

日本マリンエンジニアリング学会
第14回特別講演会

無人運航船プロジェクト

MEGURI
2040 

 日本
財団
THE NIPPON
FOUNDATION

 **DFFAS+**
Designing the Future of Fully Autonomous Ships

自動運航船の開発現状と 船主・運航者に求められる今後の対応

2025年5月

株式会社MTI

船舶物流技術グループ

中村 純

目次

1. 会社紹介
2. 自動運航船とは
3. MEGURI2040の開発内容
4. 自動運航船の運用における船主の役割
5. 終わりに

目次

1. 会社紹介

2. 自動運航船とは

3. MEGURI2040の開発内容

4. 自動運航船の運用における船主の役割

5. 終わりに

MTIについて | 会社概要

「ものはこび」の技術と人材でお客様の満足を実現し、より豊かな人間生活と地球環境に貢献

- 創 立 2004年（平成16年）
- 所在地 東京都千代田区丸の内2-3-2
- 資本金 9,900万円
- 従業員数 66名（2023年4月1日現在）
- 株主 日本郵船株式会社



自律運航船の開発



船舶建造/運航へのシミュレーション技術活用

噛み砕くと、こんな会社です

- NYKグループの競争力向上、さらには日本海事産業の競争力向上に取り組みます
→ NYK/MTI研究開発ロードマップを作成、技術本部/事業部と共有して研究開発を進めます
- 日本の海事クラスターを集約したような組織です
→ 日本郵船ならびにグループ会社、
造船所、メーカー、船級などからの出向者によって成り立っています
- たくさんのパートナーに恵まれています
→ 社内はもちろん、社外の方々に支えてもらっています
(政府/造船所/メーカー/大学/研究機関/ITベンダー)

目次

1. 会社紹介

2. 自動運航船とは

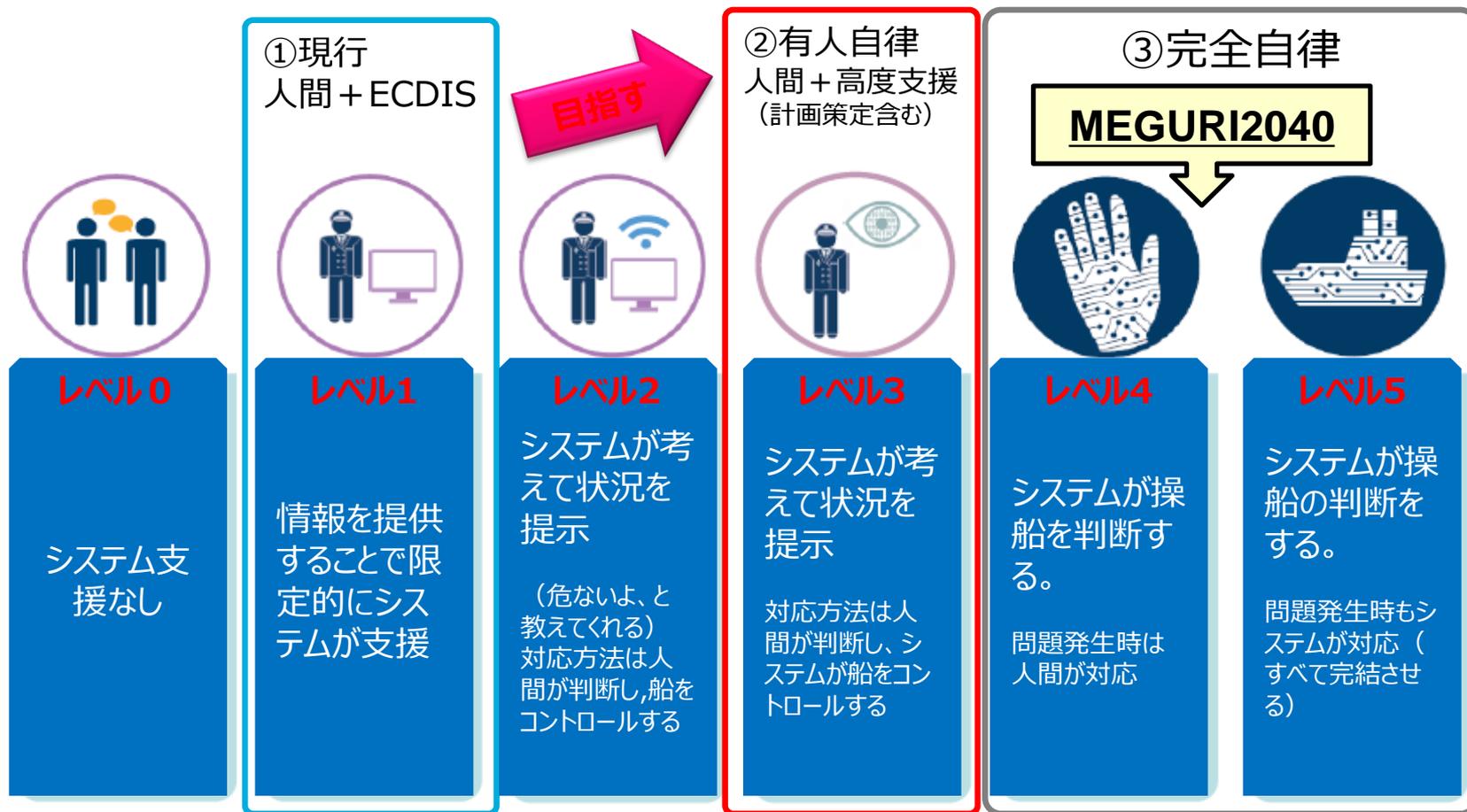
3. MEGURI2040の開発内容

4. 自動運航船の運用における船主の役割

5. 終わりに

自動運航船とは

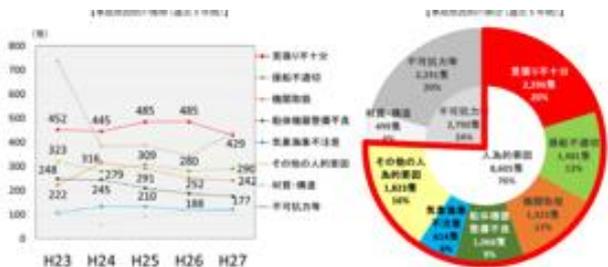
陸上からの操船やAI 等による行動提案で、最終的な意思決定者である船長をサポートする船舶です。



参考 : .Edward Fort , Global Head of Engineering, Lloyds Register, "Autonomous ships – LR approach" January 2018

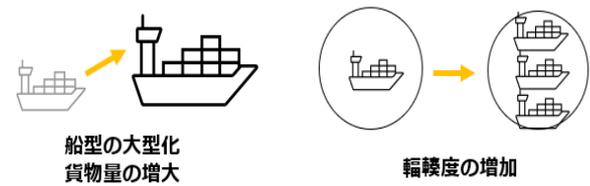
なぜ自動運航船が必要か

安全性向上、船員不足対応、物流の安定を目指します。



航海事故の約8割は人的要因

安全性向上



周囲環境・船型変化による操船難易度の上昇（操縦性低下、輻輳度増加）

自動運航船の価値

船員不足の対応

物流の安定

・ 将来の海上輸送増大（トラックから海運、鉄道へ）

○ モーダルシフトの推進

・ 世界の船員不足8.8%、過去最高

2023年8月1日 11:00（日経新聞）

・ 日本の船員・労務力不足解消（2040年には**現在比30%の船員不足**）

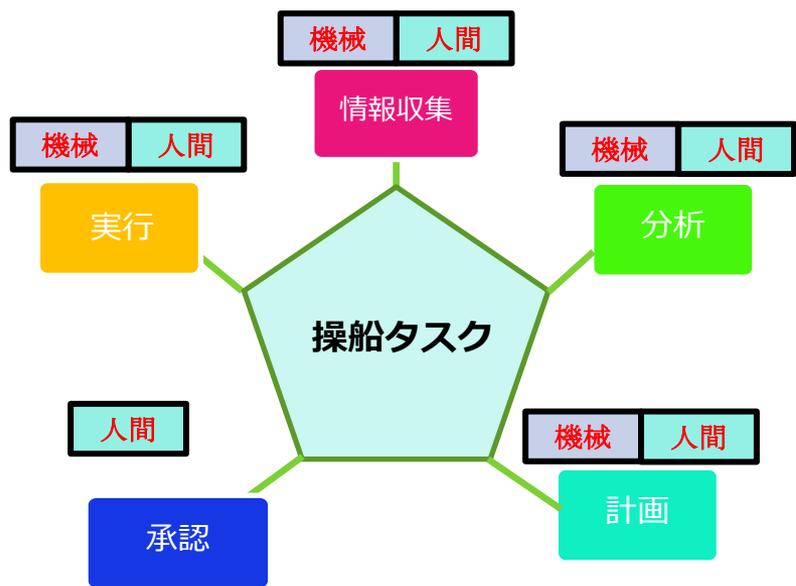
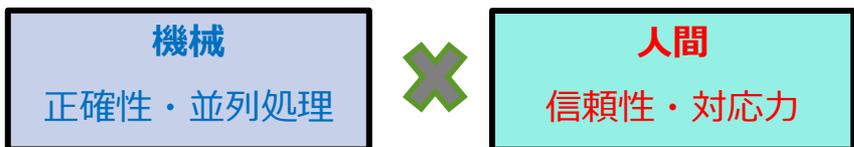


