平成２９年度　業務実績等報告書

平成３０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 ---------- ３４
（３）海洋の開発 ---------- ６０
（４）海上輸送を支える基盤的な技術開発 ---------- ７８
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 ---------- ９０
（１）沿岸域における災害の軽減と復旧 ---------- ９２
（２）産業と国民生活を支えるストックの形成 ---------- １０６
（３）海洋権益の保全と海洋の利活用 ---------- １２０
（４）海域環境の形成と活用 ---------- １２５
４．電子航法に関する研究開発等 ---------- １３５
（１）軌道ベース運用による航空交通管理の高度化 ---------- １４０
（２）空港運用の高度化 ---------- １５６
（３）機上情報の活用による航空交通の最適化 ---------- １７４
（４）関係者間の情報共有及び通信の高度化 ---------- １８２
５．研究開発成果の社会への還元 ---------- １８８
（１）技術的政策課題の解決に向けた対応 ---------- １８８
（２）災害及び事故への対応 ---------- １９３
（３）橋渡し機能の強化 ---------- １９７
（４）知的財産権の普及活用 ---------- ２０４
（５）情報発信や広報の充実 ---------- ２０８
６．戦略的な国際活動の推進 ---------- ２２１
（１）国際基準化、国際標準化への貢献 ---------- ２２１
（２）海外機関等との連携強化 ---------- ２２９

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 ------ ２３４
１．統合に伴う業務運営の効率化 ---------- ２３７
２．業務の電子化 ---------- ２３８
３．業務運営の効率化による経費削減等 ---------- ２３８

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 -------- ２４０
１．運営費交付金を充当して行う事業 ---------- ２４５
２．運営費交付金以外の収入の確保 ---------- ２４７
３．短期借入金の限度額 ---------- ２４７
４．不要財産の処分に関する計画 ---------- ２４７
５．財産の譲渡又は担保に関する計画 ---------- ２４７
６．剰余金の使途 ---------- ２４７

第４章　その他業務運営に関する重要事項 ---------- ２４８
１．内部統制に関する事項 ---------- ２５１
２．人事に関する事項 ---------- ２５２
３．外部有識者による評価の実施・反映に関する事項 ---------- ２５２
４．情報公開の促進に関する事項 ---------- ２５２
５．施設・設備の整備及び管理等に関する事項 ---------- ２５２

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、前年度に設置した研究者／職員による研究タスクフォースを中心として、海底観測・探査や海中での施工等に係る研究など、研究の連携と成果のアウトカムを拡大する。首都圏空港の機能強化に関しては、空港設計に資する交通データ活用技術についての予備的な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、新たな分野横断的な研究テーマについて、各分野の共通基盤となる技術を活用した研究について連携を進めるとともに、上記以外についても、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２９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、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り、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によって、海洋資源産業の興産を図るため、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て、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、３機の航行型 AUV と１機のホバリング型 AUV を、1 機の ASV によって母船とリンクし管理する実験を沖縄･鹿児島海域で実施し、成功した。また、このときの母船と作業を担当するスタッフを一般の海洋土木建設業に従事する者で構成し、運用を特別な専門スタッフのチームで実施する必要がないことを示すことができた。これにより、AUV の複数運用技術を用いた海底資源調査技術は社会実装に大きく近づいた。

水中音響ビデオカメラについて港湾空港技術研究所は、世界で最も高精細な映像データを取得する仕様としており、東京湾での実海域試験により、良好な SN 比や３次元の水中音響カメラでは世界最小の１画素サイズなど、目標の映像性能として仕様を満たせることを確認するとともに、市販の ROV への搭載によるオペレーションが可能であることを実証し、社会実装への適性の高さを確認した。

これらの各研究所における研究成果を活用して、平成２８年度は図１．１．１のような研究テーマの要素を検討した。これを受けて、平成２９年度は、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主点のあるもの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。

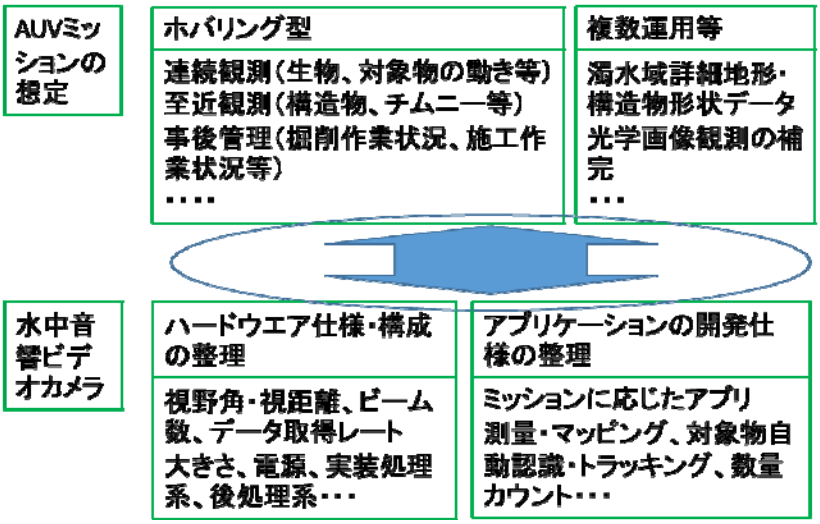


図１．１．１　タスクフォースにおける新たな研究テーマの検討について

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２８年度に空港の基盤施設・航空交通管理の各分野に渡る連携課題として立案した「空港設計に資する交通データ活用技術の予備的研究」を実施し、空港面交通データを用いた地上走行の特性を調査するとともに、空港のインフラ整備に求められる交通量の把握手法等について、空港関係者と意見交換を行った。また、これらを踏まえて、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行うこととした。

また、経営戦略室を中心として、昨年度も実施した港湾空港技術研究所及び電子航法研究所に関係する、研究監、研究計画課及び企画調整・防災課による連携調整会合を平成３０年２月２日に霞ヶ関にて開催した。会議では両研究所の首都圏空港の機能強化に関連する研究を俯瞰しつつ意見交換が行われ、オブザーバーとして参加した航空局関連部局の担当官からも有益な助言を得ながら空港機能の強化に寄与する研究についての情報共有、連携強化の下地拡大を進めることができた。引き続き、空港機能強化に資する新たな研究課題の整理に向けてこの会議を引き続き運営していく。

図１．１．２　官民技術交流会の様子

なお、一般社団法人港湾空港技術振興会と海上・港湾・航空技術研究所（港湾空港技術研究所）が平成３０年２月２８日に品川にて開催した平成 29 年度第２回官民技術交流会では空港舗装をテーマに定め、電子航法研究所も参加した。同交流会では、港湾空港技術研究所より「港空研における空港舗装の研究動向について」及び「空港地盤改良に係る研究開発」について、電子航法研究所からは「誘導路等の交通の実態把握のための航空機位置情報の活用」について研究成果を発表した。また、国土技術政策総合研究所からも「空港舗装研究の最近の動向」についての発表も行われており、発表者と出席者との間で活発な意見交換を進めた。

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に見て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年度より開始した。

平成２９年度は、海洋分野（船舶の貨物艙、洋上風車のブレード、港湾施設の消波ブロック）の点検におけるドローン技術活用に関し、調査及び実証実験を通じて、その効率的な手法を検討した。

その結果、何れの分野においても、ドローン技術の活用によりこれまでの点検作業を効率化できる可能性が、費用対効果も含めて明らかとなった。一方で、実用化に向けて今後検討すべき課題も抽出することができた。

今後は、ドローンによる点検の実用化に向けて、より確実かつ効率的な手法を確立するため、今年度の研究で明らかになった課題への対応を引き続き検討を進める。

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２９年度は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、昨年度から引き続き、理事長、経営戦略担当理事、研究監、経営戦略室をメンバーとした分野横断的研究についての検討会議を実施し、新たな分野横断的研究の可能性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 技術について、今後、うみそら研においても、各分野に適用するために、理事長主導のもと、AI 研究調査チームを立ち上げ、各分野

における AI の適用可能性について調査分析した結果、画像処理、深層学習において適用可能であると判明した。さらに、研究内容および将来ビジョン、ロードマップを作成して AI 導入の実用化に向けての検討を開始した。

検討にあたっては、AI の技術動向等を十分理解する必要があるため外部講師を招き、勉強会を開催した。（表１．１．１）

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 29 年 6 月 20 日	機械学習の勉強会	52 名
2	平成 29 年 6 月 29 日	システムズ・アプローチに関する講演会	40 名
3	平成 29 年 7 月 25 日	AI に関する講演会	69 名
4	平成 29 年 9 月 6 日	AI/IoT に関する勉強会	120 名※

※他研究所参加者を含む

図１．１．３　AI/IoT 勉強会の様子

その他、安全に関する勉強会等を開催する等、共通基盤となる技術を発展するための活動を積極的に実施した。

今後もこのような勉強会を継続して開催していくことで、共通基盤となる技術を活用した研究について連携して取り組んでいく予定である。

（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２９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２９年度は、昨年度設置した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、行政政策や技術動向を踏まえた研究所の在り方について引き続き検討を行い、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為、研究所全体の統制管理を行った。

経営戦略室は各研究分野の連携・調整を行う為、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メンバーで構成されており、理事長と経営戦略室との研究所の経営戦略に定期的な会議を平成２９年度は２６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長期ビジョンの策定、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等を行った。

①長期ビジョンの策定・取組

昨年度から取り組んできた長期ビジョン策定のための検討において、外部有識者会合でとりまとめた内容等を反映し、平成２９年７月に長期ビジョンを策定した。

長期ビジョンについては、これまで３研究所が培ってきたポテンシャルをさらに高めるだけでなく、これらの学術及び技術力を連携、融合させることで、交通とこれが支える産業の持続発展と、海、空、国土の開発、利用、保全等の適切な利用に貢献することを基本理念として策定した。

さらに、長期ビジョンの中には、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つの柱とした「行動計画」をまとめ研究所一体として取り組んで行くこととした。

具体的には、分野横断的な研究推進のための検討会議の開催や、総合的な政策に貢献するための研究の方向性の整理、共通基盤技術の連携、外部資金の活用、研修の充実、脳良くある人材の確保に向けた検討、産学官連携のための取組等を行った。

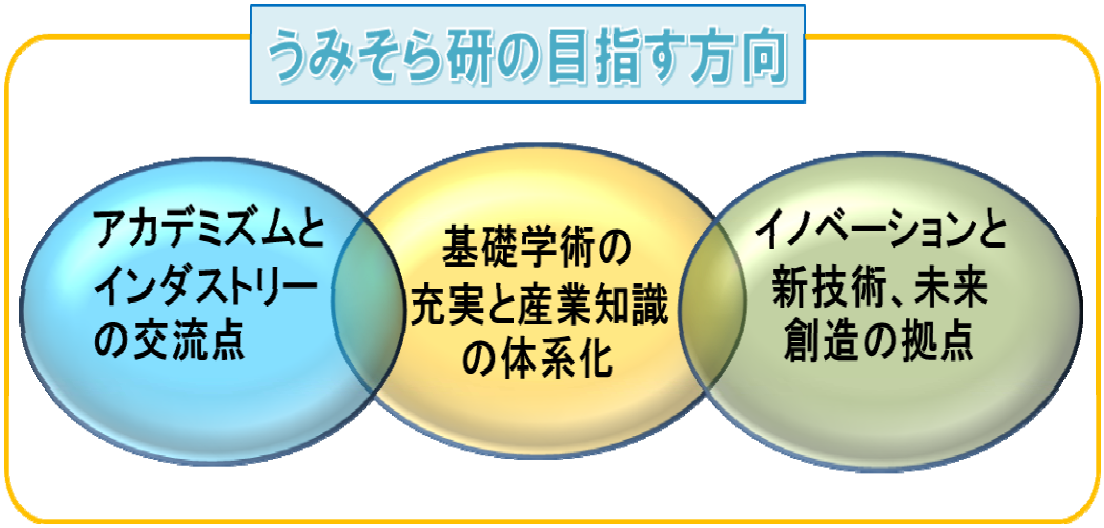


図１．１．４　海上・港湾・航空技術研究所の目指す方向

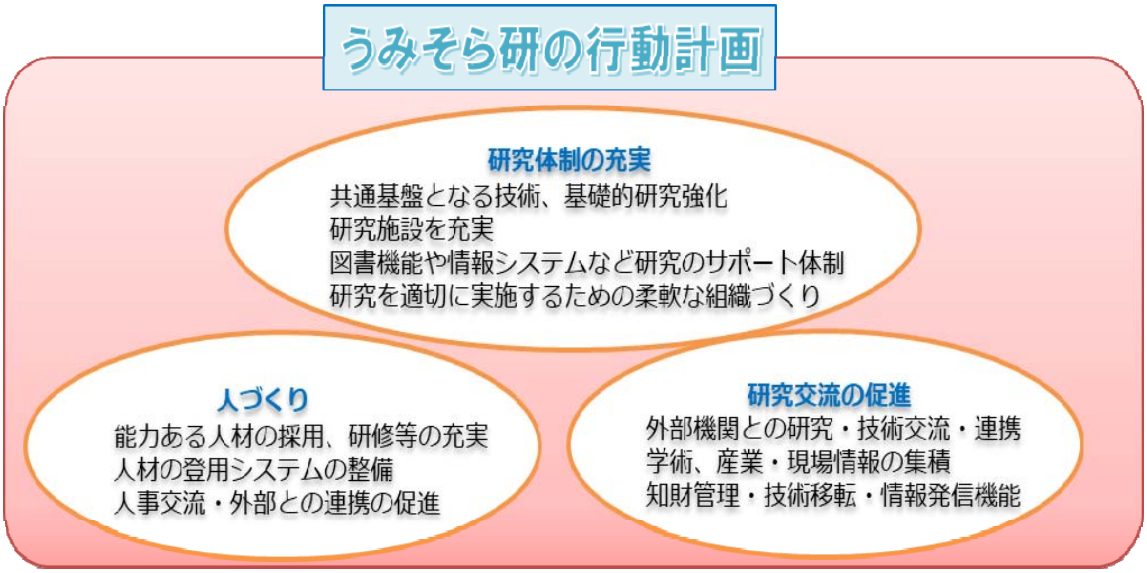


図１．１．５　海上・港湾・航空技術研究所の行動計画

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２９年度は分野横断的研究における必要経費の積極的な確保のため、外部資金獲得に向けて競争的資金の応募を積極的に行うため、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やメール等を活用した会議を行い、研究経費の外部から積極的な確保に向けた活動を行った。

また、平成２９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」を含めて表１．１．２のとおり外部資金による分野横断的な研究を３件実施している。

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	科研費基盤研究（C）「携帯端末の電波直接探知による海上衝突予防に関する基礎的研究」	海上・港湾・航空技術研究所（海上技術安全研究所・電子航法研究所）	継続
3	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」	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）	新規

また、研究所の研究者間の施設見学と意見交換を通じて、理解や交流を深め、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。

具体的な施設の共用として、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した。また、水蒸気爆発模擬実験及び改良オイ

ルフェンスに関する実験のため、海上技術安全研究所の省エネ棟、港湾空港技術研究所の油実験室及び同研究所の実海域流出油実験装置の共用等を行い相互施設の効果的かつ効率的な施設運用を行った。

③コミュニケーション・意見交換の場の設置

研究者相互のコミュニケーションの場を設けることで、最新の研究、各研究所施設の紹介等を行い研究の一層の推進を図った。

具体的には、外部資金を獲得し研究を進めているドローン等の無人航空機に関して、現在、取り組んでいる各研究内容、各種関連会議や海外における動向等の最新の情報についての報告や研究所として求められる研究の方向性について意見交換を行い、今後の研究所としてのあり方や分野横断的な活動についての検討を行った。

また、研究所の役員と職員との間でのコミュニケーションについては、理事長と戦略担当理事、研究監と定期的に分野横断的研究の推進に係る会議を行うほか、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に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。

今後もこれらの意見交換会をきっかけとした、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。

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。

特に、本年度は、中長期計画の初年度にあたることから同計画の円滑な立ち上げを行うため、各研究課題の立ち上げ状況の把握に努め、研究計画が軌道に乗るよう適切な支援を行う。

（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

－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、民間等とも協力し研究開発を進める体制を構築し、研究開発の推進を図る。本年度は、船体構造基準に資する設計海象及び設計波の設定手法の確立等を実施する。　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

－輻輳海域等における操船困難要因の緩和方法方策の洗い出しとこれを実現する交通流の改善法を策定する。　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

－2020 年から始まる舶用燃料油の硫黄分 0.5%の上限規制（グローバルキャップ規制）を見据えて、効果の評価をするために、実船計測等によりデータを取得する。　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

－IMO における温室効果ガス（GHG）の排出削減に関する包括的な戦略の採択やグローバルキャップ規制の導入など、2020 年より次世代環境規制が本格化することを見据え、民間等とも協力し、実船の実海域性能を高度化する研究プロジェクトを立ち上げ、研究の加速を図る。本年度は、実船の性能を就航時のモニタリングデータから評価推定する手法の確立等を実施する。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

－船舶から排出される BC・PM 等の削減に資するため、エンジン内および後処理技術の高度化等、環境影響低減技術の開発を行う。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

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

－海底熱水鉱床開発に関連するプロジェクト等の支援や複合環境外力下での海洋構造物の安全性評価技術等の開発を進める。　等

③海洋の利用に関連する技術に関する研究開発

－実海域試験等を行い、AUV の複数運用技術の高度化を行う。また、AUV を運用するために必要となる要素技術の研究を進め、国産の慣性航法装置等の開発を進める。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の中小造船所への展開を検討する。各社の実態に合わせたシステム構成や運用方法等の指導・提案を行う。

－ニューラルネットワークモデルを活用し、多用な船舶に対する高精度な騒音予測技術を開発する。　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
－自律機能のデモ機能が実行可能となるように、操船リスクシミュレータへ自律機能を組み込む手法の試設計を行う。　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
－運航会社等へのヒアリング等、モーダルシフトの実態調査を進め、鉄道－フェリー・RORO 船輸送における遅延実態に関するデータ分析により遅延等の発生要因を明らかにする。　等

◆平成２９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２４の重点研究課題を設定した。

◆平成２９年度の取組状況

平成 29 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、民間等とも協力し研究開発を進める体制を構築し、研究開発の推進を図る。本年度は、船体構造基準に資する設計海象及び設計波の設定手法の確立等を実施する。　等

○船舶の先進的な荷重・構造強度評価手法に必要な評価システムの開発及び新構造基準案の作成に関する研究

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、

□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・構造一貫解析システムの高度化、及び、設計海象設定手法の開発
□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

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

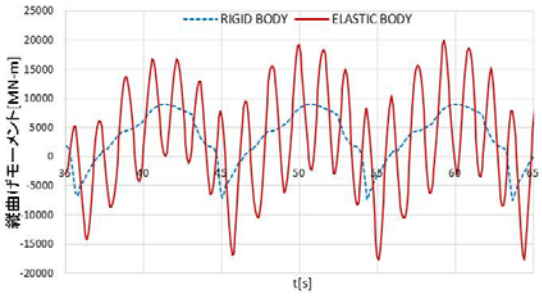
基準案の作成
□強非線形荷重評価システム、及び、最悪海象・極限海象設定法の開発
□二軸載荷条件下の疲労き裂成長評価技術、及び、き裂成長則の知見を統合した疲労強度評価法の開発
□極限海象下での船体弾性応答計測技術、CFD や粒子法による流体・構造連成を考慮した波浪衝撃荷重推定法及び最終強度・残余強度評価法の開発
□ALS（Accidental Limit State）設計手法、船体最終強度信頼性評価システム、Multi-physics 非線形解析システムの開発
上記成果は、先進的な評価システム等の実用化及び新構造基準により、合理的な船体設計、高度な海難事故解析等が可能となり、船舶の折損事故等を防止することが期待される。また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強化へとなり得る。

平成 29 年度の研究内容

(1 全体システム関係)
□全船荷重・構造一貫強度評価システム DLSA-Basic（Direct Load and Strength Analysis）の検証を行う。また、DLSA-Basic を元にトータルシステムのプラットフォーム設計を行う。
(2 荷重関係)
□運動・荷重計算モジュール NMRIW-II の検証を行うとともに、最悪海象・極限海象設定法の開発を行う。
(3 疲労強度関係)
(3-1)
□位相差を有する 2 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成長履歴を推定する手法を検討する。
□位相差を有する 2 軸載荷条件下において、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。
(3-2)
□嵐荷重モデルの構築を目的とした実船の応力モニタリングデータの分析、並びに、遭遇海象履歴のデータ整備を行う。
(4 最終強度関係)
(4-1)
□斜波中を含む極限海象下での非線形流体−構造応答を解明するため、船体の縦曲げ剛性、捩り剛性、重量、慣性モーメント等の船長方向分布を、できる限り実船と相似にした弾性模型船を設計・製作する。製作した模型船の曲げ試験やハンマリング試験を実施して相似性を確認し、その後、波浪中の曳航試験を実施してその弾性応答を計測する。
(4-2)
□流体−構造連成解析を用いた規則波中ホイッピング予測のための数値解析手法を構築する。得られたホイッピング応答の予測精度を他の数値解析手法及び実験結果と比較検証する。
□流体−構造連成解析を用いた不規則波中ホイッピング予測のための数値解析手法を構築する。構築した数値解析手法を用いて、短期海象中の最大応答を求める手法を開発する。
(4-3)
□年度前半に 1 軸圧縮を受ける防撓パネル試験体の繰り返し座屈試験を実施する（2 体）とともに、2 軸圧縮用防撓パネル試験体を製作する。
□年度後半には、2 軸圧縮を受ける防撓パネル試験体の繰り返し座屈試験を実施し（2 体）、成果をとりまとめるとともに、2 軸圧縮＋水圧が作用する場合の試験方法について検討を開始する。
(5 リスク関係)
□コンテナ船ハルガーダーの動的構造応答に関する検討
□リスク・信頼性評価のためのハルガーダー強度簡易推定手法高度化

平成 29 年度の研究成果

(1 全体システム関係)
□全船荷重・構造一貫強度評価システム DLSA-Basic 及び DLSA-Basic W（コア及び GUI）の構築を完了し、検証を行った。【本システムを利用した自動車運搬船の全船荷重・構造一貫強度評価に関する請負研究にも活用】
□上記 DLSA-Basic を基に、トータルシステムのプラットフォーム設計を完了した。【完成すると世界にも例を見ない】
□極限海象下における最終強度を評価できる全船荷重・構造一貫強度評価システム DLSA-Professional のコア部分を完成させた（図１．２．１参照）。【日本一】
□DLSA-Basic は、さらに 2 社が購入予定（H30 年春）。



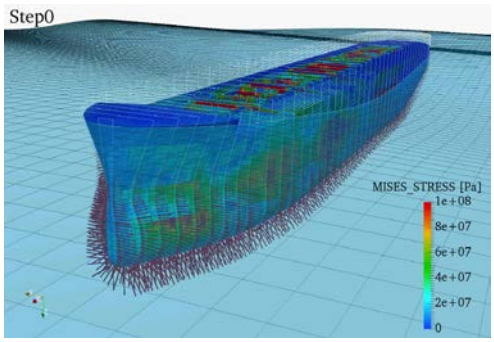


図１．２．１　DLSA-Professional による計算結果の例

(2 荷重関係)

□運動・荷重計算モジュール NMRIW-II の精度検証の一環として、国際船舶海洋構造物会議（ISSC）技術委員会が実施した「実コンテナ船の波浪荷重・構造応答のベンチマーク計算」に参加し、計算結果を報告書にまとめ委員会に提出した。諸機関で実施された計算結果と良好な相関が確認された。

□規則波中における模型船の船体応答について、NMRIW-II による計算結果を実験結果と比較することにより、NMRIW-II の適用性を検証するとともに、海上技術安全研究所報告として論文発表を行った。

□最悪海象・極限海象設定法を開発し、DLSA-Basic に内装した。

(3 疲労強度関係)

(3-1)

□位相差 0 ならびにπ、Δσx/Δσy=1 ならびに 2 の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成長履歴を検討した。表１に載荷条件、図１．２．２に表面き裂のアスペクト比変化を示す。図１．２．２から分かるように、二軸載荷条件下における表面き裂は、単軸載荷条件下と同様のアスペクト比変化を示し、川原が提案した均衡成長（図１．２．２の実線）ならびに非均衡成長曲線（図１．２．２の破線）を用いて推定可能である。

□位相差π、Δσx/Δσy=2 の二軸載荷条件下において、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試験を実施中である（位相差 0 ならびにπ、Δσx/Δσy=1 は実施済み）。

Specimen ID	R	$\Delta\sigma_{x0}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{y0}$ [MPa]	ϕ [rad]
S-1	0.05	120		π
S-2		172		
S-3		190		0
S-4		133		π
S-5		190	95	0
S-6		150	75	π

表１　載荷条件

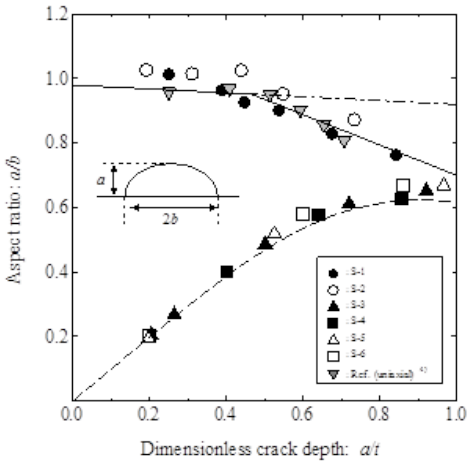


図１．２．２　２軸載荷条件下における表面き裂のアスペクト比変化(Kt = 1)

(3-2)

□嵐荷重の元データとなる実船の遭遇海象履歴のデータベースを構築した（重点研究 2 と成果を共有）。

(4 最終強度関係)

(4-1)

□発泡ウレタンにより弾性模型船を設計し、現在製作中である。模型船の FE モデルを作成し、縦曲げや振り振動のおおよその相似性を確認しているが（図１．２．３参照）、実際の模型船の相似性の検証は、平成 30 年 3 月の水槽実験にて実施する予定である。振り剛性の相似性を考慮した模型実験は世界でも数少なく、特に、分割型でなく一体型で製作した例は世界で初と考えられる。

□平成 29 年度日本船舶海洋工学会春季講演会における講演「変調不安定波の波形について（宝谷、早稲田、谷澤）」にて、若手優秀講演賞を受賞。

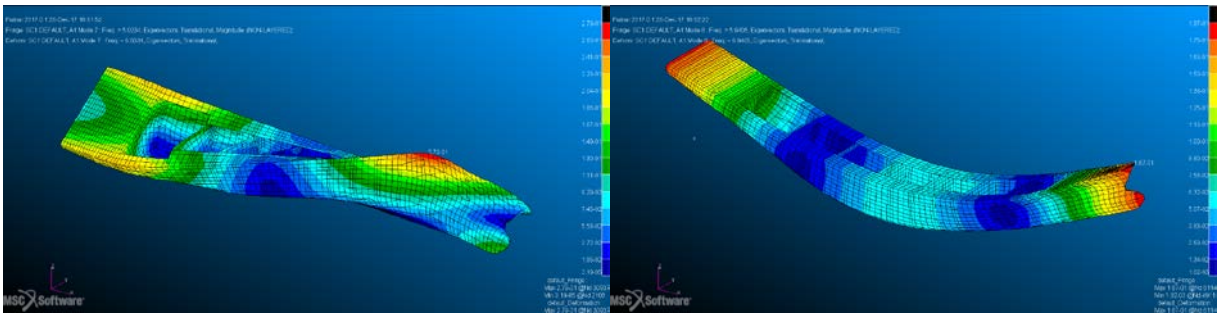


図１．２．３　コンテナ船弾性模型 FE モデルによる固有振動数解析（左：捩り振動、右：縦曲げ２節振動）

(4-2)

□CFD－FEM 連成手法を３通り（片方向連成、双方向弱連成、双方向強連成）で構築し、それぞれの手法を規則波中ホイッピング予測に適用した場合の特性及び精度を検証した（図１．２．４参照）。

□CFD－FEM 連成手法と構造信頼性理論を用いた短期海象中の最大応答推定法を構築した。

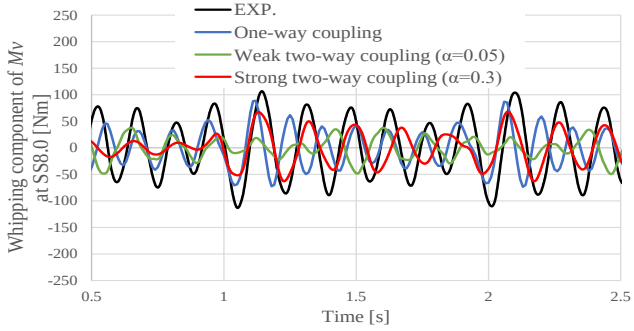


図１．２．４　ホイッピング応答のベンチマーク結果例

(4-3)

□繰り返し座屈試験および FEM 構造解析により、繰り返し圧縮を受ける防撓パネルの座屈撓みの累積メカニズム（図１．２．５参照）、並びに、累積した座屈撓みが最終強度に及ぼす影響が明らかになった。

□追加の成果として、２軸面内圧縮を受ける連続防撓パネルの最終強度推定式を開発した。

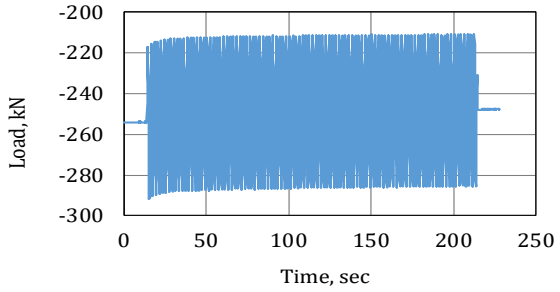


図１．２．５　マクロ弾性域内繰り返し載荷（ストローク振幅一定）における荷重範囲の変化

(5 リスク関係)

□荷重周期、解析モデル、歪速度依存性がコンテナ船ハルガーダーの動的構造応答に与える影響の解明

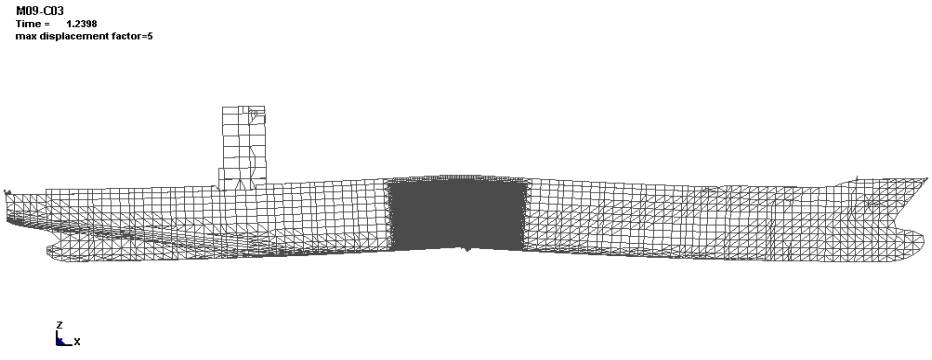


図１．２．６　事故限界状態（船体折損）解析

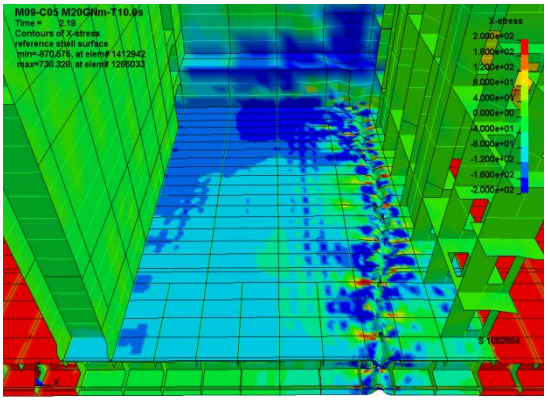


図１．２．７　船底座屈崩壊解析例

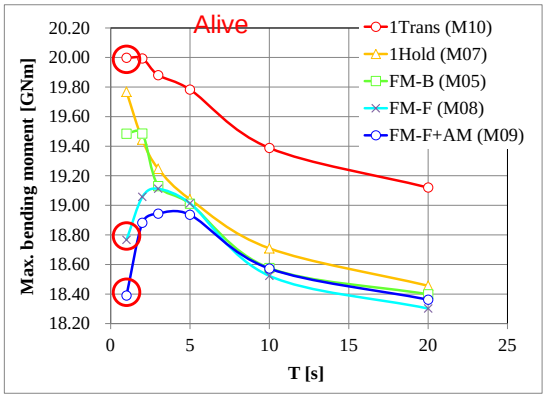


図１．２．８　荷重周期が限界荷重に与える影響

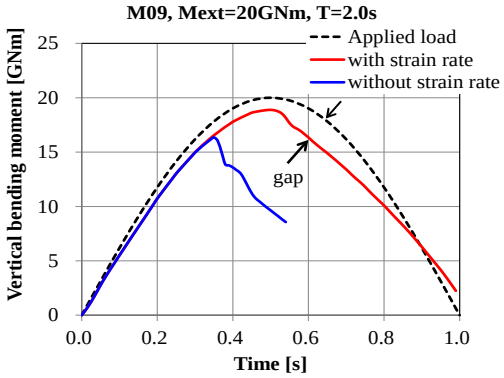


図１．２．９　歪速度依存性が限界荷重に与える影響

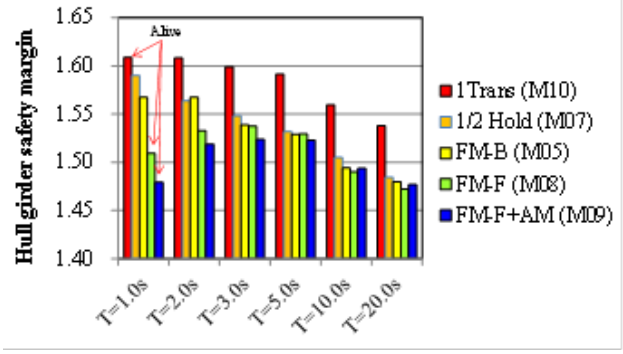


図１．２．１０　Uncertainty が安全率に与える影響

成果の公表

□出願特許：0 件

□プログラム登録：3 件

(1 全体システム関係)

1) 村上睦尚，松井貞興，花岡諒：全船荷重構造一貫解析強度評価システム（ベーシック版）DLSA-Basic

2) 林原仁志，村上睦尚，松井貞興：応力の応答関数作成プログラム

3) 松井貞興，村上睦尚：波浪、荷重、船体運動及び構造応答の動画作成プログラム

□発表論文：19 件

(ジャーナル)

1) Takami, T. , Oka, M. , Matsui, S. and Iijima, K. : A numerical simulation method for predicting global and local hydroelastic response of a ship based on CFD and FEA coupling, Marine Structures, Volume 59, May 2018, Pages 368-386

2) 後藤浩二，清水啓司，穴井陽祐他：位相差を有する面内二軸繰返し荷重下における面外ガセット溶接継手の疲労亀裂成長挙動，日本船舶海洋工学会論文集，第 26 号

3) 宝谷英貴，早稲田卓爾，谷澤克治：ステレオカメラによる実験水槽内の波形状および自由表面流体粒子速度の計測法 - 一方向規則波による検証 - ，日本船舶海洋工学会論文集，第 25 号，(2017)，pp.93-102.

(本文査読付きプロシーディングス)

1) Houtani, H., Waseda, T. and Tanizawa, K.: Experimental and numerical investigations of temporally and spatially periodic modulated wave trains, *Physics of Fluids*, accepted (2018).

2) Takami, T., Iijima, K. 2018, Numerical Method to Estimate Fluid-Structure Interaction Effect of Ships under Severe Wave Condition, Proceedings of the ASME 2018 37th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, (OMAE2018), CD-ROM.

3) Komoriyama, Y., Tanaka, Y., Ando, T., et al.: EFFECTS OF CUMULATIVE BUCKLING DEFORMATION FORMED BY CYCLIC LOADING ON ULTIMATE STRENGTH OF STIFFENED PANEL, (OMAE2018), CD-ROM.

4) Komoriyama, Y and Yanagihara, D: A SIMPLE DESIGN FORMULA TO ESTIMATE ULTIMATE STRENGTH OF STIFFENED PANELS UNDER BI-AXIAL COMPRESSION MAINLY IN TRANSVERSE DIRECTION, (OMAE2018), CD-ROM.
5) Yamada, Y. and Kameya, K.: A FUNDAMENTAL STUDY ON THE DYNAMIC RESPONSE OF HULL GIRDER OF CONTAINER SHIPS SUBJECTED TO HOGGING MOMENT, (OMAE-2018), CD-ROM.

(海技研報告の研究報告)

1) 松井貞興，村上睦尚：構造設計のための非線形波浪荷重解析プログラム NMRIW-II，海上技術安全研究所報告（研究報告），17:3，(2017)，pp.33-79.
2) 松井貞興，村上睦尚，岡正義：実験との比較による非線形波浪荷重解析プログラム NMRIW-II の適用性の検証ー規則波中船体応答ー，17:3，(2017)，pp.83-166.

(その他)

1) 穴井陽祐，丹羽敏男，後藤浩二：面内二軸繰返し荷重下における疲労表面亀裂の形状変化，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 25 号，(2017).
2) 宝谷英貴，早稲田卓爾，谷澤克治：変調不安定波の波形について，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 24 号，(2017) ，pp.323-326.：若手優秀講演賞受賞（2017 年 5 月）
3) Houtani, H., Waseda, T. and Tanizawa, K.: Vertical bending moments of a container ship in modulational wave trains, *Proceedings of the 10th International Workshop on Ship and Marine Hydrodynamics*, No. 375, (2017).
4) Takami, T., Oka, M., Iijima, K. 2017, Development of CFD and FEA coupling method and its application to hydro-elastic response estimation, *31st Asian-Pacific Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures* (TEAM2017).
5) 高見朋希，岡正義，飯島一博：CFD-FEA 連成手法を用いた極限海象中の船体弾性応答評価について，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 25 号，(2017).
6) 小森山祐輔，柳原大輔：幅方向に支配的な 2 軸面内圧縮を受ける連続防撓パネルの最終強度推定，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 24 号，(2017)，pp.407-410.
7) Komoriyama, Y. and Yanagihara, D.: The Formula to Estimate Ultimate Strength of Continuous Stiffened Panel under Bi-axial Compression Mainly in Transverse Direction, (TEAM2017),pp.123-130.
8) 田中義照，小森山祐輔，安藤孝弘他：繰り返し圧縮荷重を受ける防撓パネルの座屈変形累積についてー第 2 報　FEM による詳細シミュレーションー，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 25 号，(2017)，pp. 399‐404.
9) 山田，亀谷：コンテナ船のハルガーダー動的応答に関する基礎的検討（第２報），日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 25 号，(2017).

□受賞：0 件

○先進的な荷重・構造強度評価手法と連携する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、

□船上モニタリングシステムの開発
□蓄積された実船計測データの設計海象及び荷重の特性を把握するための評価手順の開発

研究目標

□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
□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、モニタリングシステム等の実用化、ガイドラインの国際標準化により、合理的な船体設計、船舶の運航が可能となり、船舶の折損事故等を防止されることが期待される。また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強化へとなり得る。

平成 29 年度の研究内容

□船体構造モニタリングシステム用ガイドラインを検討した。
□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い、システムのプロトタイプの開発を行なった。
□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した。

平成 29 年度の研究成果

□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。
□船級協会が作成しているガイドラインで求められるモニタリングデータの仕様を整理した（図１．２．１１）
□純国産の船体構造モニタリングシステムの開発に向けて、国内のセンサーメーカーとの協業を開始した。
□応力モニタリングデータ等の不規則波形データを統計解析して長期予測値及び累積疲労被害度等、強度評価に必要なパラメータを計算するプログラムを作成し登録した（プログラム登録 1)。このプログラムは船体構造モニタリングのメインエンジンとなる。
□作成したプログラムを用いて、10 隻連続建造の 14000TEU コンテナ船の疲労寿命評価を行い、疲労寿命に対する弾性振動の影響及びその個船間のバラつきを示した（図１．２．１２）。また、実データに基いてホイッピング等の船体弾性振動が疲労寿命に与える影響を明確にし（図１．２．１３）、航海系データ及び波浪データの解析によって操船との関係性を調べた。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。
□波浪中応力応答関数及び航路データを用いて応力の長期最大値及び疲労被害度を計算するプログラムを作成し登録した（プログラム登録 2)。このプログラムは船体構造モニタリングの構成要素のひとつに位置付けられる。
□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 データと波浪推算データを組合せることで、船の実遭遇波浪の確率分布を求め、従来の波浪発現頻度表を用いた評価結果と比較することで、荒天回避に伴う操船影響を示した。（図１．２．１４、１．２．１５)
□加速度センサの耐久性の利点を活かして長期間モニタリングに供することを目的として、MEMS 加速度計の信頼性の確認試験を実施した（F 社との共同研究)。

Class	ABS	BV	DNV	KR	LR	NK
Year	2003	2008	2005	2008	2003	2008
Notation	HM2	MON-HULL	HMON	HMS	SEA	HMS
Specification (Frequency range) Strain/Acc	0-5Hz/ 0-5Hz	-	0.01-3Hz (Motion) 5-100Hz (Slammng) 30-1200Hz (Slothing)	0-5Hz/ 0-5Hz	0-5Hz/	0-5Hz/ 0-100Hz
Sampling rate	3 times the maximum F.R.	-	20Hz (Motion) 500Hz (Slamming) 3000Hz (Slothing)	-	4 times the maxmim F.R.	-
Accuracy Strain/Acc	5μ/0.01G	-	20μ/0.01G	-	5μ/0.02G	10μ/0.01G
Setting/ Calibration	S*1 annually	S*1 -	S*1 annually	S*1 annually	S*1 annually	S*1 *2
UPS	-	30min	10min	10min	-	-
VDR	-	-	IEC61162	-	IEC61162	-

図１．２．１１ 船級ガイドラインで求められるセンサ仕様

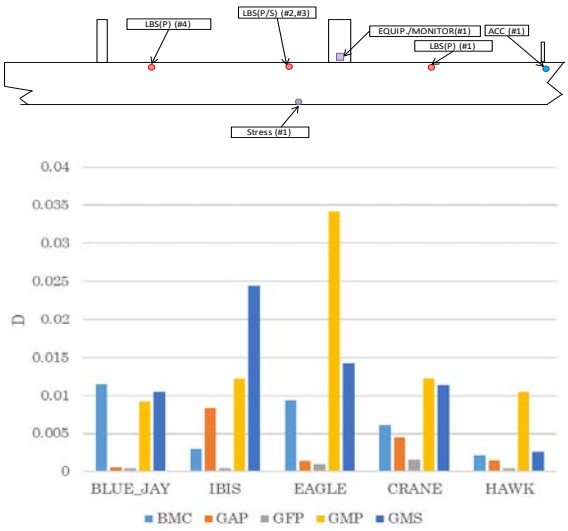


図１．２．１２　14000TEU 型コンテナ船の歪みゲージ配置（上）とシリーズ船の疲労被害度の比較（下）

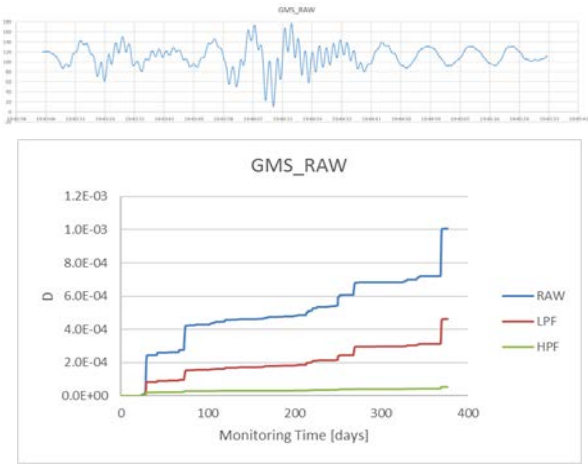


図１．２．１３ 弾性振動が重畳した応力波形（上）と弾性振動が疲労被害度の進行に与える影響
（青：弾性振動を含む応力、赤：弾性振動を除去した応力）

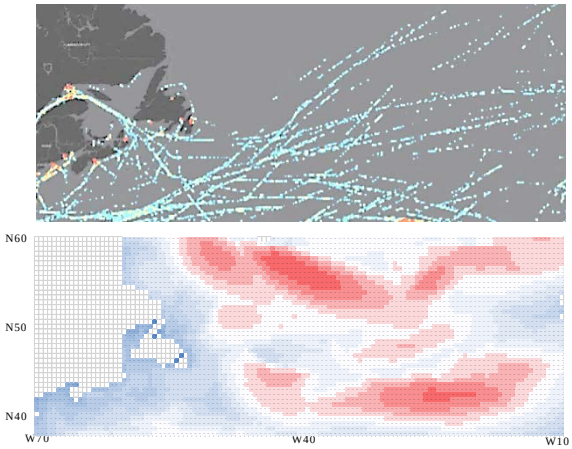


図１．２．１４ 北大西洋海域の AIS 船舶位置情報(2017 年)と有義波高の最大値の分布

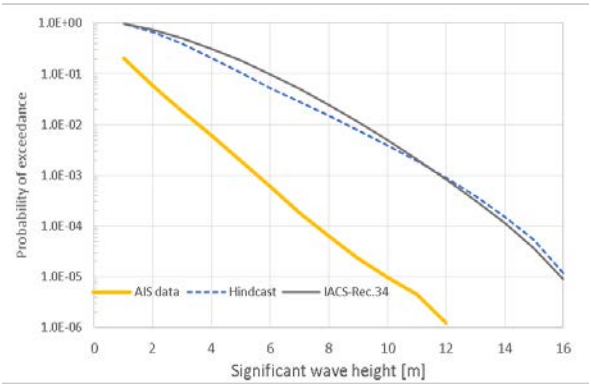


図１．２．１５ 北大西洋海域で船舶が実際に遭遇した海象(AISdata)と設計で用いられる波浪発現頻度表(IACS/Rec.34)を比較した例

成果の公表

【論文等】
（2017 年度）（6 本）
□越智宏：船体安全の IoT と計測センサ，次世代センサ総合シンポジウム(2017.9)
□越智宏，岡正義：船体安全の IoT と計測センサ(Hull Structure Monitoring System)，次世代センサ vol.27 No.2(2017.12)
□「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（先進安全船舶技術研究開発支援事業）」平成 29 年度報告書（第 3 章累積疲労損傷度の推定手法の開発）(2018.2)
□岡正義，馬沖，高見朋希：AIS データを利用した船舶の実遭遇波浪の解明に関する研究，日本船舶海洋工学会講演会論文集第 26 号、(2018.5)
□有馬俊朗：「海技情報」船舶の構造安全評価について（その６）、船長協会会誌「Captain」438 号
□有馬俊朗：「海技情報」船舶の構造安全評価について（その７）、船長協会会誌「Captain」439 号
（2016 年度）（参考）
□Integrated onboard monitoring system for safe and efficient ship operation(IMO/MSC97/inf)
【プログラム登録】（2 本）
（2017 年度）
□1「実海域での不規則時系列データの解析プログラム」（馬沖、岡正義）
□2「統計的解析法に基づく長期予測プログラム －航路及び操船に応じた疲労寿命推定－」（馬沖、岡正義）

○液化水素運搬船及び低引火点燃料船等の設計のためのリスク評価手法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、

□ 液化水素運搬船等に対応したリスクモデルの構築
□ 液化水素運搬船等に対応した被害影響評価手法の開発
□ 新規燃料、新形式船に係る船体構造、燃料移送設備等のリスクベース設計手法の研究
□ 新規貨物・燃料等に対応した安全基準の策定

研究目標

□ 新規貨物・燃料を扱う船舶と海上交通上のリスク評価手法（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わる費用対効果の評価手法　など
□ 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を作成

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、安全基準による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が確立することが期待される。また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強化へとなり得る。

平成 29 年度の研究内容

□ 液化水素運搬船のリスクモデル構築、水素に関連する陸上等の事故事例の収集
□ 液化水素運搬船等に対応した被害影響評価手法の開発。液化水素運搬時事故による燃焼範囲を推定するための計算コードを開発する。
□ 液化水素運搬船暫定ガイドラインをベースに造船所・船級と共に構造リスク評価対象検討。
□ 液化水素運搬船の被害影響評価手法の開発に実船解析モデルの構築に係る造船所・船級との調整。
□ ベイジアンネットワークを用いた液化水素運搬船の構造リスクモデル拡張。

平成 29 年度の研究成果

□ リスクモデル構築の参考のために、水素ガスステーションや水素燃料自動車、ガス燃料船等に関するリスク評価研究の文献調査を行った。
□ 液化水素運搬船のプロトタイプ船に関する HAZOP 会議に参加し、当該船舶の燃料移送プロセス等におけるハザードとその対策等について議論を行うことで、さらに詳細解析が必要となる箇所やシナリオを特定した。
□ LPG 燃料船の HAZID 分析を行った。貨物として積載する LPG を燃料として使用するために新たに必要となるシステム機能の構成要素と役割の整理を行い、これらの部分に生じるハザードの抽出とその対策等について検討し、議論を行うことで、今後新規燃料の使用を考慮した場合に検討が必要となる箇所やシナリオを特定した。

□ 液化水素運搬船等に対応した被害影響評価手法の開発

船内等の閉囲された区画において、保管中または移送中のタンク、配管等から引火性ガスが漏えいした場合の被害影響度評価のために、より実用的な換気解析手法が求められることを鑑み、換気解析のための数値解析モデルに関して、乱流モデル、境界条件、格子幅等をパラメータとして実用的な計算条件に関する検討を行い、成果として公表した (図１．２．１６)。引き続き、空調衛生分野における最新の実用的な乱流モデルに着目し、換気解析モデルへの組み込みと、上記の条件での比較検討を進めている。

□ 新規貨物・燃料等に対応した安全基準の策定

IGF コードにおいて要求される代替設計のためのリスク評価に関して、前年度までに開発してきたガイドラインを完成させると共に、中小造船所を対象に講師としてリスク評価の基礎から、IGF コードで検討すべき項目および解析方法について、教材を開発し、講義を行った。また、その評価手法について、造船所からの問い合わせに対して技術的対応を行った。

日本船舶技術研究協会からの受託業務「IMO ﾌｫﾛｰ:防火検討会-旅客船 Ro-Ro 区域の安全対策に係る調査」を通じて、新規貨物としての電気自動車および代替燃料自動車の輸送時における火災安全対策の検討を行った。また、IMO 第 5 回船舶設備小委員会 (SSE 5) における日本提案文書案に助言および修正提案を行い、当該文章の作成に貢献した。

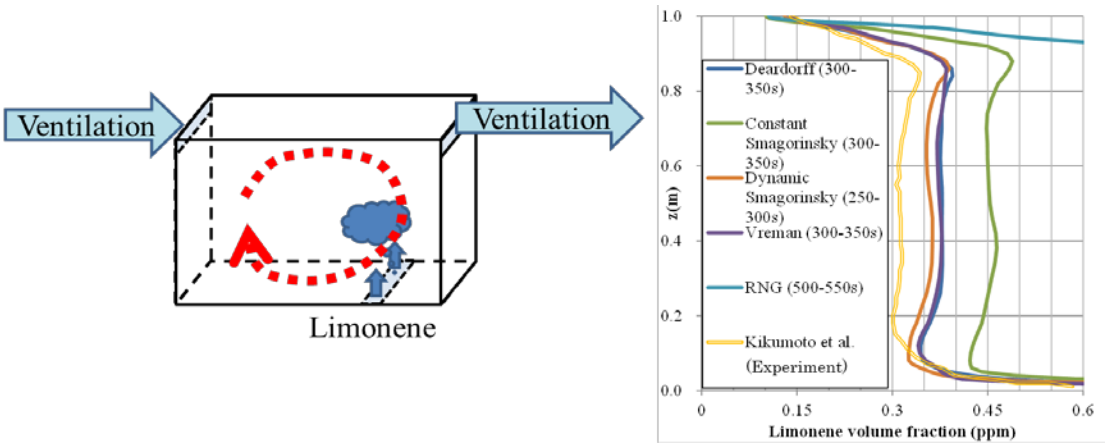


図１．２．１６　換気解析例 (Limonene ガス、換気実験 (Kikumoto et al.) との比較)

成果の公表

□ その他：

(1) 工藤，伊藤，木村，船舶における燃料ガス漏洩を想定した換気効果の検討，安全工学シンポジウム 2017 講演予稿集

(2) 木村，岡(秀)，岡(泰)，低密度浮力プルームの数理モデリングに関する検討，安全工学シンポジウム 2017 講演予稿集

(3) J. KUDO, H. OKA, A. KIMURA et al., Numerical investigation of ventilation effect for denser-than-air gas leakage in enclosed space, Proceedings of the Asia Pacific Symposium on Safety 2017

(4) A. KIMURA, H. OKA, Y. OKA, Numerical study of the near-field entrainment phenomena of buoyant plumes, Proceedings of Asia Pacific Symposium on Safety 2017

□船級協会ガイドライン資料 (昨年度からの継続)：

(1) 天然ガス燃料船のリスク評価ガイドライン IGF コード関係)

(2) FMEA の実施に関するガイドライン (IGC コード関係)

(3) 代替設計及び配置の認証のためのリスク評価ガイドライン (Circ.1455, Circ.1002 及び Circ.1212 関係)

(4) 技術附属書　衝突・接触の定量評価方法 (QRA)

○安全運航に必要な操船性評価手法の開発及び基準化に関する研究

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

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

上記成果は、合理的な操縦性能基準等により、衝突事故が軽減されるとともに、荒天下での安全性の向上が図られることが期待される。また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強化へとなり得る。

平成 29 年度の研究内容

□過去の衝突事故データを調査し、機関出力、旋回・停止性能や衝突回避行動の内容と行動開始時の船速、相手船までの距離、衝突時の船速等の関係を統計的に分析することで船の性能面から見た衝突事故の実態を定量的に調べた。

□EEDI の最低出力暫定指針の妥当性を評価して合理的な指針の要件を抽出することを目的とし、IMO 最低出力暫定指針の改訂内容に対する EEDI 規制に対する影響をまとめ、IMO/MEPC71 の審議に役立てた。

□新たに波浪中操縦性能模型実験を実施し、痩せ形船に対する荒天下の操船評価のための数値計算テストプログラムの検証とそのための拡張を行った。さらに、これまでに開発した主機作動制限を考慮する模型実験手法の妥当性を調べた。

平成 29 年度の研究成果

□運輸安全委員会の船舶事故報告書のうち「事故等種類」が「重大」でかつ「事故区分」が「衝突」,「船舶種類」が「旅客船」と「貨物船」,「タンカー」の事故を対象として分析した結果、初速 12kn の停止距離が 10 船長以下で約 4%、6 船長以下で約 17%の重大衝突事故の低減が見込めることがわかった。

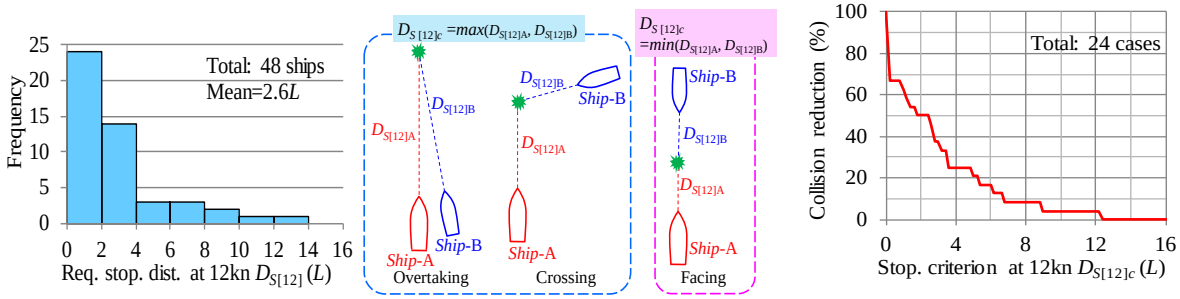


図１．２．１７　(左)：衝突点前で停止するために必要な性能を初速 12kn の停止性能 $D_{S[12]}$で表したときの頻度分布。事故分析に基づく。

図１．２．１８　(中)：衝突の 3 分類。衝突を避けるためには、追い越しと横切りは少なくとも 1 隻が、行き合いの場合は 2 隻とも停止する必要がある。

図１．２．１９　(右)：初速 12kn の停止性能基準 $D_{S[12]c}$ と衝突減少割合の関係。厳しい停止基準ほど事故減少に寄与する。

□当所の保有する気象海象データベースを用い、外洋（北太平洋）と沿岸域（本州南岸）との海象評価を行い、沿岸域では同一風速でも有義波高が 15%程度小さい評価となることを示し（図１．２．１８）、最低出力暫定指針の合理的な提案（MEPC 71/5/13, MEPC71/INF.28）につなげた。

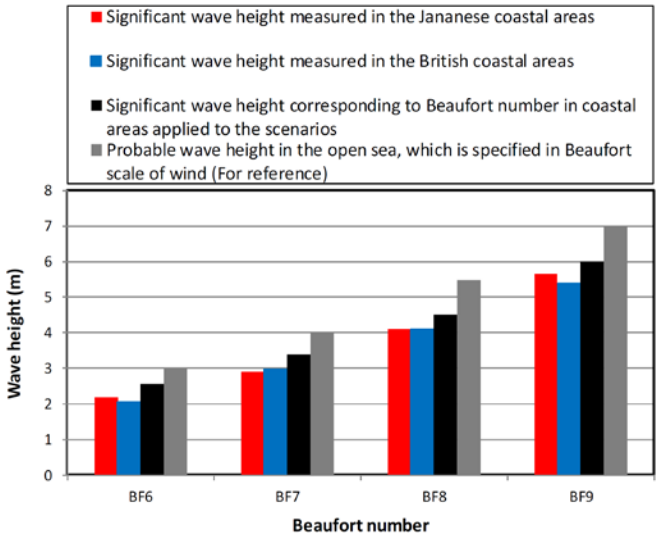
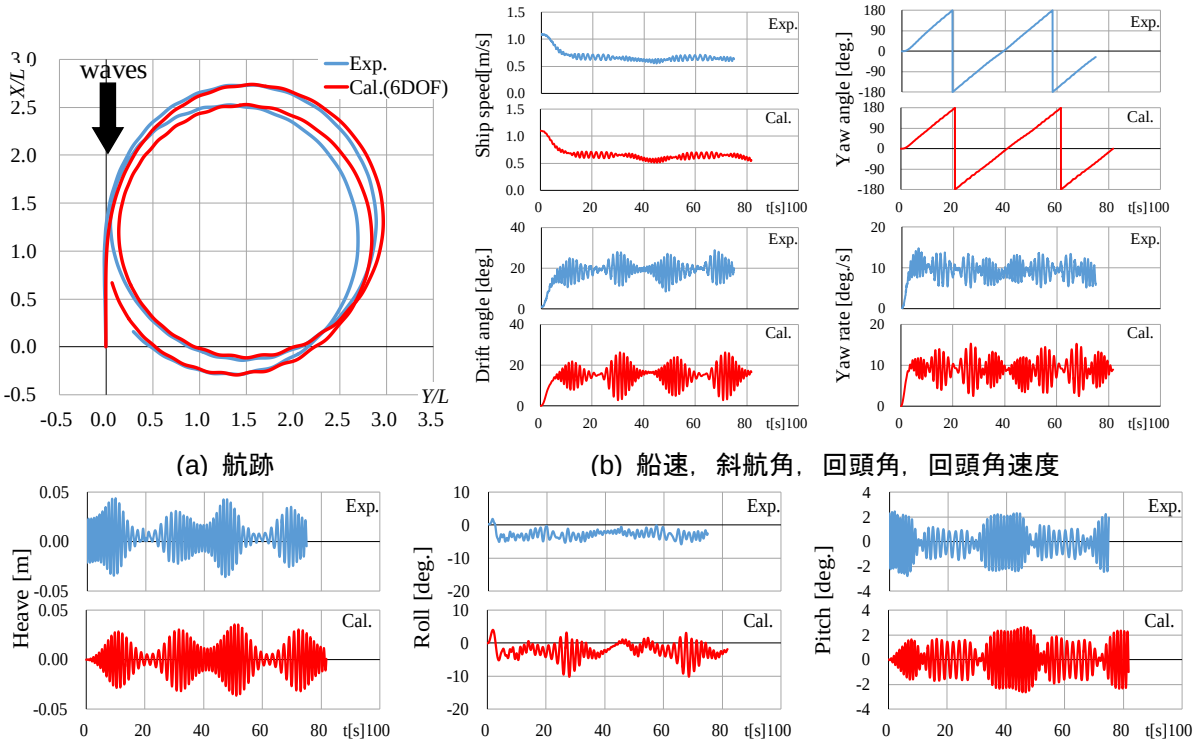


図１．２．２０ 有義波高のビューフォート風力階級別評価(赤,日本沿岸; 青,英国沿岸; 黒,提案海象, 灰,外洋)

□前年度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を小 GM の痩せ形船型にも適用可能なように拡張し、新たに実施したコンテナ模型船の波浪中旋回試験と比較した。その結果、本計算法の妥当性を明らかにした。 (図１．２．２１)



(a) 航跡

(b) 船速，斜航角，回頭角，回頭角速度

(c) 上下揺れ，横揺れ，縦揺れ

図１．２．２１　コンテナ船(KCS)の規則波(波高船長比=1/50，波長船長比=1.0，操舵開始時正面向波)中右 35°旋回試験の比較。

□当所で開発した主機作動制限を考慮する模型実験手法の妥当性を，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との比較によって明らかにした。(図１．２．２２)

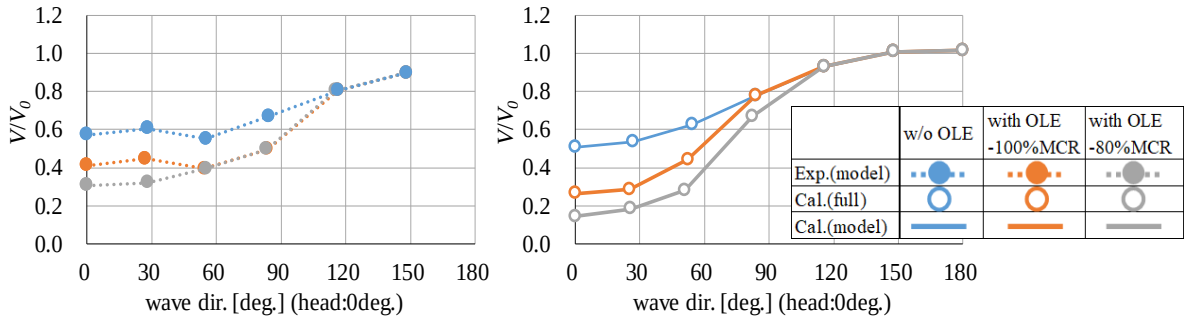


図１．２．２２　舵効き船速修正に主機の作動制限を考慮する方法を適用した波風中の船速低下の実験値と計算結果の比較(タンカー，多方向不規則波，有義波高 7m，平均波周期 10.2s，風速 22.7m/s)。左が模型実験、右の線が実船尺度計算，右の点が模型尺度計算。青が主機作動制限を考慮していない結果で、橙色と灰色が制限を考慮した結果。橙色と灰色の応答に対する主機作動制限は、それぞれ対象船の最大連続出力 MCR、80%の MCR から推定した。実験で明らかとなった主機制限の考慮やその制限の強さに対する船速低下の変化が定性的に数値計算と一致していることから，本試験法の妥当性を確認できる。

成果の公表

□発表論文

本文査読付きプロシーディングス

(1) Ueno M., Suzuki, R., Tsukada Y., 2018, Model Ship Control and Estimation of Full-scale Propeller Torque in Wind and Waves, The 11th IFAC Conference on Control Applications in Marine Systems, Robotics, and Vehicles, Opatija, pp.(未定).

(2) Ueno M., 2018, Collision Accidents Analysis from the Viewpoint of Stopping Ability of Ships, 2018,

Proceedings of the 13th International Marine Design Conference, Helsinki, pp.(未定).

海技研報告(研究報告)

(1) 塚田吉昭, 鈴木良介, 上野道雄：風荷重模擬装置の開発と実海域環境下の自由航走模型試験, 海上技術安全研究所報告(研究報告), 17 巻 3 号 (2018), pp. 167-186.

その他

(1) 鈴木良介, 上野道雄, 塚田吉昭： 波浪中における旋回運動と船体動揺推定法の検証, 海上技術安全研究所研究発表会講演集, 17 号 (2017), pp. 146-147.

(2) 上野道雄, 鈴木良介, 塚田吉昭: 自走模型船による波風中の実船性能の直接推定, 日本船舶海洋工学会, 推進性能・運動性能合同研究会 (2017).

(3) Suzuki R., Tsukada Y., Ueno M., 2017, Experimental estimation of manoeuvrability of full-scale ship in wind and waves using free-running model, Proceedings of the 5th International Conference on Advanced Model Measurement Technology for the Maritime Industry, Glasgow, pp. 484-497.

(4) 上野道雄：船の停止性能の観点からの衝突事故の分析, 日本航海学会講演会予稿集, 5 巻 2 号 (2017), pp. 102-103.

(5) 上野道雄, 鈴木良介, 塚田吉昭: 自走模型船による斜め波風中実船変動トルクの推定, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 26 号 (2018), pp.(未定).

□IMO 資料

(1) MEPC71/INF.29, Supplementary information on the draft revised Guidelines for determining minimum propulsion power to maintain the manoeuvrability of ships in adverse conditions, submitted by Denmark, Germany, Japan and Spain.

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 －輻輳海域等における操船困難要因の緩和方法方策の洗い出しとこれを実現する交通流の改善法を策定する。 等

○海難事故防止に資する事故解析及び予防技術の開発に関する研究

研究の背景

輻輳水域における航路閉塞や多数の死傷者が発生するなどの社会的影響が著しい大規模海難の発生防止等船舶の安全性向上及び船舶運航の安全確保や小型船舶の安全対策の推進が必要とされている。このため、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。具体的には、

□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

□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
□小型船用航行支援装置の開発
□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、損傷時船舶の安全性を確保するための基準体系の確立等により、海難事故及び事故に伴う被害の減少が図られることが期待される。また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強化へとなり得る。

平成 29 年度の研究内容

□衝突及び乗揚げ事故を回避することを目的とした船舶の新たな制動手法について検討し、その結果を基に模型船搭載用制動装置の製作・模型船制御プログラムの修正などを行って水槽実験を実施し、

新たな制動手法の有効性を確認した。

□何らかの理由（無人船橋等）で、相手船との異常接近となった場合に、自動的に避航を行う緊急時自動衝突回避システムのアルゴリズムの内、自船の予測航跡について外乱影響を考慮したものとする改善を行った。

□波浪中海難事故の事象として現在 IMO で審議されている第二世代非損傷時復原性基準で扱う５つの復原性事故モードの１つである「過大加速度」を対象に、事故を回避する操船支援を行うための過大加速度評価手法を提案するために、①短波頂不規則波中でのブリッジ高さで横方向に働く加速度計算手法を構築し、②短波頂不規則波中での船体運動計測を実施して計算法の定量的検証を行うとともに、③実験で検証された計算法を用いて横加速度 1G を閾値とする長期の超過確率を用いた評価法を検討した。

□RORO 客船損傷時のハザード及び安全対策の抽出、リスク評価モデルの作成を行った。

平成 29 年度の研究成果

□固定ピッチのプロペラを装備したコンテナ船模型を用いた水槽実験を行い、新たな制動手法の有効性を確認した結果、新たな制動手法は一般的なプロペラ逆転による停止試験と比べて Track Rearch で 17%の短縮されることが確認された（図１．２．２３）。本制動手法については、特許出願に向けて準備中（特許相談済）である

□相手船を船舶自動識別装置、レーダー等により動静を把握し、衝突の危険性を評価して、衝突直前時に大角度変針等により自動的に操船制御する緊急時自動衝突回避システムのコンセプトを改善し、自船の予測航跡に外乱影響を考慮した運動モデルを組み込み、操船リスクシミュレータとの接続を行った。

□過大加速度による事故を起こしたコンテナ船を供試船として短波頂不規則波中の船体運動を周波数応答の線形重ね合わせ法で計算し、実船 3 時間相当の模型実験結果と比較した結果、本計算法が十分な精度を有していることを確認した（図１．２．２４）。

周波数応答の線形重ね合わせ法を用いて北大西洋の波浪発現頻度表にある全ての波浪条件で計算した分散値から横加速度の閾値を 1G とした場合の超過確率を求め、海象の出現確率との積の荷重平均による長期の超過確率（2.02×10^{-5}）より１年当たりの超過確率（1.000）を求めて過大加速度の評価を行った（図１．２．２５）。

メモリー影響と横揺れ減衰力の粘性成分を考慮した時間領域計算を線形重ね合わせ法と同様に IACS の波浪発現頻度表にある全ての波浪条件で実施し、横加速度の長期の超過確率を求めた。その結果、時間領域計算による長期の超過確率（1.68×10-5）は安全側の評価である線形重ね合わせ法より小さくなるが、1 年当たりの超過確率（1.000）は線形重ね合わせ法と同じになることを示した。上記成果を取り纏めて、IMO SDC5（船舶設計・構造小委員会）に過大加速度モード直接復原性評価の例として文書（SDC5/6/13）を提出した。

□前年度構築した旅客船の損傷時復原性に係る人命損失リスクに関する費用対効果の評価モデルを修正し RORO 客船へ適用することで、損傷時復原性規則である要求区画指数 R を現行規則（SOLAS 2009）から IMO SDC3 に日本が提案した式に変更した場合の費用対効果評価を一般客船及び RORO 客船について実施した。また、その成果を纏めて査読付き論文として公表した。

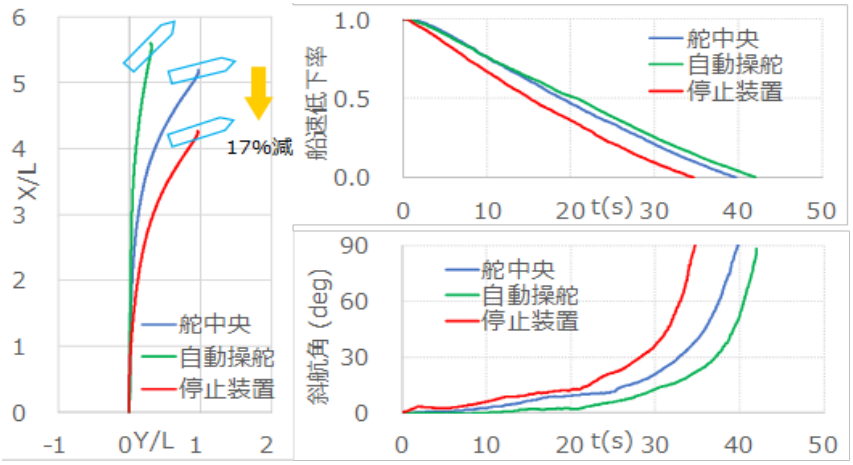


図１．２．２３　停止性能に対する新たな制動手法と操舵の効果に関する模型実験結果

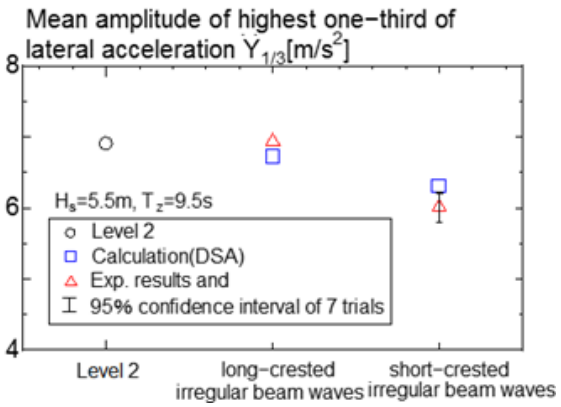


図１．２．２４　不規則波中横加速度の
実験と計算結果の比較

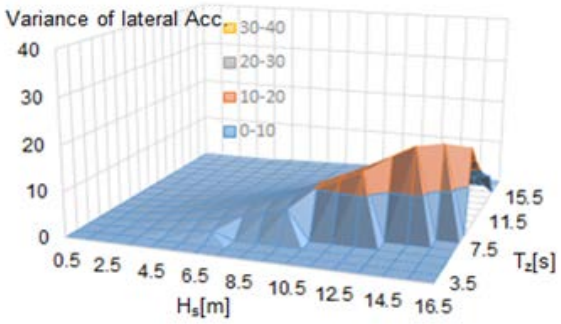


図１．２．２５
横加速度の分散値（線形重ね合わせ法）

成果の公表

□柚井智洋，金湖富士夫，荒井誠：旅客船の要求区画指数 R 見直し FSA における費用対効果評価，日本船舶海洋工学会論文集，第 26 号（2017），pp.237-245.

□柚井智洋：旅客船の総合安全性評価に関する研究　- FSA における一般化モデルの拡張と費用対効果の観点からの要求区画指数 R の最適化 -，横浜国立大学学位論文（2017）.

□IMO 提案文書

SDC5/6/13, Comments on document SDC 5/6 – Application example of direct stability assessment for excessive acceleration failure mode, submitted by Japan.

