

自動運航船に関する現状等

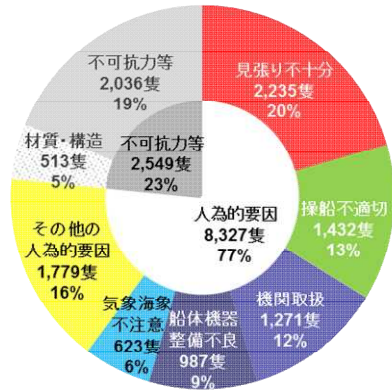
国土交通省 海事局

平成29年12月

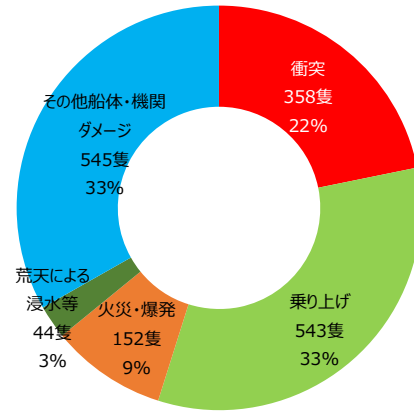
- (1) 自動運航船の概要**
- (2) 現在進められている技術開発
- (3) 海外の動向
- (4) 国際基準動向と対応等

課題

- 海難の8割が人為的要因により発生。また、廃船に至る重大事故が世界で1,642件発生



出典: 海上保安庁

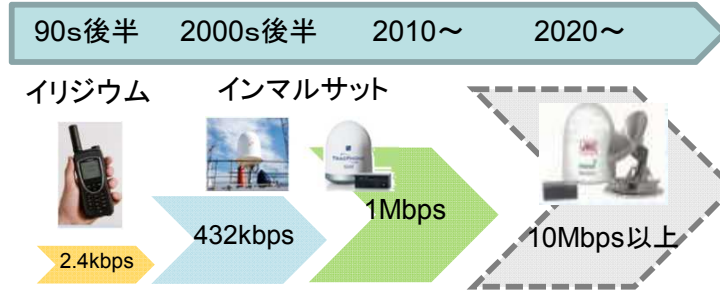


出典: 統計に基づき海事局作成

- 世界の海上輸送量の着実な増加に伴い、今後、世界の船員需給が逼迫の見通し
- 日中韓の造船業の競争激化。省エネ性能に続く、日本の造船・舶用工業の競争優位分野確立の必要性

通信・技術環境の進展

- 海上ブロードバンド通信の発展と、センサ、IoT、AI、ビッグデータ処理技術の急速な進歩



※陸上の90年代のアナログ電話回線は64kbps。現在の光回線は実測90Mbps程度。容量1GBの15分動画のダウンロード時間は理論上35時間から1分半まで短縮。

- 自動船舶識別装置(AIS)、電子海図(ECDIS)等の普及

自動船舶識別装置

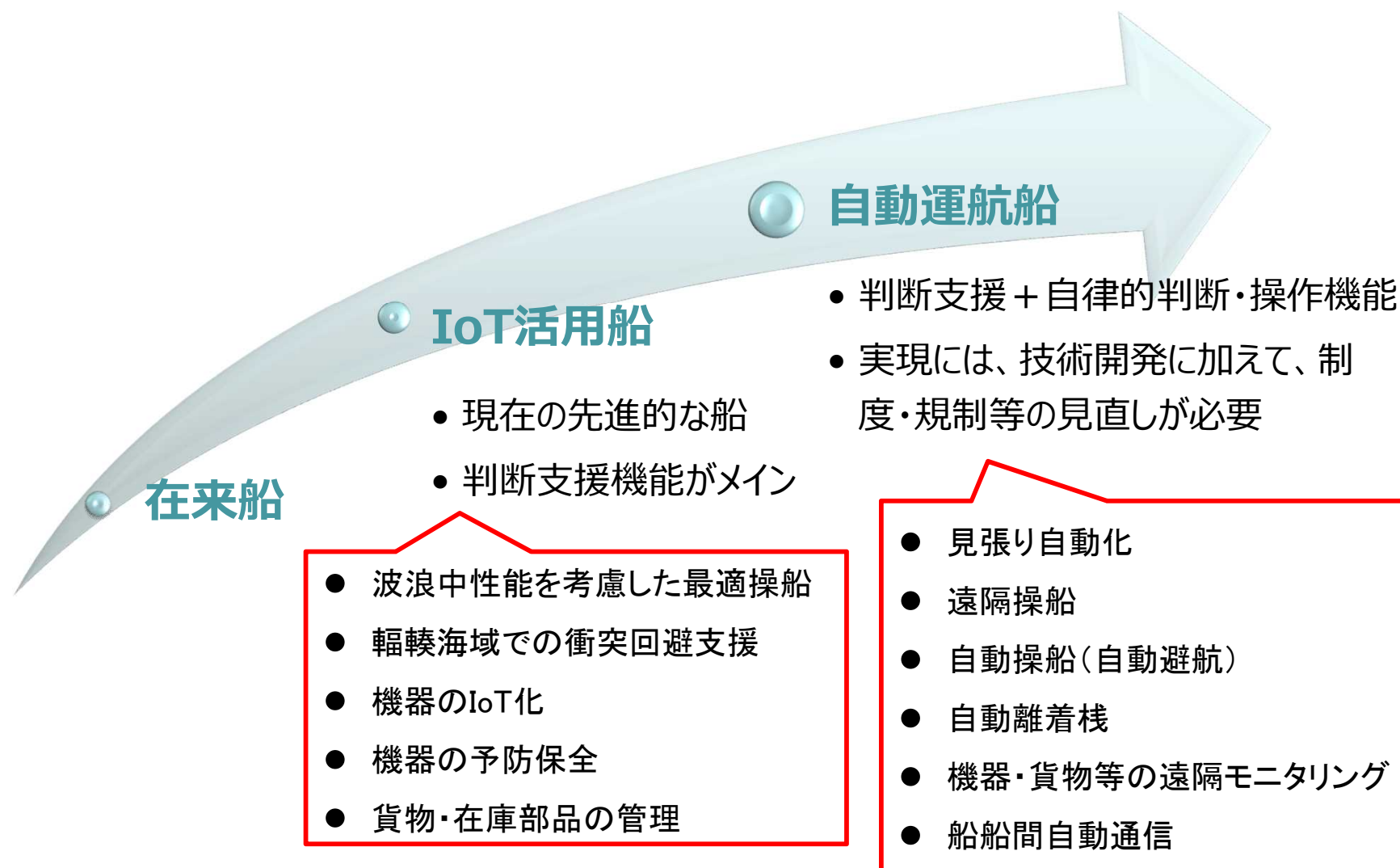


電子海図



自動運航船に注目

- 自動運航船は、技術の開発・実用化等に伴って段階的に發展
- 当初は、船員等の判断支援等が主たる機能。その後、機械による自律的判断の領域は次第に増えていくものの、人間の判断が引き続き重要



