

MEGURI2040に係る安全性評価

2022年度 成果報告書 概要版



2023年 6月

一般財団法人 日本船舶技術研究協会

目 次

1 事業の概要.....	1
1.1 事業の目的.....	1
1.2 事業の達成目標と効果.....	2
1.2.1 達成目標.....	2
1.2.2 効果.....	2
1.3 事業計画（実施内容・スケジュール・成果）.....	3
1.4 委員会構成.....	5
2 本年度の事業成果（安全性評価事業関係）.....	6
2.1 無人運航船プロジェクトに係る安全評価.....	6
2.2 総合シミュレーションシステムの開発等.....	19
2.3 総合調整、ガイドライン策定等.....	37
3 まとめ及び今後の計画.....	41
3.1 無人運航船プロジェクトに係る安全評価.....	41
3.2 総合シミュレーションシステムの開発等.....	41
3.3 総合調整、ガイドライン策定.....	42
3.4 今後の計画.....	43
添付資料 1 安全性評価事業関係の委員等名簿.....	47
添付資料 2. 事業成果物.....	51
①自動運航船/無人運航船のリスク解析手順書.....	51
②自動運航船のリスク解析シート標準.....	84
③総合シミュレーションシステムの概要.....	111
④安全ガイドライン案（IMO 提案）.....	118
⑤船舶分野における自律化・自動化に関わる民事法上の責任所在及び保険等の検討.....	131

1 事業の概要

1.1 事業の目的

我が国を取り巻く少子高齢化や働き方改革への対策は極めて重要であるが、海事産業でも同対策が急がれるところ、最近の自動運航技術の進展に伴い、無人運航船への期待が高まっている。日本財団は2020年6月に「無人運航船の実証実験にかかる技術開発助成プログラム（MEGURI 2040）」の実施を公表し、その早期実現が加速された。当該実験を円滑かつ速やかに進め、無人運航船の社会実装を確実にするためには、無人運航船の第三者による安全評価をはじめとする社会基盤整備が不可欠である。

このため、一般財団法人日本船舶技術研究協会を社会基盤整備の作業プラットフォームとして、個々の実証船舶の安全性評価を実施するとともに、社会実装する上での各種課題の解決を図ることとする。本事業により、無人運航船の実用化を支え、その社会における受容性を高め、もって我が国の海事産業の変革と発展の一助とすることを目的とする。



図 1.1-1 日本財団による MEGURI 2040 事業の概要
実証実験及び安全性評価プロジェクトの位置づけ

1.2 事業の達成目標と効果

1.2.1 達成目標

無人運航船の実現とは、人間による運航等の各種機能をAIなどの無人運航システムに置き換えることである。このため、無人運航船を実用化するためには、当該船舶に搭載される無人運航システムに関して、将来、無人運航船が遭遇するであろう様々な環境条件下においても、人間と同等以上の安全性を当該無人運航システムが有していることを確認する必要がある。これを踏まえ、無人運航システムの安全評価等を実施し得る環境を整備する必要がある。更には、安全が担保された無人運航船を社会実装する際に避けて通れない事故時の責任分担関係や損害保険の付保などの社会課題についても解決策を提示し、無人運航船導入のための安全ガイドラインを整備する。

1.2.2 効果

世界初となる無人運航船の安全評価を、民間主導により第三者的立場で実施することで、安全基準や安全評価技術のポテンシャルが格段に高まり、我が国政府にそれらを提示するだけでなく、世界的なデファクトスタンダード策定の主導権を執れることとなる。結果として、我が国が無人運航船分野において世界をリードし、我が国海事産業の変革と発展を促すこととなる。

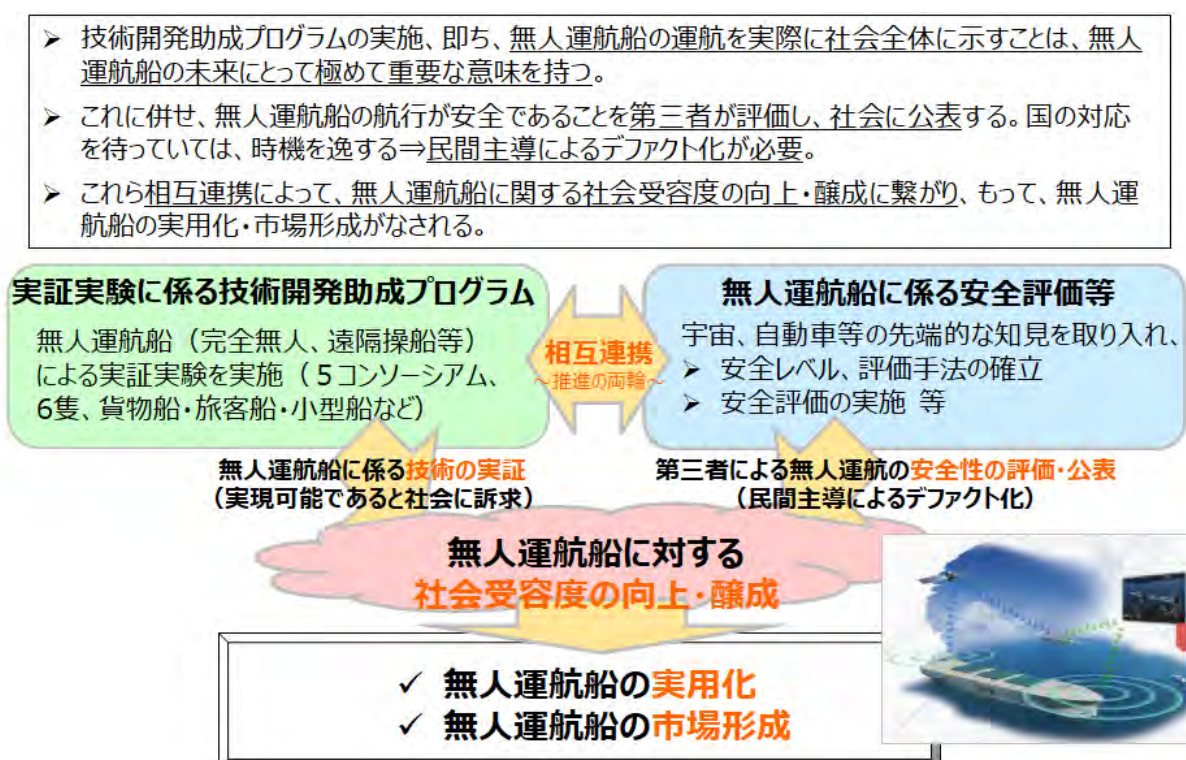


図 1.2-1 無人運航船の実証実験に係る全体枠組み

1.3 事業計画（実施内容・スケジュール・成果）

本事業は2020年度から開始し、2023年度までの4年計画で実施される。図1.3-1に本事業の実施内容、図1.3-2に本事業の実施スケジュール、図1.3-3に本事業の成果イメージを示す。

安全評価、総合シミュレータ開発等、総合調整・ガイドライン策定等からなる安全性評価事業については、一般財団法人日本船舶技術研究協会及び国立研究開発法人海上・港湾・航空研究所海上技術安全研究所が担当し、一般財団法人日本海事協会の協力を得て実施する。また、無人運航船の安全ガイドラインの策定に無人運航船の実証実験の事業者（代表：株式会社日本海洋科学）が参画する。

船員スキルの定量化事業については、国立大学法人東京海洋大学及び独立行政法人海技教育機構が担当し、当該事業の成果は安全性評価事業で活用される。

<p>□ 事業実施内容</p> <p>安全性評価事業 ※船舶技術研究協会及び海上・港湾・航空技術研究所海上技術安全研究所が実施</p> <p>① 安全性評価</p> <ul style="list-style-type: none">日本財団無人運航船プロジェクト「MEGURI2040」に参画する実証実験事業者が実施するリスク解析のモニタリングとレビュー等、支援を行う。自動・遠隔及び自動化レベルを統一して取り扱うリスク解析手法をとりまとめるとともに、「自動運航システム」と「人による遠隔操船システム」で必要となる機能要件を抽出する。 <p>② 総合シミュレーションシステムの開発等</p> <ul style="list-style-type: none">安全性評価において操船シミュレータをツールとして活用するために必要な機能を検討し、総合シミュレーションシステムを整備する。 <p>③ 総合調整、ガイドライン策定等</p> <ul style="list-style-type: none">学識経験者及び外部有識者等で構成される委員会を組織し、総合調整を行う。技術的な検討および事業者による試験の結果を踏まえ、無人運航船の実施に必要と考えられる安全上の要件をとりまとめて、自動・遠隔及び自動化レベルを統一して取り扱うガイドライン案を作成する。 <p>安全評価の基盤となる船員スキルの定量化事業 ※東京海洋大学及び（独）海技教育機構が実施</p> <p>④ 船員スキル定量化</p> <ul style="list-style-type: none">操船、見張り等に係る船員スキルの定量化・基準化のための解析手法を構築し、実航海等を通して、無人運航システムの安全評価の基盤となる定量化・基準化を行う。総合シミュレーションシステムを用いた安全性評価法として、船員スキルを基準にしたエキスパートベースの指標を導入する。

図 1.3-1 本事業の実施内容

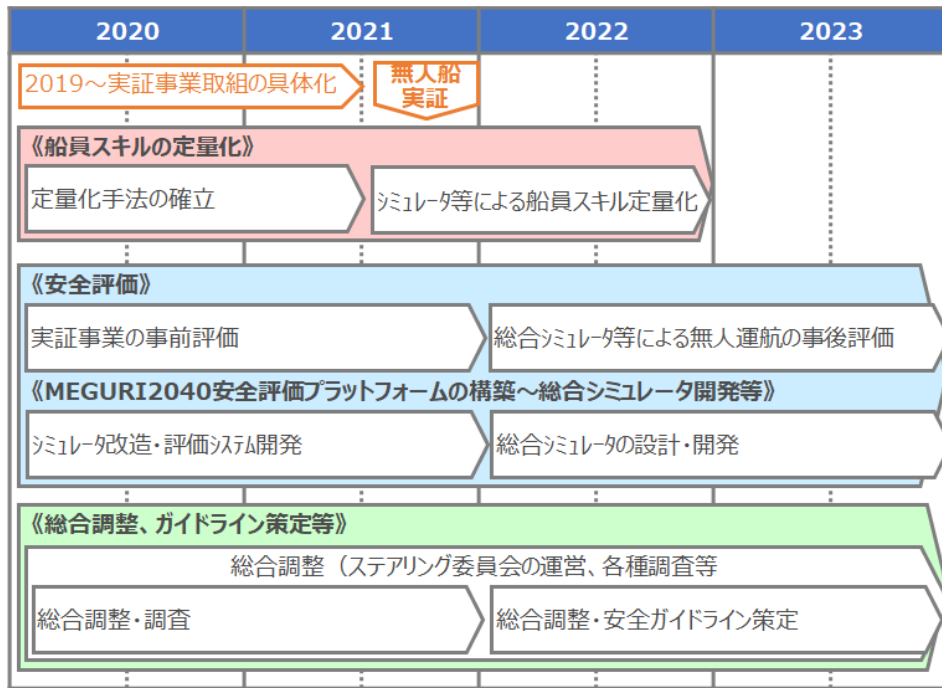


図 1.3-2 本事業の実施スケジュール

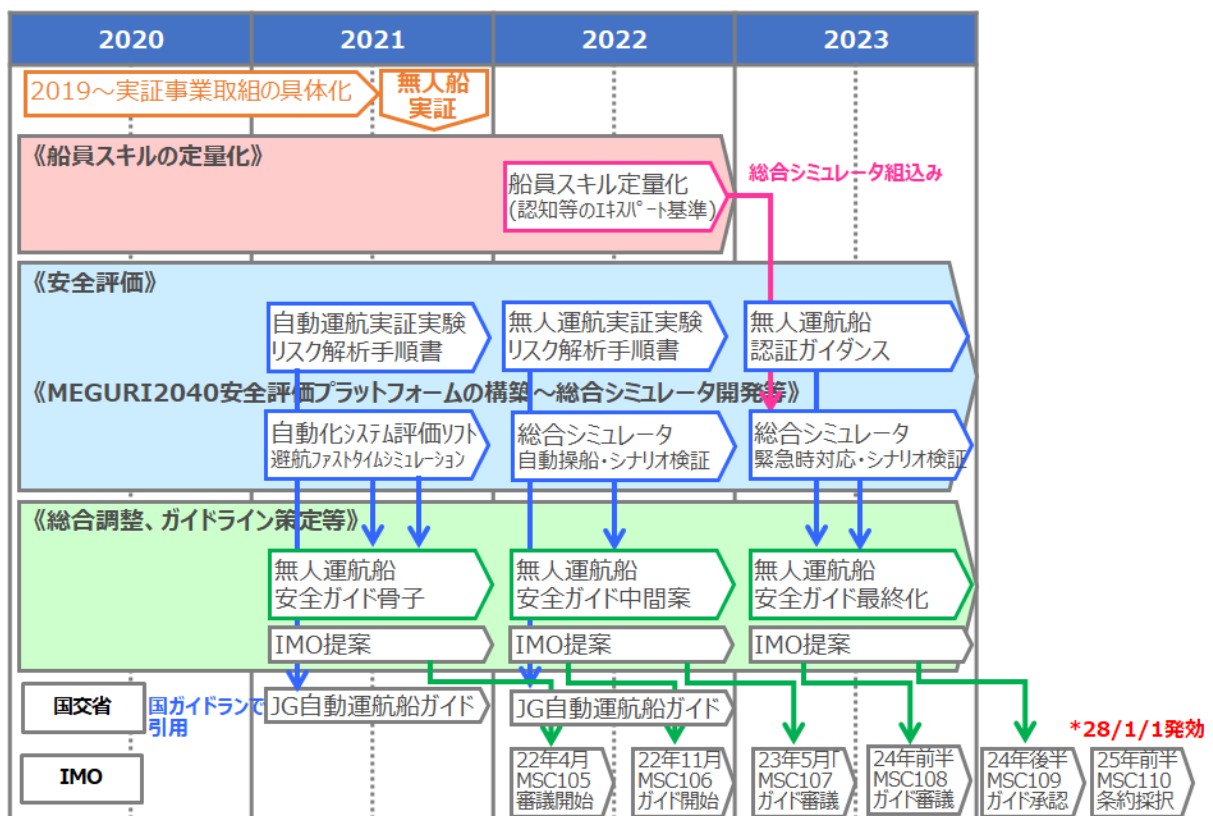


図 1.3-3 本事業の成果イメージ

1.4 委員会構成

本事業を円滑に遂行するため、外部有識者等からなる無人運航船安全性評価ステアリンググループ委員会を設置するとともに、詳細検討のため、安全性評価事業については、安全ガイドライン等策定委員会及び安全評価等実施委員会を、船員スキルの定量化事業については、船員スキル定量化検討委員会を設置した。下記に各委員会の TOR (Terms of reference : 付託事項) を示す。

添付資料 1 に安全性評価事業を検討する無人運航船安全性評価ステアリンググループ委員会、安全ガイドライン等策定委員会及び安全評価等実施委員会の委員等名簿を示す。

- ・ステアリンググループ委員会 (安全性評価事業)
 - ①事業計画の承認(全体及び各年度)
 - ②各委員会の活動報告及び各事業の進捗状況確認
 - ③年度毎及び最終報告書のとりまとめ

- ・安全ガイドライン等策定委員会 (安全性評価事業)
 - ①安全ガイドライン検討
 - ②委託事業進捗確認
 - ③ステアリンググループ委員会への報告

- ・安全評価等実施委員会 (安全性評価事業)
 - ①各コンソーシアムの実証事業の安全性評価(事前評価)
 - ②安全性評価手法の検討(事後評価)
 - ③委託事業進捗確認(海技研)
 - ④ステアリンググループ委員会への報告

- ・船員スキル定量化検討委員会 (船員スキルの定量化事業)
 - ①船員スキル定量化手法(タスク分析、シナリオ作成、操船シミュレータ実験等)の検討
 - ②船員スキル定量化の検討
 - ③ステアリンググループ委員会への報告

2 本年度の事業成果（安全性評価事業関係）

2.1 無人運航船プロジェクトに係る安全評価

関係委員会に報告した年度計画含む本年度の事業成果を以下に示す。



図 2.1-1 2022 年度の安全性評価の事業成果

①安全性評価 年度計画 ～ 今年度の実施事項	
□ 無人運航船の安全性評価（事後評価）	
➢ 無人運航モデル船を設定し、リスク解析（HAZID）実施→安全ガイドの機能要件を検討	
➢ 無人運航船の定量的リスク解析手法の検討	
➢ 実証実験のリスク解析手順書及び自動運航船のリスク解析手順書の解析シート標準（HAZID WS サンプル）を作成し、昨年度作成したこれら手順書の最終化	
➢ 無人運航船のリスク解析手順書の間案の作成	
□ 安全ガイドラインの中間案策定	
➢ 無人運航モデル船を設定し、リスク解析（HAZID）実施→安全ガイドの機能要件を検討	

図 2.1-2 2022 年度の安全性評価の事業成果

無人運航船の安全性評価（事後評価）



図 2.1-3 2022 年度の安全性評価の事業成果

①安全性評価～無人運航船の安全性評価（事後評価）
無人運航モデル船のリスク解析 ～ 実施内容（概要）

□ 無人運航モデル船のリスク解析（HAZID）

- 次に示す2船型×3操船タイプの合計6隻の自動運航システムを搭載する船舶を無人運航モデル船（以下「モデル船」という。）として設定し、無人運航船のリスク解析（HAZID）を実施し、通常オペレーション時における無人運航船の機能要件を設定
 - a. 船型
 - i. 海域限定の旅客船
 - ii. 貨物船
 - b. 操船タイプ
 - i. 遠隔コントロールセンター（RCC）なしに船舶側の自律性能により操船するタイプ
 - ii. RCCにおいて操船するタイプ
 - iii. RCCにおいて航路指示し、当該航路指示に従い船舶側の自律性能により操船するタイプ
- 緊急オペレーションのモデル化を実施し、緊急オペレーションにおける無人運航船の機能要件を設定

□ 無人運航モデル船のリスクレベルの推定方法の検討

- IMOの総合安全性評価等の通常船舶に対するリスク評価結果を参考にして、無人運航モデル船（船舶側の自律性能により操船するタイプのみ）のリスクレベルの推定方法を検討
- 旅客船と貨物船に関して、リスクの試算及び比較を実施

図 2.1-4 2022 年度の安全性評価の事業成果

□ 実施内容詳細

- 昨年度、作成した「自動運航船のリスク解析手順書」では、リスク解析の実施に当たり、下記を「用意すべき資料」としている。
 - a. 自動化システムの機能要求（自動化の対象タスク・サブタスク）
 - b. 自動化システムの全体像がわかるようなシステムアーキテクチャ
 - c. 自動化システムの内部動作の概要
 - d. 自動化システムと人間の役割分担の概要
 - e. 自動化システムの運航設計領域
- そこで、本調査でも、6隻の無人運航モデル船に関して、これら5つと同種の資料を作成した。また、「自動運航船のリスク解析手順書」では陽には求められていないが、これらの他にConOps（Concept of Operation）に関する資料も作成した。
- 本調査では、これらの資料をベースにリスク解析（HAZID）を実施し、その結果をHAZID WS（Worksheet）として纏めた。

図 2.1-5 2022 年度の安全性評価の事業成果

□ モデル結果の例

図 操船タイプ（RCC無しに船舶側で自律操船するタイプ）のシステムアーキテクチャ



図 2.1-6 2022 年度の安全性評価の事業成果

①安全性評価～無人運航船の安全性評価（事後評価）
無人運航モデル船のリスク解析 ～ 成果①モデル船HAZID



□ **モデル結果の例**



図 操船タイプ（RCC無しに船舶側で自律操船するタイプ）の操船に関する内部動作の概要

図 2.1-7 2022 年度の安全性評価の事業成果

①安全性評価～無人運航船の安全性評価（事後評価）
無人運航モデル船のリスク解析 ～ 成果①モデル船HAZID



□ **モデル船HAZID結果概要**

➢ 抽出ハザード数：


操船タイプ	海域限定の旅客船			貨物船		
	i	ii	iii	i	ii	iii
港外	62個	102個	102個	65個	105個	105個
港内&離着岸	-	-	-	77個	117個	117個

➢ 抽出されたハザードの例：

ID	Hazard	Causes	Consequences	Existing Safeguards
自律操船システム				
1	操船計画の立案の誤り	C1.1 入力情報（自船情報、他船/漂流物情報、気象海象情報等）の未取得や誤り C1.2 航海計画（所与）の未取得や誤り C1.3 自律操船システムの操船計画立案アルゴリズムの誤り C1.4 自律操船システムの不具合・故障 C1.5 マルウェアの侵入やハッキング	E1.1 他船/物標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E1.2 衝突、座礁、転覆・沈没	・各システム故障時の警報 ・各種情報や航海計画未入力時の警報 ・航海計画入力時のダブルチェック ・自船や他船/漂流物の位置飛び時の警報 ・操船計画立案アルゴリズムのシミュレーションによる事前検証 ・ウィルス検知ソフトによりウィルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続

図 2.1-8 2022 年度の安全性評価の事業成果

①安全性評価～無人運航船の安全性評価（事後評価）
無人運航モデル船のリスク解析 ～ 成果①モデル船HAZID




□ 通常時の機能要件抽出の方法

- 機能要件を設定する機能として、下記の10個の主機能を設定：
 - ・操船制御（自動航行）
 - ・操船制御（自動避航）
 - ・操船制御（自動離着岸）
 - ・自動避航計画、
 - ・自動離着岸計画
 - ・自律（自動）操船の中止
 - ・航海計画
 - ・状況把握（自動航行）
 - ・状況把握（自動避航）
 - ・状況把握（自動離着岸）
- この機能を作動させるために必要な事項（機能要件）を得るため、下記の5つの細分化した機能が確保できるよう要件を抽出
 - ・正常な機能（主機能の説明）
 - ・主機能の動作を確認する機能
 - ・不具合発生時の機能（警報等）
 - ・船員への提示機能（状態確認）
 - ・事前に必要な検証
- 10個の主機能について、細分化した5つの機能に対する要件を通常オペレーションにおける機能要件（案）として設定

図 2.1-9 2022 年度の安全性評価の事業成果

①安全性評価～無人運航船の安全性評価（事後評価）
無人運航モデル船のリスク解析 ～ 成果①モデル船HAZID



□ 通常時の機能要件抽出の結果の例（操船制御（自動航行））

正常な機能(主機能の説明)	以下の通り自動航行操船の制御を行う ・設定航路を設定船速で航行する ・状況把握結果に応じた適切な操船計画の調整及びこれに基づく操船制御を行う ・アクチュエータに適切な指令を的確なタイミングで出し、応答結果を時間遅れなく受け取り確認する
主機能の動作を確認する機能	・航路上を設定船速で航行しているかを確認する ・状況把握結果に応じた操船計画の調整及びこれに基づく操船制御を行なっていることを確認する ・アクチュエータへの適切な指示の送信と応答の受信を時間遅れなく行っているかを確認する
不具合発生時の機能(警報等)	・航路を逸脱した場合や、設定船速を保てないと判断した場合は、対応船員に対して通知する ・状況把握結果に応じた適切な操船計画の調整及びこれに基づく操船制御が行われていない場合、対応船員に対して通知する ・アクチュエータが指示通りの応答でない場合は、対応船員に対して通知する ・対応船員から応答がない場合、不具合に対応するフォールバック用システムを実行する
船員への提示機能(状態確認)	・操船制御状態の提示 ・制御範囲を逸脱した項目の提示 ・（該当の場合）フォールバック用システムの実行状況
事前に必要な検証	・設定航路を設定船速で航行する機能が正常に作動するか事前に検証を行う ・設定航路上を設定船速で航行しているかどうか計算する機能が、正確かつ適時に作動するかどうか、事前に検証を行う ・設定航路上を設定船速で航行しているかどうかの判断が出来ない旨の通知がされた場合、船員の対応をマニュアルに記載して整備する ・上記マニュアルに記載した対応が実際に可能かどうか検証し、必要に応じてマニュアルを修正する ・マニュアルの確定後、船員による対応の訓練を実施し、訓練が十分に行われたことを確認する ・航路を逸脱したと判断された場合、状況把握結果に応じた適切な操船制御が行われなかった場合、アクチュエータの応答結果が確認できなかった場合も、上記と同様の検証を行う ・フォールバック用システムの実行訓練 ・上記実施の後、船員の操船権回収訓練

図 2.1-10 2022 年度の安全性評価の事業成果

無人運航モデル船のリスク解析 ～ 成果①モデル船HAZID

□ 緊急オペレーション時の機能要件抽出の方法

- 緊急オペレーションの定義や緊急オペレーションに関連すると思われるODD(Operational Design Domain)、フォールバック、MRM(Minimal Risk Maneuver)/MRC(Minimal Risk Condition)等の用語の定義は世界的に確立されていないのが現状であるため、自動/無人運航船関連のガイドラインや文献、自動運転車関連のガイドラインに関して、緊急オペレーションに関する定義等の文献調査を実施
- 緊急オペレーション関連用語の定義案を作成
- 定義した緊急オペレーション関連用語により、緊急事態発生時にシステムや船員が実施する対応をシーケンスとして整理した「緊急時対応シーケンスの一般化モデル案」を作成
- 既存有人船で実施される緊急時対応と同等のことが、無人運航船でも必要になると考えられるため、既存有人船の緊急時対応に関する文献の調査を実施し、それを緊急時対応シーケンスの一般化モデル案に当てはめ
- 緊急時対応シーケンスの一般化モデル案及び具体的な当てはめ結果から、緊急オペレーションの機能要件（案）を導出

図 2.1-11 2022 年度の安全性評価の事業成果

無人運航モデル船のリスク解析 ～ 成果①モデル船HAZID

□ 緊急オペレーション連用語の定義案

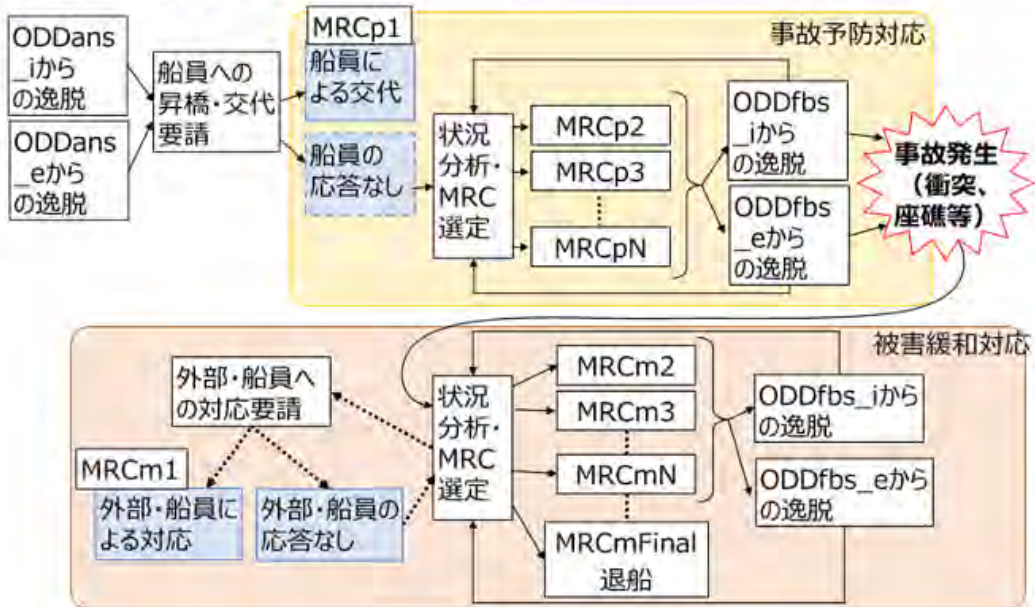
用語	定義
自動操船システム	操船に関するタスクを自動的に実施するシステム。
FB用システム	下記に示すFBsを実施するシステム。
フォールバック (FB)	自動操船システムがODDからの逸脱等により正常に作動しない状態が発生した場合に、危険を最小化するために行う対応のこと。これは下記の2種類が考えられる。
FBh	人間によるFB。
FBs	システムによるFB。
運航設計領域 (ODD)	自動操船システムやFB用システムがそれぞれ適切に機能する運用の範囲。これは下記の2×2=4種類が考えられる。
ODD _{ans}	自動操船システムのODD。
ODD _{fb} s	FB用システムのODD。
ODD _i	内的事象（システム故障等）に関するODD
ODD _e	外的事象（輻輳度、波高等）に関するODD
ミニマルリスクコンディション (MRC)	FBによって船舶が目指す安全状態。その時の内部状況、外部状況によって複数のMRCが考え得る。
MRC _p	事故（衝突、座礁、火災等）が発生しないようにするためのMRC。
MRC _m	事故後に被害が拡大しないようにするためのMRC。

※この定義案は更なる検討・整理が必要であると思われる

図 2.1-12 2022 年度の安全性評価の事業成果

無人運航モデル船のリスク解析 ～ 成果①モデル船HAZID

□ 緊急時対応シーケンスの一般化モデル案

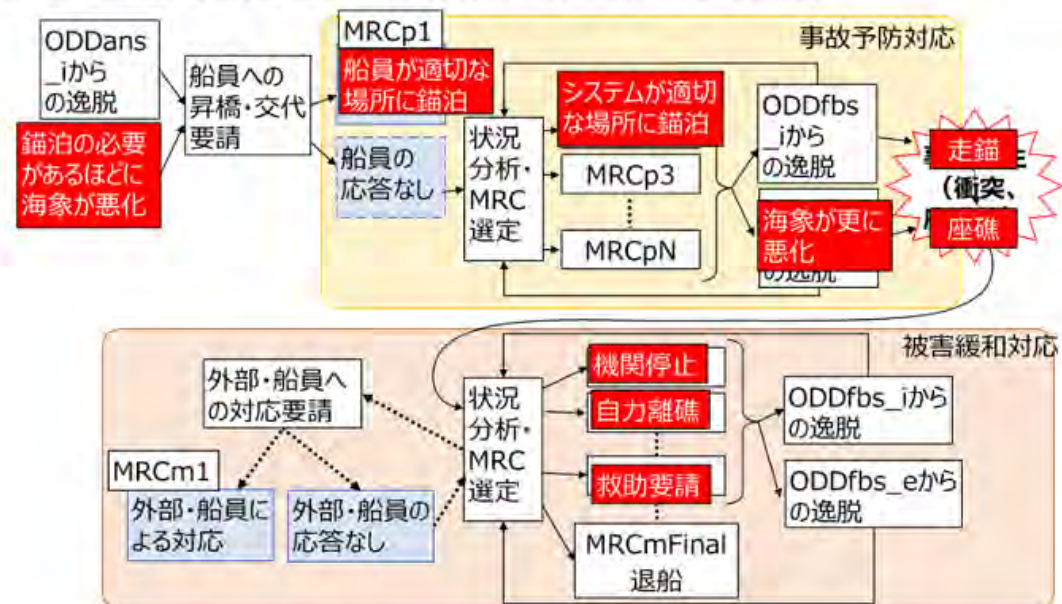


※更なる検討・整理が必要であると思われる

図 2.1-13 2022 年度の安全性評価の事業成果


無人運航モデル船のリスク解析 ～ 成果①モデル船HAZID

□ 緊急時対応シーケンスの一般化モデル案への座礁事故の当てはめ例



※更なる検討・整理が必要であると思われる

図 2.1-14 2022 年度の安全性評価の事業成果

①安全性評価～無人運航船の安全性評価（事後評価）
無人運航モデル船のリスク解析 ～ 成果①モデル船HAZID 

□ 緊急オペレーション時の一般的な機能要件（案）

事故発生予防のためには、

- ・ODD逸脱を事前(or T_a分前)に予測できなければならない
- ・ODD逸脱を(T_b分以内に)検知できなければならない
- ・ODD逸脱を予測又は検知後直ぐに、船員に昇橋&手動操船実行を指示できなければならない
- ・一定時間(or T_c分)経過しても船員からの応答が無い場合は、システムFBを実行しなければならない
- ・システムFBは、状況に応じたMRCを設定しなければならない
- ・そのMRCを達成するFB機能を有しなければいけない

事故拡大防止のためには、

- ・事故発生を(T_d分以内に)検知できなければならない
- ・事故発生検知後直ぐに、外部や船員に対応要請をできなければならない
- ・一定時間(or T_e分)経過しても外部や船員からの応答が無い場合は、システムFBを実行しなければならない
- ・システムFBは、状況に応じたMRCを設定しなければならない
- ・そのMRCを達成するFB機能を有しなければいけない

□ 緊急オペレーション時の座礁に関する具体的な機能要件（案）


座礁事故発生予防のためには、

- ・錨泊が必要なほど海象が悪化した状態で、一定時間経過しても船員が対応しない場合は、システムFBとして、システムが適切な錨泊を実行できなければならない

座礁事故拡大防止のためには、

- ・座礁発生を検知できなければならない
- ・座礁発生後、一定時間経過しても外部や船員が対応しない場合は、システムFBとして、システムがその外部状況や内部状況に応じて、機関停止や自力離礁、救助要請等を適切に実行できなければならない

図 2.1-15 2022年度の安全性評価の事業成果

①安全性評価～無人運航船の安全性評価（事後評価）
無人運航モデル船のリスク解析 ～ 成果②リスクレベル推定方法 

□ 背景と目的

- 既存有人船では旅客船と貨物船で要件に差を設けている、すなわち旅客船の方が厳しい要件になっている規則が幾つか存在する。これは旅客船の方の安全性を高める必要があるとの考え方がベースにあるためであると思われる。
- MASSに関しても、これは同様であると思われるが、MASSの旅客船と貨物船で、そのリスクに差があるか、有るとした場合、どの程度かは定量的に明らかになっていない。
- これを実施するためには、MASSの旅客船と貨物船のリスクを定量的に推定する手法が必要であるが、世界的に見て、MASSのリスクの定量推定法の研究は多くない。
- 本研究では、MASSのリスクを定量的に推定する手法の検討を実施。
- その手法を使い、MASSの旅客船と貨物船のリスクを推定し、リスク比較を実施。

図 2.1-16 2022年度の安全性評価の事業成果

①安全性評価～無人運航船の安全性評価（事後評価）
無人運航モデル船のリスク解析 ～ 成果②リスクレベル推定方法



□ **推定方法の概要**

➢ 対象：衝突事故による人命損失リスク

$$\text{リスク} = \Sigma(F_i \cdot S_i)$$

F_i ：シナリオの発生頻度、 S_i ：シナリオの被害の大きさ（死者数）

衝突頻度
 = 危険な状況の発生頻度（遭遇頻度）
 × その回避に失敗する確率（衝突回避失敗確率）

文献¹の値を利用
 文献²の方法を改良
 文献³の方法を改良

各分岐確率と死者数

Collision	Epistemic/Struck	Limited Waters	Yes	Yes	Fast	Slow	No	Terminal	Yes	Yes	Fast	Slow	No	Striking
Yes	$p1$	$p2$	$p3$	f Index	$p4$	N	$p5$	f Index	$p4$	N	$p5$	$p6$	$p7$	$p8$
No														

1. C. Guo et al. (2022): Risk assessment of collisions of an autonomous passenger ferry, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability, 2021.
2. 浅見&金湖(2012)：NDMモデルに基づく船舶衝突モデルの開発，日本船舶海洋工学会論文集，15巻，pp.207-217.
3. Denmark (2008): FSA-Cruise ships Details of the Formal Safety Assessment. MSC 85/INF.2.

図 2.1-17 2022 年度の安全性評価の事業成果

①安全性評価～無人運航船の安全性評価（事後評価）
無人運航モデル船のリスク解析 ～ 成果②リスクレベル推定方法



□ **衝突回避失敗確率の推定方法の概要1**

- 文献²では，NDM(Naturalistic Decision Making)モデルに基づき，“Observation”、“Cognition”、“Planning”、“Action”のいずれかに失敗した場合を，“衝突回避失敗”としている
- また，自船と他船の両方が衝突回避に失敗した場合を「衝突回避失敗」としている
- よって，衝突回避失敗確率は右のマトリクスの網掛け部分の総和として求められる
- “Observation”、“Cognition”、“Planning”、“Action”の各失敗確率は、Fault Tree (FT) から推定

		Vessel B					
		Success	Observation	Cognition	Planning	Action	Success
Vessel A	Success	Failure	$1 - P_{A1}$	$P_{A1}(1 - P_{B1})$	$P_{A1}P_{B1}(1 - P_{B2})$	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}(1 - P_{B3})$	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}P_{B3}(1 - P_{B4})$
	Observation	Observation	$(1 - P_{A1})$ $(1 - P_{B1})$ (Failure)	$P_{A1}(1 - P_{B1})$ $(1 - P_{B1})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B1}(1 - P_{B2})$ $(1 - P_{B2})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}(1 - P_{B3})$ $(1 - P_{B3})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}P_{B3}(1 - P_{B4})$ $(1 - P_{B4})$ (Success)
	Observation	Cognition	$P_{A1}(1 - P_{B1})$ $(1 - P_{B1})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B1}(1 - P_{B2})$ $(1 - P_{B2})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}(1 - P_{B3})$ $(1 - P_{B3})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}P_{B3}(1 - P_{B4})$ $(1 - P_{B4})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}P_{B3}P_{B4}(1 - P_{B5})$ $(1 - P_{B5})$ (Success)
	Observation	Planning	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}(1 - P_{B3})$ $(1 - P_{B3})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}P_{B3}(1 - P_{B4})$ $(1 - P_{B4})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}P_{B3}P_{B4}(1 - P_{B5})$ $(1 - P_{B5})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}P_{B3}P_{B4}P_{B5}(1 - P_{B6})$ $(1 - P_{B6})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}P_{B3}P_{B4}P_{B5}P_{B6}(1 - P_{B7})$ $(1 - P_{B7})$ (Success)
	Observation	Action	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}P_{B3}P_{B4}(1 - P_{B5})$ $(1 - P_{B5})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}P_{B3}P_{B4}P_{B5}(1 - P_{B6})$ $(1 - P_{B6})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}P_{B3}P_{B4}P_{B5}P_{B6}(1 - P_{B7})$ $(1 - P_{B7})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}P_{B3}P_{B4}P_{B5}P_{B6}P_{B7}(1 - P_{B8})$ $(1 - P_{B8})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B1}P_{B2}P_{B3}P_{B4}P_{B5}P_{B6}P_{B7}P_{B8}(1 - P_{B9})$ $(1 - P_{B9})$ (Success)

P_{A1} : Success probability of observation, P_{B1} : Success probability of cognition, P_{B2} : Success probability of planning and P_{B3} : Success probability of action. x corresponds respectively to A- vessel and B- vessel. The sum over the matrix with hatching corresponds to the failure of collision avoidance probability.

図 2.1-18 2022 年度の安全性評価の事業成果

□ 衝突回避失敗確率の推定方法の概要2

- 例えば、文献²におけるCognition失敗確率推定のためのFTは下図。
- これは既存有人船のものであるため、本調査では、FTの各ノードについて、MASSでは、その確率が下がると思われるものは0.5倍等して入力
- この確率値については、今後更なる検討が必要。また、FTのノードについてもMASS特有のノードを追加する必要がある

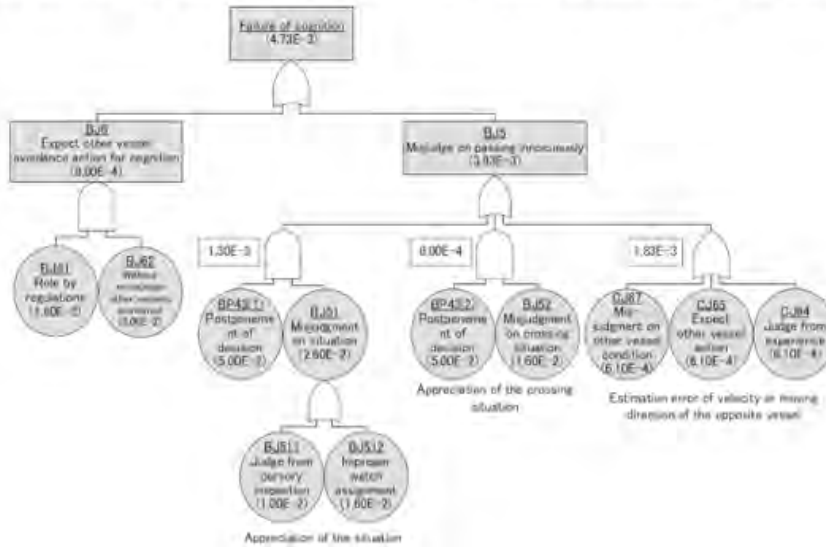


図 2.1-19 2022 年度の安全性評価の事業成果

□ 衝突回避失敗確率の推定方法の概要3

- 本調査では、右図において、自船（Vessel A）をMASS、他船（Vessel B）を既存有人船と仮定し、衝突回避失敗確率を推定
- すなわち、他船（Vessel B）の“Observation”、“Cognition”、“Planning”、“Action”の各失敗確率は、文献²の値を利用
- 自船（Vessel A）の各失敗確率は文献²のFTの各ノードの確率値を0.5倍等して求められる値を利用

		Vessel B					
		Success	Observation	Observation Cognition	Observation Cognition Planning	Observation Cognition Planning Action	Observation Cognition Planning Action
Vessel A	Success	Failure	$1 - P_{A1}$	$P_{A1}(1 - P_{B2})$	$P_{A1}P_{B2}(1 - P_{B3})$	$P_{A1}P_{B2}P_{B3}(1 - P_{B4})$	$P_{A1}P_{B2}P_{B3}P_{B4}$
	Observation	Observation	$1 - P_{A1}$	$(1 - P_{A1})(1 - P_{B2})$ (Failure)	$P_{A1}(1 - P_{B2})(1 - P_{B3})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B2}(1 - P_{B3})(1 - P_{B4})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B2}P_{B3}(1 - P_{B4})$ (Success)
	Observation Cognition	Planning	$P_{A1}P_{B3}(1 - P_{B4})$ (Failure)	$P_{A1}(1 - P_{B2})(1 - P_{B3})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B2}(1 - P_{B3})(1 - P_{B4})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B2}P_{B3}(1 - P_{B4})$ (Failure)	$P_{A1}P_{B2}P_{B3}P_{B4}$ (Success)
	Observation Cognition Planning	Action	$(1 - P_{A1})P_{A2}P_{B3}P_{B4}$ (Failure)	$P_{A1}(1 - P_{B2})P_{A2}P_{B3}P_{B4}$ (Failure)	$P_{A1}P_{B2}(1 - P_{B3})P_{A2}P_{B3}P_{B4}$ (Failure)	$P_{A1}P_{B2}P_{B3}P_{A2}P_{B3}P_{B4}$ (Failure)	$P_{A1}P_{B2}P_{B3}P_{A2}P_{B3}P_{B4}$ (Success)
	Observation Cognition Planning Action	-	$(1 - P_{A1})P_{A2}P_{B3}P_{B4}$ (Success)	$P_{A1}(1 - P_{B2})P_{A2}P_{B3}P_{B4}$ (Success)	$P_{A1}P_{B2}(1 - P_{B3})P_{A2}P_{B3}P_{B4}$ (Success)	$P_{A1}P_{B2}P_{B3}P_{A2}P_{B3}P_{B4}$ (Success)	$P_{A1}P_{B2}P_{B3}P_{A2}P_{B3}P_{B4}$ (Success)
	Observation Cognition Planning Action	-	$(1 - P_{A1})P_{A2}P_{B3}P_{B4}$ (Success)	$P_{A1}(1 - P_{B2})P_{A2}P_{B3}P_{B4}$ (Success)	$P_{A1}P_{B2}(1 - P_{B3})P_{A2}P_{B3}P_{B4}$ (Success)	$P_{A1}P_{B2}P_{B3}P_{A2}P_{B3}P_{B4}$ (Success)	$P_{A1}P_{B2}P_{B3}P_{A2}P_{B3}P_{B4}$ (Success)

P_{A1} : Success probability of observation, P_{A2} : Success probability of cognition, P_{A3} : Success probability of planning and P_{A4} : Success probability of action. x corresponds respectively to A-Vessel and B-Vessel. The sum over the article with hatching corresponds to the failure of collision avoidance probability.

