

研究成果報告書

日本財団 会長 笹川 陽平 殿

報告日付: 2022年 06月 30日
 事業ID: 2020562766
 事業名: 避航操船および自動離着棧技術の開発(2年目)
 団体名: 三井E&S造船株式会社
 代表者名: 平山 明仁
 TEL: 03-3544-3345
 事業完了日: 2022年 06月 30日



以下の通り、研究成果について報告いたします。

1. 研究開発体制について

1.1 体制表

本コンソーシアムの研究開発体制を図 1に示す。

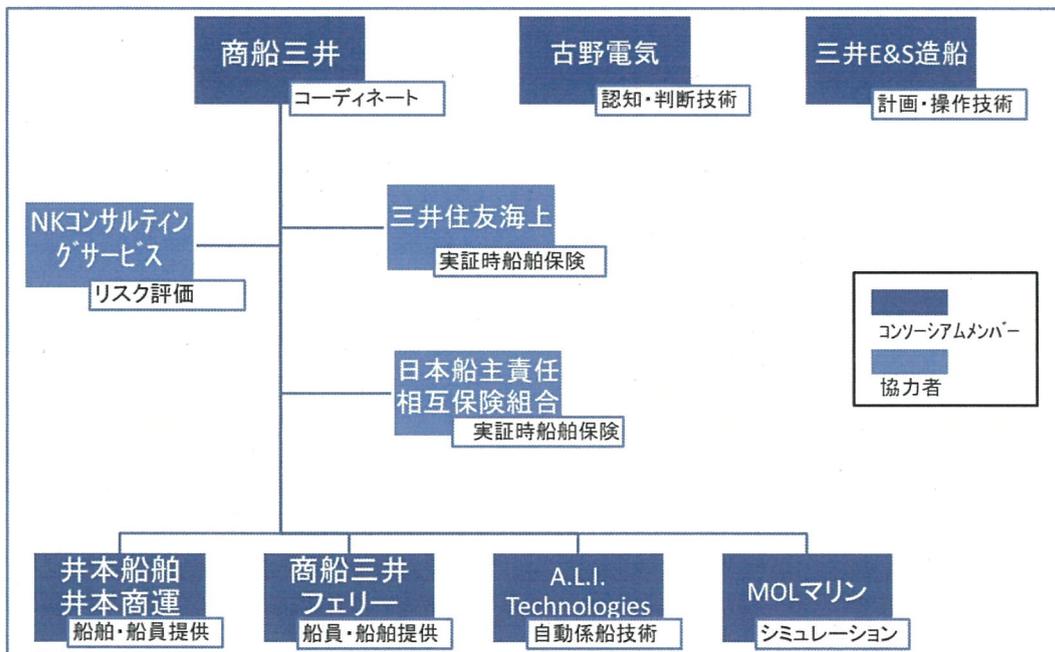


図 1 コンソーシアムの研究開発体制

1.2 役割表

各社の主要な役割を表 1 に示す。

表 1 各社の主要な役割

	主要役割	実績・知見
(株)商船三井	全体コーディネーション、無人運航船の導入及び運用に関するリスク評価	総合海運会社として、あらゆる船主、船型運航に精通。
古野電気(株)	「認知」機能の開発 (認知センサー統合、着棧操船支援センサ)	航海用電子機器メーカーとしてシェア、先進性共に業界をリード。
三井E&S造船(株)	「判断」「操作」機能の開発 (避航操船・港内操船の自動化、自動離着棧)	避航・離着棧アルゴリズム開発に加え、統合操船システムの開発・販売実績があり、計画・制御を通して開発できる数少ない会社。
井本船舶(株) 井本商運(株)	試供船・船員提供、運航計画作成	内航コンテナ船会社最大手。豊富な運航実績、知見あり。
商船三井 フェリー(株)	試供船・船員提供、運航計画作成	国内大手カーフェリー会社の一つとして、豊富な運航実績、知見あり。
(株)A.L.I. Technologies	係船支援技術の開発 (ドローンを用いたヒーピングラインの岸壁投下)	ドローンを活用したソリューションでの実績多数。海運業界にないアイデア・知見を提供する中小企業。
(株)MOLマリン	自動避航操船・自動構内操船・自動離着棧のシミュレーション作成	国内最大級の操船シミュレータを利用したハイレベルなコンサルティングの提供。

1.3 スケジュール(提案時)

提案時の2ヶ年スケジュールを表 2 に示す

表 2 開発スケジュール

実施項目	2020年 1月～6月	2020年 7月～12月	2021年 1月～6月	2021年7月～ 2022年3月
自動化技術の開発・導入				
自動操船技術	システム開発	システム導入	アップデート	アップデート
自動離着棧橋技術	システム開発	システム導入	アップデート	アップデート
係船支援技術	システム開発	システム開発	システム導入	アップデート
陸上支援技術	システム開発	システム開発	システム導入	アップデート
無人運航実用化に向けた課題抽出				
実証航海の リスク評価	評価実施	評価報告		
実用化に向けた リスク評価			評価実施	評価報告
自動運航の実証実験				
内航コンテナ船	機器設置準備	機器設置	動作検証	予行実験 実証実験
大型カーフェリー	機器設置	動作検証	予行実験	実証実験

1.4 四半期報告概要

2020 年度第 1 四半期	システム概念設計、構成検討、機器搭載に向けた関係者間調整の実施
2020 年度第 2 四半期	システムの基本設計および詳細設計の実施、リスク評価の実施
2020 年度第 3 四半期	シミュレーション環境の構築およびアルゴリズム調整、搭載工事の調整
2020 年度第 4 四半期	「みかげ」向け搭載工事の実施、船に搭載した各機器の海上調整実施
2021 年度第 1 四半期	実船を使った自動操船システムの検証・調整作業の実施(モード切替)
2021 年度第 2 四半期	実船を使った自動操船システムの検証・調整作業の実施(港内・離着棧)
2021 年度第 3 四半期	実船を使った自動操船システムの検証・調整作業の実施(避航・予行実験)
2021 年度第 4 四半期	実証試験およびメディア公開デモンストレーションの実施

2. 研究概要および成果

2.1 研究の目的

安全かつ競争力のある輸送サービスを提供し、世界規模でのモーダルシフトを推進することを目標とする。中長期的には、内航を始めとする海運業界の抱える以下課題を、自動化技術の製品化により解消する。

- ・ ヒューマンエラーに拠る海難事故
- ・ 船員の労務負担

2.2 研究の目標

物理的な特性や運用上の特性が異なる複数の船舶に対して、自動化技術および無人運航船の運用を試行し、既存航路における避航、離着棧、係船業務の自動化技術の実証を行うことで、多様な内航船を広くカバーする汎用性の高い技術開発および運用ノウハウの蓄積を行う。

また、技術・運航両面での課題を抽出することで、新たな技術イノベーションのきっかけを作ることを 2022 年 3 月末時点での目標とする。

2.3 実験対象船および航路

目標である多様な内航船をカバーすることが出来る汎用的なシステム開発を行うため、実証試験には内航コンテナ船と大型カーフェリーの2隻を用いることとした。それぞれの船の特徴および航路について図2～図5に示す。

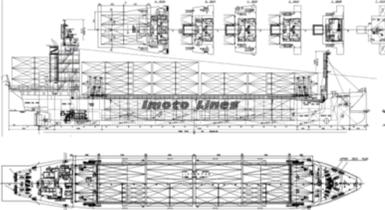
内航コンテナ船		本事業に用いる船舶	
  	船名	みかげ	
	船種	内航コンテナ船	
	船舶所有者	井本船舶株式会社	
	船舶運航者	井本商運株式会社	
	造船所	小池造船海運株式会社	
	起工	2015年3月23日	
	就航	2015年9月28日	
	総トン数(トン)	749	
	載貨重量(トン)	1,870	
	満載排水量(トン)	3,203	
	搭載車両数	該当なし	
	旅客定員数	該当なし	
	船の寸法	L(長さ)= 95.50(m) B(幅) = 13.50(m) D(深さ)= 7.05(m)	
	計画速度(ノット)	14.69	
	主機	メーカー	ダイハツディーゼル株式会社
	型式	単動4サイクルディーゼル機関	
	航海中の使用燃料 (A重油 or C重油)	C重油(VLSFO)	
	備考	<ul style="list-style-type: none"> ・一軸一舵(フラップ舵) CPP + B/T 1機 ・航路: 敦賀～境港(145マイル) 	

