

平成28年度 業務実績等報告書

平成29年6月

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所



目 次

第1章 研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上に関する目標を達成するため とるべき措置	1
1. 分野横断的な研究の推進等	2
(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	8
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	14
(1) 海上輸送の安全の確保	26
(2) 海洋環境の保全	38
(3) 海洋の開発	56
(4) 海上輸送を支える基盤的な技術開発	65
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	74
(1) 沿岸域における災害の軽減と復旧	76
(2) 産業と国民生活を支えるストックの形成	91
(3) 海洋権益の保全と海洋の利活用	106
(4) 海域環境の形成と活用	111
4. 電子航法に関する研究開発等	120
(1) 軌道ベース運用による航空交通管理の高度化	126
(2) 空港運用の高度化	139
(3) 機上情報の活用による航空交通の最適化	154
(4) 関係者間の情報共有及び通信の高度化	158
5. 研究開発成果の社会への還元	164
(1) 技術的政策課題の解決に向けた対応	164
(2) 災害及び事故への対応	169
(3) 橋渡し機能の強化	173
(4) 知的財産権の普及活用	178
(5) 情報発信や広報の充実	181
6. 戦略的な国際活動の推進	192
(1) 国際基準化、国際標準化への貢献	192
(2) 海外機関等との連携強化	200

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	206
1. 統合に伴う業務運営の効率化	209
2. 業務の電子化	210
3. 業務運営の効率化による経費削減等	210
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	212
1. 運営費交付金を充当して行う事業	217
2. 運営費交付金以外の収入の確保	219
3. 業務達成基準による収益化	219
4. 短期借入金の限度額	219
5. 不要財産の処分に関する計画	219
6. 財産の譲渡又は担保に関する計画	219
7. 剰余金の使途	219
第4章 その他業務運営に関する重要事項	220
1. 内部統制に関する事項	224
2. 人事に関する事項	224
3. 外部有識者による評価の実施・反映に関する事項	224
4. 情報公開の促進に関する事項	225
5. 施設・設備の整備及び管理等に関する事項	225

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、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。

(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、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・誘導等に係る研究を各研究所が連携して進める。このため、関係する研究者／職員による研究タスクフォース等を所内に設置し、効果的・効率的な研究連携を図ることとする。

首都圏空港の機能強化に関しては、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連携方法について、関係する研究者間で検討を行い、次年度以降の研究の実施に繋げる。

また、新たな分野横断的な研究テーマについて、研究者間の自由なコミュニケーションを促進する場を設けて検討を行い、新たな研究テーマの確立を目指す。

◆年度計画における目標設定の考え方

平成28年度は、研究所発足初年度及び中長期目標期間の初年度ということもあり、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的な研究は統合によるシナジー効果を創出するため研究成果を確実に出す必要があり、平成28年度は今後分野横断的な研究を効率的かつ効果的に実施する為の体制を構築することを主な目標として取組を進めた。

次世代海洋資源調査技術に関しては、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・誘導等に係る研究を各研究所が連携して進める為、関係する研究者／職員による研究タスクフォース等を所内に設置し、効果的・効率的な研究連携を図った。

また、首都圏空港の機能強化に関しては、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連携方法について、関係する研究者間で検討を行い、次年度以降の研究の実施につなげるための活動を行った。

さらに、その他の新たな分野横断的な研究テーマについては、研究者間の自由なコミュニケーションを促進する場を設けて検討を行うなど、新たな研究テーマの確立に向けた取組を行うこととした。

◆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、2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伊豆海域で実施し、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、水槽試験および北九州港と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、担当研究者によるタスクフォースを立ち上げ、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開始した。その端緒として、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・誘導等の海洋で想定されるミッションに対応するためにどのような技術が研究開発されるべきか検討した。これにより、AUV による新たなミッションとこれに対応する運用、制御手法を想定し、これに連携する水中音響ビデオカメラの新たなハード仕様とアプリケーションの開発を想定していくこととした。図1. 1. 1に示す通り、AUV のペイロードや機動性と運用に対して、水中音響ビデオカメラに要求される性能の範囲と重量、大きさ、耐圧性などを、電源、通信、データ解析手法と回路構成等の再考により検討していき、両者の擦り合わせにより実施可能な具体的な研究テーマを設定していくこととした。

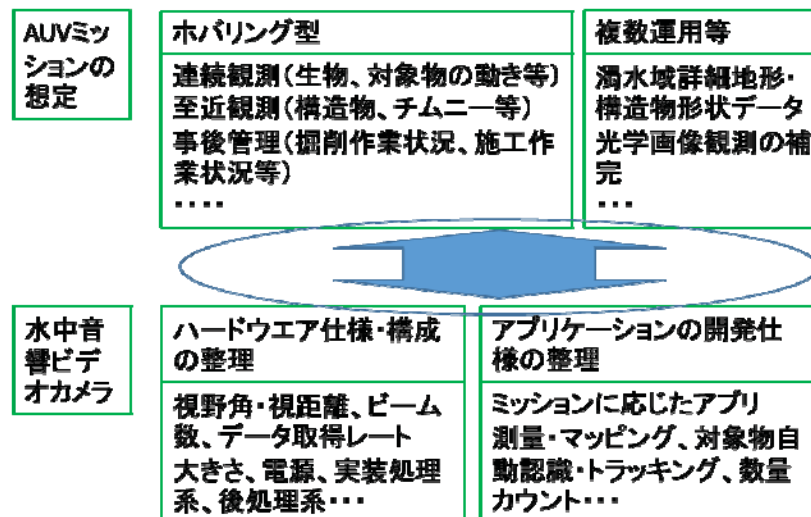


図1. 1. 1 タスクフォースにおける新たな研究テーマの検討について

また、新たな海洋利用の推進のため、将来の海洋への展開において必要となる海洋構造物の合理的な建設技術の研究開発として、海底での施工システムについてひとつのコンセプトをまとめた。これは、図1. 1. 2のように海底の施工現場を想定し、施工資機材のロジスティクス、無策無線式半自律施工用建機、水中ステーションなどを統合した研究テーマで、大学との連携も含んだ具体的な体制を提案して、次年度の科研費などの競争的資金等、予算獲得のための動きや研究分担の想定など、具体的な活動を始めた。

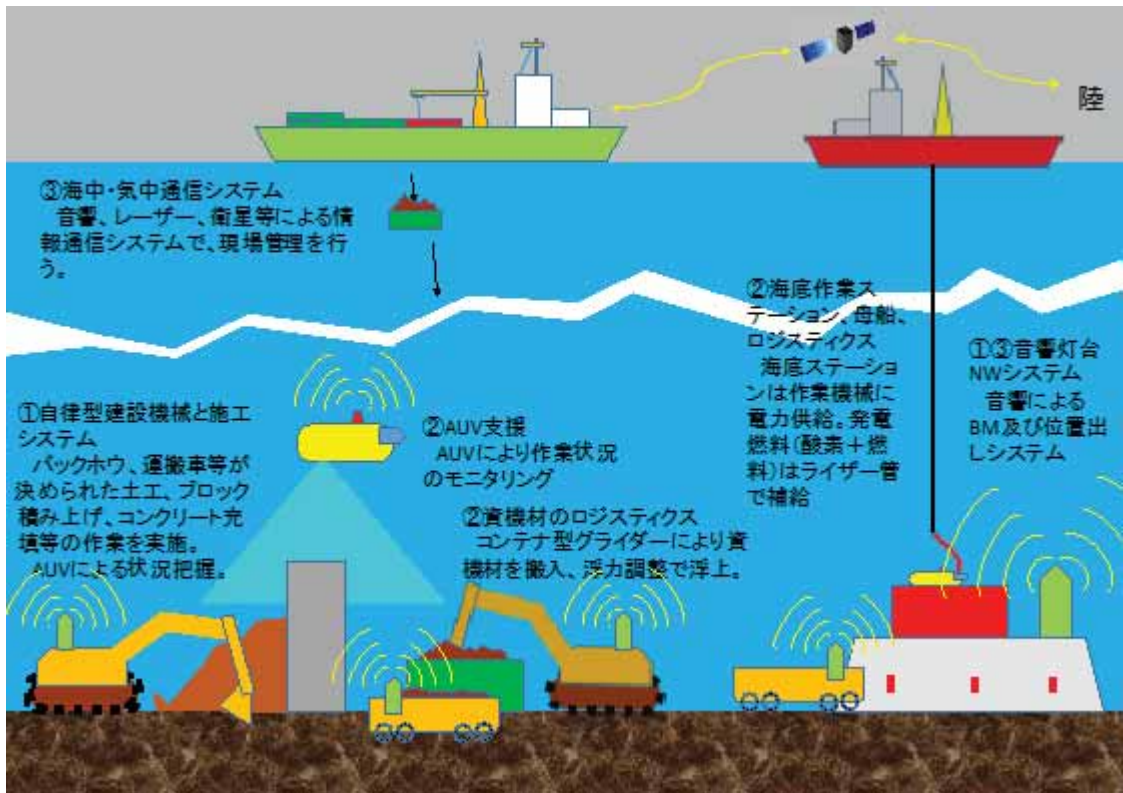


図1. 1. 2 海底の施工現場を想定した、施工資機材のロジスティクス、無策無線式半自律施工用建機、水中ステーションなどを統合した研究テーマの検討

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

首都圏空港の機能強化に資する研究は既に多くの課題について実施されてきたが、平成28年度は研究所統合を機に見直しを進め、各研究所の研究資源を組み合わせることで研究成果の最大化を図れる分野を模索した。研究員による相互調査や打合せを進めた結果、港湾空港研究所が持つ空港インフラ整備に関する研究資源と電子航法研究所が持つ空港面交通監視や管理に関する研究資源の組み合わせにより、空港の滑走路や誘導路の利用状況に応じた効果的で無駄のない空港インフラの安全性・維持管理の効率性の向上に資するとともに空港設計にも活用可能な技術の開発を目指すこととした。年度前半は、このための相互調査などを進めた。

電子航法研究所が平成28年10月に東京国際空港（羽田）にて開催した講演会では「首都圏空港の機能強化とENRIの技術」に主題を定め、港湾空港技術研究所と電子航法研究所の研究員がこれまで実施してきている研究の成果を発表した。さらに、研究員の発案により「空港面の交通流と空港舗装」と題したパネルセッションをこの中で行い、土木・建築・空港面交通の各分野が持つデータを相互利用することにより研究成果を拡大できる可能性を公開討論するとともに、講演会に参加した空港職員からも解決すべき重点課題や取得可能なデータなどについて意見交換を進めた。



図1. 1. 3 電子航法研究所講演会でのパネルディスカッションの様子

その結果、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、新たな研究計画「空港設計に資する交通データ活用技術の予備的研究」を立案し、次年度からの開始に向けて準備を進めた。

また、首都圏空港の機能強化に寄与する研究のありかたや可能性のある分野を探るため、経営戦略室を中心に、研究監、研究計画課、企画調整・防災課、電子航法研究所及び港湾航空技術研究所の研究統括監による連携調整会合を平成29年3月28日に霞ヶ関にて開催した。会議では年度内の調査結果を基に活発な意見交換が行われ、オブザーバーとして参加した航空局関連部局の調査官他4名からも有益な助言を得ながら空港機能の制約となる課題の抽出を進めることができた。今後は、次年度以降の調査も加え、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。

③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28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、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新たな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。なお首都圏空港の機能強化については、前述②にあるように連携調整会合を開催し新たな研究テーマの確立に向けて取り組んでいる。

検討会の中で、分野横断的研究における必要経費の積極的な確保について取り組みを行っていく方針を固め、平成28年度においては後述の通り、旧3研究所の研究者がそれぞれの得意分野を生かした形でのテーマの確立するための検討を開始し、次年度からの研究開始に向けて2件の外部資金獲得への応募を行い、うち1件、『海洋分野の点検におけるドローン技術活用に関する研究』について採択され、平成29年度より研究を開始するところである。

また、検討会での議論において主に各分野の共通基盤となる技術を活用した研究テーマを促進することとし、研究所内で共通基盤となる技術を用いた新たな研究テーマの立ち上げに関する会議を発足した。さらにその枠組みの中で共通基盤技術研究会を立ち上げ、外部有識者を招いて今後の共通基盤となる技術を用いた研究の可能性について議論を行った。

具体的な事例として平成28年10月17日には光ファイバ技術勉強会として東京大学保立副学長を招き、各分野において光ファイバ技術を活用する研究員や技術を活用した製品を開発評価している国土交通省航空局交通管制部管制技術課技術管理センター職員等が参加し開催するなど、今後の新たな研究テーマの可能性に向け活発な議論を行った。



図 1. 1. 4 光ファイバ技術勉強会の様子

これらの検討会、研究会及び勉強会は非常に有意義であったことから、次年度以降も引き続きさまざまな分野において基盤技術を活用した研究を促進する為、分野横断的に実施していく予定である。

(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させる。

【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させる。

◆年度計画における目標設定の考え方

平成28年度は、研究所発足初年度及び中長期目標期間の初年度ということもあり、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、経営戦略室を設置する等、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の構築を目標として取組を進めた。

また、研究所として分野横断的な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、それぞれの研究の実施にあたっては、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進めた。

◆当該年度における取組状況

平成28年度は研究所発足初年度及び中長期目標期間の初年度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、かつ旧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う経営戦略室を設置した。

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28年度は30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基本理念及び運営方針の策定の企画調整、②長期ビジョン策定のための検討、③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、④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基本理念及び運営方針の策定の企画調整

平成28年度は研究所発足初年度として国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所業務方法書に基づき研究所の基本理念及び運営方針を平成28年6月に策定した。策定にあたっては役員との意見交換を踏まえ、幹部会をとおして研究所全体の意見の聴取などを行い、「交通の発展と、海、空、国土づくりに貢献します」との基本理念のもと、研究所の将来像を図1. 1. 5のとおり設定した。



図1. 1. 5 海上・港湾・航空技術研究所の将来像

運営方針としては図1. 1. 6のとおり、①アカデミズムとインダストリーの交流点、②基礎学術の充実と産業知識の体系化、③イノベーションと新技術、未来創造の拠点、と3本柱を定め、新たな価値を創造する研究所の「かたち」を今後つくっていくことを目指していく。

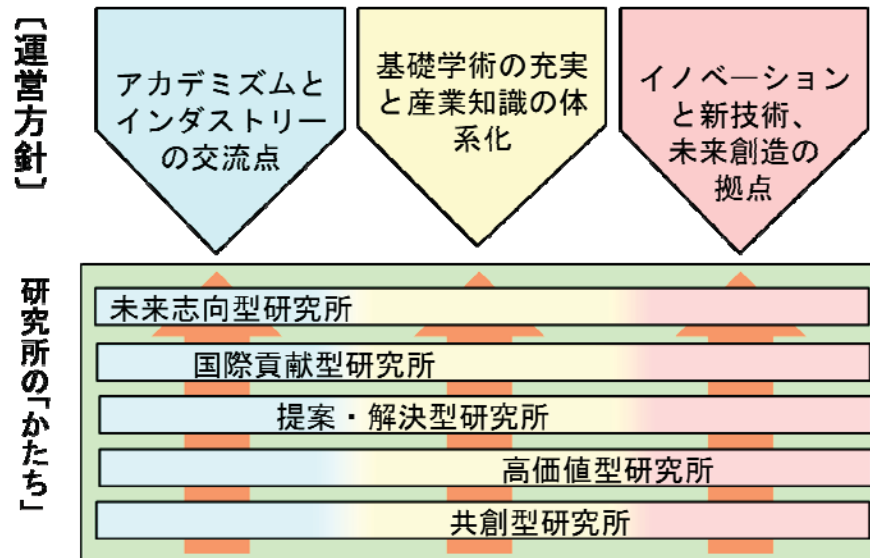


図 1. 1. 6 海上・港湾・航空技術研究所の運営方針と研究所の「かたち」

②長期ビジョン策定のための検討

研究開発の成果が実社会に適用されるまでには長期を要することを踏まえ、各研究を結びつけ横断的に捉えるとともに、他機関との連携等を効率的かつ効果的に行い、基礎研究を含めた研究所の運営を戦略的に行うため、研究所としての長期ビジョンを策定することとし、その取り組みを行った。

平成28年度は、社会全体の将来の方向性、交通運輸のあり方、関連技術・研究を取り巻く環境などの動向を踏まえ、海事、航空、社会基盤、交通経済、国際経済各分野の外部有識者、理事長、研究監、経営戦略室及び研究所の将来を担う各分野の若手研究員にて構成された外部有識者会合を計2回開催した（平成29年1月27日と平成29年3月13日）。



図 1. 1. 7 有識者懇談会の様子

外部有識者会合において議論された様々な意見を集約し、今後、政策の動向に対応した各種取り組みを踏まえ研究群として各研究の整理を行うとともに、共通基盤の整備等による研究体制の充実、人づくりによるポテンシャルの向上、研究交流の促進による新たなコンセプトの創出など重点的に取り組む「行動計画」をとりまとめる。

③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28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。

具体的には表1. 1. 1のとおり、国土交通省の競争的資金である交通運輸技術開発推進制度にて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として、旧3研究所の研究者がそれぞれの得意分野を生かした形で、次年度からの研究開始に向けて応募を行うなど、2件の外部資金獲得への応募を行い、うち1件、『海洋分野の点検におけるドローン技術活用に関する研究』について採択され、平成29年度より研究を開始するところである。

表1. 1. 1 分野横断的研究における外部資金獲得に向けた応募一覧

No	外部資金名	課題名	参画機関名
1	科研費基盤研究 (A)	海底建設ロボットシステム実用化のためのマン・マシンインターフェイスの提案	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)、東京大学
2	交通運輸技術開発推進制度	海洋分野の点検におけるドローン技術活用に関する研究	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式会社

また、平成28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2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

さらに、各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。

具体的には連携研究テーマ以外での施設等の共用は2件あり、港湾空港技術研究所の懸濁物粒径分布測定装置及び水中設置型粒度・粒径分布測定記録計、海底探査水槽を海上技術安全研究所の研究分野において活用した。このような施設の相互利用による有効活用は施設運

用の推進により次年度以降も引き続き積極的に実施していく予定である。

④コミュニケーション・意見交換の場の設置

28年度は研究所発足初年度ということもあり、相互の研究所の職員に最新の研究、各研究所施設の紹介、コミュニケーションの場を設けることとし、将来の相互の研究職間の連携推進のため、表1. 1. 3のとおり各研究所の全ての分野において研究分野間意見交換会を計8回開催した。

表1. 1. 3 研究分野間意見交換会の開催実績

No	開催日	主な研究分野	参加者数
1	平成28年5月20日	地震防災研究領域（港湾空港技術研究所）	15名
2	平成28年5月30日	新技術研究領域（港湾空港技術研究所）	15名
3	平成28年6月14日	海洋研究領域、沿岸環境研究領域 （港湾空港技術研究所）	15名
4	平成28年6月21日	海上情報・津波研究領域 （港湾空港技術研究所）	15名
5	平成28年6月30日	構造研究領域、地盤研究領域 （港湾空港技術研究所）	25名
6	平成28年7月6日	構造安全評価系、構造基盤技術系、流体設計系、流体性能評価系（海上技術安全研究所）	12名
7	平成28年7月13日	海洋開発系、運航・物流系、海洋リスク評価系、環境・動力系、海洋利用水中技術系（海上技術安全研究所）	40名
8	平成28年8月1日	航空交通管理領域、航法システム領域、監視通信領域（電子航法研究所）	41名



図1. 1. 8 研究分野間意見交換会の様子

また、研究所の役員と職員との間での十分な意見交換の場として、表1. 1. 4のとおり理事長と各研究所職員の意見交換の場を計4回設け、研究所の将来の運営方針等について各研究所職員の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の集約等を行った。

表 1. 1. 4 理事長と各研究所職員の意見交換実績

No	開催日	開催研究所	参加者数
1	平成 28 年 9 月 6 日	港湾空港技術研究所	25 名
2	平成 28 年 9 月 16 日	電子航法研究所	30 名
3	平成 28 年 10 月 5 日	海上技術安全研究所	33 名
4	平成 28 年 10 月 12 日	海上技術安全研究所	33 名

なお、集約した意見については経営戦略に関する会議等にて議題として提示し、課題の解消に向けた取組を進めている。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つて的確に対応する。

【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たな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（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な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つ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
－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および船体構造モニタリングシステムプロトタイプの実証版を作成する。
－液体水素等の新規貨物・燃料を扱う船舶導入や海上輸送形態の変化によるリスクを評価するためのリスクモデル、運搬時の事故シナリオ、荷役オペレーションを中心とした安全ガイドライン等の作成を行う。 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
－輻輳海域及び準輻輳海域における航行困難の要因調査により進路交差部等交通流の配置に起因する安全航行上の問題点を抽出する。 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（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

－世界の規制動向を踏まえた将来シナリオに基づき、船舶による全世界での燃料消費量を推算し、グローバルS分規制導入の船舶への影響を把握する。 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

－波浪中プロペラ負荷変動を精度よく推定するためのプロペラトルク変動モデルを開発する。

－重合格子対応の構造格子ベースのソルバーNAGISAにおいて、直交格子等を用いた流場計算手法の高速化、計算格子の局所細分化手法を開発する。 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

－各ブラックカーボン（BC）計測法の評価を行い、BC計測のプロトコルを確立するとともに、PMの実船サンプリングシステムの設計・製作、BC・PM削減のための排ガス処理システムの設計を行う。 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

－海洋再生可能エネルギー発電について、発電効率や電力品位の向上を図るための制御ロジックの検討、開発を行う。 等

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

－海底熱水鉱床商業生産システム概念検討、計画支援プログラムの構成図の作成を行う。

－厳海象下で使用される浮体に対して係留安全性向上を目的とした動揺評価法、係留設計法の開発及び安全ガイドラインの構築等を行う。 等

③海洋の利用に関連する技術に関する研究開発

－海洋資源の広域探査用にAUV及び洋上中継器をそれぞれ開発し、実海域試験を行い、探査システムの基礎を構築する。 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

－地域の未活用人材を造船現場で活用し、造船業の人材不足等に対応する新しい造船工程に関する仕様の作成等を行う。

- － 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機能を導入し改良を行う。 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
 - － 海陸連携したシームレス運航システムの導入効果の評価指標の開発をおこなう。 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
 - － 複合一貫輸送効率評価システムの設計、AIS データから船舶の出入港を検知するシステムの開発等を行う。 等

◆平成28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25の重点研究課題を設定した。

◆平成28年度の実績状況

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みました。以下の4つの重点的分野における主な研究成果の例については次のとおりである。

- ・ 海上輸送の安全の確保
- ・ 海洋環境の保全
- ・ 海洋の開発
- ・ 海上輸送を支える基盤的な技術開発

【主な研究成果の例】

◎海上輸送の安全の確保

●全船荷重・構造一貫強度評価システム（DLSA-Basic）の開発

船舶の構造設計は、複雑かつ高度な各種解析を経て行われるが、これら解析を一貫して行うツール（全船荷重・構造一貫強度評価システム）：DLSA(Direct Load and Strength Analysis) - Basicを開発した。これまでは、構造強度評価において、波浪中運動解析、荷重推定、構造解析、強度評価（降伏、座屈、疲労）の各分野の担当設計者が個別に実施していた解析を設計者1名のみで実施可能になり、解析に要する時工数が約1/15になるなど、設計効率が大幅に向上した。また、これまでに5社の造船所で利用され、造船所における新造船の設計効率の向上に大きく寄与した。

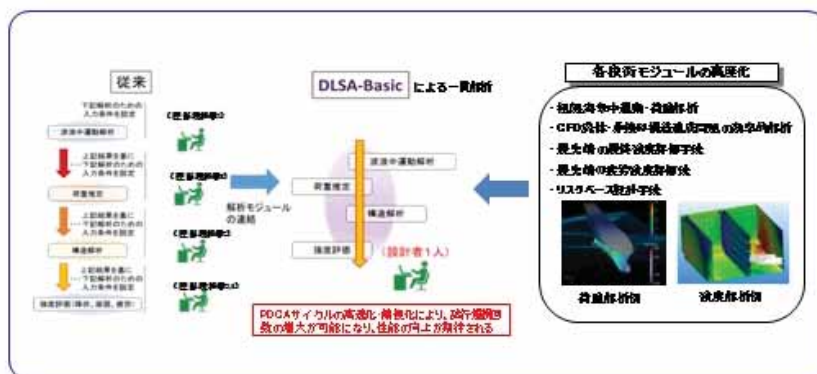


図1. 2. 1 全船荷重・構造一貫強度評価システム（DLSA-Basic）のイメージ

●最低出力暫定指針の改訂に貢献

- ・ 合理的かつ実効可能な指針案の策定に貢献

国際海事機関（IMO）で策定された、荒天下でも船舶を安全に操船維持するために最低限必要な推進出力を定めた最低出力暫定指針の改訂には、学術的に検討不十分な点も多く含まれていることから、理論的・学術的な検討を行った指針に改訂する必要があるがあった。当初、検討を主導していた欧州の研究グループは、運航実態等を十分に考慮していなかったため、要求値が過大になる等、我が国海運・造船業等海事産業に深刻な影響を及ぼす懸念があった。欧州の研究グループと連携しつつ、簡易手法の設定等学術的な検討を行うとともに、実際の運航状態と海象条件の関係を分析することにより、IMO に指針案を提案（本年 7 月に審議予定）した。我が国造船所の技術水準を考慮した合理的かつ実行可能な指針案策定に貢献した。

欧州研究グループと共同で作成した指針案を
日本及びドイツ・デンマークなど欧州関係国により IMO に提案
(MEPC 71/5/13, MEPC 71/INF.28, MEPC 71/INF.29)



図 1. 2. 2 IMO会議とIMOへの提案文書

- ・ 指針を容易に満足できる省エネ技術を実現

我が国造船所が指針に適合する船舶を建造できるよう支援し、指針を容易に満足することができる高揚力舵の実効性を証明する手法を確立し、高揚力舵はその高い保針力をもって、標準的な舵に比べ、必要出力を約 2 割低減可能であることを実証した。

（日本船舶海洋工学会講演会論文集
第 21 号 “An Experimental Study
on the Performance of High Lift
Rudders under High Propeller
Loads”）

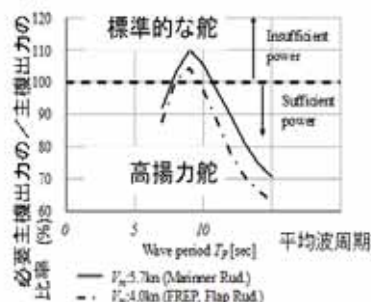


図 1. 2. 3 高揚力舵

◎海洋環境の保全

●船舶の省エネルギー技術開発に関する研究

（従来比で大幅な省エネ率を達成する船型群の開発）

地球温暖化対策に関するパリ協定に基づき、我が国内航海運も大幅な省エネルギーが求められている。国の内航海運の省エネ施策のうち、「省エネモデル船型開発」に位置づけされている、内航海運の省エネルギー化を促進するための内航船の大幅な省エネ性能を実現した船型の設計手法を確立した。具体的には、プロペラ周りを伴流（※）分布から逆から遡って理想的な省エネ船型を導き出す伴流設計システムを開発し、約 500 隻の船型を保有している船型・流場データベースを活用して、これまでの職人知・暗黙知であった船型の知見を各種データの見える化を行った。この研究成果により、代表的なサイズの内航船（749 総トン及び 499 総トン）に関し、従来に比べて大幅な省エネ（約 20～40%）を実現できる船型を約 60 種類開発した。これによって、内航海運における GHG（温室効果ガス）削減の可能性を拡大、船主や荷主などの多様な仕様に応える広い選択肢の提供が可能となり、社会への貢献に大きく寄与した。

※伴流：船体の後方にできる流れの遅くなった領域。伴流の分布が船体とプロペラの推進（省エネ）性能に大きく影響。

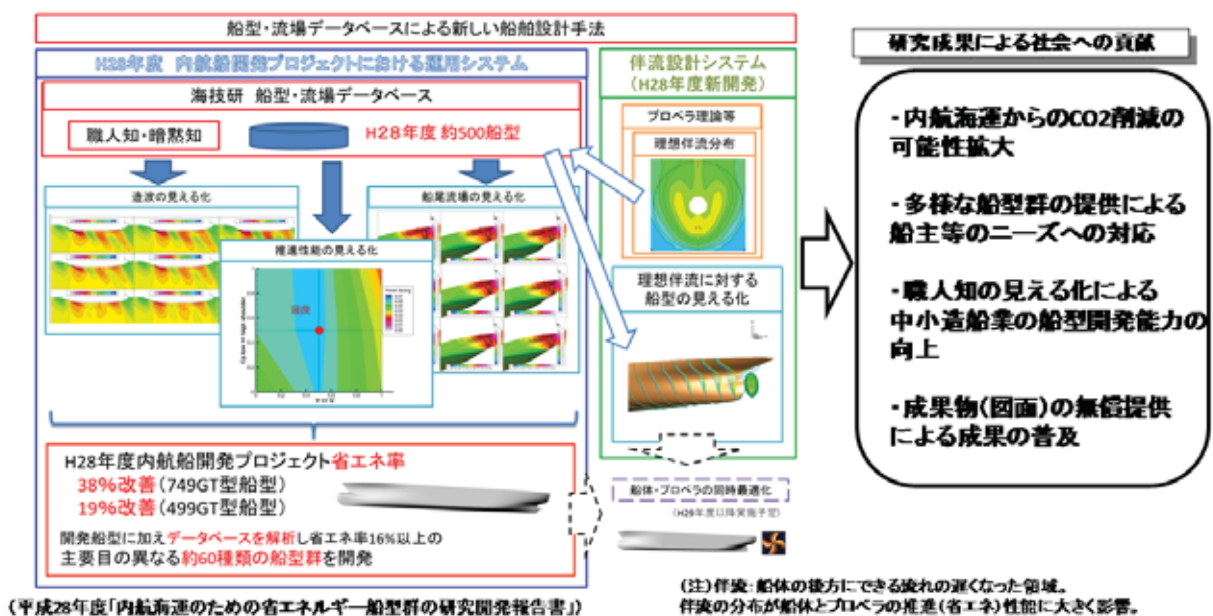
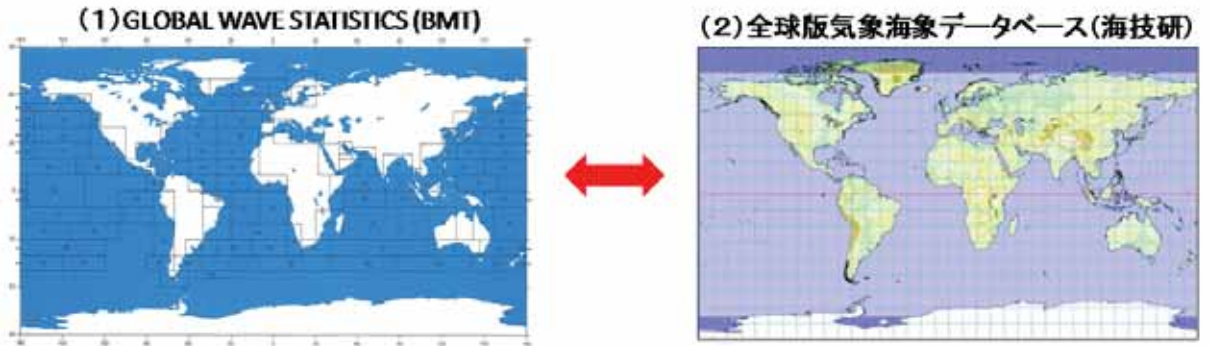


図 1. 2. 4 船舶の新しい省エネ関連設計手法

●実海域運航性能向上技術に関する研究 (全球版気象海象データベースの構築)

気象庁波浪推算データ（波・風の約 150 億を超える膨大な基礎データ）を統計処理して、世界一の精度を有する「全球版気象海象データベース」を構築し、実海域運航性能を評価するための基盤を確立した。これまで世界で標準的に利用されているデータベース (BMT/GLOBAL WAVE STATISTICS) との比較改善においては、ブロックの数約 100 倍、解像度 16 倍以上、初めて波高一波周期一風速の発現頻度表が提供可能となり、2次元から3次元での検討が可能になった。このような高精度な気象海象データベースを用いると国際航路上の燃費の標準値が高精度に計算可能となり、船舶設計時に実海域運航性能を評価することが可能となった。また、世界の様々な分野で活用可能な高い汎用性があり、海洋資源開発事業（リグ・生産用浮体等の稼働率推定）、風力・波力等海洋エネルギーの資源ポテンシャル分析（風況マップ等）海底機器等の敷設工事（施工計画の立案）など船舶以外の他の用途においても成果の活用が見込まれる。



比較のポイント	(1)BMT(左)	(2)海技研(右)	改善点
ブロックの数	108	10368	約100倍
メッシュ(赤道の場合)	最小で10° (約1110km)	2.5° (約278km)	解像度16倍以上
発現頻度表	波高一波周期 風速一風向	左に加え、波高一波向、波高一風速など2 相関に加え、3相関も提供(12種類)	初めて3相関(波高一波周期一風速)の発現頻 度表を提供(2次元から3次元での検討が可能)

図 1. 2. 5 「全球版気象海象データベース」とこれまで世界で標準的に利用されているデータベースとの比較

●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

(水中騒音の計測システム・騒音測定方法の構築)

船舶のプロペラから発生するキャビテーション(※)に起因する水中騒音からの海洋生物保護を目的とした規制の検討等に対応するため、水中騒音の計測システム・騒音推定方法を構築するとともに、我が国のキャビテーション水槽試験技術の ISO 規格化を実現した。

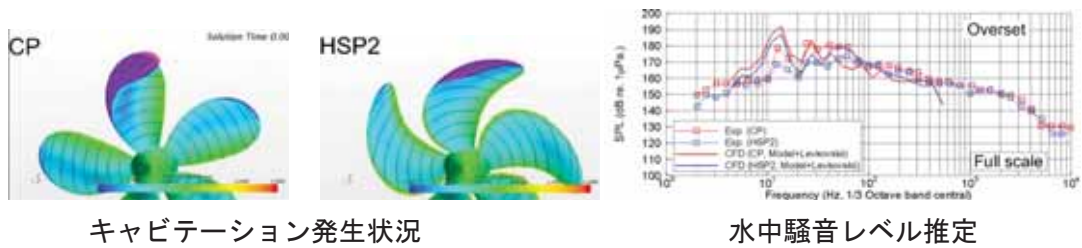
具体的には、国際動向を踏まえ、就航船 2 隻のプロペラ水中騒音計測を実施、精度を検証し、キャビテーション水槽におけるプロペラ水中騒音計測システムを構築した。また、計算流体力学(CFD)による水中騒音推定方法を開発し、計算結果を水槽試験結果および実船計測結果と比較し、開発した手法の妥当性を確認した。さらに、ISO 基準・CBD/SBSTTA(科学技術助言補助機関会合) 勧告への対応を行い、研究成果を活用し、キャビテーション水槽試験法の ISO 規格(ISO20233/DIS:「プロペラキャビテーションノイズの評価のモデル試験方法」)に、中韓・欧州標準である模型船を使用したキャビテーション水槽試験法だけでなく、我が国がノウハウを有するワイヤーメッシュ法(※)を採用させた。また、CBD/SBSTTA から勧告された水中騒音推定ツールキット整備に対応し、日本方式試験法の維持・ツール整備といった我が国の業界要望を実現した。

※キャビテーション：流体がプロペラの近傍で急激な圧力減少により沸騰する現象。

※ワイヤーメッシュ法：キャビテーション水槽試験において、プロペラの前に金属の網状のものを設置して、船舶の伴流(流速の遅い領域)を再現する方法。



図 1. 2. 6 キャビテーション水槽の水中騒音計測



キャビテーション発生状況

水中騒音レベル推定

図 1. 2. 7 CFD による騒音発生状況のシミュレーション

◎海洋の開発

●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

国の科学技術イノベーション総合戦略にもとづく SIP（戦略的イノベーション創造プログラム：科学技術イノベーション実現のための国家プロジェクト（内閣府））に参加し、海底熱水鉱床等の広域探査を可能とする高性能な航行型の自律型無人潜水機(Autonomous Underwater Vehicle: AUV)及び洋上中継器を製作し、これら 3 機の AUV を実海域で同時に運用する技術を実証した。これにより、単機の AUV による調査に比べて、4~5 倍の調査効率を実現した。具体的には、海底熱水鉱床等の更なる広域探査を可能とする小型 AUV 航行型 3 号機及び複数 AUV の位置補正や非常時指令など統括監視をするための洋上中継器を製作し、高難易度の実海域接続試験を実施した。また世界レベルで難易度の高い複数の AUV の運用を可能とするオペレーション・システムを開発したが、これは 3 機の AUV と洋上中継器の同時運用による熱水地帯での全自動海底調査としては世界で初めての成功であり、海底熱水鉱床等広域探査技術の開発に大きく貢献した。

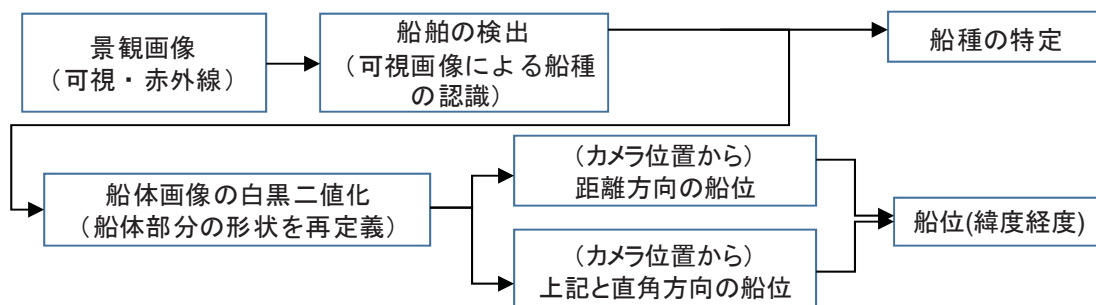


図 1. 2. 8 AUV 等による海底調査

●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

海底熱水鉱床開発において、経済産業省委託事業で（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共に参加し、安全性・稼働性評価を実施するとともに、海底熱水鉱床の商業生産システムのコンセプトを検討した。また、フロンティア海域（氷海域）における資源開発支援のための氷況観測技術の開発を実施した。システム内のスラリ一流に伴う安全性を対象とした HAZOP 分析等を行って、平成 29 年度実施予定の実海域試験の計画策定につなげた。また、将来の商業化のための、我が国の海底熱水鉱床生産システムのコンセプトを検討し、同システムの基本計画支援のためのプログラム構成図を作成した。さらに、スラリー

検出された船舶の画像上の座標からカメラ位置からの相対距離を計算することにより、この情報を別途設定したレーダーに送信し統合表示するシステムへのリアルタイムのデータ供給を可能にした。今後これらの技術を船舶に搭載することで、自律航行船等の研究開発にも寄与することが期待されます。AI技術を用いた船舶分野では例を見ない取り組みであり、衝突事故防止等、海上交通の安全性に今後大きく貢献できるものである。



(平成28年度 AIS非搭載船の動静把握に関する技術開発報告書)

図1. 2. 11 AIS非搭載船検出システムのフロー



図1. 2. 12 船舶検出結果画像

●アンモニアの直接燃焼システムの開発

水素社会の実現に向けて、エネルギーキャリアとして有望視されているアンモニアの船用ディーゼルエンジンにおける直接燃焼システムを開発した。具体的には、液体を燃料とした船用ディーゼルエンジンの吸気にアンモニアを混合したアンモニア直接燃焼システム(CO₂を発生する燃料消費量を低減化するもの)について、その実用化のため基礎研究に着手し、吸気へのアンモニア混合の影響、パイロット噴射(メイン噴射前に行う噴射)の効果等を把握し、多段噴射による未燃アンモニアの低減効果を確認した。吸気にアンモニアを混合した場合について、いくつかの事例で燃焼状況を予測する燃焼解析シミュレーションを実施した。また、当該成果を基にして、実用化に向けた更なる効率向上等の研究をSIP(戦略的イノベーション創造プログラム:科学技術イノベーション

実現のための国家プロジェクト（内閣府）の研究課題「エネルギーキャリア」にて、29年度より開始している。

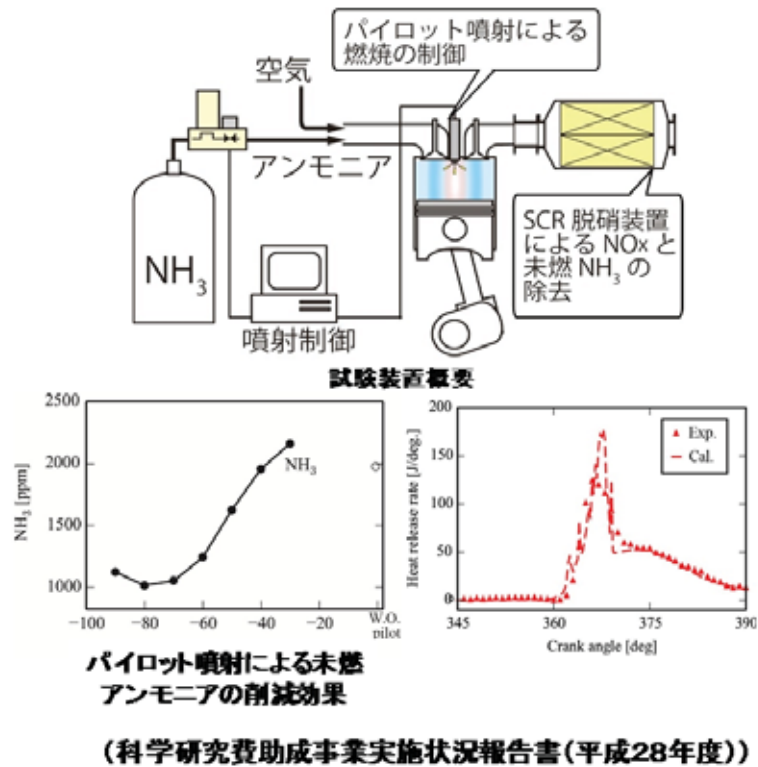


図 1. 2. 13 アンモニアの直接燃焼システム

●**水槽試験を活用した主機設計手法の開発**

(水槽模型試験を通じた主機設計を直接検証できる手法を構築)

船舶が実際に航行する際の波浪中での負荷変動に対する主機応答特性（回転数、燃費等の変動）を考慮できる水槽模型試験法の開発により、水槽模型試験により主機設計が可能であることを示し、実海域性能評価の高度化に貢献した。具体的には、国際条約による船舶の燃費規制導入により、出力の抑制による荒天中操縦性悪化が見込まれる。このため、波浪中での負荷変動に対する主機応答特性も含めた実海域性能評価手法及びそれに対応する主機設計手法の確立が急務であり、開発した水槽試験法を活用した。これにより、水槽模型試験で船舶が実際の海域で航行した際の船速低下や燃料消費量等を高精度での計算が可能となった。本件は平成 28 年度日本船舶海洋工学会奨励賞（乾賞）を受賞した。

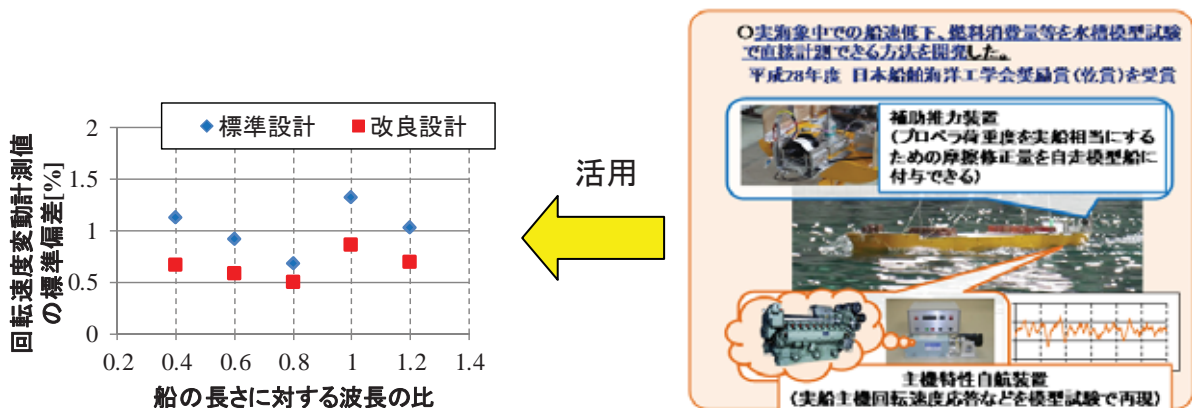


図 1. 2. 14 水槽模型試験を通じた主機設計の直接検証

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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p>	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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</p> <p>－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および船体構造モニタリングシステムプロトタイプの実験版を作成する。</p> <p>－液体水素等の新規貨物・燃料を扱う船舶導入や海上輸送形態の変化によるリスクを評価するためのリスクモデル、運搬時の事故シナリオ、荷役オペレーションを中心とした安全ガイドライン等の作成を行う。等</p>

○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 28 年度の研究内容

- (1 全体システム関係)
 - トータルシステムの基本設計の骨子として、既に海技研で有している荷重推定法、荷重-構造一貫解析手法、及び、強度評価手法を技術モジュールとして適用し、全船荷重-構造一貫強度評価システム DLSA (Direct Load and Strength Analysis)-Basic の開発に着手し、凡そ完成した。
- (2 荷重関係)
 - 上記小分類 (1 全体システム関係) にて開発中である DLSA-Basic の線形ストリップ法ベースの運動・荷重計算モジュールとして NMRIW-Lite、並びに、非線形ストリップ法ベースの運動・荷重計算モジュールとして NMRIW-Ver2 の開発を完了した。
- (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 $K_t = 1$) の初期欠陥から発生・伝播し、初期に均衡成長、並びに、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。
 - (3-2)
 - マイナー則に基づく疲労被害度評価とき裂成長則との併用によって、より信頼性の高い疲労寿命評価ができるシステムの開発に向け、嵐モデルによって荷重履歴を考慮した疲労寿命評価を行うためのシステムを構築した。また、疲労設計の高度化を図るため、当該システムにより操船影響を考慮した疲労寿命推定を実施した。
- (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、振り剛性、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相似にした弾性模型船の製作方法を検討した。
 - (4-2)
 - 流体構造連成解析を用いて、スラミングに続いて起こるホイッピング予測し、これを設計荷重として見積もるべき最大荷重を明らかにした。予測したホイッピング応答は、バックボーンコンテナ船模型実験結果と比較した。これまで、2 次元モデルに対して実績のある流体-構造連成解析を 3 次元モデルに拡張して、スラミング衝撃荷重とホイッピングを含む縦曲げ、水平曲げ、振りモーメントの構造応答との連成解析を行う評価システムを構築した。
 - (4-3)
 - 船長方向に 1 軸圧縮を受ける防撓パネルの繰り返し座屈試験を実施し、防撓パネルに面外変形が蓄積されるかどうかを検証するとともに、動的陽解法 FEM 解析によるシミュレーションを実施した。
- (5 リスク関係)
 - 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

平成 28 年度の研究成果

(1 全体システム関係)

□全船荷重-構造-貫強度評価システム DLSA (Direct Load and Strength Analysis)-Basic の開発は、各種船型を対象とした検証の段階であり、今後は DLSA-Basic を基にトータルシステム の概念設計を行うことができる。

(2 荷重関係)

□上記小分類 (1 全体システム関係) にて開発中である DLSA-Basic の線形ストリップ法ベースの運動-荷重計算モジュール NMRIW-Lite、並びに、非線形ストリップ法ベースの運動-荷重計算モジュール NMRIW-Ver2 の開発が完了し、それぞれプログラム登録を行った。これらのモジュールを用いて ISSC の研究委員会 II.2 のベンチマーク (実船の運動-構造応答解析) に参加した。今後は、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)

□2 軸載荷条件下においても、初期に均衡成長する表面き裂は、単軸載荷条件下と同様な形状変化となることが期待される (非均衡成長する表面き裂については、疲労き裂伝播試験は終了し、現在解析中である)。

□前年度実施した面外ガセット溶接継手を有する十字型試験片を用いた 2 軸載荷条件下における疲労き裂伝播試験については、外力及び残留応力による K 値、等価分布応力を用いた豊貞らの提案した疲労き裂推定手法により、精度良く疲労き裂伝播曲線を推定できることを示し、成果を公表した。

(3-2)

□疲労き裂成長則に基づいて疲労寿命推定を行うため、全船 FEM 解析で得られた波浪中応力応答データから嵐荷重履歴を作成するプログラム、及び、ランダム荷重履歴でのき裂成長の遅延現象を再現可能なき裂成長プログラムを開発した。

□疲労設計の高度化を目標として、波浪中船速低下等の操船影響、及び、船体弾性振動の影響をマイナー則ベースで評価するシステムを構築し、これらの定量的評価を行った。

(4 最終強度関係)

(4-1)

□弾性模型船について、船型を発泡ウレタンで形成し、その内側に樹脂を貼り合わせて製作するという方法を検討した。弾性模型製作の予備段階として、発泡ウレタンと樹脂の複合材による弾性箱船を製作しており、この弾性箱船の曲げ試験、振り試験を実施している。

□一方向変調不安定波/フリーク波中の弾性模型船の曳航実験結果の解析を行い、コンテナ船に発生する縦曲げ荷重は、フリーク波の後方で定義される波高だけでなく、船体運動の位相や、フリーク波前後を含む波の形状やダイナミクスに影響を受けることを明らかにした。

(4-2)

□CFD と FEM の片方向連成システムを構築した。また、衝撃荷重及びホイッピング応答の再現性について、ストリップ法と 3D パネル法との比較によるベンチマークを行った。

(4-3)

□平成 28 年度は、1 軸圧縮用防撓パネル試験体を 4 体製作し、うち 1 体を単調載荷による座屈崩壊試験に、他の 1 体を繰り返し載荷試験 (ただし、座屈変形累積後に単調載荷による座屈崩壊試験実施) に供した。マクロ弾性領域においても、繰り返し圧縮荷重を負荷することにより、防撓パネルに永久変形が累積されるプロセスを実験及び FEM 解析により検証した。また、繰り返し載荷による永久変形が生じた防撓パネルの最終強度は、単調載荷のみによる最終強度から大きく低下することはないことが明らかになった。

(5 リスク関係)

□荷重等の不確実性を考慮した評価手法構築のため、MATLAB を用いて、構造信頼性システムのベースを構築した。

□最終強度について、これまでは、静的な強度のみしか評価されてこなかったが、大型コンテナ船の折損事故を受け、スラミング荷重とホイッピングとの船体振動の関係を明らかにする必要があった。そこで、動的非線形縦曲げ最終強度を評価可能な変断面流力弾塑性ビームモデルを開発した。従来の手法では、静的評価のみであり、動的影響については、考慮されていなかった。また、静的評価のみであったこともあり、荷重推定 (荷重推定ツール) と強度評価 (Smith 法) は独立であり、全く連成していなかった。このような評価方法では、荷重と応答の連成・同調を考慮した最終強度評価を実施することはできない。開発したモデルでは、スラミングの荷重周期を考慮するとともに、材料非線形 (降伏後も正確に評価)、加工硬化 (歪速度依存性)、慣性力影響、流体-構造連成影響を考慮できるモデルとした。固定端モデル、支持端モデル、Inertia Relief モデル、Spring モデルを検討したが、検討の結果、Spring モデルが最も合理的であることが分かった。

□当該モデルを用いた解析を実施し、スラミングの荷重周期と構造応答の関係を明らかにした。その結果、(今後、実船モデルにより妥当性検証が必要であるが) 荷重周期が短い場合には、構造応

答が小さくなりより大きな荷重まで耐えられること、同調周期では、構造応答が荷重より増加する可能性があることが確認できた。これらの結果より、強度を上回る荷重が作用したとしても、作用時間が固有周期よりも短ければ、構造はより大きな荷重に耐えられる可能性があることが確認できた。逆に、強度より低い荷重が作用した場合に構造が崩壊するかどうかは今後の検討課題であるが、開発したモデルの拡張により確認できると考えられる。

- 妥当性検証のためのコンテナ船モデルを整備した。平成 29 年度は、当該モデルで上記と同様の解析を行い、開発したビームモデルの妥当性を検証する。
- ビームモデルによる解析では、短時間で、様々な海象に対する構造応答評価を実施することが可能であり、海象のばらつき等を考慮した確率論的評価が可能となる。構造信頼性評価手法により破壊確率を推定することにより、将来的には、リスクベース設計へとつなげることが可能となる。

成果の公表

- 出願特許：0 件
- プログラム登録：2 件
 - (2 荷重関係)
 - 1) 花岡, 村上, 松井：NMRIW-Lite (プログラム登録), 平成 29 年 3 月 (登録決定)
 - 2) 松井, 村上, 有馬, 花岡：NMRIW_ver.2 (プログラム登録), 平成 29 年 3 月 (登録決定予定)
- 発表論文：17 件
 - (3 疲労強度関係)
 - (3-1)
 - 1) K. Shimizu, K. Gotoh, Y. Anai, T. Niwa: Numerical simulation of fatigue crack propagation in an out-of-plane gusset welded joints under biaxial tensile loadings with different phases, (TEAM2016), Mokpo, Korea, OS211-2, 平成 28 年 10 月 (査読無).
 - 2) 清水啓司, 後藤浩二, 穴井陽祐, 丹羽敏男: 位相差を有する二軸載荷条件を受ける面外ガセット溶接継手の疲労亀裂伝播解析, 平成 28 年度日本船舶海洋工学会秋季講演会論文集, 第 23 号, 平成 28 年 11 月 (査読無).
 - (3-2)
 - 3) 岡正義, 丹羽敏男, 高木健: 構造信頼性解析からみた疲労寿命評価に関する研究, 平成 28 年度日本船舶海洋工学会春季講演会論文集, 第 22 号, 平成 28 年 5 月 (査読無).
 - 4) 岡正義, 田中義照: 波浪中船速低下を考慮した疲労寿命推定に関する研究, 平成 28 年度日本船舶海洋工学会秋季講演会論文集, 第 23 号, 平成 28 年 11 月 (査読無).
 - (4 最終強度関係)
 - (4-1)
 - 5) 宝谷英貴, 谷澤克治, 沢田博, 早稲田卓爾: 波群中のフリーク波とコンテナ船の縦曲げ荷重, 平成 28 年度日本船舶海洋工学会春季講演会論文集, 第 22 号, 平成 28 年 5 月 (査読無).
 - 6) 宝谷英貴, 谷澤克治, 沢田博, 早稲田卓爾: 波群中のフリーク波とコンテナ船の縦曲げ荷重 (第 2 報): 平成 28 年度日本船舶海洋工学会秋季講演会論文集, 第 23 号, 平成 28 年 11 月 (査読無).
 - 7) H. Houtani, et. al.: Kinematics of freak waves in the ocean and ship response: 5th DNVA-RSE Norway-Scotland Wave Symposium (査読無).
 - (4-2)
 - 8) T. Takami, M. Oka, K. Iijima: STUDY ON APPLICATION OF CFD AND FEM COUPLING METHOD TO EVALUATE DYNAMIC RESPONSE OF SHIP UNDER SEVERE WAVE CONDITION, OMAE2017 (査読あり).
 - 9) 高見: NAPA Steel を活用した船首スラミング問題に関する取組み、NAPA ユーザーセミナー2016 (査読無).
 - 10) C. Ma, M. Oka and K. Iijima: A numerical simulation for coupling behavior between Smoothed Particle Hydrodynamics and Structural Finite Element Method, MARSTRUCT2017 (査読あり).
 - 11) 馬: 粒子法ユーザーカンファレンス (査読無).
 - 12) 高見: 平成 28 年度 JASNAOE 秋季講演会 (帆船) (査読無).
 - (4-3)
 - 13) Y. Tanaka, T. Ando, Y. Hashizume, A. Tatsumi and M. Fujikubo: Experimental study on cumulative buckling deformation of stiffened panel subjected to cyclic loading, MARSTRUCT2017 (査読あり).
 - 14) 田中, 安藤, 橋爪, 室, 森下, 辰巳, 藤久保: 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、平成 29 年度日本船舶海洋工学会春季講演会論文集, 第 24 号, 平成 28 年 5 月 (査読無).
 - (5 リスク関係)
 - 15) 小沢, 亀谷, 山田: 損傷を有したコンテナ船縮尺模型の船体縦曲げ最終強度に関する検討, 平成 28 年度日本船舶海洋工学会春季講演会論文集, 第 22 号, 平成 28 年 5 月 (査読無).

16) 山田, 亀谷, 小沢: コンテナ船のハルガータ動的応答に関する基礎的検討平成 28 年度日本船舶海洋工学会秋季講演会論文集, 第 23 号, 平成 28 年 11 月 (査読無).

17) Y. Yamada and Kameya: A Fundamental study on the Dynamic Response of Hull Girder of Container Ships due to Whipping, OMAE2017 (査読あり).