鉄道、内航海運の輸送量・分担率を増強

*（参照）内閣府物流革新緊急パッケージ

自動運航船の意義

自律化 = 人間と機械の相互補完により安全運航と船橋の省力化の達成します。



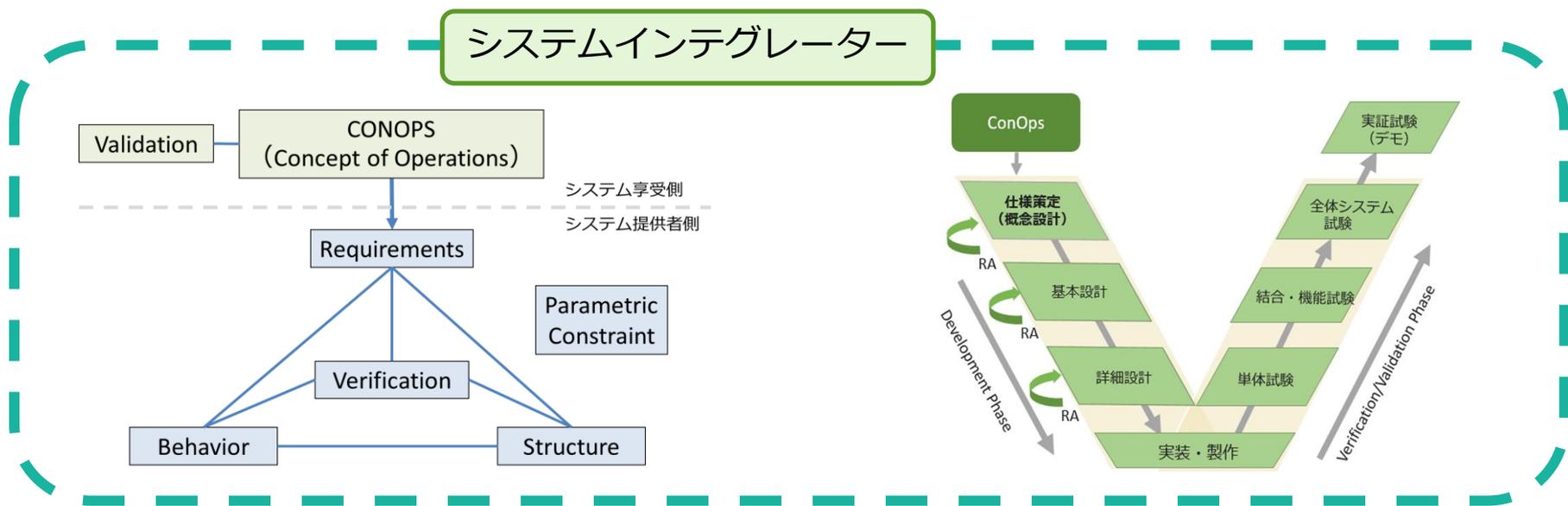
船種		現行の当直基準			
		通常時	輻輳時	特定条件下	
				日中	夜間
749 GT以下	航海	1名	1名	1名+a	1名+a
750GT以上		2名	3名	2名+a	2名+a
沿海	機関	1名 (一部0)	1名	1名	1名

- 1st Step
 - 航海：749GT以下と同じ体制、機関：遠隔当直
 - 2025年に継続利用可能体制構築
- 2nd Step
 - 航海当直を部分的0に
 - 実証実験実施
- 3rd Step
 - 自動運航船運用

自動運航船の技術・社会課題

自動運航船を開発する上で**以下の課題**があります。

- 開発プロセスを構築・取り纏めする**システムインテグレーター不在**
(自動運航船における開発プロセス：ConOps⇒RA⇒設計⇒開発⇒評価検証⇒製品)



- 社会受容性の構築（法律、規則、技術規格）
- 自動運航船を利用する**乗組員、関係者への教育プログラム**
- 自動運航船を運航する船主・管理会社・傭船者の**安全管理体制の構築**

目次

1. 会社紹介

2. 自動運航船とは

3. MEGURI2040の開発内容

4. 自動運航船の運用における船主の役割

5. 終わりに

DFFAS PJ 実証航海



①往路 2022年2月26日～27日, ②復路 2022年2月28日～3月1日

①往路97.4%
②復路99.7%
無人操船システムによる
自律航行を達成

フリートオペレーションセン
ター千葉幕張

東京港

浦賀水道

津松阪港

往復
790km

① 2022年2月26日-27日

② 2022年2月28日-3月1日

伊良湖水道



輻輳する既存航路における
無人運航船の実運用を模擬した実船実証

749GT型コンテナ専用船「すざく」に無人
運航システムを搭載したコンテナを設置し無
人操船機能を実現

DFFAS+プロジェクト概要（MEGURIステージ2 開発）

日本財団様のサポートによる**自動運航船社会実装プログラム第2弾**です。



期間：2022年10月～2026年3月

参加者：**計53社**

メーカー、造船所、船主、海運会社（外航、内航）、荷主など海事クラスターの構成要素を網羅したコンソーシアム

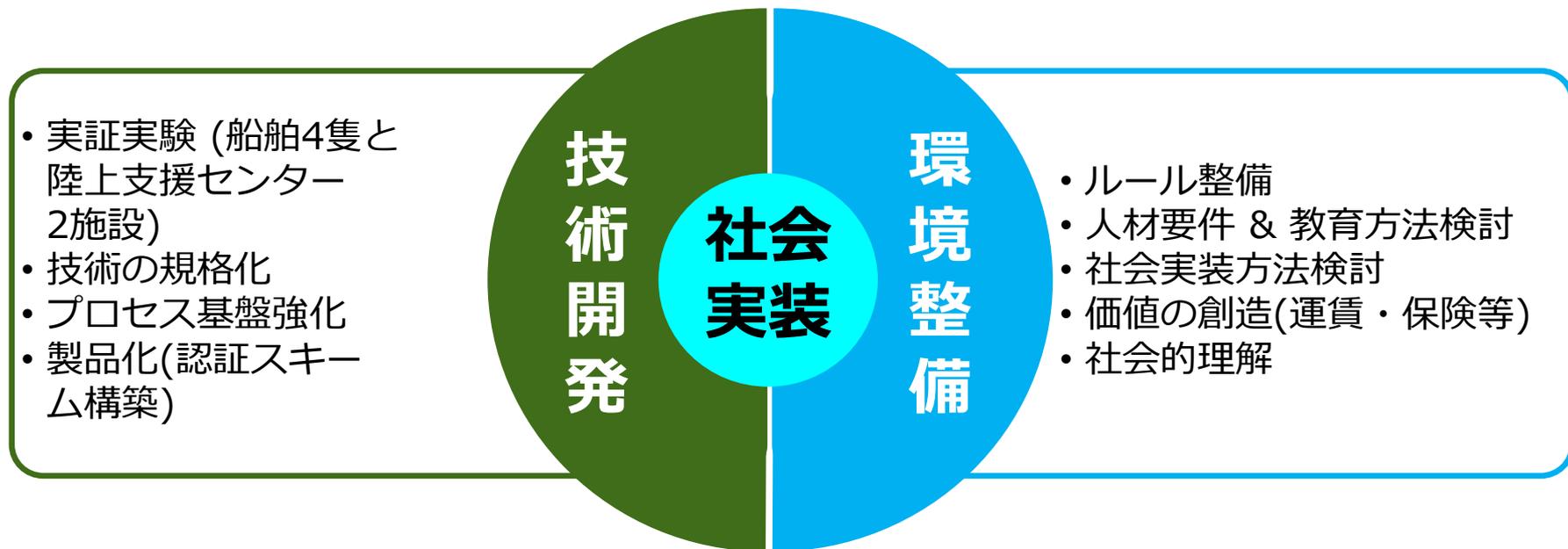
概要：4隻（新造船+要素技術船）の実証
自動運航船技術の規格化
社会受容性の向上

