

1.4.3 総合調整、ガイドライン策定等

1.4.3.1 事業計画

無人運航船の安全性評価等事業の全体計画を踏まえた今年度の年度計画を表 1.4.8 に示す。

表 1.4.8 安全ガイドライン策定等の年度計画

項目	③総合調整、ガイドライン策定等
全体計画	<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。
年度計画	<ul style="list-style-type: none"> ■ 無人運航船安全ガイドラインの検討・骨子策定 ■ 無人運航船のリスク解析ガイドラインの検討 ■ 関連情報の調査

1.4.3.2 事業成果

今年度の実施事項（事業成果）を表 1.4.9 に示す。

図 1.4.17 に示すように国際海事機関（IMO）において自動運航船の規則策定に関する作業ロードマップが示された。これを受け、図 1.4.18 に示すとおり、事業計画の見直しを行った。

図 1.4.19 - 01) から - 40) に今年度の事業成果の概要を示す。

また、巻末の資料 5 にガイドライン骨子案・IMO 提案を示す。

表 1.4.9 安全ガイドライン策定等の今年度の実施事項（事業成果）

項目	③総合調整、ガイドライン策定等
今年度の実施事項（事業成果）	<ul style="list-style-type: none"> ■ 無人運航船安全ガイドラインの検討・骨子策定 <ul style="list-style-type: none"> ➢ コンセプト整理（目的・対象・目標/機能要件/仕様要件・認証等） ➢ 他のガイドラインとの比較（船舶の自動化装置、自動車の自動運転等） ➢ 実証事業・他事業の結果のフィードバック 等 ■ 無人運航船のリスク解析ガイドラインの検討 <ul style="list-style-type: none"> ➢ IMO の自動運航船トライアル暫定ガイドラインへの対応 ➢ 無人運航船安全ガイドラインへの対応の整理（リスク評価の位置づけ等） 等 ■ 関連情報の調査 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 無人運航船関連の調査（自動化レベル、船舶の自動化設備の要件等） ➢ 交通輸送機器等の自動運転の安全性確保に関する技術動向の調査（鉄道分野、建設分野、農業分野）

□ MSC 105 (2022年4月) にて、ゴールベース型MASS規則 (MASSコード) の策定に関する作業ロードマップに合意 (随時見直し)。強制化を最終目標に、非義務コード等より作業開始予定。

	MSC 106 22年11月	MSC 107 23年前半	MSC 108 24年前半	MSC 109 24年後半	MSC 110 25年前半
共通の潜在的課題・テーマ*	➢ 検討開始	➢ 要すれば継続	➢ 同左		
用語策定	➢ 検討開始	➢ 要すれば継続	➢ 同左		
MASSコード (義務/非義務) 及び関連ガイドライン (非義務)	➢ 規則の主要原則及び目的・目標の検討 ➢ スcope及び枠組みの検討 ➢ 非義務コード策定開始	➢ 検討継続	➢ 非義務コードの最終化	➢ 非義務コードの採択 ➢ 義務コード案の最終化	➢ 義務コード採択
その他	➢ 3委員会合同WGでの検討事項の特定 (以降、要すれば継続) ➢ 小委員会関与の必要性・タイミングの検討	➢ 既存規則類の要改正箇所及び対応策の検討 (以降、継続) ➢ 小委員会関与の検討	➢ コード義務化方法の検討	➢ 義務化のための条約改正案の最終化 ➢ 今後の作業の要否検討 (継続/新規/終了)	➢ 義務化のための条約改正案の採択 ➢ 関連した既存規則類の改正案最終化or採択

*高優先度とされた事項は次のとおり：①MASS及び自動化レベルの定義等の改正要否、②「船長」、「船員」、「責任を有する者」の意味 (役割・責任等)、③遠隔操作所 (監視含む) の要件、④遠隔操船者の役割・責任及び要件。

図 1.4.17 IMO の自動運航船の規則策定に関する作業ロードマップ

③総合調整、ガイドライン策定等 (参考) 事業成果

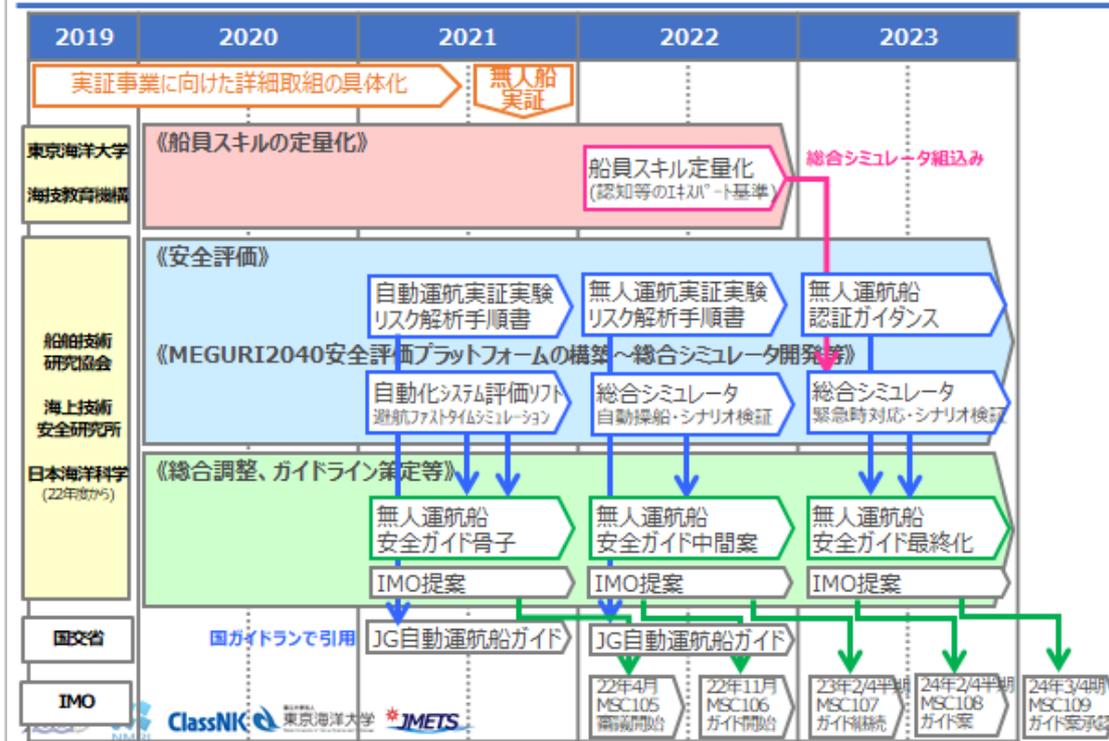


図 1.4.18 IMO の作業ロードマップを受けた事業計画・事業成果の見直し

今年度の事業成果

③ 総合調整、ガイドライン策定等 (安全性評価事業)



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・航空技術研究所
海上技術安全研究所
National Maritime Research Institute NMFRI

図 1.4.19 - 01) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

③ 総合調整、ガイドライン策定等

目次



□ 年度計画

- 今年度の実施事項

□ 安全ガイドラインの検討・骨子策定

- 国際海事機関 (IMO) の審議動向
- 基本整理
- 安全ガイドライン骨子案 (IMO提案)
- 検討課題

□ リスク解析手順書の作成

- 概要
- 各手順書の整理
- 「自動運航船のリスク解析手順書」
- 「実証実験のリスク解析手順書」
- 無人運航船にリスク解析を適用する際の課題の整理

□ 関連情報の調査 (無人運航に関する調査)

- 無人運航船関連の調査 (自動化レベル、船舶の自動化設備の要件、ConOps定義・事例)
- 他モードの自動運転の動向 (鉄道、自動車Lv4自動運転、農機・建機)

図 1.4.19 - 02) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

年度計画



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・航運技術研究所
海上技術安全研究所
National Maritime Research Institute NMFRI

図 1.4.19 - 03) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

③ 総合調整、ガイドライン策定等 年度計画（今年度の実施事項）



□ 安全ガイドラインの検討・骨子策定

- コンセプト整理（目的・対象・目標/機能要件/仕様要件(GBS体系)・認証等）
 - 他のガイドラインとの比較（船舶の自動化装置・自動運航、自動車の自動運転等）
 - 実証事業・他事業の結果のフィードバック
- 等

□ 自動運航船のリスク解析手順書の作成

- IMOの自動運航船トライアル暫定ガイドラインへの対応
 - 無人運航船安全ガイドラインへの対応の整理（リスク評価の位置づけ、代替設計等）
- 等

□ 関連情報の調査

- 委員会意見を踏まえ検討
- 等

4

図 1.4.19 - 04) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

安全ガイドラインの検討・骨子策定



図 1.4.19 - 05) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

安全ガイドラインの検討・骨子策定
IMOの審議動向～MSC 104の審議結果（2021年10月）

□ 無人・自動運航船の安全に関する作業計画の合意

- 5月のMSC 103では、2018年から進められていた（RSE）が完了。基準作成に向けた作業計画策定、自動運航システムの適用等に関するガイドライン策定等が優先検討事項として特定。
- これを踏まえ、ゴールベース型の自動運航船の基準作成、リスク評価や性能標準等を含むガイドライン策定をはじめとする優先検討事項に着手すべきとの提案文書を日本から提出。
- 10月のMSC 104では、日本提案に沿った形で今後の検討を進めることが合意され、2022年開催予定のMSC105から検討が開始。ただし、日本含む各国は、非義務要件のガイドラインを先行実施し、その後にMASSコードとして義務化（条約改正）を主張する一方、欧米（特にノルウェー）は、義務要件となるMASSコードの早期策定及び関連の条約改正を主張しており、今後の対応が重要。

提案国	MSC 104提案の概要
日本	<ul style="list-style-type: none"> ➢ IMO作業ロードマップの作成 ➢ 「義務要件」となる目標指向型MASS規則の策定 <ul style="list-style-type: none"> ・ 規則の範囲の合意、規則義務化に改正が必要な条約等の特定 等 ➢ 「非義務要件」となるMASS運航暫定ガイドラインの策定（義務化前の先行実施） <ul style="list-style-type: none"> ・ ConOpsの様な運航条件、運航のリスク評価、システムの目標・目的・機能要件・性能基準、MASS運航・システムの関係省庁・ROによる任意承認手続き、MASS運航者の教育・訓練 等
欧州	➢ 「義務要件」となるMASSコードの策定（関連の条約改正含む） ※特にノルウェー意見
ロシア	➢ IMO提案の共同提案国であり、基本は日本と同じスタンス
中国	➢ IMO作業ロードマップの作成（規則・ガイドラインの検討への具体的言及なし）
韓国	➢ IMO作業ロードマップの作成（規則・ガイドラインの検討は非義務要件に焦点おくべき）

MSC 104での各国のスタンス

8

図 1.4.19 - 06) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

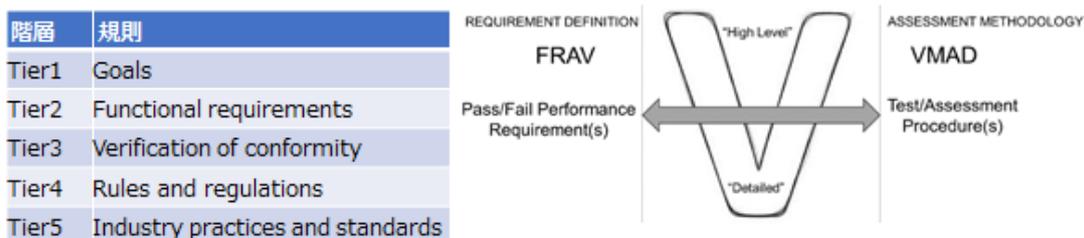
- 2022年11月のMSC 105から安全ガイドラインのIMO審議が開始。
- 一方で、義務要件のMASSコード・義務/非義務要件化含む安全ガイドラインの欧米等とのスタンスの相違もあり、自動運航船の審議が開始の2022年4月のMSC 105に日本のスタンスを提案（目次、目標・機能要件含む安全ガイドラインの骨子案含む）。

	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 1.4.19 - 07)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

- システム・機器の違いはあっても無人・自動運航船はガイドラインの機能要件レベルでは同じ
 - 自動車分野の国際基準もLv3・Lv4は機能要件レベルでは同じ（UNECE/WP29）
- 機能要件・性能基準と認証基準は表裏一体であり、安全ガイドラインでこれらを規定
 - IMOもGBSのTier3までが安全ガイドラインの要件（IGFコード等）
 - ・ 機器の詳細な性能基準・仕様は、IMO決議・ISO規格で規定（INS・IBS性能基準等）
 - ・ 認証基準の詳細は、IMO決議（ガイダンス）・主管庁/船級規則で規定（EEDI認証等）
 - 自動車分野の国際基準も機能要件・性能基準と認証基準は一体
 - ・ FRAV (Functional Performance Requirements for Automated Driving Systems and ADS-Equipped Vehicles)
 - ・ VMAD (Validation Method for Automated Driving)



国際海事機関（IMO）の規則体系
（goal base approachの基準の場合）

自動車分野の国際基準の
機能要件・性能基準FRAVと試験・評価認証基準VMADの関係

図 1.4.19 - 08)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

- IGFコード等のGBS体系に従った形で安全ガイドラインを構成
 - 骨子となる①定義、②MASS目標・機能要件、③一般要件（リスク評価）
 - ・ IGFコードのA部に相当
 - ・ 自動車分野のFRAVに相当した整理
 - 個別要件となる機器・システムの①機能目標・要件、②性能基準、③認証
 - ・ IGFコードのA-1部に相当
 - ・ 性能基準は、IBS・INS性能基準のIMO決議に相当（MSC.64(67)・MSC.86(70)）

PART A 2 GENERAL 2.1 Application 2.2 Definitions 2.3 Alternative design 3 GOAL AND FUNCTIONAL REQUIREMENTS 3.1 Goal 3.2 Functional requirements 4 GENERAL REQUIREMENTS 4.1 Goal 4.2 Risk assessment	PART A-1 SPECIFIC REQUIREMENTS FOR SHIPS USING NATURAL GAS AS FUEL 5 SHIP DESIGN AND ARRANGEMENT 5.1 Goal 5.2 Functional requirements 5.3 Regulations - General 5.4 Machinery space concepts 6 FUEL CONTAINMENT SYSTEM 6.1 Goal 6.2 Functional requirements 6.3 Regulations - General
--	---

ガス燃料船（IGF）コードの構成
 （左：A部 目標・機能要件、右：A-1部 機能目標・要件、性能基準）

図 1.4.19 - 09) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

- 自動車分野の機能要件の例 ～ FRAV（抜粋）
 - 4.1.2 Principles for ODD definition
 - 4.2.2 System Design Capabilities
 - 4.2.3 System-safety functional performance
 - 4.3.2 Response Execution under Normal Driving Conditions
 - 4.3.3 Response Execution to Safety-Critical Objects or Events
 - 4.4.2 Principles for HMI-related functional performance requirements
 - 4.5.2 Principles for safe fallback responses

4.1.2 Principles for ODD definition

- 1) The Operational Design Domain (ODD) describes the operating conditions under which an ADS or feature thereof is specifically designed to function.
- 2) The vehicle manufacturer defines and documents the ODD.
- 3) The safety authority defines methods for describing ODD elements and the manufacturer documentation necessary to enable assessment of the vehicle, system, or feature.
- 4) The vehicle manufacturer transmits the required ODD documentation to the safety authority and/or its designated agent.
- 5) The safety authority and/or its designated agent verifies whether the manufacturer's submission, including ODD definition(s), complies with the documentation requirements.

