平成３０年度 業務実績等報告書

令和元年６月

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所

MPAT

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
（１）分野横断的な研究の推進 ---------- ２
（２）研究マネジメントの充実 ---------- ７
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 ---------- １１
（１）海上輸送の安全の確保 ---------- １６
（２）海洋環境の保全 ---------- ３５
（３）海洋の開発 ---------- ６３
（４）海上輸送を支える基盤的な技術開発 ---------- ８２
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 ---------- ９５
（１）沿岸域における災害の軽減と復旧 ---------- ９７
（２）産業と国民生活を支えるストックの形成 ---------- １１３
（３）海洋権益の保全と海洋の利活用 ---------- １２９
（４）海域環境の形成と活用 ---------- １３５
４．電子航法に関する研究開発等 ---------- １４４
（１）軌道ベース運用による航空交通管理の高度化 ---------- １４９
（２）空港運用の高度化 ---------- １６３
（３）機上情報の活用による航空交通の最適化 ---------- １７８
（４）関係者間の情報共有及び通信の高度化 ---------- １８７
５．研究開発成果の社会への還元 ---------- １９３
（１）技術的政策課題の解決に向けた対応 ---------- １９３
（２）災害及び事故への対応 ---------- １９８
（３）橋渡し機能の強化 ---------- ２０３
（４）知的財産権の普及活用 ---------- ２１２
（５）情報発信や広報の充実 ---------- ２１６
６．戦略的な国際活動の推進 ---------- ２３１
（１）国際基準化、国際標準化への貢献 ---------- ２３１
（２）海外機関等との連携強化 ---------- ２４０

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 ―――― ２４６
１．統合に伴う業務運営の効率化 ―――――――――――――――――――――― ２４９
２．業務の電子化 ―――――――――――――――――――――――――――――― ２５０
３．業務運営の効率化による経費削減等 ―――――――――――――――――― ２５０

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 ――――― ２５２
１．運営費交付金を充当して行う事業 ―――――――――――――――――――― ２５７
２．運営費交付金以外の収入の確保 ―――――――――――――――――――― ２５９
３．短期借入金の限度額 ―――――――――――――――――――――――――― ２５９
４．不要財産の処分に関する計画 ―――――――――――――――――――――― ２５９
５．財産の譲渡又は担保に関する計画 ―――――――――――――――――――― ２５９
６．剰余金の使途 ―――――――――――――――――――――――――――――― ２５９

第４章　その他業務運営に関する重要事項 ―――――――――――――――― ２６０
１．内部統制に関する事項 ―――――――――――――――――――――――― ２６３
２．人事に関する事項 ―――――――――――――――――――――――――― ２６４
３．外部有識者による評価の実施・反映に関する事項 ―――――――――― ２６４
４．情報公開の促進に関する事項 ―――――――――――――――――――― ２６５
５．施設・設備の整備及び管理等に関する事項 ―――――――――――――― ２６５

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、今回の統合を機に、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。

また、分野横断的な研究をはじめとする研究開発を効率的かつ効果的に実施していくためには、戦略的な研究の企画立案や各研究部門の連携や調整といった研究マネジメントの充実が不可欠であり、研究所は、そのための体制を構築する必要がある。

【重要度：高】　統合を機に新たに構築する体制の下、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。

【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、旧海上技術安全研究所、旧港湾空港技術研究所及び旧電子航法研究所の旧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、旧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。

また、新たに経営戦略室を設置する等、分野横断的な研究をはじめとする研究開発を効率的かつ効果的に実施するため、戦略的な研究計画の企画立案や各研究部門の連携・調整を行う研究マネジメント体制を構築する。

【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、旧海上技術安全研究所、旧港湾空港技術研究所及び旧電子航法研究所の旧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、旧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。

また、経営戦略室が中心となって分野横断的な研究をはじめとする研究開発を効率的かつ効果的に実施するため、戦略的な研究計画の企画立案や各研究部門の連携・調整を行う。

（１）分野横断的な研究の推進

【中長期目標】

（１）分野横断的な研究の推進

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、海中探査技術、海中施工技術、物資・人員輸送技術の連携による次世代海洋資源調査技術に関する研究開発や、航空交通の管理・解析技術と空港施設の維持管理技術の連携による首都圏空港の機能強化に関する研究開発といった分野横断的な研究を推進する。また、これら以外の分野横断的な研究テーマの模索や検討を継続的に行う。

【中長期計画】

（１）分野横断的な研究の推進

研究所は、海洋の利用推進と国際競争力の強化といった課題について、分野横断的な研究を効率的かつ効果的に実施する。

このため、以下の研究開発を進める。

①次世代海洋資源調査技術に関し、海底観測・探査、海中での施工、洋上基地と海底との輸送・通信、陸上から洋上基地への輸送・誘導等に係る研究開発

②我が国における国際交通ネットワークの要である首都圏空港の機能強化に関し、滑走路等空

港インフラの安全性・維持管理の効率性の向上等に係る研究開発

さらに、上記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を目指す。

【年度計画】

（１）分野横断的な研究の推進

研究所は、海洋の利用推進と国際競争力の強化といった課題について、分野横断的な研究を効率的かつ効果的に実施する。

このため、本年度においては、次世代海洋資源調査技術に関し、資源調査技術・生産技術等と新たな海中施工技術等の研究を連携して進める。

首都圏空港の機能強化に関しては、空港内の交通流を円滑にする誘導路等の施設配置や運用の改善のため、交通データ等活用技術の研究を開始するほか、目的達成のための課題、目標、計画等の具体的な研究方法や各種研究計画について、関係する研究者等の間で情報交換、連携し、効率的かつ効果的に研究を進める。

また、29 年度より着手した海洋分野におけるドローン技術の活用に関する研究を進める。

さらに、各分野の共通基盤となる技術を活用した研究の連携を進めるとともに、総合的な政策課題に適切に対応した研究の模索や検討を継続的に行う。

◆年度計画における目標設定の考え方

平成３０年度は、分野横断的な研究として、昨年度に引き続き、次世代海洋資源調査技術および首都圏空港の機能強化に関して関係する研究者等の間で情報交換、連携し効率的かつ効果的に研究を進めることとした。

また、各分野の共通基盤となる技術を活用した連携を進めるための検討を継続的に行う事とした。

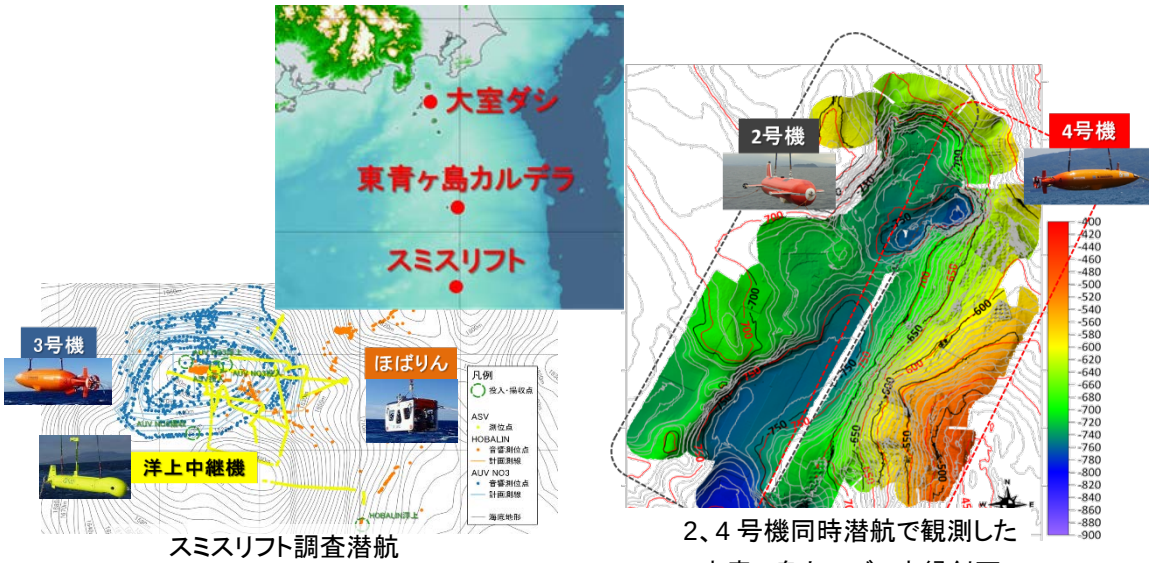
◆当該年度における取組状況

①次世代海洋資源調査技術に関し、海底観測・探査、海中での施工、洋上基地と海底との輸送・通信、陸上から洋上基地への輸送・誘導等に係る研究開発

次世代海洋資源調査技術に関しては、海洋資源産業の興産を図るためには、広大な海洋において有用な鉱物資源が存在する確率の高い地点を絞り込むことが必要だが、海洋は陸域に比べ、地形の詳細な地図など、鉱物資源の存在を前もって推定するための基本情報が未整備であることから、こうした基本情報について、低廉な調査手法を研究開発し、これを社会実装することが必要である。

このため、複数の AUV を１隻の母船から着水・揚収させ、同時に異なるデータを広範囲に取得する「AUV の複数運用技術の研究開発」を海上技術安全研究所において実施し、また、海底において光学カメラでは取得できない濁水中の視野および高精細な３次元地形データを同時に取得できる「水中音響ビデオカメラの研究開発」を港湾空港技術研究所において実施した。

AUV の複数運用技術について海上技術安全研究所は、４機の航行型 AUV と１機のホバリング型 AUV の計５機同時運用に成功した。また、実運用事例として、伊豆諸島（大室ダシ、東青ヶ島カルデラ、スミスリフト）において、民間企業による複数機 AUV 熱水地帯調査を実施し、全 7 回の潜航調査を成功させた（図１．１．１）。複数機 AUV 同時運用の有効性及び社会実装達成が可能であることを確認するとともに、広域高効率調査を実現した。



スミスリフト調査潜航

2、4 号機同時潜航で観測した
東青ヶ島カルデラ東縁斜面

図１．１．１　伊豆諸島での複数機 AUV 熱水地帯調査

水中音響ビデオカメラについて、港湾空港技術研究所は国内外で最も高精細な映像を取得する仕様の装置を、特に浅海用について軽量化を行うと共に、港湾施工や維持管理での使用を目指し、潜水士の視認、浚渫工や置換工の施工管理での試用を行った。それぞれ、国土交通省関東地方整備局及び九州地方整備局との連携により、専用ソフトウエアの開発も行っている。それらの成果により、水槽内で潜水士の動作の視認、浚渫時のグラブの動作の視認、置換工での投入される土砂の視認の他、置換後の海底高さをリアルタイムで表示することに成功している。これらの検討は、AUV や ROV のミッションに水中音響ビデオカメラを導入した場合にも生かせるものである。

また、昨年度から引き続き、担当研究者によるタスクフォースにおいて、上述の AUV の複数運用技術と水中音響ビデオカメラおよびその他の研究成果を活かしたさらなる連携研究についての検討を実施した。その結果、AUV に水中音響ビデオカメラを搭載して行うようなミッションのほかに、AUV による迅速で広範囲なスクリーニングののちに音響ビデオカメラをスポット的に投入する、といったソフト側にも主点を置くように方向性を修正した。ミッションとして、AUV の役割、音響ビデオカメラの役割を検討し、それぞれソフトウエアの面での研究開発を進めていくこととした。

②我が国における国際交通ネットワークの要である首都圏空港の機能強化に関し、滑走路等空港インフラの安全性・維持管理の効率性の向上等に係る研究開発

平成３０年度より空港の基盤施設・航空交通管理の各分野に渡る連携課題として「空港設計および地上走行時間管理に資する交通データ等活用技術の研究」を電子航法研究所にて実施しており、港湾空港技術研究所と連携して羽田空港の交通量と緊急補修工事箇所に基づいた路面損傷場所をマップ上で重ね合わせ、交通量と路面損傷との関連性および要因について検討を進めている。平成３１年１月にこれまでの研究結果を羽田空港の舗装の維持管理を実施する国土交通省東京航空局及び、設計・整備を実施する国土交通省関東地方整備局に報告したところ継続的なデータ提供の要望があったため、今後も両研究所で連携して検討を進めることとした。

また、港湾空港技術研究所、電子航法研究所及び国土交通省航空局により、連携調整会合を平成２９年度に続いて平成３１年２月２７日に霞ヶ関にて開催した。海上・港湾・航空技術研究所からは上記２研究所と研究監、研究計画課及び企画調整・防災課の関係者が同会合

に出席し、首都圏空港の機能強化に関連する研究として前述の研究課題の概要と進捗を関係する研究者間及び当局との間で共有した。同会合では今後の連携事項について意見交換が行われ、国土交通省航空局の担当官からも有益な助言を得ており、空港機能の強化に寄与する研究課題の整理に向けて引き続きこの会議を運営していくこととしている。

③海洋分野の点検におけるドローン技術活用に関する研究

海洋分野である船舶、洋上風車、港湾施設の点検において、ドローンを効果的に活用し、目視確認の代替又は支援を行うことで、点検作業の負担を軽減させることが可能となることを確認し、コスト低減、安全性向上、作業効率の向上など総合的な観点での維持管理の高度化を目的とした交通運輸技術開発推進制度による研究を平成２９年度より開始している。

平成３０年度は、昨年度の研究結果を踏まえ、抽出した実用化に向けた課題について対策を検討した。

飛行実験の結果、LIDAR（レーザーによるレーダー）を用いたドローンによる自立安定飛行が確認され、閉鎖区域内でも自立飛行ドローンを用いることで、検査時間の安定及び短縮が可能であることを確認した。

平成３１年度はこれまでの研究の成果を踏まえ、ドローンによる点検の実用化に向けた課題を整理し、確実かつ効率的な検査手法の確立に向けた検討を進める。

④その他の分野横断的な研究テーマの確立に向けた取組

平成３０年度も引き続き、次世代海洋資源調査技術及び首都圏空港の機能強化以外の分野横断的な研究テーマの具体化に向け、経営戦略室、研究監を中心とした会議を開催し、共通基盤技術に関する勉強会、防災に関する研究の冊子の取りまとめ、各研究所の研究発表会等での連携、研究の連携案件調査等について検討を行なった。

近年、飛躍的に技術の向上が進んでいる AI/IoT 技術等の共通基盤技術に関して、３研連携勉強会と少人数のグループ勉強会をそれぞれ２回開催し、分野横断的な取組について、より一層の研究活動の活性化を図った。また、同時に研究施設見学を実施することにより交流を促進した。

３研連携勉強会について、第１回は人工知能をテーマとして、画像認識とそれ以外の区分により各研究所で実施中あるいはこれから実施予定の研究について講演が行われた。この会を通じて、人工知能を研究する上でどういう手順で何をすれば良いかについて研究例を踏まえた意見交換が行われた。

第２回は、IoT とモニタリング技術をテーマとして意見交換が行われた。モニタリング技術は、船舶、航空機等の交通システム、構造物等の社会インフラ、気象、海象、波浪、地震等の自然現象等を対象として幅広く利用されており、これらの分野に関する研究発表及び意見交換を通して、共通点や今後の連携を探った。

グループ勉強会について、第１回目は AI 画像処理をテーマとして開催し、第２回目は、交通流・物流システムのシミュレーション技術をテーマとして開催した。船舶、航空機、コンテナ等の各分野での研究発表及び討議を通して､各研究所が持つ AI 画像処理技術及びシミュレータやシミュレーション技術の知見を共有し、研究の共通点や今後の連携を探った。

防災・減災に関連した技術研究開発への取組について、各研究所が取り組んできた防災に関する研究を冊子に取りまとめた。本冊子により各研究所の研究を一括して参照でき、技術の活用を図ることが期待できる。勉強会と本冊子のとりまとめをきっかけとして「大規模災害時における海上・航空輸送に関わるボトルネック解析」の研究を３研究所が連携して立案し、国土交通省の交通運輸技術開発推進制度への応募に発展させた。

各研究所の研究発表会等については、海上技術安全研究所研究発表会（７月１８日)、港湾空港技術講演会（１２月６日)、電子航法研究所研究発表会（５月３１日）において、分野

横断的研究として各研究所が相互に講演を行った。また、研究連携の状況を把握、管理するために「研究の連携案件調査票」を作成、更新し、研究所内で共有した。

表１．１．１　AI 関係の勉強会等開催実績

No	開催日	勉強会名	参加者数
1	平成 30 年 7 月 5 日	研究における AI の利用 （第 1 回　3 研連携勉強会）	76 名
2	平成 30 年 8 月 22 日	AI 画像処理 （第 1 回　グループ勉強会）	10 名
3	平成 30 年 10 月 18 日	IoT とモニタリング技術 （第 2 回　3 研連携勉強会）	56 名
4	平成 31 年 1 月 29 日	交通流・物流シミュレーション技術 （第 2 回　グループ勉強会）	27 名

図１．１．２　第 1 回 3 研連携勉強会の様子（左：海技研会場、右：港空研会場 ）

図１．１．３　電子航法研究所研究発表会の様子

（２）研究マネジメントの充実

【中長期目標】

（２）研究マネジメントの充実

研究開発成果の最大化を推進するため、研究所全体の統制管理を行う体制を構築し、当該体制の下で、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。

【中長期計画】

（２）研究マネジメントの充実

研究開発成果の最大化を推進するため、研究所全体の統制管理を行う経営戦略室を設置し、当室を中心として、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を行う。また、当室を中心として、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。

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、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。

【年度計画】

（２）研究マネジメントの充実

研究開発成果の最大化を推進するため、研究所全体の統制管理を行う経営戦略室を中心として、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継続して検討を行う。また、当室を中心として、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。

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、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。

◆年度計画における目標設定の考え方

平成３０年度は、昨年度に引き続き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旧３研究所の各研究領域にまたがる分野横断な研究を効率的かつ効果的に実施する為、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。

◆当該年度における取組状況

平成３０年度は、経営戦略室を中心として、中長期目標期間中の研究開発成果の最大化を推進し、旧３研究所の研究分野にまたがる分野横断な研究を効率的かつ効果的に実施するため、行政政策や技術動向を踏まえた研究所全体の統制管理を行った。

経営戦略室は各研究所の企画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平成３０年度は７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平成３０年度は１３回開催し、統合した研究所としての取り組みを企画した。

具体的な取り組みとして、①長期ビジョンの取組、②研究推進の為の必要経費の積極的な確保、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に向けた取組、③幹部や職員とのコミュニケーション・意見交換の場の設置、④その他研究マネジメントの充実に向けた取組等を行った。

①長期ビジョンの取組

平成２９年に策定した長期ビジョンでまとめた「行動計画」（共通基盤となる技術、基礎的研究を強化した「研究体制の充実」、能力ある人材の採用、研修等を充実した「人づくり」および外部機関との研究・技術交流・連携学術等の「研究交流の促進」の３つの柱で構成）に沿って、平成３０年度も引き続き研究所一体となって取組を実施した。

「研究体制の充実」については、３研連携勉強会やグループ勉強会を各々複数回開催し、共通基盤技術の研究に関する今後の連携について情報共有や意見交換等により推進するなど、分野横断的な研究を中心に研究成果の最大化に向けた研究体制の充実を目指す取組を行った。その結果、３研究所が連携して研究課題を立案し、国土交通省の交通運輸技術開発推進制度への応募に結びつけた。

「人づくり」については、内閣官房内閣サイバーセキュリティセンター(NISC)等の外部機関が主催する研修に研究所職員を積極的に参加させるとともに、研究倫理研修、知財研修及び安全保障輸出管理研修等の各種研修（所内研修）を積極的に実施した。その際、研究部門のみならず総務・企画部門の職員も受講させることにより、研究所全職員のスキルを向上させ、研究業務をより効率的、効果的に進めるための支援体制の強化につなげた。

「研究交流の促進」については、国内企業や大学等の外部機関との共同研究を引き続き実施したほか、研究員の在外派遣を通じて海外の研究機関との連携を促進することにより、研究所としての研究分野の幅を広げ、将来の海外機関との共同研究等、イノベーション創出に向けた研究開発環境の構築を目指す取組を実施した。

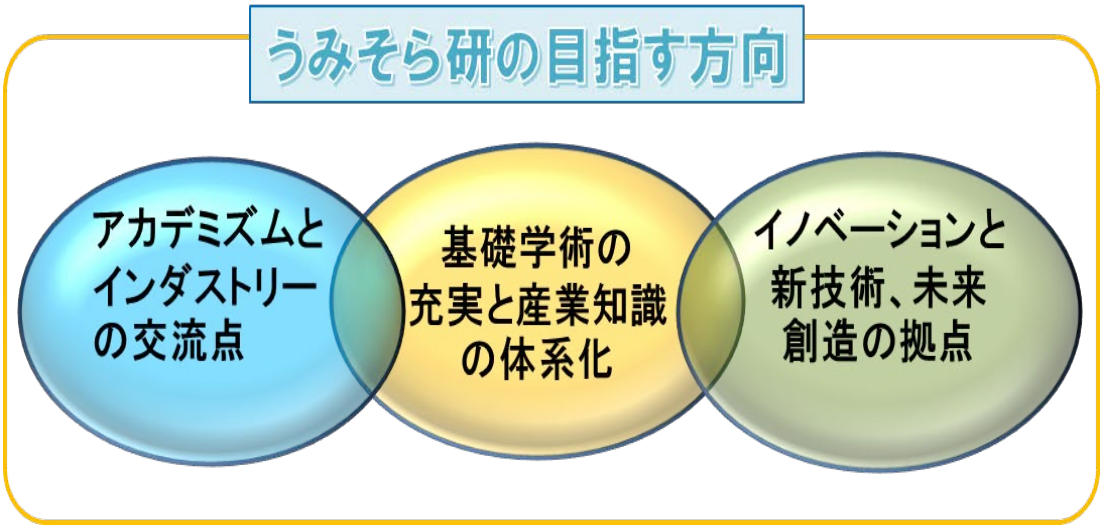


図１．１．４　海上・港湾・航空技術研究所の目指す方向

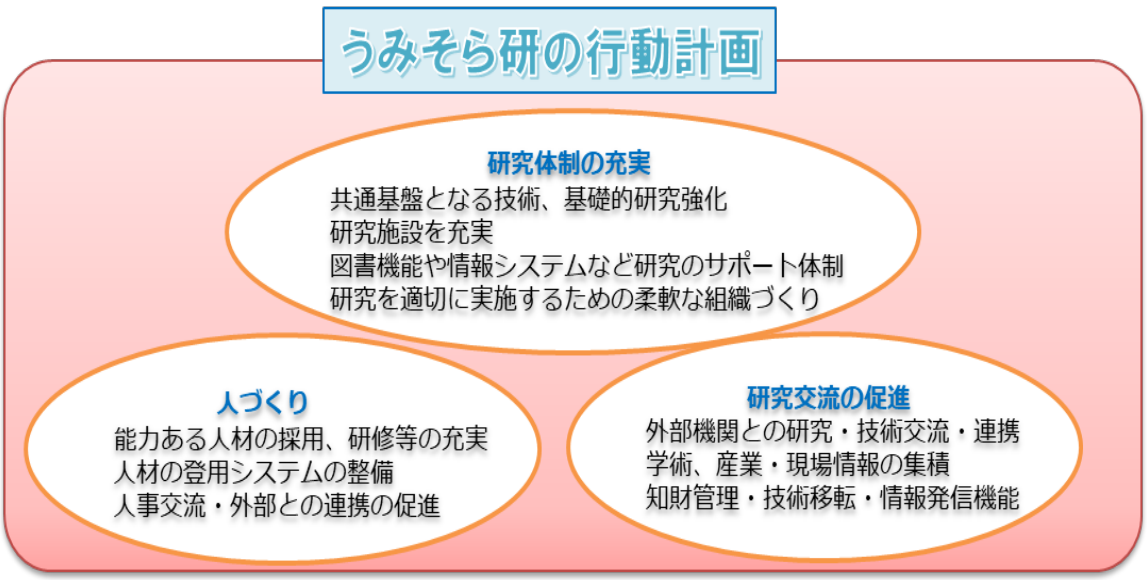


図１．１．５　海上・港湾・航空技術研究所の行動計画

②研究推進の為の必要経費の積極的な確保、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に向けた取組

平成３０年度も引き続き必要経費の積極的な確保のため、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。具体例として、分野横断的な研究に係る外部資金の確保に向けた取組を行い、「大規模災害時における海上・航空輸送に関わるボトルネック解析」の研究を３研究所が連携して立案し、国土交通省の交通運輸技術開発推進制度への応募につなげた。

また、平成３０年度は（１）①に関連する戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「次世代海洋技術」及び（１）③海洋分野の点検におけるドローン技術活用に関する研究に関して、外部資金による分野横断的な研究を実施している。

表１．１．２　外部資金による分野横断的研究一覧

No	課題名	参画機関名	備考
1	戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「次世代海洋資源調査技術」（テーマ２「海洋資源調査技術の開発」※平成２９年度より）	海上・港湾・航空技術研究所（海上技術安全研究所、港湾空港技術研究所）、高知大学	継続
2	交通運輸技術開発推進制度「海洋分野の点検におけるドローン技術活用に関する研究」（平成３０年度より）	海上・港湾・航空技術研究所（海上技術安全研究所・港湾空港技術研究所・電子航法研究所）、日本海事協会、ClassNK コンサルティングサービス、ブルーイノベーション（株）	継続

ICT を活用した日常的な研究情報の交換については、三鷹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基本とした会議を行った。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行い、分野横断的な研究の計画立案を行った。

研究所の有効活用に向けた取組については、港湾空港技術研究所の水中作業環境再現水槽において、海上技術安全研究所の AUV の潜航動作試験を実施するなど、研究所間の施設利用

を積極的に行い、効果的・効率的な施設運用を推進した。また、海上技術安全研究所の 400m 試験水槽、港湾空港技術研究所の海底探査水槽及び電子航法研究所の電波無響室などにおいて、民間企業等の要望に基づき有償で研究所施設を利用させることにより、研究資金の確保にもつなげた。

③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、それぞれの研究所の研究発表会の他に３研究所の研究者間の情報及び意見交換の場として、３研連携勉強会及びグループ勉強会を計４回、定期的に開催した。特に勉強会については研究所の施設見学会や意見交換会を併せて開催することで、最新の研究、各研究所施設の紹介等を行い、研究所全体として研究の一層の推進を図った。

研究所役員と職員との間については、理事長をはじめとする、役員及び経営戦略室による研究所運営全般に係る会議や、経営戦略室と研究監による分野横断的研究の推進に係る会議を定期的に行うことで、日々、議論の場を設け、研究所の将来の運営方針や各研究職員の研究内容等の相互理解を深めるとともに、将来の運営方針等に役立てるための研究所職員からの意見聴取を行う等を積極的に実施した。平成３０年度は、研究職職員に対する要望調査を管理部門が実施し、研究支援の充実方策について検討を開始するなど、研究者と管理部門のコミュニケーションにも取り組んだ。

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。

④その他研究マネジメントの充実に向けた取組

研究所の情報システムに関して、３研究所のネットワークシステム統合などの整備を実施し、平成３１年１月からは３研究所で同一のグループウェアの稼働を開始した。また、平成３１年４月からの稼働を目指して、３研究所統一の新会計システムの整備を実施しており、今後の管理業務の効率化及び経費の節減につながることが期待される。

特に情報システムの統合については、内閣サイバーセキュリティセンター（NISC）によるセキュリティー監査において、３研究所が連携して「法人として共通のセキュリティー水準を念頭にセキュリティー対策を推進したこと」が「他法人に推奨される良好事例」として NISC から評価された。

今後も引き続き、必要なセキュリティー対策等を講じながら効率的な情報システムの運用を促進していく。

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、より安全かつ効率的で環境負荷の低い海上輸送の実現に向けて、船舶等の安全の確保及び環境負荷の低減を進めるとともに、海洋産業の振興及び国際競争力の強化、海事産業を支える人材の確保・育成などの政策を推進している。研究所は、このような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に、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、先進的な船舶の安全性評価手法の研究開発や、海難事故等の原因究明手法の深度化や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、適切な規制手法、船舶のグリーン・イノベーションの実現に資する革新的な技術及び実海域における運航性能評価手法の研究開発、並びに船舶から排出される大気汚染物質の削減や生態系影響の防止に資する基盤的技術及び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育成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生産システムに係る基盤技術、海洋資源開発に係る生産システム等の基盤技術及び安全性評価手法の確立並びに海洋の利用に関する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、海事産業の発展を支える革新的技術、人材育成に資する技術、海上輸送の新たなニーズに対応した運航支援技術、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、すなわち海上輸送の安全確保及び環境負荷の低減や海洋開発の推進、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

安心・安全社会の実現のため、適切な安全規制の構築が求められる一方、国際海事機関（ＩＭＯ）での議論に基づき必ずしも技術的合理性のない規制の導入による社会的コストの増加に対する懸念から、船舶の安全性向上と社会的負担のバランスを確保する合理的な安全規制体系の構築が期

待されている。また、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、海難事故の発生原因を正確に解明し、適切な海難事故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先進的な船舶の安全性評価手法及び更なる合理的な安全規制の体系化に関する研究開発

②海難事故等の原因究明の深度化、防止技術及び適切な対策の立案に関する研究開発

（２）海洋環境の保全

ＩＭＯにおいて、船舶の運航に伴い排出される二酸化炭素（ＣＯ２）、窒素酸化物（ＮＯｘ）、硫黄酸化物（ＳＯｘ）等の規制が段階的に強化されるとともに、排ガス中のブラックカーボン等新たな課題についても検討が行われている。このため、これらの船舶に起因する環境負荷の大幅な低減に資する革新的な技術開発とともに、環境への負荷を正しく評価したうえで社会合理性のある適切な規制を構築することが求められている。また、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環境インパクト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に資する規制手法に関する研究開発

②船舶のグリーン・イノベーションの実現に資する革新的な技術及び実海域における運航性能評価手法に関する研究開発

③船舶の更なるグリーン化を実現するための、粒子状物質（ＰＭ）等の大気汚染物質の削減、生態系影響の防止に資する基盤的技術及び評価手法に関する研究開発

（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育成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、海洋産業の育成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、海洋産業育成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生産システムに係る基盤技術及び安全性評価手法の確立に関する研究開発

②海洋資源開発に係る生産システム等の基盤技術及び安全性評価手法の確立に関する研究開発

③海洋の利用に関連する技術に関する研究開発

（４）海上輸送を支える基盤的な技術開発

海事産業の技術革新の促進、海運・造船分野での人材確保・育成、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等により我が国海事産業の国際競争力を強化するとともに、我が国経済の持続的な発展に資す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海事産業の発展を支える技術革新と人材育成に資する技術に関する研究開発

②海上輸送の新たなニーズに対応した運航支援技術・輸送システム等に関する研究開発

③海上物流の効率化・最適化に係る基盤的な技術に関する研究開発

【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、すなわち海上輸送の安全確保及び環境負荷の低減や海洋

開発の推進、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。

我が国海事産業の未来の産業創造と社会変革に向けたイノベーションの創出を目的に、民間・大学等を含めた海事クラスターで共通的・長期的に取り組む課題を実施するための共同研究プロジェクトに重点的に取り組むこととする。

（１）海上輸送の安全の確保

安心・安全社会の実現のため、適切な安全規制の構築が求められる一方、国際海事機（IMO）での議論に基づき必ずしも技術的合理性のない規制の導入による社会的コストの増加に対する懸念から、船舶の安全性向上と社会的負担のバランスを確保する合理的な安全規制体系の構築が期待されている。

また、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、海難事故の発生原因を正確に解明し、適切な海難事故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先進的な船舶の安全性評価手法及び更なる合理的な安全規制の体系化に関する研究開発

－安全性と環境規制のバランスのとれた合理的な構造強度評価法の策定及び規則体系の再構築を目標に、研究開発の推進を図る。本年度は、体系化された荷重・構造強度評価システムのベーシックデザインを決定するため、プロトタイプと各要素技術モジュールとの摺合せを行う。特に縦曲げ最終強度の成果を体系化された荷重・構造強度評価システムに反映するための検討を行う。これまでに開発した DLSA-Basic の高度化や極限海象に対応した DLSA-Professional の開発を行う。さらに、昨年度開発した船体構造モニタリングシステムのプロトタイプを基に、船体構造モニタリングガイドラインの草案を策定する。 等

②海難事故等の原因究明の深度化、防止技術及び適切な対策の立案に関する研究開発

－衝突回避装置の開発に関する研究と緊急自動衝突回避システムのプロトタイプの評価、操船要素を考慮した危険性評価手法の検討、乗揚げ事故分析に基づく損傷実態の把握を行う。 等

（２）海洋環境の保全

IMO において、船舶の運航に伴い排出される二酸化炭素（CO2）、窒素酸化物（NOx）、硫黄酸化物（SOx）等の規制が段階的に強化されるとともに、排ガス中のブラックカーボン（BC）等新たな課題についても検討が行われている。このため、これらの船舶に起因する環境負荷の大幅な低減に資する革新的な技術開発とともに、環境への負荷を正しく評価したうえで社会合理性のある適切な規制を構築することが求められている。

また、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環境インパクト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に資する規制手法に関する研究開発

－テストエンジンを用いた PM 計測結果に基づく PM 排出係数及び組成プロファイルの設定、及びこれらを用いた船舶排出量データの作成を実施する。 等

②船舶のグリーン・イノベーションの実現に資する革新的な技術及び実海域における運航性能評価手法に関する研究開発

－実船の実海域性能を高度化する研究プロジェクトにおける研究を加速する。本年度は、平水中速力・出力・回転数カーブを求める標準的手法の作成を行う。 等

③船舶の更なるグリーン化を実現するための、粒子状物質（PM）等の大気汚染物質の削減、生態系影響の防止に資する基盤的技術及び評価手法に関する研究開発

－排ガス規制に向けた対策技術の動向調査と評価及び規制実施のための計測・分析手法を確立する。 等

（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育成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、海洋産業の育成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、海洋産業育成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生産システムに係る基盤技術及び安全性評価手法の確立に関する研究開発

－浮体式洋上風力発電施設の 3 翼独立制御の風洞実験法を確立する。また、3 翼独立制御ロジックの効果を検証する。 等

②海洋資源開発に係る生産システム等の基盤技術及び安全性評価手法の確立に関する研究開発

－採掘ユニット、揚鉱ユニットと採鉱母船の一体解析プログラムを開発する。また、計画支援プログラム（β版）の改善項目を抽出する。 等

③海洋の利用に関連する技術に関する研究開発

－AUV を運用するために必要となる要素技術の研究を進め、AUV 複数機同時運用技術の信頼性向上の研究開発を行う。 等

（４）海上輸送を支える基盤的な技術開発

海事産業の技術革新の促進、海運・造船分野での人材確保・育成、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等により我が国海事産業の国際競争力を強化するとともに、我が国経済の持続的な発展に資す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海事産業の発展を支える技術革新と人材育成に資する技術に関する研究開発

－これまで開発してきた生産管理システムを造船所へ導入し、実証実験を実施する。造船工程モデリング技術を提案する。

－騒音に影響を及ぼす振動解析・振動対策を検討し、ニューラルネットワークによる騒音予測システムを改良する。 等

②海上輸送の新たなニーズに対応した運航支援技術・輸送システム等に関する研究開発

－操船リスクシミュレータへ他船の自律機能の追加と避航操船機能の試評価を行う。２台のビデオカメラの立体視による画像処理技術を用いた他船検出の基本機能を構築する。 等

③海上物流の効率化・最適化に係る基盤的な技術に関する研究開発

－輸出入貨物を主な対象に、AI を用いた輸送モデル改良・航路評価手法を開発する。また、地震発生後の輸送計画作成から評価までの輸送シミュレータを開発する。等

◆平成３０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、海上輸送の安全確保及び環境負荷の低減や海洋開発の推進、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するため、重点的に取り組む研究として１３の重点研究課題を設定した。

◆平成３０年度の取組状況

平成 30 年度においては、以下の４つの分野を重点的に実施した。各研究について、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、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。

・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

研究開発課題	（１）海上輸送の安全の確保

研究テーマ	①先進的な船舶の安全性評価手法及び更なる合理的な安全規制の体系化に関する研究開発

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、先進的な船舶の安全性評価手法の研究開発や、海難事故等の原因究明手法の深度化や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。	安心・安全社会の実現のため、適切な安全規制の構築が求められる一方、国際海事機関（ＩＭＯ）での議論に基づき必ずしも技術的合理性のない規制の導入による社会的コストの増加に対する懸念から、船舶の安全性向上と社会的負担のバランスを確保する合理的な安全規制体系の構築が期待されている。また、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、海難事故の発生原因を正確に解明し、適切な海難事故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先進的な船舶の安全性評価手法及び更なる合理的な安全規制の体系化に関する研究開発	安心･安全社会の実現のため、適切な安全規制の構築が求められる一方、国際海事機関（IMO）での議論に基づき必ずしも技術的合理性のない規制の導入による社会的コストの増加に対する懸念から、船舶の安全性向上と社会的負担のバランスを確保する合理的な安全規制体系の構築が期待されている。また、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、海難事故の発生原因を正確に解明し、適切な海難事故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先進的な船舶の安全性評価手法及び更なる合理的な安全規制の体系化に関する研究開発 －安全性と環境規制のバランスのとれた合理的な構造強度評価法の策定及び規則体系の再構築を目標に、研究開発の推進を図る。本年度は、体系化された荷重・構造強度評価システムのベーシックデザインを決定するため、プロトタイプと各要素技術モジュールとの摺合せを行う。特に縦曲げ最終強度の成果を体系化された荷重・構造強度評価システムに反映するための検討を行う。これまでに開発したDLSA-Basicの高度化や極限海象に対応した DLSA-Professionalの開発を行う。さらに、昨年度 開発した船体構造モニタリングシステムのプロトタイプを基に、船体構造モニタリングガイドラインの草案を策定する。 等

○船舶の新構造基準作成に資する先進的な荷重・構造強度評価及び船体構造モニタリングシステムの開発に関する研究

研究の背景

安心・安全社会の実現のため、適切な安全規制の構築が求められる一方、国際海事機関（IMO）での議論に

基づき必ずしも技術的合理性のない規制の導入による社会的コストの増加に対する懸念から、船舶の安全性向上と社会的負担のバランスを確保する合理的な安全規制体系の構築をする。具体的には、
□新構造基準作成に資する体系化された荷重・構造強度評価システムの開発
□荷重・構造連成を考慮した数値解析手法の高度化及び極限波設定手法の開発
□最先端の疲労強度評価法の開発
□最先端の船体縦曲げ最終強度評価法の開発
□リスク及び Reliability ベースの ALS（Accidental Limit State）設計手法の開発
□極限海象下での非線形流体－構造連成応答に関する実験的研究
□船体構造モニタリングシステムの開発に関する研究

研究目標

□荷重・構造強度評価（以下に開発する評価法等を含む）の統合プラットフォームの開発及び新構造基準案の作成
□CFD や粒子法を含む強非線形荷重評価システム、及び、極限波設定手法、操船影響解明
□二軸載荷条件下の疲労き裂成長評価技術、及び、き裂成長則の知見を統合した疲労強度評価法
□流体・構造連成を考慮した波浪衝撃荷重推定法及び最終強度・残余強度評価法
□構造設計と運航のリンクを高めた船体構造モニタリングシステムの開発及び操船支援用の評価基準確立および船体構造モニタリングシステムのガイドラインの作成
□極限海象下での船体弾性応答計測技術
□モニタリングシステムにより蓄積されたデータを活用した構造強度評価等へのフィードバック手法の開発

上記成果は、先進的な船体構造健全性評価システム等の実用化、及びデータ及びシミュレーションに基づく信頼性ベースの新構造基準に直結し、これによって安全と経済性を両立した船体構造設計、及び高度かつ迅速な海難事故解析等が実現が期待される。

平成 30 年度の研究内容

□トータルシステムのベーシックデザインを決定するため，プロトタイプと各要素技術モジュールとの摺合せを行う.
□縦曲げ最終強度の成果をトータルシステムに反映するための検討を行う。
□これまでに開発した DLSA-Basic の高度化や極限海象に対応した DLSA-Proffesional の開発を行う。
□スラミング衝撃荷重とホイッピングを含む縦曲げ応答のための CFD-FEA 双方向連成解析法を開発する。構築した手法をもとにした、最悪短期海象下での応答の極値分布推定法を構築する。
□３D スロッシング数値計算の高速化のため、既存の粒子法モデルの境界条件を改良する。
□位相差を有する二軸載荷条件下（位相差π、Δσx/Δσy=2）において、溶接止端部（応力集中場）から発生・伝播する表面き裂の疲労き裂成長履歴を推定する手法を検討する。
□位相差を有する二軸載荷条件下において、平板中（応力集中度 Kt=1）の初期欠陥から発生・伝播し、初期に非均衡成長する表面き裂の疲労き裂伝播寿命を推定する手法を検討する。
□二軸重畳波変動載荷条件下における疲労き裂伝播試験用の制御ソフトウエアには制約条件があるので、予備試験を実施し、問題点の抽出を行う。
□前年度までに実施した模型試験結果を詳細に分析するとともに、非線形 FE 解析を実施し、繰り返し荷重が崩壊挙動及び最終強度に与える影響を明らかにする。
□寸法および荷重比を変化させたシリーズ解析結果から、二軸応力下の防撓パネルの崩壊挙動および最終強度を検証し、簡易的な縦曲げ最終強度計算手法を確立する。
□大型コンテナ船を対象に、捩りを考慮可能な縦曲げ最終強度手法の高度化を目的に、横隔壁及び船側構造が捩り変形に及ぼす影響を考慮可能な捩り解析手法を確立する。
□極限海象における大型コンテナ船の「動的」ハルガーダ最終強度及び構造安全性関する検討。
□事故限界状態（船舶衝突）に対する RCO（リスク・コントロール・オプション）のリスク軽減効果及び経済性効果推定手法の開発
□斜波中を含む極限海象下での非線形流体－構造連成応答を解明するため、実海域再現水槽にて平成 29 年度に製作した弾性模型を用いた水槽試験を実施する。
□ハルモニタリング用ガイドラインの調査検討を行う。
□実データの設計へのフィードバック手法を検討する。
□運航モニタリングの情報や波浪中構造応答特性のデータを統合した船体構造モニタリングシステムの概念設計を行う。
□荒天下および荒天回避の際の操船支援用のモニタリング項目と閾値の開発に向け、操船者を対象としたアンケート案を作成する。

平成 30 年度の研究成果

□DLSA-Basic（荷重解析－線形構造解析評価システム）の荷重解析モジュールとして３次元グリーン関数法を適用した NMRIW-3D-Lite を開発した。内圧付与法（A 法/B 法）を選択可能とした。強度評価・海象条件設定モジュールとして DLSA-Basic-Projection（疲労及び降伏に関する統計評価値（疲労被害度等）を出力し、全船構造要素へのマッピングする）を開発した（図 1.2.1）。これにより、網羅的な強度と作業コスト低減を両立し造船所の設計への適用も可能した。世界的にも例をみない荷重構造一貫解析評価システムである。従来からの２社のユーザーに加え、新規に１社へ販売。他に本システムを適用し新構造設計を行う造船所が１社確定（共同研究）、１社予定（来年度販売、共同研究の見込み）。また、船級規則改正に資するデータ構築に必要なツールしても指定された。

□DLSA- Professional （非線形荷重解析－非線形構造評価解析システム）の構造解析における境界条件（外圧、内圧、拘束）設定法の提案及び検証を行った。これにより全船を対象とした構造の動的応答及び崩壊強度が可能となった。

□CFD-FEA 双方向連成法について、弱連成法を適用した場合はホイッピング振動成分の再現が困難であるが、強連成法を用いた場合は精度の良い再現が可能であることを確認した（図 1.2.2）。また、CFD-FEA 連成解析に基づく極値推定に非線形ストリップ法（NMRIW-II）を用いた設計点の予測・修正法を適用し、二重底曲げを含む複合荷重の任意の極値に対する設計不規則波及び発生確率の推定法を構築した（図 1.2.3）。また、海技研 CFD（NAGISA）と FEA との片方向連成法を構築した。

□先行研究で、汎用粒子法モデルを基に、3D スロッシングの数値計算を行った。スロッシング模型実験との比較を通じて、数値計算精度を保障するためには十分小さい粒子サイズが必要であり、1 ケースの計算に１日間程度を要した。そのため、複数ケースの検証が困難である。数値計算を加速するため、Smoothed Boundary という新しい境界条件を提案し、粒子法モデルに実装した（図 1.2.4）。改良した粒子法モデルを用いて、より大きい粒子サイズを用いても改良前の境界条件（粒子サイズ小）による粒子法計算結果に匹敵する予測精度が実現でき、計算速度を 10 倍ほど高速化させることができた。

□位相差を有する二軸載荷条件下において、平板中（応力集中度 Kt=1）の初期欠陥から発生・伝播し、初期に非均衡成長する表面き裂の疲労き裂伝播シミュレーションを実施した。図 1.2.5 には、試験条件が応力比 0.05、$\Delta\sigma x=\Delta\sigma y=172MPa$、位相差$\pi$の場合の試験結果と数値シミュレーション結果を比較した一例を示す。二軸載荷状態を等価な単軸状態に換算し、等価分布応力法、結合力モデルを採用した RPG 荷重基準の疲労き裂伝播シミュレーションにより、表面き裂の成長履歴推定が可能であることを示した。

□同等な防撓パネル試験体を利用した単調荷重載荷模型試験及び繰り返し荷重載荷模型試験（図 1.2.6）の結果から、最終強度より小さい繰り返し荷重を受け続けることで変形が累積していき、やがて最終強度より小さい荷重にて崩壊に至ることを明らかにした（図 1.2.7）。繰り返し荷重の大きさ及び周期を変化させた非線形 FE 解析を実施し、周期及び荷重が大きいほど崩壊に至るまでの荷重の繰り返し数が小さいことを明らかにした（図 1.2.8）。

□非線形動的構造解析法を用いて、縦曲げモーメントの作用時間が、大型コンテナ船のハルガーダの動的構造応答に与える影響を明らかにした。同じ荷重でも、荷重周期が短い場合、最終強度に到達しないことが明らかとなった。また、不確実性（uncertainty）の１つである、解析モデルが、構造安全性評価に与える影響を明らかにした。解析モデルが最終強度に与える影響が定量的に明らかとなり、３ホールド等の部分モデルでの評価は危険側であり、安全側評価のためには、極力全船に近いモデルで評価する必要が明らかとなった。

□衝突による船舶のリスク解析を実施し、RCO（リスク・コントロールオプション）によるリスク低減効果及び経済性効果を推定する手法を高度化した。特に、衝突速度モデルの構築、原油価格の推定モデルの構築を新規に行った。

□FE 解析に基づき剛性調整をして設計・製作した弾性模型（図 1.2.13）を用いて、実海域再現水槽において、規則波中、変調不安定波中、多方向不規則波中曳航実験を行った。捩りモーメントについて、波浪変動成分だけでなく、弾性振動成分も計測できていることを確認した（図 1.2.14）。船の捩りの振動数だけでなく、振動のモード形状の相似性を考慮した弾性模型による実験を実施したのは世界初である。実験は公開実験にて公開した。

□構造設計と運航のリンクを高めた統合型船上モニタリングシステム用ガイドラインの構成案を作成した。

□実船データの統計解析プログラム（2017 年度に登録）を用いて、10 隻連続建造の 14,000TEU 型コンテナ船で計測された応力データを解析し、最大応力値及び疲労寿命に及ぼすホイッピングの影響を明らかにした（図 1.2.15 及び図 1.2.16)。また、計測応力を FE 解析による応力と比較して、現状の強度設計で行われる応力の予測精度を確認し、遭遇波浪の推定精度が予測精度に大きく影響を及ぼすことを示した。この研究成果は国土交通省の iShipping の報告書に反映されている。

□船長協会への聞き取り調査の結果に基づき、船が遭遇している波浪の実態や荒天下での操船方法、操船判断時の閾値（主に風・波浪等の外部条件）についての情報収集を行い、操船者へのアンケート案を作成した。

□AIS データと波浪追算データを用いて、就航船の遭遇海象及び作用荷重の履歴及び統計解析を行うためのプログラムを開発し、これを用いて実遭遇海象をベースとした波浪発現頻度表を作成し（図 1.2.17)、また、遭遇波浪を元に就航船の最大荷重を推定し、数値シミュレーション及び規則による設計荷重の安全

余裕を示した（図 1.2.18）

□AIS データ及び波浪追算データによる荒天中操船状況の可視化プログラムを作成した。これを活用することで最大荷重と操船判断との関係性が次第に明らかになり、合理的な構造設計の実現に寄与する（図 1.2.19, 特許 1）。

□応力モニタリングシステムの普及を促進するため、オープンプラットフォームで応力データを解析して、相対的な評価結果をユーザーに示すためのプログラムのテスト運用を行い、その有効性を示した（受託研究）

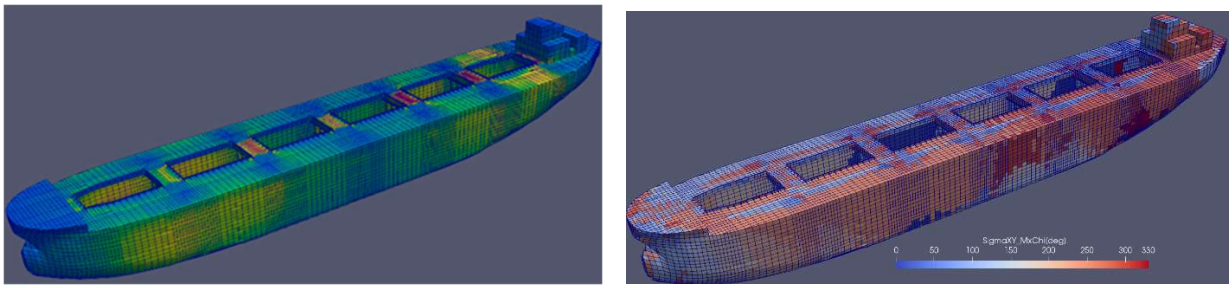


図 1.2.1　強度評価マッピング
（左：超過確率 10^{-8} レベルの応力の最大期待値　右：応力が最大となる波向きの分付）

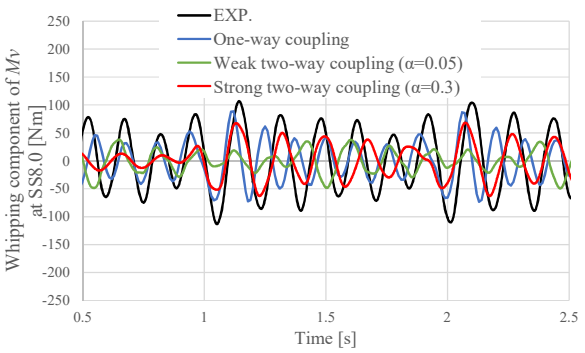


図 1.2.2　ホイッピング振動の推定結果

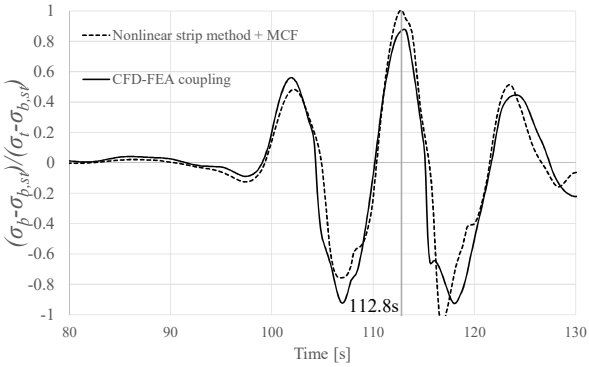
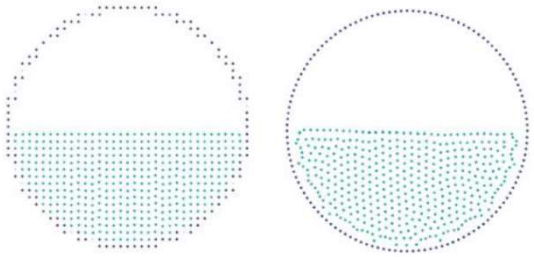


図 1.2.3　波浪中船体複合荷重の極値推定結果



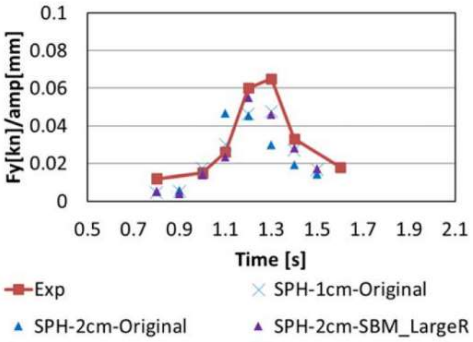


図 1.2.4（a）元の境界条件（b）改良した境界条件　（c）境界条件改良前後の比較

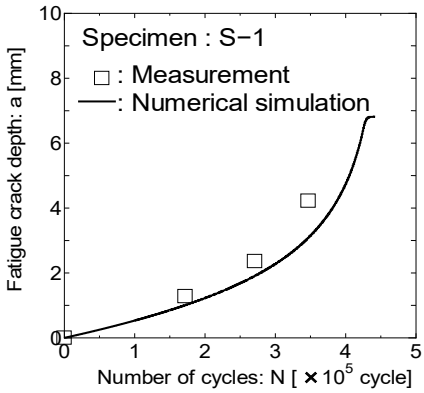


図 1.2.5　二軸載荷条件下における表面き裂の疲労き裂伝播試験結果と数値シミュレーション結果の比較の一例

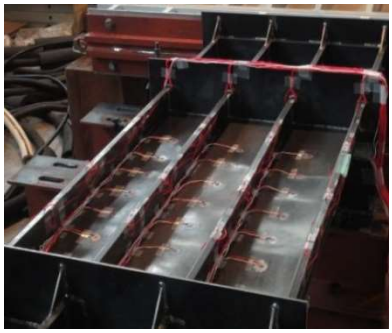


図 1.2.6 繰り返し座屈試験

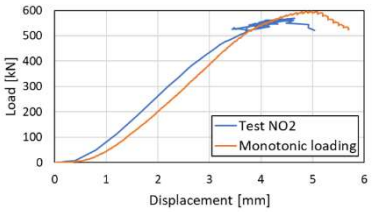


図 1.2.7　荷重－変位関係

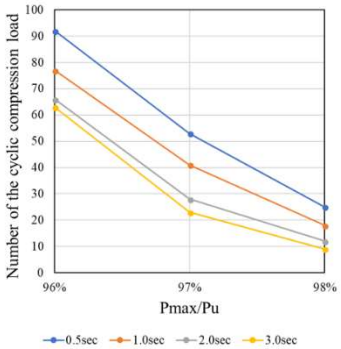


図 1.2.8 崩壊までの繰り返し数

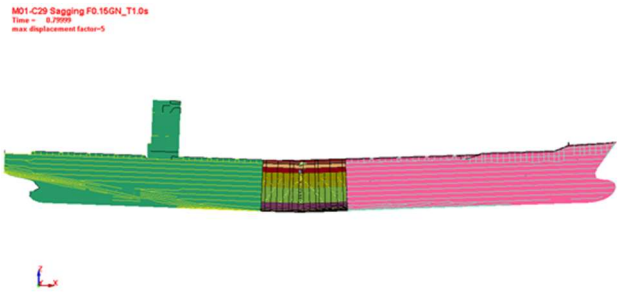


図 1.2.9　スラミングによる船体折損

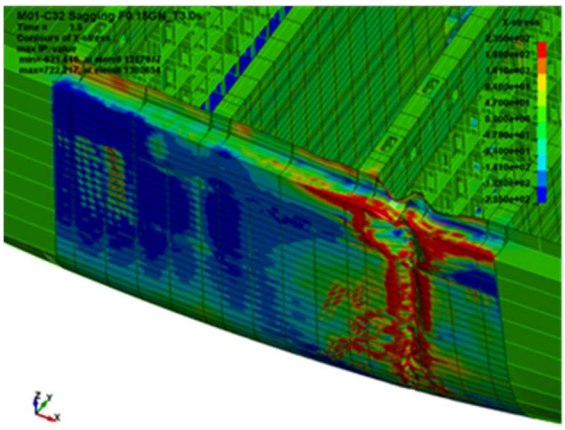


図 1.2.10　横断面の座屈崩壊

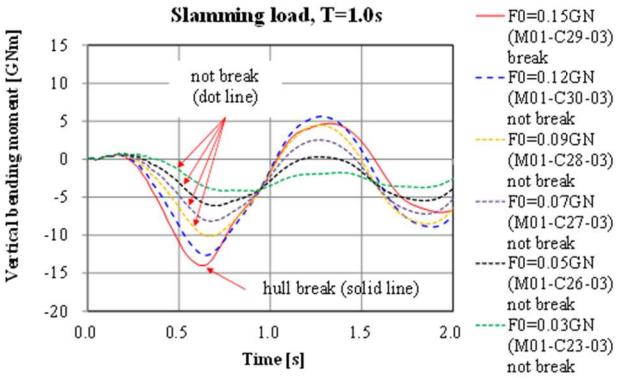


図 1.2.11　荷重最大値が与える影響（周期固定）

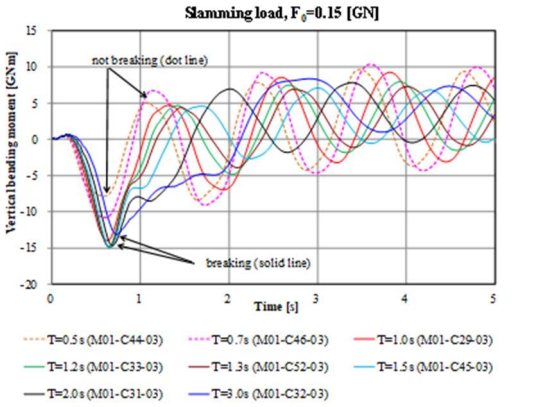
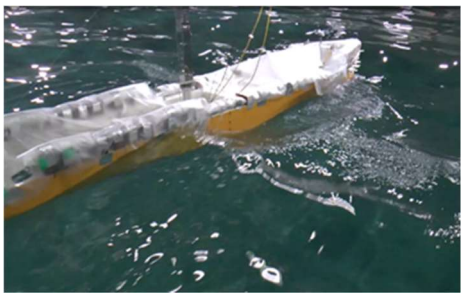


図 1.2.12　荷重周期が与える影響（振幅固定）



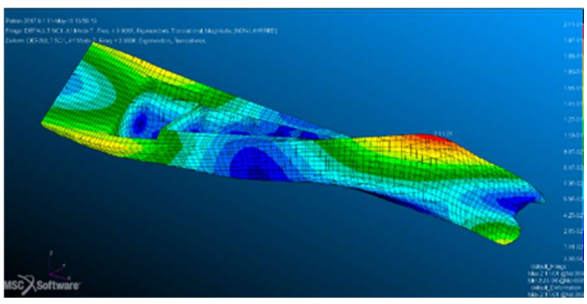


図 1.2.13 縦曲げ・捩り剛性相似模型による水槽実験と模型船の設計に用いた FE 固有値解析

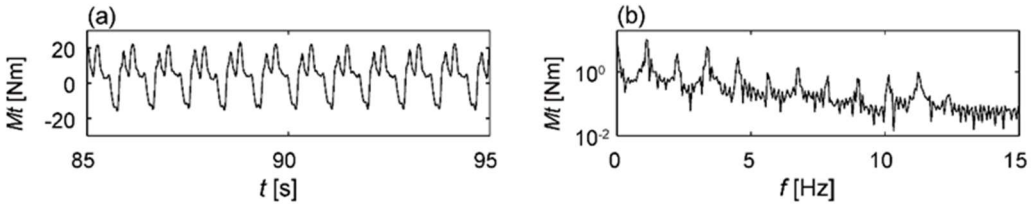


図 1.2.14　斜向規則波中曳航試験で計測された捩りモーメント；(a)時系列、(b)周波数スペクトル

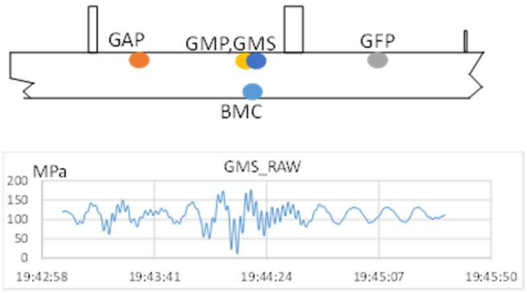


図 1.2.15
14000TEU 型コンテナ船の歪みセンサ配置（上）と
計測された応力波形の例（下）

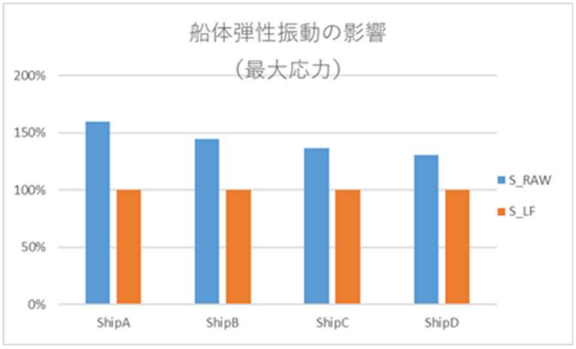


図 1.2.16
ホイッピングが最大応力値に与える影響
青：ホイッピング有り、オレンジ：ホイッピングなし

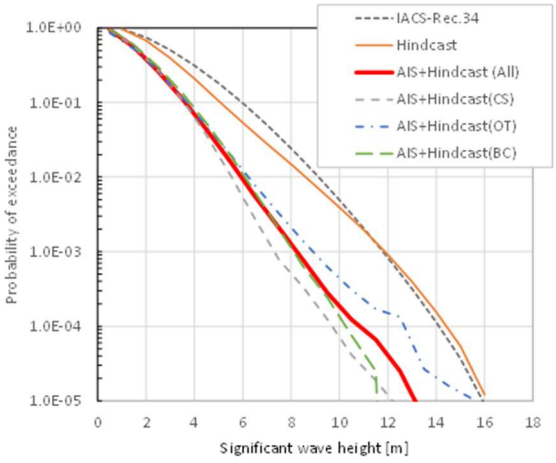


図 1.2.17　操船回避による波高低減効果
オレンジ：回避なし、赤：回避あり

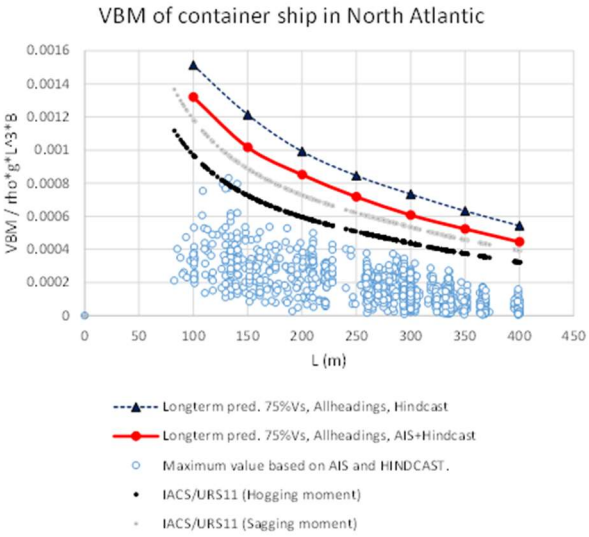


図 1.2.18 AIS データに基づき推定したコンテナ船の最大荷重（マーカ）及び予測値（曲線）との比較

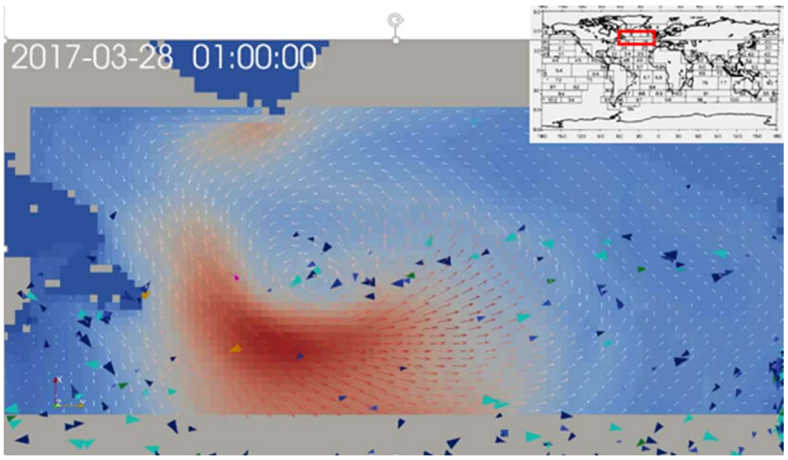


図 1.2.19　AIS データ及び波浪追算データによる荒天中操船状況の可視化プログラム（動画）

成果の公表

計３６本、査読あり２０本（うち投稿中３本）（うち Journal １１本）

（論文）

□松井貞興、村上睦尚：全船構造解析のための粒状貨物による倉内圧の設定法，日本船舶海洋工学会論文集，第 28 号，pp.203-209 (2018)（査読有）

□松井貞興：波浪中船体応答の簡易算式の開発，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 27 号，pp.395-400 (2018.11)

□村上睦尚，松井貞興，小山直洋：波浪中における船体構造応答の推定手法 - 断面力と応力の相関に関する一検討，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 27 号，pp.309-311 (2018.11)

□村上睦尚，白石哲平，松井貞興，越智宏：全船モデルとホールドモデルによる構造応答比較～DLSA システムのバルクキャリアへの適用例～，第 18 回海上技術安全研究所研究発表会(2018.7)

□松井貞興、越智宏、村上睦尚：荷重構造一貫解析システム DLSA の開発，第 41 回日本船舶海洋工学会西部支部構造研究会

□高見朋希，飯島一博：船底二重底曲げを考慮した船体縦強度評価のための設計不規則波導出，日本船舶海洋工学会論文集，第 28 号，pp.111-120 (2018)（査読有）

□T. Takami , Y. Komoriyama, T. Ando and K. Iijima: Experimental Validation of FORM Based Approach for Predicting Extreme Value Distribution of Hull Girder Bending Moment in a Ship, Proceedings of the ASME 2019 38th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (2019) （査読有）（投稿中）

□T. Takami ; Development of Coupled CFD-FEA Method for Ship Structural Load and Its Application to Extreme Value Prediction by FORM，大阪大学博士論文

□T. Takami and K. Iijima ; On the Assessment of Extreme Wave-induced Bending Moment of a Ship by FORM and Reduced Order Method based on coupled CFD and FEA, Proceedings of PRADS2019 （査読有）（投稿中）

□高見朋希，飯島一博：CFD-FEA 連成解析に基づくホイッピングを含む縦曲げモーメントの極値予測法の開発，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 28 号，pp.217-220 (2019.5)

□K. Iijima and T. Takami ; Extreme Value Distribution of Combined Hull Girder and Double Bottom Bending Moments in a Container Ship by FORM, 32st Asian-Pacific Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures (TEAM),(2018.10) （査読有）

□C. Ma, T. Ando and M. Oka: A Study on Behavior for Moss-Type LNG Tank Based on SPH Numerical Simulation and Large-scale Model Experiment, Journal of Offshore and Polar EngineeringVol20 No.4 (2018) （査読有）

□C. Ma, and M. Oka: Numerical Coupling Model Based on SPH and Panel Method to Solve the Sloshing Effect on Ship Motion in Wave Condition, Proceedings of the 30th International Conference on Ocean and Polar Engineering (ISOPE) (2019).（査読有）

□ C.Ma, M.Oka and K.Iijima: A Nonlinear Numerical Fluid-Structure Interaction Research for Hydro-Elastoplastic Behavior of VLFS, Proceedings of the 8th International conference on HYDROELASTICITY IN MARINE TECHNOLOGY(2018.9)

□岡正義、高速船のスラミング衝突について（その４　大型高速船の構造強度基準）舟艇協会、舟艇技法 No.134（2018.6）

□森下瑞生，後藤浩二，穴井陽祐，丹羽敏男：位相差を有する面内二軸繰返し応力を受ける表面亀裂の伝播解析，日本船舶海洋工学会講演会論文集第 27 号，2018A-GS16-3，平成 30 年 11 月

□M. Morishita, K. Gotoh, Y. Anai, T. Niwa：Numerical simulation of fatigue surface crack propagation under biaxial tensile loadings with phase differences, The 6th World Maritime Technology Conference (WMTC18), F180130-160，平成 30 年 12 月（査読有）

□山田安平、越智宏、市川和利：“衝突速度を考慮した船舶からの油流出リスク評価手法～高延性鋼の適用効果～”、日本船舶海洋工学会講演会論文集第 27 号.（2018.11）.

□Yamada, Y, (2019), “Dynamic Collapse Mechanism of Global Hull Girder of Container Ships Subjected to Hogging Moment”, Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering, Vol. 141, (2019). （査読有）

□Yamada, Y.: ”Approach to Simulate Dynamic Elasto-plastic Whipping Response of Global Hull Girder of a Large Container Ship due to Slamming Load”, Proceedings of the 30th International Conference on Ocean and Polar Engineering (ISOPE) (2019).（査読有）

□H. Houtani, T. Waseda, W. Fujimoto, K. Kiyomatsu and K. Tanizawa: Generation of a spatially periodic directional wave field in a rectangular wave basin based on higher-order spectral simulation, Ocean Engineering, 169, pp.428-441 (2018) （査読有）

□宝谷英貴，小森山祐輔，松井貞興，岡正義，沢田博史，田中義照，谷澤克治：縦曲げおよび捩りのモード形状を考慮した箱型弾性模型の製作，日本船舶海洋工学会論文集，第 28 号，pp.121-132 (2018)（査読有）

□ H. Houtani, T. Waseda, K. Tanizawa and H. Sawada: Temporal variation of modulated-wave-train

geometries and their influence on vertical bending moments of a container ship, Applied Ocean Research Journal, accepted (2019) （査読有）

□H. Houtani, Y. Komoriyama, S. Matsui, M. Oka, H. Sawada, Y. Tanaka and K. Tanizawa: Designing a hydro-structural model ship to experimentally measure its vertical-bending and torsional vibrations, Proceedings of the 8th International Conference on HYDROELASTICITY IN MARINE TECHNOLOGY, (2018.9) （査読有）

□H. Houtani, Y. Komoriyama, S. Matsui, M. Oka, H. Sawada, Y. Tanaka and K. Tanizawa: Designing a hydro-structural ship model to experimentally measure its vertical bending and torsional vibrations, Journal of Advanced Research in Ocean Engineering, 4(4), pp.174-184 (2018) （査読有）（＊Proceedings paper の修正版が Journal として掲載）

□松井貞興，宝谷英貴，小森山祐輔，沢田博史：模型船の縦曲げと捩りの検定法について，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 27 号，pp.297-300 (2018.11)

□公開実験（世界初！　縦曲げ・捩り弾性相似模型船の水槽実験を公開）の実施，2018 年 8 月 16 日 実海域再現水槽にて

□C. Ma, M.Oka and H.Ochi ; An Investigation of Fatigue and Long-Term Stress Prediction for Container Ship Based on Full Scale Hull Monitoring System, Proceedings of PRADS2019 （査読有）（投稿中）

□M.Oka, T.Takami and C. Ma ; Evaluation method for the maximum wave load based on AIS and hindcast wave data, Proceedings of PRADS2019 （査読有）（投稿中）

□「大型コンテナ船における船体構造ヘルスモニタリングに関する研究開発（国土交通省先進安全船舶技術研究開発支援事業）」平成 30 年度報告書（第 3 章累積疲労損傷度の推定手法の開発他）(2019.2)

□岡正義、船体構造モニタリングシステムの開発に関する研究、第 18 回海技研研究発表会（2018.7）

□岡正義他 AIS データに基づく実運航船の波浪荷重推定　ー最大荷重に対する操船影響の評価ー、日本船舶海洋工学会論文集 Vol.28 pp.89-98（2018.12）（査読有、論文賞受賞）

□岡正義他、モニタリング技術の最前線、日本船舶海洋工学会関西支部シンポジウム講演集、（2018.12）

□岡正義他、AIS 及び波浪データに基づく波浪荷重推定、日本船舶海洋工学会東部支部構造研究会（2019.1)

□有馬俊朗､岡正義､最先端の構造強度評価法に関する実用的手引書の開発､海技研報告 18 巻 3 号（2018.12)（査読有）

□岡正義、高見朋希、水面衝撃荷重による動的弾性応答に関する研究、海技研報告 18 巻 3 号（2018.12)（査読有）

（特許）

船舶の波浪荷重推定方法及び波浪荷重推定プログラム（2018.8）

（プログラム）

DLSA-Basic（2018.5）

○船舶のリスク評価技術及びリスクに基づく安全対策構築のための影響評価技術の開発に関する研究

研究の背景

安心・安全社会の実現のため、適切な安全規制の構築が求められる一方、国際海事機関 (IMO) での議論に基づき必ずしも技術的合理性のない規制の導入による社会的コストの増加に対する懸念から、船舶の安全性向上と社会的負担のバランスを確保する合理的な安全規制体系の構築をする。具体的には

□液化水素運搬船及び低引火点燃料等に係るリスク評価手法の開発とリスクに基づく設計、運用基準等の策定に関する研究

□新規燃料、新形式船等に係る船体構造のリスクベース設計・信頼性評価手法の開発

□船舶交通流の制御とその影響評価法に関する研究

研究目標

□新規貨物・燃料を扱う船舶と海上交通のリスク評価手法（以下を含む）を開発。

・新規貨物・燃料に係るハザードと対策の明確化

・可燃性ガス等の漏洩の際の拡散状況と被害の予測手法

・安全対策の実施に係る費用対効果の評価手法

・新規貨物・燃料を扱う船舶に関する安全基準案、リスクベース船舶設計ガイドライン案

□現在の交通に対する問題点の特定と安全目標の立案に必要なツール群を開発。

・準ふくそう海域等における交通流制御規則の設計手法

・交通流制御規則適用時の交通の予測とその際の安全性評価指標

・実際の海域における新たな交通流制御規則

上記成果は、リスクベース船舶設計ガイドライン等の実用化、安全基準により、新燃料輸送船等の安全が確保され、水素社会等の実現に向けた輸送体系の確立が期待される。また準ふくそう海域での安全対策の実現により、海難事故を減少させ、安全安心な社会の実現も期待される。

平成 30 年度の研究内容

□低引火点燃料に関連する陸上等の事故事例の収集

低引火点燃料に関連する陸上等の事故事例や LNG との物性の相違等について情報収集し、事故事例等の情報を整理する。

□低引火点燃料船の事故による燃焼範囲の定量解析数値モデルの開発

低引火点燃料漏えいに伴う機関室等の換気解析を対象として最適なモデル定数等の検討を行う。

□火災・爆発による被害度影響評価基盤技術の整備のため、液化水素運搬船の船体構造に係るリスク評価基準・ガイドラインの詳細調査を行い、液化水素漏洩時の被害度影響評価法の基盤技術を整備する。

液化水素運搬船の解析モデル作成のため、液化水素漏洩時の船体構造に係るベイジアンネットワークモデルを検討する。

□当該年度の対象海域における衝突の要因となる問題点の抽出と、危険を緩和しうる改善策の影響評価を行うとともに、近年導入された安全対策による船舶交通の変化を調査し、安全阻害要因を調査する。

平成 30 年度の研究成果

□低引火点燃料に関連する陸上等の事故事例の収集

* 液化ガス運搬船の事故発生頻度の推定のため、既存の船舶のうち、LNG 船について IGC コード適用前の船舶と IGC コード適用後の船舶を対象として IHS 海難データを分析し海難発生頻度を算出した(図 1.2.20)。
* IHS 海難データを詳細に分析し、LPG 燃料船等の新形式船のリスク解析に適用が可能な事故シナリオを構築した(図 1.2.21)。

□低引火点燃料船の事故による燃焼範囲の定量解析数値モデルの開発

* 機関室内での LPG 燃料ガス漏えい事故を想定した換気解析シミュレーションを行った結果、検討した事故シナリオおよび換気設計において、現状の IGF コードで要求される換気風量を満足しているにもかかわらず漏えいガスが滞留することがわかった。換気口の向きを変えた場合の結果に差異があったことから、燃料ガス漏えい対策には換気風量のみでなく換気の気流設計が重要となることが分かった（図 1.2.22）。
* 液化ガス漏えい拡散評価のための浅層モデルでは、単純な水のダムブレイク問題を解くための Hyper-WAT コードに、液化ガス雲が周囲の空気を連行する効果や摩擦項を支配方程式のソース項として与えてフラクショナルステップ法で解くことで、空気より重いガスの重力流に特有の物理現象を考慮することができるようになった。しかし、既存のアルゴンガスを用いたダムブレイク実験の結果を忠実に再現するには至っておらず、引き続き改良を行っていく（図 1.2.23）。

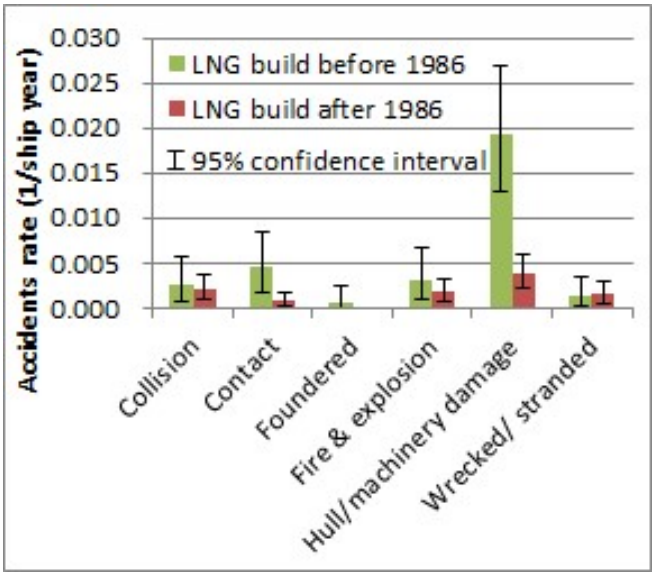
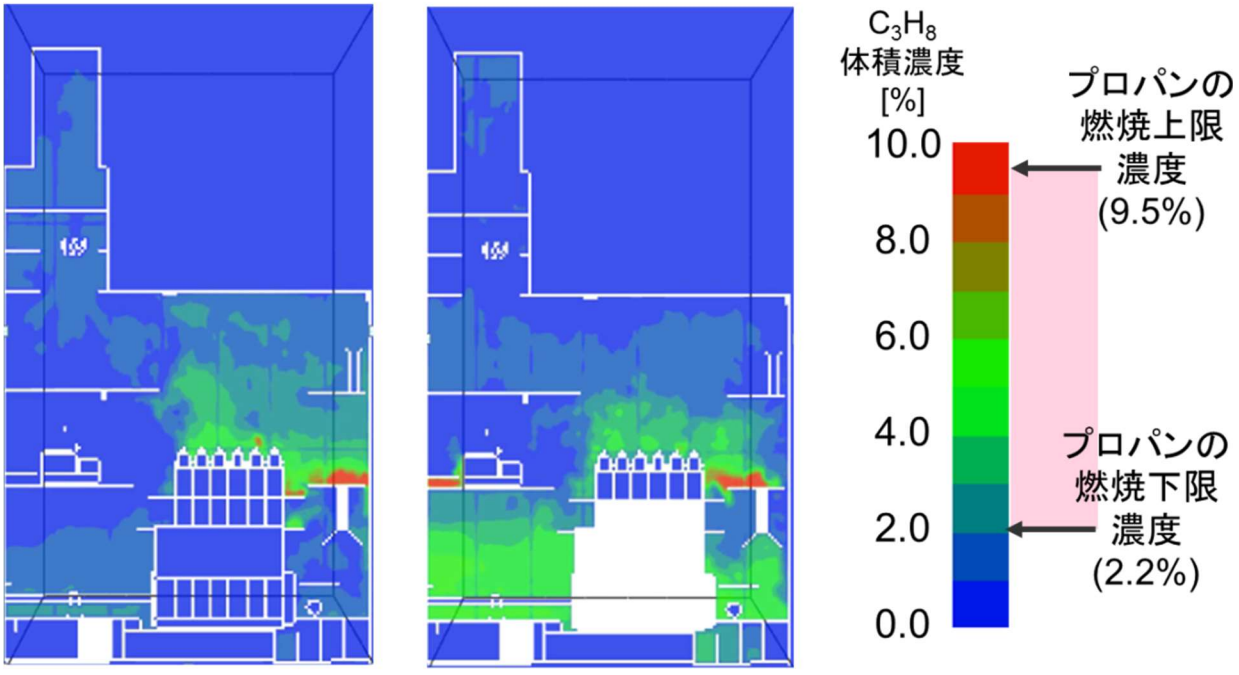


図 1.2.20　IGC コード適用船/非適用船の事故発生頻度解析結果

Seq.	1st Event		2nd Event		3rd Event		4th Event		5th Event		Total num. of sequences	Total fatalities [persons]	Total vol. of spillage of hazardous substances [ton]
	Type	Place	Type	Place	Type	Place	Type	Place	Type	Place			
1	Capsized	Hull/Ship									2	17	0
2	Collision	Hull/Ship	Foundered	Hull/Ship							3	17	1,014
3	Fire	Other Space									5	13	0
4	Capsized	Hull/Ship	Stranded/ Wrecked	Hull/Ship	Part Sumberged	Hull/Ship	Foundered	Hull/Ship			1	10	11
5	Foundered	Hull/Ship									10	10	0
6	Explosion	Hull/Ship	Fire	Hull/Ship							2	8	0
7	Capsized	Hull/Ship	Foundered	Hull/Ship							1	7	0
8	Spark (Gas Cutting or Welding)	Hull/Ship	Explosion	Hull/Ship	Fire	Hull/Ship					1	6	0
9	Burst	Cargo Pump									1	6	0
10	Explosion	Cargo Area	Fire	Cargo Area	Fractured	Hull/Ship					1	5	0
11	Fire	Engine Room	Fire	Super-structure							1	5	0
12	Explosion	Cargo Pump	Fire	Cargo Pump							2	4	0
13	Explosion	Hull/Ship									3	4	0
14	Fire	Hull/Ship									10	4	0
15	Listed	Hull/Ship	Foundered	Hull/Ship							2	4	0
16	Explosion	Super-structure	Breakdown	Hull/Ship	Disjoined/ Parted	Hull/Ship					1	3	0

図 1.2.21　IHS データに基づく事故進展シナリオの分析結果 (LPG タンカー)



(a) 下向き　　(b) 水平方向

図 1.2.22　換気風吹き出し口の方向によるプロパンガスの滞留の様子

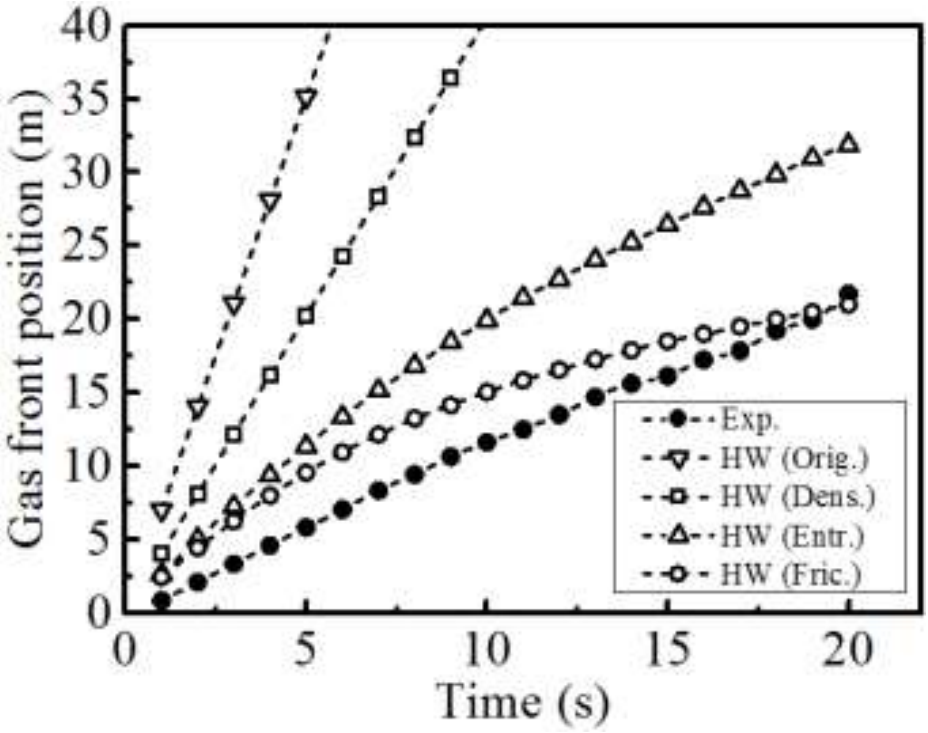


図 1.2.23　浅層モデルによるアルゴンガス拡散評価の比較

□爆発による被害度影響評価手法の基礎検討並びに実船液化水素運搬船モデルの作成

＊ 液化水素運搬船における水素爆発のリスク定量化のために、爆発解析に特化した手法である PBM（Particle Blast Method）法による解析の有用性を検証した。PBM 法を用いて防撓パネルから一定距離（0.5m）離れた位置で爆発した場合の試解析（(図 1.2.24~図 1.2.26）を実施し、解析手法の定性的な有効性を確認した．今後、本手法を実船モデルに適用し、実船体での被害度影響評価を検討する。

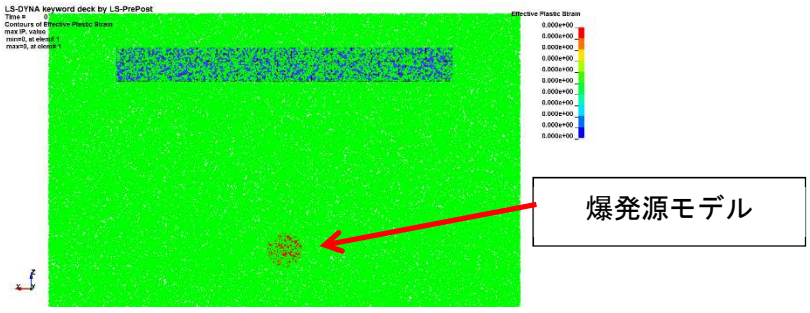


図 1.2.24　PBM (Particle Blast Method)法における粒子と構造物モデル

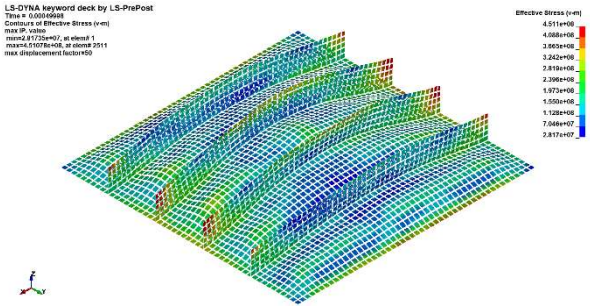


図 1.2.25　爆破解析による Von Mises stress 分布（変形量 20 倍表示）

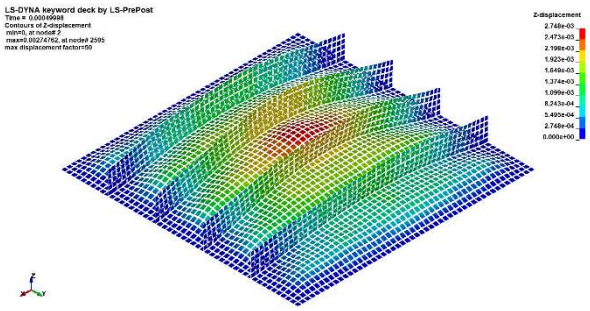


図 1.2.26　爆破解析による防撓板の面外変形量コンター図（変形量 20 倍表示）

□平成 30 年(2018 年) 1 月に運用が開始された伊豆大島西方海域の推薦航路における船舶交通の変化を分析した。

＊ 航路の遵守率および遵守率に影響する要因を分析した。図 1.2.27 は、東西方向別の推薦航路入口地点における右側通航遵守率の変化である。多少増減はあるが、運用開始直後から遵守率はほぼ一定であり、時間経過はほとんど影響しないことがわかった。

＊ 遭遇頻度および OZT により、推薦航路導入前後の危険状況の変化を分析した。図 1.2.28 は導入前の状況、図 1.2.29 は導入後の状況である。月別で変動はあるものの、遭遇頻度および OZT 発生頻度ともに高頻度の範囲が狭くなる、もしくは頻度が低くなるなど、一定の効果が確認できた。

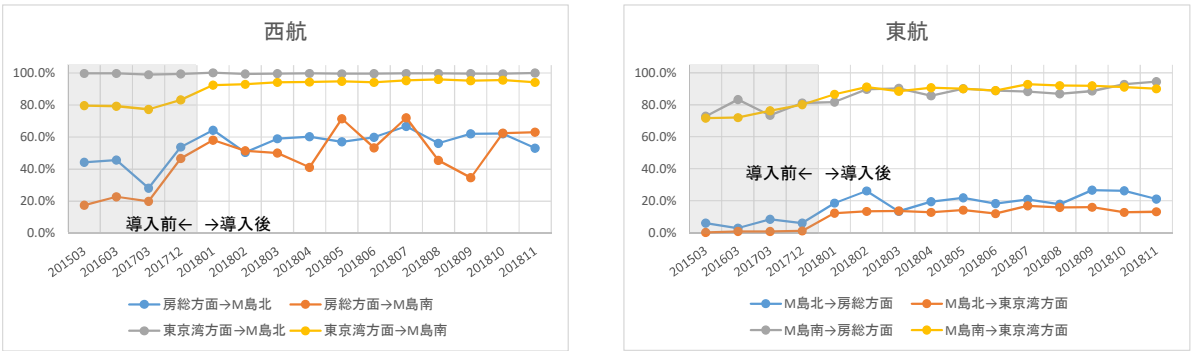
＊ 推薦航路導入前の通航位置からの変移量および変針点数が遵守率に大きく影響することがわかった。

□整流化案下での交通流の将来予測に基づくシミュレーションを行い、遭遇頻度および OZT による影響評価に基づき最適案を選定した。

＊ 伊豆大島推薦航路で観察された結果を前年度に立案した潮岬沖の整流化案へフィードバックし、前年度に設計した整流化案を再検討した。

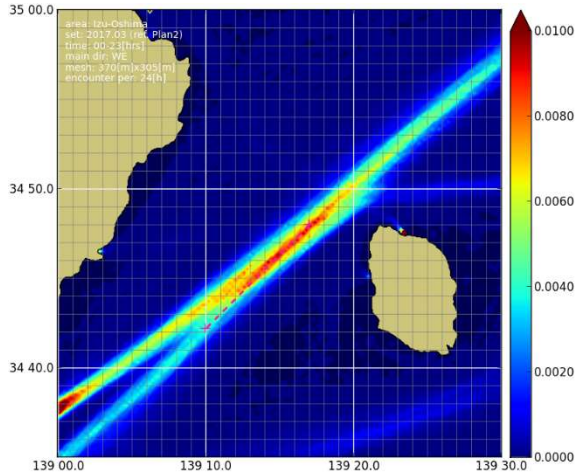
＊ 整流化案を導入した場合の予測交通下でのシミュレーションを実施し、安全性および経済性の両面から整流化案の効果の検証を行い最適案を選定した。遭遇頻度および OZT による安全性評価では、整流化案により現状よりも危険な状況が緩和されることが確認できた。図 1.2.30 は、漁船が存在しない状況での反航船の遭遇頻度分布図である。

□平成 30 年(2018 年) 5 月に発生した衝突事故について、一般的な人的要因の解析手法である CREAM 分析手法に、AIS データ等の航行状況情報から得られる状況認識評価を合わせて人的要因に起因する事故を総合的に分析する手法を構築した。図 1.2.31 は本手法で用いられる情報と主な分析内容を示す。

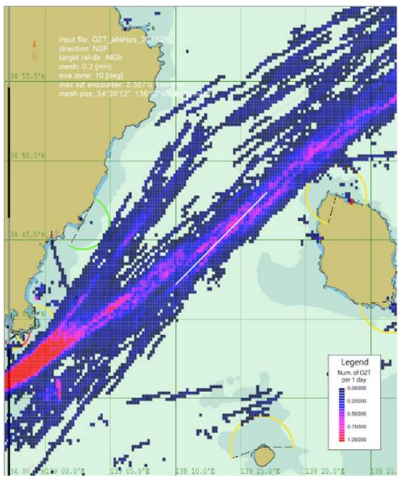


(a)　西航船　　(b)　東航船

図 1.2.27　推薦航路入口地点での右側通航遵守率の変化

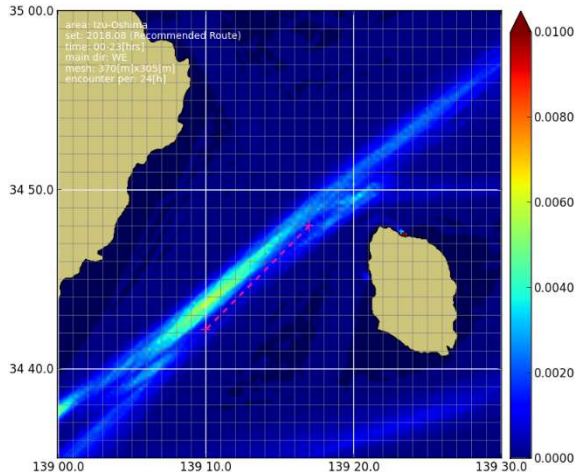


(a) 反航船の遭遇頻度分布図

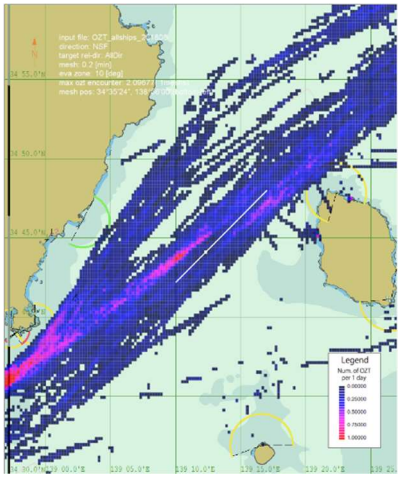


(b) OZT 発生頻度分布図

図 1.2.28　推薦航路導入前の危険状況（分析期間：20170301-0331）

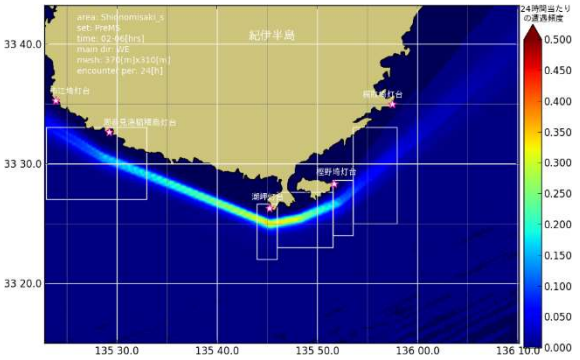


(a) 反航船の遭遇頻度分布図

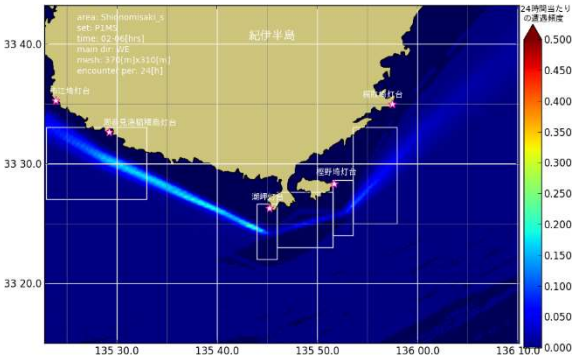


(b) OZT 発生頻度分布図

図 1.2.29　推薦航路導入後の危険状況（分析期間：20180801-0831）



(a) 遭遇頻度分布 [現状・漁船なし]



(b) 遭遇頻度分布 [最適案・漁船なし]

図 1.2.30　遭遇頻度による整流策の効果の検証

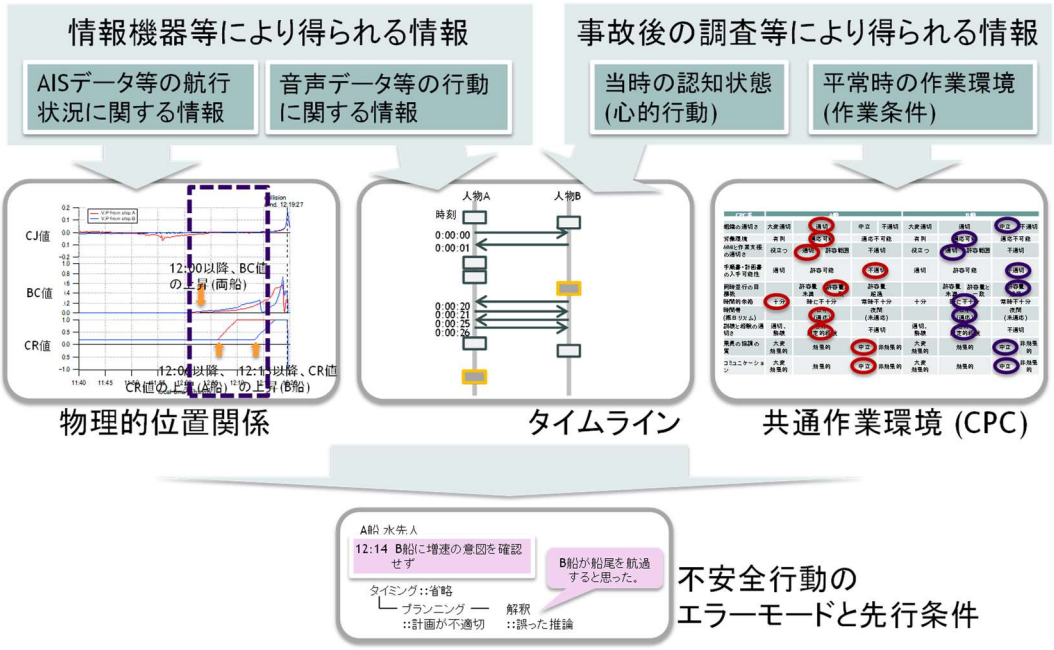


図 1.2.31　人的要因に起因する事故分析手法

成果の公表

論文・講演論文合計 31 件 (うち査読有 12 件 (うち投稿中 5 件))

□論文 7 件

＊ 木村新太. 船舶火災のリスクアセスメントについて, 日本火災学会誌, 第 68 巻, 4 号, 2018. (査読有)

＊ 伊藤博子, 南真紀子, 山本聖子, 牧野真人. コンテナ船衝突事故に係る認知行動分析, 日本航海学会論文集 (査読有) (投稿中)

＊ 三宅里奈, 伊藤博子, 山本聖子, 牧野真人. コンテナ船衝突事故に係る状況認識の評価, 日本航海学会論文集 (査読有) (投稿中)

＊ 宋彬冰, 伊藤博子, 川村恭己, 福戸淳司. 海上交通管制業務における管制官の管制過程に関する分析, 日本航海学会論文集 (査読有) (投稿中)

＊ T. Yuzui and F. Kaneko. Frequency versus Tons of Oil Spilt Curve of Oil tankers using an Enhanced Power Law Distribution, Journal of marine science and technology (JMST) (査読有) (投稿中)

＊ H. Oka and Y. Oka. Analytical Study of Fire-Induced Ceiling Flow in a Rectangular Corridor, Applied Thermal Engineering (査読有) (投稿中)

＊ Y. Oka, H. Oka and M. Iizuka. Experimental Study of Fire Plume above a Fire Source with Simple Harmonic Oscillation in Horizontal Direction, Fire technology, Vol. 55, Issue 3, pp.875–902 (査読有)

□講演 24 件 (内査読有 5 件)

＊ 柚井智洋. 世界的な海難統計に基づく海域別海難特性の分析, 日本船舶海洋工学会春季講演会論文集, 第 26 号, 2018.

＊ T. Yuzui and F. Kaneko. Development of accident scenarios by analysis of historical data on ship accidents, Proceedings of the 7th International Maritime Conference on DESIGN FOR SAFETY, pp.138-147, 2018. (査読有)

＊ Junichi KUDOU, Tomohiro YUZUI. Accident analysis of liquefied natural gas carriers using historical data on ship accidents, Proc. of the 16th IAIN World Congress 2018, D7-2, 2018. (査読有)

＊ 木村新太, 岡秀行, 岡泰資. 浅層モデルに基づく高密度ガス拡散簡易評価モデルに関する研究, 第 51 回安全工学研究発表会講演予稿集, 2018.

＊ 木村新太, 岡秀行, 岡泰資. 高密度ガス拡散評価ための数値解析に関する研究, 安全工学シンポジウム 2018 講演予稿集, 2018.

＊ 木村新太, 工藤潤一, 柚井智洋, 岡秀行, 伊藤博子. 代替燃料使用に伴う漏えいガスの換気解析評価, 海技研研究発表会講演集, 2018.

＊ 河島園子, 川村恭己, 伊藤博子, 福戸淳司. 輻輳海域における船舶遭遇頻度の推定手法の開発, 日本船舶海洋工学会春季講演会講演論文集, 第 26 号, 2018.

＊ 伊藤博子, 南真紀子, 山本聖子, 牧野真人. コンテナ船衝突事故に係る認知行動分析, 日本航海学会春季講演会予稿集, 2018.

＊ 三宅里奈, 伊藤博子, 山本聖子, 牧野真人. コンテナ船衝突事故に係る状況認識の評価, 日本航海学会春季講演会予稿集, 2018.

＊ 宋彬冰，伊藤博子，川村恭己，福戸淳司．海上交通管制業務における管制官の管制過程に関する分析，日本航海学会春季講演会予稿集, 2018.
＊ 伊藤博子，三宅里奈．伊豆大島西方の準ふくそう海域における推薦航路について．電子研研究発表会, 2018.
＊ 伊藤博子，三宅里奈．伊豆大島西方沖の AIS 仮想航路標識による推薦航路の指定－ 技術的側面からみた構築までのプロセス－，日本航海学会 航海功績賞受賞講演, 2018.
＊ 三宅里奈，伊藤博子，齊藤詠子．推薦航路による安全性評価のための要素技術の開発，海技研研究発表会講演集, 2018.
＊ Hiroko Itoh. Risk Management & Vessel Traffic, IALA IWRAP Seminar, 2018.
＊ Bingbing Song, Hiroko Itoh, Yasumi Kawamura, Junji Fukuto. Analysis of Cognitive Processes of Operators of Vessel Traffic Service, Proc. of the 16th IAIN World Congress 2018. (査読有)
＊ 三宅里奈．伊豆大島西岸沖の推薦航路の導入に伴う船舶交通の変化，日本航海学会 海上交通工学研究会, 2019.
＊ Y. Oka and H. Oka. Temperature and velocity distributions within a ceiling -jet along a flat-ceilinged horizontal tunnel with natural ventilation, Proc. of the 9th International Seminar on Fire and Explosion Hazards. (査読有)
＊ A. Tanno, H. Oka and Y. Oka. Simple Prediction Model for Temperature Attenuation of Fire-Induced Ceiling Flow in Consideration of the Side Wall Effects along a Flat-ceilinged Tunnel, Proc. of the 12th Asia-Pacific Conference on Combustion. (査読有) (掲載予定)
＊ 岡秀行，岡泰資．矩形通路の側壁影響を考慮した天井流の簡易モデル,日本火災学会研究発表会概要集, 2018.
＊ 須賀龍之介，岡泰資，岡秀行．軸方向に細長い空間で火災が発生した場合の熱気流挙動に関する数値解析， 日本火災学会研究発表会概要集, 2018.
＊ 岡泰資，岡秀行．トンネル火災時に形成される天井流内の分布性状，日本火災学会研究発表会概要集, 2018.
＊ 新谷祐介，岡秀行．ゼロ方程式乱流モデルを用いた単室内の煙流動解析，日本火災学会研究発表会概要集, 2018.
＊ 丹野碧，岡秀行，岡泰資．矩形通路の側壁の影響を考慮した天井流の温度減衰簡易予測式の提案，第 51 回安全工学研究発表会講演予稿集, 2018.
＊ 岡秀行，岡泰資．天井流の簡易理論モデルにおける壁面摩擦係数の影響，安全工学シンポジウム 2018 講演予稿集, 2018.