- 「自動運航船」は、船上の高度なセンサーや情報処理機能、セキュリティの確保された衛星通信、陸上からの遠隔サポート機能等を備えた船舶とその運航システム



提供: (一財)日本船舶技術研究協会

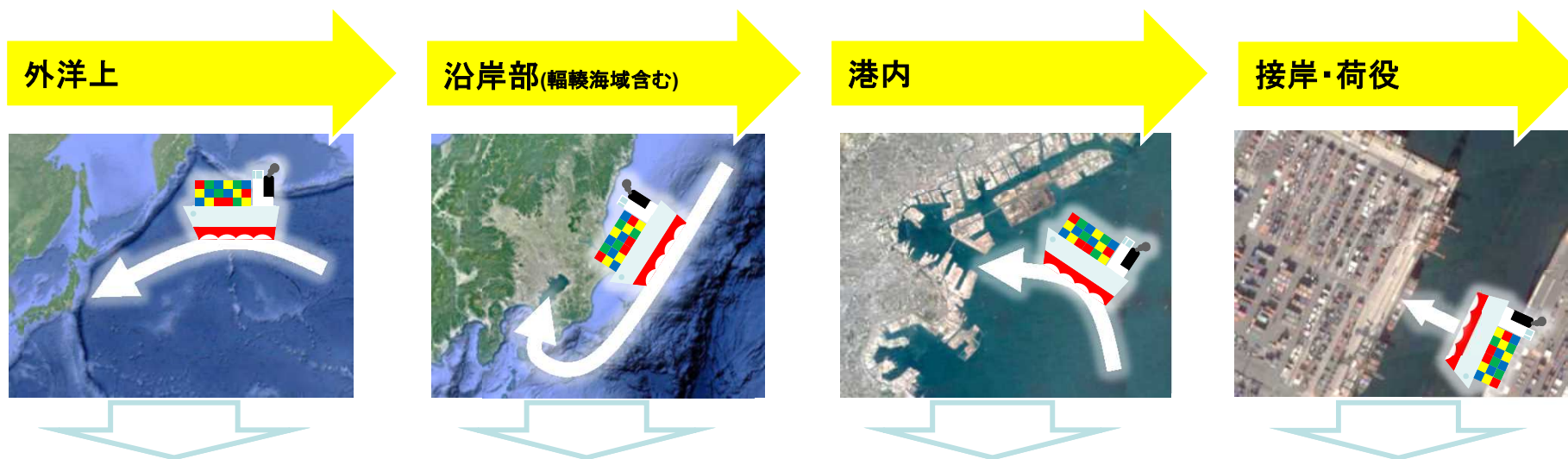
将来の「自動運航船」のイメージ（一例）

【外洋上】 外洋上は、見張りを機械及び陸上からの遠隔監視により実施。

【沿岸部】 沿岸に近づき、船舶交通が増えてくると、船員も見張りを行うものの、見張り・操船は基本的に自動化。船員は主に機械の下す判断を監督、承認する役割

【港内】 港内に入り、船体が岸壁と平行になる位置まで自動操船

【接岸・荷役】 最終の接岸操船及び綱取りは、無人タグのアシスト等を受けつつ有人で実施。荷役は、一部自動化



【期待される効果】

- 船員労働環境の改善
- エンジントラブル等による不稼働減少
- 船員不足への対応

【期待される効果】

- ヒューマンエラー起因海難事故防止
- エンジントラブル等による不稼働減少

【期待される効果】

- 入港手続きにかかる時間、労力削減
- ヒューマンエラー起因海難事故防止
- 熟練船員不足への対応

【期待される効果】


- 接岸・荷役の肉体作業の削減
- 船員労働環境の改善
- 熟練船員不足への対応

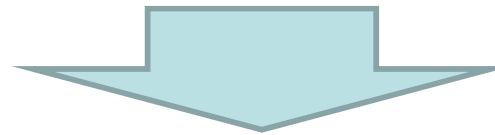
- 自動運航船は、しばしば自動運転車と比較されるが、両者の特徴や周辺環境は大きく異なる

	自動運転車	自動運航船
運転・運航	<ul style="list-style-type: none"> 一人の運転手が操縦 	<ul style="list-style-type: none"> 操船、機関保守、貨物監視、離着岸等の複数の人間が作業を分担 船舶はクルーで運用される大型システムであり、24時間稼働のプラントという性格も有する
物理特性	<ul style="list-style-type: none"> 数トン程度であり、敏捷性が高い（急発進、急停止、急旋回が可能） 	<ul style="list-style-type: none"> 大型のものは数十万トン程度であり、敏捷性が低い（急発進、急停止、急旋回が不可能）
走行・航行環境	<ul style="list-style-type: none"> 動きは比較的速く、他車とほぼ常時近接 歩行者、自転車が周囲に多数存在する混合交通 道路、車線、信号等、移動制約が多い 故障等があっても支援を得られやすい 	<ul style="list-style-type: none"> 動きは比較的遅く、他船とほぼ近接しない 周囲には船舶が主だが、漁網や浮遊物も 輻輳海域等一部を除き移動制約は少 長期間海上で孤立
開発動向	<ul style="list-style-type: none"> 密度の高い混合交通環境下で安全に走行するため、衝突被害軽減ブレーキ等、センサー技術を活用した事故防止に資する運転支援技術の開発実用化が進む センサー等による自車周辺物認識技術と3D位置情報、GPS等の組み合わせによる高度な自動運転技術の開発が進む 	<ul style="list-style-type: none"> 航海計画策定、操船、船体・機器管理、貨物管理等の作業分野ごとに、安全性・効率性向上に資する技術開発が進んでいる。

- 海洋調査等を目的とした総トン数20トン未満の無線操縦の小型の船舶や軍用の船舶については実用化されている
- 我が国においても、海洋調査を目的とした無線操縦の小型船舶が一部海域で運用されている