□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となり得る。

平成 28 年度の研究内容

□IMO の操船ガイドラインや ISO 規格等を参考として統合型船上モニタリングシステム用ガイドラインの目次案を構築した。

□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統合型船上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に着手した。

□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、船長等の経験者への聞き取り調査を実施し、航海系や機関係を含めて幅広く情報収集した。

平成 28 年度の研究成果

□船上モニタリングデータに基づく合理的な基準策定に関して IMO 文書を作成し MSC97 へ提出した。

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

□水槽実験のバックボーンモデル及び各種センサ及びデータ処理システム等が組み込める船体構造モニタリングシステムのプロトタイプのモックアップ版を作成した。

□船社、造船所、大学、船級協会で構成される大型コンテナ船シリーズ船の応力モニタリングプロジェクトに参画し、ユーザ視点に立った船体構造モニタリングシステムの実現に向けた調査研究を行った。

□応力モニタリングで得られたデータを統計解析して長期予測値及び累積疲労被害度を計算するプログラムを作成した。

□荷重構造一貫解析システムで計算される波浪中応力応答データから、設計波浪テーブルあるいは実航路データを用いて応力の短期予測、長期予測による最大応力及び疲労被害度を計算するプログラムを作成した。

□耐久性のある加速度センサのデータから船体応力を予測するため、MEMS 加速度計の信頼性の確認試験に着手した (F 社との共同研究)。

□船長協会への聞き取り調査を実施 (2 回) し、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った。聞き取り調査結果を基に、アンケートを作成した。

□船社、造船所、船級及び大学に対し、上記アンケート内容に関する意見照会を実施し、アンケート内容・様式のブラッシュアップを行った。

成果の公表

□国際貢献 IMO 会議資料:

・ Integrated onboard monitoring system for safe and efficient ship operation (IMO/MS97/inf)

□論文:

・ 岡正義 穴井陽祐、高見朋希、有馬俊朗: 船体強度評価からみた荒天航行に関する予備的調査研究、日本船舶海洋工学会講演会論文集第 24 号、平成 29 年 5 月

- ・岡田哲男 川村恭己 豊田昌信 山内暁彦 加藤淳 安藤英幸 米澤拳志 木村文陽 有馬俊朗 岡正義 松本俊之 碓崎裕晃：14,000TEU 大型コンテナ船における船体構造ヘルスマニタリングに関する研究開発の概要、日本船舶海洋工学会講演会論文集第24号、平成29年5月
 - ・岡正義他：ホイッピングを考慮した疲労寿命推定と船上モニタリング、平成28年度（第16回）国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所研究発表会講演集、2016。
- 講演、その他
- ・有馬俊朗：「海技情報」船舶の構造安全評価について（その1～その5）、船長協会誌「Captain」433号～437号
 - ・Akira Ishihara（国交省海事局）：Evolution of Ship Safety and Technology、International Safety @sea conference 2016

○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28年度の研究内容

- 液化水素運搬船等に対応したリスクモデルの構築
 - ・液化水素に関連する陸上等の事故事例、リスクモデルやLNGとの物性の相違等について情報収集し、液化水素運搬船のリスクモデルを構築する。
- 液化水素運搬船等に対応した被害影響評価手法の開発
 - ・船舶における液化水素運搬時の事故シナリオを作成し、被害影響評価に必要な条件等を取りまとめる。
- 液化水素漏洩時の熱-構造連成を考慮した、構造安全性評価手法ベース構築
- 液化水素漏洩時の船体構造の事故限界状態設定手法の構築。
- 液化水素運搬船の安全基準、ガイドライン等を策定する。

平成28年度の研究成果

- 液化水素運搬船等に対応したリスクモデルの構築
 - ・陸上の水素貯蔵・補給施設については、米国 Sandia 国立研究所が開発した定量的リスク評価ツール（通称 HyRAM）について調査を行った。LNG等の炭化水素に関連する情報として、英国 HSE が公開している漏えいデータ（通称 HCRD）および、Offshore Technology Report OTO 97 950 に基づいて整理された荷役設備等に関する事故統計データについて調査し、船舶における荷役設備、配管等からの漏えいに関するリスクモデルへの適用可能性が見出された。
- 液化水素運搬船等に対応した被害影響評価手法の開発
 - ・米国 Sandia 国立研究所が開発した定量的リスク評価ツール（通称 HyRAM）に搭載されている水素ジェット拡散モデルについて調査を行った。Sandia レポートに記載されている基礎方程式に基づいて、常温水素ジェットに関する拡散コードを作成し試算を行った結果、既存の水素ジェットに関する実験を良好に予測することが確認できた。
- 液化水素運搬船からの液化水素漏洩による構造破壊リスクについて、脆性破壊の専門家を交えてヒアリング等を行った。
- ベイジアンネットワークを用いて、液化水素運搬船の構造破壊リスクモデルの Coarse Risk モデルを構築した。
- 液化水素の漏洩リスクについて、構造リスクの観点から、文献調査を行った。

- IMO の液化水素運搬船の安全基準に関する暫定勧告が策定された。
- IGF コードで要求されるリスク評価の標準方法として、天然ガス燃料船のリスク評価ガイドライン、FMEA の実施に関するガイドライン、代替設計及び配置の認証のためのガイドラインの作成を行った。
- 船級検査で要求される衝突・接触リスク評価の標準評価法として、衝突・接触の定量評価方法 (QRA) の作成を行った。
- IGF コードで要求される LNG 漏洩頻度等の標準解析法として、LNG 配管からの漏えいに関する調査を行った。
- IGF コードで要求される LNG 漏洩時の必要通風量の標準解析法作成のため、タンクコネクションスペース内の LNG 流出時における圧力上昇の解析方法に関する調査、閉鎖場所または半閉鎖場所での LNG 流出時における必要通風量の解析に関する調査を行った。
- IGF コードで要求されるリスク評価の標準信頼性データの作成のため、船舶関連機器の故障発生確率に関する調査、LNG 燃料関連装置等の船舶関連機器の取扱いに係る人的過誤確率に関する調査、船舶の海難事故発生頻度及び被害度の推定に関する調査、船舶の火災・爆発事故の発生頻度及び被害度の推定に関する調査を行った。
- 改正 IGC コードで要求されるリスク評価の標準評価法作成のため、貨物関連制御装置の故障発生時の影響の推定方法に関する調査を行った。
- 液化水素運搬船のリスク評価として、液化水素運搬船の HAZID, HAZOP 分析を行った。

成果の公表

□発表論文：

- 1) 木村, 岡(秀), 岡(泰)：低密度ガスプルームの発達過程における空気連行に関する数値解析, 安全工学シンポジウム 2016 講演予稿集
- 2) 木村, 岡(秀), 岡(泰)：低密度ガスプルームの発達過程に関する数値解析, 第 49 回安全工学研究発表会講演予稿集

□船級協会ガイドライン資料 (いずれも今後発行予定)：

- 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 28 年度の研究内容

- 最低出力暫定指針のレベル 2 手法を既存船に適用し、EEDI 規制との関係から生じる問題点を抽出し、高揚力舵の適用方法等の技術要素の検討を行う。EU プロジェクト SHOPERA、オランダ海事局との連携を図り IMO/MEPC で 2017 年に改訂される予定の最低出力指針の動向を調査する。
- 荒天下の操船性能評価のための計算手法で用いるべき座標系の選択と運動方程式の定式化し、各種流体力と船体動揺の実用的計算手法の基礎を構築する。荒天中の船体動揺を推定し得る計算手法の基本方針の立案のために、実海域再現水槽で波浪中の模型試験を実施し、船体動揺に関する基礎データを取得する。

平成 28 年度の研究成果

- 最低出力暫定指針のレベル 2 手法に対する高揚力舵の適合性評価を行った。SHOPERA ワークショップ及び個別会合、日本ーギリシャとの会合に参加し、日本のプロジェクト実施内容の説明を行

い、関係者との意見交換を行った。その結果、日本のプロジェクトの情報提供を IMO に行い、2017 年に改訂提案する最低出力指針の日本提案に反映した。なお、当初、気象・海象は船の長さにかかわらず BF8 かつ有義波高 5.5m と一律にしていたが、本提案では小型船に対して想定有義波高を段階的に下げることにより、現実的な基準となった。

- 荒天下操船性能の計算法を定式化して波浪中の 6 自由度操縦運動・船体動揺推定プログラムの基礎を構築した。波浪中自由航走模型実験を実施して本プログラムの基本的妥当性を確認した。自由航走模型実験で実船の操縦性能を直接評価する舵効き船速修正に主機の作動制限を考慮する方法を提案するとともに波風中の模型実験に適用して主機制限が波風中の船速応答等に与える影響を実験的に明らかにした。

成果の公表

□ プログラム登録：1 件

操縦性能試験オンライン解析プログラム, P 第 10627 号-1(2016.5.20.), 鈴木良介, 北川泰士, 上野道雄

□ 発表論文数：10 件(うち査読論文 2, 国際研究集会 1)

- ・ 鈴木良介, 塚田吉昭, 上野道雄, 舵効き船速修正法の実験的検証, 海上技術安全研究所研究発表会講演集, 16, 2016
- ・ 上野道雄, 塚田吉昭, 補助推力装置付き自走模型船を使った停止試験の方法, 日本船舶海洋工学会講演会論文集 22, 2016
- ・ UENO, Michio, TSUKADA, Yoshiaki, Stopping Test Method for Free-running Model Ship Equipped with Auxiliary Thruster, OMAE2016, 2016.
- ・ UENO, Michio, TSUKADA, Yoshiaki, Estimation of full-scale propeller torque and thrust using free-running model ship in waves, Ocean Engineering, 120, 2016
- ・ UENO, Michio, SUZUKI, Ryosuke, TSUKADA, Yoshiaki, Estimation of stopping ability of full-scale ship using free-running model, Ocean Engineering, 130, 2017
- ・ UENO, Michio, TSKADA, Yoshiaki, SUZUKI, Ryosuke, Free-running model ship test for estimating full-scale performance at actual seas, Conference Proceedings, 23 JASNAOE, 2016
- ・ UENO, Michio, OHMATSU, Shigeo, CHIAKI, Sadayosi, Estimation program for steady wave loads on ships at zero forward speed using database, Papers of NMRI, 16-3, 2017
- ・ 上野道雄, 鈴木良介, 塚田吉昭, 舵効き船速修正と風荷重模擬装置を使った自走模型船による実船の実海域性能評価, 実海域推進性能研究会, 2016. 4.
- ・ 鈴木良介, 上野道雄, 自由航走模型試験のための風荷重模擬装置の開発, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 23, 2016
- ・ 鈴木良介, 塚田吉昭, 上野道雄, 自由航走模型試験における舵効きと船速の修正について(続報)-模型実験-, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 23, 2016

□ IMO 文書：1 件

- ・ Report of JASNAOE research project for determining minimum propulsion power, Submitted by Japan, MEPC 70/INF.35, 19 August 2016

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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>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</p>	<p>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。</p> <p>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 一 輻輳海域及び準輻輳海域における航行困難の要因調査により進路交差部等交通流の配置に起因する安全航行上の問題点を抽出する。 等</p>

○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
 - 小型船舶の航行支援技術の開発
 - 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となり得る。

平成 28 年度の研究内容

- 海難審判庁の裁決録から貨物船が関係した衝突事故を 50 件抽出し、事故時の詳細について調査を行い、衝突事故の発生状況を分析した。次に、分析結果に基づき、衝突を回避するための適切な操船を行う衝突回避装置の検討を行った。
- 船社、航海機器メーカーへのヒアリング調査を踏まえて、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コンセプトを作成した。
- スマートフォンを活用した小型船の衝突乗揚げ防止支援方を検討し、小型船の衝突乗揚げの防止支援を行うアプリ開発のためのガイドラインに反映させた（海事局請負研究で実施）。具体的には、アプリ開発に必要な、他船の近接警告及び危険海域への近接警告、通信頻度等に必要な要素を検討し、各種指標案等を策定した。これら指標案等を評価するためのシナリオに基づき、シミュレータ及び海上実験を行い、各種指標案の具体的な数値等の評価と確認を行った。また、アプリ開発上の注意点の抽出、警告等の発報条件の策定等を行った。
- 運輸安全委員会の船舶事故調査報告書及び海難審判裁決録に記載された、波浪中の転覆、沈没、船体傾斜事故を分析し、事故関連要因の抽出・類型化を行った。
- 旅客船損傷時のハザード及び安全対策を抽出し、リスク評価モデルを作成した。
- 損傷船舶の波浪中運動推定法の検討と試算を行った。

平成 28 年度の研究成果

- 貨物船が関係した衝突事故を 50 件の事故時の詳細について調査・分析した結果、①衝突事故で危険を認知してから衝突に至るまでの時間は 2 船間で異なり、そのうち短い方の時間が 1 分を下回るものが 9 割程度であること、②船首が相手船の船首・船尾付近に衝突する事故の割合が多く 7 割程度あることが分かった。これらの事故を回避するためには、減速しつつ操舵が可能な衝突回避装置が適切と考え、プロペラへの流入速度を増速し、通常時とほぼ同様に操舵が可能な装置の検討を行った。その結果、シミュレーション計算では減速の程度は小さいものの比較的早い段階から効果があることが確認された。
- 異常接近時の相手船を船舶自動識別装置、レーダー、及び、画像処理により検出・動静把握を行い、衝突直前時に大角度変針や急減速を自動的に制御する緊急時自動衝突回避システムのコンセプトを作成した。また、このシステムでは、電子海図も活用し、同時に乗り揚げ防止も考慮したコンセプトとした。
- 小型船の衝突乗揚げの防止等の支援を行うスマートフォンアプリ開発に必要な、他船回避警告、危険海域回避警告等の各種指標案等を求め、国土交通省が作成するアプリ開発のためのガイドラインに反映させた。国土交通省は「船舶事故防止スマホアプリの安全ガイドライン」を平成 29 年 3 月 16 日に公表した。
- 波浪中の転覆、沈没、船体傾斜事故要因分析用チェックリストを作成・適用することで、波浪中の海難事故要因を類型化するとともに、転覆事故の類型化要因毎に対策を系統的にまとめた。
- 旅客船損傷時のハザードとして衝突事故、安全対策として要求区画指数 R の変更を考慮したリスクモデルを Event Tree により構築し、初期事象の発生頻度や各ヘディングの分岐確率を乱数として与えるモンテカルロシミュレーションプログラムを開発した。
上記プログラムを用いて、要求区画指数 R が現行規則の場合及び変更した場合の人命損失リスク（PLL, Potential Loss of Life）及びコストをそれぞれ計算し、そこから規則変更によるリスク減少量（ Δ PLL）とコスト増加量（ Δ Cost）、IMO における規則制定手法 FSA の費用対効果評価指標 GCAF（ Δ Cost/ Δ PLL）を求め、要求区画指数 R 見直しに関する費用対効果の検証を実施した。
- 損傷船舶の波浪中運動推定法を行うには損傷口の大きさ、場所、形状、内部区画の再現性などを考慮する必要があることから、流体の分裂合体に強いメッシュフリーの粒子法（MPS 法）を用いた検討を行い、粒子法とストリップ法を用いた損傷船舶の浸水時動揺推定計算法を開発し、模型実験結果と比較することで流体力も含めて精度良い推定が可能であることを確認した。更に、シミュレーション計算で波浪場を再現するための造波境界と透過境界を開発し、その有効性を確認した。

成果の公表

- 柳、田口：「小型船舶の波浪中転覆事故要因の類型化に関する研究」日本航海学会講演予稿集 4 巻 2 号, 2016.
柳、田口：「小型船舶の波浪中転覆事故要因の類型化に関する研究」日本航海学会論文集第 136 巻, 2017.（投稿中）
柳、田口：「類型化要因による波浪中事故の分析」日本航海学会講演予稿集 5 巻 1 号, 2017.（発表予定）
- T. Yuzui, F. Kaneko. : Risk Analysis in terms of damage stability of Passenger/Cruise Ship based on Event Tree Analysis, Proceedings of TEAM 2016, 2016.
柚井、金湖：「旅客船の要求区画指数見直しに関する予備的 FSA」日本船舶海洋工学会講演会論文

集第 23 号, 2016.

- Hirotsuda Hashimoto, Kouki Kawamura, Makoto Sueyoshi: A numerical simulation method for transient behavior of damaged ships associated with flooding, Marine CFD, 2017. (投稿中)
- 河村昂軌, 橋本博公, 小野寺直幸: 「損傷浸水した車両区画の強制動揺シミュレーション」日本船舶海洋工学会春季講演会, 2017. (投稿中)
- 河村昂軌, 小野寺直幸, 橋本博公, 松田秋彦: 「GPU クラスタを用いた MPS 法の海水打ち込みを伴う船体動揺シミュレーションの開発」, 2017. (投稿中)

○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 28 年度の研究内容

- 海上保安庁における第 3 次交通ビジョンの一環として、推薦航路を設定する次の候補海域の選定し、交通流シミュレーションによる安全性評価のための基礎調査を行う。
- 衝突海難の発生に影響する外的要因として、交通流に起因する操船困難があると考えられる海域の特徴と、それぞれを緩和する安全対策の設定するための基礎情報を整理する。

平成 28 年度の研究成果

- 運輸安全委員会による船舶事故調査報告書のうち、近年の情報をデータベース化した上で、検討に必要な情報の提供方法の検討を行った。具体的には、運輸安全委員会より提供された直近のデータのうち、約 3000 件につき、データの構造化処理を行った。
- AIS データより、最近の全国の通航量を解析し、運輸安全委員会ホームページにて提供されている船舶事故ハザードマップのハザード情報の更新データ（全国 1 分メッシュ、遠州灘及び瀬戸内海各 0.2 分メッシュ通航量データ）を同委員会事務局に提供した（年度内に同ホームページ上で新データに更新予定）。
- 運輸安全委員会、海上保安庁との共同研究等への使用のため、AIS データベースを増設し、直近のデータを追加すると共に、解析ツール AIS Analyzer の整備を行った。
- 対象海域における船舶の交通状況を分析するための AIS データを活用した船舶交通状況分析ツール (TrafficStateAnalysisTool) の整備を行った。このツールでは、OD (Origin and Destination) 調査を行い交通流シミュレーションの基礎データとなる船舶の時間帯別通航隻数や通行位置分布・航行速力などの分析に加え、論文で公表されている数種類の衝突危険度の評価指標により船舶の衝突危険度を算出し、その結果を地図上に可視化を行うことができる。OD 調査結果の一例として、友ヶ島水道と御前崎沖を航行する船舶の航跡と通航位置分布を示したものである。
- 海上保安庁との共同研究として、AIS データ解析ツール (AIS Analyzer) や TrafficStateAnalysisTool を用いて、潮岬沖～大王崎沖に至る海域での交通状況の事前解析および衝突事故の分析を行った。1/60 度 (1 分) 長さのゲートを設定し、1 日当たりには通過する船舶数を計測した通航密度分布図である。分析結果から大王崎沖よりも潮岬沖の方が船舶の通行位置が集束しており衝突発生回数も多いことがわかった。その結果から、大きい一つの集束している交通流を整流することに推薦航路設置の条件が限定されること、推薦航路によってより高い事故の抑制効果が期待できることを考慮して潮岬沖を推薦航路の設置候補として選定した。本年度の検討をもとに、次年度に当該海域での推薦航路設定に向けた安全性評価を行う。
- 船舶交通が極めて多い東京湾を対象として、任意の船舶がその周囲の船舶によって妨害される範囲を表す OZT (Obstacle Zone by Target) の評価手法により、衝突危険の蓋然性が高い場所の特定とその安全対策の検討を行った。東京湾を航行する船舶が多い 3 月の 1 ヶ月間の AIS データを用いて、OD 解析によって湾内の港間および湾内から湾外へ移動する船舶を抽出し、それを対象として OZT 評価を行った。

- ・OZTが発生しやすい場所を把握するため、1日当たりのOZT遭遇頻度の分布を解析した。その結果、各港内、浦賀水道航路、中ノ瀬航路および中ノ瀬西方海域においてOZTに遭遇する頻度が高く、船舶交通が集束し過密になる場所と同じ地点でOZT遭遇しやすいことがわかった。
- ・OZTが発生しやすい場所別の特徴を把握するため、一度にOZT遭遇した隻数別での自船位置を解析した。東京湾内で6箇所の海域に分類して、それぞれの海域でのOZT遭遇の特徴を解析した結果、ほとんどの場所で同航船との同航および交差、同航船と反航船の反航および交差など、複雑な交通状況がOZT遭遇の原因と考えられることがわかった。
- ・OZTが発生しやすい時間帯を把握するため、1時間ごとのOZTの遭遇回数を解析した。その結果、上述の6箇所の海域のほぼ全てが、北航船は朝方、南航船は夕方にOZT遭遇回数が多いことがわかり、船舶の通航量と比例することがわかった。
- ・航行中にOZTに遭遇しやすい場所を把握するため、ラッシュ時刻に東京港、横浜港、千葉港に出入港した船舶が一航海あたりに遭遇したOZTを解析した。その結果、北航時および南航時問わず、浦賀水道航路の南端よりも南側から東京湾アクアラインの西側の海域まで常時OZTに遭遇する状況であり、とくに浦賀水道航路、中ノ瀬航路および中ノ瀬西方海域では複数の他船とのOZTに遭遇し、操船の自由度がほとんどない状況であることがわかった。
- ・東京湾を航行する船舶の操船困難度をOZT手法により評価し、特に操船が困難な6海域を特定した。さらに、それらの海域でOZT発生の特徴を考慮して、OZT発生を抑制するために有効と思われる安全対策を検討した。

成果の公表

□国際貢献 IMO 会議資料：

- ・IMO NCSR 4-3 – Establishment of a recommended route off the western coast of Izu O Shima Island

□論文：

- ・海上交通流シミュレーションシステムによる新しい航路指定の評価法の確立（海上技術安全研究所報告 第16巻第3号）

□講演：

- ・海上交通における交通の分析と安全への取り組み（第53回土木計画学研究発表会，2016.5）
- ・伊豆大島西方海域における推薦航路設定のためのシミュレーションを用いた検討（第16回研究発表会，2016.6）
- ・Method of safety assessment for establishing ship routing system with marine traffic simulation (7th International Conference Collision and Grounding of Ships and Offshore Structures (ICCGS2016), 2016)
- ・伊豆大島西方海域における推薦航路設計に関する安全性評価（越中島OZT研究会セミナー（第1回）「航行妨害ゾーン（OZT）の利用と展望」，2017.2）

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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p>	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p> <p>－世界の規制動向を踏まえた将来シナリオに基づき、船舶による全世界での燃料消費量を推算し、グローバル S 分規制導入の船舶への影響を把握する。等</p>

○船舶に起因する大気等規制の概念設計と規制手法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上で社会合理性のある適切な規制を構築する。具体的な内容は以下の通りである。

- グローバル S 分規制の導入効果に関する評価
- 船舶由来の PM 等に係る排出量データの精緻化・大気質シミュレーション技術の向上
- 将来の規制導入に資する新たな大気規制指標の開発研究

研究目標

- グローバル S 分規制の効果に関する評価等、科学的根拠に基づく合理的なデータ・資料等を作成する。
 - 実船舶の PM 排出データの利用により、実船舶の PM 排出特性を反映した PM 排出係数及び PM 組成プロファイルを開発する。船舶輻輳海域を対象とする 3 次メッシュ大気質シミュレーション計算の結果に基づき、BC・PM 濃度における船舶寄与率が低くなるような燃料・運航条件を提示する。
 - MRV の合理的な GHG 規制指標を開発する。
- 上記の成果に基づき、PM 等の合理的な環境基準が設定されることで、海洋環境が保護されることが期待される。また国際ルール形成に戦略的に関与することにより、我が国海洋産業の国際競争力

強化へとつながる。

平成 28 年度の研究内容

(1) SOx、PM 等の大気規制導入に関する検討

世界の規制動向等を踏まえた将来シナリオに基づき、船舶による全世界での燃料消費量を推算し、グローバル S 分規制導入の船舶への影響を把握する。上記将来シナリオに基づき、大気質シミュレーション計算用の最新将来船舶排出量データを作成する。実船舶運航状況を考慮した PM 排出モデル構築の一環として、航行中船舶の船種別機関負荷変動を設定し、文献調査等により貨物積載率の設定方法を決定する。環境省委員会による検討状況や大気環境学会等における研究の状況をフォローアップし、二次生成物質の研究動向について把握する。

(2) 将来の規制導入に資する新たな大気規制指標の開発

MRV の実施に不可欠な船舶の実運航時における燃料消費量の計測・把握手法について、best practice を提案する。日本、米国、欧州海上保安機関 (EMSA)、ドイツからそれぞれ IMO に提案された 4 種類の実燃費指標案について実運航データを用いた解析を行い、各指標案の性能を評価する。

平成 28 年度の研究成果

(1) SOx、PM 等の大気規制導入に関する検討

□複数の所内ラボ船用 4 サイクルディーゼル機関、東京海洋大学所有のラボ船用 2 サイクルディーゼル機関を使用して PM 捕集実験を行い、PM 組成分析事例を蓄積した。

□上記 PM 組成分析結果を、大気質シミュレーション計算で使用する船舶排出量データの作成に適用するための検討・考察を行い、その内容をとりまとめて論文として投稿した (現在査読中)。

□グローバル S 分規制の開始時期検討のために、2020 年における船用低硫黄燃料油の供給可能性について文献・ヒアリング調査等を実施し、その調査結果を IMO/MEPC70 (2016. 10.) に報告した。

(2) 将来の規制導入に資する新たな大気規制指標の開発

□GHG 規制導入に係る IMO での議論を継続的にフォローアップし、その技術的課題 (船舶実運航時における燃料消費量の計測・把握手法等) について検討した。検討結果に基づき妥当と考えられるエネルギー効率指標、将来課題等について国土交通省と協力してとりまとめを行い、IMO/MEPC70 (2016. 10.) に提案した。

□IMO/MEPC70 において採択された DCS (Data Collection System、旧名称 MRV) に対応する機能として、5000GT 以上の個船から報告された燃料消費量、航海距離、航海時間、エネルギー効率設計指標 (EEDI)、純トン数 (NT)、載荷重量トン数 (DWT)、主機・補機の出力等に関する年間データを保管し、各種の燃費エネルギー指標の算出及び統計解析等を有するプログラムを作成した。DCS データベースの施策について IMO 本部でプレゼンテーションを行い、各国から支持を得た。

成果の公表

□特許 0 件

□プログラム登録 1 件 (名称: 燃費消費実績報告制度データベースシステム、2017. 3.)

□発表論文 3 件 (うち査読付き英文論文 1 件、査読付き日本語論文 1 件)

・ T. Yokoi and H. Shirota, Emission Estimation of Air Pollutants from Ships in Japan Regions, Proc. 7th Pan Asian Assoc. Maritime Eng. Soc. and the Advanced Eng. Conf. 2016, 2016. 9.

・ 中村真由子ほか、船用ディーゼル機関排ガスのサーマルオプティカル分析プロトコルの検討、第 86 回マリンエンジニアリング学術講演会論文集、日本マリンエンジニアリング学会、2016. 10.

・ 大橋厚人ほか、船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 (投稿中)

□受賞 0 件

□国際貢献 IMO 提案文書 4 件

・ 村岡英一、Air Pollution and Energy Efficiency -Assessment of Fuel Oil Availability -Final Report-、IMO/MEPC70、2016. 10.

・ 村岡英一、Air Pollution and Energy Efficiency -Assessment of Fuel Oil Availability -Executive Summary-、IMO/MEPC70、2016. 10.

・ 横井威ほか、Reduction of GHG Emissions from Ships -GHG Emissions Reduction Target of International Shipping Based on Energy Efficiency-、IMO/MEPC70、2016. 10.

・ 横井威ほか、Further Technical and Operational Measures for Enhancing Energy Efficiency of International Shipping -Report of the Correspondence Group on the Data Collection System for Fuel Consumption-、IMO/MEPC70、2016. 10.

□その他 3 件 (学協会寄稿 1 件、海技研究発表会 2 件)

・ 横井威ほか、中国における船舶起源の海洋・大気環境汚染問題への対策法規、KANRIN (日本船舶海洋工学会誌) 第 66 号、日本船舶海洋工学会、2016. 4.

・ 城田英之ほか、AIS 情報等に基づく船舶由来排出インベントリ解析システムの開発、第 16 回海上

技術安全研究所研究発表会、2016. 7.

- ・ 中村真由子ほか、船用ディーゼル実験機関から排出される元素状炭素（EC）の計測プロトコルの検討、第 16 回海上技術安全研究所研究発表会、2016. 7.

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
<p>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。</p>	<p>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(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。</p> <p>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</p>	<p>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(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。</p> <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> －波浪中プロペラ負荷変動を精度よく推定するためのプロペラトルク変動モデルを開発する。 －重合格子対応の構造格子ベースのソルバーNAGISAにおいて、直交格子等を用いた流場計算手法の高速化、計算格子の局所細分化手法を開発する。等

○次世代 EEDI, EE0I 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(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、

- 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となり得る。

平成 28 年度の研究内容

- 最適運航システムの全体仕様を策定し、計測方向スペクトラムを利用した最適運航手法の開発を行う。
- 気象海象の長期データベースの開発を行う。
- 計測方向スペクトラムを利用した合理的な波浪影響評価方法を検討し、ITTC等に提案する。
- 経年劣化・生物汚損影響評価法開発のためのプロトタイププログラムを製作する。
- 機関応答モデル拡張のため、対象推進システムを選別する。
- 実海域性能向上設計方針の策定。
- 水中抵抗モデル及び氷況取得手法の検討。
- 北極海航路における諸データを収集し、水中抵抗モデルを検討する。
- 模型試験により、水中抵抗モデルの妥当性を検証する。

平成 28 年度の研究成果

- 計測方向スペクトラムを利用した最適運航手法の開発を外部連携にて進めた。
- 全球版気象海象データベースを開発。
- 合理的な波浪影響評価方法を ITTC に提案し、委員会合意を得た。
- 経年劣化・生物汚損評価のベースとなる平水中性能カーブの評価モデルを構築。
- 主機関応答モデルに、船速一定モードを加え、実運航性能シミュレータ VESTA を更新。
- 内方傾斜船首部形状 COVE について、傾斜深さ・傾斜角等を変更した波浪中抵抗増加試験を実施し、波条件と効果の関係を調査。
- CFD による波浪中計算結果の検証のため、船首部水面上に働く圧力を計測。
- 船尾省エネ付加物による波浪中船尾流場の変化をマイクロバブル PIV 計測システムにより確認。
- 氷況取得手法としてレーダーを検討し、研究者及びメーカーへのヒアリング等を通じて、既存技術をレビューした。
- 2013 年夏季に NSR を通航した船舶の AIS データを分類・抽出し、衛星氷況データと合わせて、耐氷貨物船における船速低下を分析した。
- 氷海水槽試験によりバルクキャリア模型の砕け氷中抵抗を計測し、水中抵抗モデルにおけるパラメータの検証データを取得した。

成果の公表

- 特許出願：2
- プログラム登録：2
- 受賞：1（「海の日」海事関係功労者国土交通大臣表彰）
- 発表論文：18
・論文（査読有り）

1	Development of COVE Bow -Energy Saving Bow Shape in Actual Seas-	Proc. of PRADS2016
2	浅水試験による抵抗・自航性能評価と馬力推定	日本船舶海洋工学会講演会
3	実運航性能シミュレータの開発に関する研究	海技研報告
4	実運航シミュレーションによる実船データ解析－排水量修正と波風修正の適用－	日本船舶海洋工学会論文集
5	実運航性能評価における速力-回転数-主機出力関係のモデル化	日本船舶海洋工学会論文集
6	全球の気象海象統計データベースの開発	日本船舶海洋工学会講演会
7	Validation Study on Wave Correction for speed/power trial of ships	日本船舶海洋工学会講演会

・ 寄稿その他（査読無し）

1	Issues of load variation test in waves and performance of ships in service	ITTC/PSS
2	Monitor and Review EEDI, EEOI Prediction and Determination	ITTC/PSS
3	外航海運のGHG規制と技術的検討	阪大
4	大阪大学との連携推進	阪大
5	今後の船	日本船舶海洋工学会
6	海上試運転解析法の浅水修正の検討	実海域推進性能研究会
7	北極海航路における推進性能	実海域推進性能研究会
8	Investigation on shallow water correction on speed/power trials	ITTC/PSS
9	Monitor and Review EEDI, EEOI Prediction and Determination	ITTC/PSS
10	氷海シミュレーション	KANRIN
11	導電性材料センサを使った船側波高計測システム	東大・海技研研究会

○水槽試験を活用した船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（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、

- 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
 - 運航状況に応じた船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となり得る。

平成 28 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（平成 28 年度～30 年度）
- 主機特性模擬自航装置に用いているエンジンモデル（第 3 期に開発したサイクル平均（CMV）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が出来るようにする。具体的には以下の 3 点を目標に実施する。
 - EEDI を改善するエンジンダウンサイジング手法を、標準モデルを利用して開発する。標準モデルはエンジンと過給機の特性を組み込み、スピードガバナーで制御するモデルであり、この標準モデルにトルクリミッター機能を追加し、新しい主機コンセプトのダウンサイジングモデルを開発する。
 - 定常負荷における燃費推定に加えて、実海域における負荷変動の過給機応答を考慮して、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。実機実験機において排気弁閉タイミングを変更し、掃気効率と燃費の関係を実測し、関係式を決め燃費推定がより精度よくできるようにする。
 - モデルベース状態監視と出力フィードバック/フィードフォワード制御を組み入れた革新的なエンジン制御システムを検討する。エンジン制御システムを検討するために、Hardware in the

Loop System を構築して革新的な制御を検討する。

(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 (平成 28 年度～30 年度)

- 波浪中の推進プラント応答計算のため、従来考慮されていなかった船体の横運動影響を考慮できるように波浪中プロペラ推力・トルク推定手法の高度化を行い、小項目 1 で開発予定の推進プラント特性汎用数学モデルを組み込んだ推進プラント応答計算コードの試作を行う。
- 小項目 1 で開発される推進プラント汎用数学モデルを内装した主機特性自航装置を整備し、前期関連重点研究で開発した「実船の船速および主機応答を直接計測できる水槽試験法(船速相似法)」を用いた波浪中速力試験を実施し、波浪中船速および主機応答を計測する。

平成 28 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 (平成 28 年度～30 年度)

- 主機モデルの部分的拡充ができた。(ダウンサイズ手法) 標準モデルからダウンサイズモデルへの容易な開発プロセスを確立した。エンジンのシリンダ数を増減させる場合は過給機ユニットのみ代えればよいようにした。
- 主機モデルの部分的拡充ができた。(燃費推定がより精度よく出来るよう) 開発したエンジンモデルは負荷変動時の過給機応答遅れによる燃費悪化の予測精度が不十分である。そこで、過給機動特性からくる掃気圧変化と燃費変化の関係式を組み入れることで、モデルの精度を向上させた。掃気圧の変化と燃費変化の関係式を実証するために大型低速 2 スト機関での追加テストを行い確認した。
- 革新的なエンジン制御システムについては、Hardware in the Loop System を構築してエンジン制御システムを検討した。

(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 (平成 28 年度～30 年度)

- 波浪中プロペラ推力およびトルク推定モデルの高度化のため、コンテナ船模型とバルクキャリア船模型を対象に規則波中曳航試験を実施してプロペラ推力・トルク変動の計測を行った。その分析の結果、波浪中プロペラ有効流入速度の構成要素である波粒子運動影響が詳細に得られた。そして、それらを基にプロペラ推力・トルクモデルの高度化を行い、過去の研究で開発した波浪中主機負荷変動計算コードへ組み込んで開発目標である推進プラント応答計算コードの試作を行った。なお、船体の横運動がプロペラ推力・トルクに及ぼす影響を実験的に調査する予定であったが、主に実験用曳航治具の剛性の低さを理由として、十分な精度で検証を行うことが叶わなかった。次年度は曳航治具の剛性改良等を行いつつ、水槽実験による更なる検証を行う予定である。
- 小項目 1 にて開発されたトルクリミット機構モデル付きの主機特性モデル(CMV モデル)を内装した主機特性自航装置を用いて船速相似法に則った規則波中・多方向不規則波中の速力試験を実施して波浪中船速および主機応答の計測を行った。なお、模型船を製作予定であったが本研究の出口戦略の検討に伴い対象船の選定が先送りとなったため、前期関連重点課題で製作したバルクキャリア模型を使用している。試験ではディーゼル主機のガバナー設計の違いにより波浪中の回転数変動が抑制できることを実験的に確認し、本水槽試験法を主機設計に活用できることを示すことができた。一方、おそらくトルクリミット機構が考慮された効果により、波浪中で到達する船の速力に幅が生じる可能性が確認された。これが事実の場合、実海域性能を予測する上で非常に重要な要素となるため、次年度は数値計算によるこれら現象の追認を行うこととする。

(その他)

- 本重点課題の出口戦略を再検討すべく、船社や主機メーカーを訪問して本研究テーマに関するヒアリングおよび情報交換を実施した。結果、次年度での共同研究・請負研究の提案内容の検討、需要を考慮した研究計画の方向性の見直しを行った。

成果の公表

□発表論文数：4 件

・北川泰士, 原口富博, 塚田吉昭, 谷澤克治, 波浪中プロペラトルクおよび回転数変動の計算方法に関する基礎的研究, 日本船舶海洋工学会講演会論文集 22, 2016

・谷澤克治, 北川泰士, 塚田吉昭, 上野道雄, Oleksiy Bondarenko, 福田哲吾, 実海域性能評価のための新しい水槽試験法の開発, 海上技術安全研究所研究発表会講演集, 16, 2016

・谷澤克治, 北川泰士, 塚田吉昭, オレクシー ボンダレンコ, 福田哲吾, 上野道雄, 平田宏一, 春海一佳, 実船の実海域推進性能を直接計測する革新的水槽試験法の開発, 海上技術安全研究所報告 16-1, 2016.

・北川泰士, ボンダレンコ, オレクシー, 塚田吉昭, 福田哲吾, 谷澤克治, 水槽試験による実船の短波頂波中主機要求出力の直接計測, 日本船舶海洋工学会講演会論文集 23, 2016

□受賞：1 件

・北川泰士 日本船舶海洋工学会奨励賞(乾賞)

○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（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、

- 省エネ船の開発のベースとなる平水中での抵抗・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の構築
- 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
- 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、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. 波浪中の抵抗・推進・操縦運動性能解析が可能
5. 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となり得る。

平成 28 年度の研究内容

1. 平水中での抵抗・推進・操縦性能計算手法の開発およびその精度向上・高速化
重合格子対応の構造格子ベースのソルバーNAGISAにおいて、直交格子による流場計算の高速化手法、線形化した連立方程式の高速解法を開発するとともに格子ごとに時間ステップを定めるマルチタイムステップ手法の初期検討を行う。また、領域分割による分散メモリ型の並列計算手法を開発する。
2. 船舶まわりのマルチスケール流れに対する計算手法の開発
流れの変化の激しい領域に対してのみ格子を細分化することにより、低い計算コストで高解像なシミュレーションが可能な局所細分化手法を検討するとともにその有効性を検証する。
3. 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
重合情報生成ソフト UP_GRID 及び動的重合格子法に対応した構造格子ベースのソルバーNAGISAをベースにし、動的重合格子法の計算時間短縮化による実用性向上のため、より効率的に重合情報の更新を行う手法の開発等を実施する。
4. 波浪中での抵抗・推進・操縦性能計算手法の開発
ソルバーNAGISAにおいて、動的重合格子手法も使用した波浪中を含む船体運動計算手法を開発し、各種方向からの規則波中で複数自由度の運動計算等を行い、計算パラメータの調査等を行う。

平成 28 年度の研究成果

- 直交格子手法を開発し、GPU のキャッシュメモリ上のデータヒット率の向上、キャッシュメモリ上のデータの有効活用により従来に比べて 2 倍以上の高速化を実現した。連立方程式の高速解法について調査し、速度・圧力のカップリング計算手法が安定的に計算できることを確認し、上述の直交格子手法の開発に活用した。マルチタイムステップ手法に対応できる、分散メモリ型の並列計算手法の関数型ループ構造を検討し、初期導入を行った。
- 付加物端部周りを解像する直交格子を適用することで、計算コストが低く高解像なシミュレーションが可能であることを確認した。
- 移動格子法を伴う重合格子法を適用した計算においても、粗い格子から細かい格子まで異なる解像度の格子を段階的に使用する Full Multigrid 法を新たに利用可能とし、船尾で回転するプロペラ周りの流場について CFD 計算を行った。粗い段階の格子においても重合格子法を適用した計算が可能であり、より効率的な計算が可能であることが示された。
- 動的重合格子により自由航走状態のシミュレーションが可能となり、既存の実験データを比較検証し、妥当な結果を得た。ビルジキール等の付加物のある肥大船(JBC 船型)において、波浪中推進状態を含むシミュレーションを行うとともに、静止水面より上方の船体表面圧力計測結果等の比較検証を行った。各種方向からの規則波中での多自由度の運動計算を行い、適した格子分割数等の計算パラメータを明らかにした。

□以上の成果について、毎年開催している当所の CFD システムのセミナーを 3 月に開催し、該当セミナーにおいて CFD システムを活用いただいている造船所等に新バージョンとして提供した。

成果の公表

□プログラム登録：4 件

- ・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) ver3.20 , P 第 10706 号-1 (2017.3.13.), 大橋訓英, 小林寛, 平田信行, 小野寺直幸, 坂本信晶, 日野孝則
- ・非構格子による物体まわりの粘性流場計算プログラム (SURF) ver6.45 , P 第 10707 号-1 (2017.3.13.), 大橋訓英, 小林寛, 平田信行, 日野孝則
- ・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) ver2.0 R4 , P 第 10708 号-1 (2017.3.13.), 小林 寛, 大橋訓英, 小野寺直幸, 平田信行, 児玉良明

□発表論文数：5 件

- ・平田信行, 最新の CFD を利用した船舶の性能評価技術の状況, H28 SRC 技術セミナー講演集, 2016
- ・平田信行, 田原裕介, 大橋訓英, 小林 寛, 小野寺直幸, 次世代 CFD ソフトウェアの開發現状, 海上技術安全研究所研究発表会講演集, 16, 2016
- ・Ohashi Norihide, Kobayashi Hiroshi, Performance Improvement of Flow Computations with an Overset-Grid Method including Body Motions using a Full Multigrid Method, Proc. ECCOMAS Congress 2016, 2016.
- ・小林 寛, 平田信行, 大橋訓英, 田原裕介, 小野寺直幸, CFD ワークショップ Tokyo2015 の総括, 海上技術安全研究所研究発表会講演集, 16, 2016
- ・Onodera Naoyuki, Ohashi Kunihide, Large-Scale Free-Surface Flow Simulation using Lattice Boltzmann Method on Multi-GPU Cluster, Proc. ECCOMAS Congress 2016, 2016.

○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

I M O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 (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、

□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、国際的航海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 28 年度の研究内容

1. 船尾流場制御

(1) 伴流設計技術

- ・ 目標の船尾伴流分布となる船型を見出す逆問題を解くために必要な、船尾伴流設計データベースの作成と設計システムの試設計
- ・ 流場制御に効果の高い船尾ダクト形状の決定
- ・ 伴流分布を考慮したプロペラ設計法の構築
- ・ 船型流場データベースの構築に有効なシステムの整備とシステムの内航船開発への適用

(2) 旋回流とプロペラの干渉制御技術

- ・ 組合ライン CCD 法を用いた模型プロペラの翼変形量計測技術の構築

- ・ 複合材プロペラの設計を目的とした流体-構造連成計算法の検討
- ・ 旋回流回収型省エネデバイス（反動舵+舵バルブ）周りの流場計算法の構築。既存ベンチマーク船型に対する旋回流回収型省エネデバイスの省エネ効果の評価および試設計

2. 摩擦抵抗低減

(1) 空気潤滑の効率向上技術

- ・ 空気潤滑搭載船の平水中省エネ効果を推定するための、CFD を用いた平水中摩擦抵抗低減効果推定法の構築
- ・ 波浪中における空気潤滑搭載船の省エネ効果を向上させるアイデア創出のための、規則波中で動揺する船体周りを流れるポテンシャルベースの気泡挙動予測手法の構築
- ・ MIJAC 請負研究にて、空気潤滑搭載船の実運航モニタリングデータ解析、縮尺模型を用いた平水中及び規則波中における船底気泡流挙動観察実験を実施

(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）を発生させ流場を制御する技術の検討

平成 28 年度の研究成果

1. 船尾流場制御

(1) 伴流設計技術

- ・ 内航船型の船型流場データベースを構築し、伴流分布を入力として船型を出力する伴流設計システムを試作。有効性の確認として一個抜き交差検証を実施し、本システムにより定性的に有効な船型が得られることを確認。
- ・ 船型流場データベースの効果的な構築に有効な系統的な変形システム（船型ブレンディング、FFD 使用）を整備し、内航船の船型開発に適用。従来開発手法との融合により、1990年代の比較対象船からの省エネ率 38.1%（749GT 型船型）、19.4%（499GT 型船型）の船型開発並びに省エネ率 16%以上の約 60 のバリエーション船型の開発に成功。
- ・ 船尾ダクト表面の圧力分布を水槽試験にて計測し CFD と比較。高荷重状態も含めた実運航状態における圧力分布の CFD 推定精度は高く、流場制御に効果的な船尾ダクト設計に CFD を利用することの妥当性を確認。
- ・ 揚力面計算法 QCM（Quasi-Continuous Method）をベースとした船尾伴流分布を考慮したプロペラ設計法を構築。本設計法を用いて、国プロ「内航海運のための省エネルギー船型群の研究開発」にて、高効率かつキャビテーション性能に優れた 4 種類のプロペラを設計し、水槽試験で効率・キャビテーション性能ともに計画通り優れた性能であることを確認。

(2) 旋回流とプロペラの干渉制御技術

- ・ 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。三井造船昭島研究所との共同研究にて等方性複合材模型プロペラ（樹脂製プロペラ）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。
- ・ QCM と FEM プログラムと組み合わせた流体-構造連成計算法のプロトタイプを開発。
- ・ 旋回流回収型省エネデバイス（反動舵+舵バルブ）を装備したコンテナ船型について、CFD による性能推定法を構築し、自航要素が水槽試験結果と良く一致することを確認。省エネデバイスが流場に与える影響を考慮した省エネ率の推定が可能となる流場の運動エネルギーを用いた推定方法を考案。

2. 摩擦抵抗低減

(1) 空気潤滑の効率向上技術

- ・ 商用 CFD コードに気泡流モデルおよび摩擦抵抗低減モデルを組み込み、平水中における空気潤滑搭載船の摩擦抵抗低減効果を予測する手法を開発。
- ・ 規則波中で動揺する船体周りを流れるポテンシャルベースの気泡挙動シミュレータを開発。シミュレータの結果と実船モニタリングデータや水槽実験による船底気泡挙動観察結果を比較し、シミュレータの妥当性を確認。
- ・ 波浪中において、船底からの気泡漏れが少なく摩擦抵抗低減効果を約 2%向上させる空気吹出方法を考案。

(2) 表面創製による摩擦低減技術

- ・ 弾性表面波デバイス（SAW(Surface Acoustic Wave)）により、物体表面に任意の弾性表面波を発生させ、物体表面近傍の流体に音響流を誘起し、物体表面付近の主流方向速度勾配を緩和する方法が有望であると考え調査実施。その結果、表面波を発生させる物体の音速と周りの流体の音速の関係により、発生する音響流の壁面に対する角度が制御出来

ることが判明。また流体を水とした場合には、樹脂材料等を選ぶことにより、壁面に対して平行に近い角度の音響流を発生させられる可能性が高いことも判明（H29 年度に実施する試験で、本方式の効果が実証できれば特許出願を予定している）、詳細については公表を差し控える）。

- これらの検討結果を踏まえて、弾性表面波デバイスにより音響流を発生させ、乱流摩擦抵抗の低減を図る手法について、実験パラメータの検討と、実験システムの計画、弾性表面波デバイスの設計を実施。

成果の公表

□出願特許 (2 件)

- 「多段ラダーバルブ、多段ラダーバルブの設計方法、及び船舶」
- 「ハブ渦制御装置、ハブ渦制御舵、及び船舶」

□プログラム登録 (1 件)

- 「空気潤滑船における吹き出し制御を考慮した気泡挙動推定プログラム」

□発表論文 (10 件)

- 「A Development and analysis of the new Energy Saving Device“USTD”」: 19th Numerical Towing Tank Symposium
- 「上部に平行部を持つ半円状ダクト型省エネ付加物の開発」: 日本船舶海洋工学会講演会
- 「プロペラ荷重度と船尾ダクト表面圧力の関係および CFD の検証」: 日本船舶海洋工学会講演会
- 「荷重度に対する船尾ダクトの特性変化について」: 推進・運動性能研究会
- 「内航船用固定ピッチプロペラの開発」: 日本船舶海洋工学会講演会
- 「船用弾性変形プロペラの流力性能に関する実験的研究」: 日本船舶海洋工学会講演会
- 「船用弾性変形プロペラの流力性能の特徴」: 第 18 回キャビテーションに関するシンポジウム
- 「組合ライン CCD 法を用いた模型プロペラの変形量計測に関する研究」: 日本船舶海洋工学会講演会
- 「複合材プロペラの流体-構造連成解析に関する研究」: 日本船舶海洋工学会講演会
- 「Quantification of energy-saving rate obtained by post-swirl ESDs on DTC container ship」: 日本船舶海洋工学会講演会

○多様なエネルギー源等を用いた新たな船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 (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、

□多様なエネルギー源を用いた船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船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。

平成 28 年度の研究内容

1. 多様なエネルギー源を用いた船用動力システム技術

高圧水素をシリンダ内に噴射する水素直噴エンジンの開発を目指して、水素対応高圧ガスインジェクタの要素開発を行う。

また、天然ガス改質または水素を利用した船用燃料電池システムを開発するとともに、塩分等による性能劣化や負荷変動対応技術等の技術課題についても検討する。これらの成果を踏まえて、水素燃料電池システムの実証試験を行う。

2. 各種動力システムの安全性評価

多様化する動力システムに対応して、それらの安全性を評価する。例えば水素エンジンでは異常燃焼や未着火による水素リークへの懸念が存在するため、燃料供給から動力生成およびそれ以降の

排気行程に至る全行程における安全性を評価する。

さらに、水素エネルギー利用を対象として、水素燃料を船舶に搭載する際の課題を明確にし、船内燃料貯蔵・補給システムの安全性を評価する。

平成 28 年度の研究成果

- 水素対応ガスインジェクタの動作試験を実施し、各部の材質や耐久性能に関する知見を得た。
- 水素燃料電池システムの開発に関連して、配管部分や使用機器の水素漏洩試験や通風装置の換気試験等を実施し、船舶搭載時の安全性を評価した。
- 外部関係者とともに水素燃料電池システム、リチウムイオン電池システム及び電気推進システムを小型実験船に搭載し、実船試験を実施した。その結果、水素使用時の安全性並びに電気機器の制御性を検証できた。
- ガスエンジンの燃料に水素や二酸化炭素を混合した試験やディーゼルエンジンの燃料にメタンガスを混焼させた試験を行い、エンジンの性能安定性等の評価を行った。
- 軽油を燃料としたディーゼルエンジンの吸気にアンモニアを混合したアンモニア直接燃焼システムについて基礎研究に着手した。

成果の公表

- 特許：0 件
 - 発表論文（国内・査読付き）：1 件
 - ・市川，他：燃料ガス組成がリーンバーンガス機関の燃焼特性および排ガス特性に与える影響，日本マリンエンジニアリング学会，マリンエンジニアリング Vol. 52, No. 2, 2017 年 3 月。
 - 発表論文（国外・査読付き）：3 件
 - ・仁木，他：Effects of ammonia gas mixed into intake air on combustion and emissions characteristics in diesel engine, The American Society of Mechanical Engineers, Proceedings of the ASME2016 Internal Combustion Fall Technical Conference, Oct. 2016.
 - ・市川，他：EFFECTS OF GAS COMPOSITION ON COMBUSTION, EMISSION AND KNOCKING CHARACTERISTICS OF MARINE LEAN BURN GAS ENGINE, Proceedings of the ASME2016 Internal Combustion Fall Technical Conference, Oct. 2016.
 - ・新田，他：Evaluation of Emissions Characteristics by Charging Exhaust Gas from Lean Burn Gas Engine into Marine Diesel Engine, Proceedings of the ASME2016 Internal Combustion Fall Technical Conference, Oct. 2016.
 - 発表論文（国内・査読なし）：2 件
 - ・仁木，他：アンモニアを用いたディーゼル機関の混焼運転，日本マリンエンジニアリング学会，第 86 回マリンエンジニアリング学術講演会論文集，2016 年 10 月。
 - ・新田，他：未燃メタンを含むガスエンジン排ガスを吸入した船用ディーゼルエンジンの排気特性（排ガス組成及びその供給タイミングの影響），第 27 回内燃機関シンポジウム講演論文集，講演番号 65, 2016.
 - その他（口頭発表，PS など）：5 件
 - ・仁木，他：アンモニアを用いたディーゼル機関の混焼運転，平成 28 年度海上技術安全研究所発表会講演集，2016 年 6 月。
 - ・市川，他：船用リーンバーンガス機関における燃料ガス組成の相違が燃焼特性および排ガス特性、ノッキング発生特性に与える影響，平成 28 年度海上技術安全研究所発表会講演集，2016 年 6 月。
 - ・新田，他：船用ディーゼルエンジンとガスエンジンを組み合わせた C-EGR システムの排出特性，平成 28 年度海上技術安全研究所発表会講演集，2016 年 6 月。
 - ・平田：マリンハイブリッドシステムの開発に関する研究，平成 28 年度海上技術安全研究所発表会講演集，2016 年 6 月。
 - ・平田：船舶分野における燃料電池システムの展開と期待，KRI ワークショップ燃料電池の新たな展開～2020 年に向けて～配付資料，2016 年 10 月。
- ※上記の発表論文には、平成 27 年度までに実施した研究成果や本重点研究以外の研究課題（基盤研究、先導研究、科研費）の一部を含むものがある。

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
<p>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。</p>	<p>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 (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。</p> <p>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</p>	<p>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 (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。</p> <p>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</p> <p>－各ブラックカーボン (BC) 計測法の評価を行い、BC 計測のプロトコルを確立するとともに、PM の実船サンプリングシステムの設計・製作、BC・PM 削減のための排ガス処理システムの設計を行う。等</p>

○船舶から排出される NO_x、SO_x 低減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 (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、

- 排ガス処理要素技術の高度化・高信頼化の検討
- 次世代燃料の燃焼性評価手法の確立
- 統合型排ガス処理システムの開発・実証
- 次世代機関室の検討

研究目標

- 排ガス・排水等、トータルでの環境負荷低減を目指した排ガス処理システムの開発
- SO_x 規制対応燃料に対応可能なエンジン内燃焼改善技術の開発
- インテグレートシステムの設計ツールの開発

□次世代機関室のあり方の提案

上記成果は、インテグレートシステムの開発により、今後の燃料多様化も対応可能となり海洋環境が保全されることが期待される。また先駆的な技術開発による我が国海洋産業の国際競争力強化、さらに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 28 年度の研究内容

- (1) 排ガス処理要素技術の高度化・高信頼化：脱硫システム（湿式スクラバ）の実用化・普及に伴う技術課題について調査する。また、スートフィルタ、SCR 脱硝システム及び湿式スクラバを組み合わせた試験設備を用いて要素毎の特性を詳細に評価するとともに、船舶搭載時の課題を解決のための新たな要素技術開発を行う。さらに、次年度以降に開始する統合型排ガス処理システムの実用技術開発に向けて、排ガスモニタリングシステムの試設計を行う。
- (2) 次世代燃料の燃焼性評価手法の確立：SO_x 規制対応燃料の燃料中の成分変化に対する燃焼性評価を行うため、試験に必要とされる仕様について検討し、その結果に基づき燃焼性評価装置の改良・整備を行う。また、異なる LCO に対して混合燃料を作成し、同一着火性指標の燃料に対して燃焼性評価試験、数値モデルによる評価を実施する。
- (3) 次世代機関室の検討：排ガス処理システムの実船への導入に伴う機関室の機器配置、及び一般配置の見直しについて、代表的な船種を選んで文献調査・実地調査を行い、課題や考慮すべき項目について検討する。

平成 28 年度の研究成果

- (1) 排ガス処理要素技術の高度化・高信頼化：SO_x スクラバから排出される低 pH 排水が船底塗料に与える影響を調査したほか、酸性排水が海水中でどのように中和されるか実験を行った。低 pH のスクラバ排水は、船底塗料からの防汚剤溶出速度などに影響し、特に pH 5.0 以下では塗膜表面の損壊が顕著であった。また、pH4.0 の酸性排水を海水中に排出する小規模実験を行い pH 分布の可視化を行った。その結果、十分に排出口径が小さければ、IMO で規定されている「排出口から 4m 先で pH6.5 以上」という条件を満たすことが示された。この結果は中和反応と流体運動を加味した計算結果とも一致した。ただし、前述の船底塗料への影響から、低 pH での排水排出には総合的な判断が必要である。さらに、スクラバ、SCR、電気集塵機など個々の排ガス後処理システム前後で計測した結果を統合し、1 か所で監視、性能確認ができるようなモニタリングシステムを開発した。
- (2) 次世代燃料の燃焼性評価手法の確立：船用燃料における着火性は、その規格において燃料の蒸発と密度によって評価される。従って、燃料の蒸発性を検討することで着火性との関係を明確にすることができると考えられる。今回対象とした同一着火性燃料において、実用燃料に対応できる蒸発モデルの開発・改良を行い、単一液滴の蒸発実験結果と一致する結果が得られた。また、実験結果において着火性の低い燃料の蒸発性が高いことが示された。これは蒸留特性との相関があることも明らかになった。
- (3) 次世代機関室の検討：燃料内硫黄分規制に関するグローバルキャップの 2020 年開始確定を受けて、スクラバを含む環境規制対応策導入の機関室設計や機器配置への影響に関する造船企業への聞き取り調査を行い、その結果を取りまとめ課題を抽出した（結果は協力してくれた各企業へも報告）。併せて代表船舶への環境規制対応機器への導入に関する検討、船舶データベースを使った 2015～2016 年の環境規制対応策の導入状況の調査も行った。

成果の公表

□プログラム登録：脱硝反応計算プログラム（NO_x 削減技術である SCR 脱硝装置に関するこれまでの知見を利用して、SCR 脱硝装置の性能予測プログラムを作成し登録した。）

□発表論文数 4（国内 3、海外 1）

- ・安達, 'Economic Analysis of Exhaust Gas Heat Recovery System from Marine Diesel Engine', 7th PAAMES & AMEC (2016/10)
- ・安達他 3 名, BASS モデルを使った船用排ガス後処理システムの普及予測, 第 86 回マリンエンジニアリング学会学術講演会論文集 (H29/10)

- ・高木他 11 名, 分解軽油 (LCO) 液滴の蒸発特性に関する研究, 日本機械学会北海道支部学生会
- ・今井他 4 名, 分解軽油 (LCO) の着火特性に関する考察, ENEOS TECHNICAL REVIEW

○船舶から排出される BC 及び PM の計測・除去技術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 (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、

- BC 及び PM の計測技術の高度化と排出実態の調査
- BC 及び PM の低減技術実用化のための技術課題の解決とその評価

研究目標

□BC、PM 及び PM_{2.5} 前駆物質の計測法及び船舶からの排出量データの作成と計測プロトコルの提案
 □燃料や動力システムの多様化に対応した PM・BC (ブラックカーボン) の除去システムと性能評価・設計ツールの開発
 上記成果は、除去システムの実用化、合理的な規制等により海洋環境が保護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、さらに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 28 年度の研究内容

- BC 計測事例を積み重ねるとともに、計測のプロトコルを確立する。
- PM 捕集装置の設計・製作
- BC および PM 削減技術について、エンジン側での制御や後処理装置単体の効果、組み合わせ効果の調査を行い BC・PM 除去システムの設計基礎データを得る。スクラバ洗浄水の性状や硫酸ミストの排出実態計測を行う。

平成 28 年度の研究成果

- BC の計測スタディを継続し (複数の計測法を用いた 2 ストと 4 ストのラボ実験および実船実験)、その結果をもとに IMO での BC プロトコルの議論に参加した (PPR4 への提案文書、CG への意見提出など)。PM から分離分析した EC と光音響法とフィルタスモークメータによる BC 計測結果は、4 ストロークエンジンで A 重油などの留出油を使用した場合は非常に相関が高かった。一方、残さ油を使用した場合や 2 ストロークエンジンでの計測値は相関性が低くなった。このことは、各計測法による計測値 (音や反射率など) から BC 濃度へ換算する場合の変換係数が、計測条件によって変わる可能性を示唆しており、さらに研究が必要と考えられた。海外研究者との意見交換も継続的に行っている。
- 可搬式 PM 捕集装置を製作し、実験機関において、元の装置との比較実験を実施した。
- エンジン排ガスから捕集した PM の成分分析法であるサーマルオプティカル法について、船用エンジンに最適な計測条件を明らかにした。
- BC および PM 削減技術について、燃料噴射圧、スクラバ、電気集塵機 (ESP) の影響について検討を行った。低負荷域では燃料噴射圧を上げることにより、BC 濃度は最大 90%削減された。スクラバでは負荷に関係なく 60%程度、ESP では 25%負荷で最大 70%程度の削減が可能であったが、排ガス温度と流速などの影響について課題が残った。

成果の公表

- プログラム登録 1 件 (名称: ブラックカーボン計測プログラム)
- 発表論文 2 件
 - ・高橋千織ほか、船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、第 86 回マリンエンジニアリング学会学術講演会論文集 (H29/10)
 - ・益田晶子ほか、船用ディーゼル機関から排出されるブラックカーボンの濃度と粒径分布計測第 86 回マリンエンジニアリング学会学術講演会論文集 (H29/10)
- 国際貢献 IMO 提案文書 2 件
 - ・"Further consideration for measurement studies of Black Carbon", IMO PPR4 提案文書 (H29/1/16)
 - ・"Report of further research on measurement of Black Carbon in exhaust gas from marine diesel engines", IMO PPR4 INF 文書 (H29/1/16)
- その他 5 件 (学協会講演会 2 件、学協会寄稿 1 件、海技研研究発表会 2 件)
 - ・高橋千織、SO_x 規制開始に向けた課題—海技研における取り組み、日本船舶技術研究協会 船舶基準セミナー (H29/12/15)

- ・益田晶子、IMOにおけるブラックカーボン規制の動向と計測の実際、第61回JIME特別基金講演会(H29/3/3)
 - ・高橋千織、国際海事機関におけるブラックカーボン規制に関する議論の動向、日本船舶海洋工学会 日本船舶海洋工学会誌「KANRIN」66号(H29/5)
 - ・高橋千織ほか、国際海事機関におけるブラックカーボン規制に関する議論の進捗状況、第16回海上技術安全研究所研究発表会(H29/6/24)
 - ・益田晶子ほか、船用ディーゼル機関からのブラックカーボン排出と計測法比較、第16回海上技術安全研究所研究発表会(H29/6/24)
- 公開実験2件
- ・PM計測に関する公開実験(H29/3/13)
 - ・BC計測に関する公開実験(H29/3/13)

○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(CO₂)、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、

- 防汚塗料の防汚効果評価方法等の提案
- シーチェスト等のニッチエリアに対する防汚技術の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28年度の研究内容

- 船舶ニッチエリアの汚損発生メカニズムを解明するために、ニッチエリアの生物付着状況を把握。また、現状の対策技術を整理するために、現状対策技術の限界性能を把握。
- 船舶起因の水中騒音の主音源であるプロペラキャビテーションノイズのメカニズムを解明するために、キャビテーション水槽におけるプロペラ水中騒音計測システムを構築する。
- 水中騒音予測システムを構築するために必要な、各種計算手法を構築する。

平成28年度の研究成果

- 外航船6隻、内航船19隻の合計26隻についてニッチエリア毎のスライム、藻類及び動物種の汚損を撮影した写真より生物付着状況を評価した。その結果、対策案として①複雑形状な所は十分な塗装膜厚が得られるように塗料改良(高粘度化)／塗装管理、②水流に応じた塗料を選定(正し、シーチェスト内部など不定な水流への対応は困難)、③不定な水流である等塗料のみでは対応困難な所は、塗装以外のシステムの導入が必要であることが明らかになった。
- キャビテーション水槽におけるプロペラ水中騒音計測システムを構築した。構築したシステムを用いて、コンテナ船型のプロペラ水中騒音計測を実施したところ、過去の計測結果を良く再現すると共に、現在の海技研キャビテーション水槽の背景雑音レベルが、30年前に比べ大幅に大きくなっていることが明らかになった。
- CFDを援用した音響アナロジーに基づく手法によるプロペラキャビテーション騒音推定法検討を行った。その結果、閉空間内におけるプロペラキャビテーション騒音は、音響アナロジーを用いず、CFDによる直接推定の方が、水槽試験結果との一致が良いことが明らかになった。
- 水中騒音基準に関する成果としては、ISO/TC8/SC8/WG14で審議されている、キャビテーション水槽を用いたプロペラ水中騒音計測・音源探査の各基準審議を担当した。前者については、日本意見(ワイヤーメッシュ法が伴流再現法として有効であること、広帯域音推定法として、Brown式、CFDの援用が有効であること等)を全て基準文書内に反映させた。後者についても、基準文書が日本にとって不利益なものとならないよう、国内造船所・プロペラメー

カーと意見調整の上、審議を継続している。

成果の公表

- ・ 投稿論文「A Method for Evaluating the Efficacy of Antifouling Paints using *Mytilus galloprovincialis* in the Laboratory in a Flow-through System」: PLOS ONE
- ・ 発表講演「ラボ生物付着試験による防汚塗料の防汚効果評価法の研究」: 第 86 回マリンエンジニアリング学術講演会
- ・ 発表論文「Verification of FW-H method for estimations of pressure fluctuation induced by cavitating marine propeller」: キャビテーションに関するシンポジウム (第 18 回)
- ・ 発表講演「NMRI plan of HTF round robin tests for propeller cavitation noise measurement」: Hydro-Testing Forum CoP “Noise”

○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 (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上で社会合理性のある適切な規制を構築する。具体的な内容は以下の通りである。

- 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) を提案する。
- 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で、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に寄与する。
- 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を提示する。
- 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を構築する。

上記の成果が得られることで、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することが可能となる。
- 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につながる。
- 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、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 28 年度の研究内容

(1) 海難事故時における油流出・処理効率向上技術の開発 (港湾空港技術研究所 油濁対策研究チームと共同で実施)

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) の開発準備として、オイルフェンスの現状における問題点等を文献調査により把握する。座礁船内に残存する高粘度燃料油の回収効率向上を目的として、水蒸気爆発の圧力波を利用して油を微細化することで流動性を高める新技術に着目し、水蒸気爆発の発生促進に関する文献調査及び蒸気爆発発生条件を確認するための予備実験を通じて、沸騰水による気泡破壊を高粘度燃料油の回収に対してより効果的に適用できる装置構成について検討・提案する。

(2) 海洋への放射性物質流出時における環境影響評価技術の開発

海上風による海面せん断応力及び潮汐の影響を考慮した海流場のデータベースを構築するとともに、現状の影響評価システムに組み込むためのプログラム群を整備する。また、すでに開発済みの物質拡散モデルを、放射性物質の吸脱着反応に大きく影響する海水中微小粒子の濃度が移流拡散方程式に従うモデルへと拡張する。

平成 28 年度の研究成果

(1) 海難事故時における油流出・処理効率向上技術の開発

- オイルフェンスの開発に関する調査研究により、気泡群放出に伴う水平流発生効果による油膜厚さの増加を利用する防火オイルフェンスへの適用が有効であることが分かった。