□受賞
＊ 航海学会航海功労賞「伊豆大島西岸沖の AIS 仮想航路標識による推薦航路の指定」（海保・海技研・日海防の 3 組織で受賞）
＊ 日本マリンエンジニアリング学会技術賞「車両積載区画を模擬した可燃性ガス風洞における水素の移流拡散シミュレーション」（岡秀行，太田進，他 2 名）

□国際貢献
＊ NCSR 6/INF.7 Routeing measures and mandatory ship reporting systems, Result of the questionnaire survey on the recommended route off the western coast of Izu Oshima Island（2019.1）

□プログラム登録
＊ 単振動する火源上の火炎プルームの性状予測プログラム（P 第 10849 号-1，平成 30 年 5 月 17 日登録）
＊ 斜流に対応した矩形物体周りの風速場簡易推定プログラム（P 第 10950 号-1，平成 31 年 3 月 29 日登録）

研究開発課題	（１）海上輸送の安全の確保

研究テーマ	②海難事故等の原因究明の深度化、防止技術及び適切な対策の立案に関する研究開発

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、先進的な船舶の安全性評価手法の研究開発や、海難事故等の原因究明手法の深度化や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。	安心･安全社会の実現のため、適切な安全規制の構築が求められる一方、国際海事機関（ＩＭＯ）での議論に基づき必ずしも技術的合理性のない規制の導入による社会的コストの増加に対する懸念から、船舶の安全性向上と社会的負担のバランスを確保する合理的な安全規制体系の構築が期待されている。また、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、海難事故の発生原因を正確に解明し、適切な海難事故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。 ②海難事故等の原因究明の深度化、防止技術及び適切な対策の立案に関する研究開発	安心･安全社会の実現のため、適切な安全規制の構築が求められる一方、国際海事機関（IMO）での議論に基づき必ずしも技術的合理性のない規制の導入による社会的コストの増加に対する懸念から、船舶の安全性向上と社会的負担のバランスを確保する合理的な安全規制体系の構築が期待されている。また、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、海難事故の発生原因を正確に解明し、適切な海難事故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。 ②海難事故等の原因究明の深度化、防止技術及び適切な対策の立案に関する研究開発 －衝突回避装置の開発に関する研究と緊急自動衝突回避システムのプロトタイプの評価、操船要素を考慮した危険性評価手法の検討、乗揚げ事故分析に基づく損傷実態の把握を行う。 等

○安全運航と海難事故防止に必要な技術開発及び基準に関する研究

研究の背景

安心・安全社会の実現のため、適切な安全規制の構築が求められる一方、国際海事機関（ＩＭＯ）での議論に基づき必ずしも技術的合理性のない規制の導入による社会的コストの増加に対する懸念から、船舶の安全性向上と社会的負担のバランスを確保する合理的な安全規制体系の構築をする。具体的には
□衝突回避能要件の研究
□荒天下の操船安全性に関する研究□船舶交通流の制御とその影響評価法に関する研究
□衝突事故及び乗揚げ事故等の回避・予防技術の開発に関する研究
□遠隔計測による運航状況分析技術の開発に関する研究
□損傷時安全基準に関する研究

研究目標

□衝突事故を防ぐための船舶の操縦性能要件と基準案を作成
□荒天下の操船性能評価手法を確立し、合理的な最低出力と操船安全性に関する基準案を作成
□制動能力や旋回性能を向上させるための回避行動促進装置、緊急時自動衝突回避システムの開発
□小型船の航行支援に資するスマートフォンアプリの開発ガイドライン案
□遠隔計測により運航状況の危険性を把握する船体運動状況分析技術の開発
□損傷時船舶の安全性を確保するための基準体系の確立
上記成果は、緊急時自動衝突回避システム等の実用化により海難事故及び事故に伴う被害の減少が期待される。また、国際ルールの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強化へとなり得る。

平成 30 年度の研究内容

□基本性能と停止性能の関係の解析
□荒天下操船運動評価テストプログラムの改良と波漂流力推定法の信頼性調査
□衝突回避装置の開発に関する研究と低速時に有効な変針手法・装置の検討および通常航行時の旋回性能向上手法・装置の検討
□緊急自動衝突回避を用いたシステムのプロトタイプの評価
□操船要素（船速、針路）を考慮した運航危険性の評価手法の検討及び遠隔計測等による船体運動状況分析システムの検討
□貨物船・タンカー等の乗揚げ事故分析に基づく損傷実態の把握と損傷モデルの検討及び損傷船舶の波浪中運動の推定法の検討

平成 30 年度の研究成果

□船の停止運動を直線等減速運動と見なして簡単化した上で、停止基準値として初速 12kn の停止距離を設けた場合、どれくらいの機関出力が必要となるかを既存船のデータをもとに推定した(図 1.2.32)。
□前年度までに作成した荒天下の操船評価のための操縦運動を含む 6 自由度波浪中船体運動計算法に関して、非線形の波浪強制力を考慮できるように計算法を改良した。また、過去に実施したタンカー模型船の規則波中旋回試験結果との比較からその妥当性を明らかにした(図 1.2.33)。斜航状態による波漂流力の影響を拘束模型試験により調査した(図 1.2.34)。また、平水中の 3 自由度操縦運動計算法に波の影響として波漂流力のみを考慮した既存の数値計算法を用いて、波漂流力の斜航影響の考慮の有無による定常航行状態推定への影響を調査した。その推定結果を過去の自由航走試験結果と比較することで、実船の自航点では波漂流力の斜航影響を考慮することで計算精度が向上することが明らかとなった(図 1.2.35)。
□旋回性能を向上させる手法として、高揚力舵を装備する手法が多く用いられていたが、通常の航行では必要以上の舵直圧力は不要なため、高揚力舵を装備する場合には舵面積を小さくして舵抵抗の抑制を行うことが多く、そのため、高揚力舵を装備しているからと言って、一概に旋回性能が良いとは限らないと考えられる。これらの検討結果から衝突回避に限定すると針路を短時間で変更することが有効と考えられたため、旋回初期段階での回頭角速度を向上させることが重要であることがわかった。
□緊急自動衝突回避システムのプロトタイプの評価のために、実際に発生した衝突海難を調査し、操船シミュレータのシナリオに組み込んだ。そのシナリオを用いて、自船について、緊急自動衝突回避システムを適用した実験を行った。図 1.2.36 は最接近点まで 1km を切り、また、最接近時間（TCPA）まで 3 分を切った際に緊急自動衝突回避システムが作動した場合の航跡を示す。
□不規則波中の横加速度について不規則波中時間領域計算と模型実験を実施し，超過確率を両者の時系列データを用いて閾値を超過する回数をカウントする方法（直接カウント法）と分散値を用いた場合と比較した（図 1.2.37）。両者の直接カウント法による超過確率はほぼ同じ値になっているが，直接カウント法による超過確率は，Rayleigh 分布を仮定してその分散値から求めた超過確率より小さくなる傾向が見られ，分散値から求めた超過確率の方が安全側評価となることを示した。また，操船要素となる船速（低速）を有する場合の不規則波中船体運動計測を実施した結果，停止時と差がないことを確認した。
□500GT 以上の貨物船の航行中の乗揚げ事故（52 隻）の乗揚げ時の速力と損傷程度の相関を分析してこれらの関係を明らかにした(図 1.2.38)。

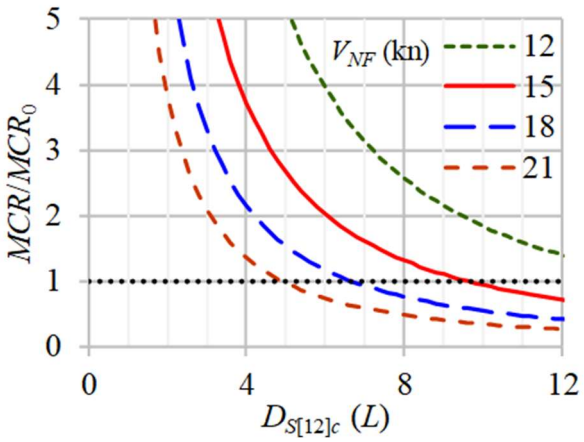


図 1.2.32
(右)：初速 12kn における停止距離(停止基準値(DS[12]c，単位:船の長さ(L))とこれを満足するために必要な機関出力ともとの機関出力の比(MCR/MCR0)の関係(線の種類は船の航海船速の違いを表す。)

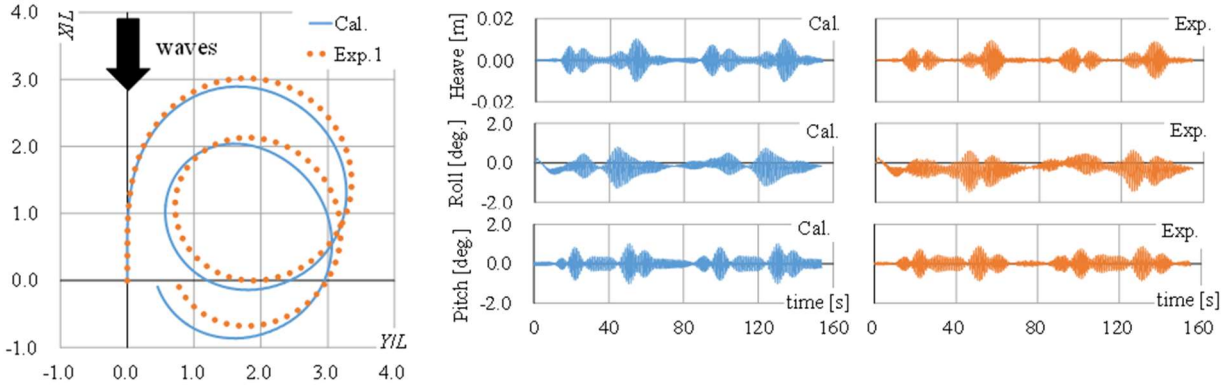


図 1.2.33　タンカー船(KVLCC1)の規則波
(波高船長比=1/100，波長船長比=0.5，操舵開始時正面向波)中右 35°旋回試験の比較

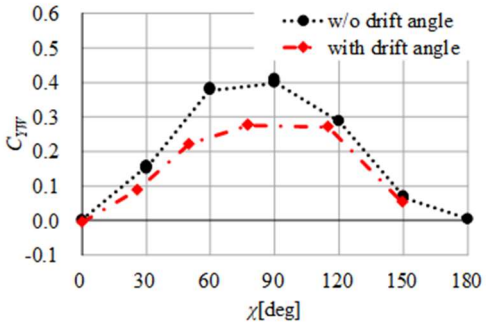


図 1.2.34 タンカー船型(KVLCC1)に対する波漂流横力の斜航影響
(規則波，波高船長比=1/58，波長船長比=0.4)

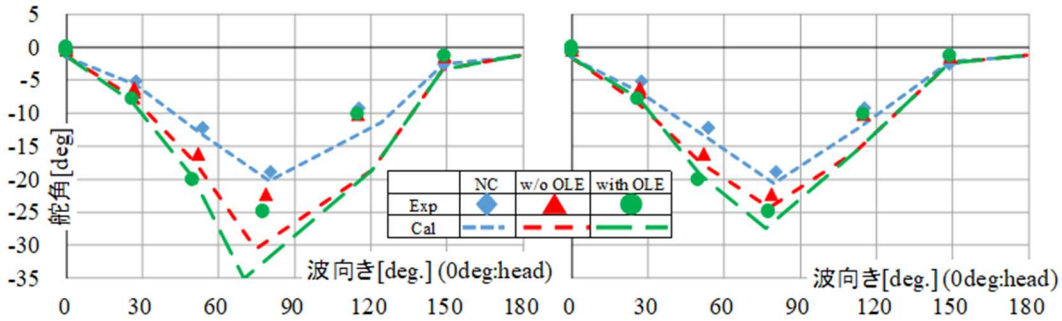


図 1.2.35 タンカー船型(KVLCC1)に対する規則波中(波高船長比=1/58，波長船長比=0.4)定常航行状態における舵角の推定に与える波漂流力の斜航の影響(左図の線が直進状態の波漂流力計測値を用いた推定値、右図の線が斜航状態の波漂流力計測値を用いた推定値を示す。青が模型船の自航点、赤が実船の自航点で主機の制限を考慮していない状態、緑が実船の自航点で主機の制限を考慮した状態を意味する。右図の推定値が自由航走試験結果(点)によく一致していることから、波漂流力の斜航影響を考慮する必要があることを確認できる。)

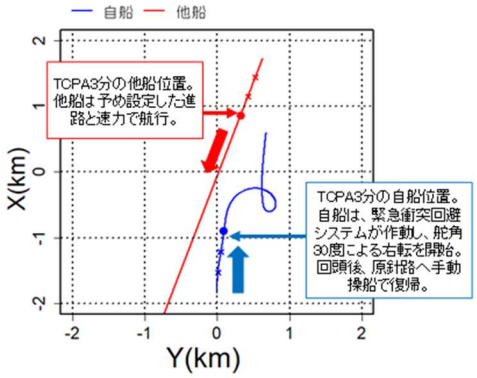


図 1.2.36　緊急自動衝突回避システムの効果
(最接近点まで 1km・最接近時間(TCPA)まで 3 分を切った場合)

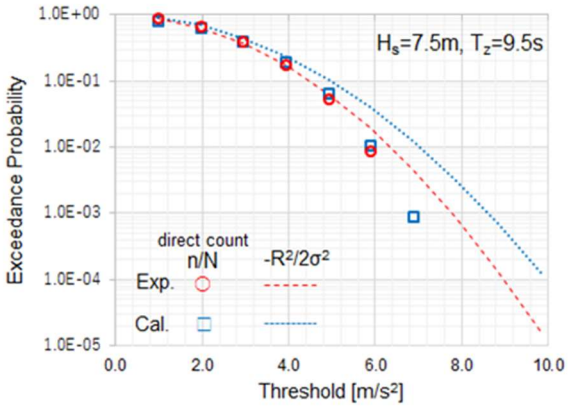


図 1.2.37 横加速度の閾値と超過確率の関係

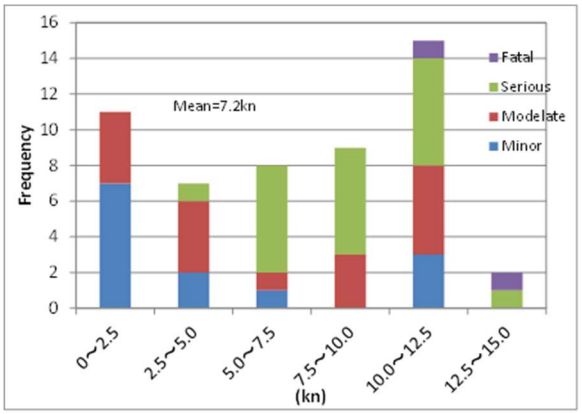


図 1.2.38　乗揚げ時の速力と損傷程度の関係（Minor：外板擦過傷、Moderate：外板亀裂・凹損、Serious：外板破口、Fatal：船内区画浸水及び転覆・沈没）

成果の公表

□発表論文

・査読論文誌

(1)Suzuki R. et al., Estimation of full-scale ship manoeuvring motion by free-running model test with consideration of the operational limit of an engine, Ocean engineering, 172, 2019.1., pp. 697-711.

(2)宮崎英樹ほか，斜め追い波を航行中の高速 RO/RO フェリーの大傾斜の発生状況について，日本船舶海洋工学会論文集, 28, 2019, pp. 45-52.

(3)Ueno M., Suzuki R., Tsukada Y., Full-scale ship propeller torque in wind and waves estimated by free-running model test, Ocean engineering (掲載決定)

(4)Kuroda T. et al., Direct Stability Assessment for Excessive Acceleration Failure Mode and Validation by Model Test, Ocean engineering (投稿中).

・本文査読付き会議録

(1) Kuroda T. et al., Direct Stability Assessment for Excessive Acceleration Failure Mode and Validation by Model Test, STAB2018, 2018.9.

・その他

(1)上野道雄，衝突事故を減らすための停止性能基準，海上技術安全研究所研究発表会講演集，18, 2018.7., pp. 84-93.

(2)齊藤詠子ほか，スマートフォンから取得した情報による CPA 解析，日本航海学会講演予稿集，6-2, 2018.9., pp. 157-160.

(3) 齊藤詠子ほか，スマートフォンによる小型船舶の衝突防止に必要な情報の精度評価，海上技術安全研究所研究発表会講演集, 18, 2018.7.

(4) 黒田貴子ほか，第二世代非損傷時復原性基準過大加速度モードの直接復原性評価，，海上技術安全研究所研究発表会講演集, 18, 2018.7.

(5) 鈴木良介ほか，規則波中を旋回する船の波浪動揺と操縦運動推定計算法の一提案，第 12 回推進・運動性能研究会, 2019.2.

(6) 鈴木良介ほか，規則波中を旋回する船の 6 自由度船体運動計算，日本船舶海洋工学会講演会論文集, 28, 2019.6.(予定).

□プログラム登録

(1)EMEP 法による方向スペクトル推定プログラム

□IMO 資料

(1)Draft interim guidelines on the specification of direct stability assessment procedures, SDC6/5 Annex 1

(2)Draft interim guidelines on vulnerability criteria for the second generation intact stability criteria, SDC6/5 ANNEX 3

(3)Summary of results of questionnaire survey for finalizing the draft vulnerability criteria (Levels 1 and 2) for each the five stability failure modes within the intact stability correspondence group, SDC6/INF 3 ANNEX 3

(4)Summary of decisive questionnaire survey and final outcomes of questionnaire survey for finalizing the draft vulnerability criteria (Levels1 and 2) for each of the five stability failure modes within the intact stability correspondence group, SDC6/INF 3 ANNEX 4

研究開発課題	（２）海洋環境の保全

研究テーマ	①環境インパクト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に資する規制手法に関する研究

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、適切な規制手法、船舶のグリーン・イノベーションの実現に資する革新的な技術及び実海域における運航性能評価手法の研究開発、並びに船舶から排出される大気汚染物質の削減や生態系影響の防止に資する基盤的技術及び評価手法等に関する研究開発に取り組む。	IMO において、船舶の運航に伴い排出される二酸化炭素（CO2）、窒素酸化物（NOx）、硫黄酸化物（SOx）等の規制が段階的に強化されるとともに、排ガス中のブラックカーボン（BC）等新たな課題についても検討が行われている。このため、これらの船舶に起因する環境負荷の大幅な低減に資する革新的な技術開発とともに、環境への負荷を正しく評価したうえで社会合理性のある適切な規制を構築することが求められている。また、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環境インパクト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に資する規制手法に関する研究開発	IMO において、船舶の運航に伴い排出される二酸化炭素（CO2）、窒素酸化物（NOx）、硫黄酸化物（SOx）等の規制が段階的に強化されるとともに、排ガス中のブラックカーボン（BC）等新たな課題についても検討が行われている。このため、これらの船舶に起因する環境負荷の大幅な低減に資する革新的な技術開発とともに、環境への負荷を正しく評価したうえで社会合理性のある適切な規制を構築することが求められている。 また、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環境インパクト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に資する規制手法に関する研究開発 －テストエンジンを用いた PM 計測結果に基づく PM 排出係数及び組成プロファイルの設定、及びこれらを用いた船舶排出量データの作成を実施する。 等

○船舶から排出される大気汚染物質に関わる環境対策技術に関する研究

研究の背景

IMO において、船舶の運航に伴い排出される二酸化炭素（CO2）、窒素酸化物（NOx）、硫黄酸化物（SOx）等の規制が段階的に強化されるとともに、排ガス中のブラックカーボン（BC）等新たな課題についても検討が行われている。このため、これらの船舶に起因する環境負荷の大幅な低減に資する革新的な技術開発とともに、環境への負荷を正しく評価したうえで社会合理性のある適切な規制を構築する。具体的には、

□排ガス規制対応のための計測・分析技術の高度化
□排ガス処理技術の高度化に関する研究
□船舶から排出される PM 等の環境影響評価技術の高度化
□次世代燃料の燃焼性評価手法の確立

研究目標

□陸上から個船ごとに SOx 濃度を計測するシステムの開発（不適合油対策）
□排ガス・排水等、トータルでの環境負荷低減を目指した排ガス処理システムの開発
□SOx 規制対応燃料に対応可能なエンジン内燃焼改善技術
□大気質シミュレーションにより規制の効果を評価。船舶の大気汚染への寄与率を低くするような燃料・運航条件を提案。

上記成果は、2020 年からの燃料の硫黄分規制に対応して、行政、業界の要望に応える形での小型スクラバや燃焼改善、計測システムなどの技術開発を行うことで、今後の燃料多様化も対応可能となり海洋環境が保全される。また先駆的な技術開発により我が国海洋産業の国際競争力強化へとなり得る。

平成 30 年度の研究内容

□小項目 1：排ガス規制対応のための計測・分析技術の高度化

組成の異なる低硫黄燃料を用いたブラックカーボン（BC）・PM 計測データの最終化と、計測プロトコルを作成する。またこれらの結果をもとに BC 削減技術の総合的評価を行う。遠隔からの SOx 濃度計測システム構築のためのプロトタイプ作製とその検証実験の実施。低硫黄燃料及び PM 組成の評価方法の検討と、燃料の燃焼・排ガス特性への影響を明らかにし、2020 年以降に起こりうる問題点について調査する。

□小項目 2：排ガス処理技術の高度化に関する研究

今まで行ってきた様々な排ガス処理技術を実船に搭載することを想定して、SOx スクラバを小型化するための技術開発並びに排ガス処理装置の正常な運転を監視するためのシステム開発を行い，それらの技術課題を抽出する。

□小項目 3：船舶から排出される PM 等の環境影響評価技術の高度化

可搬式 PM 捕集装置を用いて舶用ラボ機関を対象に得られた PM 計測データの解析結果を用いて、船舶特有の PM 排出係数及び PM 組成プロファイルを設定し、これらの設定値を用いた船舶排出量データ（アップデート版）を作成する。

□小項目 4：次世代燃料の燃焼性評価手法の確立

前年度に作成した燃料蒸発モデルについて、広域の周囲温度，圧力条件に対応できるようにモデルの改良を行う。また、現状想定される低硫黄燃料に対して、同一着火性指標燃料の始動時を想定した燃焼試験により、着火性評価を行う。併せて、ガス燃料の耐ノック性の燃料種影響を評価する。

平成 30 年度の研究成果

□小項目 1：排ガス規制対応のための計測・分析技術の高度化

・燃料組成の異なる低硫黄燃料を準備し、BC や PM 排出量に与える影響について明らかにするため、実機試験を行った。PM 排出量は高硫黄残渣油から低硫黄燃料油に転換することで大きく削減できる一方、BC 排出量については燃料油中の硫黄分とは直接相関はなく、燃料の残渣成分によって燃焼条件の悪い条件下では増加した。エンジン形式やエンジン負荷率によって影響を受けるが、同じ 4 ストロークエンジンでも、燃料の着火・燃焼性への敏感度は異なることがわかった。（図 1.2.39 参照）

・燃料の着火・燃焼性評価試験法である FCA 試験の結果から、複数の指標を組み合わせることで、燃料のもつ燃焼性に起因するトラブルリスクを予測できる可能性が確認された。実際のトラブルについては、各エンジンの燃料の着火性に対する敏感度にも左右されることが示唆された。

・今まで行ってきた PM 組成分析法（TOA 法）の舶用エンジン向けの分析プロトコル開発を最終化した。TOA 法では、PM 中の炭素成分（元素状炭素（EC）、有機炭素（OC））を昇温・遊離させて分析する。その昇温のプロトコル（段階的な温度変化、温度持続時間）を検討し、EC や OC が極端に多いような船舶特有の PM の場合も、正確に定量が行えるプロトコルを構築し、検証した。（図 1.2.40 参照）

□小項目 2：排ガス処理技術の高度化に関する研究

・当所既存スクラバの一部を利用し、洗浄水の噴射量、噴射ノズルからの距離、噴霧状態（噴霧洗浄水粒径）を変えた実験を行い、0.9m 程度の配管長さがあるジェット式スクラバは、国際海事機関（IMO）の EGCS ガイドラインに規定されている排ガス中の硫黄分規制をクリアできることを明らかにした。（図 1.2.41 参照）この結果をもとに、小型ジェット式スクラバを設計・試作した。

・船舶からの排ガス中に含まれる窒素酸化物(NOx)、硫黄酸化物(SOx)の除去技術である SCR 脱硝装置、SOx スクラバが正常に機能していることを長期にわたって監視するためのシステム開発を進めた。エンジンおよび各排ガス処理装置の制御システムをネットワークで接続し、それぞれの機器の運転・停止、運転条件の変更、運転状態の監視を行い、ログデータを残すシステムを開発した。（図 1.2.42 参照）

□小項目 3：船舶から排出される PM 等の環境影響評価技術の高度化

・PM 排出量データの精緻化は、以下の 2 段階によって行うこととした。

(1) PM 排出量の修正（排出係数のアップデート）

(2) PM 組成の新規設定（元素状炭素（EC）、有機炭素（OC）、硝酸塩（Nitrate）、硫酸塩（Sulfate）、その他成分（Others）の 5 種類）

※ 今回の設定は一次評価と位置づけ、平成 31 年度（以降）に、二次（以降）の評価として機関ストローク別（2 スト／4 スト）、負荷率の相違、主機／補機別の評価を行う。

・ラボ舶用ディーゼル機関を対象とする PM 測定・分析結果等に基づき、PM 組成プロファイルを以下の考え方によって設定した（具体的な設定値は表 1.2.1 参照）。

(a) Nitrate：排出量ゼロとする。

(b) Sulfate：燃料中硫黄分の PM 転化率を 2%として推算する。

(c) OC：燃料中 S 分に関わらずほぼ一定値（0.1g/kWh）とする。

(d) EC：PM 排出量の 5%とする。

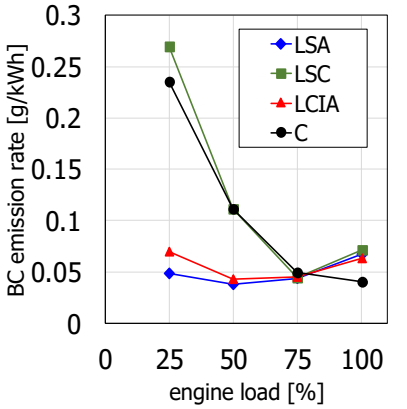
(e) Others：PM 量－（Nitrate 量＋Sulfate 量＋OC 量＋EC 量）とする。

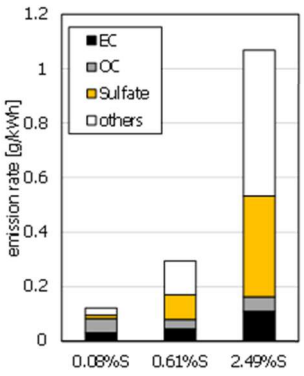
□小項目 4：次世代燃料の燃焼性評価手法の確立

・舶用燃料油の着火に至る蒸発と化学反応時間の関係を明らかにするため、実用燃料に適用可能な蒸発モデルの開発を行った。開発したモデルが試薬ベースの混合に対応できるかを実験と比較し、その有効性

を検証した。図 1.2.43 は、2 成分燃料の混合比を変更した時の液滴径の変化と液滴温度を比較した結果であるが、計算モデルが実験結果と良い一致を示した。

・同じ着火性指標（最も着火性の低いセタン指数 35）であるが、ブレンド組成の異なる燃料 5 種類に対して、急速圧縮試験装置を用いた燃焼実験を行った。現在の指標でほとんど一致している燃料にも関わらず着火性が異なること、その着火性がかつて使用されていた着火性指標（セタン指数（旧））によって整理できることが明らかになった（図 1.2.44 参照）。これは、同一指標の燃料が供給されても着火性が異なることを意味しており、この理由については、これまで作成した燃料モデルを用いて次年度検討することを予定している。





	LSA	LCIA	LSC	C
硫黄分, % m/m	0.06	0.27	0.28	2.24

図 1.2.39　硫黄分の異なる燃料を用いたときの、BC 排出率のエンジン負荷率依存性（左図）および PM 排出率（右図）

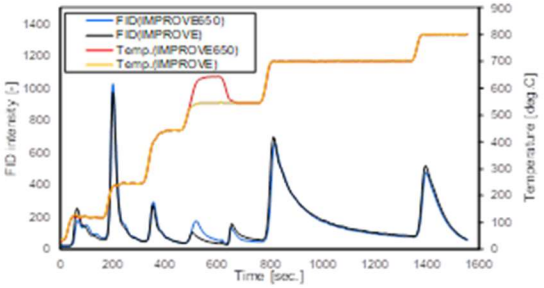


図 1.2.40　TOA 法による舶用ディーゼルエンジンから排出された PM の組成分析に適した昇温プログラムの検討

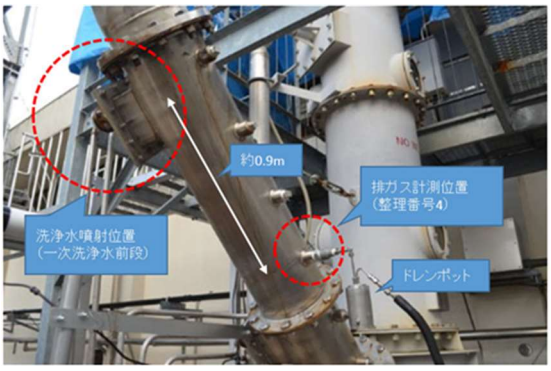


図 1.2.41　ジェット式スクラバにおける、洗浄水条件（流速、噴霧状態距離）を変えた実験

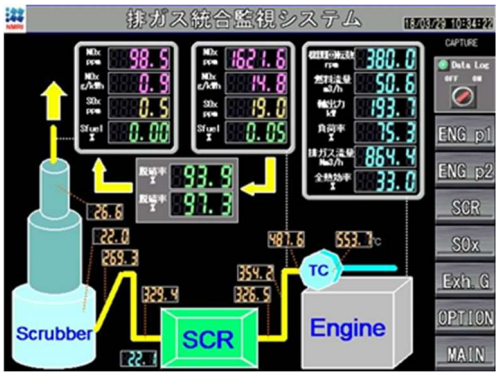
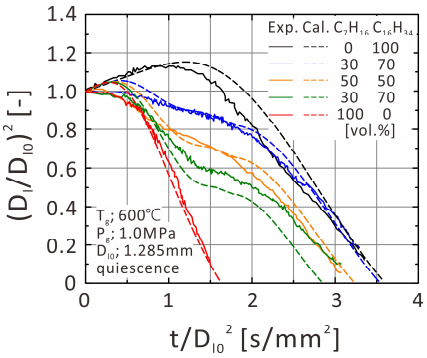


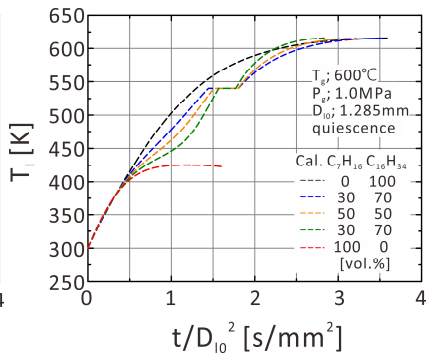
図 1.2.42　排ガス処理システムの運転制御システム画面

表 1.2.1　作成した PM 組成プロファイル

PM 排出係数及び PM プロファイル（2016 年）		S 分	燃料消費率	排出係数及び PM 排出プロファイル					
				PM	SO2	Sulfate	OC	EC	Others
		[%]	[g-fuel/kWh]	[g/kWh]	[g/kWh]	[g/kWh]	[g/kWh]	[g/kWh]	[g/kWh]
外航船	C 重油	2.58	195	1.39	10.1	0.302	0.1	0.0693	0.916
内航船	C 重油	2.33	195	1.31	9.09	0.273	0.1	0.0655	0.872
	A 重油	0.4	205	0.282	1.64	0.0492	0.1	0.0141	0.118



液滴径の時間変化



液滴温度の時間変化

図 1.2.43　蒸発特性の実験との比較

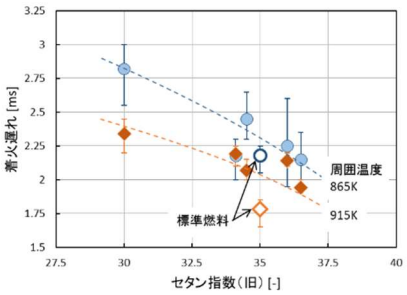


図 1.2.44　LCO 混合による着火遅れへの影響（旧セタン指数による整理）

成果の公表

□出願特許

1)　平田ほか、スクラバ装置、及びスクラバ装置を搭載した船舶、3 月特許出願

□その他

1)　中村ほか、Effects of Injection Pressure on Emission and Components of Particulate Matter From Marine Diesel Engine, Proceedings of the ASME 2018 Internal Combustion Fall Technical Conference
2)　中村ほか、サーマルオプティカル法による舶用ディーゼル機関排ガス中の炭素成分分析に関する検討（第２報：光学補正法の検討）、第 59 回大気環境学会年会講演要旨集（2018）
3)　中村ほか、サーマルオプティカル法による舶用ディーゼル機関排ガス中の炭素成分分析に関する検討（第３報：昇温方法の検討）、第 59 回大気環境学会年会講演要旨集（2018）
4)　益田ほか、舶用機関から排出される PM・ブラックカーボンの計測と規制に関する動向、大気環境学会シンポジウム
5)　中村ほか、低硫黄燃料油を用いた舶用ディーゼル機関から排出される粒子状物質の組成、日マリ学術講演会
6)　益田ほか、低硫黄燃料油を用いた舶用ディーゼル機関から排出されるブラックカーボンの計測、日マリ学術講演会
7)　高橋ほか、大気環境規制の動向と燃料多様化が規制対策に及ぼす影響、日マリ学術講演会
8)　高橋ほか、New research on Black Carbon control、5th ICCT Workshop on Marine Black Carbon Emissions
9)　高橋ほか、大気環境規制の動向と燃料多様化が規制対策に及ぼす影響、マリンエンジニアリング 54 巻 3 号（2019.5）
10)　高木ほか、分解軽油の混合によるディーゼル噴霧着火、燃焼への影響、日マリ学術講演会
11)　平田ほか、舶用 SCR 脱硝装置のフィールド試験及び脱硝触媒の耐久性能評価、海上技術安全研究所報告（総合報告）、第 18 巻、第 1 号、2018
12)　城田ほか、船舶由来の大気汚染物質インベントリの作成及び精緻化、日本機械学会第 27 回交通・物流部門大会（TRANSLOG2018）講演論文集
13)　横井ほか、AIS データに基づく船舶起源大気汚染物質の排出量インベントリーの作成方法と大気質シミュレーション、海上技術安全研究所報告（研究報告）、第 18 巻、第 3 号、2018

研究開発課題	（２）海洋環境の保全

研究テーマ	②船舶のグリーン・イノベーションの実現に資する革新的な技術及び実海域における運航性能評価手法に関する研究開発

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、適切な規制手法、船舶のグリーン・イノベーションの実現に資する革新的な技術及び実海域における運航性能評価手法の研究開発、並びに船舶から排出される大気汚染物質の削減や生態系影響の防止に資する基盤的技術及び評価手法等に関する研究開発に取り組む。	IMO において、船舶の運航に伴い排出される二酸化炭素（ＣＯ２）、窒素酸化物（ＮＯｘ）、硫黄酸化物（ＳＯｘ）等の規制が段階的に強化されるとともに、排ガス中のブラックカーボン等新たな課題についても検討が行われている。このため、これらの船舶に起因する環境負荷の大幅な低減に資する革新的な技術開発とともに、環境への負荷を正しく評価したうえで社会合理性のある適切な規制を構築することが求められている。また、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船舶のグリーン・イノベーションの実現に資する革新的な技術及び実海域における運航性能評価手法に関する研究開発	IMO において、船舶の運航に伴い排出される二酸化炭素（CO2）、窒素酸化物（NOx）、硫黄酸化物（SOx）等の規制が段階的に強化されるとともに、排ガス中のブラックカーボン（BC）等新たな課題についても検討が行われている。このため、これらの船舶に起因する環境負荷の大幅な低減に資する革新的な技術開発とともに、環境への負荷を正しく評価したうえで社会合理性のある適切な規制を構築することが求められている。 また、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船舶のグリーン・イノベーションの実現に資する革新的な技術及び実海域における運航性能評価手法に関する研究開発 －実船の実海域性能を高度化する研究プロジェクトにおける研究を加速する。本年度は、平水中速力・出力・回転数カーブを求める標準的手法の作成を行う。 等

○実海域実船性能評価に関する研究

研究の背景

IMO において、船舶の運航に伴い排出される二酸化炭素（CO2）、窒素酸化物（NOx）、硫黄酸化物（SOx）等の規制が段階的に強化されるとともに、排ガス中のブラックカーボン（BC）等新たな課題についても検討が行われている。このため、これらの船舶に起因する環境負荷の大幅な低減に資する革新的な技術開発とともに、環境への負荷を正しく評価したうえで社会合理性のある適切な規制を構築。具体的には、

□次世代 EEDI,EEOI の開発及び実海域運航性能向上技術に関する研究
□水槽試験を活用した舶用推進プラントの実海域自動適応制御技術開発に関する研究
□船体表面流の制御による船舶の省エネルギー技術開発に関する研究

研究目標

□波浪影響をより合理的なものとする計算法を確立等
□最小限のパラメータで推進プラントの特性を忠実に表現可能な汎用数学モデルの開発等
□船尾形状の変更、適切な付加物、境界層吸込・吹出等の技術を統合した最適伴流設計システムの開発等

上記成果は、以下の事が期待される。

①社会的観点

極めて省エネ効果の高い船型・省エネデバイス開発が可能となり、省エネルギーが強化され、海洋環境が保護される。合理的な燃費報告規制により、実海域での省エネ運航が可能となり、ＧＨＧの削減が図られる。また、推進プラントの実海域性能向上により更なる省エネが実現される。

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。

②経済的観点

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。

革新的省エネ技術の実現により、我が国造船業の国際競争力が強化されるとともに、最適(エコ)運航システムの実現により、我が国海運のコスト低減が達成される。実海域での実船性能を直接水槽試験で評価可能となり新たな推進プラントの開発が促進され、我が国海洋産業の国際競争力が強化される。

③国際的観点

船舶の省エネ化、推進プラントの実海域性能向上により、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。

運航技量評価方法等により、燃費報告規制の的確な実施が図られ、IMO 等の期待に応えられる。

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。

平成 30 年度の研究内容

□実船モニタリングデータから平水中速力・出力・回転数カーブを求める手法の標準化を行う。

□波浪中水槽試験を実施し、波浪中自航要素評価法を評価する.

□実海域再現水槽の自動化計測システムの開発を行う。

□風の CFD 計算を行い、CFD 計算ガイドラインを作成する

□評価条件を検討し、実海域性能評価法を開発する。

□VESTA（実運航性能シミュレータ）を用いてベストプラクティスを抽出する。

□氷中抵抗モデルを実運航性能シミュレータに組み込む

□実船の氷中航行データを取得する

□船舶推進プラントの波浪中応答計算法とシステム設計技術を開発する。

□推進プラントの数学モデルを用いたスマート制御技術を開発する。

□対象船を変えて所望の伴流分布の再現を試みるとともに、省エネ効果の算出を行う。

□前年度の結果を活用し、CFD(実船スケール)を援用した旋回流回収型省エネデバイスの最適設計を実施する。その結果を確認するため、水槽試験による性能および船尾流場計測を実施した上で、模型-実船相関を適用する。

□キャビテーション体積，変動水圧，水中放射雑音の関連メカニズムを解明する。

□水中騒音予測シミュレーションを構築し、模型から実船スケールアップ手法を検討する。

□空気潤滑船用船尾付加物の設計ツールで改良型の空気潤滑船用船尾付加物を設計し、水槽試験を実施し、その効果を確認する。

平成 30 年度の研究成果

□実船モニタリングデータ解析の標準化するために重要となる排水量修正のモデル化を行った（図 1.2.45）。また、実船モニタリングデータ解析の効率化を図るためプログラム EAGLE を開発した（図 1.2.46）。

□波浪中自航試験を行い、開発した波浪中自航要素推定モデルを評価した（図 1.2.47，図 1.2.48）。

□海上試運転実施解析法（ITTC7.5-04-01-01.1, 2017）の更新に伴う EEDI 検査認証ガイドラインの改訂提案が IMO/MEPC で合意された。解析法に記載の NMRI 法（波浪中抵抗増加計算）による波浪修正の高精度化のため、当計算プログラムについて日本海事協会からプログラム認証を取得し（図 1.2.50）、海上試運転での波浪修正がより適切に行われるようプログラムを国際的に公開した。

□実海域再現水槽の水槽制御システムに搭載されている連続自動計測システムに解析機能を追加し、計測に加え、フーリエ解析等について自動的に処理する仕組みを作成した。（図 1.2.49）。

□ITTC/SOS にて、風圧力の CFD 計算ガイドライン作成に関するベンチ−マーク計算に参画するとともに、より適切な内容とするため対象船型の追加を提案し風洞試験データの提供を行った（図 1.2.51，図 1.2.52）。

□実海域性能評価指標について、船のライフサイクルを考慮したものとするため、評価条件となる標準モデルを作成した。

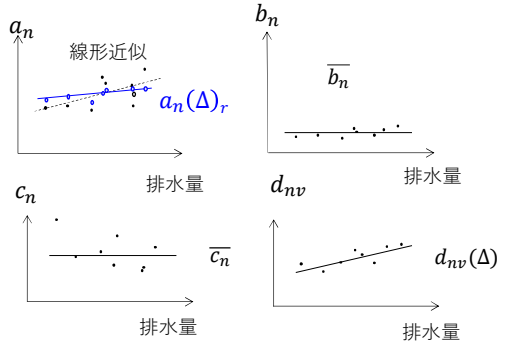


図 1.2.45 排水量修正のモデル化（パラメータ）

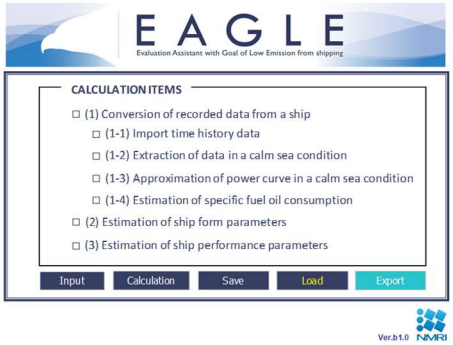


図 1.2.46 プログラム EAGLE

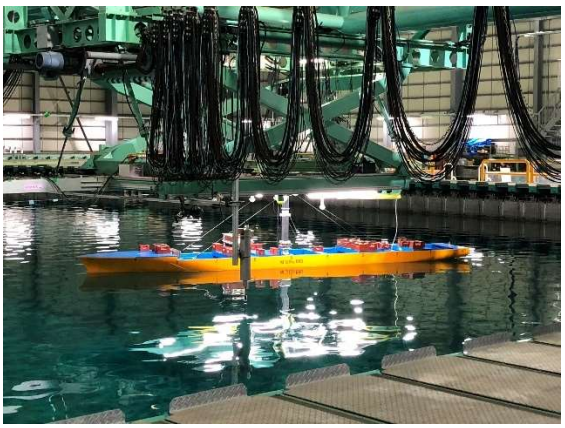


図 1.2.47 波浪中自航試験

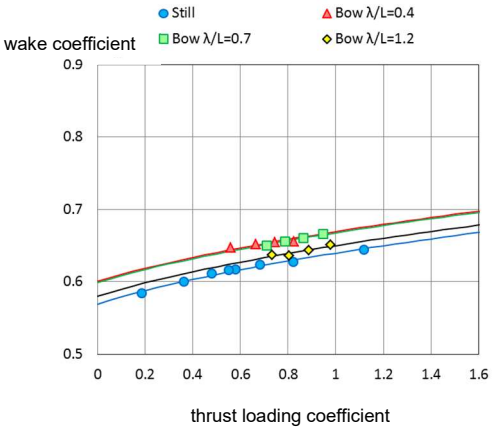


図 1.2.48 波浪中伴流係数の周波数応答の例

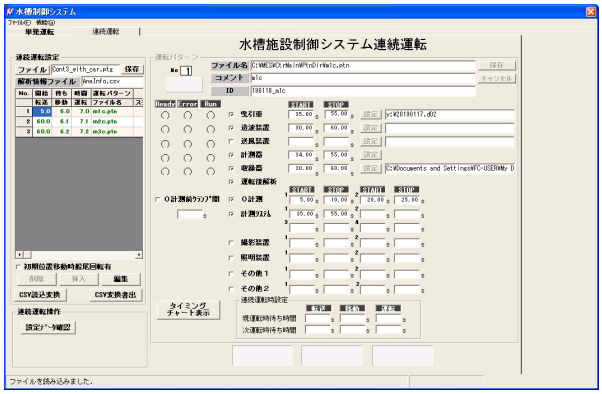


図 1.2.49 自動計測・解析システム(実海域再現水槽)

図 1.2.50 NMRI 法のプログラム認証取得

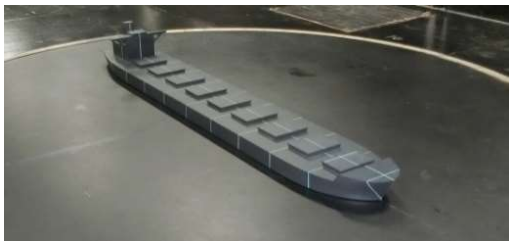


図 1.2.51 風洞試験の様子

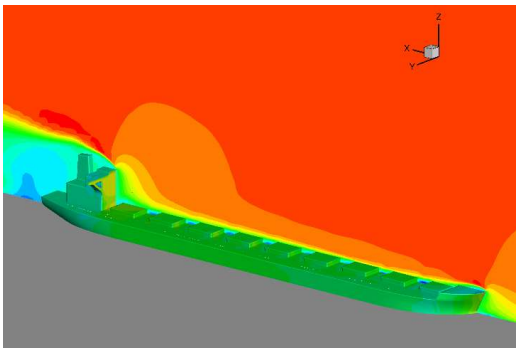


図 1.2.52 風の CFD 計算例

□自動車運搬船で VESTA によるウェザールーティングを実施し、従来モデルに対し燃費削減効果約 5%であること、到着遅延リスクが低減することを示した（図 1.2.53, 図 1.2.54）。また、全球版の波と風データベース（GLOBUS）をホームページで公開し、世界で初めて全球での波高－波周期－風速を含む３相関表について一般の利用を可能とした（図 1.2.55）。
□氷中抵抗増加モデルを開発し（図 1.2.56）、VESTA へ組み込み（VESTA-ICE）を行った。
□バルクキャリア、コンテナ船、LNG タンカー等を含む 65 隻の AIS データを入手し、その北極海における航路と衛星氷況データとの比較・解析を実施し、最新の運航実績を把握するとともに、氷中性能変化に関する知見を拡充した（図 1.2.57）。

図 1.2.53 ウェザールーティングの実施例

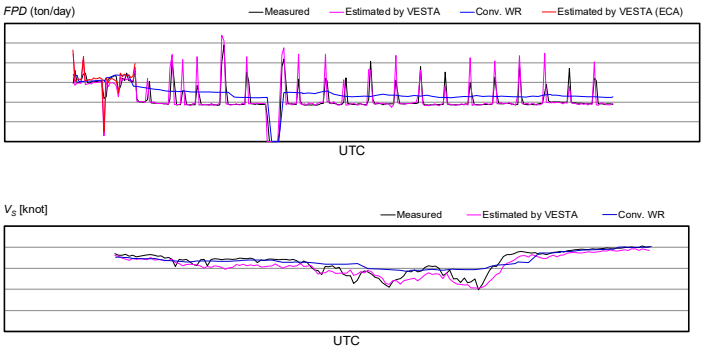


図 1.2.54 ウェザールーティングでの燃費・速度評価の例

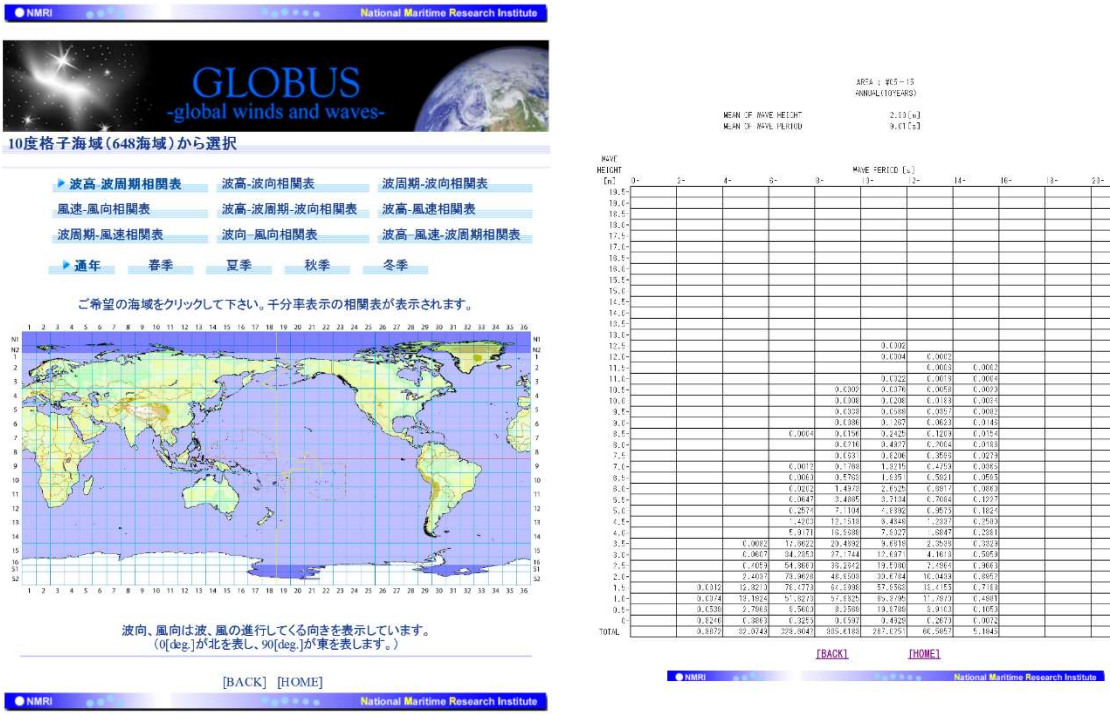


図 1.2.55 ホームページ版 GLOBUS（全球版波と風の長期統計データベース）と出力例

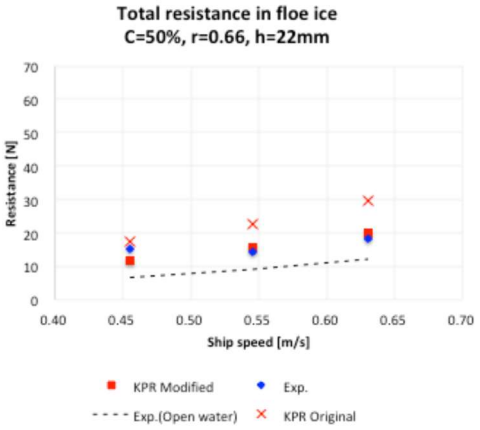


図 1.2.56 VESTA-ICE による氷中抵抗推定

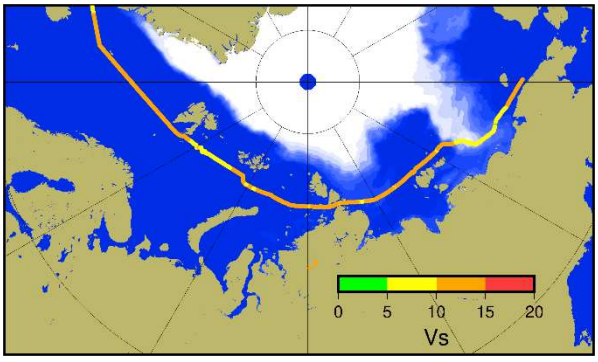


図 1.2.57 北極海航路航行船の解析
（氷況（白）と衛星 AIS による船速（マーク））

□長手方向影響項を考慮したストリップ法による船体前後運動成分と減衰特性を実験で同定する波粒子運動成分とによる波浪中プロペラモデルと、主機の燃焼特性とパワー特性を準定常的に扱う Cycle Mean

Value (CMV)モデルとを連成させて計算する手法により、船舶の波浪中主機負荷変動の高精度推定が可能となった（図 1.2.58）。また、主機特性時系列応答を考慮した主機特性自航装置を用いる水槽試験法を、操縦性能の相似性を考慮して拡張し、斜航・旋回状態の実船性能が模型試験で直接評価することが可能になった（図 1.2.59）。

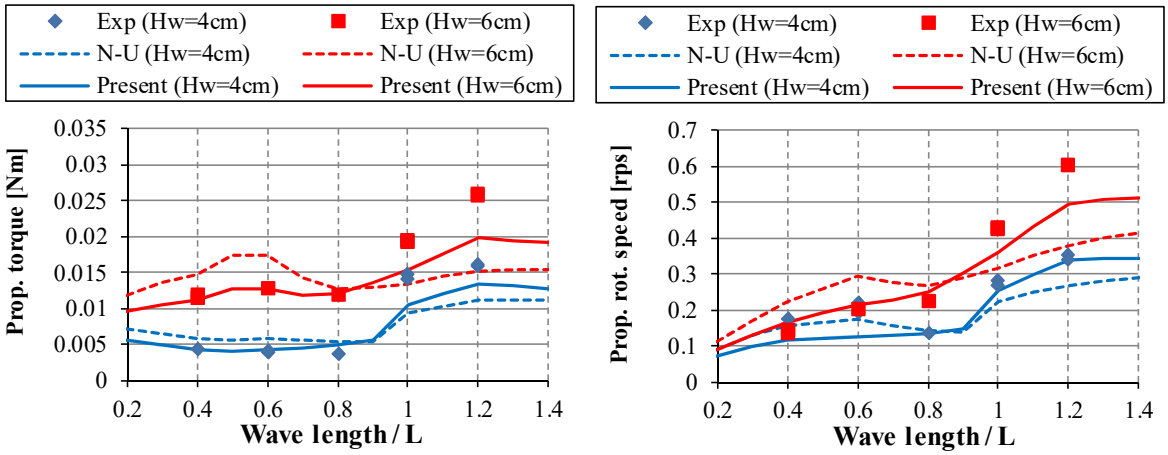


図 1.2.58 規則波向波航走中のプロペラトルク・回転数の変動両振幅 計算値と計測値の比較（”Exp”：計測値、”N-U”：中村・上野モデル(従来手法)、”Present”：本研究での提案手法）

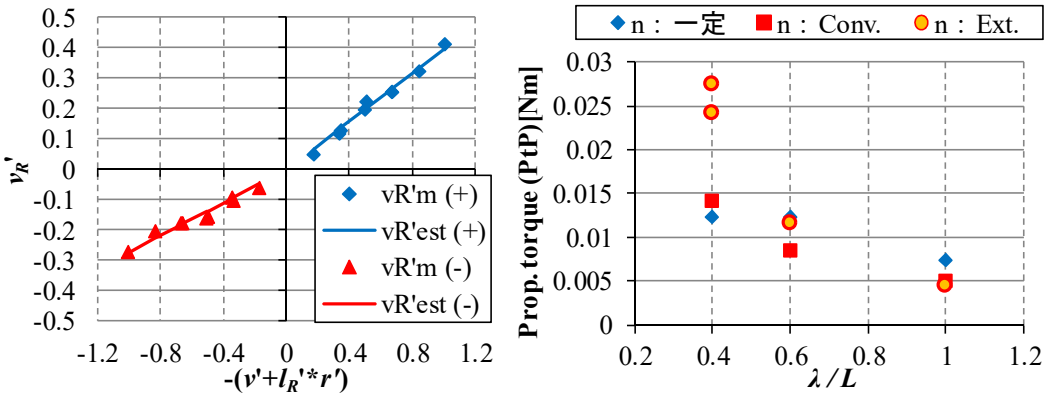


図 1.2.59 拡張法のために必要な流体力特性の計測・解析結果と拡張法による波浪中トルク変動計測例（左：舵横方向有効流入速度推定のための整流係数(図の直線勾配)）、右：横波中プロペラトルク変動両振幅（“n:一定”：回転数一定、”n:Conv.”：従来手法、”n:Ext.”：拡張法）

□高度化したエンジン状態オブザーバーの検証として、波浪中プロペラトルクモデルと主機特性モデルの連成計算結果を対象にオブザーバーを適用し、プロペラトルク変動がオブザーバーにより精度良く逆推定されることを確認した（図 1.2.60）。また、AI 技術を活用して設計したガバナーの効果について、主機特性自航装置を用いた水槽試験により検証し、その効果が概ね設計通りであることを確認した（図 1.2.61）。

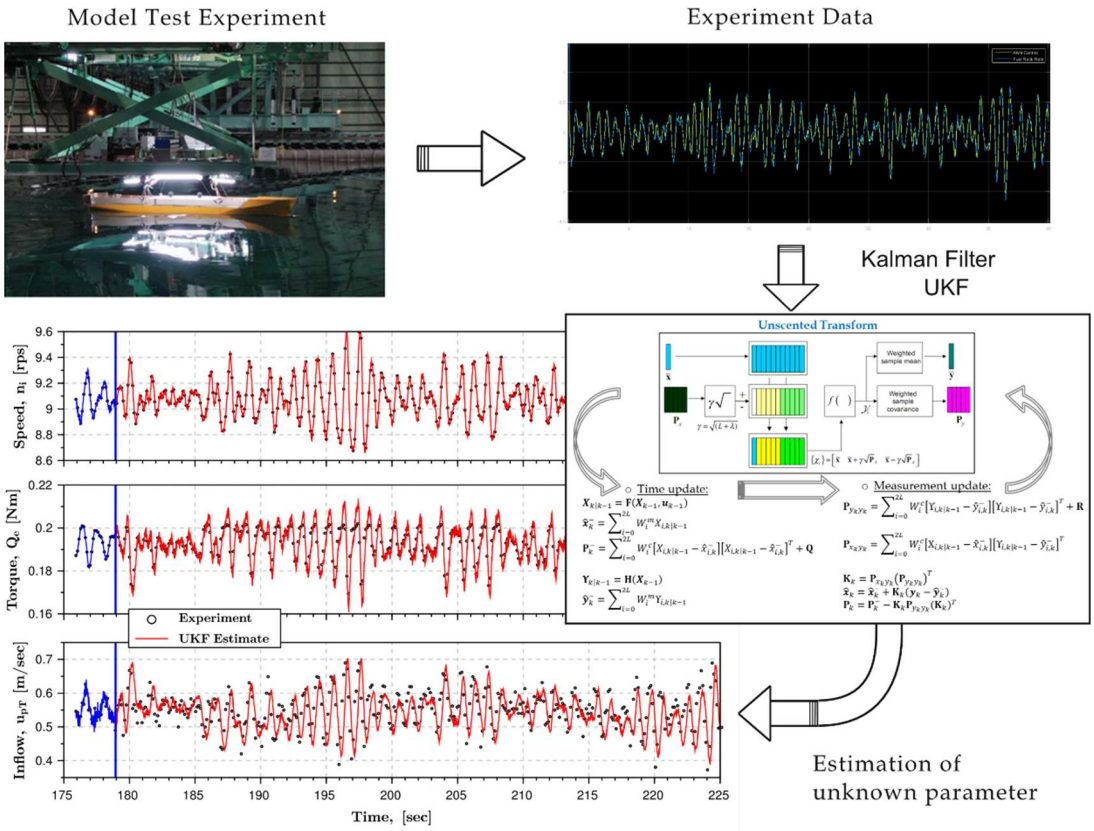


図 1.2.60 エンジン状態オブザーバーによるプロペラトルク・流入速度変動による逆推定

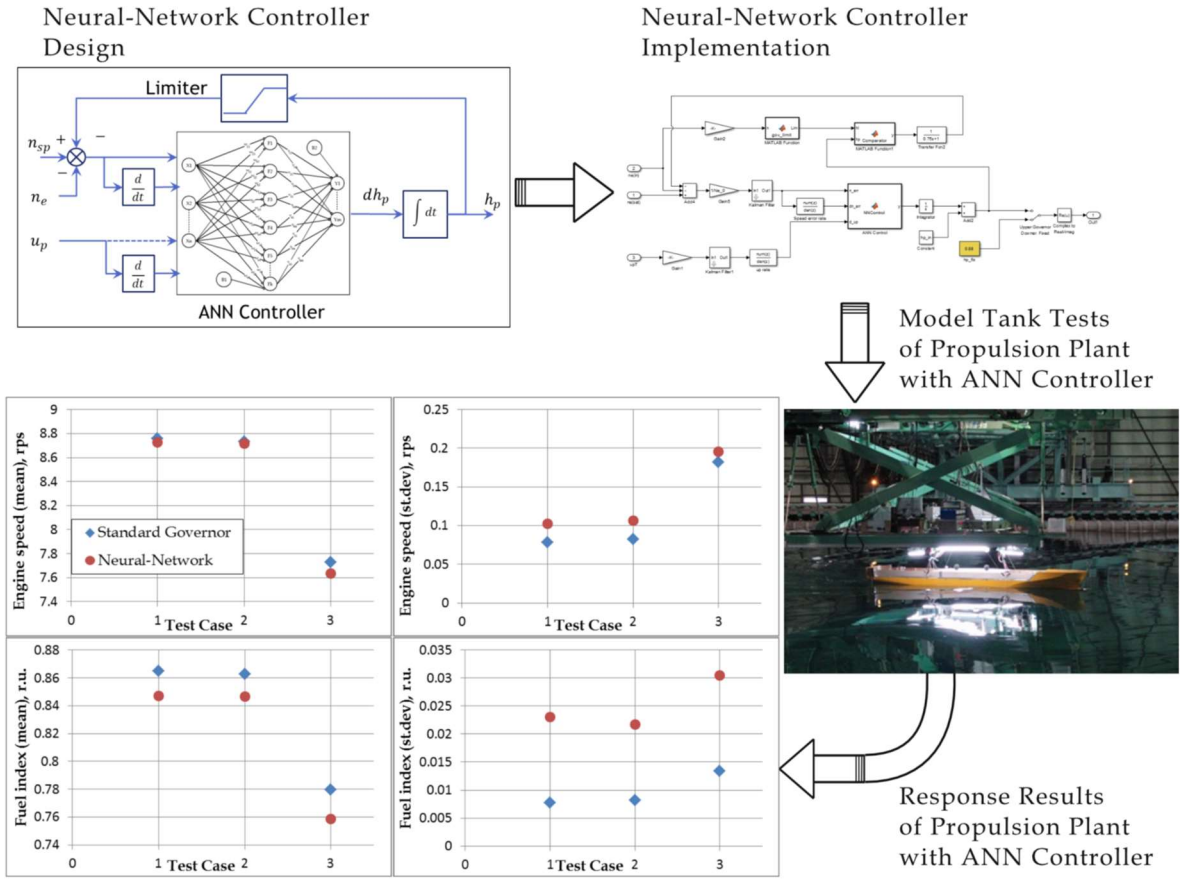


図 1.2.61 AI 技術を活用して設計したガバナーの効果検証

□内航船型の船型・流場データベースの外航船型の拡張を実施した（図 1.2.62）。
□実運航中のバルクキャリアの船尾流場を計測するために、PIV（Particle Image Velocimetry、粒子画像計

測法）の適用方法を検討した（図 1.2.63）。また、CFD による自航状態の舵まわりの流速分布を取得して、取得した流場データからプロペラ後方の旋回流を回収する舵フィンの設計手法を構築した（図 1.2.64）。コンテナ船型に設計手法を適用し舵フィンを設計し、コード長をパラメータとした計算から、ポテンシャル計算（Potential）に対し、本手法（BLCAL）はコード長が短くなっても効果が増加しない合理的な結果が得られ、有効性を示した（図 1.2.65）。さらに、旋回流回収型省エネデバイスの最適設計にはプロペラ形状の最適化も必要であるのため、進化計算の最適化アルゴリズムである差分進化（Differential Evolution）を用いたプロペラ形状最適化プログラムを開発した。749 総トン一般貨物船用プロペラを基準プロペラとして最適化を行い、数値計算において効率 1.5%、キャビテーションを 20%減少させた（図 1.2.66）。

□水中騒音に関する国際標準化への対応が必要であり、国内 WG の座長として国内意見をまとめ、韓国提案の ISO/FDIS 20233-1（プロペラキャビテーションノイズ評価のためのモデル試験方法 - 第 1 部：音源レベル推定法）について、日本などが保有する中小型水槽によるプロペラキャビテーションのモデル試験法(Wire-mesh 法)の追加、水槽試験と同等手段として、計算法（経験式（Brown 式等）・数値流体力学（CFD）を援用した計算法の採用）も認める内容が盛り込まれた。同じく韓国提案の ISO/WD 20233-2（プロペラキャビテーションノイズ評価のためのモデル試験方法 - 第 2 部：音源探査）について、音源探査法は未だ研究段階であり、本規格で紹介する方法は一例に過ぎない旨を明記させた。また、欧州の HTF(Hydro Testing Forum)の模型プロペラ持回り試験に参加し、EU 主要研究機関の試験結果を評価した（図 1.2.67）。

□実運航中のバルクキャリアを対象とした水中騒音及び変動圧力の同時計測システムを構築し、実船試験において、システムの有効性を確認した（図 1.2.68）。水中騒音の水槽試験に対応するニアフィールドの CFD シミュレーション計算を行い、相似則を適用して、実船試験結果と比較し、非常によく一致する結果を得ることができた（図 1.2.69）。

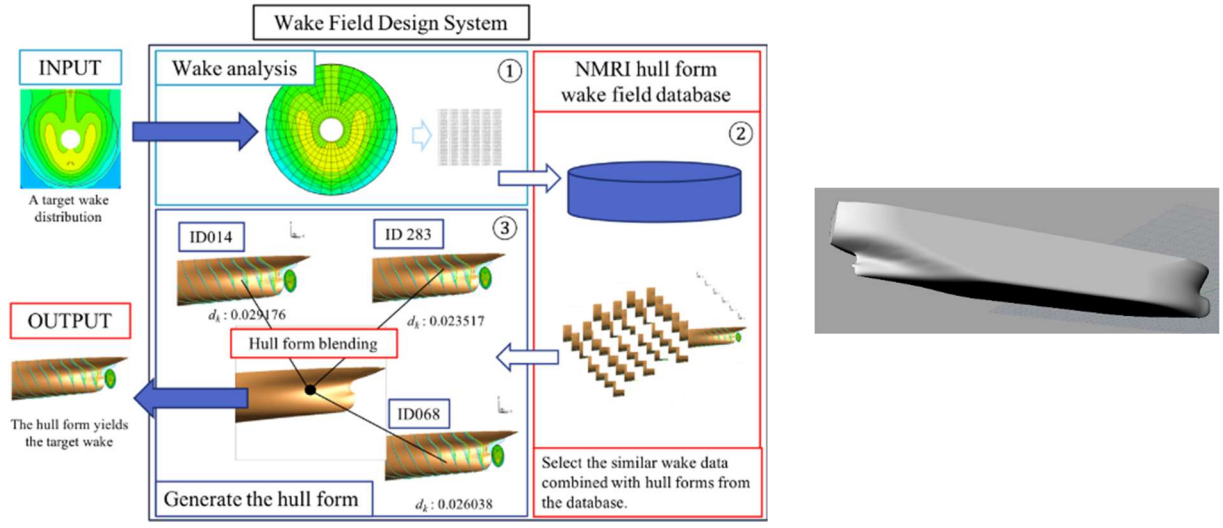


図 1.2.62 船型・流場データベースの概念図と外航船への拡張

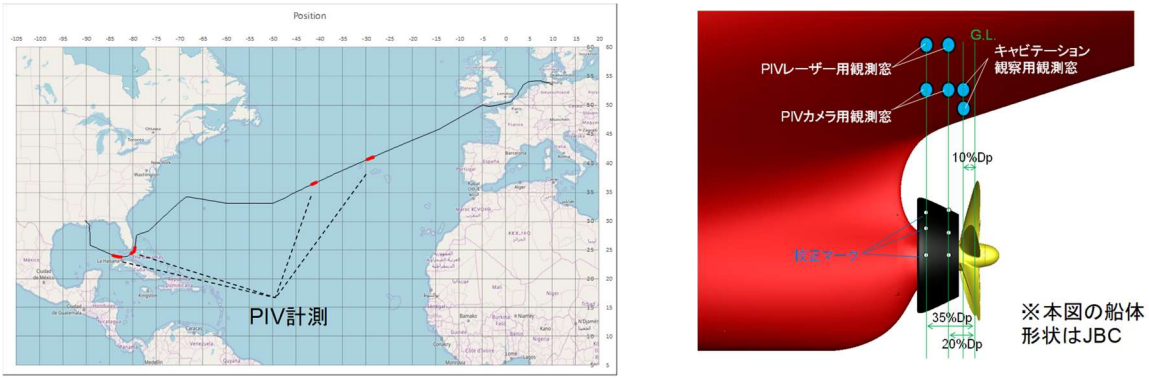


図 1.2.63 実船計測海域と PIV 計測断面

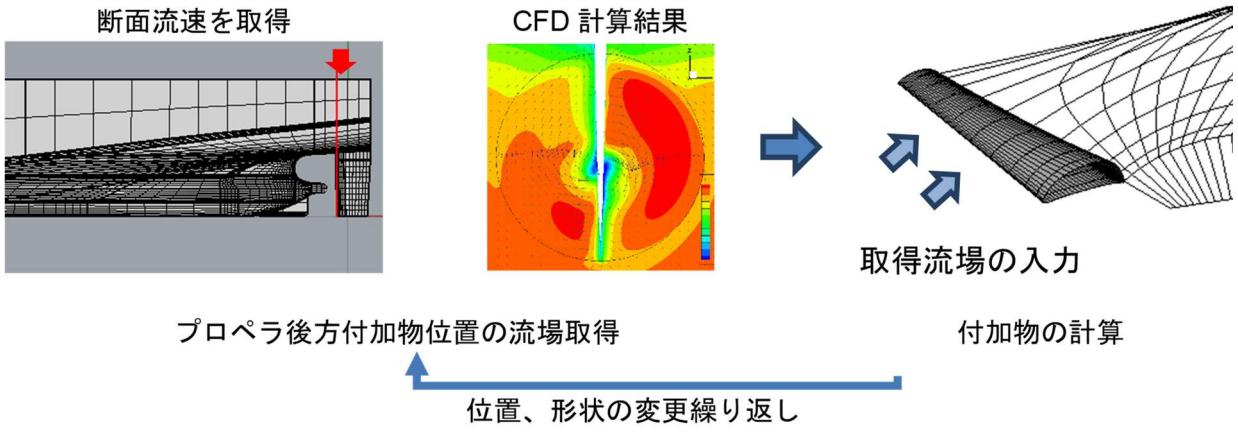


図 1.2.64 プロペラ後方の旋回流回収型省エネデバイスの設計手法

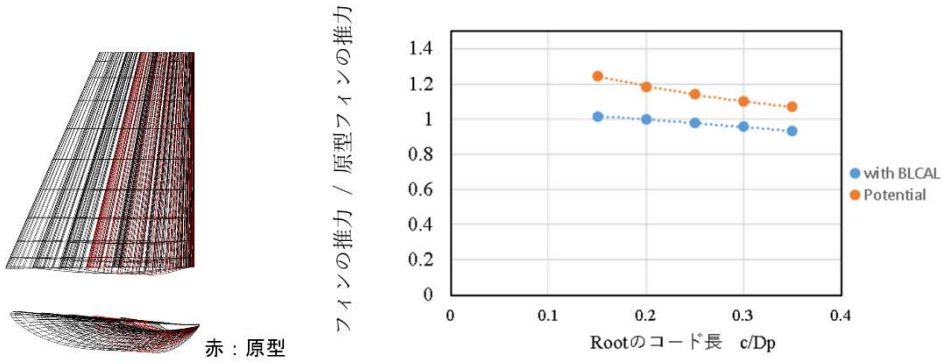
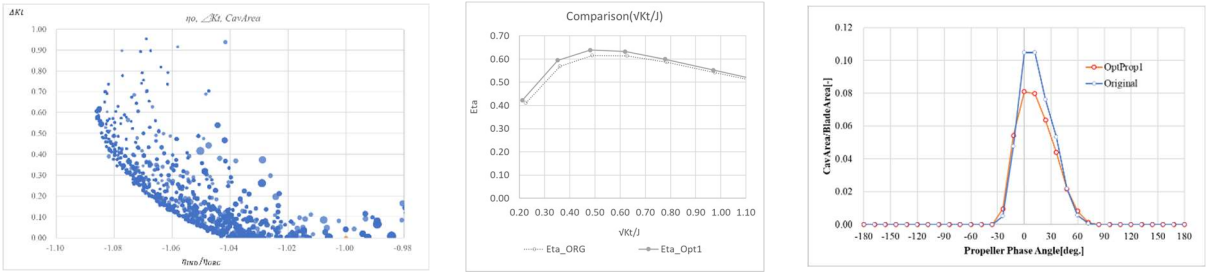
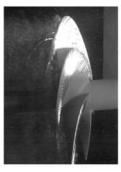


図 1.2.65 舵フィンの設計とコンテナ船型での検証結果



最適化計算によって得られたパレート解　プロペラ単独効率の比較　キャビテーション面積の比較

図 1.2.66 プロペラ形状最適化プログラムによる計算結果

Condition		MARIN	Strathclyde Genoa	SSPA	NMRI
Shaft angle		5°	5°	5°	5°
J=0.4	σ_v: low				

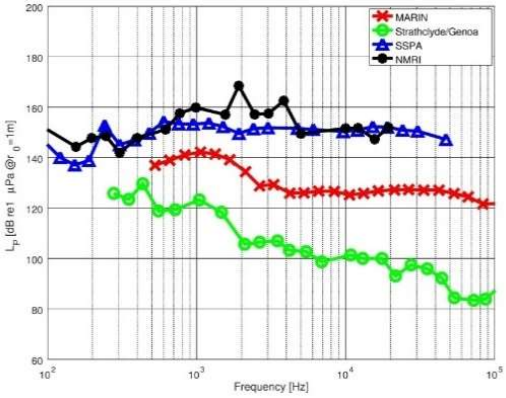


図 1.2.67 模型プロペラ持回り試験の評価

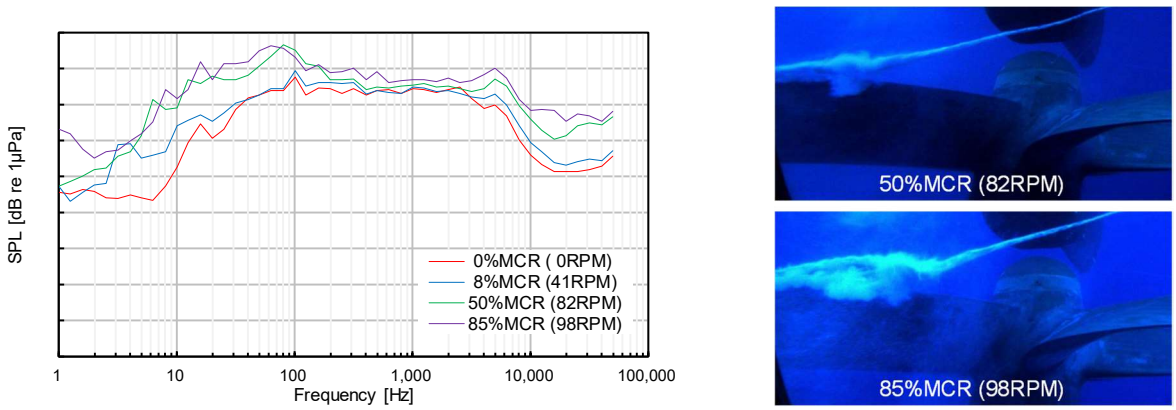


図 1.2.68 水中騒音 1/3 オクターブバンド解析結果（左）と実船のキャビテーション画像（右）

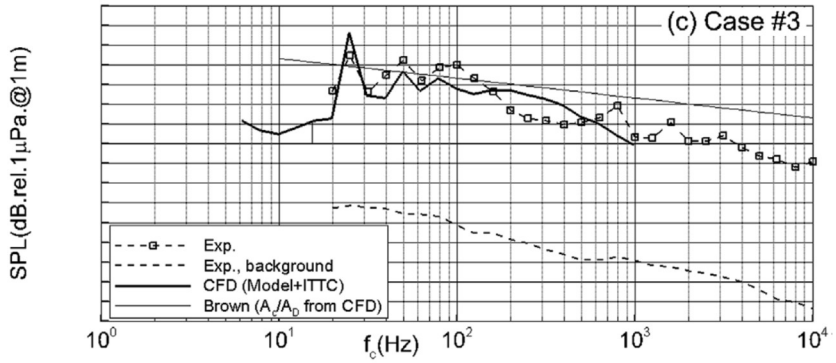


図 1.2.69 実船試験結果と CFD シミュレーション計算結果の比較
（縦軸間隔は 10dB、ITTC 相似則を適用、Brown の簡易推定法による結果も表示）

□気泡流中における省エネデバイス（プロペラ前方ダクトおよびプロペラ前方フィン）の効果の評価を行い、気泡によりダクトによる推力減少係数の改善が小さくなり（図 1.2.70、図 1.2.71）、自航要素の悪化影響がフィン型デバイスよりもダクト型デバイスの方が大きいことが分かった（図 1.2.72）。また、高速自航模型試験と CFD の傾向は良く一致し、模型船レイノルズ数での結果よりも実船レイノルズ数における自航要素の悪化影響は小さいと計算結果から予想される（図 1.2.73）。また、乱流境界層への気泡注入による摩擦抵抗低減の効果は、ボイド率の時空間の変動であるボイド波が存在するときに向上するため、流速 5-8 m/s の高速水平チャネル乱流(Re > 50,000)に、平均空気流量と周波数を変化させて間欠的に気泡を注入し、人工的にボイド波を与え、流路下流において、せん断応力計で壁面摩擦を直接計測すると同時に、移流するボイド波を可視化した（図 1.2.74）。間欠的に気泡を注入した場合、一定の空気流量で気泡を注入した場合より抵抗低減率が向上した。また、注入周波数が 2 Hz 程度のとき、他の周波数の条件と比べて抵抗低減効果が大きくなった（図 1.2.75）。複合材料型弾性表面波デバイスを設計・試作し、流体駆動試験を実施した。音響波の放射状況から、デバイスの音速の推定式パラメータの修正を行った。

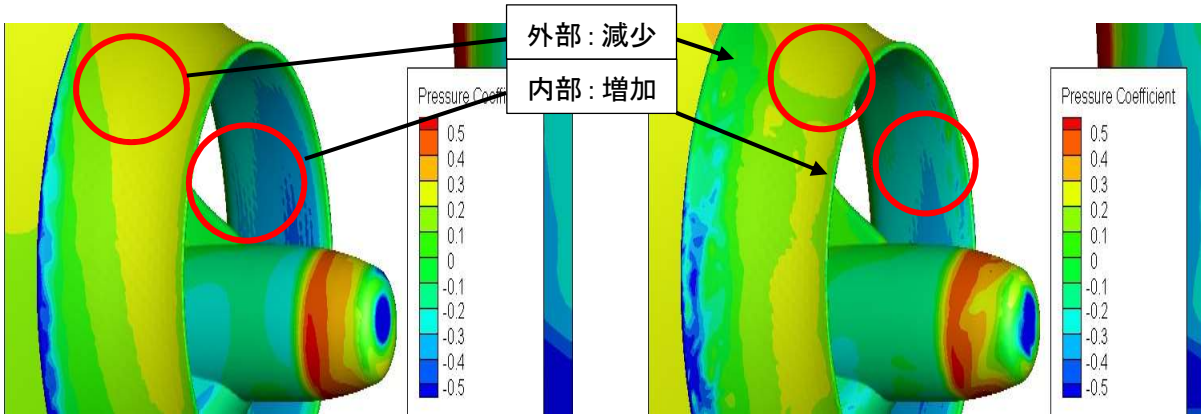


図 1.2.70 WAD 圧力分布（気泡無）　　図 1.2.71 WAD 圧力分布（気泡有）

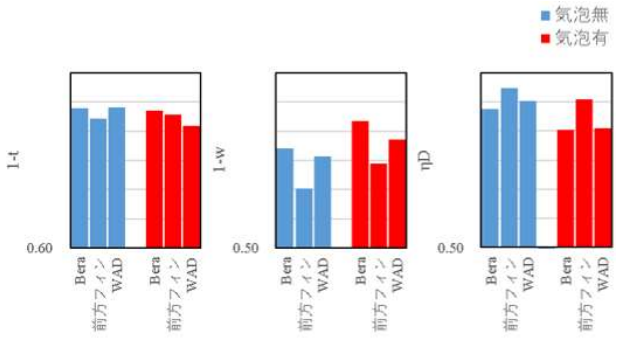


図 1.2.72 気泡流中での自航要素、推進効率の比較

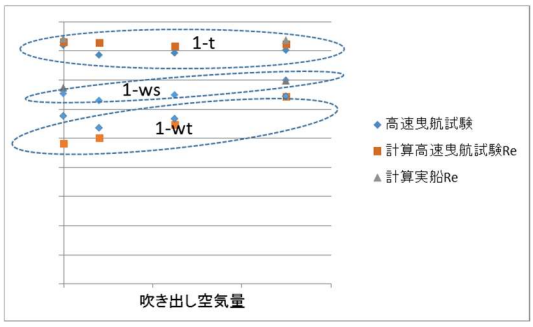


図 1.2.73 高速自航模型試験と CFD による空気潤滑効果の評価

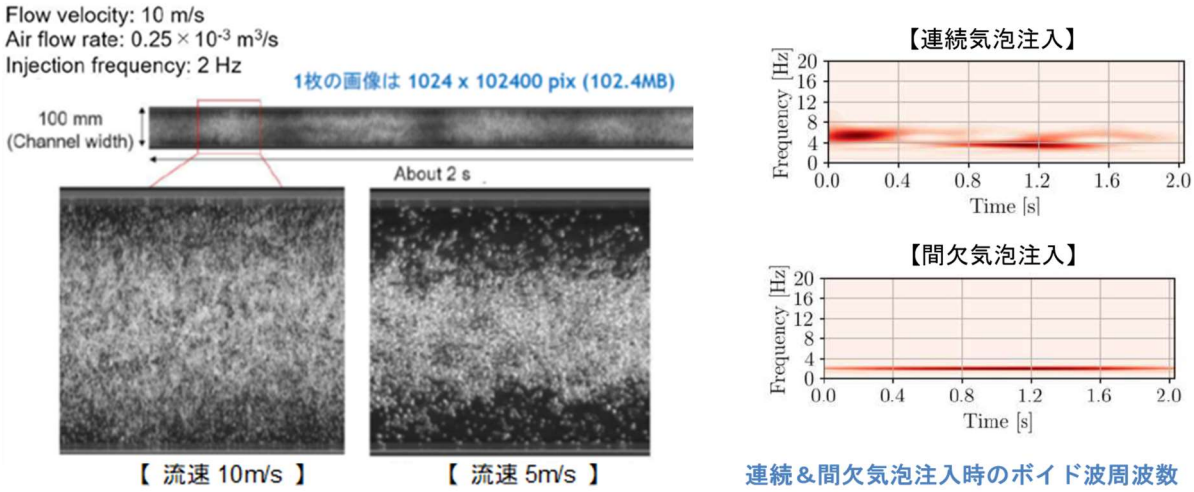


図 1.2.74 ボイド波の可視化と間欠注入によるボイド波周波数の均一化

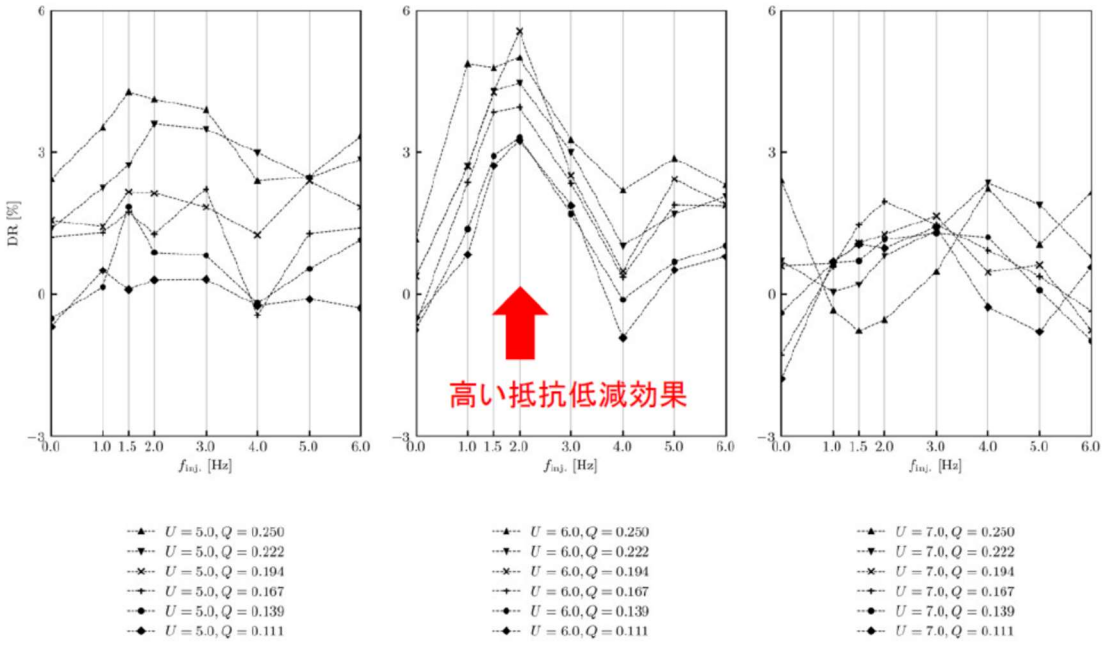


図 1.2.75 摩擦抵抗低減効果と気泡吹出周波数の関係（*U*：流速、*Q*：気泡注入量）

成果の公表

口特許出願：5 件
(1) 船型・流場データベース
(2) 小型ダクト付き船舶
(3) 自航試験方法

(4) 流場データ取得方法
(5) 実船データ評価方法
□プログラム登録：2 件
(1) 船型データ変換ツール
(2) 船体形状・船体性能推定プログラム EAGLE
□受賞： 4 件
(1) 平成 30 年日本船舶海洋工学会賞（論文賞）・日本海事協会賞（(A1), (A2)）
(2) AMEC 2018 Best Paper Award（査読論文(13)）
(3) 平成 30 年度理事長表彰（最優秀論文賞）（(A1), (A2)）
(4) 平成 31 年日本船舶海洋工学会賞（論文賞）（内定）（査読論文(6)）

(A1)櫻田顕子、枌原直人、黒田麻利子、辻本勝、杉本義彦、長谷川健：実運航シミュレーションによる実船データ解析－排水量修正と波風修正の適用－、日本船舶海洋工学会論文集、第 25 号（2017）.

(A2)櫻田顕子、黒田麻利子、辻本勝、杉本義彦、長谷川健：実運航性能評価における速力-回転数-主機出力関係のモデル化、日本船舶海洋工学会論文集、第 25 号（2017）.

□プレス発表： 3 件
(1) EEDI の実海域係数（EEDIweather）で最終認証に関する鑑定書取得
(2) 海技研 NMRI 法プログラムを公開　－合理的な波浪修正により海上試運転での平水中性能をより高精度に評価－
(3) 全球版波と風の統計データベース（GLOBUS）を HP で公開　－世界で初めて全球での波高－波周期－風速を含む 3 相関表が利用可能－
□査読論文：37 件（うち投稿中 15 件）
(1) N. Sogihara, M. Tsujimoto, R. Fukasawa and H. Ohba: Investigation on Trim Optimization to Enhance the Propulsive Performance of Fine Ships, Journal of JASNAOE, No. 27, (2018).
(2) N. Sogihara, M. Tsujimoto, R. Fukasawa and H. Ohba: Trim Optimization for Ship Performance in Actual Seas, Proceedings of INT-NAM2018 (2018).
(3) M. Tsujimoto, N. Sogihara, M. Kuroda, K. Kume and H. Ohba : A Practical Prediction Method for Self Propulsion Factors in Actual Seas, Proceedings of ISOPE2018 (2018).
(4) M. Kuroda, K. Takagi, M. Tsujimoto and J. Fujisawa: The Effect of the Long-period Components of Added Resistance in Irregular Waves, Proceedings of NAV2018 (2018).
(5) M. Kuroda and K. Takagi: Slowly-varying Added Resistance in Irregular Waves in Consideration of Higher Order Components, Journal of JASNAOE, No. 28, (2018).
(6) H. Orihara and M. Tsujimoto: Performance prediction of full-scale ship and analysis by means of on-board monitoring. Part 2: Validation of full-scale performance predictions in actual seas, Journal of Marine Science and Technology, Vol.23, Issue 4 (2018).
(7) M. Tsujimoto and H. Orihara: Performance prediction of full-scale ship and analysis by means of on-board monitoring (Part 1 ship performance prediction in actual seas), Journal of Marine Science and Technology, Vol.24, Issue 1 (2019).
(8) 黒田麻利子、辻本勝、櫻田顕子、枌原直人、肥後崎愛：実船データによる PCC の横揺推定法の検証、海上技術安全研究所報告、第 18 巻第 3 号 (2019).
(9) M. Tsujimoto, M. Kuroda, N. Sogihara, A. Sakurada: Develpment of Empirical Formulae for Estimating Ship Performance, Papers of National Maritime Research Institute, Vol.18, No.3 (2019).
(10) M. Tsujimoto, T. Matsuzawa and K. Kume: Statistical Characteristics of Global Winds and Waves, Proceedings of ISOPE2018 (2018).
(11) M. Tsujimoto, T. Matsuzawa, N. Sogihara, K. Hirayama, Y. Sugimoto, K. Hasegawa and K. Yokokawa: Advanced Weather Routing System for Ships in Actual Seas -Development and Validation by a Ship-, Proceedings of 16th IAIN World Congress, International Association of Institutes of Navigation (2018).
(12) Y. Kitagawa, O. Bondarenko, Y. Tsukada, T. Fukuda and K. Tanizawa: An Application of the Tank Test with a Model Ship for Design of Ship Propulsion Plant System, Journal of JIME, Vol.53 No.3, (2018).
(13) O. Bondarenko and T. Fukuda: The Advantage of Air Lubrication System Integration into the Propulsion Plant, Proceedings of 8th PAAMES and AMEC 2018 (2018).
(14) Y. Ichinose and Y. Tahara: A Wake Field Design System utilizing a Database Analysis to Enhance the Performance of Energy Saving Devices and Propeller, Journal of Marine Science and Technology (2018).
(15) Y. Ichinose and Y. Tahara: Development of an Automatic Hull Form Generation Method to Design Specific Wake Field, Proceedings of IMDC2018 (2018).
(16) K. Kume and R. Fukasawa: Experimental Investigation of Surface Pressure Distribution of the Duct-Type Energy Saving Device for ships both in calm water and in wave conditions, Proceedings of ISOPE2018 (2018).
(17) K. Shiraishi, Y. Sawada, K. Hoshino and D. Arakawa: Experimental estimation for pressure fluctuation on ship stern induced by cavitating propeller using cavity shape measurements, Proceedings of 10th International Cavitation Symposium (CAV2018) (2018).

(18) N. Sakamoto and H. Kamiirisa: Prediction of near field propeller cavitation noise by viscous CFD with semi-empirical approach and its validation in model and full scale, Ocean Engineering, 168 (2018).
(19) N. Sakamoto and H. Kamiirisa: Propeller Cavitation Noise Radiated from Single and Twin-Screw Cargo Liners: CFD Prediction and Full Scale Validation, 10th International Cavitation Symposium (CAV2018) (2018).
(20) C. Kawakita: A Hydrodynamic Design Method of Ship Applying the Air Lubrication System, Proceedings of ISOPE2018 (2018).
(21) D. Arakawa, H. Kawasima and C. Kawakita: Numerical Estimation of Self-propulsion Factors for Ship with Air Lubrication, Proceedings of ISOPE2018 (2018).
(22) G. Taillon, H. Komatsu, K. Miyagawa, S. Saito and C. Kawakita : Cavitation erosion resistance of high-strength fiber reinforced composite material, 29th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems (2018).
(23) K. Kume, H. Ohba, H. Orihara and S. Mizokami: Wind Velocity Profile and Representative Wind Velocity for Wind Resistance Measurement of Ship Models, Journal of JASNAOE（投稿中）.
(24) N. Sogihara, M. Tsujimoto, R. Fukasawa and T. Hamada: Uncertainty Analysis for Measurement of Added Resistance in Short Regular Waves -Its Application and Evaluation-, Journal of JASNAOE（投稿中）.
(25) 大場弘樹、星野邦弘、黒田麻利子、澤田祐希、辻本勝：船舶試験水槽におけるマイクロバブルをトレーサに用いた PIV による模型船周りの流場計測と波高影響調査、日本船舶海洋工学会論文集（投稿中）.
(26) N. Sogihara, A. Sakurada, M. Kuroda, M. Tsujimoto, Y. Sugimoto and K. Hasegawa: Development of a Numerical Model on Displacement Correction for Ship Performance in Calm Seas Based on Full-Scale Measurement, Proceedings of ISOPE2019 (2019) （採択済）.
(27) A. Sakurada, N. Sogihara, M. Kuroda, M. Tsujimoto, Y. Sugimoto, K. Hasegawa and T. Danno:Application of a Numerical Model on Displacement Correction to the Evaluation of Ship Performance in Calm Seas for a Bulk Carrier Using Ship Monitoring Date, Proceedings of PRADS2019 (2019) （投稿中）.
(28) Y. Kitagawa and M. Kashiwagi: A Strip Method Including *nx*-Related Terms and its Effects on Propeller Inflow Velocity in Waves, Journal of JASNAOE, No. 29, (2019) （採択済）.
(29) Y. Kitagawa, Y. Tsukada, O. Bondarenko and T. Fukuda: Development of a Methodology of the Tank Model Test with the Marine Diesel Engine Simulator for Direct Assessment of Propulsion and Course-Keeping Performance of Full-Scale Ship in Oblique and Beam Sea, Proceedings of PRADS2019 (2019) （投稿中）.
(30) O. Bondarenko and T. Fukuda: Development of a Diesel engine's Digital Twin for the prediction of propulsion system dynamics, Proceedings of MOSES 2019 (2019) （投稿中）.
(31) D. Arakawa, K. Shiraishi and J. Ando: Construction and Analysis of Response Surface between Blade Shape and Propeller Characteristics using Multivariate Chebyshev Approximation, Proceedings of Sixth International Symposium on Marine Propulsors SMP'19 (2019) （採択済）.
(32) K. Shiraishi, Y. Sawada, D. Arakawa and K. Kimura: A Study on Deformation Measurements and Hydrodynamic Investigation of the Flexible Composite Marine Propeller, Proceedings of Sixth International Symposium on Marine Propulsors SMP'19 (2019) （投稿中）.
(33) C. Kawakita: A Hydrodynamic Design Method of Ship Applying the Air Lubrication System, International Journal of Offshore and Polar Engineering (2019) （投稿中）.
(34) C. Kawakita: An Experimental Study on Hydrodynamic Performance of Flexible Composite Model Propellers, Proceedings of Sixth International Symposium on Marine Propulsors SMP'19 (2019) （採択済）.
(35) C. Kawakita and T. Hamada: Experimental Investigation on Influence of Inclination and Curved Surface of Ship Bottom in Air Lubrication Method, Proceedings of ASME'2019 AJKFluids (2019) （採択済）.
(36) T. Hiroi, T. Hamada and C. Kawakita: Investigation on the Characteristic of Bubbles in Horizontal Channel Flow by Fiber Optics Sensor, Proceedings of the ASME-JSME-KSME 2019 Joint Fluids Engineering Conference (2019) （採択済）.
(37) H. Kawashima, H. Mieno, T. Hiroi and T. Hamada: Effect of Roughness Shape Parameter of Painted Surface on Frictional Resistance, Proceedings of PRADS2019 (2019) （投稿中）.

口国際貢献：5 件

(1) K. Kume and G. Strasser: Draft amendments to 2014 Guidelines on survey and certification of the EEDI, IMO/MEPC73/5/7 (2018).
(2) Y. Ohnishi and K. Kume: Comments on the Interim report of the Correspondence Group on EEDI review beyond phase 2, IMO/MEPC73/5/8 (2018).
(3) K. Kume: The contents of IMO document and the background of the submission to update 2014 Guidelines on survay and certification of the EEDI, ITTC/SOS (2018).
(4) ISO/FDIS 20233-1: “Ships and marine technology - Model test method for propeller cavitation noise evaluation in ship design - Part 1: Source level estimation”

(5) ISO/WD 20233-2: “Ships and marine technology - Model test method for propeller cavitation noise evaluation in ship design - Part 2: Noise source localization”

口講演他：38 件

(1) M. Tsujimoto: Big Data towards Estimating Ship Performance in Service, Proceedings of Maritime Big Data & VPO Forum (2018).
(2) 辻本勝：ビッグデータの活用による実海域性能評価、第 18 回海上技術安全研究所研究発表会 (2018).
(3) 実海域実船性能評価の構築－OCTARVIA PROJECT－、第 18 回海上技術安全研究所講演会 (2018).
(4) 辻本勝：M. Tsujimoto: Towards accurate performance evaluation of ships in actual seas, Proceedings of World NAOE Forum 2018 A Trend of Digital Twin and Data Platform in Maritime Industry, The Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers (2018).
(5) 辻本勝：実海域推進性能評価と実船のモニタリング解析、海事三学会合同シンポジウム（第 4 回）海事分野におけるイノベーション講演集、日本船舶海洋工学会・日本マリンエンジニアリング学会・日本航海学会 (2019).
(6) A. Sakurada, N. Sogihara, M. Kuroda, M. Tsujimoto, Y. Sugimoto and K. Hasegawa: Analysis of the Onboard Measurement Data by Performance Simulations in Actual Sea -Application of Correction for displacement and Weather Correction-, ClassNK Technical Bulletin, Vol. 36 (2018).
(7) A. Sakurada, M. Kuroda, M. Tsujimoto, Y. Sugimoto and K. Hasegawa: A Numerical Model of Speed-Revolution-Power Relation for the Evaluation of Ship Performance in Actual Seas, ClassNK Technical Bulletin, Vol. 36 (2018).
(8) 枌原直人、辻本勝、深澤良平、濱田達也、横田早織：波浪中抵抗増加の計測における不確かさ解析の適用とその評価、第 76 回実海域推進性能研究会 (2018).
(9) 山本虎卓、久米健一、折原秀夫：ITTC PSS/SOS 報告（試運転解析法 RP 改正）、日本船舶海洋工学会・推進運動性能研究会 (2019).
(10) 黒田麻利子、大場弘樹、辻本勝：実海域再現水槽の計測・解析自動化について、第 8 回水槽試験技術交流会(2019).
(11) 黒田麻利子、辻本勝、櫻田顕子、枌原直人、肥後崎愛：実船データによる PCC の横揺評価法の検証、第 77 回実海域推進性能研究会 (2019).
(12) 横田早織、櫻田顕子：複数台の波高計による波向計測プログラムの開発、第 77 回実海域推進性能研究会 (2019).
(13) 辻本勝：EEDI 規制と船舶性能、関西海事教育アライアンス講義－海事産業とマリタイムガバナンス（2018）.
(14) 辻本勝：船舶の抵抗・推進（１）実海域船型学（２）実海域推進性能－規制の国際動向－（３）実海域推進性能－設計・運航への利用－、東京大学大学院工学研究科講義－特別講義Ⅲ（2018）.
(15) 辻本勝：船舶運航からの GHG 削減－ウェザールーティングの高度化－、日本技術士会船舶・海洋/航空・宇宙部会 (2018).
(16) 松沢孝俊：氷海用船舶・海洋構造物の技術開発、日本海洋工学会第 50 回海洋工学パネル (2018).
(17) 松沢孝俊：船舶の氷中推進性能の推定について～氷海水槽における模型試験の手順、日本マリンエンジニアリング学会 (2018).
(18) T. Matsuzawa: Bridging between Science and Engineering, Workshop on Ice Navigation Support System (2018).
(19) 松沢孝俊、下田春人、若生大輔、宇都正太郎：商船船型に適した氷中抵抗モデルの開発—運動量ベースモデルの適用におけるパラメータ解析—、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 26 号 (2018).
(20) 松沢孝俊：船舶の氷中性能推定に関する氷海水槽試験、日本マリンエンジニアリング学会第 63 回特別基金講演会「極海航路と氷海船」 (2019).
(21) 松沢孝俊：氷海船舶の設計における氷海水槽の役割、第 145 回造工中手船型研究会 (2019).
(22) Y. Kitagawa and M. Kashiwagi: A New Strip-Theory Method Including Effects of Longitudinal Direction Component of Normal Vector on Body Surface, 日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 26 号、(2018).
(23) 北川泰士、塚田吉昭、Bondarenko Oleksiy、福田哲吾、谷澤克治：水槽試験の活用による主機特性及び設計が波浪中推進性能へ与える影響の検証、第 18 回海上技術安全研究所研究発表会 (2018).
(24) 北川泰士、塚田吉昭：波浪中主機負荷変動の理論推定手法に関する研究、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 27 号 (2018).
(25) 北川泰士、柏木正：物体表面法線ベクトルの船体長手方向成分の影響を考慮した新しいストリップ法、第 76 回実海域推進性能研究会 (2018).
(26) 北川泰士、塚田吉昭、Bondarenko Oleksiy、福田哲吾、谷澤克治：波浪中主機負荷変動推定のためのプロペラ有効流入速度モデルに関する研究、第 196 回舶用プロペラ研究会 (2018).
(27) O. Bondarenko and T. Fukuda：Assessment of Propulsion System Integration via Process Modeling、海技研報告 17 巻 4 号（総合報告） (2018).
(28) O. Bondarenko and T. Fukuda：Study on Application of Turbocharged Diesel Engine for the Air Lubrication System of Ship's Hull、海技研報告 18 巻 3 号（総合報告） (2019).
(29) 一ノ瀬康雄：船尾伴流場の設計を可能とする船型自動生成手法の開発－水槽試験による有効性の検証

ー、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 26 号 (2018).
(30) 一ノ瀬康雄：CFD と統合船型データベースによる船型性能「見える化」技術を活用した内航省エネ船型開発、Sea Japan 2018 (2018).
(31) 新川大治朗：多変数チェビシェフ近似を用いたプロペラ特性の応答曲面近似について、第 11 回推進・運動性能研究会 (2018).
(32) 白石耕一郎、澤田祐希、川北千春：キャビティ体積とプロペラ変動圧力に関する実験的考察、ターボ機械協会第 17 回プロペラ分科会 (2018).
(33) 白石耕一郎、澤田祐希：組合せライン CCD 法を用いた三次元形状計測装置による模型プロペラに生じるキャビテーションの形状計測、可視化情報学会誌 (2019).
(34) D. Arakawa, C. Kawakita, H. Kawashima, Y. Kawanami, K. Shiraishi, Y. Ichinose and T. Hiroi: Recent Research Activities at NMRI Fluid Control Research Group, Hydro-Testing Forum (2019).
(35) 拾井隆道、新川大治朗、濱田達也、川島英幹、川北千春：水槽試験による空気潤滑船の推進性能推定法の研究、日本船舶海洋工学会第 10 回推進・運動性能研究会 (2018).
(36) N. Sogihara, T. Yonezawa, T. Ishiguro, Y. Sugimoto, S. Masuyama, H. Mieno, M. Shimada, Y. Matsubara: Introduction of OCTARVIA Project: Project for Ship Performance in Actual Seas, Proceedings of 4th Hull Performance & Insight Conference (2019) （投稿中）.
(37) 北川泰士、塚田吉昭、柏木正：ストリップ法における n_x 影響項が前後揺れと波浪中プロペラ流入速度変動に与える影響、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 28 号 (2019) （投稿中）.
(38) O. Bondarenko and Y. Kitagawa: Estimation of effective inflow velocity into propeller utilizing engine model and the Kalman filtering technique, 日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 28 号 (2019) （投稿中）
□博士学位取得　１名
一ノ瀬康雄：船型データベースを活用した船尾伴流場設計法に関する研究、九州大学大学院工学府海洋システム工学専攻 (2019).

