土中部の鋼材腐食の評価のための長期暴露試験

② 海洋構造物の防食工法の設計・維持管理の高度化に関する研究

港湾環境における防食設計の高度化を目指し、まず「河口周辺等の汽水域」を対象として検討を行った。数か所の港湾（東京、横浜、川崎、横須賀、清水）で水質調査を実施し、その水質調査結果を基にした、電気防食特性に関する数値解析を行った。次に，「海岸付近の土中部」を対象として検討を行った．地盤調査および現地での暴露試験結果を基にした、電気防食特性に関する数値解析を行った。現地での暴露試験（期間は最長で 1 か月程度）を実施したことにより、現地での情報を踏まえた電気防食設計や、通電用電極の最適な配置条件の選定を比較検討するための数値解析が実施できた。結果として、実際の設計に反映することができた。

電気防食工法の維持管理に関して、定期点検診断時に測定する「電位」を基にした判定方法について、ある港での定期点検診断結果を基に検討を行った。

被覆防食工法の設計・維持管理手法に関して、実海域（波崎海洋研究施設の観測桟橋など）において、長期間経過後の被覆防食工法（重防食被覆など）の調査結果をとりまとめた。その結果、40 年間にわたり高い防食性能を保持していたことや、防食性能の変化を評価・予測する指標（体積抵抗率）の有効性が示された（図Ⅰ.3.(3).②.2）。また、作用する波力を評価し、防食性能の耐久性に及ぼす波力の影響の評価も行った。



a）外観全体（左）と 20 年経過時（中）、40 年経過時（右）　　b）体積抵抗率の経時変化（カッコ内の数字は実年数）

図Ⅰ.3.(3).②.2　40 年が経過した重防食被覆（ポリエチレン）に関する調査結果

a）20 年・40 年後の外観、顕著な変状は認められない。

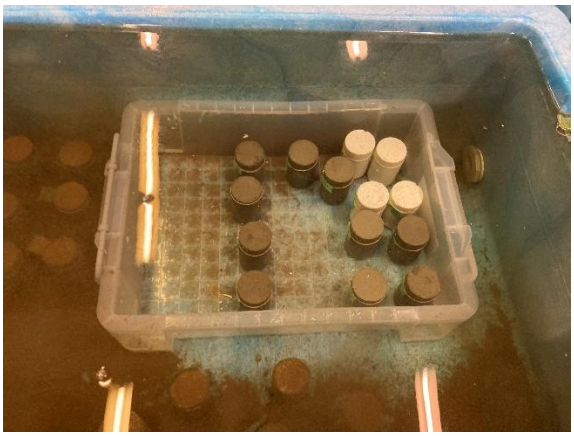
b）体積抵抗率は、初期よりも低下しているが、ある一定値以上の性能を確保していた（防食性能の変化を評価・予測する指標としての有効性を示唆）。

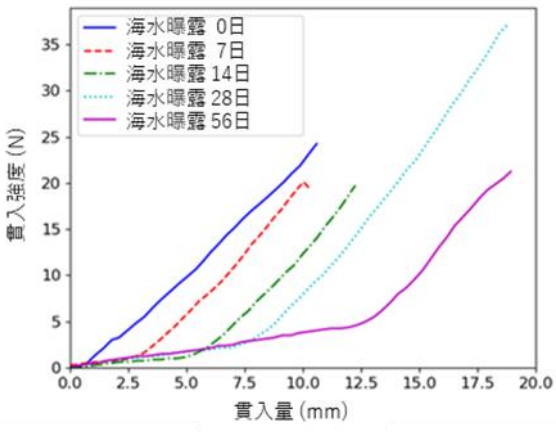
③　改良地盤の長期耐久性の検討およびその評価手法の開発

固化処理土の海水曝露実験により、長期耐久性に関する以下の知見を得た。母材となる粘土の種類によって劣化の有無や程度に差異が生じることが明らかとなった。また、未処理土と接する固化処理土の表面付近では劣化が確認された一方、内部では強度が保持されていることを確認した。これらの試験結果を踏まえ、劣化深度を統一的に説明する推定式の提案を行った（図Ⅰ.3.(3).②.3）。

加圧透水型劣化促進試験機を用いた室内試験では、地下水作用下における固化処理土の劣化特性を調査した。その結果、20kPa 程度の加圧透水により試験期間の大幅な短縮が可能であること、Ca 溶脱量が透水量に比例すること、および透水係数が透水日数の増加に伴い低下することが確認された（図Ⅰ.3.(3).②.4）。

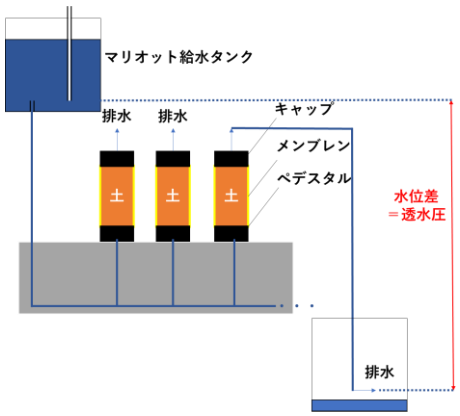
さらに、本研究課題から派生した成果として、固化処理土式岸壁の地耐力評価式の提案や固化処理土内への CO_2固定化手法の提案を行った。



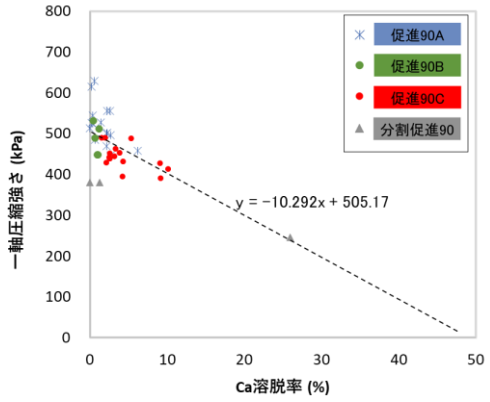


a)海水曝露試験開始時の様子　　b)曝露日数での針貫入強度の変化

図Ⅰ.3.(3).②.3　土中養生中の固化処理土の強度変化特性



a) 加圧透水型劣化促進試験



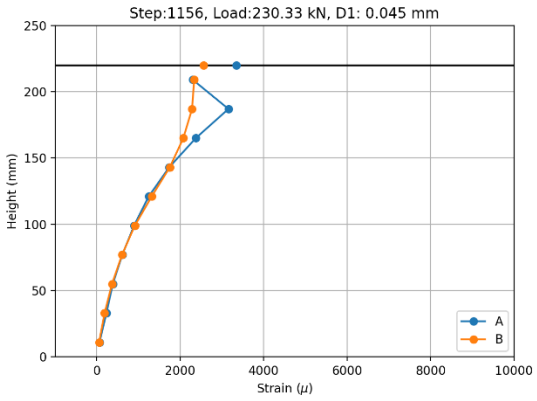
b)カルシウム溶脱率と劣化の関係

図 I .3.(3).②.4 曝露表面での劣化深度の推定式の提案

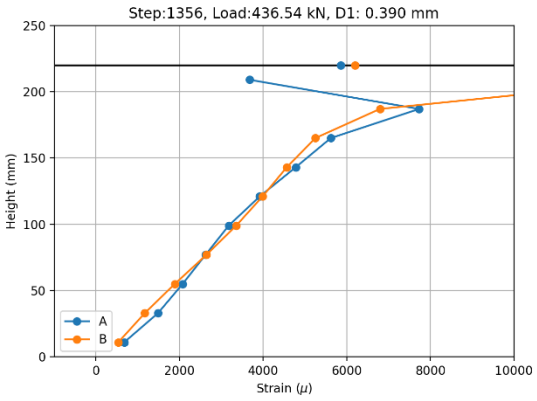
④ 湿潤条件を考慮したコンクリート部材接合部の設計・施工方法に関する検討

埋込部の差筋の抵抗機構を明らかにすることを目的として、埋込長にわたって直径間隔（22mm 間隔）でひずみゲージを両側面（A 及び B 面）に貼付し、引抜き載荷中のひずみ分布計測を行った。その結果、差筋が抜け出し始める 0.002D（0.44mm）時において、差筋に生じるひずみ分布は曲線を描いており、引抜き荷重に対して上面側の抵抗が大きい傾向にあった（図 I.3.(3).②.5 a)）。一方、最大荷重時においては、上面側について内部ひび割れの影響と思われるひずみの低下が確認されたが、概ねひずみ分布は線形であることから、引抜き荷重に対して埋込長全体で平均的に抵抗していることを確認した（図 I.3.(3).②.5 b)）。このことから、付着破壊耐力を考慮する際には、一般的に設計で想定されている差筋の付着抵抗機構（埋込長全体で平均的に抵抗）の考え方で設計してよいことを確認した。

嵩上げ接合部に作用する揚圧力に関して水理模型実験を実施し、港外側の揚圧力強度は同じ高さの水平波圧強度と同程度であること、揚圧力分布は矩形に近い形状であること、波が打ち上がり接合面を横切るような場合でも揚圧力が作用することが確認された。



a) 0.002D 時



b) 最大荷重時

図 I.3.(3).②.5 差筋ひずみ分布（施工条件：水中、充填材種類：無機系アンカー）

（2）既存施設の残存性能評価および改良・更新技術に関する研究

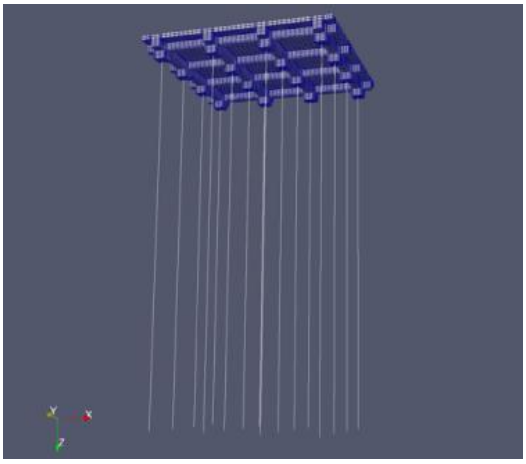
① デジタル技術を活用した港湾構造物の維持管理の省力化・高度化に関する研究

数値解析によるメンテナンスのハイサイクル化に関して、桟橋上部工の残存耐力を評価する方法としての「数値解析」を高度化させるための実部材載荷試験を行った。また、塩害によるコンクリート中の鋼材腐食の予測に関する数値解析の試行も行った。

3D モデル化技術とメンテナンスのハイサイクル化への利活用に関して、3D 図面等から構造解析モデルを作成する手法の効率化として、桟橋上部工外形からの復元設計や、3D CAD からフレーム解析

用モデルを自動作成する方法、桟橋外形から DuCOM/COM3 用モデルを作成する方法（図Ⅰ.3.(3).②.7）等について検討を行った。

劣化度を基にした、桟橋の残存性能評価手法の高度化（機能拡張）を行っている。また、検討中の内容を基に国総研や港湾管理者（川崎港）等と社会実装に向けた意見交換を行った。



図Ⅰ.3.(3).②.7 桟橋の外形から数値解析用モデル（DuCOM/COM3 用モデル）を自動作成した例
（パラメトリックモデルにより作成）

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文：10 編［2025.4.1～2025.12.31］

・Kazuo Yamada, Yuichiro Kawabata, Kannosuke Shiraishi：Required research for predicting AAR expansion reconsidered based on Ichikawa theory, Magazine of Concrete Research（2025.6）

・Keisuke Takahashi, Yuichiro Kawabata, Mari Kobayashi, Takafumi Kasaya, Shintaro Miyamoto, Hong S. Wong：Durability of cementitious binders with blast furnace slag in deep sea conditions: analysis of microstructure and phase transformation , Cement and Concrete Research, (2025.6)

・Shintaro Miyamoto, Yuichiro Kawabata, Natsuki Yoshida, Marcus H. N. Yio, Tsuyoshi Saito and Hong S. Wong: New insights on thaumasite precipitation based on thermodynamic modeling and 3-year exposure of cement pastes to Na2SO4 and MgSO4 solutions, Cement and Concrete Composites (2025.6)

・M. Fujishima, T. Miura, S. Multon, Y. Kawabata: Anisotropy mechanism of alkali-silica reaction at the material scale: from expansion behavior to mechanical property degradation, Cement and Concrete Composites, 159, 106008, 2025.

・Ali Naqi, Masahide Otsubo, Reiko Kuwano, Hideki Nagatani, Kenichi Kawano, Weichen Liu: Influence of length and configurations of stirring rods on the mixing of cohesionless granular particles in earth pressure balance shields, Powder Technology, 2025.

・Sukhumkitcharoen Rawiwan, Junichi Koseki, Masahide Otsubo, Tokio Morimoto: Effect of Gravity on Liquefaction Behavior, Soils and Foundations, 2025.

・Masahide Otsubo, Yuta Miura, Kazuya Ueda, Shunsuke Tanimoto, Masanori Ishihara, Tetsuya Sasaki: Centrifuge model tests on liquefaction-induced settlement of river embankments reinforced by floating-type cement treatment method, Soils and Foundations, 2025.

・Daichi Yokoyama, Masahide Otsubo, Reiko Kuwano: Shaping force-transfer arch to retain subsurface cavity in coarse sandy ground, Soils and Foundations, 2025.

・Masahide Otsubo, Hidenori Takahashi, Ooki Kurihara, Itsuki Sato, Tatsuya Matsuda, Naoto Naito, Takehiro Tsuchida, Mamoru Shiga: Failure Mechanisms of the Eastern Breakwater at Iida Port Triggered by the 2024 Noto Peninsula Earthquake and Tsunamis, Coastal Engineering Journal, 2025.

・Umair Ali, Masahide Otsubo, Adnan Anwar Malik, Reiko Kuwano: An inter-particle capillary force model for

coarse-grained soils – implementation in DEM and experimental validation on ground cavities, Results in Engineering, 2025.

□査読付き国際会議論文：3 編 ［2025.4.1～2025.12.31］

・Yuichiro Kawabata, Keisuke Takahashi, Hong Wong:Mechanical Behaviour of Cement-based Materials In Deep Seas: A Review, Proceedings of International Conference on Durability of Concrete Structures (2025.9)

・T. Miura, R. Hatta, R. Amatsubo, Y. Kawabata, K. Takahashi, H. Wong:Development of mesoscale model for volumetric deformation of cementitious materials in deep-sea environment, Proceedings of International Conference on Durability of Concrete Structures (2025.10)

・Keisuke Takahashi, Yuichiro Kawabata, Hong Wong:Durability of cement-based materials in deep seas: A review of chemical aspects with new results ,Proceedings of International Conference on Durability of Concrete Structures (2025.10)

□和文査読付き論文：3 編

・沼田淳紀，村田拓海，吉田雅穂，足立有史，尾崎健一郎，西岡英俊，原忠，山田 昌郎，野田龍，上田摩耶子:CLT の軟弱地盤水平補強の実証実験，土木学会論文集 2025 年 81 巻 7 号(2025.7)

・佐藤樹，高橋英紀，栗原大：固化処理土で構築された岸壁の鉛直載荷による破壊モードと地耐力，土木学会論文集，2025.

・橋本拓幸，佐藤樹，高橋英紀，松村聡：X 線 CT による鉛直載荷下にある固化処理土の破壊挙動の可視化，土木学会論文集，2025.

□各種表彰の受賞：0 件

□国際連携活動：2 件

・スウェーデン地盤研究所と、12 月に日本で開催した深層混合処理工法の国際会議に併せて打ち合わせを行い、固化処理土の急速劣化に関する試験法や CO_2 の混合方法について議論を行った。

・IFSTTAR （フランス交通・空間計画・開発・ネットワーク科学技術研究所） と、日仏で実施しているコンクリートの共同暴露試験について、取りまとめに関する打合せを定期的に（1 回/3 カ月）行った。また、インペリアルカレッジロンドンと深海に適用するためのセメント系材料の開発に関する国際共同研究事業(JRP-LEAD with UKRI)について，定期的に打合せ（1 回/月）を行い、国際会議で 3 件の発表を行った。

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他

◆港湾空港技術研究所報告・港湾空港技術研究所資料：0 編

◆学会発表、講演等：26 件

・高市大輔，石田征男，平本真也，山路徹：実海洋環境下におけるコンクリート中への塩分浸透性状に関する研究(その 1 材齢 5 年における塩化物イオンの見掛けの拡散係数），セメント技術大会講演要旨，Vol.79th (2025.5)

・中村弘典，伊藤孝文，新見龍男，小池賢太郎：実海洋環境下におけるコンクリート中への塩分浸透性状に関する研究(その 2 種々の試験法で求めた塩化物イオン拡散係数の比較），セメント技術大会講演要旨，Vol.79th (2025.5)

・高市大輔，石田征男，新見龍男，山路徹，小池賢太郎：定常法および非定常法の電気泳動試験と実海洋環境下に長期曝露したコンクリートの塩化物イオンの拡散係数の関係 ，土木学会全国大会年次学術講

演会，Vol.80th Page.ROMBUNNO.V-35 （2025.9）
・小池賢太郎，西田孝弘，河合慶有，林俊斉，中村孝道，齋藤淳：好気性微生物とシラスを用いたコンクリートのひび割れ閉塞効果の検討 ，土木学会全国大会年次学術講演会 ，Vol.80th Page.ROMBUNNO.V-435 （2025.9）
・松永正弘，山田昌郎，小林正彦，前田 啓，神林 徹:アセチル化木材の飛沫帯暴露試験，屋外暴露試験および促進耐候性試験結果の比較，日本木材保存協会第 41 回年次大会研究発表論文集 （2025.9）
・橋本永手，平山祐太・香川勇樹，山路徹 ・小池賢太郎(材料 G)：電気抵抗率の相似則と電気化学反応性状を考慮した電気防食模型実験の実験方法，材料と環境講演集，Vol.2025 Page.163-166 (2025.05.01)
・小池賢太郎・ 山路徹，西田孝弘：海洋環境に長期暴露されたハット形重防食鋼矢板の耐久性調査，防錆管理，Vol.69 No.9 Page.267-272 (2025.9)
・小池賢太郎・山路徹，西田孝弘：Investigation of the corrosion protection performance of polyurethane elastomer coatings exposed to the marine environment for long periods，Eurocor2025（2025.9）
・山路徹，小池賢太郎，及川森・中山裕章・ 塩崎禎郎・ 時田知典・ 西部和生・森本凌：高波浪海域における重防食鋼管杭の長期暴露試験(40 年経過の報告），土木学会全国大会年次学術講演会(Web），Vol.80th ，V-58 （2025）
・山路徹，小池賢太郎， 橋本永手，吉田倫夫：モノパイルを模した鋼管杭試験体内面における電気防食特性に関する実験的検討，材料と環境討論会講演集 Vol.72th（2025.10）
・山路徹，小池賢太郎：海洋環境下で 39 年供用された鋼管杭におけるペトロラタム被覆の防食性能の評価，材料と環境討論会講演集 Vol.72th（2025.10）
・栗原大，高橋英紀：セメント固化処理土への二酸化炭素の混入に関する取組み，月刊基礎工，2025.
・森川嘉之：深層混合処理工法における品質保証，品質管理，月刊基礎工，2025.
・栗原大，高橋英紀：セメント固化処理土の二酸化炭素混入時の強度発現特性に関する検討，月刊セメント・コンクリート，2025.
・高橋英紀，栗原大，佐藤樹，小林怜夏，竹信正寛，小岩利弘：セメント固化処理土による岸壁の普及と港湾の技術基準への掲載，月刊セメント・コンクリート，2026.
・Li Yang，大坪正英，佐藤樹，高橋英紀：破砕性粒状体の強度および破壊モードに対する粒子内間隙の影響，第 60 回地盤工学研究発表会発表講演集，2025.
・泉尾英文，土肥浩大，宮脇賢司，高橋英紀，乾徹：セメント系固化材による改良体からの六価クロム溶出特性に関する一検討，第 60 回地盤工学研究発表会発表講演集，2025.
・高橋英紀，栗原大：固化処理土式係船岸の港湾の技術基準への掲載とその背景，第 60 回地盤工学研究発表会発表講演集，2025.
・栗原大，高橋英紀：異なる土を使用したセメント固化処理土の二酸化炭素混入時の強度発現特性に関する検討，第 60 回地盤工学研究発表会発表講演集，2025.
・真下康平，佐藤樹，桑野玲子：人工軽石と Ta-d の state-boundary surface の傾きにおける差異，第 60 回地盤工学研究発表会発表講演集，2025.
・佐藤樹，毛利惇士，桑野玲子，大坪正英：三軸試験における Ta-d-p 軽石の破砕進展と限界状態曲面に関する一考察，第 60 回地盤工学研究発表会発表講演集，2025.
・桑代和樹，大坪正英，桑野玲子，岡本健太，小澤真，坂本式隆：弾性波による大深度空洞・ゆるみ検知にむけた基礎的検討，第 60 回地盤工学研究発表会発表講演集，2025.
・Sukhumkitcharoen Rawiwan，大坪正英，古関潤一：DEM analysis of the effect of gravity on liquefaction strength under simple shear conditions，第 60 回地盤工学研究発表会発表講演集，2025.
・大坪正英，高橋英紀：地震動と津波の複合作用による防波堤の新たな被災形態に関する遠心模型実験，第 60 回地盤工学研究発表会発表講演集，2025.
・山路徹：港湾空港技術研究所における最近の研究(その 6)インフラの維持管理に関する研究開発 ，海洋調査 ，No.160 Page.33-36 (2025.04)
・花岡大伸，小池賢太郎，富山潤，山口明伸：RC 構造物の維持管理を支援する長期性能予測手法とその

活用例 , セメント・コンクリート , No.938 Page.24-29 (2025.04)

◆その他の国際連携活動(研究協力締結以外の国際活動):3 件

・RILEM(国際材料構造試験研究機関・専門家連合) TC-301 “Risk assessment of concrete mixture designs with alkali-silica reactive (ASR) aggregates”に参画し、委員会活動を推進した。

・fib(国際コンクリート連合) TG1.2 - Concrete structures in marine environments WP1.2.2 - Submerged floating tube bridges (SFTB)に参画し、委員会活動を推進した。

・JICA が主催する研修において、港湾施設の維持管理に関する講義等による技術支援を実施した。

重　点　領　域	(4)情報化による技術革新の推進

研 究 テ ー マ	①デジタル技術の活用による生産性向上に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
自然災害、インフラの老朽化の進行、人口減少・超高齢社会に伴う人手不足及びDXの進展等の社会情勢の変化への対応が必要である。研究所は、ICT施工やIoT、ロボット技術、デジタル技術の導入と活用に関する研究開発に取り組む。	情報のデジタル化を推進し、インフラ整備の抜本的な効率化や働き方改革・生産性向上を目指すとともに、デジタルデータを活用することで、これまでになかった付加価値をデータから生み出し、海洋・沿岸で得られた様々なデータの価値を最大化していくことが求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ①デジタル技術の活用による生産性向上に関する研究開発	情報のデジタル化を推進し、インフラ整備の抜本的な効率化や働き方改革・生産性向上を目指すとともに、デジタルデータを活用することで、これまでになかった付加価値をデータから生み出し、海洋・沿岸で得られた様々なデータの価値を最大化していくことが求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ①デジタル技術の活用による生産性向上に関する研究開発 －水中情報化施工については、AIを用いた深浅測量解析システムである Acoustic IMaging & Surveying cloud (AIMS)についてR7d から開始する社会実装支援ならびに基礎工への機能拡張を行い、R6d に港湾局による試行工事で取得したデータを用いて浚渫工の事例検証を行う。また、水中 ICT 建機の普及に向け、水中情報共有システムの現場実装を検討し、水中作業に対応したアタッチメントを開発する。－点検の自動化技術については、3 種の特定点検作業(水中目視、桟橋下目視、岸壁前水深確認)に対し、構成する作業をモジュール化し、各モジュールを構成する動作要素を整理し、特定動作単位で自動化を図る。ロボットの運用支援技術については、現場と遠隔地の双方向で情報共有を行うソフトウェアシステムを開発する。

研　究　の　背　景

失われつつある我が国産業の活力並びに国際競争力を回復するためには、各分野へのDX技術の適用は欠かせないものである。これは、港湾インフラの整備・維持管理においても同様であり、近年進歩の目覚ましいICT、IOTに続きDX技術の導入は必須である。

このため、港湾インフラの整備・維持管理においてDX技術を活用することにより、これらにかかる定量データや客観的な情報の取得及び蓄積を推進し、作業計画の最適化、詳細な解析や診断技術の進展に資する技術開発を行うことが必要である。

現状では、水中建機は透明度の高い海域においてスタンドアロンで稼働するにとどまっており、多くの水中作業はいまだ潜水士の人力に依存している。一方、港湾分野のICT化の一環として、ICT測量技術である「マルチビーム測量」が導入されるなど、計測・データ取得の高度化は進展しつつある。

さらに今後は、水中および水上を移動する点検装置について、構造物近傍における特定動作を自動化する技術の開発が求められており、例えば桟橋上部工下面の目視調査・点検や、水中構造物近傍における作業の自動化といった具体的な適用が期待されている。

研　究　目　標

港湾構造物の施工と管理における生産性の向上を図るため、DX 化の観点を強化した技術開発を推進し、港湾構造物の水中施工および水中点検の DX 化を具現化することを目標とする。そのために、機械の情報をリアルタイムに収集、管理、配信、表示するシステムの開発、マルチビーム測量におけるAIノイズ除去機能の開発、水中及び水上移動型の点検装置の特定動作の自動化技術の開発を行う。

令和7年度の研究内容

（1）施工におけるDXの推進

① 水中ICT建機の普及に向けた研究

水中作業の自動化、機械化の全国展開を目的として、情報管理システムの実海域対応を行い実海域実験によりその有効性を検討する。

透明度の低い港湾域で水中バックホウを利用するための安全確保手法について検討を行う。

② マルチビームクラウド（AIMS）の開発

R6d浚渫工におけるAIMSの試験運用のデータを用いて、海底高さ、数量計算の追加検証を行う。

AIノイズ除去機能（基礎工）の開発を行う。

（2）ロボット技術による点検作業のDX

① 特定水中点検作業の自動化スキームの構築

3種の特定点検作業（a.水中目視、b.桟橋下目視、c.岸壁前水深確認）について、構成する作業をモジュール化し、各モジュールを構成する動作要素を整理し、特定動作単位で自動化を図る。

一般的なボートと特製の異なるエアボート式プラットフォームの波浪中及び流況下における特性を把握する。

② 点検ロボットの運用拠点の多様化の検討

特定の ROV を対象とした双方向情報共有の試験プラットフォームを改良・機能追加を実施する。

船舶からの水中ロボットを投入する等の運用方法について検討する。

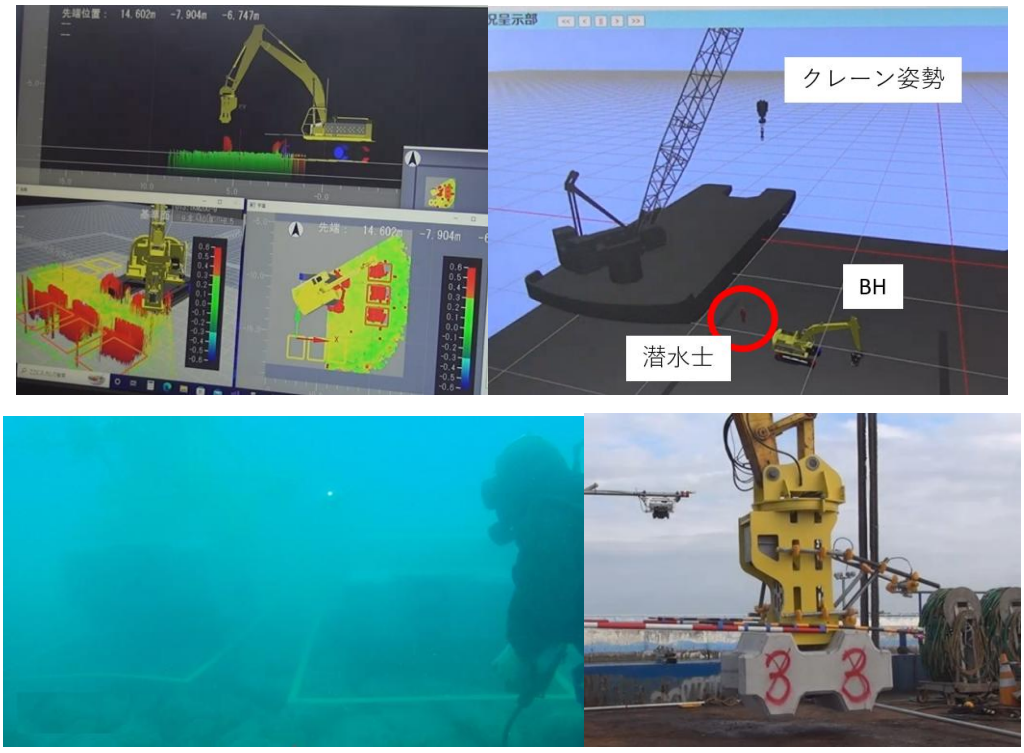
令和7年度の研究成果

（1）施工におけるDXの推進

① 施工における DX の推進

実海域実験において水中バックホウ、潜水士、クレーン台船の状況把握を行うため、クレーン等の姿勢情報を取得するセンサーの実装などシステム改良を行った。また透明度の低い海域での水中バックホウ使用を想定した潜水士による目視リモコン操作を提案し、ブロック移設模擬作業実験によりその有効性を確認した。この成果により濁水中での機械化施工作業効率の向上につながる可能性を示した（図Ⅰ.3.(4).①.1）。

ICT 型水中バックホウを透明度の低い海域で使用する際の課題等について調査検討を行い、その安全確保の手法等について有識者や潜水士へのヒアリングを行った。さらにその安全確保手法について水槽実験を実施し有効性を確認するとともに、水中バックホウ安全ガイドライン（案）を取りまとめた。



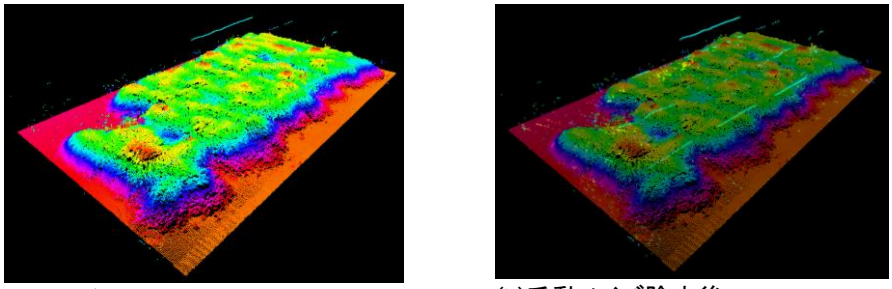
図Ⅰ.3.(4).①.1 水中機械化施工の情報管理システム
上図：水中作業の CG
下図：潜水士によるリモコン操作

② マルチビームクラウド（AIMS）の開発

マルチビームクラウド（AIMS）、AI ノイズ除去機能（浚渫工）の追加検証：R6d 浚渫工における AIMS の試験運用のデータを用いて、海底高さ、数量計算の追加検証を実施した。

マルチビームクラウド（AIMS）、AI ノイズ除去機能（基礎工）の開発：新たな AI として LSK3DNet を導入し， 3 次元点群データの AI ノイズ除去モデルのプロトタイプを作成した（図 I. 3.(4).①.2）。なお、LSK3DNet は広い範囲の 3 次元点群を一度に理解できる新しい深層学習モデルである。

技術開発と並行して地方整備局へのアカウント配布、民間利用への準備を行った。



(a)ノイズ除去前　　(b)手動ノイズ除去後

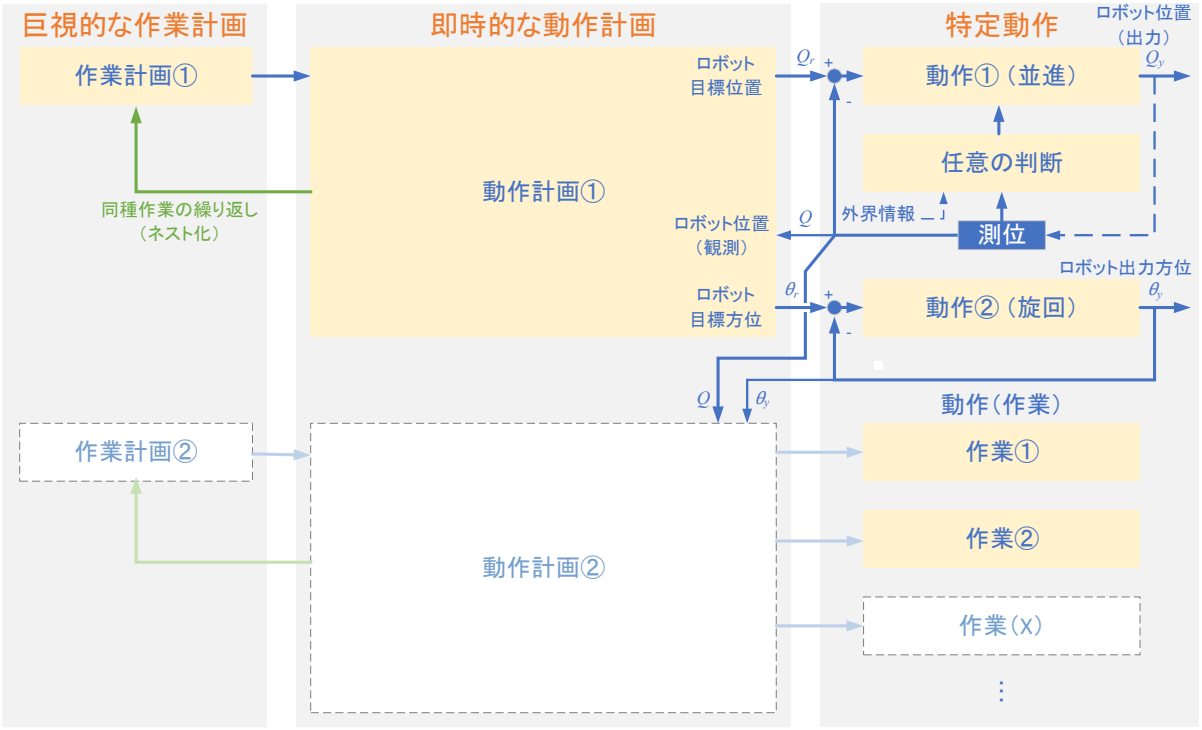
図Ⅰ.3.(4).①.2　マルチビームクラウド（AIMS）、AI ノイズ除去機能（基礎工）学習モデルの比較
注）図(b)において、暗い色：ノイズ除去成功箇所、明るい色：ノイズ除去不成功箇所

（2）ロボット技術による点検作業の DX

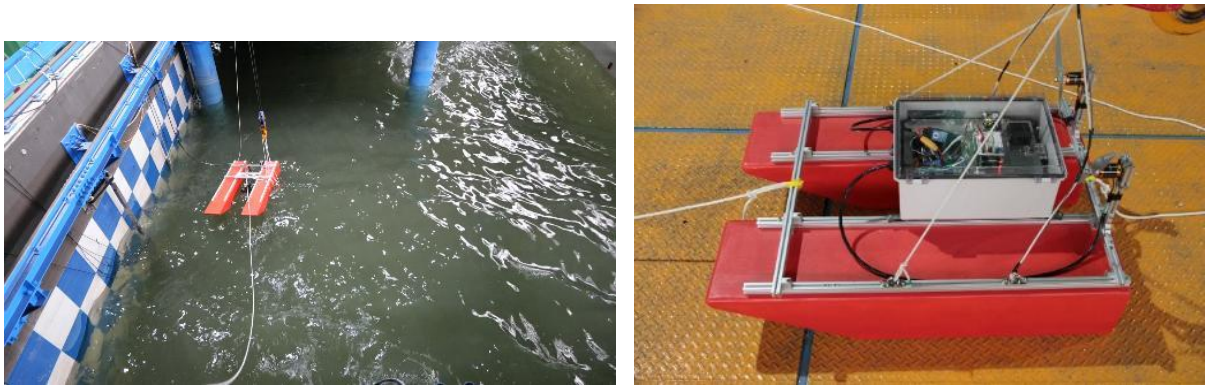
① 特定水中点検作業の自動化スキームの構築

特定点検作業（a.水中目視、b.桟橋下目視、c.岸壁前水深確認）への適用を想定した汎用的な自動化スキーム（案）を示した（図Ⅰ.3.(4).①.3 a））。これは作業計画から作業を構成する動作要素にまで分解した所定の点検作業をその動作要素単位で自動化し、それらを階層的に再構築することで作業全体を簡便に自動化しようとするものである。

前述 c.用途への適用を想定したエアポート式プラットフォームの波浪中等における特性の確認実験を実施した（図Ⅰ.3.(4).①.3 b））。具体的には、エアポート用の船型 2 種×船長 3 種について、波高を 0.4m（周期 2.4sec 固定）まで段階的に上げながら船体の動揺特性を確認するとともに、設置した測深器による水底位置の検出に及ぼす影響を確認した。



a)特定点検作業の自動化スキーム（案）

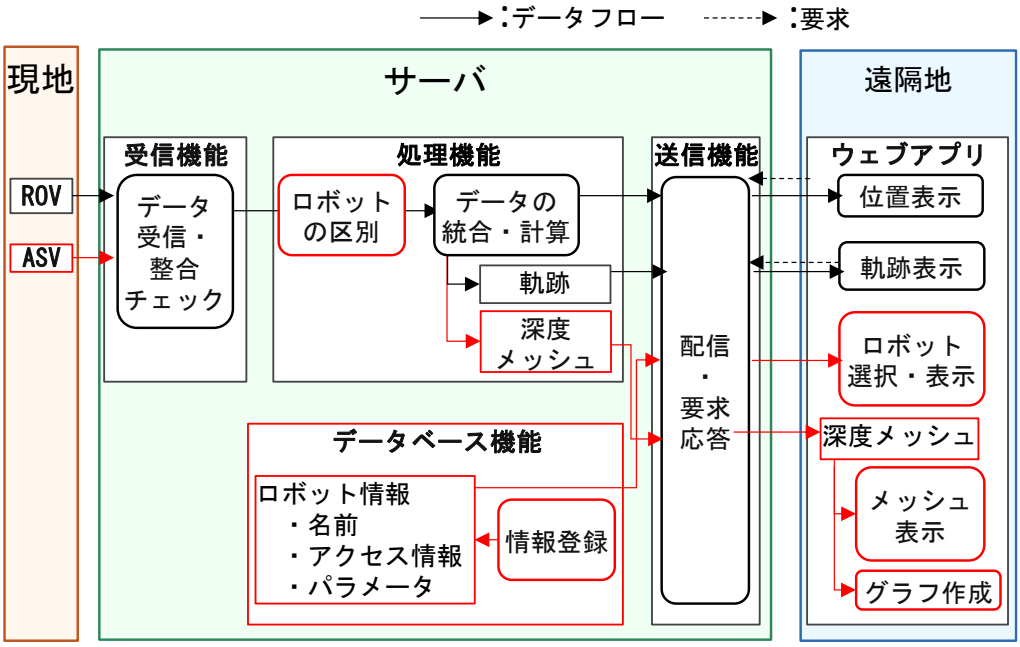


b）水深確認作業への適用を想定したエアボート式プラットフォームの特性確認試験

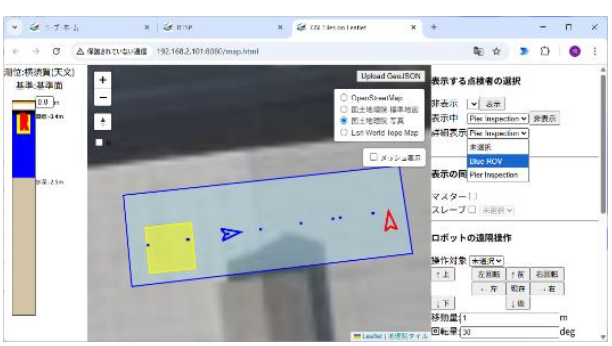
図Ⅰ.3.(4).①.3　特定点検作業の自動化スキームの構築

② 点検ロボットの運用拠点の多様化の検討

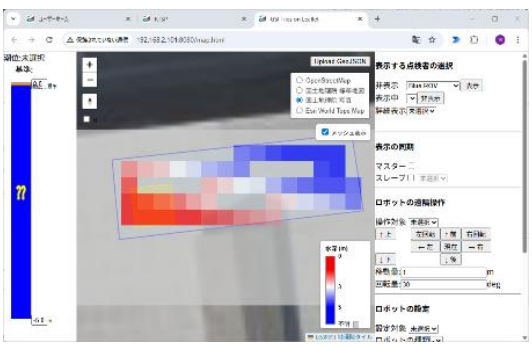
試験的に開発した情報システム「点検状況配信システム」について、主にその情報受信機能部分を改良し（図Ⅰ.3.(4).①.3 a））、共有できる動画の種類の拡大を図るとともに、複数ロボットの同時表示や視覚的な水深表示等に対応した（図Ⅰ.3.(4).①.4 b）および c））。



a)情報受信機能改良に関する概略図



b）複数ロボットの同時表示



c)視覚的な水深表示

図Ⅰ.3.(4).②.1　改良した点検状況配信システム

水槽で船舶から水中ドローンを投入する方法について、検討する試験を実施し、投入揚収に関する方法の検討を行った。

a）水槽実験の状況

b)使用した水中ロボット

図Ⅰ.3.(4).②.2 水槽試験の実施状況

成　果　の　公　表

□査読付き国際会議論文：1 編［2025.4.1～2025.12.31］

・Sayuri MATSUMOTO, Oka YONO, Taku KAJI, Shohei HASE and Toshiaki UEKI：Development of Acoustic IMaging and Survey cloud for fast and automated MBES data analysis, Oceans2025, 202515-150, IEEE OES(2025)

□和文査読付き論文：3 編

・平林丈嗣、喜夛司、大坪、上山、玉城：「水中バックホウの工種拡大を目的とした水中作業用アタッチメントに関する検討」、第 23 回建設ロボットシンポジウム （2025 年 10 月）

・田中敏成、喜夛司： 汎用 ROV をプラットフォームとした桟橋上部工点検ロボット、第 23 回建設ロボットシンポジウム、O1-2 （2025）

・喜夛司、田中敏成： 水中ロボットを用いた点検作業の遠隔支援のためのシステムの検討、第 23 回建設ロボットシンポジウム、O1-5 （2025）

□その他

◆港湾空港技術研究所報告・港湾空港技術研究所資料：0 編

◆社会実装（現場や基準等に反映された研究成果等）：3 件

・松本さゆり：マルチビームデータ処理クラウド（MBC）が全国の直轄工事（浚渫工および基礎工の起工測量）で使用解禁となった

・松本さゆり：浚渫工に関する施工要領に、MBC の使用について記述された

・松本さゆり：基礎工に関する施工要領に、MBC の使用について記述された

◆表彰等：2 件

・松本さゆり、植木俊明：マルチビームデータクラウド（AIMS; Acoustic IMaging or Survey cloud）の開発、業績賞、海洋音響学会（2025）

・杉本英樹、増谷正治、堤賢一郎、松本さゆり、吉澤慎吾、齋藤隆：音響灯台方式による高精度水中測位システム、業績賞、海洋音響学会（2025）

◆学会発表、講演等：6 件

・田中敏成： 桟橋下の杭列間エリアにおける点検ロボットの全・半自動の複合誘導実験、建設機械、No.728 (Vol.61、No.10) (2025, 誌面掲載)

・松本さゆり、梶琢、植木俊明：AIMS（Acoustic IMaging or Survey system）を用いたマルチビームデータ通信に関する実験的検討、研究討論会、日本沿岸域学会（2025）

・太田和彦, 松本さゆり, 佐藤匠, 金岡秀, 岡本章裕, 稲葉祥梧, 篠野雅彦, 藤原敏文：複数 AUV 協調群制御実海域試験における音響測位結果に関する検討、第 154 回(2025 年秋季)研究発表会、日本音響学会（2025）

・松本さゆり：「マルチビームデータ測量について～マルチビームデータクラウド処理システム（MBC）～」、寒地港湾空港技術研究センター交流セミナー、寒地港湾空港技術研究センター（2025）

・松本さゆり：MBES データ処理を高速・自動化するシステムの開発、講演会 2026、MTS-J 日本支部（2026）

・松本さゆり：海底ビジュアル化の裏側で起きた革命～深浅測量データ処理基盤の刷新～、ミニ談話室、港湾談話室（2026）

重　点　分　野	(4)情報化による技術革新の推進

研 究 テ ー マ	②デジタル技術の活用による新たな価値の創造に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
自然災害、インフラの老朽化の進行、人口減少・超高齢社会に伴う人手不足及びDXの進展等の社会情勢の変化への対応が必要である。研究所は、ICT施工やIoT、ロボット技術、デジタル技術の導入と活用に関する研究開発に取り組む。	情報のデジタル化を推進し、インフラ整備の抜本的な効率化や働き方改革・生産性向上を目指すとともに、デジタルデータを活用することで、これまでになかった付加価値をデータから生み出し、海洋・沿岸で得られた様々なデータの価値を最大化していくことが求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ②デジタル技術の活用による新たな価値の創造に関する研究開発	情報のデジタル化を推進し、インフラ整備の抜本的な効率化や働き方改革・生産性向上を目指すとともに、デジタルデータを活用することで、これまでになかった付加価値をデータから生み出し、海洋・沿岸で得られた様々なデータの価値を最大化していくことが求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ②デジタル技術の活用による新たな価値の創造に関する研究開発 －コンテナターミナルへのサイバーポートによる DX 導入については、シミュレーションによりオペレーションを評価するシステムを構築し、コンテナターミナルのデジタルツインソリューションとしてまとめる。また、コンテナターミナルの実データの利活用に着目した現地試験を実施する。 －DX 時代の情報収集・処理・発信については、港湾技術者の技術力を維持・向上させることを目的とした技術交流サロン付DT(港湾技術のノウハウを共有するサイト)の α 版の立ち上げを行い、波浪データ等の即時データ処理技術の開発を行う。等

研　究　の　背　景

現代社会では社会生活、経済活動など全ての領域において、デジタル技術が浸透しており、港湾分野も例外ではない。また、衰えつつある我が国の活力を維持再生する上ではデジタル技術の導入を強力に進めていく必要があり、港湾分野においてもデジタル技術の導入、活用、DX 化が強く求められている。

研　究　目　標

上記の認識の下、本テーマでは、港湾分野での技術開発として、これまでも研究所が継続して実施してきたコンテナターミナルシミュレーションをベースに、サイバーDX 化を推進するために必要な技術の研究開発を行う。AI の導入、デジタルツイン化による運用支援技術の創出など、情報工学的に高度な手法を用いた新たな手法の導入を目指す。

加えて、これまで十分とは言えなかった DX 情報分野において、研究所としての新しい価値の創造に取り組む。ネットワークを使った IoT リモートセンシング技術、AI によるビッグデータの解析、Web API などによるデータサービスの発信などを推進する。DX に必要な収集、解析、発信の一連の過程が行える情報システムをオンプレミスなシステムとして構築し、各種のデータサービスの提供を先端的な形で行う。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

（1）コンテナターミナルへのサイバーポートによる DX 導入に関する研究

① AI コンテナターミナルシステムと連動するシミュレータの開発に関する研究

AI など情報技術によりコンテナターミナルの計画や運用を支援することを目的として、AI ターミナルシステムと数値シミュレーションの連携による定量的な評価をリアルタイムで呈示する技術を開発する。

重要な課題となっているコンテナターミナル周辺道路のトレーラー渋滞に対する各種施策の評価を行うことができる環境を構築することを目的として、コンテナターミナル周辺道路のトレーラーの交通状況等を再現できるシミュレータを開発する。

（2）DX 時代の情報収集・処理・発信に関する研究開発

① 沿岸の環境と災害に対応するサイバーフィジカルシステム技術の開発

オープンデータプラットホーム UMI-POCHI に技術交流サロン付 DT の α 版であるコラムコーナーを立ち上げ、波浪データ等の即時データ処理技術を開発した。

② 海中でのデータ長期測定のためのモニタリングシステムの構築

鋼製浮体の防食システムの検査方法（特に電気防食用流電陽極の消耗量）の省力化を目的として、UEP（海中電界センサー）を活用した防食システムの検査方法を開発する。

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

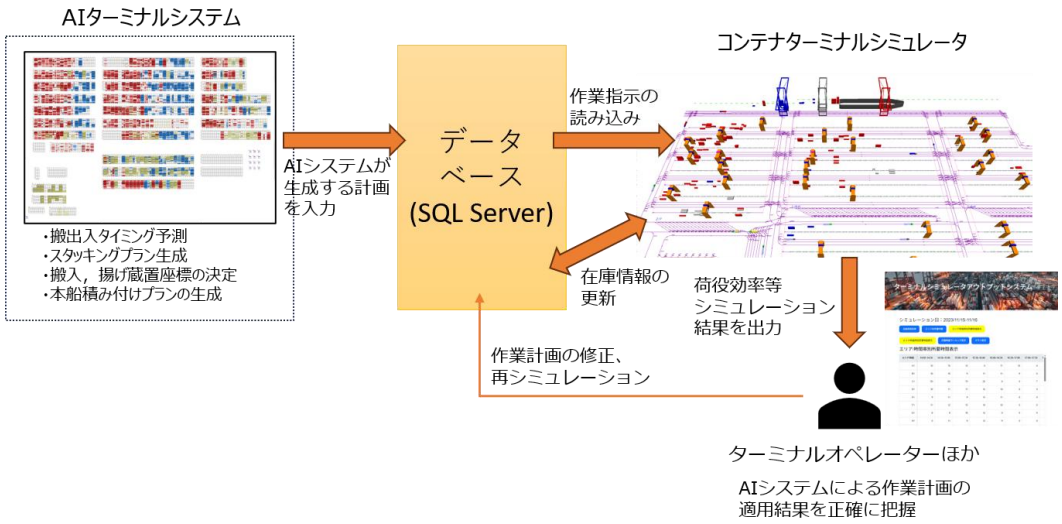
（1）コンテナターミナルへのサイバーポートによる DX 導入に関する研究

① AI コンテナターミナルシステムと連動するシミュレータの開発に関する研究

博多港ふ頭アイランドシティコンテナターミナルを対象に、AI ターミナルシステムとシミュレータおよびアウトプットシステムを連携したコンテナターミナル支援システムを開発した（図 Ⅰ.3.(4).②.1）。このシステムを、ターミナルレイアウトやターミナルオペレーションによる荷役効率の違いの定量的評価や、作業計画立案等の支援等に活用することが期待される。

東京港大井ふ頭コンテナターミナルを対象に、周辺道路のトレーラーの渋滞対策施策等の定量的な評価を行うため、交通流モデルとターミナルオペレーションモデルを統合した渋滞シミュレーションモデルを開発した（図 Ⅰ.3.(4).②.2）。このモデルを活用し、トレーラー待機時間の予測や様々な渋滞軽減施策の比較、検討が今後実施可能となる見込みである。

コンテナターミナルのデジタルツイン技術の情報収集のため、シンガポール大学と連携し、コンテナターミナルのシミュレーション技術である PortML(Port-markup language)や O2DES に関する調査を行った。今後も継続して情報を収集し最新の開発状況をキャッチアップするとともに、シミュレーター開発への活用が期待される。



図Ⅰ.3.(4).②.1　AI コンテナターミナルシステムと連動するシミュレータの概念図

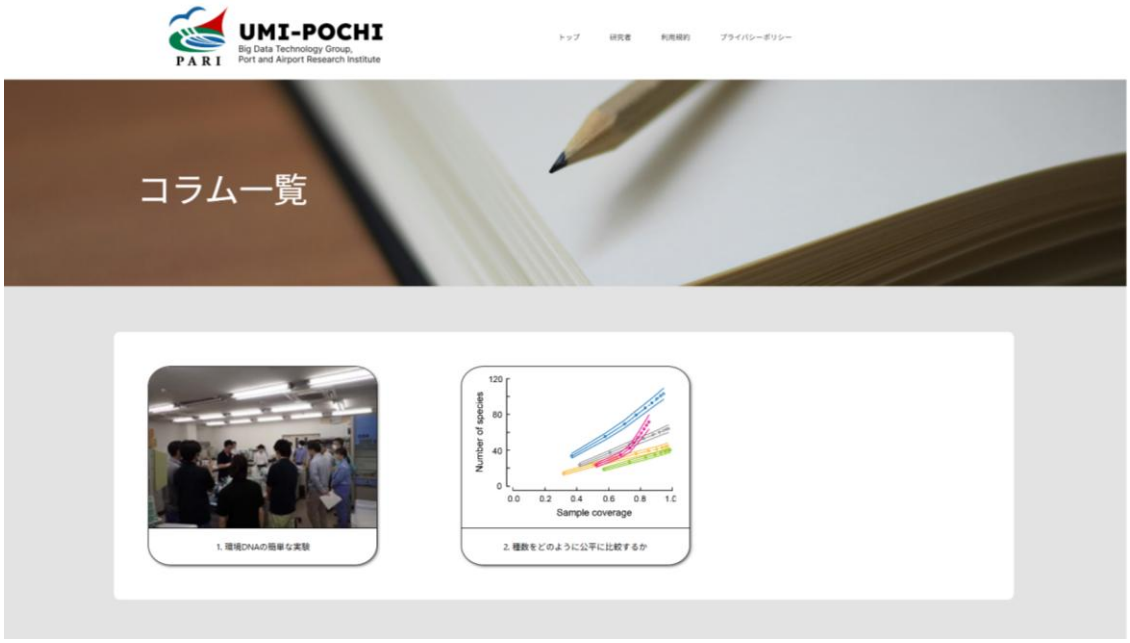
図Ⅰ.3.(4).②.2　コンテナターミナルの渋滞シミュレータ
（衛星画像上にトレーラーの流動を再現、右下のコンテナターミナルオペレーションモデルと連携する）

（2）DX 時代の情報収集・処理・発信に関する研究開発

① 沿岸の環境と災害に対応するサイバーフィジカルシステム技術の開発

オープンデータプラットフォーム UMI-POCHI のコラムコーナーでは、「沿岸・海洋環境の活用に関する研究」との共同による環境モニタリング及び評価に関する技術を紹介した。

波浪データ等の即時データ処理技術を開発し、港湾の利用可否判断に資する技術の土台を構築した。



図Ⅰ.3.(4).②.3　UMI-POCHI にコラムコーナーを立ち上げた

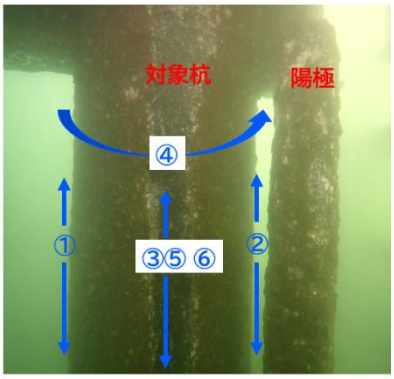
② 海中でのデータ長期測定のためのモニタリングシステムの構築

（※分野横断「洋上風力発電施設の防食システムの検査方法に関する研究」の内容と重複）

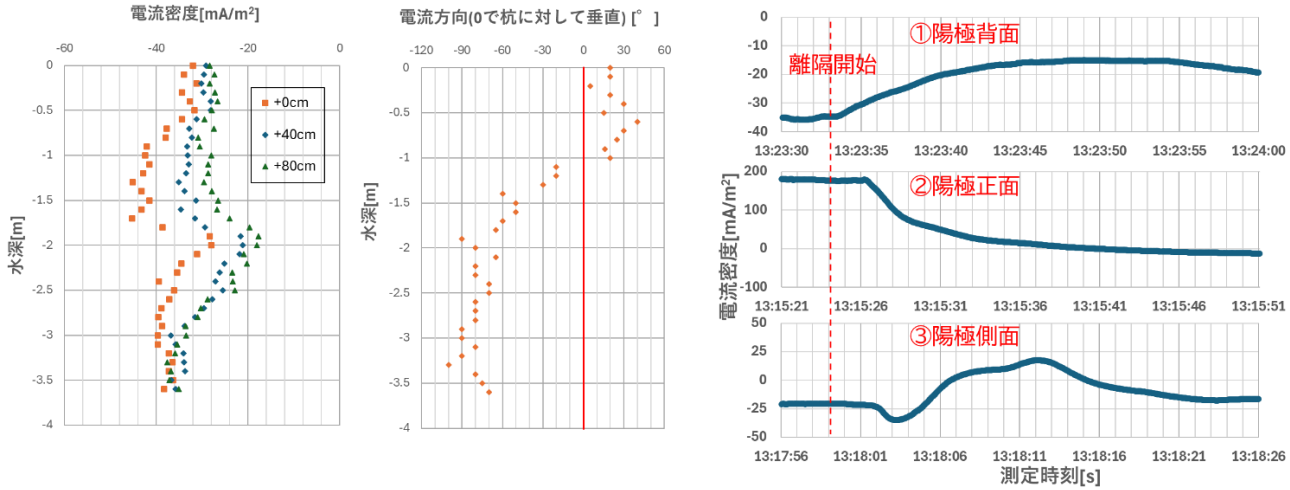
研究対象である「洋上風力発電施設の防食システム」に関して、港空研は港湾鋼構造物（塗装無し+電気防食）、海技研は船舶（塗装あり＋電気防食）についての知見を有している。洋上風力発電施設の場合は両方の場合があり得る。本検討は、港空研と海技研のそれぞれの強みを生かしつつ、連携して実施している。