（ルール、安全性、経済性など）



DFFAS+プロジェクト目標

社会実装と目指して**技術開発**と**環境整備**の**両輪**で進めてまいります。



① 実証実験

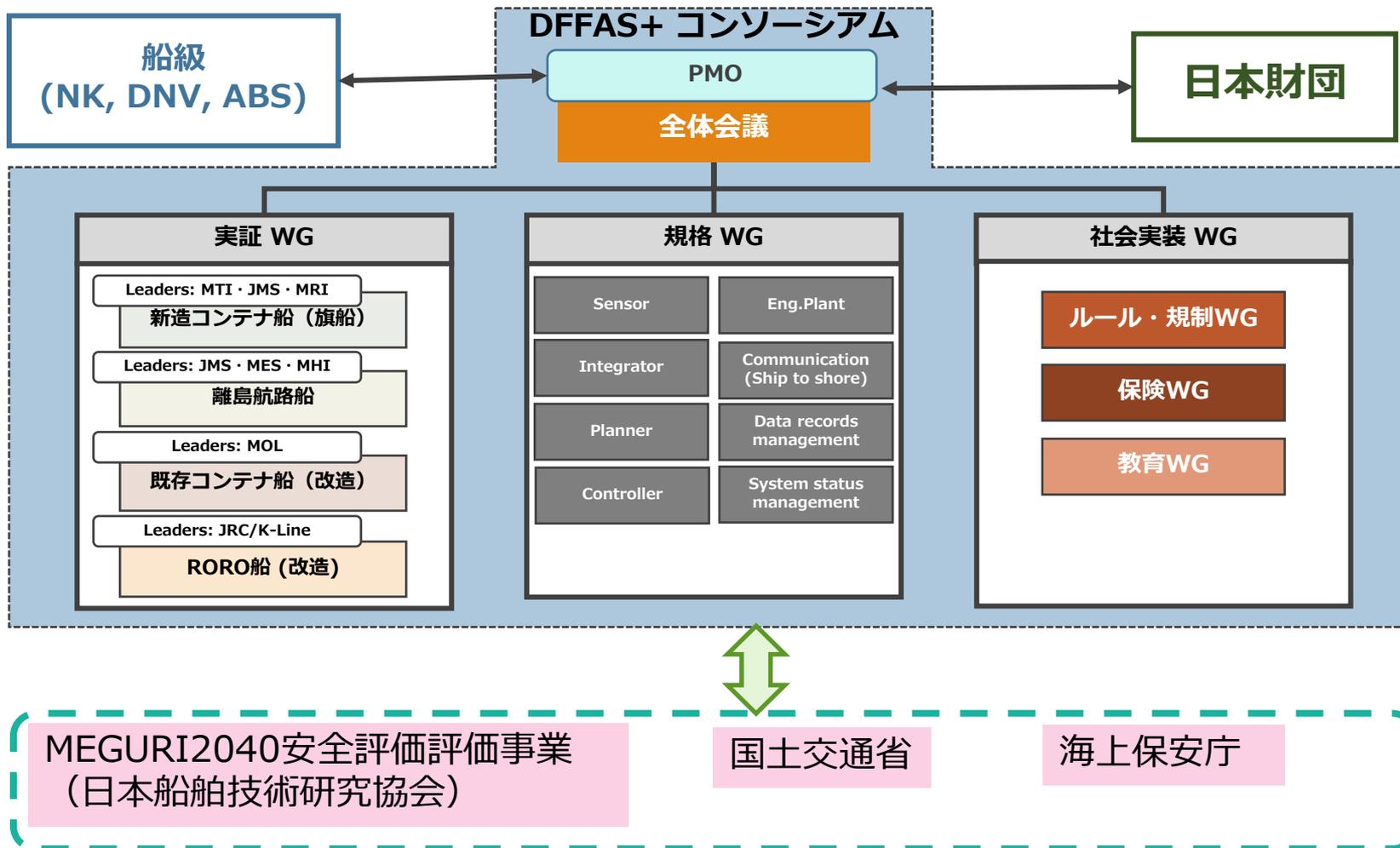
② 開発した技術の規格化

③ 開発プロセス基盤の強化

④ 社会実装のための環境整備

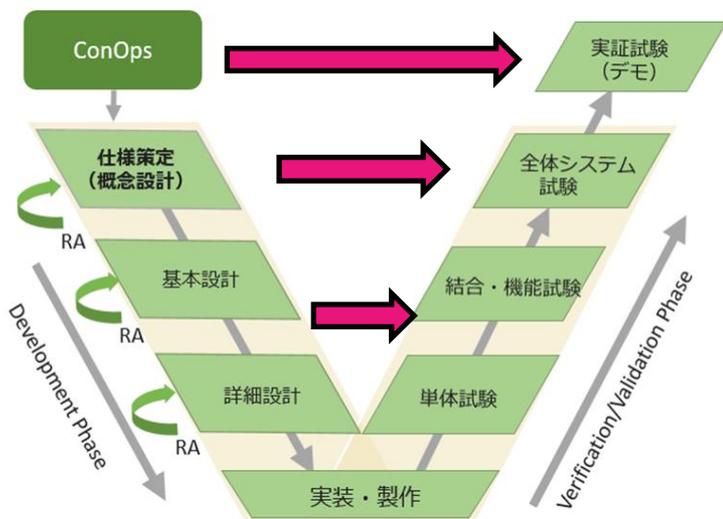
MEGURI2040ステージ2 体制

MEGURI2040では**DFFAS+コンソーシアム**と関係各所と協力して進めています。



自動運航船の開発プロセス

旗船は**船級から自動運航船ノータレーション取得**を目指しています。



Vプロセス：
開発工程とテスト工程で各作業をリンクさせ
検証作業を効率よく実施する手法

(例)

- 概念設計内容を全体システム試験で確認
- 基本設計内容を結合・機能試験で確認
- 詳細設計内容を単体試験で確認

* 各設計時にリスクアセスメントを実施して設計の妥当性を確認

参考(各船級のガイドラインより)

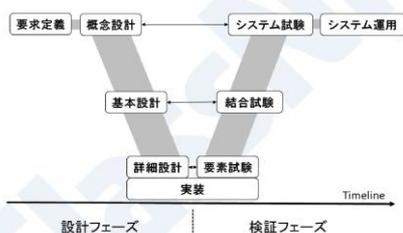
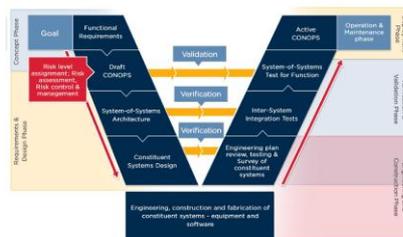


図 2.1 システムズエンジニアリングのアプローチを表現したV字モデル



ABS

船級の自動運航船ガイドライン
の中でも、**本設計手法を推奨**

* 出典：日本海事協会自動運航船ガイドラインより

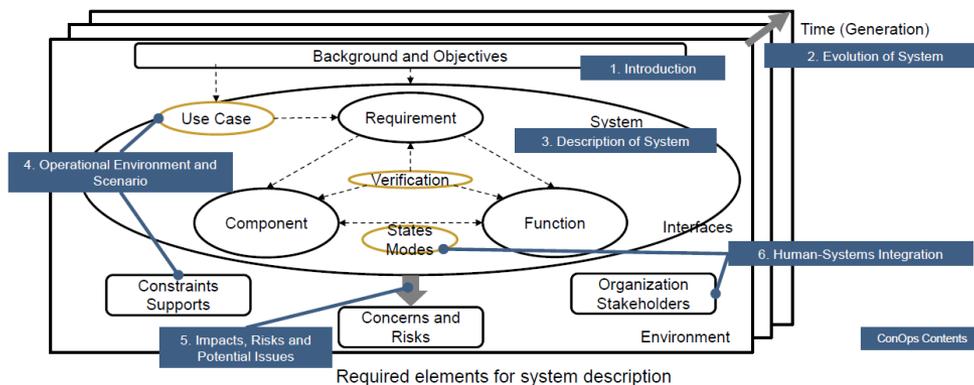
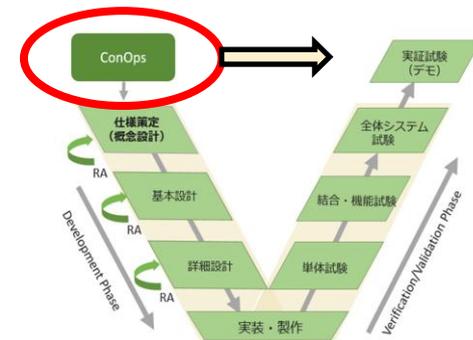
* 出典：ABS自動運航船ガイドラインより