自動車のFRAV（ODD設定）

図 1.4.19 - 10) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

□ 自動車分野のFRAVに準じた機能要件の整理

自動運転車の安全性に関する要件

- ① 運行設計領域（ODD）の設定
- ② 自動運転システムの安全性
- ③ 保安基準等の遵守等
- ④ ヒューマン・マシン・インターフェース（ドライバー状態の監視機能等の掲載）
- ⑤ データ記録装置の掲載
- ⑥ サイバーセキュリティ
- ⑦ 無人自動運転移動サービス用車両の安全性（追加要件）
- ⑧ 安全性評価
- ⑨ 使用過程における安全確保
- ⑩ 自動運転車の利用者への情報提供

自動運転システムの一般要件

- 海上交通ルールを遵守するものであること。
- 設定された運転設計領域（ODD）の範囲内にあるかどうか確実に認識し、範囲内においてのみ自動運転システムが作動するものであること。
- 自動運転システムの作動は、操船者の意思により行うことができるものであること。
- 制御系やセンサ系の冗長性を確保すること等により、システムの安全性を確保することができるものであること。
⇒冗長性・無人運転の場合は自動運転より要件強化

自動運転システムの追加要件（フェーズ2自動運転・フェーズ3無人運転）

- 設定されたODDの範囲外となった場合又は自動運転に障害が発生した場合、自動運転の継続が困難であるとシステムが判断した場合に操船者に対して介入のための警告を行うこと。
⇒権限移譲・無人運転の場合は自動運転より要件強化
- 操船者に操船権限が奪取されるまでの間、システムの機能を維持又はシステムの機能を制限した状態でシステムの稼働を継続させるフォールバック（縮退操船）を行うこと。
⇒フォールバック（縮退操船）・無人運転の場合は自動運転より要件強化
- システムから操船者に操船が引き継がれない場合、事故等のリスクを最小化する機能を有すること。
⇒リスク最小化制御・無人運転の場合は自動運転より要件強化

自動車の自動運転の安全要件（左）と船舶に置き換えた場合の自動航行システムの機能要件（右）

図 1.4.19 - 11)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

- 非義務要件の安全ガイドラインの骨子として、GBS Tier2相当の次を提案（MSC 105）
- ガイドライン目次（ガイド全体構成のイメージ）
 - ガイドライン第A部（骨子となる①定義、②MASS目標・機能要件、③一般要件）

ガイドライン目次

- A部 MASSの目標・機能要件（Goal and Functional requirements for MASS）
- A-1部 自動化システムの要件（Autonomous systems, Remotely operated systems）
- B部 認証・証書（Verification method, Certification）
- C部 操練（Drills and emergency exercise）
- D部 訓練（Training）

ガイドライン第A-1部の概要

<p>2 GENERAL</p> <p>2.1 Application</p> <p>2.2 Definitions</p> <p>2.3 Alternative design</p> <p>➢ ガイドラインは、SOLAS条約の適用船が対象。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #4a7ebb; color: white;">階層</th> <th style="background-color: #4a7ebb; color: white;">視界</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tier1</td> <td>Goals</td> </tr> <tr> <td>Tier2</td> <td>Functional requirements</td> </tr> <tr> <td>Tier3</td> <td>Verification of conformity</td> </tr> <tr> <td>Tier4</td> <td>Rules and regulations</td> </tr> <tr> <td>Tier5</td> <td>Industry practices and standards</td> </tr> </tbody> </table>	階層	視界	Tier1	Goals	Tier2	Functional requirements	Tier3	Verification of conformity	Tier4	Rules and regulations	Tier5	Industry practices and standards	<p>3 GOAL AND FUNCTIONAL REQUIREMENTS FOR MASS</p> <p>3.1 Goal</p> <p>3.2 Functional requirements</p> <p>3.2.1 Degree of Autonomy</p> <p>3.2.2 Operating conditions for MASS</p> <p>3.2.3 System Safety</p> <p>3.2.4 HMI and Operator Information</p> <p>3.2.5 Safe Fallback Response</p> <p>➢ 目標・機能要件は、自動車FRAVをMASS向けに改良。</p> <p style="text-align: center;">今後の作業</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 第A-1部の検討（IBS・INSの様な性能基準） ➢ 第B部の検討（自動車のVMADの様な認証）
階層	視界												
Tier1	Goals												
Tier2	Functional requirements												
Tier3	Verification of conformity												
Tier4	Rules and regulations												
Tier5	Industry practices and standards												

図 1.4.19 - 12)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

安全ガイドライン骨子案（IMO提案）～MSC 105各国提案



提案国	MSC 105提案の概要
MSC議長 (MSC 105/7)	➢ IMO作業ロードマップ
日本・ロシア・UAE (MSC 105/7/2)	➢ ガイドライン目次（ガイド全体構成のイメージ） ➢ ガイドライン第A部（骨子となる①定義、②MASS目標・機能要件、③一般要件）
ノルウェー (MSC 105/7/3)	➢ 強制要件化のMASSコードの策定 ➢ MASSコード目次（目標・機能要件・個別要件：機関、電気、防火、救命等）
LEG議長・FAL議長 (MSC 105/7/4)	➢ 法律委員会（LEG）と簡易化委員会（FAL）の合同作業部会の設立 ※ 作業部会の議題はMSC 105審議結果を踏まえ検討。
UAE (MSC 105/7/5)	➢ MSC 105/7/4へのコメント文書（合同作業部会の検討結果はロードマップに反映すべき）
韓国 (MSC 105/7/6)	➢ 非強制要件のガイドライン策定
ロシア・UAE (MSC 105/7/8)	➢ MSC 105/7/2へのコメント文書（MASS, Autonomous systems, MASS onboard crew, MASS remote crew等の定義の追加）
ロシア・UAE (MSC 105/7/9)	➢ MSC 105/7/2へのコメント文書（Human Machine Interface, Cybersecurityの議論ポイント）
フィンランド (MSC 105/INF.2)	➢ MASSの自動化レベル（自動車の自動運転レベルをベースとした設定） ※ MSC 105/7/1で提案したがInformation文書に差し替え
ロシア (MSC 105/INF.12)	➢ ロシア国内の自動運航船の実証実験の紹介

図 1.4.19 - 13)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

安全ガイドラインの検討・骨子策定

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
- **冗長性**
 - 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？）
- **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？
- **ヒューマンマシンインターフェース（HMI）**
 - IBS・INSで概念は導入済み、IBS・INSより強化？自動車分野並み？
- **リスク最小化制御（MRM）・最小リスク条件（MRC）**
 - IBS・INSにない概念、自動車分野並み？しかし船舶は急停止できない・時間なければ船員も対応できない・対応失敗の可能性（+αの余裕？）等
- **その他**
 - CONOPSは目標（安全設計）の一部？
 - 安全の検証方法（認証の計算シミュレーションと操船シミュレータのデマケ）
 - 自動化システム取得データの所有権（産業データ利用）
 - 安全の目標レベル（船員・旅客・貨物・環境だが船種・大きさで異なる）
 - 遠隔操船の主体（遠隔基地and/or本船：①完全遠隔操縦船・②遠隔航路指示船）
 - 外部依存する自動化機能の不確実性（衛星情報、通信インフラ等、内航・外航）等

⇒フォローアップ調査の実施（2021年度）

- ①自動化レベル：他の自動運航安全ガイド、自動車等を参照するにはレベルの整理が必要
- ②冗長性の現状：機関区域、航海設備等の既存規則での自動化設備での要件
- ③他モードの現状：自動車Lv3とLv4のタスク・機能・認証、鉄道・建機・重機の自動化（遠隔など）等

17

図 1.4.19 - 14)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

規格	ISO 26262	ISO/PAS 21448 (SOTIF)	ANSI/UL 4600
発行時期	Ver 1 : 2011年11月発行 Ver 2 : 2018年12月発行	2019年1月発行	2020年4月発行
安全性の分野	機能安全 (Fail Safe)	意図した機能の安全性(SOTIF : Safety Of The Intended Functionality)	自動運転の安全性論証、自律走行製品の安全評価規格
策定目的	先進運転支援システム (ADAS : Advanced Driver-Assistance Systems) への対応	自動運転レベル3への対応	自動運転レベル4以上に対応
前提	人間が運転	人間ドライバーが責任を持つ	人間が運転しない自律走行車
規格の特徴	<ul style="list-style-type: none"> システムが故障した際、危害を及ぼすリスクを許容できるレベルまで低減させる安全方策(フェイルセーフ)。 機能安全の定義は、「電気・電子(E/E)システムの機能不全のふるまいにより引き起こされるバグが原因となる、不合理なリスクの不在」に限定。 	<ul style="list-style-type: none"> 意図された機能面での不足に起因する危険、または合理的に予見可能な誤使用を原因とする不合理なリスクをなくすことをSOTIFと呼ぶ。 潜在的に危険なシステムの動作に直接つながる可能性がある合理的に予見可能な誤使用も、SOTIF 関連の危険な事象を直接引き起こす可能性のある事象とみなす。 	<ul style="list-style-type: none"> 人による監督を伴わない米国自動車技術会 (SAE : Society of Automotive Engineers) レベル4以上の自動運転を評価するための、安全に関する原則とプロセスを含む。 セーフティケースを規格策定の中心に位置づけ、「自動運転が十分に安全であると論証する構造化された方法」を提示する、ゴールベースアプローチ。技術中立となる。
規格のポジション	産業全般の機能安全を対象とする IEC 61508 の分野規格として、自動車に適合する機能安全規格がISO 26262として発行された。	ISO 26262はシステムエラーが発生した場合の安全上のリスクへの対処が目的であるが、ISO/PAS 21448はシステムエラー以外の安全上のリスクを想定する。	ISO 26262、ISO 21448とは照合せず、これらISO規格の成果をUL 4600においても利用することが可能。UL 4600はISO 26262、ISO 21448を補完する関係となる。

※UL Japan作成

図 1.4.19 - 15)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

自動運航船のリスク解析手順書の作成

図 1.4.19 - 16)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

リスク解析手順書
概要



- 国際海事機関（International Maritime Organization、IMO）において、自動運航船の実証実験のための暫定ガイドライン（IMO MASS暫定ガイド）が策定されており、リスク解析が求められている。
- 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おり、それらにおいてもリスク解析が求められている。更には、本事業において作成中の安全ガイドラインにおいて、無人運航船のリスク解析の実施を明記する予定。
- しかしながら、具体的なリスク解析の方法等については示されていない。
- このため、実証実験の実施や自動運航船や無人運航船の開発において、開発者等の負担が大きくなっている恐れがある。
- 自動運航船や無人運航船の安全性向上&開発者の負担軽減&開発促進に貢献するために、下記を実施：
 - ① 「実証実験のリスク解析手順書」の作成
 - ② 「自動運航船のリスク解析手順書」の作成
 - ③ 無人運航船にリスク解析を適用する場合の課題の整理（次年度以降に作成する「無人運航船のリスク解析手順書」作成に資するため）



19

図 1.4.19 - 17) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

リスク解析手順書
各手順書の整理



- 各手順書の対象船舶や着眼点等について整理を実施
- リスク解析の「手順」としては同じため、将来的には統合予定

	実証実験リスク解析手順書	自動運航リスク解析手順書	無人運航リスク解析手順書
基ガイド	IMO：MASS暫定ガイド	国交省：自動運航船に関する安全ガイドライン	IMO：MASS 安全ガイド（今後、提案・審議予定）
対象船舶	国交省フェーズI、II、III自動運航船	国交省フェーズII自動運航船	国交省フェーズIII自動運航船
着眼点	・シャドー要員へ安全に権限が移行される必要がある	① 運航設計領域内では、システムとして安全を確保（対策として冗長化等を第一に検討。それが難しい場合は運航設計領域の縮小） ② システムから船員への権限移行の際に、適切に船員へ権限移行される必要がある ③ MRC/MRMは手動操船	①と②は自動運航リスク解析手順書と同じ ③MRC/MRMがどのようなものであるかを考え、適切にMRC/MRMに移行される

(参考：国交省フェーズ)
 フェーズI：IoT技術活用船舶
 フェーズII：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
 フェーズIII：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



20

図 1.4.19 - 18) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

リスク解析手順書 「自動運航船のリスク解析手順書」

- 初期設計時及び詳細設計時に実施するリスク解析に関して、準備すべき資料やリスク解析の手順等について説明
- 各船級ガイドや欧州PJ報告書等に記載のハザードや**実証実験のリスク解析レビューで得られたハザード**を項目ごとに「考慮すべきハザードの例」として整理
- **国交省「自動運航船に関する安全ガイドライン」（令和4年2月公開）において引用（手順書は船技協HPで先行公開）**
- HAZID WS例を次年度追加予定





図1 自動運航船のリスク解析の手順

表1 実証実験のリスク解析で得られたハザード
(船級ガイド等には記載無)

分類	ハザード
船上乗組員 (フォールバック)	不適切な避航航路を熟認 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、船上乗組員が対応できない

2.1.10 リスク評価の実施

自動化システムのシステム供給者、システム統合者及びシステム所有者は、リスク評価を協力して実施することにより、設定された運航設計領域における安全性を事前に確認することが重要である。

リスク評価の実施にあたっては、対象となる船舶のハード面やオペレーション等のソフト面を考慮する必要がある。

具体的実施方法についての参考文献例：日本財団助成事業・NMFRI2040に係る安全性評価「自動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）、URL：https://www.jsra.jp/a4b02/a4b2c01/post_216.html



図2 国交省ガイドにおけるリスク評価の実施要求とリスク解析手順書の引用

21

図 1.4.19 - 19)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

リスク解析手順書 「実証実験のリスク解析手順書」

- 実証実験前に実施するリスク解析に関して、準備すべき資料やリスク解析の手順等について説明（「自動運航船のリスク解析手順書」を実証実験用に修正）
- 実証実験に関するHAZID WSサンプル（一部）の付録付き



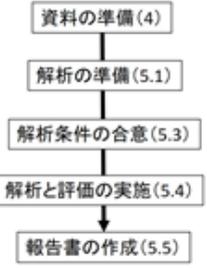


図1 実証実験のリスク解析の手順

ID	ハザード	原因	結果	既存対策	対策前			追加対策	対策後			コメント
					SI	FI	RI		SI	FI	RI	
フェーズ：港外航海												
システム：自動船舶制御装置												
1	行動計画を策定できない	・自動船舶制御装置の故障 ・ソフトウェアの不具合 ・航海計画や自船・他船・環境情報等が入力されない	・避航操船が適切に実行されない ・他船／漂流物等への接近 ・衝突	・船上乗組員（シャドー要員）が危険と判断した場合にフォールバック実施	1	5	6	・予行実験によるバグの除去 ・ソフトウェア開発者が同乗し、ソフトウェア修正を実施 ・予備機の準備	1	4	5	
システム：シャドー要員												
7	フォールバック操作の必要な時にフォールバックを実施しない又は遅れる	・フォールバックの必要性を判断できない（HMI） ・システムへの過負荷（通常の船員業務に加えてフォールバック要員としての業務がある） ・フォールバック訓練が不十分	・異常が発生したまま自動操船継続 ・他船／漂流物等への接近 ・衝突	・システムに関する講習実施 ・フォールバック対応に関するマニュアル作成、講習及びシミュレーションの実施	2	2	4	・適切なHMI設計 ・人員の追加（船員又はメーカー技師等）	2	1	3	