○船舶の総合性能評価のための次世代ＣＦＤ技術の高度化に関する研究

研究の背景

IMO において、船舶の運航に伴い排出される二酸化炭素（CO2）、窒素酸化物（NOx）、硫黄酸化物（SOx）等の規制が段階的に強化されるとともに、排ガス中のブラックカーボン（BC）等新たな課題についても検討が行われている。このため、これらの船舶に起因する環境負荷の大幅な低減に資する革新的な技術開発とともに、環境への負荷を正しく評価したうえで社会合理性のある適切な規制を構築。具体的には、
□平水中での自由航走計算手法の開発
□実船スケールでの平水中性能計算手法の開発
□ハイブリッド型省エネデバイスの性能シミュレーションとキャビテーション計算への CFD コードの拡張
□実船馬力推定における風圧抵抗評価手法の確立
□波浪中での諸問題に対する CFD コードの拡張
□形状最適化手法開発

研究目標

□以下の特徴を有する CFD システムの開発
1.平水中における自由航走計算が可能
2.実船スケールでの平水中の流場計算や性能推定が可能
3.実プロペラ形状とも組合せ、実用的な形状を有するハイブリッド省エネデバイスの性能評価が可能
4.キャビテーション計算手法の開発
5.上部構造物を含む風圧抵抗の評価手法の確立と計算ガイドライン
6.波浪中の抵抗・推進・操縦運動性能解析が可能
7.大波高時の転覆やブローチングなどの船体運動シミュレーションが可能
8.船体や省エネ付加物等の形状最適化が可能
上記成果は、抵抗・推進から耐航・操縦運動性能を推定できる高精度な CFD システムを産業界に提供することにより、大きな省エネにつながる高度な船型開発を効率的に行うことが可能になり、GHG が削減される。また大波高時の転覆やブローチング等のシミュレーションも可能になることで、海難事故を減少させ、安全・安心な社会の実現に貢献することが期待される。さらに効率的な省エネデバイスの開発により、我が国海洋産業の国際競争力強化へとなり得る。

平成 30 年度の研究内容

□平水中での抵抗･推進･操縦性能計算手法の高機能化･高速化
重合格子対応の構造格子ベースのソルバーNAGISA と重合情報生成システム UP_GRID による動的重合格子を用いて、実プロペラ形状を使用した自由表面影響を含む推進状態の計算手法を開発する。最新のメニーコアアーキテクチャである Xeon Phi KNL におけるベクトル化手法を適用し、ソルバーの高速化効率等を確認する。実船スケール計算結果と実船計測結果の比較により実船スケール計算手法を確立する。また、粗度モデルを導入し、粗度影響を評価できる計算手法を開発する。

□実プロペラモデルを用いたハイブリッド型省エネデバイスの性能計算手法の開発および二相流への拡張
重合情報生成システム UP_GRID において押し出し手法及び自由表面クラスタリング等の手法を改良し、様々な形状に対してロバストで高品質な格子生成を可能にする手法の開発を行う。構造格子有限体積法に適した界面捕獲アルゴリズムを使用し、3 次元を含むベンチマーク問題において検証を行う。キャビテーションモデルについてモデルを調査し、実装に向けた定式化を行う。
□実船馬力推定における風圧抵抗評価手法の確立およびガイドライン策定
複数の船種について風向・風速を変化させた計算を行い、風洞試験結果との比較検証を行う。
□省エネ付加物影響を含む波浪中での計算手法の確立
格子分割数や時間刻み、運動の自由度及び壁関数の導入により、少ない計算リソースでの波浪中での標準的計算手法案の作成とともに、水槽試験結との比較に基づく精度検証と計算手法の有効性を確認する。
□船体や省エネ付加物等の形状最適化システムの構築
開発済みの最適化手法について実用問題での検証を行う。

平成 30 年度の研究成果

□フルマルチグリッド手法と動的重合格子を用いた実プロペラ計算を行い、新しいパラメータとして重合情報の更新間隔を導入し、重合情報の更新に関わる計算のオーバーヘッドを小さくする計算手法を開発した。自由表面も考慮した推進状態の計算において計算時間を 20%以上短縮できる結果を示したとともに、プロペラ後方の流場について実験結果との比較検証を行った。

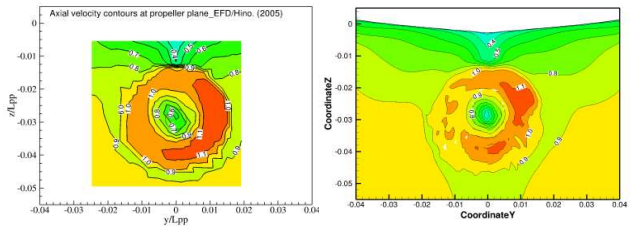


図 1.2.76　プロペラ後方の平均流場の比較
(左:実験結果、右:計算結果)

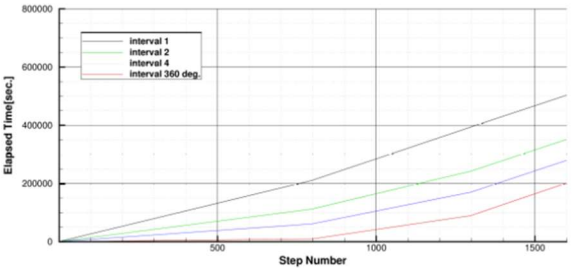


図 1.2.77 計算の高速化
(赤線：新しく開発した手法)

□2 隻の異なる船型（練習船および省エネ付加物付きバルクキャリア）について、実船スケール CFD 計算を行い、計算結果を実船流場計測データを用いて検証した。格子分割数を変更した不確かさ解析、乱流モデル及び粗度の計算結果に与える影響を調査し、計算条件の設定を含む実船スケール計算のガイドラインを作成した。
□粗度モデルについて実船スケール相当の平板で検証を行い、粗度高さによる抵抗値等の変化等を確認した。さらに実船流場データを有する船型において自由表面を考慮した推進状態を再現し、実船流場との比較から粗度モデルの有効性を示した。

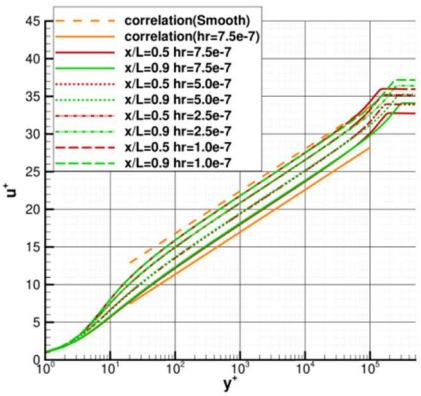


図 1.2.78 実船相当平板での粗度による無次元速度分布の変化

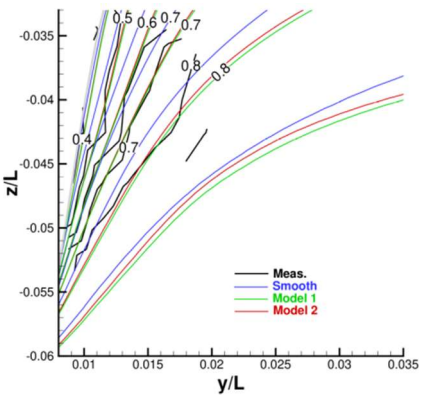


図 1.2.79 実船流場データとの比較
（赤・緑線：粗度モデル）

□最新のメニーコアアーキテクチャ Xeon Phi における並列計算手法 OpenMP とベクトル化手法について、乱流モデルや自由表面モデルを含む船体周り流れの計算に適用するとともに、プロセッサの性能をさらに発揮させるための情報収集を行った。
□多次元 THINC 法に基づくセル積分ベースの構造格子用界面捕獲スキームを開発し、2 次元および 3 次元

ベンチマーク問題にて、体積分率や形状の保存性等の検証を行うことで、計算手法の妥当性を確認した。

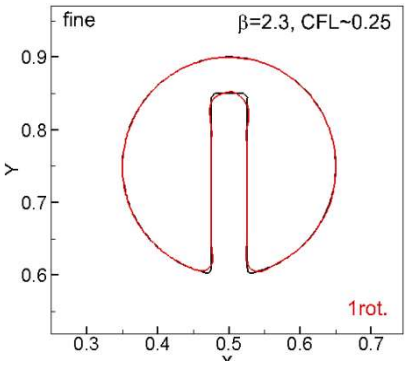


図 1.2.80
2 次元非定常速度場における
移流検証結果

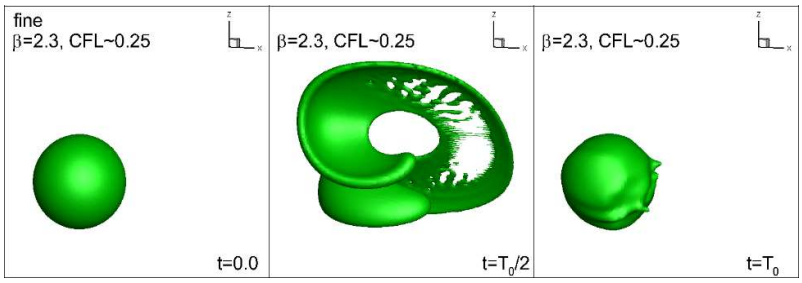


図 1.2.81 次元非定常速度場における移流検証結果
（初期値→半周期後→1 周期後）

□実海域実船性能評価プロジェクトと連携し、上部構造物の風圧抵抗 CFD 計算に関する検討を横浜国立大学とも協力して実施した。バルクキャリア(JBC)船型について、重合格子法をベースにした CFD 計算により、開発中の重合格子生成プログラム UP_GRID が、複雑形状物体が多数ある場合においても重合情報を生成可能であることを示した。また、風向・風速影響、格子依存性等について試験結果と比較・検証を行った。
□前述のバルクキャリア船型での計算による知見も踏まえて PCC 船型について重合格子を作成した。風向きを変更した CFD 計算を共同研究プロジェクトにおいて分担して行い、試験結果と比較・検証を行った。
□ITTC/SOS コミッティーで、風圧力に関する CFD ベンチ−マーク計算が行われることとなり、対象船型周りの格子作成と CFD 計算を実施した。
□実海域実船性能評価プロジェクトと連携し、向波中での標準的計算法案を構築するとともに、波浪荷重推定にも用いることができる大波高中で船体形状も忠実に再現した計算もロバストに行えることを確認した。

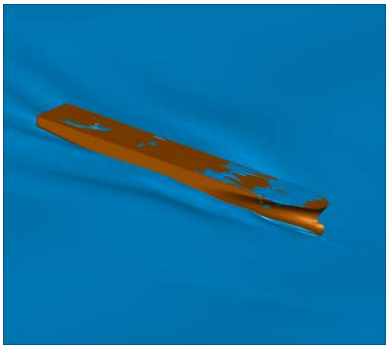


図 1.2.82 大波高中での船体付近の自由表面

□新バージョンのリリースと普及のためのセミナー開催 1 回

成果の公表

□プログラム登録 3 件
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) Ver3.32
2. 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）Ver2.1R1
3. 船体・付加物格子間補間情報計算プログラム(OS_GT_GEN Ver.1.0)

□発表論文 12 件
1. 大橋訓英他：Xeon Phi による共有メモリ型計算手法の数理モデルを含む船舶周り流れへの適用，第 23 回計算工学講演会 (2018)
2. 大橋訓英：動的重合格子による船舶の自由表面影響下での推進状態の数値シミュレーション，日本流体力学会年会 (2018)
3. 大橋訓英：二方程式乱流モデルにおける粗度モデルの実船スケールでの影響調査，第 32 回 数値流体力学シンポジウム (2018)
4. Ohashi, K. et al.：Development of a structured overset Navier-Stokes solver with a moving grid and full multigrid method, Journal of Marine Science and Technology, (2018)
5. Ohashi, K. et al.：Numerical Simulation of the Free Running of a Ship Using the Propeller Model and

Dynamic Overset Grid Method, Ship Technology Research, (2018)
6. Sakamoto, N., Kamiirisa, H. : Propeller Cavitation Noise Radiated from Single and Twin-Screw Cargo Liners: CFD Prediction and Full Scale Validation, 10th International Symp. On Cavitation.
7. Sakamoto, N., Ohashi, K. : Implementation of THINC-type VoF Advection Scheme on Structured FVM Solver, 20th Numerical Towing Tank Symposium (2018)
8. Sakamoto, N. : Recent Trends of Viscous CFD Analysis for Cavitating Marine Propellers, 第 19 回キャビテーションに関するシンポジウム (2018)
9. Tahara, Y., et al. : Variable decomposition approach applied to multi-objective optimization for minimum powering of commercial ships, Journal of Marine Science and Technology, (2018)
10. Tahara, Y. et al. : Simulation Based Global Concept and Local Geometry Optimization for Ship Design Considering Propulsive Performance in Actual Seas and Fatigue Damage Evaluation by Using Global Oceanographic Model and Onboard Monitored Data, Proceedings of 32nd Symposium on Naval Hydrodynamics, (2018)
11. Kobayashi, H., Sakamoto, N., Ohashi, K. : Solid Block Approach for Hole-Cutting Procedure in Overset Assembling, PRADS 2019(投稿中)
12. 平田信行他 ： 次世代 CFD の研究開発状況， H30 年度海技研研究発表会講演集 (2018)

○多様なエネルギー源等を用いた新たな舶用動力システムの開発に関する研究

研究の背景

IMO において、船舶の運航に伴い排出される二酸化炭素（CO2）、窒素酸化物（NOx）、硫黄酸化物（SOx）等の規制が段階的に強化されるとともに、排ガス中のブラックカーボン（BC）等新たな課題についても検討が行われている。このため、これらの船舶に起因する環境負荷の大幅な低減に資する革新的な技術開発とともに、環境への負荷を正しく評価したうえで社会合理性のある適切な規制を構築。具体的には、

□多様なエネルギー源を用いた舶用動力システム技術
□各種動力システムの安全性評価
□アンモニア燃料利用における未燃アンモニアと亜酸化窒素の排出低減方法の開発

研究目標

□水素エネルギー利用を利用した舶用動力システムおよび多様なエネルギー源を用いた動力システムの評価手法
□各種動力システムの安全性評価手法

上記成果は、多様なエネルギー源を船舶で活用する技術により、水素社会、環境にやさしい社会の実現が期待される。また、先駆的な技術開発により我が国海洋産業の国際競争力強化へとなり得る。

平成 30 年度の研究内容

□燃料電池システムを搭載する小型船舶に関する実用システム技術の構築，燃料電池を利用した電気推進システムの信頼性・安全性の調査・検証を行う。さらに、これらの試験や調査から得られる知見より、昨年度までに策定を進めてきた水素燃料電池船の安全ガイドライン案の見直し作業を行う。
□メタンガスを主燃料とする舶用ガスエンジンに対して、異なるガス燃料（主に水素）を混焼させた場合の安定燃焼を実現する技術を開発することを目指して、エンジンの安定性評価（燃焼の安定性）と排ガス成分・排出量について詳細な調査を行う。
□石油燃料を主燃料とするディーゼルエンジンに補助燃料としてアンモニアを供給した場合に発生する未燃のアンモニア（NH_3）と亜酸化窒素（N_2O）の低減方法を開発するため、単気筒エンジンによる実験を行い、エンジン内部での燃焼及び排ガス後処理を組み合わせた低減方法を開発する。

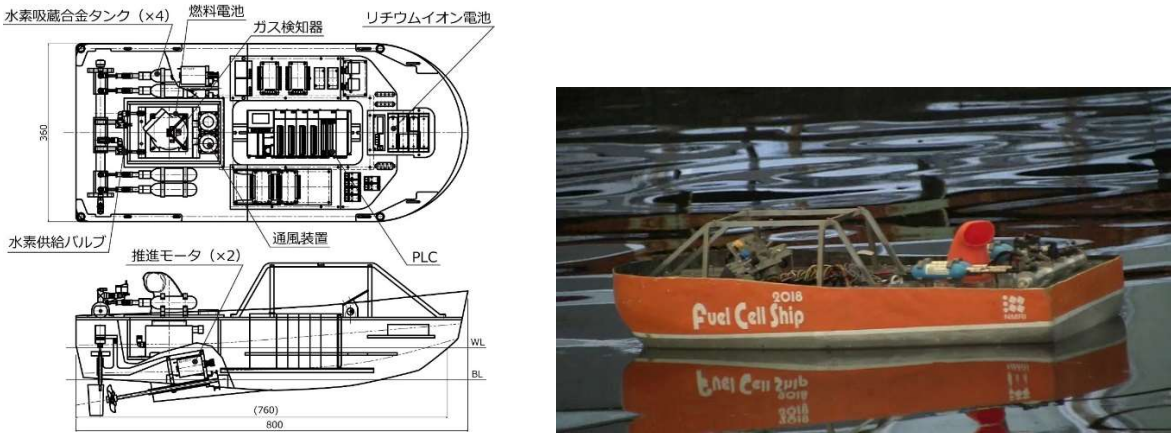
平成 30 年度の研究成果

□燃料電池及びリチウムイオン電池を搭載した模型船並びにその制御システムを開発し、適切な状態監視と出力制限によって、水素燃料電池船に用いる電気推進システムの冗長性を確保する制御手法を構築した（図 1.2.83、図 1.2.84 参照）。
□昨年度までに実施した水素燃料電池の実船試験に使用していた水素配管やバルブ類、圧力調節器の水素漏洩試験を実施し、それらの安全性を確認した（図 1.2.85）。さらに、所外関係者と水素燃料タンクに関する試験を実施し、その安全性を確認した。
□上記試験及び調査から得られた知見より、昨年度に策定された「水素燃料電池船の安全ガイドライン」の実用・普及に向けた課題が防火構造や通風装置、防爆機器にあることを提言した。
□400kW ガスエンジンの給気に発熱量比 50%までの水素を混合した際の CO_2 排出削減効果並びに燃焼特性を調べる試験を実施した。その結果、ディーゼルエンジンの基準性能に対する CO_2 排出量を 50～60%削減できることを検証した（図 1.2.86、図 1.2.87 参照）。
□さらに、水素混焼によって燃焼波形が大きく異なること（図 1.2.88）、水素熱量混合率の増加によって未燃率（メタンスリップに相当）が大きく減少すること、熱効率が向上することを確認した（図 1.2.89 参

照）。

□発熱量比 20 %のアンモニアを単気筒ディーゼルエンジンの吸気に導入した実験を行い、トルク・回転数を通常の舶用特性から変更することや電子燃料噴射が、燃焼効率の向上及び亜酸化窒素（N_2O）の削減に有効であることを確認した（図 1.2.90～図 1.2.92 参照）。

□アンモニア混焼エンジンに脱硝触媒（SCR）を取り付けることで、NOx と未燃アンモニアの同時削減が可能なことを検証した（図 1.2.93、図 1.2.94 参照）。



(a) 基本構造　　(b) 外観

図 1.2.83　模型燃料電池船

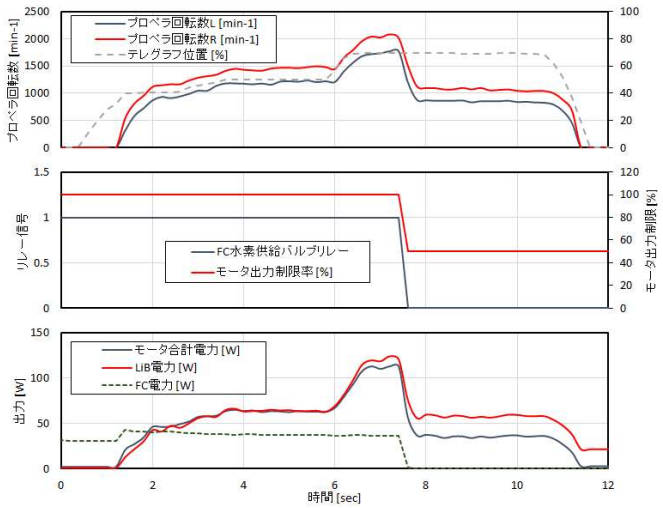


図 1.2.84　燃料電池システム緊急遮断時の推進動力維持

図 1.2.85　水素用圧力調節器の漏洩試験

図 1.2.86　実験用 400kW ガスエンジン

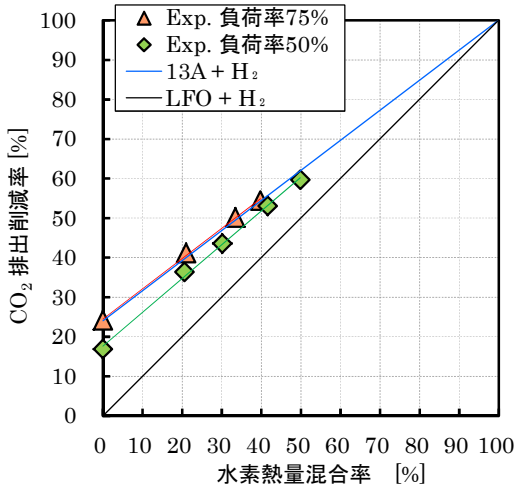


図 1.2.87　水素混焼による CO_2 排出削減効果

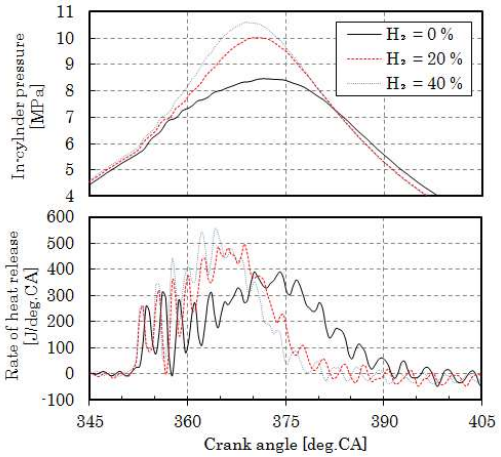


図 1.2.88　水素混焼時の圧力波形と熱発生率

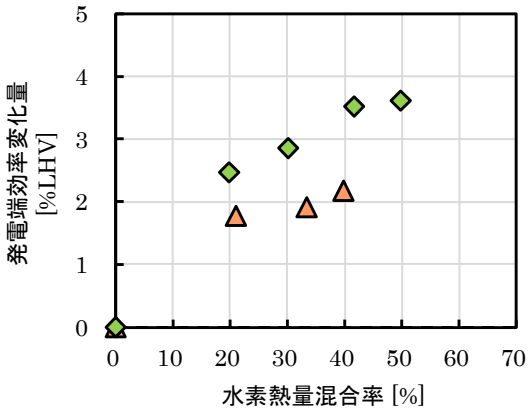


図 1.2.89　水素混焼時の熱効率

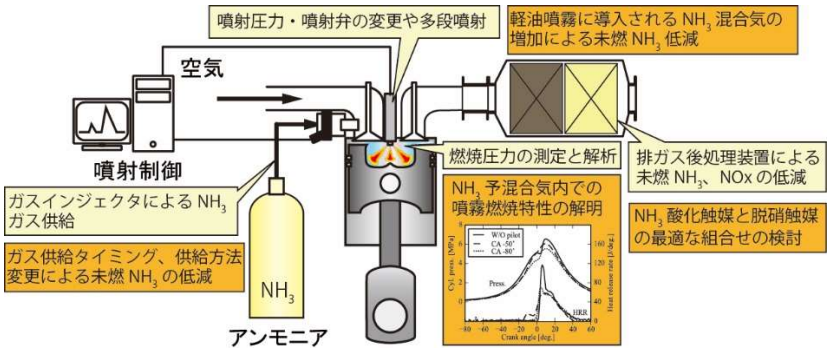


図 1.2.90　アンモニア混焼エンジンの概念図

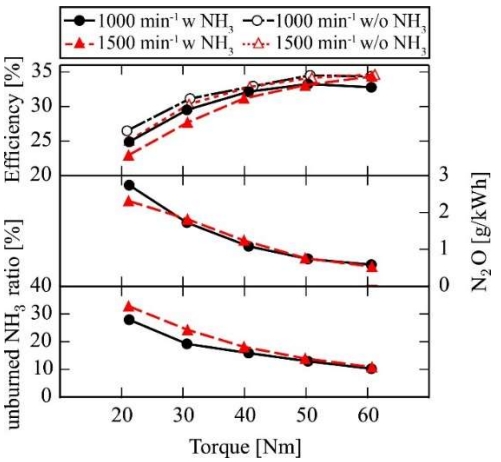


図 1.2.91　試験結果の一例（発熱量比 20%）

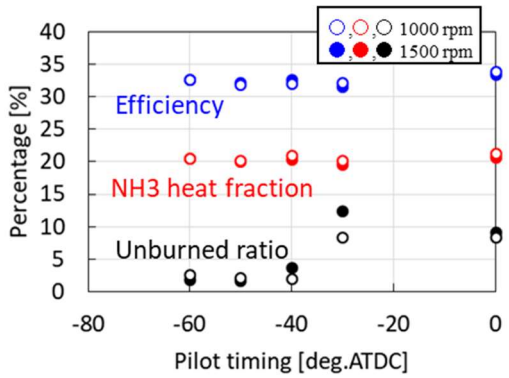


図 1.2.92　電子燃料噴射時（パイロット噴射）の燃焼効率、排ガス組成、熱効率への影響

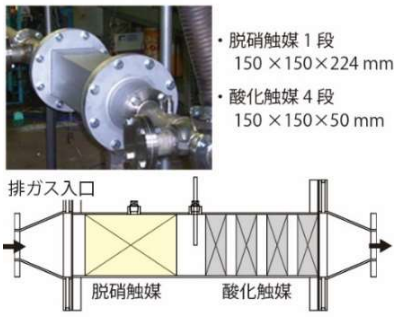


図 1.2.93　脱硝触媒（SCR）

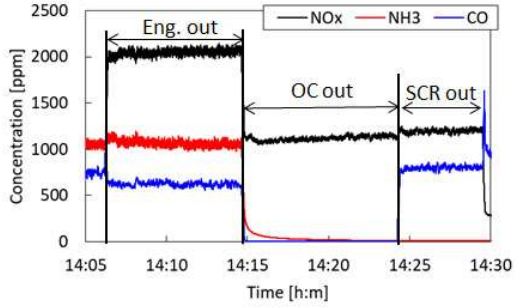


図 1.2.94　脱硝触媒（SCR）によるアンモニア混焼エンジンの NOx・未燃アンモニア同時削減

成果の公表

□発表論文リスト

(1) Yoichi Niki, Yoshifuru Nitta, Hidenori Sekiguchi and Koichi Hirata, EMISSION AND COMBUSTION CHARACTERISTICS OF DIESEL ENGINE FUMIGATED WITH AMMONIA, Proceedings of the ASME 2018 Internal Combustion Fall Technical Conference.

(2) Yasuhisa Ichikawa, Hidenori Sekiguchi, Oleksiy Bondarenko and Koichi Hirata, AN EXHAUST GAS TEMPERATURE INCREASE TECHNIQUE USING EGR DEVICE FOR THE APPLICATION OF WASTE HEAT RECOVERY TECHNOLOGY ON A LEAN BURN GAS ENGINE, Proceedings of the ASME 2018 Internal Combustion Fall Technical Conference.

(3) 平田宏一，水素燃料電池システムの船舶分野への適用と課題，船舶海洋工学会誌 KANRIN，第 81 号，2018 年 11 月.

(4) 市川泰久，関口秀紀，平田宏一，舶用リーンバーンガス機関の水素混焼技術に関する研究，第 88 回マリンエンジニアリング学会学術講演会講演論文集（シンポジウム），p. 131-132（2018 年 11 月）.

(5) 平田宏一，清河勝美，水素燃料電池船の開発への取り組み，第 88 回マリンエンジニアリング学会学術講演会講演論文集，p. 189-192（2018 年 11 月）.

(6) 平田宏一，清河勝美，灰庭照繕，平岩琢也，行實文明，日本マリンエンジニアリング学会誌，第 54 巻第 2 号，水素燃料電池船の開発への取り組み，2019 年 3 月.

□講演リスト

(1) 平田宏一，多様なエネルギー源等を用いた新たな動力システムの開発に関する研究，平成 30 年度（第 18 回）海上技術安全研究所研究発表会講演集，p. 184-193，2018 年 7 月.

(2) 仁木洋一，新田好古，春海一佳，平田宏一，西尾澄人，関口秀紀，市川泰久，アンモニア混焼エンジン，平成 30 年度（第 18 回）海上技術安全研究所研究発表会講演集（PS），p. 236-237，2018 年 7 月.

(3) 平田宏一，水素燃料電池船の実用開発に向けた取り組み，第 18 回海上技術安全研究所講演会，p.42-49，2018 年 11 月.

(4) 平田宏一，排ガス削減のための動力源の多様化について，日本舶用工業会舶用技術フォーラム，p.33-40，2018 年 11 月.

(5) 平田宏一，新たな動力システムの開発　～船舶への水素燃料等多様なエネルギー源の活用～，平成 30 年度一般財団法人日本造船技術センター技術セミナー講演集，p.62-69，2018 年 11 月.

(6) 平田宏一，水素燃料電池システムの船舶分野への適用と技術課題，エネルギー総合工学研究所，第 384 回月例研究会，2018 年 12 月.

研究開発課題	（２）海洋環境の保全

研究テーマ	③船舶の更なるグリーン化を実現するための、粒子状物質（ＰＭ）等の大気汚染物質の削減、生態系影響の防止に資する基盤的技術及び評価手法に関する研究開発

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、適切な規制手法、船舶のグリーン・イノベーションの実現に資する革新的な技術及び実海域における運航性能評価手法の研究開発、並びに船舶から排出される大気汚染物質の削減や生態系影響の防止に資する基盤的技術及び評価手法等に関する研究開発に取り組む。	IMO において、船舶の運航に伴い排出される二酸化炭素（ＣＯ２）、窒素酸化物（ＮＯｘ）、硫黄酸化物（ＳＯｘ）等の規制が段階的に強化されるとともに、排ガス中のブラックカーボン等新たな課題についても検討が行われている。このため、これらの船舶に起因する環境負荷の大幅な低減に資する革新的な技術開発とともに、環境への負荷を正しく評価したうえで社会合理性のある適切な規制を構築することが求められている。また、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。 ③船舶の更なるグリーン化を実現するための、粒子状物質（ＰＭ）等の大気汚染物質の削減、生態系影響の防止に資する基盤的技術及び評価手法に関する研究開発	IMO において、船舶の運航に伴い排出される二酸化炭素（CO2）、窒素酸化物（NOx）、硫黄酸化物（SOx）等の規制が段階的に強化されるとともに、排ガス中のブラックカーボン（BC）等新たな課題についても検討が行われている。このため、これらの船舶に起因する環境負荷の大幅な低減に資する革新的な技術開発とともに、環境への負荷を正しく評価したうえで社会合理性のある適切な規制を構築することが求められている。 また、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。 ③船舶の更なるグリーン化を実現するための、粒子状物質（PM）等の大気汚染物質の削減、生態系影響の防止に資する基盤的技術及び評価手法に関する研究開発 －排ガス規制に向けた対策技術の動向調査と評価及び規制実施のための計測・分析手法を確立する。 等

○船舶に起因する海洋汚染防止技術及び生態系影響評価に関する研究

研究の背景

IMO において、船舶の運航に伴い排出される二酸化炭素（CO2）、窒素酸化物（NOx）、硫黄酸化物（SOx）等の規制が段階的に強化されるとともに、排ガス中のブラックカーボン（BC）等新たな課題についても検討が行われている。このため、これらの船舶に起因する環境負荷の大幅な低減に資する革新的な技術開発とともに、環境への負荷を正しく評価したうえで社会合理性のある適切な規制を構築。具体的には、

□流出油の回収・処理の高効率化に関する研究

□油・放射性物質等が環境放出した際の環境影響評価システムの高度化

・モニタリングによる海底堆積物中の放射性物質濃度分布の分析

・数値解析による海底堆積物中における放射性物質高濃度領域の形成過程の解明

・環境影響評価システムの高度化・検証

□船体付着生物の問題に関する研究

研究目標

□厳しい海象条件でも滞油性能の高いオイルフェンス（あるいは新規の漏油防止装置）の提案。

□ 一部の海底堆積物への放射性物質の集中あるいは希釈状況の把握が可能となることによる、原発事故による漁業や水産物への将来にわたる環境影響及び対策の検討への寄与。

□放射性物質輸送容器が海没した際の、放射性物質海洋放出による環境影響評価手法の提示。

□広範囲な物質（油・有害化学物質・放射性物質等）を対象とした、閉鎖湾内・外洋のいずれの場合にも適用可能な海洋拡散シミュレーション計算基盤の構築。
□船体付着生物管理ガイドラインの見直しにおける、妥当かつ合理性のある船体付着生物の越境移動抑制方策の提示。
□ニッチエリアに対する防汚技術が IMO で新たに問題視された場合の技術的バックデータの蓄積・提示。

上記成果は、以下の事が期待される。

①新しい油回収・処理効率向上技術が開発されれば、油除去作業に伴う困難さが軽減され、かつ海難事故に起因する油流出による甚大な環境汚染を低減。
②本研究で整備される環境影響評価支援システムにより、事故対応措置のみならず、事故による漁業や水産物に与える影響を将来にわたって把握するために有用な情報の提供が可能となり、科学的根拠に基づく食品等の国内基準や行動規範の策定、衛生管理レベルの向上。
③本研究で高度化される海洋拡散シミュレーション技術により、広範囲な物質(油・有害化学物質・放射性物質等)及び広い海域(閉鎖湾内と外洋)を対象とした海洋拡散シミュレーション計算が可能となり、研究成果を化学物質の安全性評価に係る基礎データとして活用。
④生物の越境移動の問題について合理的な規制が導入されることにより、海洋環境が保護される。また、国際ルールの形成に対して戦略的に関与することにより、我が国の海洋産業の国際競争力強化へとなり得る。

平成 30 年度の研究内容

【海難事故時における油回収・処理効率向上技術の開発】
□高粘度油微細化による油回収効率化を目的として、水蒸気爆発を利用した流動促進手法により高粘度重質油が微細化・流動化する程度を実験的に評価する。併せて、油処理剤の利用が微細化を促進する効果についても確認する。

【海洋への放射性物質流出時における環境影響評価技術の開発】
□福島第一原子力発電所周辺海域に設定した測線上を、曳航式放射線検出器を用いて放射性物質濃度を測定した結果から、放射性物質濃度の経時変化を調査する。
□日本近海の海水流動データ及び海上風の風速・風向データを基に、数値海洋モデルを用いて閉鎖性海域及び外洋域の海水流動場を予測できる環境影響評価システムへと高度化し、海上に流出した油の拡散解析ならびに放射性物質の海中移行解析の双方が可能な統一されたシステムを構築する。

【船体付着生物の問題に関する研究】
□国際標準化機構（ISO）船舶及び海洋技術専門委員会（TC 8）海洋環境保護分科委員会（SC 2）船体への防汚塗料システム（WG 5）において、日本提案の ISO 原案を元に作業原案（WD）等を作成する。

平成 30 年度の研究成果

【海難事故時における油回収・処理効率向上技術の開発】
□水蒸気爆発を利用した流動促進実験（図 1.2.95）では、油中にエマルション化したと思われる微細な粒子群が発生することを確認した（図 1.2.96）。
□温水高圧噴射による流動促進実験では、実験後の白濁部分（水と油処理剤の混合物）に大量の O/W（oil in water）エマルションと思われる構造が生成していることを顕微鏡観察により確認した（図 1.2.97）。この結果は、高圧噴射による効果と油処理剤適用の効果が得られていることを示唆するものと考えられる。

【海洋への放射性物質流出時における環境影響評価技術の開発】
□海底堆積物に含まれている放射性物質濃度のモニタリング結果は、国のモニタリング計画に反映され、放射性物質の分布状況の中長期的な予測に活用される。
□これまで、放射性物質が環境中に漏洩した場合の被害範囲の推定を目的に開発してきた環境影響評価システムに対して、海上に流出した油の海洋拡散モデルを組み込み、放射性物質だけでなく油流出時にも対応できる統一的なシステムへと機能を拡張した（図 1.2.98）。

【船体付着生物の問題に関する研究】
□藻類をホモジナイズにより調整することのできる細胞懸濁液を用いて、ワカメの配偶体細胞を用いた防汚塗料の性能評価に関する予備的検討を行った。得られた結果を、シオミドロを用いた防汚塗料の性能評価に適用し、試験条件を流水式とする藻類の生物試験法を構築した（図 1.2.99 及び図 1.2.100）。
□亜酸化銅含有量と蛍光強度の閾値を求めるため、統計解析手法を用いて有意差検定を実施した。対照を 0wt%とした有意差検定の結果、藻体をフィルターに固定化した生物試験（及び流水式条件での生物試験）では 10wt%から有意差を示し 20wt%では顕著な差を示した（図 1.2.101）。藻体細胞を試験片に直接固定化した場合には蛍光強度のばらつきがより大きいこと等から、フィルター固定化かつ流水式条件による生物試験は藻体への防汚剤影響を適切に評価できることを示した。

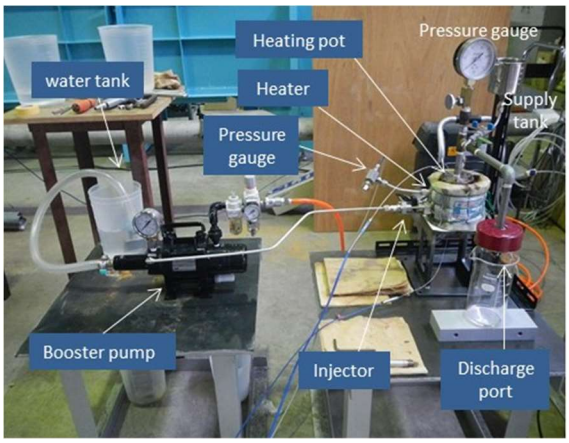


図 1.2.95 水蒸気爆発による
高粘度油微細化実験装置

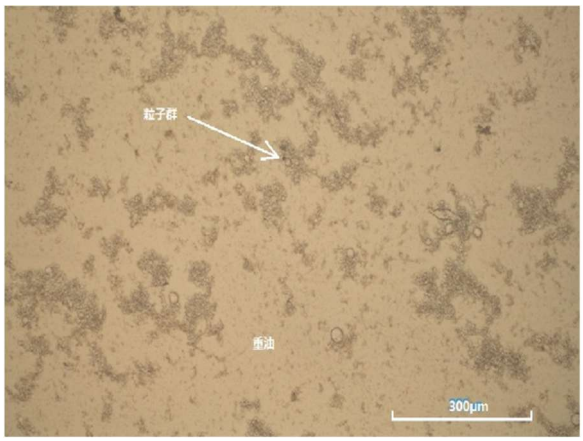


図 1.2.96　実験後の C 重油中に生じた
微細粒子群

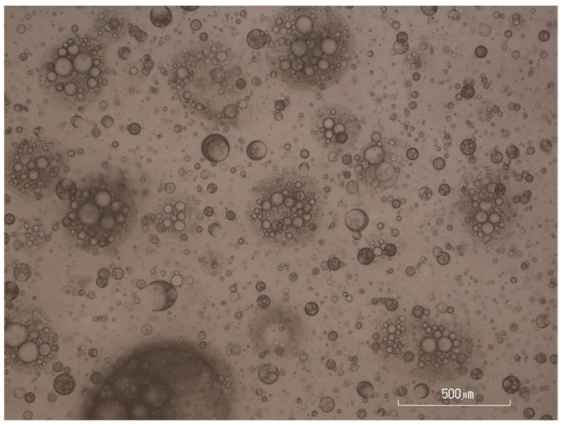


図 1.2.97 実験後の白濁部分（水と油処理剤の混合物）に生じた
O/W（oil in water）エマルションと思われる構造

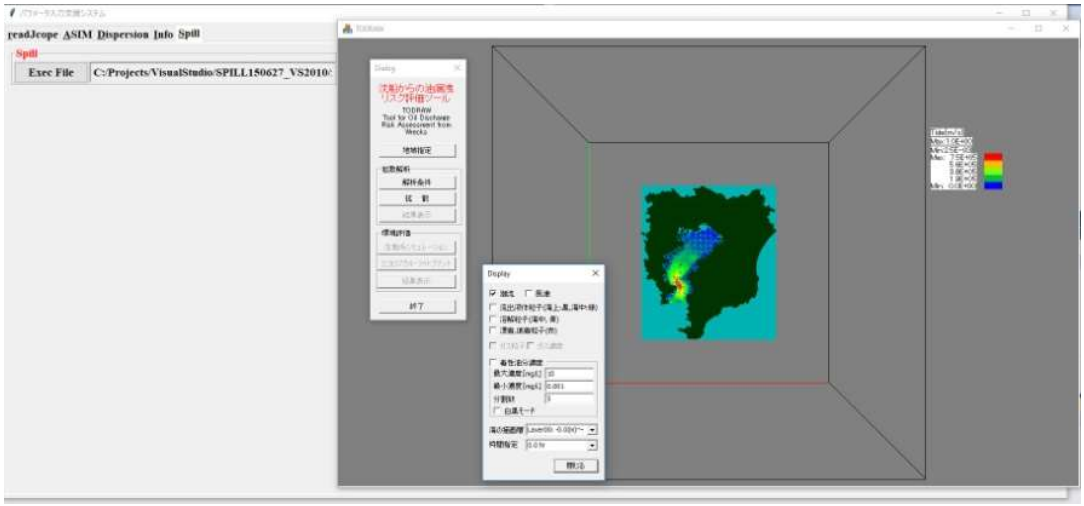


図 1.2.98 油流出時の対応ができるよう機能を拡張した放射性物質環境影響評価システム

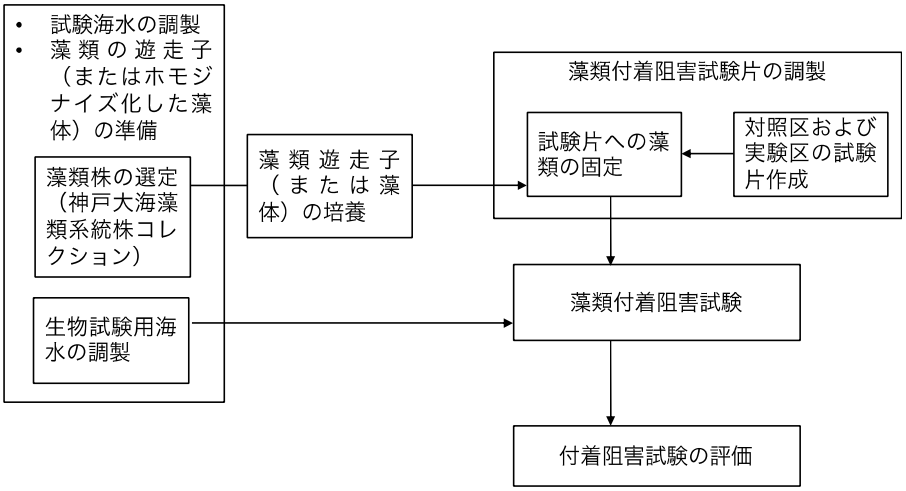


図 1.2.99 藻類を用いた防汚塗料性能評価試験法の概要

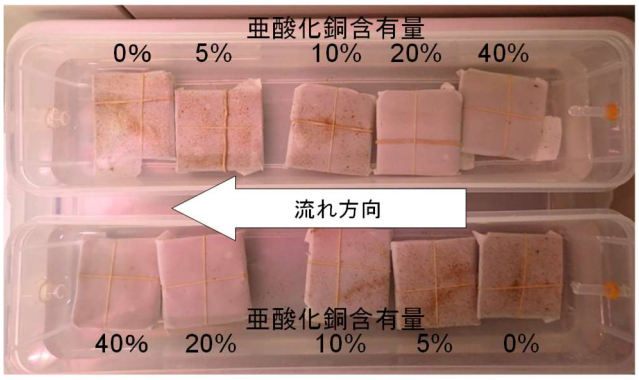


図 1.2.100 藻体膜固定化を用いた流水条件での生物試験の様子

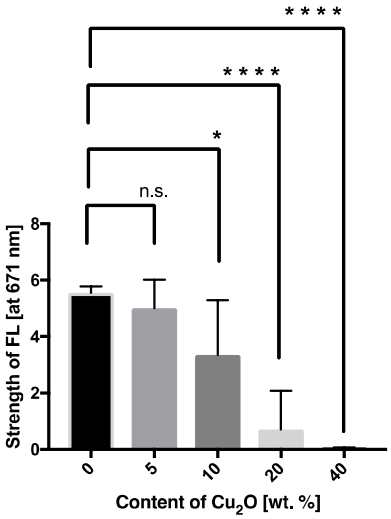


図 1.2.101 クロロフィル蛍光強度への亜酸化銅含有量影響の有意差検定結果

成果の公表

1. 小野正夫ほか 4 名，圧力波による高粘度油の微細化及び流動化に関する研究，第 27 回海洋工学シンポジウム予稿集，日本船舶海洋工学会，2018 年 8 月.
2. 大西世紀ほか 5 名，海域における曳航式ガンマ線スペクトロメータ定量化のための換算係数および不確かさの評価，海上技術安全研究所報告，第 18 巻 第 2 号（2018 年），pp. 4-18.
3. 鎌田創ほか 2 名，海底土中に分布する 137Cs 濃度の測定結果－分布状況とその経時変化－，海上技術安全研究所報告，第 18 巻 第 2 号（2018 年），pp. 19-33.
4. 長尾誠也ほか 5 名，阿武隈沖海底土における放射性セシウム濃度の時空間変動とその変動要因について，海上技術安全研究所報告，第 18 巻 第 2 号（2018 年），pp. 35-47.
5. 浅見光史，海底堆積物の広域および局所的変動調査，海上技術安全研究所報告，第 18 巻 第 2 号（2018 年），pp. 49-65.
6. 浅見光史ほか 4 名，Temporal Changes in Radioactive Cs Concentration in Sea Sediment off East Japan after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Accident，Proceedings of 2019 IEEE Symposium on Underwater Technology, Taiwan.
7. 大西世紀ほか 2 名，福島第一原子力発電所事故に伴う海底のモニタリング手法，日本原子力学会 2018 年秋の大会予稿集.
8. 大西世紀ほか 2 名，福島第一原子力発電所事故に伴う海底土広域測定手法，日本原子力学会誌，2019 年 5 月（掲載予定）.
9. Kojima, R. et al., Designing a Laboratory Bioassay for Evaluating the Efficacy of Antifouling Paints on *Amphibalanus amphitrite* Using a Flow-Through System, Coatings 2019, 9(2), 112; https://doi.org/10.3390/coatings9020112.
10. R. Kojima，Concept of proposed ISO 21716 series，International Organization for Standardization (ISO) Technical Committee 8 Sub Committee 2 Working Group 5，2018.6.13.

研究開発課題	（３）海洋の開発

研究テーマ	①海洋再生可能エネルギー生産システムに係る基盤技術及び安全性評価手法の確立に関する研究開発 ②海洋資源開発に係る生産システム等の基盤技術の開発及び安全性評価手法の確立に関する研究

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育成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生産システムに係る基盤技術、海洋資源開発に係る生産システム等の基盤技術及び安全性評価手法の確立並びに海洋の利用に関する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育成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、海洋産業の育成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、海洋産業育成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生産システムに係る基盤技術及び安全性評価手法の確立に関する研究開発 ②海洋資源開発に係る生産システ ム等の基盤技術の開発及び安全性 評価手法の確立に関する研究	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育成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、海洋産業の育成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、海洋産業育成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生産システムに係る基盤技術及び安全性評価手法の確立に関する研究開発 －浮体式洋上風力発電施設の 3 翼独立制御の風洞実験法を確立する。また、3 翼独立制御ロジックの効果を検証する。等 ②海洋資源開発に係る生産システム等の基盤技術及び安全性評価手法の確立に関する研究開発 －採掘ユニット、揚鉱ユニットと採鉱母船の一体解析プログラムを開発する。また、計画支援プログラム（β版）の改善項目を抽出する。 等

○海洋資源開発に係る基盤技術及び支援技術に関する研究

研究の背景

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、海洋産業育成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。具体的には、

□海洋再生可能エネルギーに係る基盤技術及び安全性評価技術の開発に関する研究
- ・低コスト・高効率発電デバイスの開発
- ・認証及びステージゲート判定のための安全性・性能評価手法の構築
- ・産業化に向けた要素技術の開発

□海洋資源開発システムの総合安全性評価技術の開発に関する研究
- ・海底熱水鉱床開発等のナショナルプロジェクトの技術支援
- ・厳環境下に設置される海洋資源開発システムの安全性・稼働性評価手法の構築

□海洋資源開発に係るプロジェクト認証支援技術の開発に関する研究

・プロジェクト認証支援技術（RAM 解析技術、リスク評価手法、統合シミュレータ等）の開発
・プロジェクト認証基準の整備

研究目標

□安全性及び経済性を両立させた海洋再生可能エネルギー発電デバイスを開発する。また、安全ガイドラインを整備・改訂するとともに、必要となる実験技術を確立する。
□商業化を目指した海底熱水鉱床開発用全体システムのマリンオペレーションに関する安全性・稼働性評価手法を構築するとともに、厳環境下での海洋エネルギー開発システムの設計手法及び安全性評価手法を構築する。
□海洋資源開発システムの HSE 認証の技術的基盤である支援技術を開発するとともに、認証基準を整備（FLNG・FSRU ガイドライン改正案、認証ガイドライン、マニュアルを作成）する。
上記成果は、ナショナルプロジェクト等への参画や我が国民間企業への技術的支援を通じて、海洋エネルギー・鉱物資源開発の促進や我が国海洋産業の競争力の強化に貢献することが期待される。

平成 30 年度の研究内容

□海洋再生可能エネルギーに係る基盤技術及び安全性評価技術の開発に関する研究
・海洋再生可能エネルギー発電については、並進動揺型の波力発電を対象として、実用化を目指した制御システムを検討するとともに、実海域運用を念頭においた性能・安全性評価方法を検討する。浮体式風力発電については、新たに制定される IEC 規格の中で、我が国で運用する場合の課題を抽出し、その解決策を検討するとともに、ブレードピッチ制御がブレード曲げモーメントへ及ぼす影響を調査する。

□海洋資源開発システムの総合安全性評価技術の開発に関する研究
・揚鉱ユニットの全体挙動解析プログラムをもとに、揚鉱管下端部の水中ポンプユニットから採掘ユニットまでを接続する移送管の挙動を同時に解析できるプログラムを開発し、採掘ユニット、揚鉱ユニット、採鉱母船の一体解析可能なプログラムとして作成する。併せて、移送ホースについては、基本的な動揺特性を把握するために水槽試験を実施し、解析に必要となるデータを取得する。また、潮流中において揚鉱管等の海中機器に作用する流体力について、当所で開発された CFD ソルバーを用いて解析する。
鉱石スラリー等による移送ホース、揚鉱管の管内摩耗低減、耐久性向上に関する技術の検討及び検証試験を行い、新たな耐久性向上技術の開発を行う。
大水深環境において岩石等を掘削する場合、岩石の強度特性が変化するとされる現象（ハイパーバリック効果）について文献調査等を行うとともに、実験的な検討を実施する。
比重選別機等を用いて鉱石粒子選別試験を実施し、粒子の選別特性を検討する。また、レーザーによる鉱石品位計測データを集積する。上記の結果をもとに海底環境に適用可能な鉱石選別システムの概念検討を行う。
・昨年度に作成した海底熱水鉱床開発用全体システムの計画支援プログラムについて、課題出しを行う。
・極域環境下で用いられる浮体・係留、ライザーシステムの安全性・稼働性評価技術の検討及び開発を行うとともに、氷の破壊挙動を考慮した構造応答解析法の検討及び実験値との比較を実施する。
・これまでに開発してきた内部流と構造解析の連成解析プログラムの機能拡張を行いながら、その検証のための小規模ループ試験を実施する。
設置オペレーション解析でコアになると思われる、海底機器に働く流体力解析についての数値計算及び水槽試験を実施すると共に、吊荷の振れ回り挙動を再現するための数値計算プログラムを開発する。なお、流体力解析の数値計算の一部については基盤研と連動して行う。

□海洋資源開発に係るプロジェクト認証支援技術の開発に関する研究
・浅海域で船体に働く潮流荷重を計測し、データベースを拡充する。また、うねりを含む厳海気象条件下で桟橋係船された船舶の挙動や係船索の破断現象、破断後の挙動評価が可能な数値計算モデルを開発する。
・極大波（最大波高が有義波高の 2 倍を超える波）について、最大波高、継続時間、連なり数等のパターン分類の指標作成を行い、モンテカルロシミュレーションによるパターン毎の発生頻度算出を行う。また、パターン毎に指標と浮体運動・索鎖張力の最大値、張力変動の支配的周波数帯との関係を極大波中浮体挙動試験・時間領域挙動シミュレーションにより明らかにする。
・Spar 型浮体と Yoke 装置を組み合わせた Disconnectable Moor Spar System に FPSO を繋げて稼働する状況を対象として、FPSO-Yoke-Spar 型浮体-係留索による一体挙動解析モデルを構築する。また、水槽試験を実施し、解析モデルの検証を行う。その結果に基づき解析モデルの改良を行い、Disconnectable Moor Spar System を FPSO に適用する場合の稼働性及び安全性評価を実施するとともに課題の抽出を行う。
・External タレットの縮尺模型を用いた衝撃荷重計測試験を実施する。タレット底面の Dead rise angle と波の組み合わせ（規則波及び不規則波による波の振幅と上昇速度）を変数にとり、タレット平均圧力（タレット衝撃荷重をタレット面積で除算）並びにインパクト時の最大圧と波の上昇速度の関係を整理する。また、既存の簡易推定法による推定結果と計測結果の比較を行い、妥当性を検証する。
・津波襲来時や厳海気象下で想定される発生事故の評価として、FSRU 等の海洋構造物が津波により漂流

物と衝突することを付随的発生事象として挙げ、津波中の海洋構造物と漂流船舶との衝突について、挙動シミュレーションによるリスク評価手法を確立することを目的として、漂流運動をシミュレーションするモデルの検証を水槽試験により行う。

平成 30 年度の研究成果

□海洋再生可能エネルギーに係る基盤技術及び安全性評価技術の開発に関する研究

・並進動揺型の波力発電装置を対象に、スペクトル形状影響、波予測影響等を詳細に検討し、発電性能を向上させるための課題を明らかにした（図 1.2.102）。また、C/GMRES 法による MPC アルゴリズムを開発して、シミュレーション計算を行って、日本沿岸域に設置した場合を想定すると発電量が約 40%増となることを確認した（図 1.2.103）。

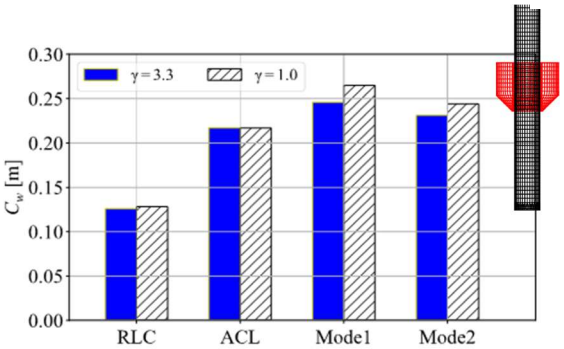


図 1.2.102　波力発電装置の波エネルギー吸収効率（RLC：抵抗制御、ACL：出力最大制御、Model1：MPC 入射波既知、Model2：MPC 入射波予測）

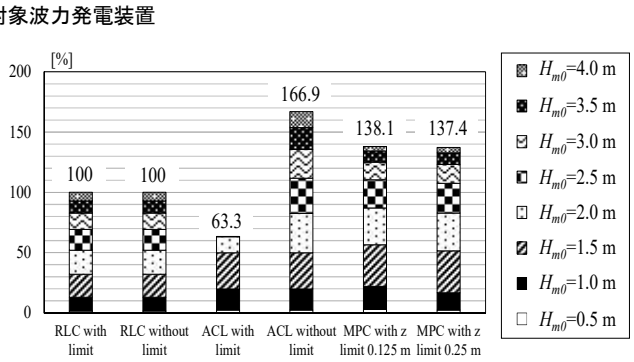


図 1.2.103　日本沿岸域における波力発電装置発電効率

・浮体式風力発電施設の損傷時復原性が問題となる事象及びその発生確率について例示的に検討を行うとともに、航行船舶が風力発電施設に衝突する際の浮体側壁破壊エネルギー等を数値シミュレーションや模型試験により求めた。さらに損傷時復原性規則に関するガイドライン案を作成した。

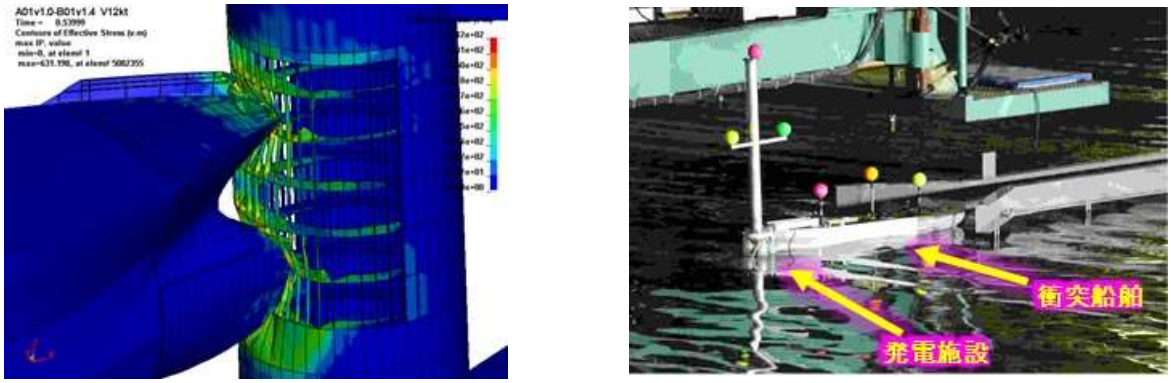


図 1.2.104　航行船舶の浮体式風力発電施設への衝突シミュレーション（左）と衝突模型試験（右）

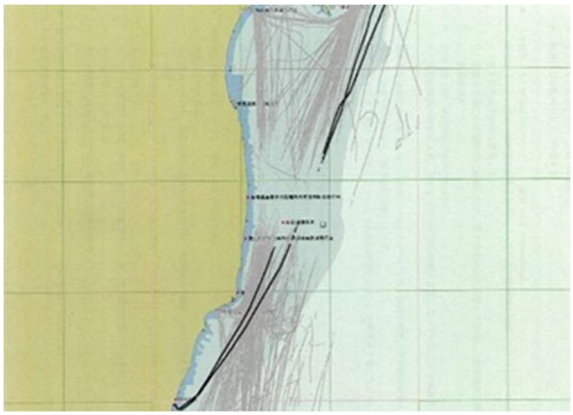


図 1.2.105　東日本域 AIS データによる浮体式風力発電施設への衝突リスク分析

□海洋資源開発システムの総合安全性評価技術の開発に関する研究

・内部流を考慮した移送管模型試験を行い、移送ホースの挙動計測を行い（図 1.2.107）、解析に必要となるデータを取得した。揚鉱管下端部の水中ポンプユニットから採掘ユニットまでを接続する移送管の挙動を同時に解析できるプログラムの開発を行った（図 1.2.106、図 1.2.108）。

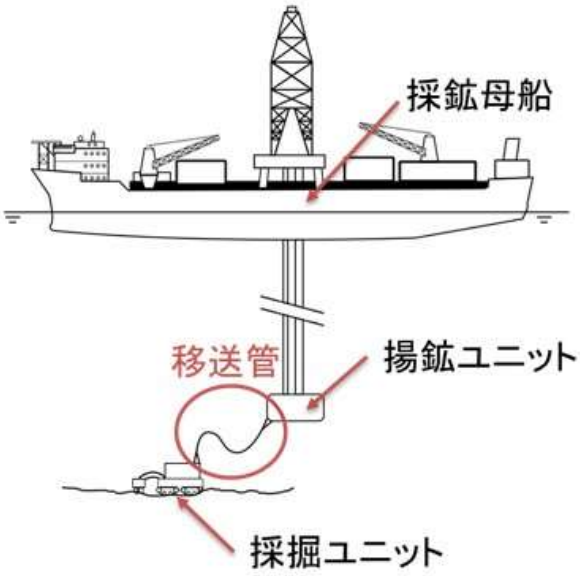


図 1.2.106　一体解析概念図

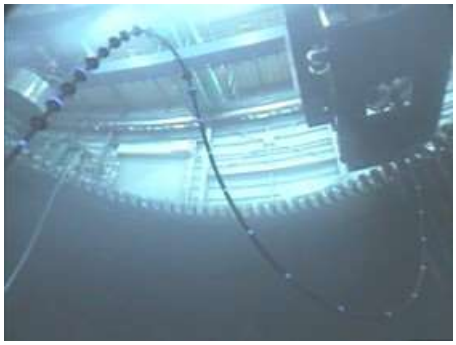


図 1.2.107　移送管模型試験の様子

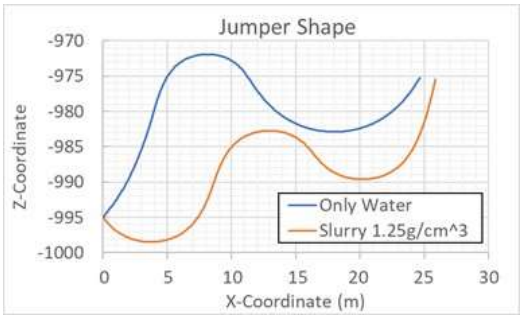


図 1.2.108　移送管部分の解析結果例

ライザー管に作用する流体力を精確に推定するため、CFD ソルバーNAGISA と重合格子システム UP_GRID を用いて実機スケールに近く、抗力係数が急激に低下し推定の難しい臨界領域付近のレイノルズ数（Re）における一様流中の固定円柱周りの流れを 2 次元及び 3 次元モデルで計算し、得られた流体力を過去の実験結果と比較・検証を行った。2 次元及び 3 次元モデルの計算結果から算出した抗力係数と過去の実験、CFD 計算結果との比較により 2 次元モデルは抗力係数を常に過大評価している。一方、3 次元モデルの抗力係数は臨界領域より低いレイノルズ数では過去の実験や CFD 計算結果と比較的近いが、臨界領域付近での抗力係数の低下が見られなかった（図 1.2.109）。3 次元モデルでは 2 次元モデルでは表現できなかった渦の 3 次元構造が表現できており、流れ場が大きく異なることがわかる（図 1.2.110）。これらから 2 次元的形状の円柱に対しても精確な流体力を算出するためには 3 次元モデルを用いる必要があることがわかった。今後、計算格子、乱流モデル、時間ステップ等に関する依存性について詳細な検討を行い、臨界領域での精度向上と効率的に精確な結果が得られるモデルを検討・開発する。

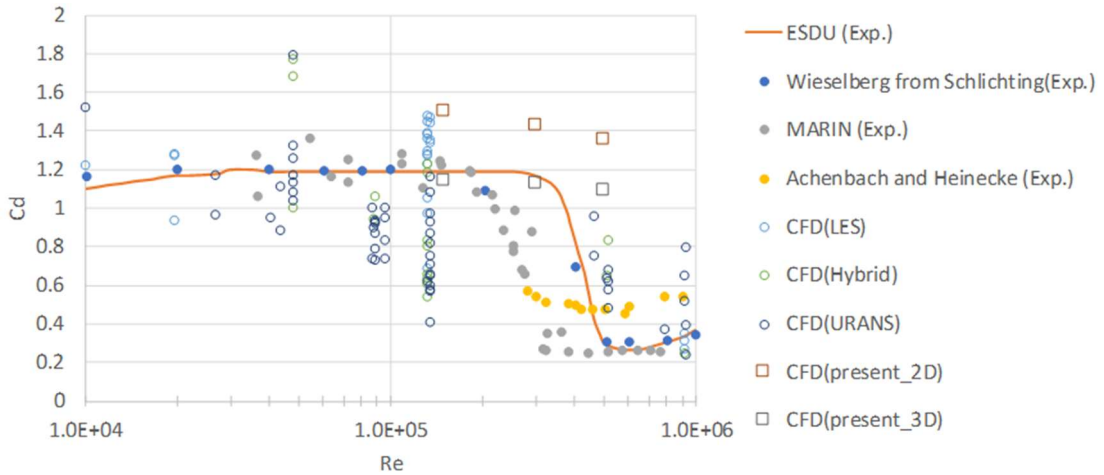


図 1.2.109　円柱周りの流れにおける CFD 計算と過去の実験、CFD 計算結果の抗力係数

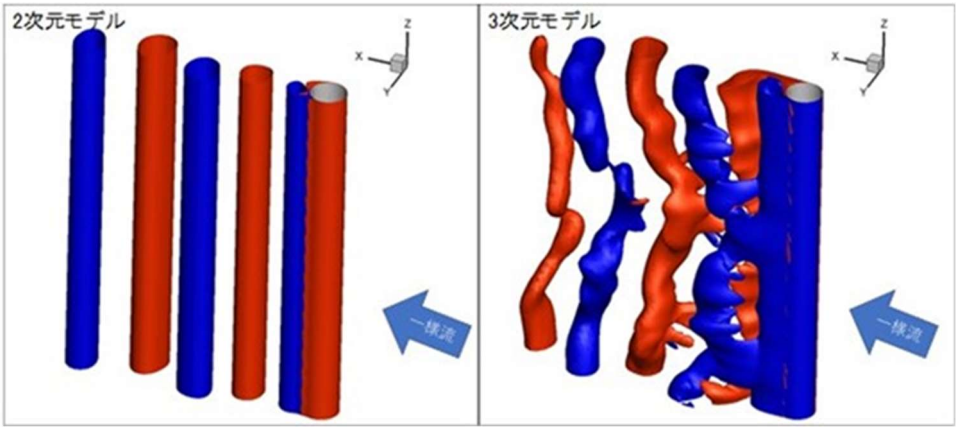


図 1.2.110　円柱周りの流れ（Re=5.0×10^5）における渦度=1（赤）、-1（青）の等値面

スラリー輸送管の耐摩耗性向上方法として、輸送配管の特に摩耗しやすい屈曲管外部に磁石等を配置させておき、輸送配管内に磁性ビーズ（鋼球等）を供給して屈曲部に磁性ビーズを付着させて保護層を設けることで耐摩耗性の向上を図るための基礎実験（図 1.2.111、図 1.2.112）を行い、磁力、吸着力等の関係を明らかにし、特許出願を行った。

図 1.2.111　磁性ビーズ吸着試験装置

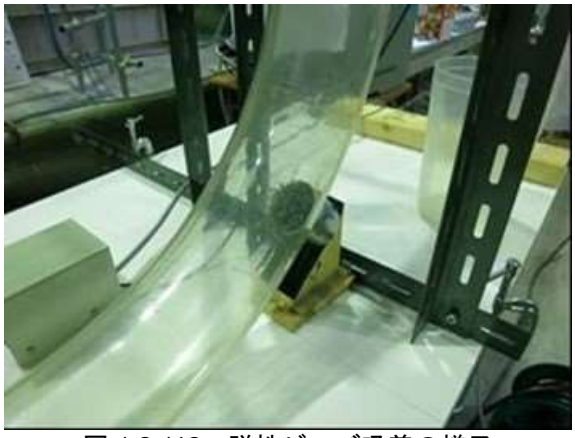


図 1.2.112　磁性ビーズ吸着の様子

大水深環境におけるハイパーバリック効果について文献調査等の結果をとりまとめた。

簡易的なジグ選別試験（図 1.2.113）の結果、鉱石粒子のうち、脈石であるシリカを多く含む粒子とそれ以外の粒子を上下に分離することに成功した（図 1.2.114）。また、液液抽出法の検討では、陸上での選鉱に近い選別性能を有することが示唆された。上記の結果をもとに、粗砕された粒子を用いてまずジグ選別を行い、さらに液液抽出法による選別を行うシステムを考案した。

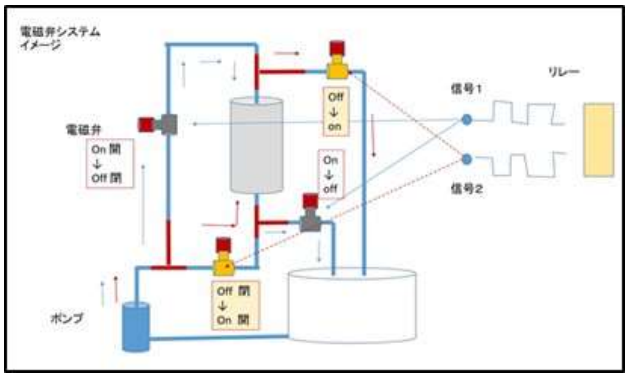


図 1.2.113　簡易的なジグ選別試験装置の概念図

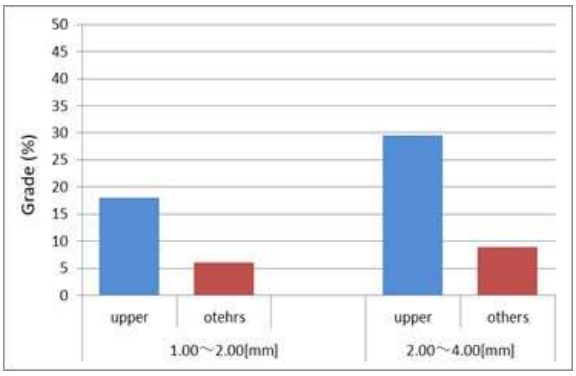


図 1.2.114　ジグ選別試験結果（シリカ含有率）

昨年度に作成した海底熱水鉱床開発用全体システムの計画支援プログラムについて、改善項目を抽出した。

・氷海水槽において係留試験を実施し、模型氷に対する浮体動揺と試験法の知見を得た（図 1.2.115）。また、実験における氷板の初期配置を撮影した映像から個々の氷板の位置や回転角を数値的に取得するプログラムを作成した。この初期配置を開発中の氷荷重シミュレーションに適用することで、推定精度が向上することを示した（図 1.2.116）。更に開発中の氷荷重シミュレーションに氷板の破壊モデルを組み込み、過去に実施した実験結果と比較してピーク荷重が低下するなどの合理的な結果が得られ、この成果を国際学会 POAC2019 で発表予定である。

図 1.2.115　氷海水槽における係留試験

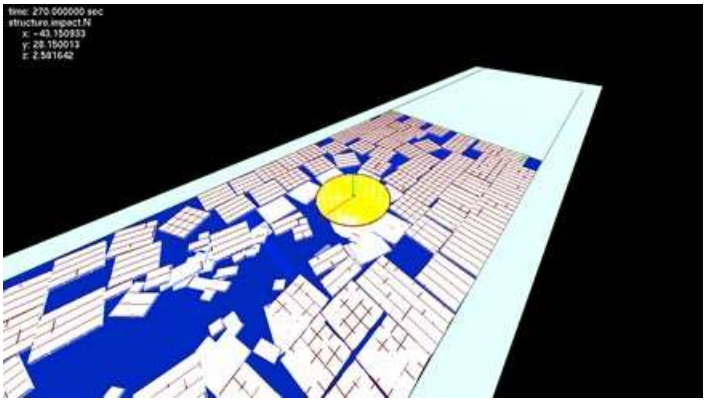


図 1.2.116　氷板破壊モデルを組み込んだ氷荷重シミュレーション

構造安全性評価のための氷塊の材料構成則及び解析モデルの検討を行った。他文献で実施した氷塊ー鉄球衝突の実験について、実験結果の時刻歴を数値化した。当該実験と同条件の非線形衝突シミュレーションを実施・比較することで、強度評価のための氷の FE 材料モデルの改良に関する検討を行った（図 1.2.117）。

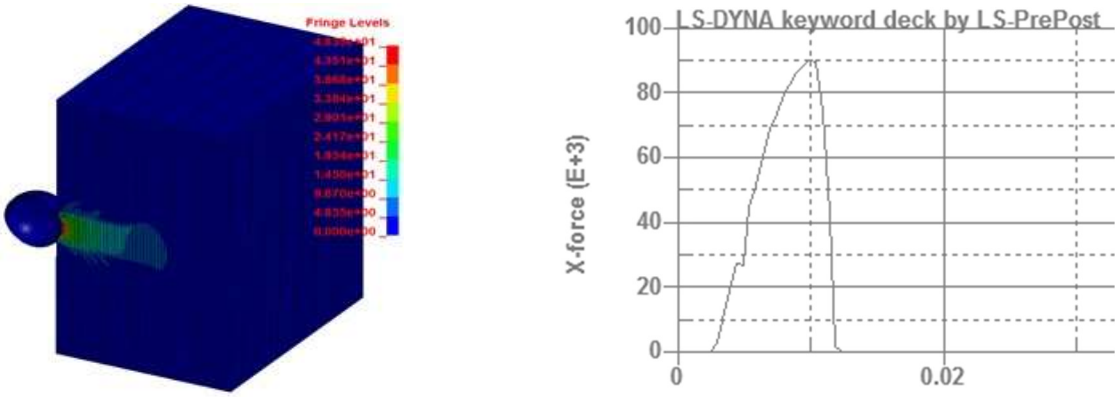
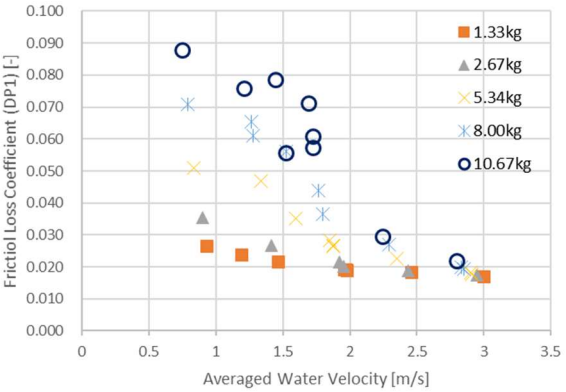


図 1.2.117　氷塊と鉄球の衝突シミュレーションの様子（左）と荷重時系列（右）

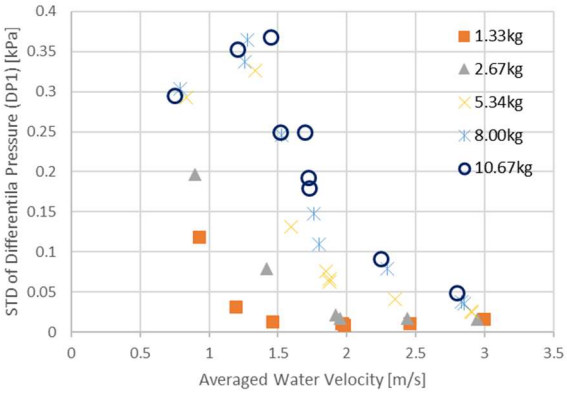
・パイプライン内部に少量の砂が発生した状況をいち早く検知するための方策に関しての検討を行うため、小規模ループ試験を行った。短時間フーリエ解析や統計解析を行った結果、振動センサーについては概ね少量の発生でも感度良く出砂発生を検知することが可能であるが、差圧に関してはある程度の量の発生がなければ検知は難しく、さらに流量が早くなるほど困難になることを明らかにした（図 1.2.118）。横吊状態での揚降物の振れ回り運動について数値計算と試験結果の比較を行った。数値計算結果は安全側の結果となっており安全性評価としては現時点では活用はできるものの、計算精度として依然として問題があるものと考えている。この課題を踏まえながら、現在はより様々な吊り荷状態の運動計算が可能な数値計算プログラムの開発へ発展させている。また、海技研が開発した CFD ソルバーを使って作業船から揚降物を吊下げた状態での波浪中の流れ場及び作業船の動揺解析を行った。動揺解析については試験結果との比較を通じて検証している（図 1.2.119）。さらに、作業船近傍で海底機器を揚降するオペレーションを想定し、海底機器に作用する流体力を計測するための強制動揺試験を実施して付加質量と造波減衰力データを取得した（図 1.2.120）。

小規模ループ試験の様子

試験に使用した砂



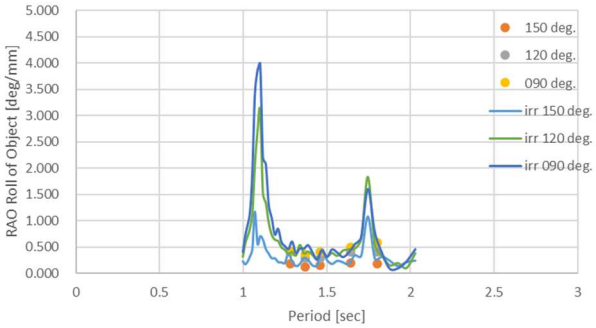
流量と摩擦損失係数の相関



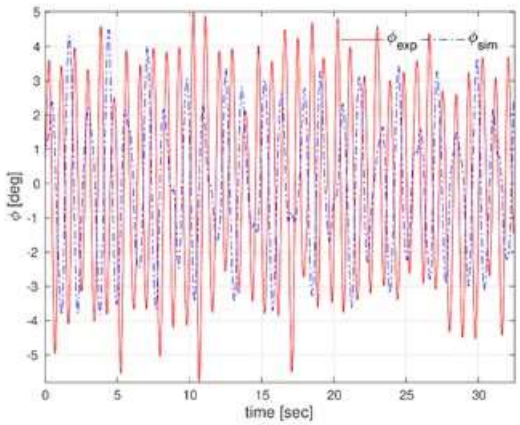
流量と差圧標準偏差の相関

図 1.2.118　パイプライン内部の流動状況に関する研究成果

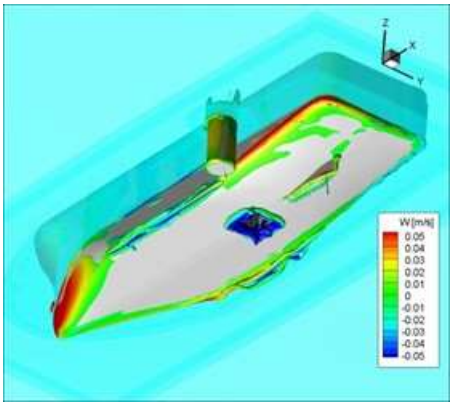
横吊状態での波浪中動揺試験



横吊状態での挙動計測結果

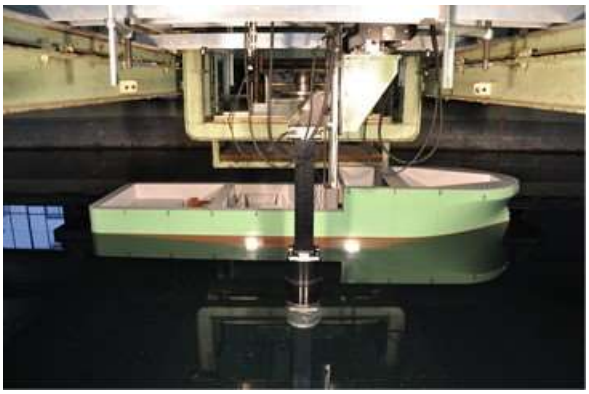


振れ回り運動の数値計算

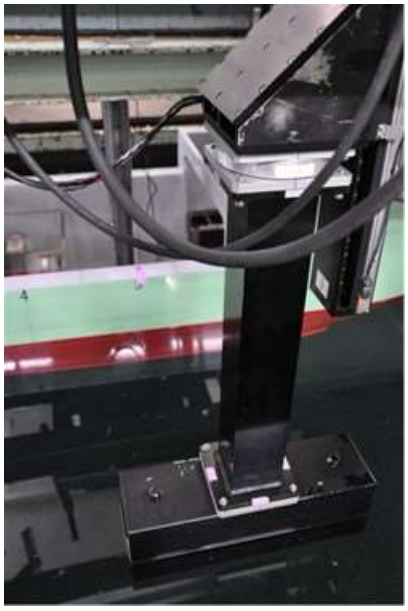


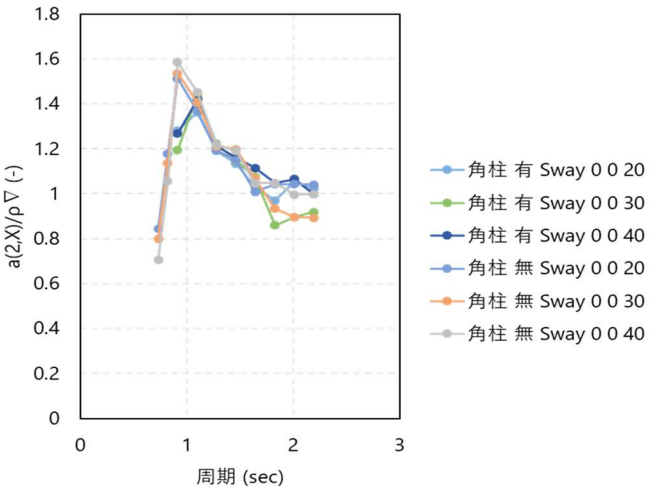
CFD 解析による流れ場の把握

図 1.2.119　揚降オペレーションに関する研究成果



作業船近傍での揚降物強制動揺試験





揚降物に作用する流体力計測結果

図 1.2.120　揚降物に作用する流体力解析に関する研究成果

□海洋資源開発に係るプロジェクト認証支援技術の開発に関する研究

・肥大船型の模型船を用いて浅水域（水深喫水比 H/d=1.3 及び 2.0）における拘束曳航試験を実施し、船体に働く潮流荷重データを取得し、データベースを拡充した（図 1.2.121）。また、昨年度に機能強化を行った洋上出荷オペレーションシミュレータに対し、バルクキャリア船型を対象として、うねりを含む厳海気象条件下で桟橋係船された船体の挙動を解析する時間領域シミュレーションモデルを構築した。本モデルにより、船体の挙動に加えて係船索の破断現象、破断後の船体の挙動評価が可能となり、係船索の破断とそれに伴う漂流を含めた事故解析も行えるようになった（図 1.2.122）。次年度に、洋上出荷オペレーションシミュレータの精度検証を目的として、桟橋係留船の波浪中動揺試験及び係留索の破断試験を実施する予定である。

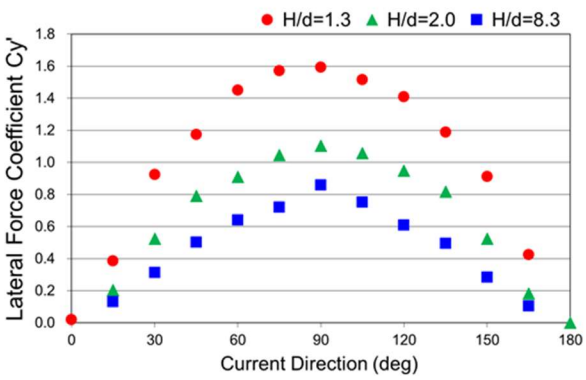


図 1.2.121　浅水域における拘束曳航試験の様子（左図）と横力の無次元係数（右図）

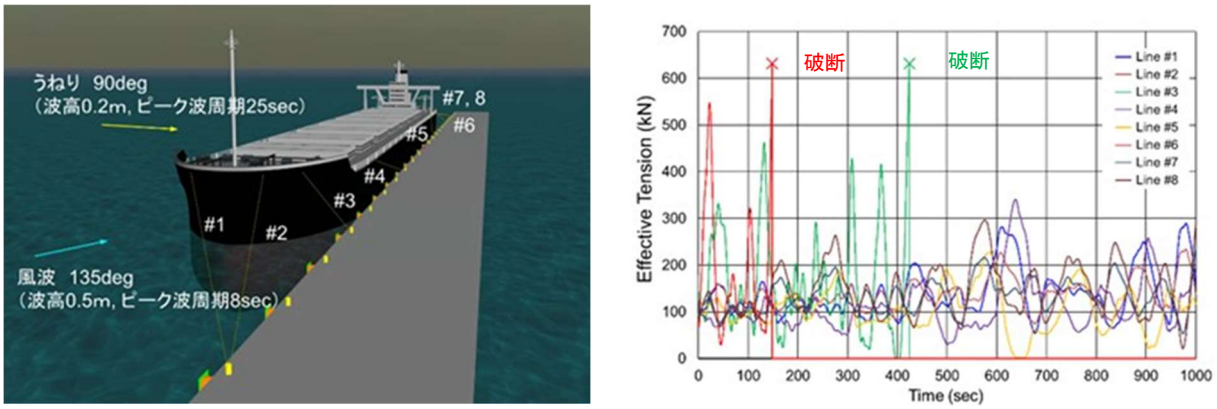


図 1.2.122　桟橋に係船された船体の挙動シミュレーション例

・小径チェーンを用いた係留浮体に対する極大波（最大波高が有義波高の 2 倍を超える波）中の挙動試験を行い、浅海域での係留ラインの終局限界挙動を明らかにした。小径のチェーンを係留ラインとすると軸剛性が高いため、ラインの動的挙動が強調される。本試験により、極大波中でライン張力が波周期で大きく変動する場合があること（この状態は、最大張力が極めて高く、終局限界状態を示す危険な状態と考えられる）、この状態は浮体の長周期運動のピークと極大波の最大波高のタイミングが一致する場合に発生すること（ライン取り付け点の軌跡から判明、図 1.2.123）が判明した。次に、極大波のピークと長周期運動のピークのタイミングの一致が、どのような頻度で発生するかをモンテカルロシミュレーションにより確認した。波エネルギーのピークと長周期運動のピークの時間差の順序統計の傾斜は浮体の固有周期の 2 倍の範囲でほぼ一定（図 1.2.124）で、ピークのタイミングの一致は一般的に発生する事象であることが判明した。

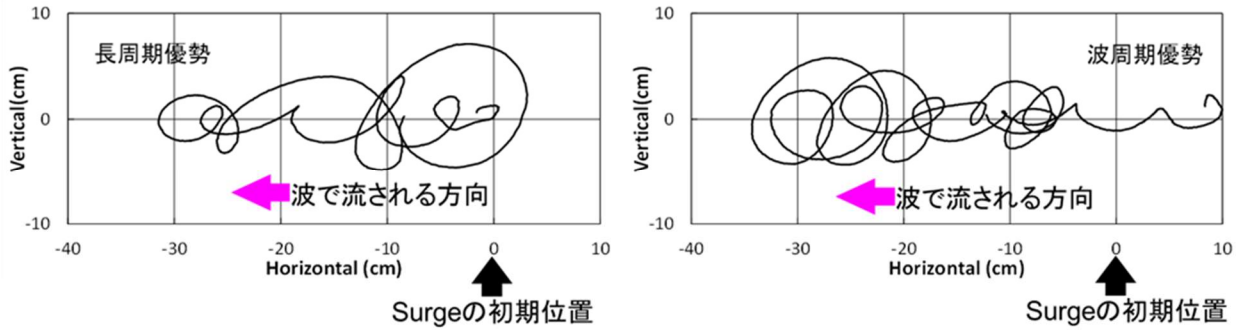


図 1.2.123　係留ライン取り付け点の軌跡

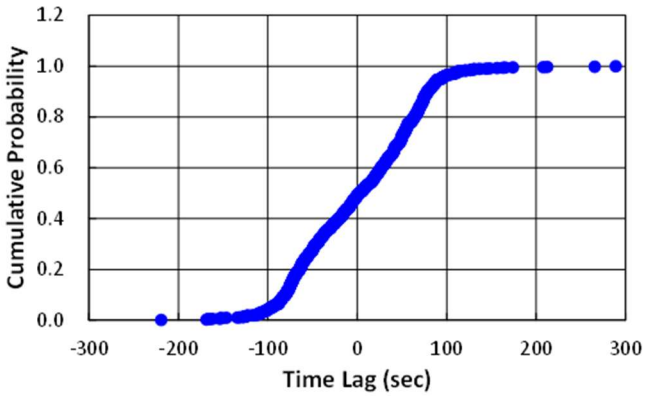


図 1.2.124　ピークの時間差の順序統計

・Spar 型浮体と Yoke 装置を組み合わせた Disconnectable Moor Spar System の設計を行って、当該システムに FPSO を繋げて稼働する状況を対象として、FPSO-Yoke-Spar 型浮体-係留索による時間領域における一体挙動解析モデルを構築するとともに、Disconnectable Moor Spar System と FPSO の縮尺模型を用いた水槽試験により粘性減衰係数の取得及び波浪中の動揺計測を行った（図 1.2.125）。構築した一体挙動解析モデルでの計算結果と実験の計測結果が良好な一致を示すことを確認し（図 1.2.126）、海洋

資源開発に Disconnectable Moor Spar System を適用する場合の安全性・稼働性が評価できるようになった。連続する 1 ヵ月間の波、風、流れのデータを用い、Disconnectable Moor Spar System を FPSO に適用する場合の出荷時における稼働性評価を実施した結果、用いた 1 ヵ月間のデータにおいて 95%と高い稼働時間が得られた（表 1.2.2）。動揺の面では従来の External タレットを有する FPSO に比べて高い波高でも稼働できるため、Disconnectable Moor Spar System により稼働性が向上する可能性が高いことがわかった。

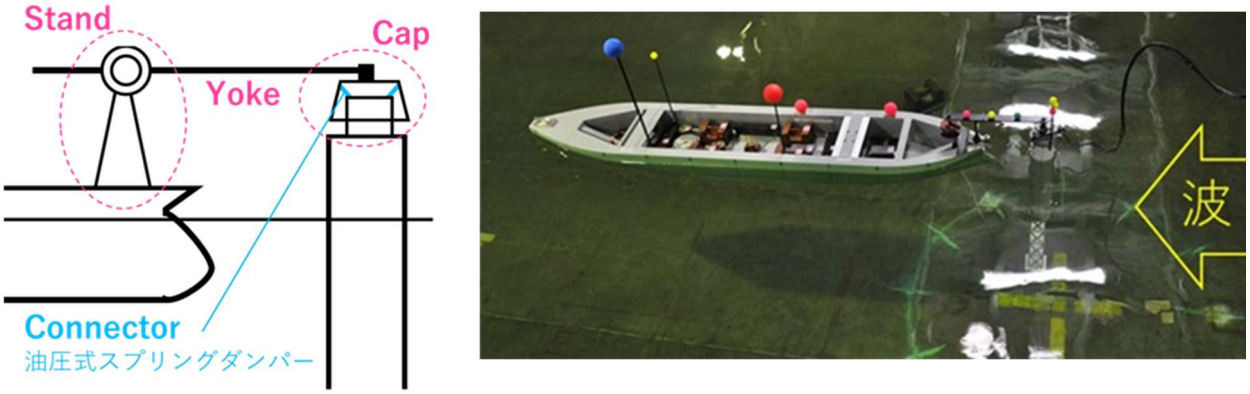


図 1.2.125　スパー型浮体及び Yoke 係留システムの設計（左図）と波浪中動揺試験の様子（右図）

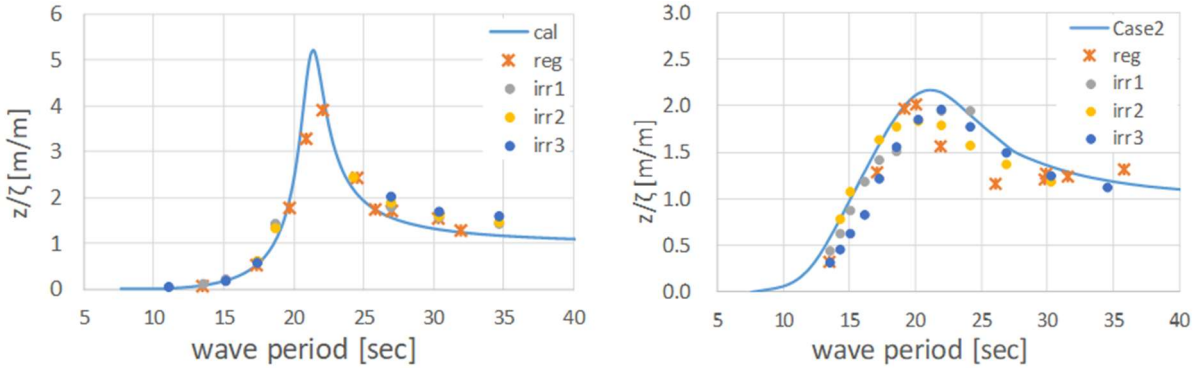


図 1.2.126　Spar 型浮体の波浪中 Heave の RAO（係留状態の Spar 単体（左図）、FPSO 接続時の Spar（右図））

表 1.2.2　Disconnectable Moor Spar システム（FPSO 係留時）の出荷時稼働性評価結果（期間：1 ヵ月間）

	FPSO		Spar			Yoke System			Total
	A_{ccz}	ϕ	A_{ccz}	ϕ	θ	θ_{re}	θ_{rot}	Tens.	
稼働率[%]	97.6	98.0	100	100	100	100	100	100	95.6
累計稼働時間[h]	729	726	744	744	744	744	744	744	711

・External タレットの縮尺模型を用いたスラミング力計測試験を実施した。Dead rise angle が 0deg（平板）、10deg、20deg の 3 種類の模型を用意し、スラミング力に及ぼすタレット底面の Dead rise angle の影響を検討した（図 1.2.127）。タレット底面が平板の場合は、先行研究の結果と近い値を示すことを確認した。タレット底面に 10deg の Dead rise angle を設けることで、平板の場合に比べてスラミング力の 3 時間相当の最大値期待値を低減できることを確認し、Dead rise angle の優位性を示した（表 1.2.3）。また、時間領域シミュレーションによるスラミング力の推定モデルを構築した。推定モデルに含まれるスラミング係数は模型試験との比較により同定し、スラミング力計測試験の結果を精度良く推定できるようになった（図 1.2.128）。

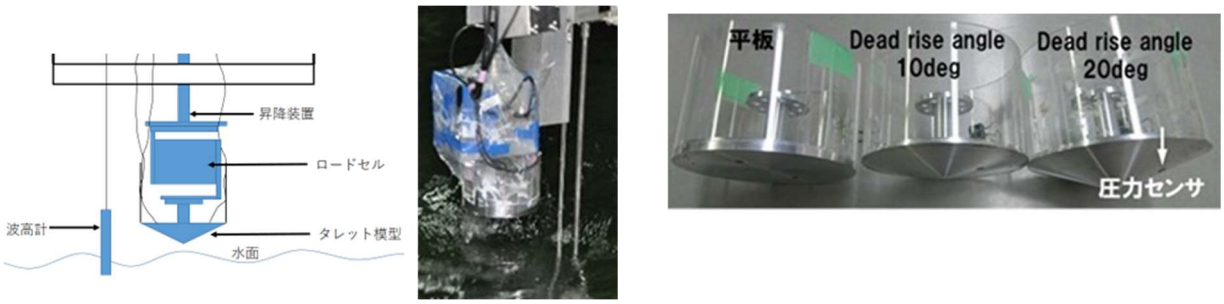


図 1.2.127　スラミング力計測試験のセッティング（左図、中央図）及びタレット模型（右図）

表 1.2.3　スラミング力の 3 時間相当における最大値期待値

波の条件	分布	予想されるスラム力($\times 10^3[kN]$)		
		0°	**10°**	**20°**
条件1 $H_s = 15.6m,\ T_p = 15s,\ \gamma = 3.3$	GEV	11.7	7.8	8.7
	Weibull	9.8	6.7	7.4
	Gumbel	11.8	8.2	8.9
条件2 $H_s = 12.2m,\ T_p = 13.5s,\ \gamma = 3.3$	GEV	8.6	6.4	5.9
	Weibull	7.0	4.9	5.9
	Gumbel	8.7	6.4	6.8
条件3 $H_s = 10.4m,\ T_p = 13s,\ \gamma = 3.3$	GEV	12.2	6.4	5.9
	Weibull	8.3	4.9	5.9
	Gumbel	11.1	6.5	6.8

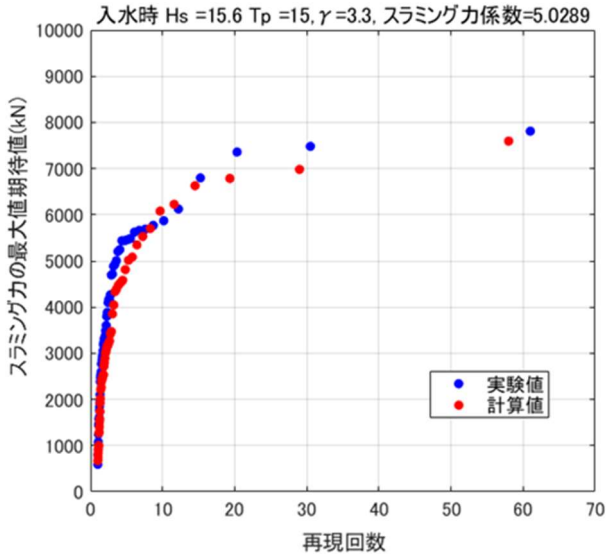


図 1.2.128　スラミング力の推定結果

・津波中の海洋構造物と漂流船舶の挙動シミュレーションに基づく衝突事故の評価手法の確立のため、船舶の漂流運動をシミュレーションするモデルの検証を水槽試験により実施した。漂流対象の総トン数 500 トン相当の比較的小型な船舶に対して、波強制力・漂流力・潮流力を計測し、実験値と計算値を比較したところ、概ね良い一致を示すことを確認した（図 1.2.129）。そして、本結果と実験で合わせた GM や慣動半径の結果を基に、津波波力・潮流力の特性を考慮した漂流運動をするシミュレーションモデルを構築した。また、本シミュレーションモデルを用いて、船舶の漂流挙動を解析し、波力と潮流力の漂流への影響や、津波の船舶への入射角別の漂流挙動（航跡・船首方位）の違いを明らかにした（図 1.2.130）。本対象におけるシミュレーションによる衝突事故の評価は例を見ないものである。

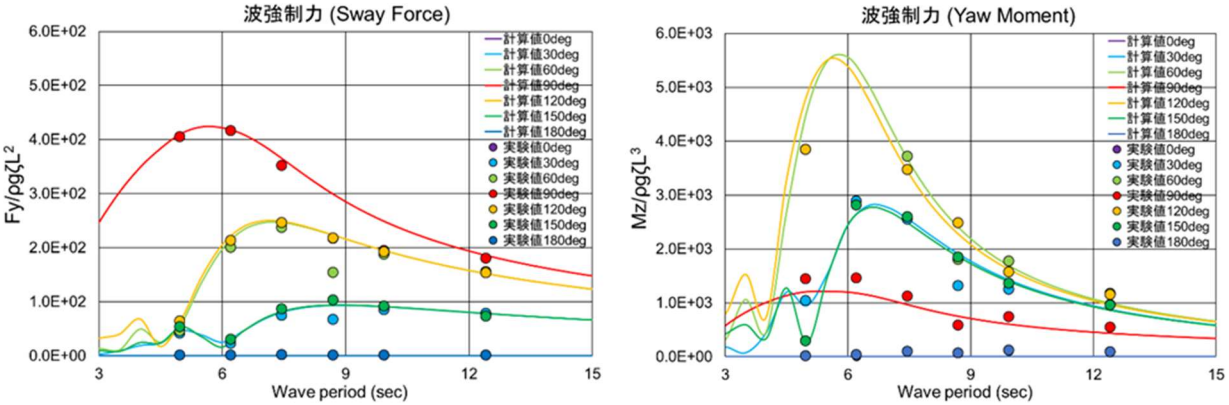


図 1.2.129　波強制力係数の実験値と計算値の比較例

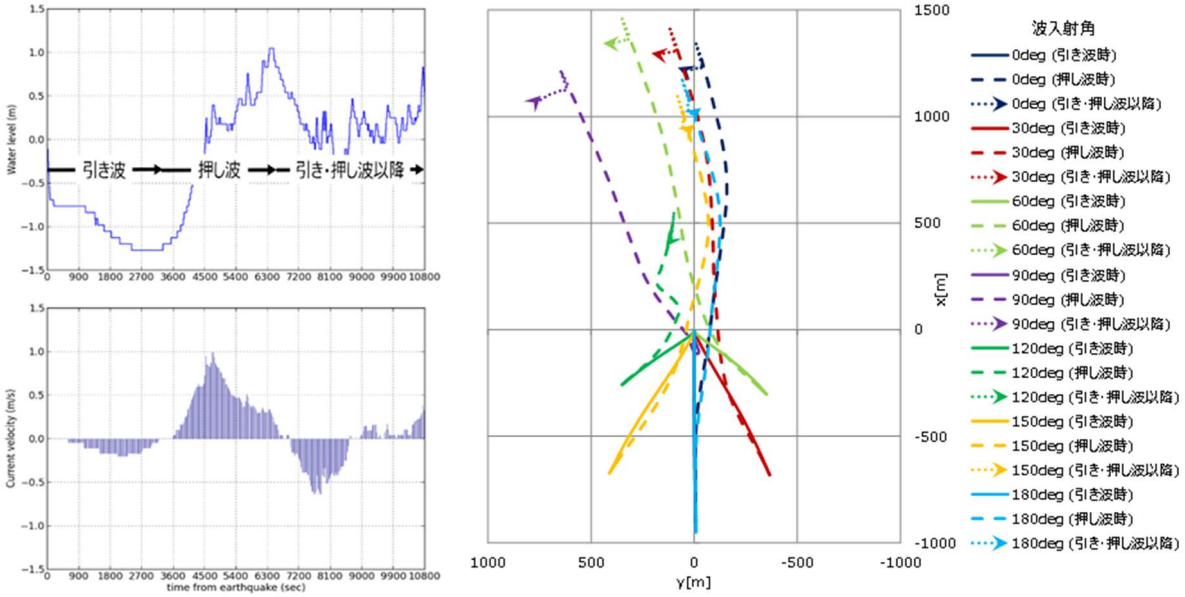


図 1.2.130　船舶への津波入射角別の漂流挙動

成果の公表

□特許：1 件

・輸送管の耐摩耗性向上方法、磁性ビーズ、及び磁力発生装置（国内優先権主張出願）　高橋一比古ほか

□コアプログラム登録：2 件

・マネージドアイス中のモノコラムハル型構造物に作用する全体氷荷重推定プログラム　長谷川賢太

・内部スラリー流を考慮したカテナリー形状解析プログラム　大坪和久

□発表論文等:34 件

【ジャーナル、本文査読付プロシーディングス、海技研報告の研究報告】 13 件（投稿中 4 件）

・梅田隼 ほか：リニア式波力発電装置のモデル予測制御に関する研究，日本船舶海洋工学会論文集，第 28 号（2018）.

・谷口友基 ほか：モデル予想制御を用いた波力発電装置の数値的検討、日本船舶海洋工学会論文集（投稿中）

・大坪和久 ほか：海底熱水鉱床の採鉱・揚鉱パイロット試験のための稼働性評価，日本船舶海洋工学会論文集（投稿中）.

・湯川和浩，加藤俊司：セミサブリグに働く粘性波漂流力と係留力の異常値予測，日本船舶海洋工学会論文集（投稿中）.

・河島園子 ほか：浮体式設備設置のための沿岸域における係留システム設計及び津波中衝突危険性解析に関する研究（第一報），日本船舶海洋工学会論文集（投稿準備中）.

・Yamamoto, M., *et al.*：EXPERIMENTAL ANALYSIS OF REDUCED-SCALE JUMPER FOR DEEP-SEA MINING, Proc. 38th International Conference on Ocean, Offshore & Arctic Engineering（2019）.

・Imai, S., *et al.*：Experimental Study on Bubble Size Measurement for Development of Seafloor Massive Sulfides, Proc. 38th International Conference on Ocean, Offshore & Arctic Engineering（2019）.

・Nakajima, Y., *et al.*：Development of Elemental Technologies for Seafloor Mineral Processing of Seafloor

Massive Sulfides, Proc. 38th International Conference on Ocean, Offshore & Arctic Engineering（2019）.
・Takano, S., *et al.*：STUDY ON PIPE WEAR EVALUATION BASED ON LARGE SCALE EXPERIMENT FOR DEEP SEA MINING, Proc. 38th International Conference on Ocean, Offshore & Arctic Engineering（2019）.
・Umeda, J., *et al.*：Study on a Wave Energy Converter with One Line Tension Leg Mooring Under Optimal Control, Proc. 38th International Conference on Ocean, Offshore & Arctic Engineering（2019）.
・Watanabe, M. *et al.*：Experiment and Numerical Simulation of Vortex Induced Vibration on Buoyancy Module Area of Steel Lazy Wave Riser, Proc. 29th ISOPE（2019）.
・Okada, Y., Haneda, K., *et al.*：Parameter-varying Modeling and Nonlinear Model Predictive Control for Floating Offshore Wind Turbines, Proc. International Federation of Automatic Control（2019）.
・Hasegawa, K., *et al.*: Managed Ice Loads Simulation using Breakable Ice Model for Fixed Conical Structure and Ice Tank Test, Proc. 25th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions（2019）.

【その他】 21 件

・Chujo, T., *et al.*：Wind Tunnel Test with Individual Blade Pitch Control Wind Turbine Model in Wind Turbine Model in Wind Shear, GRE2018（2018）.
・Yamamoto, J., Yamamoto, M., *et al.*: Deep-Sea Mining R&D Activities in the NMRI, Proc. 47th Underwater Mining Conference, Bergen, Norway（2018）.
・Nakajima, Y. *et al.*: Measurement of Metal Grade of Ore Particles in Slurry Using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy, Proc. OCEANS'18 MTS/IEEE KOBE-TECHNO-OCEAN'18（2018）.
・Fujiwara, T., *et al.*：A Study on Behavior Estimation of Lift Pipe for SMS Mining, Proc. OCEANS'18 MTS/IEEE KOBE-TECHNO-OCEANS'18（2018）.
・Hayashi, N., Takano, S., *et al.*：Study on Slurry Transportation in Riser for Seafloor Massive Sulfides, Proc. OCEANS'18 MTS/IEEE KOBE-TECHNO-OCEANS'18（2018）.
・Chujo, T., *et al.*：Scale Model Experiment of Weather-Vane-Type Floating Platform for Downwind-Type Offshore Wind Turbine, Proc. OCEANS'18 MTS/IEEE KOBE-TECHNO-OCEANS'18（2018）.
・Hasegawa, K., *et al.*：Influence of Initial Arrangement of Ice Floes on Ice Loads in Non-smooth Discrete Element Method Simulation, Proc. 34th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans（2019）.
・藤原敏文：再生可能エネルギー風力／波力／海流・潮流発電装置の技術開発・安全性評価，テクノオーシャン 2018（2018）.
・梅田隼 ほか：深層強化学習を用いたポイントアブソーバー型波力発電装置，第 27 回海洋工学シンポジウム論文集（2018）.
・中條俊樹 ほか：大縮尺模型を用いた浮体式洋上風力発電の水槽試験，第 27 回海洋工学シンポジウム論文集（2018）.
・谷口友基 ほか：モデル予測制御を用いたポイントアブソーバー型波力発電装置の検討，第 27 回海洋工学シンポジウム論文集（2018）.
・藤原敏文 ほか：海洋エネルギー技術研究開発事業次世代海洋エネルギー技術開発リニア式波力発電，平成 30 年度 NEDO 成果報告会講演集（2018）.
・中條俊樹 ほか：浮体式を想定した風車後流に関する実験的研究，第 40 回風力エネルギー利用シンポジウム講演集（2018）.
・藤原敏文：NEDO 委託事業「海洋エネルギー技術研究開発／次世代海洋エネルギー発電技術開発／リニア式波力発電研究開発」について，岩手県海洋エネルギー産業化研究会平成 30 年度第 1 回講演会資料（2018）.
・大坪和久 ほか：サブシー機器インストレーションの安全性評価に関する研究，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 26 号（2018）.
・今井せいら ほか：海底熱水鉱床開発のための気泡径計測の研究，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 26 号（2018）.
・石村惠以子 ほか：海底熱水鉱床の採鉱・揚鉱パイロット試験の安全性評価，第 88 回日本マリンエンジニアリング学術講演会（2018）.
・山辺雄太，中島康晴 ほか：海底熱水鉱床の海底選鉱に関する基盤的検討，平成 30 年資源・素材関連学協会合同秋季大会講演要旨集（2018）.
・山辺雄太，中島康晴 ほか：海底熱水鉱床の海底選鉱システムに関する基盤的検討，資源・素材学会平成 31 年度春季大会（ポスター発表）（2019）.
・二瓶泰範，井上俊司，中條俊樹：我が国の浮体式洋上風力発電の研究開発の取り組み，日本船舶海洋工学会誌，KANRIN2019 年 5 月号（2019）.
・石原祐希，加藤俊司，湯川和浩，中島康晴，村井基彦：External タレットに働くスラム力の基礎研究－Dead rise angle による影響－，日本船舶海洋工学会講演会論文集（2019）.

