



## 第22回 海上技術安全研究所研究発表会



# 小型実験船「神峰」による 自動離着棧及び遠隔操船の実用技術

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所  
海上技術安全研究所

自動運航船プロジェクトチーム

平田 宏一, 澤田 涼平, 小林 充, 佐藤 圭二

# 1. はじめに



- ◆ 海技研では、小型実験船「神峰」を活用して、船員負荷低減のための運航支援技術および自動化技術に関する研究・開発を進めている。
- ◆ 2019年からは、自動化のための制御機器を整備し、自動着舷や遠隔操船などの自動運航システムの実船試験を進めている。

## 講演内容

1. はじめに
2. 小型実験船「神峰」と自動化システムの概要
3. シミュレータによるシステム開発
4. 各種実船試験の概要
5. 自動化システムの発展に向けた研究開発
6. まとめ

## 2. 小型実験船「神峰」と自動化システムの概要



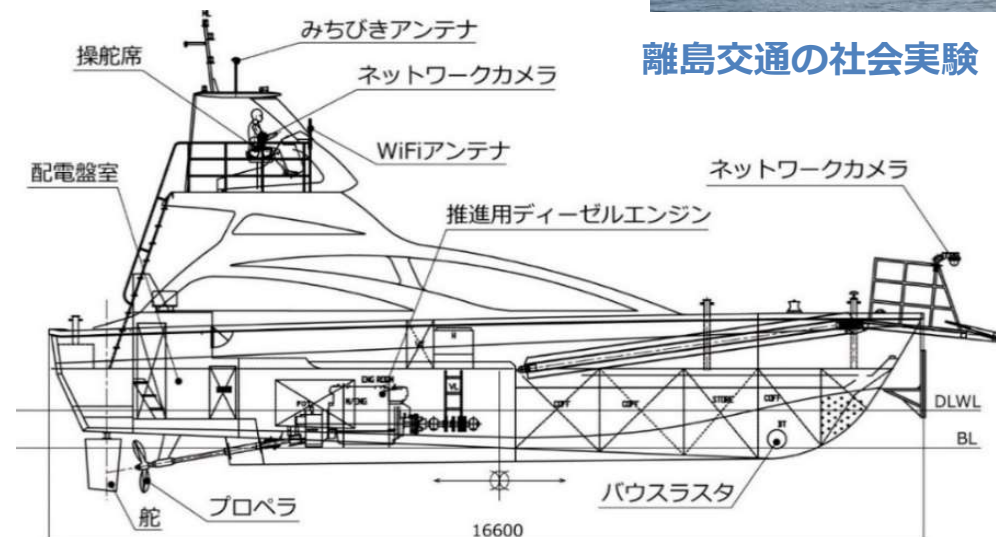
- ◆ 小型実験船「神峰」は、全長16.5m、船幅4.6m、総トン数約17GTの試験艇である。
- ◆ 船内または遠隔地より、PLCを介してエンジンや舵を制御する自動化システムを装備している。



離島交通の社会実験（2014）



小型実験船「神峰」の外観



小型実験船「神峰」の全体配置

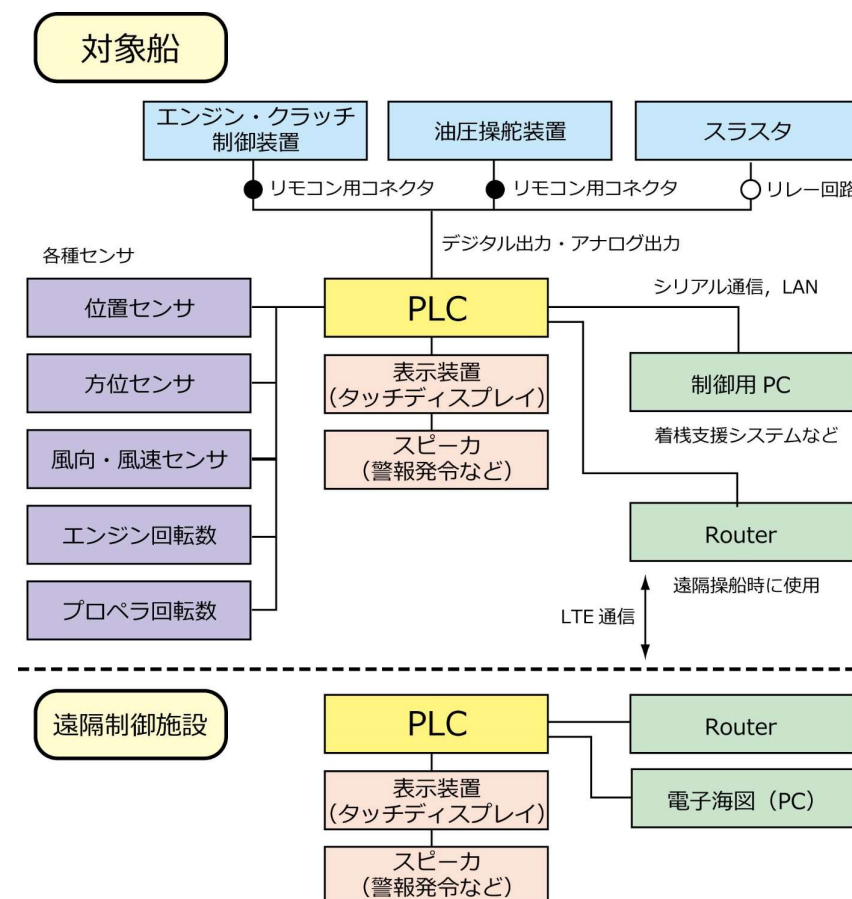
# 小型実験船「神峰」のシステム構成



- ◆ 本船は，PLCを介してエンジン・クラッチおよび操舵装置などを制御することを基本としている。

※ PLC : Programmable Logic Controller

No.	制御システム	概要
1	操船基本システム	エンジン・クラッチ，油圧操舵機およびスラストの動作をPLCにより制御する基本システム
2	自動着栈システム	着栈地点までの経路を生成し、停船までの操船を自動制御するシステム
3	ウェイポイント運航システム	オートパイロット機能を利用して、あらかじめ設定したウェイポイント（WP）を目標進路として舵角を自動制御するシステム
4	遠隔操船システム	対象船と遠隔制御施設とをLTE通信によって接続し、遠隔地から対象船を操船するシステム
5	他船検知システム	カメラ画像から他船や障害物を検知するシステム
6	自動避航システム	他船検知の情報に基づき、避航経路を計算し、経路を追従するように自動制御するシステム