- 水蒸気爆発現象の確認を主目的とした小規模水蒸気爆発発生装置を設計・製作し、当該装置を使って高温に加熱された軽質油に常温の水を注入した場合に、水蒸気爆発が発生することを確認した。さらに、軽質油温度・水噴射圧力等をパラメータとした水蒸気爆発実験を行い、パラメータ条件に応じて発生する爆発的な体積膨張が油の流動性を高める効果があることを確認した。
- (2) 海洋への放射性物質流出時における環境影響評価技術の開発
- 海上風を考慮した海流データに潮汐影響を追加するプログラムを開発し、海流データの高度化を図った。
- 現状の影響評価システムのうち海洋拡散解析機能を高度化し、対応するユーザーインターフェースのプログラム群を整備した。
- 物質拡散モデルを、放射性物質の吸脱着反応に大きく影響する海水中微小粒子の濃度が移流拡散方程式に従うモデルへと拡張した。

成果の公表

- 特許 1 件（名称：高粘度物質の処理方法及び処理システム：特願 2016-062245）
- プログラム登録 0 件
- 発表論文 1 件（うち査読付き英文論文 0 件、査読付き日本語論文 0 件）
 - ・ M. Asami, H. Oka and N. Odano, "Modelling dispersion processes of radioactive Materials in a maritime environment for emergency response to maritime transport accidents involving radio-active material packages", The 18th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials (PATRAM2016), Kobe, Japan, September, 2016.
- 受賞 0 件
- その他 1 件（協会誌寄稿 1 件）
 - ・ 原正一ほか、油処理剤の水中散布による分散化油粒の浮上速度に与える影響、海上防災 7 月号、海上防災事業者協会

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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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</p>	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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</p> <p>－海洋再生可能エネルギー発電について、発電効率や電力品位の向上を図るための制御ロジックの検討、開発を行う。等</p>

○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 28 年度の研究内容

- 浮体式波力発電の高性能デバイス開発に向けた基礎検討に着手。対象とする形式は、並進動揺型とし、不規則波中での最適制御のロジックを開発。
- 浮体式風力発電の安全ガイドラインにおいて、ガイドラインの改定案を策定。海洋エネルギーについては、すでに検討された波力発電および潮流・海流発電の安全ガイドラインの最終化を検討。
- 浮体式風力発電のブレードピッチ制御への現代制御理論の適用のための基礎検討として、システムが適切な精度と簡易度で記述された線形システムモデルを作成。モデルの有用性を、現代制御理論を活用した試解析によって確認。
- 複数基配置に関連する技術課題の基礎検討のため、風力発電については、風車後流の数値シミュレーション技術を検討、並進動揺型波力発電においては、複数基（アレイ）配置におけるディフラクション・ラディエーション問題における相互干渉効果を評価する理論の整理を行う。
- 荷重・応力モニタリング手法について、最も複雑な形式の一つであるセミサブ型の浮体を対象として検討を実施し、浮体形式によらない汎用化を検討。
- 風力発電と波力発電または潮流・海流発電と施設の複合化を図るコンセプトについて検討。

平成 28 年度の研究成果

- 浮体式波力発電・並進動揺型を対象として、不規則波中での最適制御の水槽実験を実施、基本的な効果を確認。（NEDO 受託の一部として実施）
具体的には、まず発電装置浮体の流体力学的基本特性を把握するために行った自由減衰試験および強制動揺試験等を行い、さらに発電性能評価試験を実施した。
流体力計測試験結果は、数値計算手法の妥当性検証に活用した。発電性能評価試験では、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った。開発した制御技術の規則波中における発電性能向上では一定の成果を得た。不規則波中での制御最適化等は、引き続きの課題とした。
- 浮体式風力発電の安全ガイドラインにおいて、IEC の最新動向を踏まえてガイドラインの改定案を策定。
海洋エネルギーについて、潮流・海流発電の安全ガイドラインの最終化、および海洋温度差発電の安全ガイドラインを検討。（国交省受託の一部として実施）
具体的には、実用化段階に近い方式を一般化して、海洋温度差発電施設としてはスパー型を、また、潮流・海流発電施設としては昨年の水平軸型に加え、垂直軸型を取り上げた。
技術的課題の検討では、まず、国際基準・標準、および欧米の認証機関における型式認証や事業認証等の状況や具体的要件について整理した。続いて、外部環境条件の検討として、気象・海象を設定する際に検討すべき事項を整理し、我が国で必要となる極値条件および発現頻度等の気象・海象の設定法、ならびに現地観測方法の標準化等について検討した。
安全対策の検討として、既往の基準の準用の妥当性を検討し、適切な要件を設定すると共に海洋温度差発電施設では安全性照査の考え方について、潮流・海流発電施設では設計荷重ケースについて検討した。
また、縮尺模型を用いた水槽試験および機構解析等による分析を行い、稼働条件ごとの荷重特性の整理等について検討した。加えて、環境対策の検討として、浮体式海洋エネルギー発電施設の環境影響について、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」の観点から技術的留意点を整理した。
これらの検討結果を踏まえて、ガイドライン（求められる概念的な安全・環境要件および要件を満たすための技術的課題の解決法や要件の検討手法等）を作成した。ガイドラインには、海洋温度差発電施設および潮流・海流発電施設の安全・環境対策のために必要な事項について網羅的に記載した。
- 浮体式風力発電のブレードピッチ制御のための線形システムモデルの同定を変動風水洞実験により実施。モデルの有用性を、現代制御理論を活用した実験によって確認。現代制御の有用可能性を確認すると共に、今後の研究計画を立案。
- 風力発電について、風車後流の数値シミュレーション技術を実施。並進動揺型波力発電においては、複数基（アレイ）配置におけるディフラクション・ラディエーション問題における相互干渉効果を評価する理論の整理を実施。今後の研究計画を立案。
- 荷重・応力モニタリング手法について、最も複雑な形式の一つであるセミサブ型の浮体を対象として検討を実施。弾性応答を考慮した解析モデルを作成。
- 風力発電と波力発電または潮流・海流発電と施設の複合化を図るコンセプトについて作成。

成果の公表

- 特許：2 件出願準備中
- 発表論文：和文 1 件
- ・井上：浮体式洋上風力発電施設の復原性に関する論点について、第 38 回風力エネルギー利用シンポジウム

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
<p>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。</p>	<p>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</p>	<p>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 －海底熱水鉱床商業生産システムの概念検討、計画支援プログラムの構成図の作成を行う。 －厳海象下で使用される浮体に対して係留安全性向上を目的とした動揺評価法、係留設計法の開発及び安全ガイドラインの構築等を行う。等</p>

○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：海水、冰山等）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 28 年度の研究内容

- 海底熱水鉱床商業生産システムの概念検討を行うとともに、本システムの設計に必要な要素技術に関する検討を行う。また、海洋石油開発等の安全ガイドラインを調査して、採鉱オペレーションにおいて考慮すべき事項を抽出する。
- 海底熱水鉱床商業生産システムの計画支援プログラムの構成図を作成する。
- 係船オペレーション中における2船間の索張力の変動を抑制するウインチ制御に関するアルゴリズムの開発し、時間領域計算と水槽試験結果との比較に基づく検証を行う。また、大水深用係留索の動的張力を浅い水槽で模擬する模型設計法を開発する。さらに、浮体システムに作用する氷荷重推定技術を開発する。
- 海底生産システム技術に関する動向を把握するため、関連機関等を訪問して、その最新の技術動向に関してのヒアリング調査等を行うとともに、本分野で先導的に研究を実施している学術研究機関との協力関係を構築する。

平成 28 年度の研究成果

- Nautilus Minerals 社が検討している海底熱水鉱床開発システム等、過去に検討された開発システムを調査するとともに、欧州における技術動向調査を行って、我が国における海底熱水鉱床商業生産システムのコンセプトを検討した。
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を解析するためのツール整備を行った。
2本円柱のVIV挙動推定プログラムの検証用データを取得するために、模型試験を行った。また、動揺管内スラリー移送試験を行って、管の動揺が圧力損失に及ぼす影響を評価した。
集鉱用フレキシブルホースに関する循環式摩耗試験を行い、鉱石の摩耗度とスラリー中の相対速度に関するデータを取りまとめ、特許出願（国内優先権主張出願）した。さらに、摩耗検知機能を有する輸送管と輸送管の寿命延伸方法、並びに新たな疲労亀裂補修方法を考案し、特許出願（4件）した。
海底鉱石選別ユニットの検討では、鉱石粒子に作用する遠心力の差を利用するKnelson型と呼ばれる選別機の適用可能性を検討した。予備的検討として、模擬鉱石を粉碎して粒度の異なるグループに分け、粒度グループ毎に単体分離性の検討を実施するとともに、高圧条件下での粒子の性状を観察するための試験装置を製作し、試験を実施した。
採鉱オペレーション安全ガイドラインに関する調査として、既存の安全ガイドラインの調査を行った。具体的には、DP（Dynamic Positioning）やその他のオペレーションに関連する規格として、IMCA等の国際団体、DNV、ABS等の船級協会、ISO、IEC等の規格類の収集、調査を実施した。また、DPに関連する事故分析情報等、安全ガイドラインに必要な項目に関する資料を調査した。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して、平成29年度に実施が計画されている実海域試験に向けた検討を行った。具体的には、事前海域試験で取得した船体動揺やムーンプール内水位変動等に関するデータと数値シミュレーション結果との比較・検証を通じて稼働性評価を行うとともに、システム内のスラリー流に伴う安全性を対象としたHAZOP分析、揚鉱管挙動を計測するための小型挙動計測装置の開発等を行った。
 - 将来の商業化を念頭に置き、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を開発するために、既存の計画支援プログラムの構成等を見直し、プログラム改良のためのプログラム構成図を作成した。また、プログラム用データベースのバージョンアップを行うため、関連する情報等の調査を行った。
 - 係船オペレーション中における2船間の索張力の変動を抑制するウインチ制御に関するアルゴリズムを開発し、既存の時間領域計算ソフトウェアに組み込んで計算モデルを構築した。
深海係留模擬模型の設計法に関し、水深に対する動的張力特性に関するシミュレーションを実施し、基礎データの蓄積を図った。
浮体式構造物及び船舶に作用する全体氷荷重の数値シミュレーション法の現状をレビューするとともに、Aalto大学、Statoil、NTNUへ訪問し、調査を実施した。また、オープンソースのソフトウェアを用いたプログラムの開発を進めるとともに、簡易法による氷荷重推定法を検討した。さらに、これらの精度検証を目的とした氷海水槽試験を実施した。
氷荷重の簡易推定法の高度化を図るとともに、氷塊材料構成則の検討・開発を行い、開発した氷塊モデルを用いた実船体構造と氷荷重の連成解析を用いた構造安全性評価手法の検討・開発を行った。
- JOGMEC 技術ソリューション事業に大学、民間企業とともに参加して、フロンティア海域（氷海域）

における資源開発支援のための氷況観測技術の開発を実施した。開発した技術は、実用化直前の段階にあるとの高い評価を受けた（出典：JOGMEC、技術ソリューション事業（技術開発）平成28年度事後評価報告書、2017）。

□以下の調査に基づく技術調査報告書を作成し、次年度以降に当所で実施すべき技術課題を抽出した。

- (1) ノルウェー科学技術大学に滞在し、ノルウェーにおける海底生産システム技術を中心とした技術研究動向等に関する調査（長期在外派遣制度を利用）
- (2) 文献調査に加え、国内及び海外の洋上オペレーション専業会社、大学等を訪問し、サブシー機器の設置オペレーションに関する技術課題に関するヒアリング調査
- (3) 海外で開催されたオフショア技術に関する国際シンポジウム（Ocean Week 2016、OSRC2017、MOSS2016）における技術動向に関する調査

また、各種数値解析に関する研究動向を調査し、上記報告書で抽出した技術課題に対し、次年度からの具体的研究実施に向けて基盤研究を提案した。

成果の公表

□特許：5件

□プログラム登録：1件

- ・ウインチ制御プログラム（2船間をつなぐ2本のホーサーを巻き取る際に、2船間の相対方位角制御もしくはホーサーの張力変動制御によりモーターへの最適な指令電圧を出力するプログラム。適用可能な事例：FPSO等のタンデムオフローディング時のホーサー張力コントロール及びシャトル船振れ回りコントロール、岸壁係船時の船体運動に対する係留索張力コントロール等）

□発表論文：12件

- ・Masanobu, S., *et al.* : Study on Hydraulic Transport of Large Solid Particles in Inclined Pipes for Subsea Mining, J. Offshore Mech. Arct. Eng., Vol. 139, No.5, 2017
- ・Uto, S., *et al.* : Development of Accurate Ice Observation Technologies and Ice Database for Oil & Gas Development in Arctic Region: 2nd Report Summary of the R&D results, 第32回北方圏国際シンポジウム「オホーツク海と流氷」、2017
- ・Nakajima, Y., *et al.* : Development of Seafloor Mineral Processing for Seafloor Massive Sulfides, Techno-Ocean 2016, 2016
- ・Maeda, K., *et al.* : Feasibility Study on the Passenger Transportation Hub, Proc. 3rd Marine Operations Specialty Symposium, 2016
- ・Hasegawa, K., *et al.* : Development of Optical Flow Computation Method for Ice Movement in the Arctic Ocean, Proc. 32nd International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice, 2017
- ・高野慧ほか：海底熱水鉱床開発におけるスラリー移送による配管摩耗（ポスター）、Techno-Ocean 2016、2016
- ・大坪和久ほか：セミサブ型浮体に発生するThruster Induced Motionについて（第2報）、日本船舶海洋工学会春季講演会論文集、2016
- ・高野慧ほか：動揺管内における大粒径粒子のスラリー移送評価、日本船舶海洋工学会秋季講演会論文集、2016
- ・渡邊充史ほか：タンデムオフローディング時における船体振れ回り運動に関する模型試験とシミュレーション、日本船舶海洋工学会秋季講演会論文集、2016
- ・港湾空港技術研究所、海上技術安全研究所、沿岸技術研究センター：海洋鉱物資源開発における交通運輸分野の技術開発に関する研究、第1回交通運輸技術フォーラム、2016
- ・藤原智ほか：深海水槽及び高圧タンクによる海洋開発分野の研究開発、日本フルードパワーシステム学会誌、2016
- ・尾崎雅彦監訳、正信聡太郎ほか共訳：サブシー工学ハンドブック、海文堂出版、2016

□発表予定論文：5件

- ・高野慧ほか：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、機械学会論文集（投稿中）
- ・Takano, S., *et al.* : EXPERIMENTAL STUDIES OF PRESSURE LOSS FOR LARGE PARTICLE SLURRY TRANSPORT IN OSCILLATED PIPE FOR SUBSEA MINING, OMAE2017, 2017
- ・Uto, S., *et al.* : Development of Accurate Ice Observation Technologies for Arctic Oil & Gas Development and Verification by Field Campaigns, Proc. International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, 2017
- ・Matsui, S. *et al.* : Numerical Study on the Structural Response of Energy-Saving Device of Ice-Class Vessel due to Impact of Ice block, Proc. International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, 2017
- ・Araki, M., *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春季講

演会論文集、2017

□受賞：1件（第31回北方圏国際シンポジウムにおいて若手最優秀論文賞）

□その他：日本海事協会より省エネ付加物と氷塊の接触による構造強度評価に関する鑑定書を取得

○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28年度の研究内容

・RAM解析のための基盤技術として、沖合の波に関する情報（有義波高や周期、波スペクトル）に基づき、水深や海底地形、周囲に存在する防波堤防の影響を考慮した屈折や回折、反射、浅水変形等の波浪変形の推算とそれを考慮した係留浮体の動揺評価を行う。波浪変形を考慮し、岸壁など港湾内に係留される浮体位置での入射波を推定するとともに、岸壁と船体間の干渉影響を考慮することで、精度の高い係留浮体の動揺評価法を構築する。（小項目19-1）

・海洋構造物試験水槽における効果的な津波発生法を検討する。FSRUを係留するタワーYokeシステムの設計ならびに模型製作を行い、海洋構造物試験水槽においてタワーYokeシステムに係留されたFSRUを対象として津波来襲時の浮体およびYokeの挙動、荷重等の計測を行う。また、津波による影響を考慮することが可能な時間領域シミュレーション法を確立し、水槽試験結果との比較検証を行い、FSRU浮体の津波来襲時における係留・係船安全性評価法を開発する。（小項目19-1）

・水槽試験に基づき、係留されたセミサブ型浮体に働く波漂流力を計測し、数値計算との比較により粘性波漂流力が係留索張力に及ぼす影響を評価する。また、関連技術として異常波の発生解析を行い、水槽施設での造波方法について研究を行う。（小項目19-1）

・オペレーションのための標準的リスク評価手法の整備においては、海洋開発に特有の事故を把握する必要があるため、実際に発生している事故情報等の収集、分析を行う。現在までの事故情報の蓄積状況を考慮して、今後継続的に状況把握できるよう、データベース化等の方策を検討する。また、海洋構造物の種類、設置環境、構造物のシステム構成、実際に行われる作業の種類や手順の構成について調査を行い、リスクモデルの構築方針を定める。（小項目19-2）

・オペレーションのための標準的リスク評価手法の整備においては、海洋開発に特有の認証体系を把握する必要があるため、実際に使用されている基準等に関する情報収集、分析を行う。また、国内FSRUについて、津波対策の安全評価等を勘案して安全ガイドラインを構築する。（小項目19-4）

平成28年度の研究成果

□沖合の波に関する情報（有義波高や周期、波スペクトル）を入力として、水深の影響や沖合防波堤による入射波の屈折や回折、反射、浅水変形を考慮した波浪推算が可能なツールを整備した。また、港湾内の波高や周期の分布を解析し、実計測データとの比較から良好な一致を得た。

□上記波浪推算に基づく入射波と風、流れの複合外力下において、岸壁係船された2船間あるいは船体と岸壁との相互干渉影響に加えて、LNG移送ホースと2船のホースサドルをモデル化し、ホースサドルとLNG移送ホースとの摩擦、LNG移送ホースと2船体舷側との接触が考慮できる動的

な一体挙動解析プログラムを開発し、岸壁、棧橋係船時の LNG 移送オペレーションに対する稼働性・安全性評価に活用できるプログラムとして計算精度と機能が向上した。また、本プログラムは民間企業への販売に繋がった。

- タワーヨーク係留システムの設計手順を明確化し、実際に設計した係留システムに対し数値シミュレーションによる安全性評価を行い、設計法の妥当性を示した。また、感度解析によりタワー Yoke 係留システムの安全性に影響を及ぼす設計値を示した。
- 海洋構造物試験水槽においてタワー Yoke 係留システムに繋がれた FSRU 単船あるいは FSRU と横づけ係船された LNG 船を対象とした津波来襲時の模型試験を実施し、浮体および Yoke の挙動、タワー Yoke システムに働く荷重を把握した。
- タワー Yoke 係留システムに繋がれた FSRU 単船あるいは FSRU と横付け係船された LNG 船を対象として津波来襲時の浮体および Yoke の挙動、タワー Yoke 係留システムに働く荷重評価が可能な時間領域シミュレーションプログラムを開発した。水槽試験結果との比較検証で良好な一致が得られ、FSRU の津波襲来時における係留・係船安全性評価への適用が可能となった。
- 異常波の発生解析を行い、海洋構造物試験水槽における異常波の造波を実現した。また、係留したセミサブ型浮体を対象とした異常波中における動揺計測試験を行い、ポテンシャル波漂流力がほぼゼロとなる低周波数帯において粘性波漂流力が働くことを示した。異常波と粘性波漂流力の組み合わせが、セミサブ型浮体の係留索張力の急激な増加現象に繋がる可能性を明らかにし、セミサブ型浮体の係留設計に対し粘性漂流力を考慮することの必要性を示した。
- セミサブ型浮体のコラム部飛沫帯（波によって空気と海水の両方に晒される領域）に働く粘性波漂流力の推定法を検証し、ポテンシャル波漂流力に加えて粘性波漂流力を考慮した数値シミュレーションが可能となった。上記模型試験と数値シミュレーションとの比較で良好な一致が得られ、粘性影響を考慮した波漂流力や係留索張力へ及ぼす影響評価、セミサブ型浮体の係留設計への適用が可能となった。
- 海外当局が公開する事故報告等のオフショア関係の事故データと海技研が保有する船舶データをリンクさせることで、リスクデータベースの作業に着手した。具体的には、英国 HSE、米国 BSEE、ノルウェー PSA データを収集、整理し、IHS フェアプレイの船舶データと照合を行った。また、これらの照合を行うためのデータ収集、整理の方法についてまとめた。
- 国内 FSRU について、津波対策等を検討し、対応指針のうち、ソフト面の対策を整理して指針案を作成した。具体的には、FSRU の導入から運用時における津波防災対策に関する基本的な考え方を整理し、ハード面の対策状況や津波来襲時のタイムライン等、必要とされる事前の分析とこれに対する意思決定のあり方についてまとめた。また、津波来襲時の FSRU と漂流物との衝突影響を考慮するため、FSRU と漂流物の衝突評価手法の検討を行い、衝突評価シミュレーションのプログラムを作成・登録した。

成果の公表

- 発表論文：3 件
 - ・福島 涼、加藤俊司、湯川和浩、前田克弥：セミサブ型浮体式洋上設備のタレット係留システムに対するコラム形最適化、日本船舶海洋工学会 平成 28 年春季講演会論文集。
 - ・齊藤昌勝、佐藤 宏、石田 圭、浅沼貴之、山本譲司：セミサブブリグの係留ライン破断事故再現試験、第 26 回海洋工学シンポジウム、2016 年。
 - ・前田克弥、湯川和浩：Experimental study on side by side operation -gap resonance & sloshing-, Research workshop on side by side operation, 2016.
- 発表予定論文：1 件
 - ・「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 平成 29 年春季講演会（申請済み）
- プログラム登録：2 件
 - ・岸壁係船された 2 浮体と係船索、フェンダー、船体に設置されたホースサドルと 2 船間をつなぐ LNG 移送ホースの一体動的挙動解析とその結果の可視化が可能となるプログラムを作成し、登録。
 - ・FSRU 津波対策の安全評価のため、係留浮体と漂流物の衝突シミュレーションを実施するプログラムを作成し、登録。
- プログラム販売：1 件
 - ・「2 船体運動計算のための条件設定プログラム ver. 2」
- 修士論文および卒業論文：3 件
横浜国立大学連携講座の学生を指導し、修士論文 1 件と卒業論文 2 件を発表。
 - ・「セミサブ飛沫帯にはたらく粘性漂流力について」（修士論文）
 - ・「タワーヨーク係留システムの設計に関する研究」（卒業論文）
 - ・「Shear7 を用いた鉛直ライザーに対する VIV の比較検討」（卒業論文）

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
<p>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。</p>	<p>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</p>	<p>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 一海洋資源の広域探査用に AUV 及び洋上中継器をそれぞれ開発し、実海域試験を行い、探査システムの基礎を構築する。等</p>

○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 28 年度の研究内容

- AUV、洋上中継器をそれぞれ開発し、実海域で接続試験を行ない、探査システムの基礎を構築し、平成 29 年度以降の複数機 AUV での同時運用システムの構築に繋げる。
- 複数 AUV の同時運用システムの構築に向け、準備を行なう。
- AUV の低コスト化等を目的にした要素技術の開発を着実に進める。

平成 28 年度の研究成果

- 航行型 AUV 3 号機的设计および製作を実施し、完成した。数値流体力学を用い、抵抗の少ない艇

体形状を導出し、その形状を損なわない構造を検討し、3号機に採用した。3号機へ搭載する機器については、AUVシステムに必要な航行装置および非常用装置等を選定し、複数AUV運用システムに必要な通信装置を搭載した。

□洋上中継器（没水型複数管理用）は、調査母船と複数AUVとの間を中継する小型ASVとして、H26年度から製作を開始し、H28年9月に艇体が完成した。その後、浅海域単体性能試験を実施し、基本性能を確認した。実施した試験項目は、航行性能（浮力調整を含む）、調査母船との電波通信性能（Wi-Fi通信、イリジウム通信）、およびAUVとの水中音響測位・通信性能である。

□AUVと洋上中継器の実海域での接続試験を行った。実海域調査技術の確保や、海底熱水地帯における潜航調査に向け搭載観測機器類の実作動環境における最適調整のためを目的とし、駿河湾にて行った。

AUV各機（航行型1, 2号機、ほぼりん）と洋上中継器を展開し、音響測位と通信、洋上中継器によるAUV追尾管制が正常に行われることを確認した。

□AUVと洋上中継器（ASV）による実海域調査技術の確保を目指し、洋上中継器と3機のAUV（航行型2機、ホバリング型1機）で構成する海底調査ユニットを、伊豆大島南東沖合の海底火山大室ダシ頂上付近に位置する熱水地帯大室海穴に展開し、3機のAUVと洋上中継器の同時運用による熱水地帯での全自動海底調査に成功し、複数AUVの同時運用により、運用効率の飛躍的に向上することを示した。また、開発した海底調査ユニットを非専用船で運用することに成功した。これにより、開発したシステムが特定の船に縛られず稼働率の向上を実現できることを示した。

□ボイに装備したGPSと音響測位装置を組み合わせ高精度の位置計測を実現する水中局域音響システム等の要素技術の開発を行った。

成果の公表

□特許1件出願、4件出願準備中

□発表論文：和文3件、英文7件

- 1) 平戸、篠野雅彦：AUV用海底地形スキャニングレーザー計測技術の開発、第34回レーザセンシングシンポジウム(2016)
- 2) Okamoto, A. et al. : Development of Hovering-type AUV "HOBALIN" for Exploring Seafloor Hydrothermal Deposits , 講演会名 : OCEANS 2016
- 3) Okamoto, A. et al. : Obstacle Avoidance Method Appropriate for the Steep Terrain of the Deep Seafloor, Techno-Ocean 2016
- 4) 瀬田 : A Data Compression Method by Dropping Most Significant Bits and its Application to Transmission of Position Data , Techno-Ocean 2016
- 5) Sasano, M. et al. : Development of a Semi-Submersible Autonomous Surface Vehicle for Control of Multiple Autonomous Underwater Vehicles , Techno-Ocean 2016
- 6) Sasano, M. et al. : : Development of a Regional Underwater Positioning and Communication System for Control of Multiple Autonomous Underwater Vehicles , AUV 2016
- 7) Yokota, : Development and sea trial of an Autonomous Underwater Vehicle equipped with a Sub-Bottom Profiler for surveying mineral resources , AUV 2016
- 8) 篠野 : ホバリング型AUV「ほぼりん」の深海底潜航調査法について、日本航海学会 自動航法研究会(2017)
- 9) Inaba, S. : Tracking experiment of multiple AUVs by a semi-submersible ASV , UT 2016
- 10) Sawada, K. et al. : Development and sea trial of the compact cruising type AUV system , UT 2016

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
<p>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。</p>	<p>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</p>	<p>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 一地域の未活用人材を造船現場で活用し、造船業の人材不足等に対応する新しい造船工程に関する仕様の作成等を行う。 一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機能を導入し改良を行う。等</p>

○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 28 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、建造モニタリングシステムについて、造船現場の生産実績情報をどのようなツールや手法で補足するかについて検討し、建造モニタリングシステムの仕様書を作成する。また、建造モニタリングシステムに将来的に接続する溶接作業支援 AR アプリケーションを開発する。
- 「造船用ロボットの開発」では、重量物の運搬をサポートするスーツ、しゃがみこみ・中腰作業をサポートするスーツについて仕様の策定を行う。また、組立工程における溶接作業や線状加熱作業を行う多関節型ロボットについて仕様の策定を行う。
- 「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、モデル造船所の生産工程について、生産管理の実力把握・診断、現場作業の熟練・未熟練作業の抽出・切り分けに関する実態調査を行い、抽出し切り分けたスキルレベルに応じた新しい造船作業工程の設計を行う。加えて、新し

い造船作業工程における生産管理手法、未熟練工（パート従業員）の管理、サポート手法や、新しい造船作業工程（ハイロウミックス工程）に適した設計指針に基づいて、船体ブロックを試設計する。

平成 28 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、建造モニタリングシステムのプラットフォームとなる生産管理システムのプロトタイプ版の開発を行った。このシステムは、造船工程の生産計画の立案、作業の進捗管理を行うもので、工場の出勤日カレンダー、工場リソース（工数能力、設備能力、スペース能力）、オーダー（番船、ブロック、区画、ステージ、作業ロット、職種、最小所要日数、工数負荷、設備負荷、開始可能日、最遅完了期限等）を入力すれば、仮日程計画の作成から工数の負荷平準化等を行い、最適な中日程計画の立案を支援するシステムである。併せて、本システムは工数日報等を入力することで、計画に対する作業管理（工数消化率、作業進捗率等の出力）を行うことができる。このシステムは、建造モニタリングシステムの中核をなすもので、これを発展させて、最適な日程計画の基、造船工場のリアルタイムな作業管理体制、造船 IoT 体制に繋げることができる。リアルタイムな作業管理体制を補完するため AR 技術に注目しており、本年度では、溶接作業支援 AR アプリケーションのプロトタイプを開発した。これは現場にて図面を見ずに、溶接条件（脚長等）を参照することができると同時に、溶接作業の作業進捗をリアルタイムに入力することができる。次年度以降、これらを接続し、総合的な建造モニタリングシステムの完成を目指す。
- 「造船用ロボットの開発」では、日本船舶技術研究協会の研究プラットフォームの基で、「造船上向き作業用アシストスーツ」の開発に貢献した。「造船上向き作業用アシストスーツ」は 2 種類開発され、今後、造船所での現場導入に向けて商品化が行われる。また、造船用ロボット化として、船舶材料の CFRP 化に注目し、CFRP 用炭素繊維のロボット等による自動積層技術に向けた研究開発に取り組んだ。今年度は特に、曲面幾何学に基づく炭素繊維の最適配置、最適ツールパスに関する検討を行い、実際に提案ツールパスに基づき、船用プロペラの CFRP 成形を行った。今後、曲面構造物の CFRP 積層物に対する設計 CAD/CAM システムの開発やそれに接続する自動積層ロボット等について検討を行う。
- 「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、実際の造船所の実態調査を行い、現場作業においては、鉄艦品製作工程、手で持てる部材の定盤への配材、管製作工程、船殻内業工程等がハイロウミックス工程で言うところのロウ作業の候補として整理できることを明らかにした。また、現場作業のロウ作業に加えて、生産計画立案作業や作業実績収集作業等の管理事務所内における事務作業も、ロウ作業として未熟練就労者にとって対応可能かつ効果の見込みが大きいことを見出した。今後は、これらのロウ作業を各造船所の事情に応じて適切に配置したハイロウミックス工程案を作成し、それを基に実際の造船所にて実証実験を行う予定である。

成果の公表

- 「生産管理システム」の開発
- 「溶接作業支援 AR アプリケーション」の開発
- 曲率線展開システムの汎用造船 3 次元 CAD システム MATES との接続システムの開発
- 「造船上向き作業用アシストスーツ」の開発（ただし、研究主体は日本船舶技術研究協会）

○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 28 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・騒音伝播特性の試解析を行うと共に、複合材の適用候補部位や規則要求の適用に関する課題を明確化する。
- 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。そのため、学習用データとなる騒音計測データの整備、騒音予測計算に必要な入出力パターンへの検討、ニューラルネットワークモデルの入出力層等の決定を行う。

平成 28 年度の研究成果

- 所内の先導研究などで開発中の振動予測システム及び振動解析用全船 FEM モデルを用いて、金属以外の材料（CFRP を想定）を対象とした試解析を行い、解析モデルの改良要件を明らかにし、材料による固有振動数や減衰比の違いが振動値に与える影響を検証可能な解析モデルを検討した。
- 先行研究事例や他産業の新材料の動向を調査した結果、適切な材料がないためこれまで課題であった震動源側の対策として、減衰特性を変えられる材料を活用した制振特性制御が可能なマルチマテリアル構造が有望であることを確認した。建造量上位五社を対象とした聞き取り調査または紙面アンケート調査の結果、後付で施工可能な振動防止材や歪み防止材のニーズがあることを確認した。震動源側の制振対策に新材料を適用するに際して、必要な性能要件の目安を得るため、主機固定用樹脂材料の各船級の承認要件をとりまとめた。
- 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、騒音学習と騒音予測を行う計算モデルを作成した。騒音学習は騒音実船計測結果を教示データとした。騒音学習結果（重みパラメータ）を利用して自船、同型船その他船舶の騒音予測を行った。自船及び同型船の騒音予測は、騒音計測誤差程度の実用的な予測精度を確認した。
- 類似船の探索を行う自己組織化プログラム (SOM) タイプのニューラルネットワークを構築した。SOM で探索した類似船の騒音予測について、すなわち汎化性能についても確認した。類似度が高いと実用的な騒音予測精度となっていることを確認した。

成果の公表

- プログラム登録：登録済 1 件、申請中 2 件
 - ・ Janssen 法に基づく居住区船内騒音予測プログラムに関するチューニング作業自動化ソフト
 - ・ (申請中) 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利用した騒音学習・予測プログラムソフト
 - ・ (申請中) データベースにある船舶の類似度に応じたクラスタリング、類似船の探索を行うプログラムソフト
- 発表：3 件
 - ・ 「騒音対策指針と新しい船の設計について」、平成 28 年度内航船舶技術支援セミナー
 - ・ 「内航船の船内騒音解析」、VA User Conference 2016
 - ・ 「ニューラルネットワークを活用した船内騒音予測について」、人工知能学会第 30 回知識・技術・技能の伝承支援研究会

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
<p>海事産業の技術革新の促進と海上輸送の新たな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。</p>	<p>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</p>	<p>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 －海陸連携したシームレス運航システムの導入効果の評価指標の開発をおこなう。等</p>

○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 28 年度の研究内容

- 自律運航システムの研究
 - ・自律航行船の運航に必要な機能と自律のレベルについて、国内外の調査を行い取りまとめた。
 - ・自律航行船の基本機能を組み込むフレームワークとして、ECDIS をベースとした自律機能と操船シミュレータを結ぶ通信プログラムを作成した。さらに、計画航路に則った、航行を実現するトラックコントロール機能をこのプログラムに自律機能として組み込んだ。
 - ・航行障害物である船舶を画像処理により検出する機械学習機能の検討と陸上からの運用を行い、船舶検出のフィジビリティの検討を行った。（海上保安庁からの請負研究）
 - ・AIS データから実際の避航操船の抽出を行い、これを解析することにより、実際の操船における避航開始距離等避航操船アルゴリズムのための各種パラメータの抽出を行った。
 - ・国土交通省の「先進安全船舶技術研究開発支援事業」に基づく「船舶の衝突リスク判断と自律操

船に関する研究」に参加し、「衝突リスク判断方式の研究開発」のための操船シミュレータによる避航判断支援情報の検討のための実験を実施した。

□推進動力システムの構築

- ・既存のディーゼル推進船の機関士によるメンテナンス状況を調査し、自律運航船舶への搭載を想定したときのメンテナンスフリーに近づける動力システムの抽出を行った。
- ・既存の機関部に関連したモニタリングシステムについて調査し、モニタリングシステムがメンテナンス性・信頼性に与える有効性について考察した。

□自律航行船の安全基準の研究

- ・自律航行船舶の運用の制限となる国際条約等に関する調査を行うとともに、自動車等自動運転実現に向けた動きの調査を行った。

平成 28 年度の研究成果

□今後、開発・実装が行われる自律船の機能を、操船シミュレータ上で実現するため、電子海図情報表示装置 (ECDIS) を模擬するプログラムをベースに、舵とエンジンテレグラフでの手動操船機能と各種自律機能のプログラムと操船シミュレータとを結ぶ通信プログラムを作成した。これに加えて、自律機能として計画航路の設定及び計画航路に沿った操船を実現するトラックコントロール機能を操船シミュレータに組み込んだ。

□陸上からのビデオ画像を対象に、機械学習による船舶の抽出と船舶位置の検出の検討を行った。この際、教師画像抽出支援ツール、教師画像データベース、画像抽出システムを構築した。

□AIS データに基づき、避航操船の航跡を抽出し、その解析を行って、一般的な操船者が操船する際の避航開始時期や避航開始距離を、対象船への離隔距離とその方位角変化で取りまとめた。

□既存のディーゼル推進船の機関士によるメンテナンス状況を調査した結果、自律運航船舶の運用時には、メンテナンスの短期集中化が有効であることを確認した。

□自律船運航に関わる国際規則等を取りまとめた他、自動車等他のモードの自動運転実現への動きを取りまとめた。

成果の公表

□特許出願：「船舶の衝突リスク低減方法」

□発表論文：5 件

- ・三宅他 2 名、" AIS データを用いた避航操船の行動分析に基づく衝突危険度評価" , 日本航海学会論文集 135 号
- ・疋田他 2 名、" 教育・実習への適用の為の機関点検支援システムの機能拡張" , 第 1 回海事教育機構研究発表会予稿集
- ・三宅他 2 名、" 実際の避航操船の行動分析に基づく船々間の衝突危険の定量的評価" , 日本船舶海洋工学会論文集 24 号
- ・三宅他 2 名、" Evaluation method of Collision Risk Based on Actual Ship Behaviors Extracted from AIS DATA" , TransNav 2017
- ・三宅、" AIS データを用いた船舶間の衝突危険度評価に関する研究" , 大阪大学、日本航海学会論文賞 2016 年度 三宅 「AIS 記録データに基づく避航操船手法の解析」

○地域海上交通システムの再構築に関する研究

研究の背景

離島地域の実態を踏まえた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の離島地域海上交通の持続的な維持・発展に資することが求められている。具体的には、

- 海上交通ネットワークの維持・向上に資する評価手法の研究
- 多様なニーズに応える新たな海上交通サービスの開発・評価に係る研究
- 旅客船のバリアフリー技術基準への提言に関する研究

研究目標

- シームレス運航システムの導入効果評価手法の開発
 - オンデマンド海上交通、海上タクシー導入の評価手法と評価指標の開発
 - 旅客船の設備仕様に関して、実現性の高い新たなバリアフリー技術基準案を作成
- 上記成果は、地域の特性に合った多様な海上交通サービスとして提供することが可能となり、海上交通のネットワークの維持、離島地域等の地方創生に資することが期待される。

平成 28 年度の研究内容

本研究では、従来の定期旅客船と路線バス等からなる交通網の待ち時間を含めた乗り換え負荷低減比較など、海陸連携したシームレス運航システム (バスフロート船*、シームレス小型船システム**等) による離島地域公共交通等への導入検討時、関係事業者、地方自治体等が導入効果を適切に評価できる指標の開発を行う。また、シームレス運航システムを普及させるために、バスフロート

船の実態調査、省力化を目指したシームレス小型船システムのシミュレータ整備を行う。また、H29年度開始の計画を前倒しして、オンデマンド海上交通システム等の研究を行った。

※バスフロート船：バス等の乗客が航行中も車内にとどまることのできるカーフェリー

※※シームレス小型船システム：小型バスが乗船しそのまま客室となり乗客が乗り換え不要な小型旅客船

平成 28 年度の研究成果

研究目標の「シームレス運航システムの導入効果評価手法の開発」については、乗換負担評価指標として、一般化時間という評価指標を構築した。この指標は、肉体的負担と心理的負担に影響され、現地アンケート調査の結果、肉体的負担については地域差がなかったが、心理的負担については地域の社会性の影響が見られ、地域の社会性を考慮した調整を行うことで、離島航路全般に適用できる評価手法として開発した。さらに、導入時の需要評価に必要となる離島の魅力についても、観光客受け入れ率を提案した。また、シームレス運航システムのひとつであるバスフロート船の現地調査を行い、当該システムの導入と継続的な運航に関して、他の地域への展開の際に参考となる、フェリーとバスの両交通機関及び地方自治体が連携したシームレス運航システムの計画・運用・定期的見直し体制と日常業務に関する示唆を取りまとめた。

研究目標の「デマンド海上交通、海上タクシー導入の評価手法と評価指標の開発」については、H28年度に前倒しで検討し、評価指標として、定期航路の運休確率を求める式を構築した。また、これを選定した離島航路に対して適用し、オンデマンド運航化の効果を検討し、効果が表れる利用客数の目安を得た。海上タクシーについては課題整理を行い、公共交通機関の一部を担う海上交通を前提とした場合、オンデマンド海上交通と同じ対応で良いことを確認した。

研究目標の「旅客船の設備仕様に関して、実現性の高い新たなバリアフリー技術基準案を作成」については、H28年度に研究資源の配分を見直し、重点研究ではなく、専門家として外部要請に対応することが適切と判断した。具体的には、交通エコロジー・モビリティ財団と国土交通省の要請に応じて、それぞれ小型旅客船のバリアフリー設備仕様の審議への寄与、海外のバリアフリー技術基準に関する知見の提供を行った。

1) 乗換負担低減ほか各種評価に関する研究

乗換負担評価指標開発においては、肉体的な負担と心理的な負担を含めた全ての乗り換え時の行動を水平歩行時間に置き換えて表す一般化時間指標を用い、離島航路に適用できる評価指標として構築した。一般化時間の式と説明を示した。広島県江田島市のフェリー航路においてフェリーと陸上交通機関等の乗り換え動向等に関するアンケート調査を実施し、平成 27 年度（第 3 期中期計画最終年度）に実施した大崎上島町の結果と比較を行った。その結果、フェリーと陸上交通機関の乗り換えにおける肉体的な負担は離島による違いがないこと、心理的な負担は離島による差があり、江田島市の心理的負担は、人に尋ねるまでの時間が大崎上島町より長いことがわかった。これは、大崎上島町が地元密着の地域社会であるのに対し、江田島市は広島市が通勤・通学圏であり大都市圏の通勤・通学者の心理に近いことによると考えられる。離島航路地域の海上交通と陸上交通の乗換負担評価を行う際には、本研究で求めた地域の特性に適合した係数を用いることで、一般化時間指標により評価できる。

観光魅力度については、本土から 1 時間圏内であることと欠航率がごく低いことを条件として揃え、内海・本土近接型離島を対象に、「離島統計年報」のデータに基づき、宿泊施設稼働率、宿泊率等を算出した。その結果、離島の人口と受け入れ観光客数の比から算出する観光客受け入れ率が、瀬戸内芸術祭に参加するなど魅力度が高いとされる考えられる犬島や女木島では 30%を超えたのに対し、多くの離島では 10%未満であった。この観光客受け入れ率は公表データから簡便に算出でき、10%が他の島との差別化がみられると判断できる基準値になり、観光魅力度の指標の一つとして使用できると考える。

2) シームレス運航システムの普及に関する調査

2-1) バスフロート船の現状調査

第 3 期中期計画の成果として平成 27 年 4 月にカーフェリーの車両甲板にかかる規制が見直され、海上運送法に基づく安全管理規程を設定・変更することによって、バスフロート船（バス等の乗客が航行中も車内にとどまることのできるカーフェリー）の実運航が可能となった。本調査研究では、鹿児島県においてバスフロート船を活用しているバス事業者を対象に、バスフロート船の利用の状況や課題について明らかにした。その結果、バスフロート船を活用したバス路線を開設する際は、①フェリーのダイヤに合わせた運航ダイヤ設定、②バスの運行ダイヤの余裕などの道路渋滞等対応策及びフェリー欠航時の対応策の策定と日々の連絡を含む運用体制、③フェリー内で一般旅客（フェリーのみ旅客）と一緒にするため料金収受の仕組みの作成等が必要となることわかった。また、地域交通計画の策定と施行を担う地方自治体の役割や、運航・運行ダイヤ及びバス停の定期的な見直しによる利便性の維持・向上も重要であった。そのためバスフロート船を活用したバス路線を開設する際は、バス事業者と航路事業者、地方自治体の計画段階から日常の連絡、定期的な見直しを含む運用体制までの連携が不可欠であるといえる。

2-2) 操船リスクシミュレータによる運用

第3期に建造し各種海上実験に用いたシームレス小型船システムの実験船の運動モデルと小型船用コンソールの操船リスクシミュレータへの組み込みは、既に第3期の終了時点で実施した。今年度は、第3期の社会実験海域以外での航行シナリオ等でシームレス小型船システムの運航を確認するとともに、拡張機能を持った運航シミュレータとして整備した。

3) オンデマンド海上交通及び海上タクシーに関する研究

オンデマンド海上交通と海上タクシーについては、H29年度開始計画であったが前倒しで検討した。

第3期中期計画の検討結果を踏まえ、第3期で開発したシミュレーションシステムのケーススタディ、文献調査、地方運輸局との意見交換等を行い、実態分析として、利用客が著しく少ない離島航路を選定し、オンデマンド運航化の検討を行った。検討では、便数と利用客数の関係より現状を把握し、便別の利用客数から運休確率を求める式を構築し、選定した離島航路における乗客が0人(運休)となる確率を求めた。その結果、選定離島航路では、利用客数が最も少ない7便目においても運休確率が11.1%であり、利用客が少なくても直ちにこの便をデマンド運航化することは難しいことがわかった。コスト削減効果の目安として、1便あたりの燃料費が半減(運休確率50%)となるには、1便当たりの平均利用客数は0.7人程度となっている必要があり、現状の利用客数がさらに少なかった場合にデマンド運航化の効果が表れると考える。

海上タクシーは、公共交通機関の一部を担う海上交通を前提とした場合、需要が極端に少ない離島において導入されるべき海上交通手段となる。その場合、オンデマンド交通に近い交通形態となるため、経済的には前述したオンデマンド交通と同じ評価となる。なお、実際の導入検討時には、定期便の運休及び海上タクシー化に向けた、離島居住者と自治体等の離島地域としての合意形成が必要になり、各自治体の地域公共交通会議で導入の検討を実施することが適切と考える。

4) 旅客船のバリアフリー技術基準への提言に関する研究

バリアフリー法技術基準については、国土交通省ほか外部の要請があった場合に専門家として参加することが、研究資源の配分上適切であると判断した。今年度は、交通エコロジー・モビリティ財団の旅客船のバリアフリーに関する委員会等で審議に寄与するとともに、国土交通省からの海外のバリアフリー基準に関する問い合わせに対応した。

成果の公表

□発表論文：8件

- ・平田宏一，宮崎恵子，疋田賢次郎，荒谷太郎，松倉洋史，吉村健志，西崎ちひろ，三宅里奈，田村兼吉：離島の交通支援のためのシームレス小型船システムの開発，海上技術安全研究所報告，Vol.16，No.4，pp.1-19，2017.
- ・荒谷太郎，西崎ちひろ，三宅里奈，吉村健志，宮崎恵子：離島航路におけるシームレス小型船システムの実用性に関する調査，海上技術安全研究所報告，Vol.16，No.4，pp.21-39，2017.
- ・荒谷太郎，宮崎恵子：一般化時間を用いたシームレス小型船システム導入時の移動負担感に関する研究，海上技術安全研究所報告，Vol.16，No.4，pp.41-51，2017.
- ・松倉洋史，荒谷太郎，宮崎恵子：シームレス小型船システムを用いた移動販売事業の実行可能性検討—中小規模の離島における買い物弱者支援—，海上技術安全研究所報告，Vol.16，No.4，pp.53-79，2017.
- ・Taro ARATANI and Keiko MIYAZAKI：Estimation of Mobility Burden to Remote Island Residents by Ferry Based on Generalized Time，Asia Navigation Conference 2016 proceedings，(USB)，2016.
- ・荒谷太郎，宮崎恵子：離島航路フェリー利用時の離島居住者の移動負担感に関する研究，日本航海学会誌「NAVIGATION」199号，2017.
- ・荒谷太郎，宮崎恵子：離島航路におけるバスフロート船導入時の移動負担感に関する研究，土木計画学研究・講演集(CD-ROM) Vol.54，2016.
- ・荒谷太郎，宮崎恵子：一般化時間による離島居住者の海上交通移動の負担感に関する分析，交通学研究第59号，pp.173-180，2016.

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 ー複合一貫輸送効率評価システムの設計、AIS データから船舶の出入港を検知するシステムの開発等を行う。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 28 年度の研究内容

- 複合一貫輸送評価システムの研究開発
 - ・ AIS 情報を活用した船舶のリアルタイム運航状況提供システムのため、国内フェリー航路についてモーダルシフトの現状を中心に調査すると共に、AIS データからフェリーの運航データベースを作成した。また、web 上で公開されている運航スケジュールと比較し、遅延率に関する統計データの分析を行った。
 - ・ 複合一貫輸送評価システムに関し、全体システムの設計・開発、トラックドライバーの労働時間等評価機構を実装した。
- 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 データから船舶動静データへと変換するプログラムの開発、さらに、船舶動静データから貨物流動へと変換するための、調査、分析手法の開発を行った。
- 船隊運航管理システムの高度化
 - ・ 現在運用中の eE-Nav iPlan サーバー上で稼働している、各種解析プログラムに関し、船舶固有 (POD 推進機の搭載など) の特性を考慮したアルゴリズムの実装、モニタリングデータのノイズ処理などによる燃料消費削減量の高精度推定、気象データの読み込み処理の高速化を行うとともに、HP 上のグラフ作成機能、レポート機能などを充実させた。

平成 28 年度の研究成果

- 国内 AIS データのデータベース化により、日時、緯度経度、MMSI 番号などの条件で抽出する基盤を作成

□入港・出港判定アルゴリズムの構築により、船舶の入出港時刻を検知するプログラムを開発し、配船表などとの比較から入出港時刻の妥当性を確認後、遅延率について分析。定時性の低さが船舶へのモーダルシフトの阻害要因とされているが、実際には高い定時性であることを定量的に明示。

□複合一貫輸送評価システムの研究開発については、全体システムの設計・開発を実施すると共に、トラックドライバーの労働時間考慮機構等を開発して影響評価を実施。

□構築した港湾区域データベースを用い、AISの位置データから船舶の出入港を検知して動静データへと変換するプログラムを開発し、妥当性を確認。併せてユーザーインターフェースを構築。

□ばら積み船でも、多港積み、多港揚げが支配的であることが判明したが、動静データの発着港情報の信頼性が高ければ、貨物流動量として推算できる可能性を確認。プログラム化は課題)

□船隊運航管理システム、eE-NaviPlanに関し、航海計画作成機能の高速化、燃料消費量の算定精度の高度化、HP上のユーザーインターフェースの充実を図るとともに、実運用上で大きなトラブル無く安定した運用が可能であることを確認。

成果の公表

□論文、口頭発表 7 件

- ・ ” Fundamental Analysis on Operational Conditions of Long Distance Ferry and Freight Train in Japan ” , Eastern Asia Society For Transportation Studies (EASTS 2017) に投稿
- ・ ” Fundamental Study of Intermodal Freight Transport between Kyushu Area and Kansai Kanto Area in Japan ” , Eastern Asia Society For Transportation Studies (EASTS 2017) に投稿
- ・ ” Maritime Indicator Analysis of Freight Rate Market by Satellite AIS Data ” , 日本船舶海洋工学会に投稿
- ・ ” 海上輸送による国際コンテナ流動 ” 、人流・物流・金流ネットワークとその周辺研究会で口頭発表、さらに、統計数理研究所共同研究レポート に投稿
- ・ ” Estimating International Freight Flows and Transport Costs Based on Trade Statistics ” , International Association of Maritime Economists (IAME 2017 Conference) に投稿
- ・ ” Network Structure Analysis for International Maritime Container Transportation: From the View Point of Complex Networks ” , International Association of Maritime Economists (IAME 2017 Conference) に投稿

□プログラム登録 1 件

- ・ 気象海象データを用いた船速計画プログラム (登録番号 : P 第 10711 号-1)

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つて的確に対応する。

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つて的確に対応する。

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28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28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28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28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を行わず、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28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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>①地震災害の軽減や復旧に関する研究開発</p>	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>①地震災害の軽減や復旧に関する研究開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 大都市直下で発生する大地震に対する強震動予測手法を開発するために、まず既往研究の整理、代表的なスラブ内地震を対象とした検討を行う。 一 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、大規模実証模型振動実験を実施する。 一 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、津波に対するマウンド・地盤のダイナミクスを考慮しかつ腹付け工等の対策工を含めた防波堤の安定性に関する検討を行う。等

研究の背景

南海トラフ巨大地震や首都直下地震をはじめとする大規模災害に対して、地震後の早い段階からの所要の幹線貨物輸送機能の確保、また、復旧復興の拠点としての必要最小限の緊急物資輸送機能の早期確保が必要とされている、さらには地震・津波・高波と地盤の相互作用による沿岸災害が懸念され、その軽減が必要とされている。

研究目標

最大級かつ継続時間が長い地震動に関して、地震動の予測技術、構造物の被害予測技術を確立する。さらに、既存構造物の耐震補強技術、現地被害調査における被害の評価技術や応急対策技術を開発する。また、海底地滑りによる津波現象、津波、高波、流れに対する地盤性能や対策法を解明する。

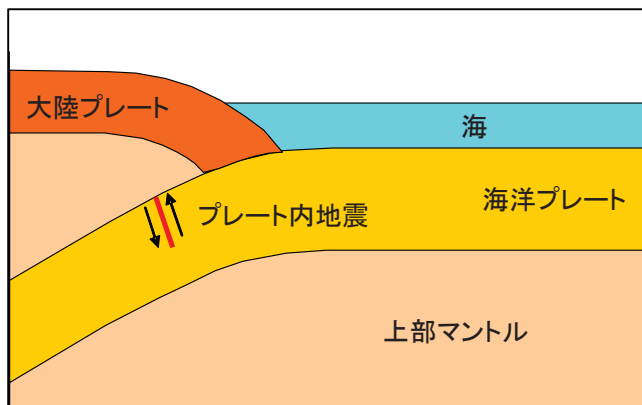


図1. 3. 1 直下型地震の震源（スラブ内地震）

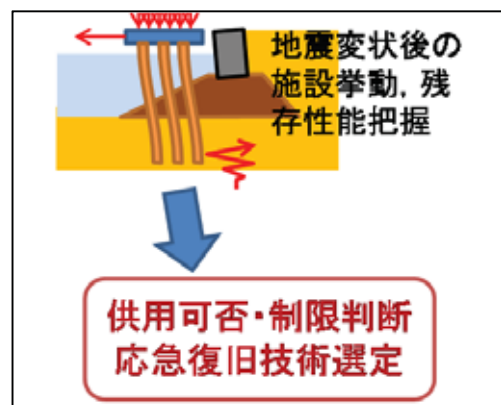


図1. 3. 2 地震変状後の供用可否判断

平成 28 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機構と評価予測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、既存係留施設の簡易耐震性能評価手法、多種多様な施設で構成されるコンビナートの防災性向上に関する診断・対策技術に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・護岸の安定性評価について検討を行った。

平成 28 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

平成 27 年末現在で、61 の港湾に 152 個の地震計が設置されており、平成 27 年 1 月～12 月の期間で 2488 個の強震記録を得た。これらの記録を整理・解析し、港湾空港技術研究所資料として刊行した。また、地震発生時には強震観測における地震動情報即時伝達システムから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。強震観測は昭和 37 年から続けられており、蓄積されたデータおよび現行システムは国際的にも類を見ないものである。

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ともに、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。

② 地震災害および被災要因調査

平成 28 年 4 月に発生した熊本地震に対して、4 月 15 日～18 日に調査団を熊本港、熊本空港、別府港、八代港に派遣し、被災状況・要因の調査を行い、復旧等の技術支援に反映させた。また、東日本大震災での矢板岸壁の大規模な被災要因に対する対策法を見いだした。

今後は、引き続き熊本港で発生した施設の被害の原因究明を進めてその対策を検討し、また、矢板岸壁の大規模な被災要因に対する対策法について技術基準等に反映させる予定である。



図 1. 3. 3 熊本地震での熊本港の被災状況



図 1. 3. 4 強震観測網

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

平成 28 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、震源近傍の強震記録の分析、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た。また、速やかに国際ジャーナルに投稿、掲載され、国際的な評価を得ている。

今後は、特性の異なる複数のスラブ内地震を対象とした解析を行い、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。

④地震動の連成作用下の液状化機構と評価予測

これまでの各種実験及び解析をさらに進めるとともに、地震動の連成作用による液状化特性・機構と評価予測についてとりまとめた。また、液状化の発生に及ぼす地震動継続時間の影響を考慮する方法を海外の液状化予測判定法にも適用できるように拡張し、海外のジャーナルに発表した。

今後は、成果の一部を技術基準に反映させるとともに、液状化の発生に及ぼす地震動継続時間の影響を考慮する方法について、海外の技術基準等に反映されることが期待される。

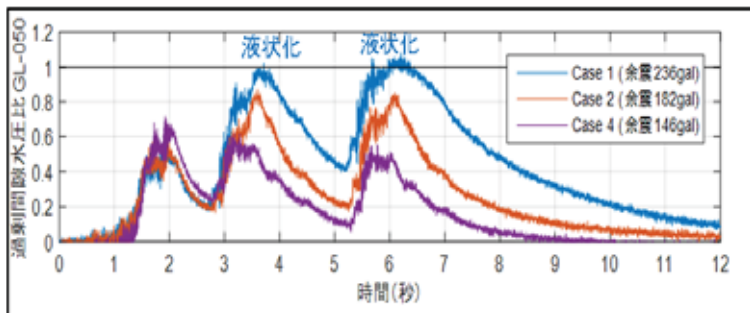


図 1. 3. 5 液状化に及ぼす余震強度の影響

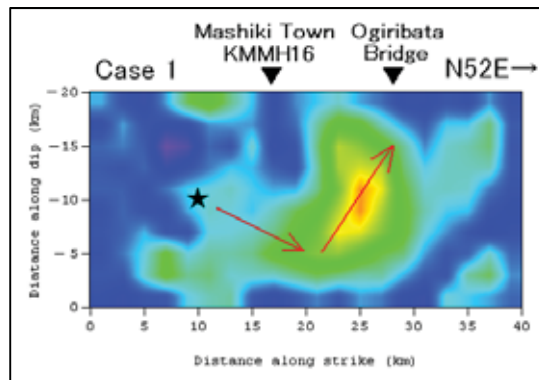


図 1. 3. 6 熊本地震での震源断層の破壊過程の推定

(2) 最大級の地震に対する被害軽減技術に関する研究

①既存係留施設の簡易耐震性能評価手法

栈橋を対象として構造の地震変状後の全体安定性に関する残存性能を検討し、また鋼管の板厚や降伏強度の変化を定量的に評価するモデルを提案するなど、実務で活用する際に参考とできる情報を示し、既存栈橋の耐震性能評価に関するとりまとめを行った。成果の一部は世界地震工学会議で発表した。また、提案したモデルは港湾基準の改訂における栈橋の耐震性能照査法に反映される予定である。

今後は、コンビナートの防災性向上に関する診断・対策技術などに成果を展開させていく。

②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

防災科学技術研究所の大型振動台「E-ディフェンス」を用いて、京浜港に実在するコンビナート施設の石油タンク、栈橋、護岸を 1/8 に縮小して再現した模型振動台試験を行った。試験では耐震対策を施した断面と施さない断面の 2 つの模型を作成し、比較検討を行った。この実験については、多くの報道機関から取材があり、成果について大きな期待がもたれているところである。

今後は、E-ディフェンスにおける振動台実験による検証を経た石油タンク周辺施設の液状化被害推定解析技術の提案、消防本部や事業所で利用可能な簡易耐震性能評価システム、GIS ベースのガイドライン（案）としての取りまとめを進める。

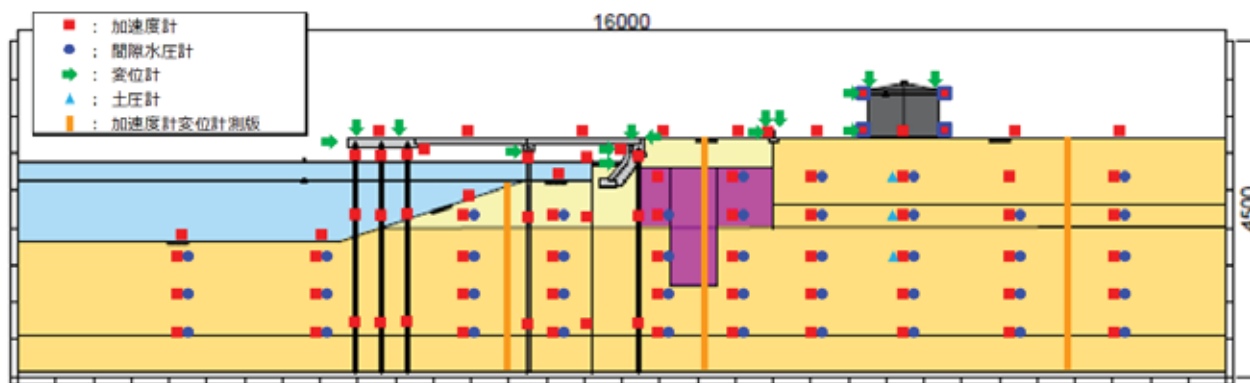


図 1. 3. 7 コンビナート施設の大型振動台試験の断面図



図 1. 3. 8 大型振動台「E-ディフェンス」



図 1. 3. 9 実験の報道の様子

(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

海底地すべり・重力流の発達過程についての提案モデルを最新の海底地盤流動事例と比較検討し、モデルの精度を検証した。また、津波越流—浸透連成作用による防波堤・マウンド・基礎地盤の不安定化機構を解明するとともに、津波浸透を受ける防波堤基礎の安定性評価手法を構築した。海底地すべり・重力流の発達過程についてのモデルは過去に関係学会から賞を受けており、国内外で高い評価のある成果である。防波堤基礎の安定性評価手法には、港湾の技術基準に反映される予定である。

今後は、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ついてとりまとめを進め、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進めていく予定である。