図2 HAZID WSサンプルの例

22

図 1.4.19 - 20)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

- 無人運航船のリスク解析に特有と思われる課題
 - ✓ 自動運航船の場合は、MRC/MRM=手動操船と考えられるが、無人運航船の場合のMRC/MRMは？（様々なMRC/MRMが考えられる？）
 - 無人運航船のリスク解析では、様々なMRC/MRMを想定し、それに関連するハザード同定をする必要があると考えられる。どのようにして想定するか？どの程度想定すれば良いか？等に関して課題があると思われる。
 - ※1: Minimum Risk Condition (MRC) : 事故リスクが十分低い状況での停止状態（自動車の場合）
 - ※2: Minimum Risk Maneuver (MRM) : MRCに至るまでの車両運転制御（自動車の場合）
 - ✓ Acceptance criteriaをどうするか（既存船舶との比較？）
 - リスク比較のために定量化/半定量化が必要であるが、データが少なく定量化が難しい→ベイズ推定が有効?(UL4600*等でも言及有り)
 - ※UL4600 : レベル4自律走行車の安全規格
-
- 無人運航船に関わらず自動運航船/無人運航船のリスク解析の今後の課題
 - ✓ 本事業で検討中のIMO MASS安全ガイドは「船」が対象。各船級ガイドの対象は自動化システム&船
 - 対象（船or自動化システム）や設計段階（初期設計or詳細設計等）等に応じたリスク解析手法の整理・深堀が必要

図 1.4.19 - 21)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

➢ リスク解析の解析支援&レビューで得た知見を活かして、リスク解析の手順や注意事項等を纏めた手順書を作成。また、無人運航船にリスク解析を適用する際の課題整理を実施。

- 実証実験のリスク解析手順書（作成済み）
- 自動運航船のリスク解析手順書（作成済み）
- 無人運航船のリスク解析手順書（今後、作成予定）



無人運航船の安全性向上と開発者の負担軽減に貢献！

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	3
4. 用意すべき資料	4
4.1 初期設計に対する解析で必要となる資料	4
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	5
5.1 解析の準備	5
5.2 検討組織	6
5.3 解析条件の合意	6
5.4 解析と評価の実施	9
5.4.1 ハザード同定	9
5.4.2 リスクの階層化	10
5.4.3 初期設計に対するリスク解析及び評価	11
5.4.4 詳細設計に対するリスク解析及び評価	11
5.5 報告書	11
付録1 解析対象範囲の確定作業の例	13
付録2 考慮すべきハザードの例	17
付録3 代表的なリスク解析手法の概要	20
参考文献	23

自動運航船のリスク解析手順書（表紙・目次）
※国交省「自動運航船に関する安全ガイドライン」（令和4年2月公開）において引用

図 1.4.19 - 22)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

関連情報の調査（無人運航に関する調査）



図 1.4.19 - 23) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

無人運航に関する調査

目次



- 概要
- 無人運航船関連の調査
 - ①安全ガイドラインの対象となる無人運航船に係る(a)自動化レベル等の調査
 - ②機関区域、航海設備等の自動化設備の要件調査
 - ③ConOpsの定義及び事例の調査
- 他モードの自動運転の動向
 - 鉄道分野の自動運転の安全性確保に関する動向
 - ①鉄道分野の自動運転の現状
 - ②一般路線における自動運転の技術要件検討状況
 - 自動車分野の自動運転の安全性確保に関する動向
 - ①自動車分野の自動化レベル
 - ②自動車分野の「性能基準」と「評価（認証）基準」の現状
 - その他の分野の自動運転の安全性確保に関する動向
 - 「農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン」
 - 「無人化施工 設計施工マニュアル」
- 自動運航船に関する海外動向調査
 - 関連国際学会に参加し、情報収集
 - Autonomous Ship Technology Live 2021, IFAC CAMS 2021, ICMASS 2022
- まとめ

26

図 1.4.19 - 24) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

- 無人運航船安全ガイドライン案の策定に資するために必要な次の事項の調査を行う
- ① 安全ガイドラインの対象となる無人運航船に係る(a)自動化レベル、(b)運航条件及び(c)運航設計領域（ODD）に従った自動運航システムの定義（国土交通省及びIMOがそれぞれ定義する自動化レベル等との関係の整理を含む。海上人命安全条約の対象設備又は当該設備の代替となるものを優先検討。）
 - ② 機関区域、航海設備等の海上人命安全条約に規定する自動化設備の要件、欧州等の自動運航船及び国内の自動運転車のガイドラインの概要（①準拠した整理を含む）
 - ③ ①に記載する運航条件の事例となるConOps（Concept of operations）の定義とその設定事例（定義はISO/TR 17427-3:2015を含む。自動運航船、自動車の自動運転等の事例。）
 - ④ 船舶以外の交通輸送機器等の自動運転の安全性確保に関する安全技術、安全性評価等の動向
 - ⑤ 自動運航船に関連する国際会議に参加し、海外の自動運航船の開発動向や、最新の技術に関する情報を収集

図 1.4.19 - 25)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

①安全ガイドラインの対象となる無人運航船に係る(a)自動化レベル等の調査

□ 調査の概要

- 安全ガイドラインの対象となる無人運航船に係る(a)自動化レベル、(b)運航条件及び(c)運航設計領域（ODD）に従った自動運航システムの定義
 - i. 自動化レベルに関して、IMOや国交省、各船級ガイド等で定義されているが、統一されていないため、まずはそれらの整理（どんな観点で定義されているか）を実施
 - ii. 整理結果に基づき、新たな自動化レベルの定義案を設定
 - iii. 新たな自動化レベルに基づき、(a),(b),(c)に従った自動運航システムの定義を実施

表1 IMO Degree of Autonomy (DoA)

DoA	概要
1	(意思決定支援船) 船員が乗船し操船。一部自動化システム搭載
2	(遠隔操縦船) 遠隔地から操船。船員は乗船し操船可能
3	(遠隔操縦船) 遠隔地から操船。船員は乗船しない
4	(完全自動化船) システムが意思決定し操船

表2 国交省の定義

フェーズ	概要
I	IoT技術活用船舶
II	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
III	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



*Alex, S. et al., A Standard Driven Software Architecture for Fully Autonomous Vehicles, of Automotive Software Eng., pp.1-14, 2020.

図 SAE J3016 levels of driving automation*

図 1.4.19 - 26)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

i. 自動化レベルの整理 (どんな観点で定義されているか)

	IMO	国交省	Finland	各船級ガイド	SAE
対象	船舶	船舶	船舶	主に自動化システム	自動車
観点	・人間の関与の程度 ・人間のいる場所 (船上or遠隔)	・(最終意思決定者としての)人間の関与の程度	・Hands on/off ・Eyes on/off ・Mind on/off	・人間と機械の協力形態 (Sheridanのレベルを参考しているものが多いと思われる)	・車両の運転制御の主体 (人間and/orシステム) ・対象物・事象検知・反応(OEDR)の主体 (人間orシステム) ・フォールバックの主体 (人間orシステム) ・ODD (限定的or限定無し)

- 船舶 (IMO) では、「人間のいる場所 (船上or遠隔)」を考慮しているが、自動車 (SAE) では考慮していない
 - SAE J3016 (2016) では、全てのレベルで遠隔型がありうるとの位置づけ (SAE L3では遠隔の「予備対応時利用者」が、また、SAE L4では遠隔の「発車者 (Dispatcher)」が必要に応じ、遠隔運転者となって操作) *
 - 自動化のレベルの分類を考慮する場合、人間のいる場所 (船上or遠隔) は関係無い (Finland, MSC105/7/1)

*内閣官房IT総合戦略室：自動運転レベルの定義を巡る動きと今後の対応 (案)、平成28年12月7日

Finland, MSC105/7/1 ClassNK 東京海洋大学 JNETS

図 1.4.19 - 27)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

ii. 船に対する新たな自動化レベル案

- 基本的には、自動車分野と同様の自動化レベルが良いと思われる
 - (理由) 自動化技術はあらゆる交通モードで進歩することが期待される。基本的な定義等の整合は、より広範な議論を可能にし、新しい技術の横断的な使用の障壁を取り除くことを可能とし、海事部門に大きな利益をもたらす可能性があるため (MSC105/7/1)
- ただし、人間のいる場所 (船上or遠隔) は考慮する必要があるかもしれない (今後の課題)

表1 船に対する新たな自動化レベル案

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

- IMO DoAや国交省フェーズとの関係は右の通り

➢ DoA3 (遠隔操縦船:遠隔地から操船。船員は乗船しない) が整理できない
→遠隔地からでも船員が操船するためレベル0~2と考えられるが、船上に船員がいないためフォールバックはシステムになると思われる。

表2 新たな自動化レベル案とIMO DoAと国交省フェーズの関係性

レベル	IMO	国交省
0	DoA2	フェーズI
1	DoA1, DoA2	フェーズI、II
2	DoA1, DoA2	フェーズII
3	DoA4	フェーズIII
4	DoA4	フェーズIII
5	DoA4	フェーズIII

JSRA NMFRI ClassNK 東京海洋大学 JNETS

図 1.4.19 - 28)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

iii. 安全ガイドラインの対象となる無人運航船に係る(a)自動化レベル、(b)運航条件及び(c)運航設計領域(ODD)に従った自動運航システムの定義案

自動化レベル
レベル3 (IMO DoA4、国交省フェーズIII)

運航条件
運航条件：海域限定無人運航

運航設計領域(ODD)の案
気象海象：平穏な状態
時刻：日の出～日没
輻輳度：低い
システム状態：正常
その他：緊急事態（火災、浸水等）が発生していないこと

次年度以降、ODD、自動運航システム等について更なる検討を進める必要がある

➢ODDとして考慮すべき具体的な項目の整理

必要 ClassNK 東京海洋大学 JMETS

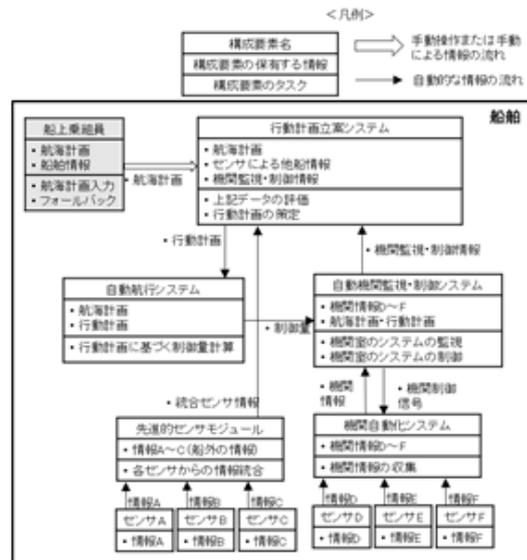


図 自動運航システム案のイメージ

図 1.4.19 - 29)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

□ 調査の概要

➢ 現行規則 (SOLAS) や自動運航船に関する船級ガイド等において、(a)冗長性 (二重化等) と(b)警報等の要件がどのようなものとなっているかを調査。また①の自動化レベルに準拠した整理を実施。

□ 調査結果概要

i. SOLAS条約関連

➢ 航海設備系 (SOLAS V章) は、主に電源に関する冗長性が求められている
➢ 機関設備系 (SOLAS II-1章C部) は、警報に関する要件が多く求められている。M0船 (SOLAS II-1章V部) については、更に警報が重要視されている。

ii. IGCコード

➢ 自動化装置、貨物の圧力・温度制御、電気設備に関して冗長性が求められている。

iii. 自動運転車ガイド

➢ 制御系やセンサ系の冗長性の確保、ODD範囲外となった場合等の警告、ドライバーモニタリングシステム等が求められている。

図 1.4.19 - 30)ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

□ 調査結果概要

iv. 船級ガイド

➢ 船級ガイド（BV、DNV-GL）は、冗長性や警報の要件について、リスク評価結果に基づき検討することが基本であるように読めるが、ガイドライン本文の中での言及も有り。

■ BV

- ・ 航行自動システム：センサの冗長性の確保
- ・ 通信システム：二重化や故障時に備えたバックアップの自動切替手段や警報機能
- ・ Machinery System：非常事態が検出された場合の、危険を緩和する手段の自動的起動

■ DNV-GL

- ・ 「機関、シャフト、ギア、発電機、電動モーター、ポンプ、ファンなど回転する機械類」や「電気関係（ケーブル、発電装置、電力変換装置、UPS、発電制御装置、電力・エネルギー管理システム等）」や「推進操舵システム」の「通信システム」の冗長性
- ・ 電力管理システム：負荷に応じた追加発電機の始動、停電の予防措置（負荷軽減、部分的停止など）、停電復旧を自動的に制御する機能
- ・ RCC：「RCCの内部電力供給システムに関する冗長性」や「操作に必要な関連した音を検出したときに遠隔操縦者に通知する警告」や「危機的な状況とならないうちに遠隔操縦者が介入するために、十分な事前警告及び注意の喚起」

図 1.4.19 - 31) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

□ 調査結果概要

v. ①に準拠した整理

✓ 調査結果を纏めると下記。更なる整理（航行機能の再整理及び他の機能に関する整理）が今後の課題

Lv.	航行機能		
	機器	冗長性	警報
0	※(DNVガイド参照) 500GTを超える船舶には以下が求められる(一部)。(総トン数等の条件によっては下記以外にも要件有り) 磁気コンパス、方向送信装置 (THD)、ジャイロコンパス、方位盤又はコンパス方位装置、Bearing repeater、ECDIS (旅客船)、HCS/TCS (10,000トン超え) …	予備の磁気コンパス、ECDISのバックアップ設備、INS (電氣的位置補正システム・針路計測システム・船速計測システム・レーダー・海図データベース)の冗長性、自動切替機能付きの主電源と非常電源)、IBS (必要不可欠な機能に対するオペレーションの代替方法、必要不可欠な情報に対する代替の情報源)、AISや関連するセンサの代替電源	レーダー機器 (情報が無効である理由が検出された場合の警告)、HCS/TCS (故障時や事前設定値を超えた場合の警報)
1	Lv.0の磁気コンパスは不要。Lv.0に加えて、衝突及び座礁回避支援システム、□□システム、…	Lv.0に加えて、方向情報システム…	Lv.0に加えて、…
2	Lv.1に加えて、衝突及び座礁回避システム、○○システム…	Lv.1に加えて、推進操舵システム (制御性やセンサ系含む?) の冗長性?、通信システムの冗長性? …	Lv.1に加えて、ODD 範囲外となった場合の警告、通信システム (故障時や品質不良時等) …
3	Lv.2に加えて△△システム…、操船者モニタリングシステム?	Lv.2に加えて、…	Lv.2に加えて、…
4	Lv.3に加えて××システム…	Lv.3に加えて、…	Lv.3に加えて、…
5	Lv.4に加えて◇◇システム…	Lv.4に加えて、…	Lv.4に加えて、…

