

自動運航船の社会実装に向けた 現状と課題

清水 悦郎

国立大学法人東京海洋大学

自己紹介

氏名：

清水 悦郎

所属：

国立大学法人東京海洋大学

学術研究院 海洋電子機械工学部門 教授

大学院 海洋科学技術研究科 副研究科長

学歴：

1993年 東京商船大学商船学部

商船システム工学課程機関学コース 退学

1995年 東京商船大学大学院（修士課程）修了

1999年 東京工業大学大学院 博士後期課程 修了

自動運航船関連委員会活動（現在活動中のもの）：

国土交通省

自動運航船検討会 委員

自動運航船検討会 安全基準・検査WG 座長

海における次世代モビリティに関する産学官協議会 委員

日本船舶技術研究協会

自動運航船の開発・実装に係る制度に関する調査研究（自動運航船プロジェクト）委員

無人運航船安全性評価ステアリング委員会 委員

無人運航船安全評価・ガイドライン策定等委員会 主査

内航自動化・デジタル化の環境整備の検討委員会（船舶海洋分野のダイナミックマップ）委員長

他

講演内容

- 自動運航船とは？
- 国内外における自動運航船の開発動向2025
- 自動運航船社会実装に向けた課題

船舶に関する最近の話題

- 自動運航船
 - 人の判断に依存せずに航行することのできる船舶の開発
- 代替燃料船（グリーン・トランスフォーメーション、GX）
 - 地球温暖化防止に向けて二酸化炭素を放出しない（放出の少ない）燃料を使用した船舶の開発
- デジタル・トランスフォーメーション（DX）
 - デジタル技術を活用して海事分野においても新産業を創出

自動運航船 (MASS)

- 英語で **Maritime Autonomous Surface Ships** もしくは **Maritime Autonomous Ship Systems** と呼ばれている。
- 人間の判断に依存することなく航行できる船舶を基本として、遠隔監視室や港湾設備等を含めたシステムとして検討されている。

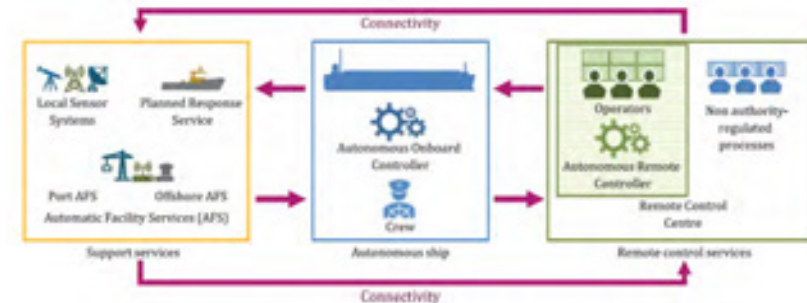


Figure A.1 — Autonomous ship system

Here, the autonomous ship system is illustrated as four main groups of components that for the purpose of this annex are grouped into the following clusters:

- the autonomous ship itself (middle);
- the remote-control services(s) where some of the ship system's control functions may reside (right);
- support services located in the ship's operational area (left); and
- the connectivity (arrows) which provides communication between the components.

	2021	2022	2023	2024	2025	2026		
JSTRA	<p>《MEGURI 2040 無人運航船安全性評価ステップリング委員会》 - 総合調整、ガイドライン等策定委員会 - ガイドライン最終化・技術調査</p>		<p>《MEGURI2040 無人運航船委員会》 - ガイド等策定委員会・ステージ2 - ガイドラインupdate・技術調査</p>					
国交省	<p>自動運航船に関する安全ガイドライン (設計)</p>	<p>安全ガイドライン (設計・搭載・運航)</p>		<p>自動運航船検討会 および 同検討会 安全基準・検査WG</p>				
IMO		<p>Apr. MSC 105 審議開始</p>	<p>Nov. MSC 106 ガイド開始</p>	<p>May MSC 107 ガイド審議</p>	<p>May MSC 108 ガイド審議</p>	<p>Dec. MSC 109 ガイド審議</p>	<p>1st MSC 110 ガイド審議</p>	<p>1st MSC 111 ガイド承認</p>

→2032/1/1以降
Code発効

講演内容

- 自動運航船とは？
- 国内外における自動運航船の開発動向2025
- 自動運航船社会実装に向けた課題

国内外の自動運航船関連技術開発例

• 国外

- BAE
- IAI
- L3Harris Technologies (ASV)
- Saronic Technologies
- Maritime Robotics
- Roboat
- Zeabuz, Zeam
- DARPA, US Navy
- Kongsberg
- Ocean Infinity 他

• 国内

- JMUグループ
- 炎重工
- Oceanic Constellations
- エイトノット
- ヤンマーHD
- 川崎重工業
- MEGURI 2040 他

JMU Group

- JMUディフェンスシステムズは、多用途自律水上艇「うみかぜ」を開発している。
- 国土交通省九州地方整備局関門航路事務所が運航している「海翔丸」は、自動係船・自動陸上排送システムを利用して24時間運航を行っている。



Oceanic Constellations

- Oceanic Constellationsは、「水上ドローン船ネットワークにより、宇宙から水中インフラの結節点となる海洋ネットワークを実現」することを目的に2023年11月に設立された。
- 2025年8月には、小型USVの夜間連続無人運航実験に成功した。



川崎重工業

- 川崎重工業は、「安全離着岸支援システム」の実環境下での実証試験において、港湾内操船および離着岸操船の自動化に成功し、本システムの受注活動を開始した。
- https://www.khi.co.jp/press-release/detail/20250520_1.html
- <https://youtu.be/6heuW26SDQ8>



MEGURI 2040

- 日本財団は、内航船における無人運航の実証試験を成功させ、この分野の技術開発への更なる機運の醸成と、わが国の物流及び経済・社会基盤の变革の促進を目指して、無人運航船プロジェクト「MEGURI2040」を実施している。
- 2022年度からは、MEGURI2040ステージ2として、オールジャパン体制で実用化を目指して開発が進められている。

出典：日本財団HP

[https://www.nippon-](https://www.nippon-foundation.or.jp/who/news/information/2023/20230720-92554.html)

[foundation.or.jp/who/news/information/2023/20230720-92554.html](https://www.nippon-foundation.or.jp/who/news/information/2023/20230720-92554.html)

①
2025年7月～
離島航路船「おりんぴあどリーむせと」
開発：日本海洋科学ほか4社

③
2025年9月～
RO-RO船「第2ほくれん丸」
開発：川崎汽船ほか3社

②
2025年7月～
コンテナ船「みかげ」
開発：商船三井ほか4社

④
2025年11月～
コンテナ船（新造船）
開発：MTIほか15社



Zeabuz, Zeam

- Zeabuzは、河川や運河における移動手段として活用できる小型無人水上バスの開発を行っている。
- 2023年6月には、Zeamという運航会社が、Zeabuzの開発した水上バスを活用して、スウェーデン スtockホルムで水上交通システムとして運航を開始した。
- <https://www.zeabuz.com/>



Ocean Infinity

- OCEAN INFINITYは、全長78mの科学調査等、多用途で活用できる遠隔操縦や無人で運航可能なRobotic Vesselを建造し実運用を開始するとのことである。
- <https://oceaninfinity.com/>



US Navy

- US Navyでは無人化能力の向上のため、Unmanned Surface Vessel Division Oneを設立した。
- 2023年9月には、同部署に所属するUSV二隻が太平洋を横断して横須賀港に入港した。
- 2024年12月には海上での自動燃料補給試験に成功した、とのプレスリリースがなされた。
- <https://www.surfpac.navy.mil/usvdiv1/>