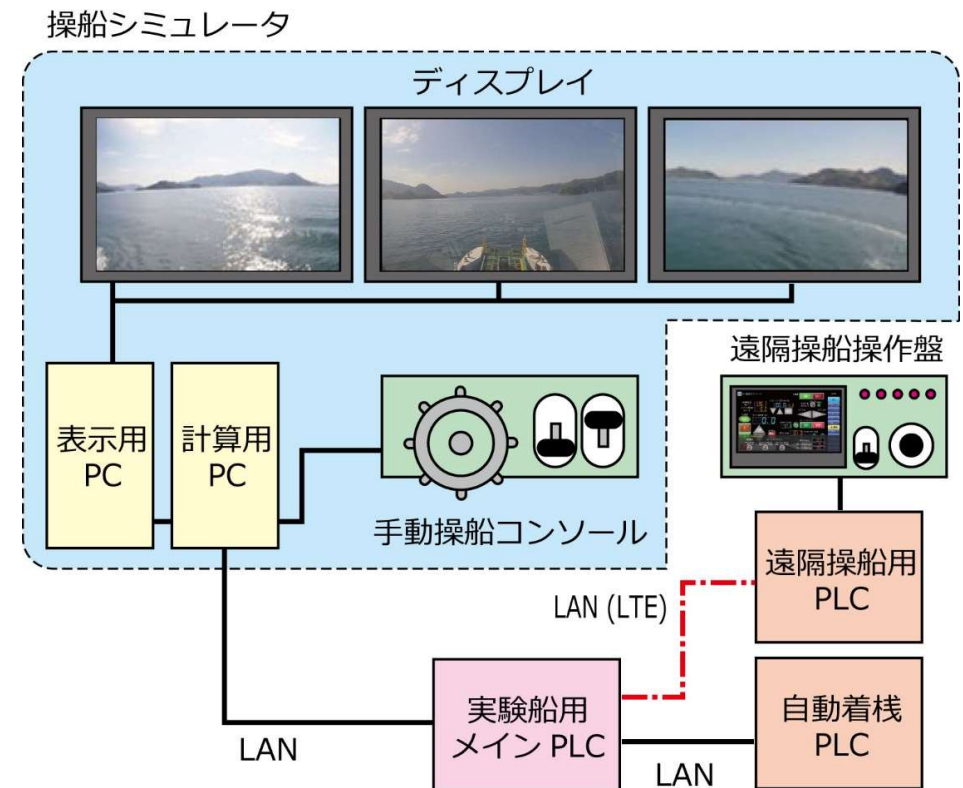
### 3. シミュレータによるシステム開発



- ◆ 各種制御システムのソフトウェア開発においては、実船による試験と同時に、シミュレータを使用している。
- ◆ 実験船用メインPLCは、小型実験船「神峰」に搭載しているメインPLCとほぼ同等の機能を持たせている。



ミニシミュレータの外観



ミニシミュレータの基本構成



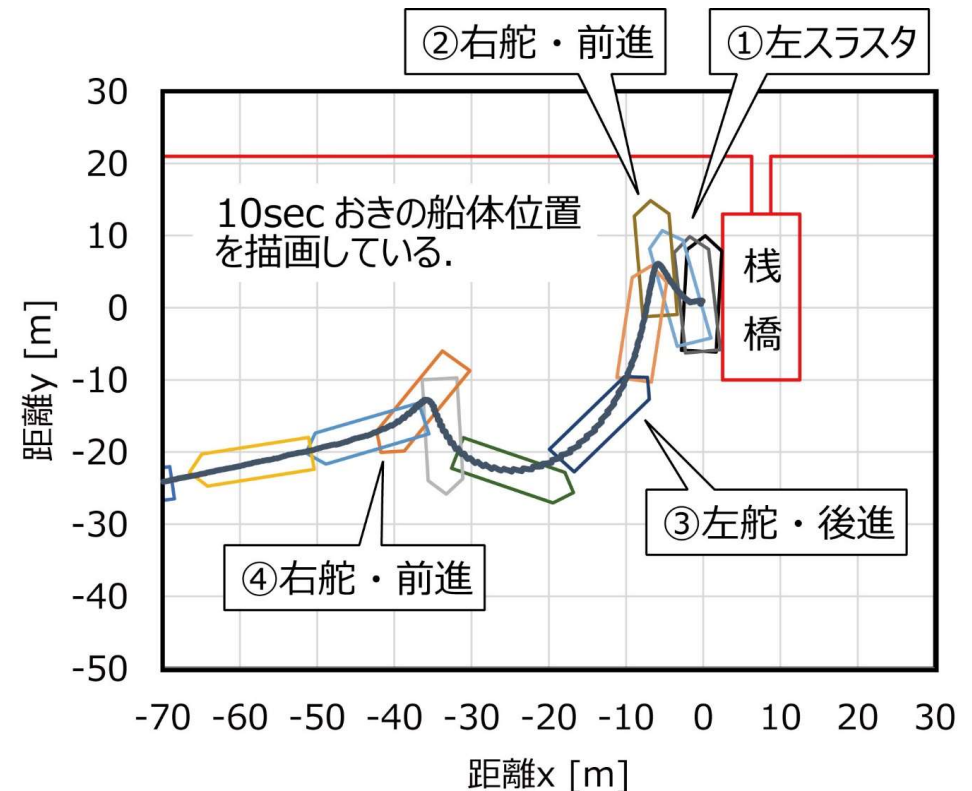
## (1) シミュレータによる自動離棧システムの開発



- ◆ 本船の離棧においては、前方に岸壁があり、船首方位を変えた後、後進しながら変針している。
- ◆ 不安定な後進時の変針や風の影響に対応する必要があり、棧橋との接触のリスクを伴うため自動化が難しい。



