見込み評価　業務実績等報告書

令和４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 ---------- ２４
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 ---------- ３１
（１）海上輸送の安全の確保 ---------- ３４
（２）海洋環境の保全 ---------- ５０
（３）海洋の開発 ---------- ８０
（４）海上輸送を支える基盤的な技術開発 ---------- ９０
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 ---------- １０７
（１）沿岸域における災害の軽減と復旧 ---------- １０８
（２）産業と国民生活を支えるストックの形成 ---------- １４８
（３）海洋権益の保全と海洋の利活用 ---------- １７７
（４）海域環境の形成と活用 ---------- １９０
４．電子航法に関する研究開発等 ---------- ２０８
（１）軌道ベース運用による航空交通管理の高度化 ---------- ２１０
（２）空港運用の高度化 ---------- ２２５
（３）機上情報の活用による航空交通の最適化 ---------- ２４５
（４）関係者間の情報共有及び通信の高度化 ---------- ２５５
５．研究開発成果の社会への還元 ---------- ２６４
（１）技術的政策課題の解決に向けた対応 ---------- ２６４
（２）災害及び事故への対応 ---------- ２７１
（３）橋渡し機能の強化 ---------- ２７９
（４）知的財産権の普及活用 ---------- ２９０
（５）情報発信や広報の充実 ---------- ３００
６．戦略的な国際活動の推進 ---------- ３２２
（１）国際基準化、国際標準化への貢献 ---------- ３２２
（２）海外機関等との連携強化 ---------- ３３０

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 ----- ３４８
１．統合に伴う業務運営の効率化 ---------- ３５１
２．業務の電子化 ---------- ３５４
３．業務運営の効率化による経費削減等 ---------- ３６０

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 ------- ３６３
平成 28 年度 ---------- ３６４
１．運営費交付金を充当して行う事業 ---------- ３６７
２．運営費交付金以外の収入の確保 ---------- ３６８
３．業務達成基準による収益化 ---------- ３６８
４．短期借入金の限度額 ---------- ３６８
５．不要財産の処分に関する計画 ---------- ３６８
６．財産の譲渡又は担保に関する計画 ---------- ３６８
７．剰余金の使途 ---------- ３６８
平成 29 年度 ---------- ３６９
１．運営費交付金を充当して行う事業 ---------- ３６９
２．運営費交付金以外の収入の確保 ---------- ３７０
３．短期借入金の限度額 ---------- ３７０
４．不要財産の処分に関する計画 ---------- ３７０
５．財産の譲渡又は担保に関する計画 ---------- ３７０
６．剰余金の使途 ---------- ３７０
平成 30 年度 ---------- ３７１
１．運営費交付金を充当して行う事業 ---------- ３７１
２．運営費交付金以外の収入の確保 ---------- ３７２
３．短期借入金の限度額 ---------- ３７２
４．不要財産の処分に関する計画 ---------- ３７２
５．財産の譲渡又は担保に関する計画 ---------- ３７２
６．剰余金の使途 ---------- ３７２
令和元年度 ---------- ３７３
１．運営費交付金を充当して行う事業 ---------- ３７３
２．運営費交付金以外の収入の確保 ---------- ３７４
３．短期借入金の限度額 ---------- ３７４
４．不要財産の処分に関する計画 ---------- ３７４
５．財産の譲渡又は担保に関する計画 ---------- ３７４
６．剰余金の使途 ---------- ３７４

令和２年度 ---------- ３７５
１．運営費交付金を充当して行う事業 ---------- ３７５
２．運営費交付金以外の収入の確保 ---------- ３７６
３．短期借入金の限度額 ---------- ３７６
４．不要財産の処分に関する計画 ---------- ３７６
５．財産の譲渡又は担保に関する計画 ---------- ３７６
６．剰余金の使途 ---------- ３７６
令和３年度 ---------- ３７７

第４章　その他業務運営に関する重要事項 ---------- ３７８
１．内部統制に関する事項 ---------- ３８１
２．人事に関する事項 ---------- ３８１
３．外部有識者による評価の実施・反映に関する事項 ---------- ３８２
４．情報公開の促進に関する事項 ---------- ３８２
５．施設・設備の整備及び管理等に関する事項 ---------- ３８２

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。

(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。

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

【項目名】
★次世代海洋資源調査技術
☆AUV の複数運用手法等の研究開発

【平成 28 年度】
●研究タスクフォースの設置
　各研究所の研究成果の活用など連携研究についての検討を実施するとともに、海底施工システムのコンセプトを取りまとめた。

・ 各研究所における研究成果を活用して、平成２８年度は、図 1.1.1 のような研究テーマの要素を検討した。担当研究者によるタスクフォースを立ち上げ、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。

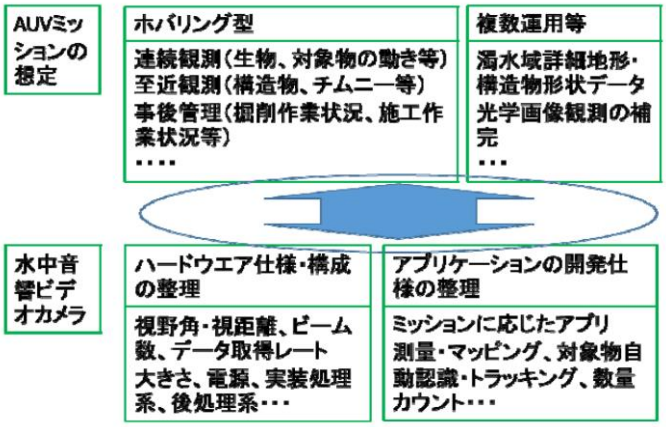


図 1.1.1　タスクフォースにおける新たな研究テーマの検討について

・ 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。

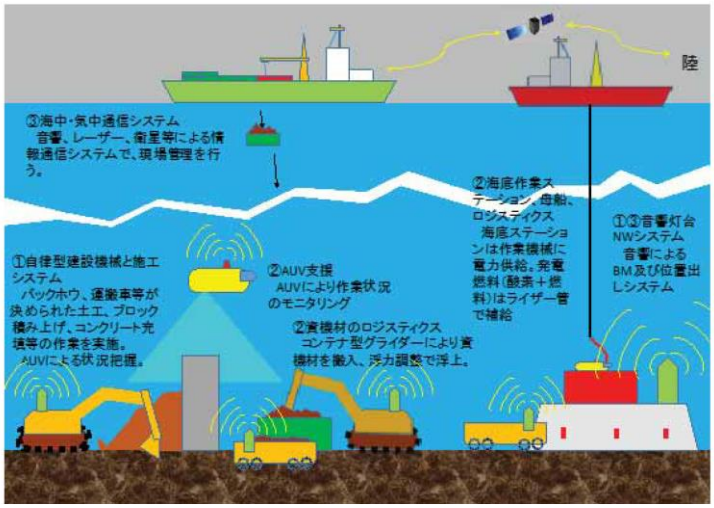


図 1.1.2　海中ステーションを統合した研究テーマの検討

【平成 29 年度】

●研究タスクフォースによる活動

AUV による広範囲なスクリーニングののちに音響ビデオカメラをスポット的に投入するとともに、ソフト側に主点を置いた方向性に修正した。

・ 平成２９年度は、担当研究者によるタスクフォースにおいて、AUV の複数運用技術と水中音響ビデオカメラおよびその他の研究成果を活かしたさらなる連携研究についての検討を実施した。その結果、AUV に水中音響ビデオカメラを搭載して行うようなミッションのほかに、AUV による迅速で広範囲なスクリーニングののちに音響ビデオカメラをスポット的に投入する、といったソフト側に主点のあるものに方向性を修正した。ミッションとして、AUV の役割、音響ビデオカメラの役割を検討し、それぞれソフトウエアの面での研究開発を進めていくこととした。

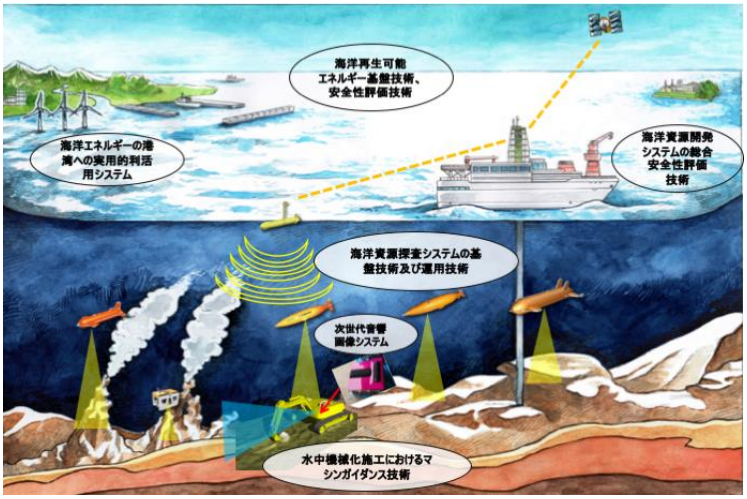


図 1.1.3　AUV を使った海洋資源開発・エネルギー開発関連技術

【平成 30 年度】

●AUV5 機同時運用の成功

伊豆諸島海域の熱水帯で調査を実施し、広域で高効率なデータ取得調査（複雑で急峻な海底カルデラの探査で世界的に最高レベルの運動性能があることを実証）を実現した。

・　複数の AUV を１隻の母船から着水・揚収させ、同時に異なるデータを広範囲に取得する「AUV の複数運用技術の研究開発」を海上技術安全研究所において実施し、また、海底において光学カメラでは取

得できない濁水中の視野および高精細な３次元地形データを同時に取得できる「水中音響ビデオカメラの研究開発」を港湾空港技術研究所において実施した。

・ AUV の複数運用技術について海上技術安全研究所は、４機の航行型 AUV と１機のホバリング型 AUV の計５機同時運用に成功した。また、実運用事例として、伊豆諸島（大室ダシ、東青ヶ島カルデラ、スミスリフト）において、民間企業による複数機 AUV 熱水地帯調査を実施し、全７回の潜航調査を成功させた（図 1.1.4）。複数機 AUV 同時運用の有効性及び社会実装達成が可能であることを確認するとともに、広域高効率調査を実現した。

・ 海底探査の国際競技大会（世界的 AUV 運用コンペ Shell Ocean Discovery XPRIZE）で、日本の産学官で結成された Team KUROSHIO が準優勝し、AUV 複数同時運用技術の高さを世界に示した（図 1.1.5）。

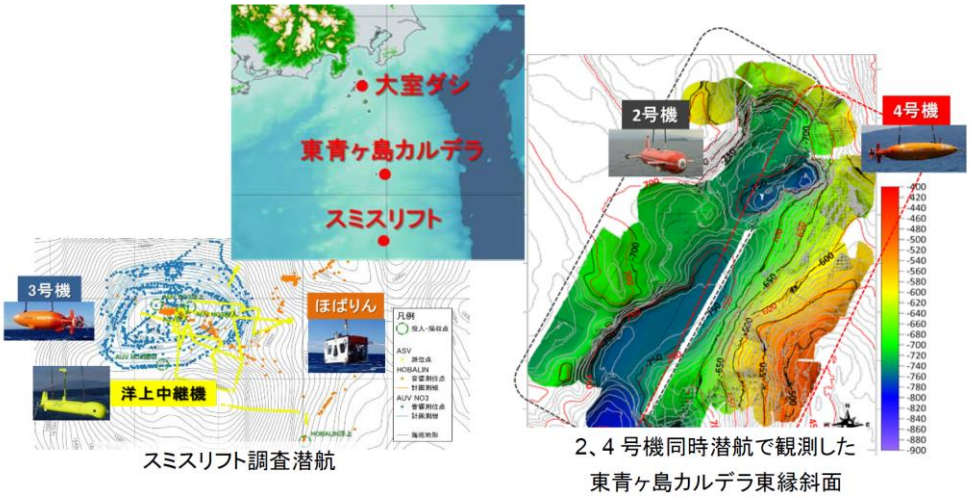


図 1.1.4 伊豆諸島での複数機 AUV 熱水地帯調査



図 1.1.5 Shell Ocean Discovery XPRIZE 表彰式日本メンバー

【令和元年度】

●海技研 AUV の運用技術の民間移転

民間による海技研 AUV の運用技術の完成度向上のため、制御プログラムの改良を兼ねて、民間による習熟運用を実施。海技研 AUV を使用した海底調査を、民間が独力で行う体制を完全に構築した。

●次世代音響画像システムの改良

浅海用音響ビデオカメラについては取得映像の調整、音響映像呈示システムについては床掘浚渫用、置換工用のアプリケーションを作成、視認サポートについて一定の成果が認められた。

・ 令和元年度はその技術を民間企業に移転することを目的に、国内の海洋調査関連民間企業で構成された協会に海技研 AUV システムの運用技術を移転し、同協会で海技研の AUV を使った事業ベースの海底調査の展開を検討した。また、海技研のホバリング型 AUV の運用ノウハウを受け継いだ環境計測コンサルタント会社がホバリング型の AUV を運用する事業を開始した。複数 AUV を同時運用する際の隊列制御アルゴリズムの開発を実施し、非線形モデル予測制御を使った AUV の隊列制御方法の高度化手法を開発した。これにより駿河湾（1000m 深）実海域試験では、ASV をリーダ機、2 機航行型 AUV をフォロワー機とした動的ウェイポイント航走を実現し、 運用技術の高度化（隊列制御技術の発展）を実施。（海技研の研究成果としても併記）

・ 次世代音響画像システムについて、施工中の進捗管理での使用を目指し、浅海用音響ビデオカメラについては取得映像の調整を行い、音響映像呈示システムについては床掘浚渫用、置換工用のアプリケーションを作成し、北九州新門司（Ⅱ期）の各実工事で試用し、濁りのある中での視認サポートについて一定の成果が認められた。本検討は施工中の港湾構造物の音響可視化とともに将来の CIM を活用した施工の ICT 化への橋渡しをするものであり、施工の生産性向上に向けて着実に前進した。（港空研の研究成果としても併記）これらの成果を活用し、今後、港湾施設や洋上風力施設等の保守点検等広範囲な適用を可能にする予定（2 研連携）。

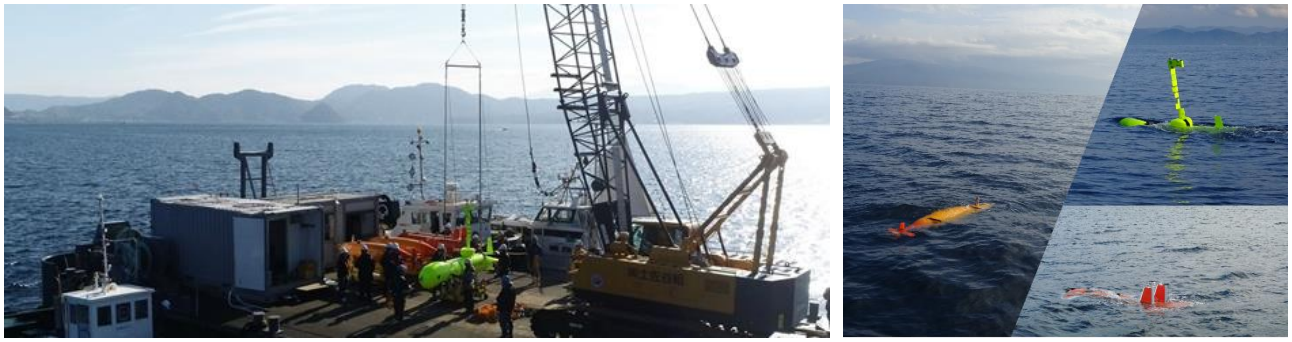


図 1.1.6　駿河湾での AUV 複数機運用

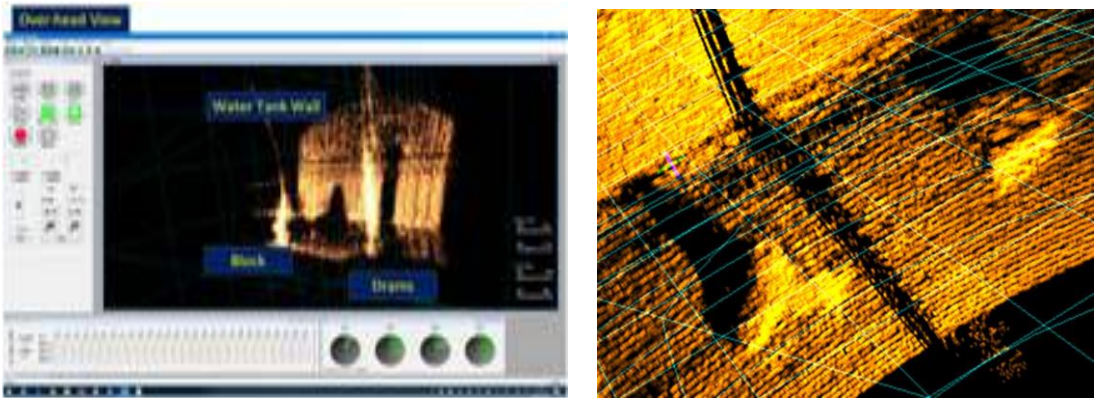


図 1.1.7　音響ビデオカメラ画像（左：操作画面、右：拡大画像）

【令和 2 年度】
●浅海用音響ビデオカメラの改良と AUV の隊列制御
浅海用音響ビデオカメラについては、床掘浚渫工、置換工をターゲットとした施工モニタ用のアプリケーションを改良するとともに、AUV 複数機（3 機）を同時運用する際の隊列制御アルゴリズムを新たに開発し、駿河湾にて有効性を確認した。

・ 次世代海洋資源調査技術に関する連携研究については実質的に令和元年度で終了しているが、これまでの連携研究結果のまとめを令和 2 年度の最初に連携して行った。

・ 音響映像呈示システムを含む浅海用音響ビデオカメラについては、床掘浚渫工、置換工をターゲットとした施工モニタ用のアプリケーションの改良を行い、施工管理システムとして試用し実用の目途を得ると共にマニュアルを作成した。（港空研の研究成果としても併記）

・ AUV（Autonomous Underwater vehicle）の技術開発については、第 2 期 SIP に参画しながら ASV（Autonomous Surface vehicle）による AUV 複数機（3 機）を同時運用する際の隊列制御アルゴリズムを新たに開発し、駿河湾にて有効性を確認することにより、複数機の管理が安定し、広大な海底域の探索が可能となった。（海技研の研究成果としても併記）

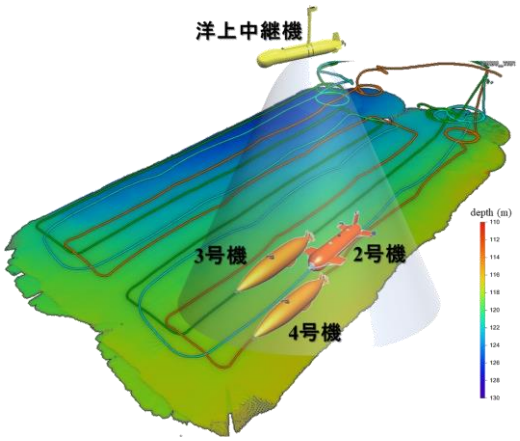


図 1.1.8　ASV 管理下基本隊列制御アルゴリズムを用いた AUV3 機同時運用

【項目名】
★次世代海洋資源調査技術
☆ROV による高効率海中作業システムの開発

【平成 28 年度】
●研究タスクフォースの設置

・ 図 1.1.9 に示すように 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、両者のす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にした。

【平成 29 年度】
●研究タスクフォースによる活動
AUV による広範囲なスクリーニングののちに音響ビデオカメラをスポット的に投入することとした。

・ 担当研究者によるタスクフォースにおいて、AUV の複数運用技術と水中音響ビデオカメラおよびその他の研究成果を活かしたさらなる連携研究についての検討を実施した。その結果、AUV に水中音響ビ

デオカメラを搭載して行うようなミッションのほかに、AUV による迅速で広範囲なスクリーニングののちに音響ビデオカメラをスポット的に投入する、といったソフト側に主点のあるものに方向性を修正した。ミッションとして、AUV の役割、音響ビデオカメラの役割を検討し、それぞれソフトウエアの面での研究開発を進めていくこととした。

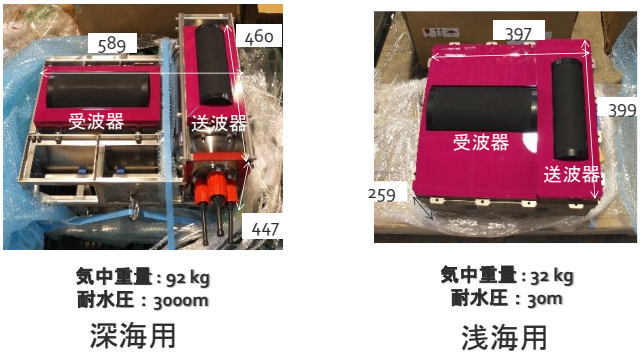


図 1.1.9　水中音響ビデオカメラ

【平成 30 年度】

●水中音響ビデオカメラの改良

土砂の確認、置換後の海底高さのリアルタイム表示が可能となった

・ 置換工での投入される土砂の視認の他、置換後の海底高さをリアルタイムで表示することに成功した。

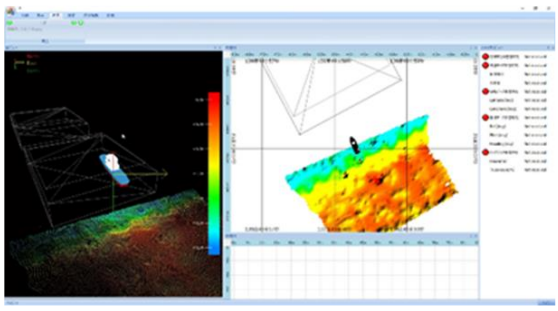


図 1.1.10　音響映像呈示システム

【令和元年度】

●水中音響ビデオカメラの現場試験

実事業場面におけるグラブによる土砂投入管理への適用性を検討した。

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

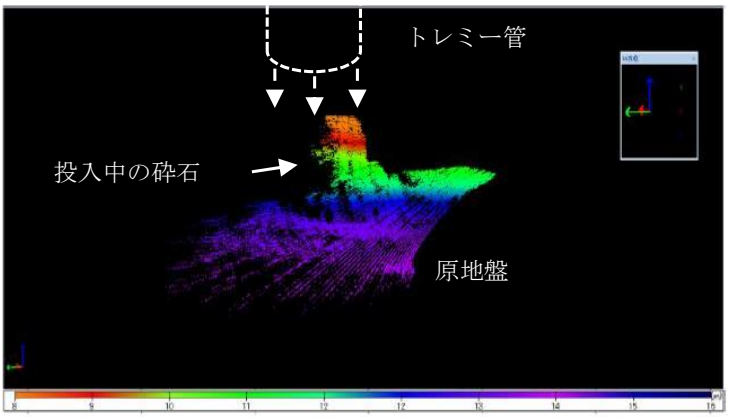


図 1.1.11　置換工で投入される土砂の視認

【令和 2 年度】
●浅海用音響ビデオカメラの改良
　音響映像呈示システムを含む浅海用音響ビデオカメラについて、床掘浚渫工、置換工をターゲットとした施工モニタ用のアプリケーションを改良した。

・ 次世代海洋資源調査技術に関する連携研究については実質的に令和元年度で終了しているが、これまでの連携研究結果のまとめを令和 2 年度の最初に連携して行った。音響映像呈示システムを含む浅海用音響ビデオカメラについては、床掘浚渫工、置換工をターゲットとした施工モニタ用のアプリケーションの改良を行い、施工管理システムとして試用し実用の目途を得ると共にマニュアルを作成した。（港空研の研究成果としても併記）

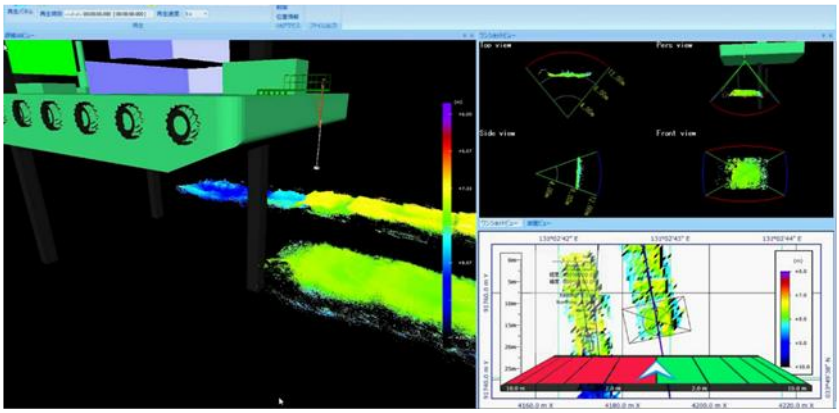


図 1.1.12　床掘浚渫工時のリアルタイム海底高さ視認

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
【項目名】
★首都圏空港の機能強化
☆空港設計に資する交通データ等活用技術の予備的研究

【平成 29 年度】
●空港面交通シミュレーション環境の整備

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



図 1.1.13　首都圏空港の機能強化

☆空港設計および地上走行時間管理に資する交通データ等活用技術の研究

【平成 30 年度】

●国交省の政策実現に貢献

誘導路の交通量と路面損傷との関連性を調査し、関東地方整備局にデータを提供した。

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

・　港湾空港技術研究所、電子航法研究所及び国土交通省航空局により、連携調整会合を平成２９年度に続いて平成３１年２月２７日に霞ヶ関にて開催した。海上・港湾・航空技術研究所からは上記２研究所と研究監、研究計画課及び企画調整・防災課の関係者が同会合に出席し、首都圏空港の機能強化に関連する研究として前述の研究課題の概要と進捗を関係する研究者間及び当局との間で共有した。同会合では今後の連携事項について意見交換が行われ、国土交通省航空局の担当官からも有益な助言を得ており、空港機能の強化に寄与する研究課題の整理に向けて引き続きこの会議を運営していくこととした。

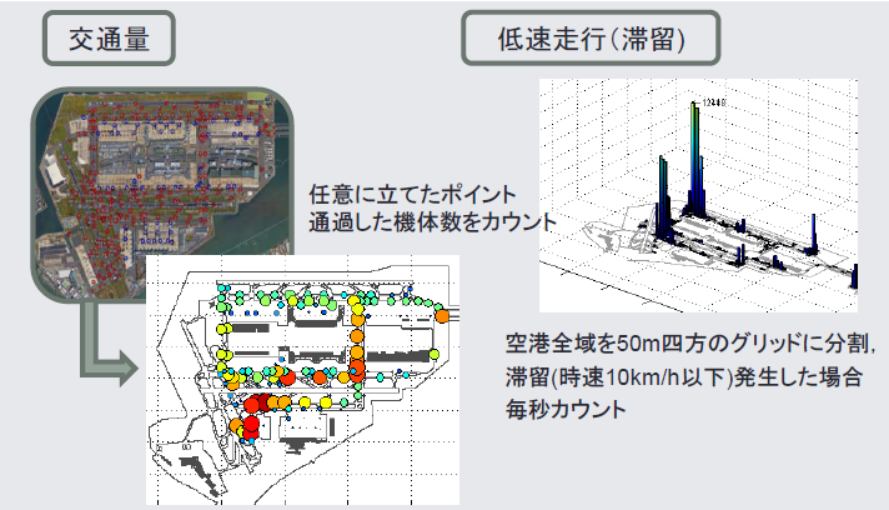


図 1.1.14　交通量分析

【令和元年度】

●継続的な交通量データと路面劣化の関連性調査

羽田空港施設部との定期的なデータ提供および意見交換を実施するとともに、管制運用変更に伴う空港レイアウトおよび交通流の変化への対応を可能とした。

- 平成 30 年度以降、研究結果に基づき、羽田空港の舗装の維持管理を実施する国土交通省東京航空局及び設計・整備を実施する国土交通省関東地方整備局から要望された交通データの提供や意見交換を継続的に実施しており、一定の成果として認められている。
- 平成 30 年度に実施した重ね合わせ結果とも比較し、路面損傷箇所の交通量等の特徴を抽出の上、関連性を明らかにした。また、主要な誘導路の地点交通量をパターンとして把握し、実際の交通データを取得できない場合でも、通年日々の交通量を推定できる見通しが得られた。

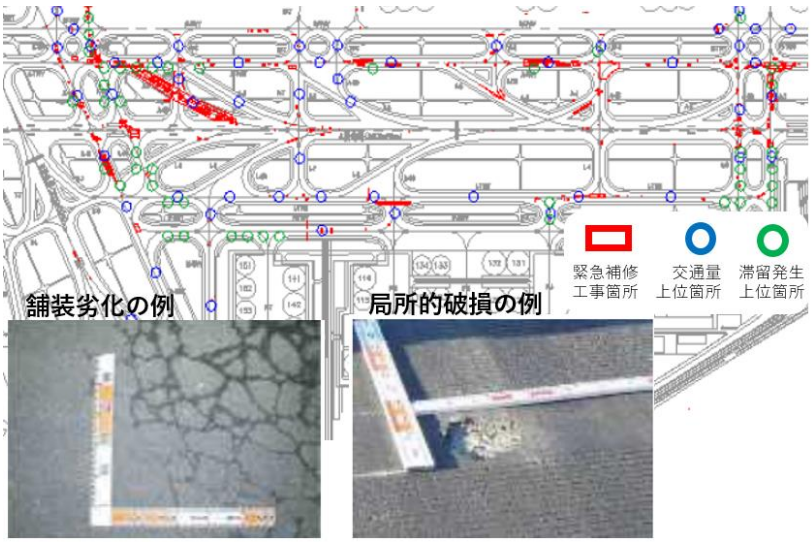
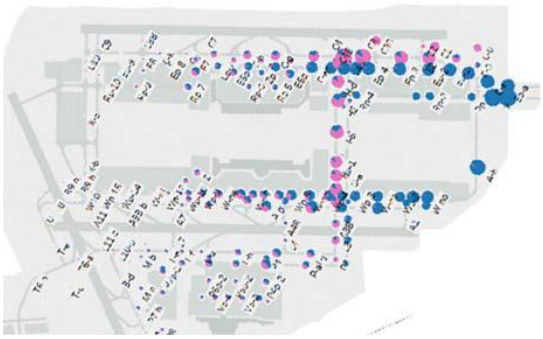


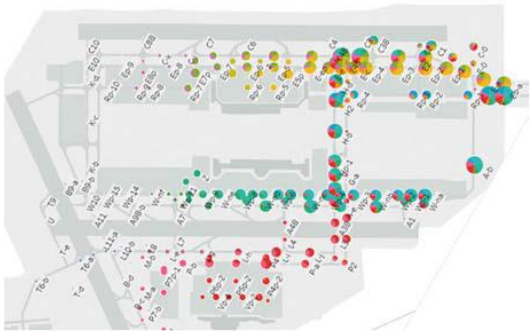
図 1.1.15　空港内補修履歴と交通量、滞留箇所の関係

●空港レイアウトに関わる混雑度評価の検討および手法開発
エプロンエリアにおける混雑度を評価した。

・ 北風運用，南風運用で空港面交通流は大きく変わるため，各地点の交通量も変わる。運用ごとの交通流の特徴を把握した。羽田空港における北風運用（交通データ取得日 31 日分）の出発便を例に，各地点の交通量と，離陸滑走路および出発スポット群（エプロン）により分類した。



離陸滑走路ごとの分類



出発スポット群ごとの分類

※左図は C 滑走路からの出発をピンク，D 滑走路からの出発を青で示している，右図は出発スポット群ごとの分類である。国際線ターミナルはオレンジ色であり，重量が重く誘導路への付加の高い国際線がどの誘導路に負荷をかけているかがわかる。

図 1.1.16　交通量と種別の分析

【令和 2 年度】
●空港緊急補修時シミュレーションおよび路面損傷分析
日中運用時間帯に緊急補修を実施することになった場合の空港内の交通に及ぼす影響をシミュレーションするとともに、誘導路の路面損傷に影響を及ぼす要因と考えられる航空機の走行方向について検討及び情報提供を行った。

・ 前年度までの解析から予想される、誘導路上の交通量の多い地点が損傷し、日中運用時間帯に緊急補修を実施することになった場合において、通行不可の経路や、その影響といった空港内の交通に及ぼす影響を調べるためにシミュレーションを行った。これにより通常、一方通行の経路が対面通行となることで、安全性を考慮した業務の煩雑化や遅延増加の可能性を提示した。

・ 誘導路の路面損傷に影響を及ぼす要因と考えられる航空機の走行方向について検討し、情報を提供した。従来と同様の傾向がある一方で、航空交通量のデータとの関係がわからない路面損傷箇所もあり、当該箇所については東京空港事務所で今後検討することとなった。研究成果の一部について、国土交通省航空局主催の空港技術報告会で電子航法研究所、港湾空港技術研究所両研究所から発表した。

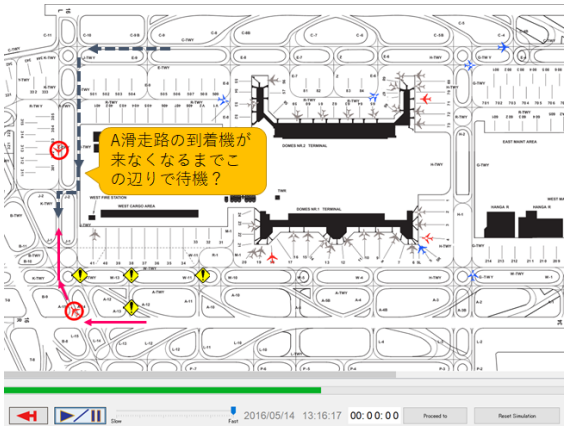


図 1.1.17　日中運用時間帯の緊急補修工事発生を想定したシミュレーション画面

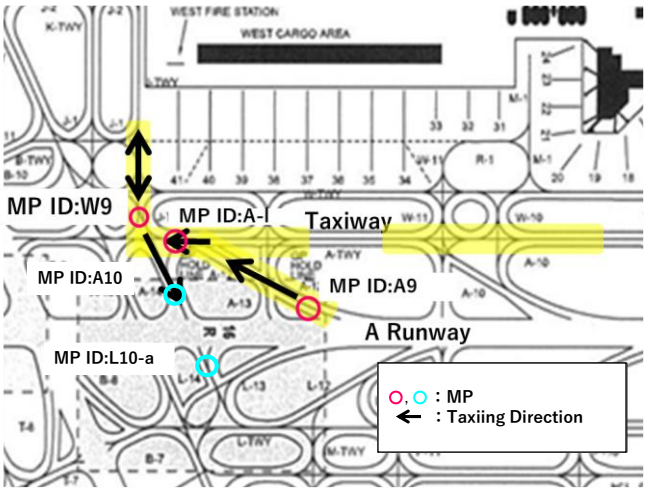
【令和 3 年度】

●MLAT データを利用した空港面交通データを作成し補修工事件数との関係の分析

MLAT データを使った空港面交通データを作成するとともに、計測点を交通流の特徴で分類し，補修工事件数との関係を分析した。

・ 前年度までの研究をもとに，空港舗装管理に有効な空港面交通量データを整理し，誘導路の補修工事件数との関係を分析した。計測点を設定し，各計測点を通過した航空機の交通量や速度，機体のサイズ（大型機，中型機などの分類）を分類した。計測点全体では交通量と補修件数に強い相関は見いだせなかったが，出発機が走行速度を減速する計測点について交通量と補修件数に相関があることが分かった。

・ 本年度までの研究成果として、本分析を電子情報通信学会誌レターに投稿し、採録決定が通知された（掲載 R4 年 7 月号）。



※赤丸では到着機が離脱時にブレーキをかける。青丸では出発機が離陸待ちで低速走行もしくはいったん停止する。

図 1.1.18　計測点滑走路進入地点

○その他の新たな分野横断的な研究テーマ

【項目名】

★海洋分野におけるドローン技術の活用に関する研究

【平成 29 年度】

●効率的な点検手法の検討および課題の抽出

・ 海洋分野である船舶、洋上風車、港湾施設の点検において、ドローンを効果的に活用し、目視確認の代替又は支援を行うことで、点検作業の負担を軽減させることが可能となることを確認し、コスト低減、安全性向上、作業効率の向上など総合的な観点での維持管理の高度化を目的として研究を実施した。

・ 海洋分野（船舶の貨物艙、洋上風車のブレード、港湾施設の消波ブロック）の点検におけるドローン技術活用に関し、調査及び実証実験を通じて、その効率的な手法を検討した。その結果、何れの分野においても、ドローン技術の活用によりこれまでの点検作業を効率化できる可能性が、費用対効果も含めて明らかとなった。また、実用化に向けて今後検討すべき課題も抽出することができた。



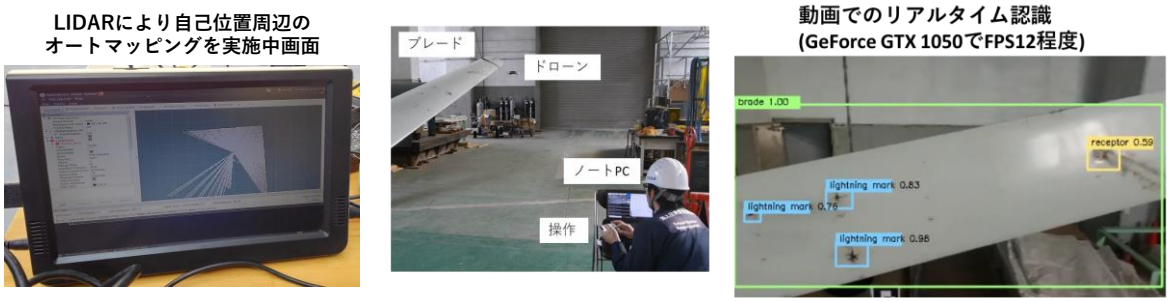
図 1.1.19　生産性向上のためのドローン技術の活用イメージ

【平成 30 年度】

●AI 技術を用いた画像認識による点検技術を開発

船内や風車ブレードなどを対象とした効率的な点検が可能となった。

・　昨年度の研究結果を踏まえ、AI 技術を用いながら抽出した実用化に向けた課題について対策を検討した。飛行実験の結果、LIDAR（レーザーによるレーダー）を用いたドローンによる自立安定飛行が確認され、閉鎖区域内でも自立飛行ドローンを用いることで、検査時間の安定及び短縮が可能であることを確認した。



※（左・中央）自立飛行ドローンを用いた LIDAR によるオートマッピング技術、（右）AI 技術（画像認識）を用いたブレード点検支援技術

図 1.1.20　自立飛行ドローンを用いた点検状況

【令和元年度】

●実環境（就航船のタンク内、洋上風車）での実証実験

課題の抽出とガイドラインの作成を行った。

・　開発したドローンの操縦・運用技術や、ドローンへの搭載センサ技術、収集した画像等データに基づく点検保守技術等を、船舶の船倉内の構造部材の点検(海技研担当)、港湾構造物の異常検出(港空研担当)、洋上風力発電施設でのブレード等風力発電機器の点検に適用した実験を実施してその結果を取りまとめ、その有効性を確認するとともに、ドローンの法制度面の動向調査結果(電子研担当)と組み合わせて、ドローンを利用した海洋分野における点検作業に対するガイドラインを作成し、研究を終了した。これにより、今後のドローンによる点検の普及に資すると考えられる。

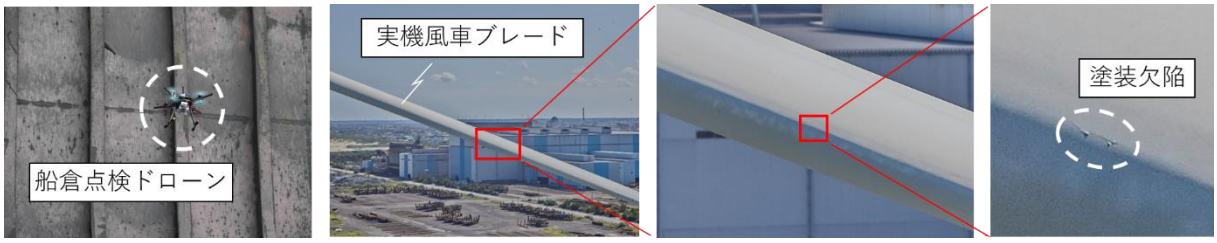


図 1.1.21　（左）船倉内点検の様子および（右 3 枚）2MW 風車実機ブレードの詳細検査

【項目名】
★大規模災害時における海上・航空輸送に関わるボトルネック解析シミュレータの開発

【令和元年度】
●大規模災害時の問題点の抽出
　文献調査および災害対策委員会が自治体との連携等を行い、大規模災害時の傷病者搬送の問題点の抽出を実施した。

・　３研究所が連携して、大規模災害発生時の救助・救援活動（特に、人命救助において一つのリミットとなる発災後 72 時間以内）における陸・海・空が連携した輸送およびその結節点となる空港、港湾における混雑の発生と対応策についての事前検討を可能にするシミュレーションツールの開発を目的とした交通運輸技術開発推進制度による研究を、令和元年度より開始した。本研究の成果が地方自治体の防災計画や災害対策の立案・修正において有効に活用されることが最終目標とした。

・　令和元年度は、傷病者輸送シミュレーションの前提条件となる各種データを取得するため、津波や地震、台風等による大規模災害が予想される地方公共団体の防災計画等について、連絡会（静岡県、高知県）を設けて実態調査を実施した。さらに、災害時輸送シミュレータ（海技研担当）に、陸と空の結節点の様子を模擬する空港面シミュレータ（電子研担当）　及び港湾施設の利用性を評価するシステム（港空研担当）を組み込み、災害時の傷病者輸送全体を模擬するシミュレーションツール構築のためのフレームワークを設計した。

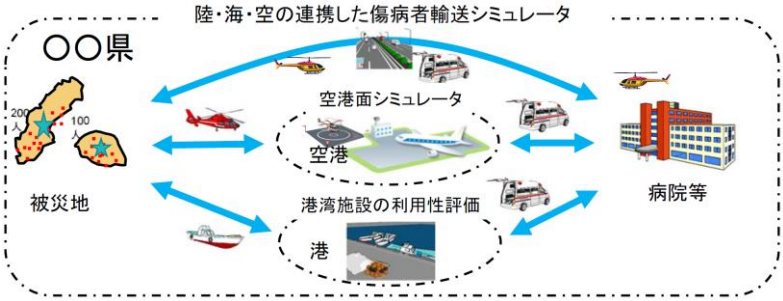


図 1.1.21　傷病者輸送シミュレーションの概念図

【令和 2 年度】
●ボトルネックシミュレーションツール開発
　災害時の傷病者輸送全体を模擬するシミュレーションツールを開発するとともに、静岡県、高知県とも連携しながら地方自治体の被災想定を基にシミュレーションを実施した。

・ 傷病者輸送シミュレーションの前提条件となる各種データを取得するため、津波や地震、台風等による大規模災害が予想される地方公共団体の防災計画等について、連絡会（静岡県、高知県）を設けて実態調査を実施し（昨年度）、災害時輸送シミュレータ（海技研担当）に、陸と空の結節点の様子を模擬する空港面シミュレータ（電子研担当）及び港湾施設の利用性を評価するシステム（港空研担当）を組み込み、災害時の傷病者輸送全体を模擬するシミュレーションツールを開発した。そのツールを用い、静岡県、高知県とも連携しながら地方自治体の被災想定を基にシミュレーションを実施することで、輸送の妨げ（ボトルネック）となる課題や問題点を明らかにした。

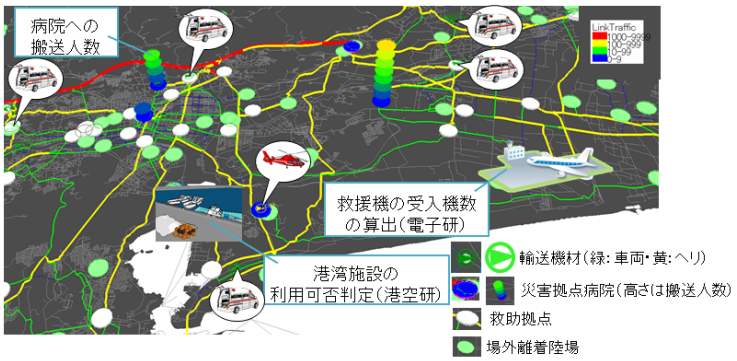


図 1.1.21　高知県を例にした傷病者輸送シミュレータ

【令和 3 年度】

●昨年度まで開発したシミュレータのクラウド上実装と Web ブラウザ上でも稼働するシステム改良

開発したシミュレータを活用して、静岡県及び高知県を対象に各自治体の被災想定をもとに分析するとともに、利用頻度の高い道路の可視化や救助率の時系列変化といった有益な情報を、複数の分析事例で定量的に提示した。

・　昨年度まで開発したシミュレータをクラウド上に実装し、Web ブラウザで動作するプログラムに改良した。シミュレータを活用した分析事例として、通行速度の変化、通行止め カ所の設定、追加機材の投入、病院船の投入など複数のケースについて示した。また域外搬送の拠点となる空港（電子研担当）や港湾（港空研担当）についてもシミュレータおよび評価システムより、どの程度活用可能か検討を行った。対象自治体に、シミュレータおよび分析結果を見ていただき、自治体が必要としている機能については、ほぼ網羅できていることが確認できた。さらに、「シミュレーション結果の分析内容から、課題が明確化されるので、何をすればいいか対応方法がよく分かった」、との意見を頂いた。

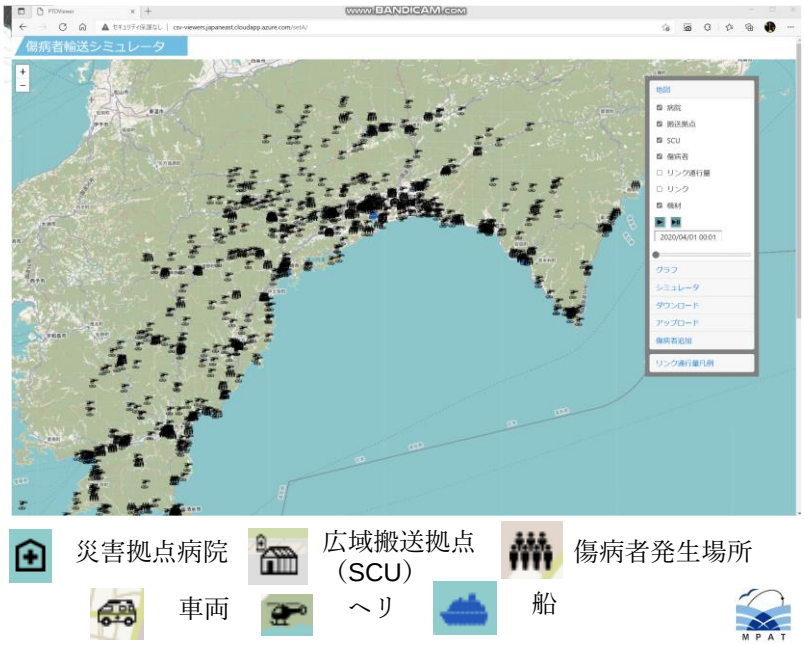


図 1.1.22　高知県を例にした傷病者輸送シミュレータ

【項目名】

★感染症禍における緊急支援物資輸送プラットフォームの構築

【令和 3 年度】

●緊急支援物資輸送プラットフォームの構築

開発したシステムを、国、自治体、指定公共機関が参加した机上演習、現場実証において活用できるように構築した。

・ 3 研究所が連携して、災害時に国土交通省がプッシュ型支援を行う際に、輸送モード・輸送ルートの選択に係る意思決定をサポートするため、陸海空の輸送モードが連動した緊急支援物資輸送システムを開発した。

・ 本システムをクラウド化し、各種データベースと連携することによって、国・地方公共団体・指定公共機関が同一のデジタルインターフェイスで情報共有できるプラットフォームを構築した。

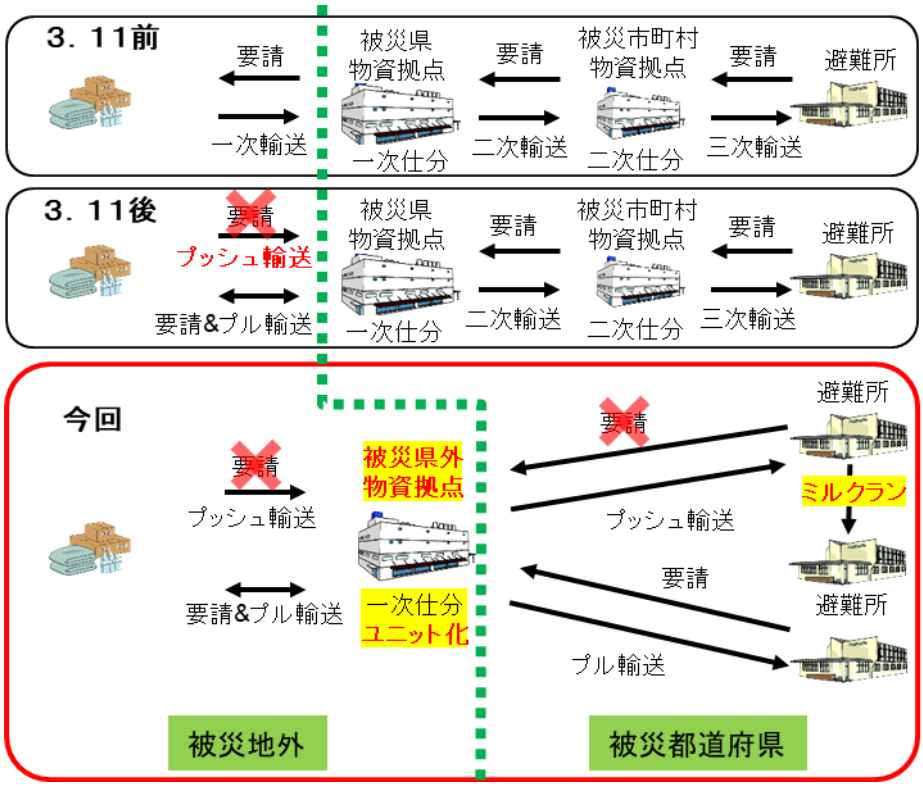


図 1.1.23　感染症禍に対応した物資輸送オペレーションの概念図

【項目名】
★高温高圧ジェットによる高粘度物質の微細化及び流動化に関する研究

【令和元年度】
●システム試作及び基礎実験
　重油・水・界面活性剤の 3 成分の混合系のエマルション化に関する基礎的な実験を実施するとともに、水に界面活性剤等を加えた混合液を高温高圧ジェットで重質油に加えて高粘度物質の微細化及び流動化促進するシステムの試作及び基礎実験を海技研と港空研の共同で実施した。

・ 海上技術安全研究所および港湾航空技術研究所で共同提案した「高温高圧ジェットによる高粘度物質の微細化及び流動化に関する研究」が科学研究費助成事業（科研費）で採択され、研究を開始。本研究では、重質油等の高粘度物質を効率よく回収する方法として、重油・水・界面活性剤の 3 成分の分散混合系のエマルション化による粘度特性の変化に注目し、水に界面活性剤等を加えた混合液を高温高圧ジェットで重質油に加えて高粘度物質の流動化促進を行うシステムの構築を目指した。

・ 本年度は、重油・水・界面活性剤の 3 成分の分散混合系のエマルション化に関する基礎的な実験を実施するとともに、水に界面活性剤等を加えた混合液を高温高圧ジェットで重質油に加えて高粘度物質の流動化を促進するシステムの試作及び実験を海技研と港空研の共同で実施した。この結果を、日本機械学会における両研究所の研究者による共著論文（海技研主）として発表した。

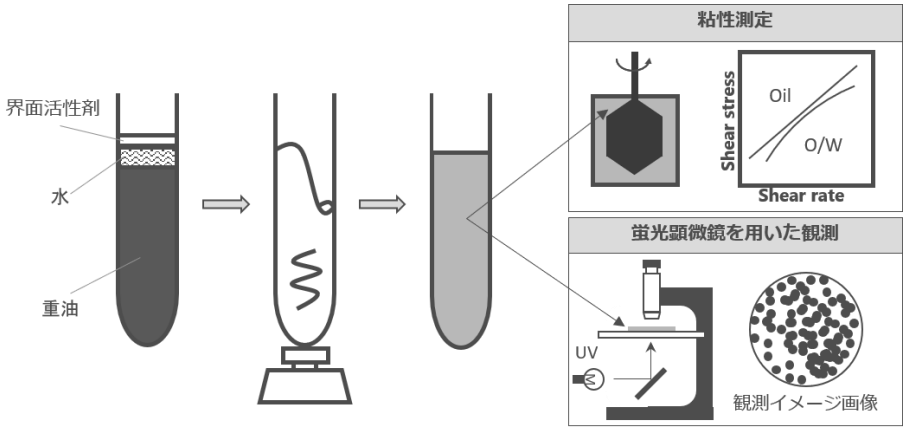


図 1.1.24　　重油・水・界面活性剤によるエマルション化に関する基礎的な実験計測

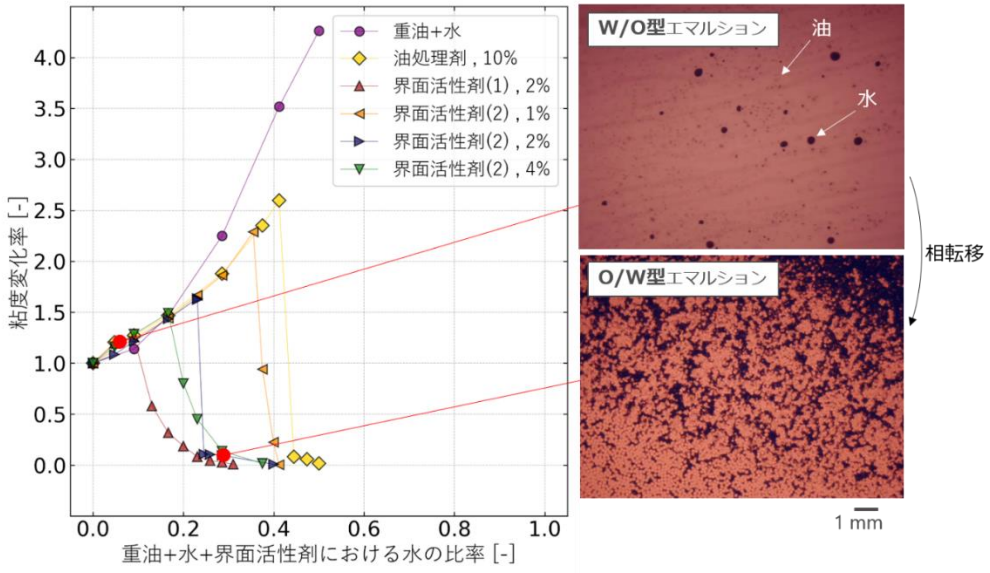


図 1.1.25 重油・水・界面活性剤の混合率による粘度変化の関係およびエマルション化顕微鏡観察画像

【令和 2 年度】

●重油のエマルション化による回収に関する技術の提案

令和元年度に得られた重油・水・界面活性剤の実験解析結果を踏まえた重油回収に関する技術を検討するとともに、重油・水・添加剤からなる重油エマルション化による新たな重質油の回収技術として特許を出願した。

・　油回収船からの荷揚げ時の高粘度油の回収方法を容易にするため、界面活性剤等の添加剤を加えた重油エマルション化技術の導入について検討した。（港空研担当）

・　本年度は、前年度行った基礎実験の結果を説明するモデルの検討と、重油移送管路系における重油エマルション化に伴う流動性改善効果の検証実験等を海技研と港空研の共同で実施するとともに、研究成果をもとに、重質油の回収方法および回収システムに関する特許を海技研と港空研の共同で出願した。

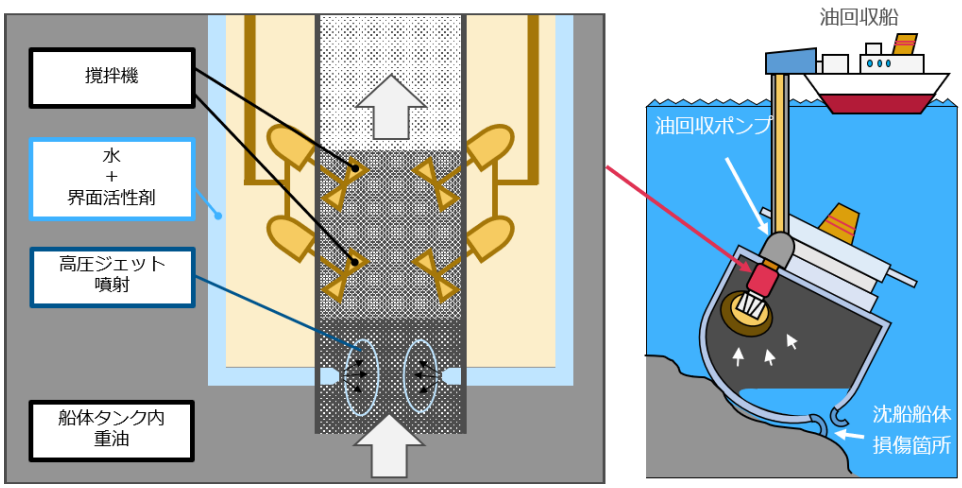


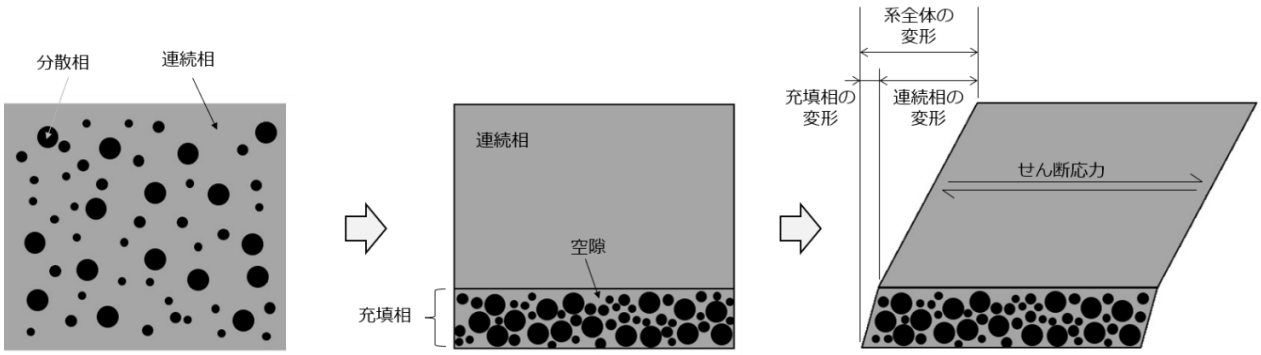
図 1.1.26　重質油のエマルション化よる重質油回収システムに関する特許出願の概略図

【令和 3 年度】

●重質油移送管路系における重油のエマルション化による流動促進化関する実験の実施

令和元年度から行ってきた重油・水・界面活性剤の 3 成分による分散混合系の粘性変化に関する物理モデルについて考察及び公開を行った。また、重質油のエマルション化による流動性変化検証のための試験装置を構築し、試験計測を実施した。

・　令和元年度から計測を行ってきた　重油・水・界面活性剤の 3 成分の分散混合系の粘性に関する実験結果より物理モデルを考案して、令和 2 年度までに得られた重油エマルション化に関する基礎実験で得られた現象を説明した。考察結果をプレプリントサーバ（engrXiv)に、両研究所の英文共著論文（港空研主）として公開した。



(a) 系全体　　(b) 修正した系　　(c) 粘性予測モデル

図 1.1.27　重油・水・界面活性剤の 3 成分の分散混合系の粘性に関する物理モデルの概要図

・　令和 2 年度までに得られた実験結果より、重油移送配管系における重油エマルション効果による、流動性の変化を調べるために、重油移送実験模型を用いて港空研にて両研究所共同で実験を実施した。実験では、水・界面活性剤の混合液を高圧ジェット噴射し、噴射前後の配管内で発生する摩擦損失の計測を実施して高圧ジェットを用いた重質油回収システムの実用化に向けた検討を行った。

・　重油と水のみの分散混合系では、エネルギー散逸の大きい管路で CAF（図 1.1.29 試験装置概略図と試験計測結果参照）流動様式が保持できず、これまでに計測・観測した W/O エマルション（粘度が上昇する Water in Oil 型のエマルション）が形成することで、大きな摩擦損失が発生した。一方で重油に水と添加剤（界面活性剤）の混合液を付加する体系の実験では、O/W エマルション化（粘度が急低下する Oil in Water 型のエマルション化）によって、安定した摩擦損失の上昇抑制・軽減が見られることなどを確認した。

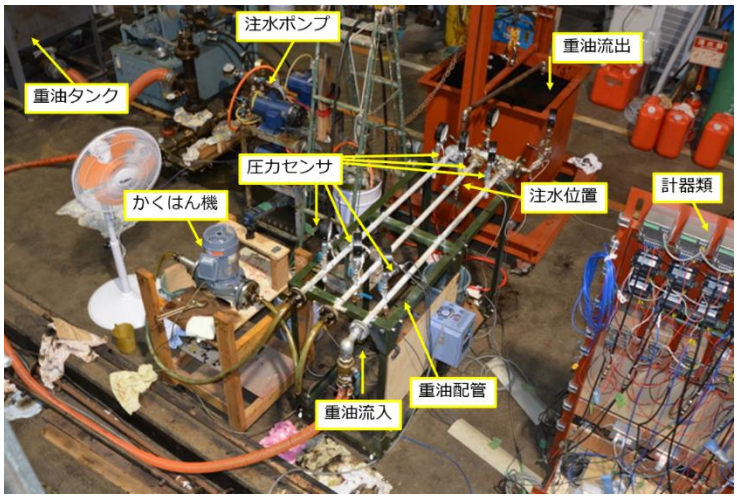


図 1.1.28　重質油のエマルション化による流動性変化検証のための試験装置

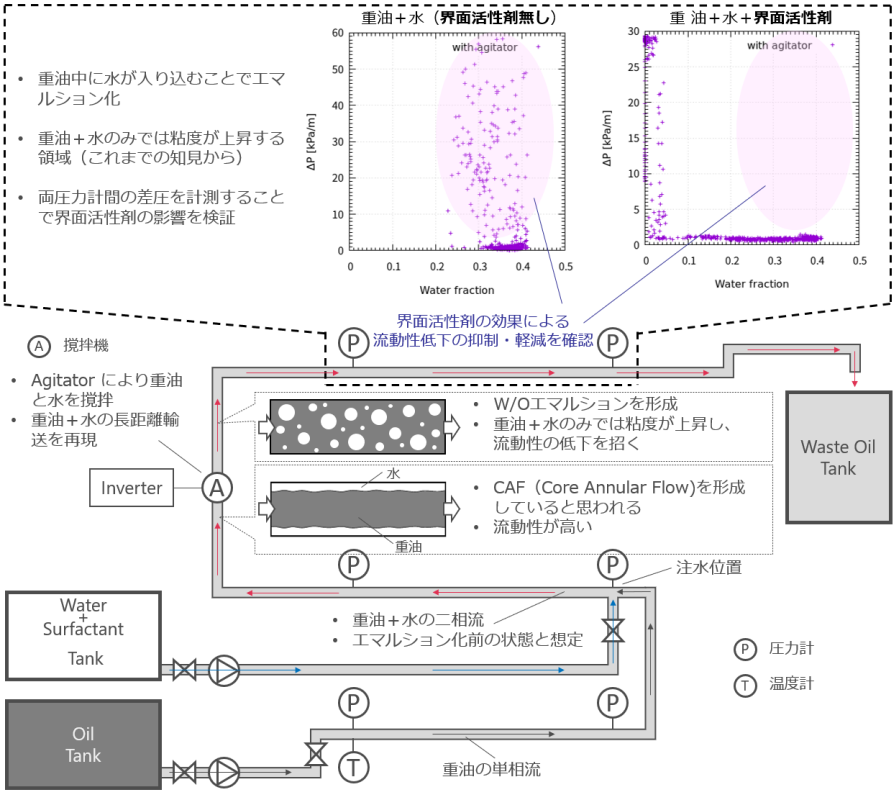


図 1.1.29　試験装置概略図と試験計測結果

【項目名】
★小型船の自動着桟に関する研究

【令和元年度】
●着桟支援システムの構築
　小型船の自動着桟の研究を、船舶のモデル化および制御技術（海技研担当）、準天頂衛星「みちびき」による高精度測位技術（電子研担当）で連携し、海技研所有の小型船による実船での自動着桟システムと音声による着桟支援システムを構築した。

・　小型船の自動着桟の研究では、海上技術安全研究所が船舶のモデル化および制御技術、電子航法研究所が準天頂衛星「みちびき」による高精度測位技術で連携し、小型船による実船での自動着桟試験を行い、仮の桟橋を対象とした順風環境下での自動着桟に成功した。

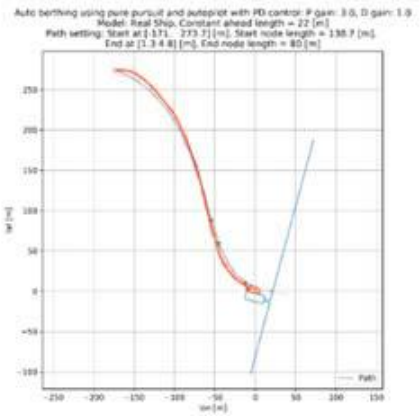


図 1.1.31　準天頂衛星「みちびき」による小型船自動着桟

【令和 2 年度】

●着桟支援システムの構築

昨年に続き、小型船による本桟橋への自動着桟に成功した。

・　海技研所有の小型船を用いた自動着桟（海技研担当）において、準天頂衛星「みちびき」による高精度測位技術（電子研担当）を利用した本桟橋を用いた自動着桟試験を行い成功した。

・　全交通モード向けにメッセージを送信する MDAS（MSAS データアクセスサービス）構想の実現に向けた実証実験等に対応する検討を開始した。

・　港湾空港技術研究所で実施中の音響灯台の方式検討における基準点配置等測距に関して、電子航法研究所との意見交換、連携を開始した。

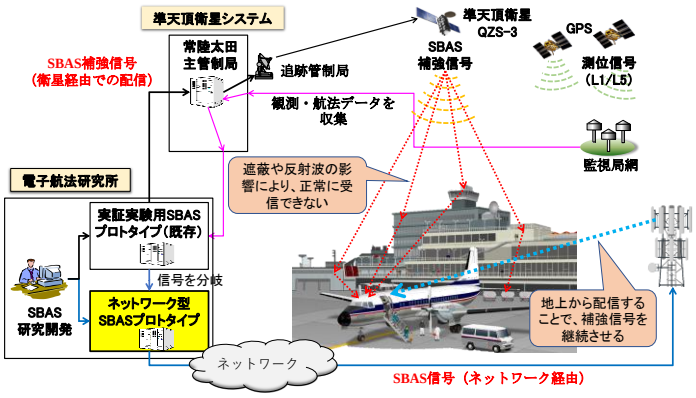


図 1.1.32　GPS 測位補強サービスの一例（航空への適用）

【令和 3 年度】

●小型実験船「神峰」を使いながらのシステム高度化

準天頂衛星「みちびき」による高精度測位技術（電子研担当）を活用しながら、小型実験船「神峰」により、機能確認試験を実施した。

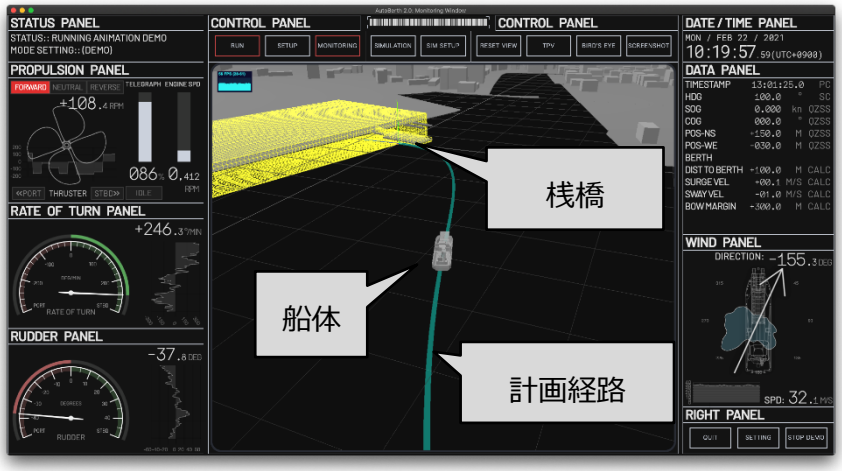


図 1.1.33　安全な自動着桟を行うための制御・リアルタイム監視画面

【項目名】
★洋上風力発電に関する研究

【令和元年度】
●3 研勉強会を通じた情報共有と課題設定の実施

・　３研連携勉強会を開催し、洋上風力発電施設をテーマとして討議した。洋上風力発電施設については着床式および浮体式があり、設置法、メンテナンス、自然環境影響、電波環境影響、リスク評価等多様な検討要素がある。勉強会では、これらについての現状を把握し、今後の対応について理解することにより、それぞれの研究の理解を深めるとともに、多分野の研究者による新たな視点で対象を見ることで、共通点や今後の連携を探った。



図 1.1.34　洋上風力発電施設３研連携勉強会

【令和 2 年度】
●研究マップの作成・係留安全性評価・杭基礎評価
　現状の把握と今後の対応点を整理するとともに、風車の動的応答のカギとなる外力要因の分析を実施した。

・　再生可能エネルギー供給の主力の一つと位置づけられる着床式及び浮体式洋上風力発電施設の設計、施工、保守及び運営を対象に安全性評価などに一体的に取り組む調査研究を行った。具体的には、内部・外部連携のための研究マップの作成と安全性評価の要素技術への取り組みである。研究マップの作成は、令和元年度の 3 研連携勉強会の成果を踏まえた取組であり、当研究所実施の研究並びに研究能力を示す論文及び知財のみならず、施設設計や施工、保守、風車による電波障害評価などの内容をもとに、外部連携のための洋上風力発電に関する研究マップを作成した。

・　安全性評価の要素技術については、大型機器の洋上施工の手法とその危険性の検討を進め、研究対象となる洋上施工を実現するために必要なダイナミック・ポジショニング・システムと自己昇降式作業船機能を併せ持つ SEP 船のシミュレーションができるわが国唯一のシミュレータの整備（海技研担

当）を行った。また、浮体式洋上風力発電施設の形状最適化検討及び合成繊維ロープを使用した場合の係留安全性評価法の提案（海技研担当）、並びに、洋上風力発電施設の杭基礎の水平抵抗特性の解析（港空研担当）を実施し、風車の動的応答のカギとなる要因分析を実施した。

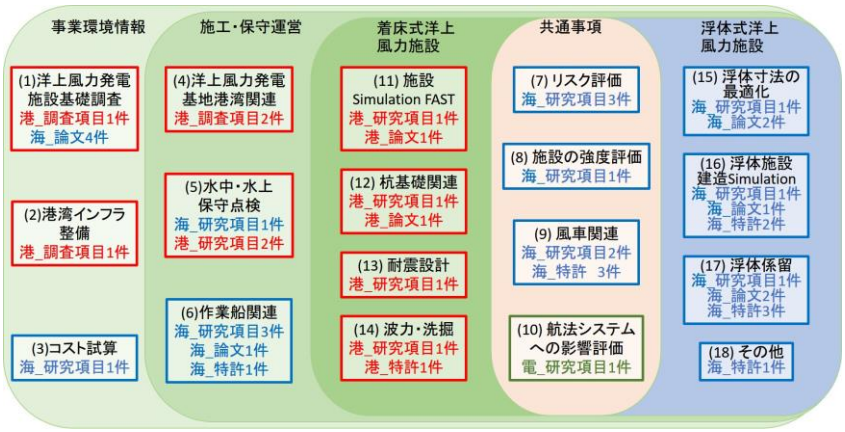


図 1.1.35　洋上風力発電に関する研究マップ

【令和 3 年度】

●洋上風力発電連携研究加速に向けた対応

3 研連携で次期中長期も含めた新たな研究連携企画を推進した。

・　分野横断的研究課題を募集し、令和 4 年度から洋上風力発電施設の連成計算を活用した劣化予測など、保守点検に関するモニタリング技術やシミュレーション技術、さらにはそれらを統合したデジタルツイン技術に関した研究を開始することにした。

(2)研究マネジメントの充実

【中長期目標】
（２）研究マネジメントの充実
研究開発成果の最大化を推進するため、研究所全体の統制管理を行う体制を構築し、当該体制の下で、国土交通省の政策を取り巻く環境や最新の技術動向を踏まえた戦略的な研究計画の企画立案や、将来的な研究所の業務量を見据えた経営の在り方についての企画立案を行う。また、研究の一層の推進を図るため、必要な経費の積極的な確保に努める。さらに、それぞれの研究の実施にあたっては、必要に応じた分野横断的な研究体制の導入やＩＣＴを活用した日常的な研究情報の交換、研究施設の有効活用を進め、将来のイノベーション創出に向けた取組の活性化を図る。

【中長期計画】
（２）研究マネジメントの充実
研究開発成果の最大化を推進するため、研究所全体の統制管理を行う経営戦略室を設置し、当室を中心として、国土交通省の政策を取り巻く環境や最新の技術動向を踏まえた戦略的な研究計画の企画立案や、将来的な研究所の業務量を見据えた経営の在り方についての企画立案を行う。また、当室を中心として、研究所全体の研究計画や経営戦略に関する会議を定期的に開催する。また、研究の一層の推進を図るため、必要な経費の積極的な確保に努める。さらに、それぞれの研究の実施にあたって、ＩＣＴを活用した日常的な研究情報の交換、研究施設の有効活用を進め、経営資源の効果的・効率的な活用を図るとともに、研究者相互のコミュニケーションの場、研究所の役員と職員との間での十分な意見交換の場を設ける等、将来のイノベーション創出に向けた取組を活性化する。

【年度計画】
（２）研究マネジメントの充実
研究開発成果の最大化を推進するため、研究所全体の統制管理を行う経営戦略室を中心として、国土交通省の政策を取り巻く環境や最新の技術動向を踏まえた戦略的な研究計画の企画立案や、将来的な研究所の業務量を見据えた経営の在り方について継続して検討を行う。また、当室を中心として、研究所全体の研究計画や経営戦略に関する会議を定期的に開催する。また、研究の一層の推進を図るため、必要な経費の積極的な確保に努める。さらに、それぞれの研究の実施にあたって、ICT を活用した日常的な研究情報の交換、研究施設の有効活用を進め、経営資源の効果的・効率的な活用を図るとともに、研究者相互のコミュニケーションの場、研究所の役員と職員との間での十分な意見交換の場を設ける等、将来のイノベーション創出に向けた取組を活性化する。

①研究所全体の研究計画や経営戦略に関する会議の開催

【平成 28 年度】

●経営戦略室の設置及び運用

経営戦略室を設置し、研究開発成果の最大化を推進して、分野横断的な研究を効率的かつ効果的に実施するとともに、研究所全体の統制管理を踏まえた運用を開始した。具体的には、研究推進の為の必要経費の積極的確保や、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。

【平成 29 年度】

●検討会議の実施

分野横断的な研究を効率的かつ効果的に推進するため、理事長、戦略理事、研究監等による検討会議を継続して実施した。また、総合的な政策に貢献するための研究の方向性の整理や、産学官連携のための取組等を行った。

【平成 29～令和 3 年度】

●経営戦略室の運用、経営戦略室会議の定期的な開催

各研究分野の連携・調整を行う為、経営戦略室会議を定期的に開催した。具体的な取り組みとして、研究推進の為の必要経費の積極的な確保や、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に関して検討を進めた。

【平成 30～令和 3 年度】
●役員懇談会の設置・定期的な開催
研究所全体の経営戦略や研究計画の検討を行う為、理事長をはじめ全役員と経営戦略室メンバーによる会議体として役員懇談会を設置して定期的に開催した。具体的な取り組みとして、研究マネジメントの充実等に関して検討を進めた。

【令和 3 年度】
●拡大経営戦略室会議の開催
次期中長期目標・計画の検討を効率的に進めるため、理事長、戦略理事、研究監、経営戦略室、各研究所のプロジェクトチーム等による検討会議を開催した。本会議の開催により、次期中長期計画の骨子が取りまとめた。

②経営の在り方につて検討／戦略的な研究計画の企画立案
【平成 28 年度】
●基本理念及び運営方針の策定
基本理念を「交通の発展と、海、空、国土づくりに貢献します」と策定して、図 1.1.37 に示す研究所の将来像を設定した。本理念の策定にあたっては、役員との意見交換を踏まえ、研究所全体の意見の聴取などを行った。
また、運営方針としては、図 1.1.38 に示すとおりに、以下の３本柱を定めた。
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、
さらに、図 1.1.39 に示す新たな価値を創造する研究所の「かたち」を設定した。

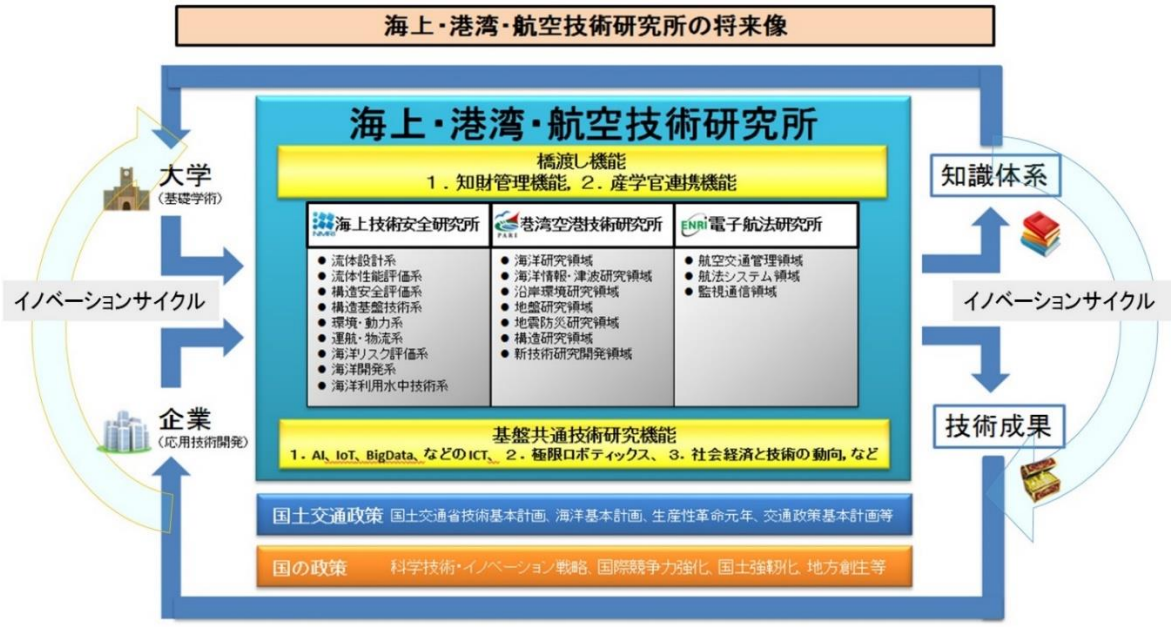


図 1.1.37　海上・港湾・航空技術研究所の将来像

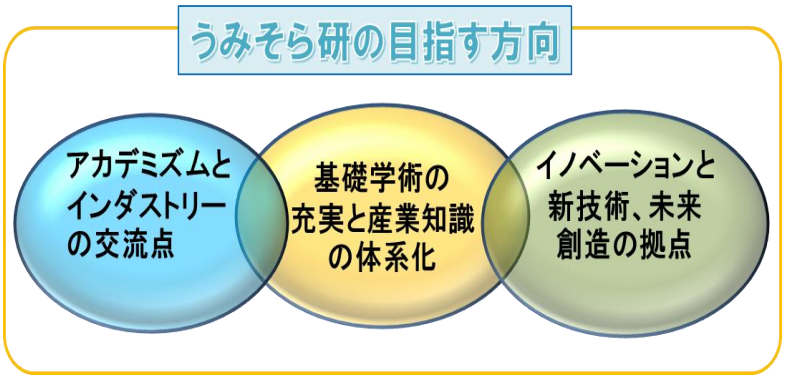


図 1.1.38　海上・港湾・航空技術研究所の目指す方向

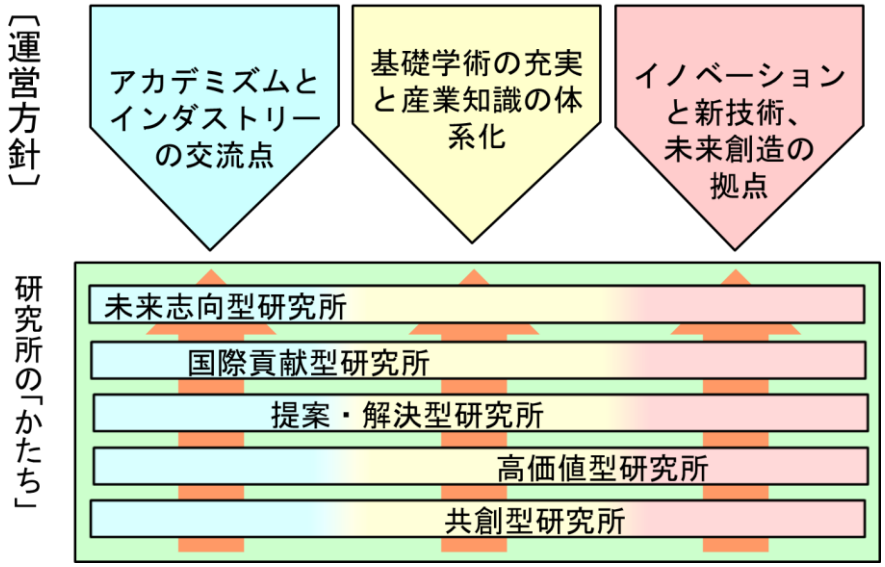


図 1.1.39　海上・港湾・航空技術研究所の運営方針と研究所の「かたち」

【平成 29 年度】

●長期ビジョンの策定

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

●行動計画の策定

長期ビジョンの中で、共通基盤となる技術や基礎的研究を強化した「研究体制の充実」、能力ある人材の採用や研修等を充実した「人づくり」、そして外部機関との研究・技術交流・連携学術等の「研究交流の促進」 、を３つの柱とした「行動計画」を策定した。策定した行動計画を図 1.1.40 のとおりにまとめて、研究所一体として取り組んでいくことを確認した。



図 1.1.40　海上・港湾・航空技術研究所の行動計画

【平成 30～令和 3 年度】

平成 30 年度以降は、行動計画の内容に沿った取り組みを以下のとおりに進めた。

●研究体制の充実

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

●人づくり

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

●研究交流の促進

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

【令和 2～3 年度】

●分野横断的研究推進のための新たな仕組みの構築、実施

分野横断的研究に取り組みやすい環境を整えるため、トップダウンによる、内部特別予算を活用する新規の分野横断的研究を推進する仕組みを構築し、分野横断的研究推進会議を設立・開催して、令和 4 年度から開始する分野横断的研究を選定した。

③研究の一層の推進を図るために必要な経費の積極的な確保

●外部資金の獲得

必要経費の積極的な確保のため、科研費を含む各種競争的資金の研究への応募及び各種受託業務の契約等により、外部資金獲得の取組を積極的に行った。表 1.1.1 に外部資金による分野横断的研究一覧を示す。

表 1.1.1　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	
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）	
3	交通運輸技術開発推進制度「海洋分野の点検におけるドローン技術活用に関する研究」（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、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)	
4	交通運輸技術開発推進制度「大規模災害時における海上・航空輸送に関わるボトルネック解析」（令和元年度より）	海上・港湾・航空技術研究所（海上技術安全研究所、港湾空港技術研究所、電子航法研究所）	
5	科研「高温高圧ジェットによる高粘度物質の微細化及び流動化に関する研究」（令和元年度より）	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）	
6	「浮体式洋上風力発電施設の安全評価手法等の確立のための調査研究」（令和 2 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）	
7	「緊急支援物資輸送のデジタル化等推進事業」（令和 3 年度より）	海上・港湾・航空技術研究所（海上技術安全研究所、港湾空港技術研究所、電子航法研究所）	

【平成 28～30 年度】

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）により資金を確保し、分野横断的研究「次世代海洋資源調査技術」に関する研究開発を海技研、港空研で実施した。

【平成 29～31（令和元）年度】

平成 29 年度に、交通運輸技術開発推進制度（競争的資金）において、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」が採択され、３研究所がそれぞれの得意分野を生かした形で研究を実施した。

【平成 31（令和元）～令和 3 年度】

平成 30 年度に分野横断的な研究に係る外部資金の確保に向けた取組を行い、令和元年度からの国土交通省の交通運輸技術開発推進制度に３研連携して応募し、「大規模災害時における海上・航空輸送に関わるボトルネック解析」が採択され、令和元年度から実施されている。

また令和元年度から、科研費により獲得した「高温高圧ジェットによる高粘度物質の微細化及び流動化に関する研究」を海技研と港空研の共同で開始した。

【令和 2～3 年度】

3 次補正予算により、分野横断的研究「洋上風力発電施設の安全評価手法等の確立のための調査研究」及び「緊急支援物資輸送のデジタル化等推進事業」の資金を確保した。令和 2 年度は、「浮体式洋上風力発電施設の安全評価手法等の確立のための調査研究」を海技研と港空研で開始した。一方、令和 3 年度は、「緊急支援物資輸送のデジタル化等推進事業」を３研究所が連携した分野横断的な研究として開始した。

④ICT を活用した日常的な研究情報の交換など将来のイノベーション創出に向けた取り組みを活性化
【平成 29 年度】
●TV 会議システムの活用
三鷹・調布地区にある海上技術安全研究所・電子航法研究所と、横須賀地区にある港湾空港技術研究所との間のコミュニケーションに積極的にテレビ会議システムやメール等を活用した。各種報告や情報交換に加え、各研究分野の連携・調整を行うための会議もテレビ会議、メール等を活用して行い、分野横断的な研究の計画立案にも役立てた。

【平成 30 年度】
●ネットワークシステムの統合
研究所の情報システムに関して、３研究所のネットワークシステム統合などの整備を実施し、平成 31 年 1 月からは３研究所で同一のグループウェアの稼働を開始した。この情報システムの統合については、必要なセキュリティ対策を講じながら運用されていたことから、内閣サイバーセキュリティセンター（NISC）によるセキュリティ監査において、３研究所が連携して「法人として共通のセキュリティ水準を念頭にセキュリティ対策を推進したこと」が「他法人に推奨される良好事例」として高く評価された。
また、３研究所統一の新会計システムの整備を行い、平成 31 年 4 月からは運用を開始し、今後の管理業務の効率化及び経費の節減につながることが期待される。さらに、令和 3 年度からは電子入札システムを導入し、より一層効率化を図っている。

【平成 30～令和 3 年度】
●研究施設の有効活用
海上技術安全研究所の研究分野において、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、海底探査水槽を活用し、海上技術安全研究所の AUV の潜航動作試験を港湾空港技術研究所の水中作業環境再現水槽において実施するなど、研究所間の施設利用を積極的に行い、効果的・効率的な施設運用を推進した。また、400m 試験水槽、海底探査水槽及び電波無響室などにおいて、民間企業等の要望に基づき有償で研究所施設を利用させることにより、研究資金の確保にもつなげた。

【平成 31（令和元）～令和 3 年度】
●３研連携勉強会
各研究所の研究発表会の他に３研究所の研究者間の情報及び意見交換の場として、３研連携勉強会及びグループ勉強会を定期的に開催した。特に３研連携勉強会については研究所の施設見学会や意見交換会を併せて開催することで、最新の研究、各研究所施設の紹介等を行い、研究所全体として研究の一層の推進を図った。また、３名の研究監が各研究所の研究計画及び研究評価の委員会に参加し、各研究所の情報収集を互いに行い、海上・港湾・航空技術研究所内の研究の把握と連携研究の提案に活用した。

●役員と職員間での意見交換
研究所役員と職員との間については、理事長をはじめとする役員及び経営戦略室による研究所運営全般に係る会議や、経営戦略室と研究監による分野横断的研究の推進に係る会議を定期的に行うことで、研究所の将来の運営方針や各研究職員の研究内容等の相互理解を深めるとともに、将来のイノベーション創出に向けた取り組みに役立てるための研究所職員からの意見聴取を行う等を積極的に実施した。
その他、管理部門が研究職職員に対して研究支援の充実方策に関する要望調査を実施し、研究者と管理部門のコミュニケーションにも取り組むとともに、役員 が全職員に対して、研究所の方針に関するアンケート、令和元年度には３研統合後の４年間に関する職員の意識調査を実施し、役員と職員のコミュニケーションの向上にも取り組んだ。

●将来のイノベーション創出に向けた取り組み
令和 2 年度に、分野横断研究に取り組みやすい環境を整えるため、トップダウンにより内部特別予算を活用する目的で「分野横断的研究推進会議」を構築して、3 研の分野横断研究の加速を図った。今後もこれらの意見交換会等を活用して、各研究員個別間における具体的なさらなる連携の場の設置等を引き

続き促進していく。

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

【中長期目標】

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

国土交通省は、より安全かつ効率的で環境負荷の低い海上輸送の実現に向けて、船舶等の安全の確保及び環境負荷の低減を進めるとともに、海洋産業の振興及び国際競争力の強化、海事産業を支える人材の確保・育成などの政策を推進している。研究所は、このような政策における技術的課題への対応や関係機関への技術支援等のために、次の研究開発課題について、重点的に取り組むこととする。さらに、独創的または先進的な発想に基づき、研究所の新たな研究成果を創出する可能性を有する萌芽的研究に対しては、先見性と機動性を持って的確に対応する。

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

（１）海上輸送の安全の確保

海難事故の再発防止と社会合理性のある安全規制の構築による安全・安心社会の実現及び国際ルール形成への戦略的な関与を通じた海事産業の国際競争力の強化に資するため、先進的な船舶の安全性評価手法の研究開発や、海難事故等の原因究明手法の深度化や適切な再発防止策の立案等に関する研究開発に取り組む。

（２）海洋環境の保全

船舶による環境負荷の大幅な低減と社会合理性を兼ね備えた環境規制の実現及び国際ルール形成への戦略的な関与を通じた海事産業の国際競争力の強化に資するため、適切な規制手法、船舶のグリーン・イノベーションの実現に資する革新的な技術及び実海域における運航性能評価手法の研究開発、並びに船舶から排出される大気汚染物質の削減や生態系影響の防止に資する基盤的技術及び評価手法等に関する研究開発に取り組む。

（３）海洋の開発

海洋再生可能エネルギー・海洋資源開発の促進及び海洋開発産業の育成並びに国際ルール形成への戦略的関与を通じた我が国海事産業の国際競争力強化に資するため、船舶に係る技術を活用して、海洋再生可能エネルギー生産システムに係る基盤技術、海洋資源開発に係る生産システム等の基盤技術及び安全性評価手法の確立並びに海洋の利用に関する技術等に関する研究開発に取り組む。

（４）海上輸送を支える基盤的技術開発

海事産業の技術革新の促進と海上輸送の新ニーズへの対応を通じた海事産業の国際競争力強化及び我が国経済の持続的な発展に資するため、海事産業の発展を支える革新的技術、人材育成に資する技術、海上輸送の新たなニーズに対応した運航支援技術、海上輸送の効率化・最適化に係る基盤的な技術等に関する研究開発に取り組む。

【中長期計画】

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

中長期目標に掲げられた研究開発課題、すなわち海上輸送の安全確保及び環境負荷の低減や海洋開発の推進、海上輸送を支える基盤的技術開発等に対する適切な成果を創出するため、本中長期目標期間においては、次に記載する研究に重点的に取り組むこととする。

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

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

（１）海上輸送の安全の確保
安心・安全社会の実現のため、適切な安全規制の構築が求められる一方、国際海事機関（ＩＭＯ）での議論に基づき必ずしも技術的合理性のない規制の導入による社会的コストの増加に対する懸念から、船舶の安全性向上と社会的負担のバランスを確保する合理的な安全規制体系の構築が期待されている。また、船舶の安全性向上に係る技術開発成果を背景として我が国が国際ルール策定を主導することは、安心・安全社会の実現とともに我が国海事産業の国際競争力強化の観点から重要である。さらに、海難事故の発生原因を正確に解明し、適切な海難事故防止技術を開発することは、海難事故の削減のため不可欠である。
このため、以下の研究開発を進める。
①先進的な船舶の安全性評価手法及び更なる合理的な安全規制の体系化に関する研究開発
②海難事故等の原因究明の深度化、防止技術及び適切な対策の立案に関する研究開発

（２）海洋環境の保全
ＩＭＯにおいて、船舶の運航に伴い排出される二酸化炭素（ＣＯ２）、窒素酸化物（ＮＯｘ）、硫黄酸化物（ＳＯｘ）等の規制が段階的に強化されるとともに、排ガス中のブラックカーボン等新たな課題についても検討が行われている。このため、これらの船舶に起因する環境負荷の大幅な低減に資する革新的な技術開発とともに、環境への負荷を正しく評価したうえで社会合理性のある適切な規制を構築することが求められている。また、環境負荷低減に係る技術開発成果を背景として国際ルール策定を主導することは、地球環境問題解決への貢献とともに我が国海事産業の国際競争力強化の観点から重要である。
このため、以下の研究開発を進める。
①環境インパクトの大幅な低減と社会合理性を兼ね備えた環境規制の実現に資する規制手法に関する研究開発
②船舶のグリーン・イノベーションの実現に資する革新的な技術及び実海域における運航性能評価手法に関する研究開発
③船舶の更なるグリーン化を実現するための、粒子状物質（ＰＭ）等の大気汚染物質の削減、生態系影響の防止に資する基盤的技術及び評価手法に関する研究開発

（３）海洋の開発
海洋再生可能エネルギー・海洋資源開発の促進及び海洋開発産業の育成並びに国際ルール形成への戦略的関与を通じた我が国海事産業の国際競争力強化が求められている。一方、実際の海洋開発は民間での開発リスクが過大であるため、海洋開発推進、海洋産業の育成に向けた国と民間との連携が重要である。
したがって、研究所には、船舶に係る技術を活用し、海洋基本計画等の国の施策に沿ったナショナルプロジェクト、海洋産業育成等への技術的貢献を行うとともに、実際の開発・生産を担う我が国企業への技術的支援が求められている。
このため、以下の研究開発を進める。
①海洋再生可能エネルギー生産システムに係る基盤技術及び安全性評価手法の確立に関する研究開発
②海洋資源開発に係る生産システム等の基盤技術及び安全性評価手法の確立に関する研究開

発

③海洋の利用に関連する技術に関する研究開発

（４）海上輸送を支える基盤的な技術開発

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

このため、以下の研究開発を進める。

①海事産業の発展を支える技術革新と人材育成に資する技術に関する研究開発

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

③海上物流の効率化・最適化に係る基盤的な技術に関する研究開発

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

（１）海上輸送の安全の確保

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

★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

☆全船荷重・構造一貫強度評価システム（DLSA-Basic）の開発

【平成 28 年度】

●DLSA-Basic(荷重・構造応答一貫解析強度評価システム)を開発

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。

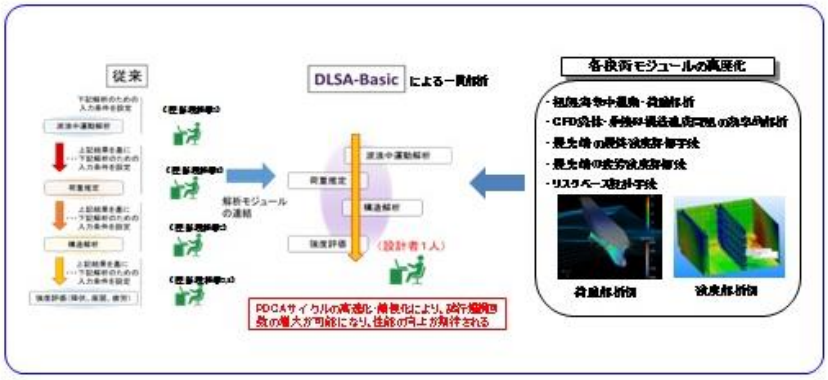


図 1.2.1　全船荷重・構造一貫強度評価システム（DLSA-Basic）のイメージ

【平成 29 年度】

●極限海象に対応したシステム（DLSA-Professional） の開発に向けて CFD と FEM を組み合わせた連成解析手法を構築

極限海象下における最終強度を評価できる全船荷重・構造一貫強度評価システム DLSA-Professional のコア部分を完成させた。

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

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

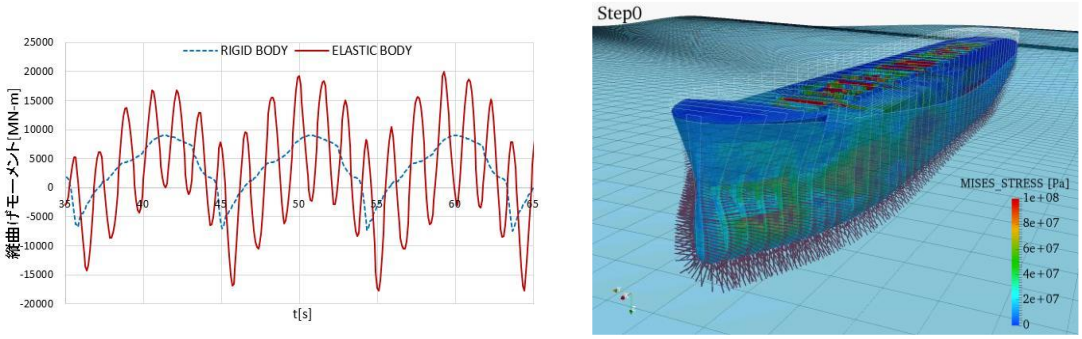


図 1.2.2　DLSA-Professional による計算結果の例

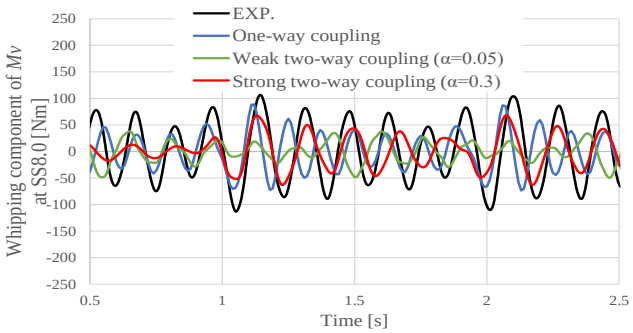


図 1.2.3　ホイッピング応答のベンチマーク結果例

【平成 30 年度】

●DLSA-Professional 開発に向けて疲労被害度等の全船構造要素マッピングソフトを開発

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

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

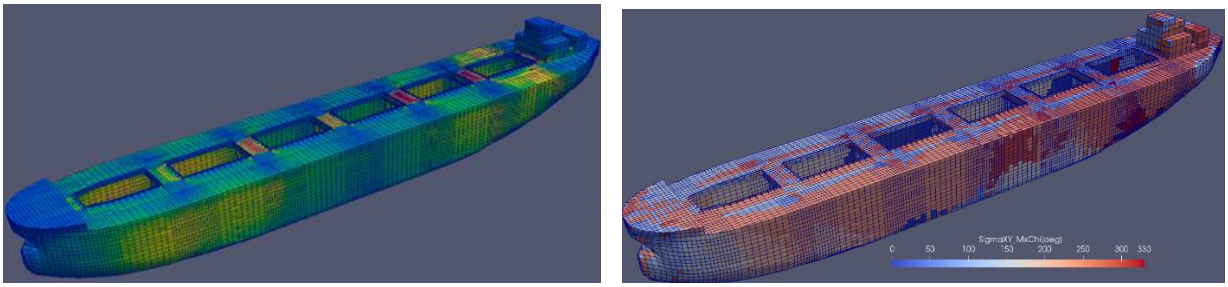


図 1.2.4　強度評価マッピング
（左：超過確率 10^{-8} レベルの応力の最大期待値　右：応力が最大となる波向きの分付）

■市村産業賞貢献賞を受賞※

衝突安全性に優れた「船体用高延性厚鋼板の開発」が評価され、 2018 年度市村産業賞貢献賞を受賞した。

※市村産業賞は、昭和 38 年紺綬褒章受賞を受賞した市村清氏が創設。わが国の科学技術の進歩、産業の発展に顕著な成果を挙げ、産業分野あるいは学術分野の進展に多大な貢献をした技術開発者を表彰する伝統と権威ある賞。



図 1.2.5　市村産業賞貢献賞受賞の様子

■日本船舶海洋工学会賞（論文賞）を受賞

本研究に関連して、「AIS データに基づく実運航船の波浪荷重推定　ー最大荷重に対する操船影響の評価ー」が日本船舶海洋工学会論文賞を受賞した。

【令和元年度】

●リアルタイム強度評価システムを開発

DLSA-Basic（荷重解析ー線形構造解析評価システム）を活用した海象条件（設計波）設定法及び強度評価法を提案した。リアルタイム強度評価を開発した。従来からの５社（DLSA-Basic：3,NMRIW-II：4）のユーザーに加え、新規に３社（DLSA-Basic：1,NMRIW-II：2, NMRIW-Lite：1）へ販売。他に本システムを適用し新構造設計を行う造船所が１社確定（共同研究）、大学が１校確定（共同研究）。また、船級規則改正に資するデータ構築に必要なツールとしても指定された。

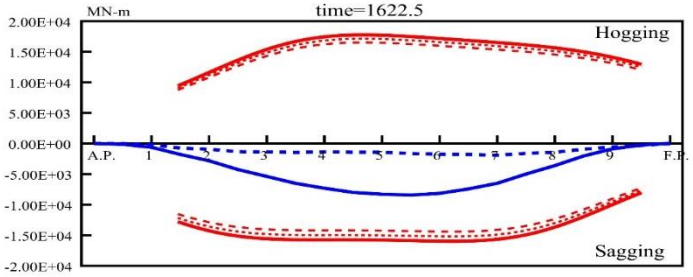


図 1.2.6　縦曲げモーメントリアルタイム強度評価の表示例（赤：船体の強度、青：現在の荷重）

●DLSA-Professional を開発

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

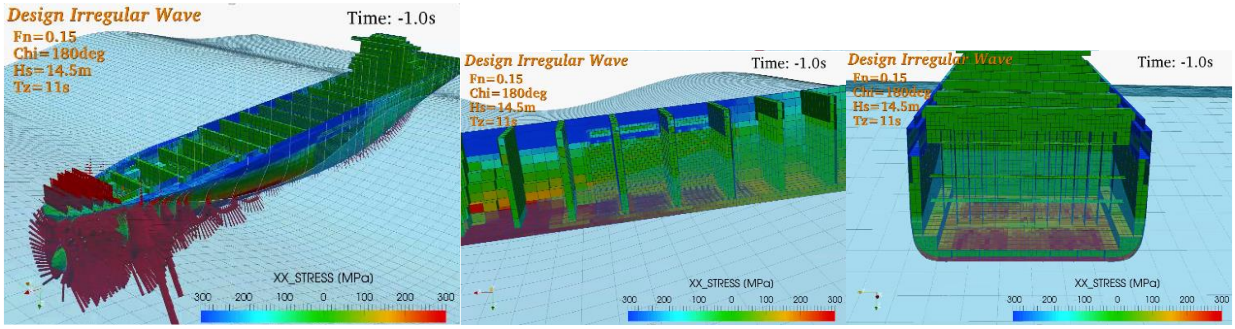
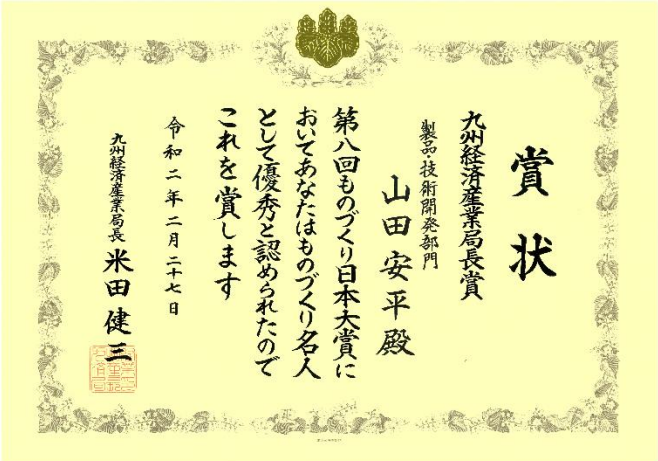


図 1.2.7　DLSA- Professional による全船荷重構造一貫解析の例

■ものづくり日本大賞を受賞

海上技術安全研究所、日本製鉄株式会社、今治造船株式会社、日本海事協会の４社が共同で研究・開発した船舶の衝突安全性向上技術（新材料「高延性鋼：NSafe®-Hull」）に対して、「第８回ものづくり日本大賞、製造・技術開発部門、九州経済産業局長賞」を共同で受賞した。NSafe®-Hull は、４社共同で開発後、既に実用化されており、超大型原油タンカー（VLCC）７隻を含め既に２２隻の大型船舶に適用され、油タンカーからの油流出防止並びに船舶の安全性向上に寄与している。


賞状

九州経済産業局長賞

製造・技術開発部門

山田安平殿

第八回ものづくり日本大賞において あなたはものづくり名人として優秀と認められたのでこれを賞します

令和二年二月二十七日

九州経済産業局長 米田健三

図 1.2.8　ものづくり大賞の表彰状

■米国機械学会優秀論文賞を受賞

米国機械学会（The American Society of Mechanical Engineers）主催の第 37 回（2018 年）国際海洋・極地工学に関する国際会議（37th International Conference on Ocean, Offshore & Arctic Engineering：OMAE-2018）における、安全・構造・信頼性部門（Safety, Structures, Reliability: SSR）において OMAE2018 最優秀論文賞を受賞した。



図 1.2.9　受賞の様子

【令和 2 年度】

●DLSA-AT を開発

オンボードで計測された船体運動履歴を用いて、数十秒先までの船体運動をリアルタイムで予測する新しい手法を構築した。定常状態の実験データおよび非定常な実船データにより手法の有効性を確認した。

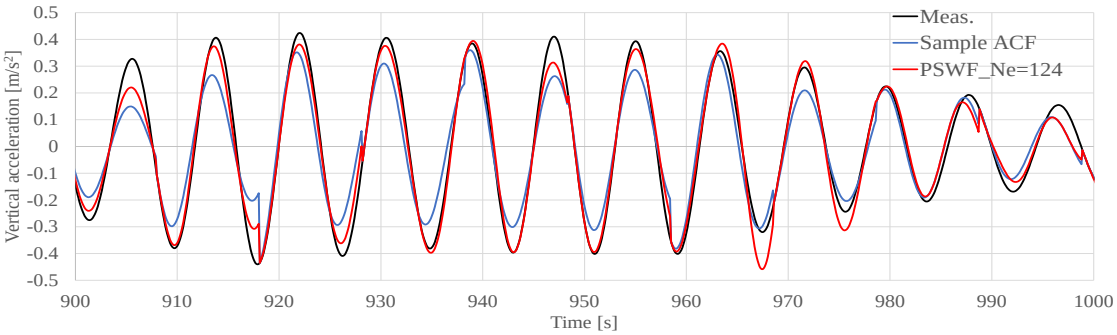


図 1.2.10　船体運動の予測結果の検証例

■NMRI-Lite をクラウド化

DLSA-Basic の荷重解析パート（NMRIW-Lite）のクラウド化及び NAGISA と NMRIW の連携プログラム（入力ファイル変換プログラム）を作成した。

■第 3 回オープンイノベーション大賞を受賞

「海洋油濁防止のための耐衝突・座礁性に優れた高延性厚鋼板開発・実用化」で、第３回オープンイノベーション大賞　国土交通大臣賞を共同で受賞しました。

本プロジェクトでは、船舶の衝突や座礁に起因する海洋油濁による環境破壊を防止するために、衝突されてもよく伸びることで破口しにくい「高延性鋼」を開発。当所と、日本製鉄、今治造船、日本海事協会の４社が連携し、コンセプト提案、材料開発、実機製造、認証制度およびガイドラインの公開、実船適用を実現した。

【令和 3 年度】

●DLSA-Basic の Web アプリを開発

線形ストリップ法および 3 次元 Green 関数法のクラウド利用 Web アプリケーション版 NMRIW-Lite Web を開発し、販売開始した。

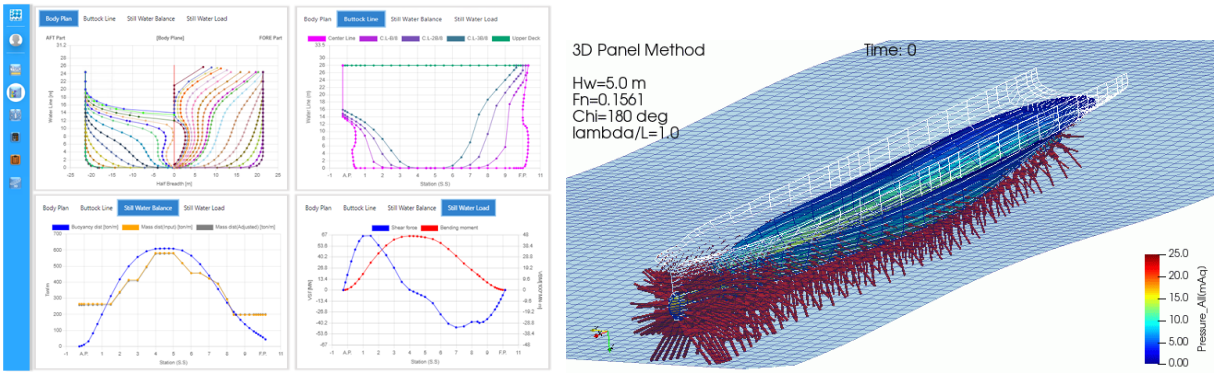


図 1-2-11 NMRIW-Lite Web の web ブラウザ上の操作画面（左）および結果アニメーション(右)

●DLSA-Basic の POST 機能に非線形統計予測機能、マッピング機能を追加

DLSA-Basic の POST 機能に非線形統計予測機能を追加することで降伏強度評価を合理化、応力の多軸度評価および全船モデルへのマッピング機能を追加、船級規則に準拠したホットスポット応力ベースの疲労強度評価機能を追加した。

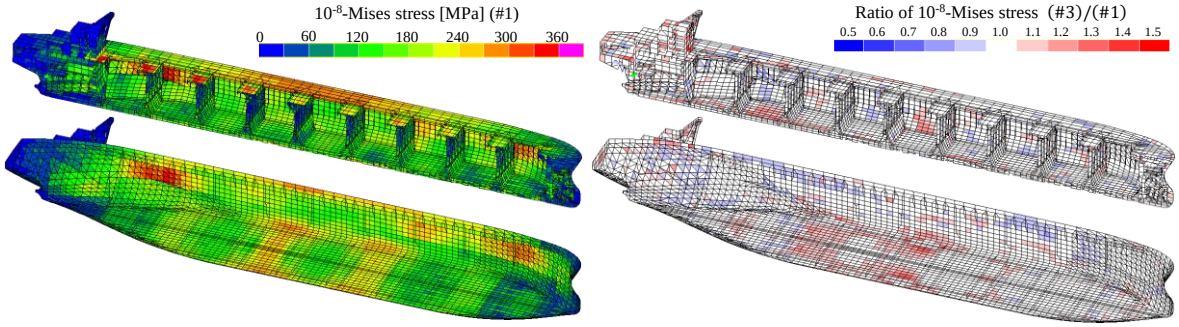


図 1-2.12 DLSA-Basic の新機能による Mises 応力の最大期待値（左）と従来法による結果との比（右）のマッピング

☆船体構造モニタリングシステムの開発

【平成 29 年度】

●世界初のシリーズコンテナ船の船体構造モニタリング解析を実施

応力モニタリングデータ等の不規則波形データを統計解析して長期予測値及び累積疲労被害度等、強度評価に必要なパラメータを計算するプログラムを作成し登録した（プログラム登録 1)。このプログラムは船体構造モニタリングのメインエンジンとなる。

また、作成したプログラムを用いて、10 隻連続建造の 14000TEU コンテナ船の疲労寿命評価を行い、疲労寿命に対する弾性振動の影響及びその個船間のバラつきを示した。また、実データに基いてホイッピング等の船体弾性振動が疲労寿命に与える影響を明確にし、航海系データ及び波浪データの解析によって操船との関係性を調べた。この研究成果は国土交通省の iShipping の報告書に反映されている。

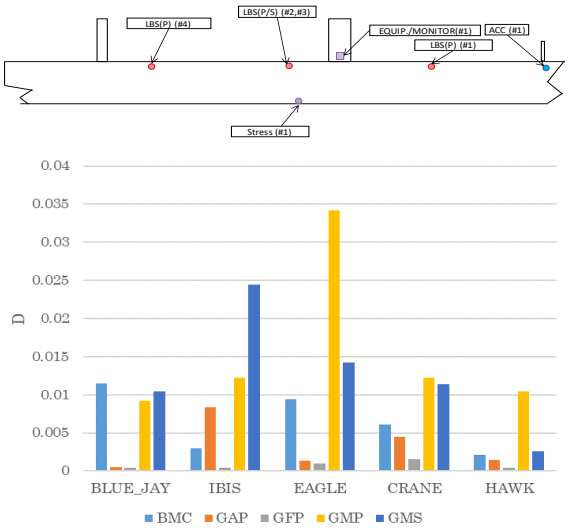


図 1.2.13　14000TEU 型コンテナ船の歪みゲージ配置（上）とシリーズ船の疲労被害度の比較（下）

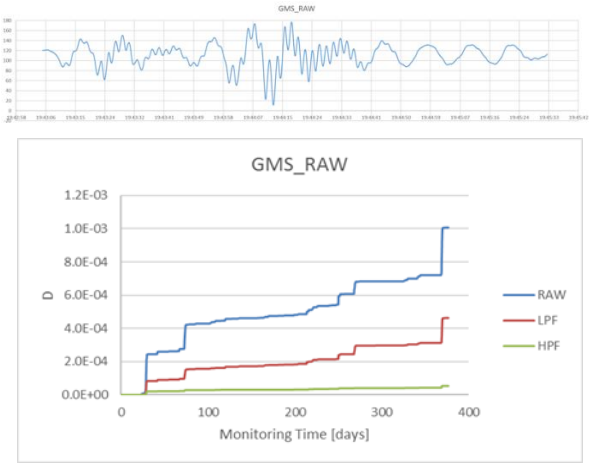


図 1.2.14 弾性振動が重畳した応力波形（上）と弾性振動が疲労被害度の進行に与える影響（青：弾性振動を含む応力、赤：弾性振動を除去した応力）

【平成 30 年度】

●船体構造モニタリングガイドライン（草案）を作成

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

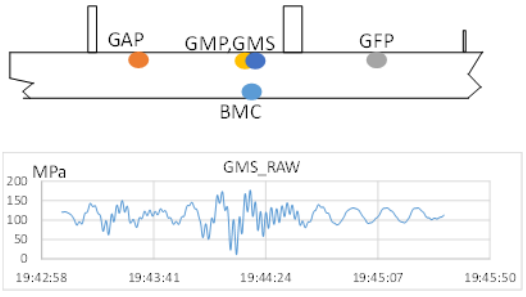


図 1.2.15
14000TEU 型コンテナ船の歪みセンサ配置（上）と計測された応力波形の例（下）

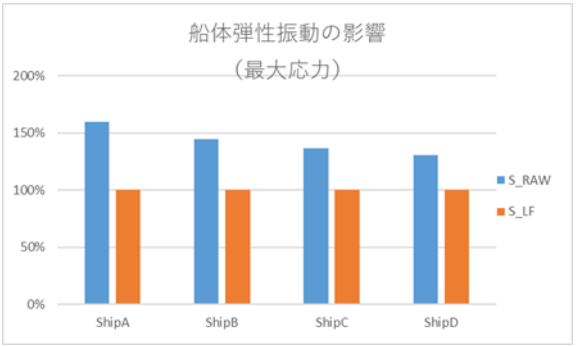


図 1.2.16
ホイッピングが最大応力値に与える影響
青：ホイッピング有り、オレンジ：ホイッピングなし

●解析プログラムの開発

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

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

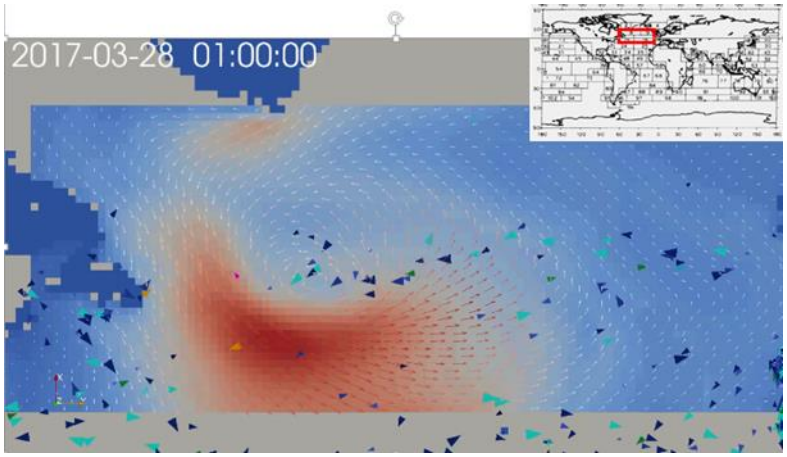


図 1.2.17　AIS データ及び波浪追算データによる荒天中操船状況の可視化プログラム

【令和元年度】

●船体構造デジタルツインの研究開発を開始

近年、急速に進展しつつあるデジタルツイン技術にかかる取り組みとして、船体の余寿命予測や過大荷重への警告を主眼とした船体構造デジタルツインの研究開発を開始した。

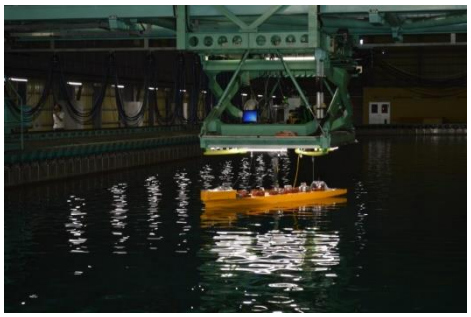


図 1.2.18　船体構造デジタルツインの波浪中実験

【令和 2 年度】

●デジタルツインシステムのコアとなる、DLSA 連携 HMS プログラムを構築し、有効性を検証

船体構造デジタルツインのコアとなる DLSA 連携 HMS プログラム（DLSA/HMS）を構築した。また、（一財）日本船舶技術研究協会からの受託研究「超高精度船体構造デジタルツインの研究開発」の一環で、DLSA/HMS を組み込んだ船体構造デジタルツインシステム(i-SAS ； integrated Structural Analysis System)のプロトタイプを東京大学等と共同開発した。

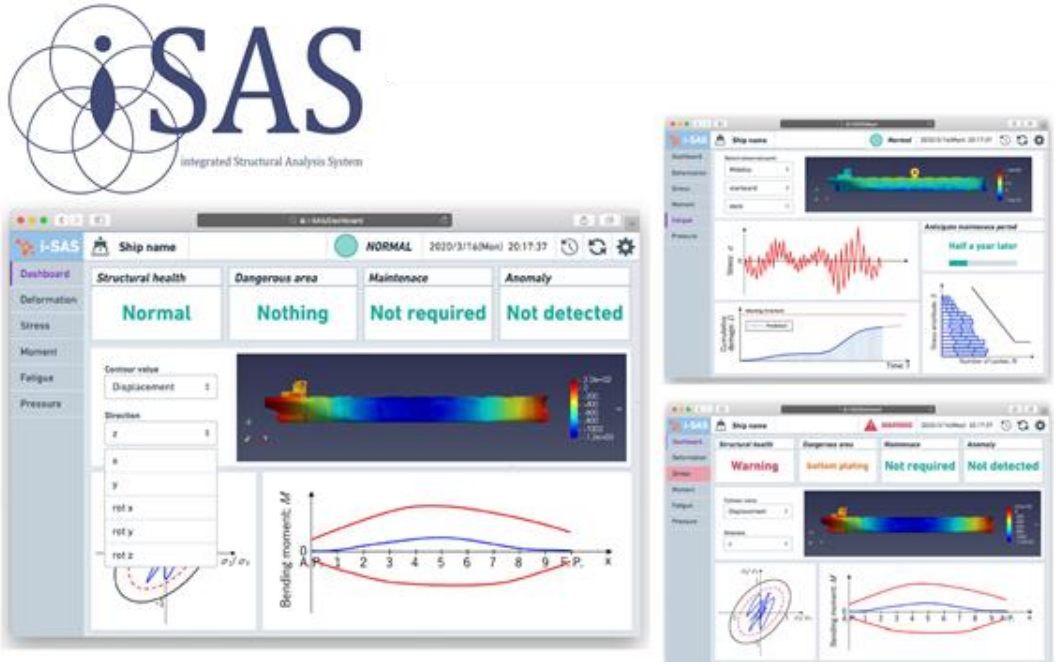


図 1.2.19　開発中の船体構造デジタルツインシステム（iSAS）

【令和 3 年度】

●ハルモニタリングとデータ同化手法を統合した船体構造デジタルツインシステムを開発し、水槽試験及び実船で検証

コンテナ船モニタリングの共同研究の一環で、船体構造デジタルツインの認証用ガイドラインのベースとなる「船体構造モニタリングシステムに関するガイドライン」を作成。2021 年 7 月に日本海事協会より発行された。

ハルモニタリングシステム(NMRI/HMS)を利用した船体疲労健全性予測システムについて、コンテナ船モニタリングのデータで検証した結果をシステムにフィードバックしてブラッシュアップした。

舶用品の欠陥認識にあたって、画像認識 AI だけでは不十分な問題に対して、知識処理 AI を活用して、設計知識を踏まえた対応を可能にするための課題を整理した。

ハルモニタリングシステム(NMRI/HMS)を複数ユーザが遠隔操作可能なデジタルツインクラウドシステムを構築して実海域試験で検証した。

NMRI/HMS 及び波浪逆推定手法などのデータ同化技術を組み込んだ船体構造デジタルツイン統合システム(i-SAS)を、大学等との共同研究をプラットフォームとして構築し、水槽試験、実海域試験で検証した。実船体全域の応力応答をリアルタイムで取得可能であること、及び波浪逆推定により実海域の波浪スペクトル・波浪荷重を良好な精度で推定できることを確認した。

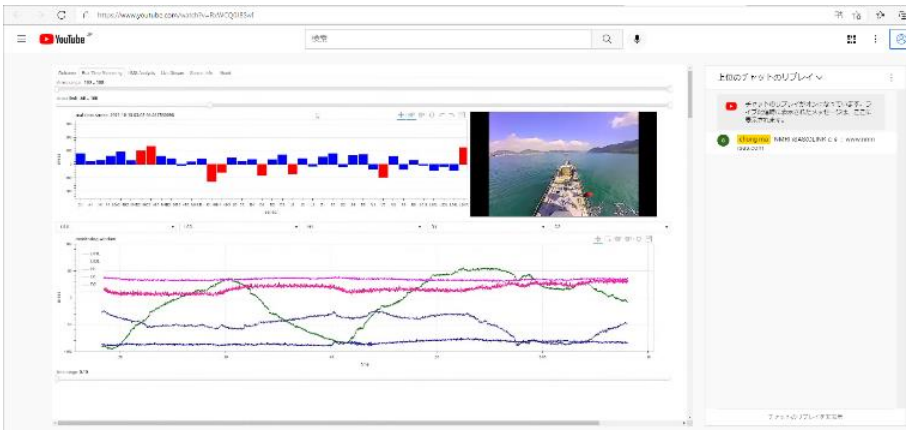


図 1.2.20　デジタルツインクラウドシステム(Web アプリ)

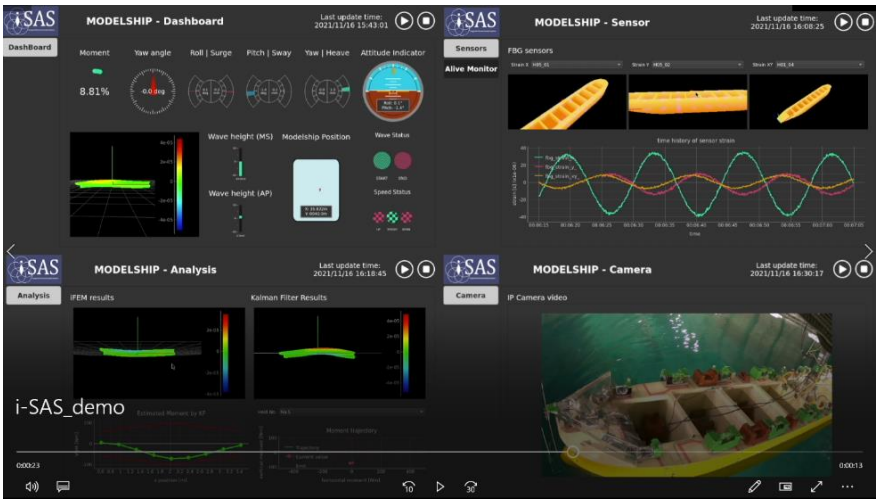


図 1.2.21　統合型デジタルツインシステム(i-SAS)のプロトタイプ

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

【平成 28 年度】

●伊豆大島西岸沖推薦航路を設定

船舶事故調査結果や、昨年度までに作成した AIS データ解析ツール（AIS Analyzer）を用いて、伊豆大島西方海域での交通状況や衝突事故の分析を行い、同海域で多い衝突事故のタイプと危険箇所を特定した。同海域での衝突事故は、2005 年～2014 年の 10 年間における事故の分析結果から、多い順に、商船同士（特に、行き会いの見合い関係）、商船と航行中の漁船（特に、操業後の帰港中）、商船と操業中の漁船であることがわかった。また、図 1.2.22 は、同海域を東西方向 315 個×南北方向 301 個のメッシュに区切り、通航船舶数計測ゲートを設定し、1 日あたりのゲート毎の交通密度を東西航行別に解析したものである。同図より、東西交通流の混在が事故に寄与していると考えることができる。これらの衝突事故については、東西交通流を分離することにより、航行船舶同士の遭遇を減らすことで衝突機会を低減させ、あるいは航行船舶の通航域と漁船の操業域を分けることで航行船舶と漁船の衝突機会を低減させることにより、衝突事故予防の効果が得られると考え、分離の方法を提案した。本研究で作成した東西交通流分離のための推薦航路を定義する 3 種類の「基線」の設定案と、同海域での漁場および衝突事故発生地点を示したものである。

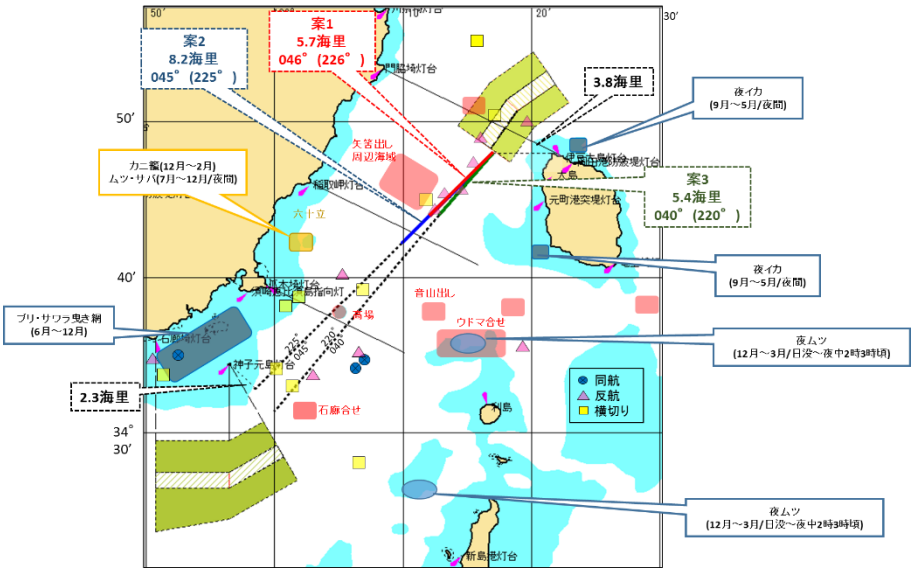


図 1.2.22　東西交通流分離のための仮想航路標識の設定案

【令和元年度】

●液化水素運搬船漏洩リスク解析のためのリスクモデルを構築

構築したベイズ推定モデルを用いて、英国周辺に位置するオフショア施設からの原油等の漏洩データベースである英国安全衛生庁（UK HSE）の Hydrocarbon Release Database（HcRD）及び高圧ガス保安協会の事故事例データベースの水素ステーションにおける事故データの 2 種類のデータを利用することで、これらから求められる漏洩頻度は水素運搬船からの漏洩頻度であると仮定し、機器毎の漏洩頻度をベイズ推定した。また、水素漏洩に伴う影響度の評価については HyRAM コードを用いて、液化水素運搬船で取り扱われる圧力条件のもと、漏洩源の口径を変化させて可燃範囲にあるガス量を算出した結果、口径に対する可燃範囲にあるガス量の傾向が得られた。

原油タンカーを対象に、作成したシミュレーションを用いて、戦略毎の費用対効果評価を実施した。シミュレーション結果より、作成したシミュレーションが定性的には問題ないことを確認した。また、貨物タンクのモジュール化という需要変動に対応する新技術を考え、その新技術は、将来的に低コスト化が実現すれば費用対効果が良い技術になることが分かった。

液化水素運搬船の社会実装の支援については、設計者が作成した代替設計承認のための同等性評価書について助言を行った結果、これに基づいて修正された評価書が主管庁へ提出され、最終的に代替設計が承認された。

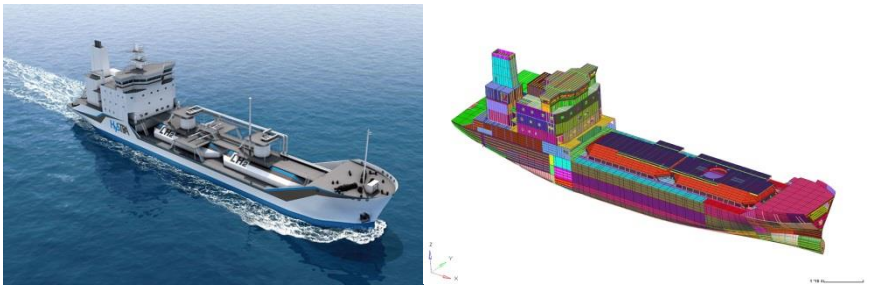


図 1.2.23　液化水素運搬船（2020 年に建造する予定の Pilot 船）の実船モデル
（左図：イメージ図（HySTRA より）、右図：被害度評価用の FEM モデル外観。）

●推薦航路を導入した船舶の行動を解析

■海の日・海上保安庁長官表彰

潮岬沖海域の特徴である航路片側の陸岸による制限下を考慮した推薦航路導入後の船舶行動予測手法を考慮した導入による効果予測手法を確立し、当該海域における安全対策の立案に必要な技術の確立を行った。また、昨年度に続き潮岬沖海域の状況の分析を行い、神戸海難防止研究会が実施する潮岬沖における安全対策の構築に関する調査研究委員会への解析資料提供を行うと共に、必要な説明を行った。図に潮岬沖海域における同航船同士の OZT の発生回数及び遭遇頻度の現状と推定を示す。

また、以前に導入された伊豆大島西岸沖の導入後の船舶行動を分析し、対策後に残る安全阻害要因の分析を行った。伊豆大島西岸沖の推薦航路における導入前後の遵守率の推移を解析した。

なお、導入前は推薦航路予定位置に対する航行位置から算出した。また、伊豆大島西岸沖海域における OD（航路群）毎の横断面方向の通航位置分布を作成して、低遵守率の原因を解析した。安全対策の効果の推定として、伊豆大島西岸沖海域における反航船の遭遇頻度の導入前後の変化についても調査を行った

さらに、バーチャル AIS（船舶自動識別装置ＡＩＳにより航海用レーダー画面上にシンボルマークを仮想表示）を活用した、伊豆大島西岸沖での世界初の推薦航路設定（多くの船舶が遵守していることを確認済）が評価され、海上保安庁長官賞を受賞した。

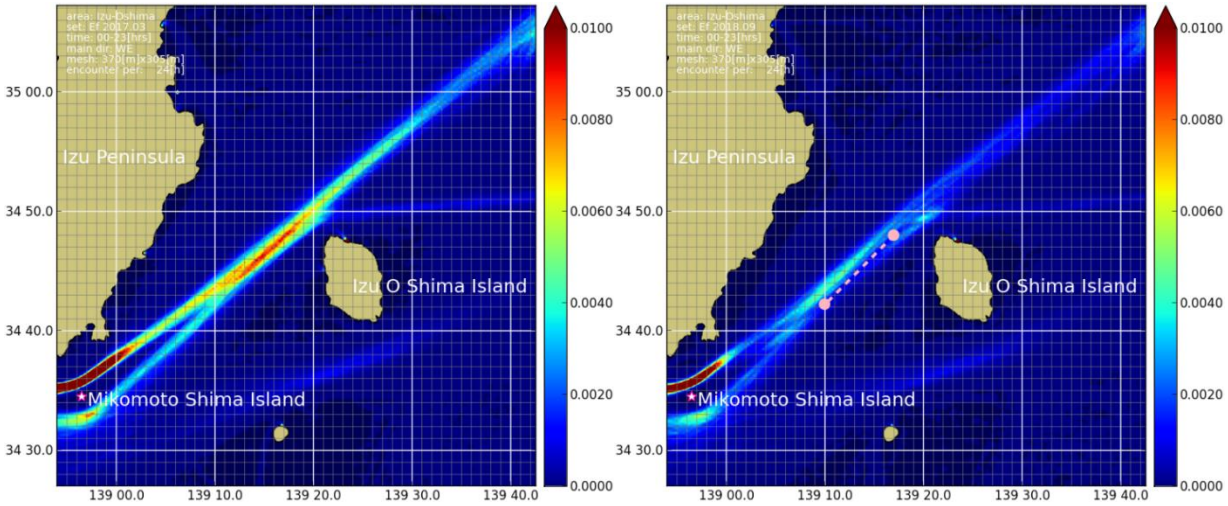


図 1.2.24　伊豆大島西岸沖海域における反航船の遭遇頻度の変化
（左：2017.3(導入前) 右：2018.9(導入後)）

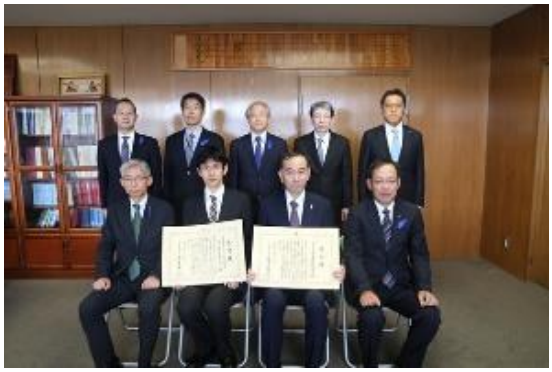


図 1.2.25　授賞式の様子

②海難事故等の原因究明の深度化、防止技術及び適切な対策の立案に関する研究開発
★安全運航と海難事故防止に必要な技術開発及び基準に関する研究
☆最低出力暫定指針の改訂

【平成 28 年度】

●理論的かつ学術的検討の踏まえた最低出力暫定指針改訂案を IMO（国際海事機関）に提出

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)





E

MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE
71st session
Agenda item 5

MEPC 71/INF.28
28 April 2017
ENGLISH ONLY

AIR POLLUTION AND ENERGY EFFICIENCY

Draft revised Guidelines for determining minimum propulsion power to maintain the manoeuvrability of ships in adverse conditions

Submitted by Denmark, Germany, Japan, Spain and IACS

SUMMARY

Executive summary:	This document provides the draft revised Guidelines for determining minimum propulsion power to maintain the manoeuvrability of ships in adverse conditions
Strategic direction:	7.3
High-level action:	7.3.2
Output:	7.3.2.4
Action to be taken:	Paragraph 2
Related documents:	MEPC 70/5/20, MEPC 70/INF.26, MEPC 70/INF.33, MEPC 70/INF.39, MEPC 71/5/13, MEPC 71/INF.29, resolutions MEPC.232(65), MEPC.255(97) and MEPC.282(69)

Introduction

1 The annex to this document provides the latest version of the draft revised Guidelines for determining minimum propulsion power to maintain the manoeuvrability of ships in adverse conditions if the outcomes of the work by the research project Energy Efficient Safe Ship Operation (SHOPERA, www.shopera.org) and the Japan's research project are taken into account.