自動運航船におけるConcept of Operation

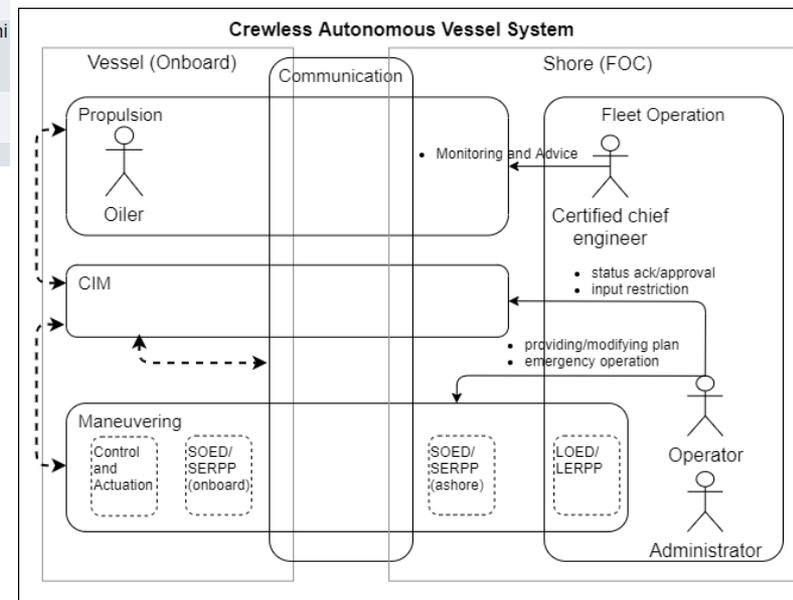
システム享受者からシステム開発者へ開発の目標を定め、**関係者間の合意を得る資料**
⇒最終的な**システム評価の元になる資料**を作ってきました。

ConOps contents for autonomous system

Contents	Description
1. Introduction	Background System Scope, Assumption & Constraints
2. Evolution of System	Justification for changes Future Roadmap and Status of the envisioned system
3. Description of System	Needs, Goals & Objectives of the system Overview Architecture incl. Interfaces (Major System elements & interconnections) Modes of Operation Basic Functions (Proposed Capabilities)
4. Operational Environment and Scenario	Use Cases (Nominal, Off nominal) Actors/Stakeholders Operational Scenario Data flow (input & output of the system)
5. Impacts and Potential Issues	Operational impacts, Environmental Impacts, Organizational Impacts, Scientific/Technical Impacts Regulatory Compliance, How to Implement the system
6. Human-Systems Integration	Human-in-the-loop involvement Human-machine interface etc.
Appendix	Glossary, Acronyms, Reference Documents



Ref. INCOSE Systems Engineering Handbook



MEGURI2040における運用例

ステータス	ステータス名称	ロイド	OneSea	HANDS	EYES	MINDS	
Full Autonomous	Full Autonomous	AL4	Lv5	OFF	OFF	OFF	自律
Monitoring	Monitoring Mind ON	AL4	Lv4	OFF	OFF	ON (Sometimes)	
	Monitoring w/approval	AL3	Lv3	OFF	ON (Sometimes)	ON	
Fallback	Track(*) Control * Speed Control 含む	AL2	Lv2 (TCS)	ON (Sometimes)	ON	ON	既存
Fallback	Manual	AL1,0	Lv1 (HC)	ON	ON	ON	

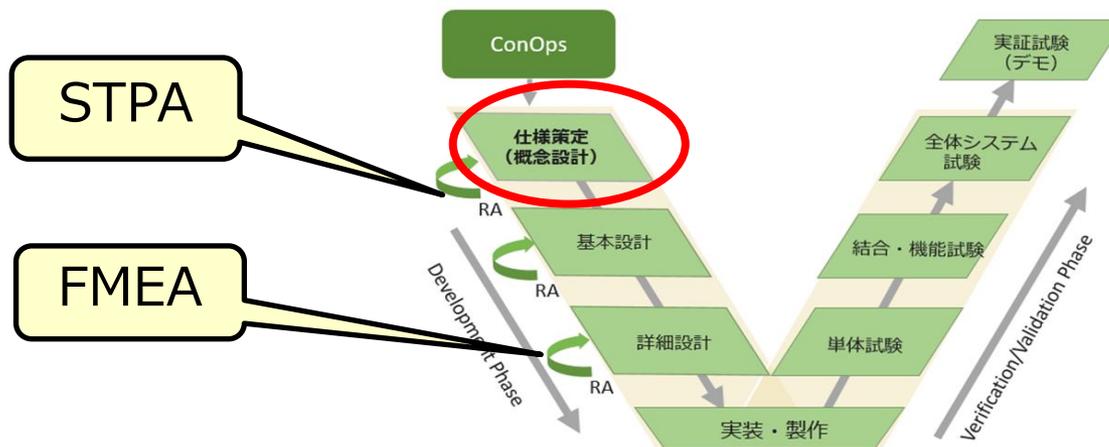
NAV.MODE	[代表的なオペレーション] 定義(例)
Unberthing	[解纜]姿勢制御, かいらん作業
Leaving	[離棧操船]姿勢制御, 速力コントロール可能(-5? < 速力 < 5?)
Harbour Out	[狭水路航行]トラックコントロール, 速力コントロール可能(0 < 速力 < MAX)
Coastal	[沿岸航行]トラックコントロール, 速力コントロール可能(7?10?12?* < 速力 < MAX) (*) 補助ブローアを回さない(ON/OFFを繰り返さない)程度の速力 or TCSが動く程度の速力.
Ocean	[大洋航行]トラックコントロール
Harbour In	[狭水路航行]トラックコントロール, 速力コントロール可能(0 < 速力 < MAX)
Approaching	[着棧操船]姿勢制御, 速力コントロール可能(-5? < 速力 < 5?)
Berthing	[係船]姿勢制御, 係船作業



概念設計・リスクアセスメントとは

概念設計の目的

- 開発目的を踏まえたスコープ設計
 - 実装のために**必要な要件を具体的にスコープ**に加える
- モデルを用いて、概念-基本設計とRA, 要求-機能-構造のトレーサビリティを担保



リスクアセスメントの目的

- リスクアセスメントと設計（要求）との**関係性を明確化**
事象の順序, 安全バリア同士の関係性等の整理 (ロスシナリオの整理)
 - 機能要件とSafety Constraints (安全制約) の関係性の整理
- シミュレーションを活用し, **設計への定量的なフィードバックを**与える
 - 複数のリスクアセスメント手法 (STPA、FMEA) を組み合わせ, クリティカルシナリオを抽出 (**シナリオベース検証のトライ**)
- リスクアセスメントの**手法を体系化し, 今後の自動運航船開発に活用**