研究開発課題	（３）海洋の開発

研究テーマ	③海洋の利用に関連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育成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生産システムに係る基盤技術、海洋資源開発に係る生産システム等の基盤技術及び安全性評価手法の確立並びに海洋の利用に関する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育成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、海洋産業の育成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、海洋産業育成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。 ③海洋の利用に関連する技術に関する研究開発	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育成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、海洋産業の育成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、海洋産業育成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。 ③海洋の利用に関連する技術に関 する研究開発 －AUV を運用するために必要となる要素技術の研究を進め、AUV 複数機同時運用技術の信頼性向上の研究開発を行う。 等

○海洋資源開発等に係る探査システムの基盤技術及び運用技術の開発に関する研究

研究の背景

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、海洋産業育成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。具体的には、

□高効率小型 AUV システムの研究開発
□AUV 要素技術の研究開発及び支援
□複数 AUV の同時運用システムの研究開発
□AUV 研究開発成果の社会実装・民間活用・国際規格化

研究目標

□複数機の小型 AUV の同時運用による広域探査システムのプロトタイプ（航行型の小型 AUV、ホバリング型の小型 AUV、洋上中継器、投入揚収装置）の開発
□広域探査システムの運用技術の開発
□広域探査システムの企画・仕様設定技術の開発

上記成果は、高精度・安価な小型 AUV による広域探査システム・運用技術の開発により、海洋資源開発が促進されるとともに、民間企業への技術移転等により、我が国の海洋産業の競争力強化へとなり得る。

平成 30 年度の研究内容

□航行型 AUV・洋上中継器の開発・信頼性向上
実海域で実証試験を行う中で AUV および洋上中継器の開発・調整を実施。信頼性向上に繋げた。
□要素技術の開発として国産 INS（慣性航法装置）の完成
改良を行っていた国産 INS を完成、最終化
□AUV 複数機同時運用試験
民間企業への技術移転を念頭に置きながら、複数機 AUV の同時運用により広域の資源探査技術を獲得
□AUV 研究開発成果の社会実装・民間活用
AUV 研究成果の社会実装・民間活用化を実施

平成 30 年度の研究成果

□小型化、低コスト化等と共に複数機運用・協調行動を念頭に置いた航行型 AUV1~4 号機、詳細な海底探査に活用可能なホバリング型 AUV「ほばりん」、それらを監視・通信・制御する洋上中継器を完成させた。（図 1.2.131）

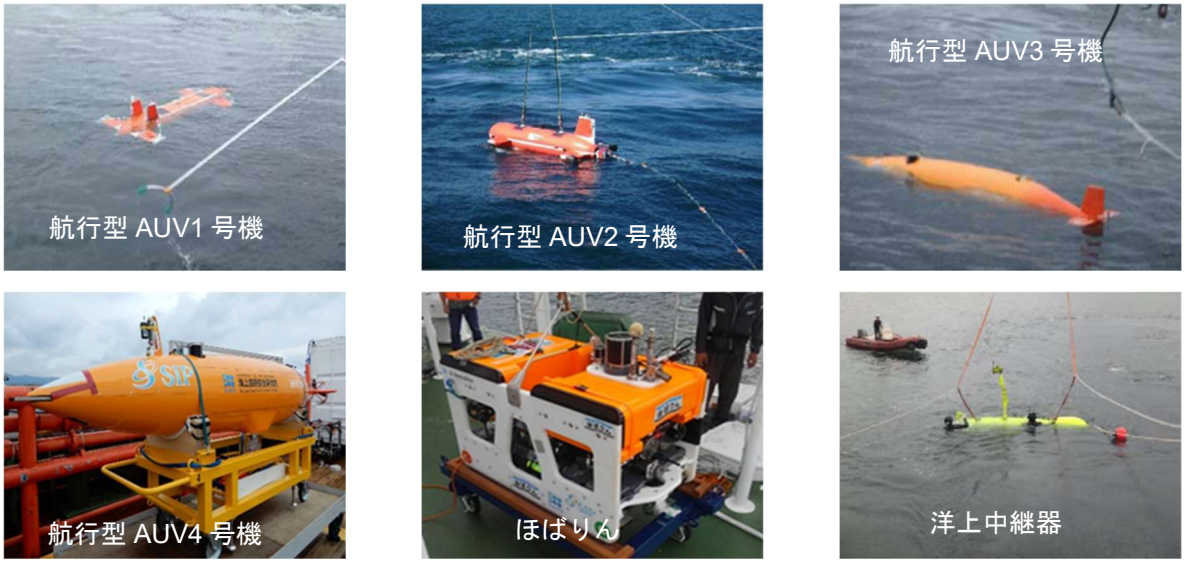


図 1.2.131　航行型 AUV1~4 号機、ホバリング型 AUV「ほばりん」、および洋上中継器

□国産 INS の完成

・ 初めて国内生産による AUV 用 INS を完成させ、陸上作動試験、クレーンでの吊下試験、曳航試験を実施。その後、航行型 AUV4 号機に搭載、制御ソフトとの連携を確認。駿河湾にて、実海域試験を実施（図 1.2.132）。80m 海域において計 3 回の潜航（潜水合計約 1 時間）に成功。AUV への搭載に問題の無いことを確認

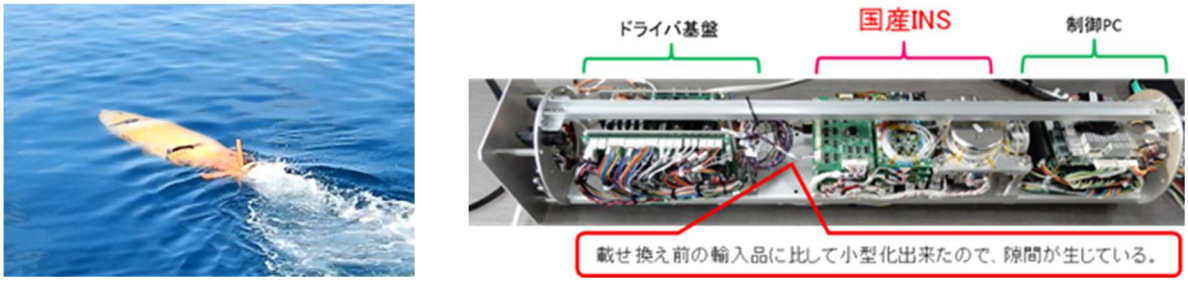


図 1.2.132　INS 搭載試験時の AUV4 号機（左）と内部機器（右）

□AUV の複数機同時運用技術を完成

・ 後述の民間技術移転・運用拡大とも関連するが、平成 30 年 6 月に東奄西海域で、民間企業が運用主体となって海洋資源調査に係る AUV 運用を実施

・ 平成 30 年 9 月の駿河湾においては、ASV1 機と AUV5 機（航行型 1~4 号機、ほばりん）を用いて水深約 30m にて複数機同時運用を実証した（図 1.2.133）。

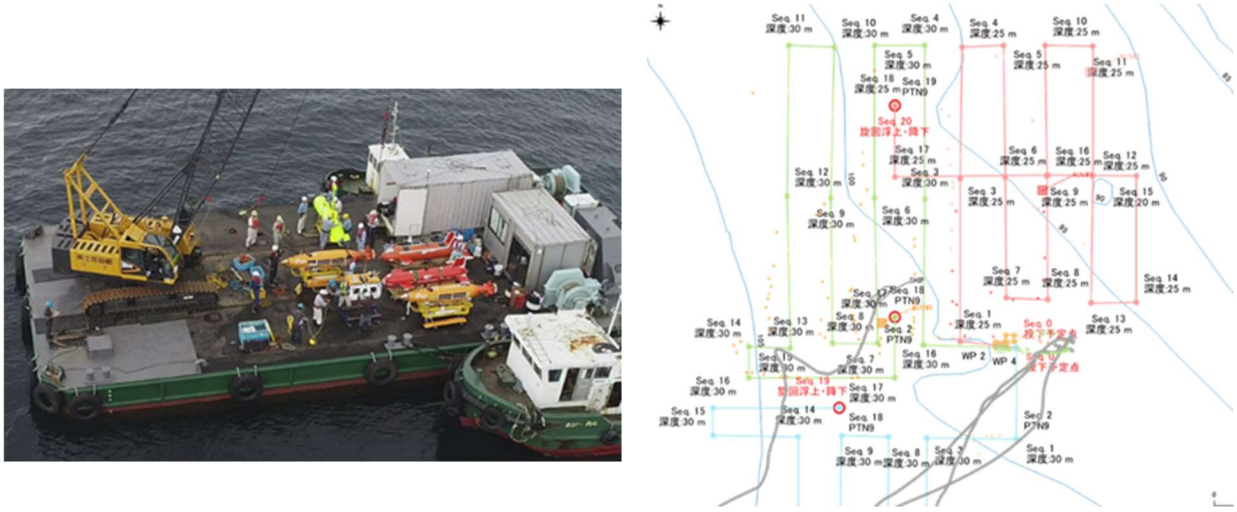
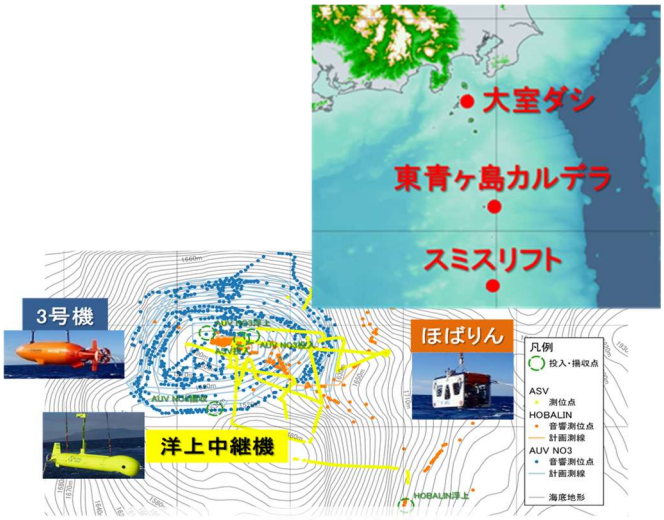
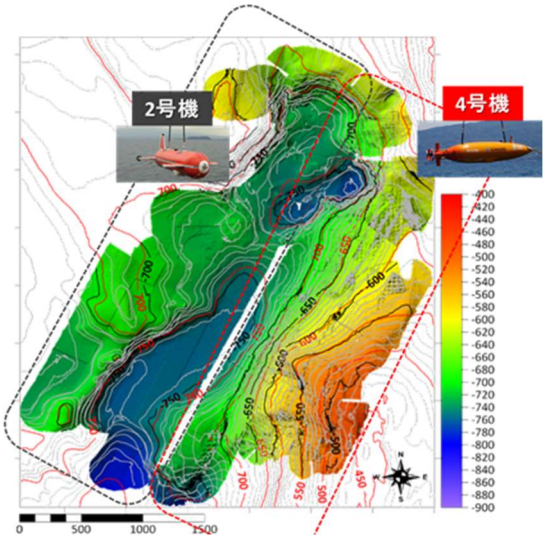


図 1.2.133　平成 30 年 9 月駿河湾にて AUV 等の全機同時運用を実証
（右図は AUV5 機同時潜航時の音響測位画面）

・ 平成 30 年 10 月には、伊豆諸島（大室ダシ、東青ヶ島カルデラ、スミスリフト）において民間企業による複数機 AUV 熱水地帯調査を実施し、複数機同時潜航 4 回、3 号機単独潜航 2 回、ほばりん単独潜航 1 回、全 7 回の潜航調査を成功させた（図 1.2.134）。複数機 AUV 同時運用の有効性及び民間事業化への可能性を確認するとともに、広域高効率調査を実現した。



スミスリフト調査潜航航跡



2、4 号機同時潜航で観測した
東青ヶ島カルデラ東縁斜面

図 1.2.134　平成 30 年 10 月民間企業による伊豆諸島での複数機 AUV 熱水地帯調査

・ 上記の様に AUV 等を民間企業に継続的に提供すると共に、円滑な使用技術の移転に資するためにマニュアル類も作成して提供
・ 平成 28 年 12 月には、それまでの成果を基に「3 機の複数 AUV と洋上中継器の同時運用による熱水地帯での全自動海底調査に世界初成功」として報道発表を行ったところであるが、その後もこれに追従または凌駕する他国報道は確認されておらず、当研究開発では更に同時運用機数を 5 機に伸ばしていることから、依然として世界の最先端に位置すると考えられる。

□民間技術移転・運用の拡大
・ NHK 取材協力として伊豆諸島最南端の孀婦岩（標高 99m）をほばりんにて調査。生態観測の一環として魚類等の画像取得に成功

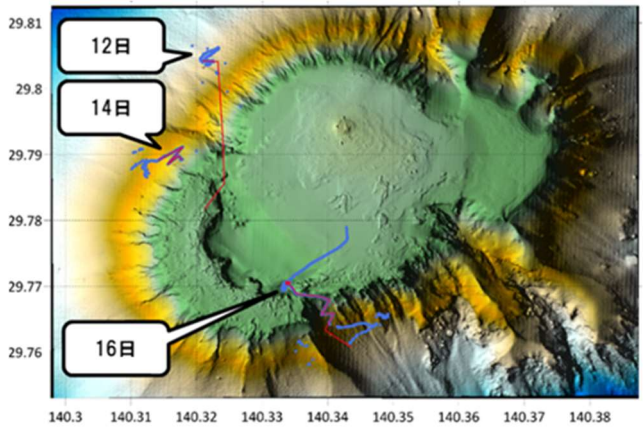


図 1.2.135　調査した孀婦岩（左）と付近での探索経路（右）

- 琵琶湖北部でのほばりんの潜航調査により、27,425 m2 の湖底画像を取得。結果として 1000 年以上前と推測される 9 個の壺を確認（図 1.2.136）。NHK 大津放送局(2018.6.26 ニュース)、京都新聞(2018.6.21 一面)等が本調査の内容を報道。TBS「アサ秘ジャーナル」(2018.8.27)でも紹介

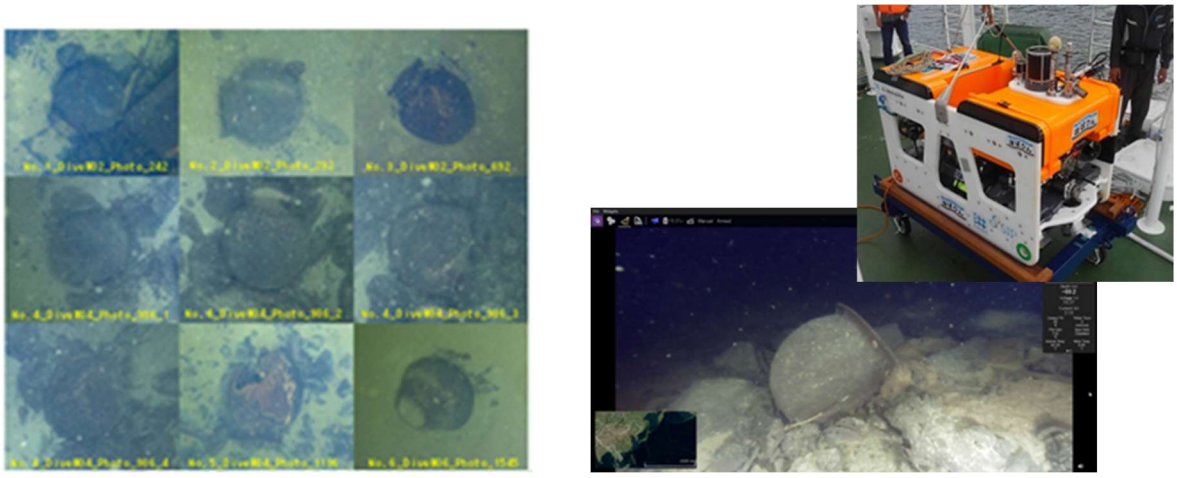


図 1.2.136　文化遺産発掘を目的とした琵琶湖北部でのほばりんの潜航調査

- 銚子沖風力発電施設の基部点検作業の試行試験をほばりんが実施（図 1.2.137）。

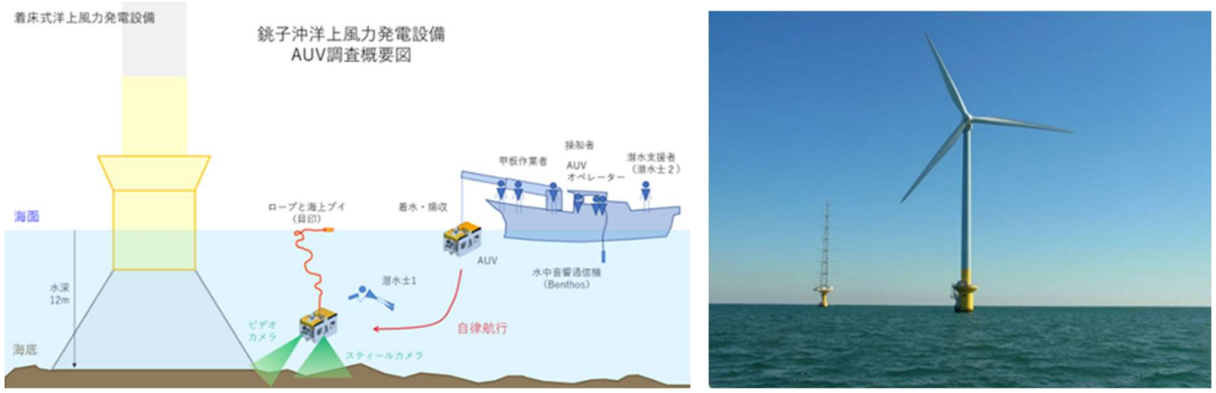


図 1.2.137　ほばりんによる銚子沖風力発電施設の基部点検試行作業

- Shell Ocean Discovery XPRIZE に参画し、超広域高速海底マッピングにチャレンジした（図 1.2.138、水深 4,000m 実海域試験で、24 時間以内に 250km2 以上の海底地図作成）。その中でも運用する AUV・ASV のノイズ解析および利用音響帯域の整備に研究実績を応用した。12 月に地中海（ギリシャ共和国メッシニア県カラマタ市メッシニア湾海域）で行われた決勝戦にも参加し、これまで培ってきた ASV による AUV 管制技術のノウハウが生かされた。本コンペティション結果発表は 2019 年 5 月ごろを予定。

図 1.2.138　曳航試験中の AUV2 機と ASV（ギリシャ、カラマタにて）

□研究内容の広報・普及活動

・ メディアを通した研究活動の紹介を実施した。TBS「アサ秘ジャーナル」(2018.8.27)にて、海技研 AUV の活躍状況が放映された（図 1.2.139）。

図 1.2.139　TBS「アサ秘ジャーナル」への出演

成果の公表

ジャーナル（計 3 件）

・ Neettiyath, U., Sato, T. et al.：Deep-sea robotic survey and data processing methods for regional scale estimation of manganese crust distribution, Journal of Field Robotics, Wiley InterScience（投稿中）
・ Okamoto, A., Seta, Y., Sasano, M., Inoue, S. and Ura, T.：Surveying Hydrothermal Vents Visually and Autonomously Using a Hovering-type AUV: Launching Hobalin into the West Offshore of Kumejima, Geochemistry, Geophysics, Geosystems, American Geophysical Union（投稿中）
・ Kim, K.: Optimal Waypoint Navigation for Underactuated Cruising AUVs, Informatics in Control, Automation and Robotics, Springer（投稿中）

本文査読付きプロシーディングス（計 1 件）

・ 金岡秀：A Suboptimal Strategy for Autonomous Marine Vehicle Navigation in Variable Sea Currents, IFAC2018

海技研報告の研究報告

無し

上記以外の研究報告（計 14 件）

・ 金岡秀：次世代海底資源調査に向けた純無人型探査ユニットの開発と実海域展開, Sea Japan2018
・ 篠野雅彦：海中ロボットを用いた海底調査技術，テクノオーシャン 2018
・ 金岡秀ほか：次世代海洋調査の新戦略 複数 AUV 同時展開による高効率・高精度な海洋調査の実現に向けて、第 18 回海上技術安全研究所研究発表会講演集(2018)
・ 篠野雅彦、瀬田剛広、岡本章祐、稲葉祥梧：ホバリング型 AUV「ほばりん」の開発状況、第 18 回海上技術安全研究所研究発表会講演集(2018)
・ 篠野雅彦：ホバリング型 AUV「ほばりん」について，びわ湖トラスト一海技研共同研究調査結果発表(2018)
・ 平尾春華：特別セッション「海の調査の仕事」、海洋調査技術学会海洋調査技術学会創立 30 周年記念研究発表会講演要旨集(2018)
・ 高島創太郎、篠野雅彦、瀬田剛広、岡本章祐、稲葉祥梧他：ホバリング型 AUV「ほばりん」による海底掘削前の海底環境調査、海洋調査技術学会海洋調査技術学会創立 30 周年記念研究発表会講演要旨集

(2018)
- 金岡秀、井上俊司：深海の探査、笹川平和財団海洋政策研究所、海洋白書 2018
- 篠野雅彦：海技研の水中ロボットのご紹介，海洋都市横浜うみ協議会(2018)
- 児子健一郎、金岡秀他：偏波保持ファイバを使った海洋・宇宙向け FOG ベース INS の開発，日本航空宇宙学会第 62 回宇宙科学技術連合講演会講演集(2018)
- 金岡秀：AUV 複数運用の現状と今後、SIP 第 1 期海のジパング計画テーマ合同総括会議予稿集、内閣府(2018)
- Kim, K., Sato, T., and Matsuda, K. : Advanced AUV Navigation and Operation towards Sager and Efficient Near-Bottom Survey, MTS/IEEE(2019）
- Sato, T., Kim, K., and Inaba, S. et al. : Exploring hydrothermal deposits with multiple autonomous underwater vehicles, Underwater Technology2019
- Sasano, M., Okamoto, A. et al.： Optical Investigation of Archaeological Remains on Bottom of Lake Biwa by a hovering-type AUV “Hobalin”, Underwater Technology2019

プログラム登録（計 2 件）
- 岡本章裕、稲葉祥梧、篠野雅彦：AUV ほばりん制御用メインプログラム
- 岡本章裕、稲葉祥梧、篠野雅彦：AUV ほばりん運用ツールプログラム

特許（計 3 件）
- 金岡秀：複数の水中航走体の運用方法及び複数の水中航走体の運営システム
- 金岡秀：複数の水中航走体の揚収方法、及び複数の水中航走体の揚収システム
- 稲葉祥梧：水上航走体の姿勢制御による音響通信範囲の制御

公開試験（計 1 件）
- ホバリング型 AUV「ほばりん」のご紹介と障害物回避試験

研究開発課題	（４）海上輸送を支える基盤的技術開発

研究テーマ	①海事産業の発展を支える技術革新と人材育成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、海事産業の発展を支える革新的技術、人材育成に資する技術、海上輸送の新たなニーズに対応した運航支援技術、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。	海事産業の技術革新の促進、海運・造船分野での人材確保・育成、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等により我が国海事産業の国際競争力を強化するとともに、我が国経済の持続的な発展に資す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海事産業の発展を支える技術革新と人材育成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、海運・造船分野での人材確保・育成、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等により我が国海事産業の国際競争力を強化するとともに、我が国経済の持続的な発展 に資す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海事産業の発展を支える技術革新と人材育成に資する技術に関する研究開発 －これまで開発してきた生産管理システムを造船所へ導入し、実証実験を実施する。造船工程モデリング技術を提案する。 －騒音に影響を及ぼす振動解析・振動対策を検討し、ニューラルネットワークによる騒音予測システムを改良する。 等

○造船業の競争力強化や新たなニーズに対応するための新しい生産システムの構築並びに新材料利用技術に関する研究

研究の背景

海事産業の技術革新の促進、海運・造船分野での人材確保・育成、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等により我が国海事産業の国際競争力を強化するとともに、我が国経済の持続的な発展に資することが求められている。具体的には、

□建造モニタリングシステムの開発
□生産性向上に資する機器の開発
□新しい造船生産工程管理の提案
□高減衰材料の一般商船での利用に関する研究
□騒音予測プログラムの改良
□騒音・振動及び生産設計にかかわる知的設計システムの構築

研究目標

□建造モニタリングシステムの開発（造船 IoT 体制の構築）、生産現場の改善により生産性の 20%向上（リードタイムの短縮、実トーチ時間など）、ウェアラブル等を用いた新造船インタフェースの開発
□造船用パワーアシストスーツの開発、工作ロボットの開発
□非熟練及び短時間労働者を新たに取り入れた新しい概念の造船工程の提案、造船所でのモデル事業の実施、未活用労働者向けの技能研修プログラムの開発
□騒音低減のための高減衰材を活用した新たな構造仕様や施工方法の信頼性の高い設計手法を開発し、高減衰材導入に関するガイドラインを作成
□現行の騒音予測手法にニューラルネットワークモデルの構築等により改良し、多様な船舶に対する騒音予測をより高精度で行う騒音予測技術を開発
□生産設計分野における知的設計システム（プロトタイプ）を開発

上記成果は、未来の造船工場（新技術の導入、新しい働き方の提案）や生産現場の改善計画の普及により、労働者不足の改善及び地方都市の活性化等地方創生に資するとともに、我が国造船業の国際競争力強化へとなり得る。また、船内騒音対策・軽量化・設計自由度の向上などを通じて船内労働環境の改善に資するとともに、造船産業の国際競争力の強化を図り造船業の活性化（地方創生）や、造船設計・生産性向上が期待される。

平成 30 年度の研究内容

□生産管理システムの中小造船所への導入（約３社）、レーザースキャナを用いた外板等の精度管理、生産支援システムの開発、塗装作業支援 AR アプリケーションのプロトタイプ開発、船殻小組立工程の造船シミュレーションシステムのプロトタイプ開発
□造船用作業アシストロボットの仕様、造船用 CFPR 設計 CAD/CAM のプロトタイプ開発、造船工場内定期観測ドローンの仕様
□ハイロウミックス工程の中小造船所への導入
□居住区の振動・騒音伝播特性解析データセットの取得、高減衰材を活用した構造仕様の開発、信頼性評価法案の考案
□振動評価を取り入れた騒音予測（ニューラルネットワークによる騒音予測システムの改良）を行うと共に、ネスティング問題に対する知的設計システム（強化学習に基づくプロトタイプ）を構築する

平成 30 年度の研究成果

□「工数最適化を目的とした生産計画・実行管理」について、中小造船所 7 社に、負荷平準化を伴った中日程計画、管理監督者が行なう業績管理（3 本グラフによる日程と工数の管理）、職場リーダーやスタッフが行なう職場作業指示・管理（ワーク別標準作業進行図による日々の具体的作業の管理）等を導入し、実船の生産管理に展開した。その結果、いずれの造船所においても工数の削減効果が確認でき、これらの結果から、本手法は一般的な中小造船業の造船工程全体に対して少なくとも工数削減効果 5～10%が得られることを明らかにした。
□平成 29 年度に開発したリアルタイムプレス線出力システムについて、実際の造船所の生産ラインへの導入を見据えて、対象造船所向けのカスタマイズを実施した。レーザースキャナによる外板計測データを読み込み、加工中の外板の曲面表現、曲率線情報に基づく形状評価、追加作業指示線を作業現場でリアルタイムに実施するシステムを、対象造船所の作業方法（プレス線の入れ方、順序のつけ方等）に準拠するようにカスタマイズした。造船所での実証実験を行い、開発システムの形状評価、追加作業指示線の妥当性を確認した。次年度に、当該造船所の生産ラインへの実展開を行う。
□上記の曲率線情報に基づく曲り外板形状評価、追加作業指示線を作業現場においてより効果的に情報伝達するため、「曲げ加工支援 AR システム」の現場導入に取り組んだ。具体的には、大型鋼板に対する重畳表示の対応（複数マーカー対応）、リアルタイムプレス線出力システムとのインタフェースの開発を行った。造船所での実証実験を行い、造船所の作業環境であっても良好に AR 表示が可能であることを確認した。次年度に、当該造船所の生産ラインへの実展開を行うが、AR 技術の造船現場での実展開は我が国初の実績となる。

図 1.2.140　実際の造船所における「曲げ加工支援 AR システム」の検証

□塗装作業支援 AR システムとは、塗装作業者がスプレー塗装作業中にスマートグラス等を介して、塗装対象物への塗着膜厚分布等をリアルタイムに確認するものである。本年度はその要素技術として、塗装ガンの位置把握機能及び塗着シミュレーション機能の開発を行った。塗装ガンの位置把握はモーションセンサーで行い、このため、モーションセンサーシステムの導入、及びセンサー埋め込み塗装ガンを試作した。モーションセンサーで計測される塗装ガンの位置、方向及び別途計測されるトリガー（塗料噴出）ON/OFF 情報から、塗装対象物への塗着をシミュレーションするシステムについてプロトタイプを開発した。
□平成 29 年度に引き続き、造船小組工程に関する生産シミュレーションを実施した。本年度は、実際の小組作業をより再現するため、作業空間（定盤やブロック配置等）、設備（クレーン）の干渉を表現して生産シミュレーションを実施した。併せて、膨大なケースの離散シミュレーションを計算機上で効率的に解くための計算手法（最適解の探索のための AI 利用）について検討を行った。シミュレーションにより、定盤の配置やクレーンの干渉により、付随作業がばらつき、製造リードタイムに長短が発生することを確認した。また、生産シミュレーションの結果を分析することで、効率的な造船作業に関する一般的規則（ブロックは同種のものをまとめて配置した方が良いか、異種を交えながら定盤面積を最小にする配置が良いか、一つのブロックの組立をすべて完了してから次のブロックに着手する方が良いか、異なるブロックを跨ぎながら作業する方が良いか等）を発見できうることを確認した。

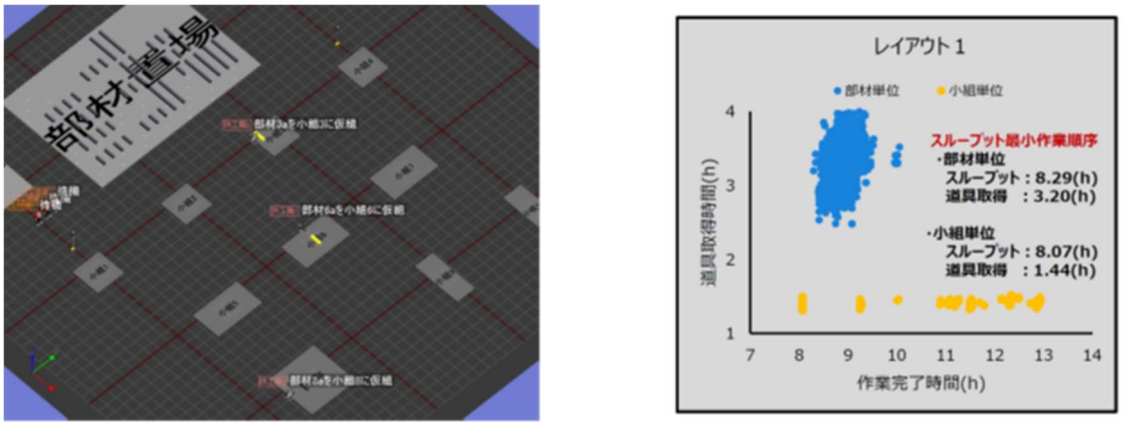


図 1.2.141　小組工程についての生産シミュレーション

□造船用 CFPR 設計 CAD/CAM のプロトタイプの開発として、炭素繊維トウを曲率線方向に最適配置するツールパス自動描画システムの開発を行った。曲面形状に応じて、曲率線方向に炭素繊維トウ間の粗密が一定になるように、一筆書きのツールパス図面を出図する。また、そのツールパスに基づき作成されたプリフォームから、実際の CFRP 曲面構造物の成形を行い、その成形性について評価した。
□ドローンによる定盤管理システムについて、本年度は、ドローンによる造船所の飛行、データ取得に関する実証実験を実施した。実際の造船所のブロック置場（屋外）の約 60m×60m 区画の上空を飛行し、LiDAR によりブロックの 3 次元形状の取得を行った。また、マーカー等によるブロック認識技術について検討した。スペックの異なるドローン、飛行パターンについて試験し、造船所の環境及び定盤管理に適したドローン、飛行及び計測センサーの仕様について整理した。

図 1.2.142　造船所でのドローンによる定盤管理

□「未活用労働力による新たな造船工程管理手法の開発」のハイロウミックス工程について、本年度は中小造船所 3 社（平成 29 年度は 2 社）において現場展開を行い、いずれの造船所においても工数削減効果が確認できた。このことから、提案手法によって一般的な中小造船業の造船工程全体に対して、技能職の余力を 5%以上創出する効果が得られることを明らかにした。
□起振力を主機軸力、ガイドモーメント（X 型、H 型）及びアンバランスモーメントの 4 ケース（図 1.2.143 参照）について、全船 FE モデル及び簡易モデル（図 1.2.144 参照）を用いた周波数応答解析を行い、CFRP 板設置による居住区振動特性の変化を調べた。結果、主機台への CFRP 板導入による居住区の振動軽減の効果は小さいことが見受けられた（図 1.2.145 左図参照）。これは、製作可能な最大厚 50mm 程度の CFRP 板では、主機の質量と比較して小さすぎるため、十分な振動減衰効果が得られなかったと考えられる。ただし、主機付近の振動特性については、簡易モデルを用いた計算結果によれば、CFRP 板設置による軽減効果が周波数帯によって現れることが確認できた（図 1.2.145 右図参照）。

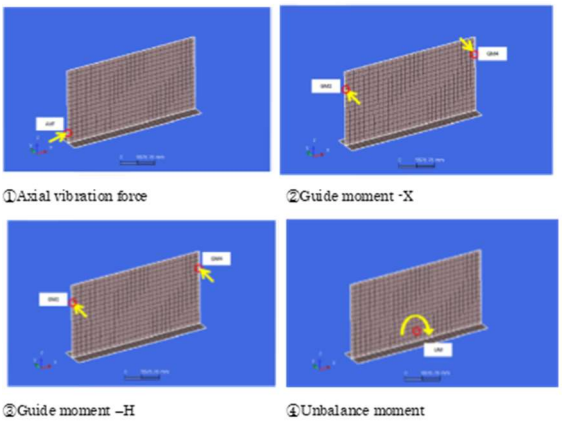


図 1.2.143　主機起振力

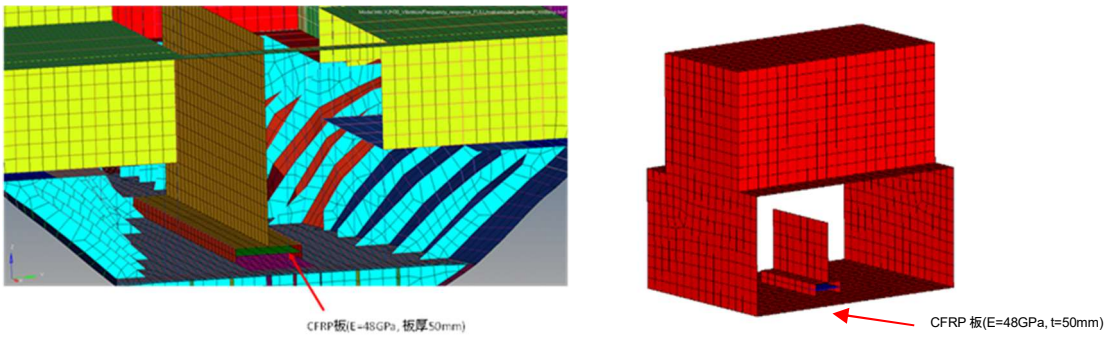


図 1.2.144　CFRP 板を設置した FE モデル（左：全船モデル、右：簡易モデル）

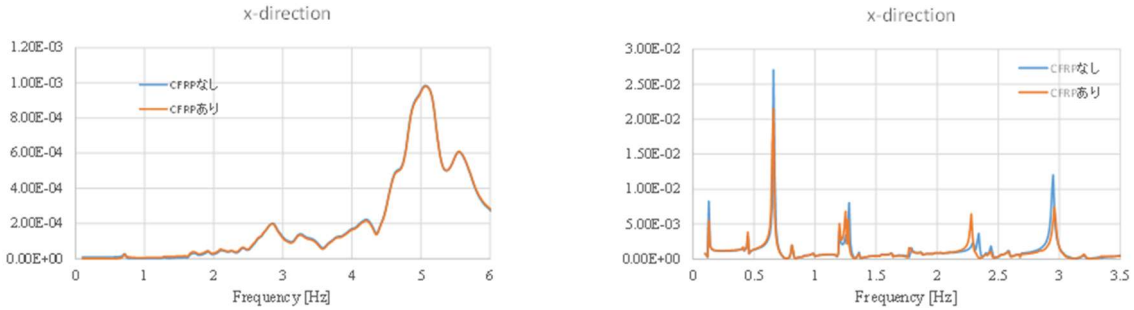


図 1.2.145　周波数応答解析結果
（左：評価箇所；居住区、全船モデル　右：評価箇所；主機付近、簡易モデル）

□制振材料の設置箇所・負荷荷重・強度要件などの構造仕様を検討し、その制振対策の効果について評価を行った。真空含浸工法や異種材接合における、被着材の特性や切削方法・接合表面の前処理方法などに関する検討を行った。劣化後の強度保持率・変動係数・ばらつき係数・複合劣化係数を用いた長期信頼性の評価手法に関する検討を行った。IMO 火災試験コード並びに構造用接着剤の適合性調査を行った。
□振動理論に基づき，任意の浮床構成における振動伝達率の計算方法及び実験結果から浮床構成材の材料物性値を求める方法を確立した．またこれらの計算を自動で行うプログラムを開発した．（図 1.2.146 参照）
□エアコンの騒音予測において，実船での計測値と数値解析での予測値の誤差を求める手法を開発し，これに基づき誤差評価を行った．また，この誤差を最小化させる予測値の補正量も併せて検討した．
□ネスティング問題（生産設計）に強化学習を適用するため，簡易モデルによる検討を行い，今後のプロトタイプ実現の目途を立てた．（図 1.2.147 参照）

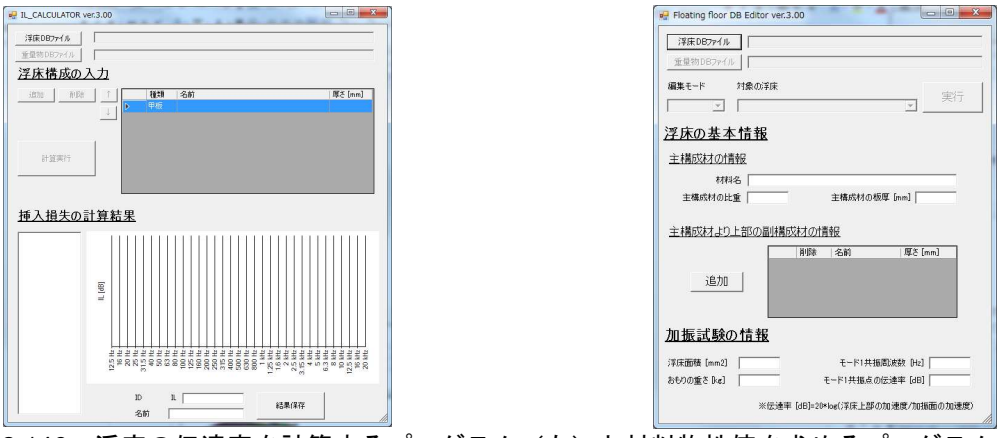


図 1.2.146　浮床の伝達率を計算するプログラム（左）と材料物性値を求めるプログラム（右）

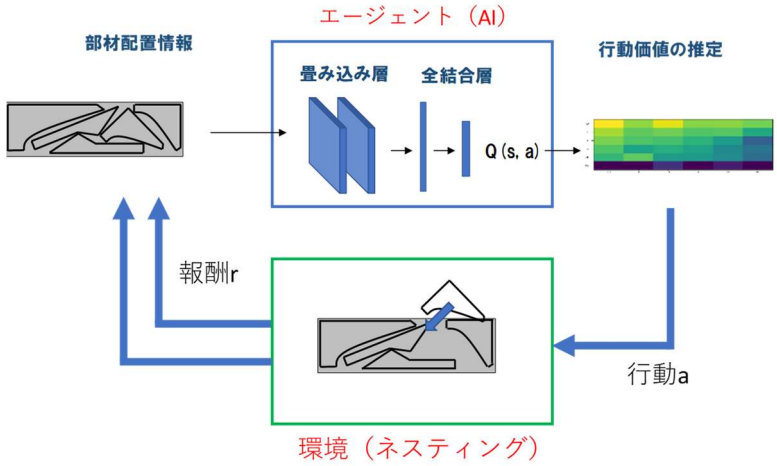


図 1.2.147　強化学習によるネスティング

成果の公表

プログラム登録：3 件

□小沢　匠，平方　勝：IL_CALCULATOR

□小沢　匠，平方　勝：FFDB_EDITOR（申請中）

□小沢　匠，平方　勝：NN 学習用 DB エディター（申請中）

ジャーナル、本文査読付きプロシーディングス、海技研報告の研究報告：4 件

□松尾宏平、藤本修平他：曲率線情報に基づく造船プレス加工支援システムに関する研究、日本船舶海洋工学会論文集第 28 号（2018）、pp.189-201.

□K. Matsuo, S. Fujimoto: Fundamental Research for Application of Augmented Reality Technology to Manufacturing in Shipbuilding, Journal of Marine Science and Technology,（投稿中）

□T. Iwata, H. Hayashibara: Durability and flammability evaluation of SGA structural adhesive joints consisting of a thick adhesive layer for shipbuilding, The Journal of Adhesion. Vol.95, (2019), DOI:10.1080/00218464.2019.1581067.

□H. Hayashibara, T. Iwata, T. Ando, C. Murakami, E. Mori, I. Kobayashi : Characteristics of Degradation Process for Structural Adhesive Bonding Joint on Exposure Deck of Ship, J. Marine Science and Technology,（投稿中）.

その他発表：3 件

□松尾宏平、谷川文章：生産シミュレータによる造船作業のモデル化に関する研究　～海技研のデジタルシップヤード構築に向けた方針とその取り組み～、海上技術安全研究所研究発表会講演集，第 18 号（2018），pp.104-113.

□T. Iwata, H. Hayashibara, 2018, Durability and flammability evaluation of SGA structural adhesives joint consisting of thick adhesive layer for shipbuilding, Book of abstracts of the 12th European Adhesion Conference and 4th Luso-Brazilian conference on Adhesion and Adhesives, Lisbon, Portugal, p.197.

□小沢　匠，2018，Analytical Study on Transmissibility of Vibration in Floating Floor，平成 30 年度日本船舶海洋工学会秋季講演会，東京，日本，ポスターセッション.

研究開発課題	（４）海上輸送を支える基盤的技術開発

研究テーマ	②海上輸送の新たなニーズに対応した運航支援技術・輸送システム等に関する研究開発

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、海事産業の発展を支える革新的技術、人材育成に資する技術、海上輸送の新たなニーズに対応した運航支援技術、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。	海事産業の技術革新の促進、海運・造船分野での人材確保・育成、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等により我が国海事産業の国際競争力を強化するとともに、我が国経済の持続的な発展に資す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。 ②海上輸送の新たなニーズに対応した運航支援技術・輸送システム等に関する研究開発	海事産業の技術革新の促進、海運・造船分野での人材確保・育成、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等により我が国海事産業の国際競争力を強化するとともに、我が国経済の持続的な発展に資す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。 ②海上輸送の新たなニーズに対応した運航支援技術・輸送システム等に関する研究開発 －操船リスクシミュレータへ他船の自律機能の追加と避航操船機能の試評価を行う。２台のビデオカメラの立体視による画像処理技術を用いた他船検出の基本機能を構築する。等

ＯＩＣＴを利用した大陸間自律運航に係る支援技術に関する研究

研究の背景

海事産業の技術革新の促進、海運・造船分野での人材確保・育成、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等により我が国海事産業の国際競争力を強化するとともに、我が国経済の持続的な発展に資することが求められている。具体的には、

□自律運航システムの構築
□立体視による他船検出システムの研究
□自律航行船の安全基準の研究

研究目標

□自律運航システムのコンセプトの構築
□大洋航行における計画航路に基づいた自律運航システム及び、多段階の自動避航システムの開発
□複数のセンサ及びデータに基づく航行障害物情報の統合センシング技術の開発
□自律運航システム機能を組み込んだシミュレータあるいは実船搭載システムによる有効性評価手法の開発

上記成果は、自律運航機能の普及により、船員不足への対応、ヒューマンエラーによる海難事故の削減が期待できる。また、先進的な技術開発を行うことで、我が国海事産業の国際競争力強化へとなり得る。

平成 30 年度の研究内容

□避航操船として航行妨害ゾーン（OZT）を応用したルールベースのアルゴリズムを開発し、実際の AIS データを用いたシミュレーション環境で検証を行う。
□避航操船を対象として、操船シミュレータ上の他船においても自動避航操船が実現できる環境を構築し、自動避航操船機能の評価を試行する。
□2 台のビデオカメラを含む船載記録システムの構築、画像処理アルゴリズムと船舶位置推定アルゴリズムの検討と実装を行う。画像検出アルゴリズムの工夫により検出率を向上させる検討を行う。
□自律運航を実現するため、現行国際条約及び国内法令の改正点の洗い出しを行い、これに対する現実的な対応案を作成する。
□自律船のバックアップの機能要件の洗い出しを行う。
□OZT の見える化（可視化）による避航操船判断支援システムの開発を行う。（商船三井、商船三井テクノトレード、東京海洋大学との共同研究として実施）

平成 30 年度の研究成果

□OZT を応用したルールベースの避航操船アルゴリズムを開発し、AIS データによるファストタイムシミュレーション上の輻輳海域において、長期に亘り、衝突せずに航行可能なことが確認できた（図 1.2.148）。

□平成 29 年度に操船シミュレータへ組み込んだ自動避航操船機能を拡張して、他船に対する自動避航操船機能を操船シミュレータに組み込み、避航操船を客観的に確認できるようにした。

□自動避航操船機能に組み込んだ避航操船アルゴリズムを対象として、操船シミュレータを用いて、他船の自動避航操船機能評価の試行を行った（図 1.2.149、図 1.2.150）。これにより今後、自動避航機能の安全評価と認証方法の確立に利用する環境を整えた。

□深層学習アルゴリズムにより、カメラ画像から船影の検出ができていることを確認した（図 1.2.151、図 1.2.152）。日中の好天時では、約 95%の検出率を実現している。また両眼画像の船影部分をマッチングし画像一致部分の視野角から相対位置を推定することで GUI（試作）上に他船位置を表示させた。検出した船舶との相対距離の精度について、相対距離約 1 海里の船舶との距離推定では、AIS 位置情報を正として比較した場合、推定誤差+0.5～+4%を実現した（図 1.2.153）。

□自律運航を実現するため、海上安全人命条約等で、現行から変更の必要があるものについて、対応案を整理した。IMO への情報提供を行い（MSC 99、2018 年 5 月）、今後の規則論点整理の一部を海技研が中心となり担当することとなった（MSC 100、2018 年 12 月）。

□自律船のバックアップの機能要件として、基本的な自律機能の洗い出すため、航海のシナリオに沿って、船員が現在行っている作業を①航海計画策定、②離岸作業、③港内操船、④航海、⑤着岸作業という 5 つのフェーズに分類し、各フェーズに対して、船員が現在行っているタスクとサブタスク、サブタスクを実行するために必要な情報、阻害要因とその対策を整理した。

□タブレット端末への OZT の見える化（可視化）による避航操船判断支援システム（図 1.2.154）を開発し、輻輳海域を模擬した状況での操船シミュレータでの評価実験を行い、有効性を確認した。

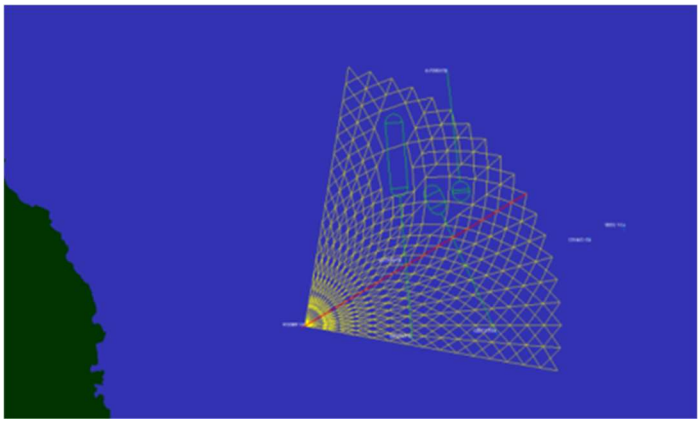


図 1.2.148　避航操船アルゴリズムのシミュレーションテストの画面

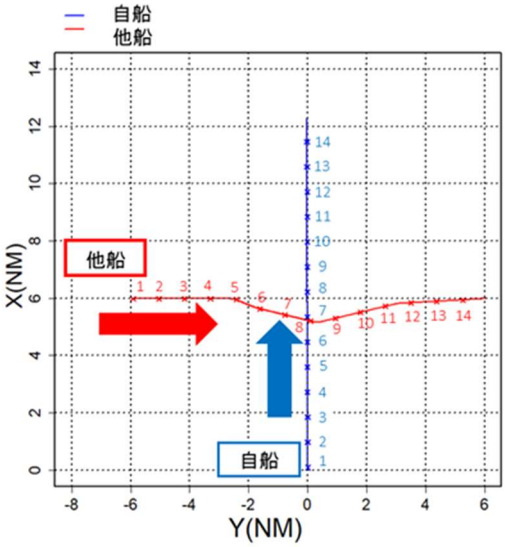


図 1.2.149　自動避航操船機能による他船（赤色）と自船（青色）の航跡（点は 5 分おき）

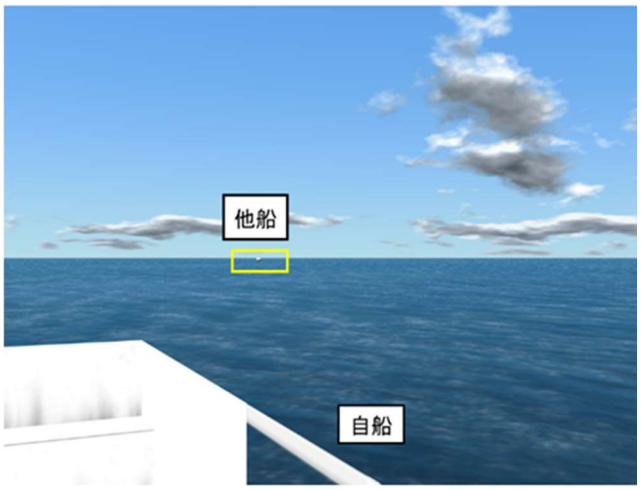


図 1.2.149 の時刻 6 の時点の状況

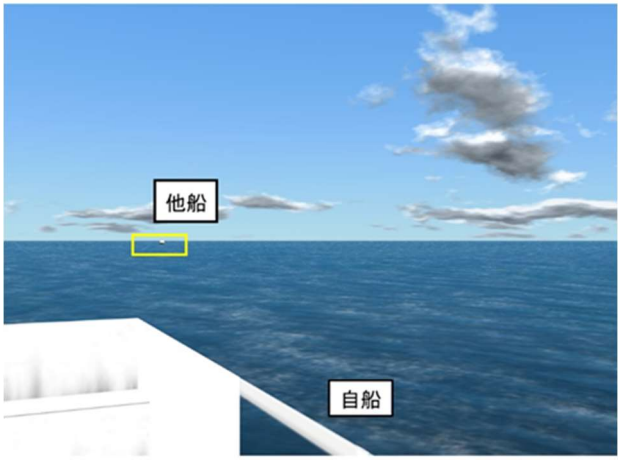


図 1.2.149 の時刻 7 の時点の状況

図 1.2.150　自船の左舷ウイング側からの景観画像による他船の避航状況
（他船のベアリングが変わり自船の後方を航過していく状況）

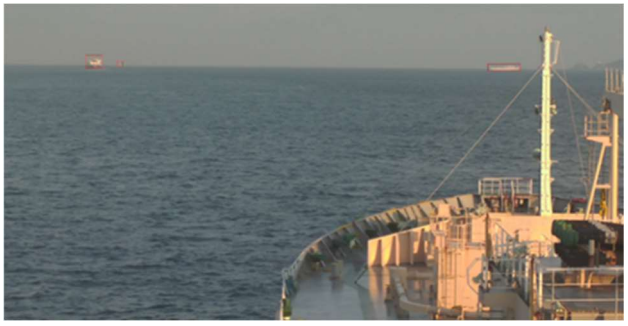


図 1.2.151　左舷のカメラ画像と検出結果

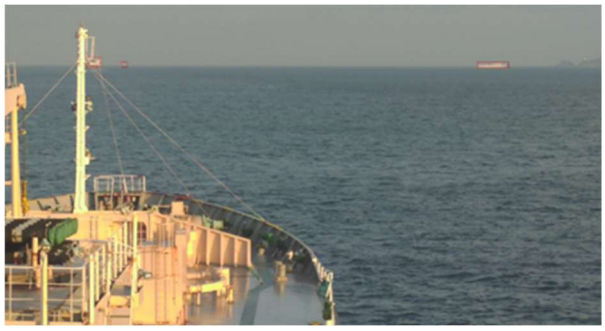


図 1.2.152　右舷のカメラ画像と検出結果

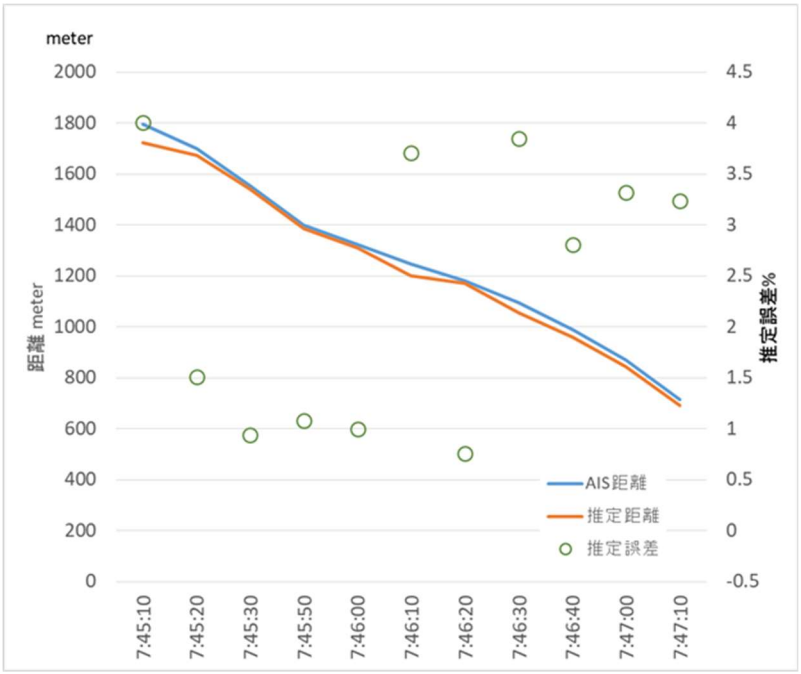


図 1.2.153　AIS 情報との比較による検出した距離の推定誤差

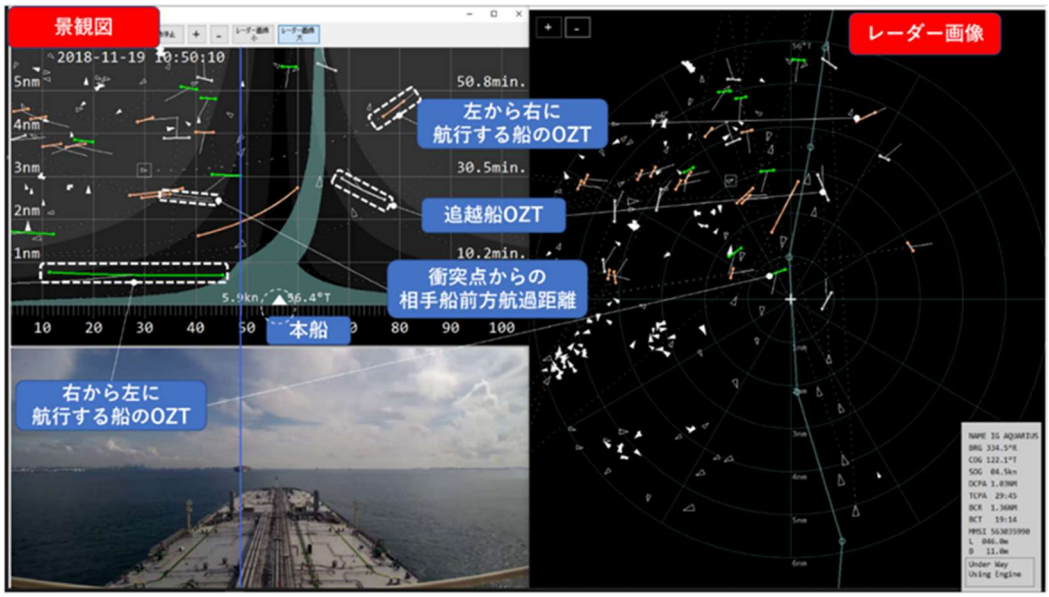


図 1.2.154　OZT の見える化による避航操船判断支援システムの画面

成果の公表

□福戸淳司、自動運航船とその関連技術の国際動向、海事三学会合同シンポジウム（第 4 回）海事分野におけるイノベーション、日本船舶海洋工学会、日本マリンエンジニアリング学会、日本航海学会、pp.31-43.

□福戸淳司、AIS データを用いた遭遇船舶の前方航過距離の計測、日本船舶海洋工学会平成 30 年度秋季講演会論文集第 27 号

□丹羽康之、自動運航船の取組み－国内及び海外プロジェクトについて－、日本マリンエンジニアリング学会誌第 54 巻第 2 号、pp.204-209.

□丹羽康之、自動運航船の衝突回避に係る要素技術、第 3 回交通運輸技術フォーラム～宇宙でつなぐ陸海空の自動運転～、国土交通省、pp.35-43.

□宮崎恵子、丹羽康之、齊藤詠子、疋田賢次郎、小林充、南真紀子、福戸淳司、自動運航船のための避航システムと操船シミュレータでの構成について、日本機械学会交通・物流部門大会

□丹羽康之、小林充、齊藤詠子、福戸淳司、自律避航実現のための取り組み、海上技術安全研究所第 18 回研究発表会、pp124-133.

□吉村健志、小林充、丹羽康之、南真紀子、齊藤詠子、船舶運航における安全への取り組み、日本交通科学学会誌、p.34.

□Eiko SAITO, Yasuyuki NIWA, Junji FUKUTO, Kenjiro HIKIDA, Introduction of an Automatic Collision Avoidance Function on a Ship Handling Simulator, Conference Proceedings of International Society of Offshore and Polar Engineering 2019 (ISOPE 2019)(講演審査通過)

□小林充、丹羽康之、福戸淳司、岩崎一晴、深層学習による景観画像からの船影の検出、日本船舶海洋工学会平成 30 年度春季講演会論文集第 26 号、pp.121-124.

□小林充、丹羽康之、福戸淳司、岩崎一晴、沿岸カメラ画像からの船影の検出と船種の認識への深層学習の適用、日本船舶海洋工学会誌咸臨第 79 号、pp.28-31.

□小林充、丹羽康之、福戸淳司、岩崎一晴、沿岸カメラ画像からの船舶検出に関する研究、日本機械学会交通・物流部門大会

□小林充、ディープラーニングによる他船検出、マリン IT ワークショップ、公立はこだて未来大学

□Susumu OTA, Megumi SHIOKARI, Reiko KIKUCHI, Safe Carriage of Cargoes on Unmanned Maritime Autonomous Surface Ships, The 16th World Congress of the International Association of Institute of Navigation (IAIN) 2018、pp.67-76.

□REGULATORY SCOPING EXERCISE FOR THE USE OF MARITIME AUTONOMOUS SURFACE SHIPS (MASS), Comments on document MSC 100/5, MSC 100/5/5.

□公開実験：避航操船支援システム評価のための公開実験、2018 年 12 月 18 日

研究開発課題	（４）海上輸送を支える基盤的技術開発

研究テーマ	③海上物流の効率化・最適化に係る基盤的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
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、海事産業の発展を支える革新的技術、人材育成に資する技術、海上輸送の新たなニーズに対応した運航支援技術、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。	海事産業の技術革新の促進、海運・造船分野での人材確保・育成、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等により我が国海事産業の国際競争力を強化するとともに、我が国経済の持続的な発展に資す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。 ③海上物流の効率化・最適化に係る基盤的な技術に関する研究開発	海事産業の技術革新の促進、海運・造船分野での人材確保・育成、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等により我が国海事産業の国際競争力を強化するとともに、我が国経済の持続的な発展に資す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。 ③海上物流の効率化・最適化に係る基盤的な技術に関する研究開発 ー輸出入貨物を主な対象に、AIを用いた輸送モデル改良・航路評価手法を開発する。また、地震発生後の輸送計画作成から評価までの輸送シミュレータを開発する。等

○ＡＩ等による海上物流の効率化・最適化・予測等に関する研究

研究の背景

海事産業の技術革新の促進、海運・造船分野での人材確保・育成、多様なニーズに応える海上交通サービスの提供等により我が国海事産業の国際競争力を強化するとともに、我が国経済の持続的な発展に資することが求められている。具体的には以下を行う。

□AI 等を用いた複合一貫輸送の評価の研究
・平時及び震災時における複合一貫輸送評価手法の研究
・船舶の運航情報提供システムの開発
□AI 等を用いた国際海運・造船予測の研究
・データフュージョン技術の開発と統合システムの技術の検討
・海上貨物・造船需要・海運市況等の評価・予測手法の研究及びシステム開発
□ 船隊運航管理システムの高度化
・航海計画アルゴリズムを改良し、アルゴリズムの頑強性、高速性、推定精度を高度化する
・航海評価アルゴリズムを改良し、アルゴリズムの頑強性、推定精度を高度化する
・情報基盤システムのユーザビリティを高度化するとともにビッグデータの取扱ができるデータベースシス
テムへの移行を踏まえた設計を行う

研究目標

□平時及び震災時における複合一貫輸送評価手法及びシステム
□船舶の運航情報提供システム
□海上貨物・造船需要・海運市況等の評価・予測手法及びシステム
□船体運航管理システムの高度化
上記成果は、システムの実用化、普及により、効率的な物流が実現し、環境保全、我が国物流システムの国際
競争力強化へとなり得る。

平成 30 年度の研究内容

□AI 等を用いた複合一貫輸送の評価の研究
・複合一貫輸送の評価の研究では、輸出入貨物を主な対象に、AI を用いた輸送モデル改良・航路評価手法開発を行うとともに、地震発生後の輸送計画作成から評価までの輸送シミュレータを開発する。
・リアルタイム運航状況提供システムの開発では、昨年度に引き続き遅延実態に関するデータを収集するとともに、単航路における運航定時性評価システムのプロトタイプを開発する。

□AI 等を用いた国際海運・造船需要予測の研究
・AIS データ、貨物流動データ、船舶動静データ等を有効に活用し、造船需要予測や海運市況予測を実施するために、各データを融合する（データフュージョン）技術を AI も考慮して開発する。
・造船需要予測では、様々なシミュレーションを効率的に実施するため、モデルに使用される関係式等を自動で生成する手法の検討に着手する。海運市況予測では、特に AIS データを活用し、AI による予測手法を開発する。
□船隊運航管理システムの高度化に関する研究
・アルゴリズム・ソフト開発、評価手法を改良、高度化するとともに、現行のファイル処理を基盤としたシステムから、IoT＆ビッグデータとしてのシステムへ移行するため、プログラム実装を行う。

平成 30 年度の研究成果

□AI 等を用いた複合一貫輸送の評価の研究
・平時(非災害時)を対象とした複合一貫輸送では、輸出入海上コンテナ貨物の全数統計調査である全国輸出入コンテナ貨物流動調査の非集計データを用い、貨物の国内部分の輸送経路を評価する推定モデルを Deep Learning 手法を用いて改良した。その結果、4 経路中から正解経路を選択する場合で 95%程度の正解率を得ることが出来た（図 1.2.155）。
・災害時を対象とした複合一貫輸送では、地震発生後の輸送計画作成から評価までの輸送シミュレータを開発して評価を行った。その結果、広域震災時におけるプッシュ型輸送(4～7 日目用の災害支援物資輸送)の実施にあたり、被災港(瀬戸内海及び付近の港を除く)も用いた海上輸送を併用することで遅延を効果的に緩和できる可能性があることを示した（図 1.2.156）。

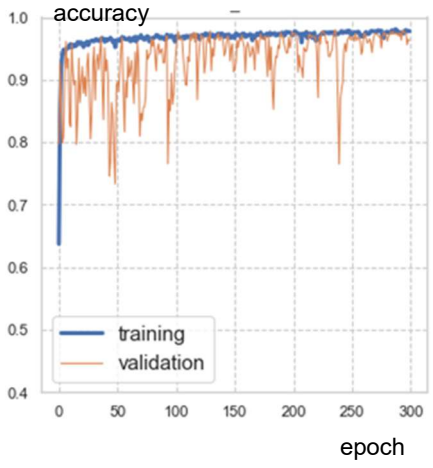


図 1.2.155　輸出入貨物経路推定の学習経過例

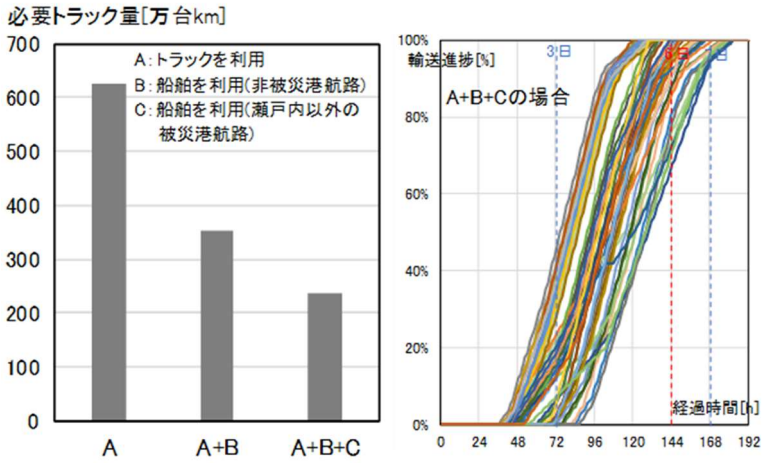


図 1.2.156　南海トラフ地震を想定した災害支援物資輸送評価例

・リアルタイム運航状況提供システムの開発では、季節変動等の要因による遅延や運休・欠航が発生しているのかを明らかにするために、前年度より収集している貨物鉄道とフェリーにおける遅延実態に関するデータについて時系列分析を行った。その結果長距離フェリーは、夏期の遅れは少ないが冬期に多くなる傾向が見られ、貨物鉄道は平均的に遅れが多い傾向が見られた（図 1.2.157）。
・昨年度作成した到着予定を遅延実態から予測させるモデルを用いた、運航定時性評価システムのプロトタイプを作成した（図 1.2.158）。

図 1.2.157　貨物鉄道・フェリーの遅延の実態

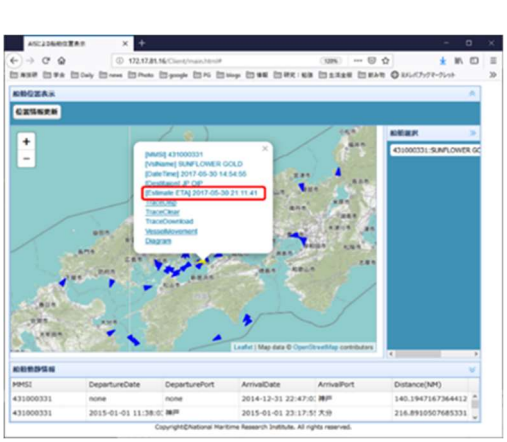


図 1.2.158 フェリー到着予測システムプロトタイプ

□AI 等を用いた国際海運・造船需要予測の研究

・IMO GHG Study の GHG 排出予測における船舶の減速航行等を評価するため、AIS データ等の各種運航データを融合した解析技術を構築した。海運・造船予測のシミュレーションにより、IMO の GHG 削減戦略における燃費効率目標の達成方法を算定した（図 1.2.159）。

・豪州から出港するバルクキャリアの鉄鉱石積載量の実績値に対して船舶動静データを融合し、船舶の喫水、停泊時間等から Deep Learning により積載貨物量を推計した。従来の回帰モデルとの比較から Deep Learning の手法が有効であることを実証した（図 1.2.160）。

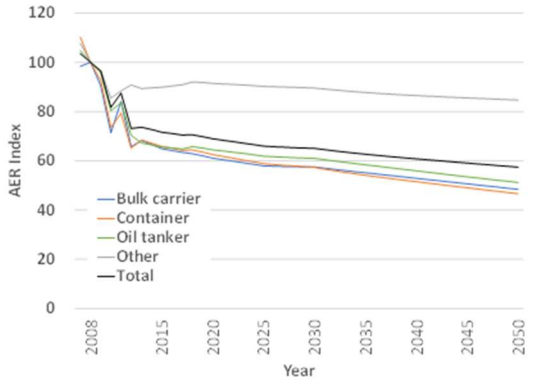


図 1.2.159　燃費効率のシミュレーション結果

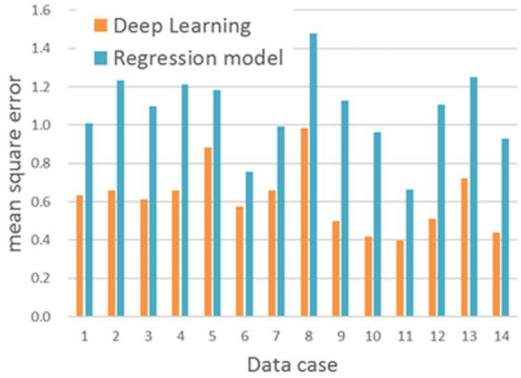


図 1.2.160　積載貨物量の推計結果（DL と回帰モデル）

・航路別に衛星 AIS データから、ある海域の船舶隻数、船速、総船舶容積の時系列データを抽出した。この抽出した衛星 AIS データと各種統計データ（石油価格、各種経済指標等）を入力データとし、航路別の海上運賃を予測するモデルを Deep Learning の技術を用いて構築した。（図 1.2.161）

・造船需要予測のモデルについて自動生成手法の検討に着手した。また造船市場に関して利益最大を目的とした建造能力の最適化問題として System Dynamics に基づく解析システムを強化した。このシステムを用いて各種解析を行い、造船建造能力の拡張・削減が将来の造船需給バランスに与える影響を考察した（図 1.2.162）

	先行研究の手法	本研究の手法
方向一致率	68.9 (%)	79.8 (%)
相関係数	0.54 (-)	0.76 (-)
絶対平均誤差	0.80 ($/ton)	0.56 ($/ton)

図 1.2.161 豪州-中国間の海上運賃の予測結果

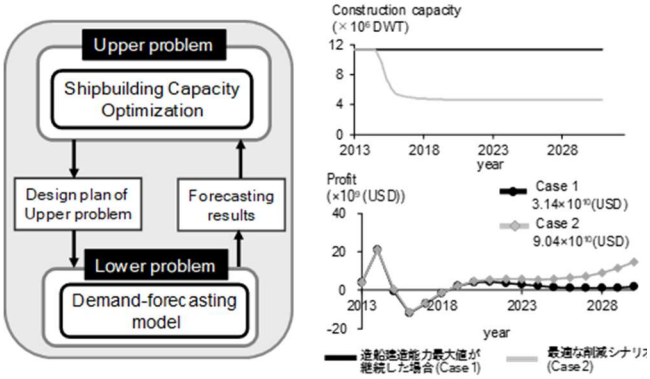


図 1.2.162 造船建造能力の最適化結果

□船隊運航管理システムの高度化に関する研究

・航海計画アルゴリズムの高度化のため、船速計画に加えて航路最適化アルゴリズムを構築し、デスクトップ PC 上で検証を行い、燃料消費量の抑制効果を確認した（図 1.2.163）。

・船舶と航海の指定により、船速、燃料消費量、航跡等のモニタリング可視化データを出力するプログラムを開発し、解析結果の確認作業を支援した（図 1.2.164）。

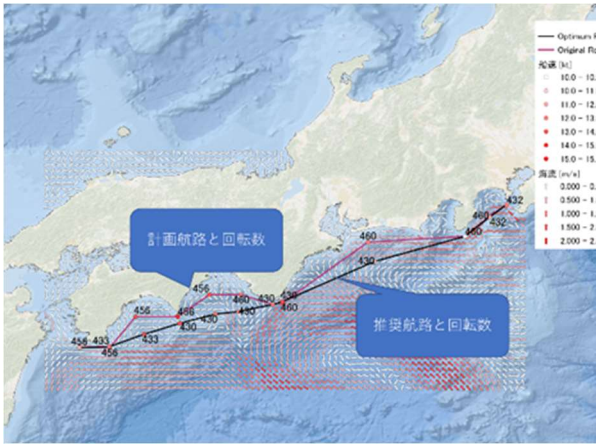


図 1.2.163 航海計画のシミュレーション結果

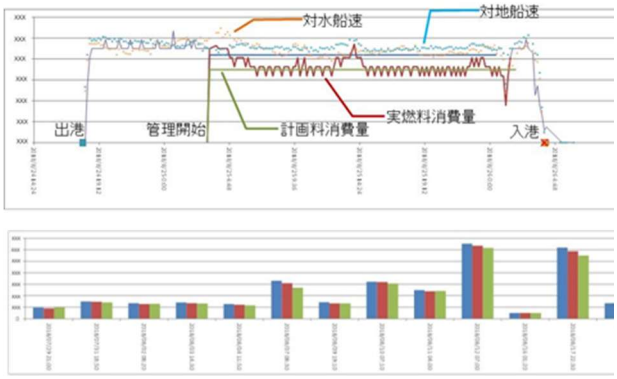


図 1.2.164 モニタリングデータの可視化
（上図：履歴図：燃料消費量の月次報告）

成果の公表

□論文

(1)査読付きジャーナル

・Taro ARATANI and Keiji SATO: Possibility of intermodal freight transport using ferry and RORO ships in Japan, Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin, No.54(126), pp95-102, 2018.

・Wada, Y., Hamada,K.,Hirata, N. : Shipbuilding capacity optimization using shipbuilding demand forecasting model, Journal of Marine Science and Technology, (投稿中) (2019).

(2)本文査読付きプロシーディングス

・Hwayoung KIM and Taro ARATANI：Analysis of Efficiency on Automobile Export Ports in Korea and Japan, Asia Navigation Conference 2018 proceedings, (USB), 2018.

・Wada, Y., : Dry Bulk Freight Index Forecasting based on Satellite AIS Data using Deep Learning, International Association of Maritime Economists 2019 (IAME 2019), Greece, (投稿中)(2019).

(3)講演予稿集等(本文査読無し)

・和田祐次郎：Deep Leaning を用いた衛星 AIS 情報によるバルチック海運指数の予測に関する研究，日本船舶海洋工学会平成 30 年春季講演会(2018).

・松倉洋史、和田祐次郎：内航貨物経路推定と海運市況予測ー物流分野における AI・ビッグデータへの取組みからー，海上技術安全研究所第 18 回研究発表会 (2018).

・小坂浩之：GHG 削減と国際物流の動向，第 18 回海上技術安全研究所講演会 (2018).

・荒谷太郎，佐藤圭二：都府県別の潜在的な海上輸送分担率の推定， 土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集，第Ⅵ部門 2018.

・松倉洋史、荒谷太郎、間島隆博：広域震災時の支援物資輸送における海上輸送の必要性，船舶海洋工学会 2019 年春季講演会予稿集(2019)

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】

国土交通省では、港湾・空港施設等の防災及び減災対策、既存構造物の老朽化対策、国際コンテナ戦略港湾や首都圏空港の機能強化、海洋開発の拠点整備等の緊急的な課題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カ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】

中長期目標に掲げられた研究開発課題、すなわち東日本大震災を教訓とした地震や津波の防災及び減災対策、港湾・空港 等施設における既存構造物の老朽化対策、産業の国際競争力強化のための国際コンテナ戦略港湾や首都圏空港の機能強化、海洋開発の拠点整備など、国土交通省が推進する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に対する適切な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。

基礎的な研究開発等のうち、波浪、海浜、地盤、地震、環境、計測等に関する研究は、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、中長期目標期間中を通じてこれらを推進し、波浪や海浜変形等に係るメカニズムや地盤及び構造物の力学的挙動等の原理や現象の解明に向けて積極的に取り組む。また、個別の港湾・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。

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のある萌芽的研究に対しても、先見性と機動性を持って的確に対応する。

なお、港湾・空港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等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、引き続き維持する。

【年度計画】

中長期目標に掲げられた研究開発課題、すなわち東日本大震災を教訓とした地震や津波の防災及び減災対策、港湾・空港等施設における既存構造物の老朽化対策、産業の国際競争力強化のための国際コンテナ戦略港湾や首都圏空港の機能強化、海洋開発の拠点整備など、国土交通省が推進する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に対する適切な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。

基礎的な研究開発等のうち、波浪、海浜、地盤、地震、環境、計測等に関する研究は、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、中長期目標期間中を通じてこれらを推進し、波浪や海浜変形等に係るメカニズムや地盤及び構造物の力学的挙動等の原理や現象の解明に向けて積極的に取り組む。また、個別の港湾・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。

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。

また、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のある萌芽的研究のうち、特に重点的に予算配分するものを特定萌芽的研究と位置づけて実施するとともに、年度途中においても、必要に応じ新たな特定萌芽的研究を追加し、実施する。

なお、港湾・空港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等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、引き続き維持する。

◆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分野の研究を的確に実施するため、研究分野のそれぞれについて社会・行政ニーズ及び重要性・緊急性を踏まえ、9 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、平成 29 年度末に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、科学技術基本計画は、「国の政策的な戦略・要請に基づく基礎研究は、学術研究と共に、イノベーションの源泉として重要である。このため、国は、政策的な戦略・要請に基づく基礎研究の充実強化を図る。」と規定し、基礎研究を重視している。これを踏まえ、中長期目標は、波浪・海浜・地盤・地震・環境等に関する原理・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、平成 30 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、平成 30 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については、適切な評価とこれに基づく予算配分を行い、先見性と機動性をもって推進することとした。

◆当該年度における取組状況

（１）基礎研究への取組

平成 30 年度も基礎研究を重視し、波浪・海浜・地盤・地震・環境等に関する原理・現象の解明に向けた研究を実施した。平成 30 年度においては、54 の研究実施項目のうち、23 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、

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。

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。特定萌芽的研究の予算充当期間は１年間で、予算額は一課題当たり 300 万円程度を限度とするが、必要と認められる場合には、研究所の財政事情等を勘案の上、予算の積み増しを検討する。

なお、特許につながる可能性が高いなど研究内容の秘密を保持する必要があるものについては、特定萌芽的研究 B として研究責任者からの申し出によって設定し、その研究の具体的な内容については、研究終了から原則として１年間は対外的に秘密を保持することとしている。応募のあった特定萌芽的研究の採択に当たっては、研究所において、主に学術的な視点から審議するテーマ内評価会は行わず、研究所幹部で構成する内部評価委員会で審議のうえ採否を決定することとしている。これは、テーマ内評価会の評価が専門的な見地からなされたことにより、新たな着想による研究の芽をつみ取らないための配慮であり、将来の発展性が未知の課題に対する採択の可否は研究所全体で行うべきと判断したことによる。また、特定萌芽的研究についても外部評価委員会において研究評価を行っているが、その際は、選定した案件に関し研究の進め方等についての提言を受けることを主眼としている。

平成 30 年度は、４月以降に研究所に着任した研究者にも特定萌芽的研究に取り組む機会を与えるため、年度途中においても必要に応じ特定萌芽的研究の追加募集を行った。追加募集の結果、年度当初計画の２件に加え、３件を追加採択した。採択した特定萌芽的研究に対し、予算上の制約はあったものの、最大限の配慮を行って 14,000 千円の予算を配分した。この研究をきっかけに、科研費やその他の助成金の採択につながった研究もあり、新たな研究分野の開拓に向かっている。

研究開発課題	（１）沿岸域における災害の軽減と復旧

研究テーマ	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、東日本大震災をはじめとした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、新たな災害が発生した場合には迅速に対応しつつ、港湾・空港等における地震、津波及び高潮・高波災害の軽減及び復旧に関する研究開発等に取り組む。	南海トラフ巨大地震や首都直下地震に代表される地殻変動の活発化や異常気象による巨大台風の発生等による大規模災害の発生リスクが高まるなか、今後起こりうる災害をいかに軽減し、また迅速に復旧復興を図ることに重点をおいて、ハード及びソフト両面からの取組が求められている。 このため、既往の災害で顕在化した技術的な課題への取り組みを継続しつつ、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に代表される地殻変動の活発化や異常気象による巨大台風の発生等による大規模災害の発生リスクが高まるなか、今後起こりうる災害をいかに軽減し、また迅速に復旧復興を図ることに重点をおいて、ハード及びソフト両面からの取組が求められている。 このため、既往の災害で顕在化した技術的な課題への取り組みを継続しつつ、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 －大都市直下で発生する大地震に対する強震動予測手法に関して、強震観測記録の蓄積を活用し、スラブ内地震を対象とする適切な強震動評価手法を確立する。 －多種多様な施設で構成されるコンビナートの防災性向上に関する診断・対策技術に関して、護岸構造物及び護岸近傍施設の耐震性評価手法を取りまとめ、耐震対策の提案を行う。 －地盤工学的観点からの高波に対する海岸施設の安定性評価手法に関して、実験と解析による地盤崩壊メカニズムの検討を行う。 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。

平成 30 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

最大級の地震による波形予測と被害予測に関して、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、地震災害および被災要因調査、大都市直下で発生する大地震に対する強震動予測手法の開発、地震動の連成作用下の液状化地盤の挙動評価・分析と対策について検討を行った。大都市直下で発生する大地震に対する強震動予測手法に関しては、当所の開発した疑似点震源モデルによる強震動シミュレーションのスラブ内地震への適用性を示し、強震動評価手法として確立した。また、地震動連成作用下における地盤の液状化挙動の評価・分析を行い、液状化域の進展・伝播に伴う地盤内流動特性・機構を明らかにした。9 月に発生した北海道胆振東部地震では、苫小牧港にて被災調査を行うとともに、被災調査結果や強震観測記録、震源情報をもとに技術的

支援を行った。

（２）最大級の地震に対する被害軽減技術に関する研究

最大級の地震に対する被害軽減技術に関して、多種多様な施設で構成されるコンビナートの防災性向上に関する診断・対策技術、最大級の地震に対する洋上風力発電設備・沿岸域構造物の耐震性能照査の技術開発について検討を行った。既存の民有コンビナート施設に関して簡易耐震診断手法のとりまとめを行うとともに、低コスト耐震対策の提案を行った。技術基準に反映された鋼管部材の耐震設計法については照査法の適用性を確認した。

（３）地震・津波・高波と地盤ダイナミクスの相互作用に関する研究

地震・津波・高波と地盤ダイナミクスの相互作用に関して、沿岸構造物の吸い出し・陥没等安定性評価と対策技術の開発、地盤工学的観点からの高波に対する海岸施設の安定性評価手法について検討を行った。

平成 30 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

強震観測データは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必要不可欠であるほか、被害予測技術や耐震補強技術の検証など、研究面でも欠かすことのできないものである。港湾地域強震観測は昭和 37 年から継続的に実施されており、再来大地震による同一地点での強震記録を取得するなど、蓄積されているデータは国際的にも類を見ないものである。平成 30 年末現在では図-1.3.1 に示すように 61 港湾の 161 箇所で観測を行っており、平成 30 年 1 月～12 月の期間で 2332 個の強震記録が取得されている。この間の代表的な記録としては 9 月 6 日に発生した北海道胆振東部地震(M6.7)による苫小牧港の記録がある。この記録の最大加速度は 349Gal と大きかったが、港湾構造物の被災程度と相関が高い指標とされる PSI 値は 28 であり極めて大きい部類では無かった。地震発生時には地震動情報即時伝達システムを介して港湾における加速度等の情報を行政機関等に即時配信し、行政機関に活用されたほか、復旧の検討にも用いられた。これらの記録を整理・解析した結果については最終的に港湾空港技術研究所資料として刊行する予定である。今後は、引き続き行政機関と連携して観測網の維持管理を適切に行っていくとともに、観測記録の整理解析を進め、地震時の行政機関による対応の支援、地震災害の軽減や復旧に関する研究に活用していく。

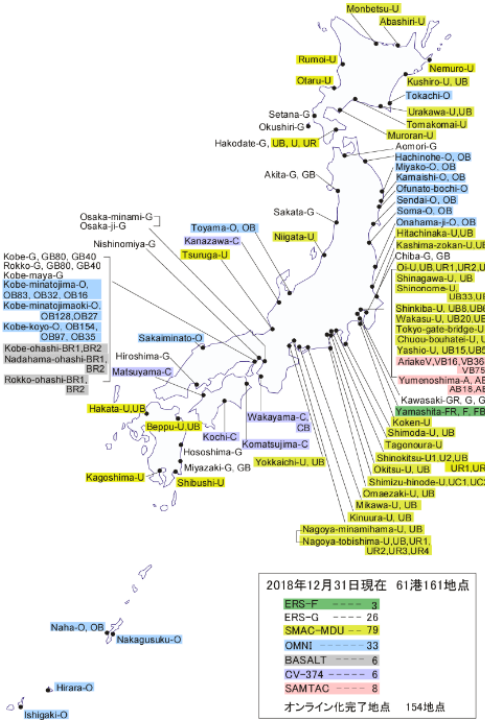


図-1.3.1 港湾地域強震観測網

②地震災害および被災要因調査

9 月 6 日に発生した北海道胆振東部地震(M6.7)では、行政機関からの要請を受け、国土技術政策総合研究所と連携し、9 月 7 日～8 日にかけて苫小牧港で被災調査を実施した（図-1.3.2）。また、その結果を受け、上述の強震観測結果や後述の震源情報も参照しつつ、その後の復旧に向け、行政機関への継続的な技術的支援を行った。

地震後の復旧復興の拠点としての港湾の役割の重要性を踏まえ、地震後の係留施設の利用可否判断を迅速かつ適切に行うことがますます重要な課題となってきている。当所では、本省・関東地方整備局等関係機関と連携し、RTK-GNSS を用いた岸壁使用可否判断支援システム（スマートフォンアプリ、PC ソフトウェアを含む；図-1.3.2）の開発を行ってきている。これは地震時の岸壁法線の変位を数 cm の誤差で計測できるものであり、部材の損傷程度の正確な把握を可能とするものである。本システムを川崎港に適用し、システムの稼働に必要な基準点を選定し、施設変形量測定および施設の供用可否判断（損傷判断）が可能であることを実証し、地震後の利用可否判断に資するものであることを確認した。

今後は引き続き RTK-GNSS ツールの現地試験導入、施設の利用可否判断の検討を行う。また、被害を伴うような地震が発生した場合に現地調査を実施して被害状況を整理分析し、施設被災メカニズム解明の検討を行う。

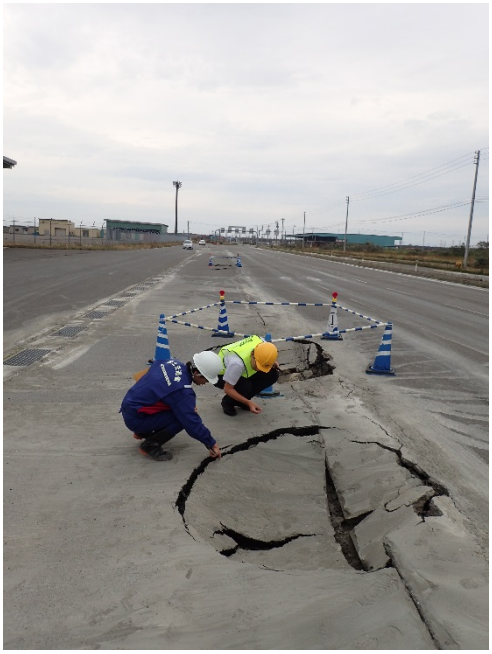


図-1.3.2　苫小牧港における被災調査

アプリ上での利用可否判定および変形量－部材損傷関係の表示

図-1.3.3　RTK-GNSS を用いた岸壁使用可否判断支援ツール

③大都市直下で発生する大地震に対する強震動予測手法の開発

大都市直下で発生する大地震に対する強震動予測手法に関して、当所の開発した疑似点震源モデルによる強震動シミュレーションのスラブ内地震への適用性を示し、強震動評価手法として確立した。スラブ内地震の観測記録は、震源での破壊の影響が直接的に表れた記録、地盤の応答の影響を強く受けた記録など様々であるが，それらを疑似点震源モデルという一つの枠組みの下で説明できることを確認した。

9 月に発生した北海道胆振東部地震については、震源断層の破壊過程の推定、震源近傍の強震記録の分析などに取り組むとともに、強震計のなかった苫小牧東港で余震観測を行い、得られた記録に基づき東港での地震動の推定を行った。その際、周辺の強震記録を説明できるような疑似点震源モデルを構築し（図-1.3.4）、これを利用して苫小牧東港での地震動を推定した（図-1.3.5）。結果については本省等に情報提供を行い、復旧の検討にも用いられた。

今後は震源近傍における地震動の精度向上などの課題に取り組んでいく。

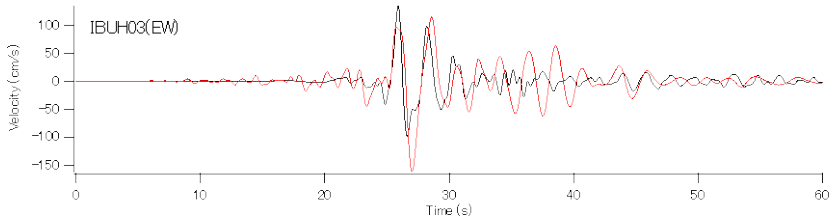


図-1.3.4　北海道胆振東部地震を対象とした疑似点震源モデルによる KiK-net 厚真（IBUH03）での速度波形（0.2-2Hz）の計算結果（赤）と観測結果（黒）

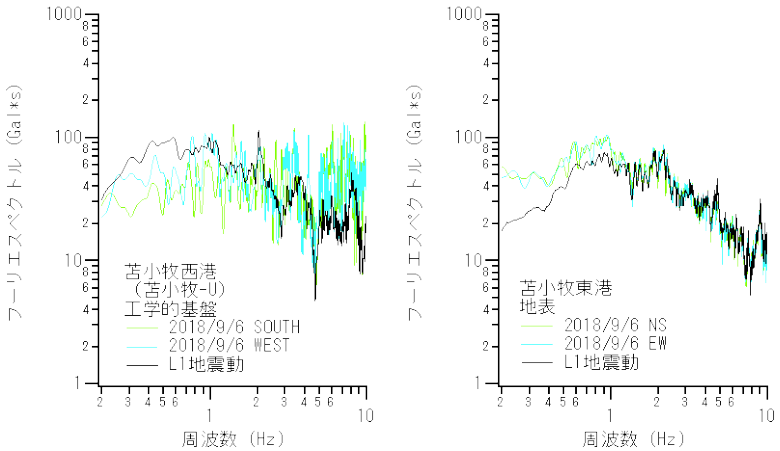


図-1.3.5　（左）苫小牧西港におけるレベル 1 地震動と北海道胆振東部地震の地震動の比較．（右）苫小牧東港におけるレベル 1 地震動（西港におけるレベル 1 地震動をサイト増幅特性の違いの分だけ補正したもの）と北海道胆振東部地震の地震動（推定値）の比較．

④地震動の連成作用下の液状化地盤の挙動評価・分析と対策

南海トラフ地震、首都直下地震等、地震動の連成作用や細粒分を含有する地盤を対象として液状化挙動の評価・分析を行い、液状化域の伝播に伴う地盤内流動とボイリングを抑止するための新たな知見を得た。これらの成果は、国内の複数の論文集に掲載されると共に、米国発祥の海洋分野で著名な ISOPE 学会のジャーナル(IJOPE)に掲載されるなど、国内外の評価を得た。併せて、当該地震動に対して有効な新たな発想による、臨港道路やエプロン等の液状化対策技術を提案した。これは、図-1.3.6 に示すように、液状化に伴う臨港道路等表面の大きな変状はボイリングによってもたらされる場合が多いことに着目し、表面付近に人工排水材を導入することで、液状化の発生を許容しつつも表面付近の大きな変状を抑止することを意図したものである。今後は、有効な地盤対策技術および液状化被害抑止技術について検討・検証を進めていく。なお、2018 年インドネシア・スラウェシ地震津波災害については、現地調査を実施し、地震液状化に伴う海岸・海底地すべりによる津波の発生機構を明らかにした。これは、後述の地震・津波・高波と地盤ダイナミクスの相互作用に関する研究とも密接に関係するものである。

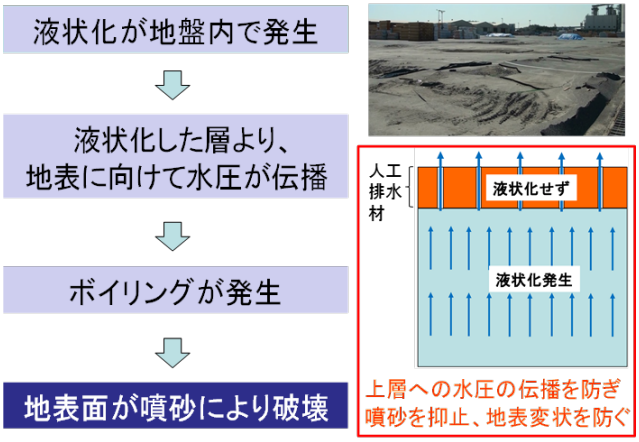


図-1.3.6　人工排水材を用いた液状化伝播・ボイリング被害抑止工法：概念図

（２）最大級の地震に対する被害軽減技術に関する研究

①多種多様な施設で構成されるコンビナートの防災性向上に関する診断・対策技術

内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の課題「大規模実証実験等に基づく液状化対策技術の研究開発」として臨海部埋立地コンビナート施設の耐震対策について一連の検討をこれまで行ってきた。最終年度である平成 30 年度は、既存護岸の低コスト耐震対策等に関するこれまでの検討結果をとりまとめるとともに、国際会議においてそれらの技術に関する提案を行った。また、既存の民有コンビナート施設に関して、施設所有者が施設の地震時被害を簡便に推定できる GIS ベースの簡易耐震診断手法の開発を過年度にひきつづき実施し完成させた。これは、コンビナート施設（タンク・護岸・パイプライン等）の地震被害予測をデジタル地図上で共有し、効率的な対策や復旧活動支援を可能とするものである（図-1.3.7）。

図-1.3.7　GIS ベースの簡易診断手法

②最大級の地震に対する沿岸域構造物の耐震性能照査の技術開発

平成 30 年改訂の港湾の施設の技術上の基準では本研究の成果が活用され鋼管部材の耐震設計法が大幅に改められた。平成 30 年度は新たな設計法を適用して過去の被災事例に対する再現解析を実施し、桟橋の残留変位、鋼管杭における局部座屈の発生状況について、被災状況と整合する結果を得た（図-1.3.8、図-1.3.9）。これは新たな設計法の一層の信頼性向上に資するものである。この他、液状化地盤と地中構造物との相互作用による沈下メカニズムに関する数値解析、大ひずみ領域における地盤の繰返しせん断特性に適用可能な試験方法について検討した。

これまでに蓄積された地盤・杭・構造物の動的相互作用に関する知見を活かし、次年度より洋上風力発電設備を対象とした耐震性能照査手法の検討を進める予定である。

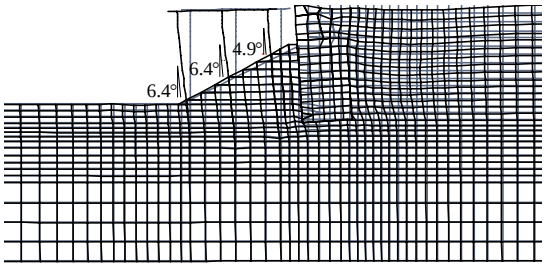


図-1.3.8　数値解析の結果（桟橋の変形）

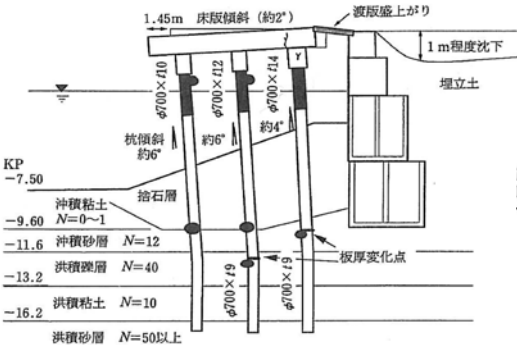
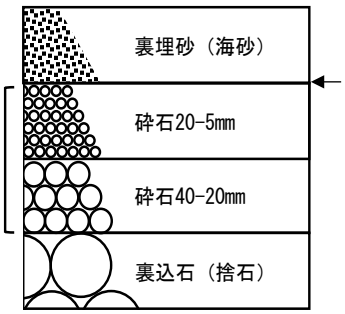


図-1.3.9　被災調査結果（1995 年神戸港）

（３）地震・津波・高波と地盤ダイナミクスの相互作用に関する研究

①沿岸構造物の吸い出し・陥没等安定性評価と対策技術の開発

地震・波・流れによる多様な動的外力作用下の吸い出し・陥没等安定性評価と分析を行い当該特性・メカニズムを明らかにすると共に、吸い出し・陥没抑止に有効な新たな対策技術を提示した（図-1.3.10）。得られた成果は、複数の現場に速やかに反映された。さらに、洋上風力発電施設基礎モノパイルやパイプラインなどの沿岸構造物の安定性評価と対策技術の研究を実施し、高波作用時の地盤液状化に伴うモノパイルの安定性やパイプ挙動ならびに効果的な対策法に関する知見を得た（図-1.3.11）。波による液状化分野で世界をリードしており、今後は、これらの成果を沿岸、海洋の利用や開発のために活用できるように展開していく予定である。



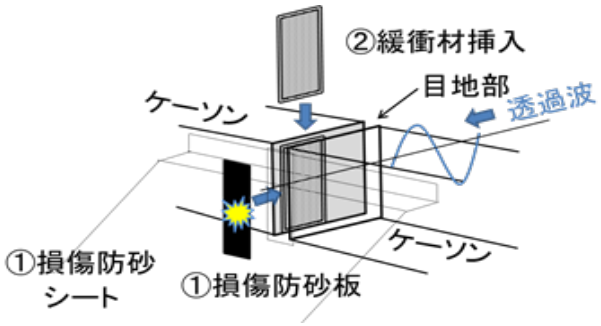
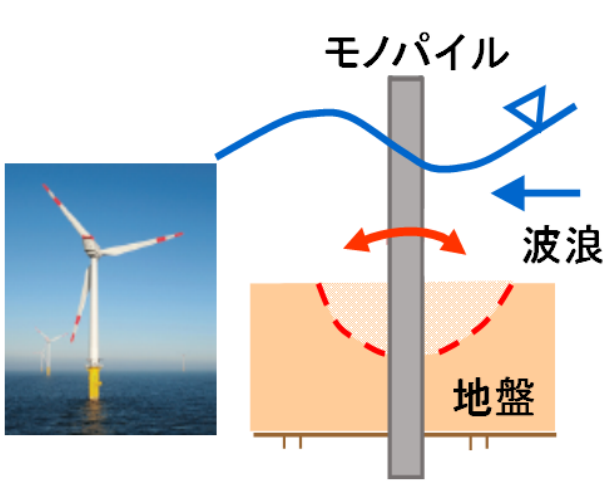


図-1.3.10　吸い出し防止対策としての二層構造のフィルター層の概念図(左)と吸い出し・陥没リスク抑制に向けたケーソン目地透過波低減法: 概念図(右)



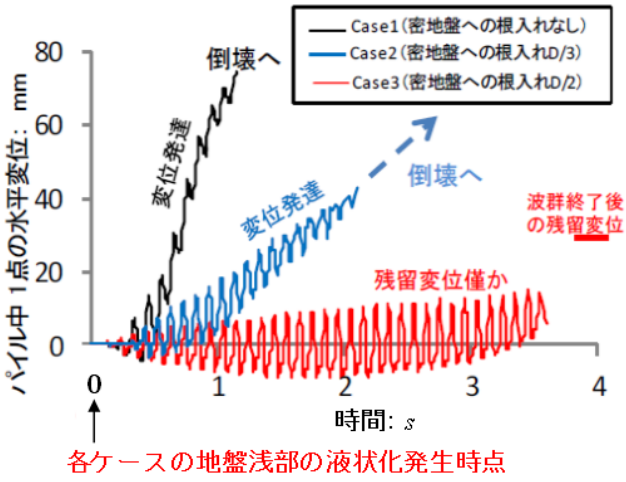


図-1.3.11　高波作用下の液状化によるモノパイルの残留変位と密地盤への根入れ効果：遠心実験結果

②地盤工学的観点からの高波に対する海岸施設の安定性評価手法の検討

今後大型化が想定される台風や低気圧に伴う高波に対して、地盤を含んだ、海岸保全施設の安定性評価手法を構築することを研究の目的としている。

これまで、実験手法と数値解析手法の検討を進めてきている。具体的には、負圧の計測や地盤の微小変位を計測するための画像解析手法の検討、高波の影響を受ける地盤の安定性を調べる遠心模型実験手法の検討、遠心力場での波の流体解析による再現性に関する検討、波・流れ再現装置での不規則波の発生方法の検討等を行った。

本研究は、波浪と地盤の複合問題であり、先駆的・独自的な研究である。遠心力場で波と流れを同時に再現できる装置を世界で初めて製作した。今後は、この装置を利用し、海岸保全施設の安定性を確認する実験を種々の断面において系統的に実施するとともに、数値解析によって安定性を評価できる方法について検討し、海岸保全施設の効果的な対策に寄与していく予定である（図-1.3.12）。

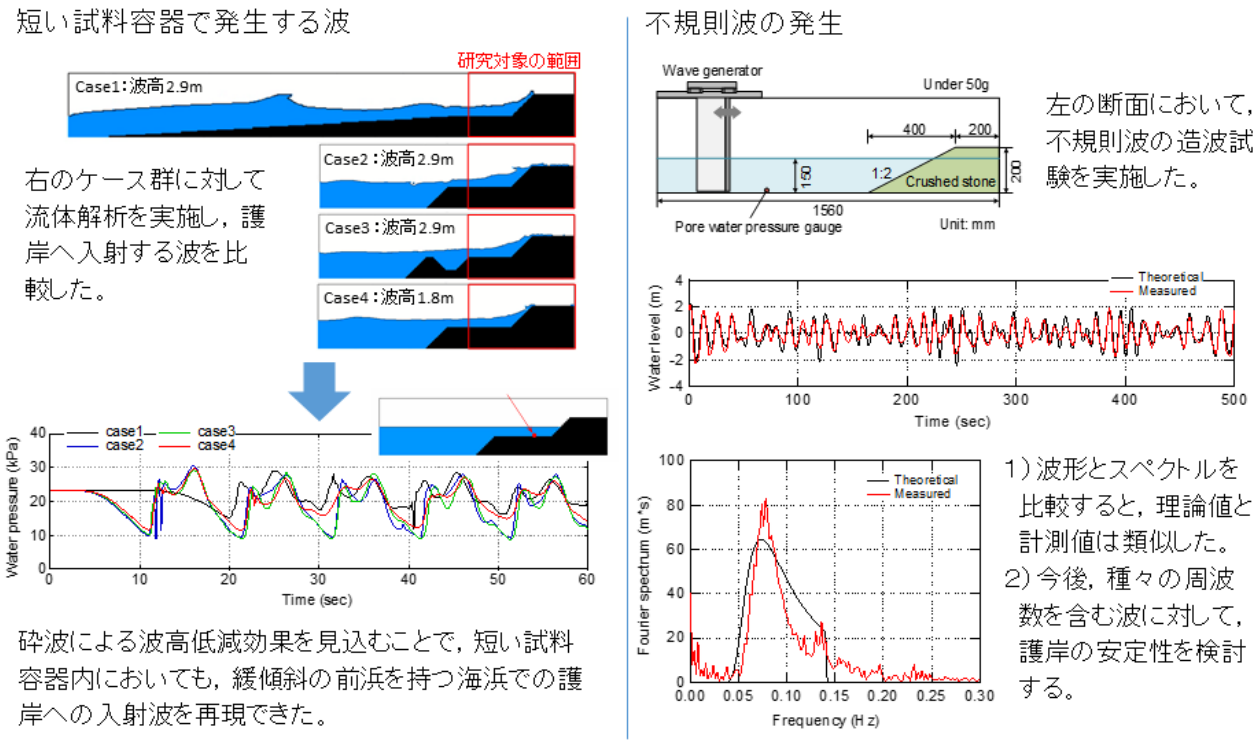


図-1.3.12　波・流れ再現装置での不規則波の発生方法の検討

成果の公表

□港湾空港技術研究所報告・港湾空港技術研究所資料：６編

・野津厚，長坂陽介（2018）：港湾地域強震観測年報（2016），港湾空港技術研究所資料, No.1347.

・野津厚，長坂陽介（2018）：疑似点震源モデルによる強震動シミュレーションのスラブ内地震への適用，港湾空港技術研究所報告（印刷中）.

・野津厚，伊豆太，佐々真志，小濱英司，大矢陽介，寺田竜士，小林孝彰，近藤明彦，長坂陽介，鈴木健之，坪川将丈，内藤了二，竹信正寛，福永勇介，鬼童孝（2018）：平成 28 年(2016 年)熊本地震による港湾施設等被害報告，港湾空港技術研究所資料，No.1348.

・小濱英司，夏坂亮太，府川裕史（2018）：動的応答特性を考慮した胸壁の照査用震度と耐震性能照査への適応性，港湾空港技術研究所資料，No.1343.

・小濱英司，粟津進吾，大矢陽介，塩崎禎郎（2019）：制振部材を活用した鋼管杭式桟橋の補強に関する検討，港湾空港技術研究所資料（印刷中）.

・Takahashi, H., Fujii, N., Morikawa, Y. and Takano, D. (2019): Development of Hydro-Geotechnical Centrifuge PARI Mark II-R, Technical Note of the Port and Airport Research Institute, No. 1353.

□発表論文（英文）：１９編

・Ohya, Y. and Kohama, E. (2018): Experiment on ground subsidence caused by interaction between underground structure and liquefied ground, Proc. 16th Europian Conference on Earthquake Engineering, Paper No.11487.

・Awazu, S., Kohama, E., Ohya, Y. and Shiozaki, Y. (2018): Analysis and experiment of a pier with steel pipe piles using supplemental damping devices, Proc. 16th Europian Conference on Earthquake Engineering,

Paper No.11493.
・Kohama, E., Sugano, T., Yonehara, Y., Soeda, H., Ogi, S., Akashi, K. and Satoh S. (2018): Shake table test and numerical analysis on seawall with composed wall of deep and shallow sheet piles, Proc. 16th Europian Conference on Earthquake Engineering, Paper No.11589.
・Kondo, A., Kohama, E., Endo, T., Takahashi, Y., Watanabe, K., Kokusyo, H., Yoshihara, T. and Kubota K. (2018): Basic deformation characteristics of wharf remodeled using existing structures, Proc. 16th Europian Conference on Earthquake Engineering, Paper No.11340.
・Itoh, H., Kohama, E., Nishi, H., Terada, R., Kawamata, Y., Sugano, T., Tsurugasaki, K. and Miyamoto, J. (2018): Large scale shake table model test on industrial facilities in coastal reclaimed area, Proc. 16th Europian Conference on Earthquake Engineering, Paper No.11325.
・Natsusaka, R., Fukawa, H. and Kohama, E. (2018): Evaluation of seismic coefficients of coastal parapet levees and applicability to practical design, Proc. 16th Europian Conference on Earthquake Engineering, Paper No.11257.
・Nozu, A. (2018): Strong motion simulation for the main shock of the 2004 Southwest-off Kii Peninsula earthquake based on pseudo point-source model, Proc. 16th Europian Conference on Earthquake Engineering, Paper No.11687.
・Nagasaka, Y. and Nozu, A. (2018): Strong ground motion simulation of the mainshock of the 2016 Kumamoto earthquakes with multiple point sources and near surface ruptures, Proc. 16th Europian Conference on Earthquake Engineering, Paper No.11398.
・Nozu, A. and Nagasaka, Y. (2018): Borehole vertical arrays in Japanese ports, Proc. 16th Europian Conference on Earthquake Engineering, Paper No.12175.
・Kobayashi, T. and Sassa, S. (2018): Liquefaction assessment of sand in sequenced seismic motions, International Journal of Offshore and Polar Engineering, Vol.28, No.4, pp.1-7.
・Sassa, S. and Takagawa, T. (2019): Liquefied gravity flow-induced tsunami: first evidence and comparison from the 2018 Indonesia Sulawesi earthquake and tsunami disasters, Landslides, Vol. 16, No. 1, pp.195-200.
・Takenouchi, K., Sassa, S., Yamazaki, H., Konishi, T., Shinsaka, T., Kanno, Y., Okada, H. and Takahahi, T. (2018): Development and field verification of a new compaction grouting method with improved upheaval control, ASCE Geotechnical Special Publication No. 296: pp.283-293.
・Sassa, S. (2018)：Tsunami-seabed-structure interaction from geotechnical and hydrodynamic perspectives: Role of overflow/seepage coupling, Proceedings of 36th International Conference on Coastal Engineering (ICCE 2018), in CD.
・Sassa, S. (2018): Recent advances in tsunami-seabed-structure interaction from geotechnical and hydrodynamic perspectives, Proceedings of 9th International Conference on Physical Modelling in Geotechnics.
・Miyamoto, J., Sassa, S. and Tsurugasaki, K. (2018): Wave-induced liquefaction and floatation of pipeline buried in sand beds, Proceedings of 9th International Conference on Physical Modelling in Geotechnics.
・Takahashi, H., Sassa, S., Morikawa, Y. and Maruyama, K. (2018): Centrifuge model tests and circular slip analyses to evaluate reinforced composite-type breakwater stability against tsunami, Proceedings of 9th International Conference on Physical Modelling in Geotechnics.
・Miyamoto, J., Sassa, S. and Tsurugasaki, K. (2018): Wave-induced liquefaction and the stability of offshore monopile, Proceedings of 9th International Conference on Scour and Erosion (ICSE 2018).
・Watabe, Y. and Sassa, S. (2018): Experimental study on erodibility of cement/steelmaking-slag treated soils by means of small jet erodometer, Proceedings of 9th International Conference on Scour and Erosion (ICSE 2018).
・Suzuki, K. and Sassa, S. (2018): Wave pressure propagation inside box culvert under sea surface and internal erosion of backfill material due to wave pressure, Proceedings of 9th International Conference on Scour and Erosion (ICSE 2018).

□発表論文（和文）：１５編
・野津厚（2018）：時間領域における基盤入射波推定法の再考，土木学会論文集（構造・地震工学）A1，Vol.74，pp.I_160-I_167.
・大矢陽介，塩崎禎郎，小濱英司（2018）：径厚比を考慮した鋼管部材のモデル化法による直杭式横桟橋の被災事例の再現解析，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.74，No.4，pp.I_917-I_925.
・大矢陽介，伊藤広高，小濱英司（2018）：無人航空機を用いた係留施設の地震時残留変位計測に関する検証実験，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.74，No.2，pp.I_121-I_126.
・大矢陽介，小濱英司（2018）：地盤と地下構造物の動的相互作用による地表面沈下に関する研究―その４ 地盤のひずみ履歴に関する数値解析の基礎検討―，第 15 回日本地震工学シンポジウム論文集，pp.306-313.
・小濱英司，伊藤広高，菅野高弘，西晴樹，寺田竜士，河又洋介，鶴ケ崎和博，宮本順司（2018）：周辺施設への影響を考慮した護岸構造物の大型模型振動実験，第 15 回日本地震工学シンポジウム論文集，pp.2272-2281.

・粟津進吾，小濱英司，大矢陽介，塩崎禎郎（2018）：鋼管杭式桟橋の制震補強に関する実験的研究，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.74，No.2，pp.I_408-I_413.
・勝俣優，福永勇介，竹信正寛，宮田正史，小濱英司（2018）：地震動に伴う地盤の非線形性を考慮した直杭式横桟橋の固有周期算出式に関する研究，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.74，No. 2，pp.I_246-I_251.
・小林孝彰，佐々真志，後藤翔矢（2018）：吸い出しと空洞形成及び陥没過程の可視化と防止対策としてのフィルター層の有効性，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 74, No.2, pp.I_264-I_269.
・小林孝彰・佐々真志・後藤翔矢・福井晶浩・大塚悟（2018）：細粒分の塑性と含有率を変化させた砂質土の液状化強度と地盤 N 値に関する実物大室内試験，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 74, No.2, pp.I_838-I_843.
・宮本順司，佐々真志，鶴ヶ崎和博，角田紘子（2018）：波浪 - 地盤 - 洋上モノパイルの相互作用に関するドラム遠心実験，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 74, No. 2, pp.I_856-I_861.
・竹之内寛至，佐々真志，山﨑浩之，足立雅樹，高田圭太，岡見強，金子誓（2018）：新たな CPG 工法の隆起抑制メカニズムと施工能率向上の検討，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 74, No.2, pp.I_886-I_891.
・石坂修・佐々真志（2018）：吸い出し・陥没リスク抑制に向けた緩衝材によるケーソン目地透過波低減法の適用範囲の拡大と検証，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 74, No.2, pp.I_1081-I_1086.
・宮本順司・佐々真志・鶴ヶ崎和博・角田紘子（2018）：波による液状化とパイプの浮上・露出対策，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 74, No.2, pp.I_1111-I_1116.
・高橋英紀，地本敏雄，福尾原悟，山谷早苗（2018）：腹付工を有する混成堤における底面反力特性，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 74, No.2, pp.I_414-I_419.
・佐藤健彦，高橋英紀，宮田正史，竹信正寛（2018）：津波浸透流の防波堤支持力低下に及ぼす影響に関する検討，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 74, No.2, pp.I_222-I_227.