今年度は、UEP センサーを取り付けた装置を 360° 回転させて測定を行う手法を開発した。この技術を用い、昨年度と同様の実港湾構造物において、防食電流密度の深度方向の分布を測定した（図 a, b）。上記の改良の結果として、実構造物における電流密度のベクトル量の測定が可能となった。また、測定装置に脚を取り付け、防食電流密度の測定を実施した。これにより、実構造物と UEP センサーの距離を調整した測定が可能となった。

実港湾構造物での防食電流密度の測定では、今までの潜水士による測定に加え、水中ロボット(ROV)による測定を実施した。水中ロボットを構造物から離隔した際の電流密度分布の変動を、陽極に対して 3 方向でそれぞれ測定を行った（図 c））。



a)　対象の港湾鋼構造物（海中部）：塗装無し＋電気防食



b)測線①での測定結果（潜水士の場合）　　c)ROV にセンサーを搭載させた場合

図　港湾鋼構造物における UEP による防食電流密度、電流方向の測定結果

防食塗膜の劣化を水中電位等の計測により検知する技術の確立に向けた基礎的な検討を実施した。防食塗膜の経年劣化を模擬して塗膜劣化（膨れ）を生じさせた試験片を対象に、レーザー計測機で膨れの形状と分布を精密に測定した。塗膜膨れの定量的な評価結果と水中電位等の計測結果を比較することにより、塗膜劣化の度合を検知する技術につながる。

成　　果　　の　　公　　表

□査読付き国際会議論文：1 編［2025.1.1～2025.12.31］

・Tiago Novaes、犬塚秀世、杉村佳寿, Analysis of container handling Machinery behavior by synchronizing PLC and TOS data, Proceedings of Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2025

□和文査読付き論文：2 編

・犬塚秀世、Tiago Novaes、杉村佳寿、吉江宗生、荷役シミュレーションモデルを活用したコンテナターミナルの運用支援システムの開発、土木学会論文集(海洋開発)、81(18), 2025

・犬塚秀世、Tiago Novaes、杉村佳寿, コンテナターミナルにおける CO2 排出量モニタリングモデルの開発, 土木学会論文集(海洋開発),81(18),2025

□国際連携活動：1 件

・シンガポール国立大学と連携し、コンテナターミナルのデジタルツインの標準化技術に関する調査を実施した。

□その他

◆港湾空港技術研究所報告・港湾空港技術研究所資料：0 編

◆表彰等：2 件

・港空研報告優秀論文賞（細川真也, 本間翔太, 大倉翔太, 田村仁 (2024)漂着海草・海藻に基づく藻場分布域の推定手法の開発）

・本間翔太：統計数理研究所 優秀学生賞（令和 8 年 3 月 11 日, 授与機関 統計数理研究所）

◆社会実装（現場や基準等に反映された研究成果等）：1件

・UMI-POCHI（港湾と沿岸の情報拠点)において、技術交流サロンページを開設した。

◆学会発表、講演等：5件

・犬塚秀世、杉村佳寿、石黒一彦、川崎智也、アジアのコンテナターミナルにおける新技術の導入動向と日本の現状、第 72 回土木計画学研究発表会・秋大会, 2025
・Tiago Novaes、犬塚秀世、杉村佳寿、コンテナターミナルのタイヤ式門型クレーン(RTG)の PLC データの活用、第 72 回土木計画学研究発表会・秋大会, 2025
・犬塚秀世、杉村佳寿、PortML による港湾シミュレーション標準化技術, 港湾荷役, 第 70 巻第 2 号, 2025
・犬塚秀世、スマートポートとターミナルオペレーションシステム(TOS)の進展、港湾荷役、第 71 巻第 1 号、2026
・Homma, S., D. Murakami, S. Hosokawa, K. Kanefuji (2025) Constructing eigenfunctions for directional and complex spatial processes, The International Society for Ecological Modelling Global Conference.
・橋本永手、;馬島八世、冨阪正裕、西村直喜、山路徹、藤本修平：UEP センサーを用いた電気防食工法維持管理のための電流密度計の開発, 材料と環境討論会講演集 Vol.72th （2025.10）
・山本凪人,橋本永手、馬島八世、西村直喜、小池賢太郎、藤本修平：UEP センサーを用いた防食電流密度分布の現地測定, 材料と環境討論会講演集 Vol.72th（2025.10）

4. 電子航法に関する研究開発等

【中長期目標】

4. 電子航法に関する研究開発等

国土交通省は、安全・安心な航空輸送の実現、需要回復・増大への的確な対応、航空分野のグリーン施策及び航空イノベーションに係る政策を推進するとともに、安全で秩序ある効率的な航空交通を確保するため航空管制等の航空保安業務を実施している。

研究所は、上記政策における技術的課題への対応や航空保安業務への支援のため、航空交通の安全性及び信頼性の向上、航空管制の高度化、環境負荷の低減、空港における運用の高度化並びに航空交通を支える基盤技術の開発を目標に、次の研究開発課題に重点的に取り組むこととする。

さらに、独創的または先進的な発想に基づき、研究所の新たな研究成果を創出する可能性を有する萌芽的研究については、先見性と機動性を持って的確に対応する。

【重要度:高】 我が国の航空交通に係る技術的課題の解決は、国土交通省の政策目標実現に不可欠であるため。

(1)航空交通の安全性及び信頼性の向上

航空需要の増大に対応して航空交通容量を拡大していくには、航空交通の安全性と信頼性の向上が必要になる。このため、航空機運航を支援する衛星・地上施設について、高性能化、用途の拡大等によって安全性を高める技術、施設等の障害発生時に運航への影響を最小化する技術等に関する研究開発に取り組む。

(2)航空管制の高度化と環境負荷の低減

航空需要の増大への対応には定時性の確保、環境負荷の低減及び次世代航空モビリティの考慮も重要な観点である。これを踏まえ、飛行空域の効率的な利用による空域容量の拡大、運航の堅牢性や次世代航空モビリティに対応した空域管理など航空管制の高度化等に関する研究開発に取り組む。

(3)空港における運用の高度化

空港では、航空管制、空港面管理等の業務が実施されており、新技術を活用して業務を効率化していくとともに、空港の機能を最大限発揮させるため、滑走路運用の効率を高める必要がある。このため、管制塔の業務を高度化する技術、航空機等の新たな監視技術、柔軟で環境負荷の低い離着陸経路の設定等に関する研究開発に取り組む。

(4)航空交通を支える基盤技術の開発

航空交通を支えるシステムの高度化に資する基盤技術の開発や技術的課題の解決が必要である。このため、航空交通においてデジタル化を促進するための基盤技術及び航空機との無線通信を支える基盤技術等に関する研究開発に取り組む。

【中長期計画】

4. 電子航法に関する研究開発等

中長期目標に掲げられた研究開発課題、すなわち航空交通の安全性及び信頼性の向上、航空管制の高度化、環境負荷の低減、空港における運用の高度化並びに航空交通を支える基盤技術の開発を目標とする研究開発を実施して有益な研究成果を創出するため、本中長期目標期間においては、次に記載する研究に重点的に取り組むこととする。

また、これら重点的に取り組む研究開発課題以外であっても、航空行政を取り巻く環境変化により、喫緊の政策課題として対応すべきものがある場合は、重点的に取り組む研究開発課題と同様に取り組むこ

ととする。

さらに、独創的または先進的な発想により研究所の新たな研究成果を創出する可能性のある萌芽的研究についても、先見性と機動性を持って的確に取り組む。

(1)航空交通の安全性及び信頼性の向上

航空交通の安全確保は最も重要な課題である。今後の航空需要の増大に的確に対応して空港や航空路の交通容量を拡大していく上では、航空機運航を支援する衛星・地上施設の高度化により交通量に適応した高い安全性を実現する必要がある。

また、施設の障害等に際しても一定の管制の処理容量を維持し、早期復旧に向けた対策をあらかじめ講じるなど、信頼性を高める取組が求められている。

このため、以下の研究開発を進める。

① 衛星航法の高機能化、安全性評価手法の高度化、適用範囲の拡大、障害に備えたバックアップに関する研究開発

② 航空機監視に用いる各種センサーの機能・要件の一元化に必要な技術に関する研究開発

(2)航空管制の高度化と環境負荷の低減

航空管制において、空域容量の拡大、環境負荷の低減や定時性の確保が求められている。それらを達成するために、決定された経路と時間から構成される軌道を可能な限り計画通りに飛行する軌道ベース運用の導入が始まっており、さらなる推進にはより柔軟な空域運用など航空管制の高度化が求められる。

また、運航の堅牢性や今後の次世代航空モビリティ等の増加に対応する新たな空域の管理方法の開発が必要であり、特に混雑空港では遅延低減のための支援技術の開発が必要である。

このため, 以下の研究開発を進める。

① 柔軟な空域運用・経路設定、環境負荷の低減、空域の有効活用、悪天候などに対する運航の堅牢性及び次世代航空モビリティを考慮した空域管理方法に関する研究開発

② 出発機や到着機の遅延低減を目的とした混雑空港における航空管制の高度化、管制支援方法に関する研究開発

(3)空港における運用の高度化

空港では、航空機が安全かつ円滑に離着陸が行えるよう、航空管制、空港面管理業務が実施されており、空港の運用を最適化するため、安全を確保したうえで施設の高度化によって業務を効率化する技術の開発が必要である。

また、空港周辺の山岳や市街地への配慮による空港運用の制約に対応して、柔軟で環境負荷の低い離着陸経路を設定するとともに、多くの航空機が離着陸できるように滑走路運用の効率を高めることが求められている。

このため、以下の研究開発を進める。

① センサー等のデジタル技術を活用して遠隔で航空管制する技術、空港周辺や空港面における航空機等の新たな監視技術と性能評価に関する研究開発

② 衛星航法を活用した高度な進入着陸方式に関する研究開発

(4)航空交通を支える基盤技術の開発

航空交通を支えるシステムは、通信・航法・監視や航空交通管理の機能から成り立っている。これらの機能の向上に不可欠な基盤技術を発展させるとともに技術的課題の解決を進めることで、将来における航空交通を支えるシステムの高度化を実現する必要がある。

このため、以下の研究開発を進める。

① 航空通信ネットワーク・サービスに必要な情報共有管理技術・手法などに関する研究開発

② 周波数共用、宇宙天気現象が航空交通を支えるシステムに与える影響などの技術的課題に関する研究開発

【年度計画】

4. 電子航法に関する研究開発等

中長期目標に掲げられた研究開発課題、すなわち航空交通の安全性及び信頼性の向上、航空管制の高度化、環境負荷の低減、空港における運用の高度化並びに航空交通を支える基盤技術の開発を目標とする研究開発を実施して有益な研究成果を創出するため、本中長期目標期間においては、次に記載する研究に重点的に取り組むこととする。

さらに、独創的または先進的な発想により研究所の新たな研究成果を創出する可能性のある萌芽的研究についても、先見性と機動性を持って的確に取り組む。

(1)航空交通の安全性及び信頼性の向上

航空交通の安全確保は最も重要な課題である。今後の航空需要の増大に的確に対応して空港や航空路の交通容量を拡大していく上では、航空機運航を支援する衛星・地上施設の高度化により交通量に適応した高い安全性を実現する必要がある。

また、施設の障害等に際しても一定の管制の処理容量を維持し、早期復旧に向けた対策をあらかじめ講じるなど、信頼性を高める取組が求められている。

このため、以下の研究開発を進める。

① 衛星航法の高機能化、安全性評価手法の高度化、適用範囲の拡大、障害に備えたバックアップに関する研究開発

－DFMC(2周波・複数衛星系) GBAS(地上型補強システム)ベースライン標準の検証を進めるとともに、検証に必要なデータを飛行実験により収集する。また、DFMC GBAS／SBAS(静止衛星型衛星航法補強システム)の拡張機能の技術コンセプト及び要素技術の開発を行う。

－DFMC SBASについて、準天頂衛星システムを使用して北極域にサービスエリアを拡大する際の課題を調査及び検討する。

－衛星航法システム障害時のバックアップとして、引き続きマルチDME(距離測定装置)のアルゴリズムを開発する。等

② 航空機監視に用いる各種センサーの機能・要件の一元化に必要な技術に関する研究開発

－高機能空中線について、低コスト化技術およびADS―B(放送型自動位置情報伝送・監視機能)適用技術の開発ならびに昨年度開発した広域マルチラテレーション適用技術の単体評価を行う。

－二次監視レーダーについて、昨年度検討した通信に伴う課題解決方法について、実航空機を用いた実験により実環境下でのデータを取得するとともに、その分析を行う。等

(2)航空管制の高度化と環境負荷の低減

航空管制において、空域容量の拡大、環境負荷の低減や定時性の確保が求められている。それらを達成するために、決定された経路と時間から構成される軌道を可能な限り計画通りに飛行する軌道ベース運用の導入が始まっており、さらなる推進にはより柔軟な空域運用など航空管制の高度化が求められる。

また、運航の堅牢性や今後の次世代航空モビリティ等の増加に対応する新たな空域の管理方法の開発が必要であり、特に混雑空港では遅延低減のための支援技術の開発が必要である。

このため、以下の研究開発を進める。

① 柔軟な空域運用・経路設定、環境負荷の低減、空域の有効活用、悪天候などに対する運航の堅牢性及び次世代航空モビリティを考慮した空域管理方法に関する研究開発

－空域運用や容量管理手法の調査を実施し現状の課題を明確化する。また、空域関係者支援ツール開発に向けた調査や分析を行う。

－空港周辺における次世代航空モビリティの運用を議論するために必要な，実現性の高い空港周辺

飛行のアーキテクチャをまとめ、文書を発行する。またそのアーキテクチャ実現に向けて必要な要素技術を評価する。

－運航前の計画軌道調整に適する垂直方向の悪天回避も加味した軌道生成技術を開発する。また、気象状況と管制作業量の関係性について解析する。 等

② 出発機や到着機の遅延低減を目的とした混雑空港における航空管制の高度化、管制支援方法に関する研究開発

－時間管理の実現に必要となる高精度な軌道予測方法を開発するため、軌道予測に関する運用上の課題整理、空港周辺における到着機の飛行速度分析、運航効率に関する指標値分析を実施する。

（3）空港における運用の高度化

空港では、航空機が安全かつ円滑に離着陸が行えるよう、航空管制、空港面管理業務が実施されており、空港の運用を最適化するため、安全を確保したうえで施設の高度化によって業務を効率化する技術の開発が必要である。

また、空港周辺の山岳や市街地への配慮による空港運用の制約に対応して、柔軟で環境負荷の低い離着陸経路を設定するとともに、多くの航空機が離着陸できるように滑走路運用の効率を高めることが求められている。

このため、以下の研究開発を進める。

① センサー等のデジタル技術を活用して遠隔で航空管制する技術、空港周辺や空港面における航空機等の新たな監視技術と性能評価に関する研究開発

－機械学習による画像認識技術の理解を深め、リモートデジタルタワー技術の高度化のための新しい業務支援機能を検討する。また、光学、非光学の各種センサー情報を活用していくための各種システムの精度を評価することで、新機能に必要な性能要件を導く。

－空港周辺や空港面における複数の航空機監視システムについて、昨年度に引き続き個々の性能評価を行うと共に各種監視システムの測位結果の統合技術の開発を進め、さらに監視システムの性能評価手法についてとりまとめる。

－ミリ波レーダーの適用範囲拡大に向けた方式検討、目標物種別・位置判定の悪天候・夜間対応、及び高精度化に向けて実データ分析を行う。加えて、マルチスタティックセンサー構成による性能向上法について方式検討を行う。

② 衛星航法を活用した高度な進入着陸方式に関する研究開発

－SRAP（同一滑走路への第2エイミングポイント）の同時設定における運用コンセプトを構築するとともに、安全性評価の方向性を決定するための技術支援を行う。また、滑走路離脱のパイロット支援に係る模擬実験を実施する。

（4）航空交通を支える基盤技術の開発

航空交通を支えるシステムは、通信・航法・監視や航空交通管理の機能から成り立っている。これらの機能の向上に不可欠な基盤技術を発展させるとともに技術的課題の解決を進めることで、将来における航空交通を支えるシステムの高度化を実現する必要がある。

このため、以下の研究開発を進める。

① 航空通信ネットワーク・サービスに必要な情報共有管理技術・手法などに関する研究開発

－広域SWIM（情報共有基盤）サービス構築技術やSWIMサービスアシュアランス技術などの提案技術に対して、協調的意思決定を支援する情報サービスの検証実験ならびに国際連携実験による総合評価を通じて、技術改良を図るとともに、成果の取りまとめを行う。

－航空管制データ通信について、昨年度に実施した性能要件の調査結果をもとに公衆通信網を含む航空用通信制御方式を開発し、エミュレータを用いた評価試験を行う。等

② 周波数共用、宇宙天気現象が航空交通を支えるシステムに与える影響などの技術的課題に関する研究開発

－電波高度計の安全を確保しながら、同一・隣接周波数である5Gモバイルシステム等と周波数を共用するため、機内持ち込み影響評価や電磁干渉数値解析評価法の有効性確認、結果の取りまとめを行う。

－航空用L帯における通信・航法・監視システム共用のためL帯を用いた新しい航空無線通信システムが、航法機器や監視機器に与える影響を評価する。

－宇宙天気情報を活用した衛星航法システムの性能向上技術を提案する。等

◆年度計画における目標設定の考え方

航空交通の安全性及び信頼性の向上、航空管制の高度化、環境負荷の低減、空港における運用の高度化並びに航空交通を支える基盤技術の開発を目標とする研究開発を実施して有益な研究成果を創出することとしている。

◆令和 7 年度における取組状況

令和 7 年度においては、以下の分野を重点的に実施している。

（1）航空交通の安全性及び信頼性の向上

（2）航空管制の高度化と環境負荷の低減

（3）空港における運用の高度化

（4）航空交通を支える基盤技術の開発

上記4分野以外においても、萌芽的研究として、大規模・可動型スケールモデルの計測技術の研究及び出発時刻の予測に関する要素技術の研究を実施している。

萌芽的研究

A. 大規模・可動型スケールモデルの計測技術の研究

研 究 の 概 要 と 成 果

近年、空港や航空無線設備に向けて近接する大規模構造体や、航空機搭載無線設備の高周波化に伴い、スケールモデルで検証する場合の周波数が高くなっている。また、実際には可動する大規模な構造体がある場合、電波の無線信号に対して反射や遮蔽のみならず、移動速度によるドップラー周波数が発生することで、構造体による散乱波に振幅・周波数の変調成分が重畳される。この影響を評価する時、既存の電磁界解析では全体の空間を波長以下に分割し、一定の時間領域でデータを格納する必要があるため、構造物が大きくなる、あるいは周波数が高くなると、膨大なメモリが必要となり、現実的に計算できない。よって、大型構造物の影響を評価する場合には、未だにスケールモデルは有効な手段として使用されている。

本研究においては、ミリ波より高い周波数にてスケールモデル計測を行うための基礎技術について検討を行う。今年度は、平面波生成システム、超高周波帯におけるドップラー計測技術を構築した。平面波生成システムにおいては、600mm の開口に対して、電波伝搬時間が一定となるように送信する機器を構築し、500 μ m 以下の平面度（位相ずれ）を達成した。また、微弱な散乱波を計測できるミリ波ドップラー計測システムを構築した。このシステムを用いて、回転速度を変えて計測されたドップラー周波数が、理論値とほぼ等しくなることが確認でき、将来のスケールモデル試験に利用可能であることを示した。

□科学雑誌掲載論文： 1編

・Arie Setiwayan, Yamato Iwata, Naruto Yonemoto, Hitoshi Nohmi, Hiroshi Murata, “”3-Dimensional Imaging Using Millimeter-Wave Radar Technique and Dielectric Lens for Remote Security Inspection,” IEICE TRANSACTIONS on Electronics Vol.E109-C No.2 pp.49-53, February 202

□査読付き国際会議論文： 1編

・Robert Geise, Naruto Yonemoto, “W-Band Measurements of Doppler Spectra of Scaled Rotating Objects for Radar Applications,”IEEE CAMA2025

□その他（各研究所特有）

◆国内学会： 1編

・米本成人、「セキュリティ検査のための高速 3D MIMO ミリ波レーダーイメージャの開発」、電子情報通信学会誌、Vol.108 No.10pp.950-955、2025 年 10 月

B. 出発時刻の予測に関する要素技術の研究

研 究 の 概 要 と 成 果

規模空港において、駐機場にいる航空機の出発時刻や誘導路や各空域にいる航空機の情報を一元化し、混雑解消に役立てるデジタル技術の導入が不可欠である。そこで先行研究（R6 終了 重点研究課題「AMAN/DMAN/SMAN 統合運用に関する研究」）では、到着・出発・空港面（地上）の航空交通を統合して管理する自動化システムを研究開発した（2030 年度に実装予定）。一方、空港運用の効率化は、滑走路の有効活用や遅延時間・燃料消費量の削減などの観点から公益に資すること、空港運用におけるデジタル技術の活用は ICAO GANP および CARATS が明記する国家計画にも含まれている。先行研究で開発した空港システムの実装を支援し、今後の研究の発展につなげるためには、出発時刻の更なる予測向上を目指した要素技術が必要となる。

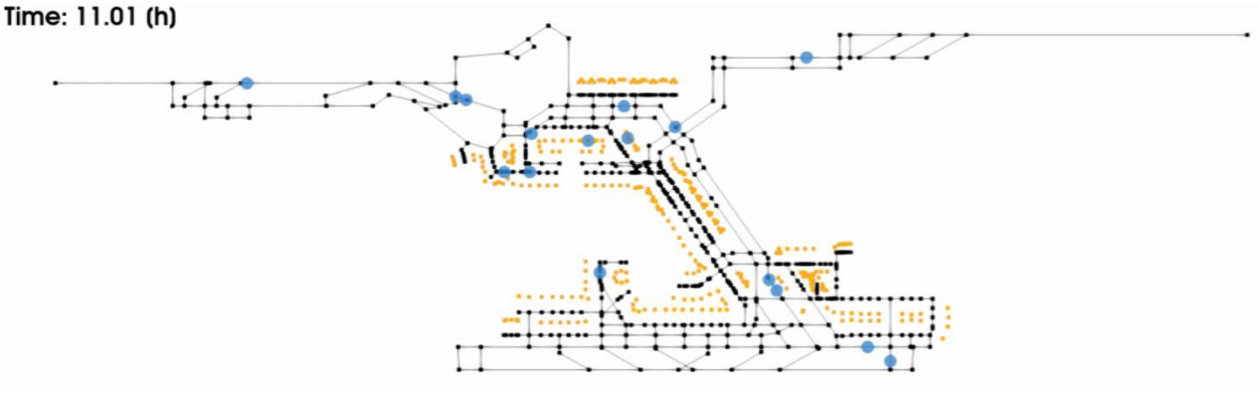
初年度となる本年度は、空港における出発時刻制御および航空交通流最適化に向けた基盤構築として、①既存研究および技術動向の調査、②シミュレーション環境の整備、③運航実データに基づく現状分析とモデル構築を実施した。

まず、出発時刻予測精度向上に関する要素技術の調査として、空港混雑回避を目的としたスロット調整手法を中心に、単一空港およびネットワークレベルでの運用最適化研究を体系的に整理した。特に、従来の遅延最小化に加え、公平性、環境負荷低減、不確実性下での頑健性といった観点を統合的に扱うアプローチを整理した。さらに本年度の検討では、従来の Fairness 指標に代えて Equity 概念に着目し、エアライン間の負担・利得分配をより包括的に評価可能であることを明らかにし、AMAN/DMAN/SMAN 統合運用システムへの応用可能性を示した。

次に、シミュレーション環境の構築については、AirTOp 環境の利用制約を踏まえ、新たに AerospaceBricks シミュレーション環境を整備した。これにより、成田空港および羽田空港を対象とした運用再現が可能となり、ENRI との連携体制のもとで利用環境を確立した。また、新旧成田空港を模擬したシナリオを構築し、初期的なシミュレーション実験を実施することで、要素技術評価に向けた基盤を整備した（図 1 参照）。

さらに、運用データ分析および技術動向調査として、飛行計画データ、TAPS 航跡データ、スポットアサインメント情報、TOBT および TSAT 等の実績データを収集し、空港運用の実態分析を進めた。加えて、これらのデータをもとにトラフィックシナリオを構築し、シミュレータへの実装を行うことで、現実運用と連動した分析・評価環境の構築を進展させた。

以上により、本年度は出発時刻予測高度化に向けた要素技術調査、シミュレーション基盤構築、実運用データに基づくモデル化の各側面において基盤整備が進み、次年度以降の統合評価および高度化研究につながる基礎が確立された。



図Ⅰ．4．1 新しい成田国際空港のレイアウトを模擬した AerospaceBricks シミュレーション環境

重　点　分　野	（1）航空交通の安全性及び信頼性の向上

研 究 テ ー マ	①衛星航法の高機能化、安全性評価手法の高度化、適用範囲の拡大、障害に備えたバックアップに関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
航空需要の増大に対応して航空交通容量を拡大していくには、航空交通の安全性と信頼性の向上が必要になる。このため、航空機運航を支援する衛星・地上施設について、高性能化、用途の拡大等によって安全性を高める技術、施設等の障害発生時に運航への影響を最小化する技術等に関する研究開発に取り組む。	航空交通の安全確保は最も重要な課題である。今後の航空需要の増大に的確に対応して空港や航空路の交通容量を拡大していく上では、航空機運航を支援する衛星・地上施設の高度化により交通量に適応した高い安全性を実現する必要がある。 また、施設の障害等に際しても一定の管制の処理容量を維持し、早期復旧に向けた対策をあらかじめ講じるなど、信頼性を高める取組が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ①衛星航法の高機能化、安全性評価手法の高度化、適用範囲の拡大、障害に備えたバックアップに関する研究開発	航空交通の安全確保は最も重要な課題である。今後の航空需要の増大に的確に対応して空港や航空路の交通容量を拡大していく上では、航空機運航を支援する衛星・地上施設の高度化により交通量に適応した高い安全性を実現する必要がある。 また、施設の障害等に際しても一定の管制の処理容量を維持し、早期復旧に向けた対策をあらかじめ講じるなど、信頼性を高める取組が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ①衛星航法の高機能化、安全性評価手法の高度化、適用範囲の拡大、障害に備えたバックアップに関する研究開発 －DFMC(2周波・複数衛星系) GBAS（地上型補強システム）ベースライン標準の検証を進めるとともに、検証に必要なデータを飛行実験により収集する。また、DFMC GBAS／SBAS（静止衛星型衛星航法補強システム）の拡張機能の技術コンセプト及び要素技術の開発を行う。 －DFMC SBASについて、準天頂衛星システムを使用して北極域にサービスエリアを拡大する際の課題を調査及び検討する。 －衛星航法システム障害時のバックアップとして、引き続きマルチDME（距離測定装置）のアルゴリズムを開発する。等

A. 次世代 GNSS を用いた安全性の高い航法システムの活用に関する研究

研　究　の　背　景

ICAO において、磁気低緯度地域を含む全世界で高カテゴリー精密進入を実現する DFMC GBAS の標準化が 2028～2030 年を目標に進行中であり、欧州 EDGAR 計画を始めとして標準化のための技術開発と検証が行われている。CARATS では衛星航法による精密進入の実現が検討されているが、日本を含む磁気低緯度地域では電離圏の影響が大きく、DFMC GNSS の活用が必要である。また、GBAS, SBAS の拡張性は用意されているが、具体的な要件は定まっておらず、測位手法、データリンクを含む技術コンセプト及び運用コンセプトと合わせた技術開発が必要である。

※GNSS（Global Navigation Satellite System）：人工衛星による航法システム。米国による GPS のほか、ロシアによる GLONASS 等がある。

※SBAS（Satellite-Based Augmentation System）：情報伝送に人工衛星を用いる補強システム

※GBAS（Ground-Based Augmentation System）：情報伝送に VHF 無線を用いる補強システム

研　究　目　標

□DFMC GBAS ベースライン標準の検証、プロトタイプ開発

□プロトタイプを用いた DFMC GBAS 標準案の検証

□DFMC GBAS/SBAS 拡張機能の要素技術及び拡張機能の開発

□DFMC GBAS/SBAS 拡張機能の空港を含む実環境における検証、運用コンセプトの提案

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

（1）DFMC GBAS ベースライン標準の策定・机上検証

（2）DFMC GBAS 拡張機能の技術コンセプト及び要素技術の開発

（3）DFMC SBAS 拡張機能の技術コンセプト及び要素技術の開発

（4）DFMC GBAS/SBAS 飛行実験の実施

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

（1）DFMC GBAS ベースライン標準の策定・机上検証

ICAO NSP GWG DFMC GBAS SARPs drafting group に中心メンバーとして参画し、DFMC GBAS 補強メッセージ案を提案し、石垣空港の DFMC GBAS テストベッドのデータを用いて検証した。補強メッセージ案は標準案のベースラインとして受け入れられた。ICAO GBAS マニュアルの初期案をリーダーとして作成し ICAO NSP に提示した。

（2）DFMC GBAS 拡張機能の技術コンセプト及び要素技術の開発

DFMC GBAS の補強メッセージが位相測位などの拡張利用に対応するようにメッセージ定義を提案し、位相測位において使用可能であることを石垣空港の DFMC GBAS テストベッドのデータを用いて検証した。ICAO 次世代モビリティ Workshop に参加するなど、DFMC GBAS の拡張機能利用のための情報収集を行った。

（3）DFMC SBAS 拡張機能の技術コンセプト及び要素技術の開発

SBAS メッセージ認証の国際標準案の検証を DFMC SBAS プロトタイプを用いて進め、SBAS メッセージ認証プロトコルについて改良提案を行い SARPs 案に取り入れられた。ネットワーク型 SBAS のデータ送信方式を開発し実験を行った

（4）DFMC GBAS/SBAS 飛行実験の実施

2025 年 9 月 22～26 日に石垣空港において飛行実験を実施した。このうち、昼間 2 回、夜間 3 回の飛行実験を実施し、電離圏擾乱時を含む機上・地上データを取得した。

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文:0 編

□査読付き国際会議論文:3 編

・齋藤享, M. Tuffaha, M. Topland, L. Lavik, T. Murphy, G. McGraw, J. Wickgers, Utilization of full-resolution ground code and carrier-phase measurements in DFMC GBAS (GAST E), ION GNSS+ 2025, 2025 年 9 月

・M. Caamano, D. Gerbeth, 齋藤享, A. K. Sun, J. Lee, S. Pullen, Impact of dual-frequency multi-constellation GBAS data link constraints on integrity monitoring, ION GNSS+ 2025, 2025 年 9 月

・早瀬夏子, 齋藤享, 齊藤亮介, 廣川類, 峰山拓之, 田島颯, 藤田征吾, 佐藤一敏, QZSS CLAS: Performance evaluation and improvement against severe ionospheric disturbances under high solar activity, ION GNSS+ 2025, 2025 年 9 月

□各種表彰の受賞:0 件

□和文査読付き論文:0 編

□特許・プログラム等の知的財産の出願等:0 件

□その他(各研究所特有)

◆国際活動:0 件

◆国際学会(査読なし):0 編

◆標準化会議:13 編

・齋藤享, Message Type 2 Additional Data Block 6 Format Proposal for GAST E, WP32, ICAO NSP JWGs/14, 2025 年 4 月

・齋藤享, Reconstruction of Ground Carrier-Phase Measurements and MT-23 proposal for GAST E, WP31, 2025 年 4 月

・齋藤享, 吉原貴之, Update on DFMC GBAS Testbed and Flight Experiment, IP25, ICAO NSP JWGs/14, 2025 年 4 月

・齋藤享, Current Status of Navigation Systems Panel GBAS Working Group Activities, WP03, ICAO APAC GBAS/SBAS ITF/7, 2025 年 5 月

・齋藤享, 吉原貴之, 福田真, GBAS Status Update in Japan, IP04 ICAO APAC GBAS/SBAS ITF/7, 2025 年 5 月(GBAS を活用した着陸運用の高度化に関する技術開発と共同)

・齋藤享, Status of GBAS Manual development in ICAO NSP GBAS Working Group, RTCA SC-159 WG-4, 2025 年 10 月

・齋藤享, Proposal of compression/decompression of GBAS ground measurements for GAST E (MT-23), RTCA SC-159 WG-4, 2025 年 10 月

・齋藤享, GBAS Manual ad hoc Group, GBAS Manual development, WP06, ICAO NSP JWGs/15, 2025 年 11 月

・齋藤享, 吉原貴之, Research and development activities on GBAS in Japan, IP07, ICAO NSP JWGs/15, 2025 年 11 月

・齋藤享,Ground measurement transmission protocol for GAST E, IP08, ICAO NSP JWGs/15, 2025 年 11 月

・齋藤享, Updated proposal of Message Type 23 for DFMC GBAS, WP16, ICAO NSP/8, 2026 年 1 月

・齋藤享, GBAS Manual ad hoc Group, First draft of GBAS Manual, WP19, ICAO NSP/8, 2026 年 1 月

・齋藤享, Updated Proposal of Message Type 23 for DFMC GBAS, RTCA SC-159 WG-4, 2026 年 3 月

◆国際会議:0 編

◆国内学会:2 編

・吉原貴之, 齋藤享, 稠密 GNSS 観測データを用いた対流圏遅延の局所的変動に関する研究, JPGU2025, 2025 年 5 月

・吉原貴之，毛塚敦，齋藤享，本吉弘岐，砂子宗二朗，GNSS 衛星電波の右旋及び左旋円偏波受信信号による積雪面反射波解析と気象観測結果との比較，雪氷研究大会，2025 年 9 月

◆その他発表論文：3 編

・坂井丈泰，進化する衛星航法システム（GPS），日本技術士会応用理学部会講演会，2025 年 7 月

・北村光教，齋藤享，坂井丈泰，次世代 SBAS の飛行実験による評価，航空無線

・齋藤享，GBAS and the Ionosphere，ICAO METP SWXCCG ST-15 Seminar，2026 年 3 月

B. 次世代 SBAS による北極域補強に関する研究

研　究　の　背　景

航空航法において衛星航法システム（GNSS）の導入が進められており、GNSS 利用の際に必要とされる衛星航法補強システムの一種である SBAS として、日本では MSAS が運用されている。SBAS は 2023 年に次世代規格である DFMC SBAS が組み込まれた SARPs が発行されており、継続的な改良がなされている。現在は追加の検討課題として、従来の静止軌道（GEO）を用いた SBAS 信号の放送に加えて、DFMC SBAS では傾斜対地同期軌道（IGSO）を用いた信号放送のための規格化検討が進められている。そのような中、日本は GEO と IGSO の複数の軌道からなる準天頂衛星システム（QZSS）を有しており、当所では 2017 年より QZSS を用いた DFMC SBAS 放送実証実験を行ってきた。

一方、北極域における GNSS 利用に関心が高まっている。北極域は航空経路、航海経路ともに既に利用されているが、新たな海洋資源開発や流氷の接触回避等のために、安全かつ高性能な測位が求められている。北極域では、従来の SBAS 信号は赤道上の GEO から放送されるため受信が困難であるが、DFMC SBAS では IGSO を利用して中緯度の上空から放送することで受信することが可能となり、SBAS 技術によって安全な測位が利用可能となる可能性がある。ただし、北極域はこれまで従来の SBAS 信号の受信が困難であったことから、SBAS による補強の観点から十分な検討がなされていない。例えば GNSS 測位において重大な誤差源となりうる電離圏は、その活動のメーカーニズムが中低緯度地域と異なることが知られている。北極域において SBAS 技術によって安全な航法を実現するためには、このような従来と異なる地域特性を考慮した補強技術の開発が必要であると思われる。

※GNSS（Global Navigation Satellite System）：人工衛星による航法システム。米国による GPS のほか、ロシアによる GLONASS 等がある。

※SBAS（Satellite-Based Augmentation System）：情報伝送に人工衛星を用いる補強システム

※GBAS（Ground-Based Augmentation System）：情報伝送に VHF 無線を用いる補強システム

※MSAS（Michibiki-based Satellite Augmentation System）: 航空局が運用する日本の SBAS。情報伝送に準天頂衛星システム（みちびき）を利用している。

※DFMC SBAS（Dual-Frequency Multi-Constellation SBAS）：2 周波数信号を利用した次世代 SBAS

※GEO(Geostationary Earth Orbit): 赤道上空に軌道を持ち地球の自転と同期することで、地球に対して相対的に静止する衛星軌道

※IGSO(Inclined Geo-Synchronous Orbit): GEO と同様に地球自転に同期し、さらに軌道傾斜角を持つことで中心経度が一定のまま南北に相対位置が変化する衛星軌道

研　究　目　標

□DFMC SBAS のメッセージ放送軌道として、IGSO を利用することで生じる課題を明らかにし、解決策を提示する。

□外部の海洋研究機関と連携することで、北極域における DFMC SBAS 及び GNSS コア衛星の実観測データを取得する。

□北極域において DFMC SBAS 補強を行う際の、地域特性に基づく補強技術の課題を明らかにし、対策を講ずる。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

（1）北極域観測船における DFMC SBAS 観測を実施

（2）北極域における電離圏環境の特性解析

（3）北極域におけるインテグリティ向上手法のアルゴリズム開発

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

（1）北極域観測船における DFMC SBAS 観測を実施

海洋研究開発機構（JAMSTEC）の海洋研究船「みらい」に GNSS 観測機器を搭載し、北極域航海観測実験を実施した。本観測実験により、北極域を航行する移動体における GNSS 観測データを取得すること

ができ、次項の定点観測よりも実運用に近い観測データを取得することができた。

（2）北極域における電離圏環境の特性解析

北極域（国立極地研究所ニーオーレスン基地）において、GNSSによる電離圏活動の定点観測を実施した。本観測の結果、複数回にわたる北極圏特有の電離圏擾乱を示す希少な GNSS 観測データを取得することに成功した。またそれらの期間において電離圏擾乱によって測位誤差の増大が確認されたものの、DFMC SBAS 信号の受信断を引き起こしていないこと、また DFMC SBAS 補強がインテグリティ破綻を起こしていないことが確認された。

（3）北極域におけるインテグリティ向上手法のアルゴリズム開発

北極域におけるインテグリティ向上手法として、精密軌道暦の DFMC SBAS 補強信号への活用方法を検討した。当該方法におけるインテグリティ機能として、精密軌道暦と地上監視局を統合する手法を検討し、実現するための方針を立てた。

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文：1編

・髙橋透, 齋藤享, 北村光教, 坂井丈泰, “Performance Evaluation of DFMC SBAS Messages Broadcasted by the Japanese Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) in Oslo, Norway,” NAVIGATION: Journal of the Institute of Navigation, The Institute of Navigation (ION) , June 2025.

□査読付き国際会議論文：0 編

□和文査読付き論文：1 編

・坂井 丈泰, 北村 光教, 髙橋 透, “精密軌道暦による L5 SBAS メッセージの生成,” 電子情報通信学会和文論文誌 B, 2025 年 10 月

□各種表彰の受賞：0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他（各研究所特有）

◆国際活動：0 件

◆国際学会（査読なし）:1 編

・髙橋 透, 西山 尚典 (国立極地研究所), 北村 光教, 齋藤 享, 橋本 大志 (国立極地研究所), 坂井 丈泰, “Impact of ionospheric disturbances on DFMC SBAS broadcast from QZSS in Ny-Ålesund,” 8th International Symposium on Arctic Research (ISAR-8), Oct. 28 2025.

◆標準化会議:1 編

・北村 光教, “DFMC SBAS ENRI R&D Status,” ICAO Navigation Systems Panel (NSP) JWGs 15, 2025 年 11 月 20 日

◆国際会議：0 編

◆国内学会：2 編

・北村 光教, 坂井 丈泰, “SBAS の性能評価に関する報告,” 第 69 回 宇宙科学技術連合講演会, 2025 年 11 月 25 日

・髙橋 透, 西山 尚典 (国立極地研究所), 北村 光教, 齋藤 享, 橋本 大志 (国立極地研究所), 坂井 丈泰, “Impact of ionospheric disturbances on next generation SBAS broadcast from QZSS in the Arctic,” 地球電磁気・地球惑星圏学会 2025 年秋季年会, 2025 年 11 月 25 日

◆その他発表論文：0 編

C. 全飛行フェーズでのRNP化に向けた衛星航法のバックアップ(APNT)構築

研　究　の　背　景

我が国では全飛行経路の RNP 化が進められているが、RNP 経路を飛行する際の航法装置としては現在 GNSS のみが認められており、DME/DME 測位は現在使用できない。一方で障害により GNSS が使用できない場合が多数報告されており、RNP 経路を飛行する際の GNSS のバックアップ(APNT)を構築する必要がある。EUROCAE WG107 では短期的なバックアップとして地上 DME 局にインテグリティ性能を持たせて RNP 経路を飛行可能とする標準化が進行中であり、我が国でも 2026 年度からの導入を目指して計画中である(CARATS NAV-8)。EUROCAE WG-107 では、最大のインテグリティ脅威であるマルチパスへの対策基準が策定される見込みであり、ICAO での国際標準化も進行中である。また、欧州では中期的バックアップとして複数の地上 DME 局を用いたマルチ DME-RAIM(Range Autonomous Integrity Monitoring)の研究が進められている。長期的な対策は LDACS-NAV など新たなシステム導入に向けて各国が研究段階にある。

研　究　目　標

□短期的 APNT 国内導入に向けて、実運用機材でインテグリティを改善する方法を開発するとともに EUROCAE 基準に基づいた電波伝搬解析により国内 DME 誤差発生要因を明らかにする。

□中期的 APNT 国内導入に向けて、マルチ DME の国内適用性を明らかにするとともに、我が国特有の山岳地形や配置の悪さに対応した RAIM アルゴリズムを開発する。

□長期的 APNT の国際的な方式選定に向け、地表画像による測位の利用可能性を明らかにするとともにインテグリティ保証に有用なアルゴリズムを開発する。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

(1)DME 再配置基準作成

(2)マルチ DME アルゴリズム提案

(3)飛行実験(予備)

(4)国際標準化参加(ICAO, EUROCAE 等)

(5)長期 APNT 成果公表

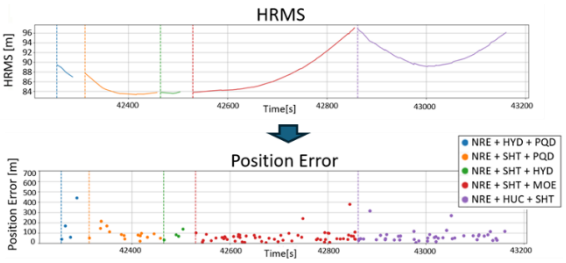
令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

(1)DME 再配置基準作成

DME の HDOP(配置)解析を実施し、成田空港における HDOP 劣化を定量的に算出した。また、配置基準作成のための HDOP 解析ツールのプロトタイプを作成した。再配置だけでなく、チューニング／選局アルゴリズムの検証やマルチ DME 測位方式の性能検証で活用可能である。

(2)マルチ DME アルゴリズム提案

図Ⅰ.4.(1).①.1 地上局配置解析ツール



図Ⅰ.4.(1).①.2 マルチ DME-DME-RAIM 方式における σを考慮した選局アルゴリズム

飛行実験のデータ解析によりマルチ DME 測位の劣化要因に各局の σ(標準偏差)が影響することが分かったため、保護レベル計算において考慮するアルゴリズムの有効性を検討し、マルチ DME/DME-RAIM

方式において、選局の際に各地上 DME 局の誤差変動(σ)を考慮するアルゴリズムを開発、EUROCAE WG107 において提案した。我が国の σ が他国に比べて大きかったため、今後調査が必要である。

(3)飛行実験(予備)

DME 航法の課題である山岳遮蔽が発生する東北方面にて飛行実験を実施し、課題整理のための実験データを取得した。実験用航空機に搭載した EDS300 で各 DME 局と測距を行うと、特定の局において特定のバイアス誤差(-200m 等)が発生した。原因追及を実施したが、解決には至っておらず、課題として残った。

(4)国際標準化参加(ICAO, EUROCAE 等)

EUROCAE WG-107 第 33 回会合(ブリュッセル, 9 月 23 日～25 日)にオンラインで参加し、成果をインプットするとともに測定系不具合について助言を受けた。また、ICAO NSP/8 に参加して日本の APNT のステータスを報告した。

(5)長期 APNT 成果公表

開発した Vision-based Navigation アルゴリズムについて、これまでのドローンによる低高度での検討に加え、航空機画像による高高度でのアルゴリズム評価を行った。その結果、低高度の場合と同様に従来手法よりも CNN を用いた方法が高性能であることが分かった。さらに、セマンティックセグメンテーションの航法利用のための基礎プログラムを作成した。画像航法について ICAO NSP/8 にて簡単な紹介を行い、ICAO において画像航法をセンサーの一つとして組み込むための足掛かりを作った。

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文: 0 編

□査読付き国際会議論文: 3 編

・Atsushi Kezuka, et al, "Observation of Long-Range Air-to-Ground Atmospheric Propagation Delay," Proceedings of 2025 IEEE International Symposium on Antennas & Propagation and North American Radio Science Meeting (AP-S 2025), pp.1230-1233, July 2025.

・Atsushi Kezuka, et al. "Measurement of Propeller Modulation for ILS Flight Inspection by Drone," Proceedings of 2025 International Symposium on Antennas & Propagation (ISAP2025), pp.828-829, October 2025

・Atsushi Kezuka, et al. "A Study of Ground Station Geometry in Multi-DME positioning as an Alternate PNT in Case of GNSS loss," International Conference of Space and Aeronautics, Navigational Equipment (ICSANE2025), pp.66-69, November 2025

□和文査読付き論文: 0 編

□各種表彰の受賞: 0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等: 0 件

□その他(各研究所特有)

◆国際活動: 0 件

◆国際学会(査読なし): 0 編

◆標準化会議: 2 編

・Atsushi Kezuka, Yann Lajugie, "Analysis of standard deviation of DME errors through flight experiment using EDS-300," EUROCAE WG-107, M33-01, September 23-25, Brussels, 2025

・Atsushi Kezuka, Susumu Saito, "CPNT Research Plan in ENRI," ICAO Navigation System Panels (NSP) Conventional Navigation Aids and Testing Working Group (CNTWG), IP07, Montreal, June 2026

◆国際会議: 0 編

◆国内学会: 1 編

・長谷川 努 他, “衛星航法の脆弱性対策としてのバックアップ構築に関する研究,”第 63 回飛行機シンポジウム, 2025 年 10 月

◆その他発表論文: 5 編

・毛塚 敦 他,“GNSS 代替としてのマルチ DME 測位の国内適用性評価,”第 25 回電子研発表会, pp.19-22, 2025 年 6 月

・毛塚 敦 他,“GNSS 代替としてのマルチ DME 測位の国内適用性評価,”航空無線 125 号(秋号), 2025 年 9 月 11 日

・毛塚 敦,“APNT について,”電子航法研究所出前講座, 中部空港, 2026 年 2 月 18 日

・安田 真規, 網嶋武, 毛塚敦, 高島宗彦, “画像航法に対する観測位置の二段階尤度選定と追尾フィルターの適用,” 総合大会講演論文集, 2026 年 3 月

・齊藤 真二,“APNT について,”電子航法研究所出前講座, 大阪空港事務所, 2026 年 3 月 17 日

重　点　分　野	(1)航空交通の安全性及び信頼性の向上

研 究 テ ー マ	②航空機監視に用いる各種センサーの機能・要件の一元化に必要な技術に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
(1)①の記載内容と同様(略)	(1)①の記載内容と同様(略) このため、以下の研究開発を進める。 ②航空機監視に用いる各種センサーの機能・要件の一元化に必要な技術に関する研究開発	(1)①の記載内容と同様(略) このため、以下の研究開発を進める。 ②航空機監視に用いる各種センサーの機能・要件の一元化に必要な技術に関する研究開発 －高機能空中線について、低コスト化技術およびADS—B(放送型自動位置情報伝送・監視機能)適用技術の開発ならびに昨年度開発した広域マルチラテレーション適用技術の単体評価を行う。 －二次監視レーダーについて、昨年度検討した通信に伴う課題解決方法について、実航空機を用いた実験により実環境下でのデータを取得するとともに、その分析を行う。等

A. WAM・ADS-B 用高機能空中線による航空路監視の効率的整備に関する研究

研　究　の　背　景

我が国の航空路監視システムは二次監視レーダー(SSR)、広域マルチラテレーション(WAM)、放送型自動従属監視(ADS-B)から構成されるマルチセンサー型である。これまで SSR、WAM の運用が開始され、現在は ADS-B の整備が検討されている。しかし、センサーの拡充に伴い、WAM では多数の地上局について維持管理の負担がひっ迫している。また ADS-B については、脆弱性対策として離れた複数局を必要とするため、今後の拡充に際して地理的制約と維持負担増加の懸念がある。これらセンサーの拡充に伴う課題の解決策として、高機能空中線(フェーズドアレイアンテナ)を活用した WAM 地上局の削減や ADS-B 脆弱性対策の適用範囲拡大が期待されるが、搭載のためには空中線規模の縮小による低コスト化が必要である。

国内外の技術開発の動向としては、フェーズドアレイ技術を大型の一次レーダーへ応用した事例が知られているが、ADS-B や WAM への応用は実用化されていない。

研　究　目　標

□高機能空中線の低コスト化技術を開発・評価し、その効果を素子数等の指標により定量的に示す

□WAM 地上局の削減について、現在よりも少ない局配置で同等性能を達成可能な技術を開発し、施設統合や局数削減の試算結果をまとめる

□ADS-B 脆弱性対策について、低コスト化した高機能空中線 1 局を用いて平均検知率 90%・誤報率 5%を達成可能な技術を開発する

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

(1)高機能空中線低コスト化技術の開発

(2)WAM 地上局削減技術の単体評価

（3）ADS-B 脆弱性対策の適用範囲拡大技術の開発
（4）国際標準化活動

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

（1）高機能空中線低コスト化技術の開発

高機能空中線の主要な機能である電波の到来方向推定は、一般に精度がアンテナ素子数に比例する。そこで、信号処理により精度を向上できれば、素子数の低減に繋がることが期待される。これに向け本研究では先進的なアルゴリズム(IAA: Iterative Adaptive Approach)の応用に取り組んでいる。本年度は実験機材の改善（同期性能向上）を実施した上で、屋外実験による性能評価を行った。在空機の放送する信号を受信・記録し、到来方向推定を行った。その評価結果を表 Ⅰ. 4. (1). ②. 1 に示す。従来技術(MUSIC: Multiple Signal Classification)と比べて、提案技術は誤差が低減し、精度向上を確認された。例えば、誤差のばらつきの指標である標準偏差は 0.63° から 0.59° へ 6.2%削減となったほか、5° 以上の誤差であるはずれ値割合は 0.34%から 0.22%へ 35%削減となった。

表 Ⅰ. 4. (1). ②. 1 到来方向推定精度の評価結果

	誤差平均値	誤差標準偏差	はずれ値割合
従来技術（MUSIC）	−0.23°	0.63°	0.34 %
提案技術（IAA）	−0.21°	0.59°	0.22 %

（2）ADS-B 脆弱性対策の適用範囲拡大技術の開発

航空機による位置放送を原理とした監視システムである ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)にはなりすましの脆弱性が指摘されている。このような脆弱性に対応するため、高機能空中線が測定する到来方向を利用して、ADS-B 位置の正当性を検証するアルゴリズムをシミュレーションにより開発した。本アルゴリズムは、測定された到来方向と ADS-B 位置について、両者の角度が一致するかどうかを判定するものである。従来の対策技術（到達時間差を利用したもの）と比べて、受信局数が 1 局でも動作する利点がある。また、到達時間差と組み合わせて検証を強固とする使い方も可能である。本技術に関するこれまでの成果をまとめ、電子情報通信学会の英文論文誌に投稿したところ採録された。

さらに、本アルゴリズムを空飛ぶクルマに適用するための実験も行った。実験では、大阪・関西万博におけるデモフライトを対象として、ADS-B 信号を高機能空中線の実験システムで記録した。実験システムは図 Ⅰ. 4. (1). ②. 2 に示すような可搬性に優れた 4 素子構成を利用した。図 Ⅰ. 4. (1). ②. 3 には実験で得られた ADS-B 航跡を示し、飛行経路が 8 の字となっていることが分かる。

図 Ⅰ. 4. (1). ②. 2 ADS-B 受信実験機材

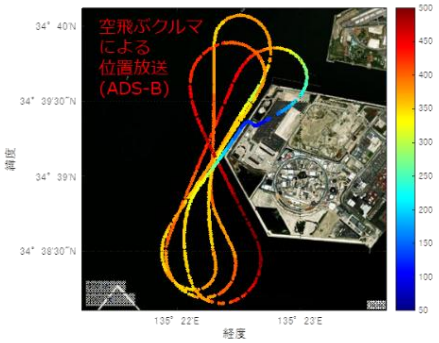
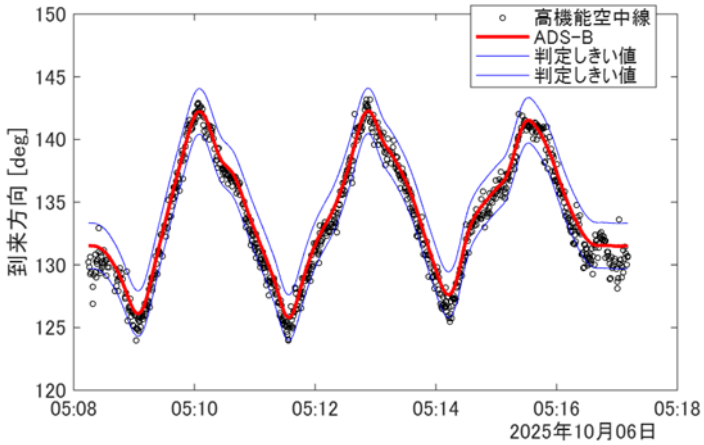


図 Ⅰ. 4. (1). ②. 3 実験で得られた空飛ぶクルマ ADS-B 航跡

記録した信号に対して開発した技術を適用した結果を図 Ⅰ. 4. (1). ②. 4 に示す。飛行経路に対応して、のこぎり形状の到来方向が得られた。黒丸は高機能空中線による測定結果であり、赤線が ADS-B に

よる位置である。両者の一致を確認するための判定しきい値を青線で示している。青線内に ADS-B 位置が入っており、両者の一致が確認できた。すなわち、位置検証に成功し、空飛ぶクルマに対する位置検証技術の適用可能性を示した。

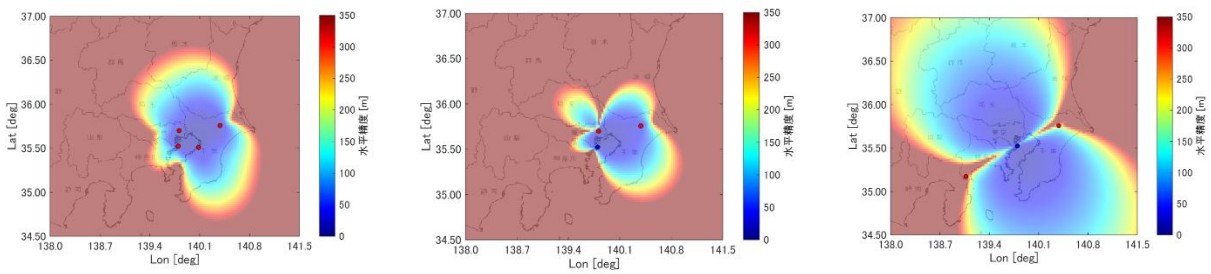


図Ⅰ．4．(1)．②．4 到来方向と ADS-B 位置の比較による位置検証結果

さらに、ADS-B は石垣島におけるシステム整備が航空局により本年度開始となった。これに対応し、本研究の成果を活用して航空局への仕様策定支援や装置メーカーへの技術移転を行った。具体的には、先行研究で開発したセクタ型アンテナを対象にして、質問送信スケジューリング検討やアンテナ特性計算を実施した。また、高機能空中線による脆弱性対策を、セクタ型アンテナ向けに簡易化した方式を提案した。これはセクタ型アンテナの指向性を活用し、指向性外からのなりすまし信号を遮断することで、脆弱性対策をより強固にするものである。本方式による性能向上の試算を行い、なりすましの見逃しを約半分にできることなどを明らかにした。これら成果は今後の整備で活用される見込みである。

(3)WAM 地上局削減技術の単体評価

到来方向を活用すれば、より少ない地上局数で必要精度を充足することが期待される。これに向け、昨年度開発した測位アルゴリズムをシミュレーションにより地上局位置等の条件を変えながら精度評価した。結果例を図Ⅰ．4．(1)．②．5 (a)～(c)に示す。図Ⅰ．4．(1)．②．5 (a)は従来技術（到達時間差のみ）の 4 局構成で精度分布を計算した結果である。受信局周辺では航空路要件の精度 350 m を満たしている。これを 1 局削減して 3 局構成とし、うち 1 局（青丸）に精度 0.5° の到来方向推定機能を具備した場合は図Ⅰ．4．(1)．②．5 (b)となる。受信局を結ぶ基線正面では精度を充足できている。なお、従来技術（到達時間差のみ）はこのような 3 局での三次元測位は不可能である。しかしながら、精度要件を充足できるエリアは減少した。そこで、地上局配置を調整した結果を図Ⅰ．4．(1)．②．5 (c)に示す。充足エリアを拡大でき、地上局削減の可能性を示すことができた。なお、実際には、距離を広げると信号干渉の影響も大きくなるため、別途評価が必要となり、今後の課題である。



(a) 4 局構成（従来技術）　(b) 3 局構成（提案技術）　(c) 配置調整後（提案技術）

図Ⅰ．4．(1)．②．5 精度のシミュレーション評価結果

(4)国際標準化活動

電子航法研究所は ICAO 監視パネルにおいて、先進型地上走行誘導管制システムに関する技術マニュアル(Doc 9830 A-SMGCS Manual)の改訂作業を担当してきた。本改訂の目的は監視システムに関する情報を最新のものとすることである。本年度は作業部会(ASWG: Aeronautical Surveillance Working Group および Technical Sub Group)において改訂案全体を通しての確認・修正作業を実施した。これら作業部会で承認が得られたため、上位の監視パネルに提出し、採択となった。今後、ハイレベルの航空航法会議(Air Navigation Conference)にて採択されれば正式発効となるため、改訂作業完了に向けた確実な見通しが得られた。本改訂には監視システムとして使用する機材としてのマルチラテレーション追記も含まれており、本装置を製造する国内メーカーの海外展開にも資することが期待される。

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文: 2 編

・J. Naganawa, Y. Kosuge, J. Kitaori, H. Tajima and T. Koga, "Demonstration of Aircraft Localization by TDOA, AOA, and Barometric Altitude at Two Sites," in IEICE Communications Express, vol. 14, no. 6, pp. 246-249, June 2025.