○海上交通流シミュレーションの高度化及び安全対策の検討とその影響評価法に関する研究

研究の背景

海上保安庁においては、輻輳海域や準輻輳海域として交通量が多く複雑な進路交差が生じている海域に力点をおいて安全対策等を推進していくこととしており、具体的な対応が求められている。このため、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。具体的には、

□ 交通状況の把握及び安全目標の設定支援に関する研究
□ 交通流制御の方法に関する研究
□ 交通流制御のための評価指標に関する研究

研究目標

□ 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
□ 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、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、安全安心な社会を実現することが期待される。

平成 29 年度の研究内容

□ 対象海域における近年の海難情報および航跡情報を用いた傾向分析を行い、交通流整流により実現すべき目標を立案するために必要な情報を抽出、分析する。

□ 指定された海域における海難および交通状況から問題点を洗い出し衝突の危険を緩和しうる改善策を検討してその効果を評価する。

平成 29 年度の研究成果

□ AIS データ解析ツール（AIS Analyzer）や船舶交通状況分析ツール（TrafficStateAnalysisTool）等を活用して、潮岬沖を対象海域とした海難情報分析および通航状況の分析を行った。また、その分析結果を元に、交通流の整流化案の検討を行った。なお、本研究の成果を用いて、海上保安庁との共同研究を実施した。

＊ 図１．２．２６は、長さ約 370m×間隔約 310m を持つゲートを対象海域に設定し、1 日当たりに通過する東航船と西航船を計数して作成した遭遇頻度分布図である。図から、潮岬灯台の沖では、灯台から南に約 2NM までの遭遇頻度が高く、特に約 1.5NM までに強い集中が観察できる。

＊ 図１．２．２７および図１．２．２８は、経度 2 分刻み、緯度 0.2 分刻みのゲートを通過した西航船、東航船の通航位置を、陸側からの累積度数により表示し、かつ日あたりの通航数の多

い部分を網掛けにしたものである。太線は各方向で最も通航隻数が多いゲートを結んでいる。この図より、全体的な通航位置の傾向として、東航船が多く通航する場所は、西航船が多く通航する場所よりも南にあり、両者の間には概ね 0.4～0.6NM の距離があることが観察できる。

＊ 海難状況、遭遇頻度分布および通航位置分布の分析結果を元に、推薦航路の具体案を作成した。当該海域の衝突を削減するためには、東西交通流を分離し遭遇を抑制することが有効であるものの、現状の交通流は陸岸至近の通航が多いことから、陸岸から離れた位置における推薦航路の設定は使用者の順守率の維持が難しく、遭遇の抑制に十分な効果が見込めない恐れがある。そこで、推薦航路を構成する要素を位置、角度、長さの 3 つにわけ、これらの組み合わせによって使用者がとるべき行動やその場合の印象を個別に確認して、より効果的と考えられる 3 組の組み合わせを候補として選出した。図１．２．２９に、推薦航路の基案の一例と西航船の通航密度分布を表す。

＊ 推薦航路案の影響評価を行うため、交通状況の分析結果および海上保安庁が実施した潮岬周辺の漁協へのアンケート集計結果を元に、船舶交通のモデル化を行い、交通流シミュレーションの準備を行った。来年度には、シミュレーションを実施し、その結果に対して遭遇頻度および OZT 等の指標を用いた影響評価を行うことで、最適案決定のための資料を作成する。

□ OZT (Obstacle Zone by Target) の評価手法により衝突危険度を可視化する手法の検討を行った。一度に OZT 遭遇した隻数を重み付けして、海域に設定したメッシュ内に存在する OZT 遭遇回数を総和することによって、場所ごとの OZT 遭遇のしやすさ（衝突の危険度が高い）の表現法を開発した。図１．２．３０は、平成 27 年度に海上保安庁との共同研究として行った、伊豆大島西方海域における推薦航路導入後のシミュレーション結果に基づく OZT 遭遇頻度分布である。稲取港から入出港する漁船と東西交通流の交差部および神子元島北側の船舶が集中する場所に OZT 遭遇しやすい場所が存在していることがわかる。

□ AIS データから抽出した避航時のデータを分析し、2 船間の距離と方位変化を変数として新たな衝突危険度の評価方法を検討した。抽出したデータの避航開始時期について、自船船長および相対速度で無次元化した距離の分布を近似し、操船者が避航を開始する時期とその確率を関数として表現した。

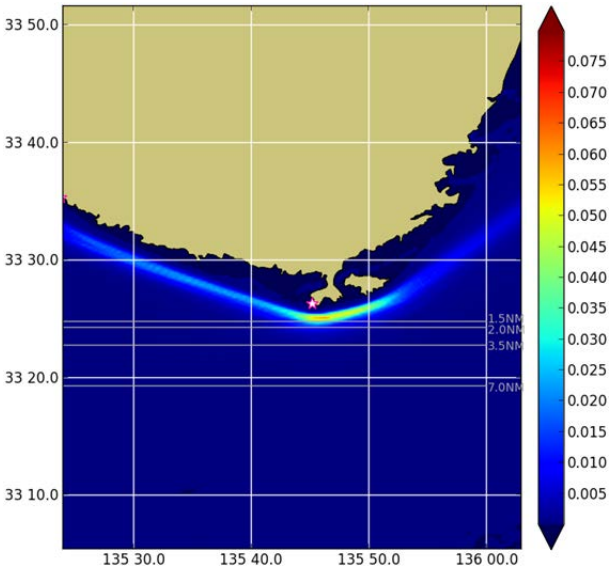


図１．２．２６　潮岬沖における遭遇頻度分布図

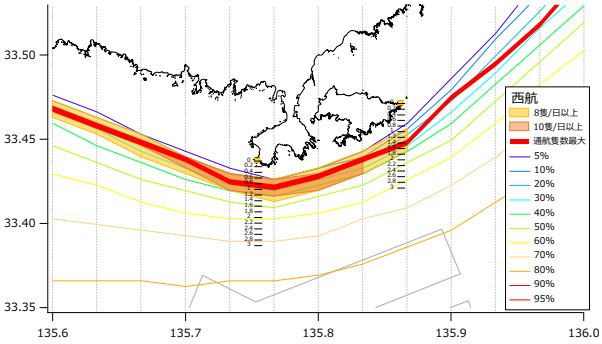


図１．２．２７　西航船の通行位置分布

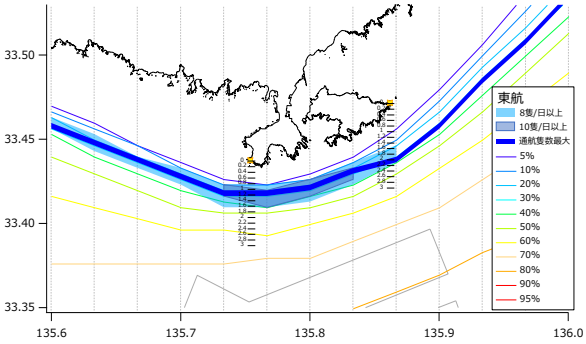


図１．２．２８　東航船の通行位置分布

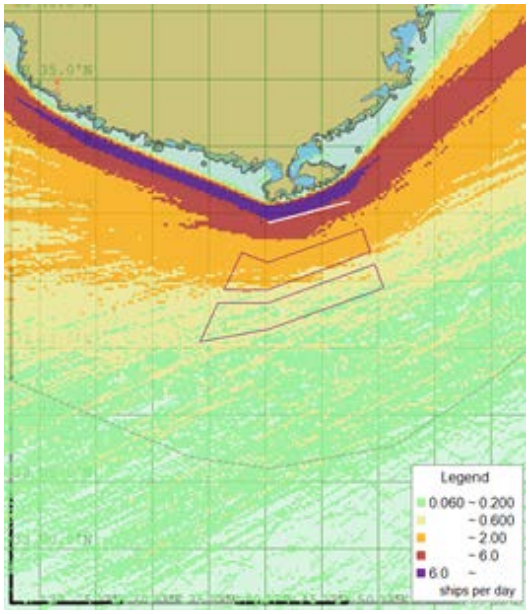


図１．２．２９　通航密度分布と推薦航路の案

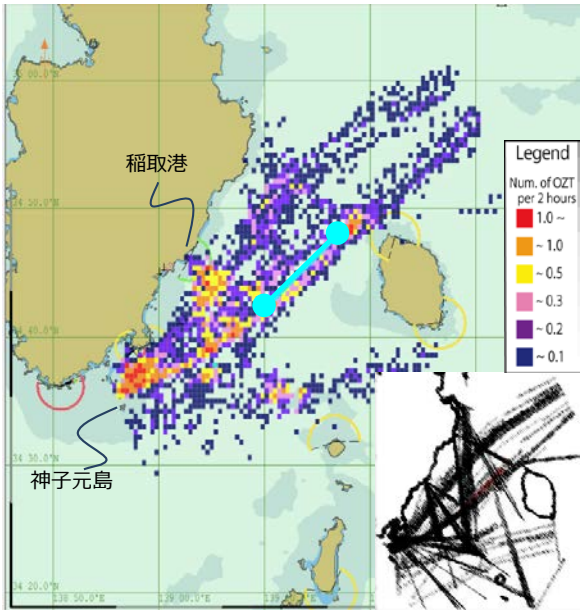


図１．２．３０　伊豆大島推薦航路と 0ZT 遭遇頻度分布

成果の公表

□ プログラム登録：船舶交通状況分析ツール（TrafficStateAnalysisTool）

□ 本文査読付きプロシーディングス：

・Rina Miyake, Hiroko Itoh, Chihiro Nishizaki and et al., 2017, Safety Assessment for Establishing Ships' Routeing - Recommended Route Off the Western Coast of Izu O Shima Island, Proc. The Fourth Asian Conference on Defence Technology 4th ACDT, Tokyo, pp.70-75.

・Rina Miyake, Junji Fukuto and Kazuhiko Hasegawa, 2017, Evaluation Method of Collision Risk Based on Actual Ship Behaviours Extracted from AIS Data, Proc. 12th International Conference on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Gdynia, Poland, pp.161-166.

□ その他：

・伊藤博子，南真紀子，三宅里奈, 2017，衝突海難分析における情報技術の活用，海上技術安全研究所研究発表会講演集, pp.110-119.

・三宅里奈，伊藤博子，西崎ちひろ，他, 2017，推薦航路設計のための安全性評価手法の適用例，海上技術安全研究所研究発表会講演集, pp.170-171.

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。 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 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。 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 －2020 年から始まる舶用燃料油の硫黄分 0.5%の上限規制（グローバルキャップ規制）を見据えて、効果の評価をするために、実船計測等によりデータを取得する。　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 －船舶から排出される BC・PM 等の削減に資するため、エンジン内および後処理技術の高度化等、環境影響低減技術の開発を行う。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、

□船舶から排出される PM 計測技術の確立及び環境影響評価技術の高度化

□BC・PM 低減技術実用化のための技術課題の解決と評価
□排ガス処理技術の高度化及び統合型排ガス監視システムの開発
□次世代燃料の燃焼性評価手法の確立

研究目標

□BC、PM 及び PM2.5 前駆物質の計測法、及び計測プロトコル
□実船舶の PM 排出特性等を反映した PM 排出量データ
□MRV の合理的な GHG 規制指標
□燃料や動力システムの多様化に対応した PM・BC 除去システムと性能評価・設計ツール
□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監視システム
□統合型排ガス監視システムの設計ツール
□SOx 規制対応燃料に対応可能なエンジン内燃焼改善技術

上記成果は、BC 計測方法、PM 等の精緻な排出量データ等、それらの成果を国土交通省に提供することにより、IMO における合理的な規制の検討に貢献する。また統合型排ガス監視システムについては、機関メーカ、造船所、船会社との共同研究等により、実用的なシステムを開発するとともに実証試験を実施し、普及を促進するものである。

平成 29 年度の研究内容

【船舶から排出される PM 計測技術の確立及び環境影響評価技術の高度化】
・実船上で PM 計測実験を行うための準備として、前年度までに製作した可搬式 PM 捕集装置のカスタマイズ・改良及び課題の洗い出しを行う。
【BC・PM 低減技術実用化のための技術課題の解決と評価】
・エンジンの運転条件による BC・PM 排出削減効果の評価を行う。BC 計測法の比較評価を行う。
・SOx 規制対応燃料を用いた場合の BC・PM 排出特性の計測に関する調査を行う。
【排ガス処理技術の高度化及び統合型排ガス監視システムの開発】
・実船に搭載した脱硝触媒及び制御機器等を含めた SCR 脱硝システムを撤去・回収し、SCR 脱硝システムの耐久性能について取りまとめる。
・主にオープンループ方式の SOx スクラバを対象とした調査を行い、その基本性能を調べる。さらにその調査結果に基づき、SOx スクラバを実船に搭載する際のシステム設計技術を構築する。
【次世代燃料の燃焼性評価手法の確立】
・新たに使用が想定される低硫黄燃料に対して問題点の抽出を行う。また、実燃料に対応できる蒸発モデルを確立し、LCO を中心とした難燃性燃料への展開を行うことでモデルの有効性を確認する。

平成 29 年度の研究成果

【船舶から排出される PM 計測技術の確立及び環境影響評価技術の高度化】
・当所所有の実験機関において 2 台の PM 計測装置の比較実験を行った結果、両装置により得られた PM 計測結果は非常に良く一致した（図１．２．３１）。
・船舶特有の PM 組成プロファイル及び PM 排出量データの作成の予備作業として、2016 年度を対象とした AIS に基づく船舶活動量（外航船・内航船）の集計及び解析を行った。
【BC・PM 低減技術実用化のための技術課題の解決と評価】
・エンジンの燃料噴射圧を上げることで、60～77%の BC 削減効果があったが、PM については 2～3 割の削減効果にとどまった。なお、噴射圧を高くすることで PM の増加が見られる条件もあり、これについては有機炭素及び炭素以外の成分の増加が主な要因であった。
・2 種類の BC 計測法による計測結果と PM 中の元素状炭素（＝BC）の熱分析結果とを比較したところ、エンジン形式やエンジン負荷率・燃料が異なっていても、BC 計測器同士の計測値が良好に一致することを確認した。一方、BC 計測器と熱分析の結果についても相関は高かったが、比例係数はエンジンや燃料によって変化した。
・ほぼ同じ硫黄分（0.5%未満）を含む A 重油及び C 重油を用いて BC・PM 計測を行った。A 重油に比べて C 重油では、エンジン負荷率の低い時に BC 排出量が顕著に増加した。なお、その排出量は高硫黄 C 重油（硫黄分 2.2%）の場合と大きな違いはなく、BC 排出量が燃料硫黄分と直接関係しないことを明らかにした。PM 排出量についても、低負荷率時には A 重油より C 重油で増加したが、これは元素状炭素の増加を反映した結果であると考えられる。
【排ガス処理技術の高度化及び統合型排ガス監視システムの開発】
・SCR 脱硝システムの実船試験において、最終段階で搭載していた触媒の性能劣化状況を評価した（図１．２．３２）。SCR 脱硝システムの撤去工事を行い、長期実船試験を終了した（図１．２．３４）。
・699GT 内航貨物船に対応する SOx スクラバの搭載可能性を検討した（図１．２．３３）。既存のファンネルに設置可能なスクラバ本体の目標寸法や洗浄水ポンプを含めた海水管系統を提案した（１．２．３５５及び図１．２．３６）。

【次世代燃料の燃焼性評価手法の確立】

・燃料規制によって新たに流通すると想定される低硫黄燃料を対象とした燃焼実験を行い、LCO 混合の有無に関わらず着火性指標（セタン指数）に対する着火遅れの関係に相違がないことを明らかにした（図１．２．３７）。着火性改善手法である燃料の分割噴射（パイロット噴射）によって着火遅れは短くなるが、その場合でも LCO 混合の有無による影響は見られない。すなわち、着火性に関して LCO 特有の問題はなく、セタン指数によって評価することが可能であり、より詳細な着火性については、含有される炭化水素の分子構造等によって評価されるべきであると考えられる。

・実用燃料に適用可能な蒸発モデルを構築し、現行着火性指標（新セタン指数）が等しい燃料における蒸発速度を比較した（図１．２．３８）。図１．２．３８より、本モデルによって燃料による差異を評価できていることが分かる。さらに、作成した蒸発モデルにより予測された燃料成分による蒸発性と着火性指標（セタン指数）の変化を調べた（図１．２．３９）。図１．２．３９より、舶用燃料に相当するセタン指数 45 以下の領域になると、燃料成分によって蒸発時間が異なってくることが分かる。これは、燃料が着火するまでの時間を「蒸発」と「反応」に分けて考えると、蒸発時間の長い燃料はそれだけ反応時間が短いことを示唆している。また、舶用燃料は同一のセタン指数となっても様々な燃料成分によって作成できることを示している。

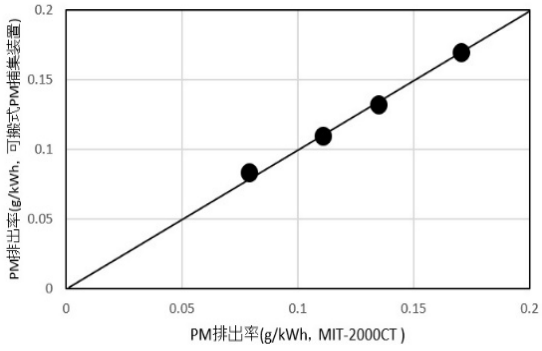


図１．２．３１　PM 計測装置 2 機による PM 排出率の比較結果［横軸：エフテクノ製 PM 計測装置（MIT-2000CT）縦軸：可搬式 PM 捕集装置］

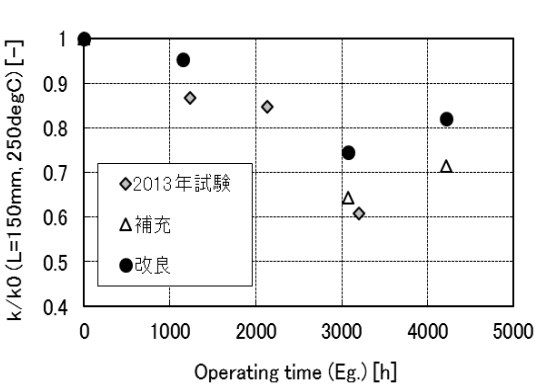


図１．２．３２　触媒の性能劣化状況（排ガス暴露時間：約 4,200 時間）

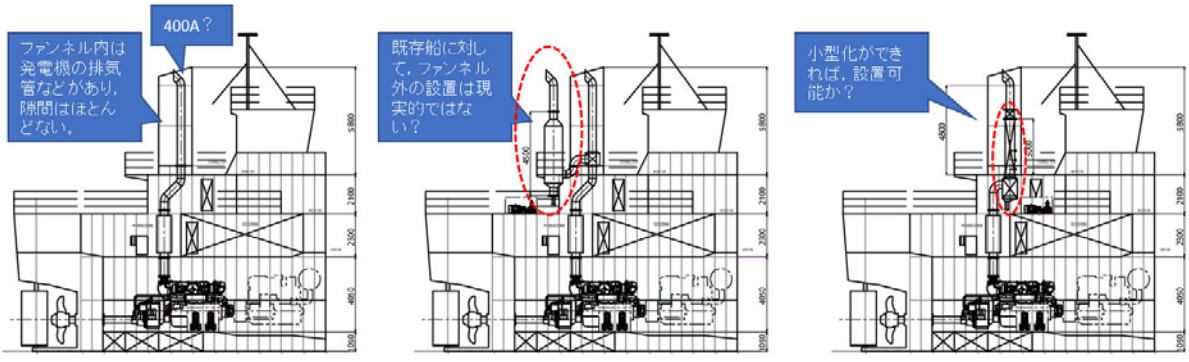


図１．２．３３　SOx スクラバの搭載可能性に関する検討（対象船：699GT 内航貨物船）

図１．２．３４　SCR 脱硝システムの撤去工事の様子

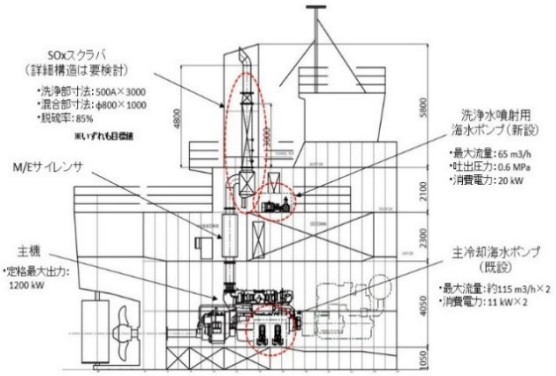


図１．２．３５　SOx スクラバの目標寸法と仕様

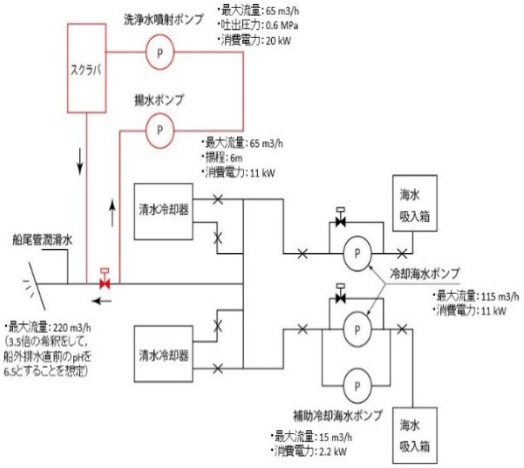


図１．２．３６　海水管系統に関する検討結果

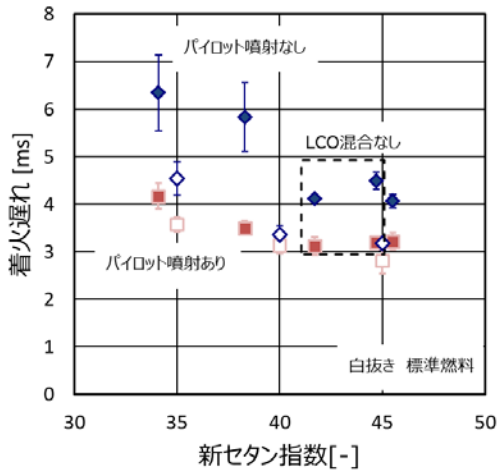


図１．２．３７　LCO 混合の有無による着火遅れへの影響

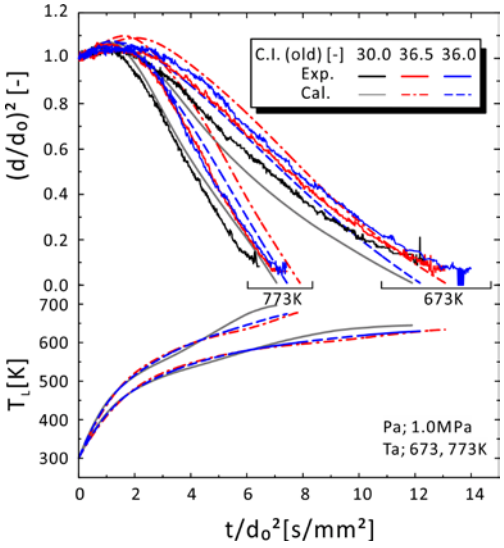


図１．２．３８　蒸発特性の実験との比較

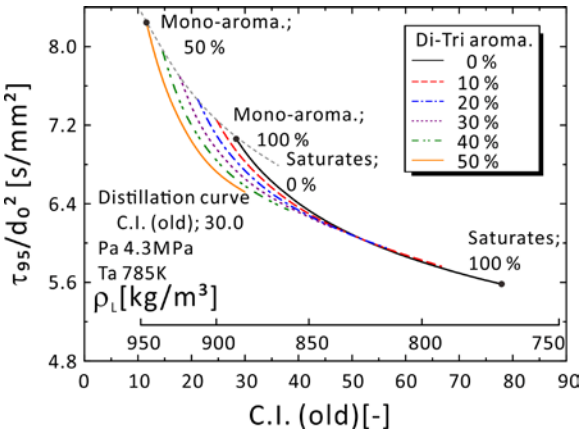


図１．２．３９　燃料成分が蒸発時間に及ぼす影響（液滴直径の減衰と液滴温度）

成果の公表

【出願特許】1 件

1) 栗原、西尾、岸、特許案「排ガス規制に対応した運転を行う船舶，及び船舶の排ガス規制に対応した運転方法」、2018 年 3 月出願予定

【プログラム登録】1 件

1) 分子運動論に基づく船舶燃料の単一燃料蒸発解析プログラム

【発表論文】15 件

〇ジャーナル

1) 大橋、城田、中村ほか、舶用ディーゼル機関から排出される PM の分析事例-大気質シミュレーションへの適用、日本マリンエンジニアリング学会誌、第 52 巻、第 6 号、pp.778-787（2017）［第 43 回日本マリンエンジニアリング学会論文賞受賞］
2) 高木、今井、分解軽油の着火性に及ぼすパイロット噴射の効果、自動車技術会論文集（投稿中）
3) 高木、今井、燃料着火性とパイロット－主噴射の干渉がディーゼル噴霧の着火・燃焼性に及ぼす影響、日本機械学会論文集（投稿中）

〇その他

1) 城田、横井、大橋ほか、Elaboration of PM emission data from ships for Community Multi-scale Air Quality Modeling System（CMAQ）、ISME2017、（2017）
2) 中村、大橋、益田ほか、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 58 回大気環境学会年会予稿集、（2017）
3) 高橋、Effect of Heavy Fuel Oil Blending Components on Combustion Properties、ISME2017、（2017）
4) 益田、中村、高橋ほか、Determination of Black Carbon Concentration from Marine Diesel Engines by Multi-Instrumental Measurements、ISME2017、（2017）
5) 中村、大橋、益田ほか、Influences of Engine Type and Fuel Grade on Compositional Characteristics of Particulate Matter Emission from Marine Diesel Engines、ISME2017、（2017）
6) 内藤、橋本、高木ほか、高温高圧下における低着火性燃料液滴の蒸発特性に関する実験的研究、日本機械学会、2017 年度年次大会講演論文集、G0600106
7) 内藤、橋本、高木ほか、分解軽油（LCO）液滴の蒸発特性に関する実験的研究、日本機械学会、北海道支部 55 回講演会講演論文集、（2017）
8) 高木、川内、今井ほか、液滴蒸発モデルを用いた実在燃料のセタン指数と蒸発性に関する数値解析、自動車技術会、第 28 回内燃機関シンポジウム講演要旨集、pp.71、（2017）
9) 城田、解説 グローバル・キャップに関する規制動向、vol.52、No.4、pp.63、（2017）
10) 高橋、国際海事機関における SOx 規制強化と代替技術としての舶用スクラバについて、日本防錆技術協会、防錆管理、vol.61、No.8285-292、（2017）
11) 高橋、林、中村ほか、解説 舶用燃料油の動向とブラックカーボン・PM 排出に与える影響、日本マリンエンジニアリング学会誌、vol. 52、No.4、pp.88-93、（2017）
12) 益田、高橋、中村ほか、舶用ディーゼル機関からのブラックカーボン排出削減技術の検討、第 17 回海上技術安全研究所研究発表会、（2017）

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 －IMO における温室効果ガス（GHG）の排出削減に関する包括的な戦略の採択やグローバルキャップ規制の導入など、2020 年より次世代環境規制が本格化することを見据え、民間等とも協力し、実船の実海域性能を高度化する研究プロジェクトを立ち上げ、研究の加速を図る。本年度は、実船の性能を就航時のモニタリングデータから評価推定する手法の確立等を実施する。　等

○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

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、

□最適(エコ)運航システム開発

□実燃費評価技術の開発

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
□高度化した海象適用航法（WAN)のシミュレーションツールを開発
□実運航の燃費評価、運航技量評価方法を確立
□実燃費を低減させる技術を運航・設計に活用する手法を構築
上記成果は、合理的なＭＲＶ規制により、より省エネ運航が可能となり、ＧＨＧの削減が図られることが期待される。また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強化へとなり得る。

平成 29 年度の研究内容

□実船モニタリングデータにより、平水中速力・出力・回転数カーブを求める手法を開発する。
□現在の試運転海域に波・風・流れを直接計測するセンサーを設置することにより、試運転実施の効率化、解析の高精度化の検討を行う。
□波浪中船尾流場評価法の開発のためにベンチマーク試験を実施する。
□波浪中抵抗増加と水面上形状の関係を調査するため、肥大船の波浪中抵抗増加を低減する COVE 形状を対象とした水槽試験を行う。
□水槽試験の精度向上を目的に、実海域再現水槽の計測自動化を行う。
□風の CFD 計算を行い風洞試験と比較する。
□一般商船船型の模型を用いた氷海試験、曳航水槽で低速過負荷試験を実施する。
□衛星 AIS データ分析を行う。
□実船モニタリングデータよりベストプラクティス要件を抽出する。

平成 29 年度の研究成果

□船社や舶用メーカーなど水槽試験データや造船設計データを入手できない立場での実船モニタリングデータの解析法として、平水中性能データのデータフィッティングを基本とする逆算解析法を提案し、実海域実船性能評価プロジェクトにおいて希望する参加社にて解析作業を実施し、排水量修正法や経年劣化・汚損影響評価の検討を行った。また、実船モニタリングデータの解析法として、水槽試験データや造船設計データを用い外力修正を行うことにより特定海象下での性能を評価する外乱修正法について検討を行い、外乱修正法が実船モニタリングデータの解析に有効な手法であることを示した（図１．２．４０）。
□試運転実施解析法について、ITTC での推奨手法に当所の研究成果が反映された。世界初となる VLCC での EEDIweather 予備認証及びケミカルタンカーでの EEDIweather の最終認証取得に貢献した（図１．２．４１）。また、実運用で豊富な実績のある波浪ブイ計測システムのナウファスについて港湾空港技術研究所に調査を行い、係留方式や設置海域、ターゲットとする波高、データの陸上への伝送方式など運用に関する情報、ブイ設置のための初期投資費用、維持費用などコストに関する情報を得た。
□μバブル PIV 方式により３次元流場情報の解析を行った（図１．２．４２）。また、平水中荷重度変更試験結果をベースとし、実験回帰式により波向を含めた波浪影響を考慮できる波浪中自航要素評価法を開発した（図１．２．４３）。
□実海域再現水槽の試験効率向上と精度向上のため水槽制御システムを改良し、計測装置・収録器との連動を加え計測自動化システムを搭載した（図１．２．４４）。
□氷海水槽試験で得られたデータにより、氷中抵抗モデルのパラメータを改良した結果、一般商船船型について適合度が向上した（図１．２．４５）。また、400m 水槽で行った低速過負荷試験で、氷海用模型に簡単に設置除去できる乱流促進手法としてハマパッチを採用し、試験結果から通常のスタッドと同様の効果を持つことを確認した（図１．２．４６）。
□衛星 AIS データの分析により、Arc4 クラスのバルクキャリア等の船速低下と氷況との関係を解析した（図１．２．４７）。
□実運航性能シミュレーションの結果、船首トリムにより省エネが可能といわれるトリム運航は、載貨重量とのバランスによりエネルギー効率運航指標（EEOI）で運航性能を評価した場合にも有効な省エネ運航方法であることを示した（図１．２．４８）。

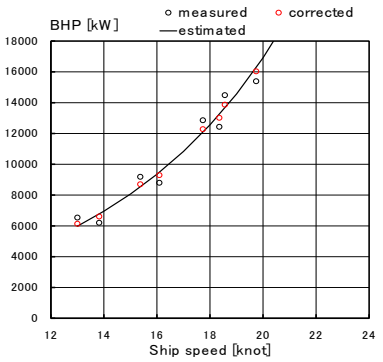


図１．２．４０　外乱修正の例

世界初となる VLCC での EEDIweather 予備認証での水槽試験（400m 水槽）

ケミカルタンカーでの EEDIweather 最終認証（海上試運転）

図１．２．４１　EEDIweather の認証取得

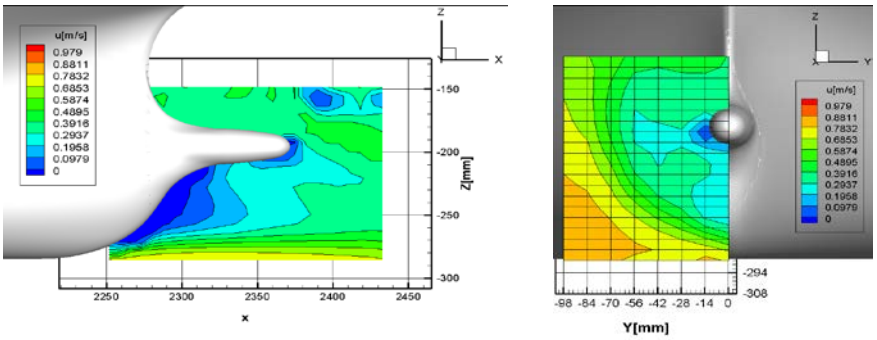


図１．２．４２　船尾流場の解析（船長方向分布（撮影断面）、プロペラ面内分布）

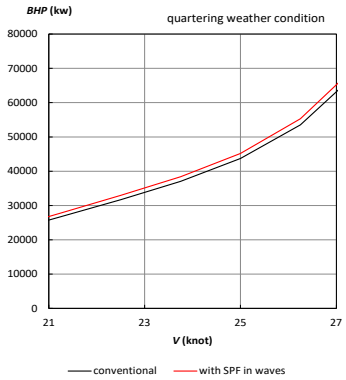


図１．２．４３　波浪中自航要素考慮による主機出力の変化（斜追波、

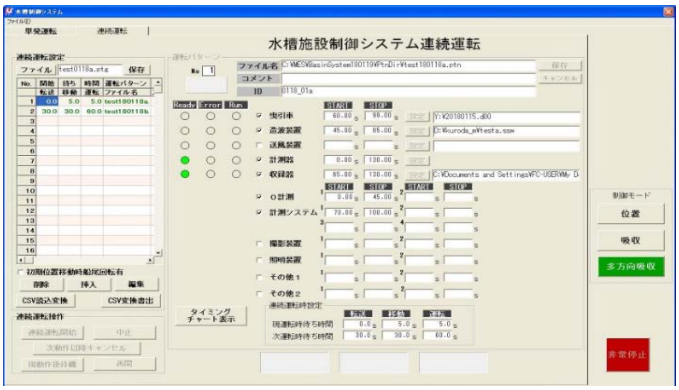


図１．２．４４　自動計測システム画面（実海域再現水槽）

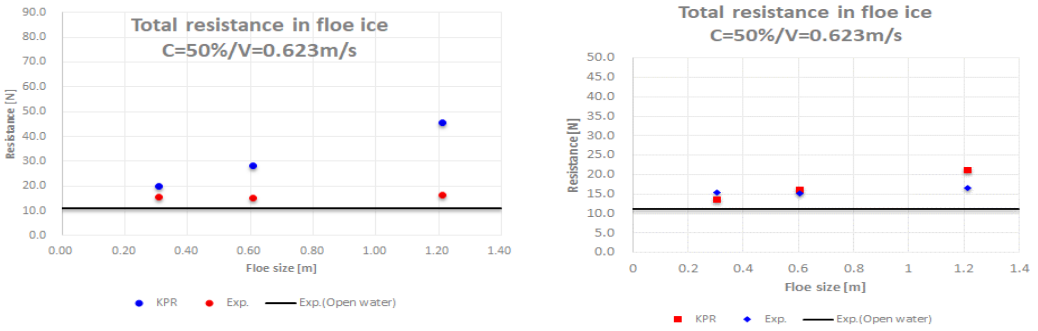
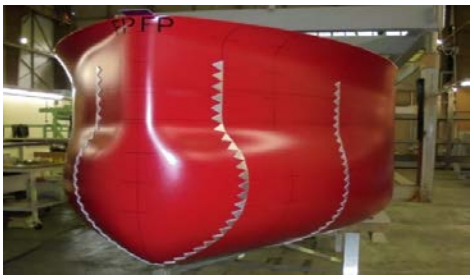


図１．２．４５　氷中抵抗推定モデルと実験値の比較（左：従来モデル、右：改良モデル）



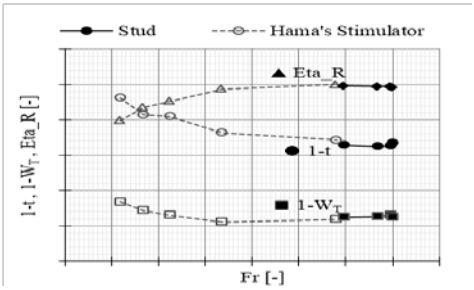


図１．２．４６　ハマパッチの船首部への設置状況（左）とスタッドとハマパッチの自航要素の比較（右）

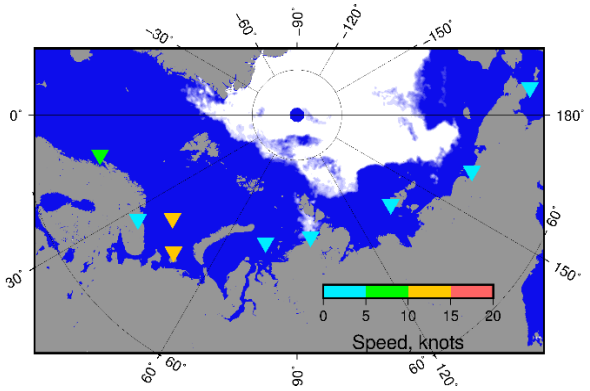


図１．２．４７　2013 年 9 月 15 日の衛星氷況（白）と衛星 AIS による船舶動静（船速に応じて着色）

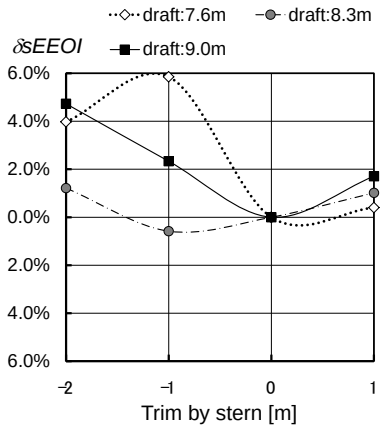


図１．２．４８　EEOI へのトリム影響評価

成果の公表

口査読論文６件：

(1) N. Sogihara, M. Tsujimoto, R. Fukasawa, et al.: Investigation on Trim Optimization to Enhance the Propulsive Performance of Fine Ships, Journal of JASNAOE, Vol.27 (2018)（査読終了）

(2) H. Ohba, K. Hoshino, M. Kuroda, et al.: Measurement of the Stern Field in Regular Waves by PIV Measurement System Using Micro-bubbles, Proc. of FLUCOM2017 (2017), #603 pp.1-9.

(3) N. Sogihara, M. Tsujimoto, R. Fukasawa, et al.: Trim Optimization for Ship Performance in Actual Seas, Proc. of INT-NAM 2018 (2018), pp.551-564

(4) M. Tsujimoto, T. Matsuzawa, K. Kume: Statistical Characteristics of Global Winds and Waves, Proc. of ISOPE 2018 (2018)　（査読終了）

(5) M. Tsujimoto, N. Sogihara, M. Kuroda, et al.: A Practical Prediction Method for Self Propulsion Factors in Actual Seas, Proc. of ISOPE 2018 (2018)　（査読終了）

(6) M. Kuroda, K. Takagi, M. Tsujimoto, et al.: The Effect of the Long-period Components of Added Resistance in Regular Waves, Proc. of NAV 2018 (2018)　（査読終了）

口講演等２０件：

(1) L. Mak and M. Tsujimoto: Monitor and review the state of the art for EEDI and EEOI prediction and determination methods, Proc. of 28th ITTC conference, Vol.2 (2017), pp.450-456

(2) M. Tsujimoto, K. Yamamoto, H. Yasukawa, et al.: Analysis of Speed/Power Sea Trial Results, Proc. of 28th ITTC conference, Vol.2 (2017), pp.461-476

(3) M. Tsujimoto and G. Grigoropoulos: Explore Ship in Service Issues, Proc. of 28th ITTC conference, Vol.2　(2017), pp.482-485

(4)T. Matsuzawa: Recent Works in NMRI, Report of 29th ITTC/ICE committee #1 (2018), pp. 1-8

(5)T. Matsuzawa: Power estimation of NSR going ships, Special Seminar on Arctic Research Today and Future, (2017), pp.1-10

(6)R. Fukasawa, T. Matsuzawa, D. Wako: Effect of Hama's Stimulator of a Model Ship for the Ice Model Basin on Performance Prediction, Proc. of 33rd Int. Symp. on Okhotsk Sea and Sea Ice (2018), pp. 1-4

(7)松沢孝俊，下田春人，若生大輔他：一般貨物船型に適した氷中抵抗モデルの開発，日本船舶海洋工学会講演会講演会論文集，第 26 号（2018）
(8)辻本勝：三鷹オープンイノベーションリサーチパークー海事クラスター共同研究ー実海域実船性能評価プロジェクト，バリシップ 2017（2017）
(9)辻本勝：実海域性能向上に向けて、バリシップ 2017 海上技術安全研究所セミナー（2017）、pp.1-15
(10)辻本勝：実海域性能向上への取り組み―実海域実船性能評価プロジェクト―，第 17 回海上技術安全研究所研究発表会（2017），pp.1-12
(11)辻本勝：実海域実船性能プロジェクトについて，第 74 回実海域推進性能研究会（2017），pp.1-12
(12)大場弘樹，星野邦弘，辻本勝：マイクロバブルをトレーサに用いた PIV 計測法ー波浪中の省エネ付加物の影響ー，第 74 回実海域推進性能研究会（2017），pp.1-13
(13)枌原直人，櫻田顕子，黒田麻利子他：実運航性能評価のための船速ー回転数ー主機出力関係のモデル化，第 74 回実海域推進性能研究会（2017），pp.1-16
(14)辻本勝：ITTC28 期総会報告，第 75 回実海域推進性能研究会（2017），pp.1-14
(15)星野邦弘：特別講演：水槽試験技術　第１部：水槽試験および実船の計測技術について、第２部：円筒構造物の流力振動，第 75 回実海域推進性能研究会（2017），pp.1-72
(16)黒田麻利子：不規則波中抵抗増加の長周期変動について，第 75 回実海域推進性能研究会（2017），pp.1-33
(17)黒田麻利子，辻本勝，星野邦弘：実海域再現水槽の計測自動化について，第 75 回実海域推進性能研究会（2017），pp.1-10
(18)辻本勝：外航海運の GHG 規制と技術的検討，大阪大学工学部，海事政策論講義（2017）
(19)辻本勝：船舶の抵抗・推進，東京大学大学院，海洋環境学特別講義Ⅲ（2017）
(20)辻本勝：実海域推進性能～実海域船型学，HRC 研究会（2018），pp.1-35
□受賞 1 件：
(1)日本船舶海洋工学会賞（論文賞）及び日本海事協会賞(2018)
櫻田顕子，黒田麻利子，辻本勝他：実運航シミュレーションによる実船データ解析ー排水量修正と波風修正の適用ー，日本船舶海洋工学会論文集第 25 号（2017），pp.33-38 及び実運航性能評価における船速ー回転数ー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），pp.39-46
□博士学位取得 1 件：
(1)黒田麻利子：不規則波中抵抗増加の長周期変動に関する研究，博士（環境学），東京大学大学院新領域創成科学研究科（2017）
□国際基準策定への貢献（ITTC 推奨手法）1 件：
(1)ITTC Recommended Procedures 7.5-04-01-01.1 -Preparation, Conduct and Analysis of Speed/Power Trials-(2017)
□プログラム登録４件：
(1)UNITAS（船体パラメータ及び船体性能推定プログラム）V3
(2)CROW（外乱修正プログラム）
(3)SOMEREC（携帯型船体運動計測ステム）
(4)ICE モジュール Ver.1.0
□プレス発表・公開実験６件：
(1) 実海域実船性能評価プロジェクトでの国内外持ち回り試験で使用する模型船を使用した波浪中自航試験を公開（2017 年 6 月 9 日）
(2) 実海域性能プロジェクトの発足について（2017 年 5 月 12 日）
(3) VLCC で世界初、EEDI の実海域係数（EEDIweather）の予備認証に関する鑑定書取得ー海技研の 400m 水槽で実施ー（2017 年 5 月 15 日）
(4) EEDI の実海域係数（EEDIweather）で最終認証に関する鑑定書取得ー37 型ケミカルタンカーが竣工、GHG 削減を促進ー（2017 年 5 月 17 日）
(5) 実海域実船性能評価プロジェクトの参加募集の開始について（2017 年 6 月 5 日）
(6) 実海域実船性能評価プロジェクトの開始について（2017 年 10 月 31 日）

○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

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、
□多様化する推進プラントの船舶での実海域性能を踏まえた最適設計パラメータを決める推進プラントのシステム設計技術の開発
□運航状況に応じた推進プラントパラメータの実海域自動適応によるスマートパワー制御技術の開発

研究目標

□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
□実海域環境下を運航する船舶の推進プラント応答計算法の開発
□推進プラントの数学モデルと実船計測による推進プラントのパラメータ同定技術の開発
□推進プラントの基本設計ツールの開発
□運航状況に応じた舶用推進プラントの実海域自動適応によるスマートパワー制御技術の開発
上記成果は、推進プラントの実海域性能向上により省エネが実現され、ＧＨＧの削減、EEDI 規制の着実な実施が期待される。また実海域での性能を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強化へとなり得る。

平成 29 年度の研究内容

（小項目 1）実機に忠実な推進プラントの数学モデルの研究開発
（第３期に開発したサイクル平均（CMV）モデルに平成 28 年度に改良を加えたモデル、以下では標準モデルと書く）を、さらに実機に忠実なモデルに改良することと、革新的なエンジン制御を組み入れて、実海域におけるエネルギー効率を高めるケーススタディーが出来るようにする。このため、下記３点を目標とする。
□実海域における短期の波、風による負荷変動の過渡状態や大気環境の変化等の定常状態における燃費推定がより精度よく出来るように標準モデルを改良する。
□革新的なエンジン制御システムを検討するために、エンジンデータ取得のオブザーバーを開発し、実機テストエンジンでテストする。
□実機テストエンジンの陸上運転を利用して、エンジンシミュレータの検証を行う。

（小項目 2）波浪中を航走する船舶の推進プラント応答計算法の開発
□航走する船舶の推進プラントの波浪中応答計算コードの開発について、プロペラトルク変動をより精度良く推定するため、波浪中プロペラ有効流入速度モデル中の船体運動成分の推定法を高度化する。また、船体横運動によるプロペラトルクへの影響を実験結果等を基にして検証し、適宜モデルの高度化を図る。更に本計算コードの外部展開を見据えたプログラム登録について検討を行う。
□実船主機特性を模擬できる主機特性自航装置を用いた水槽試験法について、斜航状態に対応できるように方法論を拡張すると共に、最低出力規制が対象となる海象下や想定船・小型主機を対象に本試験法による試験を実施して波浪中主機応答や推進性能の評価を行う。
（共通）
□本研究課題によるアウトカムを最大化するため、民間企業等に本課題の PR を行って共同研究の展開を模索する。

平成 29 年度の研究成果

（小項目 1）実機に忠実な推進プラントの数学モデルの研究開発
□エンジン状態のオブザーバーの開発。
□エンジンモデルに燃焼モデルを組み入れ高度化。
□大型２ストローク実験機関を利用して実験を行い、掃気効率と燃料消費率（燃費）の相関を確認。
（小項目 2）波浪中を航走する船舶の推進プラント応答計算法の開発
□波浪中推進プラント応答計算コードの計算手法の高度化
□主機特性自航装置を用いた水槽試験法を拡張して斜航状態へも対応可能にした
（共通）
□民間企業との共同研究開始見込み(1 件)

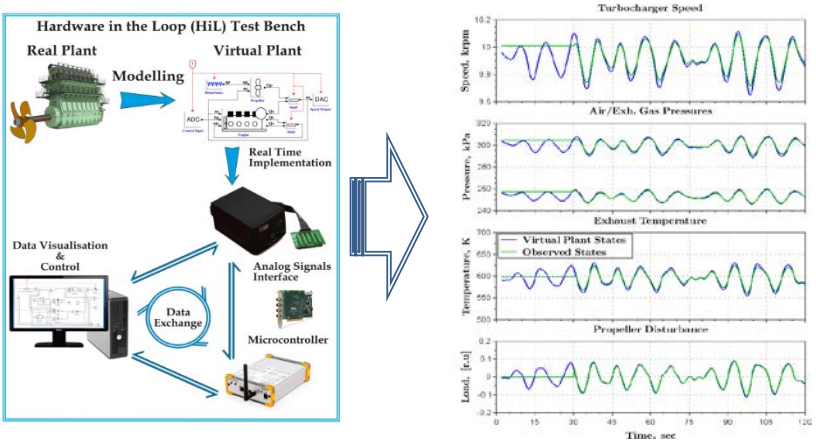


図１．２．４９ HIL Test bench を用いたエンジン状態オブザーバの動作確認

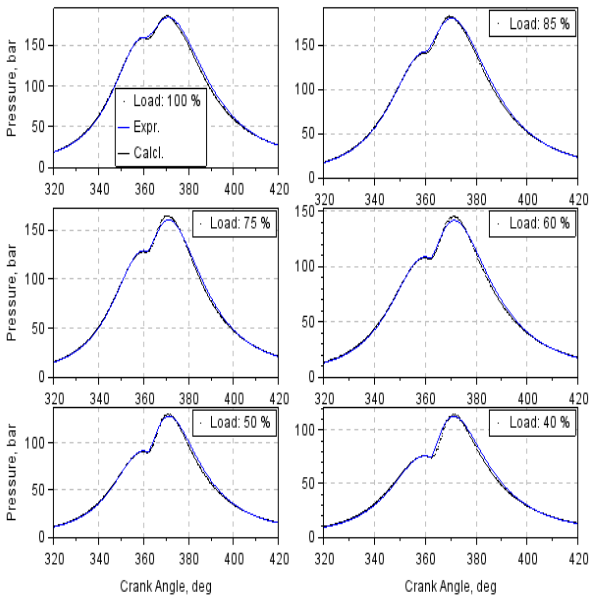


図１．２．５０ Wiebe 関数を用いた燃焼モデルによる計算値と実験値の比較

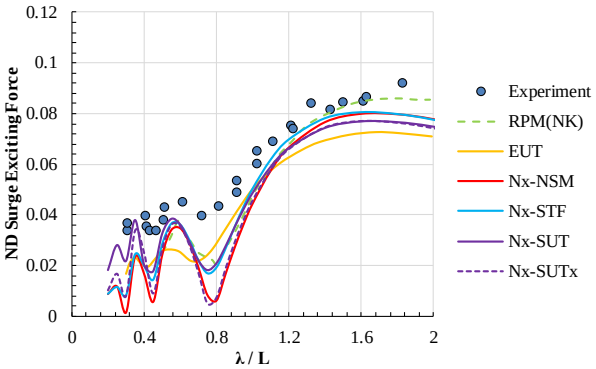


図１．２．５１ 新たに定式化したストリップ法による前後方向波浪強制力の計算例（点は実験点、”Nx-“と付く結果が新たに提案した各種計算法、Nx-SUT の結果が短波長域で実験結果と良好に一致にしている）

成果の公表

□査読付論文 件数:2

(1) Yasushi Kitagagawa, Oleksiy Bondarenko, Yoshiaki Tsukada, et al. : 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), pp.82-88.

(2) Oleksiy Bondarenko and Tetsugo Fukuda : Intelligent Air Management for Ultimate Flexibility of Ship Propulsion Plant Operation - 1st Report : Experiment and Simulation, Journal of JIME, Vol.53 No.3, (2018), pp.75-81.

□査読付プロシーディング 件数:2

(1) Yasushi Kitagagawa, Oleksiy Bondarenko, Yoshiaki Tsukada, et al. : An Application of the Tank Test with a Model Ship for Design of Ship Propulsion Plant System, Proceedings of the International Symposium on Marine Engineering (ISME2017TOKYO), (2017), pp.278-283.

(2) Oleksiy Bondarenko and Tetsugo Fukuda : Intelligent Air Management for Ultimate Flexibility of Ship Propulsion Plant Operation - 1st Report : Experiment and Simulation, Proceedings of the International Symposium on Marine Engineering (ISME2017TOKYO) , (2017), pp.272-277.

□講演等 件数:6

(1) 北川泰士、塚田吉昭：波粒子運動が波浪中プロペラ推力及びトルクに与える影響に関する実験的研究, 第 7 回推進・運動性能研究会に於いて、(2017).

(2) 北川泰士、塚田吉昭：波粒子運動が波浪中プロペラ推力及びトルクに与える影響に関する実験的研究, 第 74 回実海域推進性能研究会に於いて、(2017).

(3) Bondarenko Oleksiy, Fukuda Tetsugo and Kitagawa Yasushi: Ship Propulsion Plant Control - Present and Future Challenge, 日本内燃機関連合会講演会に於いて、(2017).

(4) 北川泰士、柏木正：船体長さ方向法線ベクトルを考慮したストリップ法による波浪中船体運動計算法について、第 9 回推進・運動性能研究会に於いて、(2018).

(5) 北川泰士、塚田吉昭、Bondarenko Oleksiy、他：主機応答特性を考慮した水槽模型試験法による実海域推進性能の評価と主機設計の検証、2017 年度 RIOS 研究会に於いて（依頼講演)、(2018).

(6) Yasushi Kitagawa and Masashi 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).

□海技研報告 件数:0

なし

□特許出願 件数:2

(1) エンジン状態観測器を用いたエンジン制御方法、エンジン制御プログラム及びエンジン制御装置（整理番号　１７Ｐ１２３ＫＧ）

(2) 燃料供給制御方法及び燃料供給制御システム（整理番号　１８Ｐ０４４ＫＧ）
□プログラム登録 件数:1
(1) Wiebe 関数のパラメータ自動同定プログラム
□プレス発表・公開実験 件数:0
なし

○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、
□省エネ船の開発のベースとなる平水中抵抗・推進・操縦性能計算手法の開発および形状最適化システム構築
□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シミュレーションへの 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

研究目標

□以下の特徴を有するソフトウェアの開発
1.平水中における抵抗・推進・操縦性能計算が可能
2.CAD、CFD、最適化手法を組み合わせて、船体や省エネ付加物等の形状最適化が可能
3.実プロペラモデルと組合せ、実用的な形状を有するハイブリッド ESD に対する性能推定が可能
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
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 29 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推進性能の計算手法を開発する。また、最新のメニーコアアーキテクチャである Xeon Phi KNL における並列計算手法を開発し、ソルバーの高速化効率等を確認する。加えて、実船スケール計算にむけたベンチマーク計算を行う。
□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
複数の省エネ付加物が干渉する状態を取り扱えるよう、重合情報生成システム UP_GRID を機能拡張する。重合格子対応ソルバーNAGISA を二相流を扱えるように拡張するとともに、キャビテーションモデルを導入する。
□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に関する研究
上部構造物の CFD による風圧抵抗計算手法を確立するため、風洞試験との比較により、格子生成手法や CFD 計算での物理モデル等のパラメータ設定を検証する。
□省エネ付加物影響を含む波浪中での計算手法の確立
重合情報生成システム UP_GRID と重合格子対応の構造格子ベースのソルバーNAGISA により省エネ付加物がついた状態について規則波中での抵抗計算手法の検討を行い、適した計算パラメータを見出す。

平成 29 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（図１．２．５２）、従来手法より計算時間
を 20%以上削減できることを示した（図１．２．５３）。

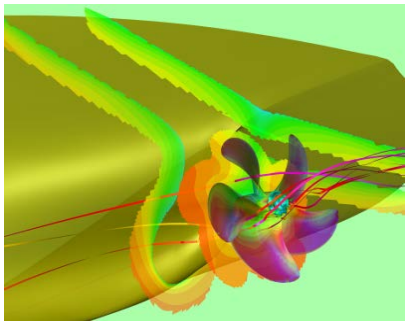


図１．２．５２ 船後の実形状プロペラ計算での流場

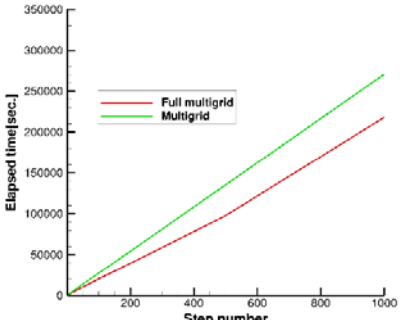


図１．２．５３ 計算の高速化(赤線：新しく開発した手法)

□風洞を模擬した条件のもと、風洞床面上を発達する境界層流れの計算を行い、床面近傍の流場を CFD で再現できることを確認した。また、船体に設定した速度分布をが流入するように、流入境界での速度に関する境界条件を探索する手法を開発し、その有効性を確認した。（実海域実船性能評価プロジェクトと連携）
□各種船型において向波中での運動の振幅、抵抗増加量を比較検証するとともに、静止水面上の船体表面圧力を実験と比較した結果、良い合致をみた（図１．２．５４）。また、大波高の向波中での船体運動計算も、ロバストに計算することができた（図１．２．５５）。

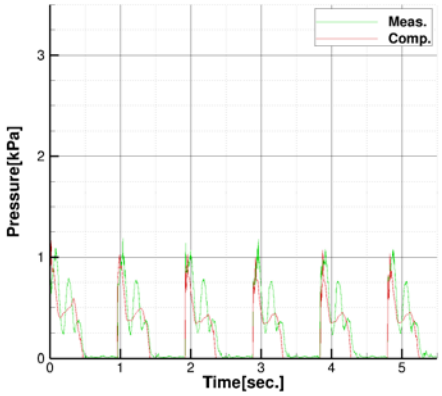


図１．２．５４ 静止水面上の圧力の時間変動の比較

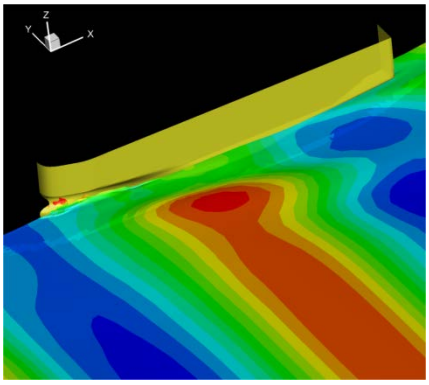


図１．２．５５ 大波高中での船体付近の自由表面

□NAGISA を用いて、世界で初めて省エネ付加物の CFD 計算のためのガイドラインを作成し、日本船舶海洋工学会賞(開発)を受賞した。
□NAGISA をはじめとする次世代 CFD の機能拡張が進み、ソフトウェアとしての価値が向上したため、今年度より有償の使用許諾を開始した。なお、現在、次世代 CFD の正式契約 13 社(総契約金額 2 割増)
□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（図１．２．５６）

図１．２．５６ 第 12 回 CFD セミナーの様子

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) Ver3.30
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）Ver2.1
3. 船体・付加物格子間補間情報計算プログラム(OS_GT_GEN) Ver.180301.1

□発表論文 9 件

1.ジャーナル

1) Sakamoto, N. and Kamiirisa, H.: Propeller cavitation noise radiated from single and twin-screw cargo liners: CFD prediction and full scale validation, Journal of Physics: Conference Ed., (2018)

2.その他

2) 大橋訓英, 小野寺直幸 : Xeon Phi による共有メモリ型計算手法の船舶周り流れへの適用性について, 第 22 回計算工学講演会 (2017)

3) 大橋訓英 : フルマルチグリッド手法と動的重合格子による船舶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 2017 (2017)

4) Ohashi, K. and Sakamoto, N. : Numerical Simulation of Flows around Moving Bodies using an Overset Moving Grid Technique, 20th Numerical Towing Tank Symposium (2017)

5) Kobayashi, H. : Shallow water effect for a high block coefficient ship, 20th Numerical Towing Tank Symposium (2017)

6) 平田信行, 田原裕介, 大橋訓英 他: 次世代 CFD コード NAGISA の開発, H29 年度海技研研究発表会講演集 (2017)

7) 小林寛, 平田信行, 大橋訓英 他: 重合格子法による浅水計算及び UP_GRID の新機能紹介, H29 年度海技研研究発表会講演集 (2017)

8) Hino, T., Hirata, N., Ohashi, K. et al., Hull form design and flow measurements of a bulk carrier with an energy-saving device for CFD validation, ClassNK Technical Bulletin vol.35 (2017)

9) Stern, F., Larsson, L., Hirata, N., et al., Tokyo 2015 CFD Workshop, Proc. 28th ITTC (2017)

□受賞 1 件

1) 日野孝則, 平田信行, 大橋訓英他: 省エネ付加物性能評価のための新船型開発および流体データベースの構築, 日本船舶海洋工学会賞(開発) (2017).

○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、

□船尾流場制御の開発
□摩擦抵抗低減の開発
□上記技術のシナジー効果による高度な省エネ効果が得られる技術開発

研究目標

□船尾形状の変更、適切な付加物、境界層吸い込み・吐き出し等の技術を統合した最適伴流設計システムの開発
□旋回流とプロペラの干渉効果にもとづくプロペラ配置・プロペラ形状等の設計法、推進器上流側の船体・pre-swirl 型省エネデバイスの設計法、推進器が造り出した旋回流を回収するための post-swirl 型省エネデバイスおよび舵の設計法の開発
□空気潤滑法における気泡のプロペラ面への流入を防ぐ流力デバイスの開発及び空気吹き出し位置、付加物、船尾形状のベストミックス化
□乱流制御技術を活用して空気投入のエネルギーロスを減ずる技術の開発
□乱流境界層の動的および静的制御技術を用いた船体表面創製による摩擦抵抗低減技術の開発

上記成果は、船尾流場制御および摩擦抵抗低減技術等の実用化により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、省エネルギーの強化及び船舶の省エネ化により、国際的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ことが期待される。また、海運のコスト低減が達成されることで、我が国海洋産業の国際競争力強化へとなり得る。

平成 29 年度の研究内容

1.船尾流場制御

(1)伴流設計技術

□開発中の伴流設計システムを用いて、省エネ付加物効果の高い内航７４９総トン一般貨物船の伴流を設計し、水槽試験により伴流設計システムの有効性を確認

□波浪および船体運動が船尾ダクトの推進性能に及ぼす影響を把握

(2)旋回流とプロペラの干渉制御技術

□ pre-swirl 型省エネデバイスとして、プロペラ前方フィンに注目し、CFD によりその作動原理を解明することで、フィンの設計法構築

□ プロペラ理論設計手法の構築、等方性複合材料プロペラの翼変形量および流体特性推定手法の高度化

□ キャビテーションの推定精度向上を目指したキャビティ形状計測法の高度化

2.摩擦抵抗低減技術

(1)空気潤滑法の効率向上技術

□ CFD を用いた空気潤滑システム搭載船の自航要素推定法の構築および気泡流中における省エネデバイスとの干渉影響の把握

(2)表面創製による摩擦低減技術

□ 乱流境界層の動的制御技術として、船底の表面層を動的に制御して、乱流境界層の流れの構造を変化させ、摩擦抵抗を低減する方法を開発するため、SAW(Surface Acoustic Wave)デバイスを用いた弾性表面波による流体制御装置を試作し、物体表面を制御した表面の制御パラメータと流体への作用・摩擦抵抗への影響の関係を調査。さらに効果を確認できた制御表面を対象として、流場計測を行い、制御物体による流場への作用のメカニズムを調査

平成 29 年度の研究成果

1.船尾流場制御

(1)伴流設計技術

□ 船型流場データベースを基に、省エネ付加物の効果向上、キャビテーション低減が可能な理想的な船尾伴流分布を入力として、理想伴流分布を実現する船型を出力する世界初の伴流設計システムにより内航７４９総トン一般貨物船を設計し、水槽試験によりキャビテーション性能に対する伴流分布の改善、省エネ付加物の効果向上を確認した（図１．２．５７）。また、省エネ付加物の効果向上及び、キャビテーション低減が可能な理想伴流分布について、設計に必要な要件を整理することで船型＋省エネ付加物の一体設計システムの基礎を構築した。

□ 船尾ダクトはプロペラ荷重度の増加に比例して発生する推力が増大し、それは平水中波浪中いずれも同程度であった。また船尾ダクトの省エネ効果に対する波浪の影響は短波長領域においてはほとんどなく、船体運動を伴うような中・長波長領域においても顕著な性能悪化は見られないことを確認し、実海域における省エネ装置の性能変化に関する知見を蓄積した（図１．２．５８）。

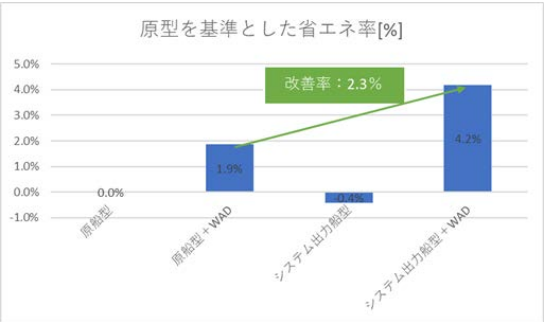


図１．２．５７　伴流設計システムを用いた船型改善による省エネ効果（水槽試験結果）

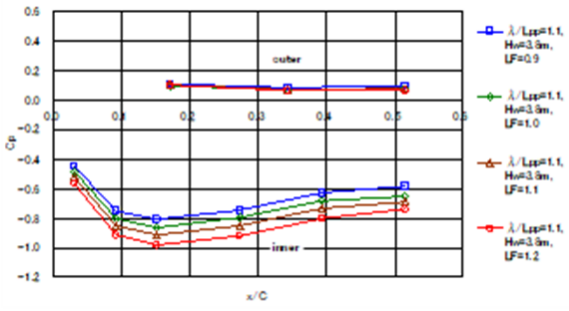


図１．２．５８　波浪中荷重度変更時のダクト表面圧力

(2)旋回流とプロペラの干渉制御技術

□ 模型および実船スケール CFD 解析により、プロペラ前方フィン周りの詳細流場解析を行い、フィン前方流場へのプロペラ誘導速度影響、尺度影響等を明らかにすると共に、プロペラ前方フィンの設計に、優先度の高い設計パラメーターを抽出し、その物理的な理由を解明した（図１．２．５９）。実船スケールベースで試設計したフィンは、原型に対して約 3%の性能改善量を得た。民間との共同研究の成果でもあり、共同研究先におけるフィンの設計に活用されている。

□　等方性複合材模型プロペラに、組合ライン CCD 法を用いた三次元形状計測技術を応用し、翼変形量を計測するための計測方法を構築。等方性複合材模型プロペラ（樹脂製プロペラ）の一様流中及び伴流中の変形量計測を実施し、開発した計測技術の有効性を確認した。

□　QCM と FEM プログラムと組み合わせた流体-構造連成計算法の高度化を図った。水槽試験での変形量計測結果とプログラムによる推定結果を比較し、良好に一致することを確認した（図１．２．６０）。

□　組合せラインＣＣＤ法のピーク検出方法を改良することによって、キャビティ形状計測精度を向上させ、計測したキャビティ体積から高精度に変動圧力を推定できることを確認した（図１．２．６１，１．２．６２）。

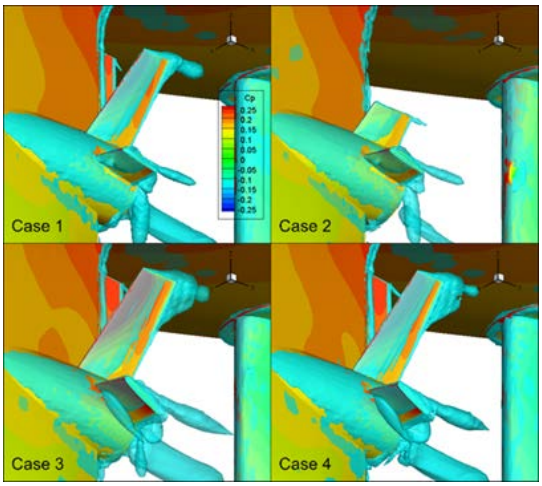


図１．２．５９　プロペラ前方フィン周りの渦構造

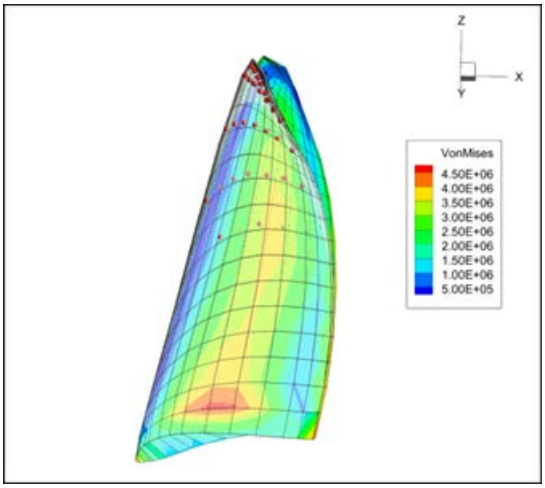


図１．２．６０　変形量計測結果と数値計算結果の比較

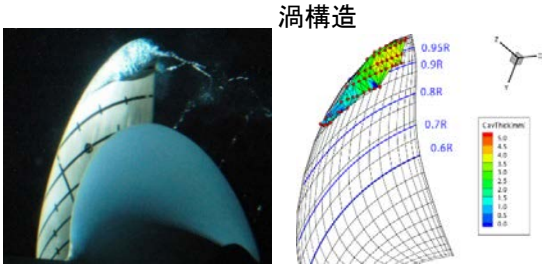


図１．２．６１　キャビティ形状計測結果の比較

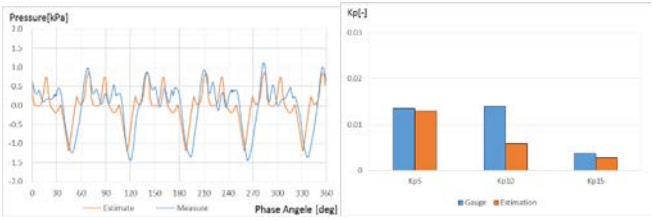


図１．２．６２　変動圧力の比較
（左：時系列波形、右：フーリエ解析）

2. 摩擦抵抗低減技術

(1) 空気潤滑法の効率向上技術

□　CFD を用いて平水中を直進航走する空気潤滑システム搭載船の摩擦抵抗低減効果および自航要素の変化を予測可能なベースとなる計算手法（空気潤滑船の自航要素推定法）を構築し、気泡流中で自航要素悪化のメカニズムを推定した（図１．２．６３）。さらに、自航要素の悪化を防止するデバイスを検討し、水槽試験にて評価した(図１．２．６４)。

□　物質・材料研究機構・日本ペイントマリンで開発された超撥水コーティングを施工した表面形状による気膜保持性能と摩擦抵抗低減効果の関係を把握した。

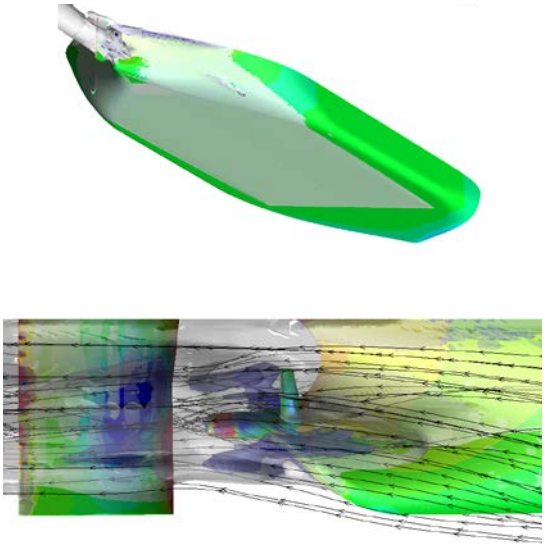


図１．２．６３　船体周りのボイド率分布および流線の CFD 推定結果

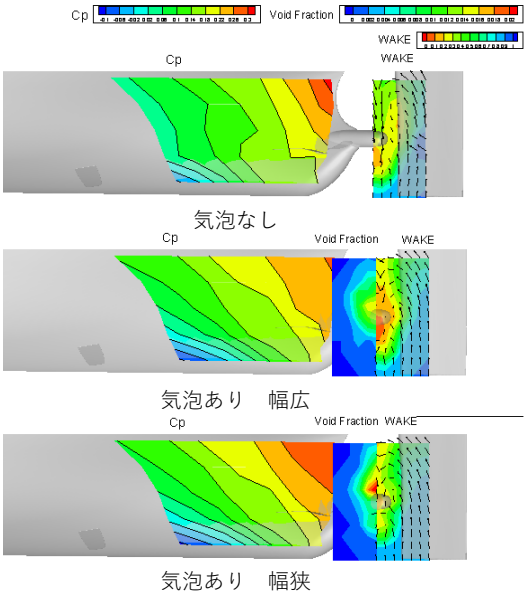


図１．２．６４　FBG センサーを用いた気泡有無状態における船尾表面圧力分布の計測例

(2)表面創製による摩擦低減技術

□　乱流境界層の動的制御技術として、船底の表面層を動的に制御して、乱流境界層の流れの構造を変化させ、摩擦抵抗を低減する方法を開発するため、物体表面層に任意のパラメータの弾性表面波（進行波）を発生させ制御する技術について調査検討した。その結果、SAW(Surface Acoustic Wave)デバイスを用いて音響流の発生させることによる物体表面付近の速度勾配を緩和する方法が有望であると考えた。調査の結果、音響流の速度、壁面に対する角度などは、表面波を発生させる物体の音速や、厚み、回路の形状、電源の周波数などにより、制御出来ることが判り、過去文献からこれらのパラメータを制御した場合の物体表面の音速と音響流の放射角の推定式を作り、その推定式に基づき、流場制御デバイスの設計と試作を行った（図１．２．６５）。

□　本重点研究に関連する共同研究「船舶用塗料に起因する船底摩擦抵抗に関する研究開発」において、全長 14mと 2m の塗装粗面平板の水槽試験の解析結果から、長さの影響を考慮した表面粗度パラメータと摩擦抵抗増加の関係式を導きだすことができた。その結果、全長ベースのレイノルズ数や、摩擦速度では、表面粗度パラメータと摩擦抵抗増加の関係を整理することができず、長さ方向に発達する境界層と表面形状の関係で、粗度部分で発生する局所的な圧力抵抗の総和で決定づけられることが分った。従前、いわゆる砂粒粗面の摩擦抵抗の推定式は存在したが、塗装粗面のような波状粗面に関する確立された推定式は無く、船体の長さ等の尺度影響を考慮した塗装粗面の摩擦抵抗の推定式を導き出したのは世界初であり、低摩擦抵抗塗料の実船での省エネ効果を精度よく評価できるようになる（図１．２．６６）。

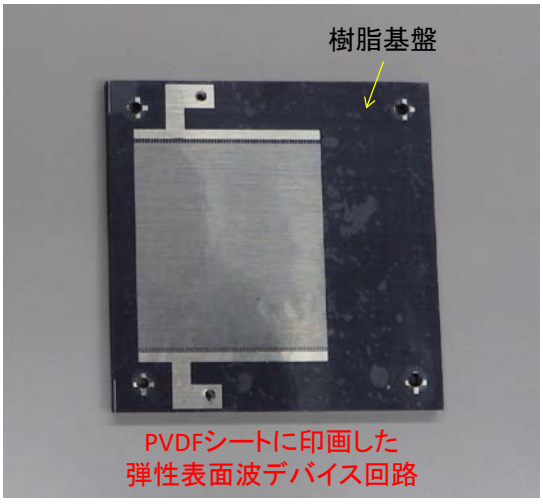


図１．２．６５　試作流場制御デバイス

$$C_F = C_{F0} + \left(\frac{V_k}{V}\right)^2 \frac{S_k}{S} \alpha c \frac{Rc}{RSm}$$

塗装粗面摩擦抵抗の推定式

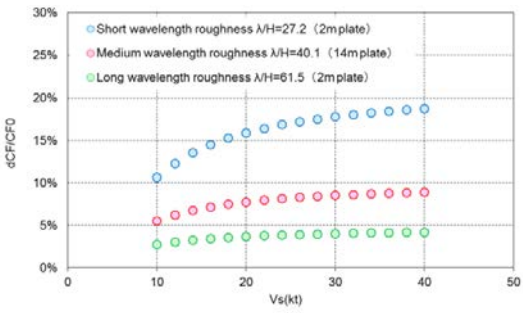


図１．２．６６　全長２００ｍの船の船速の変化に伴う各塗装面の摩擦抵抗係数増加率の推定結果

成果の公表

□出願特許：波状粗面摩擦抵抗の評価方法及び摩擦抵抗評価装置

□発表論文

（ジャーナル、本文査読付きプロシーディングス、海技研研究報告）

- 一ノ瀬康雄，田原裕介，久米健一：総トン数に制限を有する内航船の船型データベースの構築とその評価－749 総トン型一般貨物船を対象としたプロトタイプの開発－，日本船舶海洋工学会論文集，第 26 号（2017）.
- 久米健一，深澤良平：船尾ダクト表面圧力に対する波浪及び荷重度の影響，日本船舶海洋工学会論文集（2018）.
- Kume, K., Fukasawa, R.: 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).
- Arakawa, D., Kawasimam, H., Kawakita, C., Numerical Estimation of Self-Propulsion Factors for Ship with Air Lubrication, Proceedings of ISOPE2018 (2018).
- Kawakita, C., A Hydrodynamic Design Method of Ship Applying the Air Lubrication System, Proceedings of ISOPE2018 (2018).
- Shiraishi, K., Sawada Y. and Hoshino, K.: Cavity Shape Measurement Using Combination Line CCD Camera Measurement Method, Proc. 5th International Symposium on Marine Propulsors (2017).
- Shiraishi, K., Sawada, Y., Arakawa, D. and Hoshino, K.: Experimental estimation for pressure fluctuation on ship stern induced by cavitating propeller using cavity shape measurements, Proc. 10th International Cavitation Symposium (2018).
- Hiroi, T. et al, IEXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF GEOMETRIC ROUGHNESS PARAMETERS ON TURBULENT BOUNDARY LAYER BY LDV MEASUREMENTS, AMT17 (2017), pp.129-140.

（その他）

- 一ノ瀬康雄，田原裕介：伴流の任意制御を可能とする船型自動生成手法の開発，日本船舶海洋工学会講演会論文集,第 25 号（2017）
- 一ノ瀬康雄，久米健一，金子杏実，田原裕介：内航海運の省エネルギー船型バリエーションの開発，平成 29 年度海上技術安全研究所発表会講演集（2017）
- 久米健一，一ノ瀬康雄，田原裕介，川北千春，金子杏実，谷澤克治，日野孝則：内航海運のための省エネルギー船型群の開発：平成 29 年度海上技術安全研究所発表会講演集（2017）
- 久米健一，深澤良平：波浪及び船体運動が船尾ダクト表面圧力に及ぼす影響，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 25 号（2017）
- Sakamoto N., Mokuo K., and Tamashima M., 2017, Viscous CFD analysis of working principle for pre-swirl stator fins equipped on a tanker, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 25 号, pp. 111-116.
- 新川大治朗，川島英幹，川北千春：自航状態における空気潤滑船周りの流れの数値シミュレーション，日本船舶海洋工学会講演会論文，第 25 号（2017），pp.159-164.
- 川島英幹他：塗装粗面摩擦抵抗の尺度影響について－長短塗装粗面平板の摩擦抵抗の比較－、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 24 号（2017）、pp.729-734

○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の開発・検討

□各種動力システムの安全性評価

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の開発

□各種動力システムの安全性評価手法の開発

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が実現されることが期待される。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 29 年度の研究内容

□前年度までに設計・試作した水素ガスインジェクタの高圧化に向けた改良を行うと共に，ガスリーク特性および耐久性試験等を実施・評価する。
□平成 28 年度に開発を開始した水素燃料電池システムの制御・監視システムを改良し，大出力燃料電池に対応した実用的な制御・監視システムを開発する。
□燃料電池スタックや配管からの水素漏洩および通常発電時の余剰水素を想定して，これらの水素を含むガスの換気や船外排出に着目し，安全性を評価するための CFD 解析並びに検証試験を実施する。
□平成 28 年度までの成果並びに前項までに実施する研究成果等を活用して，水素燃料電池船の安全ガイドライン策定に向けた調査を行い，安全要件を整理し，安全ガイドライン案を完成させる。
□平成 28 年度構築した模擬バイオガス製造装置を用いてバイオガス混焼ガス機関の燃焼安定性や熱効率等について詳細な性能評価を行う。水素・水を大量に混焼するためのポートインジェクションシステムを構築する。未燃燃料（メタン等）の排出削減に向けた対策技術の調査・検討を行う。
□単気筒ディーゼルエンジンにおいてガス燃料（天然ガスやアンモニア等）と軽油の混焼試験を実施し，安定燃焼を実現する技術課題を抽出する。

平成 29 年度の研究成果

□試験用水素ガスインジェクタのガスリーク特性および耐久性試験等を実施し，運転中にインジェクタの動作が不安定になるなどの不具合が確認された。運転後の摺動部の観察により，その原因は運転中に生じた表面の凹凸および保管中に生じた表面の変質であることが確認され，技術課題を明確にした。
□燃料電池，リチウムイオン電池および電気推進システムの状態を適切に監視・制御するシステムを構築し，模型船によりその動作を検証した（図１．２．６７）。
□小型実験船に水素燃料電池システムおよびリチウムイオン電池を搭載し，実船試験を実施した（図１．２．６８）。各要素機器の動作が適切に動作することを確認した他，水素漏洩等の不具合が発生した際の安全機能が適切に作動することを検証した。さらに，国土交通省からの請負研究のもと，水素燃料電池船の安全ガイドライン案を完成させた。
□バイオガス混焼ガスエンジンの詳細な性能評価を行い、燃焼不安定化や発電効率低下の要因を明らかにするとともに性能維持のための対策を検討した。また、水素を大量に混焼するための水素・水ポートインジェクションシステムを構築した。
□メタン酸化触媒を用いた、ガスエンジン排ガス中のメタンスリップ低減効果を確認するため、実排ガスを用いた性能試験を実施し、除去性能等を評価した。
□単気筒ディーゼルエンジンにおいてアンモニアガスと軽油の混焼試験を実施し，排ガス中の未燃のアンモニアの削減に，軽油の多段噴射が効果的であることを確認した。また，アンモニアの燃焼により温室効果ガスである N_2O が排出されることを明らかにした。

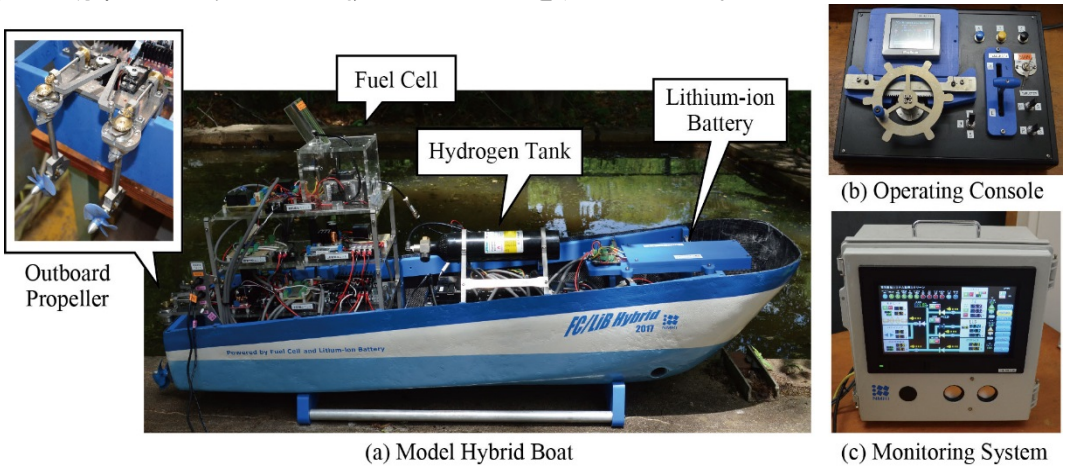


図１．２．６７　模型ハイブリッド船

図１．２．６８　水素燃料電池システムおよびリチウムイオン電池を搭載した小型実験船

成果の公表

（査読付き論文）

☐ Yoshifuru Nitta, Dong-Hoon Yoo, Sumito Nishio, et al., Evaluation of Emissions Characteristics of Marine Diesel Engine Intake of Exhaust Gas of Lean Burn Gas Engine, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, Vol.140(2), (2018).

