

自動運航船社会実装 に向けた今後の展望 と人材育成

2025.2.5

「第35回海事立国フォーラム」

東京海洋大学

学術研究院

清水 悦郎

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 教授**

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：

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

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
- 海洋ダイナミックマップに用いる次世代航海情報の利活用に関する連絡会 委員長
- 海事におけるサイバーセキュリティ検討会 委員

日本海難防止協会

- 自動運航船に対するCOLREG適用の在り方に関する検討委員会 委員長

本講演の内容

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

自動運航船に必要な人材



**TECHNICAL
SPECIFICATION**

**ISO/TS
23860**

First edition
2022-05

**Ships and marine technology —
Vocabulary related to autonomous
ship systems**

*Navires et technologie marine — Vocabulaire relatif aux systèmes de
navires autonomes*

**自動運航船
とは？**

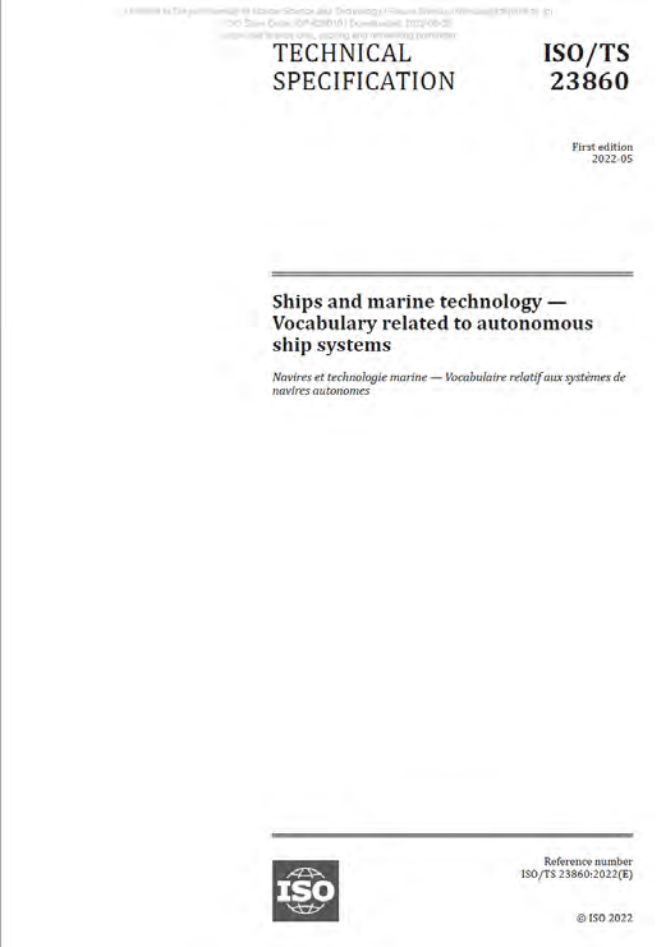


Reference number
ISO/TS 23860:2022(E)

© ISO 2022

Maritime Autonomous Ship Systems (MASS)

英語で Maritime Autonomous Surface Ships または Maritime Autonomous Ship Systems (MASS) と呼ばれる自動運航船とは、人間の判断に依存することなく航行することが可能な船舶を基本として、狭義では船舶単体で検討されているが、広義では船舶運航に付随する港湾設備等の自動化も含めて検討されている。