自動運航システムの開発内容

- ・システム状態監視
- ・情報記録管理

陸上支援センター



- 動静監視
- 長期航海計画策定
- 機関プラント監視



通信
サイバーセキュ
リティ

航海系システム

情報収集

情報統合
分析

避航計画
着岸計画

本船制御



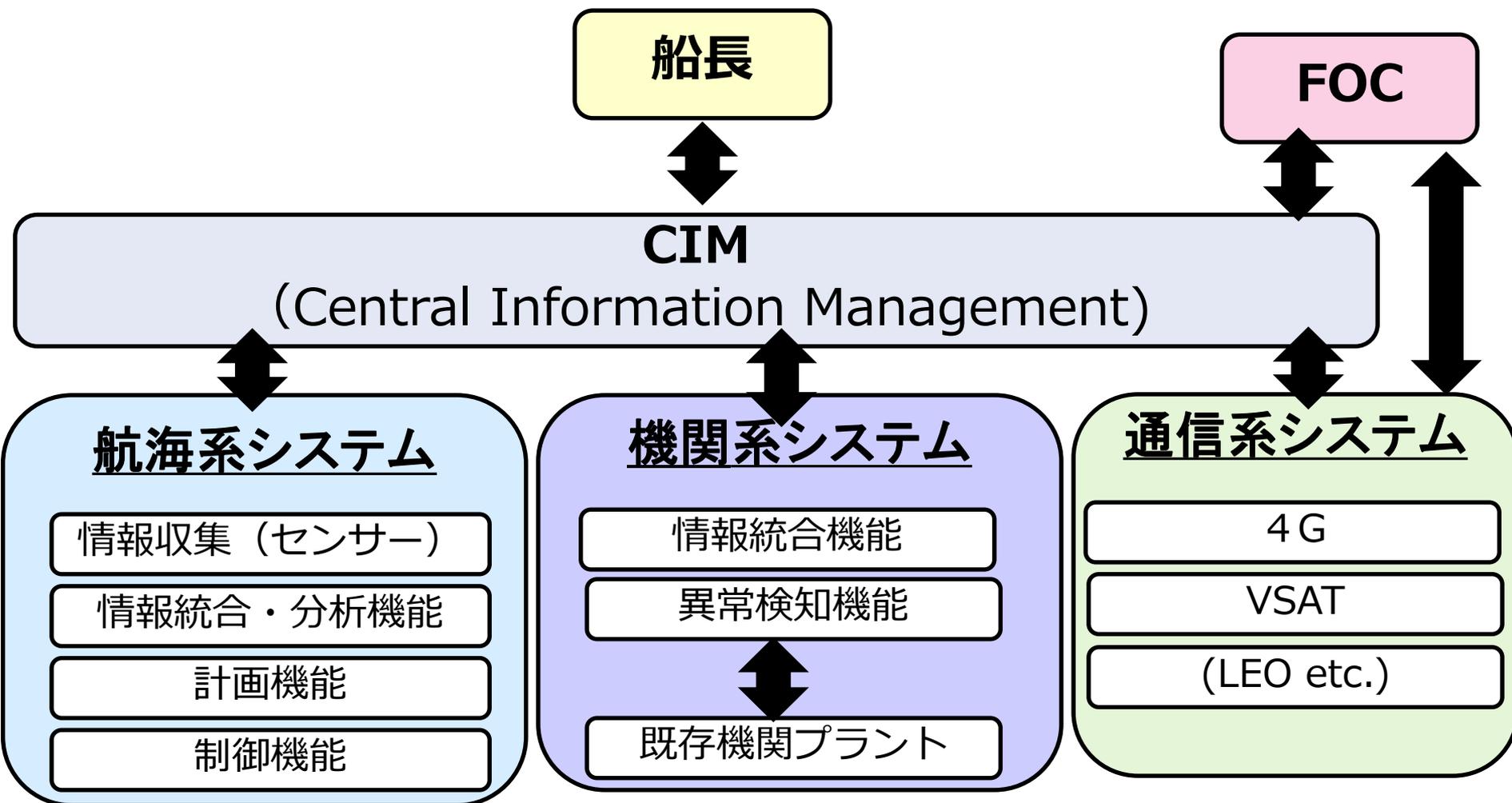
機関系システム

- 異常検知
- 遠隔状態監視
- 故障原因推定



自動運航システムの概要

船長を最上位の責任者に置き**各サブシステムの状態をCIM (Central Information Management)にて管理**して、自律航行レベルを決めて航行するシステムです。



情報収集

追加センサー+追加機能で安全性を向上いたします。

画像認識の取り組み



- 物標認識率 **90%以上**
- **360°**物標追尾が可能
- **AIによる**物標認識性能向上



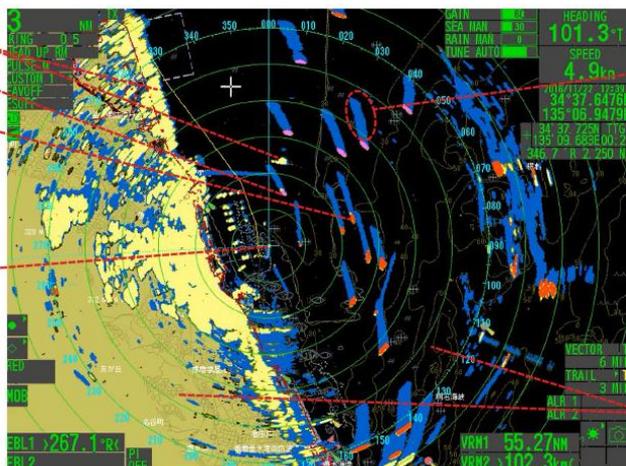
- **継続的な周囲把握能力**
の向上

レーダーの性能向上

船舶用レーダーの映像例

- ターゲットアナライザー*
- イエロー: 静止ターゲット (陸地・停泊船など)
- ピンク: 自船に接近している移動ターゲット
- オレンジ: 移動ターゲット (他船)

自船位置



エコートレイル*
一定時間、エコーの残像を表示することで、一目見てターゲットの移動方向と速度が分かる機能
高速で移動しているターゲットの場合は長いエコーが表示されるが、静止しているターゲットの場合はエコーは表示されない。
※この画像では3分間の残像を表示

チャート重畳*
海図データの重量表示を行えば、陸地、航路情報や等深線などの情報をレーダー画面上で見ることができ、周囲の状況をより分かりやすくすることが可能

既存) 操船者が**手動でプロット**
操船者が**偽像確認**



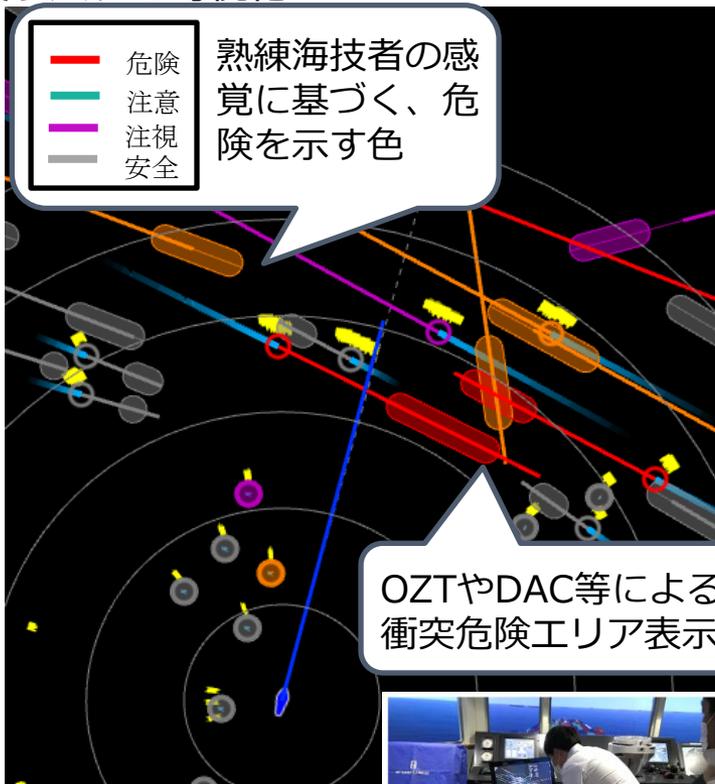
DFFAS) 機械が**自動でプロット**
機械が**偽像を除去**

*特定の製品のみ

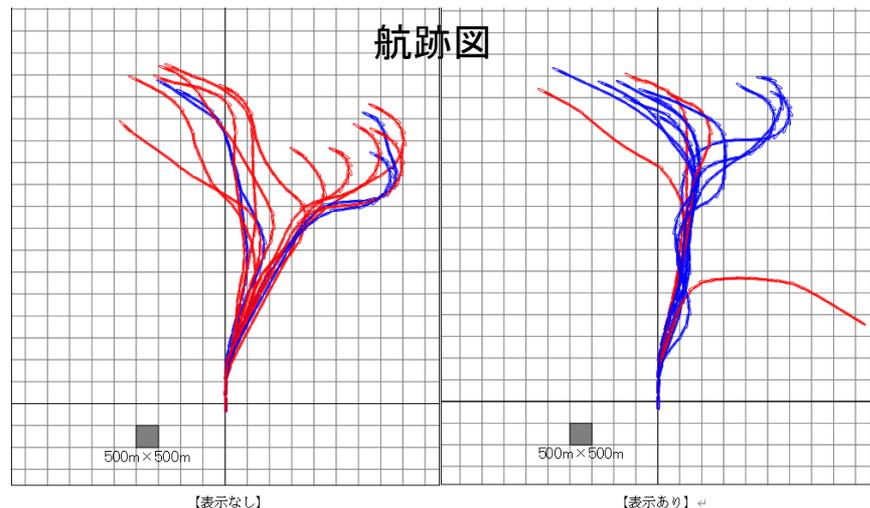
分析機能

正確な**状況分析**で**衝突を予防**しています。

衝突リスクの可視化



OZTやDAC等による
衝突危険エリア表示



衝突の減少

危険エリア表示	衝突の有無	
	衝突有	衝突無し
表示無し	10	4
表示有り	3	11

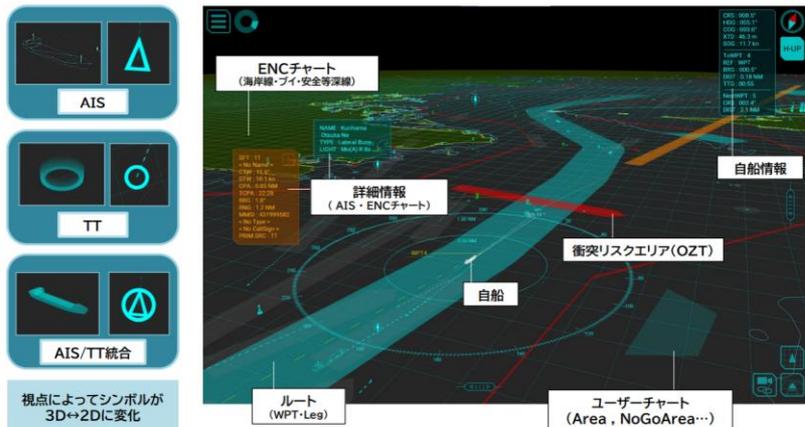
*免許取得前学生14名による実験

*OZT (Obstacle Zone by Target)
DAC (Dangerous Area of Collision)

