船舶用障害物検知システムの開発

国立大学法人東京海洋大学
清水　悦郎

ROBOTICS LABORATORY
TOKYO UNIV. OF MARINE SCI. & TECH.

自動運航船の開発

- もともとは「人間が介在することなく航行可能な船舶（⇒自律船）」を目標に研究開発が始まった。
- しかし実際に船舶を運航するためには
  - 遠隔監視・操縦可能な船舶
  - 有人・無人を含めて自動的に航行することが可能な船舶（自律船を含む）
  - 船舶を運用管理するシステム

  が必要であるため、本講演では船舶単体だけでなく船舶を含むシステム全体を自動運航船と呼ぶ。

- Maritime Safety Committee (MSC), International Maritime Organization (IMO) では、Maritime Autonomous Surface Ships (MASS)として規格化に向けた議論が始められている。
  - IMO MSCではMandatory MASS Codeを2028年1月から発効することを目指して検討を開始した。
  - 日本では国土交通省から、2019年4月に遠隔操縦小型船舶に関する安全ガイドラインが、2022年2月に自動運航船に関する安全ガイドラインが公表された。
- International Standard Organization (ISO)でも、ISO/TC8にて、ISO 23860として、MASSに関する専門用語を定義することが承認され、2022年5月に発行された。
- 自動運転車で使用されているような、自動化レベルの段階分けも、日々、変化している状況である。

国内外における自動運航船研究開発例

- 国外
  - 小型船
    - Buffalo Automation
    - IAI
    - L3Harris Technologies (ASV)
    - Maritime Robotics
    - Norwegian University of Science and Technology (NTNU)
  - 中型船
    - ABB
    - ASKO
    - DARPA
    - Kongsberg (Rolls-Royce)
    - L3Harris Technologies (ASV)
    - Wärtsilä
    - YARA, Kongsberg
- 国内
  - 小型船
    - ITBook ホールディングス　他
    - JMUディフェンスシステムズ
    - 東京海洋大学
    - 炎重工
    - 丸紅　他
    - ヤマハ発動機
    - ヤンマー
  - 中型船
    - 大島造船所
    - 三井E&S造船
  - 大型船
    - 商船三井　他
    - 日本郵船グループ　他
    - 三菱造船　他

日本財団

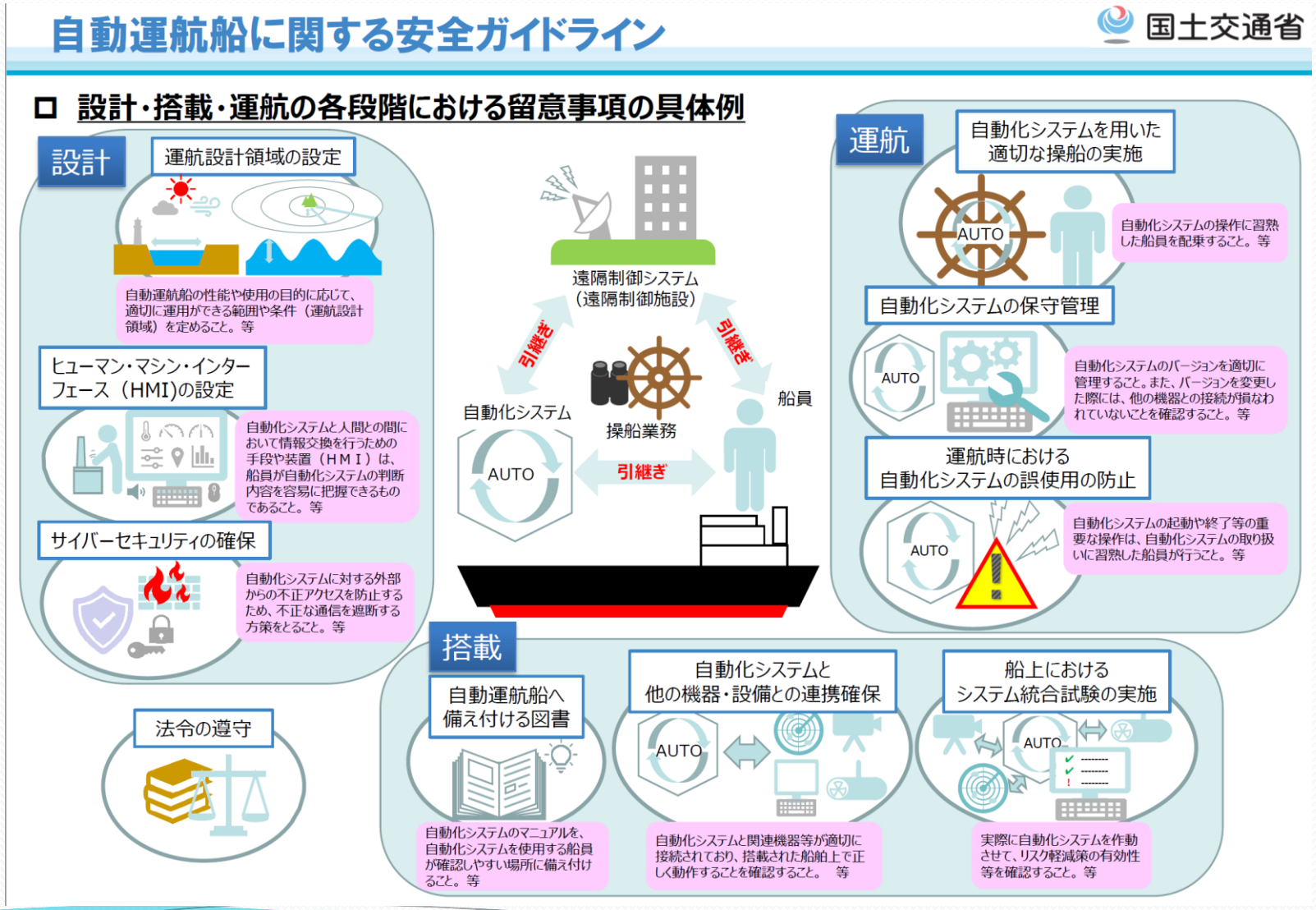
- 日本財団は、無人運航船の実証実験を行うコンソーシアム（複数の民間企業体）を募集し、5つのコンソーシアムに対して支援を行うことを決定した。
- 2021年度末まで各コンソーシアムによる実証実験を行い、2025年までに無人運航船の実用化を目指すとのことである。