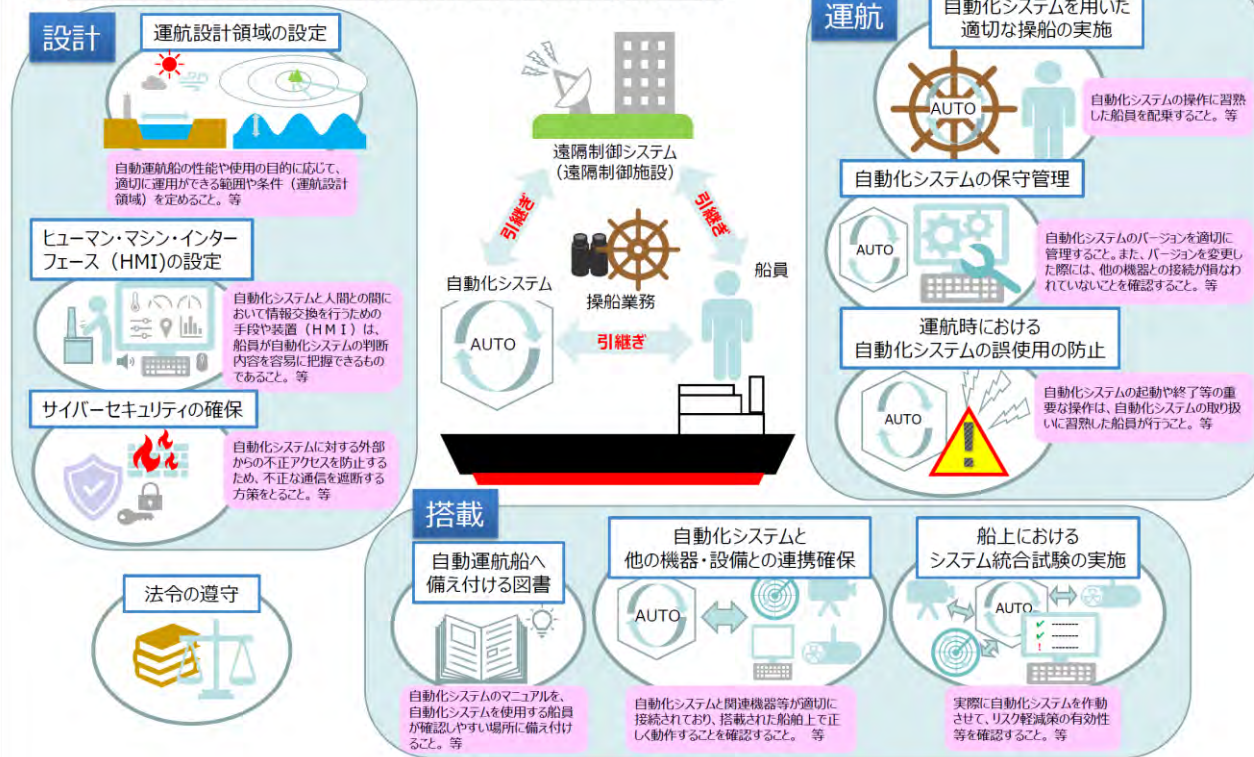
Maritime Autonomous Ship Systems (MASS)

以下のような事項を実現するために研究開発が進められている。

- 安全性向上
- 船員不足対応
- 自動化技術適用による船員負担軽減
- 環境負荷低減
- 運航コスト削減
- 技術的興味

自動運航船に関する安全ガイドライン

設計・搭載・運航の各段階における留意事項の具体例



Maritime Autonomous Ship Systems (MASS)

以下のような事項を実現するために研究開発が進められている。

安全性向上
船員不足対応
自動化技術適用による船員負担軽減
環境負荷低減
運航コスト削減
技術的興味

検討会における検討項目案

背景・目的

- ◆ 船舶の運航に、年々進化するセンシング、AI等の技術を活用することにより、安全性の向上が期待。
- ◆ 他方、生産年齢人口の減少や高齢船員の退職が見込まれる中、国内物流を支える内航海運の担い手確保は喫緊の課題であり、船員労働環境改善・職場の魅力向上が不可欠。

商用運航において自動運航や遠隔監視等を活用するため、下記の必要な検討を行い、自動運航船の2030年頃までの本格的な商用運航の実現を目指す。

検討項目案

- 安全基準・検査方法等の検討
 - ✓ 船舶、遠隔監視に関する基準、検査方法
 - ✓ 船員・陸上要員の必要な能力・配置、事業者の要件
 - ✓ 事業者の(事前)審査、(事後)監査 等
- 責任・保険等に関する検討
 - ✓ 船長・船員の責任の明確化
 - ✓ IMO法律委員会(LEG)における議論の動向 等
- 実プロジェクトを通じた検討・検証

※「次世代内航船に関する乗組み制度検討会」において、これまで、高度船舶安全管理システム搭載船における機関部職員の配乗基準の特例等について検討を行ってきたところ、今後、当該検討が必要な場合には、本検討会にて議論することとする。
(高度船舶の機関部の配乗を「職員3名」から「職員1名+部員1名」とする見直しについては、「高度船舶安全管理システム搭載船の乗組み制度見直しに関する実船検証の実施要領について」に基づき、各船単位で検証が行われた。)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026		
JSTRA	《MEGURI 2040 無人運航船安全性評価ステアリング委員会》 - 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		《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					
国交省	自動運航船に関する安全ガイドライン (設計)	安全ガイドライン (設計・搭載・運航)			自動運航船検討会 および 同検討会 安全基準・ 検査WG			
IMO		Apr. MSC 105 審議 開始	Nov. MSC 106 ガイ ド 開始	May MSC 107 ガイ ド 審議	May MSC 108 ガイ ド 審議	Dec. MSC 109 ガイ ド 審議	1st MSC 110 ガイ ド 審議	1st MSC 111 ガイ ド 承認

