

令和2年(第20回)海上技術安全研究所講演会
2020年12月(講演資料)

海技研における自動着陸システムと要素技術の研究開発

海上技術安全研究所

環境・動力系 平田宏一, 仁木洋一

知識・データシステム系 澤田涼平, 小林充, 齋藤詠子, 宮崎恵子

流体性能評価系 北川泰士



1. はじめに

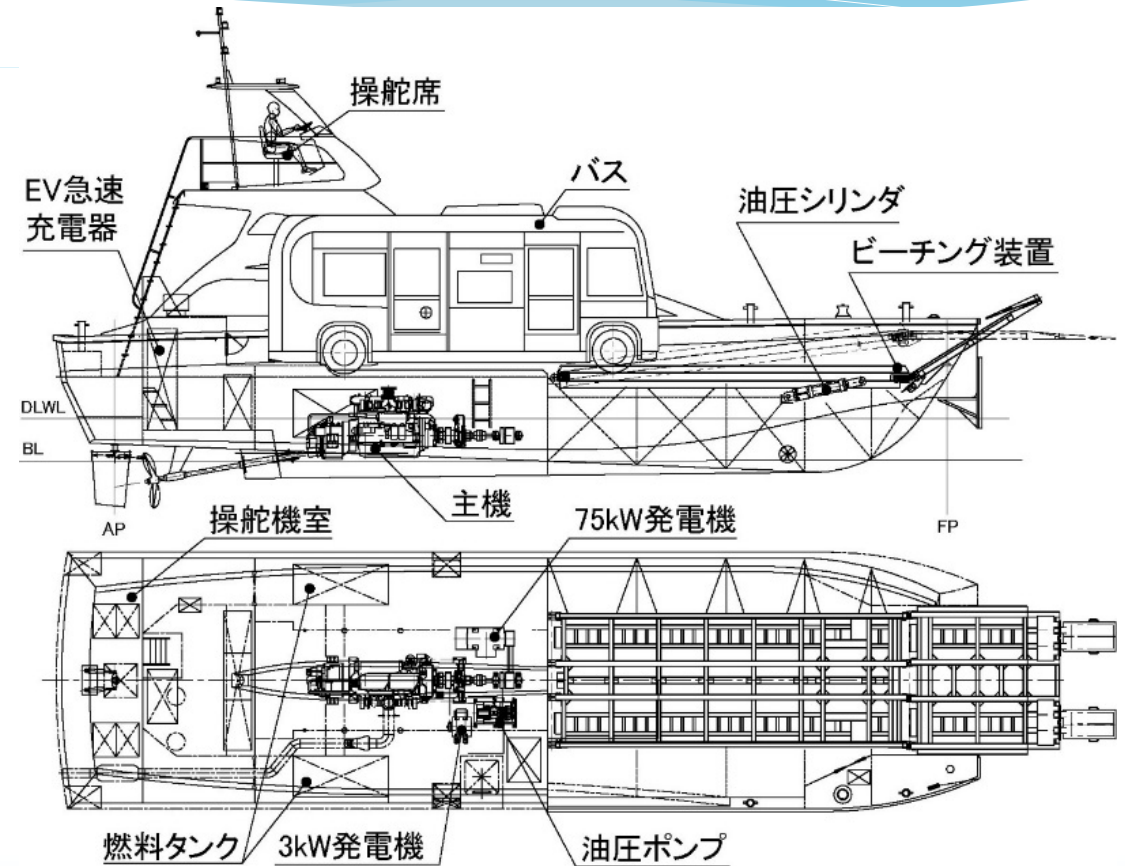
- ◆ 海上技術安全研究所では、自動着棧システムなどの船員負荷を低減するための技術開発を進めている。
- ◆ 昨年度までに、小型実験船による自動着棧試験を実施した。
- ◆ 本年度は、自動着棧システムをさらに安全で使いやすくするための研究開発のほか、様々な船員負荷低減技術の研究を進めている。

講演内容

- 1) 小型実験船による自動着棧試験
- 2) 自動着棧システムの安全性向上と利便性向上
- 3) 模型船を用いた船員負荷低減技術の開発

2. 小型実験船による自動着岸試験

- ◆ 2014年建造の小型実験船「神峰」は、離島航路のシームレス船システムやリチウムイオン電池・燃料電池などの各種実験に用いてきた。
- ◆ 2019年度より、油圧操舵システムやPLC制御などの整備を行い、自動着岸システムの実船試験を進めている。



小型実験船による各種試験の様子

小型実験船の全体配置（建造時）

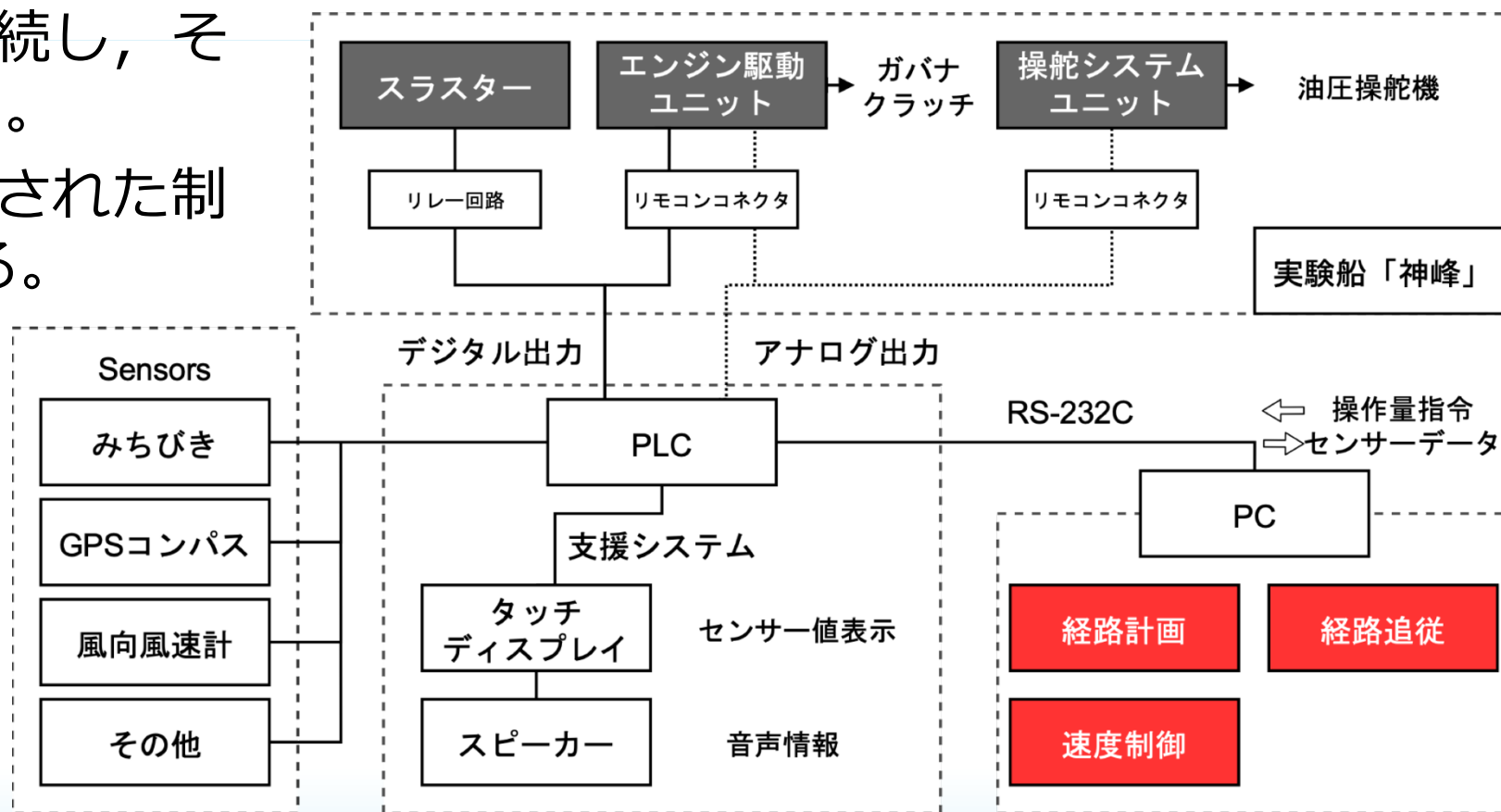
2. 小型実験船による自動着岸試験 自動着岸システムの基本構成

- ◆ エンジン駆動ユニットおよび油圧操舵システムをPLCに接続し、それぞれの要素を制御する。
- ◆ 自動着岸は、PLCに接続された制御用PCによって行われる。