☐ Yoshifuru Nitta, Yoichi Niki, Koichi Hirata, et al., Effects of the Combustion Characteristics of Diesel Engine by the Intake of Exhaust Gas from Gas Engine, 日本マリンエンジニアリング学会誌,（投稿中）.

（査読付きプロシィーディング）

☐ Yoshifuru Nitta, Yoichi Niki, Koichi Hirata, et al., Effects of the combustion characteristics of diesel engine by the intake of exhaust gas from gas engine, Proceedings of the International Symposium on Marine Engineering (ISME), Tokyo, Japan (2017), B13-313.

（その他の講演論文等）

☐平田宏一：水素燃料電池とリチウムイオン電池を搭載した模型ハイブリッド船の設計・試作，日本機械学会，交通・物流部門大会，TRANSLOG 2017 (2017).

☐平田宏一：船舶分野における燃料電池システムの展開，平成 29 年度（第 17 回）海上技術安全研究所研究発表会講演集 (2017)，p. 90-99.

☐平田宏一，関口秀紀，仁木洋一，他：マリンハイブリッドシステムに関する研究開発，海上技術安全研究所報告（総合報告），第 17 巻第 4 号 (2018).

☐栗原敏郎：自動車のハイブリッド技術動向調査，月刊共有船 7 月号 (2017).

☐岸武行，安達雅樹，樽井真一：LNG ガスタービンコンバインドサイクルの船舶への導入-NOx 及び SOx 規制対応ディーゼルとの比較，日本マリンエンジニアリング学会誌，第 53 巻第 2 号（技術資料） (2018).

☐仁木洋一，新田好古，平田宏一，他：水素エネルギーキャリアの船舶利用に関する検討，日本機械学会，交通・物流部門大会，TRANSLOG 2017 (2017).

☐市川泰久，関口秀紀，Oleksiy Bondarenko，他：リーンバーンガス機関の適正制御パラメータとガス燃料組成の影響に関する研究，海上技術安全研究所報告（総合報告），第 17 巻第 4 号 (2018).

☐市川泰久，Oleksiy Bondarenko，関口秀紀，他：排熱回収装置の高効率化に向けたリーンバーンガス機関の排気温度上昇に関する検討，日本マリンエンジニアリング学会，第 87 回マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集 (2017)，p.161-162.

☐Yasuhisa Ichikawa, Hidenori Sekiguchi, Oleksiy Bondarenko, et al., An Exhaust Gas Temperature Increase Technique of Lean Burn Gas Engine for Waste Heat Recovery Technology Application, Proceedings of the International Symposium on Marine Engineering (ISME), Tokyo, Japan (2017), A02-207.

☐新田好古，仁木洋一，平田宏一：ガスエンジン排ガスを吸入する舶用ディーゼルエンジンにおける吸気ガス組成が排気に与える影響，平成 29 年度海上技術安全研究所発表会講演集 (2017).

（特許出願）

☐岸武行，西尾澄人，栗原敏郎，特許「未燃メタンの処理方法及び未燃メタン処理装置」，2018 年 3 月出願.

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。 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 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。 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 －2020 年から始まる舶用燃料油の硫黄分 0.5%の上限規制（グローバルキャップ規制）を見据えて、効果の評価をするために、実船計測等によりデータを取得する。　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 －船舶から排出されるBC･PM等の削減に資するため、エンジン内および後処理技術の高度化等、環境影響低減技術の開発を行う。等

○船舶に起因する生態系影響の評価技術の構築に関する研究

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（CO_2）、窒素酸化物（NO_X）、硫黄酸化物（SO_X）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。
具体的には、
□防汚効果評価方法等の提案
□防汚技術を評価する方法の確立
□船舶起因の水中騒音の予測技術の確立

研究目標

□管理ガイドラインの見直しにおいて、妥当かつ合理性のある船体付着生物の越境移動の抑制方策を作成
□ニッチエリアに対する防汚技術の評価を行い，IMO で新たに問題視された場合の技術的データを蓄積
□水中騒音の予測技術を構築し，船舶水中騒音規制に対処できる技術的データを蓄積
上記成果は、合理的な規制により海洋環境が保護されることが期待される。また本研究で得られたデータ・知見は学術的根拠としてなり得る。

平成 29 年度の研究内容

□防汚塗料の防汚効果評価試験方法の ISO 化を目指すために，昨年度に不成立になった新作業項目（NWP）を再提案し成立させ，次のステップである作業原案（WD）の作成に進める.
□船体付着生物管理ガイドラインの対応として，ニッチエリアリアの生物付着を抑制する対策技術の検討を行う.
□キャビテーション水槽内の音場を推定し、水中騒音計測システムを高精度化するために必要な境界要素法プログラムを開発する。
□CFD による翼次成分音圧推定法を高度化する

平成 29 年度の研究成果

□フジツボ及びムラサキガイ以外の供試生物（例えば藻類など）を用いた方法も検討する必要があるとのコメントに対して、藻類について検討を行った。検討した結果、藻類の培養法（図１．２．６９）および、付着藻類からの色素抽出による蛍光強度測定法（図１．２．７０）を確立した。これにより、藻類を用いた防汚塗料の防汚効果評価試験法の基礎資料を作成し、データを蓄積することができた。
□1 軸および 2 軸旅貨客船を対象とした水中騒音を推定する CFD 計算の高度化（図１．２．７１）を実施した。その結果、実船測定結果と比較して良好な推定（図１．２．７２）が得ることができた。

図１．２．６９　3 日間の予備培養後、培地を充たしたポリカーボネート容器内での培養（左）、容器内に吊された試験片の様子（中）および藻体の試験片への着生状況（右）

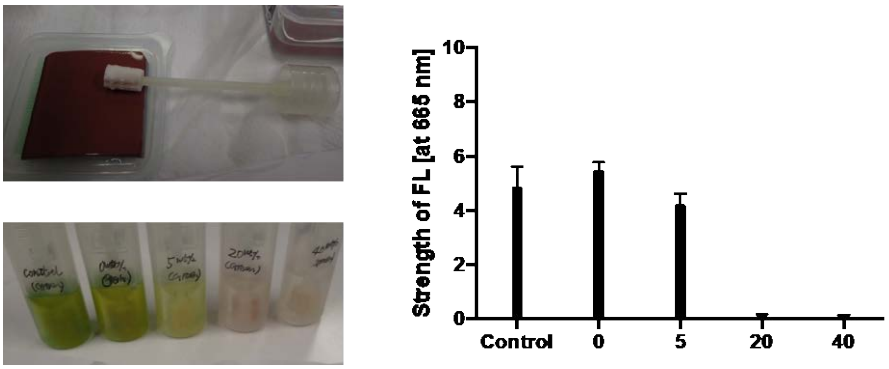


図１．２．７０　藻体の試験片からの採取方法（左上）、対照区および試験区から抽出した色素（左下、左から対照区、亜酸化銅配合量 0、5、20 および 40wt%を示す）および抽出した色素の蛍光強度測定結果（右）

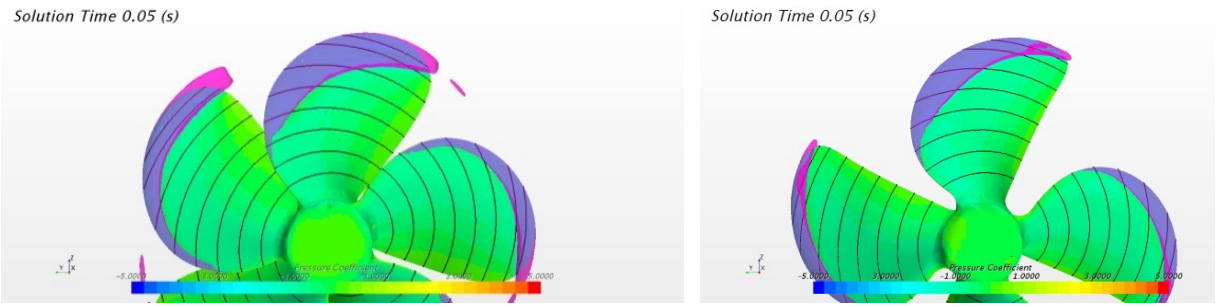
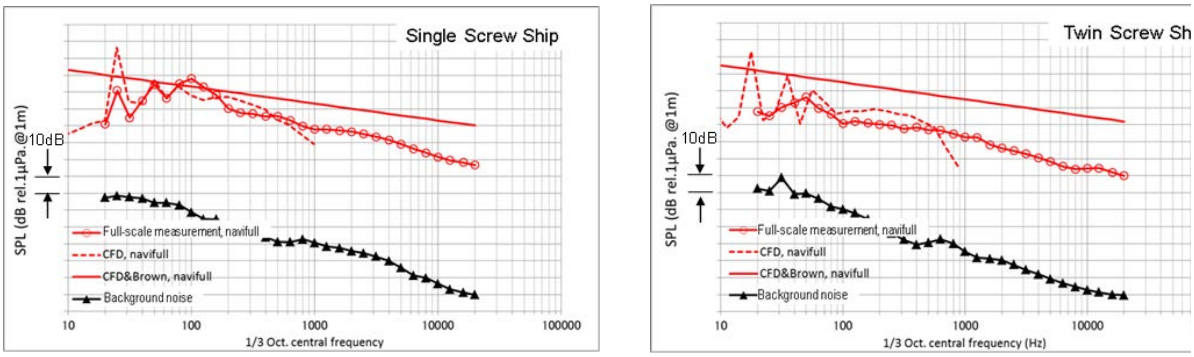


図１．２．７１　１軸船のキャビテーション計算結果（左図）及び２軸船のキャビ



１軸船の水中騒音 CFD 計算結果（破線）と実船計測結果（〇付実線）

２軸船の水中騒音 CFD 計算結果（破線）と実船計測結果（〇付実線）

図１．２．７２　計算結果と実船計測結果

成果の公表

□R. Kojima, S. Kobayashi, K. Matumura, et al., 2018, A method for evaluating the efficacy of antifouling paints on *Balanus amphitrite* in the laboratory using a flow-through system, Journal Biofouling, *in-contribution.*

□R. Kojima, T. Shibata, H. Ando, et al., 2018, A preliminary approach of laboratory bioassay for the efficacy of antifouling paints using *Ectocarpus siliculosus*,.Proc. The International Congress on Marine Corrosion and Fouling 19th Conference (19th ICMCF), Florida, USA, *in-progress*.

□N. Sakamoto, J. Fujisawa, Y. Sawada, et al., 2017, Measurement of cavitation noise radiated from a marine propeller with and without shaft inclination, Proc. The 5th International Conference on Advanced Model Measurement Technology for The Maritime Industry (AMT'17), Glasgow, UK.

□H. Kamiirisa, H. Sakamoto, A. Sakurada, 2017, Research of underwater ship radiated noise (USRN) toward marine environmental protection in Japan, Proc. The 5th International Conference on Advanced Model Measurement Technology for The Maritime Industry (AMT'17), Glasgow, UK.

○船舶からの油及び有害物質の流出等の対策に関する研究

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、

□流出油の回収・処理の高効率化に関する研究
□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
□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

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

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される

平成 29 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】

・気泡噴流を利用した改良オイルフェンスの性能確認試験を行い、期待する滞油性能が得られることを確認する。

・水蒸気注入による微細化・分散化効果等について、小規模蒸気爆発実験装置を用いて確認する。

【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】

・前年度までに整備した日本近海の海水流動データ及び海上風の風速・風向データと、これらのデータ処理に必要なプログラム群について、現状の環境影響評価システムに組み込む。

・前年度までに改良した海水中のみの物質拡散モデルを拡張して、放射性物質の海底堆積物への沈着評価モデルを開発する。

平成 29 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】

・水中気泡群から発生する表面流を利用したオイルフェンスの改良として、従来式とは異なる新しい発想に基づく浮沈式気泡噴流型オイルフェンスの性能確認予備実験を、港湾空港技術研究所と共同で、実海域流出油実験装置を用いて実施した。実験を通じて期待する性能が得られることを確認し、併せて問題点の抽出等を行った。

・平成 28 年度に製作した小規模蒸気爆発実験装置を、水蒸気爆発を連続的に発生させることができるように改良し、水蒸気爆発によって生じた圧力波を重質油に向けて連続発射できることを確認した。併せて容器内の圧力計測及び重質油の状態等の顕微鏡観察を行った。

・水蒸気爆発による油の微細化現象及び拡散の程度を目視観察するため、高粘度油微細化実験用可視化タンクを新たに設計・製作した。

【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】

・当所では、海事局検査測度課が所有している事故時影響評価システムの維持及び管理を行っている。本システムでは放射性物質運搬船の事故を想定して放射性物質が大気あるいは海洋に放出された場合の被害度の評価に対応しているが、現状では油や有害化学物質の漏洩時の評価には対応していない。平成 29 年度は、主に海表面を漂流する油及び有害化学物質の被害度評価に対応させることを目的に、海上風データを取り込み、数値海洋モデルを用いることで海水流動計算の予測精度の向上を図った（図１．２．７５）。また、数値海洋モデルを採用することにより、広い海域（閉鎖湾内と外洋）を対象とした流動予測が可能になった。

図１．２．７３　水蒸気爆発によって生じた圧力波を重質油に向けて連続発射する実験の様子（右下ガラス容器に油が吐出する様子が確認できる）

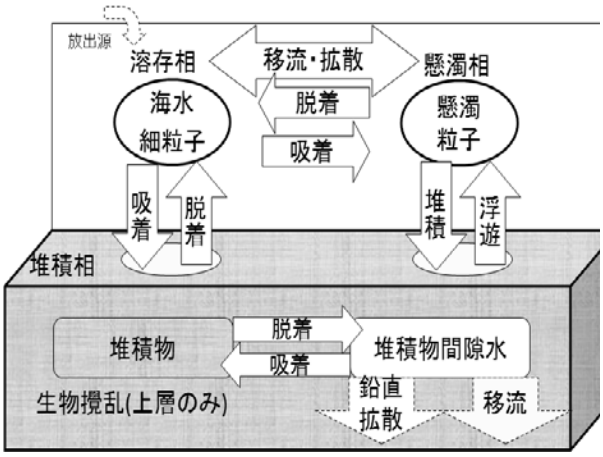


図１．２．７４　海水及び海底堆積物における放射性物質移行モデル

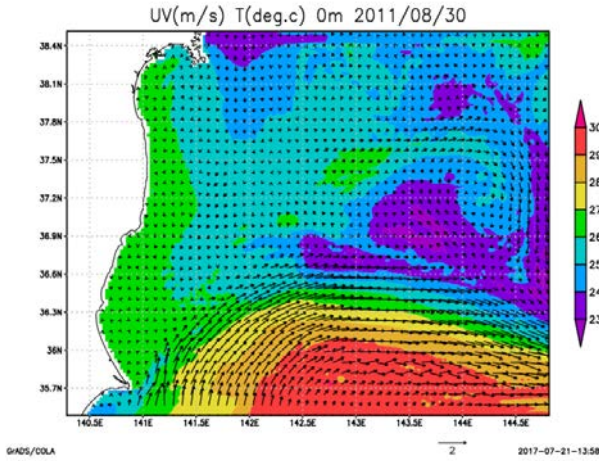


図１．２．７５　海上風データを組み込み、温度、塩分によるデータ同化を行った海流場の計算例（福島沖海表面における速度ベクトル及び温度分布）

成果の公表

【発表論文】4 件

〇その他

1) S. Terasaki, N. Odano and M. Asami, "Existence Forms and Distribution Characteristics of Radiocesium in Marine Sediments in the Coastal Area Off Fukushima Prefecture," Proceedings of 6th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry、(2017)

2) 長尾、寺崎、小田野ほか、セジメントトラップ実験によって観測された粒子態放射性セシウムの移行性、日本放射化学会年会・第 61 回放射化学討論会、(2017)

3) 寺崎、長尾、小田野ほか、福島沿岸域堆積物中放射性セシウムの存在形態と分布特性、日本放射化学会年会・第 61 回放射化学討論会、(2017)

4) 大西、ソーントン・ブレア、浅見ほか、地理情報システムによる東北沿岸域での海底土放射性セシウム濃度計測結果の可視化、日本原子力学会 2017 年秋の大会予稿集、(2017)

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

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	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

○海洋再生可能エネルギーに係る基盤技術の開発及び安全性評価手法の開発並びに開発の加速に係る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、

□海洋再生可能エネルギーの実用的な発電デバイスの開発
□認証およびステージゲート判定のための安全性・性能評価手法の研究
□有効な技術開発を進めるための要素技術開発

研究目標

□安全性および性能の最大化を追求した発電デバイスを開発
□認証およびステージゲート判定のための技術ツールを開発
□実証フィールドで使用する技術ツール群を開発
□マージンを適正化した必要十分な安全性確保に資する風車・浮体連成荷重評価ツールを開発
□安全性と発電量・発電品質の両立に資する浮体式用ブレードピッチ制御法を開発
□安全性の検証および点検・メンテナンスコストの削減に資する浮体構造モニタリングの実用的手法を開発
□安全性と発電量・発電品質の両立に資するウインドファーム配置最適化の検討ツールを開発

上記成果は、開発した技術を活用し、国等のプロジェクトに参画することにより海洋における再生可能エネルギーの開発が促進されるとともに、我が国海洋産業の競争力が強化され、またエネルギーモード（例えば、波力等）によっては、位置的偏在が比較的に少ないので全国で取り組み可能であるのに加え、小規模からの導入が可能で製造・保守管理に必要な資本も少ないので、地域密着型の事業展開が可能であり、地方創生にも資することが期待される。

平成 29 年度の研究内容

□並進動揺型波力発電装置の同調制御法を対象に、不規則波中での波予測の基づくフィードフォワー

ド最適制御ロジックを検討、および制御も含めた実験技術の検討
□波力発電や海流発電におけるＣＦＤの適用性検討のための試解析を行い、計算技術に関する課題や解決策の方向性を整理
□浮体式風力発電施設における３翼独立制御技術を模擬した安全性・性能評価開発のための風洞実験技術の検討および適切な制御ロジックの検討
□浮体式風力発電施設における風車の後流について、風洞実験によって、浮体式風力発電と着床式洋上風力発電の特性の差異を調査

平成 29 年度の研究成果

□並進動揺型波力発電装置の発電性能評価試験として、昨年度は規則波に遭遇した際の波予測、制御最適化の実験的検証を行い、開発した制御技術の規則波中における発電性能向上を確認した。今年度は、これに引き続き、不規則波中での発電性能を検討した。規則波中では最適な制御パラメータは理論上は一意に決まるが、不規則波中ではそれが刻々と変化するところに難しさがある。基本的には、波予測のモジュールとモデル予測制御のモジュールで構成されたアルゴリズムを適用し、数値シミュレーションと水槽実験の両面からアプローチした。結果として、不規則波中であっても規則波中と同レベルの発電性能が確保できる目途を付けた。特に、発電装置側の可動範囲制限等を考慮した非線形性の強い場合においても、開発した手法が有効であることが確認された。

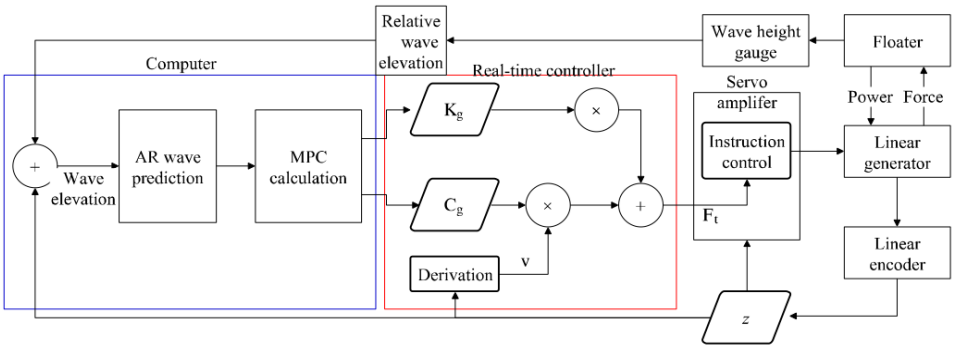


図１．２．７６　数値シミュレーションのアルゴリズム

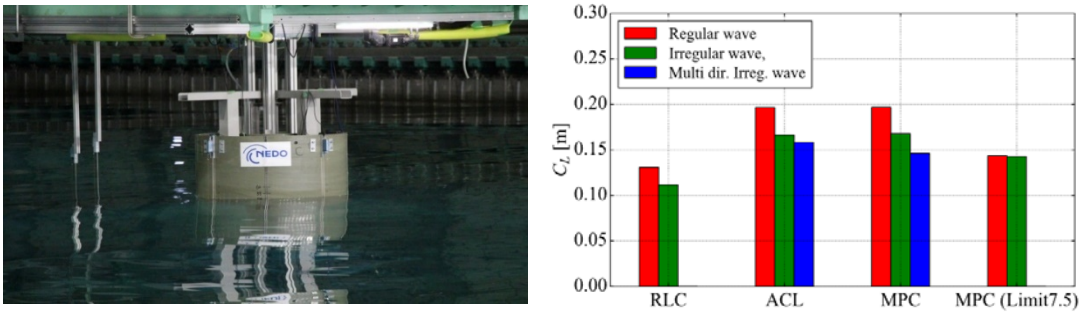


図１．２．７７　水槽実験

□並進動揺型波力発電装置の性能最適化においては、いわゆるインピーダンス・マッチングの観点から、流体的な減衰力の正確な把握が重要であり、その中で粘性減衰力の寄与は無視できない。粘性減衰力は尺度影響も大きいことから、実験的な把握にも限界があり、実用的なＣＤＦ計算手法の確立を目指した。汎用的な技術の確立を目指す立場から、汎用ＣＦＤソフトを利用して、系統的な試解析を実施し、必要な計算精度と実用的な計算時間の兼ね合い等から推奨される計算指針を得た。

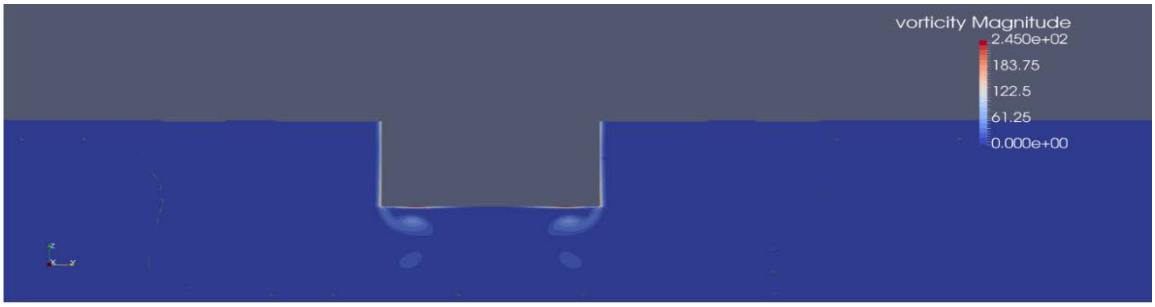


図１．２．７８　並進動揺型波力発電装置のフロート周りの流れのＣＦＤ計算例

□浮体式洋上風力発電では、タワー基部モーメントに対する反力を大きく取れない（傾斜・動揺してしまう）ために、これを踏まえた制御が重要である。例えば、風速の垂直分布から発生するピッチ・モーメント、ジャイロ効果によって発生するヨー・モーメントなどに対する制御は、３翼をそれぞれ独立的に制御することにより動揺抑制の効果が発揮できる。そこで、この制御技術を模擬した安全性・性能評価開発のための風洞実験技術の検討を行った。まず、３翼独立制御を行うための風車模型を開発した。これは、機構が重量化をするのを極力抑え、且つ信頼性の高い動きをさせるための工夫を凝らした調整を必要とした。更に、同模型で、３翼独立制御の基本的な制御ロジックを適用し、前述の風速の垂直分布から発生するピッチ・モーメントの低減効果を実験的に確認した。

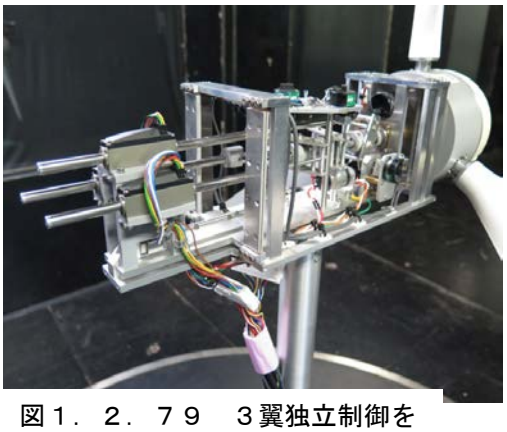


図１．２．７９　３翼独立制御を行うための風車模型

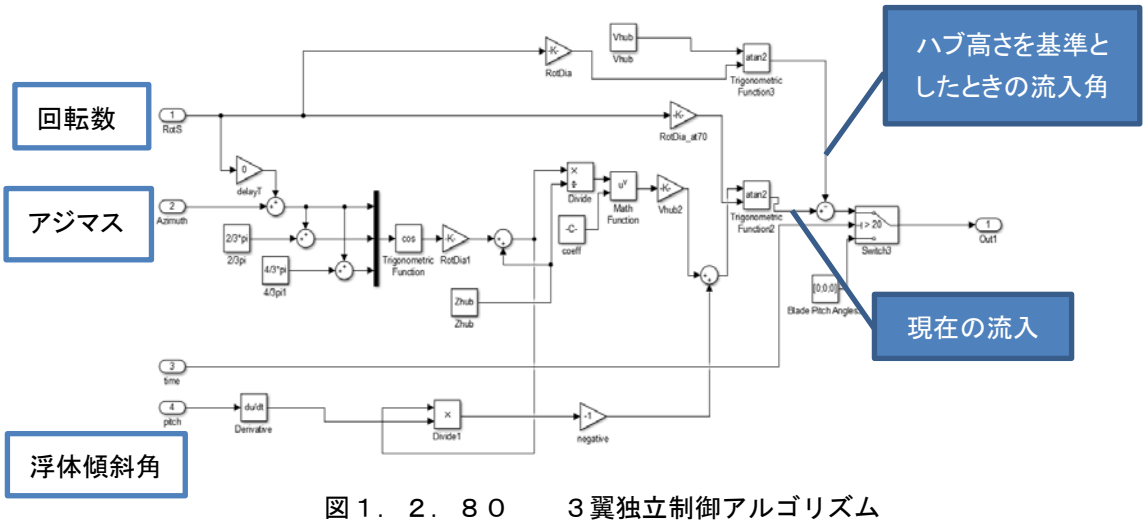


図１．２．８０　　３翼独立制御アルゴリズム

□風車後流およびそれに対する風下風車の影響の評価技術の確立に向けて、風洞実験手法を検討した。波浪中で動揺する浮体式風力発電を想定した実験を行うための、機械的強制動揺下での実験手法も検討した。何れも実験を試行し、妥当な計測が行われていることを確認した。(次年度以降に、系統的な評価を行って行く。)

図１．２．８１　　風洞実験における風車後流計測実験

成果の公表

ジャーナル

1) 上野和浩、山田雅貴、羽田絢、他：強風下の浮体式洋上風力発電におけるブレードピッチ曲げ応力の変動抑制を目的とする非線形モデル予測，計測自動学会論文集，第 54 巻第 2 号（2017）
2) 谷口友基、平尾春華、國分健太郎、他：一点緊張係留された並進動揺型波力発電装置に関する研究，日本船舶海洋工学会論文集(2018)　（投稿中）

本文査読付きプロシーディングス

1) Umeda, Goto, Fujiwara, et al.：Experimental Study on Model predictive Control for a Point Absorber Type Energy Converter with a Linear Generator, OMAE2018

海技研報告の研究報告

無し

上記以外

1) 井上俊司：海洋再生エネルギー発電装置の安全性照査のための水槽実験の基本的考え方について，平成 29 年度 日本船舶海洋工学会秋季講演会論文集（2017）
2) 井上俊司：波力発電装置の安全性照査のための水槽実験のおける尺度影響に関する一考察，平成 29 年度 日本船舶海洋工学会秋季講演会論文集（2017）
3) Kurosaki, Yamamoto, Goto, et al.：Wave Energy Innovation by Progressive Tuning Control Strategy, Grand renewable Energy 2018
4) Chujo, Haneda, Nimura, et al.：Wind Tunnel Test with Individual Blade Pitch Control Wind Turbine Model in Wind Shear, Grand renewable Energy 2018
5) Chujo, Haneda, Inoue：Scale Model Experiment of Weather-Vane-Type Floating Platform for Downwind-Type Offshore Wind Turbine,　OCEANS2018 MTS/IEEE (2018)

研究開発課題	（３）海洋の開発

研究テーマ	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

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。 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	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。 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 －海底熱水鉱床開発に関連するプロジェクト等の支援や複合環境外力下での海洋構造物の安全性評価技術等の開発を進める。　等

○海洋資源・エネルギー開発統合システム等の総合安全性評価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、

□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（暴風域、強海流域、氷海域：海氷、氷山等）で使用される海底エネルギー開発統合システム（浮体システム（支援船、輸送船を含む）＋Surf システム）の安全性・稼働性評価技術の開発

研究目標

□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、オペレーションガイドラインを作成

□商業化を目指した海底熱水鉱床開発用海中システムや全体システムの計画支援プログラムを開発

□厳環境下で使用される係留・ライザーシステムの設計技術及び安全性評価技術を開発

□Surf システムの installation 技術等の安全性健全性評価技術を開発

□厳環境下で使用される海底エネルギー開発統合システムの総合安全性、稼働性評価技術を開発するとともに、船級協会等に安全性に関わる技術指針を作成

□Disconnectable Turret/Riser システム等を用いた厳環境下で使用される FPSO システムを開発

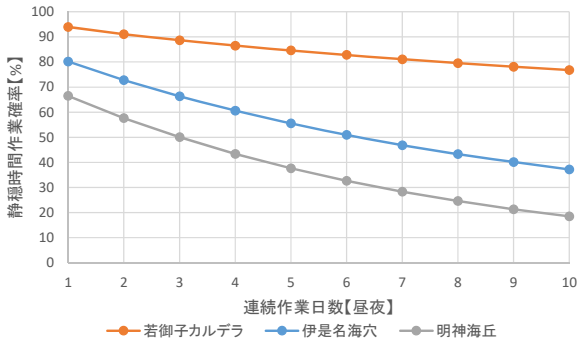
上記成果は、商業化を目指した海底熱水鉱床開発用海中システムや全体システムの計画支援プログラムを事業主体に提案することにより、技術的・経済的にフィージブルなシステム開発を可能とし、世界初となる海底熱水鉱床開発事業の実現につながり、さらには、研究成果を他の海底鉱物資源開発事業に展開し、我が国民間企業の海洋産業への進出を技術的に支援することにより、我が国の海洋産業の育成やエネルギー・鉱物資源の安定供給確保に貢献することが期待される。

平成 29 年度の研究内容

□海底熱水鉱床商業生産システムのコンセプトに基づき、稼働性の検討を行う。
水中条件において模擬鉱石等の掘削試験を行い、所要動力等の比較により簡易的な採掘ユニットの掘削性能評価手法を検討する。
採掘ユニット及び揚鉱ユニットを含めた一体システムの挙動解析を行う。
揚鉱管及び戻り管で構成されるライザーシステムを対象とした VIV 解析プログラムを開発する。また、集鉱・揚鉱に供するフレキシブルホースや鋼管の耐久性を向上するために、管内摩耗のモニタリング技術及び摩耗低減技術に関する検討を行う。
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し、とりまとめを行う。
経済産業省の委託を受けて(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）が実施している採鉱・揚鉱パイロット試験事業に民間企業とともに参加する。
採鉱・揚鉱パイロット試験で得られた知見も活用して、採鉱・揚鉱オペレーションに関する安全ガイドラインの骨子を作成する。
□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の β 版を作成する。
□小氷盤群中で浮体動揺の影響を考慮した氷荷重シミュレーションプログラム開発および氷海水槽における係留試験法の検討を行う。また、氷の破壊挙動を考慮した構造応答解析法の検討を行う。
□パイプライン、ライザーを含めた構造物中での内部多相流に関する流体解析プログラムの開発を行う。また、設置オペレーション解析でコアになる、海底機器に作用する流体力についての数値解析及び水槽試験を実施する。

平成 29 年度の研究成果

□海底熱水鉱床商業生産システムを対象とした静穏時間作業確率の算出結果の一例を示す（図１．２．８２）。若御子カルデラは薩摩湾に囲まれているため、海気象が比較的穏やかで連続作業日数が長くなっても静穏時間作業確率が比較的高いままであるが、ほとんど遮るもののなり外海の明神海丘や沖縄本島から少し離れた伊是名海穴では連続作業日数が延びるに従い静穏時間作業確率が急激に低下する。



計算条件

解析地点	伊是名海穴、若御子カルデラ、明神海丘
対象期間	1994年2月1日～2014年1月31日（20年間）
連続作業日数	1～10昼夜（1昼夜毎）
閾値	有義波高3m、平均風速15m/s、平均海流流速5kt
判断間隔	6時間

図１．２．８２　海底熱水鉱床が存在する海域における静穏時間作業確率

採掘ユニットの掘削性能評価手法の構築が、商業レベルの採鉱技術を確立するための技術的課題の一つであるとして関係機関へ提案した。
揚鉱ユニットと母船を接続した状態での挙動を解析するためのツールにて、静的及び動的な計算が実施可能であることを確認した。
研究例の少ない動揺 2 本円柱について、模型試験結果に基づき、相対運動を加味した動揺パターン分けを行い、2 本円柱の VIV 挙動推定プログラムに必要な振動パターン毎の流体力データベースを作成した（図１．２．８３）。また、配管の摩耗損傷箇所を把握し、配管等の寿命を延ばす方法として、スラリー中の鉱石の摩耗評価方法、ホース内管の色分けによる摩耗検知方法、摩耗低減のためのライザー付きホース、磁性ビーズによる摩耗低減方法等について検討し、検証実験を行うとともに特許を 4 件出願した（図１．２．８４）。

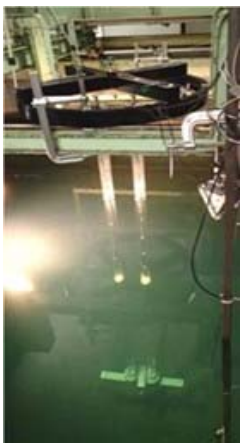


図１．２．８３　２本円柱曳航試験装置

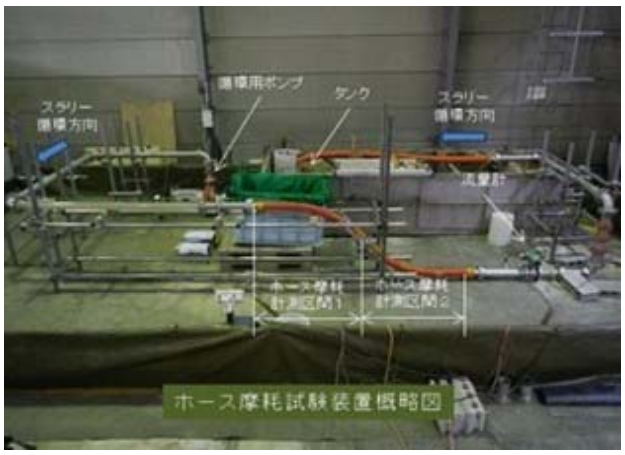


図１．２．８４　摩耗試験状況

レーザーによる粉砕済み鉱石粒子の品位計測データや、高圧水中条件における鉱石の接触角等、世界的にもあまり蓄積されていない基礎データを取得することができた（図１．２．８５）。

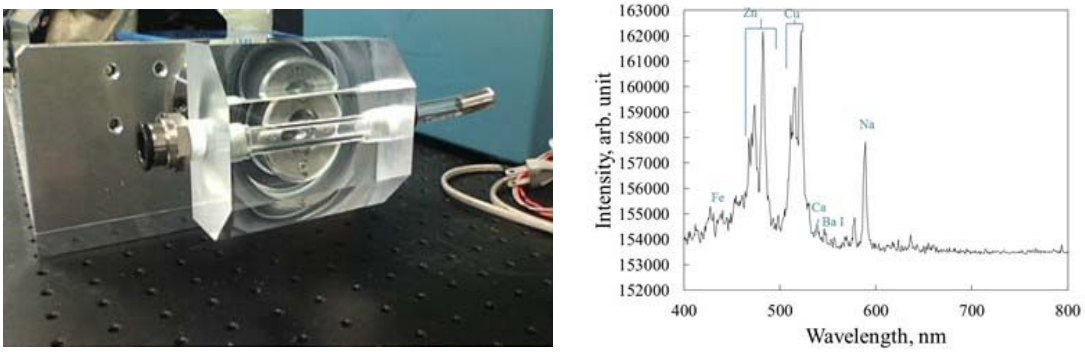


図１．２．８５　レーザーによる鉱石粒子品位計測用チャンバの外観（左）及び計測データの例（右）

経済産業省の委託事業にて JOGMEC が実施した採鉱・揚鉱パイロット試験事業において、採鉱・揚鉱パイロット試験の稼働性評価、安全性評価等を行って、水深約 1,600m の海底熱水鉱床を海水とともに連続的に洋上に揚げるという世界初となる試験の成功に貢献するとともに、揚鉱母船の稼働性、揚鉱管挙動等に関して実海域試験にて取得した各種データとの比較を通じて、それらの評価手法を構築した（図１．２．８６）。
平成 28 年度に行った既存の安全ガイドライン、DP 事故の調査に引き続き、過年度までに行った HAZID 会議、HAZOP 会議、平成 29 年度に実施した差分 HAZID 会議、浅海域試験より得られたハザード情報から注意すべきことをとりまとめ、安全対策とその方法の検討を行った。これらに加え、実海域試験により得られたインシデント情報から商用化に向けて注意すべきことを抽出し、安全ガイドラインに記載する項目としてとりまとめた。

図１．２．８６　採鉱・揚鉱パイロット試験概要（左）及び洋上に揚がった鉱石（右）（経済産業省 HP より）

□海底熱水鉱床開発専用としては世界初となる、計画支援プログラムのβ版を作成した（図１．２．８８）。平成 30 年度にプログラム登録を行う予定である。

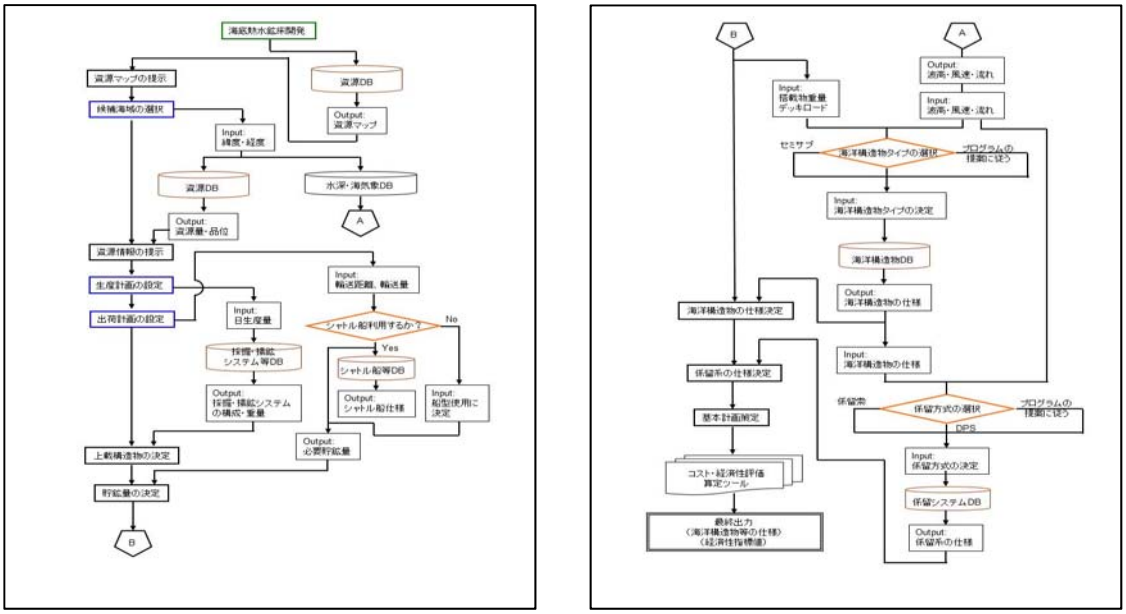


図１．２．８８　計画支援プログラムβ版のプログラム構成

□浮体動揺を考慮可能な手法で氷荷重シミュレーションプログラムのベースを開発した。当該手法を小氷盤群中におけるモノコラムハル型浮体の曳航試験に適用し、実験結果と比較して合理的な結果が得られることを確認した（図１．２．８９）。小氷盤群中で浮体に作用するピーク荷重の発生要因を示し、成果を国際シンポジウム「オホーツク海と流氷」で発表するとともに、国際学会 ISOPE2018 で発表予定である。また、モノコラムハル型浮体である Kulluk の実機データから、氷海水槽試験における係留設計を実施した。

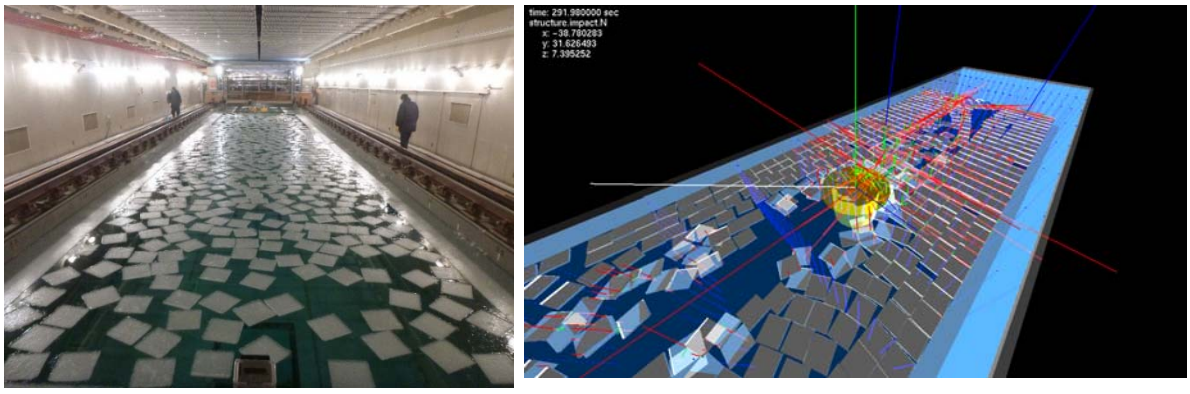


図１．２．８９　小氷盤群中の氷海水槽試験（左）と氷荷重シミュレーション（右）

氷塊の材料構成則について検討し、氷の破壊挙動を再現可能な構造応答解析手法のベースを構築した。当該手法を、WAD を有する船舶と氷塊の衝突解析に適用し、従来手法と比して合理的な結果が得られることを確認した（図１．２．９０）。WAD に対して、氷塊を FE モデル化し動的衝突解析がされた例は世界で初である。加えて、感度解析を行い、氷塊衝突時の WAD の構造応答の傾向を明らかにし、運動量理論と比較を行った。以上の成果を、国際学会 POAC2017 で発表し、また英文ジャーナル IJNAOE に投稿し、受理された

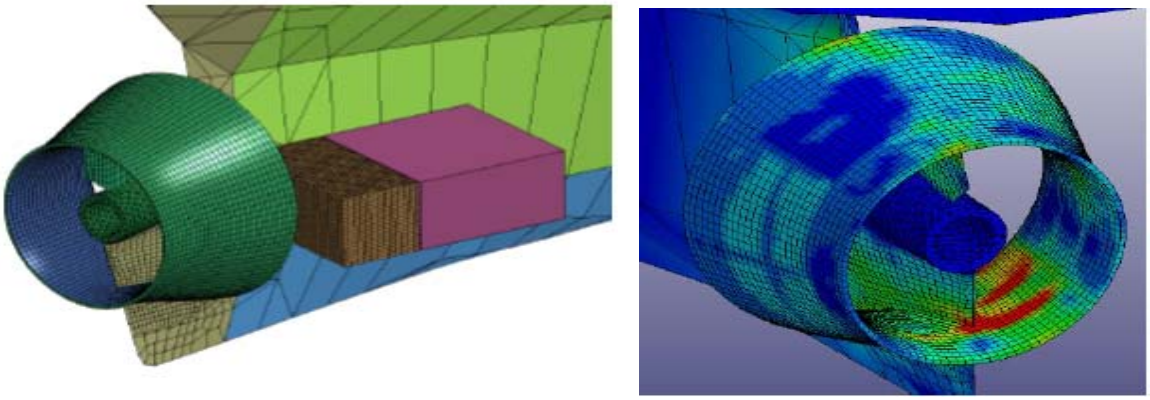


図１．２．９０　WAD の氷塊衝突解析モデル（左）と構造応答（右）

□内部流解析（気液相）のためのコアとなる数値計算プログラムを開発した。
スラリー輸送効率に影響を及ぼす、パイプラインのエルボー付近に発生する圧力勾配変動の安定性について、支配的な物理パラメータを数値的に明らかにした（図１．２．９１）。
内部流とパイプライン（柔軟構造物）の連成挙動解析プログラムを開発し、パラメトリックスタディを通じて干渉効果に関する知見を得た（図１．２．９２）。
海底機器設置オペレーションにおいて、従来の研究で注目されていた揚降物に作用する波浪衝撃力や張力変動ではなく、揚降物の振れ回り挙動に新たに注目し、実験データ及び知見を得た（図１．２．９３、図１．２．９４）。

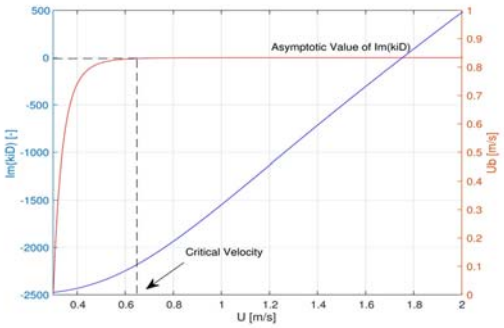


図１．２．９１　内部流線形安定性解析

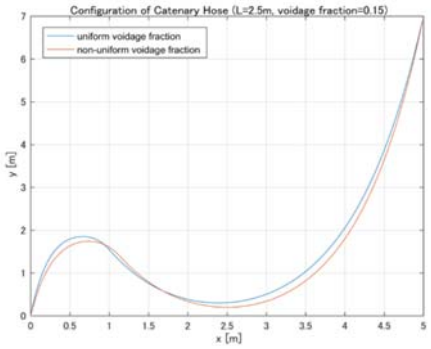


図１．２．９２　フレキシブルホースの数値解析

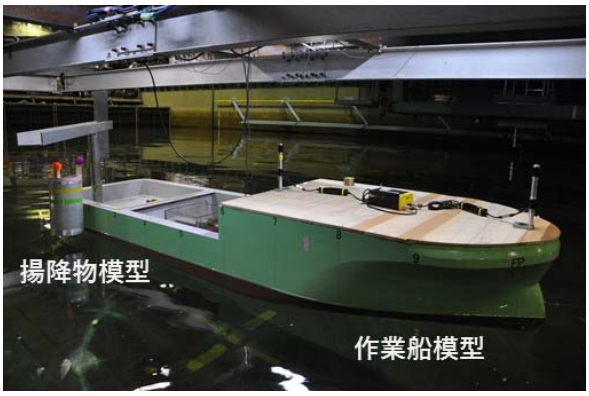


図１．２．９３　揚降作業の水槽試験

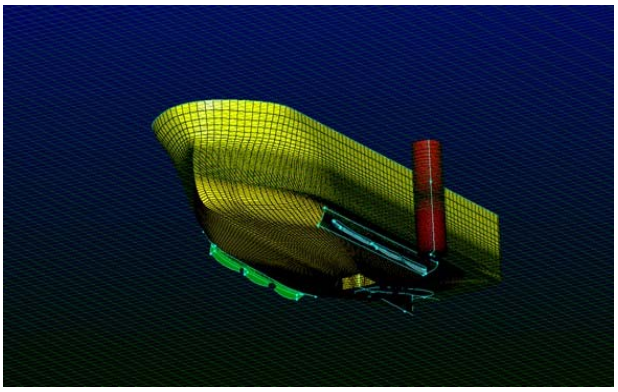


図１．２．９４　実験対応の数値計算格子
（現在、計算実施中）

成果の公表

□特許：4 件

・鉱石スラリー輸送用配管系の摩耗評価方法、摩耗評価装置、及び鉱石の摩耗度測定装置
・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
・摩耗検知機能を持つ輸送管、輸送管の製造方法、摩耗検知方法、及び輸送管の運用方法
・摩耗検知機能を持つ輸送管、摩耗検知方法、及び輸送管の運用方法

□発表論文等：8 件

【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】

・高橋一比古、正信聡太郎、金田成雄ほか：積層フレキシブルパイプモデルの曲げ試験および断面解析，海上技術安全研究所報告，第 17 巻，第 2 号（2017），pp.67-84.
・Matsui, S., Uto, S., Yamada, Y., *et al*.：Numerical Study on the Structural Response of Energy-Saving Device of Ice-Class Vessel due to Impact of Ice block, Proc. the 24th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions（2017），POAC17-045，pp.1-17.

【その他】

・Hasegawa, K., Uto, S., Matsuzawa, T., *et al*.：Non-smooth Discrete Element Method simulation on Single Ice Floe-Structure Interaction and Comparison with Result of Ice Tank Test, Proc. the 33rd International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans（2018），pp.187-190.
・正信聡太郎，山本譲司，高橋一比古ほか：海底鉱物資源開発等に係る基盤技術の構築に関する研究，海上技術安全研究所報告，第 17 巻，第 2 号（2017），pp.1-28.
・Araki, M., Masanobu, S., Kanada, S., *et al.*：Experimental Study on Riser Pipe Motion and Pressure Loss during Hydraulic Transport of Large Particles in Oscillating Pipe、日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 24 号（2017），pp.639-644.
・大坪和久：内部スラリー流を考慮したフレキシブルホースの定常形状解析，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 25 号（2017），pp.671-674.
・石田圭，大坪和久，佐藤宏ほか：揚鉱管を懸下したオフショア作業船の波浪中動揺試験，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 25 号（2017），pp.497-501.
・高野慧，正信聡太郎，金田成雄ほか：海底鉱物資源開発におけるエアリフト方式での揚鉱に関する実験的研究，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 25 号（2017），pp.661-664.

□発表予定論文等：10 件

【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】

・Matsui, S., Uto, S., Yamada, Y., *et al*.：Numerical Study on the Structural Response of Energy-Saving Device of Ice-Class Vessel due to Impact of Ice block, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering (IJNAOE), Vol. 10, Issue 2（2018）.
・高野慧，小野正夫，正信聡太郎：海底熱水鉱床のスラリー移送による揚鉱管の摩耗量評価方法の提案，土木学会論文集（2018.6 公開予定）.
・Takahashi, I., Masanobu, S., Kanada, S., *et al*.：Bending Tests and Cross-section Analyses of Multilayered Flexible Pipe Models, Journal of Marine Science and Technology（投稿中）.
・Takano, S., Masanobu, S., Kanada, S., *et al*.：Experimental Studies of Air-Lift Pump for Deep Sea Mining, Proc. 37th International Conference on Ocean, Offshore & Arctic Engineering（2018）.
・Hasegawa, K., Uto, S., Shimoda, H., *et al*.：Numerical and Experimental Investigations of Managed Ice Loads acting on Fixed Conical Structure, Proc. the 28th International Ocean and Polar Engineering Conference（2018）.

【その他】

・Nakajima, Y., Yamamoto, J., Takahashi, T., *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）.
・Hayashi, N., Takano, S., Shiotsuki, K., *et al*.：Study on Slurry Transportation in Riser for Seafloor Massive Sulfides, Proc.OCEANS'18 MTS/IEEE KOBE-TECHNO-OCEAN'18（2018）.
・Fujiwara, T., Masanobu, S., Kanada, S., *et al*.：A Study on Behavior Estimation of Lift Pipe for SMS Mining, Proc.OCEANS'18 MTS/IEEE KOBE-TECHNO-OCEAN'18（2018）.
・大坪和久，荒木元輝，石田圭ほか：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，加藤俊司，中島康晴ほか：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）.

○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

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、
□ 複合環境外力下における海洋構造物の RAM（Reliability, Availability & Maintainability） 解析技術の開発
□ 海洋構造物に係るオペレーション安全の標準的リスク評価手法の整備
□ 海洋構造物の総合的シミュレータの開発
□ プロジェクト認証基準の整備

研究目標

□ 海洋構造物の HSE 認証の基準の整備（FLNG・FSRU ガイドライン改正案、認証ガイドライン、マニュアル等の作成）
□ 海洋構造物の HSE 認証の技術的基盤である支援技術の開発（RAM 解析技術、リスク評価手法、統合シミュレータ等）

上記成果は、ブラックボックスであった海洋構造物の HSE 認証基準の整備とその技術的基盤である支援技術が開発されることにより、海洋資源開発プロジェクトへの我が国事業者の参入が促進されるとともに、HSE 認証での仕様変更に係る事業リスクの回避及び独自技術の蓄積が可能となり、我が国海洋産業の発展が実現され、また整備した認証基準及び開発した支援技術が HSE 認証を通じ実プロジェクトに適用され、かつ、実プロジェクトからの技術的な知見・経験がフィードバックされるため、海洋産業の発展だけでなく、未開であった海洋資源開発分野の安全技術の著しい進歩も期待される。

平成 29 年度の研究内容

□ 水槽試験により、タレットまわりの船体動揺を精度良く推定するために重要となる Yaw 運動に対する粘性減衰係数を取得する。
□ 複合外力下での総合試験を実施し、係留張力や振れまわり運動等の動揺データを取得し、洋上出荷オペレーションシミュレータの推定精度を検証する。また、Steel lazy wave riser の浅海域への適用可能性を検討するため、Steel lazy wave riser を接続した FPSO システムとシャトル運搬船を対象とした安全性、稼働性評価を行う。
□ 潮流下の VIV を考慮した Steel lazy wave riser の水槽試験を実施し、数値シミュレーションで必要となる諸係数の同定や荷重、振動モード等のデータを取得する。また、洋上出荷オペレーションシミュレータを用いた浮体・係留・ライザーの一体動的シミュレーションにより、浅海域における Steel lazy wave riser を接続した FPSO システムの安全性評価や riser の疲労評価を実施し、浅海域への適用可能性の検討や課題抽出を行う。
□ Disconnectable Mooring Spar（DMS）と FPSO 等との接合を対象とした数値計算モデルを構築し、DMS の安全性評価および洋上出荷オペレーションへの適用可能性について検討を行う。
□ FSRU 等の FLNG システムの津波対策として、オペレーション上危険と考えられる衝突に着目し、衝突シミュレーション手法を考案し、安全評価手法として整備する。

平成 29 年度の研究成果

□ FPSO からシャトルタンカーへの洋上出荷を想定し、Turret の設置位置（External Turret と Internal Turret）および潮流の流速をパラメータとした FPSO 模型による潮流中の振れまわり挙動計測試験を実施した（図１．２．９５）。流速と船体の挙動（Yaw と Sway 運動）、振れまわり周期の関係を把握するとともに（図１．２．９６）、潮流中で振れまわり運動をする FPSO の挙動に対する推定精度に大きな影響を及ぼすと考えられる、船体に働く回頭角速度による抗力（Yaw rate damping）を同定し、海洋構造物の RAM 解析および厳海象下における総合安全性評価のための基盤技術として開発している洋上出荷オペレーションシミュレータで活用できるようにした。

図１．２．９５　潮流中の振れまわり挙動計

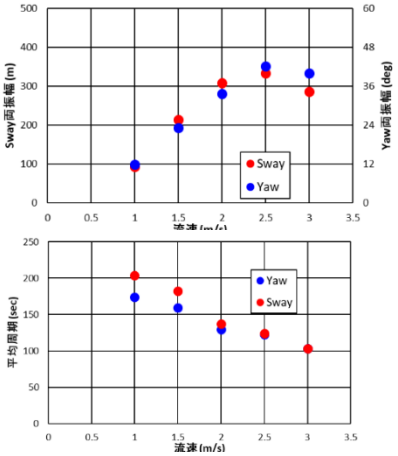


図１．２．９６　流速と振れまわり振幅、周期の関係

□ Steel lazy wave riser の縮尺模型を用いた潮流下の VIV（Vortex Induced Vibration）挙動計測試験を実施し（図１．２．９７）、数値シミュレーションで必要となる諸係数の同定や振動モード、荷重等のデータを取得した。また、VIV 振幅や振動周波数について、周波数領域法と時間領域法で実施したシミュレーション結果に対し、周波数領域法による結果が実験値と良い一致を示すことを確認した（図１．２．９８）。さらに両解析手法を用いて、水深 1,800m の海域を対象とした実機スケールの Steel lazy wave riser と Simple catenary riser を対象として、静的特性と潮流中の VIV 挙動解析を行った。その結果、実験結果との比較と同様に周波数領域法に比べ時間領域法による結果は、VIV 挙動の最大振幅を過大評価し、流速が小さい場合にモード形状も異なる値を示すことを明らかにした。

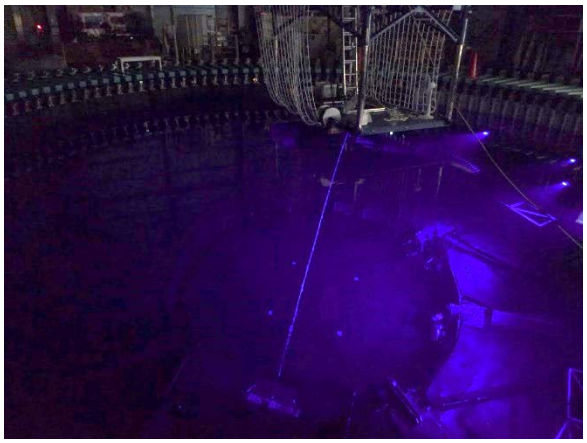


図１．２．９７　Steel lazy wave raiser の VIV 挙動計測試験

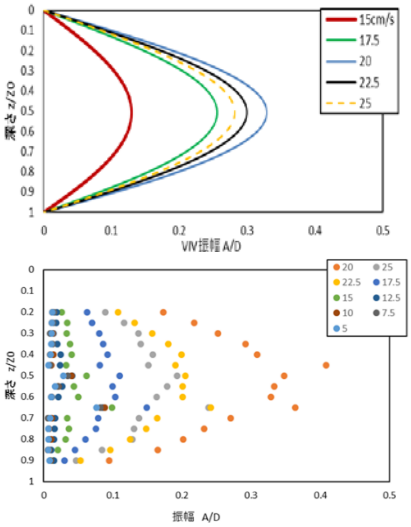


図１．２．９８　VIV 振幅の比較例
（上段：計算結果、下段：試験結果）

□ Disconnectable Mooring Spar（DMS）について、クラシックスパー型（ストレーキの有無 2 種類）とトラススパー型（ストレーキ有り）の合計 3 種類の主寸法を設定し、粘性減衰係数や重心位置等の諸元を推定した。また、係留がある場合と無い場合について波浪中の動揺応答を計算し（図１．２．９９）、Heave 運動および Pitch 運動の有義値と MPM（Most Provable Maximum）値の両面からトラススパー型浮体の優位性を示した（図１．２．１００）。また、次年度は DMS に FPSO が繋がれて稼働している状況（例えば、メタンハイドレート並びに海底鉱物資源開発）を対象として、終局限界環境条件下での稼働性および安全性評価手法に関する研究を行う予定であり、今年度は洋上出荷オペレーションシミュレータにおいて、FPSO の接続時に加えて、Yoke 切り離し後や係留ライン破断後の DMS や FPSO の過渡応答も含めた評価が可能となるように、FPSO-DMS-係留索による一体挙動解析モデルの構築を行うとともに、解析モデルの精度検証を目的とした水槽試験で用いる模型や治具等の設計、計測システムの検討を行った。

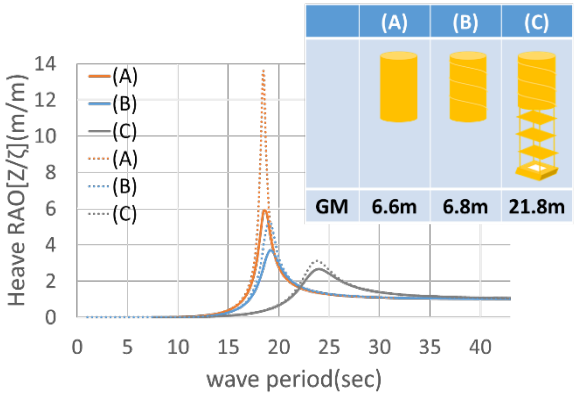


図１．２．９９　スパー型浮体に対する動揺応答 RAO の比較（Heave 運動）

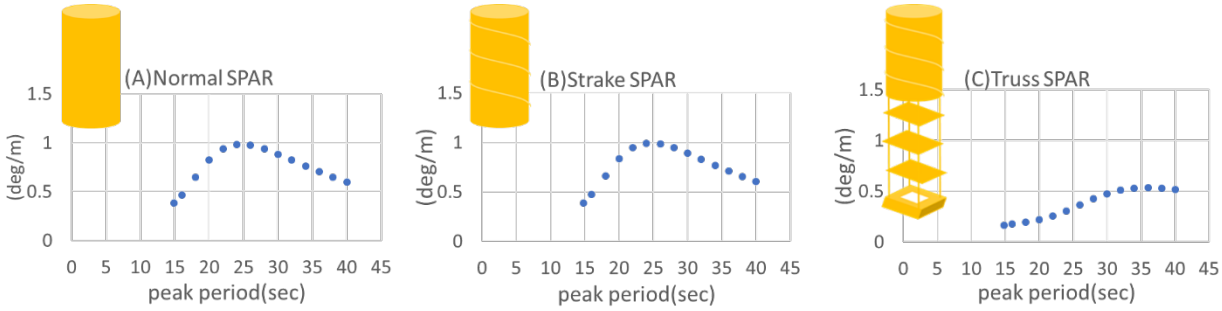


図１．２．１００　スパー型浮体に対する Heave 運動の有義値応答の比較

□ 海洋構造物の RAM 解析および厳海象下における総合安全性評価のための基盤技術として開発している洋上出荷オペレーションシミュレータについて、Steel lazy wave riser に加えて Tether ラインで繋がれた Pliant wave riser（図１．２．１０１）の計算モデルを構築し、浅海域で FPSO を稼働する場合の稼働性や安全性が評価できるように改良した。また、ライザーの内容物について海水以外に高圧生産流体を考慮できるようにして、より実際に即したモデルにおいて稼働性や安全性を評価できるようになった（図１．２．１０２）。さらに、安全性評価の一環として稼働中に FPSO の External Turret が海面下に没水する場合のタレット底面への衝撃圧の評価手法について調査を行い、洋上出荷オペレーションシミュレータの浮体挙動（External Turret の没水速度）の解析結果を用いて、衝撃圧の評価が行えるようになった（図１．２．１０３）。次年度は水槽試験を実施し、底面形状の異なる複数のタレット模型に圧力センサーを組み込み、規則波および不規則波中でタレット底面に波を当てて衝撃圧を計測することで、数値シミュレーションの推定精度を検証する予定である。
　なお、浅海域における FPSO の数値シミュレーション用モデルは、東京大学へ販売した。

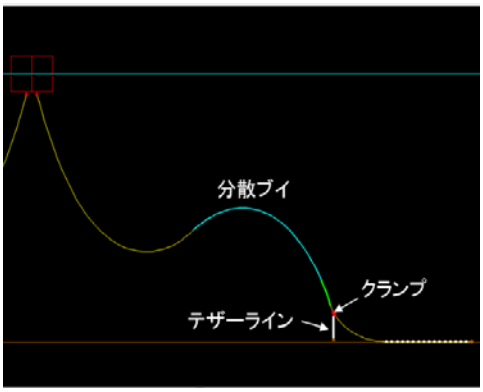


図１．２．１０１　Pliant wave riser

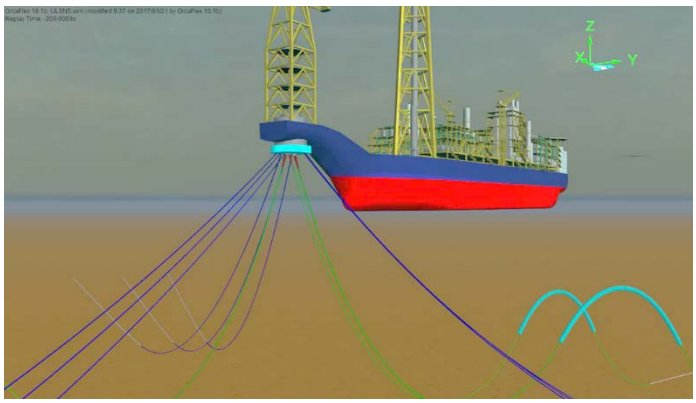


図１．２．１０２　浅海域における Pliant wave riser と FPSO の数値シミュレーション画面

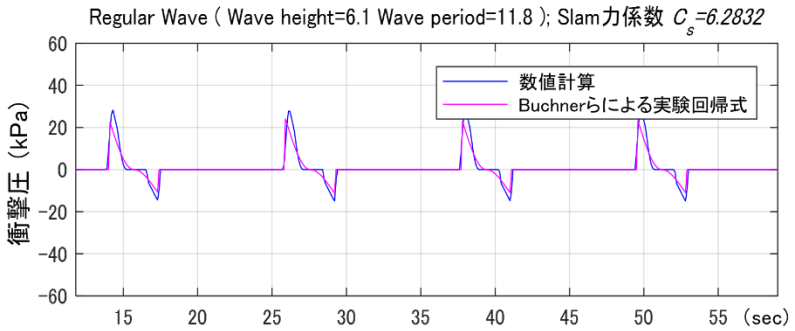


図１．２．１０３　規則波中におけるタレット底面に働く衝撃圧の評価

□ 肥大船型および痩せ型船型の模型船を用いて浅水域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１．２．１０４）。また、洋上出荷オペレーションシミュレータの岸壁係船モデルにウインチ機能を追加し、数値シミュレーション時の索取りに応じ

た最適な初期張力配分が可能となるように機能を強化した（図１．２．１０５）。
　今年度は複数の造船所や運輸安全委員会から厳海象時の係船索張力の評価やうねり等による係船索破断に関する問い合わせがあり、次年度に洋上出荷オペレーションシミュレータを用いた数値シミュレーションによる評価が出来るように計算モデルを整備した。次年度は、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、岸壁係留船の波浪中動揺試験および係留索の破断試験を実施する予定である。

図１．２．１０４　浅水域における拘束曳航試験

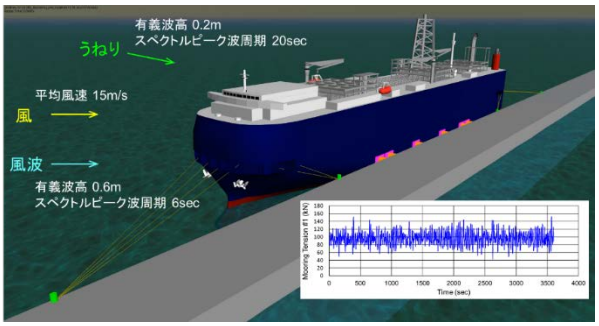


図１．２．１０５　岸壁係留船の数値シミュレーション例

□ 国内の FSRU が津波襲来に伴い付随的に発生する事象である衝突について、FSRU（一点係留）と津波により漂流した船舶間の衝突状況及び危険性を抽出・解析可能な時間領域シミュレーションプログラムを構築した（図１．２．１０６）。FSRU 周辺に漂流船舶をランダムに配置して、各漂流船舶と FSRU の挙動をシミュレーションすることにより、衝突有無や状況を抽出することができた（図１．２．１０７）。また、抽出した衝突状況を解析することにより、２船の漂流状況（図１．２．１０８）や衝突力（図１．２．１０９）を示した。衝突結果を視覚化することで、衝突の可能性や危険性を把握することを可能とした。
　津波襲来等による FSRU と漂流船舶の衝突に着目したシミュレーション解析は現在のところ実施されてなく、当該衝突の状況を解析して視覚化することにより、FSRU と周囲の船舶との安全領域を検討する手法となることが期待される。

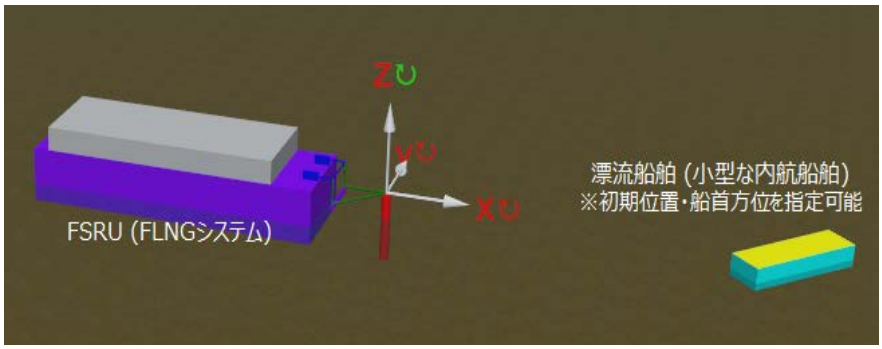


図１．２．１０６　FSRU（一点係留）と漂流船舶（比較的小型な内航船舶）の衝突評価シミュ

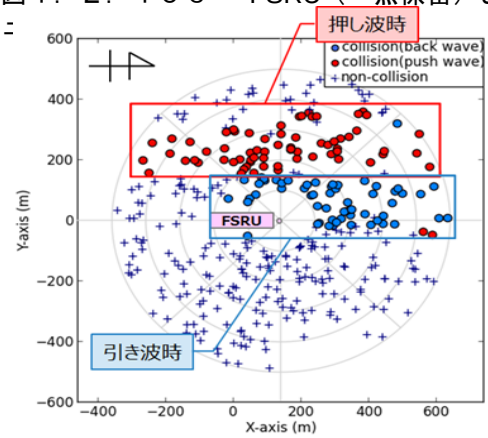


図１．２．１０７　漂流船舶の初期位置別のシミュレーション上の衝突有無（漂流船舶初期船首方位 45 度の場合）

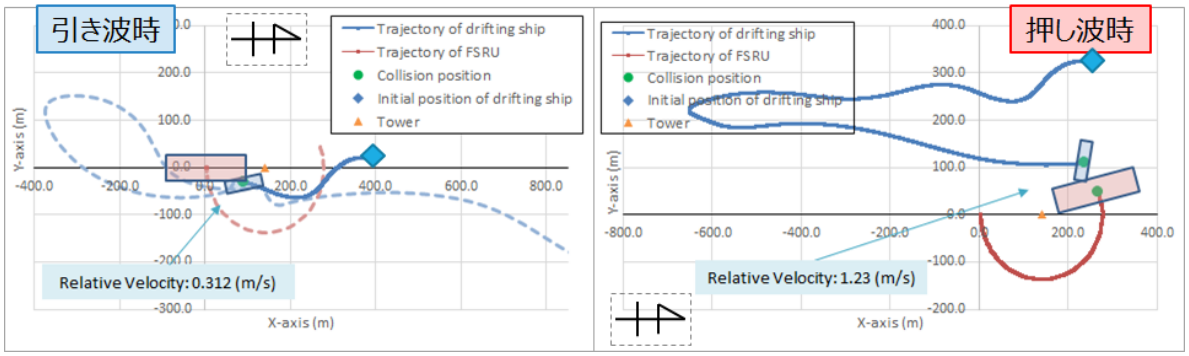


図１．２．１０８　引き波・押し波時の漂流船舶の航跡（漂流船舶初期船首方位 45 度の場合）

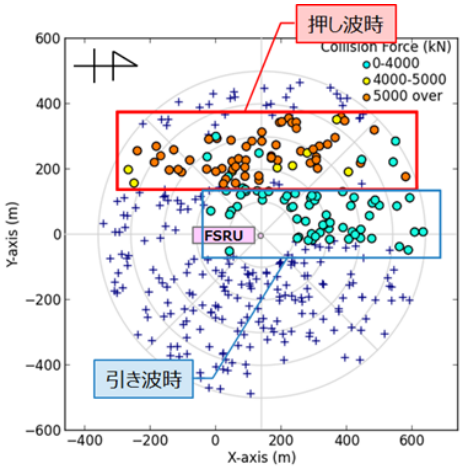


図１．２．１０９　漂流船舶の初期位置別の衝突力評価（漂流船舶初期船首方位 45 度の場合）

成果の公表

□発表論文等：7 件

【その他】

・福島 涼，加藤俊司，湯川和浩，村井基彦：不規則波中におけるセミサブ型浮体にはたらく粘性漂流力について，日本船舶海洋工学会 講演会論文集，第 24 号（2017）．

・石田有子，加藤俊司，湯川和浩，村井基彦：タワーヨーク係留システムの設計および安全性評価に関する研究，海上技術安全研究所 研究発表会講演集，第 17 回（2017），pp.178-179.