- https://www.nippon-foundation.or.jp/what/projects/meguri2040

無人運航船プロジェクト MEGURI 2040

日本財団 THE NIPPON FOUNDATION

自動運航船に関する安全ガイドライン

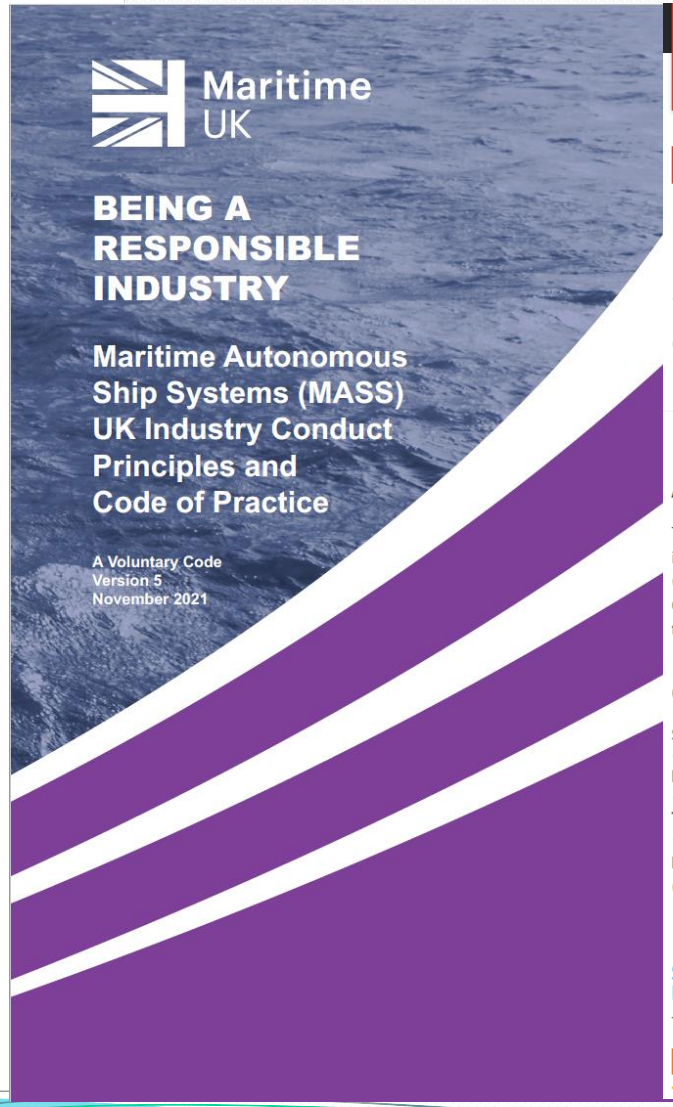


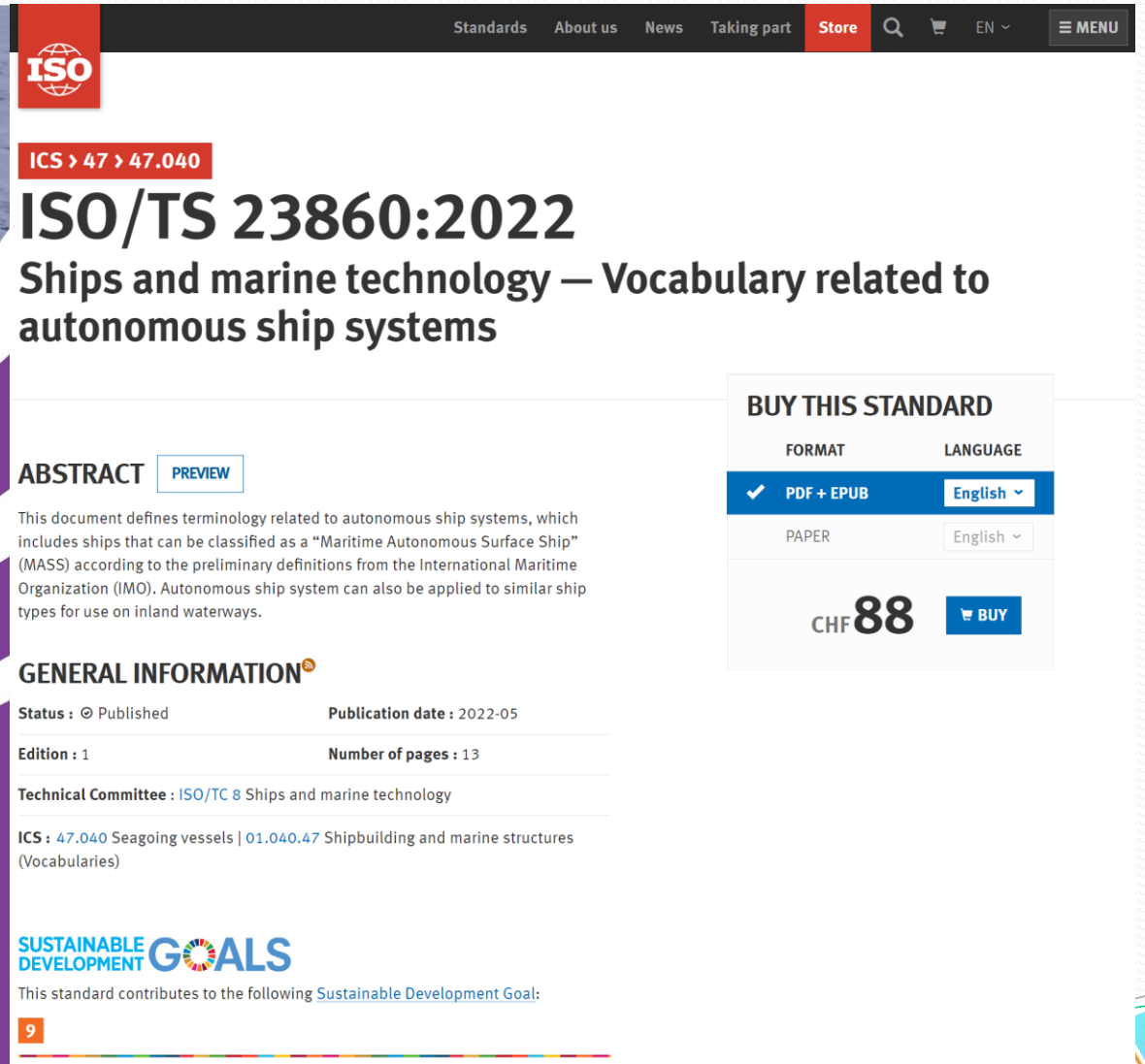
規格・制度化に向けた動き

自動運航船に関する安全ガイドライン