図 1.4.19 - 32) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

無人運航船関連の調査
③ ConOpsの定義及び事例の調査



□ 調査の概要

- ConOps (Concept of operations) の定義 (項目) とその設定事例について、下記を調査し、安全ガイドラインで要求されるリスク解析の情報として有用な項目を検討した。
 - ① ISO/TR 17427-3:2015 (Intelligent transport systems – Cooperative ITS- Part 3: Concept of operations (ConOps) for ‘core’ systems)
 - ② U.S. Department of Health & Human Services, Concept of Operations (ConOps), Date Created/Modified: January 2005
 - ③ ワシントン州フェリーのLNG燃料への転換に関するCONOPS資料
https://www.wsdot.wa.gov/publications/fulltext/design/ConsultantSrvs/Concept_Operations.pdf
 - ④ ICAO, REMOTELY PILOTED AIRCRAFT SYSTEM (PRAS) CONCEPT OF OPERATIONS (CONOPS) FOR INTERNATIONAL IFR OPERATIONS
 - ⑤ Ales Filip (UPA), D2.2 HELMET CONOPS, 2020.
 - ⑥ ABS, Guide for Autonomous and Remote Control Functions, 2021.
 - ⑦ LR, Cyber-enabled ships, ShipRight procedure assignment for cyber descriptive notes for autonomous & remote access ships, A Lloyd’s Register guidance document, version 2.0, 2017.
 - ⑧ DNV-GL, Autonomous and remotely operated ships, DNVGL-CG-0264, 2018.
- ※BVとNKはConOps自体に関する言及は無いが、ConOpsに含まれるような項目に関する言及は有る

□ ConOpsの定義 (①の場合)

- 「ユーザーの視点から提案システムの特徴を記載した文書。ConOps文書には、システムの目的、ユーザーのニーズ、機能、関連するアクターとステークホルダー、役割と責任の制定が記載される。」



35

図 1.4.19 - 33) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

無人運航船関連の調査
③ ConOpsの定義及び事例の調査



□ 安全ガイドラインに含むべき項目 (案)

- ABSガイドに記載されているConOpsに含むべき項目が最も網羅的であるため、それをベースに安全ガイドラインで要求されるリスク解析の情報として有用な項目 (太文字部分) を検討した。

i) 一般	a) 提案機能の目的 b) 提案機能の範囲 c) 提案機能の説明と概要 d) 提案機能の期待される信頼性要件	iv) 人間とシステムの統合	a) ヒューマン・イン・ザ・ループの関与 b) オペレータの特性と必要な資格 c) 組織構造-船上資産およびROC(該当する場合) d) ユーザー間の相互作用 e) ヒューマン・マシン・インターフェース f) アラーム g) オペレーターによる手動介入およびコントロールの回復のための条件 h) 運用手順 i) 通信装置
	ii) 機能統合		a) 運用ポリシーと制約 b) 性能と信頼性の特性 c) 能力・機能・サービス・特徴 d) 機能の制限と境界 e) 関連する船上機能との統合 f) 主要なシステム要素とそれらの要素間の相互接続
iii) 運用環境とシナリオ	a) Operational Envelope-運用の対象範囲と詳細/制約事項/制限事項 b) 制御の支援方法を用いた計画航海と運航フェーズの定義 c) 運用環境の特徴 d) 運用モード e) 主要な要素とそれらの要素間の相互接続 f) 外部システムや手順へのインターフェース g) 環境中の他の利害関係者、例えば他の船舶/ユニット、寄港国および沿岸国とのインターフェース h) 運用上へのリスク要因 i) 安全、セキュリティ、完全性および緊急時における継続性に関する規定 j) 物流に関する要件		

図 1.4.19 - 34) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

① 鉄道分野の自動運転の現状

- 鉄道分野の「自動化レベル（Grade of Automation：GoA）」は、IEC62267で規定。
- 「ゆりかもめ」や「舞浜リゾートライン」など、高架構造等の路線で既に実用化されている自動運転を、踏切などがある一般路線で実現するための技術要件や、IEC規格にはない、乗務者の資格要件を緩和したGoA2.5の検討が、現在、国土交通省鉄道局で行われている。

鉄道の乗務形態による分類(自動化のレベル)

自動化レベル (IEC/JISによる定義*)	乗務形態のイメージ (「」内は乗員の主な作業)	国内の導入状況
GoA0 自動運転 TOS		路面電車
GoA1 非自動運転 NTO		踏切がある等の一般的な路線
GoA2 半自動運転 STO		東京地下鉄(丸ノ内線、南北線 等) 首都圏新都市鉄道(TX) 等
GoA2.5 (緊急停止操作等を行う係員付き自動運転) *IEC及びJISには定義されていない		無し
GoA3 遠業員付き自動運転 DTO		舞浜リゾートライン <small><技術的要件> ①踏切が無い ②人等が容易に立ち入れない 構造(高架等) ③ホームドア有り</small>
GoA4 自動運転 UTO		ゆりかもめ 神戸新交通 等 <small>係員の業務無し</small>

※IEC 62267(JIS E 3802)：自動運転都市内軌道旅客輸送システムによる定義
 GoA：Grade of Automation
 TOS：On Sight Train Operation, NTO：Non-automated Train Operation,
 STO：Semi-automated Train Operation, DTO：Driverless Train Operation, UTO：Unattended Train Operation

国土交通省鉄道局 鉄道における自動運転技術検討会資料

図 1.4.19 - 35) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

② 一般路線における自動運転の技術要件検討状況

- この検討においては、「他の交通利用者がいない」、「全ての交通利用体が運行者の管理下にある」という前提をいかに維持するかに重点が置かれている。
- 検討中の技術要件も、「線路の防護柵強化」、「踏切異常の検知」など、線路上への管理外の侵入を防ぐものが中心。

運転士の主な作業内容と踏切がある等の一般的な路線での自動運転導入時における対応イメージ

運転士の主な作業内容		新交通等での自動運転	踏切がある等の一般的な路線での自動運転導入時における対応(イメージ) ※ GoA2.5係員の対応について検討を要するもの		
通常時	発車時刻の確認				※ ATO
	信号確認				※ ATC
	乗降状況の確認				※ 可動式ホーム柵
	ドア開			システム又は 乗業員	GoA2.5係員 可動式ホーム柵
	ドア閉後の安全確認	システム	システム		※ 可動式ホーム柵
	出発操作	システム	システム等		※ ATO
異常時	走行中 速度制御 (加速・減速・停止)	システム	システム等		ATC+ATO
	駅到着時 停止位置の確認				※ ATO
	ドア開			システム又は 乗業員	GoA2.5係員 可動式ホーム柵
	列車走行路上の安全確保	人等が容易に線路内に立ち入ることができない構造(高架)	重要検討課題		※ 駅間の防護柵の強化 センサ技術による支障物検知 踏切保安設備の強化 列車防護
乗客の避難誘導	システム又は 乗業員	システム又は 乗業員	乗業員	GoA2.5係員	※ 案内放送システム
緊急停止後の運転取扱い	システム又は 乗業員	システム又は 乗業員	システム又は 乗業員	※	指令からの遠隔操作

注) GoA2.5係員は、線区条件やシステムに応じて役割が種々であることに留意 3

国土交通省鉄道局 鉄道における自動運転技術検討会資料

図 1.4.19 - 36) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

他モードの自動運転の動向：自動車分野の自動運転の安全性確保に関する動向

①自動車分野の自動化レベル



レベル	名称	定義（口語表現）	運転タスク(DDT)		フォールバック	ODD
			制御	対象物等検知反応		
運転者が全てあるいは一部の運転タスク（DDT）を実施						
0	自動化なし	・運転者による、全てのDDTの実施	運転者	運転者	運転者	n/a
1	運転者支援	・自動化システムによる、持続的かつ運行設計領域（ODD）限定的な実施 ・自動化システムは、前後・左右方向のいずれかの車両制御に係るDDTのサブタスクを実施 ・運転者は、DDTの残りの部分を実施	運転者・システム	運転者	運転者	限定的
2	部分的自動化	・自動化システムによる、持続的かつODD限定的な実施 ・自動化システムは、前後・左右方向の両方の車両制御に係るDDTのサブタスクを実施 ・運転者は、対象物等検知反応を実施し、DDTの残りの部分を監視	システム	運転者	・運転者	限定的
自動運転システムが全ての運転タスク（DDT）を実施						
3	条件付自動化	・自動化システムによる、全てのDDTに係る持続的かつODD限定的な実施 ・フォールバック担当（運転者）は、自動化システムの介入要求や、DDT実施関連のシステム故障に対して適切に回答	システム	システム	フォールバック担当（運転者）	限定的
4	高度自動化	・自動化システムによる、全てのDDTに係る持続的かつODD限定的な実施。 ・フォールバックにおいて、利用者が介入することは期待されない。	システム	システム	システム	限定的
5	完全自動化	・自動化システムによる、全てのDDTに係る持続的かつ無条件（すなわちODD限定的でない）の実施。 ・フォールバックにおいて、利用者が介入することは期待されない。	システム	システム	システム	限定なし
						39

図 1.4.19 - 37) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

他モードの自動運転の動向：自動車分野の自動運転の安全性確保に関する動向

②自動車分野の「性能基準」と「評価（認証）基準」の現状



DDTの大分類	システム名称	Lv.	DDTの概要	主な性能基準	評価（認証）基準	試験方法
前後方向の制御	FCW	2	前走車を検知、衝突の危険時に警報	先行車検知、相対位置・動的的位置認識、衝突可能性判断、警報等	—	テストコースにおいて性能基準を確認
	AEBS	2	FCW警告後、衝突予測時に、ブレーキを作動	衝突可能性の検出・警報・制動、システム故障時も警報等	Safety concept（故障時の安全確保措置）が審査対象、リスク解析	テストコースのほか、Safety conceptの検証試験
	ALKS	3	高速道路等かつ60km/h以下における自動運行	フェイルセーフ応答、先行車検知、最小追従距離維持、割込み対応、横断歩行者対応等	Safety conceptが審査対象、リスク解析、シナリオ評価	Safety conceptの検証試験 シナリオ評価はシミュレーションも許容
横方向の制御	LKAS	2	車線維持の操作支援	介入10秒以上、180秒中に2回等の条件で警報	Safety conceptが審査対象、リスク解析	テストコースのほか、Safety conceptの検証試験
	カテゴリーB1のACSF	2	ハンズオンで自動操舵・車線維持	車線維持、故障の表示、運転者ステアリング検出	Safety conceptが審査対象、リスク解析	テストコースのほか、Safety conceptの検証試験
	RCP	2	低速運転による自動駐車	10km/h以内、OEDR、ODD外で停止	Safety conceptが審査対象、リスク解析	Safety conceptの検証試験
	ALKS	3	高速道路等かつ60km/h以下における自動運行	フェイルセーフ応答、車線維持・横方向安定、隣接車線走行車検知、要すれば回避	Safety conceptが審査対象、リスク解析、シナリオ評価	Safety conceptの検証試験 シミュレーションも許容

図 1.4.19 - 38) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

他モードの自動運転の動向：自動車分野の自動運転の安全性確保に関する動向

②自動車分野の「性能基準」と「評価（認証）基準」の現状（続き） JSIRA NMRJ

DDTの大分類	システム名称	Lv	DDTの概要	主な性能基準	評価（認証）基準	試験方法等
周辺状況把握と反応	OEDR	3	周辺状況の把握と反応	フェイルセーフ応答、道路状況等検知、引継要求、センサ故障でも安全確保	Safety conceptが審査対象、リスク解析、シナリオ評価	Safety conceptの検証試験 シミュレーションも許容
	—	4	周辺状況の把握と反応	ODDにおいて許容可能なセンサ性能、センサデータ処理（対象物特定）、対象物の将来予測等	各要求を論証、機能安全、意図した機能の安全を踏まえたリスク解析 ドライバーフォールバックなし	デモ、エビデンス・チェック、V&V（シミュレーション、テストコース、公道試験等）
運転者モニタリング	DM	2	運転者の状況把握	眼球運動等により監視、結果を運転者に報知、システム故障表示	—	—
	DARS対応可能性認識	3	運転者の引継要求対応可能性検知	フェイルセーフ応答、引継ぎ可能状態を検知、警報後15秒で引継要求	Safety conceptが審査対象、リスク解析、シナリオ評価	Safety conceptの検証試験 シミュレーションも許容
引継要求	—	3	各DDTへの運転者の介入を要求	フェイルセーフ応答、一定条件時に引継ぎ要求、10秒無反応でMRM	同上	同上
MRM	—	3	MRCへの移行	フェイルセーフ応答、4m/s ² 以内で減速、停止後ハザード	同上	同上
※全般	—	4	全てのDDTに係る持続的かつODD限定的な実施	—	各要求を論証、機能安全、意図した機能の安全を踏まえたリスク解析 ドライバーフォールバックなし	デモ、エビデンス・チェック、V&V（シミュレーション、テストコース、公道試験等） 4.1

図 1.4.19 - 39) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

他モードの自動運転の動向

その他の分野（農機・建機）の自動運転の安全性確保に関する動向 JSIRA NMRJ

□ 「農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン」

- 農業機械の製造者、販売者、農場経営者、農機使用者向けに、リスク解析とリスク低減のための方策の検討、多重安全、使用上の条件等の一般的な安全確保策が定められている。
- 参考として、「衛星測位情報を利用して自動走行するトラクター」などの具体例でも、これらのケースにおけるハザード、その原因などがまとめられている。
- 「認証」を前提にしたものではなく、試験方法などは定められていない。

□ 「無人化施工 設計施工マニュアル」

- 建設分野においては、1991年の雲仙普賢岳噴火災害対策から自動運転（無人化施工）が導入され、以降技術開発等が進められている。（人員不足等の対策ではなく）噴火災害や土石流、斜面崩壊、雪崩などの危険が想定される中での作業員の人命保護の観点から技術開発・普及が進められている点が特徴。
- 「無人化施工 設計施工マニュアル」（平成27年北陸地方整備局）もこの観点から定められており、有人施行では危険であると判断される施工かどうか、地中化工事などの緊急避難が困難な施工かどうかなどを検討し、これらに該当する工事のみを無人化するよう定められている。
- 無人化施工に使用する建設機械やこれを補助する設備（高所に設置して全体を俯瞰するカメラなど）の指定はあるが、そもそも危険エリアでの作動であり、周辺が無人状況であるため、当該自動運転に伴うハザードの解析などの手順は規定されていない。

42

図 1.4.19 - 40) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

自動運航船に関する海外動向調査



- Autonomous Ship Technology Live 2021
 - 2021年9月16～17日 蘭国 アムステルダムで Web開催
 - 自動運航船の開発プロジェクトの他、自動運航を実現するために必要な技術やその評価、経済性、安全とセキュリティの問題、自律船運用に必要な規制の枠組みに関する情報
 - 36件の講演 + 10件のパネルディスカッション
- IFAC CAMS (Conference on Control Applications in Marine Systems, Robotics, and Vehicles) 2021
 - 2021年9月22～24日, 独国 オーデンバーグで 対面 + Web開催(Gatherを使用)
 - 主に、自動運航船とAUVを対象とした、海事システムの自動化、制御工学、ロボット工学に関する講演が行われ、自動避航、自動着離棧、遠隔操船、計画航路追従制御等の情報を得た。
 - 5件のキーノートスピーチ + 67件の講演
- ICMASS(International Conference on Maritime Autonomous Surface Ships) 2022
 - 2022年4月6～7日 シンガポールで 対面 + Web開催
 - シンガポールとノルウェーの海事イノベーションに関するMOUに基づき開催。波浪・潮流の計測、状況認識、人間の役割、評価用シミュレータ、リスク解析、遠隔操作、ビジネスモデル (KPI) 、自動化船プロジェクト紹介、自動避航、法的側面の情報を得た。
 - 2件のキーノートスピーチ + 54件の講演
 - 海上技術安全研究所の南氏により、本事業の成果として発表された「自動運航船評価のための総合シミュレーションシステムの開発」が、Best Paper Awardを受賞

