

# 自動運航システムの開発基盤の確立と 自動運航システムの要素技術開発

(提案者：株式会社MTI、古野電気株式会社、東京計器株式会社、株式会社日本海洋科学)

---

2024年10月

株式会社MTI

# 目次

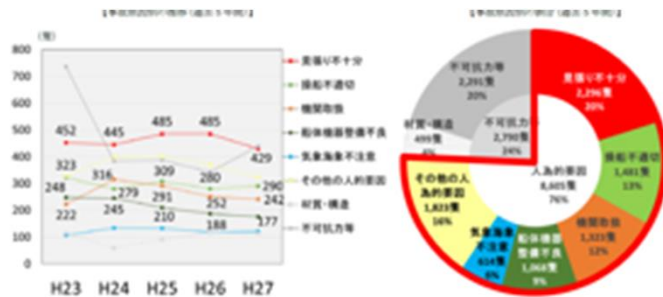
1. 自動運航船の開発背景と課題
2. 本取り組みの開発内容
3. 今後の展開とまとめ

# 目次

1. 自動運航船の開発背景と課題
2. 本取り組みの開発内容
3. 今後の展開とまとめ

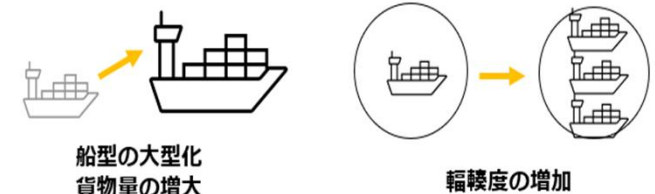
# なぜ自動運航船が必要か

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

鉄道、内航海運の輸送量・分担率を増強

・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）

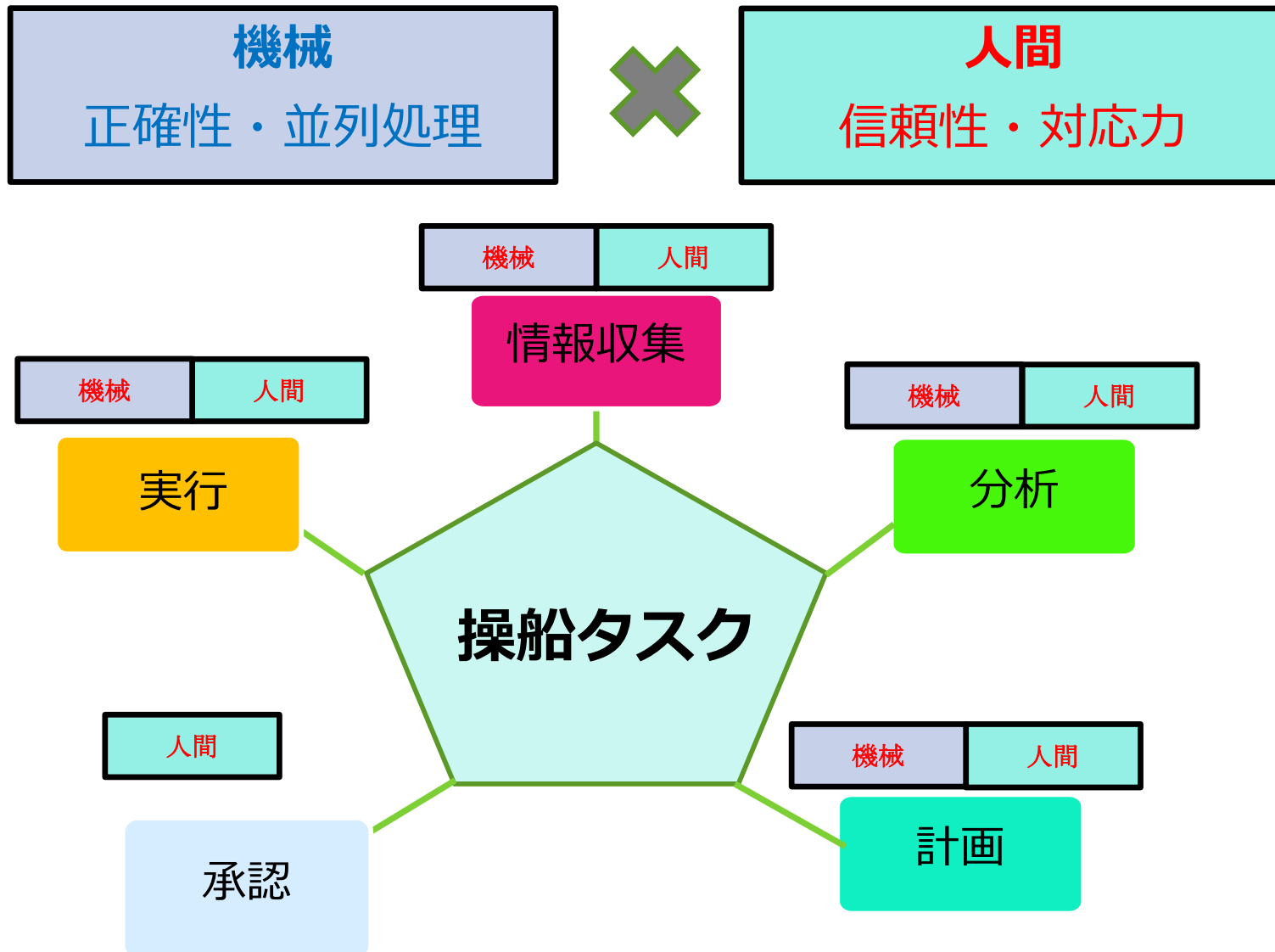
・日本の船員・労務力不足解消（2040年には現在比30%の船員不足）



\*（参照）内閣府物流革新緊急パッケージ