・知花快人，加藤俊司，湯川和浩：シンプルカテナリーライザーの VIV 挙動解析，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 25 号（2017）．

・石田有子，加藤俊司，湯川和浩，村井基彦：FSRU におけるタワーヨーク係留システムの設計および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 25 号（2017）．

・河島園子，加藤俊司，湯川和浩，前田克弥ほか：津波襲来時の FSRU と漂流船舶の衝突シミュレーションに基づく危険性の検討，日本船舶海洋工学会 講演会論文集，第 25 号（2017）．

・湯川和浩，藤原敏文，齊藤昌勝，佐藤宏ほか：洋上天然ガス生産システム等の総合安全性評価技術に関する研究，海上技術安全研究所報告，第 17 巻，第 2 号（2017）．

・湯川和浩：洋上 LNG 移送の稼働性･安全性評価，東京海洋大学 海洋開発環境エネルギー概論 配布資料（2017）．

□プログラム販売：1 件

・湯川和浩，加藤俊司：FLNG システム挙動解析プログラム ver.2

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 －実海域試験等を行い、AUV の複数運用技術の高度化を行う。また、AUV を運用するために必要となる要素技術の研究を進め、国産の慣性航法装置等の開発を進める。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 の国際規格化
□AUV 研究開発の水平展開

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が強化されることが期待される。

平成 29 年度の研究内容

□小型化、低コスト化等と共に、複数機運用、協調行動を見据えた小型 AUV を研究開発
□洋上中継器は、本体を稼働させるとともに、洋上中継器と複数の AUV の同時運用時の監視、通信、制御を可能とするオペレーションを検討
□投入・揚収システムについては、信頼性、操作性、コスト等の面から評価を行い、改良の検討を実施
□局域測位システムの開発を実施

□効率的な広域探査を実施するための運用技術開発について、さまざまなニーズに応じて、適切な探査システムを企画し、仕様設定ができる技術を確立

平成 29 年度の研究成果

□小型化、低コスト化等と共に、複数機運用、協調行動を見据えた航行型 AUV4 号機を研究開発
同機は、昨年度製作した 3 号機と同型なるも、3 号機の実海域運用状況を踏まえた改良点（運動の安定性）等を改善して完成。(3 号機も同等の改造を実施)

図１．２．１１０　　航行型 AUV４号機の全容

□洋上中継器は、本体を稼働させ、洋上中継器と複数の AUV の同時運用時の監視、通信、制御を可能とするオペレーションを実施。
実際には、民間企業（技術の民間移転の成果）が主体となり、沖縄海域および鹿児島湾の海底熱水域での調査（マッピング、光学画像等）を実施。別途、ほばりんは、水産資源調査（光学画像）も実施。

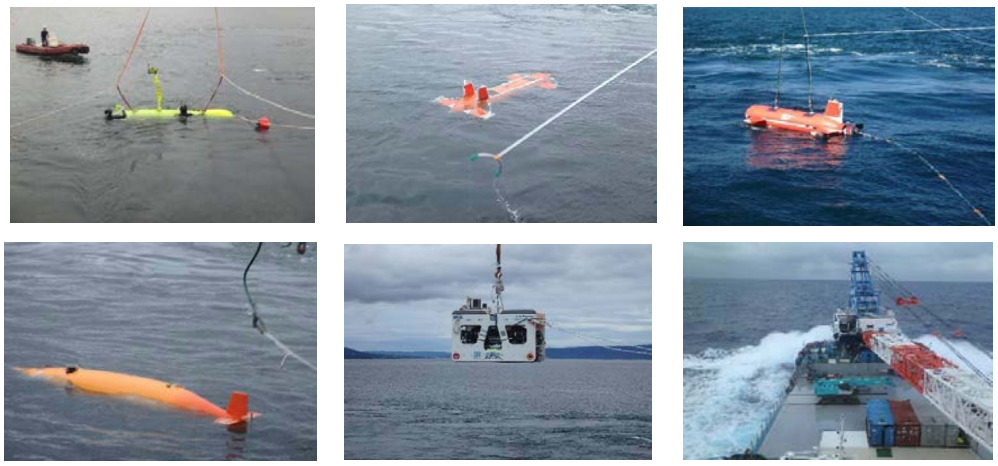


図１．２．１１１　　複数 AUV 同時運用の様子

□投入・揚収システムについては、信頼性、操作性、コスト等の面から評価を行い、改良を完成。
具体的には、20ft 規格コンテナ 2 個に全システムを収納可能ならしめる小型化等を実施。

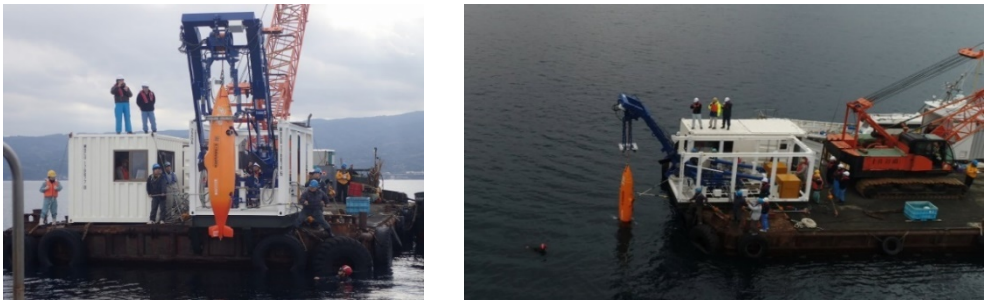


図１．２．１１２　　投入・揚収システムの実海域試験の状況

□局域測位システムの開発は実海域試験を実施
3 つの GPS 同期ピンガを海洋上の３点（既知とする）に配置し、GPS 信号を同時に発音し、その音を潜航中の AUV 等で捉えて、その到来時間差から AUV が自身の位置を求めるものである。（将来技術として実用化を図って行く。）

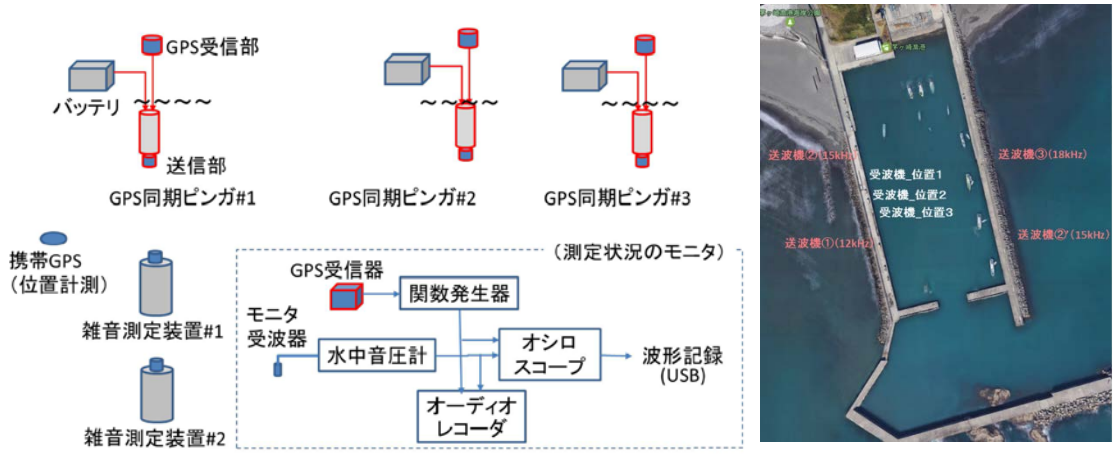


図１．２．１１３　　局域測位システムの構成と実海域実験の状況

□効率的な広域探査を実施するための運用技術開発について、さまざまなニーズに応じて、適切な探査システムを企画し、仕様設定ができる技術を取り纏めた運用マニュアルを作成
⇒ 民間への技術移転に活用中

成果の公表

ジャーナル
無し

本文査読付きプロシーディングス
無し

海技研報告の研究報告
無し

上記以外

1) 金岡秀、井上俊司、須藤拓、他：次世代型・複数 AUV 同時運用ユニットの誕生に向けて～改訂熱水域における AUV３機と ASV の運用事例～，第５９回海中海底フォーラム予稿集（2017）
2) Seta, Okamoto, Sasano, et al. : An Observation of Sea Floor by a Hovering Type AUV HOBALIN with Offshore Multi-Purpose Work Vessel Kaiyu at Middle Okinawa Trough, OCEANS2017
3) Seta, Inaba, Okamoto, et al.：Development of New Operating System Software for a Hovering Type Autonomous Underwater HOBALIN, ASCC2017
4) 野雅彦、瀬田剛広、岡本章裕、他：ホバリング型 AUV「ほばりん」による海底熱水域の低高度潜航調査, 海洋調査協会 第２９回研究成果発表会要旨集, (2017)
5) 金岡秀：複数 AUV の同時展開による高度な海底調査, 海と産業革新コンベンション 2018
6) 稲葉祥吾:海技研における AUV･ASV の開発と実海域での運用, 海と産業革新コンベンション 2018
7) Seta, Okamoto, Inaba, et al. : A New ROS-Based Operation Software for an Autonomous Underwater Vehicle HOBALIN and Its Test in Real Sea, OCEANS2018 MTS/IEEE (2018)
8) Sasano, Okamoto, Seta, et al. : Detection of small hydrothermal vents by low-altitude seafloor exploration of a hovering-type AUV “Hobalin”, OCEANS2018 MTS/IEEE (2018)
9) Sato, Kim, Imasato, et al. : Sea trials a high maneuverability compact autonomous underwater vehicle, OCEANS2018 MTS/IEEE (2018)
10) Inaba, Sasano : Realization of the ASV Remote Operation by Digital Convenience Radio, OCEANS2018 MTS/IEEE (2018)
11) 瀬田剛広、岡本章裕 : 実運航データを用いたホバリング型自律水中探査艇のスラスタ配置・負荷割合も最適設計に関する研究, 日本船舶海洋工学会 平成 30 年度春季講演会論文集 (2018)

研究開発課題	（４）海上輸送を支える基盤的な技術開発

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の中小造船所への展開を検討する。各社の実態に合わせたシステム構成や運用方法等の指導・提案を行う。 －ニューラルネットワークモデルを活用し、多用な船舶に対する高精度な騒音予測技術を開発する。　等

○造船業の競争力強化や少子高齢化等に対応するための新しい生産システムの構築に関する研究

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

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

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が強化されることが期待される。

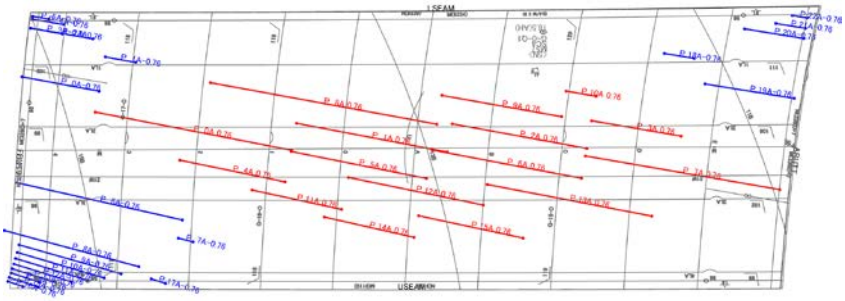
平成 29 年度の研究内容

□「建造モニタリングシステムとモニタリング情報の高度解析技術の開発」では、日本中小型造船工業会による日本財団助成事業「中小造船業への新しい生産管理手法の導入による人材活用」（平成 28 年度～平成 30 年度）の受託研究と連動し、平成 28 年度に開発した生産管理システムを実際の造船所に導入する。特に 2 社の中小造船所をモデル造船所として実際の製造ラインへの定着を図る。また、ICT 技術を応用した現場での生産支援・生産管理システムとして、曲げ加工支援 AR システム及び造船溶接支援 AR システムの現場導入を図り、それらと建造モニタリングシステムの接続を行う。
□「造船用ロボットの開発」では、造船所におけるパワーアシストスーツ利用について、パワーアシストスーツの研究開発動向や造船所の実態を鑑み、今後の研究開発の指針を定める。また、曲面の CFRP 成形技術（将来の自動成形・ロボット成形技術を含む）を提案し、平成２９年度は曲面に沿った CFRP

繊維の最適配置、ツールパスの自動生成手法について特許の出願を行う。
□「未活用労働力による新たな造船工程管理手法の開発」では、日本中小型造船工業会による日本財団助成事業「中小造船業への新しい生産管理手法の導入による人材活用」（平成 28 年度～平成 30 年度）の受託研究と連動し、平成 28 年度までに検討を行ったハイロウミックス工程について、実際の造船所 2 社にて実証実験を行い、その効果の検証を行う。また、造船の新しい生産方式、働き方としてのハイロウミックス工程の周知、普及に取り組む。

平成 29 年度の研究成果

□「建造モニタリングシステムとモニタリング情報の高度解析技術の開発」では、日本中小型造船工業会による日本財団助成事業「中小造船業への新しい生産管理手法の導入による人材活用」（平成 28 年度～平成 30 年度）の受託研究と連動し、平成 28 年度に開発した生産管理システムを中小造船所 2 社に導入した。2 社の実情や対象工程に合わせて、負荷工数を計画段階で平準化する中日程計画の作成や、「3 本グラフ管理」による実行管理を導入し、A 造船所にて、船殻組立の取付工程にて約 2%（中日程計画の作成を実施）、船殻組立の溶接工程にて約 19%（中日程計画の作成、「3 本グラフ管理」による実行管理を実施）、B 造船所にて、船殻組立工程にて約 8%（「3 本グラフ管理」による実行管理を実施）、船殻搭載工程にて約 3%（「3 本グラフ管理」による実行管理を実施）の工数削減効果を確認した。これらの結果から、一般的な中小造船業の造船工程全体に対して、技能職工数を 5%以上削減する効果が得られるとの推計をしている。
□造船作業の臨機応変性を計算機上で表現する試みとして、造船の小組工程を想定した造船シミュレータを開発に取り組んだ。開発したシミュレータ上にて、定盤上に展開された小組材の作業順序が異なるという臨機応変の結果として、小組作業の付随作業（道具揃え等）時間が変動し、統計モデルとして表現できることを示した。今後、建造モニタリングシステムとの接続により造船シミュレータに投入するパラメータを高精度化し、これにより造船作業のモデル化から要素作業レベルでの工程計画の実現に取り組んでいく。
□ICT 技術を応用した現場での生産支援・生産管理システムに関しては、造船曲げ加工に対して、作業者に、鋼板上のどこを、どのようにプレスすればよいかを随時、情報提供するものとして「リアルタイムプレス線」出力システムを開発した。施工中の外板の形状をレーザースキャナーで計測すれば、現在形状と目的形状の差から次に実施すべきプレス位置、プレス荷重を出力するものである。このリアルタイムプレス線の妥当性は実際の造船所での実証実験で確認された。また、リアルタイムプレス線出力システムを、「曲げ加工支援 AR アプリケーション」等の ICT デバイスを用いた情報インタフェースに接続した。



青：曲げ過ぎを修正するプレス
赤：曲げ不足を修正するプレス

図１．２．１１４　開発したシステムによる追加のプレス線指示

□鋼板、曲り外板に対して、精度管理を行うレーザースキャナー計測、精度管理システムを開発した。このシステムは、3D CAD から設計データを読み込む機能、レーザースキャナーで計測された点群データを読み込む機能、対象の鋼板あるいは曲り外板上の点群のみを自動抽出する機能、点群データと設計データを適切に重ね合わせる機能、現物の形状と設計形状を比較し精度評価結果をカラーマップ表示する機能、評価インデックス（仕上がり具合度など）を表示する機能を有する。
□「造船用ロボットの開発」では、曲率線配向の CFRP 成形技術について実験室レベルでの実機を製作し、成形性及び製品品質に関する効果を確認した。具体的には、曲面構造物に対して、炭素繊維トウの曲率線配向ツールパスの設計、プリフォームの作成、実験室での CFRP 成形を行い、その成形性及び品質が優れていることを確認した。現在、この成形手法に関して、特許出願の準備に取り組んでいる。

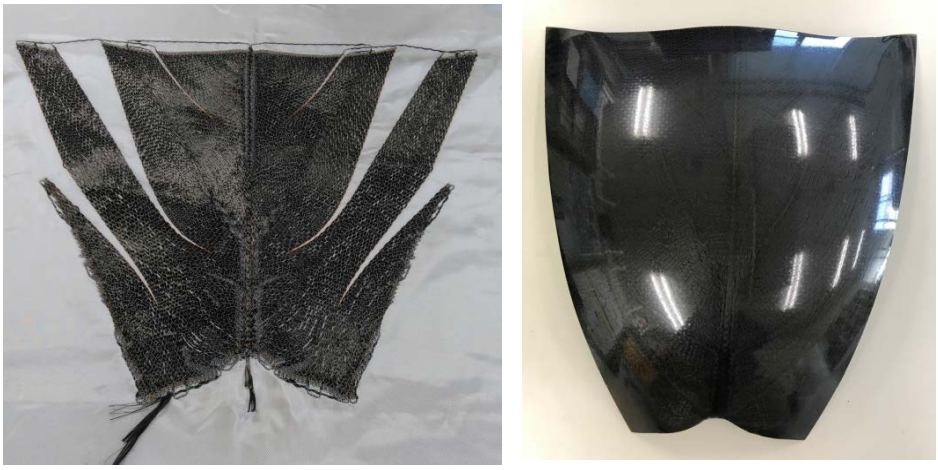


図１．２．１１５　自動車ボンネット曲面に対する提案手法での CFRP 成形物

□「未活用労働力による新たな造船工程管理手法の開発」については、日本中小型造船工業会による日本財団助成事業「中小造船業への新しい生産管理手法の導入による人材活用」（平成 28 年度～平成 30 年度）の受託研究と連動し、モデル造船所 2 社において、新規人材を募集・採用・訓練し、ハイロウミックス工程の実証実験を行った。A 造船所では、2 名の非技能者を採用し、それぞれ、従来は技能職が行なっていた管一品識別タグ作成・ぶら下げ及び管一品製作管理システム入力を新規採用者に移管した。また、B 造船所では、1 名の非技能者を投入し、従来は技能職が行なっていた「ステンレス鋼材ノンスパッター剤塗布」作業を非技能者に移管した。その結果、A 造船所では技能職余力創出効果は約 15%、B 造船所では技能職余力創出効果は約 11%を確認した。これらの結果から、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との推計をしている。

図１．２．１１６　本プロジェクトで採用した新規人材による造船作業の様子

成果の公表

□「リアルタイムプレス線」のプログラム登録
□曲率線配向の CFRP 成形法の特許出願準備
□松尾宏平，竹澤正仁，櫻井昭男：複合材における炭素繊維の曲率線配置に関する研究，第 9 回日本複合材料会議（JCCM-9）講演論文集, 2018.

○船内騒音対策等の新たなニーズに対応した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、
□複合材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

研究目標

□騒音低減のための複合材構造の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、複合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

上記成果は、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）に資することが期待される。

平成 29 年度の研究内容

□複合材を活用した構造仕様について検討し、居住区の振動・騒音伝播特性解析を行うと共に、造船部材要件に則した接合法について検討し、複合材を活用した新構造の製作手法を開発する。

□現行の騒音予測手法にニューラルネットワークモデルによるパターン学習技術を導入し、多様な船舶に対する高精度な騒音予測手法へと改良を行う。騒音・振動実船計測を行い、教師データ（騒音計測データ）を充実させる。汎化性能の確保と予測精度の向上に向けて、ニューラルネットワークの入出力・隠れ層の最適な構造の検討、学習率などのパラメータ調整テクニックのシステムへの組み込みを行う。ニューラルネットワークによる騒音予測プログラムをサーバー・クライアント方式の Web アプリシステム(AI-AcousticNet)とし、騒音計測データ（教師データ）の一元管理、教師データの充実による学習・予測精度向上に繋がる環境整備を行う。

平成 29 年度の研究成果

□国内外における、全船 FE 解析の振動伝播評価に対する適用に関する技術・文献調査を行った。振動評価法に関する技術調査を行い、既存の評価法（RMS 値ベース）の有する問題点を整理した。ポストパナマックス型コンテナ船の全船 FE モデル及び上部構造＋船尾構造モデル（部分モデル）に対して、主機起振力に軸力、ガイドモーメント、及びアンバランスモーメントを想定し、周波数応答解析を実施した。結果、全船 FE モデルと部分モデルで周波数特性に遜色がないことを確認した。（図１．２．１１７参照）

□海洋構造物では、鋼－繊維強化複合材を用いた補修のニーズがあることが明らかとなった。そこで、海洋構造物も含めた造船要件として適切な鋼－繊維強化複合材の接合方法について、先行している橋梁等の事例に関する調査により、評価・選定を行った。構造接着に加え、VaRTM（the vacuum- assisted resin transfer molding：真空含浸）工法も有望であることが明らかとなり、要件や強度評価手法に関する検討を行った。

□多層パーセプトロンタイプのニューラルネットワークを構築し、過学習することなく騒音学習を行うことができ、ローカルなノイズ（たとえばエアコン吹き出し口からのノイズ）が無ければ、実用的な精度で予測できていることを検証した。図１．２．１１８は、騒音予測スペクトルと騒音計測スペクトルを比較した一例である（OA 値誤差 0.8dB(A)）。

□騒音計測データ（教師データ）を一元管理し、騒音学習・予測精度を向上させることを目的に、ニューラルネットワークによる騒音予測プログラムを Web アプリシステム（AI-AcousticNet）にした（図１．２．１１９参照）。

□Janssen 法による騒音予測プログラムに代えてニューラルネットワークによる騒音予測システムに移行することを関係者で調整中（Janssen 法による騒音予測プログラムユーザーは 26 社（平成 30 年 3 月時点））。

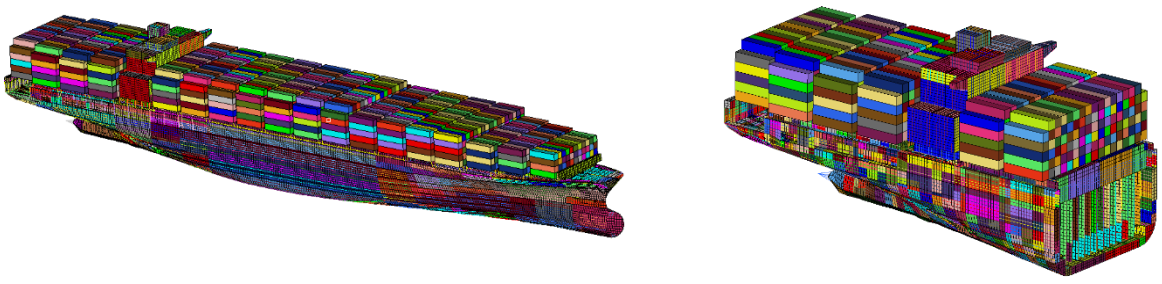


図１．２．１１７　検証に使用した全船 FE モデル（左）と部分モデル（右）

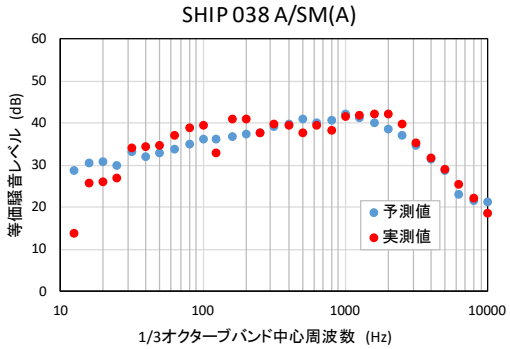


図１．２．１１８　騒音予測結果と騒音計測結果の比較

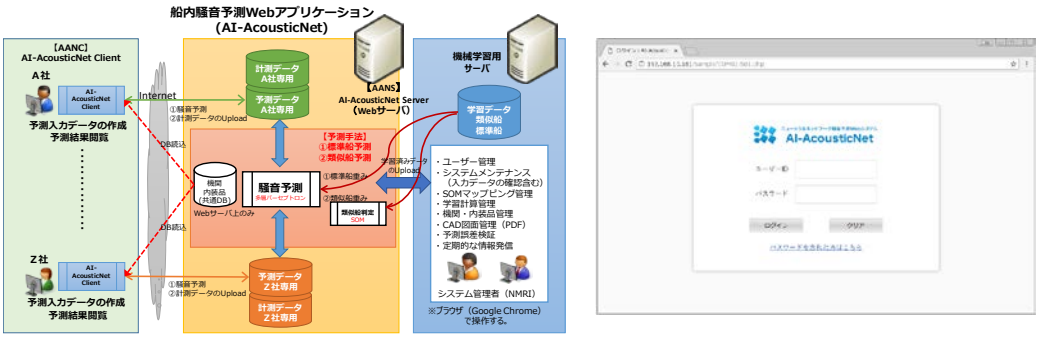


図１．２．１１９　騒音予測システム（AI-AcousticNet）

成果の公表

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：0 件
その他発表：7 件

□平方　勝，馬　沖：ニューラルネットワークによる騒音予測，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 25 号（2017），pp.637-642.
□小沢　匠，平方　勝，塚田泰樹，他：船舶居住区騒音における構造・内装最適化，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 25 号（2017），pp.649-654.
□谷口智之，平方　勝：上部構造物の低次振動に対する簡易的な解析法の開発，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 25 号（2017），pp.643-648.
□平方　勝，馬　沖，小沢　匠：騒音規制への取り組み，海上技術安全研究所研究発表会講演集，第 17 号（2017），pp.154-155.
□平方　勝，馬　沖，谷口智之：船舶の設計・検査における AI の適用研究，海上技術安全研究所講演会講演集，第 17 号（2017），pp.70-86.
□平方　勝：内航船の騒音対策，平成 29 年度内航船舶技術支援セミナー，（2017）.
□平方　勝，小沢　匠：SEA モデルを用いた船内騒音対策最適化の検討，PUCA2017，（2017）.

研究開発課題	（４）海上輸送を支える基盤的な技術開発

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 －自律機能のデモ機能が実行可能となるように、操船リスクシミュレータへ自律機能を組み込む手法の試設計を行う。　等

○船舶のＩＣＴ（情報通信技術）を利用した大陸間自律運航、メンテナンスフリー等に係るモニタリングシステム等の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
□ 推進動力システムの構築
□ 法制面の検討
□ 実運航環境におけるデータ蓄積と持続的なシステム改善の仕組みの構築

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
□ メンテナンスフリーに近づける動力システムのコンセプトの開発
□ 新しいコンセプトによる動力システムを考慮した、メンテナンス管理システムの開発
□ 陸上からの自律運航モニタリングシステムの開発
□ 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
□ 実運航下でのデータ蓄積の仕組み及び持続的なシステム改善技術の開発

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の寄与及び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の強化が図られることが期待される。

平成 29 年度の研究内容

□ 自律運航機能の操船シミュレータへの組み込みの一環として、自動避航機能のテストシステムの構築と自律避航操船機能のモジュール化およびこのモジュールを操船シミュレータへ組み込み自律運航船の操船体験ができる環境を構築した。
□ 2 台のビデオカメラを含む船載記録システムの構築、データ収集、画像処理アルゴリズムの検討を行った。
□ 平成 28 年度に収集した動力システムのメンテナンス項目を取りまとめ、主要な機器に対するメンテナンスの短期集中化を検討・提案した。

□ 自律船のテスト環境実現のため、先行事例として、自動車における自律運転実現のガイドラインの調査を行った。また、IMO の動向調査を行った。

平成 29 年度の研究成果

□ 平成 28 年度に構築した操船シミュレータ上の自律運航船プラットフォーム（図１．２．１２０）に自動操船機能モジュールを組み込み、自律航行船の体験を可能とした。
□ 自律運航船への組み込みを考慮した自動避航操船機能のモジュール化手法を構築し、保有する自動避航操船アルゴリズムのモジュール化を行い（図１．２．１２１）、テスト環境の構築を行った。
□ 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１．２．１２２、図１．２．１２３）。平成 30 年度は検出率等向上のための検討と改善、立体視による他船の相対位置の推定を行う。
□ 点検・整備のインターバルが短い項目（3 ヶ月以下）として、主機，発電機及び軸系の各部グリースアップやフィルタ点検・洗浄、空気系統の漏洩点検、排エコ煙管掃除、各部保護亜鉛の点検などがあり、いずれも短期集中化が可能であることを確認した。
□ 自律船のテスト環境実現のために必要な体制や安全措置等の項目を整理した。今後、改正や新規作成が必要な規則を検討する基礎となる。
□ 自律船の航行に関係する IMO 規則の分析結果をとりまとめた。今後、必要な IMO 規則の改正及び新規作成に関する IMO での議論の基礎を提供した。

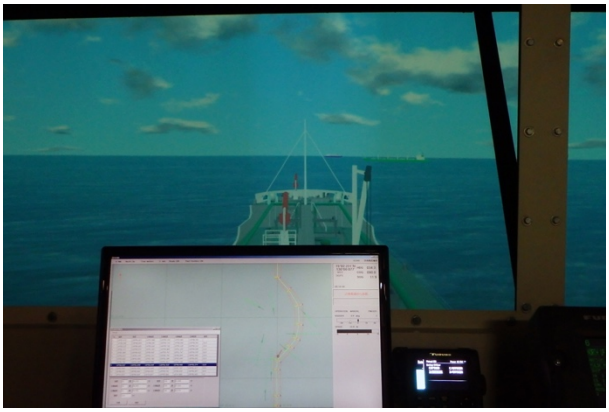


図１．２．１２０　自律運航船プラットフォームでの操船の様子

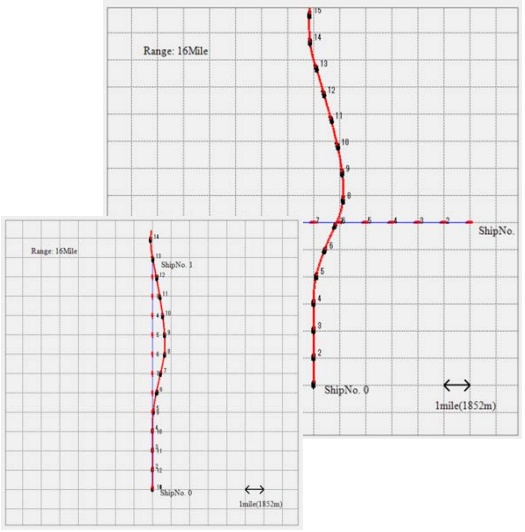


図１．２．１２１
モジュール化された避航操船アルゴリズムによる操船結果
自船は、南から北に向かい避航
右上：右からの横切り船との航跡

図１．２．１２２　左舷のカメラと他船検出結果

図１．２．１２３　右舷のカメラと他船検出結果

成果の公表

□自律船に関する講演 5 件

「自律船への取り組み」バリシップ海技研セミナー

「船橋の自律化技術」第 17 回海上技術安全研究所研究発表会

「Activities on R＆D of autonomous ships」Digital Ship The Maritime CIO Forum Tokyo

「自律船の開発動向と技術課題」日本造船技術センター技術セミナー広島

「海外の自動運航船の技術開発動向と今後の取り組み」第 17 回海上技術安全研究所講演会

□"Identification of IMO Regulations relating to Unmanned Operations of Maritime Autonomous Surface Ships - SOLAS Convention and Related Mandatory IMO Instruments"、太田進、海上技術安全研究所報告 第 17 巻 第 3 号、2018.1

□「避航判断方法、避航判断プログラム、及び避航判断装置」に関する特許 1 件出願予定。プログラム登録 1 件

研究開発課題	（４）海上輸送を支える基盤的な技術開発

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 －運航会社等へのヒアリング等、モーダルシフトの実態調査を進め、鉄道－フェリー・RORO 船輸送における遅延実態に関するデータ分析により遅延等の発生要因を明らかにする。　等

○海陸複合一貫輸送を考慮した海上物流の効率化・最適化とその評価等に関する研究

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、

□複合一貫輸送効率評価システムと評価指標の開発

□AIS 情報等による海上貨物輸送量の把握と造船需要予測

□船隊運航管理システムの高度化

研究目標

□複合一貫輸送効率評価システムと評価指標の開発によりモーダルシフト転換を促進する支援策の研究開発

□船舶の運航情報提供システムの開発、および、船隊運行管理システムの高度化

□AIS データ等から船舶動静、貨物流動を把握できるシステムと需要予測技術の開発

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が強化されることが期待される。

平成 29 年度の研究内容

【複合一貫輸送評価システムの研究開発】

・移出入貨物を主な対象に、輸送モデル改良・航路評価手法の開発、貨物データ作成法の調査を行った。

・運航情報を自動取得しデータベースに記録するシステムの開発、到着予測モデルの検討の実施を行った。

【AIS 情報等による海上貨物輸送量の把握と造船需要予測】

・AIS データと船舶動静データを組み合わせて使用し、造船需要予測等における高度な情報を作成することを目的として、AI 手法の適用による個別船舶の積載貨物量を推計する手法の試作を行った。

・ディープラーニング技術と衛星 AIS 情報を用いた海運市況予測を目的として、衛星 AIS データ，個船データ，各種統計データ等を用いて，海運市況を予測するモデルを自動的に構築するプログラム・手法をディープラーニング技術により開発。さらに、自動構築したモデルの予測精度検証を行った。

【船隊運航管理システムの高度化】

・高速処理、コスト低減のため気象・海象データをグリッド化した。

・解析過程をファイルからデータベースへ移行するための試行プログラムを作成した。

・船舶モニタリングデータの船陸間通信状況を監視、分析するプログラムを開発し、実運用に供した。

・航海評価システムで、機関回転数や CPP 翼角を基礎とする手法の試行プログラムの開発を行った。

平成 29 年度の実績

【複合一貫輸送評価システムの研究開発】

・DeepLearning を応用した流動経路推定モデルを開発。

・鉄道、海運の遅延情報をデータベース化。本件で業界紙（物流ウィークリー）から取材を受け、記事が掲載。

【AIS 情報等による海上貨物輸送量の把握と造船需要予測】

・DeepLearning を応用し、需要予測推定プログラムを開発。

・民間請負研究を 3 件実施。

【船隊運航管理システムの高度化】

・実運用中の船隊管理システム、eE-NaviPlan に係る業務効率を改善するプログラムの開発と、燃料消費量推定の精度向上を目的とした試行プログラムを開発。

・高速計算を目的とした気象データのグリッド化プログラムの開発、および、データベースシステムへの移行を踏まえた試行プログラムを開発

平成 29 年度の研究成果

【複合一貫輸送評価システムの研究開発】

・国内発かつ国内着のユニットロードを主な対象に、輸送の経路推定モデルに従来の拡張犠牲量モデルに代えて Deep Learning 手法を用いることで考慮因子の拡張及び精度向上を試み、更に重要度解析を行って有望な経路決定因子を抽出した(図１．２．１２４)。また既存及び新規の RORO/フェリー航路を対象に、ベース貨物・有望貨物・見込み貨物を探索することで航路評価を行い、モーダルシフトの可能性を評価した(図１．２．１２５)。また、産業連関法を基礎とした貨物データ作成の検討を行った(図１．２．１２６)。

・貨物列車とフェリー・RORO 船における遅延実態に関するデータの収集に際し、運航情報を自動で取得しデータベースに記録するシステムを開発した。具体的にはフェリー・RORO 船に関しては AIS データを気象データと結合するシステムと、任意の時間データを補正するシステムを、貨物列車に関しては WEB に掲載されている運航情報の HTML を CSV 形式に変換し、遅延データベースにするシステムを開発した(図１．２．１２７)。それを元に取得した数ヶ月分のデータを活用し遅延要因を明らかにすると共に、到着予測モデルの検討を実施した(図１．２．１２８)。

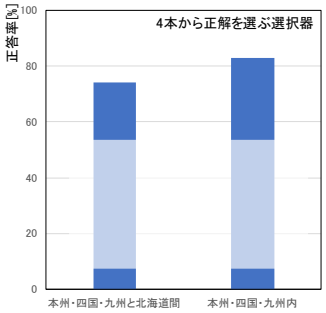


図１．２．１２４ 経路選択器の開発

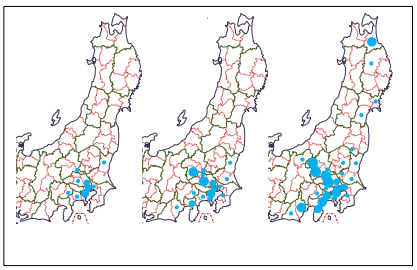


図１．２．１２５ 有望貨物抽出による航路評価

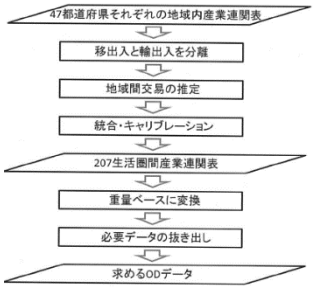


図１．２．１２６ 貨物データ作成法

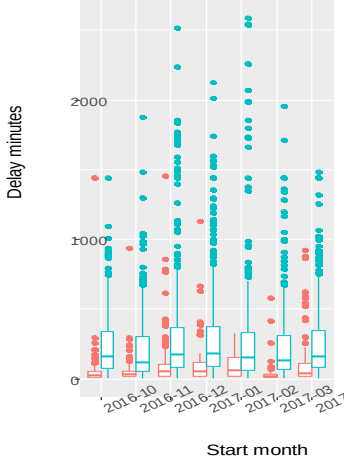


図１．２．１２７ 月別の遅延時間の分布

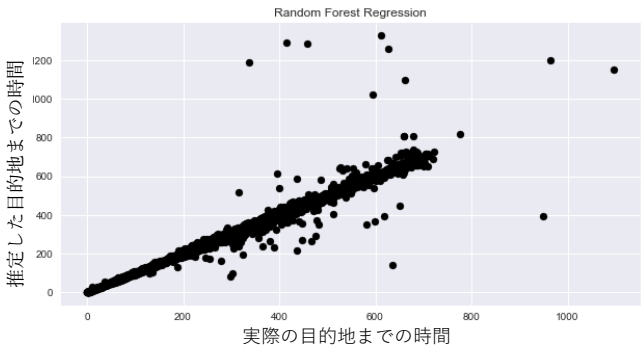


図１．２．１２８ フェリー到着時刻

【AIS 情報等による海上貨物輸送量の把握と造船需要予測】

・船舶の寄港港湾、寄港時間、寄港時喫水等から、AI 等の各種手法によって米国の輸入コンテナ貨物量を推計し、各手法の推計値と実績値の誤差を比較した(図１．２．１２９)。

・JAXA の衛星 AIS データから、船舶サイズ、船舶の向き、船速等を用いてフィルタリング処理を行い、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するプログラムを作成し、このデータの平準化について検討した(図１．２．１３０)。さらに、抽出した衛星 AIS データと各種統計データ（石油価格、鉄鉱石価格、鉄鋼業の株価指数）を入力データ（D）とし、前日からの差分値(ΔD)も入力データに加え、自動的に海運市況予測のモデルを構築するプログラムをディープラーニングの技術を用いて作成。このプログラムを用いて自動構築したモデルを用いて提案手法の有効性を検証した (図１．２．１３１)。

・船舶が航行する地球規模のシーレーンネットワークの整備を行った。このネットワークを活用し、目的地までの航路推定を行うプログラム開発を１件、民間請負研究として実施した(図１．２．１３２)。

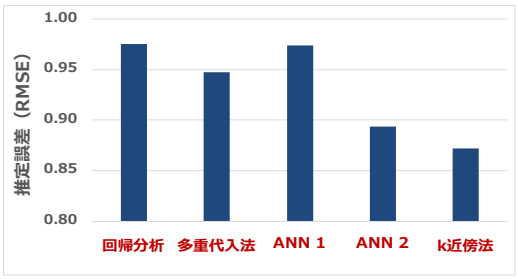


図１．２．１２９ 各手法による米国輸入コンテナ貨物量の推計値と実績値の比較

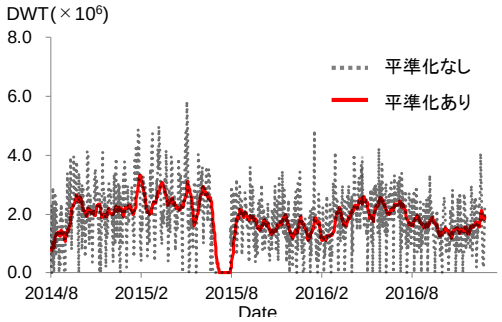
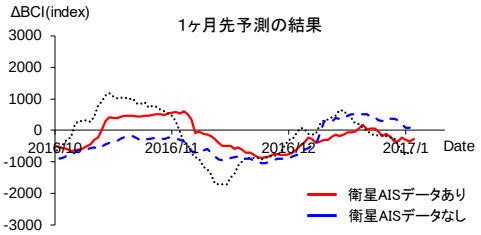


図１．２．１３０ 衛星 AIS データから抽出したオーストラリア周辺における船舶の総 DWT



		相関係数(-)	方向一致率(%)
1ヶ月先予測の結果	衛星AISデータあり	0.67	74.7
	衛星AISデータなし	0.43	56.6

図１．２．１３１ 予測モデルを１ヶ月先の予測結果の検証

図１．２．１３２ 拡張されたシーレーンネットワーク

【船隊運航管理システムの高度化】

・気象・海象データに係る処理速度の向上、および、データに係るコスト低減を目的として、気象・海象データをグリッド化し、解析に必要となるデータ容量を概ね 1/100 に抑えた。(図１．２．１３３)。

・船舶モニタリングデータの船陸間通信状況を監視、分析するプログラムを開発し、実運用に供した。(図１．２．１３４)

・航海評価システムの解析過程で、燃料消費量を基礎とした手法から、機関回転数や CPP 翼角を基礎とする手法へ移行するための試行プログラムの開発、および、航海評価解析プログラムにおいてデータベースを用いて解析する過程への移行（ビッグデータを見越した改良）を踏まえた試行プログラムを開発し、動作を確認した。検証を重ね、実運用への移行に備える。

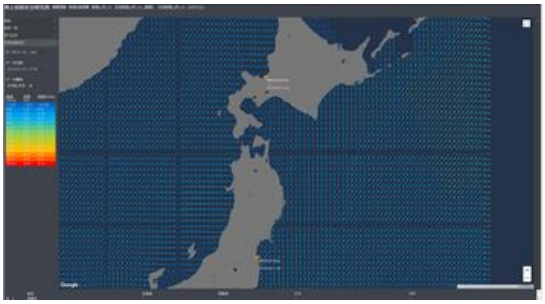


図１．２．１３３ 気象・海象データの表示結果

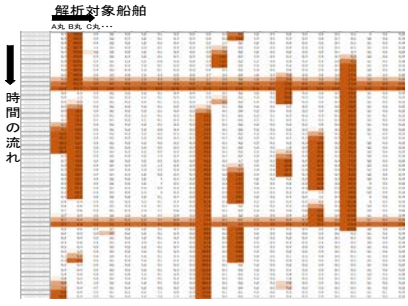


図１．２．１３４ 通信状況分析システムの結果（色付きのマス（船舶と時間帯）が不通を意味）

成果の公表

□複合一貫輸送評価システムの研究開発

【論文】

■査読付きジャーナル

・松倉洋史，瀬田剛広，荒谷太郎：貨物自動車運転者の労働条件改善時におけるモーダルシフト進展評価，日本船舶海洋工学会論文集第 26 号，(2017)

・Wada, Y., Hamada, K. , Hirata, N., et. al.: A Study on System Dynamics Model for the Demand Forecasting of Shipbuilding, Journal of Marine Science and Technology, (2018), (In press).

■本文査読付きプロシーディングス

・Kosaka, H.: Estimating International Freight Flows and Transport Costs Based on Trade Statistics, International Association of Maritime Economists (IAME 2017), Kyoto Japan, (2017).

・Majima, T.: Network Structure Analysis for International Maritime Container Transportation: From the View Point of Complex Networks, International Association of Maritime Economists (IAME 2017), Kyoto Japan, (2017).

・Wada, Y., :A Study on the Improvement and Application of System Dynamics Model for Demand Forecasting of Ships, International Conference on Computer Applications in Shipbuilding 2017 (ICCAS2017), Singapore, (2017).

■講演予稿集等（本文査読無し）

・松倉洋史，瀬田剛広，荒谷太郎：ユニットロード貨物流動経路シミュレーションの新規貨物開拓への利用，日本船舶海洋工学会平成 29 年秋季講演会論文集，(2017).

・Sato, K., and Aratani T.: Fundamental Analysis on Operational Conditions of Long Distance Ferry and Freight Train in Japan, EASTS 2017 CONFERENCE in Ho Chi Minh City, Vietnam, (2017).

・Aratani T., and Sato, K.,: Fundamental Study of Intermodal Freight Transport between Kyushu Area and Kansai Kanto Area in Japan, EASTS 2017 CONFERENCE in Ho Chi Minh City, Vietnam, (2017).

・荒谷太郎，佐藤圭二：九州～関西・中部・関東間におけるフェリー・RORO 船による輸送品目特性の分析，土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集，第Ⅵ部門，(2017).

・荒谷太郎，佐藤圭二，間島隆博：鉄道貨物輸送とフェリー貨物輸送における遅延実態に関する分析，第 34 回日本物流学会全国大会研究報告集，(2017)，pp.101-104.

・佐藤圭二，荒谷太郎：国内長距離フェリー遅延確率分析経過報告，海上技術安全研究所第 17 回研究発表会，pp.168-169，(2017).

・和田祐次郎：船舶需要予測用 SD モデルの活用に関する研究、日本船舶海洋工学平成 29 年会春季講演会、(2017)

・松倉洋史，和田祐次郎：貨物輸送経路推定問題への Deep Learning 手法の試適用，日本船舶海洋工学会平成 30 年春季講演会，投稿中，(2018).

・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，投稿中，(2018).

【特許】

・和田祐次郎：海運市況予測システム、海運市況予測プログラム及び海運市況予測方法（出願）

・和田祐次郎：海運市況予測運用システム（出願）

【プログラム登録】

・間島隆博：AIS 情報による航路、到着予定時刻推定プログラム、2017-NMRI-NLED-MAJIMA- 01、平成 30 年 3 月申請

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。

特に、本年度は、中長期計画の初年度にあたることから同計画の円滑な立ち上げを行うため、各研究課題の立ち上げ状況の把握に努め、研究計画が軌道に乗るよう適切な支援を行う。

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 27 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 29 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 29 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 29 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 29 年度においては、53 の研究実施項目のうち、27 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 29 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４件に加え、２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 18,000 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 －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を行うため、過去の地震記録、設計地震動で用いられているレベル２地震を用いた地震応答解析を実施し、地震時の挙動把握、解析手法の適用性を検討する。 －コンビナートの防災性向上に関する診断・対策技術開発に関して、地震時挙動及び耐震診断モデルの検討を行う。 －海底地盤流動のダイナミクスと防波堤・護岸の安定性評価に関して、腹付け工等の対策工を含めた防波堤の安定性評価について取りまとめを行い、基準改定に反映する。　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。

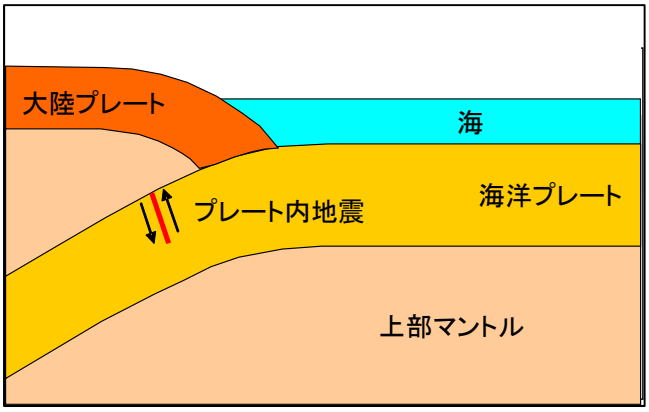


図-1.3.1　直下型地震の震源（スラブ内地震）

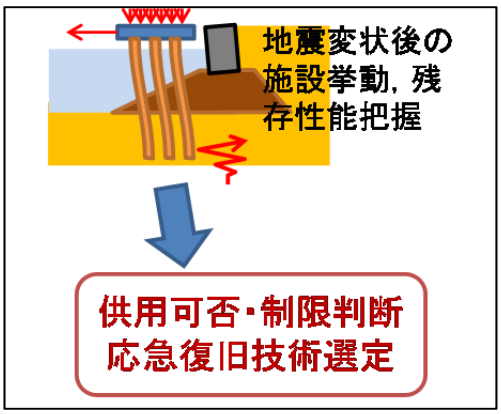


図-1.3.2　地震変状後の供用可否判断

平成 29 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。

（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。

（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、海底地盤流動のダイナミクスと防波堤・護岸の安定性評価、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 29 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

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 28 年末現在では、61 港湾の 161 箇所で観測を行っており、平成 28 年 1 月～12 月の期間で 2864 個の強震記録を得た。この記録数は過去最大であった。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発信し、行政機関の緊急対応に活用した。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、引き続き強震観測の継続と記録の整理解析を進めると共に観測地点の追加、機器の更新などを行い、地震時の行政機関の緊急対応、被災が発生した場合の原因究明、施設整備の際の設計地震動予測などに活用していく。

図-1.3.3 強震観測網

②地震災害および被災要因調査

迅速な復旧活動等が行えるよう、本省等関係機関と連携し、地震後の港湾施設の被災状況把握、利用可否判断に関係する RTK-GNSS を用いた岸壁使用可否判断システムを世界に先駆けて開発しており、このうち、岸壁変形量計測システムについて、岸壁法線の正確な変形量の測定手法を提案し、現地実証実験により検証した。具体的には、敦賀港において、RTK-GNSS ツールの基準局設置位置を選定し、巨大地震時の広域地殻変動により基準局が移動した場合にも施設変形量測定が可能であることを確認した。また、ドローン撮影による岸壁変形量測定の適用性も検討した。

今後は引き続き RTK-GNSS ツールの現地試験導入、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。

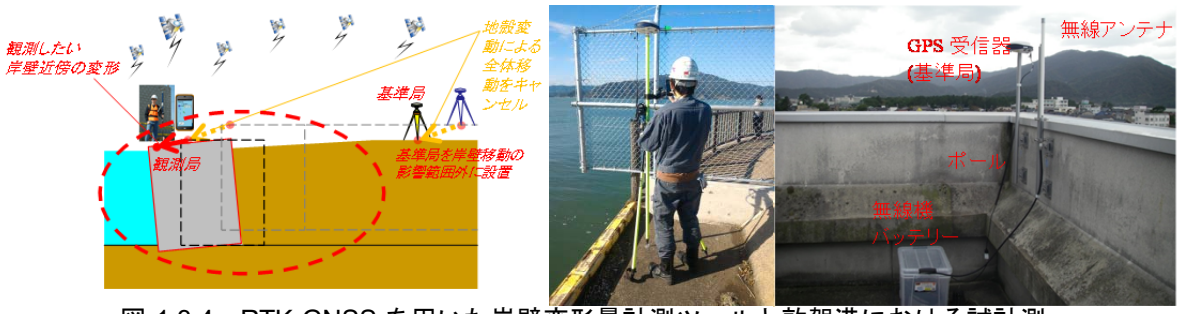


図-1.3.4　RTK-GNSS を用いた岸壁変形量計測ツールと敦賀港における試計測

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

2016 年 4 月の熊本地震の発生を受け、震源断層の破壊過程の推定、強震記録が得られなかった港湾・空

港での地震動を推定するための震源モデルの開発などを行った。本成果は、港湾・空港をはじめ強震記録が得られなかった地点での地震動の推定に活用され、国際的にも評価されている。また、特性の異なる複数のスラブ内地震を対象に、震源モデルの開発と検証を行った。今後は、これらをもとに、首都直下地震等の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ついて取りまとめていく。

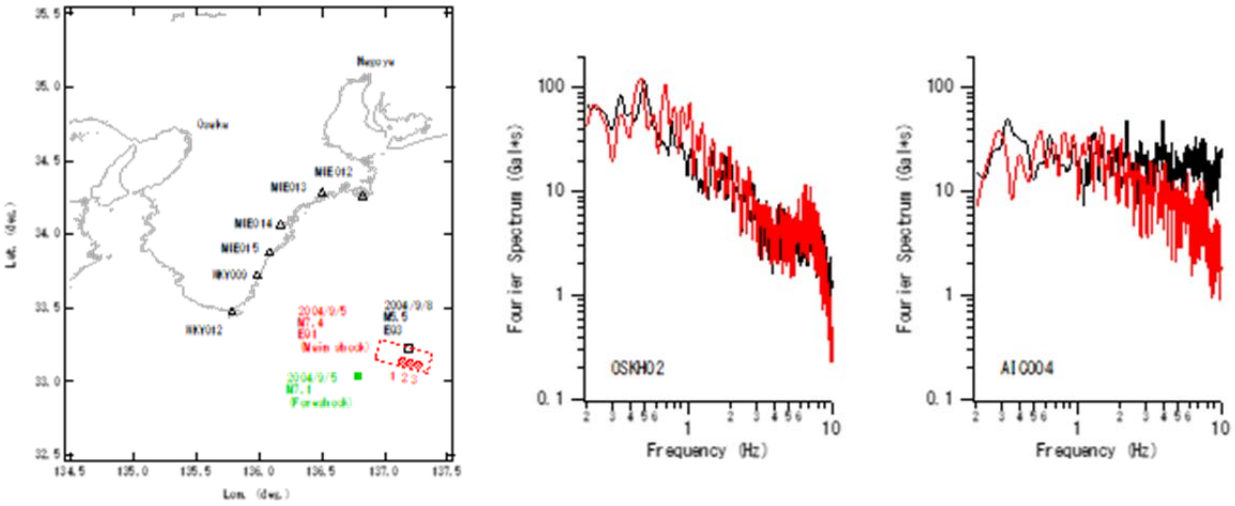


図-1.3.5　紀伊半島南東沖の地震を対象とした疑似点震源震源モデル（左）と大阪平野（中）・濃尾平野（右）における強震動シミュレーション結果

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・分析を行い当該特性・メカニズムの新たな知見を得た。本成果は、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)に採択されるなど、国内外の評価を得ている。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。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。

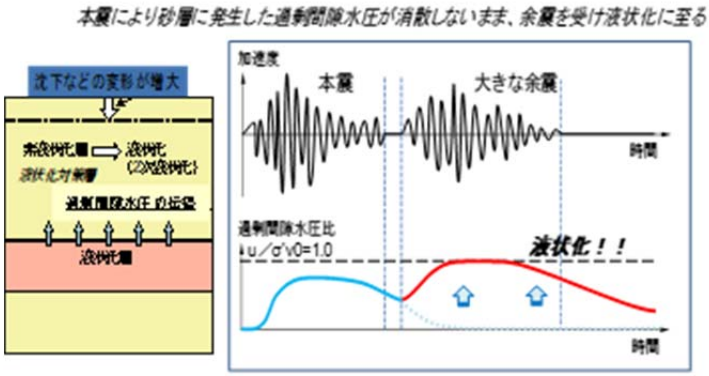


図-1.3.6　地震動の連成作用による液状化挙動

（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を検討しており、施設を供用しながら実施可能な、液状化および地震後の津波・高潮を考慮した護岸耐震対策として、模型振動実験や再現解析を行い、新たな発想により大幅にコスト縮減と工期短縮を可能とする既存護岸の耐震改良工法（水平変位許容するが天端高を確保できる櫛形鋼矢板工法）を開発し、港湾海岸整備事業に導入された。この他、施設を供用しながら実施できる簡易な地盤調査手法の適用性を確認するとともに、施設所有者が所有施設（港湾施設や石油タンク等）の地震時の被害を推定できる GIS ベースの簡易診断手法についても地震時挙動を検討し開発した。

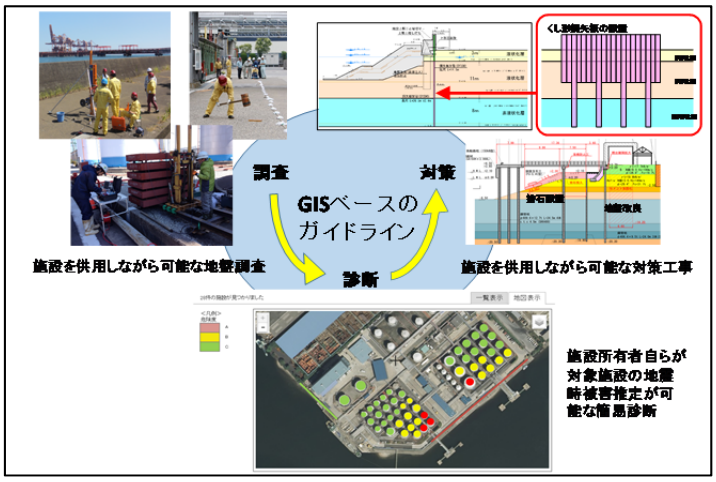


図-1.3.7　GIS ベースの簡易診断手法の概念と櫛形矢板構造

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

過去の地震記録やレベル２地震を用いた地震応答解析などを実施して、鋼管部材の数値解析モデル化法を開発し、桟橋、鋼管矢板式岸壁および矢板控え工の照査用限界値を変更した新たな耐震設計法を提案した。これらの成果は、平成 30 年改訂予定の港湾の技術基準へ反映された。また、大ひずみ領域（ひずみ 0.1%超）における地盤の動的変形特性を把握するため繰返しせん断試験を実施し、大ひずみ領域の排水条件及び荷重載荷条件の影響を検討した。

今後は、最大級の地震に対する地盤－構造物系の被災メカニズムおよび、大ひずみ領域に対応可能な地盤の動的変形特性のモデル化法ついて検討を進める。

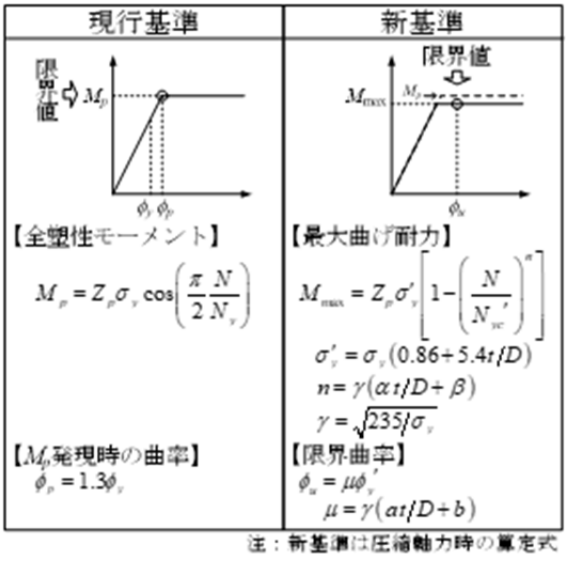
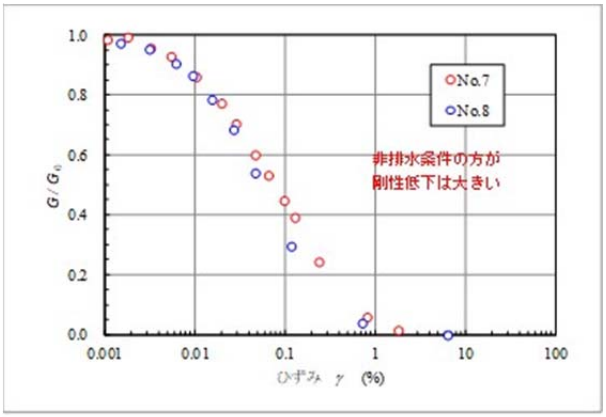


図-1.3.8　鋼管部材のモデル化法と限界値の比較



繰返し三軸試験（珪砂6号，D_r=50%）
No.7：ステージ間排水有り
No.8：ステージ間排水無し

図-1.3.9　動的変形特性における排水の影響

（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海底地盤流動のダイナミクスと防波堤・護岸の安定性評価

津波に対するマウンド・地盤のダイナミクスと対策工(腹付工)の双方を含めた防波堤の安定性評価についてとりまとめを進めた。得られた成果は、複数の学会賞を受賞するとともに、関係分野の世界のトップジャーナルに掲載されるなど、国際的に高い評価を受けている。また、防波堤基礎の安定性評価手法については港湾の技術基準に反映される。

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。

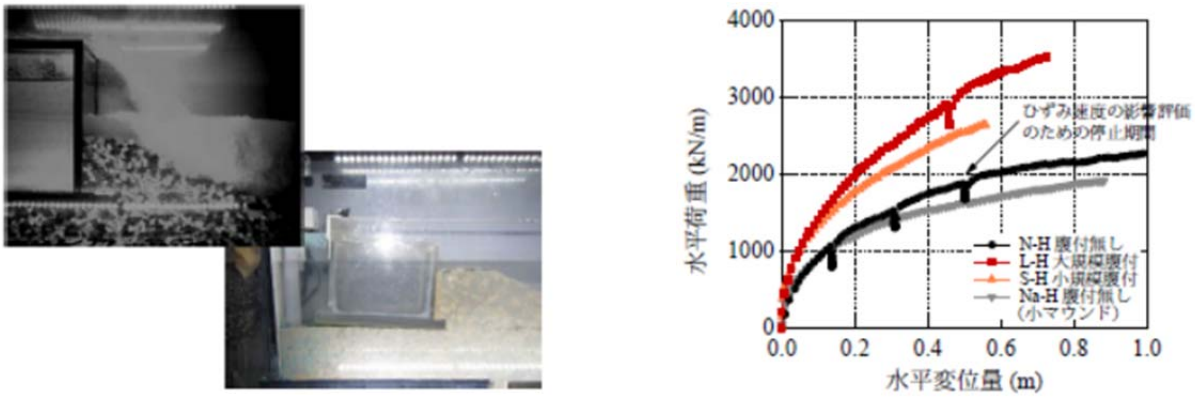


図-1.3.10　浸透力の効果を把握する遠心力場実験(左)と腹付工の有無による水平耐力の評価(右)

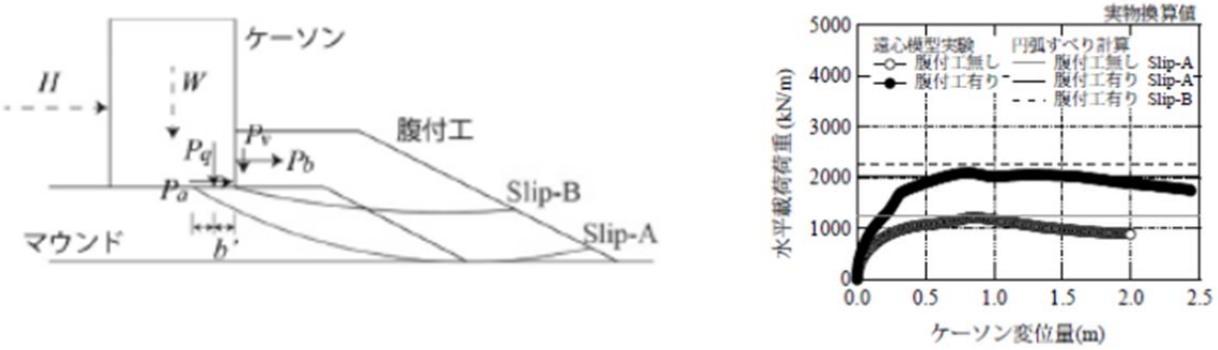


図-1.3.11　防波堤マウンド・腹付工の安定性評価(左)と実験と解析の比較結果(右)

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の構築に着手した。

波に対する地盤の安定性を調べる遠心模型実験を実施し、地盤内の応力や水圧が地盤の安定性に影響を与えることを明らかにした。その際、不飽和地盤内の水圧状態を調べるためのセンサーを開発し、高速度カメラによる動画撮影等も活用した。また、浅海変形させるための距離を取れない狭い試料容器内で砕波を再現するための検討を行い、遠心模型実験と数値解析との対比を行った。さらに、地盤の安定性を解析する方法についても検討を行った。

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　水圧計測センサーヘッド部

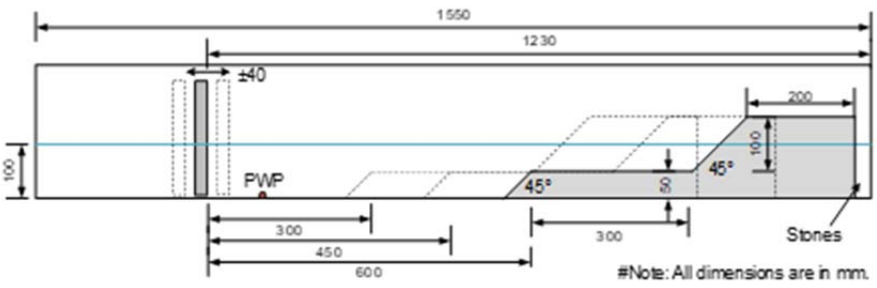


図-1.3.13　砕波状況確認実験断面図

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：4 編

・野津厚，長坂陽介（2017）："港湾地域強震観測年報（2015）"，港湾空港技術研究所資料, No.1331.

・野津厚，長坂陽介（2018）：2016 年熊本地震の前震と本震の震源過程の推定と特性化震源モデル，港湾空港技術研究所報告，第 57 巻第 1 号.

・小濱英司，府川裕史（2017）：数値解析および模型実験にるレベル 1 地震動に対する胸壁の照査用度算出手法の検討，港湾空技術研究所報告，Vol.53，No.3，pp.49～115.

・大矢陽介，塩崎禎郎，小濱英司，川端雄一郎（2017）：径厚比を考慮した鋼管部材のモデル化法の各種港湾施設への適用，港湾空港技術研究所資料，No.1338.

□発表論文（英文）：４編

・Nozu, A.（2018）: Validation of a source model for the 2011 Tohoku earthquake using records from the small-titan , Journal of JSCE (in print).

・A. Kondo, S. Matsumura, T. Mizutani, and E. Kohama（2017）, Reproduction of Discrete Element Model by 3D Printing and Its Experimental Validation on Permeability Issue, Advances in Laboratory Testing and Modelling of Soils and Shales (ATMSS), Springer Series in Geomechanics and Geoengineering, DOI 10.1007/978-3-319-52773-4_62, pp.517-524.

・Kobayashi, T., Sassa, S. and Watanabe, K.（2017）： Liquefaction Resistance of Sand under Sequenced Earthquake Motions, Proc. 27th International Ocean and Polar Engineering Conference (ISOPE-2017), San Francisco, in CD.

・Takahashi, H., Morikawa, Y. and Kashima, H.（2017）: Centrifuge modelling of breaking waves and seashore ground, International Journal of Physical Modelling in Geotechnics.

□発表論文（和文）：６編

・長坂陽介，野津厚（2018）：近地項・中間項を考慮した修正経験的グリーン関数法に関する基礎的検討，土木学会論文集 A1（構造・地震工学）（印刷中）.

・大矢陽介，小濱英司（2017）：地下構造物周辺の液状化地盤におけるせん断ひずみ履歴による体積ひずみの評価，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.73.

・近藤明彦，小濱英司，遠藤敏雄，髙橋康弘，渡辺健二，国生隼人，吉原到，原田典佳（2017），既存構造を活用した改良桟橋の基礎的変形特性とその改良効果の検討，土木学会論文集 B3 特集号.

・佐々真志，山﨑浩之，小林孝彰（2017）：粒度と N 値による液状化予測判定法：一般化及び検証と連続地震の考慮，土木学会論文集 B3, Vol. 73, No.2, 264-269.

・小林孝彰，佐々真志，渡辺啓太（2017）：非排水繰返し中空ねじりせん断試験による液状化に及ぼす余震外力の特性化，土木学会論文集 B3, Vol. 73, No.2, 270-275.

・高橋英紀，佐々真志，森川嘉之，丸山憲治（2017）：腹付工を有する混成防波堤の津波に対する安定性評価法の検証，土木学会論文集 B2，第 73 巻，第 2 号.

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、がれきの発生・漂流モデルの高度化を図り、市街地火災の延焼についてのリスク評価を行う。 －複合観測情報に基づく津波予測技術の研究では、海洋短波レーダーとGPS波浪計の観測データを補完的に用いることによる津波の効果的かつ高精度な早期探知技術の開発を目的として、過去の観測データの再解析を行う。 －津波による構造物周辺の局所洗掘に関する研究では、防波堤堤頭部や護岸隅角部の洗掘を検討するための水理模型実験を行う。　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 29 年度の研究内容

（１）流体－漂流物の相互作用を適切に考慮するために、既存の数値計算モデル（STOC-ML および STOC-DM）を改良し、過去に実施した漂流物に関する実験との比較を行った。

（２）より早く、より精度よく、安定的に津波を検知することを狙い、ノイズ特性が異なる、GPS 波浪計（点で水位を観測）と海洋レーダー（面で流れを観測）を複合した津波予測システムの開発（図-1.3.14）に着手した。

（３）三次元高精細津波遡上シミュレータの計算効率化を図り、２つの都市で現地適用計算を行った。また、

防護施設の変形にフラジリティカーブを導入した評価手法の妥当性も検証した。
（４）３次元漂砂モデルにさまざまな土砂移動モデルを適用し、構造物周辺の局所洗掘パターンなど地形変化に与える影響を検討した。

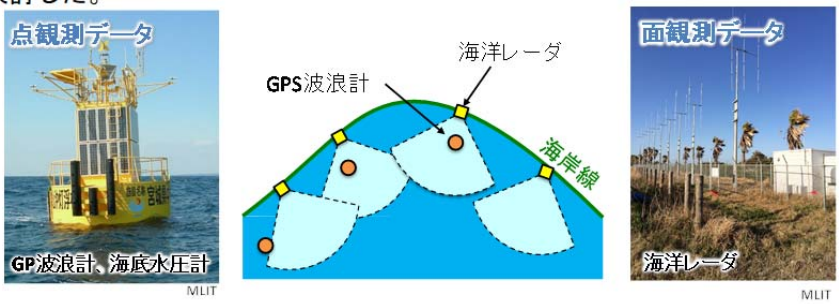


図-1.3.14　複合的な津波観測

平成 29 年度の研究成果

（１）がれきの集積域で延焼が拡大する津波火災の予測には、がれきの発生・漂流・漂着の過程を適切に考慮する必要があり、既存の数値計算モデルにおける流体－漂流物相互干渉処理部を改良した。また、図-1.3.15 に示すように、過去の漂流物実験の動画から各漂流物の位置を読み取り、漂流特性を解析した。

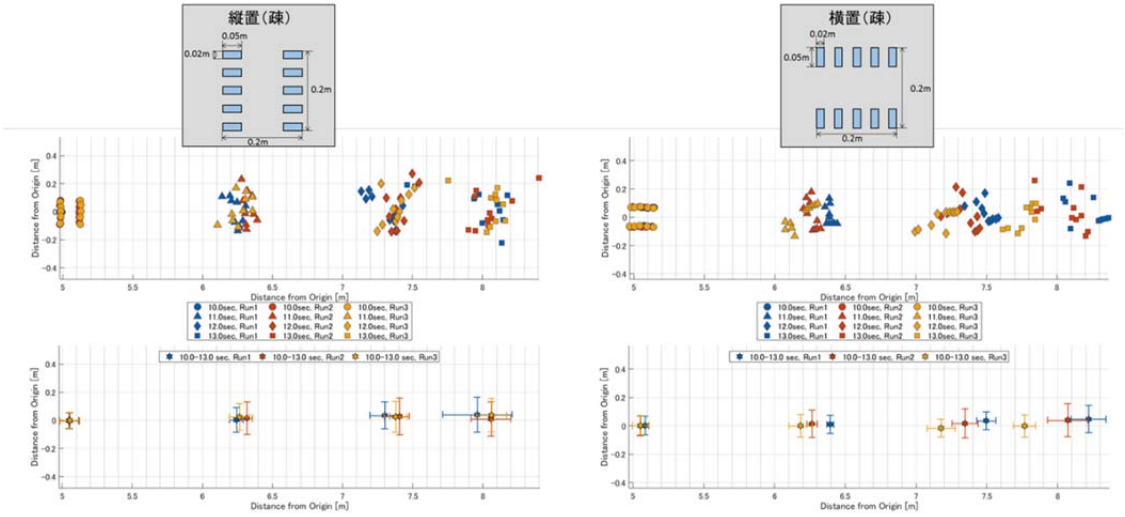


図-1.3.15　漂流物の挙動（上：初期の配置、中：各漂流物の位置、下：位置の平均と標準偏差）

（２）GPS 波浪計は GPS 衛星から届く信号を解析することで水面の高さを計測しているが、衛星配置に偏りがある場合などは水位データに顕著なノイズが混入することがあり、そのノイズには津波と類似した波形を描くものもあって、これが津波の早期検知の障害になっている。そこで、GPS 波浪計の過去の観測値を再解析し、衛星配置等の情報と、図-1.3.16 に示す連続ウェーブレット変換によるフィルター処理とを組み合わせることで、津波の検知精度を高める手法を構築した。さらに、GPS 波浪計と海洋レーダのようにノイズ特性の異なる複数のデータを適切に重み付けする新しい津波波源インバージョン手法について理論的な検討を行った。

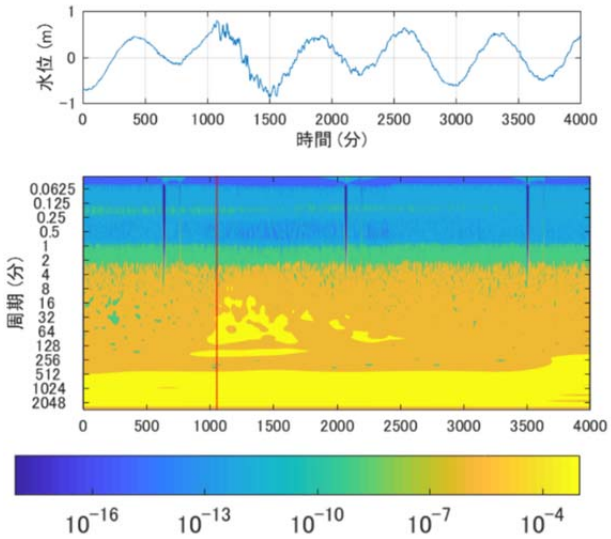


図-1.3.16　津波来襲時の水位データに対する連続ウェーブレット解析

（３）喫緊の課題である南海トラフ地震等に係る地震・津波対策として、地震・津波時の防波堤等の倒壊等を考慮した、世界最先端の三次元高精細津波遡上シミュレーションモデルを開発した。本モデルは、沖から岸まで複数のモデルを双方向に結合することで引き波も再現できるものである。MPI と OpenMP を使ったハイブリット並列計算手法を実装することで計算効率を向上させた。図-1.3.17 に示すように、釜石港と高知港で試計算を行い、実用レベルとした。併せて、来年度のシミュレータープログラム公開に向け、その利用マニュアルを整備し、入力支援ツールや統合実行環境の開発を行った。さらに、防護施設の影響を適切に評価する手法として、フラジリティカーブを用いた評価手法を構築し、現地適用計算を通して手法の妥当性を検証した。

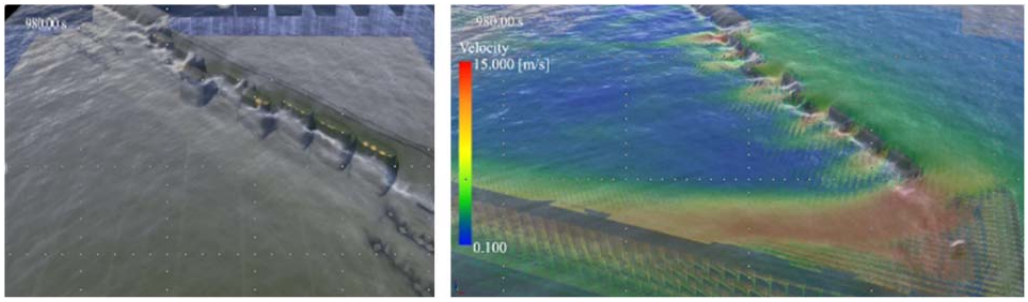


図-1.3.17　釜石港を例とした計算

（４）水理実験がなされている港湾を模した地形、2011 年東北地方太平洋沖地震津波による地形変化の測量がなされている八戸港周辺について、図-1.3.18 に示すように土砂移動モデルごとに地形変化の再現性を確認し、モデルの特性を明らかにした。

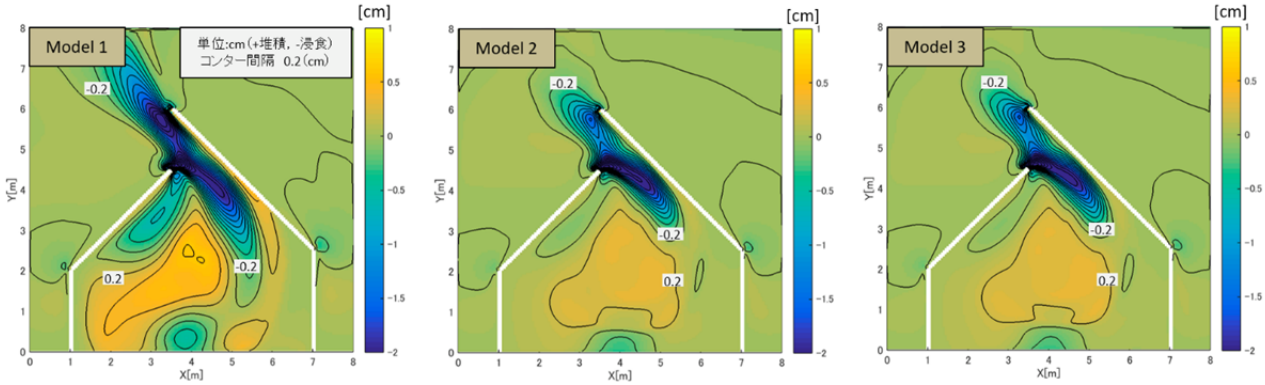


図-1.3.18　港湾を模した地形における地形変化の比較

成果の公表

□発表論文（和文）：５編

・有川太郎，関　克己，大木裕貴，平野弘晃，千田　優，荒木和博，石井宏一，高川智博，下迫健一郎（2017）：階層型連成シミュレーションによる高精細津波遡上計算手法の開発，土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.73, No.2, I_325-I_330.

・有川太郎，関　克己，下迫健一郎，高川智博，千田　優（2017）：フラジリティカーブによる防護施設の被災状況を考慮した津波浸水計算手法の開発，土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.73, No.2, I_337-I_342.

・高橋重雄，下迫健一郎，富田孝史，河合弘泰，高山知司（2017）：三つのレベルの津波と耐津波強化施設による沿岸域の強靭化，土木学会論文集 B3（海洋開発）, Vol.73, No.2, I_120-I_125.

・千田 優，髙川智博（2017）：連続ウェーブレット変換を用いた GPS 波浪計データのノイズ解析と津波成分抽出に関する研究，土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.73, No.2, I_427-I_432.

・松田信彦，千田優，武田将英，岩本浩明，江口三希子（2017）：電動式スルースゲートを用いた段波造波特性：土木学会論文集 B3（海洋開発）Vol.73, No.2, I240-I245.

□発表論文（英文）：１編

・Heidarzadeh, M., Harada, T., Satake, K., Ishibe, T. and Takagawa, T. (2017) : Tsunamis from strike-slip earthquakes in the Wharton Basin, northeast Indian Ocean: March 2016 Mw7.8 event and its relationship with the April 2012 Mw 8.6 event, Geophysical Journal International, Volume 211, Issue 3, pp. 1601–1612, https://doi.org/10.1093/gji/ggx395.

