



バリシップ2023 特別セミナー



未来の内航船

～デジタル技術・自動化技術・省エネ技術とカーボンニュートラル～

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

平田 宏一

1. はじめに



- ◆ 内航海運においては、船員負荷低減のため、デジタル技術や自動化技術の導入による船員負荷低減が検討されている。
- ◆ 環境保護の観点から地球温室効果ガスの排出削減が必要とされている。
- ◆ 本講では、海技研らが検討・実装を進めている船員負荷低減のための新技術や省エネ・カーボンニュートラルを旨とした研究を紹介する。

講演内容

1. はじめに
2. 小型実験船「神峰」と自動運航システム
3. デジタル技術を活用した模型船
4. 陸上サポートシステム
5. 省エネ・カーボンニュートラルを旨とした研究
6. まとめ

2. 小型実験船「神峰」と自動運航システム

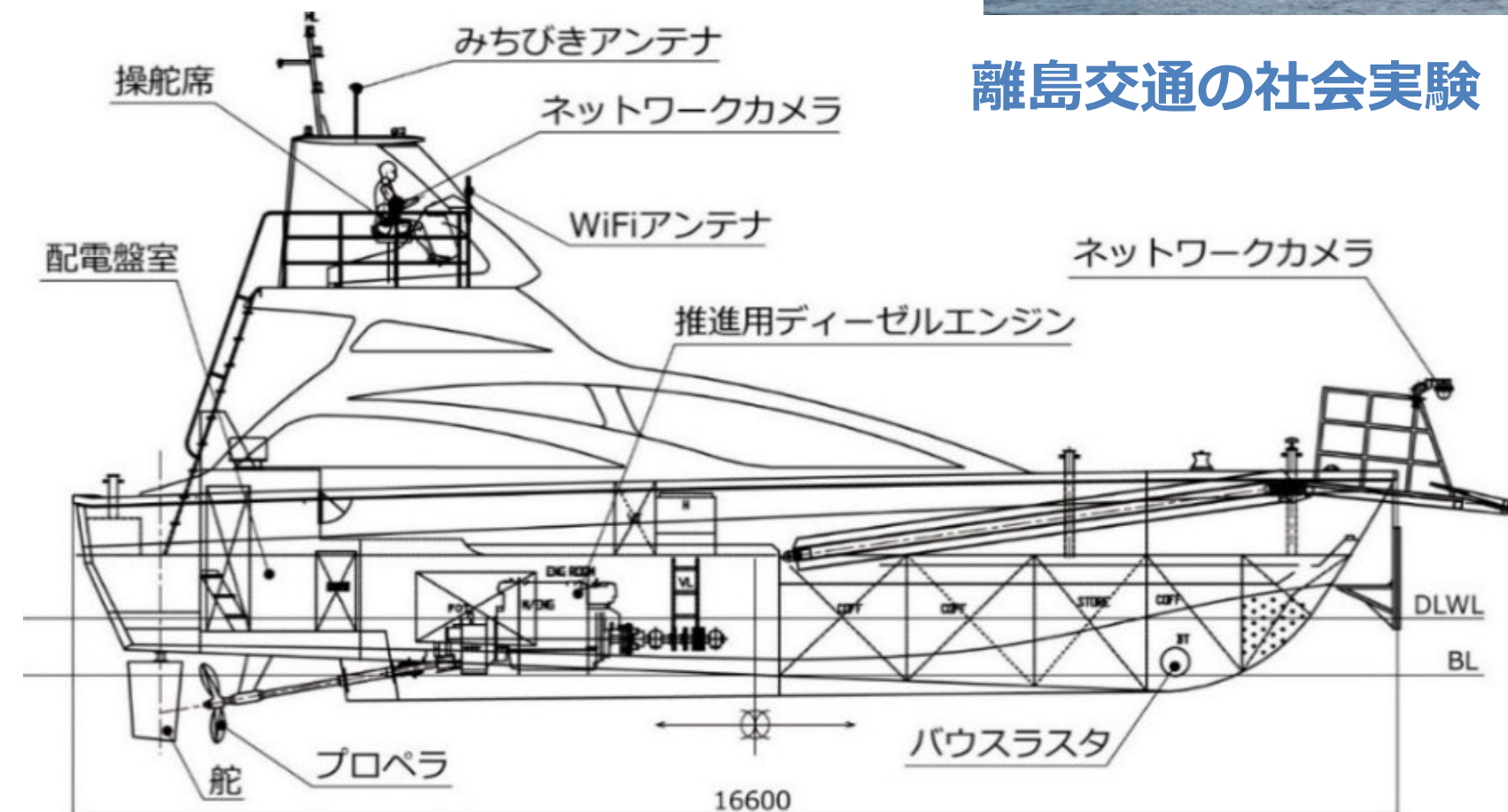
- ◆ 小型実験船「神峰」は、全長16.5m、船幅4.6m、総トン数約17GTの試験艇である。
- ◆ 船内または遠隔地より、PLCを介してエンジンや舵を制御する自動化システムを装備している。