# 自動運航船の意義

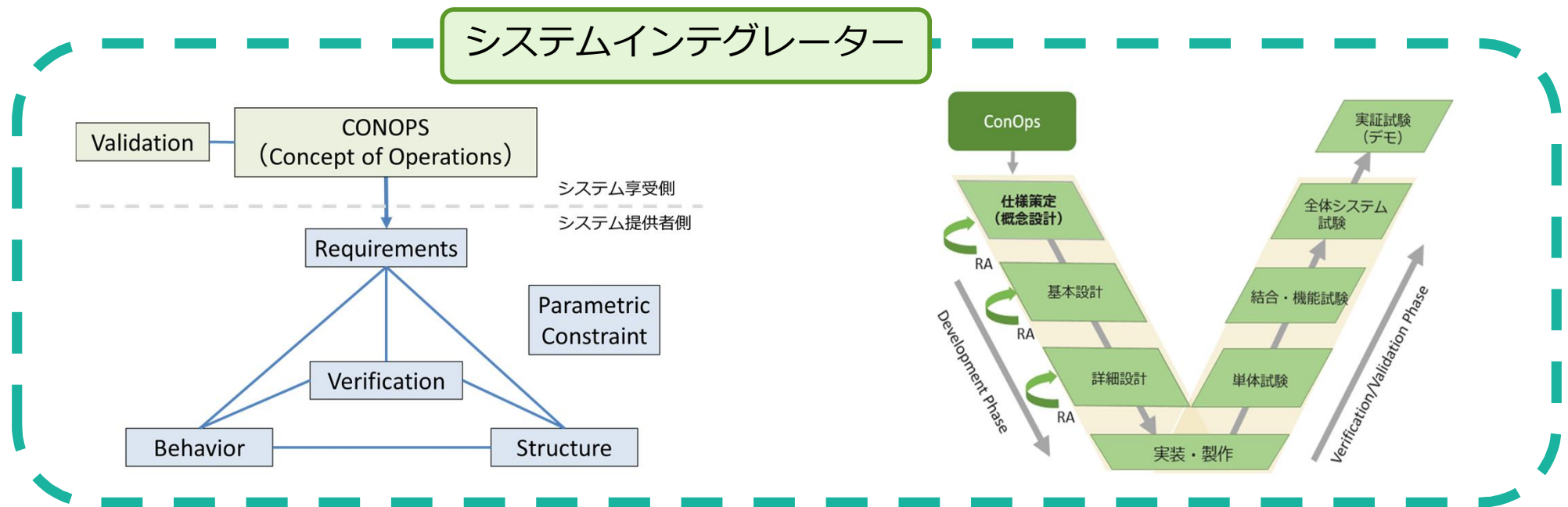
自律化＝人間と機械の相互補完により安全運航と船橋の省力化の達成します。



# 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。

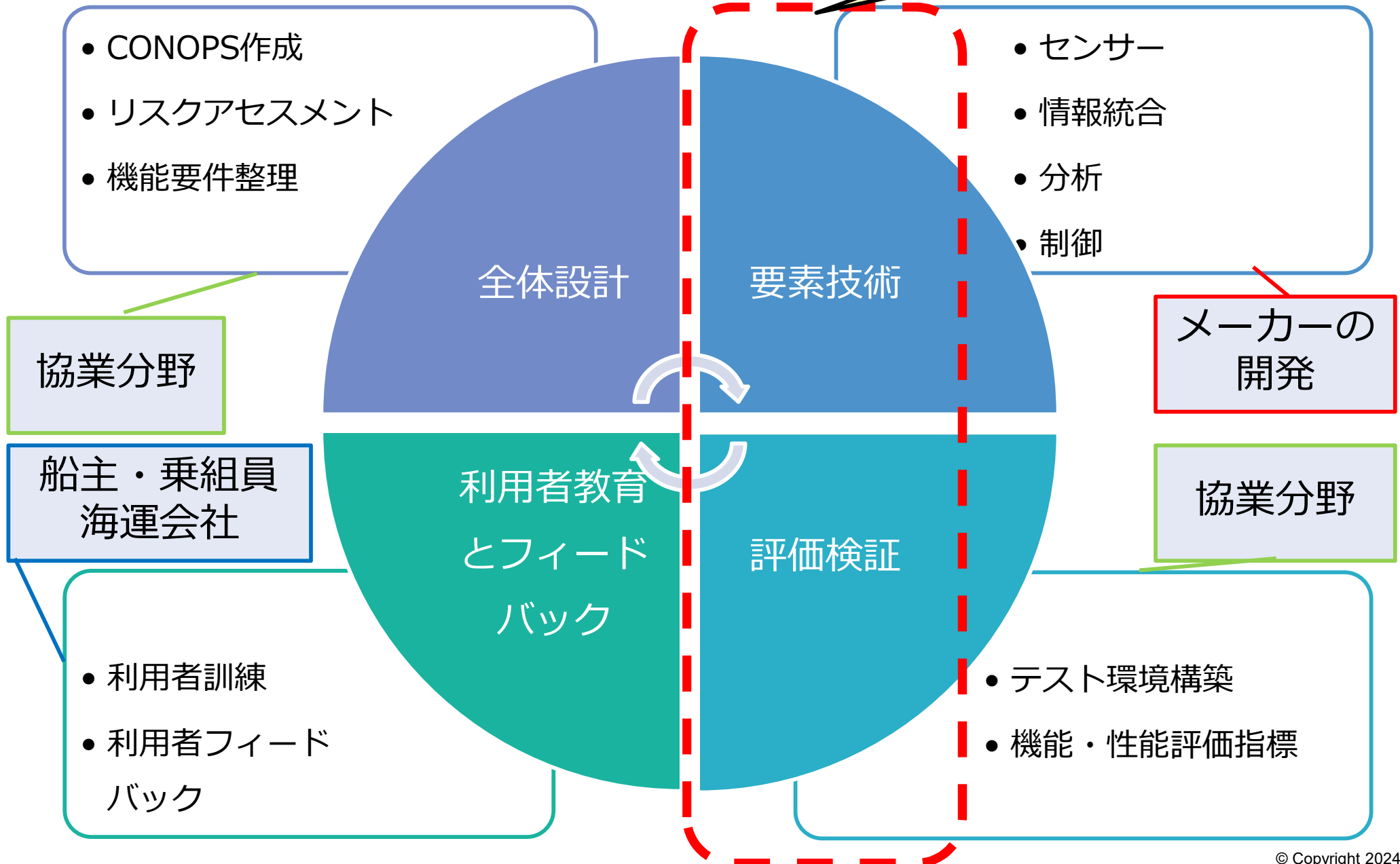
- 開発プロセスを構築・取り纏めするシステムインテグレーター不在  
(自動運航船における開発プロセス：ConOps⇒RA⇒設計⇒開発⇒評価検証⇒製品)



- 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

# 自動運航船のインテグレーション

## 今回の取り組み



# 目次

1. 自動運航船の開発背景と課題
2. 本取り組みの開発内容
3. 今後の展開とまとめ



# 事業概要

## 事業スケジュール

実施項目	R3	R4	R5
I.自動運航システムの検証・評価環境の構築	→		
I.自動運航システムの検証・評価環境の検証			→
II.認知・判断・対応機能の改良	→		
II.実船での実証		→	