図2 実証試験船「みかげ」の概要



図3 「みかげ」実証試験航路
(敦賀港～境港)

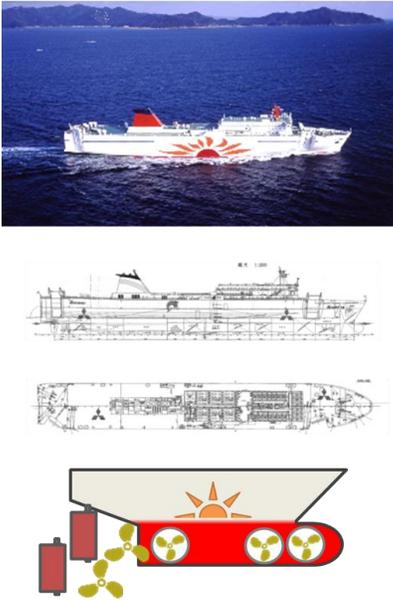
大型カーフェリー		本事業に用いる船舶	
		船名	さんふらわあ しれとこ
		船種	内航フェリー
		船舶所有者	商船三井フェリー株式会社
		船舶運航者	商船三井フェリー株式会社
		造船所	三菱重工業株式会社
		起工	2001年1月18日
		就航	2007年1月3日
		総トン数(トン)	11,410
		載貨重量(トン)	1,870
		満載排水量(トン)	6,277
搭載車両数	トラック 160台、乗用車 62台		
旅客定員数	154		
船の寸法	L(長さ)= 190.00(m) B(幅) = 26.40(m) D(深さ)= 18.35(m)		
計画速力(ノット)	14.69		
主機	メーカー	日本鋼管株式会社(JFE)	
	型式	NKK-SEMT-Pielstick 12PC4-2V	
航海中の使用燃料 (A重油 or C重油)		C重油(VLSFO)	
備考		・二軸二舵 CPP + B/T 2機 + S/T 1機 ・航路: 大洗～苫小牧(約400マイル)	

図 4 実証試験船「さんふらわあしれとこ」の概要



図 5 「さんふらわあ しれとこ」実証試験航路
(苫小牧港～大洗港)

2.4 自律操船システムの仕様

自律運航を実現するために不可欠な操船システムを構築するために、システムの目的および目標、運用条件、開発または関連するシステムへの要求等の条件設定を実施した。その内容を以下に示す。

- 船橋で行われている船舶を航行させるための作業を、自動・自律化するシステムとすること
- 与えられた航海計画をもとに、**Berth to berth** をハンズフリーで航行することを目的とすること
- 常に乗組員が自船および周囲の状況を把握していること
- システムの限定領域外または航行の安全が維持できないと予想された時には、乗組員によるフォールバックを行うこと
- 陸上からの支援なしでも機能するシステムとすること
- 製品化を考慮したシステムとすること
- 製品コストを抑えるため機器故障等に対する冗長性は考慮せず、フォールバックを要求すること
- 通常の船舶に搭載可能でかつ既存船に搭載可能なこと
- ワンアクションで、乗組員が既存の操船デバイスでの操船が可能とすること
- 既存のセンサ・機器からの入力、および既存のアクチュエータへの出力を前提とし、特にアクチュエータの制御権は常に明確にすること
- 船舶搭載機器の安全を考慮した接続とすること
- 海気象による限定領域は、個船の性能および航行海域ごとに設定すること

2.5 自律操船システムの各機能および構成

自律操船システムのシステム構成の概略図を図 6 に、各機能が担う役割を表 3 にそれぞれ示す。本システムは、既存の操船補助装置である統合操船システム(MMS)をベースとし、自動・自律化に必要なセンサ類および操船を制御するための自律操船制御システムを繋ぎこむことで構成されている。MMS を搭載する船舶であれば、新造船からレトロフィットまで、船種を問わず自動・自律化への拡張が可能である。

これらの自律操船システムの機能については、対象船である「みかげ」および「さんふらわあ しれとこ」の各々に於いて共通としており、加えて対象各船に備え付けられているアクチュエータ・センサ、および古野電気殿が開発した自船周囲統合情報システムとの接続を想定したシステム構成としている。構成図を図 7 および図 8 に示す。

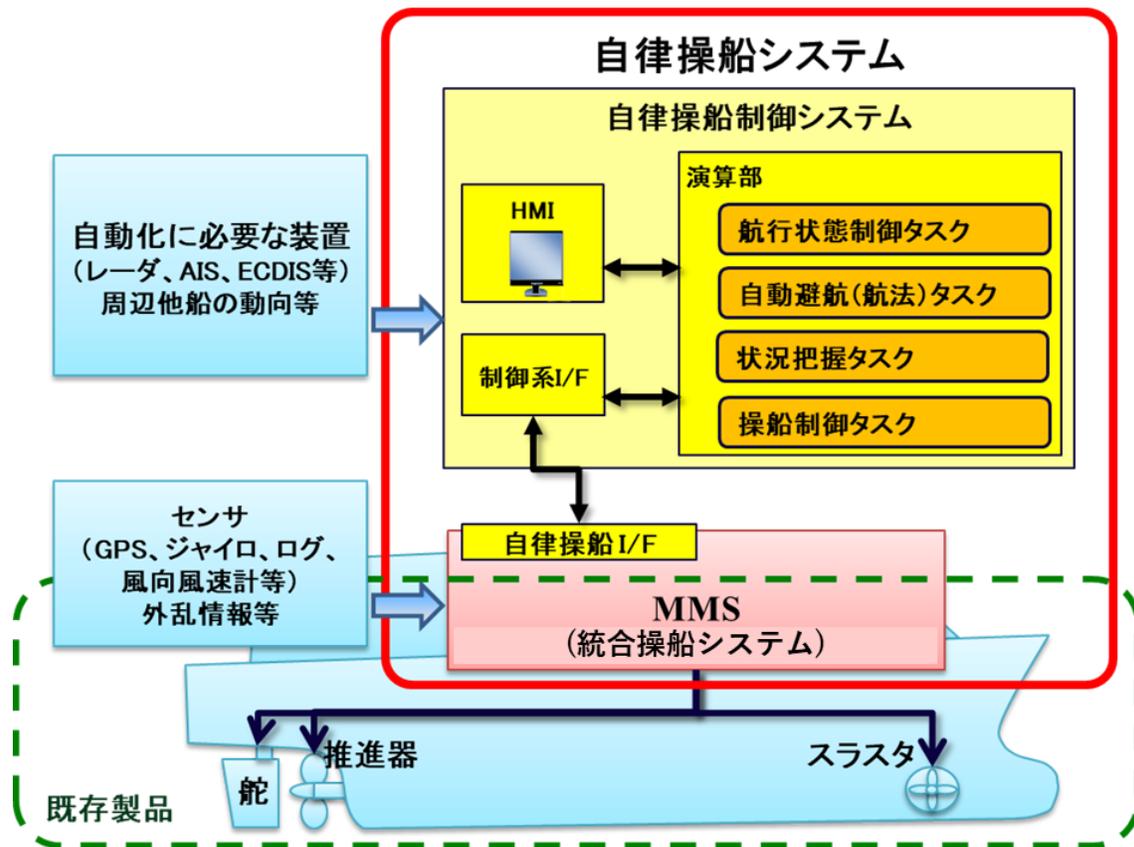


図 6 自律操船システムの構成概略図

表 3 自律操船システムの機能説明

サブシステム名	機能名	概要
自律操船制御システム	ヒューマンマシンインターフェース(HMI)	操船者(人間)に対して情報提示および指示受付を行う
	制御系インターフェース	統合操船システムとの通信を行う
	演算部-航行状態制御	自律操船制御の可否判断およびモード管理を行う
	演算部-自動避航(航法)制御	航行リスクの演算および避航計画の策定を行う
	演算部-状況把握	センサ等から入力された情報を使い自船および周囲の状況把握を行う
	演算部-操船制御	各モードの制御演算・指示および外力推定を行う
統合操船システム(MMS)	自律操船インターフェース	自律操船制御システムとの通信を行う
	アクチュエータ情報入出力	舵・プロペラ・スラストについて集約して制御を行う
	センサ情報入出力	接続された各センサについての情報集約を行う
	ジョイスティック操船機能	ジョイスティック操船により各アクチュエータの同時制御を行う
	姿勢制御機能	方位保持・定点保持を行う
	フォールバック機能	自動操船から手動操船またはジョイスティック操船への緊急切替を行う