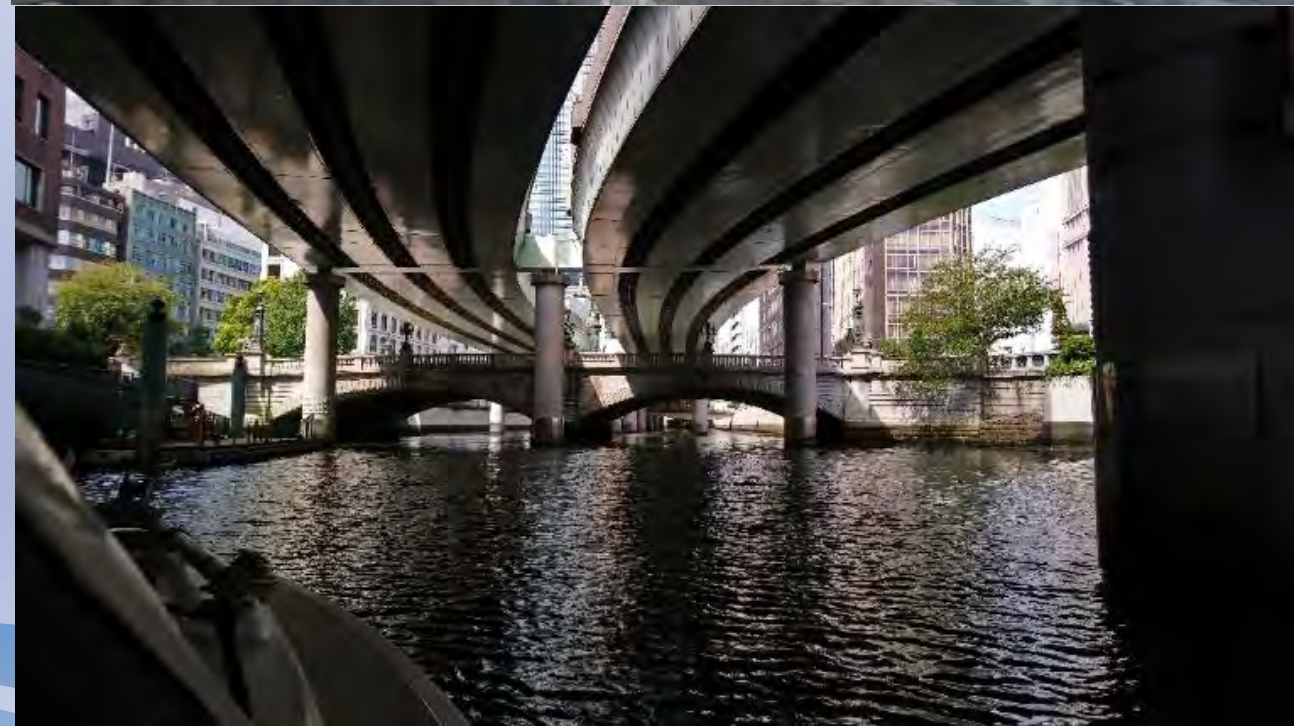
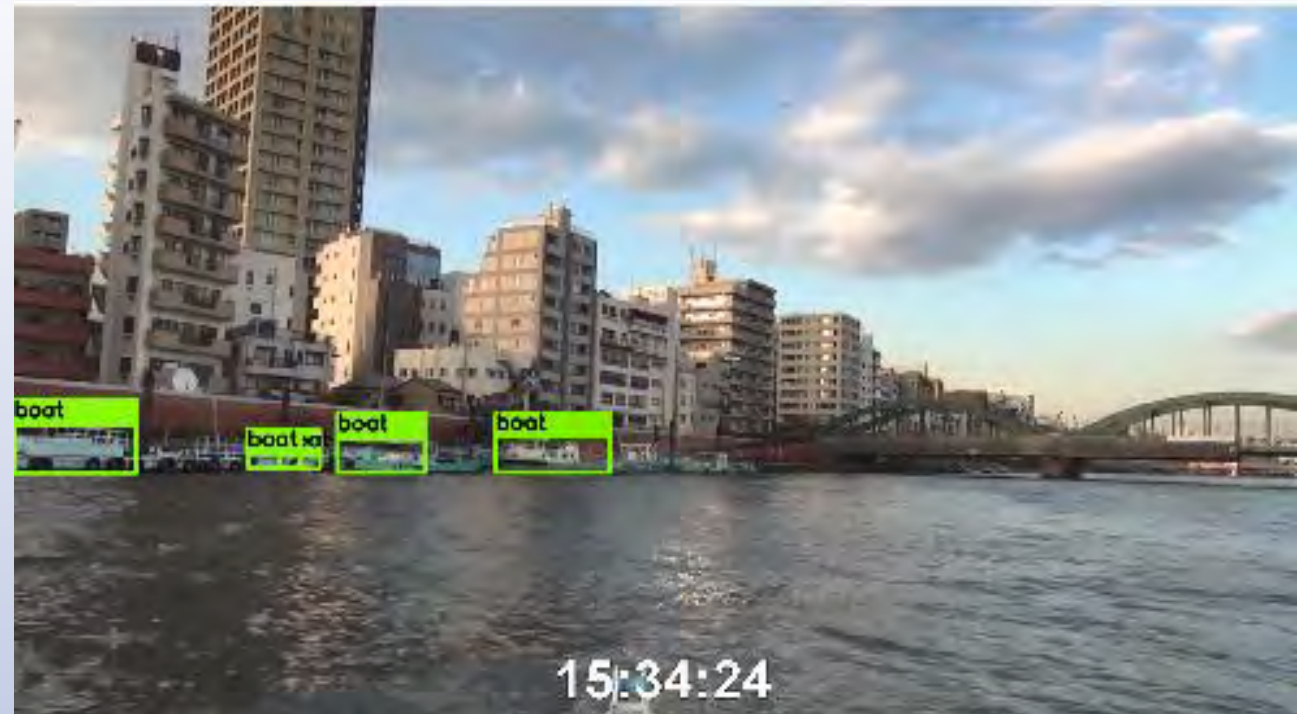
講演内容