Action requested of the Committee

2 The Committee is invited to note the information provided.

...

図 1.2.26　ＩＭＯ会議とＩＭＯへの提案文書

☆操縦性能を推定模型実験法の開発

【平成 29 年度】

●実海域環境下での操縦性能を推定する模型実験法を開発

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

また、前年度に作成した荒天下の操船評価のための操縦運動を含む 6 自由度波浪中船体運動計算法を小 GM の痩せ形船型にも適用可能なように拡張し、新たに実施したコンテナ模型船の波浪中旋回試験と比較した。その結果、本計算法の妥当性を明らかにした。

当所で開発した主機作動制限を考慮する模型実験手法の妥当性を，平水中の 3 自由度操縦運動計算法に波の影響として波漂流力のみを考慮した既存の数値計算法との比較によって明らかにした。

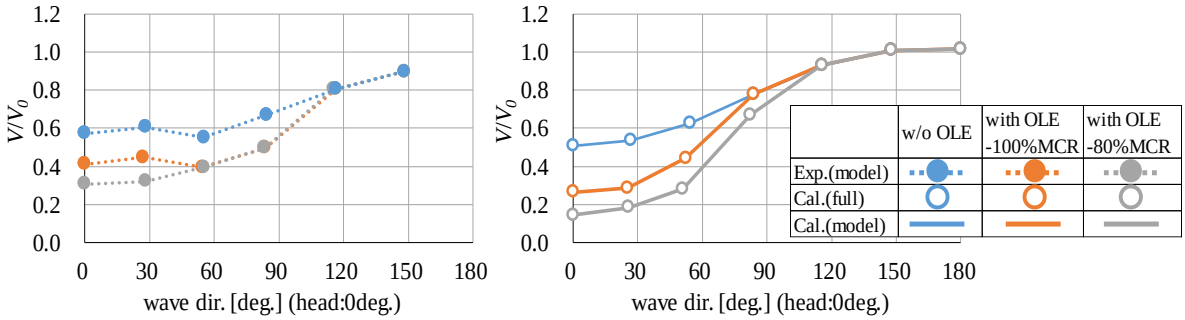


図 1.2.28　舵効き船速修正に主機の作動制限を考慮する方法を適用した波風中の船速低下の実験値と計算結果の比較(タンカー，多方向不規則波，有義波高 7m，平均波周期 10.2s，風速 22.7m/s)。左が模型実験、右の線が実船尺度計算，右の点が模型尺度計算。青が主機作動制限を考慮していない結果で、橙色と灰色が制限を考慮した結果。橙色と灰色の応答に対する主機作動制限は、それぞれ対象船の最大連続出力 MCR、80%の MCR から推定した。実験で明らかとなった主機制限の考慮やその制限の強さに対する船速低下の変化が定性的に数値計算と一致していることから，本試験法の妥当性を確認できる。

【令和 2 年度】

●走錨危険度推定プログラム、走錨リスク判定システム（錨 ing）を開発

■錨 ing は、ダウンロード版、アプリ版を無償提供

運航中発生する危険現象のひとつである横加速度を取り上げ，危険を回避する操船支援法を開発した。空載状態のコンテナ船のブリッジ内で大きな横加速度が発生し，死傷者が出る事故が報告されている。ＩＭＯで最終化された第二世代非損傷時復原性基準暫定ガイドライン（MSC cir.1627）には復原性に起因する危険現象のひとつとして過大加速度モードが挙げられている。

開発した操船支援法は海象（波高と波周期）と船の速度，針路（波向），載荷状態（喫水，トリム，GM）を入力値とし、過大加速度の危険性評価結果を操船者に適切に示し、危険を回避する操船を支援するもので、GUI を備えた具体的な操船支援用危険度評価システムを作成した。

走錨危険度推定プログラムに入出力 GUI を組み合わせて、荒天下での走錨を回避するため、錨泊実施前に船長や乗組員の判断を支援する「走錨リスク判定システム」を開発した。「走錨リスク判定システム」は、船舶、気象・海象等のデータを入力することにより、錨泊方法，錨鎖長さ、風速に対応した走錨リスクを提示し、船舶運航者に走錨を回避するための判断材料を提供するもので、今後当所の HP や海技研クラウドで公開され関係者に無償提供された。

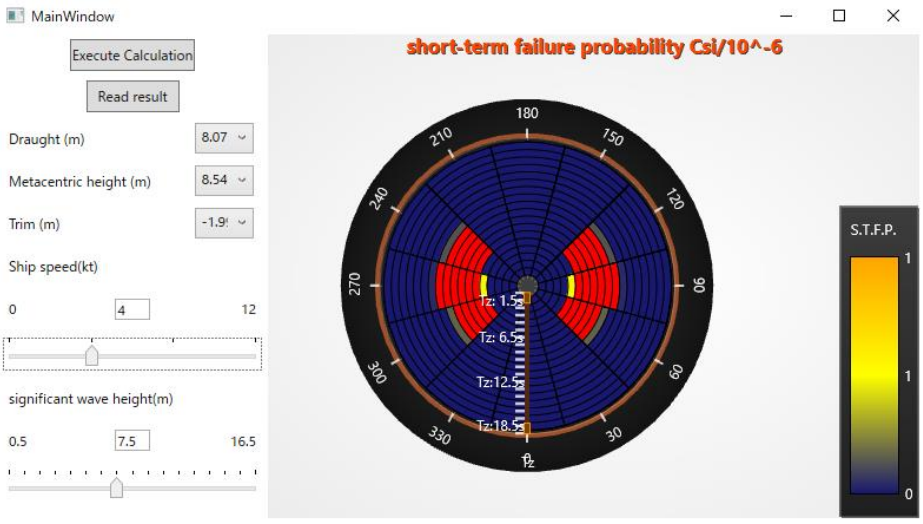


図 1.2.29　操船支援用危険度評価システム（横加速度）

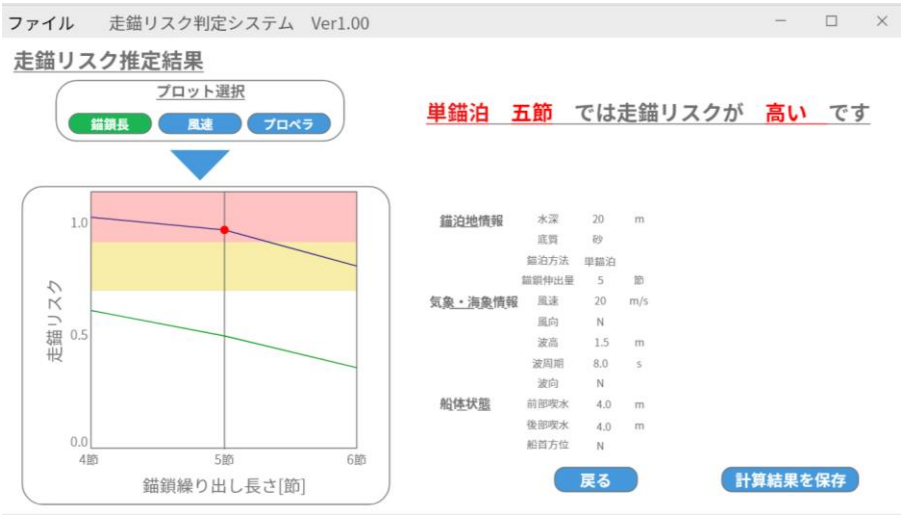


図 1.2.30　走錨リスク判定システム

【令和 3 年度】

●「走錨リスク判定システム」の PC 版、web アプリ版を 2021 年 7 月 1 日に一般に無償リリース

●航海機器との連接により、連続計算によるモニタリングが可能

昨年度作成した走錨危険度推定プログラムに錨泊時のプロペラ推力簡易推定手法を組み込み、走錨危険度軽減のためにプロペラを作動させた場合のリスク判定を行う機能を追加した PC 版及び Web アプリ版の「走錨リスク判定システム」(図 1.2.31)を開発し令和 3 年 7 月 1 日に一般にリリースした。

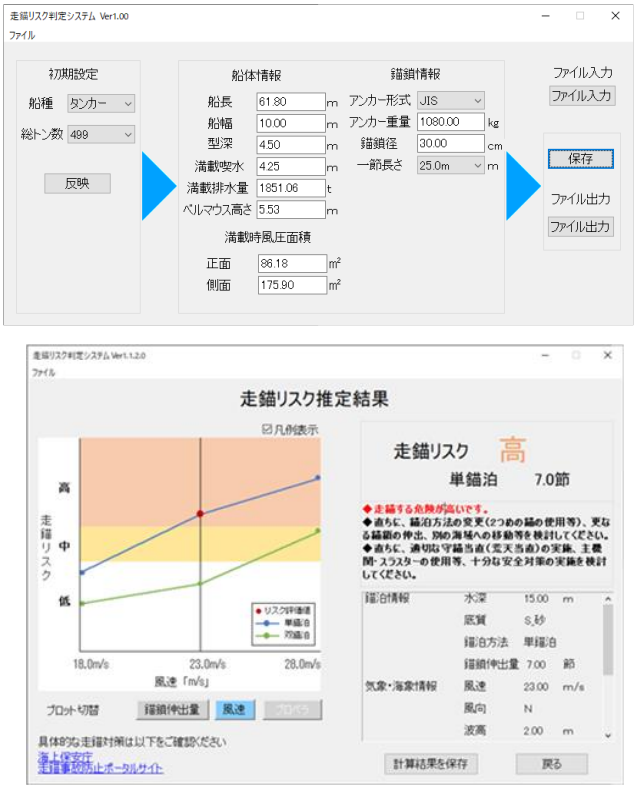
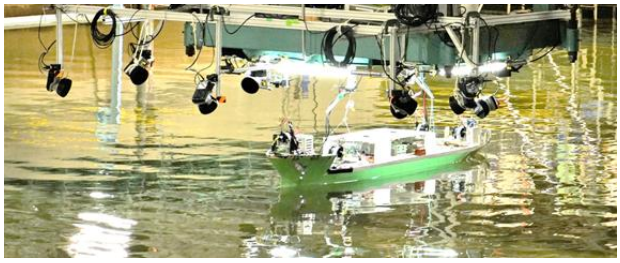


図 1.2.31　PC 版走錨リスク判定システム(左図:入力画面、右図:計算結果表示画面)

走錨危険度モニタリング手法として，錨泊中の船舶の錨鎖と水平面とのなす角度を計測することで、船体に働く錨鎖張力が推定できることを確認した(図 1.2.32)。これにより船上で錨鎖の角度を計測することで、走錨リスクを評価することが可能となる。



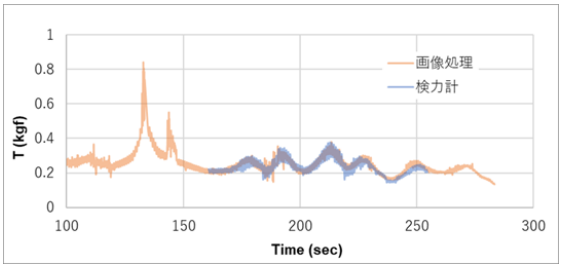
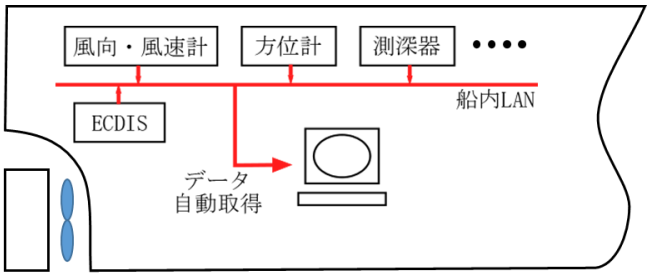


図 1.2.32 錨鎖の角度から推定した錨鎖張力と検力計で計測した錨鎖張力の比較

走錨リスク判定システム(錨 ing)に，船舶の航海機器で計測された情報をネットワーク経由で自動取得できる機能を追加した（図 1.2.33）。これにより船員の入力作業の省力化が図れ，また船上で計測されたデータを気象・海象情報として利用することで走錨リスクの判定精度の向上が期待できる。さらに，自動取得した情報を用いて走錨リスク判定システムの連続計算を行うことで走錨リスクの時系列変化を確認すること(走錨危険度モニタリング)が可能となった。



✓ 計測データ反映による走錨リスクの判定の精度向上
✓ 「錨ing」の連続計算による走錨リスクのモニタリング

図 1.2.33 船上における走錨リスク判定システム（錨 ing）入力データの自動取得（概念図）

☆スマホアプリ開発ガイドライン案作成

【平成 28 年度】

●小型船衝突防止等支援スマホアプリ開発ガイドライン案を作成

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。

☆主機設計手法の開発

【平成 28 年度】

●波浪中での負荷変動に対する主機応答特性を考慮できる水槽模型試験法を開発

■日本船舶海洋工学会奨励賞（乾賞）を受賞

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。

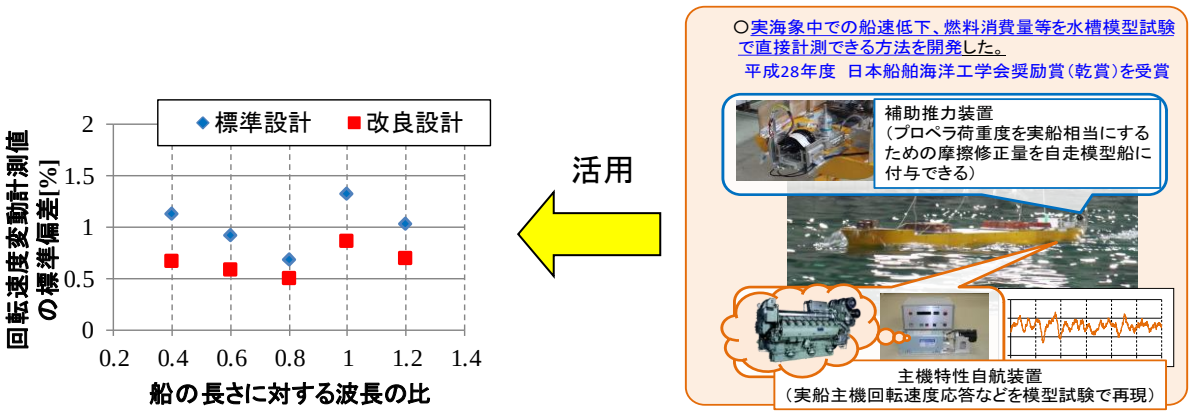


図 1.2.34　水槽模型試験を通じた主機設計の直接検証

☆船舶の新たな制動手法の開発

【平成 29 年度】

●舷側に抵抗体を設置するなど船舶の新たな制動手法を開発

固定ピッチのプロペラを装備したコンテナ船模型を用いた水槽実験を行い、新たな制動手法の有効性を確認した結果、新たな制動手法は一般的なプロペラ逆転による停止試験と比べて Track Rearch で 17%の短縮されることが確認された（図２．２．７）。本制動手法については、特許出願に向けて準備中である。

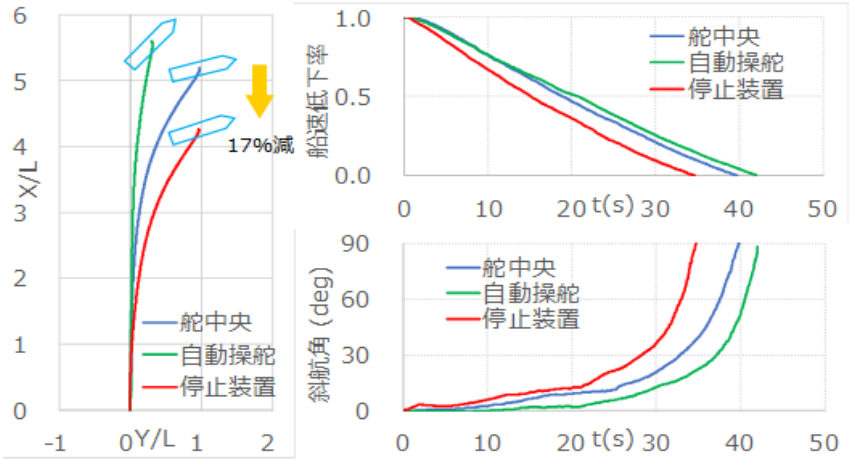


図 1.2.35　停止性能に対する新たな制動手法と操舵の効果に関する模型実験結果

（２）海洋環境の保全

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

★船舶から排出される大気汚染物質に関わる環境対策技術に関する研究／多様なエネルギー源等を用いた新たな舶用動力システムの開発に関する研究

☆SO x 等排ガス処理技術、計測及び分析技術の高度化

【平成 29 年度】

●船舶ディーゼル機関から排出される PM 等の計測組成を分析

当所所有の実験機関において 2 台の PM 計測装置の比較実験を行った結果、両装置により得られた PM 計測結果は非常に良く一致した。

船舶特有の PM 組成プロファイル及び PM 排出量データの作成の予備作業として、2016 年度を対象とした AIS に基づく船舶活動量（外航船・内航船）の集計及び解析を行った。

エンジンの燃料噴射圧を上げることで、60～77%の BC 削減効果があったが、PM については 2～3 割の削減効果にとどまった。なお、噴射圧を高くすることで PM の増加が見られる条件もあり、これについては有機炭素及び炭素以外の成分の増加が主な要因であった。

また、2 種類の BC 計測法による計測結果と PM 中の元素状炭素（＝BC）の熱分析結果とを比較したところ、エンジン形式やエンジン負荷率・燃料が異なっていても、BC 計測器同士の計測値が良好に一致することを確認した。一方、BC 計測器と熱分析の結果についても相関は高かったが、比例係数はエンジンや燃料によって変化した。

さらに、ほぼ同じ硫黄分（0.5%未満）を含む A 重油及び C 重油を用いて BC・PM 計測を行った。A 重油に比べて C 重油では、エンジン負荷率の低い時に BC 排出量が顕著に増加した。なお、その排出量は高硫黄 C 重油（硫黄分 2.2%）の場合と大きな違いはなく、BC 排出量が燃料硫黄分と直接関係しないことを明らかにした。PM 排出量についても、低負荷率時には A 重油より C 重油で増加したが、これは元素状炭素の増加を反映した結果であると考えられる。

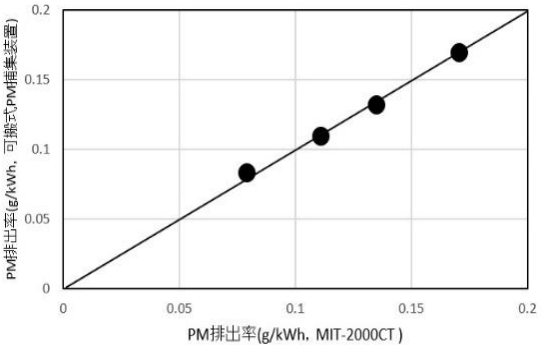


図 1.2.36　PM 計測装置 2 機による PM 排出率の比較結果［横軸：エフテクノ製 PM 計測装置（MIT-2000CT）縦軸：可搬式 PM 捕集装置］

■日本マリンエンジニアリング学会論文賞を受賞

舶用ディーゼル機関から排出される PM の分析事例-大気質シミュレーションへの適用が、「第 43 回日本マリンエンジニアリング学会論文賞」を受賞した。



図 1.2.37　日本マリンエンジニアリング学会論文賞受賞の様子

【平成 30 年度】

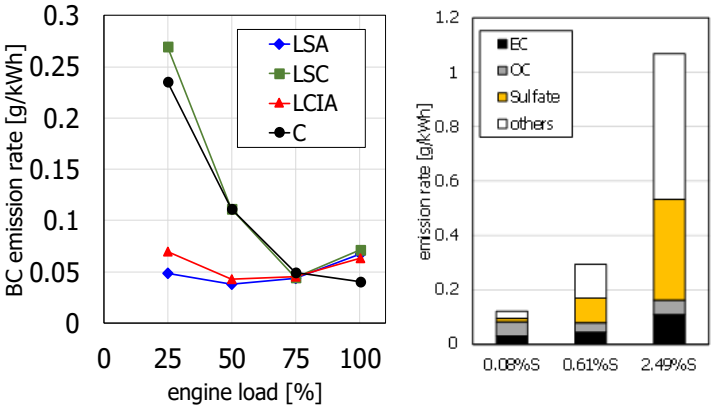
●低硫黄燃料の燃焼試験を実施し、品質等を確認

燃料組成の異なる低硫黄燃料を準備し、BC や PM 排出量に与える影響について明らかにするため、実機試験を行った。PM 排出量は高硫黄残渣油から低硫黄燃料油に転換することで大きく削減できる一方、BC 排出量については燃料油中の硫黄分とは直接相関はなく、燃料の残渣成分によって燃焼条

件の悪い条件下では増加した。エンジン形式やエンジン負荷率によって影響を受けるが、同じ 4 ストロークエンジンでも、燃料の着火・燃焼性への敏感度は異なることがわかった。

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

また、LSC の陸上物性試験や寒冷地における燃料温度の実船計測を実施。成果は「2020 年 SOx 規制適合舶用燃料油使用手引書」（国交省、3 月発行）に反映。



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

図 1.2.38　硫黄分の異なる燃料を用いたときの、
BC 排出率のエンジン負荷率依存性（左図）
および PM 排出率（右図）

【令和元年度】

●規制導入前に低硫黄燃料の燃焼試験・実船試験を実施（12 隻）し、品質等を確認

2020 年以降に提供される適合油（LSC）の性状動向の調査及びその性状が船舶での使用条件に与える影響（着火・燃焼性、低粘度化と高流動点化、安定性など）について検討した。今年度は、ラボ試験だけでなく、実船トライアルも実施し、HSC を提供しているバンカリング船における LSC 補油についての課題調査や、船舶で使用するにあたって必要となる対策や留意事項について確認した。

本研究成果は、国交省「2020 年 SOx 規制適合舶用燃料油使用手引書（第 2 版）」に反映された。

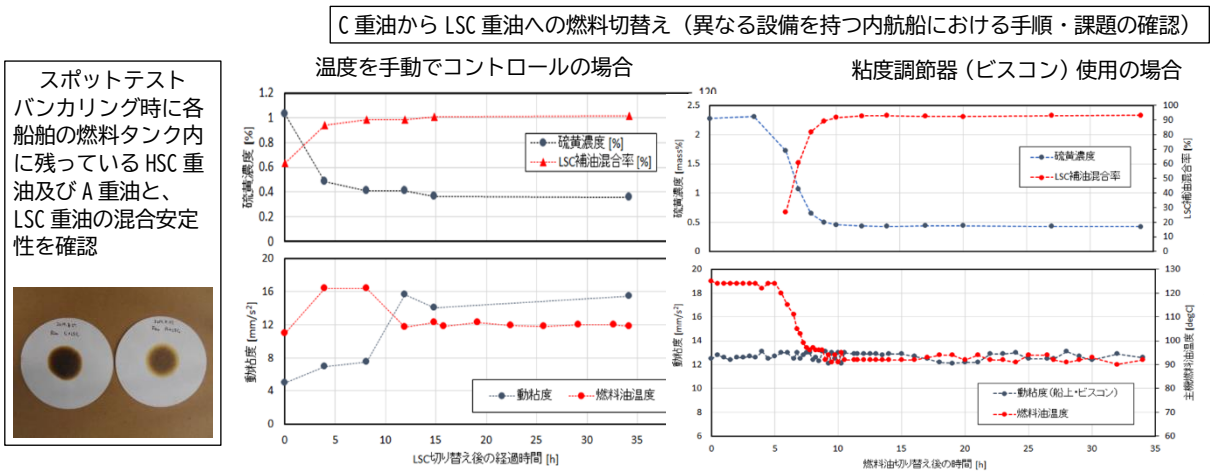


図 1.2.39　適合油の実船トライアル（499GT 小型貨物船～14,000GT 級 RoRo 船など 12 隻で実施）

【令和 3 年度】

●GHG 削減のための後処理技術の評価

CO2 分離膜を利用した GHG 削減に関する研究をおこなった。小型ディーゼル発電機の排ガスを分流し、分離膜への流量を系統的に変化させ、CO2 削減率を調査した。その結果、分離膜入口側のガス流量が低いほど、CO2 削減率が高くなることがわかった。また、模擬 EGR によって、分離膜の入口の CO2 濃度を増加させると削減率も高くなった。また、分離ガス流量を一定にして分離膜の圧力を変えたところ、分離膜の圧力が高くなるほど、CO2 削減率が高くなり、分離側ガス中の CO2 濃度は最大 70vol%程度まで高まった。このように、分離側の CO2 は高濃度でドライであることから、冷却するだけで容易に CO2 を回収することができた。船舶に搭載する際の課題としては、排ガスの圧力を高める手段、分離膜の性能を阻害する排ガス中の水分の除去手段の検討がある。

後処理装置（酸化触媒）によるメタンスリップ低減効果を確認するため、ガスエンジンの実排気における触媒の性能を、実験的に評価した。海技研保有のガスエンジンは発電機運転を前提としていることから、舶用運転の低負荷率では、未燃メタンすなわちメタンスリップが多く発生する。また低負荷率では排ガス温度も低く、触媒反応にとっては不利である。それにもかかわらず、触媒によるメタン転換率は 100%で、完全にメタンが削減されることがわかった。逆に比較的排ガス温度が高く、触媒性能が発揮されると予想された 75%や 100%の高負荷率では、メタン削減率は 5 割程度だった。その理由を調べるため、模擬排ガスを使いマイクロリアクタという反応容器で触媒反応をおこなったところ、低負荷率を模擬した条件では、触媒出口での温度上昇が大きく、逆に高負荷率を模擬した条件では温度上昇が小さいことがわかった。これにより、低負荷率で温度が低い不利な条件であっても、メタン濃度が高い場合は触媒反応にともなう発熱が生じ、酸化反応が促進されることが示唆された。

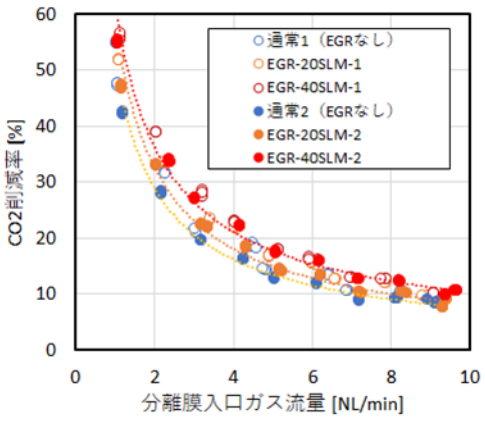


図 1.2.40　CO2 削減率の分離膜入口ガス流量依存性

●アンモニアエンジンへの 2 段階軽油早期噴射技術の開発

アンモニアエンジンの実験を行い、軽油早期噴射による未燃 NH3 と N2O の低減効果（前年度報告）を維持したまま、軽油早期噴射の 2 段化によって、増加していた CO と THC の排出量の低減に効果があることを確認した。成果は国際学会（査読付きプロシーディング）にて発表した。

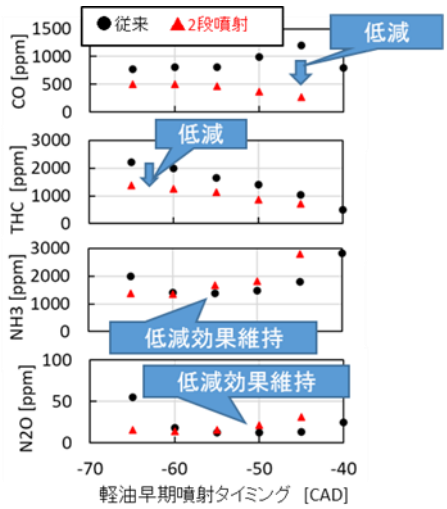


図 1.2.41　軽油早期噴射の 2 段化による CO と THC の低減効果

☆内航船向け小型スクラバーの開発

【平成 30 年度】

●大型の排ガス洗浄装置（スクラバー）の小型化するための設計及び試作機を製作

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

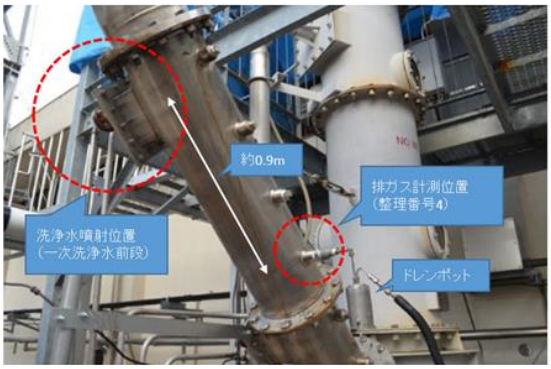


図 1.2.42　ジェット式スクラバにおける、洗浄水条件（流速、噴霧状態距離）を変えた実験

【令和元年度】

●小型並行流ジェット式スクラバーを開発

内航船舶に SOx スクラバを搭載することを想定して小型並行流ジェット式スクラバを製作し、種々の噴射ノズルを組み合わせて、規制に対応できる脱硫性能を達成する条件を調査した。その結果、機関の負荷率が高く、排ガス流量が多い場合でも、噴射ノズルを組み合わせることで十分な脱硫性能が確認された。

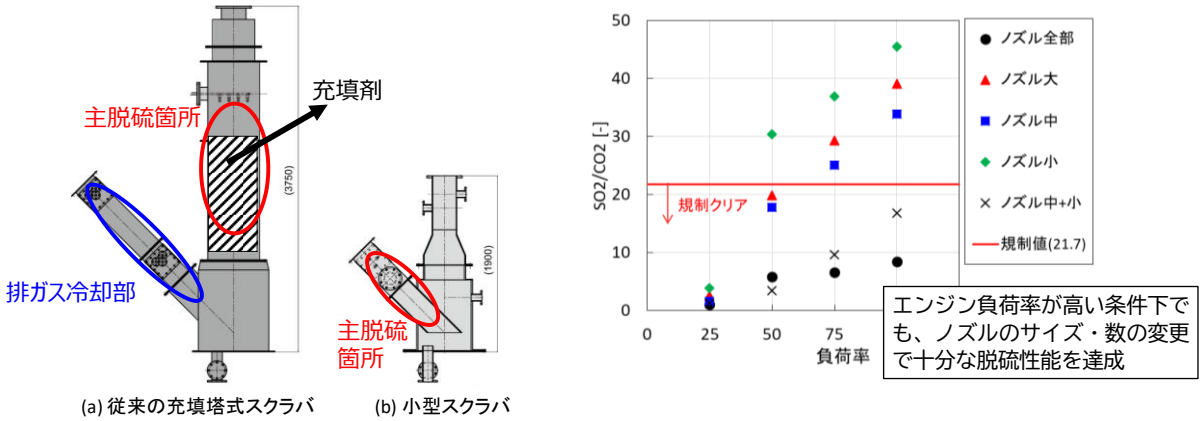


図 1.2.43　小型スクラバの開発

☆海洋環境影響評価システムの対象物質拡張及び高度化

【令和 3 年度】

●油漂流予測シミュレーションシステムの油運命モデルと計算手法を更新し、それらの効果を実現象 2 例に基づき検証

（ａ）油漂流予測シミュレーションシステム（以下、予測システム）の改善

[油運命モデル]　海表面の油が海上風及び波浪に晒されることによる海水中への【分散過程】、分散された【油滴の形状分布】、海上風による油の【水平方向への輸送】、渦拡散係数に基づく拡散係数による【鉛直方向への輸送】、及び【油の風化】（揮発、乳化、分散）に関するパラメータを、最新の要素試験結果に基づくものに更新した。

[油移動の駆動力] 油運命モデルを海洋モデルに基づく海流で計算できるようにし、従来特定の港湾内のみに限定されていた評価範囲を拡張した。また、計算速度を上げるために、流出油の移動計算手法を変更した。

(b) 油漂流予測性能の検証

(a) の改善を経た予測システムが、複雑な海洋環境での実現象を適切に再現・予測できることを検証した。

[油運命モデル]　岩手県の八戸沖で昨年 8 月に発生した貨物船の座礁事故に伴う燃料油の海洋環境への流出事象を対象として、流出油の漂流状況を予測した（図 1）。予測システムによる評価結果を航空機及び海上保安庁による漂着位置の観測結果と比較し、漂着位置の観測結果を再現していることを確認した。モデルの感度評価を行った結果、今年度改善したモデルのうち、【分散過程】【水平方向への輸送】【鉛直方向への輸送】【油の風化】が予測に大きく影響することを確認した。これらの過程を考慮することで、観測結果（下北半島上部に至る漂着）を再現することが可能となった。本事象に対する予測計算は、他に類例がない。

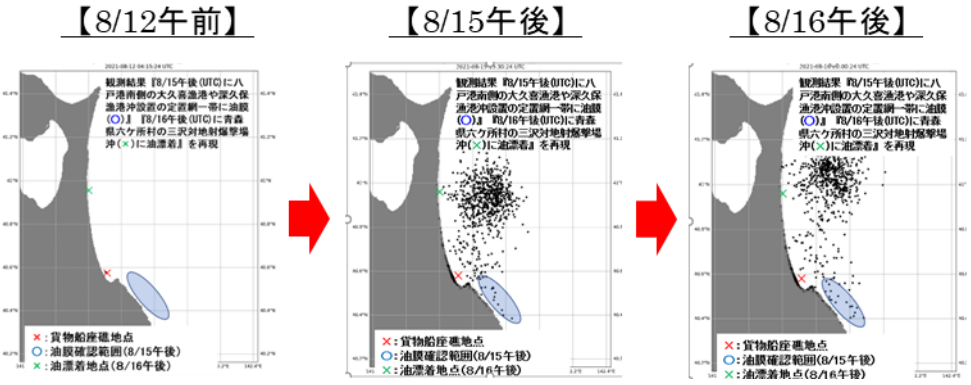


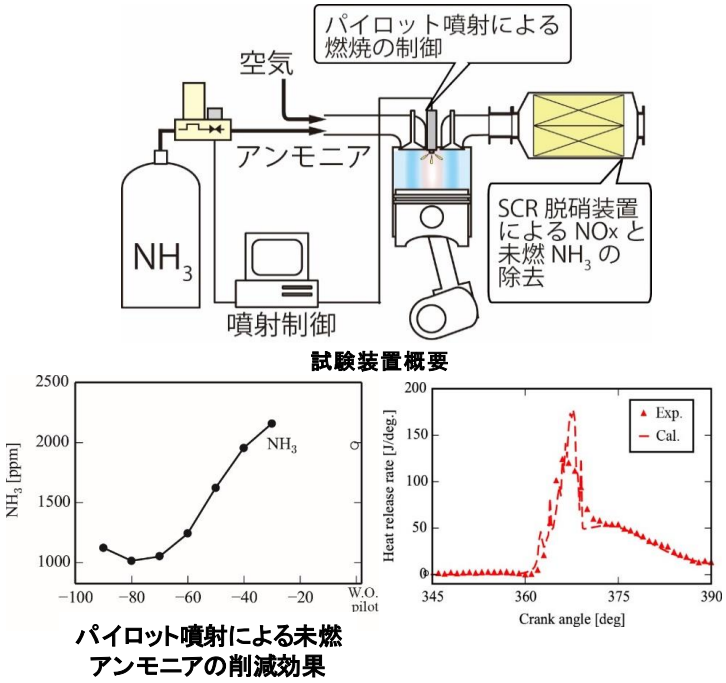
図 1.2.44　八戸沖貨物船座礁事故発生から 4 日半経過までの流出油分布

☆アンモニア／水素等多様なエネルギーを用いた新たな舶用エンジンの開発等

【平成 28 年度】

●アンモニアの舶用ディーゼルエンジンにおける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舶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、液体を燃料とした舶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（CO_2 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。



（科学研究費助成事業実施状況報告書（平成28年度））

図 1.2.45　アンモニアの直接燃焼システム

【平成 29 年度】

●水素燃料電池船ガイドライン案の作成

燃料電池、リチウムイオン電池および電気推進システムの状態を適切に監視・制御するシステムを構築し、模型船によりその動作を検証した。

小型実験船に水素燃料電池システムおよびリチウムイオン電池を搭載し、実船試験を実施した。

各要素機器の動作が適切に動作することを確認した他、水素漏洩等の不具合が発生した際の安全機能が適切に作動することを検証した。さらに、国土交通省からの請負研究のもと，水素燃料電池船の安全ガイドライン案を完成させた。

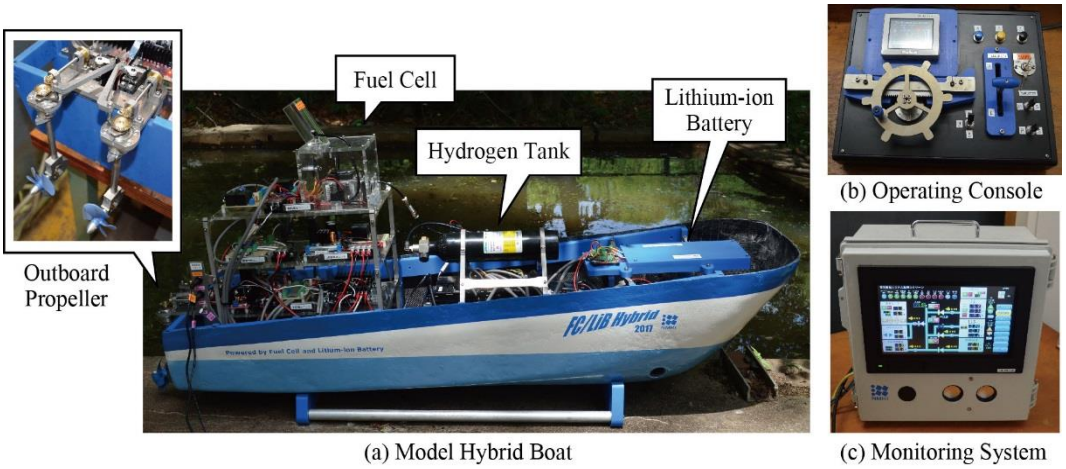


図 1.2.46　模型ハイブリッド船

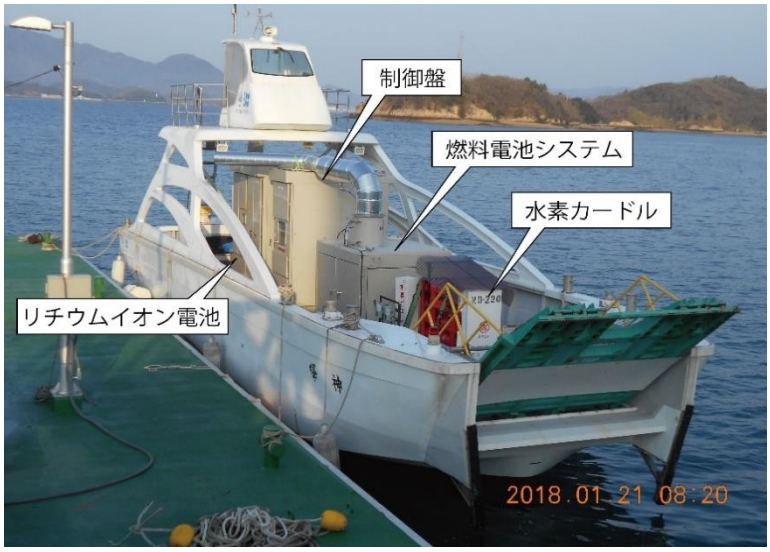


図 1.2.47　水素燃料電池システムおよびリチウムイオン電池を搭載した小型実験船

【令和元年度】

●GHG 削減シナリオを策定

今後活用の拡大する可能性のある代替燃料並びに GHG 削減技術について、上記研究成果を含めて、開発状況を調査し、実現可能性を検討した。さらに、将来の代替燃料並びに GHG 削減技術による GHG 削減シナリオを検討するための計算ツールを作成した。

本研究成果は、国交省「国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ」策定に貢献した。

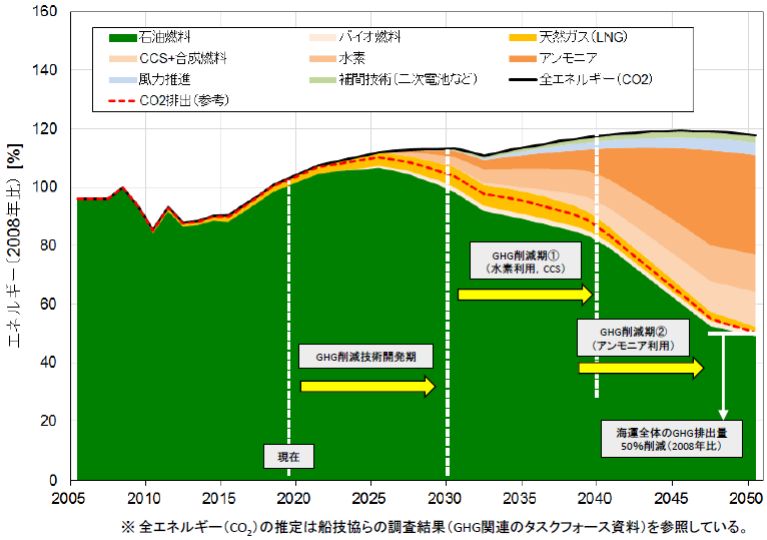


図 1.2.48　技術開発による GHG 削減効果の推定（海技研シナリオ）

【令和 2 年度】

●アンモニア燃料、燃焼改善のメカニズムを解明

既設の NH3 ガス供給装置による NH3 混合率を増加させた実験を実施した。供給熱量割合で、最大混焼率 69%を達成（前年度は 20%程度）した。

軽油早期噴射による未燃 NH3 と N20 排出量の低減を確認した。関連した成果を英文論文として投稿した。軽油早期噴射と NH3 供給量の増加を行い、混焼率 58%時に、軽油のみの運転と比較して GHG 削減率 46%を達成した。

市販の N20 分解触媒を入手し、NH3 混焼エンジンを想定した排ガス条件で性能試験を実施した。その結果、限られた温度条件において（400℃～）、N20 を半減するための設計指針が得られた。

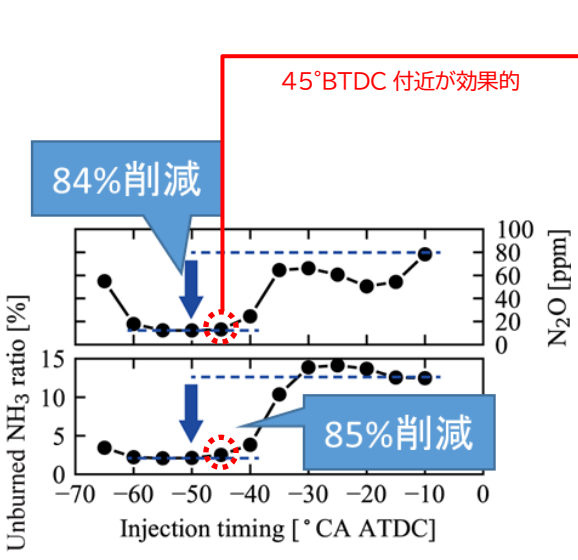


図 1.2.49　軽油早期噴射の効果

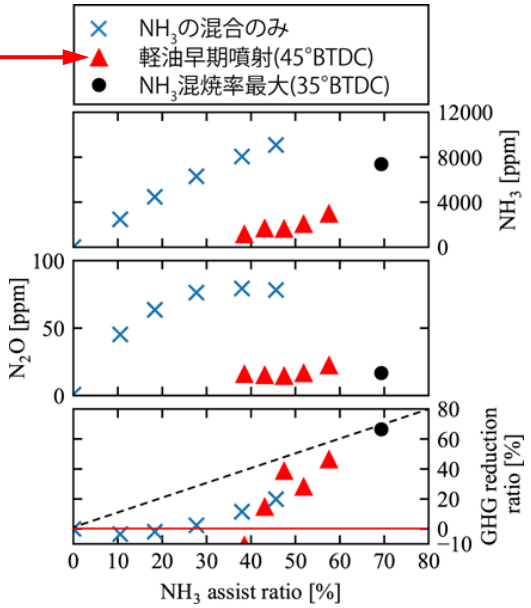


図 1.2.50　軽油早期噴射を用いた未燃 NH_3 と N_2O の削減と GHG 削減

●水素混焼エンジンと水酸化ナトリウム水溶液を用いた CO2 回収システムを開発

水素混焼エンジン（最大混焼率 50%）と水酸化ナトリウム水溶液を用いた CO2 回収システムを組み合わせた小型エンジン試験によって、トータルで約 75%の CO2 削減が可能なことを確認した

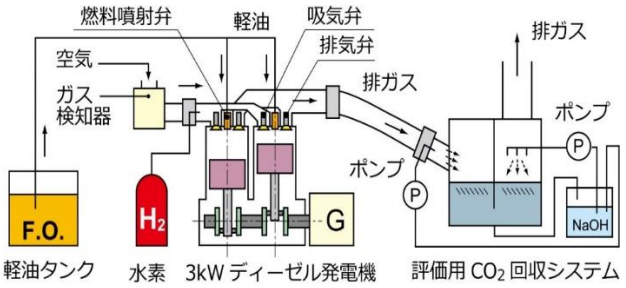


図 1.2.51　水素混焼エンジンと CO_2 回収システムを組み合わせた小型試験装置の構成

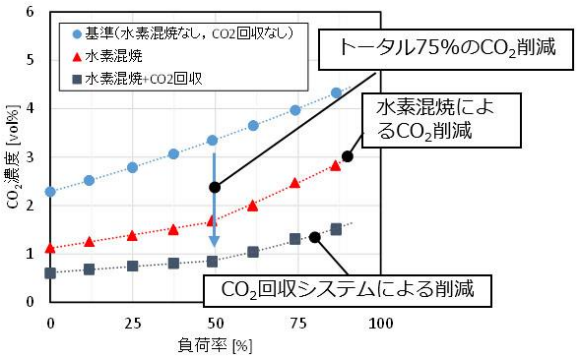


図 1.2.52 水素混焼エンジンと CO_2 回収システムを組み合わせた試験の結果

■日本マリンエンジニアリング学会賞として「ロイドレジスターマンソン賞」を受賞

舶用リーンバーンガスエンジン(ガスエンジン)のメタンスリップの後処理対策技術としてパラジウム(Pd)メタン酸化触媒を用いた触媒反応器を設計するために、ガスエンジン排気中における Pd メタン酸化触媒のメタン酸化性能評価を行った。排気中の温度及びガス組成に対するメタン酸化反応速度を実験的に求め、反応速度解析を行った結果、Pd メタン酸化触媒の活性点量を維持することで高いメタン酸化性能が得られることを明らかにした。さらに、これらの検討で得られた式を基に、実際のガスエンジンに設置する触媒反応器に搭載する触媒サイズの推定を行い、要求されるメタン酸化性能が得られる触媒サイズとエンジンサイズとの関係を明らかにした。その一連の取り組みを論文「Study with Micro-reactor on Deactivation of Pd Methane Oxidation Catalyst for Marine Lean Burn Gas Engines」としてまとめ、その内容が評価された。



図 1.2.53　受賞の様子

【令和 3 年度】

●水素混焼ガスエンジンでの実験において、燃焼抑制技術の開発

水素混焼ガスエンジンの実験を実施し、50%負荷率、水素熱量混焼率 96%において、GHG 排出率削減率 96%を実証した。

また、水素混焼時の燃焼制御のため希薄燃焼と排気再循環（EGR）を実施し、希薄燃焼よって高混焼率においても、燃焼速度の抑制と低い NOx 排出率が実現できることを確認した。

さらに、アンモニア層状噴射燃焼の可視化定容燃焼試験装置を用いた基礎実験を実施し、層状噴射によって着火・燃焼が成立すること、N20 排出低減に有効であることが明らかになった。

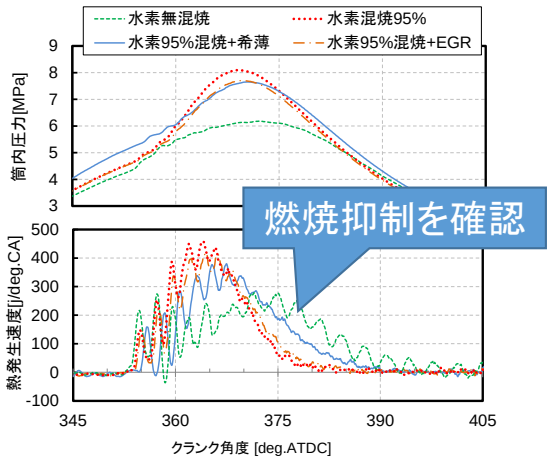


図 1.2.54　水素混焼時の燃焼特性

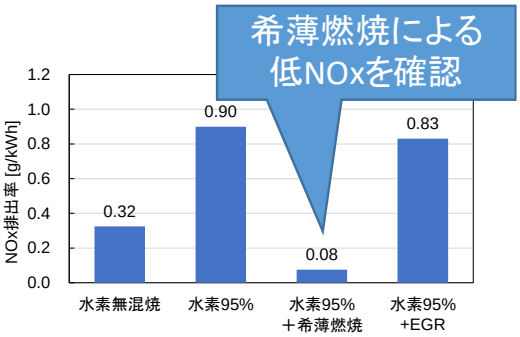


図 1.2.55　水素混焼時の NOx 排出率

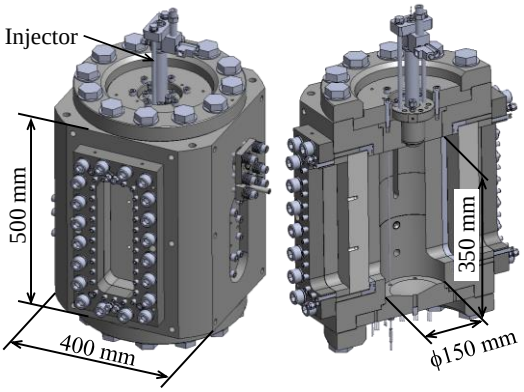


図 1.2.56　可視化定容燃焼試験装置

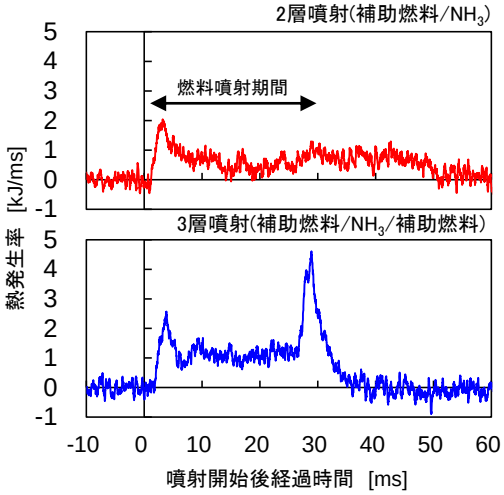


図 1.2.57　アンモニア層状噴射燃焼の特性

●カーボンフリー船導入に向けた技術課題、船舶への適用性や将来性について整理

内航船の GHG 削減については、様々な省エネ技術を組み合わせた“連携型省エネ船”を検討するなど、国交省の内航カーボンニュートラル推進方針の策定に貢献した。

外航船の GHG 削減については、2050 年ネットカーボンニュートラルに向けた検討を行い、バックキャストによる目標設定や課題対策の整理など、国交省・船技協の国際海運 GHG 削減ロードマップの改定に貢献した。

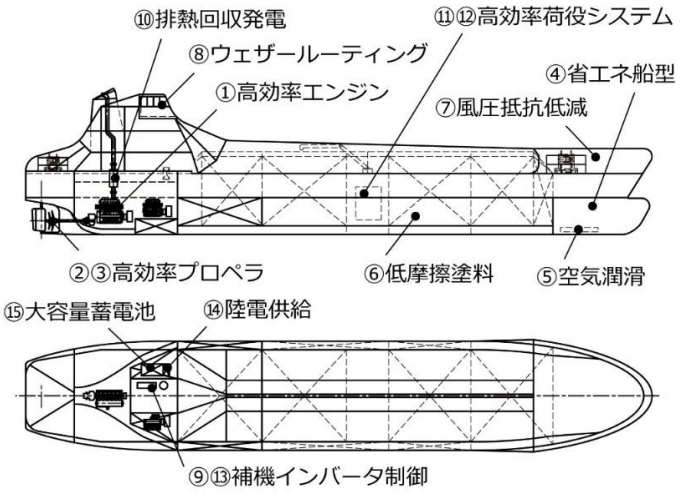
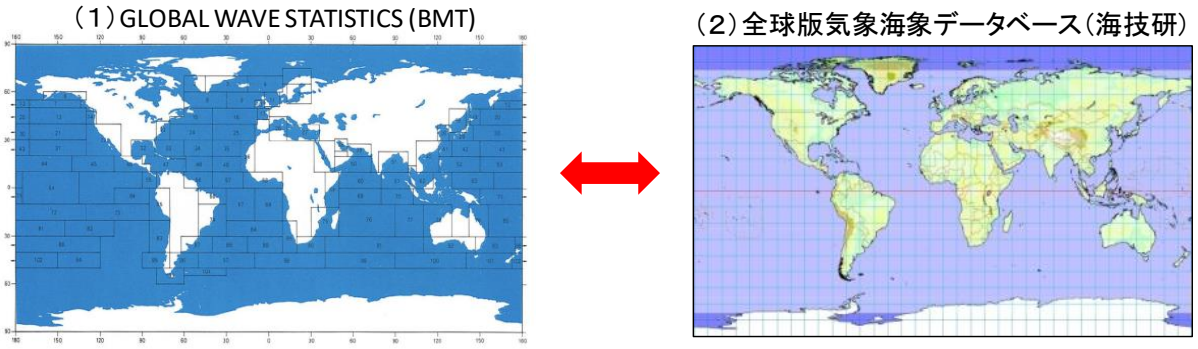


図 1.2.58　各種省エネ技術を導入した“連携型省エネ船”のイメージ

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

【平成 28 年度】
●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

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－波周期－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－波周期 風速－風向	左に加え、波高－波向、波高－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－波周期－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 1.2.59　「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

【平成 29 年度】

●実船モニタリングデータから実船性能を評価推定する手法を開発

船社や舶用メーカーなど水槽試験データや造船設計データを入手できない立場での実船モニタリングデータの解析法として、平水中性能データのデータフィッティングを基本とする逆算解析法を提案し、実海域実船性能評価プロジェクトにおいて希望する参加社にて解析作業を実施し、排水量修正法や経年劣化・汚損影響評価の検討を行った。また、実船モニタリングデータの解析法として、水槽試験データや造船設計データを用い外力修正を行うことにより特定海象下での性能を評価する外乱修正法について検討を行い、外乱修正法が実船モニタリングデータの解析に有効な手法であることを示した。

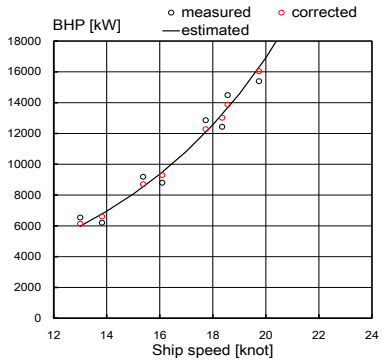


図 1.2.60　外乱修正の例

■日本船舶海洋工学会賞（論文賞）を受賞

ジャパンマリンユナイテッド株式会社との共同研究で実施した、「実運航シミュレーションによる実船データ解析ー排水量修正と波風修正の適用ー」が、日本海洋工学賞を受賞した。



図 1.2.61　日本造船海洋工学賞受賞の様子

【平成 30 年度】
●波浪中抵抗増加算出プログラムを公開

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



図 1.2.62　波浪中抵抗増加算出プログラム

■日本オープンイノベーション大賞優良事例（内閣府）に選出

海技研が主体となって実施している「実海域実船性能評価プロジェクト」が内閣府第 1 回日本オープンイノベーション大賞優良事例として選出された。

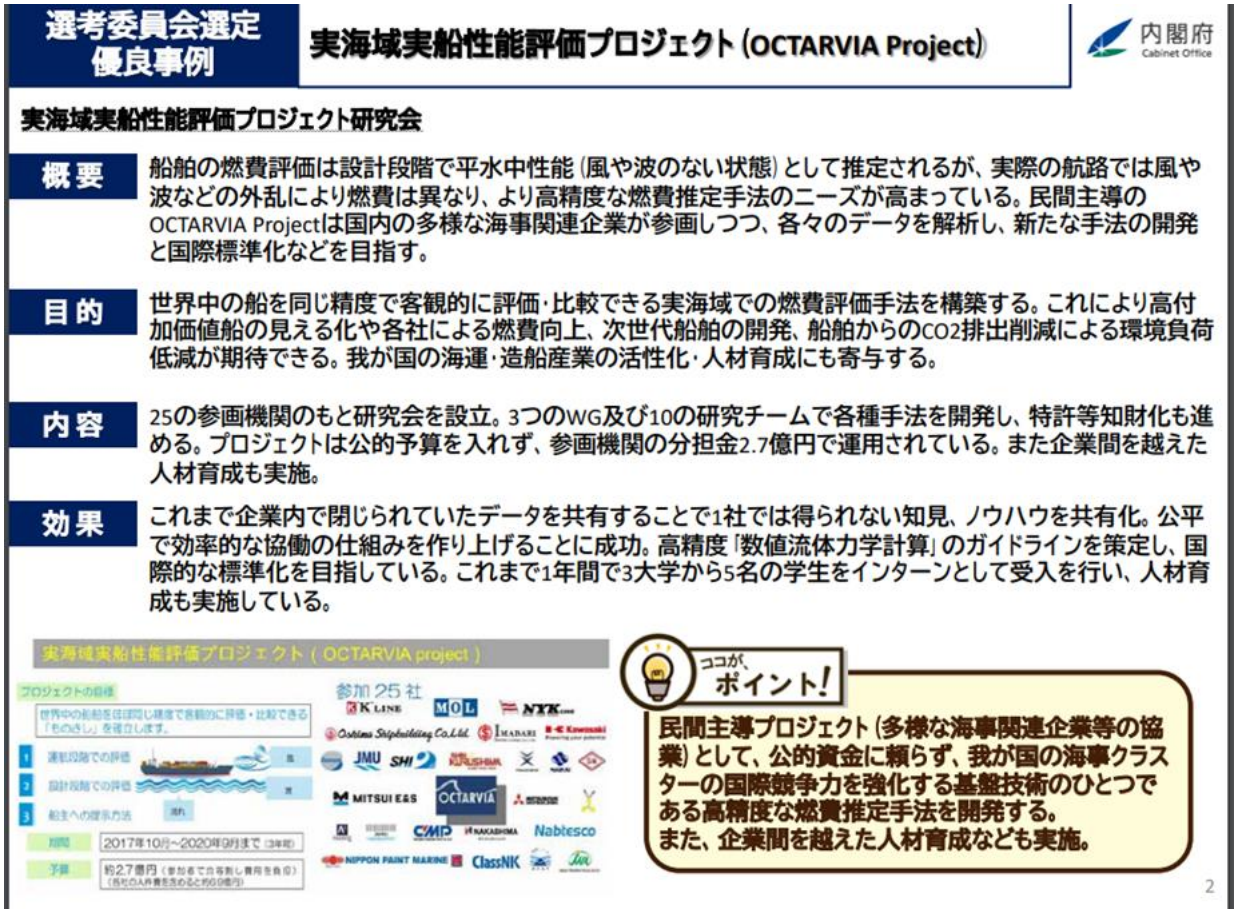


図 1.2.63　優良事例として選出された本プロジェクトの概要

■日本船舶海洋工学会賞（論文賞）を受賞

本研究に関連し、「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－」及び「実運航性能評価における船速－回転数－主機出力関係のモデル化」が、日本船舶海洋工学会論文賞を受賞した。



図 1.2.64　受賞の様子

【令和元年度】

●GLOBUS 詳細版を完成させ、GLOBUS を利用した海象影響評価を実施。

ライフサイクルの実海域実船性能を評価する標準航路・海象の設定を検討し、気象海象の長期統計（GLOBUS）を利用した海象影響の評価を実施した。

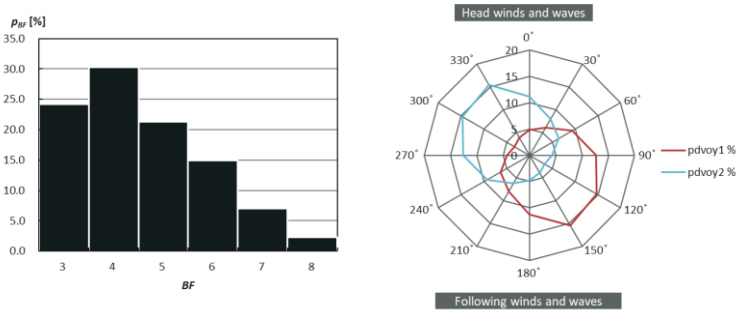


図 1.2.65　長期統計（GLOBUS）を利用して調査した海象影響（北太平洋航路）

■日本船舶海洋工学会英文論文集優秀論文賞を受賞

ジャパン マリンユナイテッド株式会社との共同研究で実船モニタリングデータを用いて実海域推進性能の理論推定法の詳細な検証を実施し、両者が良く一致することから理論推定法の妥当性を示した論文「Performance prediction of full-scale ship and analysis by means of on-board monitoring Part 2: Validation of full-scale performance prediction in actual seas」が評価され、日本船舶海洋工学会から英文論文優秀賞を受賞した。

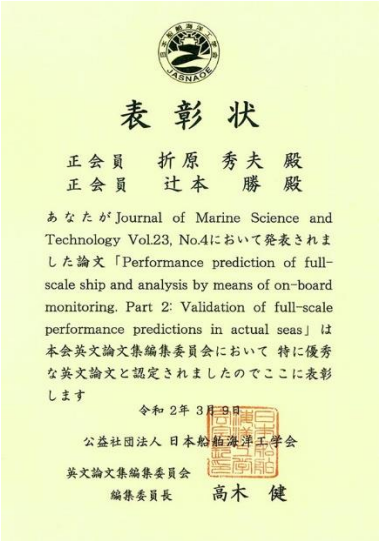


表 彰 状

正会員　折原 秀夫 殿
正会員　辻本 勝 殿

あなたが Journal of Marine Science and Technology Vol.23, No.4 において発表されました論文「Performance prediction of full-scale ship and analysis by means of on-board monitoring. Part 2: Validation of full-scale performance predictions in actual seas」は本会英文論文集編集委員会において 特に優秀な英文論文と認定されましたのでここに表彰します

令和 2年 3月 9日

公益社団法人 日本船舶海洋工学会
英文論文集編集委員会
編集委員長　高木 健

図 1.2.66　英文論文優秀賞の表彰状

【令和 2 年度】

●船舶要目データ、衛星 AIS データ、気象海象データを組み合わせた性能評価手法を構築

船舶要目データ及び AIS データにより、より詳細な運航形態に関する情報を付加して分析し、ベストプラクティス運航モデルとなるデータを抽出して、実運航の分析・検証を行った。

これにより、EU- MRV データだけでは得られない情報を付加し、 VESTA(実運航性能シミュレータ)とのリンクで、波風影響を除いた性能の評価を行うことを可能とした。

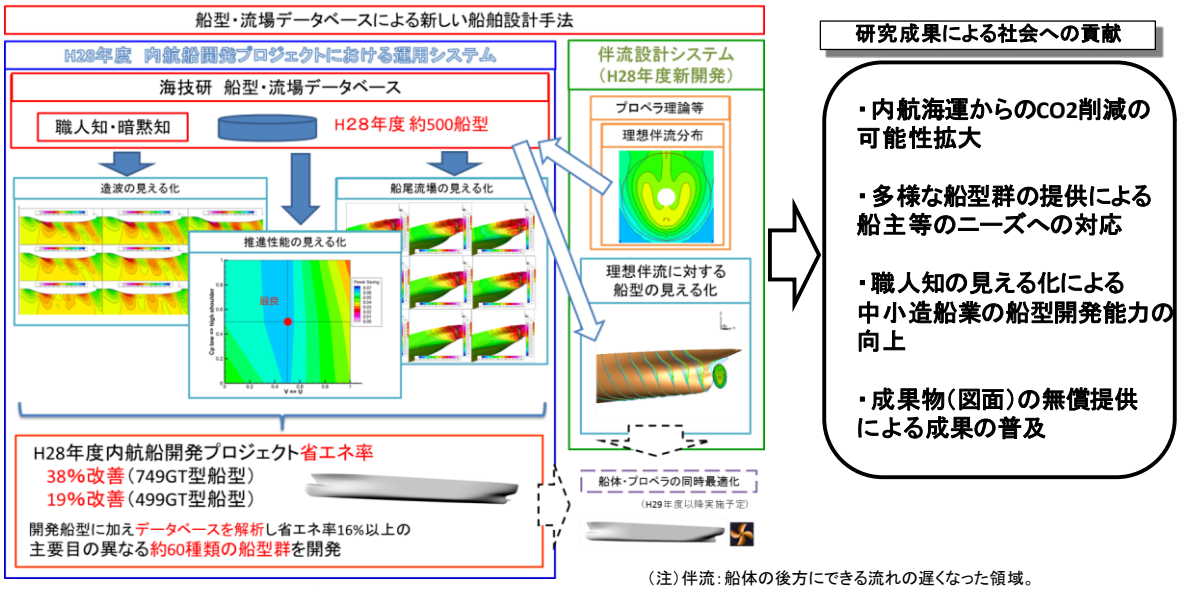
☆省エネ船型の開発

【平成 28 年度】

●大幅な省エネ率（約 20～40%）を達成する船型群（約 60 種類）を開発

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。



（平成28年度「内航海運のための省エネルギー船型群の研究開発報告書」）

（注）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 1.2.67　船舶の新しい省エネ関連設計手法

☆主機制御／主機監視システムの開発（運航面）

【令和元年度】

●船体＋プロペラ＋主機特性連成計算プログラムを開発

「船体抵抗＋プロペラ＋主機特性の連成計算プログラム」の開発により、波浪中主機負荷変動の時系列評価とガバナーゲイン設定による影響評価が可能となった。



図 1.2.68　船体抵抗＋プロペラ＋主機応答連成プログラムの概要

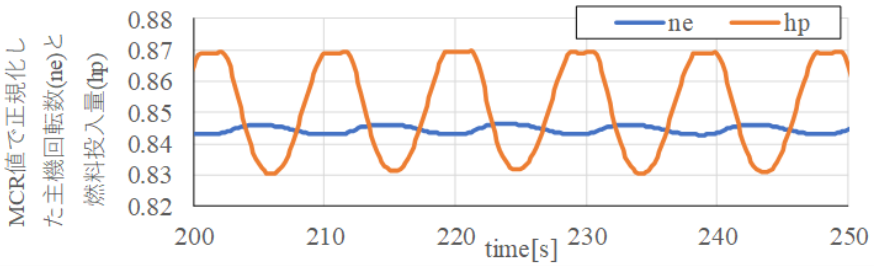


図 1.2.69　開発プログラムによる規則波中（斜め向波）の波浪中主機負荷変動計算例

●主機の異常状態を検知するシミュレーションプログラムを開発

主機シミュレーションプログラムに異常模擬モデルを追加し、主機の実機試験により有効性を検証した。異常状態を検知するアルゴリズムの評価が可能となった。

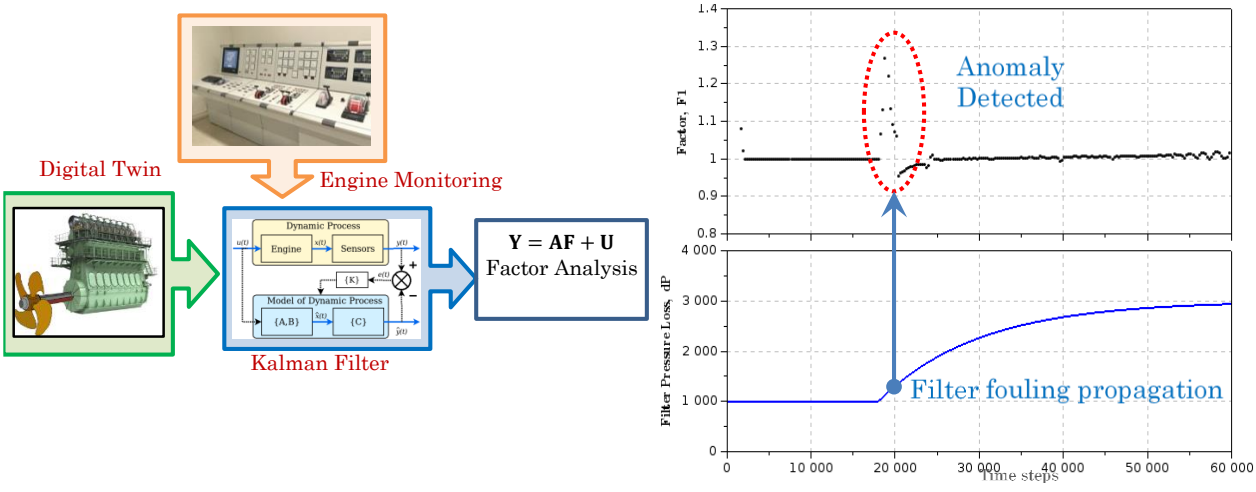


図 1.2.70　主機シミュレーションプログラムによる異常検出の検証例

【令和 2 年度】

●「船体＋プロペラ＋主機応答連成計算プログラム」を開発し、波高影響を追加することにより、性能評価の精度を格段に向上

海技研にて開発した主機特性数学モデル（Hybrid-CMV モデル）を組み込み、これまでに開発した“船体＋プロペラ＋主機応答連成計算プログラム”を改良した。Hybrid-CMV モデルは、従前の CMV モデルでは評価が困難であった 1 サイクルでの燃料燃焼とエンジントルク発生の関係について、CMV モデルベースでこれらを合理的に評価可能である上に同じ評価が可能な詳細計算手法よりも高速計算が可能であることが特徴である。本プログラムは、パナマックスバルクキャリア船を対象船とした主機特性を考慮した波浪中水槽模型試験結果との比較を通じ、高い計算

精度を有することを確認している。そして、本プログラムの活用により波浪中主機負荷変動が大きいほど燃料消費性能が悪化することを理論計算にて示し、学術的に新規性の高い知見を得ることが出来た。これらの成果は論文発表にて適宜公表している。

上記の波浪中主機性能の評価のため、プロペラメーカーとの共同研究により波浪中プロペラ性能の評価を行うことで技術開発を推進した。

★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

☆CFD 計算手法の高度化

【平成 28 年度】

●水中騒音の計測システム・騒音推定方法を構築

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。

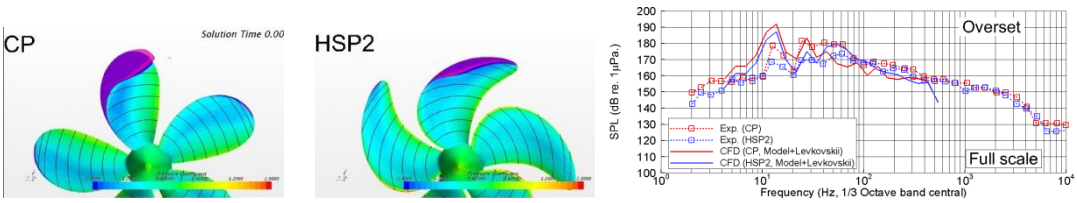
具体的には、国際動向を踏まえ、就航船 2 隻のプロペラ水中騒音計測を実施、精度を検証し、キャビテーション水槽におけるプロペラ水中騒音計測システムを構築した。また、計算流体力学(CFD)による水中騒音推定方法を開発し、計算結果を水槽試験結果および実船計測結果と比較し、開発した手法の妥当性を確認した。さらに、ISO 基準・CBD/SBSTTA（科学技術助言補助機関会合）勧告への対応を行い、研究成果を活用し、キャビテーション水槽試験法の ISO 規格（ISO20233/DIS：「プロペラキャビテーションノイズの評価のモデル試験方法」）に、中韓・欧州標準である模型船を使用したキャビテーション水槽試験法だけでなく、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 1.2.71　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 1.2.72　CFD による騒音発生状況のシミュレーション

【平成 29 年度】

●世界初の省エネ付加物に対応した次世代 CFD ソフトを開発し、計算のためのガイドラインを作成

■日本船舶海洋工学会賞（開発）を受賞

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

（３）海洋の開発

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

★海洋資源開発に係る基盤技術及び支援技術に関する研究

☆波力発電、浮体式風力発電の開発

【平成 29 年度】

●並進動揺型波力発電装置の不規則波中での制御手法を確立

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

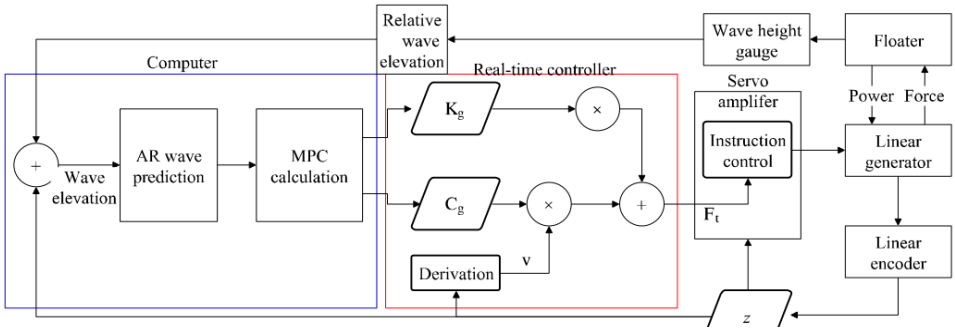


図 1.2.73　数値シミュレーションのアルゴリズム

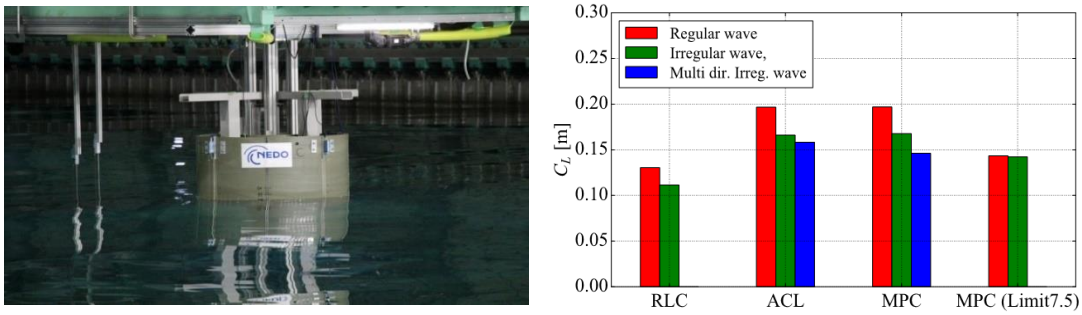


図 1.2.74　水槽実験

【平成 30 年度】
●損傷時復原性の適用条件を明確化

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

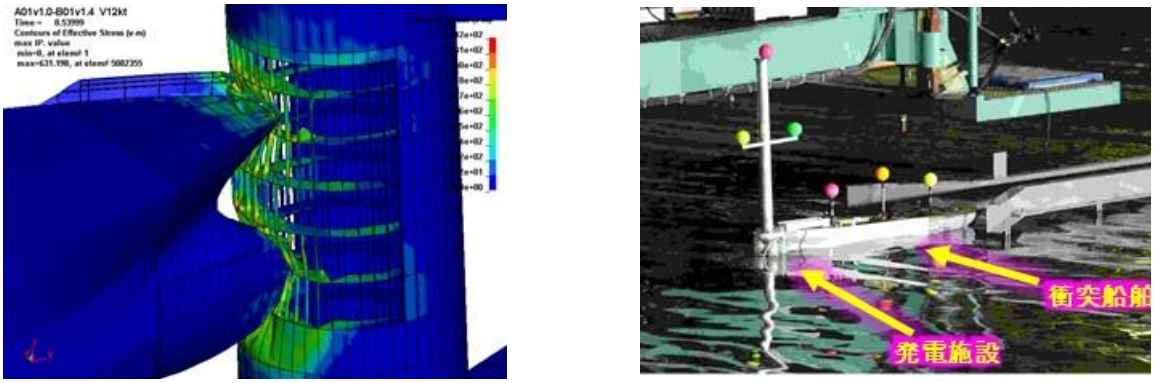


図 1.2.75　航行船舶の浮体式風力発電施設への衝突シミュレーション（左）と衝突模型試験（右）

【令和元年度】
●浮体式洋上風力発電施設技術基準安全ガイドラインを改正（3 月）

海洋再生可能エネルギー浮体式風力発電については、平成 30 年度の研究成果（損傷時復原性の確保に関する国内への適用に必要な条件の明確化）が浮体式洋上風力発電施設技術基準安全ガイドライン（令和 2 年 3 月改正）に反映されるとともに、国海事行政の要請に基づき新たなガイドラインに対する検討課題を抽出して、その課題に対する解決方法を示した。

【令和 2 年度】
●合成繊維索について、風車・浮体・係留の一体解析による安全性評価

合成繊維索を用いた係留について、風車・浮体・係留の一体解析モデルを作成し、浮体式洋上風力発電システムの係留安全性評価を実施することにより、評価における留意点（合成繊維索の軸剛性の非線形性、最大張力の発生する環境条件として暴風時（50 年再現風速）の他に定格荷重とカットオフ風速の間で最大張力が発生する可能性が極めて高いこと 等）を抽出して、安全ガイドラインの改定案としてまとめた。

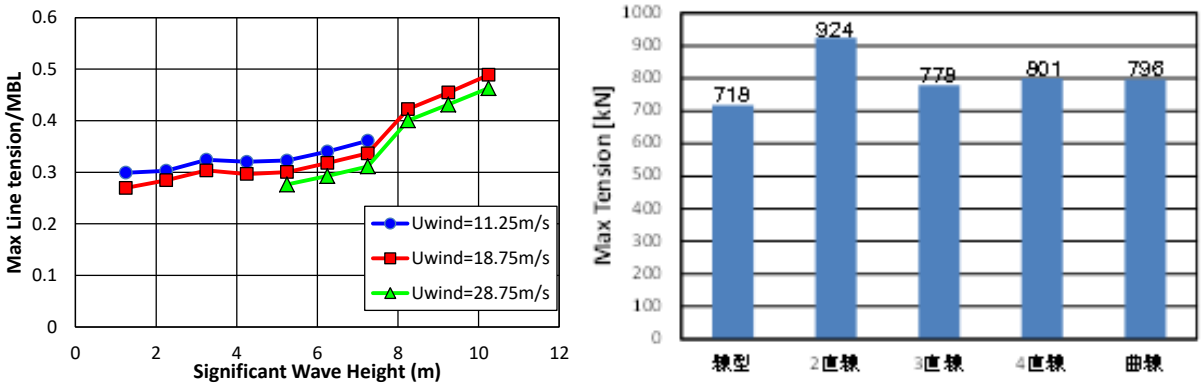


図 1.2.76　係留安全性評価結果（左：頻度表に従って計算した最大張力（定格風速：11.4m/s、カットオフ風速：25m/s）、右：軸剛性特性に違いによる最大張力の比較）

②海洋資源開発に係る生産システム等の基盤技術及び安全性評価手法の確立に関する研究開発
★海洋資源開発に係る基盤技術及び支援技術に関する研究（再掲）
☆海底熱水鉱床に関する研究開発

【令和 3 年度】
●浮体式風力発電施設 構造強度評価技術の構築

セミサブ型の浮体、スパー型の浮体について、前年度より大型の風車を搭載した場合の概略寸法の算出と賦存量の評価を実施して、搭載風車と浮体形式に応じた導入ポテンシャルを明らかにした。また、15MW 風車を搭載したセミサブ型浮体に対し、風車・係留系との連成影響を含む波浪中応答特性を求めるとともに、試設計結果に基づく強度評価を実施した。その結果、波浪中応答解析と強度評価を連成して評価可能な数値解析手法を構築した。

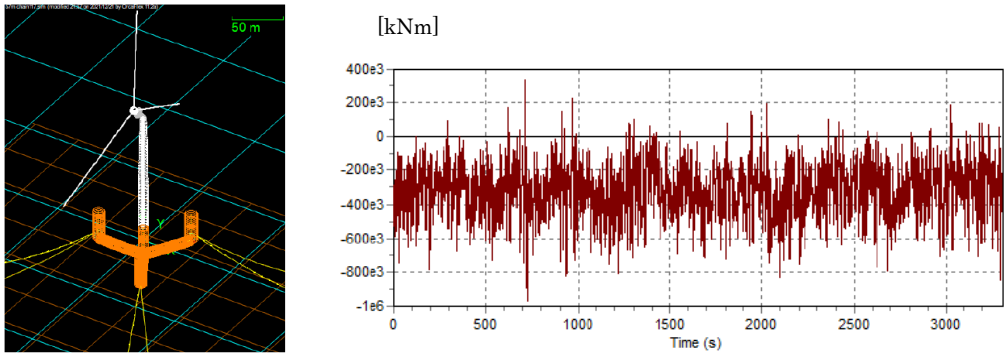
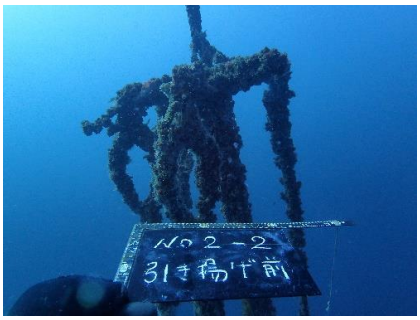


図 1.2.77　セミサブ型浮体の強度評価例（中央コラム底部の曲げモーメント）

●合成繊維索の生物付着影響評価のための実海域試験

合成繊維索の試験体を実海域に浸漬し、付着量を計測するとともに、一部試験体については強度評価を実施し、生物付着が繊維索の強度に与える影響を評価した。結果は安全ガイドライン改訂案の一部となる予定である。



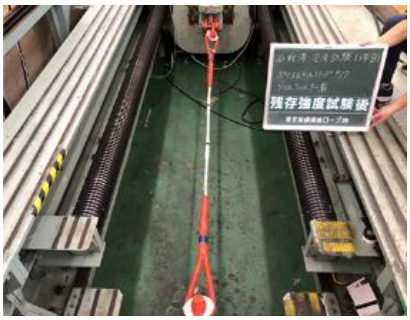


図 1.2.78　合成繊維索係留の観察例及び強度評価試験の様子

●GPS 波浪計の新係留システムの適用性検証

国土交通省では、GPS 波浪計について既存の係留索の維持管理方法の検討を行うとともに、海域特性に対応した、新たな係留方式の検討を行っている。当研究所はその一部の検討として、新たに提案された GPS 波浪計の新係留システムの諸元に基づいた係留システムの適用性検証のための数値シミュレーション及び模型試験を実施した。

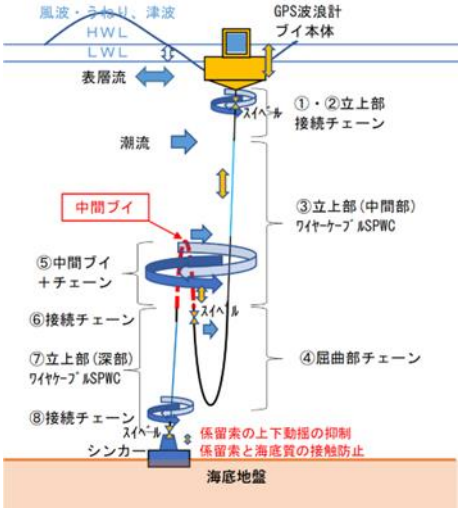


図 1.2.79　GPS 波浪計の新係留システム

■国際海洋・極地工学会議（OMAE-2021）感謝賞受賞

2021 年 6 月 21 日～6 月 30 日にオンラインで開催された、米国機械学会（The American Society of Mechanical Engineers）主催の第 40 回（2021 年）国際海洋・極地工学会議（40th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering：OMAE2021）において、当所職員が感謝賞（Appreciation Award）を受賞した。

当所職員は、2018 年より Ocean Space Utilization Symposium の中のセッション「Deepsea Mining and Ocean Resources」のオーガナイザーを務めるとともに、同セッションの司会を担当しており、これらの功績が評価された。



図 1.2.80　ASME OMAE Awards Committee から贈られた表彰状

【平成 28 年度】

●採鉱・揚鉱パイロット事業に参加し、稼働性・安全性評価を実施、氷況観測技術を開発

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ー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、スラリー輸送管の寿命延伸方法等を考案し、関連特許 5 件を出願した。フロンティア海域（北極海）開発において、JOGMEC 技術ソリューション事業に大学、民間企業と共に参加し、氷海域における資源開発に不可欠な氷況観測技術の開発を実施し、開発した技術が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)。

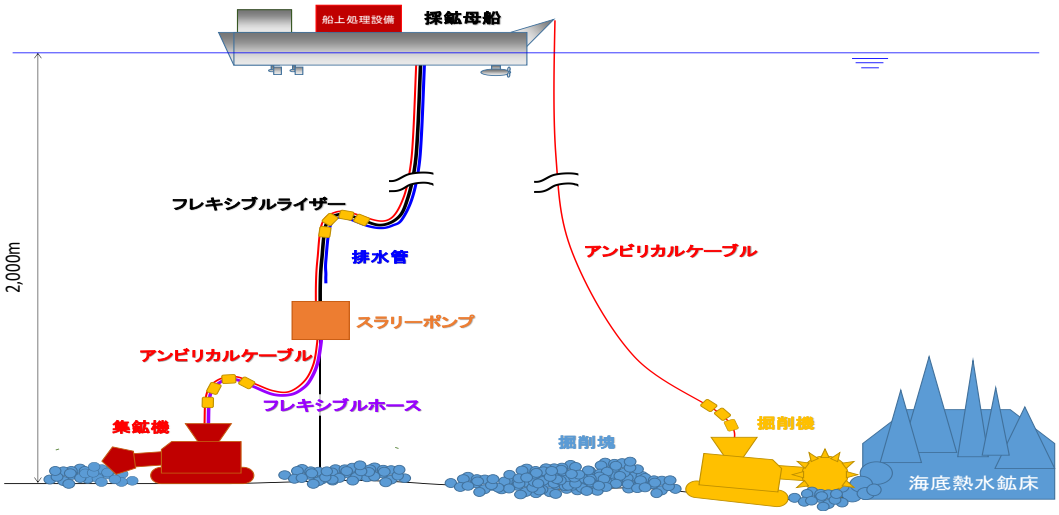
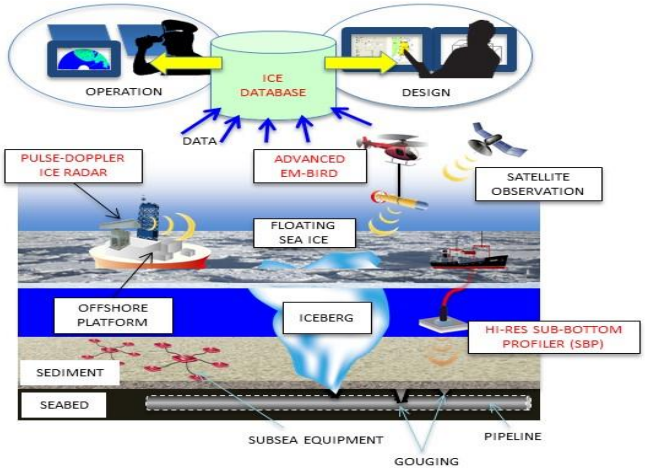


図 1.2.81　海底熱水鉱床商業生産システムのコンセプト



氷況観測技術開発の概要図
（出典：S. Uto *et al.*、第32回 北方圏国際シンポジウム
「オホーツク海と流氷」、2017）

図 1.2.82　氷況観測技術開発の概要図

【平成 29 年度】

●採鉱・揚鉱パイロット試験中、これまでの成果を機器設計・製作オペレーション検討に活用

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

●揚鉱母船の稼働性、揚鉱管挙動等の評価手を構築

採鉱・揚鉱パイロット試験事業において、採鉱・揚鉱パイロット試験の稼働性評価、安全性評価等を行って、水深約 1,600m の海底熱水鉱床を海水とともに連続的に洋上に揚げるという世界初となる試験の成功に貢献するとともに、揚鉱母船の稼働性、揚鉱管挙動等に関して実海域試験にて取得した各種データとの比較を通じて、それらの評価手法を構築した。

平成28年度に行った既存の安全ガイドライン､DP事故の調査に引き続き､過年度までに行ったHAZID会議、HAZOP会議、平成29年度に実施した差分HAZID会議、浅海域試験より得られたハザード情報から注意すべきことをとりまとめ、安全対策とその方法の検討を行った。これらに加え、実海域試験により得られたインシデント情報から商用化に向けて注意すべきことを抽出し、安全ガイドラインに記載する項目としてとりまとめた。



図1.2.83　採鉱・揚鉱パイロット試験概要（左）及び洋上に揚がった鉱石（右）（経済産業省HPより）

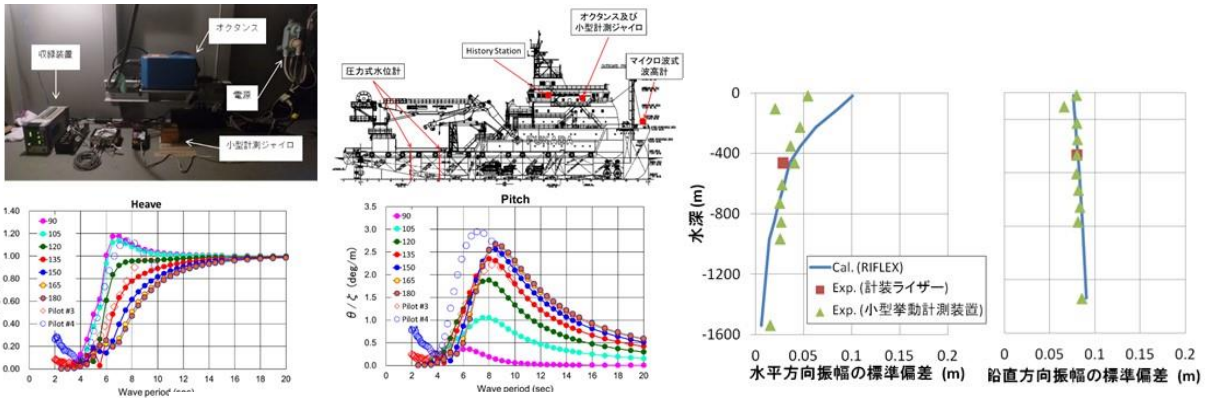


図1.2.84　揚鉱母船の稼働性評価（左）、揚鉱管の挙動評価（右）

【平成30年度】

●スラリー流を考慮した移送管の挙動解析プログラムを開発

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

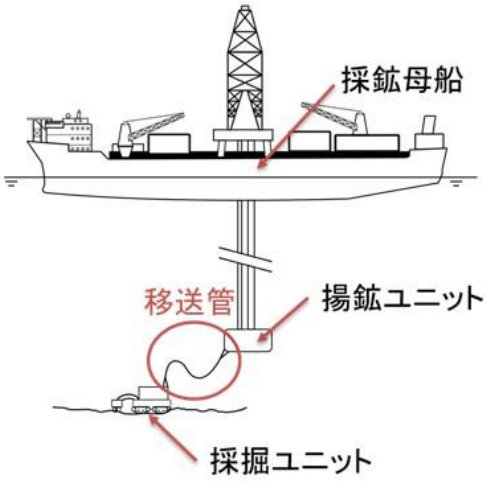


図 1.2.85　一体解析概念図

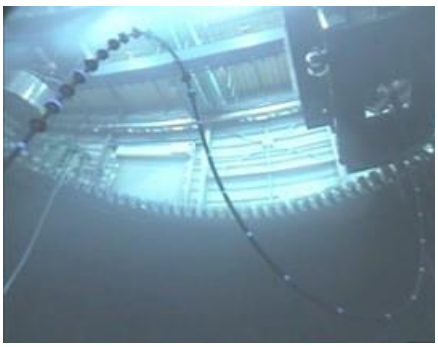


図 1.2.93　移送管模型試験の様子

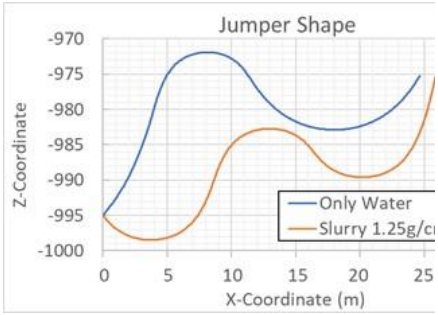


図 1.2.86　移送管部分の解析結果例

【令和元年度】

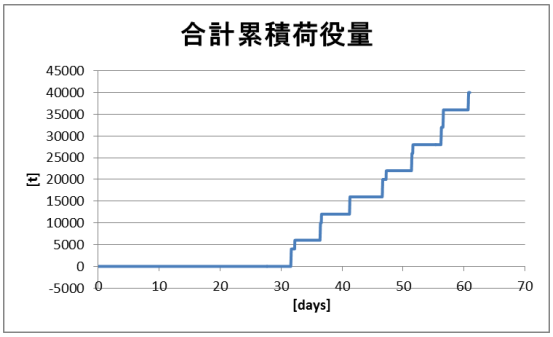
●海底鉱物資源開発における計画支援プログラムの開発及び稼働性評価プログラムを開発

平成 30 年度に抽出した課題を踏まえて計画支援プログラムの修正を行い、海底熱水鉱床の商業生産システムを想定したプログラムを完成させた。さらに、揚鉱から陸上での荷役までを考慮した全体システムの稼働性評価プログラムを開発した。





図 1.2.87　計画支援プログラムのインターフェース
（左：表紙、右：データ出力画面のイメージ）



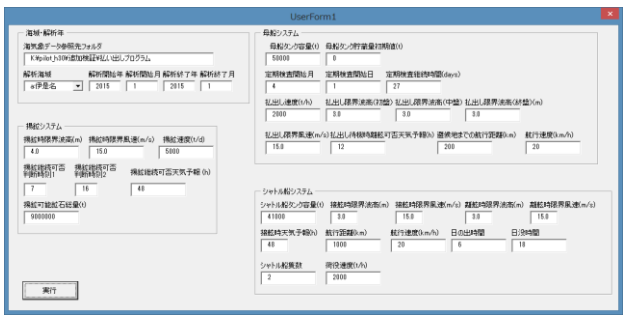


図 1.2.88　全体システム稼働率計算プログラム
（左：合計累積荷役量の例、右：入力用インターフェース）

■エンジニアリング奨励特別賞を受賞

海底熱水鉱床採鉱・揚鉱パイロット試験プロジェクトチーム（(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構、三菱造船(株)、日鉄エンジニアリング(株)、(国研)海上・港湾・航空技術研究所、清水建設(株)、住友金属鉱山(株)、深田サルベージ建設(株)、(株)三井三池製作所、三菱重工業(株)）の功績が評価され、エンジニアリング協会より、 令和元年度エンジニアリング奨励特別賞を受賞した。

■日本船舶海洋工学会賞（論文賞）を受賞

世界初となる海底熱水鉱床の採鉱・揚鉱パイロット試験を安全かつ効率的に実施するため、想定海域の海気象データの分析、揚鉱母船の位置保持及び波浪中動揺性能に関する水槽試験と数値計算、オペレーションウィンドウ解析等による稼働性評価を実施しました。また、パイロット試験後に作業回数分析を実施し、稼働性評価の妥当性と問題点を明らかにしました。その一連の取り組みをまとめた論文「海底熱水鉱床の採鉱・揚鉱パイロット試験のための稼働性評価」が評価され、日本船舶海洋工学会（JASNAOE）から論文賞を受賞した

■北極圏国際シンポジウム青田昌秋賞を受賞

氷海域の資源開発で係留浮体と海氷との干渉によって生じることが懸念される浮体動揺に関して氷海水槽において実施した研究をまとめた論文「Ice Tank Test of Moored Conical Structure Model in Managed Ice」が、北方圏国際シンポジウム実行委員会より青田昌秋賞（若手表彰）を受賞した。

■米国機械学会優秀論文賞を受賞

米国機械学会（The American Society of Mechanical Engineers）主催の第 37 回（2018 年）国際海洋・極地工学に関する国際会議（37th International Conference on Ocean, Offshore & Arctic Engineering：OMAE-2018）海洋工学部門（Ocean Engineering Symposium）において論文「Semi-Submersible Floater’s VIM Simulation Method for Mooring Line Safety Assessment」が、OMAE-2018 最優秀論文賞を受賞した。



図　1.2.89　受賞の様子

【令和 2 年度】

●採掘・揚鉱・採鉱母船一体解析プログラム、揚鉱管内の固液二相流の圧力損失推定手法を確立

採掘ユニット･揚鉱ユニット･採鉱母船を一体とした挙動解析プログラムの開発を行うにあたり、採掘ユニットから揚鉱ユニットまでをつなぐ移送管部分について、摩擦抵抗及び管内圧力変化を考慮したプログラムを開発し、令和元年度に取得した商業時のスラリー移送における運用状態を想定した水槽試験データと計算結果の比較を行い、開発プログラムの検証を行った。

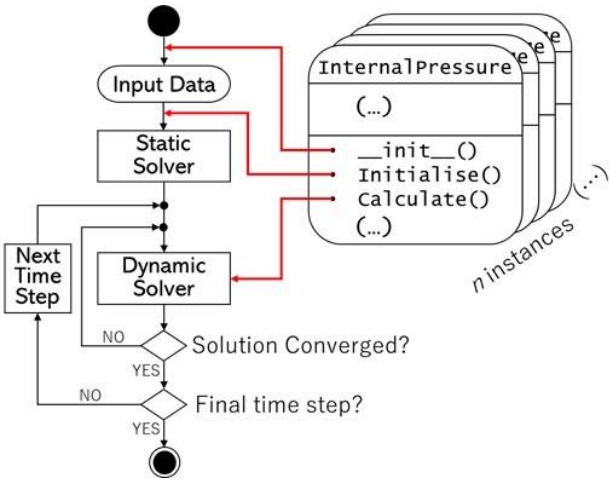


図 1.2.90　内部流れの影響を考慮した時間領域解析フロー

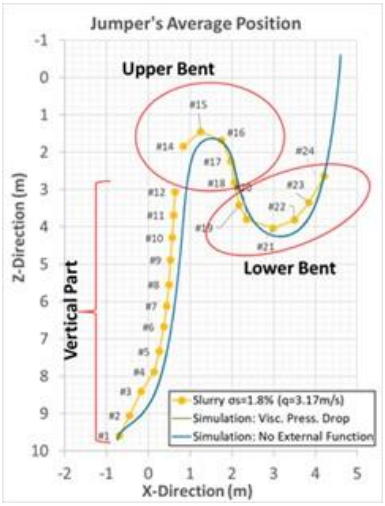


図 1.2.91　試験データとの検証結果

さらに、固定鉛直管内の脈動固液二相流、軸方向に振動する鉛直管内の固液二相流それぞれに対する圧力損失推定手法を構築した。

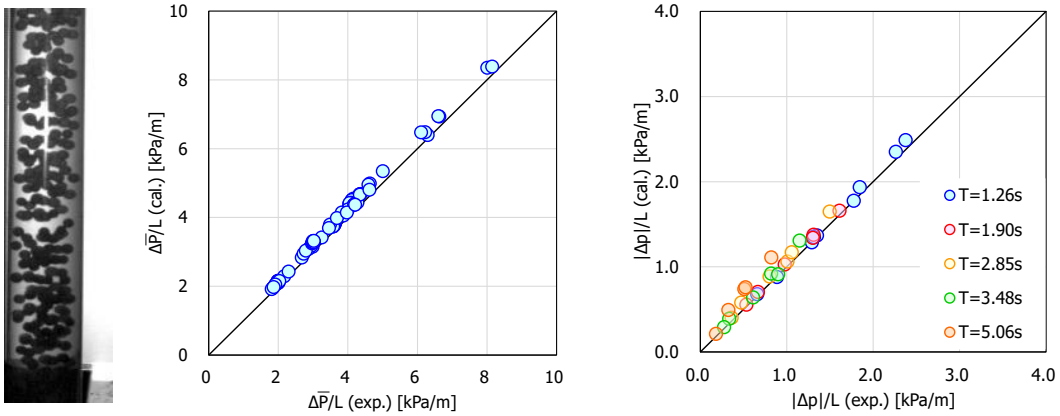


図 1.2.92　固定鉛直配管内の脈動スラリー流の圧力損失推定結果
（左：定常成分、右：変動成分）

■2019 年国際海洋・極地工学会議（OMAE-2019）最優秀論文賞受賞

米国機械学会（The American Society of Mechanical Engineers）主催の第 38 回（2019 年）国際海洋・極地工学に関する国際会議（OMAE-2019）において、海底鉱物資源開発における鉱石移送に用いられる移送管の挙動について、内部流及び揚鉱管（洋上プラットフォーム）の動揺による影響に関する実験と数値解析をまとめた論文「Experimental Analysis of Reduced-Scale Jumper for Deep-Sea Mining」が評価され、海洋空間利用部門（Ocean Space Utilization Symposium）において OMAE-2019 最優秀論文賞を受賞した。

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
☆AUV 運用技術に関する研究開発

【平成 28 年度】
●洋上中継器を開発し３機の AUV と同時運用

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、高難易度の実海域連接試験を実施した。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。



同時運用による海底調査への出動状況　　新たに開発した3号機（左）および洋上中継器（右）

（次世代海洋資源調査技術シンポジウム（2016.12.19）「無人探査機（AUV）の複数同時運用による海洋調査の新たなパラダイム」）

図 1.2.93　ＡＵＶ等による海底調査

【平成 29 年度】
●AUV３機、ホバリング型 AUV 及び洋上中継器の同時運用に成功（沖縄海域）

AUV3 号機、ホバリング型 AUV 及び洋上中継器の同時運用に成功した。洋上中継器は、本体を稼働させ、洋上中継器と複数の AUV の同時運用時の監視、通信、制御を可能とするオペレーションを実施。
実際には、民間企業（技術の民間移転の成果）が主体となり、沖縄海域および鹿児島湾の海底熱水域での調査（マッピング、光学画像等）を実施。別途、ほばりんは、水産資源調査（光学画像）も実施した。

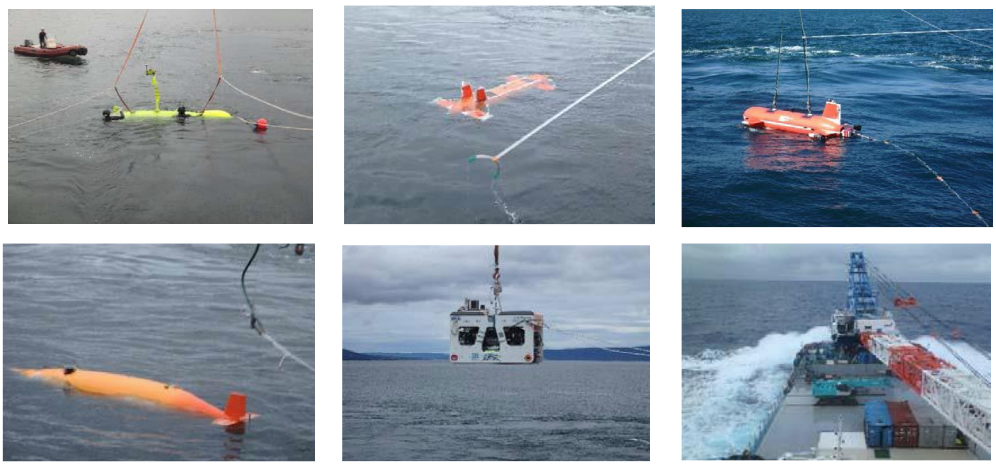


図 1.2.94　　複数 AUV 同時運用の様子

●航行型ＡＵＶ4 号機を開発し、水産資源調査に活用

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



図 1.2.95　　航行型 AUV４号機の全容

【平成 30 年度】

●５機の同時運用技術を完成し、実証（伊豆諸島）

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

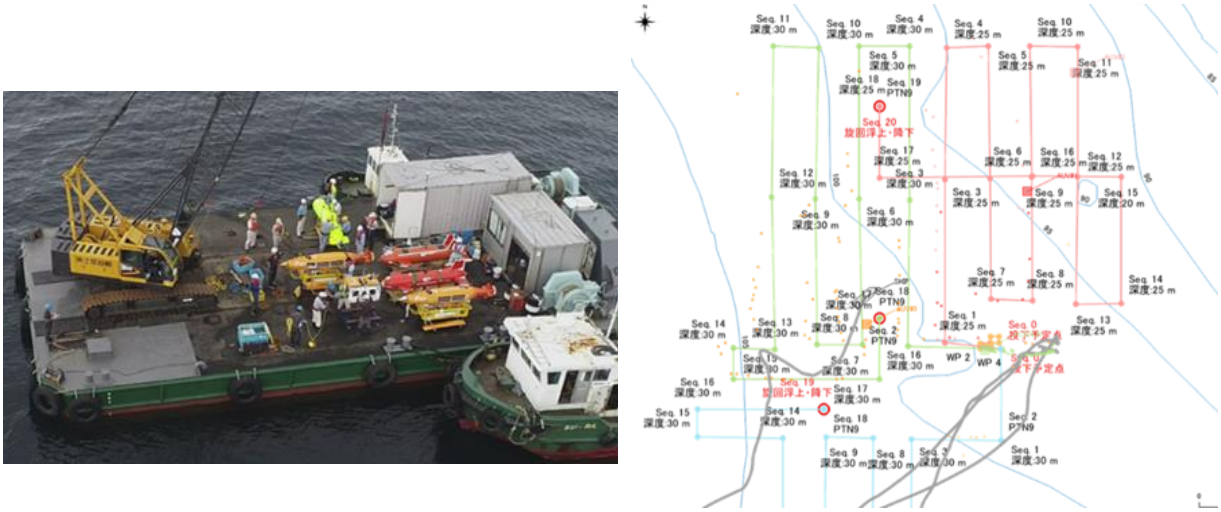
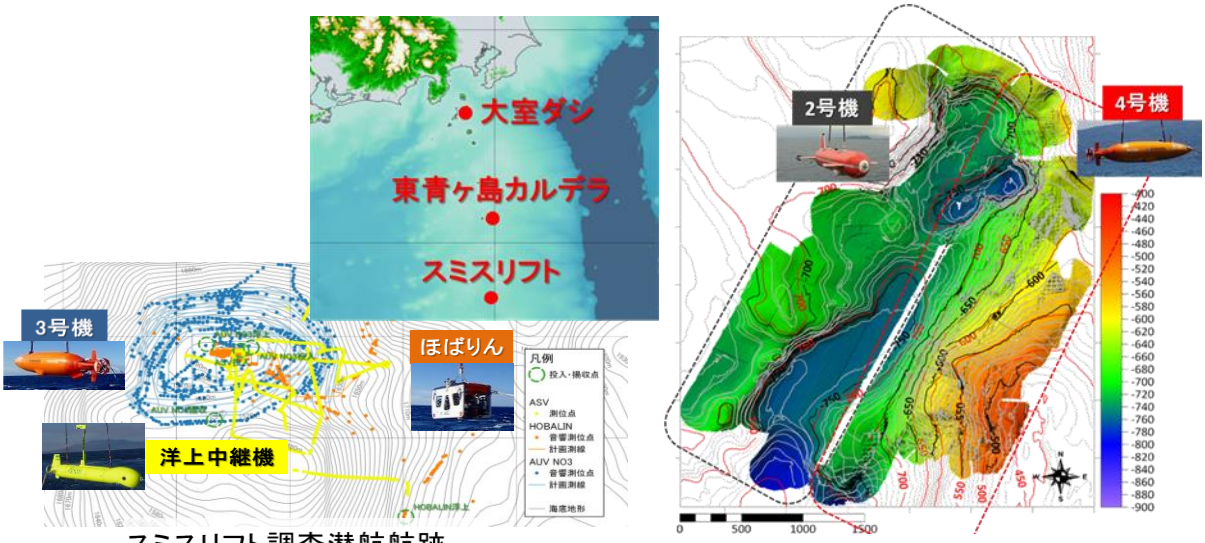


図 1.2.96　平成 30 年 9 月駿河湾にて AUV 等の全機同時運用を実証
（右図は AUV5 機同時潜航時の音響測位画面）

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



スミスリフト調査潜航航跡

2、4 号機同時潜航で観測した
東青ヶ島カルデラ東縁斜面

図 1.2.97　平成 30 年 10 月民間企業による伊豆諸島での複数機 AUV 熱水地帯調査

平成 28 年 12 月には、それまでの成果を基に「3 機の複数 AUV と洋上中継器の同時運用による熱水地帯での全自動海底調査に世界初成功」として報道発表を行ったところであるが、その後もこれに追従または凌駕する他国報道は確認されておらず、当研究開発では更に同時運用機数を 5 機に伸ばしているから、依然として世界の最先端に位置すると考えられる。

●３・４号機は世界最高レベルの運動性能を実証

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

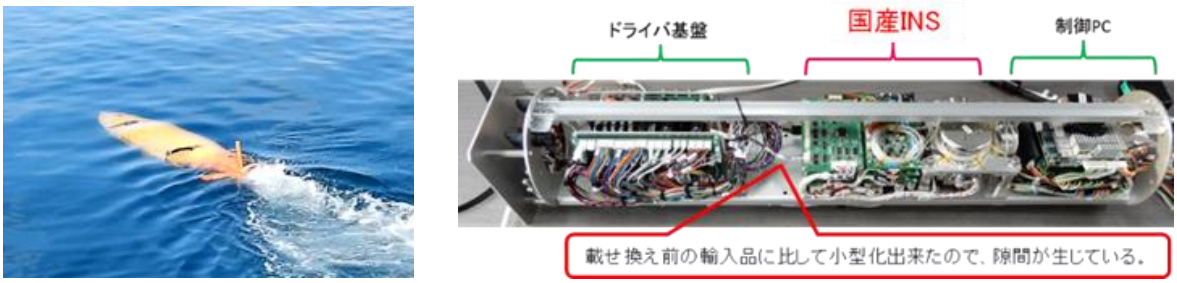


図 1.2.98　INS 搭載試験時の AUV4 号機（左）と内部機器（右）

●マニュアル作成など民間へオペレーションを技術移転

AUV 等を民間企業に継続的に提供すると共に、円滑な使用技術の移転に資するためにマニュアル類も作成して提供。NHK 取材協力として伊豆諸島最南端の嫺婦岩（標高 99m）をほばりんにて調査。生態観測の一環として魚類等の画像取得に成功。

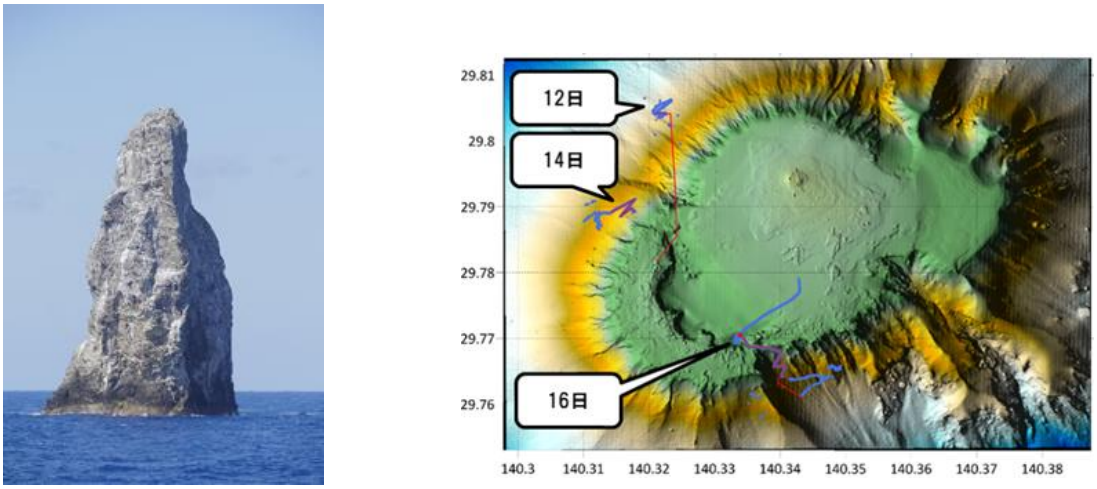


図 1.2.99　調査した嫺婦岩（左）と付近での探索経路（右）

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

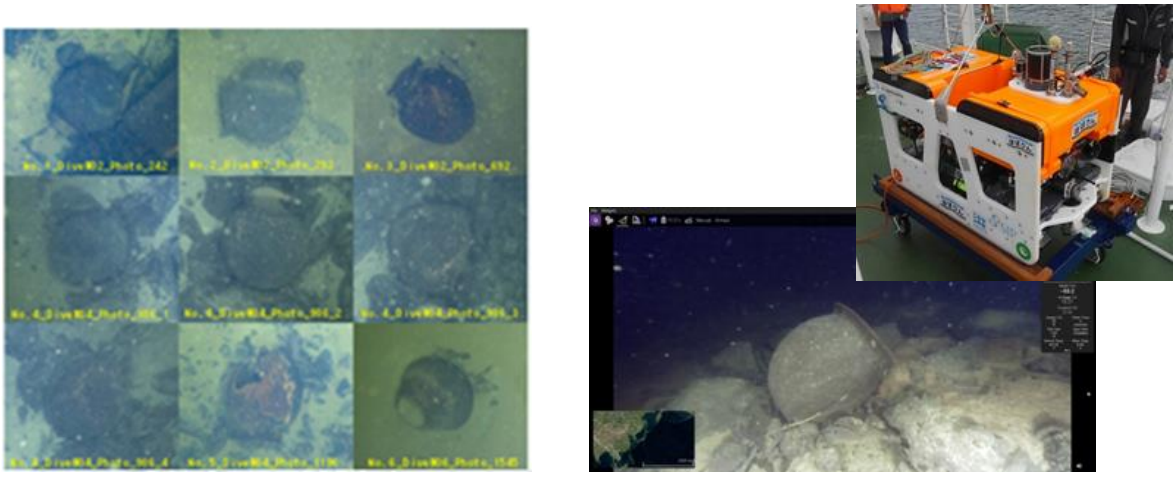


図 1.2.100　文化遺産発掘を目的とした琵琶湖北部でのほばりんの潜航調査

●洋上風力発電施設の点検作業施行試験の実施

銚子沖風力発電施設の基部点検作業の試行試験をほばりんが実施した。

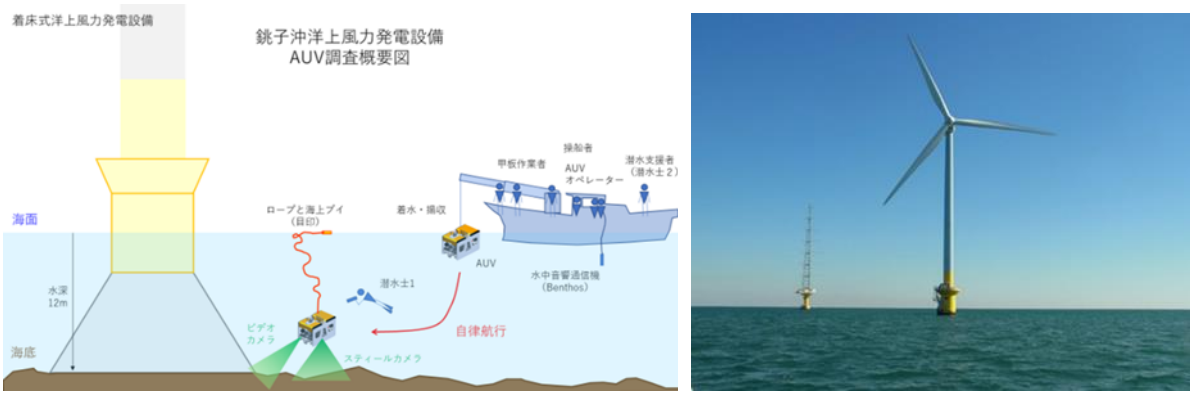


図 1.2.101　ほばりんによる銚子沖風力発電施設の基部点検試行作業

■シップオブザイヤー2018 部門賞受賞

「NMRI 航行型 AUV4 号機」は、技術の独創性や革新性が評価され、世界トップレベルの運動性能を持つ機体であることが決めてとなり、海洋構造物・海洋機器部門賞を受賞しました。



図 1.2.102　航行型 4 号機

【令和元年度】

●AUV 隊列制御アルゴリズムを開発し、1000m 水深海域で有効性を確認

SIP 第 2 期で必要としている複数 AUV を同時運用する際の隊列制御アルゴリズムの開発を実施した。具体的には、航行型 AUV の CFD 計算により定常流体力を特定し（水槽試験結果とも比較）、AUV の操縦モデルを作成するとともに、シミュレータ上で動的ウェイポイント航走を再現することを可能とした。このことにより、実海域で実際の AUV を航走させる前段階で、動的ウェイポイント航走の成立性の検討が行えた。

さらに非線形モデル予測制御を使った AUV の隊列制御方法の高度化手法について検討を行い、モデル予測制御を使ったアルゴリズムの有効性をシミュレーション計算により確認した。

また、8/17-24、および 12/14～21 にかけて、駿河湾にて AUV 複数機同時運用（隊列制御技術開発）を実施した。8 月は支援船を ASV に模擬した条件で、12 月は ASV がリーダ機として、目標ウェイポイントを指示し、そのウェイポイントに対する目標相対位置を AUV が目指すことで、最終的には所定の隊列を組んだ航行を 1000m 水深海域で実施した。

マルチビームソナーを使った海底地形観測も実施し、隊列制御アルゴリズムの有効性を検証した。

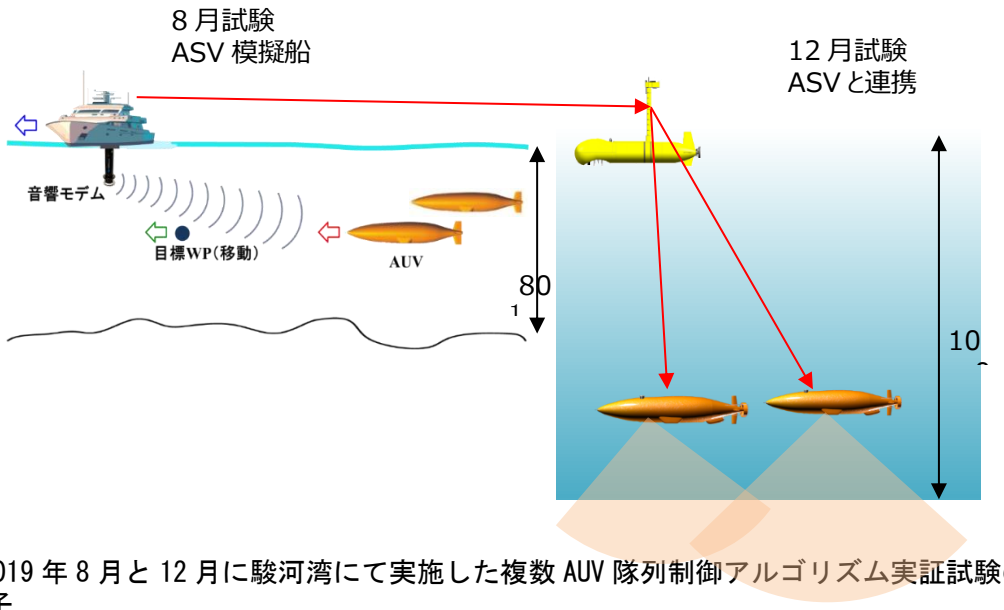


図 1.2.103　2019 年 8 月と 12 月に駿河湾にて実施した複数 AUV 隊列制御アルゴリズム実証試験の様子

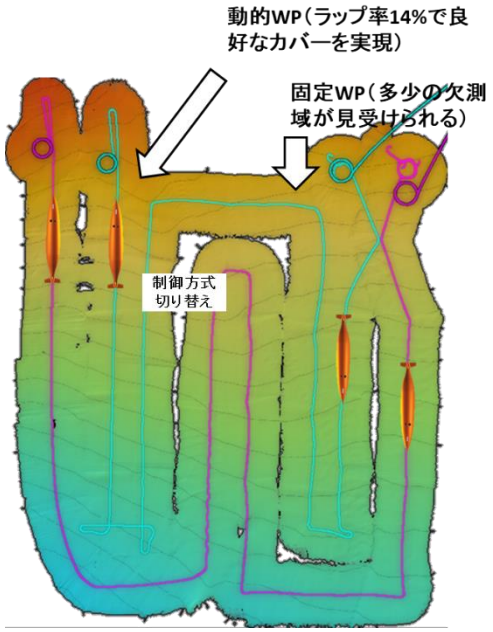


図 1.2.104　複数 AUV 隊列制御アルゴリズム実証試験の海底地形観測結果

●AUV 充電ドッキング技術を開発

AUV の長期間水中運用を目指し、AUV 充電ドッキング技術開発を岡山大学と共同で実施。複眼空間認識方法による AUV ドッキングの施行を海技研内水槽で実施し、成功した。