実用化されている無線操縦の小型船舶の例

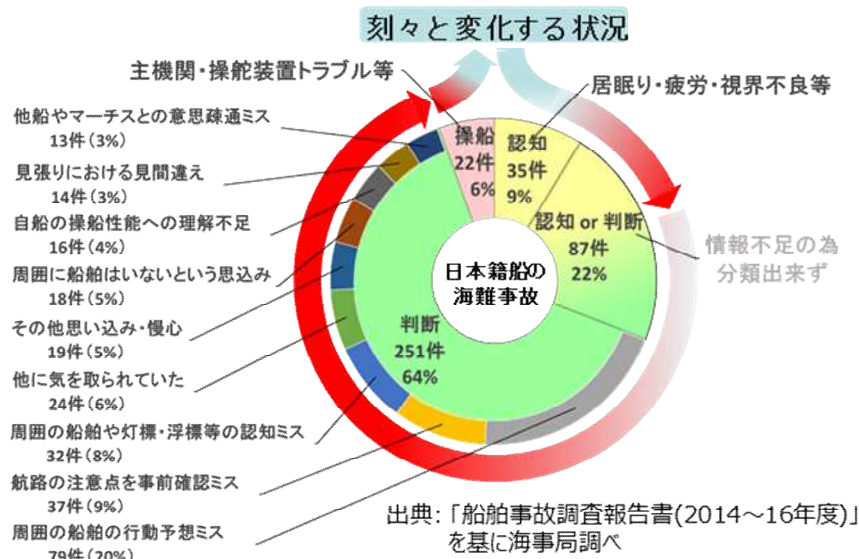
	製造者	要目等	用途
	使用者		
	英国 ASV社	全 長：5.8m 最大速力：6ノット 操船方法：遠隔操船、自律航行	海洋調査等
	-		
	ヨットを改造	全 長：6m 最大速力：5ノット 操船方法：遠隔操船、自律航行	海洋調査等
	JAMSTEC		



従来、個別に検査等の要否など検討してきたが、今後、活用範囲が広がることが想定されることから、無線操縦の小型無人船舶の検査等の扱いを検討中

- ・ 操船関連のヒューマンエラーによる海難事故のうち9割以上が、「他事に気を取られていた」や「思い込み」等の認知・判断段階に起因
- ・ 船舶が廃船等にいたる事故は年間1500件から2000件程度発生。不稼働による経済的損失は巨額になりうる
- ・ 認知・判断段階のエラーを減らす操船支援技術、機関故障を未然に防ぐ技術等により、安全性の向上および不稼働損の減少等による経済的便益も期待される

操船関連海難の原因分析(貨物船・タンカー関連のみ)



世界の重大海難事故件数の推移



船舶は一度海難が発生すれば多大な被害・損失が発生

- 船舶の不稼働による機会損失
- 沈没等による直接的損失
- 海洋汚染等による第三者への損害

LNG船



船 価: 200億円
用船料: 7万USD/日

タンカー(VLCC)



船 価: 100億円
用船料: 3万USD/日

コンテナ船(14,000TEU)



船 価: 120億円
用船料: 4.5万USD/日

自動運航船の技術により安全性・経済性向上が期待

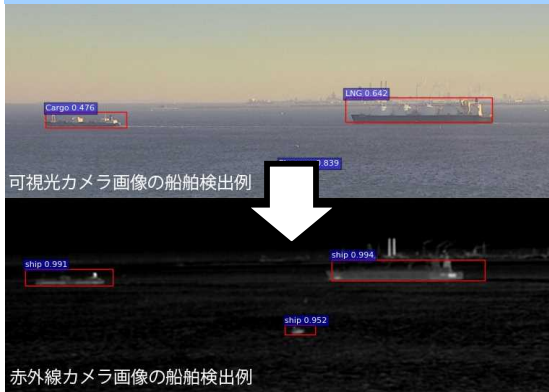
- 認知・判断段階等の人間のミスへの対応として、自動運航船の操船支援技術、遠隔操船技術の導入により大きな効果が期待
- 機関故障を未然に防ぐ技術により、海難・不稼働損失の減少が期待

- (1) 自動運航船の概要
- (2) 現在進められている技術開発**
- (3) 海外の動向
- (4) 国際基準動向と対応等

見張り自動化(他船検出)

- 各種カメラ、レーダー、AISデータ等の情報を統合して、周辺船舶を自動検出
- 夜間、濃霧中等の難しい環境下での検出を可能とする技術が開発中
- ボートユーザー等を対象とした小型船の位置共有アプリも開発済み