PLC: Programmable Logic Controller



PLC操船画面

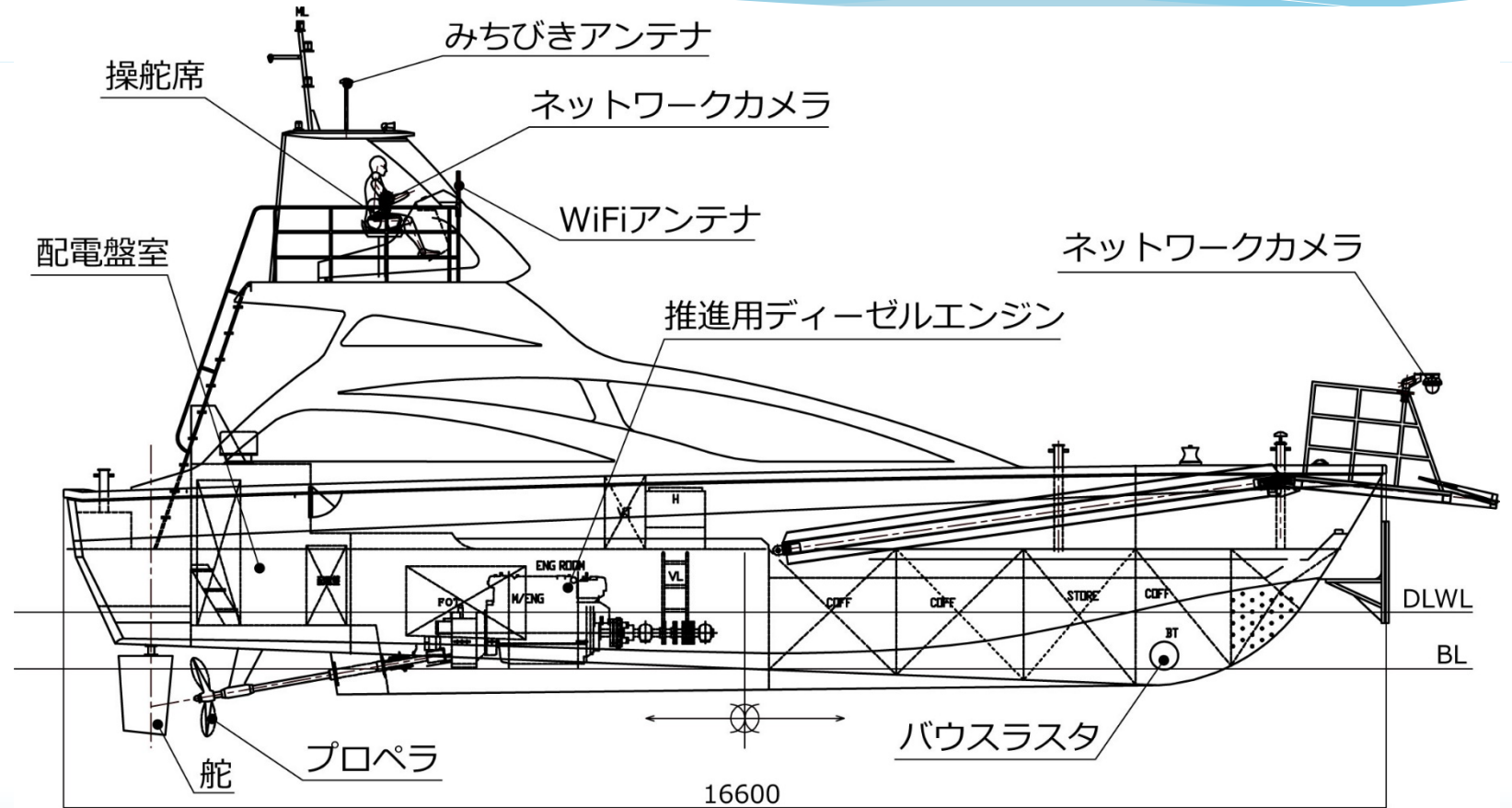


システム基本構成（自動着岸システムを抜粋）

2. 小型実験船による自動着岸試験 自動着岸システムの基本構成

- ◆ 本船は1軸1舵の小型船舶であり、実船試験においては、エンジン回転数、クラッチON/OFF、舵角、バウスラストON/OFFを操作・制御できる。

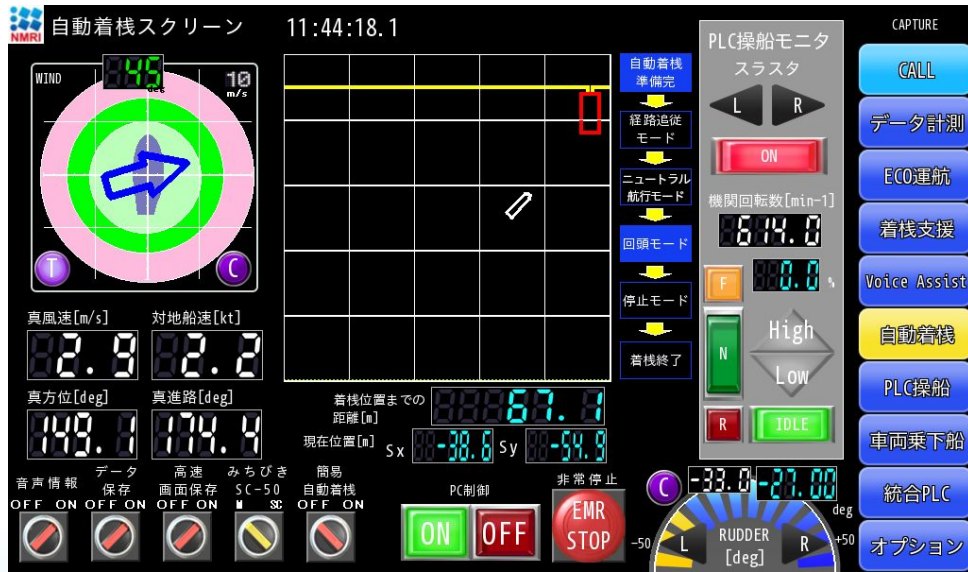
※2019年度の自動着岸試験においては、エンジンはアイドリング回転数一定とし、バウスラストは使用していない。