## 開発目標

自動運航システムの評価体制確立  
ならびにシステムの早期市場投入

## 設定根拠

現在、自動運航システムの開発は進められているが、システムを検証評価する体制・方法・評価軸については検討が遅れており、早期市場投入の障害となる懸念がある。複数のモジュールを統合した自動運航システムは、単体で機能する船用機器よりも検証評価が複雑となるが、システムの開発と並行して検証評価体制の確立をしなければならない。

## その他特筆すべき点

IMO等での自動運航船に対する性能評価に関する情報収集を実施

## 技術開発の概要

ソフトウェア上で動作する自動運航システムを構成するすべてのモジュールを評価・検証可能なシミュレーション環境の開発、およびシミュレーターを用いて設計・開発・評価を進めてきた衝突危険領域表示機能の製品化を目指す。

### <実施事項>

- I. 自動運航システムの検証・評価環境の構築
  - 1) 自動運航システムの機能および性能を評価・検証ができるシミュレーション環境の構築
  - 2) 自動運航システムの評価・検証の実施
- II. 自動運航システムにおける認知・判断・対応機能の改良と実船での実証
  - 1) 2025年度の実用化
  - 2) 船級の承認取得

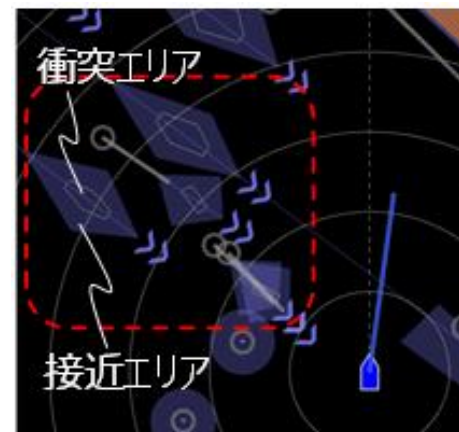
### 認知・把握支援システム

### 分析支援システム

### 計画支援システム

### 実行支援システム

機能および評価フレーム構築  
シミュレーション環境構築



# 開発内容

## I. 自動運航システムの検証・評価環境の構築

### 目標

- 1) 自動運航システムの機能および性能を評価・検証ができるシミュレーション環境の構築
- 2) 自動運航システムの評価・検証の実施

2021年

■コンセプト設計

2022年

■コンセプト実証

2023年

■プロトタイプ開発

#### ■機能および性能評価フレームの検討

- ・評価する機能の定義
- ・性能評価指標の検討
- ・性能評価シナリオの検討

#### ■各シミュレーションの要件定義

- ・シミュレーション環境が持つべき機能の定義
- ・評価対象システムとシミュレーションの接続に関する情報の定義（入力・出力）
- ・Cyberseaや海技研シミュレーション調査

#### ■検証・認証のための機能および性能評価フレームに対する船級による評価

#### ■IMO等での自動運航船に対する性能評価に関する情報収集

#### ■機能および性能評価フレームに関する船級からのフィードバック

#### ■IMO等での性能評価動向からのフィードバック

#### ■コンセプト実証のためのシミュレーションモデルと環境開発

#### ■機能および性能評価フレームによるコンセプトの検証・評価

- ・複数の避航計画策定プログラムの接続（JMS・府立大）

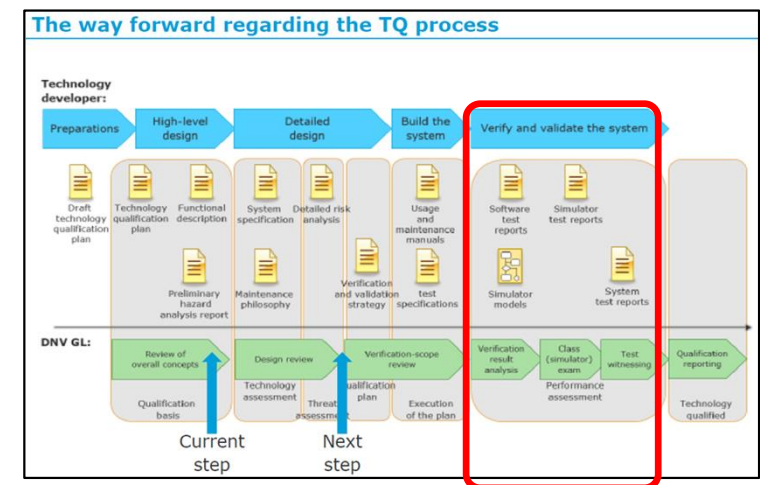
#### ■シミュレーション環境の課題抽出

#### ■自動運航システムのプロトタイプシミュレーション環境における検証・評価

- ・対象：古野製APU, 東京計器製DTC（AP）

#### ■船級による検証・評価

#### ■機能及び性能評価フレームの規格化の支援



DNV 船級による技術評価プロセス

# 開発内容

## Ⅱ.自動運航システムにおける 認知・判断・対応機能の改良と実船での実証

### 目標

- 1) 2025年度の実用化
- 2) 船級の承認取得

2021年

2022年

2023年

- 船級承認取得に向けた要求整理
  - ・ 承認取得に向けた要求事項の調査
  - ・ 要求事項をクリアするための改良
  - ・ 機能の改良

- 実船を用いた評価の準備
  - ・ 本船搭載に向けた課題調査
  - ・ 本船搭載要領の策定
    - 接続方法
    - 対象船
    - 搭載スケジュール
  - ・ 機能利用者向けトレーニング内容の検討
  - ・ 機能を用いた操船結果の評価フレーム検討