手動離棧の様子

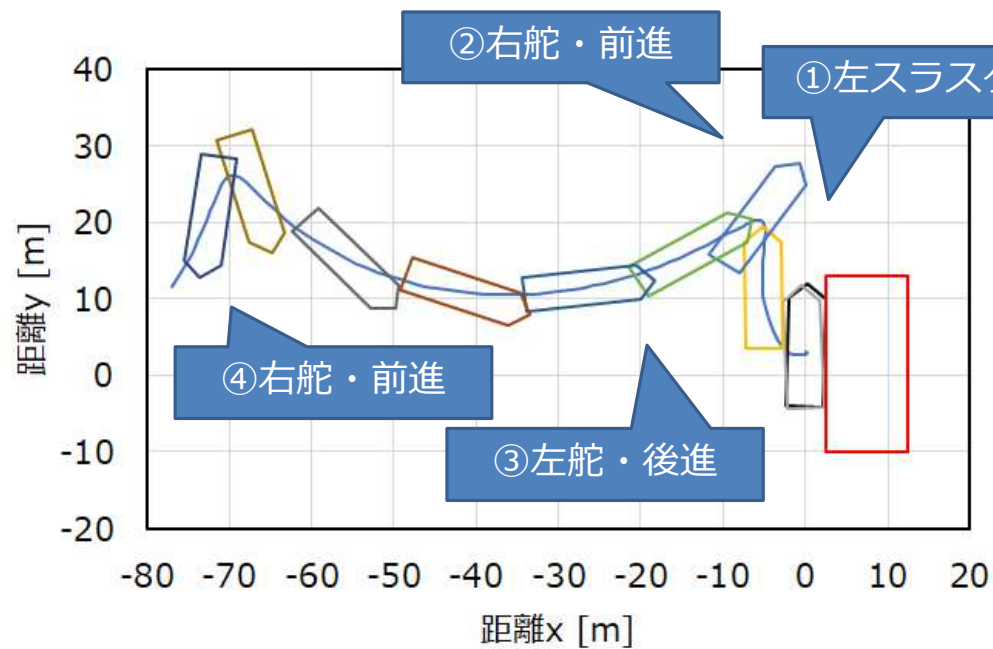


手動離棧時の航跡例（実船）

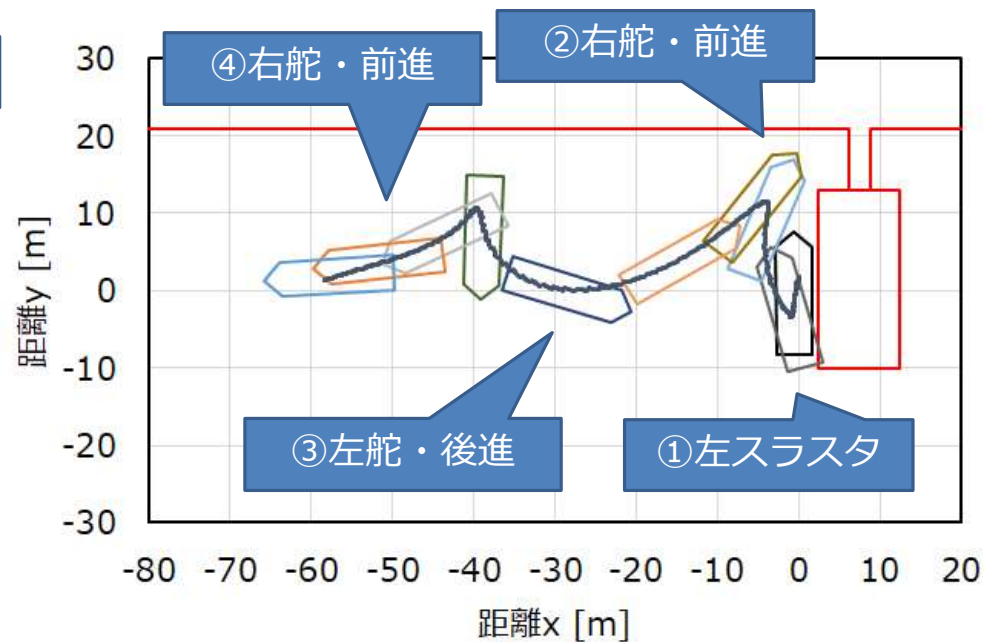
## (1) シミュレータによる自動離棧システムの開発



- ◆ 簡易的なシーケンス制御を準備し，手動離棧操船と同様の操作をシミュレータおよび実船で実施した。



シミュレータによる自動離棧



実船による自動離棧（仮想棧橋）

## (2) シミュレータによる自動運航



シミュレータにおいて,

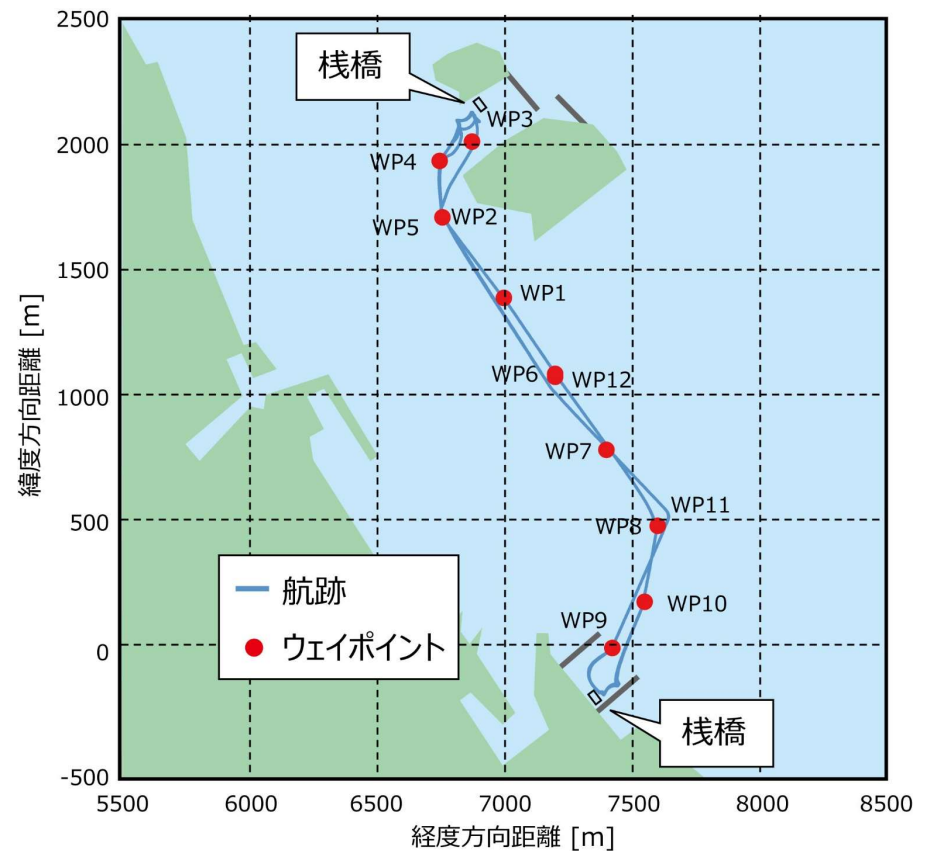
- ①ウェイポイント運航 (往路)
- ②自動着栈 (短時間の待機)
- ③自動離栈
- ④ウェイポイント運航 (復路)

