

Supported by  日本 THE NIPPON
財団 FOUNDATION

MEGURI2040 に係る安全性評価

2020 年度成果報告書（概要版）



2021 年 5 月

一般財団法人 日本船舶技術研究協会

目 次

1. 研究概要.....	1
1.1. 背景と目的	1
1.2. 本事業の達成目標と期待される効果	2
1.2.1. 本事業の達成目標.....	2
1.2.2. 期待される効果.....	2
1.3. 事業内容.....	3
1.3.1. スケジュール	3
1.3.2. 実施計画.....	4
1.4. 主要な成果	5
1.4.1. 無人運航船安全性評価.....	5
1.4.2. 総合シミュレーションシステムの開発.....	8
1.4.3. 総合調整、ガイドライン策定等.....	13
1.4.4. 無人運航船の安全性評価に係る基礎調査.....	16
1.5. まとめ及び今後の計画.....	32
2. 活動状況報告.....	36
2.1. 無人運航船安全性評価ステアリング委員会	36
2.1.1. 第1回委員会.....	36
2.1.2. 第2回委員会.....	37
2.2. 無人運航船安全評価等実施委員会.....	40
2.2.1. 第1回委員会.....	40
2.2.2. 第2回委員会.....	42
2.2.3. 第3回委員会.....	43
2.3. 無人運航船安全ガイドライン等策定委員会	45
2.3.1. 第1回委員会.....	45
2.3.2. 第2回委員会.....	47
2.4. MEGURI2040 実証事業者との会合.....	50
2.4.1. 第1回会合.....	50
2.4.2. 第2回会合.....	50

1. 研究概要

1.1. 背景と目的

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（MEGURI2040）」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。

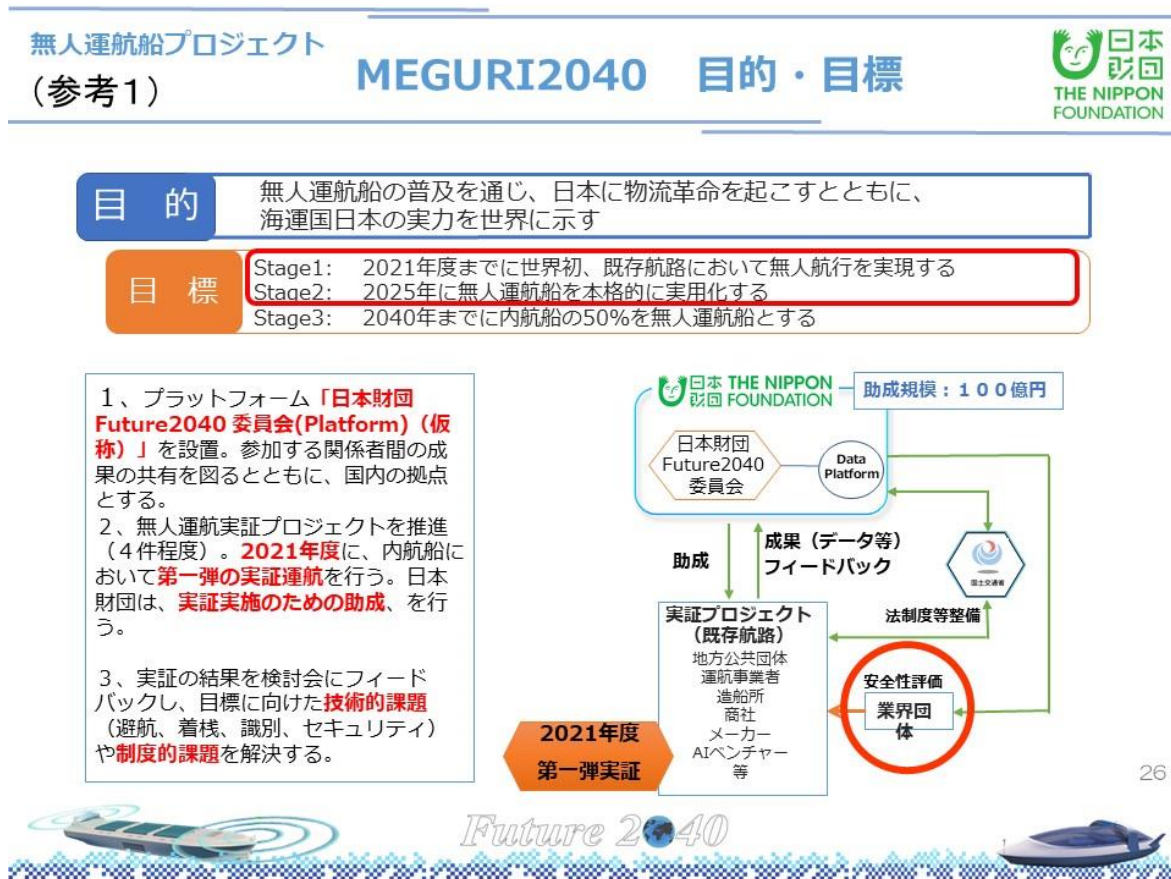


図 1.1.1 日本財団による MEGURI2040 事業の概要
 実証実験及び安全性評価プロジェクトの位置づけ

1.2. 本事業の達成目標と期待される効果

1.2.1. 本事業の達成目標

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能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り、また、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. 期待される効果

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。

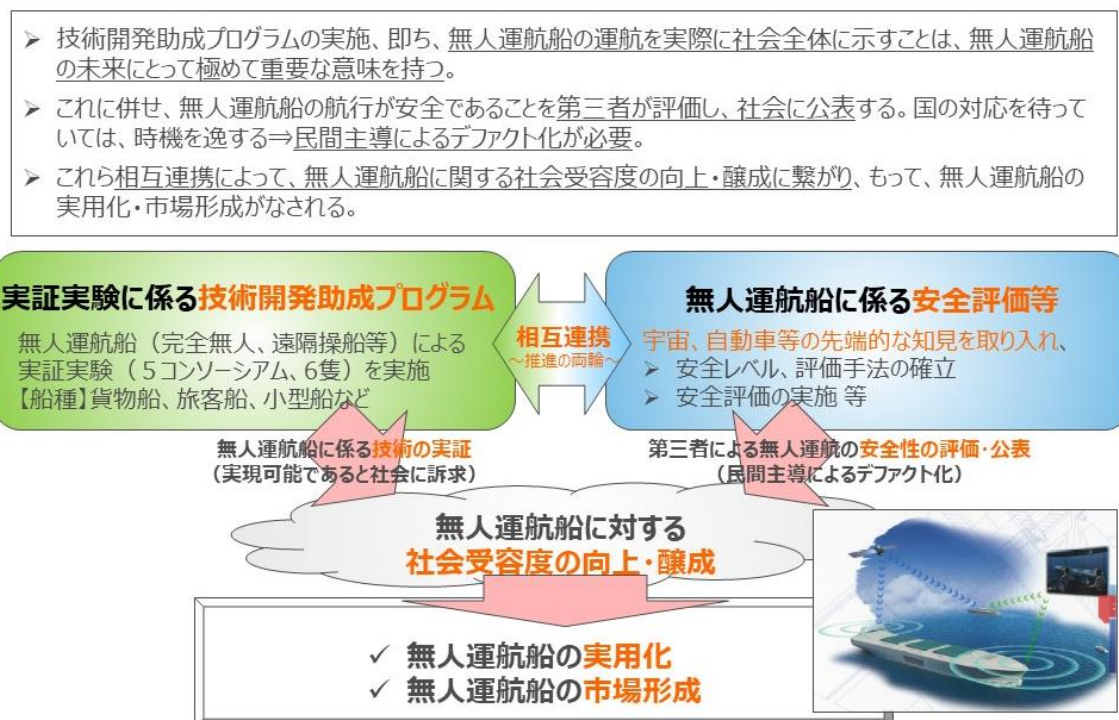


図 1.2.1 無人運航船の実証実験に係る全体枠組み

1.3. 事業内容

1.3.1. スケジュール

本事業は 2020 年 6 月 19 日から開始し、2023 年度までの 4 年計画である。実施スケジュールおよび実施項目を図 1.3.1 に示す。

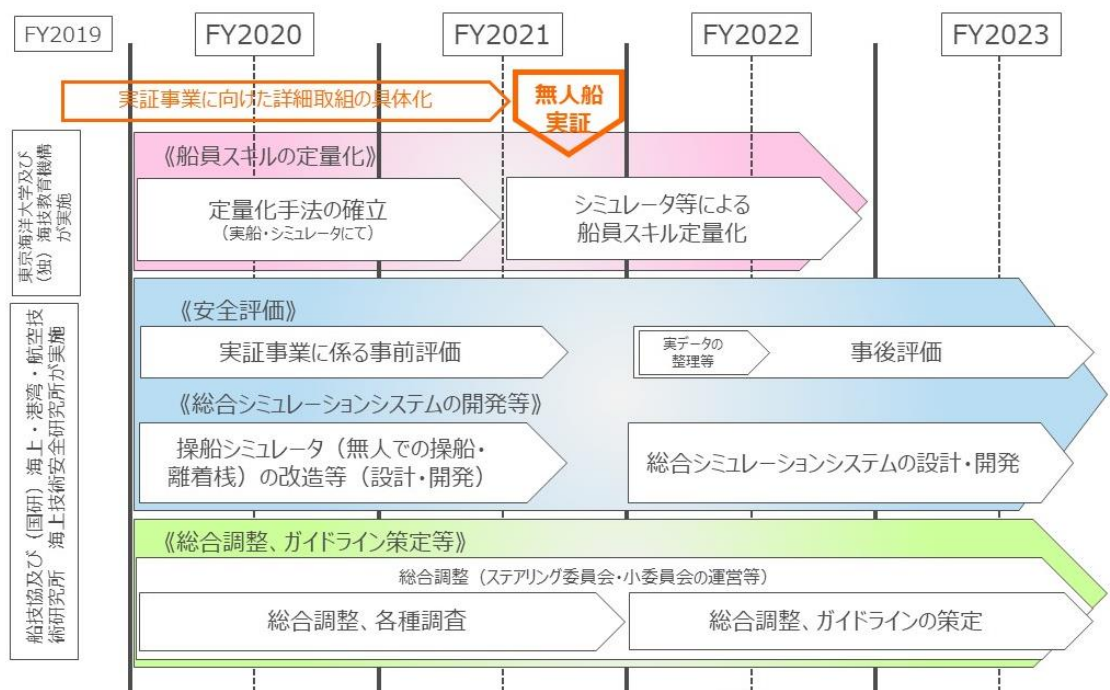


図 1.3.1 実施スケジュールおよび実施項目

図 1.3.1 上段の船員スキルの定量化事業は、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実施しており、2022 年度までの 3 年計画である。当該事業は無人運航システムに係る安全評価の基盤となる船員スキル定量化を目指しており、成果は安全性評価事業に導入される。安全性評価事業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。