→2032/1/1以降
Code発効



国内外における 自動運航船の 開発動向

国内外の 自動運航船 (MASS) 研究開発例

OTHER COUNTRIES

- IAI
- L3Harris Technologies (ASV)
- 云洲
- Maritime Robotics
- Roboat
- Zeabuz, Zeam
- DARPA, US Navy
- Kongsberg (Rolls-Royce)
- Ocean Infinity

JAPAN

- 海床ロボット (竹中工務店、炎重工他)
- Oceanic Constellations
- エバーブルーテクノロジーズ
- エイトノット
- JMUディフェンスシステムズ
- ヤンマーHD
- MEGURI 2040

Oceanic Constellations

Oceanic Constellationsは、「世界初の水上ドローン船ネットワーク「海の衛星群™」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。鎌倉市他と連携協定を結び、相模湾にて研究開発を進めている。



[News](#) [Our Story](#) [Culture](#) [Company](#) [Career](#) [Contact](#)



JMU Group

JMUグループのJMUディフェンスシステムズは、小型船舶サイズの多用途自水上艇「うみかぜ」を開発している。また、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」では、IHIが開発した自動係船・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。



MEGURI2040

日本財団は、世界に先駆けて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・社会基盤の変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。

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

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、同社の開発した水上バスが、スウェーデン スtockホルムで水上交通システムとして利用されるようになった。



出典 : Zeabuz HP, Zeam HP
<https://www.zeabuz.com/>
<https://www.zeam.se/en>

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ことである。



出典 : Ocean Infinity HP
<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。

An official website of the United States government Here's how you know

AMERICA'S NAVY

HOME WELCOME SHIPS LEADERS MEDIA

Ships >

Unmanned Surface Vessel Division One (USVDIV-1)

Unmanned Surface Vessel Division One (USVDIV-1) HOME LEADERS WELCOME ABOUT

Command

Public Affairs Ombudsman

LATEST NEWS

Navy

Increases Unmanned Capabilities with Newly Established Unmanned Surface Division

NAVY.MIL

NAVY.COM

MARINES.MIL

MARINES.COM

Surface Warfare Magazine

Veterans Crisis Line

出典 : An official website of the U.S. Government
<https://www.surfpac.navy.mil/usvdiv1/>
<https://www.cpf.navy.mil/Newsroom/News/Article/3534043/unmanned-surface-vessel-division-one-makes-its-first-port-visit-in-yokosuka-jap/>



自動運航船 社会実装に向けた 課題

自動運航船関連 の技術開発課題

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
障害物探知技術、自動避航 など

遠隔監視・操船支援システムの開発
通信するデータの選定、
通信が途切れた場合の対処法 など

推進システムの改良
推進システムの信頼性向上 など

社会インフラの整備
高精度地図、充電設備 など



Ex) Situational Awareness System

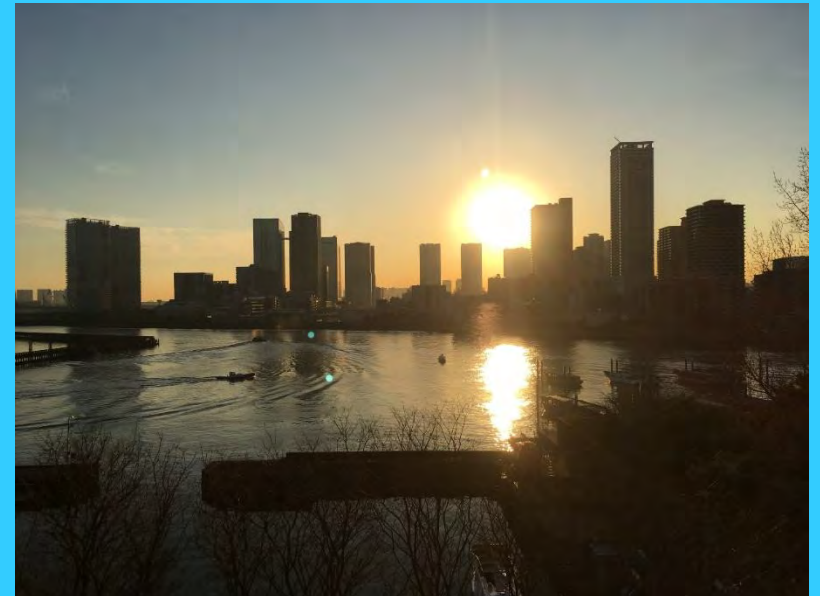
カメラ、Radar、LiDAR等で周囲を監視しているだけでは障害物を認識することは出来ない。

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。

AIを活用した船舶用障害物検知システムは、Groke TechnologiesやOrca AIなどから製品化されている。



Ex) 認識したい対象物の例



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) COLREGs

(海上衝突予防法の基となる国際条約)

Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972 (COLREGs) was designed to update and replace the Collision Regulations of 1960 which were adopted at the same time as the 1960 SOLAS Convention.