43

図 1.4.19 - 41) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

無人運航に関する調査 まとめ



- 無人運航船に関する調査として、自動化レベルや自動化要件、ConOpsに関する調査を実施した。
- 他モードに関する調査として、自動車や鉄道、農機・建機に関する自動運転の安全技術、安全性評価等の動向の調査を実施した。
- 海外動向調査として、関連した3つの国際会議に参加し、情報収集を実施。
- 調査結果は、安全ガイドラインの作成の参考になると考えられる。
- 次年度以降も必要と思われる調査を実施していく。

44

図 1.4.19 - 42) ガイドライン策定等の今年度の事業成果の概要

2 活動状況報告

2.1 無人運航船安全性評価ステアリング委員会

2.1.1 第3回委員会

- (1) 日時 2021年8月2日 15:00-17:00
(2) 場所 Web会議 (Microsoft Teams 利用)
(3) 出席者 (敬称略、順不同) 合計31名

	委員長	今津隼馬 (東京海洋大学名誉教授)	
	委員	庄司るり (東京海洋大学)	清水悦郎 (東京海洋大学)
		南 健吾 (日本大学)	古莊雅生 (大島商船高等専門学校)
		河合英直 (自動車技術総合機構)	山田智章 (日本海事協会 藤波委員の代理)
		大森 彰 (日本船主協会)	西村浩一 (東洋信号通信社)
		田澤孝之 (日本マイクロソフト)	野本秀樹 (有人宇宙システム)

(4) 配布資料

- 資料 21-3-0-1 無人運航船安全性評価ステアリング委員会 委員等名簿
資料 21-3-1-1 守秘義務誓約書
資料 21-3-1-2 知的財産権資料リスト
資料 21-3-1-3 第2回無人運航船ステアリング委員会議事録 (案)
資料 21-3-2-1 事業計画書無人運航船に係わる安全性評価
資料 21-3-2-2 事業計画書無人運航システムに係る安全評価の基礎となる船員スキルの定量化
資料 21-3-2-3 無人運航船の安全性評価等事業の全体計画
資料 21-3-3-1 年度計画①安全性評価 (安全性評価事業)
資料 21-3-3-2 年度計画②総合シミュレーションシステム開発等 (安全性評価事業)
資料 21-3-3-3 年度計画③総合調整、ガイドライン策定等 (安全性評価事業)
資料 21-3-3-4 年度計画④船員スキル定量化 (船員スキル定量化事業)
資料 21-3-4-1 5コンソーシアムとの2020年度成果報告および意見交換 (報告)

(5) 議事内容

全体事業計画について

各事業における年度計画について

2-1) 年度計画 ①安全性評価 (安全性評価事業)

2-2) 年度計画 ②総合シミュレーションシステム開発等 (安全性評価事業)

2-3) 年度計画 ③総合調整、ガイドライン策定等

2-4) 年度計画 ④船員スキル定量化 (船員スキル定量化事業)

その他

3-1) 実証事業コンソーシアム意見交換の概要報告

2.1.2 第4回委員会

- (1) 日時 2022年3月24日 15:00-17:00
(2) 場所 AP新橋 Dルーム、web会議併用
(3) 出席者 (敬称略、順不同) 合計30名

	委員長	今津隼馬 (東京海洋大学名誉教授)	
	委員	庄司るり (東京海洋大学)	清水悦郎 (東京海洋大学)
		南健悟 (日本大学)	古莊雅生 (大島商船高等専門学校)
		河合英直 (自動車技術総合機構)	藤浪幸仁 (日本海事協会)
		大森彰 (日本船主協会)	西村浩一 (東洋信号通信社)
		田澤孝之 (日本マイクロソフト)	野本秀樹 (有人宇宙システム)

(4) 配布資料

- 資料 21-4-0-1 無人運航船安全性評価ステアリング委員会 委員等名簿
- 資料 21-4-0-2 第3回無人運航船安全性評価ステアリング委員会 議事録 (案)
- 資料 21-4-0-3 知的財産権資料リスト
- 資料 21-4-1-1 委員会の活動報告 安全評価等実施委員会
- 資料 21-4-1-2 委員会の活動報告 安全ガイドライン等策定委員会
- 資料 21-4-2-1 今年度の事業成果①安全性評価 (安全性評価事業)
- 資料 21-4-2-2 今年度の事業成果②総合シミュレーションシステム開発等 (安全性評価事業)
- 資料 21-4-2-3 今年度の事業成果③総合調整、ガイドライン策定等 (安全性評価事業)
- 資料 21-4-2-4 今年度の事業成果④船員スキル定量化 (船員スキル定量化事業)

資料 21-4-3 次年度の事業予定 (日本財団助成金申請)

参考 21-4-1 ①安全性評価:自動運航船のリスク解析手順書

参考 21-4-2 ②総合シミュレーションシステム開発等:事後評価の評価方法案

参考 21-4-3 ③総合調整、ガイドライン策定等 :安全ガイドライン骨子案

(IMO 提案・MSC 105/7/2)

(5) 議事内容

委員会の活動報告

今年度の事業成果報告 ①安全性評価 (安全性評価事業)

今年度の事業成果報告 ②総合シミュレーションシステム開発等 (安全性評価事業)

今年度の事業成果報告 ③総合調整、ガイドライン策定等 (安全性評価事業)

今年度の事業成果報告 ④船員スキル定量化 (船員スキル定量化事業)

次年度の事業予定

2.2 安全ガイドライン等策定委員会

2.2.1 第3回委員会

- (1) 日時 2021年8月24日 10:15-12:00
(2) 場所 Web会議 (Microsoft Teams 利用)
(3) 出席者 (敬称略、順不同) 合計 30名

	委員長	清水悦郎 (東京海洋大学)	
	委員	伊藤 誠 (筑波大学)	國枝佳明 (東京海洋大学)
		南 健吾 (日本大学)	河合英直 (自動車技術総合機構)
		田北順二 (全国船舶無線協会)	山田智章 (日本海事協会)
		中村秀之 (日本海事センター)	竹林哲哉 (日本船主協会)

(4) 配布資料

- 資料 21-3-0-1 安全ガイドライン等策定委員会 委員等名簿
資料 21-3-1-1 守秘義務誓約書
資料 21-3-1-2 知的財産権資料リスト
資料 21-3-1-3 第2回安全ガイドライン等実施委員会 議事録 (案)
資料 21-3-2-1 事業計画書 無人運航船に係わる安全性評価
資料 21-3-2-2 無人運航船の安全性評価等事業の全体計画
資料 21-3-3-1 年度計画③総合調整、ガイドライン策定等 (安全性評価事業)
資料 21-3-3-2 討議ポイント
資料 21-3-4-1 5コンソーシアムとの2020年度成果報告および意見交換 (報告)
参考 21-3-1-1 年度計画①安全性評価 (安全性評価事業)
参考 21-3-1-2 年度計画②総合シミュレーションシステム開発等 (安全性評価事業)
参考 21-3-1-3 年度計画④船員スキル定量化 (船員スキル定量化事業)
参考 21-3-2-1 MSC104/15/25 MASS operations in IMO instruments (自動運航船ガイドの日本提案)

(5) 議事内容

全体事業計画について

年度計画について

その他

3-1) 5コンソーシアムとの意見交換の結果の概要報告と FTSS のデモ

2.2.2 第4回委員会

- (1) 日時 2021年12月21日 15:30-17:00
(2) 場所 Web会議 (Microsoft Teams 利用)
(3) 出席者 (敬称略、順不同) 合計30名

	委員長	清水悦郎 (東京海洋大学)	
	委員	牧 敦生 (大阪大学)	伊藤 誠 (筑波大学)
		國枝佳明 (東京海洋大学)	南 健吾 (日本大学)
		河合英直 (自動車技術総合機構)	田北順二 (全国船舶無線協会)
		山田智章 (日本海事協会)	中村秀之 (日本海事センター)
		平尾真二 (日本船主協会 竹林委員の代理)	

(4) 配布資料

- 資料 21-4-0-1 安全ガイドライン等策定委員会 委員等名簿
資料 21-4-0-2 第3回安全ガイドライン等策定委員会 議事録 (案)
資料 21-4-0-3 知的財産権資料リスト
資料 21-4-1-1 安全ガイドラインに関する国際海事機関 (IMO) の審議動向
資料 21-4-1-2 安全ガイドライン骨子案 別紙 安全ガイドライン骨子案の IMO 提案
資料 21-4-2 無人運航に関する調査の進捗
参考 21-4-1 MSC 104 審議レポート (自動運航船関係抜粋)
参考 21-4-2 安全ガイドライン骨子案・IMO 提案 ANNEX2 ガイドライン A 部 (仮訳)
参考 21-4-3 自動車の自動運転の機能要件 (FRAV)

※自動車基準調和世界フォーラム (UN/ECE WP29)

(5) 議事内容

- 安全ガイドライン骨子案について
無人運航に関する調査の進捗について

2.2.3 第5回委員会

- (1) 日時 2022年3月18日 15:00-17:00
(2) 場所 AP 虎ノ門 A ルーム・web 会議併用
(3) 出席者 (敬称略、順不同) 合計24名

	委員長	清水悦郎 (東京海洋大学)	
	委員	牧敦生 (大阪大学)	伊藤誠 (筑波大学)
		國枝佳明 (東京海洋大学)	南健悟 (日本大学)
		河合英直 (自動車技術総合機構)	田北順二 (全国船舶無線協会)
		山田智章 (日本海事協会)	中村秀之 (日本海事センター)
		平尾真二 (日本船主協会)	

(4) 配布資料

- 資料 21-5-0-1 安全ガイドライン等策定委員会 委員等名簿
資料 21-5-0-2 第3回安全ガイドライン等策定委員会 議事録 (案)

- 資料 21-5-0-3 知的財産権資料リスト
- 資料 21-5-1 安全ガイドライン骨子案 (IMO 提案)
- 資料 21-5-2 自動運航船のリスク解析手順書
- 資料 21-5-3 無人運航に関する調査
- 資料 21-5-4 今年度の事業成果 ③総合調整、ガイドライン策定等
- 資料 21-5-5 次年度の事業予定
- 参考 21-5-1 ③総合調整、ガイドライン策定等 :安全ガイドライン骨子案
(IMO 提案・MSC 105/7/2)
- 参考 21-5-2 ③総合調整、ガイドライン策定等:自動運航船のリスク解析手順書

(5) 議事内容

- 安全ガイドライン骨子案
- 自動運航船のリスク解析手順書について
- 無人運航に関する調査
- 今年度の事業成果
- 次年度の事業予定
- その他

2.3 安全評価等実施委員会

2.3.1 第4回委員会

- (1) 日時 2021年8月17日 10:00-12:00
- (2) 場所 Web 会議 (Microsoft Teams 利用)
- (3) 出席者 (敬称略、順不同) 合計 25 名

	委員長	今津隼馬 (東京海洋大学名誉教授)	
	委員	橋本博公 (大阪府立大学)	伊藤 誠 (筑波大学)
		古莊雅生 (大島商船高等専門学校)	西藤浩一 (日本海事協会)
		野本秀樹 (有人宇宙システム)	

(4) 配布資料

- 資料 21-4-0-1 安全評価等実施委員会 委員等名簿
- 資料 21-4-1-1 守秘義務誓約書
- 資料 21-4-1-2 知的財産権資料リスト
- 資料 21-4-1-3 第3回安全評価等実施委員会議事録
- 資料 21-4-2-1 事業計画書 無人運航船に係わる安全性評価
- 資料 21-4-2-2 無人運航船の安全性評価等事業の全体計画
- 資料 21-4-3-1 年度計画①安全性評価 (安全性評価事業)
- 資料 21-4-3-2 年度計画②総合シミュレーションシステム開発等 (安全性評価事業)
- 資料 21-4-3-3 討議ポイント ~ 委員に特に審議いただきたい事項
- 資料 21-4-4-1 実証事業のリスク解析のレビュー
- 資料 21-4-5-1 5 コンソーシアムとの 2020 年度成果報告及び意見交換 (報告)

(5) 議事内容

全体事業計画について

年度計画について

2-1) 年度計画 ①安全性評価（安全性評価事業）

2-2) 年度計画 ②総合シミュレーションシステム開発等（安全性評価事業）

実証事業のリスク解析のレビュー

その他

2.3.2 第5回委員会

(1) 日時 2021年12月17日 10:00-12:00

(2) 場所 Web会議（Microsoft Teams 利用）

(3) 出席者（敬称略、順不同） 合計25名

	委員長	今津隼馬（東京海洋大学名誉教授）	
	委員	橋本博公（大阪府立大学）	伊藤 誠（筑波大学）
		古莊雅生（大島商船高等専門学校）	西藤浩一（日本海事協会）
		野本秀樹（有人宇宙システム）	

(4) 配布資料

資料 21-5-0-1 安全評価等実施委員会 委員等名簿

資料 21-5-0-2 第4回安全評価等実施委員会議事録(案)

資料 21-5-0-3 知的財産権資料リスト

資料 21-5-1-1 事後評価の評価方法案

資料 21-5-2-1 安全ガイドラインに関する国際海事機関（IMO）の審議動向

資料 21-5-2-2 安全ガイドライン骨子案

別紙 安全ガイドライン骨子案のIMO提案

資料 21-5-3 事前評価の進捗

参考 21-5-1 MSC104 審議レポート（自動運航船関係抜粋）

参考 21-5-2 安全ガイドライン骨子案・IMO提案 ANNEX2 ガイドライン A部（仮訳）

参考 21-5-3 自動車の自動運転の機能要件（FRAV）

※自動車基準調和世界フォーラム（UN/ECE WP29）

(5) 議事内容

無人運航船に係る総合安全性評価（事後評価）の評価方法について

安全ガイドライン骨子案について

実証事業に係る安全評価（事前評価）の進捗について

2.3.3 第6回委員会

- (1) 日時 2022年3月14日 15:00-17:00
(2) 場所 AP虎ノ門 Bルーム・Web会議併用
(3) 出席者 (敬称略、順不同) 合計19名

	委員長	今津隼馬 (東京海洋大学名誉教授)	
	委員	橋本博公 (大阪府立大学)	伊藤 誠 (筑波大学)
		古莊雅生 (大島商船高等専門学校)	西藤浩一 (日本海事協会)
		野本秀樹 (有人宇宙システム)	

(4) 配布資料

- 資料 21-6-0-1 安全評価等実施委員会 委員等名簿
資料 21-6-0-2 第5回安全評価等実施委員会議事録 (案)
資料 21-6-0-3 知的財産権資料リスト
資料 21-6-1 事後評価の評価方法案 (概要)
資料 21-6-2 実証事業に係る安全評価 (事前評価) の進捗・リスク解析手順書
資料 21-6-3 安全ガイドライン骨子案 (IMO 提案)
資料 21-6-4 無人運航に関する調査
資料 21-6-5-1 今年度の事業成果①安全性評価 (安全性評価事業)
資料 21-6-5-2 今年度の事業成果②総合シミュレーションシステム開発等 (安全性評価事業)
資料 21-6-6 次年度の事業予定 (日本財団助成金申請)
参考 21-6-1 安全ガイドライン骨子案 (IMO 提案・MSC 105/7/2)
参考 21-6-2 ①安全性評価:自動運航船のリスク解析手順書
参考 21-6-3 ②総合シミュレーションシステム開発等:事後評価の評価方法案