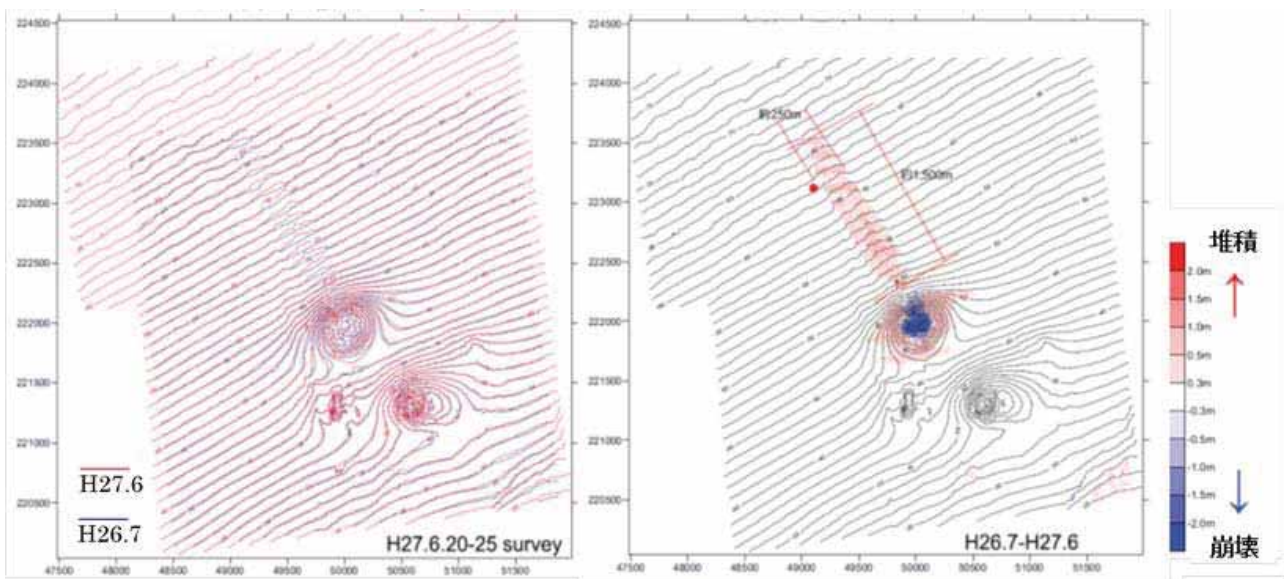


図 1. 3. 10 海底地すべり・重力流の発達過程のモデルの検証（左：海底地盤流動の実測, 右：計算結果）

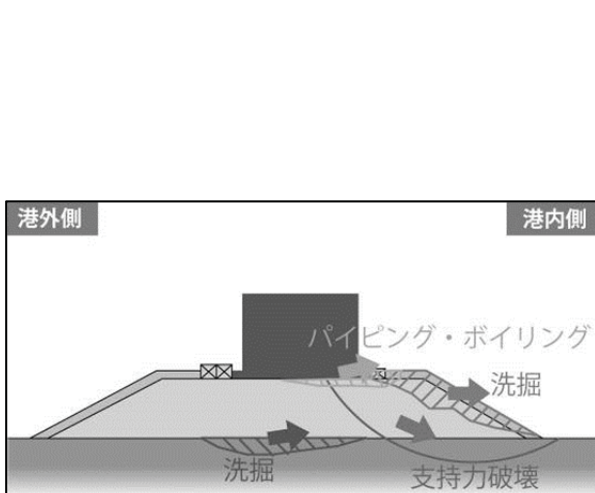


図 1. 3. 11 防波堤基礎の浸透作用による不安定化

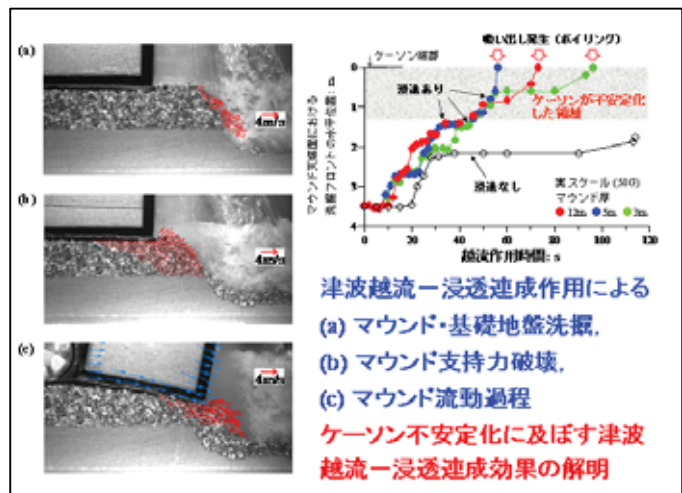


図 1. 3. 12 浸透流による不安定化の実験

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

- ・大矢陽介, 塩崎禎郎, 小濱 英司, 川端 雄一郎: 耐震性能照査における鋼管部材のモデル化法の提案、港湾空港技術研究所報告、第 55 巻第 2 号 (2017)。
- ・野津厚, 長坂陽介: “港湾地域強震観測年報 (2014)”, 港湾空港技術研究所資料, No. 1322, (2016)。

□発表論文 (英文): 4編

- ・E. Kohama, R. Terada, K. Uno: MODEL SHAKE TABLE TESTS OF PILED PIER UNDER LOADING FOLLOWING SEISMIC DEFORMATION, 16th World Conference on Earthquake, Santiago Chile, No. 2806, Santiago Chile, (2017)
- ・Nozu, A. and Nagasaka, Y. : Rupture Process of the Main Shock of the 2016 Kumamoto Earthquake with Special Reference to Damaging Ground Motions : Waveform Inversion with Empirical Green's Functions, Earth Planets Space, 69:22, DOI 10.1186/s40623-017-0609-3. (2017)。
- ・Sassa, S., Takahashi, H., Morikawa, Y. and Takano, D., Effect of overflow and seepage coupling on tsunami-induced instability of caisson breakwaters, Coastal Engineering, Vol. 117, 157-165. (2016)。
- ・Sassa, S. and Yamazaki, H. : Simplified Liquefaction Prediction and Assessment Method Considering Waveforms and Durations of Earthquakes, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, doi:10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001597、04016091. (2016)。

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
<p>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。</p>	<p>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置いて、ハード及びソフト両面からの取組が求められている。</p> <p>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。</p> <p>②津波災害の軽減や復旧に関する研究開発</p>	<p>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置いて、ハード及びソフト両面からの取組が求められている。</p> <p>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。</p> <p>②津波災害の軽減や復旧に関する研究開発</p> <ul style="list-style-type: none"> －海洋－地球結合津波モデルの研究では、波の分散性・水の圧縮性・地球の弾性を考慮した平面津波伝播モデルの構築を目指し、これまで個別に開発してきた上記三つの項目を考慮可能な計算コードに統合する。また、津波火災の数値計算モデルの研究においては、津波火災の発生、火災の延焼について、既往研究調査を実施する。 －津波による構造物周辺の局所洗掘に関する研究では、防波堤背後の越流による洗掘の特徴を検討するために移動床の水理模型実験を実施する。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靱な（レジリエントな）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 28 年度の研究内容

- (1) 津波火災の事例や既往の被害額推計手法を調査した。また、海上火災シミュレーションモデルを構築し、ケーススタディを行った。
- (2) 平成 27 年度まで個別に開発してきた波の分散性、海水の圧縮性、地球の弾性、地球の自己重力の計算コードを統合し、これらの効果を同時に考慮する球面の津波伝播モデルを構築した。
- (3) 流体と構造物の連成計算において計算効率や安定性を高めるとともに、新たに地震動による構造物の変形応答を解析するモデルを組み込んだ。このシミュレータで一つの都市を例に防護施設の変形と背後地の浸水の計算を試みた。その際に、防護施設の変形の不確定性をフラジリティカーブで与える方法も検討した。
- (4) 津波による構造物周辺の洗掘の実験を行う一方で、その現象を再現する粒子法の数値計算モデルを構築した。

平成 28 年度の研究成果

- (1) 東日本大震災で気仙沼湾に発生した海上火災をモデル化し、三重県津松阪港を例に津波による自動車・漁船の漂流、流出油の拡散、がれきの発火・燃焼・鎮火の計算を試みた。図 1. 3. 13 に 30 分間隔の計算結果を示す。今後は市街地の火災についても検討する。従来の津波計算モデルは、海水と漂流物の動きを表現し、溺死者を減らす避難計画に有効なツールであったが、このモデルは火災も考慮した防災計画に役立つものと期待される。

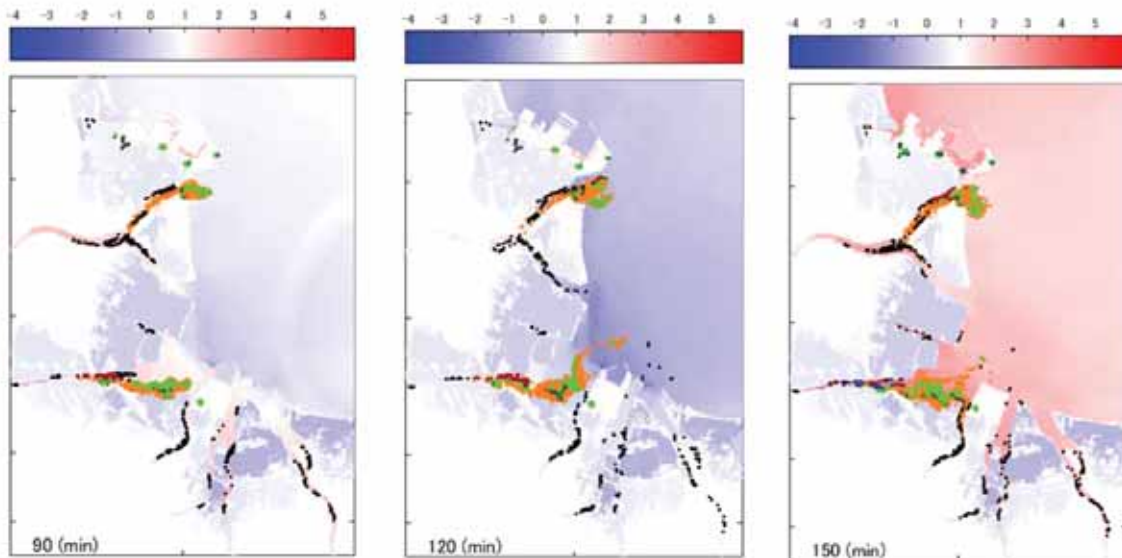


図 1. 3. 13 津波火災の数値計算（黄緑：漂流中の自動車・漁船、濃緑：漂流停止した自動車・漁船、オレンジ：流出した油、黒：未発火のがれき、赤：燃焼状態のがれき、青：鎮火後のがれき）

- (2) 従来の津波伝播計算モデルは、遠地から伝播した津波の引き波の初動や第 1 波から第 3 波のピークを十分に再現できなかったが、波の分散性、図 1. 3. 14 に示す海水の圧縮性と地球の弾性、地球の自己重力の効果を考慮することで、図 1. 3. 15 に示すように再現性を非常に高めることができた。今後、この新たな計算モデルを用いれば、遠地津波そのものの予測精度が高まるだけでなく、既存の津波シミュレータ STOC に組み込むことで、沿岸部の浸水の予測にも役立つ。

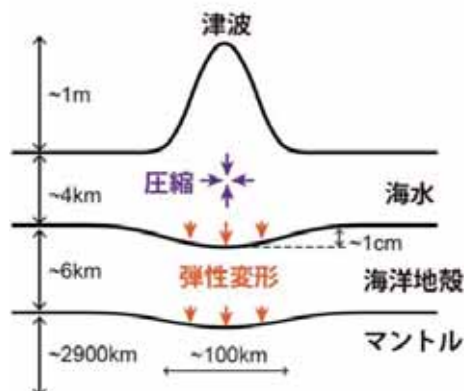


図 1. 3. 14 海水の圧縮性と地球の弾性が津波に及ぼす影響

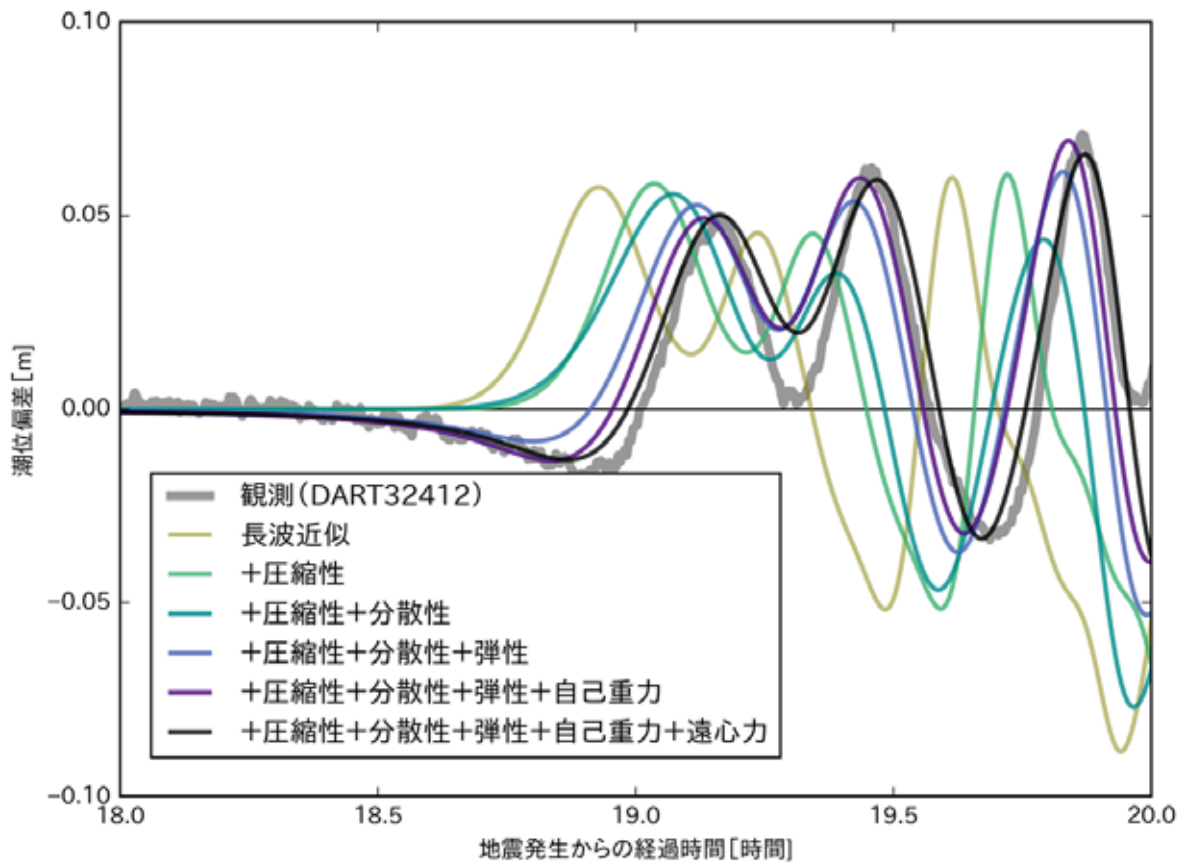


図 1. 3. 15 東北地方太平洋沖地震津波のペルー沖での波形（長波近似が従来のモデル）

(3) 津波の発生から沿岸への伝播、防護施設の変形、後背地への遡上を一貫して計算する、図 1. 3. 16 に示すようなシミュレータを構築した。図 1. 3. 17 は一つの都市を例に浸水域を示したものであり、防護施設の変形のタイミングや浸水域の広がり方を詳しく見ることができる。今後は、計算の効率化を図りつつ、ケーススタディを積み重ね、プログラム公開に向けた準備にも取り組む。

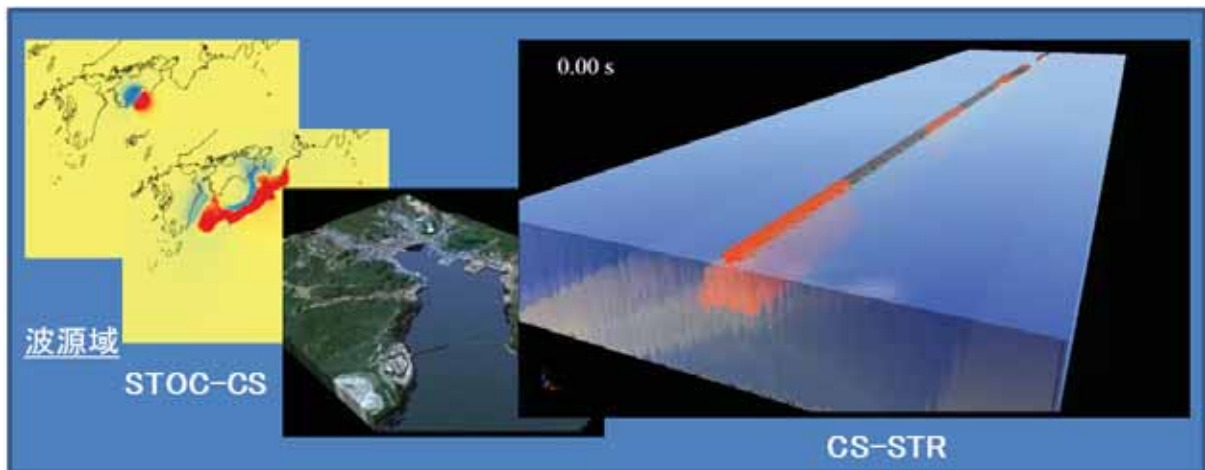


図 1. 3. 16 三次元高精細津波遡上シミュレータの構成

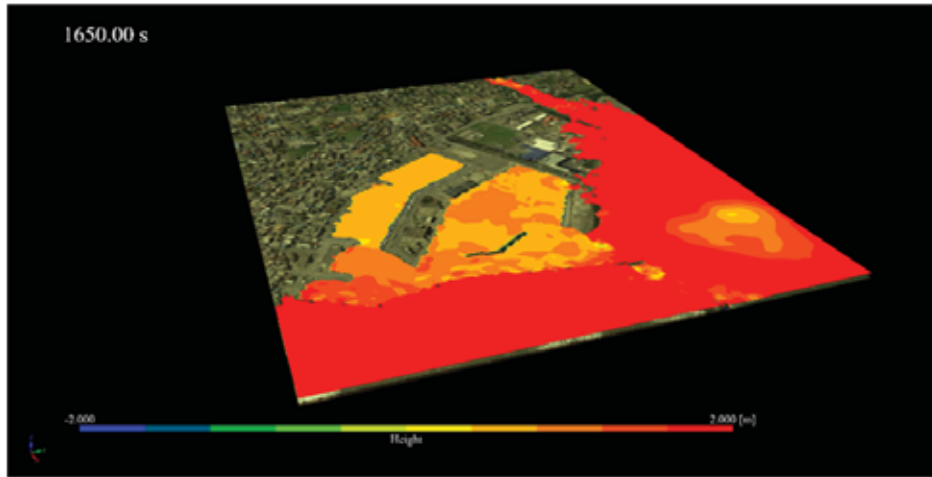


図 1. 3. 17 防護施設の変形を考慮した浸水計算の例

(4) 従来の最大洗掘深の算定式は、越流水深のみをパラメタとしたものであった。今回の模型実験の結果を図 1. 3. 18 に示すように越流継続時間で整理し、算定式に時間項を加えた。

$$(\text{洗掘深}) = S_{\text{max}} * (1 - \exp(-t/T))$$

T: 粒径等に依存する洗掘代表時間

S_{max}: 越流水深等に依存する最大洗掘深

また、粒子法の数値計算モデルで、図 1. 3. 19 に示すように洗掘の現象を再現できるようになった。今後は防波堤の堤頭部や護岸の隅角部の洗掘についても検討を行う。

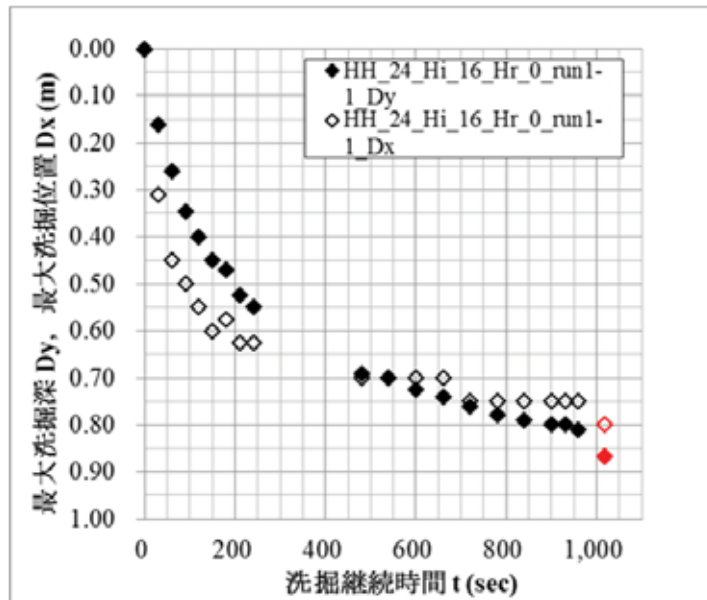


図 1. 3. 18 洗掘継続時間による最大洗掘の深さと位置の変化

A) Experiment with $\rho_{s,exp} = 2,650 \text{ kg/m}^3$



B) Numerical simulation with $\rho_{s,sm} = 1,100 \text{ kg/m}^3$

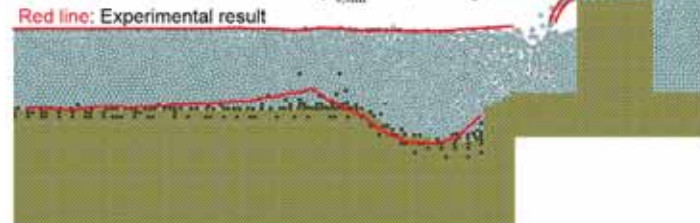


図 1. 3. 19 粒子法による洗堀の計算

成果の公表

□ 発表論文（和文）：2 編

- ・ 関克己, 有川太郎, 富田孝史, 千田優 (2016) : 防護施設の被災度を考慮した津波浸水範囲評価手法の開発, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 72. 2, I_301-I_306.
- ・ 富田孝史, 千田優 (2016) : 震災漂流物の漂流推定手法と津波火災の発生推定手法の開発, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) 72. 2, I_421-I_426.

□ 発表論文（英文）：4 編

- ・ Mohammad Heidarzadeh, Satoko Murotani, Kenji Satake, Tomohiro Takagawa and Tatsuhiko Saito (2017) : Fault size and depth extent of the Ecuador earthquake (Mw 7.8) of 16 April 2016 from teleseismic and tsunami data, Geophysical Research Letters.
- ・ N. Tsuruta, K. Suzuki, T. Kita (2016) : Particle simulation considering the sand-scale-effect for scour behind the breakwater due to tsunami with hydraulic experiment, International Conference on Computational Methods (ICCM).
- ・ Takashi Tomita, Taro Arikawa, Tomohiro Takagawa, Kazuhiko Honda, Yu Chida, Kouichi Sase and Raúl Alejandro Oberreuter Olivares (2016) : Results of post-field survey on the Mw 8.3 Illapel earthquake tsunami in 2015, Coastal Engineering Journal 58.02.
- ・ Takashi Tomita and Yu Chida (2016) : Effects of partial breaching in coastal defense lines on tsunami inundation, CECAR7.

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
<p>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。</p>	<p>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置いて、ハード及びソフト両面からの取組が求められている。</p> <p>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。</p> <p>③高潮・高波災害の軽減や復旧に関する研究開発</p>	<p>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置いて、ハード及びソフト両面からの取組が求められている。</p> <p>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。</p> <p>③高潮・高波災害の軽減や復旧に関する研究開発</p> <ul style="list-style-type: none"> －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、港外から来襲する波とは別に、港内で発生する波を考慮した荷役稼働率の算定手法について検討する。 －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、気象データを用いたモデルによる高潮事例の再現精度の検証や、気象データを取り込むための流動モデルの改良を行う。 －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複雑な状況下での防波堤や護岸の破壊実験を実施する。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月の台風ハイラ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置いて、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・高波に対する被害を最小限にするため、設計を上回る外力に対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 28 年度の研究内容

- (1) 全国港湾海洋波浪情報網 NOWPHAS の波浪観測データの処理・解析を実施するとともに、うねり性を想定した方向スペクトル推定手法の検討を行った。
- (2) うねり性波浪を第 3 世代波浪推算モデルの一つである WaveWatchⅢ（以下 WW3）によって推算し、NOWPHAS の観測値との比較を通じてその適用性を検証するとともに、これまで実務で広く使われてきた WAM による推算値とも比較した。
- (3) ブシネスク方程式による波浪変形モデル NOWT-PARI を改良し、平面の波浪場に航走波を入力してその伝播を計算する手法を検討した。そして、平面水槽でラジコンの船舶による航走波を計測し、波浪変形モデルの精度検証に用いた。
- (4) 台風や低気圧といった気象擾乱は波浪と高潮を発生させる。潮位の変化によって防波堤前面の水深も変化し、そこに来襲する波高も変化する。このことを踏まえ、全国の代表海域で波浪と潮位の同時生起性を調べた。
- (5) 鹿児島湾を例に、最大クラスの台風を「高潮浸水想定区域図作成の手引き」に基づいて設定し、高潮と波浪を推算して、得られた最大高潮偏差と最大波高を現行の設計値と比較するとともに、最大高潮偏差と最大波高のピークの時間差を求めた。
- (6) メソスケール気象モデルを用いた沿岸の海象・海洋環境予測モデルの開発を目指す中で、気象 GPV データを入力できるように海水流動モデルを改良し、根室の高潮を例に推算精度を検証する一方で、気象・海洋・波浪の相互作用を考慮するモデルを構築した。
- (7) 津波や高潮による高潮位時における防波堤・護岸に働く波圧特性の検討を行うとともに、防波堤隅角部や不連続部における越流の集中特性の検討も行った。

平成 28 年度の研究成果

- (1) 2015 年に全国で観測された波浪観測データの統計解析を行い、年報として原稿をとりまとめた（刊行は 2017 年 6 月を予定）。そこには、6 地点（留萌、熊本、潮岬、小松島、苅田、鹿児島）の沿岸波浪計と 3 地点（青森西岸沖、和歌山南西沖、高知室戸岬沖）の GPS 波浪計で既往最大有義波を更新したことなどを記している。今後も 2016 年以降のデータ解析を継続する。方向スペクトル推定法については、収束計算の回避により、短時間の演算で安定した解が得られるように改良し、これまで苦手とした「うねり性波浪」への適用性を高めた。さざ波の物理過程を究明するために、平塚沖海洋観測タワーで観測された風と波浪の解析も行った。
- (2) これまで再現が難しい「うねり性波浪」とされてきた 2008 年の富山湾の「寄り回り波」を WAM と WW3 で推算した。図 1. 3. 20 に示すように、WW3 は富山湾独特な起伏のある海底地形で生じる波向や波高の変化を表現し、図 1. 3. 21 に示すように、富山における波高と周期の経時変化も WAM より観測値に近い。今後も、日本沿岸の波浪推算を行って、うねり性波浪の精度を検証する。

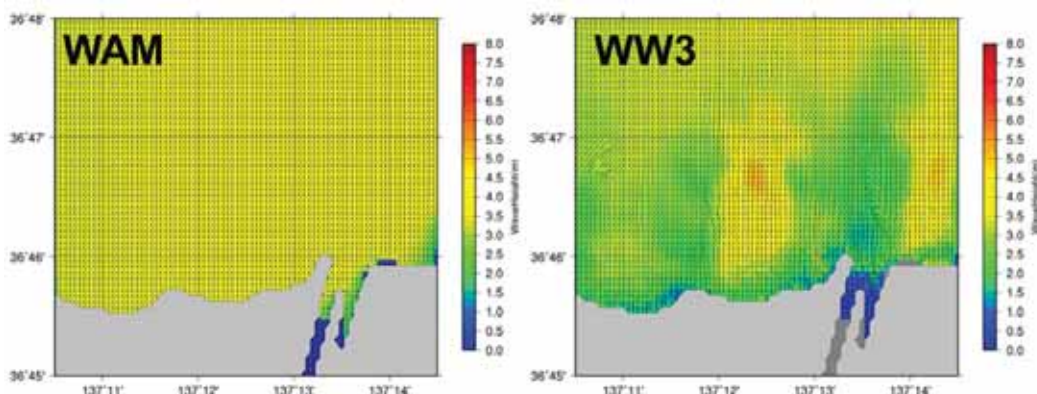


図 1. 3. 20 富山周辺の波向・波高の分布

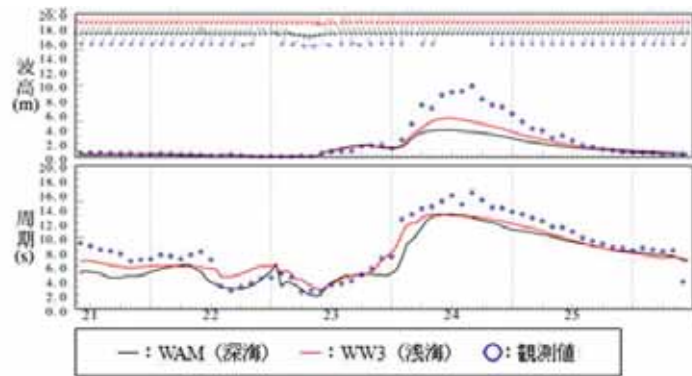


図 1. 3. 21 富山での波高・周期の経時変化

(3) 港内を航行する船舶の航走波の計算において、船がかき分ける横方向の流量や船型の違いを考慮できるようにした。図 1. 3. 22 に示すように船舶が旋回するときの航走波や、図 1. 3. 23 に示すように航走波の防波堤による反射も表現できる。この計算モデルは、外洋から進入する波浪と航走波の両方を考慮した港内の静穏度の評価への活用が期待される。今後は、強風下で発生する港内発生波を考慮した荷役稼働率の算定手法を検討する。

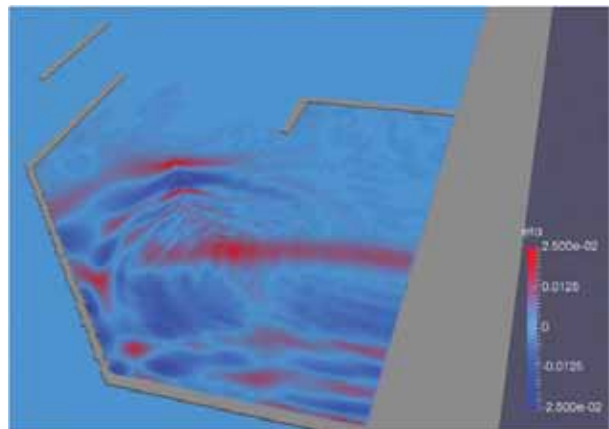
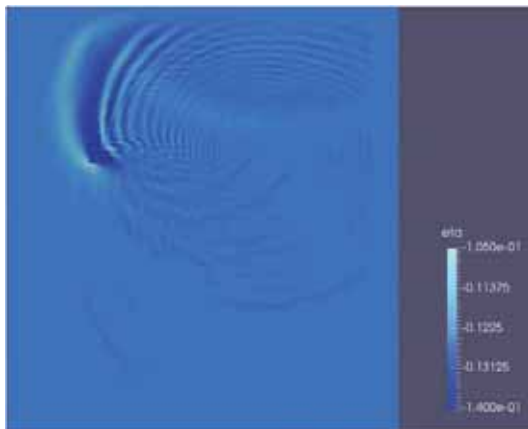


図 1. 3. 22 旋回する船舶による航走波 図 1. 3. 23 港内を航行する船舶による航走波

(4) 気象擾乱時の港周辺の波浪と砕波による平均水位上昇量を計算した。図 1. 3. 24 はその一例であり、平均水位上昇量は防波堤の前面で 0.1m 程度、港の奥では 0.2m 程度となっている。過去の約 30 の気象擾乱に対してこのような計算を行い、検潮所で得られた潮位偏差に占める平均水位上昇量を推定するとともに、波高と潮位偏差の極値分布を求めた。

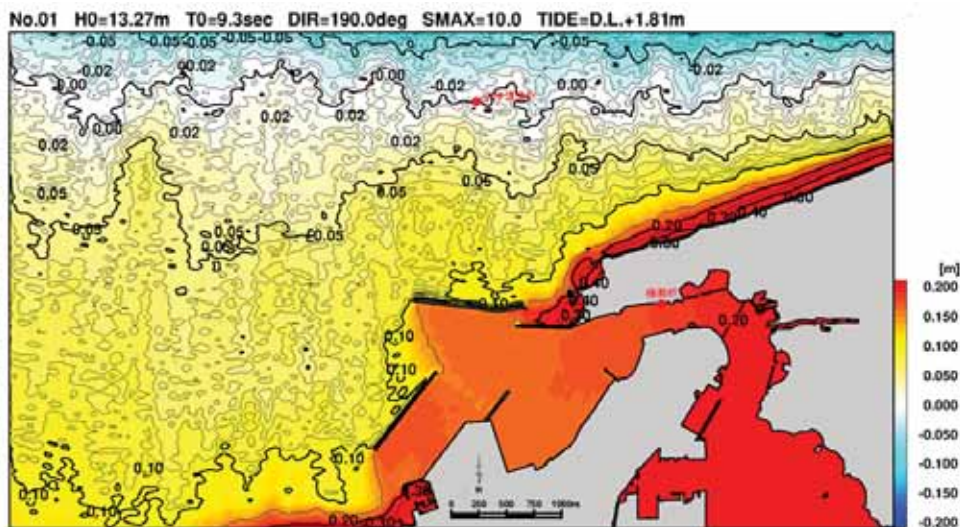


図 1. 3. 24 高潮に伴う波による平均水位上昇量（高知港）

(5) 鹿児島湾内では、図1. 3. 25に示すように、最大クラスの台風で3m以上の高潮偏差が生じることを明らかにした。この高潮偏差は既往最大を上回るものであり、鹿児島港では高潮偏差と有義波高のピークが必ずしも同時ではない。前項(4)と本項の成果は、港湾施設の設計基準への導入を目指す、シナリオ台風による設計波と設計潮位の設定における基本的な知見となる。

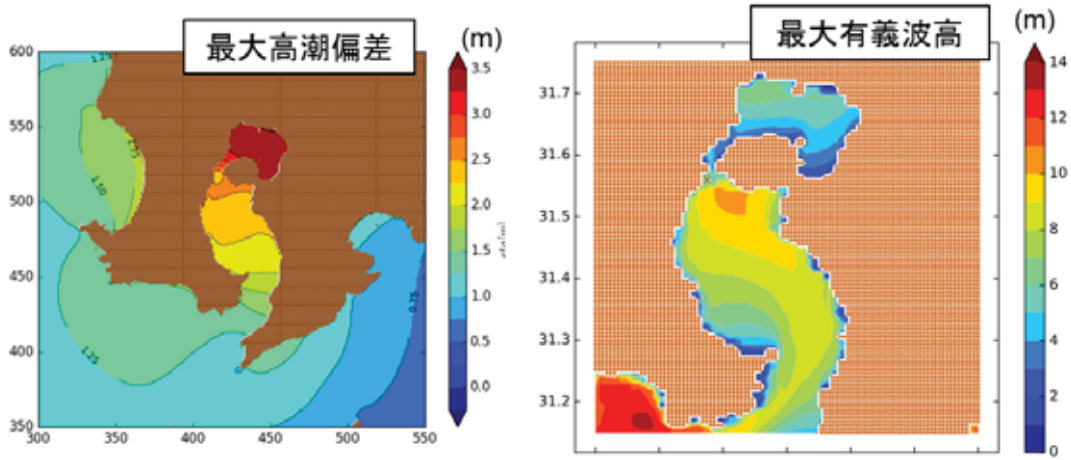


図1. 3. 25 最大クラスの台風による高潮と波浪の推算

(6) 海象・海洋環境予測モデルが概ね構築され、様々な検証計算やケーススタディを実施できる段階に到達した。

(7) 図1. 3. 26に示す被災調査などを通じて全国各地の防潮堤や護岸の事例を収集した。また、津波や高潮によって潮位が高い時に波浪が作用すると、水圧は潮位が高いことによる静水圧の増加と波圧を足し合わせたものとなり、図1. 3. 27に示すように、波圧は波高 H と波長 L の積の平方根に比例する傾向があることを、模型実験によって明らかにした。今後は、護岸のマウンド透過波とマウンド粒径についての実験を行うとともに、設計で用いる波力式を提案する。



図1. 3. 26 仙台港の被災調査

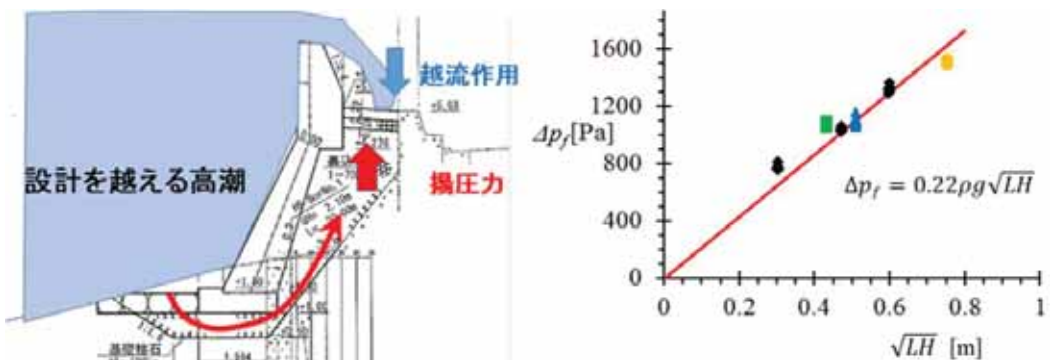


図1. 3. 27 防波堤・護岸に作用する波圧の特性

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

- ・鶴田修己，鈴木高二朗，喜多司，宮田正史，竹信正寛（2016）：津波越流時に混成防波堤ケーソンに働く波力に関する検討，港湾空港技術研究所報告，（印刷中）。

□発表論文（和文）：13編

- ・浅井正，内藤了二，鈴木一行，藤木峻，菅原健一，田村仁，山本剛，酒井和彦（2016）：台風1523号により根室港付近で発生した高潮・高波に関する被害調査，国総研資料，No.891.
- ・岡田克寛（2016）：地震と津波の重畳時における防波堤腹付工の効果，平成28年度国土交通省国土技術研究会，国土交通省，東京.
- ・岡田克寛，鈴木高二朗，有川 太郎（2016）：地震と津波の重畳時における防波堤への作用力に関する研究，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. 72, No. 2, pp. I_1057—I_1062.
- ・川口浩二（2016）：近年の高潮被災事例と高潮予測への取り組み，テクノオーシャン2016，コンカレントセッション.
- ・神田直美，鈴木高二朗，鶴田修己（2016）：陸上遡上波に対する波力低減のための陸上防波構造物に関する研究，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. 72, No. 2, pp. I_1069—I_1074.
- ・喜多司，鈴木高二朗，鶴田修己（2016）：津波・高潮と高波の複合作用による低基混成堤への波力特性の検討，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. 72, No. 2, pp. I_1045—I_1050.
- ・竺原宗吾，鈴木高二朗，立脇和則，細川善広（2016）：堤体幅の不連続部を持つ防波堤の腹付被覆工に及ぼす斜め入射津波の影響について，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. 72, No. 2, pp. I_991—I_996.
- ・田村仁，藤木峻，川口浩二（2016）：NOWPHASによる日本沿岸の波一流れ長期観測，日本海洋学会2016年度秋季大会.
- ・田村仁・William M. DRENNAN（2016）：波浪境界層内における乱流特性，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. 72（2016），No. 2, p. I_91—I_96.
- ・鶴田修己，後藤仁志，鈴木高二朗，Abbas Khayyer，下迫健一郎，五十里洋行（2016）：高精度自由表面境界モデルを用いた粒子法のスロッシング現象への適用，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. B2-72, No. 2, pp. I_49-I_54.
- ・平山克也，中村聡孝，相田康洋（2016）：浅海変形後の多方向不規則波を造波するための造波装置改良，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. 72, No. 2, pp. I_1765—I_1770.
- ・藤木峻，川口浩二（2016）：鹿児島港において想定しうる高潮の最大規模に関する研究，平成28年度土木学会全国大会第71回年次学術講演会.
- ・藤木峻，橋本典明，川口浩二，櫻庭敏（2016）：うねり性波浪の実態解明に向けた方向スペクトル推定手法の高精度化に関する研究，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. 72（2016），No. 2, p. I_115-I_120.

□発表論文（英文）：8編

- ・Gotoh, H., Tsuruta, N. and Harada, E. (2016): Accurate particle method for simulation of debris-fan formation, Advances in Water Resource (審査中).
- ・Hirayama, K. (2016): Considerations on wave transmission induced by overtopping at vertical structures, Proceedings of the 26th International Ocean and Polar Engineering Conference (ISOPE 2016), pp.1384-1388.
- ・Kita, T., Suzuki, K. and Tsuruta, N. (2016): Experimental study on breakwater against overflow and high waves, Techno-Ocean 2016, 5D.3.
- ・Nakai, K., Hashimoto, N., Kawaguchi, K., Nukata, K. and Inoue, R. (2016): A proposal for extreme statistics using annual maximum data with trend of increasing or decreasing, Techno-Ocean 2016.
- ・Ohsawa, T., Okayama, F., Masaki, T., Shimada, S., Kawaguchi, K., Gerald Steinfeld, Michael Schmidt, Detlev Heinemann and Martin Dörenkämper (2016): Accuracy comparison of mesoscale model simulated offshore wind speeds between Japanese and German coastal waters, WindEurope Summit 2016.
- ・Okada, K., Suzuki, K. and Arikawa, T. (2016): Effect of breakwater in the superposition of earthquake and tsunami, Civil Engineering Conference in The Asian Region, Waikiki.
- ・Tsuruta, N., Gotoh, H. and Khayyer, A. (2016): A novel refinement technique for projection-based particle methods, Proceedings of the 11th SPHERIC International Workshop, Munich, Germany.
- ・Tsuruta, N., Harada, H. and Gotoh, H. (2016): 3D simulation of a debris flow by accurate DEM-MPS method, Proceedings of THESIS-2016, Tokyo, Japan.

中長期目標	中長期計画	年度計画
<p>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。</p>	<p>人口減少が進み高齢化社会が進んでいく一方で、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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p>	<p>人口減少が進み高齢化社会が進んでいく一方で、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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p> <p>－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、オフドックデポの効果、オペレーションの効率化による環境負荷低減効果やゲート前渋滞の防止について、本年度より、シミュレーションによる定量的な評価手法の研究に着手する。</p> <p>－コンテナターミナル等のインフラ輸出にあたっては、ハード面では低コストで整備できるとともに、ソフト面では荷役システム等の効率的な経営方法による生産性の向上が必要である。このため、本年度より、コンテナターミナル等について、ハード・ソフトの両面が有機的に連携したパッケージインフラとして輸出ができるように、輸出相手先の条件にフィットした仕様の研究に着手する。</p> <p>－ 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・国際標準化の研究に着手する。また、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し、研究に着手する。等</p>

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。2 Aの研究内容は、国際戦略港湾政策、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)、インフラ輸出力など、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、我が国産業のインフラ輸出力の技術開発

(2) 港湾・空港の効率的・効果的な整備に資する技術開発 (1 A、2 B、2 C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

1 A、2 B、2 C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、1 A、2 B、2 Cに属さない自動化荷役、情報化施工 (CIM)、インフラ輸出力のサブテーマについて記述する。

平成 28 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、楕形バースの存在、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、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

②環境負荷の低減策

電化の効果、効率化の効果

③オペレーションの合理化

空コンテナの取扱、荷役機器の共用、オフドックデポ、駐機場

④埠頭内の各施設配置の影響

ゲート、駐機場、道路、信号など

これらの研究成果を得て、ターミナルごとに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。



左：図1. 3. 28 ロッテルダム港、シンガポール港に次いで2001年に供用したハンブルク港の全自動ターミナル

右：図1. 3. 29 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

(2) コンテナターミナルのパッケージ輸出を目指した技術規格の確立

港湾空港技術研究所は、コンテナターミナルに関し、高潮や津波による災害の軽減のための減災技術、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、既存施設の改良技術などを保有するとともに、現在、生産性の向上のための荷役機械の最適配置、自動化導入技術の開発を進めている。

このような要素技術を有機的に組み合わせ、パッケージ化可能な技術規格を確立し、インフラ輸出力を向上させる。

このため、コンテナターミナルの効率化を進めることの可能な荷役設備、オペレーションシステム、設計及び計画手法を確立する。



左：図1. 3. 30 コンテナターミナルのパッケージ輸出イメージ

右：図1. 3. 31 在来荷役型を自動荷役型へ改良したロサンゼルス港トラパックコンテナターミナル

(3) 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。

マルチビームソ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。

海図を所管する海上保安庁・国際機関はマルチビームソナーのデータに対応しているが、直轄工事の出来高検査はシングルビームソナーやレッドを使用しており、現状は未対応である。このため、直轄工事後、マルチビームソナーで得られた深浅測量データが海図等へ反映されることを目指す。

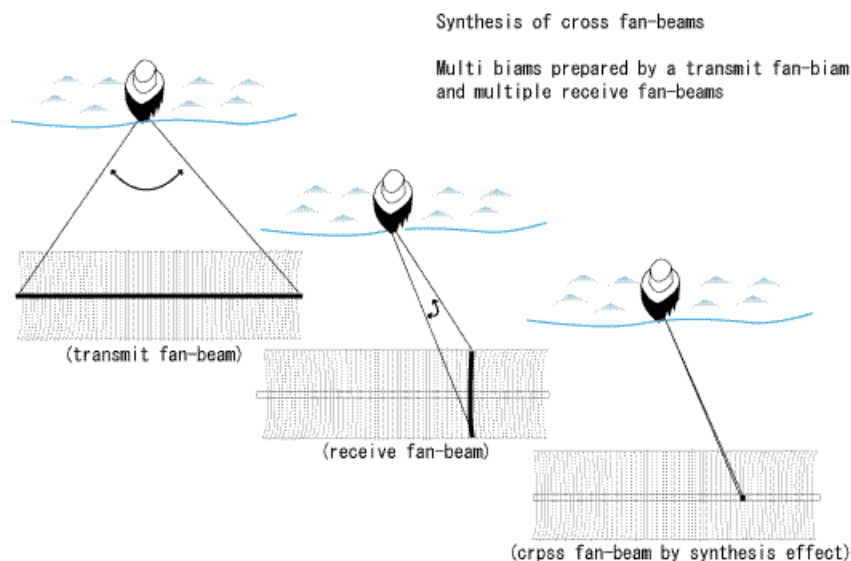
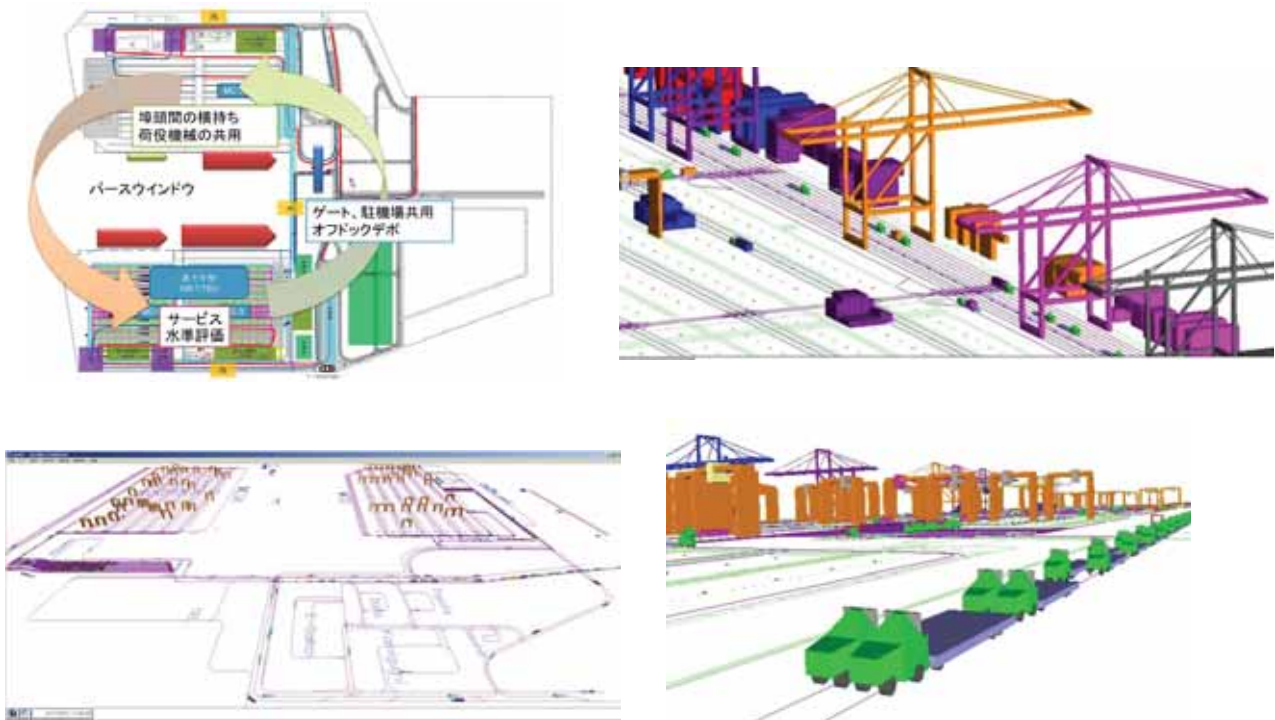


図1. 3. 32 マルチビームソナーの特徴

平成 28 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。



上段左：図 1. 3. 33 横浜港南本牧埠頭 MC1-4

上段右, 下段：図 1. 3. 34 シミュレーションによる定量的な評価イメージ

(2) コンテナターミナルのパッケージ輸出を目指した技術規格の確立

海外事例の調査により、コンテナターミナルの荷役方式を在来型から自動化へ変更すると、下記の定量的な効果を得られることが明らかになった。

在来型荷役に比べ、

- ①人件費 60%オフ
- ②メンテナンス費 20%オフ
- ③燃料費 25%オフ
- ④IT 投資 50%アップ
- ⑤減価償却費 30%アップ

この結果、ターミナル面積を 2/3 に効率化し、トータルコストを 27% オフ、利益を 125% 向上させることが可能となる。

(3) 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の導入にあたり検討すべき下記の事項について、行政支援を行った。

- ①出来高検査基準を満足するデータの精度
- ②操作方法の確立
- ③出来高検査基準への追記
- ④海保との調整

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報告資料：1 編

・Research Perspective for Improving the Productivity and the Sustainability of Port Management
(港湾空港技術研究所報告第 55 巻第 4 号)

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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> －過酷環境下における各種材料の耐久性に関して、低品質骨材および海水を用いたコンクリートの耐久性などの検討を行う。 －港湾構造物のヘルスマonitoringの導入に関して、ヘルスマonitoringの導入・運用に関する検討を行う。 －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に関して、骨材配合について、文献・資料収集整理を行うとともに、空港アスファルト舗装に求められる性能とその性能の試験・評価方法について整理を行う。 －港湾構造物のライフサイクルシミュレーションモデルの開発に関して、構造物の物理的耐用年数を考慮したライフサイクルシナリオの検討を行う。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及び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ることにより、効果的・効率的な維持管理を可能とする。

平成 28 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、土質特性を考慮した海洋鋼構造物の電気防食設計の高度化、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、港湾・空港施設等の戦略的維持管理に関連する技術データベースの整備とその有効利用、空港アスファルト舗装の剥離抵抗性の向上及び評価手法の開発、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、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マonitoringの導入、栈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、港湾構造物のライフサイクルシミュレーションについて検討を行った。

平成 28 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. 35）、鋼材の集中腐食メカニズム、各種木質材料の耐久性、防錆剤を用いたコンクリートの耐久性、低品質骨材（サンゴ質）及び練混ぜ水に海水を用いたコンクリートの耐久性に関するデータを取得した。

長期暴露施設は昭和 41 年から稼働している施設で、港湾・空港施設で用いられる材料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。

②土質特性を考慮した海洋鋼構造物の電気防食設計の高度化

既に、海底土中部における鋼構造物の電気防食特性を明らかにし、また土質特性を考慮した海洋鋼構造物の電気防食設計手法の提案を行っている。また、実環境における電気防食の効果について、多数のテストピースより得られた結果の再整理を行った（図 1. 3. 36）。これらの成果は、海洋鋼構造物の設計及び維持管理時において有益な情報であり、技術基準等への反映だけでなく海外への情報発信も想定される。また、今後も実構造物でのモニタリングや実環境でのデータ収集を継続し、得られた知見の確認を進める。

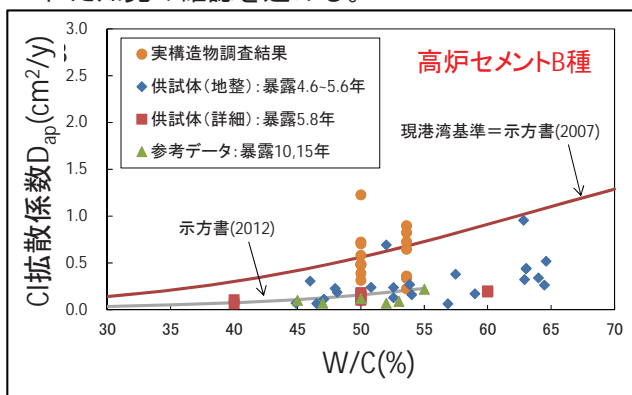


図 1. 3. 35 コンクリートの塩害劣化予測手法の検討
(水セメント比と塩素イオンの拡散係数)

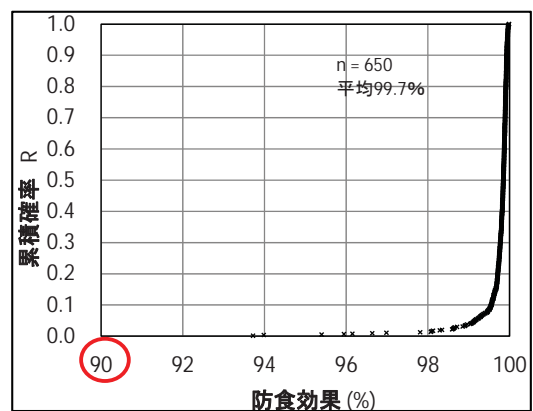


図 1. 3. 36 テストピース調査に基づく電気防食効率
(90%以上の防食効果を確認)

③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、長期間供用された実港湾構造物から採取されたサンプル分析を行った。その結果、水中硬化形被覆については高濃度な範囲が変化していないこと、ウレタンエラストマー（20年）については表層から 20 μm の範囲で劣化傾向にあることを確認した。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。

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。

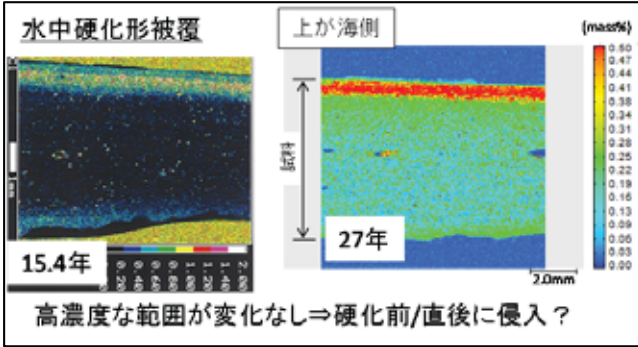


図1. 3. 37 水中硬化形被覆の調査結果

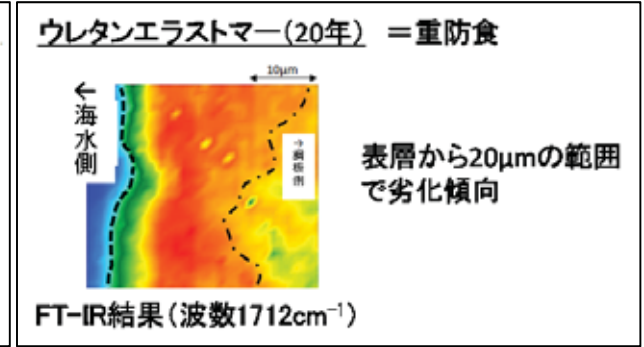


図1. 3. 38 ウレタンエラストマー(20年) = 重防食の調査結果

④ 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、高温環境（クウェートを主対象）におけるコンクリートの耐久性の評価のための計画作成、室内試験等を行った。さらに、高耐久性鉄筋（ステンレス鉄筋、エポキシ樹脂鉄筋等）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。

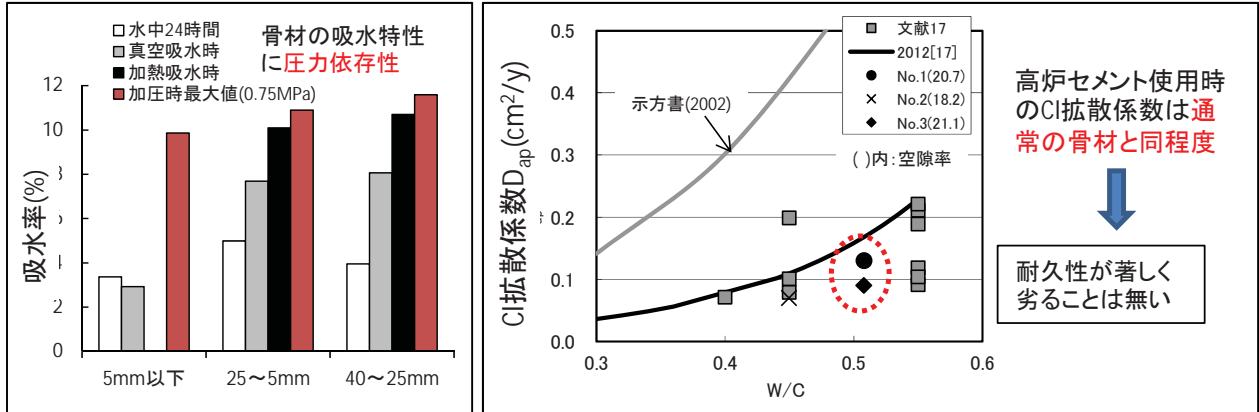


図1. 3. 39 低品質骨材（サンゴ質）を用いたコンクリート（左：吸水特性、右：塩化物イオン拡散係数）

⑤ 港湾・空港施設等の戦略的維持管理に関連する技術データベースの整備とその有効利用

各地方整備局および管理者等からの維持管理技術に関する問い合わせに対応し、テーマ別に事例を整理しデータベース化した。一部事例は公開しており、維持管理実務担当者に活用されている。

当研究所で中長期的に対応すべき研究課題が明確になったため、今後、これらの一部については、平成29年度から開始する研究実施項目で対応し、早期の課題解決を目指す。また、今後の維持管理技術マニュアル等の改訂に反映させる。

⑥ 空港アスファルト舗装の剥離抵抗性の向上および評価手法の開発

新設アスファルト舗装設計時の剥離抵抗性評価方法の提案を行い、はく離防止策の整理を行い、とりまとめた。剥離抵抗性評価手法は、空港舗装の設計要領等に反映された。今後は、検討過程で蓄積された各種実験手法を空港アスファルト舗装の長寿命化の研究に展開させていく。

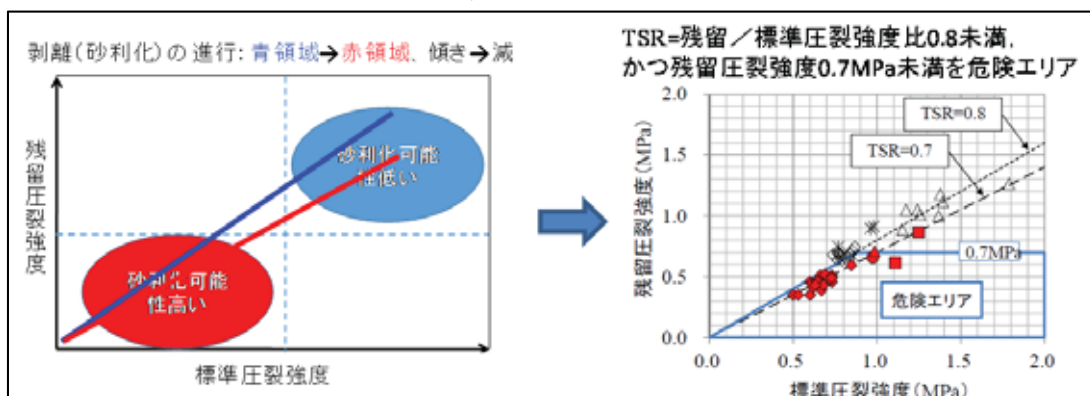


図1. 3. 40 はく離判定の暫定基準案の提案（左：手法の概念）

⑦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、文献・資料収集整理を行うとともに、空港アスファルト舗装に求められる性能とその性能の試験・評価方法について整理を行った。また、空港舗装の要求性能の設定と試験・評価方法について検討し、予備実験を行った。

今後は、骨材配合、中温化材料について室内試験や試験舗装の構築等により施工性や性能を比較評価する。

⑧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。維持管理の省力化のために高耐久材料を活用したPCホロー桁の設計・施工検討、およびリプレイサブル栈橋上部工の細部設計・施工検討を行った。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した。

今後は、事例収集や配慮事項の抽出、整理を継続するとともに、PC栈橋上部工の維持管理レベルI/IIを達成するための部材設計と維持管理シナリオの検討などを進め、技術基準に反映させる。

(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マonitoringの導入

マルチコプターの活用、防食効果確認センサの開発、港湾構造物の点検診断システムの構築、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、維持管理の効率化に向けた地球統計学の適用可能性、タイロッドの腐食診断技術、コンクリート中の鋼材腐食センサの開発、パイロット事業における新工法・材料の有効性確認のためのモニタリングなどの検討を進めた。これらの検討より得られる成果は、港湾構造物の点検・診断を効率化させ、生産性向上に大きく寄与する。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。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マonitoring手法を構築し、パイロット事業等による実構造物への導入・運用方法を提案する。



図 1. 3. 4 1 性能評価のための【ヘルスマonitoring】手法の導入検討

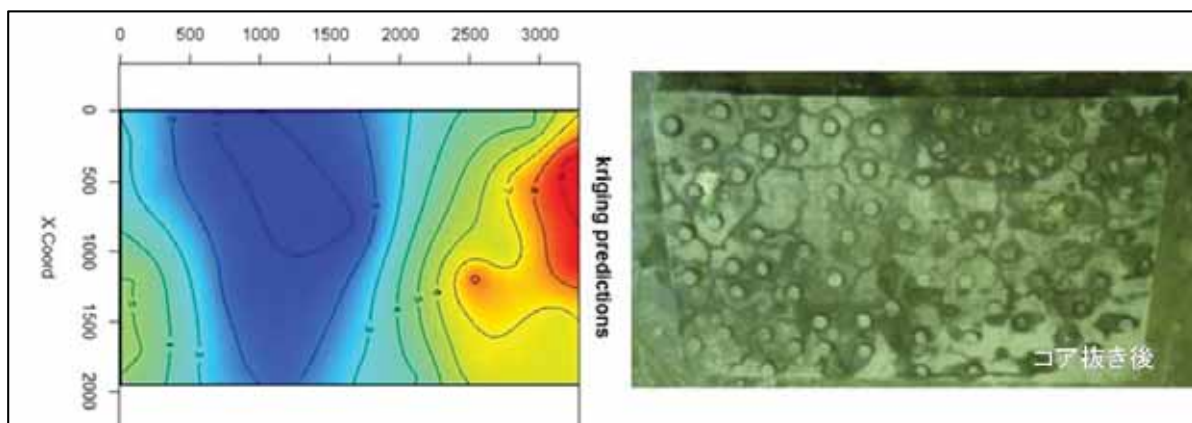


図 1. 3. 4 2 地球統計学の栈橋上部工コンクリート塩分分布への適用

② 棧橋上部工点検のための ROV の機能拡充

棧橋上部工点検用 ROV および非接触肉厚測定装置の改良を行い、現地試験を実施して課題等の抽出を行った。本研究は、「① 港湾構造物のヘルスマonitoring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、さらに改良を進め運用マニュアル等の整備を行い、棧橋上部工点検用 ROV および非接触肉厚測定装置の種々の現場条件への適用を図る。