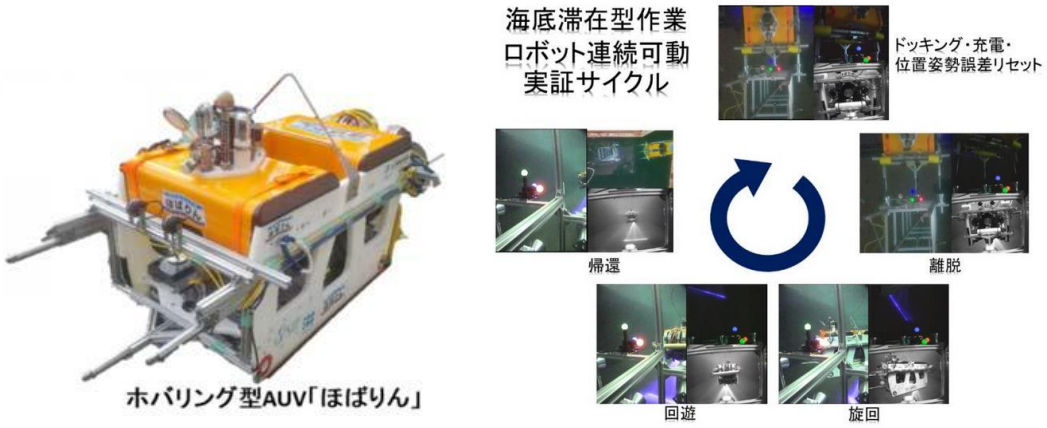


図 1.2.105　AUV ドッキング試験状況

【令和 2 年度】

●3 機の航行型 AUV を 1 つの ASV が統括、運用するシステムを開発

SIP2 事業に参画しながら駿河湾において、最終的に 3 機の航行型 AUV（海技研 AUV2, 3, 4 号機を使用）を 1 機 ASV が統括監視・制御するシステム（基本隊列制御システム）を開発し、実海域でシステムの有効性を検証した。その際、問題なく精緻な海底地形も計測した。（第 1 回、8/1-8 実施、図 1.2.114 は第 2 回、10/17～24 実施試験）。効率的な AUV の複数機運用技術に貢献した。

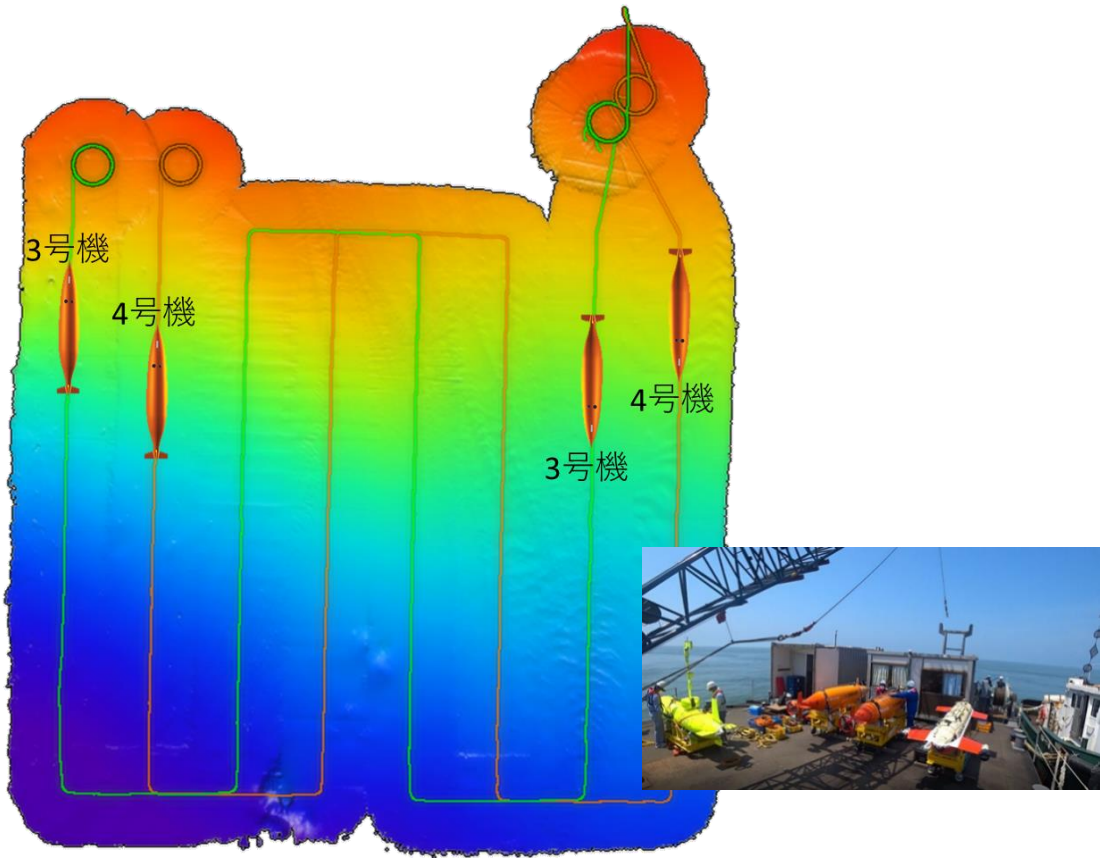


図 1.2.106　1 機 ASV と 2 機 AUV（AUV3, 4 号機）による海底地形図
（基本隊列制御システムを使った駿河湾実証試験）

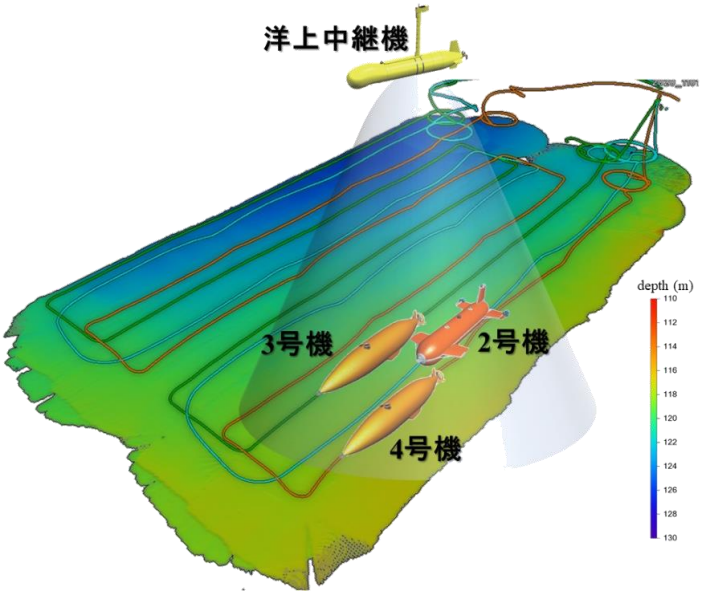




図 1.2.107　1 機 ASV（洋上中継機）で 3 機 AUV（AUV2, 3, 4 号機）を統括監視・制御するシステム（基本隊列制御システム）を完成、駿河湾で有効性を確認、その際の海底地形図と使用 ASV と AUV

■IEEE Oceanic Engineering Society（IEEE 海洋工学会）において、Grand Prize(大賞）を受賞

「New Approaches for Practical Simultaneous Operation of Multi-AUVs（複数 AUV の実用的な同時運用に関する新しい手法)」と題して、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「革新的深海資源調査技術」において当所が実施している複数 AUV 隊列制御技術にかかる発表が、IEEE 海洋工学会の国際シンポジウム「Underwater Technology 2021（UT21)」で最も素晴らしい研究発表として Grand Prize（大賞）を受賞した。



図 1.2.108　受賞の様子

【令和 3 年度】

●AUV 隊列制御アルゴリズムの統括制御システムを改善開発・AUV 搭載

SIP2 事業に参画し、令和 4 年度に実施する基本隊列制御システムの実海域実証試験に向けた各種調整を行った。

次年度の試験を念頭に置き、JAMSTEC の保有する ASV と通信し、複数機 AUV を用いた隊列制御システムを構築するためには、ハードウェア・ソフトウェアの両方において必要部分を共通化させる必要がある。隊列制御へ参加する AUV は、海技研の航行型 2、3、4 号機の 3 機と JAMSTEC ゆめいるかの 1 機、IHI の AU-3、1 機の計 5 機であり、それぞれに JAMSTEC の開発した音響測位装置が追加搭載された。また、支援母船上での各運用チームの機器接続仕様および隊列制御コマンド・航行ステータス配信のための音響メッセージ仕様について詳細設計を行った。

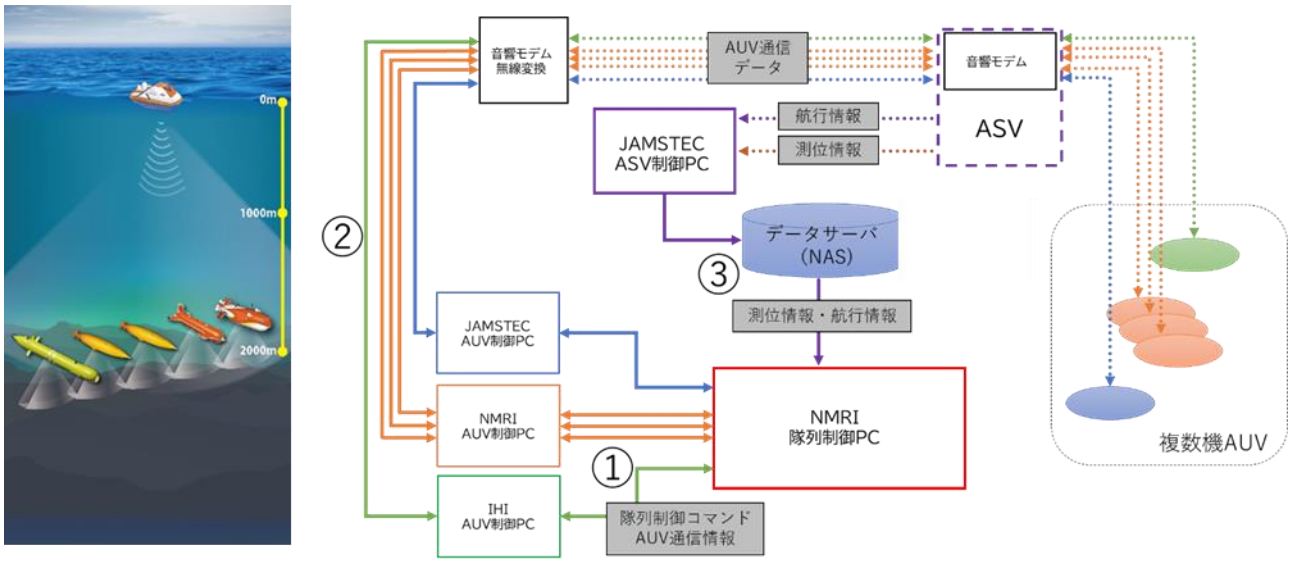


図 1.2.109 基本隊列制御システムの実海域試験に向けた調整
（ASV と 5 機 AUV の想定試験概念図（左）、機器間接続・通信経路設計（右））

●銚子沖洋上風力発電設備において、AUV-ASV 連結システムを使用し、リアルタイム点検技術を実証

共同研究（H30～R1）を踏まえ、小型でリアルタイム海底映像転送可能な「AUV-ASV 連結システム」一式を開発した)。また、試験水槽において動作確認試験を行った。

銚子沖洋上風力発電設備において、水深 12m の海底部点検を実施し、リアルタイム点検技術の性能を実証した。

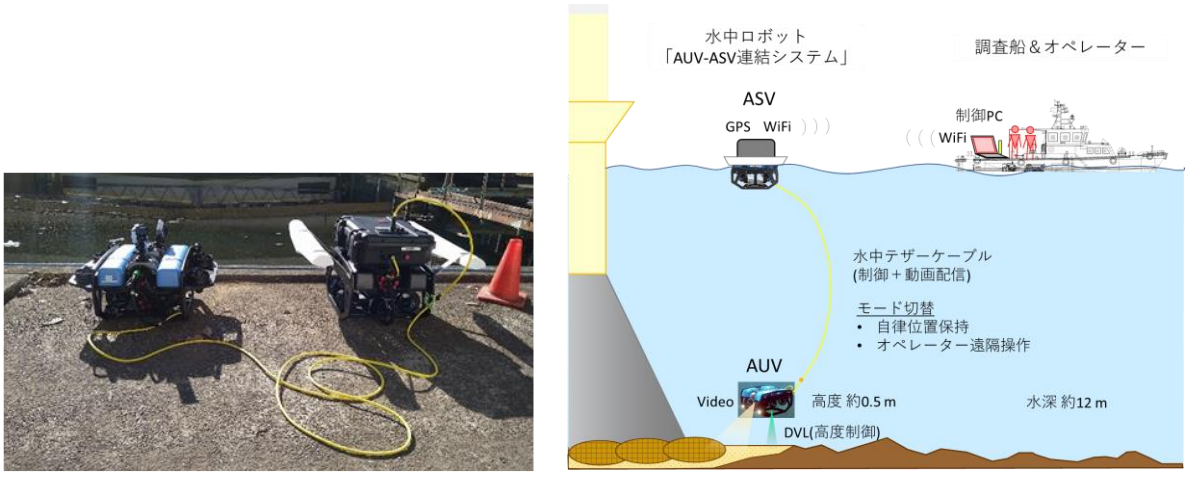


図 1.2.110　AUV-ASV 連結システム一式の外観（左）とシステム概要（右）

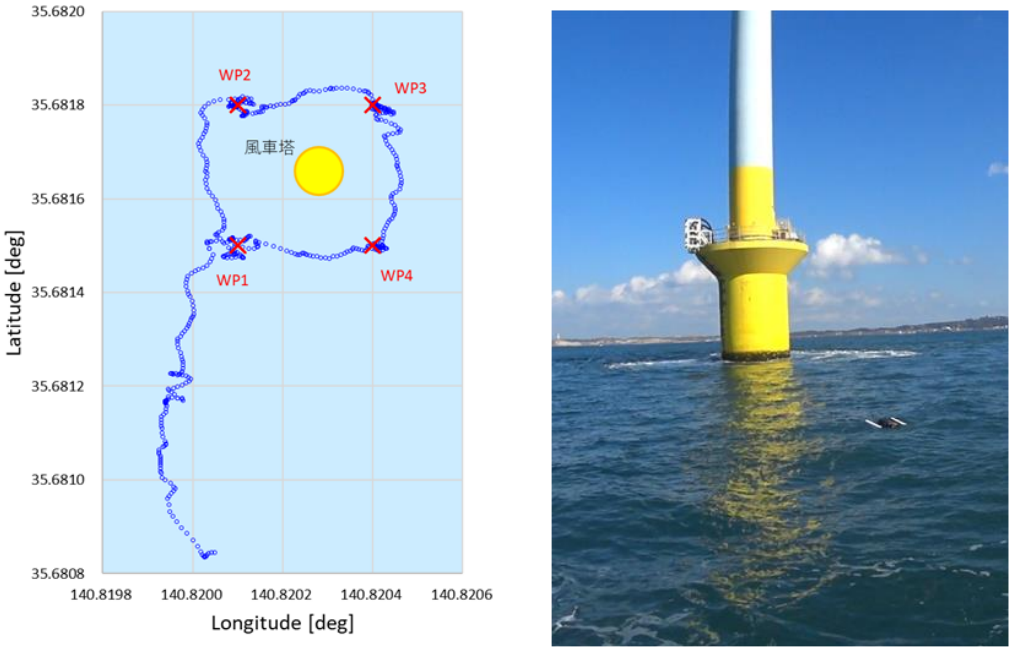


図 1.2.111　銚子沖洋上風力発電設備での「AUV-ASV 連結システム」による点検技術試験
ASV 単体による風車塔の自律周回航行の経路（左）とその時の様子（右）

■日本マリンエンジニア学会技術賞受賞

今回日本マリンエンジニアリング学会誌へ投稿し、技術資料「深海調査に向けた小型軽量航行型 AUV の開発」が優秀な技術資料であると認められ、技術賞を受賞した



図 1.2.112　受賞した賞状

（４）海上輸送を支える基盤的な技術開発

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

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

☆生産管理システムの開発

【平成 29 年度】

●生産管理システムを中小造船所用に開発・導入

「建造モニタリングシステムとモニタリング情報の高度解析技術の開発」では、日本中小型造船工業会による日本財団助成事業「中小造船業への新しい生産管理手法の導入による人材活用」（平成 28 年度～平成 30 年度）の受託研究と連動し、平成 28 年度に開発した生産管理システムを中小造船所 2 社に導入した。2 社の実情や対象工程に合わせて、負荷工数を計画段階で平準化する中日程計画の作成や、「3 本グラフ管理」による実行管理を導入し、A 造船所にて、船殻組立の取付工程にて約 2%（中日程計画の作成を実施）、船殻組立の溶接工程にて約 19%（中日程計画の作成、「3 本グラフ管理」による実行管理を実施）、B 造船所にて、船殻組立工程にて約 8%（「3 本グラフ管理」による実行管理を実施）、船殻搭載工程にて約 3%（「3 本グラフ管理」による実行管理を実施）の工数削減効果を確認した。これらの結果から、一般的な中小造船業の造船工程全体に対して、技能職工数を 5%以上削減する効果が得られるとの推計をしている。

造船作業の臨機応変性を計算機上で表現する試みとして、造船の小組工程を想定した造船シミュレータを開発に取り組んだ。開発したシミュレータ上にて、定盤上に展開された小組材の作業順序が異なるという臨機応変の結果として、小組作業の付随作業（道具揃え等）時間が変動し、統計モデルとして表現できることを示した。今後、建造モニタリングシステムとの接続により造船シミュレータに投入するパラメータを高精度化し、これにより造船作業のモデル化から要素作業レベルでの工程計画の実現に取り組んでいく。

【平成 30 年度】

●生産管理システムを実証実験を通じ、改良

「工数最適化を目的とした生産計画・実行管理」について、中小造船所 7 社に、負荷平準化を伴った中日程計画、管理監督者が行なう業績管理（3 本グラフによる日程と工数の管理）、職場リーダーやスタッフが行なう職場作業指示・管理（ワーク別標準作業進行図による日々の具体的作業の管理）等を導入し、実船の生産管理に展開した。その結果、いずれの造船所においても工数の削減効果が確認でき、これらの結果から、本手法は一般的な中小造船業の造船工程全体に対して少なくとも工数削減効果 5～10%が得られることを明らかにした。

【令和 2 年度】

●造船工程をモデル化し、作業手順や作業時間を定量的評価

●造船所内における人・情報・モノの流れをデジタルで一気通貫にコントロール

造船作業における工数推定及び生産計画の高精度化を目指し、造船作業のモデリング及び建造シミュレーションに関する検討を行った。本シミュレーションモデルは、造船作業の特徴である作業者が作業に応じて、移動・動作することを表現すること、すなわち作業者の詳細な動きを表現した。

造船工程のモデル化にあたって、製品（プロダクトモデル）、設備・道具（ファシリティモデル）、作業（プロセスモデル）のデータ構造（情報の内容、形式、関係性等）を定義した。本データ構造に基づいて、建造シミュレーションを実施するための情報処理の手法を整理した。これに基づく建造シミュレーションシステムの試作を行い、工場内の作業者の詳細な動きを視覚化できるとともに、ガントチャート等で表現できるようになった。

同じ製品の製造に対して、生産方法の違いにより作業手順や作業時間が変わりうることを確認した。詳細な作業の積み上げにより、作業手順や作業時間を定量的に示すことが可能となった。造船所内における情報の流れ、モノの流れをデジタルで一気通貫にコントロールするデジタルシップヤードの実現にむけて、造船工程のモデリングの基礎を整備した。

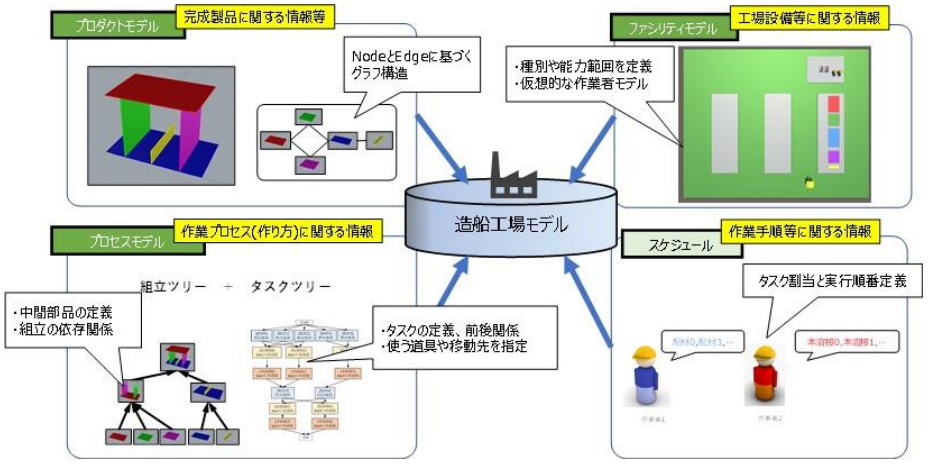


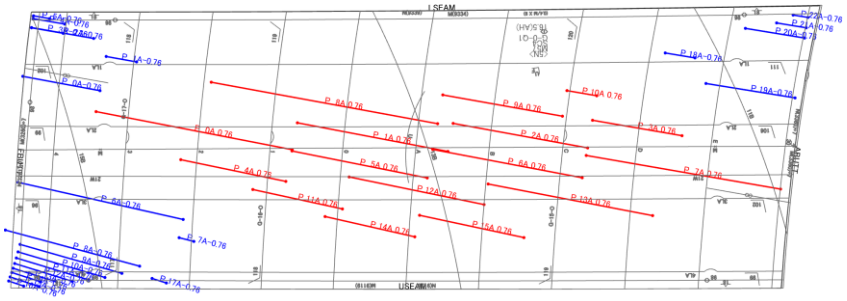
図 1.2.113　造船工程のモデル表現

☆造船曲げ加工支援ＡＲシステムの開発

【平成 29 年度】

●曲げ加工支援システムのプロトタイプを開発

ICT 技術を応用した現場での生産支援・生産管理システムに関しては、造船曲げ加工に対して、作業者に、鋼板上のどこを、どのようにプレスすればよいかを随時、情報提供するものとして「リアルタイムプレス線」出力システムを開発した。施工中の外板の形状をレーザースキャナーで計測すれば、現在形状と目的形状の差から次に実施すべきプレス位置、プレス荷重を出力するものである。このリアルタイムプレス線の妥当性は実際の造船所での実証実験で確認された。また、リアルタイムプレス線出力システムを、「曲げ加工支援 AR アプリケーション」等の ICT デバイスを用いた情報インタフェースに接続した。



青：曲げ過ぎを修正するプレス
赤：曲げ不足を修正するプレス

図 1.2.114　開発したシステムによる追加のプレス線指示

鋼板、曲り外板に対して、精度管理を行うレーザースキャナー計測、精度管理システムを開発した。このシステムは、3D CAD から設計データを読み込む機能、レーザースキャナーで計測された点群データを読み込む機能、対象の鋼板あるいは曲り外板上の点群のみを自動抽出する機能、点群データと設計データを適切に重ね合わせる機能、現物の形状と設計形状を比較し精度評価結果をカラーマップ表示する機能、評価インデックス（仕上がり具合度など）を表示する機能を有する。

「造船用ロボットの開発」では、曲率線配向の CFRP 成形技術について実験室レベルでの実機を製作し、成形性及び製品品質に関する効果を確認した。具体的には、曲面構造物に対して、炭素繊維トウの曲率線配向ツールパスの設計、プリフォームの作成、実験室での CFRP 成形を行い、その成形性及び品質が優れていることを確認した。現在、この成形手法に関して、特許出願の準備に取り組んでいる。

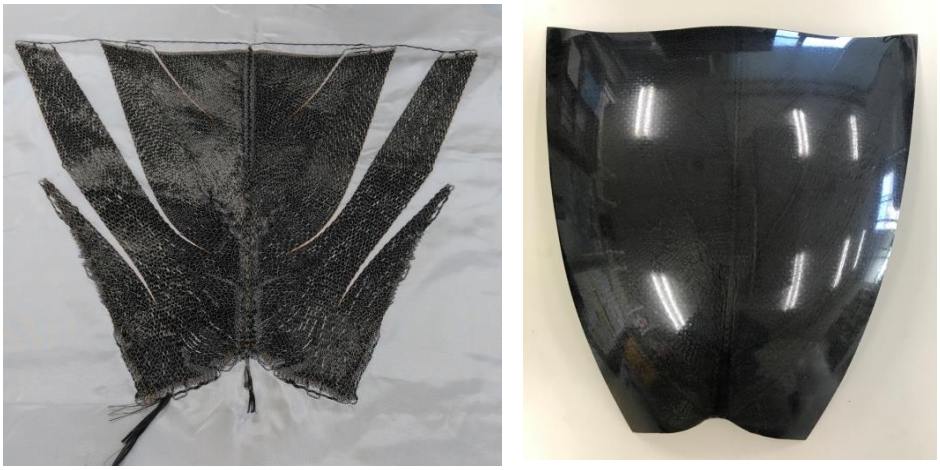


図 1.2.115　自動車ボンネット曲面に対する提案手法での CFRP 成形物

【平成 30 年度】

●曲げ加工支援ＡＲシステムを開発

曲率線情報に基づく曲り外板形状評価、追加作業指示線を作業現場においてより効果的に情報伝達するため、「曲げ加工支援 AR システム」の現場導入に取り組んだ。具体的には、大型鋼板に対する重畳表示の対応（複数マーカー対応）、リアルタイムプレス線出力システムとのインタフェースの開発を行った。造船所での実証実験を行い、造船所の作業環境であっても良好に AR 表示が可能であることを確認した。次年度に、当該造船所の生産ラインへの実展開を行うが、AR 技術の造船現場での実展開は我が国初の実績となる。



図 1.2.116　実際の造船所における「曲げ加工支援 AR システム」の検証

【令和元年度】

●フィードバック型現場曲げ加工支援システムを開発

フィードバック型現場曲げ加工支援システムを実際の造船所 1 社に導入した。このシステムの支援により、曲げ加工において熟練作業者と同等程度の工数で、曲げ型レスで曲げ加工が完結することを実証実験で確認した。今後、他の造船所等に販売ができるように開発したシステムをパッケージ化した。

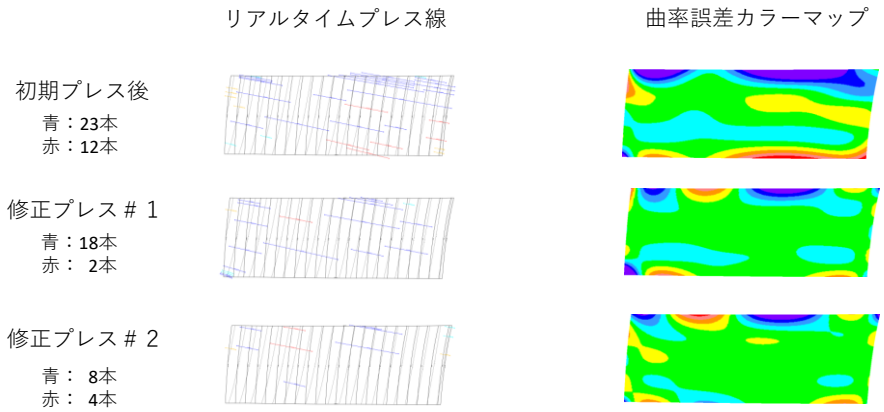


図 1.2.117　フィードバック型現場曲げ加工支援システムによるプレス作業の推移

●曲げ加工支援 AR システムを改良開発

曲げ加工支援 AR アプリケーションを実際の造船所 1 社に導入した。今年度は、AR 表示を鋼板上でも安定的に行えるようにシステムの改良を行った。また、表示デバイスに関して HMD（ヘッドマウントディスプレイ）対応の AR アプリケーションを開発し、造船所での実証実験で実用上十分に使えることを確認した。

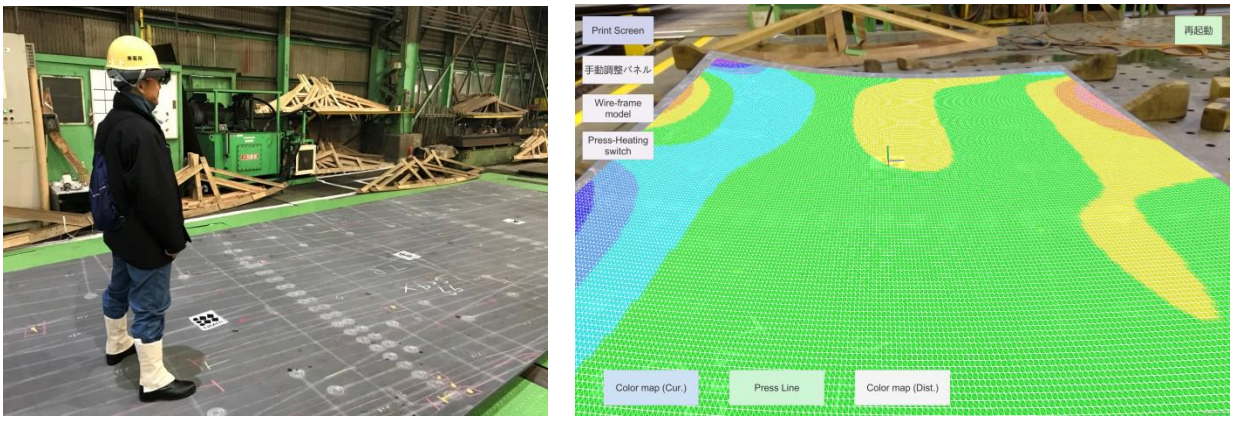


図 1.2.118　曲げ加工支援 AR アプリケーション

【令和 2 年度】

●造船工程をモデル化し、作業手順や作業時間を定量的評価

●造船所内における人・情報・モノの流れをデジタルで一気通貫にコントロール

造船工程をモデル化し、そのデータ構造（情報の内容，形式，関係性等）を定義した。本データ構造に基づいて、造船所内の工程を詳細な作業の積み上げにより、作業手順や作業時間を定量的に示すことを可能とした。

また、造船所内における人・情報・モノの流れをデジタルで一気通貫にコントロールするデジタルシップヤードの実現に向けて、造船工程のモデリングの基礎を整備した。

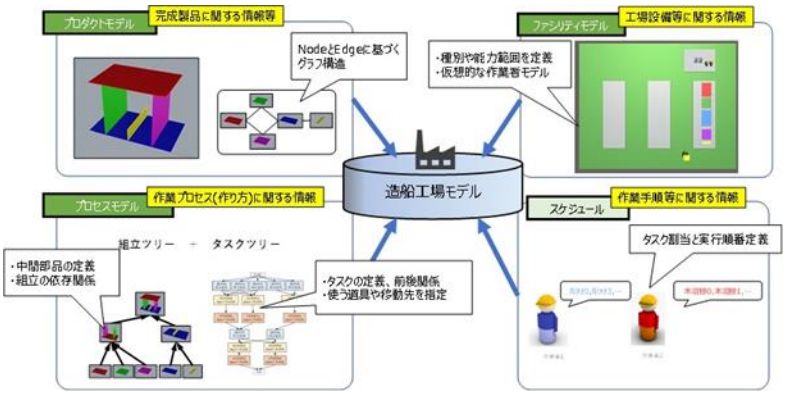


図 1.2.119　デジタルシップヤードの概念図

【令和 3 年度】

●仮想的な建造シミュレーション技術（小組立工程）を開発

造船所の実際の小組立工程および中組立本溶接工程を対象に、本シミュレータによる再現を実施した。また、実際の作業のビデオ撮影から、作業要素単位での比較を実施し、妥当な近似精度であることを確認した。中組本溶接工程においては、簡易自動台車の台数による影響を検討し、非線形な傾向を示すことを明らかにした。この結果は連携した造船所の独自調査結果とも一致する傾向であった。また、本シミュレータの設計や計画段階での利用や現場の作業効率向上といった活用方法も検討中である。

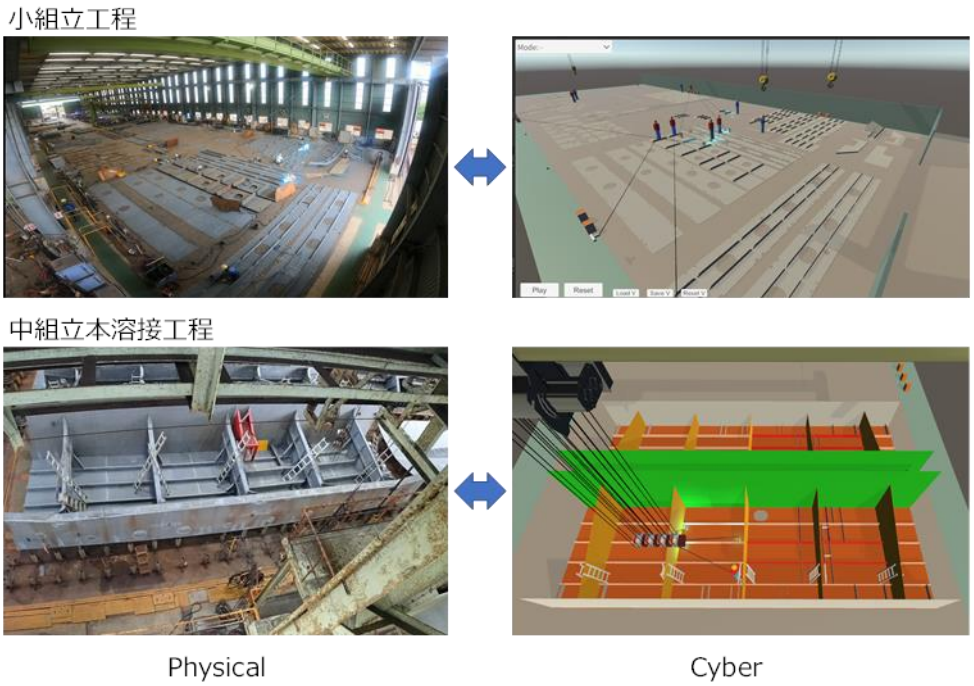


図 1.2.120　小組立および中組立本溶接工程の再現

●造船 PLM システムと建造シミュレータの一連のデモの作成

造船の標準化及び造船用 PLM システムの開発については、PLM システムを造船における統一データプラットフォームとして、基本設計、詳細設計、生産設計の設計プロセスを検討している。2021 年度では、実際の船舶を想定して、工程設計までの製品データをモデリングした。製品データ、工程データは BOM、BOP(Bill of process) の形式で表現されるが、特に「建造シミュレーション」への接続を想定してデータ構造を策定した。また、PLM 内で生成した製品データを、手作業によるデータ補填処理を介すが、建造シミュレーションに接続し、実際の造船所の小組工程を対象に建造シミュレーションが実施できることを確認した。また、異種間の造船設計システムで生成されたデータについて、提案する BOM、BOP のデータ構造にデータ交換できるかを検討した。具体的には、国内造船業で最も使用されている造船設計用 CAD でモデリングされた船殻データについて、PLM システム内の BOM、BOP へのデータ交換について検討し、データ交換に際する仕様等を整理した。

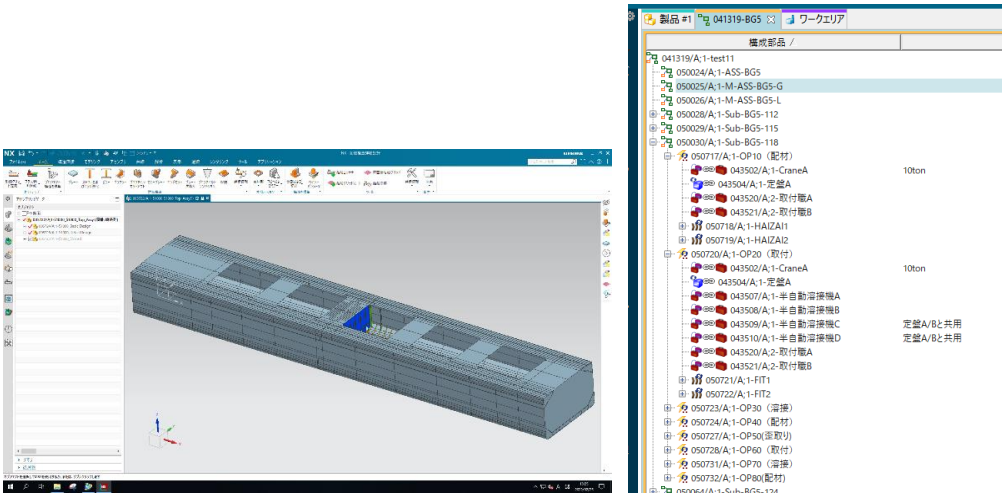
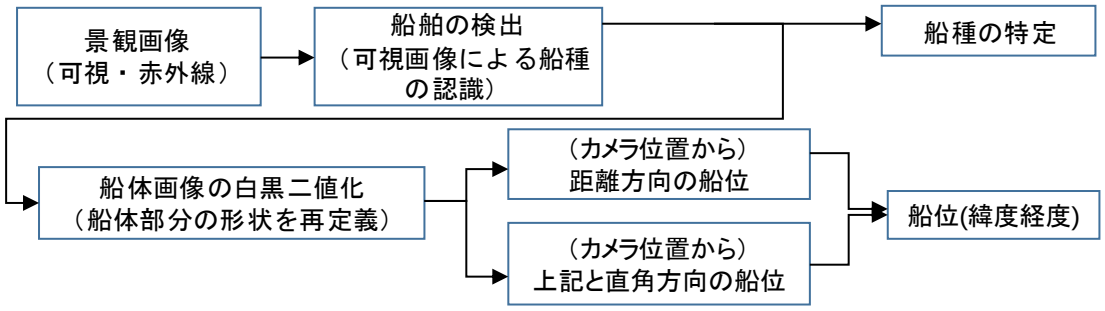


図 1.2.121　実際の船舶を想定したモデリング（左）と PLM システム内の BOP のイメージ（右）

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
★ICT を利用した大陸間自動運航に係る支援技術に関する研究
☆自動運航システムの概念の構築

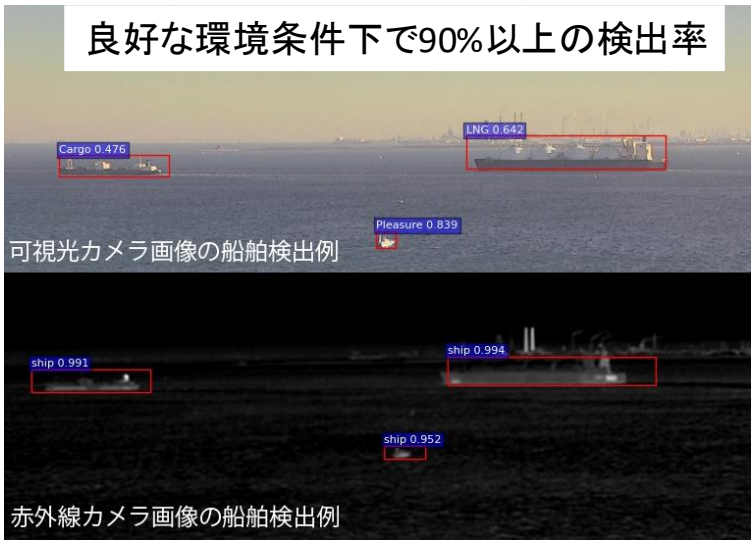
【平成 28 年度】
●AI 技術を活用した画像処理によるＡＩＳ非搭載船検出システムを開発

船舶の衝突等海難事故の軽減に資するため、ＡＩ技術を活用し、船舶を画像処理により検出・追尾するシステムを開発した。具体的には、海上保安庁からの請負研究の成果に基づき、レーダー及び船舶自動識別装置(AIS)では検出できない船舶があることから、ＡＩ技術の一つである深層学習（Deep Learning）を用いて、陸上に設置した可視カメラ及び遠赤外線カメラの画像を処理することにより、船舶の検出、船種の特定及びその追尾を可能とするシステムを開発した。深層学習に必要な画像のデータベースと画像抽出システムを構築（可視：4,270 枚、赤外:2,813 枚）した。また、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 1.2.122　ＡＩＳ非搭載船検出システムのフロー



船舶検出結果画像

（海上保安庁からの請負研究）

図 1.2.123　船舶検出結果画像

【平成 29 年度】

●自律機能組み込み型操船シミュレータのフレームワークを構築

平成 28 年度に構築した操船シミュレータ上の自律運航船プラットフォームに自動操船機能モジュールを組み込み、自律航行船の体験を可能とした。

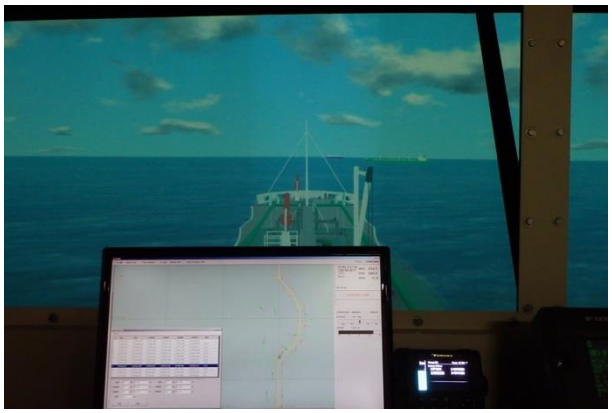


図 1.2.124　自律運航船プラットフォームでの
操船の様子

●自動避航操船機能モジュールを構築

自律運航船への組み込みを考慮した自動避航操船機能のモジュール化手法を構築し、保有する自動避航操船アルゴリズムのモジュール化を行い、テスト環境の構築を行った。

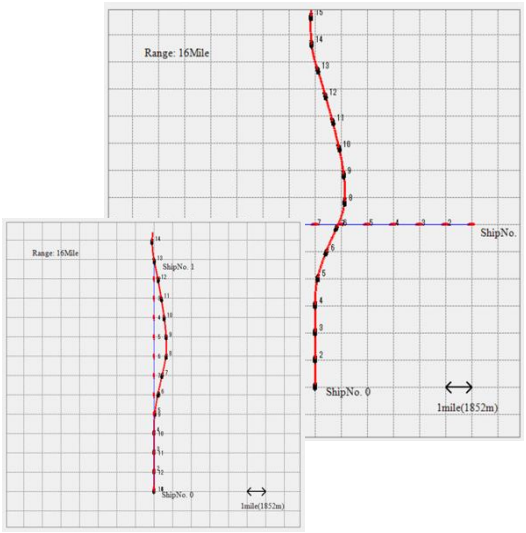


図 1.2.125
モジュール化された避航操船アルゴリズムによる操船結果
自船は、南から北に向かい避航
右上：右からの横切り船との航跡
左下：行会い船との航跡

●自動運航船の運航に必要な規則を整理し IMO へ提出

自律船のテスト環境実現のために必要な体制や安全措置等の項目を整理した。今後、改正や新規作成が必要な規則を検討する基礎となる。

自律船の航行に関係する IMO 規則の分析結果をとりまとめた。今後、必要な IMO 規則の改正及び新規作成に関する IMO での議論の基礎を提供した。

【令和元年度】

●音声ガイダンスによる着桟操船支援システムを開発

神峰を対象として、音声情報を活用した着桟操船支援システムを開発した。図 1.2.133 に、支援システムのモニター画面を示す。図 1.2.134 に、音声ガイダンスの例を示す。音声ガイダンスにより位置 S→位置 P、位置 P→位置 T、位置 T→位置 0 での変針指示、位置 T で設定船速にするための減速指示、風向と風速の情報提供、位置 T、位置 0 までの距離のアナウンスが行われる。図 1.2.135 に、実船実験で得られた航跡の一例を示す。実験において、目標航路に近い航跡が得られており、音声ガイダンスは概ね適切なタイミングで出力されていることが分かった。一方、着桟位置近くにおける支援方法や目標航路とのずれに対する補正等の課題が挙げられる。図 1.2.136 に、操船シミュレータ実験による評価実験から得られた航跡の一例を示す。音声ガイダンスを活用した着桟操船支援システムを使用した場合、実船実験結果と概ね同様の結果が得られた。着桟目標位置における船速と進入角度を音声により誘導する着桟操船支援システムは、操船経験のない、または、少ない操船者 15 人の NASA-TLX スコアの平均値の結果から、精神的作業負担を低減することを確認した。ユーザビリティの評価においても、同じ被験者の SUS スコアの平均値の結果から、支援システムが受容される評価であることを確認した。しかし、この支援システムは実験段階のシステムであり、事前設定等の汎用性・操作性を高める必要がある。課題としては、舵を戻すタイミングや着桟直前の舵の操作が習熟訓練での把握結果をもとに感覚で操作した被験者が多かったことから、本支援システムにこれらのタイミングや操作量を指示する機能を追加することで、さらに操船者への支援に役立つと考える。

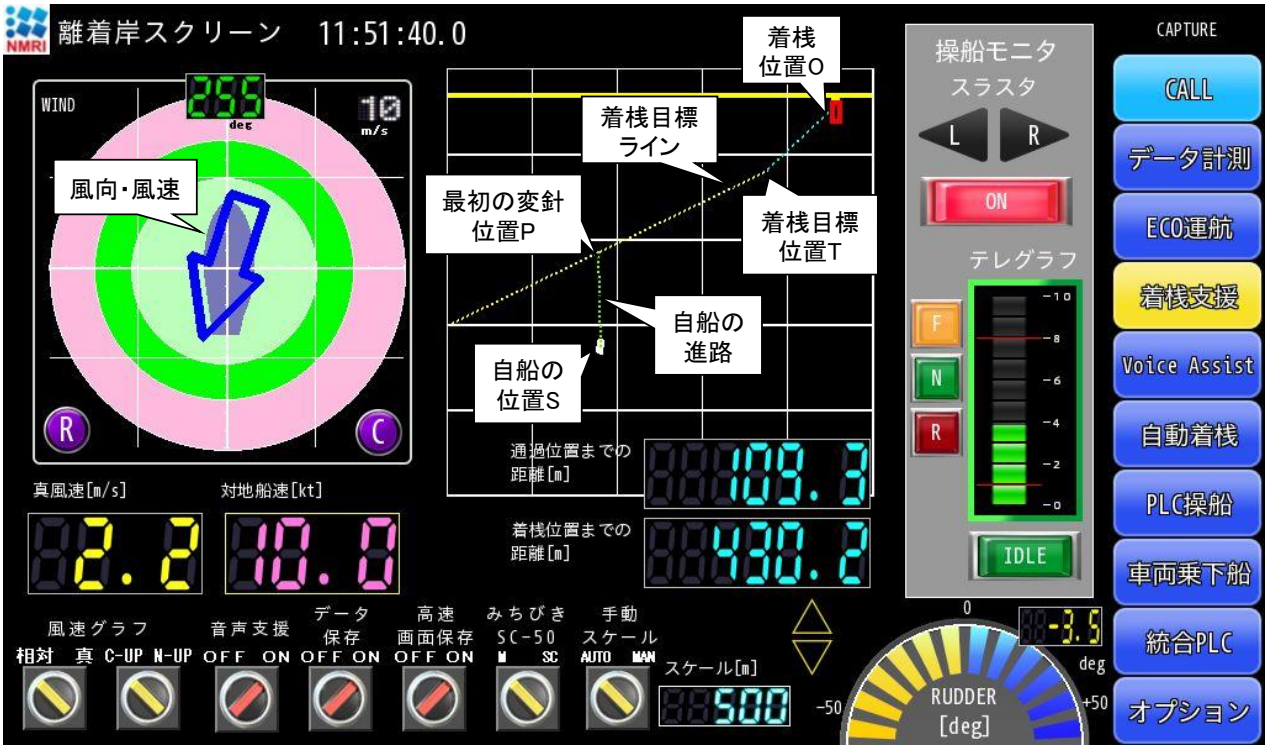


図 1.2.126　支援システムのモニター画面



図 1.2.127　音声ガイダンスの例

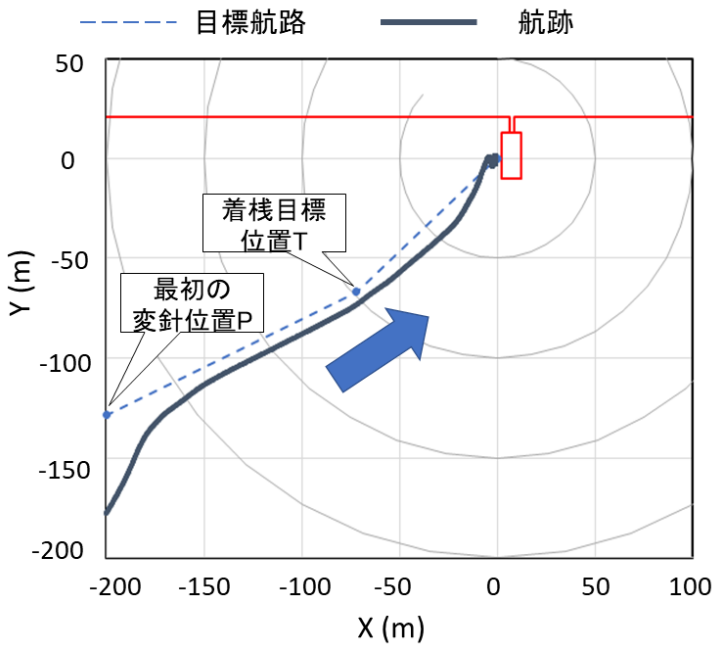
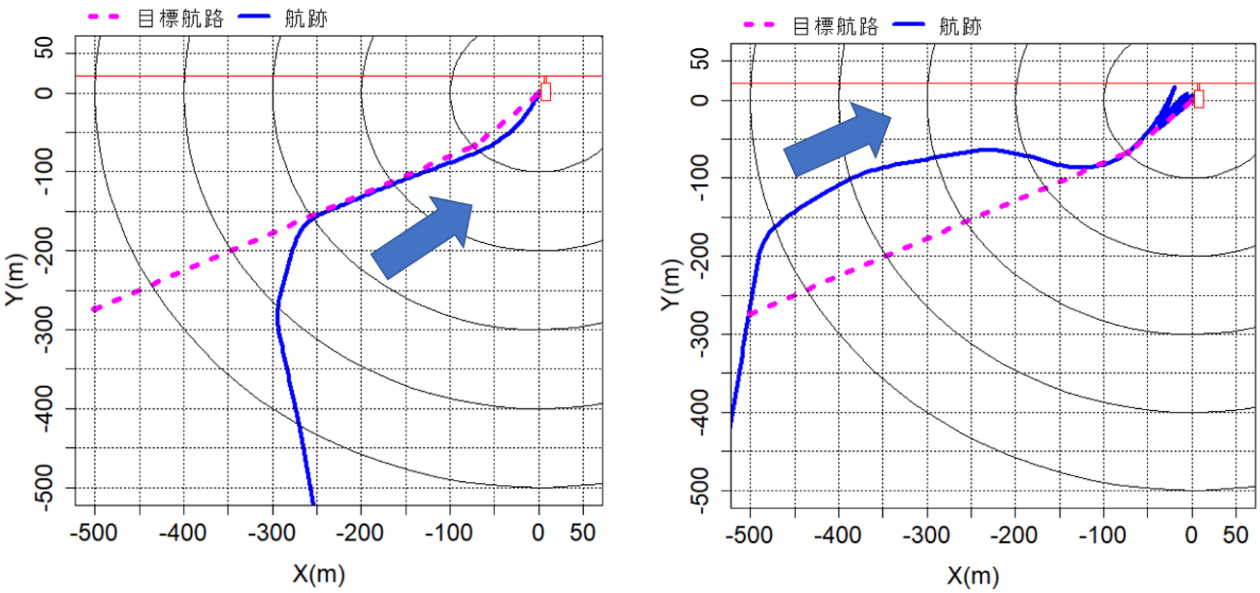


図 1.2.128　実船実験で得られた航跡の一例



音声による着桟支援あり（被験者 1）　　音声による着桟支援なし（被験者 1）

図 1.2.129　操船シミュレータ実験による評価実験から得られた航跡の一例

【令和 2 年度】

●自動離着桟操船システムの高度化により、外乱下の自動着桟に成功

2019 年度より進めてきた実験用小型船向けの自動着桟システムを更新し、検証試験を実施した。風圧力特性と舵による力をもとにしたフィードフォワード制御を導入し、さらに着桟直前の回頭モードのクラッチ操作を改良することによって、8～10m/s 程度の強風時においても比較的安定した自動着桟ができることを確認した。



図 1.2.130 自動着桟実船試験の様子

●遠隔操船システムと計画航路追従機能を組み合わせることにより、遠隔操船の実証試験を実施

陸上からの自動運航船のバックアップ機能として、実船上で計測データ及びカメラ画像データを船・陸間通信技術により陸上に転送し、陸上で確認できるシステムを構築した。

さらに、遠隔操船システムと計画航路追従機能を組み合わせることによって、陸上からの遠隔操船によって計画航路追従が行えるシステムを試作した。この遠隔操船システムを小型実験船に実装し、広島県尾道市因島の海上において、遠隔操船システムの動作確認試験を行い、他船が周りにいない状況で遠隔操船ができることを確認した。

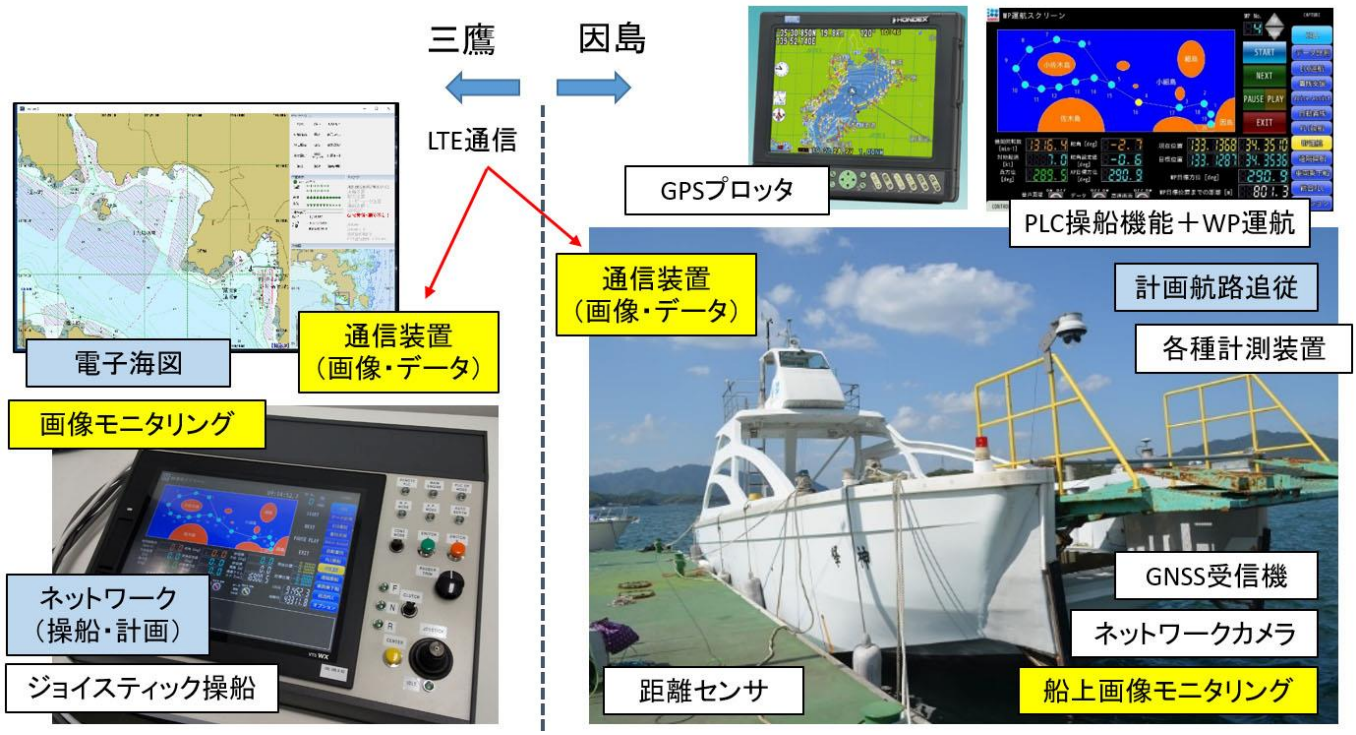


図 1.2.131　遠隔操船システムの小型実験船への実装並びに遠隔操船の概要



図 1.2.132　計画航路追従（ウェイポイント運航）の試験結果

【令和 3 年度】

●ファストタイムシップシミュレータ（FTSS）の構築

FTSS を構築し、外部への配布を想定した実行ファイル及びドキュメントを作成した。また、SHS のハードウェアの詳細仕様を決定した。

また、無人運航における他船検知センサシステムの検証手法に関しては、検証ガイドラインを作

成し実海域で検証する方向で、引き続き検討することとした。

さらに、オーバーライド実験から、オーバーライドにおける評価指標として、判断までの時間が適当である事を確認した。

遠隔操船を模擬するための情報伝達時の欠損及び時間遅れの疑似発生システムを構築し、、「神峰」を用いて機関遠隔監視システムの要件を洗い出した。

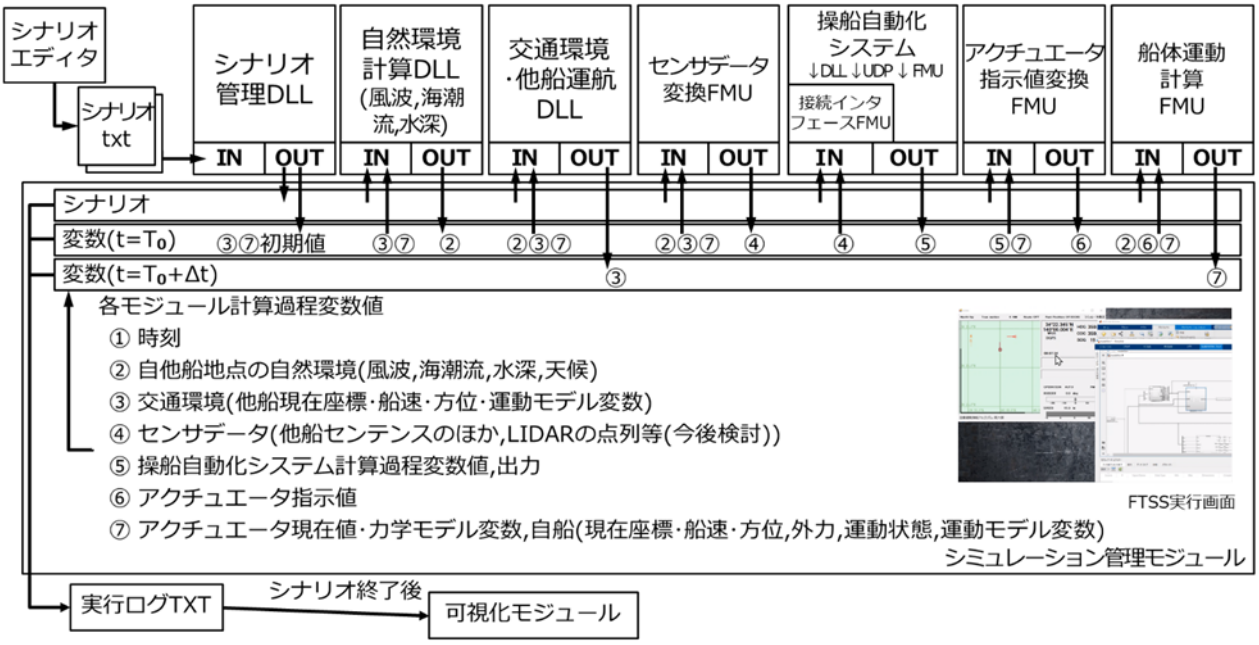


図 1.2.133　FTSS

●自動化システムや遠隔監視システムについての安全要件を整理、機能確認試験を実施

小型実験船「神峰」により、船-陸通信を含めたそれぞれの自動化システムについての安全要件（開発目標）を整理し、機能確認試験を実施した。

また、小型実験船「神峰」の遠隔操船システムを用いた実船試験を行い、通信遅れの把握や通信遅れが生じたときの対応、さらに各種センサの健全性の確認方法等が重要であることを確認した。

さらに、自動着桟制御の機能を PLC に実装し、実験船に搭載されている PLC の制御システムと接続、動作確認を実施した。また、3D LiDAR によるマリーナ周辺の海岸線に沿った点群計測を行い、海上における SLAM（自己位置推定と地図作成の同時実行）を行った。

自動着桟システムの適用範囲を拡大するため、199GT 内航船の離着桟操船時の詳細データを取得し、昨年度までに開発を進めてきた模型船の自動化システムを見直し、簡易的な試験を行った。



図 1.2.134　遠隔操船試験の様子



図 1.2.135　通信遅れ時間の確認画面

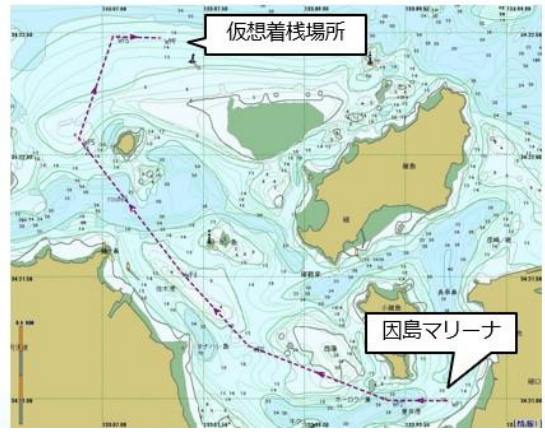


図 1.2.136　遠隔操船試験の計画経路

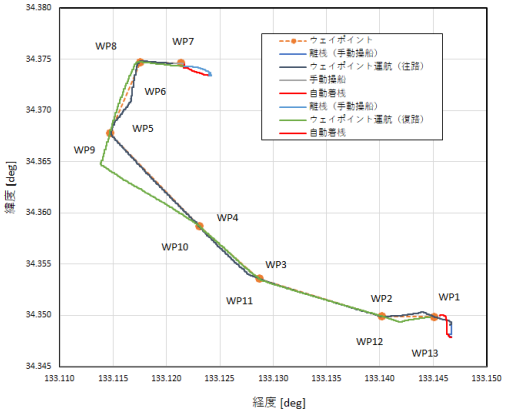


図 1.2.137　遠隔操船試験の航跡

■自動運航船の実用化に向けた安全評価ガイドラインの策定
■自動運航船の安全ガイドラインの骨子を作成

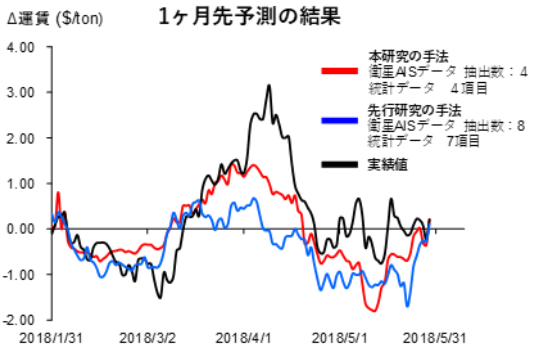
GBS ガイドラインでは、目的を定義し、その目的を満足するための機能要件を定義し、その機能要件に対するハザードをリスク解析から洗い出す。次に機能要件を満足するための各システムの一般要件を定義し、ハザードが生じた場合のリスクの増加を、各ハザードに対応したシナリオを作成して確認する。具体的には、ハザードによって誘起される事象の評価方法（評価指標）及び閾値を決め、対応して増大するリスクを求め、増大したリスクが許容されれば安全と見做す。

上記により、GBS ガイドラインに則った自動運航船の安全ガイドラインの骨子を、自動運転車のガイドライン及び IGF code 等を参考に、船技協と検討し、IMO へ提案した日本案作成に貢献した。

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
★AI 等による海上物流の効率化・最適化・予測等に関する研究
☆海上貨物・造船需要等の評価及び予測手法の構築

【平成 30 年度】
●海上運賃予測モデルの構築

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



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

図 1.2.138 豪州-中国間の海上運賃の予測結果

☆平時及び災害時における複合一貫輸送評価手法の構築

【平成 30 年度】

●Deep learning 技術による貨物輸送評価手法を開発

平時(非災害時)を対象とした複合一貫輸送では、輸出入海上コンテナ貨物の全数統計調査である全国輸出入コンテナ貨物流動調査の非集計データを用い、貨物の国内部分の輸送経路を評価する推定モデルを Deep Learning 手法を用いて改良した。その結果、4 経路中から正解経路を選択する場合で 95%程度の正解率を得ることが出来た。

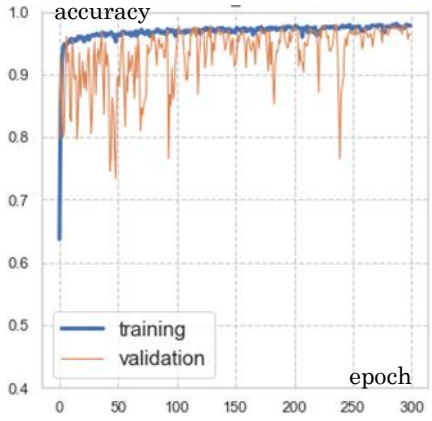


図 1.2.139 輸出入貨物経路推定の学習経過例

●地震発生後の輸送計画作成から評価までの輸送シミュレータを開発

災害時を対象とした複合一貫輸送では、地震発生後の輸送計画作成から評価までの輸送シミュレータを開発して評価を行った。その結果、広域震災時におけるプッシュ型輸送(4～7 日目用の災害支援物資輸送)の実施にあたり、被災港(瀬戸内海及び付近の港を除く)も用いた海上輸送を併用することで遅延を効果的に緩和できる可能性があることを示した。

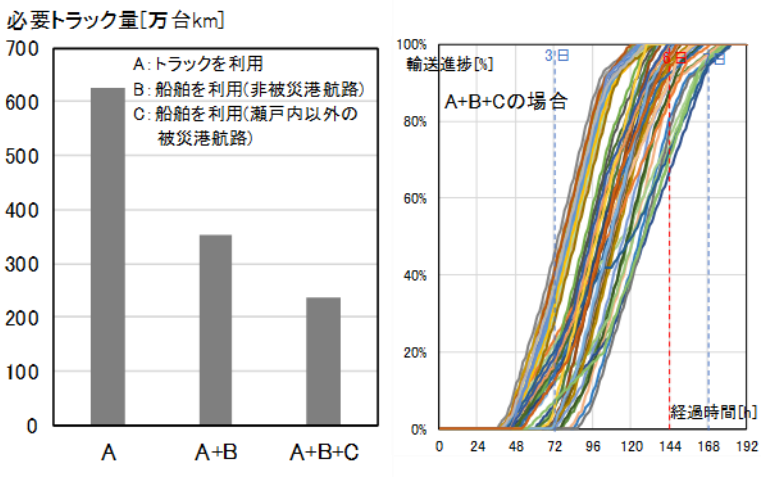


図 1.2.140　南海トラフ地震を想定した災害支援物資輸送評価例

以上

3. 港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等

【中長期目標】

国土交通省では、港湾・空港施設等の防災及び減災対策、既存構造物の老朽化対策、国際コンテナ戦略港湾や首都圏空港の機能強化、海洋開発の拠点整備等の緊急的な課題への対応のための政策を推進している。

研究所は、上記政策における技術的課題への対応や関係機関への支援のため、構造物の力学的挙動等のメカニズムの解明や要素技術の開発など港湾・空港整備等に関する基礎的な研究開発等を実施するとともに、港湾・空港整備等における事業の実施に係る研究開発を実施する。

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

なお、研究所による基礎的な研究開発等の成果は、国土技術政策総合研究所において、技術基準の策定など政策の企画立案に関する研究等に活用されている。このことから、研究所は引き続き国土技術政策総合研究所との密な連携を図る。

【中長期計画】

中長期目標に掲げられた研究開発課題、すなわち東日本大震災を教訓とした地震や津波の防災及び減災対策、港湾・空港 等施設における既存構造物の老朽化対策、産業の国際競争力強化のための国際コンテナ戦略港湾や首都圏空港の機能強化、海洋開発の拠点整備など、国土交通省が推進する政策における技術的課題への対応や関係機関への技術支援に対する適切な成果を創出するため、本中長期目標期間においては、次に記載する研究に重点的に取り組むこととする。

基礎的な研究開発等のうち、波浪、海浜、地盤、地震、環境、計測等に関する研究は、研究所が取り組む港湾・空港等分野のあらゆる研究等の基盤であることから、中長期目標期間中を通じてこれらを推進し、波浪や海浜変形等に係るメカニズムや地盤及び構造物の力学的挙動等の原理や現象の解明に向けて積極的に取り組む。また、個別の港湾・空港等の整備を技術的に支援するための研究開発についても積極的に取り組む。

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

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

なお、港湾・空港分野に関する研究開発については、 同分野において政策の企画立案に関する研究等を実施する国土技術政策総合研究所との一体的な協力体制を、引き続き維持する。

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
（1）沿岸域における災害の軽減と復旧
① 地震災害の軽減や復旧に関する研究開発
★ 最大級の地震による波形予測と被害予測

【平成 28 年度】
●熊本地震の強震記録を分析し、強震記録が得られなかった地点の地震動を推定

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、掲載し、国際的な評価を得た。

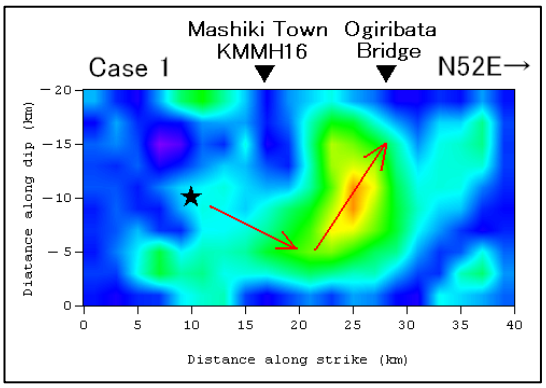


図 1.3.1 熊本地震での震源断層の破壊過程の推定

●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にも応用
⇒港湾の技術基準に反映

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。
成果の一部は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、海外の技術基準等の反映に資することとなる。

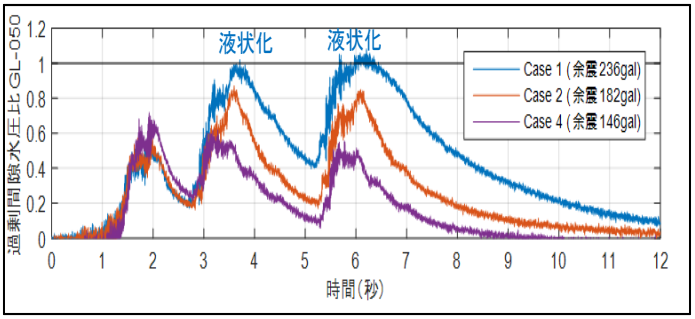


図 1.3.2 液状化に及ぼす余震強度の影響

【平成 29 年度】

●連続する大きな地震動（余震を含む）による液状化メカニズムを体系的に解明

⇒海洋分野で著名な ISOPE 学会のジャーナルに採択

南海トラフ地震、首都直下地震」等、地震動の連成作用や細粒分を含有する地盤を対象として液状化挙動の評価・分析を行い当該特性・メカニズムの新たな知見を得た。

本成果は、国内の複数の論文集に掲載されると共に、米国発祥の海洋分野で著名な ISOPE 学会のジャーナル(IJOPE)に採択されるなど、国内外の評価を得た。

併せて、当該地震動に対して有効な新たな発想による、臨港道路やエプロン等の液状化対策技術を提案し、有効な地盤対策技術および液状化被害抑止技術について検討・検証を行った。

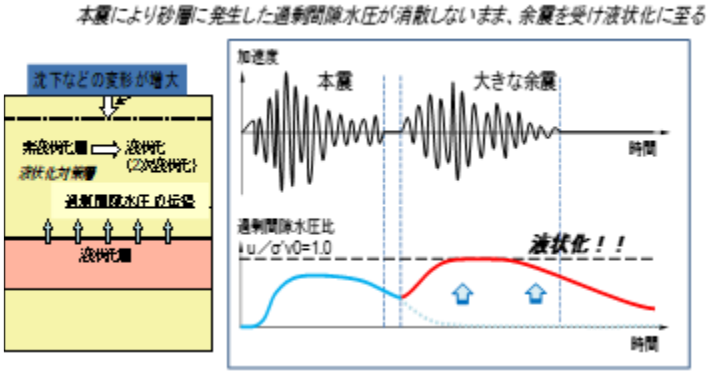


図 1.3.3　地震動の連成作用による液状化挙動

●ドローン等による岸壁使用可否判断システムを、世界に先駆けて開発

迅速な復旧活動等が行えるよう、本省等関係機関と連携し、地震後の港湾施設の被災状況把握、利用可否判断に関係する RTK-GNSS を用いた岸壁使用可否判断システムを世界に先駆けて開発しており、このうち、岸壁変形量計測システムについて、岸壁法線の正確な変形量の測定手法を提案し、現地実証実験により検証した。

具体的には、敦賀港において、RTK-GNSS ツールの基準局設置位置を選定し、巨大地震時の広域地殻変動により基準局が移動した場合にも施設変形量測定が可能であることを確認した。

また、ドローン撮影による岸壁変形量測定の適用性も検討した。

引き続き RTK-GNSS ツールの現地試験導入、利用可否判断の検討を行う。

また、被害を伴うような地震が発生した場合に現地調査を実施して被害状況を整理分析し、施設被災メカニズム解明の検討を行う。



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

【平成 30 年度】

●当所の開発した疑似点震源モデルによる強震動シミュレーションのスラブ内地震動への適用性を提示

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

9 月に発生した北海道胆振東部地震については、震源断層の破壊過程の推定、震源近傍の強震記録の分析などに取り組むとともに、強震計のなかった苫小牧東港で余震観測を行い、得られた記録に基づき東港での地震動の推定を行った。その際、周辺の強震記録を説明できるような疑似点震源モデルを構築し(図 1.3.5)、これを利用して苫小牧東港での地震動を推定した(図 1.3.6)。結果については本省等に情報提供を行い、復旧の検討にも用いられた。

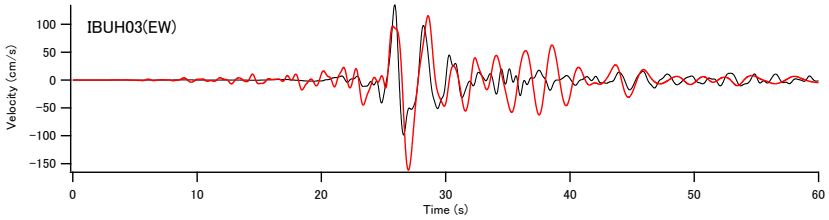


図 1.3.5 北海道胆振東部地震を対象とした疑似点震源モデルによる
KiK-net 厚真(IBUH03)での速度波形(0.2-2Hz)の計算結果(赤)と観測結果(黒)

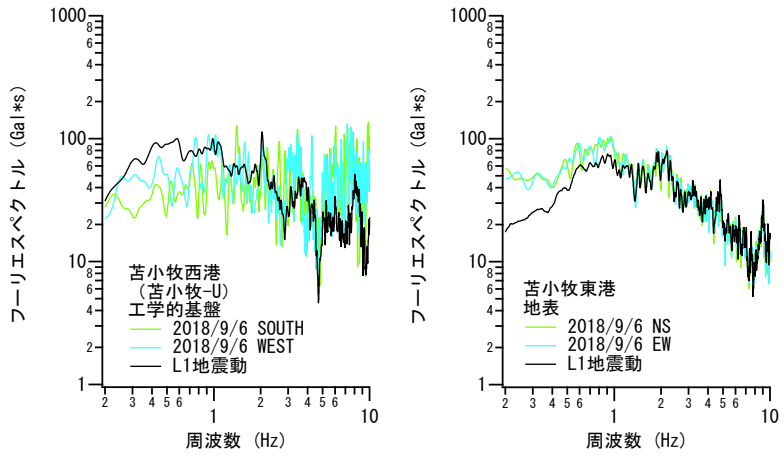


図 1.3.6 (左)苫小牧西港におけるレベル 1 地震動と北海道胆振東部地震の地震動の比較.
(右)苫小牧東港におけるレベル 1 地震動(西港におけるレベル 1 地震動をサイト増幅特性の
違いの分だけ補正したもの)と北海道胆振東部地震の地震動(推定値)の比較

【平成 31 年度、令和元年度】

●地震後に迅速に岸壁の利用可否判断を行うための RTK-GNSS を利用したシステムの開発、現地への試験導入

令和元年度には、現地調査を要する被害地震は発生しなかった。

地震後の復旧復興の拠点としての港湾の役割の重要性を踏まえ、地震後の係留施設の利用可否判断を迅速かつ適切に行うことが重要な課題となっている。

当所では、本省や地方整備局等関係機関と連携し、RTK-GNSS を用いた岸壁使用可否判断支援システム

（名称：Berth Surveyor）の開発を行った（スマートフォンアプリ、PC ソフトウェアを含む；図 1.3.7）。

これは地震時の岸壁法線の変位を数 cm の誤差で計測できるものであり、部材の損傷程度の正確な把握を可能とするものである。

令和元年度は本システムの表示機能の強化を行うとともに（図 1.3.7）、その活用方策について本省・地方整備局とともに議論を深めた。複数の港湾に本システムを適用し、システムの稼働に必要な基準点を選定し、施設変形量測定および施設の供用可否判断（損傷判断）が可能であること、地震後の供用可否判断に資するものであることを確認した。

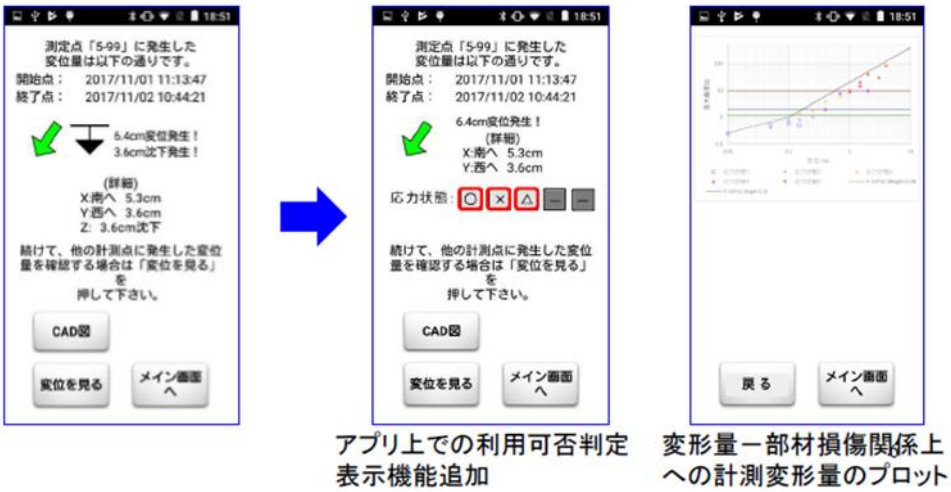


図 1.3.7　岸壁使用可否判断支援システム「Berth Surveyor」における表示機能の強化

●人工排水材を用いた液状化伝播・ボイリング被害抑止工法並びに隆起抑制型 CPG 工法を開発・提示

●2018 年インドネシア・スラウェシ地震津波を対象とし、地震液状化に伴う海岸・海底地すべりによる津波の発生機構を世界に先駆けて解明

南海トラフ地震、首都直下地震等、地震動の連成作用や細粒分を含有する地盤を対象として液状化挙動の評価・分析を行い、液状化域の進展・伝播に伴う地盤内流動特性・機構を明らかにし、これを踏まえ、新たな地盤対策技術および液状化被害抑止技術の開発・提示を行った。

液状化に伴う臨港道路等表面の大きな変状は、液状化した地層から地表に向けて水圧が伝播し、ボイリングによって顕著な変状がもたらされる場合が多い。

本研究ではこのことに着目し、表面付近に人工排水材を導入することで、液状化の発生を許容しつつも、液状化域の伝播を抑制することによって地盤内の流動を防ぎ、それにより液状化に伴う噴砂・ボイリングと地表面付近の変状を抑制する新たな技術の開発を行った（図 1.3.8）。

この技術について、1G 場の模型実験及び遠心力場実験を通じて有効性を明らかにした。

この工法は、最大級の地震発生時に港湾等に立地する道路面の変状を抑えるコスト面で有利な対策方法として大いに期待される。

これに加え、2018 年に発生したインドネシア・スラウェシ地震津波災害を対象とし、地震液状化に伴う海岸・海底地すべりによる津波の発生機構、特に地震液状化・地すべり・津波の連鎖機構を世界に先駆けて明らかにした。

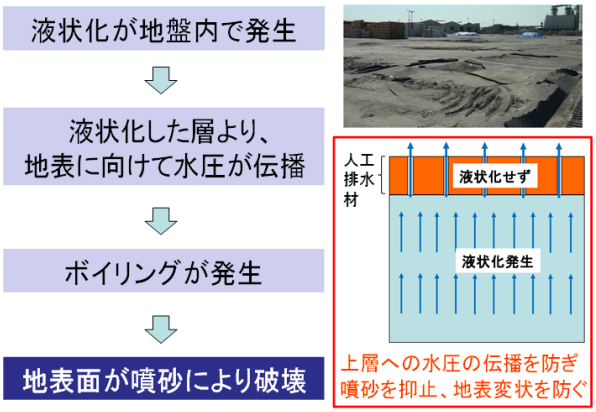


図 1.3.8　人工排水材を用いた液状化伝播・ボイリング被害抑止工法：概念図

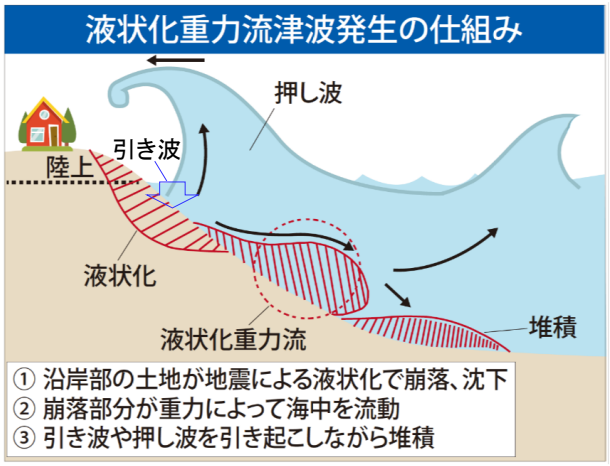


図 1.3.9　インドネシア・スラウェシ地震津波災害における液状化・地すべり・津波の連鎖機構

【令和 2 年度】

●実地震を対象として複合型の震源モデルを構築し、強震動シミュレーション結果を強震記録と比較することによりその妥当性を検証

規模の大きい内陸地殻内地震において、地表面付近まで大きなすべりが生じる場合や、地表地震断層が現れる場合は、その近傍において永久変位成分を含む地震動が生じる。このような永久変位成分を含む地震動は、フリングステップと呼ばれることが多い。

1995 年兵庫県南部地震の際の神戸市内の地震動には顕著なフリングステップは含まれていなかったが、2016 年熊本地震本震の際には、地表まで破壊が進展したことに伴い、断層近傍の西原村小森などで顕著なフリングステップが観測された。

2016 年熊本地震本震の際に観測されたフリングステップは立ち上がり時間が 2s 程度と短く、構造物に対して顕著な応答をもたらしうるものであった。

本研究では、従来から設計において考慮されている断層深部のアスペリティの破壊に伴う強震動に加え、断層浅部のすべりによるフリングステップも考慮できる包括的な強震動予測手法の開発を目標とする。

その際、工学的な応用を考慮し、できるだけ簡便で利用しやすくかつ計算精度も確保できる震源モデルとすることを念頭におく。

令和2年度は、強震動シミュレーション手法について、精度の良い計算を行うために必要となる断層面の離散化の方法、複素周波数の利用方法などについて、基礎的な検討を行い、成果を公表した（図 1.3.10）。

また、実際の地震を対象にして、従来から設計において考慮されている断層深部のアスペリティの破壊に伴

う強震動に加え、断層浅部のすべりによる影響も考慮できる複合型の震源モデルを構築し、強震動シミュレーション結果を強震記録と比較することによりその妥当性の検証をすすめた（図 1.3.11）。

さらに、近年発生した米国の被害地震について震源断層の破壊過程の推定を行い、成果を米国地震学会が刊行する“Bulletin of the Seismological Society of America”にて公表した（図 1.3.12）

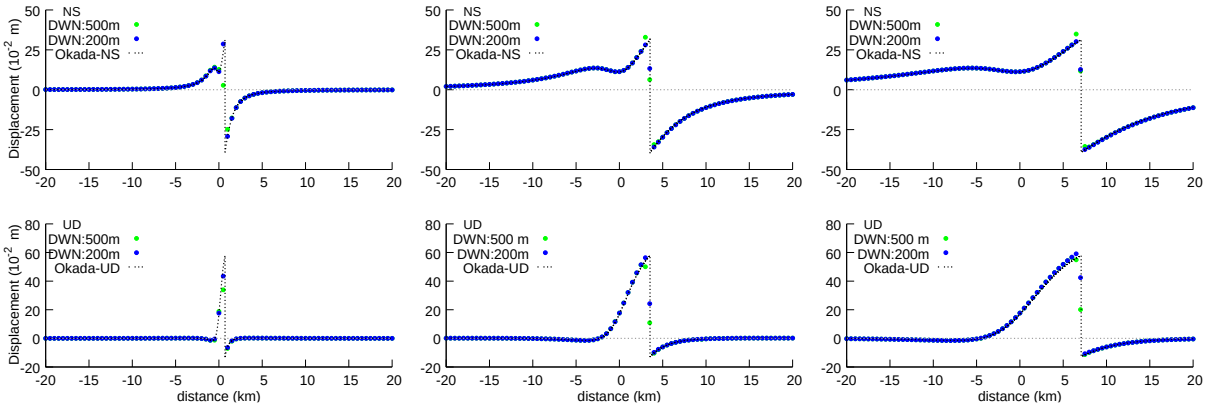


図 1.3.10　永久変位成分を含む地震動の計算精度に関する基礎的な検討の例

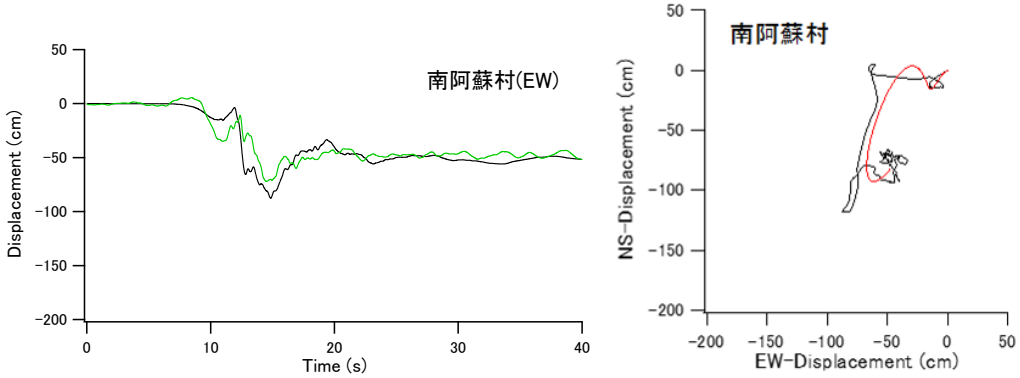


図 1.3.11　実地震を対象とした複合型の震源モデルによる強震動シミュレーション結果の例

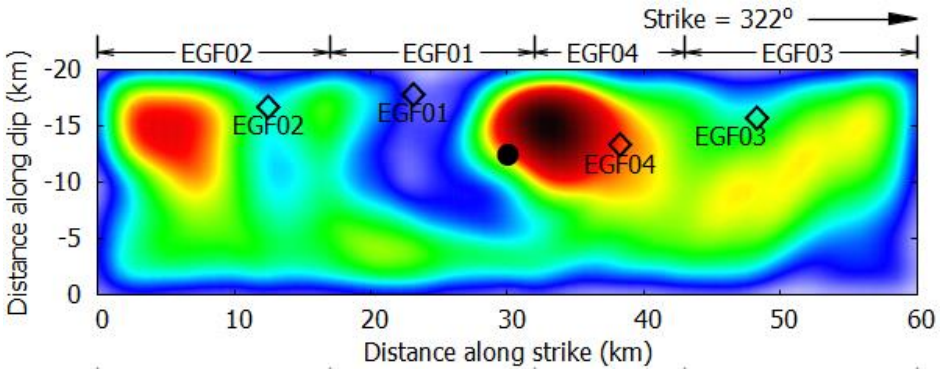


図 1.3.12　2019 年 7 月 6 日米国 Ridgecrest 地震（Mw7.1）のすべり量分布
（断層を北東側から見た図，●は破壊開始点）

●近年発生した被害地震について震源断層の破壊過程を推定

地震によって発生した津波や台風や低気圧によって発生した高波によって、護岸や堤防などの多くの沿岸地盤構造物が被災してきた。地盤を含んだ被災も多く発生している。

一方で、津波や高波に対する沿岸構造物の設計においては、被覆工や上部工など構造部材の安定性に着

目されることが多く、地盤を考慮した安定性については評価が不十分なことも多かった。

このような背景から、波・流れによる沿岸地盤構造物の変形・破壊特性を把握し、その安定性を評価するとともに、安定性を保てない場合の対策方法を検討することを目標とし、令和2年度より本研究を開始した。

この研究では、実物スケールでの流体と地盤の挙動を同時に再現できる遠心模型実験手法を適用する。その際、遠心模型実験装置用波・流れ再現装置を利用し、波と流れに対する沿岸地盤構造物の変形・破壊過程を観察する。

また、数値解析も実施し、より詳細に変形・破壊メカニズムを検討する。令和2年度は波・流れに対する沿岸地盤構造物の変形・破壊過程を調べ（図 1.3.13 左）、不規則波によっても引き波時に護岸が倒壊すること、地盤内水位が高まるほど護岸が不安定化することを確認した。

また、深層混合処理工法を用いた補強に関する実験を先行的に実施し（図 1.3.13 右）、堤体内部に固化処理土を設けることで越流時に天端高さを保てること、適切な固化処理土の強度設定が必要であることを確認した。

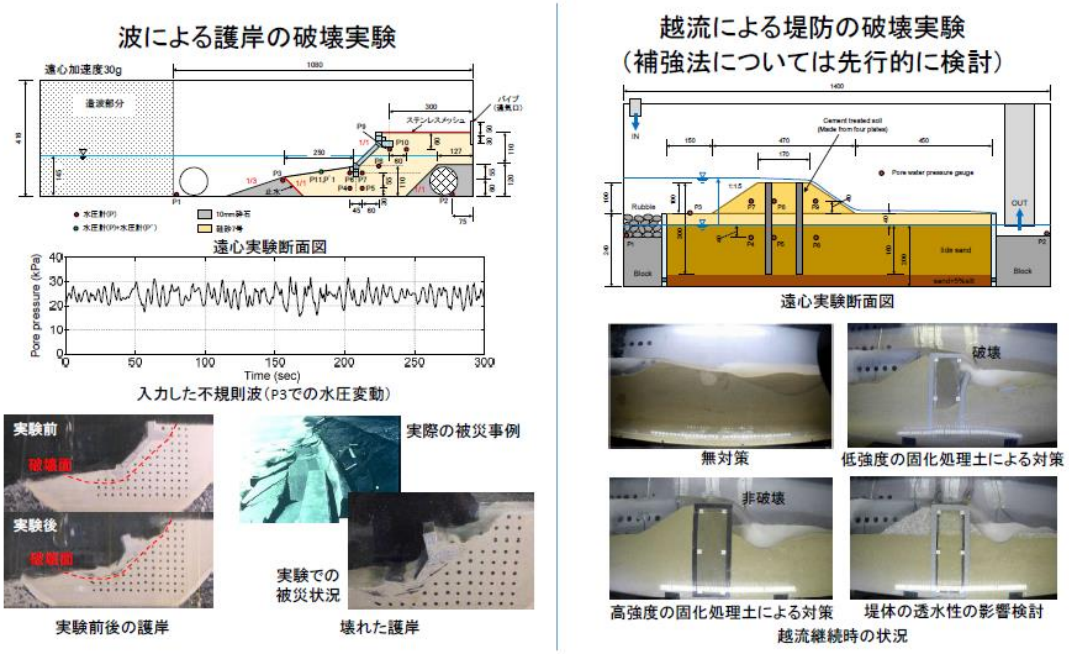


図 1.3.13　波による護岸の破壊実験（左）と越流による堤防の破壊実験（右）

成果の一部を米国地震学会が刊行する”Bulletin of the Seismological Society of America”（2 編）および日本地震学会が刊行する”地震”（1 編）において公表

【令和 3 年度】

●複合型震源モデルの構築と検証

模の大きい内陸地殻内地震において、地表面付近まで大きなすべりが生じる場合や、地表地震断層が現れる場合は、その近傍において永久変位成分を含む地震動が生じる。このような永久変位成分を含む地震動は、フリングステップと呼ばれることが多い。

1995 年兵庫県南部地震の際の神戸市内の地震動には顕著なフリングステップは含まれていなかったが、2016 年熊本地震本震の際には、地表まで破壊が進展したことに伴い、断層近傍の西原村小森などで顕著なフリングステップが観測された。2016 年熊本地震本震の際に観測されたフリングステップは立ち上がり時間が 2s 程度と短く、構造物に対して顕著な応答をもたらしうるものであった。

研究では、従来から設計において考慮されている断層深部のアスペリティの破壊に伴う強震動に加え、断層浅部のすべりによるフリングステップも考慮できる包括的な強震動予測手法の開発を目標とした。

その際、工学的な応用を考慮し、できるだけ簡便で利用しやすくかつ計算精度も確保できる震源モデルとすることを念頭においた。

令和3年度は、これまでに行ってきた数値計算法の適用条件に関する検討（図 1.3.14）の結果を踏まえ，実地震である熊本地震本震を対象にして、従来から設計において考慮されている断層深部のアスペリティの破壊に伴う強震動に加え、断層浅部のすべりによる影響も考慮できる複合型の震源モデルを構築し、強震動シミュレーション結果と強震記録を比較することにより手法の妥当性を検証し（図 1.3.15）、成果のとりまとめを行った。

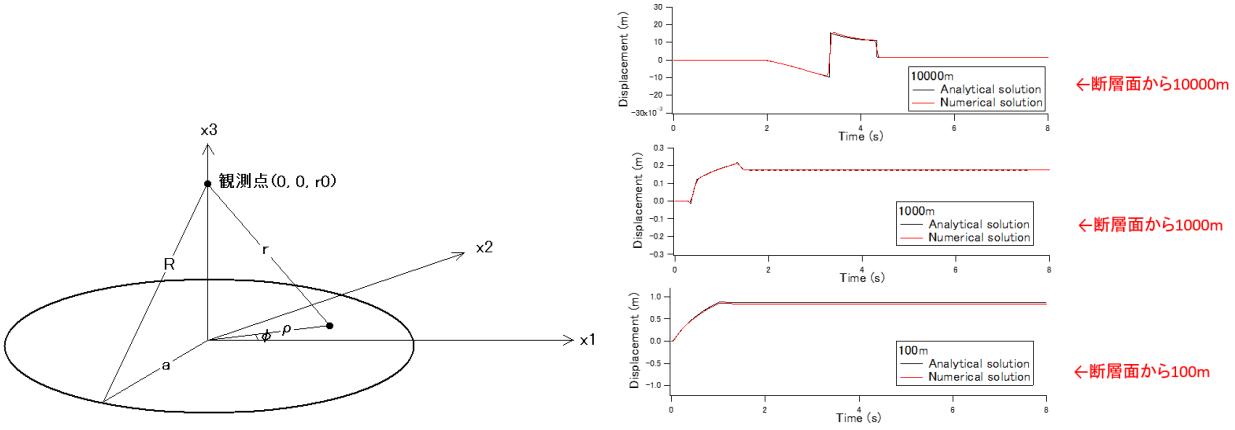


図 1.3.14　数値計算法の適用条件に関する検討を行った際の
観測点配置（左）と検討結果（右）

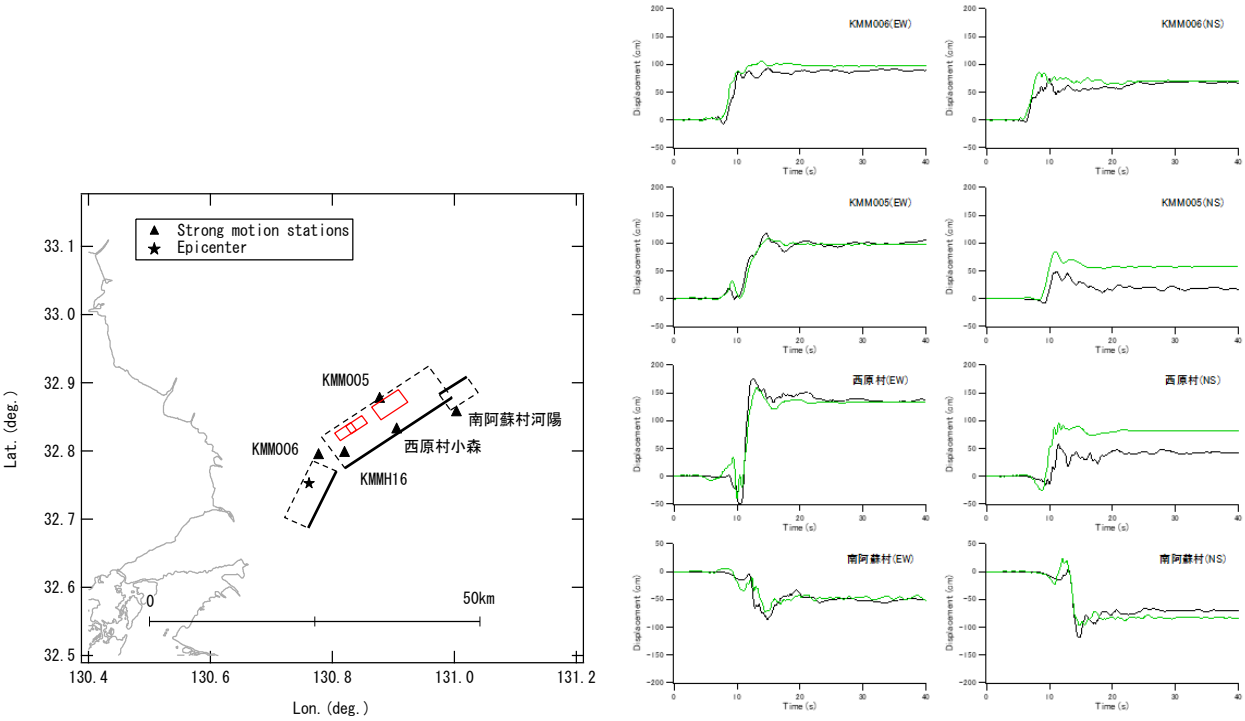


図 1.3.15　実地震を対象とした複合型震源モデル（左）と
それによる強震動シミュレーション結果（右）

★地震・津波・高波と地盤ダイナミクスの相互作用

【平成 28 年度】

●海底地すべり・重力流の発達過程等による防波堤の不安定化機構を解明

⇒港湾の技術基準に反映

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。

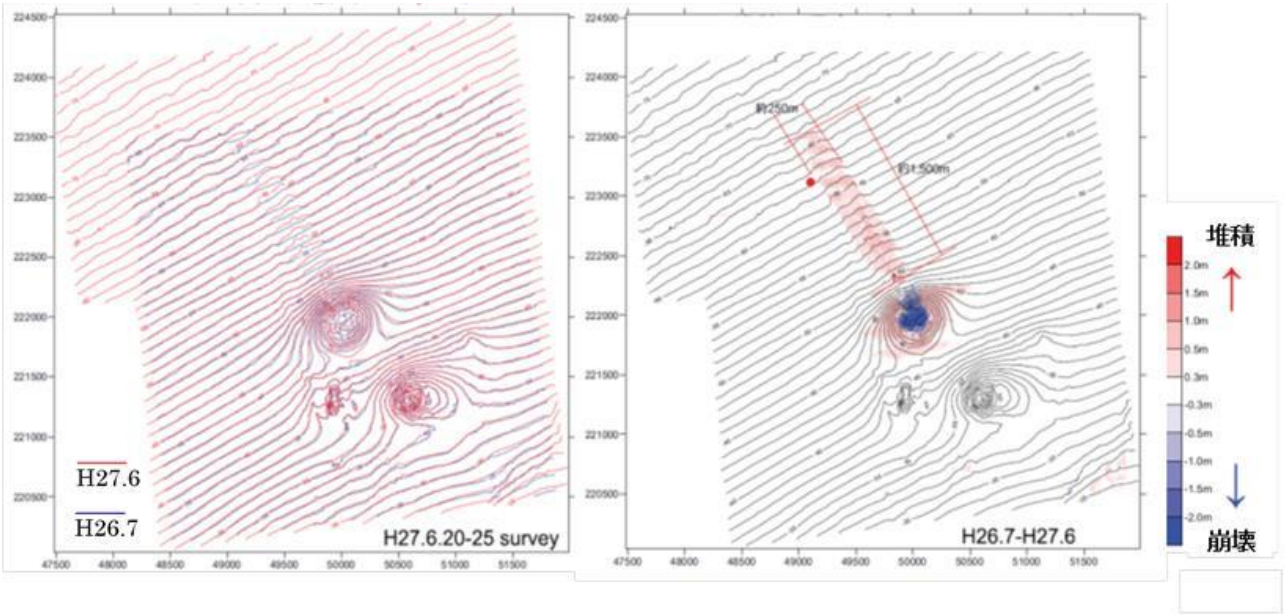


図 1.3.16　海底地すべり・重力流の発達過程のモデルの検証
（左：海底地盤流動の実測,右：計算結果）

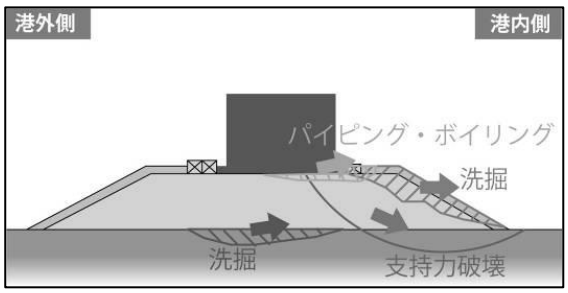


図 1.3.17　防波堤基礎の浸透作用による不安定化

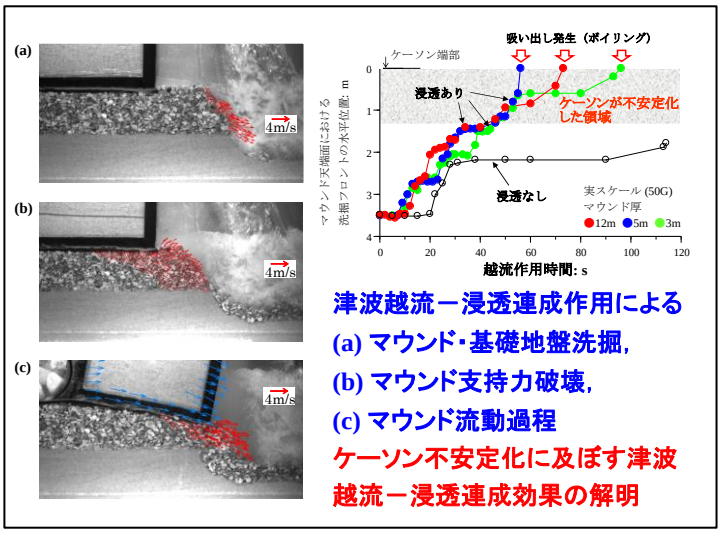


図 1.3.18　浸透流による不安定化の実験

【平成 29 年度】

●波浪・地盤の複合問題で、新たに導入したセンサーによる観測で、護岸崩壊を確認

今後大型化が想定される台風や低気圧に伴う高波に対して、地盤を含んだ、海岸保全施設の安定性評価

手法の構築に着手した。

波に対する地盤の安定性を調べる遠心模型実験を実施し、地盤内の応力や水圧が地盤の安定性に影響を与えることを明らかにした。その際、不飽和地盤内の水圧状態を調べるためのセンサーを開発し、高速度カメラによる動画撮影等も活用した。

また、浅海変形させるための距離を取れない狭い試料容器内で砕波を再現するための検討を行い、遠心模型実験と数値解析との対比を行った。

さらに、地盤の安定性を解析する方法についても検討を行った。

本研究は、波浪と地盤の複合問題であり、先駆的・独自的な研究である。

遠心力場で波と流れを同時に再現できる装置を世界で初めて製作した。

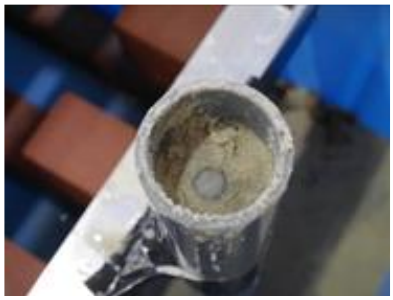


図 1.3.19　水圧計測センサーヘッド部

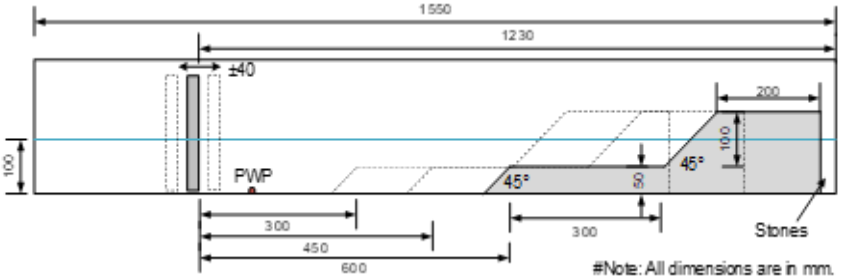


図 1.3.20　砕波状況確認実験断面図

【平成 31 年度、令和元年度】

●2018 年インドネシア・スラウェシ地震津波を対象とし、地震液状化に伴う海岸・海底地すべりによる津波の発生機構を世界に先駆けて解明

南海トラフ地震、首都直下地震等、地震動の連成作用や細粒分を含有する地盤を対象として液状化挙動の評価・分析を行い、液状化域の進展・伝播に伴う地盤内流動特性・機構を明らかにし、これを踏まえ、新たな地盤対策技術および液状化被害抑止技術の開発・提示を行った。

液状化に伴う臨港道路等表面の大きな変状は、液状化した地層から地表に向けて水圧が伝播し、ボイリングによって顕著な変状がもたらされる場合が多い。

本研究ではこのことに着目し、表面付近に人工排水材を導入することで、液状化の発生を許容しつつも、液状化域の伝播を抑制することによって地盤内の流動を防ぎ、それにより液状化に伴う噴砂・　ボイリングと地表面付近の変状を抑制する新たな技術の開発を行った（図 1.3.21）。

この技術について、1G 場の模型実験及び遠心力場実験を通じて有効性を明らかにした。

この工法は、最大級の地震発生時に港湾等に立地する道路面の変状を抑えるコスト面で有利な対策方法として大いに期待される。

これに加え、2018 年に発生したインドネシア・スラウェシ地震津波災害を対象とし、地震液状化に伴う海岸・海底地すべりによる津波の発生機構、特に地震液状化・地すべり・津波の連鎖機構を世界に先駆けて明らかにした。

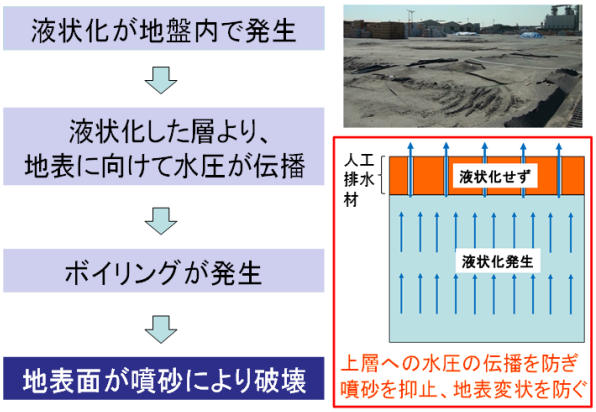


図 1.3.21　人工排水材を用いた液状化伝播・ボイリング被害抑止工法：概念図

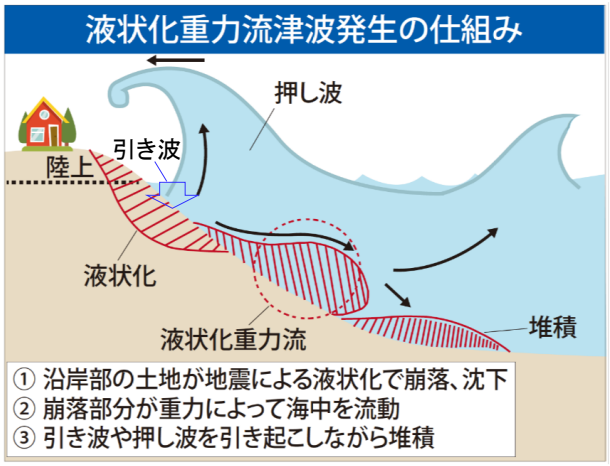


図 1.3.22　インドネシア・スラウェシ地震津波災害における液状化・地すべり・津波の連鎖機構

●地震・波・流れ等の多様な動的外力下の吸出し・空洞の生成・発達及び陥没等を有効に抑制しうる対策技術について検討・検証

地震・波・流れによる多様な動的外力作用下の吸い出し・陥没等安定性評価と分析を行い、当該特性・メカニズムを明らかにするとともに、吸い出し・陥没抑止に有効な新たな対策技術を提示した。

様々な水理外力下における地盤内の空洞形成・陥没の進行過程について、大型水理模型実験により検討した。

水理外力の繰り返し作用により、地盤内で空洞が徐々に拡大し、陥没に至る吸い出しの一連の進行過程に水理外力の作用方向が大きく影響することを明らかにするとともに、均等係数 3.0 以上のフィルター材を中央粒径比 20 以下で設置した場合、強い水理外力下においても十分な吸い出し抑止効果を発揮することを実証した（図 1.3.23）。

護岸・岸壁の吸い出し・陥没リスク抑制に向けて新たに考案・構築した緩衝材によるケーソン目地透過波低減法について、設置直後及び設置後１年間の追跡調査を行った結果、高波浪の影響や目地間の形状変更などの通年の周囲環境の変化後も、90%以上のきわめて高い波力低減効果が保持されること、ならびに、陥没サイクルが事前に把握されている複数の現場で陥没抑止効果を実証した（図 1.3.24）。

さらに、洋上風力発電施設基礎モノパイルやパイプラインなどの沿岸構造物の安定性評価と対策技術の研究を実施し、高波作用時の地盤液状化に伴うモノパイルの安定性やパイプ挙動ならびに効果的な対策法に関する知見を得た。

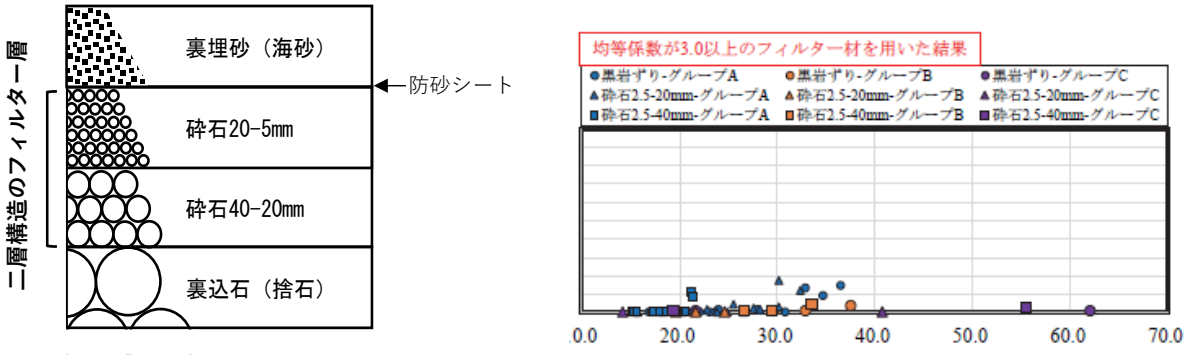


図 1.3.23　吸い出し防止対策としての二層構造のフィルター層の概念図(左)と
フィルター層の設計指針に関する検討(右)

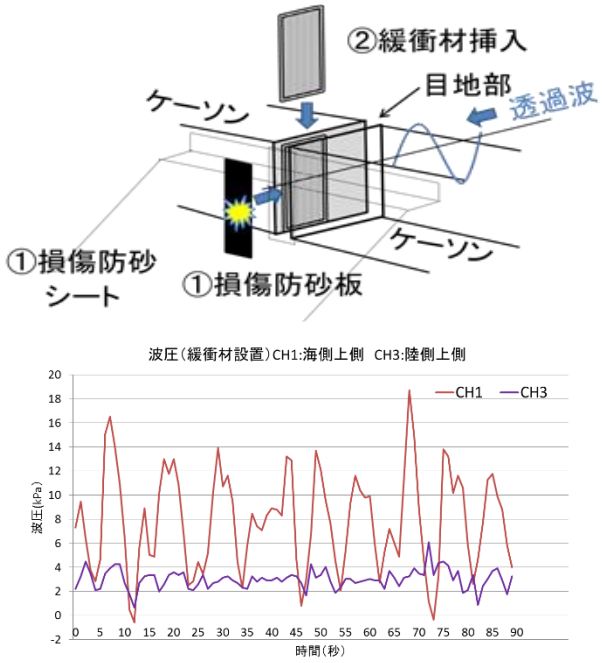


図 1.3.24　ケーソン目地透過波低減法(左)とその効果(右)
（赤線と青線の違いが低減効果を示す）

【令和 2 年度】

●地震・波・流れによる多様な動的外力作用下の吸い出し・陥没等安定性評価と分析

●吸い出し・陥没抑止に有効な新たな対策技術を提示し、那覇空港増設滑走路、那覇港クルーズバース岸壁において実用化

●新たに考案・構築した緩衝材によるケーソン目地透過波低減法について、きわめて高い波力低減効果が保持されること、ならびに、陥没サイクルが事前に把握されている複数の現場で陥没抑止効果を実証し、鹿島港、相馬港、横浜港、高知港において実用化

地震・波・流れによる多様な動的外力作用下の吸い出し・陥没等安定性評価と分析を行い、当該特性・メカニズムを明らかにするとともに、吸い出し・陥没抑止に有効な新たな対策技術を提示した。

二層構造のフィルター層による吸い出し防止対策（図 1.3.25 左）について、水理外力の繰り返し作用により、地盤内で空洞が徐々に拡大し、陥没に至る吸い出しの一連の進行過程に水理外力の作用方向が大きく影響することを明らかにするとともに、均等係数 3.0 以上のフィルター材を中央粒径比 20 以下で設置した場合、強い水理外力下においても十分な吸い出し抑止効果を発揮することを実証した。

本対策法は那覇空港増設滑走路、那覇港クルーズバース岸壁において実用化された。

護岸・岸壁の吸い出し・陥没リスク抑制に向けて新たに考案・構築した緩衝材によるケーソン目地過波低減法（図 1.3.25 右）について、設置直後及び設置後1年間の追跡調査を行った結果、高波浪の影響や目地間の形状変更などの通年の周囲環境の変化後も、90%以上のきわめて高い波力低減効果が保持されること、ならびに、陥没サイクルが事前に把握されている複数の現場で陥没抑止効果を実証した（図 1.3.26）。

本対策法は鹿島港、相馬港、横浜港、高知港において実用化された。

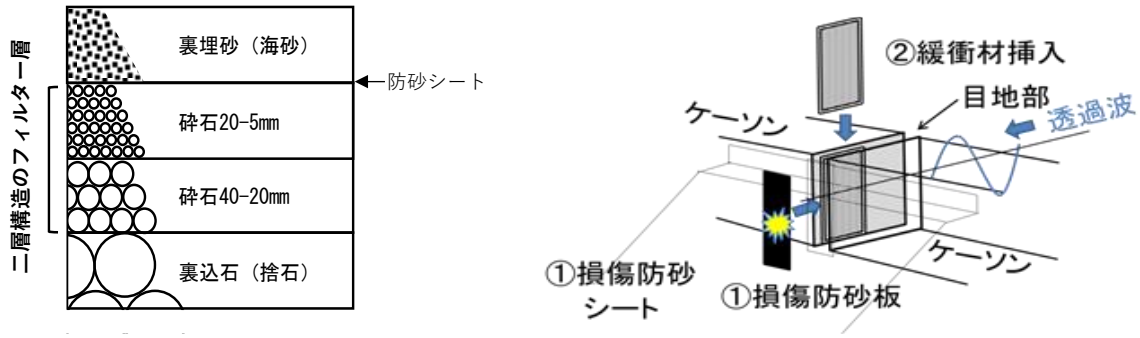


図 1.3.25 吸い出し防止対策としての二層構造のフィルター層の概念図(左)と
ケーソン目地透過波低減法(右)

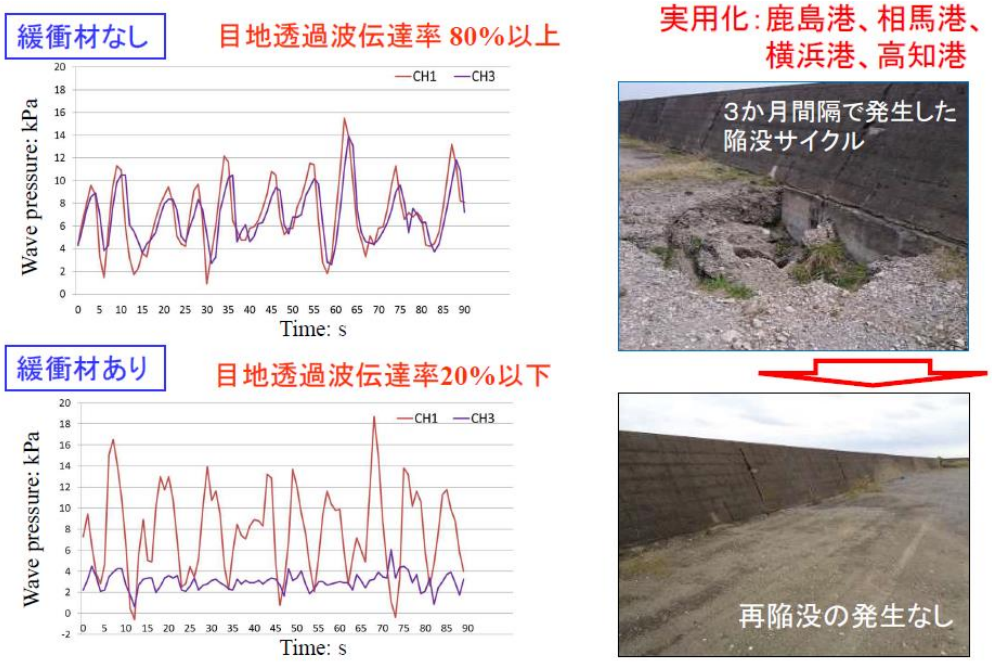


図 1.3.26 ケーソン目地透過波低減法による波力低減効果と陥没抑止効果

【令和 3 年度】

●遠心模型実験装置用波・流れ再現装置を利用し，波と流れに対する沿岸地盤構造物の変形・破壊過程を観察するとともに、数値解析も実施し、変形・破壊メカニズムを検討

地震によって発生した津波や台風や低気圧によって発生した高波によって、護岸や堤防などの多くの沿岸地盤構造物が被災してきた。地盤を含んだ被災も多く発生している。

一方で、津波や高波に対する沿岸構造物の設計においては、被覆工や上部工など構造部材の安定性に着目されることが多く、地盤を考慮した安定性については評価が不十分なことも多かった。

このような背景から、波・流れによる沿岸地盤構造物の変形・破壊特性を把握し、その安定性を評価するとともに、安定性を保てない場合の対策方法を検討することを目標とし、令和2年度より本研究を開始した。

この研究では、実物スケールでの流体と地盤の挙動を同時に再現できる遠心模型実験手法を適用する。

その際、遠心模型実験装置用波・流れ再現装置を利用し、波と流れに対する沿岸地盤構造物の変形・破壊過程を観察する。

また、数値解析も実施し、より詳細に変形・破壊メカニズムを検討する。

令和3年度は、海岸堤防の地震後の液状化状態での津波来襲実験を行い（図 1.3.27）、堤防の変形・破壊挙動を調べた。振動により地盤が液状化し、津波が来襲することで地盤内の間隙水圧が高まり、矢板を歪ませることを確認した。

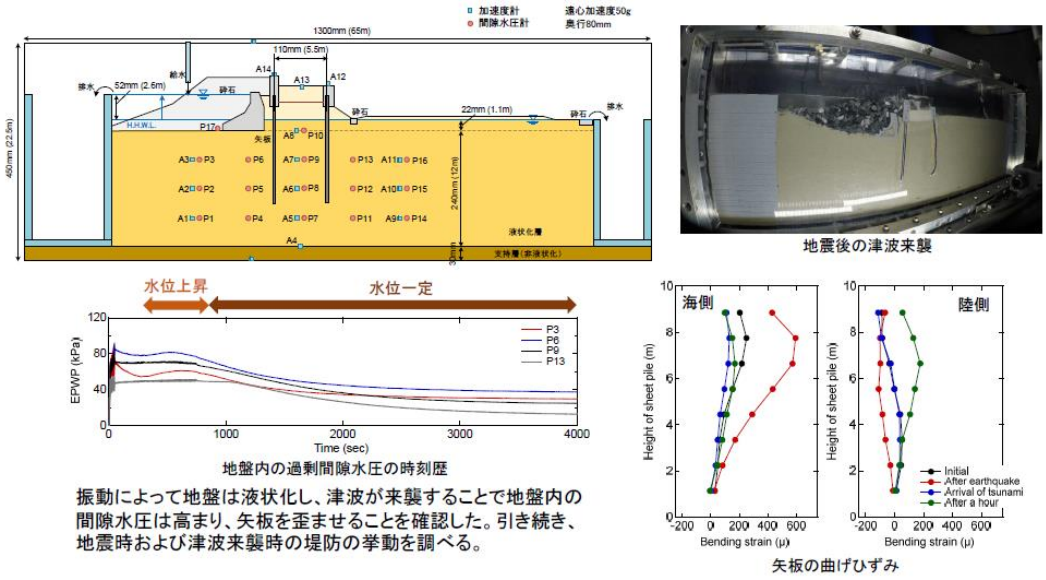


図 1.3.27　海岸堤防の地震後の液状化状態での津波来襲実験

<u>★最大級の地震に対する被害軽減技術</u>

【平成 28 年度】

◇大型振動台「E-ディフェンス」を用い、液状化対策を施した断面と施さない断面を比較検討

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、桟橋、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ある。



図 1.3.28　大型振動台「E-ディフェンス」



図 1.3.29　実験の報道の様子

【平成 29 年度】

●大幅にコスト縮減と工期短縮を図る「櫛形鋼矢板工法」を開発し、港湾海岸整備事業に導入
⇒「港湾における護岸等の耐震に係るガイドライン」に反映

過去の地震記録やレベル2地震を用いた地震応答解析などを実施して、鋼管部材の数値解析モデル化法を開発し、桟橋、鋼管矢板式岸壁および矢板控え工の照査用限界値を変更した新たな耐震設計法を提案した。これらの成果は、平成 30 年改訂予定の港湾の技術基準へ反映された。

また、大ひずみ領域（ひずみ 0.1%超）における地盤の動的変形特性を把握するため繰返しせん断試験を実施し、大ひずみ領域の排水条件及び荷重載荷条件の影響を検討した。

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

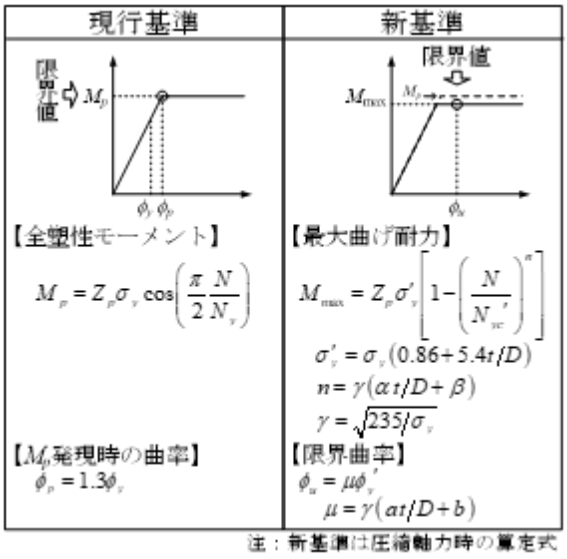
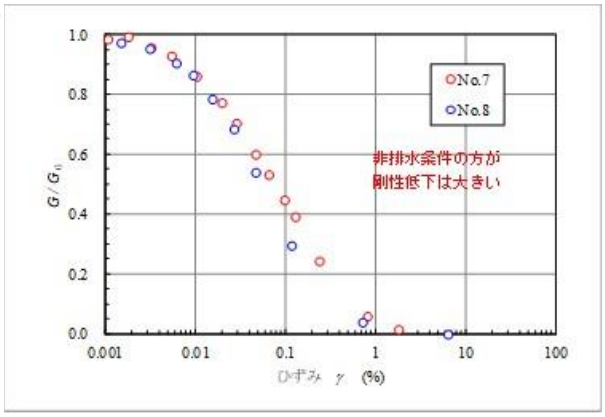


図 1.3.30 鋼管部材のモデル化法と限界値の比較



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

図 1.3.9 動的変形特性における排水の影響

【平成 30 年度】
●北海道胆振東部地震で被災した苫小牧港を現地調査し、強震観測記録、震源断層の破壊過程に関する分析結果等を基に、復旧に向けた技術的支援を実施
⇒行政機関から高い評価

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

9 月に発生した北海道胆振東部地震については、震源断層の破壊過程の推定、震源近傍の強震記録の分析などに取り組むとともに、強震計のなかった苫小牧東港で余震観測を行い、得られた記録に基づき東港での地震動の推定を行った。その際、周辺の強震記録を説明できるような疑似点震源モデルを構築し（図 1.3.31）、これを利用して苫小牧東港での地震動を推定した（図 1.3.32）。結果については本省等に情報提供を行い、復旧の検討にも用いられた。

今後は震源近傍における地震動の精度向上などの課題に取り組んでいく。

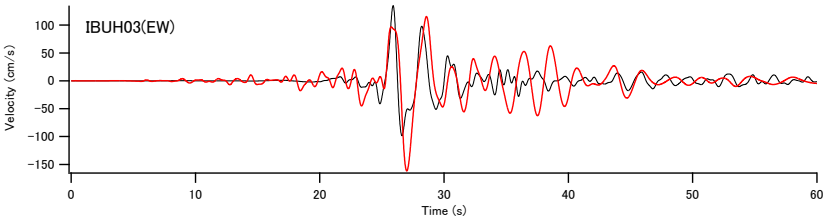


図 1.3.31　北海道胆振東部地震を対象とした疑似点震源モデルによる
KiK-net 厚真（IBUH03）での速度波形（0.2-2Hz）の計算結果（赤）と観測結果（黒）