(5) 議事内容

- 無人運航船に係る総合安全性評価 (事後評価) の評価方法
安全ガイドライン骨子案
無人運航に関する調査
今年度の事業成果
次年度の事業予定

3 まとめ及び今後の計画

2021年度の主要な成果と2022年度の計画を示す。

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、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た。

(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、MEGURI2040に参画する実証事業者（以下、事業者）の実証実験の安全な実施に貢献するため、また、MEGURI2040に係る安全性評価事業で策定予定のガイドラインの内容検討のため、「各事業者のリスク解析のモニタリングとレビュー」と「必要データ等の関連情報の収集及び調査」を実施した。

「各事業者のリスク解析のモニタリングとレビュー」では、各事業者が開発する自動運航システムの構成要素を正しく理解した上で、事業者が実施する安全性評価（リスク解析等）の内容に即してその実施の過程をモニタリングし、解析の支援や追加対策の助言、解析結果のとりまとめ等の解析のレビューを実施した。この取り組みにより、全ての事業者において、実証実験の安全な実施が期待できることを確認した。

「必要データ等の関連情報の収集及び調査」では、無人運航船の安全ガイドライン案の策定に資するべく2022年度から実施する事後評価のために必要なデータ等を、事業者の一部から収集した。また、無人運航船の安全ガイドライン案の策定に資するために必要な次の事項の調査を行った。さらに、リスク解析手順書として「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」を作成した。本手順書は国土交通省が令和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」で引用された。

- ①安全ガイドラインの対象となる無人運航船に係る(a)自動化レベル、(b)運航条件及び(c)運航設計領域(ODD)に従った自動運航システムの定義(国土交通省及びIMOがそれぞれ定義する自動化レベル等との関係の整理を含む。海上人命安全条約の対象設備又は当該設備の代替となるものを優先検討。)
- ②機関区域、航海設備等の海上人命安全条約に規定する自動化設備の要件、欧州等の自動運航船及び国内の自動運転車のガイドラインの概要(①準拠した整理を含む)
- ③①に記載する運航条件の事例となるConOps(Concept of operations)の定義とその設定事例(定義はISO/TR 17427-3:2015を含む。自動運航船、自動車の自動運転等の事例。)
- ④上記を踏まえた安全ガイドラインにおけるFTSS(Fast Time Ship Simulator)及びリスク解析手順書の活用方法

(2) 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開発では、「ファストタイムシミュレーションシステム(FTSS)の構築」、「操船シミュレータの開発」、「センサ検証システムの開発」、「機関遠隔監視システムの開発」及び「避難シミュレータの開発」の検討を実施した。

「ファストタイムシミュレーションシステム(FTSS)の構築」では、2020年度作成したFTSSのプロトタイプをもとに、事業者配布用プログラムの構築を行い、事業者へ配布し、FTSSとの接続性についての意見収集を行った。この結果を元に、FTSSとの接続性を高めるために、アダプタの開発を

行いその仕様を公開し、利用者への利便性の向上を図った。また、自動化システムの安全性評価法については、シナリオベースでの評価を実施することとし、自動車の規格 ISO34502 を参考にして避航操船を対象にテストシナリオを作成する手法の検討を行った。さらに、操縦運動シミュレーションツールとして、船舶の主要目等から船舶の操縦運動パラメータを推定する手法を整備し、船体運動計算 FMU に実装し、これを PyFMI を用いて FTSS に接続して、当該船舶の操縦運動シミュレーションを FTSS 上で動作することを確認した。なお、事業実施中に、FTSS の名称は、「ファストタイムシップシミュレータ:Fast Time Ship Simulator」に変更したので、以降 FTSS の名称は、「ファストタイムシップシミュレータ」とする。2022 年度は、引き続き「ファストタイムシップシミュレータ」の完成度の向上を図ると共に、実際にテストシナリオを走らせ、検査方法の確立に資する。

「操船シミュレータの開発」では、2020 年度の操船シミュレータに関する技術動向調査や、事業者へのシミュレータへの要望に関するヒアリング等を元に、操船シミュレータの要求仕様を整理・確認し、操船シミュレータのソフトウェア、及びハードウェアの基本的なシステム構成を定めた。2021 年度は、第 1 船橋関連のハードウェアの整備を行った。なお、半導体不足等の影響を受け調達に時間がかかったため、契約延長とした。2022 年度は、残りのハードウェアの構築と、ソフトウェアのインストールを行い、緊急事対応等のシナリオの実施環境の構築を目指す。

「センサ検証システムの開発」では、統合センサシステムの評価手法に関して、MEGURI 事業者など有識者等及び自動運転車における仮想空間での評価プラットフォーム (DIVP) 開発者と意見交換を実施し、統合センサシステム及び単体センサシステムの試験法について検討を行った。さらに、検査法が確立されていないカメラ画像による障害物検知システムに関する評価法の検討を行い、この評価法に用いる 8K カメラ画像と同期したレーダ・AIS データの収集を行った。2022 年度は、これらの評価法を取りまとめ、認証法の確立を目指す。

「機関遠隔監視システムの開発」では、機関部への自動化・無人化システムの導入における導入段階とその際の必要機能の洗い出しを行った。さらに、無人運航船に用いられる機関遠隔監視システムの評価に必要な要件を検討するため、海技研が管理する小型実験船「神峰」を対象として、実運航時の主機や船内電力等の運転状況を遠隔地で監視するシステムを構築し、各要件の詳細について、検討を行った。2022 年度は、これまでの調査結果と海外の動向を加味して、無人運航を想定した機関遠隔監視システムの要件を取りまとめる。

「避難シミュレータの開発」では、無人運航船の場合の解析手法の必要性を検討するため、避難シミュレーションに用いられるプログラムの構成、出力、および入力について調査し、船舶災害時における乗員乗客避難時間推計のためのモデル計算を実施し、IMO の避難解析指針に必要な機能を確認した。また、無人運航船の場合の解析手法の改正の必要性について、調査や専門家との意見交換により、退船の判断を行う船長（あるいは船長の役割を果たす人）に対し必要な情報が伝達されること、及び「非常の場合における海員の作業」の操練が十分に行われることが満たされた場合、特別な避難解析手法は不要であることを確認した。この為、無人運航船に特化した乗客避難シミュレータの開発は、行わないこととなった。2022 年度は、これまでの調査結果を加味して、無人運航を想定した乗客の避難誘導にかかわる要件を取りまとめる。

(3) 総合調整、ガイドライン策定

「総合調整」、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。2022年度も引き続きこれらの委員会において審議を行う。

「ガイドライン策定」では、2021年度に、IMOへのMASS運用の安全ガイドライン作成のための、無人・自動運航船固有の機能要件をまとめるとともに、これらに関する基礎的情報を取得するため、自動化レベルや安全性を確保するための冗長性要件、ConOps及び他の交通モードの自動化システムの安全性評価に関する調査を行った。次に、これらの調査結果と安全ガイドラインのフレームワークとなるGBS(Goal Based Standard)の考えをベースに、MASS運用の安全ガイドラインの骨子案(MSC105/7/2)を作成し、IMOの第105回海上安全委員会(MSC105)でロシアおよびUAEと共同提案を行った。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。

資料 1

無人運航船安全性評価ステアリング委員会 委員等名簿

2021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

2022年3月31日現在

	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 副学長 教授
	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 古莊雅生	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 田澤孝之	日本マイクロソフト株式会社 Chief Digital Advisor
	13 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	14 柳裕一朗
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 國分健太郎		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 自動運航船PT長、シミュレータ研究グループ長
18 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 上席研究員
19 柚井智洋		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 リスク解析研究グループ 主任研究員
20 井上清登		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 企画部 研究連携主管
21 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
22 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
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 堀晶彦		独立行政法人海技教育機構 審議役
25 市川義文		独立行政法人海技教育機構 本部教育研究課長
26 山田智章		一般財団法人日本海事協会 技術研究所 主管
関係官庁	27 峰本健正	国土交通省 海事局 安全政策課長
	28 田村顕洋	国土交通省 海事局 海洋・環境政策課長
	29 小磯康	国土交通省 海事局 検査測度課長
	30 古土井健	国土交通省 港湾局 計画課 企画室長
	31 佐々木規雄	国土交通省 港湾局 産業港湾課 国際企画室長
	32 内田浩平	海上保安庁 交通部 航行安全課長
事務局	33 加藤光一	一般財団法人日本船舶技術研究協会 専務理事
	34 渡田滋彦	一般財団法人日本船舶技術研究協会 常務理事
	35 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
	36 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
	37 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 研究開発チームリーダー
	38 戸村郁美	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

資料 2

安全ガイドライン等策定委員会 委員等名簿

2021年度 安全ガイドライン等策定委員会 委員名簿

2022年3月31日現在

	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
委員	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
	3 伊藤 誠	国立大学法人筑波大学 システム情報系 教授
	4 國枝 佳明	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 主任研究員
	10 平尾 真二	一般社団法人日本船主協会 海務部 副部長
	関係者	11 柳 裕一朗
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 國分 健太郎		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 自動運航船PT長、シミュレータ研究グループ長
15 柚井 智洋		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 リスク解析研究グループ 主任研究員
16 井上 清登		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 企画部 研究連携主管
17 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
18 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
19 堀 晶彦		独立行政法人海技教育機構 審議役
20 外谷 進		独立行政法人海技教育機構 企画調整部 次長
21 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
22 佐藤 誠		一般財団法人日本海事協会 技術研究所
関係官庁	23 峰本 健正	国土交通省 海事局 安全政策課 課長
	24 田村 顕洋	国土交通省 海事局 海洋・環境政策課 課長
	25 小磯 康	国土交通省 海事局 検査測度課 課長
	26 古土井 健	国土交通省 港湾局 計画課 企画室長
	27 佐々木 規雄	国土交通省 港湾局 産業港湾課 国際企画室長
	28 内田 浩平	海上保安庁 交通部 航行安全課長
事務局	29 加藤 光一	一般財団法人日本船舶技術研究協会 専務理事
	30 渡田 滋彦	一般財団法人日本船舶技術研究協会 常務理事
	31 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
	32 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
	34 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
	35 戸村 郁美	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

資料 3

安全評価等実施委員会 委員等名簿

2021年度 安全評価等実施委員会 委員名簿

2022年3月31日現在

	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 大阪府立大学 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 伊藤誠	国立大学法人筑波大学 システム情報系 教授
	4 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
	5 西藤浩一	一般財団法人日本海事協会 技術本部技術部 主管
	6 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
	7 柳裕一朗	公益財団法人日本財団 海洋事業部 海洋船舶チーム 無人運航船推進アドバイザー
関係者	8 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
	9 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
	10 國分健太郎	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 自動運航船PT長、シミュレータ研究グループ長
	11 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
	12 柚井智洋	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 リスク解析研究グループ 主任研究員
	13 井上清登	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 企画部 研究連携主管
	14 堀晶彦	独立行政法人海技教育機構 審議役
	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 佐藤誠	一般財団法人日本海事協会 技術研究所
関係官庁	19 峰本健正	国土交通省 海事局 安全政策課 課長
	20 田村顕洋	国土交通省 海事局 海洋・環境政策課 課長
	21 小磯康	国土交通省 海事局 検査測度課 課長
	22 古土井健	国土交通省 港湾局 計画課 企画室 室長
	23 佐々木規雄	国土交通省 港湾局 産業港湾課 国際企画室長
	24 内田浩平	海上保安庁 交通部 航行安全課 課長
事務局	25 加藤光一	一般財団法人日本船舶技術研究協会 専務理事
	26 渡田滋彦	一般財団法人日本船舶技術研究協会 常務理事
	27 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
	28 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
	29 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
	30 戸村郁美	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

資料 4

自動運航船のリスク解析手順書

自動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	3
4. 用意すべき資料	4
4.1 初期設計に対する解析で必要となる資料	4
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	5
5.1 解析の準備	5
5.2 検討組織	6
5.3 解析条件の合意	6
5.4 解析と評価の実施	9
5.4.1 ハザード同定	9
5.4.2 リスクの指標化	10
5.4.3 初期設計に対するリスク解析及び評価	11
5.4.4 詳細設計に対するリスク解析及び評価	11
5.5 報告書	11
付録1 解析対象範囲の確定作業の例	13
付録2 考慮すべきハザードの例	17
付録3 代表的なリスク解析手法の概要	20
参考文献	23

1. 概要

近年、自動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。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、自動運航船の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)を対象とする。

2.2 本手順書の対象とするリスク解析

自動運航船は、従来通りに設計・建造・運航される船舶に、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。

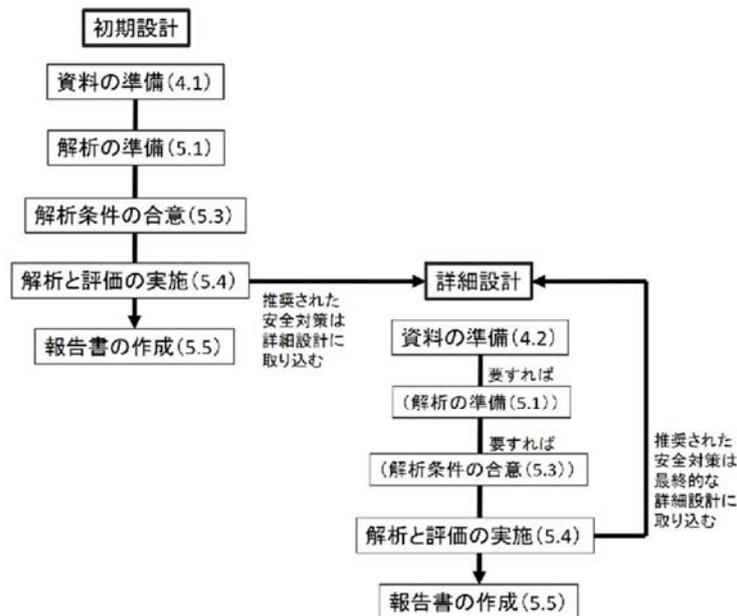


図 3.1 リスク解析の作業の流れ

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

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。モデル化の例を付録1の図A1.1に示す。

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を付録1に示す。

- 機能の定義
- 機能の目的
- 自動化の範囲・操船者(船上乗組員/遠隔オペレータ)との関係
- 遠隔制御の範囲・操船者(船上乗組員/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 小さな影響	2 大きな影響	3 深刻な影響	4 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	
		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	リスク低減が必要
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	リスク低減の検討が必要

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。

離着陸、港内航行、幅員海域航行、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 2 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良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 3 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 解析対象範囲の確定作業の例

解析の準備段階において、解析対象範囲の確定のために整理すべき情報の記載例を下記に示す。ここでは、陸上に遠隔制御センターを有する自動船舶制御装置を搭載した船舶が自動運航を行うシステムを対象に各項目の記載例を示す。

- 機能の定義

本機能は、所与の航海計画を目標とし、逐次発生する障害物や、海気象に由来する外乱及び他船や管制からの無線通信や音響信号等を検知し、事前に定義された行動方針に従って行動計画を立案し、これを実現する機関出力と操舵指令を計算、評価し、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。

航海計画は遠隔制御センターで策定され、出発地、出発日時、到着地、到着日時、経由地等の条件にもとづき作成された経由地点の一覧から構成されるものとする。船上の自動船舶制御装置は遠隔制御センターから受信した航海計画を踏まえて本機能搭載船の行動計画を策定し、自動航行システム及び自動機関監視・制御システムを介し、船橋自動化システム及び機関自動化システムがそれぞれ行動計画に則った操舵と機関出力の制御を行う。

<航海計画>

- ・ 出発地: ○○
- ・ 出発日時: X月X日 X時X分
- ・ 到着地: ××
- ・ 到着日時: Y月Y日 Y時Y分
- ・ 経由地: △△
- ・ 経由地到着日時: Z月Z日 Z時Z分

<行動方針>

- ・ 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。
- ・ 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、上記の適切な避航開始時期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。

- 機能の目的

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、遠隔制御センターの遠隔オペレータによる承認を受け付け、承認を得た航海計画を踏まえたうえで、阻害要因となる外部の障害物や外乱に対する対応行動を計画し、実行に移すことである。

- 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
 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.
 - 障害物に関する情報の収集, 統合, 行動計画の作成は本機能によって実施される.
 - 評価された行動計画は, 自動船舶制御装置において船上乘組員に提示され, 承認を待機する.
 - 承認を得た行動計画は, 本機能によって操舵及び機関の設備に出力される.
 - 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, 船上乘組員が従来通りの方法で操船を行う.