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

(1) 自動運航システムの概要

- ◆ 2019年頃より、本船における自動運航システムの研究を開始し、自動着岸システムや遠隔操船システムなど、様々な実船試験を進めてきた。

遠隔操船

遠隔地（東京）の操船者が、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。



自動避航

レーダ、AIS、画像認識によって検知された他船を避航する。



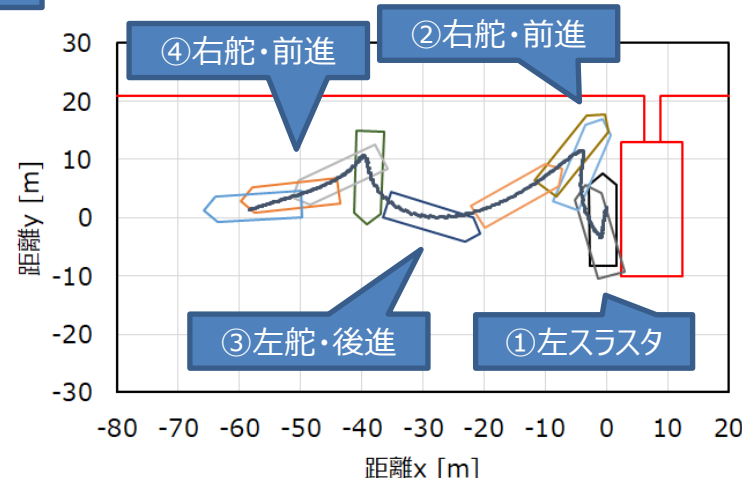
自動着岸

外力に強い自動着岸システムを開発している。



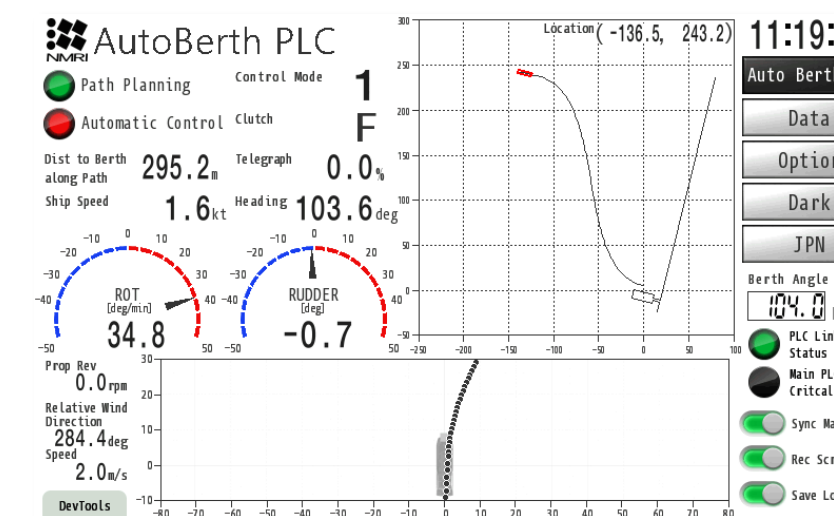
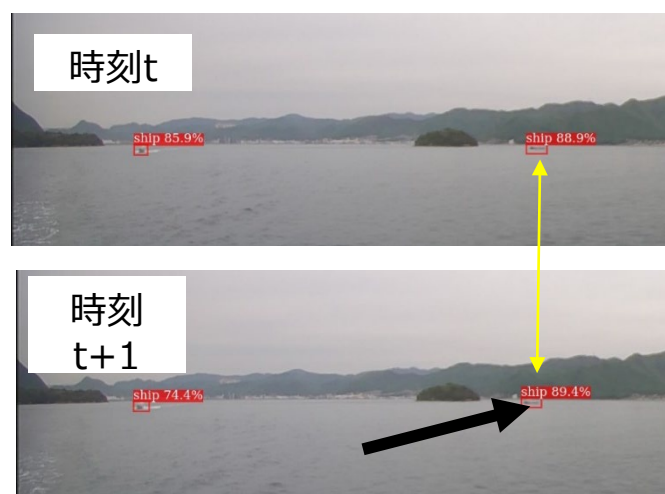
自動離岸