1.3.2. 実施計画

図 1.3.1 に示した各項目の実施計画を以下に示す。

(1) 無人運航船安全性評価（日本船舶技術研究協会及び海上技術安全研究所が担当）

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。

(2) 総合シミュレーションシステムの開発等（日本船舶技術研究協会及び海上技術安全研究所が担当）

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。

(3) 総合調整、ガイドライン策定等（日本船舶技術研究協会及び海上技術安全研究所が担当）

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。

(4) 船員スキルの定量化事業（東京海洋大学及び独立行政法人海技教育機構が担当）

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。なお本事業の詳細は担当機関が別途作成する事業報告書を参照のこと。

1.4. 主要な成果

1.4.1. 無人運航船安全性評価

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に、「現状調査」と「各事業者のリスク解析のモニタリング及び解析支援」を実施した。

(1) 現状調査

現状調査としては、AIS による交通流分析、無人運航システムの現状技術調査及びシステムのリスク解析手法の調査を実施した。

AIS による交通流分析

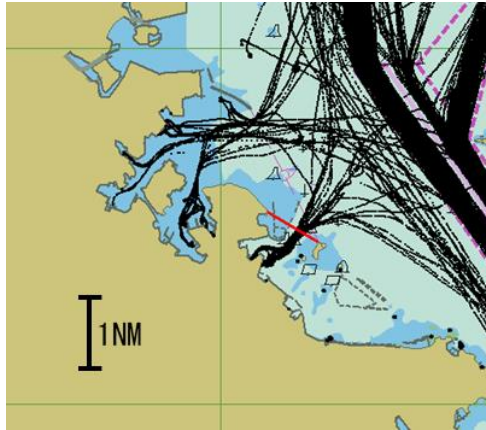
実証実験において他船との異常接近や衝突は主要なハザードである。事前評価では、各実証実験で想定すべき遭遇の具体的な状況を把握するために、予定航路及びその近傍における、海上交通の様子、時間帯毎の交通量の分布、船種・船の大きさの分布を調査した。結果の一例を図 1.4.1 に示す。丸紅グループの実証実験が行われる、横須賀市三笠棧橋から猿島までの航路を対象とした。分析は、AIS (Automatic Identification System、船舶自動識別装置)の航跡データを使用して、各事業者の実証実験が予定されている航路について、実施した。分析結果から実証実験において分析対象海域を航行する際に、注意すべき事項や推奨事項等について考察した。

無人運航システムの現状技術調査

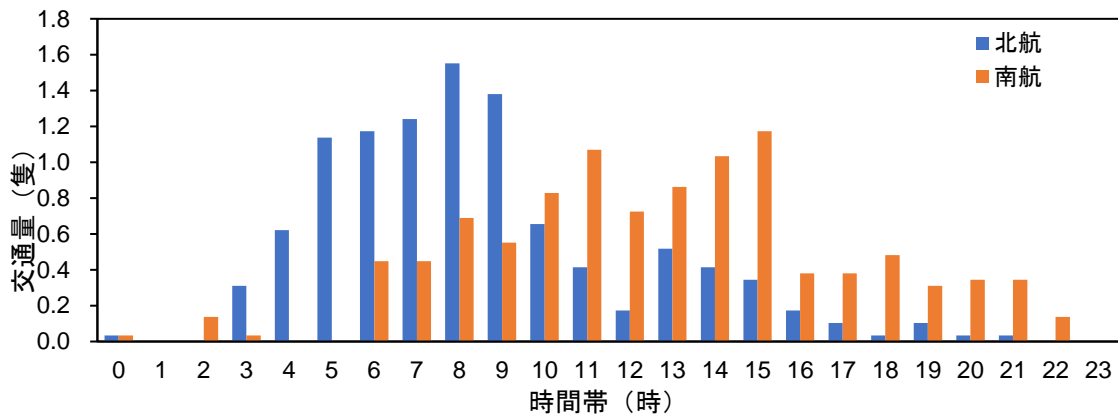
無人運航用のシステムを船舶で安全に使用するための安全性解析手法は確立されておらず、想定される対象システムの特徴を考慮しながら必要な解析手法をガイドラインの形で整備することを目指している。そのため、無人運航システムについて、システムが行うタスク、システムと人の役割分担、システムの使用条件、緊急時の想定等の観点から調査を実施した。本調査結果を参考に、想定される対象システムの特徴を考慮した安全性解析手法をガイドラインの形で整備していく予定である。

システムのリスク解析手法の調査

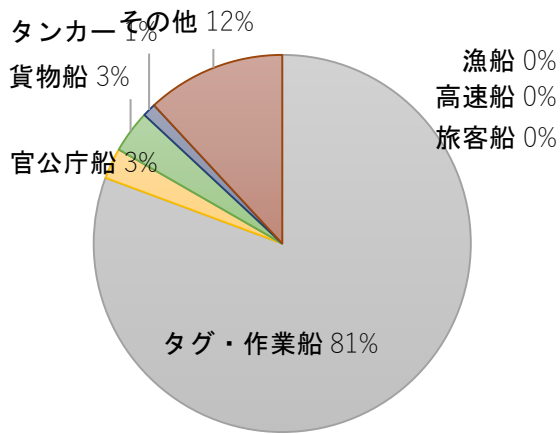
SWIFT (Structured What IF Technique)、FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)、HAZOP (HAZard and OPerability study)等の従来のリスク解析手法は、主にハードウェアを対象とした手法である。一方、無人運航船の多くの機能は、自動航行プログラム等のソフトウェアを多用しているため、無人運航船のリスク解析に従来のハードウェアを対象とした解析手法を適用することは不適切である可能性がある。そこで本調査では、ソフトウェア向けのリスク解析手法である、ソフトウェア FMEA、STAMP/STPA、FRAM の 3 手法について調査を実施した（表 1.4.1）。また、これら 3 手法の無人運航船へのリスク解析への適用に関して考察した。これら 3 手法は無人運航船のリスク解析手法としても有用であると考えられるが、リスク解析の目的によって手法の使い分けが必要である点等、これら手法を無人運航船のリスク解析へ適用する際に留意すべき事項を明らかにした。



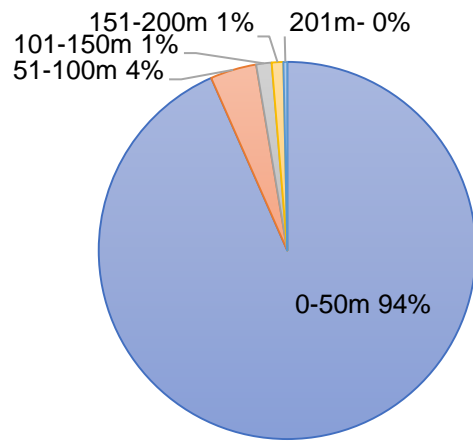
(a) ゲート位置及び AIS 航跡 (2020 年 2 月 1 日)



(b) 時間帯別の一時間あたりの通航量



(c) 通航量の船種別内訳



(d) 通航量の船長別内

図 1.4.1 猿島の分析結果(N=605)

表 1.4.1 ソフトウェア FMEA、STAMP/STPA、FRAM の概要と特徴

	ソフトウェア FMEA	STAMP/STPA	FRAM
概要	FMEA をソフトウェア向けに改良した手法	コンポーネント間の相互作用に着目した手法	機能間の相互作用に着目した手法
特徴	従来の FMEA における「部品」を“機能”や“モジュール”、“故障モード”を“なにが(部品の特性) ”、“どうして(不具合発現のメカニズム) ”、“どうなる(症状) ”の3つの属性で表現する。	故障/失敗がなくともコンテキスト次第で不安全な状態になるとの考えのもと、そのようなコンテキストやそれを引き起こすコントロールアルゴリズムやプロセスモデル等の不具合を分析する。	システムがどのようにして安全性を確保しているかを機能のやり取りとしてモデル化し、機能間の相互作用によるメリット(成功要因)と、デメリット(リスク要因)を識別する。

(2) 各事業者のリスク解析のモニタリング及び解析支援

5つの事業者が実施する安全性評価の内容に即して実施の過程を確認し、実証実験の安全な実施に資するための必要な助言を行った。事業者によってはリスク解析に不慣れであることを考慮し、リスク解析のモニタリング及び解析支援に先立ち、「無人化船 PJ のリスク評価の進め方」の資料を作成し、各事業者に説明した。

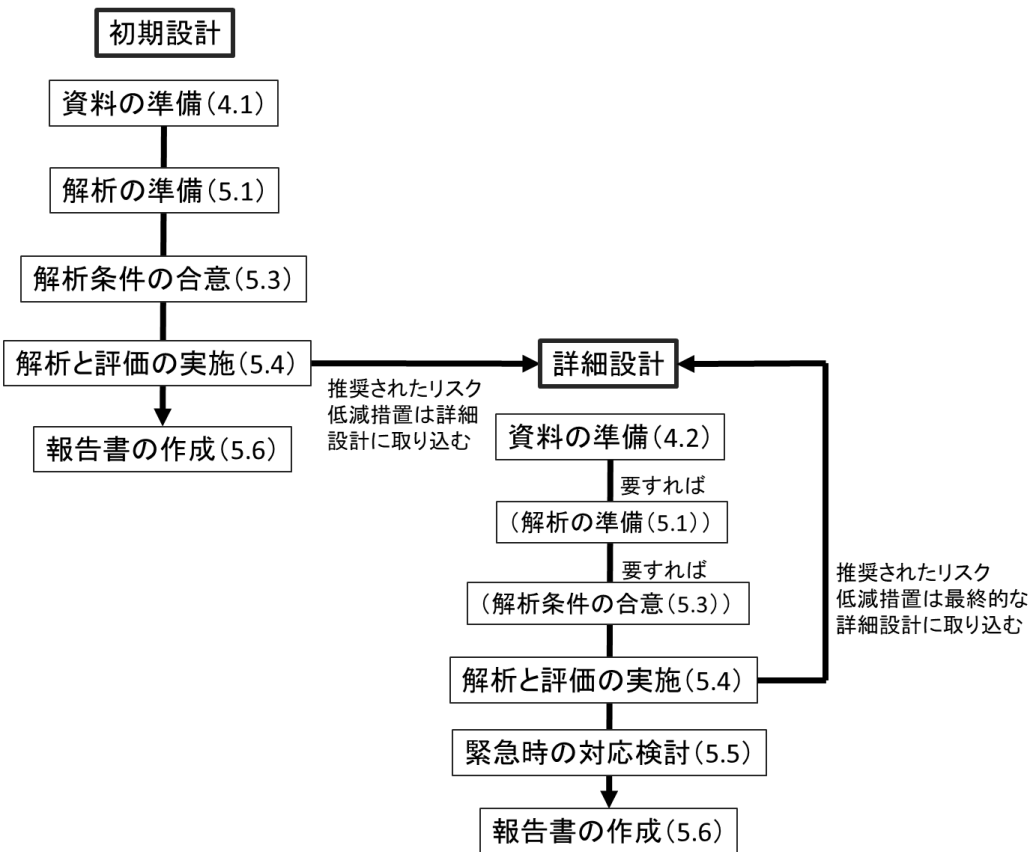


図 1.4.2 リスク評価及び緊急時の対応検討の流れ

事業者によって安全性評価の計画や体制等が異なり、それぞれに即したモニタリング及び解析支援を実施した。2事業者は、特段の安全性評価計画を有していなかったため、解析支援として、解析対象、フェーズ、リスク指標の設定等について、助言とレビューを実施した。3事業者は、安全性評価計画を有していたため、事業者の計画に即して実施過程と結果を確認し、必要な助言を行った。その結果、海技研のレビューコメントが安全対策として採用された。