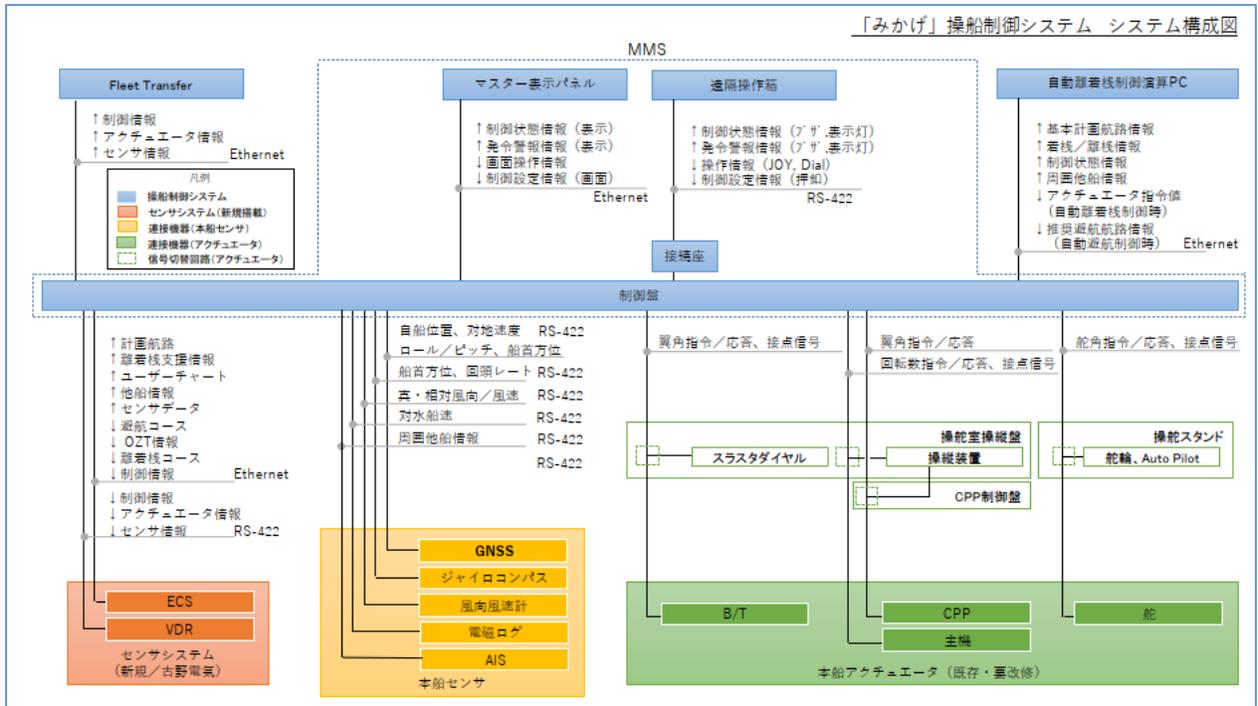


図 7 「みかげ」向け自律操船システム構成図

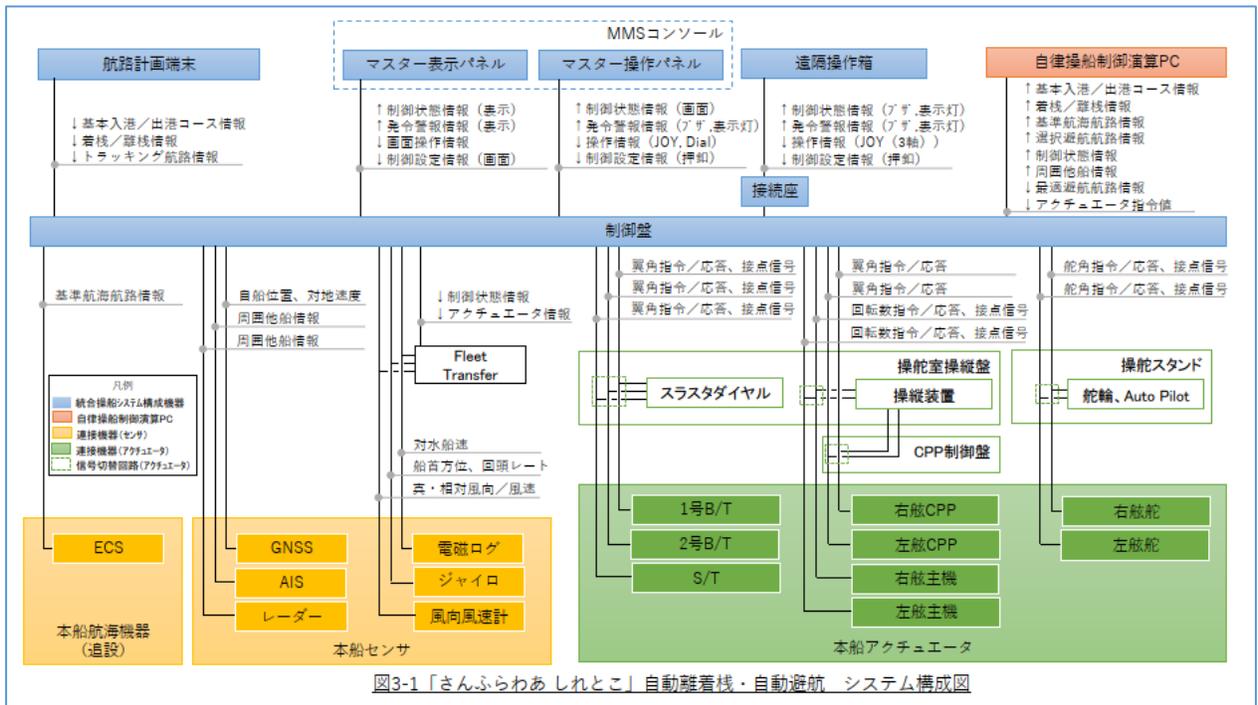


図 8 「さんふらわあ しれとこ」向け自律操船システム構成図

2.6 自律操船システムによる実証試験における制御目標

2.5 の表 3 に示した各サブシステムの機能を組み合わせることで、図 9 に示す各自動化タスク(技術)を 1 航海の実証試験中に実現することとし、それぞれの船の開発目標として、目指すべき性能レベルを図 9 に示すように設定した。

開発しようとしている機器・技術		目指す性能レベル	開発主担当
自船周囲認知			
センサ情報統合	画像認識情報、レーダー情報、AIS情報を統合し、避航対象物を特定する。	操船者からの知見を得ることで汎用性の高いシステムとして導入可能なレベル。荒天時や夜間における船舶やブイ等を特定できる画像認識レベル。	古野電気
センサ妥当性判断	複数のセンサから取得した生データに基づいて情報の妥当性を判断する。		
避航操船自動化			
避航計画作成・制御	自船周囲認知に基づく避航航路計画を作成し、航路追従制御を行う。	一般的な内航船の2等航海士と同等以上の操船レベル。	三井E&S造船
港内操船自動化			
アプローチ計画作成・制御	港口から着棧操船開始点までのアプローチを行う操船計画を作成し、計画追従制御を行う。	実証船の船長が危険と感じることなく、通常の1.5倍以内の時間で操船が完了するレベル。	三井E&S造船
出港操船自動化	時々刻々変化するリスクを評価し、連続的な操船制御を行う。		
離着棧操船自動化			
離着棧支援センサ	センサ情報に基づき船首と岸壁間の距離を計測する。	計測精度10cmを目標とする。	古野電気
離着棧操船自動化	各船の船体及び操縦性能に応じた離着棧操船制御を行う。	性別年齢問わず船員が手動でもヒービングラインを渡せる距離まで岸壁に接近する。	三井E&S造船
係船支援			
ヒービングライン自動投下	ドローンを自動操縦し、ヒービングラインを船上から岸壁の所定位置に投下する。	着棧検知による電源オンから、ヒービングラインの投下までを自動で運用可能なレベル。	商船三井
陸上支援			
無人運航用ARナビゲーション	ブリッジから撮影した動画像に、自船周囲認知情報、他船との衝突リスク、避航経路、着棧アプローチ等の情報を重畳表示した画面を陸上で再生する。	各船の外乱による影響特性に応じた補正により、監視者に不自然さを感じさせないレベル。	商船三井