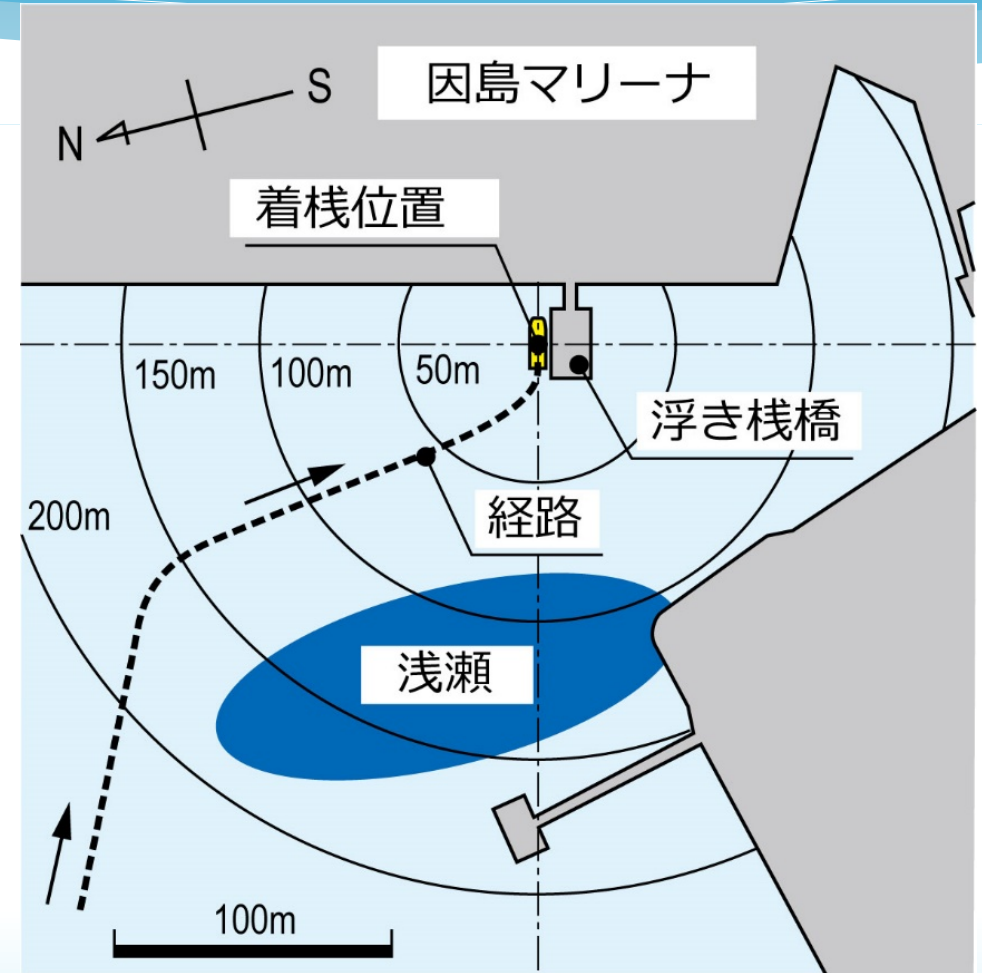
小型実験船の全体配置 (2020年)

2. 小型実験船による自動着棧試験 実船試験の概要

- ◆ 因島マリーナ（広島県尾道市）の浮き棧橋において自動着棧試験を実施した。
- ◆ 実船試験時，浅瀬を避けて棧橋に近付き，右舷付けで着棧させる。



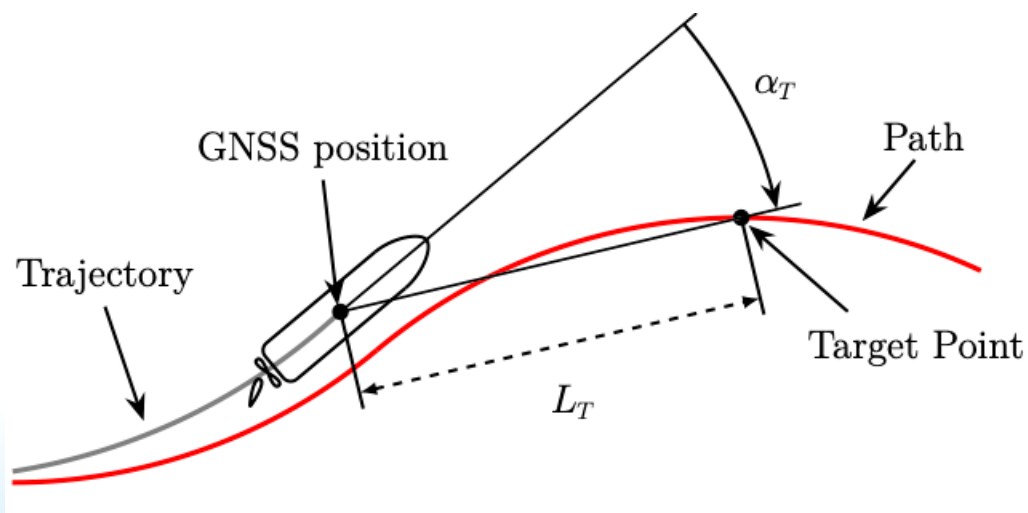
自動着棧画面（操舵席）



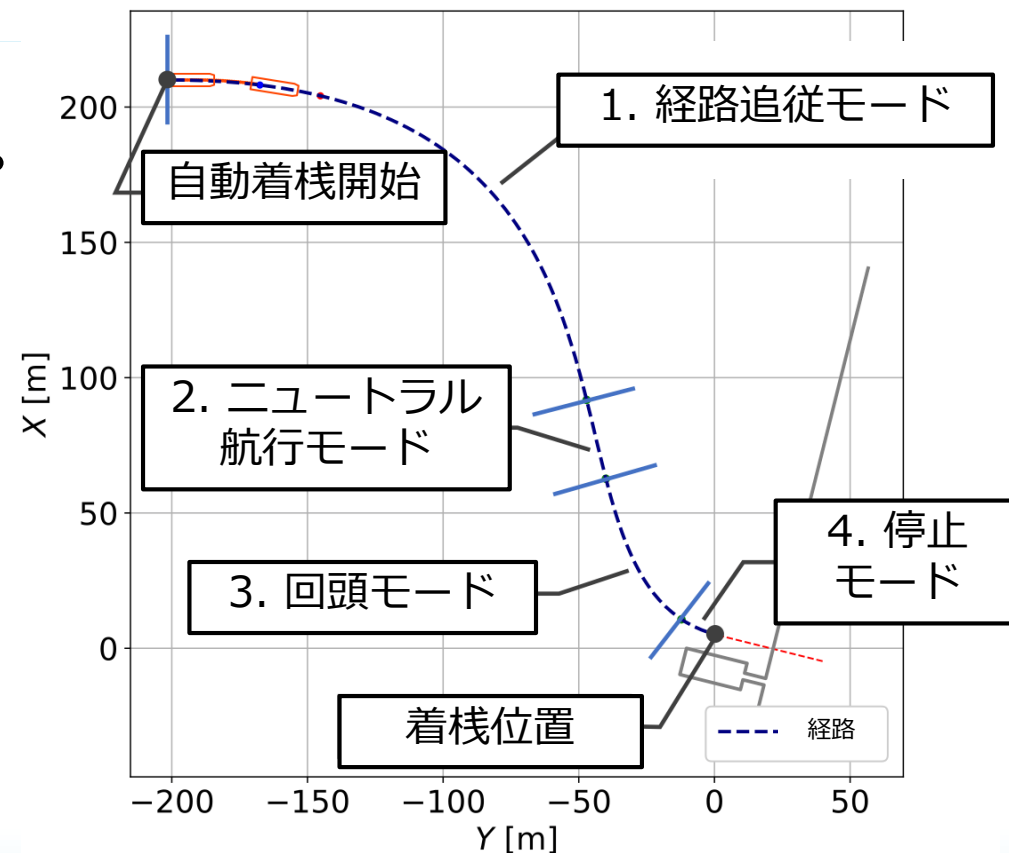
自動着棧試験（因島）

2. 小型実験船による自動着岸試験 計画航路設定と制御

- ◆ 計画経路をベジエ曲線で自動設定し，これを追従するようにして着岸を行う。
- ◆ 経路を4区間に分けて制御モードを切り替える。
- ◆ 船速は区間ごとに目標値を決めて，クラッチを切り替えて制御する（2019年度はアイドリング回転数のみ）。