1.4.2. 総合シミュレーションシステムの開発

(1) 現状調査

操船シミュレータ及び関連する技術の動向及び自動航行プログラムの評価手法について調査した。現在の操船シミュレータに関する国内外の現状と関連する技術の現状を調査することにより今後の操船シミュレータに関する技術動向を考察し、新しく整備する操船シミュレータの機能要件を求めた。

自動航行プログラムの評価方法については、自動航行プログラムの評価手法の現状、運輸安全委員会の事故調査報告書から事故発生状況の把握、及び自動航行に関して先行する分野である自動車における安全性評価手法について調査した。自動航行プログラムの評価手法では、避航操船を対象に調査を実施した。衝突リスクの評価法として交通流理論に基づくもの、Ship Domainに基づくもの、CPA(Closest point of approach)によるCRI (Collision Risk Index)に基づくものなどが従来から利用されてきたが、操船者が相手船の距離と方位変化率で操船

者の感じる危険度を図示した評価領域図、OZT(Obstacle Zone by Target)による閉塞状態から自船の避航操船余裕を評価するものなど操船者の感覚に近い評価法として検討されており、避航アルゴリズムの評価に有用であると考えます。また、CORLEGs(The Convention on the International Regulations for Preventing Collision at Sea)の遵守度を評価する方法がノルウェーを中心に提唱されている。

事故調査報告書からは評価用シナリオ作成の参考となるポイントの抽出を試みた。避航操船では相手船の動向を予測することが必要であり、その過程で操船者の経験値を組み入れたアルゴリズムや強化学習等の AI 技術が用いられている。強化学習に必要な報酬の決定は人の経験に基づいて設定されており、これらのプロセスでは決定に人の経験が反映されることになる。そのため、衝突事故の要因として挙げられた経験からの思い込みや、相手船の避航を期待したような場合への対応を評価するため、事故発生過程を考慮したシナリオの作成についても検討が必要である。

自動車分野では、シナリオベースアプローチに基づく安全評価が検討されており、そのベースになるデータを車載カメラや定点に設置したカメラにより収集している。船舶では AIS(Automatic Identification System：船舶自動識別装置)により航跡等のデータが取得できるため AIS データを用いて同様のアプローチを検討することとした。

(2) 操船シミュレータの改修及びインターフェース標準化の検討

無人運航船を含む自動運航船では、システムの適用範囲を ODD(Operational Design Domain：運航設計領域)により定義している。無人運航船は、常時遠隔監視が実施され ODD 外では遠隔による操船が必要となる。また、無人運航船に移行する段階では ODD 外となる場合は船上の乗組員に操船を委譲することとなるが、その際の手順や提供する情報等の評価に必要な総合シミュレーションシステムの機能を検討するため、オーバーライドを疑似するモックアップ及び遠隔監視・操船模擬システムを作成した。

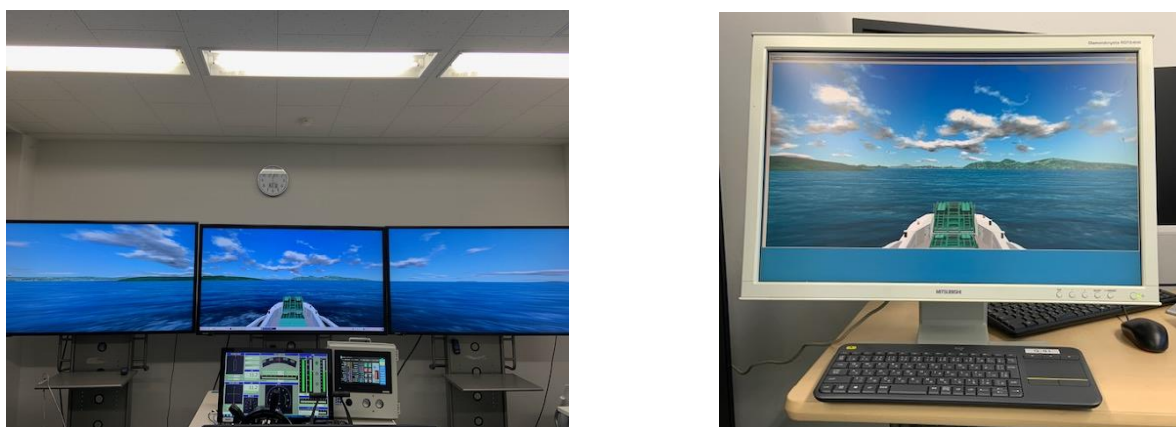


図 1.4.3 遠隔監視・操船模擬システム

また、自動航行プログラム接続インターフェースの標準化について海外の動向を調査した。自動車分野ではモデルベース開発に変わりつつあり、異なるシミュレーションツール間での

モデルの交換と接続を可能とするため、まずヨーロッパで FMI(Functional Mockup Interface) が規格化された。現在、FMI はエネルギー、プラント、航空宇宙、鉄道など他の産業分野にも対応できるようになっている。海運業界でも、ノルウェーの DNV GL によって運営されている OSP (Open Simulator Platform) で、システムの統合、テスト、検証のためのデジタルツインの効率的な構築を可能とすることを目的とし、FMI 標準に基づいた規格書、ソフトウェア、コンポーネントが提供されている。このため、本プロジェクトにおいてもシステムコンポーネントを OSP と相互接続できる FMI 規格に基づいた接続インターフェースをもつシミュレーションシステムの構築を検討することとした。一方で、MEGURI2040 参加事業者の開発状況および FMI によるシステム構築に対するヒアリングでは、現状では FMI で接続できる仕様のものではなく、航海センサ類やアクチュエータに対して国際標準規格を考慮した仕様とすること、また LiDAR 等新しいセンサについては国際的な規格が定義されるまで柔軟に対応できるものとする等が課題として挙げられ操船シミュレーションシステムの仕様への反映を検討することとした。

(3) 総合シミュレーションシステムの導入

総合シミュレーションシステムは、無人運航船の運航に必要な安全評価の実施、及び開発個社に開発環境を提供することを目的とし、ファストタイム・シミュレーションシステム (FTSS)、操船シミュレータ及びセンサ・機関・避難シミュレータで構成される。2020 年度は総合シミュレーションシステムのうち、FTSS と操船シミュレータについて求められる機能を抽出し、仕様を検討した。なお、FTSS は、シミュレーションを実時間より早く実行できるため、例えば避航アルゴリズムの検証では様々な見合い状態を網羅的に実施することが可能である。また操船シミュレータは、ヒューマン・マシン・インターフェース(HMI)の評価や既存船舶と併存する海域での操船行動評価等、人の関与を考慮した評価を実施するものである。

ファストタイム・シミュレーションシステム (FTSS) は、(1) 及び (2) での検討に基づき、プロトタイプシステムを完成させた。操船自動化システムや環境、他船、センサ、船舶の運動計算等 FTSS 上で動作する各シミュレーションモジュールが FMU (Functional mockup unit) としてシミュレーション管理システムと、FMI と呼ばれる標準的な通信規格を通じて接続され、全体が自動運航船の動作をテストする FTSS として機能するものとした。システムの概要を図 1.4.4 に、シミュレーション結果を図 1.4.5 にそれぞれ示す。

総合シミュレーションシステムについて、(1) 及び (2) による検討に加え、プロジェクト参加事業者ヒアリングを実施し、自動化システムの基準の策定および評価認証の実施等の立場からニーズを把握し、また開発時に使用するために必要な機能や希望する機能等の要件を把握した。今後、その対応案に基づき事業者との意見交換を継続して実施し、システムのブラッシュアップに努めることとする。図 1.4.6 に総合シミュレーションシステムのシステム構成を、図 1.4.7 に機器構成を示す。

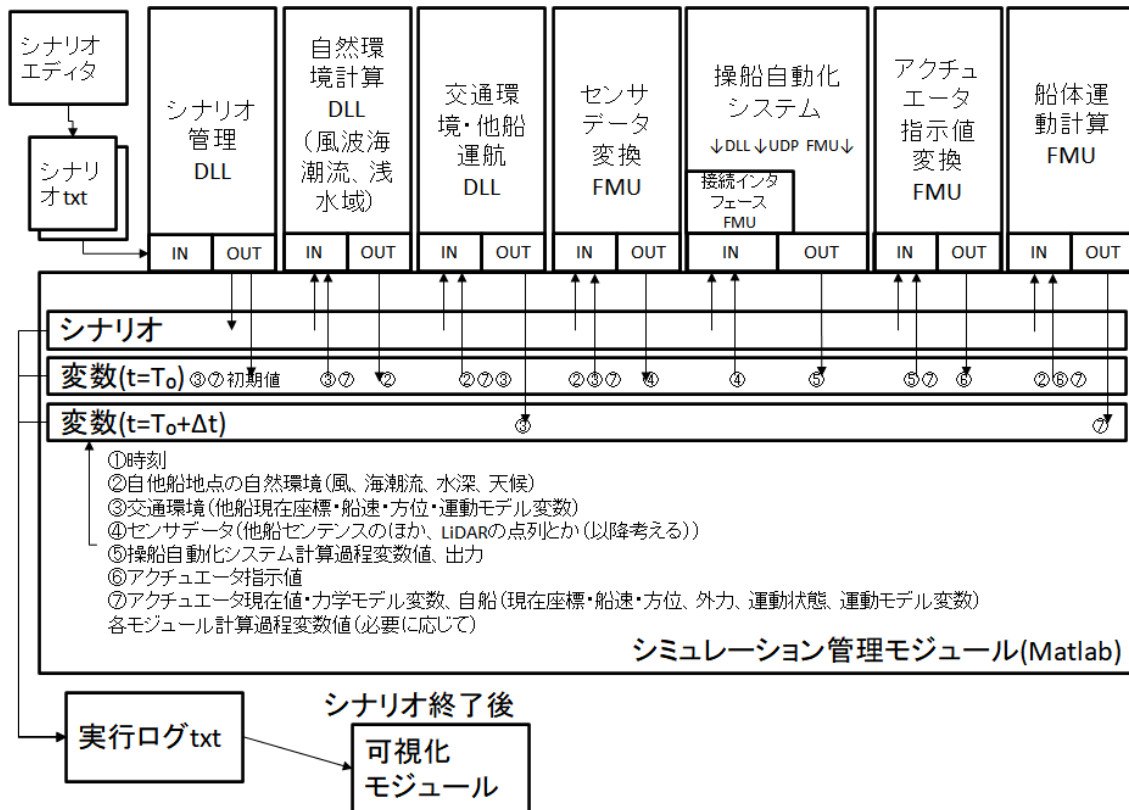
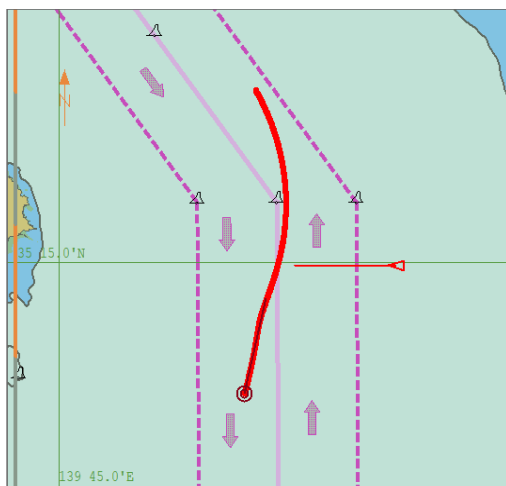