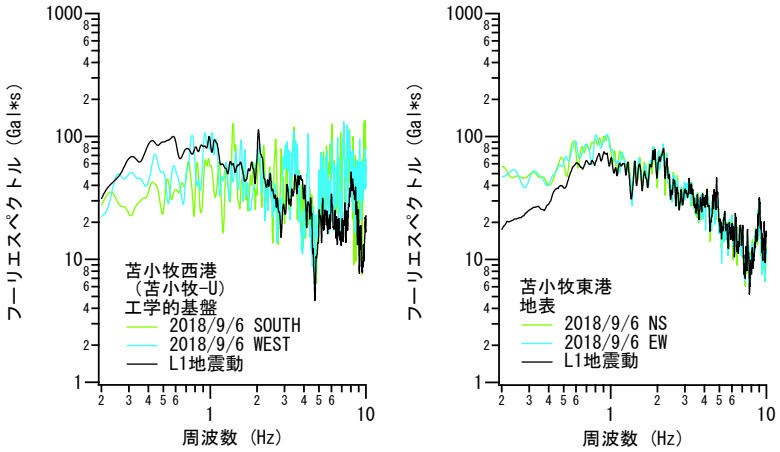


図 1.3.32　（左）苫小牧西港におけるレベル 1 地震動と北海道胆振東部地震の地震動の比較.
（右）苫小牧東港におけるレベル 1 地震動（西港におけるレベル 1 地震動をサイト増幅特性の
違いの分だけ補正したもの）と北海道胆振東部地震の地震動（推定値）の比較

【平成 31 年度、令和元年度】

●地震動・浮力等の多様な組み合わせ外力下で設計を行うための解析コードの開発

地震・波・流れによる多様な動的外力作用下の吸い出し・陥没等安定性評価と分析を行い、当該特性・メカニズムを明らかにするとともに、吸い出し・陥没抑止に有効な新たな対策技術を提示した。

様々な水理外力下における地盤内の空洞形成・陥没の進行過程について、大型水理模型実験により検討した。水理外力の繰り返し作用により、地盤内で空洞が徐々に拡大し、陥没に至る吸い出しの一連の進行過程に水理外力の作用方向が大きく影響することを明らかにするとともに、均等係数 3.0 以上のフィルター材を中央粒径比 20 以下で設置した場合、強い水理外力下においても十分な吸い出し抑止効果を発揮することを実証した（図 1.3.33）。

護岸・岸壁の吸い出し・陥没リスク抑制に向けて新たに考案・構築した緩衝材によるケーソン目地透過波低減法について、設置直後及び設置後１年間の追跡調査を行った結果、高波浪の影響や目地間の形状変更などの通年の周囲環境の変化後も、90%以上のきわめて高い波力低減効果が保持されること、ならびに、陥没サイクルが事前に把握されている複数の現場で陥没抑止効果を実証した（図 1.3.34）。

さらに、洋上風力発電施設基礎モノパイルやパイプラインなどの沿岸構造物の安定性評価と対策技術の研究を実施し、高波作用時の地盤液状化に伴うモノパイルの安定性やパイプ挙動ならびに効果的な対策法に関する知見を得た。

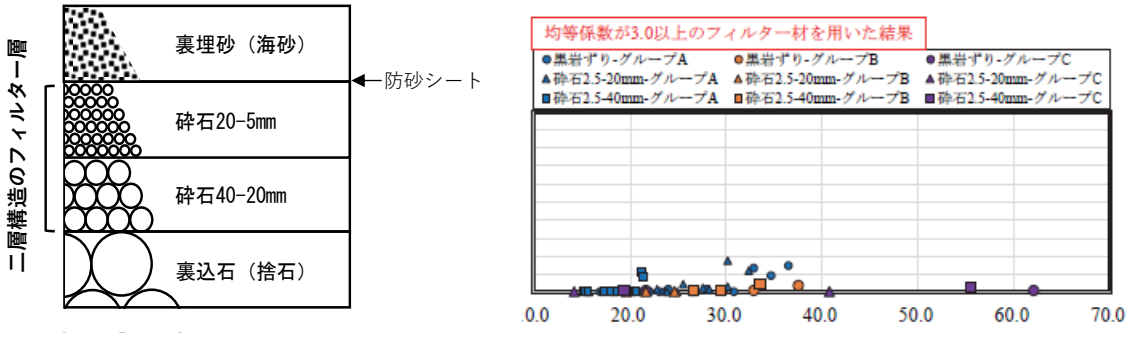


図 1.3.33　吸い出し防止対策としての二層構造のフィルター層の概念図(左)と
フィルター層の設計指針に関する検討(右)

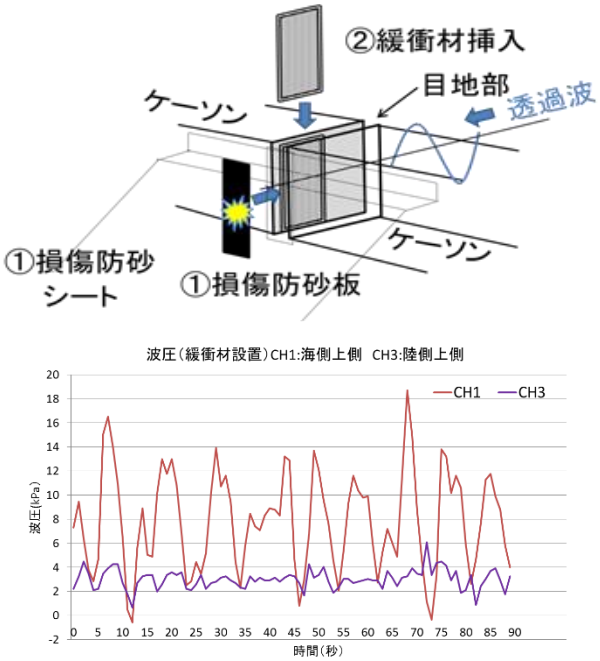


図 1.3.34　ケーソン目地透過波低減法(左)とその効果(右)
（赤線と青線の違いが低減効果を示す）

【令和 2 年度】

●洋上風力発電施設を対象として本研究で開発した地震応答解析プログラムを用い、モノパイル基礎を対象として、地震動・風力連成解析の影響、液状化層のモデル化方法の影響、海底面傾斜の影響等について解析

最大級の地震に対して港湾・空港施設の被害を的確に予測し、また対策工法の効果を評価していくためには、数値解析手法の信頼性の向上が欠かせないが、近年では対象施設も多様化してきており、また、予測される被害形態も様々である。

本研究では、これまでに蓄積された沿岸域構造物の地震時挙動に関する知見を活かし、耐震性能照査手法の一層の信頼性向上を目指すものである。

令和2年度は、洋上風力発電施設を対象として本研究で開発した地震応答解析プログラム（図 1.3.35）を用い、モノパイル基礎を対象として、地震動・風力連成解析の影響、液状化層のモデル化方法の影響、海底面傾斜の影響等について検討した。

地震動・風力連成解析の影響については、風は地震動による風車の振動を抑制する傾向があること、連成解析によれば単独解析の結果を足し合わせるよりも断面力が小さくなり経済的な断面となる可能性があること

を明らかにした。

液状化層のモデル化方法の影響については、地盤ばねの非線形性、有効応力の変化を精緻にモデル化した方が杭の断面力が小さくなることを示した。

海底面傾斜の影響については、海底面傾斜による流動変位が杭の断面力に及ぼす影響が大きいこと、海底地盤の傾斜の把握が重要であることを示した。

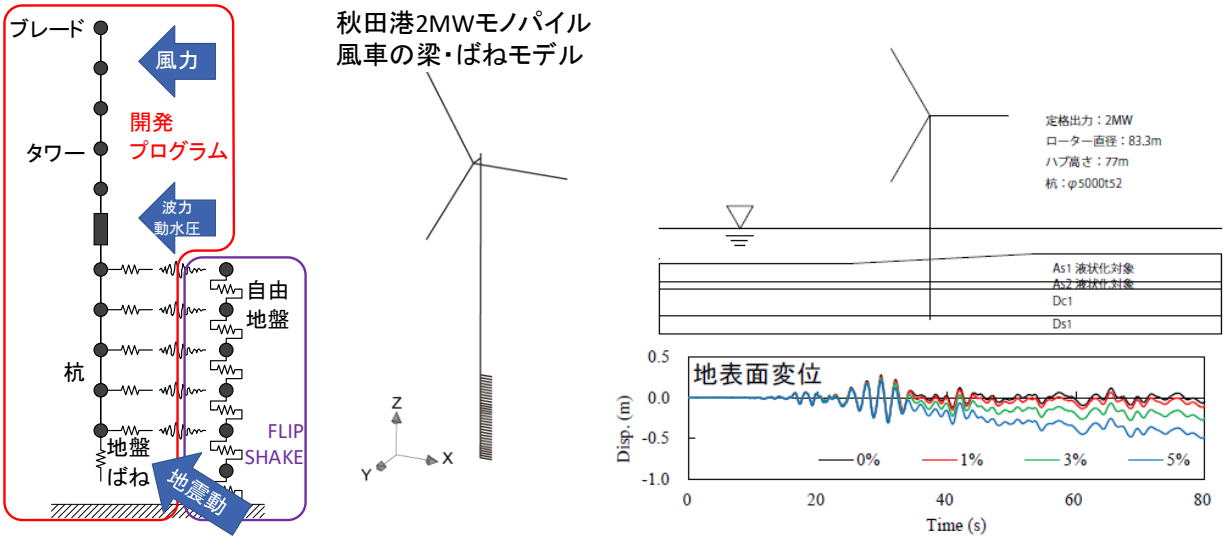


図 1.3.35　開発したプログラムと解析の一例

【令和 3 年度】

●既存施設への部材追加や地震損傷後の取り換えについて、施設供用への影響の小さい耐震補強、復旧の施工法について検討する

沿岸域施設の耐震性向上のための改良においては、これまで、地盤改良による方法が多く用いられてきたが、供用しながらの改良において制約が大きいものも多く、また、条件によっては改良範囲が大きくなり高コストとなる場合もある。

そこで、本研究では、構造的対策を含めた新たな耐震対策技術について検討する。

その際、従来のように単に地震に強い構造を検討するだけでなく、万が一被災した場合においても、一部の部材の交換等により早期の供用を可能とする構造についても検討する。

令和3年度は、直杭式桟橋に座屈拘束ブレースを追設した構造（図 1.3.36 左）について、さらに検討を進めた。

本構造では、追設部材の地震時の損傷を許容することで、構造全体としての損傷・変形を低減することに加え、地震後に追設部材だけを取り替えて早期に復旧を完了することを意図している。

過年度には追設部材を防振ゴム等により模擬した模型振動実験を行っており（図 1.3.36 右）、設置角度が部材追設の効果に影響を及ぼすこと、基礎杭の損傷の観点から適切な部材特性の選定が望まれること等の知見を得ており、令和3年度は、これらの結果を踏まえ、追設部材の構造の検討、全体系減衰への影響の検討、試設計の検討を行った。今後は対策断面の耐震性能照査手法の取りまとめを行う予定である。

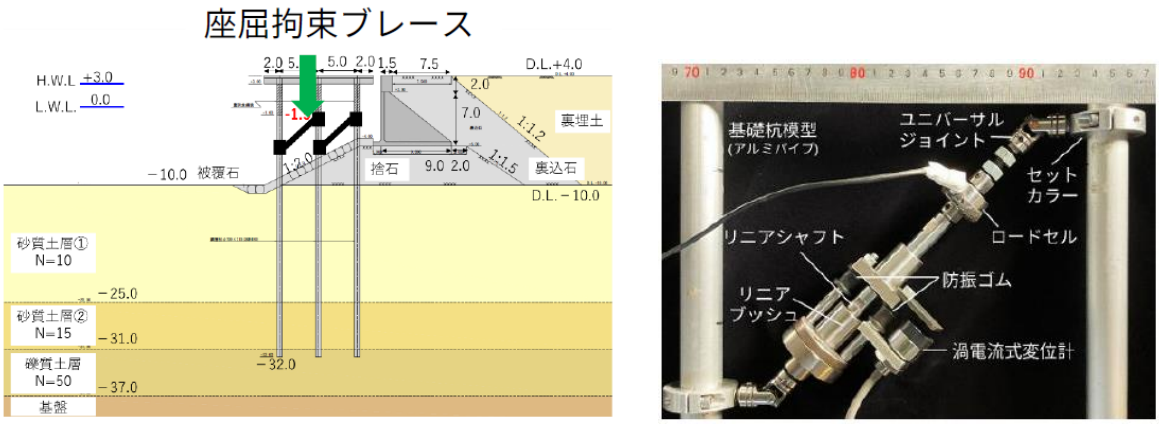


図 1.3.36　直杭式桟橋に座屈拘束ブレースを追設した構造（左）と
追設部材の再現実験に用いた防振ゴム等（右）

② 津波災害の軽減や復旧に関する研究開発

★ ICT による意思決定支援システム

【平成 28 年度】

●津波で漂流するがれきの発火・燃焼・鎮火モデルを構築

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 1.3.37 に 30 分間隔の計算結果を示す。

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。

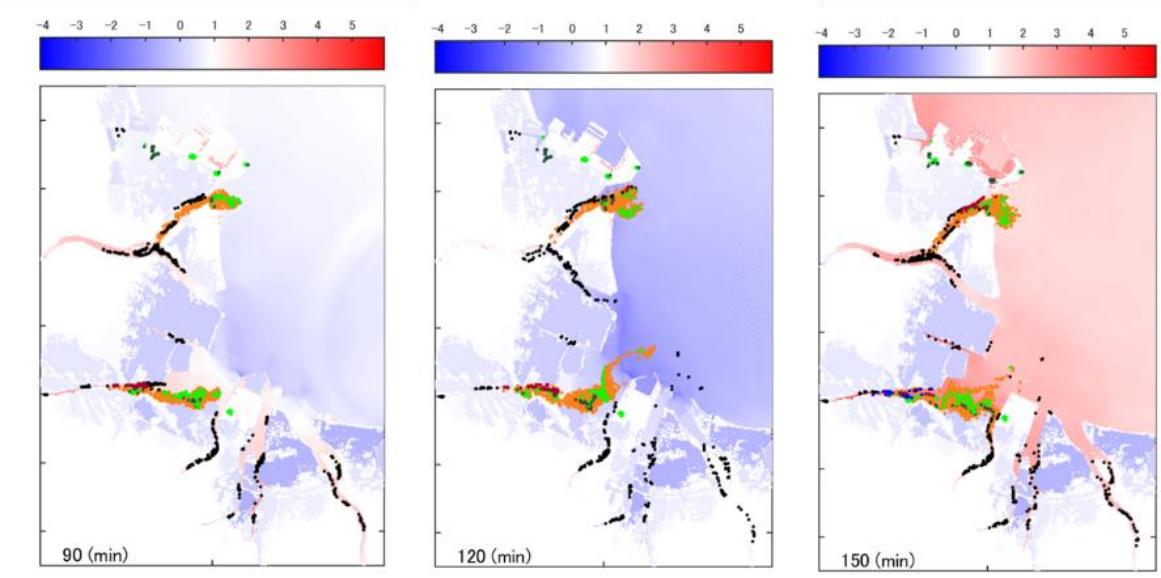


図 1.3.37　津波火災の数値計算（黄緑：漂流中の自動車・漁船、濃緑：漂流停止した自動車・漁船、
オレンジ：流出した油、 黒：未発火のがれき、 赤：燃焼状態のがれき、 青：鎮火後のがれき）

●従来モデルに波の分散性、海水の圧縮性、地球の弾性等の計算コードを統合
⇒遠地津波の到達時刻や波形の予測精度を大幅に向上

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 1.3.38 に示すように再現性を非常に高めることができた。

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。

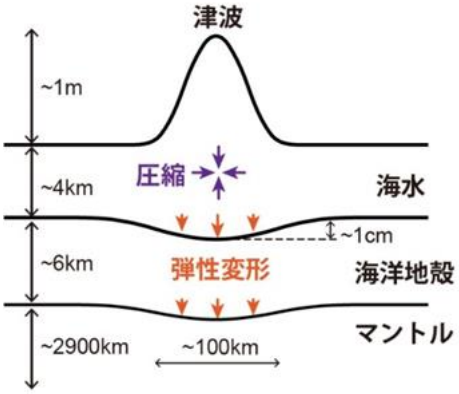


図 1.3.38　海水の圧縮性と地球の弾性が津波に及ぼす影響

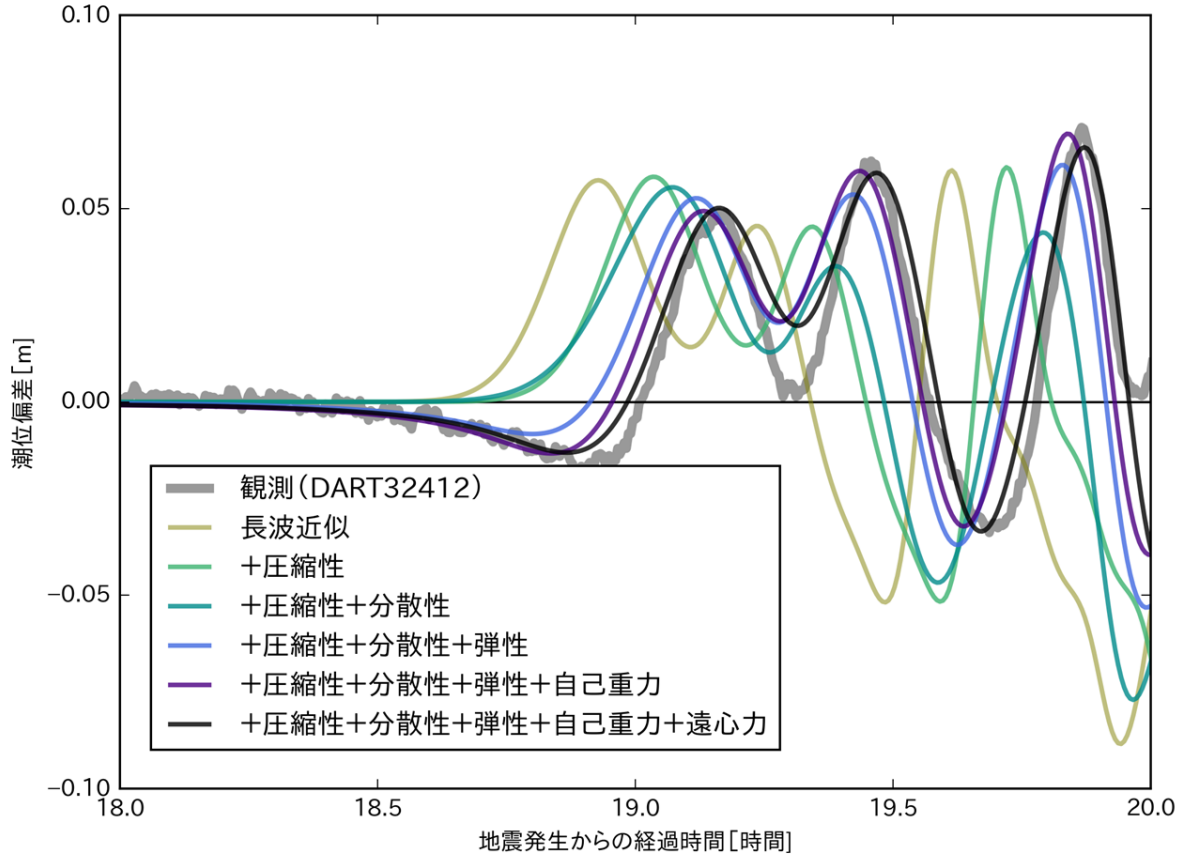


図 1.3.39　東北地方太平洋沖地震津波のペルー沖での波形
（長波近似が従来のモデル）

【平成 29 年度】

●津波計算モデルの流体・漂流物相互干渉部を改良

がれきの集積域で延焼が拡大する津波火災の予測には、がれきの発生・漂流・漂着の過程を適切に考慮する必要があり、既存の数値計算モデルにおける流体－漂流物相互干渉処理部を改良した。

また、図 1.3.40 に示すように、過去の漂流物実験の動画から各漂流物の位置を読み取り、漂流特性を解析した。

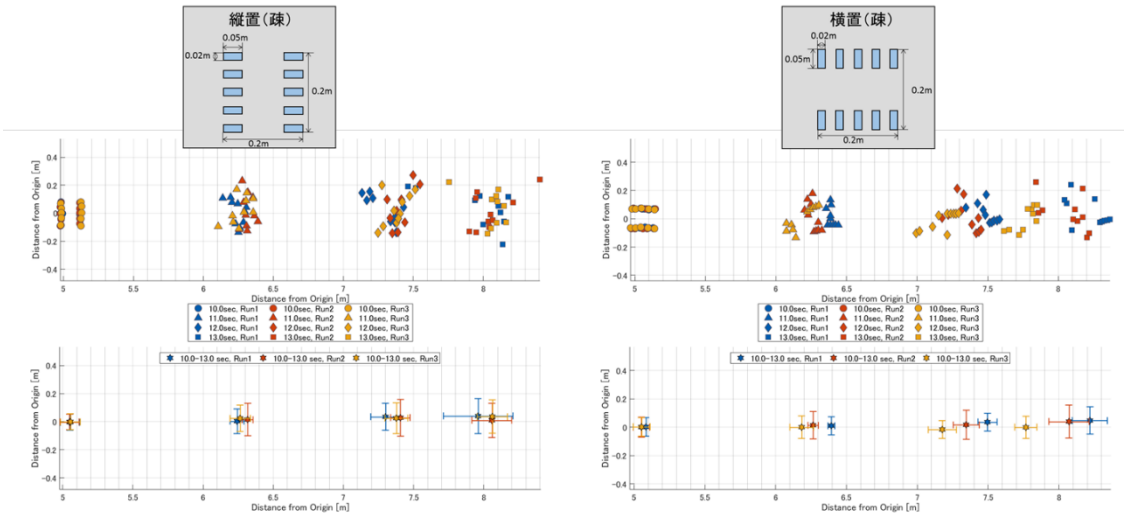


図 1.3.40　漂流物の挙動(上:初期の配置、中:各漂流物の位置、下:位置の平均と標準偏差

●GPS 衛星の配置情報や観測波形のウェーブレット変換により津波検知精度を向上

GPS 波浪計は GPS 衛星から届く信号を解析することで水面の高さを計測しているが、衛星配置に偏りがある場合などは水位データに顕著なノイズが混入することがあり、そのノイズには津波と類似した波形を描くものもあって、これが津波の早期検知の障害になっている。

そこで、GPS 波浪計の過去の観測値を再解析し、衛星配置等の情報と、図 1.3.41 に示す連続ウェーブレット変換によるフィルター処理とを組み合わせることで、津波の検知精度を高める手法を構築した。

さらに、GPS 波浪計と海洋レーダのようにノイズ特性の異なる複数のデータを適切に重み付けする新しい津波波源インバージョン手法について理論的な検討を行った。

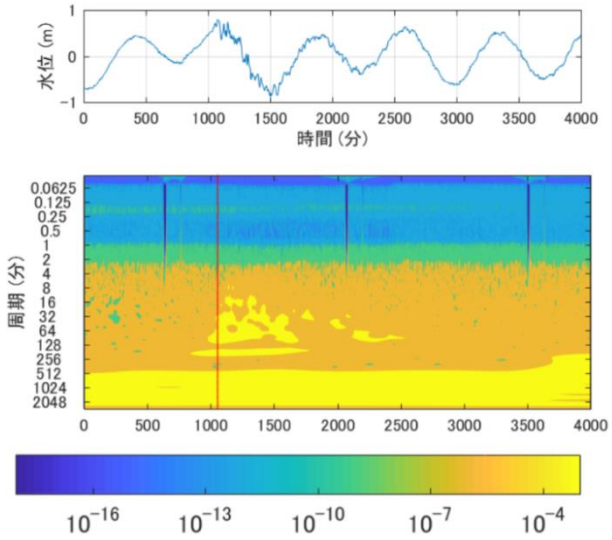


図 1.3.41　津波来襲時の水位データに対する連続ウェーブレット解析

【平成 30 年度】

●二次元の漂流物挙動モデルを完成、被災事例で再現計算

⇒南海トラフ地震津波の被害予測への活用に期待

岩手県山田町の浸水とがれき分布の計算結果を図 1.3.42 に示す。がれきの挙動の精度を高めることが、津

波遡上域の再現性を高められることにもつながった。このモデルは漂流物の挙動を平面二次元で扱ったものである。

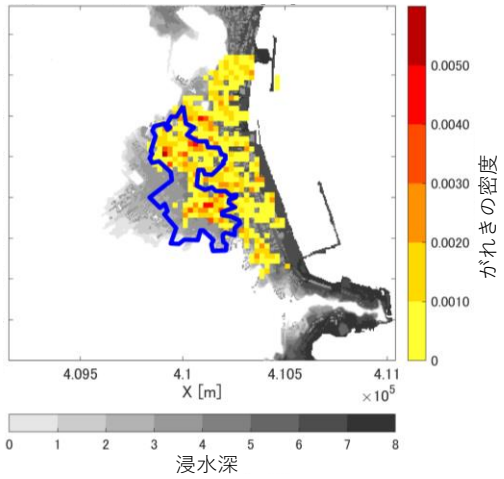


図 1.3.42　津波の浸水とがれきの漂流の計算

●海洋レーダーの観測値に含まれるノイズ特性を解析

海洋レーダーの観測のノイズが図 1.3.43 のように距離や方向に依存することを確認した。
また、津波伝播計算モデルを改良して、全球規模の長距離伝播を高精度に表現できるようにするとともに、計算効率も高めた。

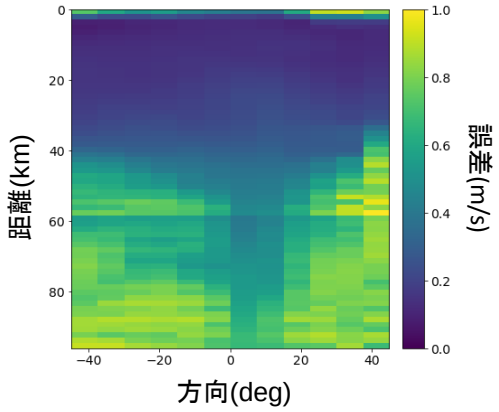


図 1.3.43　海洋レーダーの誤差特性

【平成 31 年度、令和元年度】
●三次元の漂流物挙動モデルの構築
●GPS 波浪計と海洋レーダーの観測値を用いた津波の検知・伝播予測モデルの開発

港湾と市街地の地形模型を用いた実験によって船舶スケールの漂流挙動の複雑さを把握した。図 1.3.44 は船舶スケールの漂流軌跡を示した結果であり、海底面や構造物との接触が漂流挙動に大きな影響を与えるものの、軌跡が少数のパターンに分かれることが分かった。

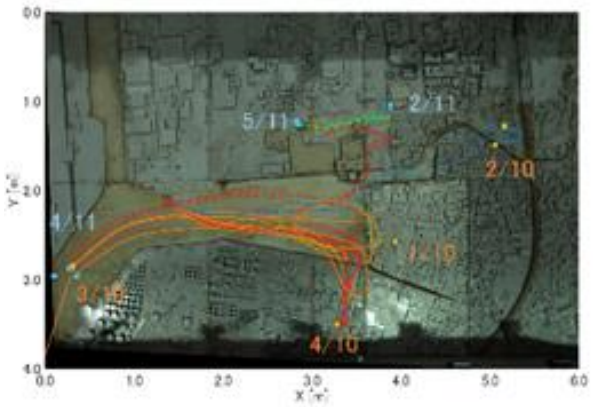


図 1.3.44　船舶スケールの漂流物の挙動の実験

【令和 2 年度】

●三次元漂流物挙動モデルの開発

岸壁上の漂流物の挙動を平面二次元と三次元のモデルで比較計算することで、平面二次元モデルでは考慮できない三次元の回転による地面との接触で漂流物の挙動を大きく変わることを確認した。

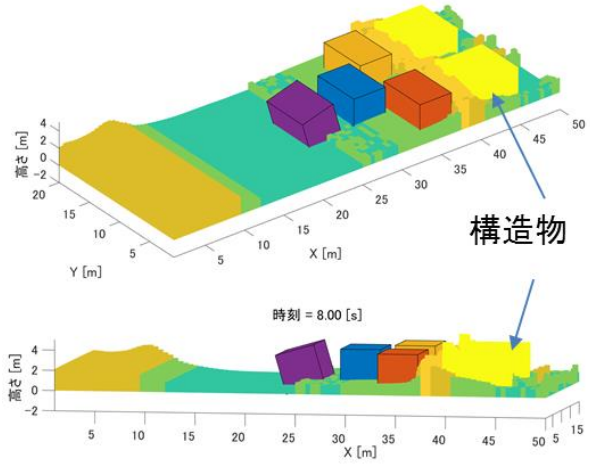


図 1.3.45　三次元漂流物モデルによる計算

●GPS 波浪計と海洋レーダーの複数観測情報から逆伝播解析し、モンテカルロ法を導入することにより、短時間で安定した波源断層の推定手法を確立

津波波源断層のパラメータの推定では、最適化関数が局所ピークを持つため、初期値の与え方によっては大域的な最適値に収束せず、推定値が安定しないという問題があった。波源インバージョン手法にレプリカ交換マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いることにより短時間で安定した波源断層の推定を実現した。

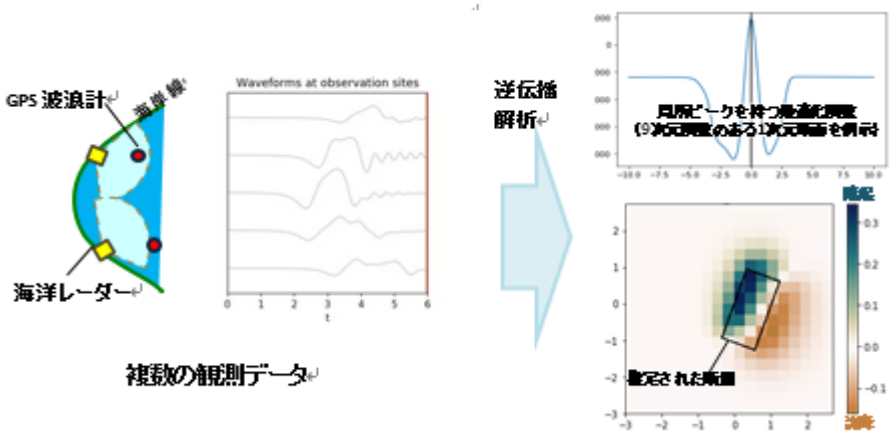


図 1.3.46　複数の観測地点のデータからの逆推定した波源断層

【令和 3 年度】

●漂流挙動の三次元性を簡便にかつ適切に平面二次元モデルに導入するための数値実験式の構築及び平面二次元モデルへの実装

モデルの改良により三次元漂流物モデルが安定化した。さらに段積みコンテナの倒壊計算等従来の漂流物モデルでは考慮できない計算が可能になった（図 1.3.47）。

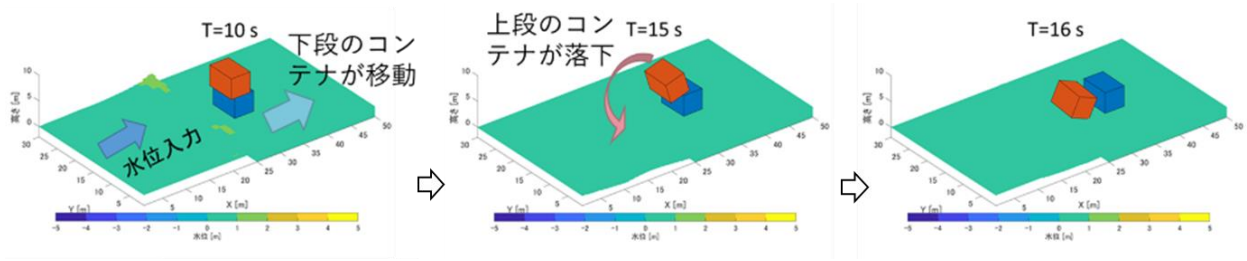


図 1.3.47　段積みコンテナの倒壊計算

●津波浸水シミュレーションモデルの開発

●線形分散波アジョイントモデルの構築

断層推定に基づく地殻変動推定を早期の被害推計に活用可能なレベルにまで効率化する新しい計算手法（アジョイント波形合成法）を開発し、津波波形の予測精度向上を確認した（図 1.3.48）。

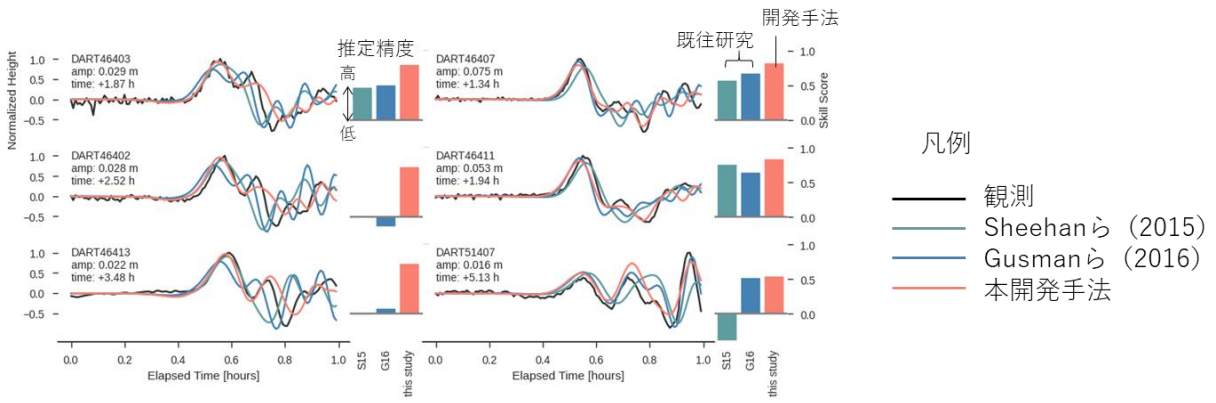


図 1.3.48　2012 年 Haida Gwaii 地震津波の観測波形（DART）と各種法による予測波形とその推定精度

★　耐津波強化港湾の形成

【平成 28 年度】

●津波の波源から防護施設の変形、後背地の浸水までを一気に計算するシミュレータを構築
　⇒複数モデルを双方向に結合し、引き波による諸現象の精度を向上させた点で世界最先端

　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 1.3.49 に示すようなシミュレータを構築した。図 1.3.50 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。

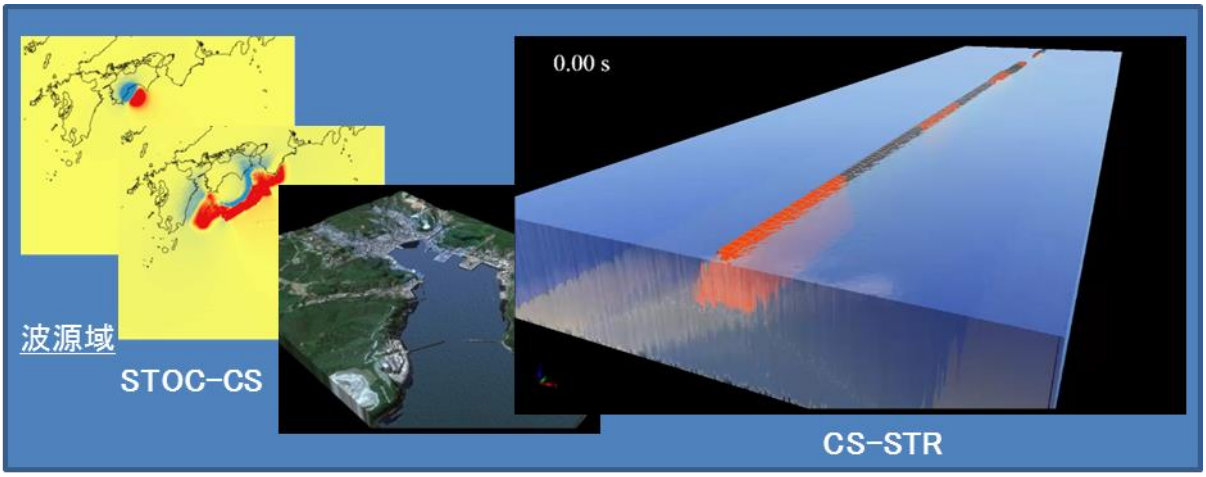


図 1.3.49　三次元高精細津波遡上シミュレータの構成

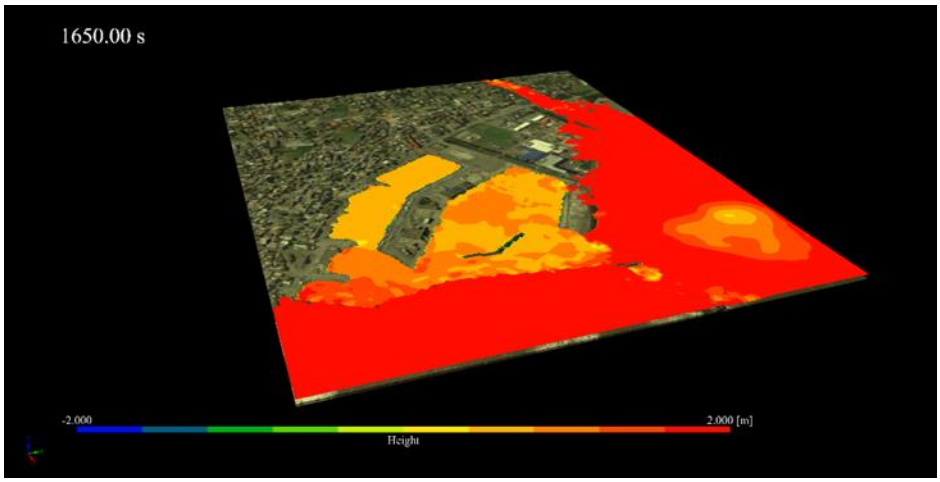


図 1.3.50　防護施設の変形を考慮した浸水計算の例

【平成 29 年度】

●シミュレータにハイブリッド並列計算手法を導入して計算効率を向上

　喫緊の課題である南海トラフ地震等に係る地震・津波対策として、地震・津波時の防波堤等の倒壊等を考慮した、世界最先端の三次元高精細津波遡上シミュレーションモデルを開発した。

　本モデルは、沖から岸まで複数のモデルを双方向に結合することで引き波も再現できるものである。MPI と OpenMP を使ったハイブリット並列計算手法を実装することで計算効率を向上させた。図 1.3.51 に示すように、

釜石港と高知港で試計算を行い、実用レベルとした。

併せて、来年度のシミュレータープログラム公開に向け、その利用マニュアルを整備し、入力支援ツールや統合実行環境の開発を行った。

さらに、防護施設の影響を適切に評価する手法として、フラジリティカーブを用いた評価手法を構築し、現地適用計算を通して手法の妥当性を検証した。

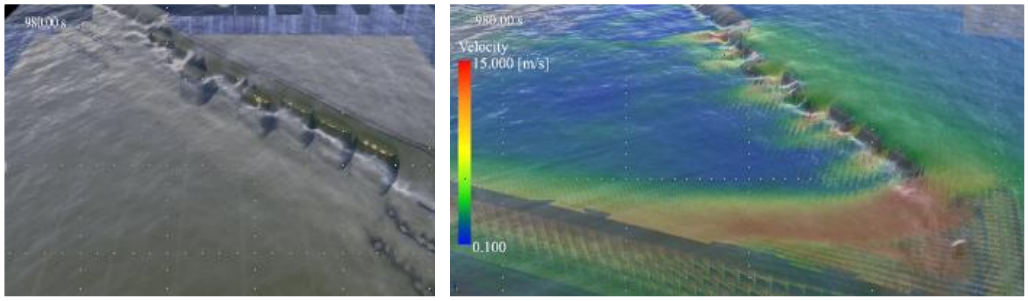


図 1.3.51　釜石港を例とした計算

【平成 30 年度】

●シミュレータに計算結果の可視化機能を追加、被災事例で試計算、プログラムを公開

⇒各地の防災計画の立案への活用に期待

図 1.3.52 に示すシミュレータは、計算効率を前年度の約 3 倍まで高め、避難シミュレータと可視化ツールを追加する改良を行い、完成させるとともに、そのプログラムを Web で公開した。

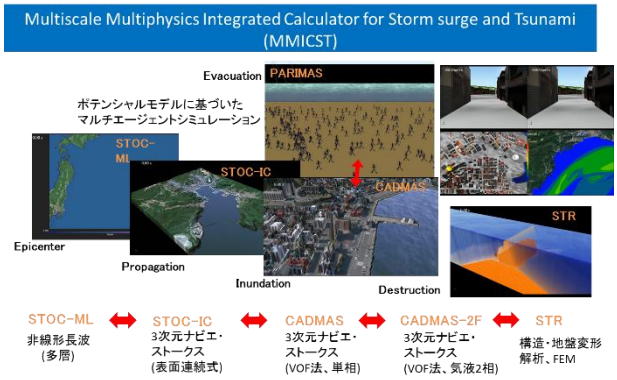


図 1.3.52　津波遡上シミュレータの構成

【平成 31 年度、令和元年度】

●施設の大きな変形を総合的に扱える計算モデルを開発

粒子法モデルによって防波堤周辺の流れを二次元と三次元で計算できるようになった。図 1.3.53(a)は、津波が堤体を越流する状況であり、消波ブロックや被覆ブロックの移動も考慮できる。(b)は、堤頭部を背後に回り込む様子であり、地盤の洗掘も考慮できる。今後は、複数の構造物に対して適用する。

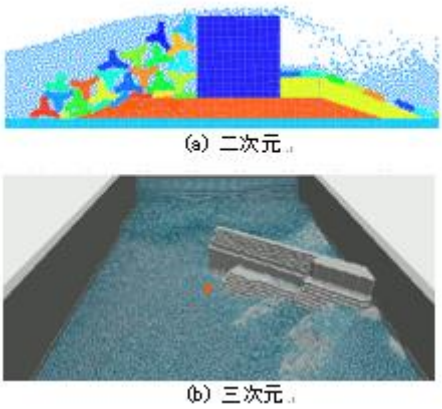


図 1.3.53　粒子法モデルによる防波堤の周辺の流れの解析

【令和 2 年度】

●津波の潜り込みによる防波堤の堤頭部の局所洗掘現象を大規模水理模型実験と数値モデル計算で明らかにし、連結式の袋詰め被覆工等による新たな洗堀防止工法を開発

●成果は、国の防波堤設計に反映され、連結式袋詰め被覆工の特許を取得

防波堤の堤頭部で、津波の潜り込みによって海底面で流速が増大し洗掘が生じる過程を模型実験と数値計算で明らかにした。

堤体に作用する波力の算定法をまとめ、連結式の袋詰め被覆工による新たな洗掘防止工等の安定性を確認した。

これらの成果は浦戸湾口の防波堤の設計に使われ、洗掘防止工法では特許を取得した。

津波起因の渦が人体を巻き込む過程と巻き込みを抑制するための必要浮力も明らかにした。



図 1.3.54　袋詰め被覆工による洗掘対策

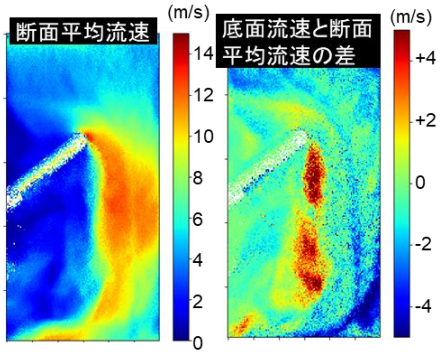


図 1.3.55　堤頭部の流速の計算

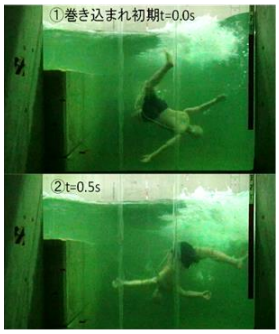


図 1.3.56　津波による巻き込み

【令和 3 年度】

●モデルの高精度化（圧力、水表面境界条件）を実施

●STOC 等との高精度な接続を可能とする造波境界モデルをソフトウェアに導入

新たな圧力モデルと水表面境界条件モデルの開発により衝撃圧再現時の数値ノイズが改善した（図 1.3.57、図 1.3.58）。

また、開発中のソフトウェアに令和 2 年度に開発した造波境界モデルと複雑地形に対応したユーザーインターフェースを実装した。

さらに、大量に計算を回すための自動連続計算機能をソフトウェアに実装した。

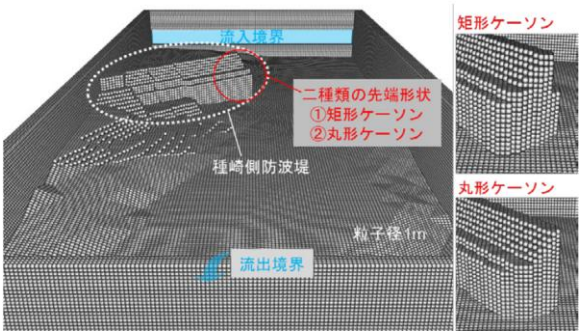


図 1.3.57　複雑地形に対応した UI の開発

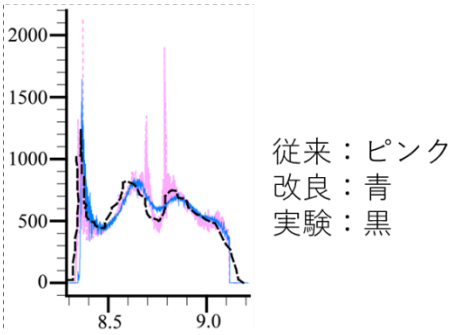


図 1.3.58　数値ノイズの改善（壁面波圧の時系列）

③ 高潮・高波災害の軽減や復旧に関する研究開発

★ 高潮・高波の予測と最大級の被害想定

【平成 28 年度】

●うねり性波浪の方向スペクトル解析の適用性を向上

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。

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。

●一つの内湾を例に最大級の台風による高潮と波浪を経験的台風モデルにより推算

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 1.3.59 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 1.3.60 に示すように、富山における波高と周期の経時変化も WAM より観測値に近づいている。

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。

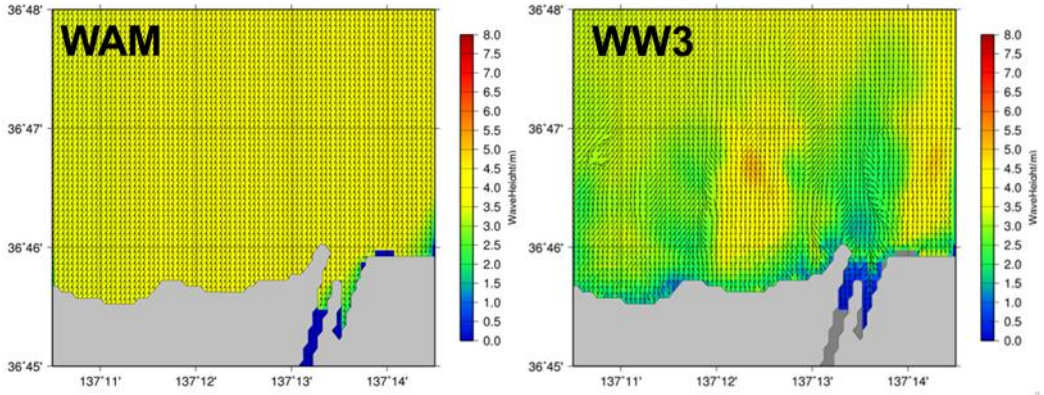


図 1.3.59　富山周辺の波向・波高の分布

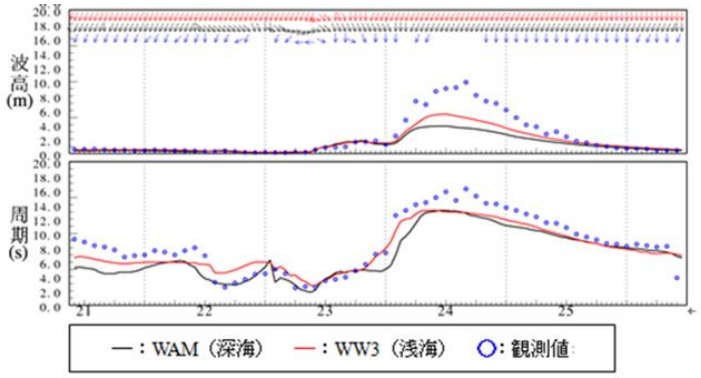


図 1.3.60　富山での波高・周期の経時変化

●波浪変形解析プログラム NOWT-PARI に航走波を考慮する機能を追加
　⇒港口侵入波と港内航走波を合わせた静穏度解析を可能に

　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 1.3.61 に示すように船舶が旋回するときの航走波や、図 1.3.62 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。

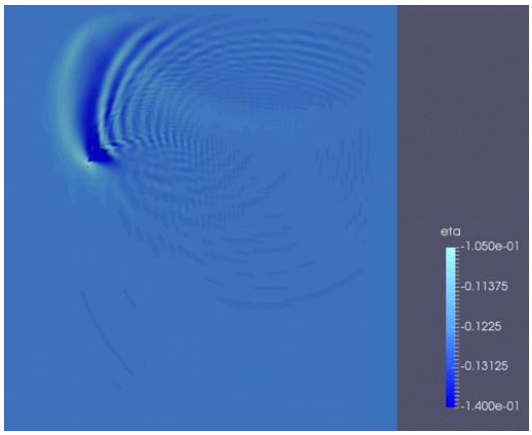


図 1.3.61　旋回する船舶による航走波

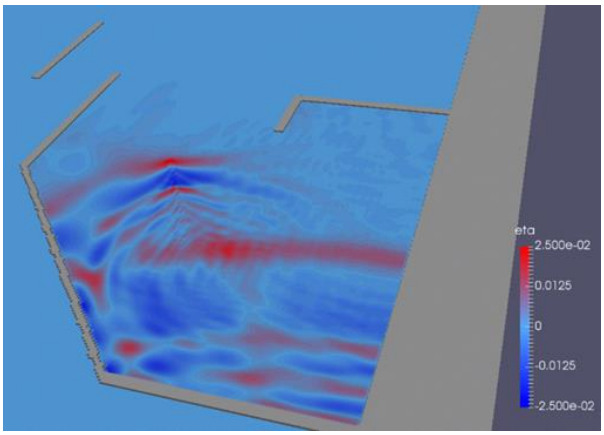
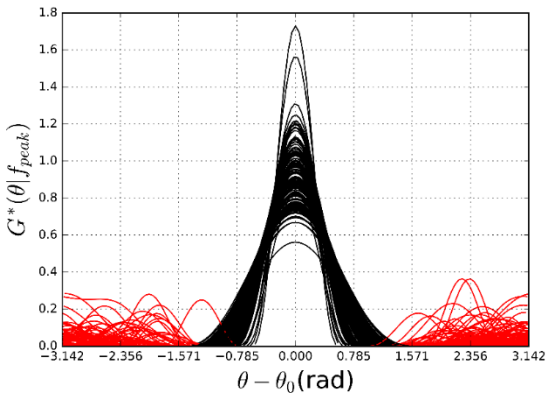


図 1.3.62　港内を航行する船舶による航走波

【平成 29 年度】
●観測風を用いて波浪スペクトルを風波とうねりに分離する手法を開発

　近年のうねり性波浪による防波堤等の被災を踏まえ、その対策に向け、風波とうねりが共存する沿岸波浪において風波とうねりを分離して個別に評価する手法の開発に着手した。これにより、これまで風波とうねりを分離するという解析上の困難から十分に研究なされていなかった、うねりの季節・海域特性の定量的な評価が可能となる。
　風の観測データを参照して波浪の方向スペクトルにおける風波とうねりを分離し、図 1.3.63 に示すように、それぞれの方向集中度を算定して波形勾配との関係を調べた。その結果、風波については合田ら(1975)による波形勾配と方向集中度の関係に概ね従うが、うねりについては異なる、という可能性を示した。
　また、多峰性の方向スペクトルにおけるピークの抽出や風波とうねりの合理的な識別など、次に取り組むべき課題を示した。

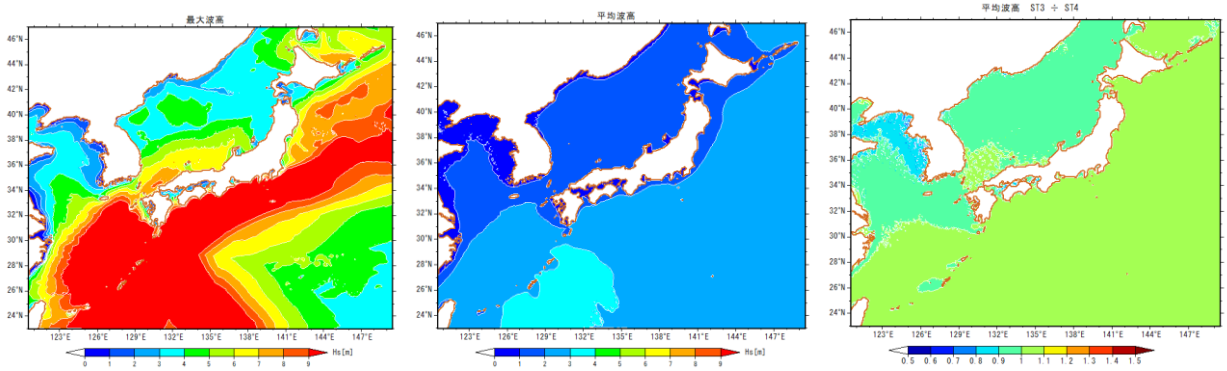


（a）うねりの方向スペクトル観測例　　（b）波形勾配と方向集中度

図 1.3.63　波浪の方向スペクトルの解析

●波浪推算モデル WW3 のパラメタ設定によって日本沿岸の推算値を比較

日本沿岸の 3 カ年を対象に WW3 による常時波浪推算を行った。その結果、風から波へのエネルギー輸送やエネルギー消散などが異なる 4 種類の計算スイッチを用いることで、年平均有義波などの統計値にも差が生じることを明らかにした。



（a）ST4 による年最大有義波高　（b）ST4 による年平均有義波高　（c）ST3 と ST4 の平均有義波高比

図 1.3.64　計算スイッチ ST3 と ST4 による波浪推算値

●メソスケール気象モデル WRF の風場による高潮の再現計算

WRF と気象庁の予測 MSM の気圧・風を用いて 2015 年台風 23 号による根室の高潮を計算し、図 1.3.65 に示すように何れも良好な再現結果を得た。

また、GPV GSMJP と WRF を用いた伊勢湾シミュレータによる環境流動の短期予測計算を行い、計算結果がやや乖離する場合のあることがわかった。

さらに、富山湾の寄り回り波を超高解像度波浪モデルで計算した結果、沿岸部の複雑なキャニオン地形によるうねりの屈折効果が有義波高に大きく影響することが分かった。

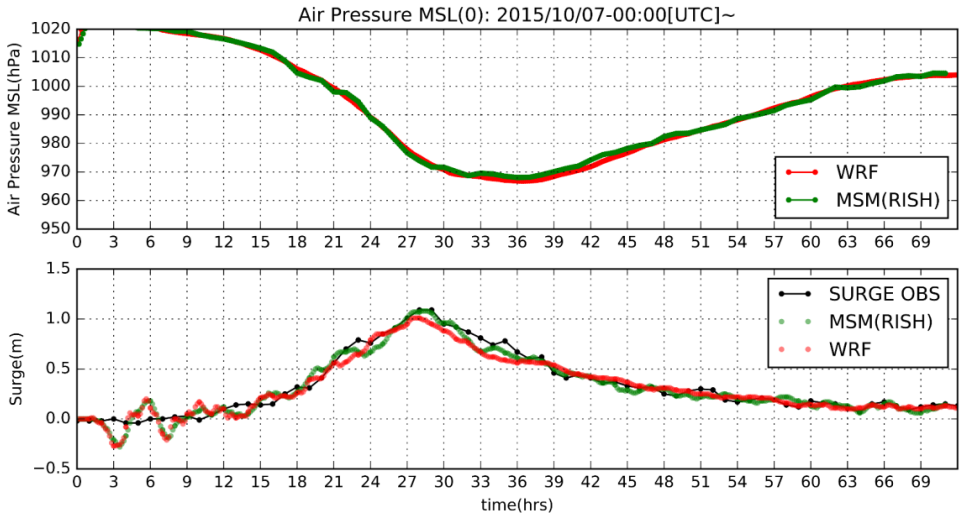


図 1.3.65　根室における気圧と高潮偏差

●潜堤上を通過する波浪の実験、NOWT-PARI による再現性の検討

設計潮位を超える高潮位での護岸の大規模な実験によって、護岸背後に作用するマウンド透過波力、マウンドからの堤内への浸水状況を明らかにし、堤体の天端を超える越波量・越波越流量の簡易推定法を作成した。

また、図 1.3.66 に示すように、風波、孤立波、越波越流時の風波作用下でパラペットに働く波力の特性を調べ、それぞれの砕波の作用状況（越流下での砕波や Bagnold 型、Wagner 型砕波）と鉄筋コンクリートの破壊過程から鉄筋の必要強度を明らかにした。

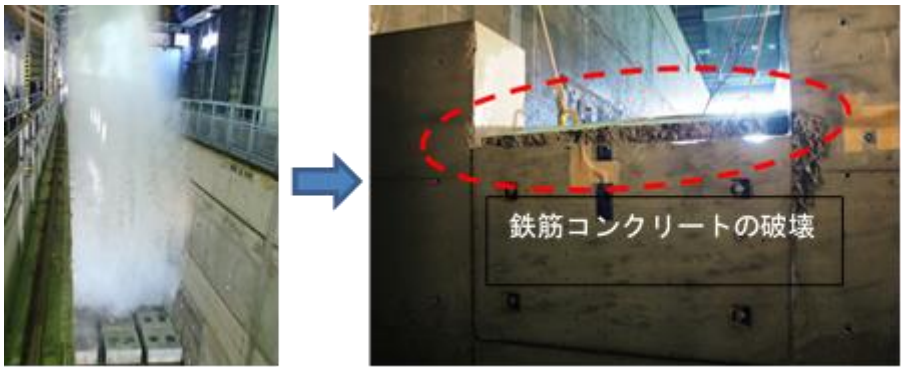


図 1.3.66　パラペットに働く波力の実験

【平成 30 年度】

●風向・波齢により風波かうねりかを識別する手法を開発

2017 年に全国港湾海洋波浪情報網で観測された波浪観測データを波浪観測年報にとりまとめた。

また、波浪には風波とうねりの成分があり、各地点の Swell Index（うねりのエネルギーが占める割合）の出現特性を図 1.3.67 のように整理した結果、1 に近い値の頻度は地点によって異なることが分かった。

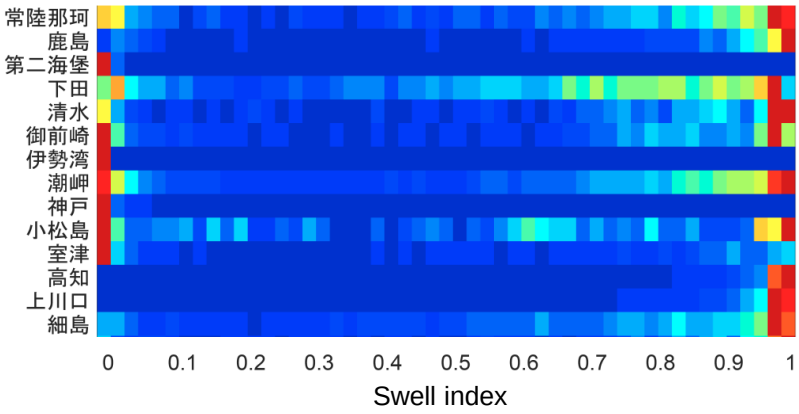


図 1.3.67　Swell Index の頻度分布（赤が高頻度、青が低頻度）

●WW3 による波浪推算システムを構築

第三世代波浪推算モデル WAM、WW3（計算スイッチ ST3、ST4）の推算精度は、図 1.3.68 に示すように、有意な差はなく、外洋では十分な精度を有することを確認した。また、富山湾の寄り回り波は、単に方向分解能を高めるだけでは再現できず、位相干渉を考慮したモデルが必要であることを示した。本研究で構築した波浪推算システムが施設の計画・設計や被災原因の究明で活用される。

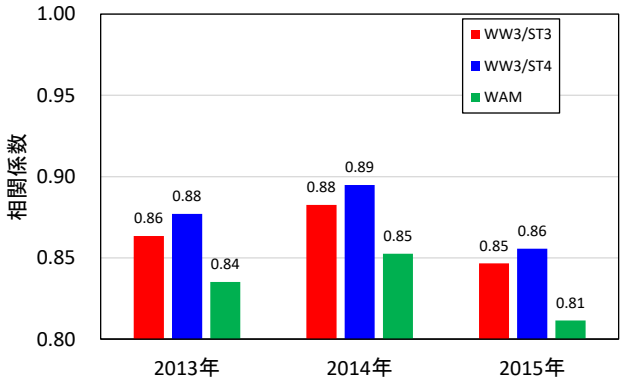


図 1.3.68　波浪推算の精度

●風洞実験で波浪の発達過程を調べ、NOWT-PARI に導入

圧力項を導入したブシネスク方程式モデル NOWT-PARI で、初期条件としてシーズ（微小な波）を与え、図 1.3.69 に示すような風による波の発達を表現できることを確認した。
また、風洞水路を用いて風による波の発達過程について理解を深めた。

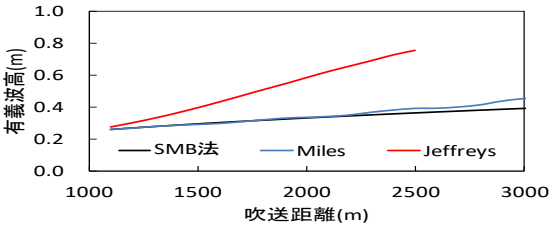


図 1.3.69　風による波の発達の計算

●温帯低気圧化後も含む台風の諸元の統計解析

図 1.3.70 に示すように、北海道周辺の高緯度では台風より中心気圧の低い温帯低気圧が来襲していることを示した。台風 1821 号による大阪湾の高潮の推算も図 1.3.71 に示すように行い、観測値とよく一致することを確認した。

この計算は海洋モデル ROMS によるものであり、日本各地で高潮の再現精度を検証する。

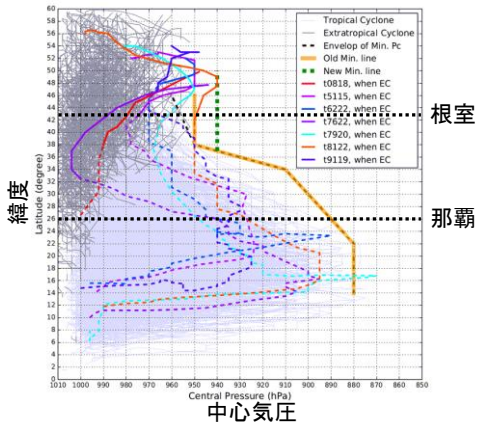


図 1.3.70　台風等の中心気圧の分布

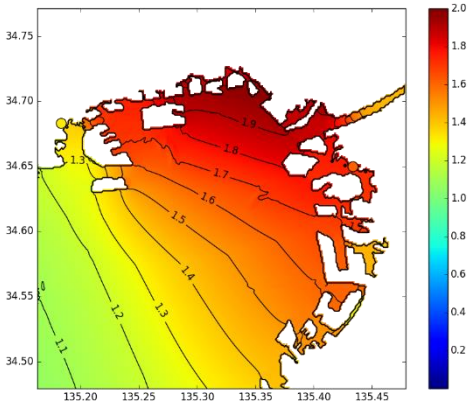


図 1.3.71　台風 1821 号の高潮の再現計算

●近年顕著な高潮が発生した台風について、MSM-GPV と経験的台風モデルの風場の補正係数を伊勢湾に対して算出

ブシネスク方程式モデル NOWT-PARI に新たな境界処理法を導入し、水深が急変する地形上での波浪変形を従来よりも安定して精度よく計算できるようになった。図 1.3.72 に矩形潜堤の前後の計算例を示す。

また、この計算に用いる港湾域の水深・地形データベースの機能を強化し、陸上の地形や構造物も扱えるように更新した。モデル港湾において港内発生波を考慮した静穏度解析を行う。

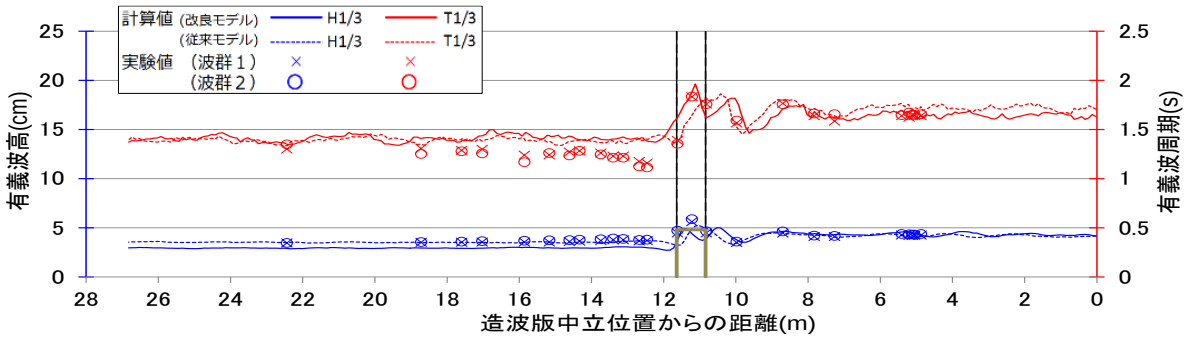


図 1.3.72　矩形潜堤前後の有義波高・周期分布の再現性

【平成 31 年度、令和元年度】

●国内の検潮記録を整理し、海洋モデル ROMS と波浪モデル SWAN を用いて高潮・波浪を推算

2018 年の波浪観測年報をとりまとめた。図 1.3.73 に示すように、台風 1915 号では第二海堡で既往最大の有義波高 3.27m を記録し、その波浪を第三世代波浪推算モデルで概ね再現できた。

引き続き、年報を発刊し、顕著な高波が発生すれば、その解析も行っていく。

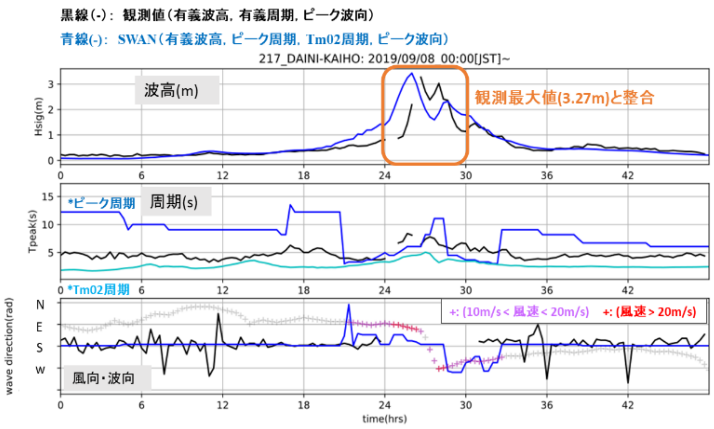


図 1.3.73　第二海堡における波浪の観測値と推算値

●観測値と比較することで再現性を検証

図 1.3.74 に示すように、風波とうねりの出現頻度を整理したところ、日本海沿岸と太平洋沿岸で異なる傾向を示すことがわかった。日本海沿岸では風波の寄与が比較的高く、一方で太平洋沿岸ではうねりの寄与やスペクトルが多峰性を示す割合が高かった。

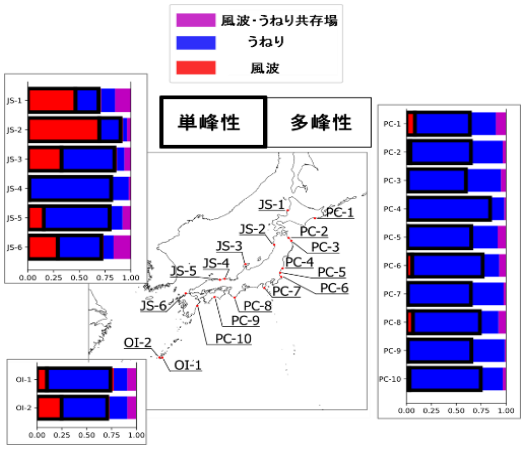


図 1.3.74　風波とうねり，単峰と多峰の割合

●港内の強風による波や航走波の造波・静穏度解析手法の開発
●港内波が荷役稼働率に与える影響の検討

1 年間の AIS データから選定した代表 19 船舶諸元がそれぞれ入出港時に造波する航走波とその港内伝播を図 1.3.75 のように計算し、港口から侵入した波浪に対する荷役稼働率を有意に低下させることを確認した。

また、風洞実験結果から、風速による水面摩擦速度の変化が初期水面の状態により異なる可能性を示した。

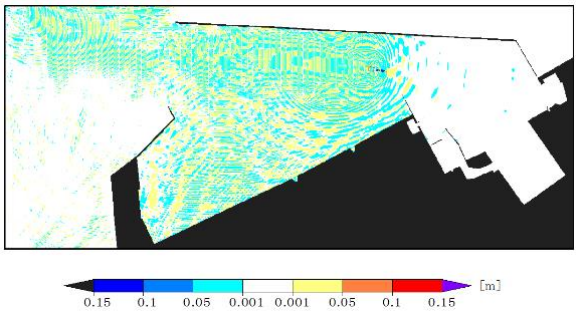


図 1.3.75　貨物船による航走波の造波・伝播計算

●気象モデルを取り入れた高精度の高潮予測モデルの開発

図 1.3.76 に示すように、気象庁の気象 GPV（2008 年以降）を用いれば，wave setup の影響が顕著でない限り高潮を概ね再現でき、長期気象再解析データセット（2007 年以前）では過小評価しやすいことが分かった。

台風の成長限界強度の緯度に応じた変化は，既往の最低中心気圧の変化に概ね対応していた。

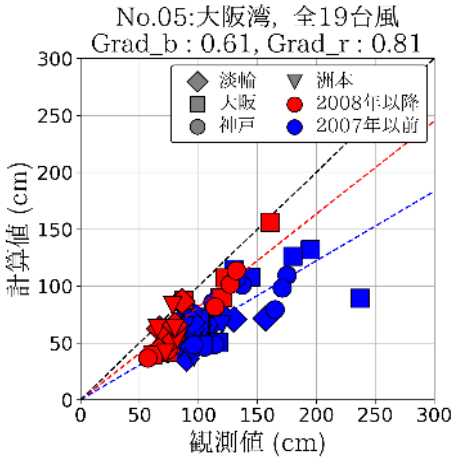


図 1.3.76　高潮の推算精度

【令和 2 年度】

●方向スペクトルに基づいて日本沿岸のる多峰性波浪の出現特性を整理

2019 年のナウファスでは、通年欠測した地点を除く 69 地点のうち 5 地点で、何れも台風 1915 号または 1919 号によって既往最大有義波高を更新した。

引き続き、継続的に波浪観測データの解析を行い、日本沿岸各地点における波浪の出現特性を解明する。

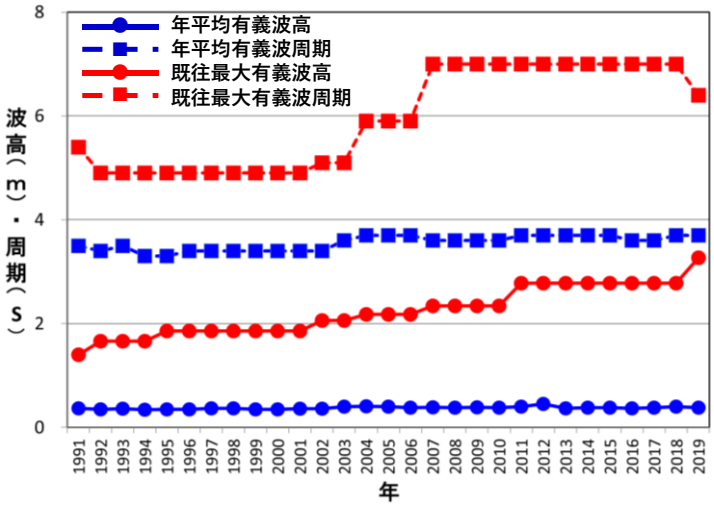


図 1.3.77　第二海堡における波浪の経年変化

●台風 1915 号による東京湾の波浪を推算により再現

東京湾の波浪推算で風や地形の再現性が重要であり、湾外からのうねり性波浪が横浜港周辺に甚大な被害をもたらした可能性が高いことを示した。この知見は、被害の実態解明の手掛かりになる。

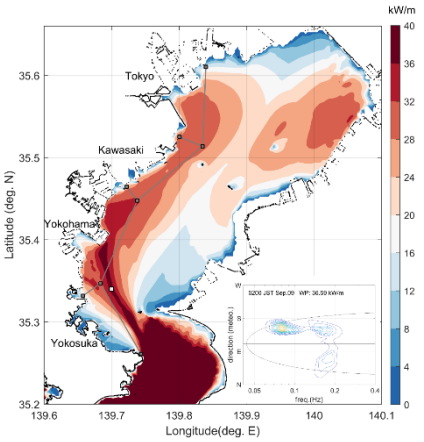


図 1.3.78　波パワーの最大値の分布

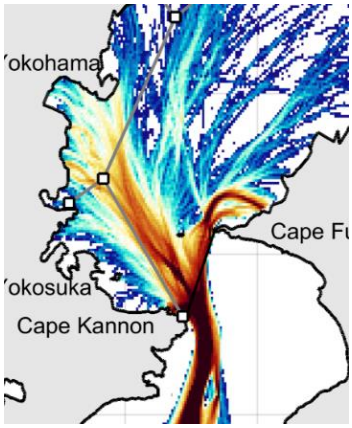


図 1.3.79　湾内に侵入するうねりの波向線の解析

●台風 1821 号の高潮・高波によるコンテナ埠頭の浸水をブシネスクモデルで計算

高潮・高波の時間変化に応じて連続計算できるよう改良した NOWT-PARI によって、潮位の低下や越波の減少で生じる自然排水も考慮して、埠頭の浸水過程を把握できることを確認した。

水没による荷役機械の損傷を防ぎ港湾の早期再開に資する計算手法の確立に向け、水面変動を含めた最大浸水高の計算精度の向上と低減策の検討を推進した。

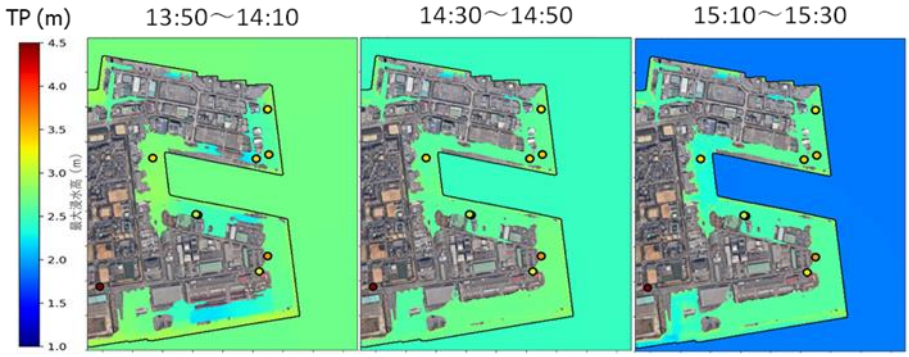


図 1.3.80　台風 1821 号に伴う高潮・高波による浸水過程

●wave setup の影響が顕著な港湾を対象に、ROMS と SWAN の双方向結合モデルにより最大クラスの台風による高潮浸水計算を実施

台風が洋上で波浪の群速度を上回る速度（時速 70km）で移動すると、波浪はあまり発達できず、沿岸に達する波浪もそれによって生じる wave setup もあまり大きくならない。

図に示すように、これより遅い速度のときの方が wave setup が大きくなり、潮位偏差の合計としても大きくなる可能性があることが分かった。

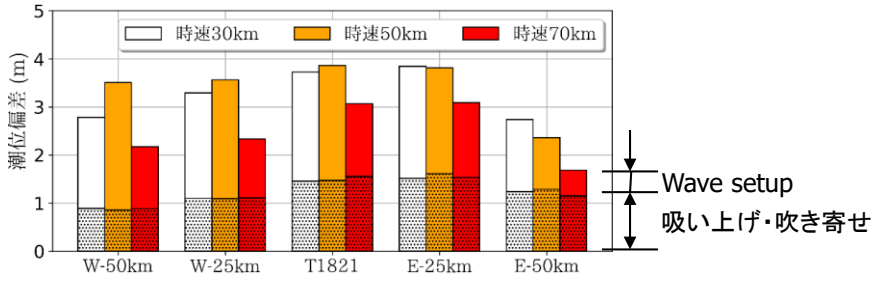


図 1.3.81　台風の移動速度と経路による潮位偏差の比較

【令和 3 年度】

●各港の波浪観測値の長期解析

2020 年の観測データに統計解析を行って年報にとりまとめた（2022 年 6 月刊行予定）。そこには、能代の沿岸波浪計と宮崎日向沖の GPS 波浪計の 2 か所のみで既往最大有義波高を更新したことも記した。また、図 1.3.82 に示すように、2020 年の年平均有義波高は直近 10 年の平均値に比べて、四国太平洋岸では小さかった。次年度以降も統計解析を継続する。

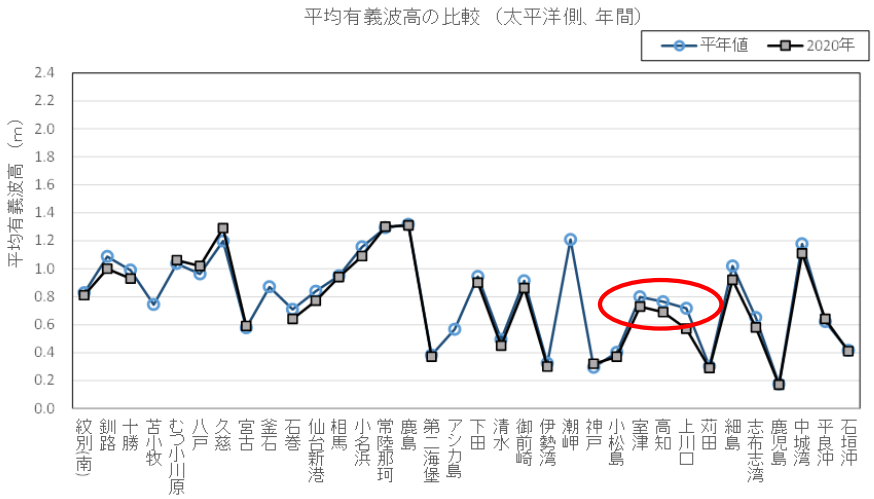


図 1.3.82　2020 年と直近 10 年の平均有義波高の比較

●平面実験と数値計算により、岸壁法線沿いの流入・流出流量や面的な浸水過程を把握

図 1.3.83 に示すレイアウトで越波による浸水の実験を行い、その再現計算も行って計測データを補完することで、岸壁上の越波・排水流量と背後の浸水状況との関係を初めて明らかにした。

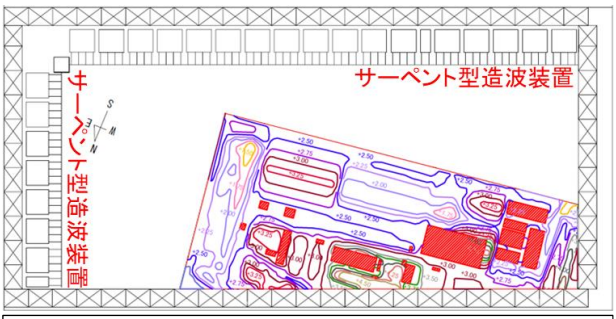


図 1.3.83　岸壁の越波による浸水の平面実験

●海水の密度場を考慮した台風 1915 号の高潮の再現計算

気象場の補正と密度場の時間変化を考慮することで、図 1.3.84 に示すように、台風通過後に現れた潮位偏差ピークの再現性を向上できた。また、密度場の鉛直勾配に応じて潮位偏差が増加し、副振動に対する影響も顕著になることも分かった。

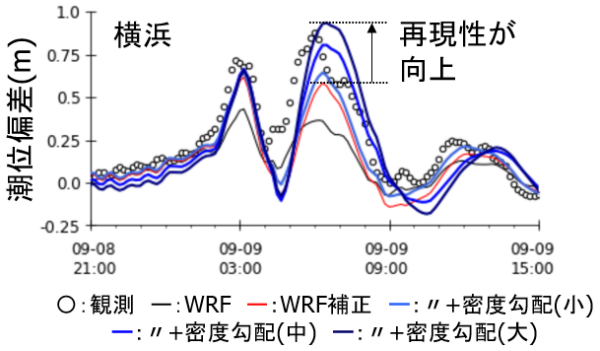
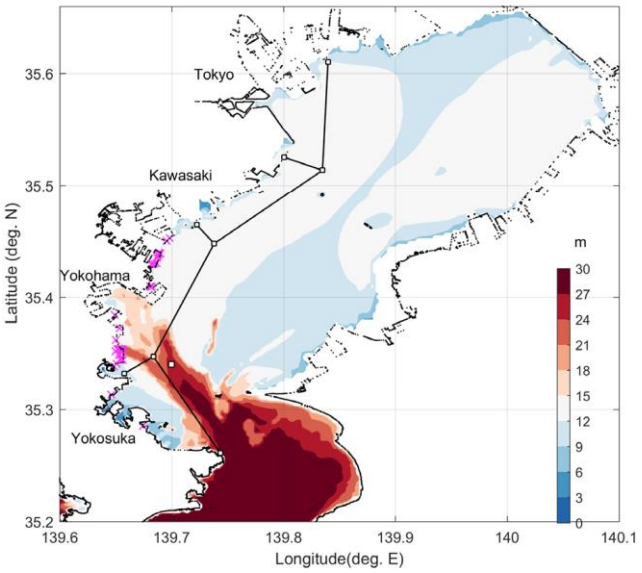


図 1.3.84　様々な条件で計算した潮位偏差の比較

●位相解像モデルによる台風 1915 号の波浪解析
●傾度風の関係に基づく気象場の補正方法を開発

東京湾で波高と波長から求められる波の強度指標の分布を調べ、図 1.3.85 に示すように、横浜港の周辺が特異な波浪の来襲する海域であることを示した。また、図 1.3.86 に示すように、砕波帯相似パラメータ Iribarren Number が波浪の直立壁の最大遡上高（波圧強度）を代表する指標である。これらのことから、横浜港の被害は「うねり性波浪」に起因する可能性が高いことを示した。



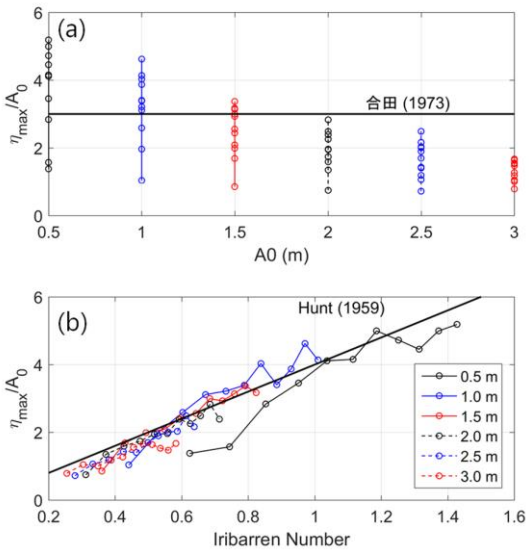


図 1.3.85　台風 1915 号の襲来時に湾外からのうねりが横浜港周辺に
集中したことを示す波の強度指標※分布（左）
※波高と波長の積の平方根で算定した物理量

図 1.3.86　砕波帯相似パラメータと遡上高の関係（右）

★　最大級の高潮・高波の被害軽減技術

【平成 28 年度】
●被災事例の収集整理
●実験により、高い潮位での波圧が波高と波長の積に依存することを確認

図 1.3.87 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 1.3.88 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。



図 1.3.87　仙台港の被災調査

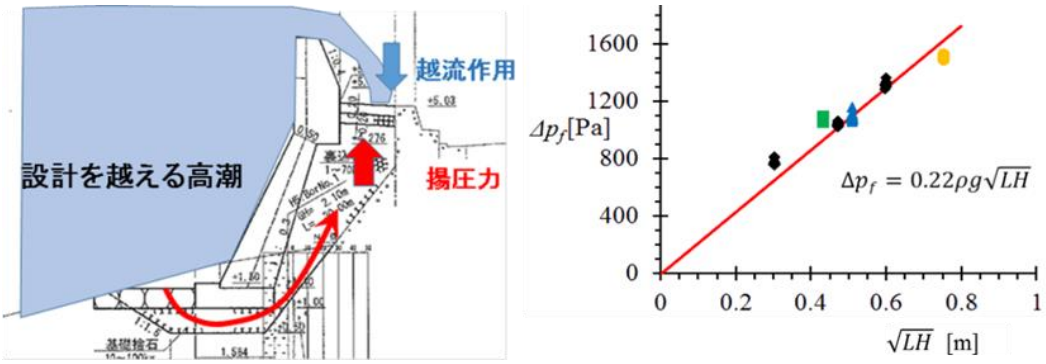


図 1.3.88　防波堤・護岸に作用する波圧の特性

【平成 29 年度】

●護岸のマウンド透過波力と堤内側の浸水の実験、越波流量の推定式を提案

設計潮位を超える高潮位での護岸の大規模な実験によって、護岸背後に作用するマウンド透過波力、マウンドからの堤内への浸水状況を明らかにし、堤体の天端を超える越波量・越波越流量の簡易推定法を作成した。

【平成 30 年度】

●防砂シートの擦り切れや消波ブロックの移動の実験

●UAV を導入した台風 1821 号の被災調査

⇒被害把握の迅速化

図 1.3.89 に示す小型および大規模な模型実験によって防砂シートの耐久性を明らかにした。台風 1821 号の被災調査では、UAV を活用して上空からコンテナの散乱状況を明らかにした。

また、台風 1721 号による浸水地区を RTK 登載型の UAV で写真測量し、地盤高を計測することで、短時間に浸水範囲および浸水深が求められることを示した。



図 1.3.89　防砂シートの耐久性の実験

【平成 31 年度、令和元年度】
●衝撃波力の最大値や経時変化を ANN で推定するモデルの構築
●想定を超える高潮位と高波が複合する複雑な条件下での構造物の安定性の解明

風 1915 号の高波による衝撃波力で護岸パラペットが倒壊するプロセスを、模型実験や CADMAS-SURF による計算で明らかにした。
た、衝撃波力の最大値や経時変化を ANN で推定するモデルを構築した。

【令和 2 年度】
●護岸の後退パラペットや土のうに作用する衝撃波力の実験
⇒土のうの安定性の評価法を提案
●網型減勢材で波力が低減するメカニズムの実験

護岸の後退パラペットや土のうに作用する衝撃波力の特性を明らかにし、土のうの越波に対する安定性の評価法を提案した。
その成果は、港湾局の「港湾における高潮・高波被害軽減のための土のうの設置事例集」に盛り込まれる予定である。網型減勢材による目地内波圧の低減メカニズムも明らかにした。

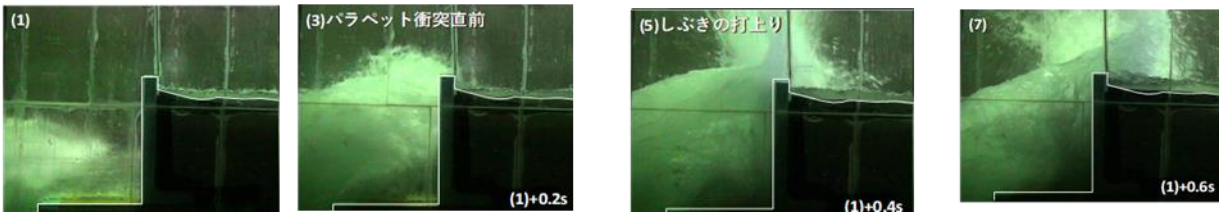


図 1.3.90　後退パラペットに働く波力実験

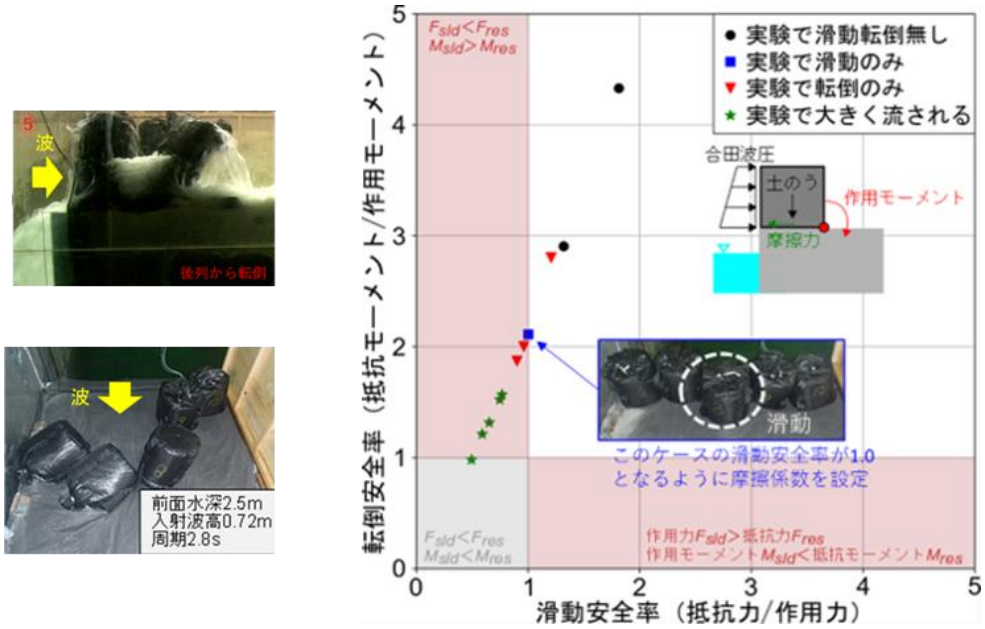


図 1.3.91　　土のうの安定性の実験の結果

【令和 3 年度】
●直立型、越波透水型、ダブルパラペット型、フレア型の護岸の断面実験

⇒換算天端高係数を算出

●裏込石と埋立砂の間の捨石フィルターの安定性の実験

図 1.3.92 に示すような実験によって様々な形式の護岸の越波特性を調べ、越波した水塊を護岸背後の捨石透水層を通じて海に戻す構造で越波量を大きく低減できることを明らかにした。また、緩傾斜護岸では、捨石の粒径によってマウンド内部の水位が上昇することがあり、CADMAS-SURF による計算ではその粒径の適切な設定が必要であることも分かった。



図 1.3.92 ダブルパラペット＋消波ブロックの越波実験

(2)産業と国民生活を支えるストックの形成

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

★ 連続コンテナターミナル等の効率化方策の開発

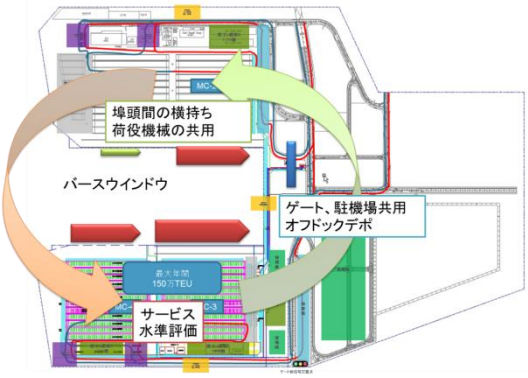
⇒ ①-2 コンテナターミナルシステムへの AI , ICT 等新手法導入効果の評価手法の提案

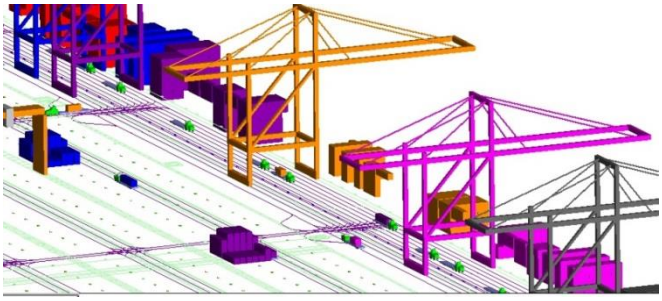
【平成 28 年度】

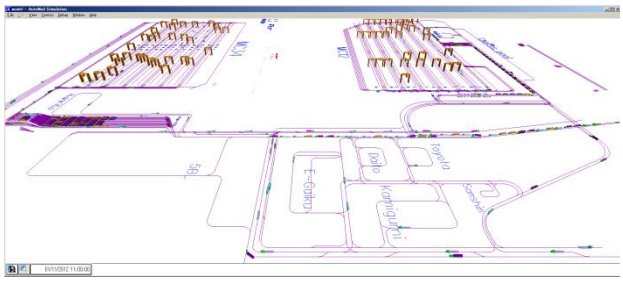
●シミュレーションによる定量的な評価を実施し、一体的なコンテナターミナルの有効活用を確立できるシステムについて検討

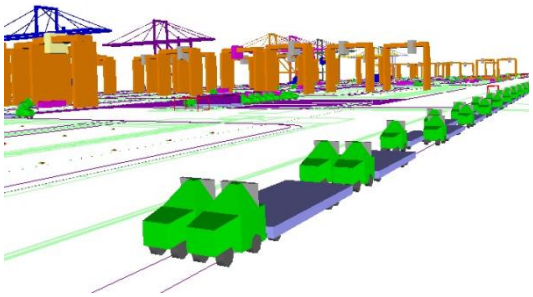
連続コンテナターミナルの有効活用方策やターミナル作業の自動化等の効率化方策の開発

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 1.3.93　横浜港南本牧埠頭 MC1-4

上段右,下段：図 1.3.94　シミュレーションによる定量的な評価イメージ

【平成 29 年度】

●海外のコンテナターミナル調査を取りまとめ、国内での対応方針を整理

●予約システムの活用についてシミュレーションによる評価を行い、ふ頭内道路の渋滞への影響等についての効果や注意点を明確化

●AI を活用した高効率コンテナターミナルの開発の検討に着手

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。

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

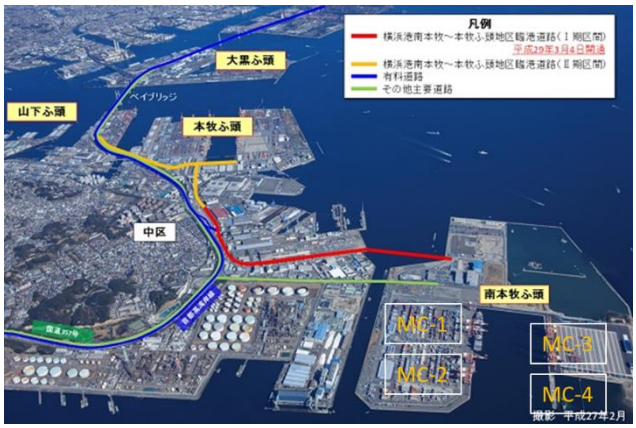


図 1.3.95　横浜港南本牧埠頭　MC1-4

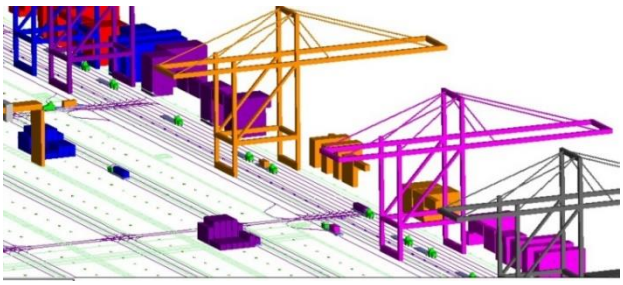


図 1.3.96 シミュレーションによるモデルイメージ

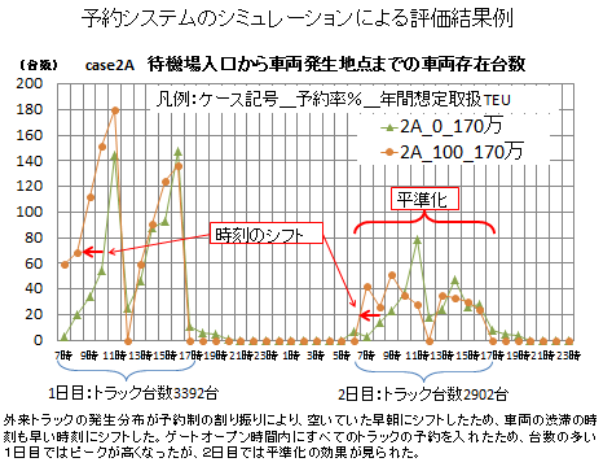


図 1.3.97　シミュレーションによる予約制の評価

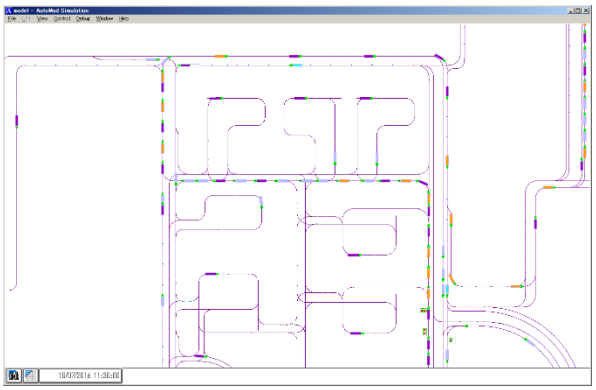


図 1.3.98　シミュレーションによる渋滞状況の表示例

【平成 30 年度】

●横浜港南本牧ふ頭を対象に、拡張蔵置場の効果、ICT による予約システム、事前ゲート手続導入効果をシミュレーションにより定量的に評価

●AI を活用したコンテナターミナルの要素技術の検討、開発項目の行政部局への提案

●PIANC の WG208 による自働化ターミナルのプランニングのガイドライン作成作業への参加

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

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

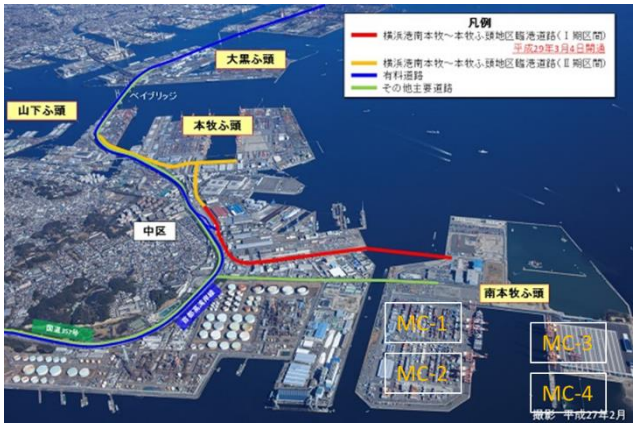


図 1.3.99 横浜港南本牧埠頭 MC1-4

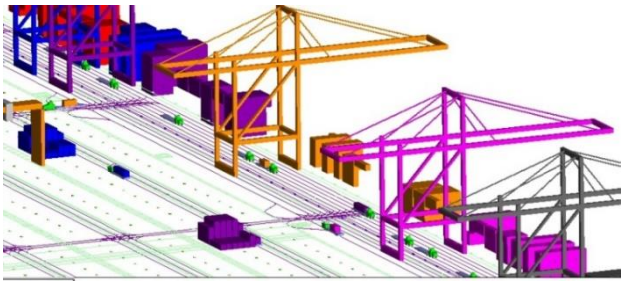


図 1.3.100 シミュレーションによるモデルイメージ

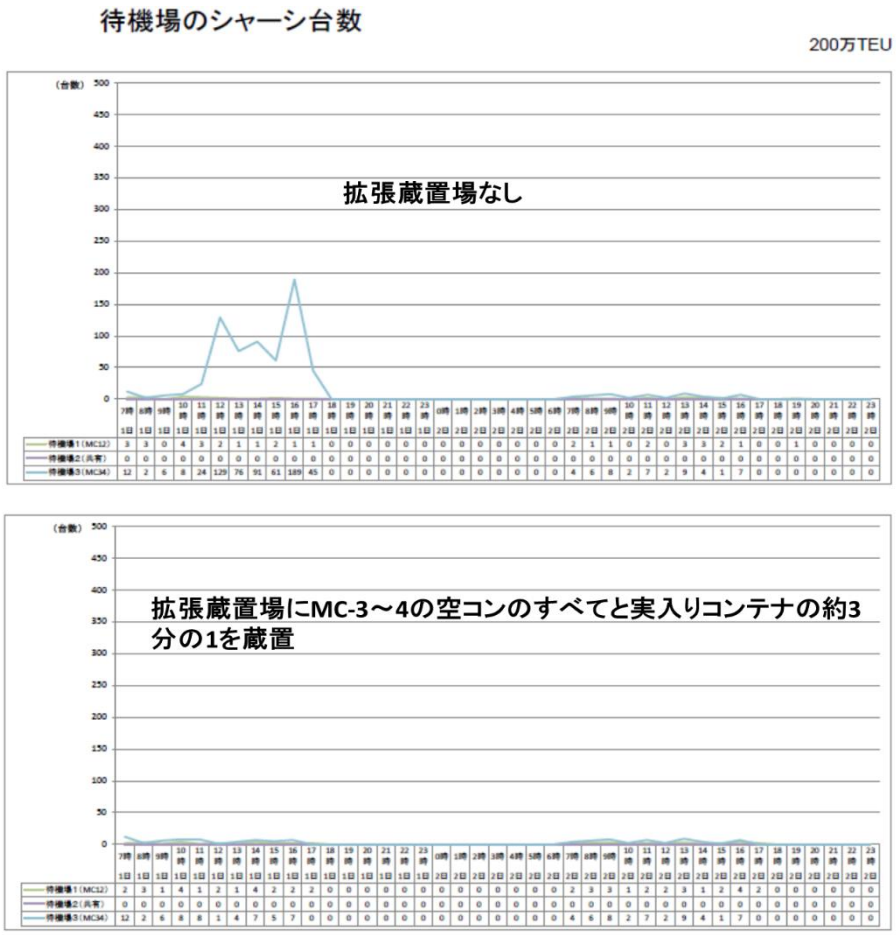


図 1.3.101 シミュレーションによる拡張蔵置場の評価

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

【平成 31 年度、令和元年度】

●横浜港新本牧地区のコンテナターミナルの将来の配置等について想定し、妥当性をシミュレーションで評価
●関東地整による CONPAS（ICT ソリューション）の導入についてシミュレーションでモデルを仮定し、評価
●遠隔操作式 RTG の導入について、モデルを仮定し、評価
●PIANC の WG208 による自働化ターミナルのプランニングのガイドライン作成作業での意見具申、調整
●名古屋港、神戸港におけるシミュレーションの技術指導
●コンテナターミナルのダメージチェックの自働化システムについてそのコンセプトの概要を整理・提案し、プロトタイプを構築
●STS（Ship　to Shore))クレーン（ガントリークレーン）の操作の自律制御について検討調査

150 万 TEU/年の取扱量では、構内のトラックの待ちが多く、MC-3、4 に倣った RTG の基数では全く不足であると考えられる。100 万 TEU/年の取扱量でも、長い渋滞列が発生する。ただし、RTG とトラックがお互いに待ち時間を発生しており、荷役機械相互のマッチングをより適切にプログラムできる手法があれば改善される可能性がある（図 1.3.102）。ただし、単純に夜間荷役を積極的に実施できるオンドックを用いることで、これらは大きく改善する。

なお、CONPAS による効果はゲート通過量の増加で確認できた。

また、遠隔 RTG に関しては、繁忙期には一人で4基担当すると RTG 側に待ちが生じてしまうことが確認された（図 1.3.103）。

大量のコンテナを取り扱う場合には、ゲートよりも構内荷役がクリティカルになっているため、蔵置と荷役機械の効率的なオペレーションプログラムを可能とする AI ターミナルシステム導入には上記問題を緩和する可能性があるとわかった。

荷役機械相互の待ち時間の図によれば、RTG とトラック（TRK）が互いに待ち合っていることがわかる。（CONPAS、オンドック、遠隔 RTG 使用、150 万 TEU/年のある週のデータ想定）。

このため、AI による適切な蔵置計画と荷役機械の配置のシステムによる効果が期待できる。

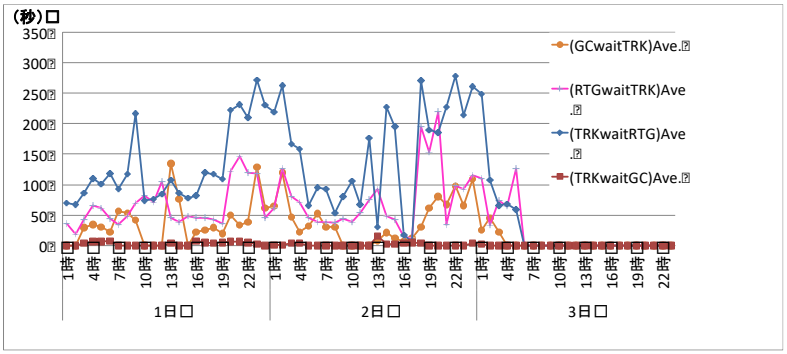


図 1.3.102　荷役機械相互の待ち時間

遠隔 RTG のオペレータは一人で4基を担当するため、RTG のタイミングが重なると、RTG が操作を待たされる。図 1.3.103 は、RTG が操作を待っている時間を示す。

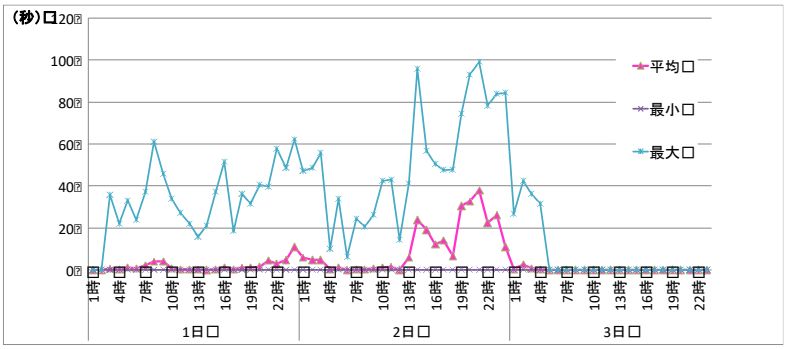


図 1.3.103　遠隔 RTG がオペレーションを待つ時間

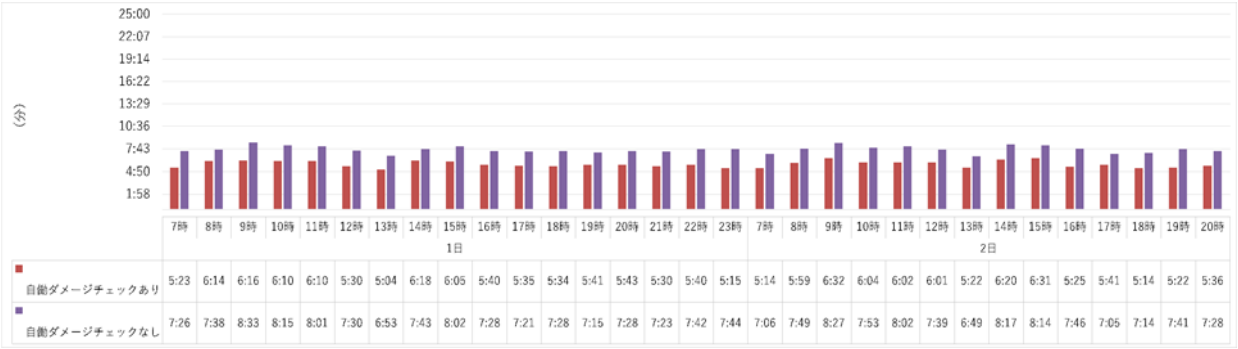
【令和 2 年度】

●横浜港新本牧埠頭を対象として、ゲート、蔵置場、GC、RMG、、ゲートレーン数を設定、計画取扱量を上回る 150 万 TEU/年とし垂直配置に対する 、AutoMod によりシミュレーション実施この際に ICT として CONPAS とコンテナダメージチェックの効果を評価

令和元年度に検討した平行蔵置方式において、150 万 TEU/年の取扱量では、構内のトラックの待ちが多く、MC-3、4 に倣った RTG の基数では全く不足であるという結果になったが、令和2年度では、自働ダメージチェックがある場合、構内待ち時間は 5～6 分台である。自働ダメージチェックがない場合でも 10 分に満たない。

蔵置場の奥行きが500m から700m に大幅に拡大されたモデルであることに加え、縦型配置によりどのレーンにも常に外来シャーシ側に ASC（自動トランスファークレーン）が配置されているためであると考えられる。ただし、初期投資はかなり多額になると考えられる。このように AutoMod によるシミュレーションで未来の計画を自在に検討することができる。

なお、港湾計画においては、目標取扱貨物量が約 100 万 TEU/年となっており、本シミュレーションによればかなりの余裕が見込めることとなる。



外来シャーシの構内待ち時間の図

内閣府官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)を活用して、画像処理とレーザー計測の双方のデータで判定するシステムを実用化することを目標とし、令和2年度は画像を AI で判定するシステムを構築し、横浜港大黒埠頭でデータ取得試験を実施した。また、神戸港ポートアイランド PC18 への適用性の検討と試験マニュアルを作成した。

【令和 3 年度】

●AutoMod により、CONPAS とコンテナダメージ自動チェックシステムを、より実際的なモデルとして、垂直配置と並行配置の比較評価を実施し、シミュレーションの運用について考察し評価

横浜港新本牧埠頭を対象として、ゲート、蔵置場、GC、RTG、ゲートレーン数を設定、計画取扱量を上回る 150 万 TEU/年として、AutoMod によりシミュレーションし平行配置と垂直配置の比較をした。

主な内容

ⅰ） 平行配置(横型)と垂直配置(縦型)の蔵置パターンの能力の比較（図 1.3.104）

ⅱ） CONPAS の予約システム・事前クラークシステムの評価および位置データの活用の評価（図 1.3.105）

ⅲ） コンテナダメージチェックシステムのモデルと配置の見直し(ダメージチェックレーンの別置き)

ⅳ） AutoMod によるシミュレーション

ⅴ） 考察

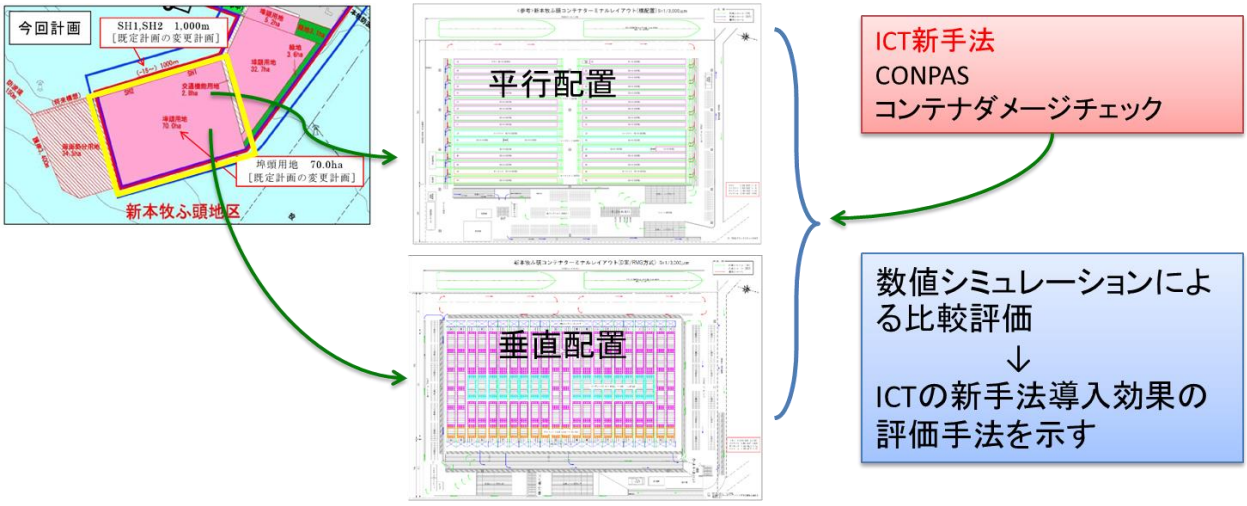


図 1.3.104　平行配置(横型)と垂直配置(縦型)の蔵置パターンの能力の比較

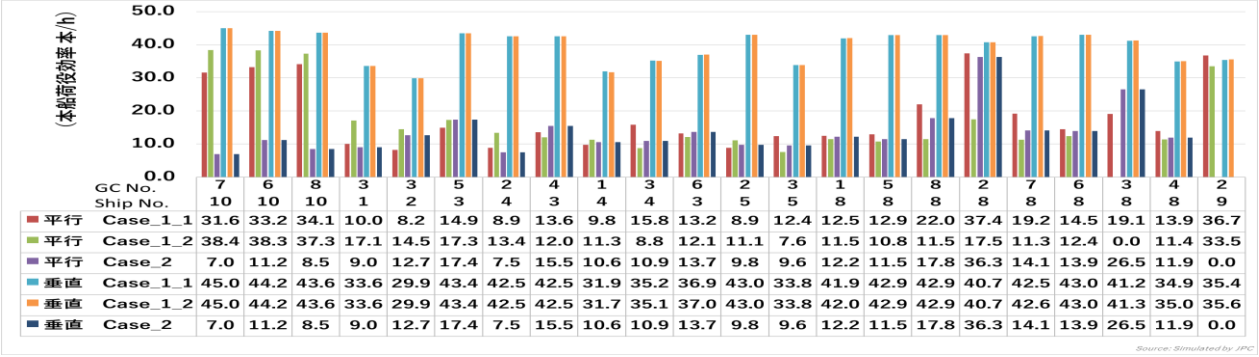


図 1.3.105　本船荷役（GC）の効率

平行配置(横型)はヤード内荷役に工夫がないと本船荷役に大きく影響するが、垂直配置(縦型)は十分な能力を示した。

また、予約率が 100%と 50%（Case_1_1 と Case_1_2）では大きな差はないが、Case_2 のように位置データを利用して先に蔵置場のクレーンを準備させる場合はより工夫が必要である。

なお、コンテナダメージチェックシステムはゲートの 1 レーン幅に収まらないので、別の位置にアクセス路の

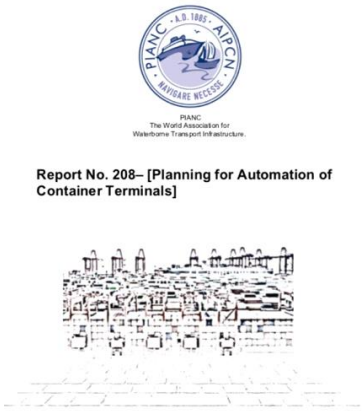
車線数を考慮して最小限の設置とした。

★ 定量的なシミュレーションによる新型 コンテナターミナル計画技術の提案

【令和 2 年度（2020 年度）】

●PIANC MarCom WG 208 に参加し、オートメーションターミナルの計画のガイドラインとなる報告書を出版した。
●シンガポール大学と港湾のマークアップ言語（PortML）の共有に関する MOU を締結し、活動した。
●本省港湾局の物流のサイバーポートについて技術支援した。
●名古屋港におけるコンテナターミナルのシミュレーションの技術指導をした

PIANC の WG208 “Planning for Automation of Container Terminals”がまとまり、令和3年に出版されることとなった。内容は、現場がまだ何もない計画段階の場合、土地の造成が進んでいる場合、すでにあるコンテナターミナルに自動化を導入する場合について、多くの最新の荷役機械、オペレーションシステム等とその組み合わせ方などについて記載された約190ページ程度の冊子となった。



国際臨海開発研究センター、港湾荷役機械システム協会と連名で、シンガポール国立大学との間で、シンガポール海事研究所のほか、オーストラリア、中国、ドイツ、韓国、オランダの研究所及び大学等と、スマートポートの国際標準を目指した研究アライアンスの立ち上げの覚書を締結した。

この研究アライアンスでは、グローバルパートナーとして、港湾関係者による相互連携や情報の共有（PortML：port make-up language）を国際標準化する。

これにより、革新的なデジタルツイン技術を開発できるようになり、港湾及び海事関係者の国際競争力を強化することができるようになる。

【令和 3 年度】

●PIANC MarCom WG 208 の報告書の和訳版を港湾荷役システム協会と実施し、発行した。
●日 ASEAN　PTG 会議において最新の、コンテナターミナルの計画について基調講演をした。
●デジタルツインの港湾への導入について、シンガポール大学の情報などから考察した。
●本省港湾局の物流のサイバーポートについて技術支援した。
●名古屋港におけるコンテナターミナルのシミュレーションの技術指導をした。

PIANC の WG208 “Planning for Automation of Container Terminals”がまとまり、令和3年に出版されたことを受け、これの邦訳について外部団体のプロジェクトに参加し、邦訳版を完成した（図 1.3.106）。

また、日 ASEAN　WS での基調講演など、コンテナターミナルのデジタルツインやエミュレーションとシミュレーションについて情報発信を行った。



図 1.3.106 Planning for Automation
of Container Terminals

★ パッケージ輸出を目指した技術規格の確立

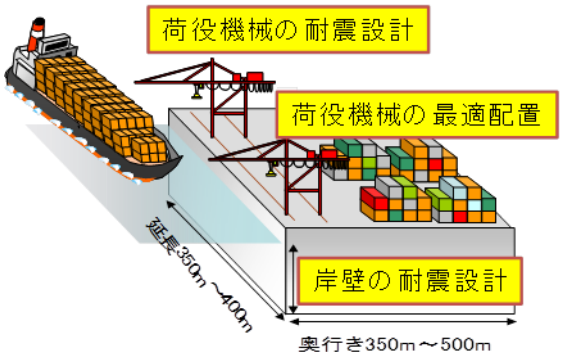
【平成 28 年度】

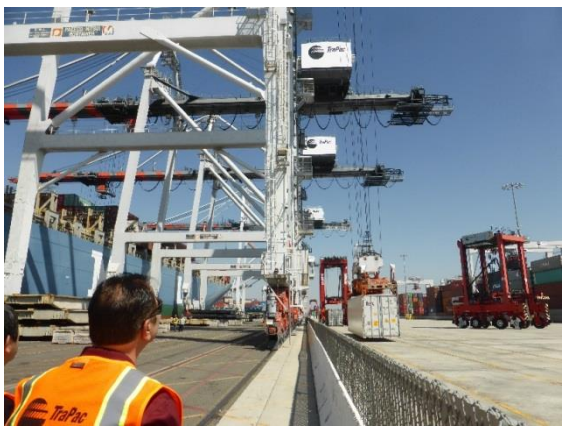
◇我が国のインフラ輸出力の向上のため、コンテナターミナルの効率化に資する荷役設備、オペレーションシステム、設計及び計画手法の検討を実施

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 1.3.107　コンテナターミナルのパッケージ輸出イメージ

右：図 1.3.108　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

★ コンテナターミナルの運用支援技術の提案

【令和 2 年度】

●横浜港においてコンテナの自動ダメージチェックシステムのプロトタイプの試験を行い、研究開発としてはほぼ終了した。

内閣府官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)を活用して、画像処理とレーザー計測の双方のデータで判定するシステムを実用化することを目標とし、令和2年度は画像を AI で判定するシステムを構築し、横浜港大黒埠頭でデータ取得試験を実施した。また、神戸港ポートアイランド PC18 への適用性の検討と試験マニュアルを作成した。

【令和 3 年度】

●横浜港においてコンテナの自動ダメージチェックシステムの改良版の実験を実施し、その後は本省港湾局において、神戸港と横浜港での実装実験及び名古屋港での試行に移った。

●はしけ輸送による陸上ロジスティクスの緩和の検討

内閣府官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)を活用して、画像処理とレーザー計測の双方のデータで判定するシステムを実用化することを目標とし、令和2年度までに基本システムが完了したため、令和 3 年度は国土交通省の現地実証試験を支援した(図 1.3.109)。

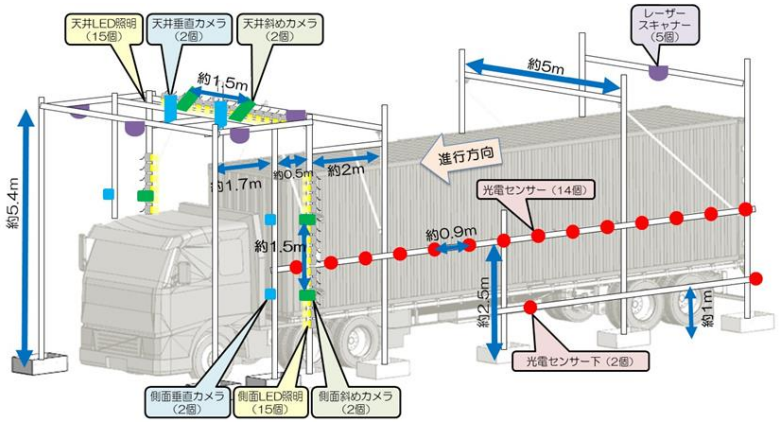


図 1.3.109 コンテナダメージチェックシステムのイメージ(横浜港設置プロトタイプ)

② 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

★ インフラの長寿命化技術

【平成 28 年度】

●長期経過した実港湾構造物から採取したサンプルを分析

●コンクリート部材のアルカリ骨材反応等の評価・予測の高度化などにより、コンクリートの劣化要因を解明

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 20μm 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。

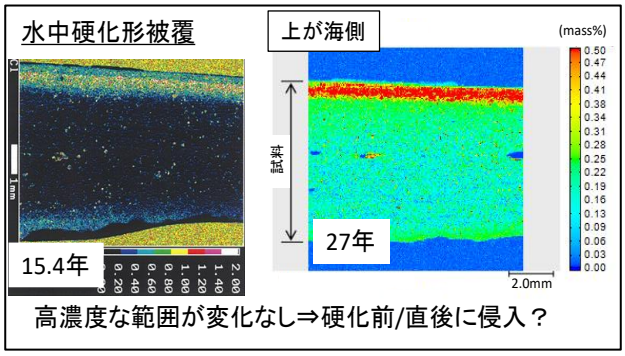


図 1.3.110　水中硬化形被覆の調査結果

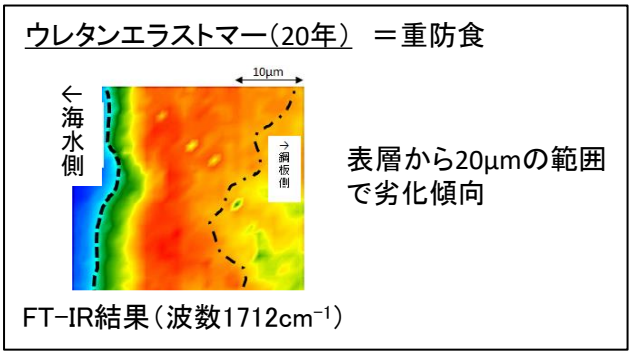


図 1.3.111　ウレタンエラストマーの調査結果

【平成 29 年度】

●「アルカリ骨材反応」に対して、新しい膨張試験法及び環境条件を考慮したコンクリート膨張予測モデルを初めて構築し、予測精度を大幅に向上

●セメントの一部を高炉スラグ微粉末で置換することで反応を抑制する対策を提案、実証
⇒複数の学会賞を受賞

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 1.3.112：技術基準に反映）、および鋼材の集中腐食メカニズムについて検討した。

また、各種木質材料の耐久性、再生骨材を用いたコンクリートの耐久性（図 1.3.113）に関するデータを取得した。

長期暴露施設は昭和 41 年から稼働している施設で、港湾・空港施設で用いられる材料についての耐久性について国内外に貴重なデータを提供してきている。

今後も新たな材料を含め、材料の耐久性に関するデータの取得、整理、解析を進め、事業に反映させていく。

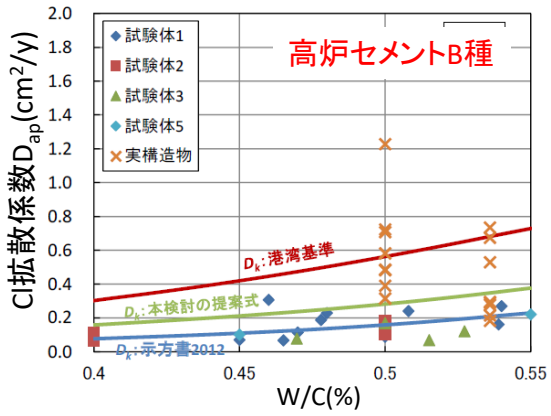


図 1.3.112　コンクリートの塩害劣化予測手法の検討
（水セメント比と塩素イオンの拡散係数）

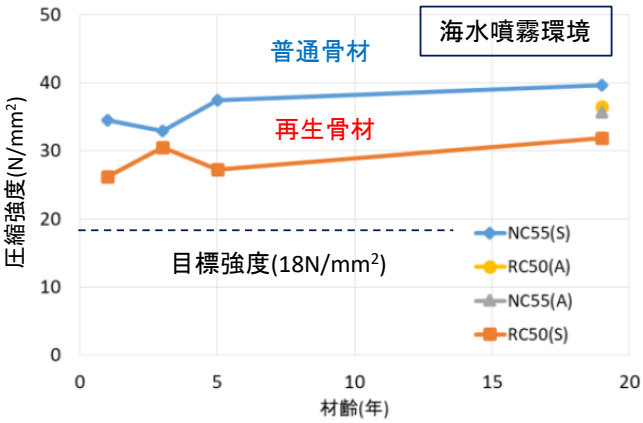


図 1.3.113　再生骨材コンクリートの強度変化
（海水噴霧環境）→強度低下は見られず

【平成 31 年度、令和元年度】

●高密度スラグ骨材や石灰灰、銅スラグ細骨材等を用いたコンクリートの試験施工・暴露実験

●ケーソンや PC 桟橋上部工の補修・補強設計フローを提案

サステナブルな社会を形成するためには、構造物（主にコンクリート構造物を想定）の建設時において、天然資源の使用量およびCO_2排出量を削減することが望まれている。

また、構造物を高性能化・長寿命化させ、経年劣化や自然災害に対して安全性に余裕を持たせることも望まれている。

上記に対する 1 つのアクションとして、リサイクル材料（各種スラグ骨材、高炉スラグ微粉末、フライアッシュなど）の活用は明快かつ有効な手段である。

しかし、実際に使われる例は少ない。この理由として、特に「無筋コンクリート構造物（ブロック類、防波堤上部工等）に要求される性能が不明確なこと、長期の耐久性を評価する方法が確立されていないこと等が考えられる。

また、環境負荷低減の観点から、環境への調和性の高い建設材料の使用が今後望まれる。しかし、各種材料の環境調和性に関して、これまで研究された事例はほとんどない。

上述の課題を解決するため、既往研究の統合にあわせて、改めて着手した。

リサイクル材料を用いたコンクリートの諸性能（施工性、耐久性等）の評価、港湾コンクリート構造物（主に無筋）の要求性能の整理および長期耐久性の評価方法の整理、環境調和性の高い材料（特にリサイクル材料）の適用性の評価 （これまでは「耐久性」の評価が中心であったが、それに加え、「環境負荷（CO_2 排出量等）」も含めて、総合的に検討）等に取り組む。