経路追従制御（Pure pursuit + HCS制御）



制御モード

2. 小型実験船による自動着棧試験 自動着棧試験の様子



①自動着棧開始



②棧橋に向かって航行



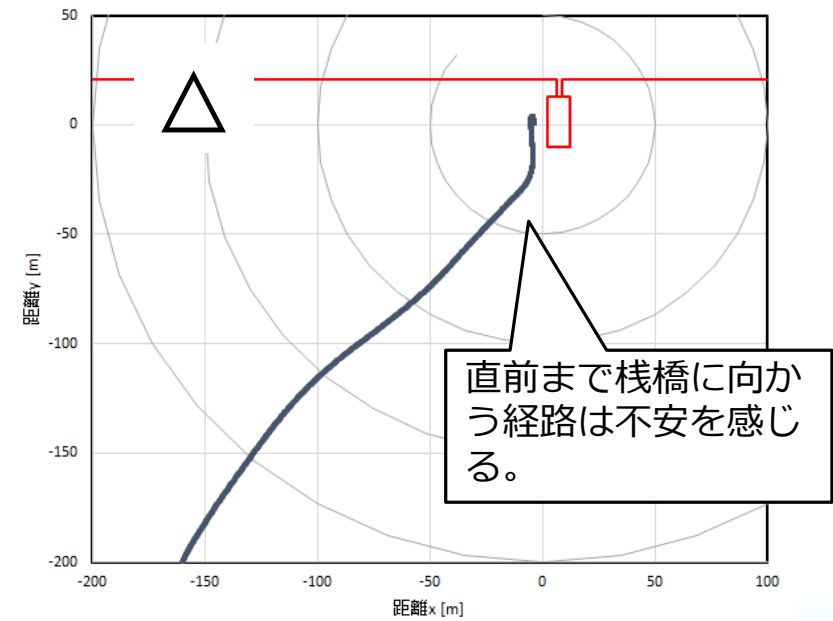
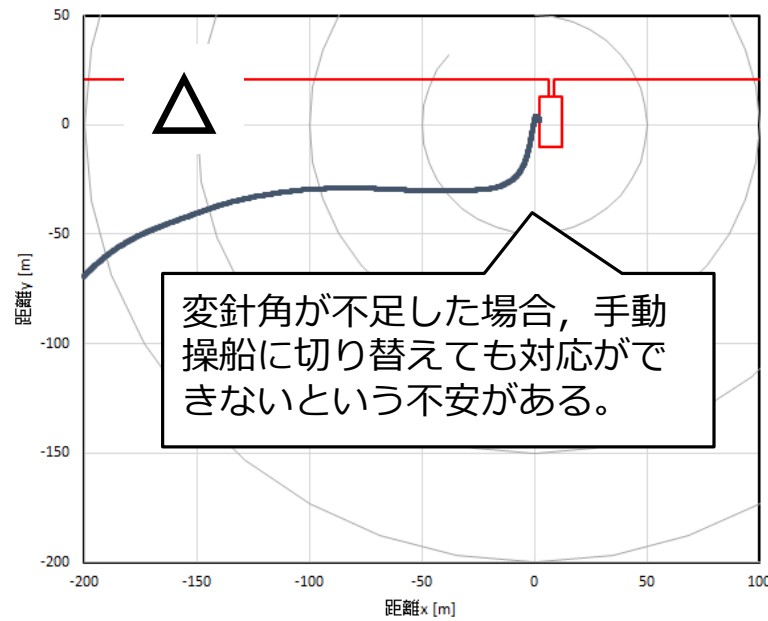
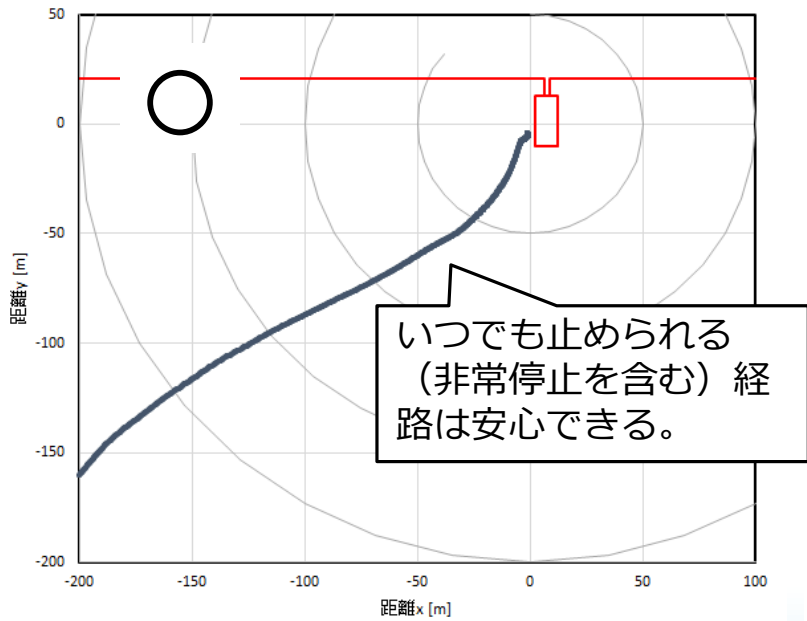
③着棧付近で変針



④着棧目標位置付近で停止

2. 小型実験船による自動着岸試験 安心できる経路計画

- ◆ 操船者が安心できる自動着岸時の岸橋への進入角度（経路）がある。
- ◆ 岸橋近くで急変針する経路や直前まで岸橋に向かっていく経路は、操船者が不安を感じる。



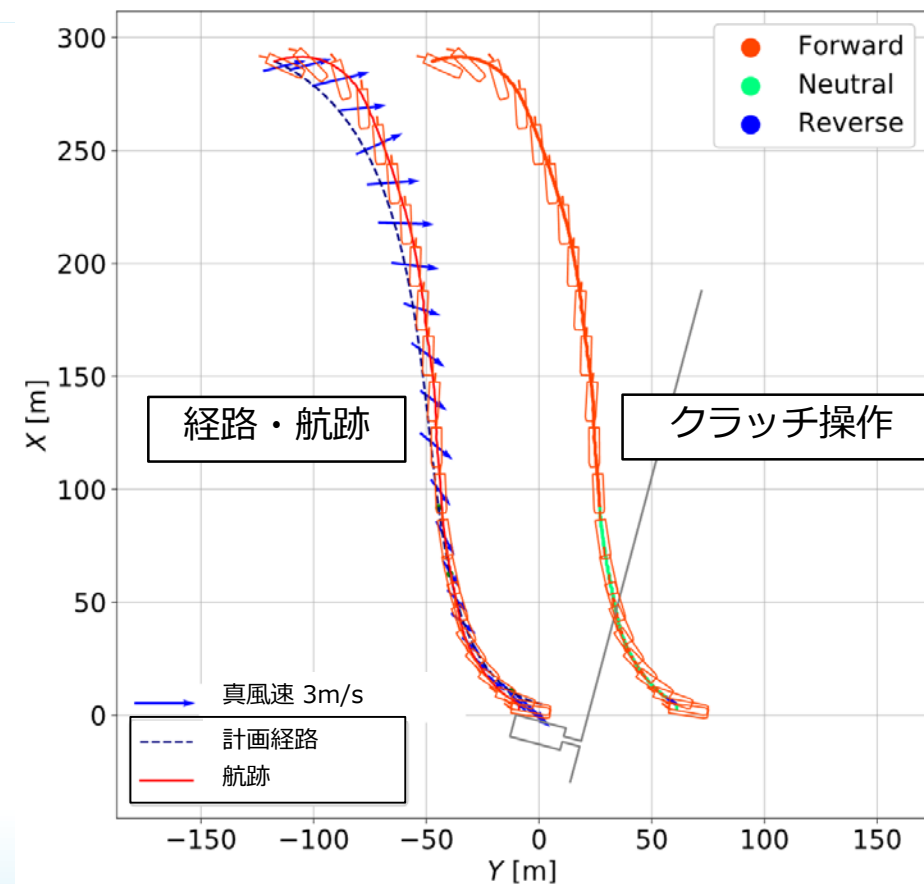
自動着岸試験時の経路

2. 小型実験船による自動着棧試験 実用的な自動着棧システムを開発するための課題

No.	項目	課題
1	小型実験船による自動着棧システムの高度化	<ul style="list-style-type: none"> ● エンジン回転数制御による着棧時間の短縮 ● 下記課題の対応, 確認試験など
2	安全対策 (ハードウェア保護)	<ul style="list-style-type: none"> ● 対象船舶の自動化に適した安全対策の検討 (クラッチ操作, ガバナ制御) ● 操船シミュレータの活用など
3	安全対策 (非常停止機能)	<ul style="list-style-type: none"> ● 危険状況の自動判定機能 ● 非常停止の自動発令機能など
4	外力変化に対応した適切な経路設定機能	<ul style="list-style-type: none"> ● 既存計測結果のデータベース化 ● AI技術の利用など
5	センサ技術の信頼性向上	<ul style="list-style-type: none"> ● 自船位置・方位センサの二重化, センサの自己診断相当機能 ● 陸上からの位置・姿勢計測技術など
6	周囲状況確認機能	<ul style="list-style-type: none"> ● 画像認識技術やAI技術の利用, 避航操船技術の利用 ● 係船状態の監視機能など
7	その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 対象船舶の拡大 (小型貨物船等の着棧操船の調査, 実態把握・・・)