研究開発課題	（１）沿岸域における災害の軽減と復旧

研究テーマ	津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、東日本大震災をはじめとした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、新たな災害が発生した場合には迅速に対応しつつ、港湾・空港等における地震、津波及び高潮・高波災害の軽減及び復旧に関する研究開発等に取り組む。	南海トラフ巨大地震や首都直下地震に代表される地殻変動の活発化や異常気象による巨大台風の発生等による大規模災害の発生リスクが高まるなか、今後起こりうる災害をいかに軽減し、また迅速に復旧復興を図ることに重点をおいて、ハード及びソフト両面からの取組が求められている。 このため、既往の災害で顕在化した技術的な課題への取り組みを継続しつつ、以下の研究開発を進める。 ②津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に代表される地殻変動の活発化や異常気象による巨大台風の発生等による大規模災害の発生リスクが高まるなか、今後起こりうる災害をいかに軽減し、また迅速に復旧復興を図ることに重点をおいて、ハード及びソフト両面からの取組が求められている。 このため、既往の災害で顕在化した技術的な課題への取り組みを継続しつつ、以下の研究開発を進める。 ②津波災害の軽減や復旧に関する研究開発 －津波火災の数値計算モデルの研究では、火災による被害規模の拡大の影響を検討する目的で、市街地で延焼拡大した事例の再現計算を行う。 －三次元高精細津波遡上シミュレータの研究では、地震・津波時の防護施設の変形・倒壊を考慮する手法の開発を目標としており、計算の効率化を検討する。 －津波による構造物周辺の局所洗掘に関する研究では、粒子法モデルによる洗掘の推定手法の検討を行う。　等

研究の背景

2011 年の東日本大震災以降、越波を伴う津波に対しても安定な構造物の開発や、構造物が破壊されて生ずるガレキの漂流などを予測する数値シミュレーションモデルの開発等を行ってきた。しかし、陸上部を遡上する複雑な津波の挙動やそれに伴う被害は十分には明らかにされておらず、その推定方法も未開発である。また、避難等に活用が期待される浸水リアルタイム予測技術に関しても、利用しているデータは GPS 波浪計のデータのみであり、他の貴重なデータは活用しきれていない。そこで，防災・減災対策を被害先行型から対策先行型へ切り替えていくため、最大級の津波に対しても強靭な（レジリアントな）沿岸域の構築、すなわち、最大級の津波に対しても人命を守り、社会経済に対して壊滅的な被害を発生させず、早期復旧復興を可能とするための研究を行う。

研究目標

津波発生時に水門閉鎖等の作業や沿岸で働く人達の避難が的確に行われるようにするため、情報通信技術（ICT）を活用した意思決定支援システムを開発する。また、最大級の津波に対しても粘り強く防災機能を発揮する「耐津波強化港湾」の形成を目指し、その計画手法や施設設計手法（施設の破壊プロセスを考慮した性能設計）を開発する。

平成 30 年度の研究内容

（１）2011 年東北地方太平洋沖地震津波による岩手県山田町の被害について、実測による火災延焼範囲とがれき分布を比較するとともに、前年度まで水理実験の結果を用いて改良してきた漂流物挙動モデルでがれきの漂流の計算を行い、実測によるがれき分布と比較した。

（２）GPS 波浪計と組み合わせる海洋レーダーの観測データに含まれノイズの特性を解析した。波源の逆解析で複数データに重みづけをする際の基準量を導出し、その手法の適用性を理想的な地形・ノイズで検証した。

（３）津波の波源から防護施設の変形も考慮して背後地の浸水までを一貫して計算するシミュレータを完成させ、2011 年東北地方太平洋沖地震津波による大槌町と南海トラフ地震津波による浦戸湾沿岸で試計算を行った。

（４）粒子法モデルのシミュレータを構成する圧力モデルを改良し、水中に浮遊する土粒子が海底地盤に付着

する堆積モデルを付加した。
（５）粒子法モデルに含まれる圧力モデルの改良に加え、解像度可変型構造物モデルも高精度化し、さらに両モデルを連成するモデルの開発にも着手した。

平成 30 年度の研究成果

（１）岩手県山田町の浸水とがれき分布の計算結果を図-1.3.13 に示す。がれきの挙動の精度を高めることが、津波遡上域の再現性を高められることにもつながった。このモデルは漂流物の挙動を平面二次元で扱ったものであり、今後は三次元モデルの開発に進む予定である。
（２）海洋レーダーの観測のノイズが図-1.3.14 のように距離や方向に依存することを確認した。また、津波伝播計算モデルを改良して、全球規模の長距離伝播を高精度に表現できるようにするとともに、計算効率も高めた。今後は、実際の地形とノイズを用いた仮想実験により本手法の有効性を検証する予定である。

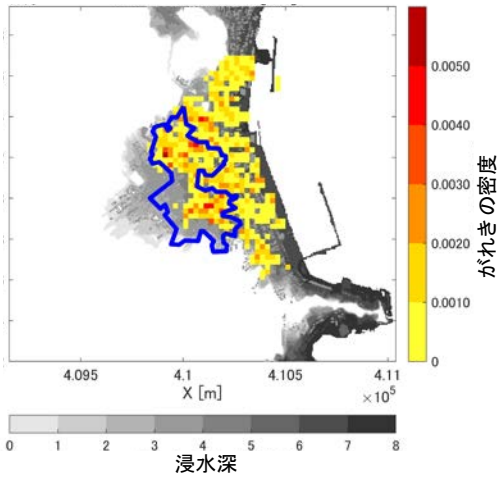


図-1.3.13　津波の浸水とがれきの漂流の計算

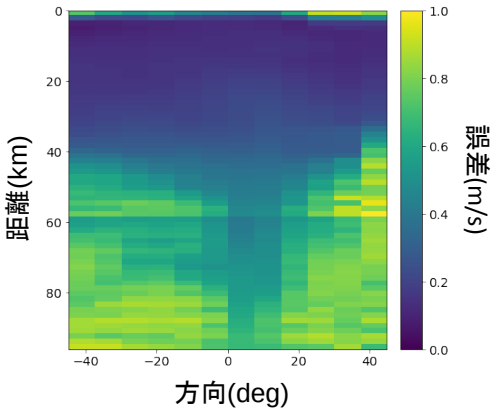


図-1.3.14　海洋レーダーの誤差特性

（３）図-1.3.15 に示すシミュレータは、計算効率を前年度の約 3 倍まで高め、避難シミュレータと可視化ツールを追加する改良を行い、完成させるとともに、そのプログラムを Web で公開した。今後このシミュレータが防護施設の計画・設計や浸水域の推定などの実務で活用されることを期待している。
（４）図-1.3.16 に示すように、従来の粒子法モデルでは防波堤背後の洗堀部の背後に土粒子が不自然に停滞したが、モデルの改良によって海底への堆積を適切に表現でき、洗堀現象の再現性が高まった。このような断面での検討に対し、今後は防波堤の堤頭部を対象に三次元での検討を予定している。

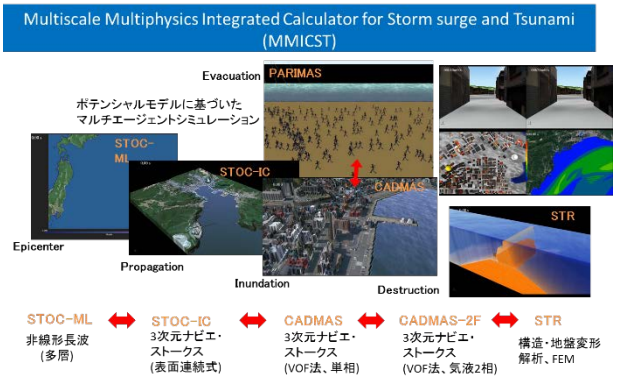


図-1.3.15　津波遡上シミュレータの構成

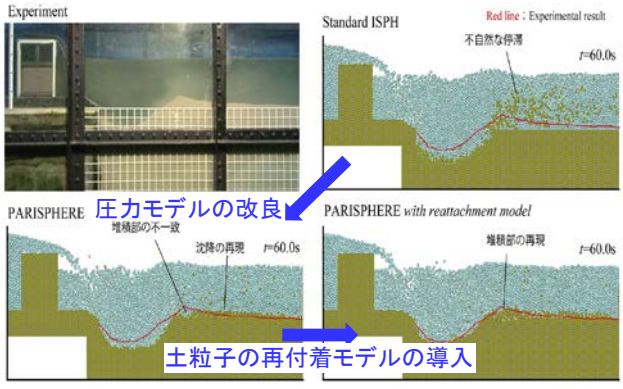


図-1.3.16　粒子法モデルによる洗堀現象の再現

（５）粒子法モデルの改良によって、図-1.3.17 に示すように巻き波砕波では連続し安定した圧力分布が得られ、船舶等漂流物が水面を叩く際に生じる衝撃波力の評価も可能になった。今後はまず、単体の構造物を対象として、このモデルの適用性を検討する予定である。

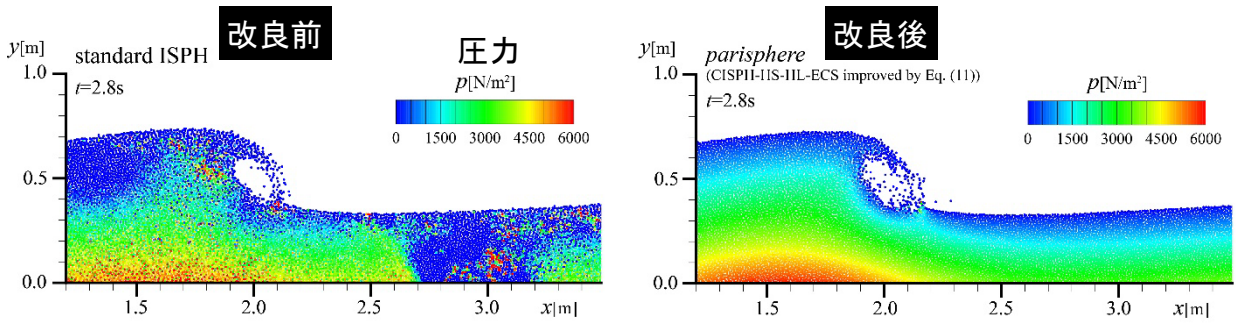


図-1.3.17　粒子法モデルによる巻波砕波の計算

成果の公表

口発表論文（和文）：2 編

・有川太郎・関 克己・千田 優・高川智博・下迫健一郎 (2018)：防護施設のフラジリティを用いた津波浸水計算手法の適用性に関する研究，日本地震工学シンポジウム.

. 鶴田修己・Abbas Khayyer・後藤仁志・鈴木高二朗（2018）：高精度粒子法を用いた防波堤の津波越流洗掘のための粒子堆積モデルの開発，土木学会論文集 B2（海岸工学）.

口発表論文（英文）：5 編

・Tajima, Y, Takagawa, T, Sato, S, Takewaka, S (2018): Collapse and recovery process of the sand spit at the Tenryu River mouth on the Pacific Coast of Japan, Coastal Engineering Journal, DOI: 10.1080/21664250.2018.1546264.

・Arikawa, T, Chida, Y, Seki, K, Takagawa, T and Shimosako, K (2018) : Development and Applicability of Multiscale Multiphysics Integrated Simulator for Tsunami, J. Disaster Res., Vol.14, No.2, pp. 225-234.

・Tsuruta, N, Khayyer, A and Gotoh, H (2018): Enhancement of accuracy of stabilizer for projection-based particle method, *13th SPHERIC International Workshop*.

・Shimizu, Y, Tsuruta, N, Khayyer, A and Gotoh, H (2018): On development of accurate multi-phase particle methods with SPS turbulence modeling for ocean engineering applications, *The 28th International Ocean and Polar Engineering Conference*.

・Khayyer, A, Gotoh, H, Shimizu, Y, Tsuruta, N and Sasagawa, H (2018): Development of consistent, conservative and accurate multi-resolution projection-based particle methods for hydroelastic fluid-structure interactions, *13th SPHERIC International Workshop*.

研究開発課題	（１）沿岸域における災害の軽減と復旧

研究テーマ	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、東日本大震災をはじめとした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、新たな災害が発生した場合には迅速に対応しつつ、港湾・空港等における地震、津波及び高潮・高波災害の軽減及び復旧に関する研究開発等に取り組む。	南海トラフ巨大地震や首都直下地震に代表される地殻変動の活発化や異常気象による巨大台風の発生等による大規模災害の発生リスクが高まるなか、今後起こりうる災害をいかに軽減し、また迅速に復旧復興を図ることに重点をおいて、ハード及びソフト両面からの取組が求められている。 このため、既往の災害で顕在化した技術的な課題への取り組みを継続しつつ、以下の研究開発を進める。 ③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に代表される地殻変動の活発化や異常気象による巨大台風の発生等による大規模災害の発生リスクが高まるなか、今後起こりうる災害をいかに軽減し、また迅速に復旧復興を図ることに重点をおいて、ハード及びソフト両面からの取組が求められている。 このため、既往の災害で顕在化した技術的な課題への取り組みを継続しつつ、以下の研究開発を進める。 ③高潮・高波災害の軽減や復旧に関する研究開発 －海象観測データによる海象特性の解明に関する研究では、波浪観測データの処理・解析（速報及び確定処理、波浪統計解析）を継続して実施する。 －うねり性波浪の季節・海域特性とその出現機構の研究では、波浪スペクトルで風波やうねりを分類するために、パーティショニングの方法を検討する。 －うねり性波浪の推算の研究では、ＳＷＡＮ、WW３による推算値と観測値の比較検討を行う。 －港内発生波に関する研究では、港内発生波を考慮した荷役稼働率の算定手法を検討する。 －構造物の被災状態に応じた波浪変形・伝播特性の研究では、没水堤背後の波の分裂変形も再現できるように、新たなブシネスクモデルの検討を行う。 －高潮高波・津波時の外郭施設の構造部材の安定性の研究では、防砂シートの長期耐久性や消波ブロックの衝突力の実験を行う。　等

研究の背景

我が国では、1959 年 9 月の伊勢湾台風以降、高潮・高波による甚大な被害は受けていないが、アメリカでは 2005 年 9 月のハリケーンカトリーナ、フィリピンでは 2013 年 11 月の台風ハイヤンなどで大きな被害が発生している。今後は、地球温暖化の影響により、我が国でもこれまでの想定を超える高潮・高波の発生が懸念される。そこで、防災・減災対策を被害先行型から対策先行型へ切り替えていくため、最大級の高潮・高波に対する被害をいかに軽減し、そこから迅速な復旧・復興を図るかということに重点をおいて、ハード.ソフトの対策につながる研究を行う。

研究目標

最大級の高潮・高波に対する被害の軽減および迅速な復旧・復興のための予測技術の開発を行う。また、最大級の高潮・高波に耐する被害を最小限にするため、設計を上回る外力にたいしても粘り強く抵抗し、早期復旧しやすい防波堤や護岸を開発する。

平成 30 年度の研究内容

（１）2017 年に全国港湾海洋波浪情報網で観測された波浪観測データを年報にとりまとめるとともに、台風 1821 号と 1824 号による波浪の解析を行った。また、平塚観測タワーにおいて海上風と海洋表面乱流の観測を行った。
（２）前年度に開発した手法で波浪の二次元スペクトルを高精度に推定し、異なる卓越周期・波向を有する風波・うねりを風向や波齢によって識別する手法を開発し、それをいくつかの地点に適用した。
（３）風洞水路で波浪の発達過程を調べるとともに、港内静穏度計算に用いるブシネスク方程式モデル NOWT-PARI で Miles の理論に沿った発達を表現するようにモデルを改良した。
（４）WAM (the WAve Modelling group)と WW3（WAVEWATCH III）による外洋の波浪推算の精度に有意な差がないことを確認し、WW3 を用いた日本沿岸波浪推算システムを構築した。
（５）ブシネスク方程式モデル NOWT-PARI を矩形断面のような水深が急変する海底地形にも適用できるように改良した。また、台風 1821 号による災害を踏まえて、高潮位により没水した岸壁上の越波と遡上の計算も試みた。
（６）1951 年以降の台風（温帯低気圧化後も含む）の諸元を統計解析するとともに、経験的台風モデルの風速低減係数も検討した。台風 1821 号による大阪湾の高潮の再現計算も行った。
（７）防砂シートの擦り切れや消波ブロックの安定性の実験を行う一方で、台風 1821 号の被災調査も活用しながら UAV による被災調査の効率化を検討した。また、ANN による波圧の評価プログラムの開発を目指して実験データを収集・整理した。

平成 30 年度の研究成果

（１）2017 年に全国港湾海洋波浪情報網で観測された波浪観測データを波浪観測年報にとりまとめた。また、波浪には風波とうねりの成分があり、各地点の Swell Index（うねりのエネルギーが占める割合）の出現特性を図-1.3.18 のように整理した結果、1 に近い値の頻度は地点によって異なることが分かった。今後も、波浪観測年報の作成を継続する予定である。

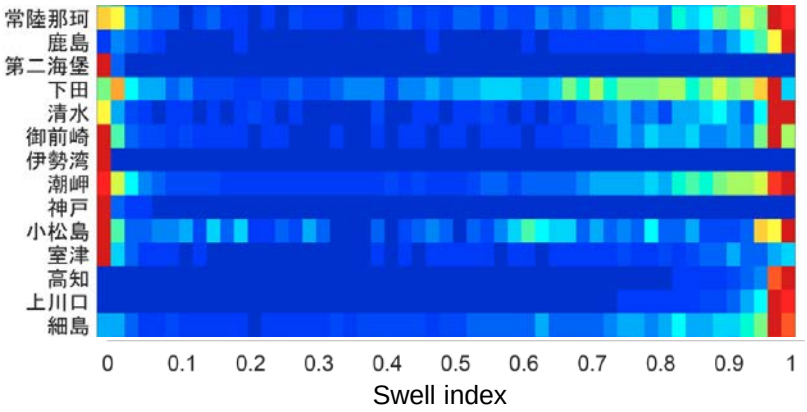
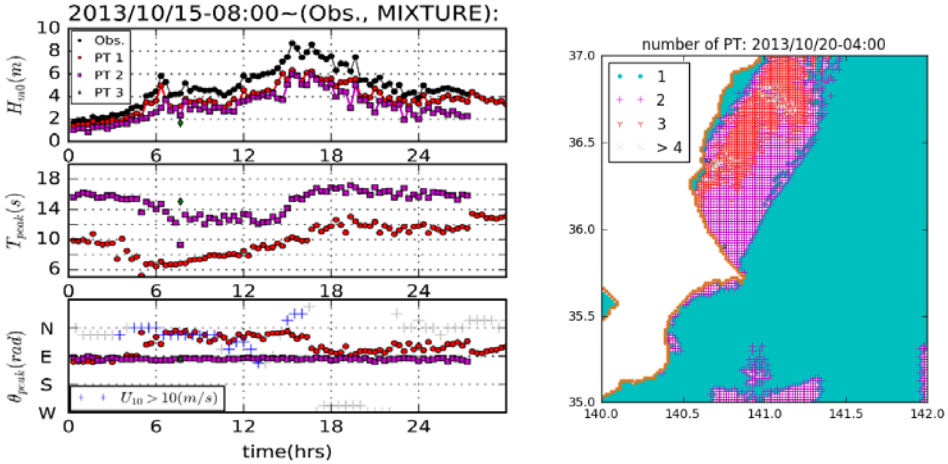


図-1.3.18　Swell Index の頻度分布（赤が高頻度、青が低頻度）

（２）各時刻で波浪の二次元スペクトルから風波と複数のうねりの成分を抽出し、その各成分の波高・周期・波向を求め、台風や低気圧が通過する間の変化を図-1.3.19(a)のように整理することで、一定方向からうねりが来襲し続けることを示した。代表成分の数が時刻だけでなく、(b)に示すように海域でも異なることが明らかになった。今後は、この手法をより多くの地点に適用し、日本各地の波浪特性をまとめる予定である。



（ａ）主要 3 成分（PT1～3）の経時変化　　（ｂ）波浪成分の数

図-1.3.19　波浪スペクトルからの風波・うねり成分の抽出

（３）圧力項を導入したブシネスク方程式モデル NOWT-PARI で、初期条件としてシーズ（微小な波）を与え、図-1.3.20 に示すような風による波の発達を表現できることを確認した。また、風洞水路を用いて風による波の発達過程について理解を深めた。今後は、このモデルを用いて港内の静穏度解析を行う予定である。
（４）第三世代波浪推算モデル WAM、WW3（計算スイッチ ST3、ST4）の推算精度は、図-1.3.21 に示すように、有意な差はなく、外洋では十分な精度を有することを確認した。また、富山湾の寄り回り波は、単に方向分解能を高めるだけでは再現できず、位相干渉を考慮したモデルが必要であることを示した。今後本研究で構築した波浪推算システムが施設の計画・設計や被災原因の究明で活用されることを期待している。

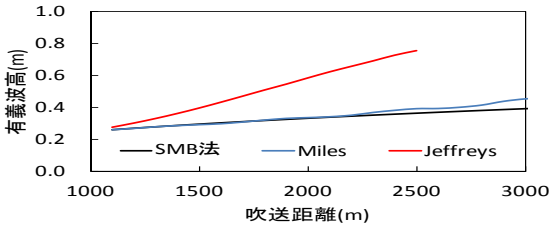


図-1.3.20　風による波の発達の計算

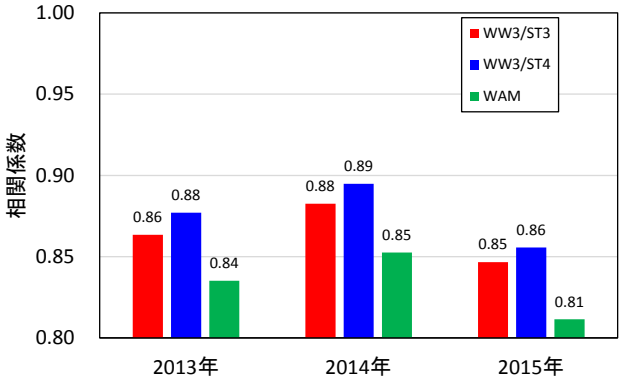


図-1.3.21　波浪推算の精度

（５）ブシネスク方程式モデル NOWT-PARI に新たな境界処理法を導入し、水深が急変する地形上での波浪変形を従来よりも安定して精度よく計算できるようになった。図-1.3.22 に矩形潜堤の前後の計算例を示す。また、この計算に用いる港湾域の水深・地形データベースの機能を強化し、陸上の地形や構造物も扱えるように更新した。今後は、モデル港湾において港内発生波を考慮した静穏度解析を行う予定である。

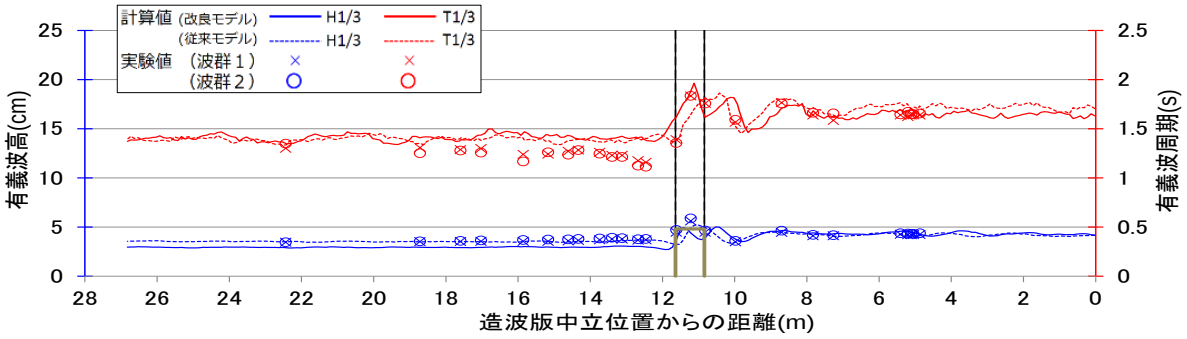


図-1.3.22　矩形潜堤前後の有義波高・周期分布の再現性

（６）図-1.3.23 に示すように、北海道周辺の高緯度では台風より中心気圧の低い温帯低気圧が来襲していることを示した。台風 1821 号による大阪湾の高潮の推算も図-1.3.24 に示すように行い、観測値とよく一致することを確認した。この計算は海洋モデル ROMS によるものであり、今後は日本各地で高潮の再現精度を検証する予定である。

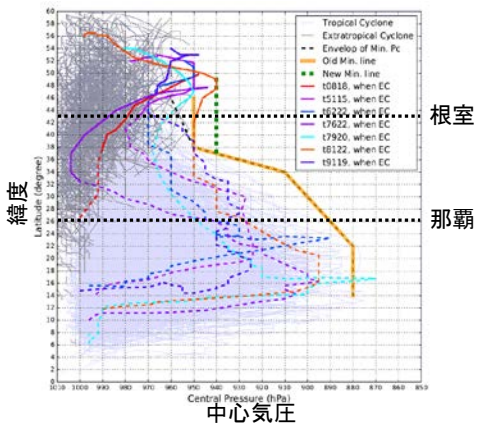


図-1.3.23　台風等の中心気圧の分布

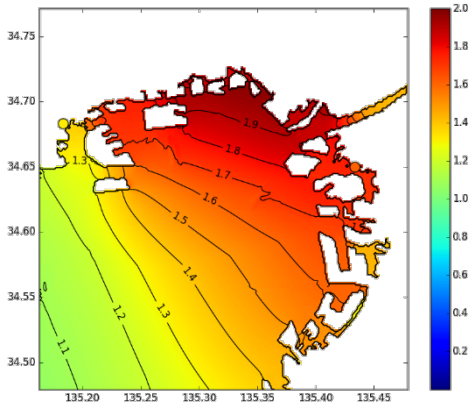


図-1.3.24　台風 1821 号の高潮の再現計算

（７）図-1.3.25 に示す小型および大規模な模型実験によって防砂シートの耐久性を明らかにした。台風 1821

号の被災調査では、UAV を活用して上空からコンテナの散乱状況を明らかにした。また、台風 1721 号による浸水地区を RTK 登載型の UAV で写真測量し、地盤高を計測することで、短時間に浸水範囲および浸水深が求められることを示した。今後は、複雑な断面の構造物に作用する波圧の実験に取り組む予定である。

図-1.3.25　防砂シートの耐久性の実験

成果の公表

口港湾空港技術研究所報告・港湾空港技術研究所資料：2 編

・ 川口浩二・末廣文一・藤木峻・田村仁（2018）：全国港湾海洋波浪観測年報（NOWPHAS2016），港湾空港技術研究所資料，No.1342，123p.
・平山克也・樋口直人（2018）：NOWT-PARI による航跡波の造波とその検証-実港湾への適用を目指して-，港空研資料 No.1345，52p.

口発表論文（和文）：14 編

・ 内藤了二・鮫島和範・近藤泰徳・伊藤直和・川口浩二（2018）：GNSS 測量による地盤変動量を考慮した海面変動量の推定，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol. 74 No. 2, I_145-I_150
・鮫島和範・仲井圭二・内藤了二・川口浩二・額田恭史・橋本典明（2018），全国沿岸における副振動の振幅と周期の出現特性，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol. 74 No. 2, I_527-I_532
・田村仁（2018）: Swell Index によるうねり性波浪の計量化と寄り回り波解析，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol. 74，No. 2, I_109-I_114
・齋藤隆介・橋本典明・藤木峻・川口浩二・三井 正雄（2018），現地観測データを用いた方向スペクトル推定法の高精度化に向けた検討，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol. 74 No. 2, I_115-I_120
・内藤了二・鮫島和範・仲井圭二・田中陽二・川口浩二（2018），近隣検潮所間における平均海面水位のトレンド比較と変動特性，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol. 74 No. 2, I_1453-I_1458
・片岡智哉・藤木峻（2018），実海域における短波海洋レーダを用いた波浪計測手法の適用性と課題，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol. 74 No. 2, I_1459-I_1464.
・藤木 峻，森 信人，川口浩二，末廣文一（2018）： 混合分布モデルを用いた波浪方向スペクトル Partitioning に関する研究，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol. 74 No. 2, I_103-I_108.
・樋口直人・平山克也・長沼淳也（2018）：浅海波における航跡波の平面造波実験と拡張した航跡波造波モデルによる再現計算，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.74，No.2，pp.I_7-I_12.
・川口浩二・藤木峻・末廣文一・鈴山勝之・Manawasekara，C （2018）：台風 1721 号に対する 3 つの第三世代波浪推算モデルの推算特性，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol. 74 No. 2, I_611-I_616.
・平山克也・長沼淳也・柴田邦善・森谷拓実（2018）：没水堤周辺での不規則波の波高及び周期の変化に関する考察，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.74，No.2.
・平山克也・濱野有貴・長沼淳也（2018）：護岸パラペット高さと後退距離による越波流量の変化とその推定方法に関する検討，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.74，No.2，pp.I_1027-I_1032.
・君塚政文・高山知司・河合弘泰・宮田正史・平山克也・川口浩二・野田恵史・宇都宮好博（2018）：シナリオ台風の最大風速半径と移動速度による高潮と波浪の変化，土木学会論文集 B2（海岸工学）特集号（Vol.74，No.2）.
・堀井一樹・鈴木高二朗・ 西野好生（2018）：埋立前の護岸における 防砂シートの耐久性に関する検証，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.74, No.2, I_1117-I_1122.
・安藤 圭・鈴木 高二朗（2018）：孤立波による直立壁への衝突に関する研究，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.74, No.2, I_1057-I_1062.

口発表論文（英文）：11 編

・Tamura, H, Drennan, W, Collins, C and Graber, H (2018)，Turbulent Airflow and Wave-Induced Stress Over the Ocean，Boundary-Layer Meteorology，Volume 169, Issue 1，pp.47-66.
・Kawai, H, Kawaguchi, K and Suehiro, F (2018)：Ocean Wave Statistics Estimated from One-decade-long Observation on NOWPHAS GPS-mounted Buoy Network, Proceedings of 28th International Ocean and Polar Engineering Conference(ISOPE2018).
・Takeyama, Y, Ohsawa, T, Shimada, S, Kozai, K, Kawaguchi, K and Kogaki, T （2018）：Assessment of the

offshore wind resource in Japan with the ASCAT microwave scatterometer, International Journal of Remote Sensing available online.
- Ohsawa, T. Shimizu, Y, Takeyama, Y, Shimada, S and Kawaguchi, K (2018) : Long-term offshore wind variation influenced by ocean currents off the Pacific coast of Tohoku district, Japan, 5th International Conference Energy & Meteorology,Proc. of ICEM 2018.
- Shimada, S, Kogaki, T, Takeyama, Y, Ohsawa, T, Nakamura, S and Kawaguchi, K (2018) : Accuracy of offshore wind measurements using a scanning lidar, Proc. of Grand Renewable Energy 2018.
- Yoshioka, T, Nakashima, S, Kawaguchi, K, Nagai, T and Nakai, K（2018）: Study on Accessibility and Design Condition of Offshore Wind Turbine Based on Field Observation off Kita-Kyushu City, Proc. of Grand Renewable Energy 2018.
- Fujiki, T., Kawaguchi, F., Suehiro and K. Hashimoto, N.（2018）: Highly resolved directional properties of wind waves and swell with various scales, Proceedings of the 36th International Conference on Coastal Engineering.
- Hirayama, K. and N. Higuchi (2018): A generation method of harbor ship wave for Boussinesq-type wave transformation model, Proceedings of the 28th International Ocean and Polar Engineering Conference (ISOPE 2018), pp.1461-1468.
- Hirayama, K., H. Kashima and Y. Uno (2018): Estimation of bound and released infragravity waves based on wave observation and numerical simulation in shallow water, ICCE-2018.
- Suzuki, K. and Shimosako, K. (2018): Pressure distribution acting on breakwater caisson under tsunami overflow, PIANC-World Congress, Panama, No.165.
- Suzuki, K. and Sassa, S. (2018): Wave pressure propagating inside box culvert under sea surface and internal erosion on backfill material due to wave pressure, Proceedings of the 9th International Conference on Scour and Erosion, pp.39-42.

研究開発課題	（２）産業と国民生活を支えるストックの形成

研究テーマ	国際競争力確保のための港湾や空港機能の強化に関する研究開発

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、維持管理・更新等において限られた財源や人員での効率的かつ効果的な老朽化対策に資するため、インフラのライフサイクルマネジメント及び有効活用に関する研究開発等に取り組む。	人口減少が進み高齢化社会が進展していく一方で、過去に蓄積されたインフラの老朽化が進む中、国の活力の源である我が国産業の国際競争力、国民生活を支える港湾・空港の機能をいかに確保していくか、また限られた財源や人員の下、既存インフラの有効活用や施設自体の長寿命化にも留意しつつ、インフラの維持、更新及び修繕をいかに効率的かつ効果的に実施していくかに重点を置いた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国際競争力確保のための港湾や空港機能の強化に関する研究開発	人口減少が進み高齢化社会が進展していく一方で、過去に蓄積されたインフラの老朽化が進む中、国の活力の源である我が国産業の国際競争力、国民生活を支える港湾・空港の機能をいかに確保していくか、また限られた財源や人員の下、既存インフラの有効活用や施設自体の長寿命化にも留意しつつ、インフラの維持、更新及び修繕をいかに効率的かつ効果的に実施していくかに重点を置いた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国際競争力確保のための港湾や空港機能の強化に関する研究開発 －国際コンテナ戦略港湾を対象として、我が国に特有の狭隘なコンテナターミナルの有効活用方策を確立し、生産性の向上を進めるため、集中ゲートの効果、オペレーションの効率化や ICT の利用によるゲート前渋滞の防止について、シミュレーションによる定量的な評価手法の研究を進める。　等

研究の背景

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・空港の機能強化に関する研究開発等に取り組むこととしている。当研究テーマの研究内容は、国際戦略港湾政策、首都圏空港機能強化（羽田空港整備）、インフラ輸出力など、下記研究目標に掲げる国際競争力に関連するサブテーマで構成し、研究所全体で包括的に研究開発を進めることとしている。

研究目標

国際競争力確保のための港湾や空港機能の強化に関する下記の研究開発を進める。

（1）自動化荷役、情報化施工（CIM）など、国際競争力に関連する特定の技術開発

連続コンテナターミナルの有効活用方策、ターミナル作業の自動化、情報化施工（CIM）の確立の技術開発

（2）港湾・空港の効率的・効果的な整備に資する技術開発

港湾・空港施設の整備において、大規模施設の整備、施設の耐震性向上、施設建設後の維持管理、既存施設の改良などを効率的・効果的に行う技術を開発。

なお、自動化荷役に関連する研究以外は、それぞれ他の研究テーマと重複して実施しており、ここでは内容の記述はしない。

平成 30 年度の研究内容

（1）連続コンテナターミナルの有効活用方策やターミナル作業の自動化等の効率化方策の開発

海外の大規模ターミナルでは、規模によるコスト圧縮だけでなく、技術的なアドバンテージが進むとともに環境負荷の低減、動的蔵置能力の拡充など、ターミナルへの総合的な要望が高度化している。これに対して我が国では狭隘な蔵置場、短いバースの延長（連続バース数が少ない）、櫛形配置の埠頭、道路の容量不足など乗り越えるべき課題が多い。

このため、下記の項目について、ICT 等新たな技術の導入を鑑みて、研究を進めた。

①ゲート処理能力の評価

②ICT などの活用による効率化の効果

予約制、事前ゲート手続きシステム導入効果の推定

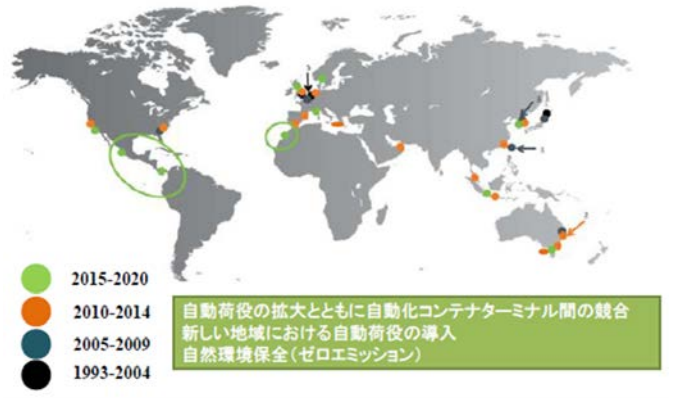
③計画を超えた取扱数への合理的な対応

拡張蔵置場の活用（空コンテナ、実入コンテナ、オンドック）の提案

横浜港南本牧 MC-1～4 の櫛形配置の大規模バースをモデルとして、シミュレーションを実施し、研究成果から機能強化が図られるためのシステム・配置、導入技術の考察をし、提案した。

図-1.3.26（左）ロッテルダム港、シンガポール港 Rotterdam、Singapore ついで 2001 年に供用したハンブルク港の全自動ターミナル

図-1.3.27（右）2005 年に世界で 4 番目に供用した名古屋港の全自動ターミナル



世界の自動化コンテナターミナルの新たな展開期

図-1.3.28　海外調査より：自働化ターミナルの普及から世界は競争の展開期に入った

平成 30 年度の研究成果

（1）連続コンテナターミナルの有効活用方策やターミナル作業の自動化等の効率化方策の開発

横浜港南本牧埠頭 MC-1～4 を対象として、シミュレーションによる定量的な評価を実施した。

拡張蔵置場により、ゲート前の駐機場待機シャーシ台数が、１日目（比較的外来シャーシの来場数が多い日】において顕著な効果が確認できた。

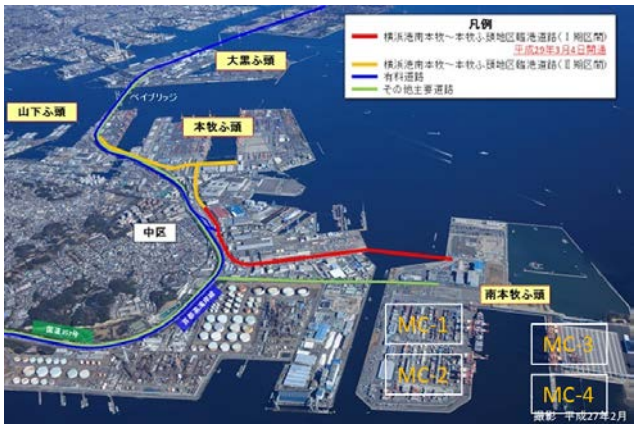


図-1.3.29　横浜港南本牧埠頭　MC1-4

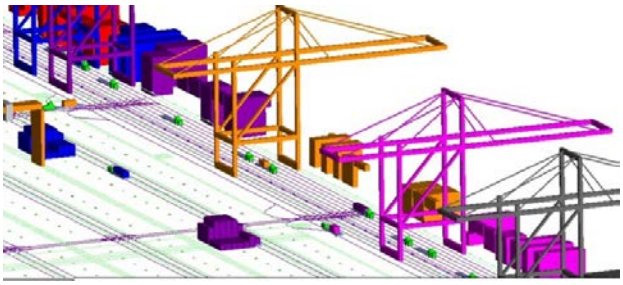


図-1.3.30 シミュレーションによるモデルイメージ

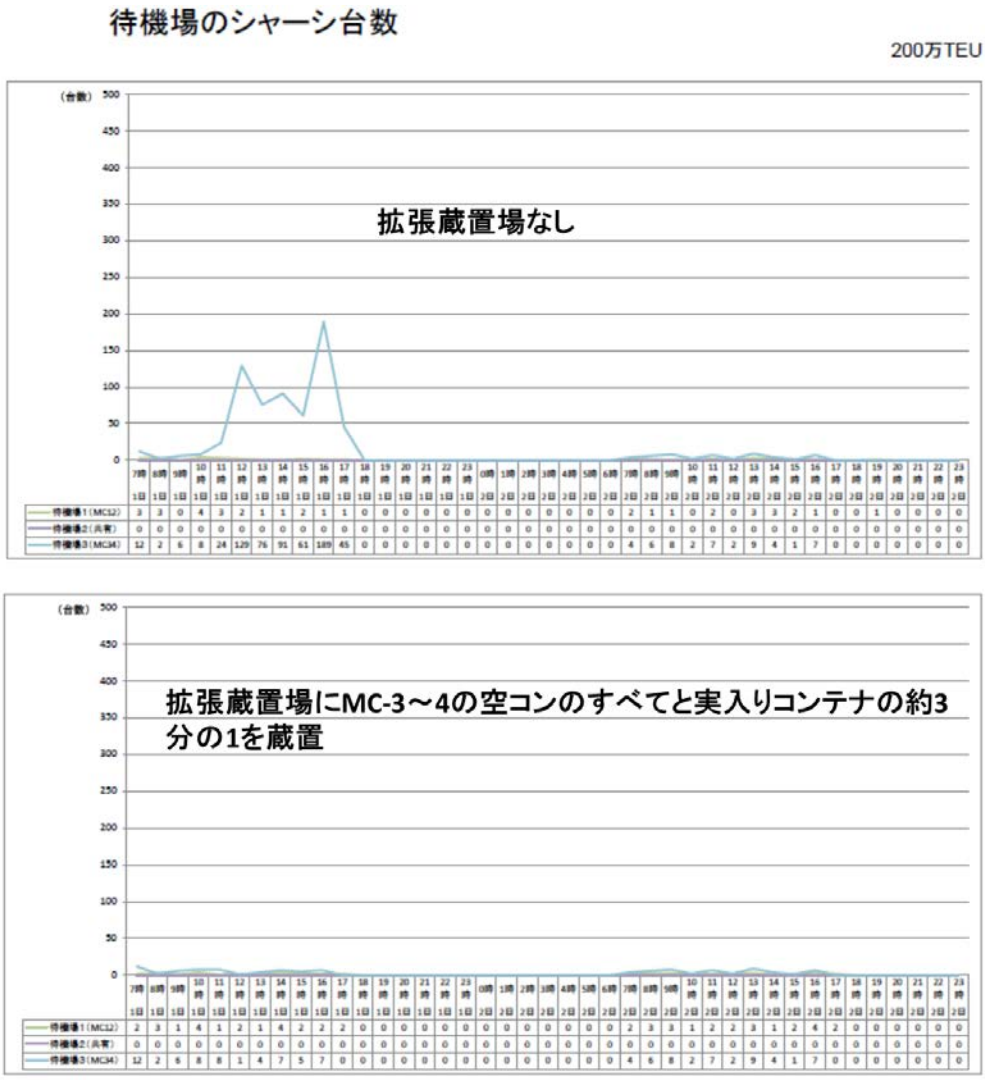


図-1.3.31　シミュレーションによる拡張蔵置場の評価

外来シャーシの来場数が多い１日目について､拡張蔵置場がない場合に最大２００台のシャーシが待機しているが、拡張蔵置場を設けることで、待機台数がほぼなくなった。拡張蔵置場の効果が高いと評価できる。

研究開発課題	（２）産業と国民生活を支えるストックの形成

研究テーマ	施設の長寿命化や新たな点検診断システムの開発などインフラのライフサイクルマネジメントに関する研究開発

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、維持管理・更新等において限られた財源や人員での効率的かつ効果的な老朽化対策に資するため、インフラのライフサイクルマネジメント及び有効活用に関する研究開発等に取り組む。	人口減少が進み高齢化社会が進展していく一方で、過去に蓄積されたインフラの老朽化が進む中、国の活力の源である我が国産業の国際競争力、国民生活を支える港湾・空港の機能をいかに確保していくか、また限られた財源や人員の下、既存インフラの有効活用や施設自体の長寿命化にも留意しつつ、インフラの維持、更新及び修繕をいかに効率的かつ効果的に実施していくかに重点を置いた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施設の長寿命化や新たな点検診断システムの開発などインフラのライフサイクルマネジメントに関する研究開発	人口減少が進み高齢化社会が進展していく一方で、過去に蓄積されたインフラの老朽化が進む中、国の活力の源である我が国産業の国際競争力、国民生活を支える港湾・空港の機能をいかに確保していくか、また限られた財源や人員の下、既存インフラの有効活用や施設自体の長寿命化にも留意しつつ、インフラの維持、更新及び修繕をいかに効率的かつ効果的に実施していくかに重点を置いた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施設の長寿命化や新たな点検診断システムの開発などインフラのライフサイクルマネジメントに関する研究開発 －海洋鋼構造物の被覆防食工法の耐久性に関して、各被覆防食工法の性能を設計時に照査する方法、維持管理時において現状の防食性能を評価する方法及び将来予測方法を示す。 －港湾構造物のヘルスモニタリングの導入に関して、構成部材の劣化進行の把握、構成部材の保有性能評価、構造物全体の保有性能評価をそれぞれ可能とするヘルスモニタリング手法の構築及び実構造物への導入・運用方法の提案を行う。 －桟橋上部工点検のための ROV の機能拡充に関して、実証実験の結果をフィードバッ クして点検システム全体（ROV、内業支援ソフト）を構築し、運用のためのマニュアルを整備して施設の的確な点検による維持管理の効率化を可能とし、生産性の向上につなげる。 等

研究の背景

長期間供用された港湾・空港・海岸インフラが増加するなか、施設の維持管理を行うための財源および技術者数は限られていることから、今後、維持すべき港湾・空港・海岸インフラの機能の維持を図るとともに、戦略的な維持管理・更新等を行っていくことが強く求められている。

研究目標

施設のライフサイクルコスト、点検業務コストが削減され、技術者不足が解消され、維持すべき施設が明確化され、効果的・効率的な維持管理を可能とする。

平成 30 年度の研究内容

（１）インフラの長寿命化技術に関する研究

海洋鋼構造物の被覆防食工法の耐久性に関して､劣化メカニズムが不明なペトロラタム被覆の劣化メカニズムの検討を暴露試験等で行うとともに重防食被覆されたハット矢板において将来の劣化予測方法の検証を

行った。暴露試験によるコンクリート、鋼材及び各種材料の長期耐久性評価、海洋構造物の被覆防食工法における性能評価手法の開発、過酷環境下における各種材料の耐久性評価、空港アスファルト舗装の長寿命化に資する舗装材料の改良の提案、海洋コンクリート構造物の補修・補強技術の体系化、維持管理を考慮した構造設計手法の開発について検討を行った。

（２）インフラの点検診断システムに関する研究

港湾構造物のヘルスモニタリングの導入に関して、構成部材の劣化進行の把握、構成部材の保有性能評価、構造物全体の保有性能評価をそれぞれ可能とするヘルスモニタリング手法の構築及び実構造物への導入・運用方法の提案を行った。また、桟橋上部工点検のための ROV の機能拡充に関して、実証実験の結果をフィードバックして点検システム全体（ROV、内業支援ソフト）を構築し、対外貸出体制を整備して施設の的確な点検による維持管理の効率化を可能とし、生産性の向上につなげた。

（３）インフラのマネジメントシステムに関する研究

インフラのマネジメントシステムに関して、港湾施設群の LCC 最適化のための維持管理計画策定手法について検討を行った。

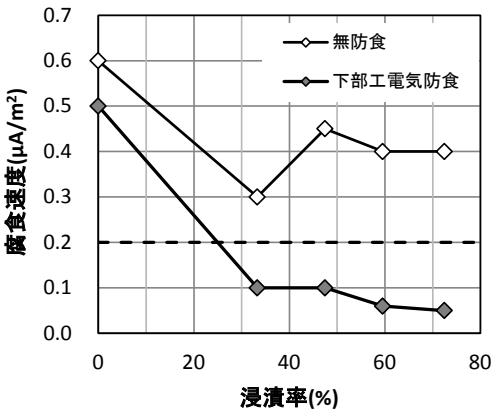
平成 30 年度の研究成果

（１）インフラの長寿命化技術に関する研究

①暴露試験によるコンクリート、鋼材及び各種材料の長期耐久性評価

長期暴露施設を用いて、コンクリートの塩害劣化予測手法、コンクリート中鉄筋の電気防食特性（図-1.3.32）および鋼材の集中腐食メカニズムについて検討した。また、各種木質材料の耐久性（図-1.3.33）、再生骨材を用いたコンクリートの耐久性に関するデータを取得した。

長期暴露施設は昭和 41 年から稼働している施設で、港湾・空港施設で用いられる材料についての耐久性について国内外に貴重なデータを提供してきている。今後も新たな材料を含め、材料の耐久性に関するデータの取得、整理、解析を進め、事業に反映させていく。



*浸漬率：海水中に部材が浸漬している時間の割合

図-1.3.32　浸漬率とコンクリート中鉄筋の腐食速度（下部工の流電陽極による防食効果）

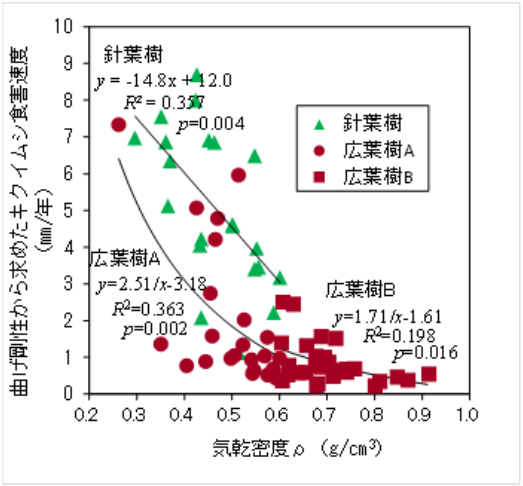


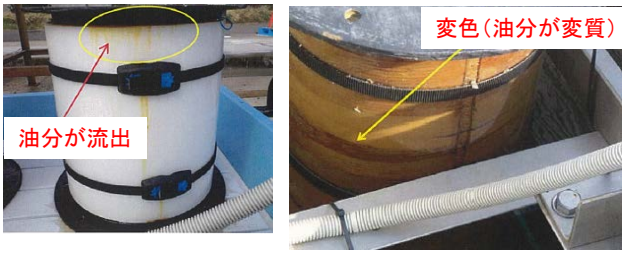
図-1.3.33　木材の気乾密度と食害速度の関係（食害速度の予測式の提案）

②海洋構造物の被覆防食工法における性能評価手法の開発

被覆防食工法の劣化予測手法の確立を目的として、波崎観測桟橋での鋼管杭の被覆防食工法に関する暴露試験（34 年経過），ハット型鋼矢板に関する暴露試験（10 年経過．図-1.3.34）を継続実施した。また、促進劣化試験および暴露試験（H30d 開始）により、ペトロラタム被覆工法の劣化メカニズムの解明を進めた（図-1.3.35）。

今後も継続的に各被覆防食の性能について調査を進める。特にペトロラタム被覆工法の劣化メカニズムの解明、性能評価手法の確立は注目されるところであり、重点的に検討を行う。

図-1.3.34　ハット型鋼矢板に関する暴露試験
（10 年経過）



屋外暴露 1 か月後
*劣化しやすい状態に設定

図-1.3.35　ペトロラタム被覆工法の暴露試験

③過酷環境下における各種材料の耐久性評価

低品質骨材（サンゴ質）および練混ぜ水に海水を用いたコンクリートの耐久性の評価を行い、また海水によるコンクリート養生技術開発のための暴露試験を実施した。また、高耐久性鉄筋（ステンレス鉄筋、エポキシ樹脂鉄筋（図-1.3.36）等）や表面被覆材（図-1.3.37）の耐久性の評価を暴露試験体の調査により行った。 今後もこれらの試験を継続し、過酷環境下における各種材料の耐久性評価を明らかにする。得られる成果は、遠隔離島や高温環境で活用されるため、国内だけでなく海外での技術展開が期待される。

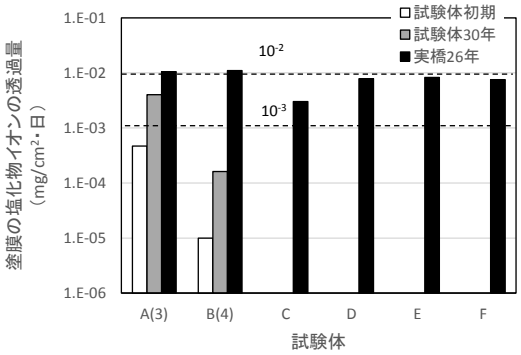
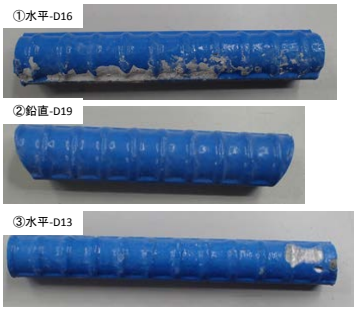


図-1.3.36　表面被覆材の遮塩性に関する調査結果



※劣化無

沖縄県の海上大気中に 26 年暴露後の状況

図-1.3.37　表面被覆材の遮塩性に関する調査結果

④空港アスファルト舗装の長寿命化に資する舗装材料の改良の提案

骨材配合を変えた空港アスファルト表層混合物について、耐流動性、耐剥離性、透水性等について室内実験等により比較評価を行った。今年度は過年度の検討において、パフォーマンスが優れていた下方粒度を中心として数種類の骨材を用いて比較検討を実施した。その結果、現行の表層の粒度範囲の下方部分が総合的に優れていた。また、冬期等低温時の施工性を改善する目的で使用される場合における中温化材を使用したアスファルト混合物について、室内試験により検討を実施した。これらの成果は単に滑走路等の舗装の長寿命化に資するだけでなく、中温化材の使用により、老朽化等にともなう大規模施設更新など施工時間が限られた空港舗装工事において、より品質の確保された施工を可能とするものである。

図-1.3.38　航空機荷重対応ホイールトラッキング試験状況

⑤海洋コンクリート構造物の補修・補強技術の体系化

海洋コンクリート構造物の長寿命化を目指すための補修・補強技術の体系化に向けて、ケーソン側壁の穴あき損傷の予防保全対策としての中詰改良工法の現地試験施工に関する資料をとりまとめ、現場条件を踏まえた各種中詰改良工法の施工性について検討した。また、中詰改良による側壁の耐力補強効果の評価手法の提案と補強設計手法の構築に向けて、改良強度や改良範囲が側壁の耐荷性および耐衝撃性に及ぼす影響について実験的に検討した（図-1．3．39）。さらに、塩害を受けるプレストレストコンクリート（PC）部材の補修技術の高度化に向けて、劣化促進後に補修した PC 試験体の補修効果のモニタリング手法について検討した。加えて、コンクリート構造物に極めて有害な、アルカリ骨材反応（アルカリシリカ反応（ASR））に対して、遮水（表面被覆）による補修について実験的に検討し、その効果を評価した（図-1．3．40）。また、これまでに構築してきたモデルを用いて、表面被覆による膨張挙動を再現し、既存モデルの改良開発を行った。

これらの成果を活用することにより、インフラの長寿命化に向け、コンクリート構造物における維持管理が効率的になり、その生産性向上が図られるものと考えられる。今後も、コンクリートの劣化に対する適切な補修シナリオの策定や補修・補強後のコンクリート部材の性能の経時変化の把握等について検討を進める。

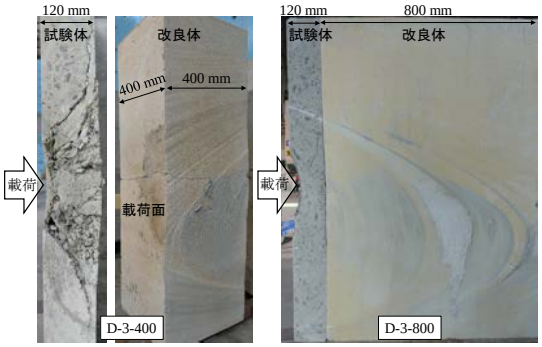


図-1．3．39　中詰改良範囲がケーソン側壁の耐衝撃性に及ぼす影響

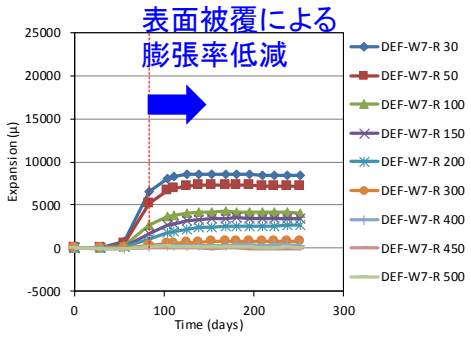


図-1.3.40　表面被覆による DEF 膨張の抑制効果

⑥維持管理を考慮した構造設計手法の開発

維持管理の省力化に向けて、鋼およびコンクリート部材について設計時における性能の経時変化の検討方法の整理を踏まえて、設計時における維持への配慮事項を整理し、成果の一部を平成 30 年度改訂の技術基準に反映した。また、既設ケーソンを転用する際の健全度評価手法と設計・施工時の配慮事項の整理を踏まえて、ケーソンの転用可否判定フローを提案した（図-1.3.41）。さらに、国のパイロット事業として実施している高耐久材料を活用した PC ホロー桁の点検診断手法について検討した。

これらについて、今後も検討を継続し、部材に設定した維持管理レベルに応じた維持への配慮事項として技術基準への追加反映を目指す。

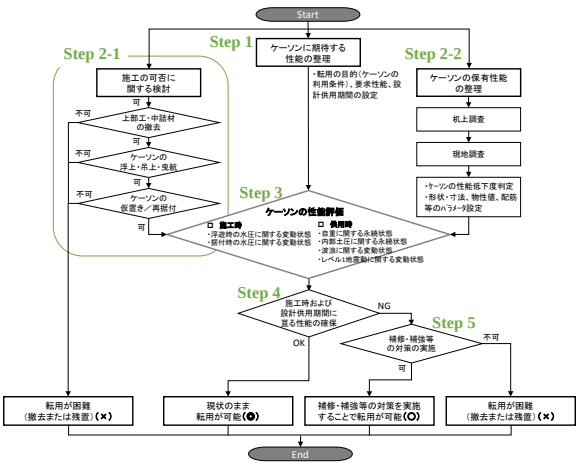


図-1.3.41　ケーソン転用可否検討フロー

（２）インフラの点検診断システムに関する研究

①港湾構造物のヘルスモニタリングの導入

ペトロラタム被覆を対象とした防食効果確認センサ（図-1.3.42）について、波崎海洋観測桟橋における開放点検や室内試験の結果を踏まえて、積算電気量を指標とした維持管理閾値を提案した。また、清水港や川崎港での検証試験を継続するとともに、ＩｏＴを活用した遠隔操作による点検診断システムによるモニタリング実証試験を実施した。この他、PC 桟橋上部工連結部を模擬した実物大試験体の載荷実験を実施した。実験から把握された PC 桟橋上部工の破壊過程や損傷状況（図-1.3.43）から、大規模地震発生時における供用可否判断に資するモニタリング項目およびセンサ設置箇所について検討した。さらに、水中ドローンを活用した点検手法について、防波堤を対象とした実証試験により適用可能性を検討した。

これらの検討より得られた成果は、港湾構造物の点検・診断の効率化に大きく寄与する。今後も上記の各検討を継続し、港湾構造物の劣化進行の把握、構成部材の保有性能評価、構造物全体の保有性能評価を可能とするヘルスモニタリング手法の構築を進め、効率的な維持管理、Society5.0 の実現や生産性向上に寄与していく。

図-1.3.42　防食効果確認センサ（ペトモニ）の設置イメージ

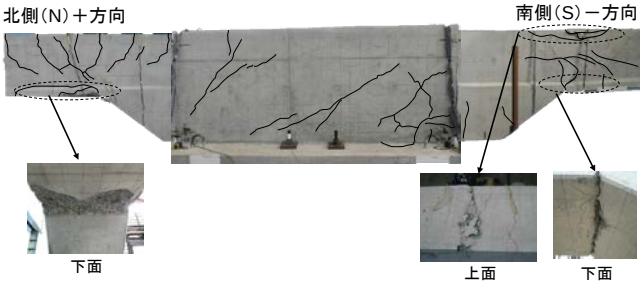


図-1.3.43　PC 桟橋上部工連結部の損傷状況

②桟橋上部工点検のための ROV の機能拡充

桟橋上部工点検用 ROV についてシステム全体のブラッシュアップを図り、運用性の改善を目的として実装したカメラ清掃機能、撮影履歴機能、自動衝突回避機能の検証のため現場実証実験を行った（図-1.3.44）。加えて、画像から生成した 3D 展開図上でコンクリートのひび割れ等の変状を自動抽出し、点検帳票の作成を支援する点検診断支援ソフトを完成させた（図-1.3.45）。開発した点検用 ROV および操作ソフト、また点検診断支援ソフトについて対外貸出体制を整備した。

本研究は、「①港湾構造物のヘルスモニタリングの導入」と密接に連携しており、港湾構造物の点検・診断を効率化させ、生産性向上に大きく寄与する。今後も、引き続き利活用体制の整備を図るとともに、現場適用の結果をフィードバックして開発技術の一層のブラッシュアップを図る。

図-1.3.44　点検用 ROV 実証実験（小名浜）

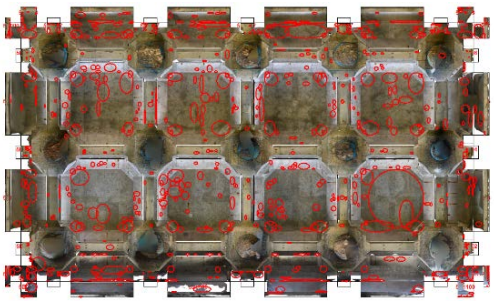


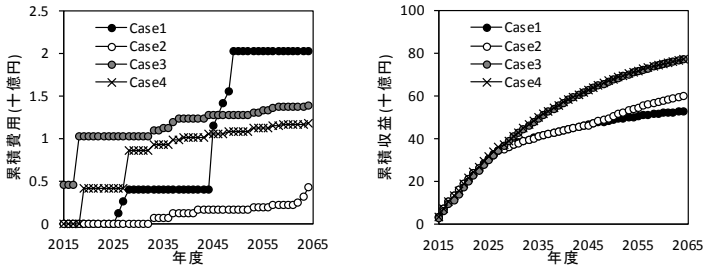
図-1.3.45　点検診断支援ソフトによる変状の自動抽出

（３）インフラのマネジメントシステムに関する研究

①港湾施設群の LCC 最適化のための維持管理計画策定手法の検討

事後保全的な維持管理が実施されているモデル桟橋群を想定して、個々の桟橋をすべて予防保全型に移行するための補修シナリオ（補修工法および実施時期の選定）について、LCC と NPV を評価指標としたケーススタディを実施した（図-1．3．46）。その結果、予防保全型の維持管理に移行する上で、補修シナリオの策定に NPV を指標とした評価を導入することが有効と考えられた。また、新しい点検技術の導入について、LCC と NPV の観点から検討した結果、新しい点検技術の導入は多くの場合で点検費用を増加させる一方で、NPV の観点では優位になることが考えられた。ただし、維持管理優先度が高い重要施設では、新技術を適用した場合の方が累積点検費用も優位になる場合があることがわかった（図-1.3.47）。

今後、港湾管理者ヒアリングにより、提案する補修シナリオ評価の妥当性を検証するほか、施設の利用実態に基づいた便益算定方法の提案に向けた検討を行う。



a) LCC 計算結果　　b) NPV 計算結果

図-1.3.46　各補修シナリオにおける LCC と NPV

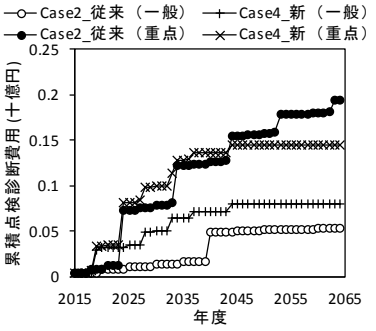


図-1.3.47　累積点検費用の変化

成果の公表

□港湾空港技術研究所報告・港湾空港技術研究所資料：3 編

・田中豊，川端雄一郎，加藤絵万：統計的手法を用いた桟橋上部工の塩害による劣化傾向分析，港空研資料 No.1349, 2018

・川端雄一郎，黒木賢一，加藤絵万，森川嘉之，早川哲史：ケーソンの穴あき損傷対策としての中詰改良工法の現地実験、港湾空港技術研究所資料，No.1351，2019

・伊豆太：空港舗装における表層アスファルト混合物の骨材粒度に関する検討,港湾空港技術研究所資料、No.1348, 2018

□発表論文（和文）：9 編

・田土弘人・山路 徹，小林浩之，濵田秀則：桟橋を模した長尺試験体によるコンクリート中鉄筋の電気防食効果に関する検討，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集 第 18 巻 2018. 10.

・山路徹，富山潤，金城信之：海上大気中に 30 年間暴露されたコンクリートにおける表面被覆材の塩害防止効果，コンクリート工学年次論文集，Vol. 40，No. 1，pp. 699-704，2018. 6.

・染谷望，　加藤佳孝，江口康平：かぶりの諸特性が電気化学的測定結果に与える影響の実験的検討，土木学会論文集 E2（材料・コンクリート構造），　Vol.74 No.2, p. 88-104, 2018

・網野貴彦，加藤絵万，山路徹，星野雅彦：桟橋の点検診断の高度化のためのセンサモニタリング技術の導入，土木学会論文集 B3（海洋開発）Vol.74, No.2，第 43 回海洋開発シンポジウム，2018

・田中豊，川端雄一郎，加藤絵万：桟橋上部工における塩化物イオン浸透性状の非一様性に影響を及ぼす要因の検討，土木学会論文集 B3（海洋開発）Vol.74, No.2，第 43 海洋開発シンポジウム，2018

・宇野健司，田中敏成，加藤絵万：桟橋上部工点検用 ROV による点検の効率化に向けた取組み，土木学会論文集 B3（海洋開発）Vol.74, No.2，第 43 回海洋開発シンポジウム，p. I_109-I_114, 2018

・加藤絵万，川端雄一郎，宇野健司，宮田正史，福手勤：既存ケーソンの有効活用に向けた技術的課題の整理，土木学会論文集 B3（海洋開発）Vol.74, No.2，第 43 回海洋開発シンポジウム，2018

・田中敏成，加藤絵万，宇野健司（現近畿地整），喜夛司：桟橋上部工点検用 ROV のための遠隔操作支援機能の改良，第 18 回建設ロボットシンポジウム，O4-2，2018

・川端雄一郎，加藤絵万，岩波光保，横田弘：桟橋上部工への新しい点検技術の適用に関する一考察～LCC と NPV の観点から～，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第 18 巻，pp.761-766, 2018

□発表論文（英文）：7 編

・E. Kato, Y. Kawabata, K. Uno and H. Yokota: Fundamental study on effective utilization of caisson in breakwater, Life-Cycle Analysis and Assessment in Civil Engineering: Towards an Integrated Vision – Caspeele, Taerwe & Frangopol (Eds), Taylor & Francis Group, London, ILCCE 2018, Ghent, Belgium, October 2018, pp.681-685

・Y. Tanaka, Y. Kawabata & E. Kato: Study on the Spatial Distribution of the Chloride Ion Supply in the Superstructure of an Open-type Wharf, Life-Cycle Analysis and Assessment in Civil Engineering: Towards an Integrated Vision – Caspeele, Taerwe & Frangopol (Eds), Taylor & Francis Group, London, IALCCE 2018, Ghent, Belgium, October 2018, pp.2659-2664

・Yuichiro Kawabata: Diagnosis on Expansion of Heat-Cured Precast Concrete Blocks Due to Delayed Ettringite Formation in Japan, Proceedings of 6th International Conference on the Durability of Concrete

Structures, TIM-02, 2018
- Yuichiro Kawabata, Kazuo Yamada, Yasutaka Sagawa and Shoichi Ogawa: Alkali-Wrapped Concrete Prism Test – New Testing Protocol Toward a Performance Test against Alkali-Silica Reaction-, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.16, pp.441-460, 2018
- Y. Kawabata, E. Kato, Y. Tanaka and H. Yokota: A maintenance management plan for port mooring facilities based on cost-benefit analysis—a case study, Life-Cycle Analysis and Assessment in Civil Engineering: Towards an Integrated Vision – Caspeele, Taerwe & Frangopol (Eds), Taylor & Francis Group, London, IALCCE 2018, Ghent, Belgium, October 2018, pp.713-719
- Y. Kawabata, K. Yamada, S. Ogawa, Y. Sagawa: Numerical simulation of the expansion behavior of field-exposed concrete blocks based on a modified concrete prism test, Proceedings of International Conference on Sustainable Materials, Systems and Structures (SMSS 2019) Durability, monitoring and repair of structures, pp. 230-237, 2019
- K. Yamada, Y. Kawabata, S. Ogawa, K. Shibuya, J. Etoh, A. Teramoto, G. Igarashi, I. Maruyama: Optimization of the concrete prism test for ASR expansion by alkali-wrapping and a new approach assessing the alkali reactivity of concrete for nuclear facilities, Proceedings of International Conference on Sustainable Materials, Systems and Structures (SMSS 2019) Durability, monitoring and repair of structures, pp. 152-159, 2019

研究開発課題	（２)産業と国民生活を支えるストックの形成

研究テーマ	施設の効率的な更新、建設発生土の有効利用、海面廃棄物処分場の有効活用などインフラの有効活用に関する研究開発

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、維持管理・更新等において限られた財源や人員での効率的かつ効果的な老朽化対策に資するため、インフラのライフサイクルマネジメント及び有効活用に関する研究開発等に取り組む。	人口減少が進み高齢化社会が進展していく一方で、過去に蓄積されたインフラの老朽化が進む中、国の活力の源である我が国産業の国際競争力、国民生活を支える港湾・空港の機能をいかに確保していくか、また限られた財源や人員の下、既存インフラの有効活用や施設自体の長寿命化にも留意しつつ、インフラの維持、更新及び修繕をいかに効率的かつ効果的に実施していくかに重点を置いた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。 ③施設の効率的な更新、建設発生土の有効利用、海面廃棄物処分場の有効活用などインフラの有効活用に関する研究開発	人口減少が進み高齢化社会が進展していく一方で、過去に蓄積されたインフラの老朽化が進む中、国の活力の源である我が国産業の国際競争力、国民生活を支える港湾・空港の機能をいかに確保していくか、また限られた財源や人員の下、既存インフラの有効活用や施設自体の長寿命化にも留意しつつ、インフラの維持、更新及び修繕をいかに効率的かつ効果的に実施していくかに重点を置いた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。 ③施設の効率的な更新、建設発生土の有効利用、海面廃棄物処分場の有効活用などインフラの有効活用に関する研究開発 －港湾・空港施設の更新・改良のための杭の支持力評価手法に関して、数値解析手法を完成させ、それを用いた既設構造物の改良設計に関する試験を実施して取りまとめを行い、実務設計への反映方法を検討する。 －地盤改良工法や埋立材料の違いを考慮した空港埋立地盤の性能評価手法に関して、 埋立地盤の内部構造と地表面沈下の関連及び海底地盤の不均質性の影響について 検討する。 －海面処分場の高度土地利用のための構造物基礎に関して、処分場の土地利用を実現するための基礎構造に係る施工法や遮水特性の取りまとを行う。 等

研究の背景

物流量の増大や船舶の大型化への対応、空港機能の拡張、また外力増大などによる既存不適格施設への対応など、既存インフラを機能向上させて積極的に有効活用する要請が強くなっている。また、産業廃棄物や一般廃棄物を受け入れる海面廃棄物処分場などについて、高度有効利用を図ることが社会要請となっている。一方、航路浚渫土砂を受け入れる土砂処分場の用地確保が困難になっており､土砂処分場の長寿命化が求められている。

研究目標

既存インフラの機能向上、更新や用途変更を効率的に実施できる技術、建設発生土などを減容化や有効利用できる技術、海面廃棄物処分場を有効活用できる技術を開発する。

平成 30 年度の研究内容

（１）既存施設の改良・更新技術に関する研究

港湾・空港施設の更新・改良のための杭の支持力評価手法に関して、組杭の杭間改良工法について既設構造物の改良設計に関する大型模型実験、数値解析を実施し、成果は実務設計に反映された。また、既存施設の改良・更新技術に関して、地盤改良工法や埋立材料の違いを考慮した空港埋立地盤の性能評価に関して、埋

立地盤の内部構造と地表面沈下の関連等について検討するとともに不均質地盤に対する地盤改良仕様、港湾・空港施設更新・改良のための杭の支持力評価手法について検討を行った。

（２）建設副産物等の有効活用・処理技術に関する研究

建設副産物等の有効活用・処理技術に関して、微視構造を考慮した複合地盤材料の力学特性評価について検討、浚渫土砂処分場の高容量化に関する技術開発を行った。

（３）海面廃棄物処分場の管理と利用に関する研究

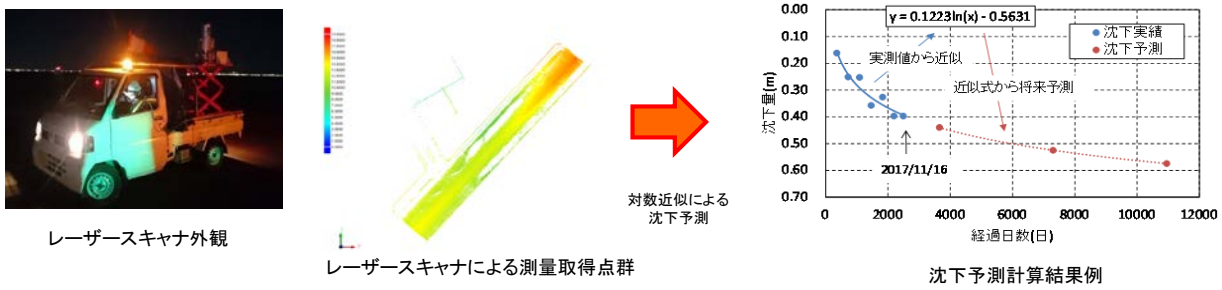
海面廃棄物処分場の管理と利用に関して、その高度土地利用のための構造物基礎に関して、処分場の土地利用を実現するための基礎構造に係る施工法や遮水特性の取りまとめを行った。

平成 30 年度の研究成果

（１）既存施設の改良・更新技術に関する研究

①地盤改良工法や埋立材料の違いを考慮した空港埋立地盤の性能評価手法

空港埋立地盤の性能評価手法に関して、短時間かつきめ細かな取得が可能なレーザー測量データを活用して、不同沈下に対する埋立地盤や海底地盤の不均一性等の影響を検討した。調査の結果、滑走路表面のうねりの形状が過年度調査結果と比較しても変化しておらず、沈下近似曲線の変化も収束していることから、下図に示すような一定期間蓄積した調査データおよびその近似に基づく沈下予測手法は長期の沈下予測にある程度有効と考えられる。本手法は、空港滑走路の維持管理の生産性向上（改良・更新）に資するものであり、首都圏空港の国際競争力強化にも貢献するものである。



レーザースキャナ外観　　レーザースキャナによる測量取得点群　　沈下予測計算結果例

図-1.3.48　不同沈下を考慮した長期維持管理システム

②不均質地盤に対する地盤改良仕様の提案

細粒分含有率(Fc)が異なる砂質地盤への薬液注入過程を透明土を用いて可視化した。薬液注入実験は重力場および遠心場で行い、拘束圧、細粒分含有率、細粒分の分布が異なる条件下で地盤の不均質箇所周辺の浸透状況や周辺地盤への影響の評価を行った。遠心場における地盤内の薬液注入過程の可視化技術は他に類のないもので、非常に先進性の高い成果である。また、統計的手法を活用して空港埋立地内の細粒分含有率の不均質空間分布モデルの生成方法について検討を行った。これらの成果は、従来から困難であった不均質地盤の地盤改良を効率的、効果的に進めることに活用できる。

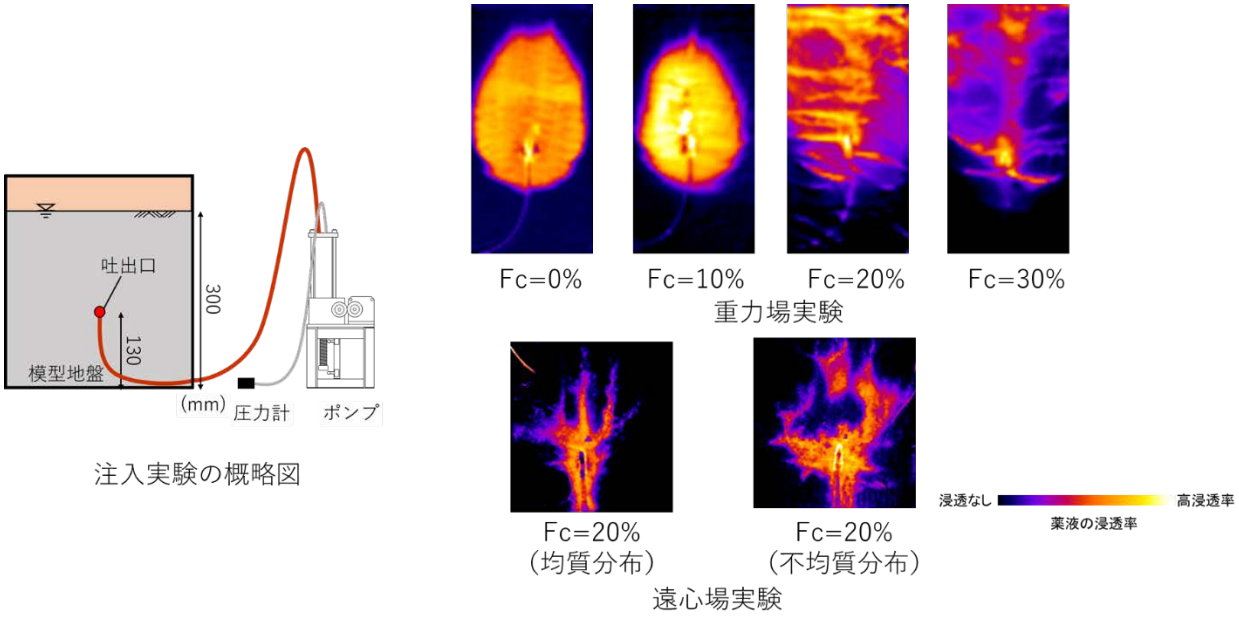


図-1.3.49　遠心模型実験での薬注過程の可視化例（地盤条件の違いが改良領域の形成に及ぼす影響）

③港湾・空港施設更新・改良のための杭の支持力評価手法

既存港湾施設の改良ニーズ（増深、耐震性向上等）が増大していることに対応して、既設の矢板式係船岸の控え組杭の杭間を地盤改良することで耐力を向上させる工法について、既設構造物の改良設計に関する三次元水中振動台を用いた模型実験ならびに FLIP による数値解析を行い、実断面への適用に向けた数値解析上のモデル化手法の妥当性を検証した。本工法は国内初のものであるが、さっそく既設港湾構造物の改良事業に適用されるなど、効率的な港湾施設の更新・改良に大きく寄与するものである。また、軟弱粘性土地盤中の杭の長期的な挙動に関する検討の一環として、既設の軟弱地盤着底式防波堤の三次元計測（レーザー測量、マルチビーム測量）を行い、得られる点群データが経時的な変位挙動の把握や部材の異常の検知に有用であることを確認した。点群データの取扱いに X 線 CT 画像等の画像処理技術を応用し、効率的なデータ処理を行う点が先進的である。あわせて、矢板式係船岸の改良を行う際の設計の基本的な考え方について検討を行った。今後、これらの成果についてとりまとめ、港湾・空港施設の更新・改良設計の基礎資料として広く活用できるような資料として刊行する予定である。

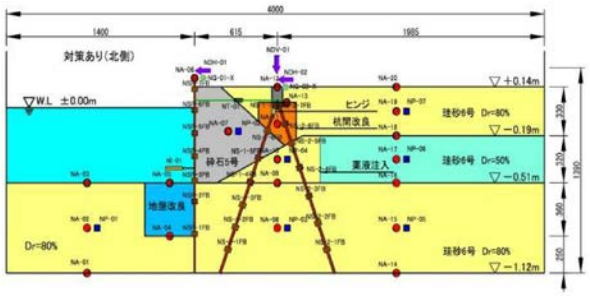


図-1.3.50　控え組杭の杭間改良断面の振動台模型実験モデル

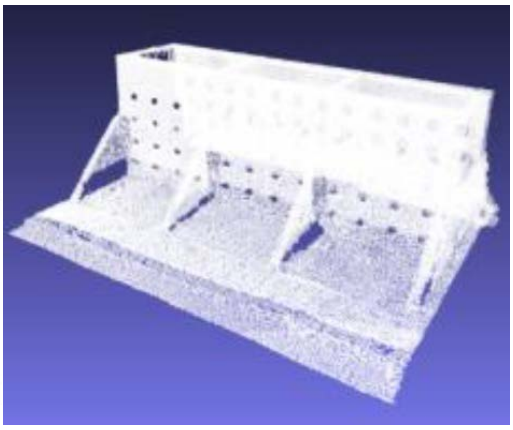


図-1.3.51 三次元計測の点群データで捕えた軟着地盤着底式防波堤の形状

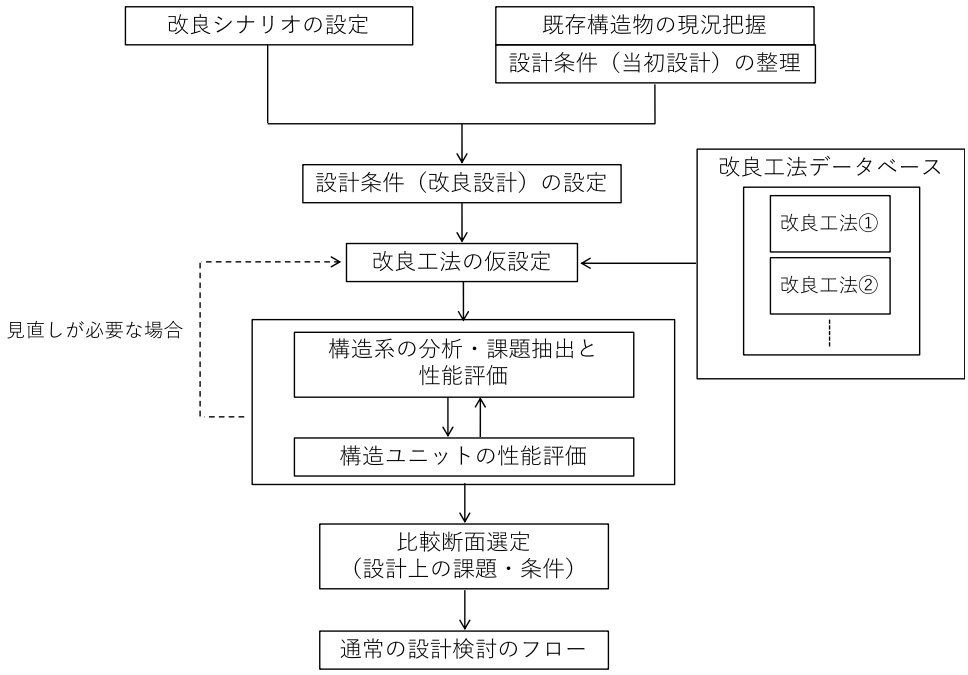


図-1.3.52 施設の改良設計の基本的な考え方のフロー（検討段階）

（２）建設副産物等の有効活用・処理技術に関する研究

（２）建設副産物等の有効活用・処理技術に関する研究

①微視構造を考慮した複合地盤材料の力学特性評価の高精度化

粒度分布や粒子形状といった微視構造の異なる地盤材料は、その微視構造の違いに起因して多様な力学特性を示す。そのため、微視構造の影響を評価することは、地盤の力学特性評価の高度化につながるものと考えられる。従来の地盤調査法では、原位置地盤から不撹乱試料（＝コア）を採取し、粒度、透水性、せん断特性など目的に応じて様々な室内試験を実施しなければならない。これに対して、原位置で地盤を X 線 CT スキャンし、CT 画像からコアの多様な工学特性を評価することができれば、従来の地盤調査の概念を覆す大きなブレークスルーとなる。

本研究では採取されたコアを原位置で X 線 CT スキャンできる装置を開発した。本年度には本装置を用いた実証模型実験（図-1.3.53）を実施した。本実験では、模型地盤から採取されたコアの原位置での X 線 CT スキャン（図-1.3.54）および各種室内試験を併せて行った。図-1.3.55 は、得られたコアの水平 CT 画像の例を示している。今後は、実験により得られた画像の解析および個別要素法や 3D プリント技術を利用した力学特性評価手法の検証を行うとともに、原位置地盤内で X 線 CT スキャンが可能な装置の開発を目標としている。

図-1.3.53 実証模型実験（礫サンプリング時）

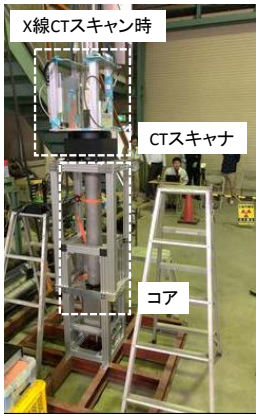


図-1.3.54 原位置 X 線 CT スキャン

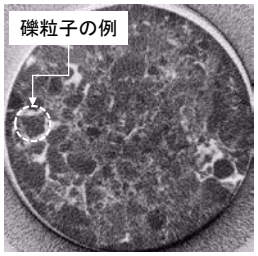


図-1.3.55 得られた水平 CT 画像の例

②浚渫土砂処分場の高容量化に関する技術開発

モデル断面を対象に、浚渫土の嵩上げ高さ、嵩上部の仮仕切り堤の護岸からの離隔、嵩上部の仮仕切り堤の構造および力学特性、護岸本体に対する対策などをパラメータとして、嵩上による既設の堤体の変状に関する数値解析的検討を行った。

今後は、他断面に対して同様の検討を継続するとともに模型実験的検討を行う予定である。これらの成果は、土砂処分場の受け入れ容量を増大させ、浚渫事業などに寄与することが期待される。

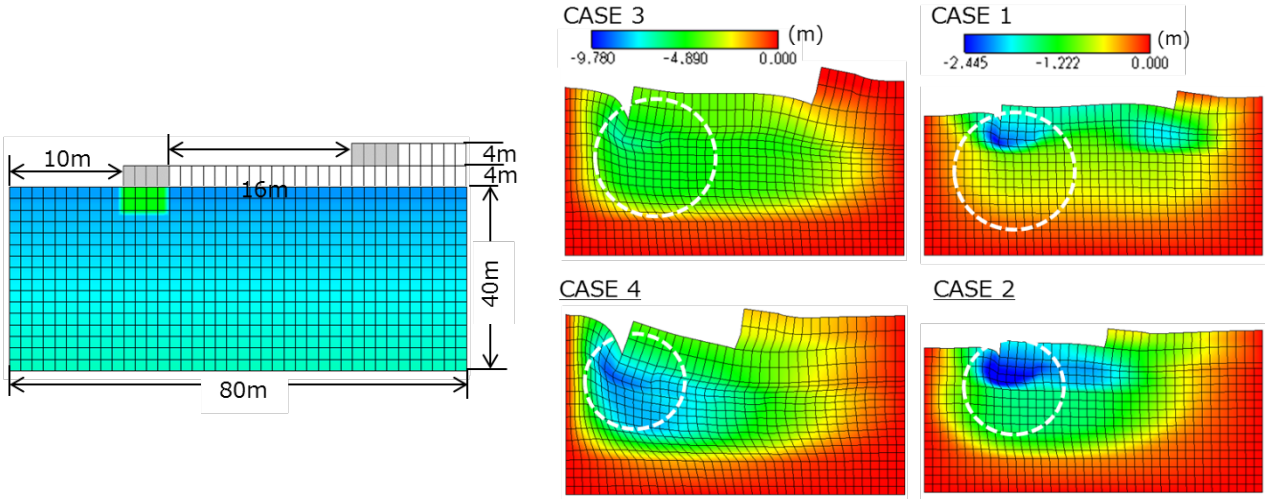


図-1.3.56 嵩上時の安定に関する数値解析（堤体間隔、高さを変えた場合の水平変位）

（３）海面廃棄物処分場の管理と利用に関する研究

①海面処分場の高度土地利用のための構造物基礎構築技術の評価

焼却灰を埋め立てた処分場における杭打設・引抜き試験についての取りまとめを行った。また、セメント改良による汚染物質の不溶化技術の検討に着手した。具体的には固化処理土の劣化と汚染物質の溶脱を検討するための固化処理土の劣化促進手法を検討した。この手法は国内初の手法である。その結果、供試体に透水することにより、早強セメントについては、供試体を均等に劣化させることができたが、それ以外のセメントでは逆に強度が増加する結果となった。供試体からの排出水のカルシウムイオン濃度を分析した結果、早強セメントでは 2 日目以降イオンの排出が収束しているのに対し、それ以外のセメントでは排出が継続した。これは排出水の pH の値とも整合していた。このため、透水時間を早強セメントより長く設定する必要があることがわかった。

また、本研究の成果が、港湾における管理型海面最終処分場の高度利用の指針（平成 31 年 3 月）に反映された。これらの研究は、海面処分場の土地利用（橋梁等のインフラ整備や大型物流施設等の整備）の進展に寄与するものと考えられる。

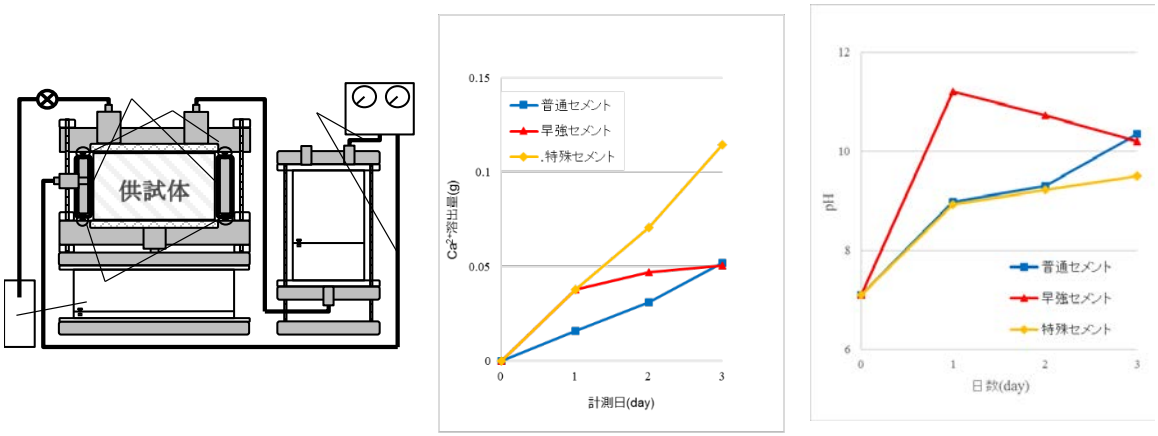


図-1.3.57　固化処理土の劣化促進に使用した透水装置および供試体からの排出水分析結果

成果の公表

口発表論文（和文）：1 編

・高野大樹，高橋英紀，小泉勝彦（2018）：重力式岸壁の裏込め固化による地震時安定性の向上に関する遠心模型実験．土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 74，No. 2，pp. I?850-I_855.

口発表論文（英文）：3 編

・Satoshi Matsumura，Takaaki Mizutani（2018），Development of temperature-controlled box shear test apparatus for X-ray CT scanning，Proceedings of IS-Atlanta, Atlanta, USA.

・Seth D. Mallett（ジョージア工科大学），Satoshi Matsumura，·J. David Frost（ジョージア工科大学）（2018），Additive manufacturing and computed tomography of bio-inspired anchorage systems，Géotechnique Letters, Volume 8 Issue 3, pp. 219-225.

・高野大樹, 森川嘉之, 宮田喜壽, 野々山英人, R.J. Bathurst：Physical modelling of compaction grouting injection using a transparent soil，Physical Modelling in Geotechnics, Volume 2, 1259-1263，2018.

研究開発課題	（３）海洋権益の保全と海洋の利活用

研究テーマ	遠隔離島での港湾整備や海洋における効果的なエネルギー確保など海洋の開発と利用に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
海洋権益の保全のためには、本土から遠く離れた特定離島（南鳥島、沖ノ鳥島）における、排他的経済水域（ＥＥＺ）及び大陸棚の保全や利用を支える活動拠点の整備が必要である。研究所は、これら活動拠点の整備や、この海域も含めた我が国のＥＥＺ等における海洋再生エネルギー開発及び海洋の利用促進のため、港湾整備に係る技術を活用して海洋の開発と利用に関する研究開発等に取り組む。	海洋権益の保全と海洋の利活用のためには、本土から遠く離れた遠隔離島等における活動拠点の整備が必要であり、また海中を含む海洋での様々なインフラ整備技術が不可欠であることを踏まえ、海洋開発の拠点形成のための港湾をはじめとするインフラ整備や地形保全、海洋資源や海洋再生エネルギーの調査・開発に重点を置いた取組が求められている。 このため、これまで研究所が蓄積してきた波浪や海底地盤、港湾構造物等に関する知見を総合的かつ最大限に活用して、遠隔離島での港湾整備や海洋における効果的なエネルギー確保など海洋の開発と利用に関する研究開発を進める。	海洋権益の保全と海洋の利活用のためには、本土から遠く離れた遠隔離島等における活動拠点の整備が必要であり、また海中を含む海洋での様々なインフラ整備技術が不可欠であることを踏まえ、海洋開発の拠点形成のための港湾をはじめとするインフラ整備や地形保全、海洋資源や海洋再生エネルギーの調査・開発に重点を置いた取組が求められている。 このため、これまで研究所が蓄積してきた波浪や海底地盤、港湾構造物等に関する知見を総合的かつ最大限に活用して、遠隔離島での港湾整備や海洋における効果的なエネルギー確保など海洋の開発と利用に関する研究開発を進める。 －孤立リーフ海域における係留施設の利活用に関する研究では、リーフ周辺海域に船舶を安全に係留するための方策を提案する。 －遠隔離島における港湾施設の調査・点検に関する研究では、泊地の簡易深度調査及び構造物の目視点検について、システム全体の構築と運用に関するソフトウェアの整備を行う。 －離島特有の制約条件（物資、人力）を考慮し、低潮線や港湾施設の保全や維持管理に資する、広域・長期・省力の解析手法の開発を行う。 －水中音響カメラに関する研究では、開発した音響ビデオカメラ及び映像呈示ソフトについて海上試験を実施するとともに、運用方法の検討を行う。 －水中機械化施工におけるマシンガイダンス技術の研究では、選定したセンサを用い水中マシンガイダンス試験装置を構築する。さらにマシンガイダンスを遠隔操作化する際に必要となる外界計測等に関する検討を実施する。　等

研究の背景

海洋の利用や開発については、1960 年代からその重要性が指摘され、様々な取り組みが行われてきたが、その進展は必ずしも十分ではない。その原因の 1 つは、海洋には拠点となるインフラがほとんどないことである。そのため、南鳥島や沖ノ鳥島等の遠隔離島に海洋拠点港湾を整備し、海洋の利用・開発を促進する必要がある。これらの離島は通常の港湾とは異なる厳しい波浪環境や施工環境にあり、船の接岸や荷役、施工を円滑に行うにはさらなる技術開発が必要になる。

そこで、これまでに蓄積してきた波浪、海底地盤、港湾構造物や港湾工事等に関する知見を最大限に活用し、

遠隔離島の港湾整備を推進するとともに、海洋の利用・開発を促進する。具体的には、孤立リーフ海域の波浪場を解明するとともに、新たな係留システムを開発する。また、音響ビデオカメラの小型軽量化、海洋の利用開発に関する技術開発を行う。

研究目標

厳しい波浪条件や複雑な地形を有する離島でも適用可能な、港湾建設のための新たな技術開発を行う。また、港湾分野で蓄積された技術を活用して、海洋インフラ整備を支援し、海洋の利用・開発を促進する。

平成 30 年度の研究内容

（１）海洋上の孤立リーフ海域に建設される係留施設の利活用に関して、過年度に得た波高比を活用して岸壁前面での波高推定ツールを作成した。また、孤立リーフ上に係留した船舶模型の平面動揺実験・計算を行い、様々な波浪・係留条件に対する動揺量及び係留力を計測・算定した。

（２）港湾内の船舶の新型係留装置に関して、高強度ワイヤを用いた新型係留装置を適用した場合の係留船舶の動揺計算を実施して荷役限界波高を算定し、現状の係留方式と比較することにより新型係留装置の有効性について検証した。

（３）遠隔離島における港湾施設等の点検・調査技術に関して、泊地の簡易深度調査及び構造物の目視点検の手法を検討するとともに、調査・点検情報の管理手法の検討を行った。具体的には、遠隔離島における港湾施設の点検・調査の省人化・効率化を図り、その生産性が向上するよう、少人数で容易に運用可能な簡易調査・点検システムを開発した。これは、陸上走行機能を備えた調査点検装置（ROV，Remotely operated vehicle）であり、岩場・砂浜を走行して入水し、水中を航行して、港湾施設の撮影・計測ができるものである。さらに、点検機構の位置方位の表示や点検目標点への誘導などを行う運用ソフトウェアを実装し、実海域において運用試験を実施した。

（４）水中機械化施工におけるマシンガイダンス技術に関して、設計断面などの情報を水中の運転席に表示する水中 MG（マシンガイダンス）に関し、その表示方法，機体座標計測方法，外界計測方法の検討を行った。また、上記検討を基に改良した水中 MG を用い、京浜港ドックにおける水中実験を経て，沖縄県宮古島における運用試験を実施した。本研究は、港湾の整備・維持管理や海洋開発等において、潜水士の高齢化等に対応するとともに、濁り海域や大水深海域での作業の生産性の大幅な向上を図るため、ICT を活用した水中施工機械（バックホウ）の開発を世界に先駆けて着手するものである。

（５）次世代音響画像システムの開発に関して、浅海用音響ビデオカメラの軽量化を実施した。また、音響映像呈示システムについて、施工モニタ用のアプリケーションを作成した。さらに、音響ビデオカメラ及び音響映像呈示システムの運用マニュアルを作成した。

（６）炭酸塩で形成された離島の地形動態に関する解析手法開発に関して、南鳥島、那覇港、平良港、石垣港において、GNSS 測量、ドローンによる写真測量、マルチビームによる深浅測量、水質サンプリング、可視光＋NDVI カメラによる空撮ける現地調査を実施した。また、南鳥地形データ整理し地形変化を解析した。さらに、サンゴ成長と環境条件との関係性に関する検討するとともに造礁生物の分布や活性を自動判定する手法に関する情報を収集した。

（７）波力発電機能付き浮消波堤に関して、浮体式波力発電装置の技術開発事例や浮消波堤の設置事例について調査し、その結果を参考にして波力発電機能付き浮消波堤の基本コンセプトを設定した。

平成 30 年度の研究成果

（１）海洋上の孤立リーフ海域に建設される係留施設の利活用に関して、以下の成果を得た。

・過年度に算定した波高比を活用し、沖縄本島のリアルタイム NOWPHAS データから南北大東港各岸壁の波高を推定（図-1.3.58）するマクロツールを作成した。

・孤立リーフ上の係留施設に船舶模型を数種類の方法で係留し、波高・周期・波向による動揺量及び係留力の違いを計測するとともに、過年度に開発した改良 CADMAS-SURF/3D を用いて動揺実験結果を適宜補完し、当該海域において安全に係留・荷役できる係留・波浪条件を明らかにした。

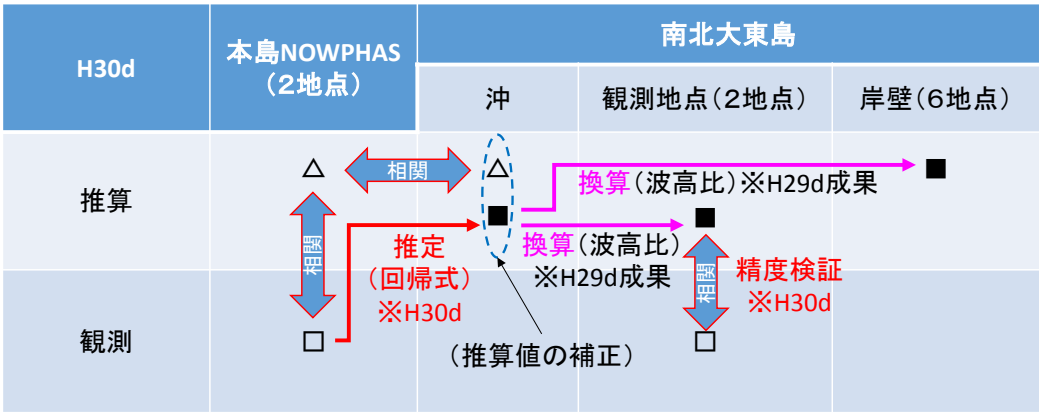


図-1.3.58　南北大東港各岸壁での波浪概略値の推定方法

（２）港湾内の船舶の新型係留装置に関して、以下の成果を得た。

・離島の係留施設における貨客船の荷役係留時を対象として、動揺計算により、高強度ワイヤを用いた新型係留方式による係留船舶の荷役限界波高を算定した。
・動揺計算の結果から、この新型係留装置においては、船舶と高強度ワイヤとの離隔距離を適切に設定することにより、係留ブイを用いた通常の係留方式と同等の荷役限界波高を確保できることを確認した。

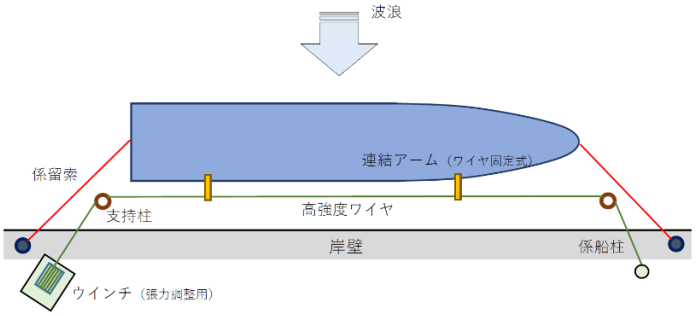


図-1.3.59　高強度ワイヤを用いた新型係留装置

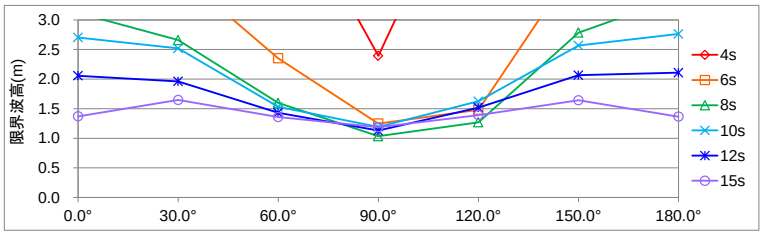


図-1.3.60　荷役限界波高の計算結果例（新型係留方式）

（３）遠隔離島における港湾施設等の点検・調査技術に関して、以下の成果を得た。
・水中で撮影した点検写真について、それらの取得位置情報等を付帯情報として関連付ける管理手法を提案した（図-1.3.61）。
・管理時に必要な水中航行体の位置情報の計測方法については、音響測位装置・GNSS・対地速度計・水圧計を組み合わせる手法を提案した。
・運用支援のためのソフトウェアを実装し、投入・点検・回収の一連の作業を実海域において試験を行い、少人数運用が可能であることを確認した（図-1.3.62）。
・これらにより、遠隔離島の港湾施設の維持管理の生産性向上が図られる。さらに人工海浜突堤等の海岸保全施設の維持管理にも活用できるものと考えられる。

図-1.3.61　付帯情報を利用した点検写真の管理例

図-1.3.62　運用試験の状況

（４）水中機械化施工におけるマシンガイダンス技術に関して、以下の成果を得た。
・音響プロファイラについて高速化・高精細化を目的とした改造を行い，京浜港ドックにおいてマウンド形状計測実験を実施した（図-1.3.63）。
・マウンド本均し作業を遠隔操作で行うための支援機構として，油圧ブレーカを用いた叩き均しアタッチメントの実験機を製作し，水中と気中での挙動について比較実験を実施した。
・共同研究者が所有する水中バックホウに水中 MG システムを移植し，沖縄県宮古島の実工事において運用試験を実施し，実用化に向けた課題点を抽出した。（図-1.3.64）。また、今後、水中ソナーによる測量データや次世代音響画像システムと連携し、遠隔システムを構築する。

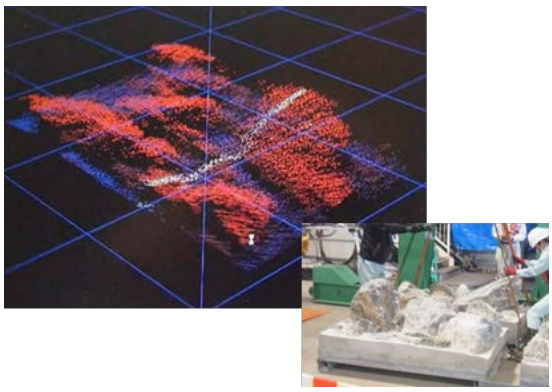


図-1.3.63　音響プロファイラ計測

図-1.3.64　叩き均しアタッチメント試験

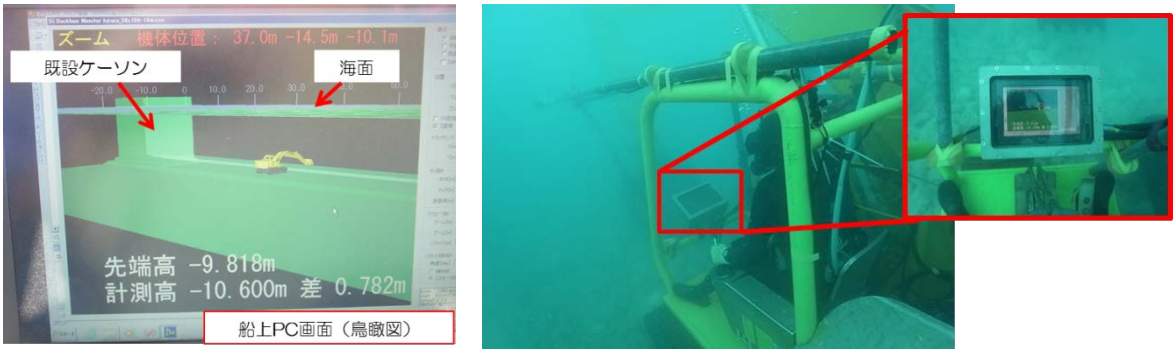


図-1.3.65　宮古島平良港における運用試験

（５）次世代音響画像システムの開発に関して、以下の成果を得た。
・浅海用音響ビデオカメラについて、耐水圧 30m、気中重量 32 kg の軽量化を実施した。
・音響映像呈示システムについて、床堀浚渫工、置換え工をターゲットとした施工モニタ用のアプリケーションを作成し、床堀浚渫工、置換え工での視認に着手した。また、潜水士の視認についても施工モニタ用のアプリケーションを作成し、検討を行った。
・社会実装の一環として、SIP メンバーである海洋調査協会と連携して、音響ビデオカメラ及び音響映像呈示システムの運用マニュアルを作成した。これにより、音響ビデオカメラの実用化の目処が立った。
・水中音響ビデオカメラ特許（国際出願済）の各国内移行手続に着手した。

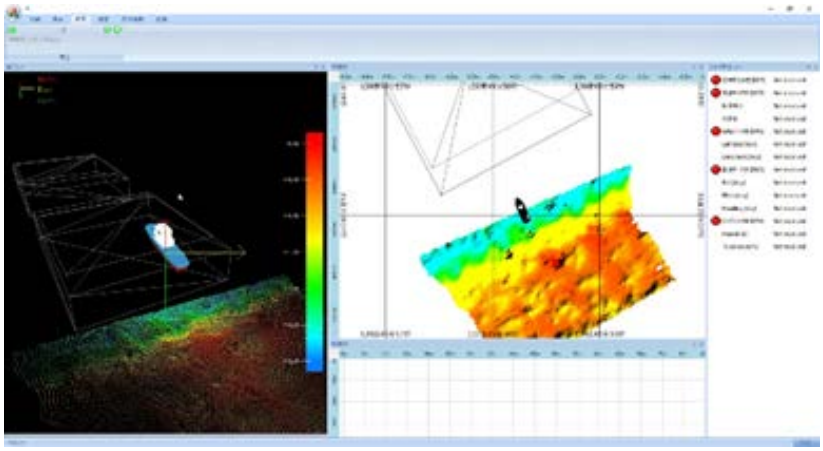


図-1.3.66　音響映像呈示システム

（６）炭酸塩で形成された離島の地形動態に関する解析手法開発に関して、以下の成果を得た。
・南鳥島の過去の地形変化解析と種々の測量手法を適用した。
・南鳥島の地質コアサンプルを用いて海水準変動を精度よく推定し、既往の海水準変動研究結果の見直しの必要性を指摘した。
・南鳥島の汀線測量データを整理し、島全体の土砂量収支を算定した（ただし汀線近傍のみ）。その結果、長期のトレンドを捉えるには、測量の継続が必要であることが判明した。
・真の島全体の土砂収支を求めるためには、汀線近傍のみではなく、リーフエッジやリーフ内の地形変化を捉える必要があるため、その手法として、マルチビーム測量、グリーンレーザー測量の適用性を検討した。
・サンゴ成長と環境条件との関係性について、ケーソン目地部は、目地から離れた直立部よりもサンゴの総被度が高くなるといった知見を得た。
・現地観測や水理模型実験結果と合わせて、那覇港では目地幅約 1 m まで目地幅が広いほど港内側出口流速が速くなり、それによってサンゴの着生が促進されることが示唆された。
・造礁生物の分布や活性について、AI を用いた機械学習を導入するための材料や手順について検討した。

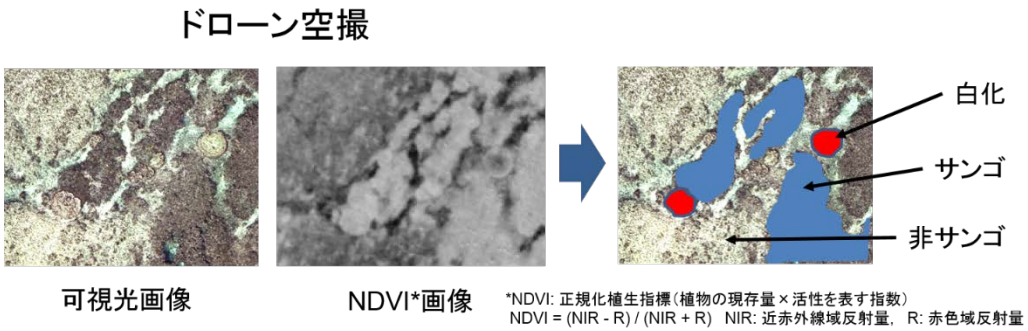


図-1.3.67　造礁生物の分布や活性を自動判定する手順の検討

（７）波力発電機能付き浮消波堤に関して、以下の成果を得た。
・浮体式波力発電装置の技術開発事例や浮消波堤の設置事例について、既発表の論文や資料の収集を行い、両者を組み合わせる上での技術的課題等を整理した。
・この調査結果を参考にして、浮消波堤の遊水部を空気室として利用し、その上部に振動水柱型波力発電装置が搭載された構造とする、波力発電機能付き浮消波堤の基本コンセプトを設定した。

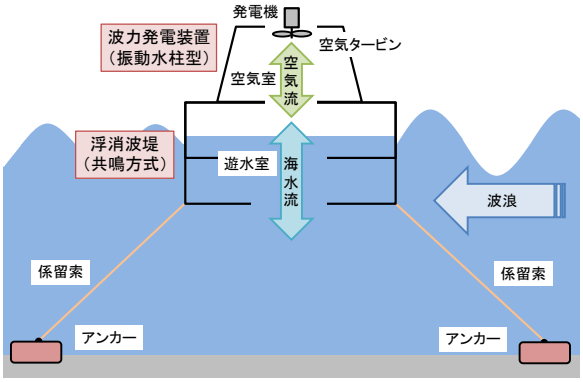


図-1.3.68　波力発電機能付き浮消波堤の基本コンセプト

成果の公表

□港湾空港技術研究所報告・港湾空港技術研究所資料：１編

棚谷灯子・所立樹・渡部要一・桑江朝比呂（2018）：サンゴ礁生態系による炭酸塩地盤形成に関する現地調査と解析：離島における低潮線保全，港湾空港技術研究所報告，第 57 巻第 2 号

□発表論文（和文）：７編

・相田康洋・平山克也（2018）：CADMAS-SURF/3D を拡張した係留船舶動揺解析手法の構築，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.74，No.2，pp.I_13-I_18.
・米山，金城，峯村，中村（2018）：維持管理を考慮した水中フロート式係船浮標の提案，土木学会論文集 B3（海洋開発）Vol.74，No.2，pp.I_970-I_975.
・平林丈嗣・喜夛司・吉江宗生・上山淳・鈴木正己・金城寛・大城尚紀（2018）：水中建設機械を対象とした作業情報呈示システムの適応検討，建設ロボットシンポジウム.
・平林丈嗣・喜夛司・吉江宗生・上山淳・鈴木正己・金城寛・大城尚紀（2018）：水中建設機械用作業情報呈示システムにおける音響センサの適応検討，海洋工学シンポジウム.