・J. Naganawa, J. Kitaori, H. Tajima, T. Koga, "Verification method of aircraft ADS-B position by AOA and TDOA, " in IEICE Transactions on Communications, Feb. 2026.

□査読付き国際会議論文: 5 編

・L. Arias, J. Naganawa, N. Keerativoranan, J. Takada, "Preliminary Study on Aircraft Signal Distortion in Airport Area for Localization," International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP 2025), Fukuoka, Japan, Oct 2025

・J. Naganawa, J. Kitaori, H. Tajima and T. Koga, "Array Signal Processing for Advanced Surveillance: An Experiment with a 12-Element Linear Array and SDR," 2025 Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS), Brussels, Belgium, 2025.

・L. Arias, J. Naganawa, Y. Kakubari, N. Keerativoranan, J. Takada, "Signal Distortion and TOA estimation for aircraft localization on airport surface," 16th Multidisciplinary International Student Workshop 2025 (MISW2025), Ookayama, Tokyo.

・J. Naganawa, J. Kitaori, H. Tajima, T. Koga, "Experimental Evaluation of Aircraft Localization by TDOA, AOA, and QNH Altitude," International Conference on Space, Aeronautics, and Navigational Electronics (ICSANE) 2025, Suwon, Korea, Nov 2025.

・J. Kitaori, J. Naganawa, "An Implementation of 1030/1090 MHz Dual Receiver using GNU Radio," International Conference on Space, Aeronautics, and Navigational Electronics (ICSANE) 2025, Suwon, Korea, Nov 2025.

□和文査読付き論文: 0 編

□各種表彰の受賞: 0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等: 0 件

□その他(各研究所特有)

◆国際活動:1 件

・ICAO 監視パネル Aeronautical Surveillance Working Group (ASWG) アドバイザー(技術マニュアル改定案作成)

◆国際学会(査読なし): 0 編

◆標準化会議:2 編

・H. Miyazaki, "CP for Doc 9830 A-SMGCS Manual," ICAO SP ASWG TSG/21 WP21-09, June 2025.

・H. Miyazaki, "CP for Doc 9830 A-SMGCS Manual," ICAO SP ASWG/22 WP22-19, Nov. 2025.

◆国際会議:0 編

◆国内学会:4 編

・L. Arias, J. Naganawa, Y. Kakubari, N. Keerativoranan, J. Takada, ″Mode S signal distortion and TOA estimation in a Multilateration (MLAT) system for Airport Apron,″ IEICE Global Net Workshop 2025, Okayama, Japan, 2025.
・長縄, 北折, 古賀, ″航空機トランスポンダ信号の FOA 測定に関する基礎検討,″ 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2025 年 9 月.
・長縄, 北折, 田嶋, 古賀, 森, ”ADS-B 位置検証技術の高度化に向けた研究,” 第 63 回飛行機シンポジウム, 2025 年 10 月.
・L. Arias, J. Naganawa, Y. Kakubari, N. Keerativoranan, J. Takada, ″ Opportunistic Signal Based Channel Impulse Response Estimation in Airport Surface Environment,” 電子情報学会 総合大会, 2026.

◆その他発表論文: 0 編

B. 二次監視レーダーモード S の新機能利用技術の研究

研　究　の　背　景

我が国の航空路監視システムは二次監視レーダー(SSR)、広域マルチラテレーション(WAM)、放送型自動従属監視(ADS-B)から構成されるマルチセンサー型であり、複数センサーがその特徴を生かして共存運用される。SSR モード S は導入後約 20 年が経過するが、国外においては新機能の利用についての検討が進むなど新たな技術課題が出現している。

第一の課題としては、新たな運用形態である地上局監視コード(SI)があげられる。SI 運用においては監視の連続性や安定性などの信頼性評価が必要であるため、信頼性評価する手法について検討が必要となる。

第二の課題は、データリンク機能の動態情報(DAPS)の利用拡大に係る課題である。DAPS は国際標準で新たなパラメータが定義されるなど拡張が進んでいる。新パラメータは TBO 予測性能の向上などに寄与できる可能性があり、有効な利用法についての検討が必要となる。この他に、DAPS は運用や整備の環境が異なる様々な航空機からの情報に依存するため、その妥当性を検証することが必要となる。

研　究　目　標

□SI 運用環境下での監視情報の信頼性を検証する技術の創出
□新たな DAPS パラメータを利用した追尾性能や位置精度の向上
□DAPS 情報の妥当性を検証する技術の確立

令和 7 年度の研究内容

(1)SI 評価手法の検討
(2)ターゲットレポート解析ソフトの製作
(3)DAPS データ解析ソフトの製作

令和 7 年度の研究成果

(1)SI 評価手法の検討

SSR モード S の SI コード利用時における監視性能の評価手法について検討するとともに、初期的データの分析に基づいて課題を抽出し、SI 質問機能確認を行った。

(2)ターゲットレポート解析ソフトの製作

航空局の SI 機能対応 SSR モード S からターゲットレポートや質問応答のデータを入手し、これらのデータを解析する機能を既存解析ソフトウェアに追加した。

(3)DAPS データ解析ソフトの製作

令和 6 年に実装した新パラメータ取得機能により当所 SSR モード S を用いて新たなパラメータのダウンリンクを実施、データを収集する。これらの解析を行うソフトウェアを作成した。

※ 略語一覧

SSR: Secondary Surveillance Radar

重　点　分　野	(2)航空管制の高度化と環境負荷の低減

研 究 テ ー マ	①柔軟な空域運用・経路設定、環境負荷の低減、空域の有効活用、悪天候などに対する運航の堅牢性及び次世代航空モビリティを考慮した空域管理方法に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
航空需要の増大への対応には定時性の確保、環境負荷の低減及び次世代航空モビリティの考慮も重要な観点である。これを踏まえ、飛行空域の効率的な利用による空域容量の拡大、運航の堅牢性や次世代航空モビリティに対応した空域管理など航空管制の高度化等に関する研究開発に取り組む。	航空管制において、空域容量の拡大、環境負荷の低減や定時性の確保が求められている。それらを達成するために、決定された経路と時間から構成される軌道を可能な限り計画通りに飛行する軌道ベース運用の導入が始まっており、さらなる推進にはより柔軟な空域運用など航空管制の高度化が求められる。 また、運航の堅牢性や今後の次世代航空モビリティ等の増加に対応する新たな空域の管理方法の開発が必要であり、特に混雑空港では遅延低減のための支援技術の開発が必要である。 このため，以下の研究開発を進める。 ①柔軟な空域運用・経路設定、環境負荷の低減、空域の有効活用、悪天候などに対する運航の堅牢性及び次世代航空モビリティを考慮した空域管理方法に関する研究開発	航空管制において、空域容量の拡大、環境負荷の低減や定時性の確保が求められている。それらを達成するために、決定された経路と時間から構成される軌道を可能な限り計画通りに飛行する軌道ベース運用の導入が始まっており、さらなる推進にはより柔軟な空域運用など航空管制の高度化が求められる。 また、運航の堅牢性や今後の次世代航空モビリティ等の増加に対応する新たな空域の管理方法の開発が必要であり、特に混雑空港では遅延低減のための支援技術の開発が必要である。 このため、以下の研究開発を進める。 ①柔軟な空域運用・経路設定、環境負荷の低減、空域の有効活用、悪天候などに対する運航の堅牢性及び次世代航空モビリティを考慮した空域管理方法に関する研究開発 －空域運用や容量管理手法の調査を実施し現状の課題を明確化する。また、空域関係者支援ツール開発に向けた調査や分析を行う。 －空港周辺における次世代航空モビリティの運用を議論するために必要な，実現性の高い空港周辺飛行のアーキテクチャをまとめ、文書を発行する。またそのアーキテクチャ実現に向けて必要な要素技術を評価する。 －運航前の計画軌道調整に適する垂直方向の悪天回避も加味した軌道生成技術を開発する。また、気象状況と管制作業量の関係性について解析する。等

A. 円滑な交通流のための柔軟な空域運用に関する研究

研　究　の　背　景

空域を利用する関係者間での協調的意思決定（CDM : Collaborative Decision Making）に基づく軌道調整及び高精度の軌道予測により空域容量の最適化が図られる。この事から、国際民間航空機関（ICAO: International Civil Aviation Organization）の世界航空交通計画（GANP：Global Air Navigation Plan）では、軌道ベース運用のための航空交通流管理の特徴のひとつとして、航空機軌道情報から予測する空域容量に対する空域需要及び交通状況に応じた柔軟な空域運用を挙げている。国際動向を踏まえ福岡飛行情報区（FIR: Flight Information Region）では、交通状況に応じた柔軟な空域運用を目指して航空路空域の上下を分離する運用が開始された。しかし、固定高度を境界とする現在の上下分離運用では、航空機の垂直方向の軌道の変化、巡航高度の季節性変化等へ柔軟に対応できない。この結果、容量管理における正確な予測値算出を困難にし、上下セクター間での管制運用の煩雑さが発生している。このため、予測交通情報を基にしたより正確な容量管理、及び管制運用の煩雑さの低減かつ飛行軌道の効率性向上に資する空域運用の検討が求められている。また、より正確な容量管理を行うことで円滑な交通流を形成する柔軟な空域割り当てが可能となることから、高高度空域における福岡 FIR 通過機を含む巡航機のさらなる運航効率追求を目的とした、FIR 等の空域境界線上での軌道予測精度向上を含めた交通流管理の検討が必要とされている。

研　究　目　標

□柔軟な空域運用のために必要とされる正確な空域容量の把握のため、航空情報データに基づく空域容量値の予測技術を開発する。

□CDM 促進をサポートするため、空域関係者の判断支援に有効である航空情報データに基づく可視化に関する空域関係者支援ツールを開発する。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

（1）空域運用、複雑性指標、容量管理手法の調査

（2）FIR 等空域境界での交通流管理に関する調査、協調的意思決定の課題の抽出

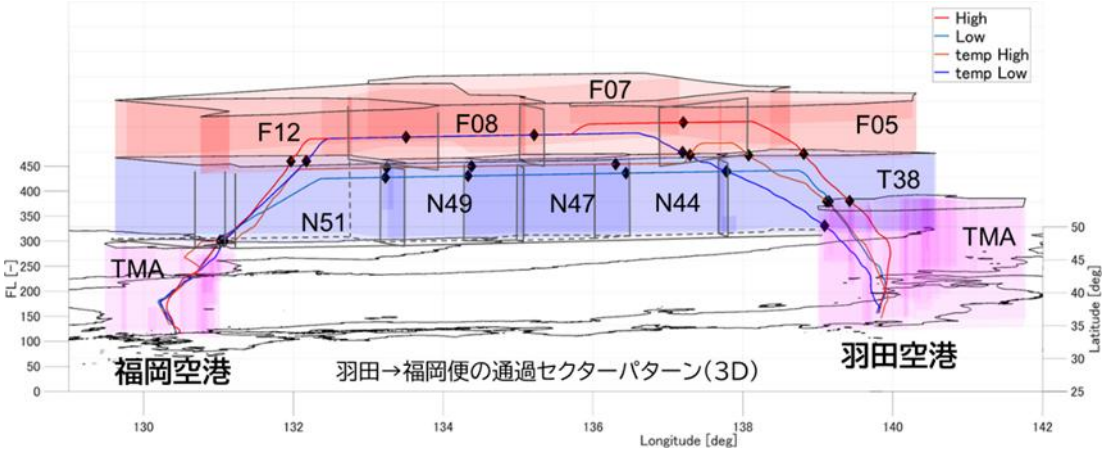
（3）空域関係者支援ツール調査

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

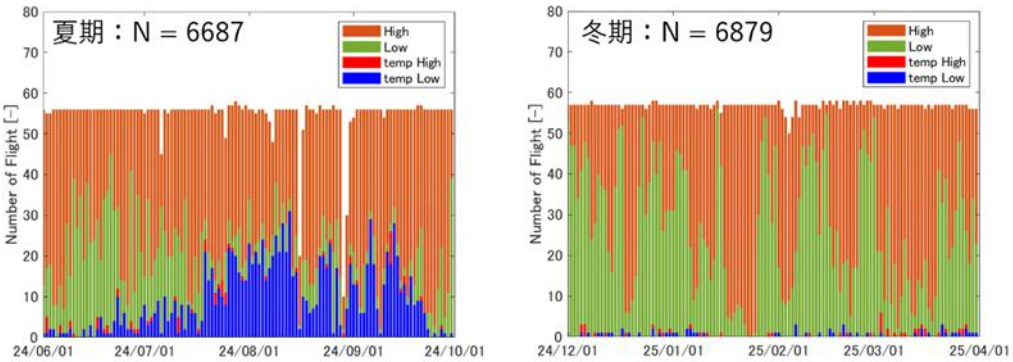
（1）空域運用、複雑性指標、容量管理手法の調査

2025 年 3 月に完了した航空路管制空域における上下分離運用の課題を把握するため、管制部へのヒアリングを実施した。その結果、季節によって航空機の上昇率が変化するなど、航空路管制運用において定性的に指摘されていた課題をより明確化する必要があると判断し、初期的なデータ解析を行った。

図Ⅰ. 4. (2). ①. 1 は、幹線である東京国際空港（羽田空港）から福岡空港までの通過セクターパターンを 3D で示したイメージ図である。図Ⅰ. 4. (2). ①. 2 は、羽田―福岡便における夏期と冬期の通過セクターパターン別の飛行数を示している。ここで示す「temp Low」パターンとは、本来は高高度セクターで巡航する計画であった航空機が、上昇の遅れにより想定外の低高度セクターを通過するケースを指す。このパターンが発生すると、空域通過交通量の予測精度が低下し、調整業務の増加などの運用上の課題が生じる。分析の結果、西行き主要路線では夏期に「temp Low」の発生が増加する傾向が確認された。これは、季節に応じて空域構造を柔軟に変更するなど、空域設計や運用方法を改善できる可能性を示唆している。



図Ⅰ．4．(2)．①．1　羽田空港から福岡空港便の通過セクターパターン(3D)

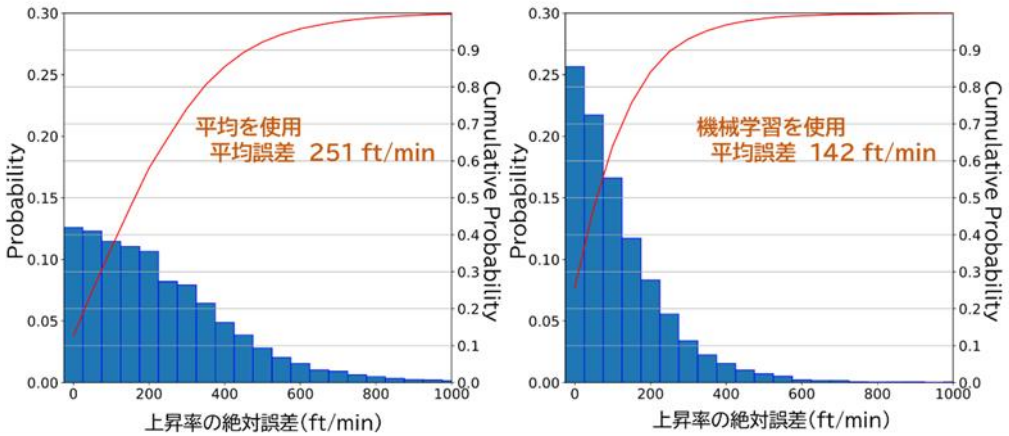


図Ⅰ．4．(2)．①．2　羽田空港から福岡空港便の夏期と冬期の通過セクターパターン

(2)FIR 等空域境界での交通流管理に関する調査、協調的意思決定の課題の抽出

高度分離セクター運用における容量管理の主要課題である高度プロファイル予測の精度向上に向け、出発機の上昇率に関する解析を実施した。さらに、初期的な取り組みとして、機械学習を用いた上昇率予測モデルの試行も行った。

図Ⅰ．4．(2)．①．3 は、成田国際空港発の国際線西行き便を対象に、機械学習を上昇率予測へ応用した際の有用性を示すものである。図Ⅰ．4．(2)．①．3 左は、上昇率を平均値で予測した場合の予測誤差(絶対値)の分布を示し、図Ⅰ．4．(2)．①．3 右は、機械学習手法の一つである勾配ブースティングマシン(GBM)を用いた場合の予測誤差(絶対値)の分布を示している。比較の結果、機械学習を使用したモデルは平均誤差が小さく、単純な平均値による予測よりも上昇率予測の精度が向上することが確認された。



図Ⅰ．4．(2)．①．3　上昇率予測誤差の絶対値の分布　左:平均を使用　右:機械学習を使用

（3）空域関係者支援ツール調査

空域関係者支援ツールは、柔軟な空域運用を含む将来の空域構成を検討するための基盤となるツールである。本ツールでは、予測軌道に対して複数の空域構成パターンを比較、検討し、空域をより効率的に活用できる構成の在り方を評価することを想定している。そのためには、飛行計画から現実的な予測軌道を生成する機能が不可欠である。令和 7 年度は、この軌道生成に向け、飛行計画情報に加えて管制運用上の要件を考慮した軌道生成ロジックの実装に着手した。

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文：0 編

□査読付き国際会議論文：3 編

・Mark Brown, Hiroko Hirabayashi, Akinori Murata, Harutaka Suizu, Takashi Imuta, “An Investigation of Climb Trajectory Prediction and Sector Workload Assessment in a Trajectory-Based ATM System,” 2025 Asia Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT2025) Special Issue Proceedings, Oct. 2025.

・Hiroko Hirabayashi, Mark Brown, Akinori Murata, Harutaka Suizu, Takashi Imuta, “Identifying Issue in Air Traffic Flow Management for Air Traffic in En-Route Sector Separated by Altitude,” 2025 Asia Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT2025) Special Issue Proceedings, Oct. 2025.

・Akinori Murata, Hiroko Hirabayashi, “Complexity Analysis of Air Traffic Using Trajectory Clustering,” 2025 Asia Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT2025), Oct. 2025.

□和文査読付き論文：0 編

□各種表彰の受賞：0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他（各研究所特有）

◆国際活動：0 件

◆国際学会（査読なし）：0 編

◆標準化会議：0 編

◆国際会議：1 編

・Mark Brown, Hiroko Hirabayashi, “CLIMB TRAJECTORY PREDICTION IN A TRAJECTORY-BASED ATM SYSTEM,” ICAO Air Traffic Management Requirements and Performance Panel (ATMRPP) 47th Working Group Meeting, IP, ICAO ATMRPP WG/47, Montreal October 2025.

◆国内学会： 3 編

・村田暁紀, 井無田貴, 平林博子, “動的空域構成に向けた空域における交通流の総合評価, ”第 56 期年会講演会 P28, 東京大学本郷キャンパス, 2025 年 4 月.

・井無田貴, 平林博子, ブラウンマーク, 村田暁紀, “航空路管制運用における高度分離セクタの導入と課題, ”第 63 回飛行機シンポジウム 2D05, 沖縄県市町村自治会館, 2025 年 10 月.

・水津晴隆, 平林博子, ブラウンマーク, 村田暁紀, 井無田貴, “空域再編実施後における通過セクターパターンに関する初期的分析, ”第 63 回飛行機シンポジウム 3F01, 沖縄県市町村自治会館, 2025 年 10 月.

◆その他発表論文：12 編

・平林博子, “研究の概要説明, ” 航空交通管制サービス高度化センター空域高度利用課との意見交換会, 2025 年 4 月.

・平林博子, ブラウンマーク, “管制官負担感アンケートについてと上下セクター運用の課題（上昇率）, ”東京管制部, 2025 年 5 月.

・ブラウンマーク, 平林博子, “Correlation between final Shared Trajectory (DBC) and flown trajectory, ” 航空交通管制サービス高度化センター空域高度利用課との意見交換会, 2025 年 5 月.

・ブラウンマーク, 村田暁紀, 平林博子, ビクラマシンハナヴィンダ, 虎谷大地, 井無田貴, “国際交通流に

関するフリールート空域概念と予測精度，”令和 7 年度（第 25 回）電子航法研究所研究発表会，2025 年 6 月．

・Brown Mark, “Climb Trajectory Estimation Issues and Airspace Management in Fukuoka FIR,” Joint ASI-ENRI-KARI-NUAA meeting on Asian ATFM, Jul. 2025.

・ブラウンマーク，平林博子，“上下セクター分割に伴う低高度セクターから高高度セクターに上昇する地点分布調査，” 航空交通管制サービス高度化センター空域高度利用課との意見交換会，2025 年 7 月．

・平林博子，“東京管制部繁忙度アンケート調査試行の分析結果，”東京管制部への報告書，2025 年 9 月．

・村田暁紀，“空域容量の精緻化に向けたクラスタリング解析，”第一回 CARATS2040 推進フォーラム，2025 年 11 月．

・ブラウンマーク，“軌道予測への機械学習の応用可能性について，”福岡航空交通管制部での出前講座，2025 年 12 月 3 日．

・村田暁紀，“AI と管制負荷推定，”航空交通管理センターでの出前講座，2025 年 12 月 4 日．

・水津晴隆，“空域再編実施後における境界高度の動的変更に関する初期的検討，”神戸管制部での出前講座，2025 年 12 月 11 日．

・平林博子，“円滑な交通流のための柔軟な空域運用に関する研究，”神戸管制部での出前講座，2025 年 12 月 11 日．

B. 次世代航空モビリティの運用環境構築に関する研究

研　究　の　背　景

近年、空飛ぶクルマ（AAM/UAM、 eVTOL 等とも呼ばれる）や無人航空機（sUAS、ドローン等とも呼ばれる)、無操縦者航空機（RPAS）といった次世代航空モビリティの登場により、低高度における交通管理の必要性が議論されている。しかしながら、特に空飛ぶクルマに関しては、まだ利用可能な機体が存在しないため、低高度空域の環境をどのように整備すべきか見通すことが困難である。諸外国においては、将来の次世代航空モビリティの運用構想をまとめた Concept of Operations（ConOps）を発行し、ステークホルダーと将来構想のすり合わせを進めている。低高度空域における状況は地域性が強く、次世代航空モビリティの ConOps は各国の状況を考慮する必要があるため、日本においては日本の状況を反映した ConOps の作成が必要である。日本における検討も進められているが、主に 2025 年の大阪万博を対象としているため、今後は 2030 年以降の運用環境や、それを支える要素技術の検討が求められている。

研　究　目　標

□次世代航空モビリティ運用環境に係る調査・検討を行い、必要な要素技術の抽出、及びアーキテクチャを体系的にまとめる。
□上記要素技術のうち、UAM コリドーの設計と低高度交通情報共有の研究開発を行う。
□単一滑走路空港への応用ケーススタディを行う。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

（1）要素技術・アーキテクチャの体系的まとめ
（2）低高度交通管理技術の評価
（3）低高度監視技術の評価
（4）低高度 DCB アルゴリズムの開発

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

（1）要素技術・アーキテクチャの体系的まとめ

現状の VFR 機の空港離着陸をベースに UAM が空港に離着陸するパターンを複数提案し，研究成果をもとにまとめ文書を発行した.

（2）低高度交通管理技術の評価

UAM の空港乗り入れとして従属運用と独立運用の概念を整理し，単一滑走路空港における独立運用導入による潜在的便益の評価方法を開発した.

（3）低高度監視技術の評価

低高度監視技術である TIS-B（Traffic Information Service – Broadcast）を，車両を用いた地上実験により評価し，地上における適用範囲を明らかにした.

（4）低高度 DCB アルゴリズムの開発

UAM の高密度運航実現に必要な DCB（Demand and Capacity Balancing，需要容量調整）アルゴリズムに関して，既存航空と UAM の違いを整理し，UAM のための DCB アルゴリズムとして，深層強化学習ベースの分散型 DCB アルゴリズムを開発した.

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文：0 編
□査読付き国際会議論文：3 編

・T. Koga, D. Toratani, and G. Sato, “Wide-area UAS Tracking System for UAS Operation Management,” IEEE ISADS, July 2025.

・G. Sato, D. Toratani, and T. Higuchi, “Preliminary Study for Distributed Air Traffic Flow Management for Urban Air Mobility using Multi-agent Reinforcement Learning,” SICE FES, Sept. 2025.
・D. Toratani and H. Hirabayashi, “Airport Take-off and Landing Operations for Advanced Air Mobility — Dependent and Independent Operations of AAM Flights Relative to IFR Flights—,” SESAR Innovation Days, Dec. 2025.

□和文査読付き論文：1 編
・佐藤，虎谷，樋口，“航空交通流制御の効率化に向けた深層強化学習による動的バッファ制御，” 計測自動制御学会論文集. (in press)

□各種表彰の受賞：0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他（各研究所特有）

◆国際活動：0 件

◆国際学会（査読なし）：0 編

◆標準化会議：1 編
・D. Toratani and T. Otsuyama, “Traffic Information Sharing System for Enhancing Situational Awareness of Advanced Air Mobility Around Airports,” SP5-AIRB WG/20, Nov. 2025.

◆国際会議：0 編

◆国内学会：3 編
・上原，佐藤，虎谷，樋口，“空飛ぶクルマの飛行モデルを用いた不確実環境下における交通管理の検証，” 第 63 回飛行機シンポジウム, 2025 年 10 月.
・佐藤，虎谷，樋口，“Deep Recurrent Q-Network を用いた部分観測下における空飛ぶクルマの Demand-Capacity Balancing，” 自律分散システム・シンポジウム, 2026 年, 2 月.
・長縄，虎谷，“ドローン運航管理における高度種類の影響評価のための ADS-B データ解析，” SANE 研究会, 2026 年, 3 月.

◆その他発表論文： 3 編
・虎谷，“空飛ぶクルマ（AAM）に関する研究開発，” 那覇空港事務所特別講義, 2025 年 10 月.
・D. Toratani and G. Sato, “Research on Detect and Avoid at ENRI,” ISO/TC 20/SC 16 パネル展示, Nov. 2025.
・虎谷，“AAM の空港乗り入れにおける独立運用導入の潜在的便益推定，” 電子航法研究所講演会展示ポスター, 2025 年 11 月.

C. 気象情報及び航空交通流を考慮した軌道調整技術に関する研究

研　究　の　背　景

CARATS 施策 MET-4-1「気象情報から「飛行困難空域」への変換」及び MET-4-2「気象情報から空域／空港容量への変換」に関連する TBO-2-1「協調的な運航前の軌道調整」の実現には、気象予測、航空機の運航状況、空域容量等を加味した効率的かつ最適な軌道調整技術に関する研究開発が求められている。

軌道調整においては、悪天回避の要素のみならず、空域の混雑や交通流制御状況等の航空交通流管理(ATFM)を考慮した運用が求められており、実運用に即した軌道生成技術の検討が必要である。

また、ATFM に関しては、過去研究の知見より、航跡データや管制官のシステム入力記録等から算出する空域容量を活用する余地があるため、気象予報を用いた場合の ATFM への影響評価及び定量化を実施し、実運用で活かすことが肝要である。

研　究　目　標

□悪天回避及び交通流制御状況等を考慮した軌道生成技術の開発

□悪天候の不確実性を反映した空域容量算出技術の開発

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

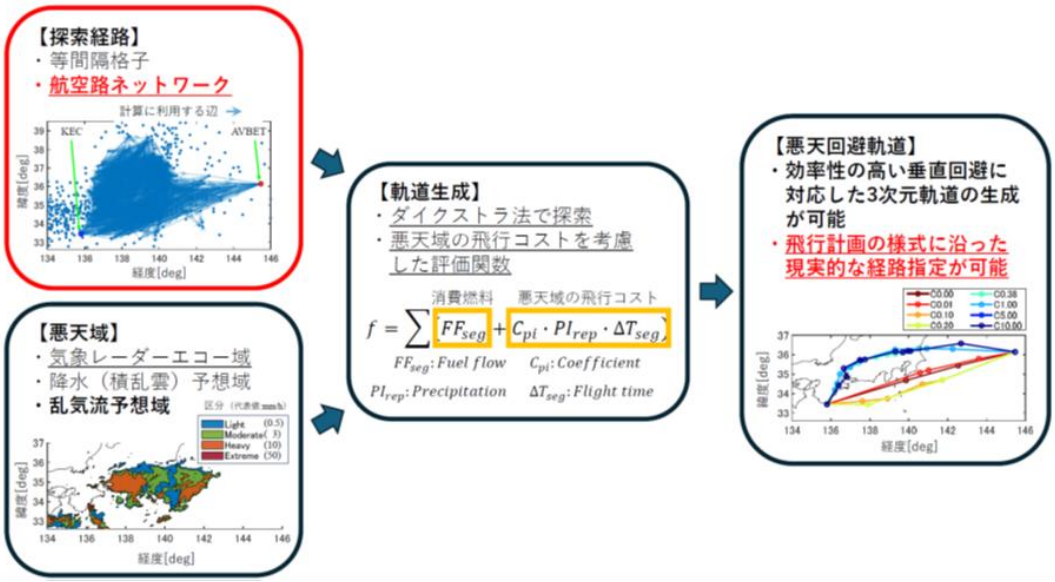
(1)高度変更を含む悪天回避モデルの提案(垂直方向の悪天回避も加味した軌道生成技術の開発)

(2)航跡データや管制官のシステム入力記録等を活用した実績ベースの空域容量算出技術の確立(気象状況に応じた管制作業量の解析)

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

(1)高度変更を含む悪天回避モデルの提案(垂直方向の悪天回避も加味した軌道生成技術の開発)

過去の航空機の航跡から作成した航空路ネットワークを用いることで、実際のフィックスの接続による複数の悪天回避経路の生成が可能であることを示した。これにより、運航前の計画軌道調整に適し、かつ垂直方向の悪天回避も加味した軌道生成技術を開発できた。図Ⅰ. 4. (2). ①. 4 に開発した軌道生成技術の全体像を示す。与えられた探索経路及び悪天域に対し、悪天域の飛行コストを考慮した評価関数の値が最小となる経路をダイクストラ法で探索することで悪天回避軌道が得られる。昨年度は悪天域として乱気流予想域を用いた場合の軌道生成技術の改良に取り組み、効率性の高い垂直回避に対応した 3 次元軌道の生成が可能となった。今年度は探索経路としてこれまで等間隔格子を用いていたところをより現実に近づけるため、過去の航空機の航跡及び公示されている航空路フィックスから航空路ネットワークを作成し、軌道生成技術の改良を試みた。航空路ネットワークは 1 日分の飛行計画経路のフィックスをノード(1,209 点)として抽出し、1 ヶ月分の実航跡からフィックス間を結ぶ有向エッジ(25,895 辺)を作成したものである。この結果、飛行計画の様式に沿った現実的な経路指定が可能となった。

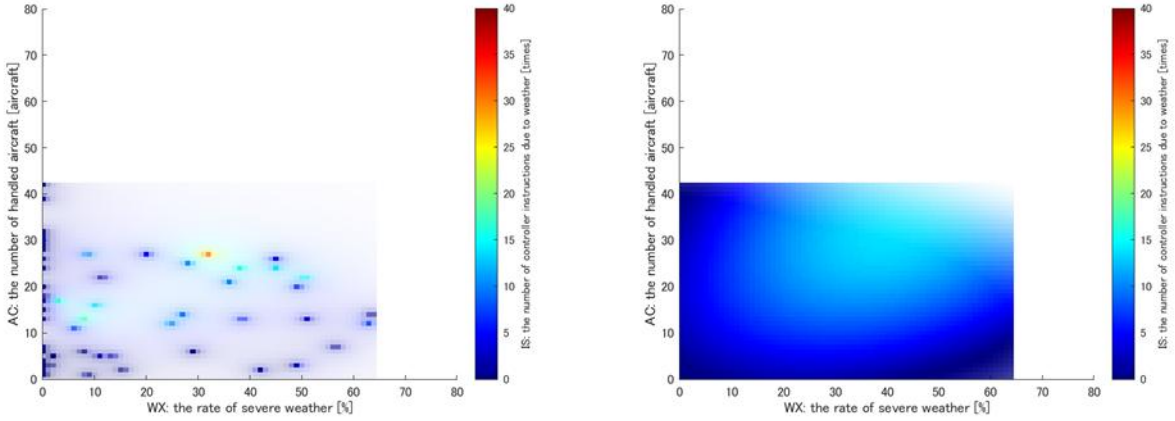


図Ⅰ. 4. (2). ①. 4　開発した軌道生成技術の全体像

羽田－ホノルル便を対象とした気候変動の影響のシミュレーションにより、当該地域では予想される気温上昇に比べて追い風条件の増加による影響の方が航空機の運航性能にとっては小さい可能性を示した。また、気温上昇が航空機の離陸性能に与える影響を精緻に定量的に評価した結果、空港によっては離陸重量の制限が将来的に不可避なことを示した。

（2）航跡データや管制官のシステム入力記録等を活用した実績ベースの空域容量算出技術の確立（気象状況に応じた管制作業量の解析）

悪天率及び取扱交通量に対し悪天事由の管制指示数を推定する GPR モデルについて、推定値の非線形性は課題であるが、信頼度を加味してセクター毎に応用する必要性を明らかにした。セクター単位で GPR モデルを作成するにあたり課題となるのは、データ数の減少による過学習（オーバーフィッティング）である。気象予測は不確実性を伴うため、取り扱うデータにはノイズや偶然のパターンが多分に含まれていると考えられる。これらを学習し過ぎてしまうと、未知のデータに対する予測能力（汎化性能）が低下する現象、すなわち過学習が生じる。そこで、①推定範囲を悪天率及び取扱交流量の存在範囲に限定し、②悪天率及び取扱交通量の組に対して 1 つの悪天事由の管制指示数となるように重複がある場合には平均値で代表し、③ハイパーパラメータの最適化にあたりデータを標準化した上でノイズ標準偏差を 0.1 以上で探索する、過学習対策を実施した。また、推定値の理想形から逆算してカーネルは滑らかさを表現可能な二乗指数カーネルに固定するとともに、カーネルの長さスケールが小さくなり過ぎない範囲で最適化した。さらに、推定値の標準偏差が相対的に大きいほどプロットの透明度を高くする可視化を適用した。図Ⅰ．4.（2）．①．5 にセクター単位の GPR モデルの作成例を示す。左図が過学習の対策をせずに 57 組のデータから作成した GPR モデル、右図が前述した対策を行ったものである。横軸の悪天率、縦軸の取扱交通量に対し、悪天事由の管制指示数の推定値をカラースケールでプロットした。過学習対策を行わない場合は学習データの存在する近傍のみ推定可能であるのに対し、過学習対策を行った場合は悪天率及び取扱交流量の存在範囲内の全域で推定できていることがわかる。他セクターの GPR モデルに関しても前述の対策を行ったことで過学習は見られなくなったが、図Ⅰ．4.（2）．①．5 の事例とは異なり、単調的でない非線形性なモデルも存在する。その解釈については課題として残るものの、総じて空域容量に係る GPR モデルの技術開発が出来た。



図Ⅰ．4.（2）．①．5　セクター単位の GPR モデルの作成例（左：過学習対策なし、右：過学習対策あり）

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文：0 編

□査読付き国際会議論文：1 編

・ビクラマシンハナヴィンダ，中村陽一，瀬之口敦，“A Simulation Study of Climate Change Impacts on Long-Range Trajectory Planning”，Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT) 2025，2025 年 10 月．

□和文査読付き論文:1 編

・横濱こころ(電気通信大学大学院), 中村陽一, 瀬之口敦, 千葉一永(電気通信大学大学院), “レーダーエコーに基づく航空機の悪天回避判断の定量化の試み”, 日本航空宇宙学会論文集(和文論文集), 2025 年 4 月.

□各種表彰の受賞:0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等:0 件

□その他(各研究所特有)

◆国際活動:0 件

◆国際学会(査読なし):0 編

◆標準化会議:0 編

◆国際会議:0 編

◆国内学会:2 編

・ビクラマシンハナヴィンダ, 中村陽一, 瀬之口敦, “気候変動が航空機の離陸性能に及ぼす影響に関する定量的評価”, 第 63 回飛行機シンポジウム, 2025 年 10 月.

・中村陽一, 瀬之口敦, “管制指示に基づく悪天候下の経路に関する分析”, 第 63 回飛行機シンポジウム, 2025 年 10 月.

◆その他発表論文:1 編

・瀬之口敦, “CARATS 施策 MET-4-1, MET-4-2 および TBO-2-1 関連の研究進捗について”, CARATS 第 64 回 ATM 検討 WG／第 63 回航空気象検討 WG 合同 WG, 2025 年 9 月.

重　点　分　野	(2)航空管制の高度化と環境負荷の低減

研 究 テ ー マ	②出発機や到着機の遅延低減を目的とした混雑空港における航空管制の高度化、管制支援方法に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
(2)①の記載内容と同様(略)	(2)①の記載内容と同様(略) このため、以下の研究開発を進める。 ②出発機や到着機の遅延低減を目的とした混雑空港における航空管制の高度化、管制支援方法に関する研究開発	(2)①の記載内容と同様(略) このため、以下の研究開発を進める。 ②出発機や到着機の遅延低減を目的とした混雑空港における航空管制の高度化、管制支援方法に関する研究開発 －時間管理の実現に必要となる高精度な軌道予測方法を開発するため、軌道予測に関する運用上の課題整理、空港周辺における到着機の飛行速度分析、運航効率に関する指標値分析を実施する。等

A. 運航フェーズに応じた管制システムにおける時間管理に関する研究

研　究　の　背　景

航空交通量の増加に伴い、空港周辺での到着機の滞留時間が増加し、運航効率の低下や環境負荷の増大を招いていることが問題となっている。このような滞留を緩和するために、混雑空港へ到着する便に対して航空交通流管理(出発時刻や CFDT(Calculated Fix Departure Time)の割当)が現在実施され、今後メタリングの導入が検討されている。将来的には、これらの機能をさらに発展させ、出発から到着まで全体で時間管理を行うことで、効率の良い交通流を形成することが目標とされている。これらの時間管理機能は、正確な飛行軌道予測がベースとなって初めて効果が得られる。しかし、現在の管制システムにおける軌道予測性能は将来的な機能を実現するレベルの精度を有しておらず、システム間で予測方法が異なるなど、全体の軌道を一体として管理するものになっていない。また、近年海外では高い精度の軌道予測が求められる到着滑走路での TBS(Time Based Separation)運用を導入した空港があり、我が国においても DAPs(Downlink Aircraft Parameters)で得られた飛行速度を活用した TBS の実現が検討されている。

高精度な軌道予測に関する研究は内外で行われているものの、実際の運用では航空機の運航フェーズ(離陸前、上昇、巡航、降下など)により予測に使用できる情報やその不確定性が変化する中で、各フェーズにおいて可能な範囲で精度良く予測を行うことを目的とした、実用にフォーカスした研究はあまり行われていない。

さらに、時間管理機能を導入する際、課題把握や導入効果の検証に、運航効率を測る指標が必要であるが、我が国の航空交通状況に適した指標値の算出方法が確立されていない。

研　究　目　標

□運航フェーズを考慮した航空機の軌道予測標準アルゴリズムの開発

□予測した軌道の精度に応じた時間管理パラメータや管制支援方法の提案

□我が国の交通状況に適した運航効率を測る指標の開発

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

(1)軌道予測に関する運用上の課題整理

(2)空港周辺における到着機の飛行速度分析

(3)運航効率に関する指標検討会議への参画

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

（1）軌道予測に関する運用上の課題整理

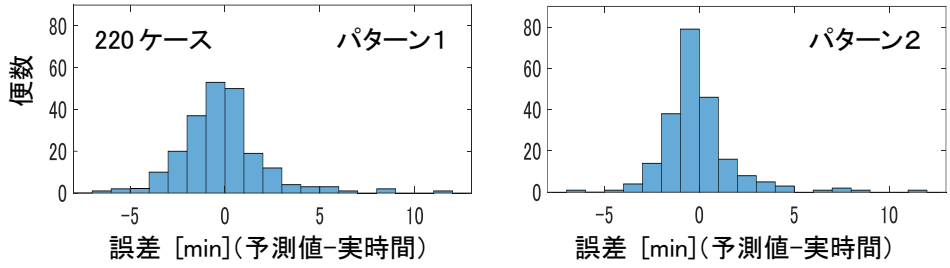
軌道予測誤差の要因は様々であり、複数の要因が重なって最終的な誤差が生じる。各要因が予測精度に及ぼす影響の度合いを評価し、誤差発生の構造を定量的に把握するため、最初の検討として経路の不確実性が予測誤差に及ぼす影響を調べた。

SPENS 経由で羽田空港に到着する航空機を対象に、以下について SPENS の通過予測時刻と実際の通過時刻を誤差分布で比較し、図Ⅰ．4．(2)．②．1 に表した。また、表Ⅰ．4．(2)．②．2 にこのときの予測誤差平均と標準偏差も示す。

パターン1 ： 出発前の段階で利用できる情報を利用した予測（経路は飛行計画経路）

パターン2 ： 経路のみ実績値を利用した予測（経路は実航跡）

パターン 1,2 共通 ： 巡航速度・高度は飛行計画値、気象は出発直前の予報値



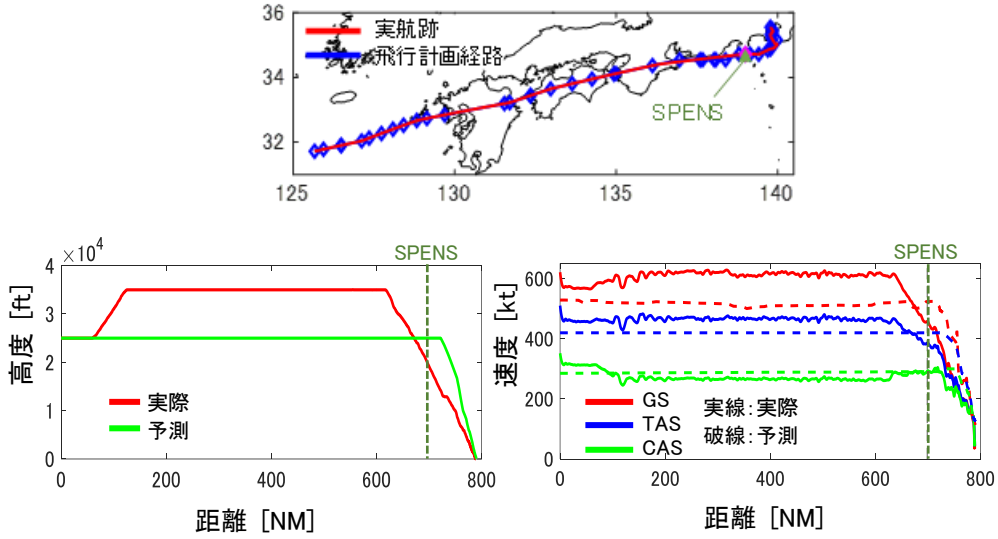
図Ⅰ．4．(2)．②．1 パターン 1,2 の予測誤差分布

表Ⅰ．4．(2)．②．2 パターン 1,2 の予測誤差平均および標準偏差

	平均 [min]	標準偏差 [min]
パターン 1	−0.14	2.29
パターン 2	−0.08	1.98

経路が既知の場合の予測誤差は平均約 5 秒、標準偏差約 2 分、経路の不確定性による予測誤差の増加量は平均+3 秒、標準偏差+18.6 秒となった。出発から SPENS までの部分では距離の延伸の影響は軽微であったと考えられる。

また、大きな誤差が出たケースについて、距離と高度や速度との関係を調べ、実際（実航跡）と予測（飛行計画経路）の違いを図Ⅰ．4．(2)．②．3 に示す。主な誤差要因として，計画段階からの巡航高度や巡航速度の変更が挙げられる。



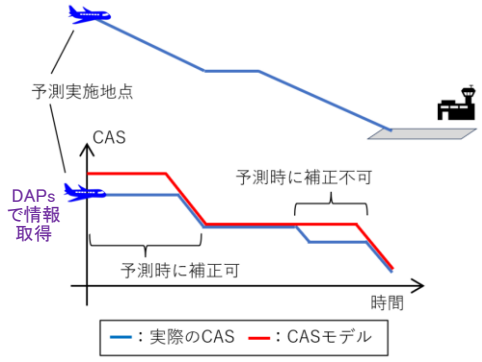
図Ⅰ．4．(2)．②．3 SPENS 通過時刻誤差が大きい（11.6 分）ケースでの高度、速度の推移

（2）空港周辺における到着機の飛行速度分析

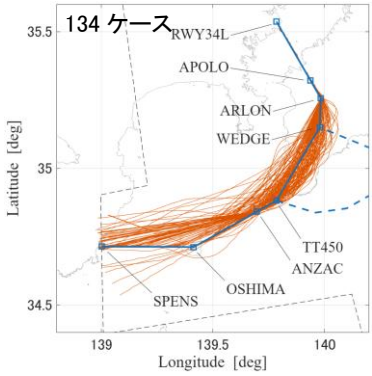
時間管理には高精度の軌道予測が不可欠である一方で、高度・速度が刻々と変化する降下フェーズにおいては、軌道予測が特に難しいとされている。このような到着までの軌道予測の概念図を図Ⅰ．4.（2）.②. 4 に示す。

ターミナル空域内の 3 つの FIX（図Ⅰ．4.（2）.②. 5 に示した SPENS、TT450、ARLON）を予測実施地点とし、各地点からの残飛行距離と到着時刻の予測精度の関係を調べた。各予測地点では ENRI SSR で取得した DAPs 情報を現在情報として予測に使用した。

表Ⅰ．4.（2）.②. 6 に 3 つの予測実施地点ごとの到着時刻誤差の平均と標準偏差を示す。ターミナル入域点における到着時刻誤差の標準偏差は約 1 分であり、残距離が小さくなるほど誤差は小さくなった。より遠方からの誤差は，さらに大きな値になると考えられる。



図Ⅰ．4.（2）.②. 4. 到着までの軌道予測



図Ⅰ．4.（2）.②. 5.軌道予測に用いた航跡（経路長±2.5%）

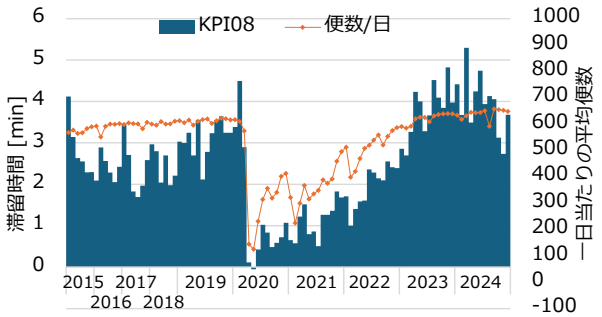
表Ⅰ．4.（2）.②. 6. 予測実施地点ごとの到着時刻誤差

予測実施地点	平均 [sec]	標準偏差 [sec]
SPENS	−11.6	56.5
TT450	−49.8	37.0
ARLON	−18.8	21.5

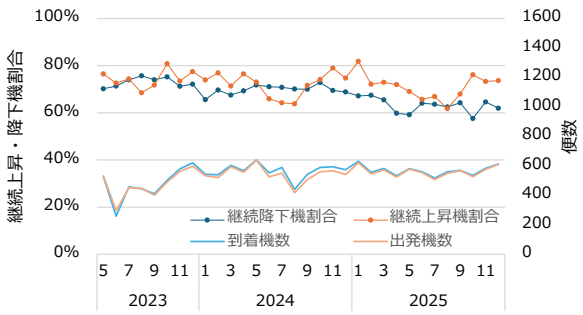
（3）運航効率に関する指標検討会議への参画

主要空港および主要路線を対象とした下記 KPI について、直近の値を算出し、航空局へ提供した。

- 到着空港周辺での滞留時間（KPI08）
- 継続上昇・降下機の割合（KPI17、19）
- 飛行計画経路/実飛行航跡の水平面の非効率性（KPI04、05）



図Ⅰ．4.（2）.②. 7. 羽田空港周辺の滞留時間の推移



図Ⅰ．4.（2）.②. 8. 対象路線の継続上昇・降下機の割合の推移

KPI 算出例として KPI08 の事例と 1 日あたりの便数との関係を図Ⅰ．4.（2）.②. 7 に、KPI17、19 の事例と到着機数と出発機数との関係を図Ⅰ．4.（2）.②. 8 に示す。なお、KPI08 算出についてまとめた論文を作成しており、今後投稿を予定している。これらの分析により、指標に影響を与える要因の推定や、より高精度な計測が可能となる指標の開発を目指している。

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文:0 編
□査読付き国際会議論文:0 編
□和文査読付き論文:0 編
□各種表彰の受賞:0 件
□特許・プログラム等の知的財産の出願等:0 件
□その他(各研究所特有)
◆国際活動:0 件
◆国際学会(査読なし):0 編
◆標準化会議:1 編
・吉原、“Status of ENRI’s research programs related to wake turbulence separation”、ICAO Wake Turbulence Specific Working Group (WTSWG) 18、2025.5
◆国際会議:0 編
◆国内学会:5 編
・山田、岡、住谷(泰)、“MLAT 航跡を用いた空港エプロンの交通量と滞在時間の基礎解析 ー羽田空港第 1 ターミナルの解析ー”、電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会(SANE)、2025 年 7 月
・虎谷、中村、岡、永野、“ターミナル空域における到着航空機の軌道予測と時間管理のシステムアーキテクチャ”、日本航空宇宙学会 飛行機シンポジウム、2025 年 10 月
・虎谷、本田、伊藤、小川、鬼頭、“航空交通におけるカーボンニュートラル達成に向けた分野横断連携研究の展望”、日本航空宇宙学会 宇宙科学技術連合講演会、2025 年 11 月
・虎谷、中村、岡、“航空交通管制に対するシステム思考的アプローチ”、日本システムデザイン学会 第 6 回研究大会、2025 年 9 月
・永野、虎谷、中村、瀬之口、岡、“時空間的に限定した先行航空機のダウンリンク動態情報を用いたガウス過程による風速予測”、電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会(SANE)、2026 年 2 月
◆その他発表論文:6 編
・中村、“軌道予測の概要”、三菱・ENRI 意見交換会、2025 年 4 月
・虎谷、中村、岡、“システムズアプローチによる時間管理のシステムアーキテクチャ検討”、電子航法研究所ホームページ掲載、2025 年 5 月
・虎谷、中村、岡、“「システムズアプローチによる時間管理のシステムアーキテクチャ検討」ダイジェスト版”、電子航法研究所ホームページ掲載、2025 年 8 月
・岡、中村、虎谷、“時間管理を実現する航空交通システムの将来アーキテクチャ構築”、航空無線、2025 年 7 月
・中村、“BADA による軌道生成と気象データの影響について”、三菱・ENRI 意見交換会、2025 年 8 月
・岡、中村、“CARATS オープンデータの紹介”、第 1 回 CARATS2040 推進フォーラム、2025 年 11 月

重　点　分　野	(3)空港における運用の高度化

研 究 テ ー マ	①センサー等のデジタル技術を活用して遠隔で航空管制する技術、空港周辺や空港面における航空機等の新たな監視技術と性能評価に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
空港では、航空管制、空港面管理等の業務が実施されており、新技術を活用して業務を効率化していくとともに、空港の機能を最大限発揮させるため、滑走路運用の効率を高める必要がある。このため、管制塔の業務を高度化する技術、航空機等の新たな監視技術、柔軟で環境負荷の低い離着陸経路の設定等に関する研究開発に取り組む。	空港では、航空機が安全かつ円滑に離着陸が行えるよう、航空管制、空港面管理業務が実施されており、空港の運用を最適化するため、安全を確保したうえで施設の高度化によって業務を効率化する技術の開発が必要である。 また、空港周辺の山岳や市街地への配慮による空港運用の制約に対応して、柔軟で環境負荷の低い離着陸経路を設定するとともに、多くの航空機が離着陸できるように滑走路運用の効率を高めることが求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ①センサー等のデジタル技術を活用して遠隔で航空管制する技術、空港周辺や空港面における航空機等の新たな監視技術と性能評価に関する研究開発	空港では、航空機が安全かつ円滑に離着陸が行えるよう、航空管制、空港面管理業務が実施されており、空港の運用を最適化するため、安全を確保したうえで施設の高度化によって業務を効率化する技術の開発が必要である。 また、空港周辺の山岳や市街地への配慮による空港運用の制約に対応して、柔軟で環境負荷の低い離着陸経路を設定するとともに、多くの航空機が離着陸できるように滑走路運用の効率を高めることが求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ①センサー等のデジタル技術を活用して遠隔で航空管制する技術、空港周辺や空港面における航空機等の新たな監視技術と性能評価に関する研究開発 －機械学習による画像認識技術の理解を深め、リモートデジタルタワー技術の高度化のための新しい業務支援機能を検討する。また、光学、非光学の各種センサー情報を活用していくための各種システムの精度を評価することで、新機能に必要な性能要件を導く。 －空港周辺や空港面における複数の航空機監視システムについて、昨年度に引き続き個々の性能評価を行うと共に各種監視システムの測位結果の統合技術の開発を進め、さらに監視システムの性能評価手法についてとりまとめる。 －ミリ波レーダーの適用範囲拡大に向けた方式検討、目標物種別・位置判定の悪天候・夜間対

		応、及び高精度化に向けて実データ分析を行う。加えて、マルチスタティックセンサー構成による性能向上法について方式検討を行う。等

A. リモートデジタルタワー向け先進的業務支援機能の研究

研　究　の　背　景

リモートデジタルタワー（以下、RDT）は世界的に研究開発が進み、現在は小規模な空港への整備が進みつつある。RDT は既存の管制塔の運用をただ置き換えるだけでなく、人間の目視に大きく依存していた監視からデジタル技術を用いた情報を映像に加えて活用できる仕組みや、タワー管制の運用を各空港からセンタに集約出来るなど、既存のタワー管制と比較して、導入によって得られる運用側のメリットは多い。

小規模空港で実現された RDT システムの効果は大きく、老朽化したタワーに代わり、RDT システムに置き換える計画が世界で進んできている。

これらの技術やシステムは大規模空港のタワー運用にも効果が期待されている。しかし、実用化されている RDT システムは、航空機の発着数が少ない小規模空港向けに導入されているもので、中規模以上の空港に対応したものは研究や評価のものだけであり、実運用されているものはまだ無い。