- 自動運航船とは？
- 国内外における自動運航船の開発動向2025
- 自動運航船社会実装に向けた課題

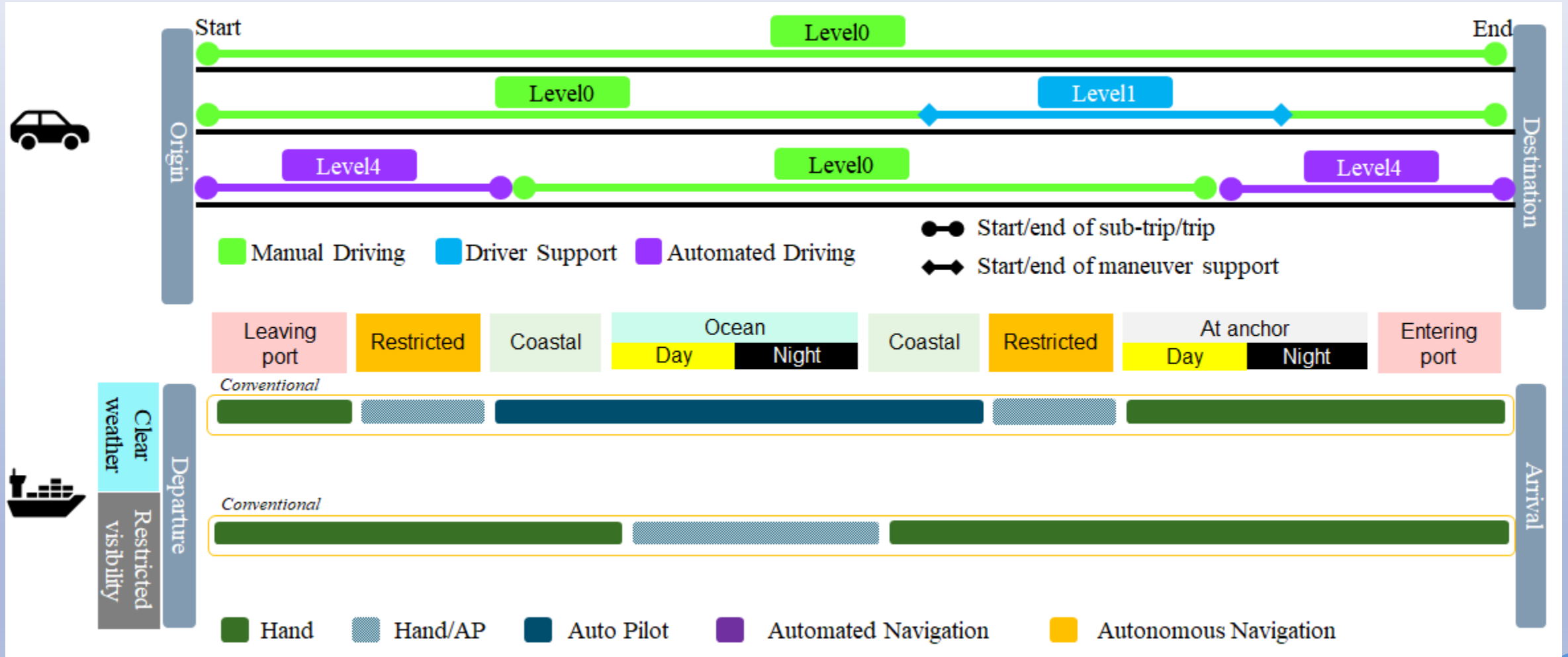
技術的課題

対象とする船舶や運航する海域によって検討すべき問題が大きく異なる！

- 自律航行技術の開発
- 遠隔操船システムの開発
- 推進システムの改良
- 社会インフラの整備



Ex) 技術開発状況・運航状況を考慮した技術レベル定義の必要性



Ex) OEDRに関する詳細分類

Perception	Judgement			Control
	Object	Event	Response	
Situational Awareness (SA) sensors Alternative means and data processing 	Ignorable objects	Cleared	Keep course and speed	Lateral vessel motion control (Rudder control)
	Other vessels	Collision avoidance	Passing side and distance	
	Static objects	Contact avoidance	Approach angle	
Instruction objects	Route adjustment	Speed adjustment		
Position, Navigation and Timing (PNT) sensors GNSS Sonar	Underwater objects		Stranding avoidance	Longitudinal vessel motion control (Output power control)
	Disturbance	Stabilizing		
	Rescue needed objects	Search and rescue		
Planning Passage plan Electric chart	Landmark	Waypoint	Steering	
	Self-position			

Ex) 状況認識システム

- カメラ、Radar、LiDAR等で周囲を監視しているだけでは障害物を認識することは出来ない。
- 監視によって得られる情報から、障害物として認識したうえでシステム利用者（操船者）に情報提供を行うためには、現状、AIに頼ることになる。



Ex) 認識したい物体の例



Ex) LMMの適用

- 大規模マルチモーダル（Large-scale Multimodal Model, LMM）とは、テキストや画像、動画など複数種類の情報を統合して処理することの出来るAIモデルである。適切な質問をすることによって、期待する回答を得られるようになる可能性がある。



“Explain this image”と質問した際のREKA FLASHの回答)

The image shows three ships at sea. The foreground features a green and white cargo ship, which appears to be moving forward, creating a wake in the water. The ship in the middle ground is a large blue and white cargo ship, and the one in the background is a smaller, green cargo ship. The sky is clear, and the water is relatively calm. The ships are likely engaged in maritime commerce, transporting goods across the ocean.

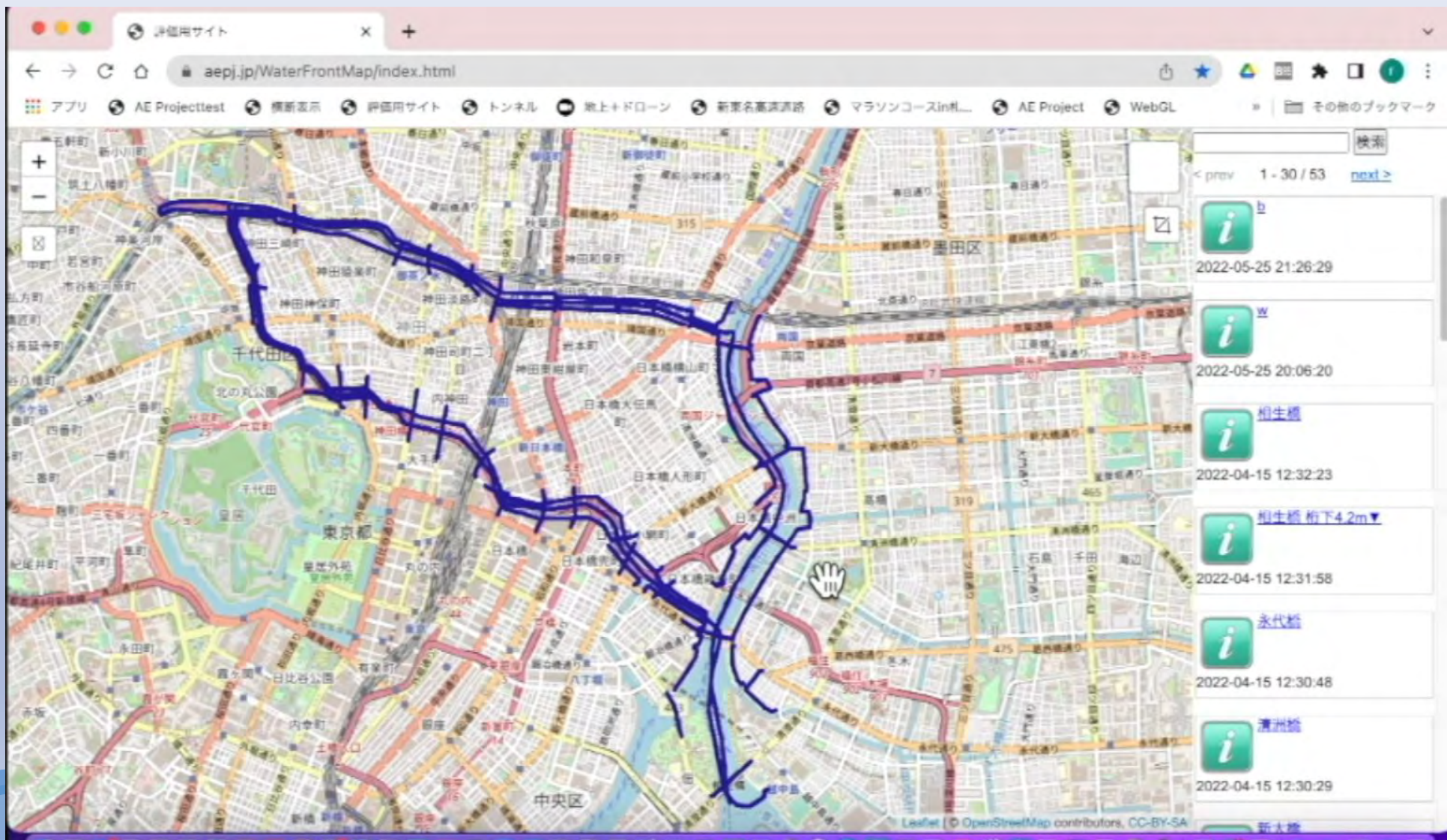
Ex) 水路地図の高精度化



Ex) 水路地図の高精度化



Ex) 3Dマップ (岩根研究所作成)