図 2.1-20 2022 年度の安全性評価の事業成果

□ 各分岐確率の設定方法の概要

- 文献³では右図のようなEvent Tree(ET)で衝突事故の各シナリオの発生頻度及び死者数を推定
- 本調査でもETの構造は同じものを利用
- ETの各分岐確率も下記以外は同じものを利用
- ET Level3における“Remains afloat”（Struck shipのみ）の分岐確率はSOLAS条約の要求区画指数Rの式から旅客船及び貨物船それぞれについて求めて利用

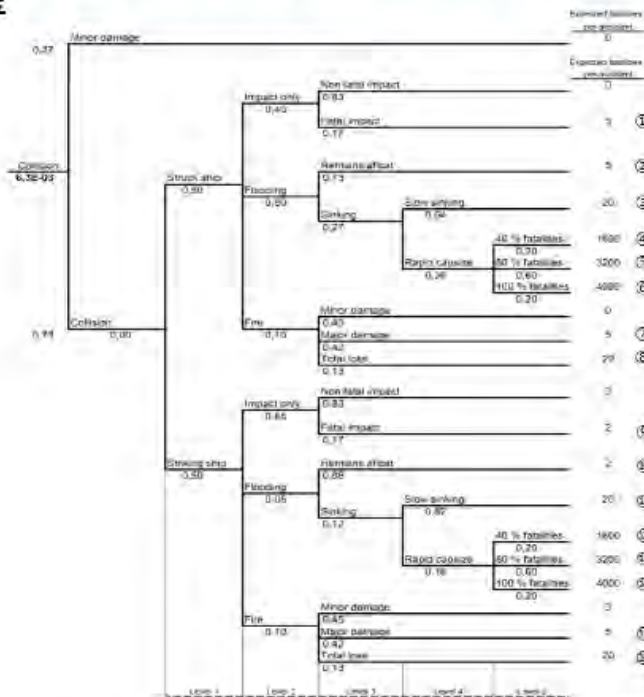


図 2.1-21 2022 年度の安全性評価の事業成果

□ 各シナリオの死者数（Fatality rate）設定方法の概要

- 文献³では各シナリオの死者数を乗船者数とfatality rate（乗船者数に対する死者数の割合）の積で求めている
- 本調査では、乗船者数は、日本船舶明細書より、199GT程度の旅客船及び749GT程度のコンテナ船の平均値を求めて、利用した
- 文献³におけるFatality rateは既存有人船に対するものである。MASSの場合は、避難等が既存有人船より時間が掛かると仮定し、既存有人船のfatality rateより大きい値を設定（本検討では、旅客船、貨物船ともに同じfatality rateであると仮定）
- 本調査における各シナリオのFatality rate及び死者数は下表の通り

Scenario No.	Fatality Rate(MASS)	死者数(旅客船)	死者数(貨物船)
①	0.250%	0.815	0.0175
②	0.250%	0.815	0.0175
③	1.000%	3.260	0.0700
④	50.00%	163.000	3.5000
⑤	90.00%	293.400	6.3000
⑥	100.00%	326.000	7.0000
⑦	0.250%	0.815	0.0175
⑧	1.000%	3.260	0.0700
⑨	0.100%	0.326	0.0070
⑩	0.100%	0.326	0.0070
⑪	1.000%	3.260	0.0700
⑫	50.00%	163.000	3.5000
⑬	90.00%	293.400	6.3000
⑭	100.0%	326.000	7.0000
⑮	0.250%	0.815	0.0175
⑯	1.000%	3.260	0.0700

図 2.1-22 2022 年度の安全性評価の事業成果

□ 個人リスクの推定結果

- 前スライドまでの方法及び仮定により推定したMASS（旅客船）及びMASS（貨物船）の個人リスクの推定結果は右図の通り
- この結果から、MASSの規則に関して考える場合、旅客船と貨物船で差を設ける必要性は小さいものと考えられる（損傷時復原性規則である要求区画指数R等、既存有人船では旅客船と貨物船で差を設けている、すなわち旅客船の方が厳しい要件になっている規則が幾つか存在するため、それらに上乗せして、MASSに対して旅客船と貨物船で差を設ける必要性は小さいものと考えられる）
- 衝突回避失敗確率推定のためのFTの構造の改良、シナリオリスク推定のためのETの構造の改良、それらへの入力値の信頼性向上等々、今後、本手法を改良していく必要がある

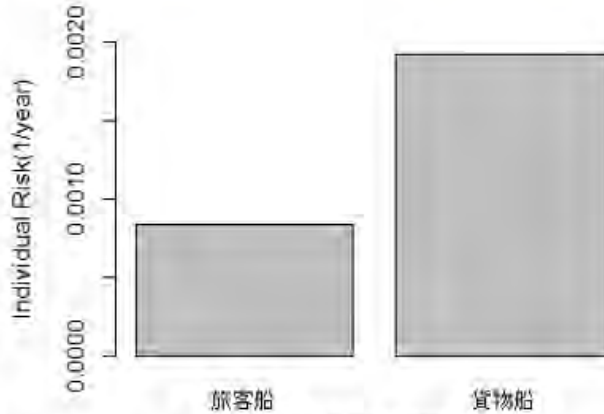


図 個人リスクの推定結果

※各種仮定を置いて定量化しているため、個人リスクの値自体の信頼性は低いことに留意されたい。

図 2.1-23 2022年度の安全性評価の事業成果

□ 実施内容

- 次のリスク解析手順書を作成した
 - 国際海事機関（IMO）で現在検討中のMASS安全ガイドラインで求められるリスク評価に関する解析手順書の中間案
 - 国土交通省海事局が令和4年2月に公開した自動運航船に関する安全ガイドラインで求められるリスク評価に関する解析シート標準
 - IMOが定める自動運航船トライアル暫定ガイドライン（MSC.1/Circ.1604）で求められるリスク評価に関する解析シート標準

□ 成果

- 対象が何であれ、リスク解析の手順としては大きな差は無いため、昨年度作成した「自動運航船のリスク解析手順書」をベースに本文部分を微修正し、更に上記b.及びc.を付属書として付けた「自動運航船/無人運航船のリスク解析手順書」を作成した（参考22-6-1）
- 上記b.を作成した（参考22-6-2）
- 上記c.を作成した（参考22-6-3）
- また、昨年度作成した「自動運航船のリスク解析手順書」の英語版を作成した（参考22-6-4）

図 2.1-24 2022年度の安全性評価の事業成果

安全ガイドラインの中間案策定



図 2.1-25 2022 年度の安全性評価の事業成果

①安全性評価～安全ガイドラインの中間案策定

実施内容及び進捗、成果

□ 実施内容

- ①無人運航船の安全性評価（事後評価）の結果を踏まえ、無人運航船の機能要件、自動化システムの機能要件及び性能基準を含む無人運航船の安全ガイドラインの中間案を策定する

□ 進捗及び成果

- IMO MSC106（11/2～11/11）における主な審議結果は下記の通り：
 - ・ MASSコードには当面、目標と機能要件のみを定める
 - ・ 機能要件策定に当たって関連する全てのハザードを考慮することが求められる
 - ・ 機能要件にはExpected performanceが含まれる
- 日本はNavigation部分の策定主導とRemote operation部分の策定援助を担当
- Navigation部分に関して、事業者、NK、船技協、海技研で協力して目標と機能要件の策定作業を実施した
- 策定したMASSコードのNavigation部分の案は、CGコーディネータを通してCGLレポートに掲載され、MSC107に提出された

図 2.1-26 2022 年度の安全性評価の事業成果

2.2 総合シミュレーションシステムの開発等

関係委員会に報告した年度計画含む本年度の事業成果を以下に示す。



図 2.2-1 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

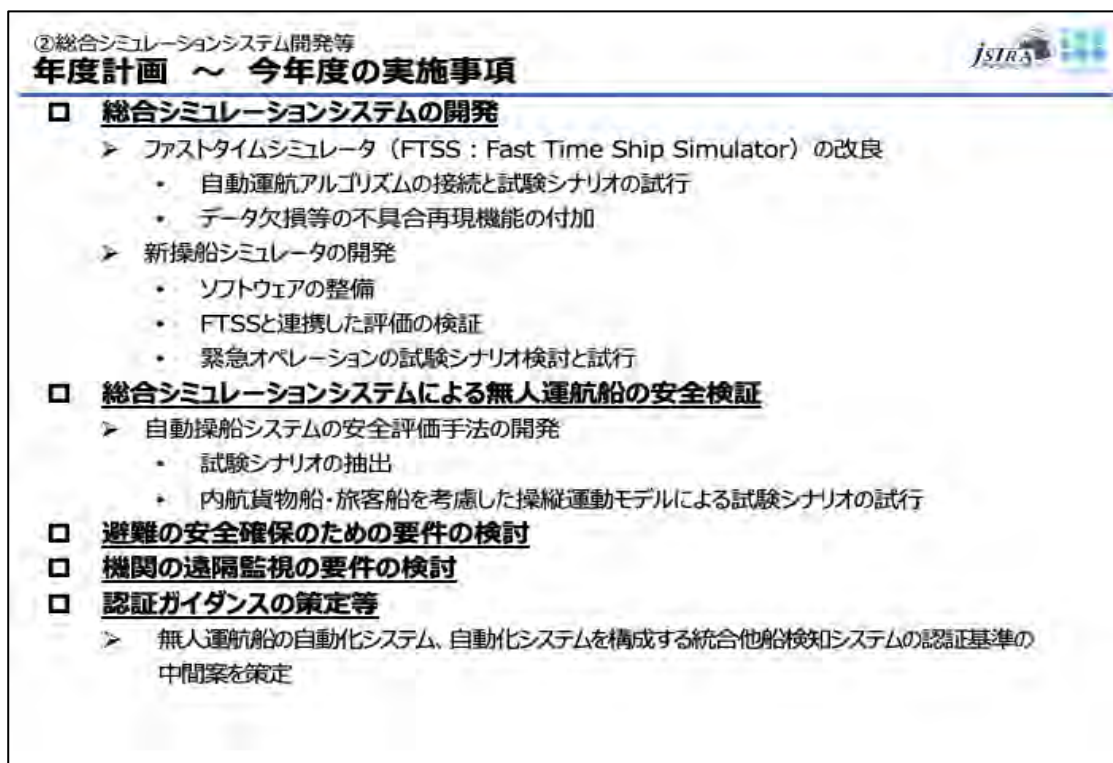


図 2.2-2 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

総合シミュレーションシステム開発

- ▶ ファストタイムシップシミュレータ (FTSS) 改良
- ▶ 新操船シミュレータ (SHS) の開発



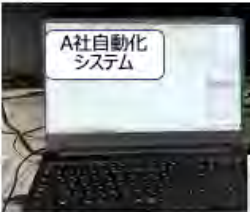
図 2.2-3 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

②総合シミュレーションシステム開発等
総合シミュレーションシステム開発


□ **ファストタイムシップシミュレータ (FTSS) 改良**

- ▶ 自動運航アルゴリズムの接続と試験シナリオの試行


任意の自動運航制御システムとの接続機能について検討するため、事業者がMEGURI2040にて開発した自動操船システム内の通常航行および避航に関する部分をFTSSに接続してシミュレーションを行った。
- ▶ 外部接続アダプタ改修
 - ・ FTSS⇔Adapter入出力改修
 - ・ リアルタイム実行対応
 - ・ アダプタを動的読込
 - ・ 事業者が開発した自動避航アルゴリズムを接続




A社自動化システム



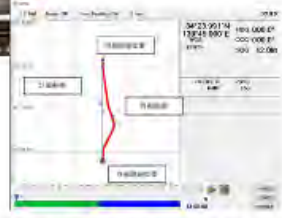
FTSS



B社自動化プログラム



A社自動化システム接続試験実施環境及び実行結果



B社自動化システム接続試験実施環境及び実行結果

図 2.2-4 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

②総合シミュレーションシステム開発等
総合シミュレーションシステム開発



□ ファストタイムシップシミュレータ (FTSS) 改良

➢ データ欠損等の不具合再現機能の付加

自動操船システムはFTSSから受け取るデータから操船計画を立てるため、このデータに不具合があったときに、自動操船システムがどのような振る舞いをするかの検証をすることができる。そのため不具合の再現は自他船データに対してノイズ重畳、またはデータ欠損などの介入を行う事となる。



認識データ生成のための外乱パラメータの設定画面
船舶IDの範囲ごとに、船長別の検知距離、外乱（正規分布）、スムージング時間を設定。データ欠損については船舶ID毎にデータ欠損率を設定。

図 2.2-5 2022年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

②総合シミュレーションシステム開発等
総合シミュレーションシステム開発



□ ファストタイムシップシミュレータ (FTSS) 改良

➢ シミュレーション利用環境向上

- シナリオファイル改修
- 交通流シナリオファイル改修
- 認識データシナリオファイル作成
- シナリオエディタ改修
- 可視化プログラム改良
- シミュレーション結果一覧表示プログラム追加



改修後の表示画面例(結果一覧表示)



改修後の表示画面例(自船エディタ)

図 2.2-6 2022年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

②総合シミュレーションシステム開発等
総合シミュレーションシステム開発



□ 操船シミュレータ (SHS) の開発

➢ SHSを稼働させるためのソフトウェア等を整備

船橋・シミュレータ操作室内、制御ソフト群整備

- 船舶や地形のCGデータ整備
- 遠隔監視室(RCC)を海技研 5号館 1階に整備※

※遠隔監視室での景観画像、Radar、ECDIS等、OHP等を模擬。自船の情報表示。通信の影響を考慮し、情報の遅延・欠損が表示可能。



2022年度
付加装置
※ ソフトウェア

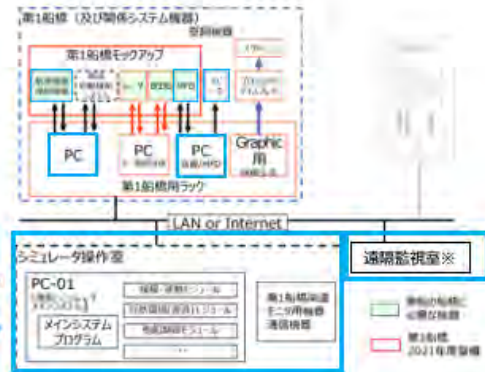


図 2.2-7 2022年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

②総合シミュレーションシステム開発等
総合シミュレーションシステム開発



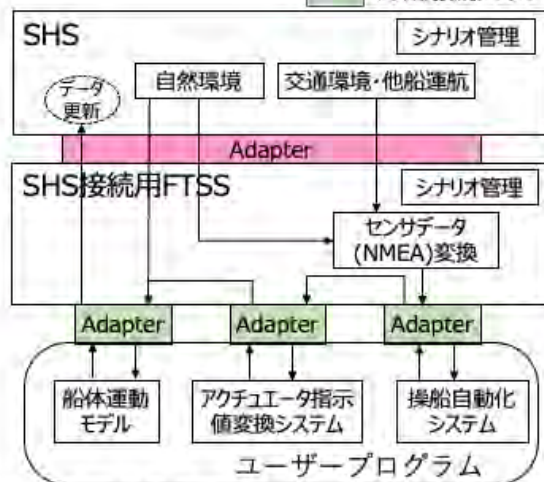
□ 操船シミュレータ (SHS) の開発

➢ FTSSと連携した評価の検証

SHSへ任意の評価対象船の自動操船システムを接続する際に問題となるSHSとの入出力部分について、自動操船システムの接続用機構を開発した。

- 評価対象システムは、FTSSと同じ機構でSHSと接続
- 実機接続の備えリアルタイム接続機能追加
- 実機のセンサデータ作成対応

■ : SHS-FTSSアダプタ
■ : 外部接続アダプタ



FTSS-SHS接続例(自船・他船の情報をSHSに伝達)

図 2.2-8 2022年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

②総合シミュレーションシステム開発等
総合シミュレーションシステム開発

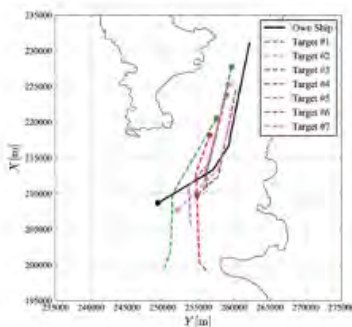


□ 操船シミュレータ (SHS) の開発

➤ FTSSと連携した評価の検証

FTSSの評価結果、再評価が必要となったテストシナリオを、SHS上で再現する機能を整備した。

- 補助的な機能として、FTSSのログファイルをSHSに読み込むプログラムを整備し、FTSSの避航計算に基づく避航アルゴリズムの評価デモを実施（2022年12月）。



FTSS結果(航跡)



図 2.2-9 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

②総合シミュレーションシステム開発等
総合シミュレーションシステム開発



□ 操船シミュレータ (SHS) の開発

➤ 緊急オペレーションの試験シナリオ検討

➤ 緊急オペレーションの整理

- 緊急時とは、操船自動化システムや遠隔制御システムが、限定領域からの逸脱を検知した場合や、故障した場合を示す。
- SHSによる緊急時オペレーションの検証では、緊急時において、船橋にいない船上(又は遠隔)の操船者がシステムが発した警報により昇橋し状況を把握、システムから操船権が移譲されるまでを対象とする。
- 評価対象には、航路逸脱時の原進路復帰など、船の機関や制御部に異常や故障が発生していない場合の移譲後の対応を含む場合もある。
- なお、火災・浸水の場合など、操船自動化システムや遠隔制御システムが検知・対応できない事象は、緊急時の対象外とする。

➤ リスク解析により機能要件(案)を設定

- 機能要件に関する事前に検証が必要な項目を設定
 - 正常(正確かつ適時)に作動するか
 - 異常検知、正常か判断できない場合、通知がなされるか
 - 通知への対応がマニュアル化されているか
 - マニュアルの対応が可能か
 - マニュアルの対応の訓練が十分に行われたか
 - (・フォールバック用システムの実行訓練
 - ・船員の操船権回収訓練)

図 2.2-10 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

□ 操船シミュレータ (SHS) の開発

➤ 緊急オペレーションの試行

対象船は、船橋に船員のいないB0の環境下で、設定航路に沿って自動航行システムで正常に航行している貨物船を想定。外乱として強い潮流を設定し、設定航路の横方向への逸脱を再現。

➤ 評価対象：

- ・ 警報の発報タイミング（逸脱までの時間）
- ・ 警報前の船員用情報表示モバイル端末（以下、モバイル端末）による情報提供内容、HMI
- ・ 昇橋時の自動航行システム状態表示用ディスプレイ（以下、システム状態表示機）の表示内容、HMI



図 2.2-13 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

□ 操船シミュレータ (SHS) の開発

➤ 緊急オペレーションの試行

➤ 計測項目案：

- (1) 所要時間
 - 被験者が状況を認識できるまでの時間と内容
 - 判断に要する時間と判断の内容（船橋内での発話や事後ヒアリング）
 - 計画航路もしくは設定船速に戻すまでの操作-時間
- (2) 行動記録
 - 被験者が参照した情報の種類、順番、頻度等を実験時の船橋内実験者による記録および船橋内監視システムによって撮影された映像から計測する。
 - アイカメラでの注視点計測による利用情報の計測（情報の種類、順番、頻度等）
- (3) 事後インタビュー+質問票
 - 昇橋時の提供情報の内容
 - 操船権限移譲の判断を、どの情報に基づいて行われたか？
 - 情報の不足はなかったか？
 - 合理的で十分な速さで実施できたか？できなかった場合の問題点は？
 - モバイル端末、システム状態表示機のNASA/TLXによる評価
 - 手動操船への切り替え手順のNASA/TLXによる評価

図 2.2-14 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

②総合シミュレーションシステム開発等
総合シミュレーションシステム開発



□ 操船シミュレータ (SHS) の開発

➤ 緊急オペレーションの試行

➤ テストシナリオの操船状況：

- 下関から神戸・大阪方面に向けて、備讃瀬戸南航路を航行する。
- 二面島を航過後、牛島付近までの間、自動航行システムに運航を任せ、船長は自室に戻ってデスクワークを続ける（船橋は無人）。なお、牛島からは船長が昇橋予定。
- 自船は、航海計画に従い自動航行を継続中、潮流等の影響を受け計画航路の維持が困難となり、自律運航管理システムが発報（航路逸脱+潮流）。
- 発報後1分以内に船長が昇橋し、2分間で計画航路に戻すよう判断し、行動できることが条件。



2023年3月3日、7日に緊急時オペレーションのSHSデモを実施

図 2.2-15 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

**総合シミュレーションシステムによる
無人運航船の安全検証**

➤ 自動操船システムの安全評価手法の開発



一般財団法人 日本船舶技術研究協会
JAPAN SHIP TECHNOLOGY RESEARCH ASSOCIATION



国立研究開発法人 海上・港湾・河川技術研究所
National Institute of Maritime, Inland Water and River Transport Research

図 2.2-16 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

②総合シミュレーションシステム開発等
自動操船システムの安全評価手法の開発



□ 試験シナリオの抽出

➢ 実施内容

- ・ システムが正常に動作している状態において、検証範囲の考え方を整理
- ・ 認証（右図）の手順の確立と使用するテストシナリオの抽出
- ・ 内航の貨物・旅客船の操縦運動モデルを作成しテストシナリオを試行する。

➢ 進捗 検証範囲・対象の整理

自動避航操船のアルゴリズム評価は次の点を考慮し、テストシナリオセットを設計する。

- ・ 主な評価対象は「判断」
- ・ 操船中の他船との離隔距離や、航法（COLREGs）が適切かを判断する。
- ・ 制御はトラックコントロールシステム（TCS）とこれに準ずるシステムを前提とする。

➢ 進捗 操縦運動モデルを作成

- ・ 貨物船モデル(3船型：大中小)を、FTSSのMMGモデルのプリセットとして整備中
- ・ 旅客船の操縦運動モデルを作成中
 - ・ 船長(L)190m×型幅(B)26m×喫水(d)7m程度 2軸2舵を想定



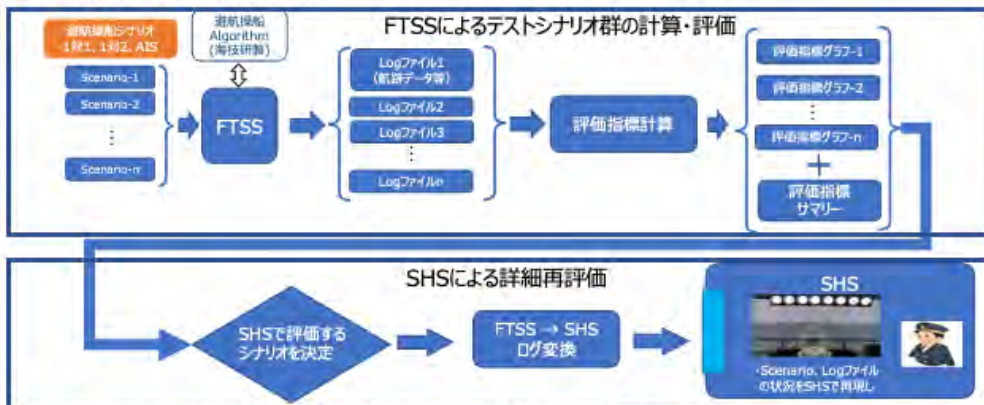
安全評価の手順

図 2.2-17 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

②総合シミュレーションシステム開発等
自動操船システムの安全評価手法の開発



□ 試験シナリオの抽出



□ FTSSで避航シナリオの実行、評価指標作成

➢ 評価指標作成

- シナリオごとの評価指標のグラフ
- シナリオの評価指標サマリー(表)
- 表示危険度は検討中

Case	最小離隔距離 [M]	最大方位変化率 [deg/min]	最小離隔距離	最大方位変化率
Scenario-1	1068.8	19.7	pass	pass
Scenario-2	1064.5	29.9	pass	pass
Scenario-n	2762.4	12.8	pass	failure

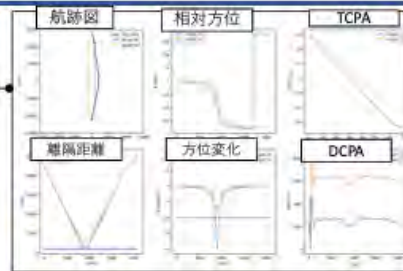


図 2.2-18 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

②総合シミュレーションシステム開発等
自動操船システムの安全評価手法の開発



□ 試験シナリオの抽出

➤ シナリオのバリエーション

FTSSによる大量シミュレーションを前提として、「網羅的」な検証となるように、下記に挙げる要素を考慮して設計する。

項目	概要	パターン
A. 見合い関係	COREGsに基づいた相手船とのシナリオ開始時の位置関係およびWP設定。	1 (自船)対1 (他船)は 13パターン および1 (自船)対2 (他船)は 67パターン (最大80パターン)
B. 衝突までの時間	シナリオの長さに対応。短～長期的な状況における避航戦略の違いを網羅する。	短期 (TCPA 10 min)、中期 (TCPA 30 min)、長期 (TCPA 60 min)、 計3パターン
C. 船速	自船および相手船の速力。	自船は計画速力で固定。相手船は自船の計画速力を基準とし75%・100%・125% (倍率は暫定) の 計3パターン
D. 変針の有無	相手船の変針による見合い関係の変化。	暫定的に4パターンの変針 (自船と平行な針路からの横切り) を整理。TCPA(短・中・長)と変針時期 (早期・中期・急) とする速度3パターンと合わせて 計36x3パターン 。ただ相手船の特性 (KTモデルで設定) により、WP追従のAutopilotを設計する必要あり。また、 B. C.の要素で更にパターン数増 。
E. 船の種類	船種、主要目、運動モデル	現時点では相手船として4種 (大型船(外航クラス)、中型船(内航クラス)、小型船 (漁船、タグボート) を用意。

図 2.2-19 2022年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

②総合シミュレーションシステム開発等
自動操船システムの安全評価手法の開発



□ 試験シナリオの抽出

➤ シナリオのバリエーション-見合い関係のカテゴリ分け

- 破線の11.25度(=1ポイント)刻みで、船舶を配置するときの**見合い関係のカテゴリは全部で6パターン**となる。
- ある程度網羅的にやろうとすると、例えば11.25度(1ポイント)刻みに相手船を配置すると、1対1だと見合い関係だけで (Safeな見合い関係も含めて) 32x32パターンある。
- 海上衝突予防法 (とCOLREG) に準じた航行をしているかを見るという目的に絞れば、この図を使って13パターン (見合い関係分類図の色付きの部分) の見合いで調べればよくなる。さらに絞り込めば、**Head-on, Crossing(stand-on, give-way), Overtake/Overtaking, Quarter Lee(Give-way)**を見ればよい (全6パターン)。
- 他の要素 (TCPAや、船速、変針など) を考慮するとここから更にテストシナリオ数は増える。

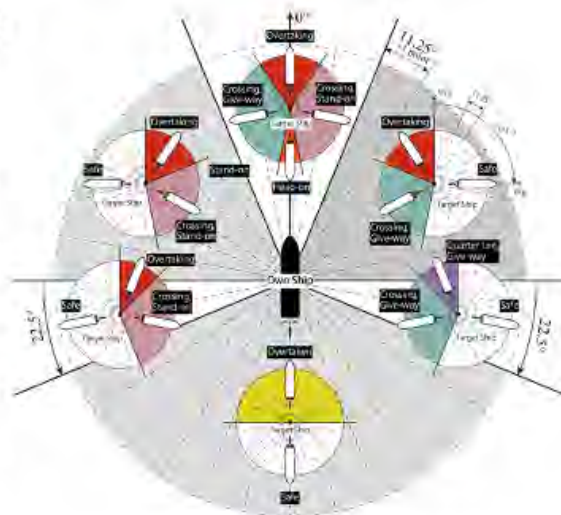
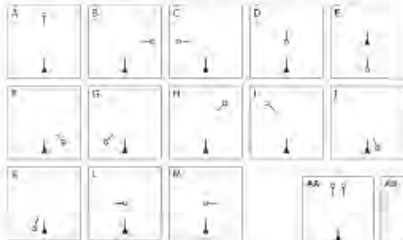


図 見合い関係のカテゴリ分け

図 2.2-20 2022年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

□ 試験シナリオの抽出

➢ 評価用交通流シナリオ例



1対1 (変針なし)の交通流シナリオ (13パターン)

L, Mは、漁船、プレジャーボート等を想定し停止船を配置しており、停船したまま、もしくは設定されたタイミングで動き出し、自船の針路を妨害するシナリオである。

1対1 (変針あり)の交通流シナリオ (4パターン)



1対2の交通流シナリオ (67パターン)

22

図 2.2-21 2022年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

□ 試験シナリオの抽出

➢ 評価用交通流シナリオ (AISデータの利用)



2019年10月1日

- 代表的な交通流のパターンを分岐、合流、交差とし、実データから抽出しテストシナリオを作成(3パターン程度)
- 必要に応じて、狭水道等地理的条件が加味されるパターンを抽出し、テストシナリオを作成(1-2パターン程度)
- 東京湾口等での通航船舶の目視・レーダ観測により取得したAIS搭載船とAIS非搭載船の航行船舶の割合を利用し、AIS非搭載船分の船舶数を増やしたテストシナリオを作成(1パターン程度)

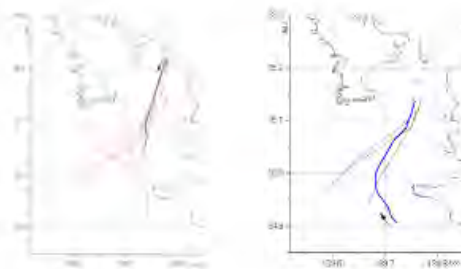


図 2.2-22 2022年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

□ 試験シナリオの抽出_避航操船結果評価

➢ FTSSによる避航操船結果評価

- 衝突が発生した場合、評価対象としたアルゴリズムは不可と判断
- 1対1の交通流シナリオではCOLREGsの準拠も評価
- 衝突しなかったテストシナリオの内、SHSによる再評価を実施
 - 設定された航過距離(例えば: 0.3MN)が確保されていない場合。
 - 十分な方位角変化率(例えば: 20 deg/min)による明確な操船が実施されていない場合。

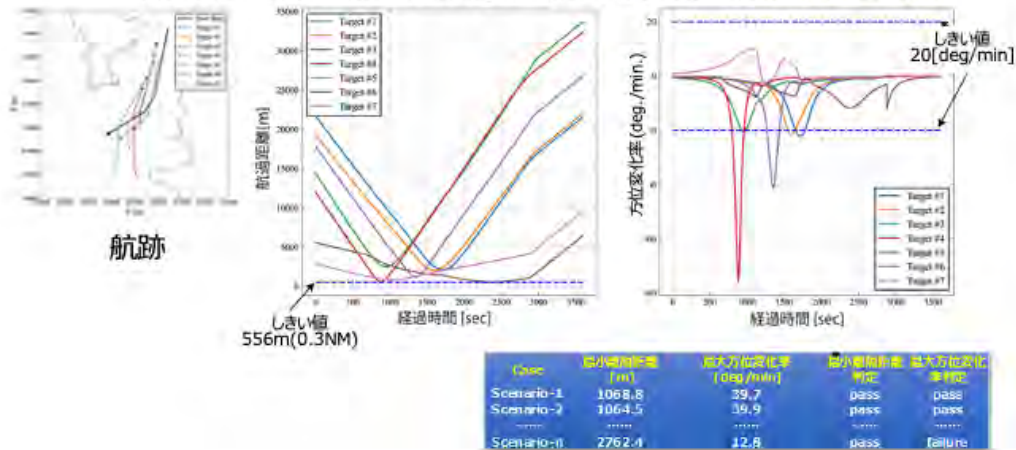


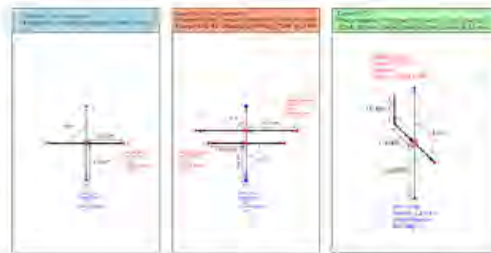
図 2.2-23 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

□ 試験シナリオの抽出_評価のまとめ

➢ 自動避航の評価の例(イメージ)

➢ 1対1, 2の避航操船評価

- 主に見るのは離隔距離 (安全)
- 方位変化を見ることで、さらに余裕を見積もる (安心)
- 見合い関係を網羅的に取ることで、交通法規 (COLREG) の条項を確認 (法規)
- より複雑な例として、1対1をベースに1対2に拡張したシナリオを用意。



➢ 対多船の避航操船評価 (AISデータより抽出)

- 主に見るのは離隔距離 (安全)
- 方位変化を見ることで、さらに余裕を見積もる (安心)
- COLREGで定められる航法は関知しない (1対1シナリオで確認することで十分とする) .

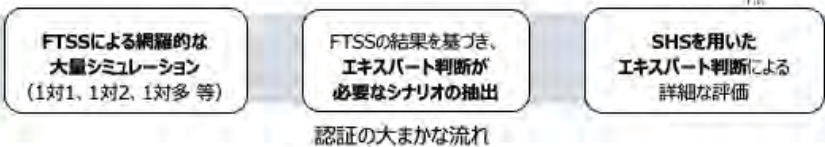
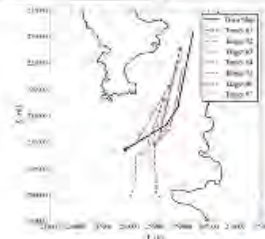


図 2.2-24 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

□ 内航貨物船・旅客船を考慮した操縦運動モデルによる試験シナリオの試行

➤ 操縦運動モデルの作成

操縦運動数学モデルは、6自由度の計算をシミュレーションでリアルタイムに実行するために、時間領域と周波数領域を組み合わせた外力項計算により次のように設計した。

- Surge, Sway, Yaw, Rollについては、時間領域の運動計算
- Heave+Pitchは一つの成分波に対する規則波中応答関数による変位計算結果を線形重ね合わせで表現し、周波数領域耐航性計算コード等で得た応答関数により計算

➤ 対象船舶の主要目

貨物船(一軸一舵)

項目	値
L [m]	78
B [m]	13
d [m]	6.5
D [m]	8
C _B	0.7
計画速力[kt]	12

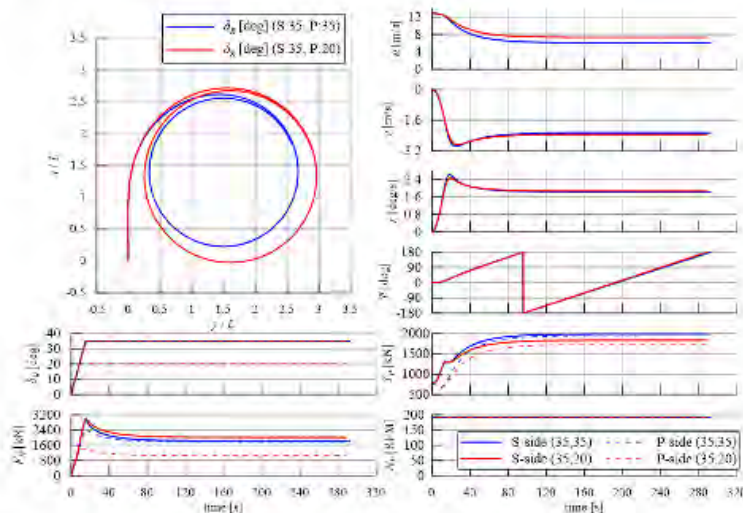
旅客船(二軸二舵)

項目	値
L [m]	175
B [m]	26.4
d [m]	6.85
D [m]	18.4
C _B	0.545
計画速力[kt]	24.9

図 2.2-25 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

□ 内航貨物船・旅客船を考慮した操縦運動モデルによる試験シナリオの試行

➤ 操縦運動モデルの作成(旅客船)



旋回試験シミュレーション結果 (舵角 $[\delta_{RS}, \delta_{RP}]$ (1): [35, 35], (2): [35, 20])

図 2.2-26 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

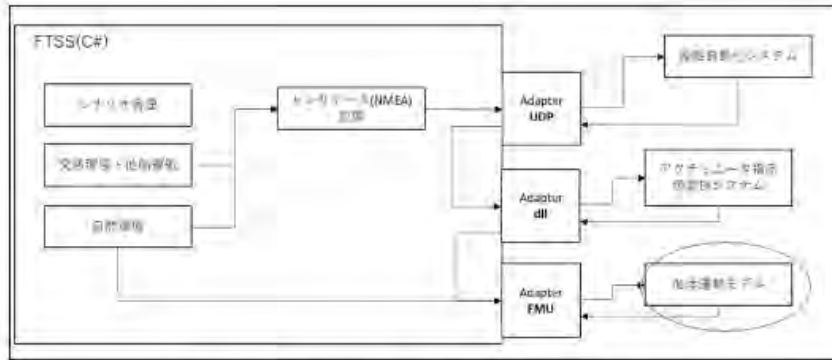
②総合シミュレーションシステム開発等
自動操船システムの安全評価手法の開発



□ 内航貨物船・旅客船を考慮した操縦運動モデルによる試験シナリオの試行

➤ 試験シナリオの試行

船体運動は船体運動モデルをFMUとして実装したものがAdapterを介してFTSSに接続される。



テストシナリオ実行時のシミュレータ構成

図 2.2-27 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

②総合シミュレーションシステム開発等
自動操船システムの安全評価手法の開発



□ 内航貨物船・旅客船を考慮した操縦運動モデルによる試験シナリオの試行

➤ 試験シナリオの試行結果例

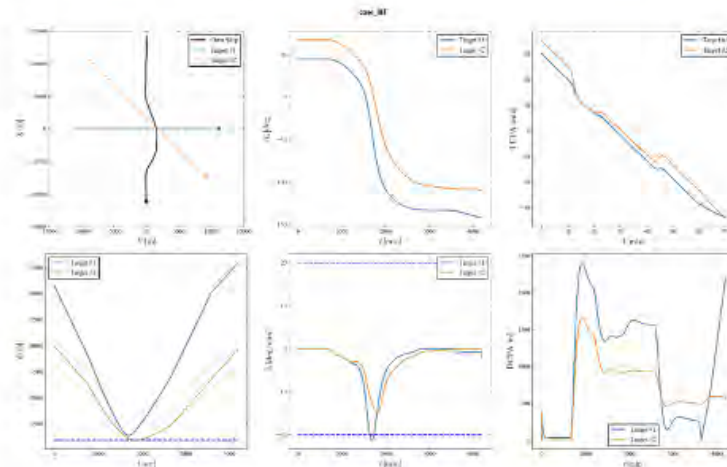


図 2.2-28 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

避難の安全確保のための要件の検討



図 2.2-29 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

②総合シミュレーションシステム開発等
避難の安全確保のための要件の検討

□ 前提

- ・ 通常船舶（自動運航システムを搭載しない船舶）と同等の避難時の安全確保
- ・ 対象船種は、比較的小型の貨物船及び客室担当の乗員が常駐する旅客船
- ・ リモートコントロールセンターに操船者（意思決定者）がいて、船橋にいない状況

□ 目標

- ・ 無人運航船のシステム側が避難誘導等の作業を担当する乗員にどのような情報をどのようなタイミングで伝達するかなどの、避難時の安全を確保するために必要となる要件の抽出

□ 検討方法

通常船舶の避難時の乗員の作業遂行状況（含む情報と時系列）調査

無人運航船の各種システムと乗員作業の整理

情報内容とタイミングの明確化

必要な情報とタイミングの確認と追加要件

- ・ 運輸安全委員会の2009年から2019年の報告書を対象
- ・ 乗客避難及び比較的详细な事故内容（乗員のタスク遂行含む）の記載がある事故7件抽出
- ・ 7件の事故経過表作成済み、操船者乗員の作業遂行のフロー（時系列）作成

【参考】通常船舶の現在の避難に関する事項（時系列にはなっていない）
 事前準備：非常配置表（非常事態に対応する乗員の配置と作業）と操練
 船長による退船判断：事故の程度・自船状況・気象海象・救助の可能性等を考慮

図 2.2-30 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果



図 2.2-31 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果



図 2.2-32 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

機関部の遠隔監視について、Remote Control Centre (RCC) 側で必要となるシステムの要件を検討した。

項目		RCCオペレータの能力[抜粋]
一般	RCC	<ul style="list-style-type: none"> 対象船の状態を統合的に判断できる。 RCCのインターフェースから対象船を操作できる。
	技術	<ul style="list-style-type: none"> リモートコントロールシステムや警報システムの意味、自動化システムの機能を理解している。 履歴データを分析し、最適な操船をする能力を持つ。
	検知・人	<ul style="list-style-type: none"> 人間の知覚の特性と限界、誤認識の可能性と原因、暗黙知（経験的に使っている知識）を理解している。
機関部	管理	<ul style="list-style-type: none"> 環境保護に関連する国内、地域および国際的な法律についての知識を持つ。 発電システム、管理システムおよび推進システムについて理解している。 対象船の様々な機械システムの自動化・自律性レベルについての知識を持つ。 警報システムの詳細な検査を実施する。
	保守・修理	<ul style="list-style-type: none"> 機械の保守と修理がどのように計画されているかを把握している。 乗組員の技量・リソース、予備品や機器の状態を把握し、船内またはリモートで緊急修理を許可するかどうかを判断する。 メンテナンスや修理を行う乗組員と効果的コミュニケーションをとる。

- ◆ DNV「Competence of remote control centre operators」では、自律船・遠隔操船および遠隔支援船を対象として、RCCオペレータに必要な知識・理解・適応力・統合能力がまとめられている。
- ◆ 機関監視システムの検討においては、RCCオペレータに必要な要件をモニタリングシステムに置き換えることの同等性を議論する必要がある。
- ◆ 遠隔操船システム（自動運航船）の検討においては、機関部と運航を含めたトータルでの検討が必要である。

図 2.2-33 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

認証ガイドンスの中間案策定

➤ 認証ガイドンスの策定等

図 2.2-34 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

□ 実施内容

自動避航システムの安全評価手法の検討結果と実証実験データの分析を踏まえ、無人運航船の自動化システムの認証ガイドンス（評価手順書）を作成。

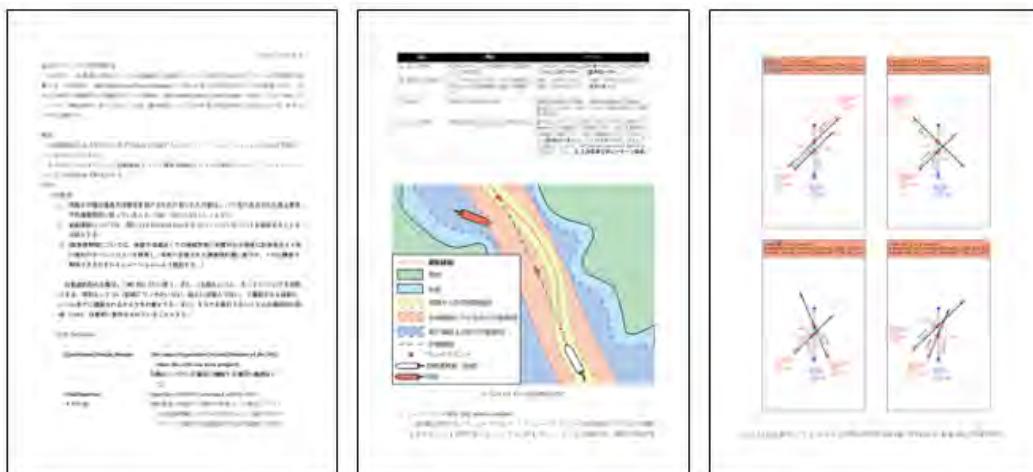
自動運航船に係る安全性に関する認証を実施するにあたり、シミュレーションによる認証手順について定めるものである。本内容は、IMO GBS (Goal Based Standard) のTier 4相当の内容を想定した中間案である。

□ 目次構成（案）

- 緒言 Introduction
- 概要 Abstract
- 原則 Principles
 - 手順範囲 Scope
 - 用語 Definition（自動運航船全体）
- 認証の概要 Approval
- 自動避航操船タスク Automatic collision avoidance task
 - 定義 Definition（自動避航操船タスク）
 - 検証対象 Equipment under Test and requirement
 - シナリオと評価方法 Scenario and Evaluation
 - シミュレーション環境 Ship motion simulator
- (自動離着岸操船タスク Automatic unberthing/berthing control taskも同様に以下に続く)

図 2.2-35 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

□ 認証ガイドンスの中間案として、主に自動避航操船タスクの用語定義、検証対象、評価用シナリオと評価、シミュレーション環境をIEC 26262等の既存航海機器のTier 4相当規格を参考に作成。



認証ガイドンスの中間案（抜粋）

図 2.2-36 2022 年度の総合シミュレーションシステムの開発等の事業成果

2.3 総合調整、ガイドライン策定等

関係委員会に報告した年度計画含む本年度の事業成果を以下に示す。



図 2.3-1.1 2022 年度の総合調整、ガイドライン策定等の事業成果

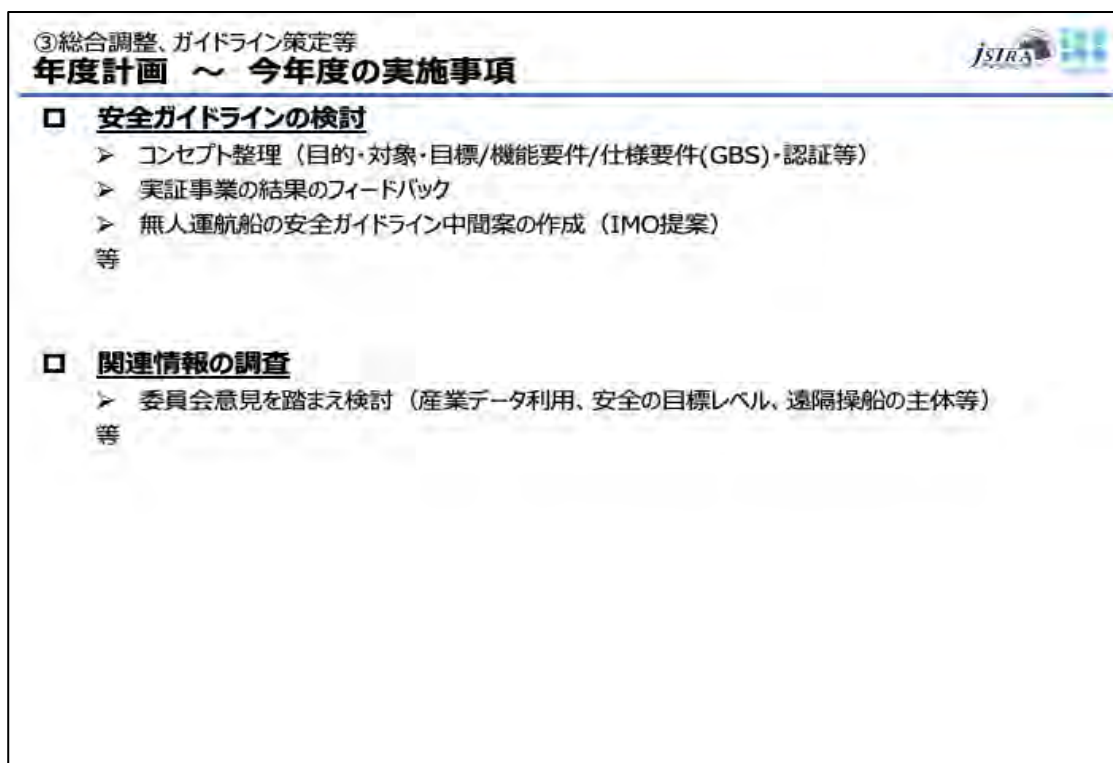


図 2.3-2 2022 年度の総合調整、ガイドライン策定等の事業成果

安全ガイドラインの検討・骨子策定



図 2.3-3 2022 年度の総合調整、ガイドライン策定等の事業成果

③総合調整、ガイドライン策定等
安全ガイドラインの検討

□ 安全ガイドラインの中間案の策定（IMOのMASSコード案）

- MEGURI実証事業者・日本海事協会とともに、IMOのコレスポネンスグループに参画し、自動運航船の安全要件等を定めるMASSコード（注）のドラフト作業を実施。
- MEGURIの実証・安全性評価での知見を活用し、日本がNavigationセクションの担当となりドラフトを作成（Look-outはFinlandが担当）。英国がドラフト担当の遠隔操船等の他セクションでもコメントを提出。
- 作成したMASSコードのドラフトは、MSC107で審議予定。

	MSC105 22年4月	MSC106 22年11月	MSC107 23年2/4半期	MSC108 24年2/4半期	MSC109 24年3/4半期	MSC110 25年2/4半期
ロードマップ	➢ 最終化	➢ 随時update	➢ 同左	➢ 同左	➢ 同左	
共通ギャップ/テーマ・用語	➢ 検討開始	➢ 要すれば継続	➢ 同左	➢ 同左		
ガイドライン (義務/非義務)	アプローチの検討 ➢ 非義務ガイド策定の要否	➢ 検討開始 ※MSC105結果次第			➢ 最終化	
MASSコード (義務)	➢ MASSコードの義務/非義務での開始判断	➢ 検討開始		➢ 義務化方法の検討		➢ 採択 ➢ 義務化のための条約改正
その他		➢ 既存規則類の改正方法の検討	➢ 既存規則類の改正箇所を検討	➢ 既存規則類のレビュー	➢ 既存規則類のレビュー ➢ 今後作業検討	➢ 既存規則類のレビュー最終化

IMO作業ロードマップ（案）

図 2.3-4 2022 年度の総合調整、ガイドライン策定等の事業成果

□ 安全ガイドラインの中間案の策定 (IMOのMASSコード案)

Section of the MASS Code

Part 3, section 1:	Navigation (including "Lookout")
Part 3, section 2:	Remote operation
Part 3, section 3:	Communication
Part 3, section 4:	Subdivision, stability and watertight integrity
Part 3, section 5:	Fire protection/safety
Part 3, section 6:	Life saving appliances and equipment
Part 3, section 7:	Management of safe operations
Part 3, section 8:	[Controlling the operation of the ship]
Part 3, section 9:	Security
Part 3, section 10:	Search and rescue
Part 3, section 11:	Cargo handling
Part 3, section 12:	Personnel safety and comfort
Part 3, section 13:	Towing and mooring
Part 3, section 14:	Marine engineering/Machinery installations
Part 3, section 15:	Electric and electronic engineering/ Electric Installations
Part 3, section 16:	Maintenance and repair
Part 3, section 17:	Emergency response

MASSコード案の構成

図 2.3-5 2022 年度の総合調整、ガイドライン策定等の事業成果

□ リスク解析手順書の作成

※ 詳細は、①安全性評価を参照

➤ 無人運航・自動運航に関する次のリスク解析手順書を作成

- (a) IMO検討中のMASS安全ガイドラインで求められるリスク評価に関する解析手順書の中間案
- (b) 国土交通省の自動運航船安全ガイドラインで求められるリスク評価に関する解析シート標準
- (c) IMOの自動運航船トライアル暫定ガイドラインで求められるリスク評価に関する解析シート標準

□ 認証ガイダンスの中間案の策定

※ 詳細は、③総合シミュレーションシステムの開発等を参照

➤ 無人運航・自動運航に関する次の認証ガイダンスの中間案を作成

- (a) 自動避航システムの安全評価の手順書 (検討中のもの)
- 認証ガイダンスは、検討中のIMOのMASSコード案に即した形で再構成予定。

主機能	正機能の機能 (主機能説明)	主機能の動作確認機能	手動白航の機能	船舶への表示機能
航行制御	自動航行の制御を行う。 - 予定の航路を既定航路で運航する。 - 予定の航路(航路)に外航路(航路)を設定する。 - アラーム、緊急停止(緊急停止)機能を実行する。 - アラーム、緊急停止(緊急停止)機能を実行する。	- 航路上の既定航路(航路)に航行している状態を確認する機能。 - 航路上の既定航路(航路)に航行している状態を確認する機能。 - アラーム、緊急停止(緊急停止)機能を実行する機能。	- 航路を選択した後に、設定された航路を保持して航行し、場合は、対応船舶に対して通知する機能。 - 航路上の既定航路(航路)に航行している状態を確認する機能。 - アラーム、緊急停止(緊急停止)機能を実行する機能。	- 航路上の既定航路(航路)に航行している状態を確認する機能。 - 航路上の既定航路(航路)に航行している状態を確認する機能。



リスク解析手順書：無人運航モデル船のリスク解析 (再掲)

認証ガイダンス：見合い関係のカテゴリズ(再掲)

図 2.3-6 2022 年度の総合調整、ガイドライン策定等の事業成果

③総合調整、ガイドライン策定等
関連情報の調査



- **船舶分野の自律化・自動化に関わる民事法上の責任所在及び保険等**
 - 限定無人・遠隔操船の調査を実施
- **その他調査**
 - 自動化機器に関する産業データ権の基礎調査を実施

レベル	概要	船体の持続的 運航制御	対象物・事象検知・ 反応 (OEDR)	フォール バック	運航設計領域 (ODD)
0	手動操船	船員	船員	船員	NA
1	操船支援	船員&システム	船員	船員	限定的
2	部分的自動化	システム	船員	船員	限定的
3	条件付き自動化	システム	システム	船員	限定的
4	高度自動化	システム	システム	システム	限定的
5	完全自動運航	システム	システム	システム	限定無し

自律化・自動化の責任所在・保険：船舶の自動化レベル（レベル4の限定無人を調査）



産業データ権：Data ownership and access in the maritime industry: Best Practice Guidelines

図 2.3-7 2022 年度の総合調整、ガイドライン策定等の事業成果

③総合調整、ガイドライン策定等
検討課題



無人・自動運航船固有の機能要件

- **運航設計領域 (ODD)**
 - 外乱 + α (運航時間・海域等)、どこまで考慮するか?
 - 自動車は、地理 (道路区間・環境)・環境 (気象・交通)・走行 (速度等) が基本
- **NavigationセクションでのLook outの扱い (認知)**
 - 日本は「航海機器」を・フィンランドは「カメラ」をそれぞれ基本にシステムをイメージ (対立点)
 - 操船者は何をみて・どこから認知しているのか整理 (船の大きさ・船種、周囲音等)
- **冗長性 (Redundancy)**
 - 通常船 < 自動化船 < 自動運航船 < and/or = 無人運航船の関係?
 - 遠隔操船は本船のみで可? (RCCは不要?)
 - resilienceとの整理 (自動化システムでは誤検知等の意味で使用されるもの)
 - fall backとの整理 (INSでの要求は、ODD内に限定・ODD外のfall backは含まれない)
- **権限移譲 (override)・縮退操船 (fall back)**
 - IBS・INSで概念は導入済み、IBS・INSより強化?自動運航船 < and/or = 無人運航船の関係?
 - 対応失敗の可能性 (+ αの余裕?)
- **その他**
 - HMIヒューマンマシンインターフェース (INSには導入済み、INSより強化?自動車分野並み?)
 - MRMリスク最小化制御・MRC最小リスク条件 (INSにない概念、自動車分野並み?)
- **各種ガイドライン等とのデマケ**
 - 無人運航船安全性評価ステアリング委員会は、認証含むMASSコード案に注力
 - 産業データ利用、外部依存する自動化機能の不確実性 (通信インフラ等) 自動化システム開発者責任 (システム維持管理等) 等は、新規発足したMEGURI社会受容性事業でフォロー

図 2.3-8 2022 年度の総合調整、ガイドライン策定等の事業成果

3 まとめ及び今後の計画

2022年度の主要な成果と2023年度の計画を示す。添付資料2に本年度の事業成果物を示す。

本事業では、「無人運航船プロジェクトに係る安全評価」、「総合シミュレーションシステムの開発等」、及び「総合調整、ガイドライン策定等」を3本の柱として実施している。

3.1 無人運航船プロジェクトに係る安全評価

無人運航船プロジェクトに係る安全評価では、無人運航モデル船のリスク解析、リスク解析手順書の作成、安全ガイドラインの中間案策定を実施した。

無人運航モデル船のリスク解析では、2船型×3操船タイプの合計6隻の船舶を無人運航モデル船として設定し、それらに対してリスク解析を実施した。その結果から通常オペレーションの機能要件（案）を策定した。また、緊急オペレーションに関するモデル化も実施し、その結果から緊急オペレーションの機能要件（案）を策定した。更に、無人運航船の衝突に関するリスクレベルの推定方法を検討し、その方法を利用して旅客船及び貨物船に関するリスクの定量的な推定と比較を試み、自動化機能導入後の旅客船と貨物船に現状以上のリスクの差はないことがわかった。

本事業では、2021年度に作成した「自動運航船のリスク解析手順書」をベースに本文部分を加筆修正し、2つのリスク解析の具体例を付属書として付けた「自動運航船/無人運航船のリスク解析手順書」（添付資料2 ①）を作成した。また、自動運航船の設計時に求められるリスク解析の具体例と無人運航船の実証実験時に求められるリスク解析の具体例、すなわち HAZID WS（解析シート標準）（添付資料2 ②）等を作成した。

安全ガイドラインの中間案の策定においては、無人運航モデル船のリスク解析を踏まえ、無人運航船の機能要件、自動化システムの機能要件及び性能基準を含む無人運航船の安全ガイドラインの中間案を策定した。

3.2 総合シミュレーションシステムの開発等

総合シミュレーションシステムの開発等では、総合シミュレーションシステムの開発、総合シミュレーションシステムによる無人運航船の安全検証、避難の安全確保のための要件の検討、機関の遠隔監視の要件の検討、認証ガイドランスの策定の5項目を実施した。

総合シミュレーションシステムの開発では、FTSS（ファストタイムシミュレータ）の外部システムとの接続性を確認するため、MEGURI 2040 実証事業者の内の2社の操船自動化システムをFTSSに接続し、外部自動化システムのFTSSへの接続法を確立するとともに、テストシナリオを用いた接続試験を行い成功した。ノイズ・データ欠損などの自動化システムの緊急時を再現するための機構をFTSS内に組み込んだ。また、SHS（新操船シミュレータ）の開発では、2021年度に引き続きSHSの制御等のソフトウェア、操作室、遠隔監視室の整備を行い、SHS（添付資料2 ③）を構築した。SHSについても任意の評価対象船の操船自動化システムを接続するため、操船自動化システムとの接続用機構を開発した。この機構はFTSSと同一の機構とすることで、FTSSと連携した利用が可能となった。さらに、SHSの航行環境再現機能とHMI評価機能を活用し緊急オペレーションの機能要件の検証を目的とした実験を立案し、緊急オペレーションのデモンストレーションを実施した。

総合シミュレーションシステムによる無人運航船の安全検証では、自動避航操船システムの安全評価手法の開発を実施した。避航操船の評価に用いるシナリオを特定するため、COLREGsのRule8-10及びRule13-17を考慮の対象とし、見合い関係のカテゴリと停止船の存在、変針の有無を考慮して見