大規模空港へ RDT システムを導入するためには、大きな交通量への対応や、複数の管制官の間で分担して行われるオペレーションのへの対応などを必要とし、大規模空港のオペレーションを支えていくための支援機能の開発や、システム導入時の運用課題の評価など、研究開発が始まってきている。

大規模空港の運用課題に対応していくために、カメラ映像やセンサー情報等のデジタル技術を積極的に活用した支援機能の研究開発、大小様々な規模の空港においても活用ができることが期待されている。これらは、既存の肉眼での目視に頼る管制業務と比べ、業務に必要な情報を効率的かつ正確に提供することや、業務負荷軽減やパフォーマンス改善および安全性の向上、業務の効率化にも寄与できると考えられている。

研　究　目　標

□大規模空港の運用に対応した RDT システム構成、仕様の設計と評価、性能要件を導き出す。

□RDT システムのための先進的な業務支援機能の開発と評価

令和 7 年度の研究内容

（1）機械学習による画像認識精度向上と支援機能の設計

（2）複数センサーの情報を用いた支援機能の設計と小型監視センサーの精度評価

（3）国際標準化会議の活動（EUROCAE 等）

令和 7 年度の研究成果

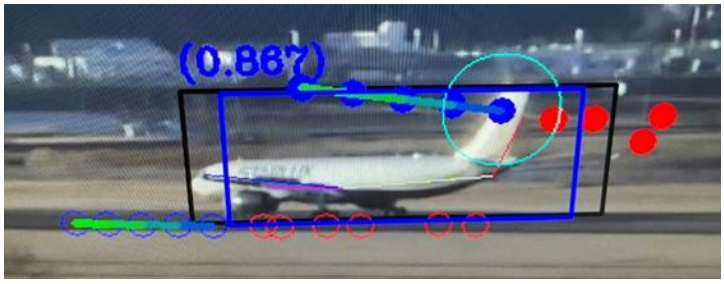
（1）機械学習による画像認識精度向上と支援機能の設計

・座標変換キャリブレーションの改良

画像認識から物体の地上面でのより正確な位置を得られるようにするため、キャリブレーションの改良を行った。最適化のプロセスを見直すことで、解の収束が安定して得られるようになり、2 次元画面上でこれまで推定値との誤差が大きかった地点についてより誤差を縮めることができた。

・画像認識用の精度向上のための学習用データの追加作成と夜間認識性能の向上

画像認識精度向上のため、これまでの約 2 万枚のデータに追加する学習データとして約 1 万枚を追加作成した。これらをもとに認識（detect）だけでなく姿勢（pose）判定用のアノテーションデータの追加作成にも取り組んだ（図Ⅰ. 4. (3). ①. 1）。夜間の画像認識（図Ⅰ. 4. (3). ①. 2）の初期評価では、今までよりも遠方の位置での認識精度の向上の効果が見られる。



図Ⅰ．4．(3)．①．1 姿勢判定の精度評価の様子

図Ⅰ．4．(3)．①．2 夜間の画像認識の様子

・画像情報を用いた支援機能のための機能開発

画像情報を用いてより正確に航空機の位置を得ることで、込み合ったエリアにおいても航空機や車両の距離を正確に把握するための手法の開発に取り組んだ。今年度は画像認識のセグメンテーション（図Ⅰ．4．(3)．①．3)と深度推定（図Ⅰ．4．(3)．①．4)を用いて、航空機の占有範囲の推定を行う基礎技術の開発に取り組んだ。

図Ⅰ．4．(3)．①．3 仙台空港画像のセグメンテーションの抽出アルゴリズム

図Ⅰ．4．(3)．①．4 画像を使った深度推定の例

・実運用を想定した管制 HMI のプロトタイピング

日本における飛行場管制の運用は 3 人（ローカル席、グラウンド席、調整席）体制で行われており、実運用に対応した HMI 設計に取り組んでいる（図Ⅰ．4．(3)．①．5 の左）。今年度は、タスクシナリオ（図Ⅰ．4．(3)．①．5 の中央）をもとに、管制官の操作インタフェースについて検討し、手元のインタフェースと RDT のパノラマ画面の両方の機能配分や操作機能のレイアウト設計に取り組んだ（図Ⅰ．4．(3)．①．5 の右）。管制官のルックダウンを低減し、パノラマ画面を通じた監視業務に集中できるような設計に取り組んでいる。

図Ⅰ．4．(3)．①．5（左）設計検討の様子、（中央）タスクシナリオによるインタフェース検討 、（右）パノラマ画面の例

（2）複数センサーの情報を用いた支援機能の設計と小型監視センサーの精度評価

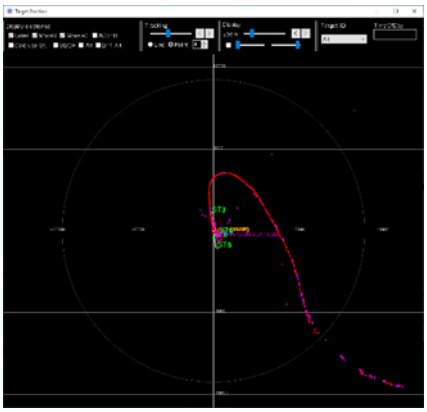
・MiniMLAT の運用評価

中小規模空港においても RDT の視覚的な支援を最大限に発揮していくために監視センサー情報の統合は重要であり、小型で高性能かつ安価な監視センサーの開発が期待されている。MiniMLAT は一般的なマルチラレテレーションシステムの最低限必要な 4 局の受信アンテナと 1 局の送信機から構成されるシステムで、松本空港に設置し、4 月から運用評価に取り組んだ。評価では、地上の位置精度を評価するための地上走行実験を実施したとともに、1 年を通して長期にデータを取得し、実験用航空機の GPS データや ADS-B 搭載機のデータと MiniMLAT のデータを比較検討することで、精度評価に取り組み、システムの現状の精度や課題の整理を行った。結果は一部はまだ課題はあるものの、4 局構成でも空港内の多くの地点通常の MLAT システムと同程度の精度が得られることが確認できた（図Ⅰ. 4. (3). ①. 6）。また空港周辺 10～15NM 程度航空機の位置を捉えることができることが確認できた（図Ⅰ. 4. (3). ①. 7）一方、一部エリアでデータ抜けが生じる場合があることと、抜けが生じた後の復帰に課題があることが分かった（図Ⅰ. 4. (3). ①. 8）。

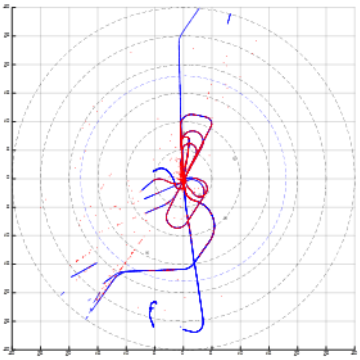
松本空港 2025	4局mini-MLAT相当	
地点	要求精度12mを満たす割合(%)	95%信頼性における位置精度(m)
P1(RWY)	98.24	3.10
P2(RWY)	99.11	6.47
P3(RWY)	98.06	5.79
P4(RWY)	90.69	22.77
P5(RWY)	94.05	12.61
P6(TWY)	99.50	2.21
P8(TWY)	99.84	2.48
P7(Apron)	99.81	3.06
P9(Apron)	99.66	7.19
MLAT要件	95%以上	12m以下

※エプロンは20m以下

図Ⅰ. 4. (3). ①. 6 地上地点の評価結果



図Ⅰ. 4. (3). ①. 7 空港周辺の航跡の例



図Ⅰ. 4. (3). ①. 8 航跡評価の結果と課題状況

・MiniMLAT の拡張型補強受信機の初期評価

最小構成の試験を進めたのと同時に、GPS 時計と LTE ネットワークを使用した同期の仕組みにより補強局の仕組み構築と効果について初期評価を行った（図Ⅰ. 4. (3). ①. 9）。補強局は光ファイバーで本体と接続された受信局とは別に離れた場所に設置し、時刻同期は GPS 時計、データ送信は LTE システムを利用して行う補強システムであり、今年度は評価システムの構築を行い、システムが機能することの確認と初期評価実験に取り組んだ。受信局 4 つの構成に対して、覆域拡大や精度の向上が期待されている。

図Ⅰ. 4. (3). ①. 9 拡張型補強局の評価実験の様子

（3）国際標準化会議の活動（EUROCAE 等）

RDT システムの標準化会議は ICAO、EUROCAE、EASA、CANSO 等でそれぞれ異なる分野の議論が行われている。EUROCAE では Remote Virtual Tower の WG-100 が主に RDT の運用システムについての技術要件が議論されている。当研究所はこの WG に第 2 回目から継続的に参加し、現在はコアチームメンバーやエディタとして参加している。現在は RDT システムが AI 技術を導入する際の MASPS（最低技術要件）の議論が継続して進められている。月 1～2 回のウェブ会議がコアチームメンバーで行われ、1 年に 1～2 回、本会議が行われている。当初は現在議論が続けられている MASPS ED-240C を 2026 年に発効する予定で議論がされてきたが、まだ実運用では AI の導入事例が現在においても少なく、ユースケースが十分でないことから、2028 年まで AI に関する情報の記載は延期されることとなった。現在は、ユースケースや検証を各参加者が増やし、情報提供できるように取り組んでいるおり、当研究所も知見を積極的にフィードバックするとともにドキュメント素案の作成に参加している。

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文：2 編

・小宮山弘樹，敦賀稜也，荒尾俊太朗，網嶋武，角張泰之，長縄潤一，“M 推定量を併用する K-means 法に基づく外れ値排除型 TOA 測位”電子情報通信学会論文誌

・S Arao, H. Komiyama, R.Tsuruga, T. Amishima, Y. Kakubari, and J. Naganawa, “Lexicographic Robust Receiver Placement Optimization for Airport Surface Multilateration Against Worst-Case Station Failure”, IEICE Communications Express（査読中）

□査読付き国際会議論文：2 編

・Inoue, Brown & Kanno, Effectiveness of Knowledge Models for Visual Object Detection, IHIET-FS2025, June 2025.

・Inoue, Brown & Yamada, Improving The Accuracy of Automatic Object Tracking by Using Posture Recognition, IHSI2026, Feb. 2026.

□和文査読付き論文：0 編

□各種表彰の受賞：0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他（各研究所特有）

◆国際活動：0 件

◆国際学会（査読なし）：0 編

◆標準化会議：2 編

・EUROCAE WG-100＃37 ED-240B bis（WG 議論用の原案）

・EUROCAE WG-100 Overview of ER-027 and ED-324（会議資料）

◆国際会議：0 編

◆国内学会：5 編

・山下、古賀、武市「空港地上面における画像ベースの航空機の位置・姿勢推定手法」日本航空宇宙学会、第 63 回飛行機シンポジウム, 2025 年 10 月.

・荒尾，小宮山，敦賀，網嶋，角張，長縄，“空港 3D 環境モデルを用いた遺伝的アルゴリズムと局所探索によるマルチラテレーション受信局配置最適化” 電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス研究会 2025 年 12 月.

・小宮山，敦賀，荒尾，網嶋，角張，長縄，“TOA 測位の各種解法に対する解の推定精度と測位可能性の理論的比較” 電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス研究会 2025 年 12 月.

・渡部，小宮山，網嶋，長縄，角張“MLAT の測位結果に対する時間補正型 $\alpha-\beta$ フィルターの導入”電子情報通信学会総合大会 2026 年 3 月.

・千住，網嶋，角張，長縄“NLOS 環境下の TOA 測位における測位誤差最小化のための閾値最適化手法”電子情報通信学会総合大会 2026 年 3 月.

◆その他発表論文：1編

・井上「デジタル技術を用いた飛行場管制システムの研究開発– リモートデジタルタワーの実用化にむけて」日本マリンエンジニアリング学会誌, 2025 年 10 月.

B. 空港用マルチ監視技術活用に関する研究

研　究　の　背　景

通信や航法といった技術同様に、近年では監視技術の導入についても性能要件に絡めた議論が行われている。しかし、航空路の一部を除いて未決定の監視性能要件は多く、測定方法も含めて課題が残されている。航空機監視に利用される監視システムは、主に一次監視レーダー系（PSR、ASDE）と二次監視レーダー系（SSR、MLAT/WAM、ADS-B）に大分され、利用環境に応じて異なる性能を持った監視システムを組み合わせるマルチ監視となる。このとき、運用要件を満足できる監視システムの導入が必要である。特に空港面及び空港近傍（「空港用」と称す）では、航空路と比べて高い位置精度が必要であり、また航空機以外の移動体も含めた位置情報を提供しなければならない。しかし、個々の監視システムであっても複数センサーを組み合わせたマルチ監視システムであっても、監視性能要件に合致したシステムであるかを判断するための適切な評価方法が存在しない。そのため、運用者の要求を満足できる適切な監視システムの導入を進めるための監視性能評価手法の開発が必要である。一方、既存監視システムだけでは検出されない移動体が存在する。そのため、評価手法を開発するにしても、未検出の移動体を検出する監視システムの開発・提案も重要となる。具体例としては「モード A/C トランスポンダのみを搭載した航空機に対する MLAT 監視」、「建物等による信号の遮蔽やマルチパスによる ADS-B の性能低下」、「車両等のトランスポンダに依存しない独立非協調監視システム（INCS）技術に基づいた監視システム」等について、監視システムの開発課題が残されている。

研　究　目　標

□空港用監視システム（既存・新規監視装置）の性能（位置精度、検出率等）に対して信号受信数や受信機配置等を関連付ける監視性能評価手法を開発する。

□未検出移動体を監視するための監視技術や監視データを統合処理する要素技術を開発・提案する。

令和７年度の研究内容

（1）評価手法の開発・提案（個別、マルチ監視）

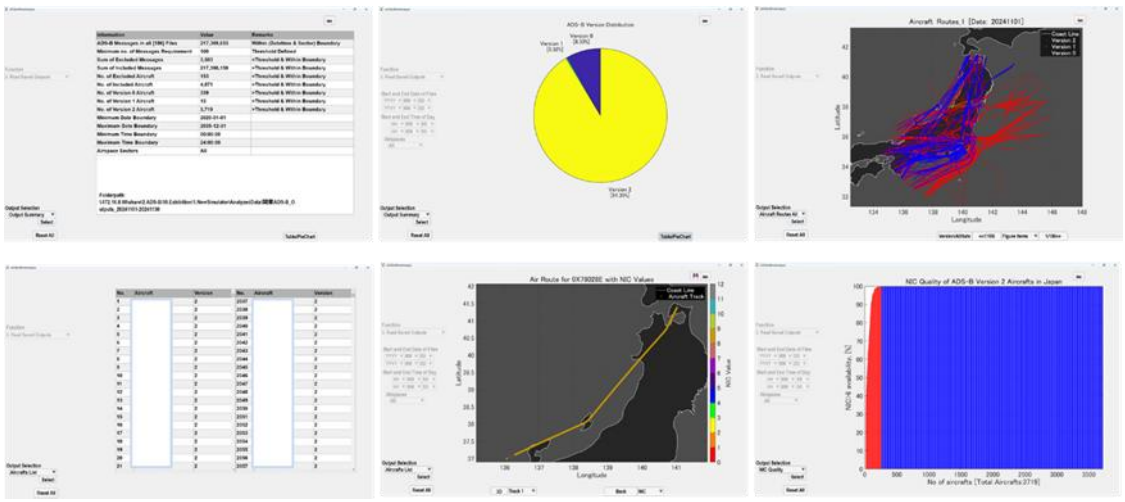
（2）監視装置の改修、データ収集、解析、評価

（3）動向調査

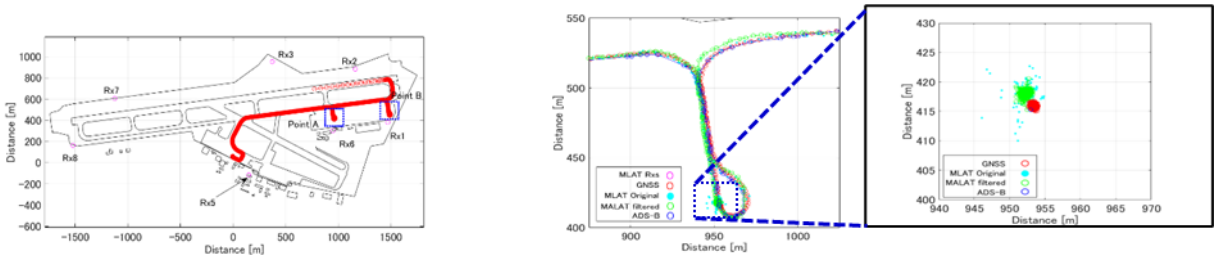
令和７年度の研究成果

（1）評価手法の開発・提案（個別、マルチ監視）

最終年度となる令和７年度は、これまでの個別の評価手法を導入したソフトウェアの改修ならびにマルチ監視時における位置精度検証が可能となる評価手法を開発した。個別評価手法については、MLAT データを用いた追尾処理を含む速度判定の追加と ADS-B 性能評価装置の機能追加改修を実施した（図Ⅰ. 4. (3). ①. 10）。また、仙台空港で実験用航空機を用いて個別の監視センサーの性能評価を実施し、MLAT と ADS-B の性能比較を実施した（図Ⅰ. 4. (3). ①. 11）。更新頻度は MLAT が有利だが、位置精度の安定度は ADS-B の方が優れていた。なお、空港面の位置精度検証結果はほとんど実施されておらず、ICAO 会議において今後の ADS-B 活用の観点から注目をされ、次回会議以降で詳細を公表予定である。

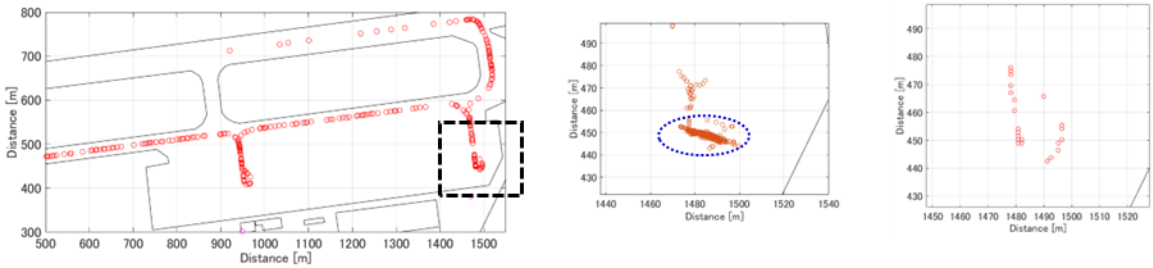


図Ⅰ．4．(3)．①．10 ADS-B 性能評価装置(ADS-B PM: ADS-B Performance Monitor、Mode S メッセージもしくは CAT21 のデータを解析し、ADS-B　のバージョン種別、航跡、性能の変化、統計解析を通して、ADS-B の性能を測ることができる)



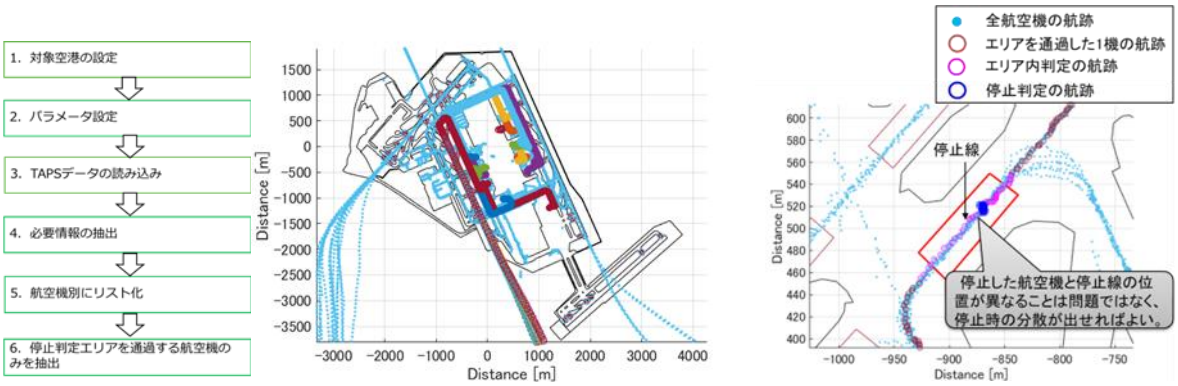
図Ⅰ．4．(3)．①．11　実験用航空機を用いた仙台空港での空港面の監視センサーの精度検証
(左：走行経路、右：Point A における位置精度の比較)

複数の監視センサーを導入する際の監視データの統合について検討を行った。既存の重みづけによる航跡統合とモニタ結果に基づく最適な監視センサーを選択し統合する手法について検証を行った。重みづけによる統合でも精度の向上は見られるが、場所によっては精度の低い結果に引っ張られて性能が低下するため、選択統合による方法が優位に働くことが示された(図Ⅰ．4．(3)．①．12)。なお、更新頻度については追尾処理により向上する。



図Ⅰ．4．(3)．①．12　航跡統合の結果(左：航跡統合後の全体航跡、中央：重みづけによる航跡統合、右：選択統合による航跡)

マルチ監視の性能評価として、取得された監視センサーの情報から位置精度を検定できる手法を開発した(図Ⅰ．4．(3)．①．13)。得られた航跡から速度判定を通して空港面で停止している航空機を探索し、空港内における各監視センサーの性能を測ることができる。なお、入力データは個別の監視センサーであっても統合後の航跡であっても、どのような位置情報でも解析が可能であるため、新しい監視センサーを導入する場合にも性能評価することができる。本手法を実装した MLAT 専用のソフトウェアについては航空局に技術移転することができた。



図Ⅰ．4．(3)．①．13 マルチ監視のための位置精度検証の解析例

(2)監視装置の改修、データ収集、解析、評価

MLAT や ADS-B の順リアルタイムでの性能評価を行うことができるように、MLAT 装置を改修し、開発した性能評価装置にデータを伝送するための機構改修を実施した。また協調監視システムの性能を測るために 1030/1090MHz の信号取得試験を行い、交通流と信号数の関係についてデータ解析を実施した。なお、ここで取得した空港用の監視データは性能評価に活用した。

(3)動向調査

ICAO 監視パネルに関わる会議に参加し、ADS-B の性能指標の修正についてドキュメントの改定提案を行い、これが承認された。また、監視性能要件マニュアルの作成に会議のコアメンバーとして研究員が参加し、ドキュメントの作成に貢献することができた。アジア太平洋地区における ICAO APAC の会議では、開発した ADS-B PM の機能および国内の ADS-B の解析結果を示し、開発したソフトウェアが注目を浴びた。

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文：0 編

□査読付き国際会議論文：3 編

・J. Honda, “Concept of Performance Monitor for ADS-B in Japan,” Proc. the 39th Int. Conf. on Advanced Info. Networking and Applications (AINA), Vol. 8, pp.108-118, Barcelona, April 2025.

・J. Honda, “Preliminary Numerical Analysis of Localizer Signal in Non-Line-of Sight,” Proc. Asia-Pacific Electromagnetic Compatibility, TU-32.5, pp. 82-84, Taipei, May 2025.

・J. Honda, T. Otsuyama, Y. Kakubari, and K. Matsunaga, “Positional Accuracy of Multilateration and ADS-B on Airport Surface Through Flight Experiment,” Proc. Int. Symp. Ant. and Propag. (ISAP), POS2.12, pp.361-362, Fukuoka, Oct. 2025.

□和文査読付き論文：0 編

□各種表彰の受賞：0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他（各研究所特有）

◆国際活動：0 件

◆国際学会（査読なし）：0 編

◆標準化会議：7 編

・J. Honda T. Otsuyama, K. Matsunaga, and Y. Kakubari, “ADS-B PERFORMANCE MONITOR UNDER DEVELOPMENT AT ENRI,” ICAO SURICS/10-IP/06, Bangkok, April 2025.

・J. Honda, and T. Otsuyama, “Doc 9871 Encoding Error for Mode S and Extended Squitter,” ICAO SP-ASWG-TSG WP21-39, Brussels, June 2025.

・T. Otsuyama, “Preliminary results of traffic density analysis in Japan,” ICAO SP-ASWG-PBSSG32, London, June 2025.
・T. Otsuyama, “Traffic Density analysis in Japan,” ICAO SP-ASWG-PBSSG33, Frankfurt, July, 2025.
・J. Honda, and T. Otsuyama, “Doc 9871 Encoding Error for Mode S and Extended Squitter,” ICAO SP-ASWG22-WP/05, Nairobi, Nov. 2025.
・J. Honda T. Otsuyama, K. Matsunaga, and Y. Kakubari, “Status Update on ADS-B Performance Monitor Under Development at ENRI,” ICAO SP6-ASWG/23-IP/04, Montreal, March 2026.
・J. Honda T. Otsuyama, K. Matsunaga, and Y. Kakubari, “STATUS UPDATE ON ADS-B PERFORMANCE MONITOR UNDER DEVELOPMENT AT ENRI,” ICAO SURICS/11-IP/02, Bangkok, March 2026.

◆国際会議:0 編

◆国内学会:3 編

・本田純一, 大津山卓哉, 角張泰之, 松永圭左, “協調監視システムによる空港面測位結果の選択プロット方式, ”2025 ソ大講演論文集, B-2-07, p. 111, Okayama, Sep. 2025.
・本田純一, 大津山卓哉, 角張泰之, 松永圭左, “空港用監視システムの性能評価, ”第 63 回飛行機シンポジウム, 1E18, Naha, Oct. 2025.
・大津山卓哉, 本田純一, “交通流に対応した航空機監視システム性能要件の検証, ”信学技報, vol. 125, no. 358, SANE2025-101, pp. 16-19, Kumejima, Feb. 2026.

◆その他発表論文:11 編

・本田, “ADS-B 性能評価モニタ, ”展示資料, 2025.
・本田, “監視システムの概要, ”展示資料, 2025.
・大津山, 本田, 松永, 角張, “ADS-B の概要, ”出前講座, 性能評価センター, Aug. 2025.
・松永, 本田, “ADS-B 性能評価ツール 取扱説明書, ”出前講座, 性能評価センター, Aug. 2025.
・本田, “国研) 海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所, ”電子情報通信学会ソサイエティ大会ライトニングプレゼンテーション, Sep. 2025.
・本田, “航空機監視システムの概要について, ” 出前講座, 福岡航空交通管制部, Oct. 2025.
・本田, “新しい航空機監視技術(ADS-B)の概要について, ” 出前講座, 福岡航空交通管制部, Oct. 2025.
・本田, “空港面監視技術の概要, ” 出前講座, 福岡空港事務所, Oct. 2025.
・本田, “新しい航空機監視技術(ADS-B)の概要について, ” 出前講座, 福岡空港事務所, Oct. 2025.
・本田, “空港監視技術について, ” 出前講座, 中部空港事務所, Feb. 2026.
・本田, “航空機監視技術について, ” 出前講座, 航空保安大学校岩沼研修センター, Mar. 2026.

C. ミリ波レーダーおよびカメラを用いた滑走路安全性向上技術に関する研究

研　究　の　背　景

2024 年 1 月に羽田空港で発生した航空機事故により、滑走路等における航空機監視や誤進入対策への要求が高まっている。滑走路等における安全性向上については、近年技術革新が進む新たなミリ波レーダーおよびカメラ等の独立センサーを活用することにより、従来よりも高精度な誤進入対策が実現できる可能性がある。また、当所でこれまで研究開発を実施している滑走路異物(FOD)監視システムは、ミリ波レーダーおよびカメラを利用し、FOD を自動的に探知し、空港運用者に情報を提供するシステムであり、空港運用に係る安全性向上のために導入が検討されている。現在、これらの研究成果により導入検討が進められているが、FOD 監視システムの適用滑走路範囲拡大のため、狭隘な場所への設置するための研究開発や運用可能な悪天条件拡大も求められている。

これら滑走路監視システムに対する課題に対し、ミリ波レーダー等に関する先行研究の成果を統合的に活用し、航空機監視および誤進入対策の検知、FOD 検知等の複数対象物について全天候下で高精度に検知・判別する技術に関する研究開発が期待されている。

研　究　目　標

□ミリ波レーダーセンサーを用いた、滑走路誤進入検知および航空機精密検知等、先行研究である FOD 検知技術の適用範囲の拡大を実現する。

□ミリ波レーダーセンサーおよびカメラ画像を用いた、航空機や車両、FOD などの複数目標物の種別・位置等の悪天候・夜間時における高精度判定を実現する。

□滑走路監視システムの設置可能条件・運用条件拡大に向けた技術提案を行う。

□上記 1～3 の成果を活用し、これまでの技術基準を超えた監視システム性能要件を提案する。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

(1)ミリ波レーダーの適用範囲拡大に向けた方式検討

(2)目標物種別・位置判定の悪天候・夜間対応/高精度化に向けたレーダー・カメラ実データ分析

(3)マルチスタティックセンサー構成による性能向上(設置条件緩和・悪天性能)方式検討

(4)滑走路監視システムの評価支援および国際会議・国際基準策定会議での発表・提案

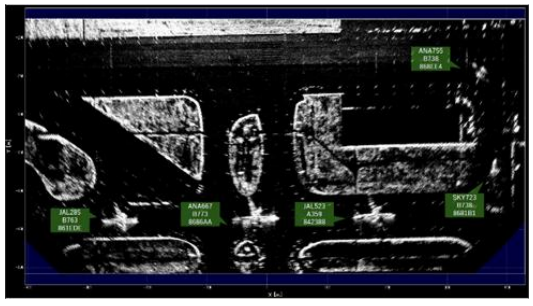
令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

(1)ミリ波レーダーの適用範囲拡大に向けた方式検討

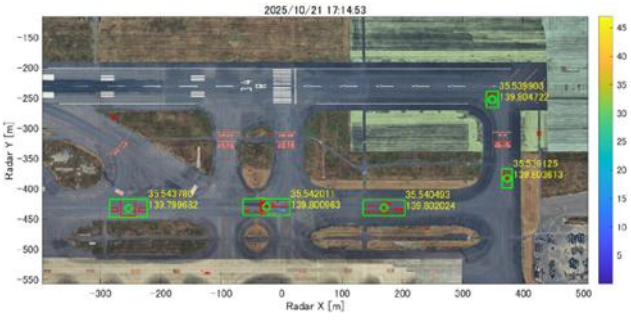
ミリ波レーダーセンサーについて高速走査と高感度走査を両立するための方式検討、システム改修を行うための仕様調整、信号処理回路で取り扱うデータ量の実現可能性評価、信号処理・制御方式の確定、原理確認用システムの構築を実施した。実験試験局免許取得を進め、予備免許を取得し、来年度には滑走路環境での評価試験を実施する。

(2)目標物種別・位置判定の悪天候・夜間対応/高精度化に向けたレーダー・カメラ実データ分析

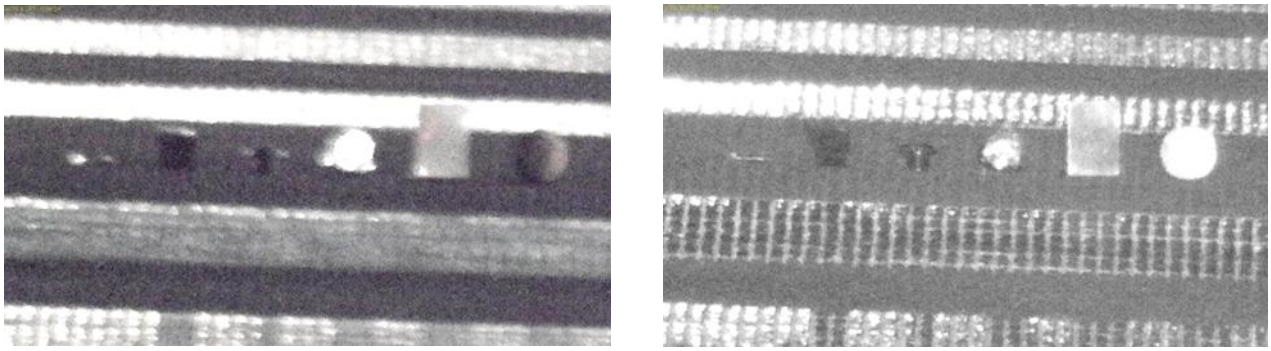
羽田空港に設置している評価システムのレーダーデータおよびカメラ画像の分析を実施した。航空機の高精度探知のために、羽田空港に設置しているミリ波レーダーを FOD 探知時(2 rpm)よりも高速走査設定(15 rpm)として評価用データ取得を実施し、信号処理方式の検討を実施した。(図Ⅰ. 4. (3). ①. 14 および図Ⅰ. 4. (3). ①. 15)



図Ⅰ. 4. (3). ①. 14 ミリ波レーダーデータから抽出した航空金位置



図Ⅰ. 4. (3). ①. 15 羽田空港のミリ波レーダービデオ画像アルゴリズム



図Ⅰ．4．(3)．①．16 羽田空港での赤外線照射による夜間映像不鮮明の改善確認
（左：可視光撮影、右：赤外線撮影）

また、滑走路環境において航空機の画像データを取得する測定を実施し、昼間/夜間において誘導路から滑走路に進入する航空機の基礎データを取得した。さらに、羽田空港において、既存評価システム鉄塔上部に、近赤外線撮影に対応した高精細カメラおよび近赤外線照射装置を仮設で設置した上で画像データを取得し、赤外線照射による夜間不鮮明の改善効果を確認した。（図Ⅰ．4．(3)．①．16）

(3)マルチスタティックセンサー構成による性能向上（設置条件緩和・悪天性能）方式検討

マルチスタティックセンサー構成の一例として、羽田空港に設置している評価システムのセンサーの隣接エリアに高所作業車を用いた追加レーダーセンサーを設置したマルチスタティック実験環境を仮設で構築した。（図Ⅰ．4．(3)．①．17）2 機のレーダーセンサーを用いたマルチスタティック構成の多重探知結果の初期データを取得した。また、マルチスタティックセンサー構成を前提として C 滑走路全域を覆域とするセンサー数を 6 センサーから 5 センサーに減少可能な設置可能なセンサー配置案を提案した。（図Ⅰ．4．(3)．①．18）

図Ⅰ．4．(3)．①．17 高所作業車を用いたレーダー実験

図Ⅰ．4．(3)．①．18 羽田空港 C 滑走路 5 センサー構成の配置案

(4)滑走路監視システムの評価支援および国際会議・国際基準策定会議での発表・提案

航空局主催の滑走路異物検知システム導入検討会への参加および学術会議への参加（査読有 6 件発表、ほか 2 件）を実施した。また、航空局主催の FOD 検知装置実証試験に参加し、カメラ画像の精度向上に向けた課題抽出、運用者端末を活用した滑走路点検フローの確認、運用面における課題抽出に協力した。また、ICAO 周波数管理パネルにおいては、米国が 90 GHz 帯を用いた EVS システムの研究開発を実施しているため、米国からの参加者とオフラインでパラメータ等に関する議論を実施した。

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文：0 編

□査読付き国際会議論文：6 編

・S. Futatsumori and N. Hiraga, “Preliminary Adverse Weather Effect Evaluations of 96 GHz Millimeter-Wave Radar for Airport Runway Foreign Object Debris Detection System”, Proceedings of the 2025 International Symposium on Antenna and Propagation (ISAP2025), Oct. 2025.

・S. Futatsumori, “Comparison of FDTD Analysis and Measurement Results for 3D-Printed W-Band Reflector Fresnel Lens Antenna”, Proceedings of the Proceedings of the 2025 International Applied Computational Electromagnetics Society Symposium (ACES2025), June 2025.

・S. Futatsumori, “Evaluations of Incident Angle Characteristics Airport Runway Clutter Using the 96 GHz Millimeter-Wave Radar for Foreign Object Debris Detection System”, Proceedings of the 2025 IEEE International Symposium on Antennas & Propagation and North American Radio Science Meeting (IEEE AP-S/URSI2025), July 2025.

・S. Futatsumori, “Preliminary Evaluation of High-Scan Rate 96 GHz Millimeter-Wave Airport Surface Movement Radar at Airport Environment”, Proceedings of the 2025 URSI Asia-Pacific Radio Science Conference (AP-RASC2025), Aug. 2025.

・S. Futatsumori, K. Morioka, A. Kohmura, N. Hiraga, M. Sato, and N. Yonemoto, “Fundamental Experiments for Performance Improvement of Airport Runway Foreign Object Debris Detection System by Multiplexing the 96 GHz Millimeter-Wave Radar Coverage Areas”, Proceedings of the 2025 IEEE International Conference on Antenna Measurements and Applications (IEEE CAMA2025), Nov. 2025.

・S. Futatsumori and N. Hiraga, “Fundamental Evaluation of 90 GHz Millimeter-Wave Radar System for Airport Surface Movement Radar Applications”, Proceedings of the 19th International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics (ICSANE2025), Nov. 2025.

□和文査読付き論文：0 編

□各種表彰の受賞：0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他（各研究所特有）

◆国際活動：4 件

・European Microwave Conference 2025 査読委員（国際会議運営に係る論文査読等）

・International Symposium on Antenna and Propagation 2025 査読委員（国際会議運営に係る論文査読等）

・European Conference on Antennas and Propagation 2025 査読委員（国際会議運営に係る論文査読等）

・Asia-Pacific Microwave Conference 2025 査読委員（国際会議運営に係る論文査読等）

◆国際学会（査読なし）：0 編

◆標準化会議：0 編

◆国際会議：0 編

◆国内学会：2 編

・二ッ森俊一，森岡和行，河村暁子，米本成人，″羽田空港での滑走路異物監視システムの評価進捗″ 令和 7 年度（第 25 回）電子航法研究所研究発表会，2025 年 6 月.

・二ッ森俊一，平賀 規昭，″96 GHz 帯ミリ波レーダーを用いた滑走路異物監視システムの国際技術基準に基づく評価，″ 信学技報，SANE2025，2026 年 2 月.

◆その他発表論文：1編

・二ッ森俊一，″羽田空港での滑走路異物監視システムの評価進捗″ ，航空無線，2025 年.

重　点　分　野	(3)空港における運用の高度化

研 究 テ ー マ	②衛星航法を活用した高度な進入着陸方式に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
(3)①の記載内容と同様(略)	(3)①の記載内容と同様(略) このため、以下の研究開発を進める。 ②衛星航法を活用した高度な進入着陸方式に関する研究開発	(3)①の記載内容と同様(略) このため、以下の研究開発を進める。 ②衛星航法を活用した高度な進入着陸方式に関する研究開発 －SRAP(同一滑走路への第2エイミングポイント)の同時設定における運用コンセプトを構築するとともに、安全性評価の方向性を決定するための技術支援を行う。また、滑走路離脱のパイロット支援に係る模擬実験を実施する。等

A. GBAS を活用した着陸運用の高度化に関する技術開発

研　究　の　背　景

進入着陸において ILS から GBAS を用いた着陸システム(GLS)を使うことによって、個別の航空機の特性や進入フェーズに対応して進入角を選択可能な自由度の高い進入や、滑走路離脱点に合わせた着地点を選択するマルチエイミングポイントを設定した着陸など、より環境に優しい効率的な進入着陸の実現が期待される。欧州では、SESAR 関連プログラム(SESAR 2020 PJ.02)で先行してこれらの実現可能性の検証実験が行われている。

研　究　目　標

□従来方式と併用可能な高角度進入(IGP)の技術開発と運用条件明確化
□滑走路離脱を含む同一滑走路の第 2 エイミングポイント(SRAP)設定技術開発と運用条件明確化
□IGP や SRAP に係わる進入経路の安全性評価に関して、飛行データに基づいた衝突危険度モデル(CRM)改良に向けた課題の明確化
□IGP や SRAP 運用に必要なパイロット負荷軽減と誤認防止を考慮した滑走路離脱誘導を含めた支援ツールの開発及び評価

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

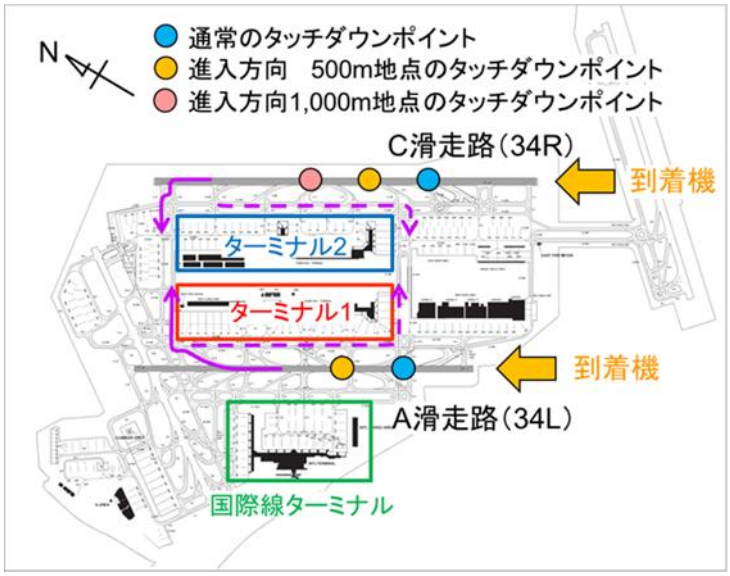
(1)SRAP(同時設定)の運用概念構築と安全性評価方針の決定
(2)滑走路離脱支援に関わる模擬実験による検証

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

(1)SRAP(同時設定)の運用概念構築と安全性評価方針の決定

SRAP(同時設定)について、実際の運航データをもとに東京国際空港における空港面交通流の計算機模擬実験を行い、滑走路占有時間や地上走行距離の短縮等の効果が見込まれることを確認した。なお、計算機模擬実験は図Ⅰ. 4. (3). ②. 1 のように、東京国際空港における北風運用時(南側からの進入時)に A 滑走路(34R)及び C 滑走路(34L)のそれぞれの到着機について、第 2・第 3 エイミングポイントに対応したタッチダウンポイントを複数同時に設定して滑走路と反対側のターミナルに向かう航空機について航空機重量によって振り分けることでその効果を評価した。安全性評価方針については、SESAR 関連プログラム(SESAR PJ.02)で先行して行われた検討を参考に後方乱気流管制間隔、PAPI や滑走路標識

等に関わる要件をまとめた。これらをもとに運用概念の構築と安全性評価方針を決定した。



図Ⅰ．4．(3)．②．1．東京国際空港における SRAP(同時設定)による効果の計算機模擬実験

(2)滑走路離脱支援に関わる模擬実験による検証

滑走路離脱のパイロット支援については開発した実験機材による実験用航空機「よつば」を用いた模擬実験を実施し、滑走路離脱支援に係る滑走路と誘導路マップと自機位置表示、離脱誘導路の距離、自機速度と離脱制限速度との関係から計算した離脱可能速度に減速するために必要な予測距離等の情報をリアルタイムに表示してパイロット評価を行った。また、パイロット評価の結果から上記の予測距離計算方法の改善や、指示離脱誘導路の通過時の自動切換え機能の追加、指定位置通過時の音声ファイル再生等のさらなる性能向上を図った。

成　　果　　の　　公　　表

□科学雑誌掲載論文:0 編
□査読付き国際会議論文:0 編
□和文査読付き論文:0 編
□各種表彰の受賞:0 件
□特許・プログラム等の知的財産の出願等:0 件
□その他(各研究所特有)
◆国際活動:0 件
◆国際学会(査読なし):0 編
◆標準化会議:1 編
・ 吉原 貴之, “Status of ENRI’s research and development activities related to wake turbulence,” ICAO WTSWG/19, IP02, October 2025.
◆国際会議:0 編
◆国内学会:1 編
・ 齊藤 真二, “滑走路延長上に設置した GBAS 基準局に対する着陸機の影響の低減手法,” 第 63 回飛行機シンポジウム, 2025 年 10 月
◆その他発表論文:1 編
・ 齊藤 真二, 吉原 貴之, “地上型衛星航法補強システムを用いた滑走路離脱支援の検討,” 航空無線, 第 124,pp.30-36 号, 2025 年 6 月.

B. 飛行方式等に係る安全と効率に関する研究

研　究　の　背　景

航空の安全と効率を追求するための業務のひとつに飛行方式設計がある。現在、飛行方式設計業務は航空交通管理センターで管理管制官が設計ツールを用いて実施されている。飛行方式設計業務は、PANS OPS（ICAO Doc8168）の基準に沿って対象空域に飛行方式を設計する。その際、対象空域の地形や運用方式に対して基準を満たすよう、設計者が既存の設計ツールを用いて設計するが、条件の多い設計作業には多くの時間を要する。特にこの業務の地点設定に関わる効率化に向け、先行研究「進入方式等の効率向上に向けた研究」では、最適化手法の一種である遺伝的アルゴリズムを用いた進入方式最適化プログラムを開発し、限定的な計算条件で既存の RNP AR 飛行方式と同等の結果が得られることを確認した。そこで、様々な条件に対応可能なアルゴリズムの開発や、ユーザビリティの向上など、汎用性の高い設計支援ツールの開発が期待されている。併せて、飛行方式等に応じた安全に係るデータ解析が求められている。

研　究　目　標

□汎用性の高い設計支援ツールの開発

□飛行方式等に応じた安全性検証

令和７年度の研究内容

（1）飛行方式等に係る安全性検証の実施

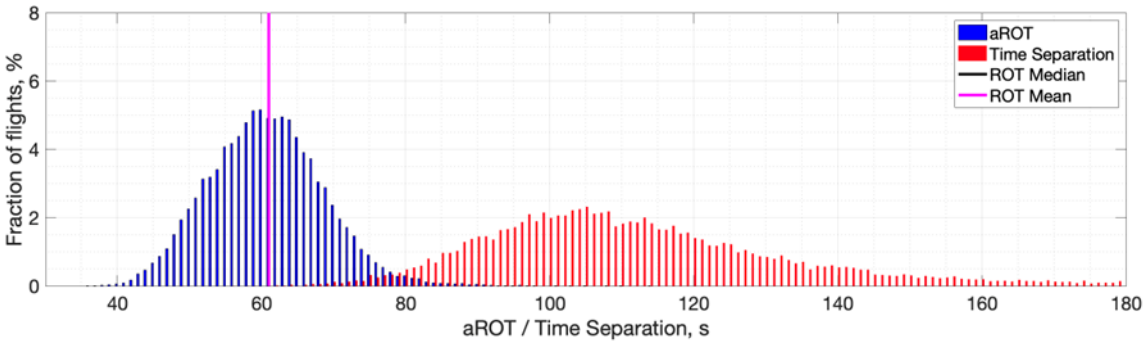
令和７年度の研究成果

（1）飛行方式等に係る安全性検証の実施

・到着機における最終進入に関する間隔基準の見直しにおける評価検証

国際民間航空機関（International Civil Aviation Organization: ICAO）の管制間隔・空域安全パネル（Separation and Airspace Safety Panel: SASP）において Eurocontrol が進める、最終進入時の 2.5NM 間隔基準の見直しに関する PfA（Proposal for Amendment）に先立ち、追加的な検証を目的とした調査を実施した。約2年間にわたる空港面監視データをもとに、東京国際空港を対象として、到着機の滑走路占有時間（滑走路端通過から滑走路離脱誘導路通過までの時間）および後続機との時間間隔（先行機が滑走路離脱誘導路通過時点から後続機が滑走路端を通過するまでの時間）に基づく理論的な進入確率の評価モデルを開発した。さらに、本モデルを用いて各滑走路における進入確率の最大値を算出し、実データに基づく定量的評価を実施した。これにより、到着機における最終進入に関する間隔基準の短縮について、見直し検討する際の安全性を定量的に評価分析ができ、このための安全性評価モデルも構築提示できた。

図Ⅰ．4．(3)．②．2 では、評価結果の一例として、東京国際空港 RWY34L における到着機の滑走路占有時間（arrival runway occupancy time: aROT）の分布（青色棒）および後続機との時間間隔の分布（赤色棒）を示している。横軸は時間（秒）であり、縦軸は全体の割合を示す。また、滑走路占有時間の中央値を黒線、平均値をピンク色線で表しており、本データでは中央値と平均値が同一の値となっている。先行機と後続機をペアとして比較すると、後続機との時間間隔が滑走路占有時間よりも大きいことを確認できる。なお、計算対象となる全ての到着機について図 1 に示す二つの分布を考慮することで、両分布が重なる領域を用いて滑走路における進入確率の理論的な最大値を算出し、今後実施される間隔基準の見直しの検討における根拠となる基礎的な値を提示することができた。



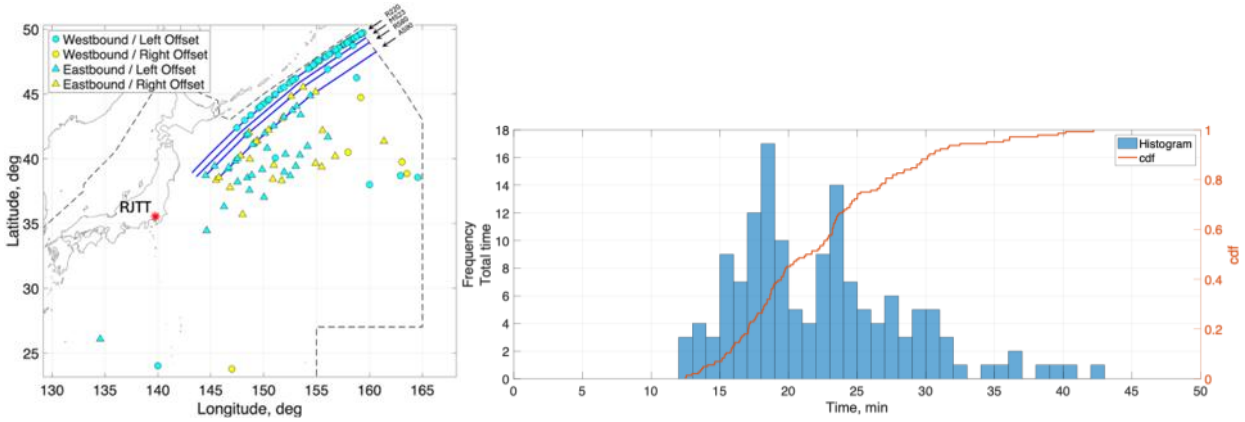
図Ⅰ．4．(3)．②．2 東京国際空港 RWY34L における先行機の滑走路占有時間と後続機との時間間隔の分布

・福岡 FIR における 12NM オフセット上昇・降下運用に関する評価解析

福岡 FIR におけるオフセット上昇・降下運用を対象として、実運用データを用いた定量分析を実施し、方式の実施時間をもとに運用特性を評価した。その結果、オフセット方式では ADS-C（Automatic Dependent Surveillance – Contract）を用いた洋上空域における通常の上昇・降下運用に適用される 15 分の制限のような運用条件が存在しないため、実施時間には一定のばらつきが生じていることが明らかになった。また、上昇・降下を実施するために設定されている横方向オフセット（12NM）についても、その実施に要する時間には一定のばらつきがあることが確認された。一定の時間のばらつきが生じた結果は、現在の 12NM オフセット設定の妥当性や将来的なオフセットの距離短縮の検討のために今後活用できる可能性がある。

図Ⅰ．4．(3)．②．3 の左図には、福岡 FIR において実施された 12NM オフセット方式の開始位置を地図上にプロットしている。主に、NOPAC（North Pacific）ルート（青実線で表示）および UPR（User Preferred Route）が適用可能な空域において実施されていることが確認できた。赤星は東京国際空港（ICAO 標記: RJTT）を示す。丸印は西向き・三角印は東向きのフライトを示しており、水色は飛行経路から左にオフセットしたフライト、黄色は右にオフセットしたフライトを表している。隣接 FIR に近い R220 航空路を西向きに飛行する航空機に対して、左オフセットを指示される傾向が見られる。これは、仮に右オフセットを実施する場合は隣接 FIR と追加調整が要するためであると推測できる。

また、図Ⅰ．4．(3)．②．3 の右図は、オフセット方式の実施に要した時間の統計結果を示している。青色の棒グラフは各時間における頻度を表し、オレンジ色の線はその累積分布である。15 分以内にオフセット方式を完了しているのは全体の約1割にとどまり、方式の完了までに最大で 43 分を要したフライトもあったことが確認された。



図Ⅰ．4．(3)．②．3（左）福岡 FIR におけるオフセット方式の実施領域
（右）オフセット方式の実施時間の統計結果

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文: 0 編

□査読付き国際会議論文:0 編

□和文査読付き論文: 0 編

□各種表彰の受賞:0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等: 0 件

□その他(各研究所特有)

◆国際活動:1 件

・ICAO SASP Operational Trials Manual Working Group のメンバーとして Operational Trials Manual の作成に貢献

◆国際学会(査読なし):0 編

◆標準化会議:7 編

・N.K. Wickramasinghe and R. Mori、Characteristics of Arrival Runway Occupancy Time at Tokyo International Airport、ICAO SASP-WG/41-IP/03、2025 May

・S. Barry, F. Rooseler, R. Mori and N.K. Wickramasinghe, 2.5NM for < 50s ROT – Summary, ICAO SASP-WG/41-IP/03、2025 May

・S. Barry, L. Bickmeier, B. Figuet, N.K. Wickramasinghe and R. Mori, Review Safety Risk Assessment from Remotely Piloted Aircraft Systems Panel/Interceptions Task Force, ICAO SASP-WG/41-IP/03、2025 May

・D. Fanego, D. Milosavljev, N.K. Wickramasinghe, Impact Assessment and Implementation Plan – ICAO Operational Trials Manual, ICAO SASP-WG/41-IP/03、2025 May

・N.K. Wickramasinghe and R. Mori, Complementary Data Analysis of ROT Characteristics at Tokyo International Airport, ICAO SASP-WG/42-IP/11、2025 November

・N.K. Wickramasinghe and R. Mori, A Quantitative Analysis on Offset Climb/Descent Procedures conducted in the Fukuoka FIR, ICAO SASP-WG/42-IP/12、2025 November

・N.K. Wickramasinghe, Quantitative Evaluation of Offset Climb/Descent Procedures conducted in the Fukuoka FIR, RASMAG MAWG/13, 2026 February.