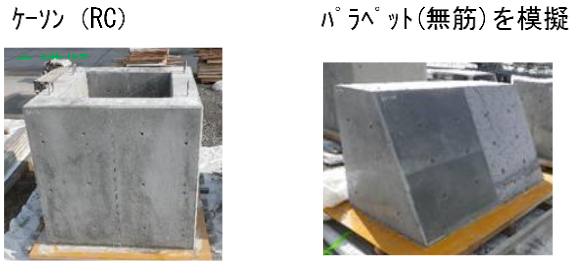


図 1.3.114 高密度ﾘｻｲｸﾙ骨材（銅ｽﾗｸﾞ細骨材）を用いたｺﾝｸﾘｰﾄの施工実験
（実機ﾌﾟﾗﾝﾄで製造しﾎﾟﾝﾌﾟ圧送で打設）

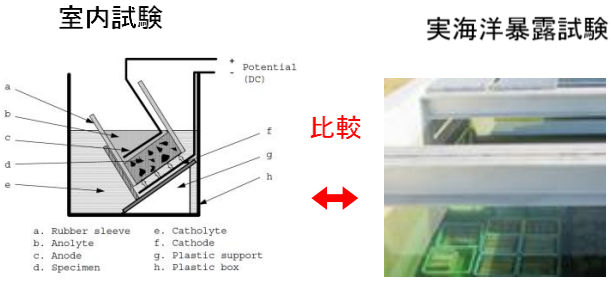


図 1.3.115 高炉ｽﾗｸﾞ微粉末を用いたｺﾝｸﾘｰﾄの遮塩性の迅速評価
（室内試験と実海洋環境暴露の比較）

【令和 2 年度】

●リサイクル材料を用いたコンクリートの諸性能を評価

●港湾コンクリート構造物の要求性能及び長期耐久性の評価方法の整理

サステナブルな社会を形成するためには、構造物（主にコンクリート構造物を想定）の建設時において、天然資源の使用量および CO_2 排出量を削減することが望まれている。

また、構造物を高性能化・長寿命化させ、経年劣化や自然災害に対して安全性に余裕を持たせることも望まれている。

上記に対する 1 つのアクションとして、リサイクル材料（各種スラグ骨材、高炉スラグ微粉末、フライアッシュなど）の活用は明快かつ有効な手段である。

しかし、実際に使われる例は少ない。この理由として、特に「無筋コンクリート構造物（ブロック類、防波堤上

部工等）に要求される性能が不明確なこと、長期の耐久性を評価する方法が確立されていないこと等が考えられる。

上述の課題を解決するため、既往研究の統合にあわせて改めて着手した。

リサイクル材料を用いたコンクリートの諸性能（施工性、耐久性等）の評価、港湾コンクリート構造物（主に無筋）の要求性能の整理および長期耐久性の評価方法の整理、環境調和性の高い材料（特にリサイクル材料）の適用性の評価 （これまでは「耐久性」の評価が中心であったが、それに加え、「環境負荷（CO_2排出量等）」も含めて、総合的に検討）等に取り組む。



図 1.3.116 高密度ﾘｻｲｸﾙ骨材（銅ｽﾗｸﾞ細骨材）を用いたｺﾝｸﾘｰﾄの暴露試験（R2.12 開始）
（実機ﾌﾟﾗﾝﾄで製造しﾎﾟﾝﾌﾟ圧送で打設）

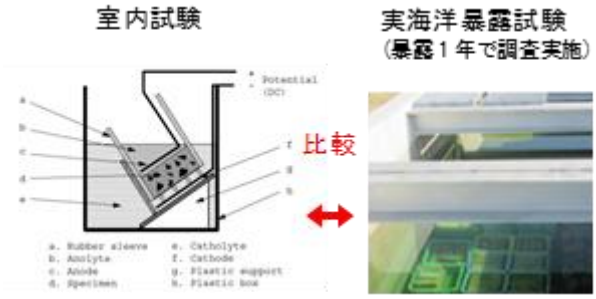


図 1.3.117 高炉ｽﾗｸﾞ微粉末を用いたｺﾝｸﾘｰﾄの遮塩性の迅速評価
（室内試験と実海洋環境暴露の比較）

【令和 3 年度】

●高密度スラグ骨材（銅スラグ粗骨材，電気炉酸化スラグ骨材など）を用いたコンクリートの諸性能の評価を目的とする暴露試験の実施

サステナブルな社会を形成するためには、構造物（主にコンクリート構造物を想定）の建設時において、天然資源の使用量および CO_2 排出量を削減することが望まれている。

また、構造物を高性能化・長寿命化させ、経年劣化や自然災害に対して安全性に余裕を持たせることも望まれている。

上記に対する 1 つのアクションとして、リサイクル材料（各種スラグ骨材、高炉スラグ微粉末、フライアッシュなど）の活用は明快かつ有効な手段である。しかし、実際に使われる例は少ない。

この理由として、特に「無筋コンクリート構造物（ブロック類、防波堤上部工等）に要求される性能が不明確なこと、長期の耐久性を評価する方法が確立されていないこと等が考えられる。

上述の課題を解決するため、既往研究の統合にあわせて改めて着手した。リサイクル材料を用いたコンクリートの諸性能（施工性、耐久性等）の評価（図 1.3.118）、港湾コンクリート構造物（主に無筋）の要求性能の整理および長期耐久性の評価方法の整理、環境調和性の高い材料（特にリサイクル材料）の適用性の評価（これまでは「耐久性」の評価が中心であったが、それに加え、「環境負荷（CO_2排出量等）」も含めて、総合的に検討）等に取り組む（図 1.3.119）。



ケーソン（RC）を模擬

図 1.3.118 高密度ﾘｻｲｸﾙ骨材（銅ｽﾗｸﾞ細骨材）を用いたｺﾝｸﾘｰﾄの暴露試験（R4.1 に暴露 1 年の調査） *実機ﾌﾟﾗﾝﾄで製造しﾎﾟﾝﾌﾟ圧送で打設



再生微粉
（島しょ部で製造）

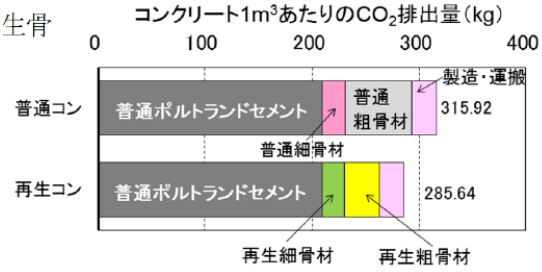


図 1.3.119 島しょ部で副産された再生微粉を用いたコンクリートにおける CO2 排出量

★ インフラの点検診断システム

【平成 28 年度】

●桟橋上部工点検用 ROV を改良して、現地試験を実施

桟橋上部工点検用 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モニタリングの導入」と密接に連携しており、港湾構造物の点検・診断を効率化させ、生産性向上に大きく寄与する。

今後は、さらに改良を進め運用マニュアル等の整備を行い、桟橋上部工点検用 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。

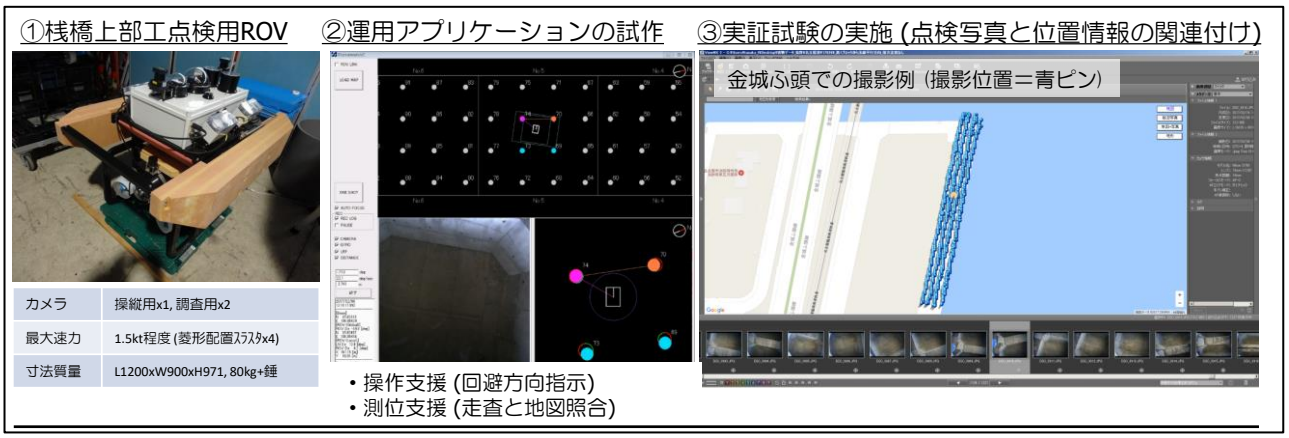


図 1.3.120 桟橋上部工点検用 ROV（左）と運用アプリケーション（中）および実証試験結果（右）

【平成 29 年度】

●IoT を活用した遠隔操作による点検診断システムを構築し、実証実験

Society5.0 に向け、効率的な維持管理を図り、その生産性の大幅な向上を図るため、IoTを活用した遠隔操作による点検診断システムを構築し、実証試験を実施して実用レベルとした。

この際、国内初となる防食効果確認センサやコンクリート中の鋼材腐食センサ等を開発して構造物に設置した。また、地球統計学による桟橋上部工の重点点検モニタリング部材・位置（センサ埋込）の検討を行い、この研究成果は土木学会賞吉田研究奨励賞を受賞した。

さらに、RC 部材の適切なセンサ配置検討のための腐食モニタリング、新工法・材料の有効性確認のためのモニタリング手法などの検討を進めた。

この他、大規模地震発生時における桟橋の使用可否判定に向けて、簡易的な測量や ROV、水中3D スキャナを活用した点検手法について、実証試験により適用可能性を評価した。これらの検討より得られる成果は、港湾構造物の点検・診断を効率化に大きく寄与する。

また、インフラ維持管理における点検データの数量・精度等と性能評価の精度の関係の明確化にも繋がるものである。

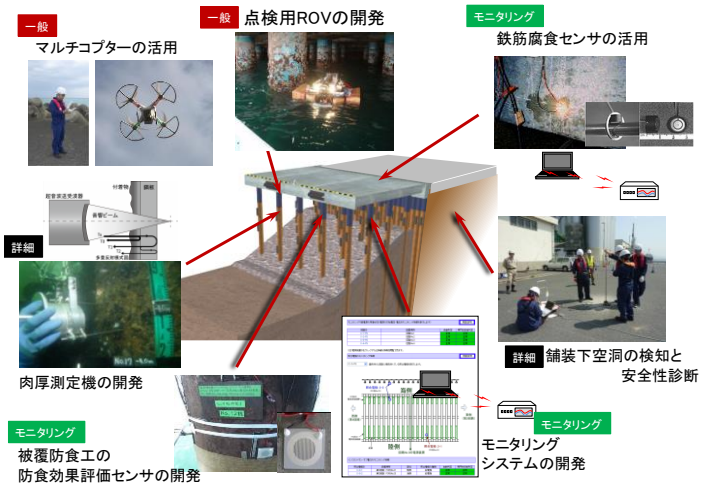


図 1.3.121 桟橋の点検診断システム

【平成 30 年度】

●測位・衝突回避機能など、ROV の操作性を向上

●運用マニュアルなど、貸出体制を整備

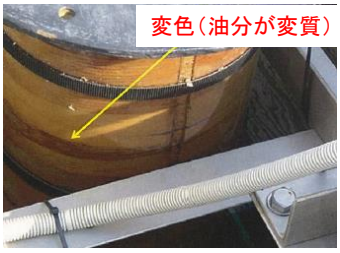
●鋼部材のペトロラタム被覆防食の防食効果確認センサを新たに開発（世界初）

被覆防食工法の劣化予測手法の確立を目的として、波崎観測桟橋での鋼管杭の被覆防食工法に関する暴露試験（34 年経過），ハット型鋼矢板に関する暴露試験（10 年経過．図 1.3.122）を継続実施した。
また、促進劣化試験および暴露試験（H30d 開始）により、ペトロラタム被覆工法の劣化メカニズムの解明を進めた（図 1.3.123）。

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。







屋外暴露 1 か月後
*劣化しやすい状態に設定

図 1.3.122　ハット型鋼矢板に関する暴露試験（10 年経過）

図 1.3.123　ペトロラタム被覆工法の暴露試験

【平成 31 年度、令和元年度】

●点検装置の作業外乱への対応技術の開発

桟橋上部工点検用 ROV について、杭の相対位置計測を利用した測位に対する波浪等外乱の影響を実験的に確認した（図 1.3.124）。

また、波浪等の現場条件を考慮して、八幡浜港、舞鶴港、尼崎地区にて当該 ROV による桟橋上部工下面の現地調査を実施した。特に、桟橋下のクリアランスが 0.5m 以下となり測位に要する杭の視認ができない舞鶴港においては、ROV を低頭仕様に改変し、波浪や潮位条件に留意して狭隘な桟橋下への進入を実現するとともに、ROV が視認可能な模擬杭の仮設により測位を伴った写真撮影を実現した（図 1.3.125）。

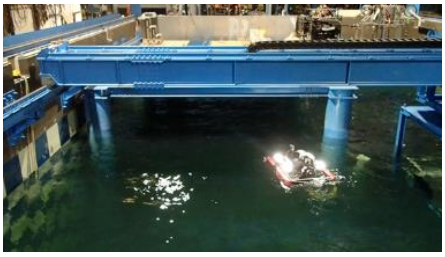


図 1.3.124　波浪等の外乱下における模擬作業実験



図 1.3.125　模擬杭を用いて測位を行いながら桟橋下面の撮影を行う点検用 ROV（舞鶴港）

●海洋構造物の性能評価の高度化に向けた点検診断技術の導入・運用に関する検計

IoT を活用した点検診断システムによるモニタリングについて、荷役機械等が頻繁に稼働するコンテナターミナルにおいて、無線通信によるモニタリングの適用性を検証した（図 1.3.126）。

その結果、無線通信によるセンサモニタリングは適用可能であるが、その運用にあたっては安定的な電力供給やモニタリングデータの管理方法に課題があることが明らかとなった。

また、水中ドローンを活用した点検手法について、係留施設を対象とした実証試験により、実海域における画像取得能力や動作能力等を検証した（図 1.3.127）。実証試験より得られた課題を踏まえて、実務での運用マニュアルをとりまとめた。

これらの検討より得られた成果は、港湾構造物の点検・診断の効率化に大きく寄与する。今後も上記の各検討を継続し、港湾構造物の点検診断の安全かつ効率的な実施を可能とする新技術の活用を進め、効率的な維持管理、Society5.0 の実現や生産性向上に寄与していく。



図 1.3.126　無線通信モニタリング実験



図 1.3.127　水中ドローンの適用性検証

【令和 2 年度】

●水中 ROV の定点保持機能（推力調整、当て舵等）の開発と大阪港での実証実験による機能確認を実施

●水中ドローンによる電気防食用の陽極消耗量調査に関する現地確認実験実施

●「桟橋上部工点検用ロボットと診断支援システムの開発」に対してインフラメンテナンス大賞優秀賞を受賞

桟橋上部工点検用 ROV について、実装済みの測位機能を応用して外乱への対応技術の一つである定点保持機能（推力調整、当て舵等）のプロトタイプを構築した。

また、桟橋上部工点検用 ROV を用いて、大阪港安治川地区、同港大正地区にて桟橋上部工下面の現地調査を実施し、波待ち時に実港湾における当該定点保持機能の効果を確認した（図 1.3.128，図 1.3.129）。

なお、この研究成果を含む「桟橋上部工点検用ロボットと診断支援システムの開発」について、令和3年 1 月に第 4 回インフラメンテナンス大賞優秀賞（国土交通省等7省共催）を受賞した。

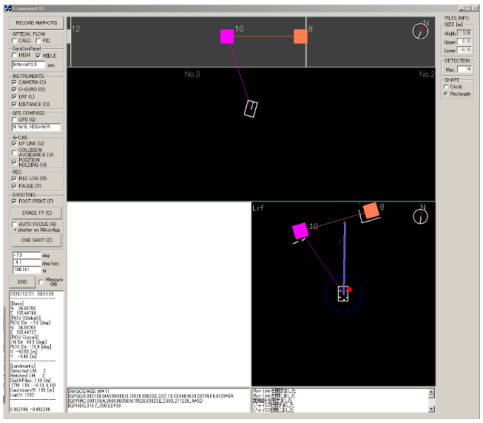


図 1.3.128　定点保持機能プロトタイプの実装と活用状況（大阪港安治川地区）



図 1.3.129　点検用 ROV による桟橋下面調査の実施（大阪港大正地区）

【令和 3 年度】

●構造物との干渉を回避しながら、衝突を含む最低限の構造物との干渉を許容する移動式点検装置の運用技術を実験的に検証

●センサモニタリングデータを用いた構造物の性能評価・予測に関する検討

●海洋構造物の構成部材や構造物全体の性能評価のためのデータ分析方法に関する検討

目視による点検が困難な部位があり、コンクリートの劣化進行過程やそれに対する対策の効果を評価・予測するためには、センサ等を活用したモニタリングが不可欠となる。

一方、センサによるモニタリングは局所的な情報であり、モニタリングで得た情報から部材または構造物全体の性能評価や劣化進行の予測ができることが望ましい。

本検討では、数値解析とモニタリングの併用により部材全体の性能を評価・予測する技術の開発を行った。具体的には、アルカリシリカ反応（ASR）による膨張劣化に着目し、有限要素解析での ASR による膨張劣化シミュレーションを可能にするとともに、劣化状態を反映して部材の構造解析まで可能な解析プラットフォームを構築した（図 1.3.130）。また，実構造物での現地モニタリングを開始した（図 1.3.131）。

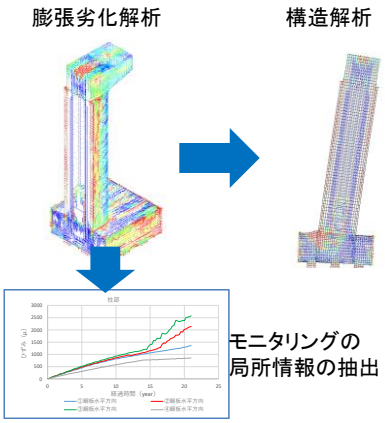


図 1.3.130　解析プラットフォームの構築

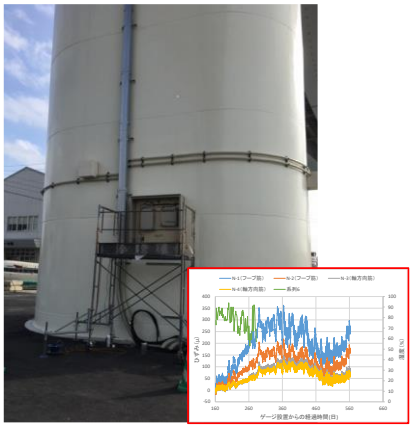


図 1.3.131　構造物での現地モニタリングの実装

★　インフラのマネジメントシステム

【平成 28 年度】

●コンクリート部材の　ASR（アルカリ骨材反応）や　DEF（遅延エトリンガイト生成）等の評価・予測の高度化などにより、コンクリートの劣化要因を解明

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、桟橋上部工の維持管理シナリオと　LCC、桟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。

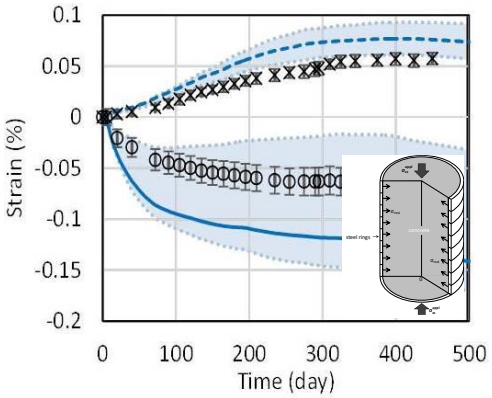


図 1.3.132　拘束を受けるコンクリートの ASR 膨張挙動の予測モデルの開発

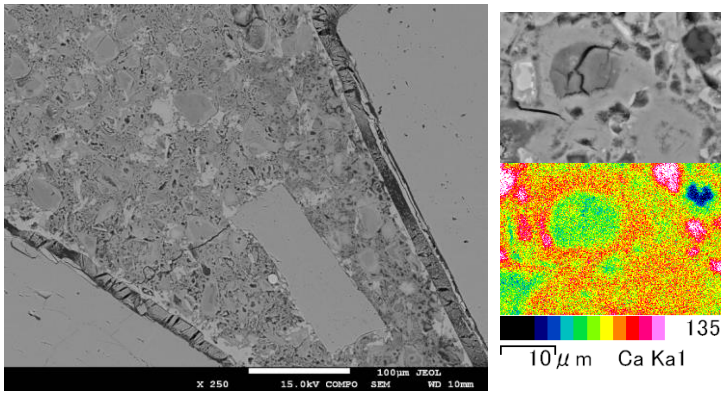


図 1.3.133　骨材界面に生成したエトリンガイトと微細構造

【平成 31 年度、令和元年度】

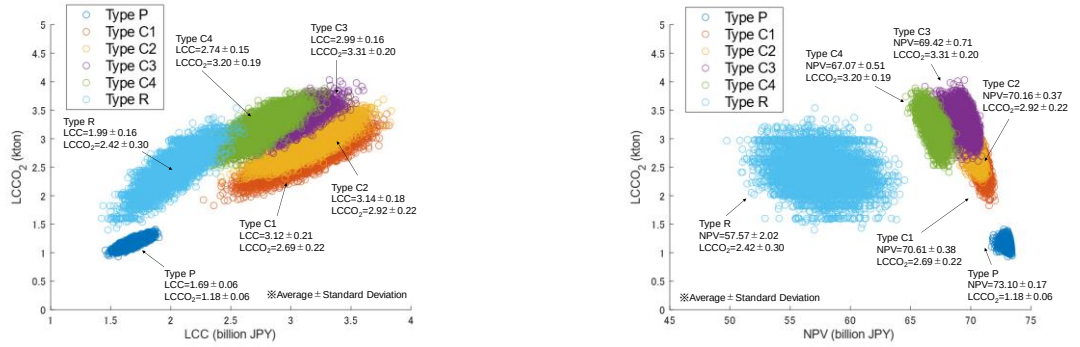
●ライフサイクルコストに加えて、便益損失や CO2 排出量を指標とした施設群の維持管理優先度評価方法を提案

事後保全的な維持管理が実施されているモデル桟橋群を想定して、個々の桟橋をすべて予防保全型に移

行するための補修シナリオ（補修工法および実施時期の選定）について、ライフサイクルコスト（LCC）に加えて、便益を考慮した純現在価値（NPV）、さらに維持管理における CO_2 排出量（$LCCO_2$）を評価指標としたケーススタディを実施した（図 1.3.134）。

その結果、NPV を最大化しながら LCC と環境負荷を可能な限り最小化するためには、予防保全型の維持管理を実施することが有効であることが示唆された。

また、事後保全的な維持管理を適用した場合、劣化のばらつきがこれらの評価指標のばらつきに与える影響が大きくなり、意思決定の不確実性が高くなることがわかった。



LCC vs. $LCCO_2$　　NPV vs. $LCCO_2$

図 1.3.134　各補修シナリオにおける LCC と NPV、$LCCO_2$

③ インフラの有効活用に関する研究開発

★ 既存設備の改良・更新技術

【平成 28 年度】

●液状化対策工法として用いられる薬液注入工法について、地盤の可視化技術により、注入薬液の浸透状の観察を可能化

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。

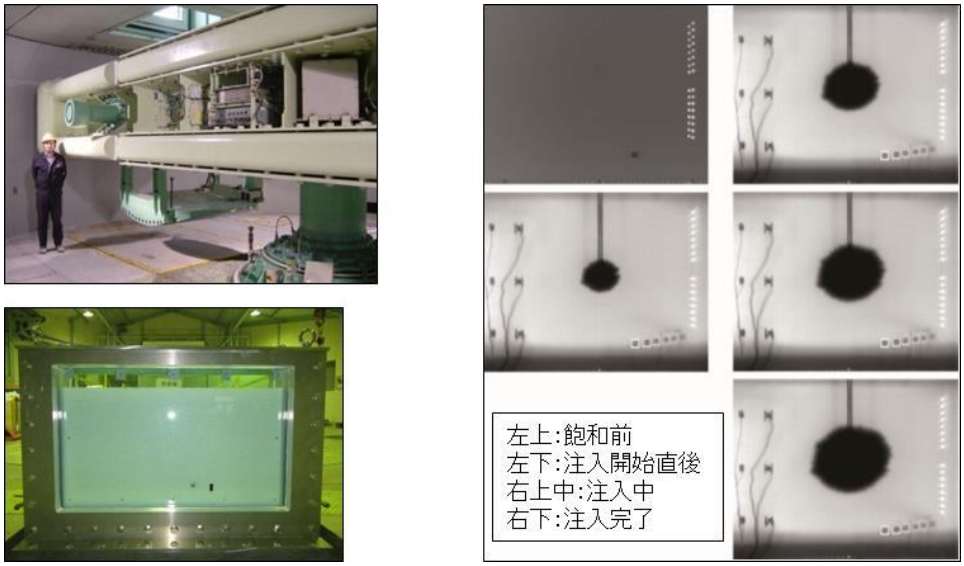


図 1.3.135　遠心模型実験での薬注過程の可視化例
（左上:遠心装置、左下:注入土槽、右:注入過程）

【平成 29 年度】

●既存杭式構造物の、耐震性の高い安価な補強工法を開発

既存港湾施設の改良ニーズ（増深、耐震性向上等）が増加しており、施工履歴を考慮し杭間地盤改良による既設組杭の改良工法について、組杭だけでなく前面矢板まで含めた全断面の模型について遠心模型実験を行うとともに、FLIP による再現解析を行い、実断面への適用に向けた各部の数値解析上のモデル化手法の妥当性を検証した。

本工法は、耐震性の高い安価な補強工法であり、国内初のもので港湾整備事業に適用予定である。

また、軟弱粘性土中の杭の長期的な挙動を検討することを目的として、模型実験及び数値解析手法の検討を行った。

その結果、軟弱粘性土中の単杭の挙動については、数値解析 GeoFem によりある程度再現することが可能となった。

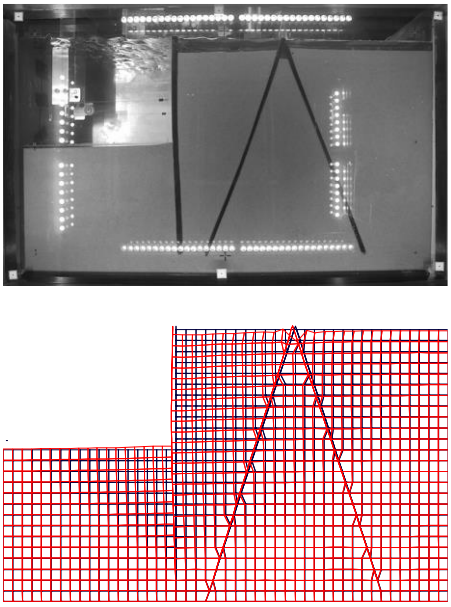


図 1.3.136　既設組杭の改良工法の開発
地表面変位等の把握

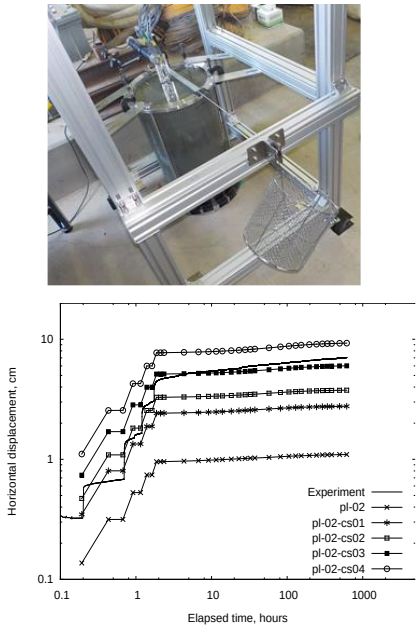


図 1.3.137　模型実験による杭のたわみや

【平成 30 年度】

●砂地盤改良時の薬液注入過程を可視化し、異なる条件下での浸透状況、周辺への影響を評価

細粒分含有率(Fc)が異なる砂質地盤への薬液注入過程を透明土を用いて可視化した。薬液注入実験は重力場および遠心場で行い、拘束圧、細粒分含有率、細粒分の分布が異なる条件下で地盤の不均質箇所周辺の浸透状況や周辺地盤への影響の評価を行った。

遠心場における地盤内の薬液注入過程の可視化技術は他に類のないもので、非常に先進性の高い成果である。

また、統計的手法を活用して空港埋立地内の細粒分含有率の不均質空間分布モデルの生成方法について検討を行った。

これらの成果は、従来から困難であった不均質地盤の地盤改良を効率的、効果的に進めることに活用できる。

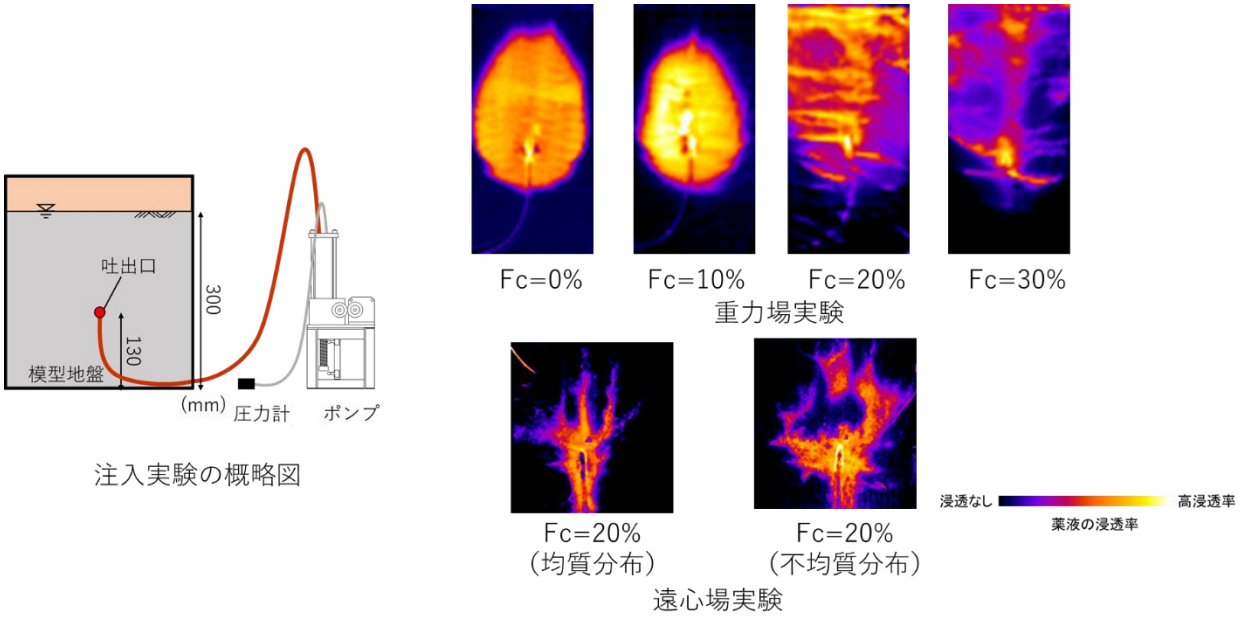


図 1.3.138 遠心模型実験での薬注過程の可視化例
(地盤条件の違いが改良領域の形成に及ぼす影響)

【平成 31 年度、令和元年度】

●物理探査による改良地盤の品質評価方法、施工管理方法の確立に向けた検討

薬液注入工法を用いて不均質地盤へ液状化対策を実施した場合における、地盤内の改良体の形成状況を 3 次元的に確認する有効な手法がないため、物理探査による改良地盤の品質評価方法、施工管理方法の確立に向けての検討に着手した。

本手法の確立により、施工後、施工中の高度な品質管理や i-construcition の推進に資することが期待される。

室内実験、現地実験と数値計算を組み合わせて、改良地盤の物理特性と物理探査計測結果の関連性について検討を行った。

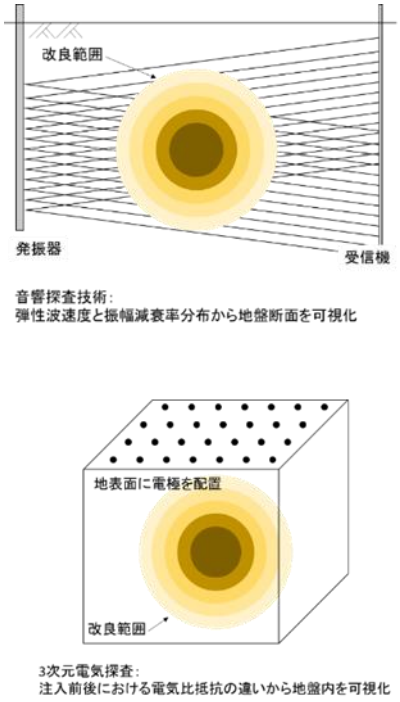


図 1.3.139　物理探査による改良地盤の品質確認のイメージ

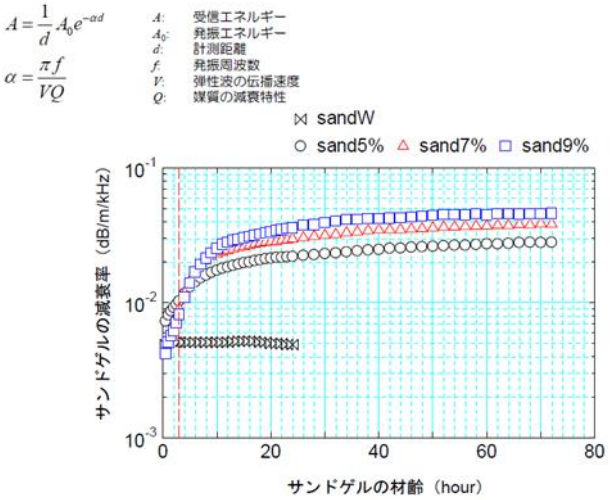


図 1.3.140 弾性波の有効性の検討
（弾性波減衰率と材齢，薬液濃度の関係）

●鋼管杭の塑性化後の挙動及び鋼管杭の地中部での曲げ挙動に関する模型実験の実施

桟橋の要求性能は、使用性・修復性・安全性にカテゴライズされるが、現状では残留変位量や塑性ヒンジの発生箇所・個数といった性能規定が採用されており、実際的な使用可否・修復可否に基づく規定となっていない。

桟橋の実際的な使用可否・修復可否を検討するためには、桟橋の構成部材の降伏後、塑性化後の挙動を含む桟橋構造全体の破壊過程を詳細に把握する必要がある。そのため、過去の被災事例の再整理、鋼管杭の塑性化後の挙動及び鋼管杭の地中部での曲げ挙動に関する模型実験を実施した。

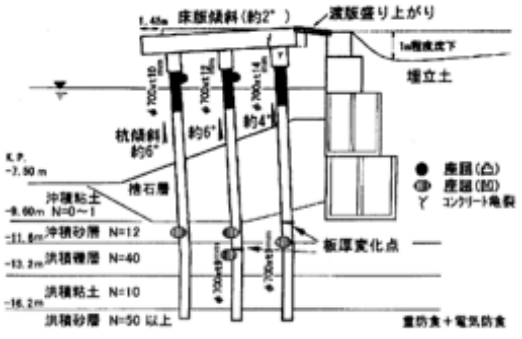


図 1.3.141　兵庫県南部地震による高浜桟橋の被災

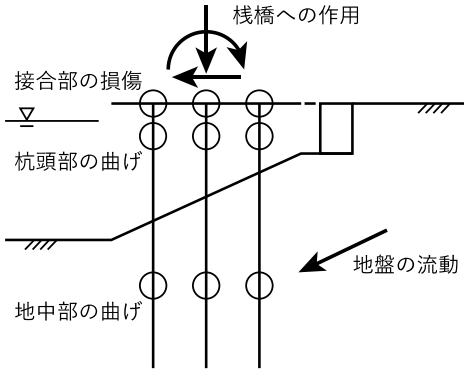


図 1.3.142　想定される桟橋の破壊モード



図 1.3.143　地中部での曲げ挙動に関する実験の様子



図 1.3.144　曲げにより生じた局部座屈

【令和 2 年度】

●薬液注入工法施工後の不均一地盤の改良効果を、物理探査による比抵抗の違いから確認する手法を検討

●現地実験によって注入箇所とそれ以外の比抵抗差を確認し、その有効性を確認

薬液注入工法を用いて不均質地盤へ液状化対策を実施した場合における、地盤内の改良体の形成状況を 3 次元的に確認する有効な手法がないため、地盤サンプルの採取が不要な物理探査による改良地盤の品質評価方法、施工管理方法の確立に向けての検討を行った。

室内模型実験より、改良地盤の三次元形状の計測、また、沿岸部における適用性について実規模計測実験で検討を行った。

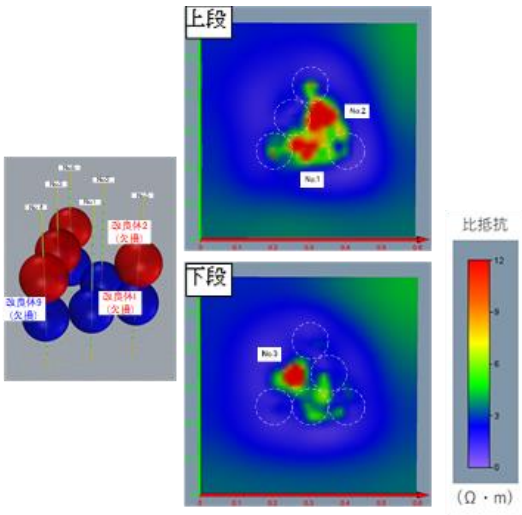


図 1.3.145　三次元計測の結果
（比抵抗トモグラフィによる薬注前後の結果）

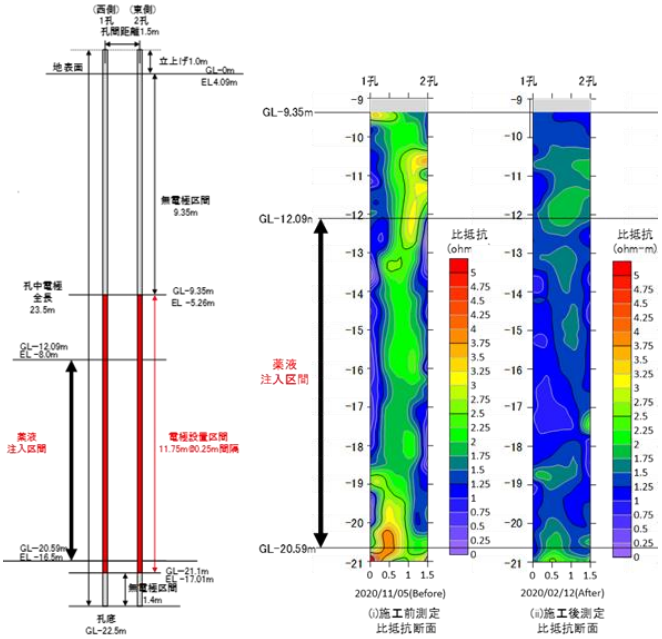


図 1.3.146　現地計測実験結果

●桟橋上部工と鋼管杭の接合部の損傷過程を確認する模型実験を実施

桟橋の要求性能は、使用性・修復性・安全性にカテゴライズされるが、現状では残留変位量や塑性ヒンジの発生箇所・個数といった性能規定が採用されており、実際的な使用可否・修復可否に基づく規定となっていない。

桟橋の実際的な使用可否・修復可否を検討するためには、桟橋の構成部材の降伏後、塑性化後の挙動を

含む桟橋構造全体の破壊過程を詳細に把握する必要がある。そのため、桟橋上部工と鋼管杭の接合部の損傷過程を確認するための模型実験を実施するとともに、過年度に実施した鋼管杭の地中部での曲げ挙動に関する模型実験結果について数値解析による破壊挙動の再現を試みた。

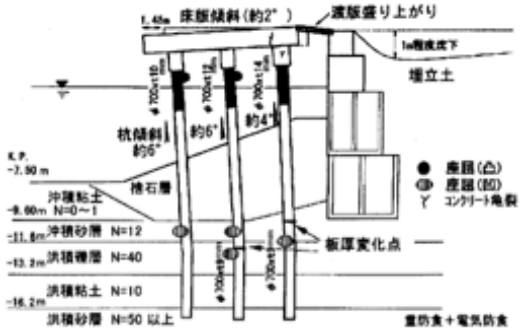


図 1.3.147　兵庫県南部地震による高浜桟橋の被災

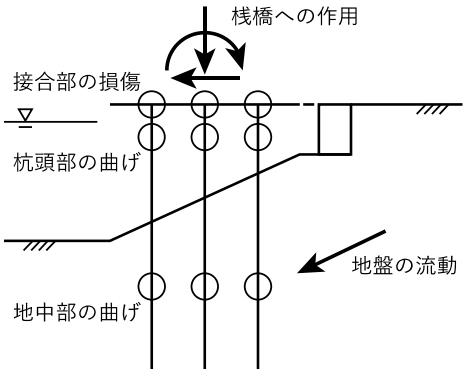


図 1.3.148　想定される桟橋の破壊モード

実験は、図 1.3.149 に示すように杭と上部工の接合部の模型を作製し、鋼管を繰返し交番載荷することでその損傷過程を確認した。

図 1.3.150 に杭と上部工の接合部の模型実験により得られた荷重変位関係の例を、図 1.3.151 に破壊時の状況を示す。損傷が鉄筋定着部（つばプレート）付近に集中し、それによって鉄筋の破断が生じている。

図 1.3.152 に過年度に実施した鋼管杭の曲げ試験の状況と数値解析による実験結果の再現例を示す。H31 年度検討と比較して今年度試行した解析手法（検討-1～4）の方が実験結果の再現性がよいことが確認できた。

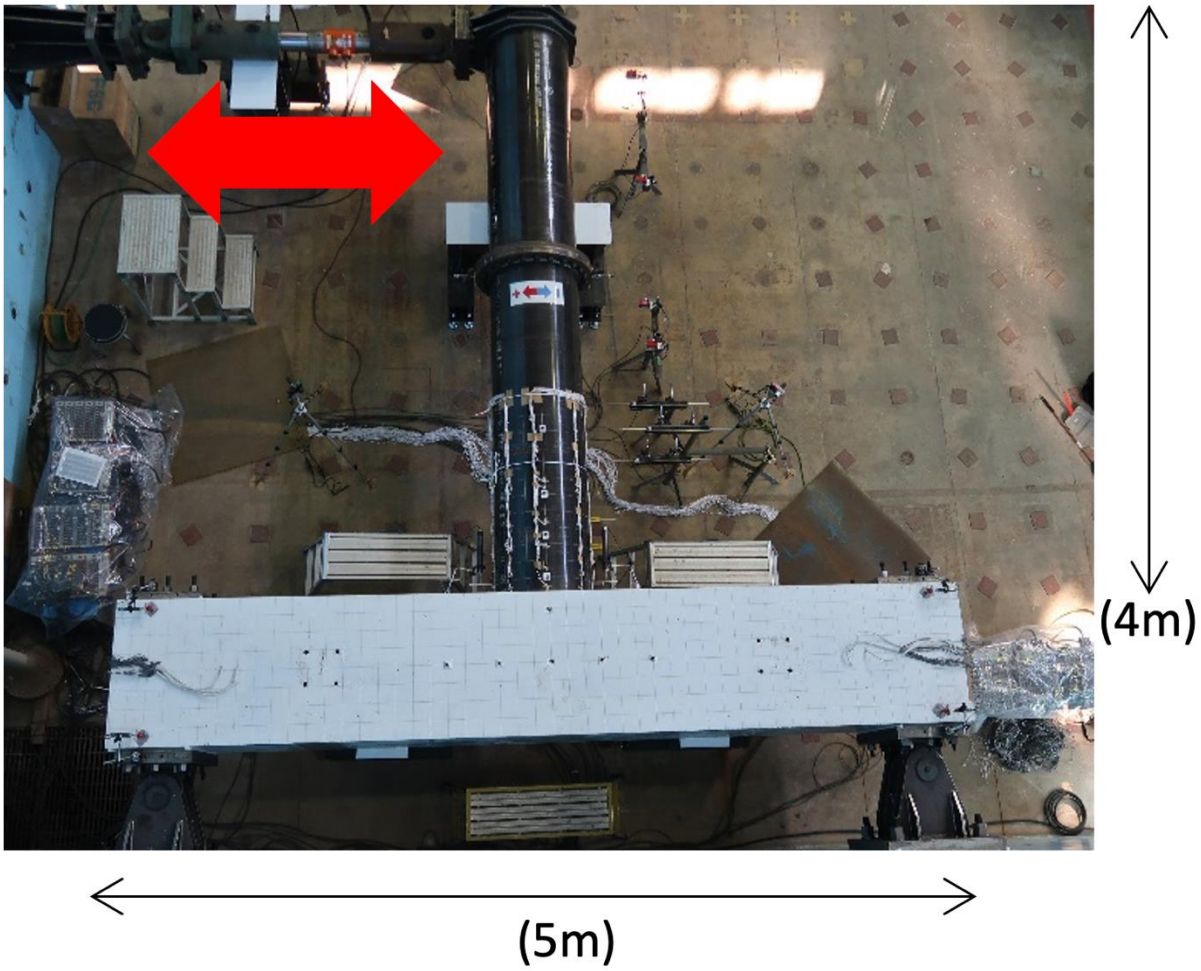


図 1.3.149　実験模型と交番載荷方向

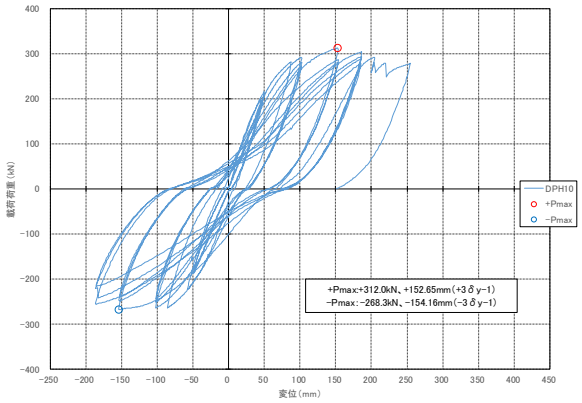


図 1.3.150　杭と上部工の接合部の模型実験により得られた荷重変位関係の例

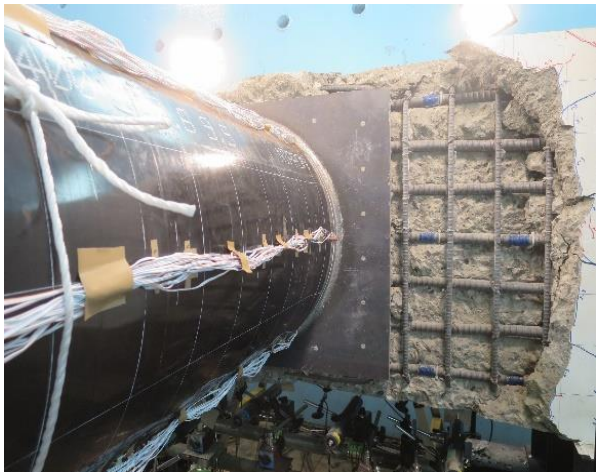


図 1.3.151　破壊時の状況



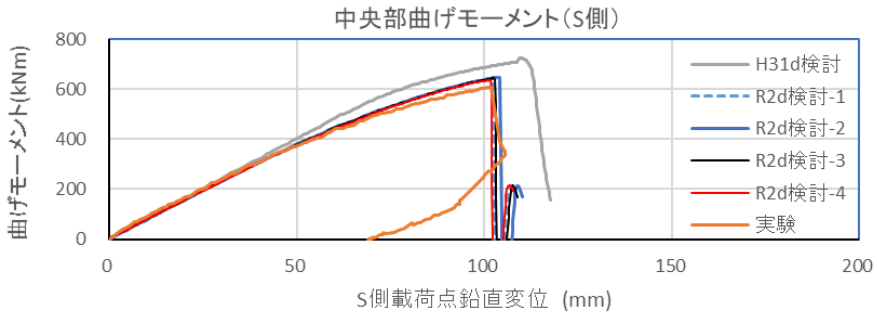


図 1.3.152　過年度に実施した鋼管杭の曲げ試験の状況と数値解析による実験結果の再現例

【令和 3 年度（2021 年度）】

●実規模における開発した方法を用いた三次元計測、リアルタイム計測の適用性に係る検討

薬液注入工法を用いて不均質地盤へ液状化対策を実施した場合における、地盤内の改良体の形成状況を 3 次元的に確認する有効な手法がないため、地盤サンプルの採取が不要な物理探査による改良地盤の品質評価方法、施工管理方法の確立に向けての検討を行った。

室内模型実験より、薬液注入中の地盤の変状をリアルタイムでモニタリングできる物理探査手法について適用性の検討を行った（図 1.3.153）。

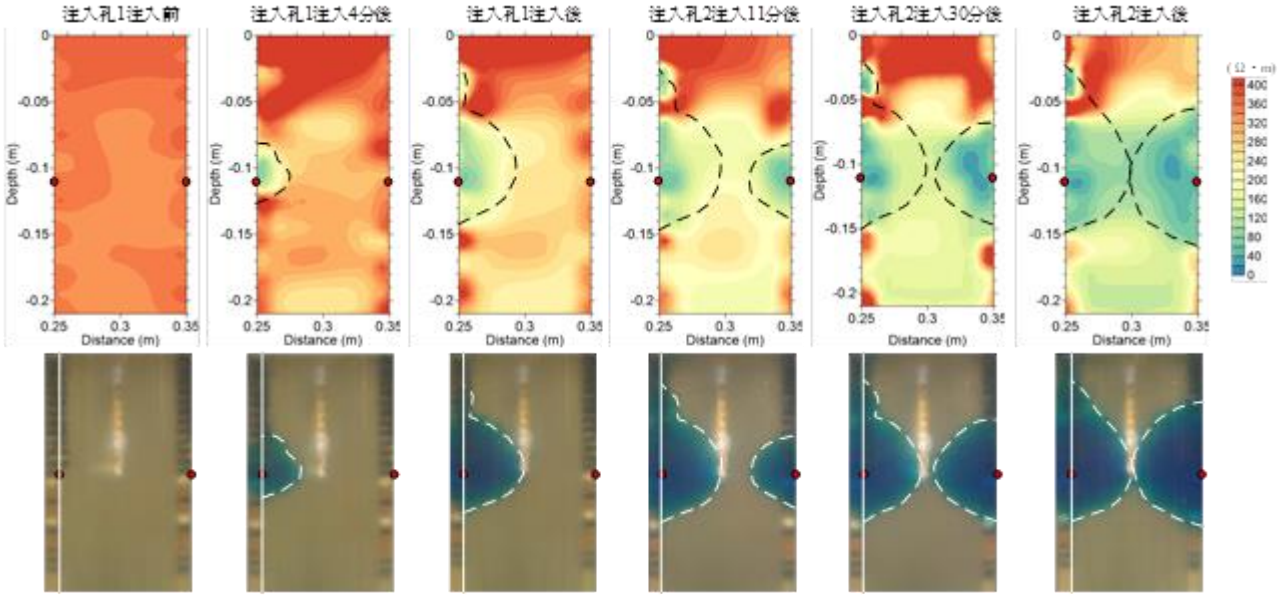


図 1.3.153　リアルタイム計測の結果（上段：物理探査，下段：実際の地盤状況）

●桟橋の性能設計のコンセプト検討及び性能照査方法の課題抽出

桟橋の要求性能は、使用性・修復性・安全性にカテゴライズされるが、現状では残留変位量や塑性ヒンジの発生箇所・個数といった性能規定が採用されており、実際的な使用可否・修復可否に基づく規定となっていない。桟橋の実際的な使用可否・修復可否を検討するためには、桟橋の構成部材の降伏後、塑性化後の挙動を含む桟橋構造全体の破壊過程を詳細に把握する必要がある（図 1.3.154、図 1.3.155）。

令和 3 年度は将来的な桟橋の性能設計のコンセプト検討及び性能照査方法の課題抽出を行った。

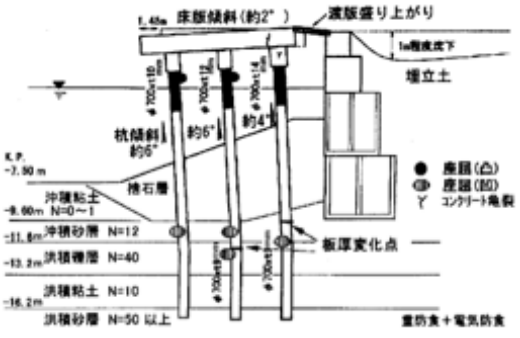


図 1.3.154　兵庫県南部地震による高浜桟橋の被災

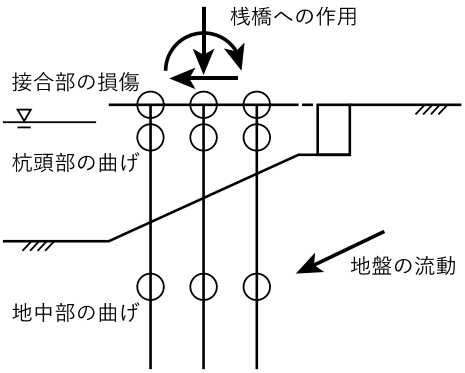


図 1.3.155　想定される桟橋の破壊モード

具体的には、非耐震施設の偶発状態に対する要求性能や耐震強化施設の性能規定の考え方、それぞれの性能照査方法に関する課題の抽出・整理を実施した。

非耐震施設の偶発状態に対する要求性能については、基本的に安全性を軸とした規定を考えていく必要があること、その照査方法に関しては施設の状況に促したものを準備していく必要があることを確認した。耐震強化施設の性能規定については、レベル2地震後に求められている性能を維持できているかどうか直接的に照査できるような体系の整理が必要であると整理された。

これにより、従来よりも効率的な構造断面が得られる可能性がある。またその性能照査方法に関しては、レベル2地震後の性能照査（ポスト L2 照査）方法を念頭に、鋼管の限界曲率発生以降のモデル化の方法や一般的に用いられる微小変形理論に基づく数値解析では考慮できない付加曲げモーメントを考慮する方法等を検討していく必要があると考えられる。

★ 建設副産物等の有効活用・処理技術

【平成 28 年度】

●X 線 CT 装置と3D プリンタを用いた各種土質試験を実施し、粒子接触点の再現性が重要因子であることを解明

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。

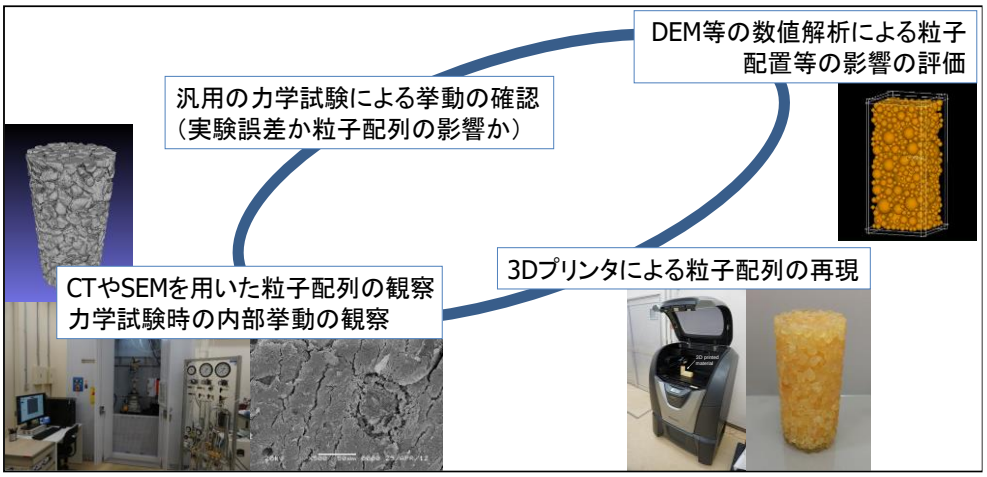


図 1.3.155　X 線 CT 装置及び三次元造形装置（3D プリンタ）を用いた試験システム

【平成 29 年度】

●礫地盤における「原位置 X 線 CT スキャン装置を初めて開発

⇒ASTM の国際ジャーナルに採択

個別要素法の解析モデルを対象として、三次元造形装置によって個々の粒子およびその配列を復元した供試体を用いて各種試験を実施した。

これまでの供試体作製方法では、個々の粒子同士が接着した状態で供試体が造形されるため、その接着力が巨視的な力学特性に影響を及ぼすことが指摘されていた。

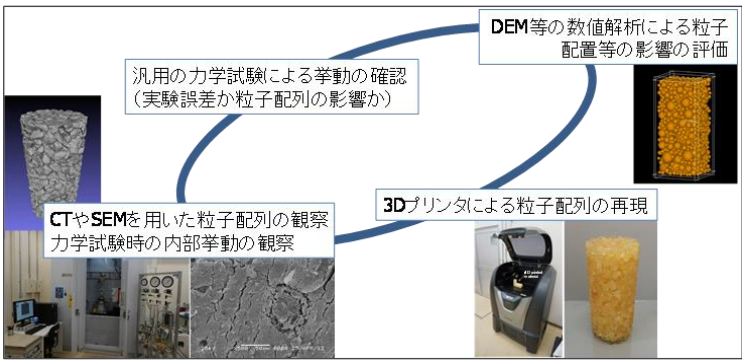
本年度には、粒子の配列構造を保ったまま、個々の粒子が接着しない状態で供試体を復元する供試体作製方法を新たに検討した。

また、精度の高い土質試験法もめざし、礫地盤を対象にして、「原位置 X 線 CT スキャン装置」を開発した。具体的には、原位置で採取されたコアを原位置で X 線 CT スキャンするための装置である。上記の一連の技術は特許出願されている。

これまでの取り組みを継続し、個別要素法による解析技術、X 線 CT 画像の画像解析技術、復元供試体による力学特性評価法、原位置での X 線 CT スキャン技術の高度化に取り組む。

本技術は、試料採取が特に難しいとされている礫地盤において、同装置と 3D プリンターを活用して、乱れていない状態の試料を再現することが可能となる。

また、同じ供試体が大量に作成できる。本研究の成果は、ASTM（米国国際規格設定機関）の国際ジャーナルに採択されており、本装置等の活用によって、精度の高い土質試験が期待でき、より適切な構造物設計が可能となる。



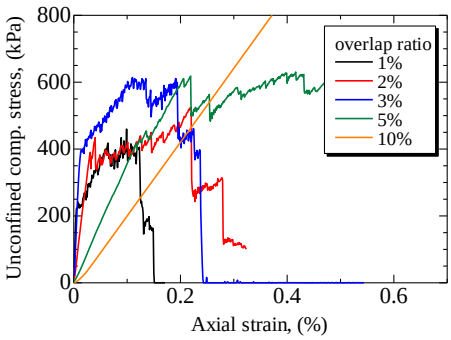


図 1.3.156 （左）X 線 CT 装置及び三次元造形装置（3D プリンタ）を用いた試験システム
（右）粒子の接着力の影響を調べた一軸圧縮試験の DEM シミュレーション結果
（造形時の粒子の重なり=overlap ratio が大きいほど、一軸圧縮強度が大きい。）

【平成 31 年度、令和元年度】

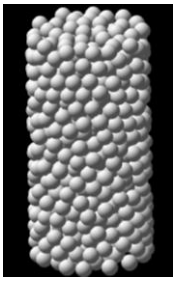
●土のデジタルサンプリングの実現に向けて必要なツールとして、国際的にも先駆的な地中撮影型小型X線 CT スキャナ、デジタルサンプリング装置の開発

粒度分布や粒子形状といった微視構造の異なる地盤材料は、その微視構造の違いに起因して多様な力学特性を示す。そのため、微視構造の影響を評価することは、地盤の力学特性評価の高度化につながるものと考えられる。

原位置で地盤を X 線 CT スキャンし、CT 画像からコアの多様な工学特性を評価することができれば、従来の地盤調査の概念を覆す大きなブレークスルーとなる。

平成 31 年度には、粒子とその堆積構造を 3D プリントした擬似供試体について一軸圧縮試験や三軸圧縮試験を実施し、地盤のような粒状体地盤の挙動を示すことを確認した。また、疑似供試体の元データ（各粒子の形状や位置情報）を数値解析モデルとして利用し、圧縮挙動の再現解析を試みた。（図 1.3.157）

さらに、原位置地盤の微視構造を可視化することを目的として、原位置地盤内で撮影可能な小型 X 線 CT スキャナおよび掘削マシンを開発、製作した。（図 1.3.158）

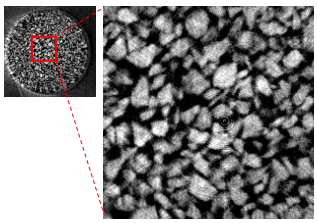




a) DEM モデル　　b) 疑似供試体

図 1.3.157 圧縮用供試体の解析モデルと疑似供試体





a) 全体写真　　b)礫（2－5mm）の CT 画像例

図 1.3.158 原位置用 X 線 CT スキャナ

【令和 2 年度】

●開発したX線 CT スキャナ内蔵型掘削装置を用いた掘削実験を実施、掘進力等の計測を行うなど、実用化に向けた検証を実施

粘着性の低い砂礫地盤など地盤によっては依然として乱れの少ない地盤サンプル（以下、コア）の採取が技

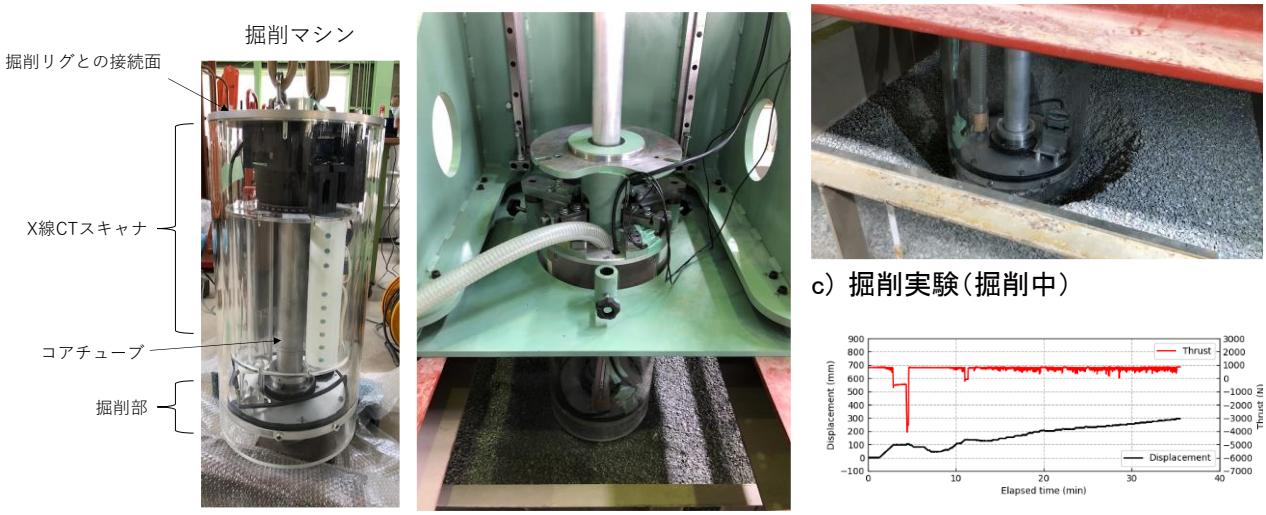
術的に難しいことや、特殊な地盤環境ではコアを持ち帰ること自体に問題が生じる。

他方、砂礫地盤のように大粒径の粒子を多く含む地盤では、コアが不均質であることも多く、構成粒子の形状や堆積構造といった地盤の微視構造特性が地盤全体の力学特性やそのばらつきに有意な影響を与える。

このような課題の解決に資する地盤調査技術の開発や地盤評価法の高度化が求められる。

本研究では、原位置地盤内でコアを X 線 CT スキャンする「原位置デジタルサンプリング法」の開発と、得られた CT 画像をもとに地盤の工学特性を評価する一連の試験、解析技術の開発を行い、CT 画像をはじめとするデジタルデータを活用した地盤評価法の高度化、新たな地盤調査法の確立をめざす。

令和 2 年度は、開発した X 線 CT スキャナ内蔵型掘削装置を用いて、模型礫地盤を対象とした掘削実験を実施し、掘進力等各種計測を行った（図 1.3.159）。



a）掘削装置　　b）掘削実験（掘削前）　　c）掘削実験（掘削中）　　d）掘削実験による各種計測結果

図 1.3.159　開発した掘削装置と模型地盤に対する掘削実験

【令和 3 年度】

●弱部の一軸圧縮試験の応力ひずみ関係に及ぼす影響の数値解析的検討、並びに弱部を含む供試体の作成

健全部の強度と弱部の強度の比、弱部の大きさ、弱部の供試体内の位置をパラメータとして、弱部が一軸圧縮試験時の応力ひずみ関係に及ぼす影響を数値解析的に検討した。解析の結果、固化改良体が未改良部を弱部として含む場合、破壊ひずみはあまり増加せず、強度のみ低下するクラック型の乱れと同じ影響を示すことが分かった。

施工管理で強度確認のための一軸圧縮試験を行った場合、他に比べて破壊ひずみが変化せず、強度が小さい供試体が見られる場合は、その程度に応じた未改良部を想定し、改良地盤全体として性能を評価するなどの対応が考えられる。

併せて、液果窒素で冷凍した粘土スラリーをモールド内に設置し、そこにスラリー状のセメント改良土を流し込んで養生することで未改良部を含む供試体を作成し、一軸試験を行った（図 1.3.160）。弱部の存在割合及び存在位置を様々に変えた一軸試験結果から、弱部が分散して存在する方が一軸強度低下に及ぼす影響が小さくなることが分かった（図 1.3.161）。

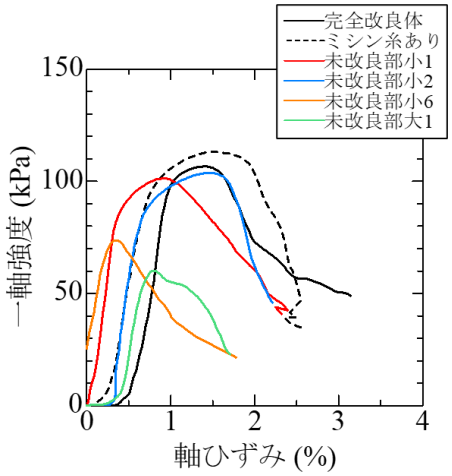


図 1.3.160　一軸圧縮時の応力ひずみ関係

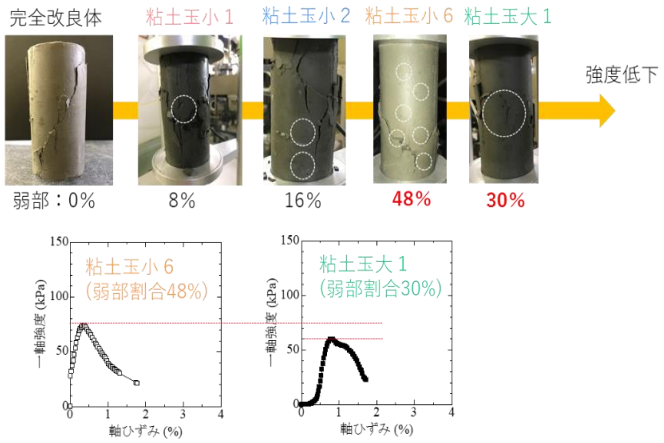


図 1.3.161　弱部割合とピーク強度の比較

★ 海面廃棄物処分場の管理と利用

【平成 28 年度】

●海面廃棄物処分場の管理と利用に関し、粘土と杭の界面における付着特性、透水特性について検討

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。

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た。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った。

また、セメント改良による汚染物質の不溶化技術の検討に着手する。

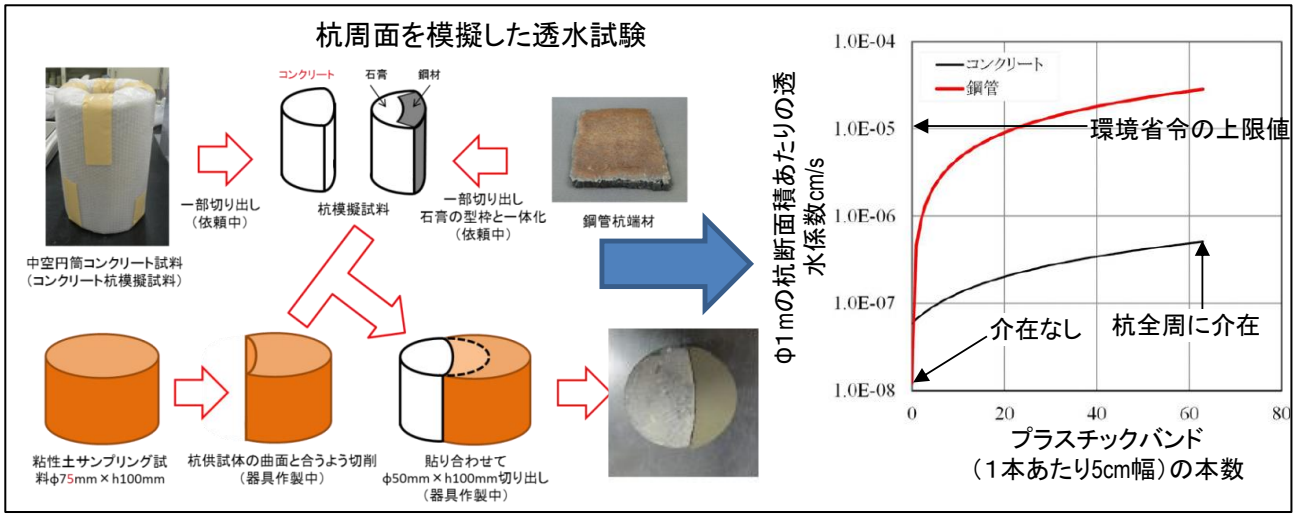


図 1.3.162　杭の周面遮水特性についての評価に関する室内試験

【平成 30 年度】

●処分場での杭打設方法について、従来の三重管に比べて効率的な二重管方式等を検討

⇒港湾局の指針に反映

焼却灰を埋め立てた処分場における杭打設・引抜き試験についての取りまとめを行った。

また、セメント改良による汚染物質の不溶化技術の検討に着手した。具体的には固化処理土の劣化と汚染物

質の溶脱を検討するための固化処理土の劣化促進手法を検討した。

この手法は国内初の手法である。その結果、供試体に透水することにより、早強セメントについては、供試体を均等に劣化させることができたが、それ以外のセメントでは逆に強度が増加する結果となった。

供試体からの排出水のカルシウムイオン濃度を分析した結果、早強セメントでは 2 日目以降イオンの排出が収束しているのに対し、それ以外のセメントでは排出が継続した。これは排出水の pH の値とも整合していた。このため、透水時間を早強セメントより長く設定する必要があることがわかった。

また、本研究の成果が、港湾における管理型海面最終処分場の高度利用の指針（平成 31 年 3 月）に反映された。

これらの研究は、海面処分場の土地利用（橋梁等のインフラ整備や大型物流施設等の整備）の進展に寄与する。

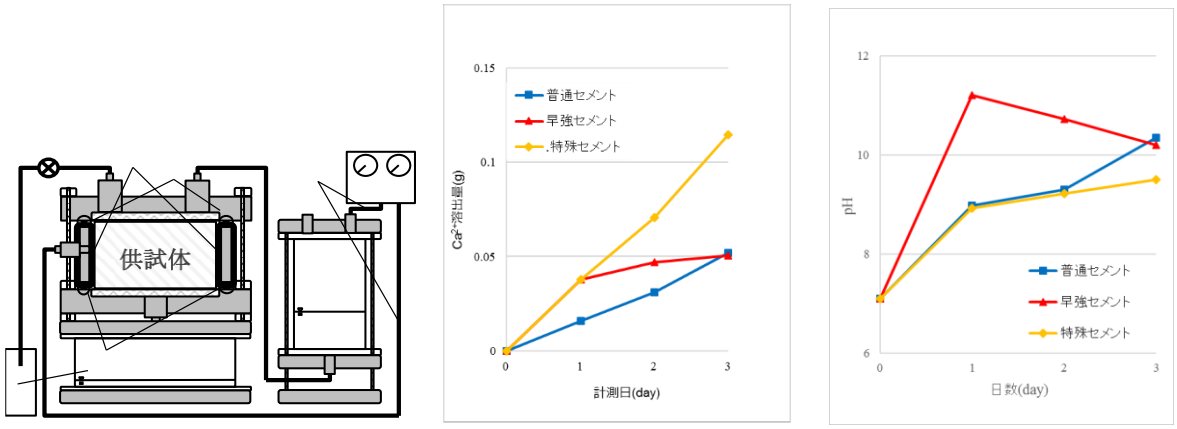


図 1.3.163　固化処理土の劣化促進に使用した透水装置および供試体からの排出水分析結果

（3）海洋権益の保全と海洋の利活用

①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

★　遠隔離島での港湾整備

【平成 28 年度】

●通常の係留索と防舷材を用いた係留方法とは異なる新たな船舶の係留技術を、過酷な海象条件化へ適用するための評価・検討を実施

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 1.3.164 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。

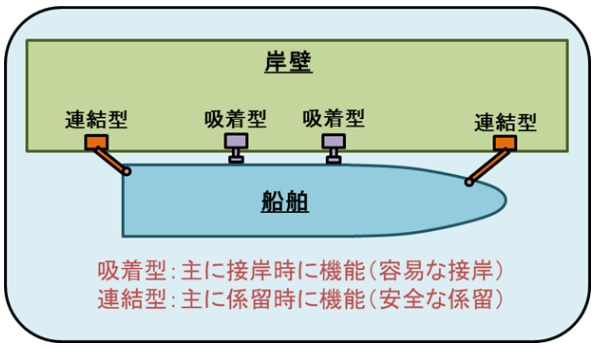


図 1.3.164　新型係留装置のイメージ

【平成 29 年度】

●遠隔離島における港湾施設の点検・調査の省人化・効率化によりその生産性向上を図るため、陸上走行機能を備えた ROV 用いたシステムを開発

・水中で撮影した点検写真について、それらの取得位置情報等を付帯情報として関連付ける管理手法を提案した（図 1.3.165）。
・管理時に必要な水中航行体の位置情報の計測方法については、音響測位装置・GNSS・対地速度計・水圧計を組み合わせる手法を提案した。
・水槽に設置した模擬対象物撮影実験において、平行ラインレーザを照射して撮影した水中写真から被写体や変状等の寸法を計測可能であることを示した（図 1.3.166）。
・これらにより、遠隔離島の港湾施設の維持管理の生産性向上が図られる。さらに人工海浜突堤等の海岸保全施設の維持管理にも活用できるものと考えられる。

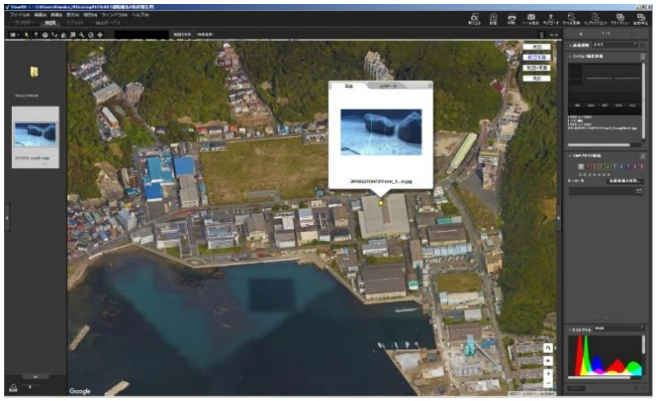


図 1.3.165　付帯情報を利用した点検写真の管理例
（例示は Nikon View NX-i 利用の場合）

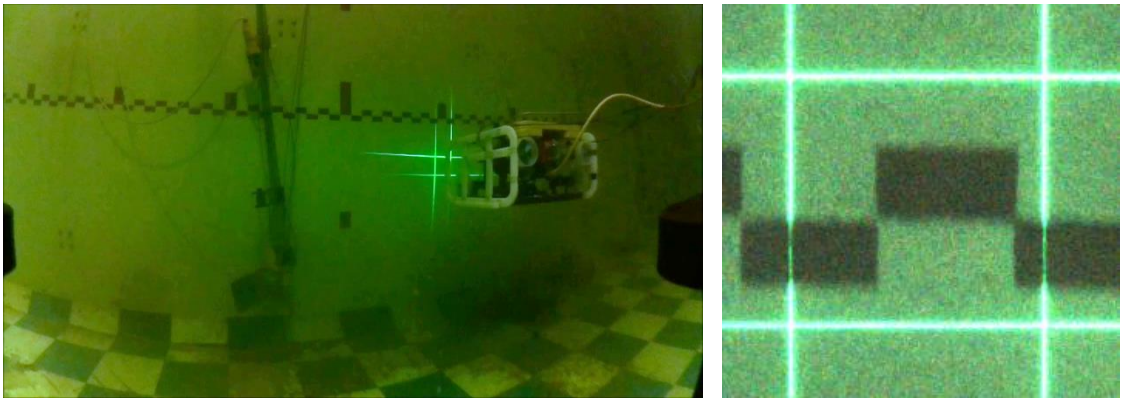


図 1.3.166　平行ラインレーザを用いた寸法計測

【平成 30 年度】

●孤立リーフ周辺海域の複雑な波浪場に係留された船舶の動揺実験・計算を実施し、安全に係留するための波浪条件等を提案

海洋上の孤立リーフ海域に建設される係留施設の利活用に関して、以下の成果を得た。
・過年度に算定した波高比を活用し、沖縄本島のリアルタイム NOWPHAS データから南北大東港各岸壁の

波高を推定（図 1.3.58）するマクロツールを作成した。

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

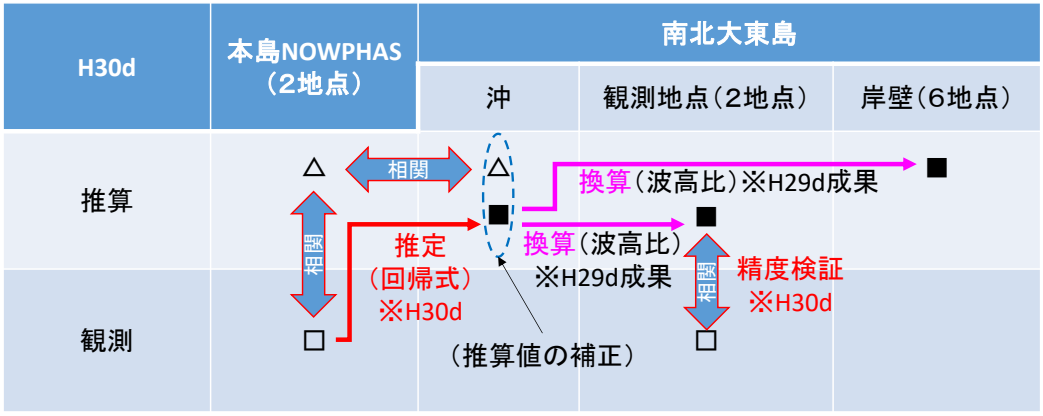


図 1.3.167　南北大東港各岸壁での波浪概略値の推定方法

【平成 31 年度、令和元年度】

●離島を対象とした船舶の新型係留装置を考案し、模型実験による効果検証を実施

港湾内の船舶の新型係留装置に関して、以下の成果を得た。

・離島の係留施設における貨客船の荷役係留時を対象に考案した、高強度ワイヤを用いた新型係留装置について、現地に実際に適用する場合の施工時および維持管理時における技術的課題について検討し、その対応策について提案した。

・現状の船舶の係留技術の離島のような厳しい海象条件下への適用性の評価、離島を対象とした船舶の新型係留装置の考案、高強度ワイヤを用いた新型係留装置の基礎的な模型実験による効果の確認、高強度ワイヤを用いた新型係留装置の船体動揺計算による有効性の検証、新型係留装置の現地適用のための技術的課題と対応策の提案といったこれまでの研究成果を取りまとめた。

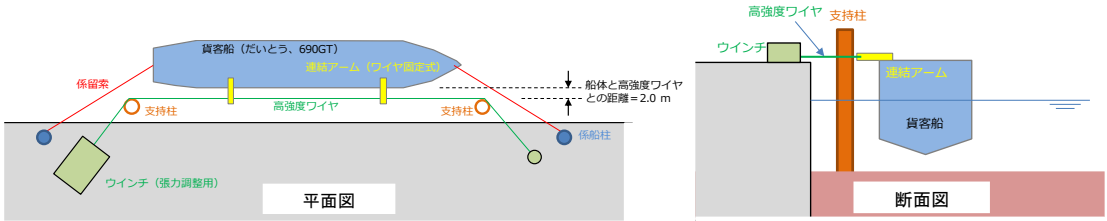


図 1.3.168　高強度ワイヤを用いた新型係留装置の構成図

【令和 2 年度】

●受衝板付き防舷材に吸着機構を組み込んだ防舷材システムの概略構造を検討し、基本コンセプトを設定

船舶の自動離着岸のための防舷材システムの開発に関して、以下の成果を得た。

・船舶の自動的かつ効率的な離着岸と安定的な係留荷役を実行できるように、防舷材の受衝板前面に吸着パッドを組み込んだ防舷材システムを考案し、船舶側面に吸着し易い吸着パッドの構造や船舶の喫水変化に追従する上下機構の構成について検討した。

・これらの概略構造の検討成果をもとにして、船舶の自動離着岸のための防舷材システムの基本コンセプト

を設定した。



図 1.3.169　受衝板付き防舷材の例

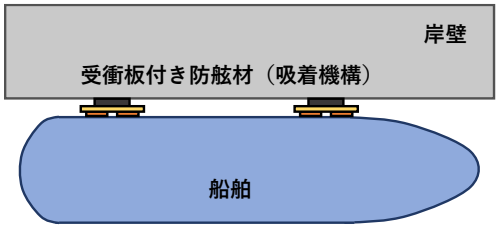


図 1.3.170　自動離着岸防舷材システムのイメージ

【令和 3 年度】

●要素実験により防舷材システムの吸着機構の構造安定性を検証し、数値計算によりその係留力などの有効性を評価

防舷材システムの吸着機構について、スケールモデルを使用した要素実験によりその吸着効果を含めた構造安定性を確認した（図 1.3.171）。

また、係留船舶動揺シミュレーションを用いた数値計算の結果に基づいて、船舶の荷役係留時における防舷材システムによる係留力などの有効性について検討した。

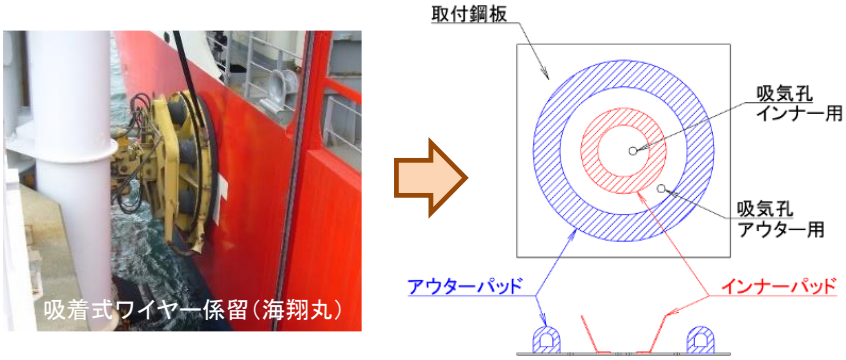


図 1.3.171　吸着盤の構造イメージ

★海洋の利用・開発を支援するインフラ技術

【平成 28 年度】

●浸食に脆弱な炭酸カルシウムを母材とする地盤や堆積物で形成される離島において、現地調査及び現有サンプルコア試料を採取して分析

南鳥島において、地形・生物相調査およびサンゴや底質の採取等を行った（図 1.3.172）。

また、サブサイトでの現地調査も実施した（図 1.3.173）。



図 1.3.172　南鳥島西海岸

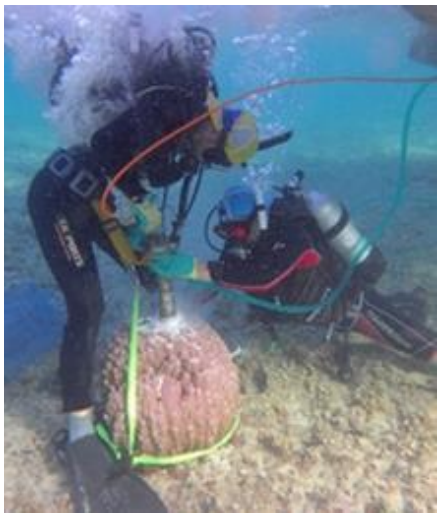


図 1.3.173　ルカン礁でのコア採取

●深海用 ROV による海底調査等で、視界不良下でも作業を進めるため、濁水中でも利用可能な音響ビデオカメラを開発

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 1.3.174 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。

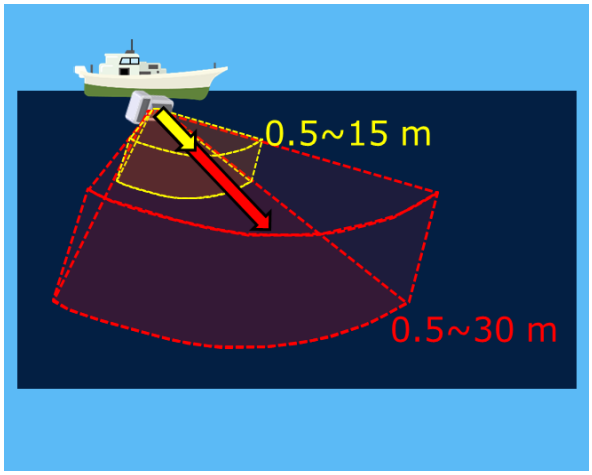


図 1.3.174　音響ビデオカメラのレンジと視野角

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° / 0.5° × 0.5°
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 水中部外形寸法	浅 100 m / 深 3000 m 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

【平成 29 年度】

●遠隔離島のモデルサイトにおいて、炭酸カルシウム地盤形成速度を推定するとともに、その規定要因を解明

離島における炭酸カルシウム地盤の形成と安定性に関して、以下の成果を得た。

・石灰化生物が生成した炭酸カルシウムを母材とする地盤の遠隔離島等において、石灰化生物による地盤形成速度と規定要因に関する定量的な概念モデルを構築した。

・モデルサイトにおける現地調査や現有コアサンプル試料分析から、地盤形成速度の精緻な推定に成功した（数日～季節スケール、千年スケール）。

・また、地盤形成速度に大きな影響を与える石灰化速度の規定要因について明らかにした。これらの成果は、今後、サンゴ等による地盤形成促進技術に関する研究につながり、延いては低潮線保全や国土保全に適切に寄与できるものと考えられる。

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

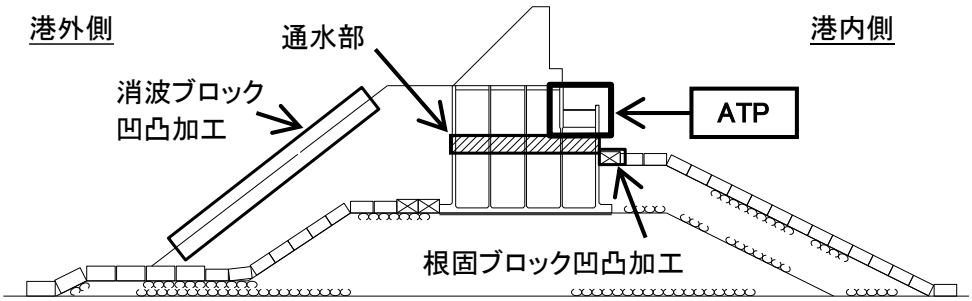


図 1.3.175　那覇港浦添防波堤のサンゴ共生型タイドプール

●世界一の解像度を誇る水中音響カメラにつき、深海用及び浅海用を開発し、実海域実験を実施

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

●ICT を活用した水中施工機械（水中バックホウ）の開発に、世界に先駆けて着手、京浜港ドックで実証実験を実施

・音響プロファイラを追加し不陸形状の事前計測を行うこととした（図 1.3.176）。
・実工事現場において音響測位装置の単体試験を行い、多重反射やノイズの影響が大きくないことを確認した。
・マシンガイダンス機能（施工情報等の提供により操作者をサポート）を付加して京浜港ドックで実証実験を実施し、水中での刃先座標誤差（高さ方向）が±32mm 以下であることを確認した。
・共同研究者が所有する水中バックホウに水中 MG システムを移植した。次年度から試験的に現場利用する予定である（図 1.3.177）。
・また、今後、水中ソナーによる測量データや次世代音響画像システムと連携し、遠隔システムを構築する。

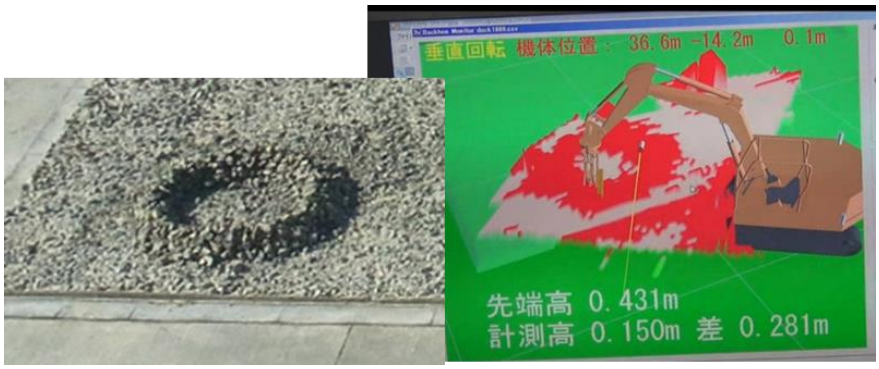


図 1.3.176　音響プロファイラによる地形計測



図 1.3.177　実機に搭載した水中 MG

【平成 30 年度】

●離島の現地調査を実施し、汀線変化解析、土砂収支の長期予測に必要なデータ収集を開始

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

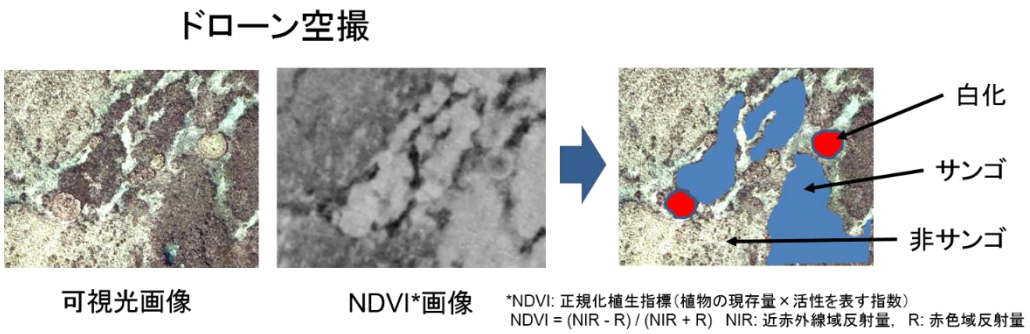


図 1.3.178　造礁生物の分布や活性を自動判定する手順の検討

●浅海用水中音響カメラについて、耐水圧 30m、気中重量 32 kgの軽量化を実施するとともに、社会実装の一環として、音響ビデオカメラ及び音響映像定時システムの運用マニュアルを作成

・浅海用音響ビデオカメラについて、耐水圧 30m、気中重量 32 kg の軽量化を実施した。
・音響映像呈示システムについて、床堀浚渫工、置換え工をターゲットとした施工モニタ用のアプリケーションを作成し、床堀浚渫工、置換え工での視認に着手した。また、潜水士の視認についても施工モニタ用のアプリケーションを作成し、検討を行った。

・社会実装の一環として、SIP メンバーである海洋調査協会と連携して、音響ビデオカメラ及び音響映像呈示システムの運用マニュアルを作成した。
・水中音響ビデオカメラ特許（国際出願済）の各国内移行手続に着手した。

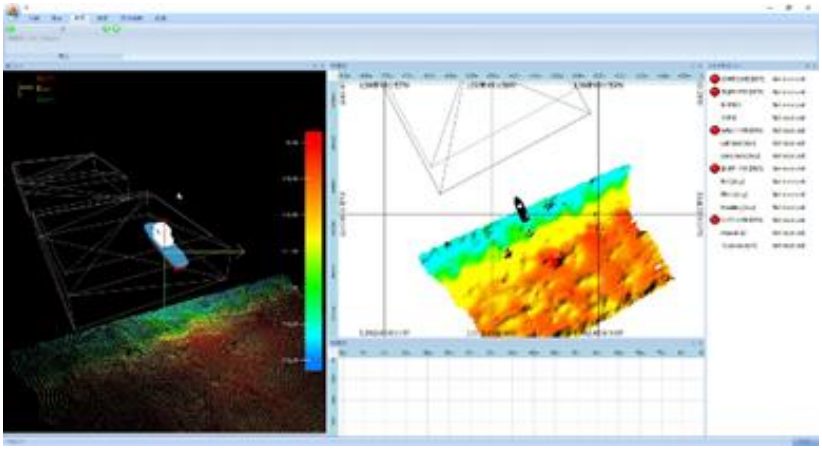


図 1.3.179　音響映像呈示システム

【平成 31 年度、令和元年度】
●離島における GNSS 測量、RTK 搭載ドローンによる写真測量、グリーンレーザードローンによる海底地形調査等を実施

・南鳥島の過去の地形変化解析と種々の測量手法を適用した。
・真の島全体の土砂収支を求めるためには、汀線近傍のみではなく、リーフエッジやリーフ内の地形変化を捉える必要がある。その手法として、マルチビーム測量、グリーンレーザー測量の適用性を検討した。
・水中でも測量可能なグリーンレーザースキャナのドローンへの搭載が可能となったため、グリーンレーザー搭載ドローンを適用した結果、ボアにより測量不可能だった砕波帯も砕波の切れ間から測深可能であることが判明した。
・すなわち、離島研究だけでなく、沿岸域地形変化に関する研究のブレイクスルーになり得ることを確認した。
・AI を用いた機械学習によるサンゴ自動検出について、南鳥島の空撮画像を例として試行した。

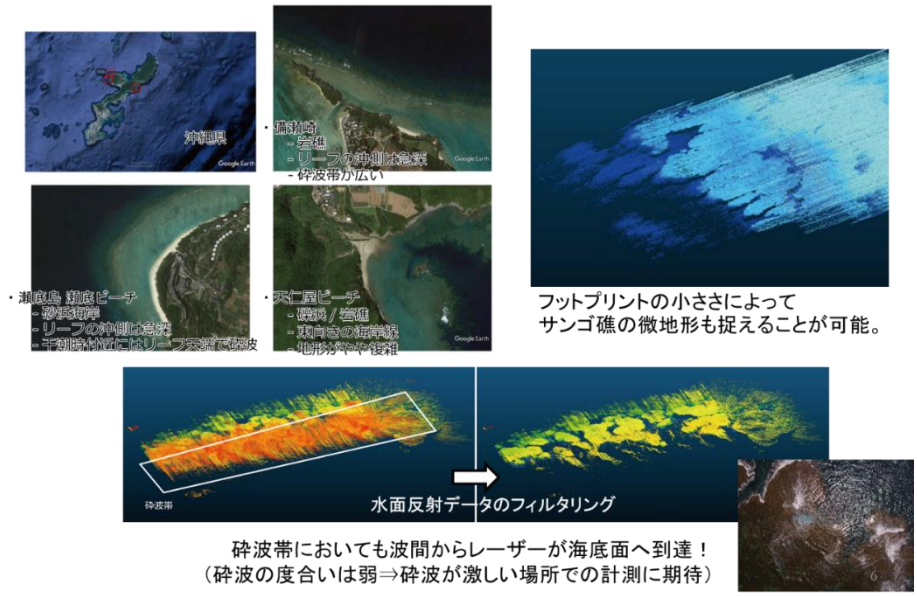
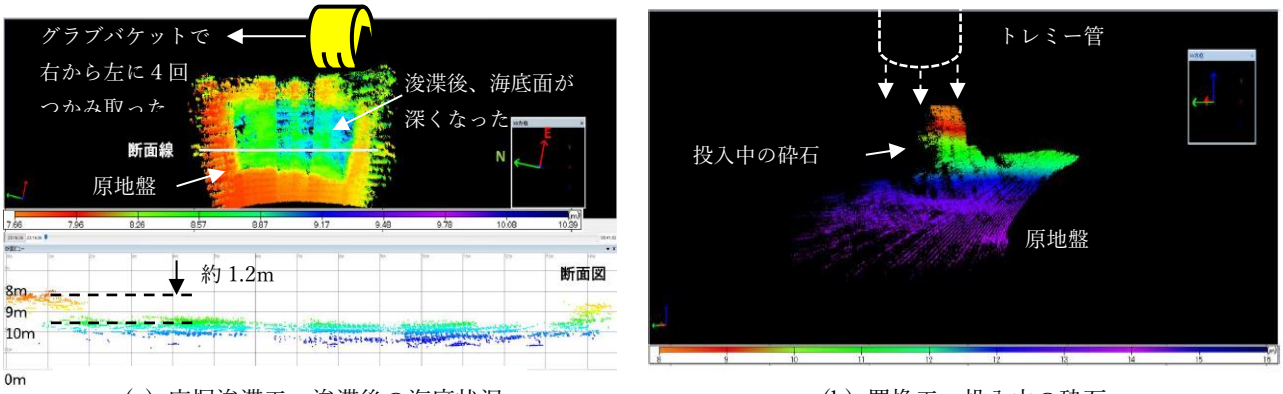


図 1.3.180　UAV 搭載型グリーンレーザーによる計測

●新門司（Ⅱ期）工事において、床堀浚渫工、置換工の施工管理システムとして音響ビデオカメラシステムの実証試験を実施。

・浅海用音響ビデオカメラについて、機器調整を行い、不要応答の低減を図った。
・音響映像呈示システムについて、床掘浚渫工、置換工をターゲットとした施工モニタ用のアプリケーションの改良を行った。
・新門司（Ⅱ期）工事において、床掘浚渫工、置換工の施工管理システムとして試用した。



（a）床掘浚渫工、浚渫後の海底状況　　（b）置換工、投入中の砕石

図 1.3.181　床堀浚渫工、置換工の施工管理システムの表示例

●杭の貫入過程を表現可能な数値解析コードの開発を行い，杭と地盤との摩擦特性について検討を実施

・欧州で実施されている洋上風力プロジェクト（PISA プロジェクト）等について、情報収集を行い、現状の洋上風力発電施設設計について整理した。
・現地地盤により近い飽和地盤条件での貴重な水平繰り返し載荷試験データが得られた。
・杭の貫入過程を表現可能な数値解析コードの開発を行い、杭の支持力発揮メカニズムに重要な杭と地盤との摩擦特性について検討を行った（図 1.3.182）。

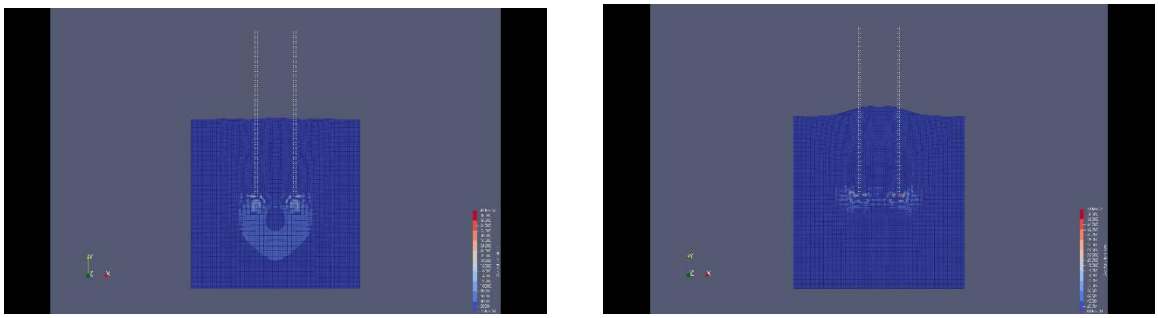


図 1.3.182　開端杭の貫入解析におけるせん断応力分布
（左：摩擦係数 0.0，右：摩擦係数 0.2）

【令和 2 年度】
●グリーンレーザードローン等からの画像や測量データにより、離島の複雑な地形や低潮線等の変化をモニタリングする手法を確立
●空撮画像や AI 等を用いて、造礁生物の分布や活性を自動判別する手法を開発

・ドローンや固定カメラからの撮影画像と測量データを組み合わせ，離島の低潮線や汀線全体や港湾施設周辺の地形変化をモニタリングする手法を確立、沖縄県の西表島における現地試験により、その有効性を確認した。
・大量データを用いて，土砂輸送過程と土砂生成過程の両方を考慮した地形変化を解析する手法を開発した。
・空撮画像や AI 等を用いることにより，造礁生物の分布や活性を自動判定する手法を開発した。



グリーンレーザー搭載ハイブリッド型ドローン
メーカー側で、ガソリン燃料発電機よりバッテリーに給電可能とした
ハイブリッド型ドローンを開発、長時間飛行による測量、空撮が可能となった。

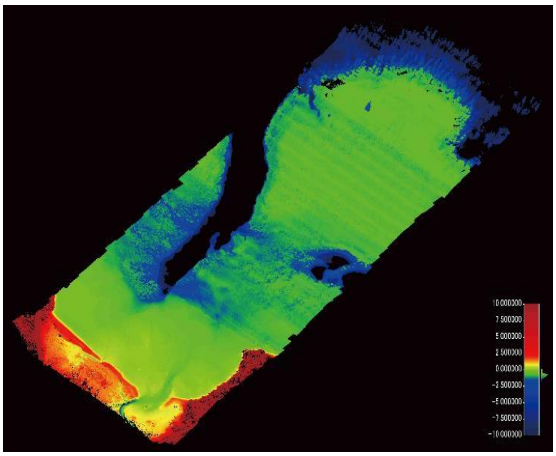


図 1.3.183　グリーンレーザー搭載ドローンによって得られた地形データ
水中部分も地音響測深による結果と比較しても圧倒的な高解像度

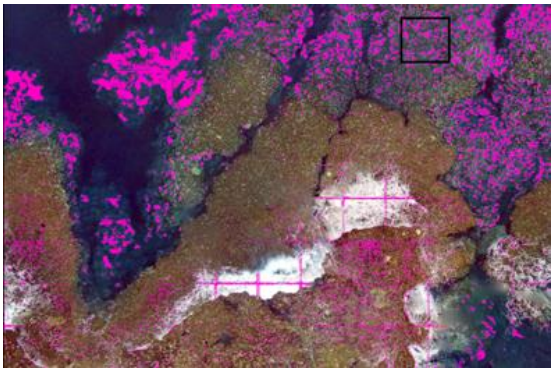


図 1.3.184　ドローン空撮画像をベースとした機械学習によって構築された
サンゴ識別モデルによる推定サンゴ分布図

●設計断面などの情報を表示する水中マシンガイダンスを操作インタフェースとした遠隔操作支援システムを構築
●他工種への応用として、暗渠部浚渫作業を対象としたシステムを提案し、水槽試験により壁面検出センサ等の性能を確認

・昨年度成果の本均しアタッチメントに対し，石の移動を行うための小型バケットを追加し、陸上試験によりその有効性を確認した。
・沖縄県宮古島のケーソン仮置きマウンドにおいて，割石投入直後の状況から遠隔操作による均し作業試験を実施し、その施工精度や施工能力、実用化に向けた課題点を抽出した。(FIG01-02)
・他工種への応用として、暗渠部浚渫作業を対象としたシステム案を提案し，水槽試験により壁面検出センサ等の性能を確認した。




図 1.3.183　遠隔操作実験機と遠隔操作室の状況

●大型土槽を用いた飽和砂地盤における杭の繰り返し水平載荷試験を実施

・三軸試験装置を用いた微小荷重による繰り返し載荷試験を実施した。試験の結果，微小繰り返しにより土の剛性が低下する結果が得られた(図 1.3.184)。
・大型土槽を用いた杭の繰り返し水平載荷試験を実施した。
・土と剛体との摩擦接触を解く解析手法の開発を行うとともに，開発した解析手法を杭の貫入現象へ応用し，妥当性の検証を行なった(図 1.3.184)。

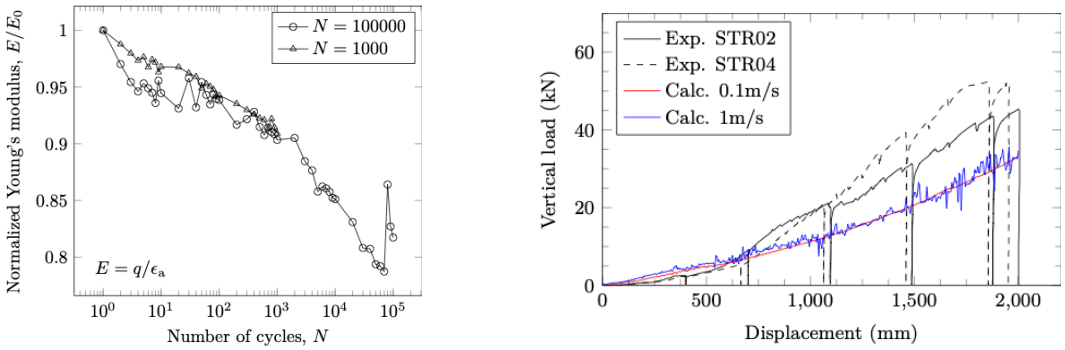


図 1.3.184　左：三軸試験における微小な繰り返し載荷に伴う土の剛性低下
右：杭の貫入実験の再現解析

●洋上風力発電施設の周囲の洗掘現象に関する大規模実験を実施

洋上風力発電施設に働く波力算定法に関する研究に関して、洗掘に関する大規模移動床実験を実施した。図 1.3.185 は無対策での洗掘状況であり、波を作用させた後、水路の水を抜いた状況である。



図 1.3.185　洋上風力発電施設周囲の洗掘に関する大規模移動床実験

●モノパイル式洋上風力発電施設のモデル風車を対象に、風と波の組み合わせ荷重に対して FAST による荷重連成解析を実施

波と風の同時作用下における洋上風力発電施設の荷重設定手法に関して、モノパイル式洋上風力発電施設のモデル風車を対象に、風と波の複数の組み合わせ荷重に対する荷重連成解析を実施し、動的応答のカギとなる要因について分析した。

【令和 3 年度】

●作業情報呈示システムを他工種に適応させるための機能を検討

●水中マシンガイダンス・遠隔操作支援システムの実現場への適応について那覇港、石垣港で検証し、運用面における課題を抽出

作業情報呈示システムを他工種に適応させるための機能について検討を行った。

また、水中マシンガイダンスおよび遠隔操作支援システムの実現場への適応について那覇港、石垣港で検証し、運用面における課題を抽出した（図 1.3.186）。



図 1.3.186　運用面における課題の抽出（那覇港）

◇杭の貫入・水平載荷実験から杭径が水平抵抗特性に与える影響を検証し、杭の水平抵抗特性への貫入過程の影響を解析的に検討

過年度と比較して杭径の大きな模型杭を用いて、大型土槽にて杭の貫入および水平載荷実験を行い、杭径が杭の水平抵抗特性に与える影響について検証を行った（図 1.3.187）。

また、杭の水平抵抗特性に及ぼす貫入過程の影響について、杭が地盤に貫入する様子をシミュレートできる数

値解析手法を用いて検討した（図 1.3.188）。



図 1.3.187　大口径杭の水平載荷実験

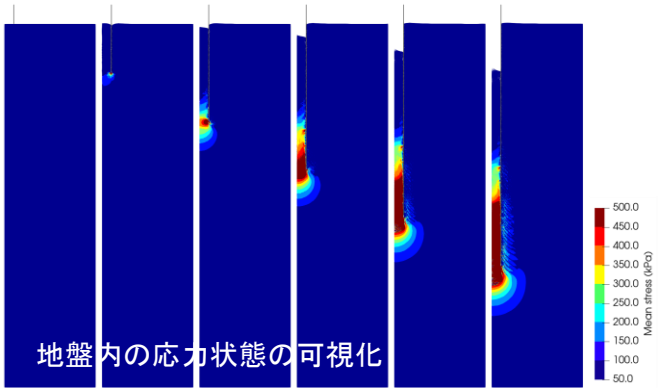


図 1.3.188　杭の貫入過程の数値解析

●洋上風力発電施設の洗掘対策として、袋型根固め材を用いた洗掘防止工の有効性に関する大型模型実験を実施

着床式洋上風力発電施設の円柱基礎周りにおける袋型根固め材を用いた洗掘防止工について、その洗掘対策としての有効性に関する大型模型実験を大規模波動地盤総合水路にて実施した（図 1.3.189、図 1.3.190））。また、袋型根固め材の耐波安定性および洗掘防止効果の観点から、洋上風力発電施設の洗掘防止工としての適用性を検証した。



図 1.3.189　洗掘防止工に関する大型模型実験

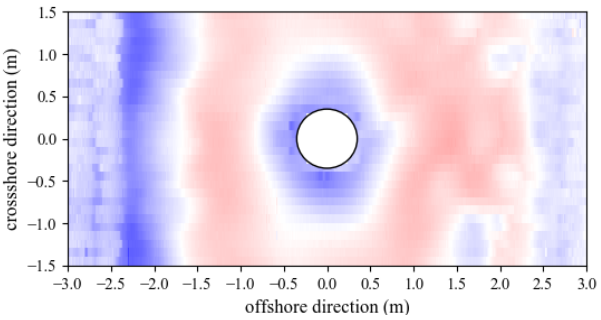


図 1.3.190　レーザー測量による洗掘状況

●波や風に対する複数の実機相当洋上風車の動的応答特性を FAST を用いた荷重連成解析で検討

過年度に収集した着床式洋上風力発電施設にかかる気象・海象・構造諸元のデータを利用して、FAST を用いた荷重連成解析により、波や風に対する 5MW、10MW および 15MW の実機相当洋上風車の動的応答特性の特徴について解明した（図 1.3.191、図 1.3.192）。

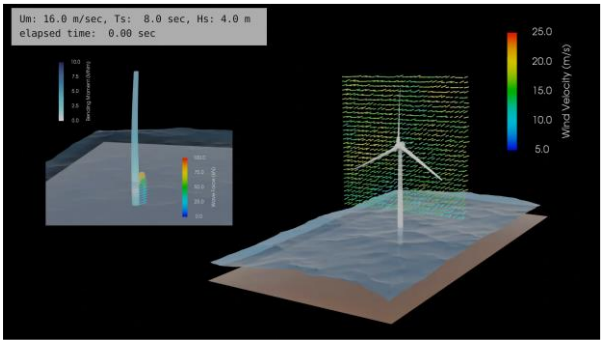


図 1.3.191　風・波に対する荷重連成解析結果の動画表示

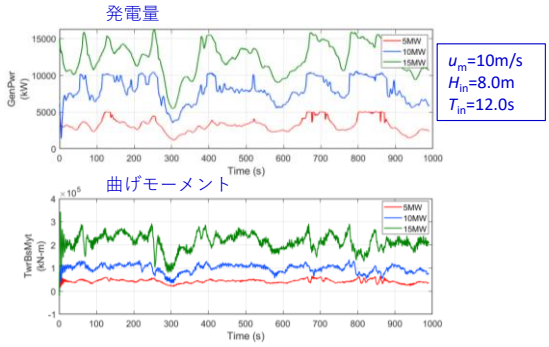


図 1.3.192　風車規模が風車応答に及ぼす影響

(4)海域環境の形成と活用

① 沿岸生態系の保全や活用に関する研究開発

<u>★ 沿岸生態系の活用</u>

【平成 28 年度】

●沿岸域で炭素動態に関連する水底大気質の実測を進め、開発しつつある計測手法を活用して、インドのガンジス川河口域の現地調査に着手

●海草場 1km2 で年間 20－25 トンの CO2 を大気から吸収していることを解明

⇒港湾の基準に反映されたほか、気候変動への有効な対策として国際的に非常に高い評価

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。

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 1.3.193)。

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。

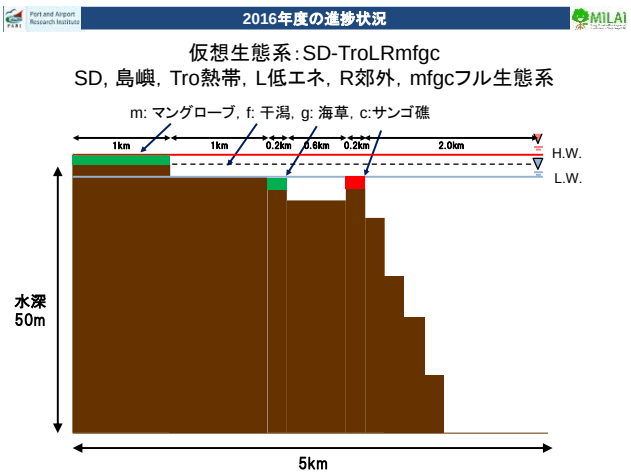


図 1.3.193 サンゴ礁海域を想定した地形変形予測モデル

【平成 29 年度】

●ブルーカーボン生態系がもたらす二酸化炭素吸収効果及び波浪減衰効果の両方の定量化を可能とする新たな沿岸生態系モデルを開発

⇒地球科学分野で世界トップ級のジャーナルに複数掲載

・気候変動緩和に有効とされるブルーカーボンの活用について、多様な沿岸域におけるブルーカーボン生態系がもたらす二酸化炭素吸収効果(緩和効果)及び波浪減衰効果(適応効果)の両方の定量化を可能とする新たな沿岸生態系モデルを開発した。

全球の地形・生態系データを収集・解析を行っており、同モデルを活用して、世界に先駆けて、全世界(全

球）の沿岸生態系の緩和効果・適応効果を推計する。
・ブルーカーボン関係書籍などの資料をベースとした専門家グループによるブルーカーボン研究会での検討の結果、2013 年と 2030 年における全国のブルーカーボン生態系による CO2 吸収量の見込み値についてとりまとめ、公表した。
・堆積物への有機炭素貯留量・速度の定量化とその規定要因について明らかにした。
・これらの研究成果の一部は、地球科学分野で世界トップ級ジャーナルである「Geophysical Research Letters」誌をはじめとして，他科学分野の主要ジャーナルに複数に掲載されるとともに、IPCC（国連気候変動に関する政府間パネル）・パリ協定にも反映できるものである。
　また、事務局である豪州政府からの要請により「ブルーカーボン国際パートナーシップ」に当研究所として登録した。



図 1.3.194　インドでのマングローブ調査

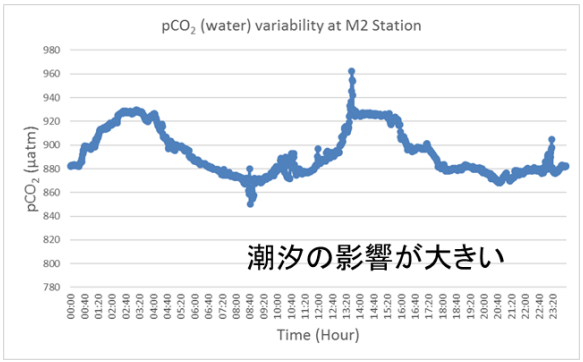


図 1.3.195　24 時間連続の炭素動態調査

【平成 30 年度】
●沿岸生態系の特性を再現するため、波浪モデル、地形底質モデル及び生態系モデルを統合し、かつ、全球的・動的に解析できる数理動態モデルを世界で初めて構築
⇒複数の世界トップジャーナルに掲載されるとともに、英語書籍を編集・出版

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

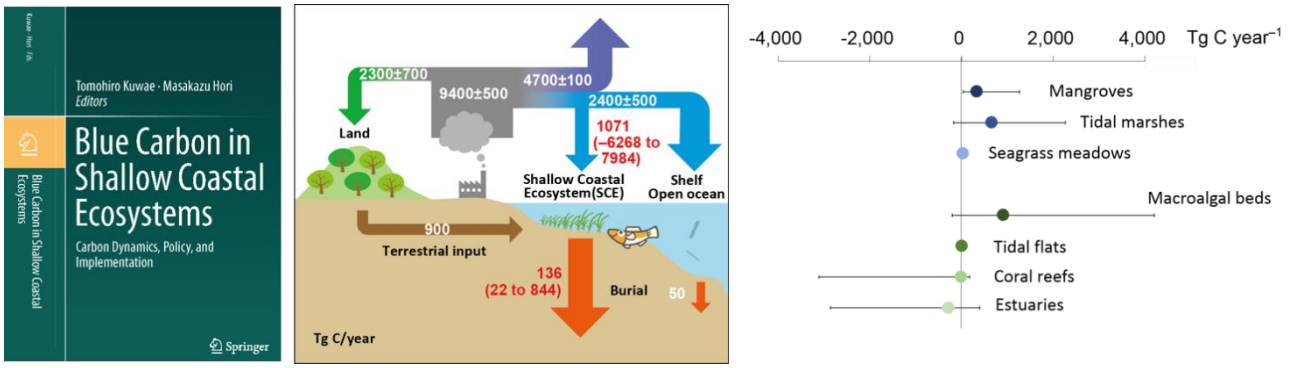


図 1.3.196　出版された英語書籍と CO2 吸収速度の全球推計

【平成 31 年度、令和元年度】

●全球の沿岸域に適用可能なモデルを開発し、将来、水温が上昇するにつれ吸収速度が顕著に低下する予測結果を得た

⇒世界のトップジャーナル（Nature Communications）に掲載

・熱帯域の生態系を新たに導入し全球の沿岸域に適用可能なモデルを開発し、将来、水温が上昇するにつれ吸収速度が顕著に低下する予測を得た。

・沿岸生態系分布範囲を特定するために、全球の生態系の分布を GIS 上で整理し、代表的な海岸線毎に平均岸沖地形断面を作成し、浅海生態系面積の将来予測を実施した。

・RCP8.5 のシナリオで予測される波浪に対して、生態系による波浪減衰効果を算定した。

・藻食魚による食害が CO_2 吸収に与える影響を調べるため、山口県の平郡島の自然藻場や北九州の人工護岸等において、大型海藻場における炭素動態を調査した。

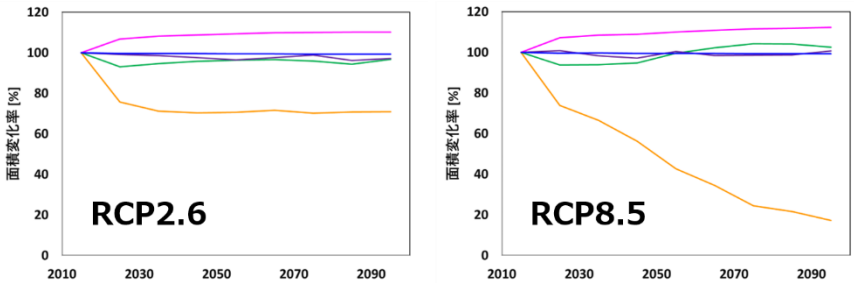


図 1.3.197　開発中のモデル計算によって得られた全球における浅海域生態系面積の将来予測

【令和 2 年度】

●マングローブ・海草・サンゴの複合生態系における生態系間の炭素フローを定量化し、全球動態モデルによる二酸化炭素吸収量を検証

⇒国際科学ジャーナル（Science of　the Total Environment）に掲載されるとともに、令和 2 年土木学会論文賞を受賞

・大型海藻場による難分解性溶存有機炭素放出を介した CO2 吸収について、現地で実測した。

・亜熱帯域ブルーカーボン生態系における現地調査を実施し、マングローブ・海草・サンゴの複合生態系における生態系間の炭素フローを定量化（下図）、全球モデルでの CO2 吸収量の検証が可能となった。

・浅海生態系面積変化の将来予測を RCP シナリオ別に実施し、論文を投稿した。

・波高減衰計算の基盤となる、サンゴ礁域の詳細な地形観測をグリーンレーザードローンにより実施した。

・独創かつ学術的意義が認められ平成 2 年土木学会論文賞（公益社団法人土木学会）を受賞した。

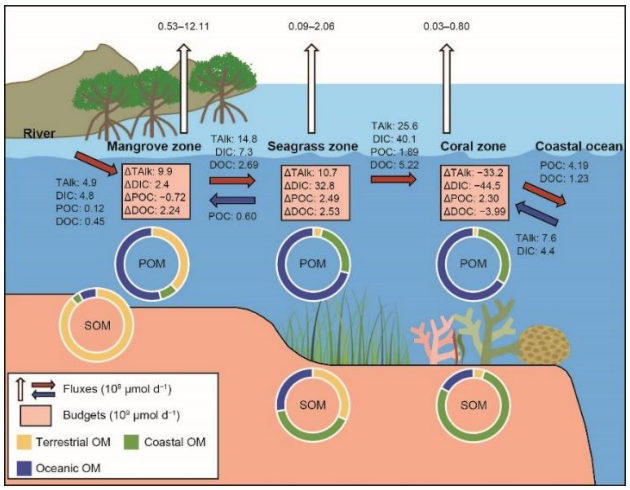


図 1.3.198　マングローブ・海草・サンゴの複合生態系において
定量化した生態系間の炭素フロー（西表島）

【令和 3 年度】

●生態系の要素（地形、外力、炭素、生物量など）や過程（移流拡散、生成消費など）に関する既往データを収集

●波浪モデル、地形底質モデル、生態系モデルを結合し、得られたデータを改良

●結合モデルの検証と改良

全球動態モデルの検証に関し、全球における炭素循環・生態系モデルならびに波浪・地形モデルの開発と検証、地形・生態系データの収集と GIS 解析を継続して実施した（図 1.3.199）。

また、大型海藻場の炭素動態に関する現地調査や現地実験と数値モデル解析を実施し、これら現地調査結果および数値計算結果をとりまとめた（図 1.3.200）。

さらに、技術研究組合（JBE）と国土交通省との連携による、オフセットクレジット（J ブルークレジット）の試行準備と手引書を作成した（図 1.3.201）。

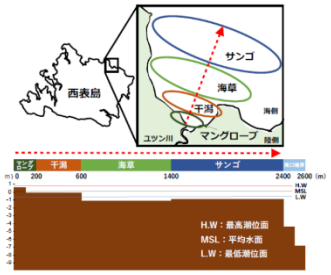


図 1.3.199　モデルサイトの
生態系分布と断面地形



図 1.3.200 潮間帯藻場のマッピング
（空中ドローン）

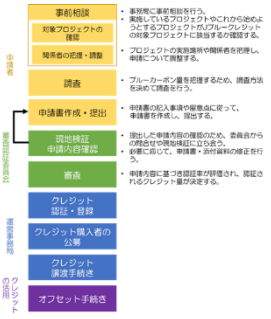


図 1.3.201 ブルークレジット
申請手引書の作成

★　内湾域の水環境リアルタイム予測技術

【平成 28 年度】

●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

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 1.3.202）。
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 1.3.203）。
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。

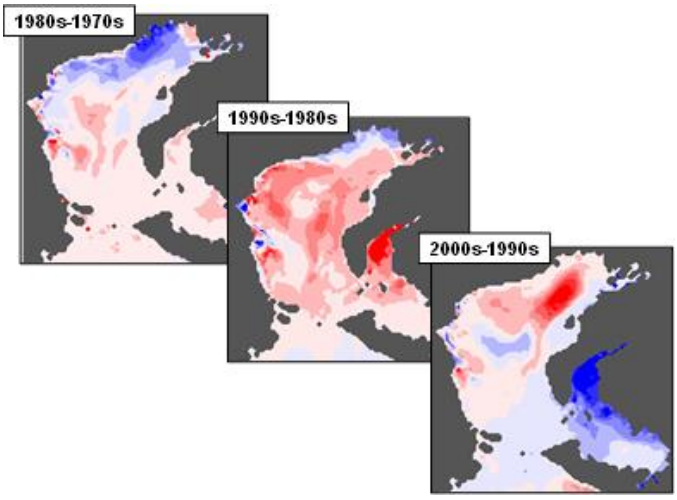


図 1.3.202　底層溶存酸素濃度の評価（赤:低下，青:増大）

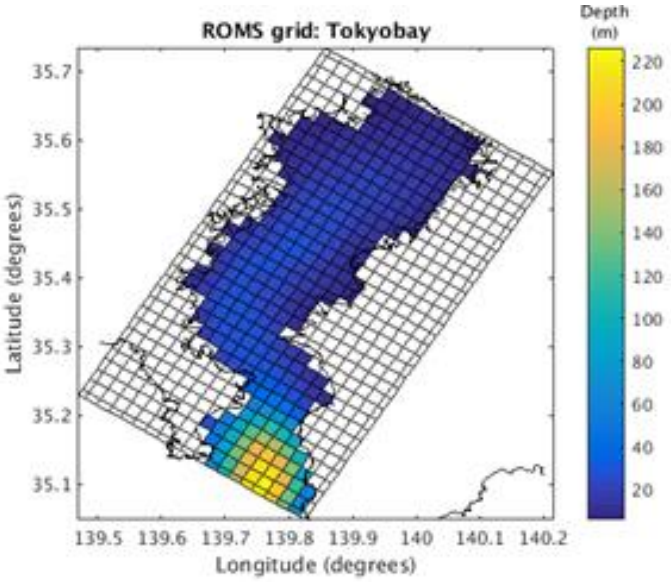


図 1.3.203　東京湾の流動解析へのデータ同化手法の応用

【平成 29 年度】

●世界でも類を見ない、湾口を横断するフェリーを活用した、海洋・大気同時の安定的な湾口環境観測手法を構築（海技研と連携）

・大気観測に関して、安価な計測手法の検討および試作品による計測結果が得られた。
・海洋観測に関して、かなや丸における既存のシステムと新たな海洋観測システムの統合方針を定めた（海洋酸性化に係る観測手法の検討を含む）。

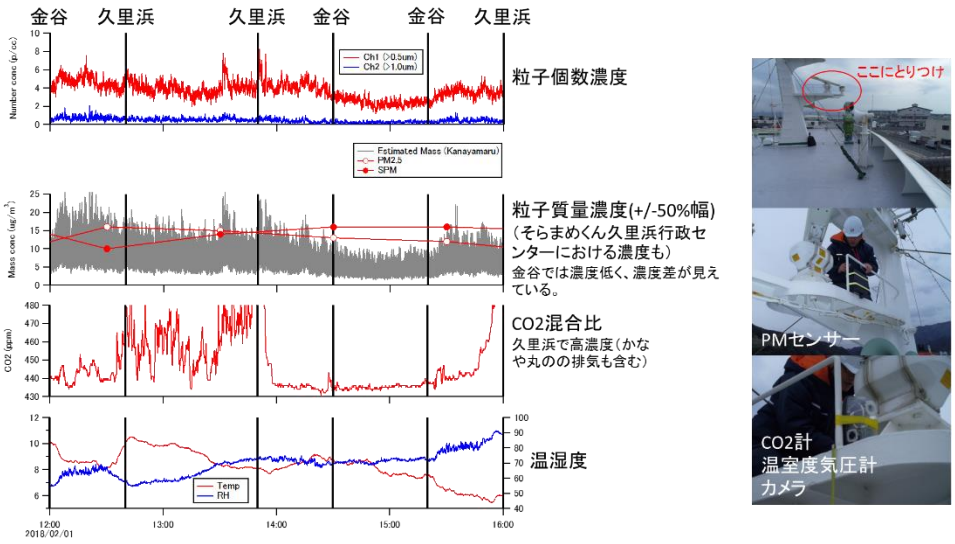


図 1.3.204　かなや丸における安価な計測機器を用いた大気観測.

【平成 31 年度、令和元年度】

●既存の低次生態系モデルに、魚類を表現するモデルを組み込み、より上位の食物連鎖を表現できるモデル化を実施

沿岸生態系シミュレーションにおけるマクロ生物の動態解析に関して、既存のモデルに新たに魚類を想定したモデル化を行い、パラメーターチューニングを行った。その結果、魚種によって実測値の再現性が異なるが、漁獲量等について概ね良い再現性が示された。

【令和 2 年度】

●データ同化による沿岸域の沿岸域の流動及び水質環境の解明に関して、閉鎖性水域を対象としたデータ同会において、長期間にわたり安定的に同化が実施可能であること、同化によって精度改善が可能であることを提示

データ同化による沿岸域の流動及び水質環境の解明に関して、閉鎖性水域を対象としたデータ同化において、長期間にわたって安定的に同化が実施可能であること、同化によって精度改善が可能であることを示した。

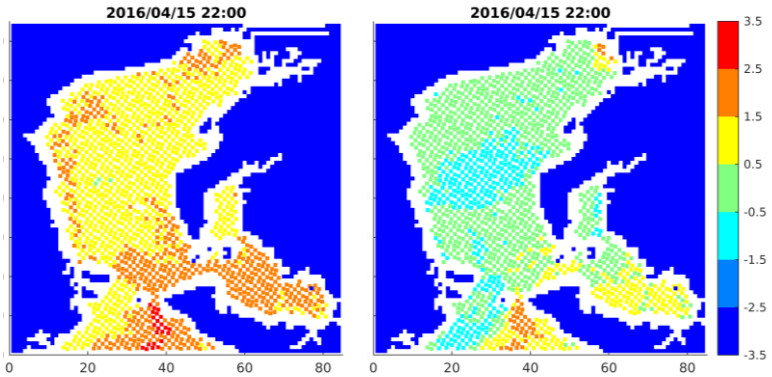


図 1.3.205　水温のシミュレーション結果と衛星観測値の差
右図:水温の同化結果と衛星観測値の差.