令和４年２月

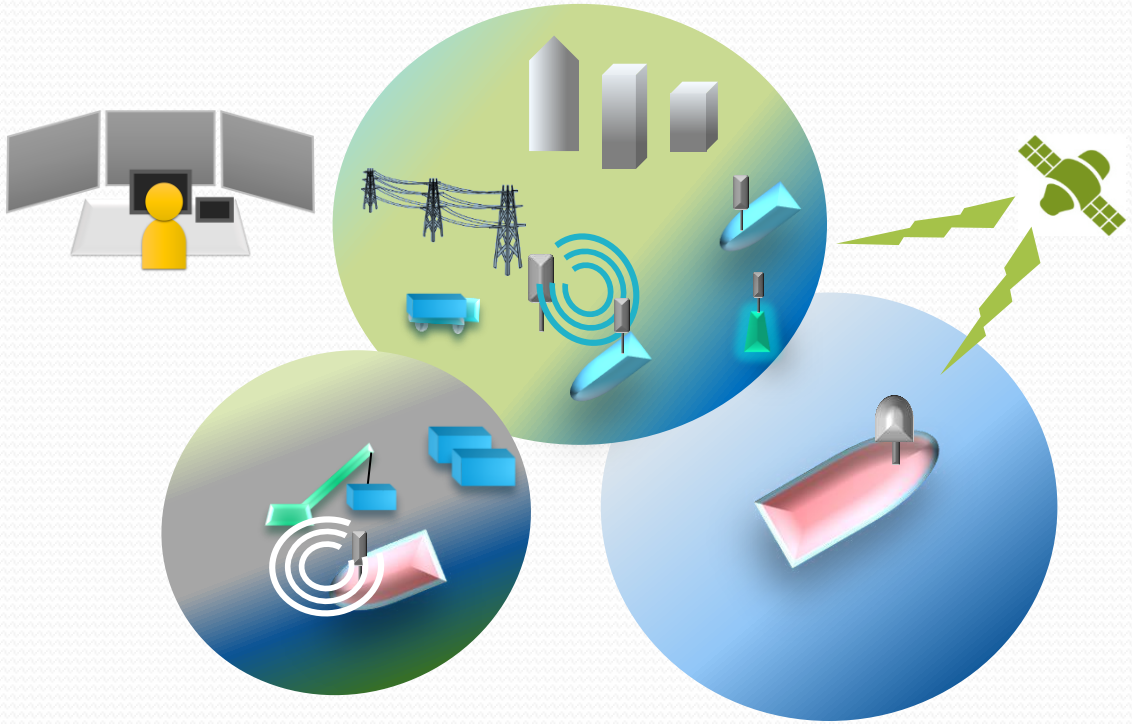
国土交通省海事局





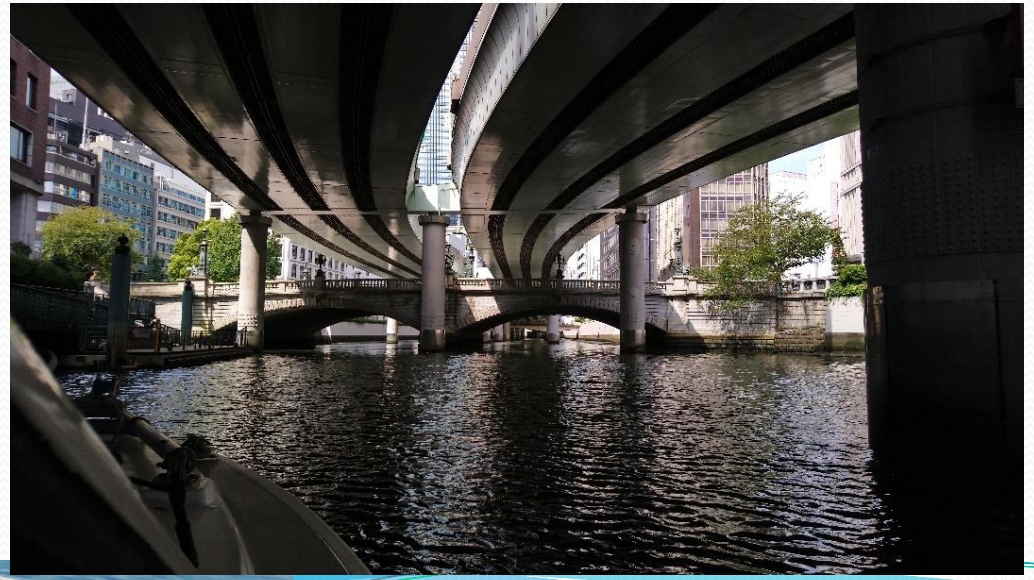
自動運航船のシステム構成

- 自動運航船を運用するためのシステム構成
  - **自律航行可能な船舶**
    - 遠隔監視・コントロールセンターからの指令に基づき、障害物回避等を行いながら航行する。制御性、メンテナンスフリー化を考慮すると電動化が望ましい。
  - **遠隔監視・コントロールセンター**
    - 陸上や支援母船上において、自律航行船の運航を船舶から送信されてくる情報をもとに監視するとともに、必要に応じて操船指令を送信する。
  - **港湾設備**
    - エネルギー供給、荷役作業等を実施する設備のほか、自動係船装置等、陸上側設備を整備することによって、自律航行船運航の難易度を低下させることが期待できる。
  - **通信システム**
    - 遠隔監視・コントロールセンター、港湾設備、自律航行船との間で情報の送受信する。