合い関係を網羅する1対1及び、1対2の基本テストシナリオ群の設計方針を示し作成した。次に、この基本テストシナリオ群の内容の確認をするため、FTSS に自動避航操船システムを接続し、シミュレーションの試行を行った。また、評価対象船として、2軸2舵の旅客船の操縦運動モデルを作成した。

MEGURI2040 実証実験時に取得されたデータを利用して、輻輳海域に対応した避航操船のテストシナリオを作成し、FTSS に接続された操船自動化システム等の動作確認を行った。この際、事業者から提供された操船自動化システム及び操縦運動モデルは FTSS の接続用に調整されたものであるため、実証実験時の航跡等と詳細な比較は無意味だが複数の船舶が航行する海域において離隔距離を保ち避航することが確認できた。事業者から提供された操船自動化システム等と FTSS の接続用に作成したアダプタ（接続用プログラム）により、認証等に必要任意外部接続プログラムと FTSS との接続が可能となったことを確認した。

認証ガイダンスの中間案を FTSS による自動避航操船システムのシミュレーションの試行成果に基づき作成した。本ガイダンスは避航操船タスクの自動化を対象として、自動運航船に係る安全性に関する認証を実施時のシミュレーションによる認証手順を定めた。

避難の安全確保のための要件の調査では、船内の乗員の人数は既存有人船と同じで ROC(Remote Operation Center)に船長がいることを想定し、既存の事故調査報告書を分析して小型貨物船とフェリーの無人運航船を対象に、退船判断に用いる情報とタイミングについて取りまとめた。無人運航船は、船舶としての設備に加え、自動運航のための各種システムにより成り立つため、既存有人船の非常配置表といった簡潔なものでは対応できないと考えられる。したがって、要件としては、ここで作成した避難の判断に用いた情報の項目を考慮して、石油掘削等の海洋構造物の分野で導入されているような、無人運航船を製造・運航する側が事前に個々の事情に合わせた緊急時対応計画の立案を求めることが挙げられた。

機関の遠隔監視の要件の調査では、DNV-GLによる ROC オペレータに必要とされる関連知識や判断力などの要求事項をシステムに置き換えることを想定し、ROC 側で必要となるシステムの要件を取りまとめた。遠隔監視の安全性は対象船の機器構成や航路などによって大きく異なると考えられるため、機関の遠隔監視システムの要件は一概に決定することはできず、今回調査した項目に対して、個別に ROC オペレータによる監視機能から遠隔監視システムに置き換えることの同等性を詳細に議論する必要がある。

3.3 総合調整、ガイドライン策定

総合調整では、外部有識者等からなる無人運航船安全性評価ステアリンググループ委員会を組織するとともに、その傘下に無人運航船安全性評価等実施委員会及び無人運航船安全ガイドライン策定等委員会を設置し、本事業の進捗及び成果等の審議を行った。

ガイドライン策定では、MEGURI 実証事業者、日本海事協会、海上技術安全研究所とともに、IMO のコレスポンドンスグループに参画し、自動運航船の安全要件等を定めるドラフト作業を実施した。日本は、MEGURI の実証・安全性評価での知見を活用し、Navigation セクションの担当となり、Look-out を担当した芬国と日本主導でドラフト（添付資料2 ④）を作成し、コレスポンドンスグループに提出した。また、英国がドラフト担当の遠隔操船等の他セクションにもコメントを提出し、MASS コード案の作成に貢献した。コレスポンドンスグループでまとめられた MASS コードのドラフトは、MSC107 で審議予定。

また、ガイドライン策定時に重要となる自動化システム及び遠隔操船システムを使用した船舶の運用の責任の所在等について検討するため、船舶分野の自律化・自動化に関わる民事法上の責任所在及び保険についての調査（添付資料2 ⑤）を行った。


IMOでは、2023年度末のMASS運用の安全ガイドラインの最終化に向けて作業が進んでおり、本事業においてもIMOの審議動向を確認しつつ、引き続きガイドライン策定に必要な調査等とガイドラインの充実に向けたガイドライン案の提案を行う。

3.4 今後の計画

関係委員会に報告した修正された2023年度以降の事業計画を以下に示す。

**MEGURI2040に係る安全性評価
安全性評価・フェーズ2：事業計画**

※赤字が、当初計画からの変更箇所




□ 背景・目的

- 我が国を取り巻く少子高齢化への対策や働き方改革への対応は極めて重要であるが、海事分野でも対応が急がれるところ、最近の自動運航に係る技術の進展に伴い、無人運航船への期待が高まっている。国際海事機関（IMO）が、関連条約改正の2025年採択・2028年1月発効を目的に国際基準の策定に着手し、国際的にも期待が高まっている。
- 特に日本財団が実施する「無人運航船の実証実験に係る技術開発助成プログラム」（MEGURI2040）が、2022年1月から3月に実施された実証実験（フェーズ1）の成果を踏まえ、2022年10月から本格実証（フェーズ2）を開始し、2025年の無人運航船の実用化の早期実現が加速されることとなった。
- フェーズ2の本格実証を円滑かつ速やかに進めるためには、実証船舶やシステムの第三者による安全評価はもとより、フェーズ2の目的である2025年の実用化に向けた、緊急時対応などの安全評価の高度化、遠隔オペレータなどの新たな船員スキルの技能・訓練の整備、新技術導入の制度整備などの無人運航船の社会受容性の醸成が、必要である。
- このため、当会をプラットフォームとして、2025年の実用化に向けた各種課題の解決と国際基準化・国内制度化の検討を行うことにより、無人運航船の実用化を支え、もって我が国の海事産業の変革と発展の一助となることを目的とする。

□ 事業概要


- 実施期間：2020年度～2025年度（6年間）
- 実施内容 ※①③④は24年度から実施（23年度までは安全性評価・フェーズ1事業の一部が継続）
 - ① 安全評価：フェーズ2実証船のシミュレータ等を用いた安全評価・緊急時対応などの実船検証
 - ② 船員スキル定量化：新たな技能となる遠隔オペレータのシミュレータ・実船実験による技能・訓練の要件化
 - ③ シミュレータ開発：新たな技能となる遠隔オペレータの訓練施設の整備（②連動・成果フィードバック）
 - ④ ガイドライン策定：①②③を踏まえた機器要件、評価手法等の安全ガイドラインの改正 ※IMO提案予定
 - ⑤ 社会受容性醸成：新技術導入の制度調査、データ活用、地域/学生アイデアソン、社会インフラ検討などの環境整備



MEGURI 2040

図 3.4-1 2023 年度事業計画

MEGURI2040に係る安全性評価
(別添1) 事業計画 (実施内容・スケジュール) ※赤字が、当初計画からの変更箇所



事業内容
安全性評価事業

- ▶ **安全性評価**
 - ・ 日本財団無人運航船プロジェクト「MEGURI2040」に参画する実証実験事業者が実施するリスク解析のモニタリングとレビュー等、支援を行う。
 - ・ 自動・遠隔及び自動化レベルを統一して取り扱うリスク解析手法をとりまとめるとともに、「自動運航システム」と「人による遠隔操船システム」で必要となる機能要件を抽出する。
- ▶ **総合シミュレーションシステムの開発等**
 - ・ 安全性評価において操船シミュレータをツールとして活用するために必要な機能を検討し、総合シミュレーションシステムを整備する。
- ▶ **総合調整、ガイドライン策定等**
 - ・ 学識経験者及び外部有識者等で構成される委員会を組織し、総合調整を行う。
 - ・ 技術的な検討および事業者による試験の結果を踏まえ、無人運航船の実施に必要と考えられる安全上の要件をとりまとめて、自動・遠隔及び自動化レベルを統一して取り扱うガイドライン案を作成する。
- ▶ **無人運航船の社会実装に向けた環境整備**
 - ・ リスク評価・緊急時対応等の実証事業フェーズ2の安全評価のフォローアップをし、ガイドラインを高度化するとともに、遠隔オペレータの技能・訓練の要件化、無人運航船の社会受容性の醸成人材等の人材・インフラ・制度面の検討など2025年の社会実装に向けた環境整備を実施する。

安全評価の基盤となる船員スキルの定量化事業 ※22年度終了・23年度から安全性評価事業に統合

- ▶ **船員スキル定量化**
 - ・ 操船、見張り等に係る船員スキルの定量化・基準化のための解析手法を構築し、実航海等を通して、無人運航システムの安全評価の基盤となる定量化・基準化を行う。
 - ・ 総合シミュレーションシステムを用いた安全性評価法として、船員スキルを基準にしたエキスパートベースの指標を導入する。

図 3.4-2 2023 年度事業計画

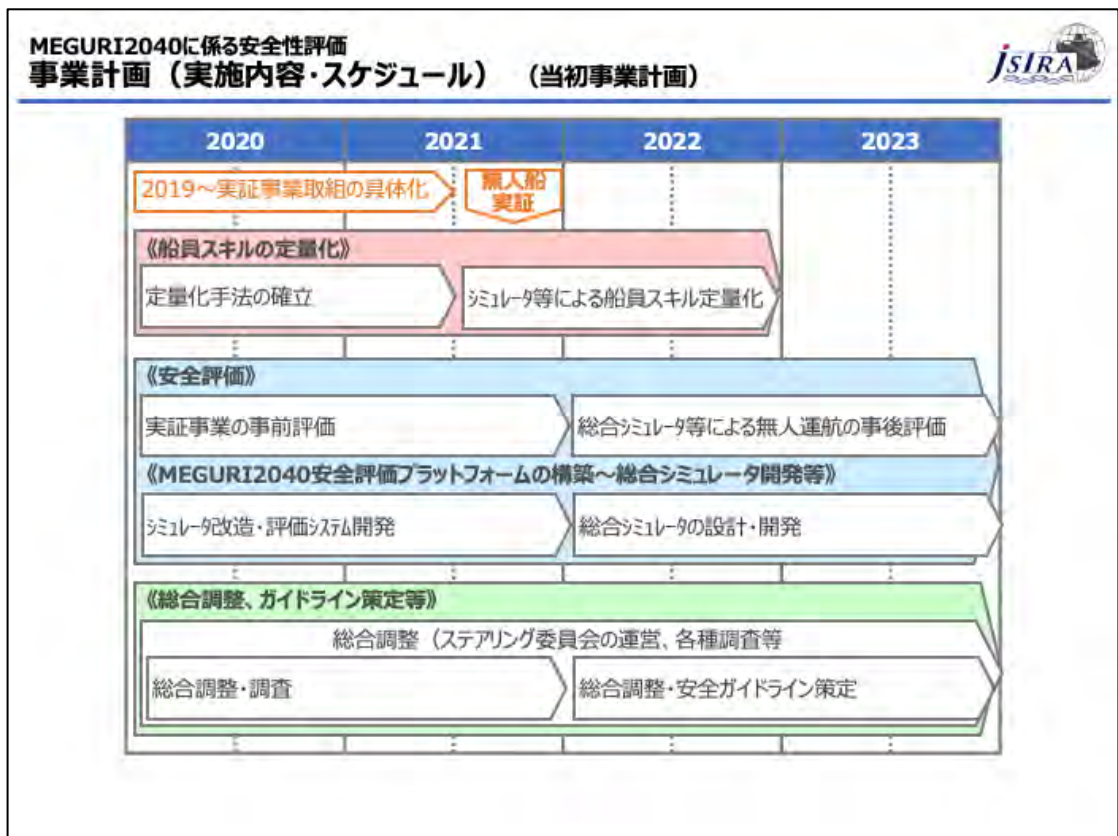


図 3.4-3 2023 年度事業計画

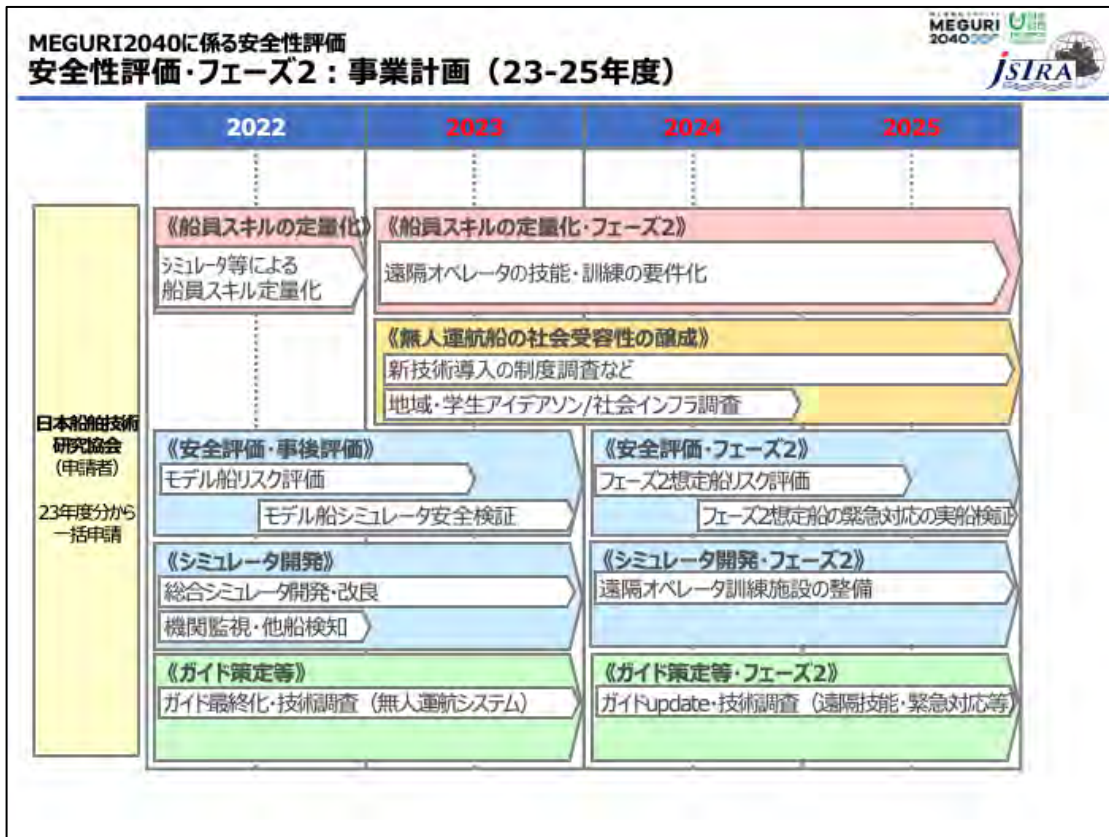


図 3.4-4 2023 年度事業計画



図 3.4-5 2023 年度事業計画

MEGURI2040に係る安全性評価
安全性評価・フェーズ2：船員スキル定量化・シミュレータ開発（遠隔オペレーター）

MEGURI 2040 JSIRA

□ 背景・目的

- 自動運航船の実現に向けて国際的にも議論が活発化しているが、自動運航船のうち遠隔操縦船の実現には、陸上の遠隔制御施設（RCC）で操縦を行うオペレータが安全に本船を運航できる能力を有することが必要。
- 遠隔オペレータは、視野が制限され、取得できる情報も少なく、情報の遅延も発生する可能性あるRCC内で操縦を行うこれまででない新たな職種のため、必要な技能が明らかになっていない状況。
- このため、実船・シミュレータ実験等により、遠隔オペレータに必要な技能・訓練の要件を構築。あわせて、要件に対応した遠隔オペレータの教育訓練施設を整備。

□ 事業概要

- 実施期間：2023年度～2025年度（3年間）
- 遠隔オペレータに必要な能力要件の構築
- 実施内容：
 - ・ 練習船、シミュレータ等での実験により、本船から取得しRCCに表示する安全運航に必要な航海情報等を整理し、遠隔オペレータに必要な能力要件（技能・訓練）の検討を実施
- 予算：1.2億円（100%助成）
 - 23年度 0.5億・24年度 0.3億・25年度 0.3億
- 遠隔オペレータの教育訓練施設を整備
- 実施内容
 - ・ 技能・訓練の要件の検討結果を踏まえ、遠隔オペレータの教育訓練施設を整備を実施（船員養成施設等の改修）
- 予算：0.8億円（80%助成）
 - 24年度 0.8億・25年度 0.01億



遠隔オペレータの教育訓練施設のイメージ
（船員養成施設等の改修）



海技大学校 練習船
（海技丸）



東京海洋大学 練習船
（汐路丸）

図 3.4-6 2023 年度事業計画

MEGURI2040に係る安全性評価
安全性評価・フェーズ2：社会受容性醸成

MEGURI 2040 JSIRA MRI

資料2

MEGURI安全性評価事業フェーズ2
「無人運航船社会実装に向けた制度設計及び必要インフラ等の検討」
ご提案メモ（MRI&丸紅）

事業目的

- ・ 無人運航船の社会実装に向けて必要な制度・規制の整備（緩和）、社会受容性向上、周辺インフラ整備（保険含む）の他、無人運航船を活用したイノベーションや地方創生を促す仕組みを構築する
- ・ 開発助成事業の無人運航船実証と連携し、事業終了後（2026年以降）の実利用に必要なインフラを整える

実施事項案

1 規制緩和・制度改革検討

- ・ 開発助成事業の実証船リスク結果に基づき、長期実証のための規制緩和（「規制のサンドボックス」想定）及びその成果に基づく制度改革方針を検討。
- ・ 安全要件を満たす制度基準について規格WGと連携。

2 社会受容性向上・ユースケース検討（地域での社会実装・特区化）

- ・ 市民の社会受容性向上（含広報）、ユースケース開拓を行い、地域での社会実装（まずは特区化）を目指す。
- ・ 離島等地域課題解決のための無人船活用について、アイデアソン・ワークショップ等の手法を用い検討。

3 ソフトインフラ（公的支援、保険等）検討

- ・ 税制、保険等の検討（DFFAS+でのリスク評価、実証成果を踏まえ検討）

4 ハードインフラ（船舶以外）検討

- ・ 周辺インフラ（港湾側設備、決済等のMaaSシステム、他産業との連携も見据えたサービス設計）の検討

※無人運航船システム社会実装に向けて、規制緩和・特区化（地方創生）とセットで検討する必要あり

1

図 3.4-7 2023 年度事業計画

添付資料 1 安全性評価事業関係の委員等名簿

2022年度 無人運航船安全性評価ステアリング委員会 委員名簿

2023/3/13現在

	氏名	勤務先	
委員 長	1 今津 隼馬	国立大学法人東京海洋大学 名誉教授	
	委員	2 梅田 直哉	国立大学法人大阪大学 大学院 工学研究科 地球総合工学専攻 船舶海洋工学部門 教授
		3 庄司 るり	国立大学法人東京海洋大学 理事・副学長
		4 清水 悦郎	国立大学法人東京海洋大学 学術研究院 海洋電子機械工学部門 教授
		5 伊藤 誠	国立大学法人筑波大学 システム情報系 教授
		6 南 健悟	学校法人日本大学 法学部法律学科 教授
		7 古庄 雅生	独立行政法人国立高等専門学校機構 大島商船高等専門学校 校長
		8 河合 英直	独立行政法人自動車技術総合機構 交通安全環境研究所 自動車安全研究部長
		9 藤浪 幸仁	一般財団法人日本海事協会 技術研究所 所長
		10 大森 彰	一般社団法人日本船主協会 常務理事 海務部長
		11 西村 浩一	株式会社東洋信号通信社 顧問 CTO
		12 野本 秀樹	有人宇宙システム株式会社 IV&V研究センター センター長
		13 田澤 孝之	有識者
関係者	14 中川 直人	公益財団法人日本財団 海洋事業部 海洋船舶チーム 海洋開発人材育成推進室 室長	
	15 村井 康二	国立大学法人東京海洋大学 学術研究院 海事システム工学部門 教授	
	16 田丸 人意	国立大学法人東京海洋大学 大学院 海洋科学技術研究科 海事システム工学部門 教授	
	17 間島 隆博	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 知識・データシステム系長 自動運航PT長	
	18 伊藤 博子	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 海洋リスク評価系 副系長	
	19 南 真紀子	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 知識・データシステム系 シミュレータ研究グループ 主任研究員	
	20 佐藤 圭二	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 主任研究員	
	21 澤田 涼平	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 研究員知識	
	22 前田 深	独立行政法人海技教育機構 審議役(兼) 研究国際部長	
	23 川邊 将史	独立行政法人海技教育機構 上級教育・研究国際部 国際課長	
	24 市川 義文	独立行政法人海技教育機構 本部学校教育研究部次長	
	25 山田 智章	一般財団法人日本海事協会 技術研究所 主管	
	26 桑原 悟	株式会社 日本海洋科学 運航技術グループ グループ長	
	27 中村 純	株式会社MTI 船舶物流技術グループ 自律船チーム 上席研究員	
	28 武藤 正紀	株式会社三菱総合研究所 フロンティア・テクノロジー本部 フロンティア戦略グループ 特命リーダー 主任研究員	
関係官庁	29 松尾 真治	国土交通省 海事局 安全政策課長	
	30 田村 顕洋	国土交通省 海事局 海洋・環境政策課長	
	30 小磯 康	国土交通省 海事局 検査測度課長	
	31 古土 井健	国土交通省 港湾局 計画課 企画室長	
	32 佐々木 規雄	国土交通省 港湾局 産業港湾課 国際企画室長	
33 麓 裕樹	海上保安庁 交通部 航行安全課長		
事務局	34 加藤 光一	一般財団法人日本船舶技術研究協会 専務理事	
	35 渡田 滋彦	一般財団法人日本船舶技術研究協会 常務理事	
	36 松井 裕	一般財団法人日本船舶技術研究協会 研究開発グループ長	
	37 福戸 淳司	一般財団法人日本船舶技術研究協会 研究開発グループ 研究開発プロジェクトリーダー	
	38 井下 聡	一般財団法人日本船舶技術研究協会 研究開発グループ 研究開発ユニット 研究開発ユニット長	
	39 長崎 智幸	一般財団法人日本船舶技術研究協会 研究開発グループ 研究開発ユニット	

2022年度 安全ガイドライン等策定委員会 委員名簿

2023/3/13現在

	氏名	勤務先
主査	1 清水 悦郎	国立大学法人東京海洋大学 学術研究院 海洋電子機械工学部門 教授
	2 牧 敦生	国立大学法人大阪大学 大学院 工学研究科 地球総合工学専攻 船舶海洋工学部門 准教授
委員	3 伊藤 誠	国立大学法人筑波大学 システム情報系 教授
	4 逸見 真	国立大学法人東京海洋大学 学術研究院 海事システム工学部門 教授
	5 南 健悟	学校法人日本大学 法学部法律学科 教授
	6 河合 英直	独立行政法人自動車技術総合機構 交通安全環境研究所 自動車安全研究部長
	7 田北 順二	一般社団法人全国船舶無線協会 水洋会部会 事務局長
	8 山田 智章	一般財団法人日本海事協会 技術研究所 主管
	9 中村 秀之	公益財団法人日本海事センター 企画研究部 上席研究員
	10 平尾 真二	一般社団法人日本船主協会 海務部 部長
関係者	11 中川 直人	公益財団法人日本財団 海洋事業部 海洋船舶チーム 海洋開発人材育成推進室 室長
	12 村井 康二	国立大学法人東京海洋大学 学術研究院 教授
	13 田丸 人意	国立大学法人 東京海洋大学 大学院 海洋科学技術研究科 海事システム工学部門 教授
	14 間島 隆博	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 知識・データシステム系長 自動運航PT長
	15 伊藤 博子	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 海洋リスク評価系 副系長
	16 佐藤 圭二	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 主任研究員
	17 澤田 涼平	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 研究員知識
	18 前田 潔	独立行政法人海技教育機構 審議役(兼) 研究国際部長
	19 外谷 進	独立行政法人海技教育機構 企画調整部 次長
	20 川邊 将史	独立行政法人海技教育機構 上級教育・研究国際部 国際課長
	21 伊藤 誠	一般財団法人日本海事協会 技術研究所
	22 桑原 悟	株式会社 日本海洋科学 運航技術グループ グループ長
	23 中村 純	株式会社MTI 船舶物流技術グループ 自律船チーム 上席研究員
	24 武藤 正紀	株式会社三菱総合研究所 フロンティア・テクノロジー本部 フロンティア戦略グループ 特命リーダー 主任研究員
関係官庁	25 松尾 真治	国土交通省 海事局 安全政策課 課長
	26 田村 顕洋	国土交通省 海事局 海洋・環境政策課 課長
	27 小磯 康	国土交通省 海事局 検査測度課 課長
	28 古土井 健	国土交通省 港湾局 計画課 企画室長
	29 佐々木 規雄	国土交通省 港湾局 産業港湾課 国際企画室長
	30 麓 裕樹	海上保安庁 交通部 航行安全課長
事務局	31 加藤 光一	一般財団法人日本船舶技術研究協会 専務理事
	32 渡田 滋彦	一般財団法人日本船舶技術研究協会 常務理事
	33 松井 裕	一般財団法人日本船舶技術研究協会 研究開発グループ長
	34 福戸 淳司	一般財団法人日本船舶技術研究協会 研究開発グループ 研究開発プロジェクトリーダー
	35 井下 聡	一般財団法人日本船舶技術研究協会 研究開発グループ 研究開発ユニット長
	36 長崎 智幸	一般財団法人日本船舶技術研究協会 研究開発グループ 研究開発ユニット

2022年度 安全評価等実施委員会 委員名簿

2023/3/13現在

	氏名	勤務先
主査	1 今津 隼馬	国立大学法人東京海洋大学 名誉教授
	2 橋本 博公	公立大学法人大阪 大阪公立大学 大学院 工学研究科 航空宇宙海洋系専攻 海洋システム工学分野 教授
委員	3 藤本 昌志	国立大学法人 神戸大学 大学院 海事科学研究科 海事科学部 グローバル輸送科学講座 教授
	4 伊藤 誠	国立大学法人筑波大学 システム情報系 教授
	5 古庄 雅生	独立行政法人国立高等専門学校機構 大島商船高等専門学校 校長
	6 松本 智哉	一般財団法人日本海事協会 技術本部技術部 主管
	7 野本 秀樹	有人宇宙システム株式会社 IV&V研究センター センター長
関係者	8 中川 直人	公益財団法人日本財団 海洋事業部 海洋船舶チーム 海洋開発人材育成推進室 室長
	9 村井 康二	国立大学法人東京海洋大学 学術研究院 海事システム工学部門 教授
	10 田丸 人意	国立大学法人 東京海洋大学 大学院 海洋科学技術研究科 海事システム工学部門 教授
	11 間島 隆博	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 知識・データシステム系長 自動運航PT長
	12 伊藤 博子	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 海洋リスク評価 副系長
	13 南 真紀子	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 知識・データシステム系 シミュレータ研究グループ 主任研究員
	14 前田 潔	独立行政法人海技教育機構 審議役(兼) 研究国際部長
	15 外谷 進	独立行政法人海技教育機構 企画調整部 次長
	16 川邊 将史	独立行政法人海技教育機構 上級教育・研究国際部 国際課長
	17 山田 智章	一般財団法人日本海事協会 技術研究所 主管
	18 伊藤 誠	一般財団法人日本海事協会 技術研究所
	19 桑原 悟	株式会社 日本海洋科学 運航技術グループ グループ長
	20 中村 純	株式会社MTI 船舶物流技術グループ 自律船チーム 上席研究員
21 武藤 正紀	株式会社三菱総合研究所 フロンティア・テクノロジー本部 フロンティア戦略グループ 特命リーダー 主任研究員	
関係官庁	22 松尾 真治	国土交通省 海事局 安全政策課 課長
	23 田村 顕洋	国土交通省 海事局 海洋・環境政策課 課長
	24 小磯 康	国土交通省 海事局 検査測度課 課長
	25 古土井 健	国土交通省 港湾局 計画課 企画室 室長
	26 佐々木 規雄	国土交通省 港湾局 産業港湾課 国際企画室長
	27 麓 裕樹	海上保安庁 交通部 航行安全課 課長
事務局	28 加藤 光一	一般財団法人日本船舶技術研究協会 専務理事
	29 渡田 滋彦	一般財団法人日本船舶技術研究協会 常務理事
	30 松井 裕	一般財団法人日本船舶技術研究協会 研究開発グループ長
	31 福戸 淳司	一般財団法人日本船舶技術研究協会 研究開発グループ 研究開発プロジェクトリーダー
	32 井下 聡	一般財団法人日本船舶技術研究協会 研究開発グループ 研究開発ユニット長
	33 長崎 智幸	一般財団法人日本船舶技術研究協会 研究開発グループ 研究開発ユニット

添付資料 2. 事業成果物

- ①自動運航船/無人運航船のリスク解析手順書

自動運航船/無人運航船のリスク解析手順書

日本船舶技術研究協会
 海上技術安全研究所

目次

1. 概要	2
2. 主要原則	2
2.1 本手順書の対象とする船舶	2
2.2 本手順書の対象とするリスク解析	2
2.3 用語の定義	2
3. リスク解析の実施手順の概要	4
4. 用意すべき資料	5
4.1 初期設計に対する解析で必要となる資料	5
4.2 詳細設計に対する解析で必要となる資料	5
5. リスク解析の各段階で行う作業	6
5.1 解析の準備	6
5.2 検討組織	7
5.3 解析条件の合意	7
5.4 解析と評価の実施	10
5.4.1 ハザード同定	10
5.4.2 リスクの指標化	11
5.4.3 初期設計に対するリスク解析及び評価	12
5.4.4 詳細設計に対するリスク解析及び評価	12
5.5 報告書	12
付録1 考慮すべきハザードの例	14
付録2 代表的なリスク解析手法の概要	17
付属書1 自動運航船のリスク解析の実施例	20
付属書2 無人運航船の実証実験のリスク解析の実施例	76
参考文献	138

1. 概要

近年、自動運航船や無人運航船の開発が進められており、複数の船級協会や旗国から自動運航船のガイドラインが公開されている。また、国際海事機関 IMO (International Maritime Organization, IMO) からは自動運航船や無人運航船の実証実験を安全に実施するための暫定ガイドラインが公開されている。それらにおいてリスク解析の実施が明記されているが、具体的な手順等については示されていない。そのため、本手順書において、自動運航船や無人運航船の開発や実証実験の際に実施するリスク解析の具体的な手順等を示す。これにより、自動運航船や無人運航船の安全性向上及び開発促進に貢献する。

2. 主要原則

2.1 本手順書の対象とする船舶

自動運航船や無人運航船の定義や自動化レベルについて、国際的な合意がなされていない現状ではあるが、本手順書では、国土交通省海事局により示された「自動運航船の実用化に向けたロードマップ」におけるフェーズ II の自動運航船（陸上からの操船や AI 等による行動提案で、最終意思決定者である船員をサポートする船舶）やフェーズ III の自動運航船（自律性が高く、最終意思決定者が船員ではない領域が存在する船舶）を対象とする。なお、本手順書では、フェーズ II の自動運航船を「自動運航船」、フェーズ III の自動運航船を「無人運航船」と呼ぶ。

2.2 本手順書の対象とするリスク解析

自動運航船や無人運航船は、従来通りに設計・建造・運航又はそれらを部分的に変更した船舶に、自動化システムが搭載されることが想定される。従来通りに設計・建造・運用される船舶は、十分な安全性を有しているため、船舶全体に対するリスク解析は不要であると考えられる。したがって、本手順書のリスク解析では、従来船と異なる部分、異なる運用方法により発生するハザードを解析する。

2.3 用語の定義

本手順書で使用される主要な用語の定義を表 2.1 に示す。

表 2.1 用語の定義

用語	定義
リスク	特定期間内において望まない事象が一定の結果とともに生じる可能性の尺度（すなわち、結果の頻度と重大性の組合せ）を指す。 [1]
ハザード	人命、健康、財産又は環境などに対して、危害を及ぼし得る要因をいう。危険因子ともいう。 [2]

事故シナリオ	ハザードが潜在している初期状態から，結果に至る一連の過程を想定し，それを記述したものを指す． [2]
リスク低減措置	リスク低減のために実施される単一もしくは複数の対策を指す．対策としては，ハザードの回避策、結果の大きさの縮小策、発生のしやすさの抑制策などがある．
HAZID	HAZard Identification の略．ハザードの同定を指す．
FI	Frequency Index の略．頻度指標．頻度を常用対数に変換して表現したもの．
SI	Severity Index の略．深刻度指標．深刻度を常用対数に変換して表現したもの．
RI	Risk Index の略．リスク指標．リスクを常用対数に変換して表現したもの．FI と SI の和として求められる．
HAZID 会議	ハザードの同定を主目的に実施される会議のこと．ハザードの同定の他に，原因や結果の特定，FI, SI, RI の決定，リスク低減措置の検討も実施されることが多い．
タスク	操船業務を構成する操作や作業を，自動化システムの設計に応じて組み合わせたものをいう（自動化や遠隔制御の対象や範囲，程度によって「タスク」は異なる． [3]
サブタスク	タスクを構成する操作や作業をいう． [3]
意思決定サブタスク	サブタスクのうち，認知・判断・対応といった人間の意思決定に関わるサブタスクをいう． [3]
自動化	意思決定サブタスクの一部又は全ての実行を，コンピュータシステムが担当する状態をいう． [4]
自動化システム	コンピュータシステムあるいはコンピュータシステムと人間の組合せによって，意思決定サブタスクの一部又は全てを自動化するシステムをいう． [3]
想定使用範囲	自動化システムを搭載する船舶の主要目，自動化システムを使用する航路，運航のフェーズや海気象条件等をいう．
運航設計領域	自動化システムが適切に機能する運用の範囲をいう． ODD(Operational Design Domain)とも表現される． [3] 想定使用範囲の一部としても表現される．
フォールバック	自動化システムや遠隔制御システムの故障やサイバー攻撃による侵入など，自動化システムや遠隔制御システムが正常に作動しない状態が発生した際に，危険を最小化するために行う対応をいう．運航設計領域外の状態に陥った場合の対応を含む． [4]

3. リスク解析の実施手順の概要

ここでは、リスク解析の実施手順を簡単に説明する。リスク解析は図 3.1 に示した流れで実施する。各項目の詳細な説明はカッコ内の数字が示す本手順書の各節を参照されたい。

リスク解析は初期設計及び詳細設計に対して実施する。初期設計に対するリスク解析では、解析対象範囲の確定やリスク解析を実施するために必要な資料を準備する。次にその資料を用いて、解析対象範囲を決定するとともにリスク解析を実施する上で確定しておかなければいけない情報を整理する。リスク評価のクライテリア等の解析条件について関係者間の合意を取ったうえで、解析と評価を実施する。最後に、以上の結果を纏めた報告書を作成する。

次に詳細設計に対するリスク解析を実施する。初期設計に対するリスク解析で推奨されたリスク低減措置を取り込んだ詳細設計に対して、初期設計では確定されていなかった具体的な機器やオペレーションを想定して、初期設計に対するリスク解析と同様の流れで解析と評価を実施する。なお、解析の準備や解析条件の合意は、初期設計に対するリスク解析と同様のものを流用できる場合が多いため、省略可能である。リスク評価の結果、推奨されたリスク低減措置を最終的な詳細設計に取り込み、本手順書で対象とするリスク解析は終了する。

なお、リスク解析の対象が実証実験である場合は、実証実験の目的によっては初期設計段階のみのリスク解析を実施した後に実証実験を実施することもあると考えられることに留意されたい。

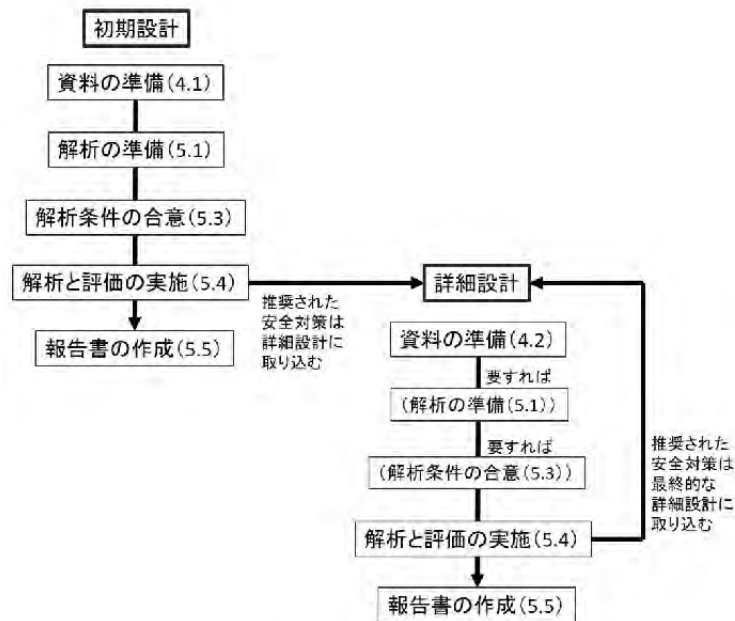


図 3.1 リスク解析の作業の流れ

4. 用意すべき資料

本節では、解析の各段階で必要となる資料について、説明する。

4.1 初期設計に対する解析で必要となる資料

初期設計に対して解析を行う際は、以下の資料が必要である。

- (1) 自動化システムの機能要求（自動化の対象タスク・サブタスク）
- (2) 自動化システムの全体像がわかるようなシステムアーキテクチャ（自動化システムと搭載船舶上の他のシステムとの関係性の明確化や使用されるセンサ類や航海機器の明確化を可能な限り実施することが望ましい）
- (3) 自動化システムの内部動作の概要
- (4) 自動化システムと人間の役割分担の概要（自動化システムと人間の権限移譲のプロセスやフォールバックのプロセスの概要を含む）
- (5) 自動化システムの運航設計領域
実証実験のリスク解析の場合は、上記に加え下記。
- (6) 実証実験の内容（目的、航路、スケジュール、実施手順等）を示したもの

4.2 詳細設計に対する解析で必要となる資料

詳細設計に対するリスク解析には、初期設計段階で提示した資料に生じた変更点の他、初

期設計段階で不明確であった部分の明確化を実施した資料が必要となる。

5. リスク解析の各段階で行う作業

本節では、リスク解析の各段階で行う作業について個別に説明する。

5.1 解析の準備

解析の準備段階として、解析対象船における従来船と異なる部分を明らかにする必要がある。解析対象船の新しい機能もしくは既存設備の新しい使用方法の目的、役割、構成物およびその使用方法等の情報を整理して、その情報に基づいて解析対象の定義と解析対象範囲の確定を行う。

まず、解析対象となる新機能を持つ設備等（以下、新設備等）の機能とその使用目的を明確にする必要がある。また、解析対象船で自動運航を行う条件として運航設計領域、航路の特徴、運航のフェーズ、運航設計領域から外れた場合に維持すべき条件とその間の対応方法を整理しておくことも必要である。

さらに、これらの情報や新設備等の仕様等に基づき、解析対象のモデル化を行うことが、解析対象の定義と解析対象範囲の確定、解析補助としても有用である。モデル化においては、新設備等を構成するハードウェア、ソフトウェア等のモジュール毎の要素機能を解析に適した程度に分解して定義する。必要に応じて、要素間の相互作用（入出力等）についても定義に含む。また、人間による情報の入力・修正等が可能な場合はその機能と人間との相互作用も含める。既存の船舶設備との相互作用がある場合には、当該設備もモデルに追加し、新設備等と既存設備の相互作用を明確化することで、新設備等の導入による既存設備への影響も解析可能になる。以上の手順で作成したモデル全体のうち、解析の目的に応じて必要な範囲を解析対象範囲として定義する。このようなモデルを利用することで解析対象の理解が促進され、解析の補助となることが期待できる。モデル化の例は付属書 1 や付属書 2 を参照されたい。

また、解析にあたっては、解析対象範囲に含まれる各構成要素の主な故障や不具合に関するデータがあれば収集しておくことが必要である。

以上をまとめると、解析の準備段階においては、下記の情報を整理しておくことが必要となる。これらの情報の記載例は付属書 1 や付属書 2 を参照されたい。

- 機能の定義
- 機能の目的
- 自動化の範囲・操船者（船上乘組員／遠隔オペレータ）との関係
- 遠隔制御の範囲・操船者（船上乘組員／遠隔オペレータ）との関係
- 想定使用範囲（当該新機能を搭載する船舶の主要目、当該新機能を使用する航路、運航のフェーズや海気象条件等）
- 運航設計領域（当該新機能が作動する外部条件、内部条件、通信条件等）

- 自動運航の方法
- 当該機能のモニタリング手段
- 自動運航中に運航設計領域から外れた場合の対応手順
- 当該新設備等を構成するハードウェア、ソフトウェア等の要素ごとの機能、要素間の相互作用等（人間や既存設備等との関係を含む）
- 解析対象範囲に含まれる各構成要素の故障・不具合に関するデータ

5.2 検討組織

解析は一般的に異なる専門分野の専門家出席の会議形式で実施する。その会議の出席者を選定する必要がある。専門家としては、例えば以下のような関係者が考えられる。

所有者、建造者、設計者、対象システムの安全性や設計、運用等に関する知識や経験を有する専門家、必要に応じて、検査員、船舶運航者、安全工学者、装置や人間工学の専門家、航海士や海事工学者[5][6]

5.3 解析条件の合意

得られたリスクをどのように取り扱うか、あらかじめ決めておく必要がある。すなわち、リスクの大きさが一定以上と推定されたハザードについて、リスクを低減させる措置が必要な範囲を決め、関係者であらかじめ合意しておく必要がある。また、リスク低減措置適用後のリスクについても推定するか決める。これらを行うためには、(i)リスクの指標化、(ii)クライテリアの設定が必要である。それぞれについて下記で述べる。

(i) リスクの指標化

ハザードから結果に至る事故シナリオの発生頻度とその被害度及びそれらの積であるリスクを半定量化（指標化）する。発生頻度や被害度を対数スケールで表現することで半定量化（指標化）を行う。被害度としては一般的に、人命、環境、財産への影響の大きさが考慮される。これらのうち全てを対象とするのか、いずれかを対象とするのかをあらかじめ決めておく必要がある。

リスクを R、発生頻度を F、被害度を S とすると、リスクは(1)式から求められ、これを常用対数に変換すると(2)式となる。

$$R = F \cdot S \quad (1)$$

$$\text{Log}(R) = \text{Log}(F) + \text{Log}(S) \quad (2)$$

常用対数に変換されたリスク、頻度、被害度をそれぞれ Risk Index (RI)、Frequency Index (FI)及び Severity Index (SI)と呼ぶ。FI と SI 及びそれらの組合せである RI の例 [7]を以下に示す。これらは単なる例示であり解析において同じものを利用する必要は無い。そのため、

FI 及び SI の定義について関係者間であらかじめ決めておく必要がある。なお、表 5.4 をリスクマトリクスと呼ぶ。

表 5.1 頻度の指標 (FI: Frequency Index) の定義の例[7]

FI	頻度	定義	F (per ship year)
7	頻繁	1 隻において月に 1 度発生	10
5	時々	10 隻において年に 1 度発生	0.1
3	稀な	1,000 隻において年に 1 度発生	10 ⁻³
1	非常に稀な	全世界 5,000 隻あったとして生涯中に 1 度発生	10 ⁻⁵

表 5.2 深刻度 (安全) の指標 (SI: Severity Index) の定義の例 [7]

SI	深刻度	人間への影響	船体への影響	S (死者数換算)
1	小さな影響	単一負傷者又は複数の軽傷者	局所機器の損傷	0.01
2	大きな影響	複数の負傷者又は重傷者	重大で無い損傷	0.1
3	深刻な影響	単一の死者又は複数の重傷者	重大な損傷	1
4	破滅的影響	複数の死者	全損	10

表 5.3 深刻度 (環境) の指標 (SI: Severity Index) の定義の例 [7]

SI	深刻度	定義
1	Category 1	1 トン未満の油流出量
2	Category 2	1 トン以上 10 トン未満の油流出量
3	Category 3	10 トン以上 100 トン未満の油流出量
4	Category 4	100 トン以上 1,000 トン未満の油流出量
5	Category 5	1,000 トン以上 10,000 トン未満の油流出量
6	Category 6	10,000 トン以上の油流出量

表 5.4 リスク指標 (RI: Risk Index) の定義 (リスクマトリクス) の例 [7]

FI	頻度	深刻度 (SI)			
		1	2	3	4
		小さな影響	大きな影響	深刻な影響	破滅的影響
7	頻繁	8	9	10	11
6		7	8	9	10
5	時々	6	7	8	9

4		5	6	7	8
3	稀な	4	5	6	7
2		3	4	5	6
1	非常に稀な	2	3	4	5

(ii) クライテリアの設定

指標化したリスクについて、どのように取り扱うかの判断基準、すなわちクライテリアを設定する。

このために、(i)のリスクマトリクス上であらかじめクライテリアを設定する。図 5.1 に示すように「リスク低減が必要」、「リスク低減の検討が必要」、「リスク低減不要」の3段階で設定するのが一般的である。各ハザードや事故シナリオ毎にリスクを指標化し、それとクライテリアを比較することで、リスク低減措置の要否を決定する。

FI	頻度	深刻度 (SI)				
		1	2	3	4	
7	頻繁	8	9	10	11	リスク低減が必要
6		7	8	9	10	
5	時々	6	7	8	9	リスク低減の検討が必要
4		5	6	7	8	
3	稀な	4	5	6	7	リスク低減の検討が必要
2		3	4	5	6	
1	非常に稀な	2	3	4	5	対応不要

図 5.1 クライテリアの設定例

- 「リスク低減不要」に該当するハザードや事故シナリオについては、リスク低減措置の検討は不要である。
- 「リスク低減の検討が必要」に該当するハザードや事故シナリオについては、リスク低減措置について検討する。また、そのリスク低減措置を実際に導入するか否かを検討する。比較的 RI の高いハザードや事故シナリオはリスク低減措置を導入する必要性が高いため、一定以上の RI であるハザードや事故シナリオに対しては、リスク低減措置を導入する。どの程度の RI に対してリスク低減措置を導入するかはあらかじめ決めておく必要がある。ただし、この RI より小さいハザードや事故シナリオであっても、そのハザードや事故シナリオは「リスク低減の検討が必要」に該当するハザードや事故シナリオであるため、リスク低減措置を導入する努力をする必要がある。
- 「リスク低減が必要」に該当するハザードや事故シナリオについては、リスク低減措置を検討する。リスク低減措置を取った場合のリスクも指標化を実施するかについては、

あらかじめ決めておき、指標化を実施する場合は、再びリスクマトリクス上のクライテリアとの比較を実施し、「リスク低減が必要」又は「リスク低減の検討が必要」に該当する場合は、更なるリスク低減措置の検討を行う。以上について、「リスク低減不要」又は「リスク低減の検討が必要」となるまで繰り返す。

5.4 解析と評価の実施

解析は、一般に用いられるハザード同定手法（例えば SWIFT, FMEA, HAZOP など）を用いて行う。解析対象となる新機能に発生しうるハザードを同定することから始め、ハザードの発生原因、そのもたらす影響の抽出、また影響の大きさとそのような影響がもたらされる頻度を推定する。これらのプロセスは前項の専門家と共に行う必要がある。必要に応じてリスクの高いハザードに対して推奨するリスク低減措置等を抽出する。同様に必要であればリスク低減措置実施後のリスクを推定する（リスク低減措置導入により発生する新たなハザード等が無いかも含め検討することが望ましい）。解析の過程は手法に対応するワークシートを用いて記録し、報告書の一部とする。

5.4.1 ハザード同定

(i) 一般的事項

ここでは、ハザード同定手法によらず解析の実施に際し必要な事項について説明する。

- 専門家の選定

5.2 項を参照されたい。

- フェーズ分け

対象の自動化システムを利用するフェーズ毎に分析を実施する必要がある。例えば、下記のフェーズを考慮する必要がある。なお、これは単なる例示であるため、対象の自動化システムの特徴に応じてフェーズを設定すること。

離着棧、港内航行、輻輳海域航行、大洋航行、非常時（火災、浸水等）

- 考慮すべきハザードの例

考慮すべきハザードの例を付録 1 に示す。なお、単なる例示であるため、これに拘らず可能な限り多く、網羅的にハザードを同定すること。

- 考慮すべきリスク対象の種類（人命、環境、財産）

5.3 項で述べた通り、被害度として人命、環境、財産への影響のうち全てを対象とするのか、いずれかを対象とするのかをあらかじめ決めておく。

(ii) リスク解析手法の概要

海事分野におけるリスク解析で一般的によく用いられる手法である SWIFT (Structured What IF Technique)の概要を下記に示す。SWIFT 以外の代表的な手法については付録 2 に示す。

●SWIFT (Structured What IF Technique)

会議進行役の下、対象システムの設計者、使用者及び専門家等が参加する会議において、「もし～だったら」といった通常の状態からの逸脱を想定した質問を繰り返し、ブレインストーミングによりハザードを同定する手法である。

分析が比較的容易であり、コンセプト検討時や概念設計段階でも適用可能であるという長所がある一方、会議参加者の経験に依存する、事故シナリオが陽に示されないという短所がある。

SWIFT の標準的な手順及びワークシートは次の通り：

- ステップ 1： 対象のシステムやプロセスを定義する。
- ステップ 2： 設計情報や関連データ等の資料の準備や検討組織を手配する。
- ステップ 3： HAZID 会議を開催し、ブレインストーミングによりハザード、原因、結果、FI、SI、RI、既存の安全対策等を特定する。
- ステップ 4： これらの議論をワークシートに記録する。

ワークシート例：

システム：LNG運搬船

フェーズ：航海中

ID	ハザード	原因	結果	既存の 防御手段	必要な 対策	FI	SI	RI	コメント
1	衝突	<ul style="list-style-type: none"> ・機器の故障／損傷 ・荒天 ・操作ミス 	<ul style="list-style-type: none"> ・構造設備の故障／損傷 ・二次災害 ・乗員の負傷／死亡 	<ul style="list-style-type: none"> ・予防措置(警報装置、船側二重構造) ・緩和措置(損傷時復原性、救命救助) ・機器の検査点検 ・作業員教育訓練 		2	4	6	

図 5.2 SWIFT ワークシート例

5.4.2 リスクの指標化

同定されたハザードや事故シナリオに対して頻度と被害度の半定量化(指標化)を実施する。この際、参考となる資料を以下に示す。

頻度、深刻度の設定にあたり必要となる資料：頻度・重大性の検討に必要なデータ

- ・過去に発生した/想定される各システムの不具合・故障・事故の発生頻度や被害の大きさ(人命・環境・財産にどのような規模の被害・影響が発生したか)に関するデータ、無ければ類似システムの参考データ
- ・人命(死傷者数)・環境(海洋汚染)・財産(船体損傷)に関するデータ

可能な限り、利用可能なデータを利用し、半定量化(指標化)を実施する必要があるが、利用可能なデータの無い場合も多い。その場合は、専門家の経験に基づき半定量化(指標化)

する。例えば、データに基づき半定量化（指標化）を実施したハザードや事故シナリオと比べて、データが無いハザードや事故シナリオの頻度や被害度がどの程度かを相対的に考えることによって、半定量化（指標化）することが可能である。

半定量化（指標化）したリスクについて、あらかじめ設定したクライテリアと照合し、あらかじめ設定した受容可否の判断方法、リスク低減措置の検討方法、リスク低減措置実施後の受容可否の判断方法に基づき、リスクに対する対応を決定する。

5.4.3 初期設計に対するリスク解析及び評価

概念もしくは基本的な設計情報に基づく初期のリスク解析の場合、システムの役割や、そのために生じる既存船との差異を主眼にリスク解析及び評価を実施する。

4.1 項で示した資料を利用し、5.1 項で示した方法により解析対象範囲を決定するとともに5.1 項で示した情報を整理する。その上で、5.2 項に基づき出席者を選定し、5.3 項で示した事項等について合意し、5.4.1 項及び5.4.2 項の通り解析及び評価を実施する。