図 9 1 航海の実証試験中に実現する自動化タスクおよび開発目標

2.7 実証試験のリスク評価

システムの安全性の確認を目的とし、実証試験を行う前に、設計した自律操船システムを対象にリスク評価を行った。リスク評価を行うにあたっては、ClassNK コンサルティングサービス(NKCS)殿にご協力頂き、SWIFT(Structural What-IF Technique)手法を使って抽出したリスク・ハザードに対して、HAZID(HAZard IDentification)会議にてシステム開発者・運用者・NKCS 殿による三者間での議論を行った。

会議では、各自動化タスクが実行される場面ごとにフェーズを分け、想定されるハザード(類似を除く約 120 件)への対策について約 4 日間の議論を行った。議論の結果として、従来の対策に加えて新たな対策を織り込むことにより、許容できないリスクは 0 件、実行可能な範囲でリスク低減が必要とされる(ALARP 領域)リスクは 75 件となった。それ以外のリスクについては、全て許容可能なリスクとして分類されることが確認された。

2.8 実証試験の準備(機器搭載および調整)

それぞれの船に対して、実証試験に必要な機器の搭載および改造を行うため、ドック期間中にて工事等を実施した。

「みかげ」については、2020 年 11 月 28 日～12 月 4 日の期間、広島県にある向島ドック株式会社にて、統合操船システム MMS および実験に必要なセンサ類の搭載工事と動作確認を実施した。「さんふらわあ しれとこ」については、既に MMS が搭載済みであったため、2021 年 6 月 7 日～6 月 8 日の期間、古野電気殿によるセンサ搭載および MMS へ接続工事のみが行われた。

また、それぞれの船への機器搭載完了後、通常運航の合間にて各自動化機能の調整を行いつつ、各自動化タスクの目指すべき性能レベルに到達できるよう開発を進めた。



図 10 統合操船システム(MMS)搭載工事の作業風景



図 11 搭載したシステムについて船主殿に説明する様子

2.9 実証試験

2.8 に示す調整を行った自律操船システムを用いて、それぞれの船に於いて 1 航海の無人運航実証試験を実施した。安全な実証試験を行うため、事前に実験について各航路の周辺関係者や公共機関とも十分な協議を行い、万が一実験中に問題が発生した際の連絡・安全確保体制の調整を行った。また、実証試験中に自動モードで走ることが出来る条件として実証試験実施基準を定め、それらの基準を超過した場合は船長の判断により中止(フォールバック)できるよう、各システムの担当技術者がサポートとして同乗することを含めて万全の体制で実証試験に臨んだ。

2.9.1 「みかげ」実証試験

2022 年 1 月 24 日～25 日にかけて、福井県敦賀市敦賀港を開始地点として、鳥取県境港市境港までの約 145 マイル間における 1 航海の無人運航実証試験を実施した。まず、岸壁よりわずかに船を離れた直後より、手動による操船から自律操船システムによる自動操船への切り替えを行った。自動離棧・港内操船・避航操船・自動着棧の各モードでの主な航跡について、それぞれ図 12～図 16 に示す。

航行の途中、自動避航が行われた際は悪天候により海象条件が悪く、最大で 35deg 程度の動揺(ローリング)が発生していたにも関わらず、設定航路ならびに避航航路のどちらにおいても、実施基準値を超えるような航路の逸脱をすることなく安定した航行が行えることが確認できた。この際に同乗していた船長からは安全面・操船面に対して特に指摘がなかったことから、目標としていた(安心して任せることが出来る)レベルの操船を達成することが出来たと考えられる。

また、自動着棧時には岸壁へのフェンダータッチ(接岸)まで自動で行うことが出来、開発目標としていた係船用のヒービングラインが手動および商船三井殿が開発したドローン経路のどちらでも渡せる距離まで十分近づけることに成功した。

港内の出入港については、システムによる操船タスクが完了するまでの時間について、通常の操船時と定量的に比較して評価を行うことは困難であるものの、同乗した船長から安全面・操船面に対しての特に指摘がなかったことから、概ね目標は達成できるレベルに達していると考えられる。

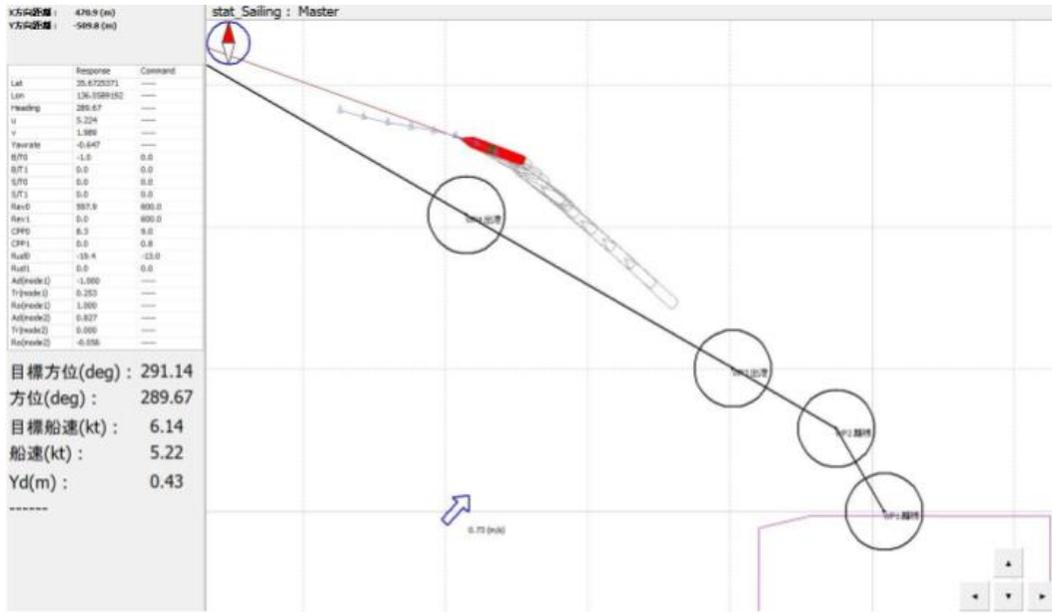


図 12 「みかげ」 自動離棧時の航跡図(自動モード開始)