実経験に基づく研究開発の必要性

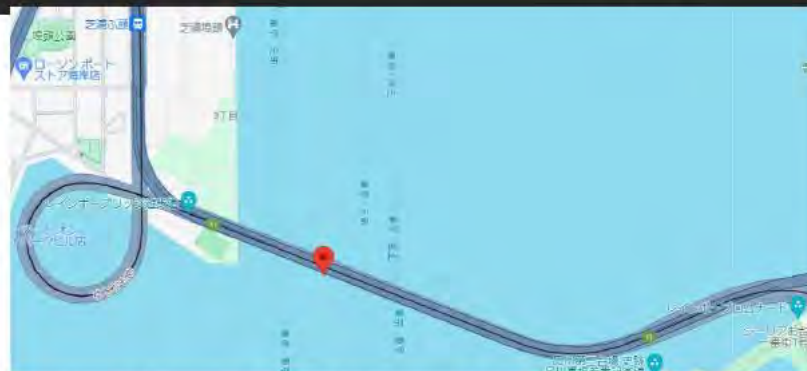
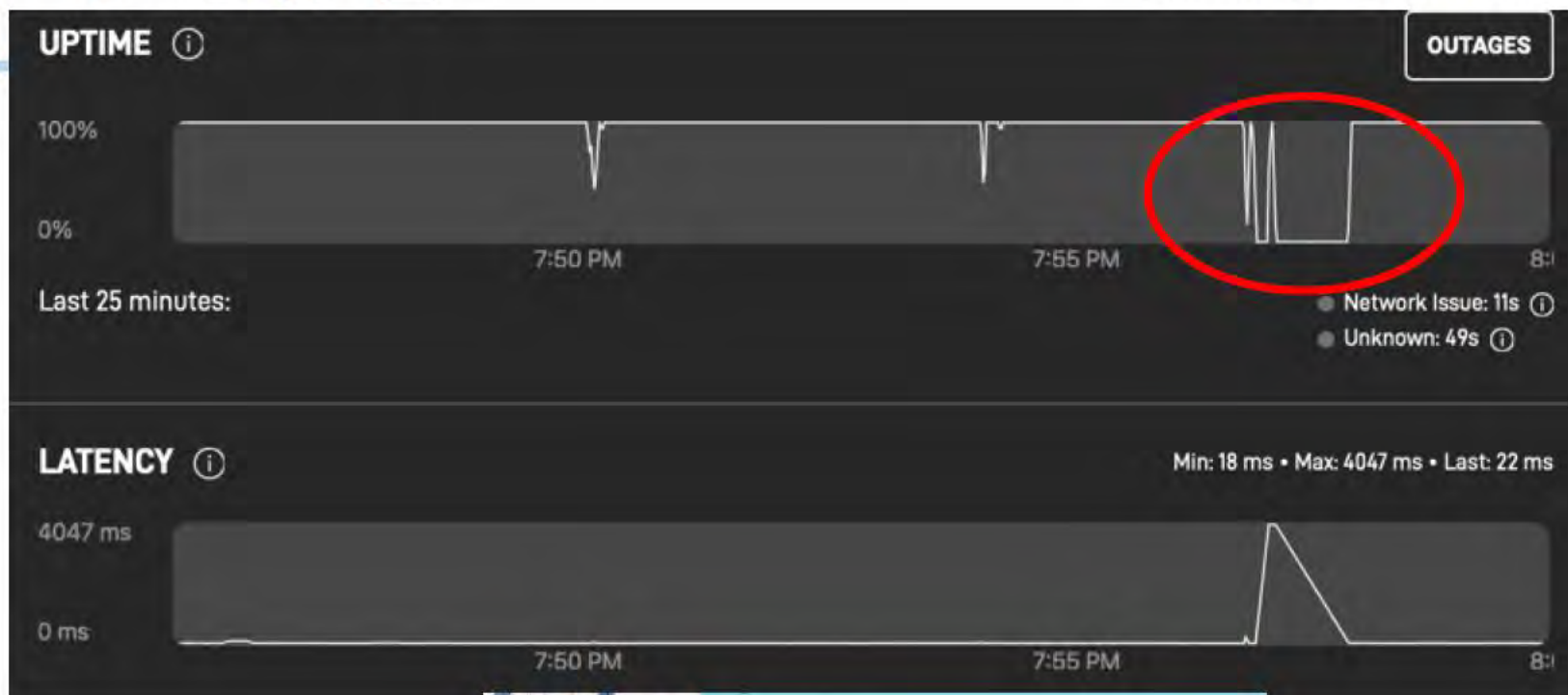
汐路丸実験航海 Starlink通信品質試験

2025/4/17

大島浩太、古谷雅理、梅田綾子、清水悦郎

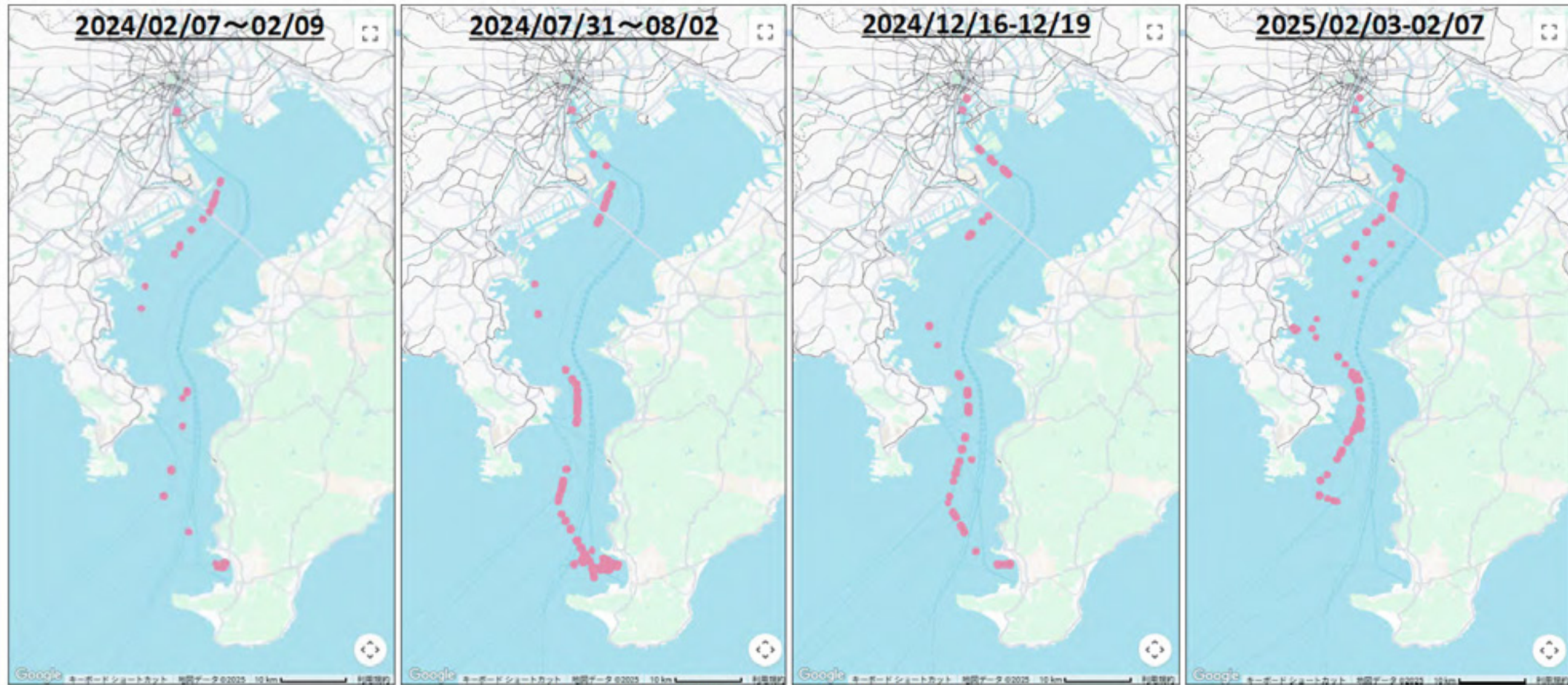
遮蔽による影響

2024/02/07 9:59取得
(02/09の帰港途中も同様の切断発生)