以下のうち、概念設計から考えられるハザードを考慮する。

- (1) ヒューマンマシンインターフェースに起因するリスク
- (2) 自動化システムに連結されるセンサ類や制御機器の不具合
- (3) 自動化システムが搭載船舶の他のシステムに与える影響
- (4) サイバーセキュリティ
- (5) 自動化システム運用時の不備（関連するソフトウェアの更新忘れや非常事態発生時の対応の妥当性検証も含む）

5.4.4 詳細設計に対するリスク解析及び評価

この段階では、以下に関する確認を行う。

- 初期のリスク解析及び評価における推奨事項が詳細設計において確実に反映されているかどうか。
- 初期のリスク解析では考慮されていなかった事故シナリオや関連機能があるかどうか。

前者について、反映されていない場合は、詳細設計に反映する。後者について考慮されていなかった事故シナリオや関連機能がある場合は、5.4.3 項と同様に解析を実施し、解析の更新を行った上で評価を行う。

5.5 報告書

前項までの内容は文書に記録される必要がある。以下に記録すべき内容の目次例を示す。

1. 初期設計に対するリスク解析及び評価

- 1.1 初期設計でのシステムの概念的な説明とリスク解析で必要となる資料

- 1.2 解析の準備に必要な情報
- 1.3 検討組織
- 1.4 解析条件
- 1.5 解析及び評価結果
 - 1.5.1 解析の実施方法
 - 1.5.2 解析及び評価結果（ワークシートの添付，解析及び評価の結果の説明）
- 2. 詳細設計に対するリスク解析及び評価
 - 2.1 詳細設計でのシステムの説明とリスク解析で必要となる資料
 - 2.2 解析の準備に必要な情報
 - 2.3 検討組織
 - 2.4 解析条件
 - 2.5 解析及び評価結果
 - 2.5.1 解析の実施方法
 - 2.5.2 解析及び評価結果（ワークシートの添付，解析及び評価結果の説明）

付録1 考慮すべきハザードの例

考慮すべきハザードの例を各船級ガイド[4], [8], [9]におけるハザードの記載例や既往研究[11]-[14]等を参考に纏めた結果を表 A1.1 に示す。

表 A1.1 考慮すべきハザードの例

分類	ハザード
外部環境	悪天候
	視界不良
	輻輳海域
	想定外の他船の挙動
自動化システム 及び関連装置の 不良	情報収集装置からの信号喪失
	情報収集装置からの情報の信頼性や安定性の低下
	自動化システム内の関連装置の故障
	自動化システムのソフトウェアのバグ
	個船へのパラメータ等の調整が不適切（自動化システムへ本船の運動性能が正しく反映されていない等）
	自動化システム又は関連装置の電源喪失
	ヒューマンマシンインターフェースが不適切（警報発令の理由がわかりにくい、自動化システムから人間へ移行する際の時間的余裕が足りない等）
自動化システムと他のシステムとのインターフェースが不適切（認知情報範囲の相違、運動モデルの相違、パラメータの不一致、システムの故障、通信不良など）	
検知	漂流物等の小型物標の検知失敗
	衝突対象の検知失敗
	航路標識の検知失敗
	船灯、音、形の検知失敗
	半没水型の曳航装置や浮揚装置（地震計やトロール網等）の検知失敗
	海図と計測された水深の不一致の検知失敗
	気海象予報と実際の気海象の不一致の検知失敗
	センサの性能低下の検知失敗
	自動化システムの性能低下の検知失敗
スラミングや高振動の検知失敗	
航行	他船や海洋構造物との衝突

	浮遊物との衝突
	海洋生物との衝突
	陸上インフラとの衝突
	好ましくない船体応答による非損傷時復原性の喪失
	着氷による非損傷時復原性の喪失
	予期しない操縦及び発進
	推進力を失ったことによる座礁
	操舵を制御できなくなったことによる座礁
	予定された航路からの逸脱による座礁
	予定された航路に誤りがあり座礁
	航路上で漁労装置／漁網を引っかける
	貨物の移動等による安定性が欠けた状態
運用時の不備	海図、気象情報、関連ソフトウェア等の更新忘れ、誤情報
	自動化システムへ設定データ、初期入力データの入力ミス（例えば、航行計画データ、避航判断のための基準値等）
	関連する装置や機器類を自動化システムと互換性のないものへ交換
	警報が多すぎる、警報の優先順位付けができない
通信	通信手段の電子的部品の不具合
	無線接続における無線到達範囲の縮小
	データ送信時のエラー（ビットエラー）
	データ完全性の失敗（データ伝送時のエラー等）
	コマンドの認識欠如
	通信機能の設定の誤り
	利用可能な帯域幅の想定外の減少
	想定外の遅延の増加
	長時間不安定なデータ接続
	ネットワーク・ストーム
	電力喪失
セキュリティ	GNSS 及び AIS などのスプーフィング
	RADAR 等へのジャミング
	自動化システム及び関連システムへの不正アクセス/ハッキング
	自動化システム及び関連システムがマルウェアへ感染
船上乘組員（フォールバック）	船上乘組員の居眠り
	自動化システム使用者（船上乘組員）の習熟度や理解度が不足（アラームの意味を理解できない、自動化システムの使用環境が不適等）

	自動化システム使用者（船上乘組員）の自動化システムへの過信
	不適切なヒューマンマシンインターフェース
	航海計画の誤入力や未入力を把握できない
	不適切な避航航路を黙認
	運航モードの切替（例：港外航行モード⇔港内航行モード）の未実施を把握できない
	運航設計領域外になりフォールバックが必要となるが、船上乘組員が対応できない
非常事態	船体の重大損傷（構造損傷や水密装置の故障による浸水等）
	船舶設備（推進器，操舵装置やレーダー等）の故障
	火災
	ブラックアウト等による一時的又は永続的な停電
遠隔制御	遠隔オペレータのヒューマンエラー（居眠り，長時間の離席，データの誤った解釈等）
	船舶との通信遮断状態
	通信の遅延及び不具合
	遠隔制御システム等の画面のフリーズ
	情報過多や情報の欠如による遠隔オペレータの状況認識の失敗
	あるオペレータから別のオペレータへの職務の引継ぎ

故障モードとは、生じうる不具合の種類であり、高速船の国際規則である高速船コード2000[21]では次の故障モードが挙げられている：構造上の故障（破壊）、物理的な拘束又は噛み込み、振動、維持不能（位置的に）、開かない、閉じない、開放不良、閉鎖不良、内部漏れ、外部漏れ、許容値逸脱（高）、許容値逸脱（低）、偶発的な作動、間欠的な作動、不安的な作動、誤表示、流量が制限、誤作動、停止不能、始動不能、切り替え不能、早期作動、遅延作動、誤入力（増加）、誤入力（減少）、誤出力（増加）、誤出力（減少）、入力減失、出力減失、短絡（電氣的）、開放（電氣的）、漏洩（電氣的）、その他

(2) HAZOP (HAZard and OPerability Study)

プロセスプラントのハザード解析で良く用いられる手法であり、プロセスシステムに潜在する異常の発生、伝播メカニズムを明らかにして対策の妥当性を評価する手法である。設計意図からの「ずれ（逸脱）」を想定して分析開始とし、その発生原因と生じ得る影響の両側へ解析を進める。ガイドワードを用いて設計仕様からの逸脱による潜在的危険を分析するための質問を作成し、質問に回答する形で原因と影響を推定する。

系統的、網羅的に分析が可能であるという長所がある一方、概念設計段階では適用が難しい、労力や時間が多くかかる等の短所がある。

(3) Bow-Tie Diagram

一般的に Bow-Tie（蝶ネクタイ）のような形で図示され、結び目に対象事象を、左側に対象事象を引き起こす可能性のある要因の繋がりを、右側には対象事象が引き起こす結果までの進展を図示し、対象事象の発生防止策や、結果への進展防止策も合わせて示すための手法である。本手法は、SWIFT 等との組み合わせで、事故シナリオを図示するために利用されることが多い。

事故シナリオを陽に図示できるという長所がある一方、本手法単独ではハザードや原因、結果等の同定が難しく、SWIFT 等の他の手法を利用しなければいけないという短所がある。

(4) STAMP/STPA (Systems-Theoretic Accident Model and Processes/System-Theoretic Process Analysis)

AI/IoT 等の大規模・複雑化したシステムの安全性を分析するために開発された手法であり、要素間の相互作用の不具合に着目した手法である。FMEA 等の従来手法は、構成機器の故障やオペレーションミスに起因し事故が起きることを想定していたのに対し、本手法は要素間の相互作用から事故が起きると想定していることが特徴である。

従来手法では見出せない異常も抽出できる、従来手法より少ないコスト・工数で解析できる[22]、コンセプト検討時や概念設計段階でも適用可能であるという長所がある一方、故障の原因を詳細に解析したり、（半）定量的に評価することはできない[23]、新手法であるが

故，従来手法に比較し適用例が少ない等の短所がある．

以上の各手法及び SWIFT の特徴を整理すると表 A2.1 の通りとなる．

表 A2.1 各手法の特徴

	SWIFT	FMEA	HAZOP	Bow-Tie	STAMP/STPA
概要	「もし～だったら」といった通常の状態からの逸脱を想定した質問を繰り返し，ブレインストーミングによりハザードを同定する手法	システムを構成する機器に着目し，その機器に発生し得る故障モードを特定し，それがシステムに及ぼす影響を解析する手法	設計意図からの「ずれ（逸脱）」を想定して分析開始とし，その発生原因と生じ得る影響の両側へ解析を進める首相	要因から対象事象，対象事象から結果までの過程を蝶ネクタイの形で図示する手法．	大規模・複雑化したシステムの安全性を分析するために開発された手法であり，要素間の相互作用の不具合に着目した手法
一般的な適用段階	コンセプト検討，概念設計，詳細設計	詳細設計	詳細設計	コンセプト検討，概念設計，詳細設計	コンセプト検討，概念設計，詳細設計
主な長所と短所	<ul style="list-style-type: none"> ・分析が比較的容易 ・コンセプト検討時や概念設計段階でも適用可能 ・会議参加者の経験に依存 ・事故シナリオが陽に示されない 	<ul style="list-style-type: none"> ・系統的，網羅的に分析が可能 ・概念設計段階では適用が難しい ・労力や時間が多くかかる 	<ul style="list-style-type: none"> ・系統的，網羅的に分析が可能 ・概念設計段階では適用が難しい ・労力や時間が多くかかる 	<ul style="list-style-type: none"> ・事故シナリオを陽に図示可能 ・本手法単独ではハザードや原因，結果等の同定が難しく，SWIFT等の他の手法を利用しなければならない 	<ul style="list-style-type: none"> ・従来手法では見出せない異常を抽出可能[22] ・従来手法より少ないコスト・工数で解析可能[22] ・コンセプト検討時や概念設計段階でも適用可能 ・故障原因の詳細解析が困難 ・(半) 定量的評価が困難

					[23] ・従来手法に 比較し適用例 が少ない
--	--	--	--	--	----------------------------------

付属書 1 自動運航船のリスク解析の実施例

自動運航船のリスク解析の実施例を以下に示す。以下に記載の通り、ここでは、フェーズとして通常航行（港外航行及び港内航行）と離着岸の 2 つを想定した。更に網羅的なハザード同定の実施が必要な場合は、更に細かくフェーズ分けした上でリスク解析（HAZID）を実施することが望ましいことに留意されたい。

i. 資料の準備

本手順書 4.1 節等に記載した各資料の例を以下に示す。

(0) ConOps

Table 1.1 ConOps

<p>●機能の定義</p> <p>本機能は、所与の航海計画を目標とし、逐次発生する他船や漂流物、海気象に由来する外乱等を検知し、事前に定義された行動方針に従って操船計画を立案し、これを実現する機関出力と操舵指令を計算し、本船の速力、針路を出力しながら目標の達成を行うものである。</p> <p>航海計画は、出発地、出発日時、到着地、到着日時、経由地等から構成されるものとする。船上の自律操船システムは航海計画を踏まえて本機能搭載船の操船計画を策定し、船舶制御システムを介し、操船計画に則った操舵と機関出力の制御を行う。</p> <p><航海計画></p> <p>出発地：XXX 港</p> <p>出発日時：X 月 X 日 X 時 X 分</p> <p>到着地：YYY 港</p> <p>到着日時：Y 月 Y 日 Y 時 Y 分</p> <p>経由地：ZZZ 港</p> <p>経由地到着日時：Z 月 Z 日 Z 時 Z 分</p> <p><行動方針></p> <p>他船の航行を阻害せず、他船の船員等に恐怖感を与えないよう、適切な避航開始時期、適切な離隔距離を確保すること。</p> <p>航海計画を考慮し、到着日時に大幅な遅れが生じないように、上記の適切な避航開始時期</p>

及び適切な離隔距離を確保しつつ、避航行動にかかる時間は必要最小限に抑えること。
<p>●機能の目的</p> <p>本機能の目的は、目標としている航海計画の実現において、阻害要因となる外部の障害物や外乱に対する対応を含む操船計画を立案し、船上の船員の承認を得た操船計画を実行に移すことである。</p>
<p>●自動化の範囲・操船者（船上乘組員／遠隔オペレータ）との関係</p> <p>本機能の自動化の範囲は、ClassNK ガイドライン[4]で例示されている分類 I に相当する。</p> <p>障害物に関する情報の収集、統合、操船計画の作成は本機能によって実施される。作成された操船計画は、船上の船員に提示され、承認を待機する。承認を得た操船計画は、本機能によって操舵及び機関の設備に出力される。</p> <p>以下で述べる本機能の想定使用範囲内では、本機能による自動操船を行い、その範囲外では、船上の船員が従来通りの方法で操船を行う。</p>
<p>●遠隔制御の範囲・操船者（船上乘組員／遠隔オペレータ）との関係</p> <p>本機能は、遠隔制御機能を有さない。</p>
<p>●想定使用範囲</p> <p>船舶：</p> <p>船名：○○○</p> <p>船種：フェリー</p> <p>総トン数：199 トン</p> <p>全長：45m</p> <p>全幅：9m</p> <p>航行区域：沿海</p> <p>航路：XXX 港から YYY 港</p> <p>運航のフェーズ：通常航行中（港内航行及び港外航行）、離着岸</p>
<p>●自動運航の方法</p> <p>本機能を搭載した船舶の自動運航は、想定使用範囲内の航路において、船上の船員から</p>

<p>作業を引き継ぎ、船員による動作確認の下、機能を動作させることで行う。想定使用範囲内の航路内の自動運航を完了し、船員へ作業の引渡しを完了するところまでを自動運航の範囲とする。なお、航路の中途において運航設計領域の外に出た場合は、想定使用範囲内であっても船員に作業を引き渡すことで自動運航を終了する。</p>
<p>●当該機能のモニタリング手段</p> <p>本機能が収集したセンサ情報、統合されたセンサ情報、作成された操船計画、運航設計領域内における本船の位置づけは、全て船内の専用モニタリング装置によって、船員に対して常時提供される。</p>
<p>●自動運航中に運航設計領域から外れた場合の対応手順</p> <p>運航設計領域から外れたことは、本機能によって検知され船内警報により船員に通知される。船員は決められた手順で、操船モードを自律操船モードから手動操船モードへ切替えることで、操船権は船員に引き継がれる。</p>

(1) 自動化システムの機能要求（自動化の対象タスク・サブタスク）

Table 1.2 自動化システムの機能要求（フェーズ：通常航行）

ID	要素名	タスク	サブタスク
1	自律操船システム	<ul style="list-style-type: none"> ・操船計画の立案 ・運航フェーズ切替（通常航行→着岸操船） ・自身の状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・自船の統合情報の取得 ・他船/漂流物等の統合情報の取得 ・気象海象の統合情報の取得 ・航行安全性&経済性の計算 ・操船計画の提示 ・自身の状態判断に必要な情報の取得
2	自船情報統合システム	<ul style="list-style-type: none"> ・自船情報の統合 ・自身の状態の診断 ・センサの状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・自船情報の取得 ・自身の状態診断に必要な情報の取得 ・センサの状態診断に必要な情報の取得 ・統合情報、自身の状態、センサの状態の送信
3	他船/漂流物等情報統合システム	<ul style="list-style-type: none"> ・他船/漂流物情報の統合 ・自身の状態の診断 ・センサの状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・他船/漂流物情報の取得 ・自身の状態の診断に必要な情報の取得 ・センサの状態の診断に必要な情報の取得 ・統合情報、自身の状態、センサの状態の送信
4	気象海象情報統合システム	<ul style="list-style-type: none"> ・気象海象情報の統合 ・自身の状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・気象海象情報（現在地）の取得 ・気象海象予測情報の取得 ・自身の状態の診断に必要な情報の取得

		<ul style="list-style-type: none"> ・センサの状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・センサの状態の診断に必要な情報の取得 ・統合情報、自身の状態、センサの状態の送信
5	船舶制御システム	<ul style="list-style-type: none"> ・操船計画に基づく制御量の計算 ・舵/機関の制御 ・舵/機関の状態の診断 ・自身の状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・操船計画の取得 ・実船の位置の取得 ・操船計画と自船の位置との偏差計算 ・制御閾値との現在状態の比較 ・舵/機関の状態、自身の状態の送信
6	自律運航管理システム	<ul style="list-style-type: none"> ・操船モード切替指示 ・自身の状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・自船情報、他船/漂流物情報、気象海象情報の取得 ・各システムの状態の情報の取得 ・ODD 内外判定 ・自身の状態の診断に必要な情報の取得
7	船員	<ul style="list-style-type: none"> ・操船計画の承認、修正 ・操船モード切替 ・緊急時対応（手動操船強制切替） 	<ul style="list-style-type: none"> ・自船情報、他船/漂流物情報、気象海象情報の確認 ・自律操船システムが立案した操船計画の確認 ・自律運航管理システムの運航モード切替指示の確認 ・各システムの動作の常時監視 ・自船周囲の常時監視

Table 1.3 自動化システムの機能要求（フェーズ：離着岸）

ID	要素名	タスク	サブタスク
1	自律操船システム	<ul style="list-style-type: none"> ・離着岸操船計画の立案 ・運航フェーズ切替（離岸操船→通常航行） ・自身の状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・自船の統合情報の取得 ・他船/漂流物等の統合情報の取得 ・気象海象の統合情報の取得 ・航行安全性&経済性の計算 ・離着岸操船計画の提示 ・自身の状態判断に必要な情報の取得
2	自船情報統合システム	<ul style="list-style-type: none"> ・自船情報の統合 ・自身の状態の診断 ・センサの状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・自船情報の取得 ・自身の状態診断に必要な情報の取得 ・センサの状態診断に必要な情報の取得 ・統合情報、自身の状態、センサの状態の送信

3	岸壁距離計測システム	<ul style="list-style-type: none"> ・自船と岸壁との距離の計測 ・近接の場合の警報発出 ・自身の状態の診断 ・センサの状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・岸壁位置の取得 ・自船位置の取得 ・自身の状態診断に必要な情報の取得 ・センサの状態診断に必要な情報の取得
4	他船/漂流物等情報統合システム	<ul style="list-style-type: none"> ・他船/漂流物情報の統合 ・自身の状態の診断 ・センサの状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・他船/漂流物情報の取得 ・自身の状態の診断に必要な情報の取得 ・センサの状態の診断に必要な情報の取得 ・統合情報、自身の状態、センサの状態の送信
5	気象海象情報統合システム	<ul style="list-style-type: none"> ・気象海象情報の統合 ・自身の状態の診断 ・センサの状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・気象海象情報（現在地）の取得 ・気象海象予測情報の取得 ・自身の状態の診断に必要な情報の取得 ・センサの状態の診断に必要な情報の取得 ・統合情報、自身の状態、センサの状態の送信
6	船舶制御システム	<ul style="list-style-type: none"> ・離着岸操船計画に基づく制御量の計算 ・舵/機関の制御 ・舵/機関の状態の診断 ・自身の状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・離着岸操船計画の取得 ・実船の位置の取得 ・離着岸操船計画と自船の位置との偏差計算 ・制御閾値との現在状態の比較 ・舵/機関の状態、自身の状態の送信
7	自律運航管理システム	<ul style="list-style-type: none"> ・操船モード切替指示 ・自身の状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・自船情報、他船/漂流物情報、気象海象情報、岸壁距離の取得 ・各システムの状態の情報の取得 ・ODD 内外判定 ・自身の状態の診断に必要な情報の取得
8	船員	<ul style="list-style-type: none"> ・離着岸操船計画の承認、修正 ・操船モード切替 ・緊急時対応（手動操船強制切替） 	<ul style="list-style-type: none"> ・自船情報、他船/漂流物情報、気象海象情報、岸壁距離の確認 ・自律操船システムが立案した離着岸操船計画の確認 ・自律運航管理システムの運航モード切替指示の確認 ・各システムの動作の常時監視 ・自船周囲の常時監視

(2) 自動化システムの全体像がわかるようなシステムアーキテクチャ

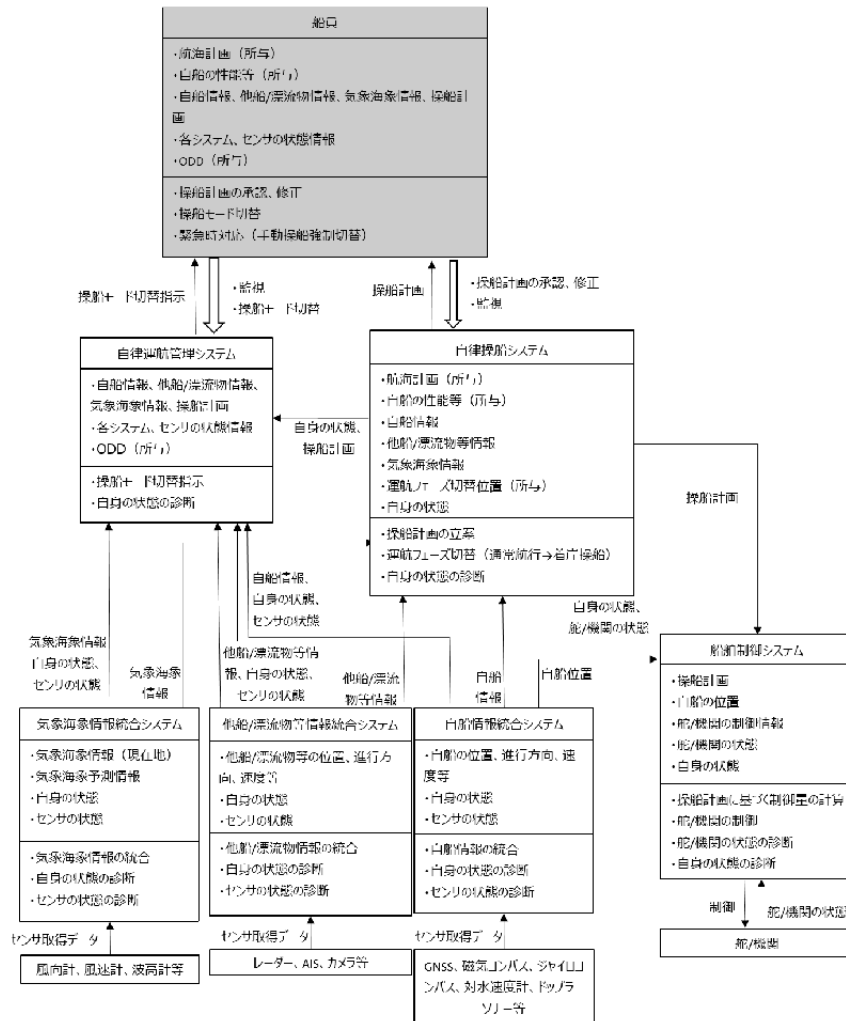


Figure 1.1 システムアーキテクチャ (フェーズ：通常航行)

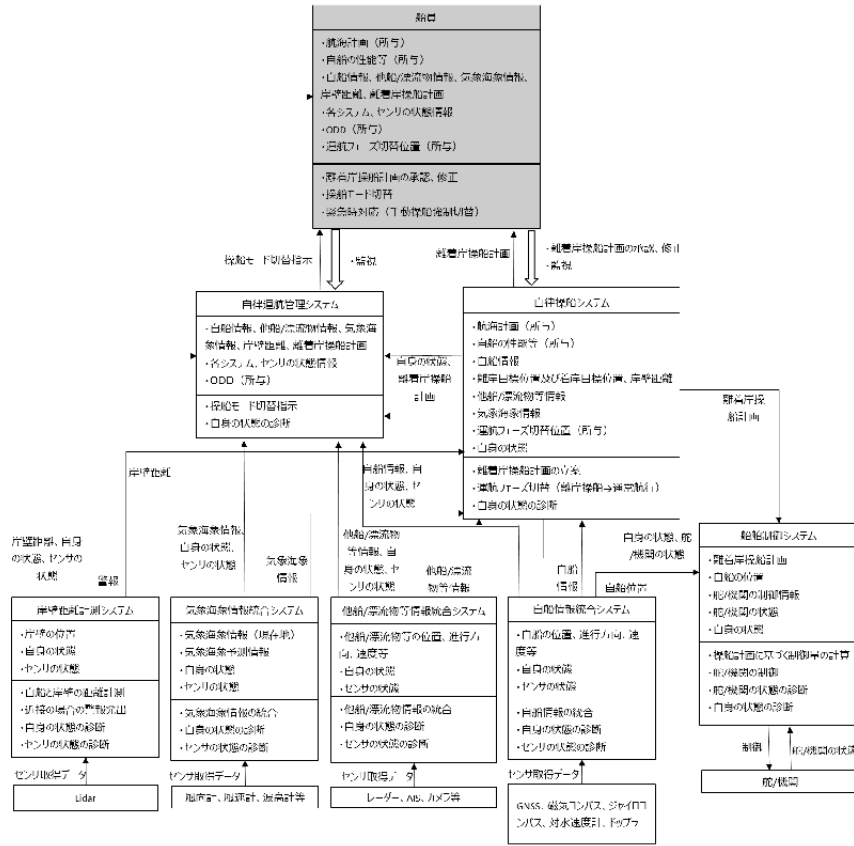


Figure 1.2 システムアーキテクチャ (フェーズ: 離着岸)

(3) 自動化システムの内部動作の概要

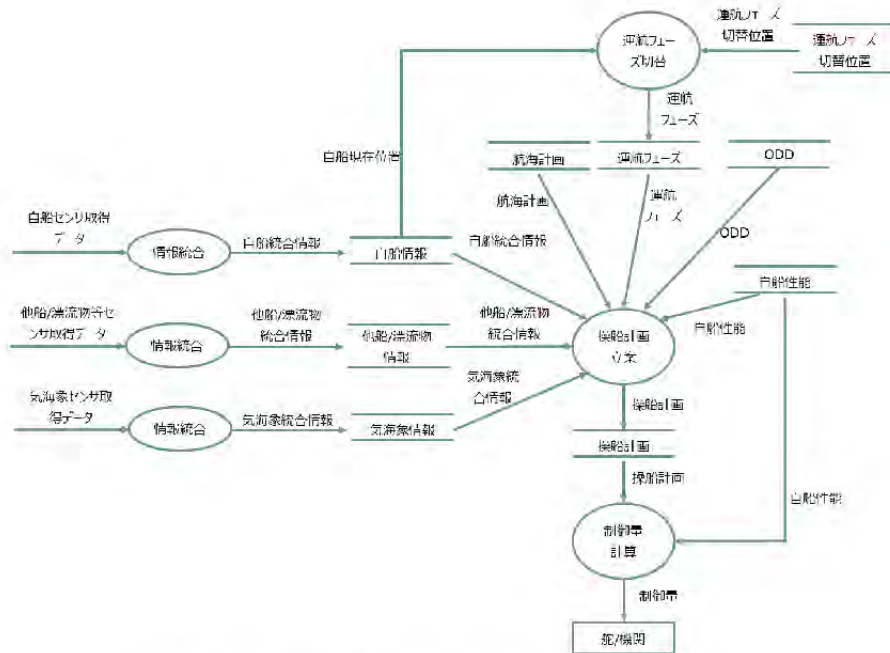


Figure 1.3 操船に関する内部動作の概要（フェーズ：通常航行）

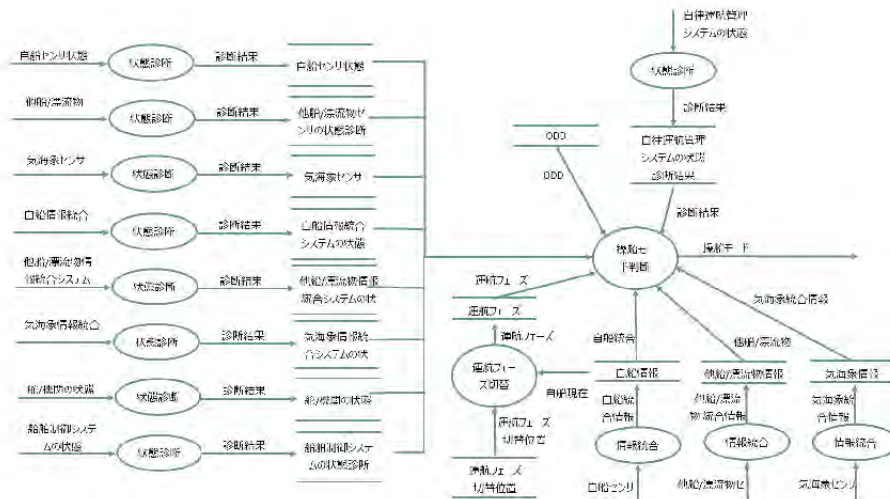


Figure 1.4 操船モード判断に関する内部動作の概要（フェーズ：通常航行）

(4) 自動化システムと人間の役割分担の概要

Table 1.4 自動化システムと人間の役割分担の概要（フェーズ：通常航行）

Task	自律操船システム	自船情報統合システム	他船/漂流物等情報統合システム	気象海象情報統合システム	船舶制御システム	自律運航管理システム	船員
運航フェーズ切替	①切替						②監視
自船の情報取得		①情報取得/統合					②監視
他船/漂流物等の情報取得			①情報取得/統合				②監視
気象海象の情報取得				①情報取得/統合			②監視
(避航) 操船計画の立案	①立案						②承認
(避航) 操船の実行					①実行		②監視
関連センサの状態診断		①状態診断	①状態診断	①状態診断			②監視
自身の状態診断	①状態診断	①状態診断	①状態診断	①状態診断	①状態診断	①状態診断	②監視
ODD内外判定&操船モード決定						①判定&決定	②監視
操船モード切替要求&操船						①モード切替要求	②モード切替

モード切替							
手動操船 強制切替							①監視 ②手動操 船切替

Table 1.5 自動化システムと人間の役割分担の概要（フェーズ：離着岸）

Task	自律操 船シス テム	自船情 報統合 システ ム	他船/漂 流物等 情報統 合シス テム	気象海 象情報 統合シ ステム	岸壁距 離計測 システ ム	船舶制 御シス テム	自律運 航管理 システ ム	船員
運航フ ェーズ 切替	①切替							②監視
自船の 情報取 得		①情報 取得/統 合						②監視
他船/漂 流物等 の情報 取得			①情報 取得/統 合					②監視
気海象 の情報 取得				①情報 取得/統 合				②監視
岸壁距 離の計 測					①計測			②監視
離着岸 操船計 画の立 案	①立案							②承認
離着岸 操船の 実行						①実行		②監視

関連センサの状態診断		①状態診断	①状態診断	①状態診断	①状態診断			②監視
自身の状態診断	①状態診断	①状態診断	①状態診断	①状態診断	①状態診断	①状態診断	①状態診断	②監視
ODD内外判定&操船モード決定							①判定&決定	②監視
操船モード切替要求&操船モード切替							①モード切替要求	②モード切替
手動操船強制切替								①監視 ②手動操船切替

(5) 自動化システムの運航設計領域

Table 1.6 自動化システムの運航設計領域

海域条件	
航行区域	指定された航路
離着岸する港内水域	港内での方向転換に必要な占用水域があること:: 3L の占用水域
離着岸する棧橋水域	離着岸に必要な占用水域があること:: 0.5L の占用水域
輻輳度	低い輻輳状態:: 3nm レンジ内に 8 隻まで
AIS 非搭載船及び障害物	システムが感知できない AIS 非搭載船や障害物等が無いこと:: 500m 以内に大きさ 1m 以下の危険な障害物が無い
環境条件	

気象海象	平穏な状態:: 風速 7m/s 以下, 波高 1.5m 以下, 視程 500m 以上
時刻	終日
内部状態	
システム状態	正常に稼働していること:: エラーの表示無し
運航に必要な機器	正常に稼働していること:: エラーの表示無し
船体動揺	船体の設計上の制約の範囲内:: 異常値の表示無し
その他	緊急事態に相当する事象が発生していない:: 船内火災, 船外火災, 落水, 緊急信号傍受等が生じていない

ii. リスク解析

i. で示した資料の自動運航船に対してリスク解析 (HAZID) を実施した結果を纏めた HAZID WS の例を Table 1.7 と Table 1.8 に示す. なお, FI (Frequency Index), SI (Severity Index), RI (Risk Index) の定義は, 本手順書 5.3 節に記載と同じものを使用した.

添付資料 2 事業成果物

②自動運航船のリスク解析シート標準

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

Sheet ID: 1
Phase: 通常航行

ID	Hazard /ハザード	Causes /原因	Consequences /結果	Existing Safeguards /既存の安全対策	Index(before)			Recommendation /追加対策	Index(after)			Comments /コメント
					SI	FI	RI		SI	FI	RI	
自律操船システム												
1	操船計画の立案の誤り	C1.1 入力情報(自船情報、他船/漂流物情報、気象海象情報等)の未取得や誤り C1.2 航海計画(所与)の未取得や誤り C1.3 自律操船システムの操船計画立案アルゴリズムの誤り C1.4 自律操船システムの不具合・故障 C1.5 マルウェアの侵入やハッキング	E1.1 他船/物標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E1.2 衝突、座礁、転覆・沈没	・各システム故障時の警報 ・各種情報や航海計画未入力時の警報 ・航海計画入力時のダブルチェック ・自船や他船/漂流物の位置飛び時の警報 ・操船計画立案アルゴリズムのシミュレーションによる事前検証 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリアルタイムメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	1	5	6	・操船計画立案アルゴリズムの改良 ・システムの信頼性向上策(冗長化等)の検討(費用対効果検討含む)	1	5	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・出力の検証と検証結果に応じた対処機能の導入(自動化レベルに応じて、人または機械で実装)

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

2	操船計画の立案の未実施	C2.1 入力情報(自船情報、他船/漂流物情報、気象海象情報等)の未取得 C2.2 航海計画(所与)の未取得 C2.3 自律操船システムの不具合・故障 C2.4 マルウェアの侵入やハッキング C2.5 問い合わせ(本機能起動のトリガー)の未達	ID1と同じ	・各システム故障時の警報 ・各種情報や航海計画未入力時の警報 ・一定時間超過時の警告発出 ・シミュレーションによる事前検証 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリアルタイムメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	1	5	6	ID1と同じ	1	5	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・問い合わせ元は、応答がなければ、新しい入力情報で再問い合わせを促す機構にする ・再問い合わせでも応答がない場合の対処機能の導入(自動化レベルに応じて、人または機械で実装)
3	操船計画の立案の実施が遅すぎる/早すぎる	C3.1 入力情報(自船情報、他船/漂流物情報、気象海象情報等)の未取得や誤ったタイミングによる取得 C3.2 自律操船システムの操船計画立案演算に時間が掛かり過ぎる C3.3 自律操船システムの不具合・故障 C3.4 マルウェアの侵入やハッキング C3.5 問い合わせ(本機能起動のトリガー)タイミングの誤り	ID1と同じ	ID2と同じ	1	5	6	ID1と同じ	1	5	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・問い合わせ元は、応答が遅ければ、新しい入力情報で再問い合わせを促す機構にする ・応答が間に合わない場合の対処機能の導入(自動化レベルに応じて、人または機械で実装)

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

4	運航フェーズ切替 (通常航行→着岸操船) の誤り	C4.1 運航フェーズ切替位置 (所与) の入力誤り C4.2 入力情報(自船位置情報)の誤り C4.3 自律操船システムの不具合・故障 C4.4 マルウェアの侵入やハッキング	E4.1 航路逸脱 E4.2 他船/物標、棧橋、座礁の危険性がある地点に異常接近 E4.3 他船・棧橋との衝突、座礁、転覆・沈没	・各システム故障時の警報 ・運航フェーズ切替位置入力時のダブルチェック ・自船の位置飛び時の警報 ・航路逸脱時の警報 ・シミュレーションによる事前検証 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	1	5	6	・システムの信頼性向上策 (冗長化等) の検討 (費用対効果検討含む)	1	5	6
5	運航フェーズ切替 (通常航行→着岸操船) の未実施	C5.1 運航フェーズ切替位置 (所与) の入力誤りや未入力 C5.2 入力情報(自船位置情報)の入力誤りや未入力 C5.3 自律操船システムの不具合・故障 C5.4 マルウェアの侵入やハッキング C5.5 問い合わせ (本機能起動のトリガー) の未達	ID4と同じ	・各システム故障時の警報 ・運航フェーズ切替位置や自船位置未入力時の警報 ・自船の位置飛び時の警報 ・航路逸脱時の警報 ・シミュレーションによる事前検証 ・運航フェーズ切替位置からの一定距離超過時の警告発出 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	1	5	6	ID4と同じ	1	5	6

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

6	運航フェーズ切替 (通常航行→着岸操船) の実施が遅すぎる/早すぎる	C6.1 入力情報(自船位置情報)の取得タイミングの誤り C6.2 運航フェーズ切替アルゴリズムの不具合 (切替演算に時間が掛かり過ぎる) C6.3 自律操船システムの不具合・故障 C6.4 マルウェアの侵入やハッキング C6.5 問い合わせ (本機能起動のトリガー) タイミングの誤り	ID4と同じ	・システム故障時の警報 ・航路逸脱時の警報 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・シミュレーションによる事前検証 ・運航フェーズ切替位置からの一定距離超過時の警告発出 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	1	5	6	ID4と同じ	1	5	6
7	自身の状態の診断の誤り	C7.1 自律操船システムの自己診断機能のアルゴリズム間違い C7.2 入力情報(自己診断に必要な情報)の誤り C7.3 マルウェアの侵入やハッキング	・異常時に正常と誤診断→ID4と同じ ・正常時に異常と誤診断→異常警報に基づき手動操船へ切替	・自己診断機能の事前検証 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	1	5	6	ID4と同じ	1	5	6
8	自身の状態の診断の未実施	C8.1 自律操船システムの自己診断機能の不具合・故障・停止 C8.2 入力情報(自己診断に必要な情報)の未取得 C8.3 マルウェアの侵入やハッキング	・正常時に診断未実施→問題無し (一定時間超過時に警告は発出される) ・異常時に診断未実施→ID4と同じ	・自己診断機能の事前検証 ・一定時間超過時の警告発出 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	1	5	6	ID4と同じ	1	5	6

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

9	自身の状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C9.1 自律操船システムの自己診断機能の不具合・故障 C9.2 自律操船システムの自己診断アルゴリズムの不具合（自己診断演算に時間が掛かり過ぎる） C9.3 入力情報（自己診断に必要な情報）の取得タイミングの誤り C9.4 マルウェアの侵入やハッキング	・正常時に正常と診断するが遅すぎる →問題無し（一定時間超過時に警告は発出される） ・異常時に異常と診断するが遅すぎる →E9.1 手動操船への切替遅れ E9.2 ODD外での自律操船 E9.3 航路逸脱 E9.4 他船/物標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E9.5 他船との衝突、座礁・沈没	ID8と同じ	1	5	6	ID4と同じ	1	5	6		
自船情報統合システム													
10	自船情報の統合の誤り	C10.1 入力情報の不整合（複数の自船情報センサの同一種類のデータが異なる、一つもしくは複数の古い情報との統合等） C10.2 自船情報統合システムの情報統合機能の不具合・故障、統合アルゴリズムの誤り C10.3 マルウェアの侵入やハッキング	E10.1 誤った（避航）操船計画の立案 E10.2 誤った制御量の計算 E10.3 運航フェーズ切替の誤り/未実施 E10.4 航路逸脱 E10.5 他船/物標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E10.6 衝突、座礁、転覆・沈没	・情報統合機能の事前検証 ・データに食い違いがある場合の対応方法の粗込み（どのデータを優先するか等） ・各システム故障時の警報 ・同一種類データが異なる場合の警告 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替		1	5	6	・システムの信頼性向上策（冗長化等）の検討（費用対効果検討含む） ・情報統合アルゴリズムの改良	1	5	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・統合情報の信頼度の管理（信頼度評価と低信頼度時の対策の策定）

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

11	自船情報の統合の未実施	C11.1 入力情報の不整合（複数の自船情報センサの同一種類のデータが異なる） C11.2 自船情報統合システムの情報統合機能の不具合・故障、統合アルゴリズムの誤り C11.3 マルウェアの侵入やハッキング C11.4 問い合わせ（本機能起動のトリガー）の未達	ID10と同じ	・情報統合機能の事前検証 ・データに食い違いがある場合の対応方法の粗込み（どのデータを優先するか等） ・各システム故障時の警報 ・同一種類データが異なる場合の警告 ・一定時間超過時の警告発出 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替		1	4	5	ID10と同じ	1	4	5	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・出力が無い場合の対処機能の導入（当該システムの再起動など。機能が停止している場合の対処として、自身の診断とは別に用いる）
12	自船情報の統合の実施が遅すぎる/早すぎる	C12.1 自船情報統合システムの情報統合機能/アルゴリズムの不具合（情報統合に時間が掛かり過ぎる） C12.2 異なるセンサの情報取得タイミングの誤り C12.3 マルウェアの侵入やハッキング C12.4 問い合わせ（本機能起動のトリガー）のタイミングの誤り	E12.1 誤った（避航）操船計画の立案 E12.2 誤った制御量の計算 E12.3 誤った位置での運航フェーズ切替 E12.4 航路逸脱 E12.5 他船/物標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E12.6 衝突、座礁、転覆・沈没	ID11と同じ		1	5	6	ID10と同じ	1	5	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・出力の遅れが大きい場合の対処機能の導入（当該システムの再起動など）

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

13	自身の状態の診断の誤り	C13.1 自船情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障 C13.2 自船情報統合システムの自己診断機能のアルゴリズム間違い C13.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の誤り C13.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID7と同じ	ID7と同じ	1	5	6	・自己診断機能のアルゴリズムの改良	1	5	6
14	自身の状態の診断の未実施	C14.1 自船情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障・停止 C14.2 入力情報(自己診断に必要な情報)の未取得 C14.3 マルウェアの侵入やハッキング	ID8と同じ	ID8と同じ	1	5	6	ID13と同じ	1	5	6
15	自身の状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C15.1 自船情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障 C15.2 自船情報統合システムの自己診断アルゴリズムの不具合(自己診断演算に時間が掛かり過ぎる) C15.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C15.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID9と同じ	ID9と同じ	1	6	7	ID13と同じ	1	6	7

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

16	センサの状態の診断の誤り	C16.1 自船情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C16.2 自船情報統合システムのセンサ状態診断機能のアルゴリズム間違い C16.3 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の誤り C16.4 マルウェアの侵入やハッキング	・異常時に正常と誤診断→ID10と同じ ・正常時に異常と誤診断→異常警報に基づき手動操船へ切替	・センサ状態診断機能及びアルゴリズムの事前検証 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続	1	5	6	・センサ状態診断機能のアルゴリズムの改良	1	5	6
17	センサの状態の診断の未実施	C17.1 自船情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C17.2 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の未取得 C17.3 マルウェアの侵入やハッキング	・異常時に診断未実施→ID10と同じ ・正常時に診断未実施→問題無し(一定時間超過時に警告は発出される)	・センサ状態診断機能の事前検証 ・一定時間超過時の警報発出 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続	1	5	6	ID16と同じ	1	5	6
18	センサの状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C18.1 自船情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C18.2 自船情報統合システムのセンサ状態診断アルゴリズムの不具合(状態診断演算に時間が掛かり過ぎる) C18.3 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C18.4 マルウェアの侵入やハッキング	・正常時に正常と診断するが遅すぎる→問題無し(一定時間超過時に警告は発出される) ・異常時に異常と診断するが遅すぎる→ID12と同じ	・センサ状態診断機能及びアルゴリズムの事前検証 ・一定時間超過時の警報発出 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続	1	5	6	ID16と同じ	1	5	6
他船/漂流物等情報統合システム											

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

19	他船/漂流物情報の統合の誤り	C19.1 入力情報の不整合（複数の他船/漂流物情報センサの同一種類のデータが異なる。一つもしくは複数の古い情報との統合等） C19.2 他船/漂流物情報統合システムの情報統合機能の不具合・故障、統合アルゴリズムの誤り C19.3 マルウェアの侵入やハッキング	E19.1 誤った（避航）操船計画の立案 E19.2 他船/物標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E19.3 衝突、座礁、転覆・沈没	ID10と同じ	1	5	6	ID10と同じ	1	5	6	ID10と同じ	
20	他船/漂流物情報の統合の未実施	C20.1 入力情報の不整合（複数の他船/漂流物情報センサの同一種類のデータが異なる） C20.2 他船/漂流物情報統合システムの情報統合機能の不具合・故障、統合アルゴリズムの誤り C20.3 マルウェアの侵入やハッキング C20.4 問い合わせ（本機能起動のトリガー）の未達		ID19と同じ	ID11と同じ	1	4	5	ID10と同じ	1	4	5	ID11と同じ
21	他船/漂流物情報の統合の実施が遅すぎる/早すぎる	C21.1 他船/漂流物情報統合システムの情報統合機能/アルゴリズムの不具合（情報統合に時間が掛かり過ぎる） C21.2 入力情報(異なるセンサの情報)取得タイミングの誤り C21.3 マルウェアの侵入やハッキング C21.4 問い合わせ（本機能起動のトリガー）タイミングの誤り		ID19と同じ	ID11と同じ	1	5	6	ID10と同じ	1	5	6	ID12と同じ

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

22	自身の状態の診断の誤り	C22.1 他船/漂流物等情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障 C22.2 他船/漂流物等情報統合システムの自己診断機能のアルゴリズム間違い C22.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の誤り C22.4 マルウェアの侵入やハッキング		ID7と同じ	ID7と同じ	1	5	6	ID13と同じ	1	5	6	
23	自身の状態の診断の未実施	C23.1 他船/漂流物等情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障・停止 C23.2 入力情報(自己診断に必要な情報)の未取得 C23.3 マルウェアの侵入やハッキング		ID8と同じ	ID8と同じ	1	5	6	ID13と同じ	1	5	6	
24	自身の状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C24.1 他船/漂流物等情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障 C24.2 他船/漂流物等情報統合システムの自己診断アルゴリズムの不具合（自己診断演算に時間が掛かり過ぎる） C24.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C24.4 マルウェアの侵入やハッキング		ID9と同じ	ID9と同じ	1	6	7	ID13と同じ	1	6	7	

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

25	センサの状態の診断の誤り	C25.1 他船/漂流物等情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C25.2 他船/漂流物等情報統合システムのセンサ状態診断機能のアルゴリズム間違い C25.3 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の誤り C25.4 マルウェアの侵入やハッキング	・異常時に正常と誤診断→ID19と同じ ・正常時に異常と誤診断→異常警報に基づき手動操船へ切替	ID16と同じ	1	5	6	ID16と同じ	1	5	6
26	センサの状態の診断の未実施	C26.1 他船/漂流物等情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C26.2 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の未取得 C26.3 マルウェアの侵入やハッキング	・異常時に診断未実施→ID19と同じ ・正常時に診断未実施→問題無し(一定時間超過時に警告は発せられる)	ID17と同じ	1	5	6	ID16と同じ	1	5	6
27	センサの状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C27.1 他船/漂流物等情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C27.2 他船/漂流物等情報統合システムのセンサ状態診断アルゴリズムの不具合(状態診断演算に時間が掛かり過ぎる) C27.3 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C27.4 マルウェアの侵入やハッキング	・正常時に正常と診断するが遅すぎる →問題無し(一定時間超過時に警告は発せられる) ・異常時に異常と診断するが遅すぎる →ID19と同じ	ID18と同じ	1	5	6	ID16と同じ	1	5	6
気象海象情報統合システム											

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

28	気象海象情報の統合の誤り	C28.1 入力情報の不整合(複数の気象海象情報センサの同一種類のデータが異なる,一つもしくは複数の古い情報との統合等) C28.2 気象海象情報統合システムの情報統合機能の不具合・故障,統合アルゴリズムの誤り C28.3 マルウェアの侵入やハッキング	ID19と同じ	ID10と同じ	1	5	6	ID10と同じ	1	5	6
29	気象海象情報の統合の未実施	C29.1 入力情報の不整合(複数の気象海象情報センサの同一種類のデータが異なる) C29.2 気象海象情報統合システムの情報統合機能の不具合・故障,統合アルゴリズムの誤り C29.3 マルウェアの侵入やハッキング C29.4 問い合わせ(本機能起動のトリガー)の未達	ID19と同じ	ID11と同じ	1	4	5	ID10と同じ	1	4	5
30	気象海象情報の統合の実施が遅すぎる/早すぎる	C30.1 気象海象情報統合システムの情報統合機能/アルゴリズムの不具合(情報統合に時間が掛かり過ぎる) C30.2 異なるセンサの情報取得タイミングの誤り C30.3 マルウェアの侵入やハッキング C30.4 問い合わせ(本機能起動のトリガー)タイミングの誤り	ID19と同じ	ID11と同じ	1	5	6	ID10と同じ	1	5	6

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

31	自身の状態の診断の誤り	C31.1 気象海象情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障 C31.2 気象海象情報統合システムの自己診断機能のアルゴリズム間違い C31.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の誤り C31.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID7と同じ	ID7と同じ	1	5	6	ID13と同じ	1	5	6
32	自身の状態の診断の実施	C32.1 気象海象情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障・停止 C32.2 入力情報(自己診断に必要な情報)の未取得 C32.3 マルウェアの侵入やハッキング	ID8と同じ	ID8と同じ	1	5	6	ID13と同じ	1	5	6
33	自身の状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C33.1 気象海象情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障 C33.2 気象海象情報統合システムの自己診断アルゴリズムの不具合(自己診断演算に時間が掛かり過ぎる) C33.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C33.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID9と同じ	ID9と同じ	1	6	7	ID13と同じ	1	6	7

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

34	センサの状態の診断の誤り	C34.1 気象海象情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C34.2 気象海象情報統合システムのセンサ状態診断機能のアルゴリズム間違い C34.3 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の誤り C34.4 マルウェアの侵入やハッキング	・異常時に正常と誤診断 →ID19と同じ ・正常時に異常と誤診断 →異常警報に基づき手動操船へ切替	ID16と同じ	1	5	6	ID16と同じ	1	5	6
35	センサの状態の診断の実施	C35.1 気象情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C35.2 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の未取得 C35.3 マルウェアの侵入やハッキング	・異常時に診断未実施 →ID19と同じ ・正常時に診断未実施 →問題無し(一定時間超過時に警告は発出される)	ID17と同じ	1	5	6	ID16と同じ	1	5	6
36	センサの状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C36.1 気象海象情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C36.2 気象海象情報統合システムのセンサ状態診断アルゴリズムの不具合(状態診断演算に時間が掛かり過ぎる) C36.3 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C36.4 マルウェアの侵入やハッキング	・正常時に正常と診断するのが遅すぎる →問題無し(一定時間超過時に警告は発出される) ・異常時に異常と診断するのが遅すぎる →ID19と同じ	ID18と同じ	1	5	6	ID16と同じ	1	5	6
船舶制御システム											