遠隔地（東京）の操船者が、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。



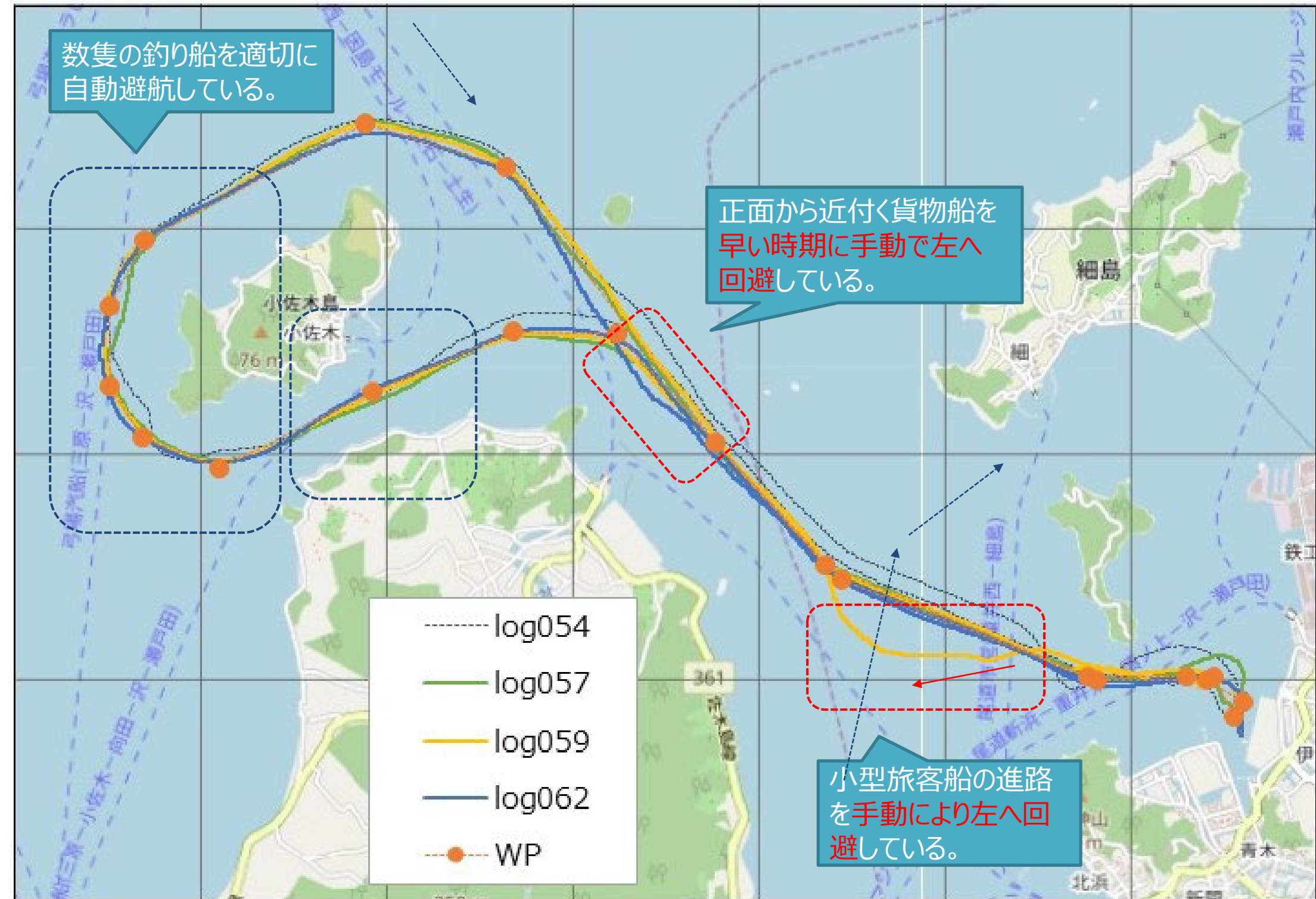
他船検知

カメラ画像を処理して、他船情報を取得する。



(2) 実船試験結果の一例

- ◆ 2023年3月には、離棧から自動避航，自動着棧のシームレス化を目指したフル自動運航や遠隔操船システムの試験を実施した。