- 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
 本機能の遠隔制御の範囲は, ClassNK ガイドライン[4]で例示されている分類 I に相当する.
 本機能は, 船上乘組員により始動された後は船上乘組員及び遠隔制御センターのオペレータにより管理され, 以下で述べる想定使用範囲内では, 船上乘組員による操船を必要としない.

- 想定使用範囲
 - 船舶: 船名, トン数, 全長等
 - 航路: ○○から××の航路のうち, △△から□□に至るまで.
 - 海気象条件:

- 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)
 - 外部条件: 航路が想定航路範囲内にある外海, 海気象条件が想定使用範囲内にある, 障害物があらかじめ設定された範囲内でないこと.
 - 内部条件: センサ類, 先進的センサモジュール, 各システムに故障が無いこと.
 - 通信条件: 船内と陸上制御センターの間の通信が健全に保たれていること.

- 自動運航の方法
 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, 船上乘組員から作業を引き継ぎ, 船上乘組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, 船上乘組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上乘組員に作業を引き渡すことで自動運航を終了する.

- 当該機能のモニタリング手段
 本機能が収集したセンサ情報, 統合されたセンサ情報, 作成された行動計画, 運航設計領域内における本船の位置づけは, 全て船内及び遠隔制御センターの専用モニタリング装置によって, 船上乘組員及び遠隔オペレータに対して常時提供される.

- 自動運航中に運航設計領域から外れた場合の対応手順
 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上乘組員に知らせる。操作は直ちに船上乘組員に引き渡される(フォールバック)。運航設計領域内に戻ったことが確認され、作動させるまでは本機能は動作しない。
 フォールバックの実行に必要な情報は、通常の航海機器および専用の補助装置によって提供される。
- 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)
 - 遠隔制御装置:航海計画の策定、遭難に関する通信の管理、船舶の運用全体の監視、自動船舶制御装置への航海計画の送信
 - 自動船舶制御装置:各種受信データの評価、行動計画の策定、センサによる他船情報の陸上制御センターへの送信、機関監視・制御情報の陸上制御センターへの送信、陸上制御センターから受信した情報及び行動計画の自動航行システム及び自動機関監視・制御システムへの送信
 - 自動航行システム:ウェザールーティング、船体運動の決定、浮力や復原性の制御、衝突回避、警報や非常事態への対処
 - 自動機関監視・制御システム:機関室のシステムの監視・制御、機関監視・制御情報の自動船舶制御装置への送信
 - 先進的センサモジュール:各センサからの情報の統合、統合センサ情報の自動航行システムへの送信
 - 船橋自動化システム:NAVTEX からの航海警報の受信、ログの保持、オートパイロットによる針路の維持、警報情報及び航行ログの自動航行システムへの送信
 - 機関自動化システム:機関情報の収集及び自動機関監視・制御システムへの送信
 - センサ A:障害物の検知
 (以下略)
- 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
 - センサ A の故障率: 1 台 1 年あたり, 1 件
 (以下略)

解析対象範囲の確定のために整理した情報のうち、自動運航で使用する新設備等のモデル化の例として、UML クラス図の応用によるモデリング手法[10]を使った仮想的な自動運航船のモデルを図 A1.1 に示す。

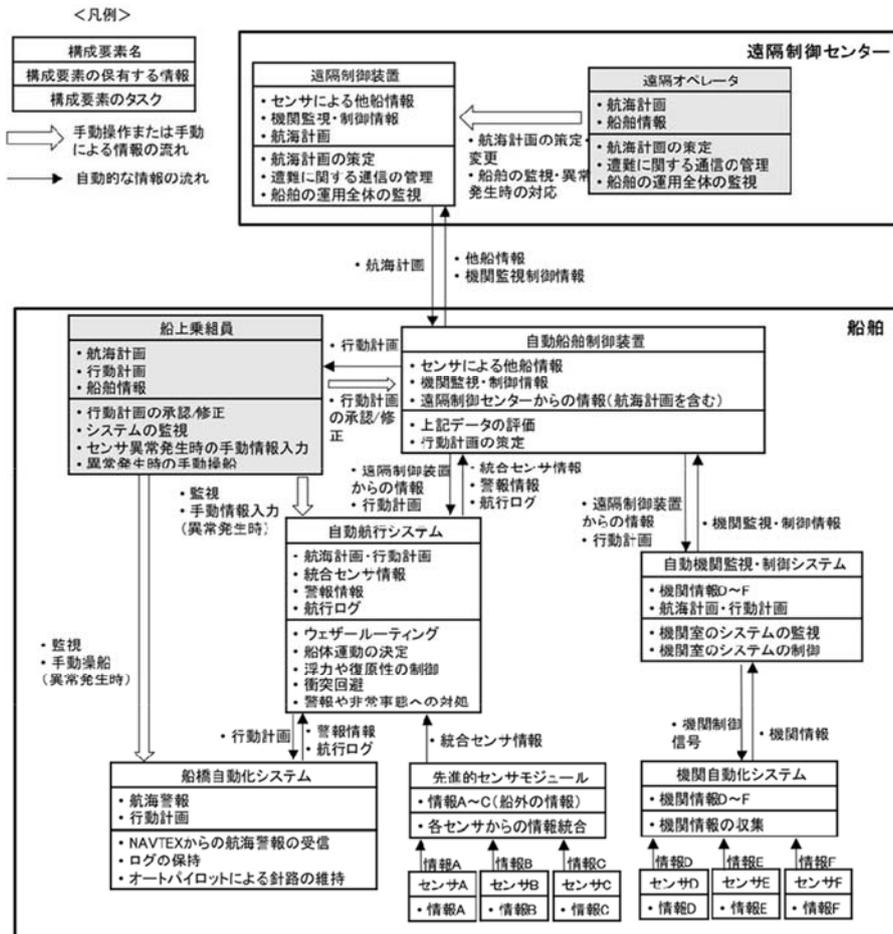


図 A1.1 仮想的な自動運航船に対するモデル化の例

付録2 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 A2.1 に示す。

表 A2.1 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
	気象予報と実際の気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
船上乗組員(フ ォールバック)	船上乗組員の居眠り
	自動化システム使用者(船上乗組員)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(船上乗組員)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、船上乗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

付録3 代表的なリスク解析手法の概要

本文で示した SWIFT 以外のリスク解析手法の概要について下記に示すとともに各手法の特徴を纏めた表を示す。SWIFT を含む各手法の詳細については参考文献[15]-[20]等を参照されたい。なお、自動運航船のリスク解析において、本手順書で示した以外の手法を利用することも可能である。

(1) FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)

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である。故障による影響の抽出方法としてよく用いられる方法である。

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。

FMEA 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: 会議を開催し FMEA 分析を実施する。構成要素を順に選択し、その要素に対し、下記を実施する：

- ・ 機能の特定
- ・ 生じ得る不具合の種類の特特定(故障モード)
- ・ その故障モードにより生じる局所的な影響(局所的影響)及びシステム全体に及ぶ影響(最終的影響)の特定
- ・ その故障モードからシステムを防御する方法(故障検出の方法、是正処置等)の特定

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：	主機関システム	サブシステム：	燃料油管系統
運航モード：	全速時の通常航行	ブロック線図：	ブロック線図 燃料油管系統
日付：		編集者：	
シート番号：		承認者：	

行番	装置名	機能	故障モード	故障の原因	故障の影響		故障検出	是正処置	故障影響の重大性	備考
					局所的影響	最終的影響				
1	主機1 (2, 3, 4)	燃料を燃焼させエネルギーを機械的仕事に変換する	出力低下(停止)	主機1 (2,3,4) のピストン損傷等	主機1運転停止	外側2軸運転不可	異音、振動、各種警報	外側2軸を停止し、内側2軸で航行	大きな影響	

図 A3.1 FMEA ワークシートの例*

*HSC コードに基づく FMEA ワークシート海技研修正版

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 A3.1 の通りとなる。

表 A3.1 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
--	--	--	--	--	------

参考文献

- [1] IMO: MSC.1/Circ.1455 Guidelines for the approval of alternatives and equivalents as provided for in various IMO instruments (2013)
- [2] ClassNK:リスク評価ガイドライン, 第2版 (2017)
- [3] 国土交通省海事局:自動運航船に関する安全ガイドライン(2022)
- [4] ClassNK:自動運航, 自律運航に関するガイドライン(Ver.1.0) ~自動化システム/遠隔制御システムの設計開発, 船舶搭載並びに運用について~(2020)
- [5] IMO: MSC.1/Circ.1212 Guidelines on alternative design and arrangements for SOLAS chapters II-1 and III (2006)
- [6] IMO: MSC/Circ.1002 Guidelines on alternative design and arrangements for fire safety (2001)
- [7] IMO: MSC-MEPC.2/Circ.12 Revised guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process (2013)
- [8] Bureau Veritas: Guidelines for Autonomous Shipping (2019)
- [9] DNV-GL: Autonomous and remotely operated ships (2018)
- [10] 塩荊他:システムモデリングによるリスク解析手法の自動運航船の概念設計への適用, 日本船舶海洋工学会春季講演会論文集第32号, pp.355-366 (2021)
- [11] MUNIN: D9.2, Qualitative assessment, FP7 GA-No 314286 (2015)
- [12] EMSA: Study of the risks and regulatory issues of specific cases of MASS – Part 1, Report No. 2019-1296, Rev.0 (2020)
- [13] EMSA: Study of the risks and regulatory issues of specific cases of MASS – Part 2, Report No. 2019-0805, Rev.0 (2020)
- [14] USTRAT: AUTOSHIP D2.4a – Risk assessments, fail-safe procedures and acceptance criteria The Inland Waterway vessel analysis (2020)
- [15] ISO/IEC 31010 (Risk management – Risk assessment techniques)
- [16] ISO/IEC 27005 (information technology – Security techniques – Information security risk management)
- [17] IEC 60812:2006 (Analysis technique for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA))
- [18] IEC 61882:2016 (Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide)
- [19] NK: リスク評価ガイドライン(第2版) 附属書1 FMEA の実施に関するガイドライン(IGCコード関連)
- [20] N. G. Leveson and J. P. Thomas: STPA HANDBOOK, 2018.
- [21] IMO: MSC.97(73) Adoption of the international code of safety for high-speed craft, 2000 (2000 HSC code) (2000)
- [22] IPA/SEC: STAMP 手法に関する調査報告書 (2015)

- [23] 福澤: STAMP/STPA によるシステム安全・セキュリティ解析, システム/制御/情報, Vol.62, No.4, pp.130-133 (2018)

資料5

ガイドライン骨子案・IMO 提案 (MSC 105/7/2)

MARITIME SAFETY COMMITTEE
105th session
Agenda item 7

MSC 105/7/2
13 January 2022
Original: ENGLISH
Pre-session public release:

**DEVELOPMENT OF A GOAL-BASED INSTRUMENT FOR
MARITIME AUTONOMOUS SURFACE SHIPS (MASS)**

Outline of the draft guidelines for MASS operations

Submitted by Japan, Russian Federation and United Arab Emirates

SUMMARY

Executive summary: This document provides an outline of draft guidelines for Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) operations mainly related to SOLAS requirements, which would ultimately become a part of a mandatory goal-based instrument. The structure and elements contained in the proposed guidelines are also expected to facilitate discussion on the development of a road map for its finalization at MSC 105.

Strategic direction, if 2 applicable:

Output: 2.23

Action to be taken: Paragraph 21

Related documents: MSC104/15/26, MSC104/18; MSC 105/7; MSC.1/Circ.1638; LEG.1/Circ.11; FAL/ISWG/MASS 1/4 and FAL 46/14

Background

1 The Maritime Safety Committee, at its 103rd session (MSC 103), completed the "Regulatory Scoping Exercise (RSE) for the use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS)". The background and outcome of the RSE is set out in MSC.1/Circ.1638.

2 Taking into account the outcome of the RSE, MSC 104 considered the proposed way forward to address MASS operations in the IMO regulatory framework and agreed to a new output on "Development of a goal-based instrument for Maritime Autonomous Surface Ships (MASS)". The Committee also agreed that the finalization of a road map, which includes a scope, steps and timelines for the work, would be the first step under this agenda item and that the development of instruments could be initiated at MSC 105, time permitting.

3 Similarly, work has been done by other Committees to realize MASS operations. LEG 108 has approved the outcome of the RSE (LEG.1/Circ.11) and, for the approval at FAL 46, FAL ISWG MASS has finalized its RSE with identifying a possible way forward for addressing MASS operations in IMO instruments, including the FAL Convention (FAL/ISWG/MASS 1/4).

I:\MSC\105\MSC 105-7-2.docx



Non-mandatory instruments, as an intermediate step

4 As presented in table 6 of MSC.1/Circ.1638, MSC 103 identified "the development of non-mandatory instrument" as a part of a possible way forward in addressing MASS operations in IMO instruments under the remit of this Committee. Paragraph 6.3 of the above circular also states that the establishment of interim guidelines for MASS may be beneficial for ensuring safe, secure, and environmentally-friendly operations of MASS at an early stage.

5 Given well-established procedures, the time required for amendments to existing mandatory instruments (e.g. adoption by the Assembly for COLREG amendments, the four-year amendments cycle of SOLAS) and the on-going and planned MASS projects, it seems that the development of non-mandatory instruments is a reasonable intermediate step to provide guidance on MASS until the adoption of a mandatory instrument.

6 Such non-mandatory instruments would include the following two types, and both are inevitable to realize safe, secure, and environmentally-friendly operation of MASS:

- .1 instruments (Type 1) which contain provisions to be reflected in a goal-based mandatory instrument, i.e. MASS Code, and have similar structure to the Code; and
- .2 instruments (Type 2) which provide detailed technical requirements (e.g. performance standards, method of verification, etc.) to facilitate MASS operation and development at an early stage and/or support the consistent and unified implementation of the Code in the future.