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

37	操船計画に基づく制御量の計算の誤り	C37.1 操船計画の誤り C37.2 入力情報(制御量計算に必要な情報)の誤り C37.3 制御量計算アルゴリズムの誤り C37.4 船舶制御システムの不具合・故障 C37.5 マルウェアの侵入やハッキング	E37.1 航路逸脱 E37.2 他船/物標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E37.3 衝突、座礁、転覆・沈没	・システム故障時の警報 ・制御量計算アルゴリズムのシミュレーションによる事前検証 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	1	5	6	・制御量計算アルゴリズムの改良 ・システムの信頼性向上策(冗長化等)の検討(費用対効果検討含む)	1	5	6	
38	操船計画に基づく制御量の計算の未実施	C38.1 操船計画の未取得 C38.2 入力情報(制御量計算に必要な情報)の未取得 C38.3 船舶制御システムの不具合・故障 C38.4 マルウェアの侵入やハッキング C38.5 問い合わせ(本機能起動のトリガー)の未達	ID37と同じ	・システム故障時の警報 ・各種情報未取得時の警報 ・シミュレーションによる事前検証 ・一定時間超過時の警告発出 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	1	5	6	・システムの信頼性向上策(冗長化等)の検討(費用対効果検討含む)	1	5	6	ID2と同じ

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

39	操船計画に基づく制御量の計算の実施が遅すぎる/早すぎる	C39.1 操船計画の取得タイミングの誤り C39.2 入力情報(制御量計算に必要な情報)の取得タイミングの誤り C39.3 制御量計算アルゴリズムの不具合(制御量計算に時間が掛かり過ぎる) C39.4 船舶制御システムの不具合・故障 C39.5 マルウェアの侵入やハッキング C39.6 問い合わせ(本機能起動のトリガー)タイミングの誤り	ID37と同じ	・システム故障時の警報 ・シミュレーションによる事前検証 ・一定時間超過時の警告発出 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	1	5	6	ID38と同じ	1	5	6	ID3と同じ
40	舵/機関の制御の誤り	C40.1 制御量計算の誤り C40.2 アクチュエータの不具合・故障	E40.1 航行不能 E40.2 航路逸脱 E40.3 他船/物標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E40.4 衝突、座礁、転覆・沈没	・システムの事前検証 ・アクチュエータ不具合・故障時の警報 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	1	5	6	・信頼性向上策(冗長化等)(費用対効果検討含む)	1	5	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・舵/機関の状態が誤っている場合の対処機能の導入(当該システムの再起動など。)
41	舵/機関の制御の未実施	C41.1 入力情報(制御量)の未取得 C41.2 アクチュエータの不具合・故障 C41.3 問い合わせ(本機能起動のトリガー)の未達	ID40と同じ	・アクチュエータ不具合・故障時の警報 ・制御量未取得時の警報 ・一定時間超過時の警告発出 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	1	5	6	ID40と同じ	1	5	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・舵/機関の制御が行われていない場合の対処機能の導入(当該システムの再起動など。) ・問い合わせ元は、応答がなければ、新しい入力情報で再問い合わせをする機構にする ・再問い合わせでも応答がない場合の対処機能の導入(自動化レベルに応じて、人または機械で実施)

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

42	舵/機関の制御の実施が遅すぎる/早すぎる	C42.1 入力情報(制御量)の取得タイミングの誤り C42.2 アクチュエータの不具合・故障 C42.3 問い合わせ(本機能起動のトリガー)タイミングの誤り	ID40と同じ	ID41と同じ	1	5	6	ID40と同じ	1	5	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・舵/機関の制御の遅れが一定以上の場合の対処機能の導入(当該システムの再起動など。) ・問い合わせは、応答が遅ければ、新しい入力情報で再問い合わせをする機構にする ・応答が間に合わない場合の対処機能の導入(自動化レベルに応じて、人または機械で実装)
43	舵/機関の状態の診断の誤り	C43.1 船舶制御システムの舵/機関状態診断機能の不具合・故障 C43.2 船舶制御システムの舵/機関状態診断機能のアルゴリズム間違い C43.3 入力情報(舵/機関状態診断に必要な情報)の誤り C43.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID7と同じ	ID7と同じ	1	5	6	・舵/機関状態診断機能のアルゴリズムの改良	1	5	6	
44	舵/機関の状態の診断の未実施	C44.1 船舶制御システムの舵/機関状態診断機能の不具合・故障 C44.2 入力情報(舵/機関状態診断に必要な情報)の未取得 C44.3 マルウェアの侵入やハッキング	ID8と同じ	ID8と同じ	1	5	6	ID43と同じ	1	5	6	

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

45	舵/機関の状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C45.1 船舶制御システムの舵/機関状態診断機能の不具合・故障 C45.2 船舶制御システムの舵/機関状態診断アルゴリズムの不具合(自己診断演算に時間が掛かり過ぎる) C45.3 入力情報(舵/機関状態診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C45.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID9と同じ	ID9と同じ	1	6	7	ID43と同じ	1	6	7	
46	自身の状態の診断の誤り	C46.1 船舶制御システムの自己診断機能の不具合・故障 C46.2 船舶制御システムの自己診断機能のアルゴリズム間違い C46.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の誤り C46.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID7と同じ	ID7と同じ	1	5	6	ID13と同じ	1	5	6	
47	自身の状態の診断の未実施	C47.1 船舶制御システムの自己診断機能の不具合・故障・停止 C47.2 入力情報(自己診断に必要な情報)の未取得 C47.3 マルウェアの侵入やハッキング	ID8と同じ	ID8と同じ	1	5	6	ID13と同じ	1	5	6	

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

48	自身の状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C48.1 船舶制御システムの自己診断機能の不具合・故障 C48.2 船舶制御システムの自己診断アルゴリズムの不具合 (自己診断演算に時間が掛かり過ぎる) C48.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C48.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID9と同じ	ID9と同じ	1	6	7	ID13と同じ	1	6	7
自律運航管理システム											
49	操船モード切替指示の誤り	C49.1 自律運航管理システムの不具合・故障 C49.2 自律運航管理システムの操船モード切替アルゴリズムの間違い C49.3 入力情報(操船モード切替判断に必要な情報)の誤り C49.4 マルウェアの侵入やハッキング	E49.1 ODD外での自律操船 E49.2 航路逸脱 E49.3 他船/物標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E49.4 衝突、座礁、転覆・沈没	・各システム故障時の警報 ・ODD入力時のダブルチェック ・航路逸脱時の警報 ・操船モード切替指示機能のシミュレーションによる事前検証 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムバルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	1	5	6	・操船モード切替アルゴリズムの改良 ・システムの信頼性向上策(冗長化等)の検討(費用対効果検討含む)	1	5	6

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

50	操船モード切替指示の未実施	C50.1 自律運航管理システムの不具合・故障 C50.2 自律運航管理システムの操船モード切替アルゴリズムの間違い C50.3 入力情報(操船モード切替判断に必要な情報)の誤り C50.4 マルウェアの侵入やハッキング C50.5 問い合わせ(本機能起動のトリガー)の未達	ID49と同じ	・各システム故障時の警報 ・一定時間超過時の警告発出 ・ODD入力時のダブルチェック ・航路逸脱時の警報 ・操船モード切替指示機能のシミュレーションによる事前検証 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムバルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続	1	5	6	ID49と同じ	1	5	6
51	操船モード切替指示の実施が遅すぎる/早すぎる	C51.1 自律運航管理システムの不具合・故障 C51.2 自律運航管理システムの操船モード切替アルゴリズムの不具合 (操船モード切替判断の計算に時間が掛かり過ぎる) C51.3 入力情報(操船モード切替判断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C51.4 マルウェアの侵入やハッキング C51.5 問い合わせ(本機能起動のトリガー)タイミングの誤り	ID49と同じ	ID50と同じ	1	5	6	ID49と同じ	1	5	6

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

52	自身の状態の診断の誤り	C52.1 自律運航管理システムの自己診断機能の不具合・故障 C52.2 自律運航管理システムの自己診断機能のアルゴリズム間違い C52.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の誤り C52.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID7と同じ	ID7と同じ	1	5	6	ID13と同じ	1	5	6
53	自身の状態の診断の実施	C53.1 自律運航管理システムの自己診断機能の不具合・故障・停止 C53.2 入力情報(自己診断に必要な情報)の未取得 C53.3 マルウェアの侵入やハッキング	ID8と同じ	ID8と同じ	1	5	6	ID13と同じ	1	5	6
54	自身の状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C54.1 自律運航管理システムの自己診断機能の不具合・故障 C54.2 自律運航管理システムの自己診断アルゴリズムの不具合(自己診断演算に時間が掛かり過ぎる) C54.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C54.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID9と同じ	ID9と同じ	1	6	7	ID13と同じ	1	6	7
船員											

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

55	操船計画の承認、修正の誤り	C55.1 自律操船システムへの過信 C55.2 操作方法の理解不足 C55.3 操船計画の(意図の)把握が困難なHMI C55.4 自船性能や現在の自船/周囲/環境等の情報に対する誤った認識 C55.5 自律操船システムの故障 C55.6 操作ミス C55.7 同時発生タスクによる注意散漫、時間的切迫	ID1と同じ	・自律操船システムの操作方法のマニュアル整備 ・船員の事前訓練 ・適切なHMI設計と検証 ・自律操船システム故障時の警報 ・設定内容の確認通知	1	5	6	・船員の事前訓練方法の確立	1	5	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・船員のワークロード管理(発生しうるタスクの量に応じた船員数の確保、自動化の導入などによるリソースの補充)
56	操船計画の承認、修正の実施	C56.1 急航/急限り、船橋内に船員が居ない等 C56.2 操船計画の承認/修正の必要性の理解不足 C56.3 操船計画の承認/修正の必要性の把握が困難なHMI C56.4 自律操船システムの故障 C56.5 操作ミス C56.6 他タスクによる拘束 C56.7 承認の必要性の未認識(警告しない)	ID1と同じ	・自律操船システムの操作方法のマニュアル整備 ・船員の事前訓練 ・適切なHMI設計と検証 ・自律操船システム故障時の警報 ・設定内容の確認通知 ・一定時間超過時の警告発出	1	5	6	ID55と同じ	1	4	5	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・船員をモニタリングするシステムの必要性の検討 ・船員が対応しない場合のオペレーション(MRM/MRC)の検討と実装 ・船員のワークロード管理(従事可能な業務の制限等)

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

57	操船計画の承認、修正の実施が遅すぎる/早すぎる	C57.1 操作方法の理解不足 C57.2 操船計画の(意図の)把握が困難なHMIのために操船計画の承認/修正に時間が掛かる C57.3 自船性能や現在の自船/周囲/環境等の情報に対する理解に時間が掛かり操船計画の承認/修正に時間が掛かる C57.4 自律操船システムの故障 C57.5 他タスクからの解放に時間が掛かる C57.6 承認の必要性の未通告(警告しない)	ID1と同じ	・自律操船システムの操作方法のマニュアル整備 ・船員の事前訓練 ・適切なHMI設計と検証 ・自律操船システム故障時の警報 ・適切な時機での承認要求発出 ・一定時間超過時の警告発出	1	5	6	・船員の事前訓練方法の確立 ・操船計画承認要求アルゴリズムの改良	1	5	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・船員の対応が遅すぎる場合のオペレーション(MRM/MRC)の検討と実装 ・船員のワークロード管理(従事可能な業務の制限等)
58	操船モード切替の誤り	C58.1 操船モード切替機能の不具合・故障 C58.2 船員が操船モード切替方法に習熟していない C58.3 同時発生タスクによる注意散漫/時間的切迫	ID49と同じ	・自律操船システムの操作方法(操船モード切替方法)のマニュアル整備 ・船員の事前訓練 ・自律操船システム故障時の警報	1	6	7	ID55と同じ	1	5	6	ID55と同じ
59	操船モード切替の未実施	C59.1 急病/居眠り、船橋内に船員が居ない等 C59.2 操船モード切替操作の必要性の理解不足 C59.3 操船モード切替の把握が困難なHMI C59.4 操船モード切替機能の不具合・故障 C59.5 操船モード切替指示が発令されない C59.6 同時発生タスクによる失念	ID49と同じ	・自律操船システムの操作方法のマニュアル整備 ・船員の事前訓練 ・適切なHMI設計と検証 ・自律操船システム故障時の警報 ・一定時間超過時の警告発出	1	5	6	ID55と同じ	1	5	6	ID56と同じ

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

60	操船モード切替の実施が遅すぎる/早すぎる	C60.1 操作方法の理解不足 C60.2 操船モード切替の必要性の把握が困難なHMIのために操船モード切替に時間が掛かる C60.3 操船モード切替機能の不具合・故障 C60.4 操船モード切替指示が発令が遅すぎる C60.5 同時発生タスクによるリソース不足	ID49と同じ	ID59と同じ	1	6	7	ID55と同じ	1	5	6	ID57と同じ
61	緊急時対応(手動操船強制切替)の誤り	C61.1 操船モード切替機能の故障 C61.2 船員が操船モード切替方法に習熟していない C61.3 他タスクによる注意散漫、時間的切迫	ID1と同じ	・操船モード切替方法のマニュアル整備 ・船員の事前訓練	1	6	7	ID55と同じ	1	6	7	ID55と同じ
62	緊急時対応(手動操船強制切替)の未実施	C62.1 自律操船システムへの過信 C62.2 船員が現状が緊急時であることを把握していない(自船性能や現在の自船/周囲/環境等の情報に対する誤った認識) C62.3 船員が操船モード切替方法に習熟していない C62.4 船員の急病/居眠り/他タスク等	ID1と同じ	・船員の事前訓練 ・船員が現状を適切に把握できるようなHMI設計と検証	1	6	7	ID55と同じ	1	5	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・船員をモニタリングするシステムの必要性の検討 ・船員のワークロード管理(従事可能な業務の制限等)
63	緊急時対応(手動操船強制切替)の実施が遅すぎる/早すぎる	ID61と同じ	ID1と同じ	ID61と同じ	1	6	7	ID55と同じ	1	6	7	ID55と同じ

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

Sheet ID: 2
Phase: 離着岸

ID	Hazard /ハザード	Causes /原因	Consequences /結果	Existing Safeguards /既存の安全対策	Index(before)			Recommendation /追加対策	Index(after)			Comments /コメント
					SI	FI	RI		SI	FI	RI	
自律操船システム												
1	離着岸操船計画の立案の誤り	C1.1 入力情報(自船情報、他船/漂流物情報、気象海象情報、離着岸目標位置及び着岸目標位置等)の未取得や誤り C1.2 航海計画(所与)の未取得や誤り C1.3 自律操船システムの離着岸操船計画立案アルゴリズムの誤り C1.4 自律操船システムの不具合・故障 C1.5 マルウェアの侵入やハッキング	E1.1 岸壁、他船/物標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E1.2 (単)衝突、座礁、転覆・沈没	・各システム故障時の警報 ・各種情報や航海計画未入力時の警報 ・航海計画入力時のダブルチェック ・自船や他船/漂流物の位置飛び時の警報 ・離着岸操船計画立案アルゴリズムのシミュレーションによる事前検証 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリアルタイムデータのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	2	5	7	・離着岸操船計画立案アルゴリズムの改良 ・システムの信頼性向上策(冗長化等)(費用対効果検討含む)	2	5	7	※下記は更なる安全性向上にむけた推奨事項 ・出力の検証と検証結果に応じた対処機能の導入(自動化レベルに応じて、人または機械で実装)

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

2	離着岸操船計画の立案の実施	C2.1 入力情報(自船情報、他船/漂流物情報、気象海象情報、離着岸目標位置及び着岸目標位置等)の未取得 C2.2 航海計画(所与)の未取得 C2.3 自律操船システムの不具合・故障 C2.4 マルウェアの侵入やハッキング C2.5 問い合わせ(本機能起動のトリガー)の未達	ID1と同じ	・各システム故障時の警報 ・各種情報や航海計画未入力時の警報 ・一定時間超過時の警告発生 ・シミュレーションによる事前検証 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリアルタイムデータのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	2	4	6	ID1と同じ	2	4	6	※下記は更なる安全性向上にむけた推奨事項 ・問い合わせ元は、応答がなければ、新しい入力情報で再問い合わせを促す機構にする ・再問い合わせでも応答がない場合の対処機能の導入(自動化レベルに応じて、人または機械で実装)
3	離着岸操船計画の立案の実施が遅すぎる/早すぎる	C3.1 入力情報(自船情報、他船/漂流物情報、気象海象情報、離着岸目標位置及び着岸目標位置等)の未取得や誤ったタイミングによる取得 C3.2 自律操船システムの離着岸操船計画立案アルゴリズムの不具合(離着岸操船計画立案演算に時間が掛かり過ぎる) C3.3 自律操船システムの不具合・故障 C3.4 マルウェアの侵入やハッキング C3.5 問い合わせ(本機能起動のトリガー)タイミングの誤り	ID1と同じ	ID2と同じ	2	5	7	ID1と同じ	2	5	7	※下記は更なる安全性向上にむけた推奨事項 ・問い合わせ元は、応答が遅ければ、新しい入力情報で再問い合わせを促す機構にする ・応答が間に合わない場合の対処機能の導入(自動化レベルに応じて、人または機械で実装)

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

4	運航フェーズ切替 (離岸操船→通常航行) の誤り	C4.1 運航フェーズ切替位置 (所与) の入力誤り C4.2 入力情報(自船位置情報)の誤り C4.3 自律操船システムの不具合・故障 C4.4 マルウェアの侵入やハッキング	E4.1 航路逸脱 E4.2 他船/物標、柵標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E4.3 他船・柵標との衝突、座礁、転覆・沈没	・各システム故障時の警報 ・運航フェーズ切替位置入力時のダブルチェック ・自船の位置飛び時の警報 ・航路逸脱時の警報 ・シミュレーションによる事前検証 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	2	5	7	・システムの信頼性向上策 (冗長化等) (費用対効果検討含む)	2	5	7
5	運航フェーズ切替 (離岸操船→通常航行) の未実施	C4.1 運航フェーズ切替位置 (所与) の入力誤りや未入力 C4.2 入力情報(自船位置情報)の入力誤りや未入力 C4.3 自律操船システムの不具合・故障 C4.4 マルウェアの侵入やハッキング C4.5 問い合わせ (本機能起動のトリガー) の未連	ID4と同じ	・各システム故障時の警報 ・運航フェーズ切替位置や自船位置未入力時の警報 ・自船の位置飛び時の警報 ・航路逸脱時の警報 ・シミュレーションによる事前検証 ・運航フェーズ切替位置からの一定距離超過時の警告発出 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	2	4	6	ID4と同じ	2	4	6

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

6	運航フェーズ切替 (離岸操船→通常航行) の実施が遅すぎる/早すぎる	C4.1 入力情報(自船位置情報)の取得タイミングの誤り C4.2 運航フェーズ切替アルゴリズムの不具合 (切替演算に時間が掛かり過ぎる) C4.3 自律操船システムの不具合・故障 C4.4 マルウェアの侵入やハッキング C6.5 問い合わせ (本機能起動のトリガー) タイミングの誤り	ID4と同じ	・システム故障時の警報 ・航路逸脱時の警報 ・シミュレーションによる事前検証 ・運航フェーズ切替位置からの一定距離超過時の警告発出 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	2	5	7	ID4と同じ	2	5	7
7	自身の状態の診断の誤り	C7.1 自律操船システムの自己診断機能のアルゴリズム間違い C7.2 入力情報(自己診断に必要な情報)の誤り C7.3 マルウェアの侵入やハッキング	・異常時に正常と誤診断→ID4と同じ ・正常時に異常と誤診断→異常警報に基づき手動操船へ切替	・自己診断機能の事前検証 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	2	5	7	ID4と同じ	2	5	7
8	自身の状態の診断の未実施	C8.1 自律操船システムの自己診断機能の不具合・故障・停止 C8.2 入力情報(自己診断に必要な情報)の未取得 C8.3 マルウェアの侵入やハッキング	E8.1 自律操船が適切に実行されているか判断できない ・正常時に診断未実施→問題無し (一定時間超過時に警告は発出される) ・異常時に診断未実施→ID4と同じ	・自己診断機能の事前検証 ・一定時間超過時の警告発出 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	2	4	6	ID4と同じ	2	4	6

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

9	自身の状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C9.1 自律操船システムの自己診断機能の不具合・故障 C9.2 自律操船システムの自己診断アルゴリズムの不具合（自己診断演算に時間が掛かり過ぎる） C9.3 入力情報（自己診断に必要な情報の取得タイミングの誤り） C9.4 マルウェアの侵入やハッキング	*正常時に正常と診断するが遅すぎる →問題無し（一定時間超過時に警告は発出される） ・異常時に異常と診断するが遅すぎる →E9.1 手動操船への切替遅延 E9.2 ODD外での自律操船 E9.3 航路逸脱 E9.4 岸壁、他船/物標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E9.5 (埠)衝突、座礁、転覆、沈没	ID8と同じ	2	5	7	ID4と同じ	2	5	7	
自船情報統合システム												
10	自船情報の統合の誤り	C10.1 入力情報の不整合(複数の自船情報センサの同一種類のデータが異なる、一つもしくは複数の古い情報の統合等) C10.2 自船情報統合システムの情報統合機能の不具合・故障、統合アルゴリズムの誤り C10.3 マルウェアの侵入、ハッキング	E10.1 誤った離着岸操船計画の立案 E10.2 誤った制御量の計算 E10.3 運航フェーズ切替の誤り/未実施 E10.4 航路逸脱 E10.5 他船/物標、岸壁、座礁の危険性がある地点に異常接近 E10.6 衝突、座礁、転覆、沈没	・情報統合機能の事前検証 ・データに食い違いがある場合の対応方法の粗込み（どのデータを優先するか等） ・各システム故障時の警告 ・同一種類データが異なる場合の警告 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムバルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	2	4	6	・システムの信頼性向上策（冗長化等）（費用対効果検討含む） ・情報統合アルゴリズムの改良	2	4	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・統合情報の信頼度の管理（信頼度評価と低信頼度時の対策の策定）

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

11	自船情報の統合の未実施	C11.1 入力情報の不整合(複数の自船情報センサの同一種類のデータが異なる) C11.2 自船情報統合システムの情報統合機能の不具合・故障、統合アルゴリズムの誤り C11.3 マルウェアの侵入やハッキング C11.4 問い合わせ（本機能起動のトリガー）の未達	ID10と同じ	・情報統合機能の事前検証 ・データに食い違いがある場合の対応方法の粗込み（どのデータを優先するか等） ・各システム故障時の警告 ・同一種類データが異なる場合の警告 ・一定時間超過時の警告発出 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムバルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続	2	4	6	ID10と同じ	2	4	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・出力が無い場合の対処機能の導入（当該システムの再起動など。機能が停止している場合の対処として、自身の診断とは別に用意）
12	自船情報の統合の実施が遅すぎる/早すぎる	C12.1 自船情報統合システムの情報統合機能/アルゴリズムの不具合（情報統合に時間が掛かり過ぎる） C12.2 異なるセンサの情報取得タイミングの誤り C12.3 マルウェアの侵入やハッキング C12.4 問い合わせ（本機能起動のトリガー）タイミングの誤り	E12.1 誤った離着岸操船計画の立案 E12.2 誤った制御量の計算 E12.3 誤った位置での運航フェーズ切替 E12.4 航路逸脱 E12.5 他船/物標、岸壁、座礁の危険性がある地点に異常接近 E12.6 衝突、座礁、転覆、沈没	ID11と同じ	2	4	6	ID10と同じ	2	4	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・出力の遅れが大きい場合の対処機能の導入（当該システムの再起動など）
13	自身の状態の診断の誤り	C13.1 自船情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障 C13.2 自船情報統合システムの自己診断機能のアルゴリズム間違い C13.3 入力情報（自己診断に必要な情報）の誤り C13.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID7と同じ	ID7と同じ	2	5	7	・自己診断機能のアルゴリズムの改良	2	5	7	

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

14	自身の状態の診断の未実施	C14.1 自船情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障・停止 C14.2 入力情報(自己診断に必要な情報)の未取得 C14.3 マルウェアの侵入やハッキング	ID8と同じ	ID8と同じ	2	4	6	ID13と同じ	2	4	6
15	自身の状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C15.1 自船情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障 C15.2 自船情報統合システムの自己診断アルゴリズムの不具合(自己診断演算に時間が掛かり過ぎる) C15.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C15.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID9と同じ	ID9と同じ	2	5	7	ID13と同じ	2	5	7
16	センサの状態の診断の誤り	C16.1 自船情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C16.2 自船情報統合システムのセンサ状態診断機能のアルゴリズム間違い C16.3 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の誤り C16.4 マルウェアの侵入やハッキング	・異常時に正常と誤診断 →ID10と同じ ・正常時に異常と誤診断 →異常警報に基づき手動操舵へ切替	・センサ状態診断機能及びアルゴリズムの事前検証 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリム-バルメティアのみの接続、外部ネットワークとの未接続	2	5	7	・センサ状態診断機能のアルゴリズムの改良	2	5	7

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

17	センサの状態の診断の未実施	C17.1 自船情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C17.2 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の未取得 C17.3 マルウェアの侵入やハッキング	・異常時に診断未実施 →ID10と同じ ・正常時に診断未実施 →問題無し(一定時間超過時に警告は発出される)	・センサ状態診断機能の事前検証 ・一定時間超過時の警報発出 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリム-バルメティアのみの接続、外部ネットワークとの未接続	2	4	6	ID16と同じ	2	4	6
18	センサの状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C18.1 自船情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C18.2 自船情報統合システムのセンサ状態診断アルゴリズムの不具合(状態診断演算に時間が掛かり過ぎる) C18.3 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C18.4 マルウェアの侵入やハッキング	・正常時に正常と診断するが遅すぎる →問題無し(一定時間超過時に警告は発出される) ・異常時に異常と診断するが遅すぎる →ID12と同じ	・センサ状態診断機能及びアルゴリズムの事前検証 ・一定時間超過時の警報発出 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリム-バルメティアのみの接続、外部ネットワークとの未接続	2	5	7	ID16と同じ	2	5	7
岸壁距離計測システム											
19	自船と岸壁との距離の計測の誤り	C19.1 岸壁距離計測センサの故障・不具合 C19.2 岸壁距離計測システムの故障・不具合 C19.3 距離センサー計測システム間の通信不具合・故障 C19.4 マルウェアの侵入やハッキング	E19.1 岸壁への異常接近 E19.2 岸壁との衝突	・各システム故障時の警報 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリム-バルメティアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操舵強制切替	2	4	6	・システムの信頼性向上策(冗長化等)(費用対効果検討含む)	2	4	6
20	自船と岸壁との距離の計測の未実施	ID19と同じ	ID19と同じ	ID19と同じ	2	4	6	ID19と同じ	2	4	6
21	自船と岸壁との距離の計測の実施が遅すぎる/早すぎる	ID19と同じ	ID19と同じ	ID19と同じ	2	5	7	ID19と同じ	2	5	7

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

22	近接の場合の警報発出の誤り	C22.1 岸壁距離計測システムの不具合・故障 C22.2 岸壁距離計測システムの警報発出アルゴリズムの間違い C22.3 入力情報(警報発出判断に必要な情報)の誤り C22.4 マルウェアの侵入やハッキング	E22.1 実際には接近していないが、警報が発出される (実際には接近しているが、警報が発出されない場合はID23、24を参照)	ID19と同じ	2	4	6	ID19と同じ	2	4	6
23	近接の場合の警報発出の未実施	ID22と同じ	(実際には接近しているが、警報が発出されない場合) E23.1 操船モード切替の遅延、失敗 E23.2 岸壁への異常接近 E23.3 岸壁との衝突	ID19と同じ	2	4	6	ID19と同じ	2	4	6
24	近接の場合の警報発出の実施が遅すぎる/早すぎる	C24.1 岸壁距離計測システムの不具合・故障 C24.2 岸壁距離計測システムの警報発出アルゴリズムの不具合(警報発出判断の計算に時間が掛かり過ぎる) C24.3 入力情報(警報発出判断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C24.4 マルウェアの侵入やハッキング	(実際には接近しているが、警報の発出が遅い場合) E24.1 操船モード切替の遅延、失敗 E24.2 岸壁への異常接近 E24.3 岸壁との衝突	・警報発出の適切なタイミングの検証 ・各システム故障時の警報 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	2	4	6	ID19と同じ	2	4	6
25	自身の状態の診断の誤り	C25.1 岸壁距離計測システムの自己診断機能の不具合・故障 C25.2 岸壁距離計測システムの自己診断機能のアルゴリズム間違い C25.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の誤り C25.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID7と同じ	ID7と同じ	2	5	7	ID13と同じ	2	5	7

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

26	自身の状態の診断の未実施	C26.1 岸壁距離計測システムの自己診断機能の不具合・故障・停止 C26.2 入力情報(自己診断に必要な情報)の未取得 C26.3 マルウェアの侵入やハッキング	ID8と同じ	ID8と同じ	2	4	6	ID13と同じ	2	4	6
27	自身の状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C27.1 岸壁距離計測システムの自己診断機能の不具合・故障 C27.2 岸壁距離計測システムの自己診断アルゴリズムの不具合(自己診断演算に時間が掛かり過ぎる) C27.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C27.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID9と同じ	ID9と同じ	2	5	7	ID13と同じ	2	5	7
28	センサの状態の診断の誤り	C28.1 岸壁距離計測システムのセンサ状態診断機能のアルゴリズム間違い C28.2 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の誤り C28.3 マルウェアの侵入やハッキング	・異常時に正常と誤診断 →ID19と同じ ・正常時に異常と誤診断 →異常警報に基づき手動操船へ切替	ID16と同じ	2	5	7	ID16と同じ	2	5	7
29	センサの状態の診断の未実施	C29.1 岸壁距離計測システムのセンサ状態診断機能の故障 C29.2 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の未取得 C29.3 マルウェアの侵入やハッキング	・異常時に診断未実施 →ID19と同じ ・正常時に診断未実施 →問題無し(一定時間超過時に警告は発出される)	ID17と同じ	2	4	6	ID16と同じ	2	4	6

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

30	センサの状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C30.1 岸壁距離計測システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C30.2 岸壁距離計測システムのセンサ状態診断アルゴリズムの不具合(状態診断演算に時間が掛かり過ぎる) C30.3 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C30.4 マルウェアの侵入やハッキング	・正常時に正常と診断するのが遅すぎる →問題無し(一定時間超過時に警告は発出される) ・異常時に異常と診断するのが遅すぎる →ID19と同じ	ID18と同じ	2	5	7	ID16と同じ	2	5	7	
他船/漂流物等情報統合システム												
31	他船/漂流物情報の統合の誤り	C31.1 入力情報の不整合(複数の他船/漂流物情報センサの同一種類のデータが異なる、一つもしくは複数の古い情報との統合等) C31.2 他船/漂流物情報統合システムの情報統合機能の不具合・故障、統合アルゴリズムの誤り C31.3 マルウェアの侵入やハッキング	E31.1 誤った離着岸操船計画の立案 E31.2 他船/物標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E31.3 衝突、座礁、転覆、沈没	ID10と同じ	2	4	6	ID10と同じ	2	4	6	
32	他船/漂流物情報の統合の未実施	C32.1 入力情報の不整合(複数の他船/漂流物情報センサの同一種類のデータが異なる) C32.2 他船/漂流物情報統合システムの情報統合機能の不具合・故障、統合アルゴリズムの誤り C32.3 マルウェアの侵入やハッキング C32.4 問い合わせ(本機能起動のトリガー)の未達		ID31と同じ	ID11と同じ	2	4	6	ID10と同じ	2	4	6

35

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

33	他船/漂流物情報の統合の実施が遅すぎる/早すぎる	C33.1 他船/漂流物情報統合システムの情報統合機能/アルゴリズムの不具合(情報統合に時間が掛かり過ぎる) C33.2 異なるセンサの情報取得タイミングの誤り C33.3 マルウェアの侵入やハッキング C33.4 問い合わせ(本機能起動のトリガー)タイミングの誤り		ID31と同じ	ID10と同じ	2	4	6	ID10と同じ	2	4	6
34	自身の状態の診断の誤り	C34.1 他船/漂流物等情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障 C34.2 他船/漂流物等情報統合システムの自己診断機能のアルゴリズム間違い C34.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の誤り C34.4 マルウェアの侵入やハッキング		ID7と同じ	ID7と同じ	2	5	7	ID13と同じ	2	5	7
35	自身の状態の診断の未実施	C35.1 他船/漂流物等情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障・停止 C35.2 入力情報(自己診断に必要な情報)の未取得 C35.3 マルウェアの侵入やハッキング		ID8と同じ	ID8と同じ	2	4	6	ID13と同じ	2	4	6

36

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

36	自身の状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C36.1 他船/漂流物等情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障 C36.2 他船/漂流物等情報統合システムの自己診断アルゴリズムの不具合（自己診断演算に時間が掛かり過ぎる） C36.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C36.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID9と同じ	ID9と同じ	2	5	7	ID13と同じ	2	5	7
37	センサの状態の診断の誤り	C37.1 他船/漂流物等情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C37.2 他船/漂流物等情報統合システムのセンサ状態診断機能のアルゴリズム間違い C37.3 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の誤り C37.4 マルウェアの侵入やハッキング	・異常時に正常と誤診断 →ID31と同じ ・正常時に異常と誤診断 →異常警報に基づき手動操船へ切替	ID16と同じ	2	5	7	ID16と同じ	2	5	7
38	センサの状態の診断の実施	C38.1 他船/漂流物等情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C38.2 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の未取得 C38.3 マルウェアの侵入やハッキング	・異常時に診断未実施 →ID31と同じ ・正常時に診断未実施 →問題無し（一定時間超過時に警告は発出される）	ID17と同じ	2	4	6	ID16と同じ	2	4	6

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

39	センサの状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C39.1 他船/漂流物等情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C39.2 他船/漂流物等情報統合システムのセンサ状態診断アルゴリズムの不具合（状態診断演算に時間が掛かり過ぎる） C39.3 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C39.4 マルウェアの侵入やハッキング	・正常時に正常と診断するが遅すぎる →問題無し（一定時間超過時に警告は発出される） ・異常時に異常と診断するが遅すぎる →ID31と同じ	ID18と同じ	2	5	7	ID16と同じ	2	5	7
気象海象情報統合システム											
40	気象海象情報の統合の誤り	C40.1 入力情報の不整合(複数の気象海象情報センサの同一種類のデータが異なる、一つもしくは複数の古い情報との統合等) C40.2 気象海象情報統合システムの情報統合機能の不具合・故障、統合アルゴリズムの誤り C40.3 マルウェアの侵入やハッキング	ID31と同じ	ID10と同じ	2	4	6	ID10と同じ	2	4	6

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

41	気象海象情報の統合の未実施	C41.1 入力情報の不整合(複数の気象海象情報センサの同一種類のデータが異なる) C41.2 気象海象情報統合システムの情報統合機能の不具合・故障、統合アルゴリズムの誤り C41.3 マルウェアの侵入やハッキング C41.4 問い合わせ(本機能起動のトリガー)の未達	ID31と同じ	ID11と同じ	2	4	6	ID10と同じ	2	4	6	ID11と同じ
42	気象海象情報の統合の実施が遅すぎる/早すぎる	C42.1 気象海象情報統合システムの情報統合機能/アルゴリズムの不具合(情報統合に時間が掛かり過ぎる) C42.2 異なるセンサの情報取得タイミングの誤り C42.3 マルウェアの侵入やハッキング C42.4 問い合わせ(本機能起動のトリガー)タイミングの誤り	ID31と同じ	ID11と同じ	2	4	6	ID10と同じ	2	4	6	ID12と同じ
43	自身の状態の診断の誤り	C43.1 気象海象情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障 C43.2 気象海象情報統合システムの自己診断機能のアルゴリズム間違い C43.3 入力情報(自己診断に必要な情報の誤り) C43.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID7と同じ	ID7と同じ	2	5	7	ID13と同じ	2	5	7	

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

44	自身の状態の診断の未実施	C44.1 気象海象情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障・停止 C44.2 入力情報(自己診断に必要な情報)の未取得 C44.3 マルウェアの侵入やハッキング	ID8と同じ	ID8と同じ	2	4	6	ID13と同じ	2	4	6	
45	自身の状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C45.1 気象海象情報統合システムの自己診断機能の不具合・故障 C45.2 気象海象情報統合システムの自己診断アルゴリズムの不具合(自己診断演算に時間が掛かり過ぎる) C45.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C45.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID9と同じ	ID9と同じ	2	5	7	ID13と同じ	2	5	7	
46	センサの状態の診断の誤り	C46.1 気象海象情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C46.2 気象海象情報統合システムのセンサ状態診断機能のアルゴリズム間違い C46.3 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の誤り C46.4 マルウェアの侵入やハッキング		ID16と同じ	2	5	7	ID16と同じ	2	5	7	

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

47	センサの状態の診断の実施	C47.1 気象情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C47.2 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の未取得 C47.3 マルウェアの侵入やハッキング	・異常時に診断未実施 →ID31と同じ ・正常時に診断未実施 →問題無し(一定時間超過時に警告は発出される)	ID17と同じ	2	4	6	ID16と同じ	2	4	6
48	センサの状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C48.1 気象海象情報統合システムのセンサ状態診断機能の不具合・故障 C48.2 気象海象情報統合システムのセンサ状態診断アルゴリズムの不具合(状態診断演算に時間が掛かり過ぎる) C48.3 入力情報(センサ状態診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C48.4 マルウェアの侵入やハッキング	・正常時に正常と診断するのが遅すぎる →問題無し(一定時間超過時に警告は発出される) ・異常時に異常と診断するのが遅すぎる →ID31と同じ	ID18と同じ	2	5	7	ID16と同じ	2	5	7
船舶制御システム											
49	離着岸操船計画に基づく制御量の計算の誤り	C49.1 離着岸操船計画の誤り C49.2 入力情報(制御量計算に必要な情報)の誤り C49.3 制御量計算アルゴリズムの誤り C49.3-2 対象船の操縦運動モデルの精度不良 C49.4 船舶制御システムの不具合・故障 C49.5 マルウェアの侵入やハッキング	E49.1 航路逸脱 E49.2 他船/物標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E49.3 衝突、座礁、転覆・沈没	・システム故障時の警報 ・制御量計算アルゴリズムのシミュレーションによる事前検証 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリム-バルメティアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	2	5	7	・制御量計算アルゴリズムの改良 ・対象船の操縦運動モデルの精度確保 ・システムの信頼性向上策(冗長化等)(費用対効果検討含む)	2	5	7

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

50	離着岸操船計画に基づく制御量の計算の実施	C50.1 離着岸操船計画の未取得 C50.2 入力情報(制御量計算に必要な情報)の未取得 C50.3 船舶制御システムの不具合・故障 C50.4 マルウェアの侵入やハッキング C50.5 問い合わせ(本機能起動のトリガー)の未運	ID49と同じ	・システム故障時の警報 ・各種情報未取得時の警報 ・シミュレーションによる事前検証 ・一定時間超過時の警告発出 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリム-バルメティアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	2	4	6	・システムの信頼性向上策(冗長化等)(費用対効果検討含む)	2	4	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・挙動の検証機構の導入(接岸速度の見張りなど) ・問い合わせ元は、応答がなければ、新しい入力情報で再問い合わせをする機構にする ・再問い合わせでも応答がない場合の対処機能の導入(自動化レベルに応じて、人または機械で実装)
51	離着岸操船計画に基づく制御量の計算の実施が遅すぎる/早すぎる	C51.1 離着岸操船計画の取得タイミングの誤り C51.2 入力情報(制御量計算に必要な情報)の取得タイミングの誤り C51.3 制御量計算アルゴリズムの不具合(制御量計算に時間が掛かり過ぎる) C51.4 船舶制御システムの不具合・故障 C51.5 マルウェアの侵入やハッキング C51.6 問い合わせ(本機能起動のトリガー)タイミングの誤り	ID49と同じ	・システム故障時の警報 ・シミュレーションによる事前検証 ・一定時間超過時の警告発出 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリム-バルメティアのみの接続、外部ネットワークとの未接続	2	5	7	ID50と同じ	2	5	7	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・挙動の検証機構の導入(接岸速度の見張りなど) ・問い合わせ元は、応答が遅ければ、新しい入力情報で再問い合わせをする機構にする ・応答が間に合わない場合の対処機能の導入(自動化レベルに応じて、人または機械で実装)
52	舵/機関の制御の誤り	C52.1 制御量計算の誤り C52.2 アクチュエータの不具合・故障	E52.1 航行不能 E52.2 航路逸脱 E52.3 他船/物標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E52.4 衝突、座礁、転覆・沈没	・システムの事前検証 ・アクチュエータ不具合・故障時の警報 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	2	4	6	・信頼性向上策(冗長化等)(費用対効果検討含む)	2	4	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・舵/機関の状態が誤っている場合の対処機能の導入(当該システムの再起動など。)

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

53	舵/機関の制御の未実施	C53.1 入力情報(制御量)の未取得 C53.2 アクチュエータの不具合・故障 C53.3 問い合わせ(本機能起動のトリガー)の未達	ID52と同じ	・アクチュエータ不具合・故障時の警報 ・制御量未取得時の警報 ・一定時間超過時の警告発出 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	2	4	6	ID52と同じ	2	4	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・舵/機関の制御が行われていない場合の対処機能の導入(当該システムの再起動など。) ・問い合わせ元は、応答がなければ、新しい入力情報で再問い合わせをする機構にする ・再問い合わせでも応答がない場合の対処機能の導入(自動化レベルに応じて、人または機械で実装)
54	舵/機関の制御の実施が遅すぎる/早すぎる	C54.1 入力情報(制御量)の取得タイミングの誤り C54.2 アクチュエータの不具合・故障 C54.3 問い合わせ(本機能起動のトリガー)タイミングの誤り	ID52と同じ	ID53と同じ	2	5	7	ID52と同じ	2	5	7	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・舵/機関の制御の遅れが一定以上の場合の対処機能の導入(当該システムの再起動など。) ・問い合わせ元は、応答が遅ければ、新しい入力情報で再問い合わせをする機構にする ・応答が間に合わない場合の対処機能の導入(自動化レベルに応じて、人または機械で実装)

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

55	舵/機関の状態の診断の誤り	C55.1 船舶制御システムの舵/機関状態診断機能の不具合・故障 C55.2 船舶制御システムの舵/機関状態診断機能のアルゴリズム間違い C55.3 入力情報(舵/機関状態診断に必要な情報)の誤り C55.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID7と同じ	ID7と同じ	2	5	7	・舵/機関状態診断機能のアルゴリズムの改良	2	5	7	
56	舵/機関の状態の診断の未実施	C56.1 船舶制御システムの舵/機関状態診断機能の不具合・故障 C56.2 入力情報(舵/機関状態診断に必要な情報)の未取得 C56.3 マルウェアの侵入やハッキング	ID8と同じ	ID8と同じ	2	4	6	ID55と同じ	2	4	6	
57	舵/機関の状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C57.1 船舶制御システムの舵/機関状態診断機能の不具合・故障 C57.2 船舶制御システムの舵/機関状態診断アルゴリズムの不具合(自己診断演算に時間が掛かり過ぎる) C57.3 入力情報(舵/機関状態診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C57.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID9と同じ	ID9と同じ	2	5	7	ID55と同じ	2	5	7	

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

58	自身の状態の診断の誤り	C58.1 船舶制御システムの自己診断機能の不具合・故障 C58.2 船舶制御システムの自己診断機能のアルゴリズム間違い C58.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の誤り C58.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID7と同じ	ID7と同じ	2	5	7	ID13と同じ	2	5	7
59	自身の状態の診断の実施	C59.1 船舶制御システムの自己診断機能の不具合・故障・停止 C59.2 入力情報(自己診断に必要な情報)の未取得 C59.3 マルウェアの侵入やハッキング	ID8と同じ	ID8と同じ	2	4	6	ID13と同じ	2	4	6
60	自身の状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C60.1 船舶制御システムの自己診断機能の不具合・故障 C60.2 船舶制御システムの自己診断アルゴリズムの不具合(自己診断演算に時間が掛かり過ぎる) C60.3 入力情報(自己診断に必要な情報)の取得タイミングの誤り C60.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID9と同じ	ID9と同じ	2	5	7	ID13と同じ	2	5	7
自律運航管理システム											

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

61	操船モード切替指示の誤り	C61.1 自律運航管理システムの不具合・故障 C61.2 自律運航管理システムの操船モード切替アルゴリズムの間違い C61.3 入力情報(操船モード切替判断に必要な情報)の誤り C61.4 マルウェアの侵入やハッキング	E61.1 ODD外での自律離着岸操船 E61.2 航路逸脱 E61.3 他船/物標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E61.4 衝突、座礁、転覆・沈没	・各システム故障時の警報 ・ODD入力時のダブルチェック ・航路逸脱時の警報 ・操船モード切替指示機能のシミュレーションによる事前検証 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリアルタイムメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 ・船員による常時監視 ・船員による手動操船強制切替	2	5	7	・操船モード切替アルゴリズムの改良 ・システムの信頼性向上策(冗長化等)の検討(費用対効果検討含む)	2	5	7
62	操船モード切替指示の実施	C62.1 自律運航管理システムの不具合・故障 C62.2 自律運航管理システムの操船モード切替アルゴリズムの間違い C62.3 入力情報(操船モード切替判断に必要な情報)の誤り C62.4 マルウェアの侵入やハッキング C62.5 問い合わせ(本機能起動のトリガー)の未達	ID61と同じ	・各システム故障時の警報 ・一定時間超過時の警告発出 ・ODD入力時のダブルチェック ・航路逸脱時の警報 ・操船モード切替指示機能のシミュレーションによる事前検証 ・ウイルス検知ソフトによりウイルスが検知されていないリアルタイムメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続	2	4	6	ID61と同じ	2	4	6

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

63	操船モード切替指示の実施が遅すぎる/早すぎる	C63.1 自律運航管理システムの不具合・故障 C63.2 自律運航管理システムの操船モード切替アルゴリズムの不具合（操船モード切替判断の計算に時間が掛かり過ぎる） C63.3 入力情報（操船モード切替判断に必要な情報）の取得タイミングの誤り C63.4 マルウェアの侵入やハッキング C63.5 問い合わせ（本機能起動のトリガー）タイミングの誤り	ID61と同じ	ID62と同じ	2	5	7	ID61と同じ	2	5	7	ID3と同じ
64	自身の状態の診断の誤り	C64.1 自律運航管理システムの自己診断機能の不具合・故障 C64.2 自律運航管理システムの自己診断機能のアルゴリズム間違い C64.3 入力情報（自己診断に必要な情報）の誤り C64.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID7と同じ	ID7と同じ	2	5	7	ID13と同じ	2	5	7	
65	自身の状態の診断の実施	C65.1 自律運航管理システムの自己診断機能の不具合・故障・停止 C65.2 入力情報（自己診断に必要な情報）の未取得 C65.3 マルウェアの侵入やハッキング	ID8と同じ	ID8と同じ	2	4	6	ID13と同じ	2	4	6	

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

66	自身の状態の診断の実施が遅すぎる/早すぎる	C66.1 自律運航管理システムの自己診断機能の不具合・故障 C66.2 自律運航管理システムの自己診断アルゴリズムの不具合（自己診断演算に時間が掛かり過ぎる） C66.3 入力情報（自己診断に必要な情報）の取得タイミングの誤り C66.4 マルウェアの侵入やハッキング	ID9と同じ	ID9と同じ	3	5	7	ID13と同じ	2	5	7	
船員												
67	離着岸操船計画の承認、修正の誤り	C67.1 自律操船システムへの過信 C67.2 操作方法の理解不足 C67.3 離着岸操船計画の（意図の）把握が困難なHMI C67.4 自船性能や現在の自船/周囲/環境等の情報に対する誤った認識 C67.5 自律操船システムの故障 C67.6 操作ミス C67.7 同時発生タスクによる注意散漫、時間的切迫	ID1と同じ	・自律操船システムの操作方法のマニュアル整備 ・船員の事前訓練 ・適切なHMI設計と検証 ・自律操船システム故障時の警報 ・設定内容の確認通知	2	5	7	・船員の事前訓練方法の確立	2	4	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・船員のワークロード管理（発生しうるタスクの量に応じた船員数の確保、自動化の導入などによるリソースの補充）

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

68	離着岸操船計画の承認、修正の未実施	C68.1 急病/居眠り、船橋内に船員が居ない等 C68.2 離着岸操船計画の承認/修正の必要性の理解不足 C68.3 離着岸操船計画の承認/修正の必要性の把握が困難なHMI C68.4 自律操船システムの故障 C68.5 操作ミス C68.6 他タスクによる拘束 C68.7 承認の必要性の未通達（警告しない） C69.1 操作方法の理解不足	ID1と同じ	・自律操船システムの操作方法のマニュアル整備 ・船員の事前訓練 ・適切なHMI設計と検証 ・自律操船システム故障時の警報 ・設定内容の確認通知 ・一定時間超過時の警告発出	2	4	6	ID67と同じ	2	4	6	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・船員をモニタリングするシステムの必要性の検討 ・船員が対応しない場合のオペレーション（MRM/MRC）の検討と実装 ・船員のワークロード管理（従事可能な業務の制限等）
69	離着岸操船計画の承認、修正の実施が遅すぎる/早すぎる	C69.2 離着岸操船計画の（意図の）把握が困難なHMIのために操船計画の承認/修正に時間が掛かる C69.3 自船性能や現在の自船/周囲/環境等の情報に対する理解に時間が掛かり操船計画の承認/修正に時間が掛かる C69.4 自律操船システムの故障 C69.5 他タスクからの解放に時間がかかる C69.6 承認の必要性の未通達（警告しない） C70.1 操船モード切替機能の不具合-故障	ID1と同じ	・自律操船システムの操作方法のマニュアル整備 ・船員の事前訓練 ・適切なHMI設計と検証 ・自律操船システム故障時の警報 ・適切な時機での承認要求発出 ・一定時間超過時の警告発出	2	5	7	・船員の事前訓練方法の確立 ・離着岸操船計画承認要求アルゴリズムの改良	2	5	7	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・船員の対応が遅すぎる場合のオペレーション（MRM/MRC）の検討と実装 ・船員のワークロード管理（従事可能な業務の制限等）
70	操船モード切替の誤り	C70.2 船員が操船モード切替方法に習熟していない C70.3 同時発生タスクによる注意散漫/時間的切迫	ID61と同じ	・自律操船システムの操作方法（操船モード切替方法）のマニュアル整備 ・船員の事前訓練 ・自律操船システム故障時の警報	2	5	7	ID67と同じ	2	5	7	ID67と同じ

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

71	操船モード切替の未実施	C71.1 急病/居眠り、船橋内に船員が居ない等 C71.2 操船モード切替操作の必要性の理解不足 C71.3 操船モード切替の把握が困難なHMI C71.4 操船モード切替機能の不具合-故障 C71.5 操船モード切替指示が発令されない C71.6 同時発生タスクによる失念	ID61と同じ	・自律操船システムの操作方法のマニュアル整備 ・船員の事前訓練 ・適切なHMI設計と検証 ・自律操船システム故障時の警報 ・一定時間超過時の警告発出	2	5	7	ID67と同じ	2	4	6	ID68と同じ
72	操船モード切替の実施が遅すぎる/早すぎる	C72.1 操作方法の理解不足 C72.2 操船モード切替の必要性の把握が困難なHMIのために操船モード切替に時間が掛かる C72.3 操船モード切替機能の不具合-故障 C72.4 操船モード切替指示が発令が遅すぎる C72.5 同時発生タスクによるリリース不足	ID61と同じ	ID71と同じ	2	5	7	ID67と同じ	2	5	7	ID69と同じ
73	緊急時対応（手動操船強制切替）の誤り	C73.1 操船モード切替機能の故障 C73.2 船員が操船モード切替方法に習熟していない C73.3 他タスクによる注意散漫、時間的切迫	ID1と同じ	・操船モード切替方法のマニュアル整備 ・船員の事前訓練	2	6	8	ID67と同じ	2	5	7	ID67と同じ