- Part A - General (Rules 1-3)
- Part B - Steering and Sailing (Rules 4-19)
- Part C - Lights and Shapes (Rules 20-31)
- Part D - Sound and Light signals (Rules 32-37)
- Part E - Exemptions (Rule 38)
- Part F - Verification of compliance with the provisions of the Convention (Rules 39-41)

COLREGs Rule 3

General Definitions (定義)

- 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 manageability.
 - 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) ...

COLREGs Rule 5

Look-out (見張り)

- 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 (他のすべての手段)** appropriate in the prevailing circumstances and conditions so as to make a full appraisal of the situation and of the risk of collision.

COLREGs Rule 34

Maneuvering and Warning Signals (操船信号及び警告信号)

- 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.

Ex)水路地図の 4D化・高精度化

現在、船舶用には海図という紙に印刷された地図および電子画像化されたものが用意されているが、小型船舶で使用する観点で考えると精度は不十分であり、干満による水位の変化に対応した地図ともなっていない。これを4D化、高精度化することによって、状況認識システム開発の負担を軽減することが可能である。



Ex) 水路地図の高精度化



Ex) 安全評価・基準制定手法 の確立

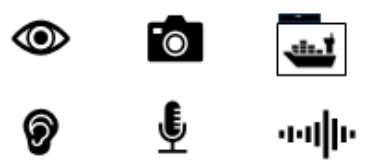

























規制の強化は技術発展の妨げになる恐れもあるため、技術開発進歩の速度と比較して法規制整備の速度が遅くなってしまうことはやむを得ない。

一方、何も確認・評価せず実用化していくことは好ましくないため、

- ・法規制を整備する側は最低限の機能要件を定義する
- ・定義された機能を実現するための手法、機能を利用する方々が利用する気になるための説明、性能・安全性評価手法は技術開発側の裁量に任せる
- ・そのうえで第三者機関にて、技術開発側から提示された性能・安全性評価内容について確認・検証する

というような手順の確立、役割分担に関する関係者の理解が必要である。

参考) 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 			
Position, Navigation and Timing (PNT) sensors GNSS  Sonar 	Underwater objects 	Stranding avoidance 	Speed adjustment 	Longitudinal vessel motion control (Output power control)
	Disturbance 	Stabilizing 		
	Rescue needed objects 	Search and rescue 	Steering 	
<i>Planning</i>				
Passage plan Electric chart 	Landmark 	Waypoint 		
	Self-position 			



自動運航船に 必要となる人材

試験的な運航が世界各国で始められたが、軍事関連以外で経済的に成立する運航形態が世界的に見つかっていない状況である。

海運業界では、恒常的に人材不足と言われているが、昨今は排他的経済水域（EEZ）の活用、海洋資源開発や洋上風力発電設備開発等も話題となっており、船舶運航のニーズはさらに高くなっている。

少子高齢化も進んでいる現状では、現在従事している人数よりも少ない人数で船舶運航を担うことが必要となることを考慮しておくべきであり、自動運航技術を導入していくことが必要になると考えている。

技術的には、短距離・定期航路で使用されている船舶（フェリー、バンカリング船、洋上風力発電設備関連作業船、定置網・養殖漁業用漁船等）、船団として行動する場合の一部船舶であれば、自動運航化は可能であると考えている。

一部機能の導入だけでも船員負荷軽減には役立つ技術である。

一方、技術は進歩しているが、新技術を適切に使える人材育成を行っているかは疑問である。特に非常時には人間が対応する事態となるため、事前知識のない人でも最低限の操作は行えるよう、Human Technology Interactionを考慮した開発が必要である。

併せて、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、機器を評価・検査する手法の確立、運用・保守・管理する技術の開発、それらを担う人材育成法の開発も重要である。例えば下記に挙げるような新たな業務も出てくると思われ、新しい働き方を提案するチャンスであるともいえる。

遠隔オペレータ・管制員：

遠隔地にあるオペレーションセンター（ROC）から操船支援・運航管理を行う。船舶交通ルールを熟知しているだけでなく、船体運動特性、機関特性も熟知していることが求められる。船からROCへ送信される情報は制限されるため、限られた情報から船舶の状況を適切に推測することができる能力が求められる。