図 1.4.4 ファストタイム・シミュレーションシステム概要

シミュレーション結果 赤：自船航跡



シミュレーション結果 避航 減速中

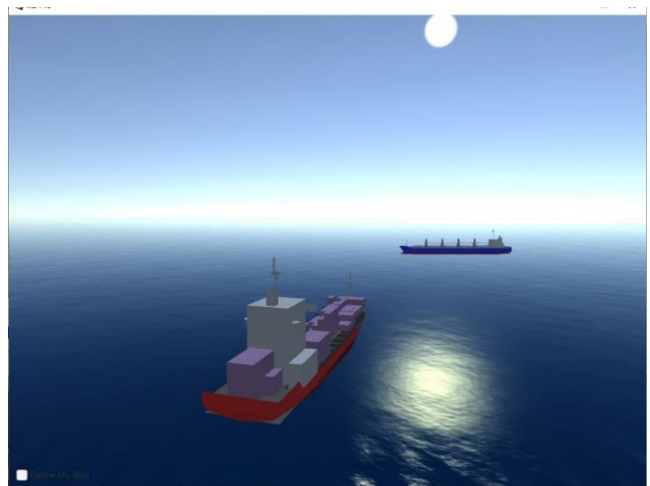


図 1.4.5 シミュレーション結果 (見合い関係：横切り船 (自船義務船))

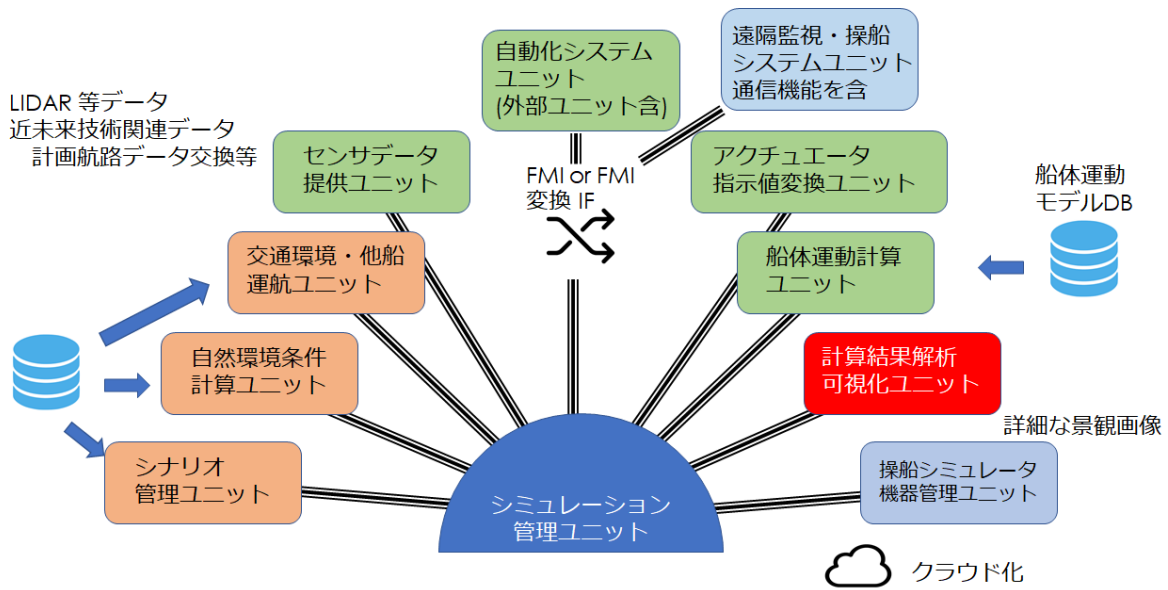


図 1.4.6 総合シミュレーションシステム システム構成

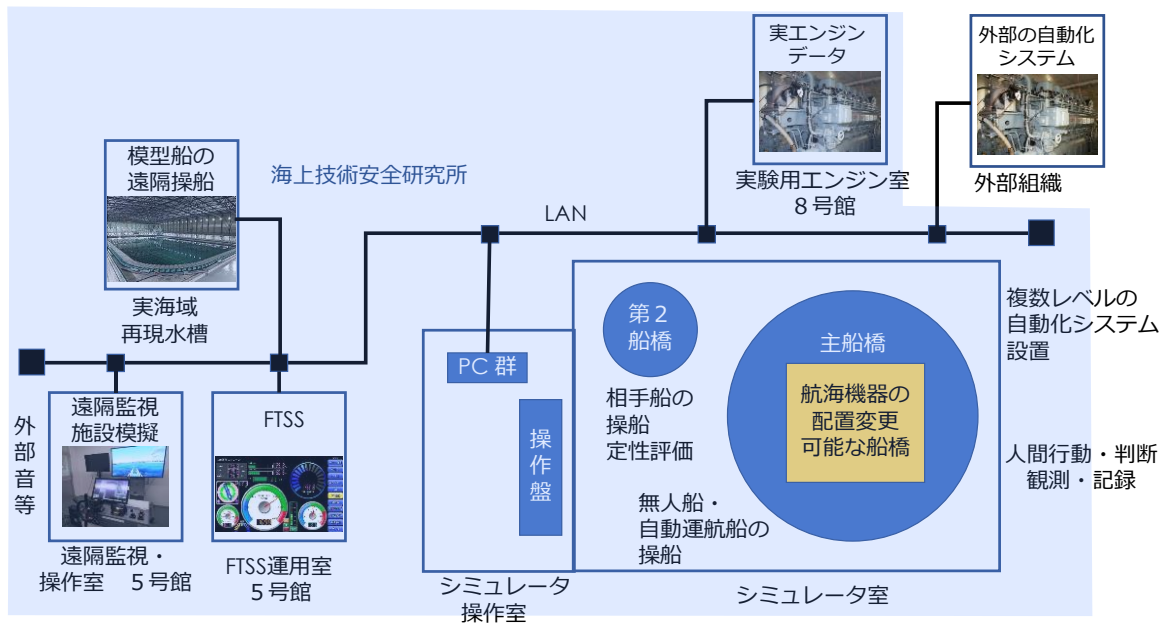


図 1.4.7 総合シミュレーションシステム 機器構成

(4) シミュレーションを用いた安全性評価法の検討

海技研が所有する避航アルゴリズムを用いて COLREGs との比較による評価の試行を 2020 年度に実施した。本試行では COLREGs の適合の程度を指標として 1 対 1 の網羅的な遭遇シナリオの操船結果を評価した。本評価法は、操作の遅れを定義するパラメータや危険な最近距離を定義するパラメータ等複数のパラメータがあり、パラメータの設定には事故調査報告書や論文等の検証、シミュレータによる実験及び専門家の判断が必要であると考えている。また、評価指標はそれぞれに長所と短所があるため、複数の指標を利用した評価を 2021 年度に検討することとした。

1.4.3. 総合調整、ガイドライン策定等

(1) 総合調整

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た。各委員会の構成、スケジュール及び TOR (Terms of Reference : 付託事項) を図 1.4.8 から図 1.4.11 に示す。



図 1.4.8 無人運航船安全性評価事業における委員会構成及びステアリング委員会委員

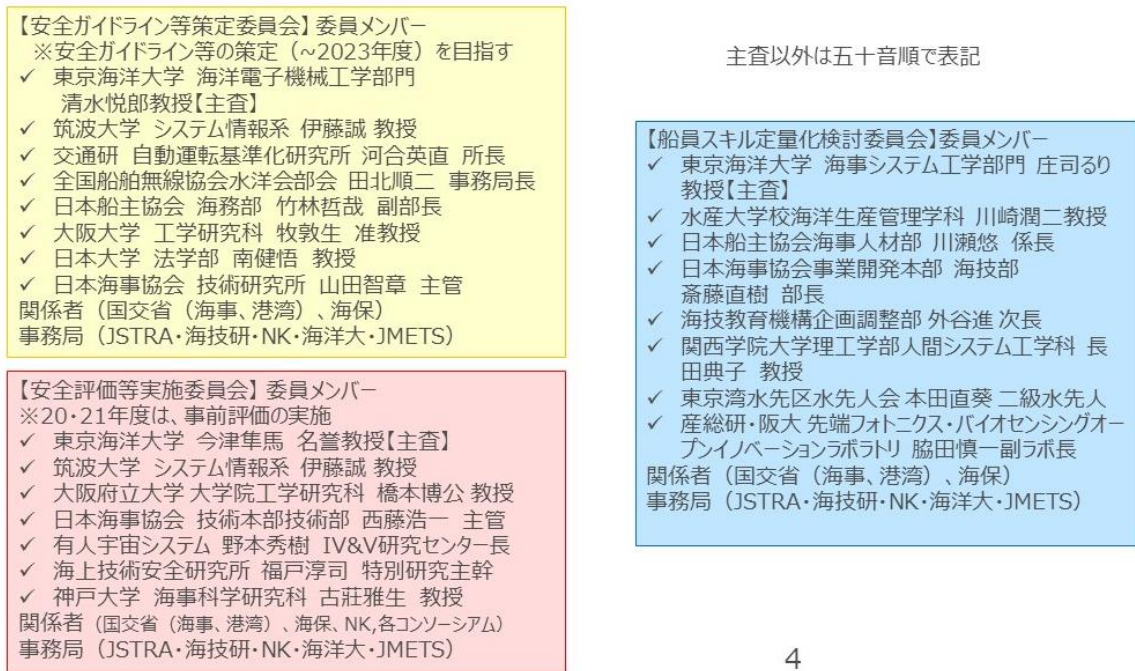


図 1.4.9 安全ガイドライン等策定委員会、安全評価等実施委員会及び船員スキル定量化検討委員会委員

- ステアリング委員会
 - 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
 - ① 安全ガイドライン検討
 - ② 委託事業進捗確認
 - ③ ステアリング委員会への報告
- 安全評価等実施委員会
 - 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 ステアリング委員会への報告
- 船員スキル定量化検討委員会
 - 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 ステアリング委員会への報告