事業成果物②自動運航船のリスク解析シート標準

74	緊急時対応（手動操船強制切替）の未実施	C74.1 自律操船システムへの過信 C74.2 船員が現状が緊急時であることを把握していない（自船性能や現在の自船/周囲/環域等の情報に対する誤った認識） C74.3 船員が操船モード切替方法に習熟していない C74.4 船員の急病/居眠り/他タスク等	ID1と同じ	・船員の事前訓練 ・船員が現状を適切に把握できるようなHMI設計と検証	2	5	7	ID67と同じ	2	5	7	※下記は更なる安全性向上に向けた推奨事項 ・船員をモニタリングするシステムの必要性の検討 ・船員のワークロード管理（従事可能な業務の制限等）
75	緊急時対応（手動操船強制切替）の実施が遅すぎる/早すぎる	ID61と同じ	ID1と同じ	ID73と同じ	2	6	7	ID67と同じ	2	5	7	ID67と同じ

添付資料2 事業成果物

③総合シミュレーションシステムの概要

総合シミュレーションシステムの概要



一般財団法人 日本船舶技術研究協会
JAPANESE SHIPBOARD RESEARCH ASSOCIATION



国立研究開発法人 海上・港湾・気象観測研究
海上技術安全研究所
Maritime Maritime Research Institute (MMRI)

総合シミュレーションシステムの概要 内容



- 総合シミュレーションシステム開発
- 総合シミュレーションシステム概要
- FTSS(ファストタイムシブミュレータ) 概要
- SHS(操船シミュレータ) 概要

総合シミュレーションシステム開発



- 将来、無人運航船の技術開発支援や実用化に向けた安全評価が可能。
- ファストタイムシップシミュレータは、開発事業者に貸与可能。自社での開発に寄与。
- 開発された無人運航船だけでなく他船（有人の場合も含む）からの安全評価や、緊急時等のHMI（ヒューマンマシンインターフェース）の評価が可能。

①新操船シミュレータ（人間・機械系シミュレーション）

- 人の関与を考慮した評価に必要な船橋環境を模擬したシミュレータシステムを開発
 - ✓ HMIの評価
 - ✓ 緊急時の乗組員へ操船権の移譲のタイミングの評価
 - ✓ 既存船舶と併存する海域での操船行動評価



②ファストタイムシミュレータ（自動化ソフト評価システム）

- 自動化ソフトの網羅的な検証を実施するため、実時間よりも十分に短い時間でシミュレーションが可能なシステムを開発



総合シミュレーションシステムの概要



□ FTSS（Fast Time Ship Simulator）

- 実時間よりも十分に短い時間でシミュレーションを実施。
- 一定の条件下での網羅的な検証が可能。

対象とする操船モード

- 自動操船（離着桟、避航）



□ 操船シミュレータ（SHS）

- フルミッション型操船シミュレータ
- HMIの評価、緊急時の乗組員へ操船権の移譲のタイミングの評価、既存船舶と併存する海域での操船行動評価など、人の関与を考慮した評価が可能

対象とする操船モード

- 自動操船（離着桟、避航）
- 遠隔監視
- 緊急時



FTSS(ファストタイムシップシミュレータ) 概要



- FTSSは仮想空間で自動化システムによる船舶の運航状態を再現し、結果として記録する
- 操船に関わる自動化システムの評価・開発への使用を想定
 - 開発：自動化システム、船舶のモデルを接続し、シナリオベースの繰返しテストによる開発が可能。
 - ・ 自動化システム、船体運動モデル等との接続仕様を公開。
 - 評価：テストシナリオの計算結果に基づき、自動化システムの評価を実施。

動作環境

- ・ Windows10(64bit)
- ・ .Net Framework(C#)
- ・ Python



FTSS(ファストタイムシップシミュレータ) 概要



構成

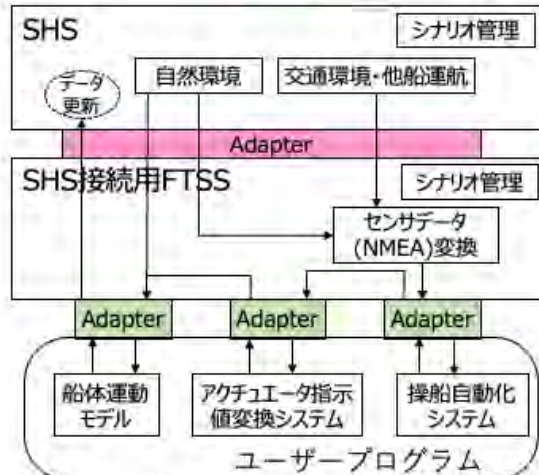


操船シミュレータ概要



□ FTSSとの連携機能

- SHS接続用FTSSを作成
 - 評価対象システムは、FTSSと同じ機構でSHSと接続
 - 実機接続の備えリアルタイム接続機能追加
 - 実機のセンサデータ作成対応
- : SHS-FTSSアダプタ
 : 外部接続アダプタ



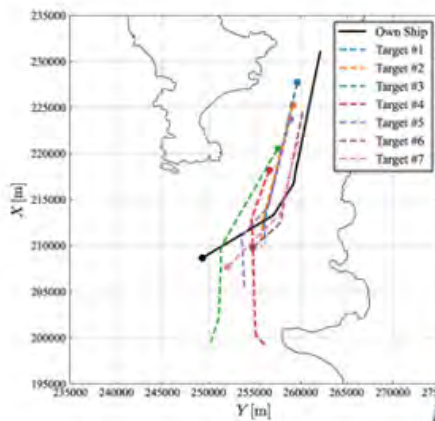
FTSS-SHS接続例(自船・他船の情報をSHSに伝達)

操船シミュレータ概要

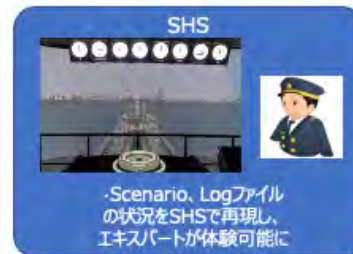


□ FTSSとの連携機能

- FTSSの評価結果、再評価が必要となったテストシナリオを、SHS上で再現する機能の整備

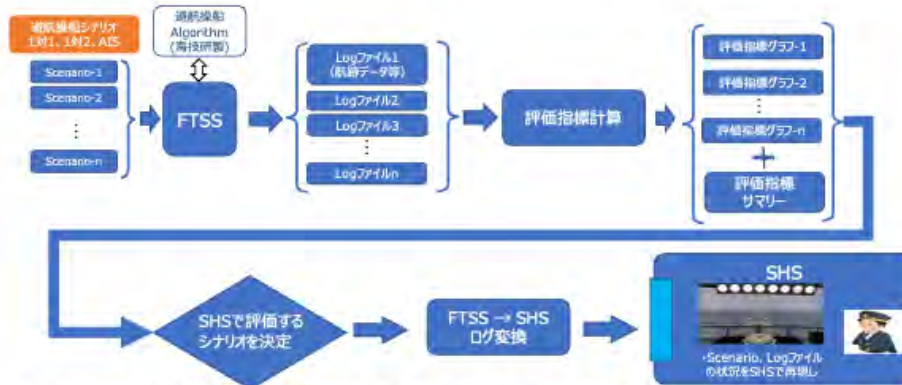


FTSS結果(航跡)



SHSでの再現
(開始直後のRadar画像)

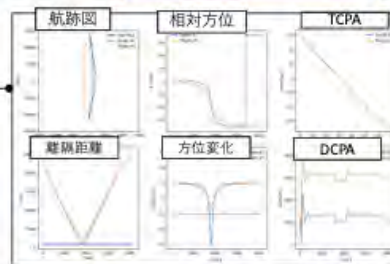
□ 評価手順



□ FTSSで避航シナリオの実行、評価指標作成

- 評価指標作成
 - シナリオごとの評価指標のグラフ
 - シナリオの評価指標サマリー(表)
 - 表示危険度は検討中

Case	最小船間距離 [m]	最大方位変化率 [deg/min]	最小船間距離 判定	最大方位変化率 判定
Scenario-1	1068.8	39.7	pass	pass
Scenario-2	1064.5	39.9	pass	pass
.....
Scenario-n	2762.4	12.8	pass	failure



添付資料 2 事業成果物

④安全ガイドライン案（IMO 提案）

1 Navigation

1.1 Goal

The goal of this section is to [provide]/[guarantee] for safe [and secure] navigation of MASS for any mission phase [including collision avoidance in each environment condition], taking into account the mode of operation of the ship [and the number of persons on board].

<Japan>

- Option 1 and 2 are merged. The CG coordinator's proposal "taking into account the mode of ..." is inserted.
- Japan proposes to delete [guarantee] and [including collision...].

1.2 Functional Requirements

In order to achieve the goal set out in paragraph 1.1 above, the following functional requirements are embodied in the provisions of this chapter.

1.2.1 General

A MASS should achieve the following functional requirements for navigation in general.

1.2.1.1 A MASS should comply with all relevant SOLAS¹ Navigation Requirements [and MARPOL² Requirements except where modified by the 2nd Tier Functional Requirements below].

1.2.1.2 The use of [Autonomous]/[Automated/remotely-controlled] Navigation Systems (ANS) should not endanger the safety of persons onboard, the vessel or [the traffic environment including] other vessels³.

1.2.1.3 The navigation equipment and systems which are installed on MASS should be designed, constructed, and installed to retain their functionality under the [intended/expected] environmental conditions in the [area of operation/operational envelope] of MASS.

- .1 The use of [autonomous]/[automated/remotely-controlled] systems which are delegated control of function(s) or task(s) other than navigation functions should not prevent the appropriate work of navigation system during [autonomous]/[automated/remotely-controlled] navigation.
- .2 [ANS should not affect the existing navigation systems. Even in the event of failure, existing navigation system should operate as if there were no ANS.]/[Even in the event of failure on ANS, the ship must be controlled safely by operating the existing navigation system without any effects of ANS.]

<Japan>

- As Option 1 and 2 are nearly the same, and Option 3 is a different provision from them, these two are listed together in 1.2.1.3.
- Japan considers that the wording [Even in the event of...] is clearer in 1.2.1.3.2.

¹The tonnage requirements for the SOLAS conventions should be taken into account. The draft describes the requirements on the basis of SOLAS-applied ships.

²The relationship between the MASS code and MARPOL should be clarified in the future discussion.

³This covers the following three targets:

- the autonomous/remotely operated vessel
- persons onboard that autonomous/remotely operated vessel
- any other vessel [and persons onboard that vessel or vessels] that may encounter the autonomous/remotely operated vessel

Machine Translated by Google

1 ナビゲーション

1.1 ゴール

このセクションの目標は、船舶の運用モードを考慮して、(各環境条件での衝突回避を含む)あらゆるミッション フェーズで MASS の安全な [および確実な] ナビゲーションを [提供]/[保証] することです [および乗船人数]。 <日本> オプション 1 とオプション 2 を統合。 CG コーディネーターの提案「～のモードを考慮して」を挿入。 日本は、[保証] および [衝突を含む...] を削除することを提案しています。

1.2 機能要件

上記のパラグラフ 1.1 で設定された目標を達成するために、次の機能要件がこの章の規定に具体化されています。

1.2.1 一般

MASS は、一般的なナビゲーションの次の機能要件を達成する必要があります。 1.2.1.1 MASS

は、関連するすべての SOLAS1 ナビゲーション要件 [および以下の第 2 層機能要件によって変更された場合を除き、MARPOL2 要件] に準拠する必要があります。 1.2.1.2 [自律型]/[自動/遠隔制御] 航法システム (ANS) の使用は、乗船者、船舶、または [交通環境を含む] 他の船舶の安全を危険にさらすべきではありません³。 1.2.1.3 MASS に設置されるナビゲーション機器およびシステムは、MASS の [操作エリア/操作エンベロープ] の [意図/予想] 環境条件下で機能を維持するように設計、構築、および設置する必要があります。ナビゲーション機能以外の機能またはタスクの制御を委任された[自律]/[自動/遠隔制御]システムの使用は、[自律]/[自動化/遠隔制御]中のナビゲーションシステムの適切な作業を妨げてはなりません。遠隔操作ナビゲーション。 [ANS は既存のナビゲーション システムに影響を与えるべきではありません。故障しても既存の航法システムはあたかも ANS が存在しないかのように動作する必要があります]/[ANS に故障が発生した場合でも、ANS の影響を受けずに既存の航法システムを動作させることにより、船舶を安全に制御する必要があります。]

.1

.2

<日本> オ

プション 1 とオプション 2 はほぼ同じであり、オプション 3 は別の規定であるため、1.2.1.3 にまとめて記載。日本は、1.2.1.3.2 の「...」の場合でも「という」文言がより明確であると考えています。

¹ SOLAS 条約のトン数要件を考慮に入れる必要があります。草案は SOLAS 適用船を基準に要求事項を記述している。 ² MASS コードと MARPOL の関係については、今後の議論で明らかにする必要があります。 ³ これは、次の 3 つのターゲットを対象としています。 自律型 / 遠隔操作船、その自律型 / 遠隔操作型船舶に乗船している人、自律型 / 遠隔操作型船舶に遭遇する可能性のある他の船舶 (およびその船に乗船している人)

-
-

1.2.1.4 In case of automating or remotely controlling the navigation functions, [Operational Envelope (OE) of MASS and Operational Design Domain (ODD) of ANS]⁴ should be defined.

1.2.1.5 Functions related to [ensuring the safety of]/[safe] navigation should be maintained at all times and in such a way as to conform to the predefined ODD.

1.2.1.6 ANS should always monitor the operation status of hardware and software to control the navigational functions.

<Japan>

- As Option 1 and 2 are different requirements and it does not seem appropriate to choose one over another, they are written as two independent requirements, 1.2.1.5 and 1.2.1.6. Furthermore, 1.2.1.6. is slightly modified with proper terminology.

<option1>

1.2.1.7 Responsibility for the safety of navigation should be clearly defined at all times.

<option2>

1.2.1.7 The overriding authority for safe navigation of the ship should be clearly defined and maintained regardless of the level of manning and automation of the ship, and taking into account the concept of operating, supervising and controlling the ship.

<Japan>

- Japan proposes to choose Option1.
- The content of Option 2 could be discussed under "1.2.11 Override and safe fallback response".

1.2.1.8 Resources should be allocated and assigned as needed in correct priority to perform necessary tasks. [Especially, manoeuvring of the ship should be appropriate to the urgency of the situation and nature of the emergency].

<Japan>

- The content of the "necessary task" should be clarified at the lower level.

1.2.1.9 ANS for MASS should be [approved]/[certified] by the Administration and/or recognized organization to evaluate performance in executing common operating tasks and to assess performance under [all operating conditions defined by ODD]/[normal] operating conditions/[defined conditions representative].

<Japan>

- Japan proposes to choose [defined conditions representative] for the end of the sentence.

1.2.1.10 [While] all reasonable steps should be taken to maintain ANS and related equipment in efficient working order [and must be seaworthy], malfunction of that equipment should not be considered as making the ship unseaworthy or as a reason for delaying the ship in ports where repair facilities are not readily available, [provided suitable arrangements are made by the master to take the inoperative equipment or unavailable information into account in planning and executing a safe voyage to a port where repairs can take place]/[provided suitable alternative arrangements as appropriate to the level of malfunction are made by the master that allows for the planning and execution of a safe voyage to a port where repairs can take place, subject to the approval of the Administration. This can be in the form of conventional manned navigation, additional measures to compensate for the functions compromised by the malfunction or any other reasonable measures].

<Japan>

⁴ The definitions of [OE][ODD] need to be placed in the MASS code.

Machine Translated by Google

1.2.1.4 ナビゲーション機能を自動化または遠隔制御する場合、[MASS のオペレーショナル エンベロープ (OE) および ANS のオペレーショナル デザイン ドメイン (ODD)]⁴ を定義する必要があります。1.2.1.5 [の安全を確保する]/[安全な]ナビゲーションに関連する機能は、事前定義された ODD に準拠するように常に維持されるべきである。1.2.1.6 ANS は、ナビゲーション機能を制御するためのハードウェアおよびソフトウェアの動作状態を常に監視する必要があります。<日本> オプション 1 とオプション 2 は異なる要件であり、どちらか一方を選択するのは適切ではないと思われるため、2 つの独立した要件として記述します。

要件 1.2.1.5 および 1.2.1.6、さらに 1.2.1.6、適切な用語でわずかに変更されています。<オプション 1> 1.2.1.7 航行の安全に対する責任は、常に明確に定義されるべきである。<オプション 2> 1.2.1.7 船舶の安全な航行のための最上位の権限は、船舶の人員配置と自動化のレベルに依存なく、船舶の操作、監督、および制御の概念を考慮して、明確に定義および維持する必要があります。<日本> 日本は、オプション 1 を選択することを提案します。オプション 2 の内容は、「1.2.11 オーバーライドと安全なフォールバック応答」で説明できます。

1.2.1.8 リソースは、必要なタスクを実行するために、必要に応じて適切な優先順位で割り当てられる必要があります。[特に、船舶の操船は、状況の緊急性と緊急事態の性質に適している必要があります]。<日本> 「必要な業務」の内容を下位レベルで明確化するべき。

1.2.1.9 MASS の ANS は、一般的な操作タスクの実行におけるパフォーマンスを評価し、[ODD によって定義されたすべての操作条件]/[通常の操作条件下での]パフォーマンスを評価するために、主管庁および/または認定された組織によって [承認]/[認定] されている必要があります。[/定義された条件の代表]。<日本> 日本は、文末に [定義された条件の代表] を選択することを提案しています。

1.2.1.10 [一方] ANS および関連機器を効率的な作動状態に維持するためにすべての合理的な措置を講じる必要があります [そして耐航性がなければなりません]。修理施設がすぐに利用できない港では、[修理を行うことができる港への安全な航海を計画および実行する際に、故障した機器または利用できない情報を考慮に入れるための適切な手配が船長によって行われている場合]/[適切な代替手段が提供されている場合]注 菅行の承認を条件として、修理を行うことができる港への安全な航海の計画と実行を可能にする。故障のレベルに応じた適切な手配が船長によって行われます。これは、従来の有人ナビゲーション、機能不全によって損なわれた機能を補うための追加の措置、またはその他の合理的な措置の形をとることができます。<日本>

⁴ [OE][ODD] の定義は、MASS コードに配置する必要があります。

- Japan considers that [provided suitable arrangements are made by...], as quoted from SOLAS V/16, is preferable.
- The methodology how to achieve this FR in the case of DoA3 and 4 MASS should be continuously discussed. Do you have any ideas on how 'suitable arrangements' should be achieved in the case of DoA 3 and 4 MASS (without crew on board)?

<option1>

1.2.1.11 [Task stations]/[Control station/centre]/[Control consoles] for the ANS should be located where crew/operator usually exist (i.e., not necessarily in the bridge).

<option2>

1.2.1.11 [Task stations]/[Control station/centre]/[Control consoles] for the ANS should be designed and located to enable crew/operators to keep a watch at sea [or in port] in a manner conforming to the principles of watchkeeping described in Parts 3, 4 and 5 of Section A-VIII/2 of the STCW Code, and the safe control of the ship by personnel which may from time to time be involved in the navigation of the ship.

<option3>

1.2.1.11 [Task stations]/[Control station/centre]/[Control consoles] for the ANS should be located where the crew/operator usually works place. Depending on the degree of autonomy, the control centre/station does not need to be located in the bridge.

<Japan>

- Japan proposes to choose Option1.
- In Option2, is "in port" outside the scope of voyage and navigation?
- Japan prefers [Task stations], which is also used in the INS standards (Res. MSC.252(83)), in the options [Task stations], [Control station/centre] and [Control consoles].

1.2.1.12 Manuals for the use of ANS should be readily accessible at the ANS itself and in all the [task stations][control station/centre][control consoles].

[1.2.1.13 The operator and/or crew should be able to take command at any time.]

[1.2.1.14 The navigational equipment functionality should ensure the navigational equipment functionality for safe navigation.]

[1.2.1.15 The navigational equipment and systems should be designed, constructed, and installed to retain their functionality under the expected environmental conditions in the ODD.]

[1.2.1.16 Systems for providing reference headings and position fixing should be suitable for the intended areas.]

<Japan>

- Japan considers that 1.2.1.14~1.2.1.16 do not need to be mentioned as they are covered elsewhere.

Note1: In case of multiple RCC, all stations and the vessel/ship must keep a log of which station is in charge. This would be important to identify responsibilities in case of an event.

Note2: The following FRs on ODD are proposed. It should be considered to include them if necessary.

- The operation design domain (ODD) should provide the operator with sufficient information regarding the ship's operational capabilities and limitations in order to support their decision-making process to use ANS.
- The ODD should include information on the ship-specific capabilities and limitations in relation to the assessment required for activation of the ANS.

Machine Translated by Google

日本は、SOLAS V/16 から引用された [.. によって適切な手配がなされる場合] が望ましいと考えています。 DoA3 および 4 MASS の場合にこの FR を達成する方法については、継続的に議論する必要があります。どのように「適切か」について何か考えはありますか？ DoA3 および 4 MASS の場合 (乗組員なし)

<オプション>

1.2.1.11 ANS の [タスク ステーション]/[コントロール ステーション/センター]/[コントロール コンソール] は、乗務員/オペレーターが通常存在する場所に配置する必要があります (つまり、ブリッジ内である必要はありません)。 <オプション2> 1.2.1.11 ANS の [タスク ステーション]/[コントロール ステーション/センター]/[コントロール コンソール] は、乗組員/オペレーターが海上 [または港で] に準拠した方法で監視できるように設計および配置する必要があります。 STCW コードのセクション A-VIII/2 のパート 3,4 および 5 に記載されている当直の原則、および時々船舶の航行に関する人員による船舶の安全な制御。 <オプション3> 1.2.1.11 ANS の [タスク ステーション]/[コントロール ステーション/センター]/[コントロール コンソール] は、クルー/オペレーターが通常勤務する場所に配置する必要があります。自律性の程度によっては、コントロール センター/ステーションをブリッジに配置する必要はありません。 <日本> 日本は、オプション 1 を選択することを提案します。 オプション 2 の「入港」は航海と航海の範囲外ですか？

日本は、INS 規格 (Res. MSC.252(83)) でも使用されている [タスク ステーション] を [タスク ステーション]、[コントロール ステーション/センター] および [コントロール コンソール] のオプションで優先します。

1.2.1.12 ANS の使用に関するマニュアルは、ANS 自体、およびすべての [タスク ステーション][コントロール ステーション/センター][コントロール コンソール] で簡単にアクセスできる必要があります。 [1.2.1.13 操縦者および/または乗組員は、いつでも指揮を執ることができるべきである。 [1.2.1.16 参照ヘディングと位置固定を提供するシステムは、意図した地域に適している必要があります。] <日本> 日本は、1.2.1.14-1.2.1.16 は別の場所で説明されているため、言及する必要はありません。

注 1: 複数の RCC の場合、すべてのステーションと船舶/船は、どのステーションが担当しているかのログを保持する必要があります。これは、イベントが発生した場合の責任を特定するために重要です。

注 2: ODD に関する次の FR が提案されています。必要に応じて含めることを検討する。

- 運用設計ドメイン (ODD) は、ANS を使用する意思決定プロセスをサポートするために、船舶の運用能力と制限に関する十分な情報を運用者に提供する必要があります。 ODD には、ANS の起動に必要な評価に関連して、船舶固有の機能と制限に関する情報を含める必要があります。

- ANS should not operate out of its ODD.
- The ODD should include or refer to specific procedures to be followed in normal operations and in order to avoid encountering conditions that exceed the ODD.
- The ODD should be specified in the manual, and the operator should be aware of it.

<Japan>

- Japan proposes to delete "The operation design domain (ODD) should provide..."⁵, as it is included in the intention of 1.2.1.5.
- Would it be better to add the other requirements as 1.2.1.x?

1.2.2 Preparation for departure including voyage plan

A MASS should achieve the following functional requirements in order to navigate according to an appropriate voyage plan that identifies safe routes.

<option1>

[1.2.2.1 Voyage plan from [departure to arrival]/[berth/port to berth/port] should be planned to ensure safe navigation of MASS.]

<option2>

[1.2.2.1 Voyage plan from [departure to arrival]/[berth/port to berth/port] should be [planned/approved] by the responsible person to ensure safety navigation of MASS.]

<Japan>

- Japan proposes to choose Option1 and to choose [departure to arrival] instead of [berth/port to berth/port].

1.2.2.2 Voyage plan should be developed taking into account the following issues:

- [1 The voyage plan should ensure that the operators are provided with sufficient information to enable operations to be conducted with due consideration to the safety of the ship and persons [on board].]
- [2 All potential navigational hazards [and hydro-meteorological] are [accurately] identified;]
- [3 Charts and publications⁵ are corrected [updated] in accordance with the latest information available;]
- [4 [Required/necessary] comprehensive information including ODD for autonomous navigation;
- [5 Consideration of how MASS is operated (e.g. onboard crew control, remote control, unmanned etc.);]
- [6 Valid navigational and meteorological warnings are available;]
- [7 All the information necessary for autonomous control are accurately provided, e.g. speed of each waypoint and LEG;]
- [8 The voyage plan describing the full voyage from departure to arrival should be definable and updatable at any time; and]
- [9 A voyage plan is an indication of preferred actions based on information available at the time the plan is prepared; therefore departure from the plan may be necessary based actual circumstances at the time the plan is executed.]

<Japan>

- .3 and .8 are moved to 1.2.2.4 and .10 is just rearranged in position. In addition, 1.2.4.3 (FR1.C1.3) is moved to the new .9 here, as it relates to voyage plan.

⁵ Charts and publications are considered to include electronic versions.

Machine Translated by Google

- ANS は、その ODD を超えて動作するべきではありません。ODD には、ODD を超える状況に遭遇するのを避けるために、通常の運用で従うべき特定の手順を含めるか、参照する必要があります。ODD はマニュアルで指定する必要があり、オペレーターはそれを認識する必要があります。

<日本> 日

本は、1.2.1.5 の意図に含まれているため、「運用設計ドメイン (ODD) が提供する必要がある」を削除することを提案しています。他の要件を 1.2.1.x として追加した方がよいでしょうか？

1.2.2 航海計画を含む出発準備 MASS は、安全なルート特定する

適切な航海計画に従って航行するために、次の機能要件を達成する必要があります。 <オプション 1> [1.2.2.1 [出発から到着まで]/[停泊地/港から停泊地/港まで] の航海計画は、MASS の安全な航行を確保するために計画する必要があります。] <オプション 2> [1.2.2.1 [出発から到着まで]/[停泊地/港から停泊地/港] までの航海計画は、MASS の安全な航行を確保するために責任者によって [計画/承認] されるべきである。] <日本> 日本オプション 1 を選択し、[バース/ポートからバース/ポート] の代わりに [出発から到着] を選択することを提案します。

1.2.2.2 航海計画は、次の問題を考慮して作成する必要があります。

- [1 航海計画では、期限内に運航を実施できるように十分な情報が運航者に提供されることを保証する必要があります。 [船上] の船舶と人員の安全への配慮。] [2 すべての潜在的な航行上の危険 [および気象情報] の証拠を特定し、必要な ODD を含む包括的な情報。]
- [3 有効な ODD がどの時点でも最新の情報を提供可能で、かつ、必要な ODD の情報が正確に提供され、無欠陥な状態で、各時点でも最新の ODD 情報は運航者の安全を確保する計画に反映されているべきです。]
- [5 したがって、計画実行時の実情に基づき、計画からの逸脱が必要になる場合があります。
- [6
- [7
- [8
- [9

<日本> 3

と .8 は 1.2.2.4 に移動され、.10 は位置が再配置されただけです。また、1.2.4.3 (FR1.C1.3) は、航海計画に関連するため、ここで新しい .9 に移動されます。

⁵ 図表および印刷物は、電子版を含むと見なされます。

- Japan proposes to delete .6, as it is obvious that these warnings are available, and .7, as the content is covered in .4.
- 1.2.2.3 [Crew], [Responsible person] and/or [Remote navigator] should verify [that]/[if] the voyage plan input into ANS is [correct]/[appropriate].
<Japan>
- Japan considers that 'appropriate' is preferable at the end of sentence.
 - [Crew][Responsible person] is added because even remote controlled MASS should need to verify that the voyage plan is appropriate on board as well as ashore.
- 1.2.2.4 Performance checks and tests to ANS comply with ANS provider's documentations, e.g. safety manuals and recommendations. [H/W]/[Hardware] interface for autonomous control are appropriately connected.
[1.2.2.5 [Crew / Remote navigator] should verify that ANS is monitoring the intended route.]
<Japan>
- Japan proposes that 1.2.2.5 be deleted as it is included in 1.2.10.1 (FR1.11) and does not describe the requirements of voyage plan.
- [1.2.2.6 In case of fully autonomous MASS without crew on board, in the event that the ANS loses control over the route, the [responsible person] must be alerted to take control of the vessel.]
Note: "Voyage plan" is to plan and conduct a route, determine position, and then input them in ANS before departure.
<Japan>
- As Option 1 is the only one that directly states what a voyage plan is, this is kept.

1.2.3 Situational awareness

Situational awareness is the perception of the navigational and technical information provided and the comprehension of their meaning, as required for timely reaction to the situation. Lookout function which is a measure to realise the perception is to continuously monitor the ship's surroundings, when the ship is underway or at anchor, in order to detect, recognize and identify any objects on the surface of the sea in the ship's vicinity relevant to the safety of persons and the ship as well as other ships and vessels. [Fin Goal]

1.2.3.1 [When MASS is underway or at anchor,] MASS should be able to detect, recognize and identify any objects on the surface of the sea in the ship's vicinity relevant to the safety of persons and the ship as well as other ships and vessels as follows:

1. The detection function should provide detection and a relative bearing to an object and provide this information for the recognition function. Following items should be also considered: [Fin Sub-goal1]
 1. The detection function should visually detect all objects of at least one arcminute size on [a 360 degree horizontal field of view with visibility to the horizon [and above the horizon of [xx degrees]]][on a field of view fulfilling the requirements of SOLAS V/22] [in conditions of good visibility]; [Fin FR1.1]
 2. The detection function should be able to establish relative bearing to detected objects; [Fin FR1.2]
 3. Detection and notification should be done within such time that provide sufficient time for recognition of the object; [Fin FR1.3]
 4. The detection function should be compiled of visual and sound reception equipment capable of performing their tasks in all environmental conditions encountered during a voyage; and [Fin FR1.4]

Machine Translated by Google

日本は、これらの警告が利用可能であることは明らかであるため、6を削除することを提案しています。

1.2.2.3 [乗組員]、[責任者] および/または [リモートナビゲーター] は、ANS に入力された航海計画が [正しい]/[適切] であること/[場合]を確認する必要があります。<日本> 日本は文末に「適切」が望ましいと考えている。 [Crew][Responsible person] が追加されたのは、遠隔操作の MASS であっても、航海計画が船上で適切であることを確認する必要があるためです。

上陸。

1.2.2.4 ANS に対する性能チェックとテストは、安全マニュアルや推奨事項など、ANS プロバイダーのドキュメントに準拠しています。自律制御用の[H/W]/[Hardware]インターフェースが適切に接続されていること。 [1.2.2.5 [Crew / Remote navigator] は、ANS が目的のルートを確認していることを確認する必要があります。] <日本> 日本は、1.2.10.1 (FR1.11) に含まれており、記載されていないため、1.2.2.5を削除することを提案しています。航海計画の要件。

[1.2.2.6 乗組員が乗船していない完全自律型 MASS の場合、ANS が航路の制御を失った場合、[責任者] は船舶の制御を引き継ぐよう警告を受けなければならない。] 注: 「航海計画」は、ルートを計画して実行し、位置を決定し、出発前にANSに入力します。 <日本> 航海計画が何であるかを直接述べているのはオプション 1 のみであるため、これを維持します。

1.2.3 状況認識

状況認識とは、状況にタイムリーに反応するために必要な、提供されたナビゲーションおよび技術情報の認識とその意味の理解です。認識を実現するための手段であるルックアウト機能は、船が航行中または停泊中に船の周囲を継続的に監視し、船の近くの海面にある物体に到達するものを検出、認識、識別することで、人と船、および他の船と船舶の安全。 [Finゴール]

1.2.3.1 [MASS が航行中または錨泊している場合] MASS は、人や船舶、他の船舶の安全に関連する船舶周辺の海面上の物体を検出、認識、識別できなければならない。 1. 探知機能は、物体の探知と相対方位を提供し、この情報を認識機能に提供しなければならない。以下の項目も考慮する必要があります。 [Fin サブゴール 1]

1. 検出機能は、[360 度の水平視野で少なくとも 1 分角のサイズのすべてのオブジェクトを視覚的に検出する必要があります
地平線までの視野]および[xx度]の地平線上][SOLAS V/22の要件を満たす視野で][良好な視界の条件で]; [フィンFR1.1]

2. 検出機能は、検出されたオブジェクトへの相対方位を確立できる必要があります。 [フィンFR1.2]

3. 物体の認識に十分な時間を提供するような時間内に、検出と通知を行う必要があります。 [Fin FR1.3] 4. 検出機能は、すべてのタスクを実行できる視覚および音声受信機器でコンパイルする必要があります。

航海中に遭遇した環境条件;そして [フィンFR1.4]

- .5 The detection function should be able to filter safety-relevant objects to be relayed to the recognition function. [Fin FR1.5]
<Japan>
- These items should be considered to move to provisions.
- .2 The recognition function should classify detected objects and provide this information to the identification function. Following items should be also considered: [Fin Sub-goal2]
- .1 The recognition function should be able to assign relevant attributes for the features of the detected objects; and [Fin FR2.1]
 - .2 Recognition and notification should be done within such time that provide sufficient time for identification of the object. [Fin FR2.2]
- .3 The identification function should specify a unique identity of detected and recognized objects needed to decide whether and how to react to the identified object. Following items should be also considered: [Fin Sub-goal3]
- .1 An automated identification system shall provide a segregation between inanimate objects and living creatures with a hierarchy to protect life as well as segregation of inanimate objects to vessels in resolution relevant for COLREGS Rule 18, aids of navigation and other inanimate objects; and [Fin FR3.1]
 - .2 Identification and notification shall be done within such time that provide sufficient time for decision-making. [Fin FR3.2]
- <Japan>
- These items should be considered to move to provisions.
- 1.2.3.2 The look-out function should be redundant to faults and limits of performance. Following items should be also considered: [Fin Sub-goal4]
<Japan>
- This functional requirement should not apply only to the look-out function because redundancy should be generally required to functions/tasks related to safety. Japan believes that this functional requirement can be included in "Override and safe fallback response".
- .1 A lookout system should be provided with back-up arrangements sufficient to uphold the designated function; [Fin FR4.1]
 - .2 A lookout system should be designed to resist environmental conditions; [Fin FR4.2]
 - .3 A lookout system should identify change of weather condition and communicate whether to continue or stop the lookout functionality; and [Fin FR4.3]
 - .4 A fault in a system or the circumstances being outside the operational limits should be communicated to the operator. [Fin FR4.4]
- <Japan>
- These items should be considered to move to provisions.
- 1.2.3.3 When MASS is underway or at anchor, MASS should be able to continuously monitor the following items:
- .1 static and dynamic objects of its surroundings on the surface of the sea in the vicinity relevant to the safety of navigation such as sea marks, other vessels and wreckage;
 - .2 its own status such as heading, velocity, position and condition of each subsystem; and
 - .3 geographic information related to safety of navigation such as nautical chart information and environment condition.
- 1.2.3.4 The distress or emergency signal should be immediately detected and the type and scale of the emergency is promptly identified. [JPN MSC106.5.1]

Machine Translated by Google

- .5 検出機能は、認識機能に中継される安全関連オブジェクトをフィルタリングできなければならない。 [Fin FR1.5] <日本> これらの項目は規定への移行を検討する必要があります。
- .2 認識機能は、検出されたオブジェクトを分類し、この情報を識別機能に提供する必要があります。次の項目は、
も考慮されます: [Fin Sub-goal2]
- .1 認識機能は、検出されたオブジェクトの特徴に関連する属性を割り当てることができる必要があります。 [Fin FR2.1] .2 認識と通知は、物体の識別に十分な時間を提供する時間内に行われるべきである。 【フィンFR2.2】
- .3 識別機能は、検出され認識されたオブジェクトの一意の識別情報を指定する必要があります。 [Fin サブゴール 3]
- .1 自動識別システムは、無生物と生きている生物との間の分離を階層で提供しなければならない。
COLREGS 規則 18、航行補助具およびその他の無生物に関連する決議において、船舶への無生物の隔離と同様に生命を保護する。そして 【フィンFR3.1】
 - .2 識別と通知は、意思決定に十分な時間を提供する時間内に行われるものとする。 [Fin FR3.2] <日本> これらの項目は、条項への移行を検討する必要があります。
- 1.2.3.2 ルックアウト機能は、障害および性能の限界に対して冗長であるべきである。以下の項目も考慮されるべきである。 [Fin サブゴール 4] <日本> この機能要件は見張り機能のみに適用されるべきではない。
- 安全性: 日本は、この機能要件を「オーバーライドと安全なフォールバック対応」に含めることができると考えています。
- .1 監視システムには、指定された機能を維持するのに十分なバックアップの手配が提供されるべきである。 【フィンFR4.1】
 - .2 見張りシステムは、環境条件に耐えるように設計されるべきである; 【フィンFR4.2】
 - .3 見張りシステムは、気象条件の変化を識別し、見張り機能を継続するか停止するかを伝達する必要があります。と【フィンFR4.3】
 - .4 システムの障害または運用限界外の状況は、オペレータに通知する必要があります。 [Fin FR4.4] <日本> これらの項目は、条項への移行を検討する必要があります。
- 1.2.3.3 MASS が航行中または錨泊している場合、MASS は以下の項目を継続的に監視できなければならない; 他の
- .1 船と残骸、各サブシステムの
 - .2 進行方向、速度、位置、状態などの独自のステータス、海図情報や環境条件など航行の安全に関わる地理情報。
 - .3 報。
- 1.2.3.4 遭難信号または緊急信号を即座に検出し、緊急事態の種類と規模を即座に特定する必要があります。 [JPN MSC106.5.1]

1.2.3.5 MASS[ANS] should integrate all information obtained from 1.2.3 to interpret and analyse MASS's condition with taking into account the limitations of the equipment and prevailing circumstances and conditions. [JPN MSC106.5.1]
1.2.3.6 Accurate understanding of current and predicted vessel state, navigation path, and external environment should be shared with crew/remote operator. [JPN MSC106.5.1]

1.2.4 [Risk analysis,] route planning and determination for collision and grounding avoidance

A MASS should achieve the following functional requirements in order to ensure that decisions for collision and grounding avoidance are made appropriately.
1.2.4.1 ANS should plan an appropriate route to avoid collisions and groundings [according to changing/in all] conditions and notify other system and/or [the necessary personnel such as the Master and remote operator/supervisors/operators/crew/shore operator] based on the results of the situational awareness. [The route should be updated as required based on the latest inputs and conditions.]

- .1 Action taken to avoid a close quarter situation or collision with other vessels is in accordance with the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972, as amended;
- .2 Decisions and planning to amend course and/or speed are both timely and in accordance with safe operating limits of ship propulsion, steering and power systems⁶;
- [.3 if in compulsory pilotage waters, information provided by the pilot should be given priority;]
- [.4 If ANS could not comply the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972, as amended, due to the circumstances and conditions at the time, the ANS should be notify to operators.]

<Japan>

- .3 is moved to 1.2.2.2.9 and .6 is deleted, as .3 and .6 have the same intent and are relevant to voyage plan. In addition, .5 is deleted as the purpose of putting it here is unclear.
- Japan proposes to delete [The route should be updated...] as it overlaps with 1.2.2.2.8, to delete .3 (formerly .4) as it should not be possible to determine priority in general, and to delete .4 (formerly .7) as a situation in which ANS cannot comply with COLREG is not clear.

1.2.4.2 If unable to plan an appropriate collision avoidance route, ANS should notify other system and/or supervisors[operators] [with sufficient time] [so that system and/or supervisors[operators] can appropriately override].

<Japan>

- To clarify the purpose of the requirement, [so that...] is added.

1.2.5 Heading, speed and track control⁷

A MASS should achieve the following functional requirements in order to ensure appropriate control and actuation based on situational awareness and decision.
1.2.5.1 ANS should track with pre-defined accuracy based on its manoeuvrability over the planned route including collision avoidance, berthing, un-berthing [and anchoring].

⁶ The content of safe operating limits should be considered.

⁷ There is an opinion that the title should be general and broader.

Machine Translated by Google

1.2.3.5 MASS[ANS] は、1.2.3 から得られたすべての情報を統合して、機器の制限と一般的な状況および条件を考慮して、MASS の状態を解釈および分析する必要があります。 [JPN MSC106.5.1]

1.2.3.6 現在および予測される船舶の状態、航行経路、および外部環境の正確な理解は、乗組員/遠隔操縦者と共有されるべきです。 [JPN MSC106.5.1]

1.2.4 [リスク分析、衝突および接地回避のための経路計画および決定] MASS は、衝突および接地回避のための決定

が適切に行われることを保証するために、次の機能要件を達成する必要があります。 1.2.4.1 ANS は、衝突や座礁を回避するための適切なルートを計画し、[変更に応じて] 条件を変更し、他のシステムおよび/または [船長およびリモート オペレーター/スーパーバイザー/オペレーター/乗組員/陸上オペレーター] などの必要な人員に通知する必要があります。 [状況認識の結果に基づきます。 [ルートは、最新の入力と条件に基づいて、必要に応じて更新する必要があります。]

- .1 近接状況または他の船舶との衝突を回避するためにとられる措置は、1972 年海上衝突防止国際規則 (改正を含む) に従っている。コースおよび/または速度を修正する決定と計画は、タイムリーであり、船の推進力、操舵および動力システムの安全な運用限界に従っています。6.強制操縦水域では、操縦士によって提供された情報が優先されるべきである。] ANS が 1972 年海上衝突防止国際規則 (改正を含む) を当時の状況と条件により遵守できなかった場合、ANS は、事業者に通知する。]
- [.3
- [.4

<日本> .3

- は 1.2.2.2.9 に移動され、.6 は削除されました。 .3 と .6 は同じ意図を持ち、航海計画に関連しているためです。なお、.5 はここに入れる意図が不明なので削除。日本は、[ルートを更新する必要があります...] は 1.2.2.2.8 と重複するため削除し、.3 (以前の .4) は一般的に優先順位を決定できないはずなので削除し、.4 を削除することを提案しています。 (以前の .7) ANS が COLREG に準拠できない状況は明確ではありません。

1.2.4.2 適切な衝突回避ルートを計画できない場合、ANS は他のシステムおよび/またはスーパーバイザー [オペレーター] に [十分な時間をかけて] [システムおよび/またはスーパーバイザー [オペレーター] が適切にオーバーライドできるように] 通知する必要があります。 <日本> 要件の目的を明確にするために、[そのように] が追加されます。

1.2.5 進行方向、速度、軌道制御 MASS は、状況認

識と決定に基づく適切な制御と作動を確実にするために、次の機能要件を達成する必要があります。 1.2.5.1 ANS は、衝突回避、停泊、停泊解除 [および錨泊] を含む、計画されたルート上での操縦性に基づいて、事前に定義された精度で追跡する必要があります。

⁶ 安全な操作限界の内容を考慮する必要があります。 ⁷ タイトルは一般的に広いものであるべきだという意見がある。

- 1.2.5.2 ANS should contain capability of controlling the motion of the MASS in response to conditions in the operating environment.
- 1.2.5.3 Safe operating limits of ship propulsion, steering and power systems controlled by ANS are not exceeded in normal manoeuvres.
- 1.2.5.4 ANS is capable of adjustments made to the ship's course and speed to maintain safety of navigation.
- 1.2.5.5 If unable to track with pre-defined accuracy over the planned route, ANS should notify other system and/or supervisors[operators] [with sufficient time] [so that system and/or supervisors[operators] can appropriately override].

<Japan>

- As in 1.2.4.2, [so that...] is added.

Note1: Parameters specific to the berthing/unberthing function (e.g. angle of approach, change in manoeuvrability in response to vessel speed) should be considered.

Note2: COLREG Rule 6 "safe speed" may be used as a reference.

1.2.6 Alert management

An ANS should achieve the following functional requirements in order to enhance the handling, distribution and presentation of alerts within the ANS and to ensure that onboard crew and/or the remote operator can override any [automated][autonomous] functions and/or take over the control of the ship when necessary.

1.2.6.1 The alert management should support the proper application of SOLAS regulation V/15. Although the requirements of the alert management of ANS are same as those of INS (Module C of resolution MSC.252(83)) in principle, the alert management of ANS should handle the[additional][reasonably foreseeable] abnormal situations specific to MASS operations, such as the following situations that:

- the ANS cannot make an appropriate collision avoidance plan;
- the ANS cannot control the ship appropriately (e.g., deviation from the intended course and/or set speed range);
- any alarms defined in control [H/W]/[hardware] (e.g., BMS, Autopilot);
- the ANS itself and/or any other systems connected to the ANS (including sensors, actuators, and communication systems) have any abnormalities [and/or degradation];
- any conditions are about to deviate, or have already deviated from the predefined operating conditions of the ANS; and
- the ANS detects undefined event (e.g., signal to which response is not defined).

<Japan>

- Option 1 and 2 are merged as they are almost the same.
- Japan proposes to delete .3 as it is included in .4.

1.2.6.2 In case of remotely controlled MASS with crew on board, all the alerts and the alert management status (e.g., acknowledgement of alarms and warnings) should be presented in the [task stations] both on board the ship and in the [remote control station/centre], with consistency among those [task stations]. Any abnormalities of the equipment in the [remote control station/centre] should also be presented in the [task stations] both on board the ship and in the [remote control station/centre].

Machine Translated by Google

1.2.5.2 ANSには、動作環境の条件に応じて MASS の動きを制御する機能が含まれている必要があります。1.2.5.3 通常の操縦では ANS によって制御される船舶の推進、操舵、動力システムの安全な動作限界を超えないこと。1.2.5.4 ANS は、航行の安全を維持するために、船の針路と速度を調整することができます。1.2.5.5 計画されたルート上で事前に定義された精度で追跡できない場合 ANS は他のシステムおよび/またはスーパーバイザー[オペレーター]に「十分な時間をもって」[システムおよび/またはスーパーバイザー[オペレーター]が適切にオーバーライドできるように]通知する必要があります。<日本> 1.2.4.2 のように「[そのように]」が追加されます。

注 1: 離着岸機能に固有のパラメータ (進入角、船速に応じた操縦性の変化など) を考慮する必要があります。注 2: COLREG ルール 6 の「安全な速度」が参考値として使用される場合があります。

1.2.6 アラート管理 ANS は ANS

内のアラートの処理、配布、および提示を強化し、搭載された乗組員および/またはリモート オペレーターが「自動化された」[自律的な]機能をオーバーライドできるようにするために、次の機能要件を達成する必要があります。および/または船の制御を引き継ぐ必要。

1.2.6.1 アラート管理は、SOLAS 規則 V/15 の適切な適用をサポートする必要があります。ANS のアラート管理の要件は、原則として INS (決議 MSC.252(83) のモジュール C) の要件と同じですが ANS のアラート管理は、[追加]合理的に予見可能な[MASS に固有の異常な状況を処理する必要があります。たとえば、次のような状況です。

- ANS は適切な衝突回避計画を立てることができません。ANS が船舶を
- 適切に制御できない場合 (例: 意図したコースおよび/または設定速度範囲からの逸脱); コントロール [H/W]/[ハードウェア] (BMS, オートパイロットなど) で定義されたアラーム。] ANS 自体および/または ANS に接続された他のシステム (センサー、アクチュエーター、通信システムを含む) に何らかの異常 [および/または劣化] がある。条件が逸脱しようとしている、または ANS の事前定義された動作条件からすでに逸脱している; ANS は未定義のイベント (応答が定義されていない信号など) を検出します。
-
-
-
-

<日本> 選

択 1 と 2 はほぼ同じなので統合、日本は、.3 が .4 に含まれているため、削除することを提案しています。

1.2.6.2 乗組員が乗船している遠隔操作の MASS の場合、すべてのアラートとアラート管理ステータス (例えば、アラームと警告の確認) は、船内とリモートの両方の [タスクステーション] に表示される必要があります。[リモートステーション/センター]、それらの [タスクステーション] の間で一貫性があります。[リモートコントロールステーション/センター] の機器の異常は、船内と [リモートコントロールステーション/センター] の両方の [タスクステーション] にも提示する必要があります。

1.2.6.3 In case of MASS without crew on board, all the alerts and the alert management status (e.g., acknowledgement of alarms and warnings) should be presented in the task stations in the [remote control station/centre]. If alert management is conducted by onboard automatic back-up system, all the alert information including the abnormalities of the equipment in the [remote control station/centre] should also be transferred to the back-up system.

1.2.6.4 In case of remotely controlled MASS with crew on board, overriding authority must be clearly defined and tasks split among shipborne crews and remote operators.]

1.2.6.5 In case that personnel are multiple places (regardless of whether on board or off board), the clearance of one alarm should be report to all stations (RCCs), including the ones not engaged at the moment of the alarm.]

Note: Because any emergency situations (e.g., fire, collision, flooding or distress of the own ship and other ships) would affect the navigational behaviour, the alert information of such situations may have to be transmitted to the ANS depending on the ConOps. [Any "external" inputs that may affect the ANS should be transmitted (not transferred) to the ANS. For example, if for some reason due to engine failure the ship can only sail at reduced speed, this should be known to the agent (human or machine).]

<Japan>

- The wording in the second sentence is amended to clarify the intent.

1.2.7 Data record

A MASS should achieve the following functional requirements in order to adequately store data that contributes to safety navigation and casualty investigations.

1.2.7.1 Proper records of the movements, activities and time relating to ANS should be maintained at the same level as voyage data recorders.

1.2.7.2 In case of remotely controlled MASS, the audio of conversations and communication logs at the remote control station should be stored.

1.2.7.3 In case of MASS without crew on board, records of navigational activities and daily reports should be stored automatically or remotely.

Note1: Which items of ANS data should be recorded and maintained at the level of VDR needs to be considered.

Note2: It is necessary to state within this code that not only the operational status of ANS but also the maintenance status of ANS itself (including system renewals, etc.) should be recorded. When ANS is shut down unexpectedly, critical data in use, including voyage plans etc., should not be lost.

Note3: It should be considered whether data records need to be shared remotely ashore, in case records cannot be recovered from the sea.

1.2.8 Services for navigation

A MASS should achieve the following functional requirements in order to safely navigate by utilising the services described in SOLAS Chapter V.

1.2.8.1 [ANS/MASS] should use a mandatory [and recommended] ship's routing system. If [ANS/MASS] decides not to follow the route for compelling reasons, any such reason should be recorded.

<option1>

1.2.8.2 Depending on the nature of the [MASS/ANS], if external occupants [(e.g. pilots)] are expected, their safe embarkation should be ensured [taking into account security issues].