分析機能

正確な**状況分析**で衝突を**予防**しています。

3Dバードビュー



方位変化によるアラート



現行)

- ・船員が**頭の中で組み立て**衝突危険分析

DFFAS+)

- ・機械が**危険回避に必要情報を可視化**

現行)

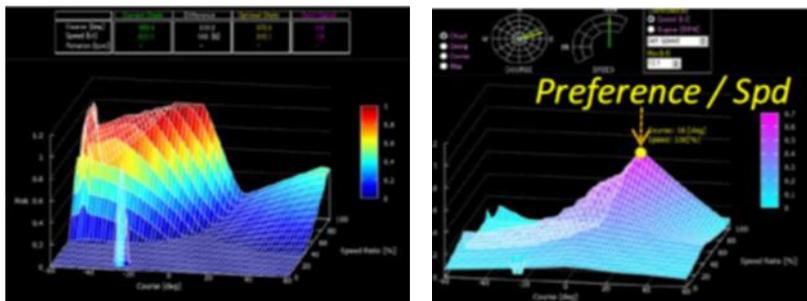
- ・船員が**定期的に相手船の方位変化を測る**衝突危険分析

DFFAS+)

- ・機械が**方位変化をみてアラートを発する**。

計画機能

情報収集、分析を元に**避航計画立案と可視化**します。



図：避航操船支援システムにおける避航経路(3本)の表示例

現行)

- ・航海士が**情報収集、分析を元に避航計画立案**



DFFAS+)

- ・機械が**情報収集、分析を元に避航計画を立案**

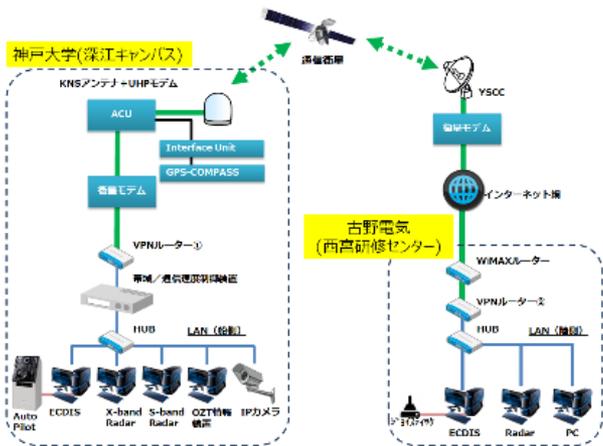


- ・自動で**実行機能へ送信**
もしくは**人に承認を求める**

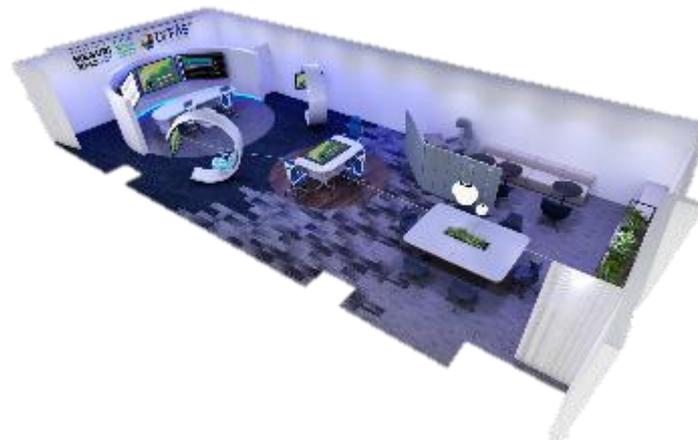
計画機能 (遠隔支援)

本船の運航を支援し、**航海計画の立案や機関の監視**を実施します。

i-shipping



DFFAS+



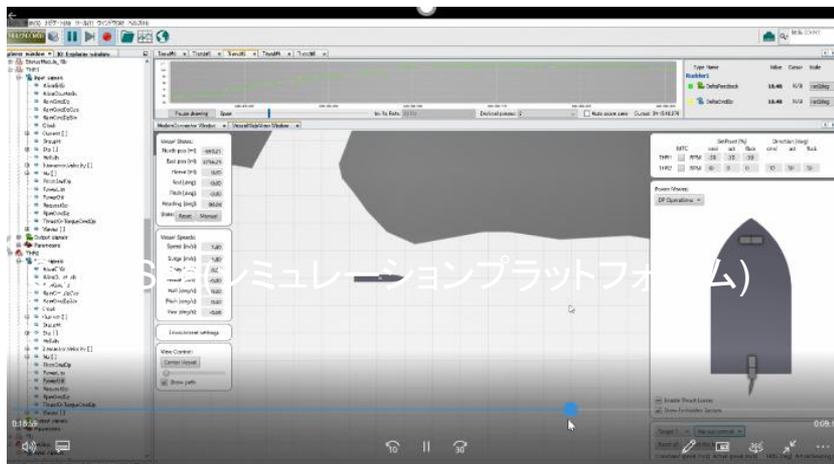
タグ実証



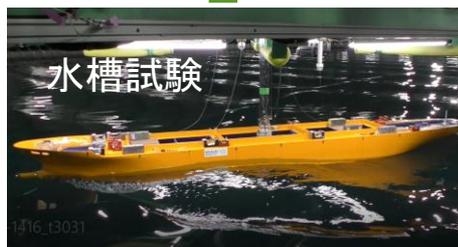
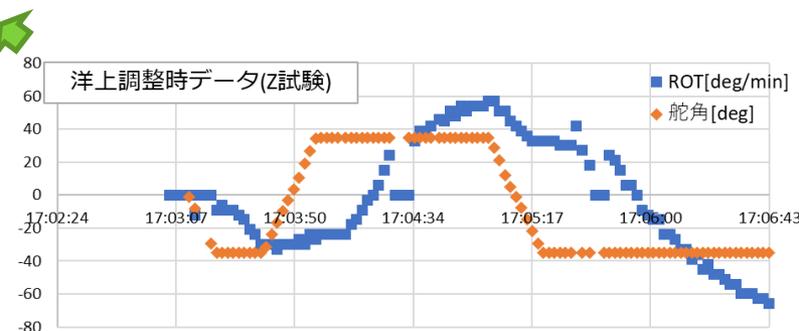
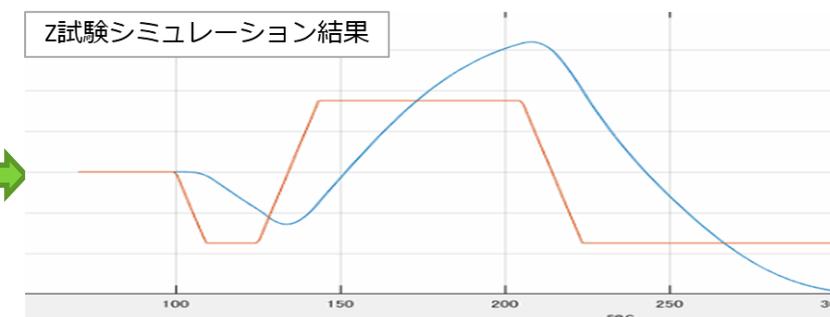
実行機能（離着岸、低速制御）