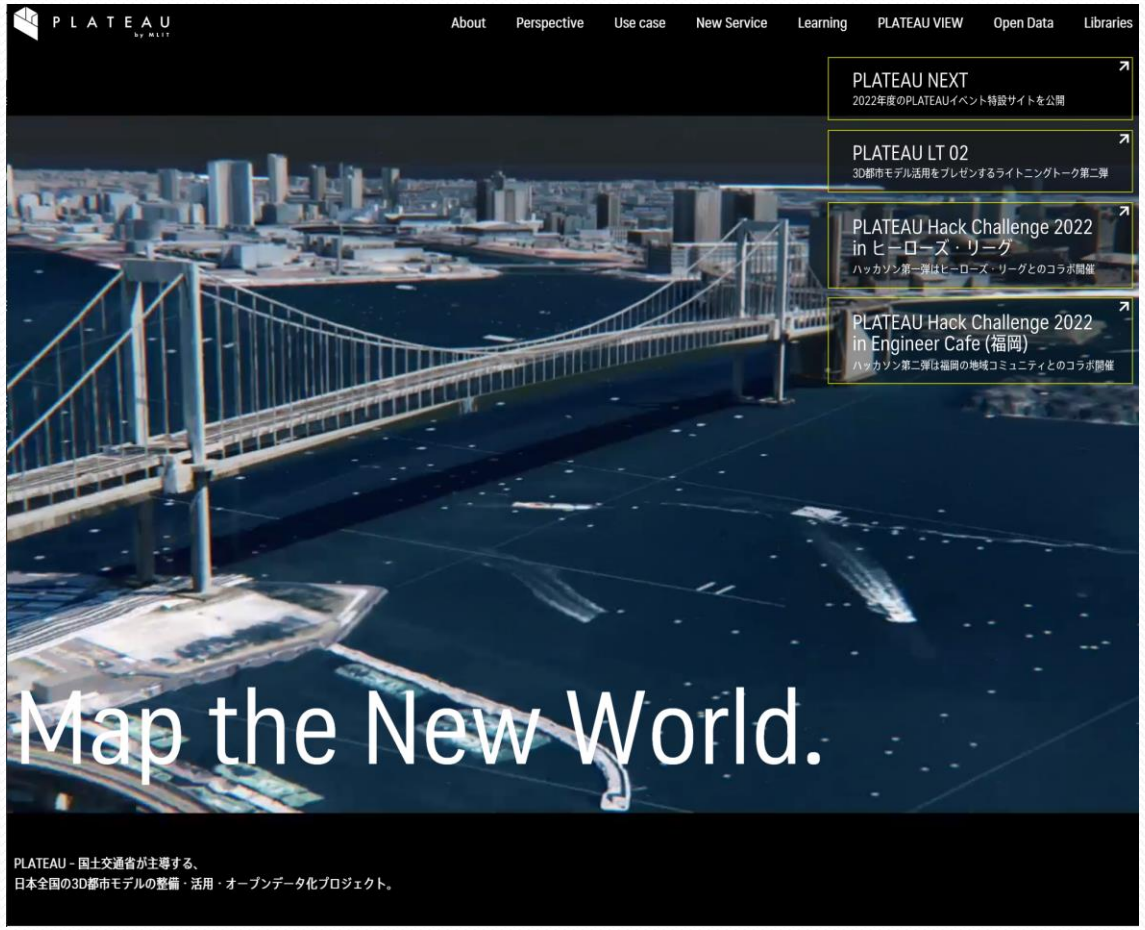


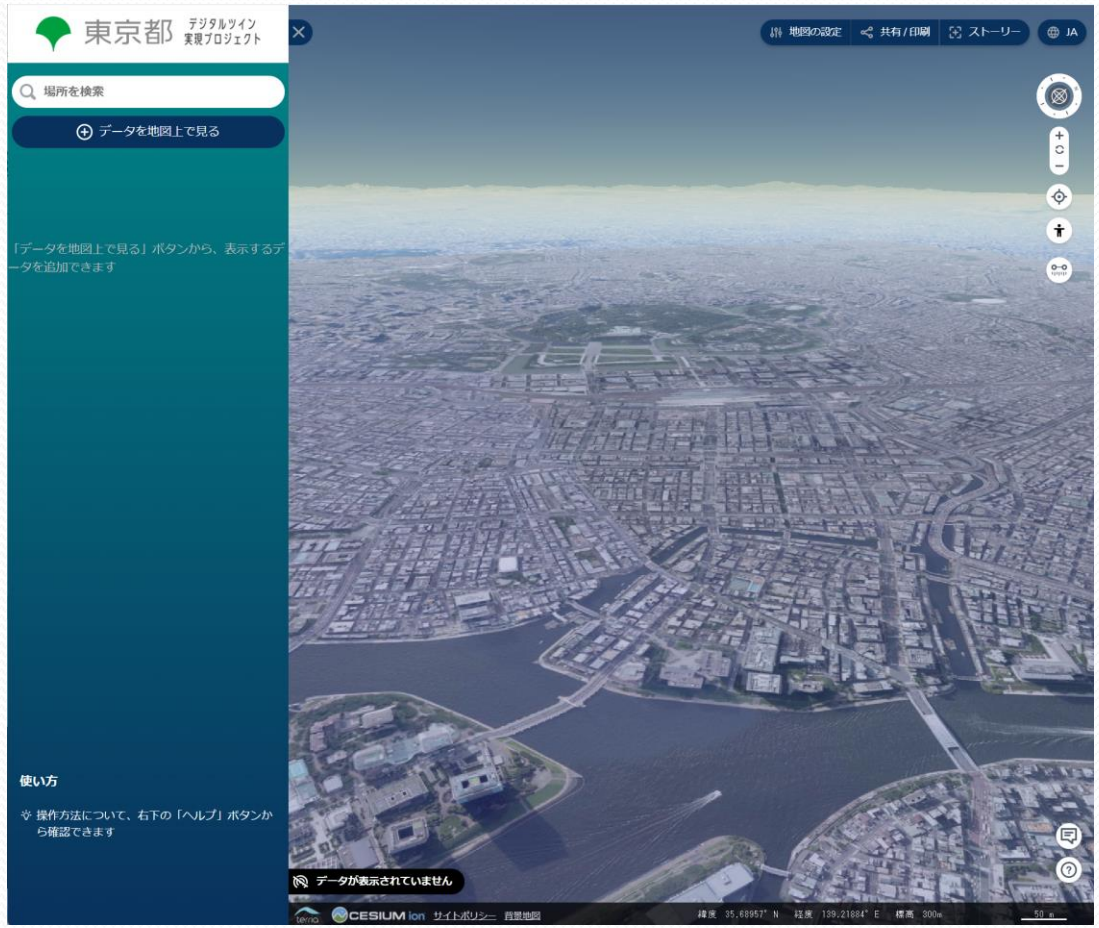
自律航行に必要な機能

- 航路計画
- 自己位置推定
- 自動航行（Heading Control、Tracking Control）
- 障害物検知　等



3D地図整備に向けた取組事例





出典：https://www.mlit.go.jp/plateau/