- 機能改良①
  - ・ 機能の高度化

- 機能改良②
  - ・ 実船評価で判明した課題のクリア
  - ・ 要求事項をクリアするための改良

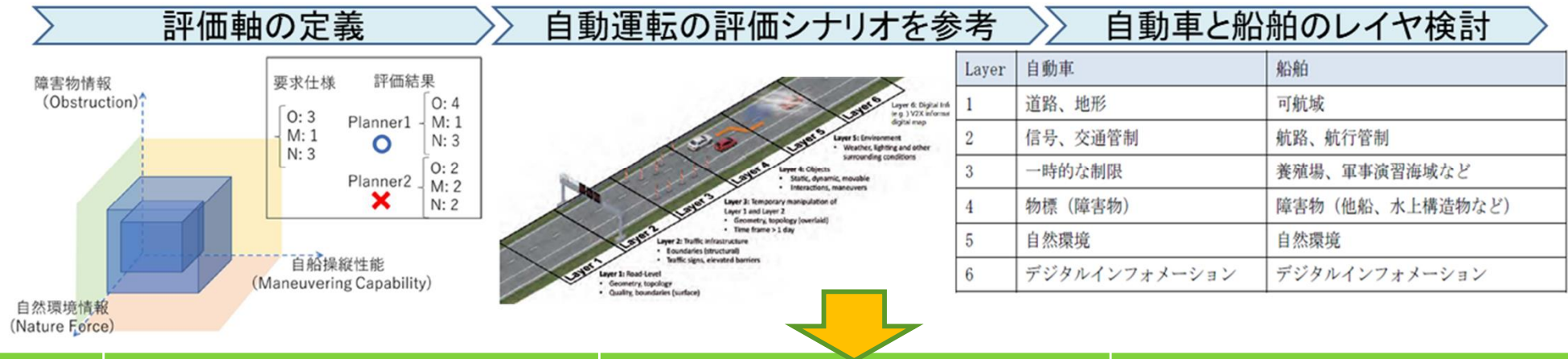
- 実船を用いた機能評価①
  - ・ 機能利用者へのトレーニング
  - ・ 本船搭載
  - ・ 実船評価
  - ・ 評価フレームを用いた効果検証

- 船級承認取得に向けた作業
  - ・ 船級による評価

- 実船を用いた機能評価②
  - ・ 機能利用者へのトレーニング
  - ・ 本船搭載
  - ・ 実船評価
  - ・ 評価フレームを用いた効果検証

# (成果) I. 自動運航システムの検証・評価環境の構築

自動避航アルゴリズムの評価フレームを自動車の自動運転を参考に作成しレビューを実施した



項目	本事業の取り組み	国内船級（NK）	海外船級（ABS）
評価基準	最低限必要な安全余裕を持って、他船ほか障害を航過できるか	定義されたODDが適切かを確認する	外航船の基本的な運用シナリオや環境状況、特別な運用シナリオの調査から定義（予定）
テストシナリオ	Phase1-4の4シナリオ <ul style="list-style-type: none"> <li>Phase1：単一他船シナリオ群</li> <li>Phase2：今津問題のシナリオ群</li> <li>Phase3：複雑な他船配置シナリオ群</li> <li>Phase4：実海域を模したシナリオ群</li> </ul>	基本/中間/実海域の3シナリオ <ul style="list-style-type: none"> <li>基本：見合い関係網羅的に確認できるシナリオ群</li> <li>中間基本よりも複雑なシナリオ群</li> <li>実海域：実海域を模したシナリオ群</li> </ul>	航海系IMOルールも考慮しながら、今津問題もしくはそれに近いシナリオを作成（予定）
評価指標	機能仕様の確認項目： <ul style="list-style-type: none"> <li>可航行域内、航路内からの逸脱</li> <li>フォールバックのタイミング</li> </ul> 性能仕様の確認項目： <ul style="list-style-type: none"> <li>航行時間</li> <li>CJ、CR、BC、ES</li> </ul>	機能仕様の確認項目： <ul style="list-style-type: none"> <li>離隔距離</li> <li>フォールバック要求のタイミング</li> <li>COLEG等の法令の適合性</li> </ul> 性能仕様の確認項目： <ul style="list-style-type: none"> <li>航行環境ストレス値、BC値</li> </ul>	評価基準から定義（予定）



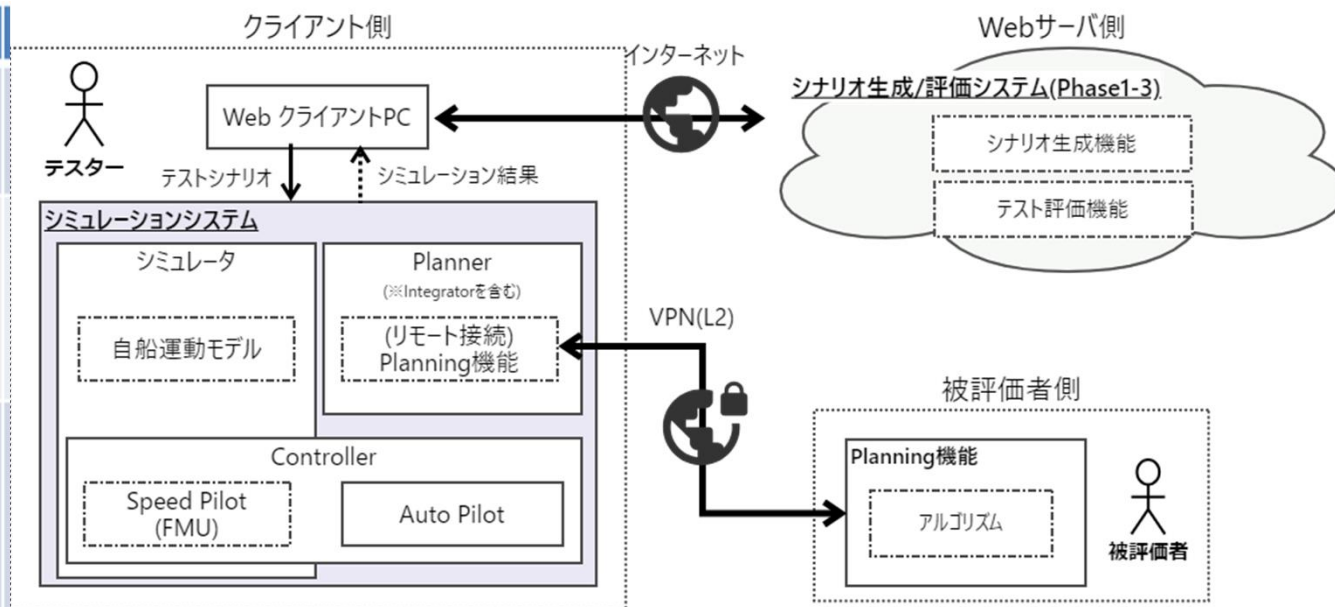
# (成果) I. 自動運航システムの検証・評価環境の構築

令和3年度から検討してきた評価フレームを基に実機とシミュレーターと評価システムの接続して試験環境を構築した

## ■特徴

- Phase1-3のテスト用の評価環境
- コンポーネントの実装形式によらずテストができる(HIL/SIL/MIL対応)
- リモート接続の実現により、物理的な制約をうけず柔軟にテストができる