可視光カメラと赤外線カメラによる検出



AIS情報の重畳



位置共有アプリ画面の例

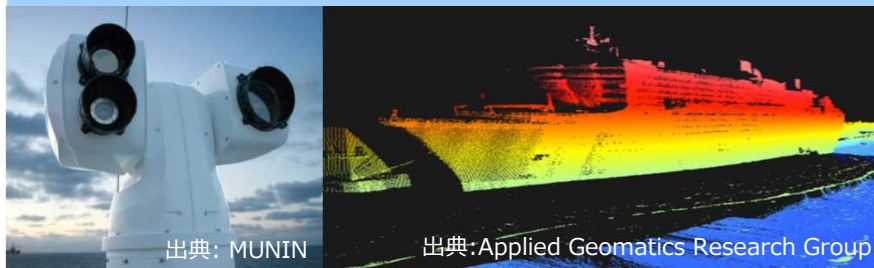


アプリが小型船の接近を検出して警告

濃霧中における高感度カメラ画像による検出

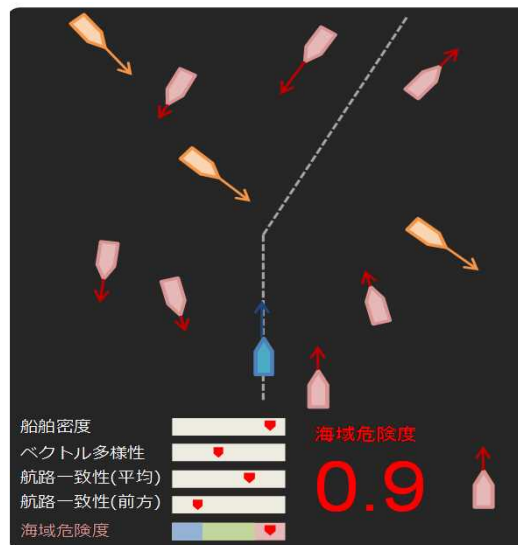


LIDARによる近距離の詳細検知

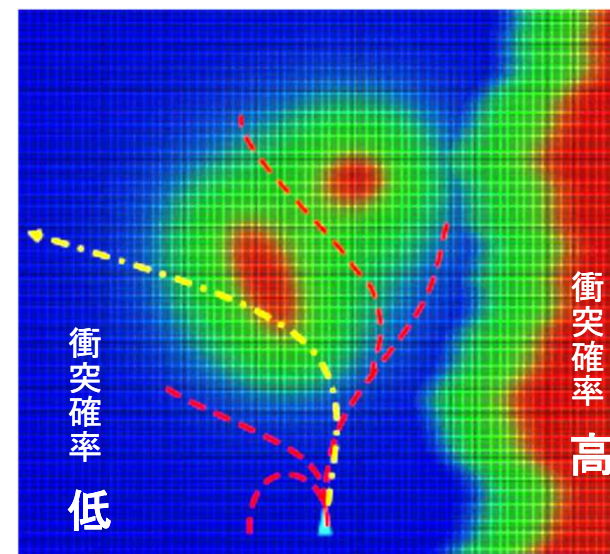


- 輻輳海域でも、高度なアルゴリズムで衝突回避ルートを表示
- 過去のAISデータに基づく統計的挙動予測アプローチも開発中

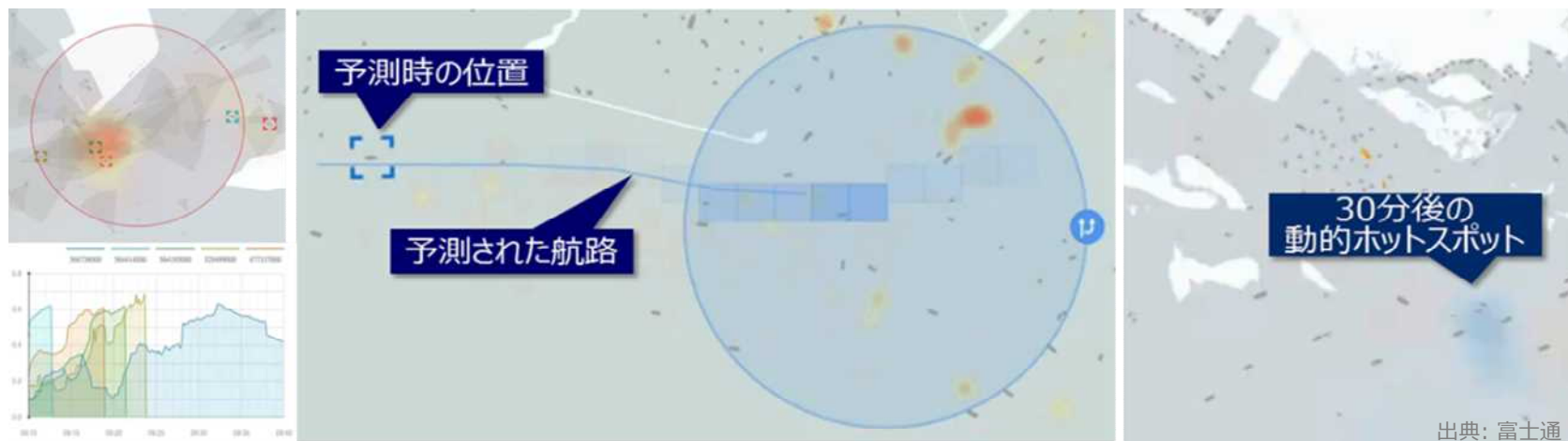
輻輳海域における衝突回避ルートの表示



確率論アプローチによる衝突回避アルゴリズム



過去AISデータに基づくリスク定量化、30分後の危険エリア予測と危険エリア迂回操船



- 船舶の運航会社等は、自動運航船の実現のための船陸間通信に関し、安定的かつ効率的なものとすべく、情報通信事業者等と協力するなどして開発を進めている。

◆次世代船舶IoTプラットフォーム共同実験

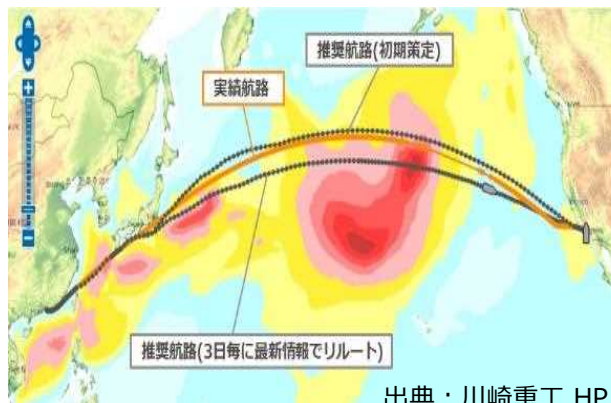
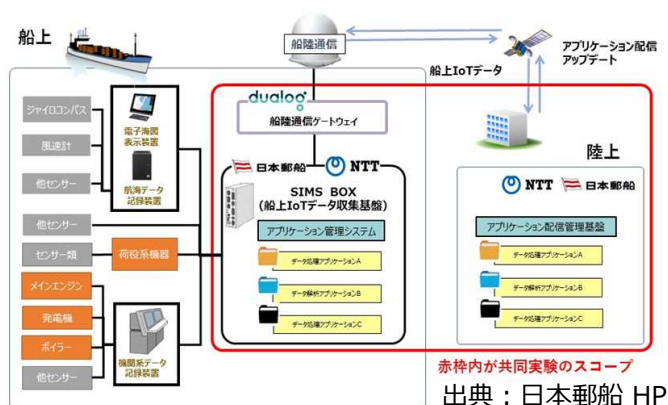
(日本郵船(株)、(株)MTI、日本電信電話(株)、(株)NTTデータ)

◆最適運航支援システム

(川崎汽船(株)、川崎重工業(株))

◆次世代型船舶管理支援システムの共同開発

((株)商船三井、三井造船(株))