図 1.4.10 各委員会の TOR

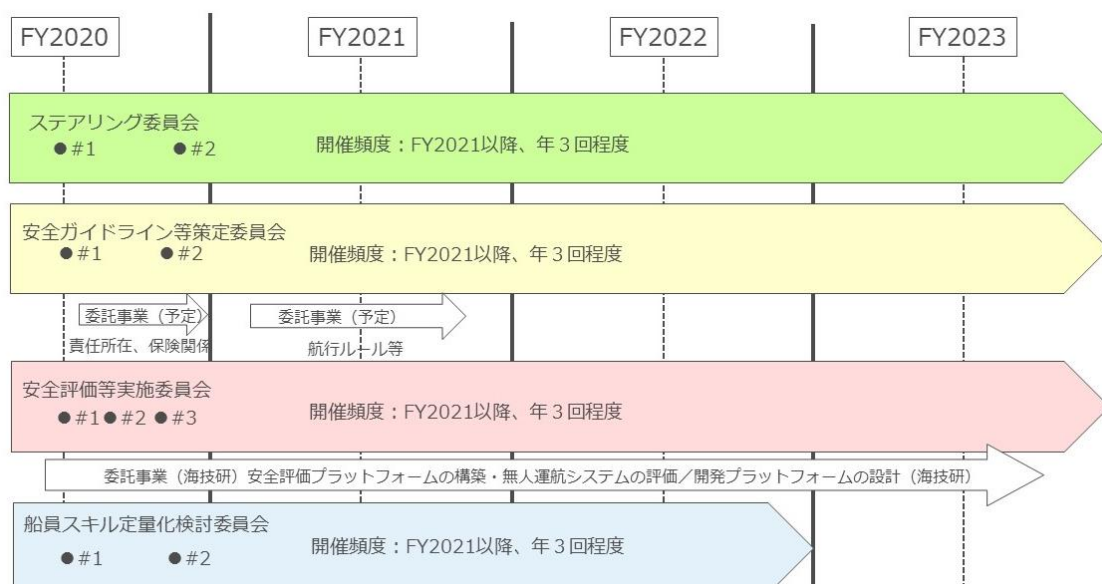


図 1.4.11 総合調整、ガイドライン策定等のスケジュール

(2) ガイドライン策定

本事業の主要な成果の一つとして、技術的な検討及び実証事業者による実証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取りまとめて、自動・遠隔及び自動化レベルを取り扱うガイドライン策定を掲げている。このため実証試験終了後の 2022 年度以降にガイドラインの作成を行う。本年度は無人運航船安全ガイドライン等策定委員会において安全ガイドライン策定の方向性について議論した。

2020 年 10 月 8 日に開催された第 1 回委員会ではガイドライン策定に係る論点として、1) 本ガイドラインの目的、2) 対象とする範囲、3) 特に重視すべき事項、4) 国及び船級協会ガイドラインとの関係、5) 本ガイドラインを作成するために参考となる情報、6) その他 の 6 項目の論点案を提示した。

2021年2月10日に開催された第2回委員会では自動運転分野の調査結果をもとに、無人運航船安全ガイドラインのイメージを提案した。2021年度から遠隔操船船及びこれらに搭載される自動化システムを対象に、具体的な仕様及び限定された運航設計領域（ODD）を設定し、安全性評価の在り方の検討に着手することになった。その一環として海技研による小型バスフロート船「神峰」を用いた遠隔操船実験を対象とした予備調査を2021年4月19～23日に実施した。

**A2-B0：遠隔操船船+有資格遠隔操船者（遠隔操船センター）
+無資格運航者（船上） 想定案**

スペック：

用途：離島間の旅客輸送 弓削島—因島
 操船モード：自動離棧、自動運航（避航を含む）、自動着棧
 船種・船型：小型旅客船、船長20m
 機関・推進器：ディーゼルエンジン1機、1軸1舵、
 パウラススタ
 遠隔操船センター：航海計器表示、遠隔景観表示、各種警報



ODD：

運航時間：昼間
 輻輳度：非輻輳海域
 風速：風速10m/s以下（着棧）
 視程：1マイル以上

自動運航と遠隔操船者の役割：

Way Pointに基づくTrack Controlと自動避航
 遠隔操船者は常に監視し(always informed)、必要に応じて介入
 無資格運航者は、遠隔操船者の指示で作業実施



事業者による実証事業の進捗を踏まえて今後変更の可能性あり



図 1.4.12 遠隔操船船舶の想定案

1.4.4. 無人運航船の安全性評価に係る基礎調査

無人運航船の開発及び安全性評価に係る基礎調査として以下の6項目を実施した。

- (1)移動体の自律化・自動化に関わる責任所在及び保険などについての調査
- (2)小型船舶操縦者の機能要件及び技量定量化に係る基礎調査
- (3)EUにおける自律運航船の安全性評価等に関する調査 -SAFEMASS プロジェクト
- (4)EUにおける自律船プロジェクトの調査
- (5)自動車分野における安全性評価技術に係る基礎調査
- (6)自動運航及び遠隔操船に用いる各種センサの評価方法に関する課題整理

それぞれの項目の概要を以下に示す。

(1) 移動体の自律化・自動化に関わる責任所在及び保険などについての調査

船舶分野における無人運航船の社会実装に向けて、自律化・自動化に関わる民事法上の責任所在及び保険の在り方に係る調査を実施した。なお本調査は日本大学法学部の南健吾教授に委託して行われた。

調査項目

- 1) 自動車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に関する調査を実施する。
- 2) 無人航空機を含む航空機分野及びロケット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に関する調査を実施する。
- 3) 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に関する調査を実施する。特に問題点及び今後の課題に重点を置いて整理するとともに、課題解決に向けて必要な取り組み等について提言する。

主要な結論

1) 自動運転車

- ・自賠法という特殊な責任制度を有しているが故に、ある程度現行法の枠組みで対応が可能である。事故被害者に対する賠償について自賠責保険による政府管掌保険が存在する。
- ・メーカーが PL 責任を負担する可能性も認められるが、現実問題、運行供用者責任と自賠責で大部分は対応できるのではないか。
- ・責任分担の不均衡の是正が問題の焦点である。メーカーは責任を事実上負わない可能性が高いため、メーカーに対しても自賠責保険料の拠出を求めるなどの対応が必要かもしれない。

2-1) 航空機（高度に自動化された航空機）

- ・対旅客については条約上、無過失責任であることから、基本的には現行法の枠組みで対応可能であるが、全額賠償を求めることは困難である可能性。
- ・対地上被害者については現行法上、過失責任であることから、地上被害者保護に欠ける事態が起こるかもしれない。立法論として無過失責任を負わせるべきという見解もある。
- ・立法論として無過失責任法制をとるべきだとの見解が有力である（実務上は保険で対応している可能性）。ただし無過失責任にしたとしても、保険料との関係では、特に影響はないとの指摘もある。

2-2) ロケット等（高度に自動化されたロケット等）

- ・現行法上、人工衛星打ち上げ用のロケットについては特別法において、無過失責任であるとされている。そのため、基本的には現行法の枠組みで対応可能であり、被害者保護は保険と政府保証により対応することになっている。
- ・製造業者等については PL 責任を免除されている（製造業者を保護し、事業参入の促進と国際競争力の強化のため）。

3) 自動運航船

- ・完全自律船を認めるかどうかは政策的判断であるが、現行法では、資格と訓練を受ける乗組員による運航が想定され、完全自律船を認めることは困難である可能性。
- ・高度化された自律機能を有していても、最終判断は乗組員とするのであれば、システムの冗長性等が必要となり、それが欠如している場合には、PL 責任を製造業者等が負う可能性もある。

る。

- ・完全自律船を認める場合、現行法は過失責任である以上、メーカー（造船者等）が直接 PL 責任を負う可能性もあるが、現実的には困難である可能性。
- ・被害者保護という見地から、自動運航船の船舶所有者に無過失責任を負わせるべきとする見解が有力である。

(2) 小型船舶操縦者の機能要件及び技量定量化に係る基礎調査

無人運航船の社会実装に向けて、特に小型船舶（旅客船）の船長である小型船舶操縦者の機能要件及び法令上の要件を明らかにし、機能要件等に応じた技量の定量化（自動化システム等の性能基準案として整理）を策定することにより、人間としての小型船舶操縦者と人間に代替する自動化システム等との同等性を評価するための基礎資料を得ることを目的として以下の調査を実施する。なお本調査は有人宇宙システム株式会社に委託して行われた。

調査項目

- 1) 小型船舶（旅客船）の船長である小型船舶操縦者の機能要件に関する調査
- 2) 小型船舶（旅客船）の船長である小型船舶操縦者の法令上の要件に関する調査
- 3) 機能要件等に応じた技量の定量化（性能基準案）の策定及び策定にあたっての課題の抽出

主要な結論

本業務では、各種法規、水上安全条例、港湾における規則、過去の事故事例・判例、及び、熟練した小型船舶操縦者との議論をもとに、小型船舶操縦者の機能要件の識別、FRAM(機能共鳴分析)によるモデリング化を行い、機能要件等に応じた技量の定量化（性能基準案）の策定及び策定にあたっての課題を抽出した。この業務を通じ、主に以下のような安全上の課題と対策を識別した。

- 1) 避航行動に移る場合、特に大型船舶との見合い関係においては、航法が適用される1～2海里に入ってしまうと、過去の事故事例から安全化困難なケースが存在している。したがって、航法が適用されない遠方での計画が重要となる。出向前の航海計画を「長期計画」、1～2海里より遠方での行動計画を「中期計画」、航法が適用される距離での計画を「短期計画」と呼ぶとするなら、安全上特に重要なのは、「中期計画」である。熟練した小型船舶操縦者との10時間に及ぶ討論、フェリー操船の現場での小型船舶操縦者とのヒアリング、過去の事故事例の分析からの結論として、中期計画においては、小型船舶の場合、以下の2原則を適用すべきである：
 - ・中期計画においては、そもそも、他船舶との見合い関係にならないようにする航路を計画すること。
 - ・中期計画においては、他船舶との見合い関係に陥ることが不可避な場合、減速、安全に停止し、道を譲ること。または大きな回避行動をとること。
- 2) 航法が適用される相対距離（2海里以内）に入ってしまった場合、安全化を困難にする原因の一つとして、「三体問題の発生」が多発していることが、過去の事故事例の分析から明らかとなっ

た。これは、航法が自船と他船との「二体問題」に限定される法規であり、第三船が存在している場合、航法による適切な行動は規定されないからである。「法的に正しい行動」が不明な状態で、安全な行動を計画することは難易度が高く、他船との意思疎通も困難である。このような三体問題に陥ってしまった場合の安全化方策を考察した結果、以下の原則を適用するべきであると結論する：

- ・ 小型自動運行船舶は、三体問題が発生したと認識した場合、現状のままでは安全化が困難と判断したならば、即座に停止し、他船に道を譲ること。

(3) EU における自律運航船の安全性評価等に関する調査 -SAFEMASS プロジェクト

SAFEMASS : Study of the risks and regulatory issues of specific cases of MASS (MASS の特定のケースのリスクと規制問題の研究) は European Maritime Safety Agency (EMSA : 欧州海上安全庁)が主導したプロジェクトであり、様々なレベルの MASS の実装によってもたらされる新たなリスクと規制のギャップを特定すること及び EU 加盟国と欧州委員会、そして IMO に有意義な情報を提供することを目的としている。