図 1. 3. 4 3 棧橋上部工点検用 ROV (左) と運用アプリケーション (中) および実証試験結果 (右)

(3) インフラのマネジメントシステムに関する研究

① 港湾構造物のライフサイクルシミュレーション

係留施設の変状連鎖の再構築と点検診断項目、空洞を有するエプロン舗装の健全性評価手法、コンクリート構造物の耐久性評価・予測、既存施設の延命化・改良検討の課題、棧橋上部工の維持管理シナリオと LCC、棧橋の対策工法選定フロー、港湾施設の維持管理計画の策定・修正方法などについてとりまとめた。本研究の公表成果のうち、コンクリートのアルカリシリカ反応 (ASR)、遅延エトリンガイト生成 (DEF) の評価・予測に関する成果は、学協会から論文賞を受賞するなど高い評価を受けている。

今後は、2017 年度から新規に始めた「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」に得られた成果を展開していく。

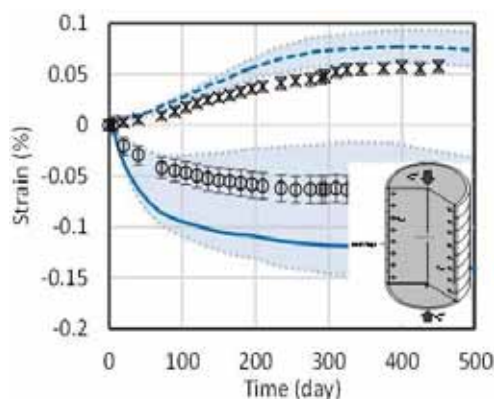


図 1. 3. 4 4 拘束を受けるコンクリートの ASR 膨張挙動の予測モデルの開発

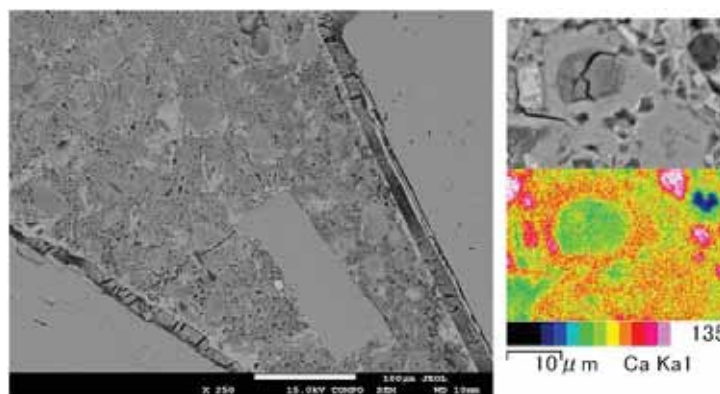


図 1. 3. 4 5 骨材界面に生成したエトリンガイトと微細構造

成果の公表

□港湾空港技術研究所報告・港湾空港技術研究所資料：3編

- ・山路徹，与那嶺一秀，審良善和，阿部正美，原田典佳，田中隆太，角野隆，香田一哉，金杉賢，後藤宏明，松田英樹，江口宏幸，松井良典，岸慶一郎，久保田一男，永尾直也，星野雅彦，川瀬義行，小泉文人，小林裕，増田和広，吉川幸雄，中村 聡志：長期海洋暴露試験に基づく鋼管杭の防食工法の耐久性評価に関する研究（30年経過時の報告）、港湾空港技術研究所資料 No.1324、2016
- ・野上周嗣，山本幸治，加藤絵万，田中豊：マルチコプターを利用した港湾施設・海岸保全施設の点検に関する検討、港湾空港技術研究所資料 No.1325、2016
- ・加藤絵万，川端雄一郎，岩波光保，横田弘，山路徹，藤井敦，内藤英晴，北澤壮介，井上博士，柏原裕彦，末岡英二，吉田倫夫，山本修司，中野則夫，稲田勉：係留施設の変状連鎖と点検診断に関する一考察、港湾空港技術研究所資料、2016

□発表論文（和文）：5編

- ・川端雄一郎，小川彰一，高橋晴香，佐川康貴：長期室内試験に基づく DEF 膨張の影響要因の評価，セメントコンクリート論文集，Vol.69，pp.527-534，2016
- ・川端雄一郎，山田一夫，小川彰一，佐川康貴：アルカリラッピングしたコンクリートの促進膨張試験に基づく野外暴露コンクリートの ASR 膨張挙動の予測，セメントコンクリート論文集，セメントコンクリート論文集，Vol.69，pp.496-503，2016
- ・河村直哉，伊豆太，坪川将丈 空港舗装の既設アスファルト混合物に対するはく離抵抗性評価方法の適用検討，土木学会論文集 E1(舗装工学)Vol.72，No.3，2016
- ・白井，虻川，田中，佐藤，平林，松本，“超音波非接触式肉厚測定装置の現地調査結果”，海洋音響学会 2016 年度研究発表会講演論文集、2016
- ・田中，加藤，野上，“棧橋下における移動体のための測位支援機能の開発”，第 16 回建設ロボットシンポジウム、2016

□発表論文（英文）：4編

- ・N. Someya, Y. Kato & E. Kato: A Fundamental Study on the Influence of Macro-cell Corrosion on Electrical Measurement of Reinforced Concrete, International Symposium on Concrete and Structures for Next Generation “Ikeda & Otsuki Symposium (IOS2016)”, 2016
- ・N. Someya, Y. Kato & E. Kato: Influence of Conduction of Steel Bar on Electrical Measurement of Reinforced Concrete, 2nd International Conference on Concrete Sustainability, pp.692-698, 2016
- ・Y. Kato, S. Naomachi & E. Kato: CHANGES IN CHLORIDE PENETRATION PROPERTIES CAUSED BY REACTION BETWEEN SULFATE IONS AND CEMENT HYDRATES, 2nd International Conference on Concrete Sustainability, 2016
- ・Y. Kawabata, E. Kato, K. Yamamoto & M. Iwanami, Design of RC caissons for break-water against repeated impact load due to collision of concrete blocks, 5th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering, IALCCE2016, 2016

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。	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> －不均質地盤に対する地盤改良の効果に関して、浸透固化処理工法を模擬した実験手法を検討する。合わせて地盤挙動の観察・評価手法を検討する。 －微視構造を考慮した複合地盤材料の力学特性評価の高精度化に関して、力学試験の精度及び粒子配置や微視的構造の影響に関する力学試験を行い、数値解析手法の適用性の検討を行う。 －海面処分場の高度土地利用のための構造物基礎に関して、未焼却廃棄物で埋め立てられた処分場に打設された杭の周面遮水特性についての検討を行う。等

研究の背景

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

研究目標

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

平成 28 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、転炉系製鋼スラグの海域利用条件下における耐久性、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

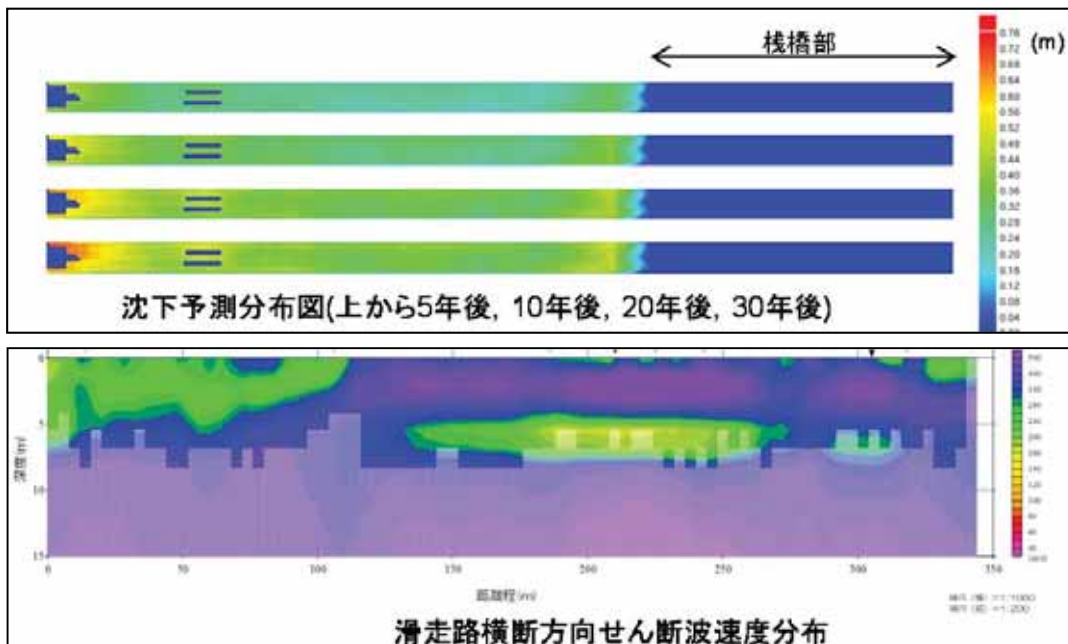
海面廃棄物処分場の管理と利用に関して、海面処分場の高度土地利用のための構造物基礎構築技術の評価について検討した。

平成 28 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

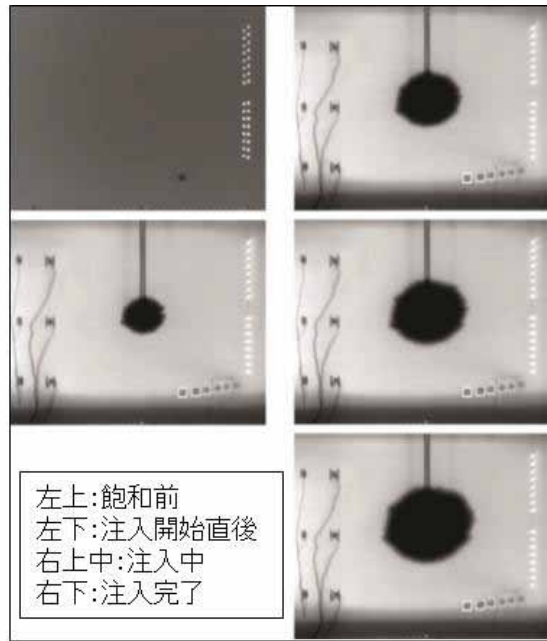
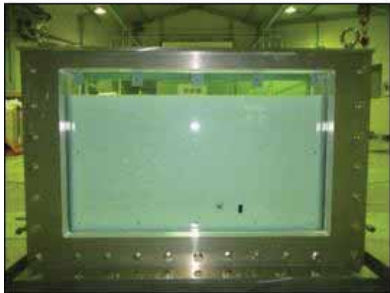
①地盤改良工法や埋立材料の違いを考慮した空港埋立地盤の性能評価手法

埋立地盤の不同沈下の計測事例を基に、要素試験による個別現象の評価と、事例を対象とした数値シミュレーションによる全体挙動の検討を行い、沈下量の予測を行った。沈下や不同沈下などの地盤性能は埋立地盤の維持管理に大きく影響し、これらを事前に評価する手法は確立されておらず、今後は、地盤のせん断波速度による埋立材料の違いを把握し、沈下予測シミュレーションとリンクさせることを検討していく。



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。屈折率整合技術を用いた地盤の可視化を行い、注入薬液の浸透状況を直接観察する技術を開発した。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。今後は、本技術を用いて、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、薬液注入工法を不均質地盤へ適用した際の液状化対策効果の検討を進めていく。



左上:飽和前
 左下:注入開始直後
 右上中:注入中
 右下:注入完了

図1. 3. 47 遠心模型実験での薬注過程の可視化例 (左上:遠心装置、左下:注入土槽、右:注入過程)

③港湾・空港施設更新・改良のための杭の支持力評価手法

杭の支持力に影響を与える地盤の範囲や構造物の施工等が周辺地盤に与える影響に関する模型実験を継続実施した他、施工履歴を考慮した地盤特性を数値解析により評価する方法の検討に着手した。また、研究の過程で既設組杭の改良工法（杭間地盤改良）を開発した。施設の更新・改良において、施設の施工履歴や供用後の外力の影響等を反映することは急務となっており、既設組杭の改良工法については既に現地での活用が検討されている。

今後は、引き続き、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し、同じ手法を用いて、粘性土地盤中の杭の長期的な挙動を検討できるように数値解析手法を改良する。

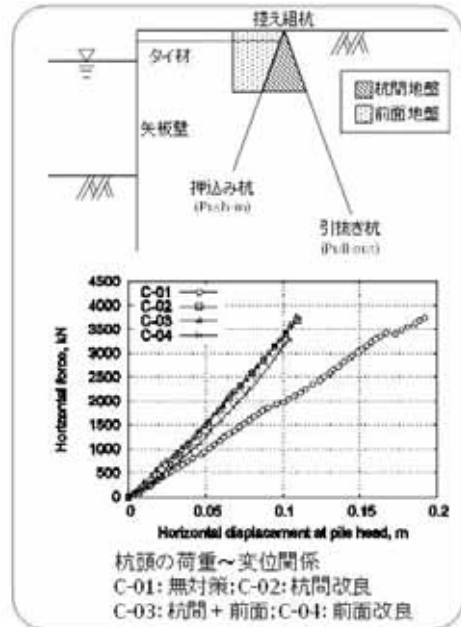
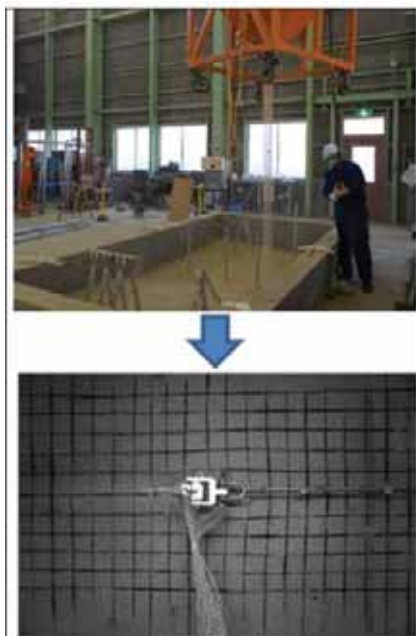


図1. 3. 48 模型実験による杭のたわみや地表面変位等の把握 図1. 3. 49 既設組杭の改良工法の開発

(2) 建設副産物等の有効活用・処理技術に関する研究

①転炉系製鋼スラグの海域利用条件下における耐久性

転炉系製鋼スラグ混合土に対する侵食試験を実施し、耐久性に関するとりまとめを行った。特に、これまで検討が進んでいなかった水流による侵食特性を定量的に評価する小型試験装置を開発して試験データを蓄積し、圧密粘土・セメント固化処理土・製鋼スラグ混合土侵食区分図を提案した。これ

らは、製鋼スラグを水域で有効利用するための重要な成果であり、国際会議で発表している。今後は、潜堤や護岸等の沿岸構造物並びに各種沖合プラットフォーム等の基礎地盤及び各種地盤材料の侵食に対する耐久性・安定性評価に展開されることが期待できる。

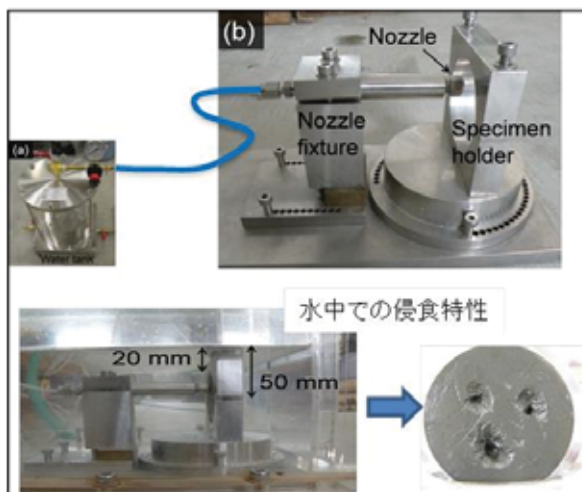


図 1. 3. 50 水流による侵食特性を評価する小型試験装置

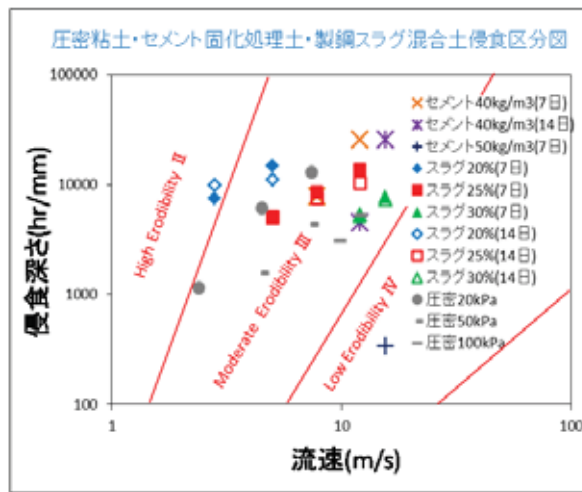


図 1. 3. 51 侵食区分図

②微視構造を考慮した複合地盤材料の力学特性評価

X線CT装置及び三次元造形装置(3Dプリンタ)を用いた各種試験を実施し、個別要素法による数値解析結果との比較を行った。圧縮試験の再現解析では粒子接触点の再現性が重要な影響因子であることがわかった他、透水問題では粒径および粒子配置が等しい場合、ほぼ同様の透水係数が解析によって得られることがわかった。開発したシステムは他で類のない非常に先進性の高い研究成果で、国際ジャーナルに発表している。

今後は、これまでの取り組みを継続する他、原位置の地中でX線CTスキャンを行う技術(原位置デジタルサンプリング法)を新たに開発する。

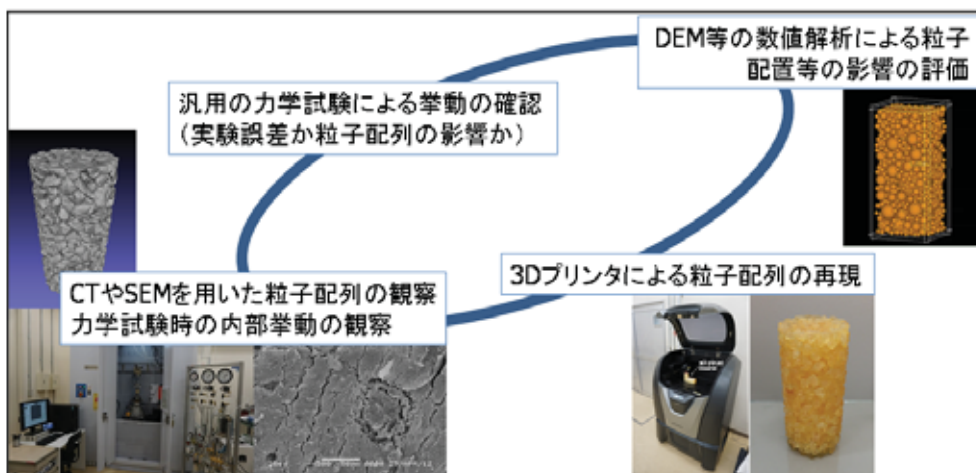


図 1. 3. 52 X線CT装置及び三次元造形装置(3Dプリンタ)を用いた試験システム

(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

2014年度に未焼却廃棄物で埋め立てられた処分場に打設された杭の周面遮水特性についての評価を継続した。また、焼却灰を埋め立てた処分場における杭打設・引抜き試験に参画した。海面廃棄物処分場は大都市近傍の立地条件のよいところにあり、その高度利用に成果の活用が期待される。

今後は、粘土と杭との界面における付着特性・透水(遮水)特性について検討を進める。杭基礎に限らず、処分場の鉛直遮水工とも関連して検討を行う。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する。

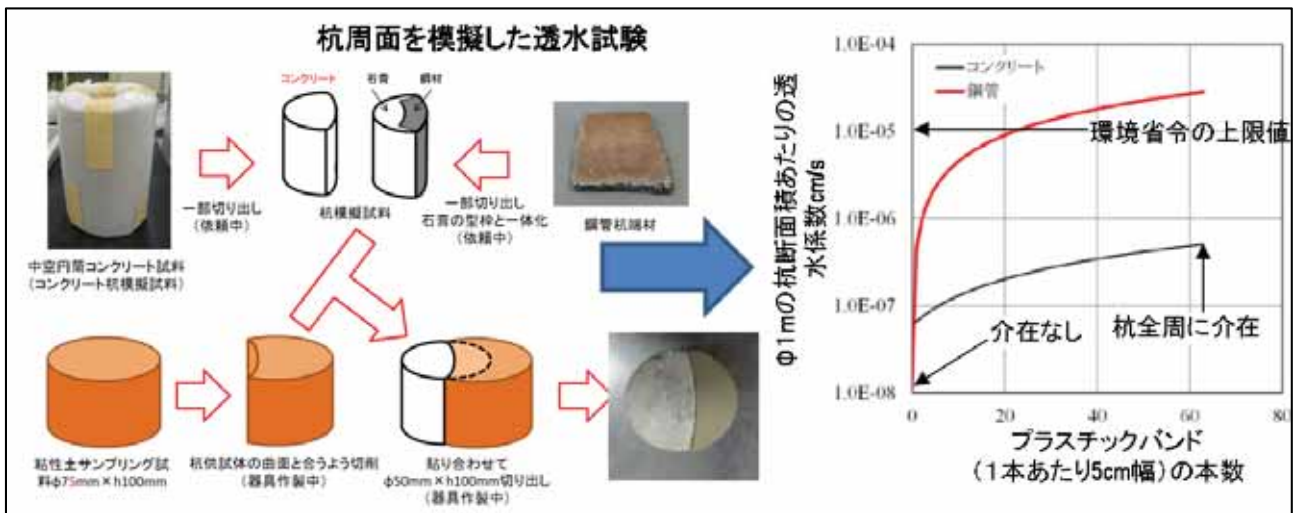


図 1. 3. 5 3 杭の周面遮水特性についての評価に関する室内試験

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
 - ・ 渡部要一, 水谷崇亮, 金子崇, 増門孝一：海面処分場における杭基礎の適用性－未処理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 No. 1321、2016
- 発表論文 (和文)：2編
 - ・ 猪狩貴寛, 松村聡, 水谷崇亮, 大塚悟, 及川隆, 青木伸之. 水平力を受ける杭周辺の3次元挙動の観察, 第51回地盤工学研究発表会発表講演集, 論文番号 0685, 岡山, 2016.
 - ・ 水谷崇亮, 松村聡. 水島港における杭の衝撃载荷試験に基づくハイリー式の補正とその適用範囲の検討, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol. 72, No. 2, pp. I 396-I 401, 2016.
- 発表論文 (英文)：2編
 - ・ A. Kondo, S. Matsumura, T. Mizutani and E. Kohama: Reproduction of discrete element model by 3D printing and its experimental validation on permeability issue, In Proceedings of Advances in Laboratory Testing and Modelling of Soils and Shales, Swiss, 2017.
 - ・ S. Matsumura, T. Kobayashi, T. Mizutani and R. J. Bathurst: Manufacture of bonded granular soil using X-ray CT scanning and 3D printing, Geotechnical Testing Journal, ASTM International, 2017.

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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>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。</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> －孤立リーフ海域における係留施設の利活用に関する技術開発では、係留船舶・浮体の動揺解析法の開発を行うとともに、その精度検証を行うための基礎データを模型実験により取得する。 －遠隔離島における港湾施設の調査・点検に関する研究では、投入・揚収作業の負担軽減を考慮した作業プラットフォームの検討を行う。 －水中音響カメラに関する研究では、試作機（浅海用）の改良を行うとともに、水中音響カメラの運用法の検討を行う。 －海洋エネルギーの利活用に関する研究では、多重共振型波力発電システムおよび洋上風況観測システムの現地実証実験の成果をとりまとめる。等

研究の背景

海洋の利用や開発については、1960年代からその重要性が指摘され、様々な取り組みが行われてきたが、その進展は必ずしも十分ではない。その原因の1つは、海洋には拠点となるインフラがほとんどないことである。このため、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 28 年度の研究内容

- (1) 面的波浪場における船舶の動揺解析法を検討するとともに、一様水深場での浮体動揺実験を実施した。
- (2) 離島のような海象条件が厳しい港湾施設における船舶の新しい係留装置を開発するための情報収集・整理を行うとともに、その適用性について評価・検討を行った。
- (3) 遠隔離島における港湾施設などの点検・調査における、投入・揚収作業の負担軽減を考慮した作業プラットフォームの検討を行った。
- (4) 次世代音響画像システムに関して、深海用 ROV 搭載用音響ビデオカメラを製作するとともに、映像呈示システムの改良を行った。
- (5) 我が国の洋上風力ポテンシャルの分布について検討するとともに、波力発電・洋上風力発電の実用的なシステムについて検討した。
- (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、南鳥島およびサブサイトのルカン礁、西表島、石垣島において現地調査を実施した。

平成 28 年度の研究成果

- (1) 流体直接解析法に浮体境界を導入し、複雑な波浪外力特性を考慮可能な係留船舶・浮体の動揺解析法を開発した。また、一様水深場における浮体動揺実験を行い、従来及び新たな動揺解析法の精度検証を行った。今後はリーフ上及びその周辺を含む広域な波浪場の算定システムを構築し、静穏性の確保が困難な海域での荷役稼働率の評価・改善方法を確立する予定である。
- (2) 通常の係留索と防舷材を用いた係留方法とは異なった船舶の係留技術について情報収集・整理を行い、離島のような厳しい海象条件下への適用性について評価・検討を行った。図 1. 3. 5 4 は新型係留装置のイメージの一例である。今後は、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および数値計算を実施する予定である。

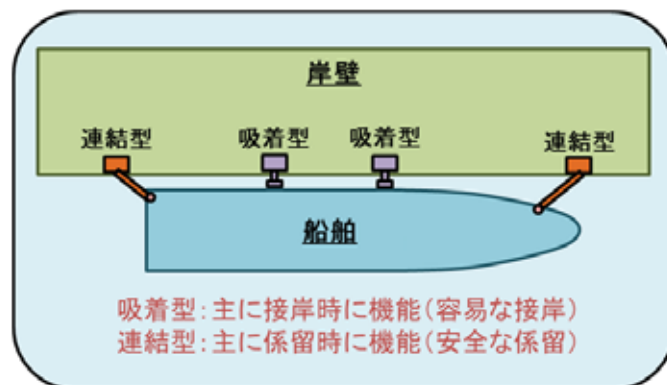


図 1. 3. 5 4 新型係留装置のイメージ

- (3) 離島における使用を想定した作業プラットフォームを開発するとともに、小型クローラによる走行等に関する基礎実験を実施し、性能を確認した。今後は、限られた人員で運用可能な泊地の簡易的な深度調査と構造物の目視点検システムを開発する予定である。

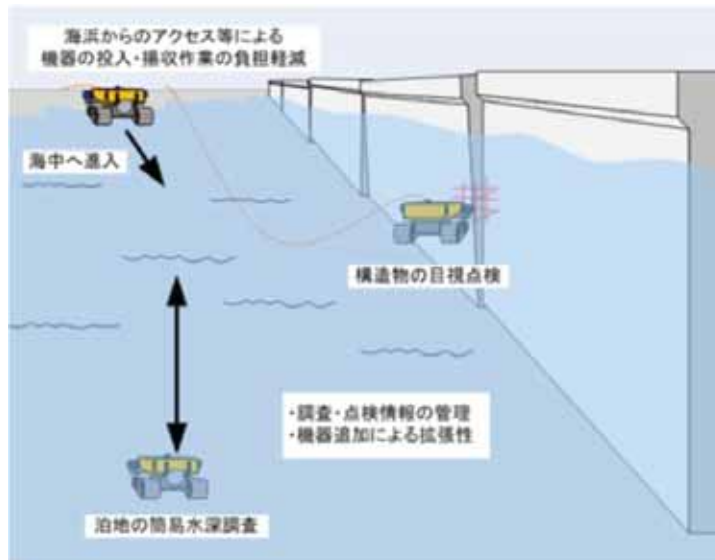


図 1. 3. 55 点検システム全体のイメージ

(4) 音響ビデオカメラの水槽実験等を実施し、カメラの性能を確認するとともに、音響映像呈示ソフト開発のためのデータを取得した。図 1. 3. 56 および表 1. 3. 1 は、開発した音響ビデオカメラの性能（黄色：ショートレンジ、赤：ロングレンジ）を示したものである。今後は、実証試験（海底資源調査）も予定しており、民間への技術普及も並行して行う予定である。

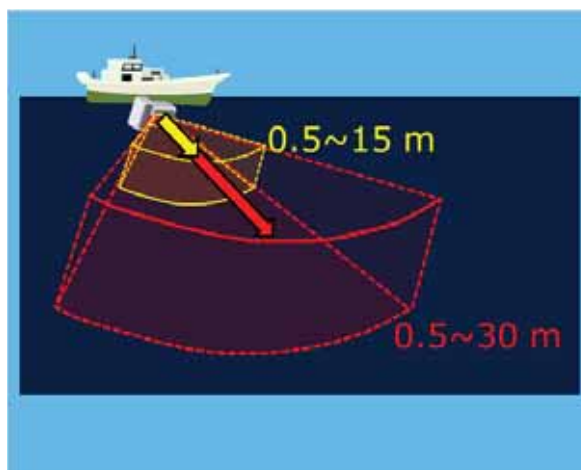


図 1. 3. 56 音響ビデオカメラのレンジと視野角

性 能	
送波システム	224 ch / ビームフォーミング
受波システム	384 ch / ビームフォーミング
周波数 kHz	750 ~ 1500 / 450 ~ 750
レンジ m	0.5 ~ 15 / 5 ~ 30
レンジ分解能	最小 1 cm
縦横分解能 (V×H)	0.25° × 0.25° / 0.9° × 0.9°
画像の更新レート	最大 10 fps
視野角 (V×H)	最大 40° × 80°
気中重量	浅 50 kg / 深 100 kg
耐水深	浅 100 m / 深 3000 m
水中部外形寸法	浅 0.4×0.4×0.3 / 深 0.5×0.6×0.45

表 1. 3. 1 音響ビデオカメラの性能

成果の公表

□発表論文（和文）：6編

- ・木原, 増田, 居駒, 細川, 永田, 下迫, 大澤, 坂本 (2016) : PW 付加振動水柱型波力発電装置の一次、二次エネルギー変換連成解法について, 土木学会論文集 B3 (海洋開発) Vol. 72, No. 2, p. I_802-I_807.
- ・嶋田, 竹山, 小垣, 中村, 川口, 大澤 (2016) : デュアル鉛直ライダー観測による沿岸風の増速率に関する研究, 日本気象学会 2016 年度秋季大会.
- ・平林文嗣, 虻川紀和, 佐藤智夫, 松本さゆり, 吉江宗生 (2016) : 水中音響ビデオカメラを用いた水中作業状況認識に関する基礎検討, 第 16 回建設ロボットシンポジウム.
- ・平山克也, 相田康洋 (2016) : リーフ上の波高・平均水位に対するサーフビートの分布特性把握のための数値実験, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 72, No. 2, pp. I_330-I_335.
- ・平山克也, 相田康洋, 川口浩二, 藤木峻, 峯村浩治, 森谷拓実 (2016) : 海洋上の離島港湾における確率沖波及び作用波の算定手法, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 72, No. 2, pp. I_109-I_114.
- ・吉岡, 坂本, 川口, 永井, 仲井 (2016) : 洋上風車のアクセス性及び耐波・耐風設計条件の海域特性に関する研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発) Vol. 72, No. 2, p. I_808-I_813.

□発表論文（英文）：3編

- ・ABUKAWA, MATSUMOTO, HIRABAYASHI, SATO, IIDA, NANRI, YOSHIE, KATAKURA and TAKAHASHI (2016) : Reconstructed real-time 3D image of chimneys using underwater acoustic video camera in the experimental field, Proceedings of Oceans 2016.
- ・MATSUMOTO, ABUKAWA, SATO, KATAKURA, YOSHIE (2016) : Prototype of Underwater Acoustic Video Camera, Proceedings of Oceans 2016.
- ・Taketsugu Hirabayashi, Kazuki Abukawa, Tomoo Sato, Sayuri Matsumoto and Muneo Yoshie (2016) : First trial of Underwater Excavator work Supported by Acoustic Video Camera, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 28 No. 2.

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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>①沿岸生態系の保全や活用に関する研究開発</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>①沿岸生態系の保全や活用に関する研究開発</p> <ul style="list-style-type: none"> －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、データを収集する。 －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、底生生物に関わるデータを統合し、生物ごとに着目して、その出現に影響する因子を統計解析によって抽出し、生物の出現特性を把握する。 －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るとともに、自然災害時の流出油の漂着制御技術の港湾施設への適応可能性に関する検討等、流出油被害の低減に関する研究開発を実施する。等

研究の背景

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

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 28 年度の研究内容

(1) 沿岸生態系の活用に関する研究

炭素動態に関連する水槽実験ならびに国内外における水底大気質の現地調査を行った。また、気候変動に伴う沿岸域環境の変化を予測するモデルを構築した。さらに、干潟・砂浜海岸の潮上帯～潮間帯～潮下帯にかけた広域地盤環境動態の一体計測・調査システムを構築した。

(2) 内湾域の水環境リアルタイム予測技術に関する研究

東京湾・伊勢湾の各湾口における定期フェリーを活用した流動等のモニタリングシステムを運用し、その結果を活用した各湾域での流動構造の解明のほか、内湾域での水質変動等の環境動態を評価するための解析(生態系モデルの応用、生物多様性の評価手法の提案、データ同化解析の構築等)を行った。

(3) 海上流出油への対応技術に関する研究

港湾施設から流出した油の津波による移流及び拡散範囲の検討、流出油の漂着抑制技術の港湾施設への適用可能性の検討、油流出リアルタイムハザードマップの設計などを行った。

平成 28 年度の研究成果

(1) 沿岸生態系の活用に関する研究

これまで開発しつつある炭素動態に関連する計測手法を活用し、海外の沿岸域(インド・ガンジス川河口域)を対象とする現地調査に着手した(図 1. 3. 6 1)。また、気候変動に伴う沿岸域環境の変化に及ぼす、沿岸生態系の機能を評価するための数値モデルを構築した(図 1. 3. 6 2)。さらに、干潟・砂浜海岸の潮上帯～潮間帯～潮下帯にかけた広域地盤環境動態の一体計測・調査システムを構築し、現地での実用化試験を行った。本研究に係る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研究成果は、港湾における CO2 の排出量削減の観点から港湾技術基準へ反映されるとともに、気候変動への有効な対策として UNFCCC の湿地ガイドラインに対する日本政府の意見表明に反映され、国際的に非常に高い評価を受けている。

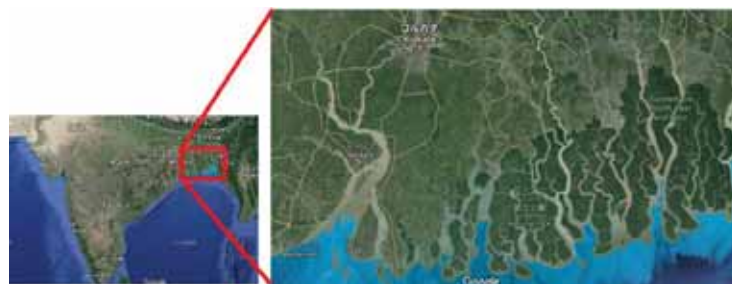


図 1. 3. 6 1 インド・ガンジス河口マングローブの調査対象域

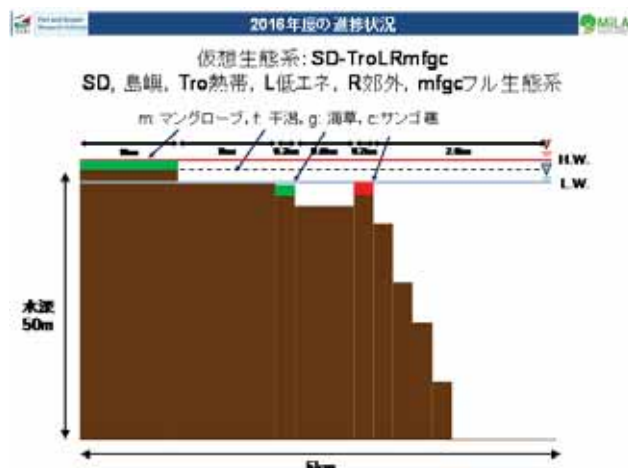


図 1. 3. 6 2 サンゴ礁海域を想定した地形変形予測モデル

(2) 内湾域の水環境リアルタイム予測技術に関する研究

内湾域の沿岸部利用状況の変遷などを考慮した、内湾水質環境の変化を数値シミュレーションにより評価した(図1. 3. 63)。また、沿岸域生態系の生物多様性の評価手法の検討や、観測データをシミュレーション結果に反映させてより高精度な予測システムを構築するためのデータ同化解析手法の構築を進めた(図1. 3. 64)。本研究の成果により、内湾環境の再現性が向上し、リアルタイム予測システムを稼働することが可能になった。

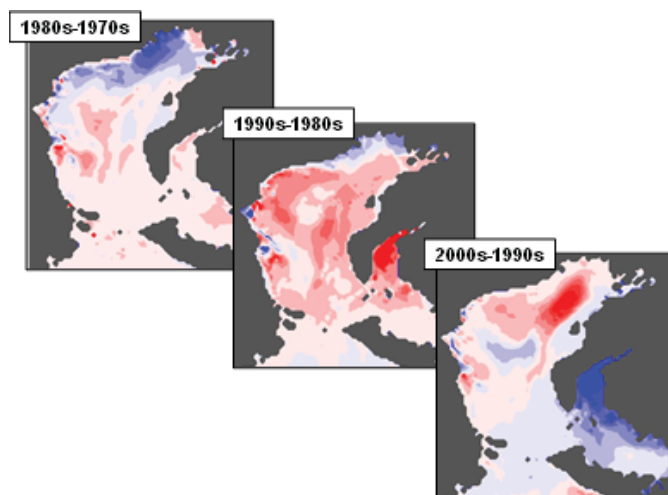


図1. 3. 63 底層溶存酸素濃度の評価(赤:低下, 青:増大)

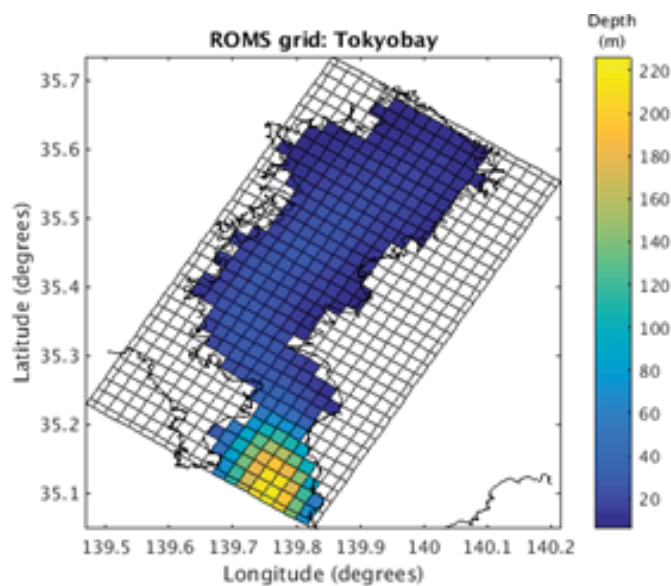


図1. 3. 64 東京湾の流動解析へのデータ同化手法の応用

(3) 海上流出油への対応技術に関する研究

港湾施設から流出した油の津波による移流及び拡散範囲の検討、流出油の漂着抑制技術の港湾施設への適用可能性の検討(図1. 3. 65)、油流出リアルタイムハザードマップの設計等を進め、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(図1. 3. 66)とハザードの常時提供システムのβ版を開発した。本研究の成果は、流出油に対する危機対応能力の向上に資する。

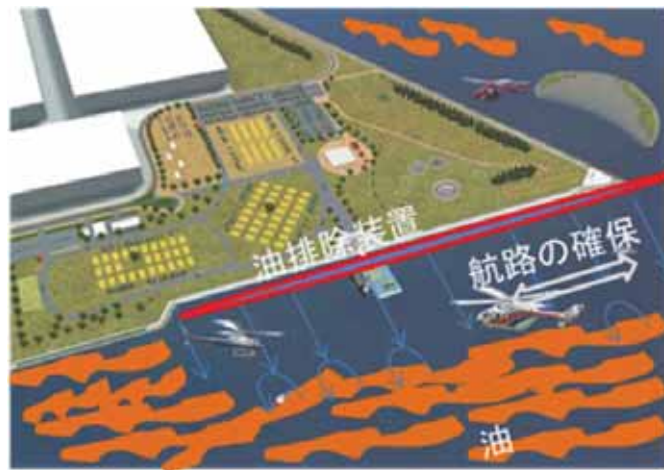


図 1. 3. 6 5 津波時の漂流油の制御手法の検討

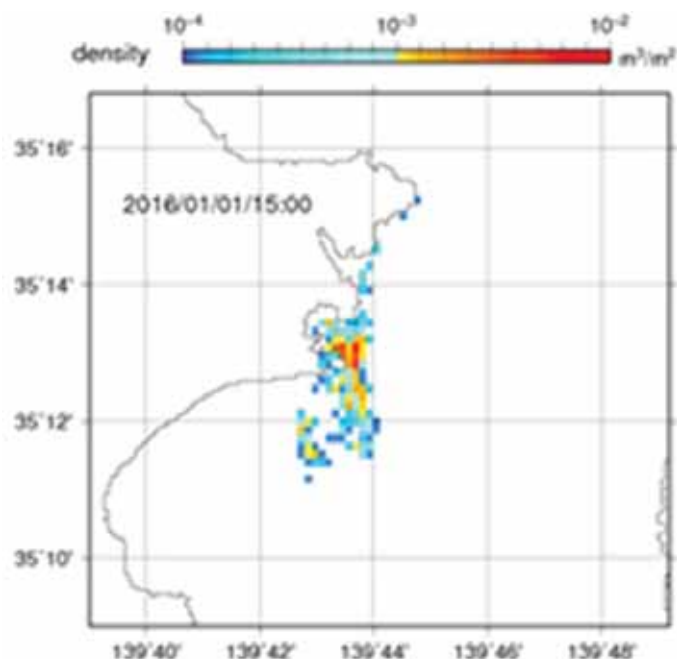


図 1. 3. 6 6 津波時の油漂流シミュレーション

成果の公表

□港湾空港技術研究所報告・港湾空港技術研究所資料：3編

- ・茂木博匡・中川康之・渡辺謙太・所立樹・門谷茂・桑江朝比呂 (2016)：植生が浅海域の流動場にもたらす影響に関する現地調査と流動モデルによる数値解析，港湾空港技術研究所報告 Vol. 55 (2) pp. 35-60.
- ・細川真也 (2016)：群集の補完性の解析手法の開発と既存の底生生物データへの適用，港湾空港技術研究所資料, No. 1330, 25p.
- ・細川真也 (2017)：アマモ場の再生方法についての検討と今後の課題，港湾空港技術研究所資料, No. 1332, 24p.

□発表論文（和文）：13編

- ・岡田知也，井芹絵里奈，三戸勇吾，高橋俊之，高濱繁盛，秋山吉寛，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 (2016. 11) 比較順位法を用いた生物多様性と教育に関する干潟の生態系サービスの経済評価の検討. 土木学会論文集 B2-72 (海岸工学)：I_1453-I_1458.
- ・桑江朝比呂 (2016) 渦相関法を用いた堆積物-海水境界面における酸素フラックスの直接測定. 海洋理工学会誌 22:47-56.
- ・白水元，佐々真志，宮武誠 (2016)：サクシオン動態効果を考慮した前浜地形変化の再現計算. 土木学会論文集 B2, Vol. 72, 79-84.

- ・白水元, 佐々真志, 宮武誠, 本間大輔, 成田郁(2016): 高波作用下の前浜平衡勾配に及ぼす間隙サクシオン動態効果の影響. 土木学会論文集 B3, Vol. 72, No. 2, 712-717.
- ・竹山佳奈, 佐々真志, 梁順普, 渡辺啓太, 齋藤輝彦(2016): 地盤環境を考慮したアサリ成育場の新たな維持管理手法の開発と現地試験による実証. 土木学会論文集 B3, Vol. 72, No. 2, 1093-1098.
- ・田多一史, 中山恵介, 所立樹, 渡辺謙太, 桑江朝比呂 (2016. 6) 春季出水期におけるコムケ湖の水質変動解析と大気-海水間 CO2 フラックスの推定. 土木学会論文集 B3-72 (海岸開発): I_982-I_987.
- ・田多一史, 中山恵介, 所立樹, 渡辺謙太, 桑江朝比呂 (2016. 11) 湧水に着目したコムケ湖の水質変動特性の把握, 土木学会論文集 B2-72 (海岸工学): I_1363- I_1368.
- ・中村恭志, 安嶋大稀, 相澤敦武, 井上徹教 (2017): 人体流動連成解析に基づく溺水数値シミュレーションモデルの開発, 土木学会論文集 B1, Vol. 73(4): I_601-I_606.
- ・中山恵介, 駒井克昭, Robert W. Elner, 桑江朝比呂 (2016. 6) Roberts Bank tidal flat における biofilm 形成に重要な物理・塩分環境の要因解析. 土木学会論文集 B3-72 (海岸開発): I_1063-I_1068.
- ・本間大輔, 宮武誠, 佐々真志, 木村克俊, 白水元, 蛭子翼(2016): 地盤性状変化を考慮した海岸道路の後浜斜面の高波による破壊メカニズムの解明. 土木学会論文集 B2, Vol. 72, 1189-1194.
- ・梁順普, 佐々真志, 渡辺啓太, 高田宜武 (2016): 高波イベントによる砂浜生物分布の変化と地盤環境適合場の一般性. 土木学会論文集 B3, Vol. 72, No. 2, 1058-1062.
- ・渡部要一, 金子崇, 佐々真志, 橋本裕之, 中條荘太(2016): MASW を活用した潮上帯, 潮間帯から潮下帯に至る干潟堆積土砂構造評価. 土木学会論文集 B2, Vol. 72, 1699-1704.
- ・部要一, 佐々真志, 金子崇, 橋本裕之(2016): 人工干潟における MASW による浚渫土砂構造モニタリング: 水没エリアでのハイドロフォンの適用. 土木学会論文集 B3, Vol. 72, No. 2, 449-454.

□発表論文 (英文): 10編

- ・ Akhand, A., Chanda, A., Manna, S., Das, S., Hazra, S., Roy, R., Choudhury, S. B., Rao, K. H., Dadhwal, V. K., Chakraborty, K., Mostofa, K. M. G., Tokoro, T., Kuwae, T., Wanninkhof, R. (2016): A comparison of CO2 dynamics and air-water fluxes in a river-dominated estuary and a mangrove-dominated marine estuary, *Geophysical Research Letters*, in press
- ・ Akiyama YB, E Iseri, T Kataoka, M Tanaka, K Katsukoshi, H Moki, R Naito, R Hem and T Okada: Discrimination of Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*) feces in deposited materials by means of fecal morphology, *Marine Pollution Bulletin*, in press.
- ・ Hosokawa, S., S. Konuma, Y. Nakamura (2016): Accumulation of trace metal elements (Cu, Zn, Cd, and Pb) in surface sediment via decomposed seagrass leaves: A mesocosm experiment using *Zostera marina* L., *PLoS ONE*, 11: e0157983. doi:10.1371/journal.pone.0157983.
- ・ Inoue, T., S. Sugahara, Y. Seike, H. Kamiya, and Y. Nakamura(2017): Short-term variation in benthic phosphorus transfer due to discontinuous aeration/oxygenation operation. *Limnology*, 18(2): 195-207, 2017. doi:10.1007/s10201-016-0501-z.
- ・ Isamu Fujita (2016): Bubble curtain for blocking spilled oil on water surface, *Proc. of Techno-Ocean, IEEE*, 2016.
- ・ Morita, A., Touyama, S., Kuwae, T., Nishimura, O., and Sakamaki, T. (2017): Effects of watershed land-cover on the biogeochemical properties of estuarine tidal flat sediments: a test in a densely-populated subtropical island, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 184, 207-213.
- ・ 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.
- ・ Watabe, Y., Kaneko, T. and Sassa (2016): Soil parameter governing mechanical properties of coral gravel soils, *S. Proc. 19th Int. Conf. Soil Mech. and Geotech. Eng. Sedimentation history of sandbars in flood-tidal delta evaluated by seismic method in lake Tofutsu, Japan.*
- ・ Watabe, Y. and Sassa (2016): Sedimentation history of sandbars in flood-tidal delta evaluated by seismic method in lake Tofutsu, Japan, *S. Journal of Coastal Research*, Vol. 32, No. 6, 1389-1401. <http://dx.doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-15-00113.1>.
- ・ Yoshitaka Matsuzaki, Isamu Fujita (2017): In situ estimates of horizontal turbulent diffusivity at the sea surface for oil transport simulation, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 117 pp. 34-40, Elsevier.

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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>②沿岸地形の形成や維持に関する研究開発</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>②沿岸地形の形成や維持に関する研究開発</p> <p>－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では、高濃度水塊の時空間分布特性の把握のために河口域土砂動態に関する現地データを解析する。</p> <p>－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、長期汀線変動予測モデルの汎用化を図るべく、粒径の異なる海岸や潜堤などで防護されている海岸にモデルを適用する。等</p>

研究の背景

港湾空港技術研究所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るが、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 28 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

海浜地形の長期的変動傾向を把握するため、波崎海洋研究施設での現地データの取得を継続的に実施するほか、現地データを基にした長期海浜変化の実態を明らかとする解析等を行った。

(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

国内外における河口域土砂動態の把握に関する現地調査を実施し、特に海外ではインドネシアパティンバン海岸周辺を対象海域として、河口濁度分布計測の現地調査など、インドネシア政府機関との共同調査に着手した。

平成 28 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

砂浜海岸における数値シミュレーションによる構造物周りの地形変化シミュレーションモデルの構築(図1.3.67)や、大規模な浚渫土砂の投棄が過去に行われた砂浜海岸を対象に、現地データに基づく長期的な汀線変動特性(図1.3.68)を明らかとした。今後は、全国の海浜で将来地形予測が可能な汎用性の高い数値モデルを開発する予定であり、それぞれの場所に応じた将来予測を示すことにより、長期的な対策の推進に資する。

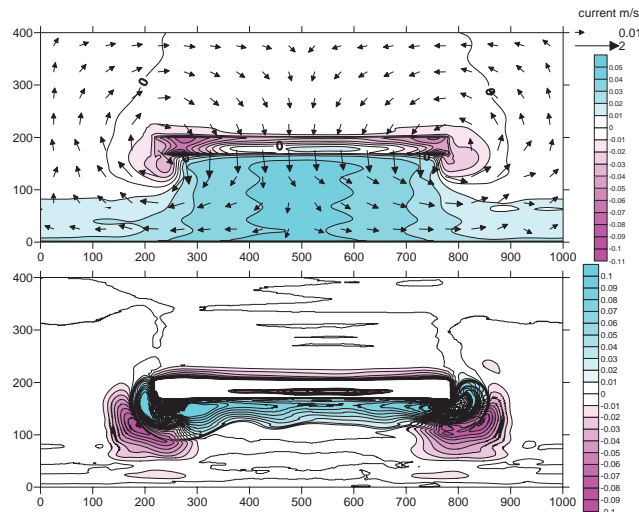


図 1. 3. 67 潜堤周りの地形変化予測シミュレーション

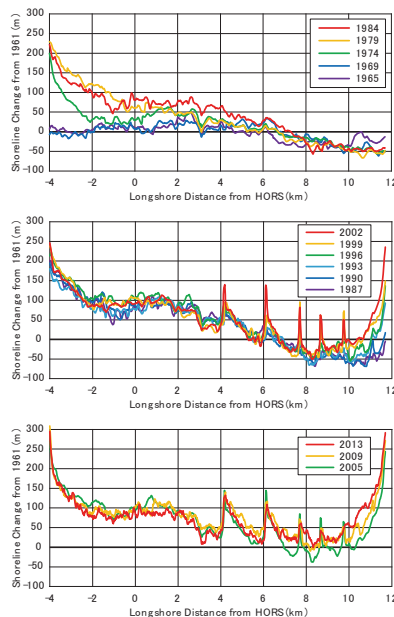


図 1. 3. 68 汀線の広域的長期変動の把握

(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

東南アジア域の河口域で特徴的である微細泥の輸送過程を把握するため、インドネシア・ジャワ島東部のパティンバン海岸周辺の河口域での調査を実施し、底泥密度の分布特性を評価するためのデータ取得に成功した(図1. 3. 69)。本研究の成果は、大河川河口域での港湾水域施設(航路・泊地)の効率的な維持管理に資する地形予測ツールとして活用できる。

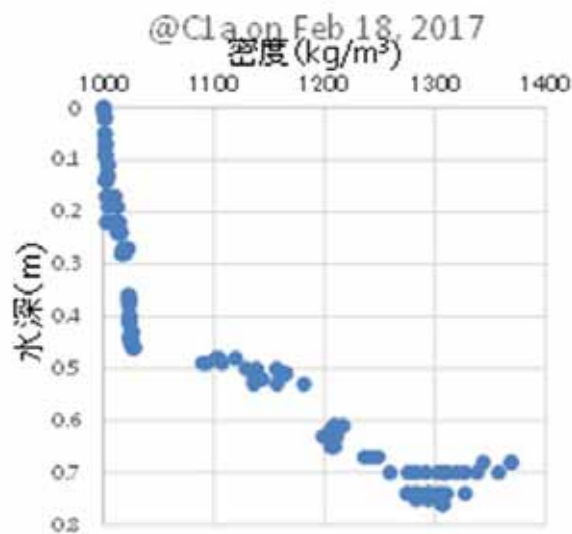


図1. 3. 69 インドネシア・ジャワ島東部のパティンバンでの現地調査
(上：調査海域、中：調査時の様子、下：密度鉛直分布の測定データ例)

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

- ・中川康之・高嶋紀子・篠澤巧(2017)：新潟西港内での土砂堆積特性の解明に関する現地調査と水理実験，港湾空港技術研究所資料(印刷中)。

□発表論文(和文)：3編

- ・伊波友生，鈴木崇之，伴野雅之，比嘉紘士，中村由行，柳嶋慎一(2016)：二粒径の蛍光砂を用いた高波浪イベント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. 72, No. 2, pp. I_667-I_672.
- ・中川康之，高嶋紀子，村上和男，後藤嘉雄，長井一平(2016)：河口港における河川濁水の流入と堆積過程に関する検討，土木学会論文集B2(海岸工学)，Vol. 72, No. 2, p. I_523-I_528.
- ・伴野雅之，栗山善昭，武若聡(2016)：波崎海岸において過去50年間に生じた二つの大規模汀線前進，土木学会論文集B2(海岸工学)，Vol. 72, No. 2, ppI_661—I_666.

□発表論文(英文)：2編

- ・Banno, M. (2016) : SHORELINE RESPONSE TO MEGA NOURISHMENT IN JAPAN, ICSCE 2016, Hanoi.
- ・Banno, M., Y. Kuriyama, S. Takewaka (2016) : Multidecadal Shoreline Evolution Due to Large-scale Beach Nourishment in Japan, AGU fall meeting 2016.

□その他 口頭発表：6編

- ・Banno, M. (2016) : SHORELINE RESPONSE TO MEGA NOURISHMENT IN JAPAN, ICSCE 2016, Hanoi.
- ・Banno, M., Kuriyama, Y. and Hashimoto, N. (2016) : Shoreline Measurement for 30 Years and Projection by the End of This Century, Ocean Sciences Meeting 2016.
- ・Banno, M., Y. Kuriyama, S. Takewaka (2016) : Multidecadal Shoreline Evolution Due to Large-scale Beach Nourishment in Japan, AGU fall meeting 2016.
- ・Nakagawa, Y. (2016) Characteristics of vertical structure of muddy sediment and their field monitoring, Proc. of the International Conference on Sustainability in Civil Engineering (ICSCE2016), Nov. 26th, 2016, Hanoi, Vietnam.
- ・Nakagawa, Y., F. Murayama (2016) Flume experiment on fluid mud behavior into dredged navigation channel, Fall Meeting of American Geophysical Union, Poster session, San Francisco, USA.
- ・Nakagawa, Y., N. Takashima, Y. Gotoh and I. Nagai (2016) Fluid mud dynamics around dredged navigation channel at river mouth port, Proc. for the PIANC-COPEDEC 9th Conference. Oct. 20th, 2016, Rio de Janeiro, Brasil.