項目	本事業の取り組み
評価基準	最低限必要な安全余裕を持って、他船ほか障害を航過できるか
テストシナリオ	Phase1-4の4シナリオ ・Phase1: 単一の他船シナリオ群 ・Phase2: 今津問題のシナリオ群 ・Phase3: 複雑な他船配置シナリオ群 ・Phase4: 実海域を模したシナリオ群
評価指標	機能仕様の確認項目: ・可航行域内、航路内からの逸脱 ・フォーバックのタイミング 性能仕様の確認項目: ・航行時間 ・CJ、CR、BC、ES



# (成果) I. 自動運航システムの検証・評価環境の構築

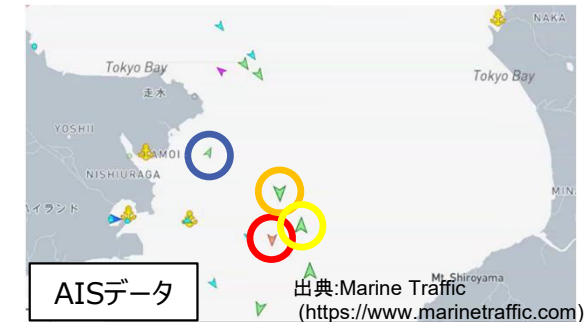
テストシナリオ：Phase4 実海域を模したシナリオ群

## ① AISデータによるデジタルツイン環境構築

＜成果＞

- リアルタイムもしくは過去に取得した実海域のAISデータを用いたデジタルツイン環境を構築
  - ローカライズされた航路・地形による特徴的な交通流を再現
  - より実海域に近い環境でのシミュレーション環境が整い、プランナの評価・開発の効率化が実現

浦賀水道付近の再現結果



サーバーからAISデータを取得  
操船SIM上に取り込み  
(各色の○が対応)

## ② 漁船行動定義による高度化

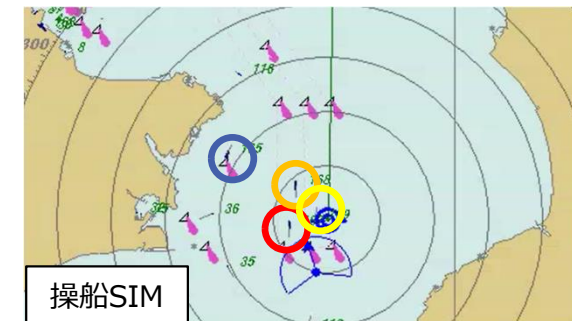
＜成果＞

- 操船シミュレータ上で漁船特有の動きを表現
  - 各種漁船に特化した航行と予測できないランダムな動きを併せ持つ、漁船特有の動きを表現可能に

## ③ 実海域データをベースとした航過距離による評価指標の策定

＜成果＞

- 実海域シナリオ向けの評価方法の検討
- 実海域のAISデータから航過距離の実績値を集積
  - 膨大なデータに対する集計、処理を行い標準的な航過距離の策定と評価環境が構築された



## ④ 実海域データをベースとした航過距離による評価ソフトウェアの開発

＜成果＞

- 実海域シナリオに対する評価の実施
- 航過距離により操船を評価するソフトウェアの開発
  - 開発した指標を用いた評価を実施し、海技者によるフィードバックを得た
  - 航過距離判定機能、NGA判定機能などの確認を行った

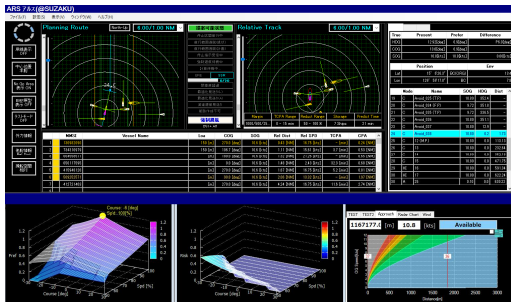
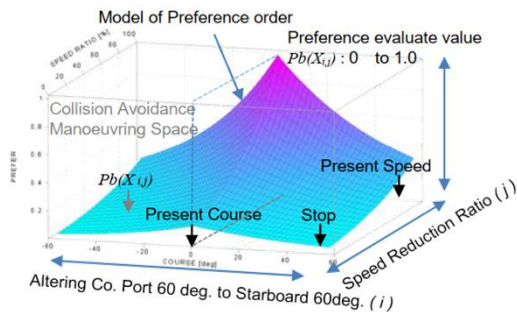


# (成果) I. 自動運航システムの検証・評価環境の構築

異なる思想を持つ3社のPlanning機能を本事業で構築した評価環境にて評価を実施した

株式会社日本海洋科学

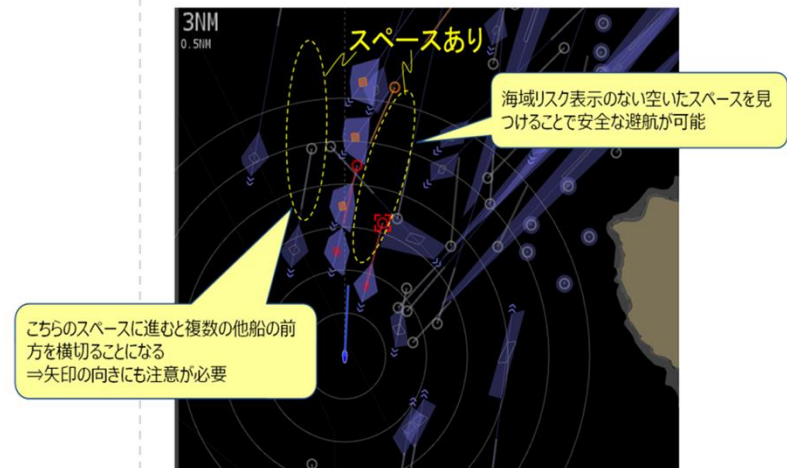
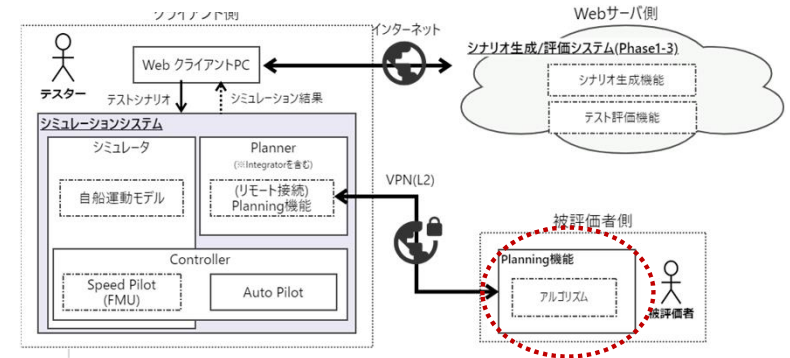
- ・エキスパートの知見を用いた幾何学モデルを使った経路生成