レインボーブリッジによる遮蔽で通信切断

StarlinkのステータスがCONNECTED以外になった海域の違い (≒通信できなかったと考えられる場所)



通信状況が悪い箇所に類似性はほぼ無い
Tokyo University of Marine Science and Technology

法規制対応に関する課題

- 全ての船舶が一斉に自動運航船に置き換えられる状況は考えられないため、**既存の船舶と自動運航船が混在する状況が、当分の間、続く**と考えられる。
- 既存の船舶を運航する側から考えると、**他の船舶が自動運航船か否か判断することは困難（自動運航船について学習する機会は限られる）**であるため、**新規技術である自動運航船側で法規制に準拠するよう対応すべき**である。
- 技術者から見ると、**物理的に困難なものでなければ、法規制対応を考えることは、新たな研究開発テーマが見つけれらる**ともいえる。

Ex) COLREG Rule 3

- General Definitions

- For the purpose of these Rules, except where the context otherwise requires:

- A) The word "vessel" includes every description of water craft, including nondisplacement craft, WIG craft and seaplanes, used or capable of being used as a means of transportation on water.

- B) The term "**power driven vessel (動力船)**" means any vessel propelled by machinery.

- C) The term "**sailing vessel (帆船)**" means any vessel under sail provided that propelling machinery, if fitted, is not being used.

- D) The term "**vessel engaged in fishing (漁ろうに従事している船舶)**" means any vessel fishing with nets, lines, trawls, or other fishing apparatus which restrict maneuverability, but does not include a vessel fishing with trolling lines or other fishing apparatus which do not restrict maneuverability.

- E) The term "**seaplane (水上航空機)**" includes any aircraft designed to maneuver on the water.

- F) The term "**vessel not under command (運転不自由船)**" means a vessel which through some exceptional circumstance is unable to maneuver as required by these Rules and is therefore unable to keep out of the way of another vessel.

- G) The term "**vessel restricted in her ability to maneuver (操縦性能制限船)**" means a vessel which from the nature of her work is restricted in her ability to maneuver as required by these Rules and is therefore unable to keep out of the way of another vessel.

- H) ...

Ex) COLREG Rule 5

- Look-out
 - Every vessel shall at all times maintain a proper look-out by **sight (視覚)** as well as by **hearing (聴覚)** as well as by **all available means** appropriate in the prevailing circumstances and conditions so as to **make a full appraisal of the situation and of the risk of collision.**
 - From Oxford Learner's Dictionaries
 - Sight: ability to see
 - Hearing: ability to hear

Ex) COLREG Rule 34

- Maneuvering and Warning Signals
 - A) When vessels are in sight of one another, **a power-driven vessel under way**, when maneuvering as authorized or required by these Rules, **shall indicate that maneuver by the following signals on her whistle:**
 - **one short blast** to mean "I am altering my course to starboard";
 - **two short blasts** to mean "I am altering my course to port";
 - **three short blasts** to mean "I am operating astern propulsion".
 - B) Any vessel may supplement the whistle signals prescribed in paragraph (a) of this Rule by light signals, repeated as appropriate, whilst the maneuver is being carried out:...
 - C) When in sight of one another in a narrow channel or fairway:
 - i. a vessel intending to overtake another shall in compliance with Rule 9 (e)(i) **indicate her intention by the following signals on her whistle.**
 - **two prolonged blasts followed by one short blast** to mean "I intend to overtake you on your starboard side";
 - **two prolonged blasts followed by two short blasts** to mean "I intend to overtake you on your port side".
 - ii. the vessel about to be overtaken when acting in accordance with 9(e)(i) shall **indicate her agreement by the following signal on her whistle:**
 - **one prolonged, one short, one prolonged and one short blast**, in that order.

社会実装推進に向けた人材育成

- 工学技術には物理的な限界があり、現在の技術レベルでは人間が行っている業務のすべてを自動化することは不可能である。
- 一方、水路地図の高精度化、港湾設備の改良等することによって課題を簡略化することも可能である。
- すでに一部機能に関しては十分に実用化できる段階にあり、洋上風力発電設備、大型クルーズ客船等の更なる船舶運航ニーズの高まり、現状でも人手不足である状況を鑑みると、より少ない人数で運航できるようにする体制整備は必須であると考えている。

社会実装推進に向けた人材育成

- 具体的には、短距離・定期航路で使用されている船舶（フェリー、定置網・養殖漁業用漁船等）であれば、技術的には自動運航化は可能であると考えられる。
- 特に、洋上風力発電設備のためのSEP、CTV、複数隻が連携して航行する場合の一部船舶等は、自動運航化技術が適用できる可能性が高いのでは？と個人的には考えている。
- 技術開発のスピードは非常に早く、工学技術者が理解するスピードと同様のスピードで海技者が新規技術への理解を期待することは現実的ではなく、Human-Machine Interactionを考慮した技術開発が求められる。

社会実装推進に向けた人材育成

- 法規制面への対応も検討が進められているが、法規制を改正することなく技術側で対応できるような事象も多数存在している。**技術を理解した法学者、法規制を理解した工学者**が必要である。
- 今後、単に機器としての技術を開発するだけでなく、**機器を運用・保守・管理していく技術の開発、不測の事態が発生した場合の対処法の構築、それらを担う人材育成法**の開発も重要である。

社会実装推進に向けた人材育成

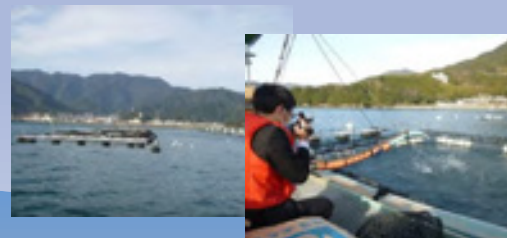
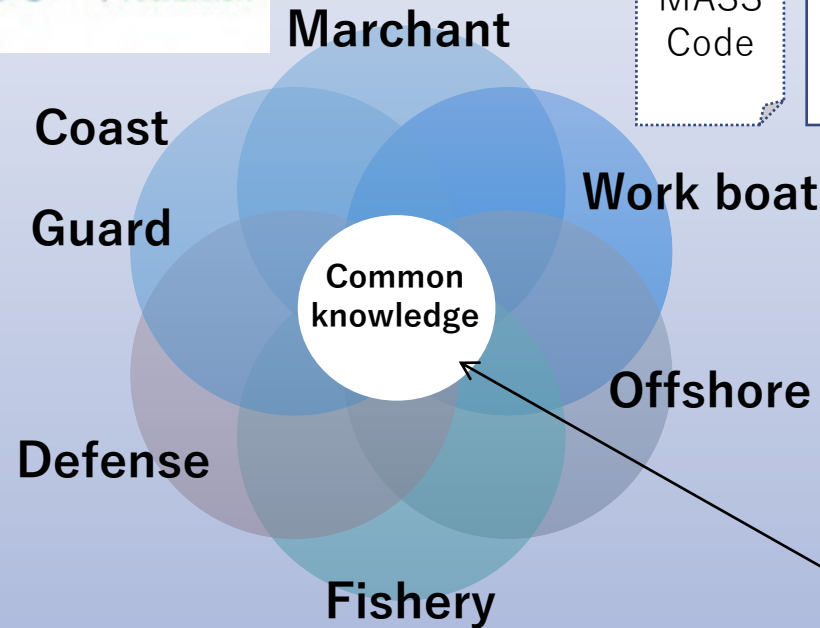
- 海運DX、フィジカルインターネット等、新規ビジネスが発生する機運も含め、海技者にとっては新しい働き方が生まれるチャンスでもあるといえる。
- 新規技術の導入は、基本的にコスト増加を伴うものであり、追加コストを誰が負担するのか、コスト負担を補って余りある価値を提供できるのか（金融機関・保険会社と連携することによって経済的なメリットを生み出すことが出来るか）、船舶運航が複雑化する中で海運会社と船舶職員の責任の所在の明確化等、検討すべき課題は山積している。