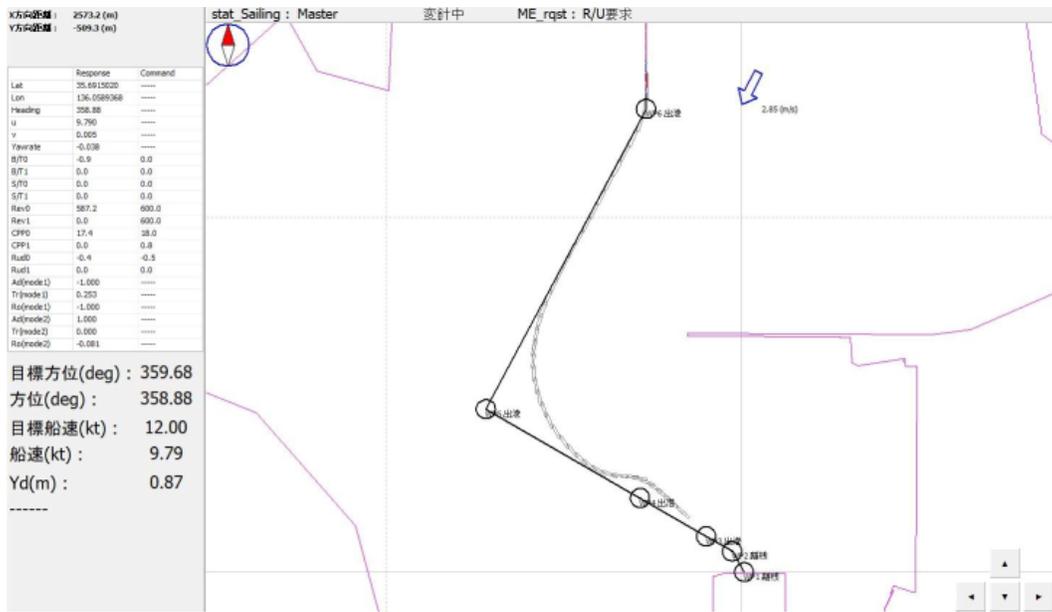


図 13 「みかげ」 自動港内操船時の航跡図

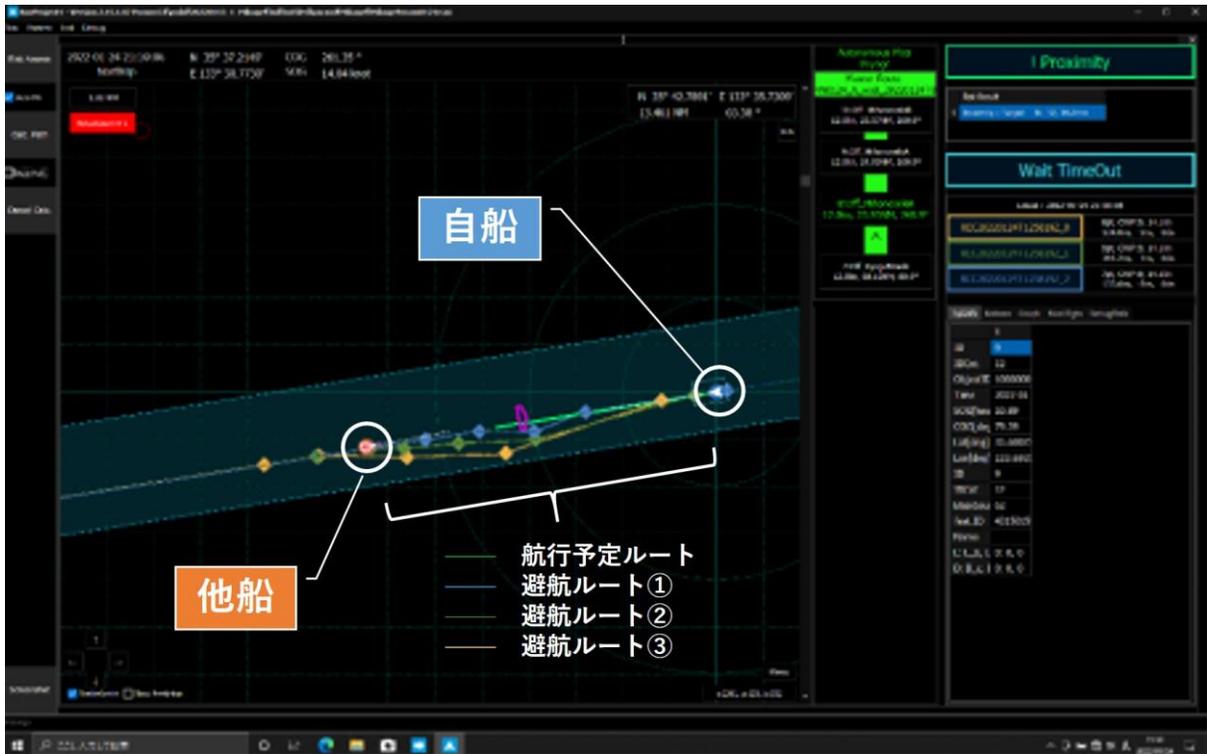


図 14 : 「みかげ」自動避航時にシステムが提示した避航航路

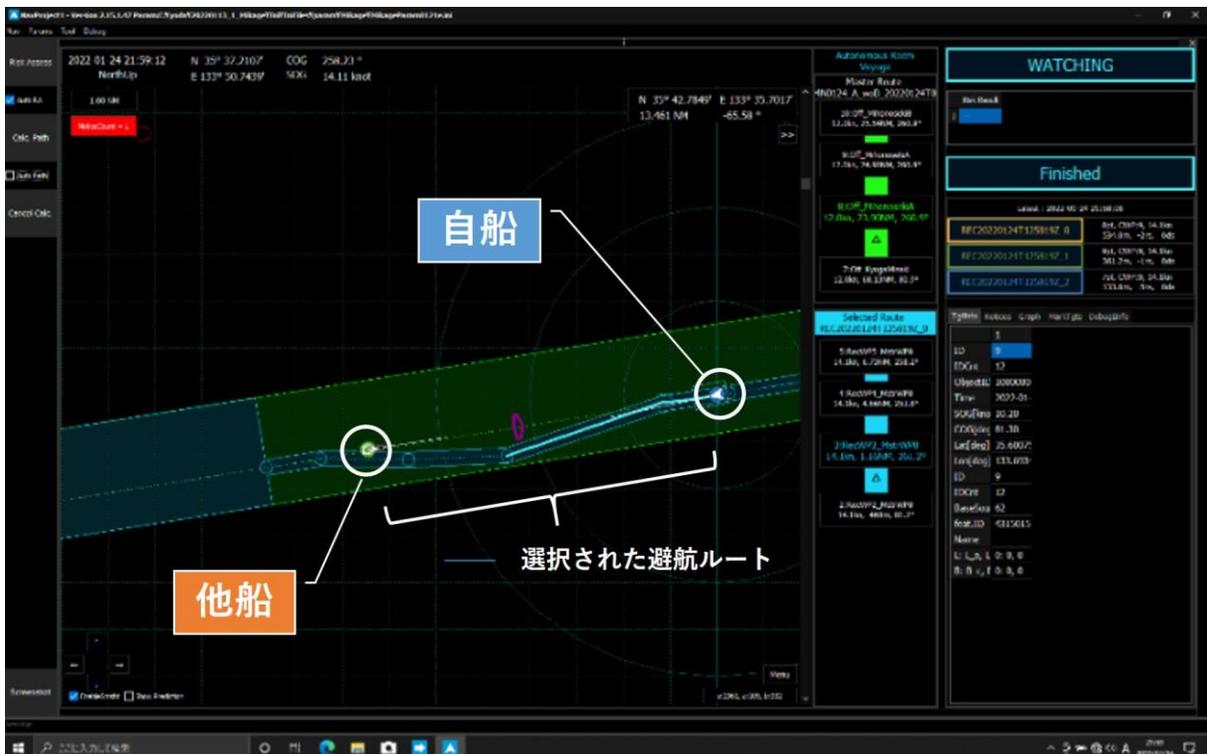


図 15 「みかげ」選択された避航航路にてシステムが避航する様子

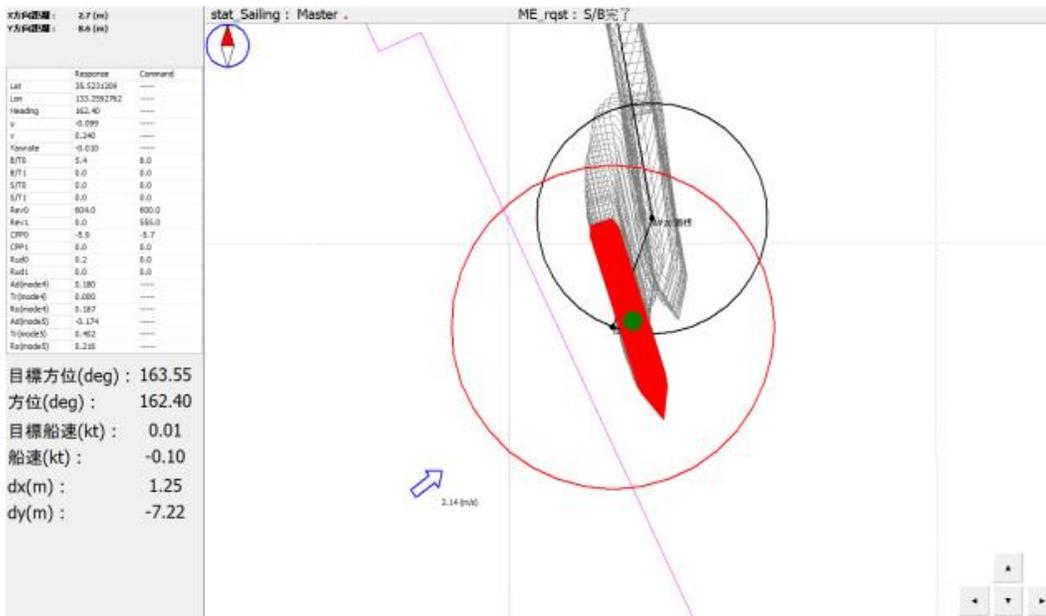


図 16 「みかげ」自動着棧時の航跡図
(赤円中心が着棧予定位置)