・田場大貴・金城寛・大城尚紀・鈴木正己・平林丈嗣・吉江宗生・上山 淳（2018）：振動式締固め機の水中モデリング，第 37 回計測自動制御学会，九州支部学術講演会.
・松本さゆり・虻川和紀・佐藤智夫・片倉景義・南利光彦・植木俊明（2018）：深海用音響ビデオカメラの拓洋第五海山周辺海域での実証試験について，海洋音響学会研究発表会講演論文集.
・松本 さゆり（2018）：海中を見る、深海から浅海までー水中音響ビデオカメラの開発と実証試験ー，日本音響学会秋季研究発表会講演論文集.

研究開発課題	（４）海域環境の形成と活用

研究テーマ	沿岸生態系の保全や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、地球温暖化対策や循環型社会の構築といった地球規模の環境問題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、地形の形成や維持に関する研究開発等に取り組む。	地球温暖化対策や循環型社会の構築といった地球規模の環境問題への対応が益々重要となっていること、また沿岸域が多様な生態系が広がる環境上重要な空間であることを踏まえ、この環境や地形を人間の営む経済活動や気候変動の中でいかに保全するか、また気候変動の緩和策としていかに活用できるかということに重点をおいた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沿岸生態系の保全や活用に関する研究開発	地球温暖化対策や循環型社会の構築といった地球規模の環境問題への対応が益々重要となっていること、また沿岸域が多様な生態系が広がる環境上重要な空間であることを踏まえ、この環境や地形を人間の営む経済活動や気候変動の中でいかに保全するか、また気候変動の緩和策としていかに活用できるかということに重点をおいた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沿岸生態系の保全や活用に関する研究開発 －ブルーカーボンによる気候変動の緩和効果と適応効果の全球推計の研究では、数理動態モデルに必要な要素（地形、外力、生物量など）や過程に関する知見、データ収集を継続するとともに外力・地形・生態系等モデルの統合を行う。 －大気・海洋に関する湾口横断観測と解析の研究では、海洋の水質・流れの観測機能を強化し、大気観測のための基盤整備を実施する。 －自然災害等を含めた流出油防除に向けた新技術の開発では、油流出事故発生時並びに日常的なハザードを常時把握できるリアルタイム流出油ハザードマップ配信システムの試験運用版の改良を進めるとともに、バブルカーテンによる自然災害時の流出油の漂流漂着制御技術の港湾施設への適用性、並びに燃焼を伴う海上流出油の制御への適用可能性を検討する。　等

研究の背景

干潟やアマモ場、サンゴ礁に代表される沿岸域には、豊かな生態系が形成されており、沿岸域は地球環境にとって貴重な場となっている。しなしながら、高度経済成長期には、活発な経済社会活動に伴い、沿岸域の特に閉鎖性内湾において水質が悪化し、生態系が劣化した。その後の対策により、水質が徐々に改善している沿岸域があるものの、生態系を含めた沿岸域環境の修復は依然として大きな課題である。一方、新たな課題として、沿岸域の機能を気候変動の緩和に役立てることが求められるとともに、臨海コンビナートなどからの大規模油流出に対する対応も必要となってきている。

研究目標

本研究では、沿岸域環境のさらなる修復と気候変動の緩和への活用、及び大規模油流出への対応技術の確立を目標とする。沿岸生態系の温室効果ガス吸収効果(ブルーカーボン)を解明するとともに、その機能の有効活用方策を提案する。また東京湾や伊勢湾等において、赤潮や青潮の発生等の水環境をリアルタイムで予測するシステムを開発する。さらに国土交通省保有の油回収船団の次世代油回収装置、地震や津波に伴う臨海コンビナート等からの油流出への対応技術を開発する。

平成 30 年度の研究内容

（１）ブルーカーボンによる気候変動の緩和効果と適応効果の全球推計に関し、浅海域生態系による二酸化炭素の年間吸収量について、世界で初めて全球ならびに全国において推計した。また、地形・生態系データの収集と GIS 解析、浅海域生態系による波浪減衰や越流量低減効果に関するモデル化と試計算を実施した。さらに、国内外の藻場・干潟・サンゴ礁、マングローブとその流域、外海において、炭素動態に関連する水底大気質の現地調査を実施した。さらに、ブルーカーボンの英文書籍を出版し、気候変動枠組条約締結国会合（COP24）で公表した。
（２）沿岸底生生態ー地盤環境動態の統合評価予測技術の開発に関して、生物住環境診断チャートの拡充・発展とこれに基づく沿岸底生生態—地盤環境動態リンクの統合評価予測結果を上記広域現地モニタリング・調査結果と突き合わせ検証した。
（３）大気・海洋に関する湾口横断観測と解析に関して、世界でも類をみない東京湾湾口を横断するフェリー「かなや丸」を利用した大気海洋観測手法の改良を行った。海洋観測に関しては、海技研と堀場アドバンスドテクノと協力し船体での pH 長期観測技術の開発を行った。大気に関しては海技研と JAMSTEC、海洋に関しては情報交換しつつ、風向風速観測体制を整備した。
（４）沿岸域における場の規模を考慮した生物多様性評価手法の開発に関して、さまざまな解析法の特徴を整理し、港湾事業に適した考え方の抽出および多様性評価手法の開発を行った。
（５）沿岸生態系シミュレーションにおけるマクロ生物の動態解析に関して、これまで開発を行ってきた低次生態系モデルに上位の捕食者となるマクロ生物モデルの試計算を行った。また、モデルパラメーターのチューニングシステムの開発を行った。
（６）データ同化による沿岸域の流動及び水質環境の解明に関して、伊勢湾や東京湾のような沿岸域の水環境を解析する数値シミュレーションモデルである伊勢湾シミュレーターにデータ同化モデルをプログラミングし、数値実験による精度検証を行った。
（７）自然災害等を含む多様な流出油防除に向けた新技術の研究開発に関して、流出油の漂着抑制技術の港湾施設への応用、津波火災への応用、油回収船への応用を検討した。また、リアルタイム流出油ハザードマップ配信システムの開発を行った。さらに、海上技術安全研究所と共同で沈船からの油の抽出技術に関する検討を行った。

平成 30 年度の研究成果

（１）ブルーカーボンによる気候変動の緩和効果と適応効果の全球推計に関して、以下の成果を得た。
・全球ならびに全国の吸収量の将来予測が定量的に可能な数理動態モデルを初めて開発、浅海生態系を用いた今後の気候変動対策の定量的な効果の予測を可能とした。今後、さらなる精度向上を図る。
・ブルーカーボン生態系＋他の浅海生態系による CO_2吸収量の現況を、世界で初めて全球ならびに全国で推計し、政策化に必要な吸収ポテンシャルを提示した。
・査読あり英文論文 9 編（うち，Impact Factor が 9-12 と，非常に格の高い jounal 含む），査読あり和文論文 5 編などを、対外発表した。また、英文書籍を編集、出版した。
・気候変動適応計画、第五次環境基本計画、第３期海洋基本計画、第５期科学技術基本計画、港湾の中長期政策（PORT2030）に初めてブルーカーボンが盛り込まれた。
・気候変動枠組条約（UNFCCC）締結国会合（COP24）にて成果を公表した。
・三省庁オブザーバーの研究会を主導し、地球温暖化対策計画への組み入れ準備が進捗した。

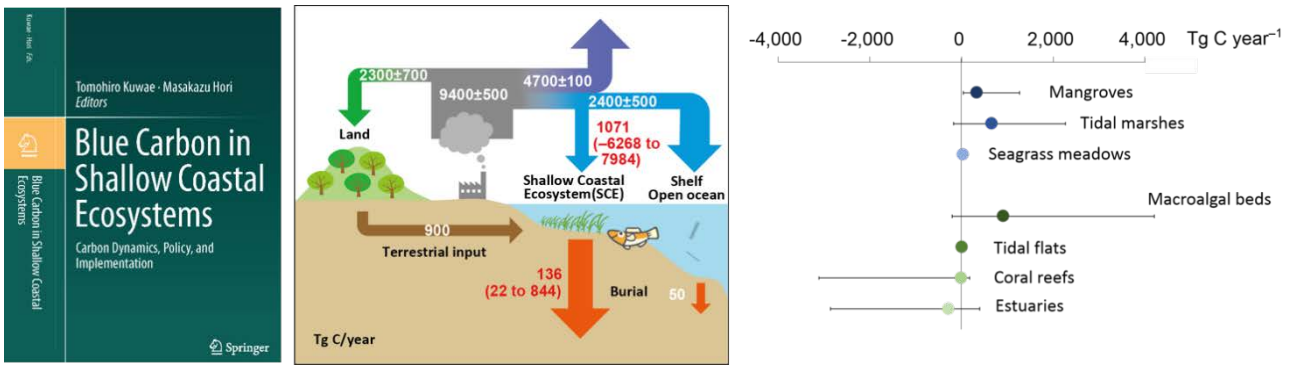


図-1.3.69　出版された英語書籍と CO2 吸収速度の全球推計

（２）沿岸底生生態ー地盤環境動態の統合評価予測技術の開発に関して、以下の成果を得た。
・生物住環境診断チャートの拡充・発展とこれに基づく沿岸底生生態—地盤環境動態リンクの統合評価予測結果を現地調査結果と突き合わせ検証し、生物種の多様性−地盤環境動態の関わり並びに各種生物分布域の変化を整合的に予測再現しうることを実証した。これらの知見および基盤は、海の生物多様性の保全・再生に資する革新的技術基盤として、今後の活用が大きく期待される。

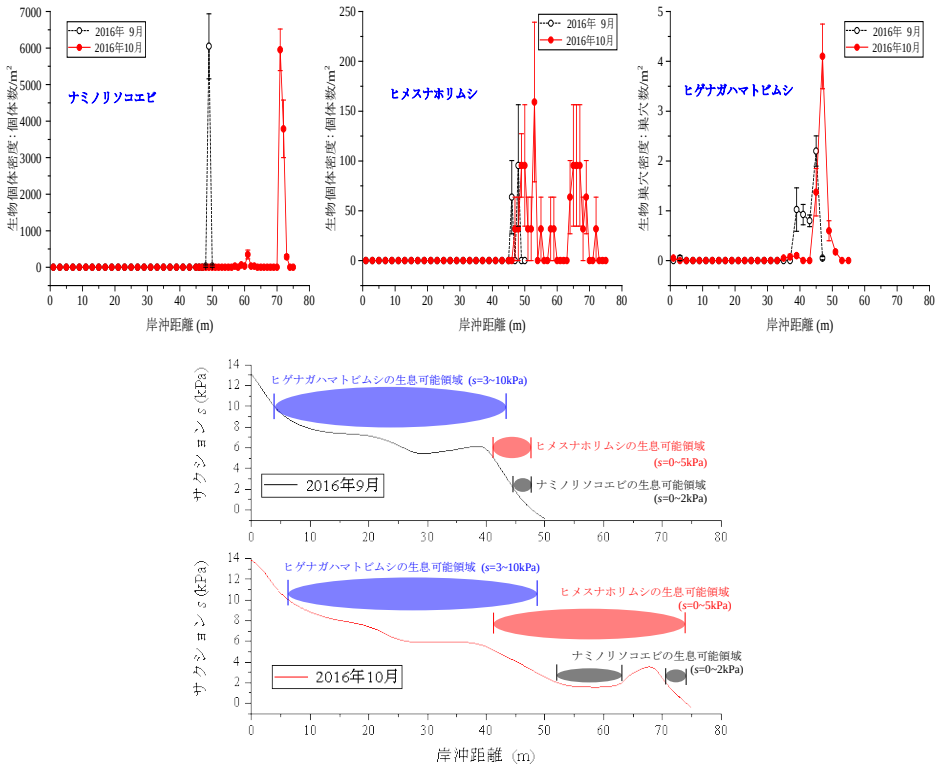


図-1.3.70　砂浜生物生態―地盤環境動態の統合評価予測結果（下）と現地観測結果（上）

（３）大気・海洋に関する湾口横断観測と解析に関して、以下の成果を得た。
・大気観測に関して、風向風速観測体制を整備した。
・海洋観測に関して、海技研と堀場アドバンスドテクノと協力し船体での pH 長期観測技術の開発を行った。今後は、10 年程度先までを見越した観測計画の構築を目指す。

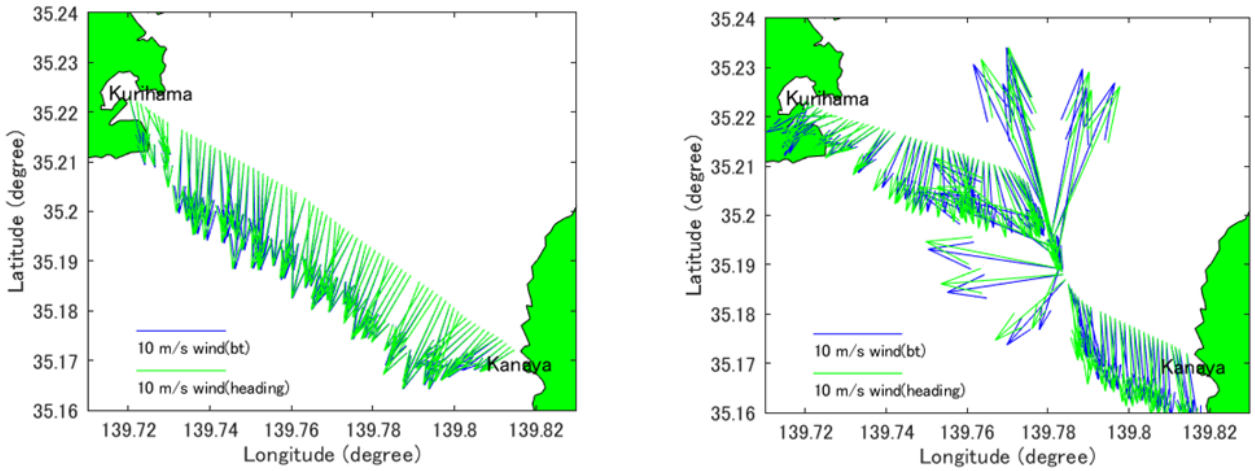


図-1.3.71　かなや丸における風向風速観測.

（４）沿岸域における場の規模を考慮した生物多様性評価手法の開発に関して、さまざまな解析法の特徴を整理し、港湾事業に適した考え方の抽出および多様性評価手法の開発を行った。これらの成果により、浅場再生等の効果を生物多様性の観点から具体的に評価できるようになる。

（５）沿岸生態系シミュレーションにおけるマクロ生物の動態解析に関して、既存のモデルに対し、新たに魚類を想定したモデル化を行った。構築されたモデルを使用し試計算を行った。また、今後必要なパラメーターチューニングを行うためのシステムを構築した。今後はモデルの改良を行い、より正確な現象の再現を目指す。

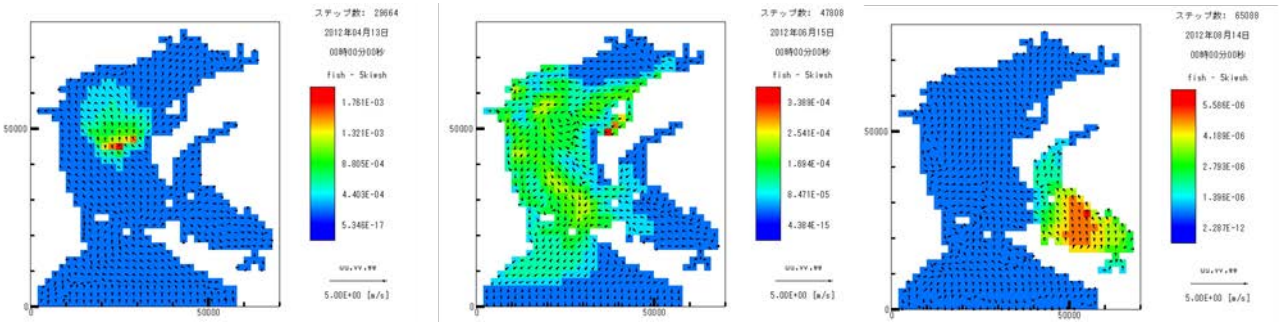


図-1.3.72　試計算の結果

（６）データ同化による沿岸域の流動及び水質環境の解明に関して、数値実験による精度検証を行った。水温を観測値として数値シミュレーションに同化した結果は、数値シミュレーション単体よりも再現精度が高いことを示した。

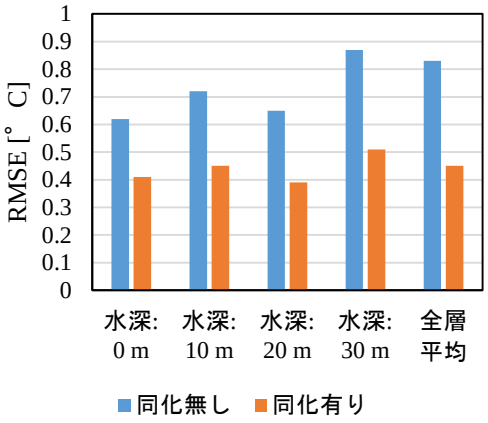


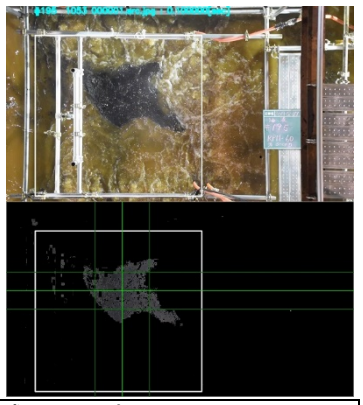
図-1.3.73　データ同化モデルの数値実験結果の例

（７）自然災害等を含む多様な流出油防除に向けた新技術の研究開発に関して、以下の成果を得た。

・バブルカーテンによる漂流油の制御技術を油回収船の油回収機に応用し、新たな集油装置としての可能性を見出すことができた。

・火災を伴う海上流出油の新たな消化法として、水中に燃焼油を分散させることで消化を図る分散消化法が有効であることを小規模二次元実験により明かにした。

・日本沿岸域における船舶等からの大規模油流出に迅速に対応するため、リアルタイム流出油ハザードマップ配信システムを開発し、ネットワーク対応型（サーバークライアント方式）による油漂流シミュレーションとハザードの常時提供システムの RC 版を試験運用版として研究所のホームページに公開する形で社会実装を行った。



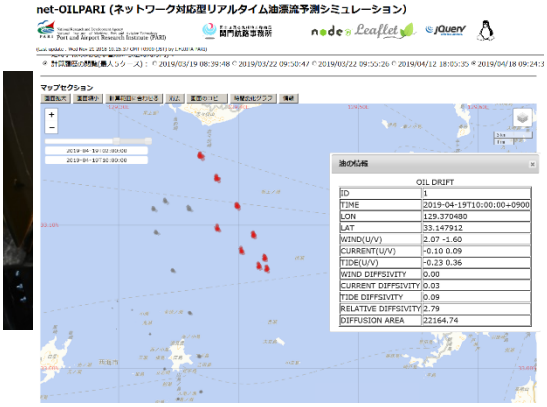


図-1.3.74 バブルカーテン
図-1.3.75 分散消火実験　図-1.3.76 リアルタイム油流出ハザードマップによる油の集積保持

成果の公表

□港湾空港技術研究所報告・港湾空港技術研究所資料：１編

・渡辺謙太・所立樹・田多一史・門谷茂・桑江朝比呂（2019）：沿岸植生域における有機炭素貯留速度の規定要因，港湾空港技術研究所報告，第 57 巻第 4 号

□発表論文（和文）：７編

・岡田知也・三戸勇吾・菅野孝則・高橋俊之・秋山吉寛・黒岩寛・遠藤徹・大谷壮介・矢持進・上月康則・日

下部敬之・大塚耕司・山中亮一・重松孝昌・中野和之・宇城真・桑江朝比呂（2018）干潟健全度指数を用いた大阪湾の干潟のサービスの定量化-東京湾と大阪湾の比較による干潟のサービスの特徴の把握-．土木学会論文集 B2-74（海岸工学）：I_1417―I_1422

・中西佑太郎・中山恵介・中川康之・茂木博匡・田多一史・Matthew Hipsey・桑江 朝比呂（2018）波・流れ場とアマモ場の相互干渉解析．土木学会論文集 B2-74（海岸工学）：I_31―I_36.

・田多一史・中山恵介・桑江朝比呂（2018）アマモ場における CO2 分圧モデルの開発．土木学会論文集 B2-74（海岸工学）：I_1237―I_1242.

・相馬明郎・中居瑞貴・久保篤史・桑江朝比呂（2018）東京湾河口域における大気-海洋間 CO2 フラックスの通年変化とその要因～炭酸化学理論を組込んだ生態系モデルによる解析～．土木学会論文集 B2-74（海岸工学）：I_1267―I_1272.

・田多一史・中山恵介・駒井克昭・Jeng-Wei TSAI・佐藤之信・桑江朝比呂（2018）成層を考慮したアマモ場における溶存無機炭素の変動解析．土木学会論文集 B3-74（海洋開発）：I_144-I_149.

・梁順普・佐々真志・高田宜武（2018）：潮差が異なる砂浜潮間帯に生息する底生端脚類の分布と地盤環境適合場の一般性，土木学会論文集 B3（海岸工学），Vol.74, No.2，pp.I_486- I_491.

・宮武誠・石橋さくら・木村克俊・越智聖志・佐々真志・白水元（2018）：前浜浸透・滲出流を考慮した波打ち帯の飽和・不飽和斜面の漂砂輸送解析，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.74, No.2，pp. I_715-I_720.

□発表論文（英文）：10 編

・Saderne, V., N. R. Geraldi, P. I. Macreadie, D. T. Maher, J. J. Middelburg, O. Serrano, H. Almahasheer, A. Arias-Ortiz, M. Cusack, B. D. Eyre, J. Fourqurean, H. Kennedy, D. Krause-Jensen, T. Kuwae, P. Lavery, C. E. Lovelock, N. Marba, P. Masqué, M. A. Mateo, I. Mazarrasa, K. J. McGlathery, M. P. J. Oreska, C. J. Sanders, I. R. Santos, J. M. Smoak, T. Tanaya, K. Watanabe and C. M. Duarte (2019) ：Role of carbonate burial in Blue Carbon budgets. Nature Communications, 10.1038_s41467-019-08842-6

・Watanabe, K., K. Seike, R. Kajihara, S. Montani, and T. Kuwae (2019) ：Relative sea-level change regulates organic carbon accumulation in coastal habitats. Global Change Biology, 25: 1063-1077.

・Okada, T., Y. Mito, E. Iseri, T. Takahashi, T. Sugano, Y. Akiyama, K. Watanabe, T. Tanaya, H. Sugino, K. Tokunaga, T. Kubo and T. Kuwae (2019) ：Method for the quantitative evaluation of ecosystem services in coastal regions. PeerJ. 6: e6234

・Shoji, A., K. H. Elliott, S. Aris-Brosou, H. Mizukawa, S. Nakayama, Y. Ikenaka, M. Ishizuka, T. Kuwae, K. Watanabe, J. Escoruela Gonzalez, and Y. Watanuki (2019) ：Biotransport of metallic trace elements from marine to terrestrial ecosystems by seabirds, Environmental Toxicology and Chemistry, 38, 106-114

・Nakayama, K., Y. Maruya, K. Matsumoto, K. Komai, and T. Kuwae (2018) ：Nitrogen fluxes between the ocean and a river basin using stable isotope analysis. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 212, 286-293

・Tokoro, T. and T. Kuwae (2018) ：A new procedure for post-processing eddy-covariance data to better quantification of atmosphere-aquatic ecosystem CO2 exchange. Frontiers in Marine Science, 5:286. doi: 10.3389/fmars.2018.00286

・Sohma, A., H. Shibuki, F. Nakajima, A. Kubo, T. Kuwae (2018) ：Modeling a coastal ecosystem to estimate climate change mitigation and a model demonstration in Tokyo Bay, Ecological Modelling, 384, 261-289.

・Tanaya, T., K. Watanabe, S. Yamamoto, C. Hongo, H. Kayanne and T. Kuwae (2018) ：Contributions of the direct supply of belowground seagrass detritus and trapping of suspended organic matter to the sedimentary organic carbon stock in seagrass meadows, Biogeosciences,15, 4033-4045.

・Takai, N., K. Kawabe, K. Togura, K. Kawasaki, and T. Kuwae (2018) ：The seasonal trophic link between Great Cormorant Phalacrocorax carbo and ayu Plecoglossus altivelis altivelis reared for mass release. Ecological Research, 33, 935?948

・Tamaki, A., T. Kagesawa, S. Takeuchi and S. Sassa (2018) ：Sexual dimorphism in the gammaridean amphipod, Urothoe carda Imbach, 1967, from an intertidal sandflat in southern Japan, Acta Zoologica。doi:10.111/azo.12267.

研究開発課題	（4）海域環境の形成と活用

研究テーマ	沿岸地形の形成や維持に関する研究開発

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、地球温暖化対策や循環型社会の構築といった地球規模の環境問題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、地形の形成や維持に関する研究開発等に取り組む。	地球温暖化対策や循環型社会の構築といった地球規模の環境問題への対応が益々重要となっていること、また沿岸域が多様な生態系が広がる環境上重要な空間であることを踏まえ、この環境や地形を人間の営む経済活動や気候変動の中でいかに保全するか、また気候変動の緩和策としていかに活用できるかということに重点をおいた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沿岸地形の形成や維持に関する研究開発	地球温暖化対策や循環型社会の構築といった地球規模の環境問題への対応が益々重要となっていること、また沿岸域が多様な生態系が広がる環境上重要な空間であることを踏まえ、この環境や地形を人間の営む経済活動や気候変動の中でいかに保全するか、また気候変動の緩和策としていかに活用できるかということに重点をおいた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沿岸地形の形成や維持に関する研究開発 －河口域周辺での土砂輸送及び航路・泊地への集積機構の解明では、現地観測データの解析に基づく細粒泥動態の特性を抽出し、河口域での泥土輸送モデルの構築を行う。 －平均海面上昇に伴う海岸地形変化の実測と漂砂制御機能の評価の研究では、波崎海洋研究施設で地球温暖化が沿岸地形に与える影響に関する現地データを継続して取得するとともに、港湾及び海岸構造物の漂砂制御機能低下について地形変化予測モデルを用いて評価する手法の開発を行う。　等

研究の背景

港空研における漂砂研究は航路埋没を防ぐための移動限界水深の研究から始まり、現在では、砂のみならずシルトを対象とした航路埋没対策工法が示されている。しかし、国内においては、依然として埋没の進行している港湾があり、また、海外においては、日本に比べてはるかに多くの量の土砂の堆積が想定されている港湾があり、これら航路・泊地の埋没に対応する技術は十分とはいえない。一方、貴重な砂浜は、高度経済成長期に多く失われ、現在でも砂浜の消失は続いている。砂浜のもつ防護、環境、利用の機能が見直され、海岸の侵食対策が実施され、砂浜が回復している海岸があるものの、地球温暖化によって将来的には海岸侵食が生じることも想定されている。また、遠隔離島や海外に目を向けた場合、砂浜だけではなく、サンゴ礁海岸などの保全も重要になってきている。

研究目標

本研究テーマでは砂浜、マングローブ海岸、サンゴ礁海岸などの自然な沿岸地形や物流を支える航路・泊地などの人工の沿岸地形を今後の気候変動のもとにおいても維持することを目標とする。また、地球温暖化が進行した場合の海岸侵食現象の変化、航路や泊地の埋没現象の変化を予想し、その対策を提案する。さらに、アジアの大河川河口部、マングローブ、干潟等における埋没現象の解明とその対策を提案する。

平成 30 年度の研究内容

（1）河口域周辺での土砂輸送および航路・泊地への集積機構の解明に関して、新潟西港内において水深急変部における堆積物特性に関する現地調査（12 月）を実施した。また、港内浚渫域に流入する濁水挙動の把握実験を行い、乱れ制御による埋没抑制効果の検討を行った。インドネシア政府機関 BPPT との研究連携協定に基づく共同調査を実施した。

（2）海域における沿岸地形モニタリングへの航空深浅測量の適用性に関して、波崎海洋研究施設および周辺海岸から波崎漁港までの範囲において、グリーンレーザーを用いた航空測量（8 月）を実施し、海水中の濁りの多い条件での海底地形測得状況を解析した。また、潮位の異なる時間に測量を行い、波の砕波位置が変わることを利用した砕波白泡の影響による欠測を少なくする解析方法を検討中。

（３）平均海面上昇等に伴う海岸地形変化の実測と漂砂制御機能の評価に関して、波崎海洋研究施設において継続的に風・波・流れ・地形変化の現地観測を行った。また、米国西海岸の地形データを用いて汀線変動モデルの適用性検討を行った。急激な砕波現象によって波・流れの場が複雑に変化する潜堤周辺での地形変化予測計算モデルの改良を行った。

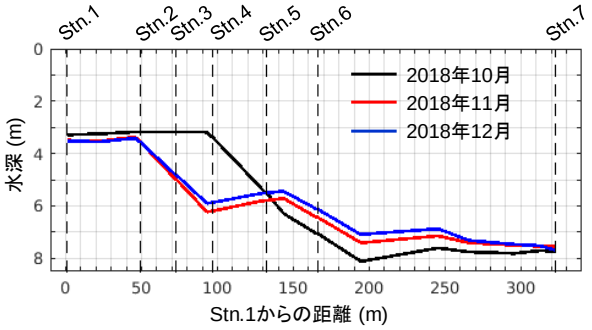
平成 30 年度の研究成果

（１）河口域周辺での土砂輸送および航路・泊地への集積機構の解明に関して、以下の成果を得た。

・新潟西港内の水深急変部において堆積物特性調査を行い、浚渫域への砂・シルト等の集積状況を明らかにした（図-1.3.77）。

・河口域周辺の港湾において特有の海水と淡水の混じりあう港内浚渫域に流入する濁水の挙動を実験で再現し、乱れ制御模型の有無による浚渫域への堆積量の違いを明らかにした。（図-1.3.78）。

・インドネシア政府機関 BPPT との研究連携協定に基づく共同調査の一環として、インドネシアでのセミナーおよび研究者の招聘を行った。調査や実験の結果を用いて開発された底泥輸送モデルは、国内の流下土砂堆積予測のみならず、海外（インドネシア）の港湾での活用が期待される。



調査地点	Stn.1	Stn.2	Stn.3	Stn.4	Stn.5	Stn.6	Stn.7
含水比 (%)	31.1	92.3	—	171.2	146.5	157.2	132.2
強熱減量 (%)	1.6	5.0	—	13.0	12.3	11.1	10.1
せん断強度 (kN/m²)	—	1.53	—	0.34	<0.24	<0.24	<0.24

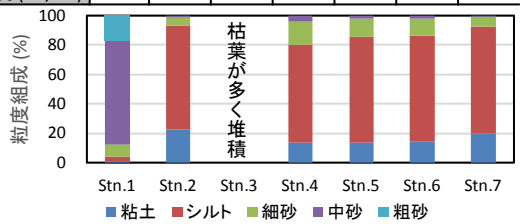
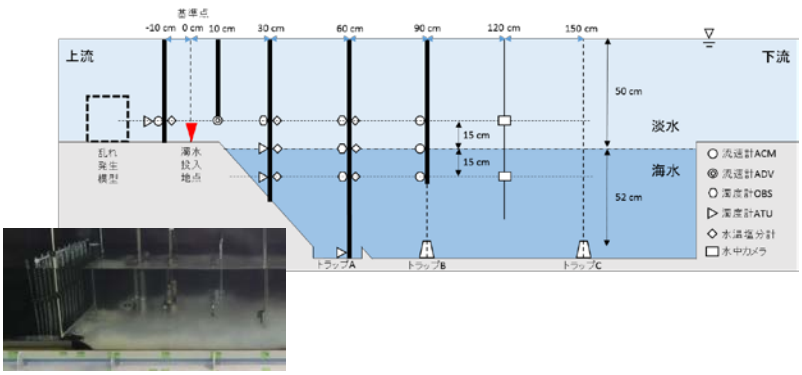


図-1.3.77 浚渫域周辺の地形と調査地点（左）と調査地点の堆積物特性（右）



乱れ制御（模型）あり、設定流速15 cm/s

実験条件（設定流速15 cm/s）	SS濃度 (mg/L) 淡水層	SS濃度 (mg/L) 海水層	トラップAの堆積量 (g)
乱れ制御（模型）なし	160	100	61.1
乱れ制御（模型）あり	170	94	31.4

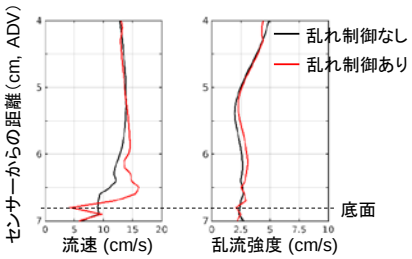


図-1.3.78 港内浚渫域に流入する濁水挙動の実験

（２）海域における沿岸地形モニタリングへの航空深浅測量の適用性に関して、以下の成果を得た。

・海水中の濁りが多い条件でのグリーンレーザーを用いた航空測量（図-1.3.79 左）を行い、濁りによる測量限界水深について解析を行っている。また、海岸構造物周辺の詳細な海底地形の計測を行った。

・潮位の異なる時間に航空測量（図-1.3.79 右）を行い、波の砕波白泡による海底地盤計測の欠測域を少なくする解析手法の開発を行っている。

・航空測量の精度は高く、これまで困難であった砕波帯内の高精度な地盤高測量が広範囲に高密度で行える有効な手段と考えられる。砕波帯の面的測量を大幅に省力化できるものである。また、これまで実施困難であった海岸保全施設（ヘッドランド、離岸堤）周辺の地形測量が可能となり、適切な漂砂対策（海岸保全施設の計画、設計等）や維持管理が図られるものと考えられる。

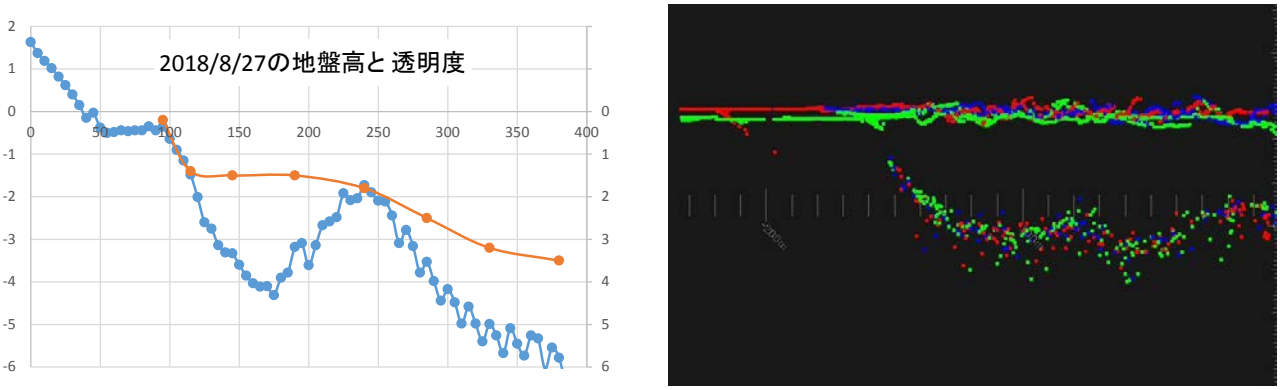


図-1.3.79 航空レーザー測量結果と海底断面地形との比較

（３）平均海面上昇等に伴う海岸地形変化の実測と漂砂制御機能の評価に関して、以下の成果を得た。

・観測桟橋先端およびブイによる洋上高層風の観測（科研費共同研究）を行った。観測結果は風況予測モデルの検証に用いられた（図-1.3.80 左）。

・水粒子速度ポテンシャルと波速水深積との比による砕波条件をモデル化し、潜堤上で安定して砕波減衰の計算および平均水面低下と海浜流の計算を行えるようになった（図-1.3.80 右）。

・長期汀線変化予測モデルを米国西海岸で継続的に観測された地形データに適用し、モデルのパラメータの検討を行った。今後、利用マニュアルを整備し、長期対策検討に反映する。

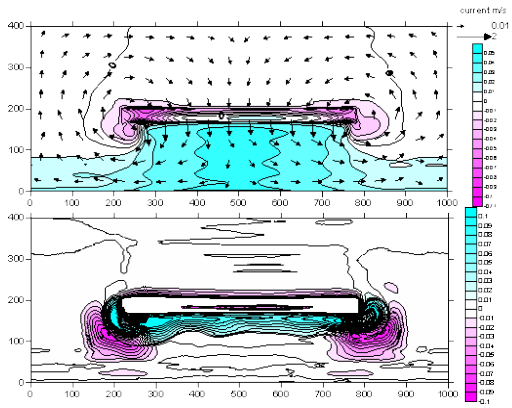


図-1.3.80　高層風の観測（科研費共同研究）（左）　　潜堤周囲の平均水面と流れ、地形変化（右）

成果の公表

口発表論文（和文）：６編

・小硲大地，中川康之，梅山崇，高山優，服部俊朗（2018）：含泥率の異なる砂泥混合底質の移動実験およびその再現計算，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 74, No. 2

・中川康之，バギョ・ウィダグド，伴野雅之，ググム・グムビラ，小硲大地，田村仁，ディナール・イスティヤント（2018）：インドネシア・ジャワ島北西部の河口域における流動泥の現地観測，日本流体力学会年会

・中川康之（2019）：河口港湾の航路周辺における濁水の挙動,混相流,33 巻,1 号,日本混相流学会,pp.12-19.

・中村聡志（2018）：砕波帯内における航空グリーンレーザー測量の精度検証，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.74, No.2, pp.I_1447-I_1452.

・中村聡志・伴野雅之・小硲大地・柳嶋慎一・安田秀人（2018）：砕波帯内における航空レーザー測深の精度検証，港空研資料，No.1346

・中里廉・大澤輝夫・杉山康弘・香西克俊・嶋田進・竹山優子・中村聡志（2018）：WRF-現場観測値併用型ハブ高度洋上風況推定手法の開発，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.74, No.2, pp.I_952-I_957.

口発表論文（英文）：６編

・Kosako, T., Y. Nakagawa, T. Umeyama, and M. Takayama (2018): Validation of sand-mud mixture transport model with flume experiments, ICCE 2018, Baltimore, Maryland, USA

・Nakagawa, Y., , M. Banno, , T. Kosako, H. Tamura, and D. Istiyanto (2018): Field observation of fine sediment transport process around river mouths in north western Java Island, Indonesia, ICCE 2018, Baltimore, Maryland, USA

・Y. Nakagawa, A. Bagyo Widagdo, M. Banno, Gugum Gumbira, T. Kosako, H.Tamura, D. Istiyanto (2018): Field observation of fluid mud around river mouth in north western Java Island, Indonesia, ICSCE2018, 2018, Hanoi
・Susumu Shimada, Yuko Takeyama, Tetsuya Kogaki, Teruo Ohsawa and Satoshi Nakamura（2018）: Investigation of the Fetch Effect Using Onshore and Offshore Vertical LiDAR Devices, Special Issue “Remote Sensing of Atmospheric Conditions for Wind Energy Applications” Remote Sensing.
・Masayuki Banno and Yoshiaki Kuriyama(2018): Sea-Level Effect On Annual Cyclic Beach Morphology In Swash Zone At Hasaki Coast, ICCE 2018, Baltimore, MD, USA.
・Yoshiaki Kuriyama and Masayuki Banno(2018): Countermeasure Against Erosion Behind Submerged Breakwater Due To Sea Level Rise, ICCE 2018, Baltimore, MD, USA.

４．電子航法に関する研究開発等

【中長期目標】

国土交通省は、航空交通の安全の確保とその円滑化を図るため、航空管制等の航空保安業務を実施するとともに、我が国の国際競争力の強化に資するため、首都圏空港の機能強化、航空交通容量の拡大等に係る施策を推進している。

このため研究所は、航空交通の安全性向上、航空交通容量の拡大、航空交通の利便性向上、航空機運航の効率性向上及び航空機による環境影響の軽減を目標にして航空交通システムの高度化を図るため、次の研究開発課題に重点的に取り組み、航空行政の推進を技術面から支援することとする。

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】 我が国の航空交通システム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）軌道ベース運用による航空交通管理の高度化

全航空機の飛行経路と通過時刻によって航空交通を管理する軌道ベース運用について、混雑空域において実施可能とする技術、当該運用を支える航空交通システムの堅牢性向上、管制空域及び飛行経路の管理技術に関する研究開発等に取り組む。

（２）空港運用の高度化

到着機が燃料消費を抑えて進入する継続降下運航の混雑空港における運用の拡大を可能とする経路設定技術、衛星航法を利用した進入着陸方式等高度な運航方式、空港面における出発機と到着機の交通管理手法、光ファイバー技術等を応用した航空機監視技術、滑走路上の異物監視システムに関する研究開発等に取り組む。

（３）機上情報の活用による航空交通の最適化

航空機が保持する運航や気象等に関する情報を地上へ伝送し活用する技術、航空機が地上と連携して周辺航空機の状況を把握し最適な航空機間隔を維持するとともに最適な飛行経路を実現する技術に関する研究開発等に取り組む。

（４）情報共有及び通信の高度化

多数の関係者が航空機運航の状況認識・判断を行えるようにする情報共有基盤の構築及び航空機と地上の間で航空管制、運航、気象等に関する情報を高速伝送する地対空通信システムの開発並びにそのセキュリティの確保に関する研究開発等に取り組む。

【中長期計画】

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向上を図りつつ、航空交通容量の拡大、航空交通の利便性向上、航空機運航の効率性向上及び航空機による環境影響の軽減に寄与する観点から、適切な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のものであっても、本中長期目標期間中の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を有する萌芽的研究については、電子航法に関する国際的な技術動向を踏まえつつ先見性と機動性を持って長期的な視点から取り組むとともに、プロジェクト型の研究開発に成果を移転するための基盤技術に関する研究にも経常的に取り組む。

（１）軌道ベース運用による航空交通管理の高度化

運航者の希望に基づく飛行経路を実現するとともに、安全な航空機間隔が維持できる軌道ベース運用による航空交通管理方式の、洋上空域などの航空路空域のみならず航空交通量が多い高密度空域や複雑な空域への導入を実現するため、効率的な管制空域及び飛行経路の管理並びに軌道ベース運用の概念を実装するための技術の開発が求められている。

また、この効率的な管制空域及び飛行経路の管理手法並びに軌道ベース運用の円滑な導入のため、高度な航空交通システムの安全かつ安定的な機能に必要となる堅牢な通信・航法・監視を含む航空交通管理のためのシステムの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運航者の希望に基づく飛行経路を実現しつつ、適切な管制処理容量の確保を可能とするための管理

手法に関する研究開発
②全航空機の飛行経路と通過時刻によって航空交通を管理する軌道ベース運用を可能とする技術に関する研究開発
③システム故障、ヒューマンエラーや自然状況変化によるリスクなどに強い通信・航法・監視を含む航空交通管理のためのシステムに関する研究開発

（２）空港運用の高度化

燃費軽減に寄与する混雑空港における継続降下運航の運用拡大、低視程時の就航率を改善するための衛星航法による高度な運航方式、空港面における到着便と出発便の交通流の輻輳を解消する効率性と定時性の高い航空交通管理技術の開発が求められている。また、空港面に対する監視技術の高度化等が求められている。

このため、以下の研究開発を進める。

①混雑空港における継続降下運航の運用の拡大及び衛星航法による進入着陸システムを用いた曲線精密進入等の高度な運航方式等に関する研究開発
②航空機の離着陸時刻及び地上走行時間の予測を基に行う空港面交通の管理に関する研究開発
③光ファイバー技術等を応用した航空機監視技術及び滑走路上の異物監視システム等に関する研究開発

（３）機上情報の活用による航空交通の最適化

航空機が持つ情報（機上情報）を航空交通管理などにおいて活用するため、機上情報を迅速に取得する等の監視性能向上、航空機監視応用システムと地上管制の連携による航空機間隔最適化に関する技術の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放送型自動位置情報伝送監視システム等の機能を用いて航空機の飛行管理システムが持つ運航情報などを地上に伝送して航空交通管理に活用する技術に関する研究開発
②航空機が地上と連携して周辺航空機の状況を把握し最適な航空機間隔を維持するとともに最適な飛行経路を実現する運航に関する研究開発

（４）関係者間の情報共有及び通信の高度化

航空情報、飛行情報、気象情報等、航空機の運航に必要な情報の共有に関する技術の開発及び航空機と地上管制機関等との間のセキュアで高速な通信に関する技術の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異種システム間の情報交換において安全性の保証された共通データ基盤の構築に関する研究開発
②航空機と管制機関間をつなぐ高速で安全性の保証された次世代航空通信に関する研究開発

【年度計画】

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向上を図りつつ、航空交通容量の拡大、航空交通の利便性向上、航空機運航の効率性向上及び航空機による環境影響の軽減に寄与する観点から、適切な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。

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を有する萌芽的研究については、電子航法に関する国際的な技術動向を踏まえつつ先見性と機動性を持って長期的な視点から取り組むとともに、プロジェクト型の研究開発に成果を移転するための基盤技術に関する研究にも経常的に取り組む。

（１）軌道ベース運用による航空交通管理の高度化

運航者の希望に基づく飛行経路を実現するとともに、安全な航空機間隔が維持できる軌道ベース運用による航空交通管理方式の、洋上空域などの航空路空域のみならず航空交通量が多い高密度空域や複雑な空域への導入を実現するため、効率的な管制空域及び飛行経路の管理並びに軌道ベース運用の概念を実装するための技術の開発が求められている。

また、この効率的な管制空域及び飛行経路の管理手法並びに軌道ベース運用の円滑な導入のため、高度な航空交通システムの安全かつ安定的な機能に必要となる堅牢な通信・航法・監視を含む航空交通管理（ATM）のためのシステムの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運航者の希望に基づく飛行経路を実現しつつ、適切な管制処理容量の確保を可能とするための管理手法に関する研究開発

－陸域における UPR に対応した空域編成の研究では、運航者が効率の良い飛行経路を選択できる 利用者選択経路（UPR）を陸域へ導入する場合の航空管制機関が安全で円滑な空域編成を実施するための課題を抽出し、円滑かつ効率の高い交通流の実現手法を提案する。本年度は、空域編成のシミュレーション・モデルを完成させるとともに、空域編成の意思決定手法の研究成果をまとめる。等

②全航空機の飛行経路と通過時刻によって航空交通を管理する軌道ベース運用を可能とする技術に関する研究開発

－フリールーティング空域における軌道ベース運用に関する研究では、運航者が最大便益を得るためのフリールーティングと空域などを効率よく割り振るため協調的意思決定（CDM）を取り入れた軌道ベース運用に基づいた軌道管理方式のコンセプトを提案する。本年度は、フリールーティングコンセプトの作成と、ATMパフォーマンス指標の検討を行うとともに、軌道最適化アルゴリズムの改善や性能向上に取り組む。等

③システム故障、ヒューマンエラーや自然状況変化によるリスクなどに強い通信・航法・監視を含む航空交通管理のためのシステムに関する研究開発

－空港面及び空港近傍の独立非協調監視システムに関する研究では、トランスポンダに依存せず空港面及び空港近傍における移動体を検出するために、パッシブPSRだけでなく航空用途以外の電波も利用した監視プロトタイプシステムの開発を行う。本年度は、前年度までに構築したMSPSR 実験システムを利用し、空港面での移動体検出技術の開発を行うとともに、リアルタイムパッシブ監視システムの開発と製作を開始する。

－次世代 GNSS に対応したアベイラビリティの高い航法システムに関する研究では、安全で効率的な運航を実現する GNSSベース航法の実用に不可欠なGNSS補強システムのアベイラビリティ（利用可能な時間割合）改善を図るものである。このための方策として次世代GNSSの利用や宇宙天気情報の活用による効果について評価すると共にこれらの利用に必要な技術開発を行い、国際標準規格案に反映する。本年度は、次世代SBAS及び次世代GBASのプロトタイプシステム構築を完了し、飛行実験を開始するとともに、準天頂衛星システム対応のための基本設計を行う。等

（２）空港運用の高度化

燃費軽減に寄与する混雑空港における継続降下運航の運用拡大、低視程時の就航率を改善するための衛星航法による高度な運航方式、空港面における到着便と出発便の交通流の輻輳を解消する効率性と定時性の高い航空交通管理技術の開発が求められている。また、空港面に対する監視技術の高度化等が求められている。

このため、以下の研究開発を進める。

①混雑空港における継続降下運航の運用の拡大及び衛星航法による進入着陸システムを用いた曲線精密進入等の高度な運航方式等に関する研究開発

－PBNとGBASを活用した高度な計器進入方式に関する研究では、性能準拠型航法（PBN）概念によるRNP航法と衛星航法（GNSS）による精密進入着陸システムであるGBASを組み合わせた曲線進入等の高度運用方式を実現するために、空港周辺の山岳地系などの制約を調査し、設計条件や導入効果を明らかにする。また、衝突危険モデルを改善する衝突確率計算アルゴリズムを提案して計器飛行方式設定基準の策定に貢献する。本年度は、国内空港への新方式の導入可能性を調査し、かつ、衝突危険度計算アルゴリズムの導出および運航データの分析など基礎検討を実施する。

－大規模空港における継続降下運航の運用拡大に関する研究では、継続降下運航（CDO）を交通量の多い時間帯に運用を拡大するために、CDO 実施判断支援ツールを製作する。本年度は、引き続きCDOの現状分析・調査、上昇・降下パスの検討を行うとともに、CDO 実施判断支援ツールの有効性に関する評価実験を行う。等

②航空機の離着陸時刻及び地上走行時間の予測を基に行う空港面交通の管理に関する研究開発

－空港設計および地上走行時間管理に資する交通データ等活用技術の研究では、空港施設設計において、空港面交通データと空港面交通シミュレーションをもとに、空港内の地上交通量と出発・到着便数との相関、空港施設の適切なサイズ及び配置等について体系的な知識の獲得に取り組む。また、空港面の混雑に応じた航空機の地上走行時間の管理については、地上走行時間の不確かさを最小化するための、交通管理手法の精度向上について検討する。本年度は、空港面交通データ解析の精度向上技術の研究を行う。等

③光ファイバー技術等を応用した航空機監視技術及び滑走路上の異物監視システム等に関する研究開発

－空港面と近傍空域のシームレスな全機監視方式の研究では、空港及び空港周辺のシームレスな監視を実現するため、光ファイバー接続型受動監視システムにモードA/C機の対応を可能とする機能を追加し、実環境評価を行う。本年度は、仙台空港において、モードA/C監視機能およびMLAT装置を利用した総合的監視機能実環境評価を行う。
－遠隔型空港業務支援システムの実用化研究では、小規模空港や離島空港でリモート運用を可能とするために必要な技術を開発し、我が国の運用環境に適したリモートタワーシステムを提案する。本年度は、プロトタイプシステムの性能検証、コンセプトシステムの評価・検証と課題整理を行う。また、EUROCAE において、リモートタワーの技術規格の策定に参加するとともに、併せて海外動向調査を行う。等

（３）機上情報の活用による航空交通の最適化

航空機が持つ情報（機上情報）を航空交通管理などにおいて活用するため、機上情報を迅速に取得する等の監視性能向上、航空機監視応用システムと地上管制の連携による航空機間隔最適化に関する技術の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放送型自動位置情報伝送監視システム等の機能を用いて航空機の飛行管理システムが持つ運航情報などを地上に伝送して航空交通管理に活用する技術に関する研究開発

－従属監視補完技術に関する研究では、従属監視方式である、放送型自動位置情報伝送・監視（ADS-B）を導入する際に必要となる、位置情報源障害発生時の補完や脆弱性対策を実現する技術を開発・評価する。本年度は、前年度に実施した基礎試験の評価結果を踏まえて、実験装置の機能付加（改修）を行うとともに、機能試験を実施する。等

②航空機が地上と連携して周辺航空機の状況を把握し最適な航空機間隔を維持するとともに最適な飛行経路を実現する運航に関する研究開発

－航空機の拡張型到着管理システムの研究では、ターミナル空域からエンルート空域にかけて、到着機の順序付けとスケジューリングを行うために，拡張型到着管理システムの運用プロトコルと到着スケジューリング手法を提案する。さらに、拡張型到着管理システムと協働する新しい運航を提案し、シミュレーション検証を行う。本年度は、拡張型到着管理システムの運用プロトコル及びスケジューリング手法の設計、シミュレータ実験による検証、および新運航の検証を行う。等

（４）関係者間の情報共有及び通信の高度化

航空情報、飛行情報、気象情報等、航空機の運航に必要な情報の共有に関する技術の開発及び航空機と地上管制機関等との間のセキュアで高速な通信に関する技術の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 異種システム間の情報交換において安全性の保証された共通データ基盤の構築に関する研究開発

－SWIM のコンセプトによるグローバルな情報共有基盤の構築と評価に関する研究では、航空交通管理における、異なる SWIM 情報システム間の融合と協調を実現するため、シームレスな情報交換とサービス連携に関する技術の提案と評価テストベッドの開発を行う。本年度は、FF-ICEの導入に向けて、FAAとの検証実験を実施するとともに、異種サービス連携術や評価システムの開発を行う。等

② 航空機と管制機関間をつなぐ高速で安全な次世代航空通信に関する研究開発

－空地通信技術の高度化に関する研究では 、AeroMACSプロトタイプを活用して、AeroMACS の利用技術を開発し、AeroMACS 技術の適用範囲拡大の可能性について性能評価する。本年度は、AeroMACS利用技術のひとつとしてSWIMと連接した評価解析を行うとともに、AeroMACS技術の適用範囲拡大に関する性能評価のため、実験用航空機を用いたより運用に近い形での実験を行う。等

◆年度計画における目標設定の考え方

航空機運航の安全性及び効率性の向上、航空交通量増大への対応、航空利用者の利便性向上、航空機運航の効率性向上及び環境負荷低減などの達成に向けた重点研究分野を設定し重点的かつ戦略的に実施することを目標として設定している。

◆平成 30 年度における取組状況

平成 30 年度においては、以下の分野を重点的に実施している。

（１）軌道ベース運用による航空交通管理の高度化

（２）空港運用の高度化

（３）機上情報の活用による航空交通の最適化
（４）関係者間の情報共有及び通信の高度化
上記４分野以外においても、萌芽的研究として、AI やドローン等の急激に変化する分野を予測し、先見性と機動性を持って国内外の情勢および技術動向を踏まえつつ基盤技術に関する研究を実施している。

萌芽的研究として、近年急速に発展している機械学習の技術を航空交通データへ適用することで、新たな改善策につながる可能性があることから、航空交通データの分析への機械学習の適用に関する基礎研究を実施している。これは、レーダーデータなどの航空交通データを使用し実際に機械学習を適用することで、課題整理から改善案の策定までの一連の流れを、航空交通データの分析への機械学習の適用手法として開発することを目標にしている。本年度は、航空機性能データ(BADA)を使用した到着予測時刻を補正する機械学習モデルを実装し予測精度評価を行った、加えて各飛行フェーズにおける誤差の要因分析として BADA に定義されている上昇･降下率とレーダーデータから算出した実際の値との比較等を行った。

BADA

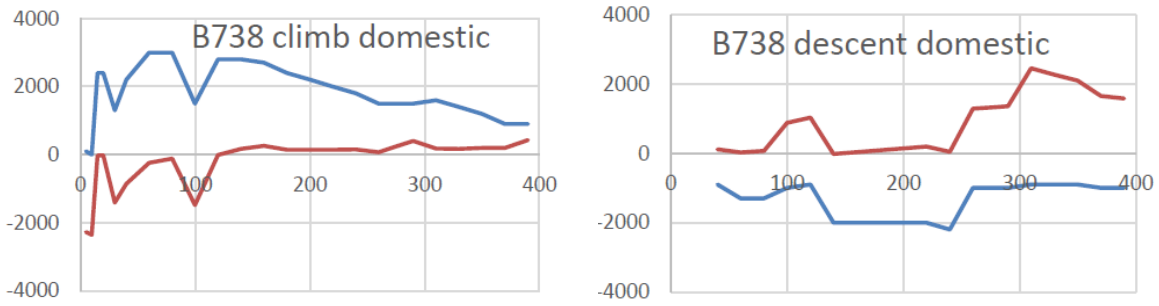


図１．４．１　と実際の値との比較

横軸･･･高度(100ft)
縦軸･･･高度変化率(ft/min)
青･･･航跡データから算出した上昇･降下率の最頻値(100ft 単位で集計)
赤･･･BADA との差

研究開発課題	（１）軌道ベース運用による航空交通管理の高度化

研究テーマ	①運航者の希望に基づく飛行経路を実現しつつ、適切な管制処理容量の確保を可能とするための管理手法に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
全航空機の飛行経路と通過時刻によって航空交通を管理する軌道ベース運用について、混雑空域において実施可能とする技術、当該運用を支える航空交通システムの堅牢性向上、管制空域及び飛行経路の管理技術等に関する研究開発に取り組む。	運航者の希望に基づく飛行経路を実現するとともに、安全な航空機間隔が維持できる軌道ベース運用による航空交通管理方式の、洋上空域などの航空路空域のみならず航空交通量が多い高密度空域や複雑な空域への導入を実現するため、効率的な管制空域及び飛行経路の管理並びに軌道ベース運用の概念を実装するための技術の開発が求められている。 また、この効率的な管制空域及び飛行経路の管理手法並びに軌道ベース運用の円滑な導入のため、高度な航空交通システムの安全かつ安定的な機能に必要となる堅牢な通信・航法・監視を含む航空交通管理のためのシステムの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運航者の希望に基づく飛行経路を実現しつつ、適切な管制処理容量の確保を可能とするための管理手法に関する研究開発	運航者の希望に基づく飛行経路を実現するとともに、安全な航空機間隔が維持できる軌道ベース運用による航空交通管理方式の、洋上空域などの航空路空域のみならず航空交通量が多い高密度空域や複雑な空域への導入を実現するため、効率的な管制空域及び飛行経路の管理並びに軌道ベース運用の概念を実装するための技術の開発が求められている。 また、この効率的な管制空域及び飛行経路の管理手法並びに軌道ベース運用の円滑な導入のため、高度な航空交通システムの安全かつ安定的な機能に必要となる堅牢な通信・航法・監視を含む航空交通管理（ATM）のためのシステムの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運航者の希望に基づく飛行経路を実現しつつ、適切な管制処理容量の確保を可能とするための管理手法に関する研究開発 －陸域における UPR に対応した空域編成の研究では、運航者が効率の良い飛行経路を選択できる 利用者選択経路（UPR）を陸域へ導入する場合の航空管制機関が安全で円滑な空域編成を実施するための課題を抽出し、円滑かつ効率の高い交通流の実現手法を提案する。本年度は、空域編成のシミュレーション・モデルを完成させるとともに、空域編成の意思決定手法の研究成果をまとめる。等

○陸域における UPR に対応した空域編成の研究

研究の背景

航空需要の増加により 2025 年頃には現行運用の限界が予想される。これに対して、国土交通省では空域の抜本的再編により業務負荷低減などを図り、管制処理能力の向上を計画している。一方、陸域（地上のレーダーが監視できる空域）への UPR(User Preferred Route：燃料消費等を考慮し空域利用者が決める飛行経路)の導入により飛行の効率などの向上が期待されているところである。このため、我が国の陸域への UPR 導入を考慮した空域編成を実現することが不可欠である。

研究目標

□陸域への UPR 展開のための要件を明確化する。

□空域編成による陸域への UPR 導入への対応の可能性をシミュレーションで明らかにする。

□空域編成の意思決定支援手法を提案する。

平成 30 年度の研究内容

□UPR の便益予測の実施

□管制通信量予測のためのシミュレーション・モデルの構築

□空域編成の意思決定支援手法の実装

平成 30 年度の研究成果

□UPR の便益予測の実施

2 年間分（2,924 セット）の気象データに基づき、UPR 導入時の便益を詳細に検討した。方面別の比較からは北東から南西の飛行方向で便益が大きくなることなどが示された。また全体的な風向の強弱と便益は必ずしも相関を有さず、全体的に風が弱いに関わらず便益が大きいケース、風が強いに関わらず便益が小さいケースが存在することが明らかになった。

□管制作業量予測のためのシミュレーション・モデルの構築

運航者が飛行経路を決定する URP では経路構成が頻繁に変更されることが予測されるが、円滑な航空交通流の実現には各セクタにおける航空管制作業量の予測が不可欠である。経路構成の変化に対応した迅速な作業量の予測を目的として、シミュレーション・モデルを構築した。モデルでは URP に対応した航空管制作業量およびセクタ内の飛行時間を推定する。

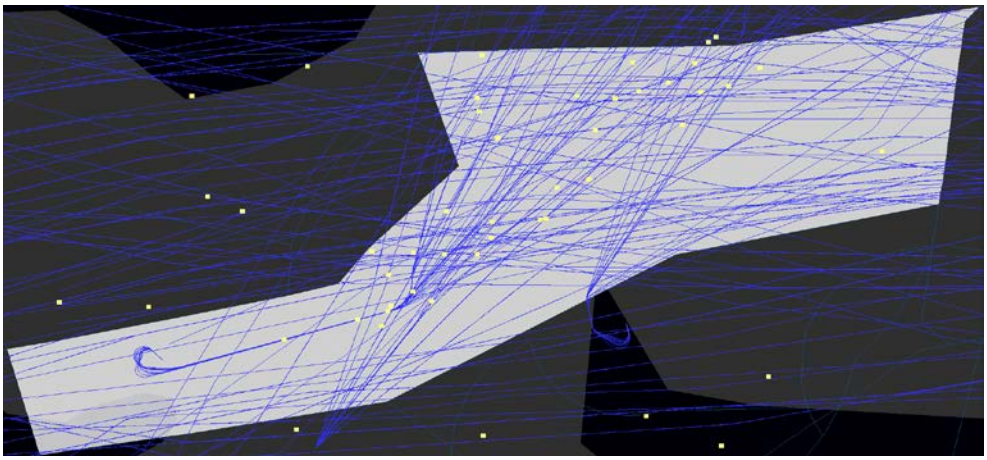


図１．４．２　シミュレーション・モデルにおける URP の航跡

□空域編成の意思決定支援手法の実装

経路構成が可変となる UPR では特定のセクタに交通流が集中する場合が考えられる。円滑な交通流の実現には交通流の集中を回避するような空域編成（セクタ構成）が不可欠であり、空域編成の意思決定支援手法の導入が必要とされる。数理計画法は意思決定支援手法として有効な可能性を有する。

空域編成をモデル化（定式化）し、数理計画法による解の算出手法を実装した。各セクタにおける航空管制作業量の総和の最小化およびセクタ間における作業量の均等化のそれぞれを目的として 2 種類の手法を実装した。実装した手法をテスト・データに適用し、その有効性を確認した。

成果の公表

□蔭山、宮津、中村「国内空域における UPR 運航の考察」第 56 回飛行機シンポジウム

□中村、蔭山「風を考慮した経路構成による燃料消費量の削減可能性に関する一検討」第 56 回飛行機シンポジウム

□Kageyama, Nakamura 「A Simulation Modeling Study for Free Routing Airspace in Japan」 International Council of the Aeronautical Science Proceedings, 2018.

□Saruwatari et al. “Airspace sectorization by graph-and-geometric approach” 29th European Conference on Operational Research, 2018.

□Saruwatari et al. “Airspace sectorization by set-partitioning approach” International Symposium on Mathematical Programming, 2018.

□蔭山、伊豆永、鵜飼、猿渡「空域編成問題に対する Normalized-cut を用いた近似解法」日本オペレーションズ・リサーチ学会 2019 年春季研究発表会

研究開発課題	（1）軌道ベース運用による航空交通管理の高度化

研究テーマ	②全航空機の飛行経路と通過時刻によって航空交通を管理する軌道ベース運用を可能と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
全航空機の飛行経路と通過時刻によって航空交通を管理する軌道ベース運用について、混雑空域において実施可能とする技術、当該運用を支える航空交通システムの堅牢性向上、管制空域及び飛行経路の管理技術等に関する研究開発に取り組む。	運航者の希望に基づく飛行経路を実現するとともに、安全な航空機間隔が維持できる軌道ベース運用による航空交通管理方式の、洋上空域などの航空路空域のみならず航空交通量が多い高密度空域や複雑な空域への導入を実現するため、効率的な管制空域及び飛行経路の管理並びに軌道ベース運用の概念を実装するための技術の開発が求められている。 また、この効率的な管制空域及び飛行経路の管理手法並びに軌道ベース運用の円滑な導入のため、高度な航空交通システムの安全かつ安定的な機能に必要となる堅牢な通信・航法・監視を含む航空交通管理のためのシステムの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全航空機の飛行経路と通過時刻によって航空交通を管理する軌道ベース運用を可能とする技術に関する研究開発	運航者の希望に基づく飛行経路を実現するとともに、安全な航空機間隔が維持できる軌道ベース運用による航空交通管理方式の、洋上空域などの航空路空域のみならず航空交通量が多い高密度空域や複雑な空域への導入を実現するため、効率的な管制空域及び飛行経路の管理並びに軌道ベース運用の概念を実装するための技術の開発が求められている。 また、この効率的な管制空域及び飛行経路の管理手法並びに軌道ベース運用の円滑な導入のため、高度な航空交通システムの安全かつ安定的な機能に必要となる堅牢な通信・航法・監視を含む航空交通管理（ATM）のためのシステムの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全航空機の飛行経路と通過時刻によって航空交通を管理する軌道ベース運用を可能とする技術に関する研究開発 －フリールーティング空域における軌道ベース運用に関する研究では、運航者が最大便益を得るためのフリールーティングと空域などを効率よく割り振るため協調的意思決定（CDM）を取り入れた軌道ベース運用に基づいた軌道管理方式のコンセプトを提案する。本年度は、フリールーティングコンセプトの作成と、ATM パフォーマンス指標の検討を行うとともに，軌道最適化アルゴリズムの改善や性能向上に取り組む。等

○フリールーティング空域における軌道ベース運用に関する研究

研究の背景
福岡飛行情報区（FIR:Flight Information region）において、国際航空交通量は 2013 年から 2030 年までの間に約 8 割増加する見込みである。運航効率と空域の容量を拡大させるため、ATM の方式は軌道ベース運用（TBO:Trajectory-Based Operations）に基づくこととなる。各フライトの最大便益を得るため、運航者が希望する軌道をなるべく抑制しない、いわゆる「フリールーティング」が必要であり、需要が高い時に空域や空港の資源を効率よく割り当てるために「協調的意思決定」（CDM:Collaborative Decision Making）が必要不可欠である。今後、フリールーティングと CDM を取り入れた TBO に基づいた軌道管理方式を高高度空域に提供するコンセプトが望ましい。 CDM では、複数の関係者の間で軌道管理を行う。空域混雑や軌道間の干渉を解決するために軌道変更が必要な場合、各関係者への影響を客観的に評価するためのパフォーマンス指標が必要である。また、意思決定を支援するため、各関係者への利益、不利益を公平にバランスする必要がある。

研究目標	

□運用コンセプトの提案
□軌道の ATM パフォーマンス指標の提案
□軌道最適化アルゴリズムの改善
□便益バランシング方式の提案

平成 30 年度の研究内容	

□運用コンセプトの提案：福岡 FIR と隣接 FIR への適用の検討、NOPAC 再編の調査。
□軌道の ATM パフォーマンス指標の提案：「管制難度」指標の感度分析。
□軌道最適化アルゴリズム：グラフ探索理論に基づいたアルゴリズムの提案、概念認証。
□便益バランシング方式の提案：大学との共同研究に向けて課題や役割分担等を整理。

平成 30 年度の研究成果	

□運用コンセプト提案のための検討、調査

フリールーティングの目的の一つは、航空機が運航者の希望経路（旅客機の場合、遅延することなく消費燃料等コストが抑えられる経路）での飛行をできる限り可能とすることである。福岡 FIR におけるフリールーティング概念検討のための空域及び経路設計に影響を及ぼす要素について検討した。福岡 FIR を飛行のうち約 5 割を占める国内便は、今後の交通需要において大きな伸びはないと予測されている。また、レーダー覆域内である陸域上空域においては高密度の RNAV 経路が設定されており、多くの国内便は最短距離に近い飛行が可能となっている。一方、上層風の影響を大きく受ける長距離便が主となる国際線及び上空通過機は年々交通量が増加している。図１．４．３に 2017 年 12 月のある一日のアジア～北米間の便の飛行計画経路と（左）と同じ便に対する風の影響を考慮した最小消費燃料経路（右）を比較する。赤線は西行便を示し、緑線は東行の便を示す。また、その日の 200hPa 気圧レベルの風光は青（無風）から黄色（強風）のグラデーションで示す。図１．４．４は 2017 年の各月のある一日のロサンゼルス国際空港とソウル仁川国際空港の間の飛行計画経路（左）と風の影響を考慮した最小消費燃料経路を示す。黒線は最短経路（大圏経路）を示す。フリールーティングの空域設計は、特に国際便、上空通過便が理想に近い経路で飛行できることを可能とする一方、交通流の集中を避けるために固定経路を一部取り入れることも考慮する必要がある。また、福岡 FIR のフリールーティングの概念は、CNS 要件が異なるレーダー管制空域とノンレーダーの洋上空域の間のインタフェース、運用ルールが異なる隣接 FIR とのインタフェースも考慮する必要がある。

NOPAC(NORth PACific)経路は、福岡 FIR とアンカレッジ FIR を結ぶ 5 本の 50NM 間隔の並行経路で、主に冬季の北米からアジアへの交通と、アンカレッジとアジアの貨物ハブの間の交通が利用する経路である。高性能 CNS 技術の適用により、NOPAC 経路間の間隔を短縮することで北太平洋の UPR 空域の拡大、同時に同経路上を運航している航空機間の間隔を短縮することによる経路容量の拡大を前提にした経路構成によるファストタイムシミュレーションを実施した。シミュレーションを実施することで、候補となる経路構成の有効性及び効果を調査し、その結果を日本の航空局、米国の FAA に提供した。

また、小型衛星搭載のドップラーライダー機能を追加することによる気象予報の精度向上について、日本⇔欧州と日本⇔東南アジア路線において運航性能に及ぼす影響と軌道最適化ツールを用いて北太平洋運用における消費燃料の潜在的便益を定量的に評価した。

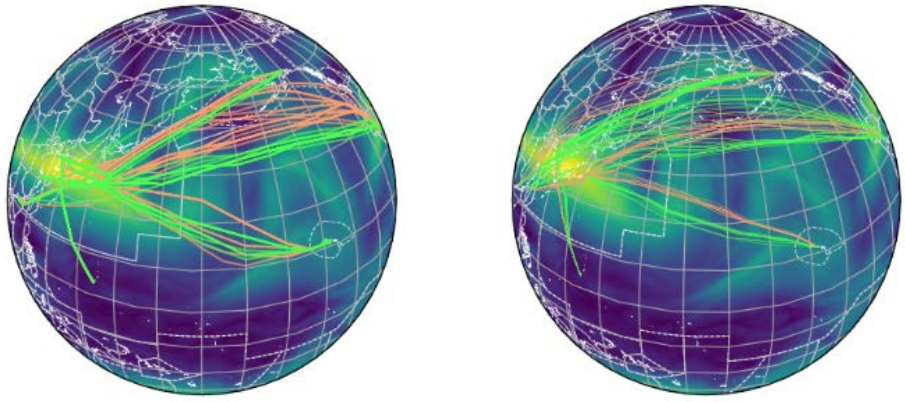


図１．４．３　アジア～北米間の最適経路（左）と飛行計画（右）の比較例

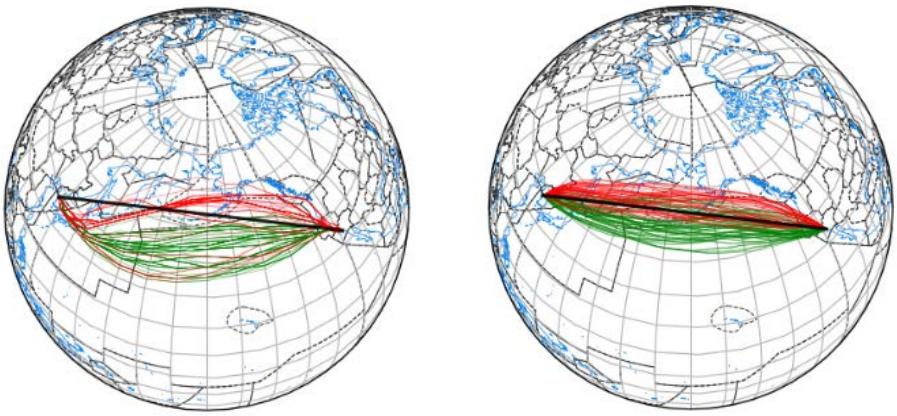


図１．４．４　RKSI-KLAX 間の最適経路（左）と飛行計画（右）の比較例

□軌道最適化アルゴリズム

フリールーティングが可能な空域において、風の影響だけではなく、空域制限や高度制限の運用制約も考慮する必要がある。平成２６年度から平成２９年度の軌道ベース運用に関する研究で開発した最適軌道生成プログラムにおいて風を考慮した理想の最適軌道を計算できるが、計算に長時間要することと、運用制限の適用が困難であることから、実用的な最適軌道計算には適していない。

実用的な最適飛行計画経路を計算するため、グラフ探索理論をベースにツールを開発した。出発地点から到着地点の間の最適経路は、最短パスのグラフ探索アルゴリズムを適用するが、ノード間の距離に代わり、風の影響を考慮したノード間の消費燃料または飛行時間をメトリックとして利用する。

図１．４．５は、2017 年１月のある日の日本航空局と米国 FAA が計算した PACOTS（Pacific Organized Track System）経路（灰色線）、PACOTS 経路の同じ条件（出発地・目的地、航空機型式、巡航高度、気象情報）とグラフ探索に基づいたアルゴリズムで計算した最短飛行時間経路（オレンジ色線）を比較する。PACOTS 経路と計算された経路の主観的相違度は高い。PACOTS Track 14 に対応する経路は PACOTS 経路の北に大きく離れているが、これは、PACOTS 経路間の干渉を防ぐため、PACOTS Track 14 が南方向に移動されたためであると考えられる。

図１．４．５の紫色線は、DARP（Dynamic Airborne Reroute Procedure）で最新の気象予報情報に基づいて飛行中に計画飛行経路を変更したホノルルから東京の便の航跡を示す。この便は、ホノルルから出発後に PACOTS 経路を飛行していたが、DARP を実行し、PACOTS 経路から離れて、グラフ探索理論に基づいたアルゴリズムで計算した経路と重なった。得られた結果から、グラフ探索理論に基づいた最適経路計算アルゴリズムの妥当性が明らかになった。

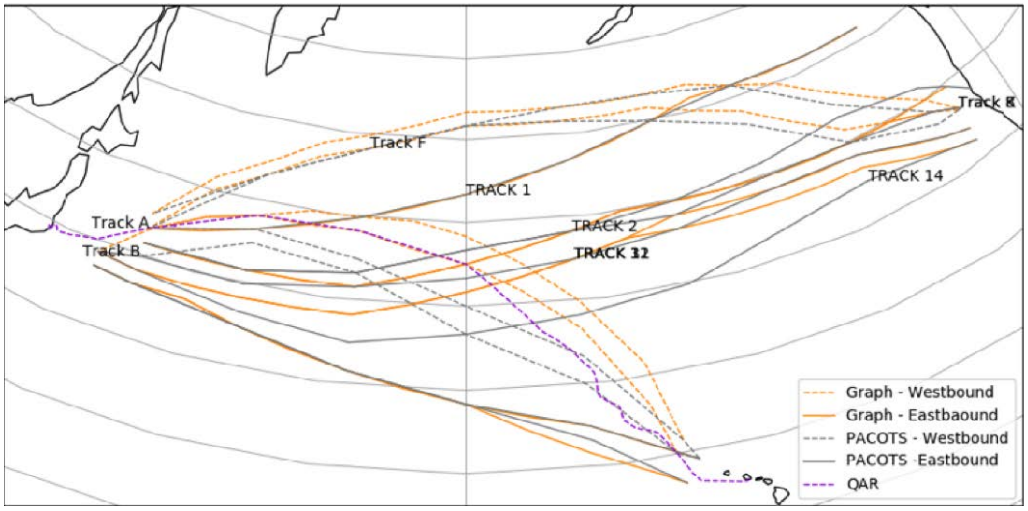


図１．４．５　PACOTS 経路（灰色）、グラフ探索理論に基づいたアルゴリズムで計算した最短飛行時間経路　（オレンジ色）と DARP を実行したホノルル～東京 の経路（紫色）の比較。

□軌道の ATM パフォーマンス指標

本研究では、レーダーや飛行計画の情報等基に航空管制の難度を表す指標を提案してきた。今年度は、飛行計画情報を活用することで飛行経路が途中で変化する軌道変更点を含む航跡に対しても有効となる難度の計算アルゴリズムを確立するとともに、計算した難度値に基づいて高難度が予測される交通状況を回避するための概念を検討した。また、難度推定に用いた入力データの誤差による難度の計算結果への影響を分析しその特性を明らかにした。なお、分析結果は国際会議(SANE,ICSANE)にて結果の発表した。これらにより、空域の難度を把握し管制の難しさを同定するとともに、それを自動的に回避するための支援システム構築に必要な基礎技術の一部を確立できた。

□便益バランシング方式の提案

大学で行われている類似の最適化に関する研究を調査した結果、多目的最適化の適用が妥当であると考え、大学と共同研究契約を締結し各種課題の調査に着手した。

成果の公表

- □ Brown, M., Hirabayashi, H.: “福岡 FIR と隣接 FIR 間の交通流解析”, ENRI 発表会 2018, June 2018.
- □ Nagaoka, S., Brown, M.: “航空管制における航空機の飛行軌道の予測方法について” 日本航海学会 AUNAR 研究会, June, 2018.
- □ Nagaoka, S., Hirabayashi, H., Brown, M.: “Towards Automatic Suggestions of Aircraft Trajectory Change for Mitigating High Traffic Complexity based on an Air Traffic Control Difficulty Index”, EURO2018, July 2018.
- □ Brown, M., Wickramasinghe, N. K., Hirabayashi, H.: “A Graph Search-based Wind-Optimal Trajectory Generator to support NOPAC Realignment considerations”, IPACG44, August 2018.
- □ Wickramasinghe, N. K., Nakamura, Y., Hirabayashi, H., Brown, M.: ″ A Study on the Influence of Weather Prediction Error upon DARP Operational Benefits Evaluation″, IPACG44, August 2018.
- □ Hirabayashi, H., Brown, M., Wickramasinghe, N. K.: “北太平洋上空における可変経路の傾向分析”, 第 56 回飛行機シンポジウム, Nov. 2018.
- □ Brown, M., Hirabayshi, H., Lee. K.: ″ Towards a Concept of Free Routing in the Northeast Asia/Pacific Region″, APISAT 2018, Chengdu, China, Oct. 2018.
- □ Brown, M., Hirabayshi, H., Wickramasinghe, N. K.: ″ A Graph Search-based Trajectory Optimiser for Practical Wind-Optimal Trajectories″, APISAT 2018, Chengdu, China, Oct. 2018.
- □ Nagaoka, S., Hirabayshi, H., Brown, M.: “A Concept of Automatic Trajectory Modification for Mitigating Complex Air Traffic Situations with a High Difficulty Index Value”, ICSANE2018 (電子情報通信学会技術報告 SANE2018-80), Nov. 2018.
- □ Wickramasinghe, N. K., Nakamura, Y., Hirabayashi, H., Brown, M.: ″ BADA Application in Performance Assessment of Dynamic Airborne Reroute Procedure (DARP) Operations″, BADA User Conference 2018, Oct. 2018.
- □ Nagaoka, S., Brown, M., Delahaye, D.: “入力データの不確定性の航空管制難度指標値への影響”, 電子情報通信学会 技術研究報告”, SANE2018-104, Jan. 2019.
- □ Wickramasinghe, N. K., Hirabayashi, H., Brown M., “航空機の運航における衛星搭載ドップラーライダーの有効性検証技術支援”, 受託研究報告書, Mar. 2019.

研究開発課題	（１）軌道ベース運用による航空交通管理の高度化

研究テーマ	③システム故障、ヒューマンエラーや自然状況変化によるリスクなどに強い通信・航法・監視を含む航空交通管理のための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
全航空機の飛行経路と通過時刻によって航空交通を管理する軌道ベース運用について、混雑空域において実施可能とする技術、当該運用を支える航空交通システムの堅牢性向上、管制空域及び飛行経路の管理技術等に関する研究開発に取り組む。	運航者の希望に基づく飛行経路を実現するとともに、安全な航空機間隔が維持できる軌道ベース運用による航空交通管理方式の、洋上空域などの航空路空域のみならず航空交通量が多い高密度空域や複雑な空域への導入を実現するため、効率的な管制空域及び飛行経路の管理並びに軌道ベース運用の概念を実装するための技術の開発が求められている。 また、この効率的な管制空域及び飛行経路の管理手法並びに軌道ベース運用の円滑な導入のため、高度な航空交通システムの安全かつ安定的な機能に必要となる堅牢な通信・航法・監視を含む航空交通管理のためのシステムの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。 ③システム故障、ヒューマンエラーや自然状況変化によるリスクなどに強い通信・航法・監視を含む航空交通管理のためのシステムに関する研究開発	運航者の希望に基づく飛行経路を実現するとともに、安全な航空機間隔が維持できる軌道ベース運用による航空交通管理方式の、洋上空域などの航空路空域のみならず航空交通量が多い高密度空域や複雑な空域への導入を実現するため、効率的な管制空域及び飛行経路の管理並びに軌道ベース運用の概念を実装するための技術の開発が求められている。 また、この効率的な管制空域及び飛行経路の管理手法並びに軌道ベース運用の円滑な導入のため、高度な航空交通システムの安全かつ安定的な機能に必要となる堅牢な通信・航法・監視を含む航空交通管理（ATM）のためのシステムの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。 ③システム故障、ヒューマンエラーや自然状況変化によるリスクなどに強い通信・航法・監視を含む航空交通管理のためのシステムに関する研究開発 －空港面及び空港近傍の独立非協調監視システムに関する研究では、トランスポンダに依存せず空港面及び空港近傍における移動体を検出するために、パッシブ PSR だけでなく航空用途以外の電波も利用した監視プロトタイプシステムの開発を行う。前年度までに構築した MSPSR 実験システムを利用し、空港面での移動体検出技術の開発を行うとともに、リアルタイムパッシブ監視システムの開発と製作を開始する。 －次世代 GNSS に対応したアベイラビリティの高い航法システムに関する研究では、安全で効率的な運航を実現する GNSS ベース航法の実用に不可欠な GNSS 補強システムのアベイラビリティ（利用可能な時間割合）改善を図るものである。このための方策として次世代 GNSS の利用や宇宙天気情報の活用による効果について評価すると共にこれらの利用に必要な技術開発を行い、

		国際標準規格案に反映する。本年度は、次世代 SBAS 及び次世代 GBAS のプロトタイプシステム構築を完了し、飛行実験を開始するとともに、準天頂衛星システム対応のための基本設計を行う。等

○空港面及び空港近傍の独立非協調監視システムに関する研究

研究の背景

空港面及び空港近傍の航空機監視に利用される SSR や MLAT 等は、高精度、高検出率かつ高更新率を備えた監視システムである。しかし、監視対象にトランスポンダを必要とし、トランスポンダが搭載されていない、もしくは正常に動作していない場合の監視はできない。そのため、トランスポンダに依存しない一次監視レーダ PSR(ASR、ASDE 等)は、監視対象空域における航空交通の安全性を担保する上で重要な役割を果たす。しかし、PSR 等は、大型の回転型空中線及び高出力送信機を必要とするため、整備及び維持の面で課題を有する。このような観点から PSR の代替もしくは覆域拡張のため、新しい監視システムの導入が期待されているが、新たな周波数帯の割り当ては困難であるため、既存の周波数資源を有効活用した新しい監視システムが求められている。

研究目標

□空港面及び空港近傍の航空機及び車両を検知する MSPSR の開発

□航空用電波以外の他目的電波も利用した監視システムの監視性能を導出する

※MSPSR(Multi Static Primary Surveillance Radar):航空機からの反射波を複数点で受信して航空機の位置を算出する次世代型 PSR

平成 30 年度の研究内容

□空港近傍で使用可能な電波による検出性能の検証

□リアルタイム処理が可能なパッシブ監視システムの開発

平成 30 年度の研究成果

□空港近傍で使用可能な電波による検出性能の検証

パッシブレーダに必要な要素技術開発を効率的に進めるため、仙台空港内に展開した MSPSR 実験システムを常時実験可能となるように受信アンテナおよび受信機等測定システムの再配置を行った。さらに地上デジタル放送波(DTTB)信号を使ったパッシブレーダについても福岡空港の近くにある福岡工業大学内に常時測定可能な装置を設置しデータ取得を開始した。これらのシステム構築によって長時間に渡る大量の散乱データ取集が可能となった。また、これらの取得データ数が増えたことにより、信号検出手法の検証が効率的に出来るようになった。

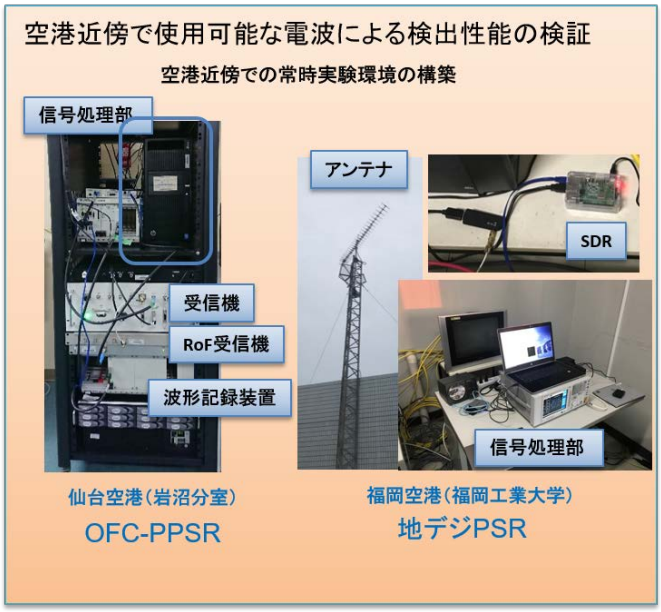


図１．４．６空港近傍での常時実験環境の構築

パッシブレーダでは、非常に弱い反射信号を使って目標を検出するため、受信位置やその配置が重要な問題となる。これらを検討するためにはバイスタティック構成となるレーダ散乱断面積(RCS)から任意の地点での推定受信強度を求め、最適な配置を得る必要がある。しかしながら DTTB で使用される電波の波長と航空機のサイズの関係性を考えると、数値解析には計算リソースや計算精度等に多くの課題があることが知られている。これらの問題を解決するために理論的な解釈に必要なバイスタティック RCS について大学との共同研究を実施した。縮小モデルによるバイスタティック RCS の測定結果を用いた航空機の運用環境で適用可能な数値計算手法の開発を始めた。

□リアルタイム処理が可能なパッシブ監視システムの開発
これまでに評価検証を行ってきた実験システムは、信号処理手法や機材構成の確認を主目的として開発を行ったため、システムの自由度はあるものの信号処理等の時間が非常に長く運用に用いることはできないシステムとなっていた。本研究においては、システム構成の自由度をある程度制限する代わりに、運用を見据えたレーダシステムとして評価可能なリアルタイム処理が可能なパッシブ監視システムによって性能評価を行うことを目標としている。レーダシステムを構築するには様々な手法が考えられるが、既存の実験システムで評価した信号処理手法を容易に導入するため、SDR（Software Defined Radio:ソフトウェア無線機）を使ったシステム構築を開始した。

図１．４．７リアルタイム処理が可能なパッシブ監視システムの開発

成果の公表

□査読付論文誌論文

・M.Watanabe, J. Honda, and T. Otsuyama, “Moving Target Detection and Two-Receiver Setup using Optical Fiber Connected Passive Primary Surveillance Radar”, IEICE Trans. on Comm.,

・大津山卓哉, 本田純一, 渡邊優人, “光ファイバ接続型一次監視レーダの開発”, 電気学会論文誌 C,

・渡邊優人, 本田純一, 大津山卓哉, “OFC-PPSR におけるバイスタティッククラッタに関する一検討”, 電子情報通信学会和文誌

□国際学会発表

・M. Watanabe, J. Honda, and T. Otsuyama, “Experimental Prototype for MSPSR based on Optical Fiber Connected Passive PSR”, ICNS 2018, Apr, 2018.

・J. Honda, T. Otsuyama, M. Watanabe, and Y. Makita, “Study on Multistatic Primary Surveillance

Radar using DTTB Signals Delays," Proc. Int. Conf. Radar (Radar 2018), ID:182, Brisbane, Australia, Aug. 2018.
・J. Honda, T. Otsuyama, M. Watanabe, and Y. Makita, "Aircraft and Vessel Surveillance System by DTTB Signal Delays," Proc. Int. Symp. Enhanced Solutions for Aircraft and Vehicle Surveillance Applications (ESAVS 2018), Berlin, Germany, Oct. 2018.
□国内学会発表
・渡邊優人，本田純一，大津山卓哉，"S バンドパッシブレーダにおける空港周辺のクラッタ特性"，電子情報通信学会 SANE 研究会，10 月
□ICAO 等技術資料
・T. Otsuyama and S. Marquard, "Status Update on MSPSR Development", ICAO SP-ASWG/7, Apr, 2018
・J. Honda, Y. Kakubari, T. Koga, T. Otsuyama, and H. Miyazaki, "Application of Radio-over-Fiber for Multilateration," ICAO SP-ASWG/TSG/7, June 2018.
・J. Honda, Y. Kakubari, T. Koga, T. Otsuyama, and H. Miyazaki, "Application of Radio-over-Fiber to Multilateration," ICAO SP3-ASWG/8, Sep. 2018.
・J. Honda, Y. Kakubari and T. Otsuyama,"Activities Regarding Application Technologies for Primary and Secondary Surveillance Radars in Japan,"ICAO Surveillance Workshop, Nov, 2018
・J. Honda, H. Miyazaki, Y. Kakubari, T. Koga and T. Otsuyama, "Multilateration System Employing Radio-over-Fiber Technology," ICAO SP-ASWG/TSG/8, Jan 2019

○次世代 GNSS に対応したアベイラビリティの高い航法システムに関する研究

研究の背景

衛星航法システム(GNSS)は一般にインテグリティ(完全性)について十分な保証がなされておらず、そのままでは航空機の航法に利用するには安全上の問題がある。衛星航法システムのインテグリティを保証し、かつ位置精度を改善することで航空機の航法に利用可能とするのが補強システムであり、航空機ユーザは衛星航法システムと補強システムを併用することで所要のインテグリティによる航法を行う。補強システムには SBAS 及び GBAS があり、前者は静止衛星を使用するもの、後者は地上からの無線信号により補強情報を放送するものである。

GNSS におけるインテグリティ確保のうえで主要な脅威は上空にある電離圏の擾乱現象であり、我が国を含む低緯度地域ではその影響が大きいことが知られている。従前の補強システムでは電離圏擾乱の発生時に GNSS を利用できなくなることがあるなど、必ずしも十分なアベイラビリティが得られなかった。本研究は、このような GNSS の利用促進上の課題に対応するために実施することとしたものである。

※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。
※アベイラビリティ (Availability)：システムを利用可能な時間的割合
※インテグリティ (Integrity)：位置情報が正しいことを保証する機能
※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

□次世代 GNSS 環境に対応した次世代 GNSS 補強システムについて要素技術を開発し、技術的要件を明確化するとともに国際標準案に反映する。
□宇宙天気情報の活用や SBAS－GBAS 間の連携によるアベイラビリティ向上方式を開発する。
□我が国を含む低緯度地域における、GNSS 補強システムのアベイラビリティ向上の効果を確認する。

※次世代 GNSS 環境：複数の周波数及び複数の GNSS を利用できる環境
※宇宙天気情報：太陽活動や地球磁場の様相を観測し、電離圏を含む超高層大気への影響を予測・提供するもの

平成 30 年度の研究内容

□地上実験による性能評価　次世代 GNSS 対応 SBAS 及び GBAS のプロトタイプを使用して、地上実験を実施する。
□準天頂衛星システム対応改修　次世代 GNSS 対応 GBAS のプロトタイプについて、準天頂衛星システムに対応する改修作業に着手する。
□GBAS ネットワークによる SBAS 性能向上コンセプト検討　GBAS ネットワークを利用した SBAS の性能向

上方式を検討し、コンセプトとして取りまとめる。

□宇宙天気情報テストベッドによる性能評価　低磁気緯度地域で影響の大きい電離圏擾乱の対策として宇宙天気情報を利用した場合の効果について、前年度までに構築したテストベッドを使用して評価する。

平成 30 年度の研究成果

□地上実験による性能評価

前年度までに開発した次世代 GNSS 対応の SBAS・GBAS プロトタイプを使用して、仙台空港にて 2 回の地上実験を実施した。車両を使用した本地上実験について、図１．４．１は実験機材の配置、図１．４．２は走行軌跡を示しており、正常に実験データを取得した様子を確認できる。

次世代 SBAS の標準規格案については ICAO において議論されており、準天頂衛星 L5S 信号による実証実験により得られた知見を提供することで規格案の検証に大きく貢献した。昨年度に準天頂衛星を利用して高緯度地域における SBAS サービスのアベイラビリティを改善できることを指摘していたが、このために必要な規格案の改訂を提案し、採用された。また、SBAS 運用各国による SBAS 相互運用性ワーキンググループに参画し、SBAS の相互運用性を確保するための情報交換を行っている。

次世代 GBAS については、前年度までに構築したプロトタイプシステムに対して、準天頂衛星システム対応等の改修を行った。ICAO において規格化の議論が始まろうとしており、電離圏擾乱の大きな石垣島にプロトタイプを設置して評価することで、国際標準案の議論を先導する。また、独 DLR との包括連携協定に基づき、次世代 GBAS の方式検討を分担して実施した。

図１．４．８　地上実験における機材配置

図１．４．９　地上実験の走行軌跡例

□準天頂衛星システム対応改修

次世代 GNSS 対応 SBAS のプロトタイプについては、昨年度までに準天頂衛星システムに対応しており、今年度は不具合対応等の小規模な改修を継続した。

次世代 GNSS 対応 GBAS のプロトタイプについては、今年度に準天頂衛星システム対応のための改修設計を実施することとしていたが、作業を前倒しして、設計に加えて改修作業も実施した。

高緯度地域における準天頂衛星システムの有効性を評価するため、プラハにて受信実験を実施し、次世代 SBAS 信号を正常に受信できることを確認した。

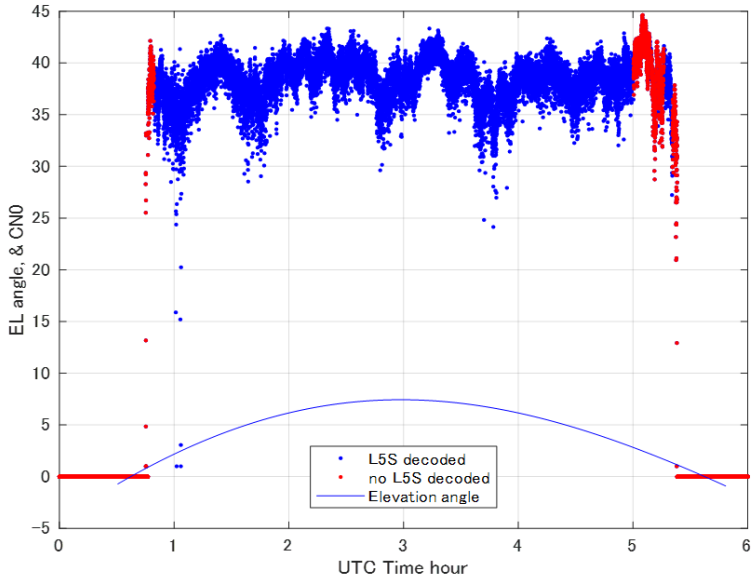


図１．４．１０　欧州における受信実験例

□GBAS ネットワークによる SBAS 性能向上コンセプト検討

GBAS ネットワークを利用して SBAS の性能向上を図るアイディアについて検討したところ、GBAS 及び

SBAS では監視局設備に対する要求に大きな違いがあることから、監視局として直接的に利用することは難しいことが判明した。インテグリティモニタとして使用することとして、具体的なコンセプトを引き続き検討している。

□宇宙天気情報テストベッドによる性能評価
低緯度地域で影響の大きい電離圏擾乱の対策として、VHF レーダーによるプラズマバブルの監視が考えられる。宇宙天気情報テストベッドにこのレーダーを組み入れて実証実験を行うため、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）と連携し、同機構がタイに設置するレーダー設備を活用することとした。また、インドネシア航空宇宙庁との連携により、VHF レーダーによる効果を見積もるためのシミュレーションを開始した。なお、ICAO においては、宇宙天気情報の利用についてプロバイダとユーザの連携強化が必要である旨を ANConf-13 にて提案し、採択された。

□特許取得：1 件（発明の名称：衛星航法システムにおける測位誤差の補正方法及びその装置）

成果の公表

○ICAO NSP 7 件
□齋藤享・吉原貴之, "Impacts of scintillations on GAST-D integrity monitors", ICAO NSP JWGs/3, 平成 30 年 4 月
□齋藤享, "Comments on the Space Weather Information Service Manual", ICAO NSP JWGs/3, 平成 30 年 4 月
□坂井丈泰・城哲也, "PRN Assignment for IGSO satellites", ICAO NSP JWGs/3, 平成 30 年 4 月
□坂井丈泰, "Doppler Range for non-GEO SBAS Satellites", ICAO NSP DS2SG, 平成 30 年 6 月
□齋藤享・細川敬祐・冨澤一郎・坂井純, "Update on anomalous propagation of VHF NAV signals by the sporadic E layer"
, ICAO NSP/5, 平成 30 年 11 月
□齋藤享・吉原貴之, "Impacts of ionospheric scintillation on gast-d integrity monitors", ICAO NSP/5, 平成 30 年 11 月
□齋藤享, "Facilitating interactions between space weather information service provides and aeronautical users", ICAO NSP/5, 平成 30 年 11 月

○国連 ICG 2 件
□三神泉・坂井丈泰, "DFMC SBAS Seamless Service from Equator to Poles", ICG WG-B Interium Meeting, 平成 30 年 6 月
□坂井丈泰, "The IGSO SBAS: DFMC Seamless and Robust Navigation", ICG/13, 平成 30 年 11 月

○APANPIRG 1 件
□齋藤享・吉原貴之, "GBAS R&D activities in Japan", APANPIRG CNS-SG/22, 平成 30 年 7 月

○SBAS IWG 1 件
□北村光教, "Performance of DFMC prototype using Global Monitoring Stations", SBAS IWG/34, 平成 30 年 9 月

○GBAS IGWG 4 件
□齋藤享・吉原貴之, "Impacts of scintillations on GAST-D integrity monitors", IGWG/19, 平成 30 年 5 月
□齋藤享, "Use of SBAS ranging source for GBAS", IGWG/19, 平成 30 年 5 月
□齋藤享・吉原貴之"Update on MC/MF GBAS development by ENRI", IGWG/19, 平成 30 年 5 月
□M. Felux・齋藤享・S. Circiu・D. Gerbeth・M. Caamano, "Evaluation of propsed DF GBAS iono monitor", IGWG/19, 平成 30 年 5 月

○RTCA/EUROCAE 1 件
□麻生貴広・坂井丈泰, "Requirements for SBAS IGSO", EUROCAE WG-62, 平成 30 年 6 月

○国際学会論文 1 件
□津川卓也・西岡未知・石井守・K. Hozumi・齋藤享・新堀淳樹・大塚雄一・齊藤昭則・S. M. Buhari・M. Abdullah・P. Supnithi, "Total electron content observations by dense regional and worldwide international networks of GNSS", Journal of Disaster Research, 平成 30 年 4 月

○米国航法学会 2 件
□坂井丈泰・小暮聡, "QZSS Update", ION GNSS+ 2018, 平成 30 年 9 月
□吉原貴之・齋藤享, "Spatial Decorrelation Analysis of Ionospheric Delay Due to the Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances using Radio-over-Fiber Devices and a Single Clock Receiver

for Extended Baselines", ION GNSS+ 2018, 平成 30 年 9 月

○IAIN 4 件
□北村光教・麻生貴広・坂井丈泰, "Wide Area Augmentation Performance of DFMC SBAS Using Global Monitoring Stations", IAIN 2018, 平成 30 年 11 月
□坂井丈泰・北村光教・麻生貴広, "The IGSO SBAS : Augmentation for Arctic Navigation", IAIN 2018, 平成 30 年 11 月
□齋藤享・山本衛・齊藤昭則・Chia Hung Chen, "GNSS-based real-time ionospheric 3-D tomography over Japan and its application to GNSS augmentation", IAIN 2018, 平成 30 年 11 月
□吉原貴之・齋藤享・毛塚敦・齊藤真二, "Statistical analysis of tropospheric delay differences between two GNSS stations separated by few kilometers", IAIN 2018, 平成 30 年 11 月

○その他国際学会 5 件
□坂井丈泰・北村光教・麻生貴広, "The IGSO SBAS: Signal Availability in the Polar Regions", European Navigation Conference 2018, 平成 30 年 5 月
□坂井丈泰・北村光教・麻生貴広, "The IGSO SBAS: Multi-GNSS Augmentation from the Zenith", MGA/10, 平成 30 年 10 月
□齋藤享・山本衛・齊藤昭則・Chia Hung Chen, "Real-time 3-D ionospheric tomography and its validation by the MU radar", APRASC2019, 平成 31 年 3 月
□齋藤享・坂井丈泰・吉原貴之・麻生貴広・北村光教, "SBAS/GBAS research at ENRI", Ionospheric Effects on Satellite Positioning and Navigation Conference, 平成 31 年 3 月
□齋藤享"Evaluating and mitigating ionospheric impacts on GNSS in the low latitude region based on observations", Ionospheric Effects on Satellite Positioning and Navigation Conference, 平成 31 年 3 月

○電子情報通信学会 9 件
□吉原貴之・齋藤享・毛塚敦・星野尾一明・福島荘之介・齊藤真二, "精密進入着陸における高カテゴリー運航を可能とする GBAS (Ground -Based Augmentation System)の安全性設計について", 電子情報通信学会安全性研究会, 平成 30 年 6 月
□吉原貴之・齋藤享・毛塚敦・齊藤真二, "GNSS 基線解析における局所的な対流圏遅延変動の抽出", 電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 平成 30 年 6 月
□北村光教・麻生貴広・坂井丈泰, "Performance Evaluation of DFMC SBAS Using Global Monitoring Stations", 電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 平成 30 年 7 月
□伊藤憲・坂井丈泰, "インド地域航法衛星システム NavIC について", 電子情報通信学会 2018 年ソサイエティ大会, 平成 30 年 9 月
□北村光教・麻生貴広・坂井丈泰, "国外監視局を利用した次世代 SBAS の補強性能", 電子情報通信学会 2018 年ソサイエティ大会, 平成 30 年 9 月
□麻生貴広・北村光教・毛塚敦・齊藤真二・坂井丈泰, "飛行中における航空機の航法性能の現状と問題点", 電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 平成 30 年 8 月
□坂井丈泰, "GPS のセキュリティ：脆弱性とその対策", 電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 平成 30 年 8 月
□井上裕生・麻生貴広, "DFMC-SBAS におけるサービス性能可視化ツールの開発", 電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 平成 31 年 1 月
□三宅千華・坂井丈泰・麻生貴広, "GNSS 連続観測ネットワーク GEONET の稼働状況", 電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 平成 31 年 2 月

○宇宙科学技術連合講演会 4 件
□伊藤憲・坂井丈泰, "複数の QZO を持つみちびきに関する検討", 日本航空宇宙学会第 62 回宇宙科学技術連合講演会, 平成 30 年 10 月
□北村光教・麻生貴広・坂井丈泰, "電離圏擾乱時における次世代 SBAS 性能の評価", 日本航空宇宙学会第 62 回宇宙科学技術連合講演会, 平成 30 年 10 月
□麻生貴広・北村光教・坂井丈泰, "準天頂衛星を用いた ARAIM の検討", 日本航空宇宙学会第 62 回宇宙科学技術連合講演会, 平成 30 年 10 月
□吉原貴之・齋藤享・齊藤真二・星野尾一明, "短基線 1 周波 GNSS 受信局間の衛星毎の電離圏遅延差推定に及ぼす受信機時計誤差の影響評価", 日本航空宇宙学会第 62 回宇宙科学技術連合講演会, 平成 30 年 10 月

○その他国内学会 1 件
□齋藤享・津川卓也・K. Hozumi・石井守, "Application of a VHF ionosphere backscatter radar for differential GNSS system and geophysics", 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 平成 30 年 5 月

研究開発課題	（２）空港運用の高度化

研究テーマ	①混雑空港における継続降下運航の運用の拡大及び衛星航法による進入着陸システムを用いた曲線精密進入等の高度な運航方式等に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
到着機が燃料消費を抑えて進入する継続降下運航の混雑空港における運用の拡大を可能とする経路設定技術、衛星航法を利用した進入着陸方式等高度な運航方式、空港面における出発機と到着機の交通管理手法、光ファイバー技術等を応用した航空機監視技術、滑走路上の異物監視システムに関する研究開発等に取り組む。	燃費軽減に寄与する混雑空港における継続降下運航の運用拡大、低視程時の就航率を改善するための衛星航法による高度な運航方式、空港面における到着便と出発便の交通流の輻輳を解消する効率性と定時性の高い航空交通管理技術の開発が求められている。また、空港面に対する監視技術の高度化等が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ①混雑空港における継続降下運航の運用の拡大及び衛星航法による進入着陸システムを用いた曲線精密進入等の高度な運航方式等に関する研究開発	燃費軽減に寄与する混雑空港における継続降下運航の運用拡大、低視程時の就航率を改善するための衛星航法による高度な運航方式、空港面における到着便と出発便の交通流の輻輳を解消する効率性と定時性の高い航空交通管理技術の開発が求められている。また、空港面に対する監視技術の高度化等が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ①混雑空港における継続降下運航の運用の拡大及び衛星航法による進入着陸システムを用いた曲線精密進入等の高度な運航方式等に関する研究開発 －PBNとGBASを活用した高度な計器進入方式に関する研究では、性能準拠型航法（PBN）概念によるRNP航法と衛星航法（GNSS）による精密進入着陸システムである GBASを組み合わせた曲線進入等の高度運用方式を実現するために、空港周辺の山岳地形などの制約を調査し、設計条件や導入効果を明らかにする。また、衝突危険度モデルを改善する衝突確率計算アルゴリズムを提案して計器飛行方式設定基準の策定に貢献する。本年度は、国内空港への新方式の導入可能性を調査し、かつ、衝突危険度計算アルゴリズムの導出および運航データの分析など基礎検討を実施する。 －大規模空港における継続降下運航の運用拡大に関する研究では、継続降下運航（CDO）を交通量の多い時間帯に運用を拡大するために、CDO 実施判断支援ツールを製作する。本年度は、引き続きCDOの現状分析・調査、上昇・降下パスの検討を行うとともに、CDO 実施判断支

		援ツールの機能拡張およびツールの有効性に関する評価実験を行う。等

○PBN と GBAS を活用した高度な計器進入方式に関する研究

研究の背景

ICAO（国際民間航空機間）は、PBN（性能準拠型航法）概念による航法を促進し、GBAS（地上型衛星航法補強システム）等の導入による安全で効率的な進入方式により運航の最適化を図る計画である。近年、我が国においても PBN による RNAV/RNP 進入方式が多数の空港に展開されており、将来はさらに高度な計器進入方式の導入により、運航効率と滑走路アクセス性の向上が期待されている。

この実現のため、現在 RNP の RF レグ（円弧旋回）と GLS（GBAS Landing System）等による最終進入経路を組み合わせた新しい進入方式が検討されており、我が国の空港環境をふまえた実現可能性と将来の便益の明確化が要望されている。また、GLS 等の衝突危険度モデルによる障害物評価表面の緩和が期待されている

研究目標

□RNP の RF レグと GLS 等による最終進入経路を組み合わせた新進入方式について、空港環境における制約を調査し、設計条件を定めて実証し、導入効果を定量化する。

□従来の衝突危険度モデルを改善する衝突確率計算アルゴリズムを提案し、民間航空機の運航データを活用して、その妥当性を検証する。

平成 30 年度の研究内容

□PBN 空港・モデル空港の経路設計基礎調査

□飛行実証準備（可搬型プロトタイプ）

□衝突危険度モデルの基礎検討

平成 30 年度の研究成果

□PBN 空港・モデル空港の経路設計基礎調査

ICAO 飛行方式設計パネル（IFPP）において、RF レグと ILS または GLS を組み合わせた RNP to xLS 進入方式の ICAO 設計基準が 2020 年に策定される見込みとなった。これを受け、航空局 CARATS 会議では、RNP to ILS 進入を 2021 年度以降、RNP to GLS 進入を 2023 年以降に導入することを予定している。当所では、これまで RNP to xLS の飛行方式設計手法を検討し、気温による気圧高度の変動の影響により、ローカライザーよりグライドスロープが先にキャプチャして、コース外で降下する事象を避けるように経路を設計する手法を提案し、乗員訓練に使われる忠実度の高いフルフライトシミュレータにより本手法を検証し、ボーイング 787 など GLS を標準装備する機材で GLS/ILS 共に十分実現可能であることを実証した。

本研究では、RNP to xLS 進入方式の我が国への導入に向け、山岳地形や気象など空港環境における制約を考慮して新方式の設計条件や導入効果を明らかにする。本年度は、精密進入方式を有する国内 30 空港の気象データ（低視程状態の頻度）・既設定進入方式を調査し、RNP to xLS 方式の導入によるアクセス性の向上（ミニマの低下）、経路短縮が期待できる 3 空港をモデル空港として選定し、4 進入について専用の CAD ソフトウェアを用いて、周囲の障害物件との障害物間隔を評価し、ICAO 設計基準案に基づいて RNP to xLS 進入の飛行方式設計（基本）を実施した。この飛行方式について飛行方式設計者や国内エアラインなど関係者と意見交換し、高い期待を得ている。

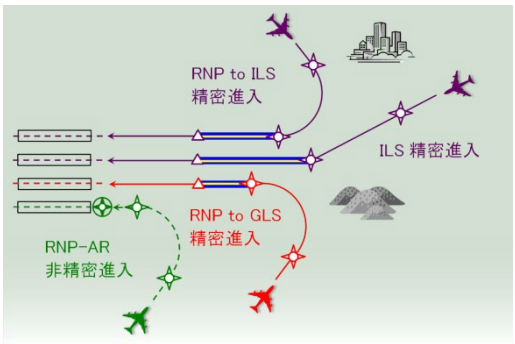


図１．４．１１：RNP to xLS 進入方式と既存の精密進入（直線）、RNP AR 進入の比較

□飛行実証準備（可搬型プロトタイプ）

本研究では、選定したモデル空港において RNP to xLS 飛行方式の飛行実証実験を行い技術的な実現性や課題を検証する計画である。この実現のため、技術成熟度レベル（TRL: Technology readiness levels）が高く、実用型 GBAS 装置と等価な機能を有する（冗長系を除く）可搬型プロトタイプの開発に着手した。プロトタイプは、遠隔地の複数の国内空港において短い準備期間で飛行実験を実現するため、実験用車両内に機材を搭載した可搬型とする。実験用車両を空港内等に移動し、GNSS アンテナなどを展開すれば、VHF アップリンク（VDB）により GBAS による最終進入経路（FAS: Final Approach Segment）が実現可能となる。

本年度は、車両の設置場所の想定から飛行実験の実現に必要な要件を定義して、プロトタイプの基本システム設計を実施し、ハードウェア部を詳細設計した。機材は、搭載可能なようにコンパクトな構成とし、光ファイバー無線技術（ROF：Radio on Fiber）を採用して、空港内に容易に展開可能な構成としている。さらに、本年度は設計に基づき、GNSS アンテナ、基準受信機などコアユニットの調達を行い、インハウスにおいてハードウェア部の一部を構築した。今後は、ソフトウェア部の設計・開発を実施し、ハードウェア部とのインテグレーションを行う計画である。

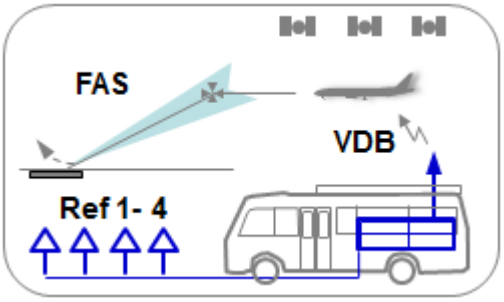


図１．４．１２：可搬型プロトタイプの概念

□衝突危険度モデルの基礎検討

衝突危険度モデルは、GLS/ILS の進入時に、地上障害物への衝突確率を計算する数学モデルである。衝突確率は ICAO の世界基準により、1 進入あたり 10^{-7}以下であることが求められている。この衝突危険度モデルは 1970 年代に開発され、その当時のモデルがそのまま 40 年程度にわたって同一のものが使用されているのが現状である。その一方で、近年航空機や地上航法装置の航法精度は向上しており、過去と比較して航空機がノミナルの飛行経路から逸脱して地上障害物に衝突する確率は相対的に低くなっているものと想定される。これは、地上障害物の設置基準の緩和の可能性を意味しており、衝突危険度モデルの更新によって実現できると期待されている。

本研究においては、衝突危険度モデルの構成要素のうち、数学モデルを工夫することにより、現状に比べてより精度の高い衝突確率を求めることができるモデルの開発に取り組む。本年度は、現状の数学モデルについて、まずその理解を行ったうえで、どの部分に改善の余地があるのかの検討をおこなった。その結果、複数の障害物がお互いに近くに配置されているケースにおいて、衝突確率が高く算出される傾向があることがわかった。その部分について、より現実に近い値が計算できるよう、数式の定式化を行った。

成果の公表

1. S.Fukushima, et al, “ENRI Status Report”, 19th International GBAS working group(I-GWG19), May 2018.
2. S.Fukushima, R.Mori, S.Saitoh, “A Feasibility Studyof Short Final RNP to xLS Procedure”, 19th International GBAS working group(I-GWG19), May 2018.
3. 福島荘之介、森亮太、齊藤真二、「浅い降下角を伴う RNP to xLS 進入方式の設計条件」、平成 30 年（第 18 回）電子航法研究所発表会、2018 年 6 月.