【令和 3 年度】

●ROMS のデータ同化モデルを用いて、湾口での外洋との流出入や、湾内の流動構造に着目した計算結果を

図化

●データ同化の効果を最大限発揮するための条件設定を伊勢湾の事例により検討

●データ同化結果を用いた短期予測の精度を検証

●伊勢湾シミュレーターのデータ同化モデルを用いたリアルタイム予測の検討

伊勢湾を対象とした水温と塩分の実観測値を用いた通年のデータ同化結果の解析及び、同化の手法の違いによる同化結果の違いについて検証を行った（図 1.3.206）。

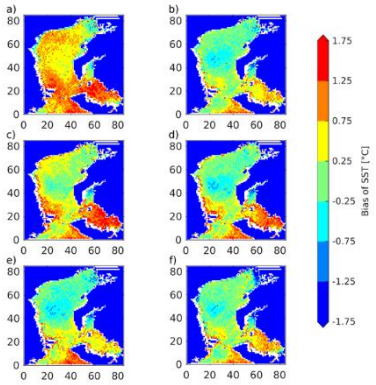


図 1.3.206　伊勢湾を対象としたデータ同化方法の違いによる
表面水温に関する観測結果と計算結果の比較

★　海上流出油への対応技術

【平成 28 年度】

●流出油の津波による拡散範囲の検討や油の漂着抑制技術の開発等を進め、ネットワーク対応型による油漂流シミュレーションとハザードの常時提供システムについて、実装に向けたβ版を開発

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 1.3.207）、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 1.3.208）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。

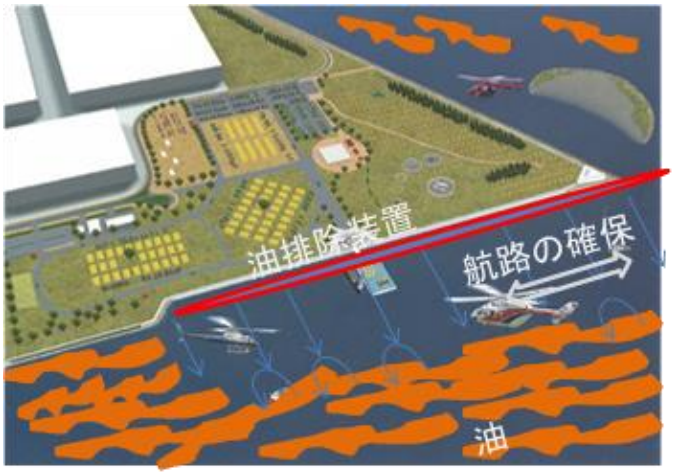


図 1.3.207　津波時の漂流油の制御手法の検討

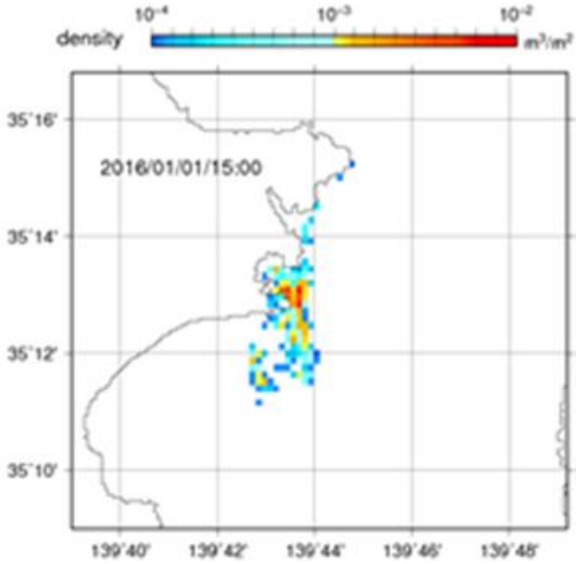


図 1.3.208　津波時の油漂流シミュレーション

【平成 29 年度】

●油流出発生時に応急的に敷設・回収できる「多連関式のバブルカーテン（噴出気泡）」による流出油の岸壁等への漂着抑制技術を、海技研・民間と共同開発（世界初）

●日本沿岸域における大量油流出に迅速に対応するため「油漂流シミュレーション・ハザード情報提供システム」を開発、試験運用

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

・日本沿岸域における船舶等からの大規模油流出に迅速に対応するため、油漂流シミュレーション・ハザード情報提供システムを開発し、ネットワーク対応型（サーバークライアント方式）による油漂流シミュレーションとハザードの常時提供システムのγ版（試験運用版）の開発を行った。

　また、メッシュフリーデータ同化手法の開発と潮流、潮汐の調和解析への応用を検討した。ネットワーク型としては国内初の使いやすいものであり、北東アジアでの油漂流予測も可能である。

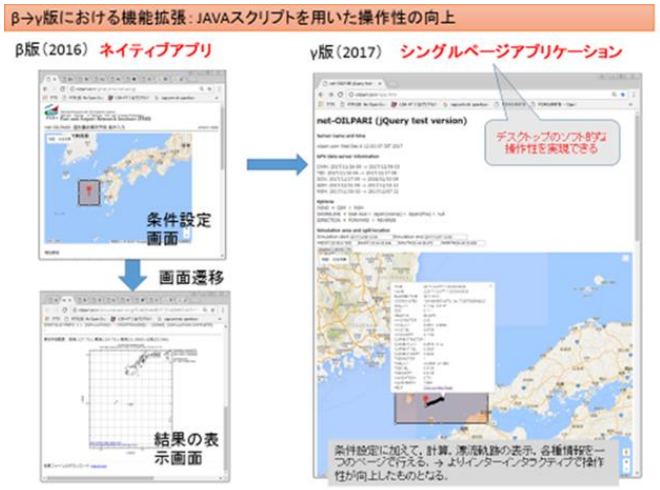


図 1.3.209　油漂流シミュレーションとハザードの常時提供システムのγ版（試験運用版）

【平成 30 年度】

●バブルカーテンによる施設の自己防衛（特許出願）、水面燃焼油の分散消火等を検討

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

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

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

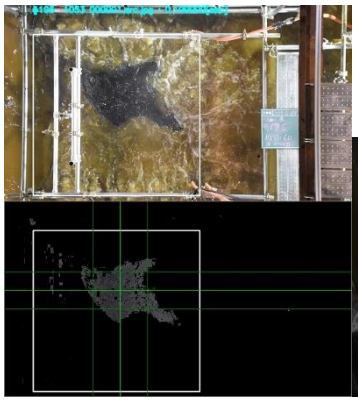


図 1.3.210 バブルカーテンマップによる油の集積保持



図 1.3.211 分散消火実験

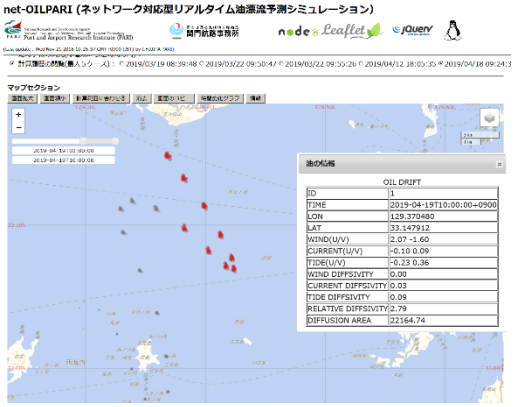


図 1.3.212 リアルタイム油流出ハザード

【平成 31 年度、令和元年度】

●高圧化水ジェットサクションと、余水リサイクルシステムを導入した油回収方法に関する模型実験を実施

・次世代型油回収機に適した油回収方法に関する原理検討について、高圧化水ジェットサクションと、余水リサイクルシステムを導入した模型実験を実施し、実用的な運転条件における動作の確認を行った。

・ネットワーク対応型漂流予測システムについて、乱流拡散モデルを取り込めるようにバックエンドプログラムを修正するとともに、フロントエンドの更新等のバージョンアップを実施した。

・沈船からの油の抜き取りについて、油、水、界面活性剤の 3 相系におけるエマルション生成に関するレオロジー計測実験を実施し、W/O から O/W に逆転する条件と粘性の関係を把握した。

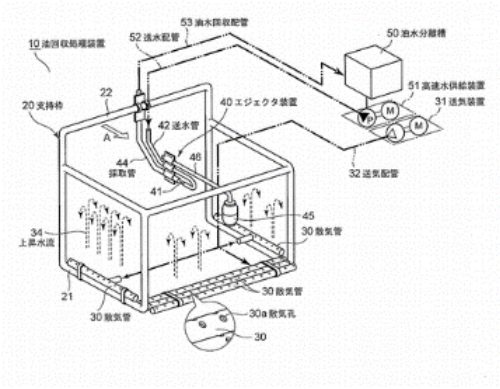


図 1.3.213　次世代型油回収機

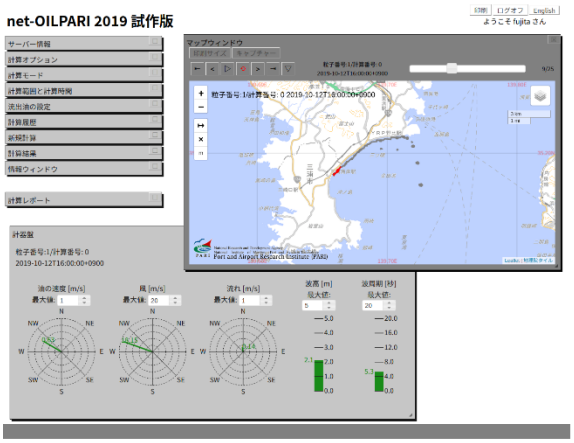


図 1.3.214　クラウド型油漂流予測システム

【令和 2 年度】

●大型水槽における模型実験により、次世代型油回収機の性能を評価し、従来機同等あるいはそれ以上の回収効率を有することを解明

・次世代型油回収機の開発においては、大型水槽における模型槽実験により油回収性能を評価し、従来機同等あるいはそれ以上の回収効率を有することを定量的に明らかにし、併せて、当該装置に関する特許を出願した。

・WEB アプリケーション型海上流出油漂流予測シミュレータの開発においては、サーバーバックエンドプログラムを全面的に Node.js 化し、マルチスレッド，クラスタリング等の手法を導入し、スケーラブルな高速化計算エンジンを実現した。

フロントエンド機能についても、ユーザー間におけるシミュレーション結果の共有機能を追加するなどの機能増強を行った。

・沈船内に残留した高粘度油の抜き取り作業時の流動性改善技術の研究においては、過年度行ったビーカー試験の結果を説明するモデルの検討と、管路系における効果の検証実験等を行なった。研究成果を基に、重質油の回収方法及び重質油の回収システムに関する特許を出願した。

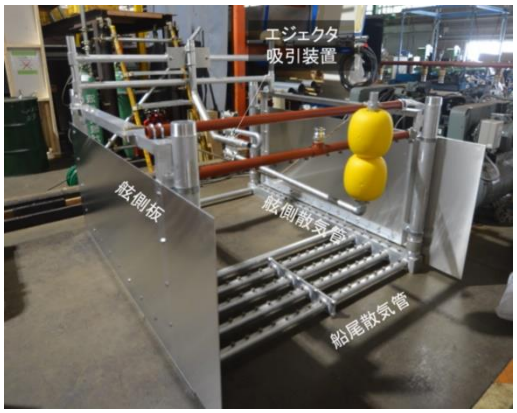


図 1.3.215　次世代型油回収機実験模型

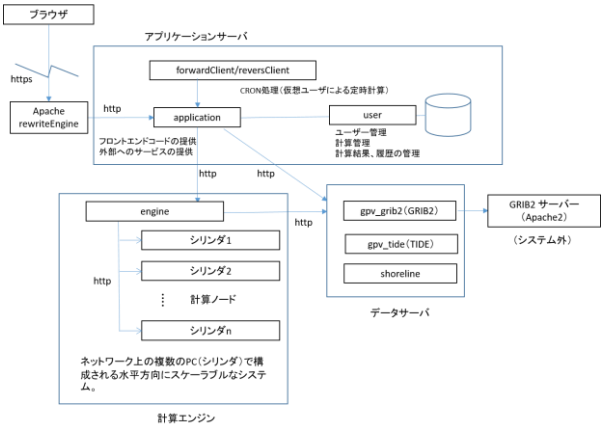


図 1.3.216　net-OILPARI 2020 システム構成

② 沿岸地形の形成や維持に関する研究開発

★ 海岸保全と航路・泊地維持

【平成 28 年度】

●インドネシアのパティンパン海岸周辺において、河口濁度分布計測の現地調査等、インドネシア政府機関との共同調査に着手し、底泥密度の分布特性評価に用いるデータを取得、高濃度浮泥の分布特性の解明に成功

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 1.3.216)。

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。

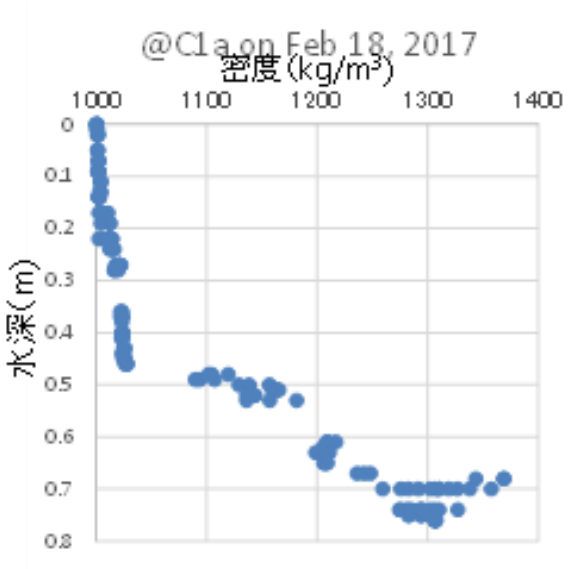


図 1.3.216 インドネシア・ジャワ島東部のパティンバンでの現地調査
(上:調査海域、中:調査時の様子、下:密度鉛直分布の測定データ例)

●波流れ地形変化モデルの開発により、これまで考慮されていなかった長周期の流動による底質移動を考慮した、広範囲の地形予測計算を可能化

●海水面変化と海浜地形変化との応答把握のためのデータ取得を継続したほか、浚渫土砂の海洋投入後の汀線変動を解析することで、投入量の約 30%が汀線の前進に寄与したことを解明

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 1.3.217)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 1.3.218)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。

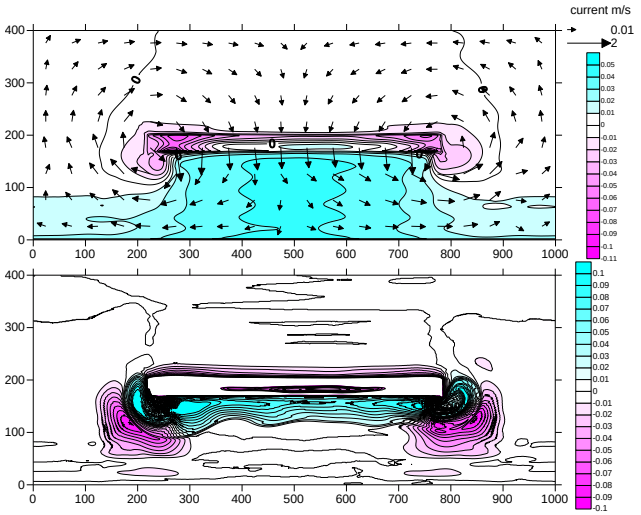


図 1.3.217
潜堤周りの地形変化予測シミュレーション

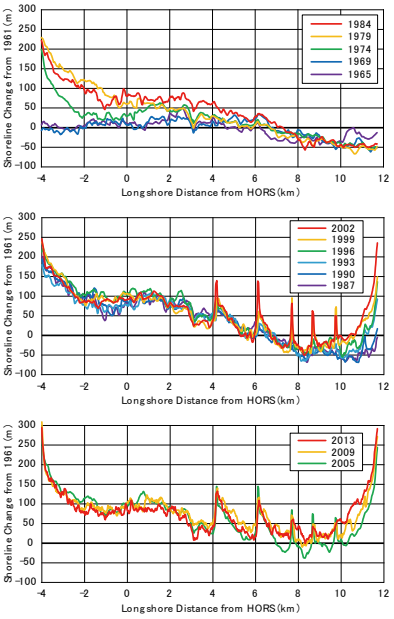


図 1.3.218
汀線の広域的長期変動の把握

【平成 29 年度】

●インドネシアのパティンパン海岸周辺における河口濁度分布の雨季・乾季調査等により、高濃度浮泥の季変動特性を把握

●新潟西港内において、出水時の高濃度濁水の現地調査等を行い高濃度浮泥の浚渫域への集積プロセスを解明

・インドネシアのパティンバン海岸周辺における河口濁度分布調査（2017 年 8 月，乾季）と前回調査（2017 年 2 月，雨季）との比較により高濃度浮泥の季節変動特性を把握した（図 1.3.219）。

・新潟西港内において出水時の高濃度濁水の現地調査（図 1.3.220）を行い、高濃度浮泥の浚渫域への集積プロセスを明らかにした。

・河口域周辺の港湾における流下土砂堆積に対する航路等の効果的効率的な維持管理（埋没対策）を図るため、このような現地調査等により、含泥率等の変化に依存する底泥輸送量のモデル化と検証を行い、国際会議で発表した。

同モデルは、国内初のシミュレーションモデルであり、また、精度が高いため他国（インドネシア等）の港湾での活用が期待される。

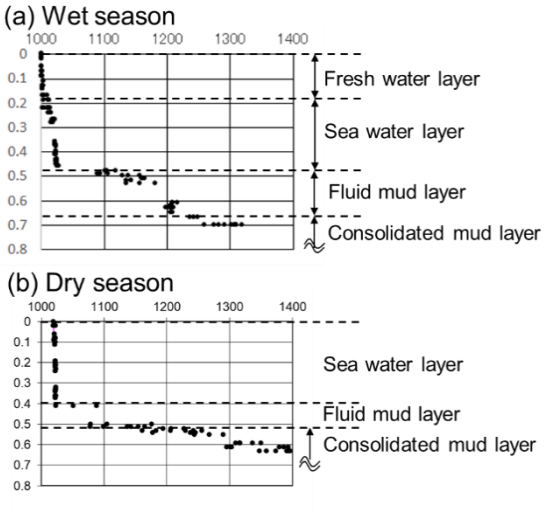


図 1.3.219　雨季（上）と乾季（下）の底泥密度の鉛直分布

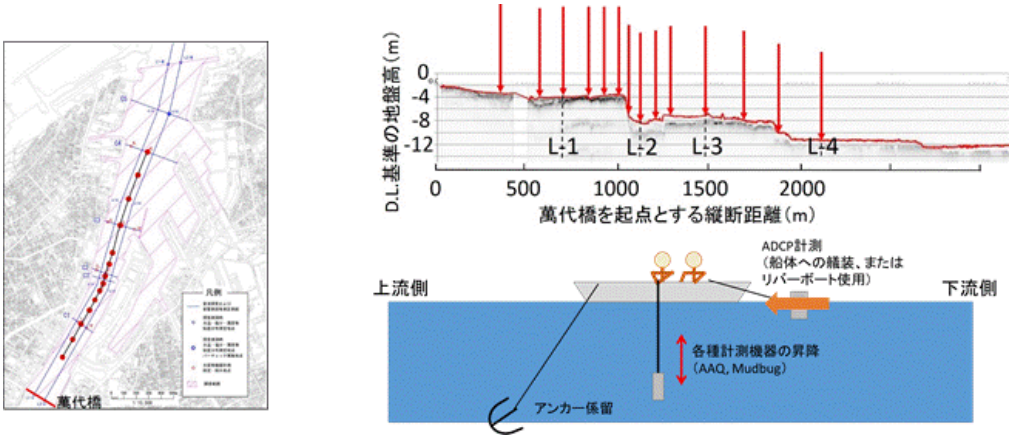


図 1.3.220　信濃川河口および新潟西港内の高濃度濁水調査

●海岸域（砕波帯含む）の面的測量を大幅に省力化して、生産性の大幅な向上を図るため、海域における沿岸地形測量へのグリーンレーザーによる航空測量技術の適用性に関する研究に初めて着手

・砕波による白泡が多い範囲を除いて、グリーンレーザーを用いた航空測量による地盤高計測値はレッド測深による断面地形の計測値と良い一致を示しており、また、観測桟橋を支える鋼管杭周りの洗掘状況についても正確に計測が行われている（図 1.3.221）。

・航空測量による地盤高さと観測桟橋断面の地盤高さとは強い相関がある（図 1.3.222）。

・本測量手法は、砕波の白泡による海底面の欠測、および、水深の深い場所における濁り等によると思われる誤計測が若干あるものの、航空測量の精度は高く、これまで困難であった砕波帯内の高精度な地盤高測量が広範囲に高密度で行える有効な手段と考えられ、海岸域（砕波帯含む）の面的測量を大幅に省力化でき、生産性向上に大きく資するものである。

また、これまで実施困難であった海岸保全施設（ヘッドランド、離岸堤）周辺の地形測量が可能となり、適切な漂砂対策（海岸保全施設の計画、設計等）や維持管理が図られるものと考えられる。

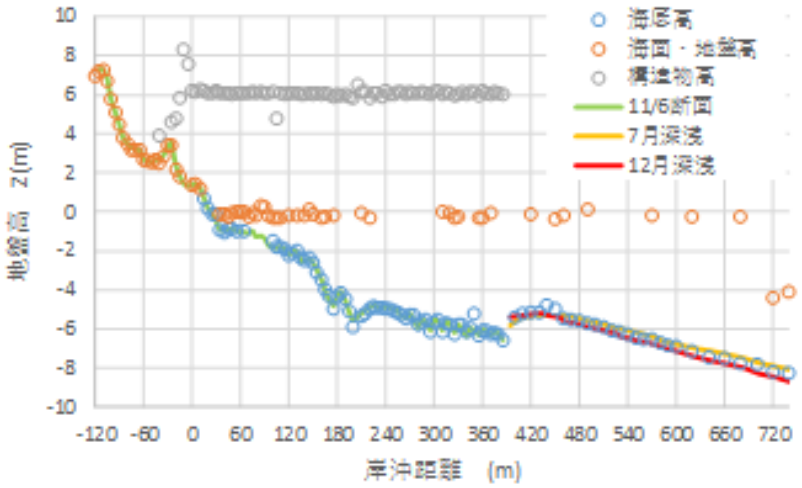


図 1.3.221　航空レーザー測量結果と海底断面地形との比較

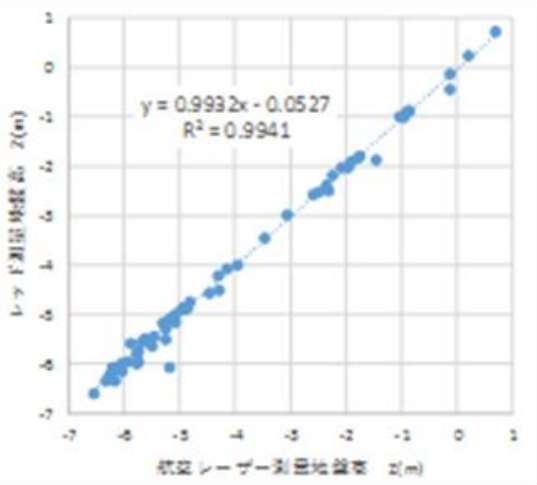


図 1.3.222　海底面地盤高の計測精度

【平成 30 年度】

●濁水挙動の把握実験を行い、モデルのパラメータ設定の検証を実施

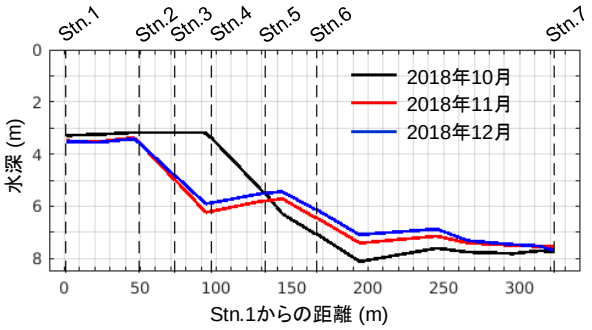
●インドネシア政府機関との共同調査の一環として、インドネシアでのセミナー及び研究者の招聘を実施

・新潟西港内の水深急変部において堆積物特性調査を行い、浚渫域への砂・シルト等の集積状況を明らかにした（図 1.3.223）。

・河口域周辺の港湾において特有の海水と淡水の混じりあう港内浚渫域に流入する濁水の挙動を実験で再現し、乱れ制御模型の有無による浚渫域への堆積量の違いを明らかにした。（図 1.3.224）。

・インドネシア政府機関 BPPT との研究連携協定に基づく共同調査の一環として、インドネシアでのセミナーおよび研究者の招聘を行った。

調査や実験の結果を用いて開発された底泥輸送モデルは、国内の流下土砂堆積予測のみならず、海外（インドネシア）の港湾での活用が期待される。



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

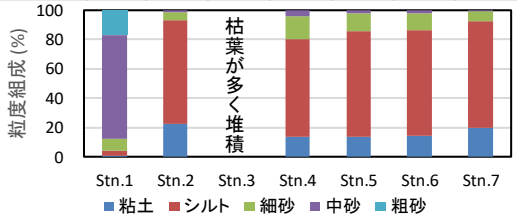
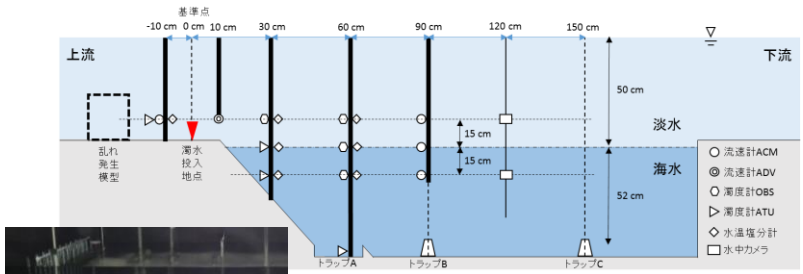


図 1.3.223 浚渫域周辺の地形と調査地点(左)と
調査地点の堆積物特性(右)



乱れ制御(模型)あり、設定流速15 cm/s

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

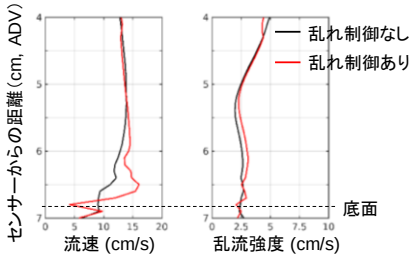


図 1.3.224 港内浚渫域に流入する濁水挙動の実験

【平成 31 年度、令和元年度】

●河口域周辺の地形や底質分布の変化を予測するための数値モデルの検証を行い、国内外の現地海岸に適用可能な数値シミュレーション・システムを構築

・新潟西港内の水深急変部(浚渫域縁辺部)において、斜面部で生じる地形変化の詳細を捉えることに成功した(図 1.3.225)。

・河口域周辺の地形や底質分布の変化を予測するための数値モデルの検証を行い、国内外の現地海岸に適用可能な数値シミュレーション・システムの構築を行った(図 1.3.226)。

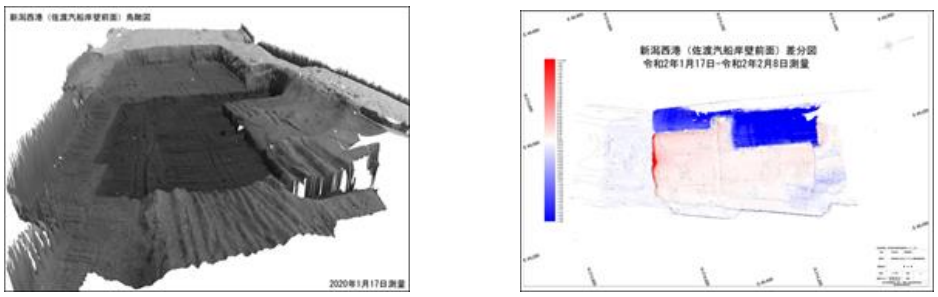


図 1.3.225 ナローマルチビーム測量による詳細地形調査(左)と
浚渫域内での地形変化の把握(右)

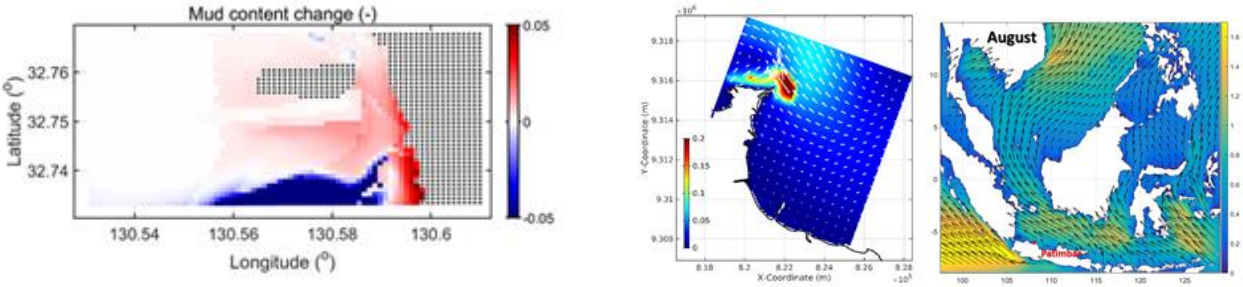


図 1.3.226　熊本港周辺での底質（含泥率）変化予測シミュレーションの計算例（左）と
インドネシア・パティンバン海岸を対象とした底質移動外力評価のための潮流・波浪シミュレーション（右）

●開発した汀線変動モデルにより複数の海岸の地形変化を高精度に再現するとともに、北太平洋上の気圧配置の年々変動が地形変化へ与える影響を統計的に解明

・波崎海岸，表浜海岸，オーシャン・ビーチの地形変化は汀線変動モデルによって高精度に再現できた（図 1.3.227 左）。一方で，モデルのパラメータは Site Specific なままであることから物理指標との関連付けが必要である。
・北太平洋上の気圧配置の年々変動が地形変化へ与える影響を統計的に説明した（図 1.3.70 右）。

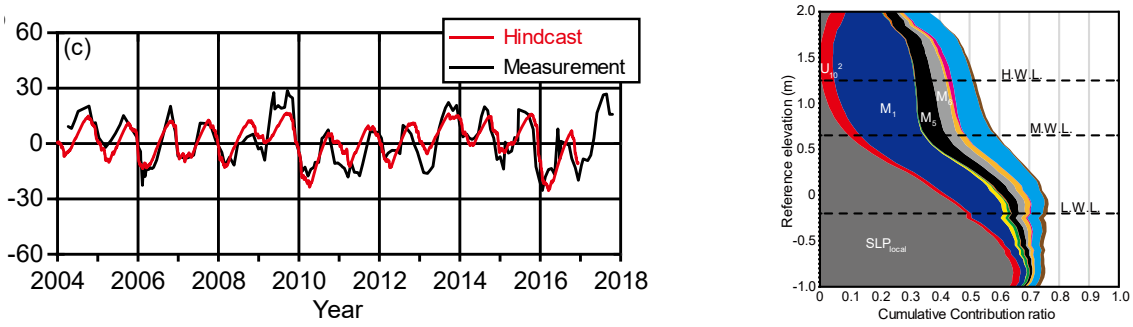


図 1.3.227　汀線変動の過去再現計算：Ocean Beach（左）
種々の変数が地形変化へ与える影響（右）

【令和 2 年度】

●インドネシア・パティンバン海岸の地形変化予測システムの開発に向けて、砂泥モデルの適用、特に底質輸送に及ぼす同海域での波浪場の特異性に注目した数値的検討の実施

・砂泥移動実験データを用いた砂泥モデルの精度検証に関するとりまとめを行った（港空研資料）
・インドネシア・パティンバン海岸の地形変化予測システムの開発にむけて、砂泥モデルの適用に向けて、特に底質輸送に及ぼす同海域での波浪場の特異性に注目した数値的検討を進めている（図 **1.3.228**（左））
・港湾地形を考慮した数値計算への展開に向けた底質・地形条件の整理を行った．（図 **1.3.228**（右））

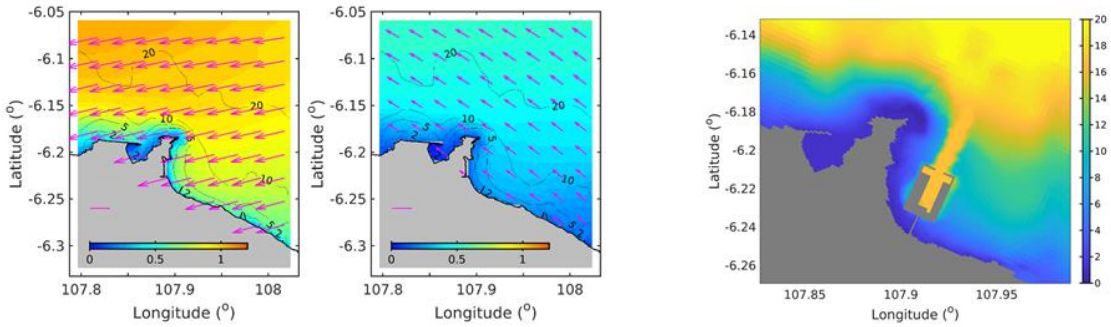


図 1.3.228　パティンバン海岸を対象とする波浪場の再現計算（左）と
パティンバン港建設後の地形データ（右）

●波崎海岸の 34 年にわたる長期地形データを整理し、潮汐変動が地形変化に及ぼす影響を解明
⇒Geophysical Research Letters（米国地球物理学連合）に掲載、社会的に高い注目を集める

・深浅測量結果他を用いた観測桟橋周辺の洗掘状況の把握を行った。整理した測量データおよび解析結果は今後の砂浜地形変化予測に用いられる（図 1.3.229 左）。
・周辺洗掘穴のある砂浜地形上で砕波する波による海浜流の計算を行い、洗掘穴による地形変化への影響を検討した（図 1.3.229 右）。

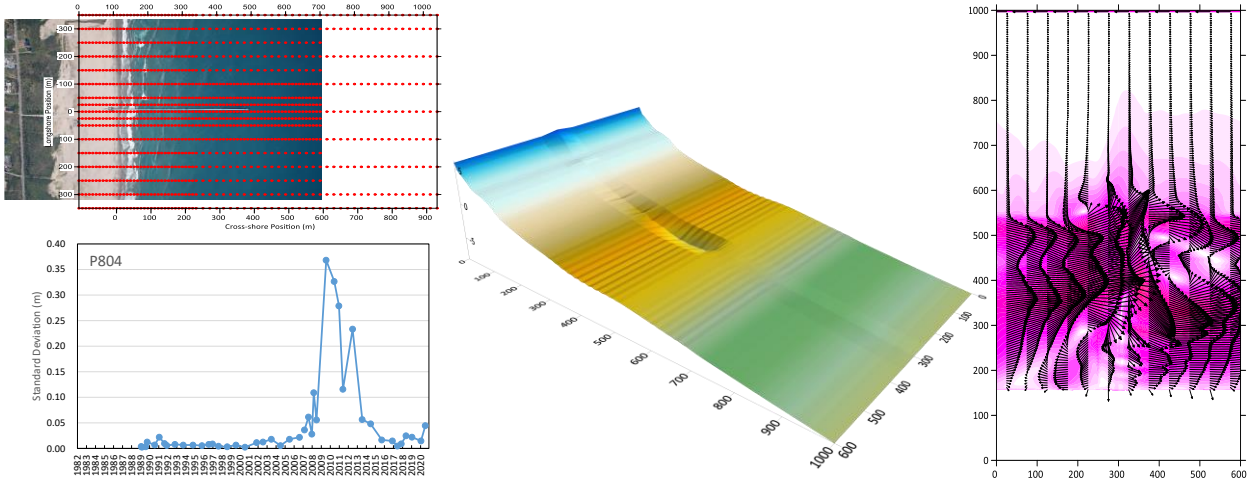


図 1.3.229　深浅データの解析による海岸の一様性変化（左）
周辺洗掘穴による流れ、地形変化（右）

【令和 3 年度】
●砂泥混合底質モデルの実海域（インドネシア・パティンバン海域）に適用する波浪場の季節変動制を考慮した底質輸送解析の実施
●河口港湾内の土砂堆積機構のメカニズム解明のため水槽実験を実施

インドネシア・パティンバン海岸を対象として、ジャワ海特有の風場の変化（モンスーン風、海陸風）による波浪外力の変動を考慮した底質輸送ツールを確立し（図 1.3.230）、さらに港湾施設（航路浚渫地形、外郭施設等）の詳細形状を考慮可能な数値計算ツールへの改良を進めた（図 1.3.231）。

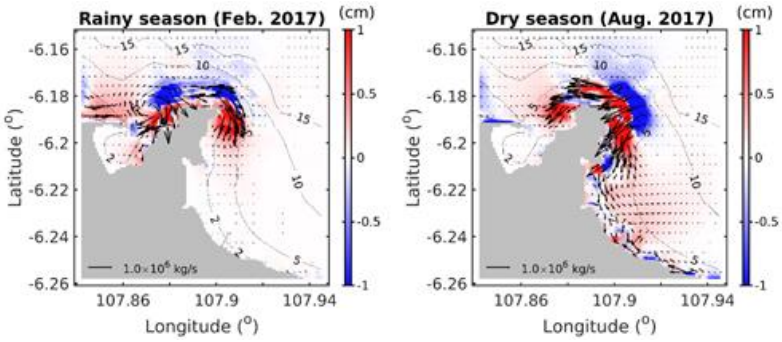


図 1.3.230　熱帯域での風場の変動特性を考慮した底質輸送シミュレーション

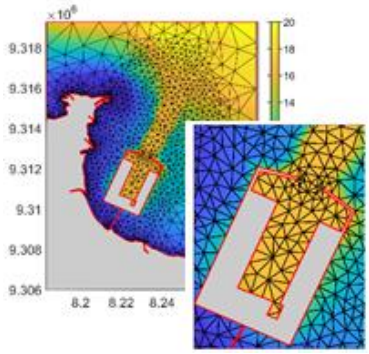


図 1.3.231　非構造格子を導入した航路周辺での底質輸送シミュレーションへのモデル改良

●波向き観測のための画像処理解析法の開発
●砕波による地形変化を考慮した海岸地形変化予測モデルの開発

海象観測カメラの画像データを活用した波向き観測手法を開発し（図 1.3.232）、また砕波による地形変化を考慮した海岸地形変化予測モデルについて検討を行った。

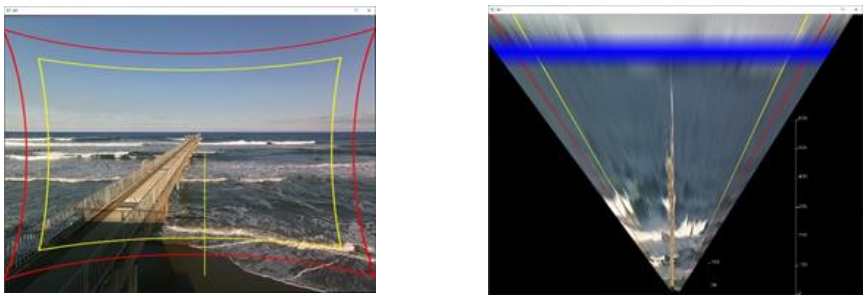


図 1.3.232　カメラ画像による波向き観測手法の開発

４．電子航法に関する研究開発等

【中長期目標】

国土交通省は、航空交通の安全の確保とその円滑化を図るため、航空管制等の航空保安業務を実施するとともに、我が国の国際競争力の強化に資するため、首都圏空港の機能強化、航空交通容量の拡大等に係る施策を推進している。

このため研究所は、航空交通の安全性向上、航空交通容量の拡大、航空交通の利便性向上、航空機運航の効率性向上及び航空機による環境影響の軽減を目標にして航空交通システムの高度化を図るため、次の研究開発課題に重点的に取り組み、航空行政の推進を技術面から支援することとする。

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

【重要度：高】我が国の航空交通システム等における技術的課題の解決は、国土交通省の政策目標実現に不可欠であるため。

（１）軌道ベース運用による航空交通管理の高度化

全航空機の飛行経路と通過時刻によって航空交通を管理する軌道ベース運用について、混雑空域において実施可能とする技術、当該運用を支える航空交通システムの堅牢性向上、管制空域及び飛行経路の管理技術に関する研究開発等に取り組む。

（２）空港運用の高度化

到着機が燃料消費を抑えて進入する継続降下運航の混雑空港における運用の拡大を可能とする経路設定技術、衛星航法を利用した進入着陸方式等高度な運航方式、空港面における出発機と到着機の交通管理手法、光ファイバ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

（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。

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

【項目名】
★陸域における UPR に対応した空域編成の研究（平成 28 年度～平成 30 年度）
☆航空管制作業量を推定するモデルの構築
☆UPRシミュレーション

航空需要の増加により、2025 年頃にはこれまでの管制運用の限界が予想されていた。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等を図り、管制処理能力を向上することを計画した。一方、陸域（地上のレーダが監視できる空域）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向上が期待されていることから、我が国の陸域への UPR 導入を考慮した空域再編が不可欠であり、本研究を実施することとした。

【平成 28 年度】
UPR の便益予測のため、平成 27 年度に作成したツールを用いて多様な気象条件を適用しながら UPR に与える影響を検証し、燃料費の削減量及び UPR の経路構成は、気象条件により大きく変化することを明らかにした。

【平成 29 年度】
航空交通流の予測を容易にするため、航空機の実運航を再現した航空交通流に関するシミュレーションモデルを構築し、飛行時間について再現性を検証した。

【平成 30 年度】

●UPR に対応したシミュレーションモデルの構築
・我が国の陸域における UPR 導入時の便益を明らかにした。
・航空局による UPR 導入の意思決定に貢献した。

洋上空域にはすでに条件付きで UPR が導入されているが、将来、我が国の陸域に UPR が導入された場合の便益を明らかにし、また UPR 導入時の空域の最適化を可能とする手法を開発したことにより、航空局における UPR 導入の意思決定に貢献した。なお、UPR 導入の意思決定は 2019 年の予定であったが、他の施策との関係から 2026 年以降に延期されている。〔図 1.4.1～2〕

【項目名】
★気象要因による運航制約条件を考慮した軌道調整に関する初期的研究（平成 31 年度（令和元年度））
☆悪天候が運航や航空交通に及ぼす影響の分析

航空局の長期方針 CARATS においては、「協調的な運航前の軌道調整」（OI-15）を実現するために施策「気象情報から運行情報、容量への変換」（EN-6）に係る研究開発の実施が求められていた。具体的には、気象（悪天）現象による航空機の運航や航空交通への影響及び空域容量に対する制約について可視化・定量化し、航空交通流及び運航管理の高度化を図ることが望まれており、これに対応して本研究を実施することとした。
本研究では、交通流及び運航管理の高度化を図るために、悪天の影響を受ける管制空域について、気象情報や経路逸脱に関する現状分析を行う。

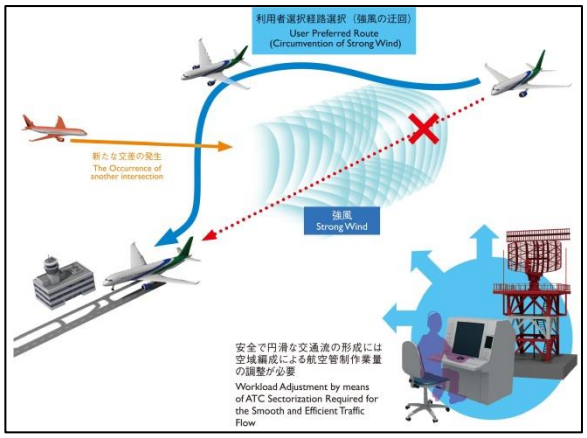


図 1.4.1　UPR の概念

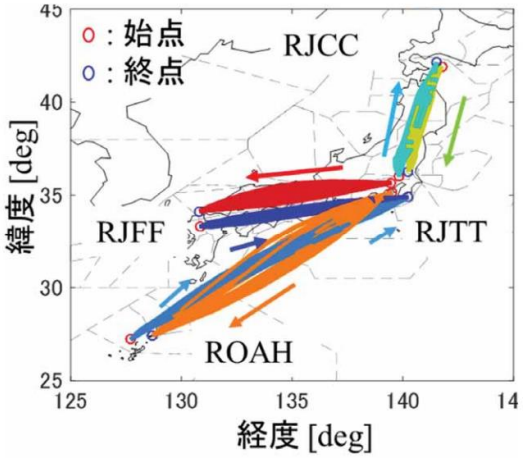


図 1.4.2　UPR の算出例

【平成 31（令和元）年度】
令和 2 年度より開始する重点研究のための基礎解析として、悪天気象情報と悪天による経路逸脱について解析した。また、航跡データと気象レーダエコーを同一画面上でアニメーション表示する実験用評価システムのプロトタイプを開発した。

【項目名】
★気象要因による運航制約条件を考慮した軌道調整に関する研究（令和 2 年度～）
☆悪天候が運航や航空交通に及ぼす影響や空域容量に対する制約の可視化・定量化

協調的な運航前の軌道調整の実現にあたっては、天気図等から悪天域を読み取り、航空機運航や航空交通に及ぼす影響及び空域容量に対する制約を判断する高度な能力が要求される。これを支援するために、現状では航空交通気象センターから悪天に係る一般的な気象情報とともに航空交通気象時系列予報（ATMet 時系列）が提供されているが、それでも必要な情報を直感的かつ定量的に把握することは容易ではない。ATMet 時系列等の気象情報に対して航跡データや航空交通流制御実績データ等から求めた航空機の運航状況との相関を調べる等、飛行経路の選択や航空交通流制御の実施判断に資する気象情報の意味付けを行う研究開発が必要とされていることから、本研究を実施することとした。

【令和 2 年度】
実験用評価システムに飛行計画経路、実航跡、交通流密度及び気象レーダのエコー強度を同時に表示し、解析できるように機能追加した。また、運航者の設定する悪天回避経路を予測するために、経路生成法の開発に着手した。

【令和 3 年度】
悪天域を単純に回避する経路生成に対して、より現実的な悪天域の一部通過も考慮した悪天回避モデルを開発した。また、飛行計画軌道やセクタの悪天域との重なり及びデビエーション割合を過去のデータより統計的に求めた。研究用データは国土交通省などを通じて公開した。同一データは、研究機関、大学、民間企業などに広く利用されて研究開発や行政に寄与したことが評価され、航空宇宙学会技術賞を受賞した。

【見込み評価】
利用者選択経路（UPR）に対応したシミュレーションモデルを構築し、日本の陸域への UPR 導入時の便益を明らかにするとともに、UPR 導入時の空域の最適化を可能とする手法を開発した。これにより航空局による UPR 導入の意思決定に貢献したことは、中長期目標通りの成果である。
また、航空機運航における悪天時の迅速で効率的な軌道調整手法に資する悪天回避モデルを構築したことも、中長期目標通りの成果である。

さらに、気象情報と航空機の運航状況との相関を調べる等により、飛行経路の選択や航空交通流制御の実施判断支援に資する気象情報を定義した。これにより運航者と航空管制機関の間での航空気象に関する状況認識の共通化が期待できることは、中長期目標以上の成果である。

次期中長期計画では、この成果を発展させ、軌道調整の迅速化や効率化を実現するための航空交通管理手法や空域管理手法の研究開発を進めるとともに、気象予報の不確実性に対する運航者及び航空管制機関の間での共通の状況認識の高度化を目指す。

（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 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

【項目名】
★Full4Dの運用方式に関する研究（平成 28 年度）
☆軌道最適化ツールの開発

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 Operation）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とされるが、その実現のために TBO の概念、便益及び課題を明確にする必要があることから、本研究を実施した。

【平成 28 年度】

●軌道最適化アルゴリズムの開発
・運用制限を考慮できる機能を追加し、より現実的な最適経路の生成が可能になった。

●空域複雑性指標の開発
・交通量が増大した将来の航空交通環境において管制官の作業負荷を軽減する手法の評価に役立つ。

将来の航空交通管理の方式である航空機の軌道管理（TBO）については、世界的にも詳細は決まっておらず、具体的な課題も明らかになっていないが、運用上の制約条件を考慮した経路算出機能を開発し、より現実的な最適経路の生成が可能となった。軌道最適化の結果、燃料消費量について北太平洋における経路で 1 飛行あたり 1,000～4,000kg を削減できる可能性を示した。将来の TBO の運用環境においては管制の難易度を示す指標が必要となることが予想されるため、さまざまな飛行経路の組合せに対応できる難易度指標を開発し、管制官の主観評価と対応付けられることを示した。この指標は、航空管制官の作業負荷の軽減に資するものである。〔図 1.4.3～4〕

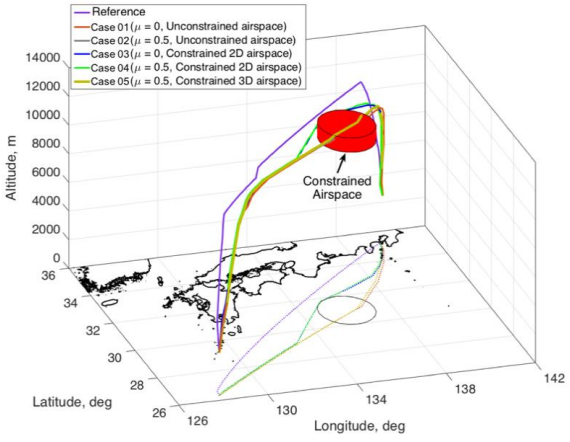


図 1.4.3 様々な運用制約を考慮した最適軌道の生成例

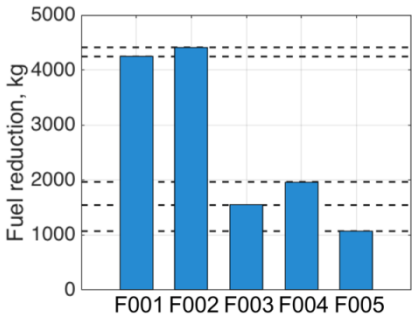


図 1.4.4 軌道最適化による燃料消費の削減量の拡大（DARP 経路との比較）

【項目名】
★フリールーティング空域における軌道ベース運用に関する研究（平成 29 年度～令和 2 年度）
☆フリールーティング概念の開発、軌道最適化アルゴリズムの改良

我が国が担当する福岡 FIR（Flight Information Region、飛行情報区）において、国際航空交通量は 2013 年から 2030 年までの間に約 8 割増加する見込みである。運航効率と空域容量の拡大のため、ATM の方式は軌道ベース運用（TBO）に基づくこととなる。各フライトの最大便益を得るため、運航者が希望する軌道をなるべく抑制しない、いわゆる「フリールーティング」が必要であり、需要が高い時に空域や空港の資源を効率よく割り当てるために CDM（Collaborative Decision Making、協調的意思決定）が不可欠である。今後、フリールーティングと CDM を取り入れた TBO に基づいた軌道管理方式を高高度空域に提供するコンセプトが望ましい。

CDM では、複数の関係者の間で軌道管理を行う。空域混雑や軌道間の干渉を解決するために軌道変更が必要な場合、各関係者への影響を客観的に評価するためのパフォーマンス指標が必要である。また、意思決定を支援するため、各関係者の利益及び不利益を公平にバランスする必要がある。以上より、本研究を実施することとした。

【平成 29 年度】
軌道管理には目標とその達成度を示す指標が必要であり、国際的 CDM や軌道管理などにおける各種パフォーマンス指標として、「管制難度」の開発に着手した。また、各航空機の最適軌道と空域全体の最適化を図るために、便益バランシング方式の開発に着手した。

【平成 30 年度】
フリールートコンセプトを作成し、「管制難度」の指標に飛行中の経路変更も反映できるようにした。また、高い管制難度が予測される交通状況を回避する方法の検討に着手した。

【平成 31 年度（令和元年度）】

●ATM パフォーマンス指標の検討
・交通流の混雑回避のための指標として「管制難度」を適用できる可能性を示した。

ATM パフォーマンス指標の検討を行い、フリールーティング運用環境では航空交通流が現状とは異なることから、先行研究において提案した管制支援ツールを基に、航空交通流の混雑回避のための指標として「管制難度」を適用すると、混雑を回避できる可能性を示した。また、上空通過機の交通流分析と北太平洋経路再編のシミュレーションを実施し、フリールーティングによれば飛行経路短縮及び消費燃料削減の便益があり、また運航不確定性を小さくする効果があることがわかった。特に、航空管制作業の難易度を示す指標に基づき、軌道変更の候補を航空管制官に提案する管制支援ツールの検討を行ったことは、フリールーティングの実現により環境負荷の低減につながるものと考える。〔図 1.4.5～6〕

【令和 2 年度】

●段階的な初期的フリールート空域（FRA）概念
・管制上の影響なく経路長や搭載燃料の削減が可能となることを示した。

軌道最適化ツールの改善や ATM パフォーマンス指標の検討をするとともに、韓国航空大学との共同研究により、仁川 FIR 及び福岡 FIR（レーダ空域及び洋上空域）における段階的な初期的フリールート空域（FRA：Free Route Airspace）概念を公表し、管制上の影響なく経路長や搭載燃料の削減が可能となることを示した。これは夜間において高度 FL310 以上の自由な経路を認めるもので、ゲート間の直行を仮定した場合、現在の経路に比べて年間 269,000NM 以上（FRA 内飛行の 3.5%減）の潜在的な経路短縮効果があることを明らかにした。〔図 1.4.7〕

韓国航空大学との共同研究により仁川 FIR 及び福岡 FIR（レーダ空域及び洋上空域）における初期的なフリールート空域（FRA）運用コンセプトを立案したことは、シームレススカイの実現につながる成果といえる。

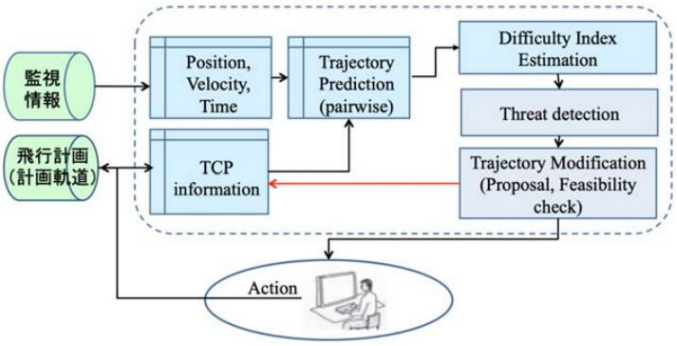


図 1.4.5　管制支援ツールの概念

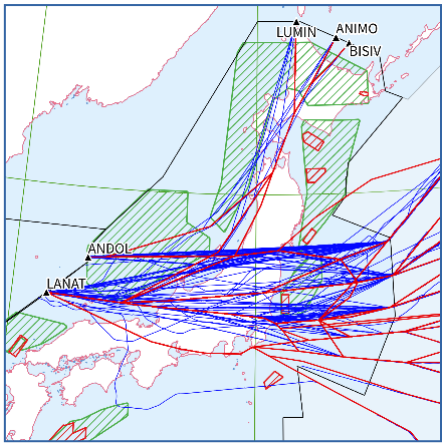


図 1.4.6　飛行計画経路（赤）と実際経路（青）

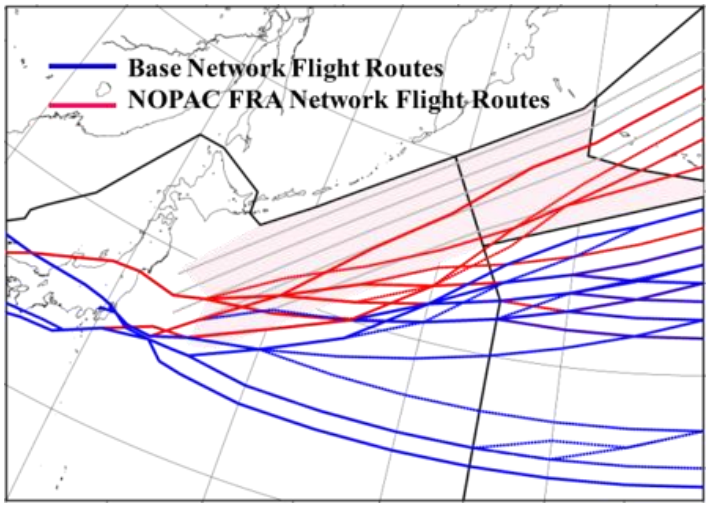


図 1.4.7　FRA 拡大時の経路（赤）と現状空域での経路（青）

【項目名】
★国際交通流の円滑化に関する研究（令和 3 年度～）
☆FRA 運用への移行課題に関する対策の提案・隣接 FIR との情報共有に関する提案

福岡 FIR、仁川 FIR 及び上海 FIR 間の航空交通流、並びに福岡 FIR を通過するアジア・北米間の交通量は長期にわたり増加傾向であり、航空交通流の効率化のために ICAO アジア太平洋地域のシームレス航空航法サービス計画はフリールート空域（FRA）の導入を推奨している。航空交通流の効率化は FIR 毎に単独で行うと得られる便益に限界があるため、シームレススカイの実現は極めて重要と考えられる。

一方、上記 FIR におけるシームレススカイ上での FRA の実装手法は学術レベルを含めても現在までに検討されておらず、フリールートや空域構成の算出や便益推定及び FIR 間での情報共有の具体的な手法の決定が必要とされることから、本研究を実施することとした。

【令和 3 年度】

●北太平洋（NOPAC）空域の FRA 拡大運用をもたらした
⇒研究成果がシームレスな管制運用の実現に寄与
⇒国際学会（ATM セミナー）で優秀論文賞を受賞

●高度変更時の洋上管制間隔を短縮できる上昇降下方式の試行運用が開始
⇒研究成果が低燃費な飛行高度の実現に寄与し環境負荷の低減に大いに貢献

高需要空域である北太平洋（NOPAC）空域において将来の短縮管制間隔を想定し、様々な気象条件、交通流でのフリールート空域（FRA）拡大運用の実現可能性をシミュレーションにより検証し、便益を推定した。その成果により NOPAC 空域内のフリールート空域（FRA）の拡大が大幅に進展した。なお、その成果は航空交通管理に関する国際学会（ATM セミナー）で優秀論文賞を受賞した。また、高度変更時の洋上管制縦間隔を短縮できる上昇降下方式についても様々な気象条件、交通量で導入効果を検証しており、令和 3 年度から試行運用が開始され、研究成果が低燃費な飛行高度の実現に著しく貢献した。

【見込み評価】

交通流の混雑回避のための指標として当所が提案した「管制難度」を適用できる可能性を示した。また、段階的な初期的フリールート空域（FRA）概念を示し、航空管制上の影響なく燃料消費の削減が可能となる例を示した。

航空交通管理に関する国際学会（ATM セミナー）で優秀論文賞を受賞した研究成果が、北太平洋（NOPAC）空域内のフリールート空域（FRA）の拡大につながり、シームレスな管制運用の実現に寄与した。なお、高度変更時の洋上管制間隔を短縮できる上昇降下方式の導入効果を検証しており、令和3年度に試行運用が開始され、研究成果が洋上の混雑空域の低燃費な飛行高度の実現に寄与し環境負荷の低減に大いに貢献した。

軌道最適化アルゴリズムの開発において、運用制限を考慮できる機能を追加したことで、より現実的な最適経路の生成が可能となった。以上は中長期目標通りの成果である。

北太平洋の NOPAC 経路再編や NOPAC 空域へのフリールーティング導入について便益を示し提案した。これらは隣接する FIR とのシームレスな航空交通管理の運用検討に寄与し、ANSP（航空局や米国 FAA）及び運航者に便益をもたらすものであり、中長期目標以上の成果である。

次期中長期計画においては、引き続きより具体的な FRA の経路設計案を検討し、課題抽出や便益の定量化を進めるとともに、東北アジア地域だけでなくアジア～北米間のシームレス運用や運航効率化を目指す。

（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。

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

【項目名】
★マルチスタティックレーダ（MSPSR）による航空機監視と性能評価に関する研究（平成 28 年度～平成 29 年度）
☆MSPSR 実験システムによる測位実験

航空機の監視に使用されている一次監視レーダ（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、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（MSPSR：Multi Static PSR）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では設置した地域における電波信号環境による監視性能への影響が避けられず、諸外国等の検討結果をそのまま導入できる保証はない。このため、MSPSR の要素技術の開発とともに、導入を判断できる技術基準や性能要件の作成に資する検討が求められている。以上のことから、本研究を実施することとした。

【平成 28 年度】

開発した MSPSR 実験システムを用いた測位実験と検証により、設計通りの受信機 1 台による動作を確認した。また、複数の受信機による受信及び信号処理が可能となるようシステムを改良した。さらに、開発した地上デジタル放送波信号を使ったパッシブレーダについて、航空機から送信された ADS-B データを使って測位精度を検証した結果、レーダ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た。

【平成 29 年度】

●地上デジタル放送波を利用した MSPSR の開発 ・航空機の検出に成功し、低コストかつ既存周波数帯を活用した航空機監視方式を実証した。

地上デジタル放送波を利用したマルチスタティックレーダによる航空機検出実験において、空港周辺を航行する航空機の検出に成功した。これにより、地上デジタル放送波による MSPSR の実現可能性を示した。

MSPSR 本来の構成で航空機の検出精度が向上し、また、地上デジタル放送波を使った航空機の位置推定に成功したことは、航空機監視方式を既存の周波数帯域の有効活用で実現したい国のニーズに適合する。また、国際的にも技術基準や性能要件の作成につながる発展性が期待できる。〔図 1.4.8～9〕

【項目名】
★空港面及び空港近傍の独立非協調監視システムに関する研究（平成 30 年度～令和 2 年度）
☆リアルタイムパッシブ監視システムの開発・製作

空港面及び空港近傍の航空機監視に利用される二次監視レーダ（SSR：Secondary Surveillance Radar）やマルチラテレーション（MLAT：Multi Lateration）等は、高精度、高検出率かつ高更新率を備えた監視システムである。これらの監視システムは監視対象にトランスポンダを必要とすることから、トランスポンダが搭載されていない、もしくは正常に動作していない場合の監視はできない。そのため、トランスポンダに依存しない一次監視レーダ PSR（ASR、ASDE 等）は、監視対象空域における航空交通の安全性を担保する上で重要な役割を果たす。しかし、PSR 等は、大型の回転型空中線及び高出力送信機を必要とするため、整備及び維持の面で課題がある。このような観点から PSR の代替もしくは覆域拡張のために新しい監視システムの導入が期待されているが、新たな周波数帯の割当ては困難であり、航空用途以外の電波など既存の周波数資源を有効活用した新しい監視システムの技術開発が求められている。以上のことから、本研究を実施することとした。

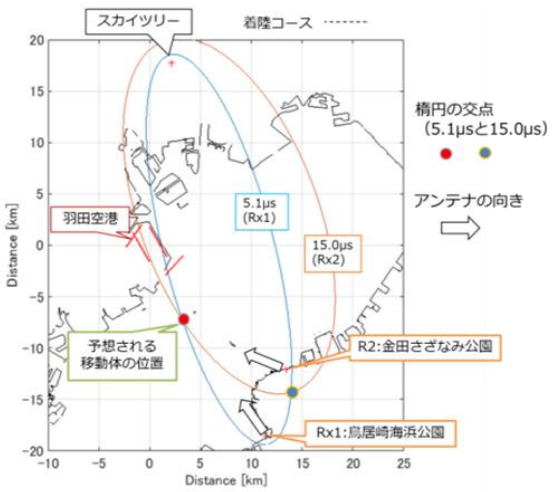


図 1.4.8　地上デジタル放送波を利用した航空機検出実験の様子

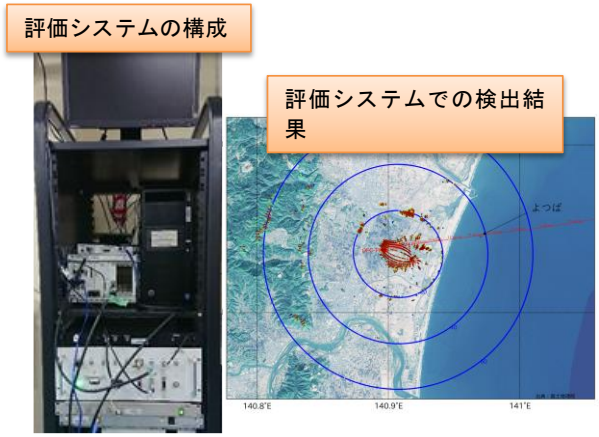


図 1.4.9　実験用リアルタイムパッシブ監視システム

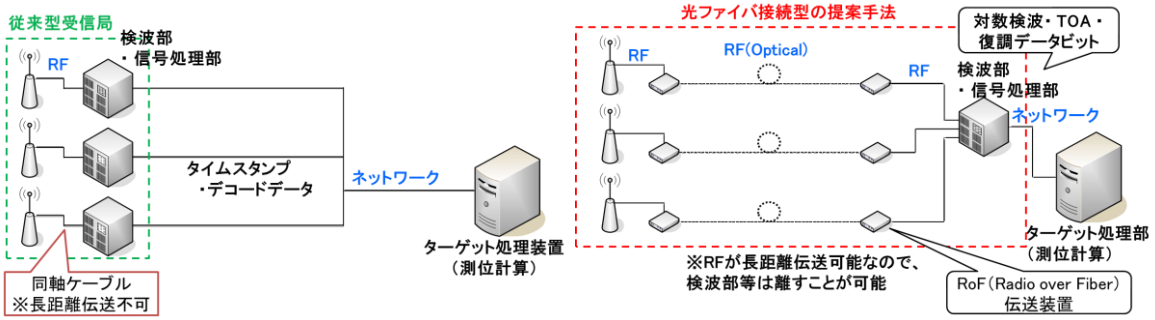


図 1.4.10　従来型 MLAT（左）と提案手法（右）の構成の比較

【平成 30 年度】

前年度までに構築した MSPSR 実験システムを利用し、測定実験や数値解析等に基づき、パッシブレーダシステムにおいて有効な信号処理方式の検討を始めた。また、移動体検出性能の検証を実施し、リアルタイム処理が可能な実験用リアルタイムパッシブ監視システムの開発に着手した。さらに、常時測定可能な実験環境を整備する等必要な要素技術の開発も進めた。

【平成 31 年度（令和元年度）】

●リアルタイムの信号処理
・移動体をリアルタイムで検出する実験用パッシブ監視システムを構築した。

昨年度から今年度にかけ実施してきた各種要素技術の開発や方式検討に基づき、長時間を必要としていた信号処理を見直して実験用リアルタイムパッシブ監視システムを構築した。実運用を見据えてリアルタイム処理が可能な評価システムを構築した成果は、社会的意義が大きいものと考える。

【令和 2 年度】

●光ファイバ無線を使ってセンサを接続する監視システムの構築
・研究成果が ICAO 監視マニュアル（Doc 9924）に反映された。

低コストで実装可能なソフトウェア無線機を使い、信号処理部も含んだリアルタイムパッシブ監視システムの評価システムを構築した。信号処理能力の制約が多いリアルタイムシステムにおいても既存の実験システムと同等の性能が得られることを確認した。〔図 1.4.10〕

システム構築時に技術検討を行った光ファイバ無線を使ってセンサを接続する監視システムを ICAO 監視マニュアル（Doc 9924）に反映した。受信センサの小型化や時刻同期の正確性等、これまでに得られた成果が監視システム構成方法の一例として標準文書に追記されたことは、国際的な水準に照らしても大きな意義がある。

【見込み評価】

航空機の搭載機材に依存せず、空港面及び空港近傍における移動体を検出するために、現行の監視レーダを補完する航空機監視システムの研究として、地上デジタル放送波を利用した MSPSR を開発して航空機の検出に成功し、低コストかつ既存周波数帯を活用した航空機監視方式を実現した。このようにマルチスタティックレーダ導入技術を確立し、さらに移動体をリアルタイムで信号処理して検出する実験用パッシブ監視システムも構築できたことは、中長期目標通りの成果である。

さらに、このシステム構築時に技術検討を行った光ファイバを使ってセンサを接続する無線方式を使用した航空機監視システムを、監視システム構築における技術指針として ICAO 監視マニュアル（Doc 9924）に反映させたことは、中長期目標以上の成果である。

（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。

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

【項目名】

★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 28 年度～平成 31 年度（令和元年度））

☆次世代 SBAS・次世代 GBAS のプロトタイプ構築

☆実環境（飛行実験等）による性能評価

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（Satellite-Based Augmentation System）及び GBAS（Ground-Based Augmentation System）があり、前者は静止衛星を使用して航空路向けにサービスを行うもの、後者は地上からの無線信号により補強情報を放送して進入着陸に利用されるものである。

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した。

【平成 28 年度】

次世代 SBAS のプロトタイプシステムを開発して補正性能を評価するとともに、次世代 GBAS のアルゴリズム検討のための国際共同実験を石垣島及びフランス・ツールーズにて実施した。低緯度地域で影響が大きい電離圏擾乱の対策の検討を進め、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ドライン文書を策定した。

【平成 29 年度】

●実衛星による世界初の次世代 SBAS の実証実験
・準天頂衛星の L5S 信号による補強が可能なことを検証した。

■国際基準改訂案の提案
・日本提案の次世代 SBAS の国際基準改訂案が採用された。
・非静止衛星からの SBAS 信号の送信を可能とし、アベイラビリティ向上に寄与する。

●次世代 GBAS プロトタイプの構築
・ロバスト性向上を目指して電離圏擾乱の問題に取り組むためのプロトタイプを開発し、石垣島に設置した。

■査読付ジャーナル論文が Radio Science 誌で Journal Highlight に選出された

平成 28 年度に構築した準天頂衛星みちびきに対応した次世代 SBAS プロトタイプを使用し、我が国の準天頂衛星みちびきの L5S 信号を使用して世界初の実衛星による次世代 SBAS 送信実験に成功した。この結果は、

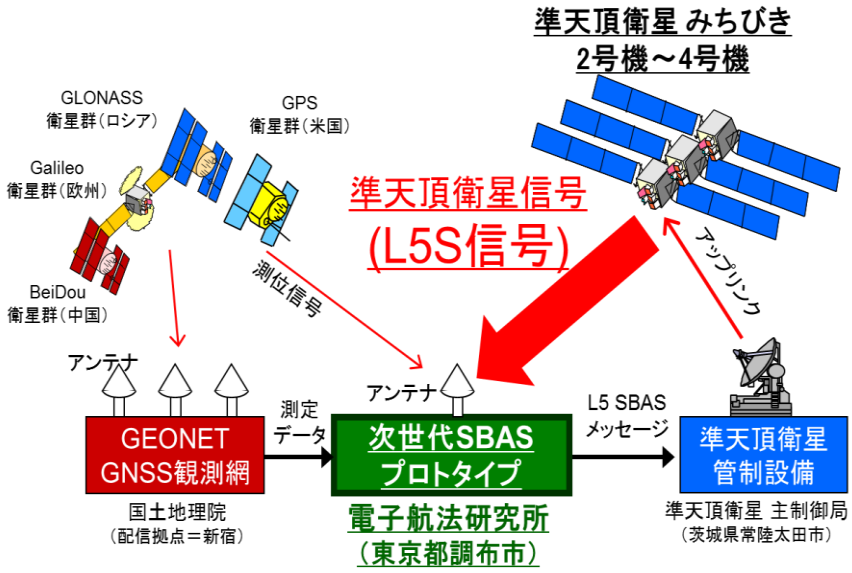


図 1.4.11　準天頂衛星 L5S 信号による次世代 SBAS の実験

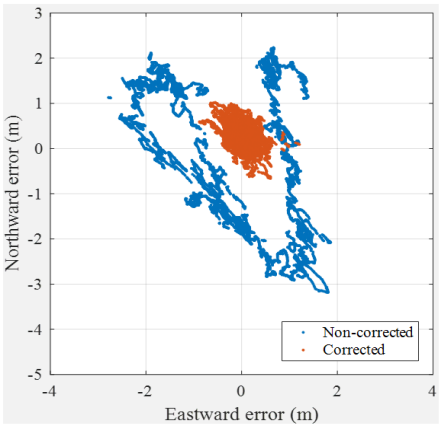


図 1.4.12 リアルタイム測位例（補正なし（青）、補正あり（赤）、補正により測位誤差が低減されている）



図 1.4.13 次世代 GBAS プロトタイプの構成

次世代 SBAS に関する ICAO 標準案の検証に貢献するものであった。また、次世代 SBAS 規格を我が国の準天頂衛星に対応するものとする ICAO 標準の改訂案を提示し、採用された。〔図 1.4.11～12〕

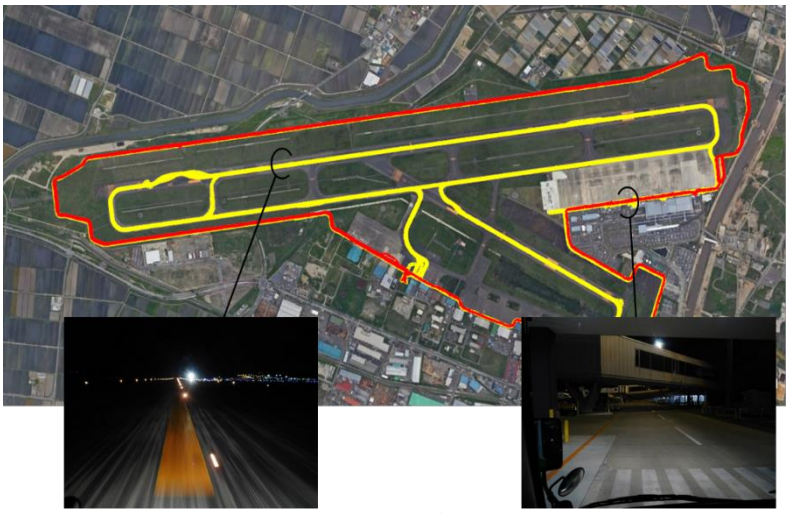
次世代 GBAS のプロトタイプを構築し、電離圏擾乱の大きな南西諸島にある石垣空港に設置した。衛星を利用したシステムでは電離圏擾乱が問題であり、ICAO における国際標準案の議論を先導することが期待されることとなった。〔図 1.4.13〕

【平成 30 年度】

●次世代 SBAS の地上走行実験
・現行補強システム以上の性能が得られ、着陸システムとして使用可能であることを確認した。

■国際規格策定に貢献
・プロトタイプにより得られた情報が、ICAO における次世代 SBAS の規格策定に寄与した。

次世代 SBAS プロトタイプを使用して、実験用航空機の故障のため飛行実験に代えて地上走行実験を実施し、性能評価を実施した。これにより、次世代 SBAS では現行の衛星航法補強システム以上の性能が得



• 2月4～6日の3日分のデータを重ねて表示。
• （赤）昼間走行（3回）、（黄）夜間走行（3回）

図 1.4.14 地上実験の走行軌跡例

られ、進入着陸システムとしても利用できることを確認した。我が国では内閣府の主導により準天頂衛星システムの整備が実施されており、これによる次世代 SBAS が構築できることを実証した成果は、測位航法サービス分野において日本の国際競争力の向上につながるものといえる。〔図 1.4.14〕

さらに、ICAO における国際標準案策定作業に参画し、日本の次世代衛星航法補強システムを国際標準に盛り込むべく活動しており、航空機の航法サービス分野において国際競争力の向上につながると考える。また、準天頂軌道衛星を用いた衛星航法補強システムの構築は世界初の試みであり、研究成果の新規性及び科学的意義が大きいものと考える。

【平成 31（令和元）年度】

次世代 SBAS 及び次世代 GBAS のプロトタイプを使用して、それぞれ八丈島及び石垣島にて飛行実験を実施し、正常に機能することを確認した。次世代 SBAS プロトタイプを使用して、2023 年度に打上げが予定されている準天頂衛星 7 号機の利用を想定した性能評価を実施し、7 号機に特有の大きな軌道傾斜角による影響は小さいことを確認した。また、精密進入モードのアベイラビリティを試算し、我が国の全域で 100%を達成できることを確認した。宇宙天気情報の利用に関する検討を進め、VHF レーダによるプラズマバブルの監視により広い範囲で GBAS のアベイラビリティを改善できることを確認した。

【項目名】
★新しいGNSS環境を活用した進入着陸誘導システムに関する研究（令和 2 年度～）
☆欧米との次世代 GBAS の基本検討
☆次世代 GBAS の飛行実験
☆セキュリティ対策技術の開発

航空機の航法には衛星航法システム GNSS の導入が進められており、日本では平成 19 年度から運用されている MSAS（SBAS）に加えて、令和元年度に一部空港で GBAS が整備され、試行運用を実施している。これら現行の SBAS 及び GBAS 規格は GPS のみしか対応していないが．いずれも次世代規格の策定が進められており、GPS 以外のコアシステムに対応するとともに複数の周波数を使用可能となる。これら次世代規格に対応した次世代 GNSS 補強システムによれば電離圏活動の影響を受けにくいロバストな航法が可能となり、低磁気緯度にあり電離圏活動の影響を受けやすい我が国においてはメリットが大きい。一方、今後は次世代 GNSS 補強システムが各国において実装されることとなるが、それらについては相互運用性の確保がきわめて重要な課題となっている。

電離圏に関する環境が欧米と異なる我が国は、GNSS の国際標準化作業に積極的に参画し、低磁気緯度地域で導入可能な次世代 GNSS 対応補強システムの開発に貢献する必要がある。当所ではこれまでにも次世代 GNSS 補強システムのプロトタイプを開発してきており、引き続き国際標準策定作業を継続す

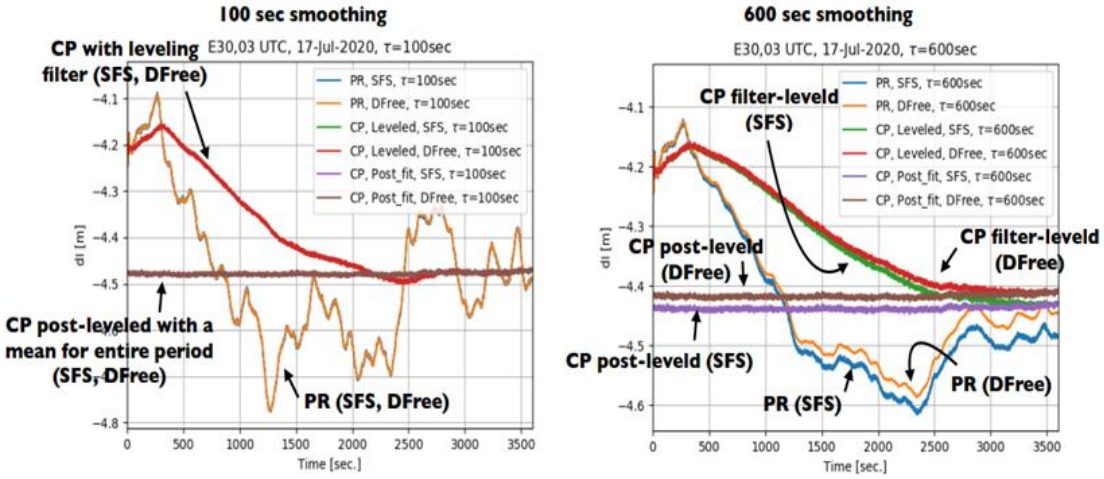


図 1.4.15 電離圏モニタの方式を比較した例

るとともに、相互運用性を確保するための活動を先導することが求められていることから、本研究を実施することとした。

【令和 2 年度】

次世代 GBAS の検討を進め、二周波数化をした場合にあっても問題となる電離圏シンチレーションについて、GNSS 及びレーダによる観測結果の比較から GNSS 衛星数の増加が効果的な対策となることを明らかにした。欧州との間で構想している SBAS 相互運用性検証実験の予備実験としてノルウェーにて準天頂衛星 L5S 信号の受信実験を行い、北欧地域にて当該信号を受信でき、仰角 7 度程度以上の時間帯に十分な信号強度が得られることを確認した。

【令和 3 年度】

●ICAO における次世代 GBAS/SBAS の基本的検討への参画
・方式案を欧米と共同提案するに至った。

●ICAO アジア太平洋地域タスクフォースにおける活動
・座長として国際競争力の強化につながる試みを行った。

●科学的成果の創出
・突発的な電離圏変動をリアルタイム観測する手法を開発するなどの科学的成果を創出し、査読付論文 7 編及び職務発明 1 件の実績となった。

ICAO における次世代 GBAS/SBAS の基本的検討に参画して方式案を欧米と共同提案するとともに、国際標準化関連会議に 7 件の資料を提出し、さらにアジア太平洋地域における GBAS/SBAS の導入を目指す ICAO タスクフォースの座長を務めている。次世代 GBAS/SBAS の飛行実験を実施し、規格案の検証等に必要な実験データを収集した。GNSS ネットワークを用いて突発的な電離圏変動をリアルタイム観測する手法を開発するなど査読付論文7編（うち学術論文誌 4 編）が掲載され、職務発明 1 件が認定されるなど、科学的意義が大きな研究成果を創出した。〔図 1.4.15〕

【見込み評価】

次世代 SBAS の国際標準について ICAO における策定作業に参画し、準天頂衛星を含む非静止衛星からの送信を可能とする日本提案の改訂案が採用されたことは、ロバストかつアベイラビリティの高い航法システムの実現に寄与し、中長期目標通りの成果である。

次世代 SBAS のプロトタイプを構築し、準天頂衛星システムの L5S 信号を使用して世界初の次世代 SBAS の実証実験を実施したことは、中長期目標以上の成果である。

宇宙天気情報提供サービスの国際標準化に取り組み、ICAO NSP（航法システムパネル）会議の代表としてMETP（気象パネル）における議論を主導し、当該サービスの開始に至った。また、GNSS におけるセキュリティ対策技術を開発して規格化に貢献したことは、我が国の国際的プレゼンスの向上に資する、中長期目標以上の成果である。

次期中長期計画では、これらの成果を発展させ、ロバストかつアベイラビリティの高い進入着陸誘導システムの実現に向けた次世代 GBAS の研究開発、GNSS におけるセキュリティ対策技術の規格化、空港面における車両誘導等への応用、GNSS における宇宙天気情報の応用等を目指す。

（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。

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

【項目名】

★大規模空港における継続降下運航の運用拡大に関する研究（平成 28 年度～平成 31 年度（令和元年度））

☆CDOの現状分析・調査

☆CDO実施判断支援ツール作成

☆シミュレーションの実施

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ことから、本研究を実施し、CDO 実施判断支援ツールを製作することとした。

【平成 28 年度】

現状分析として最適だが CDO 実施機数の少ない関西国際空港や、準最適だが多くの CDO を実施しているヒューストンなど複数空港の例を調査し、関西国際空港への適用例を提案した。提案手法の実現性の検討としてフルフライトシミュレーションを実施した。また CDO 実施判断支援ツールの製作に着手した。

【平成 29 年度】

現状分析として周辺交通流が CDO 機に与える影響や、外乱要因から生じる垂直軌道のばらつきを予測するアルゴリズムの開発に着手した。また、CDO 実施判断支援ツールを用いた管制シミュレーションを実施し、評価実験時の支援情報部分をツールに付加した。

【平成 30 年度】

CDO における降下パスの分析・調査としていくつかの地点の高度幅を指定する方法についてシミュレーションを実施し、燃料消費と操縦性のトレードオフ関係を国際学会で発表した。また、管制経験者による CDO 実施判断支援ツールの評価を行い、ツールの更なる改善を行った。

【平成 31 年度（令和元年度）】

CDO 実施判断支援ツールを用いた管制経験者によるシミュレーションを実施し、現状のインフラで実施可能な範囲でどれだけ交通量の多い時間帯で CDO が実施できるか評価した。現在は実施していないが、異なる地



図 1.4.16 シミュレーションの様子

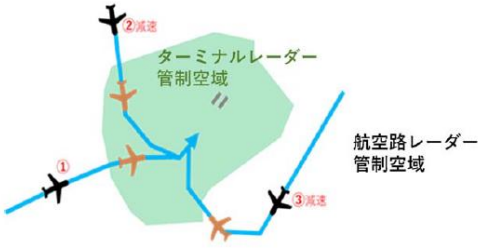


図 1.4.17 シミュレーション対象空域
（黒い航空機横の番号は到着順）

点からの到着機関の縦間隔確保のために遠方からの速度調整を可能とすると、現状よりも多い交通量（10 分間に 3 機、30 分間に 7 機が上限）でCDOが実施可能であることが定量的に示された。〔図 1.4.16～17〕

【項目名】
★航空機の降下方式における機上・地上の機能向上に関する研究（令和 2 年度～）
☆将来の空地連携を想定した CDO の提案

近年の航空交通量の増大に伴い、主要な空港の容量拡大が強く望まれており、地上における軌道予測の機能向上が潜在的な対策の一つであるとされている。一方で、従来の段階的に降下する方式は、低高度での燃料消費増加・騒音発生につながることから、降下開始点から継続的に降下させる継続降下運航（CDO：Continuous Descent Operations）の導入が望まれている。しかしながら、CDO の軌道は個々の航空機の性能に沿った降下経路であるため地上での軌道予測精度を低下させる一因となり、我が国における CDO の運用拡大が進まない原因の一つとなっている。

軌道予測精度と CDO の拡大を両立するために提案されている方式の一つが、降下時の飛行経路角を指定する固定飛行経路角（fixed-FPA：fixed Flight-Path Angle）降下方式である。fixed-FPA 降下方式は完全な CDO ではないものの、垂直経路の情報を共有することで地上における軌道予測精度が向上する（空地連携）ため、CDO の運用拡大につながることが期待されている。しかし、従来の航空管制システムは、地上と機上それぞれが所有する情報を密接に共有できる環境ではないことから、このような方式の導入が困難とされている。このため、fixed-FPA 降下方式の設計方法を確立し、空地連携を達成するために必要とされる機能の要件定義を行うために、本研究を実施することとした。

【令和 2 年度】

●固定飛行経路角（fixed-FPA）降下方式の定量的評価
・研究成果がインパクトファクタの高い学術論文誌に掲載された。

CDO の一環として提案する固定飛行経路角（fixed-FPA）降下方式の運航性能を定量的に評価し、得られた研究成果がインパクトファクタの高い学術論文誌に掲載されたことは、成果の科学的意義があるといえる。また、fixed-FPA 降下を活用した到着管理アルゴリズムの開発に着手した。さらに横浜国立大学との共同研究で到着方式における環境負荷モデルの構築を行い、騒音暴露量や排出ガス等の推定を行った。

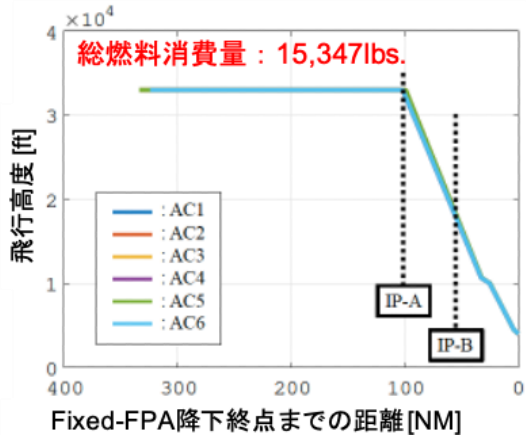


図 1. 4. 18 交通密度が低いため、すべてが同じ降下パスで降下している例

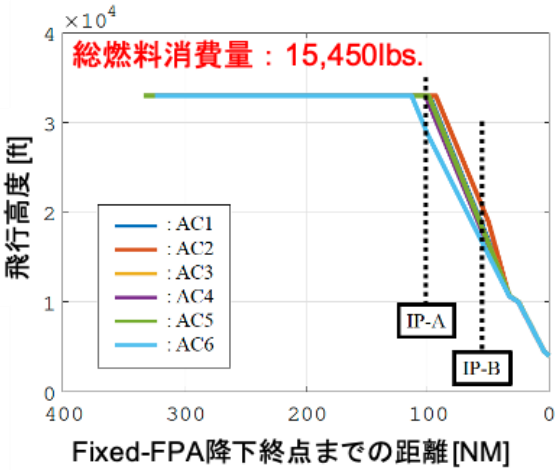


図 1. 4. 19 交通密度が高いことから、到着間隔を確保するために異なる降下パスがみられる例（浅い角度だと速度が遅く、降下途中でのさらなる速度調整にも対応できた）

【令和 3 年度】

■fixed-FPA 降下による到着管理アルゴリズムについての論文が計測自動制御学会（SICE）部門マルチシンポジウム賞（技術分野）を受賞した。

軌道予測誤差を低減し、環境負荷を低減するため、三つの数値予報気象モデルの予報精度について定量的評価を行い、出発前に LFM 予報値より飛行計画を更新することで飛行時間の予測誤差を改善できることを明らかにした。また、フルフライトシミュレーションを実施し、提案する fixed-FPA 降下は CDO よりも若干消費燃料が大きいが、管制による到着時刻の微調整に対してロバスト性が高いことが示された。さらに fixed-FPA 降下による到着管理アルゴリズムについて複数到着機のシミュレーションを実施し、交通密度が高く降下中に管制による調整があっても継続降下が可能なことを示した。この結果は計測自動制御学会（SICE）部門マルチシンポジウム賞（技術分野）を受賞した。〔図 1.4.18～19〕

【見込み評価】

予測精度の向上や空地の情報共有が大幅に改善される将来の管制運用を見据えた降下方式を設計し提案した。継続降下運航（CDO）は低燃費かつ低騒音の降下方式であるが、混雑時間帯での運用拡大は難しい。本研究では現状のままでの運用拡大可能数の提示や将来を見据えた降下方式の提案を行っており、これらは到着時の環境負荷の低減に寄与する中長期目標通りの成果である。

（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。

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

【項目名】

★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28年度～平成29年度）

☆機上装置への機能組込みと飛行評価

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）と同等の直線進入による GLS 運用が開始された。さらに、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ことがICAOの計画である。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 の特長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としては、RNP（Required Navigation Performance）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）と、GBAS により地上から曲線区間を含む全経路の情報を放送する TAP（Terminal Area Path）の 2 方式が提案されている。前者は早期の導入が期待され、後者は中長期的な導入を視野にさらに自由度の高い経路設計が可能となるものと期待されている。

【平成28年度】

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 飛行方式の設計手法を検討した。特に、最終直線区間に移行する前に浅い降下角を設定する手法を検討し、これにより従前の課題であった高温時においても正常な飛行が可能となることを見出した。また、GLS 進入方式の衝突確率モデルの検討を行い、パイロットの操舵をモデル化する手法を開発した。

特に、RNP to GLS 飛行方式は各国のエアラインの期待が高い国際的な検討課題であるとともに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められており、適切なタイミングで研究成果が得られたものと考える。

【平成29年度】

GLS の特長である曲線進入などの自由度の高い精密進入方式の実現に向けて、TAP 飛行方式の検討を行った。3 次元経路表示による曲線進入の飛行実験を実施し、自動操縦により曲線進入経路に追従できることを確認した。また、GLS 進入方式の衝突確率モデルの検討を進め、モンテカルロシミュレーションにより経路逸脱量を見積もったところ、現行の国際基準における想定よりも大幅に小さいことを見出した。これは国際基準の改訂につながる成果であり、次年度以降の研究に引き継ぐこととした。

【項目名】

★PBNとGBASを活用した高度な計器進入方式に関する研究（平成30年度～令和3年度）

☆シミュレータ・可搬型プロトタイプによる飛行実証

☆可搬型プロトタイプによる飛行実証

ICAOは、PBN（性能準拠型航法）概念による航法を促進し、GBAS等の導入による安全で効率的な進入方式により運航の最適化を図る計画である。近年、我が国においてもPBNによるRNAV/RNP進入方式が多数の空



図 1.4.20 フライトシミュレータによる
検証実験

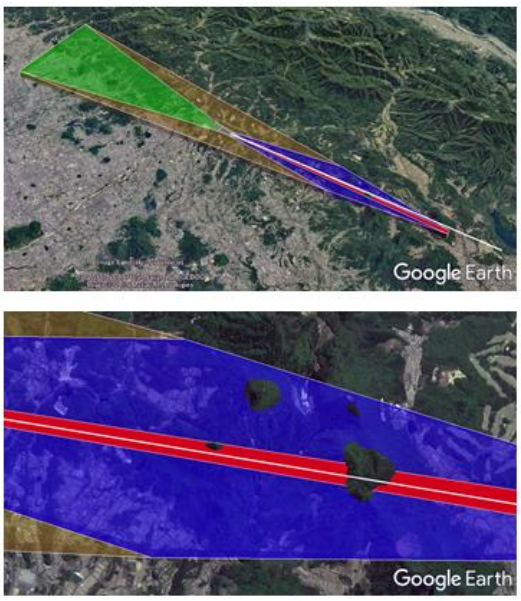


図 1.4.21 OAS 可視化ソフトウェア

港に展開されており、将来はさらに高度な計器進入
方式の導入による運航効率と滑走路アクセス性の向上が期待されている。

この実現のため、現在 RNP の RF レグ（円弧旋回）と GLS（GBAS Landing System）等による最終進入経路を組み合わせた新しい進入方式が検討されており、我が国の空港環境を踏まえた実現可能性と将来の便益の明確化が要望されている。また、GLS 等の衝突危険度モデルによる障害物評価表面の緩和が必要とされていることから、これらをあわせて本研究を実施することとした。

【平成 30 年度】

RNP to GLS 進入の導入に向けて、経路短縮効果等の便益を期待できる 3 空港をモデル空港として選定し、飛行方式設計を行った。また、モデル空港における飛行実証実験の準備として、可搬型 GBAS プロトタイプの開発に着手した。さらに、GLS 進入方式の衝突危険度モデルの検討を進め、数学モデルの工夫により精度を向上できることを見出した。

【平成 31 年度(令和元年度)】

●新進入方式のシミュレータ実証
・国内モデル空港において新進入方式を設定し、複数機種のフライトシミュレータで実現性を検証した。

■ICAO による OAS ソフトウェアの採用
・当所で開発した OAS（障害物評価表面）を確認するソフトウェアが、ICAO 文書の標準ソフトウェアとして採用される見込みとなった。

燃料節減や環境負荷低減が可能な RNP to xLS 進入の導入に向け、モデル空港での飛行方式を設計し、忠実度の高い操縦士訓練用シミュレータにより実現性の検証を実施した。〔図 1.4.20〕

ICAO OAS（障害物評価表面）ソフトウェアを開発して国際会議（IFPP）で報告したところ高く評価され、ICAO 文書の標準ソフトウェアとして採用される方向で進捗した。これは、ソフトウェアのプログラムコードと詳細な計算法が残存しておらず ICAO の専門家が再開発を長年の課題としていたところ、衝突危険度モデルの検討における必要性から同様の演算を行うプログラムを開発したものである。また、WEB アプリケーションとして開発して、更新を容易にしてユーザが環境に依存せずに使えるよう工夫ができたことが採用の理由となった。当研究所において作成した OAS に係るソフトウェアが ICAO において高く評価され、ICAO 文書の標準ソフトウェアとして採用される見込みであることは、国際的な水準に照らしても大きな意義がある。〔図 1.4.21〕

【令和 2 年度】

●フライトシミュレータによる検証
・経路短縮効果について評価を行った。
・設計した経路は操縦士に高いワークロードを与えずに飛行可能であり、現行経路と比較して20%以上の消費燃料削減効果を確認した。

燃料節減や環境負荷低減が可能な RNP to xLS 進入モデル空港へ飛行方式や航法データベースを設計し、自動飛行によるフライトシミュレータ検証により操縦性や燃料消費量を評価した。設計した経路は操縦士に高いワークロードを与えずに飛行可能であり、現行経路と比較して20%以上の消費燃料削減効果があることがわかった。

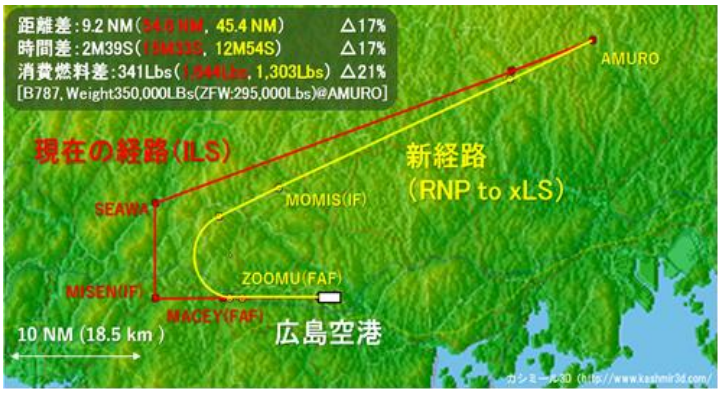


図 1.4.22 研究用 RNP to GLS 進入経路



図 1.4.23 広島空港での飛行実証の様子

【令和 3 年度】

●新飛行方式の実験用航空機による飛行実証
・十分な有効性を確認した。
・行政施策に反映され、国内空港に展開される見込みとなった。

国内モデル空港(2 カ所)において、RNP to xLS 方式の飛行実証(実験用航空機)及びボーイング 787 フルフライトシミュレータでの検証、経路短縮効果とパイロットワークロードなどフライアビリティの検証を実施し、新方式における環境負荷低減の有効性を確認した。エアラインなど関係者の実験参加により合意を形成した結果、国内空港への展開が有効であることを示した。この成果は行政施策に反映された。〔図 1.4.22～23〕

衝突危険度モデルの精度改善に取り組み、運航データをスムージングして障害物件が近接する場合の衝突確率の過大評価を改良する提案手法の妥当性を検証した。ICAO 国際標準文書の附属ソフトウェアとして採用見込みとなっている OAS(障害物評価表面)ソフトウェアの改良版を公開した。

【項目名】
★GBAS を活用した着陸運用の高度化に関する技術開発(令和 4 年度～)
☆高降下角進入の実現性検討

【見込み評価】

新しい進入方式をフライトシミュレータにより検証し、操縦士に高いワークロードを与えることなく現行経路と比較して 20%以上の消費燃料削減効果があることを確認した。さらに実験機による飛行実証を行って国内空港に展開される見込みとなったことは、研究成果の行政施策への反映であり、中長期目標通りの成果である。

当所で開発した OAS(障害物評価表面)を確認するソフトウェアが ICAO 文書の標準ソフトウェアとして採用されることとなったことは、衛星航法の利点を活かした経路設計の適正化をもたらす、中長期目標以上の成果である。

次期中長期計画では、これらの成果を発展させ、環境に配慮した効率的な進入着陸やダブルスロープ運用の実現を目指す。

(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。

② 航空機の離着陸時刻及び地上走行時間の予測をもとに行う空港面交通の管理に関する研究開発

【項目名】
★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 28 年度～平成 29 年度）
☆交通管理手法アルゴリズムの改良・シミュレーション評価

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、時間帯による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が要望されている。本研究では、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それら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用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我が国の国際競争力向上に寄与すると期待されている。

【平成 28 年度】

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・予測を行った。また、空港面交通シミュレーションにより、最近導入された SPID（同時並行出発）の効果を確認するとともに、SPID 運用ができない日の出発遅延低減のために、到着便の一部を A 滑走路から B 滑走路に振り分けると待機時間が軽減されることを示した。

【平成 29 年度】

●離陸待ち時間の管理手法の開発
・離陸待ち時間のばらつきを減らす管理手法を見出した。

■成田空港によるシミュレーション手法の活用
・夕方に地上を移動する航空機の混雑が生じている成田空港で、提案手法が活用された。

スポット出発時刻を調整することで空港面の混雑を緩和する手法を提案し、提案手法と現状の離陸待ち時間のシミュレーションを実施した。提案手法（仮定）は各スポットからの移動時間を考慮し、離陸間隔と同じ時間間隔で離陸待ちの行列に航空機が並ぶように、スポット出発時刻を設定した(遅延させた)。「現状」「仮定」で、スポットでの待ち時間（ゲートホールド）と滑走路端での待ち時間を合計した、離陸待ち時間の平均値はあまり変わらないが、各便の離陸待ち時間の、ばらつきを示す標準偏差が改善した。〔図 1.4.24〕

スポット出発時刻を離陸時間間隔と合わせるより、離陸待ちの列に並ぶタイミングを離陸時間間隔に合わせるほうが離陸待ち時間のばらつきが小さくなることを示せたことにより、開発した空港面のシミュレーション手法が平成 31 年 10 月に成田空港で導入予定の交通管理手法の事前検証として平成 30 年度中に活用されることとなったため、期待された時期に成果を創出したといえる。また、成田空港の機能向上に資することは我が国の国際競争力向上にも寄与することが期待される。

【項目名】
★空港設計及び地上走行時間管理に資する交通データ活用技術の研究（平成 30 年度～平成 31 年度（令和元年度））
☆ボトルネック抽出及び解消に必要なレイアウト要件検討

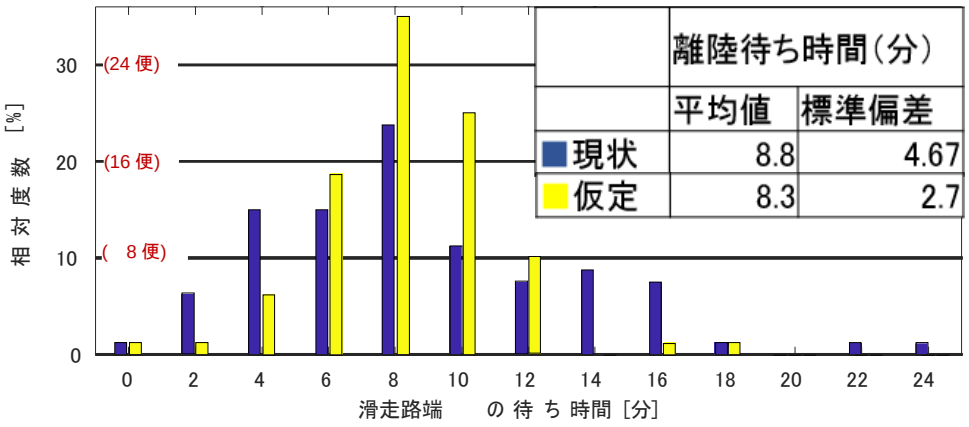


図 1.4.24 離陸待ち時間の相対度数分布

空港における円滑な地上走行のためには、それを支える空港舗装などの施設の整備について、さらなる効率化が必要となっている。すなわち、近年の航空交通量増加により、航空機地上走行が空港施設に与える負荷が増していることから、空港施設の整備においては、交通の実態把握を踏まえた設計と維持管理が行われる必要が増している。このため、空港面の交通データ（MLAT の位置情報等）及びそれに基づくシミュレーションは、より的確な設計及び維持管理のための一助として活用が期待される。

また、航空交通の時間管理においては、交通流の起点となる空港面地上走行の時間管理は重要な要素である。出発便の混雑に起因する地上走行の遅延を抑制するには、滑走路の捌け方に応じたスポット出発の間隔付けが有効である。しかしながら、滑走の捌け方は日ごと、時間帯ごとに異なるため、この違いに起因する間隔付けのパラメータの不確かさへの対処が求められる。

【平成 30 年度】

羽田空港の空港面交通量を計測し、誘導路による交通量の差や滞留地点等が判別しやすい交通量データを作成した。また、増便やスポット変更を考慮したシミュレーションを実施し、ボトルネックとなる誘導路等について調査を行った。

【平成 31 年度（令和元年度）】

日々の滑走路使用状況から、交通データ取得期間外の通年の誘導路交通量を推定する手法を検討した。また、地上走行時間の管理に係る間隔付けパラメータの誤差許容範囲について検討を行い、誤差が大きい場合にもその影響を補正して精度を向上できることを明らかにした。

【項目名】

★空港面の運用に資する交通分析とシミュレーション（令和 2 年度）

☆空港レイアウトによる影響のシミュレーション検証

誘導路に出発待ちの航空機が多く並んでいるときは、到着機がスポットに向かうときに渋滞の影響を受けスポット到着が遅れたり、出発便の地上走行時間の予測が難しくなる。そのため、スポット出発時刻を調整し、誘導路を走行する交通量を平準化することは、地上走行時間管理の有効な方策と考えられている。現在、航空交通流管理において出発制御時刻（EDCT）を発出される航空機数は少ないが、将来、軌道ベース運用の導入後は、スポット出発時刻や離陸時刻を指定される航空機が増加することが予想される。スポット出発時刻の調整は、滑走路付近の待ち行列に対する順序付け及び間隔付けとして作用する。しかしながら、羽田空港をはじめとする国内の混雑空港においては、スポットの使用スケジュールが密に設定されているため、出発時刻の調整幅に応じたスポットの空き時間が必ずしも得られない場合がある。よって、地上走行時間管理をより精緻に行い、空港の運用を効率化するためには、スポットの空き時間の制約及び空港レイアウトの制約を考慮した出発時刻管理の方策を検

討する必要がある。

【令和 2 年度】
羽田 D 滑走路からの出発便（北風運用）において空港面シミュレーションを実施し、予定のスポット出発時刻から 5 分程度ずれても誘導路上での順序を入れ替え、予定の出発時刻順の離陸が可能であることを示した。

【項目名】
★AMAN/DMAN/SMAN 統合運用による空港運用の効率化に関する研究（令和 3 年度～）
☆AMAN/DMAN/SMAN 各統合機能の分析・検討

大規模空港の近傍では、航空交通流の輻輳の解消が大きな課題である。特に、滑走路は航空交通のボトルネックであるため、到着交通の管理（AMAN：Arrival Management）機能は、出発交通の管理（DMAN：Departure Management）機能と統合して効率的に運用する必要がある。さらに、滑走路とスポット間では、航空機が安全かつ円滑に走行できるよう、空港面での交通管理（SMAN：Surface Management）が求められる。これらの交通管理は、定常時において空港を効率的に運用できるよう、また、さまざまな要因で空港での処理容量が低下する非定常時には、迅速に定常状態に回復するよう、レジリエントな設計がされなければならない。
本研究に先行して、羽田空港の到着管理に特化した研究を実施してきた。一方で、効率的な空港運用のためには到着管理を出発・交通流管理と統合する必要があることから、SMAN のシミュレーション評価にあたり出発機の遅延時間を削減する DMAN との連携について初期検討を行った。これらに基づき、本研究において到着・出発・空港面の航空交通流を統合管理する運用方法を検討することとした。

【令和 3 年度】

●DMAN/SMAN 統合運用に向けた機能の分析
・遅延時間・燃料消費量の削減効果など 5 編の査読付き論文が採択された。

AMAN/DMAN/SMAN 各要素の機能を分析して、羽田空港において TSAT（Target Start Up Approval Time）通りに出発した場合をシミュレーション評価し、現状の DMAN の課題を明らかにするとともに、統合運用を定量的に評価する指標を設計した。さらに、各要素の統合による機能向上を図るために、機械学習・多目的最適化・待ち行列理論を応用した出発・到着時刻の予測手法、理想的なスポッ

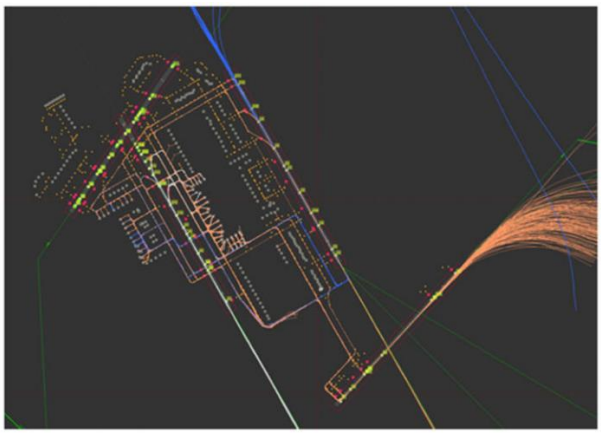


図 1.4.25 羽田空港を模擬したシミュレーション結果の航跡例

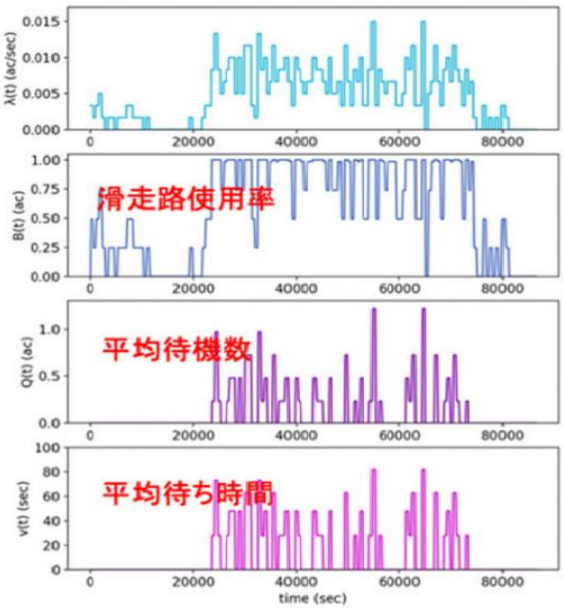


図 1.4.26 待ち時間等の推定結果

トアウト時刻推定手法、滑走路使用率を最大化する出発管理手法を提案し、初期評価を行った。これらの結果、遅延時間・燃料消費量の削減効果を示すなど 5 編の査読付論文が掲載されており、本研究の成果は科学的意義が十分に大きい。〔図 1.4.25～26〕

【見込み評価】

空港面管制シミュレータにスポットで離陸を待たせる管理手法を追加して成田空港のシミュレーション・モデルを構築し、誘導路の混雑緩和のためにスポットでプッシュバックを待機させるゲートホールドの有効性を示した。また、誘導路上での滞留のボトルネックを抽出し、空港レイアウトに起因する影響を示した。さらに、DMAN/SMAN 統合運用に向けて必要な機能を分析し、遅延時間・燃料消費量の削減効果など多数の査読付き論文が採択された。出発管理と空港面管理における空港レイアウトの影響の提示は今後の出発機の運用改善に資するものであり、また到着管理/出発管理/空港面管理の機能を統合する運用及び評価手法の検討は空港運用の効率化に寄与するもので、以上は中長期目標通りの成果である。

さらに、AMAN/DMAN/SMAN の機能を統合する運用手法を評価するためのシミュレーション環境を構築したことは、中長期計画以上の成果である。

次期中長期計画では、AMAN/DMAN/SMAN 統合運用手法の具体化と管制システムの設計に関する研究開発を行い、AMAN/DMAN/SMAN 統合運用手法のシミュレーションによる評価を目指す。

（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 光ファイバ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

【項目名】

★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 28 年度～平成 30 年度）

☆モード A/C 機監視機能の実環境評価

☆統合監視機能の実環境評価

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であるマルチラテレーション（MLAT）が普及しつつある。当所では、この監視技術で課題とされてき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航空機監視装置である光ファイバ接続型受動監視システム（OCTPASS）を提案し、開発してきた。このシステムは、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、従来型のマルチラテレーション装置には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が実証されてきている。開発した OCTPASS 装置は評価試験空港と位置付けた仙台空港に設置しており、航空機の実運航データを幅広く継続的に収集して実データに基づいた装置の改善と性能評価が可能な環境下にある。

一方で、空港周辺では、旅客機等では搭載が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航空機も存在するため、監視センサはモード A/C 機への対応が不可欠である。特に、モード A/C 機は航空機識別の困難さが課題とされており、これを克服するモード A/C 機対応マルチラテレーションの開発・評価が求められている。以上のことから、本研究を実施することとした。

【平成 28 年度】

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にあたり、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た。また、仙台空港周辺の実環境下において、モード A/C 機のデータを取得して動作を検証し、課題であるモード A/C 航空機の検出や覆域の拡大の可能性について、楕円測位方式を用いることで空港面から空港近傍約 30NM をシームレスに監視できることを確認した。

【平成 29 年度】

前年度までに製作したモード A/C 質問信号の生成機能（送信機）を利用し、モード A/C 機の監視に楕円測位を用いた評価と監視覆域の広域化の検証を仙台空港の実環境下で行った。この結果、モード S による楕円測位航跡と比較すると、ほぼ同等の性能で空港周辺を監視でき、監視覆域の広域化を実証できた。

【平成 30 年度】

●光ファイバを利用した新型航空機監視装置の開発

・信号環境の悪化を抑制する技術を開発した。さらにモード A/C 機を含む全航空機を監視可能とし、特許を出願した。

■実証実験に向けた事業

・新型航空機監視装置の有用性が認められ、ベトナム・フーコック国際空港への導入を前提とした実証実験に向けた事業を開始した。



図 1.4.27 フーコック国際空港での受信ステーション、送信ステーションの設置位置案

信号環境の悪化を抑制する技術を開発するとともに、光ファイバ無線技術を利用した新しい開発システムによりすべての航空機が監視可能となることを仙台空港にて検証し、特許を出願した。開発を進めてきた新型航空機監視装置の有用性が認められ、ベトナム・フーコック国際空港への導入に向けた実証実験を開始した。当所が開発を進めてきた新型航空機監視装置の有用性が認められ、ベトナム・フーコック国際空港の導入に向けた実証実験が行われており、今後我が国における航空交通システムの国際競争力の向上につながるものと考える。〔図 1.4.27〕

【項目名】
★遠隔型空港業務支援システムの実用化研究（平成 29 年度～令和 2 年度）
☆プロトタイプシステムの要件設計・性能検証
☆信頼性向上・評価試験

遠隔型空港業務支援システムであるリモートタワーのコンセプトの実現に向けて世界では研究が進められており、リモートタワーの実用化に向けた要望が高まっている。我が国では空港の管制や運用支援について遠隔的に行うことを目指すニーズがあり、当所では平成 28 年度までに RAG（リモート対空通信施設）高度化、ITV（監視カメラ）システムの機能向上、リモートレディオに活用できる基盤システムの技術開発を行ってきたところである。

リモートタワーでは、実際に飛行場（タワー）にいる場合と同様にオペレータが空港面の安全状況の監視、確認を行うため、通常のタワー管制業務と同様にネットワークを通じて提供される空港からの映像情報が重要になる。タワー環境は気象や時間帯により変化するが、映像技術や監視センサ技術を用いて、運用に最適なシステムを検討する必要がある。また、拡張現実技術を用いることで、デジタル処理した画像データに様々な支援情報を付加し、コンピュータ合成映像等を必要に応じて提供できる。このように、映像やセンサ、ネットワーク等の IoT 技術を活用し、視覚的な情報を補うことで、遠隔業務でも安全性や効率性を今まで以上に高いレベルで実現することが期待されている。将来の管制業務においては、小規模空港や離島空港でリモート運用を可能とするための技術を開発し、我が国の運用環境に適したリモートタワーのシステム設計及びテストシステムの構築と評価が求められている。以上のことから、本研究を実施することとした。

【平成 29 年度】

●リモートタワーのプロトタイプを構築
・映像システム、監視センサ及び表示・操作系 HMI を統合した実験用システムにより、ユーザ実験を試行した。

■国際規格策定に貢献

リモートタワー業務において最適な表示・操作系 HMI（ヒューマンマシンインタフェース）のプロトタイプシステムを作成し、航空局の協力のもとでユーザ実験を試行しながら、HMI 作成のためのガイドラインを作成した。本



図 1.4.28 リモートタワーシステム制御卓（HMI）イメージ



図 1.4.29 映像システム用カメラ



図 1.4.30 航空機表示イメージ

研究で得られた知見について、リモートタワーの視覚センサに関する技術要件の規格策定活動の中で提案した内容が新規格 EUROCAE ED-240A に反映されたことは、この技術分野で世界を主導したとともに、科学的意義（新規性）があるものと考える。〔図 1.4.28～30〕

【平成 30 年度】

●リモートタワーのプロトタイプの改良
・自然な映像表示が可能となり、動体追尾と情報表示の精度が向上した。

■航空局の機器調達仕様書の作成への貢献

■国際技術要件策定への貢献

アルゴリズムの見直し等により自然な映像表示が可能となり、予測制御を導入することで動体追尾と情報表示の精度が向上した。航空局と連携して技術的条件等の情報提供を行い、令和元年度より開始される整備に向けた機器調達仕様書の作成に貢献するとともに、リモートタワーの国際技術要件の規格策定にも貢献した。〔図 1.4.31～32〕

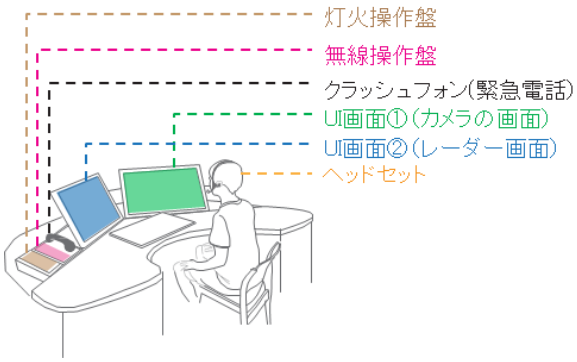


図 1.4.31 HMI 構成のデザインイメージの一例



図 1.4.32 動体追尾と情報表示の例

【平成 31 年度(令和元年度)】

●航空交通の監視機能の改善
・コンパクト化した空港周辺監視センサを組み込んだシステムを山形空港で評価し、小規模空港への展開の可能性を実証した。

■国際規格の追加策定への貢献
・映像システム＋監視センサ情報の活用の検討に参加、情報提供や規格策定に貢献した。

■航空局仕様策定への貢献
・開発した HMI デザインの情報を航空局に提供し、高機能 RAG 用 HMI デザインの仕様に反映された。

コンパクト化した空港周辺監視センサを組み込んだシステムについて初期評価実験を山形空港にて実施し、性能と課題についての検討を行い、小規模空港への展開の可能性を示した。本研究で得られた知見について、EUROCAE の規格策定活動に反映させ、光学センサ以外の監視センサ技術の活用のための技術要件である ED-240B の議論に大きく貢献した。遠隔型空港業務支援システムにおいて、画像処理と目標検出機能を高度化し、管制官の業務負荷軽減と効率向上が期待される HMI デザインを提案したことは、航空交通の安全・安心につながるものであり、社会的価値の創出に貢献しているものと考える。

【令和 2 年度】

●ソフトウェアの効率化
・当初サーバ相当でしかできないとされた表示をワークステーション 1 台で処理できるようにし、コスト圧縮の要望に応えた。

■実験用航空機による評価
・ライトガンの視認性評価及び光度レベルの飛行評価を実施した。

監視センサとして MLAT(マルチラテレーション)をシステムに組込むための最適化キャリブレーション技術の開発及び精度評価とともに、機能そのものの評価を実施した。リモートタワーの運用を想定したシステムとして、コスト圧縮も要望されている中、ソフトウェアのアルゴリズムの見直しと効率化により、当初サーバ相当でしかできないとされた表示をワークステーション 1 台で処理できるようにした。運用を想定した 360° パノラマのリアルタイムリモートタワーの評価システムを構築し、表示性能、品質や様々な環境対応(夜間、雨、雪等)の性能評価を行った。さらに、航空局の要請に応え、実験用航空機を用いてライトガンの視認性評価及び光度レベルの飛行評価を実施した。〔図 1.4.33～35〕



図 1.4.33 アップデートしたシステムの
表示系と HMI

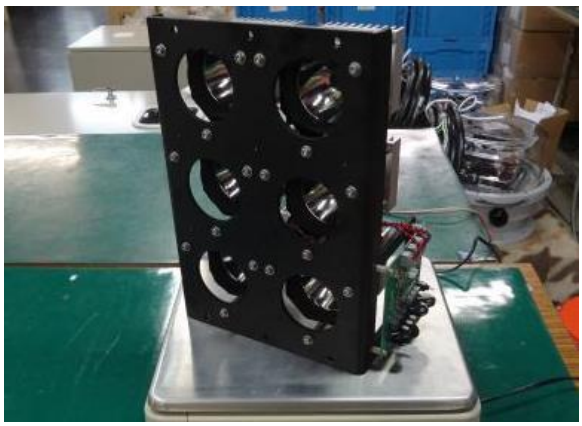


図 1.4.34 評価試験用 LED ライトガンユニット



図 1.4.35 試験用ライトガン付き PTZ カメラ（左）と夜間のライトガン点灯試験の様子（右）

【項目名】
★デジタル技術によるタワーシステム高度化に関する研究（令和 3 年度～）
☆コストバランスに優れた技術の実証と有効性評価

リモート・デジタルタワー（RT/DT）の技術開発は世界的に実用化の段階に来ており、我が国においても奄美空港で令和 3 年度からリモートレディオ空港としての運用を開始した。国際的には、映像や監視センサ技術を用いて既存の運用を遠隔で行えるシステムとしての開発が進められており、実用化の目途がついてきた。これらのシステムの技術動向や運用展開においては、安全性の向上や業務の効率化を目指し、映像やセンサからのデジタル情報をさらに活用した業務支援機能の拡充や、システムの機能を高度化することで実現できる新たなタワー運用スタイルの研究及び開発の取組みが、欧州を中心に議論されている。当所では日本型のリモートタワー（RT）システムの基本コンセプトの構築を目指した研究を実施してきており、業務を支援する機能のための基礎技術を研究開発することに着目して、システム構築を進めてきた。これまでの技術基盤や研究プラットフォームを活かすことで、日本のタワーシステムにおける技術革新への貢献と共に、運用支援のための拡張機能や技術を導入するための開発評価が求められている。以上のことから、本研究を実施することとした。

【令和 3 年度】

■国際規格の策定への貢献
・リモート・デジタルタワーの技術要件の文書策定に貢献。

EUROCAE においてリモートタワーの技術要件の規格策定作業部会（WG-100）の主要メンバとして活動し、改訂された最新規格である ED-240A Ch.1 の発行に大きく貢献した。

【見込み評価】

リモートタワーの整備に関する技術要件を活用することで、小規模空港向けに航空局の仕様策定に資する技術が展開されることは、中長期目標通りの成果である。

さらに、飛行場管制システムのデジタル化及び管制官業務支援機能を強化するとともに、運用に最適化されたシステムの実現が期待されることとなったことは、中長期目標以上の成果である。

次期中長期計画では、トラッキング率の向上、夜間や低視程時に対応する技術や仕組みの研究開発など管制官業務の運用に合わせたシステム及び技術の開発を目指す。同時に、様々なタイプの空港への対応に必要な技術、監視センサをはじめとする様々な情報ソースを活用した支援機能と運用に最適化されたシステムの実現を目指す。

（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 光ファイバ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

【項目名】

★空港面異物監視システムの研究（平成 28 年度）

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が非常に高くなっていた。また、現状の作業員による定時目視点検に加え、バードストライクなどの突発的な事象に対する年間 100 回を超える臨時点検などにより、異物の除去や滑走路の安全確認のための時間を要している。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が低下するため、空港面の状態監視のための機能向上の要望が高まっていた。

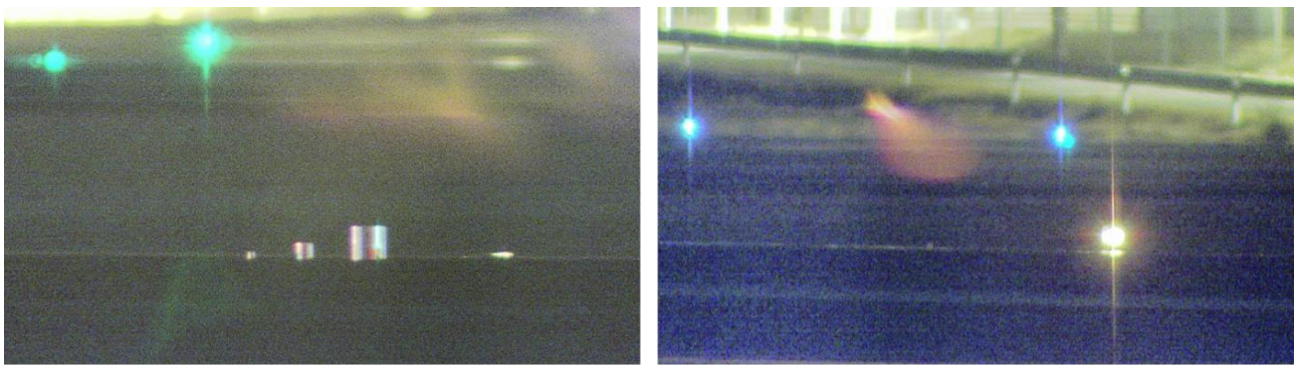
一方、欧州を中心として、産官学の専門家によって空港面異物検出システムの国際規格化が進められた。この規格には我が国の空港事情に合致した要件を反映させる必要があり、規格化作業にも当所の参画が求められている。以上のことから、本研究を実施することとした。

【平成 28 年度】

●FOD 特徴抽出アルゴリズムの構築
・AI 技術を用いた画像の特徴抽出アルゴリズムを開発し、誤警報の除去を可能にした。

●レーダとカメラ制御機構構築
・成田空港での実験で、世界最高速での異物検出を実証した。

航空機を異物と判定しないよう、レーダで検知したものをカメラが自動追跡、撮影、分類する機能を構築した。分類機能には、深層学習（AI 技術）を用いた画像の特徴抽出アルゴリズムを開発し、誤警報を除去できる性能を示した（航空機 100%、車両 98%の識別率）。空港面の管理として、年間 100 回を超える臨時点検が行われることがあり、異物の除去や滑走路の安全確認までに時間を要し、空港の処理能力を低下させる要因となっている課題の解決に向けたシステム開発を目指し、成田国際空港内でフィールド評価を実施した。その結果、350m 離れた距離において 1 インチの金属片を検出することができ、また他のシステムには上記の特徴抽出アルゴリズムを組み込むことで誤警報抑制等の精度が向上した。異物検出時間は他のシステムの 6 分の 1 である 10 秒で検出可能であり、これは世界最速である。本システムの活用により滑走路の点検時間（閉鎖時間）を短縮することができ、燃料消費や定時性の確保に大きく貢献できる。〔図 1.4.36〕



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 1.4.36　深夜の成田空港における連接試験の物体検出・撮影結果

【項目名】
★滑走路異物監視システムの高度化に関する研究（平成 31 年度（令和元年度）～令和 3 年度）
☆実験系構築・システム設計
☆空港常設システム設置要件設計・構築

FOD 探知システムの令和 2 年度以降の導入に向けて、実運用に向けた未検知率の低減、探知困難形状 FOD への対応、悪天候時の対策等のための研究開発が必要とされていた。非金属物体等の低 RCS（レーダ反射断面積）対象物及び探知困難形状対象物について、反射特性の評価、ならびにこれまでに実証試験を実施しているリニアセル方式レーダシステムに実装する検出技術の提案・開発が必要である。また、FOD 探知システムの運用基準策定に向けて、空港環境における探知状況の評価及び悪天候時の性能変化の評価を行い、理想的でない環境条件においても探知能力を確保できる技術の開発と実装等が求められている。以上のことから、本研究を実施することとした。

【平成 31 年度（令和元年度）】
電磁波の反射率が低く、探知困難形状な異物を探知するため、感度を大幅（20 dB 以上）に改善する新たな信号処理技術を提案し、要素技術の確認試験を実施した。この信号処理技術は次期システムに搭載される予定である。また、異物回収作業者が広大な滑走路上において異物を効率よく回収できるよう、異物回収端末ユーザインターフェースを設計・構築した。このユーザインターフェースは、成田国際空港で実施された FOD 探知システムの空港環境及び悪天候時の性能評価の実証実験に用いられ、回収効率の向上を確認し、導入時の滑走路閉鎖時間の短縮の可能性等、実験に参加した運用者からも高い評価が得られた。これらに基づき、最新の FOD 探知システムの設置空港を検討した。