の一連の動作をシームレスに繰り返す自動運航プログラムを作成し, その動作を確認した。



### 課題

- a. 操船者による判断・確認の機能
- b. 他船検知機能・自動避航操船機能
- c. 係船状態の模擬



シミュレータによる自動運航試験



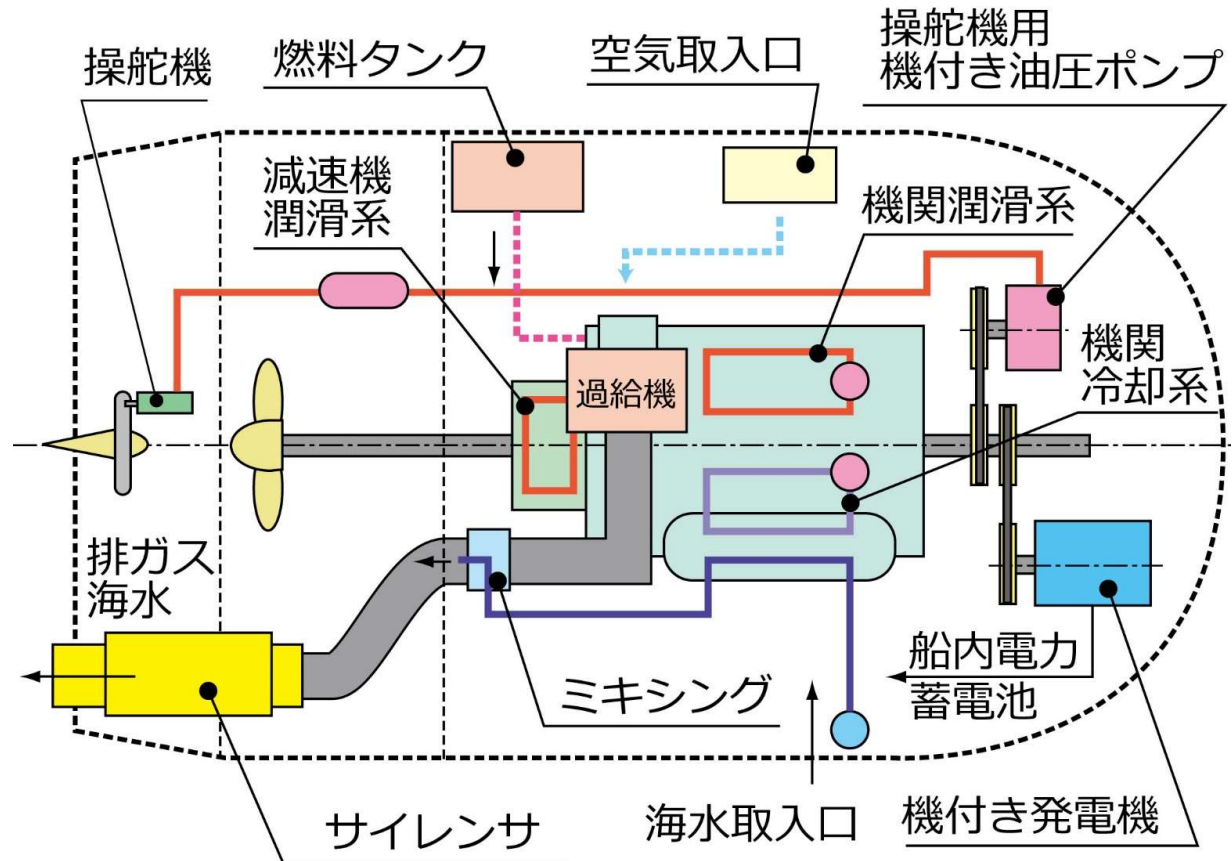
### (3) シミュレータによる機関部の模擬故障試験



- ◆ シミュレータ上に、本船の機関部構成を想定した機関遠隔監視システムを構築し、模擬故障試験などを実施した。



監視画面



小型実験船「神峰」の機関部の基本構成

### (3) シミュレータによる機関部の模擬故障試験

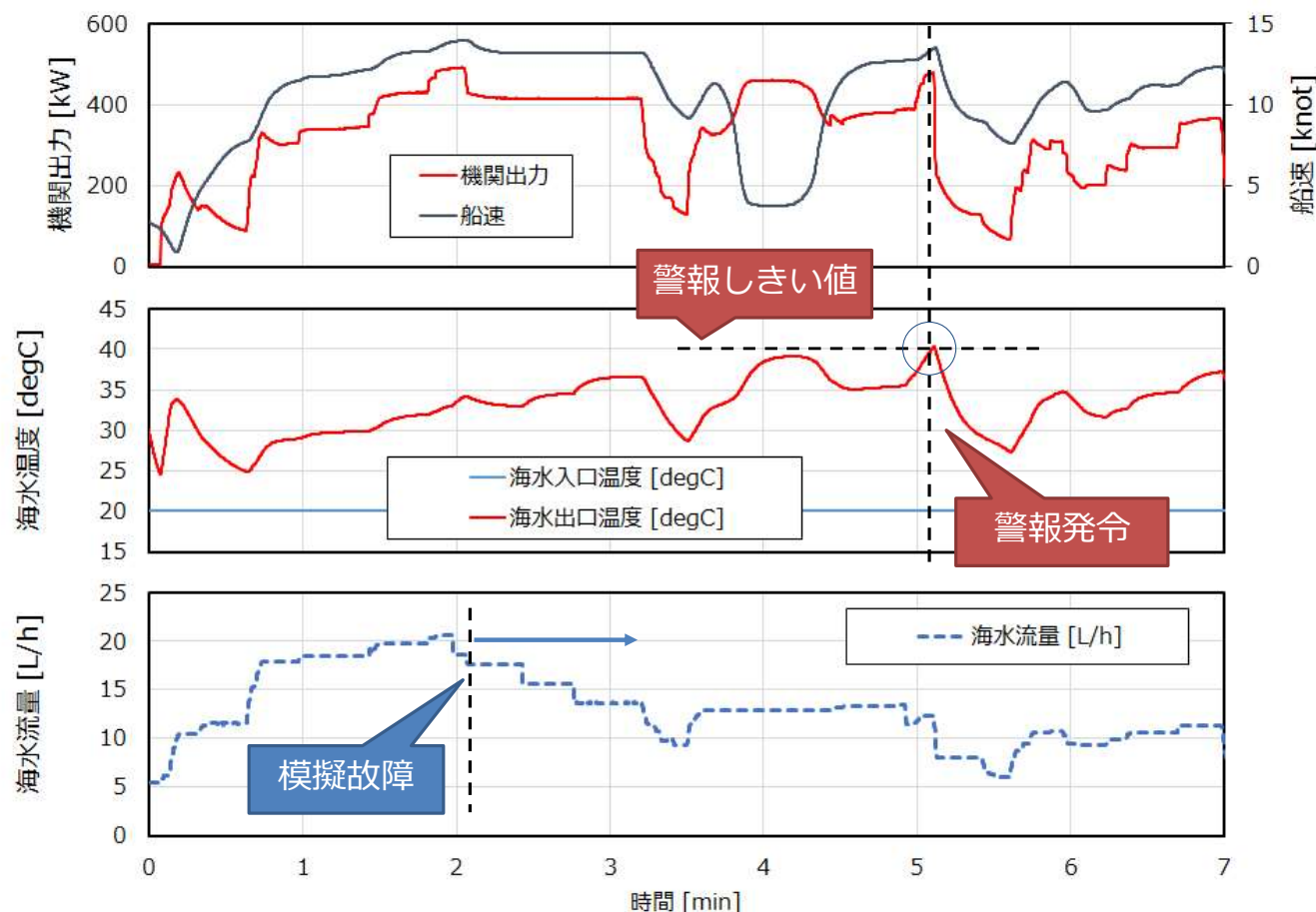


- ◆ 冷却水流量や機関室通風量の低下など、実際に起こり得る故障の条件を与えることで、簡易的に各部の温度や圧力を計算する。
- ◆ 設定したしきい値を超えると警報が発令される。



機関遠隔監視システムのトレンドグラフ

### (3) シミュレータによる機関部の模擬故障試験



模擬故障試験時のデータ（一部抜粋）

- ◆ 運航中、模擬故障を発生させて、状況を確認する試験を行った。
- ◆ 運航開始から約5分後、海水冷却水出口温度がしきい値を上回り可視可聴警報が発令された。
- ◆ 船底の海水取入口が詰まることを想定した模擬故障であり、故障発生から約3分後に警報が発令されている。

## 4. 各種実船試験の概要



- ◆小型実験船「神峰」の運航支援システム・自動化システムを整備し、将来の遠隔操船や自動運航を目指して、それぞれのシステム毎の機能確認を進めている。

### 運航支援船

船上の操船者が常に監視し、操作の最終判断をする。  