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つて的確に対応する。

【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。

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) 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な堅牢な通信・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

ー陸域におけるUPRに対応した空域編成の研究(平成27年度～30年度)では、運航者が効率の良い飛行経路を選択できるUPR(利用者選択経路)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、引き続き運用上の要件及び空域編成手法の調査及び基本モデルの構築並びにUPRモデルの構築を行う。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

ーFull4Dの運用方式に関する研究(平成25年度～28年度)では、将来の4次元軌道ベース運用(Full4D TB0)実現に向けて、運用方式の開発、課題抽出を行い、解決方法を提案する。本年度は、TB0の便益を評価するためのシミュレーションの実施、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。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

ー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(平成26年度～29年度)では、マルチスタティックレーダー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、開発したMSPSR実験システムを飛行実験機等による測位実験と検証を行い、MSPSR監視導入に必要な要素技術の開発を行う。

ー次世代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(平成27年度～31年度)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のプロトタイプ開発及び次世代GBASのアルゴリズム開発並びにGBASにおけるSBAS利用方式アルゴリズムの開発並びに宇宙天気情報利用により性能向上した方式の開発を行う。等

(2) 空港運用の高度化

燃費軽減に寄与する混雑空港における継続降下運航の運用拡大、低視程時の就航率を改善するための衛星航法による高度な運航方式、空港面における到着便と出発便の交通流の輻輳を解消する効率性と定時性の高い航空交通管理技術の開発が求められている。また、空港面に対する監視技術の高度化等が求められている。

このため、以下の研究開発を進める。

① 混雑空港における継続降下運航の運用の拡大及び衛星航法による進入着陸システムを用いた曲線精密進入等の高度な運航方式等に関する研究開発

ー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(平成25年度～29年度)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な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、飛行実験の結果及び計算方法の検討結果をもとに、機上装置ソフトウェアの改良を行うとともに、フライトシミュレータによるGLS飛行検証を実施し進入方式の設計手法を再検証する。また、人間操縦モデルの拡張と改良を行う。

ー大規模空港への継続降下運航の運用拡大に関する研究(平成28年度～31年度)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、CDOの現状分析・調査、エンルート部分のCDO実施判断支援ツールの作成、上昇・降下パスの検討を行う。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

ー空港面の交通状況に応じた交通管理手法に関する研究(平成26年度～29年度)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、空港面地上交通状況を把握・予測し、予測をもとに空港面交通管理手法のアルゴリズムを開発するとともに、手法の適用条件・手法の選択条件の検討を行う。等

③ 光ファイバー技術等を応用した航空機監視技術及び滑走路上の異物監視システム等に関する研究開

発

－空港面と近傍空域のシームレスな全機監視方式の研究（平成27年度～30年度）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、モードA/C機監視機能の実環境基礎評価及びADS-Bデータの位置検証監視機能の評価を行う。等

－空港面異物監視システムの研究（平成26年度～28年度）では、滑走路等の航空機が高速で移動するエリアにおいて、事故を引き起こす恐れのある異物の有無を検知し、滑走路状態を監視するシステムを開発するとともに、得られた成果によりEUROCAE（欧州民間航空用装置製造業者機構）等の国際標準規格策定作業に貢献する。本年度は、異物の特徴を抽出するアルゴリズムを構築し、異物監視システムのフィールド試験と評価を行い、本研究の成果をまとめる。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

－航空路監視技術高度化の研究（平成25年～28年度）では、我が国に今後導入される高度な管制運用方式において必要となる監視技術の確立を図るため、WAM（広域マルチラレーション）やADS-B（放送型自動位置情報伝送・監視機能）等の新しい監視技術を航空路監視に導入する際に課題となる沿岸空域への覆域拡張や、電波環境を配慮した空地データリンクを実現する技術を開発する。本年度は、製作した高利得セクタ型アンテナの覆域拡張に関する性能試験を行うとともに、機上・地上間での情報共有の実現に資することが期待されるWAM/ADS-BによるモードSデータリンクの性能試験を実施検証し、本研究の成果をまとめる。等

（4）関係者間の情報共有及び通信の高度化

航空情報、飛行情報、気象情報等、航空機の運航に必要な情報の共有に関する技術の開発及び航空機と地上管制機関等との間のセキュアで高速な通信に関する技術の開発が求められている。

このため、以下の研究開発を進める。

①異種システム間の情報交換において安全性の保証された共通データ基盤の構築に関する研究開発

－SWIMのコンセプトによるグローバルな情報共有基盤の構築と評価に関する研究（平成28年～32年）では、航空交通管理に関する異なる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トの開発を行う。本年度は、航空交通情報システムの現状分析と課題の抽出、データ変換技術の提案を行うとともに、欧米等との情報交換実証実験を実施する。等

②航空機と管制機関間をつなぐ高速で安全な次世代航空通信に関する研究開発

－空地通信技術の高度化に関する研究（平成28年～31年）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を性能評価する。本年度はAeroMACS利用技術の調査、開発を行うとともに、AeroMACS技術の適用範囲拡大の基礎検討調査を行う。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28年度における取組状況

平成28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。萌芽的研究の1つとして、航空機内のデータ通信における電磁環境評価に関する基礎研究を実施している。将来、航空機内におけるセンサー等の情報を現在は有線（ケーブル）で接続し監視しているところであるが、これを無線化することが検討されている。無線化することでケーブル等の有線設備が不要となり、航空機の軽量化を図ることができるため、燃料消費量の削減等のコスト削減に効果がある技術として期待されている。当所においては、無線化に向けて必要となる電波環境の解析技術の確立および国際動向を調査し、将来の航空ニーズに対応できる様、基礎的な研究を実施している。

◆主な研究成果の例

□「Full 4D」の運用方式に関する研究

将来計画されている航空機軌道の管理による運用方式について、実現のために運用方式の概念、便益及び課題を明確にするため、2030年の交通シナリオを作成し交通流等を解析した。これにより、容量制限等の課題が明らかになった。また、最適軌道を生成するツールを改良し航空機の性能を考慮した現実的な最適経路を生成することが可能となった。これを使って便益の評価を実施し、燃料消費量が削減できる方式を示すことができた。

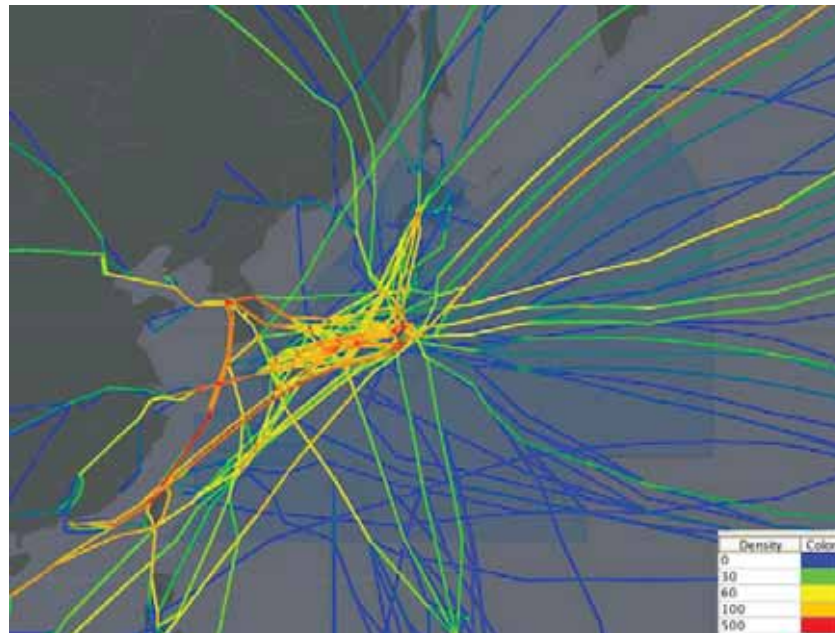


図 1. 4. 1 飛行計画経路の密度

□空港面異物監視システムの研究

空港面の安全確保及び処理能力向上のために滑走路上の異物を検出するシステムのニーズが高くなってきている。これまで開発してきた実験システムを用いて改良、評価を行った。

誤警報抑制のために深層学習を用いた画像分析アルゴリズムを開発し、膨大なサンプル数を用いて学習させることで、航空機 100%、車両 98%の識別率を達成し、誤警報を除去することができた。

また、異物の検出にかかる時間については、これまでの他のシステムよりも6分の1程度となり高性能なシステムを開発することができた。



図 1. 4. 2 深夜における物体検出・撮影結果

□航空路監視技術高度化の研究

航空機から送信された信号の到達時間差から測位する監視技術である広域マルチラレーションについて、海岸線沖合の覆域を確保するために開発した高利得セクタ型アンテナを使用して実験を行った。その結果、覆域の30%拡大に成功した。また、モードS データリンクの性能試験を行い、信号強度と干渉信号数に対する信号検出率を解析した結果、高利得セクタ型アンテナはモードS データリンクの性能改善に有効であることが明らかになったため、本試験結果をまとめたペーパーをICAO 監視パネル会議に提出して「航空監視マニュアル (Doc9924)」に反映するよう提案中である。

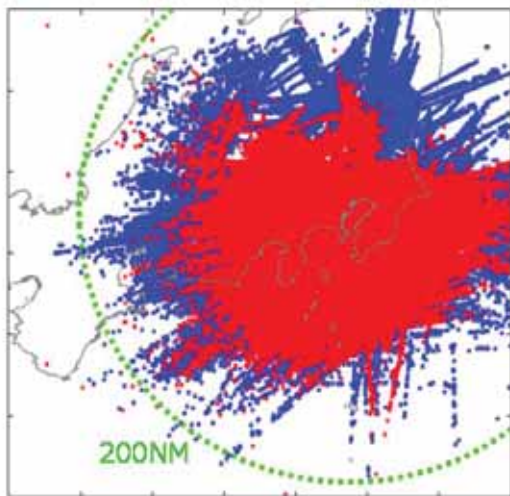


図 1. 4. 3 監視覆域の比較
(赤：従来、青：改良後)



図 1. 4. 4 開発した高利得セクタ型アンテナ

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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>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な堅牢な通信・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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p>	<p>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。</p> <p>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な堅牢な通信・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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p> <p>一陸域における UPR に対応した空域編成の研究(平成 27 年度～30 年度)では、運航者が効率の良い飛行経路を選択できる UPR (利用者選択経路) 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、引き続き運用上の要件及び空域編成手法の調査及び基本モデルの構築並びに UPR モデルの構築を行う。等</p>

○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 28 年度の研究内容

- 陸域への UPR 展開のための要件および空域編成手法の調査
- 航空管制作業負荷モデルの構築
- UPR の便益予測

平成 28 年度の研究成果

□運用上の要件及び空域編成手法の調査

文献調査などを行い、最近 UPR を導入したハンガリー等、欧州における運航者希望に基づく飛行経路や空域編成手法の運用例を調査した。

□航空管制作業モデルの構築

航空管制作業モデルは、計算機シミュレーションにより航空管制官の通信に基づく作業量を予測する。平成28年度は航空管制作業の項目を分類し、シミュレーションにおける飛行状態の変化の結果（イベント）との基本的な関連付けを行うことで作業量の予測の基本的な手法を検討した。図 1. 4. 5 に項目の分類とイベントとの関連付けの例を示す。図において色付きの項目は航空管制官の作業項目を、白い項目はイベントを表す。今後、項目の分類および関連付けを精緻化し、航空管制作業のモデル化を進める予定である。

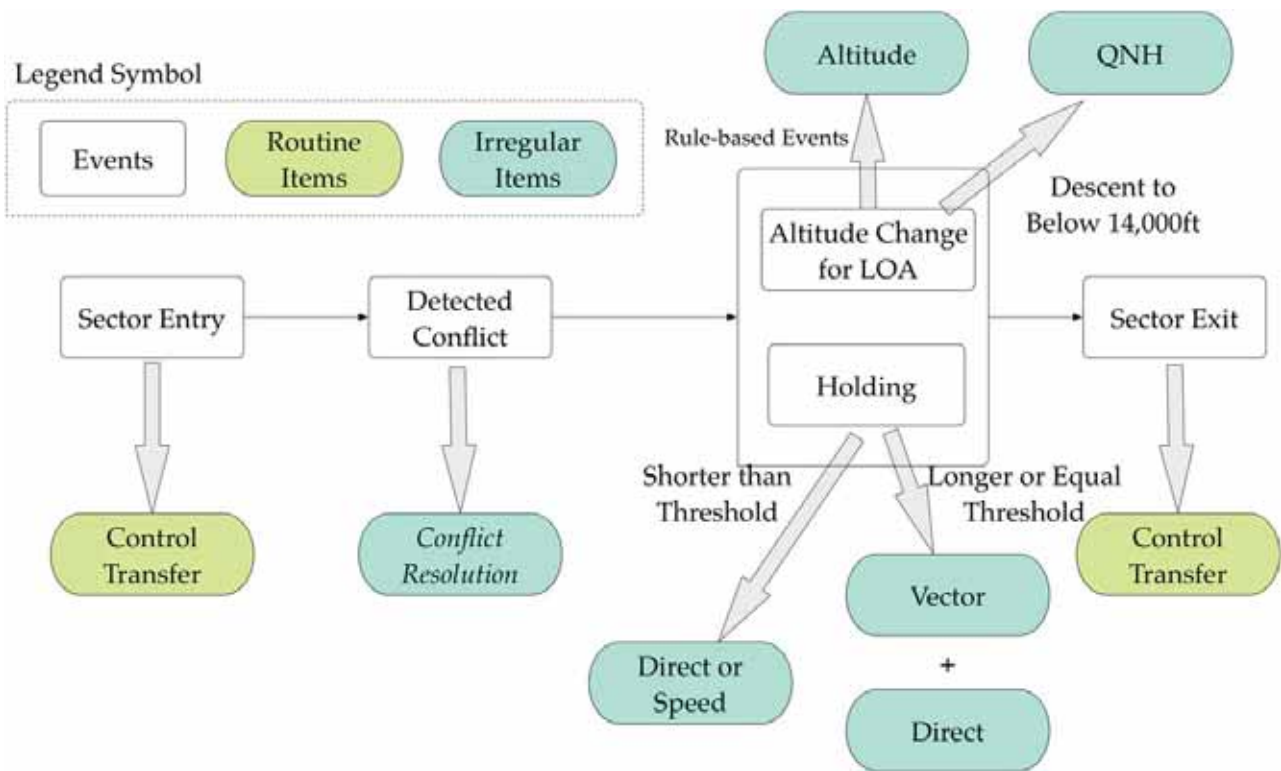


図 1. 4. 5 イベントと航空管制作業項目の関連付け

計算機シミュレーションでは、航空管制官の作業を完全に実運用通りに再現することは困難である一方で、管制指示の発出に伴う様々な飛行状態の変化の模擬が短時間で可能である。イベントの管制通信の発出への置き換えにより各種管制指示の発出頻度の予測が可能である。

□UPR の便益予測

平成 27 年度は気象条件を考慮して飛行効率が最大、すなわち燃料消費が最小となるような飛行経路を算出できるツールを作成した。平成 28 年度はツールに多様な気象条件を適用しながら、気象条件が UPR に与える影響を検証した。図 1. 4. 6 に算出された UPR の例を示す。検証により、燃料消費の削減量および UPR の経路構成は、気象条件により大きく変化することが確認された。今後、算出手法を改良し、より精度の高い UPR の算出を可能とする予定である。

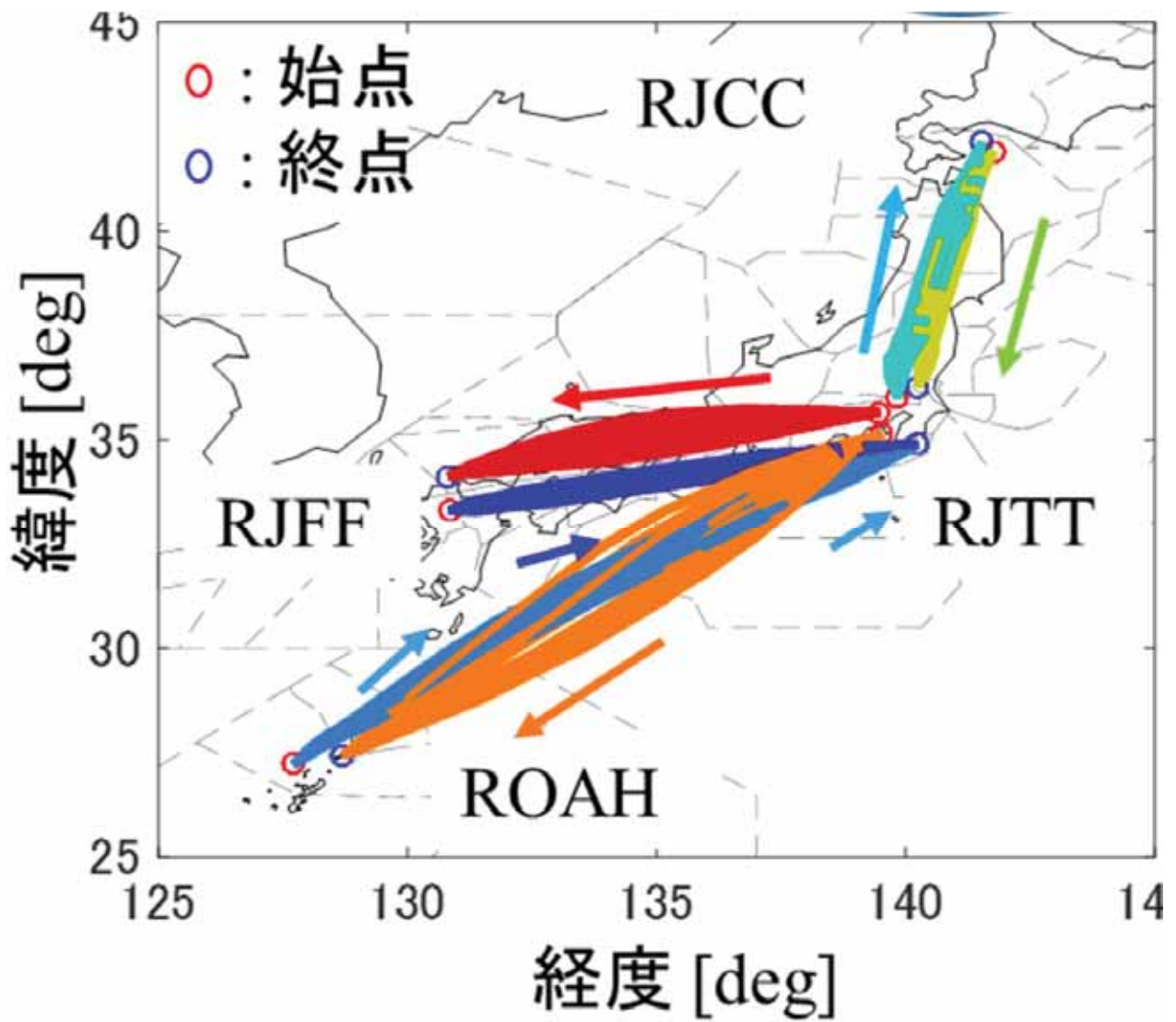


図1. 4. 6 UPRの算出例（羽田空港と新千歳・福岡・那覇の各空港間の飛行経路を算出）

成果の公表

- 飛行機シンポジウム（2件）
- AIAA Scitech（2件）

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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>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な堅牢な通信・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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p>	<p>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。</p> <p>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な堅牢な通信・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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p> <p>—Full 4D の運用方式に関する研究（平成 25 年度～28 年度）では、将来の 4 次元軌道ベース運用（Full 4D TBO）実現に向けて、運用方式の開発、課題抽出を行い、解決方法を提案する。本年度は、TBO の便益を評価するためのシミュレーションの実施、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。等</p>

○Full 4D の運用方式に関する研究

研究の背景

航空交通量の増加に対して運航の効率と定時性を維持するため、航空交通管理の方式は空域の管理から航空機軌道の管理（軌道ベース運用：TBO (Trajectory Based Operations)）に移行する計画がある。飛行経路のみならず経路の通過時刻まで管理をする TBO の最終形態である「Full 4D」の TBO 方式は 2030 年頃から運用可能になる見込みだが、実現のために TBO の概念、便益及び課題を明確にする必要がある。

研究目標

- 2030 年の交通需要分析と対策案を提案する。
- 空域複雑性指標を開発する。
- 軌道最適化アルゴリズムの開発評価を行う。

平成 28 年度の研究内容

- TBO 便益評価シミュレーションの実施、解析
- 空域複雑性指標の開発
- 軌道最適化アルゴリズムの改良

平成 28 年度の研究成果

□TBO 便益評価シミュレーションの実施、解析

Full 4D TBO、需要と容量バランシング (DCB: Demand/Capacity Balancing) 及び協調的意思決定 (CDM: Collaborative Decision Making) により、飛行軌道設計 (飛行計画) の自由度の向上、空域容量の向上、及びより効果的な交通流管理が期待できる。福岡飛行情報区 (FIR: Flight Information Region) において、Full 4D TBO、DCB と CDM を優先的に適用すべき容量制限 (ボトルネック) を把握するため、2013 年の飛行情報に基づいた交通シナリオと 2013~2030 年の間の交通増加予測モデルに基づいて 2030 年の交通シナリオを作成し、Full 4D 導入前の経路を想定して 2030 年の交通流及び空港の需要を解析した。その結果、図に示すように一部の飛行経路では混雑空港並みに航空機数が増加する事例も見られた。

特に改善の余地が残されている洋上空域に着目すると、人工衛星によるデータリンク通信、監視、航法の性能向上により航空機間の最低距離 (セパレーション) を小さくする他、柔軟なルートを導入することにより、洋上空域の容量の増加が期待される。北太平洋の幹線飛行経路を持つ NOPAC (North Pacific) 空域への利用者設定経路 (UPR: User-Preferred Route) の導入及び洋上転移経路 (OTR: Oceanic Transition Route) の増加を提案し、便益を評価するための予備シミュレーション調査を行い容量増加の可能性を確認した。

以上より、2030 年以降の航空交通管理においては従来の手法では処理しきれない飛行経路が発生する可能性があることがわかった。今後、その解決に Full 4D TBO がもたらす便益を平成 28 年度開発したシミュレータ等を用いて分析していく。

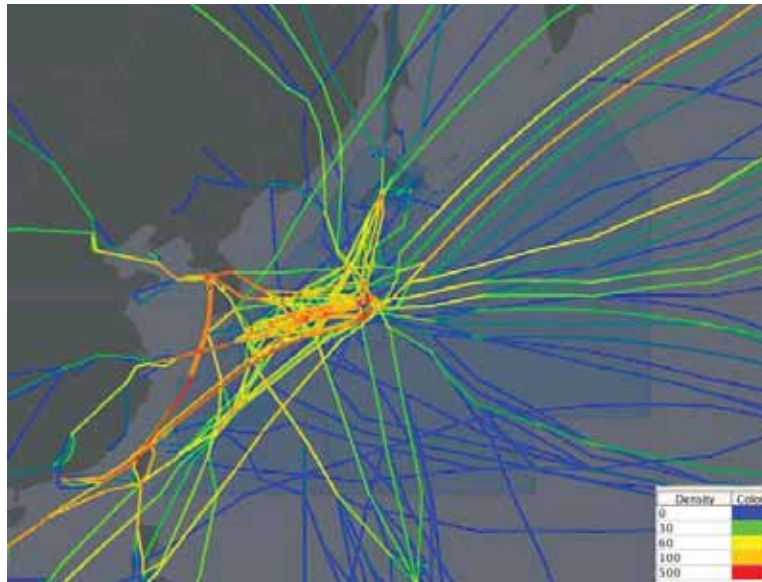


図 1. 4. 7 飛行計画経路の密度

□空域複雑性指標の開発

将来の Full 4D TBO の運用環境を考えると、航空交通流の管理が困難なホットスポットの検出やこれを用いるトラジェクトリの設定管理に用いることができるような航空交通流管理の難易度を示す指標 (難度指標) が必要となる。また、システムの障害時など人間が関与する事態に至った時、航空交通流が増加したとしても人間が扱えるものにしなければならない。

複雑さを表す指標として、これまでの研究で航空機の近接状況に基づく航空管制の難度指標を提案し単純な事例では管制官の近接認知とよく対応することが示されている。平成 28 年度は、平成 27 年度に実施した管制官による近接認知実験の結果の分析を推し進め、難度値と近接認知の閾値との関係を調べた。その結果、飛行経路上に針路を変更する軌道変更点がある場合に従来の計算方法を用いると、管制官の意思決定時刻 (接近等を回避するための何らかの指示発出を決めた時刻) などの認知的閾値とが必ずしも対応していなかった。その対策として、飛行計画を考慮し軌道変更点の情報を用いた簡単な追加計算により適切に対応づけられることを示した。



図 1. 4. 8 近接状況のレーダ模擬画面

□軌道最適化アルゴリズムの改良

平成 28 年度は、最短経路（大圏経路）を基に風を考慮した最適軌道を生成する軌道最適化ツールに運用制限を考慮できる機能を追加した。（図 1. 4. 9）最適化ツールの改修により新しいバージョンの機体性能モデルデータ（BADA:Base of Aircraft Data Version 4）の入力が可能となり、航空機の性能を厳密に考慮したより現実的な最適経路を生成できた。

また、航空機が飛行中に記録した飛行状態のデータを航空会社から提供してもらい、洋上運用の一種である動的飛行経路変更方式（DARP: Dynamic Airborne Reroute Procedure）による便益を実データから評価し、最適化ツールにより予測された軌道ベース運用による便益と比較しながら便益拡大の可能性を検討した。

DARP 運用を実現することによって全てのフライトに対して燃料消費を削減することができ、気象状況によって動的に水平経路を変更することによって飛行距離が多少変動しても燃料消費を削減できると推測した。

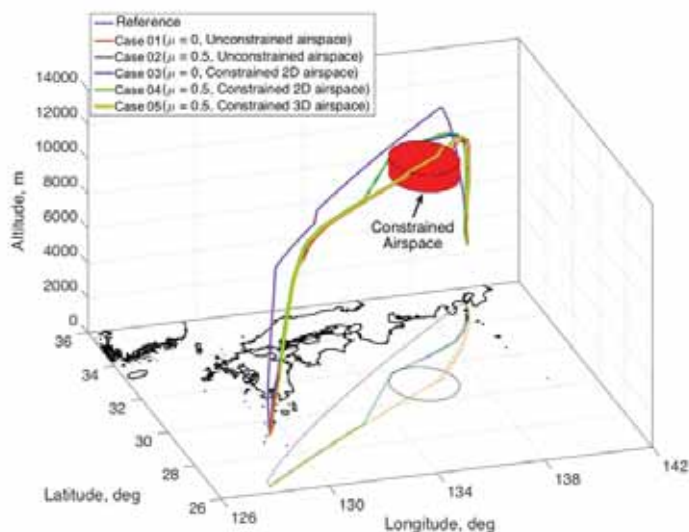


図 1. 4. 9 様々な運用制約を考慮した最適軌道の三次元飛行経路

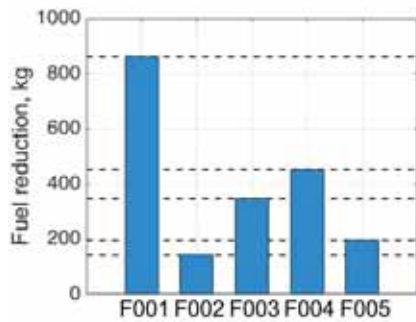


図 1. 4. 10 DARP 運用による燃料消費の削減量（比較対象：飛行計画経路）

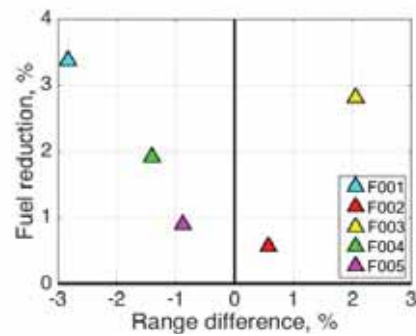


図 1. 4. 11 DARP 運用における飛行距離と燃料消費量のトレードオフ（比較対象：飛行計画経路）

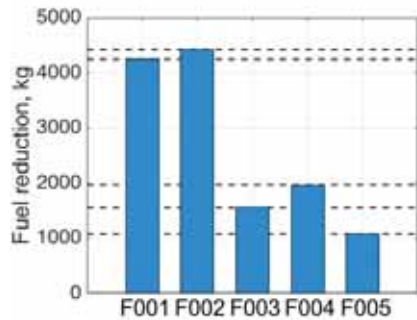


図 1. 4. 12 軌道最適化による燃料消費の削減量の拡大（比較対象：DARP 経路）

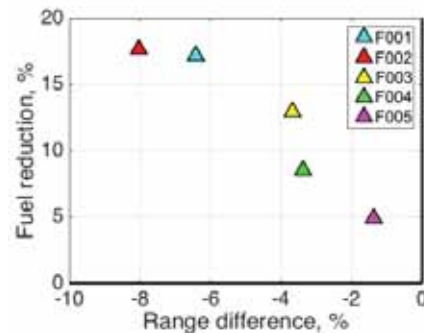


図 1. 4. 13 軌道最適化における飛行距離と燃料消費量のトレードオフ（比較対象：DARP 経路）

成果の公表

- Brown, M., Hirabayashi, H. : “An Analysis of ATM Resource Demand in Fukuoka FIR for 2030”, APISAT 2016, Toyama, Oct 2016.
- Hirabayashi, H. : PACOTS Traffic Flow Study, IPACG42, Sep 2016.
- Hirabayashi, H. : Traffic Analysis for Studying Expansion of High-Altitude UPRs Trial, IPACG42, Sep 2016.
- Nagaoka, S., Hirabayashi, H., Brown, M. : “Developing an Air Traffic Control Difficulty Index Using Aircraft Trajectory Information”, EURO 2016 (28th European Conference on Operational Research), Poznal, Poland, Jul 2016.
- 長岡、平林、ブラウン: “管制官の近接認知試行に基づく管制難度指標の一検討”, 電子情報通信学会 SANE 研究会/電子情報通信学会技術研究報告 SANE2016-xx, 2017 年 1 月.
- Hirabayashi, H., Brown, M., Nagaoka, S. : “Visualization of Airspace Complexity based on Air Traffic Control Difficulty”, ICAS 2016, Daejon, Korea, Sep 2016.
- Nagaoka, S., Hirabayashi, H., Brown, M. : “Method for Scale Parameter Determination of Air Traffic Control Difficulty Index Based on Survey Results of Controller’s Recognition for Aircraft Proximities”, APISAT 2016, Oct 2016.
- 樋口、田村、北詰、宮沢、ブラウン: “効率的な到着管理のためのFMSを利用した到着管理制御の検討”, 第54回飛行機シンポジウム, 富山、2016年10月.
- Y. Higuchi, N. Kitazume, T. Kozuka, K. Tamura, Y. Miyazawa, M. Brown: “Efficient Control of Arrival Time at a Congested Airport’s Terminal Area”, ICAS 2016, Daejon, Korea, Sep 2016.
- Y. Higuchi, K. Tamura, N. Kitazume, T. Kozuka, Y. Miyazawa, M. Brown: “Optimal Arrival Time Assignment and Control Analysis using Air Traffic Data for Tokyo International Airport”, AIAA Scitech 2017, Jan 2017.
- N. K. Wickramasinghe, K. Tamura, N. Kitazume, T. Kozuka, Y. Miyazawa, M. Brown: “軌道最適化による旅客定期便の運航性能評価”, 日本航空宇宙学会 第47期年会講演会, Apr 2016.
- S. Nagaoka, M. Brown: Analysis of Prediction Accuracy on Curved Paths Based on IDL Messages Using a Flight Management System (FMS) Simulator, Int’l Conf. of Space, Aeronautical and navigation Electronics (ICSANE) 2016/Proc. Of ICSANE2016, Nov 2016.

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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>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な堅牢な通信・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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p>	<p>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。</p> <p>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な堅牢な通信・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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p> <p>ー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(平成 26 年度～29 年度)では、マルチスタティックレーダー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、開発した MSPSR 実験システムを飛行実験機等による測位実験と検証を行い、MSPSR 監視導入に必要な要素技術の開発を行う。</p> <p>一次世代 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(平成 27 年度～31 年度)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</p>

		<p>は、次世代 SBAS のプロトタイプ開発及び次世代 GBAS のアルゴリズム開発並びに GBAS における SBAS 利用方式アルゴリズムの開発並びに宇宙天気情報利用により性能向上した方式の開発を行う。等</p>
--	--	---

○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

航空機の監視に使用されている一次監視レーダー（PSR：Primary Surveillance Radar）については、トランスポンダに頼らない監視手段であるため欠かすことのできない装置である。しかしながら、現在の PSR は維持管理コストが大きいため、安全性を確保した上で低コストで同等性能以上となる次世代 PSR が求められている。次世代 PSR としてマルチスタティックレーダー（MSPSR：Multi Static Primary Surveillance Radar）の検討が一部で始まっているが、こ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を導出する。
- MSPSR の導入に必要な要素技術の開発を行う。
- 受動型監視レーダーの監視性能評価手法を確立する。

平成 28 年度の研究内容

- 飛行実験による MSPSR 実験システムの性能測定およびマルチスタティック化のためのシステム改良
- 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 28 年度の研究成果

□飛行実験による MSPSR 実験システムの性能測定およびマルチスタティック化のためのシステム改良
 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によってレーダー局舎から離して設置した受信機に伝送し、受信機側の信号処理部でレーダー信号処理を行う。MSPSR 実験システムは、信号処理の一部を実装していないため、雑音等によってレーダーエコーの検出が困難な場合があるが、設計した通りにバイスタティックレーダーの原理に基づき受信機 1 台で動作することが確認できた。この設計を基本として、MSPSR 本来の目的である複数受信機で受信および信号処理が可能となるようにシステム改良を行った。

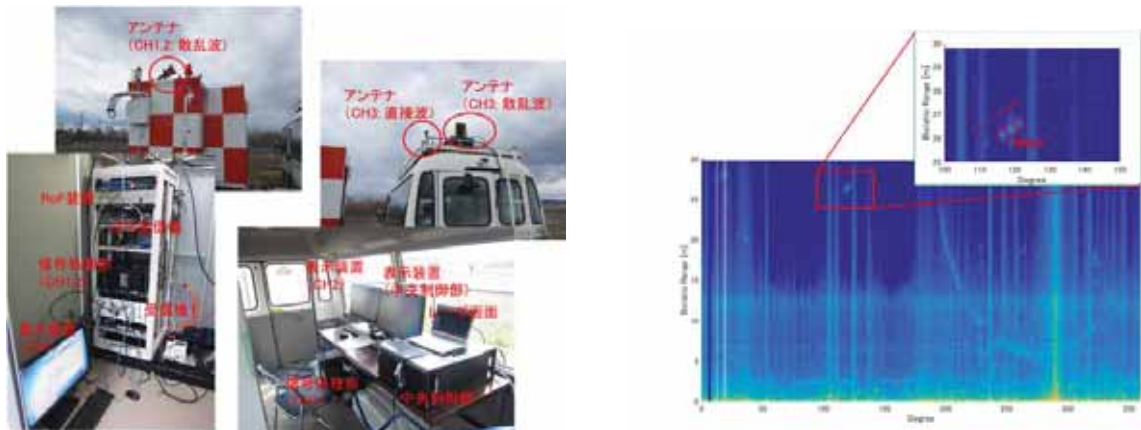


図 1. 4. 1 4 仙台空港内に設置した MSPSR 実験用システム(左図) 、
 実験システムによる航空機測位結果(右図)

□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

当研究所で開発した地上デジタル放送波信号（地デジ信号）を使ったパッシブレーダーは、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。取得した航空機位置の測位精度やレーダーとしての覆域について検証するために、航空機が自ら送信している ADS-B データ（位置データ）を使い取得データの検証を行った。図 1. 4. 15 に検証結果の一部を示す。この図では羽田空港を離陸した航空機が、最初に右旋回をするまでのデータとなっており、地デジ信号レーダーシステムで得られた航跡と ADS-B データに基づく航跡が一致していることを示している。これらの検証結果から、航空機からの反射信号は、受信アンテナの指向性内を飛行する航空機についてほぼ受信できることが明らかになった。しかしながら、航空機の姿勢が変化したとたんに（本図の場合は右旋回を開始した直後）に信号の検出が困難になることも同時に明らかになった。これは航空機の姿勢によってレーダーの受信強度が大きく変わることが原因と考えられる。現象の理論的な解釈のため、福岡工業大学との共同研究により数値計算および実測による検証を行った。

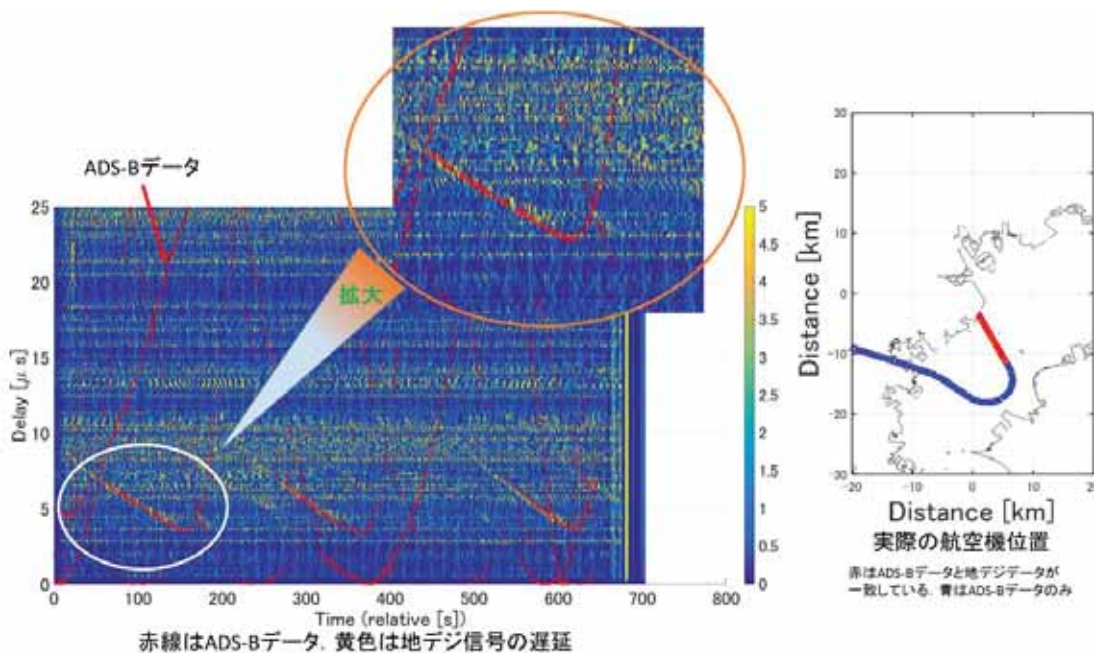


図 1. 4. 15 地デジ信号による航空機検出結果と、ADS-B 信号による測位精度検証

成果の公表

- IEEE AWPL 1 件
- ICAO SP/ASWG 4 件, SP/ASWG/TSG 2 件
- 海外学会発表 (ESAVS, ICEAA, ISAP, EuCAP, ICCEM) 5 件
- 電子情報通信学会等 3 件

○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 28 年度の研究内容

□次世代 SBAS のプロトタイプ開発 MC/MF 対応 SBAS (次世代 SBAS) のプロトタイプを開発する。

□次世代 GBAS のアルゴリズム開発 MC/MF 対応 GBAS (次世代 GBAS) のプロトタイプ開発に向けて、主要部分のアルゴリズムを設計・開発する。

□宇宙天気情報利用による性能向上方式の開発 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方式を開発する。

平成 28 年度の研究成果

□次世代 SBAS のプロトタイプ開発

次世代 GNSS については、関係各国による SBAS 相互運用性会議 (IWG: Interoperability Working Group) において新規格案がまとめられたところであり、これにもとづいてプロトタイプシステムの開発を行った。図 1. 4. 16 は開発したプロトタイプシステムの補正性能を評価した例であり、正常な補正情報が生成されていることを確認できる。

上記の新規格案については ICAO において国際標準化に向けた議論が開始されたところであり、今後各国による検証活動が行われる。本プロトタイプシステムはこうした活動に直接的に貢献できるツールといえるものであり、ICAO における議論にも活用する。

プロトタイプシステムの開発に際しては現用 SBAS の開発企業と共同研究を実施し、新規格案の解釈や未定部分の取扱いについて議論を共有し、今後の技術移転に備えた。

□次世代 GBAS のアルゴリズム開発

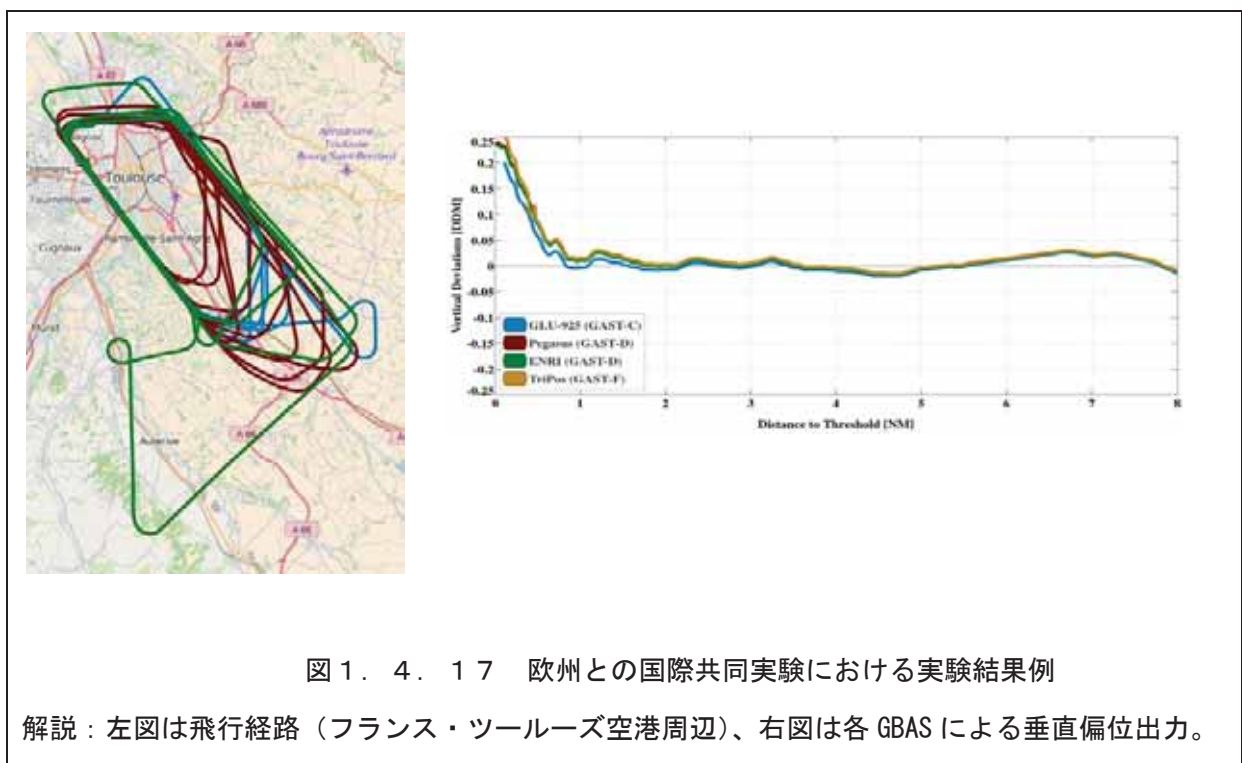
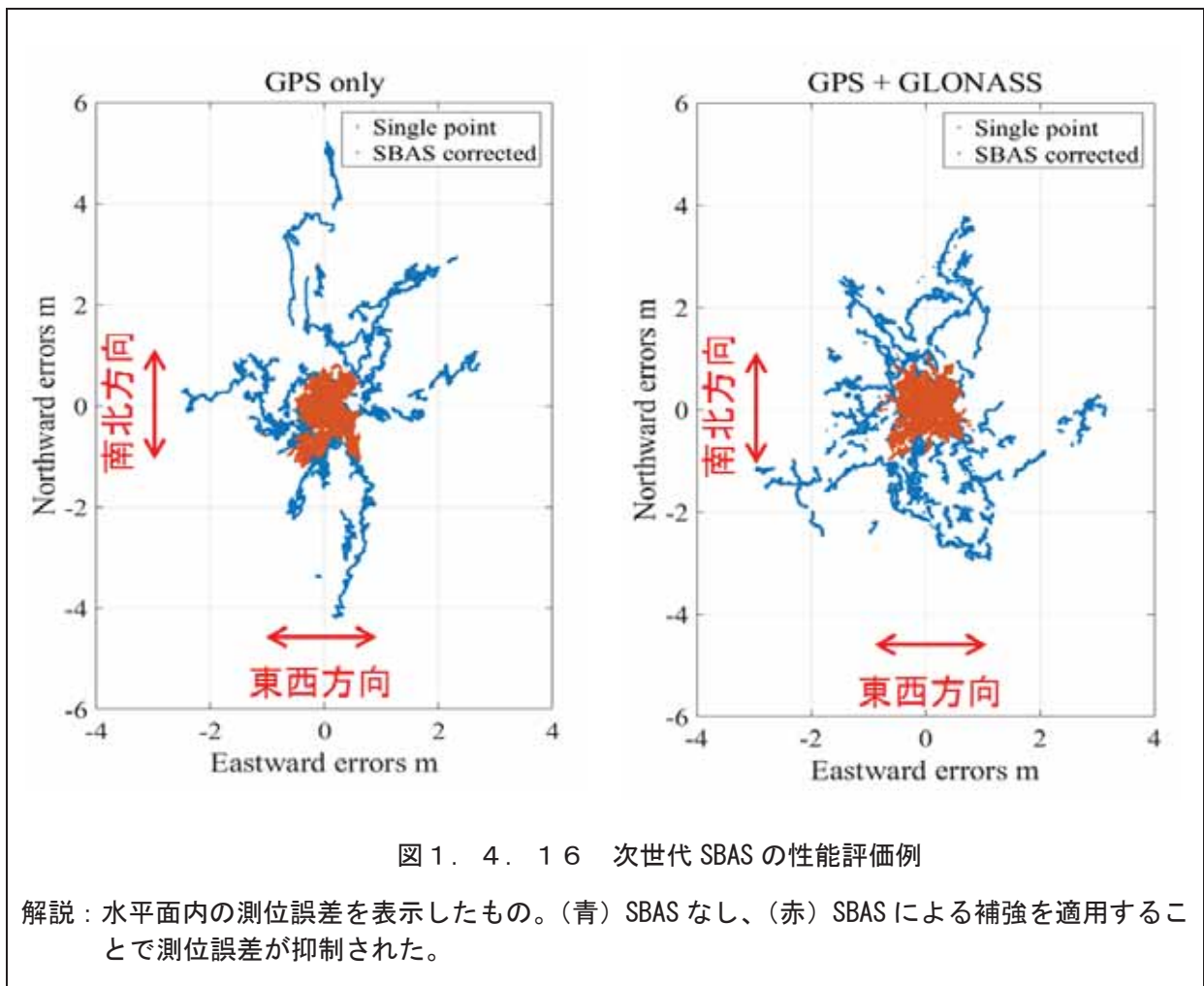
次世代 GBAS については、プロトタイプシステムの開発に向けて主要なアルゴリズムの設計を行った。また、欧州と国際共同実験を行い、欧州による次世代 GBAS プロトタイプの信号を収集した。図 1. 4. 17 はこの実験の様子であり、右のグラフは各国による GBAS の出力を比較した例である。本実験により収集した情報は、今後当研究所が開発するプロトタイプシステムとの比較検討に活用する。

□宇宙天気情報利用による性能向上方式の開発

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方式を検討した。宇宙天気の影響と宇宙天気情報の活用法をまとめた文書を作成し、ICAO 関係会議に提供した。また、ICAO ISTF (Ionospheric Study Task Force : 電離圏研究タスクフォース) においては議長を務め、関係各国との共同作業によりアジア太平洋地域で共通に利用可能な世界初の GBAS 電離圏脅威モデル (図 1. 4. 18) とともに SBAS 及び GBAS における電離圏脅威対策のためのガイダンス文書を策定した。

GBAS 等、航空無線機器によく使われている VHF 帯に大きな影響のある異常伝搬について分析を行い、無線機器に混信を及ぼすレベルの異常伝搬は珍しくないこと、また、台湾から広島に対して強い異常伝搬を生じる場合があることを確認した。

※電離圏脅威モデル : 補強システムが想定すべき最大レベルの電離圏擾乱



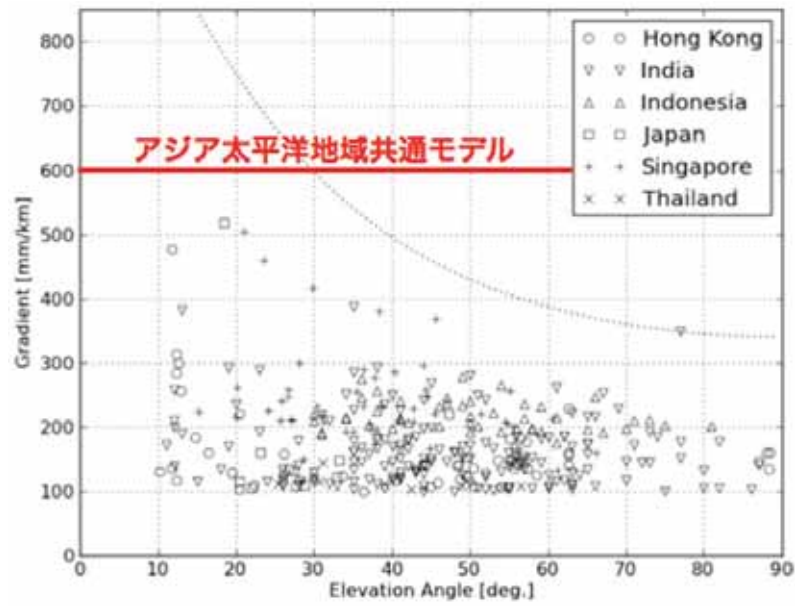


図1. 4. 18 アジア太平洋地域共通 GBAS 電離圏脅威モデル

解説：関係各国との共同作業により作成したアジア太平洋地域で共通に利用可能な GBAS 電離圏脅威モデル。ICAO ISTF にて当研究所の主導により策定した。

成果の公表

- ICAO NSP 7 件、APANPIRG 2 件、EASA/ICAO 最終進入シンポジウム 1 件
- SBAS IWG 2 件、GBAS IGWG 3 件、SESAR 関係 1 件
- 国際学会誌論文 1 件、GNSS 国際シンポジウム 1 件、その他国際学会 1 件
- 宇宙科学技術連合講演会 1 件、電子情報通信学会 1 件、その他国内学会 3 件

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研究開発

中長期目標	中長期計画	年度計画
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p> <p>—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（平成25年度～29年度）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、飛行実験の結果及び計算方法の検討結果をもとに、機上装置ソフトウェアの改良を行うとともに、フライトシミュレータによるGLS飛行検証を実施し進入方式の設計手法を再検証する。また、人間操縦モデルの拡張と改良を行う。</p> <p>—大規模空港への継続降下運航の運用拡大に関する研究（平成28年度～31年度）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</p>

		<p>に、CDO実施判断支援ツールを製作する。本年度は、CDOの現状分析・調査、エンルート部分のCDO実施判断支援ツールの作成、上昇・降下パスの検討を行う。等</p>
--	--	---

○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（Required Navigation Performance：定められた空域内での運航に必要な航法上における性能要件）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 28 年度の研究内容

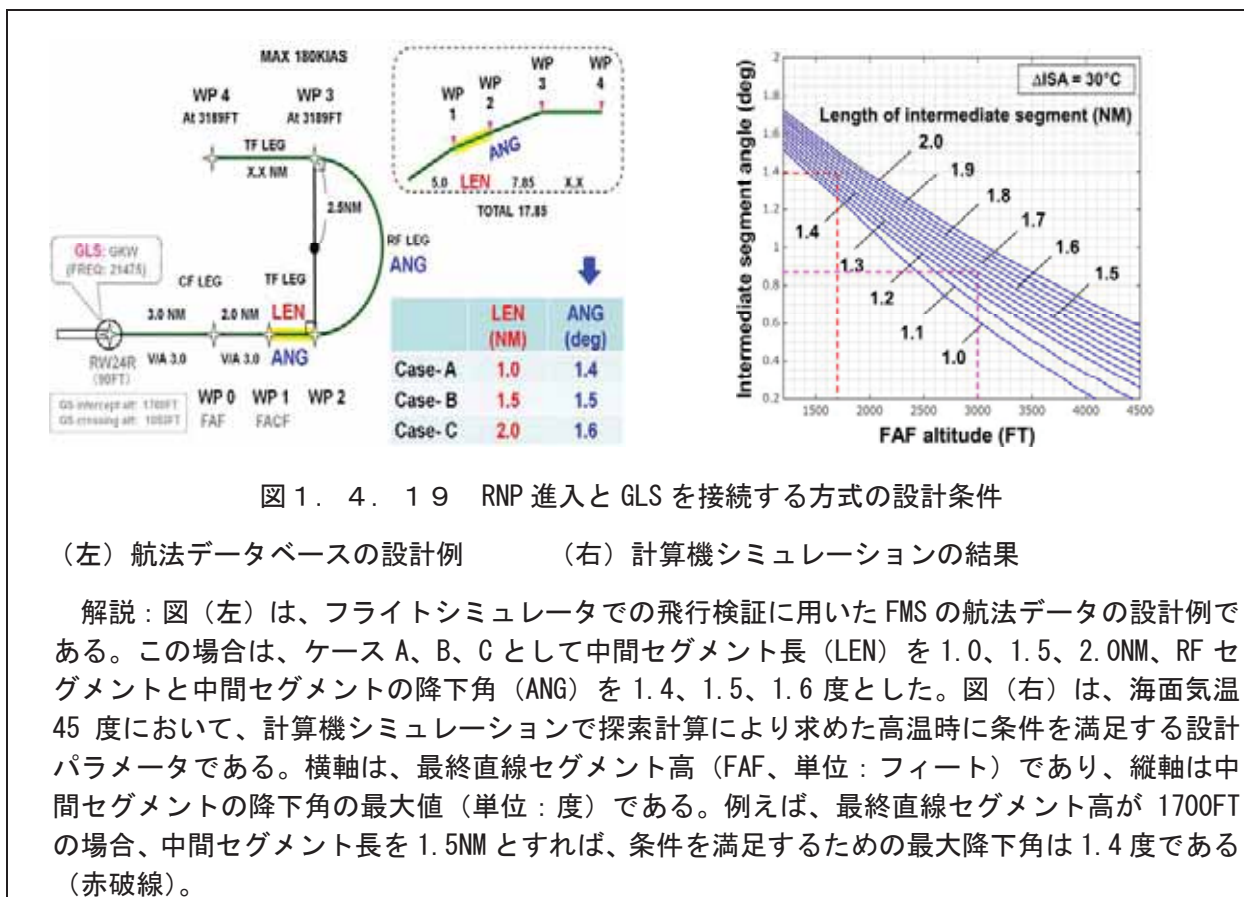
- フライトシミュレータによる RNP to GLS 方式設計手法の再検証
- TAP機上実験装置ソフトウェアの改良
- 人間操縦モデルの拡張と改良

平成 28 年度の研究成果

- RNP 進入と GLS 等を接続する飛行方式の検討

本研究では、航空会社の訓練用フルフライトシミュレータの GLS 機能を利用して、RNP to GLS 経路を設計し、飛行管理装置（FMS：Flight Management System）の航法データベースを作成して、RNP to GLS 飛行方式の設計手法を検討している。平成 27 年度までに、気圧高度計が気温の影響を受けるため、飛行高度がずれて最終進入経路区間に移行できない課題が抽出されていた。平成 28 年度は、平成 27 年度の結果をもとに、最終直線区間に移行する前に浅い降下角の区間（中間セグメント）を設定する方式設計手法の検討を実施した。自動操縦によるシミュレータによる検証実験の結果、中間セグメント長を 1.0 から 1.5NM とし、1.4 から 1.6 度の降下角を設定すれば、平成 27 年度に課題となった高温時（海面気温 45 度）においても、正常な移行が可能であることがわかった。また、上記の気温を超えた場合においても、パイロットが介入して手動操縦すれば基準通りに進入着陸可能であることを確認した。

計算機シミュレーションにより、高温時に仮定した条件を満足する設計条件を探索し、最終直線区間の高さや中間セグメントの長さ、降下角の関係を明らかにした（図 1. 4. 19 参照）。RNP to GLS 方式は、各国エアラインの期待が高い国際的な検討課題であり、国内においても曲線精密進入方式として導入に向けた検討が進んでいるため、適時な結果であった。



□TAP 機上実験装置ソフトウェアの改良

GLS では曲線的な進入コックパスなど現在の ILS より自由度の高い精密進入の実現が可能であり、実験用航空機を用いて、GBAS 地上装置から放送する TAP の設定手法を検討している。平成 28 年度は、平成 27 年度に開発した機上計算部を改良し、ピット表示部に TAP に対応した 3 次元経路表示（トンネル形状）を追加した。仙台空港に試験的に設定した研究用の曲線 TAP 経路を地上 GBAS 装置から放送し、当研究所実験用航空機の FMS にカスタム航法データを搭載し、仙台空港に設定されている既存の RNP 曲線経路に重ねて曲線進入を実施した。実験では、改良部分の動作確認を行うとともに、パイロットから意見聴取をおこなった。



解説：仙台空港で実施した TAP 評価の飛行実験時の画面出力。TAP に対応した経路偏移（マゼンタの三角形）、3次元経路（水色円形上）が表示されていることが確認できる。

□人間操縦モデルの拡張と改良

欧米を中心に GLS 運航が開始されたが、GLS 運航性能の限界が把握されていないため、進入着陸の障害物との離隔に関する国際基準では、現在の ILS と GLS 衝突確率モデルを同一としている。しかし、GLS の航法誤差は ILS と比べ極めて小さいことから離隔距離を短縮できる可能性が大きいと、飛行方式国際基準の改訂を目指した研究が期待されている。本研究では、GLS 進入の衝突確率モデルを確立するための乱数を用いたシミュレーションツールを開発する。平成 28 年度は、平成 27 年度までに開発した縦方向のパイロットの操縦モデルを横方向の操縦への拡張に取り組んだ。その結果、開発した操縦モデルのパラメータ変更のみで縦・横方向ともに人間パイロットの操縦が模擬できることがわかった。本研究は、国際学会で発表され、パイロットの操舵を精密にモデル化する新たな手法として評価されている。

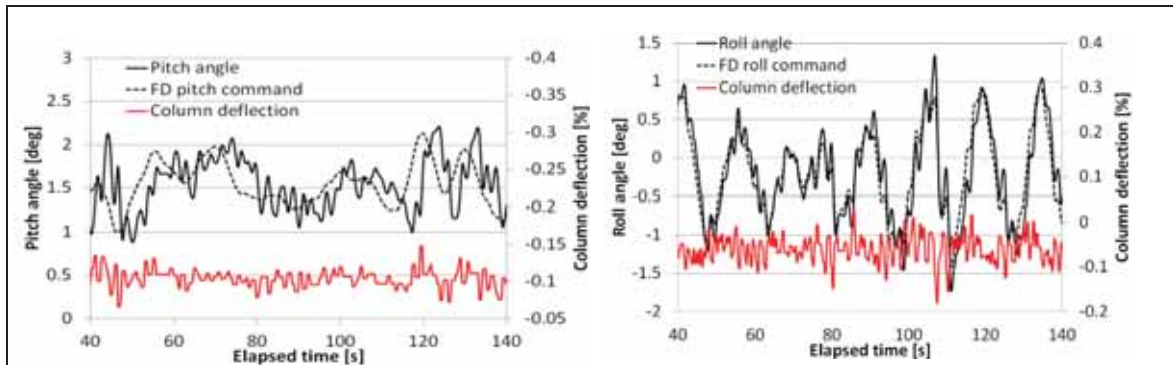


図 1. 4. 2 1 パイロットモデルの出力の例

(左) 縦方向の操縦

(右) 横方向の操縦

解説：縦方向と横方向とで、その挙動は異なるものの、パラメータが異なる同一モデルを使用することで、両者に対応できることがわかった。

成果の公表

国際学会 IEEE (1 件)、国際学会 ICAS (1 件)、ICAO 計器飛行方式パネル WG 会議 (1 件)、国際 GBAS WG 会議 (2 件)、ICAO 最終進入運航シンポジウム (1 件)、日本航空宇宙学会飛行機シンポジウム (1 件)、測位航法学会 GPS/GNSS シンポジウム (1 件)、電子航法研究所講演会 (1 件)、国内委員会 (4 件)

○大規模空港への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 28 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製作
- 上昇・降下パスの検討

平成 28 年度の研究成果

- CDO の現状分析・調査として、ヒューストンのジョージ・ブッシュ・インターコンチネンタル空港（KIAH）、ウィリアムホビー空港（KHOU）及び周辺空域の調査を行った。標準計器到着方式（STAR; Standard Instrument Arrival）での高度の設定範囲や速度を指定する地点など我が国の STAR とは大きく異なり運航者にとって制限の多いものであった。混雑空港で CDO を実施するには必要な制限であるが、航空機の運航効率や操作性の面で大きな変更となるので、我が国に適用させるためには、さらなる議論が必要となることがわかった。
- CDO 実施判断支援ツールの作成に着手し、初期的な到着管理のシミュレーションの前段階として交通流シナリオを作成し到着機の情報を整理した。
- 関西、鹿児島、那覇空港における降下パスを実際のレーダーデータ等から解析した。特に関西空港への降下パスについては CDO を実施していないときの水平飛行部分や CDO 実施時の各地点の高度・速度のばらつきについて調査した。一例を図 1. 4. 2 2 に示す。上昇パスについては、公募研究を実施することで横浜国立大学と連携し検討を開始した。

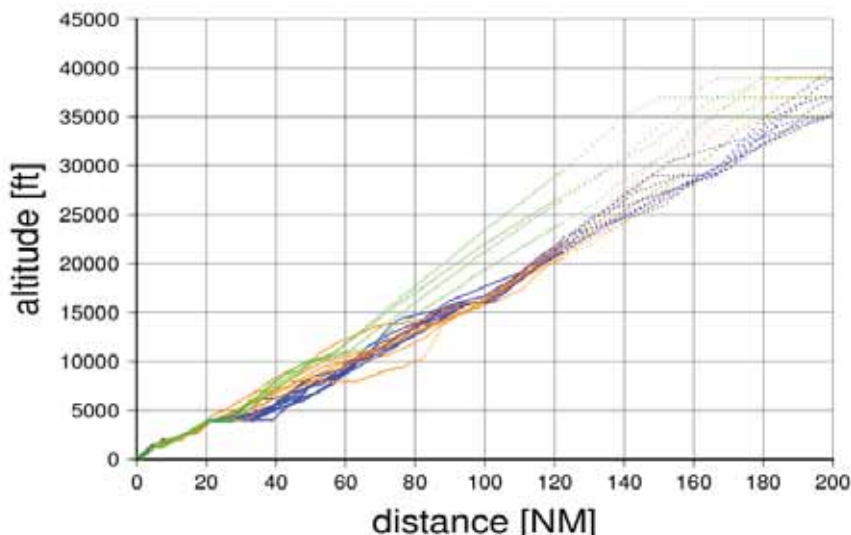


図 1. 4. 2 2 冬のある 1 日の南西方向（KARIN）から滑走路 24 への到着機の高度分布
緑色が CDO 実施機で、橙が CDO 実施可能時間帯の非実施機、青が CDO 実施不可能時間帯の到着機である。青は高度 29,000ft、16,000ft、4,000ft での燃料消費を増加させる水平飛行への移行が多いが、緑は水平飛行部分がほとんどない。橙は CDO は実施していないが交通量の少ない時間帯なので水平飛行部分は青よりは少ない。

また、フルフライトシミュレータを用い、CDO や制限付きの CDO の飛行を模擬した。図 1. 4. 2 2 と同様の経路を B777-200 (B772) と B737-800 (B738) でいろいろな降下を模擬した場合の各地点の対地速度を図 1. 4. 2 3 に高度を図 1. 4. 2 4 に示す。横軸は空港に向かう主要な地点である。なお、MAYAH が初期進入フィックス（IAF: Initial Approach Fix）で空港に一番近い点である。また、

これらのシミュレーションは全て同一の気象条件で行った。図に示すように機種等に応じて飛行高度等が大きく異なり航空管制上必要な航空機間隔を検討するためのデータが得られた。このデータはCDO実施判断支援ツール作成に必要なものであり、今後はデータを分析してツールのパラメータ設定に活用していく予定である。

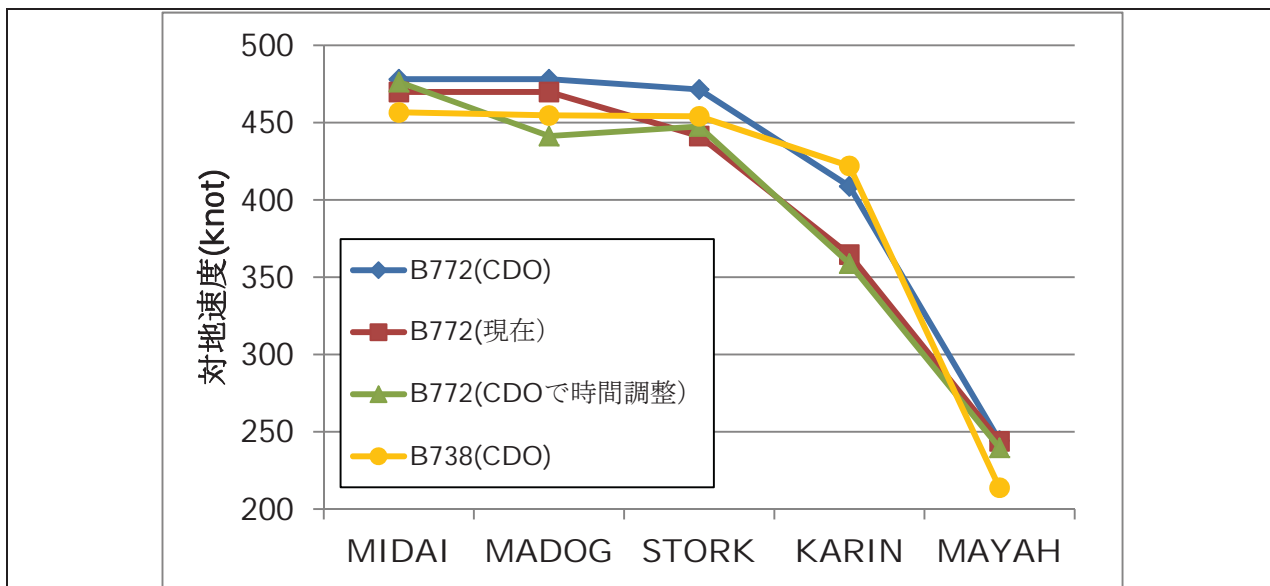


図 1. 4. 2 3 対地速度

CDO の場合、機種が異なると (B772:青と B738:黄) 速度が位置によって逆転することもあり、予測が難しい。さらに、現在の CDO でない運用 (赤) や、CDO であっても減速による時間調整を行っている場合 (緑) は各地点の速度が異なるため間隔設定のときに多めの間隔を確保する必要がある。また、CDO の速度は気象の影響をより大きく受けるため日によって通過速度が変わることとなる。

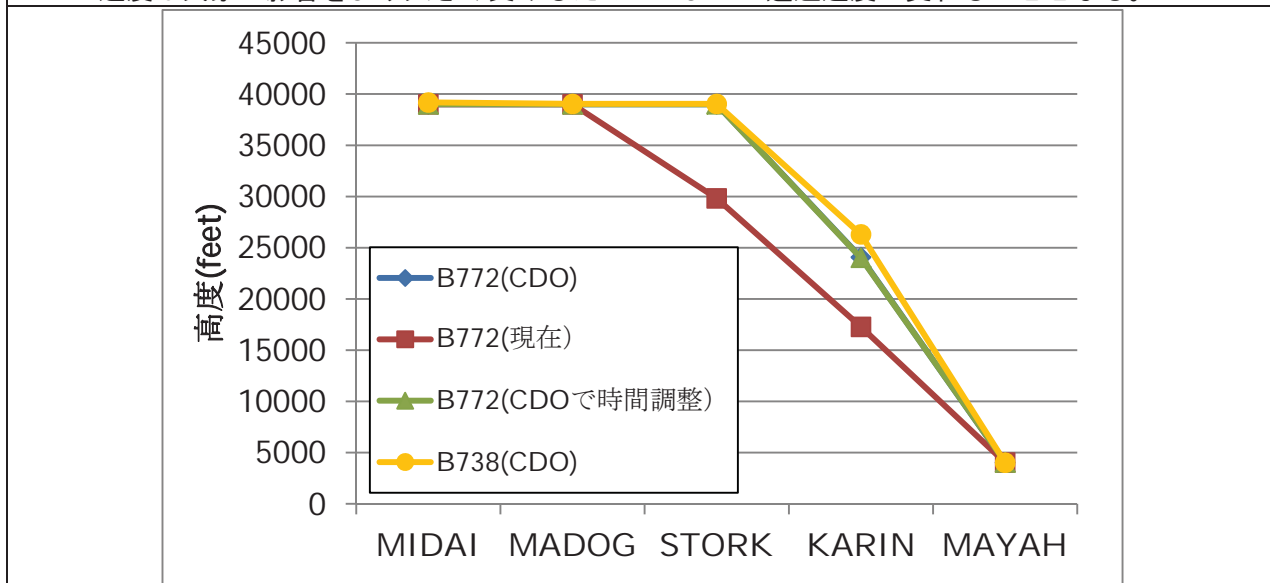


図 1. 4. 2 4 通過高度

CDO 機 (B772:青と B738:黄) は最大の性能で降下するため、移管地点である KARIN の高度が現在 (赤) の高度よりも高くなる。そのため現在は高度の交錯の可能性のない交差する出発経路との間隔確保を考慮することが必要となる。また、CDO の高度は気象の影響をより大きく受けるため日によって通過高度が大きく変わることとなる。

成果の公表

- 福島, 平林, 岡, 伊藤, ビクラマシンハ, “関西空港への継続降下運航 (CDO) の現状と改善点”, 第 16 回電子航法研究所研究発表会, 2016 年 6 月.
- 岡, 福田, 福島, 瀬之口, “高密度空域への CDO 導入拡大を目指した飛行時間変動幅の分析”, 第 54 回飛行機シンポジウム, 2016 年 11 月.