【令和 2 年度】
これまでの研究成果を反映し、感度を 20 dB 以上改善する信号処理技術を実装した改良版の評価用 FOD 探知システムを構築し、仙台空港での試験により性能が改善することを確認した。また、昨年度構築した異物回収端末ユーザインターフェースについて、改善項目（位置精度、利用しやすい UI 等）の実装にむけた調査を行った。さらに、成田国際空港の旧評価用 FOD 監視システムを用いた空港環境試験のデータを分析し、FOD 探知率の定量化を行う等、FOD 探知システムの空港環境及び悪天候時の性能評価を継続した。これに加えて、クアラルンプール国際空港の改良版 FOD 監視システムのデータが COVID-19 の影響で入手不可になったため、急遽、仙台空港で追加試験を実施した。以上の活動等をもとに、最新の改良版 FOD 監視システムの羽田空港設置の準備を進めた。

【令和 3 年度】

●空港環境評価試験
・空港における最適なセンサ設置条件を明示した。

●空港における性能試験
・世界トップレベルの検知性能を有することを実証し、海外共同研究において国際的な導入計画に寄与した。

■行政への貢献
・令和 4 年度の空港への評価システム設置に向け、行政当局の検討会へ高頻度かつ多数の技術資料・仕様策定データを提供した。

令和元年度及び 2 年度に実施した研究成果の取りまとめと共に、さらなる性能改善及び評価用 FOD 監視システムを用いた空港環境評価試験を実施することで、空港における最適なセンサ設置条件を明らかにした。世界トップレベルの FOD 検知性能を有することを、空港での性能試験で実証し、海外共同研究において FOD 監視システムの国際的な導入計画に寄与した。実用化を見据え、令和 4 年度における空港への評価システムの設置に向けて、航空局 CARATS 及び滑走路異物検知装置導入検討会に対して高頻度かつ多数の技術資料・

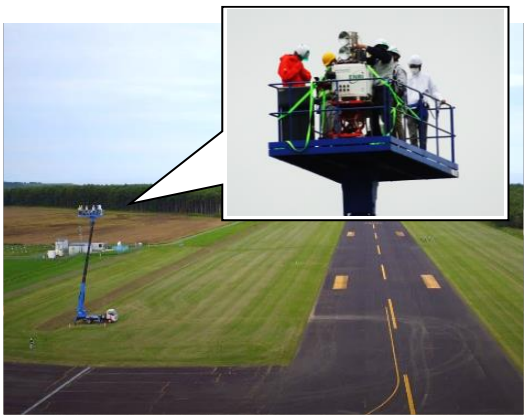


図 1.4.37 滑走路における試験状況

対象物	測定数	検知数	検知率(%)
タイヤ片 （高さ5 cm×幅5 cm）	117	112	95.7
灯火 （直径8.8 cm）	117	117	100
M10ボルト+ナット （長さ4 cm）	135	131	97.0
燃料キャップ （直径4 cm、高さ1.5 cm）	108	107	99.1
コンクリート片 （3片5 cm）	117	117	100
金属片 （高さ7 cm×幅5 cm）	117	116	99.1

図 1.4.38 MASPS 準拠対象物（寸法 2 分の 1 以下）検知率試験結果

仕様策定データを提供し、社会実装に向け多大な貢献をした。〔図 1.4.37～38〕

【見込み評価】

幅広い検知対象物及び悪天候時における検知性能の確保と、世界トップレベルの FOD 検知能力を達成できたことは、中長期目標通りの成果である。

実用化を見据え、令和 4 年度における空港への評価システムの設置に向けて、航空局 CARATS 及び滑走路異物検知装置導入検討会へ高頻度かつ多数の技術資料・仕様策定データを提供し、社会実装に向け多大な貢献をした点、空港運用者にとって利用しやすい FOD 回収システムを実現し、国内空港への設置に貢献できた点は、中長期目標以上の成果である。

次期中長期計画では、多様な空港環境において、安定的な検知性能を有しつつ信頼性の高い FOD 検知システムを目指す。また、国内外の空港設置に貢献するとともに、航空の安全性向上、滑走路利用効率向上、CO2 排出削減に向けた取組みの支援を目指す。

（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。

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

【項目名】
★航空路監視技術高度化の研究(平成 28 年度)
☆高利得空中線の性能試験

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）が位置付けられており、TBO を実現するためには、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、現用の二次監視レーダ（SSR）より高い性能を実現できる、衛星航法システムからの測位信号を活用した放送型自動位置情報伝送・監視機能（ADS-B）の導入が計画されている。

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時間を要する。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対策も必要である。一方、広域マルチラテレーション（WAM）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、ADS-B の導入に際して指摘されている課題を解決できる。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、ADS-B 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とともに、これらの課題解決に向けた技術開発が求められている。以上のことから、本研究を実施することとした。

【平成 28 年度】

●航空路監視装置の性能向上
・新開発の空中線により、覆域が 30%拡大するとともに更新頻度が 10 倍以上となった。

■国際技術指針策定への貢献

WAM において課題とされていた沿岸沖合における監視については、開発した高利得セクタ型アンテナにより覆域を 30%拡大できた。これにより、設備数やコストを極端に増加させることなく現状の SSR と同等の監視覆域と同時に航空路で 10 倍以上の更新頻度を得ることが可能となった。高い更新頻度は、将来の高密度な航空管制を実現するための必須条件になると見込まれている。

受信強度に対する干渉信号数と検出率の関係性の実測により、開発した高利得アンテナの有効性を示したところ、実測値をまとめた資料については、他にあまり例がないため専門家からも高い評価が得られ、これらを反映するために ICAO の「航空監視マニュアル」（Doc 9924）に提案中である。この研究成果は、将来の機上情報をダウンリンクするデータリンクの性能を予測するために活用される。〔図 1.4.39～40〕

【項目名】
★従属監視補完技術に関する研究（平成 29 年度～令和 2 年度）
☆ADS-B 脆弱性対策技術の基礎・機能試験
☆ADS-B 脆弱性対策技術の機能・検証試験

我が国の航空交通システムの長期ビジョン（CARATS）では、航空交通需要の増大に対応するために、航空

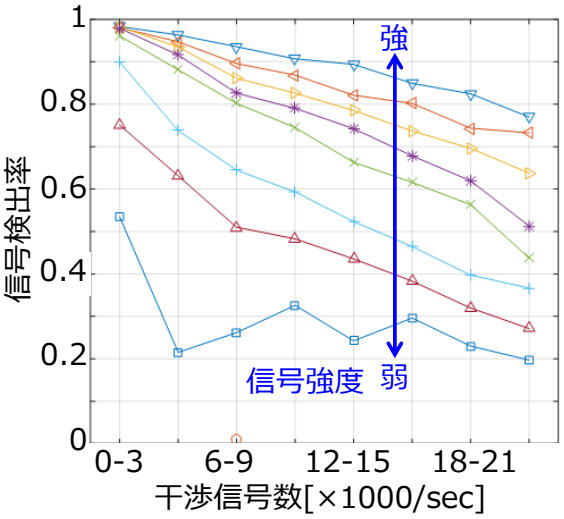


図 1.4.39 信号強度と干渉信号数に対する信号検出率

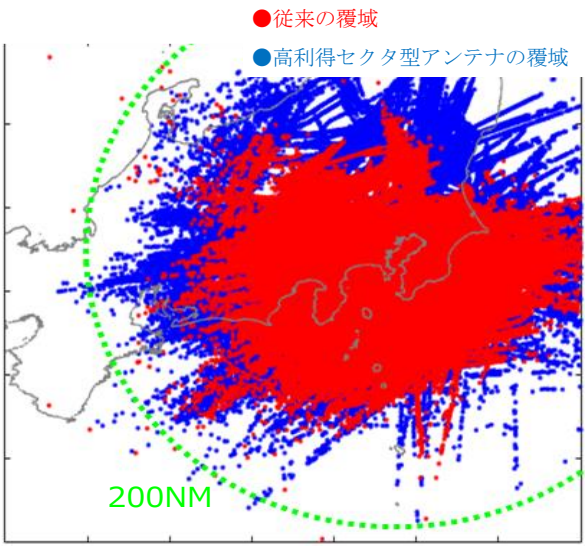


図 1.4.40 監視覆域の拡大

交通管理(ATM)運用概念や通信・航法・監視(CNS)基盤技術に関する変革の方向性が示されている。このうち、監視技術については、地上・機上での状況認識能力の向上が挙げられている。このため、現在、航空機監視装置である広域マルチラテレーション(WAM)の導入が進められており、今後は衛星航法システム(GNSS)をベースとした放送型自動位置情報伝送・監視機能(ADS-B)への移行が計画されている。ADS-B は、航法システムを位置情報源とする従属監視方式であるため、意図的な偽位置情報や非意図的な誤位置情報発生への脆弱性対策が必要である。また、航法システムの障害や機上航法装置の不具合が発生した場合の補完監視センサも必要であり、ADS-B 用信号に基づく測位も可能な WAM が候補システムとして位置付けられている。補完センサとしての WAM は、GNSS 障害発生時の時刻同期や、受信局数の削減を可能とする技術開発が求められている。以上のことから、本研究を実施することとした。

【平成 29 年度】

●ADS-B の脆弱性対策
・妨害電波と混信しても ADS-B 信号を抽出できる技術を確立した。

●GPS 障害時における WAM の時刻同期
・GPS の代替として、ルビジウム発振器による時刻同期の可能性を示した。

ADS-B 信号が妨害電波と混信した場合に、指向性のあるアンテナを利用することで、妨害電波を抑圧して ADS-B 信号のみを抽出できた。これにより脆弱性対策の可能性が確認できた。時刻同期に GPS を利用する航空機監視装置(WAM)の GPS 障害時における GPS 時刻同期の代替として、ルビジウム発信器による時刻同期を検討している。そこで課題となる当該発信器の同期外れについて、10 時間経過時に 30 ナノ秒のずれ(GPS 非同期時と比較して約 1000 分の 1 の誤差、GPS 同期時と比較して約 2 倍程度の誤差)であることを明らかにし、GPS 障害時の WAM 時刻同期の可能性を示した。脆弱性対策の開発評価に関する検証結果等が示された文献が見受けられない中で、妨害電波と混信しても ADS-B 信号のみ抽出し、ADS-B 脆弱性対策の可能性を示すとともに、補完用 WAM 技術として GPS 以外の手段で時刻同期できる可能性を示したことは、将来の航空交通管制の安全・安心につながるものであり、社会的価値の創出に貢献したものと考えている。

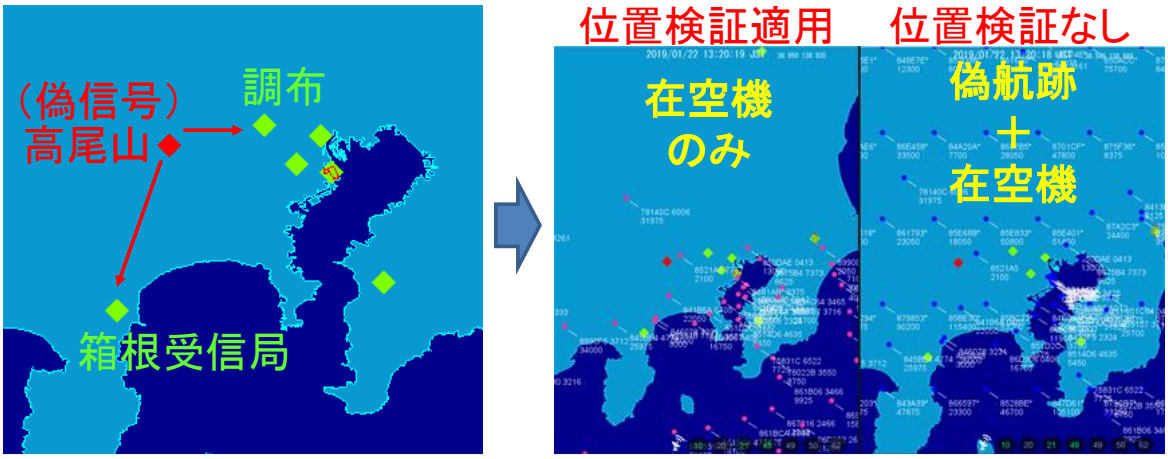


図 1.4.41 TDOA による ADS-B 位置検証の試験結果（表示画面）

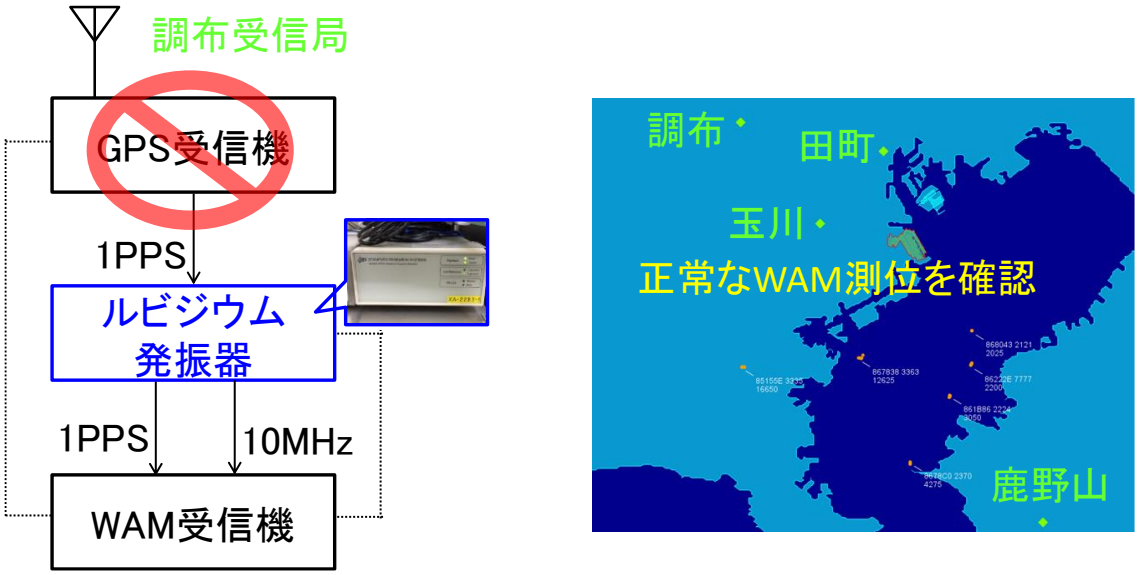


図 1.4.42 ルビジウム発信器を利用した機能試験のブロック図と試験結果（表示画面）

【平成 30 年度】

●ADS-B 脆弱性対策
・航空機側で測位エラーが発生した場合でも、管制機関側において一検証が可能な技術を開発した。

■国際技術指針策定に貢献

ADS-B 導入の際、航空機側において測位エラー等が発生した場合にも、管制機関側において位置検証が可能な技術である信号到達時間差（TDOA）による位置検証技術を開発し、安全性向上に寄与した。本位置検証技術は GPS を利用しているが、GPS 故障時においても、新しく開発したルビジウム発信器を用いた受信局時刻同期方式により、位置検証技術が機能することを確認した。〔図 1.4.41～42〕

【平成 31 年度（令和元年度）】

●位置検証技術の実証
・不正な位置情報への対策技術及び時刻同期維持の対策技術を評価し、高い性能が得られることを実証した。

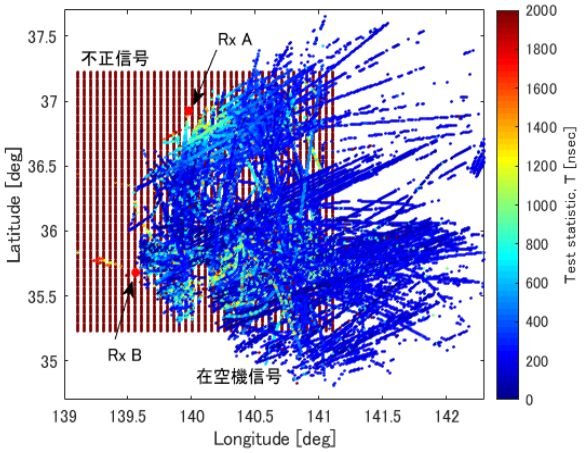


図 1.4.43 不正位置の判定実験



図 1.4.44 現地作業の様子（受信装置の校正）

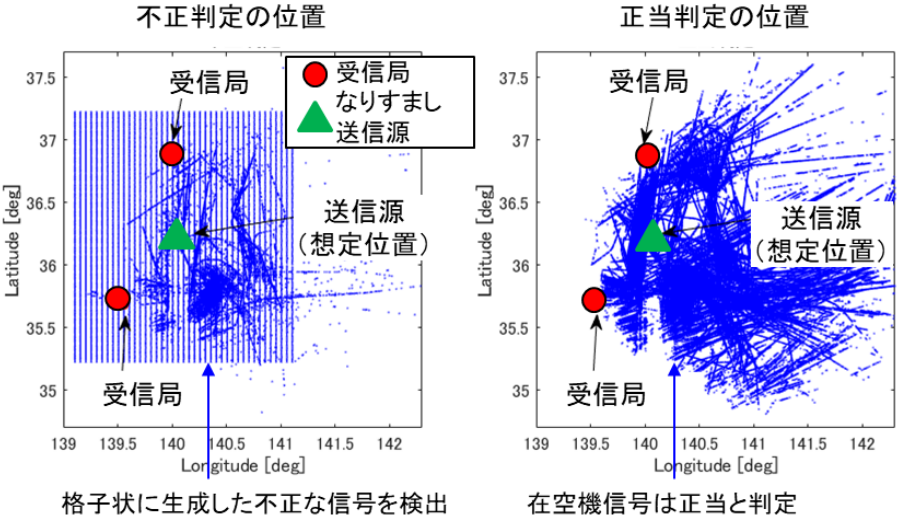


図 1.4.45 検証試験における判定の例：（左）不正判定した位置、（右）正当判定した位置

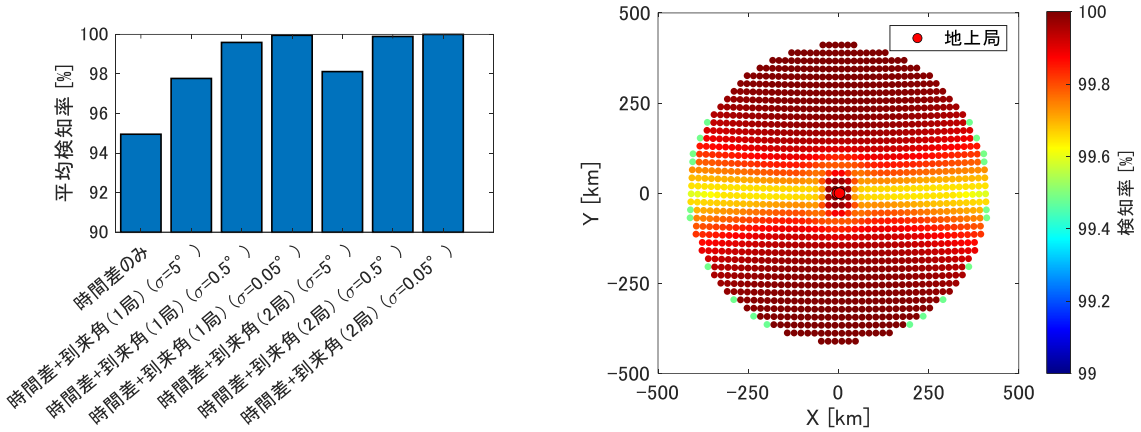
ADS-B の脆弱性対策技術として、信号到達時間差（TDOA）による位置検証技術について誤位置・偽位置を判定する性能を評価し、99.8%という高い不正位置の検出率を得た。また、当所研究員が、ADS-B の導入が検討されているブータン航空局に対して山岳地帯における受信局配置設計などの技術移転を実施した。特に各装置の利用技術について、動作原理から最新の研究成果までを丁寧に説明したことが好評であり、国産技術の国際競争力の向上につながるものと考える。〔図 1.4.43～44〕

【令和 2 年度】

●位置検証法の性能評価
・評価結果を基に、実用化を見据えたシステム設計法も追加した。

●補完用 WAM 技術の開発
・GPS 障害時（ADS-B 利用不可）のバックアップとして、GPS 受信機をルビジウム発振器で補強する時刻同期維持手法を開発した。

■国際標準化策定に貢献
・ICAO APAC のガイダンス文書に有効な脆弱性対策として記載された。



(a) 性能概算手順の計算例　　(b) 高機能空中線による到来方向併用の効果

図 1.4.46 ADS-B 検証性能の効果試算結果

不正位置(偽位置・誤位置)対策である信号到達時刻差(TDOA)による位置検証法について、検出率等の性能評価を完了した。これを基に、実用化を見据えたシステム設計法も追加で開発した。GPS 障害時には ADS-B が利用不可となるため、広域マルチラテレーション(WAM)によるバックアップが必要である。これに向け、受信機をルビジウム発振器で補強する時刻同期維持手法を開発した(補完用 WAM 技術)。検証の結果、GPS 障害発生後 11 時間までの動作継続を実現した。これまでの検証作業で高い性能が得られたため、国際標準化活動を通じて、ICAO APAC (アジア太平洋地域事務所)の ADS-B ガイダンス文書に有効な脆弱性対策として記載された。〔図 1.4.45〕

【項目名】
★高機能空中線を活用した監視技術高度化に関する研究(令和 3 年度～)
☆空中線素子・指向性制御方式・監視機能の開発・評価

我が国では、将来の航空交通需要拡大に対応した監視技術の革新として、二次監視レーダ(SSR)、広域マルチラテレーション(WAM)、放送型自動位置情報伝送・監視機能(ADS-B)といった異種センサを整備し、それらの航跡を統合する航空路マルチセンサシステムの整備を進めている。現在、航空路 WAM の整備が進んでいるほか、令和 3 年度には CARATS にて ADS-B 導入の意思決定が予定されている。航空路マルチセンサシステムは各センサの長所を取り入れた監視機能を実現できる一方、異種センサが独立して整備された冗長性の高い構成であり、それらをより一元的に実現することが、効率化と高性能化の両立に必要である。このためには、ADS-B を受信・検証する機能及び航空機上の情報(DAPs)に対応し、各センサが持つ異なる送受信要件を集約できる高機能空中線が求められる。以上のことから、本研究を実施することとした。

【令和 3 年度】

■CARATS 意思決定への貢献
・ADS-B の航空路への監視センサ導入について、本研究の成果が令和 3 年度の CARATS 意思決定の根拠となった。

●ADS-B 位置情報の正当性を高機能空中線により検証する機能を開発

●共同研究及びソフトウェア利用許諾の実施
・検証機能の導入効果を検討するために開発した性能概算手順がメーカにおけるシステム設計にも活用され、共同研究を実施するとともにソフトウェア利用許諾を締結した。

ハードウェア面では素子と指向性制御方式の開発を進めた。ソフトウェア面では、マルチセンサの構成要素と

して導入が検討されている ADS-B に向けて、ADS-B 位置情報の正当性を高機能空中線により検証する機能を開発した。〔図 1.4.46〕

本機能の導入効果を検討した結果、不正情報の検知率が従来法よりも改善することを明らかにした。また、本検討のために開発した性能概算手順が、国内製造メーカでのシステム設計にも活用され、共同研究やソフトウェア使用許諾の締結に繋がった。さらに、ADS-B の航空路への監視センサ導入について、本研究の成果が令和 3 年度の航空局 CARATS の意思決定の根拠となった。

【見込み評価】

WAM 以降に導入予定の ADS-B について、不正な位置情報を検知する脆弱性対策技術を開発し、高い検知率を実証した。また、ADS-B と従来システムが複合した航空路マルチセンサの効率化・高性能化に向けた高機能空中線の技術を開発した。これらの研究成果は、国際的な技術指針の改定に貢献するとともに、メーカへの技術移転としてソフトウェア使用許諾の締結等を行った。これに加えて、令和 3 年度の CARATS 意思決定（航空路への ADS-B 導入）にも貢献した。以上は中長期目標通りの成果である。

さらに、航空路監視装置である WAM の GPS 障害対策として、GPS 受信機をルビジウム発振器で補強する時刻同期維持手法を確立したことは、中長期目標以上の成果である。

次期中長期計画では、高機能空中線のさらなる機能拡張や応用範囲拡大、航空路マルチセンサ効率化・高性能化の概念実証を目指す。

（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。

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

【項目名】
★空港用マルチ監視技術活用に関する研究（令和 4 年度～）
☆空港用 ADS-B 監視性能評価

航空監視は、監視対象とする空域や運用方式に従って管制官に適切な情報を提供できるように、複数の監視システムを組み合わせるマルチ監視が主流となっている。マルチ監視においては、航空路を中心に研究が進められているところ、空港面及び空港周辺（以下、空港用）ではターミナルビル等の構造物による電波の遮蔽やマルチパスによる信号歪みといった性能低下が発生するなど多くの課題が残されている。このため、空港用に適用可能な各種監視システムのデータを取得解析し、評価することで、将来の空港用監視システムの性能要件や各種監視システムに対する適切な性能評価手法についての提案及び開発が求められている。また、この要件や手法に基づく適切な監視システム及びその組合せの検討、提案も求められている。以上のことから、本研究を実施することとした。

【見込み評価】
航空路に比べてターミナルビル等の障害物件による電波影響をより大きく受けるとされる空港面及び空港周辺において、ADS-B の活用可能性を検討するための性能評価を実施したことは、中長期目標通りの成果である。
次期中長期計画では、空港用の各種監視システムの性能評価を実施し、電波環境を考慮した空港面及び空港周辺における各種監視システムの性能評価手法の正当性の実証及び性能指標の獲得を目指す。

（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。

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

【項目名】
★航空機の拡張型到着管理システムの研究（平成 29 年度～令和 2 年度）
☆既存インフラ及びシミュレーション環境の調査
☆シミュレータ実験による検証・新運航の検証

米国連邦航空局によれば、米国内空港の混雑及びフライトの遅延による国全体の損失は、2020 年には 340 億ドルまでに上昇するものと試算されている。フライト数で比例配分すると、我が国の航空輸送に関する経済損失は年間数千億円を超えるものと想定される。特に航空輸送のさらなる増加が予想される首都圏空港において、経済的効果の向上が必要である。

このような世界規模の航空需要の増加に対応するために、米国の NextGen では最も航空交通が混雑する主要空港のターミナル空域から広範囲なエンルート空域にかけて、到着機の順序付けと到着時刻のスケジューリングを自動化する到着管理システム（TBFM）を導入し、航空機監視応用システムなどの新しい運航と協働させる高度化の研究開発を進めている。欧州では、ヒースロー空港においてエンルート空域から到着スケジューリングを行う支援ツールの導入が検討されている。我が国では、CARATS において統合システムを活用した到着管理の高度化が施策に挙げられていることから、2025 年の政策判断に向けて本研究を実施することとした。

【平成 29 年度】

スケジューリング手法として、ASAS を利用した FIM（Flight-deck Interval Management）の評価シミュレータを実装し、羽田空港に到着する航空交通流に適応した場合の時間間隔付け性能を評価した。また、新運航の検証として、FPA（Fixed-flight Path Angle）降下について、燃料効率の検証を行った。

【平成 30 年度】

●新たな着陸方式の開発
・拡張型到着管理システムと協働し、航空機が自律的に速度調整を行う新しい着陸方式をシミュレーションにより検証した。

■国際基準策定に貢献

羽田空港に到着する航空交通のデータ分析を実施し、交通容量が増大した場合の遅延予測モデルを構築するとともに、到着機の順序付けを行う手法の設計を進めた。空港や航空路等の統合運用を模擬したシミュレータ実験に成功した。〔図 1.4.47〕

航空機が自律的に速度調整を行う新たな着陸方式を羽田空港に適用した場合の有効性をシミュレーションにより検証し、本研究成果をICAO国際基準に反映した。

航空交通量が増大した場合の羽田空港における遅延予測モデルを構築し、管制官が着陸機の順序付けを行うための新たな手法の設計を行っていることは新規性があり、今後の航空交通管理に係る研究開発における発展性が期待できる。

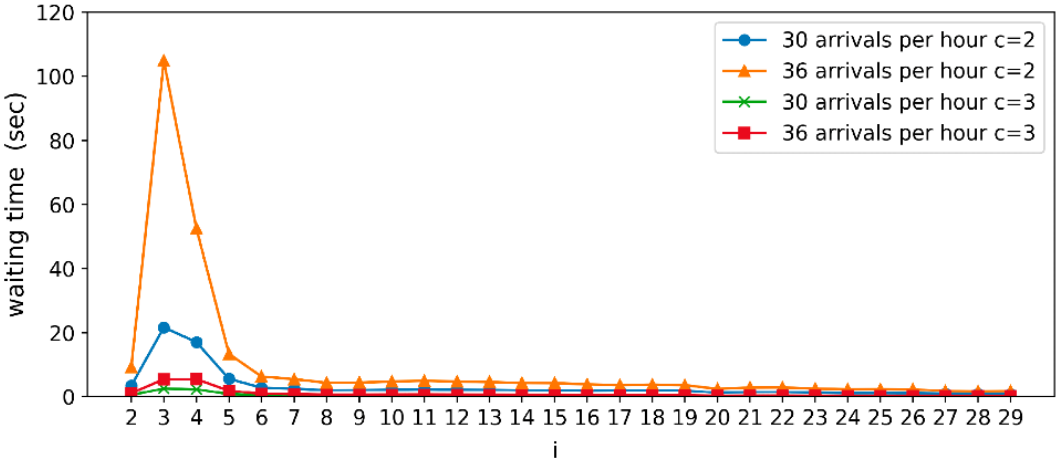


図 1.4.47　待ち行列モデルによる遅延予測結果の例

【平成 31 年度（令和元年度）】

●拡張型到着管理システムの提案・評価
・羽田到着機の遅延時間を最小にする到着管理システムの設計要件を提案し、数学的モデルに基づく定量的な遅延予測を可能とした。
■航空交通管制協会功労賞受賞

羽田空港に到着する航空交通流の数学的モデルに基づく到着遅延予測を実現した。例えば、航空機種毎の管制間隔短縮(RECAT)を適用し、羽田空港から 50NM 以内の空域容量の増加及びターミナル空域の移管間隔を7NM から6NM にするとで、到着遅延時間は、現状の航空交通量で最大 20 秒程度、航空交通量 20%増加した場合でも最大 100 秒程度削減できる結果を得た。〔図 1.4.48〕

遅延時間を最小にする到着管理の戦略及び拡張型到着管理システム（E-AMAN: Extended Arrival Management）の設計要件を提案した。

東京国際空港に到着する航空交通流の膨大なデータを用いて、データ駆動型分析と待ち行列理論による分析を行い定量的な到着遅延予測を可能としたことは、拡張型到着管理システムの設計要件を具体化するものであり、今後の航空交通管理に係る研究開発における発展性が期待できる。

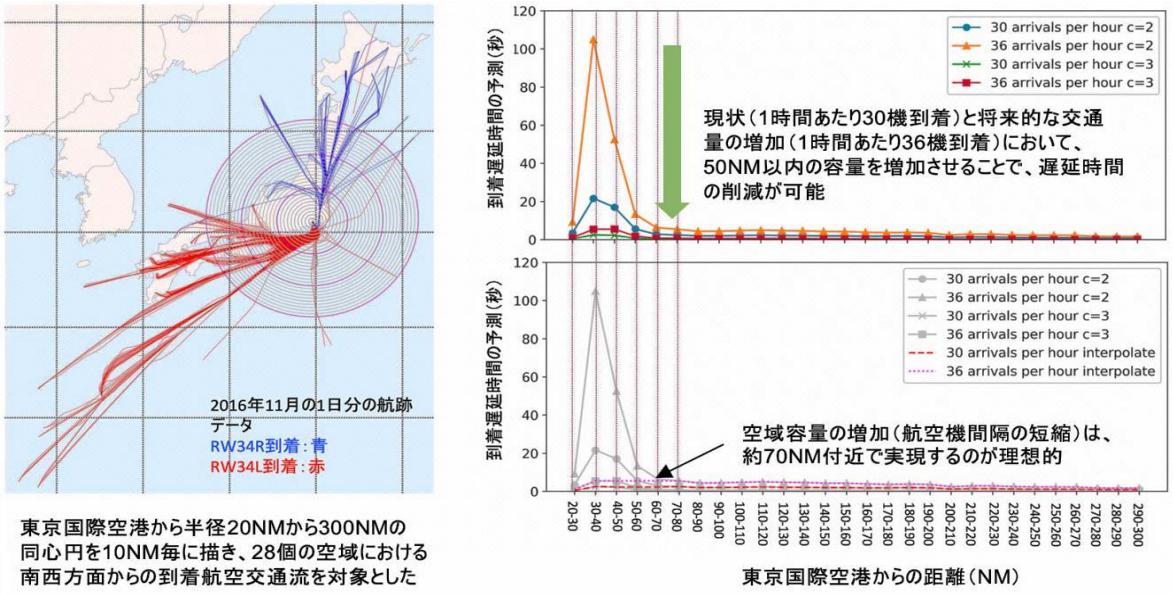


図 1.4.48　ターミナル空域における遅延予測と削減対策

【令和 2 年度】

■国際基準策定に貢献
・研究成果が ICAO 監視マニュアル（Doc 9994）に反映された。

●科学的意義のある研究成果の創出
・査読付き論文 7 編が刊行された。

ASAS を利用して前後機の間隔を確保する IM（Interval Management）の ICAO 国際規格策定を担当し、本研究成果を ICAO 監視マニュアル（Doc 9994）に反映した。

データサイエンス手法、数理モデル、シミュレーション評価を発展させ、ICAO の規格策定並びに ASEAN 地域の到着管理システムの拡充に寄与したことは国際競争力の向上につながるものであるといえる。また、研究成果をまとめた査複数の査読論文が採択されるなど科学的意義が高く評価されているといえる。

なお、本研究の成果は、令和 3 年度から実施された「AMAN/DMAN/SMAN 統合運用による空港運用の効率化に関する研究」にも活かされている。

【見込み評価】

拡張型到着管理システムの運用プロトコル及びスケジューリング手法を提案し、羽田到着機の遅延時間を最小にする到着管理システムの設計要件を提案した。シミュレーションにより提案手法の効果を検証した。また、ASAS（航空機監視応用システム）を利用した新たな着陸方式を開発し、当所が提案した拡張型到着管理システムと協働し、航空機が自律的に速度調整を行う新しい着陸方式をシミュレーションで検証した。これらの成果は査読付き論文 7 編に掲載されており、中長期目標通りの成果である。

さらに、本研究の成果が ICAO 監視マニュアル（Doc 9994）に反映され国際基準策定に貢献したことは、中長期目標以上の成果である。

（4）関係者間の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。

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

【項目名】

★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 年度～令和 2 年度）

☆データ変換モデルと空地情報交換技術の検討及び SWIM 実験システムの開発

☆サービス連携技術の検討及び他国との実証実験・総合評価実験

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、我が国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挙げられている。

これまで、米国連邦航空局（FAA）が主導した国際デモンストレーション実験 SWIM Mini-Global Demonstration に当所は航空局とともに中核的な立場で 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ている。また、当所では 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。

運用環境によっては各 SWIM システムの構造と採用された技術仕様が必ずしも同じとは限らないため、今後は各 SWIM 間の情報交換、運用情報の提供、気象情報の提供など異種サービス間の連携などの課題解決に向けた技術開発等が求められる。以上のことから、本研究を実施することとした。

【平成 28 年度】

●地上情報共有基盤の構築
・異種システム間の情報融合が容易になる統一データ交換モデルを提案した。

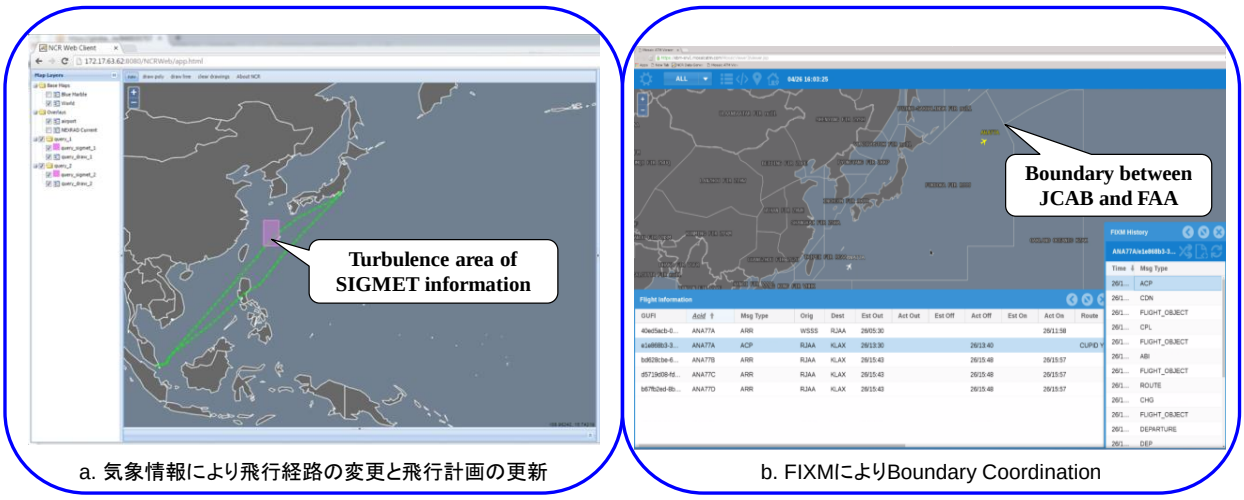
●国際実証実験の実施
・世界 10 カ国と SWIM 実証実験を成功裏に実施した。

これまで航空には無かった各種航空関係の情報を管理できる次世代の情報共有基盤の実現にあたり、欧米と連携し、国際標準化にむけての動作検証及び課題の抽出等を行うための国際実証実験を行ったことは、国の方針に合致し、ニーズに貢献しているといえる。また、国際標準化においても貢献している。

米国連邦航空局（FAA）が主導した国際デモンストレーション実験 SWIM Mini-Global Demonstration(MGD)に、航空局とともに中核的な立場で 2013 年から参加し、技術情報を交換しつつ開発してきた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、EUROCONTROL が主導した SWIM Master Class にも 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おり、期待された時期に成果を創出し国際的にも貢献している。また、これら実証実験へ参加し、連携して課題を解決していくことで、シームレススカイの実現につながる。〔図 1.4.49〕

【平成 29 年度】

SWIM による新たな運用方式の導入に向け、米国などの海外システムと FF-ICE/1（Flight and Flow for Information Collaborative Environment、運航前の協調的な軌道調整）の検証実験を行い、各国の SWIM の仕様や運用環境が異なる中で、セキュリティを向上させつつ多くの利害関係者と情報共有できることを確認し、実運用環境下での運用シナリオの機能も検証した。また、空地情報交換を実現する機上向けシミュレータや地上向けデータ管理サービスを開発し、FF-ICE/2（運航後の協調的な軌道調整）の基本試験として空地統合 SWIM 検証実験も行い、離陸後の航空機と地上側との情報共有を実現できた。さらに、異種システム間の情報交換技術



a. 気象情報により飛行経路の変更と飛行計画の更新　　b. FIXMによりBoundary Coordination

図 1.4.49 MGD-II 実証実験

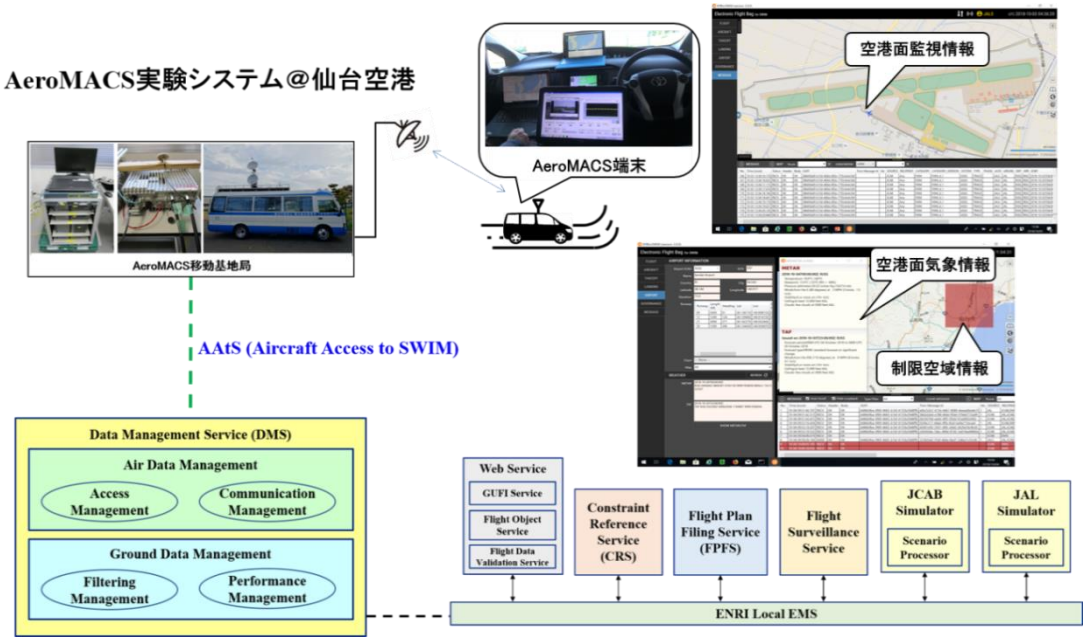


図 1.4.50 サービス連携実験システムの概要

を開発し、他の研究課題で開発中の空地通信媒体（AeroMACS）の実機を用い、FF-ICE メッセージの情報交換に世界で初めて成功した。

【平成 30 年度】

●空地サービス連携技術の実証
・SWIM サービス間の動的連携を実現し、新しく開発した空地間サービス連接実験システムを用いて SWIM 構築技術を検証した。FF-ICE 運用環境の構築が可能となった。

●諸外国との連携実験を主導するとともに、地域の導入検討でタスクリーダーを務めた。

情報の共有手法について国際標準に基づいた情報間の関連付けやサービス間の連携を実現できる技術を提案し、新たに開発した空地間のサービス連携実験システムを用いて性能評価を実施した。情報の交換や管理に係る諸外国との連携実験を主導し、ICAO の SWIM タスクフォースにてタスクリーダーを務めるなど、大きな貢献を果たした。〔図 1.4.50〕

CARATS の「情報共有基盤」における SWIM の導入については、当研究における成果や国際活動により、期



図 1.4.51 飛行実証実験による連携の検証



図 1.4.52 ASEAN SWIM Demo



図 1.4.53 FF-ICE 国際連携実証実験時の画面

待された時期に成果が創出されており、航空局における意思決定の 6 年前倒し（2025 年→2019 年）に大きく貢献した。また、将来の航空交通システムにおいては、出発から到着までの軌道（通過ポイントと通過時刻）が正確に管理されることになるため、運航に関わる全ての関係者間での情報共有が不可欠である。SWIM と呼ばれる情報共有基盤が構築されることにより、出発から到着までのシームレスな航空交通が実現することになる。

【平成 31 年度（令和元年度）】

●空地統合 SWIM テストベッドの開発
・空地通信媒体を用いた飛行実証実験において、異種サービス間での連携、リアルタイムでの情報共有の実現を実証した。

●国際連携による実験
・日本側システムを開発し、タイ、シンガポールと連携して、ASEAN SWIM Demo を成功裏に実施した。

国際連携実験や飛行実証実験により、総合評価用テストベッドの構築や機能構築を行った。また、航空局が主導する産学官の長期ビジョン（CARATS）における FF-ICE の初期導入の意思決定に貢献した。空地統合 SWIM 実験システムを開発し、仙台空港において AeroMACS と連携し FF-ICE の仕組みに基づいた世界初の飛行実証実験を実施した。〔図 1.4.51～52〕

ASEAN 地域における SWIM の有効性と運用の効果を示すため、ASEAN SWIM Demo の支援を行った。当所にて開発した空地統合 SWIM 実験システムを用いてグローバルな協調運用方式である FF-ICE に基づいた世界初の飛行実証実験を行い、飛行中の機内情報端末から AeroMACS 技術により地上の SWIM サーバに接続のうえで気象情報等の様々な情報交換ができ、リアルタイムでの情報共有も可能であることを確認したことは、運航に関わる関係者間での情報共有を可能としたシームレススカイ実現につながる成果といえる。

【令和 2 年度】

●世界初の国際実証実験
・米国連邦航空局（FAA）と連携して、SWIM に基づいた FF-ICE 運用方式に対する世界初の国際実証実験を実施した。

■APAC SWIM Task Force における活動
・APAC 地域に FF-ICE/R1（離陸前の飛行計画の調整）を導入するための技術課題や実現方法の提案と検討結果が高く評価され、APAC SWIM アーキテクチャとして採用予定となった。

■ICAO SWIM Task Force における活動
・SWIM アーキテクチャに基づくサービスを検証できる共通検証基盤を日中韓で構築し、FF-ICE サービス検証実験を実施して報告した。本検証実験の結果は ICAO ATMRPP に報告され、FF-ICE Implementation Guidance の改訂に貢献した。

FAA と連携して、SWIM に基づいた FF-ICE 運用方式に対して、離陸前の地上間の情報共有による飛行計画の調整、ならびに離陸後の空地間の情報共有による飛行軌道の管理の両方の運用を統合した世界初の国際実証実験を実施した。同時に、既存航空管制システムとの情報共有や連携の仕組みを検討した。ICAO APAC SWIM Task Force において、地域に FF-ICE/R1 を導入するための技術課題や実現方法の提案と検討結果がメンバから高く評価され、APAC SWIM アーキテクチャとして採用予定となった。また、航空局と共に本検証実験の結果を ICAO ATMRPP に報告し、FF-ICE Implementation Guidance の改訂に貢献できた。〔図 1.4.53〕

★SWIM による協調的意思決定支援情報サービスの構築と評価に関する研究（令和 3 年度～）
☆運航管理サービスモデルの構築及び他国との実証実験・総合評価実験

欧米では、SWIM（System Wide Information Management）により運航に係る様々な情報をシステムや関係者の間で共有し、相互運用性と協調性を実現する構想が進められている。また ICAO では、協調的な軌道調整である FF-ICE の導入を推進し、離陸前と離陸後の情報共有によりグローバルな協調的意思決定を図り、更に空地統合 SWIM を利用した軌道ベース運用を目指している。これらを実現するためには、標準情報交換モデルを用いたメッセージの交換による各種情報の共有だけではなく、運航の安全性に係わる情報の品質を保証する高度な SWIM 情報サービスも求められている。

当所は、これまでも SWIM に関する研究開発を行ってきており、開発した空地統合 SWIM 実験システムを用いて、運航前と運航後の協調的な軌道調整（FF-ICE）に関する国際検証実験や飛行実証実験を実施し、SWIM の導入推進にむけた技術開発を実施してきた。また、アジア太平洋地域（APAC）における SWIM の導入を促進するため、日本、シンガポール、タイとの共同提案により ICAO バンコク事務所に APAC SWIM Task Force が設置され、当所はタスクリーダーとして地域に適用できる SWIM アーキテクチャの検討や地域 SWIM サービス検証基盤の構築などを諸加盟国と連携しながら推進しており、今後も SWIM のさらなる検討や技術開発等が求められている。以上のことから、本研究を実施することとした。

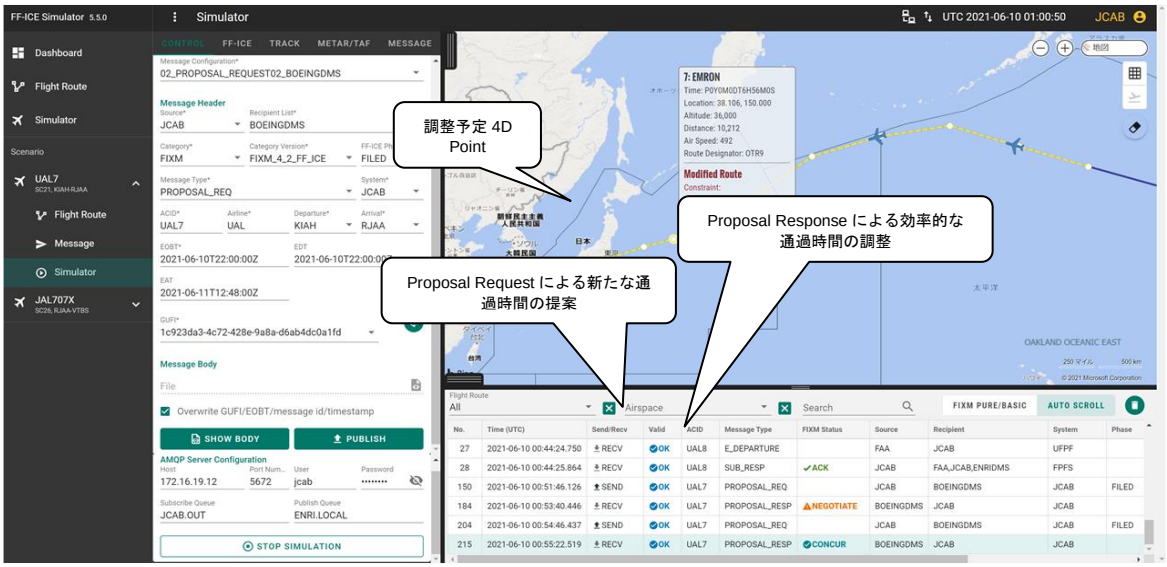


図 1.4.54 共有された 4 次元軌道情報に基づいて開発した航空交通流管理サービスの画面例

【令和 3 年度】

●具体的な運航管理業務を分析し、運用プロセスのサービスモデルを開発した。

●情報品質を保証するため、各種情報の生成から提供、利用までのライフサイクル管理を実現できる広域情報品質管理モデルを開発した。

●上記 2 つのモデルを用いて、航空交通流管理サービスモデルを開発し、FAA を中心とした数か国と連携した取組みにおいて、世界初の軌道ベース運用に関する初期実証実験を実施した。

具体的な運航管理業務を分析し、運用プロセスのサービスモデルを開発した。情報品質を保証するため、各種情報の生成から提供、利用までのライフサイクル管理を実現できる広域情報品質管理モデルを開発した。これらを用いて協調的意思決定を支援できる航空交通流管理サービスモデルを開発し、Multi-Regional TBO（MR-TBO）の取組みとして FAA を中心とした数か国と連携し、世界初の軌道ベース運用に関する初期実証実験等を実施した。〔図 1.4.54〕

【見込み評価】

異種システム間の情報共有による協調運用の実現にあたり、標準情報交換モデルを用いた空地情報交換技術や、SWIM による空地サービス連携技術を検証するほか、空地の安全・安心な情報共有基盤の構築にあたり開発した空地統合 SWIM テストベッドを用いて、空地統合 SWIM 飛行実証実験を実施しており、これらの成果が航空局の意思決定の前倒しに貢献したことは、中長期目標通りの成果である。

さらに、FF-ICE による協調的な軌道調整の実現にあたり、離陸後の軌道調整に関して世界初の国際連携実験を実施したほか、グローバルな協調的運用環境の構築について軌道ベース運用に向けた世界初の他地域国際検証実験を実施したことは、中長期目標以上の成果である。

次期中長期計画では、これらの活動にもとづき、異種システムの混在環境における新旧システム間の連携を実現できる技術の提案や、SWIM によるグローバルな協調的意思決定を支援できる情報サービス構築技術の確立、さらには運航の安全性を保証できるアシュアランス技術の提案や SWIM に基づいた国際航空信頼基盤（IATF: International Aviation Trust Framework）の構築を目指す。

（4）関係者間の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。

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

【項目名】
★空地通信技術の高度化に関する研究（平成 28 年度～平成 31 年度（令和元年度））
☆AeroMACS 利用技術の調査・開発・性能評価
☆最終性能評価

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）の仕様策定のための研究開発、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必要がある。また、監視や航法など他のシステムから得られ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連接実験した性能の評価が求められる。以上のことから、本研究を実施することとした。

【平成 28 年度】

航空通信システムの国際標準規格の技術作業部会等を通じて、AeroMACS 利用技術の調査を実施した。利用技術及び利用可能性を調査し、適用範囲の拡大について基礎検討した結果、上空への適用拡大が期待できる結果が得られた。また、開発したプロトタイプを用いて通信事業者と共同で基礎性能の評価実験を開始し、従来の空地間の通信速度（約 30kbps）に対して大幅に改善される性能の可能性を確認した。

【平成 29 年度】

●空港面実験による実証
・空港面走行実験により、大規模空港において AeroMACS が利用可能なことを確認し、実用化に目途をつけた。

大規模空港の羽田空港において、航空機の移動情報等各種情報の共有が必要となる空港内車両を使用し、AeroMACS の性能評価を実証した。通信事業者による実用化につながり、空港内の情報共有や緊急時の通信手段の確保など社会的価値の創出（安全・安心の確保）に貢献するものである。その結果、通信速度 7Mbps 以上（ダウンリンク） で、大規模空港において AeroMACS が利用可能なことを確認し、通信事業者による実用化の目処が付いた。大規模空港で AeroMACS が利用実証できたことは、期待された時期よりも早く成果を創出し、航空局が主導する産学官の長期ビジョン（CARATS）における AeroMACS 導入の意思決定時期が前倒しとなり、施策を加速させた。〔図 1.4.55〕

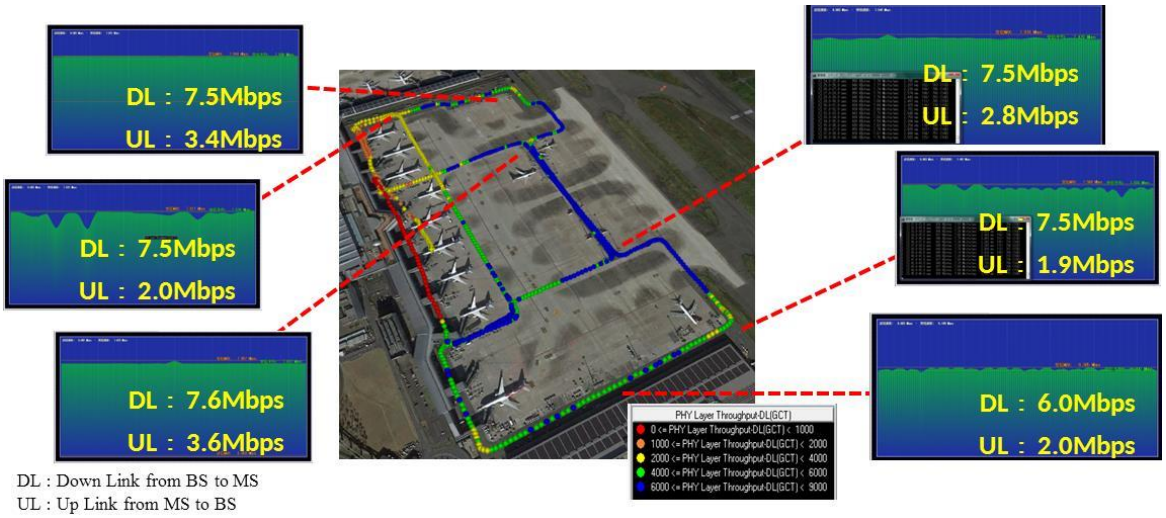


図 1.4.55 東京国際空港における通信事業者との共同実証実験結果

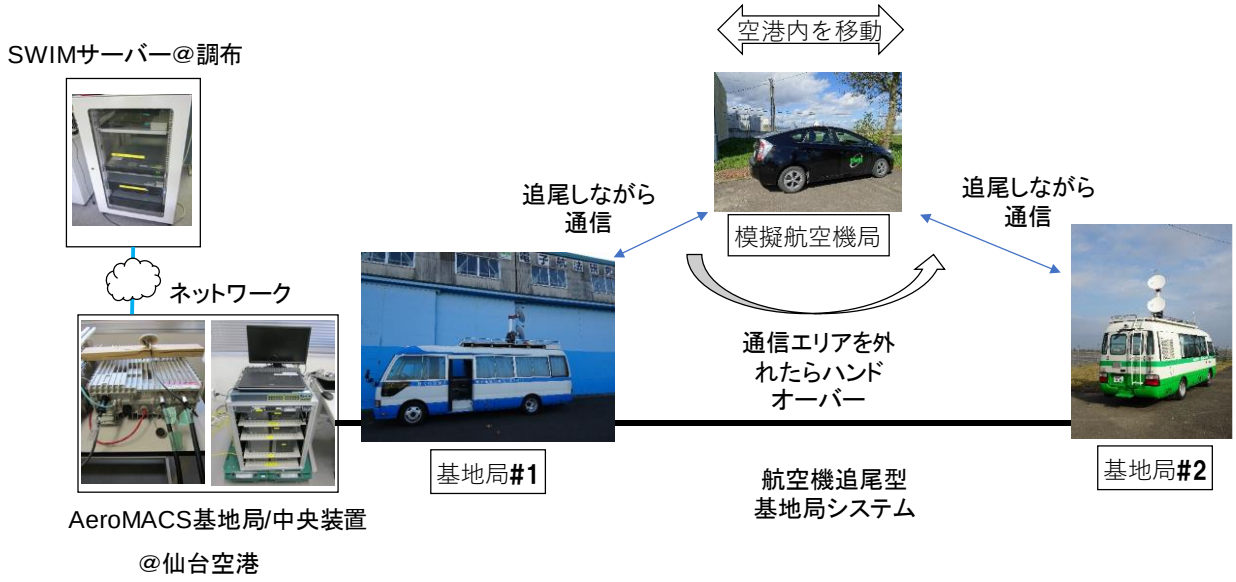


図 1.4.56 AeroMACS－SWIM 連接空港面移動実験の概要

【平成 30 年度】

●地上走行実験による実証
・複数の基地局で追尾し、ハンドオーバーしながら通信が可能なことを実証した。

■研究成果の社会実装
・AeroMACS 技術を航空通信事業者に技術移転した。

実用に近い環境で、複数の基地局で追尾し、ハンドオーバしながら通信が可能となり、航空管制通信等優先度の高い通信においては、通信負荷に関わらず、確実に伝送できることを実証した。同時に、昨年度まで共同実験を実施した航空用通信事業者に AeroMACS の技術移転を完了した。これまで、AeroMACS は、空港面でのみの利用が考えられていたが、本研究により空港周辺での利用も可能であることが実証された。このことにより、空港近傍より空港場面までのシームレスな通信が可能となった。〔図 1.4.56〕

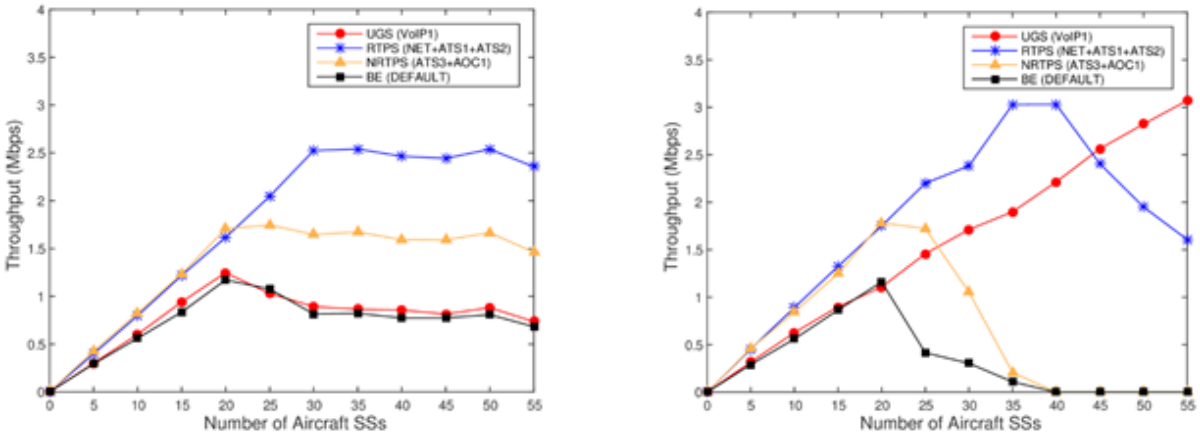


図 1.4.57 AeroMACS 上に QoS 機能を実装した場合の実験結果

【平成 31 年度（令和元年度）】

●飛行実験による実証 ・指向性空中線を用いることにより、覆域拡大が可能であることを確認した。 ・飛行中に地上の SWIM サーバとの情報交換が可能であることを確認した。

飛行実験により、指向性空中線を用いることで覆域拡大が可能であることを確認した。また、飛行中に地上の SWIM サーバと接続し、パイロットが使用する情報端末を模擬したタブレット端末にて地上と相互に情報交換が可能であることを確認した。〔図 1.4.57〕

【項目名】
★航空通信基盤の高度化に関する研究（令和 2 年度～）
☆航空用マルチリンクの評価システム開発・性能評価

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、より安全で効率的な運航を行う SWIM（System Wide Information Management）が検討されている。このような次世代の航空情報共有のために、通信速度が速く大容量を扱え、IP（インターネットプロトコル）化に対応できる次世代航空通信システムの導入が近づいている。ICAO の標準規格策定が終了している AeroMACS（Aeronautical Mobile Airport Communications System）をはじめとする次世代航空通信システムの航空機への搭載が進むと、その後しばらくは、様々な世代の航空通信システムの混在が予想される。現在の航空データ通信は、機体の受信状況等に応じて搭載無線機を選択し使用しているが、飛行中の切替えなどによる接続率の低下に問題がある。一方、ICAO Doc. 9869 は航空管制データ通信について高い接続率を要求しており、あらゆる飛行フェーズの航空機が通信接続率の要件を満足でき、高度な航空通信基盤を実現するために、複数の通信システム及び通信経路を用いた接続率等の評価開発が必要とされている。さらに通信の IP 化に伴い、通信の秘匿・優先度選択技術の評価実証や新しい規格の評価が求められる。以上のことから、本研究を実施することとした。

【令和 2 年度】
航空通信システムの国際標準規格の技術作業部会等を通じて、複数の通信システムの基礎検討と調査を実施するとともに、前年度までの実験用航空機を用いた AeroMACS-SWIM 連接飛行実験（機内での無線 LAN による EFB（Electronic Flight Bag）利用等）の解析結果を報告した。また、複数の通信システムを含む航空通信ネットワークの検証システム開発の第一段階として PC を利用し、実験室規模での航空機搭載無線機、地上局、通信伝搬経路を模擬した検証システムを構築した。

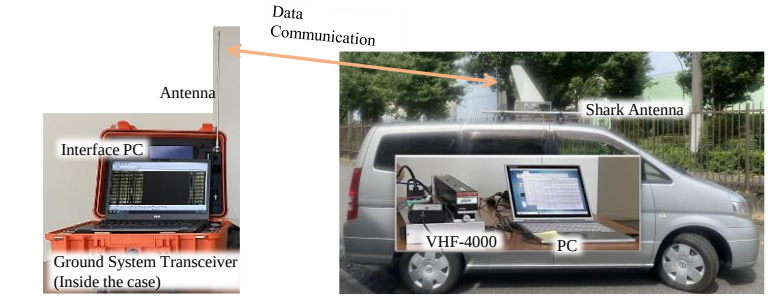


図 1.4.58 VHF データ通信の実アビオニクスによる空地検証システム

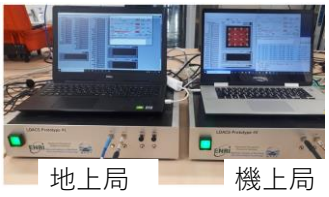


図 1.4.59 LDACS 試作装置

【令和 3 年度】

●インターネット技術の応用
・既存の航空通信システムをインターネットで利用される IP パケットで統一する概念を実証した。

●複数の通信システムの利用
・搭載通信装置の更新が滞っても既存通信装置で SWIM 等の情報共有基盤と接続する方法を提案した。

■国際規格策定への貢献
・現在、国際標準規格化作業が進められている LDACS の試作装置を開発した。

VHF データ通信の実アビオニクスによる通信検証システムを開発し、複数の通信システム利用時の接続率の推定や、既存の航空通信システムを IP パケットで統一する概念を実証し、搭載通信装置の更新が滞っても既存航空データ通信装置で SWIM 等の情報共有基盤と接続する方法を提案した。また、通信を検証するシステムとして、LDACS の試作装置を開発した。LDACS は AeroMACS 同様に次世代航空通信システムの一つとして期待され、現在、国際標準規格化作業が進められているシステムである。〔図 1.4.58～59〕

【見込み評価】

地上走行及び飛行実験により、空港用次世代移動航空通信システム（AeroMACS）が利用可能なことを実証した。AeroMACS を利用した SWIM 連接飛行実験を実施し、次世代航空通信を含む様々な仕様の通信メディアに対応できるマルチリンク環境の評価をした。以上は中長期目標通りの成果である。

地上走行実験では大規模空港における実証の結果、AeroMACS 利用技術を航空通信事業者に技術移転した。飛行実験では、指向性空中線で航空機を追尾、ハンドオーバ通信を行うことで覆域拡大が可能であり、飛行中に地上の SWIM サーバと接続し情報交換できることを実証した。このように様々な航空通信環境における SWIM 利用の実証実験を実施したことは、中長期目標以上の成果である。

次期中長期計画では、世代に依らない航空通信でのマルチリンク環境の評価手法の確立とともに、複数の通信混在環境におけるシームレスな SWIM 利用基盤技術の確立を目指す。

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。

◆年度計画における目標設定の考え方

中長期目標及び中長期計画を受けて、年度計画においては、国等からの受託研究の実施、技術委員会や研修等への研究者の派遣等により、現場の技術的課題の解決へ対応するとともに、技術基準の策定や新技術の評価等の国の技術政策を支援することとした。

◆平成 28 年度～令和 3 年度における取組状況

国が進めるプロジェクト等への支援

【平成28年度】

国等からの受託研究を数多く実施することで、プロジェクトの遂行や政策立案を支援したほか、国等によって設置された各種技術委員会等の委員に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。

【平成29年度】

国等からの受託研究を数多く実施することで、プロジェクトの遂行や政策立案を支援したほか、国等によって設置された各種技術委員会等の委員に研究所の研究者のべ 271 名を派遣し、国等が抱える技術

課題解決のために精力的に対応した。

【平成30年度】

海上輸送の安全確保等の海事行政や、港湾、航路、海岸及び飛行場等の整備事業等の実施に関する技術課題に関し、国土交通省、同地方整備局、地方自治体等から 68 項目の受託研究をそれぞれの要請に基づき実施した。また、技術課題を解決するために国等によって設置された各種技術委員会等の委員として、研究所の研究者のべ 226 名を派遣し、国等が抱える技術課題解決のために精力的に対応した。

【令和元年度】

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 75 項目の受託研究をそれぞれの要請に基づき実施した。また、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 214 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。

【令和2年度】

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 86 項目の受託研究をそれぞれの要請に基づき実施した。また、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 299 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。

【令和3年度】

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 81 項目の受託研究をそれぞれの要請に基づき実施した。また、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 383 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。

基準・ガイドライン等の策定

【平成28年度】

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、「船舶事故防止スマホアプリのガイドライン」、「港湾技術パイロット事業」、「空港舗装設計」等の策定及び改定に貢献した。

【平成29年度】

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、「水素燃料電池船ガイドライン」、「港湾の施設の技術上の基準」、「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」等の策定及び改定に貢献した。

【平成30年度】

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、「2020 年 SOx 規制適合舶用燃料油資料手引書」、「港湾における護岸当の耐震性調査・耐震改良のためのガイドライン」、「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」等の策定及び改定に貢献した。

【令和元年度】

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、「2020 年 SOx規制適合舶用燃料油使用手引書（第 2 版）」、「港湾の施設の点検診断ガイドライン」、「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」等の策定及び改定に貢献した。

また、令和 2 年 3 月には、海上技術安全研究所研究員 4 名が、日本原子力学会から「放射線遮蔽ハンドブック」などのガイドライン発行にあたる長年の功績が評価され、日本原子力学会賞・貢献賞を受賞した。

【令和2年度】

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、「2020 年 SOx 規制適合舶用燃料油資料手引書（第3版）」、「港湾における高潮・高波被害軽減のための土のう設置事例集」、「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」等の策定及び改定に貢献した。

【令和3年度】

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、「自動運航船の実用化に向けた安全評価ガイドライン」、「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」等の策定及び改定に貢献した。

行政機関等との密な意思疎通

【平成28年度】

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 名の参加があった。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ほか、研修の講師として国等の技術者に対する講義を行うなど、行政機関等との意思疎通を密に行った。

【平成29年度】

地方整備局等において、5 回の港湾空港技術特別講演会を国土技術政策総合研究所と共催し、研究者が研究所の最新の研究成果を報告することで、研究所が実施している港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究活動や成果についての情報を幅広く提供するとともに、研究ニーズなど、各地域における情報を収集した。当該講演会は一般にも公開し、合計で 840 名の参加があった。

また、地方整備局等と連携して、研究成果の中からそれぞれの地方整備局等の管内で関心が高いテーマを選び、小規模な報告会を機動的に開催することで意思疎通を図っており、研究者が地方整備局等へ出張した機会などを利用して、研究成果の報告会を実施した。

また、航空局等に対して、リモートタワーに係る勉強会、宇宙天気情報の航空利用に関する勉強会、GBAS・SBAS 勉強会を行い技術情報の提供等、研究成果の還元を積極的に実施し、技術の普及に努めたほか、研修の講師として国等の技術者に対する講義を行うなど、行政機関等との意思疎通を密に行った。

【平成30年度】

地方整備局等において、5 回の港湾空港技術特別講演会を国土技術政策総合研究所と共催し、研究者が研究所の最新の研究成果を報告することで、研究所が実施している港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究活動や成果についての情報を幅広く提供するとともに、研究ニーズなど、各地域における情報を収集した。当該講演会は一般にも公開し、合計で 716 名の参加があった。

また、地方整備局等と連携して、研究成果の中からそれぞれの地方整備局等の管内で関心が高いテーマを選び、小規模な報告会を機動的に開催することで意思疎通を図っており、研究者が地方整備局等へ出張した機会などを利用して、研究成果の報告会を実施した。

また、航空局等に対して、新しい航空通信技術の動向についての勉強会、航空交通のシミュレーション手法についての勉強会、GBAS・SBAS 勉強会を行い技術情報の提供等、研究成果の還元を積極的に実施し、技術の普及に努めたほか、研修の講師として国等の技術者に対する講義を行うなど、のべ117

名の研究者を派遣するだけでなく、国土交通省本省との連携会議等を通じて、行政機関等との意思疎通を密に行った。

【令和元年度】

地方整備局等において、6 回の港湾空港技術特別講演会を国土技術政策総合研究所と共催し、研究者が研究所の最新の研究成果を報告することで、研究所が実施している港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究活動や成果についての情報を幅広く提供するとともに、研究ニーズなど、各地域における情報を収集した。当該講演会は一般にも公開し、合計で 750 名の参加があった。
また、地方整備局等と連携して、研究成果の中からそれぞれの地方整備局等の管内で関心が高いテーマを選び、小規模な報告会を機動的に開催することで意思疎通を図っており、研究者が地方整備局等へ出張した機会などを利用して、研究成果の報告会を実施した。

また、航空局等に対して、新しい航空通信技術の動向についての勉強会、航空交通のシミュレーション手法についての勉強会、GBAS・SBAS 勉強会を行い技術情報の提供等、研究成果の還元を積極的に実施し、技術の普及に努めたほか、研修講師として国等の技術者に対する講義を行うなど、のべ１０１名の研究者を派遣するだけでなく、国土交通省本省との連携会議等を通じて、行政機関等との意思疎通を密に行った。

【令和2年度】

地方整備局等において、5 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（少人数の会場開催又はリモート開催）し、合計で 393 名の参加があった。

また、地方整備局等と連携して、研究成果の中からそれぞれの地方整備局等の管内で関心が高いテーマを選び、小規模な報告会を機動的に開催することで意思疎通を図っており、研究者が地方整備局等へ出張した機会などを利用して、研究成果の報告会を実施した。

また、航空局等に対して、小型無人機に関する勉強会、GBAS 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ほか、研修講師として国等の技術者に対する講義を行うなど、のべ７８名の研究者を派遣するだけでなく、国土交通省本省との連携会議等を通じて、行政機関等との意思疎通を密に行った。

【令和3年度】

地方整備局等において、4 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（リモート開催）し、合計で 557 名の参加があった。また、航空局等に対して、小型無人機に関する勉強会、GBAS 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ほか、研修講師として国等の技術者に対する

講義を行うなど、のべ64名の研究者を派遣するだけでなく、国土交通省本省との連携会議等を通じて、行政機関等との意思疎通を密に行った。

（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。

◆年度計画における目標設定の考え方

中長期目標及び中長期計画を受けて、国土交通大臣からの指示があった場合、または研究所が必要と認めた場合に、被災地に研究者を派遣して被災状況の把握や技術指導等を迅速かつ適切に行い、災害対策マニュアル等に基づく訓練を実施しつつ、重大な海難事故等が発生した際には、研究所の持つ豊富な専門的知見を活用して事故情報を解析し、結果の迅速な情報発信や事故再現及び各種状況のシミュレーションの実施により、国等における再発防止対策の立案等への支援を行うことで、自然災害及び事故への対応に万全を期するとともに、研究所の対応能力の向上を図ることとした。

◆平成 28 年度～令和 3 年度における取組状況

沿岸域の災害における調査や復旧支援

【平成28年度】

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。

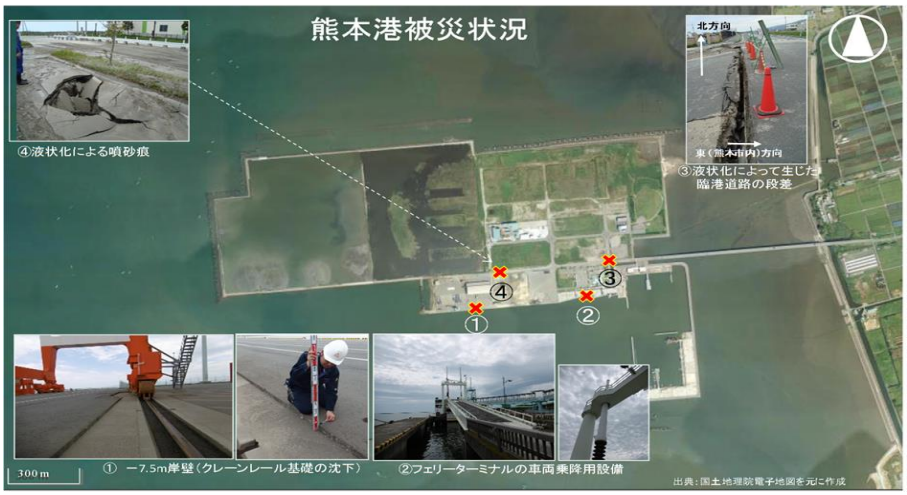


図1．5．1　熊本港の被災状況

【平成29年度】

平成 29 年 4 月 14 日に、スリランカ国コロンボ市北東部コロンナワのミートタムッラごみ処分場でごみ山の崩落火災が発生し、死者 32 名、負傷者 11 名、被災者約 1782 名の人的被害、住宅損壊多数（スリランカ国政府情報 4 月 24 日時点）という大きな被害をもたらした。

日本国政府は、スリランカ国政府からの要請を受け、国際緊急援助隊専門家チームと独立行政法人国際協力機構（JICA）の専門家等で構成する専門家チームを派遣した。

港空研からは JICA の依頼で地盤研究領域の森川領域長と地震防災研究領域の大矢主任研究官の2名が、4月19日から26日の期間で派遣され、コロンボ市で技術的支援にあたった。短的な対応として崩落現場を調査、さらなる堆積物崩落の危険性を防ぐための対策をスリランカ国政府に助言を行い、中長期的な対応は廃棄物・ごみ処理問題対策の計画策定に向けて助言した。

現地では関係省庁との意見交換を行うとともに2度の現場調査を実施。大統領、首相へ活動報告と併せて報告書を提出した。

これらの功績が認められ外務大臣から2名に感謝状が授与された。



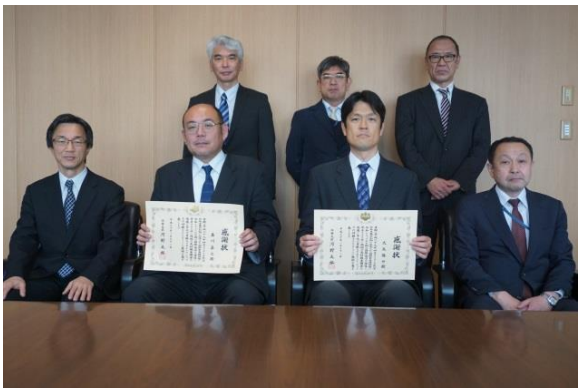


図1．5．2　スリランカ国ミートタムッラ処分場と外務大臣から授与された感謝状

【平成30年度】

平成 30 年 9 月 28 日に、インドネシア・スラウェシ島中部で地震と津波が発生し、死者 2,200 名以上の大きな被害をもたらした。

独立行政法人国際協力機構（JICA）は、インドネシアの BAPPENAS（国家開発企業庁）からの要請を受け、専門家チームを派遣した。港空研からは JICA の依頼で地盤研究領域の佐々真志動土質研究グループ長と海洋情報・津波研究領域の髙川智博津波高潮研究グループ長の2名が、10月16日から24日の期間で派遣され、現地で技術的支援にあたった。

短期的な対応として被災箇所の調査及びインドネシア政府関係機関への調査結果の報告を行い、中長期的な対応として復興マスタープランの策定に向けて助言を行った。

また、10月23日に首都ジャカルタで記者会見を行い、翌朝早朝のNHKニュースで記者会見の様子が報道された。



図1．5．3　インドネシアでの現地調査の様子

【令和元年度】

令和元年台風第 15 号は、9 月 9 日に三浦半島付近を通過して東京湾を進み、強い勢力で千葉市付近に上陸した。台風の接近・通過に伴い、伊豆諸島や関東地方南部を中心に猛烈な風、猛烈な雨となった。

9 月 10 日、国土交通本省から港湾空港技術研究所に対し、横浜港南本牧はま道路の橋梁に船舶が衝突し、橋梁上部工が破損したとの情報が入り、さらに、関東地方整備局から高潮により横浜港南本牧ふ頭の護岸が被災したとの情報が入り、港湾空港技術研究所は 9 月 10 日と 14 日に緊急災害対策派遣隊のべ 11 名を現地に派遣した。派遣隊員は、横浜港南本牧はま道路について、高度な技術力をもって被災現場を調査した。

また、横浜港南本牧ふ頭の護岸及び背後地についても、ドローンの空撮により浸水範囲を、また現地踏査により浸水高さの状況等を派遣隊員の高度な技術力をもって調査し、横浜港南本牧はま道路の結果と併せて、調査結果を早々に国土交通本省及び関東地方整備局へ報告した。

その後は国が設置した「横浜港南本牧はま道路復旧工法技術検討委員会」、「東京湾における高波対策検討委員会」、「横浜港護岸復旧工法検討会」の各委員として職員を派遣し、引き続き被災原因究明及び復旧等に尽力した。



図1．5．4　台風第 15 号被災調査の様子

【令和2年度】

令和 3 年 2 月 13 日に発生した福島県沖地震により、相馬港に被害が発生したことから、国土交通省の要請を受け、港湾空港技術研究所は、被災後直ちに、地震防災研究領域の小濱耐震構造研究グループ長、地盤研究領域の佐々動土質研究グループ長、工代研究官、海洋研究領域の朝比耐波研究グ

ループ研究員の 4 名を、国土技術政策総合研究所と合同で派遣し、高度な技術力で被災現場を調査し、被災原因や復旧方針に対する所見を早々に国へ報告し、復旧に役立ててもらった。




図1．5．5　相馬港被災調査の様子

また、令和 2 年 9 月、港湾空港技術研究所緊急災害対策派遣隊（港空研 TEC-FORCE）は、「令和元年 8 月の前線に伴う大雨」、「房総半島台風」及び「東日本台風等による災害」において、国交省地方整備局等からの要請を受けて行った高度な技術支援等の活動に対して、令和 2 年度防災功労者内閣総理大臣賞を受賞した。




図1．5．6　表彰式後の集合写真と表彰状

【令和3年度】

令和 3 年 7 月に発生した熱海市伊豆山地区の土石流災害を受け、国土交通省港湾局等と現地調査を実施したほか、国土技術政策総合研究所との合同調査団として、11 月に海底火山「福徳岡ノ場」の噴火に伴う漂流軽石現況調査（沖縄県）、令和 4 年 3 月に福島県沖を震源とする地震による港湾の被災状況調査（福島県・宮城県）を実施するなど、災害現場へ迅速に研究者派遣し、高度な技術力で被災現場を調査し、被災原因や復旧方針に対する所見を早々に国へ報告し、復旧に役立ててもらった。




図1．5．7　被災調査の様子
（左：相馬港被災状況調査、右：漂流軽石現況調査）

研究所で作成した災害対応マニュアルに沿った訓練

【平成28年度】

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1．5．8　派遣訓練及び被災地における災害調査訓練の様子

【平成29年度】

港湾空港技術研究所において、遠地津波を想定して平成 29 年 11 月 8 日に情報伝達訓練及び災害対策本部設置訓練、11 月 9 日に津波避難訓練及び安否確認訓練を実施し、職員の災害対応能力の向上を図った。



図1．5．9　災害対策本部設置訓練及び津波避難訓練の様子

【平成30年度】

港湾空港技術研究所において、遠地津波を想定して平成 30 年 6 月 14 日に地震発生時対応としての TEC-FORCE 派遣判断訓練、11 月 16 日に津波避難訓練及び安否確認訓練を実施し、災害対応スキル

の向上を図った。

【令和元年度】

港湾空港技術研究所において、大規模地震を想定して平成 31 年 4 月 26 日及び令和元年 10 月 3 日に地震発生時対応としての安否確認訓練、11 月 26 日に津波避難訓練を実施し、災害対応スキルの向上を図った。

【令和2年度】

港湾空港技術研究所において、大規模地震を想定して令和 2 年 6 月 12 日に地震発生時対応としての安否確認訓練、11 月 11 日に津波避難訓練を実施し、災害対応スキルの向上を図った。

【令和3年度】

港湾空港技術研究所においては、大規模地震を想定して令和 3 年 4 月 27 日に地震発生時対応としての安否確認訓練、11 月 11 日に津波避難訓練を実施し、災害対応スキルの向上を図った。




図1．5．10　津波避難訓練の様子

重大な海難事故等の事故情報を解析

【平成28年度】

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。

【平成29年度】

平成 29 年度においても引き続き、運輸安全委員会からの事故原因解析の調査を請け負い、海難事故解析センターにおいて、漁船転覆事故に係る解析調査等を実施して解析結果が同委員会の報告に活用されるなど、事故原因の究明に貢献した。

【平成30年度】

平成 30 年度は、運輸安全委員会からの油タンカー走錨事故に係る事故原因解析の調査等 6 件を請負い、海難事故解析センターにおいて、漁船転覆事故に係る解析調査等を実施して解析結果が同委員会の報告に活用されるなど、事故原因の究明に貢献した。

【令和元年度】

令和元年度は、運輸安全委員会より旅客船衝突事故に係る実船計測及び解析、漁船転覆事項解析調査等 6 件を請負い、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。

【令和2年度】

令和 2 年度は、運輸安全委員会より小型旅客船の旅客負傷事故に係る解析を請負い、解析結果は同委員会の報告に活用され、事故原因究明に貢献した。

また、平成 28 年度から引き続き、運輸安全委員会の海難事故調査資料を用いてデータベースを作成し、ここから事故に寄与している要因を整理・体系化することにより、事故低減策効果を推定する共同研究を運輸安全委員会とともに実施した。

【令和3年度】

令和 3 年度、運輸安全委員会より船舶事故調査に係る船体調査等の支援作業、船舶事故調査に係る船体の縦強度解析、沈没に係る解析調査（貨物船A沈没事故）の計 3 件を請負い、解析結果は同委員会の報告に活用され、事故原因究明に貢献した。

また、平成 28 年度から引き続き、運輸安全委員会の海難事故調査資料を用いてデータベースを作成し、ここから事故に寄与している要因を整理・体系化することにより、事故低減策効果を推定する共同研究を運輸安全委員会とともに実施した。

（3）橋渡し機能の強化

【中長期目標】

（3）橋渡し機能の強化

研究所の優れた技術シーズを社会に還元するために、学術的なシーズを有する大学や産業的なニーズを有する民間企業等との共同研究、受託研究や人事交流、研究所からの研究者派遣等の取組を推進する。

また、研究所の大型試験設備、人材、蓄積された基盤技術を核として、外部との連携を促進する研究プラットフォームとしての機能強化を図る。

【中長期計画】

（3）橋渡し機能の強化

研究所の成果を社会に還元するため、研究所の有する優れた技術シーズを迅速に産学官で共有し、 企業等への技術移転に積極的に取り組む。また、大学等の有する学術的シーズを活かし、研究所単独ではなし得ない優れた研究開発成果の創出と活用拡大に努めるとともに、関連研究に取り組む研究機関の裾野の拡大を図る。

具体的には、学術的なシーズを有する大学や産業的なニーズを有する民間企業等との共同研究、受託研究、公募型研究、政府出資金を活用した委託研究、研究者・技術者等との情報交換・意見交換、人事交流、研究所からの研究者派遣等の取り組みを行い、産学官における研究成果の活用を推進する。

また、研究所の大型試験設備、人材、蓄積された基盤技術等を核として、外部との連携を促進する研究プラットフォームとしての機能を強化する。

さらに、出資を活用し、民間の知見等を生かした研究開発成果の普及を推進する体制を構築する。

【年度計画】

（3）橋渡し機能の強化

研究所の成果を社会に還元するため、研究所の有する優れた技術シーズを迅速に産学官で共有し、 企業等への技術移転に積極的に取り組む。また、大学等の有する学術的シーズを活かし、研究所単独ではなし得ない優れた研究開発成果の創出と活用拡大に努めるとともに、関連研究に取り組む研究機関の裾野の拡大を図る。

具体的には、学術的なシーズを有する大学や産業的なニーズを有する民間企業等との共同研究、受託研究や公募型研究、政府出資金を活用した委託研究、研究者・技術者等との情報交換・意見交換、人事交流、研究所からの研究者派遣等の取り組みを行い、産学官における研究成果の活用を推進する。

また、研究所の大型試験設備、人材、蓄積された基盤技術等を核として、外部との連携を促進する研究プラットフォームとしての機能を強化する。

◆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～令和 3 年度における取組状況

民間企業等との共同研究・受託研究・公募型研究の取り組み

【平成28年度】

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。

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、実用化が加速した。

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。

【平成29年度】

船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術に関する研究開発等において、海事クラスター共同研究のパイロットプロジェクトとして発足した「実海域実船性能評価プロジェクト」（※）の活動を開始した。

研究参加者の代表によるプロジェクト運用会議の議長を当研究所理事長が務め、日本の主たる海運・造船・舶用工業関係の企業、関係諸機関など計 25 社が共同研究者として参加した。

我が国の海事産業の持続的発展に不可欠な産学官の人財の糾合と技術の統合を推進し、戦略的アプローチに基づくクラスターの結集が不可欠な共通的・基盤的な研究課題に取り組んだ。

※「実海域実船性能評価プロジェクト」とは、船舶が実際に運航する波や風のある海域の中での速力、燃料消費量等の性能（実海域性能）を正確に評価する方法を開発する共同研究プロジェクトであり、世界の海上輸送の高度化に貢献しつつ、我が国の海事クラスターの国際競争力を強化する基盤となる技術をより高めることを目的とする。3 年間（2017 年 10 月～2020 年 9 月頃まで）の計画で研究を推進する予定。

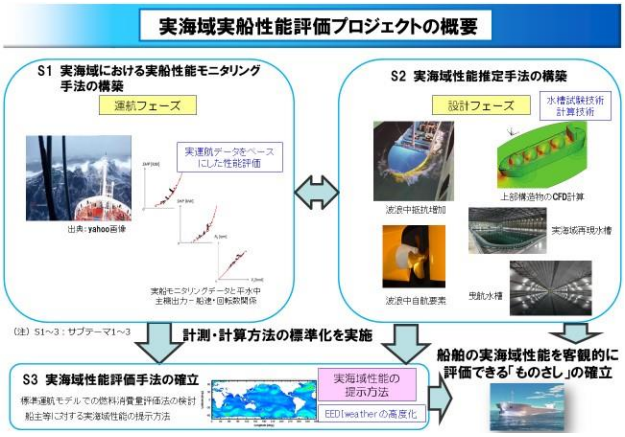


図1．5．11　実海域実船性能評価プロジェクトの概要

【平成30年度】

港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等において、港湾空港技術研究所は、海洋・港湾構造物の設計に関する専門知識向上、技術の発展・普及並びに「港湾の施設の技術上の基準」の円滑な運用に寄与することを目的として、国土交通省　国土技術施策総合研究所、一般財団法人沿岸技術研究センター及び海洋・港湾構造物設計士会と四者で「連携・協力」に関する協定書を平成 30 年 12 月 7 日に締結した。

また、この協定に定める「連携・協力事項」に基づき、同日、専門知識の向上や技術の発展を目的として、「第1回　四者協定勉強会」を開催した。



図1.5.12　四者の「連携・協力」に関する協定調印式と四者協定勉強会の様子

船舶に係る技術及びこれを活用した海洋の利用等に係る技術に関する研究開発等において、我が国の海事産業の持続的発展に不可欠な産学官の人材の糾合と技術の統合を推進し、戦略的アプローチに基づくクラスターの結集が不可欠な共通的・基盤的な研究課題に取り組み、研究成果の最大化を目指すパイロットプロジェクトとして発足した「実海域実船性能評価プロジェクト」（※）の活動を本格化させた。

同プロジェクトには、日本の主たる海運・造船・舶用工業関係の企業、関係諸機関など計 25 社が共同研究者として参加しており、研究参加者の代表からなるプロジェクト運営会議の議長を当研究所理事長が務めている。

また、30 年度は、我が国のオープンイノベーションをさらに推進するために、今後のロールモデルとして期待される先導性や独創性の高い取組を内閣府が主催する「第 1 回日本オープンイノベーション大賞」

において、選考委員会選定優良事例に選ばれた。

【令和元年度】

民間 16 社と共同で実施している「操船支援 機能と遠隔からの操船等を活用した船舶の 実証事業」において、タグボートを使用した遠 隔操船実船試験結果の評価等を実施し、国際競争力の強化に貢献した。

【令和2年度】

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 161 件実施した。また、研究所の有する優れた技術シーズを活用するため、135 件の受託研究を獲得し、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した。さらに、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、3 件の公募型研究の取り組みを行った。

また、令和 3 年 3 月に、海上技術安全研究所、JAMSTEC 他計 8 機関で構成して活動していた“TeamKUROSHIO”が、海底観測をロボットのみで行う母船レス海底調査システムを開発し、第 9 回ロボット大賞『審査員特別賞』を受賞した。



図1．5．13 母船レス海底調査を可能とする洋上・海中ロボットシステム

【令和3年度】

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 173 件実施した。また、研究所の有する優れた技術シーズを活用するため、令和 3 年度は 155 件の受託研究を獲得し、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した。さらに、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ため、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、3 件の公募型研究の取り組みを行った。

産学官との人事交流・研究者派遣等の取り組み

【平成30年度】

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い、強力な技術交流が育まれた。

具体的には、各研究所の特性を活かした人事交流の推進により、国 32 名、民間企業等 21 名との人事交流を行った。

特に、研究者が、研究所と外部機関等の間で、それぞれ雇用契約関係を結び、各機関の責任の下で業務を行うことが可能となる仕組みである「クロスアポイントメント制度」を導入し、平成 30 年度においては、研究者 4 名をクロスアポイントメント対象者とし、研究者が組織の壁を越えて活躍することを通じて、研究所の技術シーズが円滑に外部機関等に橋渡しされ、新たなイノベーションが創出された。

さらに、客員教授、非常勤講師等として延べ 25 名の研究者を 12 大学に派遣し、高等教育機関における人材育成に貢献した。

このうち、11 大学へ派遣した 18 名は、研究所と大学院が協定を締結した上で、研究所の研究者が大学院の客員教授・准教授等に就任し、研究所内等で大学院生の指導を行う「連携大学院制度」に基づいている。

この他に、国内からの研修生・インターン生 94 名の受け入れを実施した。

【令和元年度】

国 38 名、民間企業等 19 名との人事交流を行った。

特に、クロスアポイントメント制度により研究者 3 名が組織の壁を越えて活躍することを通じて、研究所の技術シーズが円滑に外部機関等に橋渡しされた。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 17 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、13 大学へ派遣した 18 名は、研究所と大学院が協定を締結した上で、研究所の研究者が大学院の客員教授・准教授等に就任し、研究所内等で大学院生の指導を行う「連携大学院制度」に基づいている。

この他に、国内からの研修生・インターン生 87 名の受け入れを実施した。

【令和2年度】

国 39 名、民間企業等 24 との人事交流、客員教授、非常勤講師等として延べ 32 名の研究者を 17 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、12 大学へ派遣した 17 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。特に、クロスアポイントメント制度による研究者 4 名が、研究所と外部機関の垣根を越えて活躍した。

また、国内からの研修生・インターン生 26 名の受け入れを実施した。

【令和3年度】

国 40 名、民間企業等 26 名との人事交流、客員教授、非常勤講師等として延べ 34 名の研究者を 17

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、14 大学へ派遣した 16 名は、研究所と大学院が協定を締結した上で、研究所の研究者が大学院の客員教授・准教授等に就任し、研究所内等で大学院生の指導を行う「連携大学院制度」に基づいている。特に、クロスアポイントメント制度による研究者 6 名が、研究所と外部機関の垣根を越えて活躍した。

また、国内からの研修生・インターン生 58 名の受け入れを実施した。

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

【平成28年度】

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に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、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）を目標に、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。

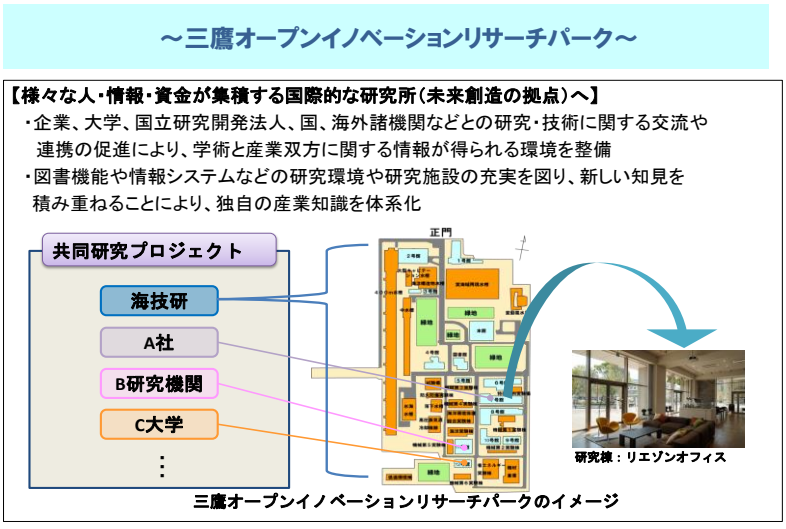


図1．5．14　三鷹オープンイノベーションリサーチパーク

【平成29年度】

海上技術安全研究所において、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）を目標に、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、平成 29 年度においては、新たに 3 法人と連携協定を締結し、さらなる交流や連携促進を図った。

【平成30年度】

海洋基本計画（平成 30 年 5 月 15 日閣議決定）等において、海洋立国を支える専門人材の育成が求められたことを踏まえ、積極的に海洋開発の人材育成に貢献するため、海洋開発に関連する基礎知識を習得することを目的とした、「海洋開発研修」を新たに平成 30 年 12 月に実施した。



図1．5．15　海洋開発研修風景

【令和元年度】

海洋基本計画（平成 30 年 5 月 15 日閣議決定）等において、海洋立国を支える専門人材の育成が求められたことを踏まえ、積極的に海洋開発の人材育成に貢献するため、海洋開発に関連する基礎知識を習得することを目的とした「海洋開発研修」を令和元年 12 月に実施した。

また、我が国の造船業の国際競争力強化に向けて、当所が事務局となり、民間企業や大学等 21 機関で構成される「次世代造船設計システム研究会」を設置した。研究会は計 4 回開催され、以下の通り、今後の取り組みについて提言をまとめ、各種イベントにて発出した。

1．設計の長期化、設計コストアップを抑えるため、新船型船の図面共有に向けて、図面に記載される名称等種々の標準化（JIS 化）
2．アライアンスを組む際に、標準化を踏まえた情報連携基盤（データの相互連携）、調達・部品管理を円滑に行うための BOM 等の構築
3．手戻りを低減して追加のコストを抑え、生産効率・品質の向上のために、PDCA サイクルの管理を確実にする。そこで、初期段階における精緻、最適な生産計画、コスト算出及びモニタリングによる予算管理、分析・評価を踏まえた改善を行う工場デジタルツインの構築



図1．5．16　次世代の設計造船システム構想

【令和2年度】

海事産業界への人材育成として、大学における造船専門教育カリキュラムの減少や造船系大学卒の就業者が減少をしている現状を踏まえ、若手研究員及び若手技術者が船舶海洋工学の基礎知識を短期集中で取得することを目的とした「船舶海洋工学研修」を令和 2 年 9 月に実施した。

研修は海上技術安全研究所の所在する東京都三鷹市のほか、サテライト会場を全国 6 か所（横浜市、相生市、尾道市、今治市、佐伯市、長崎市）で、テレビ会議システムの利用により同時受講し、あわせて 62 名の外部の方が参加した。



図1．5．17　船舶海洋工学研修風景

研究所は、8 社共同による洋上風エネルギーを利用する帆の技術と、この風エネルギーで造った水素による安定エネルギー活用技術を組み合わせた究極のゼロエミッション事業を開始した。また、脱炭素社会・水素社会の実現に向けた一歩となる事を目指し、風力と水素を活用したゼロエミッション事業『ウインドハンタープロジェクト』第一回会合を開催した。これにより、帆走中に水中の発電タービンを用いて発電し、電気による水電解により生産した水素と、水素キャリア・燃料電池とを組み合わせ、弱風時の推進

力を補って船の定時運航を目指す活用や、水素キャリアで貯蔵した水素を陸上消費向けに供給する活用を検討し、GHG を一切排出させないゼロエミッション事業の実現に向けて始動した。

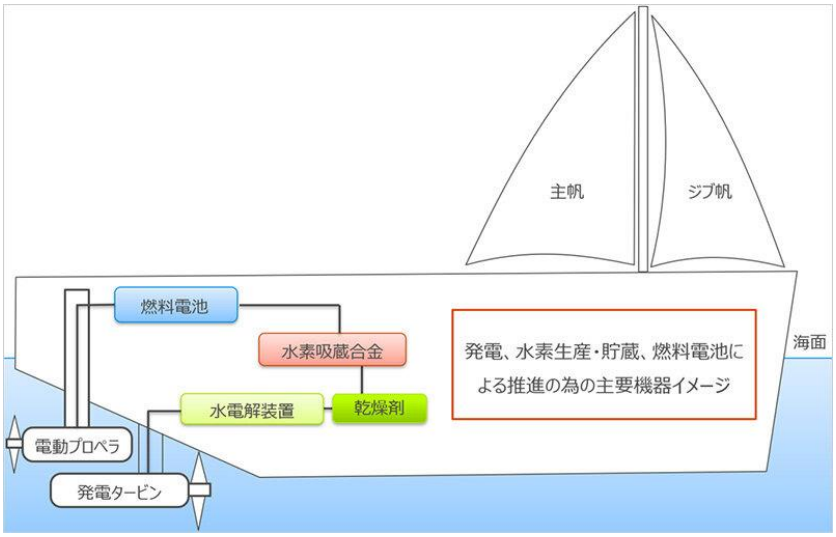


図1．5．18　ウインドハンタープロジェクトの概要

世界各国で地球温暖化への対策が求められるなか、二酸化炭素を吸収する新たな選択肢として沿岸域の藻場、浅場などの海洋植物によるブルーカーボン生態系が注目されている。

地球温暖化変動対策にブルーカーボンを利用するためには、公共事業、自治体、市民、企業の参画が必要であるが、日本では持続可能な利用を推進するための技術や投資効果を図る仕組みが課題となっていた。

そこで、海上・港湾・航空技術研究所、桑江朝比呂（港空研沿岸環境研究グループ長）及び笹川平和財団は、技術研究組合法に基づく日本初のブルーカーボンに関する技術研究組合として、令和 2 年 7 月に国土交通大臣の認可を受けて「ジャパンブルーエコノミー技術研究組合（JBE）」を設立した。JBE は、科学、技術、社会、経済の 4 つの方法論によるアプローチから、日本の沿岸域におけるブルーカーボン生態系の保全、沿岸域の気候変動対策を促進し、海洋植物によるブルーカーボンの定量的評価を可能とする技術開発及び資金メカニズムの導入等の試験研究を行う。

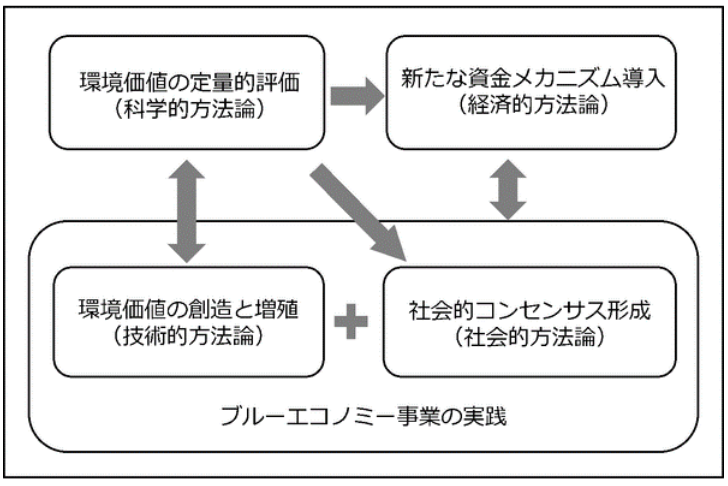


図1．5．19　ジャパンブルーエコノミー技術研究組合の研究体制

【令和3年度】

電子航法研究所では、平成 25 年頃より各種の航空管制情報処理システムに記録されたデータの選別、座標変換及び結合といった一連の特殊な加工を行うと共に、独自に開発を進めてきた航空管制用レーダーシステム（SSR モード S）を用いて、航空機から針路・姿勢・速度など時間とともに変化する航空機状態の情報を取得することで、我が国の管制圏内の出発から到着までの飛行の一連における航跡データを整備してきた。整備したデータは、平成 27 年より CARATS オープンデータとして国土交通省等を通じて公開され、研究機関、大学、民間企業等に広く提供されており、提供データを活用した多くの研究開発が喚起され、航空交通管理の分野における研究開発のコミュニティの大幅な拡大に貢献した。さらに、提供データを用いた研究開発の成果が航空行政の施策検討への活用や国際民間航空機関（ICAO: International Civil Aviation Organization）の関連文書への掲載等、我が国のプレゼンス向上や国際競争力の強化にも大きく寄与していることが認められ、日本航空宇宙学会より令和 3 年 4 月に第 30 回（令和 2 年度）日本航空宇宙学会 技術賞を受賞した。

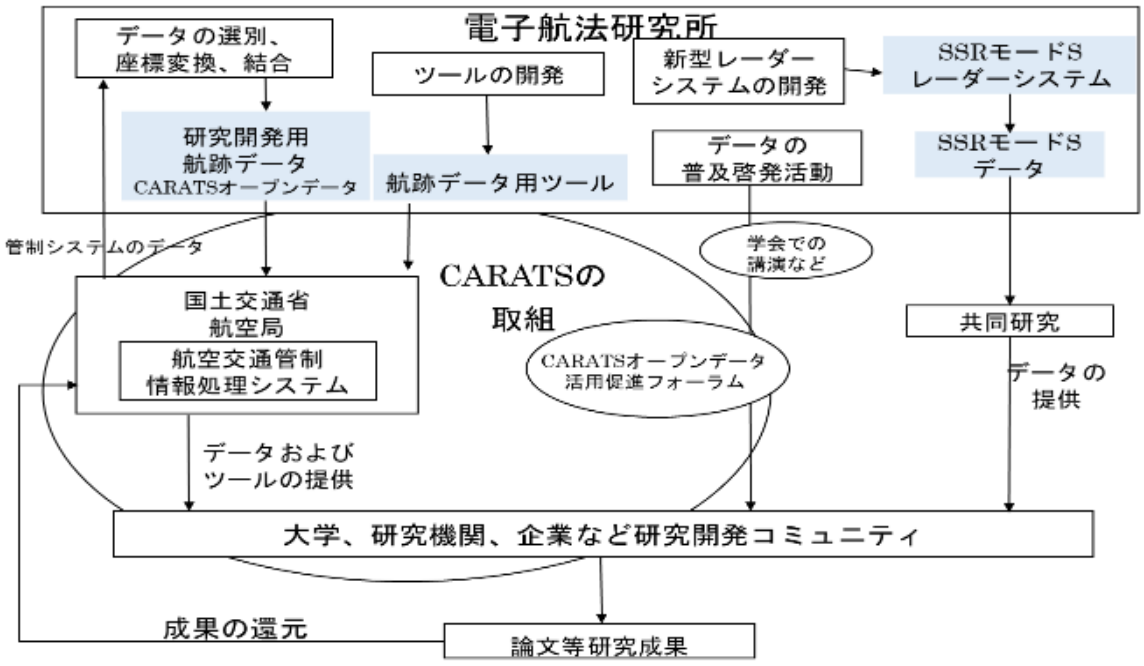


図1．5．20　CARATS オープンデータを活用した研究開発の概要



図1．5．21　日本航空宇宙学会 技術賞受賞の様子

（4）知的財産権の普及活用

【中長期目標】

（4）知的財産権の普及活用

知的財産権については、有用性、保有の必要性等を検討し、コストを意識した管理を行いつつ、産業界への普及、活用の促進に努めるとともに、技術のグローバル化に向けた国際特許の取得も視野に入れた戦略的な取組を推進する。

【中長期計画】

（4）知的財産権の普及活用

知的財産権については、有用性、保有の必要性等を検討し、コストを意識した管理を行いつつ、出資の活用も含めて普及活動に取り組み知的財産の活用促進を図る。また、技術のグローバル化に向けた国際特許の取得も視野に入れた戦略的な取組を推進する。

具体的には、特許権を保有する目的や申請にかかる費用等を十分に吟味する等、特許を含む知的財産全般についてのあり方を検討しつつ、適切な管理を行う。また、研究所のホームページの活用等により保有特許の利用促進を図る。

【年度計画】

（4）知的財産権の普及活用

知的財産権については、有用性、保有の必要性等を検討し、コストを意識した管理を行いつつ、普及活動に取り組み知的財産の活用促進を図る。また、技術のグローバル化に向けた国際特許の取得も視野に入れた戦略的な取組を推進する。

具体的には、特許権を保有する目的や申請にかかる費用等を十分に吟味する等、特許を含む知的財産全般についてのあり方を検討しつつ、適切な管理を行う。また、研究所のホームページの活用等により保有特許の利用促進を図る。

◆年度計画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～令和 3 年度における取組状況

特許出願等の取り組み

【平成28年度】

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。

また、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。

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。

【平成29年度】

特許の出願・取得については、褒賞金の支払い等による出願のインセンティブ付与や、ホームページでの特許情報の公表など、知的財産に関する取り組みを進め、全所的に特許出願のための環境整備に努めた。

一方で、特許申請に係る費用等について十分に吟味したうえで、知的財産管理活用委員会等において、事業性（特許が活用され、特許収入が期待できる）と特許性（新規性、発明の困難性などの特許が認められる一般的条件）を主な判断要素として出願等について審議し、事業等への活用可能性についても厳しく検討するなど、厳格な手続きを経て特許の出願等を行った。

この結果、平成 29 年度における特許の出願件数は 47 件であった。

また、平成 29 年度に活用された知的財産のうち、有償活用件数については、特許実施が 12 件、著作権（プログラム）の使用許諾に関する実施が 54 件であった。

収入については、特許料収入は 40 百万円、著作権収入は 35 百万円の収入があった。

【平成30年度】

特許の出願・取得については、褒賞金の支払い等による出願のインセンティブ付与や、ホームページでの特許情報の公表など、知的財産に関する取り組みを進め、全所的に特許出願のための環境整備に努めた。

一方で、特許申請に係る費用等について十分に吟味したうえで、知的財産管理活用委員会等において、事業性（特許が活用され、特許収入が期待できる）と特許性（新規性、発明の困難性などの特許が認められる一般的条件）を主な判断要素として出願等について審議し、事業等への活用可能性についても厳しく検討するなど、厳格な手続きを経て特許の出願等を行った。

この結果、平成 30 年度における特許の出願件数は 38 件であった。

また、平成 30 年度に活用された知的財産のうち、有償活用件数については、特許実施が 14 件、著作権（プログラム）の使用許諾に関する実施が 46 件であった。

収入については、特許料収入は 38 百万円、著作権収入は 41 百万円の収入があった。

【令和元年度】

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、令和元年度における特許の出願件数は 39 件であった。

また、令和元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 13 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。

収入については、特許料収入は 57 百万円、著作権収入は 50 百万円の収入があった。

【令和2年度】

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、令和2年度における特許の出願件数は 43 件であった。

また、令和2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 15 件、著作権（プログラム）の使用許諾に関する実施は 36 件であった。

収入については、特許料収入は 33 百万円、著作権収入は 56 百万円の収入があった。

【令和3年度】

令和 3 年度における特許の出願件数は 58 件であった。

また、令和 3 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 13 件、著作権（プログラム）の使用許諾に関する実施は 50 件であった。

収入については、特許料収入は 43 百万円、著作権収入は 24 百万円の収入があった。

特許の適切な管理・活用の取り組み

【平成28年度】

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。

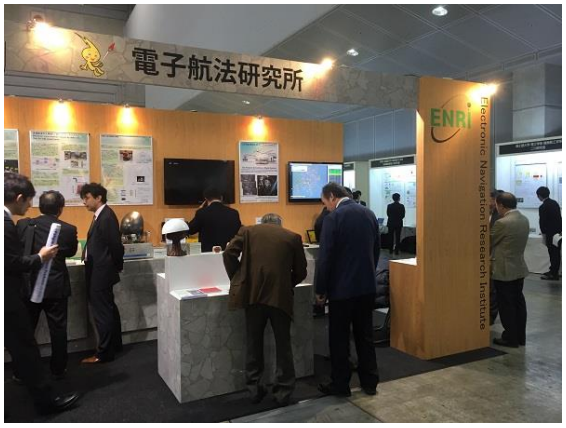


図1．5．22　電子航法研究所のマイクロウェーブ展の様子
（平成 28 年 11 月 30 日～12 月 2 日）

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、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た。

【平成29年度】

平成 29 年度より研究所全体の研修として、知財研修を実施した。本研修は、研究開発の初期段階から知財戦略を構築して計画的な出願を行い、強く役に立つ特許を創出し、円滑に知財サイクルを回して行くことを目的とした。

構成は2部構成とし、第1部は各研究所の知財に関する体制、意思決定、評価に関する紹介を行いつつ、第2部では「ビッグデータ・IoT&AI と特許」に関する内容で講義を行い、活発な質疑応答が行われた。また、研究者を対象にした特許検索研修として、研究計画立案時に検討する特許出願計画に必要な特許調査の必要性や調査方法についての講義及び既存特許の検索方法の実習からなる、より実践的な研修を実施した。

上記の研修を通じて、特許創出を意識した研究の実施について、更なる意識の向上を図った。

また、平成 29 年度は、研究発表会や出前講座などを利用した展示、広報活動を行った。

当研究所の研究開発分野に関連する専門的な企業等へ積極的にアピールすべく、研究成果を研究所研究発表会・講演会や、マイクロウェーブ展、IEEE CAMA の展示会などの外部の展示会等へ出展するとともに、研究所で取得している特許をホームページや独立行政法人工業所有権情報・研修館の開放特許情報データベースに公開するなど、当研究所の知財の普及に努めた。その結果、官庁及び民間から多数の問い合わせを受けた。更に、研究成果の製品化を目的とした共同研究・開発の枠組みを継続し、積極的な知財の普及に努めた。

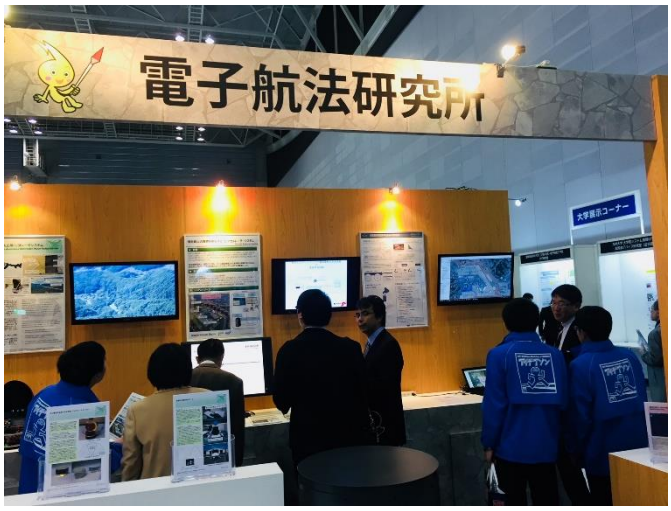


図1．5．23　電子航法研究所のマイクロウェーブ展の様子
（平成 29 年 11 月 29 日～12 月 1 日）

また、有償・無償を問わず、公開を実施あるいは想定している技術計算プログラムについては、紛争への備えとして著作物登録を進めており、平成 19 年度に「液状化による構造物被害予測プログラム(FLIP 改良版)」及び「高潮津波シミュレータ(STOC 改良版)」の登録を行った。

「液状化による構造物被害予測プログラム(FLIP 改良版)」は、平成 19 年度より販売を開始して平成 28 年 4 月から最新版「FLIP ROSE ver.7 シリーズ」が販売された。

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た。

【平成30年度】

平成 30 年度においては知財研修を2部構成で実施した。第1部は広く知財の基礎的事項の解説を行いつつ、各研究所における知的財産に関する基本戦略や取り組み状況、諸外国と日本の比較等を含め紹介を行った。第2部では、社会実装へ繋がる取り組みをテーマに、国内の他の研究機関や、うみそら研における社会実装への取り組みや、実海域実船性能評価プロジェクトにおける知財分析と戦略検討に関する取り組みなどについて紹介した。多くの参加者で活発な質疑応答が行われた。

本研修を通じて、特許創出を意識した研究の実施について、更なる意識の向上を図った。



図1．5．24　知財研修の受講状況

平成 30 年度は、研究発表会や出前講座などを利用した展示、広報活動を行った。

当研究所の研究開発分野に関連する専門的な企業等へ積極的にアピールすべく、研究成果を研究所研究発表会・講演会や、国際航法学会世界大会(IAIN2018)、IEEE　CAMA　の展示会などの外部の展示会等へ出展するとともに、研究所で取得している特許をホームページや独立行政法人工業所有権情報・研修館の開放特許情報データベースに公開するなど、当研究所の知財の普及に努めた。

その結果、官庁及び民間から多数の問い合わせを受けた。

特に、総務省が主導する官民合同で我が国の電波システムを紹介する国際展示会　Japan　Wireless EXPO　2018 において技術支援を行い、フーコック空港に新型 MLAT、ノイバイ空港に GBAS が導入される契機となった。

更に、研究成果の製品化を目的とした共同研究・開発の枠組みを継続し、積極的な知財の普及に努めた。



図1．5．25　国際航法学会世界大会(IAIN2018)における電子航法研究所展示ブースの様子
（平成 30 年 11 月 28 日～12 月 1 日）

また、有償・無償を問わず、公開を実施あるいは想定している技術計算プログラムについては、紛争への備えとして著作物登録を進めており、平成　19　年度に「液状化による構造物被害予測プログラム(FLIP 改良版)」及び「高潮津波シミュレータ(STOC 改良版)」の登録を行った。

「液状化による構造物被害予測プログラム(FLIP 改良版)」は、平成 19 年度より販売を開始して平成 28

年 4 月から最新版「FLIP ROSE ver.7 シリーズ」が販売された。

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、平成 30 年度は T-STOC 事務局の連絡先の変更を公表した。

【令和元年度】

令和元年度においては、知財研修を三鷹地区及び久里浜地区で 2 回に渡り実施した。

研修は 2 部構成であり、第1部は広く知財の基礎的事項の解説を行いつつ、各研究所における知的財産に関する基本戦略や取り組み状況、諸外国と日本の比較等を含め紹介を行った。第2部では、社会実装へ繋がる取り組みをテーマに、国内の他の研究機関や、うみそら研における社会実装への取り組みや、実海域実船性能評価プロジェクトにおける知財分析と戦略検討に関する取り組みなどについて紹介した。多くの参加者で活発な質疑応答が行われた。

上記の研修を通じて、特許創出を意識した研究の実施について、更なる意識の向上を図った。





図1．5．26 知財研修の受講状況

令和元年度は、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、研究成果を研究所の研究発表会・講演会や、マイクロウェーブ展 2019 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1．5．27　マイクロウェーブ展 2019 における電子航法研究所展示ブースの様子
（令和元年 11 月 27 日～11 月 29 日）

また、有償・無償を問わず、公開を実施あるいは想定している技術計算プログラムについては、紛争への備えとして著作物登録を進めており、平成 19 年度に「液状化による構造物被害予測プログラム(FLIP 改良版)」及び「高潮津波シミュレータ(STOC 改良版)」の登録を行った。

「液状化による構造物被害予測プログラム(FLIP 改良版)」は、平成 19 年度より販売を開始して平成 28 年 4 月から最新版「FLIP ROSE ver.7 シリーズ」が販売された。

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平成 28 年 7 月から引き続きホームページにおいて公開した。

【令和2年度】

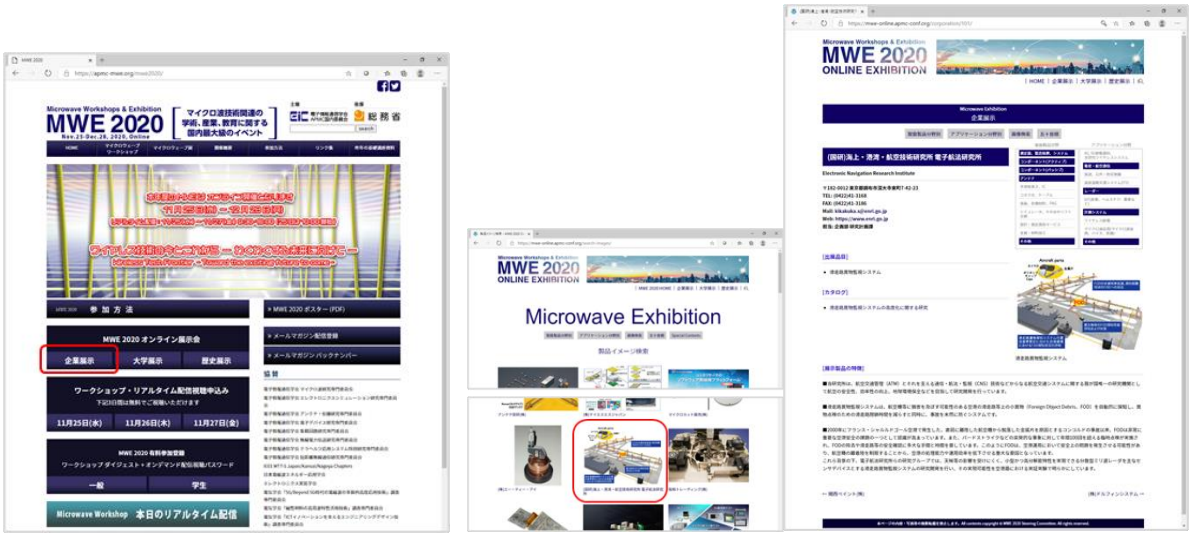
令和2年度の知財研修においては、WEB 会議システムを使用して実施した。

研修は 2 部構成であり、第1部は広く知財の基礎的事項の解説を行いつつ、各研究所における知的財産に関する基本戦略や取り組み状況、諸外国と日本の比較等を含め紹介を行った。第2部では、特許権の獲得方法として、特許庁に在籍した職員による審査基準や審査の実例検討を行い、多くの参加者による活発な質疑応答が行われた。

上記の研修を通じて、特許創出を意識した研究の実施について、更なる意識の向上を図った。

令和2年度は、コロナ禍のため、これまで対面で実施していた研究発表会や出前講座などがオンライン開催となったため、Web を利用した展示、広報活動を行った。

また、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、研究成果を研究所の研究発表会・講演会のほか、マイクロウェーブ展 2020 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。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。



（トップページ）　　（企業検索ページ）

図1．5．28　マイクロウェーブ展 2020 における電子航法研究所バーチャル展示の様子
（令和 2 年 11 月 25 日～12 月 28 日）

また、有償・無償を問わず、公開を実施あるいは想定している技術計算プログラムについては、紛争への備えとして著作物登録を進めており、平成 19 年度に「液状化による構造物被害予測プログラム(FLIP 改良版)」及び「高潮津波シミュレータ(STOC 改良版)」の登録を行った。

「液状化による構造物被害予測プログラム(FLIP 改良版)」は、平成 19 年度より販売を開始して平成 28 年 4 月から最新版「FLIP ROSE ver.7 シリーズ」が販売された。

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平成 28 年 7 月から引き続きホームページにおいて公開した。

研究所は、船舶の衝突安全性向上に関する特許で、公益社団法人発明協会より、「地方発明表彰（九州） 特許庁長官賞」を受賞した。また、当該発明に至る研究実施体制構築により、研究所が「実施功績賞」を受賞した。



図1．5．29　特許庁長官賞及び実施功労賞受賞の様

【令和3年度】

令和3年度における知財研修は、WEB 会議システムを使用して実施した。

研修は 2 部構成であり、第1部は「特許の現状と研究者も押さえておくべき特許実務」と題して、特許に関するより基礎的な内容の他、うみそら研の特許関連の取り組み状況、日本、国際的な特許状況などに重点を置き、研修を行った。第 2 部では、「技術者も押さえておくべき特許実務」と題して、特許事務所から講師を招き講演を行った。、多くの参加者による活発な質疑応答が行われた。

上記の研修を通じて、特許創出を意識した研究の実施について、更なる意識の向上を図った。

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、研究成果を研究所の研究発表会・講演会のほか、2 年ぶりに対面開催されたマイクロウェーブ展 2021 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。

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1．5．30　マイクロウェーブ展 2021 における電子航法研究所展示ブースの様子
（令和 3 年 11 月 24 日～11 月 26 日）

また、有償・無償を問わず、公開を実施あるいは想定している技術計算プログラムについては、紛争への備えとして著作物登録を進めており、平成 19 年度に「液状化による構造物被害予測プログラム(FLIP 改良版)」及び「高潮津波シミュレータ(STOC 改良版)」の登録を行った。「液状化による構造物被害予測プログラム(FLIP 改良版)」は、平成 19 年度より販売を開始して平成 28 年 4 月から最新版「FLIP ROSE ver.7 シリーズ」が販売されている。また、「高潮津波シミュレータ(STOC 改良版)」は研究所が単独で開発したものであるが、公益に資するため、津波に関する部分を「津波シミュレータ T-STOC」としてソースプログラム及び入出力データを平成 28 年 7 月から引き続きホームページにおいて公開した。

（5）情報発信や広報の充実

【中長期目標】

（5）情報発信や広報の充実

研究発表会、講演会、広報誌やパンフレット等の発行、研究所の一般公開や施設見学の実施、ホームページ掲載等の多様なツールを活用し、研究開発成果の迅速な社会還元や共同研究の促進のための行政等に向けた情報発信や、研究活動の理解促進のための一般国民に向けた広報を積極的に行う。

【中長期計画】

（5）情報発信や広報の充実

研究発表会、講演会、出前講座、研究所報告等の発行等により、研究業務を通じて得られた技術情報や研究開発の実施過程に関する様々な情報を、主に行政等の利活用が想定される対象に向けて積極的に発信し、研究成果の普及、活用に努める。

また、研究成果を分かりやすく説明・紹介する広報誌やパンフレット等の発行、研究所の一般公開、施設見学の実施、ホームページ掲載等の多様なツールを通じた広報周知活動を、主に一般国民に向けて効率的かつ積極的に行い、研究所の取組に対する理解の促進に努めるとともに、科学技術の普及啓発及び人材育成の促進に寄与する。

【年度計画】

（5）情報発信や広報の充実

研究発表会、講演会、出前講座、研究所報告等の発行等により、研究業務を通じて得られた技術情報や研究開発の実施過程に関する様々な情報を、主に行政等の利活用が想定される対象に向けて積極的に発信し、研究成果の普及、活用に努める。

また、研究成果を分かりやすく説明・紹介する広報誌やパンフレット等の発行、研究所の一般公開、施設見学の実施、ホームページ掲載等の多様なツールを通じた広報周知活動を、主に一般国民に向けて効率的かつ積極的に行い、研究所の取組に対する理解の促進に努めるとともに、科学技術の普及啓発及び人材育成の促進に寄与する。本年度期間中に研究発表会を9回以上、一般公開及び公開実験を8回以上実施する。

◆年度計画における目標設定の考え方

中長期計画を踏まえ、研究成果の幅広い普及を図り、研究所の取組に対する理解の促進に努めるとともに、科学技術の普及啓発及び人材育成の促進に寄与するため、最新の研究を説明・紹介する発表会や講演会の開催、研究所の施設の一般公開等を計画するとともに、広報紙の発行やホームページの内容の充実を図ることとした。

◆平成 28 年度～令和 3 年度における取組状況

情報発信

【平成28年度】

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 周年を迎えたことを記念して平成 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1．5．31　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）

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た。

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 名の聴講があった。



図1．5．32　港湾空港技術地域特別講演会の様子
（平成 28 年 11 月）

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1．5．33　電子航法に関する講演会の様子
（平成 28 年 11 月）

その他、海上技術安全研究所研究発表会、港湾空港技術講演会、港湾空港研究シンポジウム等により、研究所の活動や成果を社会に向けて広く発信し、その普及を進めた。

【平成29年度】

平成 29 年 7 月 20 日、東京都千代田区のJA共済ビルにおいて、第 17 回研究発表会を開催し、研究所に対する社会的要請や統合後の研究所の取組や新形式船舶動力と船舶由来の環境影響物質の評価、実海域性能評価と次世代 CFD、構造安全性評価、海上航行安全、海洋再生エネルギーと海洋開発支援などの研究の成果を紹介した。

また、来場者との双方向、対話型の展示プログラムとして、最新の研究を紹介するポスターセッションを開催した。研究発表会には、255 名の聴講者があった。



図1．5．34　海上技術安全研究所発表会の様子
（平成 29 年 7 月）

港湾空港技術地域特別講演会は、研究所が実施している港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究活動や成果についての情報を幅広く提供するとともに、研究ニーズなど、各地域における情報を収集することを目的として、国土技術政策総合研究所及び地方整備局等との共催で開催した。

平成 29 年度は、全国 6 地域において開催し（北海道 11 月 21 日、宮城県 11 月 10 日、神奈川県 12 月 11 日、福岡県 11 月 21 日、沖縄県 8 月 3 日）、640 名の聴講があった。



図1．5．35　港湾空港技術地域特別講演会の様子
（平成 29 年 12 月）

平成 29 年 6 月 8 日から 9 日にかけて、研究所内の講堂において航空交通管理に関する研究(4 テーマ)、航法システムに関する研究(4 テーマ)、監視通信システムに関する研究(6 テーマ)について発表を行った。当日は、公募型研究の成果発表として外部の大学から 1 件の発表及び 1 件のポスター展示を行った。

また、7 月に電子航法研究所設立 50 周年を迎えるにあたり、「50 周年特別記念講演」を行った。2 日間で延べ 432 名の来場があった。



図1．5．36　電子航法に関する研究発表会の様子
（平成 29 年 6 月）

その他、海上技術安全研究所講演会、港湾空港技術講演会、港湾空港研究シンポジウム等により、研究所の活動や成果を社会に向けて広く発信し、その普及を進めた。

【平成30年度】

平成 30 年 10 月 6 日、愛媛県今治市みなと交流センターにおいて今治市及び今治地域造船技術センターよりご協力を得て今治地域造船技術講演会を開催し、主に若手の技術者を中心に最新の技術動向を学んでいただくことを目的に、研究者による IoT（インターネット・オブ・シングス）および AR(拡張現実) 等の先端技術を導入した造船所の未来像などについての講演を行った。講演会には、造船所や舶用メーカーの入社数年程度の若手社員や造船教育機関の学生などを