一部の機能を自動化することによって、操船者の負担を低減する。

### 遠隔操船

陸上の遠隔操船者の判断に基づき運航する。

### 自動運航船

原則として、機械が操船の判断をする。

## (1) 運航支援システム・自動化システム



### 本船に設置した制御システムの構成（開発中を含む）

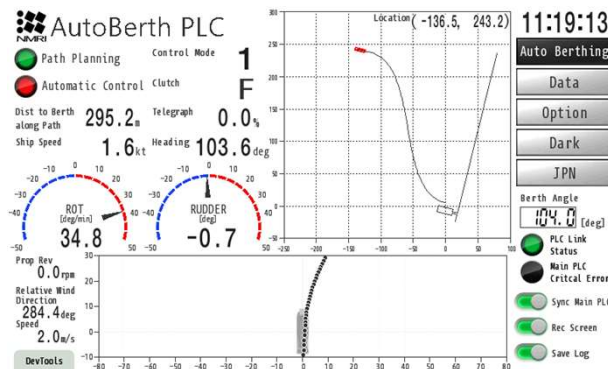
No.	システム	概要
1	操船基本システム	エンジン・クラッチ，油圧操舵機およびスラストの動作をPLCにより制御する基本システム
2	自動離棧システム	手動離棧操船と同様の操作を行うシーケンス制御
3	自動着棧システム	着棧地点までの経路を生成し、停船までの操船を自動制御するシステム
4	ウェイポイント運航システム	オートパイロット機能を利用して，あらかじめ設定したウェイポイント（WP）を目標進路として舵角を自動制御するシステム
5	他船検知システム	カメラ画像から他船や障害物を検知するシステム
6	自動避航システム	他船検知の情報に基づき，避航経路を計算し，経路を追従するように自動制御するシステム
7	遠隔操船システム	対象船と遠隔制御施設とをLTE通信によって接続し，遠隔地から対象船を操船するシステム
8	機関遠隔監視システム	エンジンや船内機器の状態を監視するシステム
9	フル自動運航システム	上記のシステムを組み合わせ，シームレスな自動運航を実施するシステム



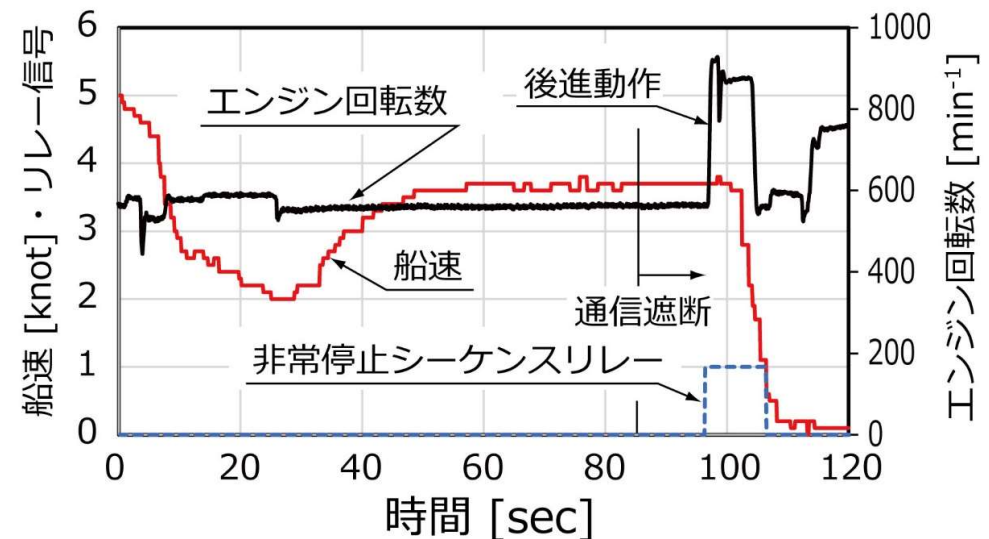
## (2) 自動着栈システム



- ◆ システムの信頼性・安全性を高めるため、制御用PCを自動着栈システム用PLCに置き換えて、自動着栈制御を行った。
- ◆ 安全対策として、PLC通信の接続状態やODD（風速，開始位置）などの確認機能を実装した（現在は音声による警告のみ）。