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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p> <p>一 空港面の交通状況に応じた交通管理手法に関する研究（平成26年度～29年度）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、空港面地上交通状況を把握・予測し、予測をもとに空港面交通管理手法のアルゴリズムを開発するとともに、手法の適用条件・手法の選択条件の検討を行う。等</p>

○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

成田空港における交通量の偏りは、空港レイアウトや滑走路使用状況、時間帯によって交通需要の変化によることから、空港特性に応じたより効率的で環境負荷が小さい空港面の交通（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。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開発及び手法の適用条件に関する提案を行うことにより、成田空港の効率的な運航に貢献することを目指す。成田空港における運航効率の向上は空港の国際競争力向上に寄与すると期待されている。

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 28 年度の研究内容

□交通状況の把握・予測

航空局や成田国際空港株式会社等から成田空港の航空機の地上走行に関する情報を取得してデータベースを作成し、交通状況の把握・予測を行う。

□シミュレーション検証

空港面の滞留の軽減を検討するため、出発便の滑走路入口（滑走路端）の離陸待ち時間への到着便の影響について当研究所で開発した空港面交通シミュレータを用いて、シミュレーションを行い滑走路端の離陸待ち時間やスポットでの待機時間等を推定する。

平成 28 年度の研究成果

□交通状況の把握・予測

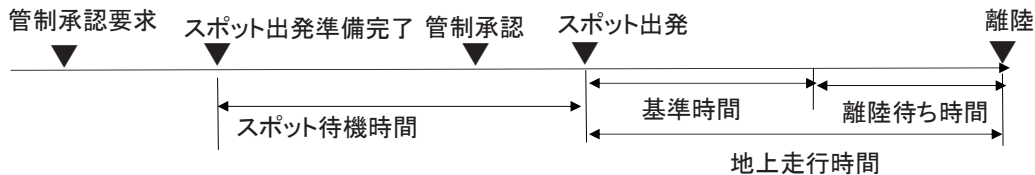


図 1. 4. 25 管制承認要求から離陸までの時間経過図

(図 1. 4. 25 の解説)

地上走行を把握するために、図 1. 4. 25 に管制承認要求から離陸までの時間経過について示す。パイロットはスポットを出発する前に管制官に対して管制承認要求を行い、出発の準備を行う。その後スポットを出発する準備が完了したら航空管制官へ報告し、航空管制官から管制承認を受けスポットを出発する。そして滑走路へ向けて地上走行して離陸する。航空管制官は、出発便の滑走路端の離陸待ち時間を軽減するために、スポットにて待機することにより地上の走行機数を抑制する場合がある。このようなスポットでの待機時間（スポット待機時間）をスポット出発準備完了時刻からスポット出発までの時間とする。また滑走路端の離陸待ち時間は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（各スポットと滑走路の組合せによってあらかじめ求めた走行時間）を超えた時間とする。

平成 28 年度はこれまでに実施してきた空港面交通の調査結果と現状を比較するため、航空局及び成田国際空港株式会社よりデータを頂き調査を継続した。その結果、最近導入された SPID（同時並行出発）が運用される日は 2 本の滑走路を効率的に使用できるため、空港面交通の円滑化に効果的であることがわかった。その一方で、天候等により SPID を運用していない日もみられ、この場合は増加した離着陸機数による滞留の障害が以前より大きく影響することもわかった。この研究ではこのような離陸待ちが増加している日に着目し対策を検討する必要があるとわかった。

走行機数の予測からスポット待機時間をスポット出発前の管制承認要求の時点で算出できるモデルの構築を目指し、管制承認要求時刻からスポット出発時刻まで関係について分析を進めた。

□滑走路端の離陸待ち時間への到着便の影響のシミュレーション検証

出発便が増便している状況で天候等により SPID 運用していない日は、夕方時間帯に長い滑走路（A 滑走路）に出発便が集中しているため、走行機数を抑制するようにスポット出発時刻を調整して滑走路端の離陸待ち時間を軽減している。平成 28 年度はこのような日に A 滑走路の出発便の滑走路端の離陸待ち時間への到着便の影響について検証するために、当研究所で開発した空港面交通シミュレータを用いて、現状を模擬した場合と到着便の一部を別の滑走路（B 滑走路）へ振り分ける仮定した場合についてシミュレーションを行い、出発便の滑走路端の離陸待ち時間等を比較した。

その結果、滑走路を振り分ける仮定の方がスポット待機時間と滑走路端の離陸待ち時間の和が軽減していることがわかった。これにより、スポット待機時間を現状並みにしつつ、滑走路端の離陸待ち時間が軽減できる、または、滑走路端の離陸待ち時間を現状並みにしつつスポット待機時間が軽減できる可能性を示すことができた。

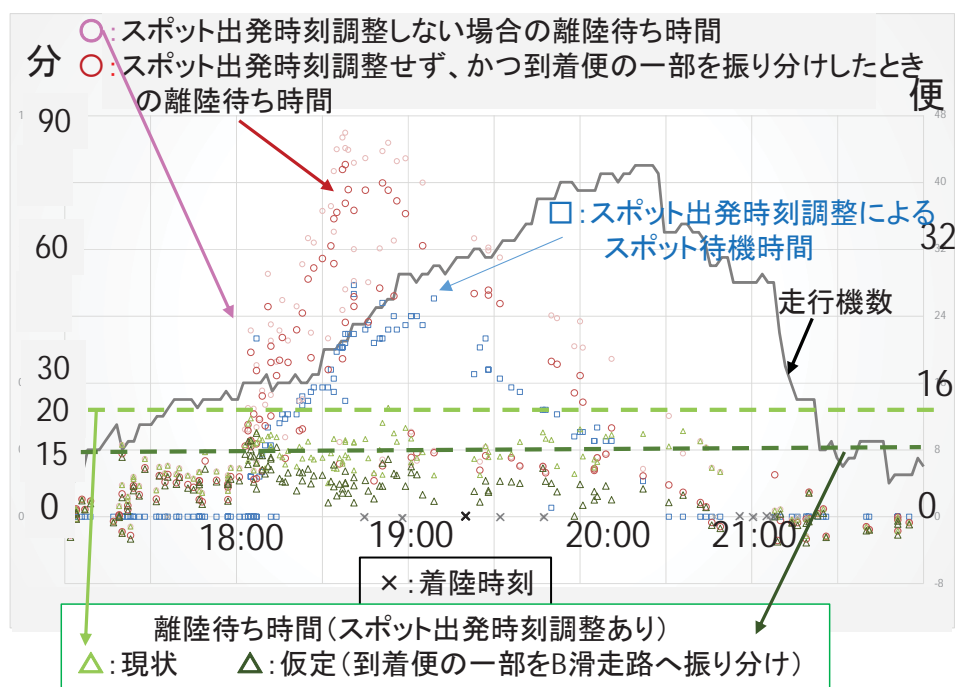


図 1. 4. 26 到着便の滑走路振り分けによる出発便の滑走路端の離陸待ち時間への影響のシミュレーション検証

(図 1. 4. 26 の解説)

図 1. 4. 26 に 17:00 から 22:00 までの時間に A 滑走路で離陸する出発便を対象に、シミュレーション比較結果を示す。

現状を模擬した場合は、各出発便のスポット待機時間は□で、滑走路端の離陸待ち時間は△で示す。スポット出発準備完了時刻にスポット待機せず、スポットを出発すると仮定した場合(スポット出発時刻調整をしない場合)、出発便の走行機数を折れ線で、滑走路端の離陸待ち時間を○で示す。

次に A 滑走路へ着陸する便のうち以下の 2 つの条件を満たす便を到着便が多い B 滑走路へ振り分けるといふ仮定をした場合のシミュレーションを行った。

(1) B 滑走路に着陸可能な型式

(2) もとものの B 滑走路到着便の着陸時刻は変更せず、これらの便との間隔が設定できる A 滑走路の到着便のみ B 滑走路へ振り分ける。振り分ける到着便の着陸時刻を変更する場合は +2 分未満とする。

A 滑走路への着陸時刻を×印で示している。太字の×印は振り分けできなかった便の着陸時刻を示す。

出発便は現状と同じスポット待機をしつつ、到着便のうち条件にあう便を振り分けるといふ仮定をした場合、各出発便の滑走路端の離陸待ち時間は△となった。現状を模擬した場合の滑走路端の離陸待ち時間(△)は概ね 20 分(黄緑色の点線)以下に収まっているが、仮定の場合の滑走路端の離陸待ち時間(△)は概ね 15 分(緑色の点線)以下となり軽減されていることがわかる。

条件にあう到着便を振り分け、かつスポット出発準備完了時刻にスポットを出発すると仮定した場合、各出発便の滑走路端の離陸待ち時間は○となった。スポット出発時刻調整なしの場合の○と比較して、到着便の振り分けする仮定により離陸待ち時間が軽減していることがわかる。これまでの研究結果から、スポット出発時刻調整をしているときのスポット待機時間と滑走路端の離陸待ち時間の和は、スポット出発時刻調整をしない場合の離陸待ち時間に相当するので、到着便の一部を振り分ける仮定により、スポット待機時間と滑走路端の離陸待ち時間の和が軽減していることを示している。

成果の公表

□山田他：“成田空港における出発便の走行機数調整のシミュレーション検証”、平成 28 年度(第 16 回)電子航法研究所研究発表会講演概要、pp. 5-10、2016 年 6 月

□山田：“成田空港における空港面交通シミュレーション”、日本航空との意見交換会資料、2016 年 7 月

□山田：“成田空港における出発便の走行機数調整のシミュレーション検証”、航空無線第 89 号、pp. 8-14、2016 年 9 月

□山田他：“空港面の航空機位置情報およびスポット出発時刻情報を用いた離陸時刻の予測に関する検討”、第 54 回飛行機シンポジウム講演集、1B14、JSASS-2016-5018、2016 年 10 月

□青山：“空港面の交通流と空港舗装～空港面の交通流～”、平成 28 年度電子航法研究所講演会資料、2016 年 11 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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> －空港面と近傍空域のシームレスな全機監視方式の研究（平成27年度～30年度）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、モードA/C機監視機能の実環境基礎評価及びADS-Bデータの位置検証監視機能の評価を行う。等 －空港面異物監視システムの研究（平成26年度～28年度）では、滑走路等の航空機が高速で移動するエリアにおいて、事故を引き起こす恐れのある異物の有無を検知し、滑走路状態を監視するシステムを開発するとともに、得られた成果によりEUROCAE（欧州民間航空用装置製造業者機構）等の国際標準規格策定作業に貢献する。本年度は、異物の特徴を抽出するアルゴリズムを構築し、異物監視システムのフィールド試験と評価を行い、本研究の成果をまとめる。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（マルチラレーション）：信号の到達時刻差から航空機を測位する監視技術」が普及しつつある。研究所では、この監視技術で課題とされていた空港内エプロン近傍等で多く見られる信号干渉に強く、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. 27に示す。受信信号を直接光伝送する方式や、干渉による信号歪みの影響を受けにくい信号処理方式など、従来型のマルチラ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. 28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。

しかし、空港周辺を飛行する航空機には、旅客機等へ搭載を義務化されているモード 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、監視センサーはモード A/C 機への対応が不可欠である。特に、モード A/C 機で課題とされている、航空機識別の困難さを克服するモード A/C 機対応マルチラレーションの開発・評価を中心に行う。

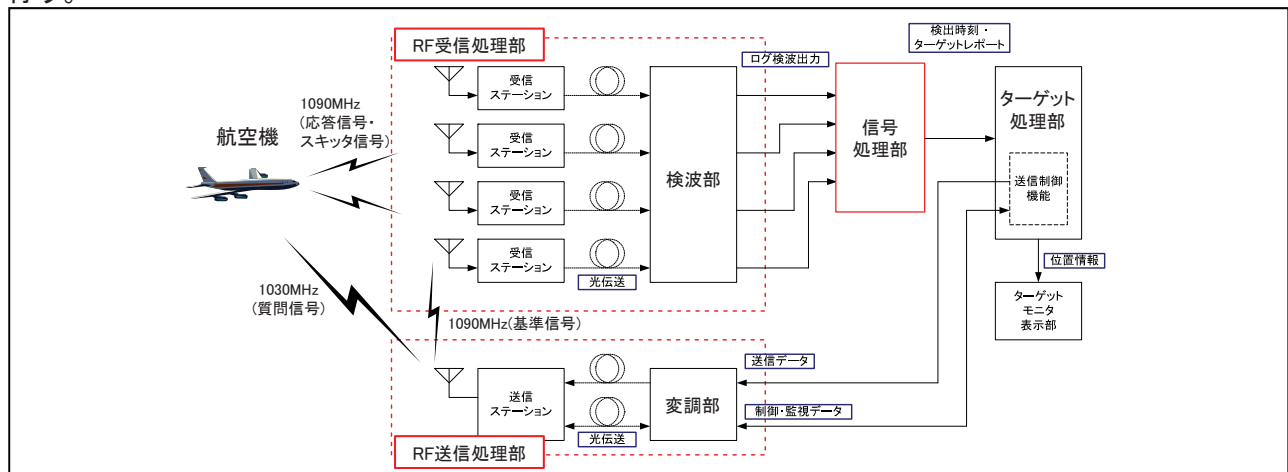


図 1. 4. 27 OCTPASS 装置の構成概要



図 1. 4. 28 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 機監視を実現する（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 質問機能を実現する。
- ADS-B データの位置検証監視機能の技術提案する。

平成 28 年度の研究内容

マルチラレーションは、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識別符号（ビーコンコード）や気圧高度情報の取得を確実に行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(距離計測)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. 29)。レンジングによる楕円測位を行うと、空港内のみならず空港周辺への監視範囲の拡大が可能となる。

マルチラ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。平成 27 年度までに、OCTPASS 装置のモード A/C 信号対応化を実施しており、平成 28 年度は主にその基礎的な性能を評価した。具体的には、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を行っており、仙台空港周辺という実環境においてモード A/C 機のデータを取得してそれらの動作検証を行った。

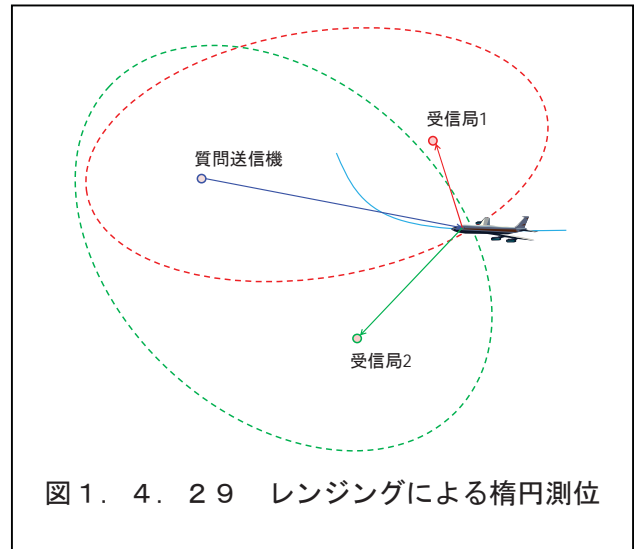


図 1. 4. 29 レンジングによる楕円測位

平成 28 年度の研究成果

モード A/C 信号は、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、有視界飛行方式(VFR: Visual Flight Rules)で飛行中の航空機などが用いるモード A ファミリービーコンコード(FBC)は、同じ空域内に同一ビーコンコードを用いた複数の航空機が存在することがあり、従来型マルチラレーションでは、それらの識別が課題となっていた。受信信号を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。

図 1. 4. 30 に FBC「1200」で飛行する航空機を検出し、受動測位をした航跡例を示す。従来型マルチラレーションでは同一送信元のデータとしてグループ化することが出来なかった FBC の航空機において、飛行航跡が得られることを確認した。しかしながら、信号数が多く、測位エラーも散見されており、これについては引き続き改善が必要である。

送信機側のモード A/C 対応については、送信制御機能の改修を実施し、光ファイバー技術を応用することにより 1 台の制御処理部に接続された複数の送信機を同時制御する機能を実装した。これにより、目的とするレンジングによる楕円測位が可能であることを確認した。

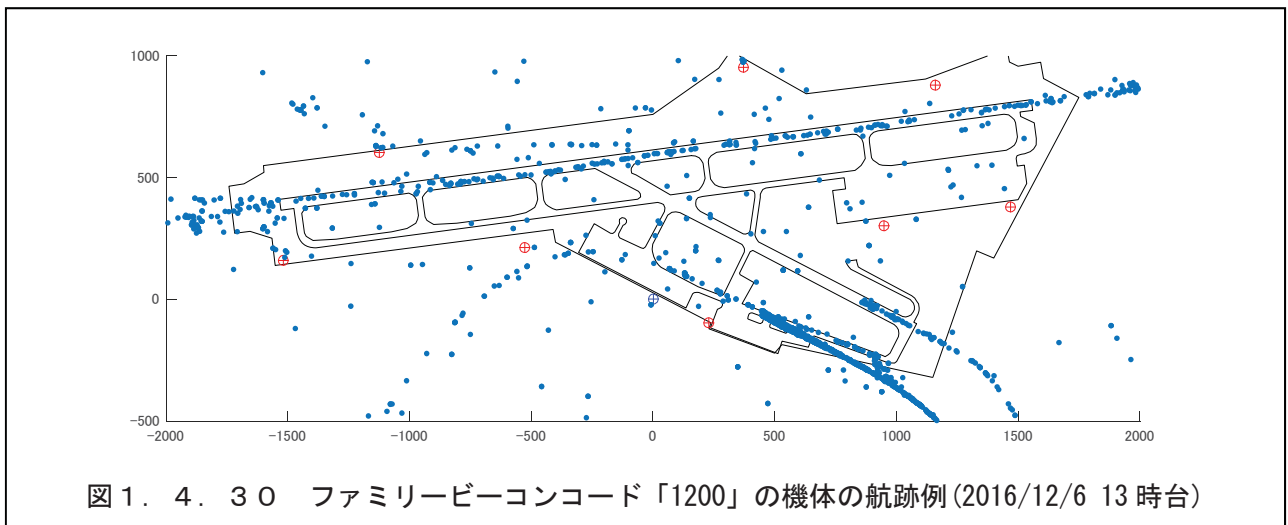


図 1. 4. 30 ファミリービーコンコード「1200」の機体の航跡例(2016/12/6 13 時台)

成果の公表

- 計測自動制御学会 学会誌
- 将来の航空交通システムに関する長期ビジョン ATM 検討 WG 監視アドホック 1 会合
- 応用物理学会 関西支部セミナー

○空港面異物監視システムの研究

研究の背景

2000年のコンコルドの事故以来、空港面の安全確保のため、滑走路等の異物（FOD：Foreign Object Debris）検知システムのニーズは非常に高くなっている。その他にも、現状の作業員による定時目視点検に加えて、バードストライクなどの突発的な事象に対して、年間100回を超える臨時点検を行っており、異物の除去や滑走路の安全確認までに時間を要している。この間、滑走路の離着陸を制限することから、空港の実際の処理能力を低下させる要因となっている。このような背景の下、空港面の状態監視のためのシステムを目指した機能向上への要望が高くなってきている。

また、国際的に欧州を中心として、産学官の専門家によって空港面異物検出システムの規格化が進められている。この規格には、日本の空港事情に合致した要件を反映させる必要があるため、規格化作業へ当研究所のような公的機関等の参画が求められている。

研究目標

- 異物を検出するために必要となるレーダー・高感度カメラ連動型ハイブリッドセンサーシステムを開発する。
- 2種のセンサー情報を元に異物の特徴抽出、滑走路の状態を判定する警報生成アルゴリズムを開発する。
- 既存光ファイバーを用いた信号転送・データ転送の共存を可能とするアナログ・デジタル混在型光ファイバー無線システムを開発する。

平成28年度の研究内容

- FOD特徴抽出アルゴリズムの構築
- FOD監視システムのフィールドテストと評価
- まとめ

平成28年度の研究成果

- FOD特徴抽出アルゴリズムの構築

成田空港に設置した光ファイバー接続型ミリ波レーダーに対して高感度カメラを併設した。また、レーダーデータの履歴をもとに新たに検出された物体を判定し、検出された位置座標をもとに自動的にカメラで追跡、撮影する機能を構築した。これにより、レーダーで検出した場所の広角や望遠画像を撮影することに成功した。

また、国際規格においては、航空機や車両等の通常運用時に制限区域に進入する移動体で警報を発生しないことが要求されていることから、誤警報抑制のための深層学習を用いた画像分析アルゴリズムを開発した。仙台空港に長期設置されたカメラで空港内に存在する様々な航空機、車両の画像を取得し、その約9000サンプルを用いて画像の学習を行った。その学習結果を用いて、新規の画像200枚を分析したところ、航空機100%、車両98%の識別率を達成した。昼間に取得された画像であれば、航空機、車両を識別し、センサーがそれらに反応した誤警報を除去できる性能を示した。本機能を実装することで、他のシステムには無い新機能を実現することができ、国際的にも高い競争力が見込まれる。

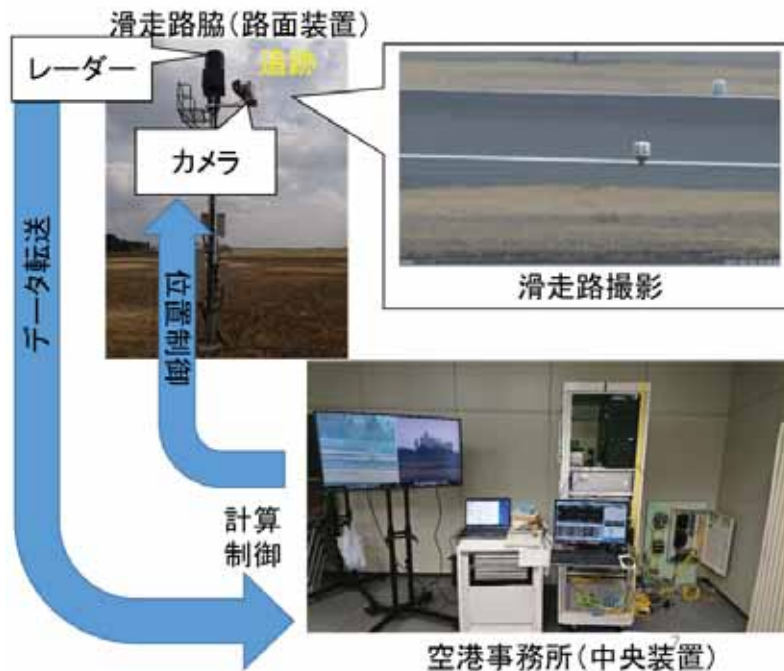


図1. 4. 31 成田空港に設置した滑走路異物検知システム外観

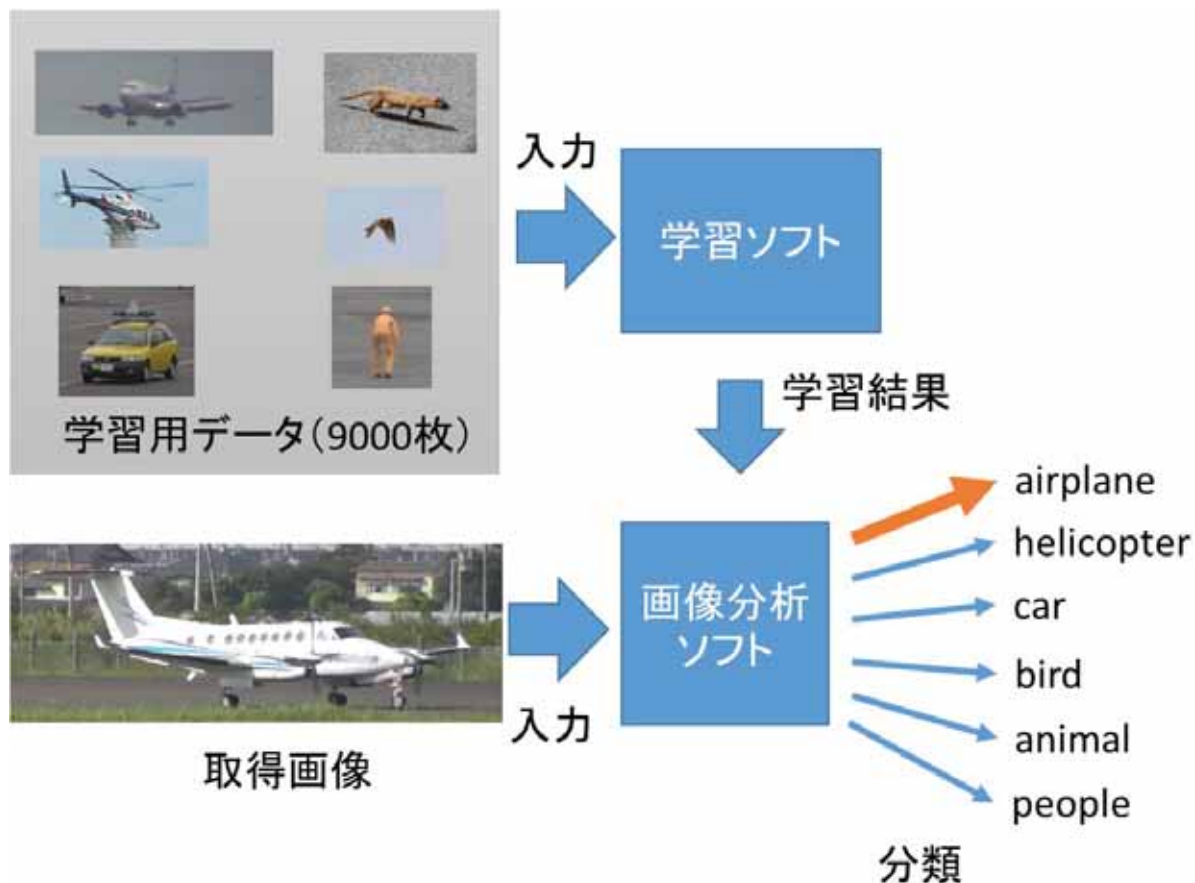


図 1. 4. 3 2 画像分析アルゴリズムの概要

□FOD 監視システムのフィールドテストと評価

成田空港においてハイブリッドセンサーシステムを用いた性能試験を行った。異物サンプルを用いてレーダーにて検出性能を評価したところ、約 450m の位置で 1 インチ大の金属片が電力比 10 倍の信号対雑音比で検出できることが確認された。自動撮影機能についてはレーダーで異物と判定された位置に対して 1 秒未満でピンポイントに撮影できることが確認された。撮像性能としては、夜間で照明が無い部分に配置された 1 インチ大の金属片が 350m で撮影できることが示された。

高感度カメラ自身の夜間における静止状態での撮像能力は 400m 離れた M4 ボルト (ネジの頭の直径約 8mm) を明瞭に識別できる能力がある。しかし、自動的にカメラで追跡、撮影する動作に伴い、設置された金属電柱上に配置されたカメラが高速に移動することで、わずかな振動が発生する。このとき、広角では問題のないレベルの画像の揺れが、望遠画像を取得する場合には画角に対して無視できない振動となる。よって、明瞭な画像が得られないため、撮像性能が十分に発揮できないことが分かった。今後はこれらの調整を行い、検出能力のさらなる向上を目指す。



標準反射体 (小、中、大) の撮影例



標準反射体 (小) のレーダーデータに基づく撮影

図 1. 4. 3 3 深夜の成田空港における接続試験の物体検出・撮影結果

□まとめ

平成 26 年度から 3 か年で実施した本研究においては、仙台空港にてセンサー単体の検知性能の基礎試験、成田空港にてハイブリッドセンサーシステムの総合性能を評価した。研究開始当初に目標設定したシステム性能（滑走路から離れた位置にセンサーを配置し、異物発生から 10 秒程度で検出、カメラで撮像）は達成できた。特に、検出時間は他のシステムに比べて 6 分の 1 程度となり高い国際競争力を有する。本システムは、鉄道など航空以外への応用も期待されており各種評価試験が実施されている。

また、金属物体に対しては十分な検知性能を有するが、鳥の死骸など非金属物体や、単純形状物体に対して検知率が低下する事象が新たに確認された。また、カメラについては夜間の撮像能力の改善が必要なことも確認された。今後は、関連する研究において、これらの新たな課題の解決に向けた検討を行う。

成果の公表

- ニッ森俊一、柴垣 信彦、森岡 和行、河村 暁子、岡田 国雄、米本 成人、「滑走路異物探知用ミリ波レーダシステムの実証実験」、平成 28 年度電子航法研究所研究発表会講演概要, pp. 61-64、2016 年 6 月
- 米本成人、「光ファイバー無線を活用したレーダー、通信システムの研究開発」、平成 28 年度第 2 回エイトラムダフォーラム、2016 年 7 月
- ニッ森俊一、森岡和行、河村暁子、岡田国雄、宮崎則彦、坂本信弘、米本成人、「空港環境における光ファイバ接続型 96 GHz 帯広帯域 FMCW ミリ波レーダの距離分解能特性評価」、信学技報, vol. 116, no. 156, MWP2016-28, pp. 111-115, 2016 年 7 月
- Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, Akiko Kohmura, Kunio Okada, Naruto Yonemoto, “Detection Characteristic Evaluations Of Optically-Connected Wideband 96 GHz Millimeter-Wave Radar For Airport Surface Foreign Object Debris Detection,” 41th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz waves (IRMMW-THz2016), H5P.17.05, Copenhagen, Denmark, 25-30 September 2016
- Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, Akiko Kohmura, Kunio Okada, Naruto Yonemoto, “Design and Field Feasibility Evaluation of Distributed-Type 96 GHz FMCW Millimeter-Wave Radar Based on Radio-over-Fiber and Optical Frequency Multiplier,” IEEE Journal of Lightwave Technology, pp. 4835-4843, Volume: 34, Issue: 20, Oct.15, 2016
- Akiko Kohmura, Naruto Yonemoto, Shunichi Futatsumori and Kazuyuki Morioka, “Prototype Measurement of Active Reflectarray Antenna using a Diode Grid in the W-band,” 2016 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), 20435, Okinawa, Japan, 24-28 Oct. 2016
- Shunichi Futatsumori, K. Morioka, A. Kohmura, K. Okada, N. Miyazaki, N. Sakamoto, N. Yonemoto, “Range Resolution Evaluation of Optically-Connected 96 GHz Wideband Frequency-Modulated Continuous Wave Millimeter-Wave Radar at Airport Runway,” 2016 IEEE International Topical Meeting on Microwave Photonics (MWP), TuM1.6, Long Beach, CA, USA, 31 Oct.-3 Nov. 2016
- Shunichi Futatsumori, “Foreign Object Debris Detection Radio-over-Fiber Radar for Runway Safety,” -Workshop on Convergence of Radio and Optical Technologies for Transportation Infrastructure and other Broadband Applications-, 2016 IEEE International Topical Meeting on Microwave Photonics (MWP), Nov. 2016
- ニッ森俊一、「滑走路異物監視システムの研究開発」、平成 28 年度電子航法研究所講演会 2016 年 1 月
- 米本成人、「ファイバー無線を用いたミリ波レーダーシステム」、第 5 回集積光デバイスと応用技術時限研究専門委員会研究会 (IPDA)、2016 年 11 月
- 米本成人、「光ファイバー無線 (RoF) を活用した 90GHz 帯レーダー、通信システムの研究開発」、応用物理学学会関西支部セミナー、2017 年 1 月
- ニッ森俊一、「ミリ波レーダを用いた滑走路異物監視システムの研究開発」、航空振興財団航法小委員会、2017 年 2 月

研究開発課題 (3) 機上情報の活用による航空交通の最適化

研究テーマ 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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p> <p>—航空路監視技術高度化の研究（平成25年～28年度）では、我が国に今後導入される高度な管制運用方式において必要となる監視技術の確立を図るため、WAM（広域マルチラレーション）やADS-B（放送型自動位置情報伝送・監視機能）等の新しい監視技術を航空路監視に導入する際に課題となる沿岸空域への覆域拡張や、電波環境を配慮した空地データリンクを実現する技術を開発する。本年度は、製作した高利得セクタ型アンテナの覆域拡張に関する性能試験を行うとともに、機上・地上間での情報共有の実現に資することが期待されるWAM/ADS-BによるモードSデータリンクの性能試験を実施検証し、本研究の成果をまとめる。等</p>

○航空路監視技術高度化の研究

研究の背景

今後の航空交通管理（ATM）の運用概念として軌道ベース運用（TBO）が位置づけられており、TBOを実現するには、シームレス（継ぎ目のない）かつ高性能（高頻度・高精度）な航空機監視が要求されている。このため、将来の航空機監視システムとしては、衛星航法システムからの測位信号を活用した、現用の二次監視レーダー（SSR：Secondary Surveillance Radar）より高い性能を実現できる、放送型自動位置情報伝送・監視機能（ADS-B：Automatic Dependent Surveillance-Broadcast）の導入が計画されている。

このADS-Bは、航空機側への装置搭載が必要であり、管制業務における監視ツールとして運用を開始

するには相応の期間を要する。加えて、監視データの脆弱性が指摘されており、データの信憑性検証等の脆弱性対策も必要である。一方、広域マルチラテレーション（WAM：Wide Area Multilateration）は、信号の到達時刻差から航空機を測位する監視技術であり、前述した ADS-B の導入に際して指摘されている課題を解決可能とする。WAM は、SSR 及び ADS-B 両方の信号から測位できるため、ADS-B と共用（同時運用）可能なことから、運用開始までの移行システムとして適している。また、運用開始後は監視データの検証システムとしても利用できる。

しかしながら、我が国の航空路監視に WAM を適用する場合、海岸線沖合の覆域を現用 SSR 並みに確保することは、既存 WAM 技術では困難である。更には、WAM による即時性の高いモード S データリンクの実現も要求される。航空サービスは基礎的な社会インフラであり、我が国の経済発展を踏まえて、量的な拡大や質的な向上が求められており、これらの課題解決に向けて研究開発が必要とされている。

研究目標

□海岸線沖合エリアの覆域拡張（WAM/ADS-B 用高利得セクタ型アンテナの開発）

WAM：覆域 200NM 以上、ADS-B：覆域 250NM 以上

□WAM によるモード S データリンクの検証

ICAO 技術マニュアルへの検証結果の反映

平成 28 年度の研究内容

最終年度である平成 28 年度は、これまでに構築した WAM/ADS-B 実験システムを利用して、

□高利得セクタ型アンテナの覆域拡大に関する性能試験

□WAM/ADS-B によるモード S データリンクの性能試験

を実施・検証する。

平成 28 年度の研究成果

□高利得セクタ型アンテナの覆域拡大に関する性能試験

WAM/ADS-B では一般的に、受信局用のアンテナに（全ての方向からの信号を検出する）無指向型が利用される。航空路監視に WAM/ADS-B を適用する場合、遠方の航空機から送信される微弱な信号を検出することが必要なため、通常は無指向型ではアンテナ性能（利得）が不足する。加えて、監視覆域の拡大を行えば、検出される信号数が増大し、信号干渉（混信）が多発することから、システム性能の低下を招く。これらの課題に対処するには、アンテナの信号検出方向を分割すると同時に利得が向上する、受信局アンテナのセクタ化が有効である。このような背景から本研究では、高利得セクタ型アンテナの開発・評価を進めた。図 1. 4. 3 4 に、WAM/ADS-B 実験システムの受信局配置を示す。電子航法研究所（調布）と鹿野山（千葉県君津市）の 2 サイトに高利得セクタ型アンテナを設置し、性能試験の対象覆域を関東及び東海地方の沖合沿岸エリアに設定した。

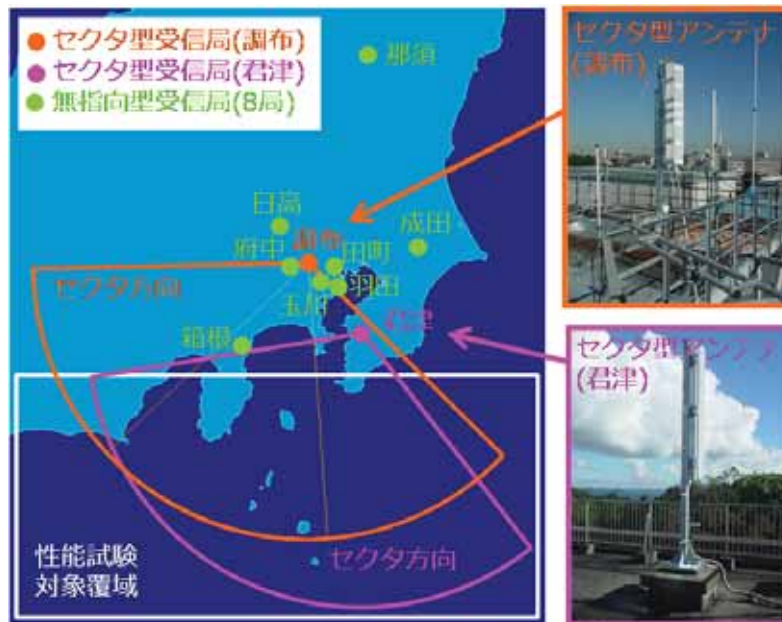


図 1. 4. 3 4 WAM/ADS-B 実験システムの受信局配置

性能試験では、前述した 2 サイトのアンテナを無指向型から高利得セクタ型に変更する等の覆域拡大策適用の前後で、WAM/ADS-B の監視覆域を比較評価した。図 1. 4. 3 5 (a)、(b) に、WAM 及び ADS-B の監視覆域を、覆域拡大策適用前後で比較して示す。図中の航跡は、在空機を対象に実験システムで取得した 1 日分の測位結果である。なお、(b) 図の ADS-B は、鹿野山サイトで取得した航跡である。図 1. 4. 3 5 から、高利得セクタ型アンテナを適用することにより、覆域を 30% 拡大でき、研究目標である WAM：200NM、ADS-B：250NM の最大覆域が得られていることが分かる。

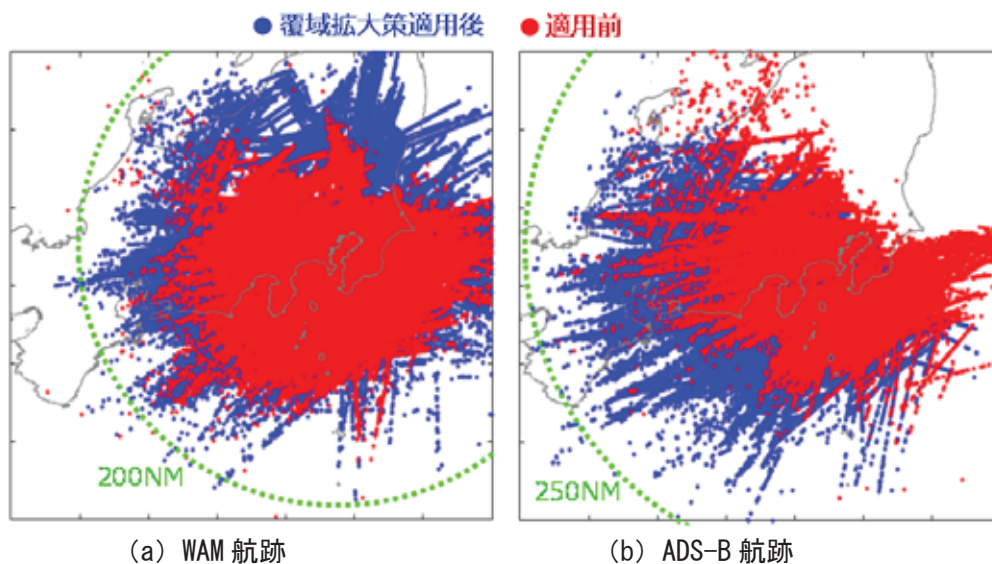


図 1. 4. 3 5 WAM 及び ADS-B の監視覆域の比較

□WAM/ADS-BによるモードS データリンクの性能試験

モードS データリンクの性能試験は、航空機が送信する ADS-B 用信号の検出率を評価項目として実施した。図 1. 4. 3 6 に、信号強度と干渉信号数に対する信号検出率の解析結果を示す。図 1. 4. 3 6 から、信号検出率は、信号強度の増加に伴い増加する一方、干渉信号数の増大により減少することが分かる。特に、信号強度が弱い場合は、干渉信号数の増大に伴い、信号検出率が減少する傾向が得られた。この結果は同時に、信号強度を強めることにより、信号干渉の影響を軽減できることを意味する。本性能試験の結果から、受信する信号の強度を高めるとともに、干渉信号数の減少を可能とする高利得セクタ型アンテナは、モードS データリンクの性能改善に有効であることが明らかになった。現在、本試験結果をまとめたワーキングペーパーを ICAO 監視パネル会議に提出して、「航空監視マニュアル (Doc 9924)」に反映するように提案中である。

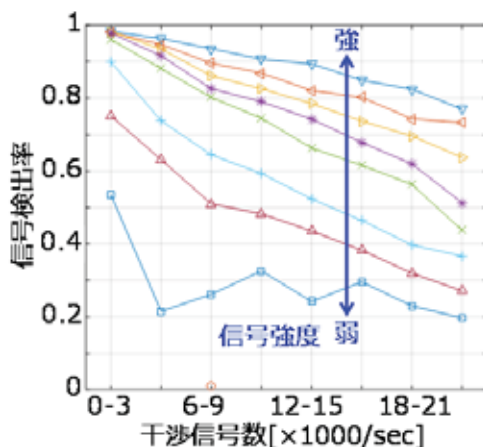


図 1. 4. 3 6 信号強度と干渉信号数に対する信号検出率

成果の公表

- H. Miyazaki, Y. Kosuge, T. Tanaka, “Improvement way of WAM localization by applying smoothed altitude information”, ESAVS2016, April 2016.
- H. Miyazaki, J. Naganawa, “Revision to Doc 9924 Guidance Material on Passive Acquisition,” Second Meeting of the Surveillance Panel (SP/2), ICAO Third Meeting of the Aeronautical Surveillance Working Group (SP-ASWG/3), SP2-ASWG3-WP/21, London, United Kingdom, April. 2016.
- 宮崎, “航空機監視システムの高度化,” 自動車技術 5 月号, pp. 13-18, 2016 年 5 月.
- 長縄, 宮崎, 田嶋, “WAM 受信局配置設計に向けた信号検出率測定,” 平成 28 年度 (第 16 回) 電子航法研究所研究発表会講演概要, pp. 98-103, 2016 年 6 月.
- J. Naganawa, H. Miyazaki, “Doc 9924 CP for Passive Acquisition,” ICAO Surveillance Panel (SP) Aeronautical Surveillance Working Group (ASWG) Technical Sub Group Meeting 03, ASWG TSG WP03-22, Paris, France, June. 2016.
- 宮崎, 小菅, 田中, “TDOA と TSOA における測位誤差の比較,” 電子情報通信学会技術研究報告, SANE2016-31, pp. 1-6, 2016 年 8 月.

- H. Miyazaki, J. Naganawa, “Doc 9924 CP for Passive Acquisition,” ICAO Second Meeting of the Surveillance Panel (SP/2), Fourth Meeting of the Aeronautical Surveillance Working Group (SP-ASWG/4), SP2-ASWG4-WP/21, Montreal, Canada, Oct. 2016.
- 宮崎, “航空機監視技術の高度化について,” 航空振興 2016 秋号, 2016 年 10 月.
- H. Miyazaki, Y. Kosuge, T. Tanaka, “Improvement of position Accuracy by Combining TDOA and TSOA”, Proceeding of the International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics 2016, SANE2016-84, pp. 169-174, November 2016.
- J. Naganawa, H. Miyazaki, H. Tajima, “Evaluating Path Loss by Extended Squitter Signals for Aeronautical Surveillance,” in IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. PP, No. 99, 2016.
- 宮崎, 小菅, 田中, “TSOA による TDOA 測位誤差の改善,” 電子情報通信学会技術研究報告, SANE2016-107, pp. 65-70, 2016 年 8 月.
- H. Miyazaki, J. Naganawa, “Measurement Results of Extended Squitter based on RF Measurement Guidance Material,” ICAO Surveillance Panel (SP) Aeronautical Surveillance Working Group (ASWG) Technical Sub Group Meeting 04, ASWG TSG WP04-27, Ft. Lauderdale, FL, Jan. 2017.
- 長縄, 宮崎, 田嶋, “広域マルチラテレーションにおける測位確率の実験的評価,” 電子情報通信学会技術研究報告, SANE2016-120, pp. 13-18, 2017 年 2 月.
- 長縄, 宮崎, 田嶋, 本田, 大津山, “航空監視信号測定と空地伝搬損失モデルの初期的な比較,” 2017 年電子情報通信学会総合大会, B-1-27, 2017 年 3 月.
- 宮崎, 小菅, 田中, “TSOA 測位を利用した監視覆域の拡大,” 2017 年電子情報通信学会総合大会, B-2-28, 2017 年 3 月.
- H. Miyazaki, J. Naganawa, “Measurement Results of Extended Squitter based on RF Measurement Guidance Material,” ICAO Fifth meeting of the Aeronautical Surveillance Working Group (SP-ASWG/5), SP-ASWG5-WP17, Tokyo, Japan, Mar. 2017.
- J. Naganawa, H. Miyazaki, H. Tajima, “Measurement-based Evaluation on Detection Probability of Extended Squitter for Air-to-Ground Surveillance,” in IEEE Transactions on Vehicular Technology (採録決定)

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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p> <p>－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（平成28年～32年）では、航空交通管理に関する異なる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トの開発を行う。本年度は、航空交通情報システムの現状分析と課題の抽出、データ変換技術の提案を行うとともに、欧米等との情報交換実証実験を実施する。等</p>

○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開発が進められている。欧米を中心として、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、日本においても航空分野における将来計画において、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、航空局と当研究所を中核として、FAAが主導した国際デモ実験 SWIM Mini-Global Demonstrationに2013年から参加し、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て、飛行データ等を配信して実証試験の有効性を高めることにより、運用上の課題を明らかにした。また、当研究所ではEUROCONTROLが主導したSWIM Master Classに2014年から参加し、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。

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ので、今後、各SWIM間の情報交換と、運用情報の提供や気象情報の提供など異種サービス間の連携（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

ンスについて評価できるテストベッドを開発する。

平成 28 年度の研究内容

- SWIM に関する国際実証実験の実施
- 監視情報ドメインの構築とデータ変換モデルの提案

平成 28 年度の研究成果

- SWIM に関する国際実証実験の実施

平成 28 年度は、2 つの国際実証実験 Mini Global Demonstration II (MGD-II) と International Interoperability Harmonization & Validation (IIH&V) に参加した。両者とも、米国連邦航空局 (FAA) を中心として進められている SWIM に関する国際実証実験である。MGD-II は平成 28 年 4 月、米国フロリダにある FAA の試験施設、及び参加各国の実験システムを接続して実証実験を実施した。また、IIH&V は平成 28 年 11 月から平成 30 年 3 月までに渡り実施される。

MGD-II への参加

MGD-II では、世界規模の広域メッセージ交換サービス (Global Enterprise Messaging Service: GEMS) の実証を行った。日本電気株式会社との共同開発により、日米欧企業による 4 社体制で世界規模のサービス構築に貢献し、この機能が世界、地域、及び国家レベルでの異なったガバナンスによる情報交換を実現する際に、異なる情報管理を実施できる多段的な環境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害関係者と効果的に情報共有できることを実証した。

また、当研究所は、シンガポール～日本、日本～米国を飛行する航空機について、飛行計画情報や軌道情報などを含む一連の運航情報を許可ユーザ間で配信する実験などを担当した。

MGD-II により、複数の GEMS システムを介した場合でも、ユーザ間で効率的に情報共有できることが実証された。これらの成果は、今後、飛行軌道の予測性の向上など航空運航サービスの発展に寄与することが期待できる。

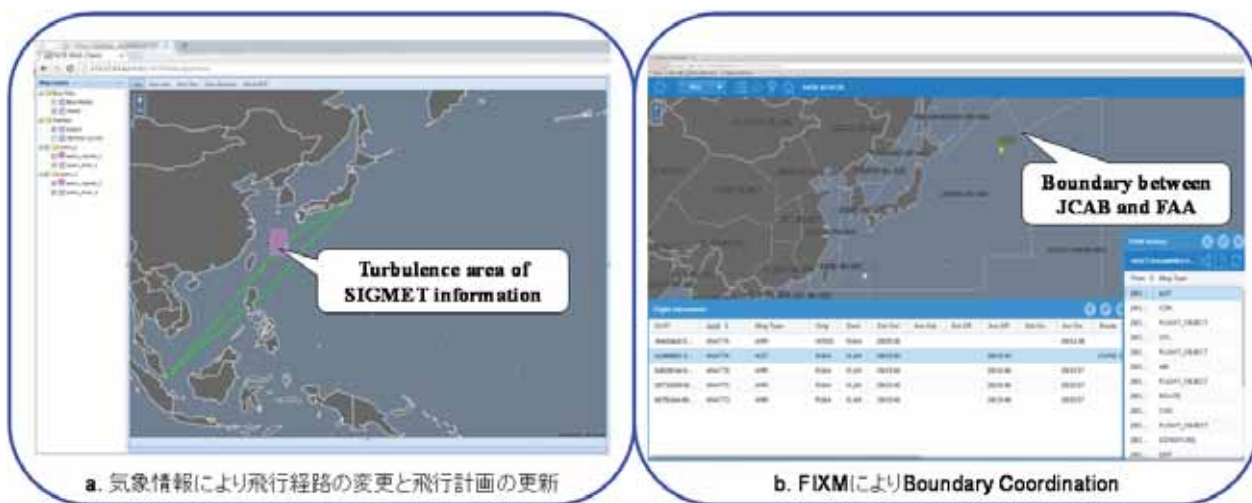


図 1. 4. 37 MGD-II 実証実験

- は IWXXM (ICAO 気象情報交換モデル) を用いて乱気流の情報を交換し飛行経路の適切な調整をした例である。
- は FIXM (飛行情報交換モデル) を用いて 2 つの飛行情報区の間で運用調整をした例である。いずれの場合も、従来の情報交換方法と比較して円滑に適切な情報を利用者に提供できている。

FF-ICE/1 への参加

現在 ICAO では、将来の運用環境の段階的な構築を目指して、離陸前の (Pre-Departure Flight) フライト情報を利用して運航効率を向上させる計画 (FF-ICE/1: Flight and Flow - Information for a Collaborative Environment / Step 1) の検討が進められている。FF-ICE/1 は、2020 年から適用可能な国からの導入を目指しており、これに伴い関連する ICAO 規定の改訂が予定されている。

一方、改訂により、隣接する飛行情報区 (FIR: Flight Information Region) 間での管制機関間での連携、航空会社の FF-ICE/1 導入による影響、並びに FF-ICE/1 対応機関と非対応機関の混在によるシステムの混乱などが懸念事項としてあがっており、事前検証が必要となっている。当研究所では、MGD-II などの国際実証実験で得られた技術知見などを踏まえて、国際間の連携した作業により FF-ICE/1 運用方式の導入に向けた検証実験を実施している。

□監視情報ドメインの構築とデータ変換モデルの提案

SWIMの発展により、多種多様なデータを大量に利用することが可能となる。これらのデータにより、より高度なサービスの提供が可能となる。例えば、従来の航空機の位置情報に加え、飛行経路、運用方式などを航空機毎の特性、気象データなどを利用することで、高精度な追尾や軌道予測が可能となる。

一方、多種多様・大量のデータをリアルタイムに処理する必要があるといった課題解決のため、データの処理またはデータ間の連携に適した形（モデル）に変換する必要がある。

本研究では、各種データを受信しながら、位置、方向、状態、範囲、影響の情報を抽出し、これらの情報に基づいた統一データ変換モデルを提案した。これにより、大量データの分散処理、リアルタイム分析、異種データの連携が容易に実施できる。平成28年は、飛行情報と監視情報の融合により監視精度の向上や監視履歴データと気象予測データにより軌道ベース運航（4DT: 4 Dimension Trajectory）のための飛行計画の作成などの研究開発を行った。



図1. 4. 38 異種データの融合

※Way Point：経路上の地点情報

成果の公表

- X. D. Lu, “Technical Overview and Lessons Learned of JCAB,” Mini Global Demonstration II, NexGen Test Bed, USA, April 2016.
- X. D. Lu, “The Research and Development of SWIM in ENRI,” ICAO SWIM Workshop, Bangkok, Thailand, May 2016.
- 呂 曉東, 古賀 禎, 住谷 泰人, 塩見 格一, “SWIM 実証実験の報告と分析,” 電子航法研究所研究発表会, 2016年6月。
- 呂 曉東, “ミニグローバルデモンストラーション2への参加報告,” CARATS 第23回情報管理検討WG, 2016年6月。
- X. D. Lu and T. Koga, “System Wide Information Management for Heterogeneous Information Sharing and Interoperability,” IEEE Proc. of International Symposium on Autonomous Decentralized Systems, Bangkok, Thailand, Mar. 2017.

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
<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p>	<p>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。</p> <p>このため、以下の研究開発を進める。</p> <p>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</p> <p>—空地通信技術の高度化に関する研究（平成28年～31年）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を性能評価する。本年度はAeroMACS利用技術の調査、開発を行うとともに、AeroMACS技術の適用範囲拡大の基礎検討調査を行う。等</p>

○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することで、運航の安全性及び効率性の向上を図る技術や方法について検討されている。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) の仕様策定と研究開発、並びに次世代の航空通信システムに対応する IP(インターネットプロトコル) 基準の ICAO 文書改訂作業を行ってきた。今後、これらのニーズや進捗する策定作業に対応するため、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する。また、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、シームレススカイの実現に寄与する SWIM との連携を目指して航空機や車両等と接続実験し、性能評価していく必要がある。

研究目標

- 既存の AeroMACS プロトタイプを活用して、航空機、車両、地上間で接続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。
- 国内外の規格化活動等に参画し、性能評価試験や解析結果に基づき提案して、貢献を図る。

平成 28 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 利用技術の調査、開発
- AeroMACS 技術の適用範囲拡大化基礎検討、調査

平成 28 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 の航空通信システム規格として、AeroMACS に関連するインターネットプロトコルに係る航空用技術基準の策定キックオフ会議 (RTCA SC223) に参画した。また、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）やその技術作業部会においては、AeroMACS の国際標準規格である技術マニュアルの承認、専門プロジェクトチームの発足等、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の討議が行われ、日本のパネルメンバのアドバイザーとして参画した。

□AeroMACS 利用技術の調査、開発

AeroMACS 利用技術について調査を進め、利用技術の一つである空港内地図の表示ツールについて、実験室内で AeroMACS プロトタイプを用いた通信実験を行い、利用可能性に関する基礎的な知見を得た。また、実際の大規模空港環境下におけるプロトタイプの性能確認と共に、利用技術及び利用可能性を検討するため、弊所で開発したプロトタイプ基地局やアンテナを羽田空港のターミナル施設の一部に設置し、これまでの研究で開発し、仙台空港で性能評価してきたノウハウに基づき、通信事業者と共同で基礎性能評価試験を行った。なお、当該試験の結果は、通信事業者により取りまとめられ、別途、公表された（平成 29 年 4 月）。図 1. 4. 39 に、当該試験で用いた基地局及びアンテナとアンテナ配置を示す。上図の基地局とアンテナは羽田空港に複数設置した AeroMACS 基地局とアンテナの一つであり、下図に示す通り、国内線、国際線ターミナル周辺に計 3 局の基地局（BS1、BS2、BS3）を設置している。

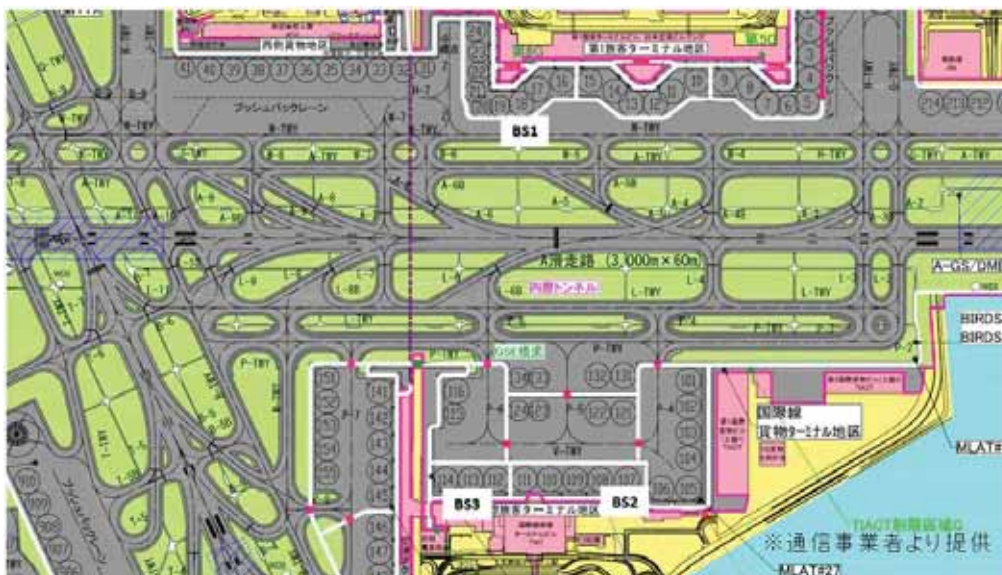


図 1. 4. 39 羽田空港地上実験における AeroMACS 基地局とアンテナ（上）及び基地局配置（下）（通信事業者との共同実験）

□空地通信技術の適用範囲拡大化基礎検討、調査

平成 27 年度末に仙台空港に隣接した岩沼分室に AeroMACS 基地局とアンテナを配置し、実験用航空機に AeroMACS 端末を搭載し、仙台空港周辺を周回飛行して実験した。この実験で取得したデータを追加解析した結果に基づき、適用範囲拡大について基礎検討した。実験用航空機には AeroMACS の電波を送受信できる専用アンテナ（C-band Antenna）が機体上部の前方と後方、機体下部の前方と後方に計 4 基装備されている。AeroMACS は、航空機に装備された複数のアンテナを組み合わせることで通信できる。

追加解析では、下部の2基（前方と後方）のアンテナを組み合わせた場合と、前方の2基（上部と下部）のアンテナを組み合わせた場合の比較を行った。その結果、前方の2基のアンテナを利用する方が、下部の2基のアンテナを利用するより、全体的に伝送速度が大きかった。また、航空機アンテナと基地局の間が見通し内伝搬の位置関係である場合、数 Mbps の高速な伝送が可能であった。

以上により、航空機に搭載しても、高速通信が可能で上空への適用範囲拡大が期待できる。今後、電波覆域を拡張してハンドオーバ（複数の基地局を移行しながら端末と通信する）実験を行う必要があるため、開発した AeroMACS サーバに接続可能な基地局の追加購入など、平成 29 年度以降に実施する実験に向けた準備も進めた。

成果の公表

- J. Naganawa, et. al, “ An Experimental Evaluation on Handover Performance of AeroMACS Prototype”, 2016 Integrated Communications, Navigations and Surveillance (ICNS) Conference, Virginia, USA, April 2016.
- Y. Sumiya, “Status of ENRI’s Communication R&D Program for RTCA SC223”, RTCA SC223, Washington DC, USA, April 2016.
- K. Morioka, et. al, “AeroMACS Prototype Base Station Coverage and Handover Performance”, ICAO Communication Panel WG-Surface”, Montreal, Canada, May. 2016
- 住谷 泰人他, “AeroMACS 利用技術における揭示情報共有の実験検討”, 電子情報通信学会 2016 年ソサイエティ大会, 2016 年 9 月.
- 森岡 和行他, “実験用航空機を用いたアンテナ追尾システムの基本性能評価”, 電子情報通信学会 2016 年ソサイエティ大会, 2016 年 9 月.
- 住谷 泰人, “空港面向け航空移動通信システム (AeroMACS) の国際標準規格動向”, 第 54 回飛行機シンポジウム, 2016 年 10 月
- 住谷 泰人, “AeroMACS 詳解その 1、その 2、その 5”, データリンク講習会「AeroMACS 詳解」講演予稿, 2016 年 11 月及び 12 月
- 森岡 和行他, “実験用有人航空機と追尾アンテナシステムを用いた無人航空機向け C バンド空地通信システムの基礎実験”, 電子情報通信学会技術報告, 2017 年 1 月.
- 住谷 泰人, “AeroMACS の研究開発～航空用通信システムの最新動向”, (一財)航空保安無線システム協会技術交流会技術講演会予稿, 2017 年 2 月
- 住谷 泰人, “航空通信システムの標準化の現状と課題,” 電子情報通信学会 2017 年総合大会, 2017 年 3 月.
- K. Morioka, et. al, “Onboard Antenna Placement Studies for CNPC links of UAS using AeroMACS”, Second International Workshop on Service Assurance in System Wide Information Management, Bangkok, Thailand, Mar. 2017.