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。 －港内発生波に関する研究では、強風下で発生する港内発生波の再現計算を行い、これを考慮した荷役稼働率の算定方法について検討する。 －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、波浪諸元と波高・周期の変化の関係を検討するための断面水理模型実験を行う。 －局地気象モデルを用いた高潮・高波・環境の推算に関する研究では、開発したモデルを用いて平成 26 年 12 月の根室における高潮の再現計算を行う。 －構造物の被災メカニズムに関する研究では、高潮や津波による高潮位と高波が複合する状況下における波圧及び越波量の検討を行う。　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 29 年度の研究内容

（１）全国港湾海洋波浪情報網ナウファスで取得した波浪観測データの処理・解析を行い、各港における各種波浪統計量をとりまとめた。また、2016 年の顕著な事象の解析や処理の精度向上に向けた検討を行った。

（２）従来よりも高精度にかつ安定して方向スペクトルを推定可能な手法を開発し、東北地方太平洋岸を対象

に、うねりに重畳する風波の影響を極力除き、安定したうねりのサンプルを解析した。
（３）過年度に開発したブシネスクモデル（NOWT-PARI）による航走波造波モデルを汎用化・高精度化し、現地観測に基づく航走波推定式と比較して現地適用性を検討した。また、波面上の圧力項を NOWT-PARI の基礎式に導入し、港内の強風による波の発達過程をモデル化する予備検討を開始した。
（４）うねり性波浪の推算精度向上に資するため、第三世代波浪推算モデル WW3 による日本沿岸の常時波浪推算を行い、全国港湾海洋波浪情報網ナウファスで観測されたうねり性波浪と比較した。
（５）高潮・高波や地震・津波による防波堤の転倒・沈下を想定して、天端高や構造が異なる複数の没水堤に対する波浪変形実験を断面水路で行うとともに、既存のブシネスクモデルで再現計算を行った。また、より適用範囲の広い新たなブシネスクモデルの導入・開発に向けた検討を開始した。
（６）時空間的に高解像度な局地気象場を用いて沿岸の海象・海洋環境を予測するモデルの構築し、高精度な高潮・高波などの海洋情報を提供可能にすることを目的として、局地気象モデル Weather Research and Forecast (WRF)を導入し、日本を対象とした入力データの整備や運用システムの構築を行った。
（７）設計潮位を超える高潮位の条件で、護岸背後に作用するマウンド透過波力、マウンドからの堤内への浸水、堤体天端を超える越波量の実験を行った。また、越波・越流複合時に護岸のパラペットに作用する波力と鉄筋コンクリートの大規模な破壊実験を行った。

平成 29 年度の研究成果

（１）2016 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の波浪統計解析を行い、図-1.3.19 に示すような波浪観測年報にとりまとめた。そこには、沿岸波浪計 7 地点（釧路、むつ小川原など）と GPS 波浪計 7 地点（青森東岸沖など）の計 14 地点で既往最大有義波高を更新したことなどを記した。また、2016 年 11 月 22 日の福島沖地震に伴う津波についても解析するとともに、GPS 波浪計の波向処理法の改良などデータ処理の精度向上を行った。

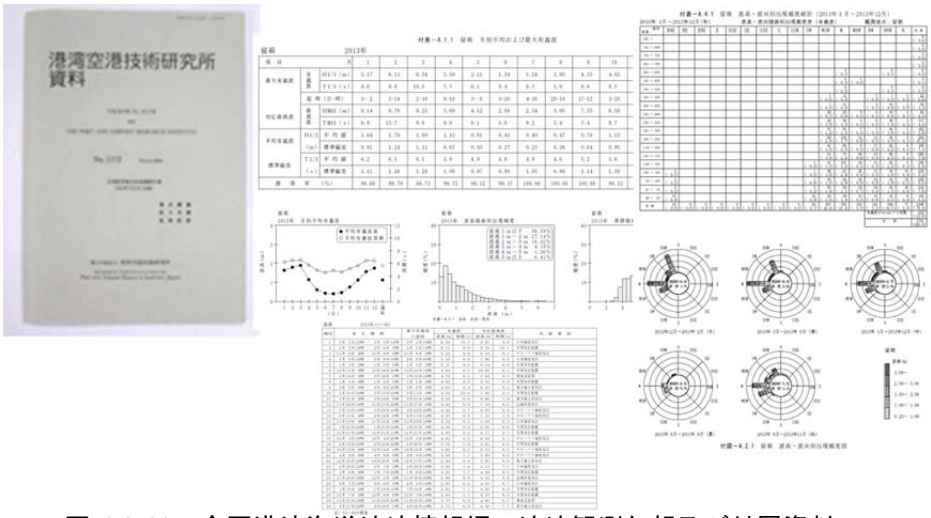
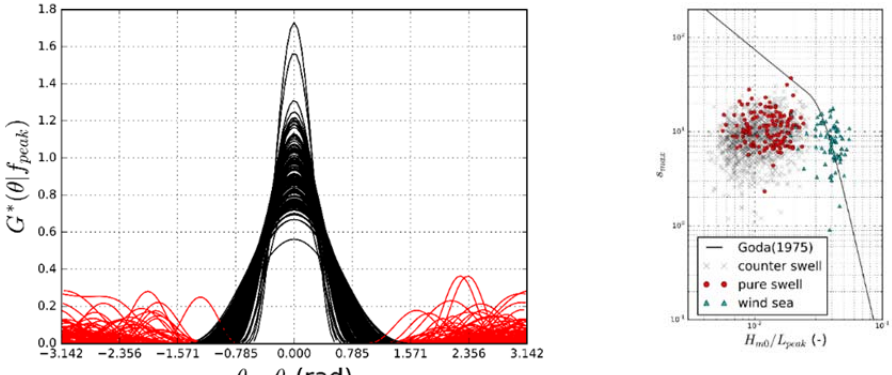


図-1.3.19　全国港湾海洋波浪情報網の波浪観測年報及び付属資料

（２）近年のうねり性波浪による防波堤等の被災を踏まえ、その対策に向け、風波とうねりが共存する沿岸波浪において風波とうねりを分離して個別に評価する手法の開発に着手した。これにより、これまで風波とうねりを分離するという解析上の困難から十分に研究なされていなかった、うねりの季節・海域特性の定量的な評価が可能となる。風の観測データを参照して波浪の方向スペクトルにおける風波とうねりを分離し、図-1.3.20 に示すように、それぞれの方向集中度を算定して波形勾配との関係を調べた。その結果、風波については合田ら(1975)による波形勾配と方向集中度の関係に概ね従うが、うねりについては異なる、という可能性を示した。また、多峰性の方向スペクトルにおけるピークの抽出や風波とうねりの合理的な識別など、次に取り組むべき課題を示した。



（ａ）うねりの方向スペクトル観測例　　（ｂ）波形勾配と方向集中度

図-1.3.20　波浪の方向スペクトルの解析

（３）平面 2 次元場の計算格子上で船舶の位置と航路を自由に設定できる航走波造波モデルにおいて、発生する航走波の波高が計算格子幅 dx、dy や水深 h に依存することを補正する係数 m の推定図を図-1.3.21 のように作成した。これを用いることで任意の船舶諸元（船長 Lpp、船幅 Bs、喫水 d）に対する航走波の造波が可能となり、港内における航走波の影響調査などの実務への活用が期待される。今後は、強風下で発達する港内発生波の計算手法と合わせ、AIS 及び風データを活用した港内静穏度解析手法を検討する。

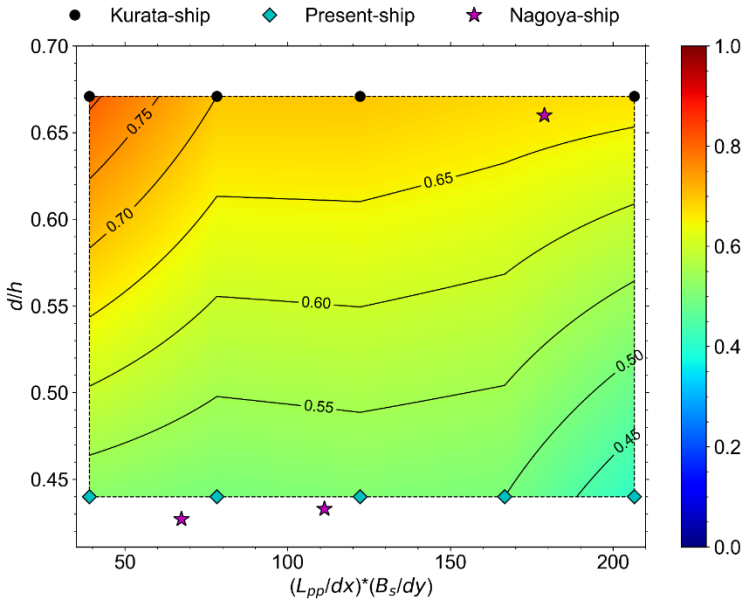
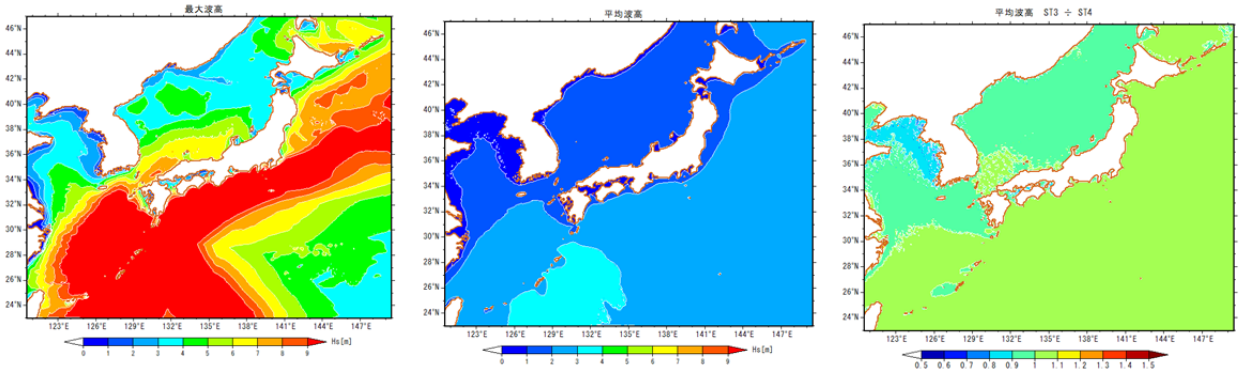


図-1.3.21　航走波造波モデルの補正係数 m の推定図

（４）日本沿岸の 3 カ年を対象に WW3 による常時波浪推算を行った。その結果、風から波へのエネルギー輸送やエネルギー消散などが異なる 4 種類の計算スイッチを用いることで、年平均有義波などの統計値にも差が生じることを明らかにした。今後は個別のうねり事例を対象に観測値との比較等を行う予定である。



（ａ）ST4 による年最大有義波高　（ｂ）ST4 による年平均有義波高　（ｃ）ST3 と ST4 の平均有義波高比
図-1.3.22　計算スイッチ ST3 と ST4 による波浪推算値

（５）地震等により被災した港湾の暫定利用（復旧等）等のため、防波堤被災時の台風等に対する港内静穏度評価手法の構築に着手した。矩形（不透過）及び台形（透過・不透過）断面の潜堤による波高伝達率及び周期変化率を実験により計測した。不透過の断面では、波高伝達率を大きく低減させる砕波には至らないが波の分裂に伴う短周期化は期待できる、波浪条件があることを明らかにした。台形断面では、波浪変形の様子を既存ブシネスクモデルによって図-1.3.23 のように再現できることを確認した。これにより、防波堤被災時の港内静穏度を適切に評価することが期待される。今後は、矩形断面でも安定して計算できるブシネスクモデルの開発・実用化を目指す。

（６）WRF と気象庁の予測 MSM の気圧・風を用いて 2015 年台風 23 号による根室の高潮を計算し、図-1.3.24 に示すように何れも良好な再現結果を得た。また、GPV GSMJP と WRF を用いた伊勢湾シミュレータによる環境流動の短期予測計算を行い、計算結果がやや乖離する場合のあることがわかった。さらに、富山湾の寄り回り波を超高解像度波浪モデルで計算した結果、沿岸部の複雑なキャニオン地形によるうねりの屈折効果が有義波高に大きく影響することが分かった。

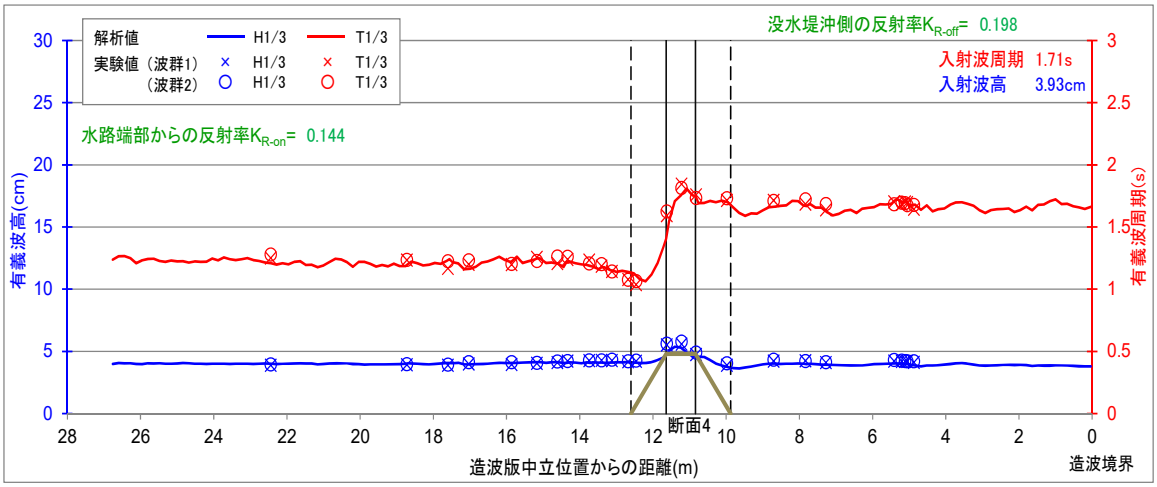


図-1.3.23　潜堤前後の有義波高・周期の再現計算

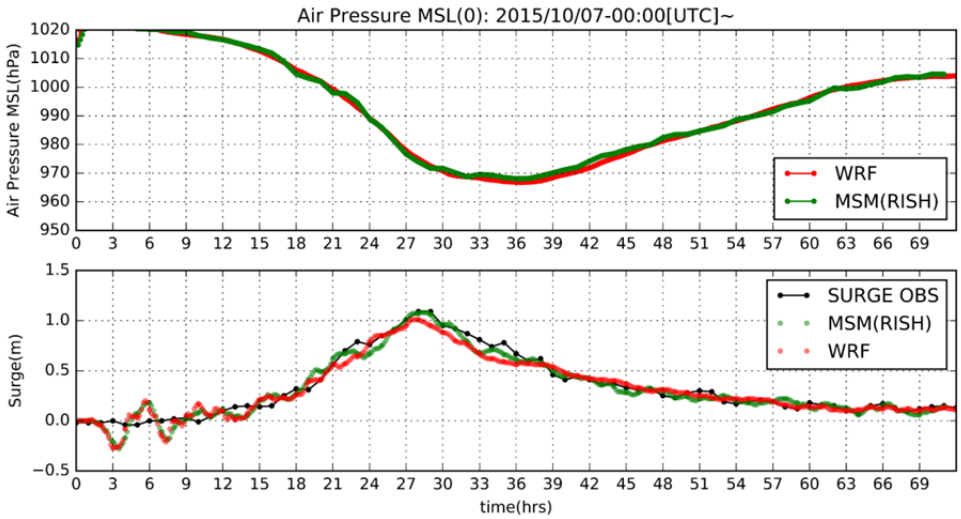


図-1.3.24　根室における気圧と高潮偏差

（７）設計潮位を超える高潮位での護岸の大規模な実験によって、護岸背後に作用するマウンド透過波力、マウンドからの堤内への浸水状況を明らかにし、堤体の天端を超える越波量・越波越流量の簡易推定法を作成した。また、図-1.3.25 に示すように、風波、孤立波、越波越流時の風波作用下でパラペットに働く波力の特性を調べ、それぞれの砕波の作用状況（越流下での砕波や Bagnold 型、Wagner 型砕波）と鉄筋コンクリートの破壊過程から鉄筋の必要強度を明らかにした。

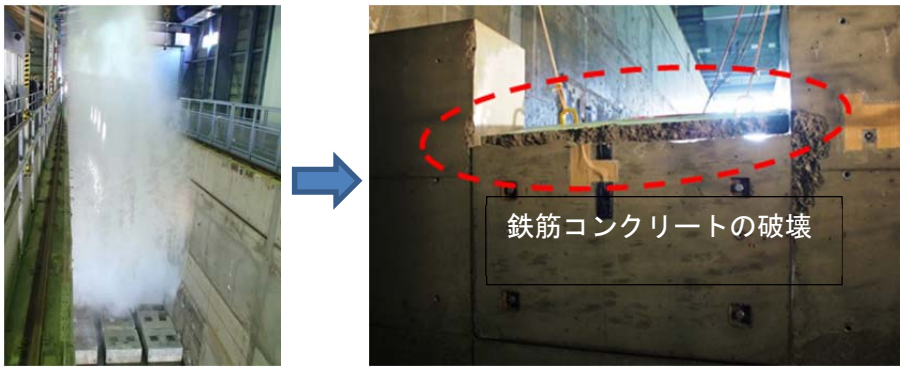


図-1.3.25　パラペットに働く波力の実験

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
・川口浩二・櫻庭 敏・藤木　俊・田村　仁（2017）：全国港湾海洋波浪観測年報（NOWPHAS2015），港湾空港技術研究所資料，No.1333，127p.
□発表論文（和文）：17 編
・安藤 圭・鈴木高二朗（2017）：孤立波が直立壁に作用した際の飛沫の打ち上げ高さについて，Vol.73, No.2, pp.I_246-I_251.
・安藤 圭・鈴木高二朗・鶴田修己（2017）：直立壁への陸上遡上津波の設計浸水深に関する一考察，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 73, No.2, pp.I_895-I_900,2017.
・岩本匠夢・髙川智博（2017）：メソ気象モデルを用いた台風 1418・1419 号による高潮および副振動の再現計算，海岸工学論文集，Vol.73，No.2 , pp. I_265-I_270.
・岡田克寛・池内正俊・立脇和則・細川善広・鶴田修己・細山田得三・鈴木 高二朗（2017）：防波堤腹付被覆工に及ぼす高波越波の影響について，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.73, No.2, pp.I_997-I_1002.
・岡田克寛・鈴木高二朗・有川太郎（2017）：地震と津波重畳時における防波堤への加振周波数の影響に関する研究，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 73, No.2, pp.I_1003-I_1008.
・川口浩二・櫻庭 敏・永井紀彦・仲井圭二・額田恭史・村瀬博一（2017）：沖合・沿岸および港内における 2016 年福島沖地震に伴う長周期海面変動の観測波形特性，土木学会論文集 B3(海洋開発)，73 巻 (2017) 2 号 p. I_743-I_748.
・喜夛 司・大野俊夫・星野 太・鈴木 高二朗（2017）：マウンド上の洗掘防止マットの設計手法に関する実験的検討，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.73, No.2，I_943-I_948.
・喜夛 司・鈴木 高二朗（2017）：高潮位・高波複合作用時の護岸の背後の安定性に関する検討，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 73, No.2，I_991-I_996.
・後藤仁志，鈴木高二朗，五十里洋行，有川太郎，Abbas KHAYYER，鶴田修己（2017）：高精度粒子法を用いた高機能型数値波動水槽の開発，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.73, No.2, pp.I_25-I_30.
・鈴木高二朗・竺原宗吾・佐々真志・具志良太・前里 尚・平野年洋（2017）：静水面下の管路とその周囲の裏込石内部を伝播する波浪と吸い出しについて，土木学会論文集 B2（海洋開発），Vol.73，No.2, pp.I_360-I_365.
・鶴田修己・鈴木高二朗・喜夛 司・宮田正史・竹信正寛・後藤仁志（2017）：防波堤を越流する津波越流波力の算定に関する検討，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 73, No.2, pp.I_925-I_930.
・樋口直人・平山克也（2017）：Lewis-Form に基づく航跡波造波モデルの開発と NOWT-PARI への導入，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.73，No.2，pp.I_37-I_42.
・平山克也・相田康洋・川口浩二・田村 仁・白井秀和(2017):波浪変形計算を用いた波浪推算結果の補正方法に関する検討，土木学会論文集 B2(海岸工学),73 巻 (2017) 2 号 p. I_49-I_54.
・堀井一樹・鈴木高二朗・武部悠一郎・西野好生（2017）：埋立前後における防砂板の変形モデルと設計手法に関する検証，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 73, No.2, pp.I_1147-I_1152.
・見﨑豪之・大澤輝夫・香西克俊・竹山優子・馬場康之・川口浩二（2017）：WRF によって計算される海岸付近の水平風速勾配の検証，日本風工学会論文集，42 巻，(2017) 2 号，pp.57-66.
・吉岡 健・志水伸二・川口浩二・小野信幸・仲井圭二・永井紀彦(2017)：北九州市沖海域における高波浪時の流況特性の解明，土木学会論文集 B3(海洋開発)，73 巻 (2017) 2 号 p. I_767-I_772.
・吉岡 健・志水伸二・川口浩二・永井紀彦・仲井圭二（2017）：北九州市沖洋上風車の極値波浪・極値風条件に関する研究，土木学会論文集 B3(海洋開発)，73 巻 (2017) 2 号 p. I_761-I_766.
□発表論文（英文）：9 編
・Ando, K., Suzuki, K and Tsuruta, N. (2017): Influence of landward slope to evaluation of tsunami pressure on seawall, APAC.
・Fujiki, T., Hashimoto, N. and Kawaguchi, K. (2017) : Improvement in Estimation Stability and Accuracy of Wave Directional Spectrum by a Bayesian Method for Swell Observation，ISOPE2017.
・Iwamoto, T. and Takagawa, T. (2017): Numerical Analysis of Storm Surge and Seiche at Tokyo Bay caused by the 2 Similar Typhoons, Typhoon Phanphon and Vongfong in 2014，American Geophysical Union Fall Meeting 2017 (Poster and oral session)
・Kita, T. and Suzuki, K. (2017): Experimental Study on Breakwater against Overflow and Big Waves, Breakwaters.
・Nakamura, R., Shibayama, T., Mikami, T., Esteban, M., Takagi, H., Maell, M. and Iwamoto, T. (2017) : Comparison of two recent storm surge events based on results of field surveys，Proceedings of the International Conference of Global Network for Innovative Technology and AWAM International Conference in Civil Engineering，IGNITE-AICCE’17.
・Suzuki, K. and Kita, T. (2017): Uplift and Overburden Pressure acting on Breakwater Caisson under Tsunami Overflow, APAC.
・Suzuki, K. and Zikuhara, S. (2017): Clarifying the Stability of Armor Blocks behind the Caisson against Tsunami After Abrupt Change of Breakwater Width, Breakwaters.
・Tsuruta, N., Gotoh, H. and Khayyer, A. (2017): A stable solid-liquid multiphase flow simulation by projection-based particle method, Proceedings of the 12th SPHERIC International Workshop, Ouresen, Spain.
・Tsuruta, N., Suzuki, K., Kita, T., Miyata, M., Takenobu, M. (2017): Evaluation of tsunami force with overflow on breakwater, APAC.

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するため、オペレーションの効率化による取扱量の拡大や、ゲート前渋滞の防止等について、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。 －CIM（Construction Information Modeling）の活用の一環として、マルチビームソナーによる施工管理データを用いた施工管理の確立や、施工管理検査の省力化・国際標準化、遅れている海洋工事の無人化施工の研究を進める。　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。２A 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、下記の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（１A、２B、２C 再掲）

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

1A、2B、2C の研究テーマについては、当該ページに記載した. 本稿では、１A、2B、2C に属さない自

動化荷役、情報化施工（CIM）のサブテーマについて記述する。

平成 29 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。一方、我が国特有のターミナル形状等の問題として、狭隘な港湾区域であることから長大な連続バースの設置の困難さ、櫛形バースの存在、狭い背後地、トラック輸送主体のロジスティクス体系があげられる。

このため、下記の項目について、自働化が進む海外の動向を踏まえながら、研究を進める。

①高度化の障害となっているゲート前渋滞解消

原因の特定、機能強化施設の割出し、オペレーションの改善

②ICT などの活用による効率化の効果

予約制の導入の効果の評価

③オペレーションの合理化

空コンテナの取扱、駐機場規模

④埠頭内の各施設配置の影響

ゲート、駐機場、道路、信号現示など

これらの研究成果をえて、ターミナルごとにーミナルの機能強化が図られるシステム・配置を考察し提案最適な効率化方策を開発する。

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

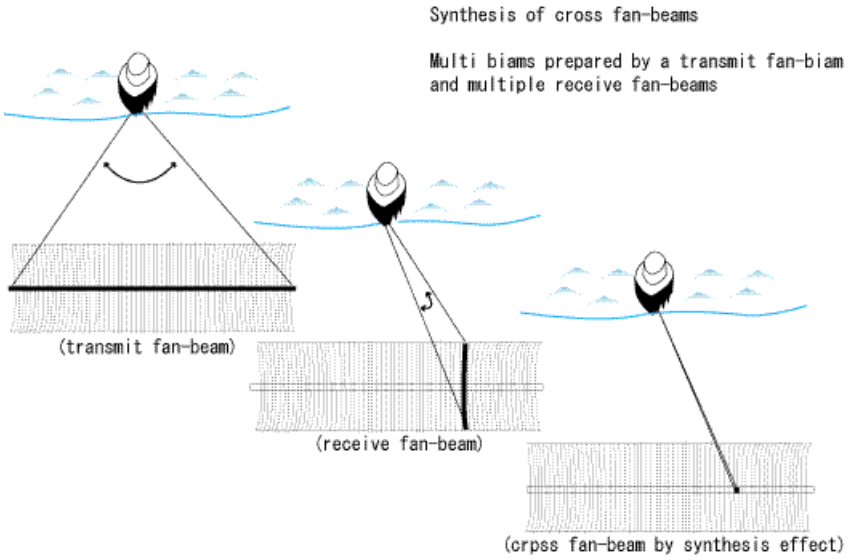
図-1.3.27（右）2005 年に世界で 4 番目に供用した名古屋港の全自動ターミナル

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

（2）CIM の活用による国際競争力の確保

CIM（Construction Information Modeling）の活用の一環として、マルチビームソーナーによる施工管理デ



ータを用いた工事検査方法を確立し、施工管理検査の省力化・国際標準化を目指すとともに、CIM の活用により、遅れている海洋工事の無人化施工の確立を目指す。

海図を所管する海上保安庁・国際機関はマルチビームソーナーのデータに対応していたが、直轄工事においても 2017 年度より出来高検査基準に追記されたため、行政による運用の支援を行う。

マルチビームソーナーは下記の特徴を有する。

①音波の往復時間により水深を得る

②シングルビーム測深は計測船の航行した直下の測深に限られることに対し、マルチビーム測深は水深の 2 倍以上の幅を測深できる。

③海底、河床、固定の地形を三次元でリアルタイム表示できる。

④面的な測定をするため未測部分のないデータを取得できる。

平成 29 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 MC1-4 等を対象として、シミュレーションによる定量的な評価を実施した。

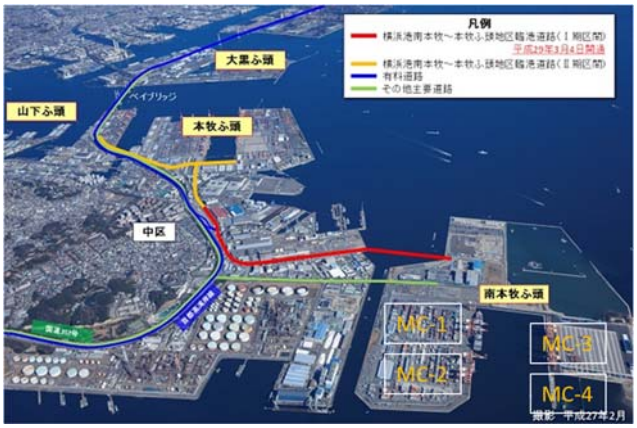


図-1.3.29　横浜港南本牧埠頭　MC1-4

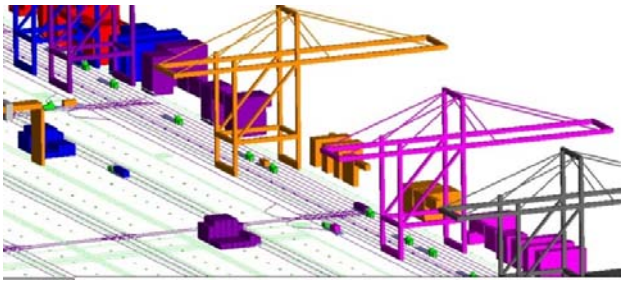


図-1.3.30 シミュレーションによるモデルイメージ

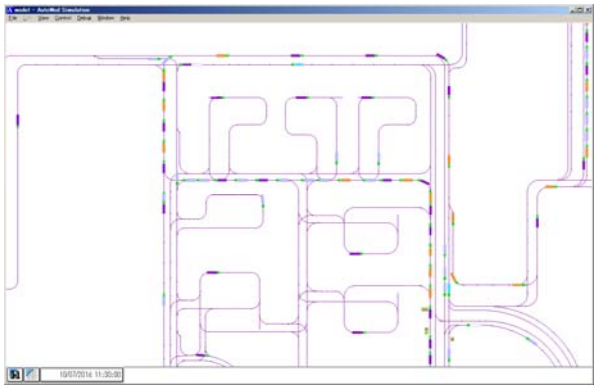


図-1.3.31　シミュレーションによる渋滞状況の表示例

予約システムのシミュレーションによる評価結果例

図-1.3.32　シミュレーションによる予約制の評価

AI や ICT、IoT を活用したコンテナターミナルの検討に着手し、特許 6 件を申請した。

（2）CIM の活用による国際競争力の確保

マルチビームソーナーによる施工管理データを用いた工事検査方法が直轄の出来高検査基準に導入され、円滑な運用がされるよう、直轄職員に対する研修を行う等の行政支援を行った。

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 －過酷環境下における各種材料の耐久性に関する検討を進めるために、沖縄で暴露中の試験体を用い、エポキシ樹脂鉄筋及び表面被覆工法の耐久性の評価を行う。 －維持管理を考慮した構造設計手法の開発を行うため、構造形式や構造細目の事例収集を行う。また、設計時、施工時における維持への配慮事項の抽出を行う。 －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を行うために、骨材配合、中温化材について室内試験を実施し、比較評価を行う。 －海洋コンクリート構造物の補修・補強技術の体系化を行うために、コンクリート部材の補修・補強に関する最新技術の収集整理、PC 部材の補修・補強に関する検討を行う。　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 29 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

インフラの長寿命化技術に関して、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

インフラの点検診断システムに関して、港湾構造物のヘルスモニタリングの導入、桟橋上部工点検のためのROV の機能拡充について検討を行った。

（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 29 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（図-1.3.33：技術基準に反映）、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、再生骨材を用いたコンクリートの耐久性（図-1.3.34）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。

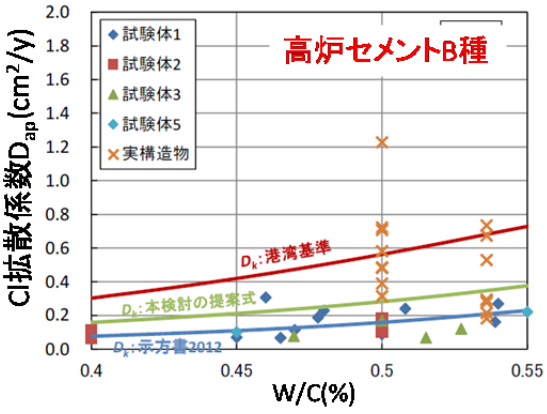


図-1.3.33　コンクリートの塩害劣化予測手法の検討（水セメント比と塩素イオンの拡散係数）

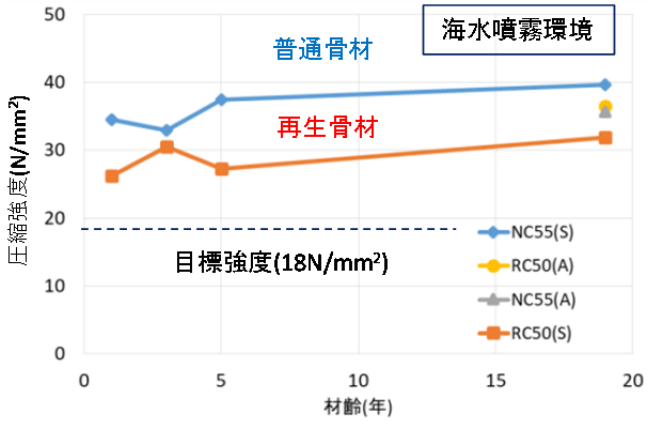


図-1.3.34　再生骨材コンクリートの強度変化（海水噴霧環境）→強度低下は見られず

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（33 年経過）を継続実施した（図-1.3.35）。また、促進劣化試験により、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-1.3.36）。

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-1.3.35　波崎観測桟橋での暴露試験（33 年経過）

図-1.3.36　促進劣化試験後のペトロラタム被覆

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開始した。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。

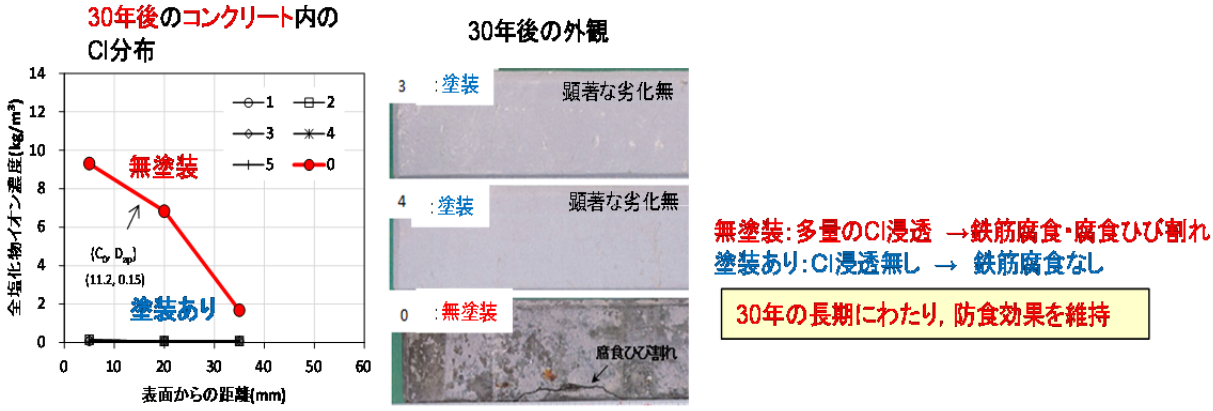


図-1.3.37　表面被覆材の防食効果に関する調査結果

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、中温化材について、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。今後も、引き続き骨材配合、中温化材料について室内試験等により、その性能を比較評価し、空港アスファルト舗装により望ましい骨材配合案等を検討し、とりまとめる予定である。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、中温化材の使用はより短時間な施工を可能にするものである。

図-1.3.38　検討した骨材配合（17 種類）

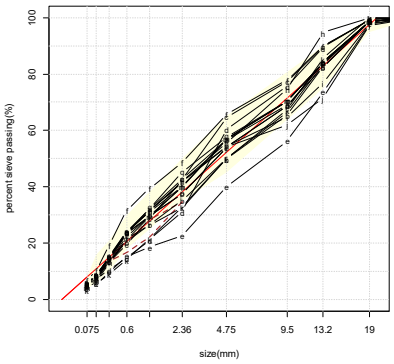
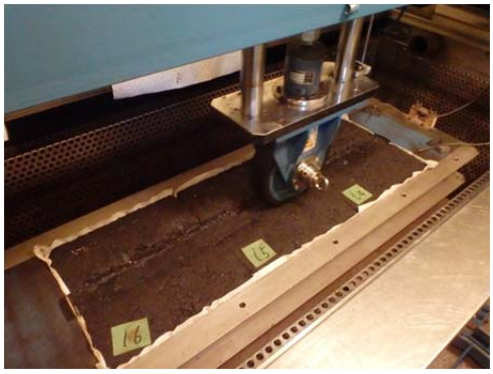


図 1.3.39　航空機荷重対応ホイールトラッキング試験状況



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、実構造物におけるコンクリートの補修事例を収集整理した。特に、近年事例が増えつつあるケーソン側壁の穴あきについて、これまでの補修事例の分析や適用可能と考えられる工法の収集整理をもとに、劣化度に応じたケーソンの補修工法選定フローを作成した（図-1.3.40）。また、塩害を受けるプレストレストコンクリート（PC）部材への断面修復工法の適用に関する検討を行った。さらに、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、コンクリート中の物質移動や環境作用のモデリングや要素実験など基礎的な検討を行い（図-1.3.41）、新しい膨張試験法及び、環境条件を考慮したコンクリート膨張予測モデルを初めて構築し、予測精度の大幅な向上を実現した。併せて、セメントの一部を高炉スラグ微粉末で置換することにより同反応を抑制する対策も提案し、その効果を実証した。本研究成果の一部は、日本材料学会が開催するシンポジウムにて優秀論文賞等を受賞した。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。今後は、コンクリートの劣化に対する適切な補修シナリオや補修・補強後のコンクリート部材の耐久性の経時変化等の検討を進める。

⑥維持管理を考慮した構造設計手法の開発

維持管理の省力化のための構造形式や構造細目の事例収集、設計時における維持への配慮事項、施工時における維持への配慮事項の抽出、整理を行った。また、防波堤のケーソンを対象として、現行基準で設計された部材の主たる作用が変動波浪等の場合の支配的要因などを確認するとともに、既設ケーソンを延命・転用する際の健全度評価手法と設計・施工時の配慮事項などについて検討した。これらの成果の一部を、平成30 年度改訂予定の技術基準に反映した。

また、PC 桟橋上部工を対象として、設定した維持管理レベルを達成するための設計時および施工、維持管理段階での配慮事項を取りまとめたほか、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 ホロー桁の維持管理手法や、リプレイサブル桟橋上部工の実証試験方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に追加反映を目指すとともに、施設の維持管理計画への反映方法を取りまとめる。

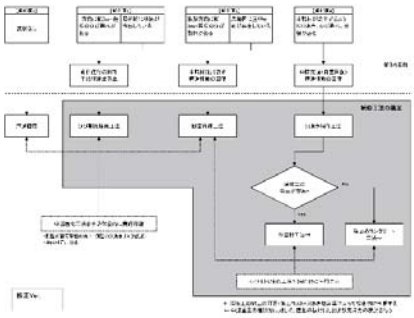


図-1.3.40　防波堤ケーソンにおける劣化度に応じた補修工法選定フロー

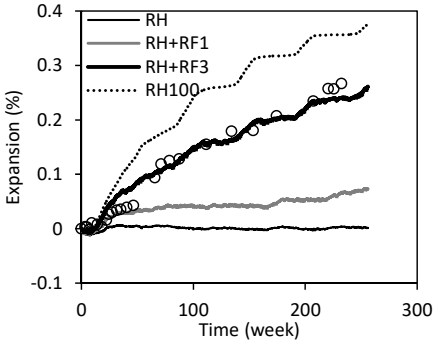


図-1.3.41　環境作用モデルの違いがコンクリートの ASR 膨張に及ぼす影響（気温や降水を考慮）

（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

Society5.0 に向け、効率的な維持管理を図り、その生産性の大幅な向上を図るため、ＩｏＴを活用した遠隔操作による点検診断システムを構築し、実証試験を実施して実用レベルとした。この際、国内初となる防食効果確認センサやコンクリート中の鋼材腐食センサ等を開発して構造物に設置した。また、地球統計学による桟橋上部工の重点点検モニタリング部材・位置（センサ埋込）の検討を行い、この研究成果は土木学会賞吉田研究奨励賞を受賞した。さらに、RC 部材の適切なセンサ配置検討のための腐食モニタリング、新工法・材料の有効性確認のためのモニタリング手法などの検討を進めた。この他、大規模地震発生時における桟橋の使用可否判定に向けて、簡易的な測量や ROV、水中３D スキャナを活用した点検手法について、実証試験により適用可能性を評価した。これらの検討より得られる成果は、港湾構造物の点検・診断を効率化に大きく寄与する。また、インフラ維持管理における点検データの数量・精度等と性能評価の精度の関係の明確化にも繋がるものである。

図-1.3.42　桟橋の点検診断システム

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。

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 に撮影漏れ防止や自動衝突回避等の新たな操作支援機能を実装して現場実証を実施するとともに、取得写真を素材として帳票作成作業を支援する内業支援ソフトを試作した。また、非接触肉厚計測の現場実証による計測データを蓄積するとともに、現場の季節ごとの生物付着状況を調査し使用条件を設定した。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。

今後は、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。

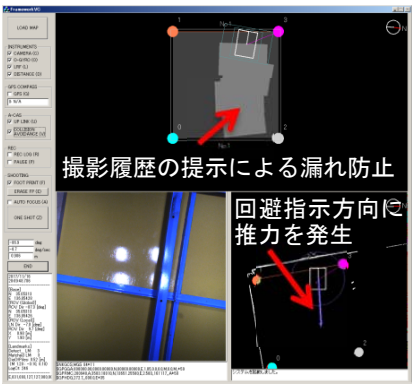


図-1.3.43　新たな操作支援機能の実装

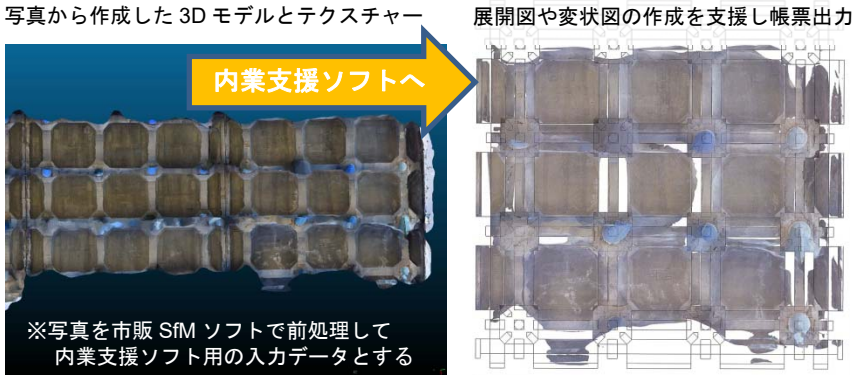


図-1.3.44　帳票作成作業を支援する内業支援ソフトの試作

（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

港湾施設群の予防保全計画策定の高度化に向けて、NPV と性能低下度を基準とした施設の維持管理優先度設定マトリクスを提案した。これに基づいて、①予防保全マネジメント型、②対策優先度評価マネジメント型（従来型）を想定したモデル桟橋について、LCC と対策工事期間中の施設の便益損失を考慮した維持管理シナリオのケーススタディを実施した（図-1.3.45）。

また、長期供用した桟橋の利用上の安全性確保に向けて、施設の性能低下度あるいは構成部材の劣化度に基づいた維持管理限界を提案するとともに、下部工（鋼管杭、電気防食、被覆防食）について、補修・補強工法選定フローを構築した。これらについて、九州地方整備下関港湾空港技術調査事務所と協同でマニュアル（案）（図-1.3.46）を公表した。

今後、管理者ヒアリングにより提案する対策優先度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。

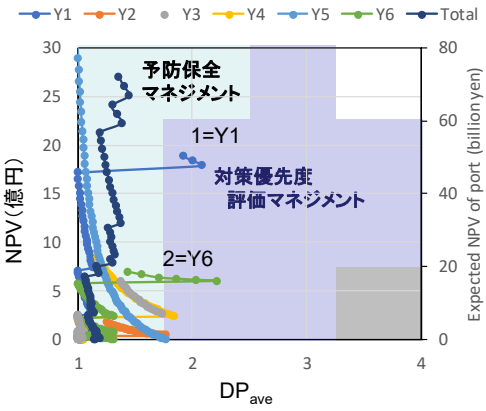


図-1.3.45　施設群の維持管理シナリオの最適化

図-1.3.46 安全確保に向けた点検診断･対策選定ﾏﾆｭｱﾙ(案)

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：２編

・加藤絵万，染谷望，川端雄一郎，田土弘人，山路徹，仲谷伸人（2017）：港湾鋼構造物の防食対策工法選定フローの提案，港湾空港技術研究所資料 No.1336.

・与那嶺一秀，山路徹，加藤絵万，川端雄一郎（2018）：長期海洋暴露試験および実構造物調査に基づくコンクリートの塩化物イオン拡散性状に関する検討，港湾空港技術研究所資料，No. 1339（予定）.

□発表論文（和文）：４編

・山田昌郎，原忠，水谷羊介，三村佳織，沼田淳紀，中村克彦，吉田雅穂，森満範，末次大輔，野田龍，梅津啓史（2017）：木材の含水率がピロディン試験値とドライバーの貫入深さに及ぼす影響，木材利用研究論文報告集16.

・川端雄一郎，山本貴士，山田一夫（2017）：コンクリート構造物の ASR 制御に向けた設計と維持管理の考え方，性能規定に基づく ASR 制御型設計・維持管理シナリオに関するシンポジウム論文集，pp.291-298.

・川端雄一郎，山田一夫，柳川貴光，江藤淳二（2017）：アルカリラッピングしたコンクリートプリズム試験におけるコンクリートの ASR 膨張挙動のモデル化，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，Vol. 17，pp. 491-496

・田中豊，川端雄一郎，加藤絵万（2017）：桟橋上部工の劣化進行に影響を及ぼす要因の分析，第 17 回コン

クリート構造物の補修，補強，アップグレードシンポジウム.

□発表論文（英文）：５編

・T.Yamaji , Y.Akira, M.Abe（2017）: Studies on the estimation of durability of protective coating methods for steel pipe pile based on the long term marine exposure test (after 30 years) , Eurocorr2017.

・K.Yonamine, T.Yamaji, T.Fukute（2017）: Long-term corrosion resistance of stainless steel rebar in cracked part of concrete supplied with high amount of seawater, Eurocorr2017.

・Y. Kawabata, K. Yamada and S. Ogawa（2017）: Modeling of environmental conditions and their impact on the expansion of concrete affected by alkali-silica reaction, Swelling Concrete in Dams and Hydraulic Structures, Sellier, Grimal, Multon and Bourdarot (Eds.), Wiley, pp. 163-175.

・Ema KATO, Yuichiro KAWABATA, Hiroshi YOKOTA（2017）: life-cycle Management of Port and Harbor Structures in Japan, Innovations for Sustainable Concrete Infrastructures, The 2nd ACF Symposium 2017.

・Y. Kawabata, K. Yamada, G. Igarashi and Y. Sagawa（2018）: Effects of solution type on alkali release from volcanic aggregates -Is alkali release really responsible for accelerating ASR expansion? -, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.16, pp. 61-74.

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・空港施設更新・改良のための杭の支持力評価手法に関して、施工履歴を考慮した地盤特性の評価を数値解析により行う方法を検討する。 －浚渫土砂処分場の高容量化に関する技術開発を進めるために、浚渫土の嵩上げによる護岸を含む土砂処分場の変状を数値解析的に検討する。 －不均質地盤に対する地盤改良の効果に関して、地盤内部の可視化技術を用いて、細粒分だまり等、地盤の不均質箇所周辺の浸透状況や周辺地盤への評価を検討する。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 29 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

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手法、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、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について検討した。

平成 29 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

空港埋立地盤において、短時間かつきめ細かく取得できる、レーザー測量データを活用して(国内唯一)、多様な不同沈下（埋立地盤や海底地盤の不均一性等による）の予測による地盤性能評価手法を構築・検証した。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寄与するもの。

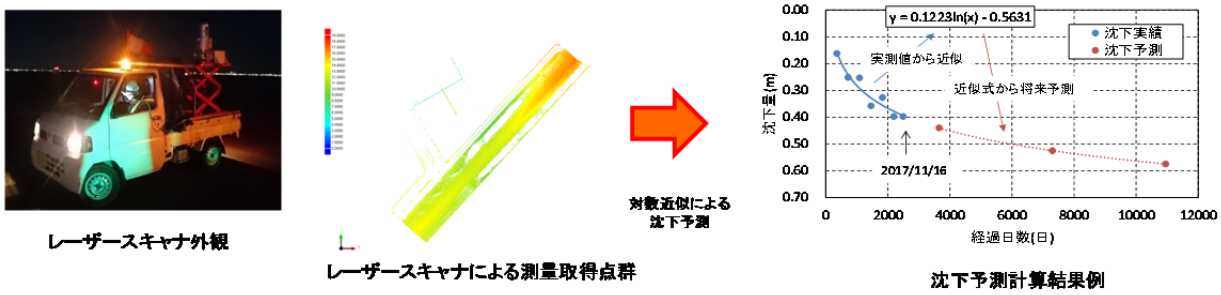


図-1.3.47　不同沈下を考慮した長期維持管理システム

②不均質地盤に対する地盤改良仕様

遠心場において薬液注入実験-加振実験の一連のプロセスを再現する実験システムを開発した。開発した技術を用いて地盤内に細粒分を多く含み透水性が低く薬液が浸透しにくい層が介在する場合を想定し注入実験を行い、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。今後も、薬液注入工法を不均質地盤へ適用した際の浸透状況、周辺地盤への影響や液状化対策効果の検討を進めていく。この成果は、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。

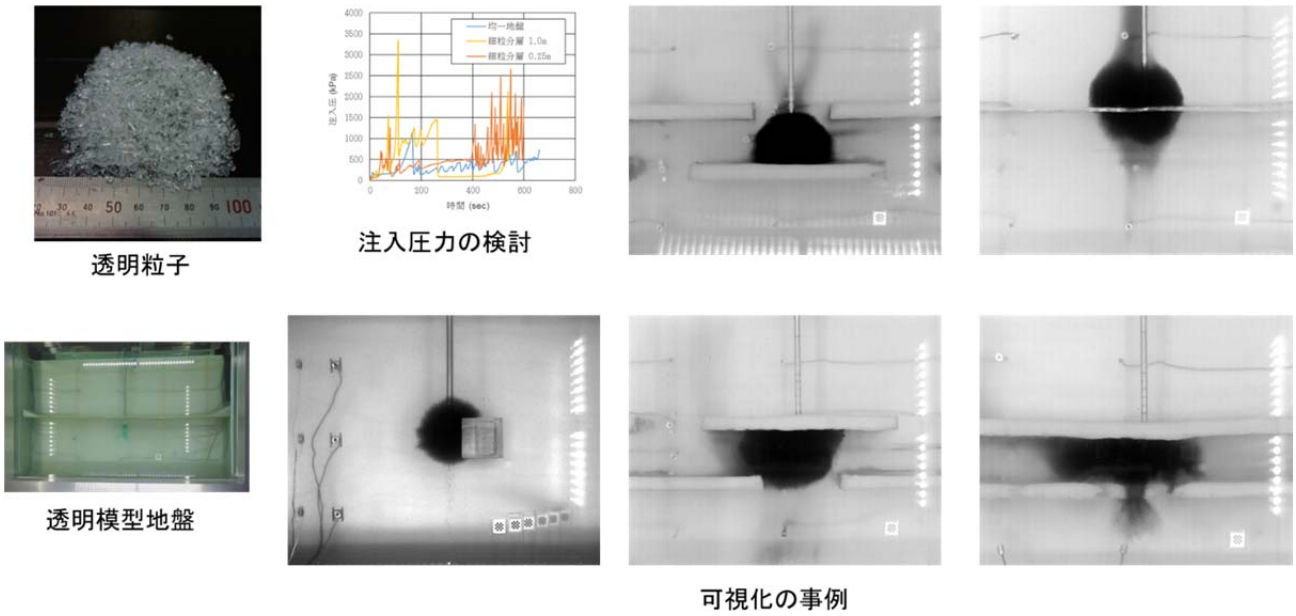


図 1.3.48　遠心模型実験での薬注過程の可視化例（地盤条件の違いが改良領域の形成に及ぼす影響）

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）が増加しており、施工履歴を考慮し杭間地盤改良による既設組杭の改良工法について､組杭だけでなく前面矢板まで含めた全断面の模型について遠心模型実験を行うとともに、FLIP による再現解析を行い、実断面への適用に向けた各部の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、耐震性の高い安価な補強工法であり、国内初のもので港湾整備事業に適用予定である。また、軟弱粘性土中の杭の長期的な挙動を検討することを目的として、模型実験及び数値解析手法の検討を行った。その結果、軟弱粘性土中の単杭の挙動については、数値解析 GeoFem によりある程度再現することが可能となった。

今後は、今年度検討した数値解析手法について、供用開始からある程度の期間が経過した構造物の改良設計を行う際に、構造物及び周辺地盤の現況を把握するためのツールの 1 つとして活用できるよう、より現実的な断面（杭の他、上部構造等も考慮した断面）について適用できるよう、引き続き検討する予定である。これらの成果は杭の設計法の精度を向上させ、構造物の更新・改良の効果的な実施に寄与する。

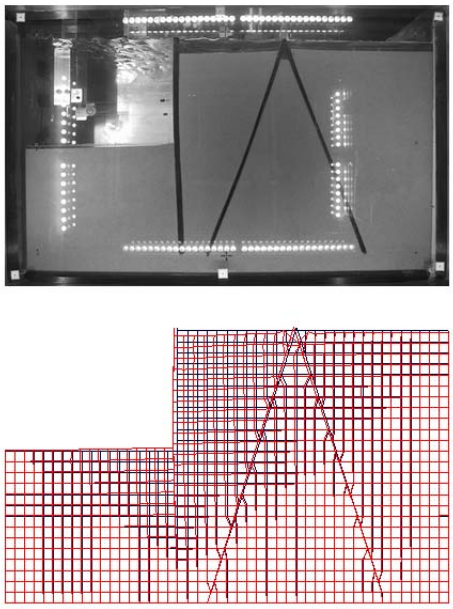


図-1.3.49　既設組杭の改良工法の開発

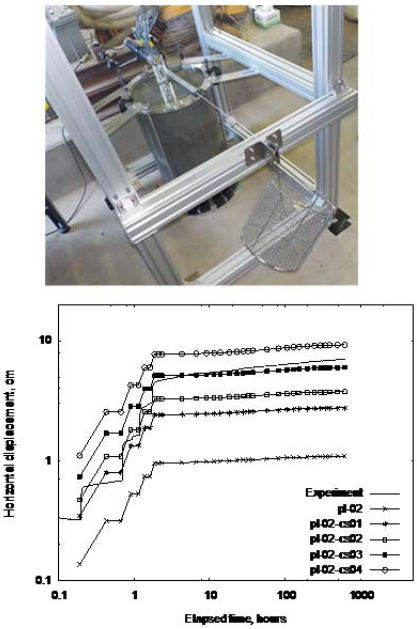


図-1.3.50　模型実験による杭のたわみや地表面変位等の把握

（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

個別要素法の解析モデルを対象として､三次元造形装置によって個々の粒子およびその配列を復元した供試体を用いて各種試験を実施した。これまでの供試体作製方法では、個々の粒子同士が接着した状態で供試体が造形されるため、その接着力が巨視的な力学特性に影響を及ぼすことが指摘されていた。本年度には、粒子の配列構造を保ったまま､個々の粒子が接着しない状態で供試体を復元する供試体作製方法を新たに検討した。また、精度の高い土質試験法もめざし、礫地盤を対象にして、「原位置 X 線 CT スキャン装置」を開発した。具体的には、原位置で採取されたコアを原位置で X 線 CT スキャンするための装置である。上記の一連の技術は特許出願されている。

今後は、これまでの取り組みを継続し、個別要素法による解析技術、X 線 CT 画像の画像解析技術、復元供試体による力学特性評価法、原位置での X 線 CT スキャン技術の高度化に取り組む予定である。本技術は、試料採取が特に難しいとされている礫地盤において、同装置と 3D プリンターを活用して、乱れていない状態の試料を再現することが可能となる。また､同じ供試体が大量に作成できる。本研究の成果は､ASTM（米国国際規格設定機関）の国際ジャーナルに採択されており、本装置等の活用によって、精度の高い土質試験が期待でき、より適切な構造物設計が可能となるものと考えられる。

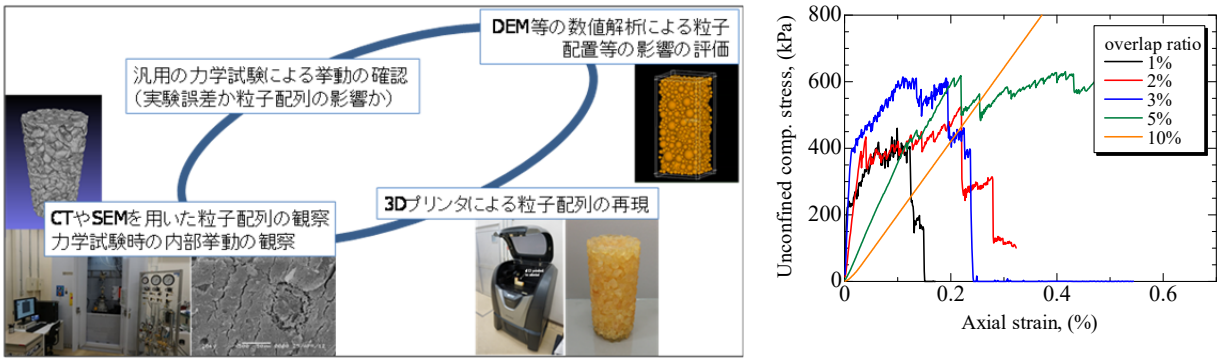


図-1.3.51　（左）X 線 CT 装置及び三次元造形装置（3D プリンタ）を用いた試験システム
（右）粒子の接着力の影響を調べた一軸圧縮試験の DEM シミュレーション結果（造形時の粒子の重なり=overlap ratio が大きいほど、一軸圧縮強度が大きい。）

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、土砂処分場の具体的な減容化案の検討（実験・解析）および嵩上による変状に関する数値解析的検討を行った。加えて、処分場の高容量化を想定し、海底地盤の攪乱による減容化ついても土質試験、数値解析で検討した。その結果、既報の効果には土質試料のサンプリング時の乱れの影響が含まれ、幾分その効果が減じる可能性のあることが分かった。

今後は、他断面に対して同様の検討を継続するほか、必要な特性を満足する嵩上部の材料・構造に関する実験的な検討を行う。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。

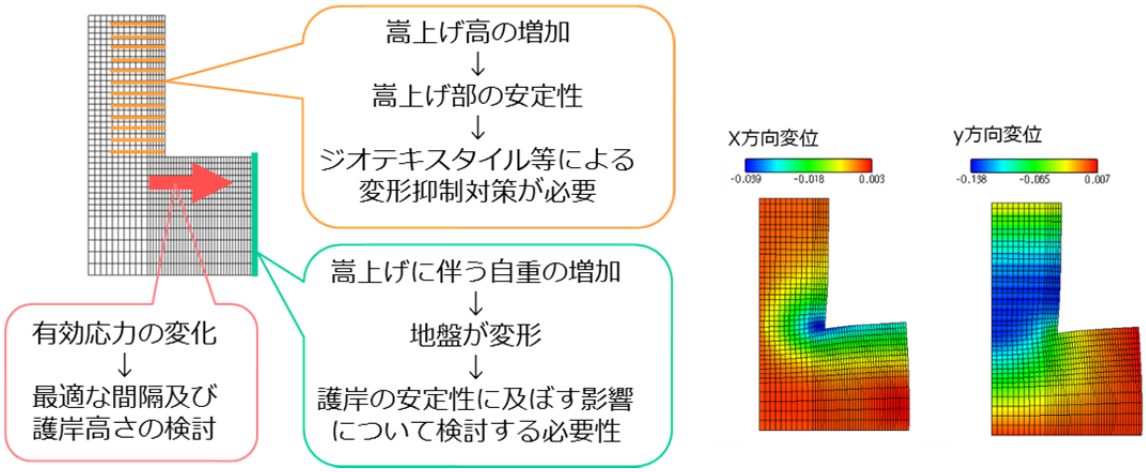


図-1.3.52　嵩上時の安定に関する数値解析

（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、供試体を均一に劣化させることができた。強度発現の遅い普通ポルトランドセメントなどでも同様の強制劣化が可能かが今後の課題である。

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。

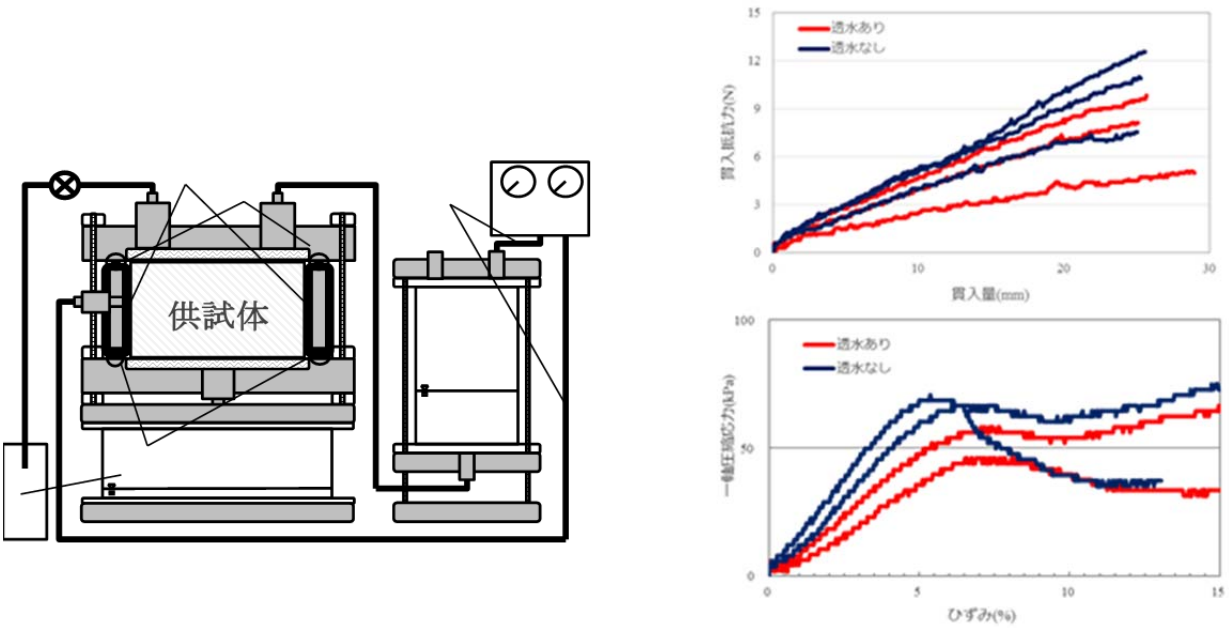


図-1.3.53　固化処理土の劣化促進に使用した透水装置および針貫入、一軸圧縮試験結果

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：２編

・水谷崇亮，森川嘉之，渡部要一，津田行男，宮原祐二，松本貴之，松尾淳，市川雅，松本伸春，高木悌二，上中一弘（2017）：海面処分場における杭基礎の適用性（その 2）―焼却灰を主とする廃棄物地盤における打設実験と杭周面透水試験―，港湾空港技術研究所資料．（印刷中）

・高野大樹（2017）：画像解析に基づいた粒状体材料の変形挙動の評価と数値再現手法の提案，港湾空港技術研究所報告 Vol. 56, No. 3, pp. 29-47.

□発表論文（和文）：３編

・松村聡，松原宗伸，森川嘉之，水谷崇亮，成田圭介，佐藤真（2017）：杭間地盤をセメント固化改良した組杭の横抵抗特性と改良条件の影響．土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 73，No. 2，pp. I_312-I_317.

・平尾隆行，菊池喜昭，兵動太一，喜古真次，片岸鴻太，並木翔平，松村聡，竹本誠（2017）管理型海面廃棄物処分場の遮水基盤を貫通する杭の廃棄物連込み挙動．土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 73，No. 2，pp. I_300-I_305.

・水谷崇亮（2017）：様々な工法を併用して砂礫層に根入れした杭の急速載荷試験結果の比較．土木学会論文集 C（地圏工学），Vol. 73，No. 3，pp. 303-310.

□発表論文（英文）：１編

・高橋英紀，森川嘉之，藤井愛彦，北詰昌樹（2017）：Thirty-seven year investigation of quicklime-treated soil produced by deep mixing method, Ground improvement.

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、リーフ周辺海域における船舶の動揺特性について、実験及び計算による検討を行う。 －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、水中マシンガイダンス用センサの精度検証を行う。　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 29 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、ブシネスクモデル（NOWT-PARI）を用いて外洋に面した岸壁での波浪場及び荷役稼働率を算定するとともに、係留船舶の動揺解析機能を追加した CADMAS-SURF/3D との片方向接続計算を実施し、その適用性を検討した。また、孤立リーフ海域における係留船舶の動揺実験・計算を行い、それらの特性を把握した。

（２）港湾内の船舶の新型係留装置に関して、船舶の新型係留装置をいくつか考案し、離島への適用可能性の高い係留技術について、新型係留装置の基本性能を把握するための基礎的な模型実験を実施し、その効果について検証した。

（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 ROV 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。また、水槽内に設置した試験体を本年度製作した水中航行体により撮影する実験を行い、亀裂等の認識や課題点を検討した。

（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実施し，その精度を検証した。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、濁水中も視認でき、世界一の解像度を誇る「水中音響カメラ」について、深海用および浅海用を完成させた。また、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運用方法の検討を行うとともに、浅海用については東京湾で、深海用については南鳥島界隈の調査サイト拓洋第五海山でそれぞれ実証試験を実施した。本研究についても、水中施工機械等とも連携しつつ、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でき、また、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ことができるものと考えられる。

（６）離島における炭酸カルシウム地盤の形成と安定性に関して、モデルサイト（ルカン礁，那覇港，平良港，石垣港，阿嘉島，西表島，石垣島，風蓮湖）における現地調査を実施した。また、現有コアサンプル試料を分析した。さらに、那覇港浦添防波堤のサンゴ共生型タイドプールにおけるサンゴ被度と環境条件との関係性を検討した。

平成 29 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。

・波浪推算（WAM）・変形計算（NOWT-PARI）で推定した波浪出現頻度を南北大東島周辺で観測した 1 年間の波浪データと比較し、その妥当性及び各岸壁での荷役稼働率を評価した。

・孤立リーフ海域での係留船舶の動揺実験を再現した CADMAS-SURF/3D を用いて、係留船舶の各動揺量を推定した（図-1.3.54）。今後、船舶動揺解析等を活用して、遠隔離島における船舶の安全な係留方策の検討を行い、遠隔離島の諸活動が円滑に実施されるよう、役立てていく。

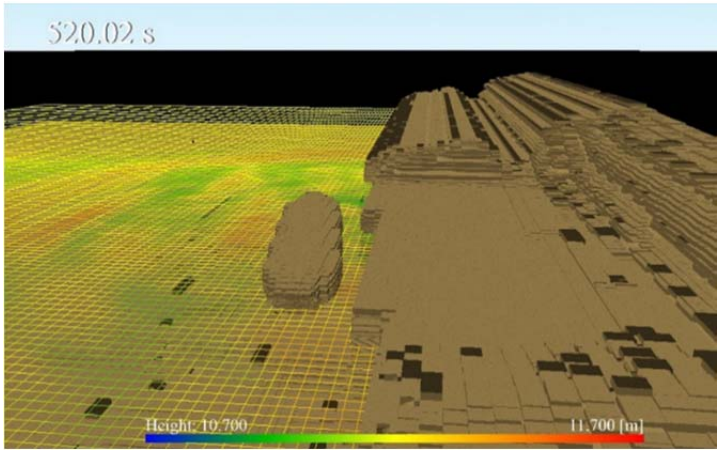


図-1.3.54　CADMAS-SURF/3D による係留船舶の動揺解析例（北大東港西地区岸壁）

（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。
・船舶の新型係留装置として、吸着型・連結型組み合わせ方式、鋼製係留フェンダー方式、ワイヤーストリング方式などを考案した。これらの方式の中で、離島への適用性の高い係留方式としてワイヤーストリング方式を選定した。
・この方式に対する基礎的水理模型実験の結果から、適切なワイヤーを選定することで、現在用いられている係留方法と同等の係留効果が得られることを確認した。

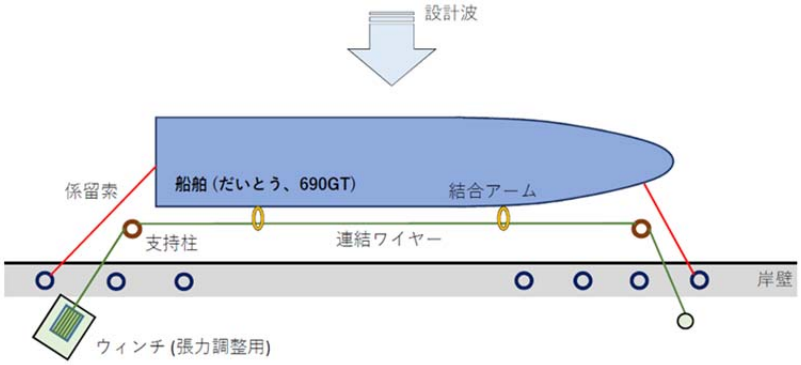


図-1.3.55　ワイヤーを用いた新型係留装置の例

（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-1.3.56）。
・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。
・水槽に設置した模擬対象物撮影実験において、平行ラインレーザを照射して撮影した水中写真から被写体や変状等の寸法を計測可能であることを示した（図-1.3.57）。
・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。

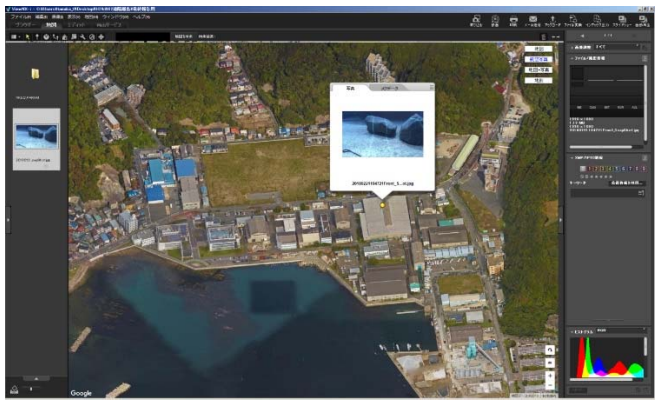


図-1.3.56　付帯情報を利用した点検写真の管理例。例示は Nikon View NX-i 利用の場合

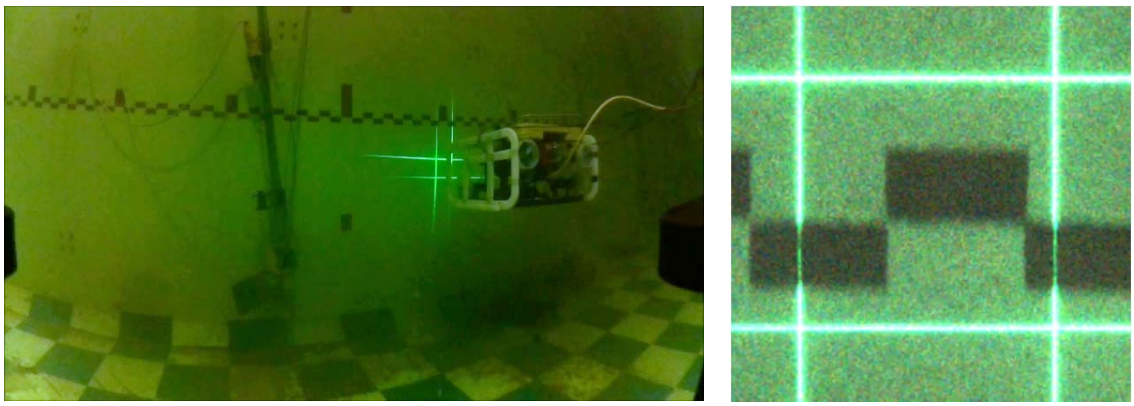
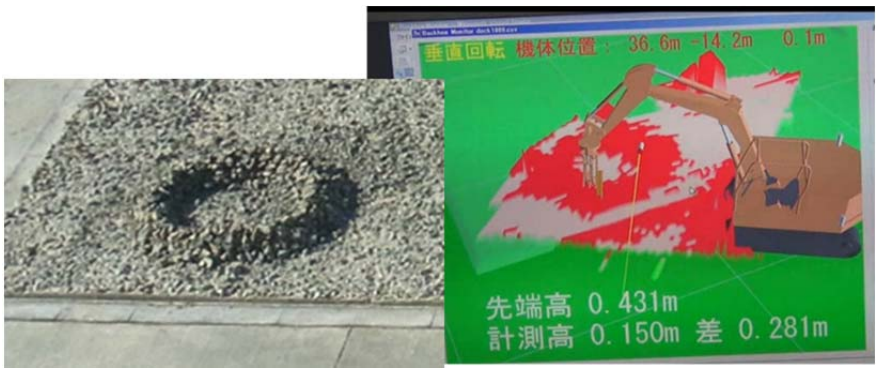


図-1.3.57　平行ラインレーザを用いた寸法計測

（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。
・音響プロファイラを追加し不陸形状の事前計測を行うこととした（図-1.3.58）。
・実工事現場において音響測位装置の単体試験を行い、多重反射やノイズの影響が大きくないことを確認した。
・マシンガイダンス機能（施工情報等の提供により操作者をサポート）を付加して京浜港ドックで実証実験を実施し、水中での刃先座標誤差（高さ方向）が±32mm 以下であることを確認した。
・共同研究者が所有する水中バックホウに水中 MG システムを移植した。次年度から試験的に現場利用する予定である（図-1.3.59）。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 1.3.58　音響プロファイラによる地形計測）

図-1.3.59　実機に搭載した水中 MG

（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。
・深海用音響ビデオカメラ、浅海用音響ビデオカメラについて、実海域に耐える仕様として整えた。
・深海用については、南鳥島界隈の調査サイト拓洋第五海山での実証試験を行い、深海 1500ｍでの撮像に成功した。
・浅海用については、南本牧での公共工事での試験運用を行い、鋼管矢板の撮像に成功した。本システムは、今後、浚渫工等公共工事への活用で、港湾整備等の大幅な生産性の向上に寄与するものである。

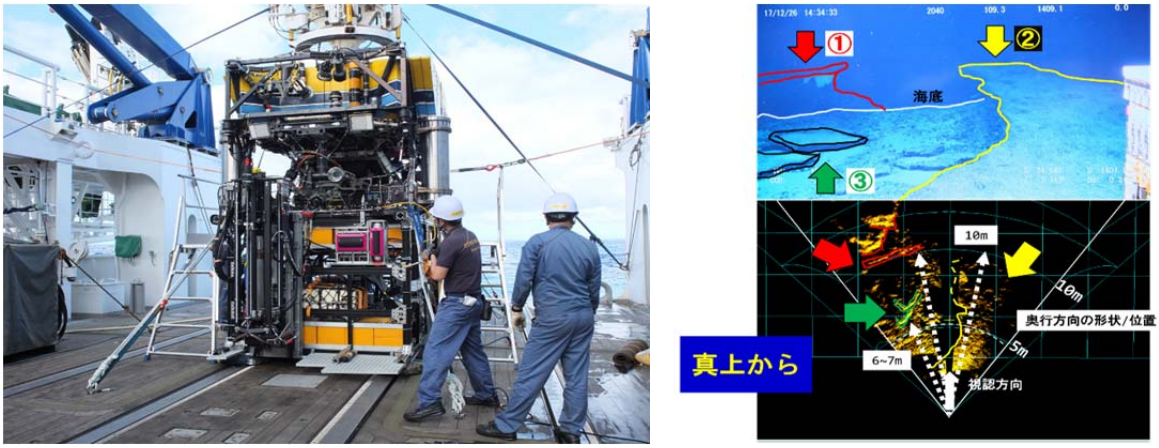


図-1.3.60　現地実証試験の状況

（６）離島における炭酸カルシウム地盤の形成と安定性に関して、以下の成果を得た。
・石灰化生物が生成した炭酸カルシウムを母材とする地盤の遠隔離島等において、石灰化生物による地盤形成速度と規定要因に関する定量的な概念モデルを構築した。
・モデルサイトにおける現地調査や現有コアサンプル試料分析から、地盤形成速度の精緻な推定に成功した（数日～季節スケール、千年スケール）。また、地盤形成速度に大きな影響を与える石灰化速度の規定要因について明らかにした。これらの成果は、今後、サンゴ等による地盤形成促進技術に関する研究につながり、延いては低潮線保全や国土保全に適切に寄与できるものと考えられる。

・低潮線保全対策の検討に向け、那覇港のサンゴ共生型防波堤の過去 40 年間にわたるデータの解析等により、サンゴ生息と環境条件を定量化した。

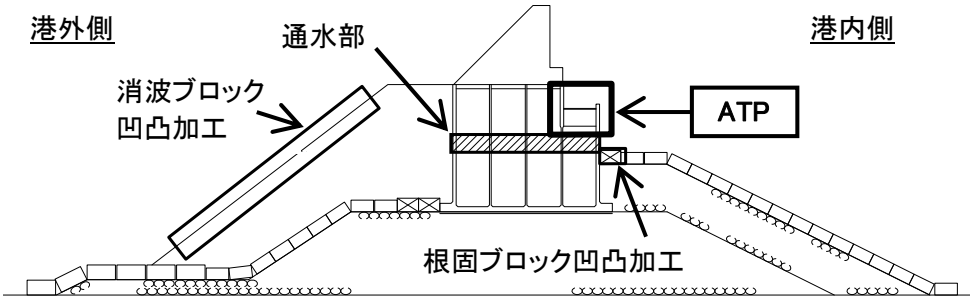


図-1.3.61　那覇港浦添防波堤のサンゴ共生型タイドプール

成果の公表

口発表論文（和文）：５編
・米山治男・峯村浩治・森谷拓実（2017）：離島港湾における係留船舶の荷役限界波高の算定方法に関する検討，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.73，No.2，pp.I_803-I_808.
・小泉勝彦・杉浦悠介・菊地洋二・土田真二・大竹祐一郎・山口将人・米山治男・平石哲也（2017）：係留船舶の長周期動揺低減システムの実証試験及び効果の推定，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.73，No.2，pp.I_797-I_802.
・井山繁・西岡悟史・宮田正史・米山治男・辰巳大介・木原弘一（2017）：係留ロープの破断事例分析と繋離船作業の安全性向上に向けた係留施設の設計上の配慮事項，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.73，No.2，pp.I_809-I_814.
・松本さゆり・虻川和紀・佐藤智夫・片倉景義・吉江宗生・南利光彦（2017）： 音響ビデオカメラの開発とその海上試験，海洋音響学会研究発表会講演論文集.
・佐藤智夫・虻川和紀・松本さゆり・片倉景義（2017）：分極反転型配列送波器を用いた周波数変調による収束効果，海洋音響学会研究発表会講演論文集.
口発表論文（英文）：２編
・Matsumoto, S., Katakura, K., Tsuchiya, T. and Endoh, N. (2017) : Basic Study on Self-focusing Effect of Polarization Inverted Transmitter with Up-chirp Signal Driving for Sub-aperture Array, Proceedings of USE2017.
・Abukawa,K., Sato,T., Tsuchiya, T., Endoh, N., Matsumoto, S. and Katakura, K. (2017) : Advanced study on Self-focusing effect of polarization inverted transmitter with up-chirp signal driving for sub aperture array, Proceedings of USE2017.