出典：https://info.tokyo-digitaltwin.metro.tokyo.lg.jp/

ダイナミックマップ基盤（株）

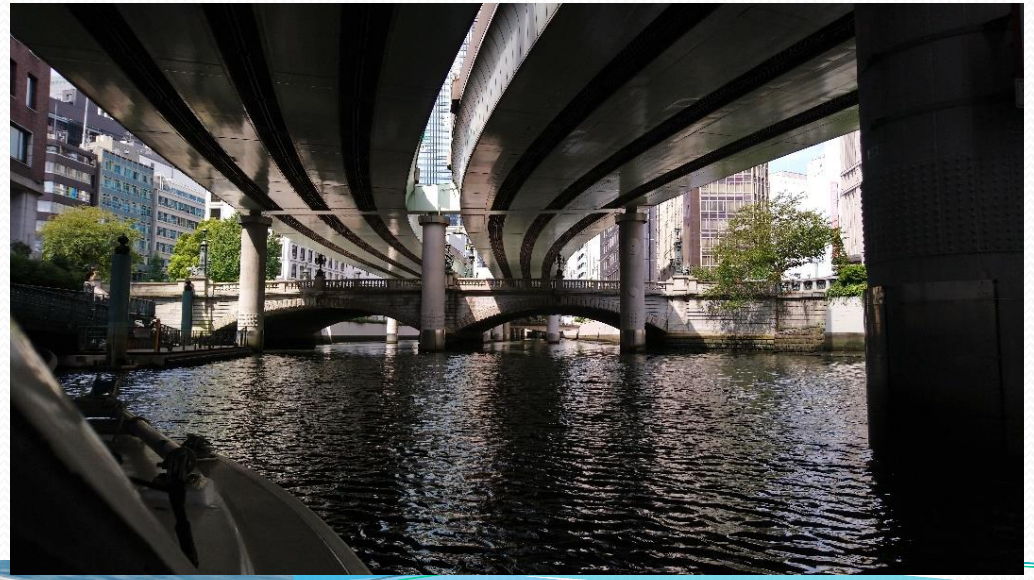
- ダイナミックマップとは、
「交通規制や工事情報／事故や渋滞／歩行者や信号情報」など刻々と変わる膨大な動的情報と、高精度3次元位置情報（路面情報、車線情報、3次元構造物）等の静的情報を組み合わせたデジタル地図」
と説明されている。