4. 福島荘之介、「第 19 回国際 GBAS WG 会議の概要」、航空輸送研究センター（ATEC）新進入・出発に関する WG 会議、平成 30 年 6 月.
5. 福島荘之介、「A320 シミュレータによる RNP to xLS 進入方式の検討」、航空輸送研究センター（ATEC）新進入・出発に関する WG 会議、平成 30 年 11 月.

○大規模空港における継続降下運航の運用拡大に関する研究

研究の背景

継続降下運航（CDO: Continuous Descent Operations）は燃料や騒音を低減できる運航方式であり世界的に CDO 実施空港は増加している。国内でも交通量の少ない時間帯ではあるが CDO 運用空港は増加しており、関西国際空港等の発着回数の多い混雑空港を含め CDO を実施する空港の増加や運用時間帯の拡大が航空局や航空会社から求められている。

研究目標

□関西空港において時間帯ではなく交通量に応じて CDO 実施の可否判断を支援する CDO 実施判断支援ツールを提案する。
□支援ツールを使用することで、CDO 実施を拡大させ CDO の中止を減少させる。
□交通量の多い時間帯で CDO を実施できるような条件を提案する。

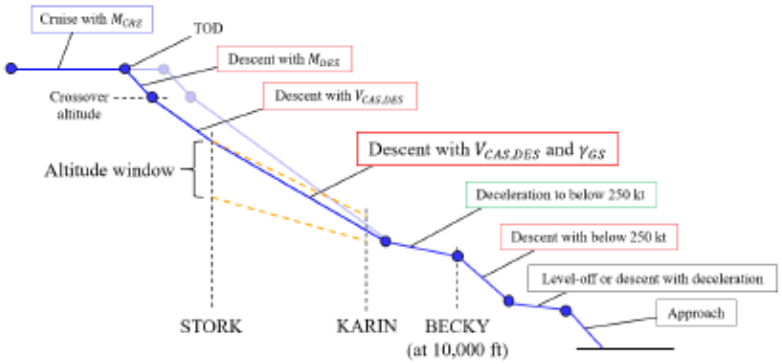
平成 30 年度の研究内容

□CDO の現状分析・調査
□CDO 実施判断支援ツールの機能拡張
□支援ツールを使用した評価実験
□出発調整の検討
□上昇・降下パスの検討

平成 30 年度の研究成果

□CDO の現状分析・調査／上昇・降下パスの検討

CDO 実施機の降下軌道は通常運用時の降下軌道とは異なるため、CDO 実施機の軌道を正確に予測することは CDO 実施判断において非常に重要な技術的アプローチである。降下パスの検討のひとつとして、平成 30 年度は”Altitude Window”の設計手法を検討した。Altitude Window は、標準計器到着経路（STAR; Standard instrument arrival）の通過地点において、上限高度、下限高度及び通過速度を指定する方式で、米国の Metroplex の空域及び方式の最適化プログラムの一環として取り入れられている方式である。軌道上に制限が付加されるが、通常降下と比較し航空機運航及び管制運用上での効果が期待できる。シミュレーション計算から、Altitude Window の設計には、燃料消費量と飛行の操縦性のトレードオフの関係があることが分かり、その結果について国際学会で発表した。



Daichi Toratani, Navinda Kithmal Wickramasinghe, Hiroko Hirabayashi, “Simulation Techniques for Arrival Procedure Design in Continuous Descent Operation”, Winter Simulation Conference 2018.

図１．４．１３ ”Altitude Window”の設計手法の検討

□CDO 実施判断支援ツールを使用した評価実験

平成 30 年度上半期は管制経験者による CDO 実施判断支援ツールの評価を実施した。CDO 実施判断支援ツールで使用するシナリオ、飛行経路、航空機の動き、管制指示コマンド等について実際の運用と比較し、妥当性を検討した。その結果いくつか改善すべき項目が上げられ、引き続き CDO 実施判断支援ツールの改修を実施することとなった。下半期は、関西国際空港を対象とし、全ての到着機が CDO を実施すると仮定した管制運用のリアルタイムシミュレーションを実施した。管制経験者は、実際の管制運用と

同等の安全間隔を維持するよう管制指示を発出した。リアルタイムシミュレーション結果から、CDO 運用拡大に必要ないくつかの要件が抽出され、対応策を検討した。今後は、CDO 実施判断支援ツールの改修を実施しつつ、引き続き管制経験者によるリアルタイムシミュレーションを実施し、CDO 運用拡大に効果的な支援情報の提供手法についてまとめる計画である。

図１．４．１４　管制経験者によるリアルタイムシミュレーション

成果の公表

□虎谷大地、ナヴィンダ・キトマル・ビクラマシンハ、平林博子,「継続降下運航の運用拡大検討のためのシミュレーション技術」、第 18 回電子航法研究所研究発表会、2018 年 5 月
□大野暉宙、上野誠也、平林博子、「航空機の軌道誤差を考慮した軌道最適化計算に関する検討」、第 56 回飛行機シンポジウム 2018 年 11 月
□Daichi Toratani, Navinda Kithmal Wickramasinghe, Hiroko Hirabayashi, “Simulation Techniques for Arrival Procedure Design in Continuous Descent Operation”, Winter Simulation Conference 2018, December 2018

研究開発課題	（２）空港運用の高度化

研究テーマ	②航空機の離着陸時刻及び地上走行時間の予測を基に行う空港面交通の管理に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
到着機が燃料消費を抑えて進入する継続降下運航の混雑空港における運用の拡大を可能とする経路設定技術、衛星航法を利用した進入着陸方式等高度な運航方式、空港面における出発便と到着便の交通管理手法、光ファイバー技術等を応用した航空機監視技術、滑走路上の異物監視システムに関する研究開発等に取り組む。	燃費軽減に寄与する混雑空港における継続降下運航の運用拡大、低視程時の就航率を改善するための衛星航法による高度な運航方式、空港面における到着便と出発便の交通流の輻輳を解消する効率性と定時性の高い航空交通管理技術の開発が求められている。また、空港面に対する監視技術の高度化等が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ②航空機の離着陸時刻及び地上走行時間の予測を基に行う空港面交通の管理に関する研究開発	燃費軽減に寄与する混雑空港における継続降下運航の運用拡大、低視程時の就航率を改善するための衛星航法による高度な運航方式、空港面における到着便と出発便の交通流の輻輳を解消する効率性と定時性の高い航空交通管理技術の開発が求められている。また、空港面に対する監視技術の高度化等が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ②航空機の離着陸時刻及び地上走行時間の予測を基に行う空港面交通の管理に関する研究開発 －空港設計および地上走行時間管理に資する交通データ等活用技術の研究では、空港施設設計において、空港面交通データと空港面交通シミュレーションをもとに、空港内の地上交通量と出発・到着便数との相関、空港施設の適切なサイズ及び配置等について体系的な知識の獲得に取り組む。また、空港面の混雑に応じた航空機の地上走行時間の管理においては、地上走行時間の不確かさを最小化するための、交通管理手法の精度向上について検討する。本年度は、空港面交通データ解析の精度向上技術の研究を行う。等

〇空港設計および地上走行時間管理に資する交通データ等活用技術の研究

研究の背景

空港における円滑な地上走行のためには、それを支える空港舗装などの施設の整備について、さらなる効率化が必要となっている。すなわち、近年の航空交通量増加により、航空機地上走行が空港施設に与える負荷が増していることから、空港施設の整備においては、交通の実態把握を踏まえた設計と維持管理が行われる必要が増している。このため、空港面の交通データ（MLAT の位置情報等）およびそれに基づくシミュレーションは、より的確な設計および維持管理のための一助として活用が期待される。

また、航空交通の時間管理においては、交通流の起点となる空港面地上走行の時間管理は重要な要素である。出発便の混雑に起因する地上走行の遅延を抑制するためには、滑走路の捌け方に応じたスポット出発の間隔付けが有効である。しかしながら、滑走路の捌け方は日ごと、時間帯ごとに異なるため、この違いに起因する間隔付けのパラメータの不確かさへの対処が求められる。

研究目標

□空港レイアウトおよび交通量に起因する地上走行のボトルネックに関する構造的理解
□地上走行のボトルネック解消のために必要な空港施設のサイズおよび配置に関する知見のとりまとめ
□地上走行時間の不確かさについて、その特性および空港の運用条件に応じた低減策の検討

平成 30 年度の研究内容

□交通状況の理解に適したデータ構造の検討
□空港設計におけるボトルネック抽出のための解析技術
□地上走行時間の管理における不確かさの要因分析

平成 30 年度の研究成果

交通状況の理解に適したデータ構造の検討では、航空局などから提供を受けている航空機の地上走行に関するデータおよびスポットの運用実績データ等から、空港面の指定地点（誘導路の交差点等）における交通量を計測し、マップ上にプロットして誘導路による交通量の差や滞留地点等が判別し易く表記した交通量データを作成している。今年度は、データ解析の精度向上のために、解析に係るデータベース処理およびその前段階におけるデータの欠落等のチェックに資するようデータ構造を整理した。具体的には、各航空機の地上走行における地点の通過レコードにおいて、当該機の使用スポット、使用滑走路等、地上走行の経路を構成する主要な地点の情報を各レコードに追記することにより、レコードの可読性を保ちつつ、データベース処理における検索性を向上した。これにより、走行経路の特徴抽出の目的（各地点における交通量について、さまざまな切り口で見た内訳等）に応じた解析を容易にするとともに、データの欠落等の発見を容易にし、データ解析における精度向上を図った。例として、羽田空港の 19 時台における滑走路 05 へ向かう出発便の動線ごとの平均の交通量を図１．４．１５に示す。このような解析精度向上のためのデータ構造の整理は、今後も新たなデータ解析の必要が生じるに応じて進めていく。

また、本年度は、空港施設整備の実務に活用するべく当所より交通量データを提供している東京航空局東京空港事務所施設部より、過去 5 年分にわたる舗装の補修履歴（臨時の補修の日時、場所等）の記録について閲覧の機会を初めて得ることができたので、初期的な分析として、補修の件数の多い場所と交通量との相関を調べた。その結果、図１．４．１６に示すように、多くの箇所において、交通量および滞留と補修の件数との間に明瞭な相関が見られた。この知見をもとに、東京航空局東京空港事務所施設部および関東地方整備局東京空港整備事務所と意見交換を行った結果、今後の誘導路等の点検、整備の優先順位付けが可能となる情報提供や通年の交通量を推定できる手法等の要望を受けた。

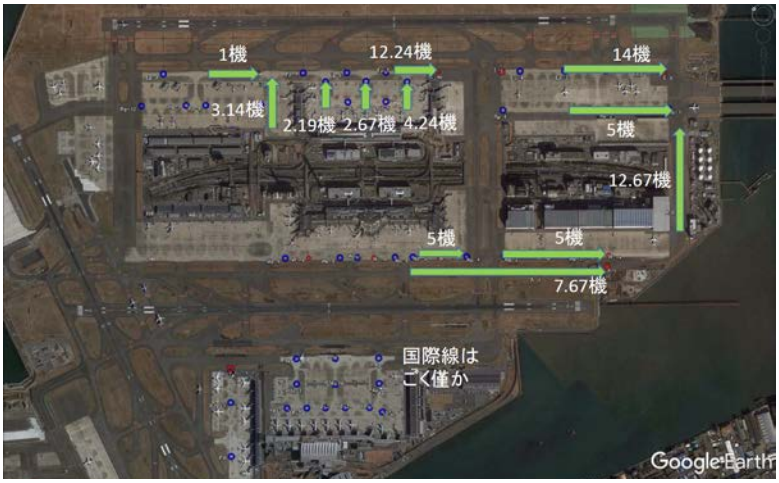


図１．４．１５　羽田空港の 19 時台における滑走路 05 出発便の
動線の構成と平均交通量の解析例

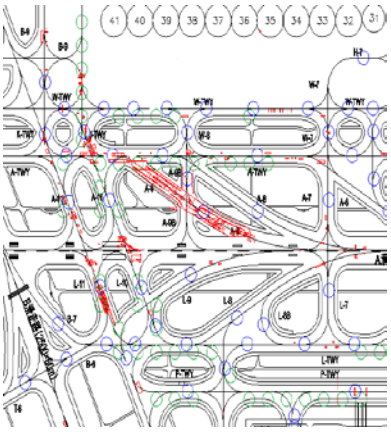


図１．４．１６　羽田空港の滑走路 16R 入口付近における補修箇所（赤ハッチング）と、
交通量上位箇所（青丸印）および滞留上位箇所（緑丸印）との相関

空港設計におけるボトルネック抽出のための解析技術では、日常の運用では潜在的となっている地上走行のボトルネックを顕在化させるシミュレーション条件を検討し、同時に運用する複数の滑走路を持つ空港について、滑走路が 1 本使用不可となった場合（非定常時）を想定したシミュレーションを行った。この結果を共同研究機関等へ報告し、災害等の対策に活用できるようにした。また、将来の増便を反映した仮想ダイヤによるシミュレーションおよび空港レイアウト変更を想定したシミュレーションも行った。結果は分析中であるが、ボトルネック抽出および交通量と空港レイアウトとの相関の検討に活用する。さらに、繁忙空港において行われるスポット間の地上走行を模擬することでさらに現実的なシミュレーションを行えるように、空港面交通シミュレータの機能を追加する予定である。

地上走行時間の不確かさの管理技術の検討では、出発便の交通管理において基礎的なパラメータとなる離陸滑走路の捌け方について、気象条件等外乱の影響を受けることから精密な予測が困難であるため、適応的なパラメータ修正の必要性が明らかとなった。来年度、走行機数などの変化に基づくパラメータの精度を補償する出発管理手法について検討していく。

結果の公表

日本人間工学会第 59 回大会、航空保安大学校出前講座、World ATM Congress 2019

研究開発課題	（２）空港運用の高度化

研究テーマ	③光ファイバー技術等を応用した航空機監視技術及び滑走路上の異物監視システム等に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
到着機が燃料消費を抑えて進入する継続降下運航の混雑空港における運用の拡大を可能とする経路設定技術、衛星航法を利用した進入着陸方式等高度な運航方式、空港面における出発機と到着機の交通管理手法、光ファイバー技術等を応用した航空機監視技術、滑走路上の異物監視システムに関する研究開発等に取り組む。	燃費軽減に寄与する混雑空港における継続降下運航の運用拡大、低視程時の就航率を改善するための衛星航法による高度な運航方式、空港面における到着便と出発便の交通流の輻輳を解消する効率性と定時性の高い航空交通管理技術の開発が求められている。また、空港面に対する監視技術の高度化等が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ③光ファイバー技術等を応用した航空機監視技術及び滑走路上の異物監視システム等に関する研究開発	燃費軽減に寄与する混雑空港における継続降下運航の運用拡大、低視程時の就航率を改善するための衛星航法による高度な運航方式、空港面における到着便と出発便の交通流の輻輳を解消する効率性と定時性の高い航空交通管理技術の開発が求められている。また、空港面に対する監視技術の高度化等が求められている。 このため、以下の研究開発を進める。 ③光ファイバー技術等を応用した航空機監視技術及び滑走路上の異物監視システム等に関する研究開発 －空港面と近傍空域のシームレスな全機監視方式の研究では、空港及び空港周辺のシームレスな監視を実現するため、光ファイバー接続型受動監視システムにモードA/C機の対応を可能とする機能を追加し、実環境評価を行う。本年度は、仙台空港において、モードA/C機監視機能およびMLAT装置を利用した総合的監視機能の実環境評価を行う。 －遠隔型空港業務支援システムの実用化研究では、小規模空港や離島空港でリモート運用を可能とするために必要な技術を開発し、我が国の運用環境に適したリモートタワーシステムを提案する。本年度は、プロトタイプシステムの性能検証、コンセプトシステムの評価・検証と課題整理を行う。また、EUROCAE において、リモートタワーの技術規格の策定に参加するとともに、併せて海外動向調査を行う。等

○空港面と近傍空域のシームレスな全機監視方式の研究

研究の背景

空港面における高精度な航空機位置情報を管制官に提供することにより、運航の効率性向上をもたらす「空港面監視技術（マルチラテレーション）」について、当所では、課題とされていた空港内エプロン近傍等におけるマルチパス信号干渉に強く、その整備・維持管理コストの低廉化を図った「光ファイバー接続型受動監視システム(OCTPASS)」の提案・開発を行ってきた。装置の構成を図１．４．１７に示す。受信信号を RF レベルで直接光伝送する方式や、マルチパス干渉による信号歪みの影響を受けにくい時刻検出手法を取り入れた信号処理方式など、従来型のマルチラテレーション装置にない特徴的な構成を取り入れることにより、その耐干渉性の有効性及び性能ポテンシャルの高さを実証してきた。

併せて、開発した OCTPASS 装置を評価試験空港と位置付けた仙台空港に設置し、航空機の実運航データを幅広く継続的に取得し、実データに基づいた装置の改善・評価が可能な環境を構築している。実験装置は図１．４．１８に示すように空港全面を監視対象とするよう配置されている。

近年、遠隔空港管制や遠隔情報提供の運用の検討・研究開発が進められており、従来マルチラテレーションが必要とされた大規模空港のみならず、遠隔運用の対象とされる小規模空港においても航空機監視センサが必要とされ、行政よりこれに対応したものの評価提案が求められている。これらの空港周辺を飛行する航空機には、モード S トランスポンダを装備していないもの(以下、「モード S トランスポンダを装備せずモード A/C トランスポンダのみを装備しているもの（以下「モード A/C 機」と称する)」も存在するため、監視センサはモード A/C 機への対応が不可欠である。特に、課題とされている、モード A ファミリービーコンコード(FBC)の識別を実現するモード A/C 機対応マルチラテレーションの開発・評価を中心に行う。

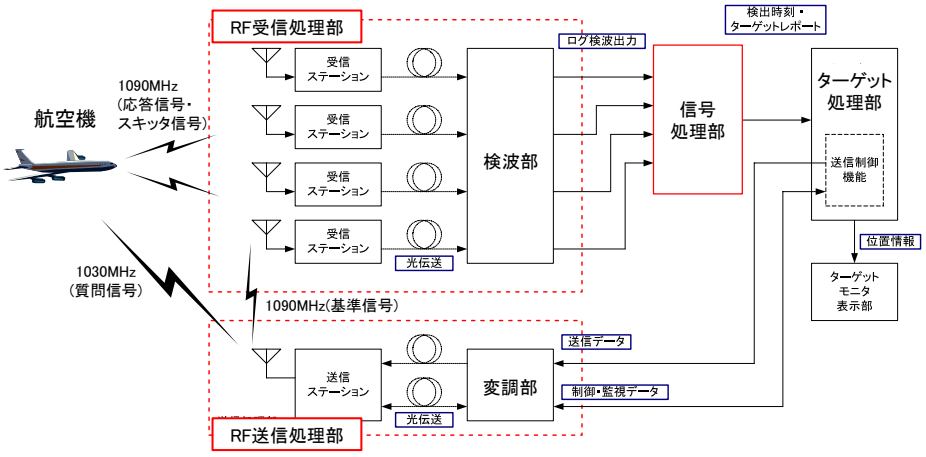


図１．４．１７　OCTPASS 装置の構成概要

図１．４．１８　仙台空港 OCTPASS 装置の配置状況

研究目標

□OCTPASS 装置によるモード A/C 機監視の実現(空港周辺 15NM 以上の覆域)
□光ファイバー無線を使用した質問送信局による高度なモード A/C 質問機能の実現
□ADS-B データの位置検証監視機能の技術提案

平成 30 年度の研究内容

□統合監視機能の実環境評価・運用者評価
□簡易センサ評価・検証

平成 30 年度の研究成果

□統合監視機能の実環境評価・運用者評価

マルチラテレーションは、通常、航空機のモード S トランスポンダから自発的に送信される電波を利用して測位を行う受動監視システムである。即ち、原理上は、航空機への質問送信を必要としない。しかしながら、実運用を視野に入れた場合、空港周辺を飛行する航空機のビーコンコード情報や気圧高度情報の取得を行う能動的な質問信号の送出が不可欠であり、システムの構成要素として送信処理部が必要である。

OCTPASS もまた、送信処理部を備え、航空機のトランスポンダに向けた質問送信が可能である。OCTPASS の場合、送信局の設置位置と受信局の設置位置が異なるが、それぞれのクロックを共有しているため、質問信号の送信から応答信号の受信までの時間を極めて正確に計測することが可能である。このような時間計測を以てレンジング(測距)を行うと、送信局・受信局と航空機との間に楕円を作図でき、これらを複数描くことにより、交点部分に航空機位置を算出することができる(図１．４．１９)。レンジングによる楕円測位を行うと、空港内に設置された複数の受信局に囲まれた内側に限らず、その外側においても航空機位置の算出が安定し、空港周辺を対象とした監視覆域の広域化が可能となる。

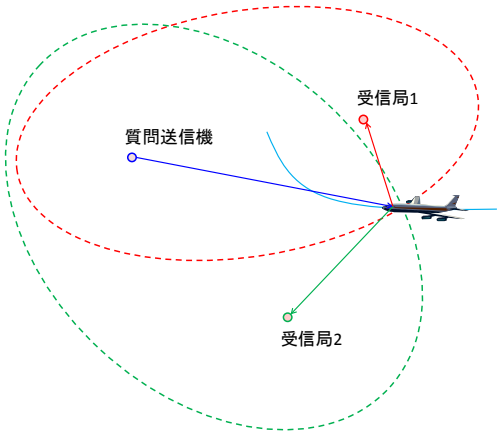


図１．４．１９
レンジング(測距)による楕円測位

マルチラテレーションをモード A/C 機対応とするためには、送信機及び受信機の両者をモード A/C 信号に対応させなくてはならない。特に、モード A/C トランスポンダはモード S トランスポンダがもつような自発信号の送信機能をもたないため、応答信号を得るための質問送信機(モード A/C 質問送信機)が不可欠となる。マルチラテレーションの質問送信機では通常無指向性のアンテナを使用し、さらにモード A/C 質問の送信は、モード S 質問のように航空機毎に個別に質問信号を送信することが出来ないため、一度の質問信号の送信に対して、周囲の航空機が一斉に応答を返す。このことは、周辺信号環境の悪化をもたらし、受信信号毎の識別を困難にする一因となる。

本年度は、モード A/C 質問送信機の新たな機能追加として、モード A/C トランスポンダに対して選択的に応答・不応答を実現するための高度なモード A/C 質問機能を実装し、実環境評価として、仙台空港に設置した実験システムで検証を行った。

本研究では、光ファイバ無線(Radio over Fiber: RoF)技術の持つリアルタイム性を利用し、2 台の質問送信機を連携動作させることで、意図した方向以外の航空機において不応答領域を形成し、応答抑制をする技術を開発した。図１．４．２０に開発した技術によるモード A/C 機の応答のイメージを示した。この技術は特許出願準備中である。実環境（仙台空港）に設置した評価装置にこれを実装し、その動作を検証した。図１．４．２１はある固定目標点の方向に対して応答領域を形成した場合の応答の様子を示したものである。色のついたプロットはモード S 機の応答、白のプロットがモード A/C 機の応答として、測位されたものである。赤線で示した方向以外ではモード A/C 機の応答が抑制されていることが確認できる。モード A/C 機対応マルチラテレーションにおいて信号環境改善に資する技術であることを確認した。

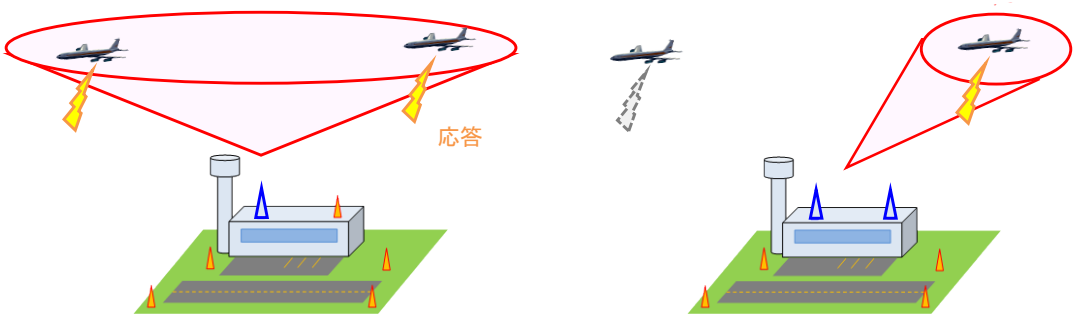


図１．４．２０　無指向性アンテナでモード A/C 質問をした際のモード A/C 機の応答イメージ(左)
および本研究で開発した高度な質問方式によって実現したモード A/C 機の応答イメージ(右)

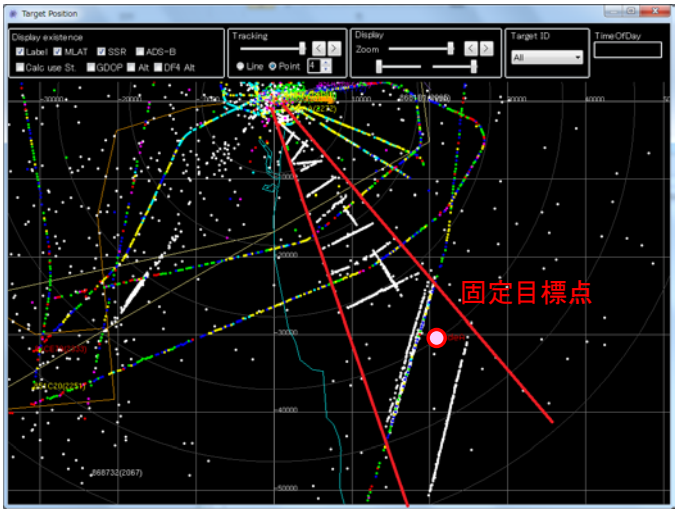


図１．４．２１　本研究で開発した質問方式によって形成されたモード A/C 機の応答領域
(15NM 以遠より応答確認)

□簡易センサ評価・検証

レディオ空港等で利用されている APDU(空港用航空機位置表示装置)は航空路レーダの情報を元にしており、特に低高度のトラフィックの表示ができない。将来的なレディオ空港のリモート化を検討するに当たり、空港周辺のトラフィック監視装置(簡易センサ)の必要性が議論されている。本研究では、仙台空港に設置した OCTPASS 監視装置のうち、使用できる受信局を限定することで簡易型のセッティングとし、トラフィック監視装置としての評価・検証を行った。その結果、受信局数を減らすことに依る精度劣化は見られるものの、低高度を飛行する複数の航空機の位置を判別するに十分な性能が得られる見込みが得られた。本研究での結果を元に、「遠隔型空港業務支援システムの実用化研究」と連携しつつ、実際のレディオ空港での実地検証を行う予定である。

□総務省による「電波システムの海外展開」プロジェクトの中で、本研究所で開発を進めてきた OCTPASS 装置がベトナム・フーコック国際空港において実証実験を行うこととなり、2019 年度の設置に向けた事業が開始された。

図１．４．２２　調査結果によるフーコック国際空港での受信ステーション，送信ステーションの設置位置案

成果の公表

- Y. Kakubari, “Background of developing MLAT and future application,” Technical Seminar on MLAT Cooperation program at Phu Quoc International Airport, Hanoi, Vietnam, Aug. 2018
- 古賀　禎, “マルチラテレーションの概要,” JUTM リモート ID&機体位置把握に関するタスクフォース, 東京, 2018 年 11 月
- J. Honda, Y. Kakubari, T. Otsuyama, “Activities Regarding Application Technologies for Primary and Secondary Surveillance Radars in Japan,” ICAO 2018 Workshop on Aeronautical Surveillance Systems (WASS), Bangkok, Thailand, Nov. 2018
- J. Honda, Y. Kakubari, T. Otsuyama, T. Koga, H. Miyazaki, “Multilateration System Employing Radio-over-Fiber Technology,” ICAO SP ASWG TSG/8, Florida, USA, Feb. 2019

○遠隔型空港業務支援システムの実用化研究

研究の背景

遠隔型空港業務支援システムであるリモートタワーのコンセプトの実現に向けて世界では研究が進められており、リモートタワーの実用化に向けた要望が高まっている。

我が国では空港の管制や運用支援を遠隔的に行うことを目指すニーズがあり、本研究所は平成 28 年度までも RAG 高度化、ITV システムの機能向上、リモートレディオに活用することができる基盤システムの技術開発を行ってきたところである。

リモートタワーのシステムでは、実際に飛行場（タワー）にいる場合と同様に、オペレータは空港面の安全状況の監視、確認を行うため通常のタワー管制業務と同様にネットワークを通じて提供される空港からの映像情報が重要になる。タワー環境は気象や時間帯で変化するが、映像技術や監視センサ技術を用いて、運用に最適なシステムを検討する必要がある。また、拡張現実技術を用い、デジタル処理した画像データに様々な支援情報やコンピュータ合成映像等を必要に合わせて提供することができる。このような映像やセンサ、ネットワーク等の IoT 技術を活用し、視覚的な情報を補うことで、遠隔業務でも安全性や効率性を今まで以上に高いレベルで実現することが期待されている。

そこで、将来システムについて設計検討に向けて、システム、技術仕様の策定、技術指針の実証が必要である。

研究目標

□管制業務を見据えたシステム設計、テストシステムの構築と評価
□岩沼分室と調布を結んだ、遠隔運用を想定したシステムの性能検証
□監視センサ情報を活用した、トラッキング情報の拡張現実表示の精度向上
□管制業務に適した、人間工学分析に基づく業務用機器の HMI 設計

平成 30 年度の研究内容

□タワー管制業務向け HMI の設計検討
□映像システムの性能向上
□監視センサ情報を活用した機能の構築
□EUROCAE WG-100 参加、規格策定 (MASPS ED-240A)

平成 30 年度の研究成果

□タワー管制業務向け HMI の設計検討

遠隔型の空港業務支援システムをタワー管制業務に導入していく為には、業務を運用するための機能やシステムの仕様に合わせた形に操作系の HMI 周りを検討する必要がある。ユーザである管制官に合わせて必要なシステムを最適化することが、エラーの防止や安全性の向上といった観点から重要であるため、系統立てた検討が必要であるが、本研究ではユーザ中心の設計（デザイン）手法を取り入れながら、最適な HMI の検討を実施しており、本年度は業務分析結果に基づき、管制業務に必要となるフライトプランなどを管理するための運航票のインタフェースデザインを行った。

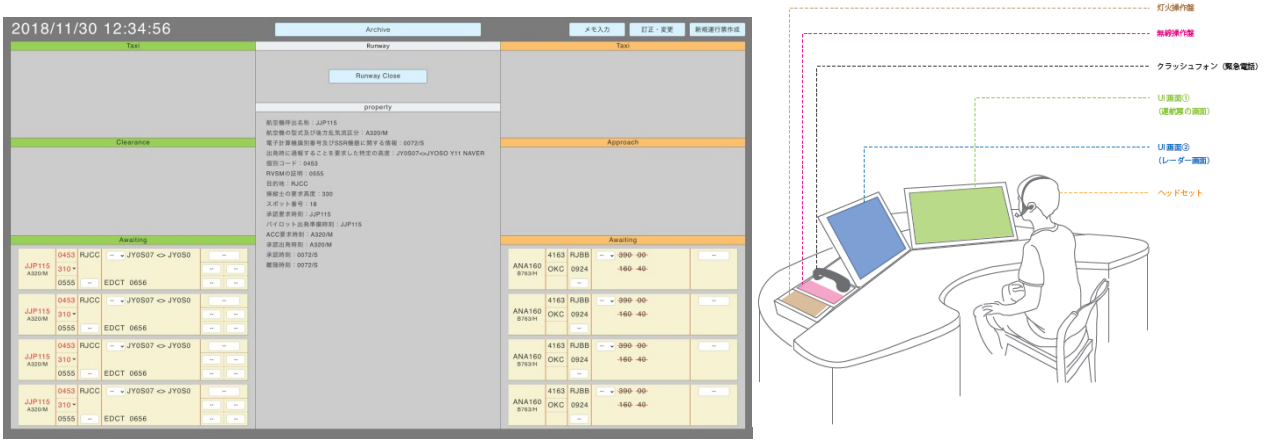


図１．４．２３　タッチパネル方式での運航票や HMI 構成のデザインイメージの一例

□映像システムの性能向上

本年度はまず、カメラの映像品質の評価を実施するとともに品質および性能の向上を行った。カメラからの映像は評価においてフレームレート 30fps を 100%保証できており、それにともないシステムジッターも 33ms 間隔になることを確認できた。またカメラからの情報を基に動体検知システムの速度を測った。検出方式の見直しと処理アルゴリズムの改善により、昨年度の性能より 50%以上の高速化を実現でき、昨年までのハードウェア構成で、動体検出レートも 30fps クリアすることができた。一方で、検出精度向上のために検討していた AI を使った物体の認識の仕組みを検討しているが、こちらは学習により認識の精度を向上することが確認できるが、認識できる対象の大きさや、処理速度に課題があり、引き続き検討が必要である。併せて PTZ カメラの追尾についても評価と性能向上を実施しており、検出からの予測アルゴリズムの処理の改善により、大倍率での追跡の精度の向上と柔軟でスムーズな追従が可能となっている。実用に向けて、様々な環境条件の下で性能評価を引き続き実施していく。

図１．４．２４　岩沼分室の設置カメラ（左）と動体検知の例(右)

□監視センサ情報を活用した機能の構築

岩沼分室に設置されている MLAT（ENRI OCTPASS）からの情報を活用し、映像中のターゲットに監視センサからの情報をマッピング合成することで、高度や空港からの距離等を補助情報としてラベリング内に表示できる。またフライトプランのシステムとつなげることで便名表示や型式、行き先なども表示することができる。本年度はこのラベリング機能を構築し、MLAT から 0.5～1 秒周期でくる情報を基に補正予測等の機能を開発し、見やすい表示の実現を目指した。監視センサの情報は天候等の視程に左右されることがないため、低視程時でも正確な航空機の位置情報を画面上に表示でき、補助装置としての有効性が期待される、またこの MLAT の位置情報を活用することで、PTZ カメラの追跡精度向上が図られている。

□EUROCAE WG-100 参加、規格策定（MASPS ED-240A）

EUROCAE(欧州民間航空電子装置機構）の WG-100 ではリモートタワーにおける光学センサに関する技術

要件の議論がまとまり、ED-240A が 2018 年 10 月に発行された。ENRI からはこれらを策定する議論に参加しており、要件策定に貢献した。また引き続き、光学センサ以外の監視センサ技術導入にむけた技術要件として ED-240B の議論を開始している。

□航空局への協力
　航空局が来年度から行うリモートレディオ整備への協力として、技術的条件等の情報提供を行い、機器調達仕様書に反映させた。

成果の公表

□S. Inoue, K.Yamazaki and T. Kanno, “Task Analysis based on User Centered Approach for Designing the Remote Aerodrome Flight Information Service Systems”, International Conference on Human System Engineering and Design 2018, Champagne-Ardenne, France , October 2018.

研究開発課題	（３）機上情報の活用による航空交通の最適化

研究テーマ	①放送型自動位置情報伝送監視システム等の機能を用いて航空機の飛行管理システムが持つ運航情報などを地上に伝送して航空交通管理に活用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
航空機が保持する運航や気象等に関する情報を地上へ伝送し活用する技術、航空機が地上と連携して周辺航空機の状況を把握し最適な航空機間隔を維持するとともに最適な飛行経路を実現する技術に関する研究開発等に取り組む。	航空機が持つ情報（機上情報）を航空交通管理などにおいて活用するため、機上情報を迅速に取得する等の監視性能向上、航空機監視応用システムと地上管制の連携による航空機間隔最適化に関する技術の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放送型自動位置情報伝送監視システム等の機能を用いて航空機の飛行管理システムが持つ運航情報などを地上に伝送して航空交通管理に活用する技術に関する研究開発	航空機が持つ情報（機上情報）を航空交通管理などにおいて活用するため、機上情報を迅速に取得する等の監視性能向上、航空機監視応用システムと地上管制の連携による航空機間隔最適化に関する技術の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放送型自動位置情報伝送監視システム等の機能を用いて航空機の飛行管理システムが持つ運航情報などを地上に伝送して航空交通管理に活用する技術に関する研究開発 －従属監視補完技術に関する研究では、従属監視方式である、放送型自動位置情報伝送・監視（ADS-B）を導入する際に必要となる、位置情報源障害発生時の補完や脆弱性対策を実現する技術を開発・評価する。本年度は、前年度に実施した基礎試験の評価結果を踏まえて、実験装置の機能付加（改修）を行うとともに、機能試験を実施する。等

○従属監視補完技術に関する研究

研究の背景

我が国の航空交通システムの長期ビジョン（CARATS）では、航空交通需要の増大に対応するために、航空交通管理（ATM）運用概念や通信・航法・監視（CNS）基盤技術に関する変革の方向性が示されている。このうち、監視技術については、地上・機上での状況認識能力の向上が挙げられている。このため現在、広域マルチラテレーション（WAM）の導入が進められており、今後は衛星航法システム（GNSS）をベースとした放送型自動位置情報伝送・監視（ADS-B）への移行が検討されている。この ADS-B は、航法システムを位置情報源とする従属監視方式であるため、意図的な偽位置情報や非意図的な誤位置情報発生への脆弱性対策が必要である。また、航法システムの障害や機上航法装置の不具合が発生した場合の補完監視センサも必要であり、ADS-B 用信号に基づく測位も可能な WAM が候補システムとして位置づけられている。補完センサとしての WAM に対しては、GNSS 障害発生時の時刻同期や、受信局数の削減を可能とする技術開発が求められている。これら脆弱性対策等を実現する技術は、欧米において開発・評価が進められている情報はあるが、検証結果等が示された文献は見受けられない状況である。

研究目標

□ADS-B 脆弱性対策技術の開発・検証

費用対効果を考慮した最適方式の提案と ICAO 技術マニュアルへの反映

□補完用 WAM 技術の開発・検証

GNSS を利用しない時刻同期技術の確立、性能維持を前提とした受信局数の削減

平成 30 年度の研究内容

□監視システムに関する動向調査
□ADS-B 脆弱性対策技術の機能試験と実験装置機能付加
□補完用 WAM 技術の機能試験と実験装置機能付加

平成 30 年度の研究成果

□監視システムに関する動向調査

研究を手戻りなく効率的に進めるためには、監視システムの技術動向（国際動向）を把握することが必要不可欠である。今年度は、国内学会（5 件）、国際シンポジウム（3 件）、ICAO 会議（5 件）に参加し、調査を進めるとともに、研究成果を発表して専門家からの知見を得た。また、以下の成果も得られた。

◎電子情報通信学会からの学術奨励賞の受賞（長縄研究員）
◎ICAO 技術マニュアル（Doc9924）への当所研究成果（信号環境の測定結果）の反映
◎ICAO ガイダンスドキュメント（Mode S DAPs ICG）への当所研究成果（信頼性検証結果）の反映

□ADS-B 脆弱性対策技術の基礎・機能試験と実験装置機能付加

従属監視方式である ADS-B は、地上側設備をシンプルに構成できる一方で、監視情報を航空機からの自己申告に頼っていることから、機上装置不具合による不正な情報の他に、悪意のあるグループによる妨害電波（ジャミング）や偽情報（成りすまし）に弱いとの課題がある。我が国では、現在導入を進めている WAM システムに ADS-B 機能も持たせ、機上側 ADS-B 搭載装置の装備状況を踏まえて、ADS-B に移行する計画を取っている。この計画では、地上側 ADS-B 受信局が、WAM 受信局として冗長的に配置されることとなる。この状況に基づいて費用対効果を踏まえた脆弱性対策を考えると、偽情報には信号到達時刻差（TDOA）による ADS-B 位置検証、妨害電波には受信局冗長性によるジャミング対策が最適方式として挙げられる。今年度の機能試験では、これらの両方式による対策技術を評価した。

(1) 信号到達時刻差（TDOA）による ADS-B 位置検証

航空機から送信される ADS-B 信号を地上に配置された複数の ADS-B 受信局で検出できる場合、検出した ADS-B 受信局間の信号到達時刻差（TDOA）を、ADS-B 信号が含む航空機位置から計算した TDOA と比較することで、その信号内容が正しいかを検証できる。今年度は、ADS-B/WAM 実験装置に、TDOA による ADS-B 位置検証機能を付加して、機能試験を実施した。試験では、高尾山に偽信号源が存在し、偽信号が箱根受信局と調布受信局に届いていると仮定して、TDOA 位置検証技術により偽信号を除去させて、正常な航跡のみ表示できることを確認した。図１．４．２５に TDOA による ADS-B 位置検証の試験結果（表示画面）を示す。位置検証を適用した場合は偽信号が除去され、在空機のみ表示されている一方、位置検証なしの場合は多数の偽航跡が表示されていることが分かる。今後は、本方式による位置検証機能の性能評価を実施する計画である。

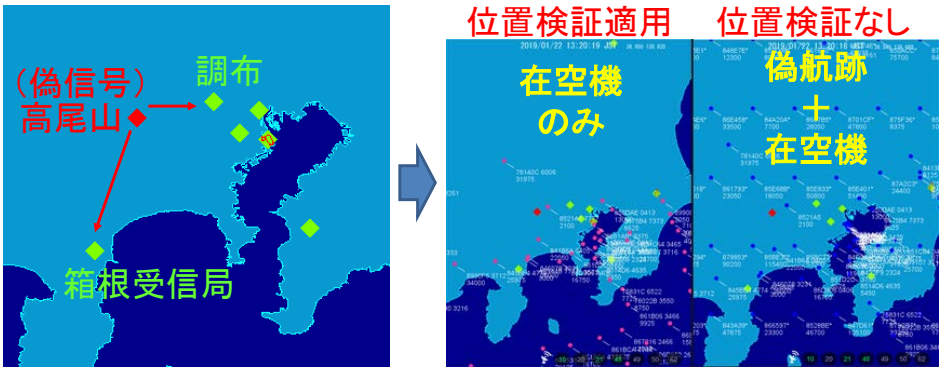


図１．４．２５　TDOA による ADS-B 位置検証の試験結果（表示画面）

(2) 受信局冗長性によるジャミング対策

ある ADS-B 受信局に妨害電波が照射され、航空機からの ADS-B 信号が受信できない状況となった場合でも、近隣に冗長的に配置された受信局で ADS-B 信号を受信できれば、運用の継続が可能となる。妨害電波を広範囲に照射することは現実的に困難なことが想定されるので、受信局冗長性による対策は効果の高い方式と考えられる。機能試験では、調布の受信局に妨害電波（ジャミング）を加えて、近隣に配置された他局がある場合には、継続して航跡が表示されることを確認した。図１．４．２６に受信局冗長性によるジャミング対策の試験結果（表示画面）を示す。調布以外に受信局（鹿野山、田町、玉川）が存在する場合は多数の航跡が表示されているが、調布の受信局のみの場合では、ほとんどの航跡が消失していることが分かる。今後は、冗長化効果の定量的な評価を進める計画である。

図１．４．２６　受信局冗長性によるジャミング対策の試験結果（表示画面）

□補完用 WAM 技術の機能試験と実験装置機能付加

WAM では、航空機が送信する信号を複数の受信局で検出し、受信局間の検出時刻差から航空機の位置を推定する。このため、受信局間で精密な時刻同期を得ることが必要不可欠であり、GPS による時刻同期方式が一般的に利用されている。しかしながら、本方式では GPS 障害が発生した場合、WAM にも障害が発生することを意味する。このため、GPS 以外で時刻同期を得る方式が必要であり、その候補として、ルビジウム発信器を選定した。今年度は、ADS-B/WAM 実験装置に、ルビジウム発信器により時刻同期を得る機能を付加して機能試験を実施した。試験では、調布受信局の GPS 受信機が利用できない場合に、ルビジウム発信器により受信局間の時刻同期が得られ、継続して WAM 測位が正常に行えることを確認した。図１．４．２７にルビジウム発信器を利用した機能試験のブロック図と試験結果（表示画面）を示す。表示画面から、ルビジウム発信器を利用した場合でも正常に WAM 測位が行われている（航跡が得られている）ことが分かる。今後はルビジウム同期の耐性評価を行う計画である。

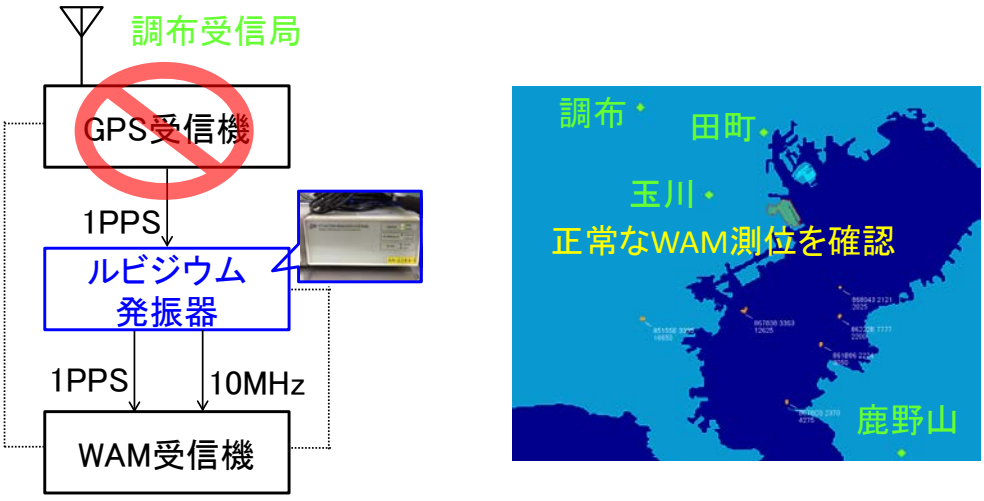


図１．４．２７　ルビジウム発信器を利用した機能試験のブロック図と試験結果（表示画面）

成果の公表

◎査読付き論文誌

□ 長縄・宮崎・田嶋, “Localization Accuracy Model Incorporating Signal Detection Performance for Wide Area Multilateration”, in IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Nov. 2018.

◎国際会議（フルペーパー査読 or アブストラクト査読）

□ 長縄・宮崎・古賀・田嶋, “ADS-B Security Consideration in Japanese Airspace from a Technical Perspective”, presented in Integrated Communication, Navigation and Surveillance Conference 2018, DC, USA, Apr. 2018.

□ 長縄・宮崎, “Performance Model of ADS-B Position Verification by TDOA”, in Proc. International Symposium on Enhanced Solutions for Aircraft and Vehicle Surveillance Applications, Berlin, Germany, Oct. 2018.

□ 長縄・宮崎, “A Theory of Aircraft Position Verification using TDOA”, in Proc. 2018 Asia-Pacific Microwave Conference, Kyoto, Japan, Nov. 2018.

◎国内学会
□ 長縄・宮崎・田嶋,“信号検出を考慮した配置設計を実現するための広域マルチラテレーション測位精度モデル”, 電子情報通信学会 技術研究報告, 宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 2018 年 5 月.
□ 長縄・宮崎,“TDOA を用いた ADS-B 成りすまし検出の理論的検討”, 2018 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2018 年 9 月.
□ 長縄・宮崎,“TDOA を用いた ADS-B 位置検証における遅延の考慮”, 電子情報通信学会技術研究報告, 宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 2018 年 10 月.
□ 長縄, 宮崎,“TDOA を用いた ADS-B 位置検証における遅延の考慮”, 電子情報通信学会 技術研究報告, 宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 2018 年 10 月.
□ 宮崎, 小菅, 田中,“基準局での目標距離観測値を使用した TDOA 測位”, 電子情報通信学会 技術研究報告, 宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 2019 年 1 月.

◎ICAO 関連会議
□ 宮崎・長縄・大津山,“Investigation of RF Measurement Methods Which Should Be Included in GM”, presented in ICAO SP ASWG/7, 平成 30 年 4 月
□ 宮崎・長縄・大津山,“Investigation of RF Measurement Methods Which Should Be Included in GM”, presented in ICAO SP TSG/7, 平成 30 年 6 月
□ 宮崎・Sundell,“Updating Surveillance Material in Doc 9830 A-SMGCS Manual”, presented in ICAO SP TSG/7, 平成 30 年 6 月
□ 宮崎,“Mode S DAPs Implimentation and Operations Guidance Document(6.4,6.5 項) 改定案”,ICAO APANPIRG SURICG Mode-S DAPs WG/2, DAPs WG/2-WP/04 Attachment, Singapore, Mar. 2019.
□ 本田・宮崎・角張・古賀・大津山,“Change Proposal of Common Clock System in DOC-9924”, presented in ICAO SP ASWG/9, 平成 31 年 3 月

研究開発課題	（３）機上情報の活用による航空交通の最適化

研究テーマ	②航空機が地上と連携して周辺航空機の状況を把握し最適な航空機間隔を維持するとともに最適な飛行経路を実現する運航に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
航空機が保持する運航や気象等に関する情報を地上へ伝送し活用する技術、航空機が地上と連携して周辺航空機の状況を把握し最適な航空機間隔を維持するとともに最適な飛行経路を実現する技術に関する研究開発等に取り組む。	航空機が持つ情報（機上情報）を航空交通管理などにおいて活用するため、機上情報を迅速に取得する等の監視性能向上、航空機監視応用システムと地上管制の連携による航空機間隔最適化に関する技術の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航空機が地上と連携して周辺航空機の状況を把握し最適な航空機間隔を維持するとともに最適な飛行経路を実現する運航に関する研究開発	航空機が持つ情報（機上情報）を航空交通管理などにおいて活用するため、機上情報を迅速に取得する等の監視性能向上、航空機監視応用システムと地上管制の連携による航空機間隔最適化に関する技術の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航空機が地上と連携して周辺航空機の状況を把握し最適な航空機間隔を維持するとともに最適な飛行経路を実現する運航に関する研究開発 －航空機の拡張型到着管理システムの研究では、ターミナル空域からエンルート空域にかけて、到着機の順序付けとスケジューリングを行うために、拡張型到着管理システムの運用プロトコルと到着スケジューリング手法を提案する。さらに、拡張型到着管理システムと協働する新しい運航を提案し、シミュレーション検証を行う。本年度は、拡張型到着管理システムの運用プロトコルおよびスケジューリング手法の設計、シミュレータ実験による検証、および新運航の検証を行う。等

〇航空機の拡張型到着管理システムの研究

研究の背景

米国連邦航空局によれば、米国内空港の混雑およびフライトの遅延による国全体の損失は、2020 年には 340 億ドルまでに上昇すると試算されている。フライト数でスケールすると、日本の航空輸送に関する経済損失は年間数千億円を超えると想定される。特に航空輸送のさらなる増加が予想される首都圏空港において、経済的効果の向上が必要である。

このような世界規模の航空需要の増加に対応するために、米国の NextGen では最も航空交通が混雑する主要空港のターミナル空域から広範囲なエンルート空域にかけて、到着機の順序づけと到着時刻のスケジューリングを自動化する到着管理システム（TBFM）を導入し、航空機監視応用システムなどの新しい運航と協働させる高度化のために研究開発を進めている。欧州ではヒースロー空港において、エンルート空域から到着スケジューリングを行う支援ツールの導入が検討されている。日本では、CARATS において統合システムを活用した到着管理の高度化が施策にあげられており、2025 年の政策判断に向けて、段階的に研究を進める必要がある。

研究目標

□将来の羽田空港周辺の到着航空交通を管理する拡張型到着管理システムの運用プロトコルと到着スケジューリング手法を提案する。

□提案する拡張型到着管理システムについて、シミュレーション実験により、遅延時間や燃料効率などを検証する。
□拡張型到着管理システムの運用プロトコルと協働する航空機監視応用システムや四次元軌道運用などの新しい運航を提案し、シミュレーション実験により検証する。

平成 30 年度の研究内容

□拡張型到着管理システムの運用プロトコルおよびスケジューリング手法の設計
□シミュレータ実験による検証
□新運航の検証

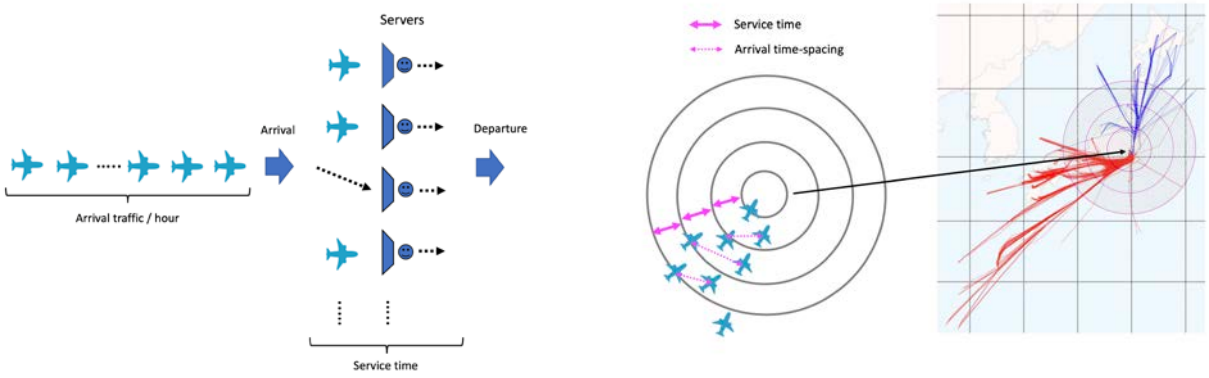
平成 30 年度の研究成果

平成 30 年度は、羽田空港向けに提案する航空機の拡張型到着管理システムの開発に着手するとともに、拡張型到着管理システムと協働する新しい運航として、燃料効率の良い降下を実現する FPA 降下と航空機監視応用システムである FIM のシミュレーション評価および研究成果の社会還元を行った。また、ヒューマンインザループシミュレーションやファストタイムシミュレーションの環境を整備した。

□拡張型到着管理システムの運用プロトコルおよびスケジューリング手法の設計

東京国際（羽田）空港に到着する航空交通モデルを構築して将来の航空交通需要の増加に伴う遅延を予測し、その結果に基づいた解決策と拡張型到着管理システムの設計要件を提案した。

まず、2016 年から 2017 年における 71 日分の航空交通データを活用し、最も混雑する 19:00 から 22:00 までの南西方面からの到着交通流について、データ駆動型の待ち行列モデルを構築した。図 1.4.27 に示すように、羽田空港を中心とした同心円の半径を 10NM ずつ拡張し、10NM から 300NM までの 29 区間（$i = 1, 2, \ldots, 29$）の空域を対象とした。例えば、$i = 1$の区間は、半径 20NM の同心円から半径 10NM の同心円を除いた空域、$i = 2$の区間は、半径 30NM の同心円から半径 20NM の同心円を除いた空域、というように定義した。航空機が各空域に入域してから出域するまでの飛行時間をサービス時間、各空域に入域する時間間隔を到着間隔、各空域を飛行する航空機数を仮想窓口数と仮定し、それぞれの確率分布を実データから推定した（図 1.4.28、1.4.29 参照）。



(a) マルチサーバーを適用した待ち行列モデル　(b) サービス時間と到着時間間隔の定義

図１．４．２７羽田空港への待ち行列モデルの適用

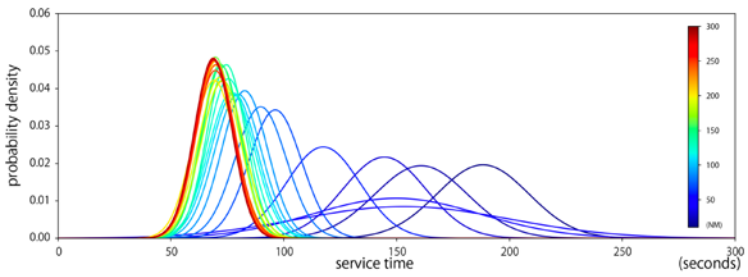


図１．４．２８ 正規分布によるサービス時間の比較：30NM から 50NM において，サービス時間のばらつきが顕著であり，到着遅延の制御をこの区間で積極的に行っていることがわかる.

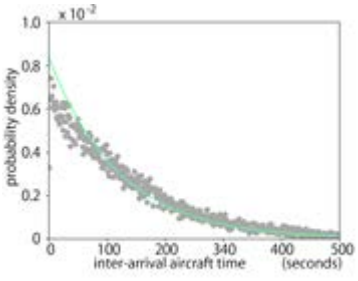


図１．４．２９ 150NM での到着時間間隔の分布：150NM 以遠では，指数分布での近似精度が向上する.

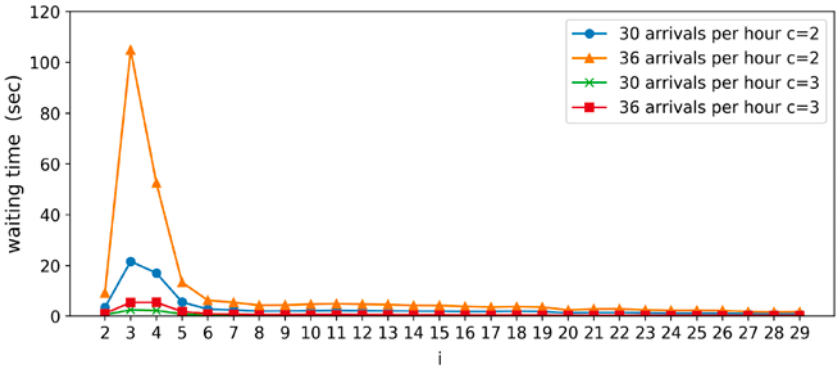


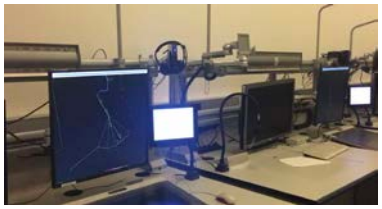
図１．４．３０ 待ち行列モデルによる遅延予測結果：交通量を 1.2 倍(36 arrivals per hour)にした場合，現状の管制間隔を維持した場合(c=2)は，30NM から 50NM(i=3, 4)の区間で到着遅延時間が２分程度増加するが，管制間隔を短縮できた場合(c=3)は，現状よりも遅延時間を減少させることができる.

そこで、これらのデータの特徴を利用して待ち行列理論を応用し、G/G/c モデルおよび M/G/c/K モデルを適用した将来の遅延予測を実施した。図 1.4.30 に、将来の到着交通量を現状の 1.2 倍と仮定し、G/G/c モデルを利用した遅延予測結果を比較する。現状の管制サービスを継続した場合（仮想窓口数 2)、到着交通量が 1.2 倍に増加すると、30NM から 50NM における到着遅延時間が約 2 分程度増加する。一方で、仮想窓口数を 3 とし、到着時間間隔を短縮した場合は、到着遅延が解消される。これらの結果から、将来的に 70NM 付近で到着時間間隔づけを可能とする管制支援ツールの導入が、遅延時間解消に役立つことが示唆された。引き続き、M/G/c/K モデルを利用した検証を進める予定である。

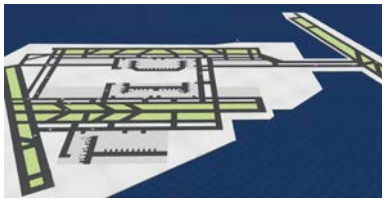
□シミュレータ実験による検証

ドイツ航空宇宙研究所（DLR）と共同で、東京進入区におけるポイントマージを模擬したシナリオをヒューマンインザループシミュレータで実行することに成功した。東京理科大学、東京大学、大阪大学と連携し、羽田空港の空港面、ターミナル、エンルート空域を模擬する大規模シミュレーション環境の構築し、AMAN/DMAN/SMAN の統合運用を検討する環境の構築に成功した。さらに、南洋理工大学にある Air Traffic Management Research Institute (ATMRI)と共同研究を開始し、ファストタイムシミュレータである AirTOP およびユーロコントロール実験研究所のヒューマンインザループシミュレータを活用し、羽田空港およびチャンギ空港に導入する拡張型到着管理の相互運用性を評価する環境を整えた。(図 1.4.31 参照)

エアラインのフライトシミュレータ（B777、 B787、 A320）を利用し、燃料消費を削減する CDO（Continuous Descent Operation）の一方式として提案した FPA 降下(Fixed-flight Path Angle Descent)の有効性の検証を継続した。これまでのフライトシミュレータ実験結果をまとめた論文 2 編が査読付国際ジャーナル誌に掲載されるなど、世界的に高い評価を得た。



(a) ヒューマンインザループシミュレータに東京進入区の新空域とポイントマージを模擬（DLR）

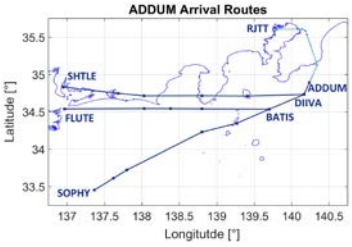


(b) 羽田空港シミュレータ（東京大学 都築怜利先生作）

図１．４．３１ シミュレータ実験環境

□新運航の検証

航空機監視応用システム（ASAS: Aircraft Surveillance Applications System）の応用方式の一つである FIM（Flight-deck Interval Management）を羽田空港に適用した場合を模擬し、様々な飛行シナリオ（飛行経路、風、制御則のパラメータ設定など）を仮定して、京コンピュータによる大規模シミュレーションを実施し、航空機の到着時間間隔づけの精度を検証した。京コンピュータの 120 ノードを同時に利用することにより、一般の計算機を利用すると 350 日以上かかった計算時間を 3 日以内に短縮することができた。



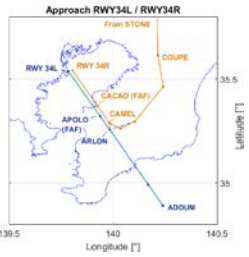


図１．４．３２シミュレーションに適用した飛行ルート例

図１．４．３３ 滑走路端でのシミュレーション結果例：速度制御による時間間隔づけの性能を比較

ASAS は、航空機が空中で飛行情報を送受信することで、自律飛行を可能にするシステムであり、ASAS の応用方式である FIM の実用化に向けた研究開発が進んでいる。FIM は、航空機が自律的に速度調整を行うことで、管制官が指示した通りに到着機の順序づけと時間間隔づけを達成する運用であり、68 パーセントの割合で±５秒以内の誤差の範囲内に収まるように、速度制御則の研究開発と評価が進行中である。本研究では、NASA が開発した ASTAR アルゴリズムを搭載し、その性能を検証した。図 1.4.32 に、シミュレーションに適用した飛行ルート例（アライバルおよびアプローチ経路）、図 1.4.33 に滑走路端でのシミュレーション結果の例を、滑走路端での時間間隔づけの精度およびスピードコマンドの総数と共に示す。これらの結果、航空機が同方向から到着する場合、ASTAR アルゴリズムは優れた速度制御性能を達成するが、速度変更の指示数が多いことが指摘された。実運用化に向けて、速度変更の指示数を最小化する必要があるため、引き続き、新しい速度制御則の研究開発を実施する。

FIM の実運用化を目指し、国連の専門組織である国際民間航空機関（ICAO: International Civil Aviation Organization）は、国際基準の策定作業を進めている。そこで、国際基準策定グループに参加し、本研究成果を国際基準(Doc 9994)に反映したほか、ICAO 環太平洋局で研究成果を発表し、本研究成果を幅広く社会に還元した。(図 1.4.34 参照)。

図１．４．３４ ICAO 国際基準策定グループのメンバーと（ICAO 環太平洋局にて）

□外部からの表彰

・日本航空管制協会　功労者表彰受賞

成果の公表

□ Riedel, T., Takahashi, M, and Itoh, E., “Conceptual Design of a Speed Command Algorithm for Airborne Spacing Interval Management”, ICRAT 2018, June 2018.

□ 伊藤恵理,“航空交通管理の将来ビジョンと研究開発の世界動向― AI(Autonomous Intelligence)と人間社会が協働する航空管制システム”,航空政策研究会　月例研究会 招待講演,2018 年 7 月 6 日.

□ 伊藤恵理,“次世代到着管理システムの運用コンセプト”,日本航空宇宙学会誌 第 66 巻 第 7 号

pp.205-211, 2018年7月.
□ Itoh, E., and Otsuyama, T., “ICAO Manual on Airborne Surveillance Applications”, Chapter 11.1-11.4, Doc 9994, July 2018.
□ Itoh, E., Fukushima, S., Hirabayashi, H., Wickramasinghe, N., and Toratani, D., “Evaluating Energy-Saving Arrivals of Wide-Body Passenger Aircraft via Flight-Simulator Experiments”, Journal of Aircraft, DOI.10.2514/1.C034348, August 2018.
□ Eri Itoh, Navinda.K. Wickramacinghe, et.al, “Feasibility Study on Fixed Flight-path Angle Descent for Wide-body Passenger Aircraft”, CEAS Aeronautical Journal, October 2018. https://doi.org/10.1007/s13272-018-0337-9
□ Riedel, T., “A Novel Control Approach to Improve Speed Commands and Pilot Workload for Flight-deck Interval Management”, ICAS 2018, Sep. 2018.
□ Toratani, D., Wickramasinghe, N., and Itoh, E., “Study on the Arrival Manager Maximizing the Benefit of Four-dimensional Trajectory Based Operations”, ICAS 2018, Sep. 2018.
□ 伊藤恵理,宮沢与和,“東京国際空港の到着交通流を模擬する統計モデルの構築に向けた一考察”,第56回 飛行機シンポジウム,2018年11月
□ 宮沢与和,伊藤恵理,“確率モデルによる東京国際空港における到着機制御の性能解析に関する一考察”,第56回 飛行機シンポジウム,2018年11月
□ 長岡慎介,伊藤恵理,立川智章,藤井孝藏,“セルオートマトンによる航空交通モデルの再現性評価”,第31回計算力学講演会,2018年11月
□ Itoh, E. and Otsuyama, T., Studies on the Interval Management using Monte Carlo simulations on the K-Supercomputer, ICAO Workshop on Aeronautical Surveillance Systems, Nov. 2018.
□ 伊藤恵理,“人間社会と自律知能が共同する航空交通管理システムを目指して”,自動車技術誌,2019年3月.
□ 伊藤恵理,“航空交通管理の将来ビジョンと研究開発の世界動向”,航空政策研究会　月例研究会,2018年7月
□ 伊藤恵理,“次世代航空管制システムにおける人間と協働する自動化技術の研究開発”,SICE 安全のための計測・制御・システムを考える会
□ Riedel, T, Takahashi, M., Tatsukawa, T., and Itoh, E., “Evaluating Applied Flight-deck Interval Management using Monte Carlo Simulations on the K-Supercomputer”, Transactions of JSASS. (Under review)
他,DLR,TU Delft,TU Dresden,ジェプセン,TU Braunschweigとの共同セミナー等における発表多数.

研究開発課題	（４）関係者間の情報共有及び通信の高度化

研究テーマ	①異種システム間の情報交換において安全性の保証された共通データ基盤の構築に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
多数の関係者が航空機運航の状況認識・判断を行えるようにする情報共有基盤の構築及び航空機と地上の間で航空管制、運航、気象等に関する情報を高速伝送する地対空通信システムの開発並びにそのセキュリティの確保に関する研究開発等に取り組む。	航空情報、飛行情報、気象情報等、航空機の運航に必要な情報の共有に関する技術の開発及び航空機と地上管制機関等との間のセキュアで高速な通信に関する技術の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異種システム間の情報交換において安全性の保証された共通データ基盤の構築に関する研究開発	航空情報、飛行情報、気象情報等、航空機の運航に必要な情報の共有に関する技術の開発及び航空機と地上管制機関等との間のセキュアで高速な通信に関する技術の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異種システム間の情報交換において安全性の保証された共通データ基盤の構築に関する研究開発 －SWIM のコンセプトによるグローバルな情報共有基盤の構築と評価に関する研究では、航空交通管理における、異なる SWIM 情報システム間の融合と協調を実現するため、シームレスな情報交換とサービス連携に関する技術の提案と評価テストベッドの開発を行う。本年度は、FF-ICEの導入に向けて、FAAとの検証実験を実施するとともに、異種サービス連携技術や評価システムの開発を行う。等

○SWIM のコンセプトによるグローバルな情報共有基盤の構築と評価に関する研究

研究の背景

運航の安全性と効率性を向上するため、ICAO では、監視・気象・空港・フライトなど様々な情報を管理できる SWIM（System Wide Information Management）という次世代の航空交通情報システムの概念が推進されている。米国の NextGen と欧州の SESAR を中心として、情報の標準化、国際実証実験などの研究開発活動が世界的に進められている。また、日本でも CARATS のロードマップにおいて、情報共有基盤の導入は重要なミッションとしてあげられている。

これまで、2013 年から航空局と電子航法研究所を中核として、FAA が主導した SWIM Mini-Global Demonstration に参加し、技術情報を交換しつつ実験用システムを開発した。この実験用システムを利用したシナリオデータ及びセミライブデータの配信により実証試験の有効性を高めることにより、運用上の課題点について実証した。また、2014 年から、電子航法研究所では EUROCONTROL が主導した SWIM Master Class に参加し、Web サービスに基づいた SWIM 実験用システムを構築している。これらの研究成果は、CARATS における情報共有基盤 SWIM の早期導入の意思決定につながっている。

しかし、運用の環境によって、各 SWIM システムの構造と採用された技術の仕様が必ずしも同じとは限らないため、今後、各 SWIM 間の情報交換とサービス連携などの課題について解決していく必要がある。

研究目標

□航空交通情報共有基盤において、統一情報環境を構築するため、データ変換モデル、情報メッセージモデルとサービス連携モデルを開発する。

□運用上の基本機能と技術面の性能要件を明らかにする上で、異種 SWIM システムとの融合に関する情報交換技術とサービス連携技術を提案する。

□これに基づいて、効率性・信頼性・安全性・環境などの観点から、サービス要件に応じたパフォーマンスについて評価できるテストベッドを開発する。

平成 30 年度の研究内容

□異種システム間のサービス連携技術の提案
□サービス連携用実験システムの開発
□他国との実証実験、国際標準化への取り組み
□SWIM に関する会議とセミナの参加、技術動向調査

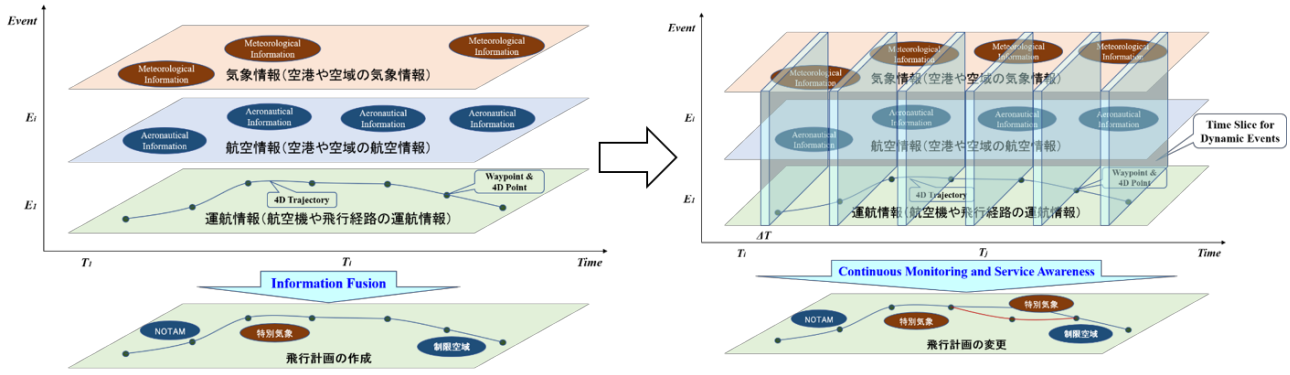
平成 30 年度の研究成果

□異種システム間のサービス連携技術の提案

現在、ICAO では、様々な情報を利用して運航効率を向上する FF-ICE 運用方式（Flight and Flow - Information for a Collaborative Environment）の導入を推進している。FF-ICE の第一段階として、離陸前の情報共有の 2020 年からの実施を目指している。FF-ICE Flight Plan では高精度の飛行計画を作成・管理するため、4 次元軌道情報（4DT：4 Dimension Trajectory）に加え、運航情報・航空情報・気象情報などの関連情報が必要となる。これらの情報は異なるシステムから提供されることで、システム間でのサービス連携が必須となる。

平成 30 年度は、運航情報、航空情報と気象情報を標準フォーマットに変換し、SWIM-enabled Application からアクセスできるサービスモデルを開発した。また、各種情報の管理、情報間の関連付け、サービス間の連携を実現できるイベントレイアの構成技術を提案した。さらに、4DT に基づいた時間帯（タイムスライス）の分割処理により、関連サービスを継続的かつリアルタイムに自動検知する技術も開発した。

※FF-ICE：将来、航空機の出発の到着までの軌道（通過ポイントと通過時刻）を決定するための、飛行情報、航空情報等を共有する環境



a. イベントレイアの構成による異種サービスの連携　　b. 4DTによる関連サービスの自動検知

図１．４．３５　異種サービスの連携（左図）と関連サービスの自動検知（右図）

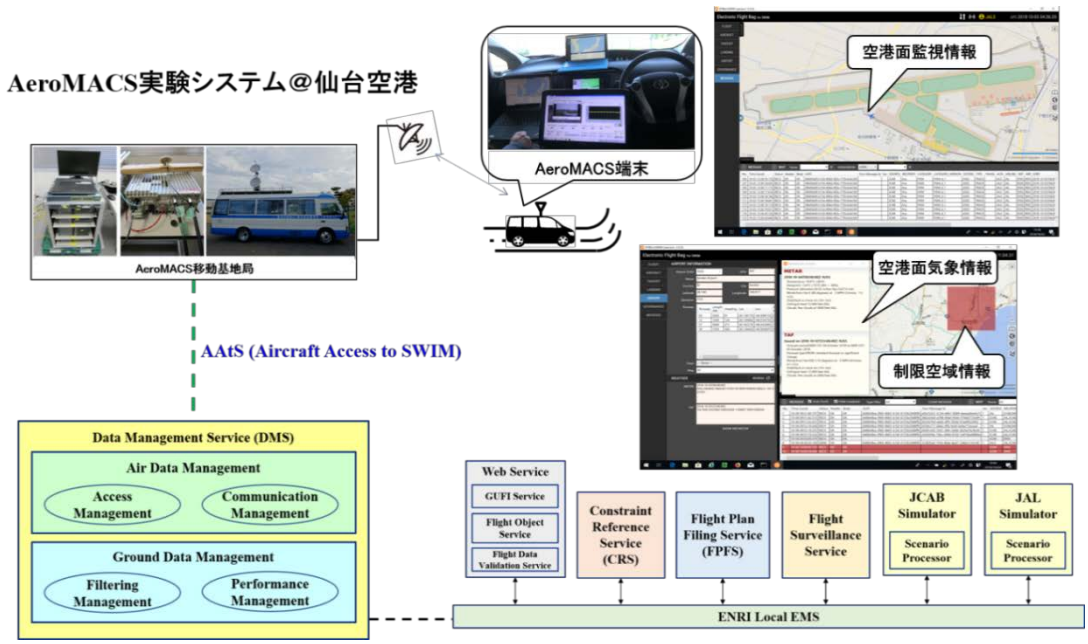


図１．４．３６　サービス連携実験システムの概要

□サービス連携用実験システムの開発

前述の提案技術の有効性を実環境において評価するため、空地統合 SWIM サービス連携実験システムを開発し、仙台空港において評価実験を実施した。図 1.4.36 に空地統合 SWIM サービス連携実験システムの概要を示す。実験システムは、空地データリンクの実験システム（AeroMACS、仙台空港設置）と SWIM 実験システム（調布設置）から構成される。実験では、走行中の実験用車両に対して様々な情報の配信を行った。その結果、SWIM 実験システムから走行中の実験車両の AeroMACS 端末（機上情報端末）に、空港面の監視情報、4DT に基づいた制限空域の情報（NOTAM)、空港の気象情報（METAR と TAF）などの情報を自動的に配信できることを確認した。

□国際連接実証実験、国際標準化への取り組み

アジア太平洋地域における SWIM の導入を促進するため、2016 年に日・シンガポール・タイ共同提案により APAC SWIM Task Force が設置された。本 TaskForce では、SWIM 導入に向けた技術課題の検討や導入計画策定に関する議論、APAC に適合した SWIM 構築技術や実現方法などを検討している。当研究所は、三つのタスク（①APAC における SWIM アーキテクチャの提案、②SWIM サービス検証基盤の開発、③SWIM サービス利用ガイダンスの作成）を担当している。

平成 30 年度は米国・シンガポール・タイ・韓国・中国・中国香港などと連携した FF-ICE 検証実験、ASEAN SWIM Demo、日中韓実証実験を実施し、当研究所は各実験で中心的な役割を果した。また、実証実験の結果に基づいて、標準情報交換モデルの修正や改善案の策定が行われており、標準化作業に貢献している。

さらに、研究成果と国際活動により SWIM の有効性と実現性が証明され、実用化に向けた議論が促進した。この結果、CARATS の「情報共有基盤」における SWIM の導入については、意思決定年次を 6 年前倒しすることとなった。

□SWIM に関する会議とセミナの参加、技術動向調査

ICAO APAC SWIM Task Force をはじめ、ASEAN SWIM Demo の技術交流会や日米技術交流会などに参加した。また、技術動向調査として、SWIM 導入が進んでいる米国と連携して、FF-ICE の導入に向けた技術検討や検証実験などを行った。

成果の公表

- □ X.D. Lu, “Discussion of Asia/Pacific Regional SWIM Architecture”, ICAO APAC SWIM Task Force/2, April 2018.
- □ X.D. Lu and K. Morioka, “Lab Exercises for FF-ICE/1 and A/G SWIM Validation”, ICAO APAC SWIM Task Force/2, April 2018.
- □ 呂暁東, 古賀禎, 住谷泰人, “FF-ICE 検証実験の報告と分析”, 電子研発表会, 平成 30 年 6 月。
- □ X.D. Lu, “Approaches for APAC Regional SWIM Implementation”, FATS/24, June 2018.
- □ X.D Lu, “Lab Exercises and Technical Discussion for FF-ICE Operation”, FATS/24, June 2018.
- □ 呂暁東, “IIH&V 国際連携実験の報告（電子航法研究所）”, CARATS 第 30 回情報管理検討 WG, 平成 30 年 6 月.
- □ X.D Lu and K. Morioka, “JCAB Test System Implementation and Scenario for ASEAN SWIM Demo”, ICAO APAC SWIM TF-ASEAN Demo TIM/2, Spetember 2018.
- □ X.D Lu, T. Koga and Y. Sumiya, “SOA-based Air-Ground Information Exchange for High-assurance Operation”, IEEE GCCE2018, October 2018.
- □ 呂暁東, 住谷泰人, “航空交通情報共有基盤に関する研究”, 航空管制誌, 平成 30 年 10 月。
- □ X.D. Lu, K. Morioka, T. Koga and Y. Sumiya, “Air-Ground System Wide Information Management to Achieve Safe Flight Operation”, IEEE HASE2019, January 2019.

研究開発課題	（４）関係者間の情報共有及び通信の高度化

研究テーマ	②航空機と管制機関間をつなぐ高速で安全な次世代航空通信に関する研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
多数の関係者が航空機運航の状況認識・判断を行えるようにする情報共有基盤の構築及び航空機と地上の間で航空管制、運航、気象等に関する情報を高速伝送する地対空通信システムの開発並びにそのセキュリティの確保に関する研究開発等に取り組む。	航空情報、飛行情報、気象情報等、航空機の運航に必要な情報の共有に関する技術の開発及び航空機と地上管制機関等との間のセキュアで高速な通信に関する技術の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航空機と管制機関間をつなぐ高速で安全性の保証された次世代航空通信に関する研究開発	航空情報、飛行情報、気象情報等、航空機の運航に必要な情報の共有に関する技術の開発及び航空機と地上管制機関等との間のセキュアで高速な通信に関する技術の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航空機と管制機関間をつなぐ高速で安全な次世代航空通信に関する研究開発 －空地通信技術の高度化に関する研究では 、AeroMACS プロトタイプを活用して、AeroMACS の利用技術を開発し、AeroMACS 技術の適用範囲拡大の可能性について性能評価する。本年度は、AeroMACS 利用技術のひとつとして SWIM と連接した解析評価を行うとともに、AeroMACS技術の適用範囲拡大に関する性能評価のため、複数要素を統合し空港面移動を伴うより運用に近い形での実験を行う。等

○空地通信技術の高度化に関する研究

研究の背景

近年、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、より安全かつ効率的な運用改善が検討されている。また、航空交通量の増加やより綿密な航空機運航のニーズに伴い、特に航空機密度の高い空港周辺を中心に航空通信量の増加が懸念されている。これらに対応するため、ICAO 等は、既存の航空通信システムと併用可能な次世代の航空通信システムとして、汎用高速通信のモバイル WiMAX（IEEE 802.16e）技術に基づく航空専用標準規格 AeroMACS（Aeronautical Mobile Airport Communications System）の策定作業と研究開発を行ってきた。今後、これらのニーズや進捗する策定作業および関連する規格策定活動に対応するため、AeroMACS 技術の適用範囲拡大の可能性と共に、AeroMACS に代表される次世代空地通信システムの利用技術を開発し、監視や航法など他のシステムから得た情報を共有できる航空用高速通信ネットワークのプロトタイプを構築の上、航空機や車両等と連接実験し、性能評価する必要がある。

本研究は、AeroMACS をはじめとする航空通信、電波伝搬および航空用ネットワーク技術に関する知見が必須である。それら知見を有する各分野の実務家、専門家と協力の上、保有する AeroMACS のプロトタイプを用い、将来の航空通信システムの研究調査結果および航空機搭載アンテナや機体の影響を含めた電波伝搬特性、航空用ネットワーク技術により効果的に性能評価し、研究を実施する。

研究目標

□既存の AeroMACS プロトタイプを活用して、航空機、車両、地上間で連接可能な航空用高速通信ネットワークのプロトタイプを開発する

□AeroMACS 利用技術の開発や AeroMACS 技術の適用範囲拡大の可能性について、開発したプロトタイプを用いて実環境下で評価し、技術指針を構築する

□関連技術の標準規格化活動に参画し、性能評価結果の提案に基づき、貢献を図る。

平成 30 年度の研究内容

□AeroMACS 利用技術改修および適用範囲の拡大評価
AeroMACS プロトタイプを改良し、空港における空港面移動実験を通して利用技術改修とその適用範囲の拡大についての開発、評価を行う。
□AeroMACS 等航空通信システムの規格策定活動参画
AeroMACS を中心に、航空通信システム基準、規格策定会議及び学会等に参画し、文献、参加に基づいた情報収集、実験解析報告、規格策定作業等を行う。

平成 30　年度の研究成果

□AeroMACS 利用技術改修および適用範囲の拡大評価
今年度は、AeroMACS 技術の利用を目指してこれまで個別に開発してきた技術を統合し、実験用航空機が故障により運航できないという制限の中で工夫を重ね、より実用に近い形での実験評価を実施した。図１．４．３７に仙台空港で実施した実験の概要を示す。空港内において航空機を模擬した車両を移動させながら、AeroMACS の基地局 2 局と模擬航空機局（車両、移動局）の間で通信を行う。
AeroMACS 技術は通信を行うための土台であり、本研究ではその利用技術として航空情報共有基盤である SWIM との連接を検討してきた。そのため、東京の SWIM サーバーと空港内の模擬航空機局の間の通信を適切に行うことを目標とし評価を実施した。さらに、模擬航空機局を搭載した機内（本実験では車両内）においてパイロットが利用する EFB(Electronic Flight Bag)を模した無線タブレット端末上に SWIM 情報が表示され、Flight Plan の変更等の操作が可能であることを確認した。また、AeroMACS を利用する利点のひとつに、特定の通信に優先権を与える QoS(Quality of Service)機能を実装できる点がある。実験において QoS 機能を用い SWIM 接続に優先権を与えた結果、図１．４．３８(a)に示すとおり非優先接続である FTP サーバーへの伝送遅延量 平均 622ms に比べ、SWIM 基盤への伝送遅延量は平均 244ms と安定しており、同図(b)のとおり優先接続ではパケットロスがゼロとなった。よって航空安全上重要な通信に関して優先権を与えることで信頼性の高い通信を行えることが明らかになった。

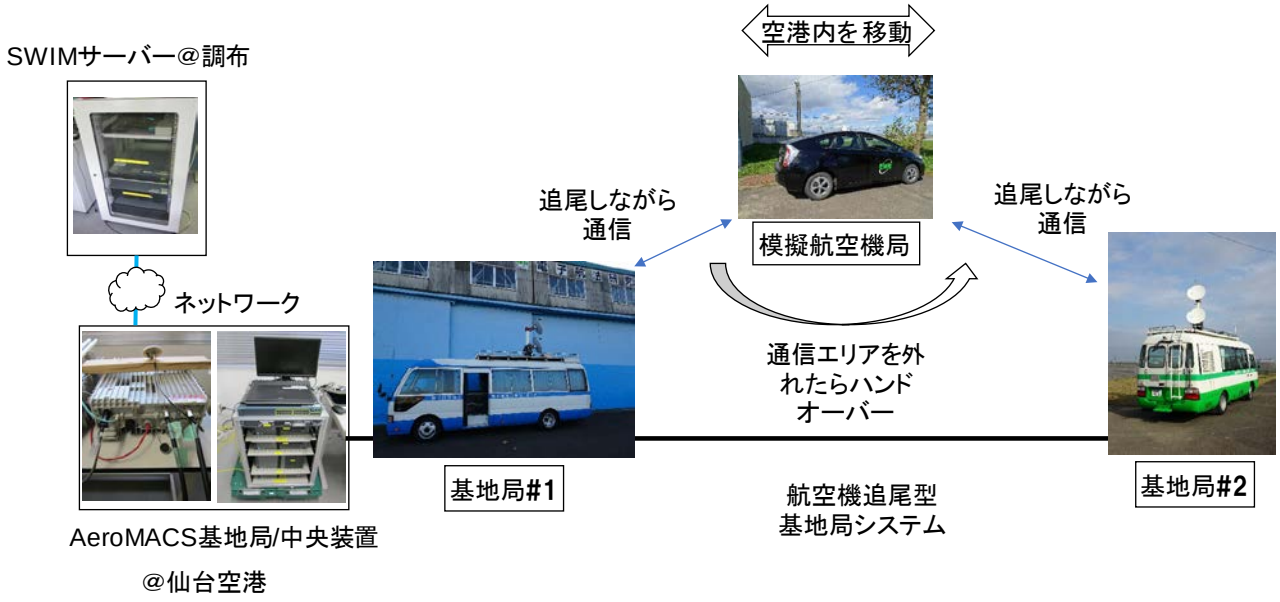
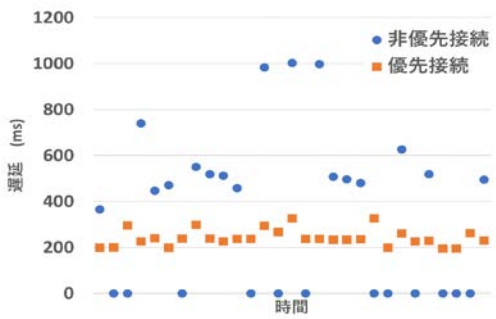
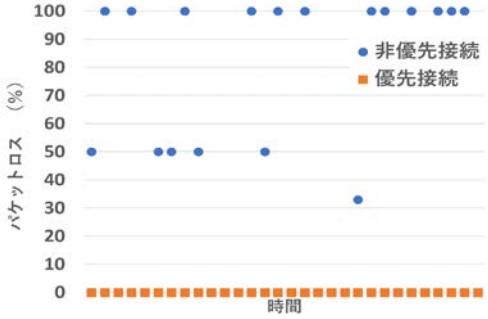


図１．４．３７　AeroMACS－SWIM 連接空港面移動実験の概要

本実験では、空港面の移動だけでなく飛行中の航空機上における AeroMACS 技術の利用を見据え、基地局-模擬航空機局間の通信適用範囲拡大に関しても検討を行った。昨年度構築した、ADS-B 情報をもとに航空機局を追尾する指向性アンテナを基地局に設置し、電波法上限られた出力のなかで最大限の覆域拡大を試みた。さらに、地形や障害物によって物理的に通信が届きにくいブラインドエリアでの接続を補うために、２つ目の基地局を設置し、基地局間ハンドオーバー接続に成功した。図１．４．３７が示すように、この覆域補完のための基地局（図中基地局＃２）は、主となる基地局（＃１）と VPN により無線接続され、地上ネットワークが存在しない場所にも簡易に設置できることを確認した。
本年度は、実験用航空機の故障により当初予定していた飛行実験を実施できないなか、空港面を移動する車両を模擬航空機とすることで、昨年度まで要素別に開発した技術を統合した通信評価を実現した。最終年度となる次年度は、航空機局を実験用航空機に搭載することで、空港面移動だけでなく飛行も含めた通信の評価実験を実施する予定である。



(a) QoS の有無による伝送遅延の比較



(b) QoS の有無によるパケットロスの比較

図１．４．３８　AeroMACS 上に QoS 機能を実装した場合の実験結果

また、AeroMACS 利用技術において、実用化を推進するため、CARATS 通信関連の計画のもと、昨年度までの航空用通信事業者との共同研究を延長し、AeroMACS 性能評価手法の技術移転を実施している。この結果、航空用通信事業者は AeroMACS 実用化機器を調達し、単独で実際の大規模空港環境下における AeroMACS 性能評価を行え、弊所からの技術移転を完了することとなった。

□AeroMACS 等航空通信システムの規格策定活動参画

AeroMACS 等の航空通信システムの国際標準規格策定会議である ICAO CP（通信パネル）や FSMP（周波数管理パネル）、RPASP（遠隔操縦航空機システムパネル）の技術作業部会に参画し、AeroMACS に対する他の無線信号との干渉に関する実験解析結果を報告すると共に、様々な航空通信システムについての技術及び運用上の課題や現状について議論した。

成果の公表

□ 森岡 和行他, “AeroMACS を用いた SWIM アクセスのための地上走行実験,” 電子情報通信学会技術報告, 2018 年 5 月.
□ N. Yonemoto, et.al, “AeroMACS trial for air-to-ground communication and connectivity to SWIM,” ICAO CP WG-I, Montreal, CANADA, May 2018.
□ 住谷 泰人, “AeroMACS 詳解 その５ 日本での研究開発,” データリンク講習会「AeroMACS 詳解」講演予稿, 2018 年 6 月.
□ Y.Sumiya, “Trends of Aeronautical Mobile Airport Communications System,” MWP Sumposium, August 2017.
□ K.Morioka, et.al, “Field-Taxiing Experiments of Aircraft Acces to SWIM over AeroMACS,” The International Conference on Antenna Measurement and Applications, Vasteras, SWEDEN, September 2018.
□ N. Yonemoto, “Consideration to allocate to the satellite service (Space to Earth) from 5030MHz to 5090 MHz,” ICAO FSMP FSMP-WG/7, Johannesburg, SOUTH AFRICA, September 2018.
□ K. Ishige, et.al , “AeroMACS Development and implementtation Strategy in Japan,” ICAO CP DCIWG2 , October 2018.
□ 住谷 泰人, “CARATS 重点施策に係わる研究開発：監視通信分野の研究開発,” 第 56 回飛行機シンポジウム, 2018 年 11 月.
□ N. Yonemoto, et.al, “Experimental investigation for radiation pattern of onboard radio altimeter,” ICAO FSMP WG/8, Montreal, CANADA, January 2019.
□ 森岡 和行他, “AeroMACS を用いた SWIM アクセスのための QoS 検証実験,” 電子情報通信学会 2018 年総合大会, 電子情報通信学会技術報告, 2019 年 1 月.
□ 長縄 潤一他, “空港面において大地反射フェージングを低減する基地局アンテナ構成の実験的検証,” 電子情報通信学会技術報告, 2019 年 2 月.