大阪公立大学

古野電気株式会社

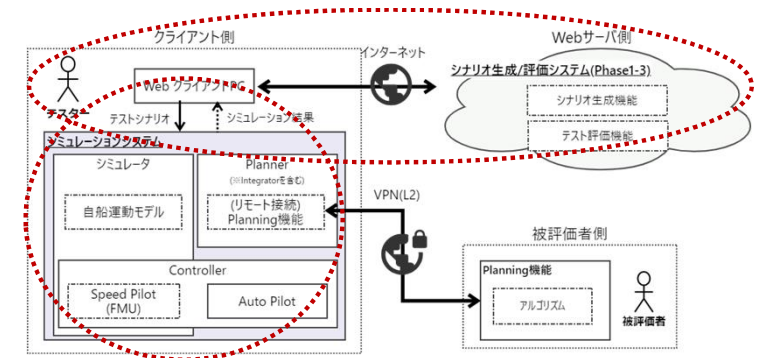
- ・海域リスクを考慮した経路生成



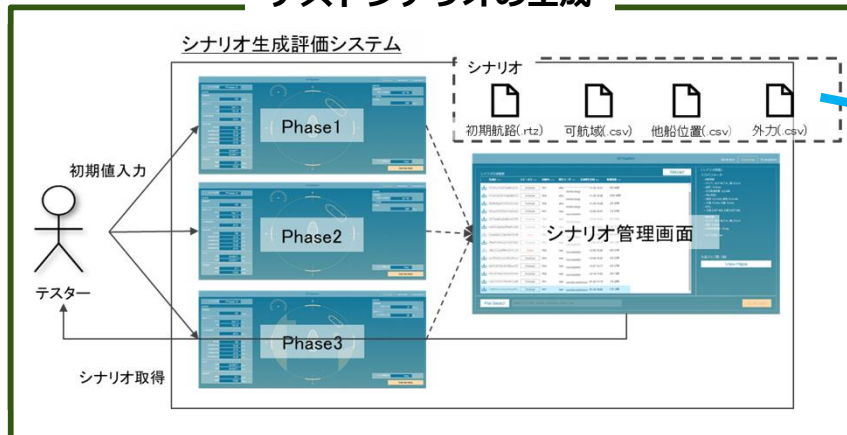


# (成果) I. 自動運航システムの検証・評価環境の構築

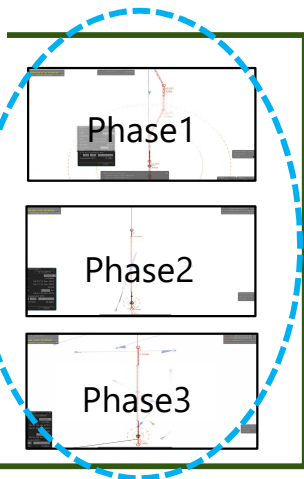
構築した評価環境でテストシナリオ生成から評価結果取得まで確認できた



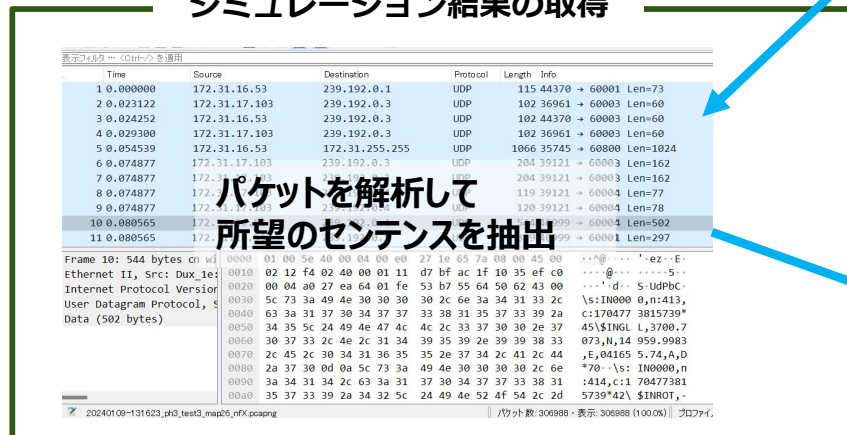
## テストシナリオの生成



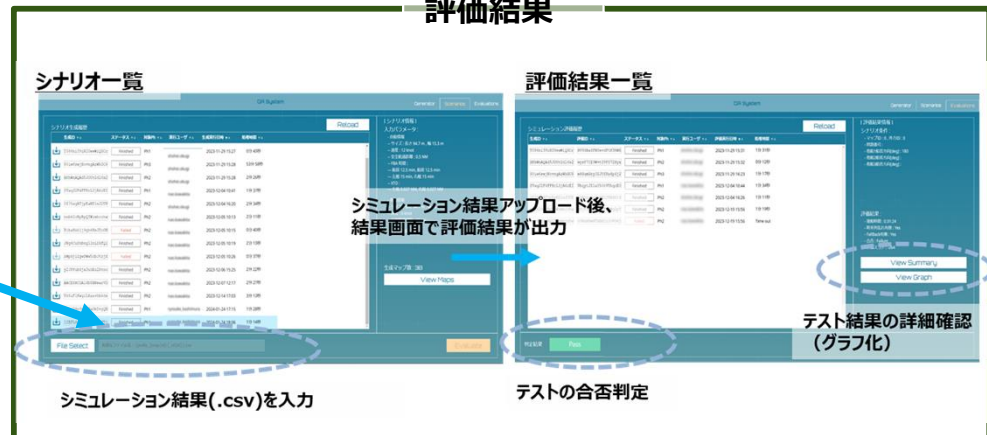
## シナリオの実行



## シミュレーション結果の取得



## 評価結果

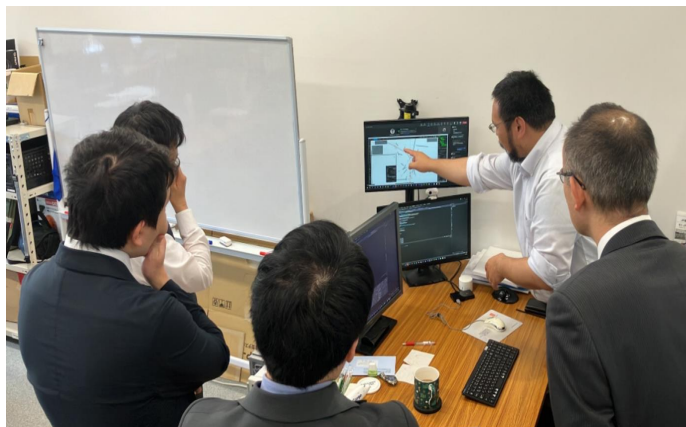
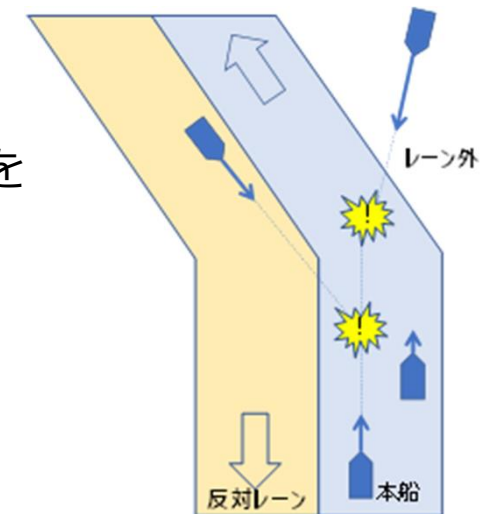




## (成果) II. 自動運航システムにおける認知・判断・対応機能の改良と実船での実証

成果：操船シミュレータ試験を合計3回（のべ8日間）実施  
経験豊富な海技士の方に避航経路生成機能の使用感、避航判断の差異等についてフィードバックいただき、それに基づく機能改良を実施

- ・ 改良点の一例として、「航路帯を考慮した避航」を実現した。  