- 将来的には、陸上ステーションからの操船支援も。
- 通信帯域、コスト、遅延等の通信技術面、船員資格や安全基準等の制度面の検討必要

陸上操船施設



洋上の船舶



カメラ等を装備した船舶

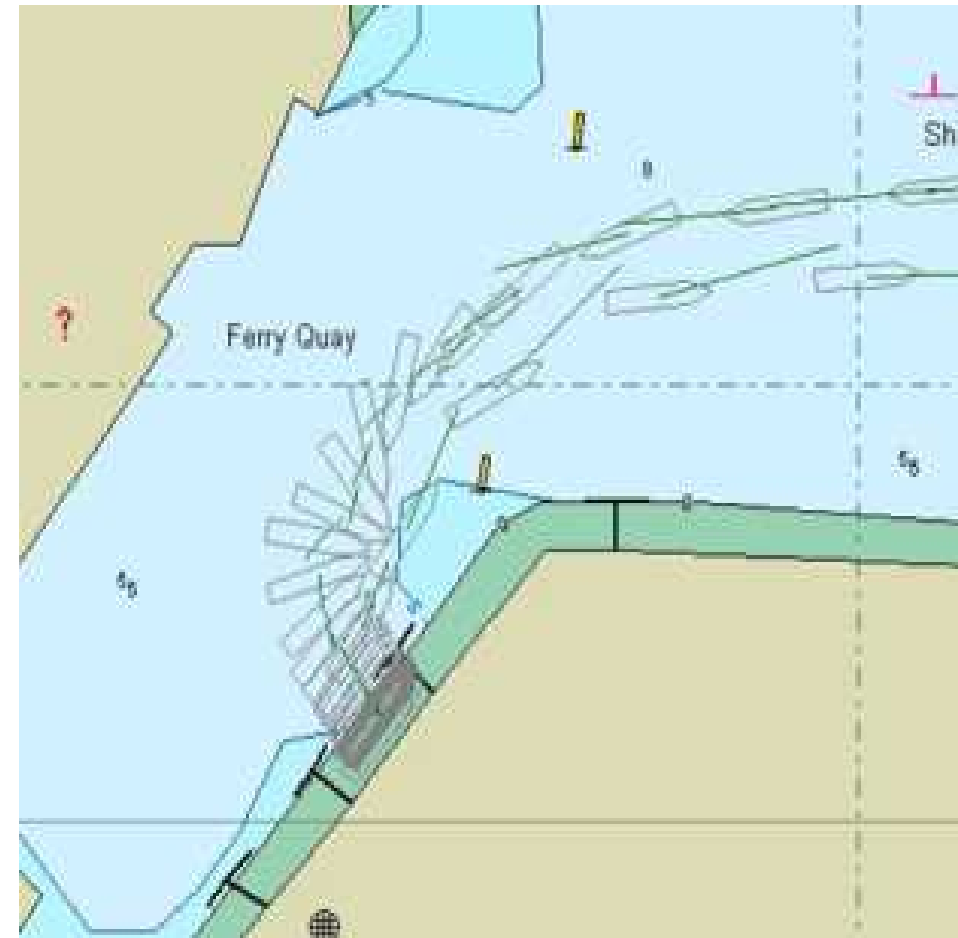
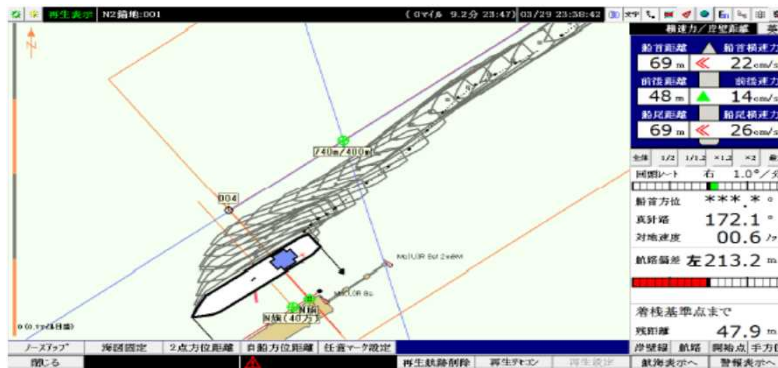
To Shore

- カメラ・レーダー画像
- 位置情報
- 機関運転データ

To Ship

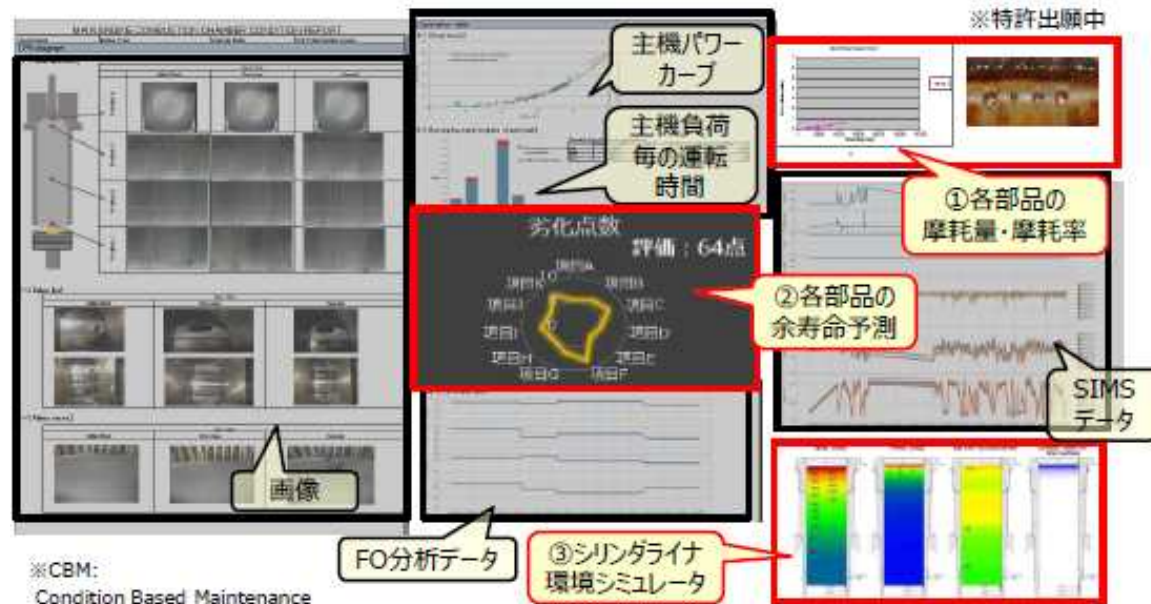
- 操船指令・アドバイス
- 注意・警告等

- 準天頂衛星による精密測位、高機能舵、無人タグ等により自動着棧
- 綱取りを含む大型船の完全自動着棧には引き続き技術的課題残る



機関の予防保全

- 機関各部のセンサーから得られるデータを蓄積、分析を行うことで、部品の余寿命推定やメンテナンス時期が分かる
- 定期的なメンテナンス(TBM: Time Based Maintenance)ではなく、状態に基づいたメンテナンス(CBM: Condition Based Maintenance)が可能となる