◆国際会議:0 編

◆国内学会:0 編

◆その他発表論文:0 編

重　点　分　野	(4)航空交通を支える基盤技術の開発

研 究 テ ー マ	①航空通信ネットワーク・サービスに必要な情報共有管理技術・手法などに関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
航空交通を支えるシステムの高度化に資する基盤技術の開発や技術的課題の解決が必要である。このため、航空交通においてデジタル化を促進するための基盤技術及び航空機との無線通信を支える基盤技術等に関する研究開発に取り組む。	航空交通を支えるシステムは、通信・航法・監視や航空交通管理の機能から成り立っている。これらの機能の向上に不可欠な基盤技術を発展させるとともに技術的課題の解決を進めることで、将来における航空交通を支えるシステムの高度化を実現する必要がある。 このため、以下の研究開発を進める。 ①航空通信ネットワーク・サービスに必要な情報共有管理技術・手法などに関する研究開発	航空交通を支えるシステムは、通信・航法・監視や航空交通管理の機能から成り立っている。これらの機能の向上に不可欠な基盤技術を発展させるとともに技術的課題の解決を進めることで、将来における航空交通を支えるシステムの高度化を実現する必要がある。 このため、以下の研究開発を進める。 ①航空通信ネットワーク・サービスに必要な情報共有管理技術・手法などに関する研究開発 －広域SWIM(情報共有基盤)サービス構築技術やSWIMサービスアシュアランス技術などの提案技術に対して、協調的意思決定を支援する情報サービスの検証実験ならびに国際連携実験による総合評価を通じて、技術改良を図るとともに、成果の取りまとめを行う。 －航空管制データ通信について、昨年度に実施した性能要件の調査結果をもとに公衆通信網を含む航空用通信制御方式を開発し、エミュレータを用いた評価試験を行う。等

A. SWIM による協調的意思決定支援情報サービスの構築と評価に関する研究

研　究　の　背　景

欧米では、SWIM(System Wide Information Management)により運航に係る様々な情報をシステムや関係者の間で共有し、相互運用性と協調性の実現が進められている。また ICAO では、FF-ICE(Flight and Flow for Information Collaborative Environment)の導入を推進し、離陸前と離陸後の情報共有によりグローバルな協調的意思決定を図り、更に空地統合 SWIM を利用した軌道ベース運用を目指している。これらを実現するためには、標準情報交換モデルを用いたメッセージの交換による各種情報の共有だけではなく、運航の安全性に係わる情報の品質を保証する高度な SWIM 情報サービスも求められている。

研　究　目　標

□グローバルな協調運用に関する運用面及び技術面の課題を明らかにする上で、運用レベルが異なる飛行

情報区の間での協調的意思決定を支援できる広域サービス構築技術を提案する。

□運航の安全性に係わるセーフティクリティカルな情報の信頼性、完全性やセキュリティを保証できるアシュアランス技術を提案する。

□協調運用の有効性を評価できる手法の確立及び検証システムの開発を行い、実用化可能なサービスの検証実験や国際連携実験による総合評価を実施する。

令和７年度の研究内容

（1）実用化可能なサービスの評価と検証

（2）国際連携評価の実施と成果取りまとめ

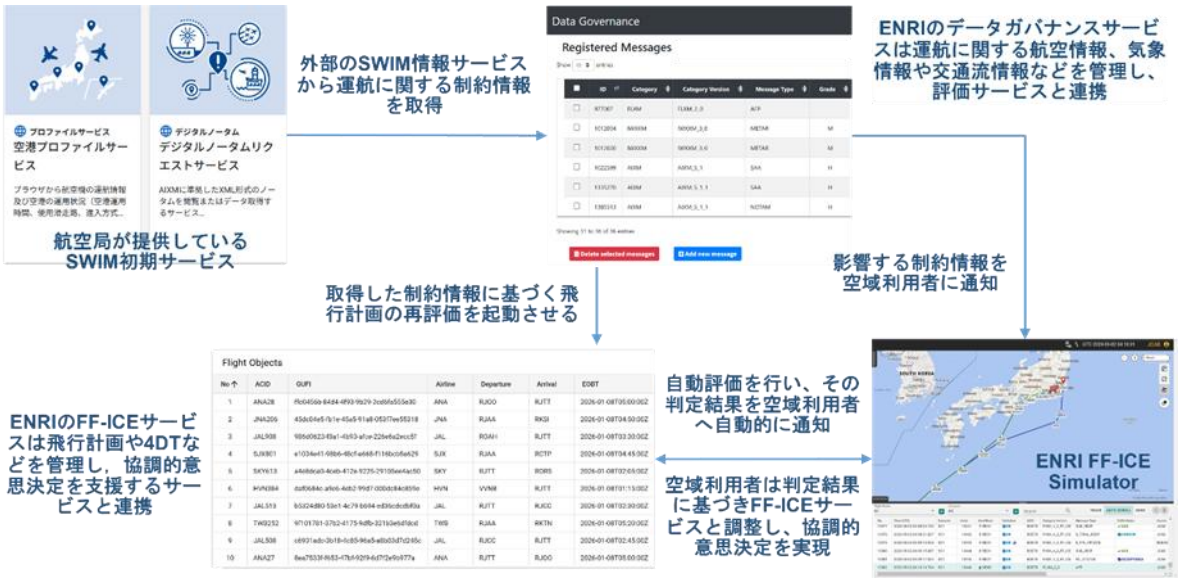
（3）国際標準化への取り組み

（4）SWIM に関する会議とセミナの参加、技術動向調査

令和７年度の研究成果

（1）実用化可能なサービスの評価と検証

これまでの研究成果により、2025 年から国内地上 SWIM の試験運用および初期サービスの提供を開始することができた。本年度に航空局が試験運用している SWIM 初期サービスであるデジタルノータムサービスから取得した空港・空域の制約情報と開発した FF-ICE 飛行計画調整サービスとの連携モデルを開発した。また、このモデルを用いて SWIM サービス間の連携実験を実施し、制約条件に基づいた飛行計画の自動調整と意思決定の有効性を検証し、その実用化の可能性を確認した（図Ⅰ．4．(4)．①．1）。



図Ⅰ．4．(4)．①．1　SWIM 初期サービスとの連携実験により実用化の可能性を確認した

（2）国際連携評価の実施と成果取りまとめ

2030 年までに APAC 地域における FF-ICE/R1 運用方式の導入に向けて、FF-ICE および TBO の実現に関する APAC 地域のロードマップ案を作成するため、APAC ANSP 委員会が「APAC TBO Pathfinder」というプロジェクトを提案し、12 か国・機関間のラボ実証実験および飛行実験を実施している。2025 年 7 月に APAC TBO Pathfinder FF-ICE/R1 Lab Demo という 10 か国間の連携実験を実施し、運航関係者間で空港面時間情報を共有することにより、高精度な時間管理に基づく空港における協調的意思決定（A-CDM）の有効性を示した。

また、開発した総合評価用実験システムおよび実験用航空機を用いて飛行実証実験を実施し、離陸前と離陸後のフェーズにおいて SWIM サービス間の連携により、運航関係者間での協調的意思決定に基づいた戦略的計画を実現可能であることを確認した（図Ⅰ．4．(4)．①．2）。

図Ⅰ．4.（4）．①．2 SWIM 情報サービスの連携により協調的意思決定や戦略的計画の実現を可能とした

これまでの国際連携実験や飛行実証実験を通じて、実用化に向けて提案技術の改良を行い、性能評価報告書を作成した。これらの研究成果により、運用業務効率と情報品質の向上だけでなく、安全性、利便性と運航効率の向上も実現可能であることを確認した（図Ⅰ．4.（4）．①．3）。

運用業務効率と情報品質の向上	安全性，利便性と運航効率の向上
• 飛行計画処理業務の効率化：離陸前に飛行計画の自動調整 • 相互運用性（システム相互接続とサービス連携）検証の成功率：100% • メッセージスキーマ検証の適合率：100% • 情報品質の確保 - 品質指標の達成率：100% - 異常の検出率：100% • 4DT予測精度の向上 - 水平方向の誤差＜1NM - 垂直方向の誤差＜100FT - 通過時間の誤差＜1M	• 不確実性の予測精度：＞90% • サービス連携による意思決定の成功率：＞95% • 戦術的運用の支援：音声通信が50%以上削減 • 制約条件の検知率：100% • 戦略的計画の実現 - 希望経路取得率：＞90% - 希望高度取得率：＞90% • 運航効率の向上 - 平均燃料消費量を5%削減 - CO2排出量を5%削減

図Ⅰ．4.（4）．①．3 国際連携実験と飛行実証実験の評価結果

（3）国際標準化への取り組み

これまでの国際連携実験を踏まえて提案した階層型地域 SWIM アーキテクチャに関する国際標準化が BRIDGE の標準活用加速化支援事業に採択され、国際連携による検証実験の実施および共通技術基準の策定を進めている。

（4）SWIM に関する会議とセミナの参加、技術動向調査

ICAO IMP（Information Management Panel）、ATMRPP（Air Traffic Management Requirements and Performance Panel）や TFP（Trust Framework Panel）などのアドバイザーとして SWIM に関連する各種 Working Group 会議に参加し、SWIM、FF-ICE や TBO の導入に関する運用要件・技術要件の検討、既存技術仕様の改修、関連技術基準の策定、新しいマニュアルの作成に貢献している。

また、APAC 地域 SWIM の導入に向けて、SWIM Task Force のタスクリードと地域 SWIM Implementation Pioneer Group（SIPG）のコアメンバーとして、地域各国との技術交流会や CRV OG との連携推進会など、多数の情報交流会に参加している。

さらに、提案した地域情報信頼基盤の構築方法を TFP 全体会議で説明し、欧米と連携して地域間の統一検証方法に関する技術基準やガバナンスの策定を進めている。

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文：1 編

・Y. Kosuge, T. Koga, J. Naganawa, X.D. Lu and H. Miyazaki, “Estimation Method Using Measurements with a Common Bias Error by the Weighted Least Squares Method,” Transactions of IEICE, Vol.J108-B, No.11, July 2025.

□査読付き国際会議論文：1 編

・X.D. Lu, K. Morioka and N. Kanada, “System Architecture and Approaches to Ensure Reliable Message Delivery for Flight Operations,” IEEE GCCE 2024, October 2024.

□和文査読付き論文：0 編

□各種表彰の受賞：0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等：0 件

□その他（各研究所特有）

◆国際活動：0 件

◆国際学会（査読なし）：0 編

◆標準化会議：9 編

・X.D. Lu, “Enhancing Reliable Message Delivery in Hierarchical Architecture for APAC SWIM Implementation,” ICAO 10th Meeting of SWIM TF, May 2025.

・X.D. Lu, “Requirements for Implementing Aviation Information Security Framework in APAC Region,”

・ICAO 10th Meeting of SWIM TF, May 2025.

・X.D. Lu, “Expected Capabilities of CRV for APAC SWIM Implementation,” ICAO 10th Meeting of SWIM TF, May 2025.

・X.D. Lu, “APAC SWIM Architecture and Message Exchange over CRV,” the Second Working Session of SWIM Implementation Pioneer Ad-hoc Group（SIPG WS/2）, May 2025.

・X.D. Lu and N. Kanada, “Considerations for Trust Framework Implementation in the APAC Region,” ICAO TFP WG/3, December 2025.

・X.D. Lu, “Message Exchange Patterns for APAC Common SWIM Information Services,” the Third APAC FF-ICE Ad-hoc Group Meeting and Workshop, December 2025.

・N. Kanada and X.D. Lu, “Requirements for Implementing Trust Framework Instances in the APAC Region,” the First Meeting of ANS Information Assurance Task Force (ANSIA TF), January 2026.

・X.D. Lu and N. Kanada, “Discussion of APAC Regional Trust Framework Implementation,” the First Meeting of ANS Information Assurance Task Force (ANSIA TF), January 2026.

・N. Kanada and X.D. Lu, “Trust Framework Panel (TFP) Status Report,” the First Meeting of ANS Information Assurance Task Force (ANSIA TF), January 2026.

◆国際会議：2 編

・X.D. Lu, “APAC TBO Pathfinder FF-ICE/R1 Lab Demo Scenario A-2: RJAA - VTBS,” APAC TBO Pathfinder FF-ICE/R1 Lab Demo, July 2025.

・X.D. Lu, “Technical Introduction of JCAB for FF-ICE/R1 Lab Demo,” APAC TBO Pathfinder FF-ICE/R1 Lab Demo, July 2025.

◆国内学会：3 編

・金田直樹,呂暁東, 森岡和行“低軌道衛星通信システムの航空安全通信への利用可能性に関する初期検討,”IEICE SANE2025-24, 2025 年 6 月.

・住谷美登里,呂暁東, “空港 CDM における CTOT 精度向上のための運航情報分析,” 日本航海学会第 153 回講演会, 2025 年 10 月.

・住谷美登里,呂暁東, “CTOT 精度に影響するスポット出発時刻調整の要因分析,” IEICE SANE2025-25, 2025 年 12 月.

◆その他発表論文:1 編

・呂暁東, “Connected Aircraft について,” CARATS DX 推進 WG 会議, 2026 年 1 月.

B. 航空管制用データ通信の大容量化に資する研究

研　究　の　背　景

航空システムから取得した様々な情報を関係者間で共有し、より安全で効率的な運用を行う SWIM（System Wide Information Management）は、令和 8 年度に地上間利用の意思決定が予定され、その後令和 14 年度に空地間での導入が予定されている。データ通信により信頼性の高い管制通信を行え、さらに空地の多様な情報共有によって安全性や定時性の向上が見込まれる。このような次世代の航空情報共有では、通信速度が速く大容量を扱え、IP(Internet Protocol)化に対応できる次世代航空通信システムが必要とされる。当初、AeroMACS(Aeronautical Mobile Airport Communications System)，LDACS(L-band Digital Aeronautical Communications System)，次世代衛星通信などの次世代航空通信システムの導入が見込まれていたが、パンデミックによるエアラインへの経済的な打撃などを経ていまだ導入が進んでいない。この中で、航空業界では、よりコスト的に有利な公衆通信網の航空データ通信への活用の期待も広がっている。

研　究　目　標

□SWIM 等の空地大容量データ通信を実現するにあたり、飛行フェーズ（空港面、陸域、洋上）ごとに最適な通信システムの仕様を明らかにし、公衆通信網を含む航空用通信制御方式を開発する
□公衆通信網を航空データ通信へ活用するための技術課題の評価を行う
□航空の通信関連技術の標準規格化活動に参画し、性能評価結果に基づき、国際標準化への貢献を図る

令和 7 年度の研究内容

（1）航空通信システムの規格策定活動参画
（2）公衆通信網を含む航空用通信制御方式の開発
（3）公衆通信網を含む航空データ通信のエミュレータを用いた評価試験

令和 7 年度の研究成果

（1）航空通信システムの規格策定活動参画

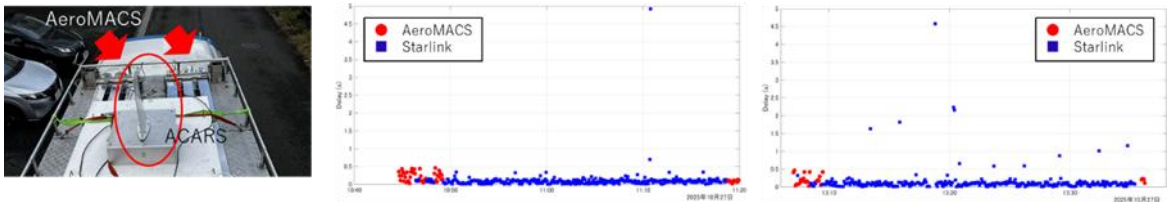
ICAO 通信パネル以下の、DCIWG に参加し次世代航空通信全体の流れに関する情報収集を行うとともに、PT-T および監視パネル SWG に参画し、現在規格標準化中の次世代航空通信規格である LDACS と近接周波数を用いる既存航法装置との干渉検討に関する複数の発表を行い議論に貢献した。

さらに、航空データ通信の一部を公衆通信に通して行うための規格化会議である AEEC HYCON（Hybrid Communication Networks: HC ATM から改称）にも、初回より参画している。

また、昨年度より航空データ通信分野で長いキャリアを持つ客員研究員を雇用し、HYCON を含む航空データ通信技術の動向について情報交換や討議を実施している。

（2）公衆通信網を含む航空用通信制御方式の開発

近年、空地データ通信のうち管制通信以外の運航用に公衆通信網を用いるための規格標準化が進められている。これまでに開発した、ACARS、AeroMACS、衛星通信を含む航空通信マルチリンクシステムの通信装置に LTE（上空利用 LTE）や低軌道衛星などの HYCON を意識した公衆通信を追加し、車両を移動局に見立てた地上試験と実験用航空機を用いた飛行実証試験を実施した。（低軌道衛星は、電波法の制限のため地上における固定設置局試験のみ実施）これにより、SWIM の公衆通信網による利用が実証できた。また、上空利用 LTE では、基地局が地上の限られたエリア（主に都市部）にあることから高度や覆域の制約があること、低軌道衛星では頻繁な衛星間ハンドオーバの影響が通信の遅延としてあらわれることを明らかにした。さらに、当該マルチリンクシステムにおける優先度選択方式を開発し、受信感度が一定以下になると自動的に別の通信装置に切り替えができること、AeroMACS に関しては切替からの復帰に課題があることなどもわかった。



図Ⅰ. 4. (4). ①. 4 (左)地上実験の様子(LTE) (中)LTE による移動通信試験の遅延
(右)低軌道衛星による通信試験の遅延

(3)公衆通信網を含む航空データ通信のエミュレータを用いた評価試験

航空データ通信に公衆通信を用いる試みのなかで、LTE や低軌道衛星のほかに Local5G に注目している。先行研究にて試作した Local5G 通信装置の、航空通信マルチリンクシステムへの導入を目指し、特性試験を行った。このなかで、基地局と端末局間のクロック同期に課題があることがわかり、ルビジウムクロックモジュールによる改善検討を実施したが、期待した効果は得られなかった。今年度後半には、Local5G ネットワークを研究している大学との共同研究契約を締結したことから、今後は共同研究において Local5G のデータ通信利用について検討を続ける予定としている。

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文:1編

・K. Morioka、 et.al.、" Flight Experiments for a Future Seamless Air-to-Ground Communications System for Air Traffic Management、" IEICE TRANSACTIONS on Communications、 Vol.E108-B、 No.4、 Apr. 2025.

□査読付き国際会議論文:0 編

□和文査読付き論文:0 編

□各種表彰の受賞:0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等: 0 件

□その他(各研究所特有)

◆国際活動:0 件

◆国際学会(査読なし):0 編

◆標準化会議:0 編

◆国際会議:0 編

◆国際会議:0 編

◆国内学会:2 編

・河村ほか、"低軌道衛星のマルチリンク航空無線システムへの導入検討のための地上実証、"IEICE 総合大会、B-2-12、2026 年 3 月.

・山崎ほか、"分散型ローカル 5G の電波伝搬評価−幾何学的評価法の提案−、"電気学会通信研究会、2026 年 1 月.

◆その他発表論文:2 編

・河村ほか、"次世代の航空通信 ～ACARS の IP 化および LDACS の研究～、" ATEC 航空サイバーセキュリティ WG 会議、2025 年 10 月.

・河村ほか、"～既存航空通信の延長線上の視点～"、総務省第 4 回上空利用作業班、2026 年 1 月

重　点　分　野	(4)航空交通を支える基盤技術の開発

研 究 テ ー マ	②周波数共用、宇宙天気現象が航空交通を支えるシステムに与える影響などの技術的課題に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
(4)①の記載内容と同様(略)	(4)①の記載内容と同様(略) このため、以下の研究開発を進める。 ②周波数共用、宇宙天気現象が航空交通を支えるシステムに与える影響などの技術的課題に関する研究開発	(4)①の記載内容と同様(略) このため、以下の研究開発を進める。 ②周波数共用、宇宙天気現象が航空交通を支えるシステムに与える影響などの技術的課題に関する研究開発 －電波高度計の安全を確保しながら、同一・隣接周波数である5Gモバイルシステム等と周波数を共用するため、機内持ち込み影響評価や電磁干渉数値解析評価法の有効性確認、結果の取りまとめを行う。 －航空用L帯における通信・航法・監視システム共用のためL帯を用いた新しい航空無線通信システムが、航法機器や監視機器に与える影響を評価する。 －宇宙天気情報を活用した衛星航法システムの性能向上技術を提案する。等

A. 電波高度計と同一／隣接周波数利用システムの周波数共有に関する研究

研　究　の　背　景

電波高度計(使用周波数:4.2 GHz～4.4 GHz)の隣接及び同一周波数では、近年様々な電波利用システムの運用がされつつある。隣接帯域は日本を含む世界各国で 5 G モバイルシステムへの周波数割り当てがなされており、日本においては 3.6 GHz～4.1 GHz/4.5 GHz～4.6 GHz において携帯電話事業者が 5G モバイルシステムを運用している。さらに、同一周波数帯域においては、新たに Wireless Avionics Intra-Communication (WAIC)システムの国際規格策定が進んでいる。これらの電波利用システムは、電波高度計設計時には存在しなかったシステムであり、電波高度計受信機の隣接雑音及び相互変調ひずみ等の発生により、厳しい条件で電波高度計の運用を強いられる可能性がある。これらの課題は、ICAO Frequency Spectrum Management Panel(FSMP)Job Card 006/007 で議論され、ICAO FSMP 及び RTCA/EUROCAE で国際規格を策定中である。

研　究　目　標

□電波高度計の干渉発生電力・周波数条件の取得・分析を行い、干渉発生条件を明らかにする。
□大規模電磁界数値解析技術を用い、電波高度計の干渉発生推定技術を実現する。
□国際標準化策定への寄与、航空当局/電波管理当局及び運航者/通信事業者へ情報提供を行う。

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

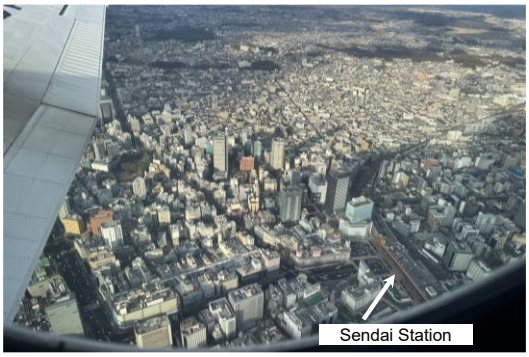
(1)電波高度計の干渉発生条件定量化および周波数共用条件評価、同一/隣接帯域周波数利用システム機内持ち込み影響の評価

（2）大型航空機における電波高度計の電磁干渉数値解析評価法を有効性確認
（3）電波高度計および航空機電磁干渉に関する国際標準化活動の実施
（4）電磁干渉報告書調査および分析
（5）研究成果取りまとめ

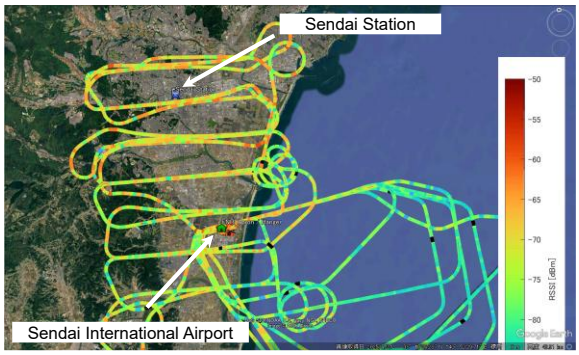
令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

（1）電波高度計の干渉発生条件定量化および周波数共用条件評価、同一/隣接帯域周波数利用システム機内持ち込み影響の評価

提案している 3 次元空間における干渉解析法についてさらに検討を進め、新たに大地反射による影響および AAS アンテナを組み合わせた場合を解析可能とする機能追加を実施した。また、新たにアビオニクスメーカーの Sub-6 帯 5G 電磁干渉対策のフィルター（米国 FAA 認証品）を購入し、航空機内持ち込み時の影響評価を含め、日本の周波数条件でどの程度の影響緩和効果を有するかどうかについて評価を行う予定である。さらに、これまでに得られた電波高度計電磁干渉特性結果を整理分析し、電波高度計の上側周波数帯を含む日本の周波数条件における空港滑走路周辺の所要離隔距離等の共用条件を明らかにした。さらに、昨年度に引き続き、1 月に実験用航空機を用いて、1 年間の差分評価をするための仙台空港周辺および仙台市内上空における Sub-6 帯モバイルシステムの電界強度測定を実施した。



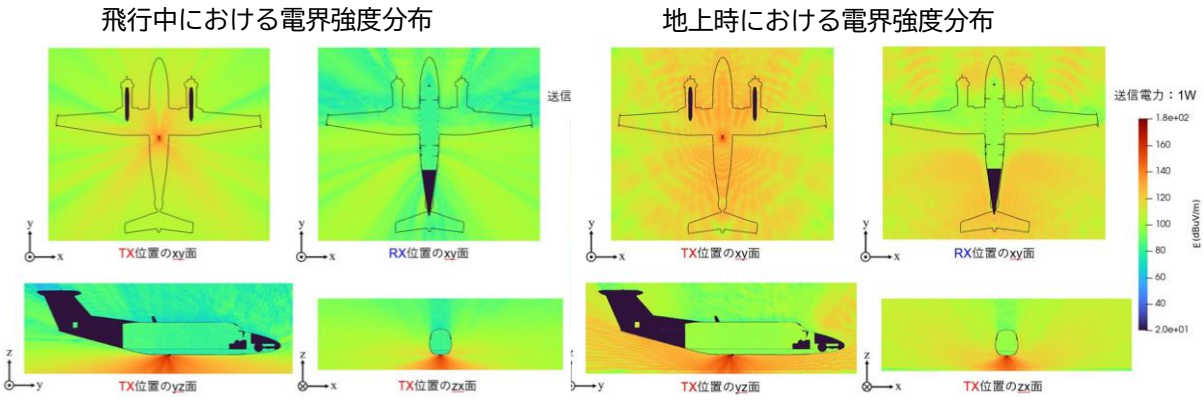
図Ⅰ．4．（4）．②．1 仙台市中心部上空での信号電力測定状況



図Ⅰ．4．（4）．②．2 上空 5G モバイルシステム基地局信号電力

（2）大型航空機における電波高度計の電磁干渉数値解析評価法を有効性確認

北海道大学との共同研究において、スーパコンピュータを用いた電波高度計周波数帯における干渉経路損失数値解析について、解析結果と測定結果の比較から抽出した精度改善結果に基づいた数値解析を実施した。具体的には、飛行中および地上駐機中のビーチクラフト B300 型機の電波高度計の IPL 解析結果の精度改善を実施し、その提案法の有効性を確認した。（図Ⅰ．4．（4）．②．3）また、同時に A320-200 型機を例に、より大型の航空機への適用可能性を明らかにした。



図Ⅰ．4．（4）．②．3 ビーチクラフト B300 型機の数値モデルを用いた電波高度計 IPL の地面影響評価例

（3）電波高度計および航空機電磁干渉に関する国際標準化活動の実施

ICAO FSMP、EUROCAE WG-119/RTCA SC-239 等の電波高度計および航空機電磁干渉に関する国際標準策定に参加した。WAIC の国際技術基準策定に関する、EUROCAE WG-96/RTCA SC-236 は ED-319 が 9 月に発行され、一区切りとなった。EUROCAE WG-119/RTCA SC-239 においては電波高度計の MOPS 改訂に向け、2025 年 9 月に RAC が完了し、2027 年 3 月末の発行に向けた議論が進んでいる。

ICAO FSMP WG/21 では、世界的には Sub-6 帯 5G モバイルシステムが未導入の 4.4 GHz 以上の航空機電波高度計の電磁干渉特性について、1 件の寄与文書を発表した。また、ICAO FSMP WG/22 では、1 月に実施した最新の仙台空港周辺および仙台市上空における Sub-6 帯モバイルシステム基地局の電界強度測定の 1 年間の差分の結果を発表した。

(4)電磁干渉報告書調査および分析

報告は無かったが、今後、電磁干渉報告があった場合は調査および分析を実施する。

(5)研究成果取りまとめ

本年度までの研究成果のとりまとめを行い、国内外の学術会議、学術論文、標準化会議、技術誌等で公表した。成果公表は適切な発表時期を見極めた上で、研究期間終了後の発表も予定している。

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文:0 編

□査読付き国際会議論文:1 編

・S. Futatsumori and N. Hiraga, ″ Investigations on Separation Distance Requirements Between Sub-6 Band User Equipment in the Air and Aircraft Radio Altimeters,″ EMC Joint Workshop 2025 Ho Chi Minh, Nov. 2025.

□和文査読付き論文:0 編

□各種表彰の受賞:0 件

□特許・プログラム等の知的財産の出願等:0 件

□その他(各研究所特有)

◆国際活動:3 件

・RTCA SC-239/EUROCAE WG-119 Special Committee 委員(次期電波高度計の MOPS 策定等)

・RTCA SC-236/EUROCAE WG-96 Special Committee 委員(WAIC 機器の MOPS 策定等)

・ICAO Frequency Spectrum Management Panel WG Advisor(航空無線周波数に関する標準化等)

◆国際学会(査読なし):0 編

◆標準化会議:2 編

・S. Futatsumori, ″Research activities for investigating on-board electromagnetic compatibility issues in current radio environments,″ ICAO APAC Radio Navigation Symposium, Apr. 2025.

・S. Futatsumori, ″ Radio altimeter out-band interference susceptibility test results for Sub-6 band 5G mobile communication systems operated above 4.4 GHz frequency conditions,″ ICAO Frequency Spectrum Management Panel, WG/21, Aug. 2025.

◆国際会議:0 編

◆国内学会:2 編

・二ッ森 俊一, ″ Sub-6 帯ローカル 5G モバイルシステム端末の上空利用時における航空機電波高度計との所要離隔距離の基礎検討, ″ 2025 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2025 年 9 月.

・二ッ森俊一, 平賀 規昭, ″空港周辺および上空における Sub-6 帯 5G モバイルシステム基地局の信号強度特性の基本測定,″ 信学技報, SANE2025, 2026 年 2 月.

◆その他発表論文:3 編

・“電波高度計と Sub-6 帯 5G モバイルシステムの電磁干渉課題の国際技術動向および日本の周波数条件における実機評価に基づく現状分析 “, 月刊 EMC, 2025 年

・ニッ森俊一, “5G モバイルシステムと電波高度計の電磁干渉問題と国際動向”, 全日本航空事業連合会 ヘリ・航空機運航委員会, 2025 年 11 月
・“電波高度計と Sub-6 帯 5G モバイルシステムの電磁干渉課題の最新動向”, 航空無線, 第 126 号, 2025 年 12 月

B. L 帯の CNS 周波数共用に関する研究

研　究　の　背　景

今後想定される航空需要の増加や新たな空域利用により、航空用無線周波数の逼迫が懸念されており、効率的な周波数利用が重要な課題となっている。現在、逼迫する VHF 帯の通信をオフロードするため、L 帯を用いた次世代の空地航空無線システムである LDACS (L-band Digital Aeronautical Communications System)の標準化が進められている。しかし、航空用 L 帯は SSR や DME 等、すでに重要な監視・航法システムで使用されており、これらのシステムとの干渉の防止による安全の確保が課題となっている。LDACS の標準化においても、監視パネル、航法システムパネル双方から干渉に関する懸念が提起され、パネルをまたいだ検討会議(LDACS-IPTF: Inter Pannel Task Force)が立ち上げられ、航空用 L 帯の干渉問題に関する議論や共用条件を明確化するための共用試験計画に関する議論が行われているところである。

研　究　目　標

□LDACS と SSR 及び DME の共用条件を明らかにする
□共用試験結果を標準化会議へインプットすることで国際標準化への貢献を図る
□L 帯 CNS をより効率的に共用するための干渉低減及び干渉回避技術の実現可能性と課題を明らかにする

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

(1)共用試験の実施
(2)国際標準化への参画
(3)L 帯 CNS 共用技術の検討・設計

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

(1)共用試験の実施

商用の SSR トランスポンダ及び、DME インタロゲータを用いた共用試験を実施した。

(2)国際標準化への参画

ICAO の標準化会議(CP/DCIWG/PT-T、SP/ASWG/SSFT)にて SSR トランスポンダ及び DME インタロゲータを用いた共用評価結果について報告した。

(3)L 帯 CNS 共用技術の検討・設計

パワーアンプの ON/OFF を高精度に制御できるパワーアンプモジュールを開発した。
パワーアンプモジュールの改修が完了し、LDACS プロトタイプの予備免許を取得した。

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載論文: 1編
・K. Morioka, et.al.,“Electromagnetic Compatibility Testing between LDACS and surveillance transponder”, TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES, vol.69, no.1, pp.19-25, January 2026.
□査読付き国際会議論文:2編
・K. Morioka, et.al.,“Preliminary Study on the Application of Beamforming to LDACS by System-level Simulation”, Digital Avionics Systems Conference (DASC2025), September 2025.
・K. Morioka, et.al.,“Preliminary Frequency Compatibility Testing Between LDACS and DME”, International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics (ICSANE2025), November 2025.
□和文査読付き論文: 0 編
□各種表彰の受賞: 0 件
□特許・プログラム等の知的財産の出願等:0 件

□その他（各研究所特有）

◆国際活動：0 件

◆国際学会（査読なし）： 0 編

◆標準化会議：5 編

・T. Otsuyama, et.al.,“ENRI Report on LDACS Compatibility Testing in Japan”, ICAO SP ASWG/TSG TSG/21 WP, July 2025.

・K. Morioka, et.al.,“Preliminary Experiments on LDACS and DME Compatibility”, ICAO CP/DCIWG PT-T/27 WP, June 2025.

・T. Otsuyama, et.al.,“LDACS interference power reduction compensation for duty cycle”, ICAO SP ASWG/TSG/SSFT SSFT/11 WP, May 2025.

・K. Morioka, et.al.,“Compatibility Test Results between LDACS and SSR Transponders Conducted at ENRI”, ICAO/DCIWG/CP PT-T/28, November 2025.

・T. Otsuyama, et.al.,“ENRI LDACS Compatibility Testing in Japan”, ICAO SP ASWG/TSG22, January 2026.

◆国際会議： 0 編

◆国内学会： 2 編

・森岡他,“L 帯を用いた次世代航空無線通信システムと 既存航法システムとの周波数共用評価～測定器を用いた事前評価実験～”, 無線端末・アンテナシステム測定技術(AMT)研究会, 2025 年 8 月

・森岡他,“LDACS と DME の周波数共用に関する初期検討～DME アナライザを用いた実験～”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2025 年 9 月

◆その他発表論文： 0 編

C. 磁気低緯度地域に関するGNSS性能向上及び性能評価技術高度化に関する研究

研　究　の　背　景

我が国は地磁気的な低緯度に位置し、電離圏を含む宇宙天気諸現象は GNSS の性能を制限するものとなっており、宇宙天気が運航に与える影響分析能力の向上及び宇宙天気情報を用いた地上装置の技術開発が望まれている。電離圏を含む宇宙天気諸現象は、性能劣化の要因の一つと位置付けられ、ICAO においても宇宙天気情報の配信が 2018 年 11 月より開始されたところである。

GBAS については、CARATS において導入が意思決定され、羽田空港においてカテゴリーI 運航トライアルが行われている。高カテゴリーGBAS については、検証過程で大幅な変更を経て 2017 年 11 月に GAST-D を含む ICAO SARPs が発効したところである。さらに、磁気低緯度地域における GAST-D の性能向上に向けた基準策定・技術開発が ICAO において継続されている。

GAST-D の導入のためには、GAST-D 実験装置の開発により獲得した技術に加え、その後発効までに変更された SARPs に対応するため、GAST-D 特有の設置技術、性能評価手法検討が必要である。当所では 2020 年度から既に研究を開始し、基礎技術開発を行っているところである。

研　究　目　標

□宇宙天気情報等を活用した MSAS、GBAS 等 GNSS 航法システムの性能評価技術及び性能向上技術の開発

□電離圏擾乱と航空機航法性能の関係の評価、宇宙天気アドバイザリ発出時の運航への影響評価

□GBAS 電離圏脅威モデルの維持管理・改良、これを考慮した GAST-D 性能向上技術の開発と設置の技術課題の明確化

令 和 7 年 度 の 研 究 内 容

（1）MSAS 性能向上技術の提案

（2）GBAS 性能向上技術の提案

（3）GNSS 性能劣化要因分析技術開発

（4）GBAS 電離圏脅威モデルの維持管理・改良

令 和 7 年 度 の 研 究 成 果

（1）MSAS 性能向上技術の提案

-リアルタイム電離圏モニタ、3 次元トモグラフィー等を用いた電離圏擾乱時の MSAS 性能向上技術を開発する。

・改良 3 次元電離圏トモグラフィーを用いて日本上空の電離圏擾乱の空間構造を明らかにした。MSAS 補正情報と 3 次元トモグラフィーの結果が整合的であることを確認した。3 次元トモグラフィを用いたグリット情報の手法を開発。稠密 GNSS 観測により電波の異常伝播の原因となる Es 層の生成・消滅過程を詳細に明らかにした。

（2）GBAS 性能向上技術の提案

-VHF レーダーによる電離圏監視、GAST D における IFM の活用など、GBAS の性能向上技術をさらに改良し、評価し提案する。

・VHF レーダーによる電離圏監視による GAST C ジオメトリスクリーニングのインフレーション抑制シミュレーションの高速化を進め、大量シミュレーション解析の準備を進めた。これにより、GAST D における IFM の有効性を日本の具体的な空港のレイアウトにおいて示した。

（3）GNSS 性能劣化要因分析技術開発

-石垣島に設置された ADS-B 受信機のデータと全天カメラ、シンチレーション受信機データとを比較し、宇宙天気現象、電波干渉等 GNSS の性能を劣化させる要因を分析し区別する技術を開発する。

・解析手法確立を目的として、電離圏擾乱の発生頻度が高い東南アジアに設置する ADS-B 受信機の観測システムを制作した。全天大気光イメージャと航空機の衛星配置を組み合わせて、ADS-B の

信頼性情報劣化の原因を判定する手法を開発した。

(4)GBAS 電離圏脅威モデルの維持管理・改良

-国内外の電離圏勾配解析を行い、GBAS 電離圏脅威モデルの改良を進めるとともに、航空局に対して技術移転を進める。ICAO への情報提供も行うとともに、GBAS/SBAS ITF において SBAS 導入ガイダンスを完成させる。

・国内の電離圏勾配連続監視の技術移転について航空局との調整を引き続き進めるとともに、国際的な GBAS 電離圏対策への貢献について調整を開始した。また、GBAS/SBAS ITF において SBAS 導入ガイダンスを完成させた。さらに、JICA プロジェクトと連携し、ネパールにおける GBAS 導入のための電離圏環境解析の技術指導を行なった。

成　果　の　公　表

□科学雑誌掲載等論文: 4 編

・細川　敬祐 (電通大), 真弓　奈菜子 (電通大), 山本　淳 (海上保安大), 齋藤　享, 安藤　慧 (NICT), 品川　裕之 (九州大), 髙橋　透, 坂井　純(電通大), Takuo Tsuda(電通大), 冨澤　一郎(電通大), 中田　裕之(千葉大), 齊藤　昭則(京大), 篠原　学(鹿児島高専), 西岡　未知(NICT), 津川　卓也(NICT), 石井　守(NICT), Visualizing the structure and motion of sporadic E layer using marine traffic radio signals, 海上交通電波信号を用いたスポラディックE 層の構造と移動の可視化, Earth, Planets and Space, 2025 年 5 月 7 日

・P. K. Rajesh (台湾・国立成功大), C. H. Charles Lin (台湾・国立成功大), 齋藤　享, Huang Tzu-Jui (台湾・国立成功大), J. D. Huba (米国・Syntek Technologies Inc.), Mitchell M. Shen (米国・Princeton 大), Min-Yang Chou(米国・NASA, Catholic 大), Jia Yue(米国・NASA, Catholic 大), Chi-Yen Lin(台湾・国立中央大), GNSS Remote Sensing of Man-made Space Weather Events on Consecutive Days Over East Asia, 東アジアにおける連続した日に発生した人工宇宙天気現象の GNSS によるリモートセンシング, Space Weather, 2025 年 6 月 18 日

・Susumu Saito, and Takayuki Yoshihara, Enhancing GAST D Availability by Using an Ionospheric Field Monitor, NAVIGATION: Journal of the Institute of Navigation January 2026, 73 navi.731; DOI: https://doi.org/10.33012/navi.731, 2025 年 10 月 6 日

・Saito, S., Yoshihara, T. & Hosokawa, K. Study of fine spatial structures of the daytime sporadic E layer and its temporal evolution by using an ultra-dense GNSS receiver network. Earth Planets Space 77, 199 (2025). https://doi.org/10.1186/s40623-025-02332-4, 2025 年 11 月 17 日

□査読付き国際会議論文: 1 編

・齋藤　享, 野崎　太成 (京大・生存圏研), 山本　衛 (京大・生存圏研), Study of 3-D Structures of Ionospheric Disturbances Associated with Geomagnetic Storms by Using Improved GNSS-based 3-D Tomography, GNSS を用いた改良 3 次元電離圏トモグラフィーによる磁気嵐に伴う電離圏擾乱の 3 次元構造の研究, 第 22 回アジアオセアニア地球物理学会(AOGS2025), 現地参加, シンガポール, 2025 年 7 月 31 日

□和文査読付き論文: 0 編

□各種表彰の受賞: 1件

・地球電磁気・地球惑星圏学会 2025 年秋季年会プレスリリース論文(齋藤,吉原,他)(掲載約 60 件)

□特許・プログラム等の知的財産の出願等: 0 件

□その他(各研究所特有)

◆国際活動: 0 件

◆国際学会(査読なし):4 編

・齋藤　享, 吉原　貴之, 髙橋　透, Performance of Sporadic E layer imaging by the ultra-dense GNSS network as compared with the real-time product with GEONET, 超稠密 GNSS ネットワークを用いたスポ

ラディック E 層のイメージング性能の GEONET との比較, 一般講演・投稿, Japan Geoscience Union Meeting 2025, 日本, 現地参加, 2025 年 5 月 26 日

・髙橋 透, Pongpeaw Anurak (KMITL),齋藤 享, 古賀 禎, Supnithi Pornchai (KMITL), Jirapoom Budtho (KMITL), Impact of plasma bubble on accuracy and integrity of air navigation around Ishigaki Island, 石垣島周辺におけるプラズマバブルによる NIC 及び NACp への影響, 一般講演・投稿, Japan Geoscience Union Meeting 2025, 日本, 現地参加, 2025 年 5 月 28 日

・Toru Takahashi, Susumu Saito, Mamoru Yamamoto, Yuki Ashihara, Atsushi Kumamoto, and Manabu Shinohara, Tomographic imaging of sporadic E layer using dual-band beacon signals from S-520-32 sounding rocket, URSI AP-RASK, Sydney, 2025 Aug.

・髙橋 透, 齋藤 享, 山本 衛 (京都大学生存圏), 芦原 佑樹 (奈良高専), 熊本 篤志 (東北大), 篠原 学 (鹿児島高専), Tomographic imaging of sporadic E layer using dual-band beacon signals from S-520-32 sounding rocket, 2025 URSI Asia Pacific Radio Science Conference (APRASC), オーストラリア, 現地参加, 8 月 15 日(招待講演)

◆標準化会議: 3 件

・齋藤 享, 坂井 丈泰, George Wong (香港航空局), Review on Draft SBAS Implementation Guidance, SBAS 導入ガイダンスのレビュー, ICAO Asia and Pacific (APAC) , 一般講演・投稿, 現地参加, タイ, 2025 年 5 月 14 日

・齋藤 享, George Wong (香港航空局), Report of the Seventh Meeting of ICAO APAC GBAS/SBAS Implementation Task Force (GBAS/SBAS ITF/7), 第 7 回 GBAS/SBAS Implementation Task Force 会議報告, 一般講演・投稿, ICAO Asia/Pacific Air Navigation Planning and Implementation Regional Group (APANPIRG) Communications/ Navigation and Surveillance Sub-group (CNS-SG) 29, タイ, 現地参加, 2025 年 6 月 17 日

・齋藤 享, GBAS SBAS Implementation Task Force outcomes and deliverables, ICAO APAC GBAS-SBAS Implementation Workshop for Airspace Users, インド, 2025 年 5 月 29 日

◆国際会議: 0 編

◆国内学会: 3 編

・齋藤 享, 吉原 貴之, 細川 敬祐 (電通大), Fine scale structures of the Es layer revealed by an ultra-dense GNSS network, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2025 年秋季年会, 日本, 現地参加, 2025 年 11 月 14 日

・齋藤 享, 髙橋 透, 坂井 丈泰, 山本 衛 (京都大学), Verification of SBAS ionospheric correction by using a 3-D ionospheric tomography, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2025 年秋季年会, 日本, 現地参加, 2025 年 11 月 19 日

・髙橋 透, 西山 尚典 (国立極地研究所), 北村 光教, 齋藤 享, 橋本 大志 (国立極地研究所), 坂井 丈泰, Impact of ionospheric disturbances on next generation SBAS broadcast from QZSS in the Arctic, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2025 年秋季年会, 日本, 現地参加, 2025 年 11 月 20 日

◆その他発表論文:2 編

・齋藤 享, Equatorial Plasma Bubble and Its Impact on Air Navigation, プラズマバブルとその航空航法への影響について, 招待講演等, ICAO METP MOG Space Weather Seminar, ICAO METP MOG Space Weather Seminar, オンライン参加, 2025 年 6 月 27 日

・髙橋 透, GPS/GNSS Summer School B-1: GPS/GNSS programing, GNSS サマースクール, 日本, 2025 年 9 月 1 日

5. 研究開発成果の社会への還元

【中長期目標】

5. 研究開発成果の社会への還元

研究所は、上記1. ～4. における研究開発成果を活用し、行政への技術的支援、他機関との連携及び協力等を通じて我が国全体としての研究成果を最大化するため、次の事項に取り組む。

【重要度:高】 行政への支援や他機関との連携及び協力等による研究所の研究開発成果の社会への還元は、国土交通省の政策目標の実現に不可欠であるため。

【中長期計画】

5. 研究開発成果の社会への還元

【年度計画】

5. 研究開発成果の社会への還元

(1)技術的政策課題の解決に向けた対応

【中長期目標】

(1)技術的政策課題の解決に向けた対応

上記1. ～4. における研究開発成果を、脱炭素化、DX、持続可能なインフラメンテナンスなどの国が進めるプロジェクト等への支援、海上輸送の安全確保・海洋環境の保全等に係る基準や港湾の施設に係る技術基準及びガイドライン、航空交通の安全等に係る基準等の策定などに反映することにより、技術的政策課題の解決を支援する。このため、技術的政策課題や研究開発ニーズの把握に向けて、行政機関等との密な意思疎通を図るとともに、社会情勢の変化等に伴う幅広い技術的政策課題や迅速な対応が求められる研究開発ニーズに、機動的かつ的確に対応する。

【中長期計画】

(1)技術的政策課題の解決への対応

① 国が進めるプロジェクト等への支援

国等がかかえる政策課題解決に向けた研究開発はもとより、国等が設置する技術委員会への参画、国等が実施する新技術の評価業務支援等、政策課題の解決に対応することにより、持続可能なインフラメンテナンス、脱炭素化、DX等の国が進めるプロジェクトや計画等の実施に貢献する。

② 基準・ガイドライン等の策定

研究所の研究開発成果を活用し、海上輸送の安全確保・海洋環境の保全等に係る基準や港湾の施設に係る技術基準・ガイドライン、航空交通の安全等に係る基準等の策定や改定を技術的観点から支援する。

③ 行政機関等との密な意思疎通

研究計画の策定にあたっては、ニーズの把握のため行政機関等と密な意思疎通を図り、研究の具体的な内容を検討するとともに、必要に応じて民間企業と連携を図りつつ、社会実装が可能で実用性の高い成果を目指す。

国、地方公共団体等の技術者を対象とした講演の実施、研修等の講師としての研究者の派遣や受け入れにより、技術情報の提供及び技術指導を行い、行政機関等への研究成果の還元を積極的に推進する。

その他、社会情勢の変化等に伴う幅広い技術的政策課題や迅速な対応が求められる研究開発ニーズに、機動的かつ的確に対応する。

【年度計画】

(1)技術的政策課題の解決に向けた対応

① 国が進めるプロジェクト等への支援

国等がかかえる政策課題解決に向けた研究開発はもとより、国等が設置する技術委員会への参画、国等が実施する新技術の評価業務支援等、政策課題の解決に対応することにより、持続可能なインフラメンテナンス、脱炭素化、DX等の国が進めるプロジェクトや計画等の実施に貢献する。

② 基準・ガイドライン等の策定

研究所の研究開発成果を活用し、海上輸送の安全確保・海洋環境の保全等に係る基準や港湾の施設に係る技術基準・ガイドライン、航空交通の安全等に係る基準等の策定や改定を技術的観点から支援する。

③ 行政機関等との密な意思疎通

研究計画の策定にあたっては、ニーズの把握のため行政機関等と密な意思疎通を図り、研究の具体的な内容を検討するとともに、必要に応じて民間企業と連携を図りつつ、社会実装が可能で実用性の高い成果を目指す。

国、地方公共団体等の技術者を対象とした講演の実施、研修等の講師としての研究者の派遣や受け入れにより、技術情報の提供及び技術指導を行い、行政機関等への研究成果の還元を積極的に推進する。

その他、社会情勢の変化等に伴う幅広い技術的政策課題や突発的な研究開発ニーズに、機動的かつ的確に対応する。

◆年度計画における目標設定の考え方

中長期目標及び中長期計画を受けて、年度計画においては、国等からの受託研究の実施、技術委員会や研修等への研究者の派遣等により、現場の技術的課題の解決へ対応するとともに、技術基準の策定や新技術の評価等の国の技術政策を支援することとした。

◆当該年度における取組状況

①国が進めるプロジェクト等への支援

・国等が抱える技術課題についての受託研究等の実施

令和 7 年度においては、海上輸送の安全確保等の海事行政や、港湾、航路、海岸及び飛行場等の整備事業等の実施に関する技術課題に関し、国土交通省、同地方整備局、地方自治体等から 74 項目の受託研究をそれぞれの要請に基づき実施した。研究所が実施する受託研究は、国等が抱える技術課題の中でも、プロジェクトの成否を左右する重要なものが多く、既存の技術では十分な対応が期待できない研究開発等を伴うことに加え、公平性及び中立性も必要となるため、受託研究の成果が国や地域の発展、安全性の確保に果たしている役割は非常に大きい。

受託研究の成果は、委託者である国等が実施する事業等に対し、設計条件の設定、解析手法・性能照査手法の改良・設定、事業計画や対策の検討における基礎資料、政策立案・実施等に用いられるなど、様々な形で活用された。

・国等が設置する技術委員会への研究者の派遣等

技術課題を解決するために国等によって設置された各種技術委員会等の委員として、研究所の研究者を延べ 646 名派遣し、国等が抱える技術課題解決のために精力的に対応した。

表Ⅰ.5.(1).①.1　行政等が設置する技術委員会への参加件数

研究所合計		646 名
	うち海上技術安全研究所	148 名
	うち港湾空港技術研究所	223 名
	うち電子航法研究所	275 名

・国や公益法人等が実施する新技術の評価業務等の支援

研究所では、国土交通省（地方整備局等を含む）の要請に応じて、有用な新技術の活用促進を図るため、「公共工事等における新技術活用システム（通称「NETIS」）」に登録する技術の現場への適用性等を評価することを目的として、各機関が設置している「新技術活用評価会議」に研究者を派遣し、技術支援を実施した。

また、一般財団法人沿岸技術研究センターが実施する「港湾関連民間技術の確認審査・評価事業」に研究者を派遣し審査・評価を支援した。

海事行政においては、年々進化するセンシング、AI 等の技術を船舶の運航に活用することにより安全性の向上が期待されること、国内物流を支える内航海運の担い手確保、船員労働環境の改善、職場の魅力向上等が喫緊の課題であることを踏まえ、官民一体となった幅広い検討を行うことを目的として、「自動運航船検討会」を設置した。同検討会に研究者を派遣し、自動運航や遠隔監視等を商用運航において活用するための安全基準、検査の方法、乗組み体制等に関しての検討を支援した。また、省エネ・脱炭素化の取り組みを加速する必要性が高まっており、内航海運におけるカーボンニュートラルの推進に向けた検討を進めるために設置された「内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会」に研究者を派遣し、検討を支援した。

港湾行政においては、令和7年 11 月4日の日本成長戦略本部において、「危機管理投資」・「成長投資」の戦略分野の一つとして、「港湾ロジスティクス」が位置付けられ、同年 12 月 24 日の日本成長戦略会議において、港湾ロジスティクスを含む各戦略分野の検討を進めるワーキンググループ等の設置が決定された。これを受け、国土交通省港湾局において、港湾ロジスティクスの強化に向けた官民投資促進策の検討を進めるため、「港湾ロジスティクスワーキンググループ」を設置され、委員として研究者を派遣し、検討を支援した。

航空行政においては、遠隔型空港業務支援システムの実用化研究にて、小規模空港への展開を目的としたコンパクトなシステムについて、小規模空港で性能評価と課題についての検討を継続して行っている。内閣府が平成 30 年度より運用を開始した準天頂衛星システムについて、第三者性能評価を実施している。

国際協力機構(JICA)が進める「ネパール国トリブバン国際空港における飛行処理能力強化のための航空管制業務改善プロジェクト」において、GBAS のための電離圏環境評価の指導のための専門家として研究者を派遣した。

②基準・ガイドライン等の策定

研究所が有する最新かつ先導的な研究成果や技術的知見等を、国土交通省等の行政機関が策定及び改定を行う基準やガイドラインに反映させるため、基準等の策定及び改定作業に積極的に参画し、海上輸送の安全確保・海洋環境の保全等に係る基準、港湾工事に係る基準や、航空交通の安全等に係る基準等の策定及び改定に貢献した。また、学会や関係機関が開催する講習会等において研究者が講師を務め、基準等の普及に協力するとともに、国土交通省等の関係機関に対して、基準・ガイドライン等に係る技術指導等を積極的に行った。

海上技術安全研究所では知床遊覧船事故の再発防止基準策定に関連し、「小型船舶の実海域速力低下に関する解析」を実施し、再発防止基準の適用船舶決定に資する技術資料を提供し、再発防止基準策定に大きく貢献した。また、「知床遊覧船事故フォローアップ委員会」委員として2名の職員が出席し、再発防止基準の策定並びに実行状況確認・実効性担保等に関する審議に貢献した。

港湾空港技術研究所では、港湾工事の脱炭素化に向けた低炭素材料の開発において、製鋼スラグの大気からの直接 CO_2 吸収量を増やすとカルシア改質土の硬化不良が生じる場合があること、その対策として高炉スラグ微粉末の添加が効果的であることを明らかにした。また、高炉スラグ微粉末を添加した配合であっても、CO_2 吸収型となるカルシア改質土を開発し、その活用方法や活用時の効果をガイドラインとして取りまとめた。あわせて、同様の手法を用いて CO_2 吸収型のコンクリートを開発した。

電子航法研究所では 2025 年 6 月に公表された将来の航空交通システムに関する「CARATS 長期ビジョン 2040」の策定に貢献した。

これら行政機関の基準やガイドラインに反映された研究成果は 9 件、現場に反映された研究成果は 3 件となった。

表Ⅰ.5.(1).②.1 基準・ガイドライン等への研究成果の反映

名　称	発行機関等	発行(改定)年月
アンモニアバンカリングガイドライン	国土交通省 海事局	令和 7 年 5 月
ダイビング船安全対策ガイドライン	国土交通省 海事局	令和 7 年 7 月
港湾工事における二酸化炭素排出量削減に向けたロードマップ	国土交通省 港湾局	令和 8 年 3 月
港湾における ICT 活用に関する実施方針及び基準類(浚渫工)	国土交通省 港湾局	令和 8 年 3 月
港湾における ICT 活用に関する実施方針及び基準類(基礎工等)	国土交通省 港湾局	令和 8 年 3 月
港湾における ICT 活用に関する実施方針及び基準類(起工測量)	国土交通省 港湾局	令和 8 年 3 月
Jブルークレジット®認証申請の手引き	ジャパンブルーエコノミー	令和 8 年 3 月
ブルーカーボン計測マニュアル Ver.1	国土交通省 港湾局	令和 8 年 3 月
将来の航空交通システムに関する長期ビジョン	国土交通省 航空局	毎年ロードマップ改訂中

表Ⅰ.5.(1).②.2 現場への研究成果の反映

研究所合計		3 件
	うち海上技術安全研究所	0 件
	うち港湾空港技術研究所	2 件
	うち電子航法研究所	1 件

③行政機関等との密な意思疎通

・研究開発ニーズの把握

港湾空港技術研究所では、現場の技術的課題や研究ニーズなどの情報を収集することを目的として、国土技術政策総合研究所及び各地方整備局等と技術対話を実施している(全国 10 地方整備局等)。

電子航法研究所では、航空局との連携推進会議を通じて、各種重要施策に関する研究開発について、研究開発の進捗状況の報告や新規研究テーマの提案、研究成果の活用状況等に関して報告・討議を行い、航空行政の計画やニーズの把握に努め、航空行政との連携を強化することが出来た。また、将来の航空交通システムを計画的に構築するため CARATS 推進協議会及びその傘下に具体的施策等を検討する WG が設置されており(将来の航空交通システムに関する長期ビジョン(CARATS)における各種会議)、これら会議において、航空局を主体として航空会社、航空関係の機器製造企業、大学等が参加し、ロードマップの作成・検討等が進められている。当該会議にメンバーとして参加し、CARATS の実現に向けた支援をするとともに航空ニーズの把握に努めた。

・国、地方公共団体等の技術者を対象とした講演

港湾空港技術研究所では、各地方整備局等に対して、港湾、航路、海岸及び飛行場等に関する研究活動や成果についての情報を幅広く提供するため、国土技術政策総合研究所及び地方整備局等と共同で地域特別講演会を開催した。令和 7 年度は、全国 4 地域において開催し、延べ 588 名の参加を得た。(関東 11 月 10 日、東北 11 月 14 日、近畿 12 月 17 日、沖縄 12 月 19 日)

電子航法研究所では、航空局等に対して、GBAS 電離圏に関する技術情報の提供等、研究成果の還元を積極的に実施し最新技術の普及に努めた。

図Ⅰ.5.(1).③.1 港湾空港技術地域特別講演会

・研修会や講習会への研究者の派遣

港湾空港技術研究所は、国土技術政策総合研究所において実施された国や地方国協団体等の技術者に対する研修に研修計画の企画段階から積極的に参画し、国主催の研修などへ研究者を講師として延べ 39 名を派遣した。

電子航法研究所では、航空保安大学校が実施している研修に講師派遣を行い、航空情報科、航空電子科を対象とし研修生 50 名に、技術開発と評価試験に関する WEB 講義を実施した。他に、国の出先機関 11 か所において講師を派遣し、GBAS、SBAS 及び航空情報共有基盤等に関する講義を実施した。これら各種研修会や講習会への研究者等の派遣は延べ 27 名であった。

表Ⅰ.5.(1).③.1 出前講座及び特別講演内訳

開催日	対象	概要
R7.8.19	航空局管制技術課性能評価センター	・ADS-B の概要 ・ADS-B 評価に関する研究について ・諸外国動向について
R7.9.19	東京航空交通管制部	・新しい航空機監視技術(ADS-B)の概要と電子研での開発研究
R7.10.15	那覇空港事務所	・RNP to xLS 進入方式の研究 ～FFS 検証と飛行実証～ ・気候変動が航空機の離陸性能に及ぼす影響について ・空飛ぶクルマ(AAM)に関する研究開発
R7.10.30	福岡空港事務所	・リモートデジタルタワーシステム関する研究開発の概要 ・空港面監視技術の概要 ・新しい航空機監視技術(ADS-B)の概要について
R7.10.30	福岡航空交通管制部・航空交通管理センター・航空交通管制サービス高度化センター	・航空機監視システムの概要について ・新しい航空機監視技術(ADS-B)の概要について