水槽試験、風洞試験、洋上試験データに基づいて**船体運動モデルの開発・修正を実施して構築したモデルを関係者と共有し**、制御機能の精度向上に貢献します。

船体運動モデルの構築

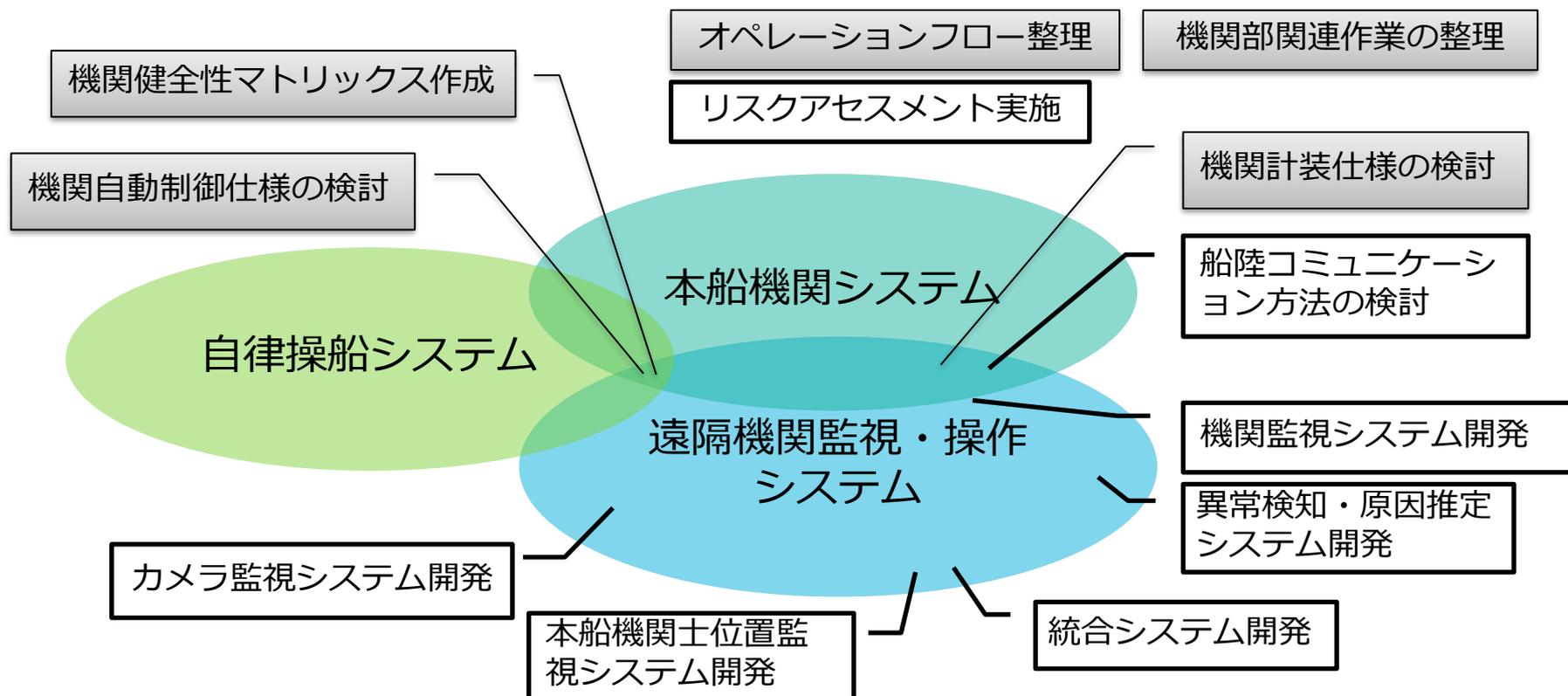


洋上調整時と近い動きになるようにモデルを調整



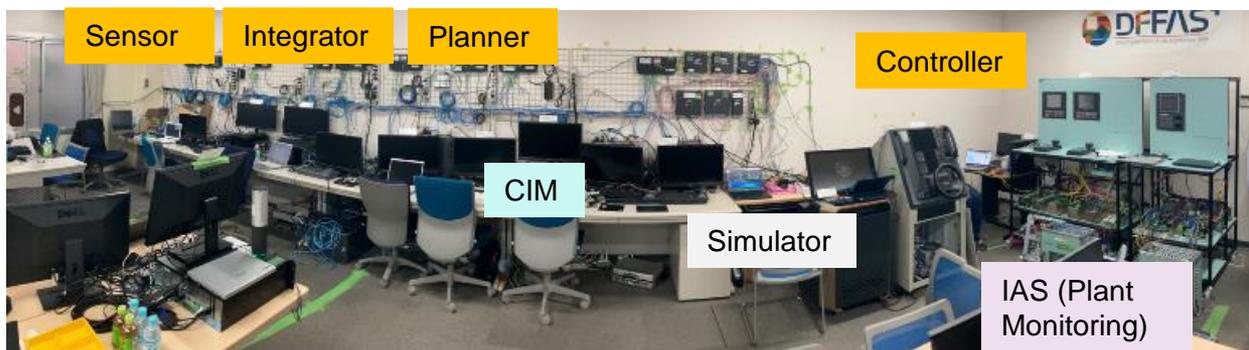
機関遠隔監視

複数船を陸上監視し、**本船機関士1名による安全運航**の継続を実現します。

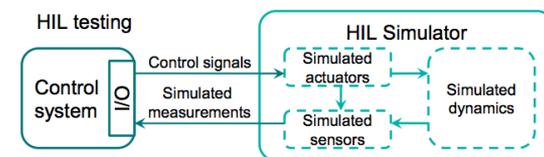


自動運航システムの評価検証

陸上で**自動運航システムとシミュレーターと接続し試験**を実施いたしました。



Control system (Autonomous Navigation System) simulator



Courtesy) DNV, CyberSea

自動運航システムの評価検証

通常運用時の試験と故障状態における**多岐にわたる試験を実施**いたしました。

- 期間：2024年9月～2025年2月
- 合計試験日数：3日 x 10回 = 30日
- テスト時間：約 300時間以上
- テスト項目：333 点数
 - 完了項目 295 items
 - 他の項目は岸壁・洋上試験で実施
- Remarks：
 - 乗船予定の船長、機関長に開発内容説明
 - ヒューマンマシンIFに関するヒアリング



船長

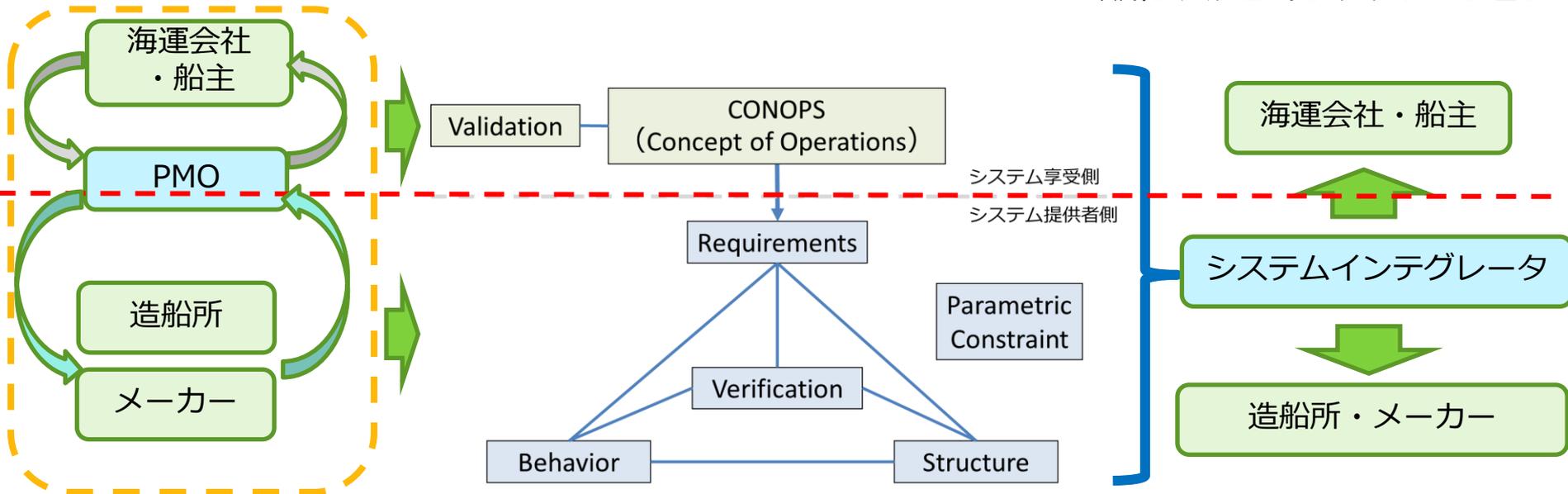
DFFAS+にて想定される成果

今回のプロジェクト成果で**自動運航船の社会実装を加速化**していきます。

- ◆ 2050年に向けた1st Stepでルールに適用できる自動運航船実用化
- ◆ 国際的・国内的な自動運航船に関するルール、規格整備
- ◆ 複雑な新機能開発における日本版システムインテグレーション体制構築