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28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28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28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28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59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、国際標準化に対応した国益の確保など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 28 度を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 245 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	245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	9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	196名
うち電子航法に関する研究開発等	40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）の整備に係る認証作業に必要な安全性評価に関する技術支援を実施した。

(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
船舶事故防止スマホアプリのガイドライン	国土交通省 海事局	平成 29 年 3 月
港湾技術基準の改訂方針	国土交通省 港湾局	平成 28 年 8 月
港湾技術パイロット事業	国土交通省 港湾局	平成 28 年 11 月

港湾における洋上風力発電施設の構造審査のあり方(骨子案)	国土交通省 港湾局	平成 29 年 2 月
港湾工事における大規模仮設工等の安全性向上に向けた設計・ 施工ガイドライン	国土交通省 港湾局	平成 29 年 3 月
ICT 活用工事(浚渫工)の導入のための新たな基準	国土交通省 港湾局	平成 29 年 3 月
空港土木施設の設置基準解説	国土交通省 航空局	平成 29 年 4 月
空港舗装設計要領	国土交通省 航空局	平成 29 年 4 月
空港舗装補修要領	国土交通省 航空局	平成 29 年 4 月
空港土木施設構造設計要領	国土交通省 航空局	平成 29 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	—

(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、6 回の港湾空港技術地域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、合計で約 800 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 8 回実施した。また、地方航空局等に対して、航法勉強会や GBAS 国際標準の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 38 名を 14 の研修コースに講師として派遣した。研修には合計で 313 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、航空管制技術官、航空灯火電気技術官を対象とし研修生 15 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 28 年度は、昨年度に引き続き、輸送容器や運搬船の審査に関し、遮蔽解析等の詳細な技術的検討を行い、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。

(2) 災害及び事故への対応

【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28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うとともに、災害対策マニュアル等に基づく訓練を実施して研究所の対応能力の向上を図る。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、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。

これにより、自然災害及び事故への対応に万全を期することとした。

◆平成28年度における取組状況

(1) 災害対応に係る体制

当研究所は、災害対策基本法（昭和36年法律第223号）に基づく指定公共機関としての指定を受けていることから、同法に基づく「国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所防災業務計画」を策定し、理事長の判断によって災害総合対策本部を設置し、研究所長によって設置される災害対策本部が実施する災害応急対策及び災害復旧の支援等の業務を、災害総合対策本部が総括することで、研究所内の情報の共有化等を図る体制を整えるとともに、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所法（平成11年法律第208号）第13条に基づく国土交通大臣の指示への対応や、災害調査団の組織及び派遣など、当研究所が防災のためにとるべき措置を定めた。

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応を定めた。なお、港湾空港技術研究所においては、平成28年4月に港湾空港技術研究所災害対策マニュアルを改定するとともに、三浦半島断層群地震（M7.2、横須賀近傍の最大震度7）を想定災害として、津波による浸水の影響も考慮した業務継続計画の改定案を別途策定した。

(2) 被災地への研究者の派遣

①平成28年熊本地震

平成28年4月14日に、熊本県熊本地方を震源とする最大震度7を観測する地震（M6.5）が発生し、広範囲にわたって大きな被害が生じた。当研究所は国土技術政策総合研究所とともに調査団を組織し、地震発生直後の4月15日から4月19日まで、港湾空港技術研究所の研究者を熊本港・熊本空港・八代港・別府港へ派遣した。現地では、緊急物資輸送の体制構築を第一に考え、空港・港湾施設の被災調査及び二次災害防止、被災施設の復旧等に関する高度技術指導を実施した。これを踏まえ、国等が施設等の復旧を進めたことでフェリー航路の迅速な再開が図られ、震災対応物資の輸送等に要する時間の短縮につながり、早期の復旧に貢献することができた。

また、平成28年12月8日に国土交通省で開催された「TEC-FORCE（緊急災害対策派遣隊）全国

大会」において、港湾空港技術研究所から熊本地震における活動内容を報告しており、災害発生時の研究所の活動、役割及び他機関との連携状況について広く周知を図った。



図 1. 5. 1 熊本港の被災状況

②台風第 10 号

平成 28 年 8 月 21 日に四国の南海上で発生した台風第 10 号は、発達しながら北上して関東地方に接近、暴風域を伴ったまま岩手県大船渡市付近に上陸し、速度を上げながら東北地方を通過して日本海に抜けるという、気象庁が統計を取り始めて以来初めてとなる特異な進路をたどった。沿岸域においては越波による冠水や岸壁の損傷等が生じたことから、港湾空港技術研究所の研究者を青森県・岩手県・宮城県に派遣し、現地での計測や漁業者へのヒアリング等により、被災要因の分析等を実施した。



図 1. 5. 2 台風第 10 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。当研究所においても、平成28年11月4日に港湾空港技術研究所において、首都直下地震（三浦半島断層群地震）の初期行動について、職員の防災対応能力の向上を図ることを目的として、津波避難訓練、安否確認訓練及び施設点検を実施するとともに、横須賀港新港地区において、南海トラフ地震に伴う細島港への津波襲来を想定した現地への派遣訓練及び被災地における災害調査訓練を実施し、災害対応スキルの向上を図った。



図1. 5. 3 派遣訓練及び被災地における災害調査訓練の様子

（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28年度、コンテナ船衝突事故に係る解析調査等、運輸安全委員会より事故原因解析の調査を2件請け負い、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23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シ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シ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シ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28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28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シ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

等を整備した。

- ・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 29 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	190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	76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	67件
うち電子航法に関する研究開発等	47件

特に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、フランスの企業から具体的なコンタクトがあり、さらなる活用拡大が期待できる。

また、日立国際電気株式会社との共同研究「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た。滑走路異物監視装置に関しては、試作機の製作および成田空港内での実機実験を目的として総務省の資金等を獲得し、またさらなる技術向上を目指した「ミリ波帯を用いる高速移動用バックホール技術の研究開発」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 28 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	158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	127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	27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 28 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 28 年 6 月開催の研究発表会にて、平成 27 年度に実施した案件に関する講演 2 件およびポスター発表 2 件が行われた。平成 28 年度に実施した 2 件についても来年度の講演・発表を予定している。

また、さらなる裾野拡大を図るべく、平成 29 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 3 件の研究課題の内、評価の高かった 2 件は実施となった。残り 1 件については、研究の有効性が認められる一方、公募するには実施環境が不十分として、次回以降の検討課題となった。

表 1. 5. 5 公募型研究一覧

件名	相手方
安全間隔を考慮した CO ₂ （継続上昇運航）の研究	横浜国立大学
スプラディック E 層が VHF 航空通信・航法に与える影響の評価	電気通信大学

(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 28 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	81 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	17 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	48 件
うち電子航法に関する研究開発等	16 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 17 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 31 名の研究者を 15 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 20 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 4 名（フランス ENAC より 3 名、韓国 KAU より 1 名）国内からの

研修生・インターン生 103 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 28 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	410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	160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	194件
うち電子航法に関する研究開発等	56件

表 1. 5. 8 研究者派遣の実施件数

研究所合計	145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	8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	127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）の幹事を担っており、産官学の連携による日本の航空業界の推進に一役買っている。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の幹事補佐や専門委員、顧問を務め、平成 28 年 3 月開催の総合大会にて航空業界での産学官連携を目的としたシンポジウムを提案し、オーガナイザおよび座長を務め上げる等、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委員を派遣する他、委員長を拝命して第 54 回飛行機シンポジウムの特別講演や企画講演を指揮した。

さらに、上記の他、表 1. 5. 9 に示すとおり、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
土木学会技術推進機構 ISO 対応特別委員会	(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
コンクリート委員会 示方書改訂小委員会 維持管理編部会	(公社) 土木学会
埋立地の地盤改良に関する WG	(一社) 日本埋立浚渫協会
室内試験規格・基準委員会 WG3: 透水・圧密特性	(公社) 地盤工学会
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
洋上風力発電施設の設計に関する検討会	(一財) 沿岸技術研究センター
ゴム防舷材耐久性運営・審査基準作成委員会	(一財) 港湾空港総合技術センター
外国産資材品質審査・証明事業運営委員会	(一財) 港湾空港総合技術センター
下部構造 杭基礎便覧 WG	(公社) 日本道路協会
下部構造 部分安全係数設計法 WG	(公社) 日本道路協会
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
アルミニウム合金製水門設計製作指針案改訂小委員会	(一社) 日本アルミニウム協会
道路用非鉄スラグ JIS 原案作成委員会	日本鋳業協会
コンクリート用スラグ骨材 JIS 改正原案作成委員会	鐵鋼スラグ協会

(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を行うことにより、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。

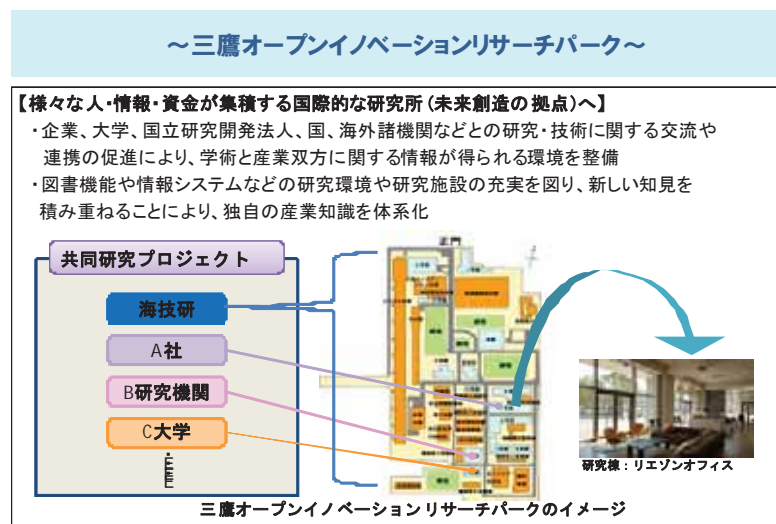


図 1. 5. 4 三鷹オープンイノベーションリサーチパーク

電子航法研究所においては、平成 28 年 4 月には韓国 KAU (Korea Aerospace University) と締結していた包括連携協定を改定し直し、また平成 29 年 3 月にはドイツ DLR (German Aerospace Center ; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) と新たに包括連携協定を締結した。

(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28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28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28年度における特許の出願件数は37件であった。

表 1. 5. 10 特許取得等の状況（平成28年度）

出願	審査請求	特許取得
37件	24件	30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28年度に活用された知的財産のうち、有償活用件数については、特許実施が20件、著作権（プログラム）の使用許諾に関する実施が56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54.6百万円、著作権収入は41.6百万円の収入があった。

表 1. 5. 11 平成 28 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	受動型 SSR 装置【特許権】	H12. 3. 3	3041278
2	受動型 SSR 装置【特許権】	H14. 2. 15	3277194
3	電波装置【特許権】	H18. 8. 25	3845426
4	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
5	コンクリート舗装版裏込めグラウト材【特許権】	H25. 7. 12	5311584
6	安心マンホール工法【特許権】	H23. 12. 16 H25. 3. 22	4885605 5223079
7	鋼管杭及び鋼管杭の施工方法【特許権】	H25. 1. 25	5181239
8	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
9	洋上縦 (時間) 間隔衝突危険度推定ソフトウェア【著作権】	—	—
10	補正情報生成プログラム他【著作権】	—	—
11	FLIP ver. 7【著作権】	—	—
12	自動情報提供装置【特許権】	H15. 6. 20	3442970
13	航行支援システム【特許権】	H15. 3. 20	3411788
14	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
15	外板展開方法及び外板製造方法【特許権】	H22. 10. 1	4596394
16	小型ダクト付きプロペラ及び船舶【特許権】	H25. 3. 29	5230852
17	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
18	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】	—	—
19	非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】	—	—
20	G U I を用いた船体周り構造格子生成プログラム (HullDes)【著作権】	—	—
21	格子性能機能を備えた最適化プログラム (AutoDes)【著作権】	—	—
22	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】	—	—
23	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】	—	—
24	要目最適化プログラム (HOPE Light)【著作権】	—	—
25	操縦性能試験オンライン解析プログラム【著作権】	—	—
26	プログラム V E S T A (実運航性能シミュレータ)【著作権】	—	—
27	U N I T A S【著作権】	—	—

28	曳航式スペクトロメータ測定データ解析プログラム【著作権】	—	—
29	2船体運動計算のための条件設定プログラム【著作権】	—	—
30	造船プレス施行支援システム【著作権】	—	—
31	外航コンテナ定期船航路可視化プログラム【著作権】	—	—
32	Janssen 法に基づく居住区船内騒音予測プログラム【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28年度分の褒賞金及び実施補償金として14,569千円を支払い、特許等出願の意欲の向上を図った。

③保有特許の利用促進

平成28年度は、研究発表会や出前講座などを利用した展示、広報活動を行った。当研究所の研究開発分野に関連する専門的な企業等へ積極的にアピールすべく、研究成果を研究所研究発表会・講演会や、国際航空宇宙展、マイクロウェーブ展やBARIシップ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. 5 電子航法研究所のマイクロウェーブ展の様子（平成28年11月30日～12月2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た。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9回以上、一般公開及び公開実験を8回以上実施する。

◆平成28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実施するとともに、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28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28年度中に研究発表会を14回、一般公開及び公開実験を9回実施し、年度計画を上回る

成果を得た。

(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 28 年 6 月 24 日、東京都千代田区の J A 共済ビルにおいて、第 16 回として、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する発表会を行った。また、来場者との双方向、対話型の展示プログラムとして、ポスターセッションを開催した。

②海上技術安全研究所講演会(100 周年記念講演会)

海上技術安全研究所は、その前身である逓信省管船局船用品検査所が大正 5 年(1916 年)に発足し、数えて 100 周年を迎えた。これを記念して平成 28 年 12 月 2 日、東京都三鷹市の公会堂で 100 周年記念講演会を開催した。今後の海事クラスターの拠点、三鷹オープンイノベーションリサーチパークへの展開について紹介した。外部有識者とのパネルディスカッションにおいては、研究の実行力の強化、産学官のプラットフォーム機能の構築、そして人材育成や情報発信についての期待が寄せられた。



図 1. 5. 6 海上技術安全研究所講演会(100 周年記念講演会)の様子(平成 28 年 12 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 28 年 12 月 9 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、立命館大学工学部 建山和由教授から「建設技術の新たなステージ～i-Construction～」と題する特別講演があった。講演会には約 230 名の聴講者があった。



図 1. 5. 7 港湾空港技術講演会の様子(平成 28 年 12 月)

④港湾空港技術地域特別講演会

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港湾空港技術地域特別講演会を開催している。平成 28 年度は、全国 6 地域において開催し（北海道 11 月 21 日、新潟県 11 月 9 日、神奈川県 11 月 16 日、愛知県 12 月 1 日、広島県 11 月 7 日、沖縄県 9 月 29 日）、約 800 名の聴講者を得た。



図 1. 5. 8 港湾空港技術地域特別講演会の様子（平成 28 年 11 月）

⑤港湾空港研究シンポジウム

平成 29 年 1 月 13 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、61 名の聴講者を得た。シンポジウムは、当研究所から 2 名、国土技術政策総合研究所から 1 名が研究成果を報告し、東京工業大学の大即信明名誉教授から、「もったいないに関するコンクリートでの検討」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 28 年 6 月 9 日から 10 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（8 テーマ）、航法システムに関する研究（5 テーマ）、監視通信システムに関する研究（8 テーマ）について発表を行った。今回は、公募型研究の成果発表として外部の大学から 2 件の発表及び 2 件のポスター展示が行われた。2 日間で延べ 400 名の来場者を得た。



図 1. 5. 9 電子航法に関する研究発表会の様子（平成 28 年 6 月）

⑦電子航法に関する講演会

平成28年11月15日に羽田空港ギャラクシーホールにおいて、「首都圏空港の機能強化とENRIの技術」を主題に講演会を開催した。当該講演会において、港湾空港技術研究所が「空港舗装の課題と港空研における研究の紹介等」についての講演を行った。また、大学からの依頼に対応して慶応大学（平成28年6月30日）及び東京大学（平成28年11月28日）において特別講義を行い、航空交通管理や航空無線分野の業務や研究を紹介するとともに、将来に向けた課題を提示して人材育成に寄与した。



図1. 5. 10 電子航法に関する講演会の様子（平成28年11月）

表1. 5. 12 その他の講演会等内訳

	開催日	件名	概要
1	平成28年 10月5日	電子情報通信学会	CEATECにて講演し、航空交通管理や航空無線の分野における安全文化やこれを支える標準化と認証の流れを紹介した。
2	平成28年 10月15日	今治地域造船技術講演会	愛媛県今治市旧コンピュータカレッジにおいて、造船所や船用メーカーの多数の若手社員や今治工業高校の生徒などを対象に船舶産業における人材育成のあり方について講演した。
3	平成28年 10月19日	400m水槽50周年記念講演会	海上技術安全研究所講堂において講演及びパネルディスカッションを通して水槽の今後について意見を交わした。造船、海運界の技術者、研究者などが参加した。
4	平成28年 10月26日	韓国 KIAST (Korea Institute of Aviation Safety Technology)	韓国航空局 (Civil Aviation Office, Ministry of Land, Infrastructure and Transportation, MOLIT, Korea) が主催する航空保安施設性能認証セミナーにて、当研究所の活動を紹介した。
5	平成28年 11月7日	香川県地域経済牽引産業高度化促進シンポジウム	香川県内の造船・船用企業、大学などの教育機関、自治体関係者が出席のもと、造船産業の更なる発展をテーマとしたシンポジウムを開催した
6	平成28年 11月25日	AAOA (Airport Authority Officers' Association (India))	国際セミナーDISHA2016 (11月25日) での講演と調査を行い、これまで関係が緊密ではなかったインドに当研究所を紹介した。

表 1. 5. 13 出前講座及び特別講演内訳

	開催日	対象	概要
1	平成 28 年 6 月 7 日	日本非破壊検査協会・ NDT 総合シンポジウム	・ 海底土中における放射性物質の濃度分布の調査
2	平成 28 年 10 月 14 日	弓削商船高等専門学校 技術振興会 第 11 回 「ものづくり」技術・ 経営情報交換会	・ 自律船開発の現状と今後の課題
3	平成 28 年 10 月 17 日	金沢工業大学扇が丘キ ャンパス（出前講座）	・ 電子航法研究所の概要 ・ 航空交通管理（ATM）の現在と未来
4	平成 28 年 11 月 28 日	日本造船技術センター 技術セミナー	・ 最新の CFD を利用した船舶の性能評価技術の状況
5	平成 28 年 11 月 28 日	日本造船技術センター 技術セミナー	・ 無人化船の開発の現状と今後の見通し
6	平成 28 年 11 月 29 日	第 1 回 交通運輸技術フ ォーラム	・ シームレス小型船システムの研究
7	平成 28 年 12 月 15 日	日本船舶技術研究協会 船舶基準セミナー	・ SOx 規制開始に向けた課題 ・ 海技研における取り組み
8	平成 29 年 1 月 6 日	全日本空輸（株） （出前講座）	・ 電子航法研究所の概要 ・ GLS による将来運航の進展 ・ 軌道ベース運用における二次元飛行経路に関する一考察 ・ RNP AR 機最優先方式での従来機との混合運用の可能性
9	平成 29 年 1 月 19 日	航空保安大学校 （出前講座）	・ 電子航法研究所の概要 ・ GLS による計器進入の将来
10	平成 29 年 1 月 31 日	日本造船技術センター 第 136 回 造工中手船型 研究会	・ 船型開発の現状と今後の課題
11	平成 29 年 3 月 30 日	流通科学大学商学部内 航海運研究会	・ 無人航走船についての現状と課題



図 1. 5. 11 航空保安大学校出前講座の様子（平成 29 年 1 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、関係者に配布することで、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るとともに、各研究所においても、研究活動や研究計画を紹介する業務概要を作成してホームページで公開した。

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 28 年度においては、第 23 号（平成 28 年 4 月）で「点検診断とモニタリングが戦略的な維持管理の鍵に！」、第 24 号（平成 28 年 7 月）で「海と空」をキーワードに新たな研究所として出発」、第 25 号（平成 28 年 10 月）で「高潮・高波災害の防止、軽減に挑む」、第 26 号（平成 29 年 1 月）で「日チリ国交樹立 120 周年 連携をさらに深めて津波防災・減災に取り組む」について特集した。

また、研究所を訪問・見学される方々にも「PARI」を紹介し、研究所の研究活動に理解を示して頂くことに努めるとともに、「PARI」をホームページへ掲載し、経済的で効果的な情報発信に努めた。

③年次報告

港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する毎年度の研究活動について、より多くの方々に分かり易く紹介するため、平成 27 年度分の活動内容を簡潔にとりまとめた「年次報告 2016」（日本語版）並びに「PARI Annual Report 2016」（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 247 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 28 年 12 月	14m 長尺平板高精度抵抗計測装置を用いた試験
2	平成 28 年 12 月	船舶事故防止スマートフォンアプリを使った海上実験
3	平成 29 年 1 月	氷中所需主機出力算定のための推進性能試験
4	平成 29 年 3 月	ブラックカーボンの計測実験
5	平成 29 年 3 月	PM の計測実験

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 28 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す

る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 28 年度の来場者数は、過去最高の 6,117 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. 1 2 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 28 年 4 月）

平成 28 年 7 月に、港湾空港技術研究所において、主に子供や家族連れを対象として、体験しながら研究所について学ぶことができる研究所施設の一般公開を実施した。具体的には、「巨大津波を体感しよう」「コンクリートを作ろう」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！」「水中カメラで海の中をのぞいてみよう！」などの各種イベントや、「ジャンボジェット機のタイヤを見よう！」などの展示を実施し、当日は 1,271 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. 1 3 港湾空港技術研究所の一般公開の様子（平成 28 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お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 28 年度における一般公開を除く施設見学者は、188 件（2,454 名）であった。

⑥ホームページ

平成 28 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新たに作成し（<http://www.mpat.go.jp/index.html>）、研究所の発足、組織紹介、各種計画や規程等を公開し

て統合による新法人の発足について周知を図った。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及びPARI Club 通信を配信した。

③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「こども防災大学」の開催に協力した。平成28年8月に2グループ(59名)を受け入れ、カリキュラム中の「津波などについて学ぶ」において、模型などを用いた体験学習を実施した。



図 1. 5. 14 こども防災大学の様子(平成28年8月)

④小学生及び中学生の職場体験、課外事業

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28年度は3月にB&G財団から東京湾海洋体験セミナーの協力依頼があり、30名の小中学生を対象に施設見学・体験学習を行った。

⑤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、平成28年度にSSHに新規で指定された神奈川県立横須賀高等学校の1年生を対象として、平成28年6月に港湾空港技術研究所を含む横須賀所在の研究機関による講演会が開催された。同年7月に港湾空港技術研究所に来所した同校の教員と生徒20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 28 年 7 月に港湾空港技術研究所に来所した同校の生徒 4 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。

⑥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 28 年度のテレビ放映については、一般公開や海難事故、大型振動台を用いた模型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 314 回の記事掲載があった。



図 1. 5. 15 大型振動台を用いた模型実験の紹介（平成 29 年 2 月 25 日 NHK ニュース 7）

⑦東京湾大感謝祭 2016

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 28 年 10 月に東京湾大感謝祭 2016 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 9 万 8 千名の市民や企業、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、「液状化のデモ実験」、「東京湾での湾口モニタリングと水環境シミュレーション」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. 16 東京湾大感謝祭 2016 の様子（平成 28 年 10 月）

⑧環境研究機関連絡会成果発表会

環境研究機関連絡会とは、当研究所を含む 13 の研究機関（国立研究開発法人防災科学技術研究所、国立研究開発法人物質・材料研究機構、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター、国立研究開発法人森林総合研究所、国立研究開発法人水産研究・教育機構、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国土交通省気象庁気象研究所、国土交通省国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人建築研究所、国立研究開発法人土木研究所、国立研究開発法人国立環境研究所、国立大学法人筑波大学及び当研究所）から構成される連絡会であり、平成 28 年度は 11 月 22 日に、一橋大学一橋講堂（学術総合センター内）において、第 14 回環境研究シンポジウムが開催された。当研究所からは、「長期地形観測から見る砂浜の

未来」と題して研究者が講演を行った。

⑨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、平成 28 年度は空の日仙台空港祭 2016 に参加し、実験用航空機（よつば）を公開するとともに、研究紹介を実施して一般国民に向けて効率的に情報発信を行った。



図 1. 5. 17 空の日イベントの様子（平成 28 年 10 月）

⑩理科大好きフェスティバル 2016

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 28 年 10 月 15 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、よつばの紙飛行機教室を開催するとともに、研究パネルを展示して科学技術の啓発と人材育成の促進に寄与した。



図 1. 5. 18 理科大好きフェスティバル 2016 の様子（平成 28 年 10 月）

⑪電機情報通信学会

岩沼分室では、平成 28 年 8 月 26 日に電機情報通信学会が開催され、OCTPASS、リモートタワー、実験用航空機等、実験施設をアピールした。

⑫研究所紹介マンガ

平成 28 年度は、平成 25 年度に製作した研究所紹介マンガ「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ところ」の英語版を作成し、海外展示会で配布した。また、一般公開や仙台空港祭、理科大好きフェスティバル等イベント実施ごとに研究所紹介マンガを配布し、小中学生に対しても効果的に当研究所の活動を紹介した。



図 1. 5. 19 研究所紹介マンガ

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	SEA JAPAN 2016	東京ビッグサイト (平成 28 年 4 月)	ホバリング型の自律型無人潜水ロボット「ほぼりん」、補助推力装置付き自航試験装置(実験用模型船)、船舶の機関点検支援システム、生産システム(A R 技術活用)を紹介した。
2	海洋都市 横浜うみ博 2016	横浜市・大さん橋ホール (平成 28 年 7 月)	海底熱水鉱床の模型とホバリング型および航行型 A U V の模型を組み合わせたジオラマ(立体模型)、A U V の潜水風景(映像)、海技研の主な研究の説明(パネル展示)、などを紹介した。
3	テクノオーシャン 2016	神戸国際展示場 2 号館 (平成 28 年 10 月)	海上技術安全研究所においては、海洋開発や海洋再生可能エネルギー関連の研究開発の紹介や、戦略的イノベーション創造プログラム(S I P)での A U V の実機を展示し、港湾空港技術研究所においては、共催者として P A R I ブースの出展、一般向け講演会、賞状授与、論文発表を行った。
4	「オホーツク海と流水」第 32 回北方圏国際シンポジウム	北海道・紋別市文化会館 (平成 29 年 2 月)	氷海関連の研究紹介と北極海航路を通航する船舶の船速低下の分析などを発表した。

6. 戦略的な国際活動の推進

<p>【中長期目標】</p> <p>6. 戦略的な国際活動の推進</p> <p>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。</p> <p>【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。</p>
<p>【中長期計画】</p> <p>6. 戦略的な国際活動の推進</p>
<p>【年度計画】</p> <p>6. 戦略的な国際活動の推進</p>

(1) 国際基準化、国際標準化への貢献

<p>【中長期目標】</p> <p>(1) 国際基準化、国際標準化への貢献</p> <p>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。</p>
<p>【中長期計画】</p> <p>(1) 国際基準化、国際標準化への貢献</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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に、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。</p>
<p>【年度計画】</p> <p>(1) 国際基準化、国際標準化への貢献</p> <p>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。</p> <p>特に本年度は、海上交通の分野においては、ばら積み液化水素運搬船に関する国際基準策定に貢献する。</p> <p>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。</p> <p>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に、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。</p>

◆平成28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に、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28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）、国際民間航空機関（ICAO: International Civil Aviation Organization）、国際標準化機構（ISO: International Organization for Standardization）、国際電気標準会議（IEC: International Electrotechnical Commission）、国際原子力機関（IAEA: International Atomic Energy Agency）、国際航路協会（PIANC）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28年度においては、目標である63人を上回るのべ102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最有力な機関に成長しており、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を政府に提供、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、28年度は、各種委員会に対して合計51件の提案文書を作成し、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、36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、特定技術課題の解決に向けて多国間協力の下で研究者等が連携して作業するタスクフォースの座長を務め、地域的な電離圏擾乱など日本と課題を共有するアジア諸国と連携しながらICAOマニュアルを執筆出版するなどの成果を上げている。

(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、メーカー等がそれぞれの専門的知見をもって日本意見を提案し、その実現に努めている。

日本提案を実現させるために、研究者を積極的にIMOに出席させており、平成28年度は、のべ26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、継続的に出席させている研究者1名は、貨物運送小委員会（CCC）の議長に選出され、船舶設備小委員会（SSE）の議長を務めた。また、CGコーディネータ（ポーキサイトと石炭の液状化及び液化水素運搬船要件）を務めるとともに、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など、国際的に大きな貢献を果たした。

・ばら積み液化水素運搬船に関する国際基準策定に貢献

将来の水素エネルギーの実用化を目指して、水素サプライチェーンの構築が模索されており、その一つとして、オーストラリアの未利用エネルギーである褐炭から水素を精製し、日本に大量輸送する計画

が進められている。その計画の中では、液化水素のばら積み船による大量輸送が予定されていますが、このような船は過去に一隻もなく、それに係る安全基準も定められていない状況であった。液化水素タンカーの国際航海のためには、荷積み国、荷揚げ国及び船舶の旗国による「三カ国合意」が必要で、国土交通省は、荷積み国であるオーストラリアの海事安全庁（AMSA）との協議を行い、世界から知見を集めるため IMO において「液化水素ばら積み運送に係る暫定勧告」を策定すべく、AMSA と協力して IMO における審議を進めてきた。その結果、第 3 回貨物運送小委員会（CCC 3 平成 28 年 9 月）において暫定勧告案が合意され、第 97 回海上安全委員会（MSC 97 平成 28 年 11 月）において採択された。暫定勧告の策定に際し、海上技術安全研究所は、以下のとおり貢献した。

- ・ IMO における審議に先立って、オーストラリア海事安全庁（AMSA）との協議に参加し、技術的な議論を補佐した。

- ・ 事前の情報提供（CCC 1 平成 26 年 9 月）、新規作業計画の提案（MSC 94 平成 26 年 11 月）を含め、この議題に係る全ての提案文書の策定に貢献した。

- ・ CCC 1、MSC 94 及び CCC 3 におけるランチタイムプレゼンテーションを補佐／実施した。

- ・ CCC 2（平成 27 年 9 月）で設置された通信グループのコーディネータを務めた。

- ・ CCC 3 の開催前に国際ワークショップを開催し、各国の理解の促進に努めた。

- ・ CCC 3 では本件を含む作業部会の議長を務め、暫定勧告案をまとめた。

- ・ 伊豆大島西方沖における推薦航路の設定

伊豆大島西方沖ではこれまでに船舶の衝突事故が発生しており、この海域の安全対策のために、船舶の遭遇頻度が低くなるような推薦航路の設定が必要とされていた。海上技術安全研究所は、海上交通流シミュレーションシステムを構築し、海上保安庁の第 3 次交通ビジョン「船舶交通の安全・安心を目指した取組み－準ふくそう海域の安全対策－AIS 仮想航路標識等を活用した安全対策の推進」の一環として、伊豆大島西方海域をモデル海域とした安全対策推進に参画し、推薦航路の基線案を設計・選定した。この研究成果に基づき、我が国は、伊豆大島西方沖に推薦航路を設定することを、IMO 第 4 回航行安全・無線通信・捜索救助小委員会（NCSR 4：平成 29 年 3 月）に提案し、NCSR 4 はこの提案に合意した。この推奨航路は、29 年 6 月に開催された第 98 回海上安全委員会で採択され、今後海図に記載される予定である。

表 1. 6. 1 IMO に係る会議参加数（26 人）

会議名	会議の目的	参加延べ人数
第 69 回海洋環境保護委員会（MEPC 69）	廃棄物の規則・大気汚染全般・燃費報告制度・EEDI に係る審議	5
第 96 回海上安全委員会（MSC 96）	船級協会規則の適合監査を含む GBS 船体構造基準の審議・船舶設備小委員会の報告・義務要件の最終案の仕上げ	2
第 12 回 IMO/ITU 合同専門家会合（IMO/ITU EG 12）	GMDSS の見直し等に係る審議	1
第 3 回貨物運送小委員会（CCC 3）	固体ばら積み貨物運送及び液化水素運搬船安全対策の審議	2
第 26 回 CCC 小委員会編集・技術グループ（E&T 26）	国際海上固体ばら積み貨物・規則改正案の仕上げ	1
第 70 回海洋環境保護委員会（MEPC 70）	廃棄物の規則・大気汚染全般・燃費報告制度・EEDI に係る審議	5

第 97 回海上安全委員会 (MSC 97)	船級協会規則の適合監査を含む GBS 船体構造基準の審議・船舶設備小委員会の報告・義務要件の最終案の仕上げ	2
第 4 回汚染防止・対応小委員会 (PPR 4)	大気汚染・船舶からのブラックカーボンの排出規制に係る審議	3
第 4 回船舶設計・建造小委員会 (SDC 4)	係船装置の要件・復原性基準に係る審議	2
第 4 回航行安全・無線通信・捜索救助小委員会 (NCSR 4)	e-Navigation 戦略実施計画 (SIP) に基づく議題に係る審議	1
第 4 回船舶設備小委員会 (SSE 4)	議長・救命設備に係る審議	2

(イ) ISO 及び IEC における活動

平成 28 年度は ISO の会議にのべ 7 名、IEC の会議にのべ 2 名、が出席し、また ISO の TC 8 のプロジェクトリーダーやコンペナーを務めており、小委員会の運営、規格策定作業に貢献した。

・防汚塗料の海洋汚染リスクの評価に係る ISO 規格の策定

船舶の有害な防汚方法の規制に関する国際条約 (AFS 条約) の採択 (2001 年) を受けて、IMO では、サンプリングの方法等について審議してきており、海上技術安全研究所は従前より関係する IMO 基準の策定に貢献してきた。さらに 2008 年からは ISO/TC 8/SC 2 (国際標準化機構/船舶及び海洋技術専門委員会/海洋環境保護分科委員会) に設置された WG 5 のコンペナー兼プロジェクトリーダーとして、船舶の防汚システムのリスク評価に関する国際規格 (ISO 13073 シリーズ) の策定に貢献してきた。その結果、これまでに「ISO 13073-1:2012: 船舶に適用される防汚方法に用いられる殺生物性活性物質の海洋環境リスク評価方法」及び「ISO 13073-2:2013: 殺生物性活性物質を用いた船舶の防汚方法の海洋環境リスク評価方法」が発行され、平成 28 年 6 月には「ISO 13073-3:2016: 船舶の防汚塗料に使用する殺生物性活性物質の塗装及び除去工程におけるヒトの健康リスク評価方法」が発行された。日本塗料工業会は、これら規格に基づき「防汚剤及び防汚塗料の自主登録管理」を実施した。

・電子傾斜計に係る ISO 規格の策定

IMO 海上安全委員会・第 92 回会合 (MSC 92 平成 25 年 6 月) は、電子傾斜計の性能基準 (Performance Standards for Electronic Inclinerometers) を採択した (MSC 決議第 363 号)。この性能基準に対応した試験法案が必要になったため、海上技術安全研究所職員が ISO 規格策定の作業部会議長兼プロジェクトリーダーを努め、電子傾斜計の規格策定に貢献してきた。

その結果、平成 26 年には公開仕様書 (Publicly Available Specification) を策定されるとともに、平成 28 年 11 月 8 日に ISO 19697:2016 “Ships and marine technology — Navigation and ship operations — Electronic inclinometers” (船舶及び海洋技術—航海及び船舶運用—電子傾斜計) が発行された。

国際標準化機構 (ISO) の日本国内審議団体である地盤工学会などが設置した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 (9 人)

会議名	会議目的	参加延べ人数
ISO/TC 292/WG 6	サプライチェーンセキュリティ	1
ISO/TC 8/SC 1	救命設備及びガス検知器等・救命設備	2
IEC/TC 18	船舶等の電気設備	1

ISO/TC 67/SC 7	海洋構造物	1
ISO/TC 8/SC 1/WG 1	救命設備	1
ISO/TC 8/SC 8	プロペラキャビテーション・高マンガンオーステナイト鋼	2
IEC/TC 114	海洋エネルギー設計要件	1

(ウ) IAEA における活動

平成 28 年度は、IAEA の会議にのべ 6 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 (6 人)

会議名	会議の目的	参加延べ人数
第 6 回放射性物質輸送規則の基礎的数値 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 2 回輸送事故時緊急時対応ガイド文書改定専門家会合	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 32 回輸送安全基準委員会 (TRANSSC 32)	放射性物質輸送に係る安全基準の審議	1
第 3 回輸送事故時緊急時対応ガイド文書改定専門家会合	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 33 回輸送安全基準委員会 (TRANSSC 33)	放射性物質輸送に係る安全基準の審議	1
SSR-6 改定のための技術会合	放射性物質輸送に係る安全基準の審議	1

(エ) 国際航路協会 (PIANC) における活動

国連の経済社会理事会の諮問機関に指定されている国際航路協会 (PIANC) は、内陸水路委員会 (InCom)、海港委員会 (MarCom)、環境委員会 (EnviCom)、レクリエーション水路委員会 (RecCom)、国際協力委員会 (CoCom)、若手技術者委員会 (YPCoM) の下に、多数のワーキンググループを設置し、港湾・航路等の技術的課題に関するレポートを作成しており、これらは世界の港湾・航路技術者の指針となっている。

当研究所は、平成 28 年 4 月にフィリピンで開催された PIANC YP-Com 2nd Asian Seminar (アジア地域を中心に海外から約 15 名、フィリピン国内から約 60 名が参加) に研究者を派遣してプレゼンテーションや各国研究者とのグループディスカッションを行うとともに、平成 29 年 1 月末から 2 月にかけて開催された PIANC YP-Com Meeting (毎年 1~2 月にベルギーのブリュッセルで開催される YPCoM の各国代表者会議) において、YPCoM の発展に関する議論等に参加した。また、MarCom WG161 の報告書「Interaction between offshore wind farms and maritime navigation (洋上風力発電施設と船舶航行との離隔)」において、日本の港湾における洋上風力発電施設の事例について執筆したほか、EnviCom ワーキンググループのメンバーとして PIANC WG188 の報告書「Carbon Management for Port and Navigation Infrastructure (港湾及び航行施設に関する温室効果ガスの管理)」の執筆に参加し、当研究所が沿岸域の CO2 吸収機能として有効活用方策を研究しているブルーカーボンについて報告した。さらに、当研究所の職員が同協会日本部会の企画委員会委員に就任するなど、会議への参加や報告書の執筆、委員会への参画等を通じ、その活動に貢献した。

表 1. 6. 4 PIANCに係る会議参加数（3人）

会議名	会議の目的等	参加延べ人数
PIANC YP-Com 2nd Asian Seminar, Manila, Philippines	アジア地域における港湾・航路の現状や問題点を共有して解決策の検討を行う会議	1
PIANC YP-Com Meeting in Brussels, Belgium	PIANC 若手技術者グループの YPCom における各国代表者会議	1
PIANC-Japan 第 47 回理事会	国際航路協会日本部会の活動内容に係る審議及び決定	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、当研究所の研究者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。

・機内持ち込み PED に対する航空機の耐空性評価関連基準改定

平成 28 年 12 月の機内持ち込み PED に対する航空機の耐空性評価関連基準 (RTCA DO 307A, 363) の改定において、特に、航空機のアンテナを通して発生する混信妨害の発生量に影響する玄関結合と呼ばれる現象の評価の部分に電子航法研究所の研究成果を活用した。

・「航空監視マニュアル」改正案の採択

ICAO の「航空監視マニュアル」(Doc 9924) では、航空機監視システムで利用される周波数帯の信号環境を改善させる受動捕捉に関する技術概要例が記載されているが、電子航法研究所の実験システムによる実測結果に基づき測位精度の記述を修正するとともに、実検証データも追記した。さらに、同マニュアル改正案が第 2 回監視パネル (SP/2, 平成 28 年 10 月開催) で採択された。

・「航空機監視に係る地上ベースの安全網 (GBSN) マニュアル」の最終案形成

ICAO の「航空機監視に係る地上ベースの安全網 (GBSN) マニュアル」の最終案形成までの過程で、電子航法研究所の知見・ノウハウを活用して貢献し、最終案に対する意見等への対応を残すのみとなっている。

・その他

平成 29 年 3 月には日本にて ICAO-SP-WG が開催されるとともに、その技術サブグループ (TSG) および ASWG に WP を提供し、当研究所が 2000 年頃に測定したデータを活用して信号環境劣化の原因分析に資する情報を提供した。

ICAO NSP では当研究所が作成に貢献した SARPS 案が策定され、2018 年に公布予定である。また、APANPIRG ISTF タスクフォース議長として、アジア地域共通電離圏モデルを開発するなど、国際標準の策定に向けて大いに貢献した。

EUROCAE WG-100 では、現在開発しているシステムのトラッキング部分で情報提供を行い仕様策定の議論で貢献した。また、29 年度の 5 月には電子航法研究所にて WG が開催されることも正式に決定した。

その他、欧州諸国を中心に 200 名ほどの参加者が集う EUROCAE シンポジウムや、米国を中心に 300 名ほどの参加者が集う RTCA グローバルアビエーションシンポジウムに初めて参加するなど活動の幅を広げた。これまでの活動による知名度の向上や貢献により、本年度は電子航法研究所の所長が EUROCAE の Internatinal Contribution Award の表彰式のプレゼンターの一人としてスピーチを行い、RTCA の国際協調セッションのパネリストの一人として登壇して研究所の紹介を行うなどの機会に恵まれ、更なる国際的な知名度の向上に貢献した。

表 1. 6. 5 ICAO、RTCA、EUROCAE に係る会議参加数 (49 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	8
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	2
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
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	3
飛行方式パネル (IFPP)	飛行方式設計に関する検討を行う会議	1
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	1
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めの会議	1
ICAO 総会	ICAO 総会技術委員会のうち技術基準策定、整備・運用及びその他技術課題関連の会議	1
今後の技術標準策定あり方に係る円卓会合 (SRTM/3)	ICAO 技術標準等の在り方やその策定プロセス等に係る会議	1
ICAO RASMAW-MAWG	地域安全監視諮問グループ監視機関作業部会	1
ICAO RPAS & Remote ATS Symposium	遠隔操縦航空機システム・リモート ATS に関するシンポジウム	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	2
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	2
携帯電子機器に関する作業部会 (RTCA SC-234) (EUROCAE WG-99)	航空機搭載される電子機器に関する専門委員会	2
航空機内データ通信に関する作業部会 (RTCA SC-236) (EUROCAE WG-96)	航空機内データ通信 Wireless Avionics Intra-Communication System (WAIC) に関する検討を行う作業部会	2
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、映像システムを検討する専門委員会	7

IPS 及び AeroMACS に関する作業部会 (RTCA SC-223)	インターネットプロトコルや AeroMACS のための作業部会	1
航空機監視応用方式/トランスポンダに関する作業部会 (RTCA SC-186/SC-209) (EUROCAE WG-49/WG-51)	ADS-B 等を利用したより高度な航空機の間隔管理を行うための運用性能基準を作成する作業部会/次世代トランスポンダの MOPS 作成のための合同作業部会	8
GPS に関する作業部会 (RTCA SC-159)	衛星航法システムを利用した航法装置に関する専門委員会	2

(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 (9 人)

会議名	会議目的	参加延べ人数
ITTC (国際試験水槽会議) -SHOPERA workshop	最低出力に係る研究の評価	1
ITTC PSS* No. 4	試運転実施・解析方法の改定	1
ITTC Advisory Council	ITTC 推奨試験/評価方法 (各種) の審議	1
SHOPERA workshop & 非公式会合	最低出力に係る研究の評価	1
ITTC PSS* No. 5	試運転実施・解析方法の改定	1
ITTC See Keeping Committee	ITTC 推奨試験/評価方法 (各種) の審議	1
ITTC Advisory Council	ITTC 推奨試験/評価方法 (各種) の審議	1
IPACG (Informal Pacific ATC Coordinating Group) 会議	管制運用上の短・中期的な諸問題の協議	2

注*

PSS: Specialist Committee on Performance of Ships in Service

(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28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28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28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218件の発表を実施した。

港湾空港技術研究所では、「OCEANS' 16 上海」（中国）及び「OCEANS' 16 Monterey」（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、ICAO による世界航空交通計画（Global Air Navigation Plan）において重要となる「次世代の情報共有の基盤（SWIM）」の研究開発に貢献した。SWIM の更なる促進に向け、世界各地域における認識の共有化を図るとともにその有効性を示すために Mini Global Demonstration（MGD）と呼ばれるプロジェクトが米国連邦航空局（FAA）の主導のもと実施されており、本年度は複数のサービス事業者による Global Enterprise Messaging Service（GEMS）とよばれるグローバルな接続と情報交換環境の構築実証を目的として国際デモ実験を実施する国際会議 MGD-II が実施された。電子航法研究所は航空局、FAA、AeroThai、CAAS との連携により実運用に基づくシナリオを実施し、SWIM コンセプトの有効性を示した。日本をはじめとするアジア地域の貢献は高く評価され、国内のエアラインからの関心も高まりを見せている。また、この連携の経験や研究成果は、離陸前のフライト情報交換による運行効率向上（FF-ICE: Flight and Flow - Information Collaborative Environment）など ICAO が目指す国際連携運用の検証実験など、MGD に続く国際連携実験にも活用され始めた。

また、GBAS の開発、認証、導入を進める世界各国の航空当局、航空管制サービスプロバイダー、航空会社、メーカー等の情報交換の場となっている国際 GBAS ワーキンググループ（IGWG: International GBAS Working Group）会議に継続的に参加している。本年度は GBAS 研究の状況報告や石垣島における電離圏擾乱時を含む GAST-D の検証実験結果をはじめとした多数の発表を行い、研究成果の普及とともに研究活動の国際的な認知度を向上させた。特に、ICAO が開催する電離層タスクフォース会議（ISTF: Ionospheric Taskforce）においては、欧米と比較して GBAS の性能に重大なリスクとなる電離層擾乱の課題について討議し、当研究所の研究員が座長としてアジア太平洋諸国の調査研究結果をとりまとめる主導的な活動を行うことにより電離圏擾乱対策の基礎となるガイダンス文書をまとめ、ICAO APEC の正式文書 AP151/16 として発行されるなど、連携強化の成果が見られている。

中北部太平洋上における航空交通の管制運用上の短・中期的な諸問題を解決することを目的に FAA や日本国航空局及び空域の利用者が協議する場として開催される日米航空管制調整グループ（IPCACG: Infromal Pacific ATC Coordinating Group）会議にも継続参加している。本年度は高高度 UPR（User Preferred Route）の対象範囲拡大のための統計結果を報告し、我が国における対象範囲は FL400 以上から FL380 以上へ拡大することとなった。また、飛行中に動的に経路を変更する DARP（Dynamic Airborne Reroute Procedures）に関して、我が国における実績に基づき便益評価を実施した結果を報告するなど、運用改善への検討に貢献した。その他多くの学会に参加するなど、研究ネットワークの拡大、海外機関との意見交換に努めた。

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28年9月にロンドンの IMO において、国土交通省海事局と共同

で液化水素運搬船の安全要件に関する国際ワークショップを開催した。11 カ国及び5 の国際機関・団体から約 60 名が参加し、世界初となる液化水素運搬船の船舶設計における安全対策、船舶運航における安全のための検討事項、安全基準を検討する CG（通信部会）の検討結果の報告などのプレゼンテーションが行われた。液化水素運搬船のパイロット船の実証実験に向けて、各国の理解を深め、IMO 小委員会における暫定勧告の策定に際し大きく貢献した。



図 1. 6. 1 液化水素運搬船の安全要件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 28 年 6 月に韓国沿岸技術院（KIOST）と中国交通運輸部水運科学研究院（WTI）から研究者 7 名が来日し、研究所内で「海洋環境国際シンポジウム」を開催した。当該シンポジウムは従来、港湾空港技術研究所と KIOST で行ってきた水質・生態系モデル開発の共同研究に平成 29 年度から WTI が加わることを契機に開催したものであり、当日は WTI、KIOST、港湾空港技術研究所それぞれの研究発表が行われ、これまでの共同研究の成果を活かして日中韓を含む北東アジアの港湾における環境面、生態学面から見た共通の指針作成に向けた体制が整った。

平成 28 年 10 月には、日韓沿岸技術研究ワークショップを開催した。KIOST の研究者に加えて堀川清司東京大学名誉教授など一般からの参加もあり、KIOST の特別講演のほか、港湾空港技術研究所から沿岸防災、沿岸管理、沿岸環境、技術開発の 4 つのテクニカルセッションにおいて研究者が発表を行うとともに、参加者による横須賀港馬堀海岸の高潮対策事業や神戸港及び大阪港の視察を実施した。

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 28 年 10 月 31 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」を開催した。受賞者である東北大学名誉教授の首藤伸夫氏、前アメリカ海洋大気庁太平洋環境研究所長の Eddie Bernard 氏及びチリ共和国内務省国家緊急対策室（ONEMI）の 2 名 1 団体には、石井国土交通大臣より記念品が授与された。このうち ONEMI は、多くの犠牲者を出した 2010 年チリ中部マウレ地震の教訓を生かして警報体制を整理し、警報に関わる業務の自動化・一元化等を進め、2015 年チリ中部イジャペル地震の際は、地震発生後 8 分で予備的避難情報を、10 分で津波警報を発令して沿岸住民の 97% という高い避難率を記録し、被害低減に大きく貢献したことを評価されての受賞であり、当該警報システムの変更においては、港湾空港技術研究所も SATREPS（JST と JICA による地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム）のプロジェクトの中で技術提案を行うなど、サポートしてきた経緯がある。



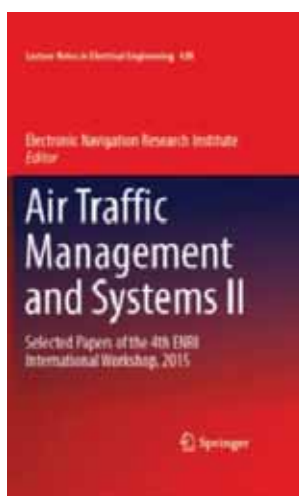
図 1. 6. 2 濱口梧陵国際賞授賞式及び記念講演会の様子

電子航法研究所においては、日本とシンガポールの研究協力体制の構築に向け、航空局が主催するシンガポールとの日星ワークショップの実現を支援し、研究を紹介した。今後、研究所レベルで無人機の ATM、航空交通需要解析について今後も協力・調整を行うこととしている。

また、平成 27 年度に主催した国際ワークショップ EIWAC2015 (ENRI International Workshop on ATM/CNS) をの継続活動として、出版のための編集委員会や査読体制に、米国 NASA やフランス航空局 DSNA など海外からの研究者の協力も得て、講演予稿集より優れた論文を選定して Springer 社より出版した。



図 1. 6. 3 日星ワークショップの様子



Book Title	Air Traffic Management and Systems II	
Book Subtitle	Selected Papers of the 4th ENRI International Workshop, 2015	
Editors	Electronic Navigation Research Institute	
Series Title	Lecture Notes in Electrical Engineering	
Publisher	Springer Japan	
分権番号	イーブック	ISBN978-4-431-56423-2
	ハードカバー	ISBN978-4-431-56421-8
	Series ISSN1876-1100	

図 1. 6. 4 電子航法研究所主催ワークショップ EIWAC2015 の論文を本として出版

その他、電子航法研究所では昨年度に引き続き、平成 29 年 3 月 7 日から 3 月 9 日までの会期 3 日間で、

述べ約 7800 名の来場者と約 230 社の出展業者が参加した世界各国の航空管制機関の集まりである CANSO (Civil Air Navigation Services Organisation) が主催する大規模な展示会である World ATM Congress2017 (会場：マドリード見本市会場) に出展した。今回初の試みとして全体プレゼンテーションエリアでのプレゼンテーション実施、さらに、開催期間中には他の各ブースを訪問することにより海外連携の強化に向けた積極的な取り組みを進めた。



図 1. 6. 5 World ATM Congress 2017 全体プレゼンおよび ENRI 出展風景

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 28 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 28 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 28 年度は、中国交通運輸部水運科学研究院 (WTI) 及びインドのジャダプール大学とそれぞれ研究協力協定を締結した。これらの研究協力協定に基づいて、相手方研究機関と共通する研究分野において活発な活動を行っており、平成 27 年度にインドネシア技術評価応用庁 (BPPT) と締結した共同研究協定では、研究者の交流だけではなく、シルテーションや漂砂の分野を中心にインドネシアにおける港湾、海岸を対象とした共同研究の実施を定めており、平成 29 年 2 月に、インドネシアにおいて当研究所の研究者が海岸の地形変化や航路埋没の現地調査を実施するなど、諸外国における港湾の開発や維持管理に研究成果を活かすことによって、国際貢献も念頭に置いた様々な活動を推し進めた。

電子航法研究所では、タレスグループ、CNES、韓国航空大学校、モンゴル科学技術大学など、海外機関との研究交流会を通じて交流の幅を広げ、特にドイツの航空宇宙研究機関である DLR の Flight Guidance 部門との包括連携協定に調印した。また、ブラウンシュヴァイク工科大学 (TUBS) との協力関係の構築に Jeppessen を加えて、Fixed-flight Path Angle Deacent (FPA) 降下の評価実験を実施する方向で情報交換を進めた。また、EU 内の競争的研究資金の枠組みである Horizon2020 の中で日本と EU の共同研究プログラムを実施している。EU 側のデュイスブルグエッセン大学、ケント大学、コーニング社など 5 機関、日本側の大阪大学、同志社大学、電力中央研究所、日立製作所など 5 機関と連携の上、「新世代ネットワーク実現に向けた欧州との連携による共同研究開発及び実証」の研究、欧州側の ONERA、

DASSAULT、USOL、ONERA、SZTAKI、ブリストル大学、エクスター大学と日本側の東京大学、JAXA、リコー、三菱スペースソフトウェアと「航空安全向上のための知的飛行制御技術」の研究を実施している。

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、サンパウロ大学及びリオデジャネイロ大学より研修員として受け入れ、船舶の流体・構造解析などに関する研究連携の深化を図った。また、ノルウェー科学技術大学に研究者1名を留学させ、海洋開発に関する研究連携や国際貢献を推進した。

港湾空港技術研究所では、JICAが開発途上国に対する技術協力の一環として主催する「港湾技術者のための港湾開発・計画研修」等の研修5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28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。また、JICAが設置した「インドネシア国首都圏東部新港開発事業準備調査にかかる国内支援委員会」において、研究者が航路埋没対策に係る分野及び地盤改良に係る分野の有識者として専門的かつ技術的な見地から助言を行った。さらに、国土交通省とベトナム交通運輸省の間で締結された覚書に基づき、研究者がベトナムの港湾技術基準策定のための専門家会合に参加し、日本の港湾基準をベースとした新たなベトナムの国家港湾基準の策定に協力するなど、様々な形で国際貢献に寄与した。

電子航法研究所では、独立行政法人国際協力機構（JICA）のプロジェクトにおける「ミャンマー RADAR 専門教官の能力向上研修」の一環として、研修生に対するセミナーを平成28年5月17日に開催した。来所した研修生3名は、全員ミャンマー民間航空局に所属の職員であり、本セミナーではJICA及び研修生の要望に応じて当研究所の監視技術についての講義を行い、研修生の関心の高いプログラムを提供した。この他、韓国航空局やインド空港公社が主催する国際セミナーに講師を派遣している。

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、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、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、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は、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のできる事由により、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

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ため、検討を進める。

（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のための体制を整備する。

◆平成28年度計画における目標設定の考え方

本年度は、3研究所統合の初年度にあたることから、当研究所を取り巻く研究環境の変化や組織の運営状況を踏まえつつ、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28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

新たに「経営戦略室」を設置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」を設置し、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」を設置し、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始めた。

(2) 一括調達等による取組

平成28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28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。

- ・ 役員傷害保険
- ・ コピー用紙の購入
- ・ 警備業務請負
- ・ 機械警備請負
- ・ 清掃業務請負
- ・ 複写機賃貸借及び保守
- ・ 定期健康診断
- ・ 電力需給契約
- ・ 守衛業務契約

- ・二次変台及び分岐盤等定期点検

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30年度を目処に財務会計システムを更新するべく、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研究所のネットワークシステムの更新等を検討するため、3研究所による会議体を設置し、検討を開始した。

(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、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28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。

28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97.6、研究職種で103.0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28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 28 年 5 月に平成 28 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 27 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 28 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	2,625	1,189	1,462	5,277
施設整備費補助金	60	93	17	171
受託等収入	580	1,124	173	1,877
計	3,265	2,406	1,653	7,324
支出				
業務経費	516	229	795	1,540
施設整備費	60	93	17	171
受託等経費	498	1,050	147	1,695
一般管理費	110	93	45	247
人件費	2,081	941	649	3,672
計	3,265	2,406	1,653	7,324

(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 28 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	3,466	2,345	1,914	7,726
経常費用	3,466	2,345	1,914	7,725
研究業務費	2,174	948	1,265	4,387
受託等業務費	498	1,050	147	1,695
一般管理費	533	315	214	1,062
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	3,466	2,345	1,914	7,726
運営費交付金収益	2,625	1,189	1,462	5,277
手数料収入	0	0	0	0
受託等収入	580	1,124	173	1,877
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	3,265	2,406	1,653	7,324
業務活動による支出	3,205	2,313	1,626	7,144
投資活動による支出	60	93	17	171
財務活動による支出	0	0	9	9
次期中長期目標の期間への繰越金	0	0	0	0
資金収入	3,265	2,406	1,653	7,324
業務活動による収入	3,205	2,313	1,636	7,154
運営費交付金による収入	2,625	1,189	1,462	5,277
受託収入	537	1,025	170	1,732
その他収入	42	99	4	145
投資活動による収入	60	93	17	171
施設整備費補助金による収入	60	93	17	171
その他の収入	0	0	0	0
財務活動による収入	0	0	0	0
前期中長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) 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

◆平成28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28年度 of 取組状況

1. 運営費交付金を充当して行う事業

平成28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、純利益は298百万円となり、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353百万円と合わせて総利益は651百万円となっている。

(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	5,277	5,277
施設整備費補助金	171	17
受託等収入	1,877	3,740
計	7,324	9,034
支出		
業務経費	1,540	1,478
施設整備費	171	191
受託等経費	1,695	3,443
一般管理費	247	214
人件費	3,672	3,675
計	7,324	9,002

(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	7,726	8,514
経常費用	7,725	8,501
研究業務費	4,387	4,104
受託等業務費	1,695	2,510
一般管理費	1,062	970
減価償却費	581	917
財務費用	0	3
臨時損失	0	10
収益の部	7,726	8,812
運営費交付金収益	5,277	4,893
手数料収入	0	70
受託等収入	1,877	3,407
寄付金収益	0	4
資産見返負債戻入	572	437
臨時利益	0	1
純利益	0	298
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	353
総利益	0	651

(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	7,324	9,479
業務活動による支出	7,144	8,755
投資活動による支出	171	683
財務活動による支出	9	41
次期中長期目標の期間への繰越金	0	0
資金収入	7,324	9,280
業務活動による収入	7,154	9,280
運営費交付金による収入	5,277	5,277
受託収入	1,732	3,764
その他収入	145	240
投資活動による収入	171	0
施設整備費補助金による収入	171	0
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・広報活動や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 217 件、競争的資金 116 件の合計 333 件を実施し、3,677 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、96 百万円を獲得した。

3. 業務達成基準による収益化

運営費交付金の会計処理として、独立行政法人会計基準等の改訂にともない、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した。具体的には、「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分野」及び「電子航法分野」については総務部、「港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術分野」については、管理調整・防災部において予算と実績を管理している。なお、間接部門については、期間進行基準により、予算と実績を管理している。

4. 短期借入金の限度額

特になし。

5. 不要財産の処分に関する計画

特になし。

6. 財産の譲渡又は担保に関する計画

特になし。

7. 剰余金の使途

特になし。

第4章 その他業務運営に関する重要事項

【中長期目標】

(1) 内部統制に関する事項

内部統制については、「「独立行政法人の業務の適正を確保するための体制等の整備」について」（平成26年11月28日行政管理局長通知）に基づく事項の運用を確実に図り、研究における不正等が起きないように、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統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に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統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に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設置し、本年度は研究所の重要リスクを把握・分析し、業務の適正を確保するための整備を行う。

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、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統合的な人材育成及び登用方針の策定を進める。

(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。

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、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	171	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	60	
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	93	
③ 電子航法に関する研究開発等	17	

(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28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設置した。

平成28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を策定するとともに、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回実施するとともに、外部から講師を招き、研究者を対象とした研究倫理に関する出前講習会を開催した。

(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、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を策定して、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28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。