表示画面例



自動着栈システム運転時の通信遮断試験

### (3) 他船検知システム・自動避航システム



- ◆ 本船に設置しているネットワークカメラにより、他船検知機能の確認を行った。
- ◆ カメラで検知した他船情報を船内LANを経由して、送信する機能を装備した。



船内表示画面



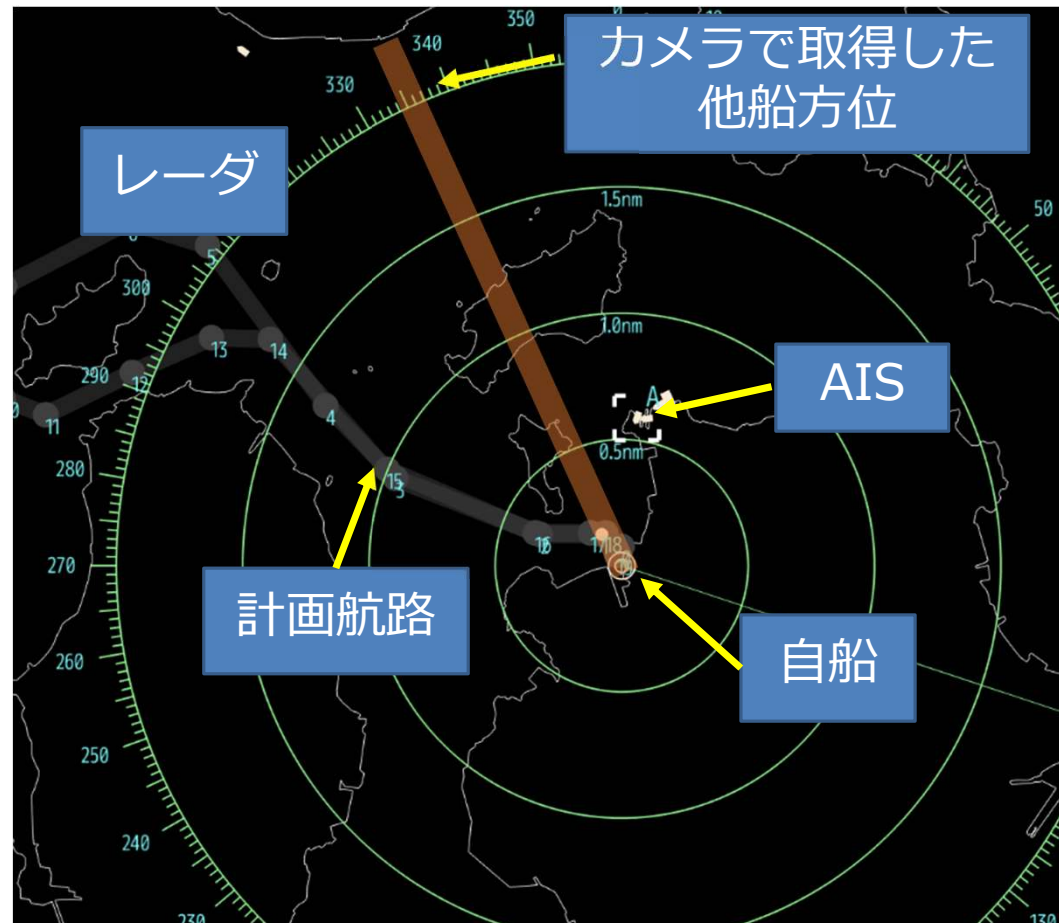
画像のx座標差分、検知ボックスの大きさの差分から船舶の方位と相対的に進む方向（接近または離れるを算出）

カメラ画像データによる他船情報

### (3) 他船検知システム・自動避航システム



- ◆ カメラ画像データ, レーダ, AISより得られる他船の情報を, 船内LANを経由して取得する接続ネットワークシステムを整備した。
- ◆ これらを利用して, 自動避航システムを構築している。