2. 小型実験船による自動着棧試験 実船試験のまとめ

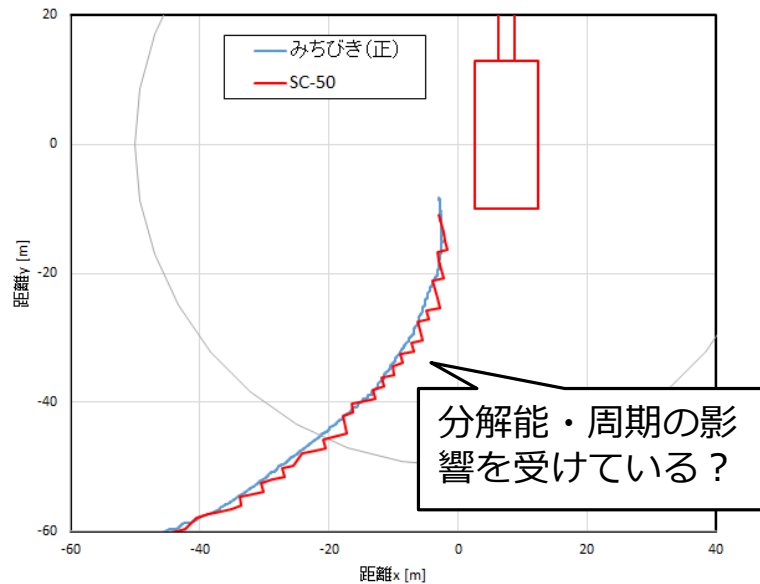
- ◆ 風速3m/s以下の外乱の影響が少ない状況では安定的に経路を追従し，着棧できることを確認した。
- ◆ 風速がより大きい場合（5～7m/s程度），計画経路との偏差が大きくなるものの，最終的に着棧できることを確認した。
- ◆ より実用的な自動着棧システムを開発するための課題を抽出した。



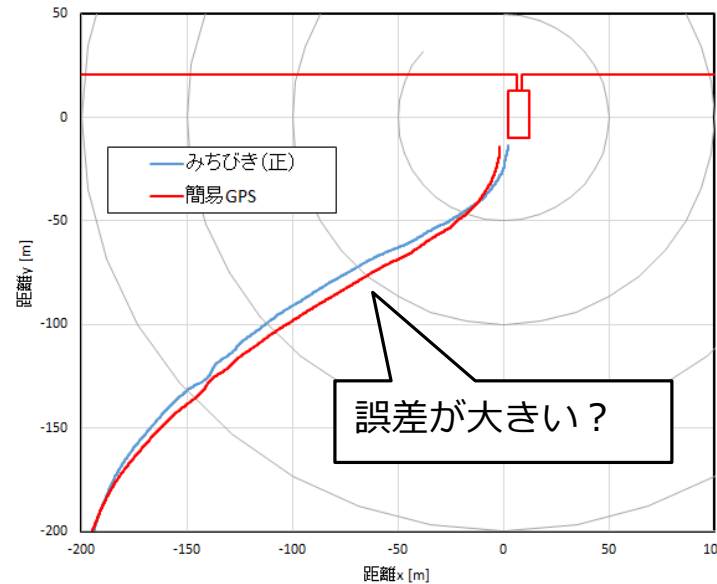
自動着棧制御の航跡とクラッチの変化

3. 自動着棧システムの安全性向上と利便性向上

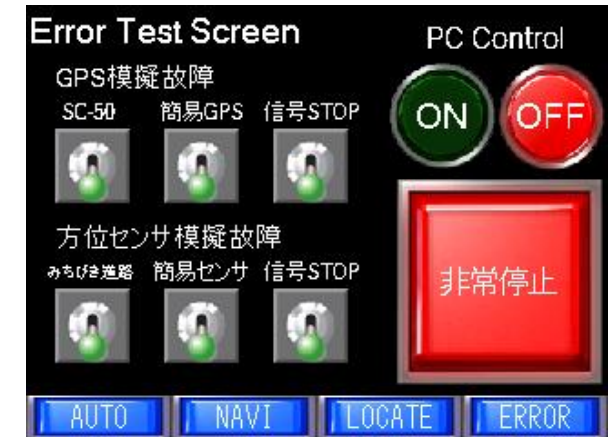
- ◆ 自動着棧の際には、船体位置と方位の高精度な計測が必要である。
- ◆ 位置センサ「みちびき」や方位角センサの故障を想定して、模擬故障試験を行った。



(a) みちびき (0.1秒周期) を通常GPS (1秒周期) に切り替えた例



(b) みちびきを低精度GNSSに切り替えた例



模擬故障試験結果の一例 (2019年度)