2.9.2 「さんふらわあ しれとこ」実証試験

2022年2月6日～7日にかけて、北海道苫小牧市苫小牧港を開始地点として、茨城県大洗町大洗港までの約400マイル間における1航海の無人運航実証試験を実施した。まず、岸壁よりわずかに船を離れた直後より、手動による操船から自律操船システムによる自動操船への切り替えを行った。自動離棧・港内操船・避航操船・自動着棧の各モードでの主な航跡について、それぞれ図17～図24に示す。

航行中は秒速20メートル程度の風が吹くこともあったが、設定航路ならびに避航航路のどちらにおいても、実施基準値を超えるような航路逸脱をすることなく、安定した航行が行えることが確認できた。この際に同乗していた船長からは安全面・操船面に対して特に指摘がなかったことから、目標としていた(安心して任せることが出来る)レベルの操船を達成することが出来たと考えられる。

また、自動着棧時には船員が手動でヒービングラインを岸壁へ渡せることが出来る距離まで近づけることが出来、開発目標を達成できたと考えられる。

港内の出入港については、1月に行われた「みかげ」による実証試験と同様に、システムによる操船タスクが完了するまでの時間について、通常の操船時と定量的に比較して評価を行うことは困難であるものの、こちらについても同乗した船長から安全面・操船面に対しての特に指摘がなかったことから、概ね目標は達成できるレベルに達していると考えられる。

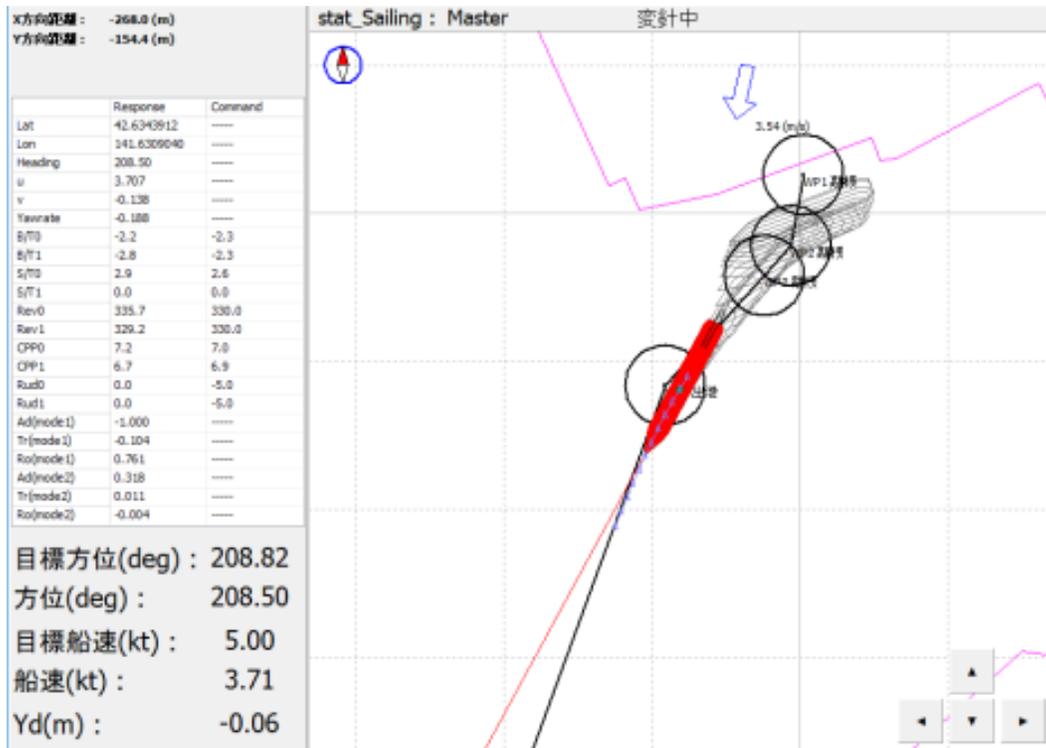


図 17 「さんふらわあ しれとこ」自動離棧時の航跡図(自動モード開始)

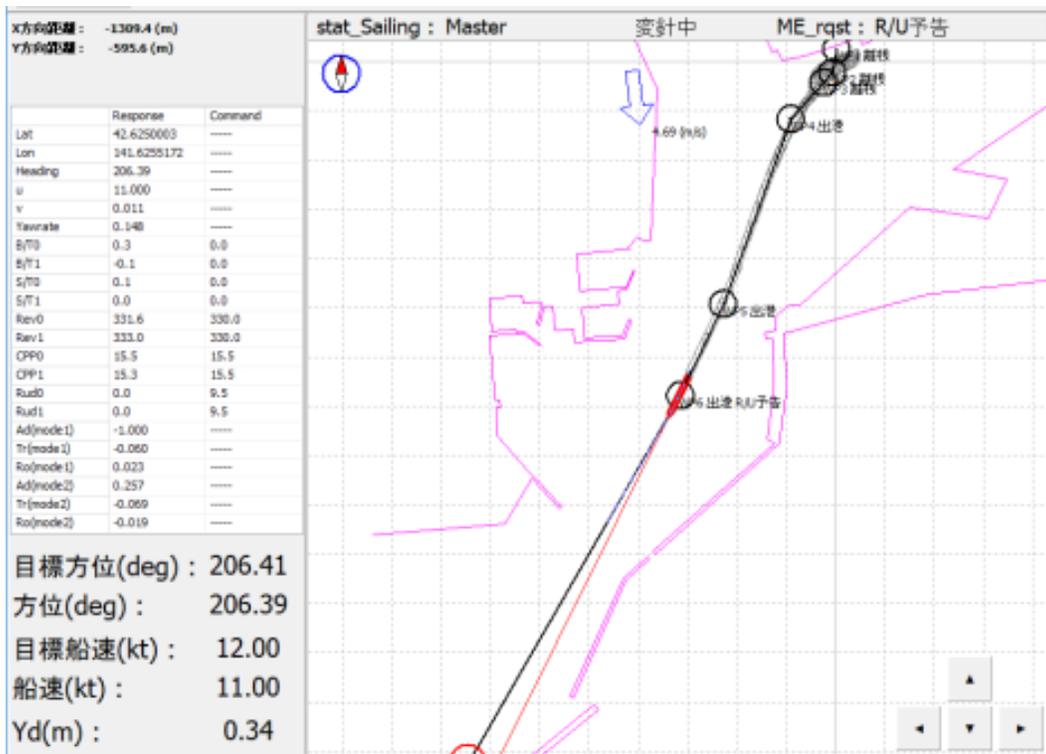


図 18 「さんふらわあ しれとこ」自動港内操船時の航跡時(苫小牧港内)



図 19: 「さんふらわあ しれとこ」自動避航時にシステムが提示した避航航路
(漁船群を避航)



図 20 「さんふらわあ しれとこ」選択された避航航路にてシステムが避航する様子
(漁船群を避航)