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。 －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研究では、底生生物に関わる統計解析に基づいた、新たな生物多様性評価手法を開発する。 －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開発を進め、試験版の供用開始を目指す。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。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う。　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 29 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て、マングローブ、サンゴ礁生態系モデル新規構築と試計算、全球推計のための地形・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。また、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、「BC 研究会」立ち上げるとともに、BC 書籍を出版した。

（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、地震液状化が浅海域の多様な生物相に及ぼす影響に関わる現地調査・実験を実施するとともに、津波による大規模地盤流動・再堆積過程が生物相の平面・鉛直分布に及ぼす影響について分析した。

（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検討を行った。本観測は、港湾・沿岸域空間（水域、大気）の環境状況の適切な把握に資するものである。大気に関しては海技研と JAMSTEC、海洋に関しては海技研と堀場アドバンスドテクノと情報交換した。

（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、生物多様性の保全や向上において重要となる種の多様性の固有性（相補性）について、過年度に開発した評価手法を用い、広島県松永湾を対象とした評価を行った。また、底生生物に関わる統計解析に基づいた、新たな生物多様性評価手法について検討した。

（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、より正確な湾内環境の再現を目指し、豊かな水域の創出と有効利用に資する情報を得ることを目的として、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のモデル化を行った。

（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、東京湾を対象として、塩分、水温の観測値を数値計算モデルに同化し、観測値と数値計算結果及び同化結果を比較した。本研究は、湾口横断フェリーや海洋レーダー等による観測データを、流動・水質シミュレーションに取り入れる手法（同化）を構築し、沿岸域の 3 次元流動構造を解明するものであり、沿岸域のデータ同化は国内ではほとんど実施されておらず、フェリーによる継続データの取り入れは世界でも類をみない。これにより、流動・水質予測等精度向上が図られ、流出油・ゴミの漂流予測の高精度化や海域環境対策の検討や環境影響評価等の適切な実施が図られるものと考えられる。さらに、リアルタイム流動・水質予測にも展開できる。

（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、油流出リアルタイムハザードマップの開発を行った。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 29 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。

・気候変動緩和に有効とされるブルーカーボンの活用について、多様な沿岸域におけるブルーカーボン生態系がもたらす二酸化炭素吸収効果（緩和効果）及び波浪減衰効果（適応効果）の両方の定量化を可能とする新たな沿岸生態系モデルを開発した。全球の地形・生態系データを収集・解析を行っており、同モデルを活用して、世界に先駆けて、全世界（全球）の沿岸生態系の緩和効果・適応効果を推計する。

・ブルーカーボン関係書籍などの資料をベースとした専門家グループによるブルーカーボン研究会での検討の結果、2013 年と 2030 年における全国のブルーカーボン生態系による CO2 吸収量の見込み値についてとりまとめ、公表した。

・堆積物への有機炭素貯留量・速度の定量化とその規定要因について明らかにした。

・これらの研究成果の一部は、地球科学分野で世界トップ級ジャーナルである「Geophysical Research Letters」誌をはじめとして，他科学分野の主要ジャーナルに複数に掲載されるとともに、IPCC（国連気候変動に関する政府間パネル）・パリ協定にも反映できるものである。また、事務局である豪州政府からの要請により「ブルーカーボン国際パートナーシップ」に当研究所として登録した。

図-1.3.62　インドでのマングローブ調査

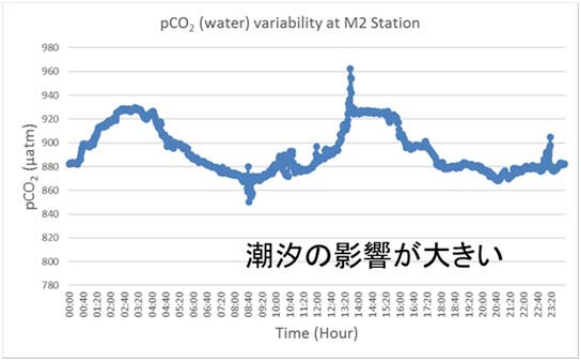


図-1.3.63　24 時間連続の炭素動態調査

（２）沿岸底生生態－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。
・干潟・砂浜の新たな地盤環境動態評価手法を構築・提示するとともに、台風イベントによる生態-地盤環境動態の統合評価を実現した。また、これらと合わせて、サンゴ礫混合土の統一的な力学特性評価についても成果が得られた。

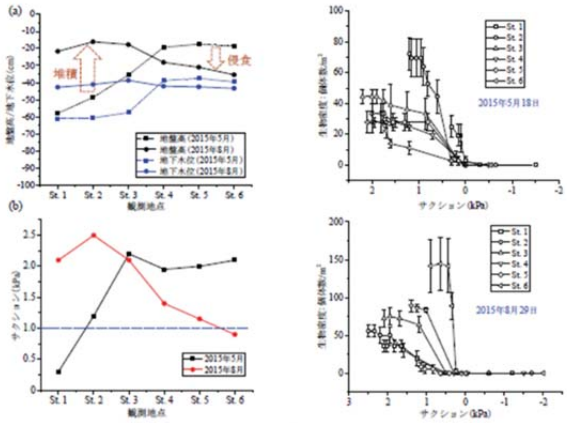


図-1.3.64　台風に伴う干潟の地盤高・地下水位・サクションの変化(左)と生物密度の関係(右)

（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、安価な計測手法の検討および試作品による計測結果が得られた。
・海洋観測に関して、かなや丸における既存のシステムと新たな海洋観測システムの統合方針を定めた（海洋酸性化に係る観測手法の検討を含む）。今後、船舶振動の観測への影響把握およびその対策の検討等を進め、湾口における新たな大気・海洋の観測手法を構築する。

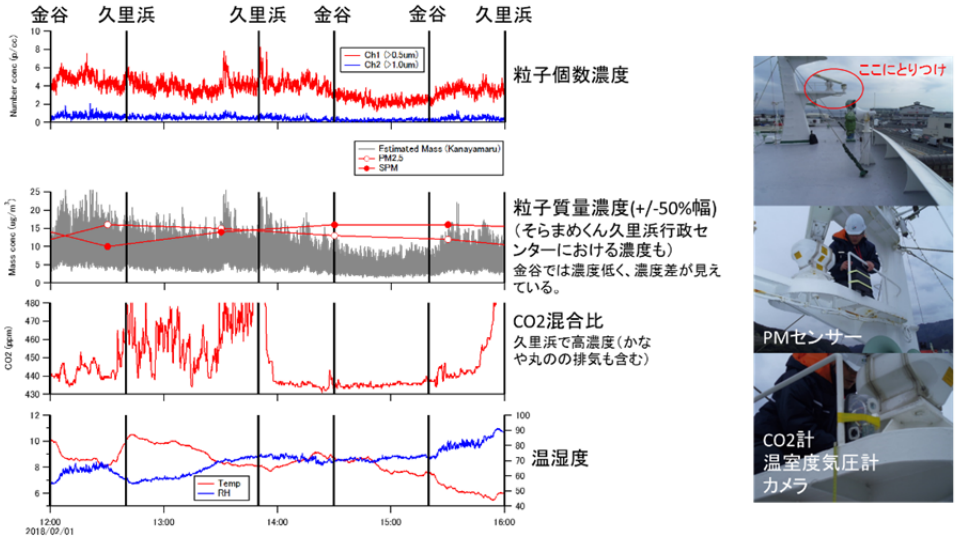


図-1.3.65　かなや丸における安価な計測機器を用いた大気観測.

（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、複数の生物生息環境の間での固有性を比較し、人工干潟である海老干潟は固有性（相補性）の高い環境であることを明らかにした。

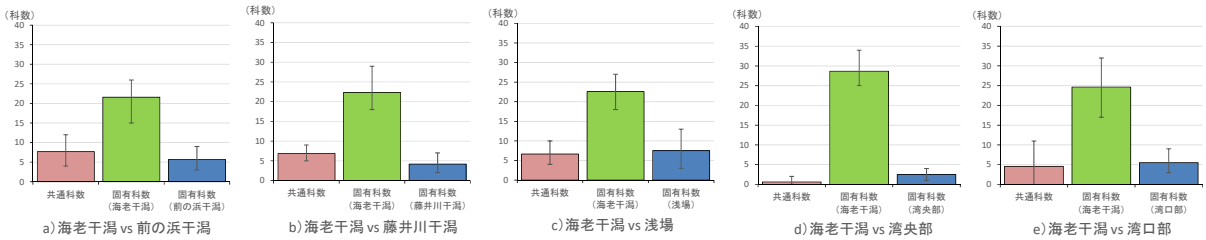


図-1.3.66　環境 A と B の間の種の多様性の固有性（相補性）に関する評価結果.
海老干潟は，他の環境に比べて固有の生物が多くいる.

（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。魚は成長過程で生態的特徴が変化するため、本モデルでは魚の発育段階を区切り、それぞれ個別の変数で管理することとした。また、現行モデルの仕様に合わせ、魚の変数を炭素量ベースで計算することとした。

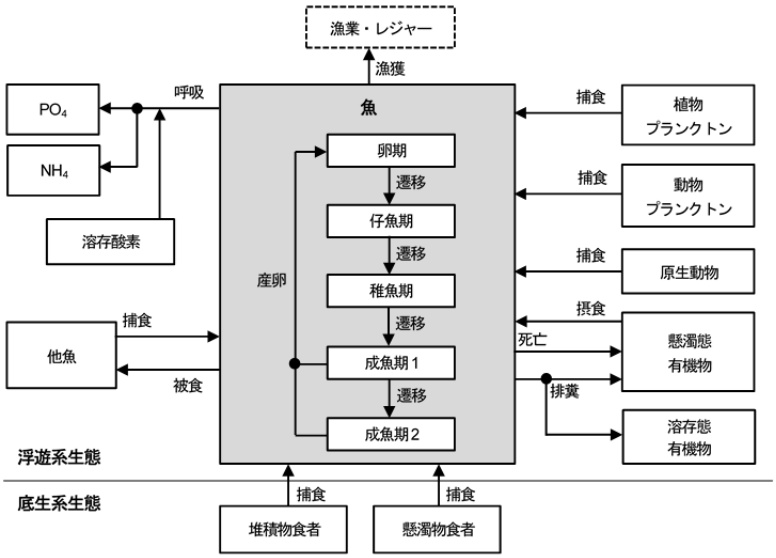


図-1.3.67　モデル化の概要

（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、数値計算モデル単体では再現できなかった、湾口付近東側の水温をデータ同化により再現できた（図-1.3.68）。また、東京湾口東側における水温の定点観測値と比較すると、データ同化により数値計算結果が修正されていることが確認された（図-1.3.69）。

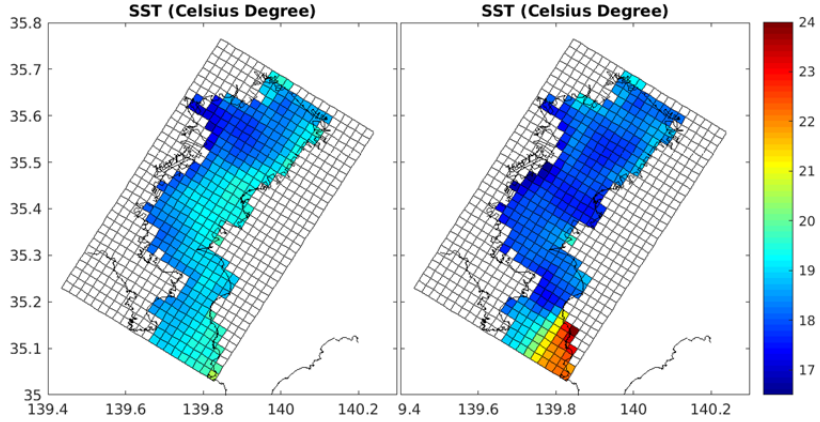


図-1.3.68　数値計算結果とデータ同化結果の海面水温の比較.
（左：数値計算モデル，右：データ同化）

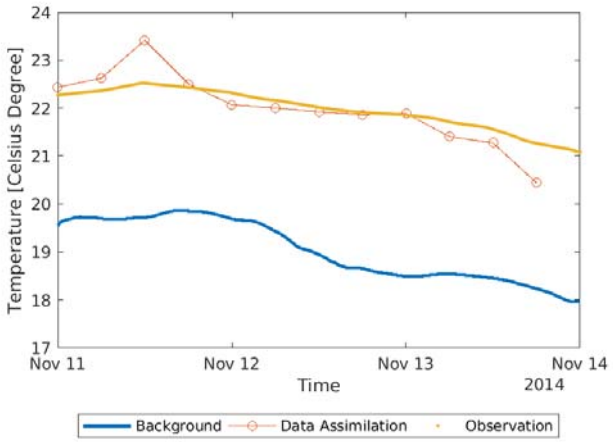


図-1.3.69　東京湾口東側における水温の観測値，数値計算結果とデータ同化結果の比較

（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。

・南海トラフ地震等の自然災害や船舶等の事故による油流出に対して、船舶や石油タンク等の流出油から岸壁等を防護するため、事案発生時に応急的に敷設・回収できる、世界初のシステムの「多連管式のバブルカーテン（噴出気泡）」による流出油の岸壁等への漂着抑制技術を開発し（海技研・民間と共同研究）、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。

・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、油漂流シミュレーション・ハザード情報提供システムを開発し、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γ版（試験運用版）の開発を行った。また、メッシュフリーデータ同化手法の開発と潮流、潮汐の調和解析への応用を検討した。ネットワーク型としては国内初の使いやすいものであり、北東アジアでの油漂流予測も可能である。

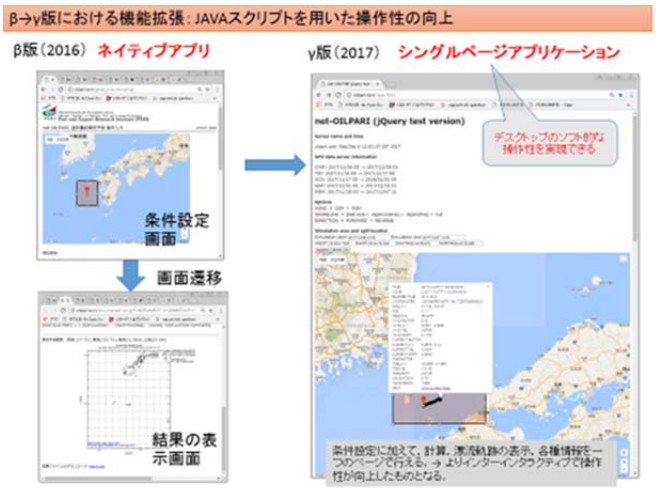


図-1.3.70　油漂流シミュレーションとハザードの常時提供システムのγ版（試験運用版）

成果の公表

口発表論文（和文）：９編

・田多一史，所立樹，渡辺謙太，中山恵介，桑江朝比呂（2017）：都市型浅海域における海水中 CO2 分圧の日周変化，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 73, No. 2，I_1297- I_1301.

・中山恵介，駒井克昭，Robert W. Elner，桑江朝比呂（2017）：Roberts Bank tidal flat における干潟内流動と塩分濃度，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 73, No. 2，I_618-I_623.

・岡田知也，三戸勇吾，高橋俊之，高濱繁盛，秋山吉寛，黒岩寛，渡辺謙太，棚谷灯子，杉野弘明，徳永佳奈恵，久保雄広，桑江朝比呂（2017）：干潟健全度指数と経済的価値による干潟のサービスの統合的評価手法，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 73, No. 2，I_1561- I_1565.

・中山恵介，中西佑太郎，中川康之，茂木博匡，田多一史，桑江朝比呂（2017）：波・流れ場とアマモの連成モデルの構築．土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 73, No. 2，I_821-I_826.

・白水元・佐々真志・宮武誠（2017）：砂浜底質の波の遡上に伴う間隙変化モニタリング手法の開発，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.73, No.2，pp.I_702- I_706.

・梁順普・佐々真志・梶原直人 ・渡辺啓太（2017）：砂浜及び干潟における実質飽和近傍域の簡易検定・評価手法の構築，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.72, No.2，pp. I_636-I_641.

・佐々真志・梁順普・渡辺啓太（2017）：台風イベントによる干潟生物分布の変化と地盤環境適合場の検証，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.72, No.2，pp. I_1285-I_1290.

・宮武誠・成田郁史・木村克俊・越智聖志・佐々真志・白水元 （2017）：混合粒径下における波打ち帯の漂砂移動特性，土木学会論文集 B3（海岸工学），Vol.72, No.2，pp. I_541-I_546.

・三戸勇吾，細川真也，菅野孝則，井上徹教，池田高則，箕作幸治（2017）：松永湾における底生生物の種の豊富さと相補性の評価，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 73, No.2，pp.I_1351- I_1356.

口発表論文（英文）：９編

・Watanabe, K., A. Kasai, K. Fukuzaki, M. Ueno and Y. Yamashita (2017): Estuarine circulation-driven entrainment of oceanic nutrients fuels coastal phytoplankton in an open coastal system in Japan. *Estuarine,*

Coastal and Shelf Science 184: 126–137.
- Akiyama YB, E Iseri, T Kataoka, M Tanaka, K Katsukoshi, H Moki, R Naito, R Hem and T Okada (2017) : Discrimination of Mediterranean mussel (Mytilus galloprovincialis) feces in deposited materials by means of fecal morphology, Marine Pollution Bulletin, 115, 67-74.
- Watabe, Y., Kaneko, T. and Sassa, S. (2017): Soil parameter governing mechanical properties of coral gravel soils, Proc. 19th Int. Conf. Soil Mech. and Geotech. Eng. in CD.
- Watabe, Y., Sassa, S., Kaneko, T. and Nakata, Y. (2017): Mechanical characteristics of undisturbed coral gravel soils: the intergranular void ratio as a common governing parameter, Soils and Foundations, Vol. 57, No. 5, pp. 760-775.
- Seike, K., Sassa, S., Shirai, K. and Kubota, K. (2018): Lasting impact of a tsunami event on sediment‐organism interactions in the ocean, Journal of Geophysical Research: Oceans, Vol. 123, Issue 2, doi:10.1002/2017JC013746.
- Tamaki, A., Kagesawa, T., Seike, K., Yang, S. and Sassa, S. (2018): Facultative commensalism of a free-burrowing urothoid amphipod with a deep burrow-dwelling callianassid shrimp in intertidal sand, Marine Biology, Vol.165, Issue 2, doi:10.1007/s00227-018-3296-0.
- Shinohara, R., M. Hiroki, A. Kohzu, A. Imai, T. Inoue, E. Furusato, K. Komatsu, T. Satou, N. Tomioka, K. Shimotori and S. Miura (2017): Role of organic phosphorus in sediment in a shallow eutrophic lake, Water Resource Research, 53(8), 7175–7189. 10.1002/2017WR020486.
- Inoue, T. and M. Uchimura (2017): Physicochemical habitability conditions for the genus Halophila in Nakagusuku Bay, Japan. The 9th International Conference on Asia and Pacific Coasts 2017 (APAC 2017), Pasay City, Philippines, World Scientific. 870-881.
- Tamaki, H., D. Muraoka and T. Inoue (2018): Effect of water flow on grazing by the sea urchin (Strongylocentrotus nudus) in the presence of refuge habitat, Journal of Water and Environment Technology, 16(1): 30-39. doi: 10.2965/jwet.17-010.

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将来予測手法の汎用化の研究では、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、現地自然海岸や潜堤などで防護されている海岸での長期汀線変動予測に向けたモデルの開発を行う。　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、国内においても依然として埋没の進行している港湾があり、また、インフラの海外展開を図ろうとしている国には、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、そのような埋没に対応する技術は十分とはいえない。一方、防護、環境、利用の機能をもつ貴重な砂浜は、高度経済成長期より失われ始め、現在でも毎年 1.6km2 の砂浜が失われている。このような海岸侵食に対して、様々な対策が実施され、砂浜が回復している海岸がある一方で、近年は、地球温暖化によるさらなる海岸侵食が想定されている。さらに、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 29 年度の研究内容

（1）平均海面上昇等に伴う海岸地形変化の実測と将来予測手法の汎用化に関して、波崎海洋研究施設においてこれまでと同様に波・流れ・地形変化の現地観測を行った。観測結果を用いて汀線の後退（侵食）速度に対する海面水位、波高の影響を調べた。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。

（2）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、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において、パティンバン海岸周辺の河口濁度分布調査（8 月）を実施した。信濃川河口および新潟西港内において出水時の高濃度濁水の現地調査（11 月，12 月）を実施した。現地底泥の波・流れによる輸送実験を行い、含泥率等に依存する輸送量の変化を定量的に評価した。

（３）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において、グリーンレーザーを用いた航空測量(11/6)を実施し、観測桟橋に沿った断面地形測量（同日）、および、観測桟橋周辺の汀線測量(10/25,11/20)、観測桟橋 900m までの深浅測量(7 月,12 月)結果との比較を行い、海底地形航空測量の精度検証を行った。また、海水の濁り（透明度）や砕波による気泡についても同時に観測を行った。海域における沿岸地形測量へのグリーンレーザーによる航空測量技術の適用性に関する研究としては初めてのものである。

平成 29 年度の研究成果

（１）平均海面上昇等に伴う海岸地形変化の実測と将来予測手法の汎用化に関して、以下の成果を得た。

・汀線位置の変化は海面水位と波の大きさの両方に関係し、海面水位が最大となる日の 36 日後、波高が最大となる日の 72 日前であることが明らかになった（図-1.3.71）。

・波の非対称性を表すアーセル数や水粒子速度波速度比による砕波モデルを検討したが、潜堤上の砕波および平均水面低下の計算結果が不安定な場合があり、砕波モデルの更なる改良が必要である（図-1.3.72）。

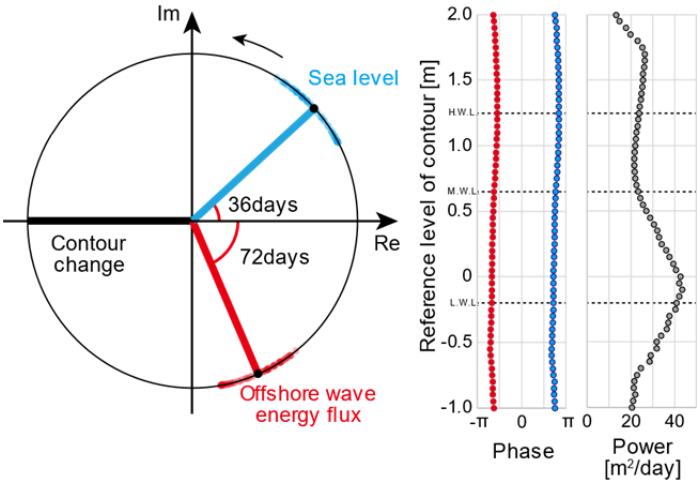


図-1.3.71　汀線位置変化速度と海面水位，沖波エネルギーとの位相関係

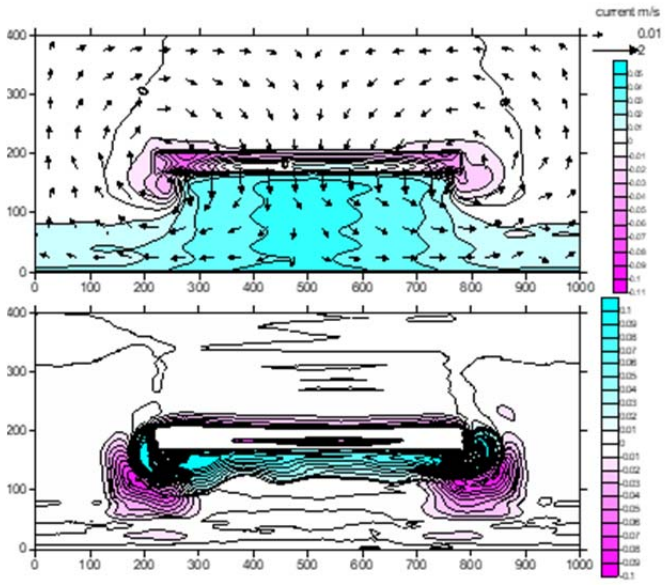


図-1.3.72　潜堤周辺の平均水面と流れ（上），地形変化（下）

（２）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。

・インドネシアのパティンバン海岸周辺における河口濁度分布調査（2017 年 8 月，乾季）と前回調査（2017 年 2 月，雨季）との比較により高濃度浮泥の季節変動特性を把握した（図-1.3.73）。

・新潟西港内において出水時の高濃度濁水の現地調査（図-1.3.74）を行い、高濃度浮泥の浚渫域への集積プロセスを明らかにした。

・河口域周辺の港湾における流下土砂堆積に対する航路等の効果的効率的な維持管理（埋没対策）を図るため、このような現地調査等により、含泥率等の変化に依存する底泥輸送量のモデル化と検証を行い、国際会議で発表した。同モデルは、国内初のシミュレーションモデルであり、また、精度が高いため他国（インドネシア等）の港湾での活用が期待される。

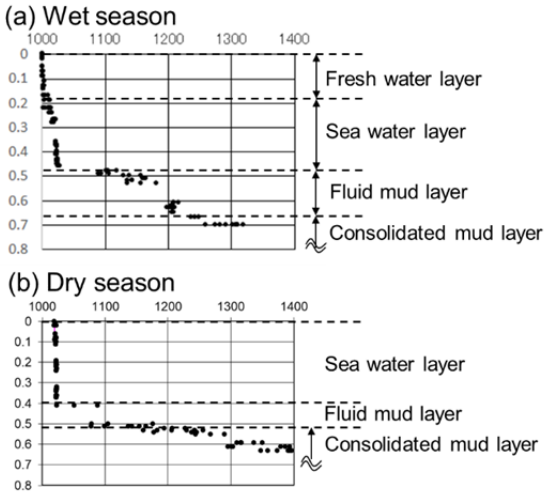


図-1.3.73　雨季（上）と乾季（下）の底泥密度の鉛直分布

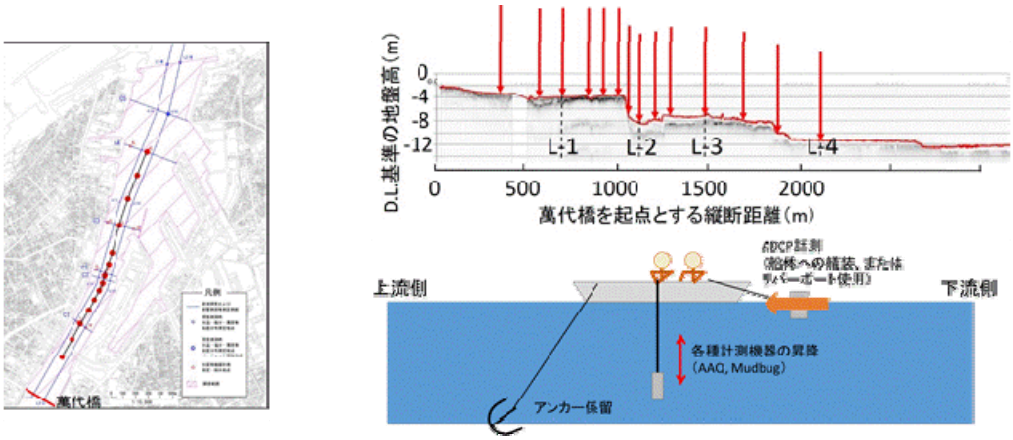


図-1.3.74　信濃川河口および新潟西港内の高濃度濁水調査

（３）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。

・砕波による白泡が多い範囲を除いて、グリーンレーザーを用いた航空測量による地盤高計測値はレッド測深による断面地形の計測値と良い一致を示しており、また、観測桟橋を支える鋼管杭周りの洗掘状況についても正確に計測が行われている（図-1.3.75）。

・航空測量による地盤高さと観測桟橋断面の地盤高さとは強い相関がある（図-1.3.76）。

・本測量手法は、砕波の白泡による海底面の欠測、および、水深の深い場所における濁り等によると思われる誤計測が若干あるものの、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、海岸域（砕波帯含む）の面的測量を大幅に省力化でき、生産性向上に大きく資するものである。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。

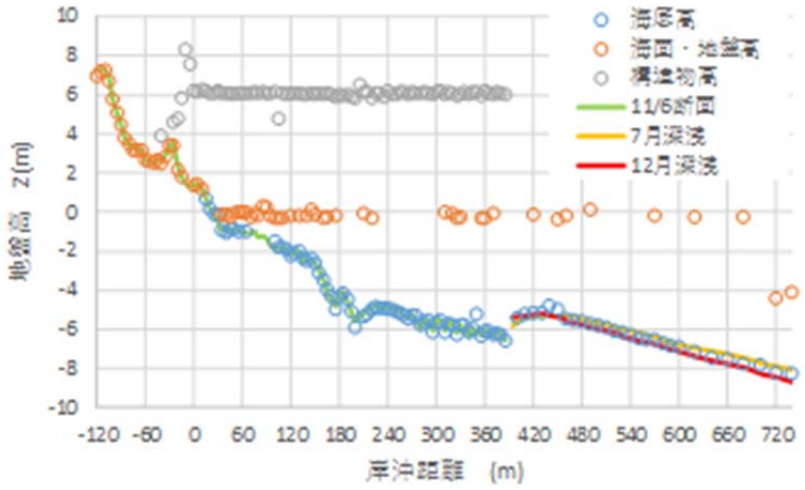


図-1.3.75　航空レーザー測量結果と海底断面地形との比較

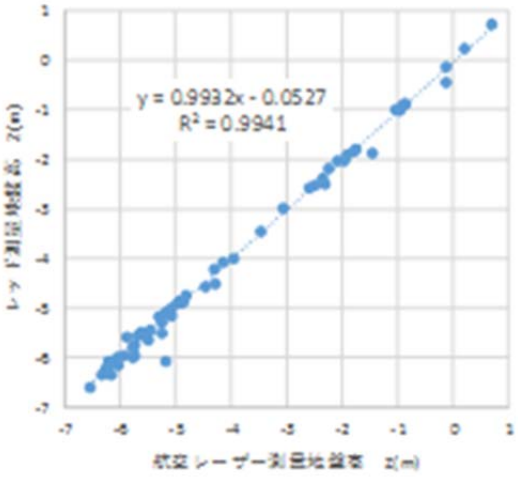


図-1.3.76　海底面地盤高の計測精度

成果の公表

□発表論文（和文）：３編

・鈴木崇之，川越あすみ，柳嶋慎一，比嘉紘士（2017）：蛍光砂を用いた表層底質の移動特性解析の試み，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.73，No.2 , pp.I_594-599.

・鈴木崇之，伊波友生，崎濱秀平，比嘉紘士，柳嶋慎一（2017）：蛍光砂を用いた堆積性波浪時における底質移動動態に関する一考察，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.73，No.2 , pp.I_667-672.

・中川康之，小俗大地，横山直弥，高山優，幸福辰己(2017)：潮汐流・波浪作用下における砂泥混合底質の移動特性に関する検討，土木学会論文集 B2（海岸工学）, Vol. 73, No. 2 , pp.I_547-552.

□発表論文（英文）：２編

・Banno, M., S. Takewaka and Y. Kuriyama（2017）: Multidecadal shoreline evolution due to large-scale beach nourishment −Japanese Sand Engine?−, Proceedings of Coastal Dynamics 2017.

・Nakagawa, Y., F. Murayama (2017): Flume experiment of fluid mud dynamics around navigation channel navigation channel, INTERCOH 2017, Montevideo, Uruguay.

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のための航空管制作業モデルを構築するとともに、編成の意思決定手法の検討に着手する。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，運用環境やATMパフォーマンス指標についての調査を行うとともに，軌道最適化アルゴリズムの改善や便益バランシング方式を検討する。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

－マルチスタティックレーダーによる航空機監視と性能評価に関する研究では、マルチスタティックレーダー（MSPSR）による航空機の監視を行うために必要な、レーダーシステム性能要件を求め、要素技術を開発する。本年度は、複数受信機によって構成されたMSPSR実験システムの測位実験と検証、および、MSPSR監視における技術課題の抽出と対策の検討を行い、本研究の成果をまとめる。

－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のプロトタイプの地上実験を行うとともに、次世代GBASのプロトタイプシステム及び宇宙天気情報テストベッドの構築を開始する。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

－GNSS を利用した曲線経路による精密進入着陸方式等の高度な飛行方式の研究では、衛星航法（GNSS）による精密進入着陸システムである GBASを用いた曲線進入等の高度運用方式を実現するために、機上実験装置の開発と飛行実証実験により曲線進入経路に関する基準案の策定に貢献する。また、シミュレーションツールの開発を行い、GBAS 進入時の障害物との安全間隔を評価する手法を確立して計器飛行方式設定基準の策定に貢献する。本年度は、機上装置への検討案の組み込みと飛行実証、操縦モデルの検証、アプローチ時の障害物エリアの計算手法の開発を実施する。

－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性能向上、航空路管制セクタにおけるCDO実施判断支援ツールによるシミュレーションを行う。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

－空港面の交通状況に応じた交通管理手法に関する研究では、成田空港においてより効率的な空港面交通を実現するために、空港レイアウト、経路、滑走路使用状況等を踏まえた地上走行に関する交通状況を分析し、走行機数調整、走行経路調整、スポット出発時刻調整などの交通管理手法を提案する。本年度は、成田空港における空港面の交通管理手法について最近の交通状況の特徴をもとに適用条件による効果の違いなどを推定し、交通状況に応じた交通管理手法をまとめる。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

ー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、前年度までに製作したモードA/C質問送信機を利用して、モードA/C機監視機能に係る監視覆域広域化の検証等実環境評価を行う。

ー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、タワー管制業務の要件並びにカメラ、監視システム、HMI等のシステム要件を洗い出し、プロトタイプシステムの制作を行う。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

ー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、前年度まで実施した航空路監視技術高度化の研究で構築した実験システムへの機能付加を行うとともに、要素技術の基礎評価を実施する。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

ー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、既存のインフラの調査、スケジューリング手法の設計、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

ー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、SWIMによる新たな運用方式の導入に向けて、米他海外システムとの実証試験を実施するとともに、異種システム間の情報交換技術の開発を行う。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

ー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利用技術の開発と性能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のシステム開発を行う。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 29 年度における取組状況

平成 29 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、羽田空港への到着機を対象に機械学習を用いて出発から到着までの飛行時間予測を行ったところ、予測誤差が減少できる結果が得られた。

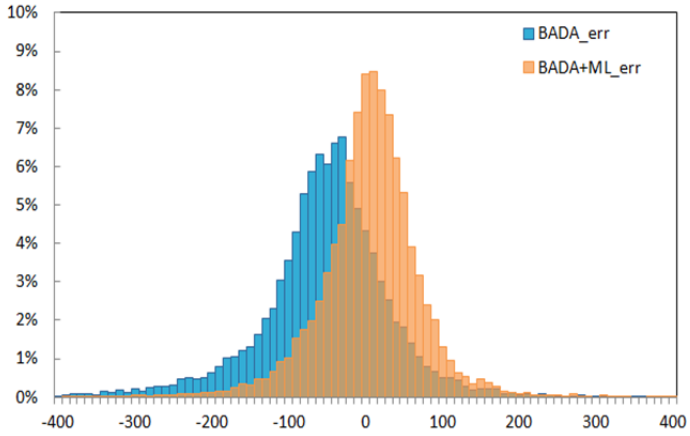
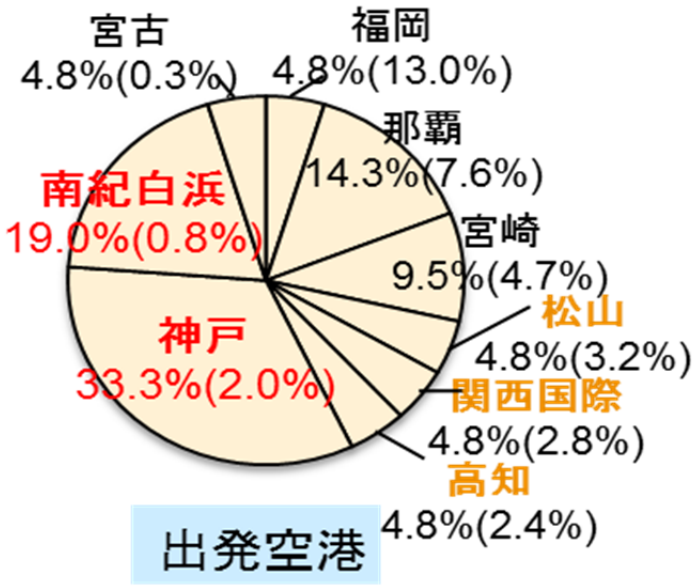


図１．４．１（ａ）　飛行時間予測の誤差改善状況分布



（目的地はすべて羽田空港）

図１．４．１（ｂ）　出発空港別の飛行時間予測の誤差改善状況

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のための航空管制作業モデルを構築するとともに、編成の意思決定手法の検討に着手する。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 29 年度の研究内容

□UPR 運航の要件調査

□再現性の高いシミュレーション・モデルの構築

□UPR 経路選択の便益の推定

□空域編成の意思決定支援手法の検討

平成 29 年度の研究成果

□UPR 運航の要件調査

UPR 運航導入のために解決が必要とされる課題の項目出しを行った。引き続き、各項目の具体的な要件の検討などを実施する予定である。課題の項目出しは、関連した研究を進めるためのガイドラインとして有用である。

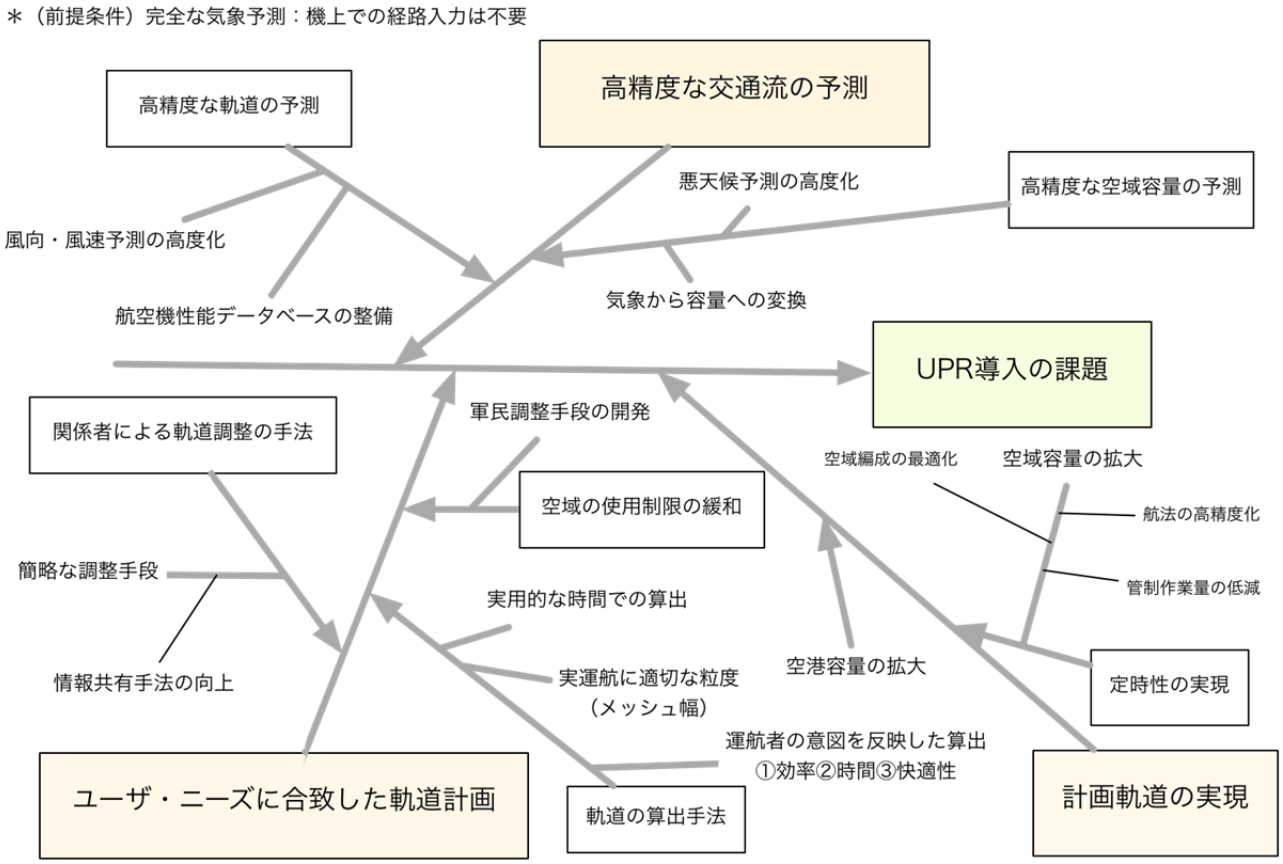


図１．４．２　UPR 導入の課題要因図

□再現性の高いシミュレーション・モデルの構築

信頼性のあるシミュレーション結果を取得するためには実運航を再現したモデルの構築が不可欠であり、航空交通流モデルを構築し、飛行時間について再現性を検証した。実データと比較を行い、誤差発生の要因の検討とともにパラメータを修正した結果、実データからの誤差を平均・ばらつきともに 0.5 分間程度の範囲に収めることを可能とした。再現性の高いシミュレーション・モデルの構築は航空交通流の安全性や円滑性の予測を容易にするため、例えば燃料消費を低減する運航方式の迅速な事前検討を可能となる。

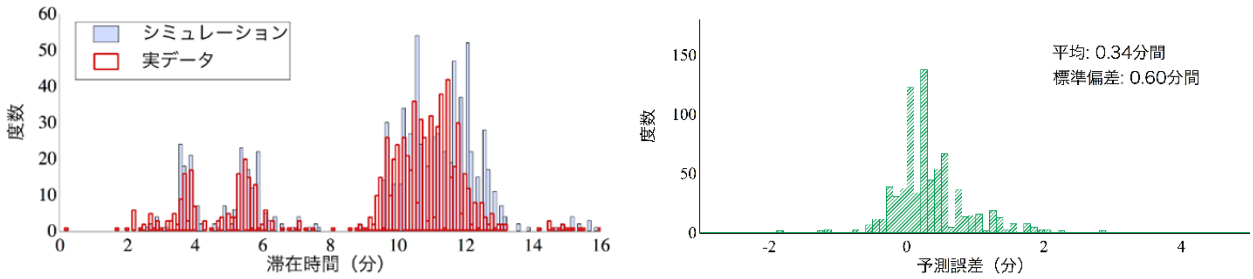


図１．４．３　セクタ（Ｔ２６）に関する飛行時間と誤差の分布

□UPR 経路選択の便益推定

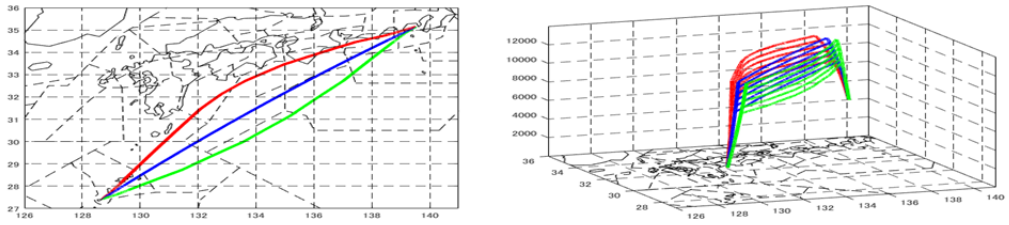


図１．４．４　経路構成のパターン化の例

UPR では風向・風速を考慮して燃料消費あるいは飛行時間が最小となるように運航者が飛行経路を決定する。特に燃料消費を対象として UPR の便益を推定するとともに燃料消費削減の要因（経路長、方向、季節など）の特定を行った。便益推定からは最大で 4%程度の燃料削減の可能性が示された。UPR では風向・風速に応じた多様な経路構成が想定されるが、円滑な運航には経路構成を考慮した上で UPR の導入が好ましいと考え、経路構成のパターン化を試みた。国土交通省は平成 33 年度を目途に UPR の導入を予定しており、便益推定や経路構成のパターン化の検討時期として適切であった。

□空域編成の意思決定支援手法の検討

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。

空域編成ならびに関連する研究領域の先行研究や事例の網羅的な調査および我が国の空域における考慮すべき条件の抽出・整理の結果に基づき、空域編成を数理モデル化（定式化）し、数理計画法による解の算出手法の概略を設計した。空域編成は多数の飛行や地点を対象とするため、実用的な時間で解を算出するためには効率的な算出手法が必要とされる。引き続き算出手法の検討および実装を進め、燃料消費などを削減した飛行を可能とする空域編成の実現を目指す。

成果の公表

□蔭山、「シミュレーション・モデルにおける航空管制セクタ滞在時間の検証」第 55 回飛行機シンポジウム

□Nakamura, Kageyama, 「Wind Classification for Route Design」, APISAT2017.

□Nakamura, Kageyama, 「An Efficient Route Design using Wind Patterns Classification」, AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference, 2018.

成果の公表

□蔭山、「シミュレーション・モデルにおける航空管制セクタ滞在時間の検証」第 55 回飛行機シンポジウム

□Nakamura, Kageyama, 「Wind Classification for Route Design」, APISAT2017.

□Nakamura, Kageyama, 「An Efficient Route Design using Wind Patterns Classification」, AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference, 2018.

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，運用環境や ATM パフォーマンス指標についての調査を行うとともに，軌道最適化アルゴリズムの改善や便益バランシング方式を検討する。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

個々のフライトがより効率的な軌道を実現できるための「フリールーティング」、ATM システムの資源をより効率よく割り当てるための CDM を取り入れたエンド・ツー・エンド軌道管理コンセプトを提案する。

□軌道の ATM パフォーマンス指標の提案

CDM において計画経路変更の影響を客観的に評価する必要がある。そのため、軌道の ATM パフォーマンス指標を提案する。また、軌道情報などからパフォーマンス指標を計算するツールを開発する。

□軌道最適化アルゴリズムの改善

平成 25 年度～平成 28 年度の『「Full 4D」の運用方式に関する研究』で開発した風最適軌道生成アルゴリズムについては，運用においてより現実的な軌道を生成するために、運用制限を適用できるように改善する。このアルゴリズムをツールとして実装する。

□便益バランシング方式の提案

軌道間の干渉を解決することや時刻制限を満たすための軌道変更が必要な場合、個々のフライトの便益と ATM システムの全体便益がより良いバランスを獲得できるように軌道の制限を解決する方法等を調査し、アルゴリズムを提案する。

平成 29 年度の研究内容

□運用コンセプト提案のため、運用環境及び運用方式の調査

□軌道の ATM パフォーマンス指標の提案：指標の調査、設計

□軌道最適化アルゴリズムの改善：アルゴリズム改善

□便益バランシング方式の提案：方式検討

平成 29 年度の研究成果

□運用コンセプト提案のための、運用環境及び運用方式の調査

フリールーティング空域設計を検討するため、まず福岡 FIR の国際交通の状況を把握するための分析を行った。

図１．４．５は福岡 FIR 近辺の固定航空路（ATS（Air Traffic Services）経路）を示す。福岡 FIR と隣接 FIR の間の主な ATS 経路を太い線で示す。最も交通量の多いルート（レーダー空域において平均 150 便/日以上、洋上空域において平均約 100 便/日以上。洋上の NOPAC（North PACific）ATS 経路を一つの経路として分析した。）を赤線で示す。東北アジア（特にソウル、上海、香港、北京、台北）と日本、北米（特にアンカレッジ、ロサンゼルス、ニューヨーク）の間の交通流を円滑にするため、国際交通におけるフリールーティングの課題を整理した。

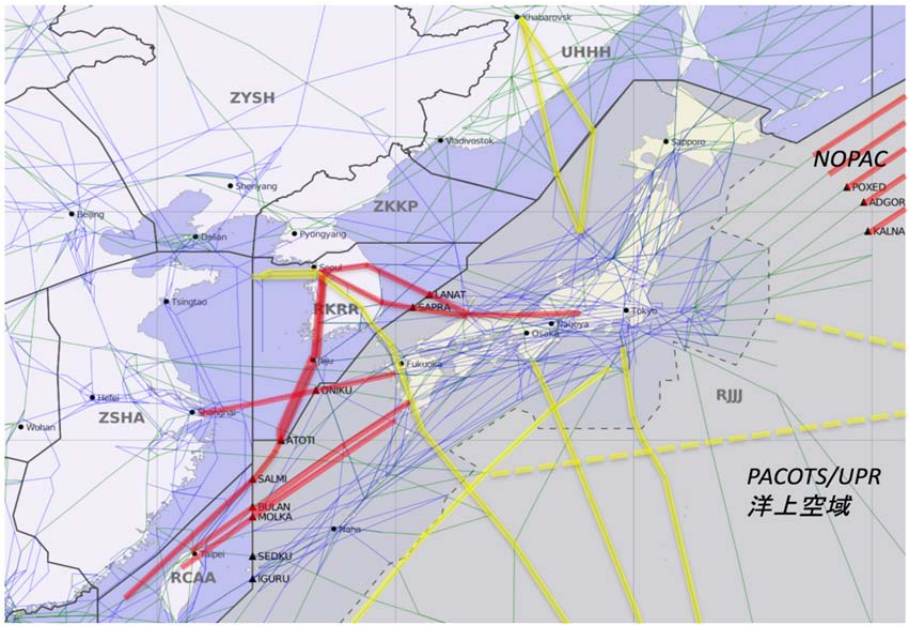


図１．４．５　福岡 FIR 周辺の ATS 経路

福岡 FIR と隣接 FIR 間の主な ATS 経路を太線で表す。
交通量が最も多い経路を赤線で示す。点線は任意のルート設計が可能な北太平洋洋上空域を通す交通流を示す。

縦方向・横方向ともに管制間隔を短縮することによる空域容量の増加を目指し、IPACG に洋上 NOPAC 再編の評価方法を提案するとともに、評価に必要なデータ分析やシミュレーションを行い、その結果を提供したところ、IPACG での議論で考慮されるなど、空域再編候補の有効性を示した。

また、欧州における「Free Route Area」について調査を行なった。欧州では、任意に選定できる入域と出域地点の間に直接飛行ができる「Free Routing」空域を設計し、拡大している。また、同じ Free Routing 空域は複数の FIR をまたがる場合がある。FIR 間でフリールーティングを行うため、ATM システムの結合、運航ルールの統一、監視・通信性能の統一が必要である。西ヨーロッパの多くの国々は欧州の航空交通管制機関である EUROCONTROL に所属し、EU の枠組みの中で Free Routing の実現は可能であるが、東南アジアの環境で欧州の「Free Routing」概念をそのまま導入することは困難である。

□軌道の ATM パフォーマンス指標の提案：指標の調査、設計

軌道管理のために目標が必要であり、その目標の達成度を示すために「パフォーマンス」を表す指標が必要である。

将来の TBO 環境において、空域容量を示すために新しい指標が必要になる。平成 28 年度までに、空域の「複雑性」が空域容量の制約になると想定し、「空域複雑性」を代表する「管制難度」指標を開発・提案した。この「空域複雑性」の CDM や軌道管理への適用性を向上するため、平成２９年度に飛行先に軌道変更点（TCP: Trajectory Change Point）がある航空機を含む難度を計算できるアルゴリズムを構築した（図１．４．６）。

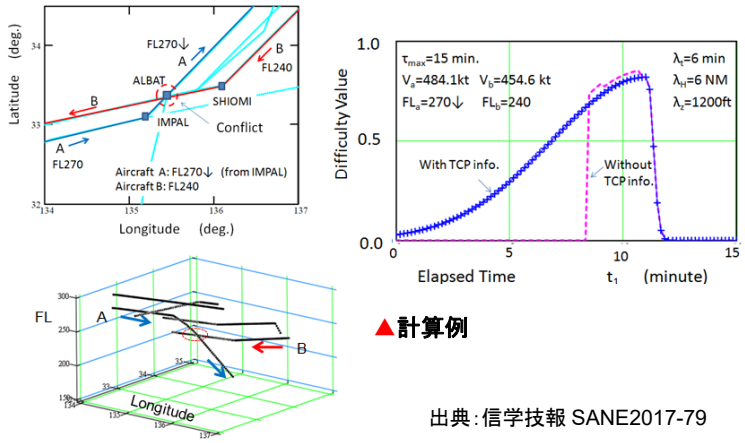


図１．４．６　TCP 情報の有無による難度の計算値の差異

左上は航跡の平面図、左下はその 3 次元表示。右上は航空機対 A, B に対する難度の計算例。この例で A 機は IMPAL から降下し、ALBAT 付近で B 機と近接状態になる。上図のように、TCP 情報を用いると難度が徐々に高まり、早い時期から近接を予測できる。

国際的 CDM や軌道管理などにおいて他の指標の可能性を調査するため、ICAO の ATM 概念、主要性能指標（KPI: Key Performance Indicators）、現存の各 KPI と測定基準（Metrics）の調査を行なった。各ステークホルダー（航空会社、乗客、空港運営者、航空管制機関、統制機関など）の目標や観点により KPI が異なる。また、ある KPI は簡単に取得できない情報を利用する。国際的 CDM と軌道管理のため、ATM システムの KPI として遅延、容量、需要、環境への影響、軌道の KPI としてコストと環境への影響の代理となる消費燃料と飛行時間が有効である。

軌道から KPI を計算するためにツールが必要である。平成 28 年度までに開発した航空機の軌道情報と気象データから燃料消費量を積算するツールについて、所外でも利用できるように汎用性と性能を改良した。特に、計算時間を大幅に短縮し、様々な軌道データ資源に簡単に対応できる構成にした。

□軌道最適化アルゴリズムの改善：アルゴリズム改善

平成 28 年度までに、気象予報に基づいた風の影響を考慮した最適経路（最小消費燃料）を計算するアルゴリズムとツールを開発した。本研究では、そのツールの汎用性と性能を改良する。平成２９年度において、プログラムの拡張性を改良するために内部構成を変更し、所外でも利用できるように操作を簡易化した。また、現実的な運用制約を適用できるように、アルゴリズムの改善策を検討した。

□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と考え、大学との共同研究に向けて課題や役割分担等を整理した。

成果の公表

- □ Hirabayashi, H.： “Simulation Study for the Examination of the Operational Effect of the Reduced Separation Application between in Ocean Control Airspace”, IPACG PM19, April, 2017.
- □ Brown, M., Hirabayashi, H.： “福岡 FIR における 2013 年から 2030 年の航空需要予測”, ENRI 発表会 2017, June 2017.
- □ Hirabayashi, H., Brown, M., Fukushima, S.： “洋上管制運用効率化のための経路設計に関する考察” ENRI 発表会 2017, June 2017.
- □ Nagaoka, S., Hirabayashi, H., Brown, M.： “複雑性の指標について” 日本航海学会/航空宇宙研究会, May, 2017.
- □ Nagaoka, S., Brown, M.： “管制官の近接認知閾値と飛行計画を用いた管制難度指標の比較”, 電子情報通信学会/安全性研究会(信学技報 SSS2017-8), June 2017.
- □ Nagaoka, S., Brown, M.： “Modeling an Air Traffic Control Difficulty Index Based on a Distance in Time-Space Domain of Aircraft Trajectory”, 21st Conference of Int'l Federation of Operational research Societies (IFORS2017), July 2017.
- □ Brown, M., Hirabayashi, H.： “An Analysis of Major Cross-Border Air Traffic Flows in the Fukuoka FIR”, Proceedings of APISAT2017, Seoul, Korea, Oct. 2017.
- □ Nagaoka, S., Brown, M.： “Modeling an Air Traffic Control Difficulty Index Based on a Distance in Time-space Domain of Aircraft Trajectory”, 21st Conference of Int'l Federation of Operational research Societies (IFORS2017), July 2017.
- □ Nagaoka, S.： “航空輸送の安全向上の方法について　－安全規格から安全管理への変遷－”, 電子情報通信学会, 基礎・境界ソサイエティ誌, IEICE Fundamentals Review, Vol.11, No.2, pp.100-107, Oct. 2017.
- □ Nagaoka, S., Hirabayashi, H., Brown, M.： “Tuning the Temporal Parameter of ATC Difficulty Metrics Using Controllers' Cognitive Thresholds and Trajectory Change Point Information”, Proceedings of APISAT2017, G-3, Seoul, Korea, Oct. 2017.
- □ Nagaoka, S., Brown, M.： “Predicting Trajectories with Course Change Points for Calculating Proximity-based Air Traffic Control Difficulty Indices”, ICSANE 2017 (信学技報 SANE2017-79), Nov. 2017.
- □ Brown, M., Hirabayashi, H.： “An Analysis of ATM Resource Demand in Fukuoka FIR for 2030”, Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan Vol. 15, No. APISAT-2016, pp.a89 - a98 , 2017, Nov. 2017.
- □ Nagaoka, S., Brown, M., Hirabayashi, H., Wickramasinghe, N. ： “軌道ベース運用に関する研究について －「Full 4D」と「フリールーティング空域－”, ENRI 出前講座 NEC 玉川, Dec. 2017.
- □ Nagaoka, S., Brown, M., Hirabayashi, H.： “航空交通管理（ATM）の性能指標に関する調査”, 電子情報通信学会 SANE 研究会（信学技報 SANE2017-103）, Jan. 2018.
- □ Nagaoka, S., Hirabayashi, H., Brown, M. ： “航空交通管理における航空交通の複雑性指標について”, 日本航海学会誌「NAVIGATION」,No.204, 2018 年 4 月号, April 2018.
- □ Hirabayashi, H. ： “Data Analysis of RNP 4 Capable Aircraft Ratio in NOPAC Airspace of Fukuoka FIR”, IPACG PM21, Mar. 2018.
- □ Brown, M.： “Flight Altitude Distributions in NOPAC Airspace within Fukuoka FIR”, IPACG PM21, Mar. 2018.

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 －マルチスタティックレーダーによる航空機監視と性能評価に関する研究では、マルチスタティックレーダー（MSPSR）による航空機の監視を行うために必要な、レーダーシステム性能要件を求め、要素技術を開発する。本年度は、複数受信機によって構成されたMSPSR 実験システムの測位実験と検証、および、MSPSR 監視における技術課題の抽出と対策の検討を行い、本研究の成果をまとめる。 －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 のプロトタイプの地上実験を行うとともに、次世代 GBAS のプロトタイプシステム及び宇宙天気情報テストベッドの構築を開始する。等

○マルチスタティックレーダーによる航空機監視と性能評価に関する研究

研究の背景

航空機の地上監視には、1 次監視レーダー（PSR：Primary Surveillance Radar）および 2 次監視レーダー（SSR：Secondary Surveillance Radar）が使用されている。これまでに、SSR の監視性能(精度・分解能・更新レート等)を向上するために ADS-B やマルチラテレーション等の新しい監視技術の研究が進み実用化されている。一方、通常の航空管制では PSR の使用頻度は低いものの運航の安全性を確保するため PSR は欠かすことのできない装置である。PSR は航空機搭載のトランスポンダに頼らない監視手段であるため、トランスポンダの故障や意図的に停止した場合でも地上監視が可能となる。しかしながら、現在の PSR は使用頻度に対して維持管理コストがかかりすぎるため、安全性を確保した上で低コストかつ同等性能以上となる次世代 PSR が求められている。また、世界的に周波数の有効活用が求められており、次世代 PSR については欧米では研究開発が行われているものの未だに決定的なものはない。有力候補としてマルチスタテッィクレーダー（MSPSR：Multi Static Primary Surveillance Radar）の検討が一部で始まっているが運用装置として使用できる物はなく、また MSPSR を使用した監視ではどのような要件が必要であるかもわかっていない。さらに、MSPSR のような受動型レーダーはその地域での電波信号環境が監視性能に影響を与えるため、諸外国等で行われた検討結果がそのまま導入できる保証はない。そのため、MSPSR の導入を判断できる技術基準や性能要件の作成が求められている。

研究目標

□受動型監視システムに必要な性能要件の導出

□MSPSR の導入に必要な要素技術の開発

□受動型監視レーダーの監視性能評価手法の確立

平成 29 年度の研究内容

□　複数受信機によって構成された MSPSR 実験システムの測位実験と検証

□　地上デジタル放送波を利用したパッシブレーダーの測位精度検証

平成 29 年度の研究成果

□ 複数受信機によって構成された MSPSR 実験システムの測位実験と検証

仙台空港内に展開した MSPSR 実験システムの性能評価を行うため、実験用航空機による飛行実験を実施した。この実験システムは、送信情報として航空保安大学校岩沼研修センター研修用レーダーの送信信号モニタ波形を光ファイバー無線技術を用いてレーダー局舎から離して設置した受信機に直接伝送することによって、受信機側の信号処理部で現行 PSR と同様のレーダー信号処理を行うことができる。本年度は、これまでの検証実験において受信機 1 局の動作について良好な結果が得られたため、MSPSR 本来の構成である複数受信機での受信および信号処理が可能となるようにシステム全体に改良を行った。受信機を 3 台使用する構成として反射波の同時受信を行うとともに、反射信号の受信時刻差を使用して目標を検知する測位実験を行った。固定目標および実験用航空機による移動目標に対してこれらの実験を行い、実験システムの測位性能を検証した。図１．４．７は開発した装置による測定結果を示す。本結果は、取得したデータに対して運用レーダーで使われている信号処理を適用して移動目標の検出精度を向上させた結果となる。ターゲットとノイズを効果的に分離することでターゲットの検出精度が向上したことにより、その効果として散乱信号データの圧縮が容易となった。広域の MSPSR を実現するためには散乱信号を短時間に通信する必要があり、本研究で得られた成果はこれらの足掛かりとなるものといえる。

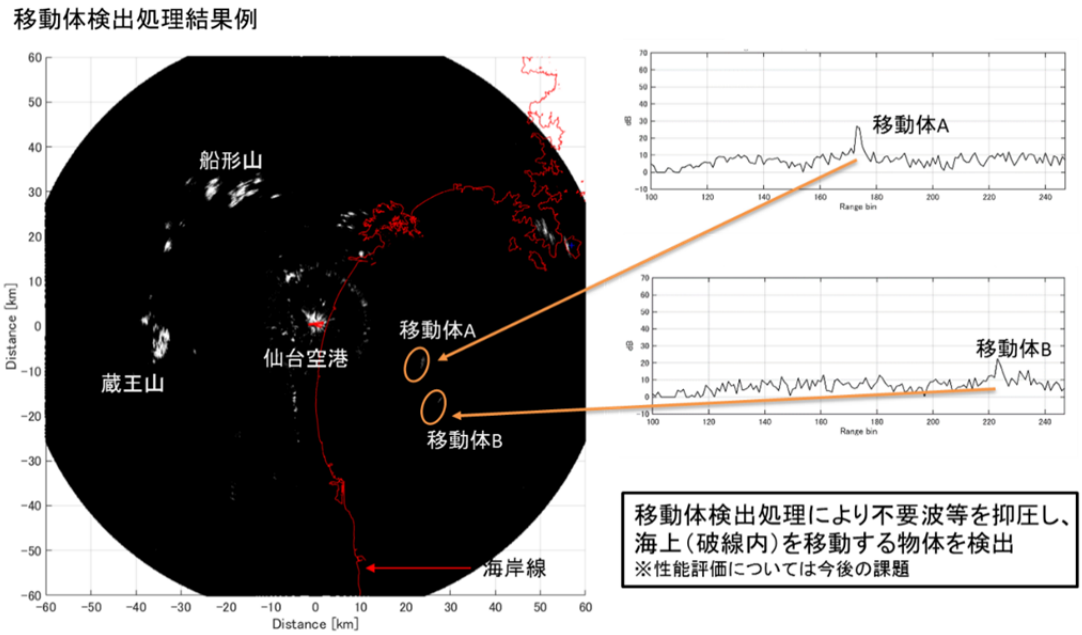


図１．４．７　開発装置で取得された実験結果

□ 地上デジタル放送波を利用したパッシブレーダーの測位精度検証

電子航法研究所で開発した地上デジタル放送波(DTTB)信号の遅延プロファイルを使ったパッシブレーダーは、市販のスペクトラムアナライザの出力をそのまま使用しているにも関わらず、ほぼリアルタイムかつ高い更新頻度でレーダー画像を得ることができ、また同時に着陸する複数の航空機を分離して表示可能であることがこれまでの検証結果から明らかになっている。本年度は、本方式を使った一局の受信機で行うバイスタティックレーダーの検証が進んだことから、MSPSR の構成を検討するために複数の地点で遅延プロファイルを測定し、それらの結果から散乱源を推定するための検討を開始した。図１．４．８は千葉県で実施した 2 局構成の実験システムによる実験結果を示す。図に示すように 2 か所の観測点で得られた同時刻の遅延プロファイルを用いて、遅延時間に相当する楕円を地図上に描くと 2 つの交点が得られる。このどちらかが、移動体となるが、本実験では指向性アンテナを用いているため、アンテナの方向から地図上の 1 点が移動体の位置であると推定した。この点は、羽田空港の着陸コース上に位置することから、航空機である可能性が高い。本手法には、現在測定器を使って計測しているものをシステム化する等の課題は存在するが､DTTB システムによる MSPSR が実現可能であることが示された。

パッシブレーダーでは、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ー散乱断面積から任意の地点における受信強度を推定し、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レーダー散乱断面積について大学との共同研究体制を構築した。

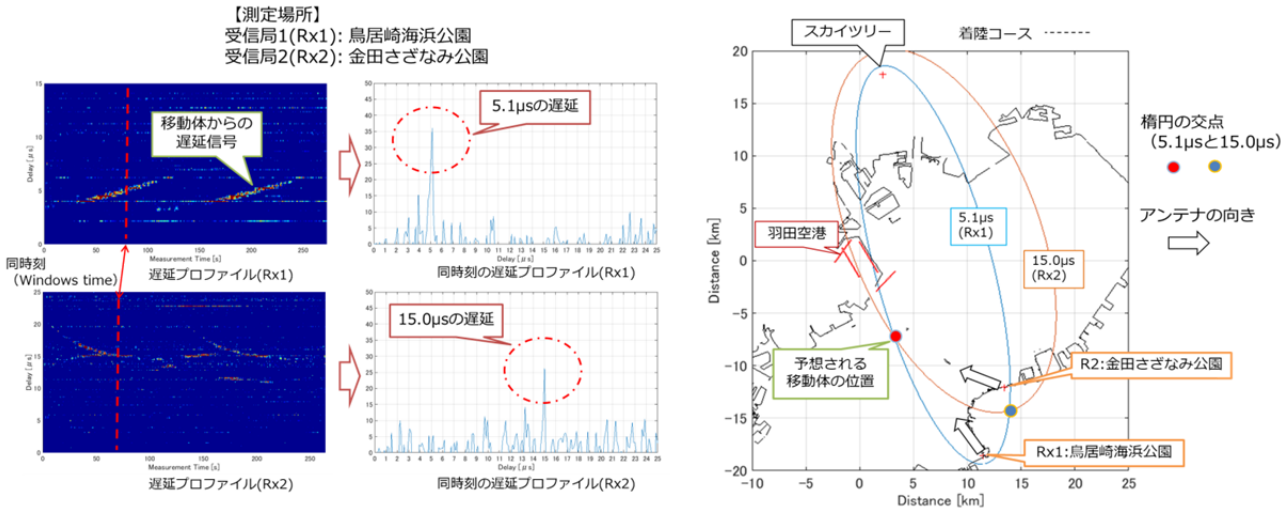


図１．４．８　2 局構成の実験システムから推定された移動体の位置

成果の公表

- ☐ J. Honda, and T. Otsuyama, “Optical-fiber-connected passive primary surveillance radar for aeronautical surveillance,” IEICE Communications Express, vol.7, no.3, pp.65-70, Dec. 2017.
- ☐ J. Honda, H. Miyazaki, and T. Otsuyama, “Status Update on ENRI MSPSR Development,” SP-ASWG6-WP-28, Montreal, Oct. 2017.
- ☐ J. Honda, and T. Otsuyama, “Status Update on Optical Fiber Connected Passive Primary Surveillance Radar,” SP-ASWG6-WP-29, Montreal, Oct. 2017.
- ☐ J. Honda, M. Watanabe, T. Makita, and T. Otsuyama, “Relationship between Receiving Antenna Parttern and Aircraft Position using DTTB Signal Delays,” Proc. 2017 IEEE Conf. Antenna Measurements & Applications (IEEE CAMA), TD1.1, pp.164-166, Ibaraki, Japan, Dec. 2017.
- ☐ M. Watanabe, J. Honda, and T. Otsuyama, “Passive Aircraft Surveillance by Two Optical-Fiber-Connected Passive Radars,”信学技報, vol.117, no.321, SANE2017-69, pp.33-37, Nov. 2017.
- ☐ J. Honda, M. Watanabe, and T. Otsuyama, “Optical Fiber Connected Passive Primary Surveillance Radar using Two Receiver Units,” Proc. Int. Symp. On Antennas and Propagation, 3C3-1383, Phuket, Thailand, Oct.-Nov. 2017.
- ☐ T. Otsuyama, and J. Honda, “A Study of Aircraft Detection Using DTTB Signal Delay Profile,” Proc. the 2017 11th European Conf. on Antennas and Propagation, pp.276-277, Paris, France, March 2017.
- ☐ 本田,大津山, 渡邊, 牧田, “2 つの受信機から構成された DTTB 遅延信号を用いた航空機監視システム,”映情学技報, vol.42, no.1, BCT2018-20, pp.77-80, Jan. 2018.
- ☐ 大津山,本田,渡邊, “光ファイバ無線を用いた受動型一次監視レーダの開発,”信学技報, PEM2017-6, pp.7-10, Sep. 2017.
- ☐ 渡邊,本田,大津山,“光ファイバ接続型パッシブレーダにおけるクラッタ抑圧に関する実験的検討,” 2017 ソ大講演論文集, B-2-14, p.175, Sep. 2017.
- ☐ 本田, 渡邊, 大津山, “光ファイバ接続型一次レーダによる航空機監視手法,”信学技報, vol.117, no.182, SANE2017-37, pp.49-53, Aug. 2017.