- ◆ 試験期間中，避航が必要となる他船が少なかった。
- ◆ レーダにより他船の検知・補足ができれば，概ね適切な避航操船がなされることを確認した。



自動避航操船試験時の航跡

3. デジタル技術を活用した模型船

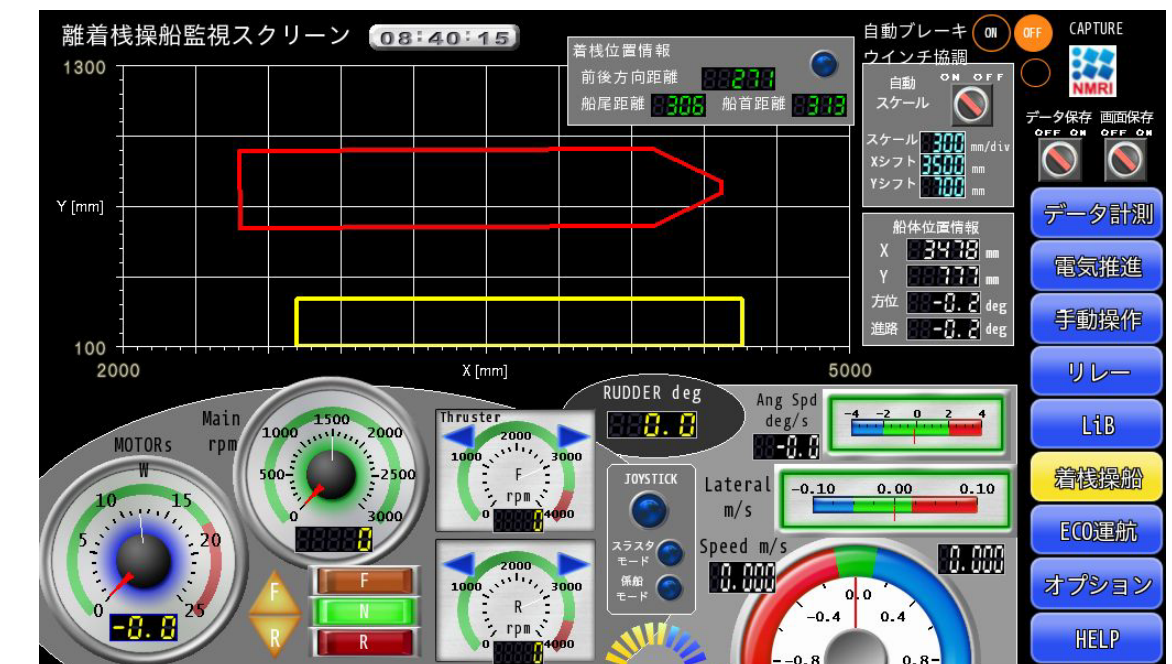
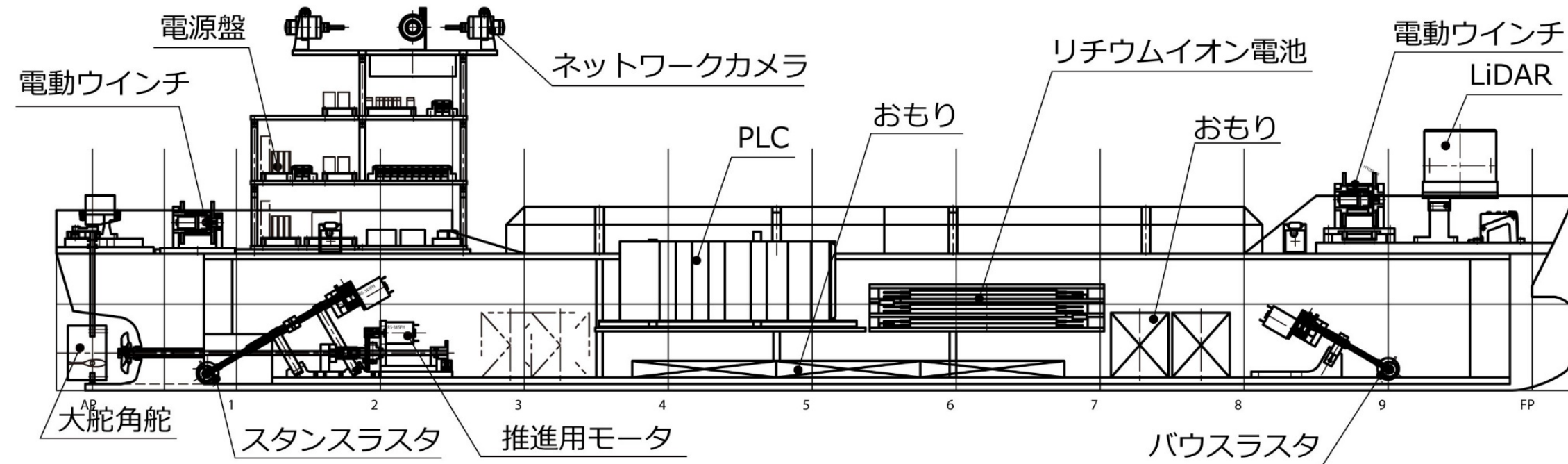
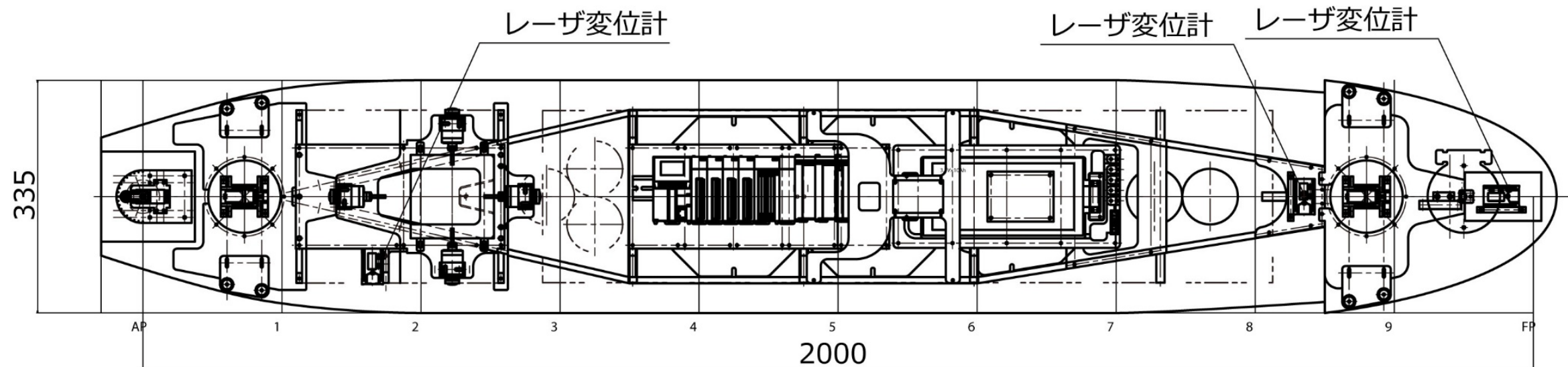