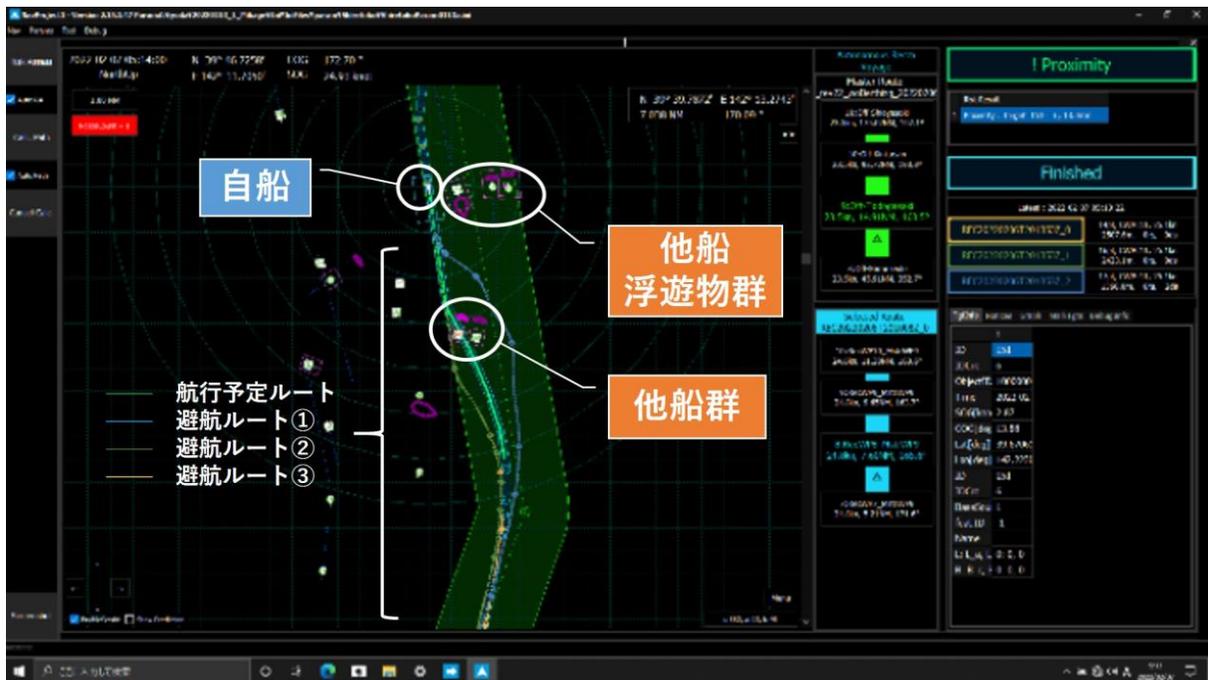


図 21 「さんふらわあ しれとこ」自動避航時にシステムが提示した避航航路
(他船と浮遊物を連続自動避航)

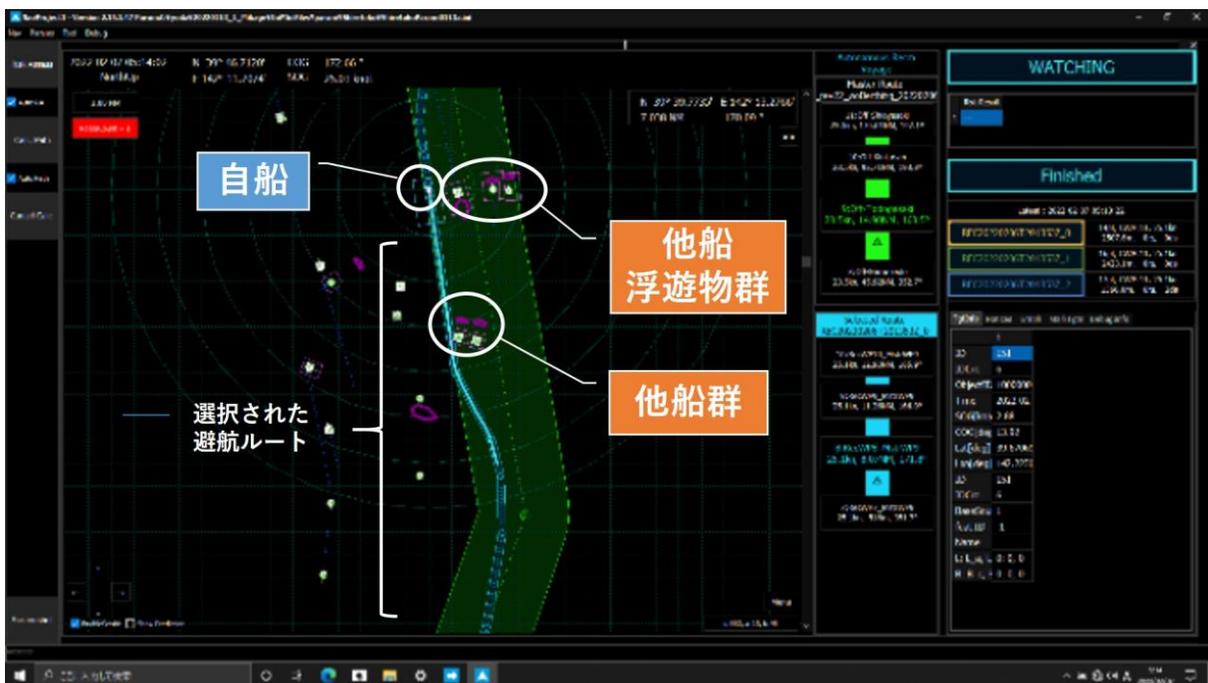


図 22 「さんふらわあ しれとこ」選択された避航航路にてシステムが避航する様子
(他船と浮遊物を連続自動避航)

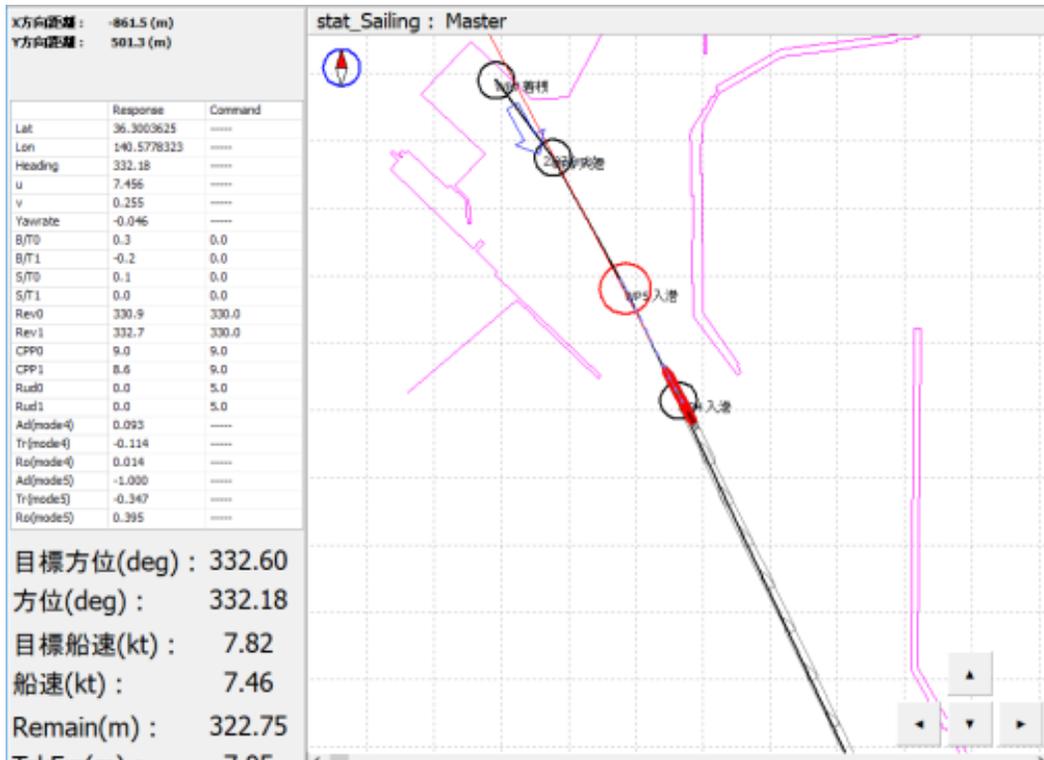


図 23 「さんふらわあ しれとこ」自動港内操船時の航跡時(大洗港内)