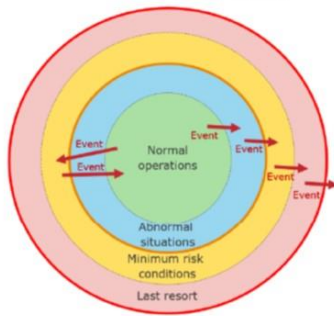
報告書は 2 部構成であり、パート 1 では完全自律船 + 船上に有資格運航者を、パート 2 では自律船 + 船上に無資格運航者 + 遠隔制御所 (RCC) を対象とし、ハザードの特定 (HAZID)、フォールトツリー分析 (FTA)、規制上の課題のレビュー、推奨されるリスク管理オプション (RCO) と対策 (RCM) のセットが記載されている。本事業におけるリスク解析を実施するうえで参考となる様々な情報が含まれている。SAFEMASS 報告書の概要及び主要な結論を図 1.4.13 から図 1.4.15 に示す。

EU における有人自律・遠隔操船のリスク評価事例
SAFEMASS レポートの概要

- 検討対象とした自動化船 (MASS)
- A3-B1 : 完全自律船 + 船上に有資格運航者
 - A2-B0 : 自律船 + 船上に無資格運航者 + 遠隔制御所 (RCC) に有資格運航者

- MASS と最小リスク状態 (MRC)
- ・ Normal operations
 - ・ Abnormal situations
 - ・ Minimum risk condition
 - ・ Last resort

自 律 化 の レ ベル	船 上 に 無 資 格 オ ペ レ ー タ ー	船 上 に 有 資 格 オ ペ レ ー タ ー
A2	有資格オペレーターが常にシステムがとるすべての決定を監視、機能と決定、行動の実行には有資格オペレーターの許可が不要。有資格オペレーターはいつでもシステムに介入できる。	A2-B0 A2-B1
A3	緊急事態や船舶システムが定義されたパラメータの外に出た時には、システムが有資格オペレーターに通知する。機能、決定と行動の実行には有資格オペレーターの許可は不要。有資格オペレーターはいつでもシステムに介入できる。船舶システムが定義されたパラメータの外に出た時は有資格オペレーターは介入できる。船舶システムの境界を越えない限り、「人間による制御」は「人間による監督」になる。	A3-B0 A3-B1



- MRCの例、
- 1) 岸壁停泊
 - 2) 岸壁や他の船舶から離れる
 - 3) 安全な場所に航行
 - 4) ゆっくり移動する
 - 5) 次のウェイポイントで停止
 - 6) 支援を求める
 - 7) 緊急アンカーを落とす
 - 8) 制御された乗り上げ
 - 9) 位置を維持する
 - 10) 作業を中止

図 1.4.13 SAFEMASS レポートの概要

■作業内容

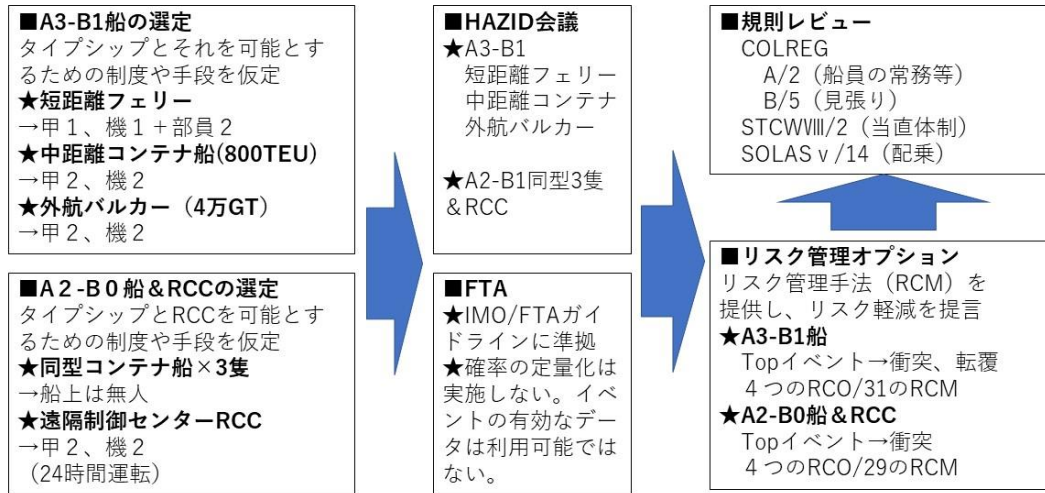


図 1.4.14 SAFEMASS における作業内容

■分析結果

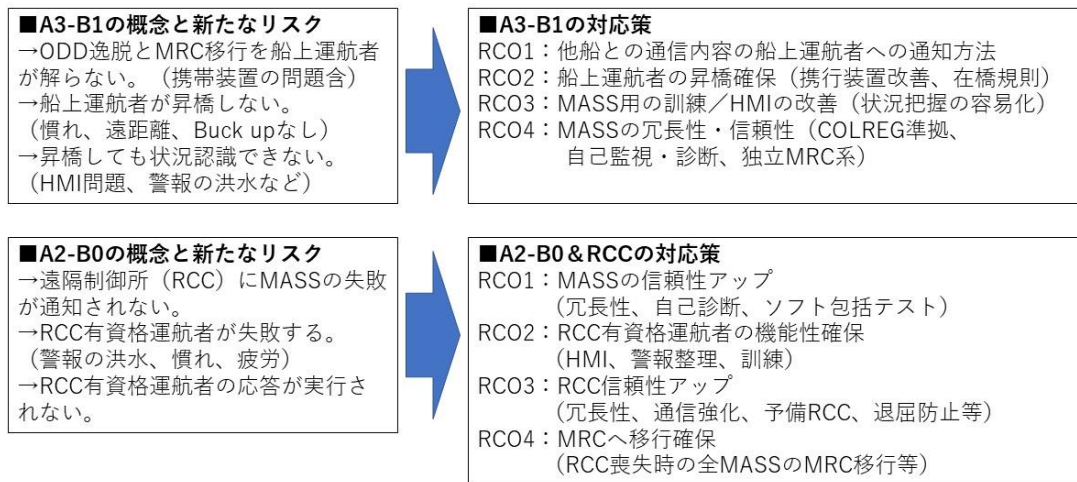


図 1.4.15 SAFEMASS における主要な分析結果

(4) EU における自律船プロジェクトの調査

ICMASS 2020 (The third International Conference on Maritime Autonomous Surface Ship 2020) は、大学及び産業界の技術者に自律船 (MASS) に関する最先端の研究を紹介し、ハイレベルの相互作用と情報交換を目的として開催される国際会議である。2018 年に韓国釜山で第 1 回が開催され、2019 年にはノルウェーのトロンハイムで第 2 回が開催された。第 3 回は 2020 年 11 月 11~12 日に韓国蔚山で開催される予定であったが、コロナ禍によりオンライン会議に変更された。本会議にはノルウェーを中心とする EU 各国から現在進行中のプロジェクトに関する講演が多数行われた。本会議で紹介された EU プロジェクトの概要を以下に示す。



図 1.4.16 ICMass2020 ホームページ (<https://www.icmass-conf.org/index.html>)

表 1.4.2 ICMAS2020 で講演された EU プロジェクトの概要

発表者	講演タイトル	講演概要	関連する EU プロジェクト
J. Hüffmeier et al.	PREParE SHIPS” for Automated Ship Passages by Modern Decision Support Tools by Exchanging Future Positions	他の船舶の意図を誤解することは、今日の船の衝突の最も一般的な事故原因の 1 つである。このような誤解は、フェアウェイ、ポートエリア、内陸水路などの制限区域での航行中に特に危険であり、無人船の導入で悪化する可能性がある。安全なオペレーションを確保するためには有人および無人船の操船意図と将来の位置を理解することが重要である。このため本プロジェクトでは、船の位置を高精度で特定し、その位置を予測するとともに、将来のポジション、および現在と将来のポジションのコミュニケーションできるシステムを作成した。	PREParE SHIPS https://prepare-ships.eu/
Ørnulf Jan Rødseth et al.	A taxonomy for autonomy in industrial autonomous mobile robots including autonomous merchant ships	自律移動ロボット (AMR) は 1980 年代に最初に導入された古い概念であり、広く使用されているが、移動ロボットに関する自律性の一般的な定義は存在しない。本論文では、最もよく知られている定義のいくつかを確認し、モバイル自律ロボットの自律性の分類法を開発した。	AUTOSHIP http://www.autoship-project.eu AEGIS http://aegis.autonomous-ship.org
Lars Andreas et al.	A framework for description of autonomous ship systems and operations	運用の概念 ConOps は、規範的な規則や規制がない場合の自律型船舶システムおよび運用の仕様、設計、および承認のための中心的な文書である。ConOps は柔軟な構造を有し散文テキストで書かれているため、関係するすべての利害関係者が非常にアクセスしやすいが、記載内容と実際の設計との間に矛盾が生じやすいという欠点がある。本論文では自律型船舶システムおよびその運用のための新たな	同上

		な記述フレームワークを提案した。	
--	--	------------------	--

表 1.4.2 ICMass2020 で講演された EU プロジェクトの概要 (続き)

発表者	講演タイトル	講演概要	関連する EU プロジェクト
Päivi Haikkola et al.	One Sea Autonomous maritime ecosystem Experiments on future fairway and remote pilotage	Sea4Value プロジェクトは DIMEC One Sea プロジェクトで作成されたロードマップに位置付けられている。Finland 国内の企業及び大学が参加し、Business Finland から助成を受けている。	DIMEC One Sea https://www.oneseaecosystem.net/ Sea4Value https://sea4value.eu/
Q Liang et al.	Prediction of vessel propulsion power from machine learning models based on synchronized AIS-, ship performance measurements and ECMWF weather data	自律移動ロボット (AMR) は 1980 年代に最初に導入された古い概念であり、広く使用されているが、移動ロボットに関する自律性の一般的な定義は存在しない。本論文では、最もよく知られている定義のいくつかを確認し、モバイル自律ロボットの自律性の分類法を開発した。	VERDE https://www.dnvgl.com/research/review2019/featured-projects/verification-for-decarbonization.html
M. Hagaseth et al.	Standardized navigational data for situational awareness during simultaneous maritime operations	本論文の目的は、近接して運航する船舶間で航海データを交換するためのプロトコルを説明することである。このプロトコルは、相対的な位置決めに必要なデータの交換をサポートし、慣性データと位置データに加えて、操船に関するオブジェクトの地形データを含む。このプロトコルは、海事オペレーションにおいて利用可能な可変で制限された通信機能を考慮に入れている。	H2H https://www.sintef.no/projectweb/hull-to-hull/

表 1.4.2 ICMAS2020 で講演された EU プロジェクトの概要 (続き)