- このような企業と連携できれば効率が良いと考えている。水上交通で利用することを考えた場合、追加して欲しい情報には以下のようなものがある。
  - 水位変化による川幅の変化
  - 橋脚の位置・形状
  - 橋の高さ
  - 橋の形状
  - 工事情報　など

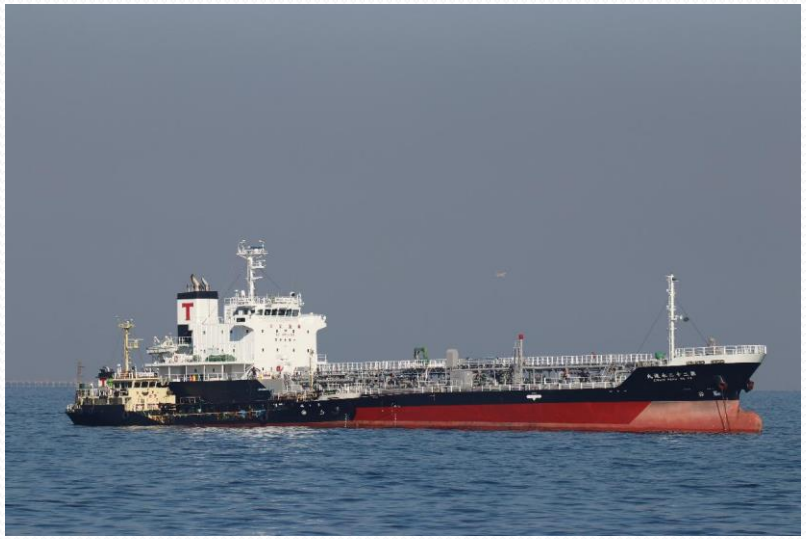
出典：https://www.dynamic-maps.co.jp/index.html

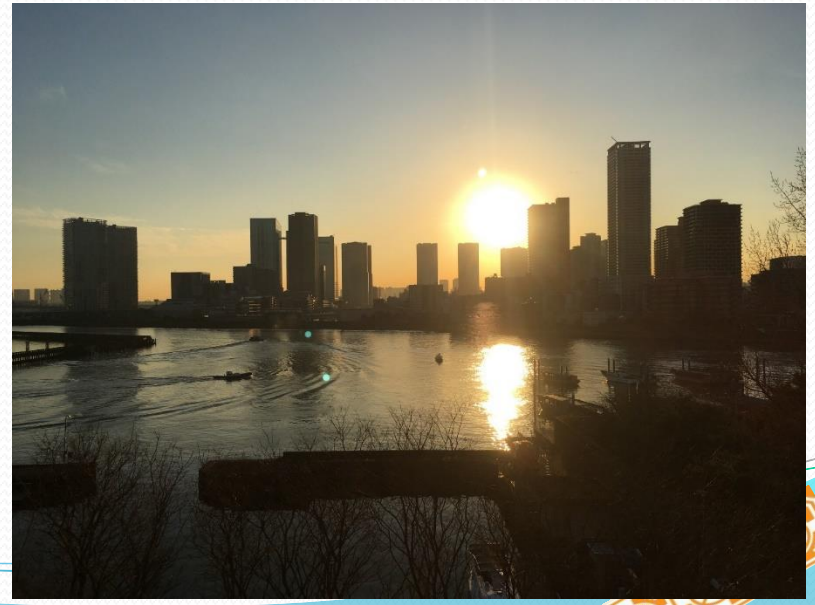
自律航行に必要な機能

- 航路計画
- 自己位置推定
- 自動航行（Heading Control、Tracking Control）
- **障害物検知**　等



検知が必要な例





障害物検知

- 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。**
- 2019年から2022年にかけて、一般財団法人日本船舶技術研究協会は、海の画像認識システム構築研究委員会を開催し、画像データの収集・整備を行った。
- AIを活用した船舶用障害物検知システムは、Groke Technologies（https://www.groke-tech.com/ja/）やOrca AI（https://www.orca-ai.io/）などから製品化されている。
- 一方、学習済みデータをセットにしたフリーのAIもあるため、本研究室では既存のAIを活用する研究も行っている。