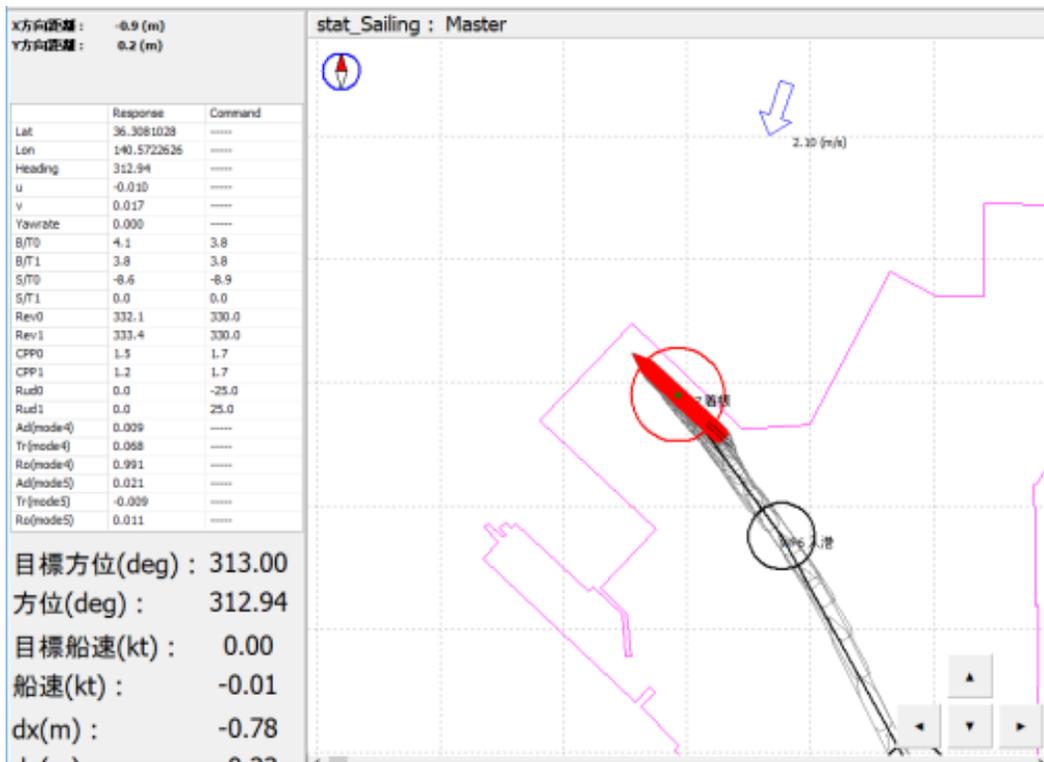


図 24 「さんふらわあ しれとこ」自動着岸時の航跡図

2.10 目標達成状況および成果

2.10.1 目標達成状況

今回の事業を通じて、749 総トン型内航コンテナ船「みかげ」（航路約 270 キロメートル）と 11,410 総トン型大型カーフェリー「さんふらわあ しれとこ」（航路約 750 キロメートル）にて、それぞれ搭載した自律操船システムを用いることで、離棧から着棧まで避航を含めた 1 航海の無人運航の実証試験に成功した。今回の実証試験にて、1 航海中の目標として定めた自動化タスクおよびそれらの性能目標についての達成状況は以下の通りである：

【避航操船自動化】

避航操船の自動化では、システムが自船周囲認知情報に基づいて避航航路計画を作成し、航路追従制御を行うことで、他船を避航することにそれぞれの実証試験にて成功した。また、同乗していた船長からは安全面・操船面に対して特に指摘がなかったことから、目標としていた(安心して任せることが出来る)レベルの操船を達成することが出来たと考えられる。

【港内操船自動化】

港内操船の自動化では、港口から着棧操船開始点までのアプローチを行う操船計画を作成し、計画追従制御を行いながら、時々刻々変化するリスクを評価し、連続的な操船制御を行った。気象条件は常に変化するため、操船時間を定量的に比較することは難しいものの、概ね通常の操船による着棧と大きな差を感じない時間内にて着棧することに、それぞれの実証試験にて成功した。

特に、「さんふらわあ しれとこ」は風圧面積が比較的大きく、風の影響を受けやすい船舶であるにもかかわらず、港外から港内にかけての環境が変化しやすい海域でも、安定した航路保持が行えたことは有益な成果であると考えられる。

また、同乗した船長から安全面・操船面に対しての特に指摘がなかったことから、概ね目標は達成できるレベルに達していると考えられる。

【離着棧操船自動化】

離着棧操船の自動化では、それぞれの船体および操縦性能に応じた離着棧操船制御を行うようにし、実証試験の着棧時には、ヒービングラインを渡せる距離まで岸壁に十分接近することに成功した。

特に「みかげ」においては、当初の目標であった着棧予定位置から、船長の許可のもとで岸壁への接岸(フェンダータッチ)まで自動で行うことに成功し、大幅に当初の目標を越える成果を得ることが出来た。内航船の一般的なサイズ・装備をもつ「みかげ」においてこの成功を収めることが出来たことは、内航海運の自動・自律化に向けて有意義な開発が行えた結果であると考えられる。

2.10.2 成果物

今回の無人運航実証試験を通じて得られた成果物については以下の通り：

- ① 自律操船システムの共通化された各機能をベースとして、それぞれの船の特性を考慮した機器構成および制御方法を適用したことで、目標としていた多種多様な内航船に対応可能な汎用性の高い自律操船システム開発を行うことが出来た。

- ② 検証・調整作業・および実証試験を通じて、実用化に向けて更なる開発に繋がるとような自動制御時の運航データ(例：実船同士の避航時のデータ)を得ることが出来た。
- ③ 内航船に対応した自律操船システムの設計・安全性評価・関係各所との調整・シミュレーション・実船テスト・および安全な実証試験実施体制の構築方法について実務を通じた知見を得られた。
- ④ 取材・記者会見(公開デモ)・展示会・学会を通じて無人運航船および関連技術に対する社会的認知拡大に貢献することが出来た。



図 25 「みかげ」実証試験成功時の集合写真
(2022年1月25日)



図 26 「さんふらわあ しれとこ」実証試験成功時の集合写真
(2022年2月7日)

2.11 課題

今回の無人運航実証試験を通じて得られた課題としては以下の通り：

- ① 避航操船での避航航路計画の提示→避航航路の確認→航路決定(人間による承認)するまでに要した時間により、避航開始が早すぎる・遅すぎるといった事例があった。安全な自動避航技術の実用化のためにも、猶予時間の設定やタイムアウト時の対応が出来るように引き続き開発を行っていく必要がある。
- ② 避航が発生するような見合い関係が生じて、相手船の動向や周辺航路の制限などにより、海上交通の法律で定められているような模範的な避航を実現することが困難な場合があった。そのため、相手船とのコミュニケーション手段の設置、またはそもそも見合い関係が生じさせないような中～長期的な避航を行えるようにすることで、相手船に不安を与えない安全かつ安心した避航を実現できると考えられる。
- ③ システムからの提案または人間の判断により、自動モードから人間による手動モードに切り替えた際には、操船者が従来の操縦機器(例えばステアリング)に移動しなければならないため、咄嗟にフォールバックに移行する場合などの操作性が悪いことが分かった。そのため、自律操船システム自体に操船機器と同等の機能を持たせるようにすることで、自動と手動をシームレスに切り替えることが出来るような機能が必要である。

3. 学会発表および論文発表

3.1 学会・展示会発表

- Sea Japan2022 セミナー「世界初の無人運航船プロジェクト「MEGURI2040」実証実験の成果報告会」, 4月. 2022
- 日本船舶海洋工学会 春季講演会「無人運航船の実現に向けた自律操船システムの開発 - 航路保持制御と実証実験の報告-」, 5月. 2022

3.2 論文発表

- 日本船舶海洋工学会 春季講演論文 「無人運航船の実現に向けた自律操船システムの開発 - 航路保持制御と実証実験の報告-」, 5月. 2022
- 日本航海学会誌「NAVIGATION」, 4月号. 2022
- 日本航海学会誌「NAVIGATION」, 7月号. 2022
- 日本船級協会技報「ClassNK 技報」, No.3. 2021

3.3 その他取材等

- 2022年02月 「さんふらわあ しれとこ」無人運航実証試験 記者会見
- 2022年01月 「みかげ」無人運航実証試験 記者会見
- 2021年08月 海事プレス「COMPASS」9月号掲載
- 2021年10月20日 海事プレス記事掲載
- 2020年06月24日 海事プレス記事掲載

4. 特許取得状況の実績および予定

特になし