R7.12.3	福岡航空交通管制部	・MMBB ワークロード値と主観評価の繁忙度の比較 ・軌道予測への機械学習の応用可能性について
R7.12.4	航空交通管理センター	・AI と管制負荷推定
R7.12.11	神戸航空交通管制部	・円滑な交通流のための柔軟な空域運用に関する研究 ・空域再編実施後における境界高度の動的変更に関する初期的検討
R7.12.19	航空保安大学校	・電子航法研究所の概要 ・GBAS を活用した着陸運用の高度化に関する技術開発 ・GNSS の RFI(無線周波数干渉) ・新しいセンサーを使った滑走路における異物監視や安全性向上の研究開発 ・次世代航空モビリティの運用環境構築に関する研究
R8.2.18	中部空港事務所	・電子航法研究所の概要 ・時間管理のシステムアーキテクチャについて ・空港監視技術について ・APNT について
R8.3.9 R8.3.16 R8.3.30	東京航空交通管制部	・ADS-B 監視システム
R8.3.17	大阪空港事務所	・空港監視技術について ・APNT について
R8.3.18	航空保安大学校　岩沼研修センター	・航空機監視システムについて

図Ⅰ.5.(1).③.2　出前講座の様子

（左：航空保安大学校　令和 7 年 12 月）　　（右：大阪空港事務所　　令和 8 年 3 月）

・日本学術会議の会員

科学が文化国家の基礎であるという確信の下、行政、産業及び国民生活に科学を反映、浸透させることを目的として設置された日本学術会議において、我が国の科学に関する重要事項を審議するなど、科学政策の実現に向けた活動を行った。

（2）災害及び海難事故発生時の対応等における技術的な貢献

【中長期目標】

（2）災害及び海難事故発生時の対応等における技術的な貢献

沿岸域の災害における調査や、災害の発生に伴い緊急的に求められる技術的な対応を迅速に実施し、被災地の復旧を支援するとともに防災に関する知見やノウハウの蓄積を図り、防災・減災の取組を推進する施策等への支援を行う。また、沿岸自治体の防災活動の支援や沿岸住民への啓発活動など、ソフト面の事前対策強化も支援する。

さらに、海難事故等の原因分析及び再発防止のための適切な対策立案を支援する。

これらに加えて、突発的な災害や海難事故等の発生時には、必要に応じて予算や人員等の研究資源の配分を適切に行い、機動的かつ的確に対応する。

【中長期計画】

（2）災害及び海難事故発生時の対応等における技術的な貢献

沿岸域の災害における調査や、災害の発生に伴い緊急的に求められる技術的な対応を迅速に実施し、被災地の復旧を支援するとともに防災に関する知見やノウハウの蓄積を図り、防災・減災の取組を推進する施策等への支援を行う。

具体的には、国内で発生した災害時において、国土交通大臣からの指示があった場合、または研究所が必要と認めた場合に、被災地に研究者を派遣することにより、被災状況の把握、復旧等に必要な技術指導等を迅速かつ適切に行う。また、研究所で作成した災害対応マニュアルに沿った訓練を行うとともに、その結果に基づいて当該マニュアルの改善を行う等、緊急時の技術支援に万全を期する。加えて、沿岸自治体の防災活動の支援や沿岸住民への啓発活動など、ソフト面の事前対策強化も支援する。

さらに、重大な海難事故等が発生した際には、研究所の持つ豊富な技術的知見や施設を活用して事故原因を分析するとともに、国等における再発防止のための対策立案への支援を行う。

これらに加えて、突発的な災害や海難事故の発生時には、必要に応じて予算や人員等の研究資源の配分を適切に行い、機動的かつ的確に対応する。

【年度計画】

（2）災害及び海難事故発生時の対応等における技術的な貢献

沿岸域の災害における調査や、災害の発生に伴い緊急的に求められる技術的な対応を迅速に実施し、被災地の復旧を支援するとともに防災に関する知見やノウハウの蓄積を図り、防災・減災の取組を推進する施策等への支援を行う。

具体的には、国内で発生した災害時において、国土交通大臣からの指示があった場合、または研究所が必要と認めた場合に、被災地に研究者を派遣することにより、被災状況の把握、復旧等に必要な技術指導等を迅速かつ適切に行う。また、研究所で作成した災害対応マニュアルに沿った訓練を行うとともに、その結果に基づいて当該マニュアルの改善を行う等、緊急時の技術支援に万全を期する。加えて、沿岸自治体の防災活動の支援や沿岸住民への啓発活動など、ソフト面の事前対策強化も支援する。

さらに、重大な海難事故等が発生した際には、研究所の持つ豊富な技術的知見や施設を活用して事故原因を分析するとともに、国等における再発防止のための対策立案への支援を行う。

これらに加えて、突発的な災害や海難事故の発生時には、必要に応じて予算や人員等の研究資源の配分を適切に行い、機動的かつ的確に対応する。

◆年度計画における目標設定の考え方

中長期目標及び中長期計画を受けて、国土交通大臣からの指示があった場合、または研究所が必要と認めた場合に、被災地に研究者を派遣して被災状況の把握や技術指導等を迅速かつ適切に行い、災害対策マニュアル等に基づく訓練を実施しつつ、重大な海難事故等が発生した際には、研究所の持つ豊富な専門的知見を

活用して事故情報を解析し、結果の迅速な情報発信や事故再現及び各種状況のシミュレーションの実施により、国等における再発防止対策の立案等への支援を行うことで、自然災害及び事故への対応に万全を期するとともに、研究所の対応能力の向上を図ることとした。

◆令和 7 年度における取組状況

当研究所は、災害対策基本法（昭和 36 年法律第 223 号）に基づく指定公共機関としての指定を受けていることから、同法に基づく「国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所防災業務計画」を策定し、理事長の判断によって災害総合対策本部を設置し、研究所長によって設置される災害対策本部が実施する災害応急対策及び災害復旧の支援等の業務を、災害総合対策本部が総括することで、研究所内の情報の共有化等を図る体制を整えるとともに、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所法（平成 11 年法律第 208 号）第 13 条に基づく国土交通大臣の指示への対応や、災害調査団の組織及び派遣など、当研究所が防災のためにとるべき措置を定めている。

また、同計画を補完するため、「国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所業務継続基本計画」を策定し、都心南部直下地震（M7.3、東京 23 区の最大震度 7）を想定災害として、非常時優先業務や業務継続のための執行体制等、災害発生時における初動対処を定めている。

①沿岸域の災害における調査や復旧支援

港湾空港技術研究所では、令和 7 年 12 月 8 日に発生した青森県東方沖地震（M7.5）において国土交通省、国土交通省東北地方整備局、国土技術政策総合研究所と連携して地震被害調査を実施した。内閣府 BRIDGE「港湾施設の被災状況把握・利用可否判断の迅速化」において、情報基盤（統合結果表示）システムでの利用可否判断の評価および結果表示等を検討し、港湾局の CyberPort（防災情報サブシステム）との連携を整理し、実装に向けた情報共有、意見収集を実施した。（図Ⅰ.5.(2).①.1）

また、1962 年以来の長期にわたり強震観測網を堅実に運営しており、プレート境界での再来大地震の観測に成功している唯一の観測網として他機関からも高い評価を得ている。2025 年 1 月から 12 月までに 69 港湾の 160 箇所で 2,507 個の強震記録を取得しており、青森県東方沖地震においても即時に速度 PSI 値やフーリエスペクトルの過去地震等との比較を実施し、2011 年東北地方太平洋沖地震の際と同等の地震動であり被害発生の可能性があることを国土交通省、東北地方整備局と即時に情報共有するなど地震被害調査に貢献した。

図Ⅰ.5.(2).①.1 矢板式岸壁の被災状況調査
Cyber Port 防災情報サブシステムでの受信概略情報の表示、活用（左）
BRIDGE 情報基盤システム（右）

②地震・津波防災訓練等の実施

我が国においては 11 月 5 日が「津波防災の日」として定められており、平成 27 年 12 月には国連総会において、11 月 5 日が「世界津波の日」として採択され、全国で「津波防災の日」周辺での地震・津波防災訓練等が実施されている。うみそら研では災害対応マニュアルを作成しており、それに基づき、訓練を実施している。

海上技術安全研究所では、放射性物質の海上輸送中に事故等が発生した場合の緊急時対応として、早期の体制構築と国交通省海事局との連携を円滑に実施することを目的に海上輸送に係る原子力防災訓練（R8.1）を国土交通省海事局と合同で実施した。

港湾空港技術研究所では、今後発生が懸念される南海トラフ地震等の広域災害において、すべての港湾に技術者を派遣することは困難であることを踏まえ、地方整備局職員による現地 WEB カメラ映像を地方整備局本局、国土技術総合政策研究所及び港湾空港技術研究所で共有し、港湾施設の利用可否判断を行うための防災訓練を中部地方整備局（R7.7.18）、九州地方整備局（R7.11.27）、横須賀市（R7.12.16）とそれぞれ実施した。九州地整においては、港空研がこれまでに開発した港湾施設の利用可否判断支援装置（Berth Surveyor）を活用し、利用可否判断に係わる助言等を行った。横須賀市とは「港と船を活用した物資運搬等訓練」に参画し、Berth surveyor のデモンストレーションを行い係留施設利用可否判断について対応した。（図Ⅰ.5.(2)..1）

図Ⅰ.5.(2).②.1
九州地整の訓練での Berth Surveyor 活用（左）と横須賀市の訓練での Berth Surveyor デモ（右）

研究所単独の防災訓練として、海技研では緊急地震速報を受けてから、強い揺れが来るまでの極めて短い時間の中で、身を守るための適切な行動をとるための緊急地震速報訓練（R7.11.5）と、火災・震災その他の災害による人命の安全及び被害の軽減を図ることを目的に消防・防災訓練（R7.11.20）と、災害発生時に職員の安否確認を迅速に行うことを目的として安否確認訓練（R7.9.1）を実施した。

港湾空港技術研究所では、避難場所への避難と人員や負傷者等の確認・報告、人員や状況集約の防災訓練を実施した（R7.9.1）。併せて、携帯メールや携帯電話による安否確認を概ね 30 分以内に集約する訓練も同時に実施した。

電子航法研究所では、災害発生時に職員及びその家族の安否や研究所の被災状況の確認を迅速に行い、被害の全体像の把握や対応の判断を迅速に行うことを目的として安否確認訓練（R7.9.1）を実施した。

③重大な海難事故等への対応

我が国周辺海域では、船舶の衝突や座礁などの重大な海難事故が、依然として多数発生している。その原因を究明し、事故を未然に防止する対策を検討することは、安全・安心な社会の実現のための社会的要請となっており、政府においても平成 20 年 10 月に運輸安全委員会を設置して体制を強した。こうした国の方針を踏まえ、研究所として重大海難事故発生時の即応体制を整えるべく、平成 20 年 9 月 1 日に海上技術安全研究所に「海難事故解析センター」を設置した。当センターは、事故発生時の専門的知見を活用した「初動分析・情報発信」を行うと共に、運輸安全委員会等の委託を受けて、水槽試験、数値シミュレーション、AIS データ等を用いて、事故状況を再現し、「海難事故原因の分析・究明」に資する業務を行っている。最近ではセンターの活動が報道機関に認知され、重大な海難事　故発生とともに、新聞、テレビ等からの問い合わせ、取材が行われるようになった。また、運輸安全委員会の組織改革により陸・海・空 3 モードが一体となった「事故調査解析室」の体制が大幅に強化・増員された。これを踏まえ、「事故調査解析室」を中心とした同委員会と、

意見交換会を実施し、船舶事故だけでなく、航空・鉄道事故も含めた陸・海・空 3 モードの事故原因究明に対する当所事故解析技術・研究施設の利活用を積極的に推進した。

海上技術安全研究所の海難事故解析センター等は、令和 7 年度、1件の船舶事故に係る解析調査を実施した。解析結果は事故原因究明に貢献することになる。また、令和 7 年 10 月 30 日、運輸安全委員会は、来島海峡航路西口付近（愛媛県今治市梶取ノ鼻北北東方沖）で発生した「ロールオン・ロールオフ貨物船白虎及びケミカルタンカーULSAN PIONEER 衝突事故（事故日：令和 3 年 05 月 27 日、）」に係る船舶事故調査報告書を公表した。本事故に関し、当所の海難事故解析センター等は、①復原性の推定と転覆・沈没に至る状況の推定（令和 3 年度），および②衝突危険度に関する評価（令和4年度）の 2 件の解析調査を実施しており、事故原因究明及び同委員会の船舶事故報告書作成に貢献した。当該事故の事故報告書の公開及び当所貢献について当所 HP に公開し、広く国民に周知した。

北海道知床で発生した遊覧船事故においては、国土交通省に設置された「知床遊覧船事故対策検討委員会」「知床遊覧船事故対策フォローアップ委員会」「知床遊覧船事故を踏まえた遊漁船の安全設備の在り方に関する検討会」等 7 つの委員会に対し、これまで延べ 3 名の職員を主査又は委員として派遣し、事故原因究明のみでなく、事故後の対策・再発防止策検討にも貢献している。令和 7 年度は、2 名の役職員が「第3回知床遊覧船事故対策フォローアップ委員会」に出席し、再発防止策の実施状況確認並びに実効性担保等に係る審議に貢献した。

さらに、船舶事故ハザードマップによって提供される情報を拡充すること及び、既に公表された船舶事故調査報告書データを活用して再発防止策等を検討する共同研究を運輸安全委員会とともに継続して実施している。

羽田空港で 発生した航空機衝突事故（事故日：令和 6 年 1 月 2 日）を踏まえ、国土交通省が設置した「羽田空港航空機衝突事故対策検討委員会」が提言した対策のうち、「デジタル技術等の更なる活用に向けた調査・研究」に関して、国土交通省航空局が公募した業務のうち 3 件を電子研が受注し、調査・研究を進めることで再発防止に貢献している。

（3）研究の中核機関としての役割強化

【中長期目標】

（3）研究の中核機関としての役割強化

研究所の優れた研究成果を社会に還元するために、学術的なシーズを有する大学や産業的なニーズを有する民間企業等、あるいは他の国立研究開発法人等との共同研究、受託研究、技術研究組合の活用のほか、政府出資金を活用した委託研究、人事交流、研究所からの研究者派遣等の取組を推進する。

また、研究所の大型試験設備、人材、蓄積された基盤技術を核として、研究開発のネットワークを形成することによりハブの役割を担い、研究開発成果を国全体として社会実装に結び付けるため、陸上交通など他の交通モードとの接続も含めた観点から関係機関との連携強化に努める。

【中長期計画】

（3）研究の中核機関としての役割強化

研究所の優れた研究成果を社会に還元するために、学術的なシーズを有する大学や産業的なニーズを有する民間企業等、あるいは他の国立研究開発法人等との共同研究、受託研究、技術研究組合の活用のほか、政府出資金を活用した委託研究、人事交流、研究所からの研究者派遣等の取組を推進する。

また、研究所の大型試験設備、人材、蓄積された基盤技術を核として、研究開発のネットワークを形成することによりハブの役割を担い、研究開発成果を国全体として社会実装に結び付けるため、陸上交通など他の交通モードとの接続も含めた観点から関係機関との連携強化に努める。

【年度計画】

（3）研究の中核機関としての役割強化

研究所の優れた研究成果を社会に還元するために、学術的なシーズを有する大学や産業的なニーズを有する民間企業等、あるいは他の国立研究開発法人等との共同研究、受託研究、技術研究組合の活用のほか、政府出資金を活用した委託研究、人事交流、研究所からの研究者派遣等の取組を推進する。

また、研究所の大型試験設備、人材、蓄積された基盤技術を核として、研究開発のネットワークを形成することによりハブの役割を担い、研究開発成果を国全体として社会実装に結び付けるため、陸上交通など他の交通モードとの接続も含めた観点から関係機関との連携強化に努める。

◆年度計画における目標設定の考え方

中長期計画を踏まえ、研究所の成果を社会に還元するため、研究所の有する優れた技術シーズを迅速に産学官で共有し、企業等への技術移転に積極的に取り組むこととした。

◆当該年度における取組状況

革新的技術シーズから事業化へと繋ぐ取り組みとして、学術的なシーズを有する大学や産業的なニーズを有する民間企業等との共同研究、受託研究、研究者・技術者等との情報交換・意見交換、人事交流、研究所からの研究者派遣等の取り組みを行い、産学官における研究成果の活用を推進した。また、研究所の大型試験設備、人材、蓄積された基盤技術等を核として、外部との連携を促進する研究プラットフォームとしての機能を強化した。

①民間企業等との共同研究・受託研究の取り組み

研究所の有する優れた技術シーズを産学官で共有し、企業等への技術移転に積極的に取り組み、大学等の有する学術的シーズを活用して研究所の研究開発成果を社会に還元するため、以下の規程等を適切に運用した。

・国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所知的財産ポリシー

・国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所受託等業務取扱規程
・国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所共同研究取扱規程

また、電子航法研究所は内閣府 BRIDGE 事業に3件採択されており、「小型ドローン等の検知に係るマルチスタティック・レーダー技術の国際標準化」では小型ドローンを含む移動体の位置情報検出にマルチスタティック・レーダー技術を応用し、新しいレーダーの概要を ITU-R の文書追記に提案したり、評価結果を ICAO の監視パネルの技術部会を示すなど国際標準化に向けた活動を進めた。「次世代モビリティと既存航空交通システムとの情報連携に必要な技術の国際標準化」では次世代航空モビリティと航空交通分野の情報連携に向けて、国内航空交通情報共有基盤をベースとした。情報連携と情報セキュリティ技術を統合したプラットフォームを構築し、ICAO の関連会議への提案および国際連携実証実験を通じて、その有効性を実証し、国際標準化を主導した。「北極域における衛星ナビゲーションの活用に関する国際標準化」では現行の静止軌道から放送されている SBAS 信号が届かない北極域において、準天頂衛星などの非静止軌道の衛星から放送される次世代 SBAS の標準化に取り組み、その実現に向けた検討を進めている。

・産業界との共同研究

研究所単独ではなし得ない優れた研究開発成果の創出と活用拡大を目指し、学術的なシーズを有する大学や産業的なニーズを有する民間企業等との共同研究を 149 件実施した。

これらにより、産業界・学界における研究成果の活用促進を図るとともに、研究所が有さない技術を補完し、研究成果の質の向上、実用化を加速している。具体的な獲得件数は表Ⅰ.5.(3).①.1 のとおりとなっている。また、産業界への技術移転や実用化に結び付いた研究成果は表Ⅰ.5.(3).①.2 のとおりとなっている。

表Ⅰ.5.(3).①.1 産業界・学界との共同研究等の実施件数

海上・港湾・航空技術研究所合計		149 件
	うち海上技術安全研究所	42 件
	うち港湾空港技術研究所	69 件
	うち電子航法研究所	38 件

表Ⅰ.5.(3).①.2 産業界への技術移転や実用化に結び付いた研究成果数

海上・港湾・航空技術研究所合計		8 件
	うち海上技術安全研究所	2 件
	うち港湾空港技術研究所	2 件
	うち電子航法研究所	4 件

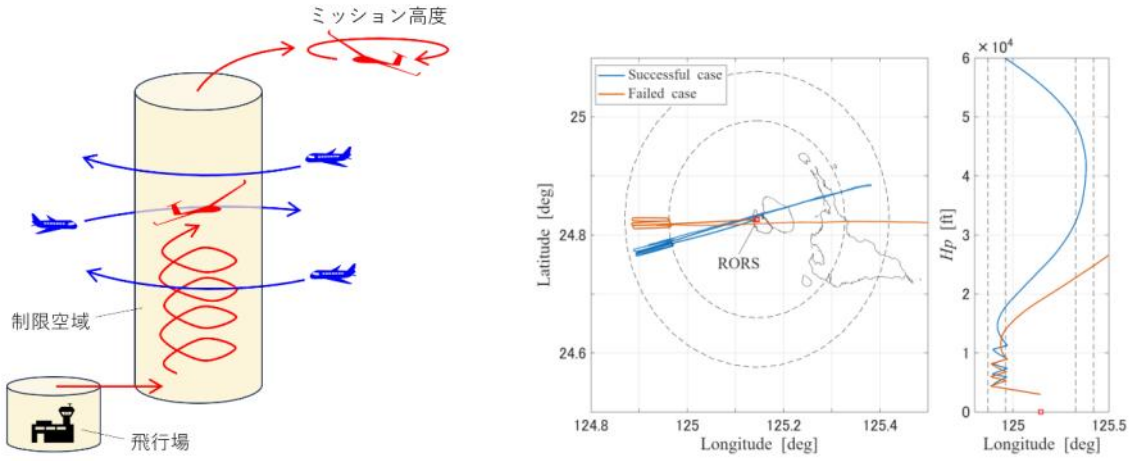
海上技術安全研究所は、実運航での GHG（温室効果ガス）削減を進めるため、船舶の実海域性能モデルを組み込んだウェザールーティングサービス（最適航路選定支援サービス）の実用化を目的とした共同研究を株式会社ウェザーニューズとともに行い、共同でデータ検証を行ってきた。その結果を受けて、2023 年 5 月から株式会社ウェザーニューズにて新たなサービスを開始することになった。社内評価の結果、2025 年度から 6,600 隻規模に適用拡大し、国際海運からの GHG 削減に大きく貢献した。

具体的には、海上技術安全研究所でこれまで開発してきた、波、風のある実海域で航行する船舶の速度、燃料消費量を世界最高精度で推定する実海域性能モデル（VESTA：ベスタ）を共同研究の成果をもとに株式会社ウェザーニューズのウェザールーティングシステムに組み込むことで、船型により異なる実海域性能（速度、燃費、船体動揺）を考慮した最適な運航プランを提供することができる。このサービスを利用することで 5%の GHG 削減が可能となり、国際海運分野（約 7 万隻）からの GHG 排出削減 0.5%のインパクトに達する。

港湾空港技術研究所は、研究の質の向上と効果的な研究成果の獲得を図るため、大学や民間企業と

の共同研究協定を締結しており、令和 7 年度は 69 件の共同研究を実施した。そのうち、令和 7 年度に新規で開始したものは 17 件である。令和 7 年度の共同研究における実績として、音響灯台方式による高精度水中音響測位システムの開発があげられる。本システムは、水中環境下において対象物の位置を高精度に測位し、港湾工事の ICT 化および生産性向上に資することを目的として、港湾空港技術研究所、北見工業大学、五洋建設株式会社、多摩川電子株式会社が共同で研究開発したものである。特徴としては、3 点以上から送信した超音波の伝搬時間から距離を求め、三辺測量により対象物位置を算出する点である。これにより、水中対象物の位置を高精度に把握でき、港湾工事等における設置作業の誘導を迅速化・効率化することが可能となった。また、音響灯台方式による高精度水中音響測位システムは、優れた技術開発業績を挙げたことが評価され、令和 7 年 5 月 21 日開催の海洋音響学会において、海洋音響学会 2024 年度業績賞を受賞した。

電子航法研究所は、ソフトバンク株式会社との共同研究として、成層圏プラットフォーム（High Altitude Platform Station: HAPS）の運用に関する研究を実施している。HAPS は高高度に長時間滞空する能力を持っており、近年、災害時の携帯電話基地局や広域監視の手段として実用化が期待されている。HAPS はそのミッションの最初と最後の上昇降下時に、既存の旅客機が飛行している空域を通過しなければならないが、固定翼型 HAPS はグライダーのような形をしており飛行速度が遅いため、制限空域を設けて既存航空機と分離しなければならない。HAPS は飛行速度の遅さから風に流されるため、制限空域は大きく設定する必要があるが、大きな制限空域は旅客機運航の妨げとなるため、旅客機と HAPS、両者にとって効率的な制限空域を設計する必要がある。令和6，7年度に HAPS の上昇飛行シミュレーション手法を開発し、制限空域の評価フレームワークを構築した。加えて、HAPS の上昇飛行のための制御則を開発し、ケーススタディとして下地島空港（RORS）から離陸する HAPS の制限空域を検討した。その結果、制限空域の設定によって、旅客機への影響と HAPS の飛行効率の間にトレードオフがあることを明らかにし、また、提案した評価フレームワークによって、そのトレードオフを定量的に示すことが可能になった。このような手法を用いることで、既存航空機のステークホルダーと HAPS 運航者の間で協調的な意思決定をすることを支援し、日本の空域に新たな航空機である HAPS を導入することに貢献すると期待される。



図Ⅰ.5.(3).①.1　HAPS の上昇飛行のイメージ（左）
およびシミュレーション例（右、青線：制限空域内で上昇できたケース、赤線：制限空域から逸脱したケース）

・産業界からの受託研究

研究所が有する優れた技術シーズを活用するため、令和 7 年度は表Ⅰ.5.(3).①.3 のとおり、受託研究を 145 件獲得した。獲得した受託研究を着実に実施し、確実に民間企業等の産業的なニーズに応えることで、研究所の成果を社会へ還元できた。

また、各研究所のホームページにおいても受託研究等の案内を実施しており、積極的に成果の普及に取り組んでいる。

表Ⅰ.5.(3).①.3 産業界からの受託研究の獲得件数

海上・港湾・航空技術研究所合計		145 件
	うち海上技術安全研究所	108 件
	うち港湾空港技術研究所	0 件
	うち電子航法研究所	37 件

②産業界・学界との人事交流、関係機関との連携強化

・研究者・技術者との情報交換・意見交換

大学の有する学術的なシーズや民間企業の有する産業的なニーズを把握し、積極的な情報共有を図るため、国内外の研究者や技術者等との意見交換会を実施したほか、各研究所の発表会、講演会、出前講座、ワークショップなどの実施を通じて、研究開発等に関する広範な意見交換を行い、研究ニーズや国際的な最新動向の把握等を図った。研究ニーズや国際的な最新動向の把握、研究連携等は非常に重要であり、ここで得られた知見などは、今後、研究所がハブとなって関係者へ還元されることが考えられる。

・人事交流

研究所が長年蓄積してきた各種データや高度技術、あるいは先端技術等のシーズ技術を、産学官で共有し有効活用策の一環として、国や民間企業との人事交流、および大学や研究機関との人事交流を積極的に推進している。令和 7 年度は表Ⅰ.5.(3).②.1 及び表Ⅰ.5.(3).②.2 のとおり実施した。

表Ⅰ.5.(3).②.1 国や民間企業との人事交流の人数

海上・港湾・航空技術研究所合計		96 人
	うち海上技術安全研究所	19 人
	うち港湾空港技術研究所	59 人
	うち電子航法研究所	18 人

表Ⅰ.5.(3).②.2 大学等教育・研究機関との人事交流の人数

海上・港湾・航空技術研究所合計		81 人
	うち海上安全技術研究所	6 人
	うち港湾空港技術研究所	62 人
	うち電子航法研究所	13 人

国や民間企業との人事交流では、国等からの研究者や出向者、研修生等が 71 名であり、民間企業からの研究者や研修生等は 25 名であった。それぞれ、研究所が保有する高度技術や先端技術の研究開発等を研究所職員と一緒になって推進している。

大学や研究機関との人事交流では、研究所職員の大学等への講師等派遣や、大学からの研修生受け入れ等があり、全体では 81 名であった。研究所職員の大学への講師等派遣については、客員教授や非常勤講師等として延べ 33 名を派遣し、派遣先の大学は 22 大学であった。

このうち、研究所と大学とで協定を締結し、研究所職員が大学院の客員教授・准教授等に就任して、研究所内等で大学院生の指導を行う仕組みである「連携大学院制度」に基づいた講師等派遣と研修生の人事交流の全体は 29 名で、8 大学であった。

また、研究所の技術シーズの円滑な外部機関等への委嘱と、これによる新たなイノベーション創出を目的に、研究所と外部機関等の間でそれぞれ雇用契約を結び、各機関の責任の下で業務を行う仕組みである「クロスアポイントメント制度」に基づく人事交流は 12 名であった。

大学や研究機関からの研修生やインターンの受け入れは全体で 44 名であり、各研究所の存在感の向上のみならず、次世代を担う若手育成の一環として関連業界の技術力の底上げに貢献している。

研修生・インターン生はもとより、任期付研究員等に対してもその能力開発の機会を提供し、関係分野の人材育成に貢献した。各研究所は、国土交通省地方整備局等と密接に連携しており、社会資本整備や災害対応等の現場に赴き、その具体的な課題解決の任にあたることも多く、現場に根ざした研究の機会に恵まれていることから、任期付研究員等についても正職員と同様、大学等の研究室のみでは得難い現場における研究の機会を与え、その能力の開発に努めた。

・外部委員会への参画（研究者派遣）

研究成果の活用の推進を図るため、研究所として外部委員会への委員、講師等委嘱の受け入れ、研究者の派遣を行っており、令和 6 年度は表Ⅰ.5.(3).②.3 及び表Ⅰ.5.(3).②.4 のとおり実施した。このような継続的な取り組みにより、当研究所は産学官の間に立って橋渡しを行うことができる国立研究開発法人となっている。

表Ⅰ.5.(3).②.3 外部委員会への参画人数（行政設置の委員会は除く）

海上・港湾・航空技術研究所合計		389 人
	うち海上技術安全研究所	67 人
	うち港湾空港技術研究所	281 人
	うち電子航法研究所	41 人

表Ⅰ.5.(3).②.4 研究者派遣の実施件数

海上・港湾・航空技術研究所合計		58 件
	うち海上技術安全研究所	16 件
	うち港湾空港技術研究所	41 件
	うち電子航法研究所	1 件

特に、電子航法研究所においては、将来の航空交通システムに関する長期ビジョン（CARATS）を推進する協議会および傘下の会議体へ参加し、CARATS の実現に向けた検討・議論を積極的に実施し、航空交通分野における研究開発の推進に大きく貢献している。

また、昨今大きな期待が高まっている無人航空機（UAV；Unmanned Aerial Vehicle、いわゆるドローンを含む）の安全運航と社会実装推進に必要な技術開発と環境整備の実現を目的に活動する JUTM（Japan UTM Consortium、日本無人機運行管理コンソーシアム）の幹事および共同主査を務めており、産官学の連携による日本の航空業界の推進に重要な役割を果たしている。各種学会の委員活動も活発に対応しており、電子情報通信学会では通信ソサイエティの宇宙・航行エレクトロニクス研究会及びマイクロ波テラヘルツ光電子技術研究会、エレクトロニクスソサイエティのエレクトロニクスシミュレーション（EST）研究会の副委員長、幹事、専門委員、顧問を務め電子情報通信学会では学会への貢献が大きく且つ学問・技術・関連事業において顕著な功績が認められ、フェローの称号が授与されました。また、通信ソサイエティにおける論文査読等に関する献身的活動により、学会の学術交流活性化への貢献が認められ、通信ソサイエティの活動功労賞を受賞した。日本航空宇宙学会では、航空宇宙工学と航空宇宙産業の発展に貢献が認められ論文賞を受賞しました。さらに、日本学術会議 総合工学委員会・機械工学委員会共同フロンティア人工物分科会、計算科学シミュレーションと工学設計分科会、電気電子工学委員会 URSI 分科会・電離圏電波伝播小委員会及び電波資源利用ハーモナイゼーション小委員会で委員を務めた。

図Ⅰ.5.(3).②.1
フェロー称号記念盾（左）、通信ソサエティ活動功労表の賞状（左中、右中）、論文賞記念盾（右）

さらに、上記の他、表Ⅰ.5.(3).②.5 に示すとおり、船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術及び港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する各種規格・基準の策定作業に研究者が委員として参画し、研究成果の活用・普及に努めた。

表Ⅰ.5.(3).②.5 各種規格・基準の策定への参画事例（一部抜粋）

規格・基準等に係る委員会等の名称	発行機関等
■船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術に関する事例	
原子力規格委員会 放射線管理分科会	（一社）日本電気協会
海洋水質・生態系保護基準整備プロジェクト	（一財）日本船舶技術研究協会
危険物等海上運送国際基準検討委員会	（一社）日本海事検定協会
電気設備分科会／陸電装置に係る基準検討 WG	（一財）日本船舶技術研究協会
目標指向型復原性基準の策定に関する調査研究（目標指向型復原性プロジェクト）	（一財）日本船舶技術研究協会
電子傾斜計の型式承認試験基準検討会	（一財）日本舶用品検定協会
漁船用石油製品規格委員会	全国漁業協同組合連合会
表面効果翼船の技術基準等に係る基礎研究委員会	（一財）日本造船技術センター
■港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する事例	
「港湾・空港における水砕スラグ利用技術マニュアル」の改訂 審査委員会	一般財団法人 沿岸技術研究センター
港湾・海岸におけるフラップゲート式陸閘技術マニュアル改訂委員会	一般財団法人 沿岸技術研究センター
港湾・空港・海岸等におけるカルシア改質土利用技術マニュアル改訂委員会	一般財団法人 沿岸技術研究センター
「ビーチ計画・設計マニュアル改訂版」改訂のための編集委員会	一般社団法人 日本マリーナ・ビーチ協会
那覇港海域環境保全マニュアル改定検討委員会	那覇港管理組合
地盤調査規格・基準委員会	公益社団法人 地盤工学会
室内試験規格・基準委員会 WG6 ジオシンセティックス	公益社団法人 地盤工学会
ゴム防舷材耐久性証明運営・審査基準作成委員会	一般財団法人 港湾空港総合技術センター
港湾の施設の技術上の基準・同解説(施設編)検討委員会	公益社団法人 日本港湾協会
地盤設計・施工基準委員会 WG6 杭の鉛直載荷試験	公益社団法人 地盤工学会

基準改訂	
調査研究部門　地震工学委員会　耐震基準小委員会	公益社団法人　土木学会
令和 7 年度　那覇港(那覇ふ頭地区)道路(空港線)健全性評価検討委員会	一般財団法人　沿岸技術研究センター
登録海上起重基幹技能者講習試験委員会	一般社団法人　日本海上起重技術協会
海上起重作業管理技士認定試験委員会特別	一般社団法人　日本海上起重技術協会
カーボンニュートラルを視野に入れた基礎・地盤に用いるコンクリート系技術の土木・建築共通化に関する研究委員会	公益社団法人　日本コンクリート工学会
空港内の施設の維持管理等に係る検討委員会	一般財団法人　港湾空港総合技術センター
令和 7 年度羽田空港アクセス鉄道に係る技術検討委員会	一般財団法人　沿岸技術研究センター

・外部連携機能促進としての研修の開催

海上安全技術研究所においては、海事産業界への人材育成として、大学における造船専門教育カリキュラムの減少や造船系大学卒の就業者が減少をしている現状を踏まえ、若手研究員及び若手技術者が船舶海洋工学の基礎知識を短期集中で取得することを目的とした「船舶海洋工学研修」を令和 7 年 6 月に開催した。研修は、会場を設けず全日ライブ中継で実施し、あわせて 85 名が 14 日間の講義に参加した。

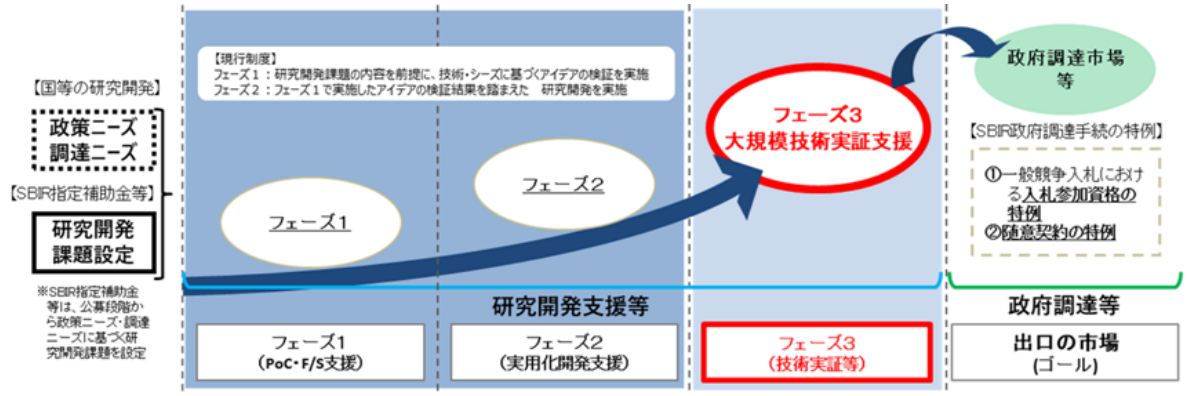
・SBIR 運営支援法人としての活動

港湾空港技術研究所は、国土交通省が実施する「SBIR(Small/Startup Business Innovation Research)フェーズ 3 基金事業（中小企業イノベーション創出推進事業）」(図Ⅰ.5.(3).②.2)における運営支援法人の一つに指定され、令和 5 年度から SBIR 運営支援法人業務室を設置して活動を行っている。

SBIR 制度は、スタートアップ等(革新的な研究開発を行う中小企業)によるイノベーション創出を支援し、成果の社会実装を目指すもので、事業期間は 5 年、社会実装はその後 5 年以内を目標としている。その活動内容としては、補助金申請支援や技術的助言を行っており、社会実装まで幅広く対応するものである。

令和 5 年度は「AUV(自立型無人潜水機)・ROV(遠隔操作型無人潜水機)を活用した港湾構造物の点検効率化・高度化に関する技術開発・実証」及び「空港業務の生産性向上に関する技術開発・実証」をテーマに 4 件が採択され、2 年目となる令和 6 年度には「ドローンを活用した港湾施設の点検・調査効率化に関する技術開発・実証」（図Ⅰ.5.(3).②.3）及び「船舶の係留施設への衝突リスク低減に資する安全かつ効率的な離着岸の実現に向けた技術開発・実証」をテーマに新たに 6 件が採択され、令和 7 年度においても引き続き計 10 件の支援を実施している。

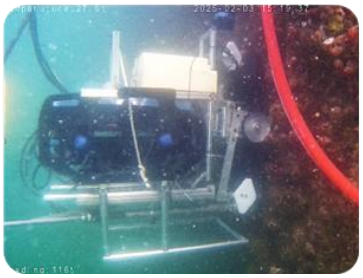
具体的には、月例の定期報告会、年 2 回のフォローアップ委員会で進捗フォローを実施しており、専門的課題にはアドバイザリーWG を設け、技術的課題の解決に向けた議論も行っている。



図Ⅰ.5.(3).②.2　SBIR フェーズ 3 基金事業（中小企業イノベーション創出推進事業 HP より）

■ 港湾施設の老朽化を解決すべく水中吸着ドローン（ROV：遠隔操作型潜水機）を開発
■ 港湾係留設備である鋼管・矢板の非破壊検査を実施
■ 目視検査だけでなく、反力を有する作業を実現

【水中吸着ドローンによる壁面吸着】



【開発技術のポイント・先進性】

■ 何でも掴む！万能ハンド！

■ 検査対象にピッタリ固定！測定精度の向上！

⇒港湾施設の予防保全に！洋上風力発電・ダムなどの施設にも適用可能！

図Ⅰ.5.(3).②.3 「ドローンを活用した港湾施設の点検・調査効率化に関する技術開発・実証」における「水中吸着ドローンによる自立非破壊検査」の概要

（4）研究成果の積極的な広報・普及

【中長期目標】

（4）研究成果の積極的な広報・普及

研究発表会、講演会、広報誌やパンフレット等の発行、研究所の一般公開や施設見学の実施、ホームページ掲載等の多様なツールを活用し、研究成果の迅速な社会還元や共同研究の促進のための情報発信や、研究活動の理解促進のための一般国民に向けた広報、学術誌への投稿等を通じた学術的進展への貢献等を積極的に行う。また、これらの活動を通じて効果的な情報交換や技術動向の把握等に努め、更なる研究活動の発展につなげる。

研究所が保有する知的財産権については、その有用性等を考慮し、コストを意識した管理を行いつつ知的財産の活用促進を図るとともに、技術のグローバル化に向けた国際特許の取得を戦略的に推進する。また、研究所の知的財産を広く社会に還元し、研究成果の社会実装に貢献するため、ホームページの活用等により保有特許の利用促進を図る。

【中長期計画】

（4）研究成果の積極的な広報・普及

研究発表会、講演会、広報誌やパンフレット等の発行、研究所の一般公開や施設見学の実施、ホームページ掲載等の多様なツールを活用し、研究成果の迅速な社会還元や共同研究の促進のための情報発信や、研究活動の理解促進のための一般国民に向けた広報、学術誌への投稿等を通じた学術的進展への貢献等を積極的に行う。また、これらの活動を通じて効果的な情報交換や技術動向の把握等に努め、更なる研究活動の発展につなげる。

研究所が保有する知的財産権については、その有用性等を考慮し、コストを意識した管理を行いつつ知的財産の活用促進を図るとともに、技術のグローバル化に向 けた国際特許の取得を戦略的に推進する。また、研究所の知的財産を広く社会に還元し、研究成果の社会実装に貢献するため、ホームページの活用等により保有特許の利用促進を図る。

【年度計画】

（4）研究成果の積極的な広報・普及

研究発表会、講演会、広報誌やパンフレット等の発行、研究所の一般公開、施設見学の実施、ホームページ掲載等の多様なツールを活用し、研究成果の迅速な社会還元や共同研究の促進のための情報発信や、研究活動の理解促進のための一般国民に向けた広報、学術誌への投稿等を通じた学術的進展への貢献等を積極的に行う。本年度期間中に研究発表会を9回以上、一般公開及び公開実験を8回以上実施する。

また、これらの活動を通じて効果的な情報交換や技術動向の把握等に努め、更なる研究活動の発展につなげる。

研究所が保有する知的財産権については、その有用性等を考慮し、コストを意識した管理を行いつつ知的財産の活用促進を図るとともに、技術のグローバル化に向けた国際特許の取得を戦略的に推進する。また、研究所の知的財産を広く社会に還元し、研究成果の社会実装に貢献するため、ホームページの活用等により保有特許の利用促進を図る。

◆年度計画における目標設定の考え方

中長期計画を踏まえ、研究成果の幅広い普及を図り、研究所の取組に対する理解の促進に努めるとともに、科学技術の普及啓発及び人材育成の促進に寄与するため、最新の研究を説明・紹介する発表会や講演会の開催、研究所の施設の一般公開等を計画するとともに、広報紙の発行やホームページの内容の充実を図ることとした。

研究所が保有する知的財産権については、グローバル化を踏まえ戦略的に取得するとともに、維持コストを

意識した管理、普及及び活用に努めることとした。

◆令和 7 年度における取組状況

令和 7 年度の研究発表会等については、講演会や研究発表会はうみそら研全体で目標 9 回に対して 10 回実施し、一般公開及び公開実験は目標 8 回に対して 14 回実施し、いずれも年度目標を過達した。研究開発を通じて得られた技術情報や研究開発の実施過程に関する様々な成果について、国や自治体等行政機関のプロジェクトや政策立案への技術支援や、産業界や学会との共同研究、各種委員会への研究者の派遣、研究発表会や講演会、施設見学や一般公開等々を通じて積極的に発信した。この結果、様々な社会還元活動を 805 件実施し、研究所職員を延べ 1,281 人動員し、発表会や講演会、施設見学、一般公開等の外部参加者は 13,707 人にのぼった。

また、研究成果を分かりやすく説明・紹介する広報誌やパンフレット等の発行や、ホームページ掲載等の多様なツールを通じて広報活動を積極的に行い、研究所の取組に対する理解の促進に努め、科学技術の普及啓発及び人材育成の促進に寄与した。

①情報発信

・海上技術安全研究所研究発表会

海上技術安全研究所では、令和 7 年 7 月 18 日、第 25 回研究発表会をハイブリッド形式（対面・オンラインの併用）で開催した。研究発表会では、「海技研の研究開発と社会実装の進展」というテーマで、10 件の口頭発表と、19 件のポスター発表（対面のみ）を行った。ライブ配信では、171 名、対面では 85 名の参加があった。

図Ⅰ.5.(4).①.1 海上技術安全研究所発表会の様子（令和 7 年 7 月）

・大型キャビテーション試験水槽 50 周年記念講演会

海上技術安全研究所の大型キャビテーション試験水槽は昭和 50 年（1975 年）に竣工し、令和 7 年度に稼働 50 周年を迎えた。これを記念して令和 7 年 11 月 14 日に 50 周年記念講演会をハイブリッド形式（対面・オンラインの併用）で開催し、125 名の参加があった。

図Ⅰ.5.(4).①.2 大型キャビテーション試験水槽 50 周年記念講演会の様子（令和 7 年 11 月）

・海上技術安全研究所講演会

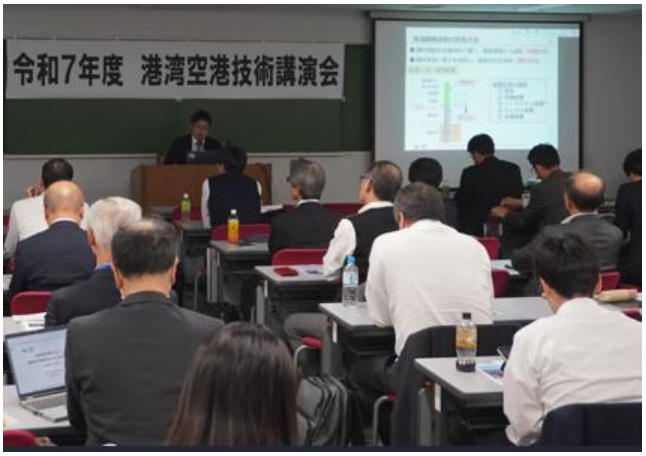
また、令和 8 年 1 月 23 日、第 25 回講演会をハイブリッド形式（対面・オンラインの併用）で開催した。講演会では、「海事産業における脱炭素と GX の最新動向」というテーマで、基調講演 1 件、外部講演 2 件および研究講演 2 件を行った。ライブ配信では 232 名、対面では 57 名の参加があった。

図Ⅰ.5.(4).①.3 海上技術安全研究所講演会の様子（令和 8 年 1 月）

・港湾空港技術研究所講演会

港湾空港技術研究所では、港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する調査、研究及び技術開発の成果を公表し、その普及に努めることを目的に、港湾空港技術講演会を令和 7 年 10 月 30 日に国土技術政策総合研究所と協力して開催した（会場とオンライン）（図 I.5.(4).①.3）。

本講演会は『洋上風力と予防保全』をテーマに、東京海洋大学　高橋英紀教授、東京科学大学　岩波光保教授の特別講演と、港湾空港技術研究所からは風・波・地震の連成を踏まえた洋上風力発電施設の応答解析や、新たな小型波浪計の開発と今後の展望に関する内容など 3 件を講演し、国土技術政策総合研究所からは効率的な維持管理に向けた既存港湾施設の BIM/CIM 構築手法について 1 件を講演した。講演会には会場とオンラインで合計 270 名の参加があった。



図Ⅰ.5.(4).①.4 港湾空港技術講演会の様子
（左図：岩波教授による講演、右図：研究者による講演）

・電子航法研究所研究発表会

電子航法研究所では、令和 7 年 6 月 13 日に第 25 回研究発表会を開催し、「GBAS の実用化と今後の展望」をテーマとした特別講演を 3 件、航空交通管理に関する研究（3 テーマ）、航法システムに関する研究（2 テーマ）、監視通信システムに関する研究（2 テーマ）について発表を行った。発表会はハイブリッド開催で行われ、対面 144 名、オンライン 392 名の参加があった。

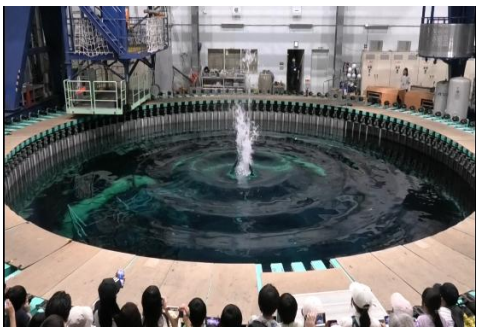
図Ⅰ.5.(4).①.5　電子航法研究所発表会の様子

②広報の充実

・研究所の一般公開

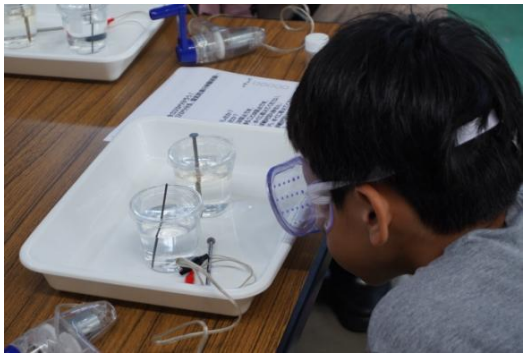
海上技術安全研究所と電子航法研究所は、交通安全環境研究所と合同で、研究施設一般公開を令和7年 4 月 19 日に開催し、小・中学生をはじめ、家族連れを中心に 5,394 名の来場があり、多くの人々で賑わった。

当イベントは毎年 4 月に実施される「科学技術週間」行事の一環として、上記 3 研究所が合同で一般の方々に向け、施設や研究等を公開しているものである。水槽施設を使用した波のダンスショー、船の航行体験、測位衛星の電波を利用して絵を描くイベント及びゲルマニウムラジオの作成など一般の方にもわかりやすい展示や体験などを行った。



図Ⅰ.5.(4).②.1　三鷹地区一般公開の様子
（海上技術安全研究所・電子航法研究所・交通安全環境研究所の合同）

港湾空港技術研究所は、国土技術政策総合研究所と合同で久里浜地区研究所として、6 月 7 日に、多くの見学アイテムを準備し一般公開を実施した。例えば津波・高潮のシミュレーション映像の紹介、振動台を使った地震の揺れや液状化の再現実験、水中バックホーや水中ドローンのはたらく水中ロボット等を展示し、514 人の来場者に興味を持って頂いた。研究活動の紹介においては、基礎研究から応用研究まで紹介し、それらの成果が国民生活にどのように役立っているか、関わっているか等の説明を行うとともに、展示パネルは子供でも読めるように平易にし、ひらがなを多くし、漢字にはひらがなを振るなど、より多くの人に理解してもらえるよう努めた。



図Ⅰ.5.(4).②.2　久里浜地区一般公開の様子
（港湾空港技術研究所・国土技術政策総合研究所の合同）

・研究所の公開実験

海上技術安全研究所では、研究所における特定の研究テーマについての研究内容を海事関係の専門家の方に理解いただき、また、来場の研究者との意見交換等を行うため、見学者を公募して行う実験公開を次表のとおり現地で 10 回開催し、合計 355 名の参加者があった。

表Ⅰ.5.(4).②.1　公開実験の実績

No.	開催日	公開実験のテーマ
1	R7.6.28	IRIS を使った模型船の波浪中試験
2	R7.7.18	多連結プッシャーバージに作用する波力計測試験
3	R7.7.18	「VDES（VHF データ交換システム）を利用した協調航行
4	R7.7.18	バイオ燃料分析とエンジン試験
5	R7.8.26	浮体式洋上風力発電小型模型の水槽実験
6	R8.1.22	構造用接着剤を用いた接合実験および環境装置による腐食実験設備
7	R8.1.23	GHG 削減技術の高度化に関する燃焼試験
8	R8.1.23	燃料の燃焼性・利用可能性・安全性の評価試験
9	R8.1.23	船体折損等の大きな事故の原因となり得る三角波の再現
10	R8.1.23	動揺管内の固気液三相流移送実験

図Ⅰ.5.(4).②.3　構造用接着剤を用いた接合実験および環境装置による腐食実験（令和 8 年 1 月）

港湾空港技術研究所では、横須賀市が主催する海について楽しく学べる体験型クラブ「横須賀海洋クラブ」のプログラムの一つとして、小中学生を対象とした公開実験を午前の部・午後の部に分けて開催した。

横須賀市内の小中学生を公募で募り、暮らしを支える港の役割の講義や地盤の液状化に関する体験実験などを行い、合計 19 名の参加者があった。

図Ⅰ.5.(4).②.4
暮らしを支える港の役割を伝える講義（左）
地盤の液状化に関する体験実験（右）
（令和 7 年 8 月）

・施設見学

各研究所では、政府や自治体、民間企業、学校や一般の方々等、研究所の施設見学希望に対応するため、年間を通じて見学対応を実施した。施設見学については、研究所の活動内容や社会的役割や研究実績等を広く理解してもらう絶好の機会と捉え、極力、希望者を受け入れるよう努めた。また、見学者からの質問には、分かり易い解説や説明で答えるなど見学者の理解が深まるように心がけた。令和 7 年度における 3 研究所の施設見学の件数は 117 件、見学者数は 1,544 名であった（一般公開を除く）。

・パンフレットや技術情報誌

海上・港湾・航空技術研究所のパンフレットを作成し、関係者に配布することで、研究所の体制や役割について積極的な周知に努めた。

港湾空港技術研究所では、港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する技術情報誌「PARI」を定期的に発刊して情報発信に努めている。毎号ごとに特集記事を選定して研究所の実験施設や研究実績や成果等を紹介し、「研究活動が国民の暮らしの向上にどのような役割を果たしているのか」等を分かり易く解説している。令和 7 年度においては、第 59 号（令和 7 年 4 月）の「Front Line −特集−」では「コミュニケーションが技術開発の鍵に これからの維持管理の方向性を探る」について、第 60 号（令和 7 年 7 月）の「Front Line −特集−」では「海洋開発を支援する新たなインフラ技術 マルチビームデータクラウドの可能性」について、第 61 号（令和 7 年 10 月）の「Front Line −特集−」では「内閣府 BRIDGE 採択課題 港湾施設の被災状況把握・利用可否判断の迅速化に向けて」について、第 62 号（令和 8 年 1 月）の「Front Line −特集−」では「港湾における気候変動適応策の実装に向けた取り組み 官民の港湾関係者の協働で高潮・高波による浸水リスクに挑む」について紹介した。

また、情報誌「PARI」を研究所に訪問される方々にも紹介して研究活動に興味を示して頂くことに努めるとともに、ホームページにも掲載して幅広い情報発信に努めた。

・ホームページ

各研究所では、ホームページを活用して、国民への情報発信に努めている。研究組織や研究成果、研究施設、セミナーやシンポジウムの開催、イベントやニュース、特許情報等の様々な事柄をタイムリーに掲載して情報発信した。

また、海上・港湾・航空技術研究所のホームページ（http://www.mpat.go.jp/index.html）のレイアウトを刷新およびイベントや研究成果等の最新情報を随時更新することにより、組織紹介、取り組み、各種計画や

規程等、特許や研究評価等の公開情報の充実を図った。

・紹介動画

海上・港湾・航空技術研究所の紹介動画を作成（紹介動画（約1分 ver）は、HP からも閲覧可能）し、情報発信ツールのさらなる強化を図った。

・地域貢献

海上技術安全研究所と電子航法研究所は、三鷹市をはじめとする近隣の自治体などと連携を進めており、小中学校の職場体験などを提供し、研究技術を活かして地域社会に貢献できるように努めた。

令和 7 年度は、三鷹中等教育学校の生徒が 3 日間にわたって、海上技術安全研究所と電子航法研究所で職場体験学習を実施した。1 日目は、海上技術安全研究所の 150m 水槽で模型船を使った浅水試験を行い、船体にかかる力と船体前後の浮き沈み距離を計測するなどの体験が行われた。2 日目は、電子航法研究所でモノつくり研究の体験として、研究員やスタッフと一緒にゲルマニウムラジオを制作して電波を感じる実験を行った。3 日目は、電子航法研究所で航空管制データを使い交通流を観察した結果について、プレゼンテーション資料を作成して発表会を行った。

また、海上技術安全研究所は、三鷹ネットワーク大学の企画講座「「船と海の科学」において、「海事分野における環境規制への取り組み」と題して講演を行い、船舶からの温室効果ガス（GHG）削減やその他の排ガス等による環境負荷低減のための技術の詳細などを紹介した。

・図書館の一般開放

海上技術安全研究所では、研究所内の図書館に所蔵している歴史的または学術研究用の重要で貴重な資料について、広く一般の方にも活用してもらえるように、各種規程類及び一般利用者の研究所内への入退所の手続き等の各種規程類を整備し、図書館の一般開放を引き続き実施した。なお、当該図書館は公文書等の管理に関する法律に基づく歴史資料等保有施設として内閣総理大臣より指定されている。

図Ⅰ.5.(4).②.5 うみそら研図書館の外観

・メールマガジンでの情報発信

海上技術安全研究所では、活動内容等をより迅速に紹介するため、メールマガジンとして、海技研メールニュースを配信した。

・スーパーサイエンスハイスクール（SSH）事業への協力

港湾空港技術研究所では、文部科学省における先進的な理数系教育を実施する高等学校等「スーパーサイエンスハイスクール（SSH）」を支援する事業として、神奈川県立横須賀高等学校の生徒を対象とした学習プログラムを例年実施している。令和 7 年 9 月には研究課題作成に係る指導に加え，我が国における港湾空港の重要性と研究所の業務との関連を紹介し、学習プログラムに対する生徒の関心の向上を図った。