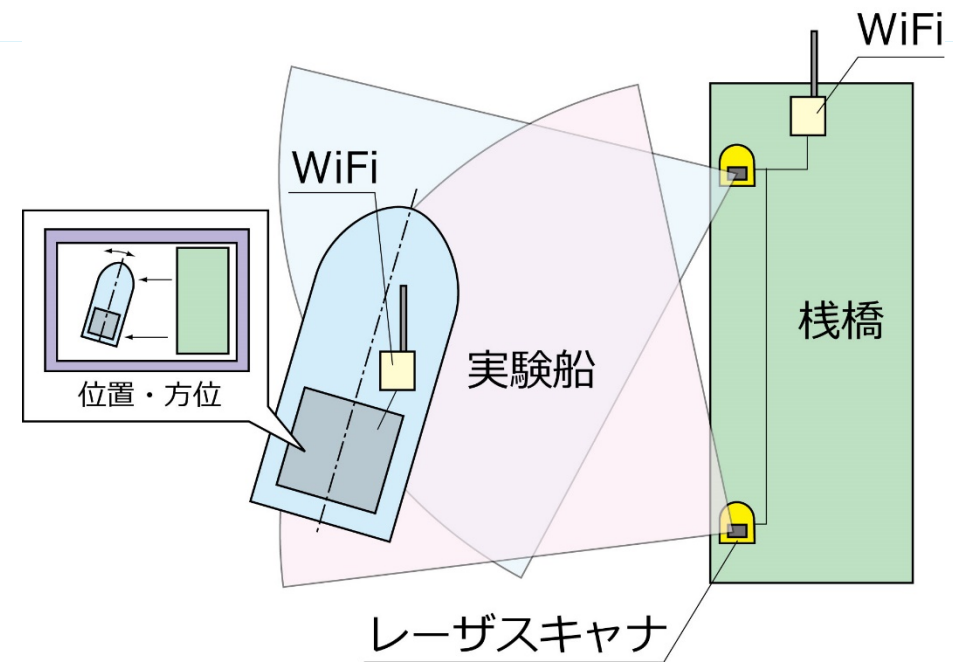
3. 自動着岸システムの安全性向上と利便性向上

自動着岸システムのリスク評価例（抜粋）

大分類	部品・要素	故障モード	故障の影響	重要度	故障の原因	頻度	検出度	評価RPN	対策	
									対策の必要性	具体的な対策
船舶構成部品	主エンジン・クラッチ	破損	航行不能, 漂流, 衝突	9	部品の劣化	2	2	36	対策不要	
	油圧操舵システム	破損	航行不能, 漂流, 衝突	8	部品の劣化	2	2	32	対策不要	
船舶構成部品と制御器とのインターフェイス	エンジン駆動ユニット（アナログ出力）	作動不良	自動運航不能	8	断線, 接触不良	2	3	48	対策不要（設計再確認）	対策不要（有人運航時）
	エンジン駆動ユニット（リレー出力）	破損, 作動不良	自動運航不能, 衝突	9	部品の劣化, 断線, 接触不良	3	2	54	対策の必要性を要確認	日常点検におけるリレーの動作確認
	操舵システムユニット	作動不良	自動運航不能, 衝突	8	断線, 接触不良	2	3	48	対策不要（設計再確認）	対策不要（有人運航時）
	スラスト用リレー回路	破損, 作動不良	栈橋との接触	5	部品の劣化, 断線, 接触不良	3	2	30	対策不要	
制御器等	PLCシステム	破損	自動運航不能, 衝突	8	部品の劣化	2	2	32	対策不要	
		誤作動	自動運航不能, 衝突	7	プログラミングミス	2	4	56	対策の必要性を要確認	適切な機能確認試験
	制御・監視用船内LAN	作動不良	自動運航不能, 衝突	8	部品の劣化	2	2	32	対策不要	
	制御用PC	破損	自動運航不能, 衝突	8	部品の劣化	4	2	64	対策が必要	産業用PCの利用
		誤作動	自動運航不能, 衝突	8	プログラミングミス	2	4	64	対策が必要	適切な機能確認試験
制御器とセンサのインターフェイス	PLC-PC間通信（シリアル通信）	作動不良	自動運航不能	7	部品の劣化	3	2	42	対策不要（設計再確認）	通信の二重化, チェックサム等による確認
	PLC-センサ間通信（シリアル通信）	作動不良	自動運航不能	8	部品の劣化	3	2	48	対策不要（設計再確認）	通信の二重化, チェックサム等による確認
各種センサ	みちびき測位システム	破損	衝突	9	部品の劣化	2	2	36	対策不要	
		誤作動	衝突	9	衛星通信, 陸上設備の不具合等	3	3	81	対策が必要（重要）	センサの二重化, 自己診断に相当する機能
	方位角センサ	破損	衝突	8	部品の劣化	2	2	32	対策不要	
		誤作動	衝突	8	磁気状態, 機器不具合等	4	2	64	対策が必要	センサの二重化, 自己診断に相当する機能

3. 自動着棧システムの安全性向上と利便性向上 センサの二重化

- ◆ 船体位置センサと方位角センサの二重化技術として、陸上からの距離計測と簡易的な船-陸WiFi通信を組み合わせたシステムの試験を行っている。
- ◆ 簡易的な実船試験により、約1.5kmの距離で船-陸WiFi通信できることや2台のレーザスキャナを陸上に設置して船影を表示できることを確認している。



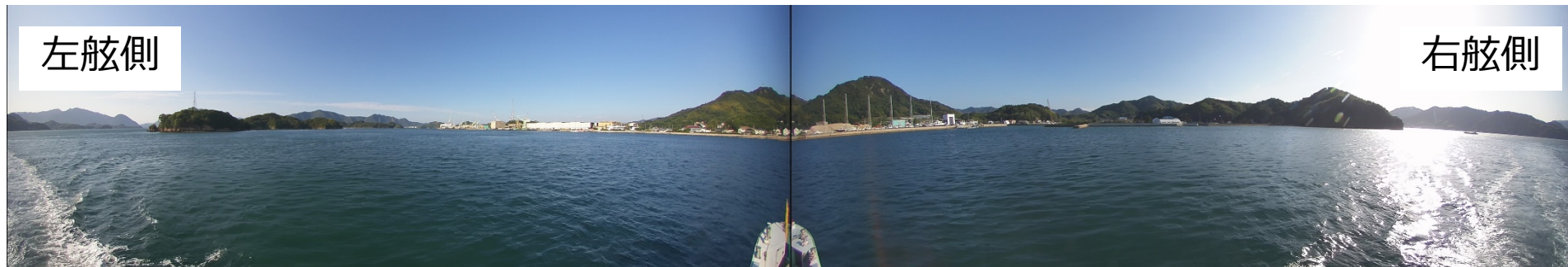
距離計測と船-陸WiFi通信のイメージ



これらの技術のほか、みちびきの複数台設置や非常停止機能など、自動着棧をより安全にするための検討を進めている。

3. 自動着棧システムの安全性向上と利便性向上 周囲状況監視のための映像処理技術

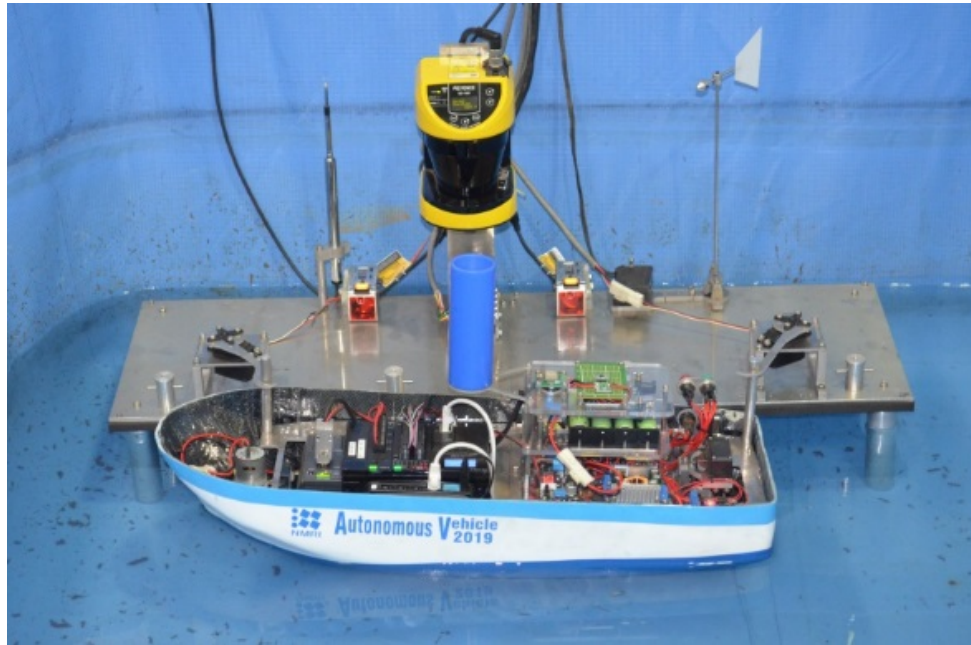
- ◆ 実験船に複数のネットワークカメラを設置し、離着棧時の映像を取得するとともに、通常運航時の他船認識のための教師データを取得している。