発表者	講演タイトル	講演概要	関連する EU プロジェクト
Ørnulf Jan Rødseth et al.	AEGIS: Advanced, efficient and green intermodal systems	ヨーロッパの海上輸送政策主な目標は、2050 年以内に道路輸送の 50%以上を鉄道または水路に輸送するにあるが、水路は通常、最終目的地との間の積み替えと陸上輸送に依存しているため、不利であることは否めない。この課題に対処するには、ヨーロッパの近海および内陸水路輸送に対するまったく新しいアプローチが必要となる。これには、船だけでなく、港とそれらの間のデジタル情報交換を含める必要がある。この重要な要素は、船舶、港湾、および管理タスクの自動化である。AEGIS プロジェクトは、この課題に対処するための新しい知識と技術を開発するために EU 委員会から資金提供を受けている。	AEGIS http://aegis.autonomous-ship.org
Jason McFarlane	AUTOSHIP PROJECT	KONGSBERG 中心、ほかに BV、SINTEF 等が参加、短距離のフィーダ輸送及び内水域におけるバージ輸送をユースケースとする。	AUTOSHIP プロジェクト http://www.autoship-project.eu
S P Berge et al.	Evaluation of Navigation System Performance Requirements for Safe Autonomous Navigation	本論文では、自律操作に必要な航海要件を取得するために、さまざまなモーションセンサを統合および融合する方法について説明する。自律的な沿岸航行と自動着岸操船について、位置と速度の精度、完全性、可用性、および継続性のトレードオフに関して分析される。本研究の成果は、安全な自律航行に必要な航法システムの性能を得るために、統合されたセンサーコンポーネントの最も有望な組み合わせを選択するための設計ツールまたは一般的な方法論である。	H2H https://www.sintef.no/projectweb/hull-to-hull/

(5) 自動車分野における安全性評価技術に係る基礎調査

自動化技術で先行する自動車分野を対象に安全性評価技術に係る基礎調査を実施した。調査はヒアリング及び文献調査により実施した。概要を以下に示す。

(A) 本田技研工業株式会社ヒアリング調査 (2020年12月15日)

本田技研工業株式会社は高速道路における渋滞時を対象 (= ODD : 運行設計領域) とした Traffic Jam Pilot に対して、国土交通省から自動運転レベル3 (条件付き運転自動化) の型式指定を取得した。

Traffic Jam Pilot では Hands Off による車線維持、車線変更及び渋滞追従、並びに Eyes Off による渋滞追従機能を実現した。このうち Eyes Off が Level3 に相当する。本ヒアリングではその開発及び認証過程におけるプロセスと重視すべき事項についてヒアリングを行った。

その結果、基本的な三つの柱 (ODD の決定、演繹的な安全分析、機能的な安全分析) のうち ODD の決定が一番重要であることが判った。本開発ではユーザのベネフィットと技術的難易度がバランスするポイントとして ODD が見いだされている。安全性評価では ODD に基づいて考えうる disturbance scenario (外乱がもたらされるシナリオ) を開発側と認証側が共有し、それが不安全にならないという事を確認していくことが重要である。また ODD を限定することのメリットとして、証明しなければいけないシナリオが少なく抑えることができるため安全性評価のアプローチが比較的容易となる。

本調査から無人運航船に対しても ODD の設定が重要であり、限定された ODD を設定して安全性評価の検討に着手すべきであることが判った。

自動運行装置の構成



図 1.4.17 国土交通省自動車局プレス発表資料 (2020年11月11日付け) より
自動運転装置の構成 <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001372477.pdf>

(B) 交通安全環境研究所ヒアリング調査 (2021年1月13日)

交通安全環境研究所は(A)で述べた自動運行装置 Traffic Jam Pilot の保安基準適合性審査を行った。2020年4月1日に施行された道路運送車両の保安基準第48条(自動運行装置)及び細目告示別添122「高速道路等における低速自動運行装置を備える自動車の技術基準」、別添123「作動状態記録装置の技術基準」を根拠とし、①テストコース試験、②シミュレーション試験、③書面審査及び④公道試験により保安基準適合性を審査した。このうち①は具体的な要件が定められており、その中に具体的な数値がいくつか盛り込まれている(例えば引き継ぎ要求に運転者が応じない場合のMRM(Minimum Risk Manoeuvre)への移行時間を10秒とする。)MRMへの移行時間は研究所による研究結果に基づいた提案で国際的に合意されたものである。本事業においても無人運航船を構成する自動化システムが満足すべき技術要件を定めること、その中で性能基準を具体的な数値として提示することが重要であることが判った。



世界初！ 自動運転車(レベル3)の型式指定を行いました

国土交通省は、本田技研工業株式会社から申請のあった車両(通称名:レジェンド)に対し、自動運行装置を備えた車両としては世界初の型式指定を行いました。

1. 概要

本田技研工業(株)から申請のあった自動運行装置を搭載した自動運転車(レベル3)について、(独)自動車技術総合機構交通安全環境研究所における保安基準適合性の審査を踏まえ、本日、世界で初めて型式指定を行いました。

自動運転車については、交通事故の削減、高齢者等の移動手段の確保、物流分野における生産性向上等、我が国が抱える様々な社会課題の解決に大きな役割を果たすことが期待されています。そのため、自動運転に係る政府全体の戦略である「官民ITS構想・ロードマップ」(IT総合戦略本部決定)において、市場化・サービス化に係るシナリオと目標を掲げ、国土交通省を含め官民一体となって早期実現に向け取り組んでおります。(別紙1)

同ロードマップにおいて、高速道路の自動運転車(レベル3)の市場化目標時期が2020年目途とされていることを踏まえ、国土交通省では、昨年5月の道路運送車両法の一部改正に基づき、本年3月、世界に先駆けて自動運転車の保安基準を策定するなど、早期導入に向け制度整備を進めてきました。(別紙2)

国土交通省としては、引き続き、自動走行分野において世界をリードし、様々な車社会の課題解決に大きく寄与する自動運転の一層の実用化、普及に取り組んでまいります。

2. 今回型式指定を行った自動運転車に搭載された自動運行装置(名称:Traffic Jam Pilot)

高速道路での渋滞時における運転者の運転操作の負荷を軽減することを目的に、前走車をはじめ周辺の交通状況を監視するとともに、運転者に代わって運転操作を行い、車線内の走行を維持しながら前走車に追従する装置。(別紙3)

※当該装置は、型式指定にあたり国土交通大臣が付与した特定条件(走行環境条件)の範囲内で作動が可能となり、作動後、走行環境条件を満たさなくなる場合や故障発生時等においては、警報を発し運転者による運転操作を求めますので、運転者は過信せずに常に運転できる状況を維持する必要があります。

図 1.4.18 国土交通省自動車局プレス発表資料 (2020年11月11日付け) より

<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001372477.pdf>

(C) 日本自動車研究所ヒアリング調査 (2020 年 12 月 25 日)

日本自動車研究所は経済産業省 SAKURA プロジェクトにおいて自動走行システムの安全性評価技術を構築している。自動運転車が満たすべき車両安全の定義を、「自動運転システムが引き起こす人身事故であって、自動運転車の運航設計領域 (ODD) において、自動運転システムが引き起こす人身事故であって合理的に予見される防止可能な事故が生じないこと」とし、安全性評価手法として最終的には国際標準化も視野に入れてシナリオベースの手法確立を目指している。高速道路のみを対象とし、Functional Scenario として走行環境 (高速道路の本道、分岐部など) と周囲環境 (他車の動き、カットイン=割り込みなど) の組み合わせにより 32 種類を定義した。また定点カメラ及び車載カメラを用いて実交通環境データを収集分析し、得られた交通外乱データから、カットインシナリオについてパラメータ範囲を分析・特定することにより合理的に予見可能なテストシナリオの導出を試みている。

		Surrounding environment (Other vehicle position / motion)					
		Cut in	Cut out	Acceleration	Deceleration (Stop)	Sync	
ODD definition (Road, Ego motion)	Main roadway	Lane keep	No.1	No.2	No.3	No.4	
		Lane change	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
	Merge	Lane keep	No.10				No.11
		Lane change	No.12	No.13	No.14	No.15	No.16
	Branch	Lane keep	No.17				No.18
		Lane change	No.19	No.20	No.21	No.22	No.23
	Ramp	Lane keep	No.24	No.25	No.26	No.27	
		Lane change	No.28	No.29	No.30	No.31	No.32

図 1.4.19 32 種類の交通外乱シナリオ

平成 31 年度 SAKURA プロジェクト報告書より

https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H30FY/000351.pdf

本事業においてシナリオベースの安全性評価を行うためには合理的なシナリオ作成が重要である。シナリオ作成には海事分野では AIS (Automatic Identification System) データの有効活用が考えられることが判った。

(D) 埼玉工業大学ヒアリング調査 (2021 年 2 月 5 日)

埼玉工業大学は ITbook ホールディングスグループの一員として、八ッ場ダム吾妻湖において水陸両用バスを利用した MEGURI2040 実証事業に取り組んでいる。そのベースとなる技術は、ミニバスを用いた自動運転レベル 2 (高度な運転支援) の公道実証実験によって得られている。埼玉工業大学をはじめ各地で自動運転車の公道実証実験が行われている。警察庁が平成 28 年 5 月に策定した「自動走行システムに関する公道実証実験のためのガイドライン」が、ある種のインフラとなっている。無人運航船の実用化及び普及促進においてもこのようなインフラ整備が非常に重要である。



図 1.4.20 埼玉工業大学による公道実証実験

(E) 群馬大学ヒアリング調査 (2021年3月18日)

群馬大学は2004年以降、自動運転の研究開発を進めており、2016年12月に次世代モビリティ社会実装研究センターを発足し、研究開発成果の社会実装を目指している。自動運転システムの研究は大きく分けて、自家用車に搭載された運転支援システムの機能を拡張する自動運転システムと、限られた環境・地域でのみ動く自動運転システムの開発の2つの流れで進められている。群馬大学が目指す地域限定、遠隔監視・操縦運転は後者に該当し、大型バスによる「運転席無人」「遠隔地に運転士」での実証実験を日本で初めて実施した。

地域限定無人運転を実現していく上では、理論的な安全性の確認も必要であるが、利用者の感性が大事にされ、自分が乗って安心とを感じるような車というところが求められている。このために自動運転の状況をより身近に感じてもらうため、自動運転の車両と運行状態に触れていただく環境を用意することで、安全性評価のみならずその感覚的な部分を満たしてその地域の機運を高めていくことが重要であることが判った。無人運航船の分野でも離島航路を対象とした、遠隔監視・操縦による短距離旅客輸送の実現可能性は高いと考えられる。その実現に向けて、社会受容性を考慮した安全性評価の在り方等について重要な情報を得ることができた。



自動運転バス

遠隔監視・操作システム

図 1.4.21 群馬大学による公道実証実験

<https://www.gunma-u.ac.jp/information/77013>

(F) 産業技術総合研究所ヒアリング調査 (2021年4月26日)

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 (以下、産総研) は、2020年12月より、福井県永平寺町において遠隔にいる1名の運転手が3台の自動運転車を常時監視・操作する形(レベル2)での自動運転移動サービスを実現した。その後、産総研において、センサ類を改修・追加するなど車両の高度化を進め、当該自動運転車に搭載する遠隔型自動運転システムについて、遠隔監視・操作型の自動運行装置(レベル3)として、国土交通省中部運輸局に申請し、2021年3月5日に国内で初めて認可された。併せて、当該自動運転車を用いた本格運行を3月25日より開始した。