<option2>

1.2.8.2 Safe embarkation of necessary and expected external personnel [(e.g. pilots)] should be ensure regardless of the [concept of operations][nature] of the [MASS] [taking into account security issues]

Machine Translated by Google

1.2.6.3 乗組員が搭乗していない MASS の場合、すべてのアラートとアラート管理ステータス (たとえば、アラームと警告の確認) は、[リモート コントロール ステーション/センター] のタスクステーションに表示される必要があります。警報管理を船上自動バックアップシステムで行う場合は、[遠隔操作ステーション/センター] の機器の異常を含む警報情報もすべてバックアップシステムに転送する必要があります。 [1.2.6.4 乗組員が乗船している遠隔操作の MASS の場合、優先権限を明確に定義し、船上の乗組員と遠隔操作者の間でタスクを分割する必要があります。 (船外) 、1 つの警報のクリアランスは、警報の瞬間に関与していないものを含むすべてのステーション (RCC) に報告する必要があります。 ConOps によっては、そのような状況のアラート情報を ANS に送信する必要がある場合があります。 [ANS に影響を与える可能性のある「外部」入力は、ANS に送信する (転送しない) 必要があります。例えば、何らかの理由でエンジンの故障により船舶が減速してしか航行できない場合、これはエージェント (人間または機械) に知られている必要があります。]

1.2.7 データ記録MASS

は、安全航行および死傷者調査に役立つデータを適切に保存するために、次の機能要件を達成する必要があります。 1.2.7.1 ANS に関連する移動、活動、および時間の適切な記録は、航海データレコーダーと同じレベルで維持する必要があります。 1.2.7.2 遠隔操作の MASS の場合、遠隔操作ステーションでの会話の音声と通信ログを保存する必要があります。 1.2.7.3 乗組員が乗船していない MASS の場合、航行活動の記録と日報は、自動的にまたはリモートで保存する必要があります。注 1: ANS データのどの項目を VDR のレベルで記録および維持する必要があるかを検討する必要があります。注 2 :このコードには、ANS の運用状況だけでなく、ANS 自体の保守状況 (システム更新等を含む) も記録する旨を記載する必要があります。 ANS が予期せずシャットダウンされた場合、航海計画などを含む使用中の重要なデータが失われてはなりません。注 3: 海から記録を回収できない場合に備えて、データ記録を陸上でリモートで共有する必要があるかどうかを検討する必要があります。

1.2.8 航行のためのサービスMASSは、

SOLAS 第 V 章で説明されているサービスを利用して安全に航行するために、次の機能要件を達成する必要があります。 [ANS/MASS] がやむを得ない理由でルートに従わないと決定した場合、そのような理由はすべて記録する必要があります。 <オプション 1> 1.2.8.2 [MASS/ANS] の性質に応じて、外部の乗員 [(パイロットなど)] が予想される場合、[セキュリティの問題を考慮して] 彼らの安全な乗船を確保する必要があります。 <オプション 2> 1.2.8.2 必要かつ期待される外部乗員 [(パイロットなど)] の安全な乗船は、[MASS] の [運用の概念][性質] [セキュリティの問題を考慮して] に関係なく確保されるべきである

[1.2.8.3 In case of (reduced) crew on board, OOW (Officer of the Watch) should comply with routing measures, reporting systems and vessel traffic services requirements.]

<Japan>

- Japan proposes to delete 1.2.8.3 as it only states the natural obligation of OOW, which is not limited to MASS.

1.2.8.4 In case of remotely controlled MASS, a remote operator should be able to use navigation warnings, meteorological services, ice patrol service, vessel traffic services, information relating to aids to navigation [port operation services] and danger messages.

<Japan>

- To Liberia: what is intended by 'port operation service'? (The other items are intended to be SOLAS V/4, 5, 6, 12, 13 and 31 respectively.)
- Japan proposes to delete 'port operation service' if the intention is not clarified.

1.2.8.5 In case of fully autonomous MASS without crew on board, navigation warnings, meteorological services, ice patrol service, vessel traffic services, information relating to aids to navigation and danger messages should be automatically [entered/input] into the ANS.

1.2.8.6 In case of MASS without crew on board, observed meteorological data, information relating to ship reporting systems, reports to VTS and danger messages should be reported automatically or remotely, as required.

[1.2.8.7 In case of MASS without crew on board, MASS without rescue facilities⁸, which is in a position to rescue a ship in distress, should automatically or remotely inform the search and rescue service that it is impossible to proceed to the assistance of the ship in distress.]

Note: Depending on the MASS operation method, different type of service for navigation should be considered. And this concern should be reflected to FR from 1.2.1 to 1.2.11.

1.2.9 Redundancy

A MASS should achieve the following functional requirements in order to ensure the redundancy necessary for the reliable operation of navigation systems.

1.2.9.1 Redundancy design of ANS should be considered as necessary based on a result of risk assessment taking into account its level of autonomy and the use of remotely-controlled navigation systems. [Based on the results of the risk assessment considering the ConOps of the [ANS/MASS], redundant design of the ANS should be implemented as required.]

[1.2.9.2 In case of MASS with crew on board, qualifications of the crew and their ability to perform planned and emergency maintenance should be taken into account.]

1.2.10 Human Machine Interface (HMI)

An ANS should have HMI that achieves the following functional requirements so that crew and/or operator can operate it appropriately and receive information quickly and accurately.

<option1>

1.2.10.1 HMI of the ANS should be designed appropriately so that crew/operator [and pilot, if employed,] [and personnel which may from time to time be involved in the navigation of the ship] can understand [and predict] the situations [and action], instructions by the ANS, and the operational procedure of the system easily

⁸ It is necessary to consider whether MASS must provide mandatory rescue facilities.

Machine Translated by Google

[1.2.8.3 乗組員が (減少した)乗組員の場合、OOW (当直航海士)は、航路決定、報告システム、および船舶交通サービスの要件を遵守する必要があります。] <日本>は、MASS に含まれない OOW の当然の義務を述べています。

1.2.8.4 遠隔操作の MASS の場合、遠隔操作者は、航行警報、気象サービス、氷上パトロール サービス、船舶交通サービス、航行補助に関する情報 (港湾運営サービス)、および危険メッセージを使用する必要があります。 <日本>は、リベリア向け「港湾運営サービス」とは？ | その他の項目は、それぞれ SOLAS V/4,5,6,12,13,31 を想定しています。]

日本は、意図が明確にされない場合、「港湾運営サービス」を削除することを提案しています。

1.2.8.5 乗組員が乗船していない完全自律型 MASS の場合、航行警報、気象サービス、氷上パトロール サービス、船舶交通サービス、航行支援に関する情報、および危険メッセージは、ANS に自動的に [入力/入力] されるべきである。 1.2.8.6 乗組員が乗船していない MASS の場合、観測された気象データ、船舶報告システムに関連する情報、VTS への報告、および危険メッセージは、必要に応じて自動的にまたは遠隔で報告されるべきです。 [1.2.8.7 乗組員が乗船していない MASS の場合、遭難した船舶を救助する立場にある救助施設を持たない MASS は、自動的にまたは遠隔で、捜索救助サービスに、その支援に進むことが不可能であることを通知する必要があります。] 注: MASS 操作方法に応じて、さまざまな種類のナビゲーション サービスを検討する必要があります。そして、この懸念は FR に反映されるべきです

1.2.1 から 1.2.11。

1.2.9 冗長性 MASS は、ナビ

ゲーションシステムの信頼性の高い動作に必要な冗長性を確保するために、次の機能要件を達成する必要があります。 1.2.9.1 ANS の自律性や遠隔操作システムの使用を考慮したリスク評価の結果に基づき、必要に応じて ANS の冗長設計を検討する必要があります。 [ANS/MASS] の ConOps を考慮したリスク評価の結果に基づき、必要に応じて ANS の冗長設計を実施する。] 計画的および緊急のメンテナンスを実行する能力を考慮に入れる必要があります。]

1.2.10 ヒューマン マシン インターフェース (HMI)

ANS は、乗組員やオペレーターが適切に操作し、情報を迅速かつ正確に受け取ることができるように、次の機能要件を満たす HMI を備えている必要があります。 <オプション 1> 1.2.10.1 ANS の HMI は、乗組員/オペレーター [および雇用されている場合はパイロット] [および時々船舶の航行に参与する可能性のある人員] が理解できるように [そして予測できるように] 適切に設計されるべきです] シチュエーション [リアクション]。 ANS からの指示システムの操作手順を簡単に

⁸ MASS が強制的な救助施設を提供する必要があるかどうかを検討する必要があります。

and correctly, taking into account the number of crew/operator designated to the navigational tasks and all the possible interactions between the crew/operator and the ANS, such as:

- .1 crew/operator monitors the ship control state by the ANS;
- .2 crew/operator monitors the conditions of the ANS and other systems connected to the ANS;
- .3 crew/operator approves or denies and modifies the plans proposed by the ANS; and
- .4 crew/operator switches the operation modes (e.g., automated, autonomous, remote, manual).

<option2>

1.2.10.1 HMI should be designed appropriately for all the possible interactions between the crew/operator and MASS.

<Japan>

- Japan proposes to choose Option1.
- To the Republic of Korea: with regard to your proposal to Option1, as I have asked before, I would like to clarify your intention, as it was difficult to understand "and action" in this sentence grammatically correctly. Is your intention correct with "(the situations and action), (instructions by the ANS), and (the operational procedure...)"?

1.2.10.2 HMI should be designed taking into account the following issues:

- [.1 Continuously displayed information should be reduced to the minimum necessary for safe operation. Supplementary information should be readily accessible.]
- [.2 Operational information should be presented in a readily understandable format without the need to transpose, compute or translate.]
- [.3 Displays and indicators should present the simplest information consistent with their function.]
- [.4 All information required by the user to perform an operation should be available on the current display.]
- [.5 The human machine interface should use marine terminology.]

<Japan>

- These requirements, which were originally in the former FR2.12.2~6, are moved here as they are not autonomy specific functional requirements.

[1.2.10.3 HMI of the ANS should be designed with reference to the related performance standards and guidelines, such as:

- .1 A.1021(26);
- .2 paragraphs 10 and 22 of resolution MSC.252(83);
- .3 Module C of resolution MSC.302(87);
- .4 Module B of SN.1/Circ.288;
- .5 SN.1/Circ.243/Rev.2/Corr.1;
- .6 MSC/Circ.982;
- .7 Chapter 6 of MSC.1/Circ.1512;
- .8 ISO 2412;
- .9 ISO 8468; and
- .10 ISO 9241-210]

[1.2.10.4 Taking command action should be a simple and intuitive action.]

Machine Translated by Google

航海業務に指定された乗組員/オペレーターの数と、乗組員/オペレーターと ANS との間のすべての可能な相互作用を考慮して、正しく、次のようになります。 .1 乗組員/オペレーターは、ANS および ANS に接続された他のシステムの状態を監視する。乗組員/オペレーターは、ANS によって提案された計画を承認または拒否し、修正します。乗組員/オペレーターは、操作モード (自動、自律、遠隔、手動など) を切り替えます。

- .2
- .3
- .4

<オプション

2> 1.2.10.1 HMI は、乗組員/オペレーターと MASS の間で起こりうるすべての相互作用に対して適切に設計する必要があります。 <日本> 日本は、オプション 1 を選択することを提案します。大韓民国へ :Option1へのあなたの提案に関して、私が以前に尋ねたように、私はあなたの意図を明確にしたいと思います。「(状況と行動)、(ANSからの指示)、(操作手順...)」の意図は正しいですか?

1.2.10.2 HMI は、次の問題を考慮して設計する必要があります。 継続的に表示される情

- [.1 報は、安全な操作に必要な最小限に抑える必要があります。補足情報はすぐにアクセスできるようにする必要があります。] 操作情報は、転置、計算、または翻訳を必要とせずに、容易に理解できる形式で提示する必要があります。現在のディスプレイで操作を実行できるようにする必要があります。] ヒューマン マシン インターフェイスでは、海洋用語を使用する必要があります。
- [.2
- [.3
- [.4
- [.5

<日本> 以前

の FR2.12.2~6 にあったこれらの要件は、自律性固有の機能要件ではないため、ここに移動されました。

[1.2.10.3 ANS の HMI は、次のような関連する性能基準とガイドラインを参照して設計する必要があります。

- .1 A.1021(26);
- .2 決議 MSC.252(83) のパラグラフ 10 および 22.決議
- .3 MSC.302(87) のモジュール C; SN.1/Circ.288のモジュ
- .4 ールB; SN.1/Circ.243/Rev.2/Corr.1; MSC/Circ.982;
- .5 MSC.1/Circ.1512 の第 6 章。 ISO2412; ISO 8468;およ
- .6 び ISO 9241 -210]
- .7
- .8
- .9
- .10

[1.2.10.4 コマンドアクションの実行は、シンプルで直感的なアクションであるべきです。]

1.2.10.5 In case of remotely controlled MASS with crew on board, all the displayed information should be consistent both on board the ship and in the [remote control station/centre]. In addition to the interactions mentioned in FR1.11, interactions between onboard crew and remote operator should be considered for HMI design.

1.2.10.6 In case of MASS without crew on board, in case that any [qualified][authorized][certified] person could embark the ship (e.g., to address the emergency situations), HMI of the ANS should be designed so that such a person can easily understand how to operate the ship.

<Japan>

- FR2.11.1 is deleted as it is fully covered by 1.2.10.1.4.
- FR2.12.2 to FR2.12.6 are moved to 1.2.10.2 as they do not depend on the DoA.
- Japan proposes to delete FR2.12.7, as this requirement is considered unnecessary in case crew are on board, leaving only 13 and 14 (without crew) with similar requirements.

Note: The details of the requirements for HMI of the equipment in the remote control station/centre may be specified in the "Remote operations" section.

1.2.11 Override and safe fallback response

An ANS should be capable of override and safe fallback response set out in the following functional requirements.

1.2.11.1 In case of ANS failure[malfunction/error], appropriate fallback response to the urgency and nature of the situation should be designed.

1.2.11.2 When ANS [exits/deviates] its ODD without its own failure, appropriate fallback response to the urgency and nature of the situation should be designed.

1.2.11.3 When MASS is not under command, ANS should notify other vessels.⁹

1.2.11.4 When supervisor[operator] takes over a task in fallback response, appropriate measures ensuring to switch the entity performing the task should be designed. [Adequate means of redundancy will be provided for required cyber / network connections for safe navigation of the vessel.]

<Japan>

- Japan proposes to delete [Adequate means of...] as it is a cybersecurity issue and not about navigation.

[1.2.11.5 "Take Command" procedure should always be performed by the operator and taking into account following issues:

- .1 The autonomous system should not change the mode on its own; and
- .2 All equipment in the vessel should share the control mode, so they can perform appropriate operations in the corresponding mode.]

<Japan>

- To the Republic of Korea: what is the intent of this functional requirement and what are some specific examples of 'mode'?

[1.2.11.6 In the event of ANS failure, [Crew/OOW], [responsible person] and/or [remote navigator] should easily take ship control.]

Note: Fallback response means an appropriate response when it is not possible for a ANS to stay within ODD, and Operational Design Domain (ODD) means the range of operation that ANS can work properly, in this document.

⁹ COLREG Rule 27 may be used as a reference.

Machine Translated by Google

1.2.10.5 乗組員が乗船している遠隔操作の MASS の場合、表示されるすべての情報は、船内と [遠隔操作ステーション/センター] の両方で一貫していなければなりません。FR1.11 で言及されている相互作用に加えて、HMI 設計では、乗組員とリモート オペレータ間の相互作用を考慮する必要があります。1.2.10.6 乗組員が乗船していない MASS の場合、[資格のある] 認可された [認定された] 人が乗船できる場合 (たとえば、緊急事態に対処するため)、ANS の HMI は、そのようなことができるように設計する必要があります。人は船の操作方法を容易に理解できます。<日本> FR2.11.1 は、1.2.10.1.4 で完全にカバーされているため削除されます。

FR2.12.2 から FR2.12.6 は DoA に依存しないため、1.2.10.2 に移動されます。日本は FR2.12.7 を削除することを提案している。
同様の要件。

注: リモート コントロール ステーション/センターの機器の HMI の要件の詳細は、「リモート操作」セクションで指定できます。

1.2.11 オーバーライドと安全なフォールバック応答

ANS は、次の機能要件で設定されたオーバーライドと安全なフォールバック応答ができる必要があります。1.2.11.1 ANS 障害[故障/エラー]の場合、状況の緊急性と性質に対する適切なフォールバック応答を設計する必要があります。1.2.11.2 ANS がそれ自身の障害なしにその ODD を [終了/逸脱] する場合、状況の緊急性と性質に対する適切なフォールバック応答を設計する必要があります。1.2.11.3 MASS が指揮下でない場合、ANS は他の船舶に通知する必要があります。[船舶の安全な航行に必要なサイバー/ネットワーク接続のために適切な冗長手段が提供されます。]<日本> 日本は、サイバーセキュリティの問題であり、航行に関するものではないため、[...]の適切な手段] を削除することを提案しています。

[1.2.11.5 "Take Command"手順は、常にオペレーターが実行し、次の問題を考慮して実行する必要があります。

- .1 自律システムは、独自にモードを変更するべきではありません。船舶内のすべての機器
- .2 は、対応するモードで適切な操作を実行できるように、制御モードを共有する必要があります。

<日本> 大

韓国民語へ: この機能要件の意図は何ですか? 「モード」の具体例は?

[1.2.11.6 ANS 障害の場合、[乗組員/OOW]、[責任者] および/または [リモート ナビゲーター] は容易に船舶の制御を取得する必要があります。ANS は ODD 内にとどまる必要があり、Operational Design Domain (ODD) は、このドキュメントで ANS が適切に動作できる動作の範囲を意味します。

⁹ COLREG 規則 27 を参照として使用できます。

「MGURI2040に係る安全性評価」事業

船舶分野における自律化・自動化に関わる民事法上の責任所在及び保険等の検討

日本大学法学部

南 健悟¹

(目次)

1. 船舶衝突に係る損害賠償責任の概要
 - 1.1 船舶衝突に係る船舶所有者等の責任
 - 1.2 船舶衝突に係る損害賠償責任と保険制度
 - 1.3 船主責任制限法の概要
2. 自動化レベル3及び4の自動運航船の衝突責任
 - 2.1 自動化レベル3の自動運航船の衝突責任
 - 2.2 自動化レベル4の自動運航船の衝突責任
3. 遠隔操船タイプの自動運航船の衝突責任
4. 自動運航船と船舶保険
 - 4.1 自動運航船による衝突と免責事由
 - 4.2 独立事業者である遠隔操船者の存在と船舶保険
5. 提言
 - 5.1 本稿の結論
 - 5.2 提言

¹ 本稿と関連する執筆者の関連論文として、以下に引用するもののほか、南健悟「自動運転車の運行供用者責任と完全自律船の船主責任との比較考察」日交研シリーズA-713『レベル4の完全自動運転と賠償責任の帰属に関する研究』（公益社団法人日本交通政策研究会、2022年）7頁、南健悟「自動運航船の研究開発の進展と日本の海事公法規制」台日法政研究5号（2021年）、南健悟「コンテナターミナルの自動化に伴う法的・制度的課題」海運経済研究54号（2020年）11頁、南健悟「自動運航船の登場によって生じる航海法規・船長の法的地位に係る諸問題」船長137号（2020年）15頁、梅田綾子＝清水悦郎＝三好登志行＝南健悟「自動運航の実現に向けた法的課題報告書」日弁連法務研究財団編『法と実務』15号（2019年）114頁、南健悟「自律運航船の実現に向けた法的課題への対応」自動車技術73巻3号（2019年）99頁、南健悟「無人船舶の航行と海上衝突予防法」海事交通研究66集（2017年）91頁及び海法会誌に掲載したCMI（万国海法会）における議論状況をまとめた報告書がある。本稿においては、一般社団法人日本船舶技術研究会から委託された範囲で、新たな文献をサーベイしつつ再検討した部分もあるため、記述が重複する可能性があることを予め明示しておく。また、関連する文献については、上記に掲載論文に掲載されているものも参照のこと。

1. 船舶衝突に係る損害賠償責任の概要

1.1 船舶衝突に係る船舶所有者等の責任

(1) はじめに

船舶が衝突した結果、加害船舶と被害船舶との間で損害賠償責任関係が形成されることが一般的である。実際に、加害船舶と被害船舶と、一方的な責任関係が生じるとは比較的稀であると考えられるが、議論を複雑化させないために、一応、加害船舶と被害船舶という形での表現で考察することとする。本稿は、自動運航船による衝突において、どのような法的関係が生じ、今後、どのように考えていくべきかを検討し、その論点を抽出することを目的とする。そこで、まず、一般的な船舶（非自動運航船）によってもたらされる船舶衝突の損害賠償責任関係等を紹介した上で、それが自動運航船の登場によってどのように変容するのか（変容しないのか）、について検討を行っていくこととする²。

まずは、以下の設例を想定して、船舶衝突に係る船舶所有者等の責任について考える。

（設例 1）

船舶所有者 X 社が所有し、運航する船舶甲丸と、船舶所有者 Y 社が所有し、運航する船舶乙丸が衝突した。この衝突事故は、甲丸が適切な場所で、かつ適切な方法で錨泊していたが、他方で、乙丸の船員 A らの見張り不十分等によって生じたものであって、一方過失による衝突事例であるとする。このとき、Y 社は X 社に対して、どのような根拠に基づき、どのような責任を負うのか。

(2) 商法 690 条の趣旨—民法 715 条 1 項との比較

通常、船舶衝突によって損害が生じた被害船舶の船舶所有者は、加害船舶の船舶所有者に対して損害賠償責任を追及することができる。船舶衝突によって生じる損害賠償責任は、基本的に不法行為責任（民法 709 条、同 715 条 1 項）であると考えられる。もっとも、加害船舶の船舶所有者が自然人であり、かつ乗組員であるような一杯船主であり、かつ船主船長であるような場合を除き、船舶所有者が民法 709 条に基づく責任を負うことはほとんどなく、船舶所有者の被用者である船員の故意または過失によって引き起こされた衝突事故の場合には、民法 715 条 1 項（使用者責任）または船舶所有者の損害賠償責任を定めた商法 690 条が適用の候補となる。民法 715 条 1 項が適用されようとも、商法 690 条が適用されようとも、いずれも一般の不法行為の問題を前提とする以上、その検討においては、船員の故意または過失が前提となることは共通する。

それではまず前提の議論として、船舶衝突によって生じる損害賠償責任の適用法条をどのように考

² なお、自動運航船における船舶所有者の責任については、民事だけではなく刑事上も問題となり得る。特に、遠隔操船者や、半自律運航船における乗組員（船長等）の刑事責任についても議論がなされる必要がある。この点については、Simon Daniels, RESPONSIBILITY AND ACCOUNTABILITY – CRIMINALIZATION OF THE SHIP’S MASTER 183 (informa law, 2022). 自動運航船については、誰が船長であるのか、そして、旗国と寄港国のいずれの法に従うべきかなどの国際法的な問題も生じ得るとされている。同論文は、船長は旗国の代表者であり、海事規制を遵守することについて旗国に責任を負い、また船舶に対する究極的な権限は彼らにあると指摘する。もっとも、寄港国の法令に違反した場合について当該船長の刑事責任については不明確になることを示唆する (Id. at 185-186, 194)。

えればよいのかを確認しておきたい。設例1に沿って、船員Aらの見張り不十分等（過失³）により衝突事故が引き起こされた場合を想定する。

民法715条1項は「ある事業のために他人を使用する者は、被用者がその事業の執行について第三者に加えた損害を賠償する責任を負う。ただし、使用者が被用者の選任及びその事業の監督について相当の注意をしても損害が生ずべきであったときは、この限りでない。」と定める。但し書きの適用の如何については、ひとまず措くとして、本文が定めている要件を確認すると、①「ある事業のために他人を使用する者」は、②「被用者が」、③「その事業の執行について」、④「第三者に加えた損害」を賠償する責任を負うとしている。したがって、船員Aらの過失によって被害船舶の船舶所有者に対して損害が生じた場合には、①「船員Aを使用している者（＝船舶所有者）」は、②「船員A」が、③「その事業の執行について」、④「被害船舶の船舶所有者に加えた損害」に対して責任を負うということになる。なお、③「その事業の執行について」は、一般的に、船舶衝突の事案においては、船舶を所有し、運航する船舶所有者の事業に属する行為の中で生じたものと考えることができる以上、その範囲が問題となる場面は考えにくい⁴。そうすると、一般的には、船舶所有者が雇入れている（船員31条以下参照）船員（＝被用者）の故意または過失によって、他船に衝突して、当該他船の船舶所有者に損害を与えたのであれば、民法715条1項に基づく損害賠償責任を負うことになるろう。

他方で、商法690条は、より直截的に船舶所有者の損害賠償責任を定めている。すなわち、商法690条は「船舶所有者は、船長その他の船員がその職務を行うについて故意又は過失によって他人に加えた損害を賠償する責任を負う。」と定めている。同条に基づく船舶所有者の責任の成立要件は、①「船長のその他の船員」が、②「その職務を行うについて」、③「故意又は過失によって」、④「他人に加えた損害」ということになる。そうすると、設例1のような場合には、同条に基づき船舶所有者Y社がX社に対して損害賠償責任を負うということは比較的明らかである。

以上の点を踏まえると、船舶所有者の衝突責任について、民法715条1項によるべきか、それとも商法690条によるべきか、ということが前提問題として登場する⁵。この点、古い判例（大判昭和3年10月23日民集7巻938頁）は、船舶所有者の賠償責任について、商法690条が適用される場合には、民法715条に基づく責任は負わない旨を判示し、その後も、最判昭和48年2月16日民集27巻1号132頁も同旨の判示をしている。したがって、商法690条が適用される事案の場合には、民法715条1項の適用は排除される一方で、商法690条が適用されない事案においては、原則通り、民法715条1項が適用されることになる⁶。

³ 見張り不十分等が過失に当たるかについても議論すべき問題ではあるが、この点は、ひとまず検討から外す。

⁴ 「事業の執行について」の意義に関して、吉村良一『不法行為法（第6版）』（有斐閣、2022年）230頁参照。

⁵ 通常の船舶衝突における船舶所有者の損害賠償責任を考えるだけであれば、このような問題設定は現在ではほとんど議論されることはない。しかしながら、本報告書の中心的なテーマとなる遠隔操船タイプの自動運航船の場合には、商法690条が定める「船長その他の船員」につき、陸上の遠隔操船者が含まれるのか、という論点が現れること、また、もし遠隔操船者が含まれないのであれば、商法690条によらずに、民法715条1項に基づく責任が成立し得るのかについても検討する必要があるため、本報告書ではこの点について若干の議論を紹介することとした。

⁶ 他方で、船長等の故意又は過失により第三者に損害を生じさせた場合には、商法690条と民法715条1項が重疊的に適用される可能性を認める見解として、吉川義春「船舶所有者の使用者責任と船長の海員監督責任（一）」民商法雑誌61巻2号（1969年）238頁がある。同論文は、1975年商法改正前

ところで、商法 690 条の船舶所有者の責任はどのような趣旨で設けられているのだろうか。この点について、従来の学説は、民法 715 条 1 項は但書きにおいて、使用者の被用者に対する選任及び監督上の過失がない場合には、免責される旨を定めている一方、商法 690 条はそのような免責規定を設けていないことに鑑み、①船長その他の船員は海技免状等を有しており、一般的に公の保証があることから、選任について過失があるとは言えず、また、航海中に船舶所有者が船員を監督することは實際上、困難であることから、船舶所有者の船長等に対する選任及び監督上の過失が認められず、容易に船舶所有者が免責されてしまうことから、被害者である第三者を保護するために設けられたと説明される⁷。また、複雑な企業において、多数の被用者を使用する者は、企業という社会的組織を管理し、その機関として、被用者を使用し、これによって、利益を得ていることから、その被用者の不法行為による損害は、その企業上の一つの危険として責任を負うべきであるとの企業責任であるとの見解も見られる⁸。もし、後者のような点を強調する立場に与するならば、使用者が被用者を用いることであらたな危険を創造したり、拡大したりしている以上、被用者による危険の実現につき責任を負担すべきであるという原理とも関係し、船舶の運航という事業活動の危険も負担すべきだとの説明からは⁹、船舶所有者の船長等に対する選任監督とは関係のない観点から、船舶所有者の責任を認めることになるものと考えられる。

上記のような趣旨を踏まえた上で、船舶衝突時の船舶所有者の責任について、乙丸の船員 A に対する船舶所有者 Y 社の選任監督上の過失の有無にかかわらず、Y 社は被害船主 X 社に対して商法 690 条に基づき損害賠償責任を負うことになる。また、このとき、商法 690 条が適用されるのであれば、判例及び通説に従えば、船舶所有者は民法 715 条 1 項に基づく使用者責任を負わないことになる。ただし、もし商法 690 条の適用が困難である場合には、民法 715 条 1 項に基づく責任を負う可能性は否定されない。

(3) 「船長その他の船員」の意義

商法 690 条に基づき、船舶所有者が責任を負うのは、「船長その他の船員」の故意又は過失がある場合である。そうすると、問題は、「船長その他の船員」の意義・範囲である。通常、船舶に乗り組んで労務を提供する船員であれば、本条にいう「船長その他の船員」に含まれることは自明である。し

において、商法 690 条は「船舶所有者ハ船長カ其法定ノ権限内ニ於テ為シタル行為又ハ船長其他ノ船員カ其職務ヲ行フニ当たり他人ニ加ヘタル損害ニ付テハ航海ノ終ニ於テ船舶、運送賃及ヒ船舶所有者カ其船舶ニ付キ有スル損害賠償又ハ報酬ノ請求権ヲ債権者ニ委付シテ其責ヲ免ルルコトヲ得但船舶所有者ニ過失アリタルトキハ此限ニ在ラス。」と定めていたことから、あくまで商法 690 条は免責委付の規定として捉えつつ、もし、船舶所有者に船長等に対する選任監督について過失があるような場合には、免責委付が認められず、他方で、選任監督について過失がない場合には、免責委付が受けられる旨の規定として捉える。もっとも、この見解も現行法の解釈としては妥当しないように思われる。⁷ 箱井崇史『基本講義現代海商法（第 4 版）』（成文堂、2021 年）40 頁。もっとも、この説明のうち、船長等の海技免状により、航海技術について公による保証があることから、選任につき過失が認められないとの説明に対しては、あくまで海技免状を有する者が、あらゆる場合に対する適格を有することまでをも保障するものではないとの批判（小町谷操三『判例商法卷三』（勁草書房、1955 年）302 頁）や、監督についての過失についても、通信技術の発達により航海中の監督が困難であるとも必ずしも言えないとの指摘もある（山本哲生「船舶所有者の責任」神作裕之ほか編『商法判例百選』（有斐閣、2019 年）201 頁）。

⁸ 前掲註 7・小町谷 301 頁。企業責任であることを強調する立場として、村田治美『体系海商法（二訂版）』（成山堂書店、2005 年）86 頁、田中誠二『海商法詳論（増補版）』（勁草書房、1985 年）73 頁。

⁹ 潮見佳男『不法行為法Ⅱ（第 2 版）』（信山社、2011 年）10 頁参照。

かしながら、従来、「船長その他の船員」の範囲については、①特定の船舶に乗り組み、継続的に船舶内の労務に服する者に限局して解すべきであるとの見解¹⁰と、②広く水先人などの一時的船内労務者も含むとする見解¹¹とに分かれて議論されてきた¹²。この点、神戸地判昭和 39 年 11 月 20 日下民集 15 卷 11 号 2790 頁は「船員が或は運航の業務に従事し或は水産加工の業務に従事するといえども、船舶所有者であり企業主である被告会社の立場からすれば一つの企業目的のために統轄された船舶従業員である。しかして商法第 690 条の前記立法趣旨に鑑みれば、右法条にいう船員を船舶の運航業務に従事する船員に限定すべき理由はないものというべく、また右の如く限定すべき文理解釈上の根拠もない。従って右法条にいう『船員』とは、広く船舶に乗組んで、船舶内の労務に従事する者全てと解すべきであり、その労務の種類を問うべきではないと考える。」とする。従来の議論は、専ら、予備船員以外の船員法に定められる船員¹³ではない者（船員法 1 条参照）の故意又は過失による場合の船舶所有者の責任が問題とされてきた。例えば、沖仲仕や検数人、そして水先人の行為による場合である。特に、水先人については、原則として、船舶所有者の被用者ではなく、独立した契約者として位置づけられることから、商法 690 条に基づく責任を負わないと解する見解¹⁴も見られる。

(4) 小括—商法 690 条の適用範囲に対する考慮要素

以上、船舶衝突時における船舶所有者の損害賠償責任の根拠として用いられる商法 690 条の適用範囲について概観した。従来の見解を踏まえた上で、遠隔操船タイプの自動運航船の船舶所有者の責任との関係で、商法 690 条における「船長その他の船員」の範囲を画するための考慮要素として以下のように考えることができるものと思われる。

第一に、前提として、裁判例及び学説上、船舶に乗り組む者とされているが¹⁵、船舶所有者の被用者であり、船舶所有者は運航要員を使用する企業であるとする点を強調する立場であれば、必ずしも「船長その他の船員」について範囲を狭く解する必要はないようにも思われる。他方で、もし、商法 690 条の趣旨につき伝統的な見解（選任監督上の過失を認定することが困難であることを理由に船舶所有者の無過失責任を認める規定として捉える見解）に立脚し、陸上要員は少なくとも船舶所有者により直接的に監督し得ることに鑑みれば、民法 715 条 1 項を適用させるべきとの見解に繋がるかもしれない。

第二に、「船長その他の船員」が船舶所有者の被用者（従業員）に限定されるのか、それとも独立契約者（業務請負人等）であるような場合も含むのかという点である。後者については、船舶所有者の被用者ではない以上、少なくとも直接適用はできず、類推適用の可能性を探ることになるものと考

¹⁰ 田中誠二『海商法の諸問題』（有斐閣、1928 年）82 頁）、松波仁一郎『海商法』（明治大学出版会、1915 年）140 頁参照。

¹¹ ただし、水先人について、石井照久『海商法』（有斐閣、1964 年）156 頁〔商法 690 条準用〕、松本烝治『海商法』（有斐閣、1930 年）40 頁〔商法 690 条類推適用〕等。

¹² 議論については、中村眞澄「商法 690 条の船員の意義」我妻栄編『海事判例百選（増補版）』（有斐閣、1973 年）32 頁以下参照。

¹³ 船員法上の船員とは、予備船員を別とすれば、日本船舶又は日本船舶以外の国土交通省令で定める船舶に乗り組む船長及び海員である。

¹⁴ もっとも、強制水先の場合と任意水先の場合とに分けて、前者については、船舶所有者は責任を負わないが、他方で、後者の場合には、責任を負うとする見解として、前掲註 6・吉川 248 頁。

¹⁵ 船舶所有者の被用者であっても、陸上職については「船長その他の船員」には含まれないことを明示する見解として、前掲註 10・田中『海商法の諸問題』83 頁等。

えられる。この点、従来の学説上、商法 690 条が企業責任の一種であることを強調し、水先人は、在船中は船長と同一の職務を行い、船長に準ずるものと見ることができるとして広く適用を認めるものもある¹⁶。ここでも、商法 690 条の趣旨をどのように捉えるのかによって、「船長その他の船員」の意義に影響があるものとも考えられる。

以上のような考慮要素を踏まえて、2. 章以降において自動運航船の衝突責任を検討することとする。

(5) 補論—船舶衝突統一条約が適用される場合

ところで、(1)～(4)は、日本法が準拠法となり、商法 690 条が適用される場合を想定した議論であるが、他方で、1910 年の船舶衝突についての規定の統一に関する条約（船舶衝突統一条約）が適用される船舶衝突事案においてはやや異なる。

船舶衝突統一条約は、条約の対象となる船舶の衝突（航海船相互間または航海船と内水航行船との間に起こった衝突の場合の損害賠償については、その衝突があった水面のいかんを問わず条約の規定を適用する衝突）に適用される（条約 1 条）。そのうえで、条約 3 条では「衝突カ船舶ノ一方ノ過失ニ因リテ生シタルトキハ損害ハ過失アリタル船舶ニ於テ之ヲ賠償スル責ニ任ス」とし、また条約 4 条 1 項も「共ニ過失アリタル場合ニ於ケル各船舶ノ責任ノ割合ハ其ノ各自ノ過失ノ軽重ニ依ル若情況ニ依リ其ノ割合ヲ定ルコト能ハサルトキ又ハ過失カ同等ナリト認ムヘキトキハ責任ハ平等トス」とする。このような規定ぶりからすれば、商法 690 条と異なり、衝突統一条約の場合には、「船長その他の船員」の故意又は過失ではなく、半ば船舶を擬人化して「船舶の過失」として捉えられており、遠隔操船者による運航が行われる場合でも、少なくとも条文上は影響を受けないものと考えられる。

1.2 船舶衝突に係る損害賠償責任と保険制度

(1) 船舶衝突と保険

船舶衝突により、自船に損害を生じた場合や、他船に損害を生じさせた場合等、保険事故として認定されると、それらの損害につき保険金が支払われることが一般的である。船舶衝突においては、自船及び他船に対する損害の発生や、それに関する賠償責任、さらに荷主や旅客、乗組員に生じた損害について賠償責任などが生じることが多く、利害関係者に対する補償が重要なものとなる。そのため、利害関係者（当然、船舶所有者も含む）は保険制度を利用することになる。もっとも、船舶衝突時に利用される保険については、大別して、商船において利用されている船舶保険（船舶衝突賠償責任への補償）と、P&I 保険とに分けられる。そこで、まず本節では、船舶衝突に係る損害賠償責任に対する補償として用いられる、船舶保険及び P&I 保険について自動運航船と問題となりそうな部分（特に保険金支払事由及び保険者免責事由）のみ概説する¹⁷。

(2) 船舶保険における船舶衝突賠償責任への補償

¹⁶ 中村眞澄＝箱井崇史『海商法（第 2 版）』（成文堂、2013 年）72 頁。

¹⁷ 船舶衝突と海上保険に関する詳細については、前掲註・箱井編〔中出哲〕423 頁以下、中出哲『海上保険—グローバル・ビジネスの視点を養う』（有斐閣、2019 年）156 頁以下、206 頁以下、藤澤順ほか『海上リスクマネジメント（2 訂版）』（藤澤順）（成山堂書店、2014 年）272 頁以下、木村栄一＝大谷孝一＝落合誠一編『海上保険の理論と実務』（山口裕之）（弘文堂、2011 年）331 頁以下等参照。なお、本節の記述は、それらの書籍に依拠していることを予め付言しておく。

通常、船舶保険における賠償責任の範囲については、一般的に、①他船または他船上の財産の滅失または損傷、②他船または船上の財産の遅延または使用上の喪失、③他船または他船上の財産の共同海損、救助料または契約救助料、となっている¹⁸。もっとも、船舶保険における賠償責任の担保は、船舶保険の保険金額が限度となるため、それ以上の賠償リスクについては P&I 保険によることになる。船舶保険普通保険約款¹⁹の内容は以下の通りである。

まず、保険金は、被保険船舶が衝突等して、その被保険利益について生じた損害に対して、支払われることになる（約款 1 条）。そして、衝突損害賠償金については、以下のように定められている。すなわち、衝突損害賠償金とは、被保険船舶が他の船舶と衝突したことによって生じた損害（他船に与えた損害、他船上の積荷その他の財物に与えた損害）に対して被保険者が法律上の損害賠償責任を負担した場合に、確定判決によりまたは保険者²⁰の書面による同意を得て確定した額をいうとされる（約款 6 条（1））。そして、衝突が被保険船舶のみの過失によって生じた場合は、被保険者が上記損害に対して賠償すべき額、衝突が被保険船舶および他船の過失によって生じた場合は、それぞれの船舶の過失の割合に応じ、かつ、相殺をしないで被保険者が上記損害に対して賠償すべき額、また、これらにかかわらず、日本国もしくは外国の法令または条約に基づいて被保険者の責任が制限される場合は、その法令または条約に基づいて被保険者が提供した基金の確定額または提供した財産の提供時の価額のうち、上記損害に対する賠償として割り当てる額を衝突損害賠償金の額が決まるとする（約款 6 条（2））。

次に、保険金が支払われない保険者免責となる場合として、商法 826 条は、以下のものを掲げている。すなわち、①保険の目的物（被保険船舶）の性質もしくは瑕疵またはその通常の損耗によって生じた損害、②保険契約者または被保険者の故意または重大な過失（責任保険契約にあっては、故意）によって生じた損害、③戦争その他の変乱によって生じた損害、④船舶保険契約においては、船舶の不堪航である。もっとも、④の場合については、保険契約者または被保険者が発航の当時、注意を怠らなかった場合には免責されない。さらに、船舶保険普通保険約款においては、商法 826 条 2 号が定める故意については、保険契約者、被保険者またはこれらの者の代理人等に加えて、船長または乗組員が保険契約者または被保険者等に保険金を取得させることを目的とした場合には、船長または乗組員の故意が含まれる（約款 16 条（1）③）。文言だけで考えると、遠隔操船タイプの自動運航船においては、遠隔操船者が「船長または乗組員」と言えるか否かが問題となるようにも考えられる。加えて、そのほかの免責事故としては、⑤戦争、内乱その他の変乱、⑥水雷、爆弾その他爆発物として使用される兵器の爆発またはこれらの物との接触、⑦公権力によると否とを問わず、拿捕、捕獲、抑留、押収または没収、⑧海賊行為、⑨ストライキ、ロックアウトその他の争議行為または争議行為参加者のそれに付随する行為、⑩テロリストその他政治的動機または害意をもって行動する者の行動、⑪暴動、政治的または社会的騒擾その他類似の事態、⑫核燃料等からの放射能汚染、原子核の分裂・融合、化学兵器、電磁兵器等、⑬（仮）差押え、担保権の実行、その他訴訟手続に基づく処分が挙げられている（約款 14 条）。これらの免責事由との関係でいえば、自動運航船については、第三者によるサイバー攻撃による通信障害等により生じた場合が、⑧または⑩に該当するか否か、また、船舶それ自体

¹⁸ 前掲註 17・箱井編〔中出哲〕432 頁。

¹⁹ 船舶保険普通保険約款については、東京海上日動株式会社船舶保険普通保険約款を前提とした（Available at https://www.tokiomarine-nichido.co.jp/hojin/marine_site/senpaku/covenant/pdf/senpaku_20220401.pdf）。

²⁰ 保険約款上の原文では、「当会社」である。

は拿捕や抑留等されていないが、遠隔操船センター等への法的手続開始が⑦や⑬に当たるか否かも一応問題になるようにも思われる。

なお、保険者免責事由のうち、⑭被保険船舶に生じた摩擦、腐食、さび、劣化その他の自然の消耗、⑮被保険船舶に存在する欠陥、⑯被保険船舶が発航の当時、安全に航海を行うのに適した状態になかったこと、⑰被保険船舶が係留され、または停泊する場合、安全に係留されもしくは停泊するのに適した状態になかった場合には、保険契約者または被保険者が相当の注意を払った場合には免責にはならないとされる（約款 17 条）。自動運航船との関係で問題となりそうな点としては、⑮被保険船舶に存在する欠陥や、⑯船舶の不堪航について、自動運航システムの欠陥や不備等が挙げられるかもしれない。

(3) P&I 保険

P&I 保険とは、船舶保険ではてん補されない船主の賠償責任を、組合員（船舶所有者等）で相互に補償していくために生み出された制度であり、P&I クラブによって引き受けられるものである²¹。しばしば自動車賠償責任保険の海上版とも評される²²。世界的には、イギリスの P&I 保険クラブが有力ではあるが、本稿では、日本の P&I クラブ（Japan P&I Club： JPI）をベースに説明することとする。

P&I 保険のカバー範囲は、船員の死傷病に伴う船主の不時の出費、岸壁衝突。油濁等の不法行為責任、積荷損害等の債務不履行責任等に及び、他船との衝突による責任及び費用も含まれる。すなわち、①他船及びその船舶上にある積荷・財物について船主が負う責任であって、自船の船舶保険ではカバーされない部分、②他船の船員・船客等について船主が負う責任、③沈没した他船の船外撤去や他船からの流出油等による汚濁損害について船主が負う責任をカバーする（JPI 保険契約規程 23 条）²³。

それでは、P&I 保険における保険者免責の範囲にはどのようなものが含まれるのだろうか。①組合員（代理人を含む）の故意による損害及び費用、②戦争、内乱、革命、暴動、反乱、テロリズム、拿捕、捕獲、機雷等、③原子力関係の危険、④不穏当な航海、著しく危険で慎重さを欠く航海、⑤救助作業によって生じた損害、⑥重複保険、⑦船舶保険における保険金額が適正でないことによる損害、⑧加入船舶自体の損害、運賃・用船料の損害、加入船舶に対する救助費、回収不能の債権などが挙げられる（JPI 保険契約規程 35 条各号）²⁴。

(4) 小括一問題提起

遠隔操船タイプの自動運航船について衝突事故が発生した場合、船舶保険及び P&I 保険との関係で、どのような問題が生じ得るのだろうか。

船舶保険や P&I 保険との関係では、後述するように保険の引受という場面だけではなく、特に、保険者免責事由との抵触を検討しておく必要があるものと思われる。例えば、船舶の不堪航との関係では、自動運航システムや遠隔操船システムの欠陥等がそれに該当するか否かという点が挙げられる。また、船舶に対する拿捕や抑留等が保険者免責事由として示されているが、前述したように、船舶それ自体は拿捕や抑留等されていないものの、遠隔コントロールセンターに対して法的手続き（差押え等）が生じた場合に、それと同じように考えることができるのか、といったことも問題になるかもし

²¹ 前掲註 17・箱井〔中出哲〕462 頁。

²² 小林友次「P&I 保険」江頭憲治郎ほか編『海法体系』（商事法務、2003 年）582 頁。

²³ 前掲註 22・小林 590 頁。

²⁴ 前掲註 17・箱井編〔中出哲〕466 頁～467 頁。

れない。さらに、サイバー攻撃等により船舶を奪取されるような事態が生じた場合、海賊行為やテロリズムによる行為として保険者免責となるのかなども重要な論点になると考えられる。

1.3 船主責任制限法の概要

(1) 船主責任制限制度

本来であれば、船舶衝突などにより船舶所有者等が損害賠償責任を負う場合、被害者（例えば、被害船主）において発生した損害につき全額の賠償責任を負う。しかしながら、海商法分野においては、古くからその責任を一定程度に制限する制度が認められてきた。これは、海上活動の特別な危険を考慮して船主を保護する趣旨で設けられたものであると言われる²⁵。そこで、船主責任制限制度と自動運航船との関係について検討するための前提作業として船主責任制限制度の概要について紹介する。

(2) 船主責任制限法の適用

船舶所有者等が船舶衝突等により他社に対して損害を生じさせて場合には、商法 690 条等に基づき損害賠償責任を負うが、通常、船主責任制限法に基づく責任制限制度により責任が一定程度制限される。

責任を制限することができる主体は、船舶²⁶所有者等やその被用者等とされている。船舶所有者等に含まれる者として、船舶所有者のほか、船舶賃借人や傭船者等とされ、また、その被用者等として、船舶所有者等の被用者その他の者で、その者の行為につき船舶所有者等が責めに任ずべきものとされている（責任制限 2 条 1 項 2 号、3 号）。そのうえで、責任を制限することができる債権として、船舶上で又は船舶の運航に直接関連して生ずる人の生命若しくは身体が害されることによる損害又は当該船舶以外の物の滅失若しくは損傷による損害に基づく債権や、運送品、旅客又は手荷物の運送の遅延による損害に基づく債権等が挙げられる（責任制限 3 条 1 項各号）。もっとも、船舶所有者等又はその被用者等は、それらの制限債権が、自己の故意により、又は損害の発生のおそれがあることを認識しながら自己の無謀な行為によって生じた損害に関するものであるときは、責任を制限することができないとも定めている（責任制限 3 条 3 項。故意又は無謀な行為による責任制限阻却事由）。なお、ここにいう船舶所有者等の「自己」につき、当該船舶所有者等が法人であるような場合には、業務執行機関及び代表機関のほか、その船舶運航の権限を部下に委譲している場合に於ける企業内の最高の責任者とされていた者も含まれると考えられている²⁷。実際、広島高決令和 2 年 2 月 21 日判時 2490 号 35 頁も「法人である相手方について〔船主責任制限〕法 3 条 3 項所定の無謀な行為があったというため

²⁵ 前掲註 7・箱井 61 頁。

²⁶ 自動運航船との関係では、そもそも船主責任制限法が適用され得る「船舶」に自動運航船が含まれるかが問題となる。しかし、従来の学説においては、少なくとも船主責任制限法や船舶油濁等損害賠償保障法上の船舶に該当すると指摘される（藤田友敬ほか「自動運航船をめぐる法的諸問題—民事責任を中心に」〔藤田友敬〕海法会誌 65 号（2022 年）159 頁）。

²⁷ 稲葉威雄ほか『船舶の所有者等の責任の制限に関する法律の解説』（法曹会、1989 年）117 頁。また、この点に関連して、ISM コード 4 が設置を義務付けている管理責任者についても、安全運航管理システムの中核に位置していると考えられていることから、管理責任者の具体的行為を経営責任者との有機的連携の中で評価することにより、具体的自己との関係で、海上企業者の行為として捉えることができる可能性を示唆するものとして、木村宏「ISM コードと法的責任についての若干の考察」忽那海事法研究会編『国際取引法および海商法の諸問題』（忽那海事法研究会、1999 年）394 頁。

には、業務執行機関、代表機関及びこれらの者から権限を委譲された当該船舶の運航に関し企業内の最高の責任者とされていた者（以下、これらを併せて「業務執行機関等」という。）について、損害発生のおそれの認識があり、その認識の下では通常人なら行うはずない無謀な行為をしたことがあるかについて判断される」とする。他方で、被用者等は通常、自然人であることから、この点は特に問題とならない。

自動運航船との関係では、船主責任制限法の適用について特段支障はないとの指摘が見られる²⁸。もっとも、一応の論点として、自動運航システムの欠陥等を見逃したような場合には、船舶所有者等自身の故意又は無謀な行為と言えるのか、また遠隔操船タイプの自動運航船の場合には、遠隔操船者が船主責任制限法上の被用者等に含まれるか否かが問題となるかもしれない。しかし、前者については、船舶の不堪航に対する認識が問題となるという点だと捉えれば、自動運航船特有の論点とも言いづらいし、また、後者についてはあくまで「被用者等」とされている以上、乗組員に限定されているわけではないことから、特段適用に支障があるとはいえない。強いて検討すべき点と言え、遠隔操船者が船舶所有者から遠隔操船事業を請け負った独立事業者の被用者であった場合に、船舶所有者等の「被用者」とは言えない可能性が文言上あることから、その点は検討しておく必要はあるかもしれない。

²⁸ 前掲註 26・藤田ほか〔藤田友敬〕131頁。

2. 自動化レベル 3 及び 4 の自動運航船の衝突責任

2.1 自動化レベル 3 の自動運航船の衝突責任

(1) 自動化レベル 3 の自動運航船の意義

船舶の自動化レベル 3 とは、いわゆる「条件付き自動化」と呼ばれるレベルであり、船体の持続的運航制御、対象物・事象検知・反応（OEDR）についてはシステムが行うが、他方で、フォールバックは船員によってなされることが前提とされ、また運航設計領域（ODD）が限定的なものを指す。つまり、運航設計領域内における基本的な運航はシステムによって行われるが、システムによって対応することが困難な状況が生じた場合には、警告等により船員がフォールバックすることが求められるタイプの自動運航船である²⁹。