・メディアを通じた情報発信

各研究所とも、メディアを通じて研究活動を幅広く紹介するため、テレビや新聞等の取材を積極的に受け入れて情報発信しており、3 研究所全体で 266 回の記事掲載があった。例えば、港湾空港技術研究所の長期暴露試験施設で研究している自己治癒コンクリートの暴露試験状況（自己治癒によるひび割れの閉塞）を研究者が説明する様子がテレビ放映された。

・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

港湾空港技術研究所では、平成 24 年度から土木学会建設用ロボット委員会と共催で本講習会を開催しており、水中機器類に関する国内外の技術動向や、今後普及が見込まれる技術とその活用方法について、講演と実際の機器の操作体験を通じて習得をすることを目的としている。令和 7 年度は、2 月 4 日、5 日に神奈川県平塚市において開催した。研究者による講演は、「水中ロボット点検を遠隔地から支援する情報システムの検討」と、「マルチビームデータクラウド AIMS について」を行った。

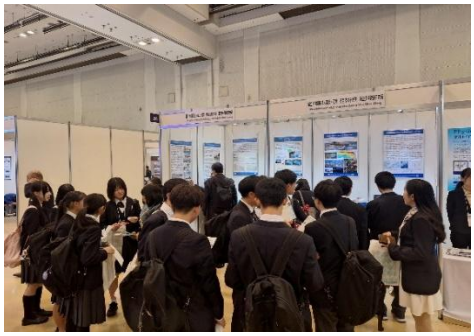
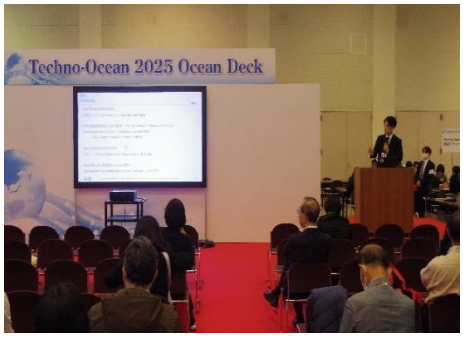
図Ⅰ.5.(4).②.6 ROV等水中機器類技術講習会の様子

・展示会等への参加

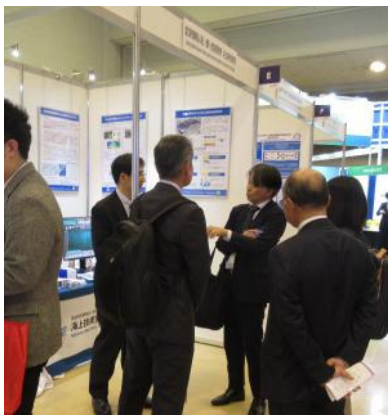
各研究所では、個々に開催されるような各種展示会にも積極的に参加して情報発信を行い、研究所のプレゼンス向上に努めた。

表Ⅰ.5.(4).②.2 展示会等の実績

研究所	展示会等	実施場所・時期	概要
海上技術安全研究所	バリシップ 2025	テクスポート今治 令和 7 年 5 月 22 日～24 日	模型を用いた遠隔操船の体験、内航研究将来検討チームによる模型を用いた実演、動画・パネルによる研究紹介を行った。
海上技術安全研究所	Techno-Ocean2025	神戸国際展示場 令和 7 年 11 月 27 日～29 日	展示ブースにおける施設紹介及び模型の展示、パネルセッション、講演を行った。
港湾空港技術研究所	Techno-Ocean 2025	神戸国際展示場 令和 7 年 11 月 27 日～29 日	海草・海藻藻場の分布および CO2 吸収量の推定やマルチビームデータ処理クラウドシステム等について、パネルや動画の展示と、ブース訪問者に説明、講演を行った。
電子航法研究所	仙台空港祭 2025	仙台空港 令和 7 年 10 月 11 日	仙台空港は実験用航空機「よつば」の運航拠点となっているため、空港祭では展示ブースで電子航法研究所の紹介を行った。

図Ⅰ.5.(4).②.7　Techno-Ocean2025 の展示ブース（左）とセミナーの様子（右）



図Ⅰ.5.(4).②.8　Techno-Ocean2025 の展示ブース（左）と説明の様子（右）

図Ⅰ.5.(4).②.9　仙台空港祭 2025　電子研イベントブースの様子

③特許の適切な管理・活用の取り組み

特許の出願・取得については、褒賞金の支払い等による出願のインセンティブ付与や、ホームページでの特許情報の公表など、知的財産に関する取り組みを推進している。また、一方で、特許申請に係る特許情報の公表など、知的財産に関する取り組みを推進している。また、一方で、特許申請に係る費用等について十分に吟味したうえで、知的財産管理活用委員会等において、事業性（特許が活用され、特許収入が期待できる）と特許性（新規性、発明の困難性などの特許が認められる一般的条件）を主な判断要素として出願等について審議するとともに、事業等への活用可能性についても検討を行うなど、厳格な手続きも実施している。

令和 7 年度における特許等の出願件数は 34 件、特許登録(取得)は 28 件だった。

表Ⅰ.5.(4).③.1　特許登録（取得）等の状況

出願	審査請求	特許登録（取得）
34 件	26 件	28 件

・知的財産の活用

令和 7 年度に活用された知的財産のうち、有償活用件数については、特許実施が 20 件、著作権（プログラム）の使用許諾に関する実施は 90 件であった。具体的な案件は表 I.5.(4).⑤.1 のとおりである。

収入については、特許料収入は 38 百万円、著作権収入は 34 百万円の収入があった。

※ ひとつの著作権及び特許権で、複数の相手方に実施している場合があるため、著作権等の実施件数と表に記載された著作権等の項目数は一致しない。

表 I .5.(4).③.1 令和 7 年度に活用された当研究所が保有する知的財産

No	知財の種類		知財の名称
	特許権	著作権	
船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術に関する研究開発等			
1	●		耐衝突性に優れた船体構造及び船体構造の設計方法
2	●		小型ダクト付きプロペラ及び船舶
3	●		波浪中抵抗増加低減ステップを備えた船体構造
4	●		操舵装置及びその操舵方法
5	●		二枚舵システム及び二枚舵システムを装備した船舶
6		●	非構構造格子による物体まわりの粘性流場計算プログラム（SURF）
7		●	GUIを用いた船体周り構造格子生成プログラム（HullDes）
8		●	複雑形状物体まわり流場計算のための重合格子処理プログラム（UP-GRID）
9		●	重合格子による物体まわりの粘性流場計算プログラム（NAGISA）
10		●	格子性能機能を備えた最適化プログラム（AutoDes）
11		●	日本近海の波と風データベース表示プログラム
12		●	全船荷重構造解析ならびに強度評価システム（DLSA-Basic）
13		●	wwjapan cloud V1（クラウド版日本近海の波と風データベース）
14		●	海技研クラウドサービス(HOPE Cloud)
15		●	海技研クラウドサービス OCTARVIA-web
16		●	船体形状・船体性能推定プログラム EAGLE-OCT
17		●	海技研クラウドサービス(GLOBUS cloud)
18		●	VESTA（実運航性能シミュレータ）
19		●	外航コンテナ定期船航路可視化プログラム
20		●	燃焼解析ソフトウェア HINOCA の噴霧関連サブルーチン
21		●	NMRIW-II：非線形運動及び波浪荷重推定プログラム
22		●	汎用疲労解析プログラム FATRUN/SPECTRUN Ver.2
23		●	要目最適化プログラム（HOPE Light）
24		●	実船モニタリングデータ解析プログラム SALVIA-OCT
25		●	海技研クラウドサービス SPREME-web
26		●	船舶まわりの定常粘性造波流場計算プログラム（NEPTUNE）
27		●	AUV オペレーションプログラム
港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等			
1	●		コンクリート舗装版裏込めグラウト材
2	●		高耐粉状化性の裏込めグラウトとその裏込めグラウト材
3		●	FLIPver.7
4	●		安心マンホール工法
5	●		コンクリート舗装版裏込めグラウト材

6	●		高耐粉状化性の裏込めグラウトとその裏込めグラウト材
7	●		鉄筋腐食測定器(Dr.CORR)
8	●		浸透固化処理工法
9	●		静的圧入締固め工法
10	●		ケーソン堤体構造物の防砂構
11	●		気泡式水質汚濁防止フェンス
12	●		港湾地域向け杭の RS プラス工法
13	●		波浪海上推論システム、学習システム、波浪海上風推論方法、およびコンピュータシステム
電子航法に関する研究開発			
1	●		カオス論的指標値計算システム等一式
2		●	補正情報生成プログラム等一式
3		●	ILS 電波干渉解析シミュレーターソフトウェア及び電波解析プログラム
4	●		移動体の測位方法及びその測位装置
5		●	マルチラテレーション目標追尾平滑処理ソフトウェア
6		●	測位補強サービス性能評価ツール
7		●	ILS 電波干渉解析シミュレーターソフトウェア(簡易版)
8		●	MLAT 位置精度判定ソフトウェア β 版
9		●	ILS 電波干渉解析シミュレーターソフトウェア
10	●		衛星航法システムにおける補正情報の伝送方法

・特許出願の奨励

研究者に特許出願のインセンティブを付与するため、令和 7 年度分の褒賞金及び実施補償金として 21,902 千円を支払い、特許取得のモチベーション向上を図った。

・知財研修の実施

知財に関する研修は、研究開発の初期段階から知財戦略を構築して計画的な出願を行い、強くて役に立つ特許を創出し、円滑に知財サイクルを回して行くことを目的として毎年実施している。R6 年度は「知的基礎研修」を、独立行政法人工業所有権情報・研修館(INPIT)の E ラーニングサービスを利用して実施した。

・保有特許の利用促進

各研究所で保有する特許や技術計算プログラム等は、社会基盤整備への迅速で積極的な利用促進に向けて、ホームページでの公開や、独立行政法人工業所有権情報・研修館の開放特許情報データベースでの公開等で広範な普及に努めている。

1）海上技術安全研究所の特許情報 HP

2）港湾空港技術研究所の特許情報 HP

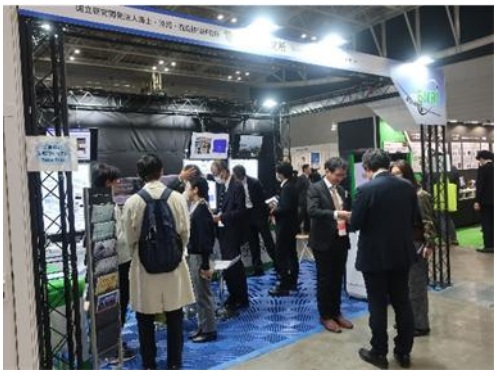
3）電子航法研究所の特許情報 HP

4）工業所有権情報・研修館の特許検索 HP

図Ⅰ.5.(4).③.2　特許情報の公開 HP

海上技術安全研究所では、研究成果を効率的・効果的に社会にアピールし、還元するための仕組みとして、所外の利用者に対して WEB を通じてサービスを提供する「海技研クラウド」を整備・運用しているが、過年度と同様、令和 7 年度も引き続き利用の増加傾向を維持しており、研究成果の効率的・効果的なアピール・還元につながっている。

また、電子航法研究所では、マイクロウェーブ展 2025 に出展し、研究成果の製品化を目的とした共同研究・開発の枠組みの説明や、知財の積極的な普及に努めた。



図Ⅰ.5.(4).③.3
2025 国際航空宇宙展における電子航法研究所展示ブースの様子
（令和 7 年 11 月 26 日～11 月 28 日）

6. 戦略的な国際活動の推進

【中長期目標】
6. 戦略的な国際活動の推進
　研究所は、上記1. ～4. における研究開発成果を活用し、国際基準・国際標準策定への積極的な参画や海外機関との連携を通じて我が国の技術及びシステムの国際的な普及を図る等の戦略的な国際活動を推進するため、次の事項に取り組む。

【重要度:高】 研究所による研究開発の成果を活用して戦略的に国際活動を推進することは、国土交通省の政策目標実現に不可欠であるため。

【中長期計画】
6. 戦略的な国際活動の推進

【年度計画】
6. 戦略的な国際活動の推進

(1)国際基準化、国際標準化への貢献

【中長期目標】
(1)国際基準化、国際標準化への貢献
　研究計画の企画立案段階から研究成果の国際基準・標準化を念頭に、国際的な技術開発動向及び我が国の技術の海外展開を踏まえつつ研究を実施するとともに、国際海事機関(IMO)、国際民間航空機関(ICAO)、国際標準化機構(ISO)、国際航路協会(PIANC)等への国際基準案の提案書作成等に対し、引き続き積極的に関与する。

【中長期計画】
(1)国際基準化、国際標準化への貢献
　研究計画の企画立案段階から研究成果の国際基準・標準化を念頭に、国際的な技術開発動向及び我が国の技術の海外展開を踏まえつつ研究を実施するとともに、国際海事機関(IMO)、国際民間航空機関(ICAO)、国際標準化機構(ISO)、国際航路協会(PIANC)等への国際基準案等の提案書作成に対し、引き続き積極的に関与する。また、我が国の提案実現のため、国際会議の審議に参画し、技術的なサポートを実施するとともに、会議の運営にも積極的に関与する。
　さらに、主要国関係者に我が国提案への理解醸成を図るため、戦略的な活動を行うとともに、我が国が不利益を被ることがないよう、我が国への影響及び適合性について技術的な検討を行うなど、他国の提案についても必要な対応を行う。
　このような国際的な活動を通じて、海外情報の継続的な収集・蓄積を行うことで、標準化動向や最新の技術動向を研究開発に反映させる。

【年度計画】
(1)国際基準化、国際標準化への貢献
　研究計画の企画立案段階から研究成果の国際基準・標準化を念頭に、国際的な技術開発動向及び我が国の技術の海外展開を踏まえつつ研究を実施するとともに、国際海事機関(IMO)、国際民間航空機関(ICAO)、国際標準化機構(ISO)、国際航路協会(PIANC)等への国際基準案等の提案書作成に対し、引き続き積極的に関与する。
　特に本年度は、海上交通の分野においては、船舶に係る海上安全に関する基準等の策定並びに海洋環境に係る国際基準化の活動に貢献する。
　港湾・空港整備の分野においては、港湾や航路等の施設整備に関する国際的な技術指針(ガイドライン)の策定等に貢献する。
　電子航法の分野においては、次世代の航空交通システムに係る国際基準の提案、検証、策定など、国際標準化の活動に貢献する。

また、我が国の提案実現のため、本年度計画期間中に国際会議の審議にのべ 76(人回)以上参画し、技術的なサポートを実施するとともに、会議の運営にも積極的に関与する。

さらに、主要国関係者に我が国提案への理解醸成を図るため、戦略的な活動を行うとともに、我が国が不利益を被ることがないよう、我が国への影響及び適合性について技術的な検討を行うなど、他国の提案についても必要な対応を行う。

このような国際的な活動を通じて、海外情報の継続的な収集・蓄積を行うことで、標準化動向や最新の技術動向を研究開発に反映させる。

◆年度計画における目標設定の考え方

世界的な交通の発展が期待されていることに伴い、交通機関の安全性の確保がとりわけ重要視されている。また、我が国運輸産業の国際競争力強化が喫緊の課題とされており、国際社会における主導的立場を維持していくため、我が国提案の国際基準・国際標準化を視野に入れた、戦略的な取組を進める。

上記の国際的な課題を解決するため、研究成果の国際基準及び国際標準化を目指して、国際会議への参加、さらには会議運営に参画することにより、我が国提案への理解醸成を図り、戦略的な活動を行う。また、他国の提案については、我が国が不利益を被ることがないよう、我が国への影響及び適合性について技術的な検討を行うなどの対応を行う。

◆当該年度における取組状況

・研究成果の国際基準・国際標準化

安全、円滑かつ効率的な交通の実現には国際基準・国際標準化作業が不可欠である。当研究所では国際海事機関(IMO: International Maritime Organization)、国際民間航空機関(ICAO: International Civil Aviation Organization)、国際標準化機構(ISO: International Organization for Standardization)、国際電気標準会議(IEC: International Electrotechnical Commission)、国際原子力機関(IAEA: International Atomic Energy Agency)、国際航路協会(PIANC:The Permanent International Association of Navigation Congresses)をはじめとする国際基準化、標準化に関わる会議へ積極的に参加している。令和 7 年度においては、目標である 76 人回を上回るのべ 156 人回が参画し、国際的な発展に資するとともに、我が国の国益を確保するための活動を行っている。

海上技術安全研究所は、我が国提案の技術的バックボーンを提供し、各国提案に対して技術的観点から意見を提示できる研究機関の地位を確立しており、IMO での会議が開催される度、国内で開催される事前の検討会議、IMO への提案文書作成、IMO での審議への参加等においてほとんどの場面で高い技術的知見の提供により、政府を支援した。提案文書は、単なる提案にとどまらず、会議での議論のベースとしてことごとく将来の条約制定・改正や総会決議に影響するものであるため、科学的根拠に基づく客観的な情報に立脚したものである必要がある。海上技術安全研究所は、我が国では中立的立場で国際的に信頼の高い情報を提供できる唯一の機関として、令和 7 年度は、各種委員会に対して合計 25 件の我が国提案文書を作成し、あるいは、作成に主たる役割を果たした。

電子航法研究所は、ICAO の技術標準案を検討する専門家会議(パネル会議)にパネルメンバーとして参加する航空局を支援し、研究成果を活用して技術標準作成に必要なデータや試験評価に関する技術資料を提供するとともに、作業部会等の国内開催を支援している。また、ICAO のみならず、RTCA や EUROCAE(米国／欧州の非営利団体。航空に関する技術基準作成や提言等を行う。)における活動に対しても積極的に参加し、国際標準の策定に貢献している。

港湾空港技術研究所は、PIANC を構成する各委員会やワーキンググループに研究者を派遣して、港湾・航路等の技術的課題に関するレポートの作成などその活動を支援し、各種ガイドラインへの日本の港湾技術の導入など、戦略的な国際活動の推進に貢献している

(ア)IMO における活動

IMO は、海事に関する安全・環境に関わる国際基準を検討する機関であり、種々の専門会議において技術的裏付けに基づき妥当性のある基準を目指して審議が行われている。基本的に政府からの出席者が日本代表を務め、関係する政府担当者や関係団体、メーカー等の専門的知見をもって日本提案を作成し、その実現に努めている。

令和 7 年度においては、海上技術安全研究所は 25 本の提案文書等の策定に貢献した。

また、海上技術安全研究所は、日本提案を実現させるために、該当する専門分野の研究者を積極的に IMO に出席させており、令和 7 年度は、のべ 30 名を IMO の関係会議（IMO の議題にリンクして他の国際機関で開催された会議を含む。）に出席させた。

・化学物質の安全及び汚染危険性を考慮した運送要件策定への貢献

当所職員は、2026 年 2 月に開催された IMO/PPR 13（汚染防止及び対応小委員会第 13 回会合）において、化学物質の安全及び汚染危険性と IBC コードの改正準備及び高融点及び/又は高粘度の製品の貨物タンクストリッピング、タンク洗浄作業及び予備洗浄手順の有効性を改善するための海洋汚染防止条約（MARPOL 条約）附属書Ⅱの改正の審議を担当した。また 2025 年 11 月に開催された PPR 小委員会の会期間会合である IMO/ESPH 31（化学物質の安全/環境汚染危険性の査定に係る作業部会第 31 回会合）においても全般的に審議を担当し、官庁出席者を補助した。更に各国提案文書を検討して各貨物の運送要件が IBC コード等に照らし適切なものとなる様に会議でコメントし、審議に貢献した。当所職員は引き続き、IBC コード及び海洋汚染防止条約（MARPOL 条約）附属書 II の見直しに取り組んでいく。

表Ⅰ.6.(1).①.1　IMO に係る会議参加数（30 人）

会議名	会議の目的	参加延べ人数
第 1 回大気汚染及びエネルギー効率に関する中間作業部会（ISWG-APEE 1）	WtW の GHG 排出係数	2
第 83 回海洋環境保護委員会（MEPC 83）	NOx テクニカルコードの改正案ほか	3
第 110 回海上安全委員会（MSC 110）	義務規則改正の検討と採択	2
第 2 回 IMO 代替燃料中間作業部会（ISWG-AF 2）	水素を燃料に用いる船舶の安全に関する暫定指針最終化の審議	2
第 11 回貨物運送小委員会（CCC 11）	IMSBC コード及び補遺の改正の審議ほか	5
第 43 回編集・技術グループ（E&T 43）	放射性物質の隔離距離及び積載制限の表に関する提案文書の審議	1
海上安全委員会 第 4 回自動運航船 会期間作業部会 （ISWG-MASS 4）	MASS コードパート 3 の第 15 章（人的要素）に関する課題の審議ほか	2
海洋環境保護委員会 臨時会合（MEPC/ES.2）	海洋汚染防止条約（MARPOL 条約）附属書 VI 改正起草会参加・条約改正案仕上げ	2
第 20 回 GHG 中間会合（ISWG-GHG 20）	IMO Net-Zero Framework におけるガイドライン、温室効果ガス評価（LCA）枠組み、第 5 回 IMO GHG Study における付託事項などの検討	1
第 31 回化学物質の安全/環境汚染危険性の査定に係る技術部会（ESPH 31）	高融点/高粘度の物質に対する貨物タンクストリッピング、タンク洗浄作業、予備洗浄手順の効率を改善するための海洋汚染防止条約（MARPOL 条	1

	約）附属書 II の改正などの審議	
第 12 回船舶設計・建造小委員会（SDC 12）	推進操舵装置に関する SOLAS 条約及び関連文書の改正」に関する審議ほか	2
第 13 回汚染防止・対応小委員会（PPR 13）	船舶の生物汚損に関する法的拘束力のある枠組み策定ほか	4
第 12 回船舶設備小委員会（SSE 12）	生存艇の換気のための新要件の策定、SOLAS 条約附属書第 III 章及び LSA コードの見直し、イマーション・スーツの保温性など各種救命設備規則に係る議題の審議	2
第 44 回編集・技術会合（E&T 44）	IMSBC コード改正案の審議	1

（イ)ISO 及び IEC における活動

令和 7 年度は ISO 及び IEC の会議にのべ 23 名 が出席し、各種規格のプロジェクトリーダー、コンビーナを務めており、規格策定作業に貢献した。

・船底防汚塗料の性能評価に関する国際規格発行への貢献

当所職員は、ISO/TC 8/SC 2/WG5（国際標準化機構/船舶及び海洋技術専門委員会/海洋環境保護分科委員会/船底防汚システム）プロジェクトリーダーとして審議を主導し、実験室内での生物試験に基づき、船底防汚塗料の防汚性能を評価する国際規格群「ISO 21716 シリーズ」の開発に貢献してきた。そして 2025 年 8 月には、新たに第 4 部「藻類」（ISO 21716-4:2025）が追加・発行された。本規格は、船底防汚塗料の褐藻に対する防汚効果について、実験室レベルで科学的に評価するための生物試験法を、世界で初めて標準化したものである。本規格の策定にあたり、当所職員が研究成果を元に草案を作成し、褐藻類であるシオミドロ属について、色彩や色度（色空間パラメータ）の変化を指標として、成長抑制効果を評価する試験法を確立した。本規格の発行により、船底防汚塗料の性能評価に関する国際規格体系が完結し、船体付着生物による汚損に起因する諸問題の解決に寄与することが期待される。

表 I .6.(1).①.2 ISO、IEC に係る会議参加数（23 人）

会議名	会議目的	参加延べ人数
ISO/TC 8 CSAG & SC 25	TC 8 の標準化に関する戦略方針の策定および海事における温室効果ガス削減に関する標準化の検討	1
ISO/ TC 8 /SC 2 WG 13	水中洗浄関連	1
ISO TC8/SC2 及び WG 3、WG 5、WG 11、WG 14	SC 2 の年間活動の報告及び日本の新規提案「実海域における燃料消費量及び推進性能の評価手法」について WG 新設などを承認ほか	9
セキュリティ及びレジリエンス 技術専門委員会 第 15 回サプライチェーン セキュリティ作業委員会 (ISO/TC 292/WG 8)	ISO/WD 28018（サプライチェーンにおける ISO 28000 の適用及び実施の指針）に関する各国からのコメント対応を審議	1
国際標準化機構（ISO）船舶及び海洋技術専門委員会（TC 8）航海及び操船分科委員会（SC 6）	Convenor を務める ISO 19697 (Electronic inclinometers)に関する報告	1

第 20 回 Online 会合		
国際電気標準会議意 第 80 技術委員会(IEC/TC 80)	小型船をターゲットとした簡易型 VDES の規格策定の提案など航海及び無線通信機器の IEC 試験規格の策定	1
ISO/TC 8/ 海洋環境保護(SC 2)/ 船舶防汚システム(WG 5) Online 会合	N100(Comments of ISO 25159-TR-202511)に関する審議	2
ISO/TC 8/ スマートシッピング分科委員会(SC 26)第 2 回総会	自動運航船に関連する各規格案の審議	1
ISO/ TC61/ SC13	ランダム配向 FRP のランダム性を評価するための新しい試験法に関する審議	1
ISO/TC 8/SC 2/WG 15	ISO 25817-1、ISO 25817-2 作成に関する審議	2
ISO/TC8/SC6/WG9	コンビーナ及びプロジェクトリーダーとして ISO/DIS1967(Revision of ISO 1967:2016)に関する審議に貢献	1
ISO TC20 SC16 WG8	無人航空機の国際標準化	2

(ウ) IAEA における活動

令和 7 年度は、IAEA の会議にのべ 5 名が出席し、放射性物質安全輸送規則等の審議に貢献した。

・IAEA 放射性物質安全輸送規則改訂への貢献

当所職員は、IAEA(原子力機関)の TRANSSC(輸送安全基準委員会)にて、国内関係者の意見を集約し我が国の副代表として審議に貢献した。また、2024 年 6 月からは TRANSSC に設置された 4 つの技術専門家グループの一つ TTEG-OM(輸送実務)の議長を務めており、IMO/CCC/E&T39 から IAEA に提出された放射性物質の積載制限に関する質問事項への回答案を TTEG-OM 内で作成し、2025 年 6 月に開催された TRANSSC50 に報告し承認を受けた。この回答案は、IAEA 事務局から CCC 11/6/6, “Amendments to the IMDG Code and supplements, Response to the questions raised by E&T 39 on open-type freight containers”として IMO に提出され、CCC11 及び E&T43 における審議を経て、IMDG コード Amdt.43-26 改正案に取り込まれた。本改正案は、2026 年 5 月の MSC 111 で採択され、2027 年 1 月に国内規則として施行される見込みである。当所職員は引き続き、我が国副代表及び TTEG-OM 議長として、IAEA 等での放射性物質安全輸送のための活動に取り組んでいく。

表Ⅰ.6.(1).①.3 IAEA に係る会議参加数(5 人)

会議名	会議の目的	参加延べ人数
第 50 回輸送安全基準委員会(TRANSSC 50)	安全基準文書(DS546 輸送物における経年変化・保守安全指針等)	1
使用済燃料貯蔵・輸送兼用キャスクの運用及び保守に関する第 2 回専門家会合(CS 2502512)	TECDOC1532 改定草案の作成	1
IAEA-TRANSSC 51 (第 51 回 輸送安全基準委員会)	安全基準草案及びの文書作成計画書等の承認、各 TTEG の課題解決と今後について	1
IAEA-CM-2502019	放射性物質安全輸送規則助言文書草案作成	1

（第 2 回 放射性物質安全輸送規則助言文書 SSG-26 改訂専門家会合）		
IAEA-CM-2600843 （第 3 回 放射性物質安全輸送規則助言文書 SSG-26 改訂専門家会合）	放射性物質安全輸送規則助言文書草案作成	1

(エ)PIANC における活動

国連の経済社会理事会の諮問機関に指定されている国際航路協会（PIANC）は、内陸水路委員会（InCom）、海港委員会（MarCom）、環境委員会（EnviCom）、レクリエーション水路委員会（RecCom）、国際協力委員会（CoCom）、若手技術者委員会（YPCom）の下に、多数のワーキンググループを設置し、港湾・航路等の技術的課題に関するレポートを作成しており、これらは世界の港湾・航路技術者の指針となっている。

港湾空港技術研究所は、令和7年度には MarCom（海港委員会）、EnviCom（環境委員会）、さらに若手技術者を対象とした YP-Com（若手技術者委員会）への日本代表として研究者が参加したほか、令和6 年度に続き、直立防波堤のガイドラインの更新に貢献するなど、戦略的な国際活動の推進に重要な役割を果たしている。

表 Ⅰ.6.(1).①.4 PIANC に係る会議参加数（11 人）

会議名	会議の目的等	参加延べ人数
PIANC MarCom WG225	港湾施設の耐震設計ガイドラインについて	3
PIANC MarCom WG250	直立防波堤のガイドラインの更新について	2
PIANC WG256	港湾・航路管理とブルーカーボンに関するレポート取りまとめ	2
PIANC-EnviCom	港湾や航路の環境問題に対応するための技術者委員会	1
PIANC YP-Com	若手技術者ネットワーク促進のための代表者会議	1
PIANC AsianSeminar	最新の知識と技術を共有するためアジアの著名な研究者による生態系の再生，ブルー カーボン，生態・環境データ分析，アジア各海域の海洋環境の経済評価などのトピックについての講演	1
PIANC WG164	増深技術マニュアルの作成について	1

(オ) ICAO、RTCA、EUROCAE における活動

ICAO は、国際民間航空条約（通称 シカゴ条約）に基づき設置された国連の専門機関であり、国際航空運送に関する国際標準・勧告方式、ガイドライン、マニュアルの策定等を行っている。シカゴ条約附属書やその他の ICAO 文書で定められる国際標準の改正や新たな標準の策定は「パネル」と呼ばれる専門家会議で議論される。パネル内の詳細な作業は各パネルに設置される作業部会（WG）で行われる。我が国では航空局職員がパネルメンバーとして登録されているが、国際標準の実質的な骨格を決める高度かつ詳細な技術検討を行うため、パネルや作業部会に、電子航法研究所の研究員がパネルメンバーのアドバイザーとして出席し支援を行っている。

これに加え、 RTCA や EUROCAE が米国や欧州域内の技術基準を定めている。そして米連邦航空局(FAA)若しくは欧州航空航法安全機構(Eurocontrol)及び欧州航空安全機関(EASA)は、米国内や欧州域内を飛行する航空機の機器と地上設備が RTCA や EUROCAE 規格に準拠することを要求している。近

年は RTCA と EUROCAE で協力して技術基準を定めることが多く、欧米の技術基準が事実上の国際標準となっている。このため電子航法研究所は、国際標準の策定に貢献するために、条約附属書による標準を策定する ICAO だけでなく、戦略的な観点から、事実上の国際標準を決めることとなる RTCA や EUROCAE における活動にも貢献するよう積極的に取り組んでいる。

・ICAO 航空交通管理要件・能力検討パネル（ATMRPP）への貢献

ICAO 航空交通管理要件・能力検討パネル（ATMRPP）では、将来の空域需要を見据え、利用可能な CNS システムを踏まえた軌道ベース運用や、飛行および飛行情報のグローバルな共有の在り方について検討が行われている。当所職員は ATMRPP のワーキンググループに参画し、定期的に技術動向や最新研究成果を Information Paper（参考情報）として共有および諸議題への意見を行ってきた。今年度は、機械学習を用いた上昇フェーズにおける航空機軌道予測精度の向上に関する研究成果を発表し、将来の航空交通管理システムに関する議論の深化および検討の促進に貢献した。

・SBAS 認証と北極域 DFMC SBAS の利用への貢献

近年、衛星航法補強システム（SBAS）の信号を受信できる受信機が、SBAS の信号をジャミングやスプーフィング等の影響を受けることなく正しく受信していることを確認する認証機能である、SBAS 認証の実現が進められている。当所職員は ICAO 航法システムパネル (NSP) SBAS Authentication ad hoc に参加し、国際標準(SARPs)案の改良提案に対応するとともにプロトタイプソフトウェアを用いたメッセージの検証を実施した。

また、準天頂衛星から放送される二周波複数衛星系(Dual Frequency Multi Constellation) SBAS の北極域での標準化に向けた取り組みを進められている。北極域は海氷面積の減少に伴って SBAS の需要が拡大すると考えられているが、北極域は SBAS 信号が届かない領域である。準天頂衛星からは DFMC SBAS メッセージが試験的に放送されており、北極域で利用できるように標準化することが期待されている。このために北極域では観測を進め、観測データを根拠とした性能評価結果を「ICAO Navigation Systems Panel (NSP) –JWGs 15」で報告をした。

・SWIM 実現に向けた貢献

現在、国・地域ごとの単独運用方式からグローバルな協調運用方式へのシフトを現実するため、SWIM（System Wide Information Management）により、運航に係る様々な情報をシステムや関係者間で共有し、相互運用性と協調性の実現が進められている。当所職員は、ICAO Information Management Panel (IMP)、ATM Requirements and Performance Panel (ATMRPP)、Trust Framework Panel (TFP) といった多数の会議にて報告を行うことで、関連技術の基準作成に貢献している。

APAC 地域におけるセキュアな SWIM 基盤を構築するため、SWIM TF/10 において、情報セキュリティを確保する認証基盤（PKI）の必要性について報告した。また、日本の提案により CNS SG の下に ANS Information Assurance Task Force（ANSIA TF）が設立され、作成した Terms of Reference および提案した地域情報信頼基盤の構築方法に基づいて関連技術基準の策定が進められている。

APAC 地域において SWIM に基づく軌道ベース運用（TBO）を実現するため、APAC TBO Pathfinder FF-ICE/R1 Lab Demo において確認された運用面と技術面の課題に対して、地域共通の運用ルールおよび SWIM 技術基準の検討・策定を推進している。その一環として、日本主催の APAC TBO Pathfinder FF-ICE/R2 Tabletop Exercise を 2026 年 2 月 24 日から 27 日まで中部国際空港で開催された（Ⅰ.6.(1).①.5）。

図Ⅰ.6.(1).①.5　APAC TBO Pathfinder FF-ICE/R2 Tabletop Exercise@中部国際空港

・ICAO 監視パネル（SP）への貢献

ICAO SP では、航空機監視システムの国際標準・技術マニュアル等規定類の取りまとめが行われている。当所研究員は、先進型地上走行誘導管制システム（A-SMGCS）のマニュアル改訂提案を行い改訂が承認された他、新しい通信規格として通信パネルが提案している L バンドデジタル通信システム（L-DACS）の航空監視技術との電波干渉試験の結果報告、1030-1090 MHz の信号環境と交通密度に関する検討事例、ADS-B の性能指標に関するドキュメント改定提案、24GHz 帯の新たしいレーダー技術の紹介といった多数の貢献をした。

・ICAO 管制間隔・空域安全パネル（SASP）への貢献

ICAO SASP では、空域および空港における航空機処理容量に関して、将来需要や利用可能な CNS システム、ならびに合意された安全性基準を踏まえ、他国と連携しながら管制サービスおよび関連する管制間隔の検討を行っている。 当所職員は、到着機における滑走路占有時間と後続機との縦間隔の関係について、実データに基づく定量分析を実施し、最終進入間隔基準の短縮に関する妥当性を安全性評価の観点から検証する方針を確立した。

・アジア太平洋地域における GBAS 及び SBAS 導入促進への貢献

アジア太平洋地域では、各国における空港運用の高度化や安全性向上の観点から、GBAS および SBAS の導入に対する関心が近年高まっている。このような状況を踏まえ、GBAS/SBAS Implementation Task Force（GBAS/SBAS ITF）が設置され、運用事例、技術的課題、導入手順等に関する議論が継続的に行われている。本タスクフォースでは、単なる情報交換にとどまらず、アジア太平洋地域特有の電離圏環境や空港配置、運用要件等を考慮した導入ガイダンスの作成を進めており、各国が実際に導入を検討する際の参考資料としての活用が期待されている。 さらに、ICAO 総会においては、磁気低緯度地域特有の強い電離圏擾乱が GBAS 運用に与える影響について事前に評価し、当該地域における GBAS の利用可否を検討する取り組みの重要性が指摘されている。これを受け、アジア太平洋地域に多く存在する低緯度・赤道近傍の空港において、電離圏変動の特性把握やリスク評価を実施し、導入判断に資する技術的知見の蓄積が求められている。

当職員はこれらの国際的な動向を踏まえ、JICA プロジェクトと連携し、ネパールにおける GBAS 導入検討を支援するための技術協力を実施した。具体的には、現地 GNSS 観測データを用いた電離圏環境の解析手法について技術指導を行うとともに、GBAS 運用に影響を及ぼす電離圏勾配や擾乱発生頻度の評価方法について助言を行った。また、解析結果の解釈や導入判断に向けた評価手順についても議論を行い、ネパール側技術者の能力向上および将来的な GBAS 導入検討の基盤構築に貢献した。

・GBAS 標準化への貢献

二周波・複数衛星系(DFMC)を用いた地上型衛星航法補強システム(GBAS)の SARPs 案の策定が進められている。当所職員は NSP GBAS 作業部会(GWG)の SARP Drafting Group に中心メンバーとして参画し、DFMC GBAS メッセージフォーマットの一部提案とその地上・飛行実験データを用いた検証など、DFMC GBAS SAPRs 案策定における複数の課題を主導して解決した。また、新たに策定されることとなっているICAO GBAS マニュアルについて、執筆グループリーダーとして執筆及び取りまとめを行っている。

・ICAO 航法システムパネル(NSP)への貢献

ICAO NSP では、航空航法システムの国際標準・技術マニュアル等規程類の取りまとめが行われている。NSP における国際標準の策定においては、基準の妥当性を検証するための、検証ワーキンググループ(VWG)と呼ばれる独特の枠組みが用いられている。当所研究員が新たに VWG のリーダー(ラポータ)に選出され、NSP が策定する国際標準の品質を高く保つために貢献している。

表Ⅰ.6.(1).①.6 ICAO、RTCA、EUROCAE に係る会議参加数(75 人)

会議名	会議の目的	参加延べ人数
通信パネル(ICAO CP)	航空で使用される通信システムの国際標準・技術マニュアル等規定類の取りまとめを行う会議	3
航法システムパネル(NSP)	航空で使用される航法システムの国際標準・技術マニュアル等規定類の取りまとめを行う会議	6
監視パネル(ICAO SP)	航空機監視システムの国際標準・技術マニュアル等規程類の取りまとめを行う会議	25
航空交通管理要求・性能パネル (ICAO ATMRPP)	4DTBO、FF-ICE 等、将来の航空交通管理を支援する施策検討を行う会議	2
周波数スペクトラム管理パネル (ICAO FSMP)	航空で使用される無線システムの周波数と他の無線システムとの干渉を防止するための会議	2
トラストフレームワークパネル(ICAO TFP)	サイバーセキュリティに対応するためのトラストフレームワークに関する検討を行う会議	2
管制間隔・空域安全パネル(ICAO SASP)	安全性を考慮して管制サービスや関連する管制間隔の検討を行う会議	2
航法乱気流特別作業部会(WTSWG)	航法乱気流管制方式の基準策定を行う作業部会	2
アジア太平洋地域 GBAS/SBAS Implementation タスクフォース (ICAO APAC GBAS/SBAS ITF)	アジア太平洋地域における GBAS/SBAS の導入プランについて議論を行う会議	1
アジア太平洋地域監視実施調整会議 (ICAO APAC SURICG)	アジア太平洋地域における航空機監視システムの導入を調整・支援することを目的とした会議	2
アジア太平洋地域 SWIM タスクフォース (ICAO APAC SWIM TF)	アジア太平洋地域における SWIM 導入に向けた諸課題の解決策の検討を行う会議	3
アジア太平洋地域 SWIM 実装パイオニアグループ (ICAO APAC SIPG)	アジア太平洋地域における地域 SWIM 実装について議論を行う会議	2
ICAO AAM SG	ICAO の AAM (Advance Air Mobility, 空飛ぶクルマとも呼ばれる) のビジョンを明確化することを目的としたスタディグループ	1
ICAO APAC FF-ICE Ad-hoc Group Meeting	アジア太平洋地域における SWIM に基づく協調運	5

	用方式(FF-ICE)の実現に向けて，地域共通の運用基準の検討および地域 FF-ICE 実現計画の策定を行う会議。	
ICAO IFPP WG	ICAO の IFPP(飛行方式パネル)で進入・出発方式の設計の国際基準の改訂等を行う作業部会	1
ICAO RASMAG MAWG	アジア太平洋地域の地域レベル及び国際空域内の空域の安全性能をレビュー等するための会議	2
ICAO ANSIA TF	アジア太平地域における SWIM の情報セキュリティの相互接続を検討するタスクフォース	2
ICAO APANPIRG CNS SG	ICAO におけるアジア太平洋地域の航空航法計画を検討する会議の CNS サブグループ	1
EUROCAE WG-100	リモートタワー業務に使われる外部センサー等に関する検討を行う作業部会	9
EUROCAE WG-107	APNT を DME で構築する技術に関する検討を行う作業部会	1
Hyperconnected Air Traffic Management (HCATM) Subcommittee	空地航空通信の一部へ民生用通信を導入するための技術および規格検討を行う作業部会	1

(カ) ISSC 等における活動

国際船体海洋構造物会議(ISSC:International Ship and offshore Structure Congress)は、船舶・海洋構造物に関する最新の研究・技術動向の取りまとめを行う、船舶海洋分野では最も権威のある国際学会の1つである。同学会では、推薦指名されたものだけが委員となることができる。R7年度、当所から 3 名の委員が選出されていることは特筆すべきことであり、それぞれの専門の技術委員会に参加して貢献している。それぞれの技術委員会での活動内容は下記のとおりである。

I.2 Loads(荷重):船舶海洋構造物に作用する波浪荷重をはじめ、静荷重、氷荷重、風荷重の予測や評価法について研究動向を調査報告。

V.1 Limit State During Accidental and Damaged Conditions(事故時/損傷時限界状態): 船舶海洋構造物の事故時の数値計算手法、リスク評価、事故を考慮した設計法等に関する最新の研究動向を調査報告。

V.4 Offshore Renewable Energy(海洋再生可能エネルギー):海洋再生可能エネルギー(着床式風力、浮体式風力、波力、潮流、太陽光、その他)の最新のプロジェクト動向、技術開発や解析手法のトレンド調査。

表 I .6.(1).①.7 ISSC 等に係る会議参加数 (12 人)

会議名	会議目的	参加延べ人数
国際試験水槽会議評議員会(ITTC/AC)第 31:2 回会議	各技術委員会の状況報告と WG 別審議	1
GESAMP/EHS 第 62 回会合	液体有害物質の人体健康影響、海洋影響の評価	1
第 31 期 ITTC FSSPC(Full Scale Ship Performance Committee	Procedure/Guideline の新規及び改訂案についての審議、他 TOR の進捗報告	1
第 22 回国際船舶海洋構造会議(ISSC 2025)	全委員会の 3 年間の活動報告を審議および平板衝撃落下シミュレーションに関する報告ほか	3

International Ship Stability Workshop 2025	第二世代非損傷時復原性基準への影響に関する調査報告および審議	1
ITTC 第 31 回 Stability in Waves Committee	波乗り/ブローチングと過大加速度の外挿法の更新など ITTC 推奨手順及びガイドラインに関する協議	1
ITTC FSSPC (Full Scale Ship Performance Committee) 31 期第 2 回対面会合	シミュレーションベースでの検討結果(コンテナ船等)について報告	1
船体付着生物管理のための IMO 法的枠組みの共同提案に関する国際会議	PPR 13 に提出予定のコメント文書について共同提案国において協議	1
ITTC- Manoeuvring Committee(MC) 第 2 回対面会合	低速操縦性関連の改正、IMO 操縦性規則改正審議の経緯や情報共有、次回会合(ホスト)の調整	1
第 31 期 ITTC FSSPC(Full Scale Ship Performance Committee)	AC の他委員会との連携、ToR の進捗および次回会合に関する審議	1

(キ)その他国際会議

他にも多国間、二国間での会議が多くあり、当研究所が参加している国際会議には、次のようなものがあり、各種審議等に貢献した。

表Ⅰ.6.(1).①.8 その他国際会議における会議参加数(51 人)

会議名	会議目的	参加延べ人数
国際地盤工学会技術委員会	地震地盤工学に関する技術委員会	1
Coastal Dynamics	沿岸域の物理・地形・環境プロセスに関する国際学術会議	1
OCEANS2025	海洋・沿岸・水中技術分野における国際会議	1
44th International Conference on Ocean Offshore & Arctic Engineering (OMAE2025)	海洋・海洋構造物・オフショア・極域(寒冷地)工学分野に関する国際会議	1
SPHERIC2025	粒子法に関する国際会議	1
4th Workshop on Waves, Storm Surges and Coastal Hazards Incorporating the 18th International Waves Workshop	波浪と高潮に関する国際的な研究集会	1
The 32nd International Tsunami Symposium 2025	津波に関する国際的な研究集会	1
Ocean Sciences Meeting	海洋・沿岸域における国際会議	5
Expanding the boundaries of conventional laboratory testing	地盤材料の室内要素試験に関する国際会議	1
OMAE2025 国際会議	海洋・オフショア・極域工学分野における国際会議	2
10th International Conference on Discrete Element Methods (DEM10)	粉体・粒子系に関する国際会議	2
9th International Symposium for Geotechnical Safety and Risk	地盤工学分野におけるリスク・信頼性設計を専門に扱う国際会議	1

UNESCO Chairs Programme-2nd International Conference on Smart Informatics and Multi-hazard Reduction (SIMR 2025)	ユネスコチェアプログラムの複合災害の防災・減災に向けた国際会議	1
The European Corrosion Congress (EUROCORR 2025)	金属材料の腐食防食に関する国際会議	1
International Conference on Durability of Concrete Structures (ICDCS2025)	コンクリート構造物の耐久性に関する国際会議	2
GeotechAsia2025	アジア地域における地盤工学研究・実務に関する国際会議	3
12th International Conference on Scour and Erosion (ICSE-12)	洗掘と侵食に関する国際会議	3
東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）第 61 回会議	東・東南アジア地域の地球科学関係の研究機関が参加する政府間機関の国際総会・会議	1
ユネスコ斜面防災世界会議	国際防災・減災戦略と世界的な取り組みを共有し、国際協力を促進することを目的とした世界会議	1
斜面防災世界会議	斜面防災に関する世界会議	1
北東アジア港湾局長会議、課長級会合	北東アジア港湾における共同研究	4
16th EASTS conference 2025	東アジアを中心とする交通/物流に関する国際学会	1
OCEANS2025 GREAT LAKES CHICAGO	世界の海洋専門家が集まる会議	1
The International Society for Ecological Modelling Global Conference	ecological modeling に関する国際会議	2
Korea-Japan Joint Workshop on Coastal and Riverine Monitoring	日韓のモニタリング研究に関する WS	2
日インドネシア EPA に基づく港湾研修	日インドネシア EPA に基づく港湾研修	1
日本－香港地盤工学ワークショップ（JGS-HKGES Joint Workshop on Geotechnical Engineering 2025）	日香港の研究者・実務者による地盤工学分野の国際ワークショップ	1
第 31 回 IPACG プロバイダ会議	日米航空当局による太平洋管制調整会議 IPACG のプロバイダ会議	3
第 40 回 SBAS 相互運用性会議（IWG）	各国の SBAS プロバイダが開催する SBAS 規格の相互運用性について議論する国際会議	1
ICAO APAC TBO Pathfinder-Project Meeting	SWIM や FF-ICE に基づいた起動ベース運用（TBO）の実現に向けた会議	2
International Committee on Global Navigation Satellite Systems (ICG)	GNSSについて広く情報交換を行い、国際的な勧告事項の作成、関係各国・地域間での技術政策等を調整する	2

（2）海外機関等との連携強化

【中長期目標】

（2）海外機関等との連携強化

国際会議等の主催及び共催や積極的な参加、あるいは海外の研究機関との研究協力協定の締結等を通じた連携強化を図ることにより、関連する研究分野において技術や知見を蓄積するとともに、幅広いネットワークの拡大にも努める。また、海外の研究機関等と協力し、アジア・太平洋地域をはじめ各地の現場が抱える技術的課題の解決や、沿岸域の災害における技術的支援等を通じて、国際貢献を推進する。

【中長期計画】

（2）海外機関等との連携強化

国際会議やワークショップ等の主催及び共催や積極的な参加、あるいは海外の研究機関との研究協力協定の締結等を通じた連携強化を図ることにより、関連する研究分野において技術や知見を蓄積する。また、これらを通じて幅広いネットワークを拡大し、国際的なプレゼンスを高めるとともに世界最先端の研究が持続的に実施できるように努める。

加えて、外国人技術者を対象とした研修への講師派遣や外国人研究員の受け入れ、研究者の海外派遣による技術支援等、国際貢献を推進するとともに、国土交通省が進める海外へのインフラ輸出を念頭に置いた我が国の技術力向上のための支援を行う。

さらに、海外の研究機関等と協力し、アジア・太平洋地域をはじめ各地の現場が抱える技術的課題の解決や、沿岸域の災害における技術的支援等を通じて、国際貢献を推進する。

【年度計画】

（2）海外機関等との連携強化

国際会議やワークショップ等の主催及び共催や積極的な参加、あるいは海外の研究機関との研究協力協定の締結等を通じた連携強化を図ることにより、関連する研究分野において技術や知見を蓄積する。本年度計画期間中に国際ワークショップ等を3回以上開催する。

また、これらを通じて幅広いネットワークを拡大し、国際的なプレゼンスを高めるとともに世界最先端の研究が持続的に実施できるように努める。

加えて、外国人技術者を対象とした研修への講師派遣や外国人研究員の受け入れ、研究者の海外派遣による技術支援等、国際貢献を推進するとともに、国土交通省が進める海外へのインフラ輸出を念頭に置いた我が国の技術力向上のための支援を行う。

さらに、海外の研究機関等と協力し、アジア・太平洋地域をはじめ各地の現場が抱える技術的課題の解決や、沿岸域の災害における技術的支援等を通じて、国際貢献を推進する。

◆年度計画における目標設定の考え方

幅広い交流や連携の強化を図るため、国際会議等の主催及び共催を通じて、国外の大学、企業あるいは行政等の研究者との幅広い交流を図る。また、国外の関係研究機関等との協定の締結、外国人技術者を対象とした研修への講師派遣や外国人研究員の受け入れ、研究者の海外派遣による技術支援等、国際貢献を推進する。

◆当該年度における取組状況

①国際会議、ワークショップ等への積極的な取り組み

令和7年度においては、海外機関との連携強化に向けて国際会議への積極的な活動に取り組んだ。目標である 3 件を上回る 6 件のワークショップ等国際会議を開催した。

海上技術安全研究所においては、令和 7 年 6 月 27 日に自動運航・GHG 削減・機械学習に関する国際ワークショップを開催した。我が国を含む 5 か国（ほかはアイスランド、ノルウェー、フィンランド、ポルトガル）から約 25 名の参加があった。

港湾空港技術研究所においては 4 つの国際会議を開催した。このうちの一つである学術・研究セミナー

「洋上風力発電施設整備の技術課題と考察」は、令和 7 年 7 月 4 日に当所と国際圧入学会（IPA）の共催により開催され、我が国を含む世界 12 か国から、オンライン参加を含め 591 名が参加し、国際的な知見の共有とネットワーキングの場としても大きな成果を収めた。

また、平成 27 年 12 月の国連総会で 11 月 5 日が日本の津波防災の日であることから「世界津波の日」に制定されたことを機に、津波防災をはじめとする沿岸防災技術分野で顕著な功績を挙げた方を対象とした「濱口梧陵国際賞（国土交通大臣賞）」を創設した。令和 7 年 11 月 11 日に、国際津波・沿岸防災技術啓発事業組織委員会が主催し、港湾空港技術研究所が事務局を務める形で、都内において 10 周年となる「濱口梧陵国際賞授賞式及び記念講演会」を開催し、三村信男茨城大学名誉教授、Stefano Tinti イタリア・ボローニャ大学母校招聘教授の 2 氏を表彰した。受賞者には永井国土交通大臣政務官より記念品が授与された。

さらに、2023 年からは、沿岸防災技術のより一層の普及・啓発を図る取組として、次代を担う国内外の高校生を対象に「濱口梧陵国際作文コンテスト」を実施した。今年度は、19 カ国から 123 作品の応募があり、審査の結果、優秀賞 1 作品、入選 6 作品が選ばれた。授賞式当日につづく記念講演会では、作文コンテスト優秀賞受賞者 Sofia Kyslynska 氏（Vesnyanskyi Lyceum of Mykolaiv Oblast, Ukraine）の受賞コメントと受賞作品の朗読がビデオレターにより紹介された。

図Ⅰ.6.(2).①.1 濱口梧陵国際賞授賞式の様子

②協定の締結および技術支援

社会・行政ニーズにタイムリーに応えつつ、質の高い研究成果を上げるためには、研究を効果的・効率的に行うとともに、外部の研究能力を積極的に活用し、単独ではなし得ない優れた研究開発成果の創出を行うことが必要不可欠である。当研究所のポテンシャル及びプレゼンス向上を図るため、令和7年度は海外の大学、研究機関を含む更なる連携の強化を行った。

海上技術安全研究所においては、次に示す海外機関と研究連携促進に向けた覚書のもと、引き続き研究連携の深化を図った。（機関一覧：オランダ・海事研究所（MARIN）、フランス・海洋汚染研究センター（CEDRE）、カナダ・海洋技術研究所（IOT）、韓国・海事研究所（KMI）、ブラジル・カンピナス大学（UNICAMP）、

ブラジル・サンパウロ大学(USP)、ノルウェー・ノルウェー科学技術大学(NTNU))。

港湾空港技術研究所では、JSPS 国際共同研究加速基金として沿岸巨大波の出現に関する実験の実施と研究打合せのため、スコットランド・エジンバラ大学より依頼があり研究者 2 名を派遣した。

また、上記など留学を通じて研究の質の向上と研究の効率的な実施を目指して、国内外の研究機関との連携をより積極的に進めるため、平成 15 年度以降令和 7 年度までに、国内 32 件、海外 27 件、合計 59 件の研究協力協定を締結し、研究の質の向上と効率的な実施を図った。

電子航法研究所では、新たにドイツライプツィヒ応用科学大学、米国オールドドミニオン大学、タイ王国地理情報・宇宙技術開発機構と基本合意書を、タイモンクット王工科大学、米国ミシガン大学と共同研究契約を締結した。

国際貢献の推進に向けて海外の研修員の受け入れ、技術支援等にも取り組んだ。

海上技術安全研究所では、開発途上国から研修員として日本に招いた海事行政及び船舶安全分野の中核を担う人材を対象に実施する JICA 課題別研修「海事行政における検査能力強化を通じた船舶安全の確保」の一環として、当所が保有する実験設備の見学を実施した。

港湾空港技術研究所では、JICA が開発途上国に対する技術協力の一環として主催する「港湾開発・計画研修(港湾技術者のための)」等に、港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する講師としてのべ 25 名を派遣したほか、これらの研修が港湾空港技術研究所に隣接する国土交通省国土技術政策総合研究所で実施されたことから、研修の一環として各国研修生を対象とした実験施設の見学を実施し、研修生からの積極的かつ多数の質問に丁寧に回答することで、国際交流の推進に努めた。

電子航法研究所では、JICA の「航空管制システム技術の導入・管理」研修の一環として滑走路異物検知システム、リモートタワー、航空監視システム、次世代の GNSS に関して、5名の講師を派遣し、研修を実施した。

第２章　業務運営の効率化に関する目標を達成するために
とるべき措置

【中長期目標】

（1）組織運営の改善

研究開発成果の最大化を推進するため、引き続き研究マネジメントの充実を図る。このため、業務管理を行う体制の機能強化を図り、国土交通省の政策を取り巻く環境や最新の技術動向を踏まえた戦略的な研究計画の企画立案や、将来的な研究所の業務量を見据えた経営の在り方についての企画立案に取り組むほか、課題解決を効果的・効率的に行えるような、組織の枠を超えた連携の強化を図る柔軟な組織運営を行う。

また、研究の一層の推進を図るため、必要な経費の積極的な確保に努める。さらに、それぞれの研究の実施にあたっては、必要に応じた分野横断的な研究体制の導入やICTを活用した日常的な研究情報の交換、研究施設の有効活用を進め、将来のイノベーション創出に向けた取組の活性化を図る。加えて、研究開発成果の社会還元を目的とした推進体制の整備に取り組む。