出典：https://www.groke-tech.com/ja/

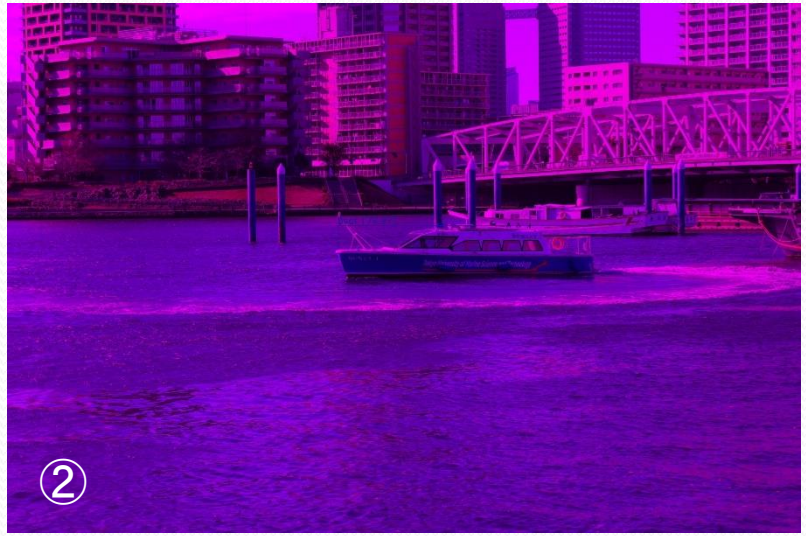
既存AIを活用した障害物検知精度の検証

- 船舶は周辺環境の変化が激しいため、気象、海象、時間等の変化によって障害物検出精度が異なる可能性がある。
- 一方、デジタルカメラを用いて撮影した画像に対しては、各種画像処理手法を適用することができる。
  - 色分解処理
  - ルックアップテーブル処理
  - グレースケール変換　等
- このような画像変換を行うことにより、複数のセンサを用いて監視を行っていることと同等の効果が得られないか、と考え検証を行った。

検証に使用した画像処理の種類

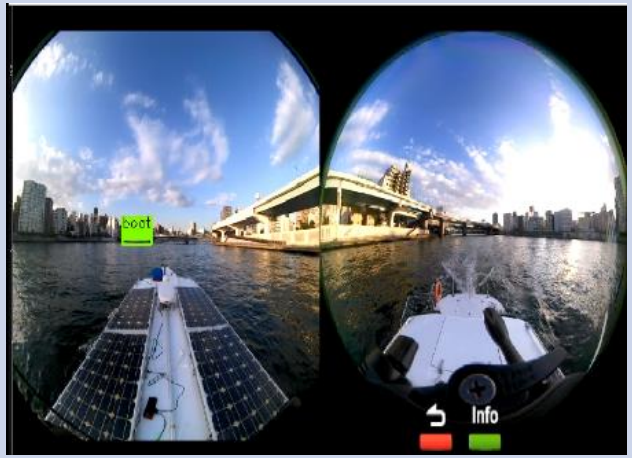
画像処理の種類		画像処理のパターン数
色分解処理		6
グレースケール変換		7
LUT(ルックアップテーブル)処理	比例	14
	反比例	14
	ガンマ補正	84
	S字補正	14
	原点を通過する一次関数	28
	最大値を通過する一次関数	28
	ソラリゼーション	14
	ポスタリゼーション	14
	霧状	14
	RGB個別処理	6
フィルタ処理	平均フィルタ	42
	ガウシアンフィルタ	42
	メディアンフィルタ	42
	バイラテラルフィルタ	42
	ノンローカルミーンフィルタ	14
減色処理		70
合計		496パターン

検証結果



	使用した画像処理	ラベル	信頼スコア[%]
画像認識結果①	画像処理なし	boat	80.26
画像認識結果②	色分解処理による マゼンタ画像化	boat	79.97
画像認識結果③	ガンマ値0.5のガンマ補正	boat	58.38
画像認識結果④	グレースケール化 + ガンマ値0.8のガンマ補正	boat	90.56

画角による認識時間の違い

時刻	15:28:27	15:28:46
時間差	00:00:00	+00:00:19
ビデオカメラ		
360度カメラ		

おわりに

- 本講演では、東京海洋大学清水研究室にて行っている、AIを活用した船舶用障害物検知システム開発の紹介を行った。
- 企業との共同研究として実施している研究開発は、船舶に搭載して実証実験を行うとともに、利用される方々に適切に活用いただけるようヒューマン・マシンインタフェースの開発、ならびに性能評価・検証方法についての検討を行っている。
- 大学独自の研究開発としては、まだ製品に実装する段階ではない研究を実施するとともに、性能評価・検証を行うための調査研究を行っている。

- 一方、現在の学習済みデータを利用したAIでは、障害物検知に必要となる情報を提供できない状況であるため、今後は研究室でも教師データを作成してAIの構築を行う必要があるとも考えている。