海事分野における協調可能性

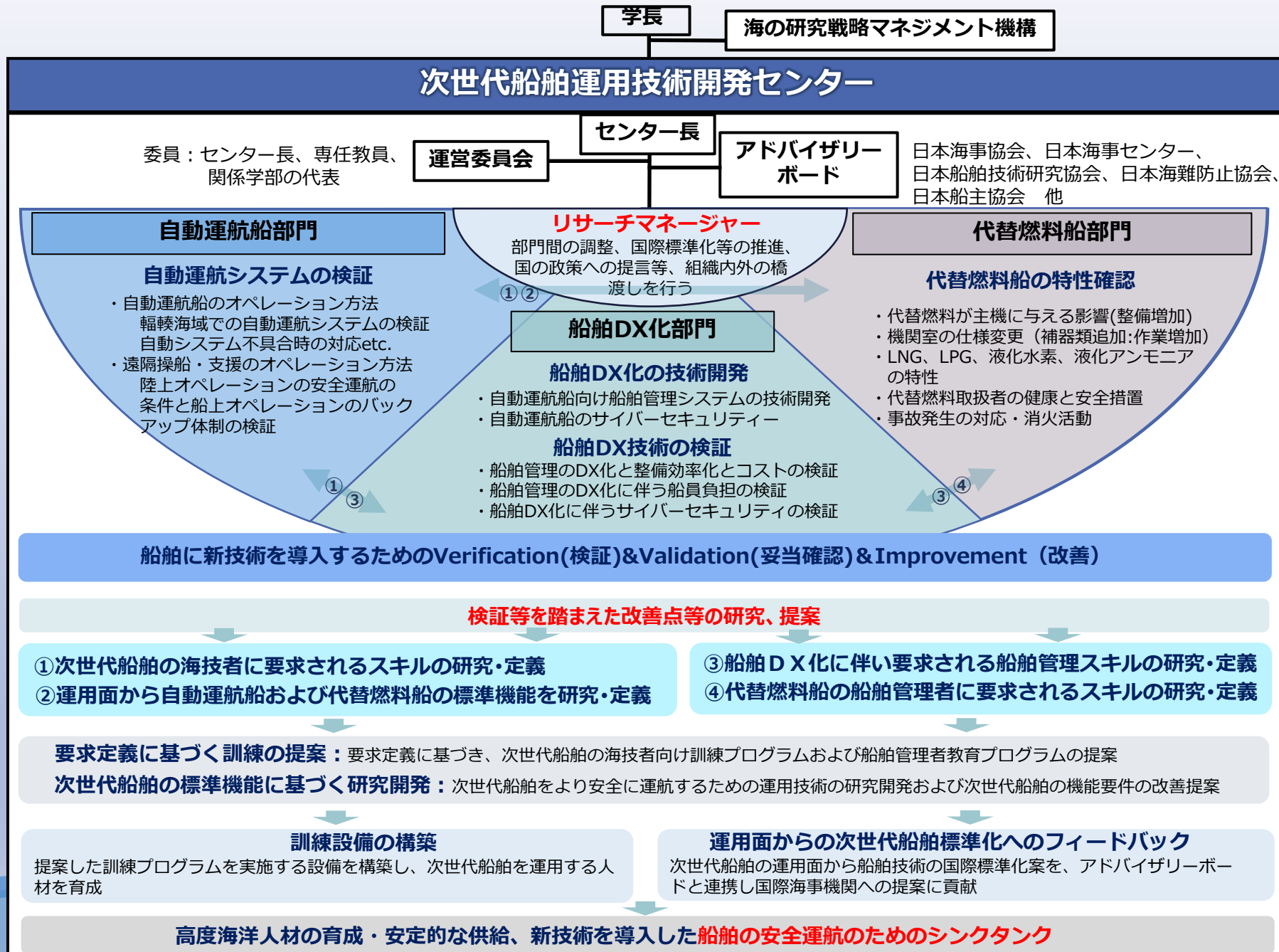


MASS Code

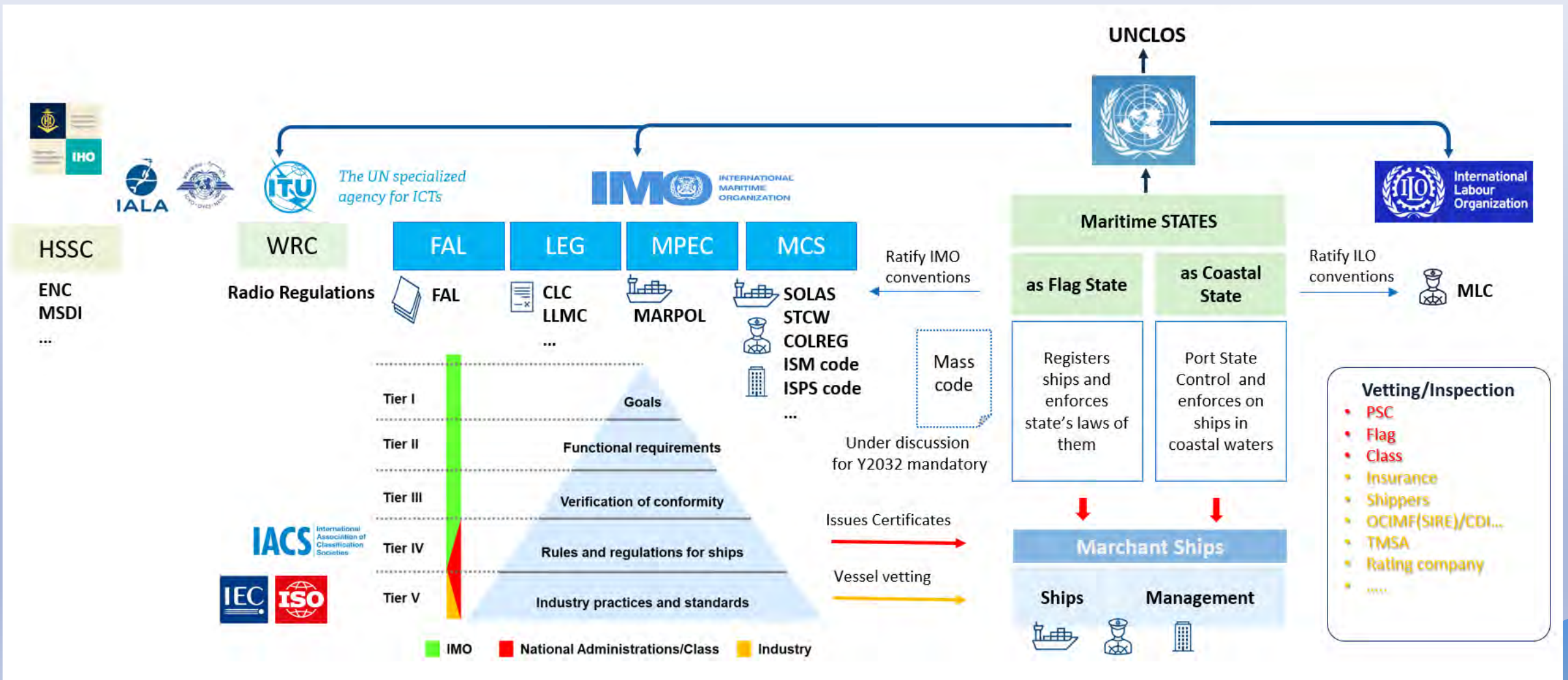
Trial guideline



- Navigation (Deck, Engine...)
- Shore operation (Maintenance, Monitoring..)
- Training
- System integration
- Research & Development