○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 29 年度の研究内容

□次世代 SBAS の地上実験　前年度に開発した次世代 SBAS のプロトタイプを使用して、地上実験を実施する。
□次世代 GBAS のプロトタイプ構築　次世代 GBAS のプロトタイプについて前年度の基本設計にもとづいて開発を実施するとともに、GBAS の性能向上のために SBAS を利用する方式を検討する。
□宇宙天気情報テストベッドの構築　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するためのテストベッドの構築を開始する。

平成 29 年度の研究成果

□次世代 SBAS の地上実験

前年度に開発した次世代 SBAS プロトタイプについて、リアルタイム化対応を行い、地上実験を開始した。また、内閣府が整備中の準天頂衛星システムの 2 号機衛星の打上げ直後から当該衛星が備える L5S 信号を使用し、世界初となる人工衛星による次世代 SBAS 実証実験を開始した。図１．４．９は全体図、図１．４．１０はこのときの実験室表示画面例、図１．４．１１は測位誤差の観測例であり、正常に実験が行われている様子を確認できる。

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するとともに、提供した資料が検証文書に取り入れられた。また、我が国が将来的に準天頂衛星システムを活用し次世代 SBAS を構築することを想定して ICAO 規格案をレビューし、不都合となる可能性がある部分について規格案の改訂提案を行い、採用された。さらに、準天頂衛星を利用すると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見出し、次世代 SBAS 規格に準天頂衛星を組み入れることを提案している。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。

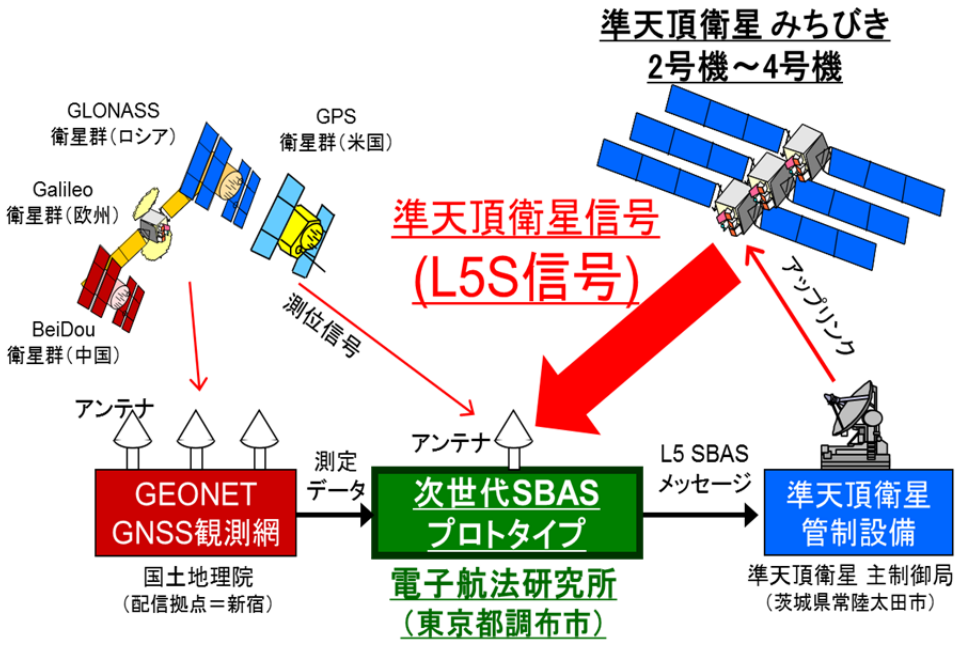


図１．４．９　準天頂衛星 L5S 信号による次世代 SBAS の実験①

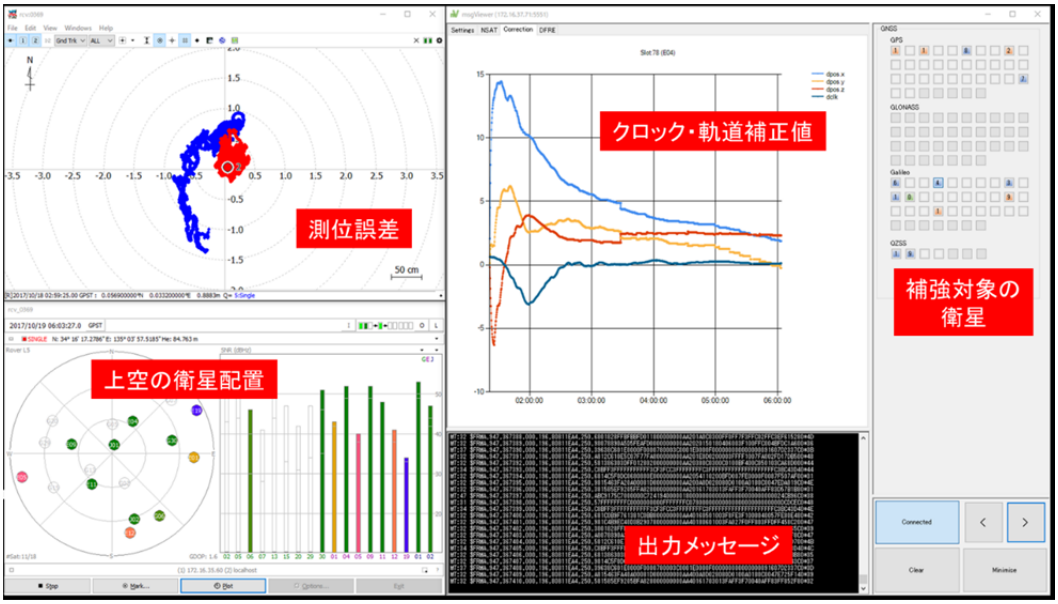


図１．４．１０　準天頂衛星 L5S 信号による次世代 SBAS の実験②

解説：実験の様子を画面表示しているもの。（左上）補強なし（青）に対して、補強あり（赤）では測位誤差が抑制されている。（中央上）欧州 Galileo の 8 番衛星の補正情報が時間の経過とともに収束している様子。

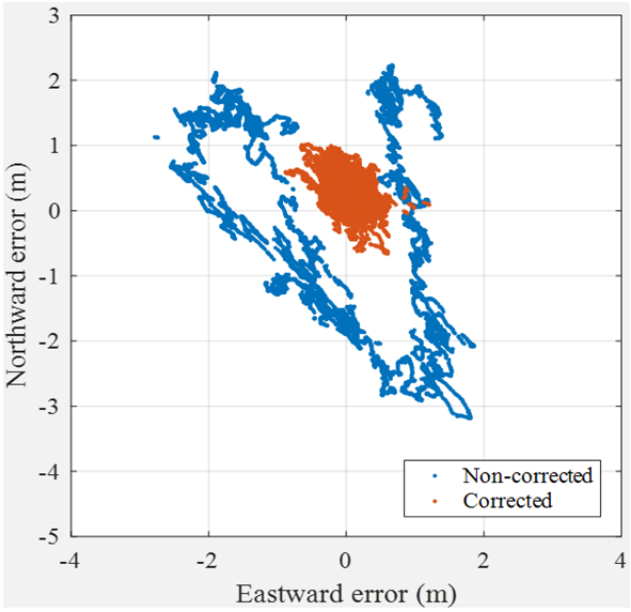


図１．４．１１　リアルタイム測位例

解説：次世代 SBAS メッセージをリアルタイムに生成し、評価した例。
（青）補正なし、（赤）補正あり。補正により測位誤差が低減されている。

□次世代 GBAS のプロトタイプ構築

次世代 GBAS については、平成 28 年度に実施した基本設計に基づいて、既存ハードウェアを活用しながら次世代 GNSS 環境に対応したプロトタイプシステムを構築した。ICAO における議論はまだ始まっておらず、電離圏擾乱の大きな石垣島にプロトタイプを設置することで、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することとした。

低緯度地域における GAST-D GBAS 性能向上については、ICAO におけるアドホック活動に中心的な役割にて参画した。

図１．４．１２　次世代 GBAS プロトタイプの構成

□宇宙天気情報テストベッドの構築

低緯度地域で影響の大きい電離圏擾乱の対策として、タイに設置する国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）の VHF レーダーを活用し、GNSS 以外の観測手段との組合せの有効性を評価するため、宇宙天気情報テストベッドの構築を同機構との協力により開始した。

成果の公表

○ICAO NSP 11件
□齋藤享・Mirko Stanisak・吉原貴之・Thomas Feuerle・Andreas Lipp・Pierre Ladoux", Results of GBAS interoperability trials in Ishigaki,Japan", ICAO NSP JWGs/2, 平成29年6月13～16日
□齋藤享・吉原貴之, "MC/MF GBAS development in JAPAN", ICAO NSP JWGs/2, 平成29年6月13～16日
□齋藤享・石井守, "Actions of NSP for Space Weather Ioformation Service", ICAO NSP JWGs/2, 平成29年6月19～22日
□坂井丈泰・田代英明, "MSAS Status and Future Plan", ICAO NSP JWGs/2, 平成29年6月20～23日
□齋藤享・堀本大, "ILS LOC measurements for simultaneous transmission of ILS localizers at both ends of runways and GBAS VDB", ICAO NSP/4, 平成29年10月10～13日
□齋藤享・細川敬介・冨澤一郎・坂井純, "Anomalous propagation of VHF NAV signals by sporadic E layer", ICAO NSP/4, 平成29年10月10～13日
□坂井丈泰・田代英明, "SBAS Ephemeris Clock Correction", ICAO NSP/4 DS2SG, 平成29年10月17～18日
□坂井丈泰・田代英明, "PRN Assignment for non-GEO SBAS", ICAO NSP/4 DS2SG, 平成29年10月17～18日
□齋藤享・石井守, "Actions of NSP for Space Weather Information Service", ICAO NSP/4, 平成29年10月16～17日
□坂井丈泰・城哲也, "PRN Assignment for non-GEO SBAS", ICAO NSP/4 GSWG, 平成29年10月17～19日
□坂井丈泰・城哲也, "PRN Assignment for IGSO SBAS", ICAO NSP DS2, 平成30年2月5～8日

○APANPIRG 2件
□齋藤享・吉原貴之, "Status of ISTF technical paper publication", APANPIRG CNS-SG/21, 平成29年7月16～20日
□齋藤享・細川敬祐・冨澤一郎・坂井純, "Anomalous propagation of VOR/ILS LOC by Sporadic E layer", APANPIRG CNS-SG/21, 平成29年7月16～20日

○国連ICG 2件
□坂井丈泰, "The Experiment on DFMC SBAS via QZSS L5S Signal", 国連ICG/12, 平成29年12月4日
□坂井丈泰, "DFMC SBAS Experiments and Potential Applications", 国連ICG WG-B APP-SG, 平成30年3月4日

○APEC GIT 1件
□坂井丈泰, "Status of Japanese QZSS and SBAS Programs", APEC GIT/22, 平成29年4月26日

○SBAS IWG 4件
□北村光教, "Status of DFMC SBAS prototype system", SBAS IWG/32, 平成29年6月9日
□坂井丈泰, "DFMC SBAS Experiment Using Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)", SBAS IWG/32, 平成29年6月8日
□北村光教, "DFMC SBAS Prototype System GPS, Galileo, and QZSS", SBAS IWG/33, 平成30年1月17日
□坂井丈泰, "PRN Assignment for SBAS IGSO", SBAS IWG/33, 平成30年1月18日

○GBAS IGWG 4件
□M. Stanisak・齋藤享・T. Feuerle・吉原貴之, "Comparison of GAST-D results from Ishigaki", GBAS IGWG/18, 平成29年4月25日
□齋藤享・吉原貴之, "Development of MC/MF GBAS ground experimental system", GBAS IGWG/18, 平成29年4月25日
□T. Feuerle・M. Stanisak・齋藤享・吉原貴之・A. Lipp, "GBAS interoperability trials and multi-constellation/multi-frequency ground mockup evaluation", GBAS IGWG/18, 平成29年4月27日
□齋藤享, "GBAS ionospheric threat model for ICAO APAC region", GBAS IGWG/18, 平成29年4月27日

○RTCA 2件
□坂井丈泰, "DFMC SBAS Experiment Status", RTCA SC-159, 平成30年3月12日
□坂井丈泰, "PRN Assignment for SBAS IGSO", RTCA SC-159, 平成30年3月12日

○EUROCAE 2件

□坂井丈泰, "PRN Assignment for SBAS IGSO", EUROCAE WG-62, 平成 29 年 11 月 27～30 日
□坂井丈泰, "DFMC SBAS Experiment via QZSS L5S Signal", EUROCAE WG-62, 平成 29 年 11 月 27～30 日

○国際学会誌論文 2 件
□P. Abadi・大塚雄一・塩川和夫・A. Husin・H. Liu・齋藤享, "Equinoctial asymmetry in the zonal distribution of scintillation as observed by GPS receivers in Indonesia", Journal of Geophysical Research: Space Physics, 平成 29 年 8 月 24 日
□齋藤享・S. Sunda・J. Lee・S. Pullen・S. Supriadi・吉原貴之・M. Terkildsen・F. Lecat, "Ionospheric delay gradient model for GBAS in the Asia-Pacific region", GPS Solutions, 平成 29 年 10 月 1 日

○米国航法学会 6 件
□坂井丈泰・小暮聡 他 9 名, "Japan : The Latest Update on Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) Program", ION Pacific PNT 2017, 平成 29 年 5 月 2 日
□吉原貴之・齋藤享・齊藤真二, "Long baseline precise ionospheric gradient measurements and its application to GBAS", ION Pacific PNT 2017, 平成 29 年 5 月 2 日
□北村光教・麻生貴広・坂井丈泰・星野尾一明, "Development of Prototype Dual-frequency Multi-constellation SBAS for MSAS", ION GNSS+ 2017, 平成 29 年 9 月 27 日
□北村光教・麻生貴広・坂井丈泰・星野尾一明, "Development of DFMC SBAS Prototype System Using L1 and L5 Band Signals of GPS, Galileo, and QZSS", ION ITM 2018, 平成 30 年 2 月 9 日
□齋藤享・Sabine Zureikat・吉原貴之, "Preliminary results of impacts of ionospheric scintillations on GAST-D ground integrity monitors", ION ITM 2018, 平成 30 年 2 月 9 日
□Chiu-Mei Wu・Shau-Shiun Jan・坂井丈泰, "Evaluation of Quasi-Zenith Satellite System L5S Signal", ION ITM 2018, 平成 30 年 2 月 9 日

○その他国際学会 3 件
□坂井丈泰, "DFMC SBAS Trial with QZSS L5S Signal", 9th Multi-GNSS Asia Conference, 平成 29 年 10 月 10 日
□坂井丈泰, "The Status of Dual-Frequency Multi-Constellation SBAS Trial by Japan", International Symposium on GNSS 2017, 平成 29 年 12 月 13 日
□坂井丈泰, "DFMC SBAS Augmentation Service from the Zenith", Munich Satellite Navigation Summit, 平成 30 年 3 月 6 日

○国内学会誌論文 2 件
□北村光教・麻生貴広・坂井丈泰・星野尾一明, "次世代 SBAS で利用する GPS 航法メッセージの検討", 電子情報通信学会論文誌 B, 平成 29 年 4 月 1 日
□坂井丈泰, "次世代 SBAS のためのエフェメリスメッセージ", 測位航法学会論文誌, 平成 30 年 2 月 25 日

○宇宙科学技術連合講演会 3 件
□麻生貴広・北村光教・坂井丈泰・星野尾一明, "次世代 SBAS のプロトタイプを用いた初期的評価", 第 61 回宇宙科学技術連合講演会, 平成 29 年 10 月 27 日
□坂井丈泰・麻生貴広・北村光教・星野尾一明, "次世代 SBAS の規格化動向", 第 61 回宇宙科学技術連合講演会, 平成 29 年 10 月 27 日
□北村光教・麻生貴広・坂井丈泰・星野尾一明, "次世代 SBAS のプロトタイプ開発状況", 第 61 回宇宙科学技術連合講演会, 平成 29 年 10 月 27 日

○その他国内学会 4 件
□坂井丈泰・麻生貴広・北村光教, "DFMC SBAS の規格化動向", GPS/GNSS シンポジウム, 平成 29 年 11 月 9 日
□坂井丈泰・麻生貴広・北村光教, "準天頂衛星 L5S 信号による DFMC SBAS 実験", GPS/GNSS シンポジウム, 平成 29 年 11 月 9 日
□坂井丈泰・北村光教・麻生貴広, "QZSS L5S 信号による次世代 SBAS の実験", 電子情報通信学会総合大会シンポジウム講演, 平成 30 年 3 月 22 日
□三宅千華・坂井丈泰・麻生貴広, "GPS 運用状況の分析：故障及びメンテナンスの傾向", 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 2 月 22 日

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 －GNSS を利用した曲線経路による精密進入着陸方式等の高度な飛行方式の研究では、衛星航法（GNSS）による精密進入着陸システムである GBASを用いた曲線進入等の高度運用方式を実現するために、機上実験装置の開発と飛行実証実験により曲線進入経路に関する基準案の策定に貢献する。また、シミュレーションツールの開発を行い、GBAS 進入時の障害物との安全間隔を評価する手法を確立して計器飛行方式設定基準の策定に貢献する。本年度は、機上装置への検討案の組み込みと飛行実証、操縦モデルの検証、アプローチ時の障害物エリアの計算手法の開発を実施する。 －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性能向上、航空路管制セクタにおけるCDO実施判断支援ツールによるシミュレーションを行う。等

○GNSS を利用した曲線経路による精密進入着陸方式等の高度な飛行方式の研究

研究の背景

地上型衛星航法補強システム（GBAS：Ground - Based Augmentation System）を用いた衛星航法（GNSS：Global Navigation Satellite System）による精密進入着陸システムである GLS（GBAS Landing System）は、運用の実用化フェーズに入り、海外では現在の ILS（計器着陸システム）と同等な直線進入による GLS 運用が開始された。さらに、ICAO は GLS の導入によりターミナル空域における運航効率の向上、環境負荷の低減、空域容量の拡大を図る計画である。この実現のため、現在直線に限定されている精密進入経路を曲線化するなど GLS の特徴を活かした高度な飛行方式を実現する技術の開発が必要不可欠である。

精密進入経路を曲線化する飛行方式は、RNP の RF（円弧旋回）と GLS 又は ILS の最終直線区間（セグメント）を接続する方式（RNP to GLS 飛行方式）、及び GBAS により地上から曲線区間を含む全経路を放送する TAP（Terminal Area Path）の 2 方式が提案されている。前者は早期に導入が期待され、後者は中長期的な導入を視野にさらに自由な経路設計が可能となると期待されている。

研究目標

□機上実験装置を開発し、飛行実証を通して GLS 曲線セグメントの実現方法に関する課題を解決する。
□大型旅客機のフライトシミュレータ実験により、GLS 機能で可能な飛行方式を実現し、我が国での有効性を検証する。
□GLS 誤差、機体運動、風を考慮した乱数を用いたシミュレーションツールとパイロットによる操縦を模擬したアルゴリズム（人間操縦モデル）を開発し、障害物との安全間隔を評価する手法を確立する。

平成 29 年度の研究内容

□機上装置への検討案の組み込みと飛行実証
□人間操縦モデルの検証・拡張および改良
□アプローチ時の障害物エリアの計算手法の開発

平成 29 年度の研究成果

□機上装置への検討案の組み込みと飛行実証

GLS では曲線的な進入パスなど現在の ILS より自由度の高い精密進入の実現が可能であり、本研究では、GBAS 地上装置から TAP 経路を放送し、実験用機上装置で経路を表示して、飛行実証することを目的としている。平成 29 年度は、これまでに開発してきた実験用機上装置の経路処理部を改良し（直線進入と曲線進入の接続部の不整合を解消）、コックピットディスプレイの 3 次元経路表示を機能向上（フライトディレクター指示の追加、パイロットコメントに基づく表示機能の改良）して完成させた。さらに、この実験用機上装置を用いて、当所実験用航空機で飛行実証を行い、TAP 経路による曲線進入を実現した。飛行実証では、仙台空港に既存の RNP AR 経路（特別許可を必要とする性能準拠型航法による曲線経路）をオーバレイ（重畳）するように TAP 経路を設計して GBAS 地上装置から放送データとして送信し、実験用機上装置で受信して、GBAS による TAP 経路の進入を実現した。なお、航空機の FMS（フライトマネジメントシステム）には、カスタム航法データを搭載して、自動操縦により曲線経路への追従を実現している。図１．４．１３（右側）は、曲線部を飛行中のコックピットディスプレイの表示（３次元トンネル形状）である。

従来の装置では、直線進入部から曲線進入部への接合部に不整合が生じており、正常に自動操縦が動作しないことが懸念されていたが、飛行実証では不整合が解消されたことが確認できた。図１．４．１４に開発した手法による水平偏移の出力値を示す。従来法および実験用航空機に装備された FMS による水平偏移は値の飛びを生じているが、開発した手法ではスムーズに接続されていることがわかる。

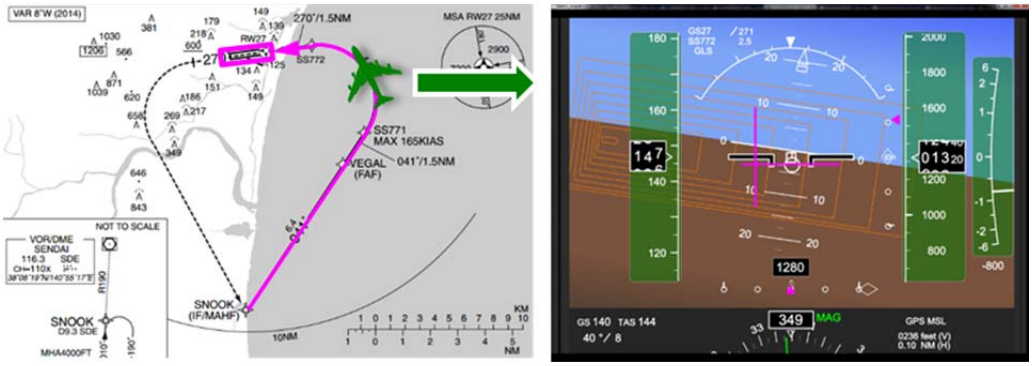


図１．４．１３　GBAS 地上装置から放送した TAP 経路とコックピットディスプレイ表示

解説：左図は GBAS 地上装置からデータとして放送した TAP 曲線経路（既存の RNP AR 経路のオーバーレイ）、図右は曲線部を飛行中のコックピットディスプレイ表示である。3 次元経路表示は、スケールに対応した縦横比率の長方形による経路表示としている。また、左旋回に対応したフライトディレクター指示（中央マゼンタ色の十字ポインタの縦バー）が確認できる。TAP でオーバーレイした曲線を含む RNP 経路であり、右図は曲線部分を飛行中のコックピットディスプレイ表示である。3 次元経路表示では、デビエイションスケールに対応した縦横比率の長方形による経路表示となっている。また、左旋回に対応した FD のロールコマンドの出力（マゼンタの十字ポインタ）が確認できる。

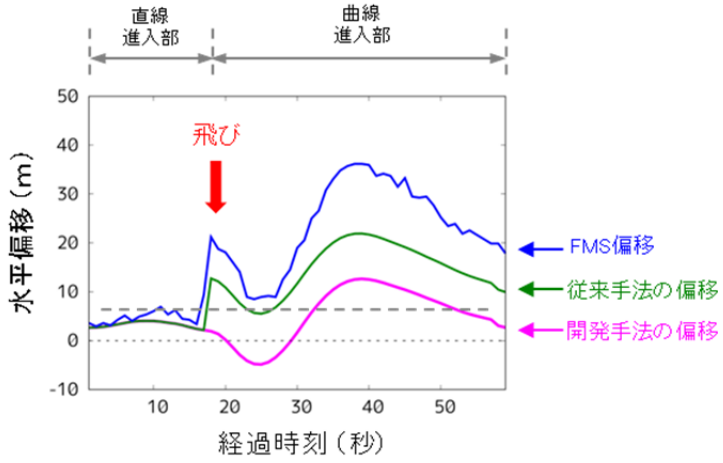


図１．４．１４　直線部から曲線部へ接続する部分のコース偏位出力

解説：直線進入部から曲線進入部へ接続する箇所の通過時（赤矢印）に従来の手法によるコース偏移および実験用航空機の FMS の水平偏移には十数メートルの値の飛びが見られる。本研究で開発した手法による偏移は、この飛びを解消している。

□人間操縦モデルの検証・拡張および改良

本研究で提案した人間操縦モデルが、既存のモデルと比べてどの程度優れているかについての検証を主として行った。図１．４．１５（左）が、今回の提案モデル、同図（中）が線形モデルとして代表的なマクルーア（McRuer）モデルを使用したものである。線形モデルは常にパイロットが連続的に情報を得ているという仮定があるため、実際のパイロットの操舵同図（右）よりもコマンドへの追従性能が高く、その誤差も少ない。これに対して、提案モデルはコマンドへの追従特性が実データに近く、よりパイロットの操舵を正確に模擬できていることがわかる。また、線形モデルは連続的な出力を生成するモデルであり、提案モデルのような離散的な出力を生成することができないこともわかる。

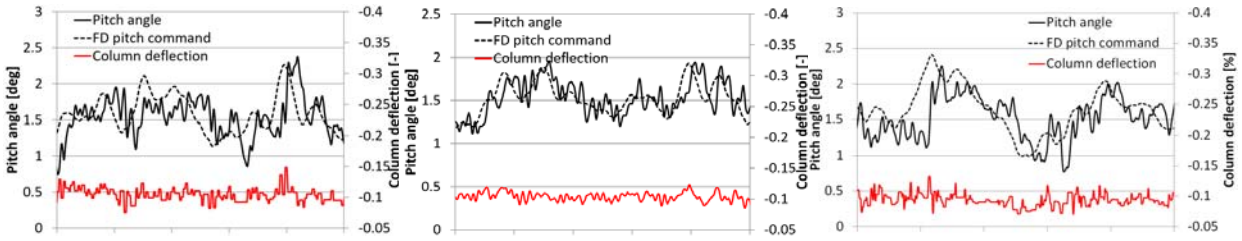


図１．４．１５ パイロットモデルの違いによる追従性能の違い(左：提案モデル、中：線形モデル、右:取得データ、黒線:ピッチ角、点線:ピッチ角のコマンド、赤線:操舵履歴)

解説：コマンドへの追従性能は、提案モデルの方が実際のデータに近く、提案モデルのみが離散的な操舵が行えることがわかる。

□アプローチ時の障害物エリアの計算手法の開発

本研究では、進入着陸の障害物件との離隔に関する国際基準を現代の航空機や航法性能に応じて、改訂することを一つの目的としており、そのために航空機の本来の進入経路からの逸脱量とその逸脱確率を計算する手法の確立を目指している。本年は、これまで構築したパイロットモデルに GBAS 誤差モデル、風モデルを組み込むことで、逸脱量を統計的に計算可能なモンテカルロシミュレーションツールを作成し、計算された逸脱量分布が現在の国際基準とどのように異なるか検証を行った。その結果、特に滑走路から遠い地点においては、本研究で計算された逸脱量は、現行の基準に比べて小さく、将来的に進入着陸の障害物件に関する基準を緩和できる可能性があることを示した。図１．４．１６に、本研究した 600 ft（滑走路端から 2 NM 地点）の逸脱量の等確率分布（赤線）および比較として現行（ILS:CAT-I を仮定）の等確率分布（青線）を示す。600 ft 地点で、計算された逸脱量は、最大垂直方向で 55 %、水平方向で 26 %少なく見積もられた。

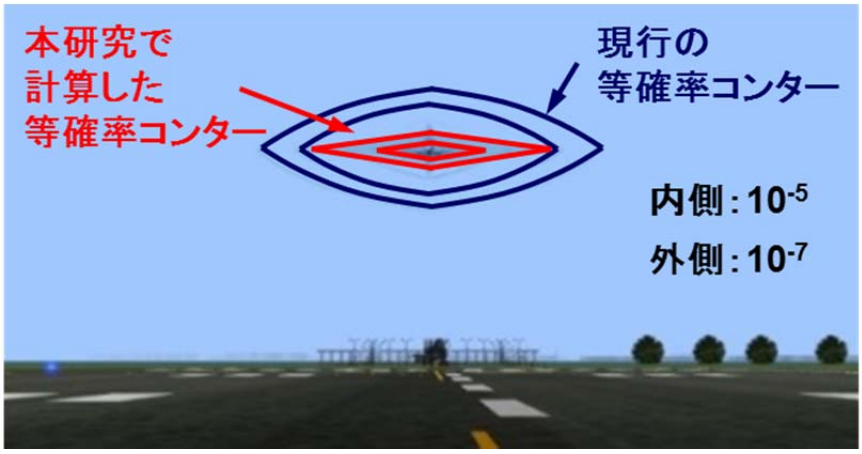


図１．４．１６　高度 600ft における、現在の保護空域と、本研究提案のパイロットモデルを用いて計算された保護空域との違い

解説：現行の保護空域（等確率コンター）と比べて、現代の航法性能およびパイロットの操舵性能をシミュレーションに組み込むことにより、実際に航空機が逸脱する可能性のあるエリアが小さくなっていることがわかる。現行の等確率コンターが ILS に基づくのに対して、計算は航法誤差が小さい GLS を仮定しているため、逸脱量の減少に寄与している。

成果の公表

□R. Mori, “Pilot Control Modeling with Stochastic Periodical Discrete Movement,” IEEE Transactions on Aerospace and Electronics Systems, Oct. 2017.
□S. Fukushima, R.Mori, S.Saitoh, “Geometric Approach for RNP Transition to xLS Procedure Design,” IEEE/AIAA 36th Digital Avionics Conference (DASC), Sept. 2017.
□R.Mori, “CRM Evaluation in Japan,” ICAO IFPP/14-3, Mar. 2018.
□S. Fukushima, R.Mori, “Shallow intermediate segment design for RNP to xLS navigation database,” 18th International GBAS Working Group Meeting, April, 2017.
□S. Fukushima, S.Saito,S.Saitoh, T.Yoshihara, A. Kezuka, “ENRI Status,” 18th International GBAS Working Group Meeting, April, 2017.
□S. Fukushima, R.Mori, S. Saitoh, “A Flight Procedure Design Method for RNP to xLS with Shallow Segment,” Japan-US Aviation Environmental Workshop, Nov. 2017.
□齊藤真二, “TAP に対応した実験用 GBAS 機上装置,” 第 55 回飛行機シンポジウム, 2017 年 9 月.
□福島荘之介, “RNP と GBAS を接続する新しい進入方式の研究動向,” 航空無線, 2018 年 3 月.
□福島荘之介, “RNP to xLS のための中間セグメントの設計法に関する検討,” CARATS PBN 検討 WG 会議, 2017 年 5 月.
□福島荘之介, “第 18 回国際 GBAS WG 会議 (I-GWG18) の概要報告,” ATEC 新進入方式 WG 会議, 2017 年 6 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 29 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性能向上
□CDO 実施判断支援ツールによる航空路管制セクタにおけるシミュレーション
□上昇・降下パスの検討

平成 29 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 の運用拡大のために必要な支援情報及び支援機能を検討するうえでの課題の明確化のため、実績データを基に簡易的な CDO 模擬軌道を作成し、周囲の交通流に CDO 運用が与える潜在的な課題について抽出した。図１．４．１７は、模擬軌道作成のイメージ及び関西国際空港の一方向からの到着機がすべて CDO を実施したと仮定した場合のコンフリクト（管制間隔が欠如している状態）発生数を時系列で表したものである。現在の CDO 運用時間外である日中は、近傍空港が運用中であり、出発機も含め、特に進入管制区内において模擬 CDO 機との間にコンフリクトが多く発生する。今回の解析結果から、コンフリクトが日中の進入管制区内で発生する可能性が高いこと及び出発機との関連が高いことが明らかにされた。CDO 運用拡大のための支援情報として、進入管制区内にかかる出発機も含めた関連機の正確な情報を重点的に提供することが、より効果的であると推測でき、今後、支援ツール作成に反映させていく計画である。

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。そのため 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、CDO 実施機の高精度な軌道予測のためのアルゴリズム開発を実施している。その一環として平成 29 年度は､外乱要因から生じる CDO 機の垂直軌道のばらつきを予測するアルゴリズムの開発に着手した。

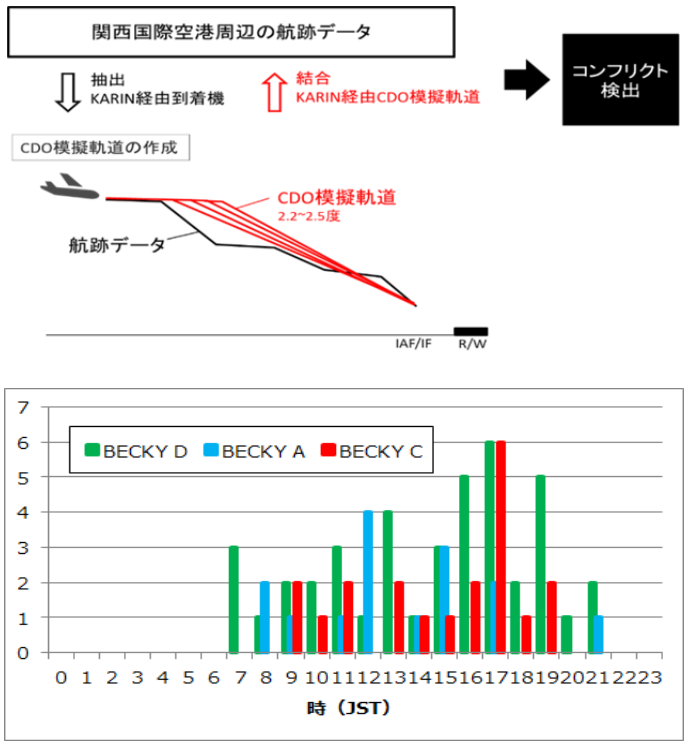


図１．４．１７　CDO 模擬軌道計算のイメージ及びコンフリクトペア発生数

関西国際空港に南西方面から到着する到着経路のうち、CDO 方式が設定されている標準計器到着方式（BECKY DELTA ARRIVAL（BECKY D）及び BECKY ALFA ARRIVAL（BECKY A)、または日中運用されている標準計器到着方式 BECKY CHARLIE ARRIVAL（BECKY C））を経由する到着機が CDO を実施したと仮定した場合に発生するコンフリクト数を示す。

□CDO 実施判断支援ツールの性能向上／シミュレーション

平成 29 年度はツールを用いた評価実験のコンセプトを明確化し、評価実験を実施するための各機能の作りこみ及び航空路管制セクタのシミュレーションを実施した。図１．４．１８は、実際のレーダー管制運用の画面を模擬したイメージ図である。平成 30 年度においては、管制経験者によるツールの評価を実施する計画である。管制経験者にレーダー模擬画面及び他の補助情報を提供することで、CDO 運用拡大に効果的な支援情報及び支援機能について検討を行う。図１．４．１９は支援情報のひとつとして提案するタイムライン表示のイメージ図である。現状解析結果から、到着機同士の間隔維持以外にも、関連空港を含めた出発機の関連性が高いことが明らかにされたことから、それらの情報も含めて提示することを提案している。平成 30 年度は、管制経験者による評価を実施し、より効果的な支援情報の提供の在り方について、提案していく。

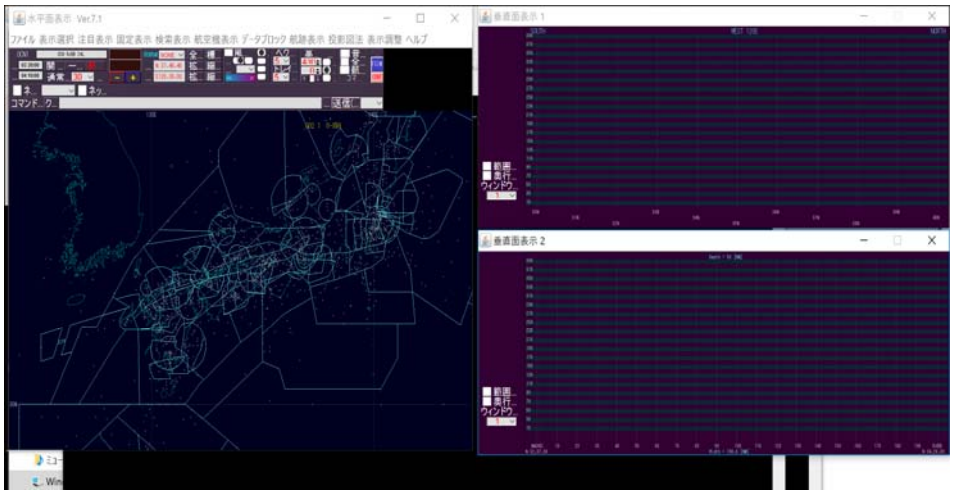


図１．４．１８　CDO 実施判断支援ツールのレーダー模擬画面

管制経験者によるツール評価では、レーダー管制を前提に検討する。

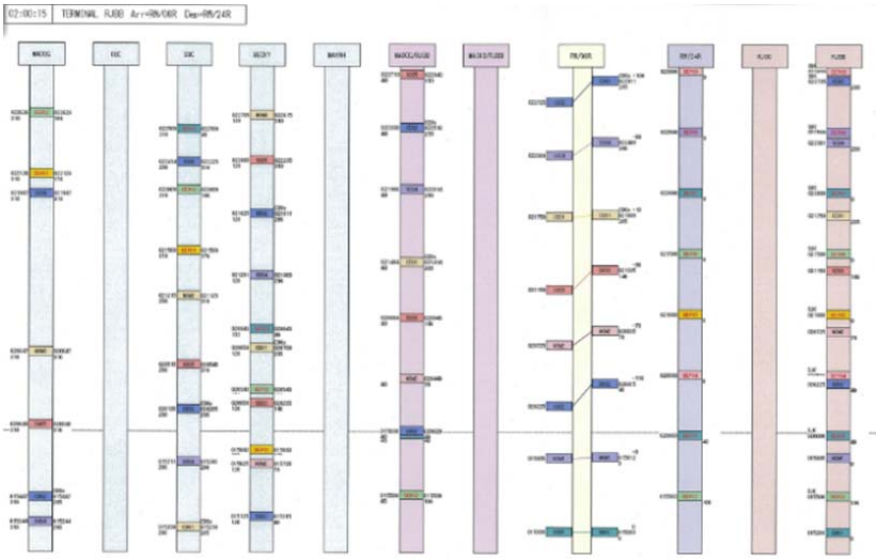


図１．４．１９　CDO 実施判断支援ツールの表示画面（タイムライン表示）

縦軸に進行する時刻を示し、進入管制区への入域地点、到着経路の合流地点、到着滑走路における到着機の交通流、出発機等をタイムラインで表す。到着滑走路における到着交通流においては、計画通りに飛行する場合と、速度調整等を実施し間隔を整えた場合を軸の左右で表すことで、CDO 実施に必要な調整幅を可視化している。

成果の公表

□S. Fukushima, H. Hirabayashi, M. Oka, D. Toratani, “A Review on the Expansion of Restricted Continuous Descent Operations at Kansai International Airport”, APISAT 2017, Oct. 2017

□福島幸子, 平林博子, 岡恵, ビクラマシンハナヴィンダ, 虎谷大地,“継続降下運航実施に必要な間隔の設定方法の検討”, 第 55 回飛行機シンポジウム, 2017 年 11 月

□平林博子, 福島幸子, 岡恵, ビクラマシンハナヴィンダ, 虎谷大地, “航跡データ解析を用いた関西国際空港における継続降下運航運用拡大の可能性に関する一考察”, 第 55 回飛行機シンポジウム, 2017 年 11 月

□N. Wickramasinghe, D. Toratani, S. Fukushima, H. Hirabayashi, “A Study on Modeling Techniques for Fuel Burn Estimation based on Flight Simulator Experiment Data”, WSC2017, Dec. 2017
□D. Toratani, N. Wickramasinghe, S. Fukushima, H. Hirabayashi, “Design Methodology to Simulate Continuous Descent Operations at Kansai International Airport”, WSC2017, Dec. 2017

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 －空港面の交通状況に応じた交通管理手法に関する研究では、成田空港においてより効率的な空港面交通を実現するために、空港レイアウト、経路、滑走路使用状況等を踏まえた地上走行に関する交通状況を分析し、走行機数調整、走行経路調整、スポット出発時刻調整などの交通管理手法を提案する。本年度は、成田空港における空港面の交通管理手法について最近の交通状況の特徴をもとに適用条件による効果の違いなどを推定し、交通状況に応じた交通管理手法をまとめる。等

○空港面の交通状況に応じた交通管理手法に関する研究

研究の背景

成田空港においては、空港特性に応じたより効率的な空港面の交通（空港面交通）を実現するための交通管理手法の提案が要望されている。本研究は、成田空港の空港レイアウト、経路、滑走路使用状況等をふまえた地上走行に関する交通状況を分析し、走行時間、離陸時刻などを予測する手法を開発し、出発便の走行経路や機数調整等による空港面の交通流の円滑化に効果的な交通管理手法の適用条件および適用効果を示すことで、成田空港の効率的な運用に貢献することをめざす。

研究目標

□成田空港の空港レイアウト、経路、滑走路使用状況等をふまえた地上走行に関する交通状況を分析し、走行時間、離陸時刻などを予測する手法を開発する。
□上記の分析・予測結果に基づいた様々な交通状況に対して、成田空港における空港面交通管理手法（走行機数調整、走行経路調整、スポット（駐機場）出発時刻調整など）を開発する。
□開発した交通管理手法の適用条件による効果の違いを推定しとりまとめ提案する。

平成 29 年度の研究内容

交通管理手法の適用条件を検討し、シミュレーションにより効果を推定・比較し、結果をとりまとめて提案する。

平成 29 年度の研究成果

成田空港では、出発便が多い夕方の時間帯に、滑走路長が長く出発便が多く使用する A 滑走路の滑走路端で離陸待ちが生じている。そのため出発便がスポットで待機することで空港面を走行する機数をある一定以下に抑え、滑走路端の離陸待ちを軽減するスポット出発時刻調整が行われている。

平成 28 年度までの A 滑走路の出発便を対象としたシミュレーションによる検証の結果、スポット出発時刻調整をせずにスポット出発準備完了時刻に出発すると仮定した場合の出発便の滑走路端の離陸待ち時間の一部がスポット出発時刻調整したときのスポット待機時間に置き換わり、出発便の滑走路手前での離陸待ちがその分軽減され、他の航空機の走行を妨げないようになりスポット出発時刻調整が空港面の混雑の緩和の効果があることを示したところである。

成田空港では航空交通量が増え、近年 SPID（同時並行出発）運用で対応しているが、天候等の理由により SPID 運用できない場合、特に出発便の多い夕方の時間帯等に滑走路端での離陸待ち時間が長くなっている。このような日を対象に平成 29 年度は各出発便の離陸待ち時間を一定以下かつばらつきが小さくなるようスポット出発と離陸間隔との関係から各スポット出発時刻調整の条件を検討してシミュレーションで検証した。仮定 1 として離陸時間間隔と同じペースでスポットを出発するようにスポット出発時刻を調整した場合、仮定 2 として成田空港では、スポットと滑走路の位置関係により各スポットで基準時間が大きく異なることから、スポット毎の基準時間を考慮して離陸時間間隔と同じペースで滑走路端での離陸待ちの行列に並ぶようにスポット出発時刻を調整した場合をシミュレーションした。その結果、図１．４．２１の交通量の時刻変化および図１．４．２２の離陸待ち時間の相対度数分布より現状と比較して離陸待ちが、一定以下に保たれ、ばらつきが小さくなったことが示された。

今回は、離陸時間間隔のペースをあらかじめ既知としてシミュレーションしたが、これは出発便の精度の高い出発予定時刻を事前に把握できれば、基準時間をもとに、離陸時刻を予測することで、管制官によるスポット出発時刻調整により離陸待ち時間を一定以下にしさらにばらつきを小さくすることができる可能性を示した。これは、スポット出発時刻調整によって各便の離陸待ち時間が一定以下でばらつきが小さくなり、継ぎ目のない航空交通時間管理の検討ができるようになった。

本研究で開発した空港面交通シミュレータや地上走行の分析手法は、成田空港のみならず、他空港へ展開・適用することが可能となった。また、本研究の成果は、平成 31 年 10 月に成田空港で導入を検討している交通管理手法の事前検証として、平成 30 年度中に活用されることとなった。

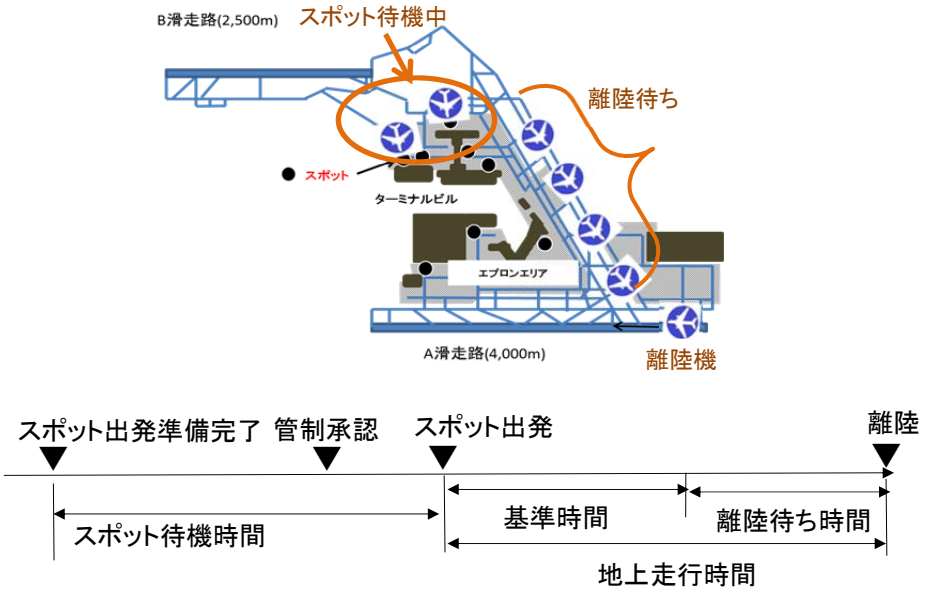
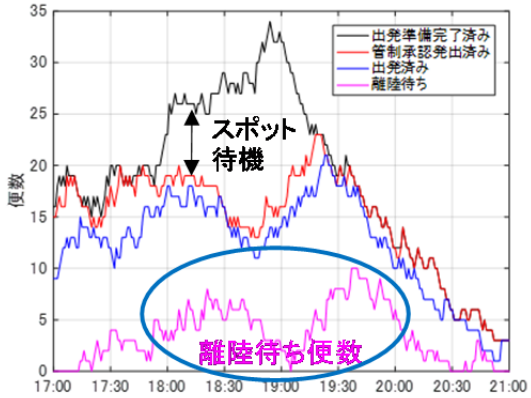
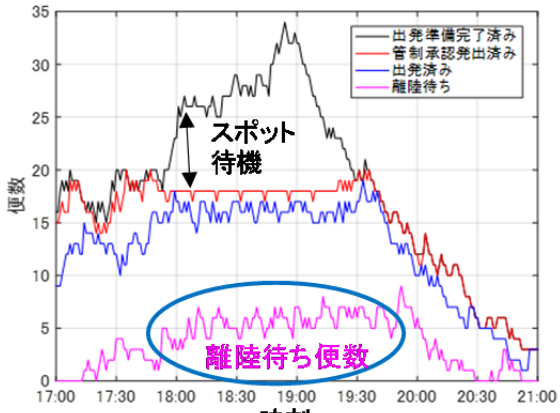


図１．４．２０　　スポット待機から離陸までのイメージ及び時間経過図）
（上図：スポット待機及び離陸待ち航空機のイメージ　下図：時間経過図）

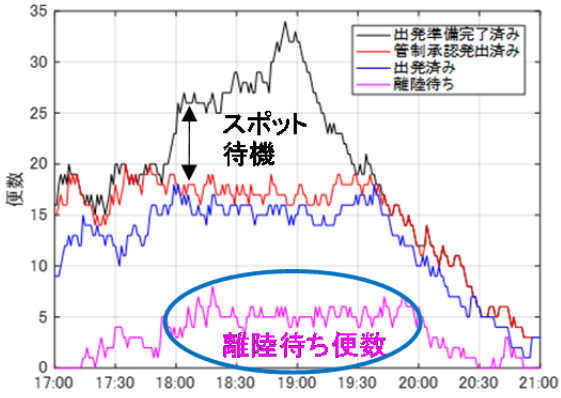
（図１．４．２０（下図）の説明）
スポット待機時間：スポット出発準備完了時刻からスポット出発時刻まで
離陸待ち時間：　スポット出発から離陸までの地上走行時間のうち基準時間を超えた時間
基準時間：　各スポットと各滑走路の組合せ毎に算出した空港面の混雑によらず要する地上走行時間の平均値として、あらかじめ求めた時間



(a) 現状模擬



(b) 仮定1



(c) 仮定2

図１．４．２１　　出発便の交通量の時刻変化

（説明）

SPID 運用していなくスポット出発時刻調整をしている日を対象に各条件からシナリオを作成してシミュレーションした結果をもとに、各時刻での A 滑走路への出発便の各状態の便数を求め折れ線で結んだものである。

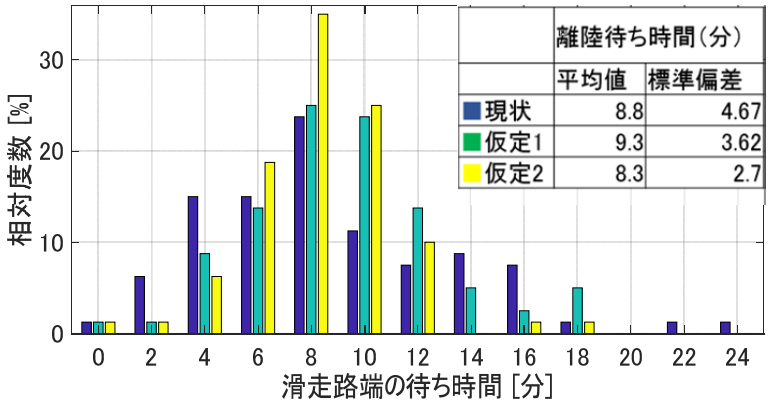
- (a) 現状模擬：現在成田空港で実施しているスポット出発時刻の調整が行われた場合
- (b) 仮定１：現状と出発準備完了時刻は同じで、離陸時間間隔と同じペースでスポットを出発するようにスポット出発時刻を調整した場合
- (c) 仮定２：現状と出発準備完了時刻は同じで、離陸時間間隔と同じペースで滑走路端での行列に並ぶように基準時間を考慮してスポット出発時刻を調整した場合

出発準備完了済み便数：出発準備完了を通報済みであり、かつ離陸していない状態である便数

管制承認発出済み便数：出発管制承認を発出済みであり、かつ離陸していない状態である便数

出発済み便数：スポットを出発済みであり、かつ離陸していない状態である便数

離陸待ち便数：スポット出発後、基準走行時間だけ経ており、かつ離陸していない状態である便数



（条件）　・時間帯：17:34～20:04　　・対象機数：80 便
・使用滑走路：成田空港Ａ滑走路

図１．４．２２　　滑走路端の離陸待ち時間の相対度数分布

（説明）
滑走路端の離陸待ち時間の相対度数分布を示す。現状、仮定１、仮定２で平均値はほぼ同じであるが、ばらつきを示す標準偏差が、現状と比較して仮定１、仮定２につれ改善していることが読み取れる。

成果の公表

□山田他：“航空機位置情報等を用いた出発走行時間の予測手法”、平成 29 年度（第 17 回）電子航法研究所研究発表会講演概要、pp.55-60、2017 年 6 月.
□住谷他：“成田空港の出発時刻調整による空港面交通の混雑緩和の検証”、電子情報通信学会技術研究報告　SANE2017-32、pp.21-26、2017 年 8 月.
□山田他：“空港面の混雑緩和のためのスポット出発時刻調整の適用条件に関する考察” 第 55 回飛行機シンポジウム講演集、2F12、JSASS-2017-5157、2017 年 11 月.
□山田：“空港面の混雑緩和のためのスポット出発時刻調整の適用条件に関する考察”、第 5 回首都圏空港の協調的運用 WG 成田分科会　資料、2018 年 2 月.

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、前年度までに製作したモードA/C質問送信機を利用して、モードA/C機監視機能に係る監視覆域広域化の検証等実環境評価を行う。 －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、タワー管制業務の要件並びにカメラ、監視システム、HMI等のシステム要件を洗い出し、プロトタイプシステムの制作を行う。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、ENRI 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１．４．２３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１．４．２４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 A/C 機(モード A/C トランスポンダのみを装備)」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。

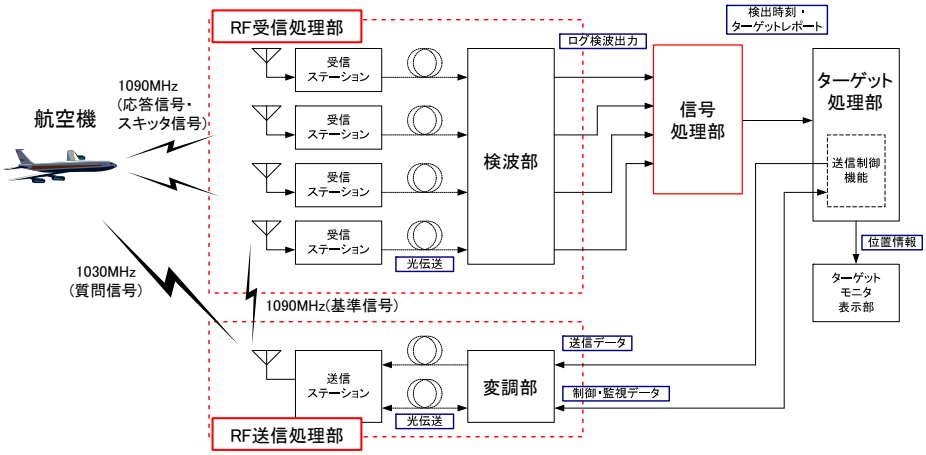


図１．４．２３　OCTPASS 装置の構成概要

図１．４．２４　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 29 年度の研究内容

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１．４．２５)。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。

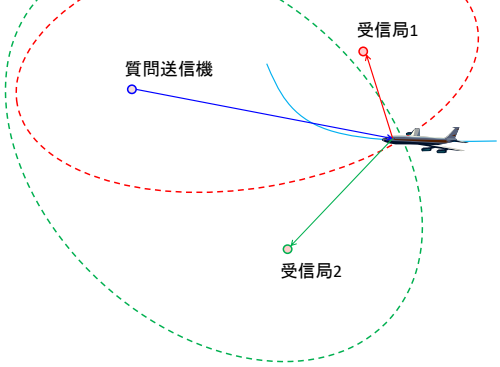


図１．４．２５
レンジング(測距)による楕円測位

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。モード A/C 信号の受信は、モード S の信号形式に比べて複雑ではないが、それ故、信号数が輻輳する環境において、一般的には信号の検出や信号毎の識別が困難になる。また送信側におけるモード A/C 質問は、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。このことも受信信号毎の識別を困難にする一因となる。受信信号を RF レベルで直接光伝送する方式を採用した OCTPASS の場合、複数の受信局で得られる同一送信元の信号をグループ化する処理に優れており、このような状況でも比較的容易にモード A/C 信号の識別が可能である。

具体的なモード A/C 機対応としては、受信側の信号処理部におけるモード A/C 応答信号の処理機能の追加、送信側の変調部におけるモード A/C 質問信号の生成機能の追加が必要である。前年度までの新たな機能追加として、これらの装置におけるモード A/C 信号対応化を実施しており、本年度は主に送信処理部において追加の無線局免許を取得し、仙台空港内の評価環境を用いたモード A/C 機監視において、楕円測位による評価を実施し、監視覆域の広域化の検証を行った。

平成 29 年度の研究成果

新たな機能追加の結果として得られた、仙台空港から南西方向に出発したある航空機におけるモード A およびモード S の楕円測位航跡を図１．４．２６に示す。従来同一送信元の信号のグループ化が困難であったモード A/C 質問に対する応答の受信においても、航空機毎に適切に識別し、楕円測位航跡の計算が可能となっている。モード S による楕円測位航跡と比較すると、ほぼ同等の性能で空港周辺の監視が可能であることが確認できた。

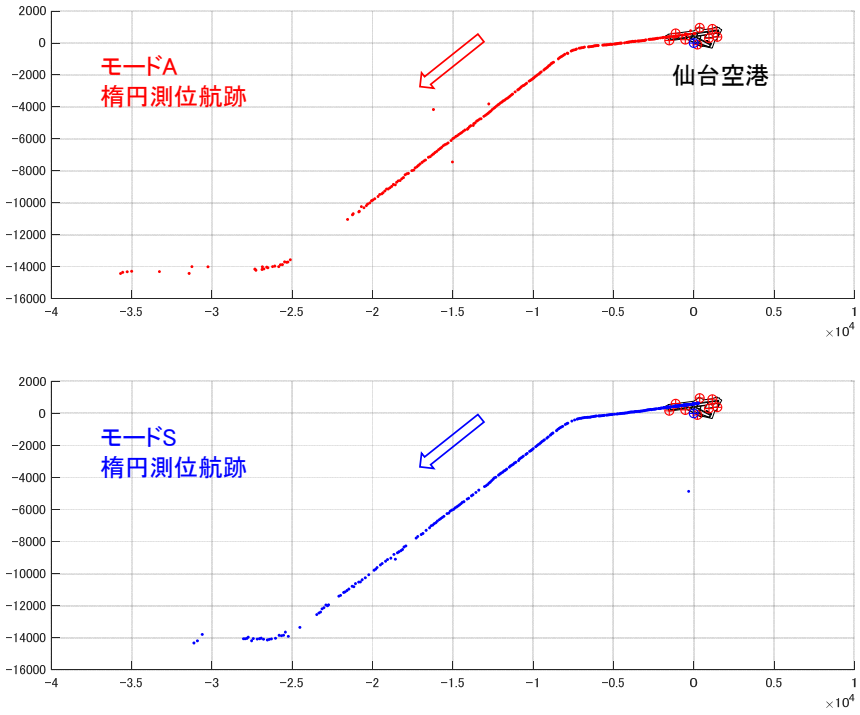


図１．４．２６　ある出発航空機のモード A およびモード S 楕円測位航跡例

成果の公表

□　角張　泰之，古賀　禎，“航空機監視システムと光ファイバ無線の応用，”電子情報通信学会　光応用電磁界計測研究会，仙台市，2017 年 9 月

□　角張　泰之，古賀　禎，本田　純一，松永　圭左，宮崎　裕己，“光ファイバ無線を用いた航空機監視システムの楕円測位実験，”電気学会　電子・情報・システム部門大会，高松市，2017 年 9 月

□　Y. Kakubari, Y. Kosuge, T. Koga, “ADS-B latency estimation technology for surveillance performance assessment,” ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC2017), Tokyo, Japan, Nov. 2017

□　Y. Kakubari, N. Yonemoto, “MMW Mobile Terminal Positioning using Remote Receivers,” IEEE Conference on Antenna Measurements and Applications (CAMA2017), Tsukuba, Japan, Dec. 2017

○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 29 年度の研究内容

□タワー管制業務要件調査

□運用に必要な各システム要件洗い出し及び設計
（カメラ、監視センサ、表示・操作系 HMI）

□EUROCAE 活動参加、規格策定

平成 29 年度の研究成果

□タワー管制業務要件調査

遠隔型の空港業務支援のためのシステムコンセプトはカメラと監視センサ、それらを繋ぐネットワーク、そして業務に使用するシステムとその HMI で構成される。新たにタワー管制業務をリモート化するにあたり、業務を運用するための機能やシステムの仕様を明確化する必要がある。特に操作系の HMI 周りは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となる。そこで本研究では、千葉工業大学のデザイン科学専攻の山崎研究室との研究協力により、ユーザ中心の設計（デザイン）手法を取り入れながら、リモートタワーの業務の最適な HMI の検討を開始した。本年度は主に、知識の専門性が高いタワー管制業務について、業務アウトラインを専門家以外にブレークダウンできるようにタスクの分析と整理を実施し、タスクガイドとしてドキュメントを作成した。また先行しているリモートレディオシステムに合わせて、システムのプロトタイプを作成し、航空局の協力のもとユーザ実験を試行、分析結果に基づき HMI 作成のためのガイドラインを作成した。

図１．４．２７　リモートタワーシステム制御卓（HMI）イメージ

□運用に必要な各システム要件洗い出し及び設計
　本項目では、主に 3 つの研究開発トピック（映像システム、監視センサ、表示・操作系 HMI）があり、3 つのトピックを統合して試験用システムを構築した。映像システムの部分においては、映像品質（解像度、伝送容量、伝送遅延、フレームレート、夜間性能）及び、映像データからの動体検知性能（連続性や誤認識率）等の評価を実施した。基本的な性能基準は EUROCAE MASPS ED-240 の仕様をクリアしたものとした。プロトタイプシステムはこれら MASPS をクリアしたうえで、解像度やフレームレート等は幅広い条件に対応できるようにシステムを構築した。夜間性能については、統一的な要求性能や基準はまだないが、カメラの性能比較を実施し、ノイズやコントラストバランスなどの視認性について確認し評価を行った。また実用化を想定し、カメラの効率的な設置や高い整備性をもったシステムとするためにキャリブレーション方式の開発を行った。さらに、システムとして監視センサ情報を映像に統合し、航空機の検知の精度向上や拡張現実型の情報表示機能の作り込みを実施し、性能の評価を開始した。監視センサは MLAT システムを基本とし、実用化にむけて柔軟なシステム構成の検討を開始した。表示・操作系 HMI は上述のとおりである。
□EUROCAE 活動参加、規格策定
　EUROCAE の WG-100 ではリモートタワーの最低技術要件である MASPS の議論が行われており、会議に参加し、技術要件の策定に参加している。今年度は Visual Sensor tracking に関する要件を ED-240A として策定する議論を行っており、これらの議論に参加、策定に貢献した。
　また、海外動向調査として、導入を予定している国のリモートタワーのデモシステムの視察やリモートタワー展開の目的等の調査を実施した。

成果の公表

□S. Inoue, Y. Fukuchi and K. Yamazaki, “Designing the Remote Aerodrome Flight Information Service Systems Interface base on Human Centered Design Approach”, Proceeding of Applied Human Factor and Ergonomics 2017, Los Angeles, CA, USA , July 2017.
□井上 諭, ブラウンマーク, 角張泰之, “遠隔型空港支援システムの開発”Translog2017,
□S. Nagata, S. Inoue and K. Yamazaki, “Proposal of UI design in Remote AFIS (Aerodrome Flight Information Service)” Proceeding of 1st International Conference on Intelligent Human Systems Integration, 7-9 Jan. 2018, Dubai, United Arab Emirates.

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、前年度まで実施した航空路監視技術高度化の研究で構築した実験システムへの機能付加を行うとともに、要素技術の基礎評価を実施する。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）をベースとした自動位置情報伝送監視（ADS-B）への移行が計画されている。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 29 年度の研究内容

□ADS-B 脆弱性対策技術の基礎試験

□補完用 WAM 技術の基礎試験と実験装置機能付加(改修)

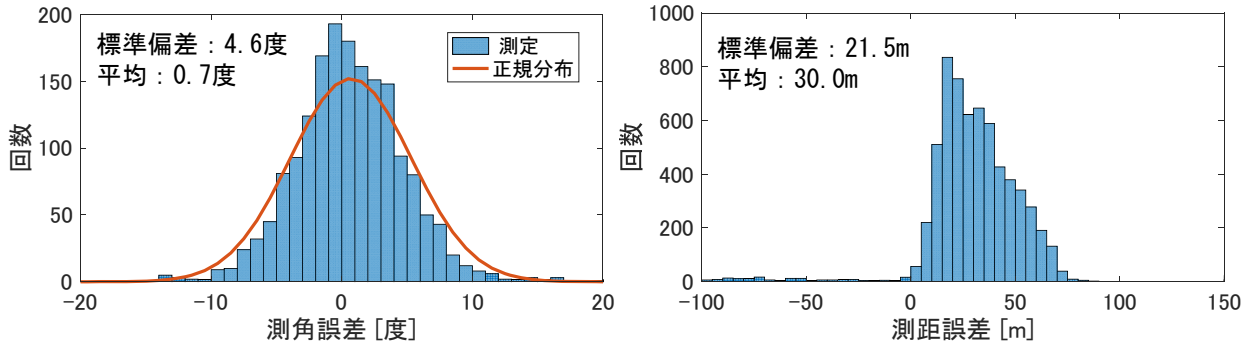
平成 29 年度の研究成果

□ADS-B 脆弱性対策技術の基礎試験

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や偽情報に弱いという課題がある。基礎試験では、セクタ型アンテナを利用した偽情報への対策技術と、アレーアンテナを利用した妨害電波への対策技術について評価した。

(1)セクタ型アンテナを利用した到来角推定および距離推定

ADS-B 信号の到来方向を推定できる場合、これを ADS-B 信号が含む航空機位置と比較することで、信号の内容が正しいか検証が可能となる。さらに、地上受信局から航空機までの距離を推定できる場合も、ADS-B 信号の正しさを判定できる。当所の ADS-B/WAM 実験装置は、セクタ型アンテナを具備しており、振幅比較モノパルスと同様な処理を適用することで信号到来角の推定が可能である。また、実験装置は質問信号の送信機能を持つため、応答までの時間を測ることで距離の推定も可能である。基礎試験では、飛行実験時に収集したデータをオフライン処理することで、到来角推定と距離推定を行った。図１．４．２８(a)に到来角誤差の分布（標準偏差 4.6 度）を、図１．４．２８(b)には距離の誤差分布（標準偏差 21.5m）を示す。これらの結果から、おおまかな到来角と距離が推定できており、本方式による ADS-B 信号検証の可能性が確認できた。今後は、本方式を利用した偽情報判定の評価を実施する計画である。



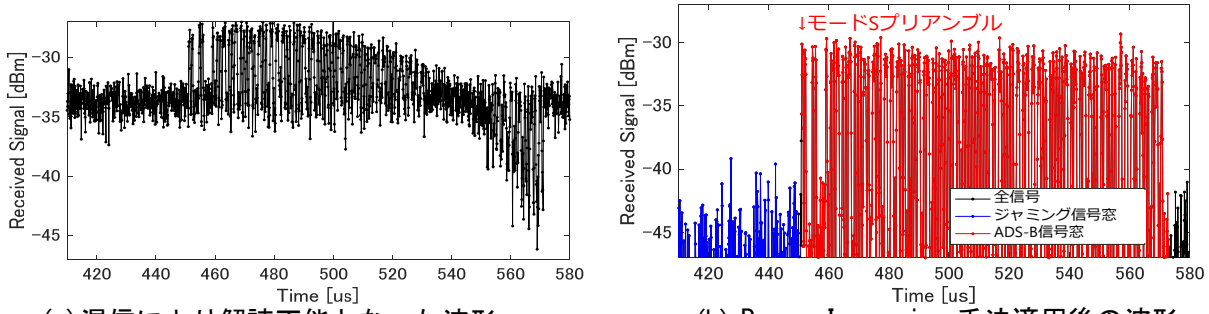
(a)到来角誤差の分布　　(b)距離誤差の分布

図１．４．２８ セクタ型アンテナを利用した到来角推定および距離推定の評価結果

(2)アレーアンテナを利用した妨害電波除去および到来角推定

アレーアンテナでは、指向性を動的に制御できる。この特徴を活用して、妨害電波の方向にはヌルを向ける（アンテナ指向性の落ち込む方向を各アンテナ素子の重み付けで制御する）ことで、妨害電波がある場合にも ADS-B 信号を継続して受信できるようになる。試験方法として、電波無響室に実験装置を構築して、妨害電波と ADS-B 信号を同時に送信し、それを 4 素子アレーアンテナで受信した。図１．４．２９(a)に、妨害電波と ADS-B 信号が混信して解読不能となった波形を示す。ジャミング信号の特性を推定したのち、その到来方向に対して信号強度に比例したヌルを形成する手法（Power Inversion）を適用した。図１．４．２９(b)に、本手法を適用した結果を示す。赤色は ADS-B 信号と判定された部分であり、先頭のモード S プリアンブルが確認できるなど、波形の復元に成功していることが分かる。

また、同様の環境において ADS-B 送信源のみを用い、受信アレーを回転させながら到来角推定を実施した。到来角の推定には、到来角ごとに信号の強さを調べる Capon 法を適用した。図１．４．３０に、到来角誤差の分布（標準偏差 1.9 度）を示す。理想的な分布ではないが、到来角の推定ができており、本方式による ADS-B 信号検証の可能性が確認できた。本結果を踏まえて、今後は推定精度を高めるためのアルゴリズムの検討等を進める計画である。



(a)混信により解読不能となった波形　　(b) Power Inversion 手法適用後の波形

図１．４．２９　アレーアンテナを利用した妨害電波除去の評価結果

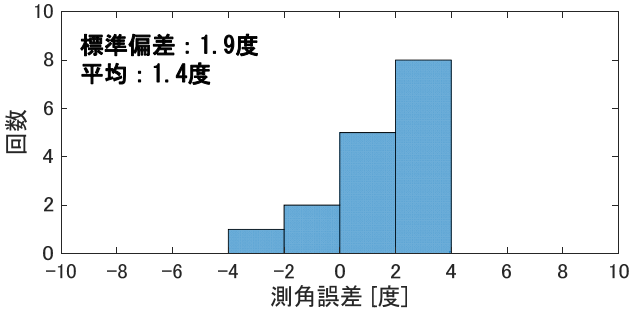


図１．４．３０　アレーアンテナを利用した到来角推定の評価結果

□補完用 WAM 技術の基礎試験と実験装置機能付加(改修)

(1)ルビジウム発信器の時刻同期試験

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、ルビジウム発信器が挙げられる。基礎試験では、ルビジウム発信器を利用した場合の時刻同期について評価した。評価方法として、2 台のルビジウム発振器の同期がはずれた後に、時間差の変化を計測した。図１．４．３１に試験結果を示す。時間差は、10 時間後に 30 ナノ秒(バイアス)であり、この値は GPS 時間誤差の 2 倍程度の値であるため、本方式による WAM 受信局間時刻同期の可能性が確認できた。本結果を踏まえて、今後は発生したバイアス時間差を判定する手法を評価する計画である。

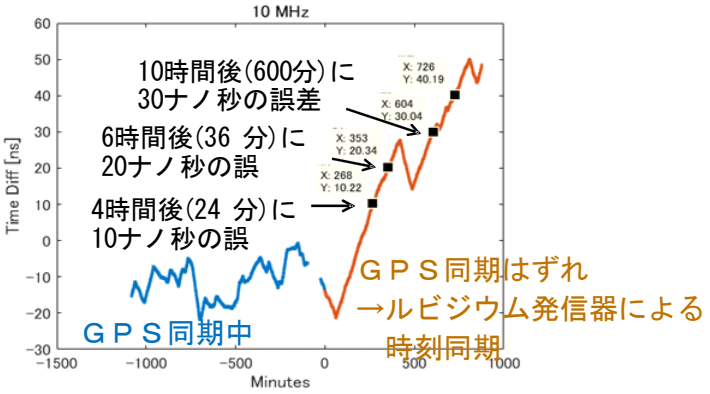


図１．４．３１　ルビジウム発信器を利用した場合の時刻同期の評価結果

(2)セクタ型アンテナの改修

前項で述べたとおり、セクタ型アンテナを利用して信号の到来角を推定することが可能である。WAM による航空機位置算出において、信号検出時刻差に信号到来角を併用することで、測位機能を強化することができる。測位原理上、航空機の 3 次元位置を求めるには最低 3 つの観測値(受信局 4 局)が必要である。一方、到来角を観測値として加えた場合、受信局 1 局を追加することと同様の効果が得られるため、受信局数の削減が期待できる。この効果を得るには信号到来角の高い推定精度が要求されるため、セクタ型アンテナに推定精度を向上させるための改修を加えた。今後は、本改修適用後のセクタ型アンテナに対して、到来角の推定精度を評価する計画である。

成果の公表

□J. Naganawa, H. Miyazaki, H. Tajima, “Detection Probability Estimation Model for Wide Area Multilateration,” Integrated Communication Navigation and Surveillance Conference 2017, pp. (2B1-1)-(2B1-15), Herndon, VA, Apr. 2017.
□長縄, 宮崎, 田嶋, “WAM 受信局配置設計に向けた検出率予測モデル,” 平成 29 年度（第 17 回）電子航法研究所研究発表会講演概要, pp. 1-4, 2017 年 6 月.
□H. Miyazaki, “Evaluation Results of Passive Acquisition Technique.” ICAO APANPIRG SURICG/2, SURICG/2-IP24, Ulaanbaatar, Mongolia, Jun. 2017.
□H. Miyazaki, T. Otsuyama, “Status Update on Measurements Based on RF Measurement Guidance Material.” ICAO SP ASWG TSG/5, ASWG TSG WP05-13.2, Paris, France, Jun. 2017.
□長縄, 宮崎, 田嶋,“広域マルチラテレーションにおける信号検出状況を考慮した測位誤差分布のモデル化,” 電子情報通信学会 技術研究報告, SANE2017-36, pp. 43-48, 2017 年 8 月.