➤ 海技研では，デジタル技術を活用した様々な模型船を開発している。

模型シームレス船（2014）	模型燃料電池船（2018）	模型自動運航船（2019）	模型貨物船（2020～）
			
● 小型実験船「神峰」の模型である。 ● 低床式バスの乗下船装置の自動化システムを開発した。	● 出力100Wの水素燃料電池と容量45Whのリチウムイオン電池で推進する。 ● 水素漏洩時の警報発令や自動水素遮断などの安全対策試験を行った。	● 自動離着棧システムを開発するため，PLC制御の模型自動運航船および自動係船システムを試作した。	● バウ・スタンスラスタや係船ウインチ，大舵角舵を搭載した模型船である。 ● 主に自動着棧やスラスタとウインチの協調制御の開発に使用している。

(1) 499GT模型貨物船

- (一社) 内航ミライ研究会と共同で、ジョイスティック操船システムやスラスト・ウインチ協調制御，遠隔操船システムなどの研究開発を進めている。



離着機監視画面

499GT模型貨物船の構造

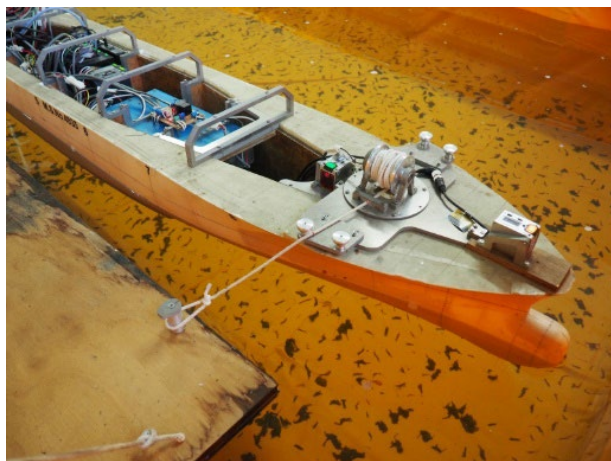
(2) 499GT模型貨物船による各種水槽試験



➤ 模型船を使用して様々な水槽試験を実施している。

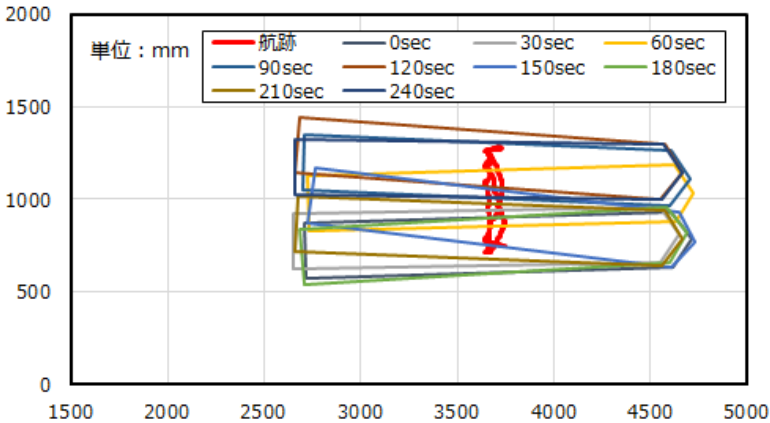
ウィンチ・スラスト協調制御

船体の横移動速度とウィンチの推定巻取速度の差を検知して、スラストを自動で運転する。



前後進微調整制御

前後方向の目標位置にあわせるように、前進または後進とブレーキを繰り返す。



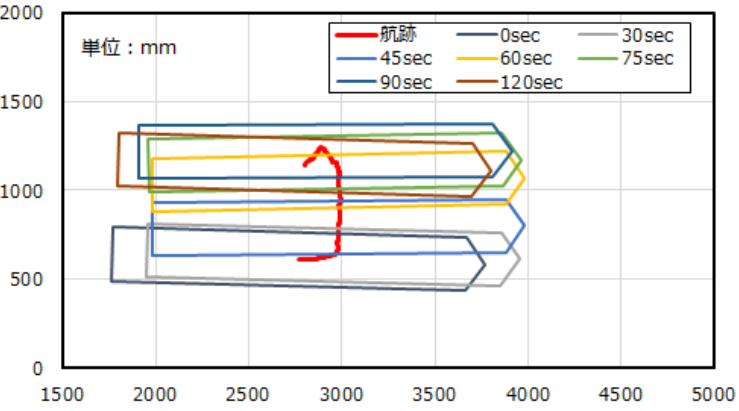
自動ブレーキ

前方の壁を検知して、衝突前に自動でプロペラを後進方向に回転させる。



スラスト制御

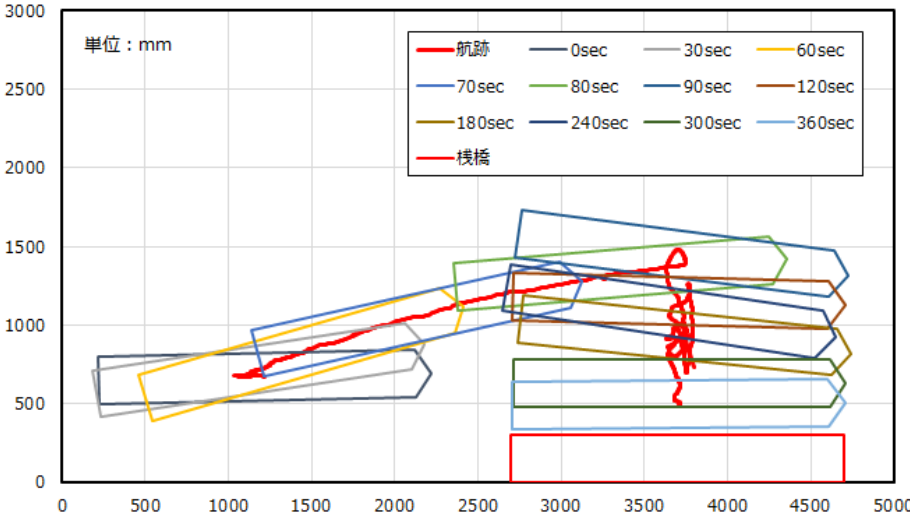
スラストによる横移動制御や方位制御のプログラムを準備した。



フル自動運航

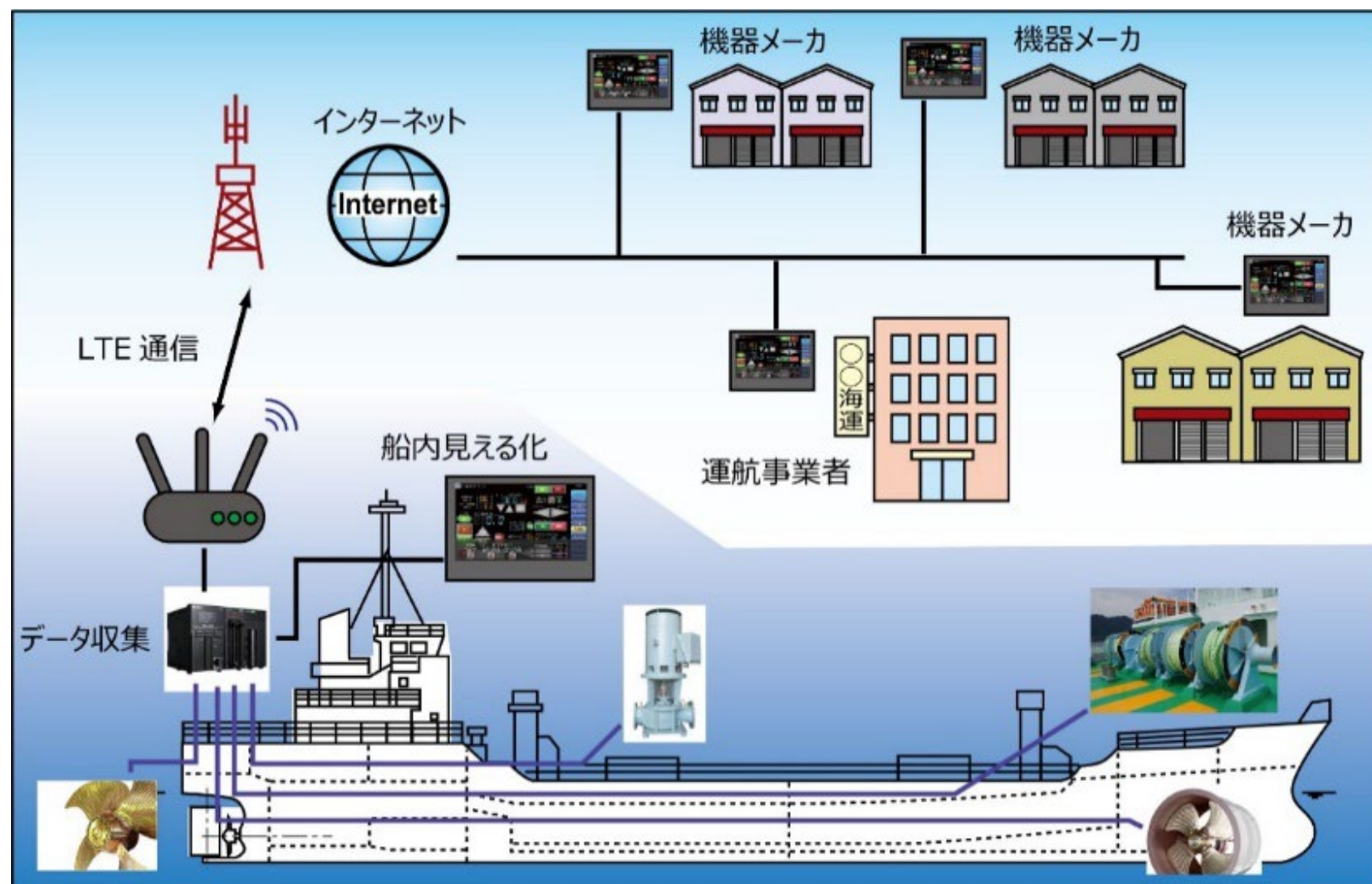
いくつかの制御モードを組み合わせ、停船状態から棧橋に近付き、平行に着産させるシーケンス制御プログラムを準備した。