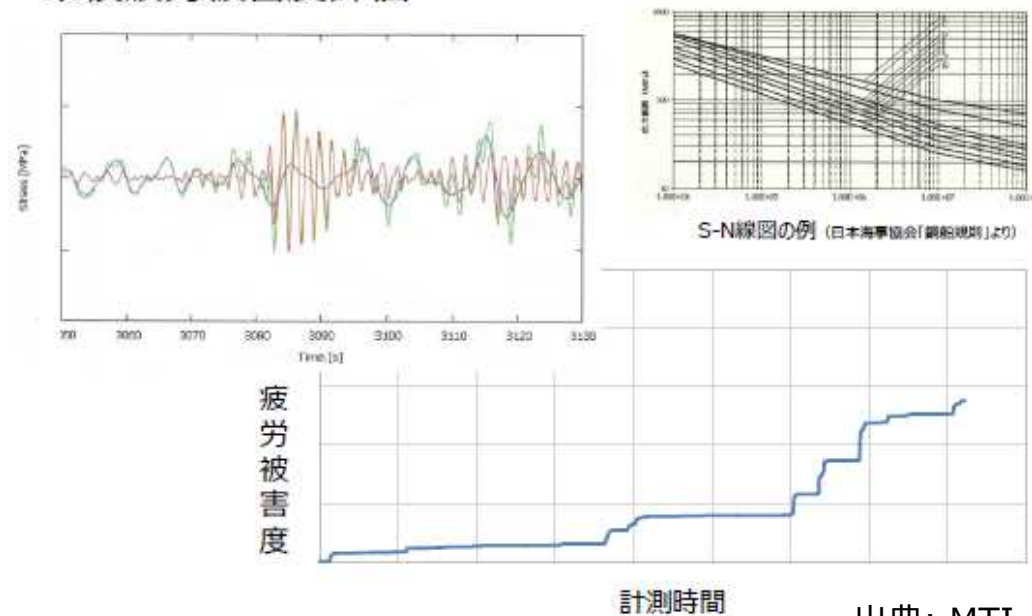


出典: MTI

船体モニタリング

- 船体各所にセンサーを設置し、そのデータから、波浪外力の推定や、船体各部の応力状態や疲労強度の推定が可能となる

累積疲労被害度評価



出典: MTI

動揺・操船シミュレータによる運航支援

操船の支援



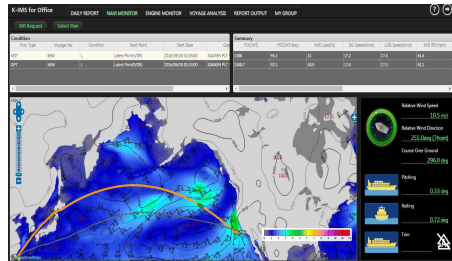
船舶の衝突リスク判断と自律操船に関する研究

LNG船の安全運航



船陸間通信を利用したLNG安全運搬支援技術の研究開発

最適航路選定支援



船体特性モデル自動補正機能による解析精度高度化及び安全運航への応用

気象観測の自動化



海上気象観測の自動観測・自動送信システムの開発

船体構造モニタリング



大型コンテナ船における船体構造ヘルスマニタリングに関する研究

船用機器・システムの予防保全

機関プラントの事故防止



ビッグデータを活用した船舶機関プラント事故防止による安全性・経済性向上手法の開発

甲板機械の予防保全



貨物船・ばら積み貨物船(バルク船)向け甲板機械のIoT化研究開発

船体モニタリングによる安全設計




船内環境見える化

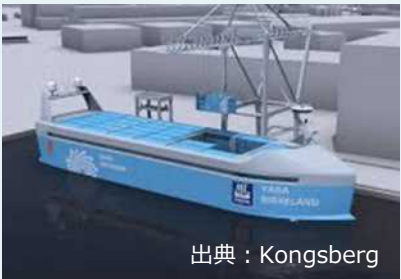



ICTを活用した船内環境見える化システムの構築

	事業者	事業名称
1	日本郵船(株)、(株)MTI、(株)日本海洋科学、古野電気(株)、日本無線(株)、東京計器(株)	船舶の衝突リスク判断と自律操船に関する研究
2	日本郵船(株)、(株)MTI、ジャパンマリンユナイテッド(株)	大型コンテナ船における船体構造ヘルスマニタリングに関する研究開発
3	(株)商船三井、スカパーJSAT(株)、古野電気(株)	海上気象観測の自動観測・自動送信システムの開発
4	川崎汽船(株)、川崎重工業(株)、ケイラインシップマネージメント(株)	船体特性モデル自動補正機能による解析精度高度化及び安全運航への応用
5	ジャパンマリンユナイテッド(株)、日本郵船(株)、(株)MTI、(株)ディーゼルユナイテッド、(株)サンフレム、寺崎電気産業(株)、三菱化工機(株)	ビッグデータを活用した船舶機関プラント事故防止による安全性・経済性向上手法の開発
6	眞鍋造機(株)、渦潮電機(株)	貨物船・ばら積み貨物船（バルク船）向け甲板機械のIoT化研究開発
7	日本郵船(株)、(株)MTI、JRCS(株)	船陸間通信を利用したLNG安全運搬支援技術の研究開発
8	(株)商船三井	ICTを活用した船内環境見える化システムの構築

- (1) 自動運航船の概要
- (2) 現在進められている技術開発
- (3) 海外の動向**
- (4) 国際基準動向と対応等

プロジェクト名	プロジェクト概要	実施主体	実施期間
<p>MUNIN Maritime Unmanned navigation through Intelligence in Network</p>  <p>出典：MUNIN</p>	<ul style="list-style-type: none"> 無人船の概念の構築及び実証実験の実施が目的のEU支援プロジェクト(総予算380万ユーロ) 調査の結果、10%以上の燃費の向上、衝突・沈没リスクは有人船より1桁低くなると評価 	<p>EU (ドイツがとりまとめ、ノルウェー、スウェーデン、アイスランド、アイルランド) ※大学、研究機関、民間企業が参画</p>	<p>2012～2015年</p>
<p>AAWA Advanced Autonomous Waterborne Initiative</p>  <p>出典：ロールスロイス</p>	<ul style="list-style-type: none"> 自動運航船を実現するために必要な経済・社会・法規制・技術要素について学術及び産業界が検討するフィンランド政府支援のプロジェクト(総予算660万ユーロ) コンセプト検討を踏まえた調査研究を実施し、最終目標はコンセプトの立証 	<p>ロールス・ロイス DNVGL NAPA インマルサット フィンランド技術庁 タンペレ工科大学 等</p>	<p>2015～2018年</p>
<p>MASRWG Maritime Autonomous Systems Regulatory WG</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 自律航行システムの安全運航のための法的枠組みを民間のイニシアティブで検討 24m以下の自動運航船を対象にした包括的なガイドラインであるIndustry Code of Practiceを公表(2017/11) 	<p>英国を中心に、産学官が参画</p>	<p>2014年～</p>