表 2.1 船舶の自動運航の自動化レベル

レベル	概要	船体の持続的 運航制御	対象物・事象検知・ 反応（OEDR）	フォール バック	運航設計領域 （ODD）
0	手動操船	船員	船員	船員	NA
1	操船支援	船員&システム	船員	船員	限定的
2	部分的自動化	システム	船員	船員	限定的
3	条件付き自動化	システム	システム	船員	限定的
4	高度自動化	システム	システム	システム	限定的
5	完全自動運航	システム	システム	システム	限定無し

(2) 自動化レベル 3 の自動運航船の衝突責任

●フォールバックの要請があった場合

（設例 2）

船舶所有者 X 社が所有し、運航する船舶甲丸と、船舶所有者 Y 社が所有し、運航する自動化レベル 3 の自動運航船乙丸が衝突した。自動運航船乙丸においては運航設計領域が設定されていたが、当該フォールバックの要請が発せられていたにもかかわらず、それに対して乗り組んでいた船員が気づかないまま甲丸と衝突した。このときの Y 社の責任はどのようなのだろうか？

上記設例 2 においては、運航設計領域外において運航が行われ、警告が発せられていたにもかかわらず、それについて乗組員である船員が気づかないまま、甲丸と衝突したという事案である。自動運航船を航行させるための運航設計領域を適切に設定されており、フォールバックの要請がなされていたにもかかわらず、それに対して適切に対応をしなかったということが乗組員である船員に過失があると認定される可能性は充分あり得る。したがって、この場合には、船舶所有者 Y 社は X 社に対して商法 690 条に基づき損害賠償責任を負う可能性がある。

²⁹ 自動運航船の運航レベル設定のうち、いわゆる半自律船舶（semi-autonomous ships）と呼ばれるタイプの一つといえよう。

● 運航設計領域外の運航に対して警告が発せられていなかった場合

(設例 3)

船舶所有者 X 社が所有し、運航する船舶甲丸と、船舶所有者 Y 社が所有し、運航する自動化レベル 3 の自動運航船乙丸が衝突した。自動運航船乙丸においては運航設計領域が設定されていたが、当該運航設計領域外における運航が行われていた。ところが、何らかの理由により、それに対する警告が発せられず、乗り組んでいる船員が気づかなかったため、甲丸と衝突した。このときの Y 社の責任はどうなるのだろうか？

上記設例 3 においては、運航設計領域外において運航が行われ、それについて警告が発せられていない状況であったことから、乗組員である船員が気づかないまま、甲丸と衝突したという事案である。このとき、自動運航システムが何らかの理由によって運航設計領域外の運航になったにもかかわらず警告が発せられなかったことが衝突の原因となった場合には、乗組員である船員に過失が認められないとの意見もあり得るところである。しかしながら、少なくとも、当該自動運航システムに欠陥等があったと仮定すると、船長の堪航能力担保検査義務（船員 8 条）を適切に履行していたのか否か、また、運航設計領域外の運航が行われていたということを認識することが実際にできなかったのか否かという点が争点となり得るところである³⁰。特に、後者の場合には、その背景事情として、海上衝突予防法上の見張り義務（同法 5 条）が自動運航レベル 3 の自動運航船において免除されるか否かという政策的な問題があると考えられる。いずれにせよ、適用法条は商法 690 条となるであろう。

● 運航設計領域自体が適切に設定されていなかった場合

(設例 4)

船舶所有者 X 社が所有し、運航する船舶甲丸と、船舶所有者 Y 社が所有し、運航する自動化レベル 3 の自動運航船乙丸が衝突した。自動運航船乙丸においては運航設計領域が設定されていた。しかし、そもそも運航設計領域の設定自体が適切に行われていなかった。

上記設例 4 においては、運航設計領域の設定自体が適切に行われていなかった場合ということになる。このとき、運航設計領域が誰によって設定されていたのかによって法的責任を負う主体が変わる可能性がある。第一に、運航設計領域の設定が運航者である船舶所有者によって行われていた場合には、船舶所有者自身の過失として損害賠償責任を負い得る（ただし、適用法条としては商法 690 条を適用させるか、それとも民法 715 条 1 項を適用させるかは問題となるかもしれないが、結論に大きな違いはないものと思われる）。第二に、運航設計領域の設定が自動運航システムの製造者等によって行われており、船舶所有者自身はそれに関与していない場合には当該自動運航システム製造者の製造

³⁰ 確かに、運航設計領域外の運航がなされており、それに対してシステムが警告を発していないのであれば、乗組員である船員に過失がないとも言えなくもないが、他方で、警告が発せられていなかったとしても、自動運航レベル 3 の自動運航船の乗組員はフォールバックへの対応もしなければならないことから、常時、自動運航システムが適切に稼働しているか否か注意すべき義務や、もし、自動運航システムが適切に稼働していないと判断されるような場合には、乗組員にはそれに対して適切な対応をとるべき注意義務が措定される可能性は否定されないと思われる。

物責任等が生じる可能性はあると考えられる（製造物責任法 3 条参照）³¹³²。

ところで、設例 4 においては、運航設計領域自体が適切に行われていない場合とはどのような場合であるかが問題となる。運航設計領域の設定について国などが策定したガイドラインや各種法令・条約によって基準等が定められているようなときには、当該ガイドラインや基準に従っていないような場合が挙げられる。問題は、それらのガイドラインや各種法令等に従っていたような場合であっても、適切性を欠く運航設計領域の設定が事後的に判明したようなときでも自動運航システムの製造者等の責任をもたらすのか否かである。この点については、確かに、ガイドライン等の基準に従っていたからといって注意義務違反を構成しないとは言えないものの、事実上、セーフ・ハーバーとして機能する可能性は充分あるものと考えられる³³。

2.2 自動化レベル 4 の自動運航船の衝突責任

(1) 自動化レベル 4 の自動運航船の意義

自動化レベル 4 の自動運航船とは、いわゆる「高度自動化レベル」と呼ばれるレベルであり、運航設計領域（ODD）内であれば、船体の持続的運航制御、対象物・事象検知・反応（OEDR）、フォールバックがすべてシステムによってなされるレベルである。このレベルにおいては、運航設計領域内の航行であれば、乗組員である船員はフォールバックすら対応する必要はないという点において、自

³¹ ただし、この点に関連して、この運航設計領域の設定について、自動運航システムの製造者等に過失があったとしても、船舶所有者もまたそれに対して適切に検査等を行う必要があったと解する余地もあるかもしれない。例えば、従来、シリンダーの設計に問題があって、当該シリンダーの設計ミスにより事故が生じたケースにおいて、船舶所有者は当該シリンダーの設計ミスを明らかにするための検査を行っていなかったことを理由に船舶所有者に責任を認めた事例がデンマークにあると指摘されており（Felix Collin, *Unmanned ships and fault as the basis of shipowner's liability*, in *AUTONOMOUS SHIPS AND THE LAW 91* (Routledge, Edited by Henrik Ringbom et al., 2021)、もし、このようにより厳格な注意義務が船舶所有者に課せられる可能性があるとするならば、たとえ船舶所有者自身が運航設計領域の設定について関与していない場合であっても、船舶所有者の責任が生じる可能性はあるかもしれない。この場合には、船舶所有者の損害賠償責任と自動運航システム製造者の損害賠償責任とは不真正連帯債務となるであろう。

³² もし、自動運航システム製造者が船舶衝突の責任を負うと仮定した場合、現行法の下では、船舶所有者 Y 社については船主責任制限法に基づく責任制限を享受し得るが、自動運航システム製造者は同法上の責任制限を享受し得ない。したがって、この場合には、被害船主である X 社は自動運航システム製造者に対して責任追及することで被害者保護に資するが、他方で、自動運航システム製造者の責任コストが増大する可能性が発現しよう。

³³ 堪航能力担保義務の履行という文脈ではあるものの、ISM コードとの関係で、前掲註 16・中村＝箱井 215 頁は「ISM コードの基準を満たしているか否かによりただちに堪航能力の有無が判断されるわけではないにせよ、その判断に実質的には大きな影響を与えるものと思われる」と述べ、また、宮崎裕介「堪航能力担保義務—国内海上運送の過失責任化を踏まえた公法規制との関係を中心に」法律時報 94 卷 12 号（2022 年）28 頁も「単に船舶検査等を受けたという事実のみでは、企図された航海において当該船舶が堪航性を有していることにはならないとしても、ハード・ソフトの両面において精緻化された公法規制を遵守しているのであれば、海上運送人の堪航能力担保義務に係る注意義務違反がないことの推定になるとの理解もさほど不合理ではないように思われる」と指摘する。なお、自動運航船との関係において、IMO 等のガイドラインが製造者の注意の程度として機能し得ることを指摘するものとして、Bariş Soyer, *Autonomous vessels and third-party liabilities – The elephant in the room*, in *NEW TECHNOLOGIES, ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND SHIPPING LAW IN THE 21ST CENTURY 113* (informa law, Edited by Bariş Soyer and Andrew Tettenborn, 2020).

動化レベル3の自動運航船と異なる。

(2) 自動化レベル4の自動運航船の衝突責任

● 運航設計領域内の衝突責任

(設例5)

船舶所有者 X 社が所有し、運航する船舶甲丸と、船舶所有者 Y 社が所有し、運航する自動化レベル4の自動運航船乙丸が衝突した。自動運航船乙丸においては適切に運航設計領域が設定されており、衝突当時は運航設計領域内といえる状況であった。このとき、船舶所有者 Y 社は船舶所有者 X 社に対して損害賠償責任を負うか。

上記設例5においては、そのシステム上、運航設計領域内での運航については、フォールバックまでもシステムによって行われることが想定されていた場合の衝突責任が問題となる。ここで問題となるのは、そもそもそのようなシステムに依拠しても良いのか、という政策的判断をどう考えるかである。自動運転車の場合には、運転者が航空機や船舶の操縦者と同程度のプロフェッショナルではないことを前提に、運転者は自動運転システムに依拠することが許容されているが³⁴、船舶の場合にも、自動運転自動車の場合と同様の判断をしても良いのかということである³⁵。

この問題を考える上では、前提として、自動運航システムが少なくとも各種法令・基準・ガイドライン等を遵守していることは必要である。そのうえで、どのように考えるのか、ということである。あくまで政策的な判断である以上、少なくとも法律により明記すべきだと考えられる。この問題を検討するための分析視角として、より安全な運航という目的を達成するという点が重要であろう。技術的な側面から、自動運航システムに依拠することが人間の認知判断よりも安全であるということであれば、政策的に自動運航システムに依拠することが認められる旨を立法化することになると思われる一方、もし、そこまでの安全性が確保されていないのであれば、自動運航システムは船員に対する運航支援機能として位置づけ、システムからの介入要請がなかったとしても、乗組員である船員に過失が認められる可能性は否定されないことになると思われる。そうすると、自動化レベル4の自動運航船の衝突責任を考えるうえでは、乗組員が自動運航システムに全面的に依拠することができるか否かが一つの基準になると考えられる。具体的に、自動運航システムに依拠することを法令等により認められていた場合には、乗組員である船員の過失は認められず、結果として、船舶所有者の責任も認められない余地が出てくるものと思われる。このような場合には、衝突責任につき、厳格責任法制の創設が検討の俎上に載せられることになるのかもしれない。

³⁴ 穴戸常寿＝大屋雄裕＝小塚荘一郎＝佐藤一郎編著『AIと社会と法—パラダイムシフトは起きるか』〔大屋雄裕発言〕（有斐閣、2020年）30頁参照。

³⁵ 南健悟「自動運航と衝突責任」海法会誌復刊64号（2021年）94頁～95頁。実際、Felix, *supra note* 31, at 88は「もし、船舶所有者はシステムに依拠することを法が許容するのであれば、〔監視義務を履行すべき〕状況は大きく（drastically）変わる」と指摘し、その場合には、部分的にはせよ、発生した事故に対して乗組員に責任を負わせることはできず、この場合には、システムの判断ミスが当然に船舶所有者の責任を導くわけではないことを指摘する。

● 運航設計領域外の衝突責任

(設例 6)

船舶所有者 X 社が所有し、運航する船舶甲丸と、船舶所有者 Y 社が所有し、運航する自動化レベル 4 の自動運航船乙丸が衝突した。自動運航船乙丸においては適切に運航設計領域が設定されていたが、周辺環境の状況から、衝突当時は運航設計領域外といえる状況であった。このとき、船舶所有者 Y 社は船舶所有者 X 社に対して損害賠償責任を負うか。

上記設例 6 の場合については、ここから更に 2 つのパターンに議論が分かれ得るように思われる。第一が、運航設計領域からの逸脱について、事前に警告が発せられていた場合と、第二に、運航設計領域からの逸脱したことについて事前に警告が発せられていなかった場合である。

第一の場合については、運航設計領域から逸脱する事態が生じ、それに対して警告が発せられていたにもかかわらず、適切な対応を乗組員である船員が対応しなかった場合には、当該船員に過失があると認められる余地はあるかもしれない。結局、この場合は、自動化レベル 3 においてフォールバックが船員によって行われる場合で、フォールバックについての警告があった場合とほぼ平行に考えられよう。

他方で、第二の場合については、結局、設例 5 において検討したものと同様に、自動運航システムにどこまで依拠できるのか、ということで船員の過失の有無が決まるようにも思われる。運航設計領域の設定が適切に行われ、当該領域の範囲内とは言えない状況が生じていたとしても、特段、自動運航システムが何らの兆候も示さなかったような場合には、船員の過失を認定することはやや困難な状況になるものと考えられる。

3. 遠隔操船タイプの自動運航船の衝突責任

(1) 問題設定と考察対象

次に、遠隔操縦船（遠隔操船タイプの自動運航船）の衝突責任について検討を行う。本稿では、遠隔操縦船を、①陸上の遠隔コントロールセンターにおいて操船するタイプの遠隔操縦船と、②陸上の遠隔コントロールセンターにおいては航路指示のみで、自律航行するタイプの自動運航船とに分けて考察を行う。

この問題においては、③遠隔コントロールセンターが船舶所有者により運営され、船舶操船者が船舶所有者の被用者（船舶所有者と遠隔操船者との間に雇用関係³⁶がある場合）である場合と、④遠隔コントロールセンターが船舶所有者以外の者により運営され、船舶操船者が当該遠隔コントロールセンター事業者の被用者（船舶所有者と遠隔操船者との間に雇用関係がない場合）とで、法的な関係が大きく異なる可能性があることから、上記①及び②の分類に加えて、③及び④のパターンを加味して検討することとする。

(2) 遠隔コントロールセンターにおいて操船するタイプの自動運航船の衝突責任

(i) 遠隔操船者が船舶所有者の被用者である場合

●船舶所有者の被用者である遠隔操船者が衝突事故を起こした場合

（設例 7）

船舶所有者 X 社が所有し、運航する船舶甲丸と、船舶所有者 Y 社が所有し、運航する自動運航船乙丸が衝突した。この衝突事故は、甲丸が適切な場所で、かつ適切な方法で錨泊しており、他方で、乙丸の遠隔操船者 A（船舶所有者 Y 社の被用者）の見張り不十分等によって生じたものであった。このとき、Y 社は X 社に対して、損害賠償責任を負うのか。

上記設例 7 の場合においては、1 章で述べたように、遠隔操船者 A が商法 690 条にいう「船長その他の船員」であるとして、同条に基づき船舶所有者が損害賠償責任を負うのかが問題となる。前述したように、前掲神戸地判昭和 39 年 11 月 20 日は船舶に乗り組んでいる者を船員としており、陸上の遠隔コントロールセンターにいる遠隔操船者が「船長その他の船員」とは言い難いようにも思われる。また、学説においても、船舶所有者の陸上職員については、本条にいう「船長その他の船員」には当たらないことを明示する見解も見られるところである。そのため、商法 690 条を厳格に解釈し、遠隔操船者について同条にいう「船長その他の船員」には当たらないとして、民法 715 条 1 項に基づき責任を負わせることも可能であると考えられる。また、他方で、従来の学説は、自動運航船を全く想定しておらず、単に船舶の操縦に従事しない陸上職員を想定して、「船長その他の船員」に陸上職員を含めないと解してきた可能性があることに鑑みれば、遠隔操船者を陸上職員であることを理由に商法 690 条の適用を認めないということにはならないようにも思われる。もっとも、陸上にいる遠隔操船者は船舶所有者の直接の指揮監督の下にいることから、商法 690 条において無過失の代位責任を船舶

³⁶ 厳密に言えば、遠隔操船者を船員だと性質決定した場合、船員法上の雇入関係として位置づけられることになるが、ここでは、遠隔操船者が船員法上の船員と言えるかという点には立ち入らずに、雇入関係の可能性も否定しないものの、議論を複雑化させないために、雇用関係として一律に考える。

所有者に負わせていることの理由が妥当しないのではないかと、との疑問も生じるところではあるが³⁷、他方で、前述したとおり、商法 690 条が企業責任としての性質を帯びることに鑑みれば、遠隔操船者を使用して利益を上げている船舶所有者は、当該遠隔操船者の過失によって損害を生じさせた場合には、当該損害に対して責任を負うべきであるという立論も強ち説明できないわけではない。そうすると、民法 715 条 1 項に限らず、少なくとも商法 690 条の類推適用により船舶所有者に責任を負わせることができる可能性はあるものと思われる³⁸。いずれが適用法条によっても結論として大差はなく³⁹、遠隔操船者の過失により衝突事故が生じた場合には、船舶所有者に損害賠償責任を負うという結論は変わらないものと考えられる⁴⁰。

(ii) 遠隔操船者が船舶所有者の被用者ではない場合

●船舶所有者の被用者ではない遠隔操船者が衝突事故を起こした場合

(設例 8)

船舶所有者 X 社が所有し、運航する船舶甲丸と、船舶所有者 Y 社が所有し、運航する自動運航船乙丸が衝突した。この衝突事故は、甲丸が適切な場所で、かつ適切な方法で錨泊しており、他方で、乙丸の遠隔操船者 A (ただし、遠隔コントロールセンターの運営は遠隔操船事業者 B であり、A は B の被用者) の見張り不十分等によって生じたものであった。このとき、Y 社は X 社に対して、損害賠償責任を負うのか。

³⁷ 南健悟「自動運航船の実用化と法制度への影響—船舶の無人化・自律化によって生じる現行法の課題」海商法研究会誌 244 号 (2019 年) 13 頁。

³⁸ 前掲註 35・南「自動運航船と衝突責任」91 頁、笠原亮一「自動運航船と船舶衝突における民事責任」海商法研究会誌 250 号 (2021 年) 7 頁、同「自動運航船」法律時報 94 卷 12 号 (2022 年) 49 頁註 9 参照。

³⁹ 民法 715 条 1 項と商法 690 条の大きな違いは、民法 715 条 1 項の場合には、使用者の被用者に対する選任監督上の過失がない場合には免責される余地がある点である (民法 715 条 1 項但書)。もっとも、民法 715 条 1 項但書に基づいて使用者が免責された事例はほぼ皆無であり、現在では、事実上空文化していると言われている (前掲註・潮見 43 頁)。実際に、大判昭和 15 年 5 月 8 日法律新聞 4580 号 7 頁 [物置の所有者が人夫を使用して物置を取り壊したが、その物置の前所有者の債権者が差押えの目的物になっているとして中止を求めたものの、それを拒否した事案において、人夫の使用者である現在の所有者が現場にいなかったことを理由に免責を認めた事例] を最後に、適用事例は存在しない (この点の変遷については、大塚直「14 民法 715 条・717 条」広中俊雄＝星野英一編『民法典の百年Ⅲ—個別的観察 (2) 債権編』(有斐閣、1998 年) 706 頁以下参照)。

⁴⁰ See Stephanie Guerra, *Ready About, Here Comes AI: Potential Maritime Law Challenges for Autonomous Shipping*, 30 U.S.F. MAR. L. J. 69 (2017), at 78, Robert Veal, *Regulation and Liability in Autonomous Shipping: Panoptic View*, 45 TUL. MAR. L. J. 101 (2020), at 123, Zoumpoulia Amaxilati, *The human element in autonomous shipping*, in *DISRUPTIVE TECHNOLOGIES, CLIMATE CHANGE AND SHIPPING* 124 (informa law, Edited by Barış Soyer and Andrew Tettenborn, 2022).

⁴¹ なお、ここでは、遠隔操船者の技術的な資格 (海技免状) を保有していることを前提としていることを付言しておきたい。今後、遠隔操船者について新たな海技免状を創設する可能性は充分にあり得るし、また、操船技術の安全性の確保という観点からみても、少なくとも現在の資格制度を遠隔操船者に対しても及ぼす必要はあると考えられる。もっとも、現在の船舶に乗り組んでいる乗組員の資格と、遠隔から操船する場合の遠隔操船者とが全く同じ資格制度で充分であるかは検討すべき課題ではあろう。実際に、遠隔操船の場合と乗り組んでいる乗組員とで必要な技術や知識が異なる可能性があることを示しつつ、それは自動運航船の自動化レベルによっても異なり得る研究をサーベイするものとして、Tae-eun Kim and Jens-Uwe Schröder-Hinsrichs, *Research Developments and Debates Regarding Maritime Autonomous Surface Ship: Status, Challenges and Perspectives*, in *NEW MARITIME BUSINESS* 188-189 (Springer, Edited by Byoung-Wook Ko and Dong-Wook Song, 2021).

上記設例 8 のような場合について、例えば、国際的な船舶管理会社のように遠隔操船事業者が遠隔地にコントロールセンターを設置し多数の船舶所有者の自動運航船の操船を船舶所有者から受託するような場合が考えられている⁴²。このような場合には、船舶所有者と遠隔操船者との間に雇用関係もなく、また指揮監督関係がないことが考えられ、船舶所有者は民法 715 条 1 項又は商法 690 条に基づく責任を負わず、あくまで A の使用者である B のみが民法 715 条 1 項に基づく責任を負う可能性があるといわれている⁴³。

この点、例えば、従来の船員派遣会社（マンニング会社）のような場合には、船舶所有者に船員を派遣しつつ、実際に、船員としてある船舶に乗り組むような場合には、船舶所有者との間で雇入関係が成立し、船舶所有者は当該派遣船員に対して指揮監督を行うことができることから、特段、船舶所有者につき商法 690 条に基づく責任を負わせることに問題はない。ところが、遠隔コントロールセンターが船舶所有者とは独立した事業者によって運営され、当該事業者の被用者が実際に遠隔操船しているような場合には、そのような関係は形成されないことが想定されることから⁴⁴、船舶所有者は責任を負わないと解する余地が出てくると思われる。この場合には、被害船主は遠隔操船者の使用者に対して損害賠償責任を追及し、船舶所有者に対しては責任を追及できないという状況が生まれるものと考えられる。このような状況の下では、以下の 2 つの問題が生じ得よう。

第一に、実際に、そのような解釈が妥当であるかという点である。というのも、商法 690 条は企業責任としての性質を強調すると、たとえ遠隔操船事業者が船舶所有者とは独立した事業者であっても、責任を負わせることができるのではないかとの立論もあり得る。このことは、そもそもそのような自動運航船を使用すること自体が、リスク・テイクな判断であって、それに伴って生じる損害につき船舶所有者が責任を負うという考え方も否定し得ないにも思われる（ただし、このような見解が果たして説得的なものであるかは別であろう）⁴⁵。また、船舶それ自体の堪航性の確保は船舶所有者の義務であるとするならば、自動運航システムについて欠陥等があったのであれば、船舶所有者の過失を指定することができるかもしれない⁴⁶。

第二に、このような解釈をした場合、船主責任制限法に基づく責任制限を遠隔操船事業者は享受し得ない可能性がある。船主責任制限法においては、責任制限を享受し得るのは、船舶所有者、船舶賃借人及び傭船者等（また、それらの被用者等）とされており、独立した事業者及びその被用者等についてはここには含まれない。そのため、遠隔操船事業者に損害賠償責任を追及した場合、船主責任制限を享受し得ず、巨額の賠償金を負担する可能性が出現する。もちろん、このような状況は、逆に、被害船主を保護するということにもなることから、当然に妥当な解釈ではないとはいえないものの、

⁴² 久保治郎「海上保険者からみた自動運航船に関する法制度のあり方」海事交通研究 71 集（2022 年）66 頁。

⁴³ 前掲註 42・久保 66 頁。

⁴⁴ 前掲註 42・久保 66 頁は「自動運航船について『所有』と『操船』の機能分離が進展して、そもそも操船に関する船主の知識経験が限定的なものとなり、遠隔操縦者の指揮監督を行い得ない事態が生じることも想定し得る」と指摘する。

⁴⁵ 完全自律運航船の文脈でこのような説明をするものとして、Felix Collin, *supra* note 31, p.93.

⁴⁶ このような考え方からすると、「船舶それ自体」の堪航性と、「自動運航システム」の頑強性とを区別するの可否かということも問題となり得る。船舶それ自体の堪航性については船舶所有者が検査するとしても、遠隔操船システムを含む自動運航システムについては遠隔操船事業者が検査するとなれば、その役割分担が責任制度に影響を与える可能性があるようにも思われる。そこで、船舶の堪航性には自動運航システムの頑強性も含むとして、船舶所有者と独立遠隔操船事業者とが共同して検査等を行うスキームとして、両当事者に責任を負わせるという方策も考えられるかもしれない。

現行の法規制の枠組みを遠隔操船事業者に対して敷衍するか否かという政策的な判断をせざるを得ないであろう。

(iii) 補論—半遠隔操縦船の場合

ところで、IMO における自動運航船のレベル設定においては、レベル 2 において半遠隔操縦船とカテゴライズされる船舶が存在するが、この場合にはどのように考えればよいのかも同時に検討しておく。

●半遠隔操縦船が衝突事故を起こした場合

(設例 9)

船舶所有者 X 社が所有し、運航する船舶甲丸と、船舶所有者 Y 社が所有し、運航する自動運航船乙丸が衝突した。この衝突事故は、甲丸が適切な場所で、かつ適切な方法で錨泊しており、他方で、乙丸の遠隔操船者 A 及び乙丸に乗り組んでいた船長等の見張り不十分等によって生じたものであった。このとき、Y 社は X 社に対して、損害賠償責任を負うのか。

上記設例 9 のような事例として、通常は、遠隔操船者によって遠隔操船され、フォールバック要員として船舶に乗り組んでいた船長等がいるような場合が想定される。このとき、船長等も遠隔操船者もいずれも船舶所有者の被用者であるような場合には、特段問題なく商法 690 条に基づき船舶所有者が責任を負うことになると思われる。

問題は、船長等については船舶所有者の被用者である一方、遠隔操船者が独立した遠隔操船事業者の被用者であるような場合にはどう考えればよいのか。このような場合には、考え方は 2 通りあるように思われる。一つは、船舶所有者及び遠隔操船事業者の共同不法行為（民法 719 条）に基づき不真正連帯債務を負うという考え方である。他方で、もう一つは、あくまで船舶に対する最高責任者を船舶に乗り組んでいる船長だとして、船長の使用者である船舶所有者に責任を負わせるという考え方である⁴⁷。実際、半遠隔操縦船の場合に、遠隔操船事業者が船舶所有者から独立した者である場合の衝突責任については、水先人と同様に考えて、水先人の過失によって衝突事故が生じた場合であっても、やはり船長がその責任者となり、もって船舶所有者が責任を負うというという見解である⁴⁸。もっとも、これら 2 つの見解は排他的なものではなく、たとえ後者の見解に与するとしても、船舶所有者及び遠隔操船事業者の両方が責任を負うという可能性は否定されないであろう。

(3) 航路指示のみで自律航行するタイプの遠隔操縦船の衝突責任

(2) では、陸上の遠隔コントロールセンターにいる遠隔操船者が実際に操船するタイプの自動運航船の衝突責任について検討してきたが、次に、陸上の遠隔コントロールセンターにいる人が自動運航システムに対して航路指示のみを行い、その後の航行については自動運航システムに従って自律航行する

⁴⁷ 陸上の遠隔コントロールセンターにいる遠隔操船者と現実に船舶に乗り組んでいる乗組員との操船判断が分かれた場合に、いずれの判断を優先させるかについては一つの問題となりうる。この点を IMO や船級協会の技術基準で定める必要を指摘する見解として、Mika Viljanen, *Insuring autonomous vessels – Scoping the issues*, in *AUTONOMOUS SHIPS AND THE LAW* 215 (Routledge, Edited by Henrik Ringbom et al., 2021). この問題に対しては、現在の技術基準からすると、原則として、現実に乗り組んでいる乗組員の判断を優先させるべきではないかとも考えられる。

⁴⁸ Zoumpoulia Amaxilati, *supra* note 40, at 124-125.

タイプの自動運航船の衝突責任について考察する。

この場合も、当該遠隔コントロールセンターが船舶所有者によって運用されているのか、それとも独立した事業者が運用するのかによって法的な判断が変わり得ることから、その点も分けて検討する。

(i) 遠隔コントロールセンターが船舶所有者によって運用されている場合

●船舶所有者により運用されている遠隔コントロールセンターの航路指示と衝突責任

(設例 10)

船舶所有者 X 社が所有し、運航する船舶甲丸と、船舶所有者 Y 社が所有し、運航する自動運航船乙丸が衝突した。この衝突事故は、甲丸が適切な場所で、かつ適切な方法で錨泊しており、他方で、乙丸は船舶所有者が運用する遠隔コントロールセンターから航路指示のみ受けており、自律航行をしていた際に発生した。このとき、Y 社は X 社に対して、どのような根拠に基づき、どのような責任を負うのか。

このような場合、あくまで自律航行するタイプの自動運航船として考えることができる。そのため、基本的には、現行法を前提とすると、商法 690 条に基づく損害賠償責任を船舶所有者 Y 社は負わない可能性が出てくる。そのため、このようなタイプの自動運航船の場合については、別途、船舶所有者に厳格責任を負わせるべきか否かという議論をすることになると考えられる⁴⁹。しかし、その前段階の議論として、Y 社による航路指示が適切なものであったのか否かが重要なポイントになると考えられる。例えば、事前の航路指示について、適切ではない航路を選定していたような場合には⁵⁰、それを過失として捉えて、船舶所有者の責任（商法 690 条または民法 715 条 1 項）を認めることは可能であるように思われる。また、自動運航システムに欠陥等があったか否かの検査を怠ったような場合にも⁵¹、船舶所有者の過失が認定できるものと考えられる。

(ii) 遠隔コントロールセンターが独立事業者によって運用されている場合

⁴⁹ 完全自律船舶の衝突責任について厳格責任制度を採用すべきか、それとも過失責任原則を維持すべきかの議論については、南健悟「自動運航船の登場により船舶衝突の民事責任の原則は変わるのか？」日本航海学会誌 NAVIGATION220 号（2022 年）18 頁以下参照。

⁵⁰ 例えば、広島高決令和 2 年 2 月 21 日判時 2490 号 35 頁〔大島大橋衝突事故〕において、航海士が事故発生前に船舶の航海計画を作成したが、その際に、イギリス海洋情報部発行の水路誌の大島瀬戸に関する情報を確認せず、さらに、ルートチェック機能を使用して複数の警告が検知されたことを認めただものの、大島大橋に関する警告を見逃し、さらに ECDIS による推薦航路と異なっていたことが結果として大島大橋に船舶を衝突させた原因の一つであるとされている。もし、陸上の遠隔コントロールセンターにおいて航路指示を自動運航船に対して与える場合、種々の警告や推薦航路を無視したり、見落とししたりしたなどの事情があれば、航路指示を与えた者の過失を認定することができ、ひいては使用者である船舶所有者は責任を負う可能性があるものと考えられる。

⁵¹ もっとも、自動運航システムの堪航性を検査する主体が誰かという問題は残る。現行法上、堪航能力検査義務は船長に課せられているが（船員 8 条）、航路指示のみで、とは完全自律運航するタイプの遠隔操縦船の場合には、別の考慮が働く可能性はある。一応の考え方として、①航路指示を行う者又は他の者を「船長」として位置づけて、現行法上の堪航能力検査義務を当該者に負わせるという考え方と、②船員法 8 条の義務は本来、船舶所有者の義務ではあるが、それを履行補助者である船長に委譲していると考え、船舶所有者自身の堪航能力検査義務を措定するという考え方もあるように思われる。

●独立事業者により運用されている遠隔コントロールセンターの航路指示と衝突責任

(設例 11)

船舶所有者 X 社が所有し、運航する船舶甲丸と、船舶所有者 Y 社が所有し、運航する自動運航船乙丸が衝突した。この衝突事故は、甲丸が適切な場所で、かつ適切な方法で錨泊しており、他方で、乙丸は独立した遠隔操船事業者が運用する遠隔コントロールセンターから航路指示のみ受けており、自律航行をしていた際に発生した。このとき、Y 社は X 社に対して、どのような根拠に基づき、どのような責任を負うのか。

このような場合、設例 10 で述べたような、航路指示者に過失があるとしても、あくまで航路指示者は船舶所有者の被用者ではなく、独立した遠隔操船事業者の被用者である以上、商法 690 条に基づき船舶所有者が責任を負うことはなく、結果として、独立した遠隔操船事業者のみが民法 715 条 1 項に基づき損害賠償責任を負うことになる可能性がある。そして、前記 3 (2) (ii) と同様に、独立した遠隔操船事業者に船主責任制限法に基づく責任制限を享受し得ない可能性が出てくるであろう。また、考え方として、既に述べたように、このような枠組みが妥当するか否かを検討する必要がある。つまり、独立した遠隔操船事業者にのみ責任を負わせ、他方で、船舶所有者は責任を負わないということの妥当性を考察しなければならないであろう⁵²。

⁵² ただし、この点については、(註 46) も参照。

4. 自動運航船と船舶保険

4.1 自動運航船による衝突と免責事由

(1) はじめに

2 及び 3 では自動運航船における衝突責任について、各設例に応じて検討した。次に、自動運航船の事故により衝突損害が生じた場合に、現在の船舶保険においてどこまで対応できるのかなどを検討することとする。

ところで、自動運航船による衝突が発生した場合に、一つ問題となるのは、保険者の免責事由との関係がある。1.2 項で概説したように、船舶保険においては保険事故が発生したとしても、当該保険事故が一定の事由により生じた場合には、保険者免責とされる。本稿では、特に、①被保険船舶に存在する欠陥・被保険船舶が堪航能力を欠く場合（船舶普通約款 17 条参照）、②海賊行為等（船舶普通約款 14 条参照）をひとまず検討することとする⁵³。

(2) 船舶保険における「被保険船舶に存在する欠陥」・「堪航性を欠く船舶の場合」

現在の船舶保険においては、保険契約者または被保険者が相当の注意を払わずに、「被保険船舶に存在する欠陥」を発見することができなかつたときや、「被保険船舶が発航（寄港国からの発行を含む。）の当時、安全に航海を行うのに適した状態になかつたこと」が生じた場合には、それらによって生じた損害について保険金が支払われない。一般的に、前者の免責事由は、保険制度の基本となる偶然な事故に当たるか疑問があり、仮に偶然と言える場合であっても頻繁に生じる事象を保険の対象とすると、その分、保険料が高くなって保険制度として合理的ではなくなるためである⁵⁴。また、後者の免責事由は、このような事由であっても保険金を支払うことになると、経費を下げるために、船舶の安全性を確保するための努力や注意が弱くなってしまい、自己や損害を未然に防止する努力を怠ってしまう場合があり得るからである⁵⁵。

自動運航船により衝突事故が生じることを仮定すると、自動運航システムの不備等が「被保険船舶に存在する欠陥」や「堪航性を欠く船舶の場合」に該当するかどうかの問題となる⁵⁶。この点に関連して、従来、船舶保険実務では、一般的に、堪航能力を物的堪航性と人的堪航性とに分け、後者に関して、公法的規制が適切かつ十分なものであることを前提に、船舶が公法的規制に適合する状態をもって、堪航能力を具備することの一応の証拠と判断としているという⁵⁷。したがって、いずれのタ

⁵³ これらの問題に加えて、例えば、学説上指摘されている論点として、IMO の自動運航レベル 3（無人の遠隔操縦船）の場合に、陸上の遠隔コントロールセンターの遠隔操船者は、現実に船舶に乗り組む乗組員と異なり、安全に対する意識が異なり得ることから、不安全な航行を行うインセンティブが生じ、それに対して、保険者がそのようなモラルハザードにどのように対応すべきか、という点が指摘されている（Mika Viljanen, *supra* note 47, at 215）。

⁵⁴ 前掲註 17・中出 68 頁。

⁵⁵ 前掲註 17・中出 68 頁。

⁵⁶ Peter Macdonald Eggers QC, *Maritime Autonomous Surface Ships: Marine Insurance Response to Risks*, in *ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND AUTONOMOUS SHIPPING – DEVELOPING THE INTERNATIONAL LEGAL FRAMEWORK* 151-152 (Hart Publishing, Edited by Barış Soyer and Andrew Tettenborn, 2021)は、船舶に搭載されているコンピューター、ソフトウェア及びネットワークシステムの欠陥は保険契約上の不堪航になる可能性を示唆する。

⁵⁷ 前掲註 42・久保 73 頁。

イプの自動運航船であったとしても、堪航能力を備えた船舶の引受け及び堪航能力担保義務の判断という観点から、公法的規制による堪航性の充足要件が明確なものとなる必要があると指摘されている⁵⁸。

ここにいう、「被保険船舶に存在する欠陥」⁵⁹と「船舶の不堪航」の関係は、伝統的な論点として存在しているが⁶⁰、本稿では、その点には立ち入らず、自動運航システムの欠陥等がそれらに該当するか否かが問題となることを触れることにとどめる。特に、これらの免責事由は、いずれも保険契約者または被保険者が相当の注意を払っていたか否かが重要であることから、例えば、自動運航システムに係るプログラムについて適切性を有しているのか、ソフトウェアのアップデートが適切に実施されているかどうかも重要な要素と言えよう。結局、アップデートの未実施が事故原因であった場合には免責事由（原因免責）となる可能性が示されている⁶¹。このことは、遠隔操縦船における通信設備への検査等についても同様であると考えられる。もっとも、堪航性の検査等との関係からは、従来、船舶の堪航性検査は船体に対する検査が重要とされてきたが、自動運航船については陸上の遠隔コントロールセンターに対する検査等をどのように行うのかなどが問題となると考えられる。特に、陸上の遠隔コントロールセンターが船舶所有者の所在国とは異なる国にある場合には、遠隔コントロールセンターに対する検査はセンター設置国による検査が行われることが想定され、そのような国際的なレジームをどのように確立すべきか、が一つの論点になると思われる⁶²。

(3) サイバー攻撃と海賊行為

自動運航船を社会実装するに当たり、従来から指摘されている点は、サイバー攻撃により自動運航船が乗っ取られるような状況が生まれた場合には、どうするのかという点が問題とされてきた⁶³。現在では、多くの船舶保険において用いられている条項として、「本契約は、損害を与える方法として、いかなるコンピューター、コンピューター・システム、コンピューター・ソフトウェア・プログラム、

⁵⁸ 前掲註 42・久保 73 頁。

⁵⁹ 被保険船舶に存在する欠陥を通常、固有の瑕疵と呼び、目的物（船舶）に内在する欠陥や異常、すなわち、本来あるべき状態に欠けていることをいうとされる（前掲註 17・木村＝大谷＝落合編 178 頁）。

⁶⁰ 学説上の議論については、松島恵『海上保険における固有の瑕疵論』（成文堂、1979年）71頁以下参照。一般的には、船舶保険において、不堪航は被保険船舶の瑕疵ともいえるが、船舶の堪航性は、船体や機器類の物理的な状態に加え、航海に必要な書類の備付け、法律上求められる検査の受検など、種々の要素を包含しており、その意味において、「堪航性を欠く」ということの意味は、「被保険船舶の欠陥」よりも広い意味を有するといえる（前掲註 17・木村＝大谷＝落合編 179 頁）。

⁶¹ 前掲註 42・久保 73 頁～74 頁。逆に、堪航能力の担保は、例えば、セキュリティ上の脆弱性を修正するためのパッチのインストールやソフトウェアのアップデートによってなされ得ることを指摘するものとして、Paul Dean, Henry Clack and Astrid Ainley, *Autonomous systems – Cyber risks and seaworthiness*, in *DISRUPTIVE TECHNOLOGIES, CLIMATE CHANGE AND SHIPPING* 53 (informa law, Edited by Bariş Soyer and Andrew Tettenborn, 2022).

⁶² また、船舶等に対する検査について、船級協会は、船舶自体の検査及びメンテナンスにつき認証された全ての設備に関する技術的及び工学的な仕様を標準化する戦略的な努力を調整する必要がある、さらに、現行の運用手続、リスクマネジメント評価及び新たな製造物技術仕様を含む新たな条項が、現在のものに付け加えられる必要があることを示す見解が見られる（Tafsir Johansson, *International Standards for Hull Inspection and Maintenance of Robotics and Autonomous Systems*, in *EMERGING TECHNOLOGY AND THE LAW OF THE SEA* 212 (Cambridge, Edited by James Kraska and Young Kil Park, 2022).

⁶³ 本節の記述は、前掲註 49・南「自動運航船の登場により船舶衝突の民事責任の原則は変わるのか？」22 頁～23 頁に依拠している。

不正なコード、コンピューター・ウィルスもしくはプロセス、または電子システムの使用もしくは操作に直接的に起因、または、それから生じた損害賠償責任または費用については補償しないものとする」という、いわゆる CL380 条項がある。また、P&I 保険においても明示的にサイバー・リスクをカバーの範囲外にしているわけではないものの、海運会社が IT データの復元のために身代金を支払うように脅迫された場合には、当該費用について保険カバーから排除されているという⁶⁴。したがって、現時点では、そもそもサイバー攻撃などにより自動運航船が乗っ取られた場合には、そもそも保険カバーの範囲外となるものと思われる。

他方で、サイバー攻撃によって自動運航船が乗っ取られる場合には、免責事由である海賊行為に該当するか否かという点も一応問題となる。この点、従来、海賊とは、海上保険分野においては、私利私欲のために海上財産を略奪、襲撃その他の加害行為をなすことであるとされ⁶⁵、日本の裁判例⁶⁶では、私的な海上集団強盗をも含む概念であると理解されている。また、イギリスの解釈によれば、集团的暴力行為または暴力行使の脅しを伴うこととされている⁶⁷。したがって、このような概念整理からすれば、自動運航システムに対するハッキング等により船舶及び積荷等を略奪する行為は、必ずしも海賊行為には該当しない可能性がある。結局、サイバー・リスクに対する対応を船舶保険においても検討する必要があるものと考えられる⁶⁸。

(4) 自動化レベル 3 及び 4 における運航設計領域と船舶保険

●運航設計領域外における運航と以後免責

(設例 12)

船舶所有者 X 社が所有し、運航する船舶甲丸と、船舶所有者 Y 社が所有し、運航する自動化レベル 4 の自動運航船乙丸が衝突した。自動運航船乙丸においては適切に運航設計領域が設定されていたが、周辺環境の状況から、衝突当時は運航設計領域外といえる状況であった。

自動化レベル 4 においても運航設計領域外の運航については、自動運航システムに依拠することはできない。それでは自動運航システムの運航設計領域外になったにもかかわらず、それに対して適切な対応をとらないまま、衝突に至ったような場合に、船舶保険金は支払われるのだろうか。

商法 823 条は、被保険者が発航又は航海の継続を怠ったとき、被保険者が航路を変更したとき、または保険契約者または被保険者が危険を著しく増加させたときには、保険者は、その事実が生じた時以後に発生した事故によって生じた損害をてん補する責任を負わないと定めている（以後免責）。また、船舶保険約款においても、保険契約締結後、保険証券記載の航路定限外への航行や、通常の航路でない場所の航行をする場合には、保険契約者または被保険者は予め保険者に通知して、その事実についての承諾を請求しなければならないとされる（船舶保険約款 22 条 1 項 1 号）。そうすると、通常、

⁶⁴ Lucy Carey, *Autonomous Ships and Hull and Machinery Marine Insurance*, in MARITIME ORGANIZATION, MANAGEMENT AND LIABILITY – A LEGAL ANALYSIS OF NEW CHALLENGES IN THE MARITIME INDUSTRY 270 (Hart Publishing, Edited by Stephen Girvin and Vibe Ulfbeck, 2021).

⁶⁵ 前掲註 17・藤澤＝小林＝横山 300 頁。

⁶⁶ 東京高判昭和 41 年 4 月 18 日判時 454 号 55 頁。

⁶⁷ 前掲註 17・藤澤＝小林＝横山 300 頁。

⁶⁸ サーバー・リスクマネジメントが自動運航船の社会的受容性との関係で重要であることを指摘するものとして、George Leoudas, *Cyber Risks, Autonomous Operations and Risk Perceptions*, in ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND AUTONOMOUS SHIPPING – DEVELOPING THE INTERNATIONAL LEGAL FRAMEWORK 113 (Hart Publishing, Edited by Barış Soyer and Andrew Tettenborn, 2021).

想定されるのは、運航設計領域外の航行を船舶保険における航路定限外の航行として位置づけ、保険者が引き受けた危険の著増に該当することから上記以後免責事由に該当するのではないかとの見解が見られる⁶⁹。もっとも、運航設計領域内か外かという点は、自船及び他船の状況、そして、周辺環境に大きく依存することに鑑みれば、単純に、運航設計領域外で適切な航行をしなかったというだけで、航路定限外の航行と同様に、危険の著増に当たるとして以後免責になるとは限らないようにも思われる。

4.2 独立事業者である遠隔操船者の存在と船舶保険

最後に、遠隔操船者が船舶所有者ではなく独立した遠隔操船事業者の被用者であったような場合には、船舶保険との関係で何らかの問題が生じる可能性があるのだろうか。すなわち、このような場合には、遠隔操船事業者の賠償責任をどのような保険商品によって引き受けるかが問題となるとされ、その一つの考え方として、遠隔操船事業者自身が賠償責任保険を自ら付保すること、または、相手船主等の損害回収の便宜に配慮して、自動運航船の船舶保険において遠隔操船事業者を船主に加えて賠償責任に関して被保険者とする引受形態が考えられるという⁷⁰。

⁶⁹ 前掲註 42・久保 74 頁。

⁷⁰ 前掲註 42・久保 66 頁。

5 提言

5.1 本稿の結論

本稿では、現行法の枠組みを前提に、自動化レベル 3 及び 4 の自動運航船の衝突責任、陸上の遠隔コントロールセンターからの遠隔操船タイプの自動運航船の衝突責任及びそれに関連する保険の論点について検討した。

第一に、自動化レベル 3 及び 4 の自動運航船の衝突責任については、フォールバックや運航計画領域からの逸脱時に船員が適切な対応をとるべきであったのにもかかわらず、そうしなかった場合に、船員の過失が認められ、現行法の枠組みにおいても船舶所有者が損害賠償責任を負う可能性があることを示した。また、自動運航システムの欠陥等については、発航時に、船長（または船舶所有者自身）が当該システムの適切性についてきちんと検査を行っていたか否かという点に過失判断に移行する可能性を示唆する。たとえ、自動運航システムによって自律航行している場合であっても、操船以外の部分において過失が認定される可能性があれば、現行法の枠組みをいたずらに修正する必要はないのではないかと考えられる。しかしながら、最大の問題は、そもそもフォールバックに係る警告もなく、また運航設計領域内においても船長その他の船員が当該自動運航システムに依拠してもよいのかという点であるように思われる。自動運転自動車と異なる判断が可能であるのか、議論の余地がある。

第二に、陸上の遠隔コントロールセンターからの遠隔操船タイプの自動運航船の場合の衝突責任については、当該遠隔操船者が船員といえるかという問題はあるにせよ、現行法の解釈の中で、現在と同様の結論を導くことは困難ではないように考えられる。しかしながら、遠隔操船者が船舶所有者から独立した遠隔操船事業者の被用者であったような場合には、現行法の枠組みと、異なる結論がもたらされることが示唆される。というのも、商法 690 条にせよ、民法 715 条 1 項にせよ、船舶所有者と雇用関係や委任関係等が存在していることが前提とされ、独立した遠隔操船事業者と請負関係が形成されるような場合には、あくまで当該遠隔操船事業者が使用者責任を負うことになる。そうすると、遠隔操船事業者のみが責任を負い、船舶所有者が原則として衝突責任を負わない事例が現れ得る。したがって、遠隔コントロールセンターからの遠隔操船タイプの自動運航船については、遠隔操船者が誰の被用者であるのか否かによって結論が変わる可能性が示唆された。このような結論の違いを受け容れるべきか否かという問題を検討する必要はあろう。

第三に、自動運航船の衝突責任に関して保険制度との関係についても考察した。この点については、二点ほど大きな論点が生じ得ることを示した。すなわち、一つは、自動運航システムの欠陥等が保険者の免責事由である堪航能力の欠如に当たる可能性があること、もう一つは、サイバー攻撃によるリスクに対して現在の船舶保険においては対象になっていないことから、今後、サイバー・リスクに対して保険制度をどのように構築すべきか、という問題について保険業界との検討が引き続き重要であるように思われる。

5.2 提言

そこで、今後、自動運航船の衝突責任に関連して検討すべき点を提言したい。

①船員が自動運航システムに依拠することを許容するか？

自動運転自動車の場合には、運転手は一定以上の自動化レベルにおいては、自動運転システムに依拠することが認められ、たとえそのような状況の下で事故を起こした場合であっても、過失を問わないと考えられている。しかし一方で、船舶の場合にも、それと同じように考えることができるかを議論する必要があると考える。確かに、自動車運転免許の場合であっても、国家資格の保有者ではあるが、他方で、海技免状ほど、取得に訓練や期間が必要ではない。そして、船舶の運航者は専門的職業人であって、単なる資格保有者とは異なるようにも思われる。そうすると、専門的職業人である船員が自動運航システムに完全に依拠して、航海当直や見張りも免除された状態での運航をどこまで認めるべきか、ということが重要な論点になると考えられる。

②独立遠隔操船事業者の存在

遠隔コントロールセンターから遠隔操船者が自動運航船を操縦するような場合、基本的に、遠隔操船者に過失があったとしても、船舶所有者は衝突責任を負わず、遠隔操船者の使用者である遠隔操船事業者のみが責任を負う可能性が指摘される。現行法の枠組みを変更しない場合には、このように結論が変わる可能性が想定されるが、このような違いを受け容れるか否かが問題となる。もし、遠隔操船事業者ではなく船舶所有者に責任を負わせるのであれば、現在のマンニング会社のように船員派遣において、船舶所有者と派遣船員との間で雇入関係を強制的に形成するという事も考えられる⁷¹。また、たとえ船舶所有者と遠隔操船者との間で雇用関係等を形成させないとしても、実際の遠隔操船においては船舶所有者の指揮監督の下で操船させるような体制の構築を検討する必要があるかもしれない⁷²。

③サイバー・リスクと保険

既に述べた点であるが、自動運航船の社会実装においては、サイバー・リスクへの対応が重要となる。現在の船舶保険契約においては、サイバー・リスクが付保の範囲外となっており、今後、サイバー攻撃によって生じる損害額やリスクを検証していく必要があるのではないだろうか。

⁷¹ 場合によっては、船員職業紹介に関して、船員職業安定法等の改正も視野に入るかもしれない。

⁷² もっとも、実際に、独立遠隔操船事業者が責任を負う可能性があるのであれば、当該事業者は自らの責任を回避すべく、船舶所有者の指揮監督の下に遠隔操船者をおく可能性は高まるのではないかと。



この報告書は、日本財団の助成金を受けて作成しました。

MEGURI2040に係る安全性評価

2022年度 成果報告書
概要版

2023年（令和5年）6月発行

発行 一般財団法人 日本船舶技術研究協会

〒107-0052 東京都港区赤坂2丁目10番9号 ラウンドクロス赤坂

TEL 03-5575-6428 FAX 03-5114-8941

URL <http://www.jstra.jp/> E-mail info@jstra.jp

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。