（2）管理業務の改善

一層の管理業務運営の効率化に向けて、内部管理業務の共通化を計画的に進める。併せて、研究所全体として適切に効率化が図られているかの確認を行う。

また、システムの合理化などの適切な環境整備について、業務効率と経費の双方に留意して計画的に実施する。

（3）業務環境の充実

業務環境の充実については、リモート会議等の更なる活用、ICT環境の整備等により、業務の電子化を図りつつ、年次休暇の取得促進及び超過勤務の縮減に取り組むとともに、リモート環境も意識した心身の健康増進、育児・介護等と仕事の両立支援、勤務体制の柔軟化等の施策をより一層推進する。

（4）業務運営の効率化による経費削減等

ア　業務運営の効率化を図ることにより、中長期目標期間終了時までに、一般管理費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費は除く。）について、初年度予算額の当該経費相当分に7を乗じた額に対し、中長期目標期間中における当該経費総額の 8%程度の抑制を図る。ただし、新規に追加されるもの、拡充分など、社会的・政策的需要を受けて実施する業務に伴い増加する費用等はその対象としない。

イ　業務運営の効率化を図ることにより、中長期目標期間終了時までに、業務経費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費は除く。）について、初年度予算額の当該経費相当分に7を乗じた額に対し、中長期目標期間中における当該経費総額の 3%程度の抑制を図る。ただし、新規に追加されるもの、拡充分など、社会的・政策的需要を受けて実施する業務に伴い増加する費用等はその対象としない。

ウ　「独立行政法人における調達等合理化の取組の推進について」（平成 27 年5月 25 日総務大臣決定）等を踏まえ、公正かつ透明な調達手続による、適切で迅速かつ効果的な調達を実現する観点から、毎年度策定する「調達等合理化計画」に基づく取組を着実に実施する。また、随意契約については「独立行政法人の随意契約に係る事務について」（平成 26 年 10 月1日付け総管査第 284 号総務省行政管理局長通知）に基づき明確化した、随意契約によることができる事由により、公正性・透明性を確保しつつ合理的な調達を実施する。

エ　業務経費に生じる不要な支出の削減を図るため、無駄の削減及び業務の効率化に関する取組を人事評価に反映するなど、自律的な取組のための体制を維持する。

【中長期計画】

1. 組織運営の改善

研究開発成果の最大化を推進するため、引き続き研究マネジメントの充実を図る。このため、業務管理を行う体制の機能強化を図り、国土交通省の政策を取り巻く環境や最新の技術動向を踏まえた戦略的な研究計画の企画立案や、将来的な研究所の業務量を見据えた経営の在り方についての企画立案に取り組む。また、経営戦略室を中心として、研究所全体の研究計画や経営戦略に関する会議を定期的に開催する。さらに、課題解決を効果的・効率的に行えるような、組織の枠を超えた連携の強化を図る柔軟な組織運営を行う。

研究の一層の推進を図るため、必要な経費の積極的な確保に努める。さらに、それぞれの研究の実施にあたって、ICTを活用した日常的な研究情報の交換、研究施設の有効活用を進め、経営資源の効果的・効率的な活用を図るとともに、研究者相互のコミュニケーションの場、研究所の役員と職員との間での十分な意見交換の場を設ける等、将来のイノベーション創出に向けた取組を活性化する。また、研究所の人材が有する能力の最大限の発揮を図る。加えて、研究開発成果の社会還元を目的とした推進体制の整備に取り組む。

2. 管理業務の改善

管理業務の効率化の状況について定期的な見直しを行い、業務の簡素化、電子化、定型的業務の外部委託等を図るとともに、一層の管理業務運営の効率化に向けて、内部管理業務の共通化を計画的に進める。併せて、研究所全体として適切に効率化が図られているかの確認を行う。さらに、システムの合理化などの適切な環境整備について、業務効率と経費の双方に留意して計画的に実施する。

3. 業務環境の充実

業務環境の充実については、リモート会議等の更なる活用、ICT環境の整備等により、業務の電子化を図りつつ、年次休暇の取得促進及び超過勤務の縮減に取り組むとともに、リモート環境も意識した心身の健康増進、育児・介護等と仕事の両立支援、勤務体制の柔軟化等の施策をより一層推進する。

4. 業務運営の効率化による経費削減等

ア 業務運営の効率化を図ることにより、中長期目標期間終了時までに、一般管理費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費は除く。）について、初年度予算額の当該経費相当分に7を乗じた額に対し、中長期目標期間中における当該経費総額の8%程度の抑制を図る。ただし、新規に追加されるもの、拡充分など、社会的・政策的需要を受けて実施する業務に伴い増加する費用等はその対象としない。

イ 業務運営の効率化を図ることにより、中長期目標期間終了時までに、業務経費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費は除く。）について、初年度予算額の当該経費相当分に7を乗じた額に対し、中長期目標期間中における当該経費総額の3%程度の抑制を図る。ただし、新規に追加されるもの、拡充分など、社会的・政策的需要を受けて実施する業務に伴い増加する費用等はその対象としない。

ウ 「独立行政法人における調達等合理化の取組の推進について」（平成 27 年5月 25 日総務大臣決定）等を踏まえ、公正かつ透明な調達手続による、適切で迅速かつ効果的な調達を実現する観点から、毎年度策定する「調達等合理化計画」に基づく取組を着実に実施する。

また、随意契約については「独立行政法人の随意契約に係る事務について」（平成 26 年 10 月1日付け総管査第 284 号総務省行政管理局長通知）に示された、随意契約によることができる事由により、公正性・透明性を確保しつつ合理的な調達を実施する。

さらに、外部有識者による「契約監視委員会」において、締結された契約に関する改善状況のフォローアップを行い、その結果を公表することによって、契約事務の透明性、公平性の確保を図る。

エ　業務経費に生じる不要な支出の削減を図るため、無駄の削減及び業務の効率化に関する取組を人事評価に反映するなど、自律的な取組のための体制を整備する。

【年度計画】

（1）組織運営の改善

研究開発成果の最大化を推進するため、引き続き研究マネジメントの充実を図る。このため、業務管理を行う体制の機能強化を図り、国土交通省の政策を取り巻く環境や最新の技術動向を踏まえた戦略的な研究計画の企画立案や、将来的な研究所の業務量を見据えた経営の在り方についての企画立案に取り組む。また、経営戦略室を中心として、研究所全体の研究計画や経営戦略に関する会議を定期的に開催する。さらに、課題解決を効果的・効率的に行えるような、組織の枠を超えた連携の強化を図る柔軟な組織運営を行う。

研究の一層の推進を図るため、必要な経費の積極的な確保に努める。さらに、それぞれの研究の実施にあたって、ICTを活用した日常的な研究情報の交換、研究施設の有効活用を進め、経営資源の効果的・効率的な活用を図るとともに、研究者相互のコミュニケーションの場、研究所の役員と職員との間での十分な意見交換の場を設ける等、将来のイノベーション創出に向けた取組を活性化する。また、研究所の人材が有する能力の最大限の発揮を図る。加えて、研究開発成果の社会還元を目的とした推進体制の整備に取り組む。

本年度は、経営戦略に関する定期的な意見交換会を20回以上、業務連携委員会を3回以上開催するとともに、新たな長期ビジョンの策定に向けた具体的な検討を開始する。

（2）管理業務の改善

管理業務の効率化の状況について定期的な見直しを行い、業務の簡素化、電子化、定型的業務の外部委託等を図るとともに、一層の管理業務運営の効率化に向けて、内部管理業務の共通化を計画的に進める。併せて、研究所全体として適切に効率化が図られているかの確認を行う。さらに、システムの合理化などの適切な環境整備について、業務効率と経費の双方に留意して計画的に実施する。

本年度は、業務改善の効果に留意しつつ昨年度以上の電子決裁率を目指すとともに、勤怠管理システムの導入、給与計算システムの統合、会計システムの電子決裁化について、具体的な検討を開始する。

（3）業務環境の充実

業務環境の充実については、リモート会議等の更なる活用、ICT環境の整備等により、業務の電子化を図りつつ、年次休暇の取得促進及び超過勤務の縮減に取り組むとともに、リモート環境も意識した心身の健康増進、育児・介護等と仕事の両立支援、勤務体制の柔軟化等の施策をより一層推進する。

（4）業務運営の効率化による経費削減等

ア　業務運営の効率化を図ることにより、一般管理費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費は除く。）について、抑制を図る。ただし、新規に追加されるもの、拡充分など、社会的・政策的需要を受けて実施する業務に伴い増加する費用等はその対象としない。

イ　業務運営の効率化を図ることにより、業務経費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費は除く。）について、抑制を図る。ただし、新規に追加されるもの、拡充分など、社会的・政策的需要を受けて実施する業務に伴い増加する費用等はその対象としない。

ウ「独立行政法人における調達等合理化の取組の推進について」（平成 27 年5月 25 日総務大臣決定）等を踏まえ、公正かつ透明な調達手続による、適切で迅速かつ効果的な調達を実現する観点から、毎年度策定する「調達等合理化計画」に基づく取組を着実に実施する。

また、随意契約については「独立行政法人の随意契約に係る事務について」（平成 26 年 10 月1日付

け総管査第 284 号総務省行政管理局長通知）に示された、随意契約によることができる事由により、公正性・透明性を確保しつつ合理的な調達を実施する。さらに、外部有識者による「契約監視委員会」において、締結された契約に関する改善状況のフォローアップを行い、その結果を公表することによって、契約事務の透明性、公平性の確保を図る。

エ 業務経費に生じる不要な支出の削減を図るため、無駄の削減及び業務の効率化に関する取組を人事評価に反映するなど、自律的な取組のための体制を維持する。

◆年度計画における目標設定の考え方

令和7年度は、当所を取巻く研究環境変化や組織の運営状況を踏まえつつ、中長期目標期間において3研究所の各研究領域にまたがる分野横断な研究も含め効率的かつ効果的に実施するため、経営のあり方について継続的に検討を行うこととした。

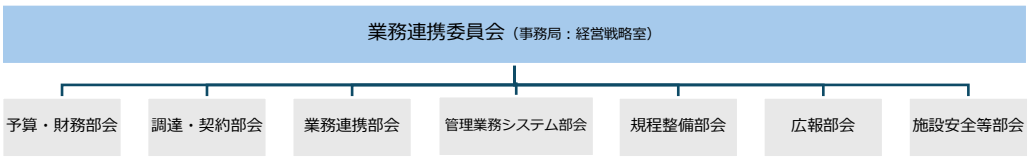
また、研究の一層の推進を図るため、必要な経費の積極的な確保に努める等、経営資源の効果的・効率的な活用を図るとともに、将来のイノベーション創出に向けた取組を進めることとした。

◆当該年度の取組状況

1. 組織運営の改善

① 業務管理を行う体制の機能強化

経営戦略室が業務連携委員会の業務を主導的に実施し、7つの専門部会において業務連携の観点から具体的な検討を推進した。



② 戦略的な研究計画の立案

政府や国土交通省の政策を取り巻く環境や最新の技術動向等を踏まえ、令和8年度計画を策定した。

③ 将来的な経営の在り方についての企画立案

政府や国土交通省の科学技術政策に関する計画の見直しに向けた動向を踏まえ、うみそら研の新たな長期ビジョンの策定に向けた勉強会を5回開催し、長期ビジョン（素案）を策定した。

④ 研究所全体の研究計画や経営戦略に関する会議の開催

経営戦略室は、各研究所の企画・総務関係の担当者を中心に構成されているが、海上技術安全分野、港湾空港技術分野、電子航法分野の各分野を専門とする研究監と連携して各研究分野の 連携・調整を行うための会議を11回開催した。また、理事長及び全役員と経営戦略室との研究所の経営戦略に関する定期的な意見交換会を21回開催し、分野の枠を超えた研究所としての取り組みを企画した。

⑤ 組織の枠を超えた連携の強化

組織の枠を超えて、議題解決を効果的・効率的に行うため、業務連携委員会を3回、分野横断的研究連携推進会議を2回、情報システム委員会を1回開催した。また、防災関係の業務をより効果的・効率的に行うため、防災会議を新たに設置した。

⑥ 必要な経費の積極的な確保

科研費を含む各種競争的資金の研究への応募及び各種受託業務の契約等により、外部資金獲得の取組を積極的に行った。

⑦ 必要に応じた分野横断的な研究体制の導入

分野横断的研究に取り組みやすい環境を整えるため、内部特別予算を活用する目的で令和2年度に構築した、トップダウンによる「分野横断的研究推進会議」を令和7年度は2回開催し、3研の分野横断研究の発展に寄与した。また、従来の取り組みに加え、探索的性質の強い、あるいは芽生え期の研究の実施を支援し、推進することを目的として令和6年度に創設された萌芽的連携推進研究制度の取組を令和7年度も実施した。

⑧ ICTを活用した日常的な研究情報の交換

三鷹・調布地区にある海上技術安全研究所と電子航法研究所及び横須賀地区にある港湾空港技術研究所との間でテレビ会議システムを用いた会議を行った。各種報告や情報交換に加え、各研究分野の連携・調整を行うための会議もテレビ会議で実施した。

⑨ 研究施設の有効活用

民間企業等の要望や、産業界・学会等との共同研究や受託研究などにより、研究施設の有効活用を図り、研究資金の確保にもつなげた。

⑩ コミュニケーション・意見交換の場の設置

研究者間の相互のコミュニケーションの場としては、各研究所の研究発表会に連携の場を設けた他、研究者間の情報及び意見交換の場として、3研連携勉強会を計2回開催し、令和6年から新たに取組んでいるミニ勉強会を計3回開催した。また、施設見学会を開催することで、最新の研究の紹介等を行い、研究所全体として研究の一層の推進を図った。さらに、3名の研究監が各研究所の研究計画及び研究評価の委員会に参加し、各研究所の情報収集を互いに行い、うみそら研内の研究の把握と連携研究の提案に活用した。

令和7年度は、うみそら研としての合同新規採用者研修を実施した。

今後もこれらの意見交換会等を活用し、各研究員個別間における具体的なさらなる連携の場の設置等を引き続き促進していく。

⑪研究所の人材が有する能力の最大限の発揮

大学等との共同研究を173件、クロスアポイントメントを12件実施し、研究所の人材が有する能力を最大限発揮できるよう努めた。

⑫研究開発成果の社会還元を目的とした推進体制の整備

3研究所共有の研究マネジメント、外部連携、広報等を推進するための体制について検討を開始した。

2. 管理業務の改善

（1）円滑な業務運営

「経営戦略室」を運営する等、府省庁等に対する窓口を同室に一本化することで円滑に業務を遂行した。

また、「幹部会」を運営し、研究所に関係する重要情報及び職員に周知徹底すべき情報などを関係者間で共有し、円滑な組織運営の確保を図った。

さらに、e-ラーニング等を通じて、新規採用、研究倫理、コンプライアンス、ダイバーシティ推進、ハラスメント、個人情報保護、知的財産、情報セキュリティ、公文書管理および安全保障輸出管理に関する研修を 3 研究所合同で実施することにより、研修時間等の効率化及び職員への周知徹底を図った。

令和 7 年度は、3 研究所の共通業務における輪番制の検討・導入を実施し、属人化防止、人材育成など組織間の連携を図った。

（2）一括調達等による取組

令和 7 年度においても、引き続き 3 研究所で個別に契約していた定型的業務の外部委託について、一括調達とすることにより、簡素化を図った。

具体的には、業務効率と経費の双方に留意し、令和 7 年度においては以下の 1 件について新たに一括調達を行った。

・うみそら研紹介動画の制作

引き続き業務効率及び経費を検討の上、必要な案件については一括調達を実施することとする。

（3）電子入札システムの本格運用

令和 4 年度より電子入札システムを本格運用し、令和 7 年度は、新たに 123 者（累計 497 者）が登録され、登録者は前年度比で約 3 割増となった。

電子入札システムの運用は、事業者の利便性向上及び入札機会の拡大に寄与するとともに、入札・契約事務の公平性・透明性の一層の促進に貢献している。

（4）テレビ会議による効率化

テレビ会議システムによる各研幹部会、役員懇談会などを開催し、移動に要する時間と経費を抑制しつつ、コミュニケーションの活性化を進め、業務の効率化を図った。特に所外会議においてもテレビ会議システムの利用を推進し、更なる業務効率化を図った。リモートワークを活用する職員が安定的に定着しており、柔軟な働き方によりワークライフバランスの向上にも貢献した。

（5）請求書の押印省略

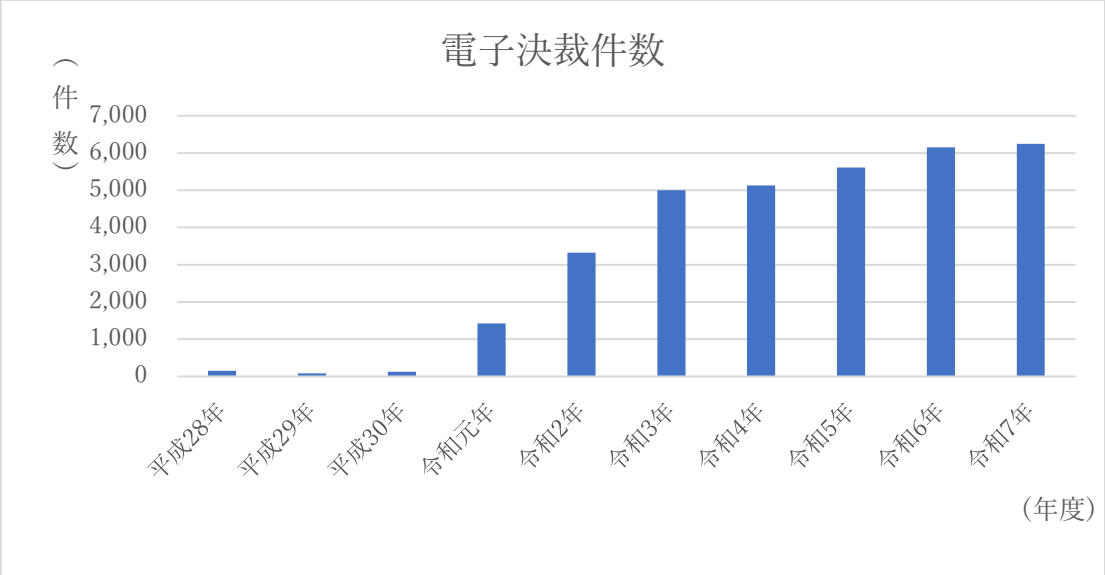
令和 4 年度から開始した請求書の押印省略においては、令和 7 年度もさらにその利用を進め、令和 6 年度の発行数 538 件中 411 件（76%）に対し、令和 7 年度は発行数 605 件中 467 件（77%）の押印省略となったことから、押印作業及び郵送費用（メール送付が可能）などが軽減された。

（6）電子決裁の推進

令和 7 年度においても、引き続き所内電子決裁の推進として、電子決裁システムを活用し、更なる業務効率化に取り組んだ。

また、理事会審議手法の一つとしてメール審議手法を確立し例年以上の意思決定の実施等、業務効率化や意思決定迅速化を行った。

電子決裁の件数と決裁に占める割合は、令和 6 年度 6,154 件、69.1%に対し令和 7 年度は 6,250 件、74.7%であり、対前年度比で件数は 96 件、割合は 5.6%増となった。



図Ⅱ.1.1　電子決裁件数の推移

（7）電子契約サービスの導入に向けた検討

受託研究等の契約手続きについて、令和 7 年度に電子契約サービス導入に向けて検討を行い、規程や運用基準等の整備を実施した。これにより、令和 8 年度から一部の研究所で運用の開始が決まり、利便性の向上、事務手続きの効率化および簡素化、経費の節減等が見込まれる。

3. 業務環境の充実

（1）年次休暇の取得推進等

所内周知により年次休暇の取得推進及び超過勤務の縮減を図るとともに、メンタルヘルス講習会やメンタルヘルス相談等の心身の健康増進の施策を実施した。令和 7 年度においては、マインドフルネスセミナーを実施し、取り組みの紹介や体験会を通じて、注意力や集中力、コミュニケーション力の向上につながるように努めた。さらに、育児休業制度をはじめとする様々な制度を用いて仕事と家庭が両立できるよう適切な運用を実施するとともに、研究者におけるフレックスタイムの実施により勤務体制の柔軟化を推進した。

また、「女性の職業生活における活躍の推進に関する法律」を踏まえた行動計画を策定しており、計画に定める目標値に対する令和7年度実績は、女性管理職の割合が9．2%（目標7．5%）、男性の育児休業取得率が100%（目標35%）であり、いずれも目標を上回ることとなった。

4. 業務運営の効率化による経費削減等

（1）一般管理費、業務経費の抑制

中長期目標及び中長期計画において、業務運営の効率化を図ることにより、中長期目標期間終了時までに、一般管理費及び業務経費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費は除く。）について、初年度予算額の当該経費相当分に7を乗じた額に対し、中長期目標期間中における当該経費総額を一般管理費は 8%程度、業務経費は 3%程度、それぞれ抑制を図る（ただし、新規に追加されるもの、拡充分など、社会的・政策的需要を受けて実施する業務に伴い増加する費用等はその対象としない。）こととされている。

中長期計画で定められた目標値を達成するため、以下の取り組みを実施し、業務運営の効率化等に取り組みつつ、上記2．の管理業務の改善とともに、着実に経費の抑制を図った。

・契約プロセスの見直し
・予算、収支計画及び資金計画の定期的な点検

・簡易入札の活用等による経費抑制

（2）給与水準の検証状況

職員の給与については、国家公務員に準拠する形で給与規程を整備し、研究所の給与水準については、国家公務員の給与水準も十分考慮し、厳しく検証を行い、検証結果については各研究所のホームページで公表した。

令和 7 年度の研究所の給与水準については、国家公務員の給与水準を 100 として作成したところ、対国家公務員指数（ラスパイレス指数）が、事務・技術職種で 96.6、研究職種で 107.5 となっている。

（3）契約の見直し

「独立行政法人における調達等合理化の取組の推進について」（平成 27 年 5 月 25 日総務大臣決定）に基づき、令和 7 年度調達等合理化計画を策定し、契約事務の適正化として以下の取り組みを実施した。

・仕様書内容の見直し
・入札参加要件の緩和
・公告期間の十分な確保
・業務等準備期間の確保
・契約情報提供の充実
・事後点検体制の整備
・合理的な契約方式の検討

また、コスト削減・調達業務の効率化として、以下の取り組みを実施した。

・共同調達の推進
・複数年契約の適用

「独立行政法人の随意契約に係る事務について」（平成 26 年 10 月1日付け総管査第 284 号総務省行政管理局長通知）に基づく合理的な調達の実施状況としては、当該通知に基づく契約関係規程により、随意契約によることが合理的と判断されたものについて、契約審査委員会に諮った上で随意契約を実施した。

契約監視委員会による契約改善状況のフォローアップ及び結果の公表について、令和 7 年 5 月に令和 7 年度第 1 回海上・港湾・航空技術研究所契約監視委員会を開催し、令和 6 年度の各研究所の契約に関する点検等を実施した。結果については研究所のホームページで公表しており、契約事務の透明性、公平性の確保を図った。

（4）無駄の削減等に関する自律的な取組

「業務連携委員会」のほか、各研究所においても業務改善等を目的とした委員会を設置し、調達等の手続きに係る運用の改善や簡素化といった事務手続きの見直しや、電力使用量抑制等の無駄の削減に積極的に取り組んだ。

第3章　財務内容の改善に関する目標を達成するために
とるべき措置

【中長期目標】

（1）中長期計画予算の作成

運営費交付金を充当して行う事業については、「第4　業務運営の効率化に関する事項」で定めた事項について配慮した中長期計画の予算を作成し、当該予算による運営を行う。

（2）運営費交付金以外の収入の確保

知的財産権の活用や競争的外部資金の獲得などにより、適切な水準の収入を確保する。また、保有する施設・設備の外部機関による利用を促進し、自己収入の確保を図る。

（3）業務達成基準による収益化

独立行政法人会計基準の改訂(平成 12 年2月 16 日独立行政法人会計基準研究会策定、令和2年3月 26 日改訂)等により、運営費交付金の会計処理として、業務達成基準による収益化が原則とされたことを踏まえ、収益化単位の業務ごとに予算と実績を管理する。

【中長期計画】

運営費交付金を充当して行う事業については、「第2　業務運営の効率化に関する目標を達成するためにとるべき措置」で定めた事項を踏まえ、以下の項目について計画し、適正にこれらの計画を実施するとともに、経費の抑制に努める。

1．予算、収支計画及び資金計画

（1）予算

（単位：百万円）

区　　別	船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術分野	港湾・航路、海岸及び飛行場等に係る技術分野	電子航法分野	合　計
収入				
運営費交付金	18,272	8,779	9,527	36,578
施設整備費補助金	2,801	3,108	650	6,559
受託等収入	7,360	11,753	968	20,081
計	**28,433**	**23,640**	**11,145**	**63,218**
支出				
業務経費	3,265	1,438	4,859	9,562
施設整備費	2,801	3,108	650	6,559
受託等経費	6,671	11,340	762	18,773
一般管理費	885	673	282	1,841
人件費	14,811	7,081	4,592	26,484
計	**28,433**	**23,640**	**11,145**	**63,218**

（注）単位未満を四捨五入しているため合計額が合わない場合がある。

［人件費の見積り］

中長期目標期間中総額 20,616 百万円を支出する。

当該人件費の見積りは、予算表中の人件費の内、役員報酬並びに職員基本給、職員諸手当及び超過勤務手当の費用である。（任期付研究員人件費等を除く。）

［運営費交付金の算定ルール］

（省略）

［注記］

退職手当については、役員退職手当支給規程及び職員退職手当支給規程に基づいて支給することとなるが、その全額について、運営費交付金を財源とするものと想定している。

（2）収支計画　　令和5年度～令和11年度収支計画

（単位：百万円）

区　　別	船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術分野	港湾・航路、海岸及び飛行場等に係る技術分野	電子航法分野	合　計
費用の部	**28,976**	**20,823**	**12,162**	**61,961**
経常費用	28,976	20,823	12,162	61,961
研究業務費	14,870	6,261	8,252	29,383
受託等業務費	6,671	11,340	762	18,773
一般管理費	4,092	2,931	1,481	8,504
減価償却費	3,344	291	1,667	5,302
財務費用	0	0	0	0
臨時損失	0	0	0	0
収益の部	**28,976**	**20,823**	**12,162**	**61,961**
運営費交付金収益	18,272	8,779	9,527	36,578
手数料収入	0	0	0	0
受託等収入	7,360	11,753	968	20,081
寄付金収益	0	0	0	0
資産見返負債戻入	3,344	291	1,667	5,302
臨時利益	0	0	0	0
純利益	**0**	**0**	**0**	**0**
目的積立金取崩額	**0**	**0**	**0**	**0**
総利益	**0**	**0**	**0**	**0**

（注）単位未満を四捨五入しているため合計額が合わない場合がある。

（3）資金計画　　令和5年度～令和11年度資金計画

（単位：百万円）

区　　別	船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術分野	港湾・航路、海岸及び飛行場等に係る技術分野	電子航法分野	合　計
資金支出	**28,433**	**23,640**	**11,145**	**63,218**
業務活動による支出	25,632	20,532	10,495	56,659
投資活動による支出	2,801	3,108	650	6,559
財務活動による支出	0	0	0	0
次期中長期目標の期間への繰越金	0	0	0	0
資金収入	**28,433**	**23,640**	**11,145**	**63,218**
業務活動による収入	25,632	20,532	10,495	56,659
運営費交付金による収入	18,272	8,779	9,527	36,578
受託収入	6,771	11,340	927	19,038
その他の収入	590	413	40	1,043
投資活動による収入	2,801	3,108	650	6,559
施設整備費補助金による収入	2,801	3,108	650	6,559
その他の収入	0	0	0	0
財務活動による収入	0	0	0	0
前期中期目標の期間より繰越金	0	0	0	0

（注）単位未満を四捨五入しているため合計額が合わない場合がある。

2. 運営費交付金以外の収入の確保

知的財産権の活用や競争的外部資金の獲得などにより、適切な収入を確保する。また、保有する施設・設備の外部機関による利用を促進し、自己収入の確保を図る。

3. 業務達成基準による収益化

独立行政法人会計基準の改訂(平成 12 年2月 16 日独立行政法人会計基準研究会策定、令和 2 年3月 26 日改訂)等により、運営費交付金の会計処理として、業務達成基準による収益化が原則とされたことを踏まえ、収益化単位の業務ごとに予算と実績を管理する。

4. 短期借入金の限度額

予見しがたい事故等の事由に限り、資金不足となる場合における短期借入金の限度額は、13 億円とする。

5. 不要財産の処分に関する計画

特になし

6. 財産の譲渡又は担保に関する計画

特になし

7. 剰余金の使途

・研究費
・研究基盤・研究環境の整備、維持
・研究活動の充実
・業務改善に係る支出のための財源
・職員の資質向上のための研修等の財源
・知的財産管理、技術移転に係る経費
・国際交流事業の実施(招聘、セミナー、国際会議等の開催)
・出資の活用を含めた成果の普及

【年度計画】

(1)予算、収支計画及び資金計画

①予算

(単位:百万円)

区　　別	船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術分野	港湾・航路、海岸及び飛行場等に係る技術分野	電子航法分野	合　計
収入				
運営費交付金	2,562	1,282	1,413	5,257
施設整備費補助金	0	119	0	119
受託等収入	1,051	1,676	138	2,866
政府出資金	0	0	0	0
計	**3,614**	**3,077**	**1,551**	**8,242**
支出				
業務経費	472	206	695	1,374
施設整備費	0	119	0	119
受託等経費	953	1,620	109	2,682
一般管理費	150	112	42	304
人件費	2,039	1,020	704	3,763

計	3,614	3,077	1,551	8,242

（注）単位未満を四捨五入しているため合計額が合わない場合がある。

［人件費の見積り］

中長期目標期間中令和 7 年度は総額 2,945 百万円を支出する。

当該人件費の見積りは、予算表中の人件費の内、役員報酬並びに職員基本給、職員諸手当及び超過勤務手当の費用である。（任期付研究員人件費等を除く。）

［運営費交付金の算定ルール］

（省略）

［注記］

退職手当については、役員退職手当支給規程及び職員退職手当支給規程に基づいて支給することとなるが、その全額について、運営費交付金を財源とするものと想定している。

②収支計画

（単位：百万円）

区　　別	船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術分野	港湾・航路、海岸及び飛行場等に係る技術分野	電子航法分野	合　計
費用の部	**4,092**	**3,000**	**1,789**	**8,881**
経常費用	4,092	3,000	1,789	8,881
研究業務費	2,033	867	1,225	4,125
受託等業務費	953	1,620	109	2,682
一般管理費	628	472	217	1,317
減価償却費	478	42	238	757
財務費用	0	0	0	0
臨時損失	0	0	0	0
収益の部	**4,092**	**3,000**	**1,789**	**8,881**
運営費交付金収益	2,562	1,282	1,413	5,257
手数料収入	0	0	0	0
受託等収入	1,051	1,676	138	2,866
寄付金収益	0	0	0	0
資産見返負債戻入	478	42	238	757
臨時利益	0	0	0	0
純利益	**0**	**0**	**0**	**0**
目的積立金取崩額	**0**	**0**	**0**	**0**
総利益	**0**	**0**	**0**	**0**

（注）単位未満を四捨五入しているため合計額が合わない場合がある。

［注記］

退職手当については、役員退職手当支給規程及び職員退職手当支給規程に基づいて支給することとなるが、その全額について、運営費交付金を財源とするものと想定している。

③資金計画

（単位：百万円）

区　　別	船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術分野	港湾・航路、海岸及び飛行場等に係る技術分野	電子航法分野	合　計
資金支出	**3,614**	**3,077**	**1,551**	**8,242**

業務活動による支出	3,614	2,958	1,551	8,124
投資活動による支出	0	119	0	119
財務活動による支出	0	0	0	0
次期中長期目標の期間への繰越金	0	0	0	0
資金収入	**3,614**	**3,077**	**1,551**	**8,242**
業務活動による収入	3,614	2,958	1,551	8,124
運営費交付金による収入	2,562	1,282	1,413	5,257
受託収入	967	1,620	132	2,720
その他の収入	84	56	6	146
投資活動による収入	0	119	0	119
施設整備費補助金による収入	0	119	0	119
その他の収入	0	0	0	0
財務活動による収入	0	0	0	0
政府出資金の受け入れによる収入	0	0	0	0
前期中期目標の期間より繰越金	0	0	0	0

（注）単位未満を四捨五入しているため合計額が合わない場合がある。

（2）運営費交付金以外の収入の確保

知的財産権の活用や競争的外部資金の獲得などにより、適切な収入を確保する。また、保有する施設・設備の外部機関による利用を促進し、自己収入を確保する。

（3）業務達成基準による収益化

独立行政法人会計基準の改訂（平成 12 年2月 16 日独立行政法人会計基準研究会策定、令和3年9月 21 日改訂）等により、運営費交付金の会計処理として、業務達成基準による収益化が原則とされたことを踏まえ、収益化単位の業務ごとに予算と実績を管理する。

（4）短期借入金の限度額

予見しがたい事故等の事由に限り、資金不足となる場合における短期借入金の限度額は、13 億円とする。

（5）不要財産の処分に関する計画

特になし

（6）財産の譲渡又は担保に関する計画

特になし

（7）剰余金の使途

・研究費
・研究基盤・研究環境の整備、維持
・研究活動の充実
・業務改善に係る支出のための財源
・職員の資質向上のための研修等の財源
・知的財産管理、技術移転に係る経費
・国際交流事業の実施（招聘、セミナー、国際会議等の開催）
・出資の活用を含めた成果の普及

◆年度計画における目標設定の考え方

予算、収支計画及び資金計画については、中長期計画を策定した際の考え方を基本として作成した。

短期借入をすることは想定していないが、緊急に資金を必要とする事案が発生しないとは断定できなかったため、1,300 百万円の限度額を設定した。

財産の譲渡又は担保にすることは想定していない。

剰余金については、中長期計画に従って確実に処理することを想定している。

◆当該年度の取組状況

1. 運営費交付金を充当して行う事業

令和 7 年度は、運営費交付金を充てるべき支出のうち 184 百万円を自己収入から充当するよう査定を受けた予算になっているが、受託等収入からこの金額を捻出し、年度計画を確実に達成した。

また、純利益は 676 百万円となり、前中長期目標期間に自己財源で取得した固定資産の減価償却費相当額を前中長期目標期間繰越積立金から取り崩した 183 百万円と合わせて総利益は 859 百万円となっている。これは、令和 7 年度に自己財源で取得した固定資産の額が主な要因である。

（1）予算

表Ⅲ.1.1

（単位：百万円）

区　分	年度計画	実績
収入		
運営費交付金	5,257	5,703
施設整備費補助金	119	1,212
受託等収入	2,866	5,048
計	**8,242**	**11,963**
支出		
業務経費	1,374	1,887
施設整備費	119	1,212
受託等経費	2,682	4,339
一般管理費	304	194
人件費	3,763	3,802
計	**8,242**	**11,434**

（2）収支計画

表Ⅲ.1.2

（単位：百万円）

区　分	年度計画	実績
費用の部	**8,881**	**9,660**
経常費用	8,881	9,658
研究業務費	4,125	4,460
受託等業務費	2,682	3,194
一般管理費	1,317	1,139
減価償却費	757	864
雑損	0	0
財務費用	0	0
臨時損失	0	2
収益の部	**8,881**	**10,336**
運営費交付金収益	5,257	4,581
手数料収入	0	93
受託等収入	2,866	5,363
寄付金収益	0	1
資産見返負債戻入	757	298
臨時利益	0	0
純利益	**0**	**676**
目的積立金取崩額	**0**	**0**
前中長期目標期間繰越積立金取崩額	**0**	**183**
総利益	**0**	**859**

（3）資金計画

表Ⅲ.1.3

（単位：百万円）

区　分	年度計画	実績
資金支出	**8,242**	**10,720**
業務活動による支出	8,124	8,765
投資活動による支出	119	1,861
財務活動による支出	0	94
次期中長期目標の期間への繰越金	**0**	0
資金収入	**8,242**	**11,415**
業務活動による収入	8,124	9,925
運営費交付金による収入	5,257	5,692
受託収入	2,720	3,875
その他収入	146	358
投資活動による収入	119	1,490
施設整備費補助金による収入	119	1,385
その他収入	0	106
財務活動による収入	0	0
前期中長期目標の期間より繰越金	0	0

2. 運営費交付金以外の収入の確保

運営費交付金以外の収入として、研究成果の普及・広報活動を精力的に展開しつつ、知的財産権の活用などにより、自己収入の確保に努めた。具体的には、受託研究、外部資金受入型の共同研究及び競争的資金など運営費交付金以外の外部資金による研究開発については、受託研究等 239 件、競争的資金 116 件の合計 355 件を実施し、4,318 百万円を獲得した。この他、特許権実施及びソフトウェア使用許諾による収入として、68 百万円を獲得した。

3. 業務達成基準による収益化

運営費交付金の会計処理について、業務達成基準による収益化を行い、収益化単位の業務ごとに予算と実績を適切に管理した。

4. 短期借入金の限度額

特になし。

5. 不要財産の処分に関する計画

特になし。

6. 財産の譲渡又は担保に関する計画

特になし。

7. 剰余金の使途

特になし。

第4章　その他業務運営に関する重要事項

【中長期目標】

（1）内部統制に関する事項

内部統制については、「「独立行政法人の業務の適正を確保するための体制等の整備」について」（平成 26 年 11 月 28 日行政管理局長通知）に基づく事項の運用を確実に図り、理事長のリーダーシップの下で、内部統制に関するマネジメントを適切に行う。

なお、内部統制機能が確実に発揮されるよう、法人のミッションや理事長の指示が組織内に徹底される仕組みなどを活用し対応を図る。

また、適正かつ効率的な内部監査体制の整備を図る。

コンプライアンスに関しては、コンプライアンス研修の開催等により職員への意識の浸透を図る取組を実施するとともに、必要に応じて規程や関係する取組の見直しを行う。

また、研究不正への対応は、研究開発活動の信頼性確保、科学技術の健全な発展等の観点からも極めて重要な課題であるため、職員の意識浸透や不正行為防止を図る取組を実施するとともに、必要に応じて規程の見直しを行うなど組織として取り組む。なお、万が一研究不正が発生した場合には厳正に対応する。

情報セキュリティについては、情報化の進展に伴い、機密情報の流出などの情報セキュリティインシデントを未然に防ぐ必要があることから、「サイバーセキュリティ戦略」（令和 3 年 9 月 28 日閣議決定）等の政府の方針を踏まえ、研究開発を含む研究所で実施する業務において、適切な情報セキュリティ対策を推進する。情報システムの整備及び管理については「情報システムの整備及び管理の基本的な方針」（令和 3 年 12 月 24 日デジタル大臣決定）に則り適切に対応するものとする。

（2）人事に関する事項

多様化する政策課題への対応に必要な人材や様々な経歴を有する人材の確保・育成に向けた活動、組織の横断的連携等を通して、高度な専門性・多様性が求められる研究開発を継続するための体制を強化する。職員の専門性やマネジメント力を高めるための能力開発の実施等により若手研究者等の育成を進めるとともに、職員の勤務成績を考慮した人事評価の適切な実施等により能力本位の公正で透明性の高い人事システムを確立し、卓越した研究者等の確保を図るとともに研究所内での人事交流を促進する。

また、達成すべきミッションと整合的な人材確保・育成を図るために、法人を取り巻く環境変化を踏まえ、人材の活用等に関する方針の見直しを進める。

給与水準については、国家公務員の給与水準も十分考慮し、手当を含め役職員給与の在り方について厳しく検証した上で、研究開発業務の特性等を踏まえた柔軟な取扱いを可能とするとともに、透明性の向上や説明責任の一層の確保が重要であることに鑑み、給与水準及びその妥当性の検証結果を毎年度公表する。

（3）外部有識者による評価の実施、反映に関する事項

研究分野における業務計画、運営、業績については、目標の達成状況を随時把握し、必要に応じ研究開発の継続そのものに関する助言や指導を行う外部有識者から構成される研究評価を行い、評価結果に基づいて研究資源の適時・適切な配分や研究開発業務の重点化を図るなど評価結果を積極的に活用する。

（4）情報公開の促進に関する事項

情報公開、個人情報保護については適正な業務運営を確保し、かつ、社会に対する説明責任を確保するため、適切かつ積極的に広報活動及び情報公開を行うとともに、個人情報の適切な保護を図る取組を推進する。具体的には、独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律（平成 13 年法律第 140 号）に基づき、組織、業務及び財務に関する基礎的な情報並びにこれらについての評価及び監査に関する情報等をウェブページで公開するなど適切に対応するとともに、個人情報の保護に関する法律（平成 15 年

法律第 57 号）に基づき、保有する個人情報を適正に管理する。

（5）施設・設備の整備及び管理等に関する事項

研究ニーズの変化及び実験施設の老朽化に対応するため、ハード面のほか、デジタル技術も活用した研究手法の充実も視野に入れつつ、新たな実験施設の導入及び従来から活用している実験施設の補修に取り組む。

また、保有資産の必要性についても不断に見直しを行う。

【中長期計画】

1．内部統制に関する事項

内部統制については、「「独立行政法人の業務の適正を確保するための体制等の整備」について」（平成 26 年 11 月 28 日行政管理局長通知）に基づき、業務方法書に定めた事項の運用を確実に図る。理事長のリーダーシップの下で、内部統制に関するマネジメントを推進する。

さらに、内部統制機能が確実に発揮されるよう、法人のミッションや理事長の指示が組織内に徹底されるよう、内部統制・リスク管理委員会において適切な対応を行うとともに、適正かつ効率的な内部監査体制を整備する。

コンプライアンスに関しては、コンプライアンス研修の開催等により職員への意識の浸透を図る取組を実施するとともに、必要に応じて規程や関係する取組の見直しを行う。

また、研究不正への対応は、研究開発活動の信頼性確保、科学技術の健全な発展等の観点からも極めて重要な課題であるため、職員の意識浸透や不正行為防止を図る取組を実施するとともに、必要に応じて規程の見直しを行うなど組織として取り組む。なお、万が一研究不正が発生した場合には厳正に対応する。

情報セキュリティについては、情報化の進展に伴い、機密情報の流出などの情報セキュリティインシデントを未然に防ぐ必要があることから、「サイバーセキュリティ戦略」（令和3年9月 28 日閣議決定）等の政府の方針を踏まえ、情報セキュリティポリシーの定めに基づき、研究開発を含む研究所で実施する業務において、適切な情報セキュリティ対策を実施する。

また、情報システムの整備及び管理については「情報システムの整備及び管理の基本的な方針」（令和3年 12 月 24 日デジタル大臣決定）に則り適切に対応するものとする。

2．人事に関する事項

多様化する政策課題への対応に必要な人材や様々な経歴を有する人材の確保・育成に向けた活動、組織の横断的連携等を通して、高度な専門性・多様性が求められる研究開発を継続するための体制を強化する。職員の専門性やマネジメント力を高めるための能力開発の実施等により若手研究者等の育成を進めるとともに、職員の勤務成績を考慮した人事評価の適切な実施等により能力本位の公正で透明性の高い人事システムを確立し、卓越した研究者等の確保を図るとともに研究所内での人事交流を促進する。

また、達成すべきミッションと整合的な人材確保・育成を図るために、法人を取り巻く環境変化を踏まえ、人材の活用等に関する方針の見直しを進める。

給与水準については、国家公務員の給与水準も十分考慮し、手当を含め役職員給与の在り方について厳しく検証した上で、研究開発業務の特性等を踏まえた柔軟な取扱いを可能とするとともに、透明性の向上や説明責任の一層の確保が重要であることに鑑み、給与水準及びその妥当性の検証結果を毎年度公表する。

3．外部有識者による評価の実施・反映に関する事項

研究分野における業務計画、運営、業績については、目標の達成状況を随時把握し、必要に応じ研究開発の継続そのものに関する助言や指導を受けるため、外部有識者から構成される評価委員会等による

研究評価を行う。

評価結果については、研究資源の適時・適切な配分に反映させ、研究成果の質の向上を図るとともに、研究開発業務の重点化を図る。また評価のプロセス、評価結果等を研究所のホームページへの掲載等を通じて公表し、透明性を確保する。

4. 情報公開の促進に関する事項

情報公開、個人情報保護については適正な業務運営を確保し、かつ、社会に対する説明責任を確保するため、適切かつ積極的に広報活動及び情報公開を行うとともに、個人情報の適切な保護を図る取組を推進する。具体的には、独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律（平成 13 年法律第 140 号）に基づき、組織、業務及び財務に関する基礎的な情報並びにこれらについての評価及び監査に関する情報等をホームページで公開するなど適切に対応するとともに、個人情報の保護に関する法律（平成 15 年法律第 57 号）に基づき、保有する個人情報を適正に管理する。

5. 施設・設備の整備及び管理等に関する事項

研究ニーズの変化及び実験施設の老朽化に対応するため、中長期目標期間中に別表4に掲げる施設を整備・改修する。その際、ハード面のほか、デジタル技術も活用した研究手法の充実も視野に入れることとする。また、既存の施設・設備を適切に維持管理していくため、必要な経費の確保に努めるとともに、効率的に施設を運営する。また、保有資産の必要性についても不断に見直しを行う。

6. 積立金の処分に関する事項

前中長期目標期間繰越積立金は、前中長期目標期間中に自己収入財源で取得し、研究所の当中長期目標期間へ繰り越した有形固定資産の減価償却に要する費用等に充当する。

【年度計画】

（1）内部統制に関する事項

内部統制については、「「独立行政法人の業務の適正を確保するための体制等の整備」について」（平成 26 年 11 月 28 日行政管理局長通知）に基づき、業務方法書に定めた事項の運用を確実に図る。理事長のリーダーシップの下で、内部統制に関するマネジメントを推進する。

さらに、内部統制機能が確実に発揮されるよう、法人のミッションや理事長の指示が組織内に徹底されるよう、内部統制・リスク管理委員会において適切な対応を行うとともに、監査室において適正かつ効率的な内部監査を行う。

コンプライアンスに関しては、コンプライアンス研修の開催、改正された関係する規程の適切な適用等により職員への意識の浸透を図る取組を実施するとともに、必要に応じて規程や関係する取組の見直しを行う。

本年度は、研究員を含む研究所のすべての役職員に対し、コンプライアンス違反防止のための研修を2回以上行うとともに、研修の受講率100%を目指す。

また、研究不正への対応は、研究開発活動の信頼性確保、科学技術の健全な発展等の観点からも極めて重要な課題であるため、職員の意識浸透や不正行為防止を図る取組を実施するとともに、必要に応じて規程の見直しを行うなど組織として取り組む。なお、万が一研究不正が発生した場合には厳正に対応する。加えて、研究の国際化やオープン化に伴う新たなリスクに対して新たに確保が求められる、研究の健全性・公正性の確保に取り組む。

情報セキュリティについては、情報化の進展に伴い、機密情報の流出などの情報セキュリティインシデントを未然に防ぐ必要があることから、「サイバーセキュリティ戦略」（令和 3 年 9 月 28 日閣議決定）等の政府の方針を踏まえ、情報セキュリティポリシーの定めに基づき、研究開発を含む研究所で実施する業務において、適切な情報セキュリティ対策を実施するとともに、情報セキュリティに関する教育および自己点

検の実施により職員の情報セキュリティに関する知識向上を図る。

また、情報システムの整備及び管理については「情報システムの整備及び管理の基本的な方針」（令和3年12月24日デジタル大臣決定）に則り適切に対応するものとする。

本年度は、昨年度から検討を開始した情報システムの統合に向け、発注手続きを進める。

（2）人事に関する事項

多様化する政策課題への対応に必要な人材や様々な経歴を有する人材の確保・育成に向けた活動、組織の横断的連携等を通して、高度な専門性・多様性が求められる研究開発を継続するための体制を強化する。職員の専門性やマネジメント力を高めるための能力開発の実施等により若手研究者等の育成を進めるとともに、職員の勤務成績を考慮した人事評価の適切な実施等により能力本位の公正で透明性の高い人事システムを確立し、卓越した研究者等の確保を図るとともに研究所内での人事交流を促進する。

また、達成すべきミッションと整合的な人材確保・育成を図るために、法人を取り巻く環境変化を踏まえ、人材の活用等に関する方針の見直しを進める。

給与水準については、国家公務員の給与水準も十分考慮し、手当を含め役職員給与の在り方について厳しく検証した上で、研究開発業務の特性等を踏まえた柔軟な取扱いを可能とするとともに、透明性の向上や説明責任の一層の確保が重要であることに鑑み、給与水準及びその妥当性の検証結果を毎年度公表する。

（3）外部有識者による評価の実施・反映に関する事項

研究分野における業務計画、運営、業績については、目標の達成状況を随時把握し、必要に応じ研究開発の継続そのものに関する助言や指導を受けるため、外部有識者から構成される評価委員会等による研究評価を行う。

評価結果については、研究資源の適時・適切な配分に反映させ、研究成果の質の向上を図るとともに、研究開発業務の重点化を図る。また評価のプロセス、評価結果等を研究所のホームページへの掲載等を通じて公表し、透明性を確保する。

本年度計画期間中に3回以上の外部有識者からの研究評価を実施する。

（4）情報公開、個人情報保護の促進に関する事項

情報公開、個人情報保護については適正な業務運営を確保し、かつ、社会に対する説明責任を確保するため、適切かつ積極的に広報活動及び情報公開を行うとともに、個人情報の適切な保護を図る取組を推進する。具体的には、独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律（平成13年法律第140号）に基づき、組織、業務及び財務に関する基礎的な情報並びにこれらについての評価及び監査に関する情報等をホームページで公開するなど適切に対応するとともに、個人情報の保護に関する法律（平成15年法律第57号）に基づき、保有する個人情報を適正に管理する。

（5）施設・設備の整備及び管理等に関する事項

研究ニーズの変化及び実験施設の老朽化に対応するため、別表4に掲げる施設を整備・改修する。その際、ハード面のほか、デジタル技術も活用した研究手法の充実も視野に入れることとする。また、既存の施設・設備を適切に維持管理していくため、必要な経費の確保に努めるとともに、効率的に施設を運営する。加えて、保有資産の必要性についても不断に見直しを行う。

本年度は、財産保険契約の見直しについて具体的な検討を行う。

（単位：百万円）

施設整備等の内容		予算額	
研究開発の実施に必要な業務管理施設、実験設備の整備・改修及びその他管理施設の整備・改修		119	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 施設整備費補助金
①	船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術に関する研究開発等	0	
②	港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等	119	
③	電子航法に関する研究開発等	0	

（注）単位未満を四捨五入しているため合計額が合わない場合がある。

［注記］

施設・設備の内容、予定額については見込みであり、中長期計画を実施するために必要な業務や老朽状況等勘案した施設・設備の改修等の追加等変更することもある。

◆当該年度の取組状況

1．内部統制に関する事項

（1）内部統制の推進

内部統制について、業務方法書に定めた事項の運用を確実に図るとともに、内部統制機能が確実に発揮されるよう、「内部統制の推進及びリスク管理に関する規程」を整備し、研究所における内部統制及びリスク管理に関する事項の報告、改善策の検討及び各管理責任者間における連絡及び調整を行う組織として、内部統制・リスク管理委員会を引き続き設置し、適切な運用を行った。

令和 7 年度は、同委員会において、研究所の業務継続基本計画及びコンプライアンスマニュアルの見直しを行うとともに、研究所全体の重要リスクについて把握及び分析を行い、適正な業務を確保するために取り組んだ。

また、内部監査について、内部統制システムの中のモニタリング機能としてその役割を適正かつ効果的に発揮させるため、第 2 期中長期目標期間開始から理事長のもとに各研究所から独立した監査室を設置し、内部統制の強化を実施した。

さらに、平和 7 年度は、内部統制・コンプライアンスリスクに関する事案への対策として、新たにうみそら研として顧問弁護士契約の締結を検討し、翌年度からの契約締結に向けて調整を実施した。

（2）コンプライアンス違反防止のための取組

令和 7 年度においては、コンプライアンス違反防止のための取り組みとして、研究者を含む役職員に対して、以下の研修を計 3 回実施した。いずれの研修も受講率は 100%であった。

・研究倫理研修
・安全保障輸出管理研修
・コンプライアンス研修

（3）不正防止に関する取組

研究活動における不正行為の防止、不正行為への対応、倫理の保持、法令遵守等について徹底を図るため、「研究活動における不正行為の防止並びに公的研究費等の執行及び管理に関する規程」、「研究活動並びに公的研究費等の執行及び管理における行動規範及び不正防止対策の基本方針」及び「不正防止計画」を整備し、不正を事前に防ぐための体制を整え、適切な運用を行った。令和 7 年度においては、上記研究倫理研修や内部監査を実施するなど不正防止の徹底を図った。また、研究の国際化やオープン化に伴う新たなリスクに対して新たな確保が求められる、研究の健全性・公平性の確保に取り組んだ。

（4）情報セキュリティに関する取組

全ての役職員等が、「海上・港湾・航空技術研究所情報セキュリティポリシー」の各遵守項目について、適切な運用を行っているか否かについて自らが点検を行った。点検の結果改善すべき事項等について、点検を実施した者あるいはその管理者により必要な改善を行うことを目的に、情報セキュリティに関する教育を実施した。令和 7 年度は例年の自己点検および教育、標的型攻撃メール訓練を実施した。

また、情報セキュリティ対策の一環として、端末の状況を監視し、不審な挙動を検知し対処する MDR（Managed Detection and Response）機能を有するセキュリティソフトウェアを導入し、情報セキュリティ対策の高度化を行った。

情報システムの関係としては、令和 9 年度を運用開始とする新たな情報システムを一括して調達するため、システムの構築方法や機器の仕様書を作成等の検討を実施した。

（5）テレワークの定着

新型コロナ感染症対策として令和 2 年度から本格的に実施したテレワークについて、多様な働き方を定着させる観点から更なる取り組みを推進した。

2. 人事に関する事項

職員の専門性を高めるための能力の開発や若手研究者の育成のための取り組みとして、OJTプログラムや各種研修の実施、若手研究者への論文の積極的投稿の指導を行った。

職員の勤務成績を考慮した適切な人事評価を行うため、国の人事評価制度に準じた制度を導入し、適切な実施に努めるとともに、卓越した研究者を確保するため、独自の研究者評価制度や外部有識者による研究者格付審査委員会により、研究者の評価を実施した。

また、人材活用等に関する方針に基づき、優れた人材の採用及び育成を行い、その能力が発揮できる環境の形成に努めた。

さらに、研究者が、研究所と外部機関等の間で、それぞれ雇用契約関係を結び、各機関の責任の下で業務を行うことが可能となる仕組みである「クロスアポイントメント制度」を促進した。そのほか、研究所内外で開催されている講習会・勉強会や研修への参加を奨励、研究者の博士号取得の奨励、英語力向上のための研修など、関係者の専門性を向上させる取り組みを進め、研究所全体のポテンシャルの向上を図った。

3. 外部有識者による評価の実施・反映に関する事項

研究分野における業務計画、運営、業績については、目標の達成状況を随時把握し、必要に応じ研究開発の継続そのものに関する助言や指導を受けるため、各研究所において外部有識者により構成される評価委員会を設置したうえで評価を実施することとしている。

令和 7 年度においては、「船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術に関する評価」、「港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する評価」及び「電子航法に関する評価」をそれぞれ実施し、合計 3 回の外部有識者による評価委員会を開催した。

評価の結果については、研究資源の適時・適切な配分に反映させることで、研究開発業務の重点化等に活用しており、各研究所のホームページで公表した。

4. 情報公開、個人情報保護の促進に関する事項

情報公開については、ホームページにて法令等で公開することとされている、組織、業務及び財務に関する基礎的な情報並びにこれらについての評価及び監査に関する情報等を公表している。同様に、情報公開窓口及び手続きに関して周知しており、適切かつ積極的に情報の公開を行っている。

また、個人情報保護に関しては、研修(e-ラーニング)を実施するなど、個人情報の適切な保護を図る取組を実施し、保有する個人情報を適切に管理している。

5. 施設・設備の整備及び管理等に関する事項

施設・設備の整備及び管理等については、施設整備費補助金により実施するとともに、既存の施設・設備の適切な維持管理のため、自己収入による財源の確保に努めている。

また、効率的な施設の運営のための具体的な取り組みとして、円滑な使用・管理・運営のために主要研究施設の必要なメンテナンス等を行うことにより適切な維持管理を実施するとともに、研究所の研究活動に影響を及ぼさない範囲における外部利用の実施を行った。

さらに、保有資産の必要性の見直しを進めるため、保有施設に関して毎年度使用状況調査を実施し、必要に応じて減損を認識することとした。

令和 7 年度は、財産保険契約の補償対象事故および補償対象物の抜本的な見直しを実施した。これにより令和 8 年度の財産保険の契約金額が令和 7 年度比 7.46%減となり、着実な経費の抑制が図られた。