プロジェクト名	プロジェクト概要	実施主体	実施期間
<p>コングスベルグ</p>  <p>出典：Kongsberg</p>	<ul style="list-style-type: none"> ノルウェーのヤラ・インターナショナル社は、コングスベルグ社と協同して、南部の3港間（ヤラ社工場・Brevik港・Larviki港）で自社の肥料を運搬する電気自動コンテナ船「ヤラ・ビルケラン」を就航予定 	<p>ヤラ・インターナショナル コングスベルグ</p>	<p>2018年：竣工 2019年：遠隔操船による運航 2020年：完全自動運航</p>
<p>ロールスロイス</p>  <p>出典：ロールスロイス</p>	<ul style="list-style-type: none"> ノルウェーのフィヨルドを横断するフェリーに自動運航システム(有人)を納入(2018年運航開始) 同社は、2030年に無人遠隔操縦船、2035年に完全無人船が実現するロードマップを公表 	<p>ロールスロイス</p>	

- (1) 自動運航船の概要
- (2) 現在進められている技術開発
- (3) 海外の動向
- (4) 国際基準動向と対応等**

背景

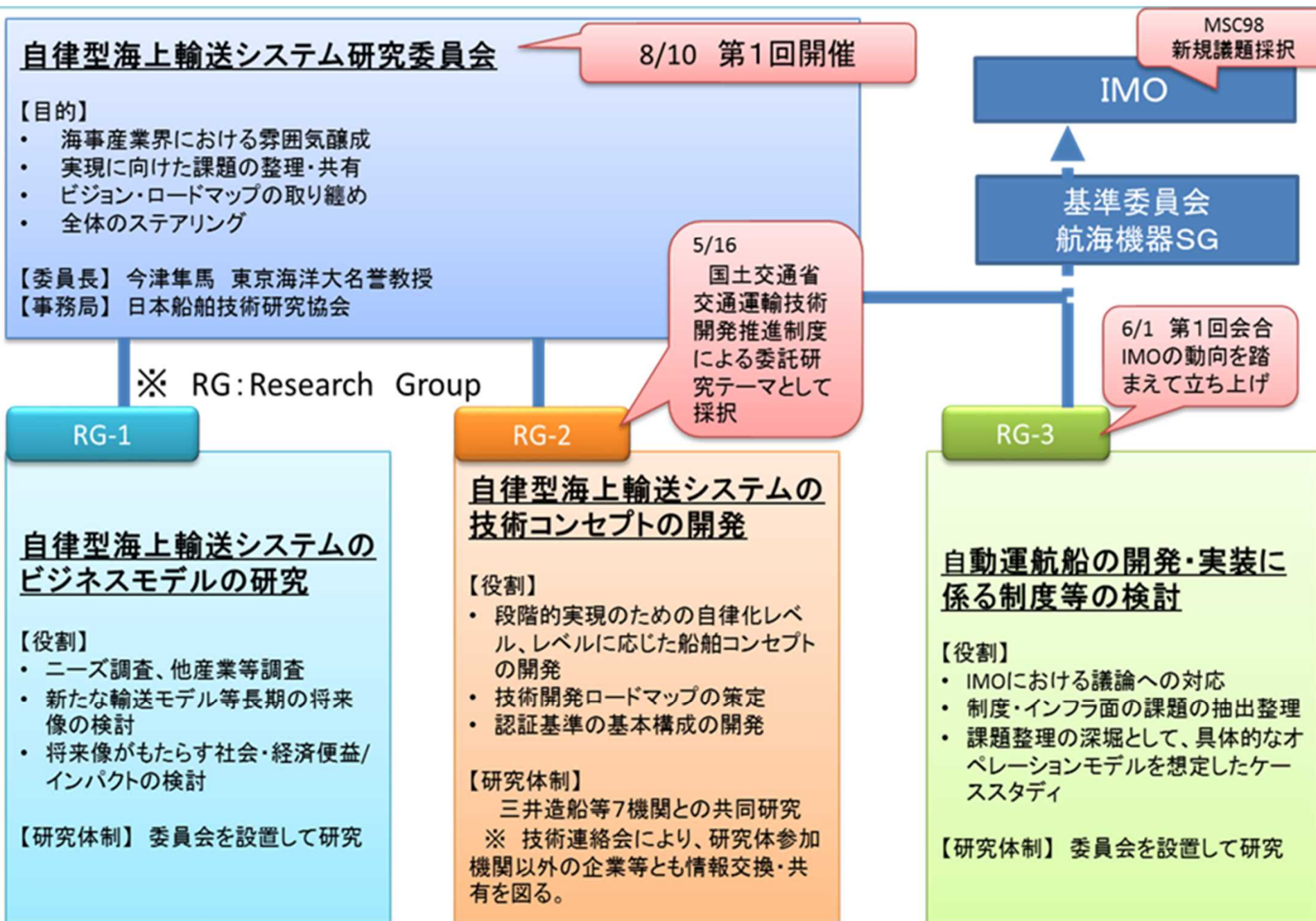
- 現在、我が国を含む世界各国において、遠隔操作、自動航行、船舶監視、衝突防止システムを備えた完全または部分的な自動運航船の開発・実装に向けた調査研究が進行中
- 自動運航船には、乗員を支援する部分的な自動化システムから、人間の介在を必要としない完全な自動システムに至るものまで、様々な自動化レベルのものが含まれると考えられており、それぞれに対応する基準は不明確

現状

- 自動運航船の社会実装（開発・実証、運用）を実現させるためには、**規制面の検討は必要不可欠**であることから、我が国等※は、2017年6月のIMO第98回海上安全委員会（MSC 98）に規制面での論点整理を「新規議題」として提案
 - ※デンマーク、エストニア、フィンランド、日本、オランダ、ノルウェー、韓国、英国及び米国の共同提案
- 審議の結果、「**自動運航船の規制面での論点整理**」が**新規議題として採択**され、2018年-2019年の2ヶ年計画に含めること及び目標完了年を2020年とすることに合意

今後の予定

- **2018年5月のMSC 99から**、既存のIMO規則の改正の要否、新たに必要となる基準等について**検討を開始予定**



- 我が国海事産業の国際競争力強化に資するトップランナー技術をベースとした技術要件に関する国際基準の策定を主導するため、自動運航船の導入に向けた安全かつ効率的な運航のために必要な要件を検討すべく、自動運航船に必要な技術の実証を行う。