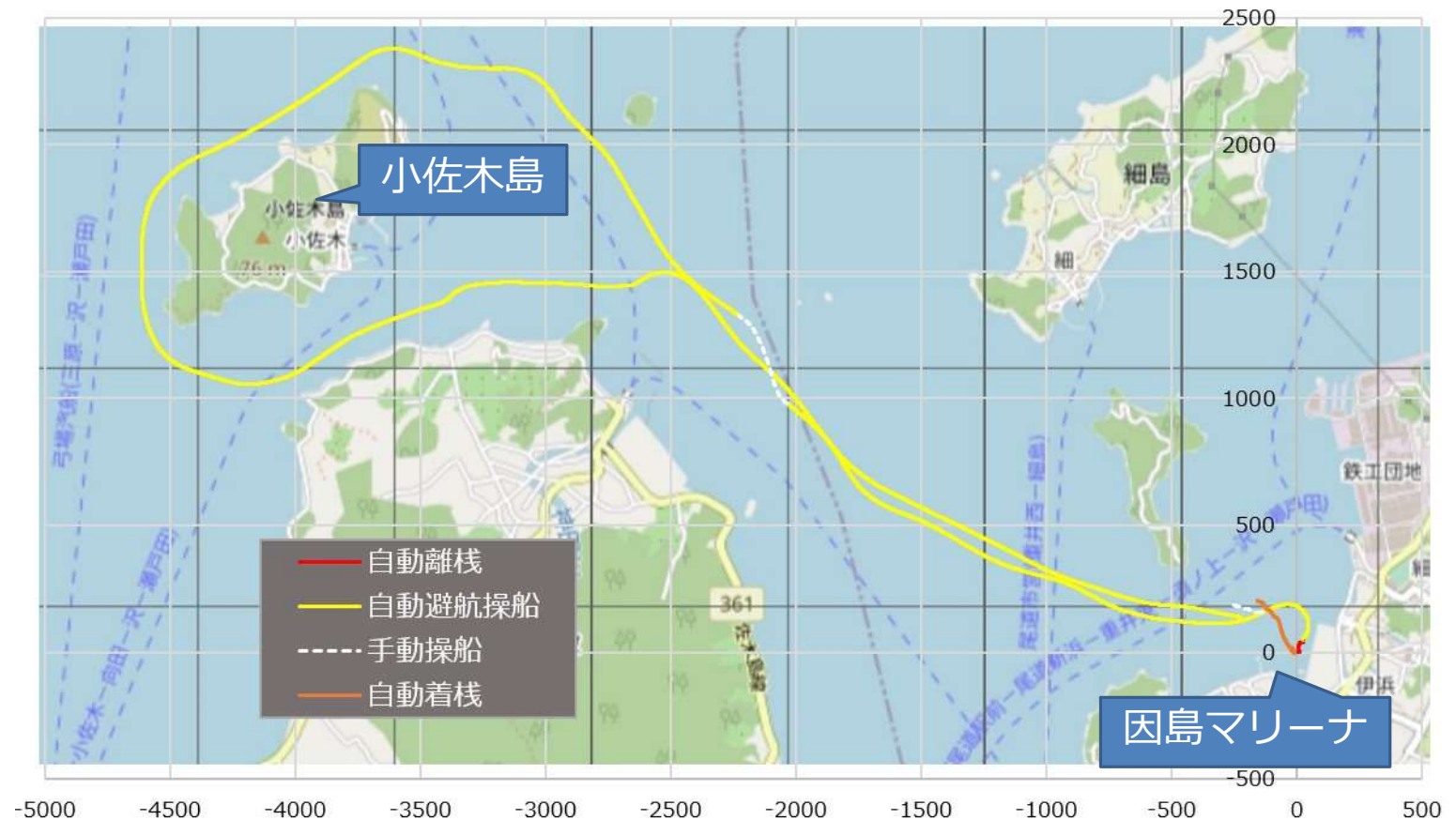


他船情報の取得

## (4) フル自動運航模擬試験



- ◆ マリーナ近くの模擬  
棧橋から自動離棧シ  
ステムによって出港  
し、自動避航操船に  
より小佐木島を周回  
した後、自動着棧シ  
ステムにより模擬棧  
橋に着棧させる一連  
の試験を行った。
- ◆ 各システムの課題や  
モードを切り替える  
際の課題が明確に  
なった。



フル自動運航模擬試験時の航跡



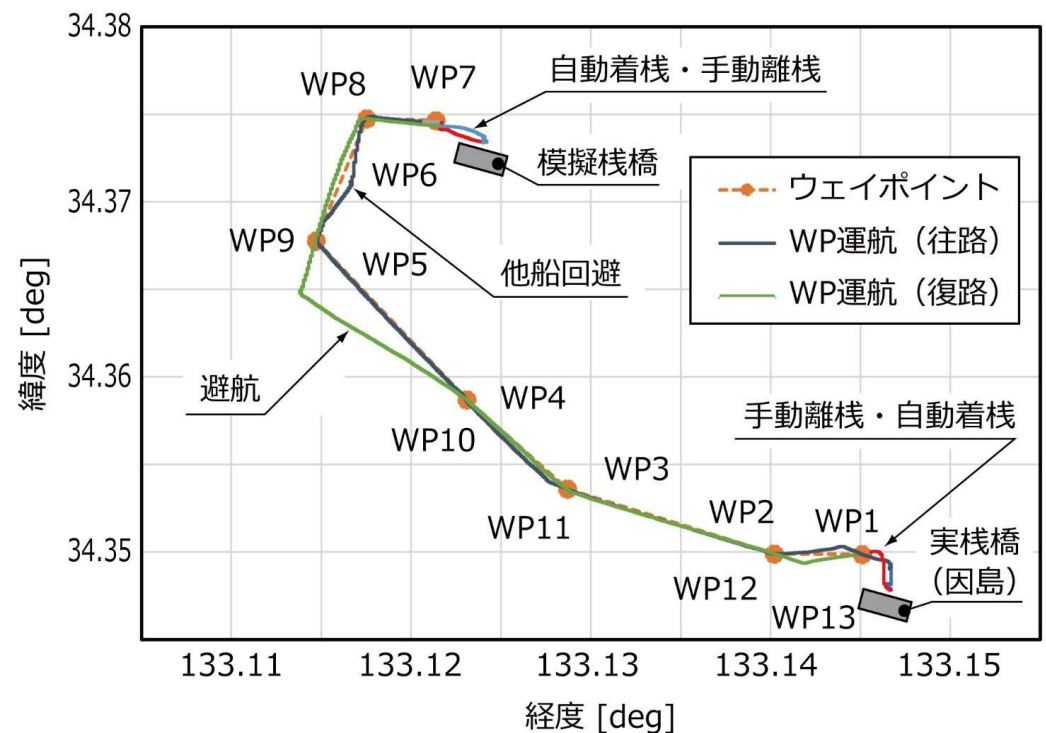
## (5) 遠隔操船システム



- ◆ 遠隔地（東京）の操船者は、LTE通信によって送信された映像などによって周囲の状況を確認しながら操船する。
- ◆ リスク解析のためのシステム構成のモデル化、システムと遠隔操船者のタスク分析並びにハザードの抽出などを行い、本遠隔操船の課題を明確にした。