□長縄, 宮崎, 田嶋, “WAM 受信局配置設計に向けた性能予測モデル,” 航空保安システム技術委員会 航空交通管制システム小委員会, (一財) 航空振興財団, 2017 年 8 月.
□長縄, 宮崎, 田嶋, “WAM 受信局配置設計に向けた性能予測モデル,” 航空無線, (一財) 航空保安無線システム協会, Vol.93, pp.26-32, 2017 年 9 月.
□長縄, 田嶋, 宮崎, 古賀, “セクタ型アンテナを用いた測角による ADS-B 偽航跡対策の検討,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-2-12, 2017 年 9 月.
□宮崎, 小菅, 田中, “バイアス誤差を同時推定する TDOA 測位方式の評価,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-2-24, 2017 年 9 月.
□H. Miyazaki, T. Otsuyama, “Update on Measurements Based on RF Measurement GM.” ICAO SP ASWG/6, SP-ASWG6-WP11, Montreal, Canada, Oct. 2017.
□C. Chomel, J. Naganawa, T. Koga, H. Miyazaki, Y. Kakubari, “Jamming and Spoofing Protection for ADS-B Mode S Receiver through Array Signal Processing,” ENRI Int. Workshop on ATM/CNS (EIWAC 2017), Tokyo, Japan, Nov. 2017.
□J. Naganawa, H. Tajima, H. Miyazaki, T. Koga, and C. Chomel, “ADS-B Anti-Spoofing Performance of Monopulse Technique with Sector Antennas,” 2017 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications, pp.87-90 Tsukuba, Japan, Dec. 2017.
□宮崎, 小菅, 田中, “TSOA 及び TDOA 測位間での監視覆域拡大の比較,” 電子情報通信学会 技術研究報告, SANE2017-98, pp.71-76, 2018 年 1 月.
□H. Miyazaki, T. Otsuyama, J. Naganawa, “Investigation of RF Measurement Methods Which Should Be Included in GM.” ICAO SP ASWG TSG/6, ASWG TSG WP06-20, Fort Lauderdale, FL, Jan. 2018.
□宮崎, 小菅, 田中, “バイアス誤差を同時推定する TDOA 測位方式,” 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J101-B No.3, pp. 264-275, 2018 年 3 月.
□H. Miyazaki, K. Matsunaga, A. Senoguchi, T. koga, “SSR Mode S DAPs Validation and Evaluation conducted by ENRI.” ICAO APANPIRG SURICG Mode-S DAPs WG/1, DAPs WG/1-IP/10, Chendgu, China, Mar. 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	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、既存のインフラの調査、スケジューリング手法の設計、および新運航の検証を行う。等

○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 29 年度の研究内容

□既存のインフラやシミュレーション環境の調査

□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

□新運航の検証

平成 29 年度の研究成果

平成 29 年度は、航空機の拡張型到着管理システムの調査を実施し、羽田空港向けに提案するための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、航空機監視応用システムである FIM と経路角を固定した継続降下運用である FPA 降下の検証を行った。

□既存のインフラやシミュレーション環境の調査

ドイツ航空宇宙研究所（DLR）と共同研究契約を締結し（2017 年 11 月）、DLR-ENRI セミナーを開催して日欧における拡張型到着管理システムの調査および相互運用性を考慮したコンセプト設計を実施した。これは、世界初の日欧が連携する航空管制システム設計プロジェクトである。具体的には、SESAR PJ25 XSTREAM プロジェクトと連携し、パリ CDG、オルリー、 チューリッヒ、ヒースロー、ガドウィックの 5 つの空港に到着する航空交通流を管理するシステムの設計と 2017 年に実施した試験運用の性能分析方法を、羽田空港に導入するシステム設計やその性能分析の参考とする。また、CARATS オープンデータなどを活用し、羽田空港に到着する航空交通データに基づく統計モデルと分析結果を、欧州のシステム設計に還元する。羽田空港に離着陸する航空交通流のデータ分析結果の一例を図１．４．３２に示す。これは、2016 年 1 月から 2017 年 11 月までの交通流データより、羽田空港に離着陸する航空交通量の平均値と最大最小値を時間ごとに比較したグラフである。2016 年の 1 日あたりの平均到着機数は 611.7 機であったのに対し、2017 年は 619.4 機と国際線の便数が増加している。この他に、離陸空港や機種などのデータ、飛行時間のばらつき、BADA モデルを活用したトラジェクトリ予測などにより、データモデルの作成を継続している。さらに、理化学研究所の京コンピュータを利用した航空交通シミュレータを連携研究課題である『堅牢な輸送システムモデルの構築と社会システムにおける最適化の実現』で構築し、2019 年以降の新しい空域設計や経路を模擬したシミュレーションデータの作成・分析に活用できるようにシミュレーション環境を整えた。

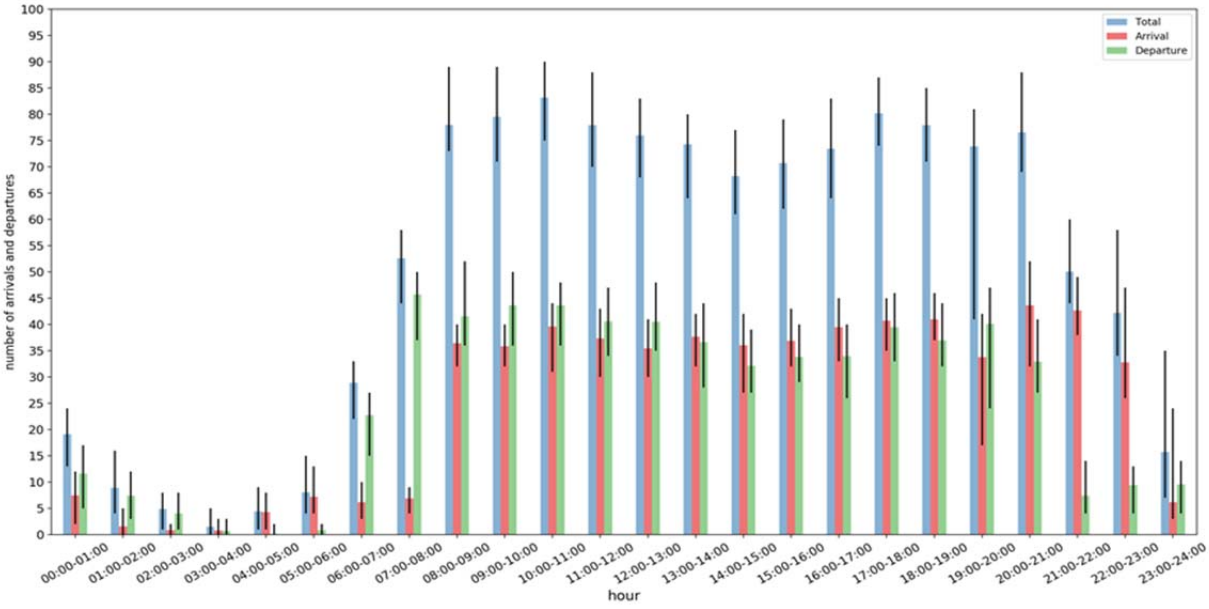


図１．４．３２

羽田空港に離着陸する平均機数と最大最小値の比較（2016 年 1 月から 2017 年 11 月の統計値）

□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

・FIM（航空機監視応用システム）

2017 年 6 月に 2 回開催された CARATS 監視アドホック 2 において、FIM を羽田空港に適用した場合の性能、安全性、燃料効率を評価した研究成果を発表した。さらに、ICAO AIRB 会議に参画し、ICAO ASA マニュアル（Doc9994）の第 3 章（Description, Environment, Benefits of A-IM）を作成した。また、ENRI が研究開発した SPICA という FIM の評価シミュレータを京コンピュータに実装し、羽田空港に到着する航空交通流に適用した場合の時間間隔づけ性能を評価した。図１．４．３３に結果の一例を示す。機種や風の影響などを考慮した大規模シミュレーションの結果、シミュレーション開始時には６０秒程度あった遅延時間が改善され、平均約３秒のエラー範囲で理想の通過時刻を達成することが確認できた。

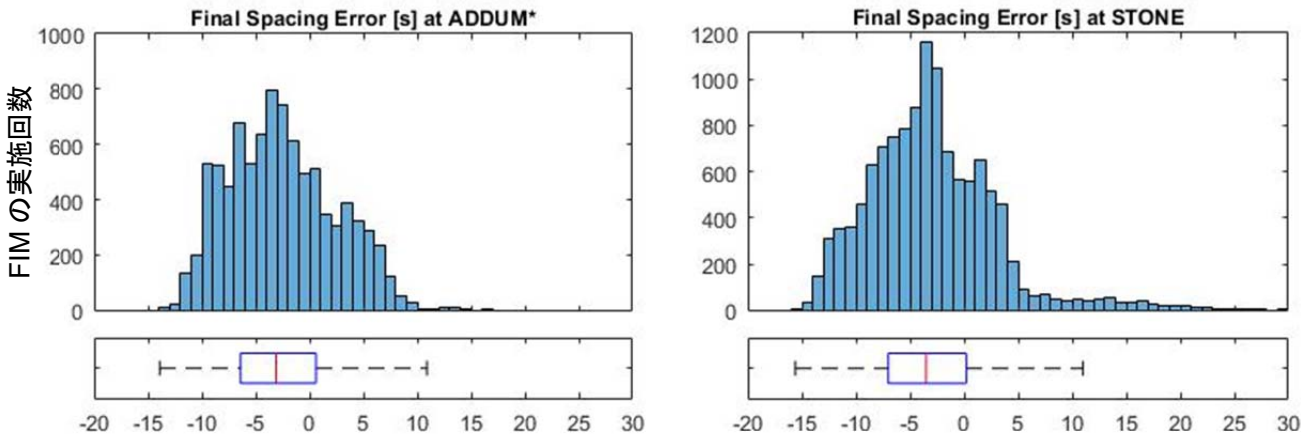


図１．４．３３ FIM を羽田空港への到着航空交通に適用した場合の理想の通過時刻からのエラー範囲

□新運航の検証

・FPA 降下（経路角を固定した継続降下運用）

FPA 降下について、日本のエアライン、ボーイング社、ジェプセン社、ブランシュワイクエ科大学と連携し、実用化に向けた検証を行った。

経路角を固定して継続的に降下する FPA 降下が、航空機の改修をせずに運用可能であるか、パイロットのワークロードは許容されるか、また従来の運用と比較して燃料効率のよいフライトを実現できるかを、エアラインの所有する B777 および B787 型機のフライトシミュレータを利用して評価した。結果の一例を図１．４．３４に示す。太平洋上にある SMOLT というウェイポイントから羽田空港 RW34L に到着する飛行ルートを飛行する 6 パターンの飛行（RV#3: レーダーベクター、RTA#2: RTA 機能の利用、PDS#3: 減速を加えた継続降下運用、FPA: FPA 降下、FPAS: 減速を加えた FPA 降下）を仮定し、燃料消費量および飛行時間を比較したところ、管制指示（レーダーベクター）による降下などと比較し、１飛行あたり 500～1000 ポンドの燃料消費量削減が確認できたため、FPA 降下は遅延を調整しながら燃料効率のよい降下を実現することがわかった。

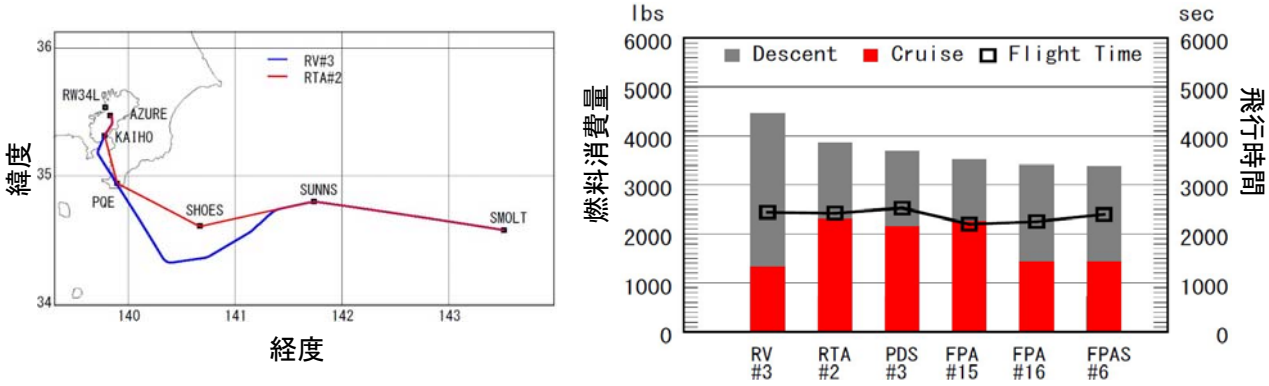


図１．４．３４ 燃料消費量の比較（B787-8 の例）

さらに、ジェプセン社とブランシュワイクエ科大学との国際共同研究を実施し、GBAS と協調する FPA 降下の運用コンセプトを提案した。航空機の改修をせずに既存の FMS を活用して実施できる FPA 降下のコンセプトと FPA 降下による燃料消費量削減効果を示したことが米国ボーイング社から高い評価を受け、同社が主催するエコデモンストレータープロジェクトに参画した。これは、日本の航空管制分野の研究において、史上初である。2018 年 3 月に米国モーゼスレイク空港において、B777 型機のエコデモンストレーターによる FPA 降下の実証実験を実施した。実運用を視野に入れた FPA 降下運用を実現するため、ジェプセン社と共同で FPA 降下専用のフライトチャート（図１．４．３５）を作成し、エコデモンストレーター（B777-200 型機）による実験を行った。

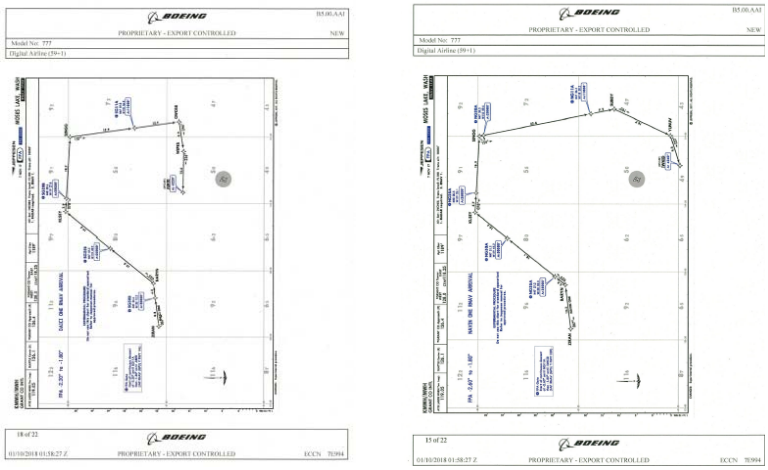


図１．４．３５ ジェプセン社と共同で作成したFPA降下用のフライトチャートの例

成果の公表

☐ E.Itoh and T.Otsuyama, “ICAO Manual on Airborne Sueveillance Applications (3 sections on the description, environment, benefit of A-IM)”, ICAO AIRB Working Paper, August 2017.
☐ 伊藤 恵理, “ASPA-IMの研究開発動向”, CARATS 監視アドホック2, 2017年6月
☐ 伊藤 恵理, “ASPA-IMトライアル報告”, CARATS監視アドホック2, 2017年6月
☐ 伊藤 恵理, “ASPA-IMの実用化に向けて”, CARATS監視アドホック2, 2017年6月
☐ 大津山 卓哉, “ASPA-IM基準策定状況”, CARATS監視アドホック2, 2017年6月
☐ N.K.Wickramasinghe, E.Itoh, D.Toratani, J.Westphal, H.Schoniger, T. Feuerle, M. Stanisak, P. Schachtebeck, S. Fukushima, S. Saito, T. Yoshihara, “Feasibility Study on Efficient Arrival Operations via the Integration of Fixed-Flight Path Angle Descent and GBAS Landing System”, Proc. of 36th Digital Avionics Systems Conference, June 2017.
☐ N. K. Wickramasinghe, E. Itoh, D.Toratani, J.Westphal, H.Schoniger, T. Feuerle, M. Stanisak, P. Schachtebeck, S. Fukushima, S. Saito, T. Yoshihara, “A Conceptual Approach for Efficient Arrival Operations via the Integration of Fixed-Flight Path Angle Descent and GBAS Landing System”, Proc. of EIWAC 2017, November 2017.
☐ T.Riedel, E.Itoh, T. Tatsukawa, M. Takahashi, “Investigating Aircrafr Speed Control Logics for Interval Management targeting Arrival Traffic to Tokyo International Airport”, Proc. of The 2017 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology
☐ T. Riedel, E. Itoh, T. Tatsukawa, M. Takahashi, “Preliminary Study on Interval Management for Improving Aircraft Speed Command Behavior”, 第55回飛行機シンポジウム講演集, 2017年11月
☐ 伊藤 恵理, 大津山 卓哉, “航空機監視応用システム(ASAS)と地上の連携による到着管理について”, 第55回飛行機シンポジウム講演集, 2017年11月
☐ その他 複数件の口頭発表(ENRI-DLRセミナー, ENRI-Jeppesen-TUBSセミナー, ENRI-Jeppesen-TUBS-NASAセミナー)

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、SWIMによる新たな運用方式の導入に向けて、米他海外システムとの実証試験を実施するとともに、異種システム間の情報交換技術の開発を行う。 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 29 年度の研究内容

□FF-ICE/1 検証実験と空地統合 SWIM 検証実験の実施
□空地情報共有システムアーキテクチャと情報交換技術の提案

平成 29 年度の研究成果

□FF-ICE/1 検証実験と空地統合 SWIM 検証実験の実施

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）の検討が進められている。FF-ICE は、離陸前の段階（Pre-Departure Phase、FF-ICE/1）と離陸後の段階（Post-Departure Phase、FF-ICE/2）に分けられる。ICAO では、2020 年以後適用可能な国から FF-ICE/1 を導入することを目指しており、関連する規定の改訂が予定されている。一方、改訂により、隣接 FIR 間での管制機関間での連携、関係者に与える影響、並びに新旧システム混在への対応などが懸案事項としてあがっており、事前検証が必要となっている。

平成 29 年度は、米国連邦航空局（FAA）と共同で FF-ICE の検証実験（FF-ICE/1 検証実験と空地統合 SWIM 検証実験）を実施した。電子航法研究所は、日本側の実験システムを開発して、新たな運用方式の検討や標準情報交換モデルの改善に参画した。FF-ICE/1 検証実験は平成 29 年 8 月、FF-ICE/2 の基本試験としての空地統合 SWIM 検証実験は、平成 30 年 3 月に実施された。両実験とも、米国フロリダにある FAA の試験施設と我が国を含む参加各国の実験システムとを接続し、検証が実施された。

FF-ICE/1 検証実験

本実験では、主としてネットワークインフラ検証とサービス検証を行った。

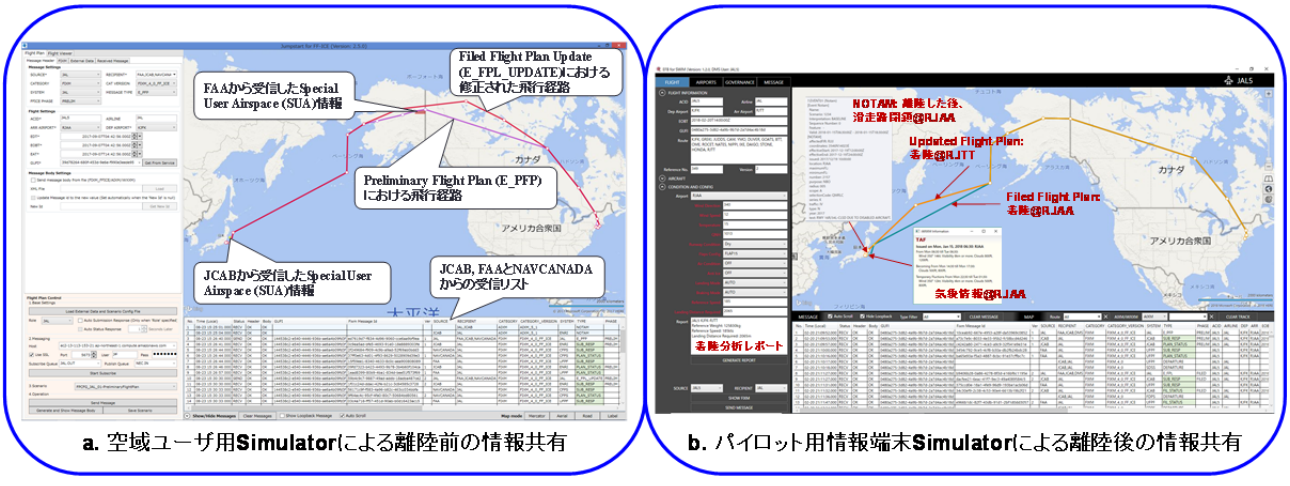
ネットワークインフラ検証では、SWIM による FF-ICE 運用環境で重要な役割を果たすメッセージングインフラや標準情報交換モデルなどの検証を行った。また、日本電気株式会社と共同開発したクラウドサービスに基づいた SSL VPN（Secure Sockets Layer Virtual Private Network）を検証した。異なるユーザの運用環境に対して柔軟な接続サービスを提供することが可能となり、現状よりも情報セキュリティを向上させながら多くの利用者（ステークホルダー）と情報共有できることを確認した。

サービス検証では、FF-ICE 運用方式の導入に向けて、FAA との連携により、必要な SWIM サービス、FF-ICE 飛行計画の作成ルール、離陸前 ATM サービス提供者と空域ユーザ間の運用プロセス、飛行計画に関するメッセージの処理手順などの実環境下での運用シナリオを検討し、その機能を検証した。

これらの検証結果は、ICAO における FF-ICE/1 Implementation Guidance の作成に貢献し、航空運航サービスの発展に寄与する。

空地統合 SWIM 検証実験

本実験では、離陸後の飛行機と地上 SWIM の間で情報を共有するため、空地情報交換の基本機能や性能を検討し、模擬システムにより検証実験を行った。AAtS（Aircraft Access to SWIM）による空地情報交換を実現するため、航空機ごとの関連情報を管理・提供できるデータ管理サービス（DMS: Data Management Service）と機上から地上の DMS にアクセスできるパイロット用情報端末シミュレータを開発した。これにより、各航空機がセキュアな通信方式により、様々な情報の中から、自分に関係する情報のみ受信できることを検証した。今後、軌道ベース運航（TBO: Trajectory Based Operation）を実現する際に、高精度な情報制御を提供することが可能となる。



a. 空域ユーザ用**Simulator**による離陸前の情報共有　　**b.** パイロット用情報端末**Simulator**による離陸後の情報共有

図１．４．３６　FF-ICE/1 検証実験（左図）と空地統合 SWIM 検証実験（右図）

□空地情報共有システムアーキテクチャと情報交換技術の提案

SWIM の導入により、地上システム間だけではなく、空地間で様々な情報を共有することが可能となる。これらの情報共有により、より高精度かつ高安全な運航が可能となる。

一方、機上と地上システム間でシームレスな情報交換を実現するため、異なる通信環境や情報種類に対して、適切な通信方式やサービス品質やセキュリティの自律的な判断が求められている。

本研究では、サービス指向型空地情報統合システムアーキテクチャと情報交換技術を提案した。また、提案技術の有効性を確認するため、広域メッセージングサービス（EMS: Enterprise Messaging Service）の概念に基づいて空地データレイヤを構築した。これにより、データリンク機能のサービス化、航空機ごとの高精度な情報制御が容易に実現できる。平成 29 年度は、空港面通信システム・AeroMACS を空地通信媒体として地上走行実験を実施し、AeroMACS を用いた AAtS の有効性を確認した。空地通信媒体の実機を利用して FF-ICE メッセージの情報交換に成功したのは世界初である。

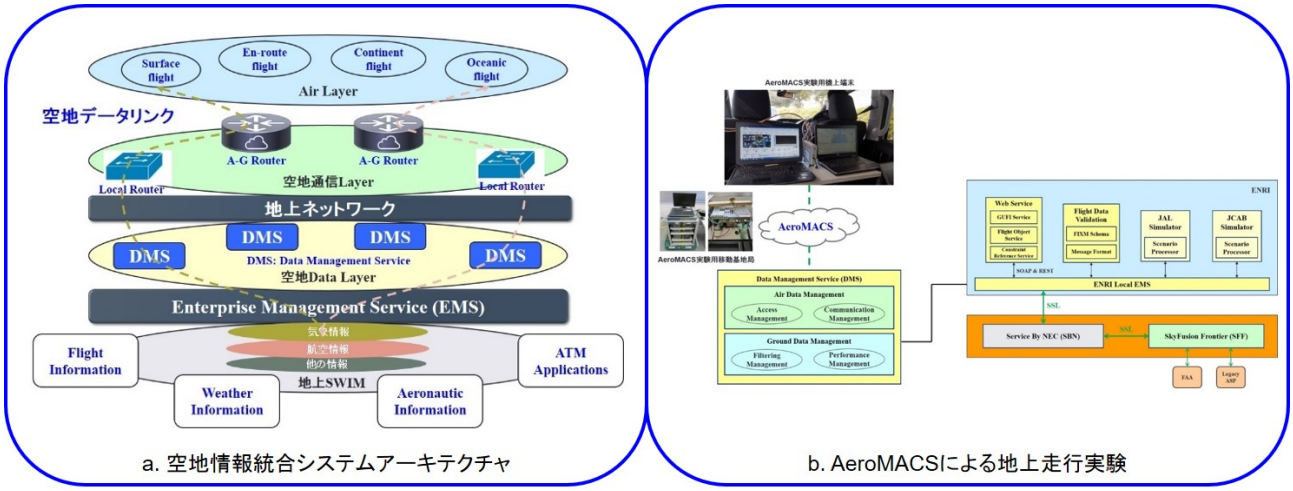


図１．４．３７　空地情報共有システムアーキテクチャ（左図）と地上走行実験（右図）

成果の公表

- X.D. Lu, “International and Regional Coordination for FF-ICE/1 Validation,” ICAO APAC SWIM TF/1, Bangkok, Thailand, May 2017.
- 呂　暁東, 古賀　禎, 住谷　泰人, 塩見　格一, “SWIM のコンセプトによる監視情報ドメイン構築に関する検討,” 電子航法研究所研究発表会, 2017 年 6 月。
- 呂　暁東, “FF-ICE/1 検証実験の進捗状況,” CARATS 第 27 回情報管理検討 WG, 2017 年 7 月。
- X.D. Lu, “IIH&V Validation #1 Lab Exercise - Report from Japan,” IIH&V Validation #1 Lab Exercise, NexGen Test Bed, USA, Aug. 2017.
- 呂　暁東, “FF-ICE/1 検証実験の報告,” CARATS 第 28 回情報管理検討 WG, 2017 年 9 月。
- X.D. Lu and T. Koga, “SWIM Concept-Oriented Information Integration for Air Traffic Surveillance,” IEEE Proc. of GCCE2017, Nagoya, Japan, Oct. 2017.
- X.D. Lu, T. Koga and Y. Sumiya, “Coordinated Validation for SWIM Concept-Oriented Operation to Achieve Interoperability,” EIWAC 2017, Tokyo, Japan, Nov. 2017.
- T. Nakada and X.D. Lu, “R&D Challenges Toward Integrated ATM Information Management,” GANIS 2017, Montreal, Canada, Dec. 2017.
- 呂　暁東, “SWIM による航空交通情報システムの研究開発について,” NEC 出前講座, 2017 年 12 月。

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利用技術の開発と性能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のシステム開発を行う。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 29 年度の研究内容

□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。

□AeroMACS 利用技術開発、性能評価

AeroMACS プロトタイプを用い、利用技術についての開発、評価を行う。

□空地通信技術の適用範囲拡大システム開発

空地通信技術の適用範囲拡大について、AeroMACS 技術を用いた開発を行う。

平成 29 年度の研究成果

□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）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。

□AeroMACS 利用技術開発、性能評価

AeroMACS 利用技術開発の一環として、実用化を推進するため、CARATS 通信関連の計画のもとで、航空用通信事業者との共同研究を昨年度に引き続き実施している。この研究に基づき、実際の大規模空港環境下においてプロトタイプを性能確認し、利用技術及び利用可能性を検討するための基礎性能評価試験を行った。試験結果は、通信事業者と共著で様々な学会・講演会において公表された。図１．４．３８に、当該試験の実験結果例を示す。図１．４．３８は、東京国際空港の国際線ターミナルに 2 基、同ターミナルを見渡せる国内線ターミナルに 1 基の計 3 局の AeroMACS 基地局と専用アンテナを配置し、地上車両に AeroMACS 端末を搭載して走行の実証実験を行った結果得られた通信速度である。図中の青色は通信速度が速く、赤色は通信速度が遅いことを示している。図に示す通り、最大のダウンリンク（グラフ中 DL）速度は 7Mbps 以上を示しており、アップリンク（グラフ中 UL）速度でも最大 3Mbps 以上を示していることがわかる。この共同研究で行った性能評価の結果、大規模空港の地上車両において AeroMACS を有効に利用できることが証明され、通信事業者の実用化への展開に寄与すると共に、CARATS の「将来の通信装置」における AeroMACS の地上通信システムについては、意思決定年次を 3 年前倒しすることとなった。

なお、今回の実験により空港建物に近いボーディングブリッジ直下に通信し難いスポットが何箇所かあることを確認できており、この対策を今後検討する予定である。

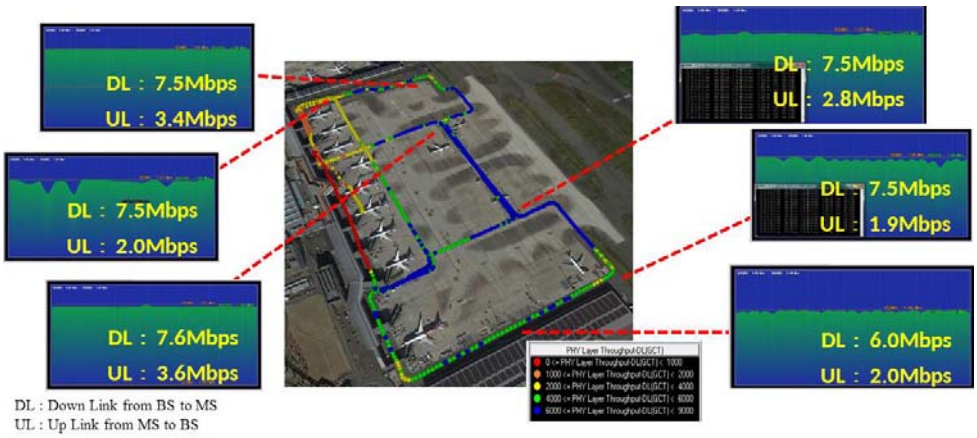


図１．４．３８　東京国際空港における通信事業者との共同実証実験結果

（2017 Integrated Communications, Navigations and Surveillance（ICNS）Conference より）

また、AeroMACS 利用技術の性能評価では、研究所内 SWIM 研究と連携したアプリケーションの評価・実証に着手した。図１．４．３９は、実験室内の環境下において弊所の AeroMACS プロトタイプと実験用 SWIM システムを配置、連接し、SWIM 情報（飛行情報交換メッセージ）との通信実験に成功した状況を示している。図の右側が AeroMACS 端末であり、研究所内に配置した AeroMACS 基地局経由で SWIM 情報を取得している。端末と接続した左側の PC 画面には SWIM 実験システムから提供しているリアルタイムの飛行に関する情報が取得、表示できていることを確認した。また、この実験システムを車両に搭載し、車両走行時の環境下での実験を行いはじめており、今後の発展が期待される。

図１．４．３９　AeroMACS プロトタイプと実験用 SWIM システムの連接による SWIM 情報の表示

□空地通信技術の適用範囲拡大システム開発

新たな適用範囲拡大として、上空を含む航空機上における AeroMACS 技術の利用をめざし、通信距離を延長するための指向性アンテナを含むシステム開発を行った。これと並行し、航空機において AeroMACS 利用の性能評価を行うための無線実験局免許取得に向けた調整を行った。平成 30 年度は実験無線局が発行される見込みであり、その後、性能評価を行う予定である。

LTE 商用通信を実験用の VHF 帯周波数において飛行中に利用した場合の性能評価を、実験用航空機「よつば」を用いて、一般向け通信事業者との共同研究で行った。これにより、飛行中の一般商用向け通信性能の基礎技術資料を取得でき、今後、飛行中の空地通信技術応用などの発展性が期待できる。この結果は学会等において、通信事業者と共著で報告した。

成果の公表

□住谷　泰人,“航空用無線通信システムの現状”，電子情報通信学会技術報告, 2017 年 4 月
□Y.Ouchi, et.al, “ AeroMACS Field Trial at HANEDA Airport” ,2017 Integrated Communications, Navigations and Surveillance (ICNS) Conference, Virginia, USA, April 2017.
□S.Hanatani, et.al, “AeroMACS Field Trial at Haneda Airport for Next Generation Mobile IP-data Network”, ICAO CP WGI, Montreal, CANADA, May 2017.
□森岡 和行他, “実験用航空機と AeroMACS プロトタイプシステムを用いた高速移動時における基本通信性能評価”, 電子情報通信学会技術報告, 2017 年 7 月
□Y.Ouchi, et.al “AeroMACS Field Trial at Haneda Airport”, データリンクフォーラム東京, 2017 年 7 月.
□J.Naganawa, et.al, “Antenna Configuration Mitigating Ground Reflection Fading on Airport Surface for AeroMACS”, IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications, Tsukuba, JAPAN, December 2017.
□T.Yada, et.al, “Field Trials for Air-to-Ground Direct Communication Using LTE on VHF Band”, IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications, Tsukuba, JAPAN, December 2017.
□K.Morioka, et.al, “5GHz Ground-to-Air Communication Link by AeroMACS in High-speed Movement Scenarios”, IEEE Asia Pacific Conference on Communications, Perth, AUSTRALIA, December 2017
□N.Yonemoto, et.al, “Mitigation Criteria of AeroMACS against the interference signal level from the various radio system using co- or adjacent channel in 5GHz band”, ICAO FSMP WG, Mexico City, MEXICO, February 2018.
□森岡　和行他, “プログラマブル SoC と広帯域トランシーバを用いた再構成可能な統合型航空通信端末に関する一検討,” 電子情報通信学会 2018 年総合大会,2018 年 3 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２９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 29 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２９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 29 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 60 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 29 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 271 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	２７１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	１６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	１６８名
うち電子航法に関する研究開発等	８７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
水素燃料電池船ガイドライン	国土交通省 海事局	平成 30 年 3 月
固体ばら積み貨物の国内運送技術要件	国土交通省 海事局	※改定準備中
港湾の施設の技術上の基準	国土交通省 港湾局	平成 30 年 4 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

※固体ばら積み貨物の国内運送技術要件については、国土交通省海事局において、平成 30 年中に関連告示の改定準備中である。

（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 840 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、リモートタワーに係る勉強会、宇宙天気情報の航空利用に関する勉強会、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 41 名を 18 の研修コースに講師として派遣した。研修には合計で 441 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 10 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いる放射性物質等海上輸送技術顧問会では、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に際して技術基準適合審査を実施しており､研究所職員も技術顧問として委嘱されている｡平成 29 年度は、低レベル放射性廃棄物運搬船としての基準適合性について審議を行い、技術基準適合審査に貢献した。

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２９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２９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」を平成 28 年度に策定し、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た。

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た。

港湾空港技術研究所においては、平成 30 年 3 月に業務継続計画、地震等発生時の初動対応マニュアル及び災害対策本部設置マニュアルを改正し、緊急災害対策派遣隊マニュアルを別途策定した。

（２）被災地への研究者の派遣

①スリランカ国ごみ処分場堆積物崩落に対する研究者派遣

平成 29 年 4 月 14 日に、スリランカ国コロンボ市北東部コロンナワのミートタムッラごみ処分場でごみ山の崩落火災が発生し、死者 32 名、負傷者 11 名、被災者約 1782 名の人的被害、住宅損壊多数（スリランカ国政府情報 4 月 24 日時点）という大きな被害をもたらした。日本国政府は、スリランカ国政府からの要請を受け、国際緊急援助隊専門家チームと独立行政法人国際協力機構（JICA）の専門家等で構成する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森川領域長と地震防災研究領域の大矢主任研究官の２名が、４月１９日から２６日の期間で派遣され、コロンボ市で技術的支援にあたった。短的な対応として崩落現場を調査、さらなる堆

積物崩落の危険性を防ぐための対策をスリランカ国政府に助言を行い、中長期的な対応は廃棄物・ごみ処理問題対策の計画策定に向けて助言した。現地では関係省庁との意見交換を行うとともに２度の現場調査を実施。大統領、首相へ活動報告と併せて報告書を提出した。

これらの功績が認められ外務大臣から２名に感謝状が授与された。

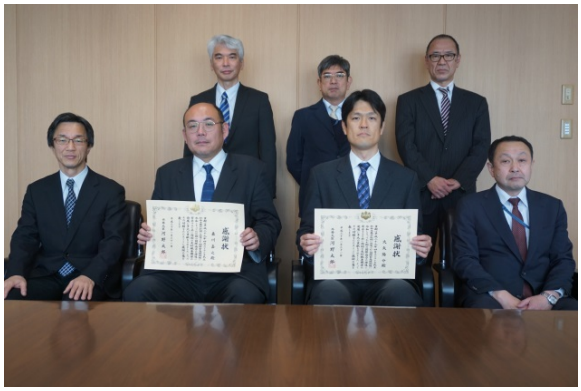


図１．５．１　スリランカ国ミートタムッラ処分場と外務大臣から授与された感謝状

②台風第 21 号

平成 29 年 10 月 16 日にカロリン諸島で発生した台風第 21 号は、21 日から 22 日にかけて日本の南を北上し、23 日 3 時頃、超大型・強い勢力で静岡県御前崎市付近に上陸した。台風はその後、広い暴風域を伴ったまま北東に進み、23 日 15 時に北海道の東に抜けた。この台風により新潟港及び伏木富山港の港湾施設が被災したことから、国土交通省北陸地方整備局新潟港湾空港技術調査事務所の要請を受けて 11 月 14 日から 15 日に港湾空港技術研究所の研究者２名を現地に派遣し、現地調査及び被災要因の分析等を実施した。

図１．５．２　台風第 21 号による被災状況

（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 29 年 11 月 8 日に情報伝達訓練及び災害対策本部設置訓練、11 月 9 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　災害対策本部設置訓練及び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 29 年度、運輸安全委員会より漁船転覆事故に係る事故原因解析の調査を請け負い、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。

【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２９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２９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 30 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「中堅・中小企業への橋渡し研究開発促進事業」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	１５９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	４６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	６２件
うち電子航法に関する研究開発等	５１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、海事クラスター共同研究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」（※）の活動を開始した。

研究参加者の代表によるプロジェクト運用会議の議長を当研究所理事長が務め、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た。

我が国の海事産業の持続的発展に不可欠な産学官の人財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、今後さらなる研究成果の最大化が期待できる。

※「実海域実船性能評価プロジェクト」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 月頃まで）の計画で研究を推進する予定。

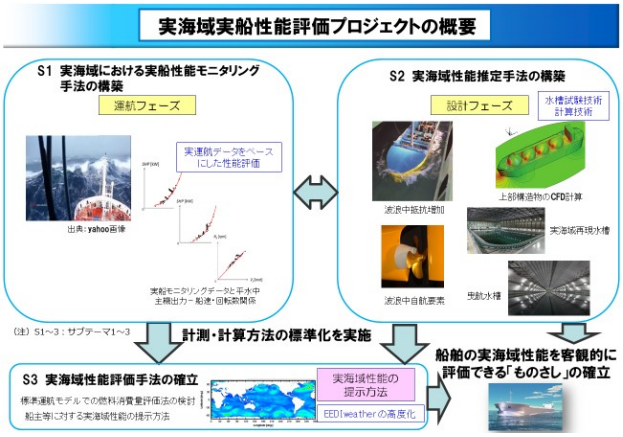


図１．５．４　実海域実船性能評価プロジェクトの概要

電子航法に関する研究開発等において、日本無線株式会社との「光ファイバ接続型受動型監視システムの遠隔クロック同期技術の基礎的研究」にて研究開発しているOCTPASSについては、総務省が実施する電波システムの海外展開の枠組みの中で、ベトナムのフーコック国際空港で実証試験を行う運びとなり、その実施に向けた現地サイトサーベイに協力するなど、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「RoFを利用したレーダ・通信システムの研究開発」では、電子航法研究所が開発評価した光ファイバ接続型のレーダや通信機器のアーキテクチャを技術移転し、滑走路異物監視装置や線路内障害物検出装置などの開発に活用され、実用化を目指して検討を継続している。滑走路異物監視装置に関しては、これまで開発した試作機の性能向上および成田空港内での実証実験を目的として新たに、総務省から「90 GHz帯協調型リニアセルレーダシステムの研究開発」として競争的資金を獲得する等、非常に大きな波及効果をもたらした。

（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29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		１３５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	１１７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	１４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29年度は電子航法研究所において表１．５．５のとおり2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29年6月開催の研究発表会にて、平成28年度に実施した案件に関する発表1件が行われた。平成29年度に実施した3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、平成30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
アジア・オセアニア地域における準天頂衛星L5S信号の性能評価	成功大学（台湾）
空域編成への数理計画法の適用の研究	筑波大学

（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 29 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	９１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	２１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	２３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 25 名との人事交流を行った。

さらに、客員教授、非常勤講師等として延べ 24 名の研究者を 16 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、6 大学へ派遣した 16 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、海外からの留学生を 3 名（フランス ENAC より 2 名、韓国 KAU より 1 名）国内からの研修生・インターン生 99 名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 29 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	４１７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	１４５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	２０１件
うち電子航法に関する研究開発等	７１件

表１．５．８　研究者派遣の実施件数

研究所合計	１２１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	１０５件
うち電子航法に関する研究開発等	１０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）の主査および副主査を担っており、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や幹事、幹事補佐、専門委員、顧問を務めた。特に、2017 年 11 月にマレーシアで開催された International Confernece on Space, Aeronautical and Navigation Electronics 2017（ICSANE2017）では組織委員会の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航空交通管理部門へ幹事補佐および委員を派遣し、第 55 回飛行機シンポジウムおよび年間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	
超小型舟艇の浮力要件に関する検討委員会	日本小型船舶検査機構
危険物等海上運送国際基準検討委員会　特殊貨物運送部会	（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	（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　危険物ＵＮ対応部会	（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　危険物ＵＮ対応部会	（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　危険物運送要件部会	（一社）日本海事検定協会
アルミニウム合金船委員会	（一社）軽金属溶接協会
ＩＳＯ／ＴＣ８５／ＳＣ６国内対策委員会ワーキンググループ１　遮蔽群定数タスクグループ	（一社）日本電気協会
目標指向型復原性基準に関する調査研究（目標指向型復原性プロジェクト）	（一財）日本船舶技術研究協会

航海設備近代化に伴う関連基準の検討に関する調査研究（次世代航海設備検討プロジェクト）	（一財）日本船舶技術研究協会
ガス燃料船・新液化ガス運搬船基準の策定プロジェクト	（一財）日本船舶技術研究協会
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）	（一財）日本船舶技術研究協会
ＧＢＳ検討会	（一財）日本船舶技術研究協会
標準部会	（一財）日本船舶技術研究協会
標準部会／ＬＮＧ燃料船ＷＧ	（一財）日本船舶技術研究協会
舟艇分科会	（一財）日本船舶技術研究協会
バルブ及びこし器分科会	（一財）日本船舶技術研究協会
航海分科会／船内電話ＩＳＯ規格検討ＳＷＧ	（一財）日本船舶技術研究協会
救命検討会／救命及び防火分科会	（一財）日本船舶技術研究協会
振動分科会	（一財）日本船舶技術研究協会
甲板機械及びぎ装分科会／小型高速艇用アルミニウム艤装品設計基準規格原案作成ＷＧ	（一財）日本船舶技術研究協会
環境分科会／ＥＧＣＳ排水監視ＷＧ	（一財）日本船舶技術研究協会
環境分科会／防汚塗料有効性審査のための試験方法ＩＳＯ作成ＷＧ	（一財）日本船舶技術研究協会
環境分科会／軸出力計測ＷＧ	（一財）日本船舶技術研究協会
電気設備分科会／陸電ＪＩＳ化検討ＷＧ	（一財）日本船舶技術研究協会
電気設備分科会／陸電装置に係る基準検討ＷＧ	（一財）日本船舶技術研究協会
漁船用石油製品規格委員会	全国漁業協同組合連合会
・港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する事例	
地震工学委員会 耐震基準小委員会	（公社）土木学会
コンクリート委員会 規準関連小委員会	（公社）土木学会
港湾の施設の維持管理技術マニュアル改訂検討会	（一財）沿岸技術研究センター
ゴム防舷材の設計法と試験法に関するガイドライン検討委員会	（一財）沿岸技術研究センター
洋上風力発電施設の構造審査基準に関する設計技術 WG	（一財）沿岸技術研究センター
港湾の施設の技術上の基準（施設編）検討委員会	（公社）日本港湾協会
港湾の施設の技術上の基準・同解説（調査編）検討委員会	（一社）海洋調査協会
鉄道コンクリート構造物設計標準に関する委員会	（公財）鉄道総合技術研究所
耐圧ポリエチレン管 JIS 原案作成委員会	日本プラスチック工業連盟
ISO 耐圧ポリエチレン管標準化委員会	日本プラスチック工業連盟
道路用非鉄スラグ JIS 原案作成委員会	日本鉱業協会

（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た。平成 29 年度においては、新たに 3 法人と連携協定を締結し、さらなる交流や連携促進を図った。

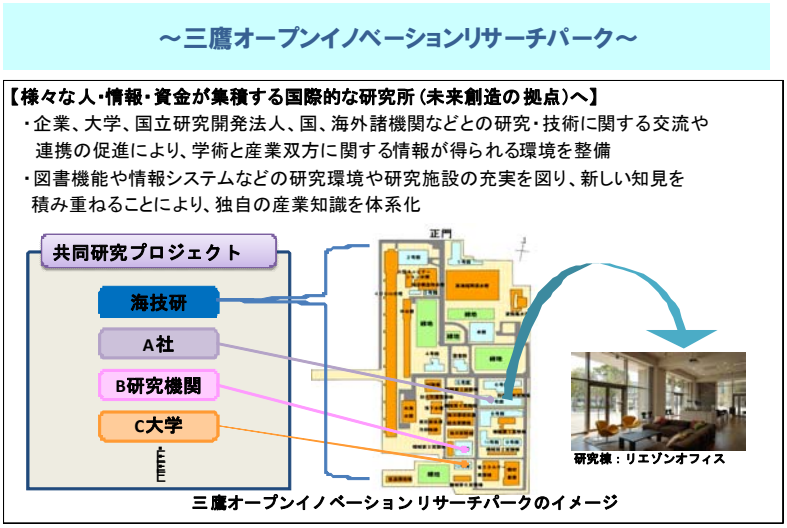


図１．５．５　三鷹オープンイノベーションリサーチパーク

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、地元造船業の技術力向上に寄与した。

その他、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 29 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、全国 4 か所（相生市、尾道市、今治市、長崎市）のサテライト会場においてもテレビ会議システムを利用して、同時受講し、あわせて 79 名の外部の方が参加した。

（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、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。

【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２９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２９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 29 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 29 年度）

出願	審査請求	特許取得
47 件	45 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 29 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 12 件、著作権（プログラム）の使用許諾に関する実施が 54 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 40 百万円、著作権収入は 35 百万円の収入があった。

表１．５．１１　平成29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
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】	－	－
8	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
9	外板展開方法及び外板製造方法【特許権】	H22.10.1	4596394
10	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
11	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
12	小型ダクト付きプロペラ及び船舶【特許権】	H25.3.29	5230852
13	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
14	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】	－	－
15	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】	－	－
16	ＧＵＩを用いた船体周り構造格子生成プログラム（HullDes）【著作権】	－	－
17	格子性能機能を備えた最適化プログラム（AutoDes）【著作権】	－	－
18	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】	－	－
19	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】	－	－
20	荷重-構造一貫解析のための外板及びタンク内壁への自動格子生成プログラム（NMRI-DESIGN-PRE プログラム）【著作権】	－	－
21	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（NMRIW）【著作権】	－	－
22	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（NMRIW）及び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のためのグラフィックユーザーインターフェースソフト（ＮＭＲＩＷ－ＧＵＩ）【著作権】	－	－
23	要目最適化プログラム（HOPE Light）【著作権】	－	－

24	プログラムＶＥＳＴＡ（実運航性能シミュレータ）【著作権】	－	－
25	ＵＮＩＴＡＳ【著作権】	－	－
26	外航コンテナ定期船航路可視化プログラム【著作権】	－	－
27	Janssen 法に基づく居住区船内騒音予測プログラム【著作権】	－	－
28	FLNG 挙動解析用ファイル【著作権】	－	－
29	日本近海の波と風データベース表示プログラム【著作権】	－	－
30	洋上空域における衝突危険度推定ソフトウェア【著作権】	－	－
31	補正情報生成プログラム他【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 29 年度分の褒賞金及び実施補償金として 13,910 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

29 年度より研究所全体の研修として、知財研修を実施した。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いる。今回は２部構成とし、第１部は各研究所の知財に関する体制、意思決定、評価に関する紹介を行いつつ、第２部では「ビッグデータ・IoT&AI と特許」に関する内容で講義を行い、活発な質疑応答が行われた。

また、研究者を対象にした特許検索研修として、研究計画立案時に検討する特許出願計画に必要な特許調査の必要性や調査方法についての講義及び既存特許の検索方法の実習からなる、より実践的な研修を実施した。

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。

④保有特許の利用促進

平成29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、マイクロウェーブ展、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。

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。

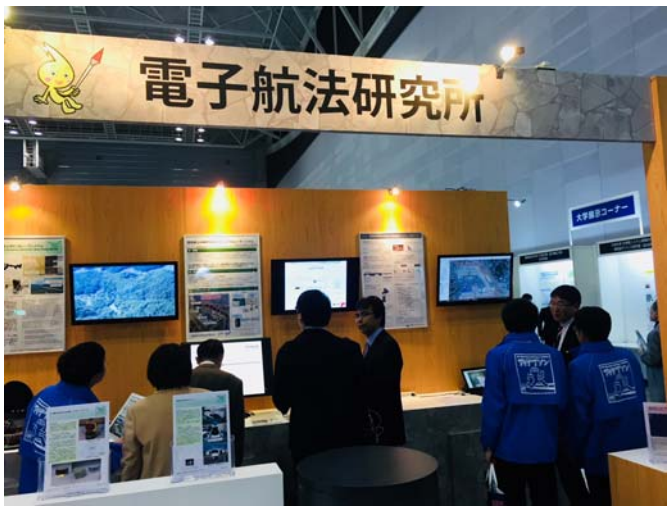


図１．５．６　電子航法研究所のマイクロウェーブ展の様子（平成29年11月29日～12月1日）

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いる。

（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２９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２９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２９年度中に研究発表会を８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 29 年 7 月 20 日､東京都千代田区のＪＡ共済ビルにおいて､第 17 回研究発表会を開催し、研究所に対する社会的要請や統合後の研究所の取組や新形式船舶動力と船舶由来の環境影響物質の評価、実海域性能評価と次世代 CFD、構造安全性評価、海上航行安全、海洋再生エネルギーと海洋開発支援など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、255 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 29 年 7 月）

②海上技術安全研究所講演会

平成 29 年 11 月 6 日、広島市のホテルグランヴィア広島において、第 17 回講演会を開催し、AI や IOT の海事産業への活用や取り組みを紹介したほか、特別講演として、国土交通省海事局の取り組み、自動車業界における安全運行、通信業界が船舶の自動運航に与える影響やサポート機能が果たす役割等についての講演を頂いた。講演会には、260 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 29 年 11 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 29 年 12 月 21 日に東京都内にお

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、当研究所の大和理事長から「うみそら研のＡＩ研究のこれから」と題する特別講演があった。講演会には約 200 名の聴講者があった。

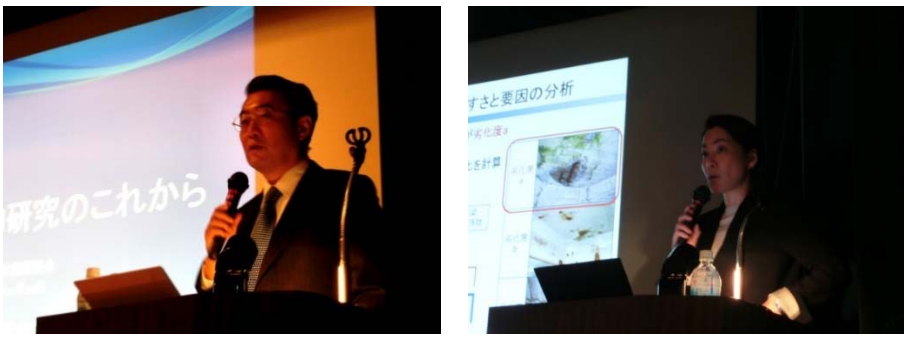


図１．５．９　港湾空港技術講演会の様子（平成 29 年 12 月）

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 29 年度は、全国 6 地域において開催し（北海道 11 月 21 日、宮城県 11 月 10 日、神奈川県 12 月 11 日、福岡県 11 月 21 日、沖縄県 8 月 3 日）、640 名の聴講者を得た。

図１．５．１０　港湾空港技術地域特別講演会の様子（平成 29 年 12 月）

⑤港湾空港研究シンポジウム

平成 30 年 1 月 12 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、120 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、早稲田大学の清宮理教授から「港湾施設での構造分野の技術開発」、一般社団法人ＦＬＩＰコンソーシアムの井合進理事長から「地震と液状化に関する研究動向」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 29 年 6 月 8 日から 9 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(4 テーマ)、航法システムに関する研究（4 テーマ)、監視通信システムに関する研究（6 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 1 件の発表及び 1 件のポスター展示が行われた。また、7 月に電子航法研究所設立 50 周年を迎えるにあたり、「50 周年特別記念講演」を行った。2 日間で延べ 432 名の来場者を得た。

図１．５．１１　電子航法に関する研究発表会の様子（平成 29 年 6 月）

表１．５．１２　その他の講演会等内訳

	開催日	件名	概要
1	H29.4.28	日立国際電気専門家対象セミナー	タイ国バンコクで開催された日立国際電気主催の専門家対象セミナーにて、ミリ波レーダとカメラによるハイブリッド滑走路用異物検出システムについて講演した。
2	H29.6.6	クアラルンプール国際空港セミナー	マレーシア国クアラルンプール国際空港で開催されたセミナーにて、ミリ波レーダとカメラによるハイブリッド滑走路用異物検出システムについて講演した。
3	H29.6.15	NPO 法人航空・鉄道安全推進機構講演会	NPO 法人航空・鉄道安全推進機構の講演会にて、次世代着陸システムである地上型衛星航法補強システム(GBAS)の概要について講演した。
4	H29.8.2	PSTEP サマースクール陸別 2017	太陽地球圏環境予測（PSTEP）サマースクール陸別 2017 にて、衛星航法に対する太陽地球圏環境の影響について講演した。
5	H29.9.20	AFTM Workshop	インドネシア国ジャカルタ市の Air Navigation Office で開催された AFTM Workshop にて、航空管制官作業負担計測のための手法である MMBB 法について講演した。
6	H29.10.16	国際ルールの策定と海事産業の持続的発展に向けたセミナー	日本船舶技術研究協会主催のセミナーにおいて、研究所職員が日本の海事産業と IMO の将来はどうなるかとのテーマでパネルディスカッションを行った。
7	H29.11.28	航空と環境ワークシ	東京大学福武ラーニングシアターで開催された航空と

		ョップ	環境ワークショップにて、緩い降下セグメントをもつ RNP to xLS 飛行方式の設計法について講演した。
8	H29.12.20	アドバンスト・コックピット研究会	東京大学本郷キャンパスで開催されたアドバンスト・コックピット研究会にて、静止衛星型衛星航法補強システム(SBAS)の最近の状況について講演した。
9	H30.1.18	京都大学情報学研究科通信情報システム専攻 2017 年度 7 回談話会	京都大学学術情報メディアセンターで行われた情報学研究科通信情報システム専攻談話会にて、民間航空機の運航を支援するための地球大気観測に関する研究の紹介を行った。
10	H30.2.23	第 11 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 ISO コーディネーター制度の活用について講演を行った。

表１．５．１３　出前講座及び特別講演内訳

	開催日	対象	概要
1	H29.4.20	天草マリン同志会	・2020 年からの SOx・PM 規制強化に関するセミナー
2	H29.10.8	東京海洋大学	・自律船に向けた取り組み
3	H29.12.7	鹿島港外国船舶安全対策連絡協議会	・外国船舶の海難事故に関する講演
4	H29.12.11	日本電気株式会社(出前講座)	・SWIM (System Wide Information Mangement)による航空交通情報システムの研究開発 ・軌道ベース運用に関する研究 ・リモートタワーに関連した研究
5	H30.1.15	国土交通省航空保安大学校本校（出前講座）	・マルチスタティックレーダによる航空機監視と性能評価に関する研究 ・最近の無人航空機の動向
6	H30.1.23	国土交通省航空保安大学校岩沼研修センター	・第 67 回総合特別研修講義　技術開発と評価試験
7	H30.2.2	（公社）自動車技術会疲労信頼性部門委員会	海洋での船体への負荷、船体構造の強度や安全性の考え方
8	H30.2.20	国土交通省大阪航空局鹿児島空港事務所（出前講座）	・ハイブリッド滑走路異物検出システム ・地上型衛星航法補強システム(GBAS) ・静止衛星型衛星航法補強システム(SBAS)
9	H30.2.28	消防大学校における CBERN 訓練	・放射線と放射線計測に関する講義
10	H30.3.1	次世代「5G」無線通信技術動	・Radio over Fiber を用いた到来電波測定による

		向セミナー	位置推定技術
11	H30.3.23	日本造船技術センター	・実海域推進性能～実海域船型学

図１．５．１２　大阪航空局鹿児島空港事務所出前講座の様子（平成 30 年 2 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、統合による新法人の発足と新たな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 29 年度においては、第 27 号（平成 29 年 4 月）で「気候変動の緩和策と適応策に沿岸生態系を活用する」、第 28 号（平成 29 年 7 月）で「過去の災害を教訓にレベルアップする津波研究」、第 29 号（平成 29 年 10 月）で「港湾計画の段階が勝負！地震に強い港湾を低コストで」、第 30 号（平成 30 年 1 月）で「濁った水中でも視界が得られるこれまでなかった装置が誕生！」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 29 年度分の活動内容を簡潔にとりまとめた「年次報告 2017」（日本語版）並びに「PARI Annual Report 2017」（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 116 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 29 年 6 月	波浪中自航試験
2	平成 29 年 9 月	極限状態における浮体と係留ラインの挙動に関する実験
3	平成 30 年 1 月	DP 教育訓練プログラムの有効性を検証するための実験
4	平成 30 年 3 月	舶用ディーゼルエンジンの燃焼特性および水素混燃ガスエンジンの性能評価 に関する実験
5	平成 30 年 3 月	油処理剤水中散布実験

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電子航法研究所、海上技術安全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 29 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、紙飛行機大会、造船・モノづくりのミニ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 29 年度の来場者数は、過去最高の 7,677 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１．５．１３　電子航法研究所、海上技術安全研究所の一般公開の様子（平成 29 年 4 月）

平成 29 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、「巨大津波を体験しよう」「地震の揺れを体感しよう」などの体験型の公開実験、「干潟にいる生き物に手で触れてみよう！」「建設機械シミュレーター体験！」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 1,085 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１．５．１４　港湾空港技術研究所の一般公開の様子（平成 29 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 29 年度における一般公開を除く施設見学者は、180 件（2,475 名）であった。

⑥ホームページ

平成 29 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。

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横須賀市こども防災大学への協力

横須賀市内の小学 5 年生の夏期の防災教育活動「横須賀市こども防災大学」の開催に協力した。平成 29 年 8 月に 2 グループ（37 名）を受け入れ、カリキュラム中の「液状化の実験・津波の実験」において、模型などを用いた体験学習を実施した。

図１．５．１５　横須賀市こども防災大学の様子（平成 29 年 8 月）

④小学生及び中学生の職場体験、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 29 年度は、近隣の三鷹市の小中学生 15 名を対象に施設見学・体験学習を行った。

図１．５．１６　三鷹市小中学生による体験学習等の様子（平成 29 年 6 月、平成 30 年 2 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。講座「波で絵を描く～未来の船を造る水槽実験～」では、高精度な水槽についてビデオ映像を交えながら解説し、講座「船を造る～造船研究に挑んで５０年～」では、造船にまつわる基本的な事柄を研究員の経験を交えながら分かりやすく解説し、地域貢献と研究活動の理解促進に寄与した。

図１．５．１７　三鷹ネットワーク大学の講座概要
（平成 30 年 3 月　三鷹ネットワーク大学 HP より）

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 29 年 10 月に港湾空港技術研究所に来所した同校の教員と生徒 22 名に対し、研究内容の説明や研究所の施設見学等を実施し、生徒の理数への関心の向上を図った。また、宮城県仙台第一高等学校の生徒の課題研究において、東日本大震災で石巻中心部を襲った津波を模型により再現し、対策案を考える試みを進めていたため、平成 29 年 7 月に港湾空港技術研究所に来所した同校の生徒 6 名に対し、生徒が作成した模型に対する助言や津波の再現実験を通じた解説を行い、生徒の理解の促進に努めた。

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 29 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 178 回の記事掲載があった。

図１．５．１８　大型水路を用いた実験の紹介（平成 29 年 11 月 15 日 新潟総合ﾃﾚﾋﾞﾆｭｰｽ）

⑧東京湾大感謝祭 2017

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 29 年 10 月に東京湾大感謝祭 2017 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、当研究所は東京湾シンポジウムで講演を行ったほか、「ブルーカーボン関係」のテーマで展示ブースを設け、子供連れの家族など多くの来場者に研究所の活動内容のＰＲを行った。

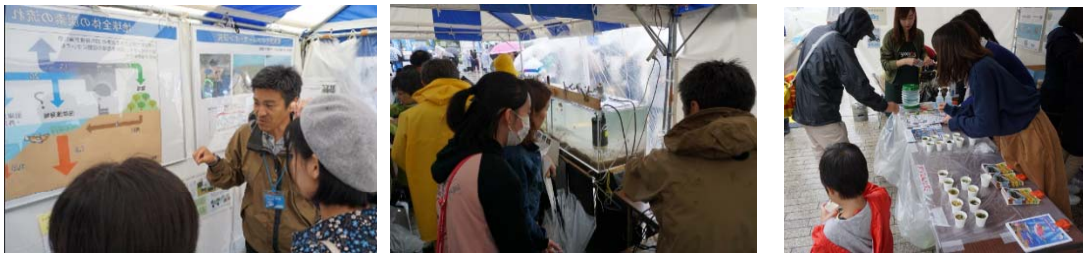


図１．５．１９　東京湾大感謝祭 2017 の様子（平成 29 年 10 月）

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 ROV、ソナーおよびその他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て学習することを目的として、平成 29 年 1 月に開催した。平塚新港において、三井造船株式会社及び株式会社キュー・アイから「ROV 体験講習」、日本海洋株式会社及び株式会社東陽テクニカから「マルチビームソナー及び音響カメラ等の体験講習」を行い、平塚商工会議所会館において、当研究所から「マシンガイダンスによる水中施工システム」、「港空研の水中音響映像システム公開実験ご紹介」と題する講習を行った。また、東京大学の巻俊宏教授から「我が国と海外の ROV.AUV の動向」東京大学の水野勝紀教授から「水中音響による水中環境・生体系の調査」の他、民間企業から５件の講習を行った。

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。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１．５．２０　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 2017 に参加し、実験用航空機（よつば）を公開するとともに、電子航法研究所紹介マンガの配布や、研究紹介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１．５．２１　空の日イベントの様子（平成 29 年 9 月）

⑫理科大好きフェスティバル 2017

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 29 年 10 月 14 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、電池やコンセント無しで使えるラジオの説明・体験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１．５．２２　理科大好きフェスティバル 2017 の様子（平成 29 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
1	OTC2017	アメリカ・ヒューストン 平成 29 年 5 月	ジャパンパビリオンにおいて、ホバリング型 AUV のチラシの配布と 海域試験の映像の紹介を行った。

2	バリシップ 2017	今治市・テクスポート今治 平成 29 年 5 月	船舶用燃料電池システムの動く模型、複数の AUV（自律型無人潜水機）の運用を可能とするオペレーション・システムの開発をジオラマや動画、小型船舶用操船シミュレーターでの操船体験、ぎょう鉄作業支援システムでの拡張現実（AR）体験及び船内騒音予測システムでの音源探査のデモ体験などを紹介した。
3	海洋都市横浜うみ博 2017	横浜市・大さん橋ホール 平成 29 年 8 月	海底熱水鉱床の模型とホバリング型および航行型 AUV の模型を組み合わせたジオラマ（立体模型）、AUV の潜水風景（映像）、海技研の主な研究の説明（パネル展示）、海技研の紹介（映像）などを行った。
4	ISME2017	江東区・東京国際交流館プラザ平成 平成 29 年 10 月	カタログ展示ブースにおいて、海技研のパンフレットを配置し、研究所及び研究内容の紹介を行った。展示に関して、主催の（公社）日本マリンエンジニアリング学会より感謝状が授与された。
5	JOGMEC テクノフォーラム 2017	千代田区・パレスホテル東京 平成 29 年 11 月	航行型 AUV の模型を展示し海底での探査等に適用可能な AUV 技術を紹介したほか、氷海や大水深海域等を対象とした技術や、海底鉱物資源を対象とした管内流評価技術などを紹介した。
6	海と産業革新コンベンション（海コン 2018）	横浜市・大さん橋ホール 平成 30 年 1 月	SIP ブース（内閣府・戦略的イノベーション創造プログラム）において、ホバリング型 AUV （実機、パネル）の展示を行った。

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２９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２９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 29 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、29 年度は、各種委員会に対して合計 38 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、47 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。

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 29 年度は、のべ 19 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、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）関係作業部会及び船舶設計・建造小委員会（SDC）の係船作業部会の議長、他の案件でも会期間通信審議グループ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。

・係船作業の安全に係る SOLAS 条約（海上における人命の安全のための国際条約）の改正案の策定等に貢献

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）において会期間通信グループ（CG）を設置した。海上技術安全研究所職員は、デンマーク代表とともにコーディネーターを務め、平成 30 年 1 月の第 5 回会合（SDC 5）に結果を報告した。

また、SDC 5 は作業部会を設置してこの CG の報告等について審議し、海上技術安全研究所職員が作業部会の議長を務め、SOLAS 条約の改正案をまとめるとともに、各種指針案の改正／策定を進めた。その結果 SOLAS 条約の改正案は基本的に合意され、今後さらに改正／策定が進められる各種指針案と併せて、海上安全委員会（MSC）に送付されることとなった。さらに、各種指針案のさらなる検討のため再度 CG が設置され、海上技術安全研究所職員が単独でコーディネーターを引き受け、係船作業の安全に係る SOLAS 条約の改正案の策定等に貢献した。

・第 10 回海洋立国推進功労者表彰（内閣総理大臣賞）を受賞

海上技術安全研究所の太田国際連携センター長は「世界初となる液化水素タンカーの国際基準化への貢献」により、で、第 10 回海洋立国推進功労者表彰（4 名 4 団体、うち海洋に関する顕著な功績分野（3 名 1 団体））を平成 29 年 8 月 28 日に総理官邸において受賞した。

国際ルールに未定義の新たな貨物を運搬する専用船の基準策定には、通常長い年数を要するが、液化水素タンカーに関する暫定勧告は、多くの締約国を有する IMO の場において、僅か 2 年という短期間で採択された。その間太田センター長は、会期間にメールベースで審議を進める通信グループのコーディネーターとして各国からの様々な意見をとりまとめるとともに、各国の理解を深めるため国土交通省と共同で IMO 本部においてワークショップを開催した。また、2016 年 9 月の第 3 回貨物運送小委員会においては、本安全基準を詳細に審議するために設置された作業部会の議長として強いリーダーシップを発揮し、IMO における暫定勧告の早期採択を実現した。

図１．６．１　海洋立国推進功労者表彰（内閣総理大臣賞）表彰式と内閣総理大臣表彰状

・国際海運の GHG（温室効果ガス）削減目標の策定における貢献

平成 28 年 10 月に開催された IMO 第 70 回海洋環境保護委員会（MEPC70）で国際海運から排出される GHG 排出削減に向けた今後の取組（削減目標や削減対策を含む。）を定める GHG 削減戦略を平成 30 年 4 月の MEPC72 で策定することが決定された。これを受け海上技術安全研究所で海運分野からの削減ポテンシャル分析を実施し、野心的かつ実現可能な数値目標の日本案策定に貢献した。平成 30 年 4 月に開催された MEPC72 で採択された「GHG 削減戦略」における GHG 排出削減目標はほぼ日本案に沿ったものとなった。

表１．６．１　IMO に係る会議参加数（19 人）

会議名	会議の目的	参加延べ人数
第 98 回海上安全委員会（MSC 98）	船舶設備小委員会の報告、義務要件の最終案等に係る審議	1
第 71 回海洋環境保護委員会（MEPC 71）	大気汚染全般・燃費報告制度・EEDI 等に係る審議	4
第 13 回 IMO/ITU 合同専門家会合（IMO/ITU EG 13）	GMDSS（海上における遭難及び安全の世界的制度）の見直し等に係る審議	1
第 4 回貨物運送小委員会（CCC 4）	固体ばら積み貨物運送基準等に係る審議	1
第 5 回船舶設計・建造小委員会（SDC 5）	係船装置の要件、復原性基準等に係る審議	2
第 5 回汚染防止・対応小委員会（PPR 5）	燃料油サンプリング・大気汚染・船舶からのブラックカーボンの排出規制・IBC コード等に係る審議	5
第 5 回航行安全・無線通信・捜索救助小委員会（NCSR 5）	e-Navigation 戦略実施計画（SIP）に基づく議題に係る審議	1
第 5 回船舶設備小委員会（SSE 5）	救命設備、揚荷装置、Ro-Ro 旅客船安全等に係る審議	4

(イ)ISO 及び IEC における活動

平成 29 年度は ISO の会議にのべ 14 名、IEC の会議にのべ 1 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。

・平成 29 年度国際標準化貢献者表彰（産業技術環境局長表彰）を受賞

海上技術安全研究所の構造安全評価系・村上基準開発グループ長は、標準化活動に優れた功績を有するとして、平成 29 年度工業標準化事業表彰のうち国際標準化貢献者表彰（経済産業省・産業技術環境局長表彰：21 名）を平成 29 年 10 月 23 日に受賞した。

・バルブや管に関する JIS 規格を国際標準に反映、国際競争力強化等に貢献

平成 23 年に ISO/TC8/SC3/WG13(金属性船用弁面間寸法)のコンベナーに就任し、プロジェクトリーダーとして、ISO17602（船舶及び海洋技術－フランジ管用金属製弁－面間寸法）の制定及び ISO 8277:2013（船舶及び海洋技術－配管及び機械－情報伝達）の改訂の作業を主導し、同国際標準に JISF 規格を反映した。

・他国からの諸提案に日本意見を反映すると共に適正化に貢献

ISO/TC8/SC3（配管及び機械）及び SC4（甲板機械及びぎ装）において、他国からの提案に日本意見を反映させるなど、諸提案の適正化及び日本の国際競争力確保に貢献した。

・スモールクラフト専門委員会の国内委員長として尽力

平成 28 年より ISO/TC188（スモールクラフト専門委員会）の国内対応委員会の委員長に就任以降、約 40 件の国際投票について国内意見を纏め、日本の意見として国際標準に適切に反映させるとともに、国際標準に対応した JISF の原案を短期間で取り纏め JIS 化の手続きを進めた。

図１．６．２　工業標準化事業表彰式とトロフィー

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（15 人）

会議名	会議目的	参加延べ人数
ISO/TC 8/SC 1 及び同作業部会	救命設備・サイバーセイフティー・火災安全・パイロットラダー	5
ISO/TC 8/SC 2	防汚塗料	1
ISO/TC 8/SC 8	プロペラキャビテーション	1
ISO/TC 8/SC 8/WG 12	貨物船振動	2
ISO/TC 8/SC 8/WG 14 日韓非公式会合	プロペラキャビテーション	1
ISO/TC 8/SC 1/WG 1	救命設備	1
ISO/TC 8/SC 8	高マンガン鋼	2
ISO/TC 292	海事セキュリティー	1
IEC/TC 114/MT 2	波力等による発電	1

（ウ）IAEA における活動

平成 29 年度は、IAEA の会議にのべ 11 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（11 人）

会議名	会議の目的	参加延べ人数
第 5 回放射性物質輸送中緊急時対応に関するガイドライン専門家会合	放射性物質輸送事故緊急時対応計画・準備基準の見直し	1
第 8 回基礎的数値（A1/A2 値）国際 WG	放射性物質安全輸送規則の核種毎の防護上の数値の見直し	1
第 34 回輸送安全基準委員会（TRANSSC34）	放射性物質輸送に係る安全基準の審議	1
第 6 回放射性物質輸送中緊急時対応に関するガイドライン専門家会合	放射性物質輸送事故緊急時対応計画・準備基準の見直し	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技術基準に関する審議	1
放射性物質輸送中緊急時対応に関する技術会合	放射性物質輸送事故緊急時対応計画・準備基準の見直し	1
NORM WG	自然起源放射性物質（NORM）輸送規制の見直し	1
第 35 回輸送安全基準委員会（TRANSSC35）	放射性物質輸送に係る安全基準の審議	1
第 7 回放射性物質輸送中緊急時指針（DS469）専門家会合	放射性物質輸送中緊急時指針（DS469）一次草案の最終化	1
輸送規則助言文書（DS496）専門家会合	120 日レビューコメントの審議	1
輸送規則助言文書（DS496）最終草案作成専門家会合	最終草案作成	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。

当研究所は、平成 29 年 6 月に開催された PIANC YP-Com BTV（オーストラリアで開催された YPCom の各国代表者会議）での議論等に研究者がアジア・パシフィック地区の副代表および日本代表として参加し、アジア・パシフィック地区と日本の状況について報告した。また、平成 29 年 6 月にオランダで開催された PIANC MarCom Working Group 153B での議論等に研究者が参加するなど、会議への参加を通じてその活動に貢献した。

表１．６．４　PIANC に係る会議参加数（2 人）

会議名	会議の目的等	参加延べ人数
PIANC YP-Com BTV	PIANC 若手技術者グループの YP-Com における各国代表者会議	1
PIANC MarCom Working Group 153B	Recomnlendations 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

(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・勧告方式やガイドラインの作成等を行っている。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が、その具体的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作業部会（WG）に、当研究所の研究員がパネルメンバーのアドバイザーとして出席し支援を行っている。これに加え、RTCA、EUROCAE と呼ばれる非営利団体が実質的に FAA や欧州域内の公的技術基準、あるいは世界の実績標準として活用される技術基準（業界標準）策定や勧告等の活動を行っている。

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、最終的なルール化を行う機能を有する

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。

・電子航法研究所における EUROCAE WG-100 の開催

2017 年 5 月 10 日から 12 日までの 3 日間、EUROCAE WG-100 が電子航法研究所にて開催された。EUROCAE WG-100 とは、リモート・バーチャルタワーに関する技術要件の規格を検討する会議である。本会議ではリモートタワーのための視覚センサ（カメラ）に相当する「Visual Surveillance Sensor」の最低技術要件（MASPS)ED-240 の追加要件（Extend-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の性能要件についての議論が行われた。これらの議論の結果は 2018 年上半期に Extend-MASPS ED-240A にまとめられてリリースされる予定である。

・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､当所の研究結果を提案することにより当該ガイダンスの策定に寄与した。

・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。

・新設された EUROCAE WG-107 への参画

EUROCAE WG-107 は 2017 年 7 月 7 日に EUROCAE Council にて承認されたワーキンググループであり、GNSS 障害の発生時における DME/DME 測位方式による RNP 運航環境維持の実現を目的としている。電子航法研究所では GNSS の代替航法手段である DME/N に着目し、GNSS 障害の RNAV 航法への影響を明らかにするとともに、拡張 DME 等の将来的な APNT 方式の開発要件の検討を進めている。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（48 人）

会議名	会議の目的	参加延べ人数
監視パネル(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	5
通信パネル(CP)	周波数要件や通信に関する検討を行う会議	1
航法システムパネル(NSP)	航空で使用される航法システムに関する検討を行う会議	9
管制間隔・空域安全パネル（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	2
遠隔操縦航空機システムパネル(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	3
アジア太平洋地域航空計画実施グループ(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	2

	めの会議	
DFMC SBAS SARPS	次世代 SBAS の規格化作業を行う会議	2
SWIM Taskforce	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
ICAO GANIS SANIS	GANP や GASP をはじめとした将来の導入施策に係る議論を行う会議	1
ICAO ATFM Global Symposium	地域および世界的な ATFM の促進に係る会議	1
周波数調整パネル(FSMP)	航空で使用される電波の周波数資源に関する検討を行う会議	1
計器飛行方式パネル（IFPP)	計器進入方式や計器出発方式に関わる議論を行う会議	1
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
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	2
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	1
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 (EUROCAE WG-100)	リモートタワー業務に使われるカメラ等、映像系システムを検討する専門委員会	6
EUROCAE WG-103	独立非協調監視（INCS）の技術仕様及び安全要件等を議論する作業部会	1
EUROCAE WG-107	GNSSS 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	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（5 人）

会議名	会議目的	参加延べ人数
第 70 回国際溶接会議　第 XIII 委員会	疲労の基準に係る審議	1
ITTC（国際試験水槽会議）第 28 回総会	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	4

（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２９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２９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 29 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 251 件の発表を実施した。　港湾空港技術研究所では、「OCEANS'17 Anchorage」（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、FODDS（空港面異物検知システム）の評価実験システムを開発しており、本年度はシステムのクアラルンプール国際空港への海外展開に向け、マレーシア工科大学（UTM）やマレーシア空港セパン（MAS）、マレーシア DCA（Department of Covil Aviation）との連携の下、調査を実施した。大規模な空港には異物検知システムの需要は非常に高いと考えられ、今後も関係者と協力して進めていく。

また、本年度は目標の 3 件を上回る 5 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、平成 29 年 9 月にロンドンの IMO において、ボーキサイトの液状化に関する国際ワークショップを開催した。これは、平成 27 年 1 月に発生したボーキサイトの運搬船のばら積み運送中に貨物の性状に起因すると考えられる海難事故が発生し、運送要件などの見直しに関して、ボーキサイトの性状評価に係る CG（通信グループ）が設置され、検討してきた。本国際ワークショップには、16 カ国及び 5 の国際機関・団体から約 50 名が参加し、関係各国によるボーキサイトに関する国際共同研究の結果報告、CG の検討結果報告やパネルディスカッションが行われた。ボーキサイトの液状化及び安全対策について各国の理解を深め、IMO 小委員会における指針の策定に際し大きく貢献した。

図１．６．１　ボーキサイトの液状化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 29 年 9 月にイタリア国ベネチアの ConsorzioVeneziaNuova(CVN)において、「日・伊沿岸防災に関する技術交流ワークショップ 2017」を開催した。

平成 29 年 11 月には、韓国 KIOST，フィリピン PPA （フィリピン港湾局），日本 PARI の 3 か国で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 29 年 11 月 1 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、シンガポール国立大学副学長兼特別教授／コーネル大学名誉教授の Philip Li-Fan Liu 氏、ペルー国立工科大学名誉教授/ペルー国際災害危機軽減会社理事兼本部長の Julio Kuroiwa 氏及び黒潮町(高知県幡多郡)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第 5 回となる国際ワークショップ EIWAC2017（ENRI International Workshop on ATM/CNS）を平成 29 年 11 月 14 日～16 日に中野で開催し、79 件の講演を実施、連日 200 人を超える参加者がみられた。EIWAC2017 には日中韓星などの研究者やプロジェクト管理者が講演やプログラム委員を務めた。さらに KIAST（Korean Institute of Aeronautical Safety Technology：韓国航空技術安全院）や AeroTHAI の管理職や研究員を招待したことで、発表者が比較的少なかった韓国やタイの航空関係者との交流維持拡大に努めた。特に EIWAC2017 では、将来のシームレススカイの円滑な運用に必要な SWIM（System Wide Inforomation Management）や航空交通流管理手法関連セッションを設け、これらの分野における我が国と近隣アジア諸国の研究機関との技術協力等の拡大のきっかけを提供した。ICAO　ANB 事務局長等の政策立案実施の要人から、航空インフラ整備プロジェクトの担当者、研究者、航空機や支援システムの運用者まで幅広い層が参加した。

図１．６．３　EIWAC2017 の開催の様子

また、電子航法研究所では昨年度に引き続き、平成 30 年 3 月 6 日から 3 月 8 日に開催された、CANSO（Civil Air Navigation Services Organisation）が主催する大規模な展示会である World ATM Congress2018（前年比 10%増となる過去最大の約 8542 名が参加登録。136 の国・地域より 237 件の出展）に出展した。今回は SBAS（衛星航法補強システム）および FODDS（空港面異物検知システム）の出展を実施するとともに、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 Congres 2018 展示ブースおよびカンファレンス風景

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 29 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。(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 29 年度までに、国内 9 件、海外 26 件、合計 35 件の研究協力協定を締結しており、平成 29 年度は、スウェーデン地盤研究所（SGI）との研究協力協定を更新した。

電子航法研究所では、EIWAC2017 開催時にドイツ航空宇宙研究機関 DLR との共同研究協定に調印するとともに、ドイツのブラウンシュワイク工科大学（Technische Universitat Carolo-Wilhelmina Braunschweig）との連携協定を締結した。その他、中国航空大学校（Civil Aviation University of China）との包括協定の締結に向けた意見交換を進めている。また、ENAC（フランス民間航空学院）の学務長および教授等との連携に向けて意見交換を実施した。本年度主催した EIWAC と同様の会議の開催を欧州でも検討中とのことであり、今後の相互連携強化の手段となることなどが期待される。また、博士課程を持つ大学と三者連携することにより、当研究所で研究をしつつ大学から学位授与を目指す方法などについても意見交換をした。その他、NLR（オランダ航空宇宙研究所）およびオランダ大使館員が来所し、当研究所の状況を調査するとともに今後の研究連携についての連絡チャネルを設定した。

図１．６．５　ドイツ航空宇宙研究機関 DLR との調印式の様子（EIWAC2017 にて）

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、ブラジル・カンピナス大学、サンタカタリーナ連邦大学及びリオデジャネイロ連邦大学より研修員として受け入れ、船舶の流体・海難事故解析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。平成 29 年 5 月 17 日に MIT にて研究発表会が行われ、日本メンバーが提案し、海上技術安全研究所から参加した研究員も研究支援したテーマである「自律航行船の実現可能性についての検討」に関して、その成果が報告された。

港湾空港技術研究所では、JICA が開発途上国に対する技術協力の一環として主催する「港湾技術者のための港湾開発・計画研修」等の研修 3 コースについて、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 23 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 29 年 5 月 23 日に開催し、11 月 10 日には同機構の「CNS/ATM 近代化短期整備計画」の一環として、インドネシアの研修生に対するリモートタワーの講義を実施した。さらに、9 月 24 日～29 日にかけて弊所の職員をインドネシア共和国へ派遣し、ATFM セミナーを実施した。インドネシアでは本年度中の ATFM 開始に向け準備を進めていたが、空港のスペーシングタイムやセクターのワークロード等の指標値の設定の理解が進んでいない状況にあった。弊所の研究員のセミナーを実施することにより理解を促し、同国の ATFM 導入検討に貢献した。

第２章　業務運営の効率化に関する目標を達成するためにとるべき措置

【中長期目標】

（１）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２９年度計画における目標設定の考え方

平成２９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２９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。３研究所が個別に実施していた損害保険契約について、情報、課題の共有、一括調達に向けた検討、調整を行い、平成３０年度から一括調達により実施するための入札公告等事務手続きを行った。

（２）一括調達等による取組

平成２９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２９年度においては以下の 10 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。

・一括消耗品の購入
・外国雑誌（電子ジャーナル）の購読
・文献データベースオンラインの利用
・敷地内蚊駆除作業
・敷地内樹木害虫駆除作業
・ストレスチェック業務
・内部統制・コンプライアンス研修
・個人情報保護研修

・会計システム構築業務
・女性職員活躍推進研修

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年度を目処に財務会計システムを更新するべく、平成２９年度においては、会計システム構築業務について契約を締結し、詳細仕様の検討を行った。

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。

また、３研究所の情報システムを結ぶ 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の導入について検討を進めた。

（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．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２９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。

29 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 99.6、研究職種で 102.3 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２９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２９年５月に平成２９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２８年度の各研究所の契約に関する点検等を実施した。結果については各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２９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
計	**25,995**	**19,394**	**12,216**	**57,605**
支出				
業務経費	3,519	1,555	5,417	10,490
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**	**19,394**	**12,216**	**57,605**

（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**	**19,394**	**12,216**	**57,605**
業務活動による支出	22,100	16,095	11,204	49,399
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**	**19,394**	**12,216**	**57,605**
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	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、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）　等

【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	2,592	1,174	1,426	5,193
施設整備費補助金	23	50	36	109
受託等収入	688	1,124	173	1,985
計	**3,303**	**2,349**	**1,635**	**7,287**
支出				
業務経費	483	185	783	1,451
施設整備費	23	50	36	109
受託等経費	606	1,050	147	1,803
一般管理費	104	89	43	237
人件費	2,087	974	626	3,686
計	**3,303**	**2,349**	**1,635**	**7,287**

（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 29 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	**3,541**	**2,331**	**1,878**	**7,749**
経常費用	3,541	2,331	1,877	7,749
研究業務費	2,159	904	1,230	4,293
受託等業務費	606	1,050	147	1,803
一般管理費	514	344	213	1,072
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	**3,541**	**2,331**	**1,878**	**7,749**
運営費交付金収益	2,592	1,174	1,426	5,193
手数料収入	0	0	0	0
受託等収入	688	1,124	173	1,985
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	**3,303**	**2,349**	**1,635**	**7,287**
業務活動による支出	3,280	2,298	1,599	7,178
投資活動による支出	23	50	36	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	**3,303**	**2,349**	**1,635**	**7,287**
業務活動による収入	3,280	2,298	1,599	7,178
運営費交付金による収入	2,592	1,174	1,426	5,193
受託収入	645	1,025	170	1,840
その他収入	42	99	4	145
投資活動による収入	23	50	36	109
施設整備費補助金による収入	23	50	36	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２９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２９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 29 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 35 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 312 百万円と合わせて総利益は 277 百万円となっている。

（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	5,193	5,193
施設整備費補助金	109	526
受託等収入	1,985	3,247
計	**7,287**	**8,965**
支出		
業務経費	1,451	1,516
施設整備費	109	364
受託等経費	1,803	3,436
一般管理費	237	262
人件費	3,686	3,663
計	**7,287**	**9,241**

（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	**7,749**	**8,963**
経常費用	7,749	8,958
研究業務費	4,293	4,022
受託等業務費	1,803	2,839
一般管理費	1,072	977
減価償却費	581	1,121
財務費用	0	3
臨時損失	0	2
収益の部	**7,749**	**8,928**
運営費交付金収益	5,193	4,924
手数料収入	0	53
受託等収入	1,985	3,502
寄付金収益	0	1
資産見返負債戻入	572	445
臨時利益	0	3
純損失	**0**	**35**
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**	**312**
総利益	**0**	**277**

（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	**7,287**	**9,719**
業務活動による支出	7,178	8,084
投資活動による支出	109	1,588
財務活動による支出	0	47
次期中長期目標の期間への繰越金	**0**	0
資金収入	**7,287**	**9,173**
業務活動による収入	7,178	8,800
運営費交付金による収入	5,193	5,193
受託収入	1,840	3,451
その他収入	145	156
投資活動による収入	109	374
施設整備費補助金による収入	109	374
その他収入	0	0
財務活動による収入	0	0
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 194 件、競争的資金 109 件の合計 303 件を実施し、3,708 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、74 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	23	
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	50	
③	電子航法に関する研究開発等	36	

(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２９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 29 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コンプライアンス研修及び研究倫理研修を合計 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 29 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 29 年度においては、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。

そのほか、研究所内外で開催されている講習や研修への参加を奨励するなど、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 29 年度においては、「船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術に関する評価」、「港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する評価」及び「電子航法に関する評価」をそれぞれ実施し、合計 3 回の外部有識者による評価委員会を開催した。

評価の結果については、研究資源の適時・適切な配分に反映させることで、研究開発業務の重点化等に活用しており、各研究所のホームページで公表した。

４．情報公開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。