オプションスクリーン【Full自動運航制御】			
No.	状況	モード	制御条件
1	Full自動運航開始	開始後 10.0 sec後に運転を開始する。	
2	バウスラスト方位制御	座標x 2000 y 1000 mmに船首を向ける。	
3	ウェイポイント運航	座標x 2000 y 1000 mmの制御を行う。	
4	前進停止制御	WP No. 2 で制御開始、x 3700 で止める。	
5	スラスト方位制御	微調整制御を行い、方位を 0.0 degとする。	
6	スラスト機移動制御	座標y 1000 mmに移動する。	
7	手動係船作業	停止 するまで待機する。	
8	ウィンチ協調制御	微調整制御の制御を行う。	
9	待機	停止 するまで待機する。	
10	ウィンチ巻出	ロープを 50 mm巻き出す。 (2000mm 1000mm)	
11	スラスト機移動制御	座標x 2000 y 1000 mmに移動する。	
12	出航	手動で出航する。	



4. 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。
- 複数の貨物船を対象に、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CO₂排出削減、安全性確保の両立を目指す。
- システム運用の最適化を図ることを目指して、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。

(1) システムの概要と実船搭載事例

- 陸上サポートシステムは、船内で得られる運航や機器の情報をPLCに取り込む。
- 取り込まれたデータは、LTE通信を介して、陸上で確認することができる。
- 取り入れる情報はそれぞれの船舶によって異なる。



陸上監視画面の例

(2) 搭載機器の遠隔監視

- 499GT鉄鋼運搬船の例では，電動ハッチカバーの動作を詳細に監視している。
- 通常と異なる動作が確認された場合，陸上に注意喚起のメールと計測データが送信される。



電動ハッチカバーの監視画面

鉄鋼運搬船と電動ハッチカバーの外観

5. 省エネ・カーボンニュートラルを目指した研究



➤ 海技研では，内航船の省エネ・カーボンニュートラルを目指した様々な研究を進めている。

内航船の省エネ技術	バイオ燃料利用	CO ₂ 回収技術	水素・アンモニア燃料利用
国交省事業に協力して，内航船のGHG削減手法の一つである“連携型省エネ船”の検討を進めている。 連携型省エネ船の検討例	- バイオ燃料に関連した各種陸上試験を実施した。 - その成果を基に「船舶におけるバイオ燃料取り扱いガイドライン案」を策定した（国交省事業）。 試験に使用したバイオ燃料	様々な方式のCO₂回収技術について，船舶適用性の検討を進めている。 試験に使用したバイオ燃料	- カーボンフリー燃料の混焼エンジンや燃料電池について研究を進めている。 - カーボンフリー燃料使用時の課題抽出や安全対策を検討している。 水素タンク配置の検討例

(1) 連携型省エネ船

➤ 連携型省エネ船とは、運航事業者と荷主、船舶建造者等との連携、あるいは離着舷や荷役・停泊時の省エネのために荷主、陸上、港湾における取り組みと連携、それらを組み合わせるなどして省エネ・省CO₂を図る内航船である。

(一社) 内航ミライ研究会のSIM-SHIP1は、連携型省エネ船のコンセプトを踏まえて建造された貨物船である。

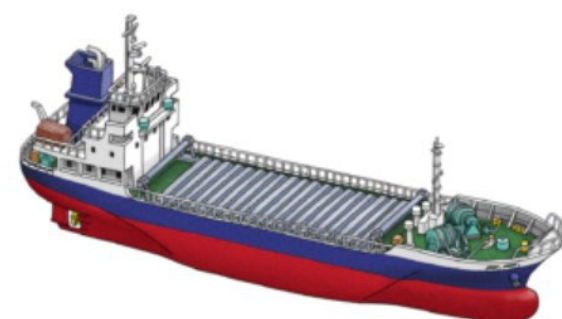


SIM-SHIP 499GT カーゴ

環境省地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル 技術開発・実証事業「SIM-SHIP 連携型省エネ船建造」対象船

【搭載品目】

- ・高効率プロペラ
- ・省エネ付加物
- ・高機能スラスト
- ・コンテナ型バッテリー
- ・統合管理パネル
- ・陸上サポートシステム
- ・省電力電動甲板機械