自動運航船の社会実装推進に向けて



船舶に新技術を導入するためのVerification & Validation

- 新技術の導入においては、競争領域から協調領域までそれぞれの段階でV&Vを実施する必要があるが、方法論も人材も十分に開発されていない。

GENERIC GUIDELINES FOR DEVELOPING IMO
GOAL-BASED STANDARDS MSC.1/Circ.1394/Rev.2

■ IMO ■ National Administrations/Class ■ Industry

Construction

Operation

Cooperative

Rules & Regulations

SOLAS

STCW

Industry standards

IACS UR
ISO/IEC

Training course

Industry practices

Standard ConOps

Standard manuals

Competitive

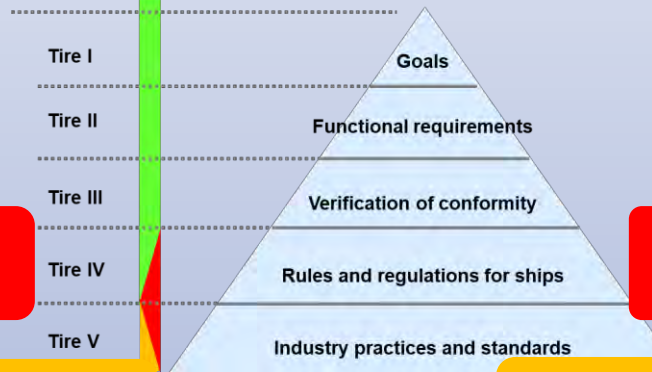
Business level

ConOps
OpsCon

Operation
Maintenance

System level

Specific Vessel



Ex) 令和7年10月26日付読売新聞より

- 日米間での技術協力として造船が注目されている。
- 設計や部品の仕様の共通化、船舶設計や機能性の向上がうたわれている。
- 少子化社会においては、使用方法の簡素化・共通化も重要な検討課題の一つと考える。



Ex) 電気で航行する船の例



Ex) 蓄電池の問題点

- ガソリンや軽油などの液体燃料と比較して、蓄電池は非常に少ないエネルギーしか蓄えることが出来ない。
- 船舶の場合、減速時に発電することも期待できない。
- 液体燃料と比較して、エネルギー補給にも時間がかかってしまう。

種類	体積エネルギー密度	重量エネルギー密度
ガソリン	9610 Wh/L	12900 Wh/kg
軽油	10610 Wh/L	12940 Wh/kg
鉛蓄電池	82 Wh/L	40 Wh/kg
リチウムイオン電池	520 Wh/L	201 Wh/kg

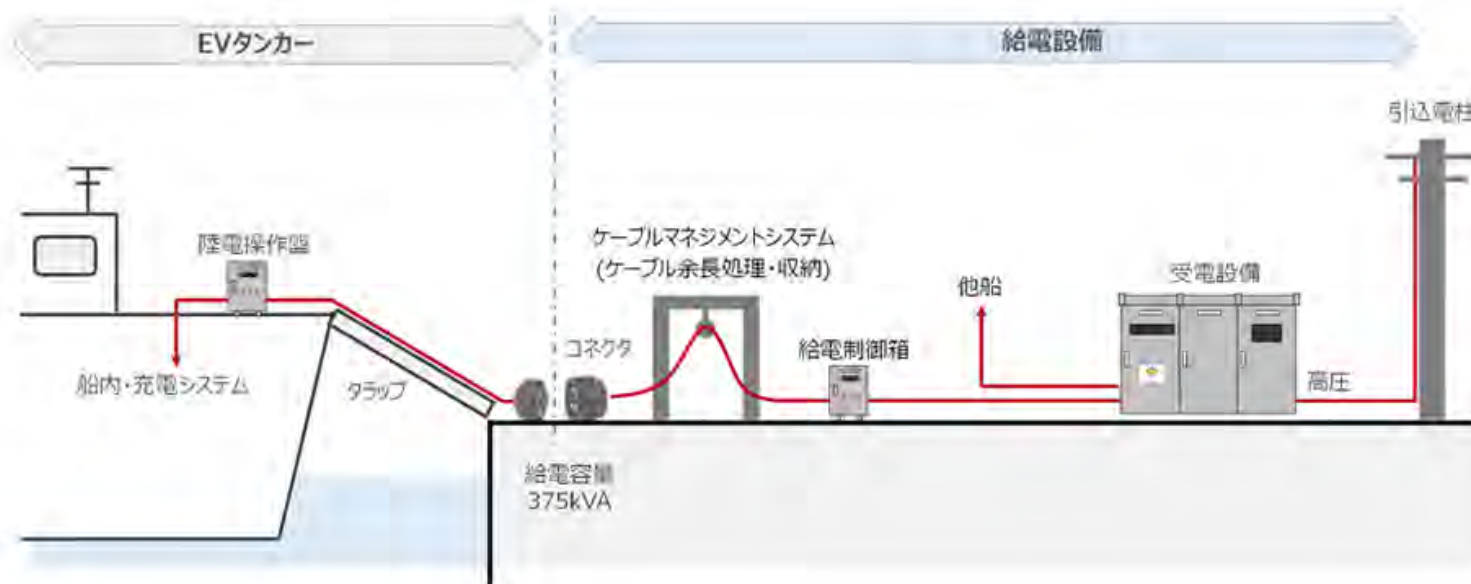
• Ex) 川崎港に設置された充電器の仕様

(https://www.tepco.co.jp/ep/notice/pressrelease/2022/1699927_8667.htmlより)