同航/反航/レーン外のように航行するエリアが異なる船舶に対して衝突リスクの取り扱い方法と自身が航路帯航行中の避航経路生成方法をアルゴリズムに落とし込んで対策した。
- ・ 今後の製品化に向けて引き続き機能改良を実施する予定。

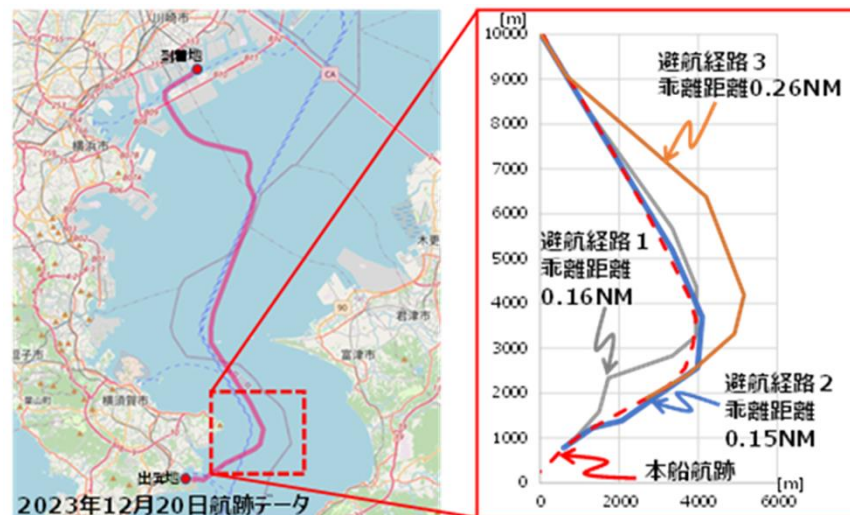
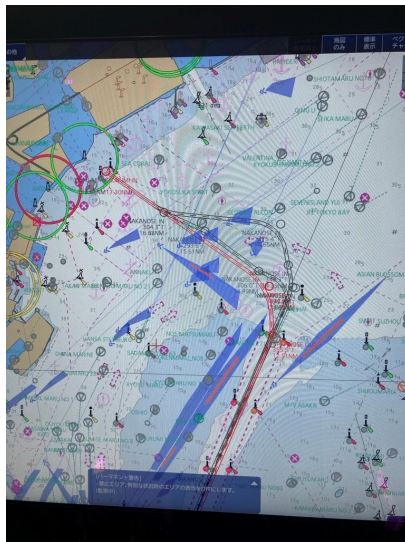


# (成果) II. 自動運航システムにおける認知・判断・対応機能の改良と実船での実証

実船を用いた機能評価（避航支援システム）

成果：2023年9月～12月の3か月間の実船航海データおよび避航支援システムの避航経路出力データを取得し、算出した避航経路の評価を実施

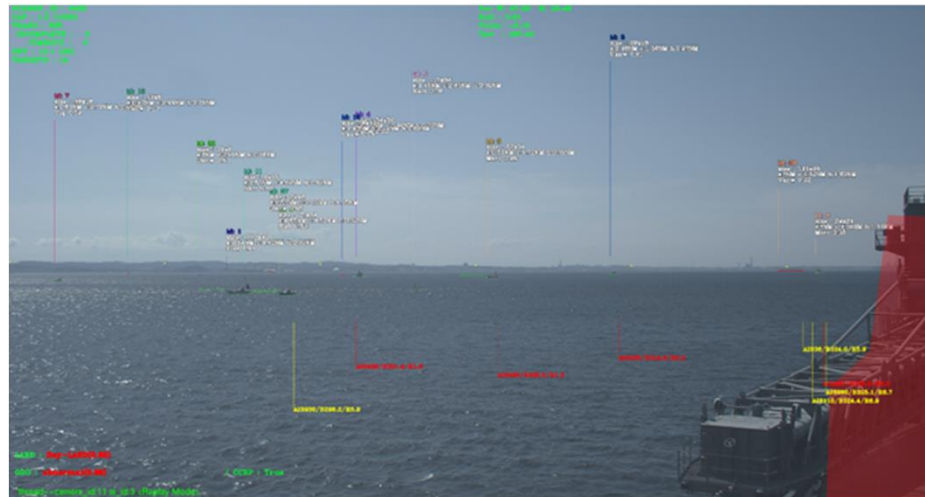
- ・本船航跡と避航経路出力との比較（避航経路の単位距離あたりの本船航跡との差分距離）で、本システムが本船航跡に近い提案ができていることが確認された。（3133本の経路で期待値0.2NM）
- ・本船搭載により海技者の操船オペレーションの一環として、当該操船支援機能を利用してもらうための仕組み構築やUIほか機能改良の必要性が明らかとなった。
- ・アルゴリズムの改良、UIの改良・機能追加などにより実用性を高める改良を引き続き実施していく予定。