対象に、85 名の聴講者があった。



図1．5．37　今治地域造船技術講演会の様子（平成 30 年 10 月）

研究所が実施している港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する調査、研究及び技術開発の成果を公表し、その普及に努めることを目的に、平成 30 年 10 月 9 日に東京都の日比谷コンベンションホールにおいて、国土技術政策総合研究所と協力して港湾空港技術講演会を開催した。講演会は、当研究所から 3 研究領域、国土技術政策総合研究所から 2 研究部がそれぞれ研究の課題と展望について報告した。また、早稲田大学の清宮理名誉教授から「港湾における洋上風力発電施設の技術の現況」と題する特別講演があった。講演会には 174 の聴講者があった。

平成 30 年 5 月 31 日から 6 月 1 日にかけて、研究所内の講堂において航空交通管理に関する研究（5 テーマ）、航法システムに関する研究（5 テーマ）、監視通信システムに関する研究（8 テーマ）について発表を行った。今回は、公募型研究の成果発表として外部の大学から 3 件のポスター展示が行われた。また、うみそら研の分野横断的な研究について、海技研・港空研から発表を行った。2 日間で延べ 401 名の来場者を得た。

【令和元年度】

令和元年度は、今中期計画の中間に当たり、大和理事長（当時）が 4 年の任期を終えることから、中長期計画の前 4 年間の海上・港湾・航空技術研究所の活動の成果を取りまとめ公表するため、令和元年 12 月 10 日に都内 JA 共済ビル カンファレンスホールにおいて成果報告会を開催し、統合後の研究所としてのこれまでの歩みと成果、今後の展望等について報告した。

本報告では、3 研究所統合による海上・港湾・航空技術研究所発足後、「世界的な研究成果でイノベーションを駆動する研究所」という共通認識化の徹底といった方針の概要、国の総合的な施策への対応、新しい研究課題への総合的な取り組み、組織及び業務運営、外部研究開発能力・資源の活用についてその活動内容が示されたほか、3 研究所の所長から、各研究所の活動報告と今後の展望について示された。また、「うみそら研の今後」と題して研究所のポテンシャルの維持向上、統合後の変化、成長及び成果、うみそら研が今後目指す姿や展開の方向性についてパネルディスカッションを実施し、質疑応答を行った。

【令和2年度】

令和 2 年 7 月 28 日から 29 日にかけて、「第 20 回海上技術安全研究所 研究発表会」を研究所初となるウェビナー形式で開催した。

研究発表会では、海上技術安全研究所が取り組む4つのプロジェクト研究をメインに海技研が進めて来た要素技術研究の成果を 7 セッション 17 講演のライブ配信を行い、造船・海運・舶用工業などの業界及び行政機関・大学・金融機関などから2日間で延べ 537 名の参加があった。




図1．5．38 海上技術安全研究所発表会の様子
（令和 2 年 7 月）

令和 2 年 12 月 10 日、新型コロナウイルス対応として、第 20 回講演会をオンラインで開催し、第 1 部を基調講演と外部講演、第 2 部を研究講演とする構成とし、「2025 年自動運航船の実現に向けて～事故の起こらない、安全な船を目指して～」をテーマに、昨今、急速に開発が進展している「自動運航船」について講演を行い、講演会には 380 名の聴講者があった。




図1．5．39 海上技術安全研究所講演会の様子
（令和 2 年 12 月）

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、令和3年1月 20 日に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新型コロナウイルス対策のためリモート開催した。

講演会は、大阪大学の矢吹教授（港空研客員研究官）によるインフラ DX に関する特別講演のほか当研究所から 3 研究領域、国土技術政策総合研究所から1研究部がそれぞれ研究の課題と展望について報告した。講演会には 157 回線の聴講者があった。




図1．5．40　港湾空港技術講演会の様子

（令和３年１月）

港湾空港技術地域特別講演会は、研究所が実施している港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究活動や成果についての情報を幅広く提供するとともに、研究ニーズなど、各地域における情報を収集することを目的として、国土技術政策総合研究所及び地方整備局等との共催で開催した。

令和２年度は、新型コロナウイルス対策のため、全国 5 地域において、少人数の会場開催又はリモート開催とし（仙台 11 月 20 日 61 名、横浜 12 月３日 57 名、沖縄 12 月４日 105 名、福岡 12 月 21 日 90 名、広島 1 月 14 日 80 名）、393 名の聴講があった。

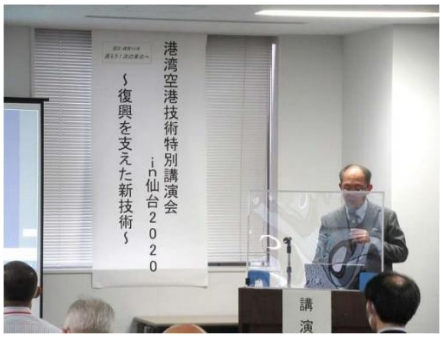




図1．5．41　港湾空港技術地域特別講演会の様子

（左・仙台、右・横浜）

令和２年９月 30 日から 10 月１日にかけて、新型コロナウイルス対応として、第 20 回研究発表会をオンラインで開催し、国際標準化活動への取り組み（電子航法分野、海事分野）、航法システムに関する研究（3 テーマ）、監視通信システムに関する研究（3 テーマ）、航空交通管理に関する研究（2 テーマ）について発表を行った。

当日は、海技研の国際標準化活動への取り組みとして海技研からも発表が行われ、2 日間で延べ 371 名の聴講があった。

【令和3年度】

令和3年12月6日に洋上風力発電に関するうみそら研発表会（ウェビナー方式）を開催した。各研発表5件、研究監発表2件、参加者約340名と成功裏に終了した。



図1．5．42　洋上風力発電に関するうみそら研発表会での栗山理事長挨拶

令和 3 年 7 月 29 日から 30 日にかけて、「第 21 回海上技術安全研究所　研究発表会」をウェビナー形式で開催した。研究発表会では、海上技術安全研究所が取り組む 4 つの重点分野ごとにセッションを設け、社会実装を目指す 14 のテーマについて成果の発表を行いました。本研究発表会は、ライブ配信を行い、造船・海運・舶用工業などの業界及び行政機関・大学・金融機関などから 2 日間で延べ 652 名の参加があった。



図1．5．43　海上技術安全研究所発表会の様子（令和 3 年 7 月）

令和 3 年 12 月 16 日、新型コロナウイルス対応として、第 21 回講演会をオンラインで開催し、IMO の GHG 削減戦略や内航海運に関する地球温暖化対策計画において、外航船・内航船ともに高い GHG 削減目標が掲げられ、将来のカーボンニュートラル化が求められる中、実現のために、多くの技術的・社会的なハードルを乗り越えるため、「カーボンニュートラルの実現に向けた海事産業のグリーン戦略」というテーマで講演会を開催しました。講演会には 438 名の聴講者があった。



図1．5．44　海上技術安全研究所講演会の様子（令和 3 年 12 月）

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、令和 4 年 1 月 31 日に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新型コロナウイルス対策のためリモート開催した。講演会は、みずほリサーチ＆テクノロジーズ（株）の羽島氏、遠藤氏によるカーボンニュートラルを巡る最新動向に関する特別講演のほか当研究所から 3 研究領域、国土技術政策総合研究所から1研究部がそれぞれ研究の課題と展望について報告した。講演会には 286 回線の聴講者があった。



図1．5．45　港湾空港技術講演会の様子（令和 4 年 1 月）

港湾空港技術地域特別講演会は、研究所が実施している港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究活動や成果についての情報を幅広く提供するとともに、研究ニーズなど、各地域における情報を収集することを目的として、国土技術政策総合研究所及び地方整備局等との共催で開催している。令和 3 年度は、新型コロナウイルス対策のため、全国 4 地域においてリモート開催とし（近畿 11 月 17 日、関東 11 月 22 日、沖縄 12 月3日、中部1月 14 日）、557 回線の聴講があった。



図1．5．46　港湾空港技術地域特別講演会の様子

令和 3 年 6 月 9 日から 10 日にかけて、第 21 回研究発表会をオンラインで開催し、環境をテーマとした企画講演を2件（電子航法分野、海事分野）、航法システムに関する研究（2テーマ）、監視通信システムに関する研究（2テーマ）、航空交通管理に関する研究（2 テーマ）について発表を行った。2 日間で延べ 553 名の聴講があった。



図1．5．47　電子航法研究所発表会の様子

そのほか、バリシップ 2021 オンラインセミナー、電子航法研究所講演会等により、研究所の活動や成果を社会に向けて広く発信し、その普及を進めた。

広報の充実

【平成28年度】

目標の 9 回を大きく上回る 14 回の発表会を実施した。

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 名を記録した。



図1．5．48　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1．5．49　港湾空港技術研究所の一般公開の様子

（平成 28 年 7 月）

【平成29年度】

平成 29 年度においては、「自律船に向けた取り組み」（東京海洋大学）、「ハイブリッド滑走路異物検出システム、地上型衛星航法補強システム(GBAS)、静止衛星型衛星航法補強システム(SBAS)」（大阪航空局鹿児島空港事務所）など、11 件の出前講座を実施した。

特別教育活動及びキャリア研修の協力の観点から、近隣の三鷹市の小中学生 15 名の社会科体験学習を積極的に受け入れた。

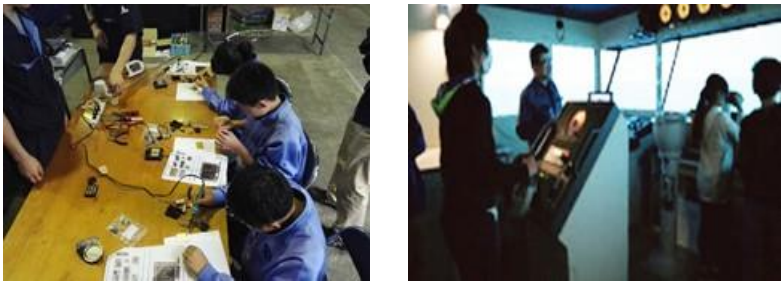


図1．5．50　三鷹市小中学生による体験学習等の様子

（平成 29 年 6 月、平成 30 年 2 月）

教育・研究機関の地域への開放と、地域社会における知的ニーズを融合し、民学産公の協働による新しい形の「地域の大学」を目指し設置された三鷹ネットワーク大学の市民向け講座に講師として、海上技術安全研究所研究員を派遣した。講座「波で絵を描く～未来の船を造る水槽実験～」では、高精度な水槽についてビデオ映像を交えながら解説し、講座「船を造る～造船研究に挑んで50年～」では、造船にまつわる基本的な事柄を研究員の経験を交えながら分かりやすく解説し、地域貢献と研究活動の理

解促進に寄与した。



図1．5．51　三鷹ネットワーク大学の講座概要
（平成 30 年 3 月　三鷹ネットワーク大学 HP より）

文部科学省において、先進的な理数系教育を実施する高等学校等を「スーパーサイエンスハイスクール（SSH）」として指定のうえ支援する事業を実施しており、神奈川県立横須賀高等学校の生徒を対象として、平成 29 年 10 月に港湾空港技術研究所に来所した同校の教員と生徒 22 名に対し、研究内容の説明や研究所の施設見学等を実施し、生徒の理数への関心の向上を図った。

また、宮城県仙台第一高等学校の生徒の課題研究において、東日本大震災で石巻中心部を襲った津波を模型により再現し、対策案を考える試みを進めていたため、平成 29 年 7 月に港湾空港技術研究所に来所した同校の生徒 6 名に対し、生徒が作成した模型に対する助言や津波の再現実験を通じた解説を行い、生徒の理解の促進に努めた。

【平成30年度】

小学 1 年生から 6 年生の児童とその保護者を対象に、横浜・八景島シーパラダイスが開催する海の環境教育をテーマとした「2018 年度シーパラこども海育塾」の事業に協力した。

平成 30 年 7 月に 2 グループ（44 名）を受け入れ、港湾空港技術研究所の実験施設及び会議室において見学体験およびレクチャーを実施した。



図1．5．52　シーパラこども海育塾参加者の集合写真

（平成 30 年 7 月）

特別教育活動及びキャリア研修の協力の観点から、学生の社会科体験学習を受け入れるなど、積極的に取り組んだ。

平成 30 年度は、近隣の三鷹市の小学生 4 名を対象に施設見学・体験学習を行った。



図1．5．53　三鷹市小学生による体験学習等の様子

（平成 30 年 3 月）

教育・研究機関の地域への開放と、地域社会における知的ニーズを融合し、民学産公の協働による新しい形の「地域の大学」を目指し設置された三鷹ネットワーク大学の市民向け講座に海上技術安全研究所研究官を派遣した。

平成 31 年 1 月～2 月にかけて、天文・科学情報スペース（東京都三鷹市）で開催した市民向け共催企画展の一環として、平成 31 年 2 月に特別セミナー「三鷹でやってます！船と海の研究　海上技術安全研究所の紹介」では、波が空と海の境界であることや波の起こるメカニズムは足し算であることを分かり易く解説し、平成 31 年 3 月に講座「環境に優しい船のエンジン」では、環境や経済性に大きく影響する船のエンジンで使用する燃料の問題船を解り易く解説し、地域貢献と研究活動の理解促進に寄与した。



図1．5．54　三鷹ネットワーク大学の講座風景及び共催企画展の様子

（平成 31 年 2 月）

文部科学省において、先進的な理数系教育を実施する高等学校等を「スーパーサイエンスハイスクール（SSH）」として指定のうえ支援する事業を実施しており、神奈川県立横須賀高等学校の生徒を対象として、平成 30 年 5 月に港湾空港技術研究所に来所した同校の教員と生徒に対し、研究課題作成に係る指導や研究所の施設見学等を実施し、生徒の研究所等の関心の向上を図った。



図1．5．55　横須賀高等学校のスーパーサイエンスハイスクール
（平成 30 年 5 月）

我が国の最前線にある技術者による国内外の技術動向から今後普及が見込まれる技術についての知識とその実際の運用方法について、港湾空港技術研究所が進めている最新の水中機器類の研究開発状況とあわせて、講演と実際の機器の操作体験を通じた学習をすることを目的として、平成 30 年 11 月に土木学会建設用ロボット委員会と共同でROV等水中機器類技術講習会を開催した。

平塚新港において、日本海洋株式会社及び株式会社東陽テクニカから「音響モデム及び音響カメラ等の体験講習」、広和株式会社及び株式会社キュー・アイから「ROV 体験講習」を行い、平塚商工会議所会館において、当研究所から「桟橋点検用ROVの運用」と題する講義を行った。

また、東京大学の浅田昭教授から「水中音響機器の動向」、東京大学の川口勝義教授から「我が国と海外の ROV・AUV の動向」の他、若築建設(株)、東亜建設工業(株)、(株)東陽テクニカ、日本海洋(株)、五洋建設(株)、広和(株)及び(株)キュー・アイから講義を行った。

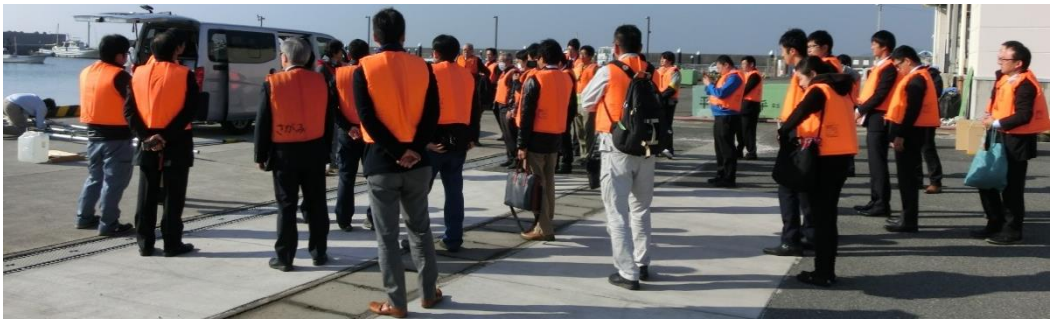


図1．5．56　平塚新港での体験講習
（平成 30 年 11 月）

国土交通省の航空普及活動として毎年実施される「空の日」の記念事業について、空の日仙台空港祭 2018 に参加し、電子航法研究所紹介マンガの配布や、電子航法研究所研究紹介パネルの展示を実施して一般の方々に向けて効率的に情報発信を行った。



図1．5．57　空の日イベントの様子

（平成 30 年 10 月）

岩沼分室では、岩沼市教育委員会から参加依頼を受け、平成 30 年 10 月 13 日に理科大好きフェスティバル 2018 にブース出展を行った。

参加した子供達に対して、電子航法研究所を紹介するクイズ大会を開催するとともに、研究パネルの展示や電子航法研究所紹介マンガの配布を通じて科学技術の啓発と人材育成の促進に寄与した。



図1．5．58　理科大好きフェスティバル 2018 の様子

（平成 30 年 10 月）

【令和元年度】

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。

令和元年度は、近隣の三鷹市の中学生 4 名を対象に施設見学・体験学習を行った。




図1．5．59　三鷹市中学生による体験学習等の様子
（令和元年 6 月）

教育・研究機関の地域への開放と、地域社会における知的ニーズを融合し、民学産公の協働による新しい形の「地域の大学」を目指し設置された三鷹ネットワーク大学の市民向け講座に講師として、海上技術安全研究所の研究官を派遣した。

令和元年度は、8 月 20 日に科学者を志す小中学生を対象とした「みたかサマーラボ」に研究者を派遣し、地域貢献と研究活動の理解促進に寄与した。



図1．5．60　みたかサマーラボの様子
（令和元年 8 月）

文部科学省において、先進的な理数系教育を実施する高等学校等を「スーパーサイエンスハイスクール（SSH）」として指定のうえ支援する事業を実施しており、神奈川県立横須賀高等学校の生徒を対象として、令和元年 5 月に港湾空港技術研究所に来所した同校の教員と生徒に対し、研究課題作成に係る指導や研究所の施設見学等を実施し、生徒の研究所等の関心の向上を図った。



図1．5．61　横須賀高等学校のスーパーサイエンスハイスクール
（令和元年 5 月）

我が国の最前線にある技術者による国内外の技術動向から今後普及が見込まれる技術についての知識とその実際の運用方法について、港湾空港技術研究所が進めている最新の水中機器類の研究開発状況とあわせて、講演と実際の機器の操作体験を通じた学習をすることを目的として、令和元年 12 月に土木学会建設用ロボット委員会と共同でROV等水中機器類技術講習会を開催した。

平塚新港において、日本海洋株式会社及び株式会社東陽テクニカから「ソナー類の体験講習」、広和株式会社及び株式会社キュー・アイから「小型 ROV の体験講習」を行い、平塚商工会議所会館において、当研究所から「水中施工への音響プロファイラの適用試験」及び「桟橋上部工点検用 ROV の開発」と題する講義を行った。

また、東京大学の横田裕輔講師から「海洋音響工学関連の最新の研究動向」、東京大学の巻俊宏教授から「海中ロボット関連の最新の研究動向」、東京大学の松田 匠未氏から「海中ロボットの活用「AUVのドッキングシステム」」の他、五洋建設(株)、(株)東陽テクニカ、日本海洋(株)、(株)キュー・アイ及び東洋建設工業(株)から講義を行った。



図1．5．62　平塚新港での体験講習
（令和元年 12 月）

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、令和元年 10 月 6 日に開催された空の日仙台空港祭 2019 に参加し、電子航法研究所紹介マンガの配布や、電子航法研究所研究紹介パネルの展示を実施して一般の方々に向けて効率的に情報発信を行った。



図1．5．63　空の日イベントの様子
（令和元年 10 月）

バリシップ 2019、海洋都市横浜うみ博 2019 などの展示会に参加し、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。

【令和2年度】

海上・港湾・航空技術研究所のパンフレットを作成し、関係者に配付することで、研究所の体制や役割について積極的な周知に努めた。

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。

令和2年度においては、第 39 号（令和2年 4 月）で「増加する既存施設の改良事案その課題と展望とは？」、第 40 号（令和2年 7 月）で「港湾・空港施設の維持管理サステナブルな社会への貢献を目指して」、第 41 号（令和2年 10 月）で「目指すは国際競争力確保！港湾・空港の機能強化に役立つ新技術の研究開発を」、第 42 号（令和3年 1 月）で「海底の砂や泥の動きを把握し沿岸域の地形変化の予測・管理に挑む」について特集した。

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

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、2020（令和2）年度分の活動内容を簡潔にとりまとめた「年次報告 2020」（日本語版）並びに「PARI Annual Report 2020」（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発行し、ホームページで公開した。

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、施設見学を実施した。

施設見学については単なる施設の紹介にとどまらず、施設に関連した研究を紹介することを通して、研究所の活動内容や研究者の社会的位置付けを広く理解してもらう絶好の機会と捉え、極力、希望者を受け入れるよう努めた。

また、見学者からの質問には、分かり易い解説、説明で答えるなど見学者の理解を深めるように心がけた。

新型コロナウイルス感染拡大の影響から、令和2年度における一般公開を除く施設見学者は、17 件（86 名）であった。

令和2年度においては、海上・港湾・航空技術研究所のホームページを更新して、組織紹介、取り組み、各種計画や規程等、公開情報の充実を図った。各研究所においても、研究組織、研究成果、研究施設、セミナー・シンポジウム等の開催、各研究所のイベントやニュース、特許情報等の様々な情報を引き続きリアルタイムに提供し、効率的かつ効果的な情報発信を推進した。

電子航法研究所紹介マンガ「知れば知るほどおもしろナットク！電子航法研究所ってこういうトコロ」の日本語版をうみそら研バーチャル一般公開キッズコーナーに掲載した。



図1．5．64　電子航法研究所紹介マンガ

例年 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ているが、令和 2 年度については、新型コロナウイルス感染拡大防止及び安全に参加していただく環境の確保が困難なことから中止した。

令和 2 年度については、新型コロナウイルス感染対応のため、研究所施設の通常の一般公開を中止したことにより、研究所について学ぶ機会を失ったことの代わりも兼ねて、ホームページにバーチャル一般公開のページを新設した。



図1．5．65　バーチャル一般公開のホームページ

港湾空港技術研究所では、地域の中学校等からの校外学習の受け入れも行っており、令和 2 年 11 月には、藤沢市立長後中学校の生徒に対して沿岸環境に関する講義や地震や津波を想定した模型実験等の見学を行うなど災害研究への理解増進を図った。

また、特に、文部科学省における先進的な理数系教育を実施する高等学校等を「スーパーサイエンスハイスクール（SSH）」を支援する事業として神奈川県立横須賀高等学校の生徒を対象とした学習プログラムも例年実施しており、令和2年 10 月に港湾空港技術研究所に来所した同校の教員と生徒に対し、研究課題作成に係る指導や研究所の施設見学等を実施し、生徒の研究所等の関心の向上を図った。



図1．5．66　横須賀高等学校のスーパーサイエンスハイスクール
（令和2年 10 月）

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。

令和2年度のテレビ放映については、各種水槽、大型水路を用いた実験等を紹介した番組が放映された。また、研究所の諸活動について新聞や専門紙などに 233 回の記事掲載があった。

我が国の最前線にある技術者による国内外の技術動向から今後普及が見込まれる技術についての知識とその実際の運用方法について、港湾空港技術研究所が進めている最新の水中機器類の研究開発状況とあわせて、講演と実際の機器の操作体験を通じた学習をすることを目的として、平成 24 年度からROV等水中機器類技術講習会を開催している。

令和2年度は、新型コロナウイルス感染拡大防止のため、e-leaning 形式にて令和 3 年 2 月から 3 月にかけて土木学会建設用ロボット委員会と共同で開催した。

講習会へは、54 名の参加者があった。研究所から「水中バックホウ遠隔操作システムの開発」及び「BIM/CIM と ICT 施工と音響技術」と題する講義を行った。

【令和3年度】

海上・港湾・航空技術研究所のパンフレットを作成し、関係者に配付することで、研究所の体制や役割について積極的な周知に努めた。

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。令和 3 年度においては、第 43 号（令和3年 4 月）で「高潮・高波災害から安全を守る想定外の海象条件に備え港湾や海岸の耐波構造物をフォローする研究を」、第 44 号（令和3年 7 月）で「2050 年カーボンニュートラル実現のカギは、ブルーカーボンにあり」、第 45 号（令和3年 10 月）で「桟橋の耐震設計の高度化を目指して」、第 46 号（令和4年 1 月）で「東日本大震災から 10 年、津波の研究が遂げた進歩と今後目指すべき方向とは?」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。

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、2021（令和3）年度分の活動内容を簡潔にとりまとめた「年次報告 2021」（日本語版）並びに「PARI Annual Report 2021」（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発行し、ホームページで公開した。

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、施設見学を実施した。施設見学については単なる施設の紹介にとどまらず、施設に関連した研究を紹介することを通して、研究所の活動内容や研究者の社会的位置付けを広く理解してもらう絶好の機会と捉え、極力、希望者を受け入れるよう努めた。また、見学者からの質問には、分かり易い解説、説明で答えるなど見学者の理解を深めるように心がけた。件数については、新型コロナウイルス感染拡大の影響から、令和 3 年度における一般公開を除く施設見学者は、20 件（287 名）であった。

令和 3 年度においては、海上・港湾・航空技術研究所のホームページを更新して、組織紹介、取り組み、各種計画や規程等、公開情報の充実を図った。各研究所においても、研究組織、研究成果、研究施設、セミナー・シンポジウム等の開催、各研究所のイベントやニュース、特許情報等の様々な情報を引き続きリアルタイムに提供し、効率的かつ効果的な情報発信を推進した。

研究所内の図書館に所蔵している歴史的または学術研究用の重要で貴重な資料について、広く一般の方にも活用してもらえるように、各種規程類及び一般利用者の研究所内への入退所の手続き等の各

種規程類を整備し、図書館の一般開放を引き続き実施した。なお、当該図書館は公文書等の管理に関する法律に基づく歴史資料等保有施設として内閣総理大臣より指定されている。




図1．5．67　うみそら研図書館の外観

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。令和 3 年度のテレビ放映については、各種水槽、大型水路を用いた実験等を紹介した番組が放映された。また、研究所の諸活動について新聞や専門紙などに 239 回の記事掲載があった。

6. 戦略的な国際活動の推進

【中長期目標】

6. 戦略的な国際活動の推進

研究所は、上記1. ～4. における研究開発成果を活用し、国際基準・国際標準策定への積極的な参画や海外機関との連携を通じて我が国の技術及びシステムの国際的な普及を図る等の戦略的な国際活動を推進するため、次の事項に取り組む。

【重要度:高】 研究所による研究開発の成果を活用して戦略的に国際活動を推進することは、国土交通省の政策目標実現に不可欠であるため。

【中長期計画】

6. 戦略的な国際活動の推進

(1)国際基準化、国際標準化への貢献

【中長期目標】

(1)国際基準化、国際標準化への貢献

世界的な交通の発展及び我が国の国際競争力の強化に貢献するため、国際海事機関(IMO)や国際民間航空機関(ICAO)、国際標準化機関(ISO)等における我が国提案の国際基準・国際標準化を視野に入れた、戦略的な取組を進める。具体的には、国土交通省に対する技術的バックグラウンドの提供等の我が国提案の作成に必要な技術的支援や、国際会議の参加等を行うことにより、我が国提案の実現に貢献する。

【中長期計画】

(1)国際基準化、国際標準化への貢献

研究成果の国際基準・国際標準化を目指して研究計画を企画立案するとともに、国際的な技術開発動向を踏まえつつ研究を実施することで、IMO、国際民間航空機関(ICAO)、国際標準化機構(ISO)等への国際基準案等の我が国の提案作成に積極的に関与する。

また、我が国の提案実現のため、国際会議の審議に参画し、技術的なサポートを実施するとともに、会議の運営にも積極的に関与する。

加えて、主要国関係者に我が国提案への理解醸成を図るため、戦略的な活動を行う。また、我が国が不利益を被ることがないよう、我が国への影響及び適合性について技術的な検討を行うなど、他国の提案についても必要な対応を行う。

◆平成 28 年度～令和 3 年度における取組状況

☆研究成果の国際基準・国際標準化

安全、円滑かつ効率的な交通の実現には国際基準・国際標準化作業が不可欠である。当研究所では国際海事機関（IMO: International Maritime Organization），国際民間航空機間（ICAO: International Civil Aviation Organization），国際標準化機構（ISO: International Organization for Standardization），国際電気標準会議（IEC: International Electrotechnical Commission），国際原子力機関（IAEA: Interational Atomic Energy Agency），国際航路協会（PIANC:The Permanent International Association of Navigation Congresses）をはじめとする国際基準化、標準化に関わる会議へ積極的に参加している。また、国際会議における各種委員会やタスクフォース等において、議長やリーダー等の主導的な立場を得て、会議運営に積極的に関与している。

海上技術安全研究所は、我が国提案の技術的バックボーンを提供し、各国提案に対して技術的観点から意見を提示できる研究機関の地位を確立しており、IMO での会議が開催される度、国内で開催される事前の検討会議、IMO への提案文書作成、IMO での審議への参加等においてほとんどの場面で高い技術的知見の提供により、政府を支援した。

港湾空港技術研究所は、PIANC を構成する各委員会に研究者を派遣してその活動を支援してきた。

電子航法研究所は、ICAO の技術標準案を検討する専門家会議（パネル会議）にパネルメンバーとして参加する航空局を支援し、研究成果を活用して技術標準作成に必要なデータや試験評価に関する技術資料を提供するとともに、作業部会等の国内開催を支援している。また、ICAO のみならず、RTCA や EUROCAE（米国／欧州の非営利団体。航空に関する技術基準作成や提言等を行う。）における活動に対しても積極的に参加し、国際標準の策定に貢献している。

その他、多国間や二国間での多数の国際会議に参加し、各種審議等に貢献している。

【平成 28 年度】

目標である 63 人を上回るのべ 102 人が国際基準化、標準化に関わる会議に参加した。

また、89 件の国際基準・国際標準に係る日本提案文書の作成に深く関与し、日本提案の実現に貢献した。

(ア)IMO における活動

当所職員が主導して策定したばら積み液化水素運搬船に関する国際基準が第 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。また、継続的に出席させている当所職員 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)の議長に就任し、船上クレーンの安全対策等の検討に貢献した。さらに、CG コーディネータ（ボ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。

(イ)ISO 及び IEC における活動

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 のコンビーナ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。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。

(ウ)IAEA における活動

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。

(エ)PIANC における活動

当所研究者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。

(オ)ICAO、RTCA、EUROCAE における活動

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。

ICAO のアジア太平洋地域会議である 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。

(カ)その他国際会議

その他 8 件の国際会議に、のべ 9 名が参加し各種審議等に貢献した。

【平成 29 年度】

目標である 63 人を上回るのべ 105 人が国際基準化、標準化に関わる会議に参加した。

また、86 件の国際基準・国際標準に係る日本提案文書の作成に深く関与し、日本提案の実現に貢献した。

(ア)IMO における活動

海上技術安全研究所の太田国際連携センター長は「世界初となる液化水素タンカーの国際基準化への貢献」により、第 10 回海洋立国推進功労者表彰(4 名 4 団体、うち海洋に関する顕著な功績分野(3 名 1 団体))を平成 29 年 8 月 28 日に総理官邸において受賞した。



図 1.6.1 海洋立国推進功労者表彰(内閣総理大臣賞)表彰式と内閣総理大臣表彰状

(イ)ISO 及び IEC における活動

海上技術安全研究所の構造安全評価系・村上基準開発グループ長は、標準化活動に優れた功績を有するとして、平成 29 年度工業標準化事業表彰のうち国際標準化貢献者表彰(経済産業省・産業技術環境局長表彰:21 名)を平成 29 年 10 月 23 日に受賞した。



図 1.6.2 工業標準化事業表彰式とトロフィー

(ウ)IAEA における活動

IAEA の会議にのべ 11 名が出席し、放射性物質安全輸送規則等の審議に貢献した。

(エ)PIANC における活動

当研究所は、平成 29 年 6 月に開催された PIANC YP-Com BTV(オーストラリアで開催された YPCom の各国代表者会議)での議論等に研究者がアジア・パシフィック地区の副代表および日本代表として参加し、アジア・パシフィック地区と日本の状況について報告した。また、平成 29 年 6 月にオランダで開催された PIANC MarCom Working Group 153B での議論等に研究者が参加するなど、会議への参加を通じてその活動に貢献した。

(オ)ICAO、RTCA、EUROCAE における活動

平成 29 年 5 月 10 日から 12 日までの 3 日間、電子航法研究所にて開催された EUROCAE のリモート・バーチャルタワーに関する技術要件の規格を検討する会議(WG-100)において、リモートタワーのための視覚センサ(カメラ)に相当する「Visual Surveillance Sensor」の最低技術要件の追加について提案し、平成 30 年上半期にリリースされた国際規格(ED-240)の追加策定に寄与した。

(カ)その他国際会議

その他 2 件の国際会議に、のべ 5 名が参加し各種審議等に貢献した。

【平成 30 年度】

目標である 63 人を上回るのべ 105 人が国際基準化、標準化に関わる会議に参加した。

また、81 件の国際基準・国際標準に係る日本提案文書の作成に深く関与し、日本提案の実現に貢献した。

(ア)IMO における活動

当所職員は、平成 29 年 2 月の第 4 回船舶設計・建造小委員会(SDC4)から平成 30 年 1 月の第 5 回会合(SDC5)の間、デンマーク代表とともにコーディネーターを務め、SDC5 から平成 31 年 2 月の第 6 回会合(SDC6)までは、単独でコーディネーターを務め、CG の運営に貢献した。さらに、SDC6 において作業部会の議長を務め、SOLAS 条約及び各種指針の改正案をまとめ上げ、係船設備に係る基準の策定に貢献した。

また、他の研究者 1 名が、これまでの研究の成果が国際的に評価され、IMO から船級協会が策定する船体構造規則の監査員として指名されたため、今後、公平かつ合理的な規則策定への貢献が期待されている。

(イ)ISO 及び IEC における活動

ISO/TC 8/SC 1(国際標準化機構／船舶及び海洋技術専門委員会／海上安全分科委員会)において当所職員がプロジェクトリーダーを務め、「ISO 18079-5:2018 膨脹式救命設備の整備第 5 部膨脹型救助艇」、「ISO 17339:2018 生存艇及び救助艇のシーアンカー」をまとめ上げ、救命設備等に係る規格の策定に貢献した。

また、海上技術安全研究所の福戸研究監は、ISO/TC 8/SC 6(国際標準化機構／船舶及び海洋技術専門委員会／航海及び操船分科委員会)の委員として国内産業競争力強化や航海の安全向上に貢献したとして、工業標準化事業表彰(経済産業大臣表彰)を平成 30 年 10 月 2 日受賞した。





図 1.6.3 工業標準化事業表彰式

(ウ)IAEA における活動

IAEA の会議にのべ 5 名が出席し、放射性物質安全輸送規則等の審議に貢献した。

(エ)PIANC における活動

PIANC YP-Com & PIANC World Congress(パナマ)においては、日本を含めたアジア・パシフィック地区の活動状況について報告し、アジア・パシフィック地区の今後の活動方針について主動して議論を進めた。PIANC YP-Com Asia-Pacific Seminar(韓国)においては、本セミナーの開催を企画し、韓国でのセミナー運営をサポートするなど、戦略的な国際活動の推進に重要な役割を果たした。

(オ)ICAO、RTCA、EUROCAE における活動

航空機監視用である 1030/1090Mhz 帯周波数の信号環境の解析結果について、米国と欧州の測定条件に多くの相違点が存在することが明らかとなり、ICAO の航空監視マニュアル(Doc 9924)に新たに基準となるガイダンスを追加することとなった。電子航法研究所では実験用航空機を利用し、航空機監視用である 1030/1090MHz 帯における信号環境を測定した、電子航法研究所の研究結果がマニュアルに反映されることが決定した。

(カ)その他国際会議

その他 10 件の国際会議に、のべ 24 名が参加し各種審議等に貢献した。

【令和元年度】

目標である 63 人を上回るのべ 121 人が国際基準化、標準化に関わる会議に参加した。

また、64 件の国際基準・国際標準に係る日本提案文書の作成に深く関与し、日本提案の実現に貢献した。

(ア)IMO における活動

IMO では、委員会・小委員会の議長は原則 5 年までとし、1 年を超える延長は認めないことが合意されている。当所職員は、平成 26 年 3 月に開催された IMO 船舶設備小委員会(Sub Committee on Ship Systems and

Equipment)の第 1 回会合(SSE 1)において平成 26 年の議長に選出され、その後令元年末まで、6 年間議長を勤め上げた。令和元年 6 月に開催された第 101 回海上安全委員会(MSC 101)では、各国から謝辞が述べられ、報告書にも謝辞が記載された。

(イ)ISO 及び IEC における活動

当所職員がプロジェクトリーダーを務めてきた ISO 15738:2019「膨脹式救命設備のガス膨脹システム」(Gas inflation systems for inflatable life-saving appliances)が令和元年 7 月に制定された。

また、当所職員がプロジェクトリーダーを務めてきた ISO 21792:2019「船内通信電話機等の装備指針」(Guidelines for onboard telephone equipment)においても、令和元年 8 月に制定された。

これらは、当所職員が国内関係者との連携を図りながら慎重に対応した結果であり、各方面への利便性向上にも大きく貢献した。

さらに、これまでの実績が、国内製造者の国際競争力強化に貢献したことを評価され、当所職員は「令和元年度産業標準化事業表彰」を受賞した。



図 1.6.4 令和元年度産業標準化事業表彰

(ウ)IAEA における活動

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。

(エ)PIANC 及び RILEM における活動

港湾空港技術研究所は、平成 31 年 4 月に中国で開催された PIANC INCOM Workiong Group 128 に研究者が参加して「植生を利用した河岸浸食防止策に関する指針と事例」に関する記述内容の修正を行った。また、PIANC Mar-Com WG211(6 月中国、10 月英国)及び PIANC Mar-Com WG212(10 月英国、1 月豪国)において、研究者が防舷材や港湾施設に関する日本の技術基準を発表するなど、会議への参加を通じてその活動に貢献した。

RILEM TC AAA 会議においては、研究者がアルカリ骨材反応によるコンクリート膨張を評価する試験法を国際規格とすべく提案(6/12 蘭国)し、最終審査(12/17-18 蘭国)で RILEM Reccomended Test Method: AAR-13 として承認されるなど、戦略的な国際活動の推進に重要な役割を果たした。

(オ)ICAO、RTCA、EUROCAE における活動

航空交通の増加が見込まれる ASEAN 地域における SWIM の有効性と運用の効果を示すため、令和元年 11 月に ASEAN SWIM Demo を実施し、地域 SWIM 導入の技術基準の策定に貢献した。

EUROCAE President's Award 2019 は小瀬木滋(当時:電子航法研究所長)に授与された。この賞の目的は、EUROCAE の活動と国際標準化への顕著な貢献に対して与えられるものである。今回の表彰に当たっては、航空無線システムの国際標準の作成に関する長年の寄与のみならず、EUROCAE の活動活性化への献身的活動が対象となった。日本の研究者による EUROCAE の活動への参画を促進するのみならず、電子航法研究所

主催の ATM/CNS に関する国際ワークショップ(EIWAC)などの機会を通して EUROCAE の活動を日本に紹介したことも評価された。



図 1.6.5 EUROCAE President's Award 表彰式

(カ)その他国際会議

その他 12 件の国際会議に、のべ 24 名が参加し各種審議等に貢献した。

【令和 2 年度】

目標である 63 人を上回るのべ 140 人が国際基準化、標準化に関わる会議に参加した。

また、37 件の国際基準・国際標準に係る日本提案文書の作成に深く関与し、日本提案の実現に貢献した。

(ア)IMO における活動

海洋環境保護の科学的事項に関する専門家合同グループ(GESAMP)の中の、船舶で運送される有害液体物質の危険性評価を行うグループ(EHS WG)の 8 名のメンバーのうちの1名に、日本人で唯一選出され、MARPOL 条約の下で有害液体物質の運送要件の規定、見直しに貢献した。

(イ)ISO 及び IEC における活動

当所職員がプロジェクトリーダーを務めてきた ISO 21716:2020 シリーズ「船底防汚塗料のスクリーニングのための生物試験方法」(Bioassay methods for screening anti-fouling paints)が令和 2 年 11 月に正式な国際規格として発行された。具体的には、第 1 部:「一般要件」、第 2 部:「フジツボ」、第 3 部:「ムラサキイガイ」の 3 件の規格が制定された。

また、ISO 23668「船舶及び海洋技術ー海洋環境保護ー船上の pH 連続監視手法(Continuous on board pH monitoring method)」のプロジェクトリーダーとして、国際規格原案(Draft international standard:DIS)の作成作業を進めた。さらに ISO/船舶及び海洋技術専門委員会/海洋環境保護分科委員会のコンビーナとして排気ガス洗浄装置作業部会を開催し、規格案の審議に貢献した。

(ウ)IAEA における活動

IAEA の会議にのべ 8 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。

(エ)PIANC における活動

港湾空港技術研究所は、MarCom WG225(港湾構造物の耐震設計)を議長として立ち上げ「港湾構造物耐震設計ガイドライン」の令和 4 年改定を目指すとともに、MarComWG208(コンテナターミナルの自動化)では主要メンバとして参加、「自動化コンテナターミナルの計画手法(令和 3 年 3 月発行)」をとりまとめるなど、戦略的な国

際活動の推進に重要な役割を果たした。

(オ)ICAO、RTCA、EUROCAE における活動

電子航法研究所では光ファイバー無線技術を活用した新しい MLAT の開発・評価を行っており、ここで得られた知見を元に、監視マニュアル(Doc 9924)において新しい信号の同期方法について文書改定案を提出し、これが採択された。

(カ)その他国際会議

その他 12 件の国際会議に、のべ 21 名が参加し各種審議等に貢献した。

【令和 3 年度】

目標である 63 人を上回るのべ 168 人が国際基準化、標準化に関わる会議に参加した。

また、72 件の国際基準・国際標準に係る日本提案文書の作成に深く関与し、日本提案の実現に貢献した。

(ア)IMO における活動

当所職員が IMO における国際ガス燃料船安全コード(IGF コード)等に係る審議に対応するための作業部会の主査を務めており、アンモニア燃料船の安全指針策定に関する新規作業計画に係る、IMO 第 104 回海上安全委員会(MSC 104:2021 年 10 月)への提案文書の作成に貢献した。

(イ)ISO 及び IEC における活動

ISO の会議にのべ 28 名が出席し、各種規格のプロジェクトリーダーを務め、規格策定作業に貢献した。

(ウ)IAEA における活動

IAEA の会議にのべ 25 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。令和 3 年 6 月及び 11 月に開催された TRANSSC 42 及び TRANSSC 43 には、我が国の副代表(Alternate)として出席し、IAEA 放射性物質安全輸送規則 SSR-6 等の放射性物質運送に係る各種文書の審議に貢献した。

(エ)PIANC における活動

港湾空港技術研究所は、令和 3 年度に PIANCMarCom WG233 に主要メンバーとして参加し、沿岸施設の維持管理に関するガイドラインの改定に貢献するなど、戦略的な国際活動の推進に重要な役割を果たした。

(オ)ICAO、RTCA、EUROCAE における活動

PANS ATM に関連して、特に航空機間セパレーションに関する議論を行っている管制間隔・空域安全パネルにおいて、電子航法研究所より対地速度分布の成果公表を行い、風の影響が大きい空域において、現在の航空機間隔の衝突危険度モデルにおける仮定との乖離を報告し、本パネルより非常に重要な事実であるとの評価を受けた。

(カ)その他国際会議

その他 13 件の国際会議に、のべ 20 名が参加し各種審議等に貢献した。

また、米国機械学会主催の第 40 回(2021 年)国際海洋・極地工学会議(OMAE2021)において、当所職員が 2018 年よりセッション「Deepsea Mining and Ocean Resources」のオーガナイザーを務めるとともに、同セッションの司会を担当しており、これらの功績が評価され感謝賞(Appreciation Award)を受賞した。

（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。

◆平成 28 年度～令和 3 年度における取組状況

☆国際会議、ワークショップ等への積極的な取り組み

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でいる。また、ワークショップ等の国際会議の主催や共催を行い、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っている。

【平成 28 年度】
国際会議等において、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。

また、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。



図 1.6.6 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。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。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。



図 1.6.7 2016 年 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た。



図 1.6.8 日星ワークショップの様子

【平成 29 年度】

国際会議等において、目標である 200 件を上回る 251 件の発表を実施した。

港湾空港技術研究所では、「OCEANS'17 Anchorage」(米国)において、日本から参加した産学官で構成される Japan Pavilion の一員として、港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する最新の研究成果を展示し、海外の研究機関と活発な技術交流を行った。

電子航法研究所では、FODDS(空港面異物検知システム)の評価実験システムを開発しており、本年度はシステムのクアラルンプール国際空港への海外展開に向け、マレーシア工科大学(UTM)やマレーシア空港セパン(MAS)、マレーシア DCA(Department of Covil Aviation)との連携の下、調査を実施した。

また、目標の 3 件を上回る 5 件のワークショップ等国際会議を開催した。

海上技術安全研究所においては、平成 29 年 9 月にロンドンの IMO において、ボーキサイトの液状化に関する国際ワークショップを開催した。




図 1.6.9　ボーキサイトの液状化に関する国際ワークショップの様子

港湾空港技術研究所においては、平成 29 年 9 月にイタリア国ベネチアの ConsorzioVeneziaNuova（CVN）において、「日・伊沿岸防災に関る技術交流ワークショップ 2017」を開催した。平成 29 年 11 月には、韓国 KIOST，フィリピン PPA （フィリピン港湾局），日本 PARI の 3 か国でワークショップを開催した。平成 29 年 11 月 1 日に、国際津波・沿岸防災技術啓発事業組織委員会が主催し、港湾空港技術研究所が事務局を務める形で、都内において「濱口梧陵国際賞授賞式及び記念講演会」を開催し、シンガポール国立大学副学長兼特別教授／コーネル大学名誉教授の Philip Li-Fan Liu 氏、ペルー国立工科大学名誉教授/ペルー国際災害危機軽減会社理事兼本部長の Julio Kuroiwa 氏及び黒潮町(高知県幡多郡)の 2 名 1 団体が受賞し、受賞者には秋元国土交通副大臣より表彰盾が授与された。



図 1.6.10　2017 年　濱口梧陵国際賞授賞式の様子

電子航法研究所においては、平成 29 年 11 月 14 日～16 日に中野(東京)において、第 5 回国際ワークショップ EIWAC2017（ENRI International Workshop on ATM/CNS）を開催した。3 日間で 79 件の講演を実施し、参加者は連日 200 人を超えた。ICAO ANB 事務局長等の政策立案実施の要人から、航空インフラ整備プロジェクトの担当者、研究者、航空機や支援システムの運用者まで幅広い層が参加した。



図 1.6.11　EIWAC2017 の開催の様子

【平成 30 年度】

国際会議等において、目標である 200 件を上回る 249 件の発表を実施した。

港湾空港技術研究所では、「OCEANS'2018 Charleston」(米国)において、日本から参加した産学官で構成される Japan Pavilion の一員として、港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する最新の研究成果を展示し、海外の研究機関と活発な技術交流を行った。

電子航法研究所では東京ビッグサイトで開催された国際航空宇宙展 2018 東京(Japan International Aerospace Exhibition 2018 Tokyo)にて、平成 30 年 11 月 29 日に「将来の航空像とその実現を目指す標準化動向」と題してセミナーを開催した。セミナーでは EUROCAE 事務局長、国土交通省航空局 交通管制部 航空交通国際業務室長、電子航法研究所長が講演を行った。EUROCAE 事務局長の講演では、EUROCAE における国際標準化活動において、過去 4 ヶ月で電子航法研究所からの活動が 128 件あったことを述べた。これは EUROCAE 自身も含め 7 番目に大きな貢献であり，電子航法研究所を筆頭とする日本の貢献度が高いことを述べ、謝意を表した。航空交通国際業務室長の講演では我が国が推進する CARATS の現状について説明があり、電子航法研究所からの技術的な貢献について述べた。電子航法研究所長の講演では、我が国からの国際標準に対する貢献として、所長が専門とする航空機衝突防止装置の研究開発および国際標準化の経緯について述べた。セミナーには航空行政関係者、機器製造者、研究者等約 100 名が参加した。



図 1.6.12 国際航空宇宙展 2018 東京の開催の様子

海上技術安全研究所では、国際会議において論文が表彰され、当所職員が Advanced Maritime Engineering Conference(AMEC2018)において論文賞を受賞した。

また、目標の 3 件と同じく 3 件のワークショップ等国際会議を開催した。

海上技術安全研究所においては、国土交通省海事局及び(一財)日本船舶技術研究協会とともに、平成 30 年 5 月にロンドンの IMO において、自動運航船及び IMO 規則に関する国際ワークショップを開催した。



図 1.6.13 自動運航船と IMO 規則に関する国際ワークショップの様子

港湾空港技術研究所においては、平成 30 年 12 月に福岡県において、「第6回 日韓沿岸技術研究ワークショップ」を開催した。平成 30 年 11 月 7 日に、国際津波・沿岸防災技術啓発事業組織委員会が主催し、港湾空港技術研究所が事務局を務める形で、都内において「濱口梧陵国際賞授賞式及び記念講演会」を開催し、間瀬 肇 京都大学・名誉教授／特任教授、Harry Yeh オレゴン州立大学教授及び DONET（地震・津波観測監視システム）開発チームの 2 名 1 団体が受賞し、受賞者には秋元国土交通副大臣より表彰盾が授与された。



図 1.6.14 2018 年 濱口梧陵国際賞授賞式の様子

電子航法研究所においては、スペイン王国マドリード市にて平成 31 年 3 月 12 日から 3 月 14 日に開催された、民間航空交通管制業務提供機構(Civil Air Navigation Services Organisation, CANSO)が主催する民間航空管制機関を対象とした世界最大規模の展示会である World ATM Congress 2019 に出展し、管制官ワークロード評価及び滑走路地上走行シミュレーション（COMPASi＆GRACE）および滑走路異物検知システム(FODDS)の展示を実施した。電子航法研究所の要覧の配布等、研究所の国際社会におけるプレゼンスの向上に努めた。さらに、将来的な研究計画の策定の一助となるよう、会場にて実施された各種講演の聴講を通じて海外の航空交通管制や ATM 産業界の動向を調査した。



図 1.6.15 World ATM Congress 2019 展示ブース風景

【令和元年度】

国際会議等において、目標である 200 件を上回る 265 件の発表を実施した。

港湾空港技術研究所では、「OCEANS'2019 Seattle」（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。

海上技術安全研究所では、米国機械学会（ASME）が主催する海洋・構造物及び極地工学に関する国際会議（OMAE2018）において論文が表彰され、海洋工学部門で OMAE2018 最優秀論文賞を受賞した。



図 1.6.16　国際海洋・極地工学会議（OMAE-2018）の最優秀論文賞受賞式の様子

また、目標の 3 件を上回る 4 件のワークショップ等国際会議を開催した。

海上技術安全研究所においては、国土交通省海事局及び中国交通運輸部海事局とともに、令和元年 9 月にロンドンの IMO において、固体ばら積み貨物の安全な荷役と運送に係るモデルコースの海事関係者への普及促進を目的とする国際ワークショップを開催した。



図 1.6.17　国際海上固体ばら積み貨物コードに係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、令和元年 12 月に韓国・釜山において、「第7回　日韓沿岸技術研究ワークショップ」を開催した。令和元年 10 月 29 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、柴山 知也　早稲田大学教授／横浜国立大学名誉教授及び Ahmet Cevdet Yalciner 教授　中東工科大学（トルコ）の 2 名が受賞し、受賞者には赤羽　一嘉 国土交通大臣より記念品が授与された。



図 1.6.18　2019 年濱口梧陵国際賞授賞式の様子

電子航法研究所においては、令和元年 10 月 29 日～31 日に中野（東京）において、第 6 回国際ワークショップ EIWAC2019（ENRI International Workshop on ATM/CNS）を主催した。3 日間で 84 件の講演を実施し、参加者は連日 250 人を超えた。産学官交流維持拡大を目的として、基調講演者には ICAO（国際民間航空機関）の航空技術局（Air Navigation Bureau: ANB）長をはじめとして EUROCAE（欧州民間航空電子装置機関）、FAA（米国連邦航空局）、RTCA（航空技術諮問機関）、DSNA（フランス航空業務局）、国土交通省航空局などから政策立案実施の要人に加えて、ANA（全日本空輸）や JAL（日本航空）といった運航者まで幅広く参加頂いた。特に EIWAC2019 では、global interoperability（国際総合運用性）を目指した航空交通システムの実現に必要で重要な要素の一つである航空業界におけるデジタル化に焦点を当て、SWIM（System Wide Information Management）、Datalink、 UTM (Unmanned aircraft system Traffic Management)を主軸としたパネルディスカッションを行い、デジタル化の適用範囲を広げるために要する専門知識を共有できる場を提供した。



図 1.6.19　EIWAC2019 の開催およびパネルディスカッションの様子

【令和 2 年度】

国際会議等において、111 件の発表を実施した。なお、新型コロナの影響による多くの国際会議の延期等により、134 件の論文発表の機会が損失された。

港湾空港技術研究所では、国際建設ロボットシンポジウム（ISARC2020）を事務局に参加し北九州市で開催、さらに、海岸工学国際会議（ICCE2020）や国際海洋・極地工学会（ISOPE2020）、国際地盤工学会（ISSMGE）国際ワークショップにも主要メンバー、基調講演、論文報告を行うなど、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、インドネシアの航空宇宙庁（LAPAN）との電離圏及び高層大気観測研究とその衛星航法への活用に関する研究協力を目的として研究連携協定に基づき、GBAS 導入ための電離圏観測に関する国際技術セミナーを共同開催した。4 カ国（日本、インドネシア、ベトナム、マレーシア）から航空関係者、電離圏研究関係者 60 名が参加し、3 カ国（日本、インドネシア、ベトナム）6 件の発表があり、GBAS 導入に向けた活発な議論が行われた。さらに、アジア地域では最大規模のアンテナおよび電波伝搬に関連した国際会議（ISAP2021）では、滑走路異物監視、レーダを用いた空港検査場における新しい検査方式技術、マルチリンクを活用した将来の空地通信技術に関する研究成果について展示を行った。

また、目標値である 3 件のワークショップ等国際会議を開催した。

海上技術安全研究所においては、令和 3 年 3 月 11 日に、救命胴衣復正試験に関する国際ワークショップ（WEBINAR）を開催した。




図 1.6.20　救命胴衣復正試験に関する国際ワークショップ（WEBINAR）の様子

港湾空港技術研究所においては、令和 2 年 11 月 4 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、今村文彦　東北大学教授、Costas　Synolakis 南カリフォルニア大学教授、アチェ津波博物館（インドネシア共和国）を表彰した。受賞者には大西国土交通副大臣より記念品が授与された。本件については、国連防災機関のHPで紹介されるなど世界に広く知らしめられた。



図 1.6.21　2020 年　濱口梧陵国際賞授賞式の様子

電子航法研究所においては、令和 3 年 1 月 22 日にオンラインにて、ENRI Forum on SWIM と題した講演会を主催した。外国からの講演者 3 名を含む 5 件の講演を行い、国内外から予想を上回る 300 人以上の参加があった。国際動向の共有や連携を目的として、ICAO（国際民間航空機関）、FAA（米国連邦航空局）、IATA（国際航空輸送協会）、国土交通省航空局から講演頂いた。オンラインを活用することにより国内外から広く講演、聴講を頂く初めての試みとなった。



図 1.6.22　ENRI Forum on SWIM 開会式の様子

【令和 3 年度】

国際会議等において、172 件の発表を実施した。

また、目標の 3 件を上回る 8 件のワークショップ等国際会議を開催した。

海上技術安全研究所においては、令和 4 年 3 月 16 日に国土交通省海事局と共催で、液化水素運搬船に係る国際ワークショップ（オンライン）を開催した。

港湾空港技術研究所においては、令和 3 年 4 月にインドネシア技術評価応用庁（BPPT）との共同研究ワークショップを開催した。令和 3 年 10 月には国際地盤工学会技術委員会を委員長として主催し、世界 14 カ国から 32 名の委員の参加があり、海外の研究機関と活発な技術交流を行った。また、令和 3 年 11 月 29 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、松冨英夫　秋田大学名誉教授、Gerassimos A.Papadopoulos 国際自然災害防止・軽減学会会長、太平洋津波博物館（アメリカ合衆国）を表彰した。受賞者には斉藤国土交通大臣より記念品が授与された。本件については、国連防災機関のHPで紹介されるなど世界に広く知らしめられた。



図 1.6.23　2021 年　濱口梧陵国際賞授賞式の様子
（左：松冨教授と斉藤大臣、右：Gerassimos A.Papadopoulos 博士と斉藤大臣）

電子航法研究所においては、令和 4 年 1 月 18 日～19 日に一般社団法人電子情報通信学会の宇宙・航行エレクトロニクス研究会（SANE 研）と共催し、「航空交通管理における最新研究動向と空港運用を支える監視技術に関する国際ワークショップ」を二日間にわたり開催した。航空交通管理と滑走路異物監視(FOD)に関して、国内外の研究者より計 10 件の講演を頂いた。学会との共催をした初めての国際ワークショップをオンラインで開催したが、各日 100 名以上の聴講者に参加頂き、好評を得た。



図 1.6.24　航空交通管理における最新研究動向と空港運用を支える監視技術に関する国際ワークショップの様子(上：初日の様子、下：二日目の様子)

☆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、海外の大学、研究機関を含む更なる連携の強化を行った。

【平成 28 年度】

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。

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、JICA の「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え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た。

【平成 29 年度】

海上技術安全研究所においては、次に示す海外機関と研究連携促進に向けた覚書を結び、引き続き研究連携の深化を図った。(機関一覧:オランダ・海事研究所(MARINE), フランス・海洋汚染研究センター(Cedere), カナダ・海洋技術研究所(UIOT), 韓国・海事研究所(KMI), インドネシア・技術評価応用庁(BPPT), インドネシア・スラバヤ工科大学(ITS), ブラジル・カンピナス大学, ブラジル・サンパウロ大学)

港湾空港技術研究所では、研究の質の向上と研究の効率的な実施を目指して、国内外の研究機関との連携をより積極的に進めるため、平成 15 年度以降平成 29 年度までに、国内 9 件、海外 26 件、合計 35 件の研究協力協定を締結しており、平成 29 年度は、スウェーデン地盤研究所(SGI)との研究協力協定を更新した。

電子航法研究所では、EIWAC2017 開催時にドイツ航空宇宙研究機関(DLR)との共同研究協定に調印するとともに、ドイツのブラウンシュヴァイク工科大学(TUBS)との連携協定を締結した。その他、オランダ航空宇宙研究所(NLR)およびオランダ大使館員が来所し、当研究所の状況を調査するとともに今後の研究連携についての連絡チャネルを設定した。



図 1.6.25 ドイツ航空宇宙研究機関 DLR との調印式の様子(EIWAC2017 にて)

国際貢献の推進に向けて海外の研修員の受け入れ、技術支援等にも取り組んだ。

海上技術安全研究所では、ブラジル・カンピナス大学、サンタカタリーナ連邦大学及びリオデジャネイロ連邦大学より研修員として受け入れ、船舶の流体・海難事故解析などに関する研究連携の深化を図った。また、海事技術者の育成を目的として、国立大学法人東京大学が実施する産学連携新領域創成プログラムにおいて研究者1名を MIT(米マサチューセッツ工科大学)に派遣させ、研究連携の推進や国際競争力の高い人材の育成に努めた。

港湾空港技術研究所では、JICA が開発途上国に対する技術協力の一環として主催する「港湾技術者のための港湾開発・計画研修」等の研修 3 コースについて、港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する講師として述べ 23 名を派遣したほか、これらの研修が港湾空港技術研究所に隣接する国土交通省国土技術政策総合研究所で実施されたことから、研修の一環として各国研修生を対象とした実験施設の見学を実施し、研修生からの積極的かつ多数の質問に丁寧に回答することで、国際交流の推進に努めた。

電子航法研究所では、JICA の「New CNS/ATM 専門教官の能力向上研修」の一環として、ミャンマーの研修生に対して GBAS、WAM、リモートタワーの講義を平成 29 年 5 月 23 日に開催し、平成 29 年 11 月 10 日には同機構の「CNS/ATM 近代化短期整備計画」の一環として、インドネシアの研修生に対するリモートタワーの講義を実施した。さらに、平成 29 年 9 月 24 日～29 日にかけて当所職員をインドネシア共和国へ派遣し、ATFM セミナーを実施した。インドネシアでは平成 29 年度中の ATFM 開始に向け準備を進めていたが、空港のスペーシングタイムやセクターのワークロード等の指標値の設定の理解が進んでいない状況にあった。当所の研究者のセミナーを実施することにより理解を促し、同国の ATFM 導入検討に貢献した。

【平成 30 年度】

海上技術安全研究所においては、次に示す海外機関と研究連携促進に向けた覚書を結び、引き続き研究連携の深化を図った。特に、GHG 削減対策の一つであるバイオ燃料油の使用に関する研究協力等のため、インドネシア政府機関及びスラバヤ工科大学と提携した。(機関一覧:オランダ・海事研究所(MARINE), フランス・海洋汚染研究センター(Cedere), カナダ・海洋技術研究所(UIOT), 韓国・海事研究所(KMI), インドネシア・技術評価応用庁(BPPT), インドネシア・スラバヤ工科大学(ITS), ブラジル・カンピナス大学, ブラジル・サンパウロ大学)

港湾空港技術研究所では、研究の質の向上と研究の効率的な実施を目指して、国内外の研究機関との連携をより積極的に進めるため、平成 15 年度以降平成 30 年度までに、国内 13 件、海外 27 件、合計 40 件の研究協力協定を締結しており、平成 30 年度は、国際ブルーカーボンパートナーシップ事務局 オーストラリア政府との研究協力協定を締結した。

電子航法研究所では、ドイツのブラウンシュヴァイク工科大学(TUBS)、中国航空大学校(CAUC)との包括連携協定を締結した。将来の航空交通管理と通信、航法、監視技術における研究開発について、電子航法研究所と TUBS の Institute of Flight Guidance および Institute of Electromagnetic Compatibility は長年共同研究を行っており、両機関において更なる研究の可能性を生み出すため、今まで Institute 別に締結されてきた合意文書を一つの文書にまとめることとし、ENRI と TUBS の間で了解覚書(MoU)を締結した。平成 30 年 11 月 1 日に TUBS より学長以下 4 名が電子航法研究所に来所し、MoU 締結式および意見交換会を行った。本 MoU により、当所の研究者 1 名が平成 31 年 1 月より 1 年間、TUBS にて在外研究を行うこととなった。その他、在外研究は研究者 2 名がフランス民間航空学院(ENAC)および欧州 GNSS 監督庁(GSA)で共同研究を実施した。これらにより、今後の相互連携強化が期待される。



図 1.6.26 ブラウンシュヴァイク工科大学との包括連携協定調印式の様子

また、ベトナム科学技術アカデミー地球物理研究所(IGP-VAST)と研究協力覚書を締結し、平成 31 年 1 月に当所の所長がベトナム国ハノイ市を訪問し、記念式典に参加した。



図 1.6.27　ベトナム科学技術アカデミー地球物理研究所との記念式典の様子

国際貢献の推進に向けて海外の研修員の受け入れ、技術支援等にも取り組んだ。

海上技術安全研究所では、国内大学より海外の研修員を受け入れ、船舶の性能評価・海洋開発などに関する研究連携の深化を図った。また、海事技術者の育成を目的として、国立大学法人東京大学が実施する産学連携新領域創成プログラムにおいて研究者 1 名を MIT(米マサチューセッツ工科大学)に派遣させ、研究連携の推進や国際競争力の高い人材の育成に努めた。

港湾空港技術研究所では、JICA が開発途上国に対する技術協力の一環として主催する「港湾開発・計画研修(港湾技術者のための)」に、港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する講師として述べ 14 名を派遣したほか、これらの研修が港湾空港技術研究所に隣接する国土交通省国土技術政策総合研究所で実施されたことから、研修の一環として各国研修生を対象とした実験施設の見学を実施し、研修生からの積極的かつ多数の質問に丁寧に回答することで、国際交流の推進に努めた。

電子航法研究所では、JICA の「New CNS/ATM 専門教官の能力向上研修」の一環として、ミャンマーの研修生に対して GBAS、WAM、リモートタワーの講義を平成 30 年 6 月 26 日に開催した。平成 30 年 11 月 16 日から 12 月 20 日まで、ブータン王国航空局より 2 名の研修生を受け入れ、放送型自動従属監視(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)による航空機監視に適した覆域設計手法の高度化手法について、研究員の指導により共同研究を行い、山岳地域における覆域設計についての指針を得た。また、ベトナム IGP-VAST との研究協力覚書に基づいて、平成 31 年 1 月からベトナム国・ハノイにおいて電離圏共同観測を開始するとともに、平成 31 年 2 月 18 日から 3 月 1 日まで、IGP-VAST の研究者 2 名が電子航法研究所を訪問し、当所研究員の指導の下で、ベトナム国での GBAS 導入のための電離圏解析を実施した。さらには、平成 31 年 1 月 24 日には米国マンスフィールド財団による研修の一環として、米国連邦航空局から国土交通省航空局に派遣されている研修生を当所で受け入れ、我が国の航空交通管理及び通信・航法・監視システムの研究開発状況等について研修を実施し、国際交流の推進に努めた。



図 1.6.28　ブータン王国航空局研修終了時の写真

【令和元年度】

海上技術安全研究所においては、次に示す海外機関と研究連携促進に向けた覚書を結び、引き続き研究連携の深化を図った。特に、GHG 削減対策の一つであるバイオ燃料油の使用に関する研究協力等のため、インドネシア政府機関及びスラバヤ工科大学と提携した。(機関一覧:オランダ・海事研究所(MARINE)、フランス・海洋汚染研究センター(Cedere)、カナダ・海洋技術研究所(UIOT)、韓国・海事研究所(KMI)、インドネシア・技術評価応用庁(BPPT)、インドネシア・スラバヤ工科大学(ITS)、ブラジル・カンピナス大学、ブラジル・サンパウロ大学)

港湾空港技術研究所では、研究の質の向上と研究の効率的な実施を目指して、国内外の研究機関との連携をより積極的に進めるため、平成 15 年度以降平成 31 年度までに、国内 13 件、海外 27 件、合計 40 件の研究協力協定を締結しており、令和元年度は、IFSTTAR(フランス交通・空間計画・開発・ネットワーク科学技術研究所)との研究協力協定を更新した。

電子航法研究所では、インドネシアにおける電離圏及び高層大気観測研究とその衛星航法への活用に関する研究協力を目的として航空宇宙庁(LAPAN)と研究連携協定を締結した。また、軌道ベース運用における研究開発について、電子航法研究所と韓国航空大学(KAU)は長年共同研究を行っており、その一環としての福岡飛行情報区(FIR)と仁川 FIR 間の融合した軌道ベース運用を評価するため研究連携協定付属書を更に締結した。その他、オランダデルフト工科大学(Delft University of Technology)と GE Aviation Systems 社と研究協力における協定を締結した。

国際貢献の推進に向けて海外の研修員の受け入れ、技術支援等にも取り組んだ。

海上技術安全研究所では、国内大学より海外の研修員を受け入れ、船舶の性能評価・海洋開発などに関する研究連携の深化を図った。また、海事技術者の育成を目的として、国立大学法人東京大学が実施する産学連携新領域創成プログラムにおいて研究者1名を MIT(米マサチューセッツ工科大学)に派遣させ、研究連携の推進や国際競争力の高い人材の育成に努めた。

港湾空港技術研究所では、JICA が開発途上国に対する技術協力の一環として主催する「港湾開発・計画研修(港湾技術者のための)」に、港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する講師として述べ 14 名を派遣したほか、これらの研修が港湾空港技術研究所に隣接する国土交通省国土技術政策総合研究所で実施されたことから、研修の一環として各国研修生を対象とした実験施設の見学を実施し、研修生からの積極的かつ多数の質問に丁寧に回答することで、国際交流の推進に努めた。

電子航法研究所は平成 30 年にドイツのブラウンシュヴァイク工科大学(TUBS)と締結された包括連携協定の一環として、研究者 1 名が平成 31 年 1 月より約 1 年間にわたり TUBS の Institute of Electromagnetic Compatibility にて在外研究を行った。そこで計器着陸装置(Instrument Landing System: ILS)等を始めとした航空分野で利用される無線装置の電波干渉を解析可能とするプログラムの開発や海外との研究連携に貢献した。その他、在外研究は研究者 2 名がフランス民間航空学院(ENAC)および米国エンブリー・リドル航空大学(Embry-Riddle Aeronautical University)で共同研究を実施した。これらにより、今後の相互連携強化が期待される。




図 1.6.29 （左）TUBS 実験チームとの集合写真 （右）TUBS で行った在外研究の報告会の様子

また、平成 30 年度の「開発途上国研究機関交流事業」のフォローアップとして、ブータン王国航空局による山岳地帯における在空機 ADS-B 信号の測定実験に参加した。また、ベトナム IGP-VAST との研究協力覚書に基づいて、ベトナムにおける電離圏共同観測・解析を引き続き実施しており、令和 2 年 2 月 18～19 日に当所研究員 1 名が IGP-VAST を訪問し、技術指導及び研究成果について議論を行った。さらには、令和元年 9 月 8 日から三日間に渡り米国マンスフィールド財団による研修の一環として、米国連邦航空局から国土交通省航空局に派遣されている研修生を当所で受け入れ、我が国の航空交通管理及び通信・航法・監視システムの研究開発状況等について研修を実施し、国際交流の推進に努めた。

また、電子航法研究所は留学生をインターン研修生としても積極的に受け入れている。本年度はタイ・モンクット王工科大学ラカバン(King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang: KMITL)との共同研究の一環として博士課程の学生 1 名と 4 者共同研究（電子航法研究所、情報通信研究機構、名古屋大学、京都大学）を機会にフランス国立応用科学院（Institut National des Sciences Appliquées: INSA）から短期研修生を受け入れ、指導を行った。その他、毎年フランス民間航空学院(ENAC)の学生をインターン研修生として受け入れており、令和 2 年度の募集手続きを改善した結果、過去最多の 11 件の応募があり、そのうち 2 名の受け入れが決定された。




図 1.6.30 （左）ブータン王国航空局レギュレータ部門長 Kinley Wangchuk 氏 （右）ブータン王国航空局プロバイダー部門長 Karma Wangchuk 氏との写真

【令和 2 年度】

海上技術安全研究所においては、次に示す海外機関と研究連携促進に向けた覚書を結び、引き続き研究連携の深化を図った。特に、GHG 削減対策の一つであるバイオ燃料油の使用に関する研究協力等のため、インドネシア政府機関及びスラバヤ工科大学と提携し、様々なバイオ燃料に関して情報交換を行って来たことにより、スラバヤ工科大学から ITS 学長令を受領した（機関一覧：オランダ・海事研究所(MARINE)、フランス・海洋汚染研究センター(Cedere)、カナダ・海洋技術研究所(UIOT)、韓国・海事研究所(KMI)、インドネシア・技術評価応用庁(BPPT)、インドネシア・スラバヤ工科大学(ITS)、ブラジル・カンピナス大学、ブラジル・サンパウロ大学）。

港湾空港技術研究所では、研究の質の向上と研究の効率的な実施を目指して、国内外の研究機関との連携をより積極的に進めるため、平成 15 年度以降令和 2 年度までに、国内 29 件、海外 27 件、合計 56 件の研究協力協定を締結しており、令和 2 年度は、コンテナターミナルのデジタルツイン化に係るシンガポール大学との連携協定を新たに締結した。

電子航法研究所では、低緯度電離圏擾乱の GNSS に対する影響の評価を行うとともに、タイ・バンコク国際空港における GBAS 実証実験において必要な情報提供を行うことを目的にモンクット王工科大学ラカバン(KMITL)との共同研究を締結した。GBAS 実証実験においては、KMITL、タイ航空局及び AEROTHAI に対し、GBAS のための電離圏解析に関する技術訓練会を開催した。

国際貢献の推進に向けて海外の研修員の受け入れ、技術支援等にも取り組んだ。

海上技術安全研究所では、国内大学より海外の研修員を受け入れ、船舶の性能評価・海洋開発などに関する研究連携の深化を図った。また、海上技術安全研究所と電子航法研究所にて、海事・航空技術者の育成を目的として、国立大学法人東京大学が実施する産学連携新領域創成プログラムにおいて研究者 2 名を MIT(米マサチューセッツ工科大学)に派遣予定であり、研究連携の推進や国際競争力の高い人材の育成に努めた。

港湾空港技術研究所では、JICA が開発途上国に対する技術協力の一環として主催する「港湾開発・計画研修(港湾技術者のための)」等に、港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する講師として述べ16名を派遣したほか、これらの研修が港湾空港技術研究所に隣接する国土交通省国土技術政策総合研究所で実施されたことから、研修の一環として各国研修生を対象とした実験施設の見学を実施し、研修生からの積極的かつ多数の質問に丁寧に回答することで、国際交流の推進に努めた。電子航法研究所は留学生をインターン研修生としても積極的に受け入れている。本年度は、新型コロナウイルスの影響による遠隔受入という形にてフランス民間航空学院(ENAC)、前年度より引き続きタイ・モンクット王工科大学の学生の計2名のインターン研修生を受け入れた。

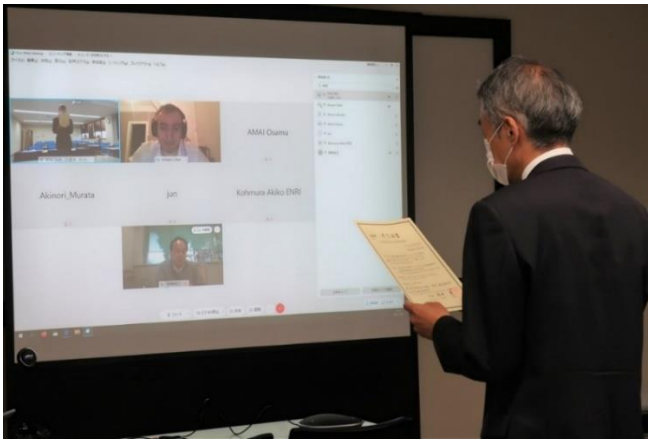


図 1.6.31 Web によるインターン報告会における修了証書授与式

電子航法研究所研究員が国際学術誌 GPS Solutions 誌の Editorial Advisory Board Member として世界の GNSS 研究レベルの向上に貢献している (論文執筆、査読活動の評価)。

【令和 3 年度】

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 年度以降令和 3 年度までに、国内 29 件、海外 27 件、合計 56 件の研究協力協定を締結し、研究の質の向上と効率的な実施を図った。

電子航法研究所では、ドイツ航空宇宙センター(DLR)と包括研究協力合意を更新し、ATM/CNS 分野における研究協力体制を強化し、日独両国の ATM の安全性と効率性の向上に貢献するための研究を継続する。また、国際交通流円滑化に関する研究について、当所と韓国航空大学、韓国航空宇宙研究所、南京航空航天大学との 4 者間の共同研究契約を新たに締結した。

国際貢献の推進に向けて海外の研修員の受け入れ、技術支援等にも取り組んだ。

海上技術安全研究所では、国内大学より海外の研修員を受け入れ、船舶の性能評価・海洋開発などに関する研究連携の深化を図った。また、海上技術安全研究所と電子航法研究所にて、海事・航空技術者の育成を目的として、国立大学法人東京大学が実施する産学連携新領域創成プログラムにおいて研究者 2 名を MIT(米マサチューセッツ工科大学)に派遣した。新型コロナの影響によりオンラインでのプログラム参加となったが、システムズアプローチの学習と、ケーススタディとして国際海運における CO_2 削減方策の検討を実施し、国内大学及び海外との研究連携の推進や国際競争力の高い人材の育成に努めた。

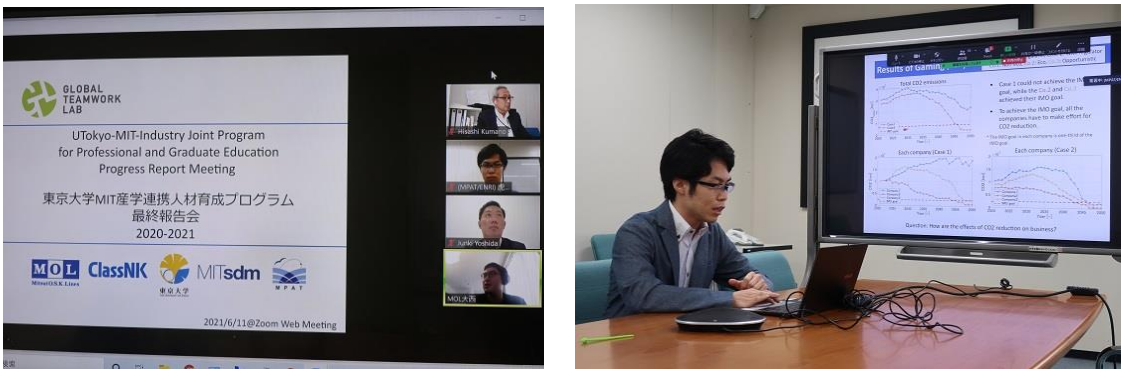


図 1.6.32 在外派遣プログラム最終報告会の様子(左:開会の様子、右:研究員発表の様子)

港湾空港技術研究所では、JICA が開発途上国に対する技術協力の一環として主催する「港湾開発・計画研修(港湾技術者のための)」等に、港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する講師として述べ 18 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。

第２章　業務運営の効率化に関する目標を達成するためにとるべき措置

【中長期目標】

（１）統合に伴う業務運営の効率化

統合により生じる事務の煩雑化等の影響を軽減し、円滑な業務運営の確保に努める。

また、間接部門について、研究開発成果の最大化及び業務効率と質の最大化を図りつつ、効率化する。

さらに、一括調達の導入を進めるとともに、システムの合理化などの統合に伴う適切な環境整備について、業務効率と経費の双方に留意して計画的に実施する。

（２）業務の電子化

テレビ会議やメール会議の更なる活用等、ＩＣＴ環境の整備等により、業務の電子化を図る。

（３）業務運営の効率化による経費削減等

ア　業務運営の効率化を図ることにより、中長期目標期間終了時までに、一般管理費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費は除く。）について、初年度予算額の当該経費相当分に７を乗じた額に対し、中長期目標期間中における当該経費総額の 8%程度の抑制を図る。ただし、新規に追加されるもの、拡充分など、社会的・政策的需要を受けて実施する業務に伴い増加する費用等はその対象としない。

イ　業務運営の効率化を図ることにより、中長期目標期間終了時までに、業務経費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費は除く。）について、初年度予算額の当該経費相当分に７を乗じた額に対し、中長期目標期間中における当該経費総額の 3%程度の抑制を図る。ただし、新規に追加されるもの、拡充分など、社会的・政策的需要を受けて実施する業務に伴い増加する費用等はその対象としない。

ウ　本研究所の給与水準については、国家公務員の給与水準も十分考慮し、厳しく検証を行った上で、その検証結果や取組状況については公表する。

エ　「独立行政法人における調達等合理化の取組の推進について」（平成 27 年５月 25 日総務大臣決定）等を踏まえ、公正かつ透明な調達手続による、適切で迅速かつ効果的な調達を実現する観点から、毎年度策定する「調達等合理化計画」に基づく取組を着実に実施する。

また、随意契約については「独立行政法人の随意契約に係る事務について」（平成 26 年 10 月１日付け総管査第 284 号総務省行政管理局長通知）に基づき明確化した、随意契約によることができる事由により、公正性・透明性を確保しつつ合理的な調達を実施する。

オ　業務経費に生じる不要な支出の削減を図るため、無駄の削減及び業務の効率化に関する取組を人事評価に反映するなど、自律的な取組のための体制を整備する。

【中長期計画】

１．統合に伴う業務運営の効率化

統合により生じる事務の煩雑化等の影響を軽減し、円滑な業務運営を図る。

また、間接部門について、研究開発成果の最大化及び業務効率と質の最大化を図りつつ、効率化する。具体的には、管理業務の効率化の状況について定期的な見直しを行い、業務の簡素化、電子化、定型的業務の外部委託等を図ることにより、一層の管理業務の効率化に取り組む。

さらに、一括調達の導入を進めるとともに、システムの合理化などの統合に伴う適切な環境整備について、業務効率と経費の双方に留意して計画的に実施する。

２．業務の電子化

テレビ会議やメール会議等の更なる活用、ＩＣＴ環境の整備等により、業務の電子化を図る。

３．業務運営の効率化による経費削減等

ア　業務運営の効率化を図ることにより、中長期目標期間終了時までに、一般管理費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費は除く。）について、初年度予算額の当該経費相当分に７を乗じた額に対し、中長期目標期間中における当該経

費総額の８％程度の抑制を図る。ただし、新規に追加されるもの、拡充分など、社会的・政策的需要を受けて実施する業務に伴い増加する費用等はその対象としない。

イ　業務運営の効率化を図ることにより、中長期目標期間終了時までに、業務経費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費は除く。）について、初年度予算額の当該経費相当分に７を乗じた額に対し、中長期目標期間中における当該経費総額の３％程度の抑制を図る。ただし、新規に追加されるもの、拡充分など、社会的・政策的需要を受けて実施する業務に伴い増加する費用等はその対象としない。

ウ　本研究所の給与水準については、国家公務員の給与水準も十分考慮し、厳しく検証を行った上で、その検証結果や取組状況については公表する。

エ　「独立行政法人における調達等合理化の取組の推進について」（平成 27 年５月 25 日総務大臣決定）等を踏まえ、公正かつ透明な調達手続による、適切で迅速かつ効果的な調達を実現する観点から、毎年度策定する「調達等合理化計画」に基づく取組を着実に実施する。

また、随意契約については「独立行政法人の随意契約に係る事務について」（平成 26 年 10 月１日付け総管査第 284 号総務省行政管理局長通知）に基づき明確化した、随意契約によることができる事由により、公正性・透明性を確保しつつ合理的な調達を実施する。

更に、外部有識者による「契約監視委員会」において、締結された契約に関する改善状況のフォローアップを行い、その結果を公表することによって、契約事務の透明性、公平性の確保を図る。

オ　業務経費に生じる不要な支出の削減を図るため、無駄の削減及び業務の効率化に関する取組を人事評価に反映するなど、自律的な取組のための体制を整備する。

Ⅱ　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

１．統合に伴う業務運営の効率化

☆統合に伴う業務運営の効率化

【平成 28 年度】

・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。

・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。

【平成 29 年度】

・一括調達等による取組

平成２９年度において、従来より３研究所で個別に契約していた定型的業務の外部委託について、一括調達とすることにより、簡素化を図った。具体的には、業務効率と経費の双方に留意し、平成２９年度においては以下の 10 件について一括調達を行った。

引き続き業務効率及び経費を検討の上、必要な案件については一括調達を実施することとする。

・一括消耗品の購入
・外国雑誌（電子ジャーナル）の購読
・文献データベースオンラインの利用
・敷地内蚊駆除作業
・敷地内樹木害虫駆除作業
・ストレスチェック業務

・内部統制・コンプライアンス研修
・個人情報保護研修
・会計システム構築業務
・女性職員活躍推進研修

また、システムの合理化などの統合に伴う適切な環境整備について、平成３１年度を目処に財務会計システムを更新するべく、平成２９年度においては、会計システム構築業務について契約を締結し、詳細仕様の検討を行った。

【平成 30 年度】
●会計システムの統一

会計システムの合理化などの統合に伴う適切な環境整備について、平成 31 年度当初から 3 研究所統一の新しい会計システムを稼働するべく、平成 30 年度においては、詳細仕様の検討、システムの導入・整備及び職員に対する説明会を開催するなど、稼働の準備を進めた。これにより、今後の会計基準等の改正に伴うシステム改修の手間が 1/3 になる他、会計処理が統一できることにより、平成 31 年度からの財務会計業務の効率化に寄与した。

●e-ラーニングを通じた研修実施

e-ラーニングを通じて、文書管理や個人情報保護等に関する研修を研究所合同で実施することにより、研修時間等の効率化を図った。

■ICT 環境の整備の効率化（外部機関からの連携評価）

ICT 環境の整備等の効率化に関連して、3 研究所が連携して「法人として共通のセキュリティ水準を念頭にセキュリティ対策を推進したこと」が内閣サイバーセキュリティセンター（NISC）によるセキュリティ監査において「他法人に推奨される良好事例」として評価された。これは、統合に伴うシステムの合理化に 3 研究所が連携して取り組んだ成果である。

平成 30 年度において、従来より３研究所で個別に契約していた定型的業務の外部委託について、一括調達とすることにより、簡素化を図った。
具体的には、業務効率と経費の双方に留意し、平成 30 年度においては以下の 5 件について一括調達を行った。
引き続き業務効率及び経費を検討の上、必要な案件については一括調達を実施することとする。
・海外旅行保険
・安全保障輸出管理研修
・省エネルギーコンサルティング業務
・草刈業務
・業務実績等報告書印刷及び製本作業

【令和元年度】
●会計システムの統一による業務効率化

令和元年度においては、統一した会計システムの運用を開始し、これにより、統合に生じる事務の煩雑化を大幅に軽減することができ、業務効率化及び円滑な業務運営の推進に寄与した。

また、業務の効率化を推進するため、若手職員による業務効率化に係る WG を設置し、旅費 WG においては、各研究所で異なる旅費運用を統一し、将来的にアウトソーシングを目指す取り組みを開始した。

●e-ラーニングを通じた研修を実施

e-ラーニングを通じて、研究倫理やコンプライアンス、さらに安全保障輸出管理に関する研修を 3 研合同で実施することにより、研修時間等の効率化及び職員への周知徹底を図った。

令和元年度においても、引き続き３研究所で個別に契約していた定型的業務の外部委託について、一括調達とすることにより、簡素化を図った。
具体的には、業務効率と経費の双方に留意し、令和元年度においては以下の 3 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。
・東京都環境確保条例コンサルティング業務
・特定温室効果ガス排出量検証業務
・主変電所保護継電器交換工事

【令和 2 年度】
●e-ラーニングを通じた研修実施

e-ラーニングを通じて、研究倫理やコンプライアンス、さらに安全保障輸出管理に関する研修を 3 研合同で実施することにより、研修時間等の効率化及び職員への周知徹底を図った。

●コロナ禍でのテレワーク環境の整備及び更なるセキュリティ対策の維持強化

情報セキュリティマネジメントおいては、最高情報セキュリティ責任者の主導の下、コロナ禍におけるテレビ会議の増加に対応するため、所外からのリモートアクセス許可申請の確認項目の明確化（研究所支給端末の所外持ち出し、研究所支給以外端末による研究所システムへの接続、所外から研究所システムへの VPN 接続、所外から研究所システムへのマジックコネクト利用による接続などの場合分け等）及びテレビ会議システムのセキュリティ対策周知（Web 会議システムにおける取扱い情報のセキュリティ（暫定版）2020 年 12 月情報セキュリティ委）など更なる情報セキュリティ対策の維持・強化に努めた。

令和２年度においても、引き続き３研究所で個別に契約していた定型的業務の外部委託について、一括調達とすることにより、簡素化を図った。
具体的には、業務効率と経費の双方に留意し、令和２年度においては以下の１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。
・タッグ名札他購入

【令和 3 年度】
●会計システムの統一による業務効率化

統一した会計システムの運用により、統合に生じる事務の煩雑化を大幅に軽減することができ、決算業務においては残業時間が統一システム導入前から7割減少した。

2016年	統合前最終年度の決算(残業増要因)
2017年	統合初年度の決算(残業増要因)
2018年	-- 2018年度: 統一会計システムの導入 --
2019年	統一会計システムによる決算(残業減要因)
2020年	-- 2020年度: マニュアルの整備 --
2021年	統一会計システム/整備したマニュアルによる決算(残業減要因)

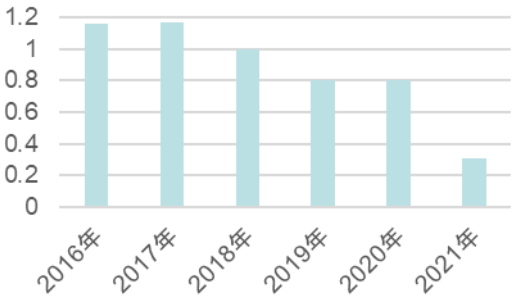


図 2.4　決算部署の決算時期の一人当たり残業時間推移(2018 年: 1.0)

●e-ラーニングを通じた研修実施

e-ラーニングを通じて、研究倫理やコンプライアンス、さらに安全保障輸出管理に関する研修を 3 研合同で実施することにより、研修時間等の効率化及び職員への周知徹底を図った。

●更なるセキュリティ対策の維持強化

情報セキュリティマネジメントおいては、最高情報セキュリティ責任者の主導の下、コロナ禍におけるテレワークの定着に向けて、申請手続きの簡素化、マイクロソフト 365 及び大容量ファイル転送システムの導入など更なる情報セキュリティ対策の維持・強化に努めた。

令和３年度においても、引き続き３研究所で個別に契約していた定型的業務の外部委託について、一括調達とすることにより、簡素化を図った。
具体的には、業務効率と経費の双方に留意し、令和３年度においては以下の３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。
・複合機
・電子入札システムコアシステム
・電子入札システム

２．業務の電子化
☆業務の電子化の推進

【平成 28 年度～令和 3 年度】
・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。

・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。

【平成 30 年度】

●統一グループウエア導入に伴うペーパーレス化

セキュリティと利便性を両立させる３研究所の情報ネットワークシステムの統合（研究所間を結ぶ VPN（仮想プライベートネットワーク）の接続）及び３研究所で統一したグループウエアを導入した。これにより、ペーパーレス化を実現し、各研究所間の円滑な情報共有が可能となり、資料準備時間の削減や経費削減等の業務の効率化を図った。

●外部発表許可申請の電子決裁化

グループウエアの導入により、海上技術安全研究所では、先立って、外部発表許可申請を電子決裁化することにより、決裁時間の大幅な短縮に貢献した。

【令和元年度】

●統一グループウエア導入に伴うペーパーレス化

セキュリティと利便性を両立させる３研究所の情報ネットワークシステムの統合（研究所間を結ぶ VPN（仮想プライベートネットワーク）の接続）及び３研究所で統一したグループウエアを導入した。これにより、ペーパーレス化を実現し、各研究所間の円滑な情報共有が可能となり、資料準備時間の削減や経費削減等の業務の効率化を図った。また、このグループウエアの導入により、外部発表許可申請を電子決裁化することで、決裁時間の大幅な短縮に貢献した。

●クラウド導入・整備に向けた検討・開発

研究所が開発したプログラムやデータベースによる解析サービスの提供や外部リソースとの連携による新研究・プロジェクトの創出等を通じて、産官学との連携を促進するとともに、研究所が保有する実験設備やシミュレータのリアルタイムモニタリング等を通じて、所内の業務の効率化を促進するため、クラウドの導入・整備に向け、作業部会（WG）を設置して検討を開始した。今年度は、研究所のインフラを構築・整備するため、3 研究所間での勉強会を実施するとともに、研究所ソフトウェアの船舶性能推定システム（HOPE Light）や波と風データベースを利用したクラウド用ポータルサイトの開発、並びにクラウド上での研究所の 400m 水槽の監視システムの開発を行った。

●働き方改革・新型コロナウイルス感染防止に向けたシステム基盤整備

働き方改革関連法に基づき、長時間労働の是正や多様で柔軟な働き方の実現、雇用形態に関わらない公正な待遇の確保を目的とした、テレワーク推進のためのシステム基盤整備（外部リモート操作機能の拡充及び機能拡充に伴うセキュリティ強化）を行った。これにより、新型コロナウイルス感染が拡大する以前から、新型コロナウイルス感染症防止対策としてテレワークの試行を行った結果、年度末までの 1 か月余りの間にテレワークを経験した職員は全体の 12.7%に達し、緊急事態宣言後のテレワークの本格実施に繋がった。

【令和 2 年度】

●テレワーク本格運用開始及び業務分析と対策

（1）テレワークの開始、業務分析と対策、定着及び業務簡素化の進展

（1）－1　テレワークの開始

研究所は、1回目の新型コロナ緊急事態宣言下（令和 2 年 4 月～5 月）において、出勤率 8 割減を目指してテレワークを開始し、出勤率は 25%程度となったものの、業務に支障が生じた。具体的には、決算及び国土交通省国立研究開発法人審議会海上・港湾・航空技術研究所部会が例年より約 1 月遅れた他、一部の研究の進捗が1～2月遅れた。

（1）－2　テレワークの業務分析と対策

研究所は、テレワークの本格運用のため 10 月にテレワークの規程化を行うとともに、2020 年年末にかけて、出勤率 25%で業務に支障が生じた要因の業務分析と対策の策定を行った。業務分析においては、特に従来は全て出勤の上オッフィスで行っていた事務業務を担当者の視点から約 540 件に分類して分析した。分析時において、事務業務の 120 件 22.3%をテレワークで実施中であった。

業務分析の結果、業務手順の随所に出勤する要因があった。研究業務においては、実験・試験の実施である。事務業務においては、銀行口座管理等の独立システムの操作、施設管理、公印の押印も伴う法人文書の発送受業務、対面打ち合わせなどの慣習及び新規採用者等への業務指示・指導などである。

次に、テレワークを実施していなかった約420件の各事務業務に関し、どうすればテレワークできるかを一つ挙げ集計したところ、表 2.1.1 の集計結果となった。

表 2.1.1　事務業務テレワークを実施可能とするための方法の集計

テレワークを可能とする方法（事務業務毎）	件数
①既存の機能利用（メール、テレビ会議、デスクネッツ、リモート）	201
②新機能追加（デスクネッツ強化）	1
③新機能追加（会議システム）	1
④新システム・ソフト導入（電子決裁等）	70
⑤新システム・ハード（機器等）	8
⑥慣習見直し	35
⑦規程改正等	13
⑧その他（「※1備考」欄に記載）	88
計	417

※1備考　押印の廃止、金融機関窓口での手続の廃止、出張領収書の原本提出の電子化等

表 2.1.1 より、最多のテレワークを実施可能とするための方法は、①既存の機能利用（メール、テレビ会議、デスクネッツ、リモート）であったため、事務部門の一組織を抽出し、在宅におけるインターネット環境等を表 2.1.2 に調査した。

表 2.1.2　在宅におけるインターネット環境等（抽出調査）

人数（非常勤を含む）	在宅にインターネット環境がある	私用 PC 無し	職場 PC 貸与でテレワーク実施中	職場 PC 貸与によりテレワークを実施できる
13	13	4	1	3 （内、テレワーク実績有り:1）

表2より、研究所では職場 PC の貸与やマジックコネクトの導入などに取り組んだものの、部署によっては不足しており、更なるテレワーク環境の整備が必要なことが分かった。

このため、研究所はテレワークの実施を更に進捗させる主に以下の対策を実施した。

・テレビ会議の活用を、1.（1）に記載したテレビ会議システムのセキュリティ対策周知とともに促進（表1の①に対応）
・貸与 PC 及びマジックコネクトの更なる整備（表1の①及び④に対応）
・所内システム（ワークフローなどの機能）の活用促進（表1の①及び④に対応）

（1）－3 テレワークの定着

上記（1）－2の対策の効果としてのテレワークの定着については、2 回目の新型コロナ緊急事態宣言（2021 年 1 月～3 月）において検証した。実験・試験の実施、施設管理、銀行口座管理等の独立システムの操作及び公印押印を伴う発送受業務などの出勤業務を行いつつ出勤率約 43%（1 月）で支障無く業務を実施した。また、法人文書公印省略の規程化を 3 月に行った（表1の⑧に対応）。

これらの結果、表 2.1.3 のとおり、約 420 件のテレワーク未実施であった事務業務の内 68 件（全約 540 件の約 12.7%）について、新たにテレワークを実施又は試行に移行した。

表 2.1.3 事務業務の内 2021 年に入り新たにテレワークに移行した件数（年度末まで）

	実施	試行	計
①既存の機能利用（メール、テレビ会議、デスクネッツ、リモート）	17	19	36
②新機能追加（デスクネッツ強化）			
③新機能追加（会議システム）			
④新システム・ソフト導入（電子決裁等）	1	13	14
⑤新システム・ハード（機器等）		1	1
⑥慣習見直し		3	3
⑦規程改正等			
⑧その他（「※1備考」欄に記載）	12	2	14
計			68

※1備考 押印の廃止、金融機関窓口での手続の廃止、出張領収書の原本提出の電子化等

テレビ会議の活用促進やテレワークの進捗等による効果には、研究所における新型コロナ陽性者の累積が0であることも挙げられる。

次年度においては、多様な働き方の一つとしてのテレワークの更なる定着に向け、電子入札システムの導入検討及び情報システムの更新検討などを行う。

●クラウドサービス開始

研究所が開発したプログラムやデータベースによる解析サービスの提供や外部リソースとの連携による新研究・プロジェクトの創出等を通じて、産官学との連携を促進するとともに、研究所が保有する実験設備やシミュレータのリアルタイムモニタリング等を通じて、所内の業務の効率化を促進するため、クラウドの導入・整備に向け、昨年度に作業部会（WG）を設置して検討を開始した。今年度は、研究所ソフトウェアの船舶性能推定システム（HOPE Light）や波と風データベースを用いたクラウドサービスの内部での試行運用とともに、クラウドサービスの所外への提供を開始した。

●会議、打合せでのペーパーレス化

セキュリティと利便性を両立させる３研究所の情報ネットワークシステムの統合（研究所間を結ぶ VPN（仮想プライベートネットワーク）の接続）及び３研究所で統一したグループウエアを導入した。これにより、ペーパーレス化を実現し（コピー用紙の購入枚数を前年度比 15%削減した。前年度 259 万枚が今年度 221 万枚となったもの。）、各研究所間の円滑な情報共有が可能となり、資料準備時間の削減や経費削減等の業務の効率化を図った。また、このグループウエアの導入により、委員等就任上申を電子決裁化することで、決裁時間の大幅な短縮に貢献した。

【令和 3 年度】

（１）研究業務関係

①クラウドサービス一般利用を開始

研究所は、海技研クラウドのアプリは開発中のものを含めて 15 を超え、今後も研究基盤としての整備拡張をおこなっていく予定。

７月に無償提供開始の「走錨リスク判定システム（錨 ing）は台風シーズンに利用が伸び、船舶の安全な錨泊に貢献した。

クラウドサービスによるアプリ利用の累計は[2,924（3 月末）]件。

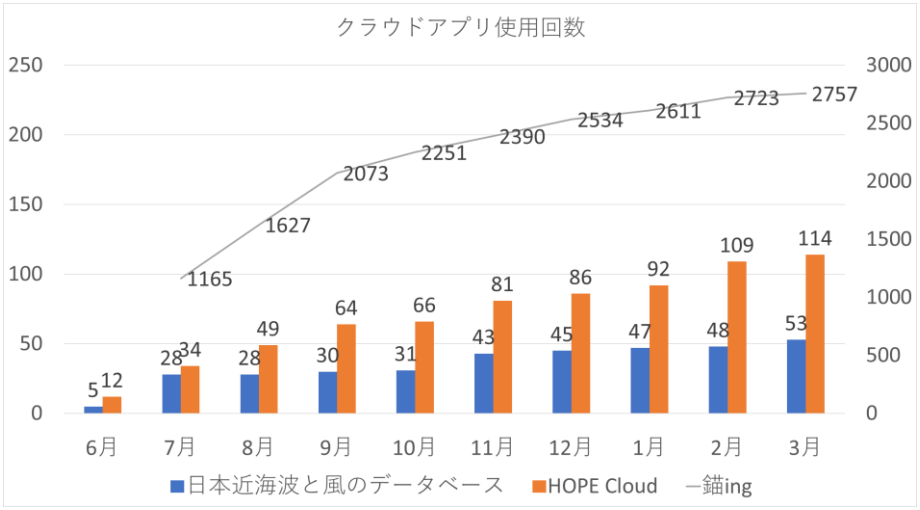


図 2.1.1　アプリ利用回数

②水槽オンライン立ち合いシステム及び自動計測システムを開発、公開

研究所は、Web アプリ上で水槽試験の実施状況・データの確認や比較が容易にできるように、チャット機能を用いたデータファイルの送受信､試験実施者との連絡ができるサービスを開始した。

本サービスにより、利用者が迅速な試験評価（馬力評価、再試）、実績データとの比較、出張費削減や試験映像の取得がリアルタイムで可能となった。

また、推進性能試験の効率化・計測精度の向上・再現性の向上による品質向上も見込まれ、その他公開実験等のオンライン実施定着による発信力強化も期待される。

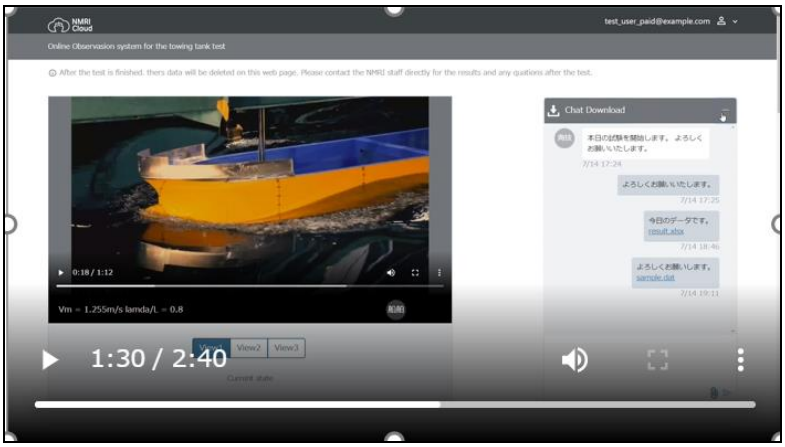


図 2.1.2　オンライン立ち合いシステムによるリアルタイムでの試験映像

（２）事務業務関係

①入札仕様書のメール対応試行

研究所では、令和 3 年度より、電子入札システム導入に向けて、従来手渡しを原則としていた、入札仕様書の配布をメール対応可とする試行を実施した。

取り組みの結果、年度末までに、総仕様書配布数の 9 割がメールでの配布となり、事業者へのサービス向上を実現した。

②電子入札システムの導入

研究所では、令和４年２月１日から電子入札システム運用を開始し、入札公告、事業者登録などを順次行い、令和４年度の本格運用を目指している。（令和４年３月末現在登録事業者数延べ４５社）

また、令和５年度からの運用開始を目指し、会計システムの電子決裁化を検討していく。

③旅費業務のアウトソーシング

港空研では、国内出張にかかる旅行チケットの代行手配業務のアウトソーシングを先行して行い、令和４年度からの業務開始を目指して３研究所で引き続きの連携と情報共有を図っていく。

④テレワークの定着

令和３年度は、リモートアクセス機能利用（デスクネッツ機能の利用）により、更に５２業務（期首４５実施＋７試行、期末５１実施＋１試行）がテレワークの移行業務となった。累計で２４０件がテレワーク可能業務となった。

本取組みにより、緊急事態宣言時には 4 割出勤、その他期間では、6 割出勤を達成した。今後も新たな働き方の実現に向けて取り組んでいく。

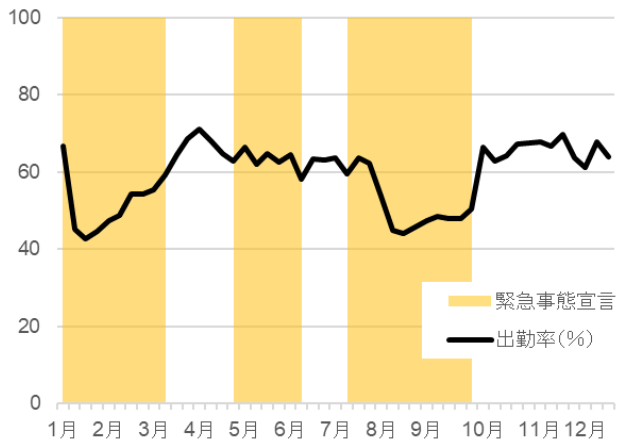


図 2.1.3　うみそら研出勤率推移

３．業務運営の効率化による経費削減等

☆業務運営の効率化による経費削減

【平成 28 年度～令和 3 年度】

・一般管理費、業務経費の抑制

中長期目標及び中長期計画において、業務運営の効率化を図ることにより、中長期目標期間終了時までに、一般管理費及び業務経費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費は除く。）について、初年度予算額の当該経費相当分に７を乗じた額に対し、中長期目標期間中における当該経費総額を一般管理費は８％程度、業務経費は３％程度、それぞれ抑制を図る（ただし、新規に追加されるもの、拡充分など、社会的・政策的需要を受けて実施する業務に伴い増加する費用等はその対象としない。）こととされている。

中長期計画で定められた目標値を達成するため、以下の取り組みを実施し、業務運営の効率化等に取り組みつつ、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

☆給与水準の検証

【平成 28 年度】

・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。

【平成 29 年度】

平成 29 年度の研究所の給与水準については、国家公務員の給与水準を 100 として作成したところ、対国家公務員指数（ラスパイレス指数）が、事務・技術職種で 99.6、研究職種で 102.3 となっている。

【平成 30 年度】

平成 30 年度の研究所の給与水準については、国家公務員の給与水準を 100 として作成したところ、対国家公務員指数（ラスパイレス指数）が、事務・技術職種で 98.1、研究職種で 102.7 となっている。

【令和元年度】

令和元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 97.0、研究職種で 103.6 となっている。

【令和 2 年度】

令和２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 104.1 となっている。

【令和 3 年度】
令和３年度の研究所の給与水準については、国家公務員の給与水準を 100 として作成したところ、対国家公務員指数（ラスパイレス指数）が、事務・技術職種で 99.6、研究職種で 105.3 となっている。

☆契約の見直し

【平成 28 年度～令和 3 年度】
・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、海上・港湾・航空技術研究所契約監視委員会を開催し、前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、契約においても契約監視委員会を開催し点検を行った。

☆無駄削減等の自律的な取り組みの実施

【平成 28 年度】
●業務効率化検討委員会の設置

・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。

【平成 29 年度】
●損害保険契約の一括調達

平成 30 年度からの、損害保険契約を 3 研究所で統一することを目標に、各研究所の契約実態、補償内容を比較、検討し、仕様等の調整を開始した。

【平成 30 年度】
●経費運用ルールの統一

平成 30 年度においては、各研究所の旅費業務の運用ルールについて、統一するべく検討を行い、令和元年度より統一されることとなった。業務効率化に向けた研究職からの要望調査等を実施し、研究者の要望を踏まえた課題を抽出した。

【令和元年度】
●業務効率化委員会による定期的な業務見直し

「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。

【令和 2 年度】
●業務効率化委員会による定期的な業務見直し

「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及び決算業務レビュー結果に基づき、決算業務にかかるフォーマットの共通化等や、電力使用量抑制等の無駄の削減に積極的に取り組んだ。

【令和 3 年度】
●業務効率化委員会による定期的な業務見直し

「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。

以上

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

【平成 28 年度】

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

総利益 651 百万円は、独立行政法人通則法及び中長期計画に従って、積立金として処理する。

【平成 29 年度】

1．運営費交付金を充当して行う事業

平成 29 年度は、運営費交付金を充てるべき支出のうち 182 百万円を自己収入から充当するよう査定を受けた予算になっているが、受託等収入からこの金額を捻出し、年度計画を確実に達成した。

また、純損失は 35 百万円となり、前中期目標期間に取得した受託資産の減価償却費相当額等を前中期目標期間繰越積立金から取り崩した 312 百万円と合わせて総利益は 277 百万円となっている。

（1）予算

表３.１.１

（単位:百万円）

区　　分	年度計画	実績
収入		
運営費交付金	5,193	5,193
施設整備費補助金	109	526
受託等収入	1,985	3,247
計	**7,287**	**8,965**
支出		
業務経費	1,451	1,516
施設整備費	109	364
受託等経費	1,803	3,436
一般管理費	237	262
人件費	3,686	3,663
計	**7,287**	**9,241**

（2）収支計画

表３.１.２

（単位：百万円）

区　　分	年度計画	実績
費用の部	**7,749**	**8,963**
経常費用	7,749	8,958
研究業務費	4,293	4,022
受託等業務費	1,803	2,839
一般管理費	1,072	977
減価償却費	581	1,121
財務費用	0	3
臨時損失	0	2
収益の部	**7,749**	**8,928**
運営費交付金収益	5,193	4,924
手数料収入	0	53
受託等収入	1,985	3,502
寄付金収益	0	1
資産見返負債戻入	572	445
臨時利益	0	3
純損失	**0**	**35**
目的積立金取崩額	**0**	**0**
前中期目標期間繰越積立金取崩額	**0**	**312**
総利益	**0**	**277**

（３）資金計画

表３.１.３

（単位：百万円）

区　　分	年度計画	実績
資金支出	**7,287**	**9,719**
業務活動による支出	7,178	8,084
投資活動による支出	109	1,588
財務活動による支出	0	47
次期中長期目標の期間への繰越金	**0**	0
資金収入	**7,287**	**9,173**
業務活動による収入	7,178	8,800
運営費交付金による収入	5,193	5,193
受託収入	1,840	3,451
その他収入	145	156
投資活動による収入	109	374
施設整備費補助金による収入	109	374
その他収入	0	0
財務活動による収入	0	0
前期中長期目標の期間よりの繰越金	0	0

２．運営費交付金以外の収入の確保

運営費交付金以外の収入として、研究成果の普及・広報活動を精力的に展開しつつ、知的財産権の活用などにより、自己収入の確保に努めた。具体的には、受託研究、外部資金受入型の共同研究及び競争的資金など運営費交付金以外の外部資金による研究開発については、受託研究等 194 件、競争的資金 109 件の合計 303 件を実施し、3,708 百万円を獲得した。この他、特許権実施及びソフトウェア使用許諾による収入として、74 百万円を獲得した。

３．短期借入金の限度額

特になし。

４．不要財産の処分に関する計画

特になし。

５．財産の譲渡又は担保に関する計画

特になし。

６．剰余金の使途

特になし。

【平成 30 年度】

1．運営費交付金を充当して行う事業

平成 30 年度は、運営費交付金を充てるべき支出のうち 182 百万円を自己収入から充当するよう査定を受けた予算になっているが、受託等収入からこの金額を捻出し、年度計画を確実に達成した。

また、純損失は 315 百万円となり、前中期目標期間に取得した受託資産の減価償却費相当額等を前中期目標期間繰越積立金から取り崩した 234 百万円と合わせて総損失は 81 百万円となっている。これは、減価償却費が前年度比 176 百万円増加したことが主な要因である。

（1）予算

表３.１.１

（単位:百万円）

区　　分	年度計画	実績
収入		
運営費交付金	5,123	7,623
施設整備費補助金	109	279
受託等収入	1,857	3,632
計	**7,088**	**11,533**
支出		
業務経費	1,403	1,601
施設整備費	109	279
受託等経費	1,675	3,327
一般管理費	242	560
人件費	3,660	3,636
計	**7,088**	**9,402**

（2）収支計画

表３.１.２

（単位：百万円）

区　　分	年度計画	実績
費用の部	**7,551**	**9,328**
経常費用	7,551	9,326
研究業務費	4,218	4,249
受託等業務費	1,675	2,533
一般管理費	1,077	1,247
減価償却費	581	1,296
財務費用	0	0
臨時損失	0	2
収益の部	**7,551**	**9,014**
運営費交付金収益	5,123	5,207
手数料収入	0	59
受託等収入	1,857	3,401
寄付金収益	0	1
資産見返負債戻入	572	336
臨時利益	0	10
純損失	**0**	**315**
目的積立金取崩額	**0**	**0**
前中期目標期間繰越積立金取崩額	**0**	**234**
総損失	**0**	**81**

（３）資金計画

表３.１.３

（単位：百万円）

区　　分	年度計画	実績
資金支出	**7,088**	**9,196**
業務活動による支出	6,979	7,842
投資活動による支出	109	1,344
財務活動による支出	0	10
次期中長期目標の期間への繰越金	**0**	0
資金収入	**7,088**	**12,486**
業務活動による収入	6,979	11,202
運営費交付金による収入	5,123	7,623
受託収入	1,712	3,253
その他収入	145	326
投資活動による収入	109	284
施設整備費補助金による収入	109	284
その他収入	0	0
財務活動による収入	0	1,000
前期中長期目標の期間よりの繰越金	0	0

２．運営費交付金以外の収入の確保

運営費交付金以外の収入として、研究成果の普及・広報活動を精力的に展開しつつ、知的財産権の活用などにより、自己収入の確保に努めた。具体的には、受託研究、外部資金受入型の共同研究及び競争的資金など運営費交付金以外の外部資金による研究開発については、受託研究等 195 件、競争的資金 96 件の合計 291 件を実施し、3,368 百万円を獲得した。この他、特許権実施及びソフトウェア使用許諾による収入として、79 百万円を獲得した。

３．短期借入金の限度額

特になし。

４．不要財産の処分に関する計画

特になし。

５．財産の譲渡又は担保に関する計画

特になし。

６．剰余金の使途

特になし。

【令和元年度】

1. 運営費交付金を充当して行う事業

令和元年度は、運営費交付金を充てるべき支出のうち 183 百万円を自己収入から充当するよう査定を受けた予算になっているが、受託等収入からこの金額を捻出し、年度計画を確実に達成した。

また、純損失は 171 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 61 百万円と合わせて総損失は 110 百万円となっている。これは、減価償却費が前年度比 590 百万円減少したことが主な要因である。

（1）予算

表 3.1.1

（単位：百万円）

区　分	年度計画	実績
収入		
運営費交付金	5,185	5,243
施設整備費補助金	34	272
受託等収入	1,873	2,893
計	**7,092**	**8,407**
支出		
業務経費	1,393	1,359
施設整備費	34	272
受託等経費	1,690	2,499
一般管理費	216	448
人件費	3,760	3,738
計	**7,092**	**8,315**

（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	**7,630**	**8,125**
経常費用	7,630	8,124
研究業務費	4,237	4,055
受託等業務費	1,690	2,194
一般管理費	1,122	1,169
減価償却費	581	706
財務費用	0	0
臨時損失	0	1
収益の部	**7,630**	**7,954**
運営費交付金収益	5,185	4,533
手数料収入	0	67
受託等収入	1,873	3,072
寄付金収益	0	0
資産見返負債戻入	572	282
臨時利益	0	0
純損失	**0**	**171**
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**	**61**
総損失	**0**	**110**

（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	**7,092**	**8,538**
業務活動による支出	7,058	7,858
投資活動による支出	34	666
財務活動による支出	0	14
次期中長期目標の期間への繰越金	**0**	0
資金収入	**7,092**	**8,381**
業務活動による収入	7,058	8,199
運営費交付金による収入	5,185	5,243
受託収入	1,728	2,667
その他収入	145	289
投資活動による収入	34	182
施設整備費補助金による収入	34	182
その他収入	0	0
財務活動による収入	0	0
前期中長期目標の期間よりの繰越金	0	0

2. 運営費交付金以外の収入の確保

運営費交付金以外の収入として、研究成果の普及・広報活動を精力的に展開しつつ、知的財産権の活用などにより、自己収入の確保に努めた。具体的には、受託研究、外部資金受入型の共同研究及び競争的資金など運営費交付金以外の外部資金による研究開発については、受託研究等 212 件、競争的資金 116 件の合計 328 件を実施し、3,032 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、107 百万円を獲得した。

また、海技研では効率的な自己収入確保に向け、受託研究等に係る一般管理費を引き上げ、さらに、技術コンサルタント規程を整備し、研究所が保有する技術の指導を促進することとした。

3. 短期借入金の限度額

特になし。

4. 不要財産の処分に関する計画

特になし。

5. 財産の譲渡又は担保に関する計画

特になし。

6. 剰余金の使途

特になし。

【令和 2 年度】

1. 運営費交付金を充当して行う事業

令和2年度は、運営費交付金を充てるべき支出のうち 185 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 227 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 18 百万円と合わせて総利益は 245 百万円となっている。これは、自己収入が前年度比 682 百万円増加したことが主な要因である。

（1）予算

表 3.1.1

（単位：百万円）

区　分	年度計画	実績
収入		
運営費交付金	5,193	6.640
施設整備費補助金	0	795
先進船舶・造船技術研究開発費補助金	0	19
受託等収入	1,893	3.615
計	**7,087**	**11.070**
支出		
業務経費	1,451	2,017
施設整備費	0	795
先進船舶・造船技術研究開発費補助金	0	19
受託等経費	1,708	3,256
一般管理費	258	414
人件費	3,669	3,730
計	**7,087**	**10,231**

（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	**7,658**	**9,225**
経常費用	7,658	9,195
研究業務費	4,192	4,638
受託等業務費	1,709	2,640
一般管理費	1,176	1,299
減価償却費	581	618
財務費用	0	0
臨時損失	0	30
収益の部	**7,658**	**9,452**
運営費交付金収益	5,193	5,112
手数料収入	0	68
受託等収入	1,893	3,938
寄付金収益	0	2
資産見返負債戻入	572	304
臨時利益	0	28
純利益	**0**	**227**
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**	**17**
総利益	**0**	**244**

（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	**7,087**	**8,892**
業務活動による支出	7,087	7,798
投資活動による支出	0	1,081
財務活動による支出	0	13
次期中長期目標の期間への繰越金	**0**	0
資金収入	**7,087**	**9,758**
業務活動による収入	7,087	9,354
運営費交付金による収入	5,193	6,640
受託収入	1,748	2.437
その他収入	146	277
投資活動による収入	0	404
施設整備費補助金による収入	0	404
その他収入	0	0
財務活動による収入	0	0
前期中長期目標の期間よりの繰越金	0	0

2. 運営費交付金以外の収入の確保

運営費交付金以外の収入として、研究成果の普及・広報活動を精力的に展開しつつ、知的財産権の活用などにより、自己収入の確保に努めた。具体的には、受託研究、外部資金受入型の共同研究及び競争的資金など運営費交付金以外の外部資金による研究開発については、受託研究等 217 件、競争的資金 127 件の合計 344 件を実施し、3,014 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、85 百万円を獲得した。

また、効率的な自己収入確保に向け、受託研究等に係る一般管理費を引き上げた。

3. 短期借入金の限度額

特になし。

4. 不要財産の処分に関する計画

特になし。

5. 財産の譲渡又は担保に関する計画

特になし。

6. 剰余金の使途

特になし。

【令和 3 年度】

1. 運営費交付金を充当して行う事業

令和 3 年度は、運営費交付金を充てるべき支出のうち 185 百万円を自己収入から充当するよう査定を受けた予算になっているが、受託等収入からこの金額を捻出し、年度計画を確実に達成した。

また、純損失は 64 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 12 百万円と合わせて総損失は 52 百万円となっている。これは、令和 3 年度に自己財源で取得した固定資産の額を、過去に自己財源で取得した減価償却費が超過したことが主な要因である。

（1）予算

表 3.1.1

（単位：百万円）

区　分	年度計画	実績
収入		
運営費交付金	5,156	6.388
施設整備費補助金	0	31
先進船舶・造船技術研究開発費補助金	0	0
受託等収入	1,904	3.764
計	**7,061**	**10,183**
支出		
業務経費	1,431	3,038
施設整備費	0	31
先進船舶・造船技術研究開発費補助金	0	0
受託等経費	1,719	3,422
一般管理費	251	430
人件費	3,659	3,691
計	**7,061**	**10,612**

（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	**7,632**	**10,318**
経常費用	7,632	10,229
研究業務費	4,137	5,024
受託等業務費	1,720	3,067
一般管理費	1,193	1,248
減価償却費	581	889
財務費用	0	0
臨時損失	0	90
収益の部	**7,632**	**10,254**
運営費交付金収益	5,156	6,015
手数料収入	0	59
受託等収入	1,904	3,860
寄付金収益	0	1
資産見返負債戻入	572	318
臨時利益	0	1
純利益	**0**	**△64**
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**	**12**
総利益	**0**	**△52**

（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	**7,061**	**10,167**
業務活動による支出	7,061	8,931
投資活動による支出	0	1,227
財務活動による支出	0	9
次期中長期目標の期間への繰越金	**0**	0
資金収入	**7,061**	**10,438**
業務活動による収入	7,061	9,838
運営費交付金による収入	5,156	6,388
受託収入	1,759	3,125
その他収入	146	325
投資活動による収入	0	600
施設整備費補助金による収入	0	600
その他収入	0	0
財務活動による収入	0	0
前期中長期目標の期間よりの繰越金	0	0

2. 運営費交付金以外の収入の確保

運営費交付金以外の収入として、研究成果の普及・広報活動を精力的に展開しつつ、知的財産権の活用などにより、自己収入の確保に努めた。具体的には、受託研究、外部資金受入型の共同研究及び競争的資金など運営費交付金以外の外部資金による研究開発については、受託研究等 292 件、競争的資金 124 件の合計 416 件を実施し、3,288 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、95 百万円を獲得した。

また、効率的な自己収入確保に向け、受託研究等に係る一般管理費を引き上げた。

3. 短期借入金の限度額

特になし。

4. 不要財産の処分に関する計画

特になし。

5. 財産の譲渡又は担保に関する計画

特になし。

6. 剰余金の使途

特になし。

第４章　その他業務運営に関する重要事項

【中長期目標】

（１）内部統制に関する事項

内部統制については、「「独立行政法人の業務の適正を確保するための体制等の整備」について」（平成 26 年 11 月 28 日行政管理局長通知）に基づく事項の運用を確実に図り、研究における不正等が起きないよう、研究員を含む役職員に対しコンプライアンスに係る研修を行うなどの取組を強化するとともに、内部統制機能が確実に発揮されるよう、法人のミッションや理事長の指示が組織内に徹底される仕組みなどの内部統制システムを整備する。また、研究所が国立研究開発法人として発展していくため、研究所の組織全体としても、個々の研究者としても、研究活動における不正行為の防止、不正行為への対応、倫理の保持、法令遵守等について徹底した対応をとるとともに、研究所としての機能を確実に果たしていく。

さらに、昨今の社会情勢を鑑みれば、個人情報等の保護についても徹底を図っていくことは重要であり、事務室等のセキュリティを確保するとともに、「サイバーセキュリティ戦略」（平成 27 年 9 月 4 日閣議決定）等の政府の方針を踏まえ、適切な情報セキュリティ対策を推進する。

（２）人事に関する事項

職員の専門性を高めるための能力開発の実施等により若手研究者等の育成を進めるとともに、職員の勤務成績を考慮した人事評価の適切な実施等により能力本位の公正で透明性の高い人事システムを確立し、卓越した研究者等の確保を図る。

また、達成すべきミッションと整合的な人材育成及び登用方針を明確化する。

（３）外部有識者による評価の実施、反映に関する事項

研究分野における業務計画、運営、業績については、目標の達成状況を随時把握し、必要に応じ研究開発の継続そのものに関する助言や指導を行う外部有識者から構成される研究評価体制を構築し、評価結果に基づいて研究資源の適時・適切な配分や研究開発業務の重点化を図るなど評価結果を積極的に活用する。

（４）情報公開の促進に関する事項

研究所の適正な運営と国民からの信頼を確保するため、適切かつ積極的に情報の公開を行う。

（５）施設・設備の整備及び管理等に関する事項

業務の確実な遂行のために必要な研究施設の計画的整備、維持、補修に努めるとともに、効率的に運営する。また、保有資産の必要性についても不断に見直しを行う。

（※）上記目標の評価は、別紙に掲げる評価軸等に基づいて実施することとする。

【中長期計画】

１．内部統制に関する事項

内部統制については、「「独立行政法人の業務の適正を確保するための体制等の整備」について」（平成 26 年 11 月 28 日行政管理局長通知）に基づき、業務方法書に定めた事項の運用を確実に図る。また、研究における不正等が起きないよう関係規程の充実を図るとともに、研究員を含む役職員に対し、内部統制に係る研修を行う。

さらに、内部統制機能が確実に発揮されるよう、法人のミッションや理事長の指示が組織内に徹底される仕組みとして内部統制推進に関する委員会を設置し、適切に運用する。

研究所が国立研究開発法人として発展していくためには、独立行政法人制度や国の制度等の様々なルールを遵守し適切に行動していく必要がある。研究所の組織全体としても、個々の研究者としても、研究活動における不正行為の防止、不正行為への対応、倫理の保持、法令遵守等について徹底した対応をとる。

個人情報等の保護を徹底するため、事務室等のセキュリティを確保するとともに、「サイバーセキュリティ戦略」（平成 27 年９月４日閣議決定）等の政府の方針を踏まえ、情報セキュリティポリシーを定め、適切な情報セキュリティ対策を実施する。

２．人事に関する事項
職員の専門性を高めるための能力開発の実施等により若手研究者等の育成を進めるとともに、職員の勤務成績を考慮した人事評価の適切な実施等により能力本位の公正で透明性の高い人事システムを確立し、卓越した研究者等の確保を図る。
また、達成すべきミッションと整合的な人材育成及び登用方針を策定する。

３．外部有識者による評価の実施・反映に関する事項
研究分野における業務計画、運営、業績については、目標の達成状況を随時把握し、必要に応じ研究開発の継続そのものに関する助言や指導を受けるため、外部有識者から構成される評価委員会等による研究評価体制を構築する。評価結果については、研究資源の適時・適切な配分に反映させ、研究成果の質の向上を図るとともに、研究開発業務の重点化を図る。また評価のプロセス、評価結果等を研究所のホームページへの掲載等を通じて公表し、透明性を確保する。

４．情報公開の促進に関する事項
研究所の適正な運営と国民からの信頼を確保するため、情報公開窓口を設置するなど、適切かつ積極的に情報の公開を行う。

５．施設・設備の整備及び管理等に関する事項
業務の確実な遂行のため、中長期目標期間中に別表４に掲げる施設を整備・改修する。また、既存の施設・設備を適切に維持管理していくため、必要な経費の確保に努めるとともに、効率的に施設を運営する。また、保有資産の必要性についても不断に見直しを行う。

６．積立金の処分に関する事項
旧海上技術安全研究所、旧港湾空港技術研究所及び旧電子航法研究所の前中期目標期間繰越積立金は、前中期目標期間中に自己収入財源で取得し、研究所の当中長期目標期間へ繰り越した有形固定資産の減価償却に要する費用等に充当する。

Ⅳ　その他業務運営に関する重要事項

１．内部統制に関する事項

☆内部統制の適切な実施

【平成 28 年度～令和 3 年度】

（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。

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年 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

☆若手研究者等の育成・公正で透明性の高い人事評価の適切な実施

【平成 28 年度～令和 3 年度】

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。

【平成 30 年度～令和 3 年度】

●クロスアポイントメント制度の導入

●研究者の博士号取得の奨励

●英語力向上のための補助の実施

⇒若手研究者等の育成やモチベーション向上に貢献

研究者が、研究所と外部機関等の間で、それぞれ雇用契約関係を結び、各機関の責任の下で業務を行うことが可能となる仕組みである「クロスアポイントメント制度」を導入し、平成 30 年度に「クロスアポイントメントに関する細則」を整備した。そのほか、研究所内外で開催されている講習会・勉強会や研修への参加を奨励、研究者の博士号取得の奨励、英語力向上のための補助など、関係者の専門性を向上させる取り組みを進め、研究所全体のポテンシャルの向上を図った。

３．外部有識者による評価の実施・反映に関する事項
☆外部有識者による評価の実施及び反映

【平成 28 年度～令和 3 年度】
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。
「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、年 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。

【平成 30 年度】
●海技研長期ビジョンへの反映
⇒海技研外部評価委員会を２回実施し、海技研の新ビジョンに反映
海上技術安全研究所では、研究評価以外に今後の研究所の長期ビジョンについても第三者の視点から外部有識者において検討・コメントをいただき、新しい長期ビジョンに反映した。

４．情報公開の促進に関する事項
☆情報公開の促進

【平成 28 年度～令和 3 年度】
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の適切な実施

【平成 28 年度～令和 3 年度】
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。

以上