<仕様>

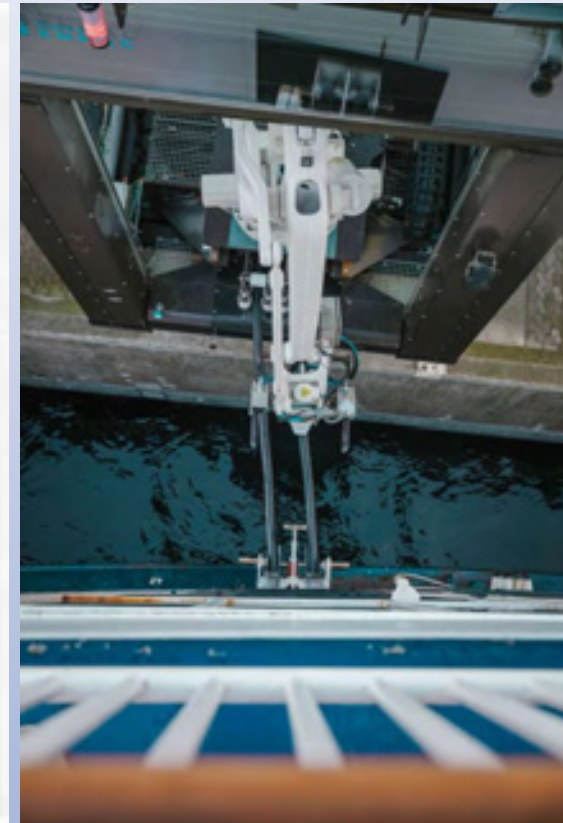
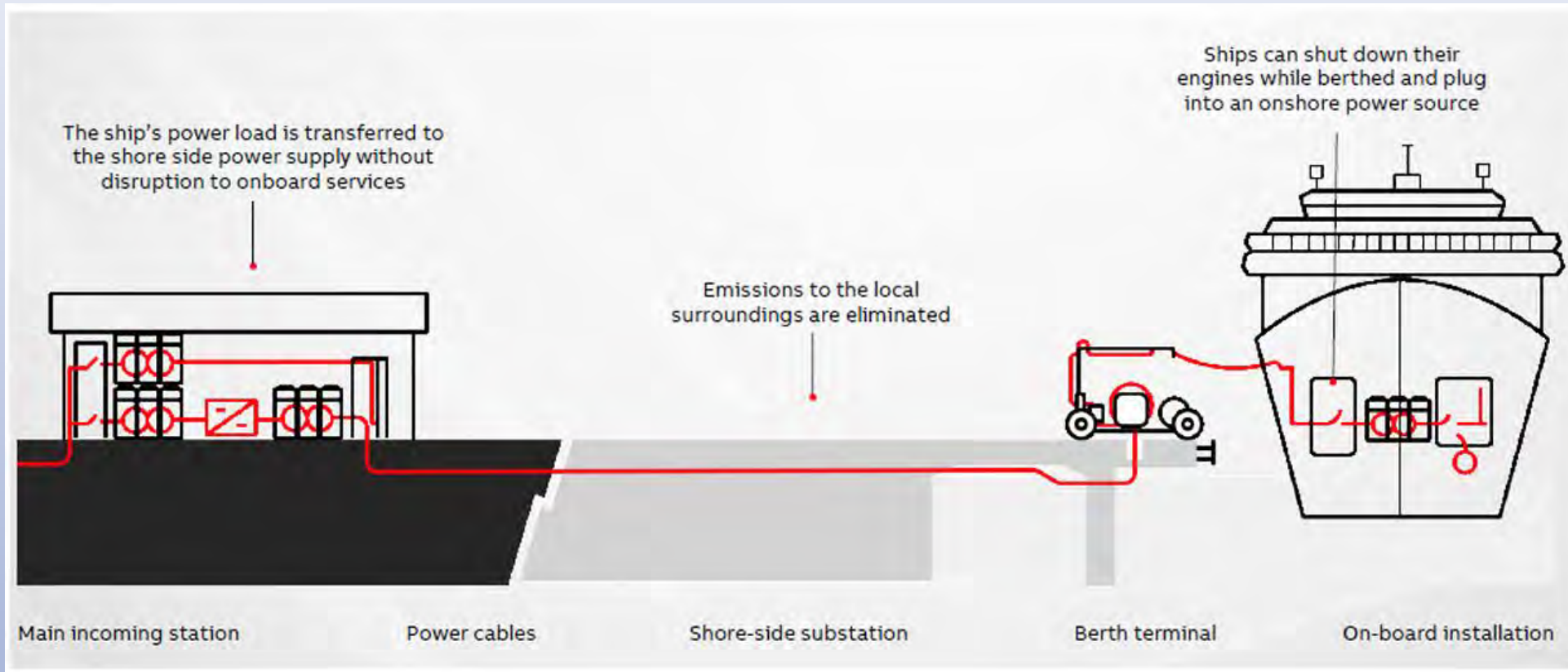
- (1) 受電電圧 6.6kV
- (2) 給電容量 375kVA/隻
- (3) 同時給電可能隻数 2隻
- (4) エネルギーサービス事業者 日本ファシリティ・ソリューション株式会社
- (5) 開発・施工 株式会社東光高岳

<給電設備構成イメージ>



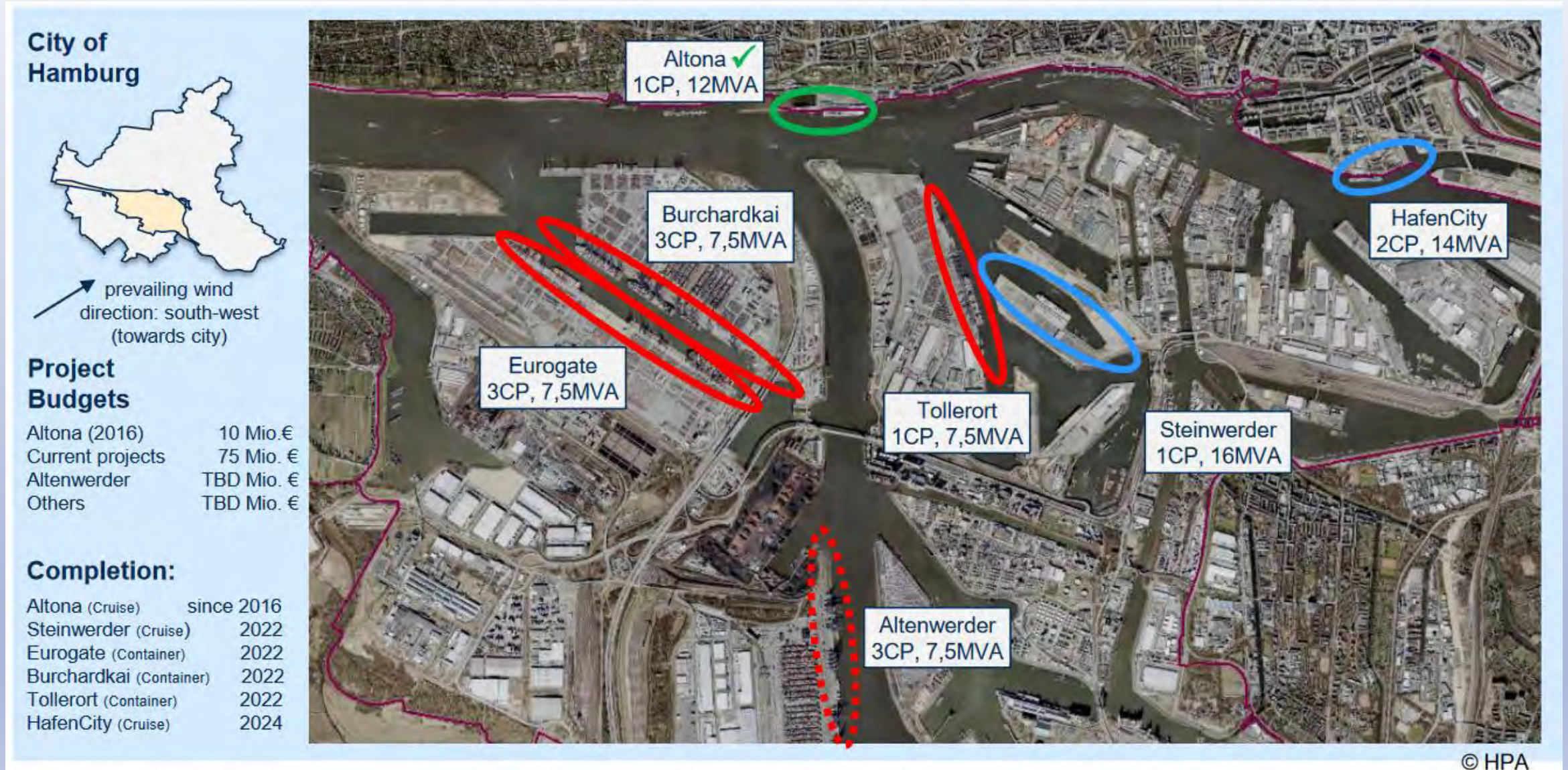
• Ex) ABBの充電システム

(https://new.abb.com/docs/librariesprovider91/leaflets-brochures/shore-connection-technical-leaflet_web.pdfより)



参考) 0-15MW (15000kW) まで対応とのこと (日本では特別高圧電力契約が必要。60kV・250Aで15MW。)

- Ex) Hamburg港での陸電導入状況



© HPA

ご清聴いただきありがとうございました。

国立大学法人 東京海洋大学
清水 悦郎