7 The co-sponsors believe that both types of non-mandatory instruments above would contribute to the ultimate goal under this agenda item; namely, the development of a MASS Code and its successful implementation. Since experience on MASS operation would be gained with such non-mandatory instruments from an early stage, it is expected that the framework for MASS would become more robust through a review and that the development of a mandatory MASS Code could be accelerated.

8 In order to facilitate operation and development of MASS as early as possible, the co-sponsors would suggest to start with considering the basic Guidelines first and, to facilitate the discussion, have prepared an outline of draft Guidelines for MASS operations as set out in annexes 1 (Table of contents) and 2 (Outline of part A) to this document, corresponding to a possible non-mandatory instrument of Type1 in the above paragraph 6.

9 In addition to the above, the co-sponsors believe that it would be beneficial to formulate a common understanding regarding the possible contents of the instruments before such instruments are developed. In this regard, the proposed guidelines, especially the table of contents, could contribute to the development of a roadmap, which is the most urgent work at this stage and is expected to be finalized at MSC 105, as an example of a possible structure of the instruments allows the Committee to specifically discuss what kind of work is necessary to achieve the ultimate goal of developing a mandatory MASS Code.

10 The draft guidelines are based on a goal-based standard framework mentioned in the *Generic guidelines for developing IMO goal-based standards* (MSC.1/Circ.1394/Rev.2) in that the proposed guidelines consist of goal and functional requirements and are supported by technical requirements.

Goal-based guidelines for MASS operations

11 As mentioned above, goal and functional requirements for a ship in the proposed guidelines are applicable to MASS, irrespective of design, technologies and automated levels basically, and developed in anticipation of future reflection in the MASS Code. This approach allows a clear and long-standing regulatory framework for the safety of MASS, while embracing the introduction of emerging and evolving new MASS technologies.

Table of contents

12 As shown in annex 1, the draft consists of a preamble and the following five parts, considering existing goal-based instruments, such as the International Code of Safety for Ships Using Gases or Other Low-flashpoint Fuels (IGF Code):

- .1 Part A includes definitions, goal and functional requirements, and general requirements for MASS, and corresponds to Part A of the IGF Code (annex 2);
- .2 Part A-1 includes rules and regulations for ship design and arrangement and specific systems and/or equipment, and corresponds to Part A-1 of the IGF Code for detailed provisions for LNG fuel;
- .3 Part B includes verification methods and certification;
- .4 Part C includes drills and emergency exercises, and corresponds to Part C-1 of the IGF Code; and
- .5 Part D includes training, and corresponds to Part D of the IGF Code.

Current scope of the proposed guidelines

13 The proposed guidelines, at this stage, focus on requirements for design, installation and operation of a MASS and its automated systems and remotely operated systems, relevant to the SOLAS Convention. This is to start the development of rules where possible.

14 It is expected that necessary updates to the detailed rules and requirements relevant to COLREG (navigation rules) and STCW (training, certification and watchkeeping for seafarers) and other provisions relevant to SOLAS, not covered by this document, will be addressed through the addition of new provisions to the proposed guidelines or amendments to each Convention separately. As for associate guidelines and guidance for a goal-based instrument, these need to be developed taking into account the whole regulatory framework of MASS.

PART A: Goal and functional requirements for MASS

15 The draft Part A in annex 2 mainly addresses the goal and functional requirements for MASS. The goal is to provide for the safety of MASS and the functional requirements, which are irrespective of design, technologies and automated levels, are needed to provide the criteria to meet this goal. In setting them, it would be important to clarify operational concepts, determine operating conditions for a MASS under which the ship is specifically designed to function, and ensure that an appropriate response is executed when it is not possible for a MASS to stay within its operating conditions (fallback response). It should be noted that the concept for such operating conditions may be applicable to autonomous systems (automated systems and remotely operated systems) and used in other parts, but the goal and functional requirements in Part A are for a ship and, hence, the operating conditions mentioned in this part are for MASS.

16 While it is expected that the draft text for the goal and functional requirements for MASS would provide a clear view on a possible framework for a MASS Code, further consideration and refinement are necessary.

Further work

17 At this time, this document just provides a table of contents and a draft outline of Part A set out in the annexes and, therefore, further consideration for these parts is necessary.

18 It is also obvious that other sections than Part A should also be developed. With regards to Part A-1 (specific requirements for MASS and its autonomous systems) and Part B (verification methods and certification), additional proposals will be provided at future sessions of the Committee, if there is progress.

19 Detailed technical requirements, such as performance standards and detailed method of verification (such as the combination of sea trials and simulations), which are not covered by the proposed guidelines as of this moment, are also necessary to be considered in order to support the smooth implementation of the proposed guidelines, and hence the future MASS Code. As both requirements to be included in a mandatory instrument and its supporting guidelines and performance standards, etc. are inevitable, consideration should be given in a holistic manner with common views among IMO members.

20 It should be noted that verification requirements to be included in Part B, supported by detailed methods in the form of non-mandatory instruments and/or recognized international standards, are inextricably linked with functional requirements in Parts A and A-1, supported by performance standards, and thus consideration of these issues should be done in parallel.

Action requested of the Committee

21 The Committee is invited to consider this document, especially the outline of guidelines for MASS operations as set out in the annexes, and take action as appropriate.

ANNEX 1

**DRAFT GUIDELINES FOR MARITIME AUTONOMOUS
SURFACE SHIPS (MASS) OPERATIONS**

CONTENTS

1	PREAMBLE
PART A	
2	GENERAL
2.1	Application
2.2	Definitions
2.3	Alternative design
3	GOAL AND FUNCTIONAL REQUIREMENTS FOR MASS
3.1	Goal
3.2	Functional requirements
3.2.1	Degree of Autonomy
3.2.2	Operating conditions for MASS
3.2.3	System Safety
3.2.4	Human Machine Interface (HMI) and Operator Information
3.2.5	Safe Fallback Response
.....	
PART A-1	Specific requirements for MASS and autonomous systems
4	GENERAL
4.1	Goal
4.2	Functional requirements
4.3	Operating conditions for autonomous systems
4.4	Safety of autonomous systems
4.5	Compliance with safety navigation rules
4.6	Human Machine Interface (HMI)
4.7	Data recording
4.8	Cybersecurity
4.9	Manuals of autonomous systems
4.10	Risk assessment
.....	
5	AUTOMATED SYSTEMS*
5.1	Goal
5.2	Functional requirements
5.3	Regulations – General
5.4	Operating conditions for automated systems
5.5	Safety of automated systems
5.6	Compliance with safety navigation rules
5.7	Human Machine Interface (HMI)
5.8	Data recording
5.9	Cybersecurity
5.10	Manuals of automated systems
5.11	Risk assessment

* Berthing system would be included.

.....	
6	REMOTELY OPERATED SYSTEMS
6.1	Goal
6.2	Functional requirements
6.3	Regulations – General
6.4	Operating conditions for remotely operated systems
6.5	Safety of remotely operated systems
6.6	Compliance with safety navigation rules
6.7	Human Machine Interface (HMI)
6.8	Data recording
6.9	Cybersecurity
6.10	Manuals of remotely operated systems
6.11	Risk assessment
.....	
PART B	
7	VERIFICATION METHODS FOR AUTONOMOUS SYSTEMS
7.1	General
7.2	Verification method
.....	
8	CERTIFICATION FOR AUTONOMOUS SYSTEMS
8.1	General
8.2	Certification
.....	
[PART C	
9	DRILLS AND EMERGENCY EXERCISES
9.1	Goal
9.2	Functional requirements
.....]	
[PART D	
10	TRAINING
10.1	Goal
10.2	Functional requirements
.....]	

ANNEX 2

DRAFT PREAMBLE AND PART A OF GUIDELINES FOR MARITIME AUTONOMOUS SURFACE SHIPS (MASS) OPERATION

1 PREAMBLE

The purpose of these guidelines is to provide interim instruments for Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) operation.

The basic philosophy of these guidelines is to provide non-mandatory provisions for the design, installation and operation of autonomous systems (automated systems and remotely operated systems) and equipment for MASS to minimize the risk to the ship, its crew, its passenger, its cargo and the environment.

PART A

2 GENERAL

2.1 Application

Unless expressly provided otherwise these Guidelines apply to ships to which SOLAS [chapter V] applies. In cases not clearly defined in these Guidelines, MASS should follow the provisions of SOLAS and other existing instruments of IMO as it is done for traditional ship operations¹.

2.2 Definitions

[to be developed]

2.3 Alternative design²

2.3.1 These guidelines contain functional requirements for all autonomous systems and equipment related to MASS.

2.3.2 Autonomous systems and equipment may deviate from those set out in these guidelines. Such autonomous systems and equipment can be used provided that these meet the intent of the goal and functional requirements concerned and provide an equivalent level of safety of the relevant chapters.

2.3.3 The equivalence of the alternative design should be demonstrated as specified in SOLAS regulations and approved by the Administration.

¹ This sentence may not be necessary until this instrument become mandatory.

² This item may not be necessary until this instrument become mandatory.

3 GOAL AND FUNCTIONAL REQUIREMENTS FOR MASS

3.1 Goal

The goal of these Guidelines is to provide for the safety, security and environment ensure safety during the operations of MASS.

3.2 Functional requirements

3.2.1 Degree of Autonomy

[to be developed]

3.2.2 Operating conditions for MASS

3.2.2.1 Principles for operating conditions definitions

.1 The MASS manufacturer defines and documents operating conditions, under which the MASS is specifically designed to function.

[.2 The Administration defines methods for describing elements of operating conditions and the documentation by MASS manufacturer, necessary to enable assessment of the ship, system, or feature [, taking into account the Guidelines].]

3.2.3 System Safety

3.2.3.1 System Design Capabilities

- .1 The Administration should define documentation requirements for the autonomous systems to enable the assessment of the design capabilities of autonomous systems for MASS.
- .2 The autonomous systems manufacturer should furnish documentation compliant with the requirements of the Administration.
- .3 The autonomous systems for MASS should be capable of Object and Event Detection and Response (OEDR).
- .4 The OEDR function should be designed to monitor the operating environment as needed to operate the MASS.
- .5 The OEDR monitoring function should be capable of detecting, recognizing, classifying, and preparing a response or taking a decision to objects and events in the operating environment.
- .6 The OEDR function should be capable of controlling the motion of the MASS in response to conditions in the operating environment.
- .7 The autonomous systems for MASS should be tested by the Administration and/or Recognized organization to evaluate performance in executing common operating tasks and to assess performance under normal operating conditions and defined conditions representative of safety-critical situations that arise in real-world traffic.

3.2.4 Human Machine Interface (HMI) and Operator Information³

3.2.4.1 Principles for HMI-related functional requirements

- .1 The autonomous systems for MASS should provide the user with information necessary to enable correct use of the system or feature thereof.
- .2 In MASS intended for control by onboard/remote operators, the autonomous systems for MASS should allow the user to assume control of the ship whenever conditions permit a safe transfer of control.
- .3 In cases of MASS not intended for control by onboard/remote operators, the autonomous systems for MASS should allow for the occupant(s) to safely interrupt a trip.
- .4 The MASS should signal its intentions for motion to surrounding other ships in navigation area as needed to ensure navigation safety and comply with marine traffic regulations in the area.

3.2.4.2 Information to be available onboard and required for the safe operation

- .1 Every MASS should have the necessary, valid, and duly formalized technical documentation meeting the requirements of MASS use and the region of operations. The shipowner should establish the list of documents required for every MASS following the recommendations of the Administration.
- .2. Every MASS should be provided with the documentation required, it should also be updated on time both in paper and electronic format, respectively. The MASS master or remote shipmaster is responsible for all required ship's documentation to be onboard MASS and in the Internet information network, its proper maintenance and safety kept both in paper and electronic format, respectively.
- .3 Every MASS should have valid ship's documents verifying that provisions of current international conventions, technical and fire safety requirements, due technical conditions of the ship, safety of life at sea, prevention of pollution from ships, safe cargo carriage, sanitary conditions of the ship and labour safety, logbook and engine log are met.
- .4 Onboard ship's documents may be kept in electronic format to present them in paper or digital/electronic format upon the request of the authorized persons. A bridge, engine, radio, and medical logs of a fully autonomous ship are carried out by the shipowner in electronic format within the procedures established by the Administration. The logs mentioned and other ships' documents may be kept outside of an autonomous vessel and are presented

³ The Guidelines have gathered extensive stakeholder input on potential HMI requirements for further consideration. HMI addresses both internal (i.e. ship occupant) and external (i.e. interactions with other users in navigation area) aspects. The stakeholder input regarding internal HMI might further be categorized under misuse, abuse, and disuse headings. HMI functional requirements will need to balance these three considerations. Given the expected diversity across MASS, functional requirements related to HMI should mitigate the risks of misuse by providing clear indications of the system status and clear information regarding system use. At the same time, the HMI should mitigate against user abuse, or intentional misuse, of the MASS capabilities. MASS manufacturers should exercise due care in designing systems to mitigate foreseeable risks of intentional misuse such as a wilful disregard of operator information.

by the shipowner in electronic format in case of port state control actions and other cases stipulated by international instruments and port State.

- .5 Ship Minimum Safe Manning Certificate should include the autonomy degree of the autonomous ship. Minimum Safe Manning Certificate for a fully autonomous should not be issued.

3.2.5 Safe Fallback Response⁴

3.2.5.1 Principles for safe fallback responses

- .1 A safe fallback response is a response of autonomous systems for MASS or sequence of responses to an exit from operational conditions for system to function, a system failure, or a failure or incapacity of the onboard/remote operator to fulfil safety-critical roles.
- .2 The safe fallback response of the autonomous systems for MASS may transfer ship control to the [human][personnel] when the system has determined that the [human][personnel] is capable of assuming control over the ship behaviour.
- .3 During a safe fallback response transferring control to the onboard/remote operator, the autonomous systems for MASS should maintain ship control until the system has determined that the operator has assumed full control over the ship behaviour.
- .4 The safe fallback response of the autonomous systems for MASS should consist of an MRM (minimal risk manoeuvre) when the system has determined that the onboard/remote operator is incapable of assuming control over the ship.
- .5 In cases where the system determines a failure of the onboard/remote operator to fulfil a safety-critical role, the autonomous systems for MASS should prompt a return of the onboard/remote operator to the required state.
- .6 In cases where the system determines an incapacity of the onboard/remote operator to fulfil a safety-critical role, the autonomous systems for MASS should execute an MRM.
- .7 The autonomous systems for MASS should execute an MRM in response to an onboard/remote operator request.
- .8 The MRM should place the MASS in an MRC (minimal risk condition) in a manner consistent with marine traffic safety.

⁴ Depending upon the capabilities of MASS, a safe fallback response may be carried out by the operator or the system. A safe fallback response may be triggered by a planned or unplanned ODD exit or by a system failure. The MASS safe fallback response may be a corrective action, transfer of control to the operator, or the execution of a minimal risk manoeuvre (MRM) by the operator or the system. The MRM places the ship in a minimal risk condition (MRC). MRC is a condition to which an operator or MASS may bring a ship after performing the DOT (Dynamic Operating Task) fallback (i.e. executing the safe fallback response) in order to reduce the risk of a collision when a given trip cannot or should not be completed.

Supported by  日本財団 THE NIPPON FOUNDATION

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

2021 年度 成果報告書
概要版

2022 年（令和 4 年）8 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。