## (成果) II. 自動運航システムにおける認知・判断・対応機能の改良と実船での実証

成果1：カメラユニットと検出AIモデルにおいて、2.5NM先の10m物標を検知できた

- ・ 2023年9月～12月(3ヶ月)の実船データにて確認した



成果2：ステレオ視による距離推定性能に関しても評価を実施し以下の知見を得る事ができた

- ・ 避航経路生成に資するターゲット情報を提供するためのセンサとして用いるためには距離推定精度が悪い
- ・ カメラ間の基線長により距離推定性能が変化するため、基線長を長くすれば距離推定精度向上が見込まれる

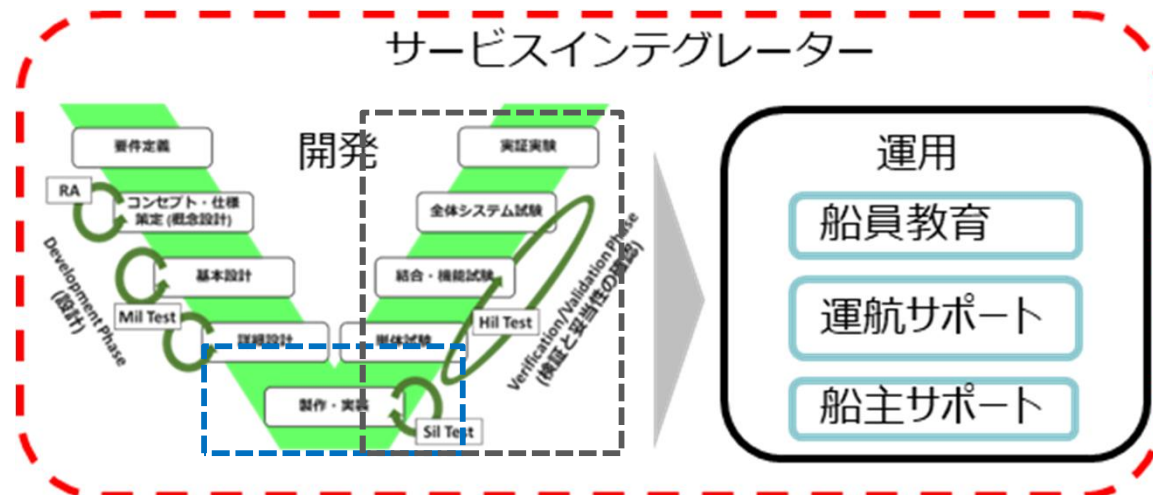
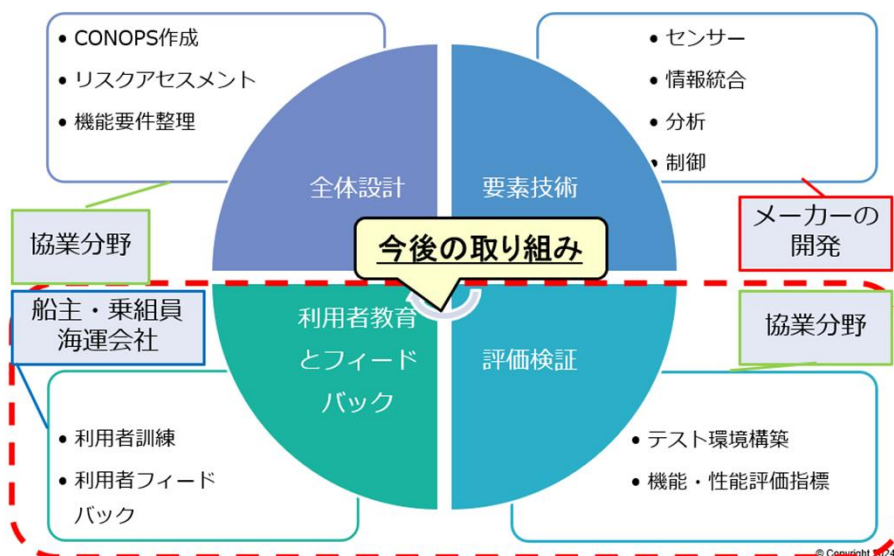
# 目次

1. 自動運航船の開発背景と課題
2. 本取り組みの開発内容
3. 今後の展開とまとめ



# 今後の研究開発方針

## 自動運航船のインテグレーション



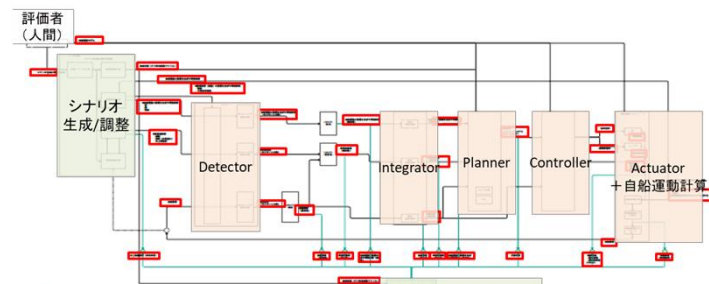
## 開発方針

大目標：サービスインテグレーターが事業者をサポートする体制の構築

- ①自動運航船等の新技術開発・評価・検証用シミュレーション基盤開発
- ②自動運航船を使用する船員教育基盤開発

## 開発概要

- ①自動運航船等の新技術開発・評価・検証用シミュレーション基盤開発：  
自動運航船のコンセプトデザインから建造までをサポートするためのシミュレーション基盤を開発する
- ②自動運航船を使用する船員教育基盤開発：  
自律航行機能を使用するための船員教育プログラム作成や必要なシミュレーション訓練項目の開発する



End to End シミュレーション環境の開発

# まとめ

- 自動運航船の開発は日本の物流維持のため取り組んでいます。
- 日本型システム(サービス) インテグレーションの構築を目指して、各ステークホルダーの強みを生かしていきます。
- 今後はより高度な開発・検証環境の構築とユーザー訓練を実施できる環境を作っていきます。
- 自動運航船の社会実装を進め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。
- 自動運航船のイノベーションストリームを構築するため、価値創造、態度変容、行動変容につなげて参ります。



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](http://www.monohakobi.com)