CO₂削減率：約20%~

停泊時・荷役時

- ・陸電利用※1
- ・蓄電池の利用

※1 将来の給電インフラの普及により高いCO₂削減効果が得られる技術

運航効率改善

- ・ウェザールーティング
- ・陸上サポート
- ・船速最適化

約8%削減

離着舷時間短縮

- ・高機能スラスト
- ・特殊舵
- ・高効率甲板機器※2：甲板機器の電動化・自動化

※2 省エネと船員労務負荷低減・安全性向上を両立する技術

推進効率改善・抵抗低減

- ・高効率エンジン
- ・高効率プロペラ、省エネ付加物
- ・低摩擦軸受
- ・特殊舵
- ・低摩擦塗料
- ・CFDによる最適設計

約13%削減

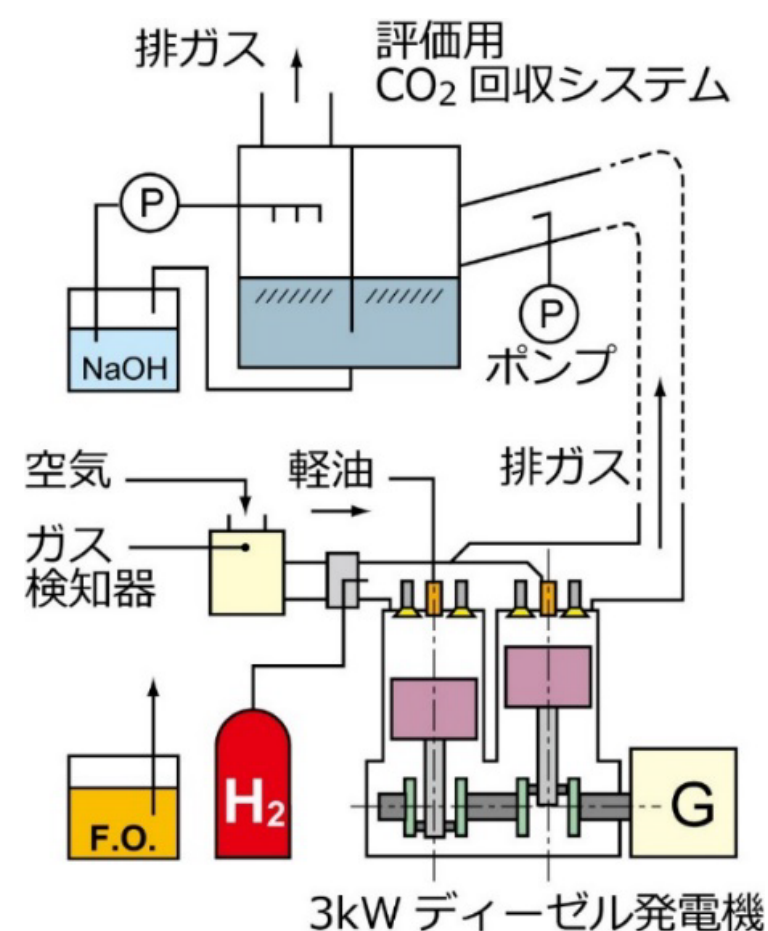
(参考) 建造コスト上昇分(試算)：通常の船価に対して約15~20%アップ

注：コストは499GTをベースに算出しているが、コンセプトは749GT等でも活用可能

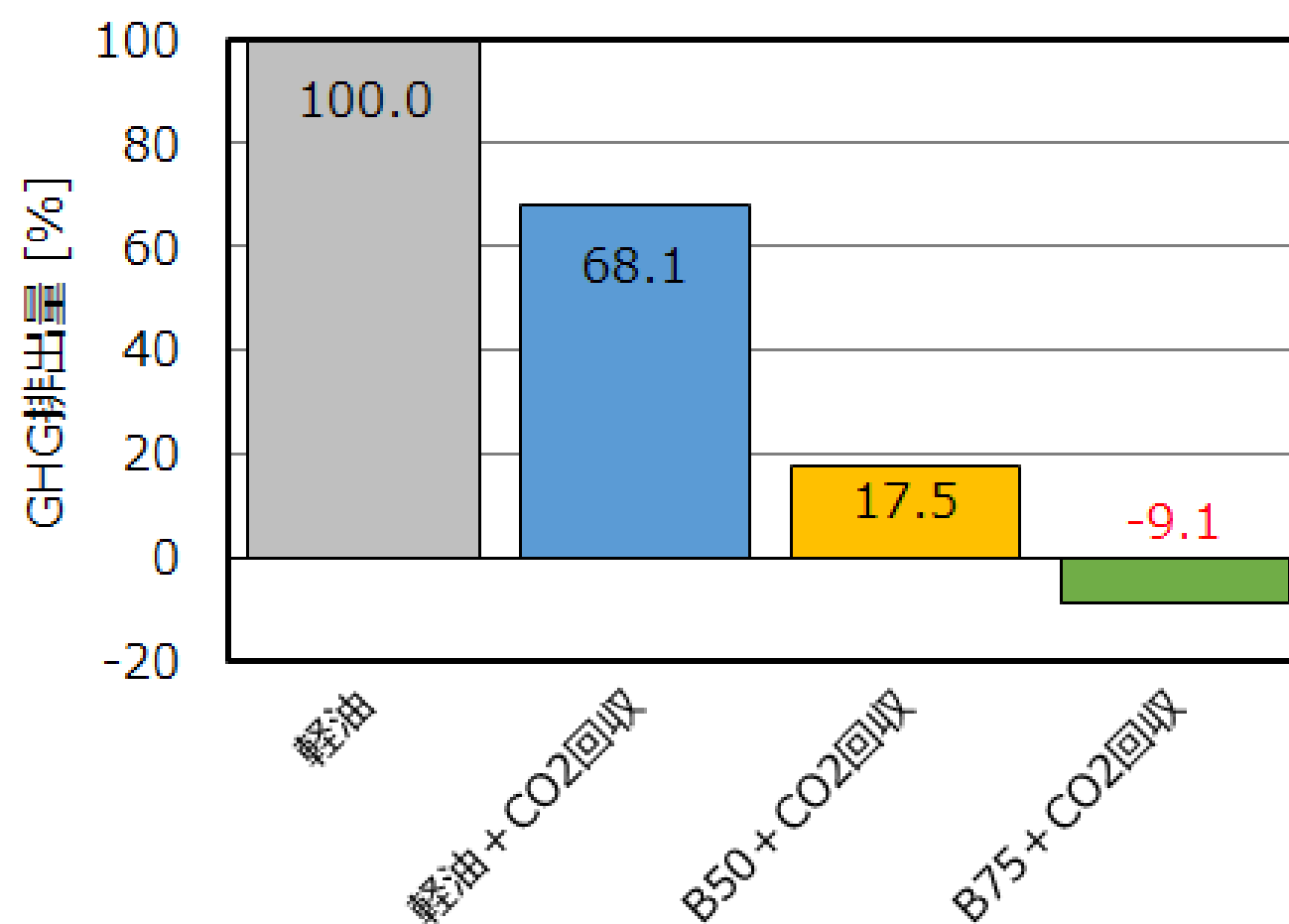
連携型省エネ船のコンセプト検討例 (国土交通省)