➡ これらの技術のほか、陸上監視や遠隔操船システム、自動着棧システムを使いやすくするためのユーザインタフェースなどの検討を進めている。

4. 模型船を用いた船員負荷低減技術の開発

- ◆ 係船作業の自動化や各種船員負荷低減技術を搭載した模型船を紹介する。



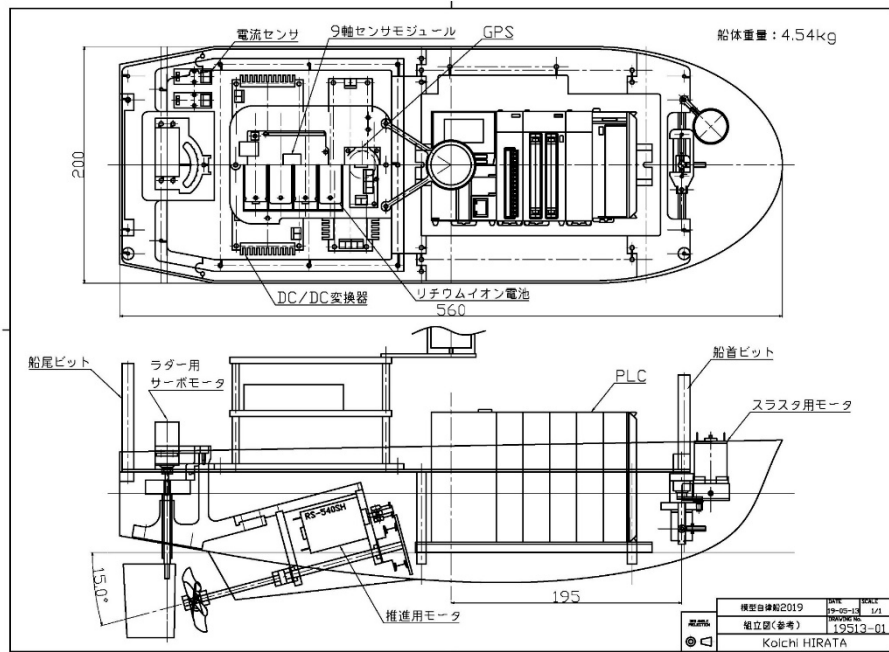
模型自動運航船 + 自動係船システム



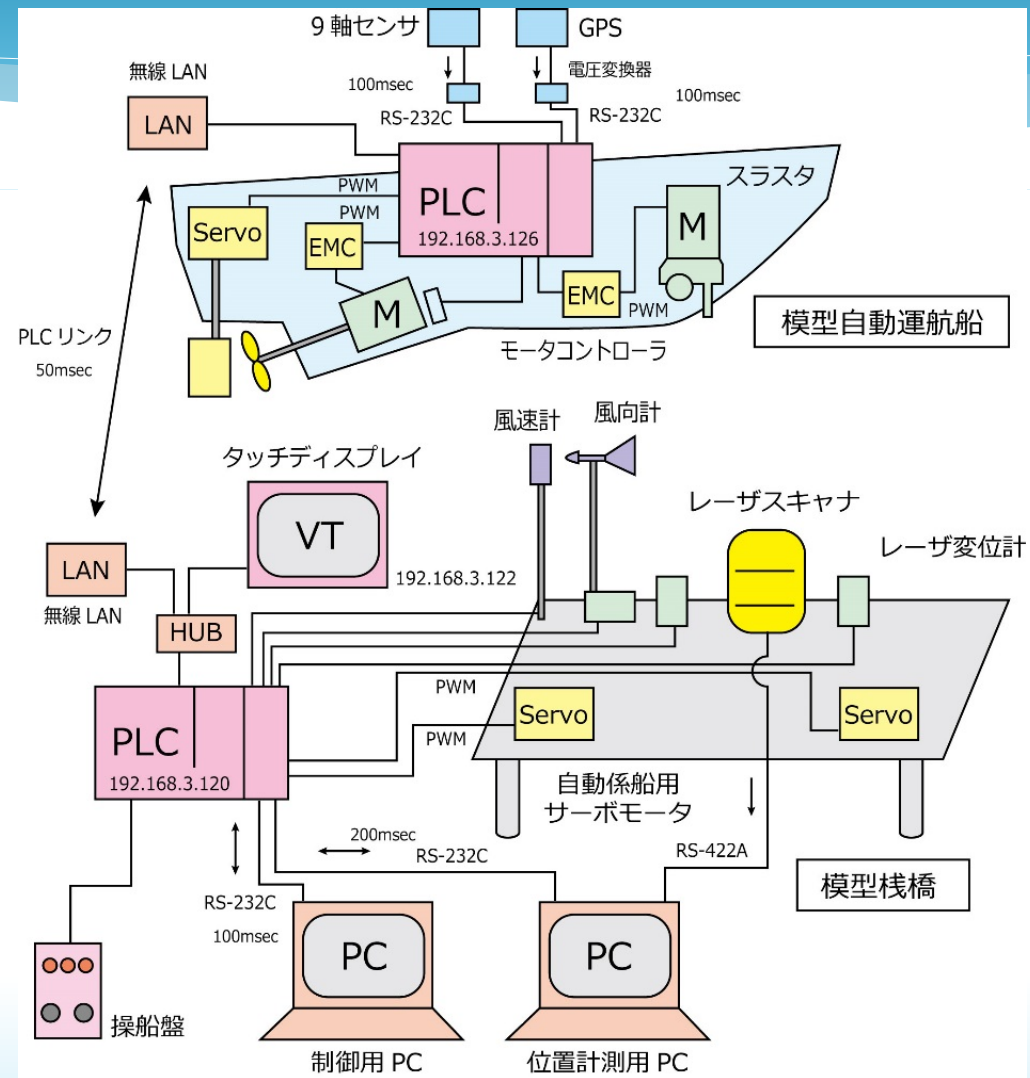
499GTケミカルタンカー模型船

4. 模型船を用いた船員負荷低減技術の開発 自動係船システム

- ◆ PLC制御の模型自動運航船および自動係船システムを含む模型栈橋を試作した。
- ◆ 1軸1舵の模型自動運航船には、バウスラスタが取り付けられている。



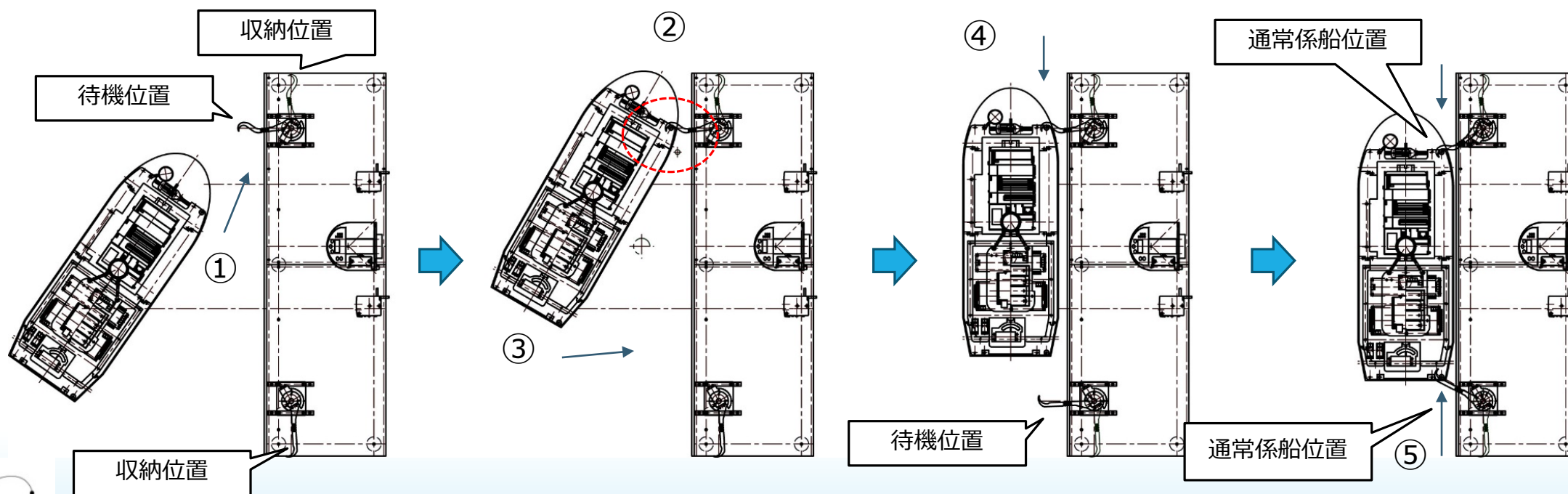
模型自動運航船



模型自動運航船システムの基本構成

4. 模型船を用いた船員負荷低減技術の開発 自動係船システム

- ◆ 船首側と船尾側の係船装置（フック）を陸上のPLCで自動制御する。
- ◆ 船首側ビットを係船装置に押し当てて、左舵+前進で船尾を栈橋に近付けることによって、船体の位置を検知し、自動で係船作業が行われる。