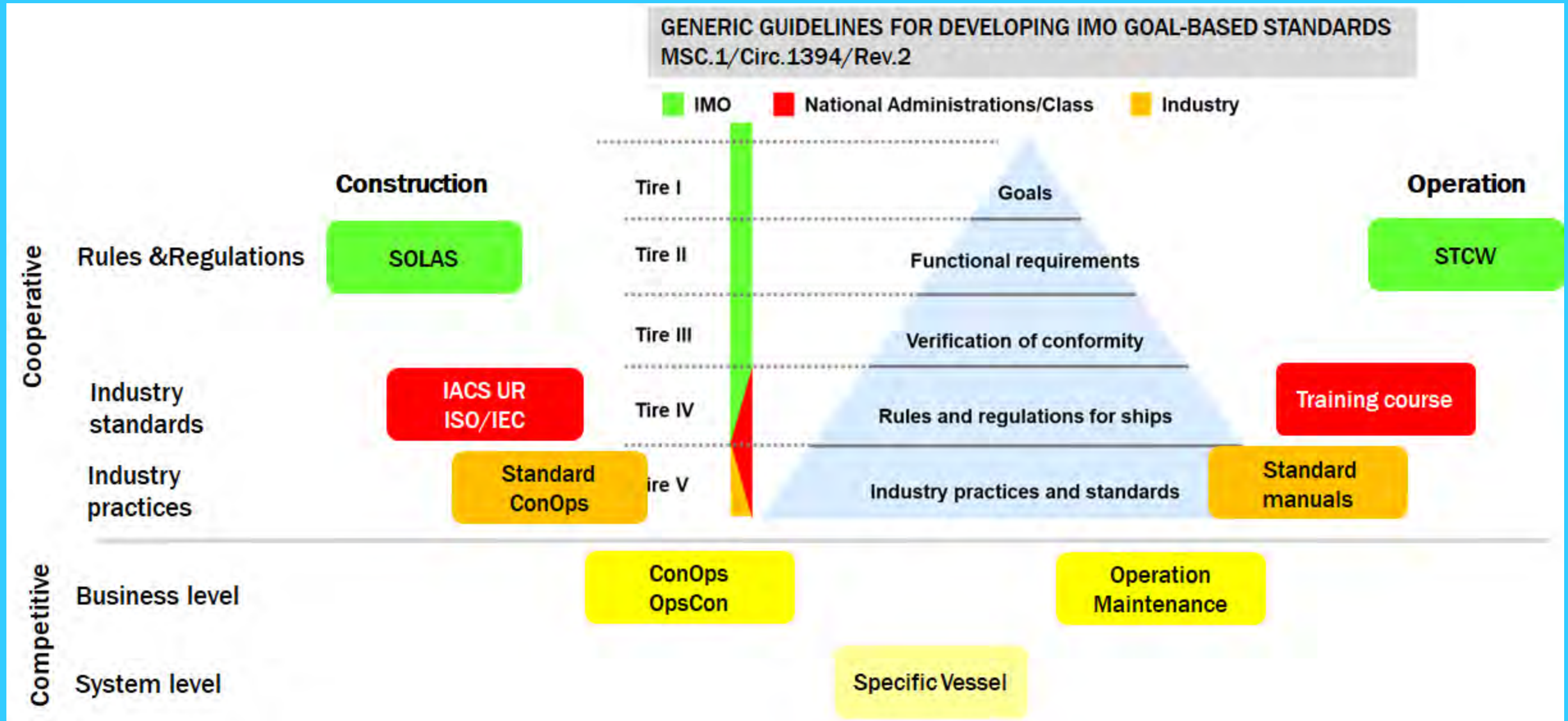
出入港専任船員：

通常航海時の船舶職員は、船体整備・積載物管理要員であるとした場合、現在よりも人数が少なくなっていると考えられる。その際、港に出入港する際には出入港作業を補助する船舶職員が必要になると考えられる。このためには、船舶搭載機器の操作方法の統一化等、ハードウェア面の整備も重要である。

非常時救援員：

通常航海中は遠隔監視による無人操船を行っているが、非常時には最寄りの場所から高速艇やヘリコプターにて対象船舶まで移動し乗船して対応を行う。

Ex) 船舶運航に新技術を導入するためのVerification & Validation



参考) 東京海洋大学における今後の取組





ご清聴頂き
ありがとうございました。

清水 悦郎 (Etsuro Shimizu)

shimizu@kaiyodai.ac.jp