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、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突発的な研究開発ニーズに、的確かつ機動的に対応する。

【中長期計画】

（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

国等がかかえる技術課題について受託研究等を実施するとともに、国等が設置する技術委員会へ研究者を派遣する等、技術的政策課題の解決に的確に対応するとともに、国が進めるプロジェクトや計画等の実施に貢献する。さらに、国や公益法人等が実施する新技術の評価業務等を支援する。

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、実用化が可能な成果を目指す。

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、的確かつ機動的に対応する。

【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
　国等がかかえる技術課題について受託研究等を実施するとともに、国等が設置する技術委員会へ研究者を派遣する等、技術的政策課題の解決に的確に対応するとともに、国が進めるプロジェクトや計画等の実施に貢献する。さらに、国や公益法人等が実施する新技術の評価業務等を支援する。
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、実用化が可能な成果を目指す。
　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、的確かつ機動的に対応する。

◆平成３０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、平成30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。

◆平成３０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
　①国等が抱える技術課題についての受託研究等の実施
　　平成 30 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 68 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。

平成 30 年度に実施した受託研究の成果は、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。

②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、研究所の研究者のべ 226 名を派遣し、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１．５．１　行政等が設置する技術委員会への参加件数

研究所合計	２２６名
うち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	１４名
うち港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等	１３０名
うち電子航法に関する研究開発等	８２名

③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に「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、航空行政においては、衛星航法による精密進入方式である地上型衛星補強システム（GBAS）を整備することとしており、日本製 GBAS システムの設計認証で必要となる安全性検証および評価運用について支援を行った。さらに内閣府が整備中である準天頂衛星システムの機能を利用する静止衛星型衛星航法補強システム（SBAS）について、内閣府が行う測位実験に関する支援を実施した。

一方海事行政においては、国土交通省が海事生産性革命（j-Ocean）の一環として、海洋資源開発市場の獲得に向けて、関連技術の開発を支援しており、その技術開発の審査を行う「外部有識者会議（オフショアテクノロジー評価委員会）」に研究者を派遣し、海洋資源開発に係る技術開発評価を支援した。さらに国土交通省が海事生産性革命（i-Shipping）の一環として、IoT やビッグデータ等の先進的な技術を活用した研究開発事業に対して支援しており、その技術開発の審査を行う「先進船舶技術開発評価委員会」に研究者を派遣し、先進船舶技術に係る技術開発評価を支援した。

（２）基準・ガイドライン等の策定や改定への支援

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について、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。

表１．５．２　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
2020 年 SOx 規制適合舶用燃料油使用手引書	国土交通省 海事局	平成 31 年 3 月
港湾における護岸等の耐震性調査・耐震改良のためのガイドライン	国土交通省 港湾局	平成 30 年 6 月
港湾の施設の点検診断ガイドライン	国土交通省 港湾局	平成 30 年 6 月
港湾の施設の維持管理技術マニュアル	国土交通省 港湾局 監修	平成 30 年 7 月
港湾コンクリート構造物補修マニュアル	国土交通省 港湾局 監修	平成 30 年 7 月
港湾における管理型海面最終処分場の高度利用の指針	国土交通省 港湾局	平成 31 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
電波法施行規則（GBAS 無線局の無線設備の技術的条件）	総務省	平成 31 年 3 月

（３）行政機関等との密な意思疎通

①国、地方公共団体等の技術者を対象とした講演の実施

地方整備局等において、5 回の港湾空港技術特別講演会を国土技術政策総合研究所と共催し、研究者が研究所の最新の研究成果を報告することで、研究所が実施している港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術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とともに、研究ニーズなど、各地域における情報を収集した。当該講演会は一般にも公開し、合計で 716 名の参加者を得た。また、地方整備局等と連携して、研究成果の中からそれぞれの地方整備局等の管内で関心が高いテーマを選び、小規模な報告会を機動的に開催することで意思疎通を図っており、研究者が地方整備局等へ出張した機会などを利用して、研究成果の報告会を実施した。また、航空局等に対して、新しい航空通信技術の動向についての勉強会、航空交通のシミュレーション手法についての勉強会、GBAS・SBAS 勉強会を行い技術情報の提供等、研究成果の還元を積極的に実施し、技術の普及に努めた。

②研修等の講師としての研究者の派遣や受け入れ

港湾空港技術研究所に隣接する国土技術政策総合研究所において実施された国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、研究者のべ 40 名を 17 の研修コースに講師として派遣した。研修には合計で 446 名の参加者があった。また、航空保安大学校岩沼研修センターで実施している研修に講師派遣を行い、航空管制官、航空管制運航情報官、航空管制技術官、航空灯火・電気技術官及び施設運用管理官を対象とし研修生 16 名に、技術開発と評価試験に関する講義を実施した。

（４）その他、技術的政策課題や研究開発ニーズへの対応

①放射性物質等海上輸送技術顧問会の技術顧問

国土交通省海事局に設置されて、放射性物質運搬船の技術基準の検討や建造される運搬船の技術基準適合審査や輸送容器の設計承認を実施している放射性物質等海上輸送技術顧問会に、研究所職員が技術顧問として参加し、審査に貢献した。

②航空局との連携推進会議

航空局における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。

③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

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、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するとともに航空ニーズの把握に努めた。

５．研究開発成果の社会への還元

【中長期目標】

（２）災害及び事故への対応

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、今後の防災対策のための技術の向上に努める。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、海難事故等の分析及び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。

【中長期計画】

（２）災害及び事故への対応

沿岸域の災害における調査や復旧支援を実施するとともに、防災に関する技術の向上や知見･ノウハウの向上を図り、災害対応マニュアルの改善等の取組を支援する。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を支援する。

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。

また、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、その結果を迅速に情報発信するとともに、詳細解析が必要な場合には、事故再現や各種状況のシミュレーションを行うことにより、国等における再発防止対策の立案等への支援を行う。

【年度計画】

（２）災害及び事故への対応

沿岸域の災害における調査や復旧支援を実施するとともに、防災に関する技術の向上や知見･ノウハウの向上を図り、災害対応マニュアルの改善等の取組を支援する。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を支援する。

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。

また、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、その結果を迅速に情報発信するとともに、詳細解析が必要な場合には、事故再現や各種状況のシミュレーションを行うことにより、国等における再発防止対策の立案等への支援を

行う。

◆平成３０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。

◆平成３０年度における取組状況

（１）災害対応に係る体制

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。

（２）被災地への研究者の派遣

①インドネシア・スラウェシ島中部で地震と津波被害に対する研究者派遣

平成 30 年 9 月 28 日に、インドネシア・スラウェシ島中部で地震と津波が発生し、死者 2200 名以上の大きな被害をもたらした。独立行政法人国際協力機構（JICA）は、インドネシアの BAPPENAS（国家開発企業庁）からの要請を受け、専門家チームを派遣した。港空研からは JICA の依頼で地盤研究領域の佐々真志動土質研究グループ長と海洋情報・津波研究領域の髙川智博津波高潮研究グループ長の２名が、１０月１６日から２４日の期間で派遣され、現地で技術的支援にあたった。短期的な対応として被災箇所の調査及びインドネシア政府関係機関への調査結果の報告を行い、中長期的な対応として復興マスタープランの策定に向けて助言を行った。また、１０月２３日に首都ジャカルタで記者会見を行い、翌朝早朝のＮＨＫニュースで記者会見の様子が報道された。

図１．５．１　インドネシアでの現地調査の様子

②台風第 21 号

平成 30 年 8 月 28 日に南鳥島近海で発生した台風第 21 号は、日本の南を北上し、9 月 4 日 12 時頃に非常に強い勢力で徳島県南部に上陸した。 その後、4 日 14 時頃には兵庫県神戸市に再び上陸し、速度を上げながら近畿地方を縦断し、日本海を北上、5 日 9 時には温帯低気圧に変わった。この台風により神戸港、大阪港の港湾施設が被災したことから、9 月 5 日から 6 日に港湾空港技術研究所の研究者４名を現地に派遣し、国土技術政策総合研究所と合同で被害状況の現地調査を実施した。

また、9 月 26 日には和歌山下津港に研究者２名、27 日には尼崎西宮芦屋港に研究者１名を派遣し、国土技術政策総合研究所と合同で被害状況の現地調査を実施した。現地調査の様子は、9 月 27 日のＮＨＫニュース（関西版）で報道された。

図１．５．２　台風第 21 号被災調査の様子

②北海道胆振東部地震

平成 30 年 9 月 6 日に北海道胆振（いぶり）地方中東部で発生した最大震度７の地震により苫小牧港が被災したことから、北海道開発局からの要請を受けた港湾空港技術研究所は、9 月 7 日から 8 日に研究者３名を現地に派遣し、国土技術政策総合研究所と合同で被害状況の現地調査を実施した。現地調査の様子は、９月８日のＮＨＫニュース（地方版）で報道された。

図１．５．３　苫小牧港での現地調査の様子

（３）訓練の実施

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。港湾空港技術研究所においては、遠地津波を想定して平成 30 年 6 月 14 日に地震発生時対応としての TEC-FORCE 派遣判断訓練、11 月 16 日に津波避難訓練及び安否確認訓練を実施した。

図１．５．３　津波避難訓練の様子

（４）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化した。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、事故の分析と社会への発信を行うとともに、水槽試験やシミュレーションによる事故再現技術等を活用し、事故原因の解析を行っており、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。

海難事故解析センターは、平成 30 年度、運輸安全委員会より油タンカー走錨事故に係る事故原因解析の調査等 6 件を請け負い、解析結果は同委員会の報告に活用され、事故原因究明に貢献した。

また、平成 28 年度から引き続き、運輸安全委員会の海難事故調査資料を用いてデータベースを作成し、ここから事故に寄与している要因を整理・体系化することにより、事故低減策効果を推定する共同研究を運輸安全委員会とともに実施した。

（３）橋渡し機能の強化

【中長期目標】

（３）橋渡し機能の強化

研究所の優れた技術シーズ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との共同研究、受託研究や人事交流、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、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強化を図る。

【中長期計画】

（３）橋渡し機能の強化

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。また、大学等の有する学術的シーズを活かし、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に努めるとともに、関連研究に取り組む研究機関の裾野の拡大を図る。

具体的には、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、公募型研究、政府出資金を活用した委託研究、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する。

さらに、出資を活用し、民間の知見等を生かした研究開発成果の普及を推進する体制を構築する。

【年度計画】

（３）橋渡し機能の強化

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。また、大学等の有する学術的シーズを活かし、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に努めるとともに、関連研究に取り組む研究機関の裾野の拡大を図る。

具体的には、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、受託研究や公募型研究、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する。

◆平成３０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。

◆平成３０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、受託研究や公募型研究、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）橋渡し機能の整備・強化

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、平成 31 年 3 月に、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）より「研究開発型ベンチャー支援事業」に係る「橋渡し研究機関」の確認通知を受けており、橋渡し機能の強化に向けた体制を整えた。

（２）産業界・学界との共同研究等

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１．５．３のとおりとなっている。

表１．５．３　産業界・学界との共同研究等の実施件数

研究所合計	１７４件
うち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	５５件
うち港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等	７４件
うち電子航法に関する研究開発等	４５件

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において、我が国の海事産業の持続的発展に不可欠な産学官の人材の糾合と技術の統合を推進し、戦略的アプローチに基づくクラスターの結集が不可欠な共通的・基盤的な研究課題に取り組み、研究成果の最大化を目指しているが、そのパイロットプロジェクトとして発足した「実海域実船性能評価プロジェクト」（※）の活動を本格化させた。

同プロジェクトには、日本の主たる海運・造船・舶用工業関係の企業、関係諸機関など計 25 社が共同研究者として参加しており、研究参加者の代表からなるプロジェクト運営会議の議長を当研究所理事長が務めている。

また、30 年度は、我が国のオープンイノベーションをさらに推進するために、今後のロールモデルとして期待される先導性や独創性の高い取組を内閣府が主催する「第 1 回日本オープンイノベーション大賞」において、選考委員会選定優良事例に選ばれた。受賞のポイントとして、「民間主導プロジェクト（多様な海事関連企業等の協業）として、公的資金に頼らず、我が国の海事クラスターの国際競争力を強化する基盤技術のひとつである高精度な燃費推定手法の開発及び企業間を超えた人材育成」が挙げられている。

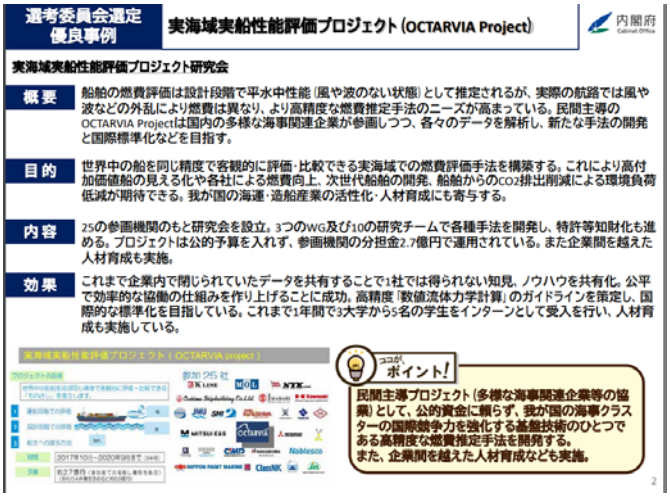


図１．５．４　内閣府・選考委員会選定優良事例の概要（内閣府 HP より抜粋）

※「実海域実船性能評価プロジェクト」（OCTARVIA Project）とは、船舶が実際に運航する波や風のある海域の中での速力、燃料消費量等の性能（実海域性能）を正確に評価する方法を開発する共同研究プロジェクトであり、世界の海上輸送の高度化に貢献しつつ、我が国の海事クラスターの国際競争力を強化する基盤となる技術をより高めることを目的とする。3 年間（2017 年 10 月～2020 年 9 月まで）の計画（研究予算：約 2.7 億円）で研究を推進。

図１．５．５　実海域実船性能評価プロジェクトの概要

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において、港湾空港技術研究所は、海洋・港湾構造物の設計に関する専門知識向上、技術の発展・普及並びに「港湾の施設の技術上の基準」の円滑な運用に寄与することを目的として、国土交通省 国土技術施策総合研究所、一般財団法人 沿岸技術研究センター及び海洋・港湾構造物設計士会と四者で「連携・協力」に関する協定書を平成 30 年 12 月 7 日に締結した。また、この協定に定める「連携・協力事項」に基づき、同日、専門知識の向上や技術の発展を目的として、「第１回　四者協定勉強会」を開催した。

図１．５．６　四者の「連携・協力」に関する協定調印式と四者協定勉強会の様子

電子航法に関する研究開発等において、アビコム・ジャパン株式会社と共同で実施した AeroMACS の実証実験については、空港環境下で覆域の確認、通信速度の評価、ユーザ認証の動作等を確認した。また同社に技術指導を行い、研究成果の移転を図った。AeroMACS は既存の航空用データ通信システムと比べて非常に高い性能を有しており、さらなる成果活用の推進が期待される。

また、日立国際電気株式会社等との共同研究「ミリ波帯による高速移動用バックホール技術の研究開発」では、ミリ波帯において新幹線のような高速移動体に対し毎秒 1 ギガビット以上の通信を提供するための共同研究として実施されている実験の成果が平成 31 年 1 月 31 日付日経産業新聞等で報じられた。この研究成果は実用化を目指して検討を継続している。

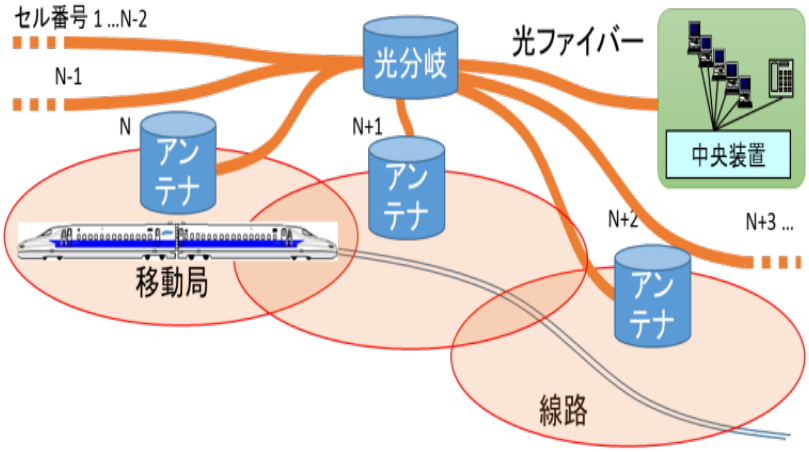


図１．５．７　ミリ波帯による高速移動用バックホール技術の研究開発の実験環境概念図

（３）産業界からの受託研究

研究所の有する優れた技術シーズを活用するため、平成 30 年度は表１．５．４のとおり受託研究を獲得した。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、関連研究に取り組む研究機関の裾野の拡大を図るため、研究所では公募型研究への取り組みも行っている。さらに、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１．５．４　産業界からの受託研究の獲得件数

研究所合計	１２６件
うち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	９６件

	うち港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等	４件
	うち電子航法に関する研究開発等	２６件

（４）学界との公募型研究

大学等の有する学術的シーズを活かし、研究所単独ではなし得ない優れた研究開発成果を創出すること、および関連研究に取り組む研究機関の裾野の拡大を図るため、研究所では公募型研究の取り組みを行っている。平成 30 年度は電子航法研究所において表１．５．５のとおり 1 件の研究課題提案を募集し、所内外の委員で構成される公募型研究等評価委員会にて採択を行った。実施した公募型研究の成果は電子航法研究所研究発表会等を通じて普及することとしており、平成 30 年 6 月開催の研究発表会にて、平成 29 年度に実施した案件に関する発表 1 件が行われた。平成 30 年度に実施した 2 件についても来年度の講演・発表を予定している。

また、さらなる裾野拡大を図るべく、令和元年度も公募型研究の取り組みを継続する予定である。そのための準備として、公募する研究課題を所内から募り、年度ヒアリングと並行して所内委員による内部評価を実施した。所内からの 1 件の研究課題提案があり、研究の有効性が認められたため、公募を実施予定である。

表１．５．５　公募型研究一覧

件名	相手方
SBAS による GNSS 信号認証に関する研究	東京大学

（５）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。

（６）人事交流

研究所の有する優れた技術シーズを産学官で共有するための促進策の一環として、行政機関、大学、独立行政法人、民間企業などと人事交流を行っており、強力な技術交流が育まれた。平成 30 年度は表１．５．６のとおり実施した。

表１．５．６　人事交流実績件数

研究所合計		８６件
	うち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	１８件
	うち港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等	４７件
	うち電子航法に関する研究開発等	２１件

具体的には、各研究所の特性を活かした人事交流を進めており、国 32 名、民間企業等 21 名との人事交流を行った。特に、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」を導入した。平成 30 年度においては、研究者 4 名をクロスアポイントメント対象者とし、研究者が組織の壁を越えて活躍することを通じて、研究所の技術シーズが円滑に外部機関等に橋渡しされ、新

たなイノベーションが創出されることが期待される。

さらに、客員教授、非常勤講師等として延べ 25 名(確認後削除　海 6 港 12 電 7)の研究者を 12 大学に派遣し、高等教育機関における人材育成に貢献した。このうち、11 大学へ派遣した 18（確認後削除　海 6 港 9 電 3）名は、研究所と大学院が協定を締結した上で、研究所の研究者が大学院の客員教授・准教授等に就任し、研究所内等で大学院生の指導を行う「連携大学院制度」に基づいている。

この他に、国内からの研修生・インターン生 94 名（確認後削除　海 49 港 42 電 3）の受け入れを実施した。これは各研究所の存在感の向上のみならず、若手育成の一環として関連業界の技術力の底上げに資するものである。また、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。当研究所は、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。

（７）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、平成 30 年度は表１．５．７及び表１．５．８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１．５．７　外部委員会への参画件数（行政設置の委員会は除く）

研究所合計	４０９件
うち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	１５８件
うち港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等	１７７件
うち電子航法に関する研究開発等	７４件

表１．５．８　研究者派遣の実施件数

研究所合計	１１７件
うち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	６件
うち港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等	１０４件
うち電子航法に関する研究開発等	７件

特に、電子航法に関する研究開発等においては、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た。会議体の一つである研究開発推進分科会では当研究所の職員がリーダーを務めており、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、マイクロ波フォトニクス研究会、エレクトロニクスシミュレーション研究会の委員長、幹事、幹事補佐、専門委員、顧問を務めた。特に、2018 年 11 月に中国で開催された International Confernece on Space, Aeronautical and Navigation Electronics 2018（ICSANE2018）では組織委員会の副委員長および

委員として主導的な役割を果たし、特筆すべき貢献を行った。また、日本航空宇宙学会の機器電子情報システム部門及び航空交通管理部門の委員長、委員を務め、第 56 回飛行機シンポジウムおよび年会講演会等の企画を実施した。

さらに、上記の他、表１．５．９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１．５．９　各種規格・基準の策定への参画事例

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	
危険物等海上運送国際基準検討委員会委員（危険物 UN 対応部会／危険物運送要件部会）	（一社）日本海事検定協会
危険物等海上運送国際基準検討委員会　ばら積み液体危険物部会委員	（一社）日本海事検定協会
構造分科会／プロペラキャビテーション ISO 規格検討 WG 主査	（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委員／同委員会特殊貨物運送部会長	（一社）日本海事検定協会
大気汚染防止基準整備のための調査研究（大気汚染防止基準整備プロジェクト）委員	（一財）日本船舶技術研究協会
ISO/TC292 国内委員会　委員	（一財）日本規格協会
「船舶設計基準（高速艇構造）（案）に関する基礎資料の作成」（その３）専門検討委員会委員	（一財）舟艇協会
ガス燃料船・新液化ガス運搬船基準の策定プロジェクト委員	（一財）日本船舶技術研究協会
船舶の省エネ性能向上のための技術基準の検討に関する調査研究委員	（一財）日本船舶技術研究協会
構造分科会／ＬＮＧタンク用高マンガン鋼ＩＳＯ規格検討ＷＧ主査	（一財）日本船舶技術研究協会
危険物等海上運送基準検討会　ばら積み液体危険物運送要件査定検討ＷＧ委員	国土交通省海事局
・港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する事例	
平成３０年度 ISO/TC156/ｎWG10 委員会	ステンレス協会
調査研究部門/鋼構造委員会/鋼・合成構造標準示方書総則・設計編小委員会	（公社）土木学会
地盤設計・施工基準委員会　WG6 杭の鉛直載荷試験　基準改訂 WG	（公社）地盤工学会
根入れ式ケーソン技術マニュアルの作成委員会	（一財）沿岸技術研究センター
洋上風力発電設備に関する技術基準の統一的解説の見直しに関する設計技術ワーキンググループ	（一財）沿岸技術研究センター
ステンレス技術・標準委員会　道路関連分野へのステンレス鋼の適用調査研究	（一社）日本鋼構造協会
「プレジャーボート用浮桟橋設計マニュアル」改訂のための	（一社）日本マリーナ・ビーチ協会

編集委員会	
技術基準海外展開検討委員会／作業部会	（一財）国際臨海開発研究センター

（８）外部連携機能促進としての研究プラットフォームの機能強化

研究所の保有する大型試験設備、人材、蓄積された技術等をベースとして、前述の（１）～（７）を通じて外部との連携を促進するとともに、各研究所の特性に応じた取り組み行うことにより、研究所との関係が深く、様々な連携が見込める国内及び海外の大学や研究機関等に対して複数の共同研究を締結すること等が実施しやすくなり、研究プラットフォームとしての機能強化を図った。

具体的な取り組みとしては、海上技術安全研究所においては、三鷹オープンイノベーションリサーチパーク構想として、様々な人・情報・資金が集積する国際的な研究所（未来創造の拠点）を目指し、企業、大学、国立研究開発法人、国、海外諸機関などとの研究・技術に関する交流や連携の促進により、学術と産業双方に関する情報が得られる環境を整備し、さらなる交流や連携促進を図った。

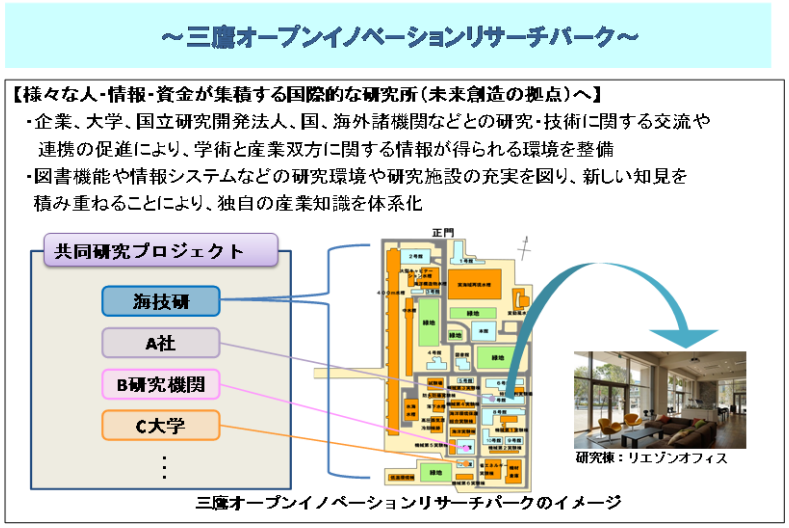


図１．５．８　三鷹オープンイノベーションリサーチパーク

また、地域との連携として愛媛県今治市に拠点がある「今治地域造船技術センター」や地元関係者（愛媛県・今治市）等と連携して、造船・舶用技術者・技能者に対する研修の実施及び研修プログラムの改良等研修技能の拡充に協力し、地元造船業・舶用工業の技術力向上に寄与した。

さらに、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」を平成 30 年 6 月に実施した。研修は海上技術安全研究所の所在する東京都三鷹市のほか、サテライト会場を全国 6 か所（横浜市、相生市、尾道市、今治市、佐伯市、長崎市）に拡大（29 年度は 4 か所）して、テレビ会議システムの利用により同時受講し、あわせて 55 名の外部の方が参加した。

その他、海洋基本計画（平成 30 年 5 月 15 日閣議決定）等において、海洋立国を支える専門人材の育成が求められており、このような状況を踏まえ、積極的に海洋開発の人材育成に貢献するため、海洋開発に関連する基礎知識を習得することを目的とした、「海洋開発研修」を新たに平成 30 年 12 月に実施した。海洋開発分野は、AUV や DP（Dynamic Positioning ：動的位置保持）船の利活用が拡大しつつある転換期を迎えており、このような新たな分野への挑戦は我が国の海事産業に高い波及効果をもたらすものと期待されている中、あわせて、32 名の外部の方が参加した。

図１．５．９　海洋開発研修風景

（４）知的財産権の普及活用

【中長期目標】

（４）知的財産権の普及活用

知的財産権については、有用性、保有の必要性等を検討し、コストを意識した管理を行いつつ、産業界への普及、活用の促進に努めるとともに、技術のグローバル化に向けた国際特許の取得も視野に入れた戦略的な取組を推進する。

【中長期計画】

（４）知的財産権の普及活用

知的財産権については、有用性、保有の必要性等を検討し、コストを意識した管理を行いつつ、出資の活用も含めて普及活動に取り組み知的財産の活用促進を図る。また、技術のグローバル化に向けた国際特許の取得も視野に入れた戦略的な取組を推進する。

具体的には、特許権を保有する目的や申請にかかる費用等を十分に吟味する等、特許を含む知的財産全般についてのあり方を検討しつつ、適切な管理を行う。また、研究所の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）知的財産権の普及活用

知的財産権については、有用性、保有の必要性等を検討し、コストを意識した管理を行いつつ、産業界への普及や活用の促進を図る。また、技術のグローバル化に向けた国際特許の取得も視野に入れた戦略的な取組を推進する。

具体的には、特許権を保有する目的や申請にかかる費用等を十分に吟味する等、特許を含む知的財産全般についてのあり方を検討しつつ、適切な管理を行う。また、研究所の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。

◆平成３０年度計画における目標設定の考え方

知的財産権について､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。

◆平成３０年度における取組状況

（１）特許出願等の取り組み

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進め、全所的に特許出願のための環境整備に努めた。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し、事業等への活用可能性についても厳しく検討するなど、厳格な手続きを経て特許の出願等を行った。この結果、平成 30 年度における特許の出願件数は 47 件であった。

表１．５．１０　特許取得等の状況（平成 30 年度）

出願	審査請求	特許取得
38 件	44 件	46 件

（２）特許の適切な管理・活用の取り組み

①知的財産の活用

平成 30 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 14 件、著作権（プログラム）の使用許諾に関する実施が 46 件であった。詳細は表１．５．１１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 41 百万円の収入があった。

表１．５．１１　平成 30 年度に活用された当研究所が保有する知的財産

No	件名（知的財産の種類）	登録日	登録番号等
	・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研究開発等		
1	外板展開方法、外板製造方法、これらの方法の指導用コンピュータプログラム及びこれらの方法の指導用画像記録媒体【特許権】	H21.1.23	4247787
2	外板展開方法及び外板製造方法【特許権】	H22.10.1	4596394
3	波浪中抵抗増加低減ステップを備えた船体構造【特許権】	H24.10.12	5103687
4	波浪中抵抗増加低減ステップを備えた船体構造【特許権】	H24.10.12	5103689
5	小型ダクト付きプロペラ及び船舶【特許権】	H25.3.29	5230852
6	耐衝突性に優れた船体構造及び船体構造の設計方法【特許権】	H28.3.4	5893231
7	船舶まわりの定常粘性造波流場計算プログラム（NEPTUNE）【著作権】	－	－
8	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）【著作権】	－	－
9	ＧＵＩを用いた船体周り構造格子生成プログラム（HullDes）【著作権】	－	－
10	格子性能機能を備えた最適化プログラム（AutoDes）【著作権】	－	－
11	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）【著作権】	－	－
12	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）【著作権】	－	－
13	波浪中での非線形船体運動及び波浪荷重推定プログラム（NMRI-WⅡ）【著作権】		
14	要目最適化プログラム（HOPE Light）【著作権】	－	－
15	日本近海の波と風データベース表示プログラム【著作権】	－	－
16	DLSA-Basic【著作権】	－	－
17	船型データ変換ツール【著作権】	－	－
	・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	浸透固化処理工法【特許権】	H17.3.11 H17.5.27 H22.1.22 H23.1.14	3653551 3681163 4441613 4662116
2	コンクリート舗装版裏込めグラウト材【特許権】	H25.7.12	5311584
3	安心マンホール工法【特許権】	H23.12.16 H25.3.22	4885605 5223079
4	静的圧入締固め工法【特許権】	H17.8.19 H19.6.1 H21.5.1 H21.9.4 H24.11.2 H25.6.7 H25.6.28 H26.8.22	3709420 3963883 4300367 4368884 5119381 5283287 5300094 5598999
5	クレーン【特許権】	H23.3.18	4705224

6	N-Pier Ver.3【著作権】	―	―
7	FLIP ver.7【著作権】	―	―
	・電子航法に関する研究開発		
1	受動型ＳＳＲ装置	H12.3.7	3041278
2	受動型ＳＳＲ装置	H14.2.15	3277194
3	洋上空域における衝突危険度推定ソフトウェア【著作権】	―	―
4	ソフトウェア使用許諾【著作権】	―	―

※１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１．５．１１に記載された著作権等の項目数は一致しない。

②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、平成 30 年度分の褒賞金及び実施補償金として 12,519 千円を支払い、特許等出願の意欲の向上を図った。

③知財研修の実施

本研修は、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おり、平成 29 年度より研究所全体の研修として実施している。平成 30 年度においては２部構成で実施した。第１部は広く知財の基礎的事項の解説を行いつつ、各研究所における知的財産に関する基本戦略や取り組み状況、諸外国と日本の比較等を含め紹介を行った。第２部では、社会実装へ繋がる取り組みをテーマに、国内の他の研究機関や、うみそら研における社会実装への取り組みや、実海域実船性能評価プロジェクトにおける知財分析と戦略検討に関する取り組みなどについて紹介した。多くの参加者で活発な質疑応答が行われた。

上記の研修を通じて、特許創出を意識した研究の実施について、更なる意識の向上を図った。

図１．５．９　知財研修の受講状況

④保有特許の利用促進

平成30年度は、研究発表会や出前講座などを利用した展示、広報活動を行った。当研究所の研究開発分野に関連する専門的な企業等へ積極的にアピールすべく、研究成果を研究所研究発表会・講演会や、国際航法学会世界大会(IAIN2018)、IEEE　CAMAの展示会などの外部の展示会等へ出展するとともに、研究所で取得している特許をホームページ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に公開するなど、当研究所の知財の普及に努めた。その結果、官庁及び民間から多数の問い合わせを受けた。特に、総務省主導する官民合同で我が国の電波システムを紹介する国際展示会Japan Wireless EXPO 2018において技術支援を行い、フーコック空港に新型MLAT、ノイバイ空港に

GBASが導入される契機となった。

更に、研究成果の製品化を目的とした共同研究・開発の枠組みを継続し、積極的な知財の普及に努めた。

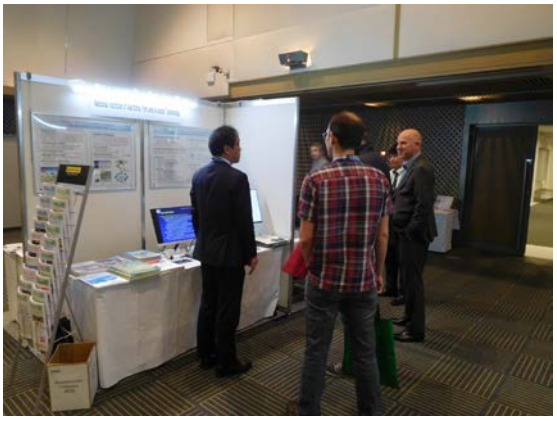


図１．５．１０　国際航法学会世界大会(IAIN2018)における電子航法研究所展示ブースの様子

（平成30年11月28日～12月1日）

また、有償・無償を問わず、公開を実施あるいは想定している技術計算プログラムについては、紛争への備えとして著作物登録を進めており、平成19年度に「液状化による構造物被害予測プログラム(FLIP改良版)」及び「高潮津波シミュレータ(STOC改良版)」の登録を行った。「液状化による構造物被害予測プログラム(FLIP改良版)」は、平成19年度より販売を開始して平成28年4月から最新版「FLIP ROSE ver.7シリーズ」が販売されている。また、「高潮津波シミュレータ(STOC改良版)」は研究所が単独で開発したものであるが、公益に資するため、津波に関する部分を「津波シミュレータT-STOC」としてソースプログラム及び入出力データをホームページにおいて公開しており、平成30年度はT-STOC事務局の連絡先の変更を公表した。

（５）情報発信や広報の充実

【中長期目標】

（５）情報発信や広報の充実

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、研究開発成果の迅速な社会還元や共同研究の促進のための行政等に向けた情報発信や、研究活動の理解促進のための一般国民に向けた広報を積極的に行う。

【中長期計画】

（５）情報発信や広報の充実

研究発表会、講演会、出前講座、研究所報告等の発行等により、研究業務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情報を、主に行政等の利活用が想定される対象に向けて積極的に発信し、研究成果の普及、活用に努める。

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、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通じた広報周知活動を、主に一般国民に向けて効率的かつ積極的に行い、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。

【年度計画】

（５）情報発信や広報の充実

研究発表会、講演会、出前講座、研究所報告等の発行等により、研究業務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情報を、主に行政等の利活用が想定される対象に向けて積極的に発信し、研究成果の普及、活用に努める。

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、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通じた広報周知活動を、主に一般国民に向けて効率的かつ積極的に行い、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。

本年度期間中に研究発表会を８回以上、一般公開及び公開実験を８回以上実施する。

◆平成３０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。

◆平成３０年度における取組状況

研究業務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情報について、各種研究発表会等を通じて積極的に発信し、研究成果の普及、活用に努めた。

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、研究所の一般公開、施設見学、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。

平成３０年度中に研究発表会を１０回、一般公開及び公開実験を８回実施し、数値目標を達成した。

（１）研究発表会、講演会、出前講座、研究所報告等

①海上技術安全研究所研究発表会

平成 30 年 7 月 18 日､東京都千代田区のＪＡ共済ビルにおいて､第 18 回研究発表会を開催し、研究所に対する社会的要請や今後の研究所の取組や海洋開発、安全確保、基盤技術開発及び環境保全など海事関係者に関心の高いテーマを中心に 20 本の研究の成果を紹介した。また、来場者との双方向、対話型の展示プログラムとして、最新の研究を紹介するポスターセッションを開催した。研究発表会には、263 名の聴講者があった。

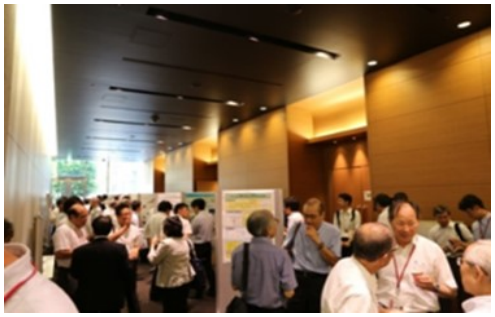


図１．５．７　海上技術安全研究所発表会の様子（平成 30 年 7 月）

②海上技術安全研究所講演会

平成 30 年 11 月 6 日、東京都三鷹市の海上技術安全研究所講堂において、第 18 回講演会を開催し、第 1 部を特別講演、第 2 部を講演会参加者への主要研究施設の見学、第 3 部を研究講演とする構成とし、GHG（温室効果ガス）削減や次世代燃料実用化に向けた技術開発を紹介したほか、特別講演として、国土交通省海事局の取り組み、世界のエネルギー需要や輸送需要の変化についての予測、水素社会に向けた燃料電池システムの船舶への応用の可能性等についての講演を頂いた。講演会には、263 名の聴講者があった。

図１．５．８　海上技術安全研究所講演会の様子（平成 30 年 11 月）

③今治地域造船技術講演会

平成 30 年 10 月 6 日、愛媛県今治市みなと交流センターにおいて今治市及び今治地域造船技

術センターよりご協力を得て今治地域造船技術講演会を開催し、主に若手の技術者を中心に最新の技術動向を学んでいただくことを目的に、研究者による IoT（インターネット・オブ・シングス）および AR(拡張現実）等の先端技術を導入した造船所の未来像などについての講演を行った。講演会には、造船所や舶用メーカーの入社数年程度の若手社員や造船教育機関の学生などを対象に、85 名の聴講者があった。

図１．５．９　今治地域造船技術講演会の様子（平成 30 年 10 月）

③港湾空港技術講演会

研究所が実施している港湾、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、平成 30 年 10 月 9 日に東京都の日比谷コンベンションホールにおいて、国土技術政策総合研究所と協力して港湾空港技術講演会を開催した。講演会は、当研究所から 3 研究領域、国土技術政策総合研究所から 2 研究部がそれぞれ研究の課題と展望について報告した。また、早稲田大学の清宮理名誉教授から「港湾における洋上風力発電施設の技術の現況」と題する特別講演があった。講演会には 174 の聴講者があった。

図１．５．１０　港湾空港技術講演会の様子（平成 30 年 10 月）

④港湾空港技術地域特別講演会

港湾空港技術地域特別講演会は、研究所が実施している港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術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とともに、研究ニーズなど、各地域における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地方整備局等との共催で開催している。平成 30 年度は、全国 4 地域において開催し（沖縄県 8 月 3 日 120 名、

兵庫県 11 月 9 日 138 名、愛知県 11 月 19 日 155 名、神奈川県 12 月 6 日 129 名)、542 名の聴講者を得た。

図１．５．１１　港湾空港技術地域特別講演会の様子（左から那覇、神戸、名古屋）

⑤港湾空港研究シンポジウム

平成 31 年 1 月 11 日に横須賀市内において、「港湾空港研究シンポジウム」を国土技術政策総合研究所と共同で開催し、100 名の聴講者を得た。シンポジウムは、当研究所から 1 名、国土技術政策総合研究所から 1 名が研究成果を報告し、東京工業大学の灘岡和夫教授から「コーラル・トライアングルの沿岸生態系保全に向けて」、広島大学大学院の土田孝教授（防災・減災研究センター長併任）から「軟弱地盤工学と土砂災害について」と題する特別講演があった。

⑥電子航法に関する研究発表会

平成 30 年 5 月 31 日から 6 月 1 日にかけて、研究所内の講堂において航空交通管理に関する研究（5 テーマ）、航法システムに関する研究（5 テーマ）、監視通信システムに関する研究（8 テーマ）について発表を行った。今回は、公募型研究の成果発表として外部の大学から 3 件のポスター展示が行われた。また、うみそら研の分野横断的な研究について、海技研・港空研から発表を行った。2 日間で延べ 401 名の来場者を得た。

図１．５．１２　電子航法に関する研究発表会の様子（平成 30 年 5･6 月）

⑦電子航法に関する講演会

平成 30 年 12 月 3 日になかの ZERO ホールにおいて、「国際標準化に貢献する ENRI の研究～空港運用の安全と効率化に向けて～」を主題に講演会を開催した。当該講演会では電子航法研究所各領域からの講演に加え、招待講演として EUROCAE 技術部長より「欧州が考える将来の航空と EUROCAE による航空関連システムの標準化」の講演を行った。

また、会場ロビーにおいてデモ展示及びパネル展示を行い多くの来場者に研究成果を発信し

た。

図１．５．１３　電子航法に関する講演会の様子（平成 30 年 12 月）

表１．５．１２　その他の講演会等内訳

	開催日	件名	概要
	H30.11.28	Odd Faltinsen 教授講演会	船舶の耐航性能や波浪衝撃荷重、船体弾性応答の分野で有名な科学者である、ノルウェー科学技術大学 Odd Faltinsen 教授を招いて、前述の分野に関連して同教授と海技研研究者が講演した。
	H31.2.7	第 12 回 舶用品標準化推進協議会／標準化セミナー	日本船舶技術研究協会主催のセミナーにおいて、研究所職員が日本主導による ISO 規格の制定について講演した。
	H30.6.21	気象庁航空交通気象センター首都圏班勉強会	電子航法研究所における、気象及び運航に関する将来の研究課題の方向性について、意見交換を行った。
	H30.7.11	日本鉄道電気技術協会関東支部総会講演会	将来の航空交通システムの構築のために行われている通信・航法・監視及び航空交通管理に関する研究開発の現状について講演した。
	H30.9.21	CARATS オープンデータ活用促進説明会	運航効率を評価するための燃料消費量推定モデルについて講演した。
	H30.11.22	第 13 回航空気象シンポジウム	進入経路上における管制間隔に対する気象の影響評価について発表した。SSR モード S による気象データの取得と数値予報による天気予報への活用について発表した。
	H30.12.14	CARATS オープンデータ活用促進フォーラム	航空交通シュミレーションによる到着管理システムの有効性検証について発表した
	H31.2.8	平成 30 年度航空無線技術交流会	GBAS の安全設計研究と CAT-I システムへの活用について講演した。

	H31.3.19	電子情報通信学会総合大会 Welcome Party	電子情報通信学会総合大会で開催された、企業及び研究機関と学生の相互理解を深める場にて、航空交通管理とそれを支える通信・航法・監視に関する研究開発の現状について説明した。

表１．５．１３　出前講座及び特別講演内訳

	開催日	対象	概要
	H30.6.12	民間企業	・スーパーエコシップに関する技術講座
	H30.9.26	日本小型船舶検査機構	・小型船舶に関する復原性の理論、復原性規則の概要
	H30.10.17	日本小型船舶検査機構	・小型船舶に関する復原性の理論、復原性規則の概要
	H30.12.14	海事振興連盟	・直感的でわかり易い衝突予防支援システム
	H30.12.26	香川県立多度津高等学校	・造船の基礎知識から最新技術、流体解析シミュレーション技術、構造解析技術「NMRI-DLSA」、AR(拡張現実)を使用した生産技術
	H31.3.20	日本港湾タグ事業協会	・自律航行船の最新動向
	H30.8.20	西日本旅客鉄道株式会社	・次世代 GNSS に対応したｱﾍﾞｲﾗﾋﾞﾘﾃｨの高い航法システムに関する研究 ・PBN と GBAS を活用した高度な計器進入方式に関する研究
	H30.10.29	千歳科学技術大学	・GNSS 障害時の代替(APNT)に関する研究
	H31.1.7	富山県立大学	・航空システムの基礎
	H31.1.7	航空保安大学校	・空港設計および地上走行時間管理に資する交通データ等活用技術の研究 ・PBN と GBAS を活用した高度な計器進入方式に関する研究
	H31.1.23	航空保安大学校 岩沼研修センター	・第 68 回総合特別研修講義 技術開発と評価試験

⑧「Team KUROSHIO」プロジェクトを通じた AUV の研究成果の普及・活用

海中ロボット等を用いて、超広域高速海底マッピングの実現を目標とする海底探査技術の国際競技大会「Shell Ocean Discovery XPRIZE」（※1）で、海上技術安全研究所の研究者が参加した日本発の海底探査チーム「Team KUROSHIO」(※2)が準優勝(32 チーム中 2 位)した。「Team KUROSHIO」プロジェクトを通じて、海上技術安全研究所が持っている AUV 同時運用技術の高さを世界に示した。

図１．５．１４　チーム一同による集合写真「Team KUROSHIO」提供

※1. 1995 年に設立された米国の非営利組織である「XPRIZE 財団」によって運営され、世界の大きな課題を解決することを目的とした世界コンペティション。「学習」「探査」「エネルギーと環境」「世界規模の開発」「生命科学」の 5 分野をテーマとする。今回の目標としては、500km2 の海底マッピング（解像度：水平 5m、垂直 50cm 以上）の実現である。

※2.「Team KUROSHIO」とは、海上技術安全研究所の他、国立研究開発法人海洋研究開発機構、国立大学法人東京大学生産技術研究所、国立大学法人九州工業大学、三井 E&S 造船株式会社、日本海洋事業株式会社、株式会社 KDDI 総合研究所及びヤマハ発動機株式会社から構成

図１．５．１５　西日本旅客鉄道株式会社出前講座の様子（平成 30 年 8 月）

（２）広報誌、パンフレット、一般公開、施設見学、ホームページ掲載等

①パンフレット

海上・港湾・航空技術研究所のパンフレットを作成し、関係者に配付することで、研究所の体制や役割について積極的な周知に努めた。

②技術情報誌

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」について、「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」を分かり易く説明・紹介するため、毎号ごとに各研究テーマの特集記事を選定し、研究成果が実際に活用されている状況、研究所の実験施設及び現地観測施設などを紹介した。平成 30 年度においては、第 31 号（平成 30 年 4 月）で「積み重ねた基礎研究が地盤工学の底力に！」、第 32 号（平成 30 年 7 月）で「さら

なる効率化を求めて進む港湾・空港構造物の維持管理」、第 33 号（平成 30 年 10 月）で「未来を見据え、さらにワールドワイドな研究を!港空研が進める国際連携と国際強力」、第 34 号（平成 31 年 1 月）で「伊勢湾台風の時代から連綿と続く研究の歴史　時代を先取り、幅広い視野で高潮・波浪研究に挑む！」について特集した。

また、研究所を訪問・見学される方々にも「PARI」を紹介し、研究所の研究活動に理解を示して頂くことに努めるとともに、「PARI」をホームページへ掲載し、経済的で効果的な情報発信に努めた。

③年次報告

港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する毎年度の研究活動について、より多くの方々に分かり易く紹介するため、平成 30 年度分の活動内容を簡潔にとりまとめた「年次報告 2018」（日本語版）並びに「PARI Annual Report 2018」（英語版）を作成し、関係機関へ配布するとともにホームページで公開し、航空分野においても、航空に関する研究活動について年報を毎年発行し、ホームページで公開した。

④研究所の一般公開、公開実験

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 5 回開催し、合計 128 名の見学者があった。

表１．５．１４　公開実験の実績

	時期	テーマ
1	平成 30 年 8 月	世界初となる縦曲げ・ねじり弾性相似模型船の水槽試験
2	平成 30 年 11 月	大波高不規則波中におけるばら積み貨物船模型の曳航実験
3	平成 30 年 12 月	避航操船支援システム評価のための公開実験
4	平成 31 年 2 月	ホバリング型 AUV「ほばりん」を用いた水中での障害物回避行動の実験
5	平成 31 年 3 月	ICT を利活用した生産システムの公開実験

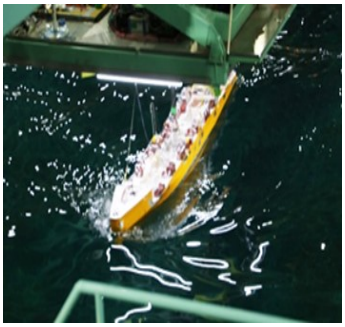
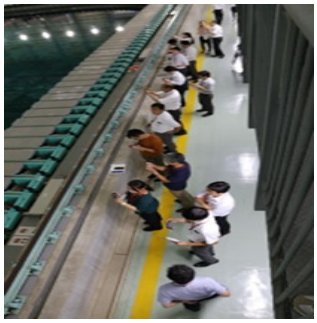



図１．５．１６　縦曲げ・ねじり弾性相似模型船の水槽試験公開実験の様子（平成 30 年 8 月）

科学技術週間の行事の一環として、東京都三鷹市から調布市にかけて隣接する海上技術安全研究所、電子航法研究所、及び交通安全環境研究所が合同で、研究施設の一般公開を平成 30 年 4 月に開催した。当日は水面に文字や絵を描く水槽やフライトシミュレータで着陸を疑似体験、準天頂衛星・みちびきの電波を受信して絵を描くイベント、船の教室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。平成 30 年度の来場者数は、過去最高の 8,177 名を記録、来場者数の増加は一般の方々の当研究所の日頃の研究活動に対する理解や知名度向上の顕れであり、今後も引き続き、広報活動の一環として継続して行く予定である。

図１．５．１７　海上技術安全研究所、電子航法研究所の一般公開の様子（平成 30 年 4 月）

平成 30 年 7 月に、港湾空港技術研究所において、主に子供や家族連れを対象として、体験しながら研究所について学ぶことができる研究所施設の一般公開を実施した。具体的には、「巨大津波を体感しよう！」「地震の揺れを体感してみよう！」「電気を作ろう！」などの体験型の公開実験、「干潟にいる生き物をさわってみよう！」「建設機械シミュレーターを体験しよう！」などの各種イベントや、「ジャンボジェット機のタイヤを見よう！」などの展示を実施し、当日は 980 名の来所があった。研究所の活動の紹介においては、基礎から最先端までの研究活動の成果が国民生活にどのように役立っているか、関わっているかをできるだけ分かり易く説明するように心がけた。この際、海上技術安全研究所及び電子航法研究所の研究についても展示及び担当職員の説明によってＰＲを行った。

図１．５．１８　港湾空港技術研究所の一般公開の様子（平成 30 年 7 月）

⑤施設見学

政府、自治体、民間企業、学校や一般の方々等、研究所施設の見学希望者に対応するため、施設見学を積極的に実施した。施設見学については単なる施設の紹介にとどまらず、施設に関連した研究を紹介することを通して、研究所の活動内容や研究者の社会的位置付け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、説明で答えるなど見学者の理解を深めるように心がけた。この結果、平成 30 年度における一般公開を除く施設見学者は、145 件（2,807 名）であった。

⑥ホームページ

平成 30 年度においては、海上・港湾・航空技術研究所のホームページを更新して（http://www.mpat.go.jp/index.html）、組織紹介、取り組み、各種計画や規程等、公開情報の充実を図った。各研究所においても、研究組織、研究成果、研究施設、セミナー・シンポジウム等の開催、各研究所のイベントやニュース、特許情報等の様々な情報を引き続きリアルタイムに提供し、効率的かつ効果的な情報発信を推進した。

（３）その他の情報発信

①図書館の一般開放

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。

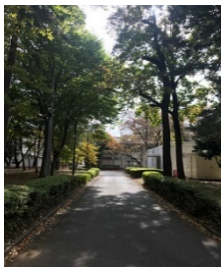


図１．５．１９　うみそら研図書館の外観

②メールマガジンでの情報発信

研究所の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。

③シーパラこども海育塾への協力

小学 1 年生から 6 年生の児童とその保護者を対象に、横浜・八景島シーパラダイスが開催する海の環境教育をテーマとした「2018 年度シーパラこども海育塾」の事業に協力した。平成 30 年 7 月に 2 グループ（44 名）を受け入れ、港湾空港技術研究所の実験施設及び会議室において見学体験およびレクチャーを実施した。

図１．５．２０　シーパラこども海育塾参加者の集合写真（平成 30 年 7 月）

④小学生の職場体験、課外事業及び校外学習活動への協力

特別教育活動及びキャリア研修の協力の観点から、学生の社会科体験学習を受け入れるなど、積極的に取り組んだ。平成 30 年度は、近隣の三鷹市の小学生 4 名を対象に施設見学・体験学習を行った。

図１．５．２１　三鷹市小学生による体験学習等の様子（平成 30 年 3 月）

⑤三鷹ネットワーク大学の市民向け講座

三鷹ネットワーク大学とは、教育・研究機関の地域への開放と、地域社会における知的ニーズを融合し、民学産公の協働による新しい形の「地域の大学」を目指し設置されたものである。海上技術安全研究所は市民向け講座に講師として研究員を派遣した。平成 31 年 1 月～2 月にかけて、天文・科学情報スペース（東京都三鷹市）で開催した市民向け共催企画展の一環として、平成 31 年 2 月に特別セミナー「三鷹でやってます！船と海の研究　海上技術安全研究所の紹介」では、波が空と海の境界であることや波の起こるメカニズムは足し算であることを分かり易く解説し、平成 31 年 3 月に講座「環境に優しい船のエンジン」では、環境や経済性に大きく影響する船のエンジンで使用する燃料の問題船を解り易く解説し、地域貢献と研究活動の理解促進に寄与した。

図１．５．２２　三鷹ネットワーク大学の講座風景及び
共催企画展の様子（平成 31 年 2 月）

⑥スーパーサイエンスハイスクール（SSH）事業への協力

文部科学省において、先進的な理数系教育を実施する高等学校等を「スーパーサイエンスハイスクール（SSH)」として指定のうえ支援する事業を実施しており、神奈川県立横須賀高等学校の生徒を対象として、平成 30 年 5 月に港湾空港技術研究所に来所した同校の教員と生徒に対し、研究課題作成に係る指導や研究所の施設見学等を実施し、生徒の研究所等の関心の向上を図った。

図１．５．２３　横須賀高等学校のスーパーサイエンスハイスクール（平成 30 年 5 月）

⑦メディアを通じた情報発信

メディアを通じた情報発信のため、テレビやプレス取材に積極的に協力した。平成 30 年度のテレビ放映については、一般公開、各種水槽、AUV、大型水路を用いた実験等を紹介した番組が放映された。また、研究所の諸活動について新聞や専門紙などに 170 回の記事掲載があった。

⑧東京湾大感謝祭 2018

東京湾大感謝祭は、市民や企業、団体と国や自治体がともに、海の再生を考え、行動するきっかけを提供する場として 2013 年秋に初開催され、平成 30 年 10 月に東京湾大感謝祭 2018 が横浜赤レンガ倉庫とその周辺海上を舞台に開催された。当日は市民や企業、団体、国、自治体の関係者が参加し、港湾空港技術研究所は関東地方整備局の京浜港ケーソンヤード（山内ドック）で潜水士のデモンストレーションに併せて「水中音響カメラ」による視認、「水中可視化技術について」及び「音響映像について」技術解説を行い、多くの来場者に研究所の活動内容のＰＲを行った。

図１．５．２４　東京湾大感謝祭 2018 の様子（平成 30 年 10 月）

⑨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

本技術講習会は、我が国の最前線にある技術者による国内外の技術動向から今後普及が見込まれる技術についての知識とその実際の運用方法について、港湾空港技術研究所が進めている最新の水中機器類の研究開発状況とあわせて、講演と実際の機器の操作体験を通じた学習をすることを目的として、平成 30 年 11 月に土木学会建設用ロボット委員会と共同で開催した。平塚新港において、日本海洋株式会社及び株式会社東陽テクニカから「音響モデム及び音響カメラ等の体験講習」、広和株式会社及び株式会社キュー・アイから「ROV 体験講習」を行い、平塚商工会議所会館において、当研究所から「桟橋点検用ＲＯＶの運用」と題する講義を行った。また、東京大学の浅田昭教授から「水中音響機器の動向」、東京大学の川口勝義教授から「我が国と海外の ROV・AUV の動向」の他、若築建設(株)、東亜建設工業(株)、(株)東陽テクニカ、日本海洋(株)、五洋建設(株)、広和(株)及び(株)キュー・アイから講義を行った。

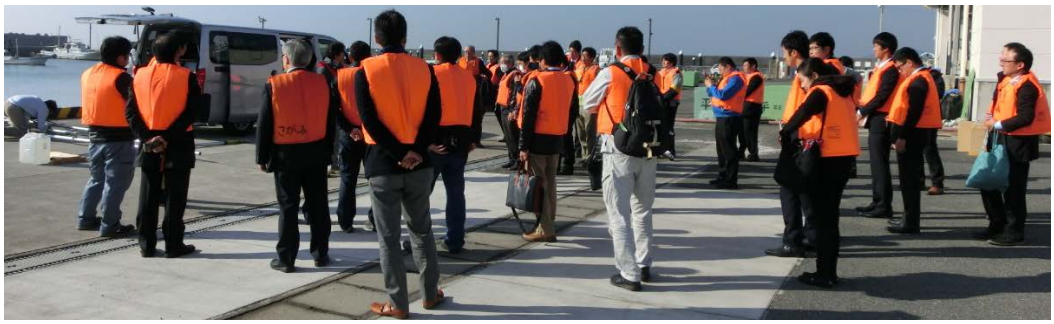


図１．５．２５　平塚新港での体験講習（平成 30 年 11 月）

⑩電子航法研究所紹介マンガ

電子航法研究所紹介マンガ「知れば知るほどおもしろナットク！電子航法研究所ってこういうトコロ」の日本語版・英語版を各種イベントで配布した。平成３０年度は英語版について英文の校正を行った。日本語版については、一般公開や仙台空港祭、理科好きフェスティバル等、英語版については、World ATM Congress 等、イベント実施ごとに研究所紹介マンガを配布し、効果的に当研究所の活動を紹介した。

図１．５．２６　電子航法研究所紹介マンガ

⑪空の日イベント

国土交通省の航空普及活動として毎年実施される「空の日」の記念事業について、空の日仙台空港祭 2018 に参加し、電子航法研究所紹介マンガの配布や、電子航法研究所研究紹介パネルの展示を実施して一般の方々に向けて効率的に情報発信を行った。

図１．５．２７　空の日イベントの様子（平成 30 年 10 月）

⑫理科大好きフェスティバル 2018

岩沼分室では、岩沼市教育委員会から参加依頼を受け、平成 30 年 10 月 13 日にフェスティバルにブース出展を行った。参加した子供達に対して、電子航法研究所を紹介するクイズ大会を開催するとともに、研究パネルの展示や電子航法研究所紹介マンガの配布を通じて科学技術の啓発と人材育成の促進に寄与した。

図１．５．２８　理科大好きフェスティバル 2018 の様子（平成 30 年 10 月）

⑬その他の展示会等への参加

以下の展示会等に参加し、ブース出展やパネル展示による積極的な情報発信を行い、研究成果の普及に努めた。

	展示会等	実施場所・時期	概要
	SEA JAPAN 2018（国際海事展）	江東区・東京ビックサイト 平成 30 年 4 月	船舶用燃料電池システムで動く模型、ぎょう鉄作業支援システムでの拡張現実（AR）体験、AUV の実験中の動画の上映などを行った。
	テクノオーシャン 2018	神戸市・神戸国際展示場 平成 30 年 5 月	複数 AUV により実海域で海底地形や水温、塩分濃度等の調査状況の動画上映、AUV1/10 スケール模型の展示などを行った。
	海洋都市横浜うみ博 2018	横浜市・大さん橋ホール 平成 30 年 7 月	AUV1/10 スケール模型の展示、AUV の潜水風景動画の上映、研究紹介パネル展示などを行った。
	三鷹ネットワーク大学・海技研共催企画展	三鷹市・天文・科学情報スペース 平成 31 年 1 月～2 月	最新の研究実験動画の上映、研究紹介パネル、AUV1/10 スケール模型、燃料電池運搬船模型の展示などを行った。

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

世界的な交通の発展及び我が国の国際競争力の強化に貢献するため、国際海事機関(IMO)や国際民間航空機関(ICAO)、国際標準化機関（ISO）等における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。具体的には、国土交通省に対する技術的バックグラウンドの提供等の我が国提案の作成に必要な技術的支援や、国際会議の参加等を行うことにより、我が国提案の実現に貢献する。

【中長期計画】

（１）国際基準化、国際標準化への貢献

研究成果の国際基準・国際標準化を目指して研究計画を企画立案するとともに、国際的な技術開発動向を踏まえつつ研究を実施することで、IMO 、国際民間航空機関（ICAO)、国際標準化機構（ISO）等への国際基準案等の我が国の提案作成に積極的に関与する。

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。

加えて、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。また、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。

【年度計画】

（１）国際基準化、国際標準化への貢献

研究成果の国際基準・国際標準化を目指して研究計画を企画立案するとともに、国際的な技術開発動向を踏まえつつ研究を実施することで、IMO、国際民間航空機関（ICAO)、国際標準化機構（ISO）等への国際基準案等の我が国の提案作成に積極的に関与する。

特に本年度は、海上交通の分野においては、係船装置に関する国際基準策定に貢献する。

また、我が国の提案実現のため、本年度計画期間中に国際基準及び国際標準に関する国際会議にのべ63（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。

加えて、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。また、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。

◆平成３０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。

◆平成３０年度における取組状況

①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), 国際民間航空機間（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: Interational Atomic Energy Agency), 国際航路協会（PIANC）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。平成 30 年度においては、目標である 63 人を上回るのべ 105 人が参加し、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、30 年度は、各種委員会に対して合計 36 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。

電子航法研究所では、45 件の技術資料の発表を行った。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技術支援を積極的に行い、国際標準の策定に貢献している。

(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。平成 30 年度においては日本からの提案文書４５本のうち３６本に海上技術安全研究所が深く関与し大きな貢献を果たした。

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、平成 30 年度は、のべ 23 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。中でも、継続的に出席している研究者 1 名は、船舶設備小委員会（SSE）の議長を務めるとともに、船舶設計・建造小委員会（SDC）の係船索に関する作業部会の議長や会期間通信審議グループのコーディネーター、貨物運送小委員会（CCC）の IMSBC コード（国際海上固体ばら積み貨物規則）関係作業部会のコーディネーターを務めるなど、我が国代表団の中心的存在として我が国意見の国際規則・基準への反映に寄与するとともに、IMO における基準策定全般に大きな貢献を果たした。また、他の研究者１名は、これまでの研究の成果が国際的に評価され、IMO から船級協会が策定する船体構造規則の監査員として指名されたため、今後、公平かつ合理的な規則策定への貢献が

期待されている。

・係船設備に係る基準の策定への貢献

大型船舶を係船するロープが破断して死傷者が出る事故が国内外で多数発生していることを受け、IMO は、こうした事故の防止のため、SOLAS 条約（海上人命安全条約）の改正に加え、関連する指針の改正及び新たな指針の策定について審議している。

船舶設計・建造（SDC）小委員会は平成 29 年 2 月の第 4 回会合（SDC 4）以降、会期間通信グループ（CG）を設置されているが、海上技術安全研究所職員は、SDC 4 から平成 30 年 1 月の第 5 回会合(SDC 5)の間は、デンマーク代表とともにコーディネーターを務め、SDC 5 から平成 31 年 2 月の第 6 回会合（SDC 6）までは、単独でコーディネーターを務め、CG の運営に 30 年度も引き続き貢献した。

さらに、SDC 6 において、海上技術安全研究所職員が作業部会の議長を務め、以下の SOLAS 条約及び各種指針の改正案をまとめ上げ、係船設備に係る基準の策定に貢献した。

SOLAS 条約第Ⅱ-1 章第 3-8 規則「曳航及び係船設備」の改正案
船上の曳航及び係船装置のガイダンス（MSC.1/Circ.11775）の改正案
安全な係船作業のための係船設備の設計と装置の選定に係るガイドライン案
係船索を含む係船装置の点検と保守に係るガイドライン案

表１．６．１　IMO に係る会議参加数（23 人）

会議名	会議の目的	参加延べ人数
第 72 回海洋環境保護委員会（MEPC 72）	義務要件の採択及び EEDI に係る審議	2
第 29 回編集・技術グループ E&T29 (IMSBC)	IMSBC Code 改正案の審議	1
第 99 回海上安全委員会（MSC 99）	船舶設備小委員会の作業計画、自動運航船関係	1
第 5 回貨物運送小委員会（CCC 5）	固体ばら積み貨物運送基準、ガス等低引火点燃料船コード	2
第 30 回編集・技術グループ E&T30 (IMSBC)	IMSBC Code 改正案の審議	1
第 24 回汚染危険評価作業部会（ESPH 24）	IBC コード改正案の審議	1
第 73 回海洋環境保護委員会（MEPC 73）	義務要件の採択、EEDI 及び GHG 削減方法に関する審議	4
第 100 回海上安全委員会（MSC 100）	船舶設備小委員会の報告等、自動運航船関係	2
第 6 回航行安全・無線通信・捜索救助小委員会（NCSR 6）	e-Navigation 関係	1
第 6 回船舶設計･建造 小委員会(SDC 6)	係船装置の要件に係る審議	1
第 6 回汚染防止･対応 小委員会(PPR 6)	船舶からのブラックカーボンの排出規制及び IBC コードに係る審議	3
第 6 回船舶設備小委員会（SSE 6）	救命設備及び Ro-Ro 旅客船安全に係る審議	3
第 4 回 GHG Sttudy 準備のためのエキスパートワークショップ（GHG EW 1）	GHG Study に係る情報収集及び作業計画案の検討	1

(イ)ISO 及び IEC における活動

平成 30 年度は ISO の会議にのべ 19 名、IEC の会議にのべ 3 名、が出席し、また ISO の TC 8（船舶及

び海洋技術）のプロジェクトリーダーやコンベナーを務めており、小委員会の運営、規格策定作業に貢献した。

・当所職員がプロジェクトリーダーを務めた救命設備等に係るISO規格の制定

ISO/TC 8/SC 1（国際標準化機構／船舶及び海洋技術専門委員会／海上安全分科委員会）において海上技術安全研究所職員がプロジェクトリーダーを務めた、ISO の以下の規格をまとめ上げ、救命設備等に係る規格の策定に貢献した。

ISO 18079-5:2018 膨脹式救命設備の整備 第 5 部 膨脹型救助艇（Servicing of inflatable life-saving appliances – Part 5: Inflated rescue boats）

ISO 17339:2018 生存艇及び救助艇のシーアンカー（Sea anchors for survival craft and rescue boats）

具体的には、ISO 18079-5:2018 の規格は、救命設備の規格であり、ISO 18079 シリーズ「膨脹式救命設備の整備」の一部である。このシリーズは、膨脹部を有する救命設備の整備を規定するもので「第1部 一般規定」「第2部 膨脹式救命いかだ」「第3部 膨脹式救命胴衣」「第4部 降下式生存艇乗込装置」「第5部 膨脹型救助艇」で構成されており、ISO 18079 シリーズ全5部は、ISO/TC 8/SC 1 のプロジェクトであり、新規の ISO 規格として一括して制定された。制定に際しては、整備業務に影響することは当然のことであるが、非常時の安全に関わるため、日本の膨脹型救助艇メーカーをはじめとする国内関係者と協力して、規格をまとめ上げ、規格の策定に貢献した。また、ISO 17339:2018 の規格はシーアンカーの規格であり、シーアンカーとは、漂流中の救命艇／救助艇や、もともと推進力を持たない救命いかだが、水中に投げ込んで使用する装備品であり、流れや波に対して救命いかだ等の向きが縦になるようにして、救命いかだ等の安定性を保つためのものである。ISO 17339:2018 は、シーアンカーの機能と試験方法を規定するものであり、ISO/TC 8/SC 1 のプロジェクトとして 2002 年版が全面的に改訂された。改訂に際しては、SOLAS 条約で義務化されている国際救命設備（LSA）コードの要件との整合を図るとともに、国内外の製品の動向を踏まえつつ、日本製品の市場確保を図った。これまで使用されてきた 2002 年版では、シーアンカーの形状（吹き流し型）が規定されていたことに加え、LSA コードの要件以上の過剰な試験を含んでいた。ISO/TC 8/SC 1 での議論では、当初欧州を中心に、過剰な試験の一部を残すとの意見が大勢を占めたが、当所による LSA コード及び救命設備試験勧告に関する調査に基づいた論理的な主張により、試験方法を適正化するとともに、設計や材質を限定せずに性能を規定することで、我が国で一般的に用いられているパラシュート型のシーアンカーにも合致する規格に改訂することに貢献した。

・海洋環境に係る ISO 規格制定への貢献

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）の排気ガス洗浄装置作業部会（WG 10: Exhaust Gas Cleaning Systems）において、海上技術安全研究所職員がコンベナーに選出され、あわせて、ISO 23668「排気ガス洗浄装置の船上 pH モニタリング装置」の規格制定のプロジェクトリーダーを務めた。具体的には、新規作業計画の投票に先立って、平成 30 年 6 月にスウェーデンで開催された ISO/TC 8/SC 2 の会合において規格の必要性等についてプレゼンテーションを行い、理解の促進に努めた。30 年度は規格案についての意見照会中で、各種コメントについては、令和元年 5 月に京都で開催される、作業部会の第 1 回会合において審議する予定である。

また、ISO 21716「防汚塗料の性能試験法」に係るシリーズ規格制定のプロジェクトリーダーを海上技術安全研究所職員が務め、平成 31 年 1 月に開催された ISO/TC 8/SC 2/WG 5「船舶防汚システム作業部会」における審議を経て、作業を進めており、海洋環境に係る ISO 規格制定に向けた貢献を行った。その他、海上技術安全研究所の研究成果が、ISO19904-1（円筒型浮体の VIM 関連（強い海流下での渦励起動揺（Vortex Induced Motion））に反映した。

・工業標準化事業表彰（経済産業大臣表彰）を受賞

海上技術安全研究所の福戸研究監は、ISO/TC 8/SC 6（国際標準化機構／船舶及び海洋技術専門委員会／航海及び操船分科委員会)の委員として国内産業競争力強化や航海の安全向上に貢献したとして、工業標準化事業表彰（経済産業大臣表彰）を平成 30 年 10 月 2 日受賞した。

受賞の主な功績としては、16 年におよぶ長期間にわたって、ISO/TC 8/SC 6 の国内対策委員会である航海分科会の委員として貢献及び研究活動に邁進した。その間、日本が提案した 19 件におよぶ国際規格の策定に貢献するとともに、TC 8/SC 6/WG 9（インジケーター作業委員会）のコンベナー、プロジェクトリーダーとして、ISO 19697:2016（船用電子傾斜計）や ISO/DIS 21792（船内電話設備に関する指針）など日本の舶用機器メーカーの基準を国際規格化し、産業競争力強化や航海の安全向上に貢献したことによるものである。

図１．６．１　工業標準化事業表彰式

国際標準化機構（ISO）の国内委員会に当研究所の研究者が委員として参画し、我が国の技術の国際標準化に積極的に貢献した。

表１．６．２　ISO、IEC に係る会議参加数（22 人）

会議名	会議目的	参加延べ人数
ISO/TC 8/WG 10	自動運航船等スマートシッピングに係る規格案の審議	5
ISO/TC 8/SC 1 及び TC 8/WG 4	海事保安関係規格案及び救命設備関係規格案の審議	2
IEC/ISO/IEEE/ TC 18/JWG 28	陸電関係規格案の審議	1
ISO/TC 8/SC 2	防汚塗料関係規格案及び ESCG 関係規格案の審議	2
ISO/TC 8/SC 4&WGs	揚荷装置・係船設備に係る規格案及び貨物固定装置関係計画の審議	3
ISO/TC 67/SC7	海洋構造物関係規格案の審議	1
ISO/TC 292/WG 6	物流セキュリティー関係	1
IEC/TC 18	舶用電気設備関係規格案の審議	1
ISO/TC 8/SC 1/WG 1	救命設備関係規格案の審議	1
ISO/TC 8/SC 2/WG 5	防汚塗装評価法関係、規格案の審議	1
ISO/TC 188/SC 1	イマーション・スーツ関係、規格案の審議	2
IEC TC103/WG6	無線通信のための光ファイバ無線技術の標準化	1

ISO/TC 20/SC 16	無人航空機システムの標準化	1

(ウ)IAEA における活動

平成 30 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。

表１．６．３　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
自然起源放射性物質（NORM）WG	NORM 輸送の課題と次回サイクルに向けた基準の見直し	1
第 36 回輸送安全基準委員会（TRANSSC36）	放射性物質輸送に係る安全基準の審議	1
輸送貯蔵兼用キャスク技術会合	輸送貯蔵兼用キャスクの一般的試験条件を定義する手法に関する審議	1
自然起源放射性物質（NORM）WG	自然起源放射性物質（NORM）輸送規制の見直し	1
第 37 回輸送安全基準委員会（TRANSSC37）	放射性物質輸送に係る安全基準の審議	1

(エ)国際航路協会（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、平成 30 年 4 月にドイツで開催された PIANC INCOM Workiong Group 128 に研究者が参加して「植生を利用した河岸浸食防止策に関する指針と事例」に関する記述内容の修正を行った。また、平成 30 年 5 月にパナマで開催された PIANC World Congress に研究者が参加して「津波の越流時に防波堤ケーソンに作用する水圧分布」を発表するなど、会議への参加を通じてその活動に貢献した。PIANC YP-Com & PIANC World Congress（パナマ）においては、日本を含めたアジア・パシフィック地区の活動状況について報告し、アジア・パシフィック地区の今後の活動方針について主動して議論を進めた。PIANC YP-Com Asia-Pacific Seminar（韓国）においては、本セミナーの開催を企画し、韓国でのセミナー運営をサポートするなど、戦略的な国際活動の推進に重要な役割を果たした。

表１．６．４　PIANC に係る会議参加数（10 人）

会議名	会議の目的等	参加延べ人数
PIANC INCOM Working Group 128	Alternative Technical-Biological Bank Protection Methods for Inland Waterways	1
PIANC World Congress	４年に１度の世界大会	3
PIANC Mar-Com Working Group 153B	Recommendations for the Design and Assessment of Marine Oil and Petrochemical Terminals「臨海部石油化学コンビナートの設計と評価の提案」のレポート取りまとめ	1
PIANC YP-Com Asia-Pacific Seminar	港湾に関する若手の技術者や研究者が世界から集	3

	まる会議	
PIANC Working Group 214 meeting	beneficial use of sediment 「堆積物の有効利用」	1
PIANC Mar-Com Working Group 211 Kick off meeting	「防舷材システムの設計ガイドライン」(2002 発刊) の改訂を目的	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。国際民間航空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。また、個別の事項に対応するため結成される各種タスクフォースにおいて、電子航法研究所の研究員がタスクリーダーを務めるなど大きな貢献を行っている。

これに加え、米連邦航空局(FAA)の支援を受ける RTCA, Inc. や非営利団体である欧州民間航空電子装置機構(EUROCAE)が米国や欧州域内の技術基準を定めている。そして 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 EUROCAE や RTCA 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。

・航空監視マニュアル（Doc 9924）に係る貢献

航空機監視用である 1030/1090Mhz 帯周波数の信号環境の解析結果について、米国と欧州の測定条件に多くの相違点が存在することが明らかとなり、ICAO の航空監視マニュアル（Doc 9924）に新たに基準となるガイダンスを追加することとなった。電子航法研究所では実験用航空機を利用し、航空機監視用である 1030/1090MHz 帯における信号環境を測定しており、電子航法研究所の研究結果がマニュアルに反映されることが決定した。

・次世代 SBAS の標準化への寄与

電子航法研究所では、次世代 SBAS である DFMC SBAS の実用化に向けて、世界に先駆けて実証実験を実施し、国際社会における日本の優位性を向上させた。ICAO の航法システムパネルなど国際基準策定の場に積極的に参加するとともに、DFMC SBAS SARPS の検証のための資料を積極的に提供し、国際基準の策定作業に貢献した。

・EUROCAE WG-100 への寄与

EUROCAE WG-100 は、リモート・バーチャルタワーに関する基準を検討する会議である。本会議にて, 平成 29 年度までに視覚センサ（カメラ）に相当する「Visual Surveillance Sensor」の最低航空性能基準(Minimum Aviation System Performance Standards, MASPS)として、映像による物体の検知や追尾、また追跡用カメラの反応時間等についての性能基準が ED-240A としてまとめられた。現在は Visual だけでなく Non-optical Sensor も含めた性能基準を ED-240B としてまとめるための議論が行われている。電子航法研究所では、これらの会議に積極的に参加し、視覚センサと無線システムによる監視システムを統合するための国際基準の策定作業に貢献している。

・新設された EUROCAE WG-109 への参画

EUROCAE WG-109 は 2018 年 3 月に設立されたワーキンググループであり，滑走路面に存在する汚染物質（雪，砂，等）についての情報を乗務員に伝えるシステムに関する議論を行い， MASPS を策定することを目的とする。今後研究成果を活用し、当該技術の標準化への貢献を進める。

表１．６．５　ICAO、RTCA、EUROCAE に係る会議参加数（55 人）

会議名	会議の目的	参加延べ人数
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定類の取り纏め	13
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纏め	2
航法システムパネル(ICAO 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纏め	8
管制間隔・空域安全パネル（ICAO SASP)	現行および将来の CNS／ATM システムの安全性評価手法、エンルートとターミナル空域における管制間隔基準の検討を行う会議	3
航空交通管理要求・性能パネル（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	1
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を他の無線システムからの干渉を防止するための会議	3
遠隔操縦航空機システムパネル(ICAO RPASP)	無人機を民間航空用空域に統合するための運用及び技術に関する検討を行う会議	2
アジア太平洋地域航空計画実施グループ(ICAO APAC APANPIRG)	アジア太平洋地域各国間の航空交通サービス及び航空保安施設等に関する実施計画等を調整するための会議	1
アジア太平洋地域 SWIM タスクフォース(ICAO APAC SWIM Taskforce)	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	2
アジア太平洋地域監視ワークショップ(ICAO APAC Surveillance Workshop)	アジア太平洋地域における監視システムについて検討を行う会議	1
国際連合宇宙部 国際 GNSS 委員会ワーキンググループ B 中間会議(UNOOSA ICG WG-B Interim Meeting)	国際連合宇宙空間平和利用委員会の下で国際宇宙情報システム，特に衛星航法システムに関係する情報を共有する会議	1
EUROCAE 総会/シンポジウム	EUROCAE 関係者、国際標準策定関係機関が一同に会する会議	1
RTCA Global Aviation シンポジウム	RTCA 関係者、国際標準策定関係機関が一同に会する会議	1
RTCA SC-159,EUROCAE WG-62	GNSS を利用する航法装置に係る MOPS、MASPS の策定のための作業部会	1
EUROCAE WG-83	滑走路異物検出システムの技術要件等を策定するための作業部会	2
航空機内データ通信に関する作業部会(RTCA SC-236,EUROCAE WG-96)	航空機内データ通信 Wireless Avionics Intra-Communication System (WAIC)に関する検討を行う作業部会	4
リモートタワーに関する作業部会	リモートタワー業務に使われるカメラ等、映像系	6

(EUROCAE WG-100)	システムを検討する専門委員会	
EUROCAE WG-107	GNSS 障害が発生した際の DME/DME 測位方式による RNP 運航環境維持に係る検討を行う作業部会	2
滑走路気象情報システムに関する作業部会 (EUROCAE WG-109)	滑走路面に存在する汚染物質（雪，砂，等）についての情報を運航乗務員に伝えるシステムに関する作業部会	1

(カ)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１．６．６　その他国際会議における会議参加数（24 人）

会議名	会議目的	参加延べ人数
国際溶接会議（IIW）第 XIII（疲労）委員会	溶接構造の疲労設計に関する規格案の審議	1
International Council on Clean Transportation (ICCT), 5th Workshop on Marine Black Carbon Emissions	船舶から排出される Black Carbon に係る情報交換	1
Division of Spent Fuel Management Regulatory Conference 2018	用済核燃料の中間貯蔵と輸送の規制に係る意見交換	1
第 24 回将来の航空交通システムの調和に関する会議(FATS/24)	将来の航空交通システムの相互運用性を向上させるための日米間会議	2
第 19 回国際 GBAS 作業グループ会議 (I-GWG19)	耐航性試験法・推奨試験法全般・環境条件・実海域性能に係る審議	7
第 44 回日米航空管制調整グループ会議 (IPACG/44)	北部・中部太平洋における円滑な交通流の形成のための日米航空管制当局間会議	2
第 4 回日欧 GNSS 官民ラウンドテーブル	衛星測位を活用した重点産業分野の特定と新事業・サービスの創出に向けた日欧間の政策協力	1
第 4 回日欧宇宙政策対話	宇宙政策の現状に関する情報共有と宇宙分野における EU と日本の協力のための意見交換	1
ベトナム航空当局とのマルチラテレーションシステム連携会議	ベトナム航空当局のマルチラテレーションシステム導入の支援	1
EUROCAE-ENRI/JCAB/JRANSA 会議	EUROCAE の事務局長及び技術部長を ENRI に招き，国際標準化の将来の方向性について，日本側 (ENRI，航空局，JRANSA)メンバーと意見交換を行った。	7

（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

国際会議の主催及び共催や積極的な参加、あるいは海外の関係研究機関との研究協力協定の締結等を通じて、幅広い交流や連携の強化を図る。

港湾分野においては、世界各国の研究機関等との連携を強化するとともに、アジア・太平洋地域をはじめとする各地の現場が抱える技術的課題の解決や、大規模自然災害への技術的支援を通じて国際貢献を推進する。さらに、海外における被災状況の調査等を通じた情報収集により、我が国の防災及び減災対策に資する知見の蓄積に努める。

また、航空交通分野においては、全世界で航空交通サービス等の均質性と連続性の確保が重要となることから、航空交通システム等に係る技術開発について、国際ワークショップ等を通じた技術交流や協力協定等による国際連携を強化する。特に、我が国と近隣アジア諸国との技術協力等を拡大し、継ぎ目のない航空交通（シームレススカイ）実現を支援する。

【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の主催や共催、国際会議への積極的な参加、在外研究の促進等を通じ、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との研究協力協定や教育・研究連携協定の締結、これに基づく連携の強化を図ることにより、関連する研究分野において研究所が世界の先導的役割を担うことを目指す。

また、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。

具体的分野として、港湾分野においては、アジア・太平洋地域をはじめとする世界各地の研究機関等との連携を強化するとともに、大規模自然災害や沿岸域の環境問題等への技術的支援を通じて国際貢献を推進する。また、海外における被災状況、沿岸環境等に係る情報収集を行い、我が国はもちろんのこと世界的規模での防災・減災対策、環境対策に貢献する技術や知見を蓄積する。

航空交通分野においては、航空管制業務等に係る多くの技術や運航方式等について、世界での共用性を考慮する必要があることから、各国の航空関係当局や研究機関及び企業等と積極的に技術交流及び連携を進める。特に、継ぎ目のない航空交通（シームレススカイ）実現を支援するため、我が国と近隣アジア諸国の研究機関との技術協力等を拡大する。

【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の主催や共催、国際会議への積極的な参加、在外研究の促進等を通じ、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。本年度計画期間中に国際会議において 200 件以上の発表を行うとともに、国際ワークショップ等を3回以上開催する。

また、国外の関係研究機関との研究協力協定や教育・研究連携協定の締結、これに基づく連携の強化を図ることにより、関連する研究分野において研究所が世界の先導的役割を担うことを目指す。

また、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。

具体的分野として、港湾分野においては、アジア・太平洋地域をはじめとする世界各地の研究機関等との連携を強化するとともに、大規模自然災害や沿岸域の環境問題等への技術的支援を通じて国際貢献を推進する。また、海外における被災状況、沿岸環境等に係る情報収集を行い、我が国はもちろんのこと世界的規模での防災・減災対策、環境対策に貢献する技術や知見を蓄積する。

航空交通分野においては、航空管制業務等に係る多くの技術や運航方式等について、世界での共用性を考慮する必要があることから、各国の航空関係当局や研究機関及び企業等と積極的に技術交流及び連携を進め

る。特に、継ぎ目のない航空交通（シームレススカイ）実現を支援するため、我が国と近隣アジア諸国の研究機関との技術協力等を拡大する。

◆平成30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。

◆平成30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

平成 30 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 200 件を上回る 249 件の発表を実施した。

港湾空港技術研究所では、「OCEANS'2018 Charleston」（米国）において、日本から参加した産学官で構成される Japan Pavilion の一員として、港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する最新の研究成果を展示し、海外の研究機関と活発な技術交流を行った。

電子航法研究所では東京ビッグサイトで開催された国際航空宇宙展 2018 東京(Japan International Aerospace Exhibition 2018 Tokyo, (一社)日本航空宇宙工業会および(株)東京ビッグサイト主催, 東京都協賛)にて, 平成 30 年 11 月 29 日に「将来の航空像とその実現を目指す標準化動向」と題してセミナーを開催した。セミナーでは EUROCAE 事務局長, 国土交通省航空局 交通管制部 航空交通国際業務室長, 電子航法研究所長が講演を行った。EUROCAE 事務局長の講演では, EUROCAE における国際標準化活動において, 過去 4 ヶ月で電子航法研究所からの活動が 128 件あったことを述べた。これは EUROCAE 自身も含め 7 番目に大きな貢献であり, 電子航法研究所を筆頭とする日本の貢献度が高いことを述べ, 謝意を表した。航空交通国際業務室長の講演では我が国が推進する CARATS の現状について説明があり, 電子航法研究所からの技術的な貢献について述べた。電子航法研究所長の講演では, 我が国からの国際標準に対する貢献として, 所長が専門とする航空機衝突防止装置の研究開発および国際標準化の経緯について述べた。セミナーには航空行政関係者, 機器製造者, 研究者, 等約 100 名が参加した。

図1．6．3　国際航空宇宙展 2018 東京の開催の様子

その他、海上技術安全研究所では、国際会議において論文が表彰され、海上技術安全研究所職員が Advanced Maritime Engineering Conference（AMEC2018）において論文賞を受賞した。

また、本年度は目標の 3 件と同じく 3 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、国土交通省海事局及び（一財）日本船舶技術研究協会とともに、平成 30 年 5 月にロンドンの IMO において、自動運航船及び IMO 規則に関する国際ワークショップを開催した。IMO 事務局長による開会の言葉に続き、IMO 海上安全部長による基調講演があり、引き続くセッション 1 では、自動運航船の研究開発状況等について、日本国内関係者のものを含め、4 件の発表があり、セッション 2 では、規則に係る検討結果について、国土交通省海事局のものを含め、3 件の発表があった。また、セッション 3 では発表者全員によるパネルディスカッションを行った。 本国際ワークショップには、約 60 の国や国際機関から約 250 名の参加があった。これにより、「自動運航船の規制面での論点整理」の審議について各国の理解を深め、IMO 小委員会における論点整理のためのフレームワーク策定に際し大きく貢献した。

図1．6．1　自動運航船と IMO 規則に関する国際ワークショップの様子

港湾空港技術研究所においては、平成 30 年 12 月に福岡県において、「第6回 日韓沿岸技術研究ワークショップ」を開催した。

また、平成 27 年 12 月の国連総会で、日本の津波防災の日である 11 月 5 日が「世界津波の日」に制定されたことから、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。平成 30 年 11 月 7 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「濱口梧陵国際賞授賞式及び記念講演会」を開催し、間瀬 肇 京都大学・名誉教授／特任教授、Harry Yeh オレゴン州立大学教授及び DONET（地震・津波観測監視システム）開発チームの 2 名 1 団体が受賞し、受賞者には秋元国土交通副大臣より表彰盾が授与された。

図1．6．2　濱口梧陵国際賞授賞式の様子

電子航法研究所では昨年度に引き続き、スペイン王国マドリード市にて平成 31 年 3 月 12 日から 3 月 14 日に開催された、民間航空交通管制業務提供機構(Civil Air Navigation Services Organisation, CANSO)が主催する，民間航空管制機関を対象とした世界最大規模の展示会である World ATM Congress 2019 に出展した。今年度は管制官ワークロード評価及び滑走路地上走行シミュレーション（COMPASi＆GRACE）および滑走路異物検知システム(FODDS)の出展を実施した。COMPASi & GRACE については，イメージ動画を内部ディスプレイで流すとともに，ノート PC にて実際のシミュレータを展示した。来場者からは導入している場所や企業に関する質問など，製品として捉えた質問が多くみられた。FODDS の展示については、当所と共同研究を実施している日立国際電気および情報通信研究機構の担当者にも協力いただき展示を実施した。FODDS のイメージビデオおよびジオラマの宣伝効果は非常に高く、それらの展示に立ち止まった参加者と積極的に議論を行うことができた。電子航法研究所の要覧の配布等、研究所の国際社会におけるプレゼンスの向上に努めた。さらに、将来的な研究計画の策定の一助となるよう、会場にて実施された各種講演の聴講を通じて海外の航空交通管制や ATM 産業界の動向を調査した。

図1．6．4　World ATM Congress 2019 展示ブース風景

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、平成 30 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を結び、引き続き研究連携の深化を図った。特に、GHG 削減対策の一つであるバイオ燃料油の使用に関する研究協力等のため、インドネシア政府機関及びスラバヤ工科大学と提携した。（機関一覧：オランダ・海事研究所(MARINE)，フランス・海洋汚染研究センター(Cedere)，カナダ・海洋技術研究所(UIOT)，韓国・海事研究所(KMI)，インドネシア・技術評価応用庁(BPPT)，インドネシア・スラバヤ工科大学(ITS)，ブラジル・カンピナス大学，ブラジル・サンパウロ大学）

港湾空港技術研究所では、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 年度以降平成 30 年度までに、国内 13 件、海外 27 件、合計 40 件の研究協力協定を締結しており、平成 30 年度は、国際ブルーカーボンパートナーシップ事務局 オーストラリア政府との研究協力協定を締結した。

電子航法研究所では、ドイツのブラウンシュヴァイク工科大学（Technische Universität Carolo-Wilhelmina Braunschweig, TUBS）、中国航空大学校（Civil Aviation University of China）との包括連携協定を締結した。将来の航空交通管理と通信，航法，監視技術における研究開発について，電子航法研究所と TUBS の Institute of Flight Guidance および Institute of Electromagnetic Compatibility は長年共同研究を行っており，両機関に

おいて更なる研究の可能性を生み出すため，今まで Institute 別に締結されてきた合意文書を一つの文書にまとめることとし，ENRI と TUBS の間で了解覚書(MoU)を締結した。平成 30 年 11 月 1 日にブラウンシュヴァイク工科大学より学長以下 4 名が電子航法研究所に来所し，MoU 締結式および意見交換会を行った。本 MoU により，当所の研究者 1 名が平成 31 年 1 月より 1 年間、TUBS にて在外研究を行うこととなった。その他，在外研究は研究者 2 名がフランス民間航空学院(ENAC)および欧州 GNSS 監督庁（GSA）で共同研究を実施した。これらにより、今後の相互連携強化が期待される。

図1．6．5　ブラウンシュヴァイク工科大学との包括連携協定調印式の様子

また、ベトナム科学技術アカデミー地球物理研究所（IGP-VAST）と研究協力覚書を締結し、2019 年 1 月に当所の所長がベトナム国ハノイ市を訪問し、記念式典に参加した。

図1．6．6　ベトナム科学技術アカデミー地球物理研究所との記念式典の様子

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、国内大学より海外の研修員を受け入れ、船舶の性能評価・海洋開発などに関する研究連携の深化を図った。また、海事技術者の育成を目的として、国立大学法人東京大学が実施する産学連携新領域創成プログラム（※）において研究者1名を MIT(米マサチューセッツ工科大学)に派遣させ、研究連携の推進や国際競争力の高い人材の育成に努めた。

※産学連携新領域創成プログラム　研究者・技術者が東京大学での特設講義・演習を受講した後、MIT の社会人向け修士課程である SDM コース(MIT System Design and Management)に参画し、約 3 か月間にわたり MIT に滞在して、様々な国籍の学生と共に短期研究を行うことを特徴とする制度。

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）」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述べ 14 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、独立行政法人国際協力機構（JICA）の「New CNS/ATM 専門教官の能力向上研修」の一環として、ミャンマーの研修生に対して GBAS、WAM、リモートタワーの講義を平成 30 年 6 月 26 日に開催した。平成 30 年 11 月 16 日から 12 月 20 日まで，ブータン王国航空局より 2 名の研修生を受け入れ，放送型自動従属監視(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)による航空機監視に適した覆域設計手法の高度

化手法について、研究員の指導により共同研究を行い，山岳地域における覆域設計についての指針を得た。また、ベトナム IGP-VAST との研究協力覚書に基づいて、平成 31 年 1 月からベトナム国・ハノイにおいて電離圏共同観測を開始するとともに、平成 31 年 2 月 18 日から 3 月 1 日まで、IGP-VAST の研究者 2 名が電子航法研究所を訪問し、当所研究員の指導の下で、ベトナム国での GBAS 導入のための電離圏解析を実施した。さらには、平成 31 年 1 月 24 日には米国マンスフィールド財団による研修の一環として，米国連邦航空局から国土交通省航空局に派遣されている研修生を当所で受け入れ，我が国の航空交通管理及び通信・航法・監視システムの研究開発状況等について研修を実施し、国際交流の推進に努めた。

図1．6．7　ブータン王国航空局研修終了時の写真

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）統合に伴う業務運営の効率化

統合により生じる事務の煩雑化等の影響を軽減し、円滑な業務運営の確保に努める。

また、間接部門について、研究開発成果の最大化及び業務効率と質の最大化を図りつつ、効率化する。

さらに、一括調達の導入を進めるとともに、システムの合理化などの統合に伴う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。

（２）業務の電子化

テレビ会議やメール会議の更なる活用等、ＩＣＴ環境の整備等により、業務の電子化を図る。

（３）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　本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、厳しく検証を行った上で、その検証結果や取組状況については公表する。

エ　「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。

オ　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。

【中長期計画】

１．統合に伴う業務運営の効率化

統合により生じる事務の煩雑化等の影響を軽減し、円滑な業務運営を図る。

また、間接部門について、研究開発成果の最大化及び業務効率と質の最大化を図りつつ、効率化する。具体的には、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ことにより、一層の管理業務の効率化に取り組む。

さらに、一括調達の導入を進めるとともに、システムの合理化などの統合に伴う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。

２．業務の電子化

テレビ会議やメール会議等の更なる活用、ＩＣＴ環境の整備等により、業務の電子化を図る。

３．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　本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、厳しく検証を行った上で、その検証結果や取組状況については公表する。

エ　「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。

更に、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。

オ　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）統合に伴う業務運営の効率化

統合により生じる事務の煩雑化等の影響を軽減し、円滑な業務運営を図る。

また、間接部門について、研究開発成果の最大化及び業務効率と質の最大化を図りつつ、効率化する。具体的には、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ことにより、一層の管理業務の効率化に取り組む。

さらに、一括調達については、コピー用紙をはじめ、複写機賃貸借及び保守契約、機械警備契約など、業務効率と経費の双方に留意して５件以上を目標に実施する。一括調達の導入を進めるとともに、システムの合理化などの統合に伴う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。

（２）業務の電子化

引き続きテレビ会議やメール会議等の活用、ICT 環境の整備等により、業務の電子化を図る。

（３）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　本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、厳しく検証を行った上で、その検証結果や取組状況については公表する。

エ　「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）、で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。

更に、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。

オ　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自律的な取組を実施する。

◆平成３０年度計画における目標設定の考え方

平成 30 年度においては、統合により生じる事務の煩雑化等の影響を軽減し、円滑な組織運営を図ることとした。

また、業務運営の効率化は当研究所が取り組むべき重要な課題であり、一層の管理業務の効率化について取り組むこととした。

◆平成３０年度の取組状況

１．統合に伴う業務運営の効率化

（１）円滑な業務運営

「経営戦略室」を運営する等統合に発生する事務について分担を図り、府省庁等に対する窓口を同室に一本化することで業務を遂行した。

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、統合による規模拡大の効果を業務の効率化に導くため、「業務効率化検討委員会」を運営し、対象業務の抽出、標準化・統一化、外部化を含む効率的な業務処理体制の検討、そのために必要となる情報、課題共有のための体制の検討を実施した。平成 30 年度においては、各研究所の旅費業務の運用ルールについて、統一するべく検討を行い、令和元年度より統一されることとなった。業務効率化に向けた研究職からの要望調査等を実施し、研究者の要望を踏まえた課題を抽出した。

その他、ICT 環境の整備等の効率化に関連して、3 研究所が連携して「法人として共通のセキュリティー水準を念頭にセキュリティー対策を推進したこと」が内閣サイバーセキュリティセンター（NISC）によるセキュリティー監査において「他法人に推奨される良好事例」として評価された。これは、統合に伴うシステムの合理化に 3 研究所が連携して取り組んだ成果である。

（２）一括調達等による取組

平成 30 年度において、従来より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、平成 30 年度においては以下の 5 件について一括調達を行った。

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。

・海外旅行保険

・安全保障輸出管理研修
・省エネルギーコンサルティング業務
・草刈業務
・業務実績等報告書印刷及び製本作業

また、システムの合理化などの統合に伴う適切な環境整備について、平成 31 年度当初から 3 研究所統一の新しい会計システムを稼働するべく、平成 30 年度においては、詳細仕様の検討、システムの導入・整備及び職員に対する説明会を開催するなど、稼働の準備を進めた。これにより、今後の会計基準等の改正に伴うシステム改修の手間が 1/3 になる他、会計処理が統一できることにより、平成 31 年度からの財務会計業務の効率化に寄与した。

また、e-ラーニングを通じて、文書管理や個人情報保護等に関する研修を研究所合同で実施することにより、研修時間等の効率化を図った。

２．業務の電子化

（１）テレビ会議による効率化

テレビ会議システムによる幹部会、役員連絡会などを開催し、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。

（２）メール会議による効率化

上記２.（１）のテレビ会議の他に、担当者間による情報共有や意見交換などを実施する際にメール会議を実施し、管理業務の効率化の状況に関し、随時見直しを行った。

（３）ICT 環境の整備等による効率化

セキュリティーと利便性を両立させる３研究所の情報ネットワークシステムの統合（研究所間を結ぶ VPN（仮想プライベートネットワーク）の接続）及び３研究所で統一したグループウエアを導入した。これにより、ペーパーレス化を実現し、各研究所間の円滑な情報共有が可能となり、資料準備時間の削減や経費削減等の業務の効率化を図った。

また、このグループウエアの導入により、海上技術安全研究所では、先立って、外部発表許可申請を電子決裁化することにより、決裁時間の大幅な短縮に貢献した。

３．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。

平成 30 年度においては、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、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。

平成 30 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 98.1、研究職種で 102.7 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、平成 30 年度調達等合理化計画を策定し、以下の取り組みを実施した。

・入札参加要件の緩和
・ヒアリング実施

（一者応札・応募の改善のため、入札説明書を受け取ったが入札に参加しなかった事業者）

・共同調達等及び複数年契約の推進

「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、平成 30 年 6 月に平成 30 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、平成 29 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。

また、平成 30 年度の契約においても契約監視委員会を開催し点検を行った。

（４）無駄の削減等に関する自律的な取組

「業務効率化検討委員会」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

知的財産権の活用などにより、適切な水準の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、平成 27 年１月 27 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体制を構築する。

【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　　平成２８年度～平成３４年度予算

（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	18,207	8,228	10,054	36,489
施設整備費補助金	3,895	3,299	947	8,142
受託等収入	3,893	7,867	1,214	12,975
政府出資金		1,000		1,000
計	**25,995**	**20,394**	**12,216**	**58,605**
支出				
業務経費	3,519	2,555	5,417	11,490
施設整備費	3,895	3,299	947	8,142
受託等経費	3,325	7,350	1,030	11,704
一般管理費	729	576	292	1,598
人件費	14,528	6,614	4,530	25,672
計	**25,995**	**20,394**	**12,216**	**58,605**

（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　　平成２８年度～平成３４年度予算収支計画

（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	**23,930**	**16,321**	**13,216**	**53,467**
経常費用	23,930	16,321	13,214	53,465
研究業務費	15,100	6,561	8,697	30,358
受託等業務費	3,325	7,350	1,030	11,704
一般管理費	3,676	2,185	1,475	7,336
減価償却費	1,830	226	2,012	4,068
財務費用	0	0	2	2
臨時損失	0	0	0	0
収益の部	**23,930**	**16,321**	**13,216**	**53,467**
運営費交付金収益	18,207	8,228	10,054	36,489
手数料収入	0	0	0	0
受託等収入	3,893	7,867	1,214	12,975
寄付金収益	0	0	0	0
資産見返負債戻入	1,830	226	1,947	4,003
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　　平成２８年度～平成３４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	**25,995**	**20,394**	**12,216**	**58,605**
業務活動による支出	22,100	17,095	11,204	50,399
投資活動による支出	3,895	3,299	947	8,142
財務活動による支出	0	0	65	65
次期中長期目標の期間への繰越金	0	0	0	0
資金収入	**25,995**	**20,394**	**12,216**	**58,605**
業務活動による収入	22,100	16,095	11,268	49,464
運営費交付金による収入	18,207	8,228	10,054	36,489
受託収入	3,596	7,175	1,189	11,961
その他収入	297	692	25	1,014
投資活動による収入	3,895	3,299	947	8,142
施設整備費補助金による収入	3,895	3,299	947	8,142
その他の収入	0	0	0	0
財務活動による収入	0	1,000	0	1,000
政府出資金の受入による収入	0	1,000	0	1,000
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

知的財産権の活用などにより、適切な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、平成 27 年１月 27 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体制を構築する。

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	2,537	1,188	1,398	5,123
施設整備費補助金	40	24	45	109
受託等収入	559	1,124	173	1,857
計	**3,136**	**2,336**	**1,616**	**7,088**
支出				
業務経費	468	205	730	1,403
施設整備費	40	24	45	109
受託等経費	478	1,050	147	1,675
一般管理費	114	84	44	242
人件費	2,035	974	651	3,660
計	**3,136**	**2,336**	**1,616**	**7,088**

（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、平成 30 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	**3,357**	**2,344**	**1,850**	**7,551**
経常費用	3,357	2,344	1,849	7,551
研究業務費	2,093	923	1,201	4,218
受託等業務費	478	1,050	147	1,675
一般管理費	524	339	213	1,077
減価償却費	261	32	287	581
財務費用	0	0	0	0
臨時損失	0	0	0	0
収益の部	**3,357**	**2,344**	**1,850**	**7,551**
運営費交付金収益	2,537	1,188	1,398	5,123
手数料収入	0	0	0	0
受託等収入	559	1,124	173	1,857
寄付金収益	0	0	0	0
資産見返負債戻入	261	32	278	572
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

（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	**3,136**	**2,336**	**1,616**	**7,088**
業務活動による支出	3,096	2,312	1,571	6,979
投資活動による支出	40	24	45	109
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	**3,136**	**2,336**	**1,616**	**7,088**
業務活動による収入	3,096	2,312	1,571	6,979
運営費交付金による収入	2,537	1,188	1,398	5,123
受託収入	517	1,025	170	1,712
その他収入	42	99	4	145
投資活動による収入	40	24	45	109
施設整備費補助金による収入	40	24	45	109
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

知的財産権の活用などにより、自己収入を確保する。

（３）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。

（４）不要財産の処分に関する計画

特になし

（５）財産の譲渡又は担保に関する計画

特になし

（６）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）　等

◆平成３０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。

◆平成３０年度の取組状況

１．運営費交付金を充当して行う事業

平成 30 年度は、運営費交付金を充てるべき支出のうち 182 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、純損失は 315 百万円となり、前中期目標期間に取得した受託資産の減価償却費相当額等を前中期目標期間繰越積立金から取り崩した 234 百万円と合わせて総損失は 81 百万円となっている。これは、減価償却費が前年度比 176 百万円増加したことが主な要因である。

（１）予算

表３．１．１

（単位:百万円）

区　　分	年度計画	実績
収入		
運営費交付金	5,123	7,623
施設整備費補助金	109	279
受託等収入	1,857	3,632
計	**7,088**	**11,533**
支出		
業務経費	1,403	1,601
施設整備費	109	279
受託等経費	1,675	3,327
一般管理費	242	560
人件費	3,660	3,636
計	**7,088**	**9,402**

（２）収支計画

表３．１．２

（単位：百万円）

区　　分	年度計画	実績
費用の部	**7,551**	**9,328**
経常費用	7,551	9,326
研究業務費	4,218	4,249
受託等業務費	1,675	2,533
一般管理費	1,077	1,247
減価償却費	581	1,296
財務費用	0	0
臨時損失	0	2
収益の部	**7,551**	**9,014**
運営費交付金収益	5,123	5,207
手数料収入	0	59
受託等収入	1,857	3,401
寄付金収益	0	1
資産見返負債戻入	572	336
臨時利益	0	10
純損失	**0**	**315**
目的積立金取崩額	**0**	**0**
前中期目標期間繰越積立金取崩額	**0**	**234**
総損失	**0**	**81**

（３）資金計画

表３.１.３

（単位：百万円）

区　　分	年度計画	実績
資金支出	**7,088**	**9,196**
業務活動による支出	6,979	7,842
投資活動による支出	109	1,344
財務活動による支出	0	10
次期中長期目標の期間への繰越金	**0**	0
資金収入	**7,088**	**12,486**
業務活動による収入	6,979	11,202
運営費交付金による収入	5,123	7,623
受託収入	1,712	3,253
その他収入	145	326
投資活動による収入	109	284
施設整備費補助金による収入	109	284
その他収入	0	0
財務活動による収入	0	1,000
前期中長期目標の期間よりの繰越金	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 195 件、競争的資金 96 件の合計 291 件を実施し、3,368 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、79 百万円を獲得した。

３．短期借入金の限度額

特になし。

４．不要財産の処分に関する計画

特になし。

５．財産の譲渡又は担保に関する計画

特になし。

６．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、研究における不正等が起きないよう、研究員を含む役職員に対しコンプライアンスに係る研修を行うなどの取組を強化するとともに、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仕組みなどの内部統制システムを整備する。また、研究所が国立研究開発法人として発展していくため、研究所の組織全体としても、個々の研究者としても、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した対応をとるとともに、研究所としての機能を確実に果たしていく。

さらに、昨今の社会情勢を鑑みれば、個人情報等の保護についても徹底を図っていくことは重要であり、事務室等のセキュリティを確保するとともに、「サイバーセキュリティ戦略」（平成 27 年 9 月 4 日閣議決定）等の政府の方針を踏まえ、適切な情報セキュリティ対策を推進する。

（２）人事に関する事項

職員の専門性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。

また、達成すべきミッションと整合的な人材育成及び登用方針を明確化する。

（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体制を構築し、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

研究所の適正な運営と国民からの信頼を確保するため、適切かつ積極的に情報の公開を行う。

（５）施設・設備の整備及び管理等に関する事項

業務の確実な遂行のために必要な研究施設の計画的整備、維持、補修に努めるとともに、効率的に運営する。また、保有資産の必要性についても不断に見直しを行う。

（※）上記目標の評価は、別紙に掲げる評価軸等に基づいて実施することとする。

【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。また、研究における不正等が起きないよう関係規程の充実を図るとともに、研究員を含む役職員に対し、内部統制に係る研修を行う。

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仕組みとして内部統制推進に関する委員会を設置し、適切に運用する。

研究所が国立研究開発法人として発展していくためには、独立行政法人制度や国の制度等の様々なルールを遵守し適切に行動していく必要がある。研究所の組織全体としても、個々の研究者としても、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した対応をとる。

個人情報等の保護を徹底するため、事務室等のセキュリティを確保するとともに、「サイバーセキュリティ戦略」（平成 27 年９月４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を定め、適切な情報セキュリティ対策を実施する。

２．人事に関する事項
職員の専門性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。
また、達成すべきミッションと整合的な人材育成及び登用方針を策定する。

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体制を構築する。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
研究所の適正な運営と国民からの信頼を確保するため、情報公開窓口を設置するなど、適切かつ積極的に情報の公開を行う。

５．施設・設備の整備及び管理等に関する事項
業務の確実な遂行のため、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。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
旧海上技術安全研究所、旧港湾空港技術研究所及び旧電子航法研究所の前中期目標期間繰越積立金は、前中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。また、研究における不正等が起きないよう関係規程の充実を図るとともに、研究員を含む役職員に対し、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。
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仕組みとして内部統制推進に関する委員会を適切に運用する。
研究所が国立研究開発法人として発展していくためには、独立行政法人制度や国の制度等の様々なルールを遵守し適切に行動していく必要があることから、研究所の組織全体としても、個々の研究者としても、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。
個人情報等の保護を徹底するため、事務室等のセキュリティを確保するとともに、「サイバーセキュリティ戦略」（平成27年９月４日閣議決定）等の政府の方針を踏まえ、適切な情報セキュリティ対策を実施する。

（２）人事に関する事項

職員の専門性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卓越した研究者等の確保を図る。

（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受ける。

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。

また、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）情報公開の促進に関する事項

研究所の適正な運営と国民からの信頼を確保するため、情報公開窓口や、ホームページを活用し、適切かつ積極的に情報の公開を行う。

（５）施設・設備の整備及び管理等に関する事項

業務の確実な遂行のため、別表４に掲げる施設を整備・改修する。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。

（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		109	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	40	
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	24	
③	電子航法に関する研究開発等	45	

(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。

◆平成３０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。

平成 30 年度は、同委員会において、研究所の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。

（２）コンプライアンス違反防止のための取組

研究者を含む役職員に対して内部統制・コンプライアンス研修、研究倫理研修及び安全保障輸出管理研修を合計 3 回実施した。

（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。平成 30 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。

（４）個人情報等保護に関する取組

情報セキュリティポリシーを整備し適切な運用を行った。平成 30 年度においては、個人情報保護研修及び情報セキュリティに関する教育・訓練を実施するとともに、事務室について施錠を徹底する等、セキュリティの確保による個人情報の保護に取り組んだ。

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」を導入し平成 30 年度においては、「クロスアポイントメントに関する細則」を整備した。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補助など、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。

平成 30 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 4 回の外部有識者による評価委員会を開催した。特に、海上技術安全研究所では、研究評価以外に今後の研究所の長期ビジョンについても第三者の視点から外部有識者において検討・コメントをいただき、新しい長期ビジョンに反映した。

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．情報公開の促進に関する事項

ホームページにおいて、法令等で公開することとされている各規程・計画等を公表している。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。

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ごとにＷＧを設置し、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。