模型自動係船システムの基本動作

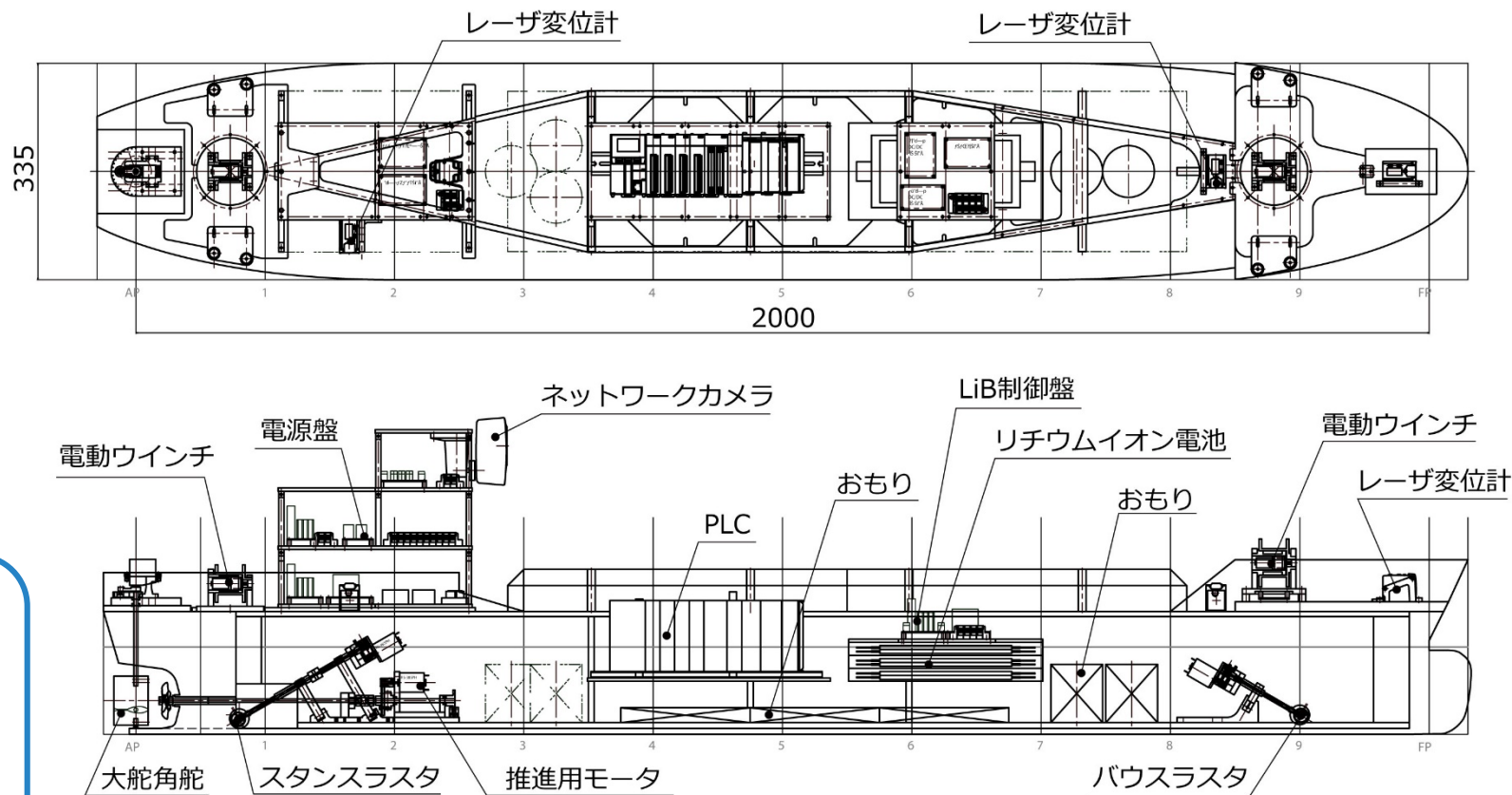
4. 模型船を用いた船員負荷低減技術の開発 内航貨物船の着棧支援・自動着棧システム

- ◆ 199~499GTの内航船舶を想定した模型船に、スラスト、電動ウィンチ、ジョイスティック操船、監視カメラ、距離計測センサ、支援システムなどを搭載し、負荷低減技術の研究開発を進めている。



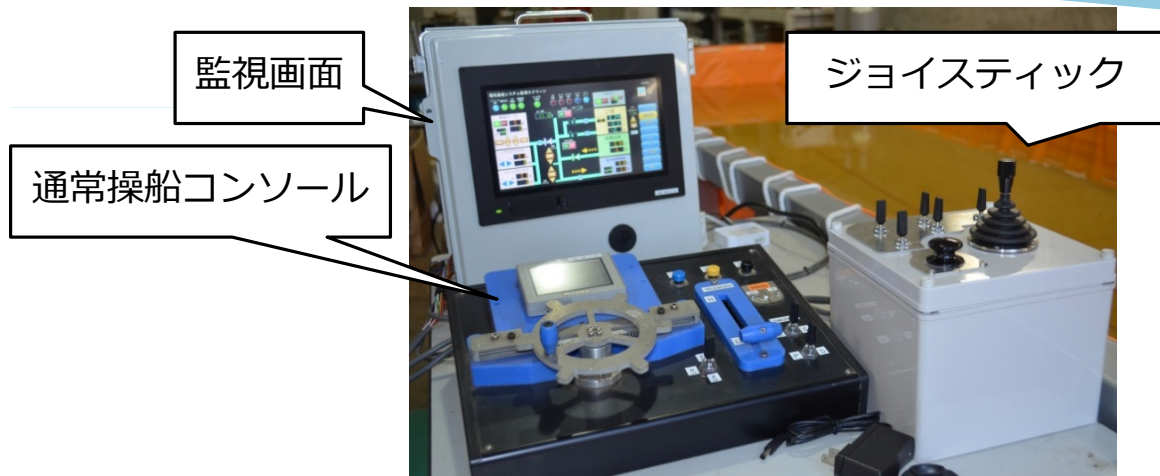
一般社団法人
内航ミライ研究会

本模型船は、本瓦造船殿の協力のもと、
(一社)内航ミライ研究会と共同で研究開発を進めています。

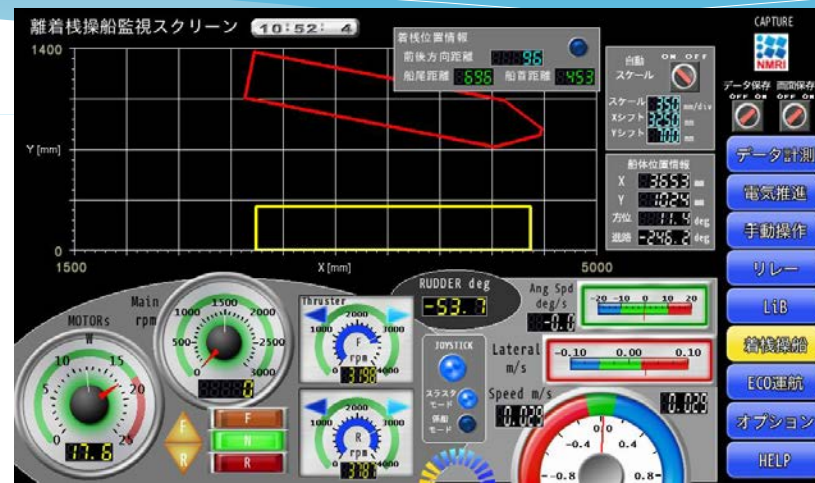


199GT模型船の構造

4. 模型船を用いた船員負荷低減技術の開発 内航貨物船の着棧支援・自動着棧システム



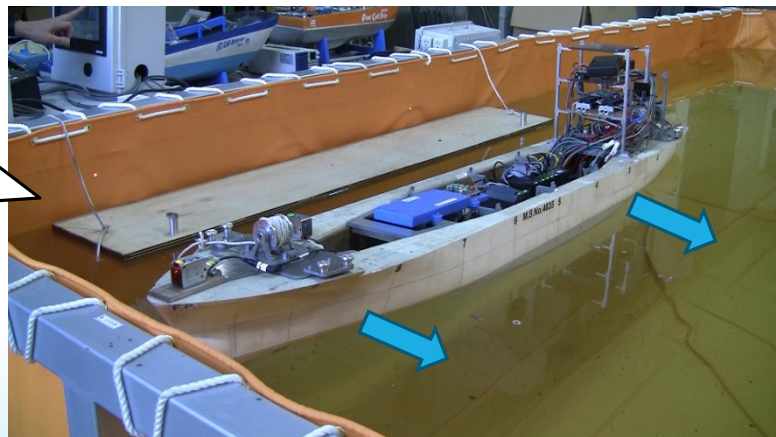
ジョイスティック操船



離着棧操船監視スクリーン（離着棧支援）

船体位置や距離の表示、音声支援などの技術を開発している。

2基のスラストを使うことで、横移動やその場旋回ができる。



遠隔操作が可能な電動ウインチにより、着棧・係船作業を容易にする。

5. まとめ

- ◆ 海上技術安全研究所では、自動着棧システムなどの船員負荷を低減するための技術開発を進めている。
 - ① 小型実験船による自動着棧試験を実施し、真風速3m/s以下の外乱の影響が少ない状況では安定的に経路を追従し、着棧できることを確認した。
 - ② 自動着棧システムをさらに安全で使いやすくするために、センサの二重化やユーザインタフェースの研究開発を進めている。
 - ③ 模型船を用いた自動係船システムや船員負荷低減技術の研究開発を進めている。