遠隔操船試験の様子



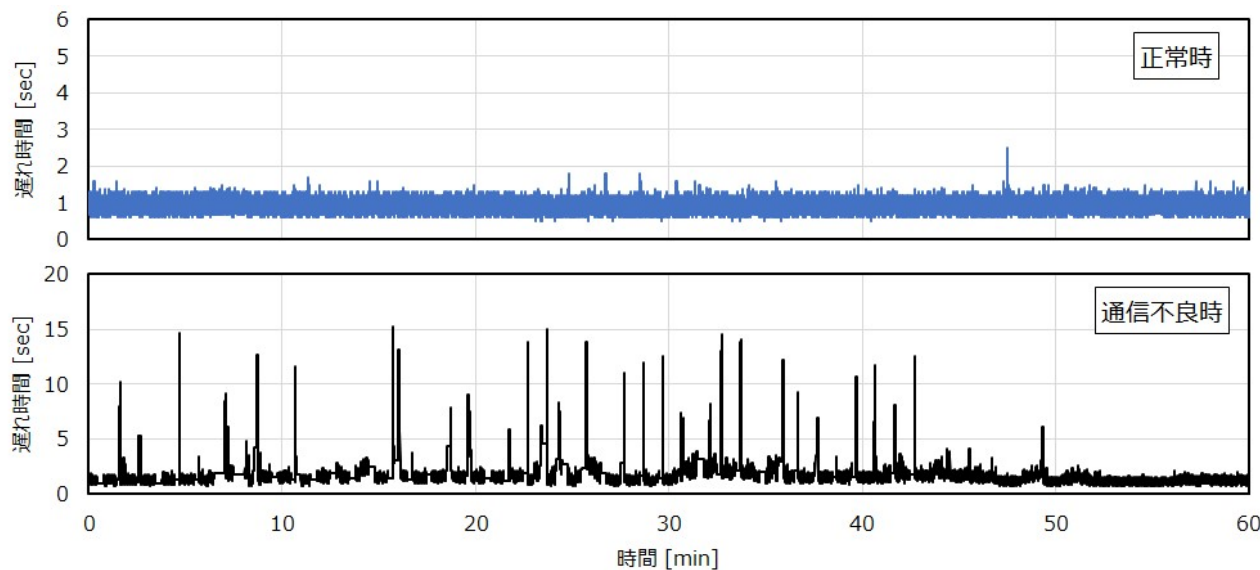
遠隔操船試験時の航跡



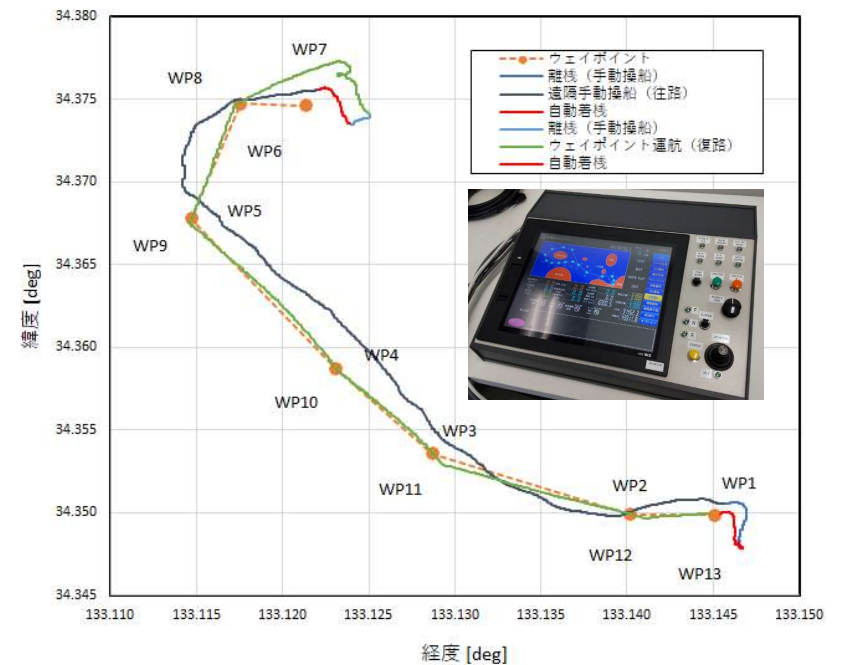
## (5) 遠隔操船システム



- ◆ 遠隔操船の課題の一つは、通信の遅れとその対応であると考えている。
- ◆ その他の課題としては、操船のしやすさや周囲状況の確認があげられる。



通信遅れ時間の計測例



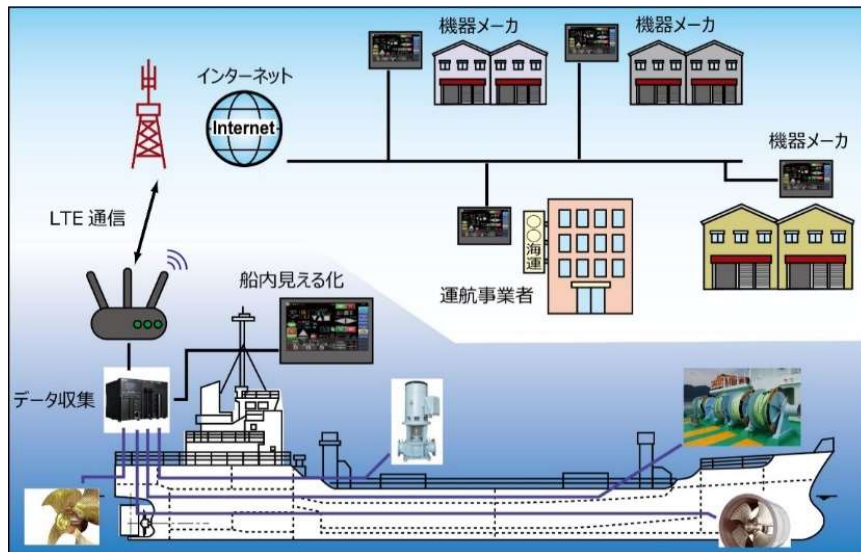
遠隔手動操船時の航跡

## 5. 自動化システムの開発に向けた研究開発



### 遠隔監視・陸上サポートシステム

- (一社) 内航ミライ研究会らとともに開発を進めている“陸上サポートシステム”を紹介する。



陸上サポートシステムのイメージ

#### ① 船内機器の陸上モニタリング

- ウインチやスラストなどの運転状態をモニタリングし、不具合発生時に陸上からサポートする仕組みを検討する。
- 船内計測のプロトタイプによる検証を進めている。

#### ② 運航状態の監視と支援

- 船舶の運航状態を陸上で監視し、船員労務負荷低減とGHG削減の有効性を検討する。
- 陸上監視プロトタイプによる試験を開始している。

#### ③ 燃費の見える化

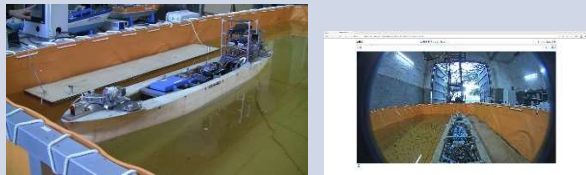
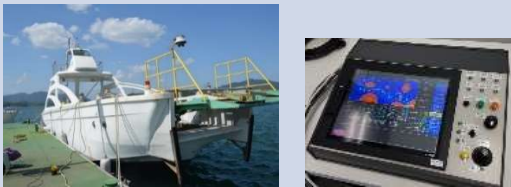
- 実船データを蓄積し、実態を把握しつつ、カーボンニュートラル実現のための方法を詳細に検討する。

## 6. まとめ



◆ 小型実験船「神峰」に構築している自動化システムの概略，各種自動化システムを開発する際に用いたシミュレータの活用事例，さらに実船試験結果の一部を紹介した。

- ① シミュレータについては，自動化システムやプログラムの開発において様々な評価や検証が可能であり，今後も有効に活用していきたい。
- ② 実船試験においては，各自動化システムの機能や安全性を確認すると同時に，多くの課題を抽出することができた。

	499GT模型船	小型実験船「神峰」	内航貨物船
概要	<p>◆インターネット経由の遠隔操船システムや自動離着岸システムを構築中。</p> 	<p>◆各種自動化システムを搭載した当所管理の実験船。因島周辺で試験実施。</p> 	<p>◆199～749GTの内航船を対象とした運航支援システムを開発中。</p> 