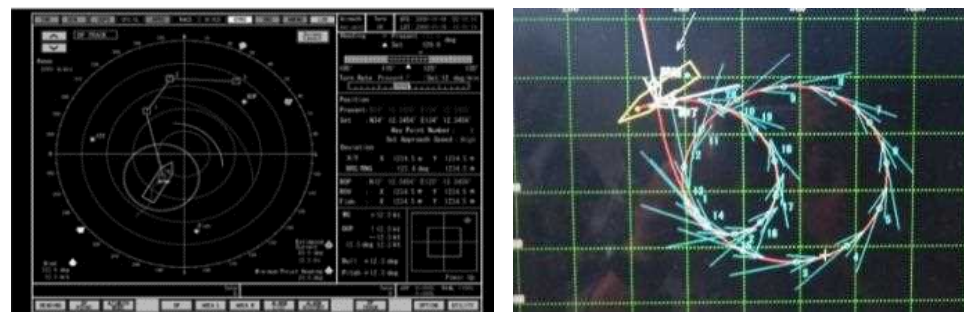
(例) 船陸連携操船技術の実証

- 船陸操船において、様々な気象海象、船舶の運動特性に応じた基準機器や送信データレベルの要件確立



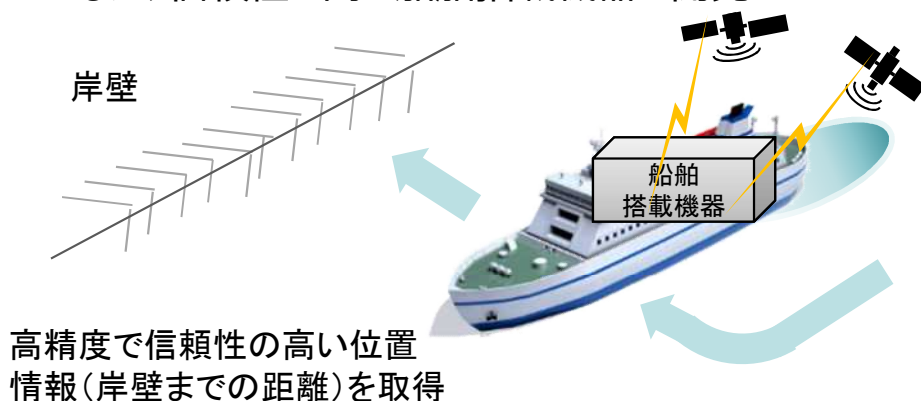
(例) 船舶トラッキング技術の実証

- 船舶の理論上の最適航路を確保する技術要件を確立
- 船舶のトラッキング制御の性能要件を確立



(例) 自動離着棧技術の開発・実証

- 高精度の位置測位技術（準天頂衛星等）を活用した、信頼性の高い船舶搭載機器の開発



- 自動離着棧を可能とするモニタリング機能の要件確立
- ウインチ制御等を含む係留作業トータルシステムの技術要件の確立



低速着岸の検証

参 考

経済財政運営と改革の基本方針2017について(平成29年6月9日閣議決定)(抄)

第2章 成長と分配の好循環の拡大と中長期の発展に向けた重点課題

4. 地方創生、中堅・中小企業・小規模事業者支援

(4) 地域の活性化

① 地域活性化に向けた取組

海事クラスターの活性化、産業を支える港湾の強化、LNGバンカリング拠点形成等を通じ、地域経済を押し上げる。

未来投資戦略2017(平成29年6月9日閣議決定)(抄)

第1 ポイント

I. Society 5.0 に向けた戦略分野

I-2. 移動革命の実現

目指すべき社会像

<変革後の生活・現場のワンシーン>

- ・(発送・受取) 四国の離島から北海道に暮らす友人に荷物を発送。自動運航船による運搬、トラックの隊列走行、無人自動走行、ドローンなどロボット技術の活用による個別配送の連携で、真冬でも迅速・安価に、安全・安心に荷物が到達。

実現のために必要となる主要項目

データの戦略的収集・活用、協調領域の拡大

(主な取組)

- ・2025年までの自動運航船の実用化に向けて、来年度に船内機器等のデータ伝送の国際規格を我が国主導で策定する。また、2023年度中の船舶の設備、運航等に係る国際基準の合意を目指すとともに、国内基準を整備する。

未来投資戦略2017(平成29年6月9日閣議決定)(抄)

I-4. 快適なインフラ・まちづくり

実現のために必要となる主要項目

インフラの特性に合わせた「公共が牽引する社会実装」

(残された課題)

・海運分野など民間事業者が主体となる分野においても、公共部門による制度整備が大きな影響力を持つ中、先進技術の開発に合わせた国内基準の整備、国際規格の標準化は整っていない。

(主な取組)

・船舶の開発・建造から運航に至る全てのフェーズにICTを取り入れる「i-Shipping」の推進に向け、来年度に船内機器等のデータ伝送に係る国際規格を我が国主導で策定する。

第2 具体的施策

2. 移動サービスの高度化、「移動弱者」の解消、物流革命の実現

(2) 新たに講ずべき具体的施策

陸上の自動走行に加えて、物流効率化や移動サービスの高度化に向けて、空路、海路における自動化にも積極的に取り組んでいく。そのため、小型無人機(ドローン)による荷物配送など産業利用を拡大していくとともに、「自動運航船」を社会に取り入れるため、研究開発や基準・ルールの整備などによる海上交通の高度化を進めるための取組を行う。

v) 自動運航船を社会に取り入れることによる海上物流の高度化

・2025年までの「自動運航船」の実用化に向けて、船舶の設備、運航等に係る国際基準の2023年度中の合意を目指すとともに、国内基準を整備する。そのため、来年度には、これらの基準の基礎となる要素技術として、船内機器等のデータ伝送に係る国際規格を我が国主導で策定するとともに、改正後の海上運送法に基づき、運航効率化のための最先端のデータ伝送技術等を活用した先進船舶が、2025年までに250隻程度で導入されることを目指す。

未来投資戦略2017(平成29年6月9日閣議決定)(抄)

4. インフラの生産性と都市の競争力の向上等

ii) 生産性向上による産業インフラの機能強化等

以下の取組等を推進し、2020年までに物流事業者の労働生産性を2割程度向上させるなど、生産性革命の実現を図る。

・船舶の開発・建造から運航に至る全てのフェーズにICTを取り入れ、造船・海運の競争力を向上させる「i-Shipping」の推進により、世界における我が国の船舶の建造シェアを2025年までに約10% (20%→30%)向上させる。特に、2025年までの「自動運航船」の実用化に向けて、船舶の設備、運航等に係る国際基準の2023年度中の合意を目指すとともに、国内基準を整備する。そのため、来年度には、これらの基準の基礎となる要素技術として、船内機器等のデータ伝送に係る国際規格を我が国主導で策定するとともに、改正後の海上運送法に基づき、運航効率化のための最先端のデータ伝送技術等を活用した先進船舶が、2025年までに250隻程度で導入されることを目指す。