(2) 代替燃料利用技術

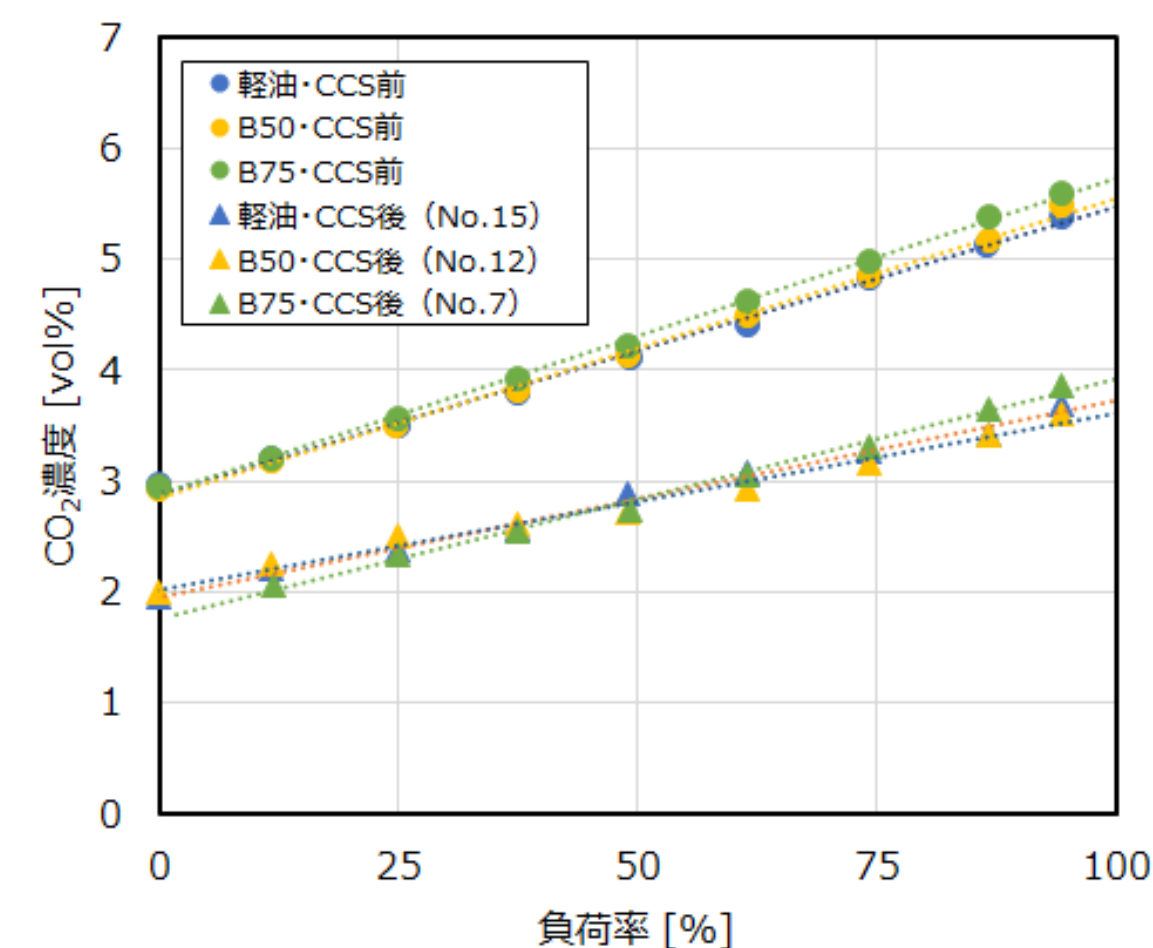
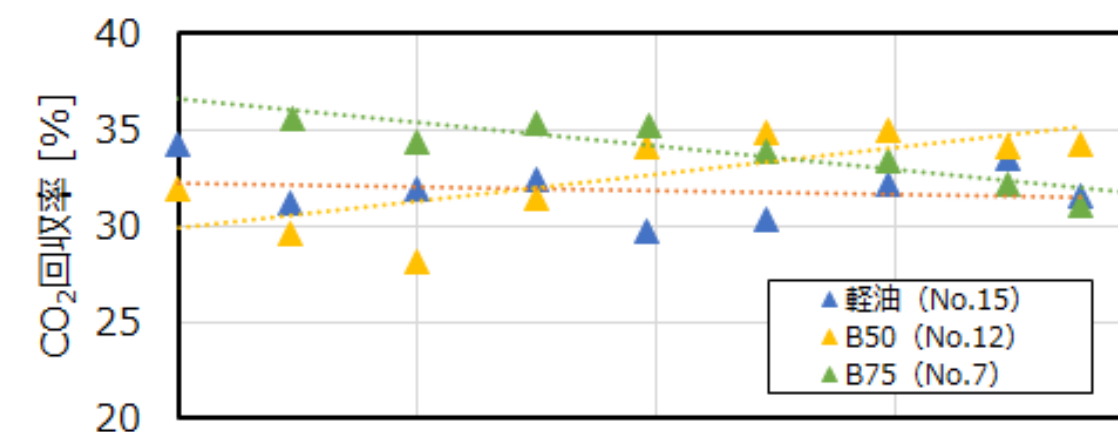
- カーボンニュートラル技術の一つとして、バイオ燃料とCO₂回収技術を組み合わせた試験結果を紹介する。
- 簡易的な試験装置であるが、GHG削減効果を確認できた。



試験装置の構成



GHG排出量の試算



GHG排出量の試算

6. まとめ

◆ 本講では、デジタル技術や自動化技術の導入による船員負荷低減技術，省エネ・カーボンニュートラルを目指した研究の一部を紹介した。

- ① 自動運航・遠隔操船の技術は，まだ技術課題が多いものの，船員負荷低減に必要不可欠な技術である。
- ② デジタル技術は，船舶の様々な技術つとして有効に活用できる。
- ③ 昨今のデジタル技術を活用することで，船員労務負荷低減とCO₂排出削減，安全性確保の両立を実現する陸上サポートシステムを構築できる。
- ④ 将来の内航カーボンニュートラルを目指して，様々な省エネ技術や代替燃料利用技術の研究開発を進めていく必要がある。