日本版システムインテグレーション

欧州システムインテグレーション



目次

1. 会社紹介
2. 自動運航船とは
3. MEGURI2040の開発内容
4. 自動運航船の運用における船主の役割
5. 終わりに

自動運航船を使う船主に求められるもの

自動運航船を利用する**傭船者・船主・管理会社には運用管理が必要**になります

現状の本船管理規程

(外航船)

- ・ ISMコードに基づいたSMS
(Safety Management System)

(内航船)

- ・ 内航海運業法における安全管理規程
(傭船者作成)
- ・ 船主・管理会社の任意SMS

MEGURI2040においては内航海運業法の安全管理規程及び船主・管理会社任意SMSに自動運航船の運用管理方法を記載予定 (作成中)

自動運航船の運用管理方法に求められるもの

自動運航船の運用管理には人・機器ともに**管理体制構築が必要**になります

対乗組員に求められる項目

- 自動運航システムに対する習熟訓練
- 自動運航システム、遠隔操船システム、遠隔監視システム使用時の乗組員とシステム、遠隔操船、遠隔監視者の役割分担

本船の機器管理として求められる項目

- 自動運航システムの説明資料
- 不具合/非常時対応手順
- 自動運航システムの変更管理体制
(ソフト、ハードともに)
- 自動運航システムの保守管理体制

自動運航システムの既存船等への利用

自動運航技術は**既存船や他の案件にも応用**できます。

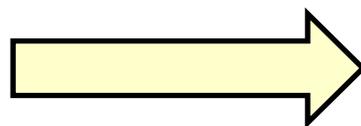
新規センサー

避航計画



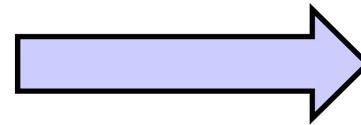
衝突防止

航海遠隔支援



本船の効率運航

機関遠隔監視



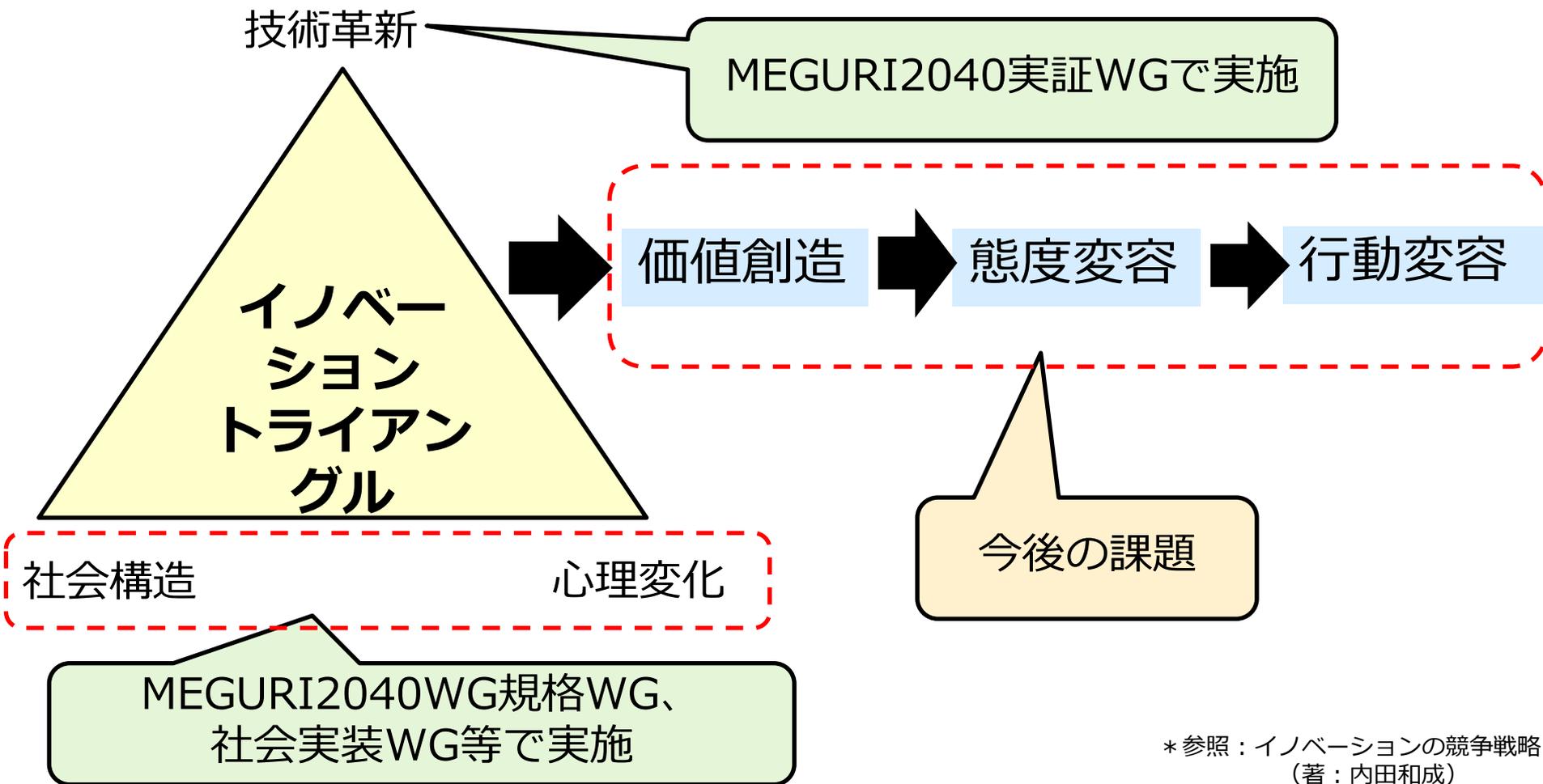
アンモニア燃料船

目次

1. 会社紹介と自己紹介
2. 自動運航船とは
3. 自動運航船の開発内容
4. 自動運航船の運用における船主の役割
5. 終わりに

自動運航船のイノベーション進め方

今後の課題はステークホルダーの**心理変化**と**社会構造変化**を起こし**行動変容**まで繋げていきます。



* 参照：イノベーションの競争戦略
(著：内田和成)

まとめ

無人運航船プロジェクト
MEGURI
2040

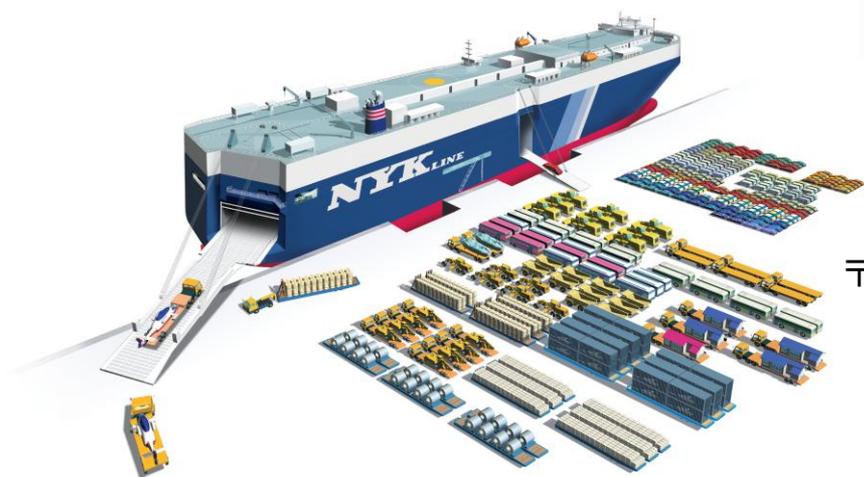
日本財団
THE NIPPON
FOUNDATION

DFFAS+
Designing the Future of Fully Autonomous Ships

- 日本財団様のMEGURI2040にて自動運航船の技術革新、社会構造変化、心理変化に取り組んでいます
- 自動運航船の開発は技術開発・環境整備両面で進めています
- 技術開発では船上業務の省力化を目指し、各種開発を進めています
- 開発だけでなく、運用まで踏み込んだ取り組みを進めています
- 特に社会構造変容、心理変化につなげるためステークホルダーの皆さまと議論を重ねてまいります



ありがとうございました



株式会社MTI

〒100-0005 東京都千代田区丸の内2-3-2 郵船ビル8階

URL : www.monohakobi.com