レベル3にアップグレードすることで、3台の自動運転車が作動継続困難な場合を除き、遠隔にいる運転手は常時監視しなくてよくなり、遠隔の運転者の運転の負担が軽減された。それに伴い、安全確保のため車内に乗車していた保安要員を外した運用が可能となった。認可を受けた自動運行装置(名称:ZEN drive Pilot)は道路に敷設した電磁誘導線上を追従しながら周辺の交通状況を監視するとともに、運転者に代わって運転操作(加減速)を行い、最大速度12km/hで自動走行する装置である。

現状では、レベル3の遠隔型自動運転システムの審査基準は個別の設定となっている。例としてはODD外となった場合に設定した条件の性能や、通常の障害及びシステムトラブルにおける対応等がある。国交省は令和2年7月にレベル3の遠隔型自動運転システムの知見を収集し、自動運転車の安全基準への適合性確保にあたって設計時に留意すべきポイントを示した「ラストマイル自動運転車両システムガイドライン」を設定し、審査基準の要件を示した。本システムの審査では、ガイドラインに基づき走行環境条件(ODD)が決められ、確認試験項目が設定された。確認試験は、公的研究機関(日本自動車研究所)が実施し、報告書が国土交通省に提出された。

本事業はドライバ不足に対応し交通弱者の移動手段確保と地域の活性化につながる新しい交通手段の実現に貢献するものである。無人運航船においても離島航路における交通移動サービスの実現に向けて、レベル3実現のための検討プロセス、許認可手続き等について重要な情報を得ることができた。



図 1.4.22 主な自動運転装置の構成

<https://www.meti.go.jp/press/2020/03/20210323006/20210323006.html>

(6) 自動運転及び遠隔操船に用いる各種センサの評価方法に関する課題整理

無人運航船の実用化に必要な各種センサの種類・特性を整理するとともに、評価方法に関する文献調査等を行い、各種センサの評価方法に関する技術課題を取りまとめた。なお本調査は海上技術安全研究所に委託して行われた。

調査項目

- 1) 無人運航船に用いる各種センサの種類・特性の整理
- 2) 自動車の自動運転システム開発等に用いられている LiDAR の特性評価
- 3) 無人運航船に用いる各種センサの評価方法に関する課題整理

主要な結論

- 1) 無人運航船に用いる各種センサの種類・特性の整理
 - ・位置センサ、方位センサ及び他船・障害物を検知するセンサを対象として、国内の自動運転に資するセンサの種類並びに原理に関する文献調査を行い、自動運航船・無人運航船に各種センサを用いる際の課題を整理した。自動車用のセンサをそのまま船舶に適用するのは難しく、自動運航船・無人運航船に用いるための新たなセンサシステムの研究開発が必要になるものと考えられる。
- 2) 自動車の自動運転システム開発等に用いられている LiDAR の特性評価
 - ・自動車や船舶の自動運転航行において利用される LiDAR について、概要と船舶への適用例などを調査した。LiDAR は、高精度な距離計測を特徴とする一方で、計測可能な距離の範囲はカメラやレーダなどに比較すると狭い。また、高精細な計測を行うとデータサイズの面で解析時間

などに影響がある。このように LiDAR にも一長一短があるため、GNSS やカメラ等のセンサと連携して利用されることが望ましい。LiDAR を自動運航船に搭載した際の計測例によれば、予想される海上からの反射やノイズは少なく、また処理も簡単であるためセンサとしては使いやすい。LiDAR を自動運航船に適用するには、その目的（障害物の位置を検知するのか、もしくは自己位置推定に用いるのかなど）に応じて設置場所や計測データを処理する計算資源の確保などが行われる必要がある。

3) 無人運航船に用いる各種センサの評価方法に関する課題整理

- ・ヒアリング調査によって各種センサの評価方法に関する課題を整理した。本田技研工業で開発された Traffic Jam Pilot は ODD である渋滞中かつレーン内であることを判断するとともに、前走車追従及び割り込み車の検出に対応するセンサを搭載して、渋滞中等の条件内で前走車追従等の自動運転を実現している。このように、センサには、ODD 内であることの判断と、自動運転のための情報を収集という2つの役割があり、それぞれ評価対象となる。この際、個々のセンサの性能ではなくシステムとして、ODD の判断及び危険を回避することが評価の対象となっていた。このシステムとしてのセンシングの評価においては、NEDO で実施されている仮想空間でのセンシング技術の安全性評価は海上におけるセンサ性能評価手法として参考になると考えられる。遠隔監視・操縦では、運転席と同等の情報が得られることが必要とされており、加えて1名N台の対応を検討する場合は、安全であることを示すためセンシングの性能を評価することが課題となっていた。
- ・文献により人による判断とセンサによる判断の同等性評価方法を調査した。その結果、「人間もAIも間違ふ」という事実を前提とし、「人間」による正答率が80%だったすると、「AI」による正答率が80%以上であれば、「人間と同等以上」と判断することができる。例えば、「西日の逆光での他船検知」の場合は次のような評価法が考えられる。
 - a. 西日の逆光でない、他船までの距離と他船の船種が全て判断できるサンプルセットを用意する。
 - b. センサシミュレータで西日の逆光を作成し、各サンプルに合成して「船員（人間）」に見て判断してもらい、「人間の正答率」を出す。
 - c. 「センサ」に判断させて「センサの正答率」を出し、「人間の正答率」と比較する。
 - d. 「センサの正答率」が「人間の正答率」以上のセンサのみ自動化システムに採用する。

1.5. まとめ及び今後の計画

本章では無人運航船安全性評価事業の概要及び2020年度の主要な成果を報告した。主要な結論を以下に示す。

- (1) 本事業の目的は日本財団の「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」による実証事業の安全性評価を実施するとともに、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を整備し、社会実装する上での各種課題の解決を図ることである。
- (2) 本事業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、本年度より4年計画で実施している。また3年計画で本年度より開始された船員スキルの定量化事業の成果を本事業に導入すべく、当

該事業を担当する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と密接に連携して進めている。

(3)本事業では無人運航船安全性評価、総合シミュレーションシステム開発等、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。以下に2020年度の各項目の成果及び2021年度計画を示す。

(4)無人運航船安全性評価では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に、「現状調査」と「各事業者のリスク解析のモニタリング及び解析支援」を実施した。

1) 現状調査ではAISによる交通流分析を行い、分析結果から実証実験において分析対象海域を航行する際に、注意すべき事項や推奨事項等について考察した。無人運航システムの現状技術調査では無人運航システムについて、システムが行うタスク、システムと人の役割分担、システムの使用条件、緊急時の想定等の観点から調査を実施した。本調査結果を参考に、想定される対象システムの特徴を考慮した安全性解析手法をガイドラインの形で整備していく予定である。さらにシステムのリスク解析手法の調査を実施した。

2) 「各事業者のリスク解析のモニタリング及び解析支援」では事業者によってはリスク解析に不慣れであることを考慮し、リスク解析のモニタリング及び解析支援に先立ち、「無人化船PJのリスク評価の進め方」の資料を作成し、各事業者に説明した。事業者によって安全性評価の計画や体制等が異なるため、それぞれに即したモニタリング及び解析支援を実施した。

3) 「現状調査」及び「各事業者のリスク解析のモニタリング及び解析支援」に関する計画、進捗及び結果を無人運航船ステアリング委員会及び無人運航船安全評価等実施委員会で報告した。

4) 2021年度は以下の項目を実施する。

- ① 各事業者のリスク解析のモニタリング及び解析支援を引き続き実施。また、各事業者のリスク評価結果に基づく緊急時の対応準備を支援。
- ② 標準的なリスク解析手順書の素案作成。
- ③ ソフトウェアの安全性評価手法の導入検討（サイバーセキュリティに関する安全性評価手法も検討）。
- ④ IMO代替・同等物の承認ガイドラインとの関係の整理。

(5) 総合シミュレーションシステム開発等では「現状調査」、「操船シミュレータの改修」、「総合シミュレーションシステムの導入」及び「シミュレーションを用いた安全性評価法の検討」を実施した。

1) 「現状調査」では操船シミュレータ及び関連する技術の動向及び自動航行プログラムの評価手法について調査した。このうち後者は自動航行プログラムの評価手法の現状、運輸安全委員会の事故調査報告書から事故発生状況の把握、及び自動航行に関して先行する分野である自動車における安全性評価手法について調査した。

2) 「操船シミュレータの改修及びインターフェース標準化の検討」ではオーバーライドを疑似する

モックアップ及び遠隔監視・操船模擬システムを作成するとともに、自動航行プログラム接続インターフェースの標準化について海外の動向を調査した。調査結果をもとに本事業においても FMI 規格に基づいた接続インターフェースをもつシミュレーションシステムの構築を検討することとした。

- 3) 「総合シミュレーションシステムの導入」では当該システムに求められる機能を抽出し、仕様を検討した。1) 及び 2) による検討に加え、事業者ヒアリングを実施し、自動化システムの基準の策定および評価認証の実施等の立場から、総合シミュレーションシステムに対するニーズを把握し、また開発時に使用するために必要な機能や希望する機能等の要件を把握した。今後も事業者との意見交換を継続して実施し、システムのブラッシュアップに努めることとする。
- 4) 総合シミュレーションシステムを構成するファストタイム・シミュレーションシステム (FTSS) のプロトタイプを完成させた。操船自動化システムや環境、他船、センサ、船舶の運動計算等 FTSS 上で動作する各シミュレーションモジュールが、FMU (Functional mockup unit) としてシミュレーション管理システムと、FMI 規格を通じて接続され、全体が自動運航船の動作をテストする FTSS として機能するものとした。
- 5) 2021 年度は以下の項目を実施する。
 - ① 新操船シミュレータ構築及び機関シミュレータ等各種シミュレータの仕様作成。
 - ② 自動離着陸アルゴリズム及び自動航行アルゴリズムを用いたファストタイム・シミュレーションシステムの試行、課題の抽出と改良。
 - ③ 既存のシミュレータを用いてオーバーライド等の基礎実験を実施し、シミュレータ評価に必要な課題を整理。
 - ④ テストデータベースの構築とテストシナリオ作成手法の検討。
 - ⑤ シミュレーションシステムを用いた評価法検討。

(6) 総合調整、ガイドライン策定等

- 1) 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。2021 年度も引き続きこれらの委員会において審議を行う。
- 2) 無人運航船安全ガイドライン策定等委員会において、2023 年度の最終化を目指してガイドライン策定の方向性について議論しガイドラインのイメージを提案した。2021 年度から遠隔操船船及びこれらに搭載される自動化システムを対象に、具体的な仕様及び限定された運航設計領域 (ODD) を設定し、安全性評価の在り方の検討に着手する。

(7) 無人運航船の開発及び安全性評価に係る基礎調査として以下の 6 項目を実施した。2021 年度も引き続き、本事業に必要な基礎調査を実施する。

- 1) 移動体の自律化・自動化に関わる責任所在及び保険などについての調査
- 2) 小型船舶操縦者の機能要件及び技量定量化に係る基礎調査
- 3) EU における自律運航船の安全性評価等に関する調査 SAFEMASS プロジェクト

- 4)EU における自律船プロジェクトの調査
- 5)自動車分野における安全性評価技術に係る基礎調査
- 6)自動運航及び遠隔操船に用いる各種センサの評価方法に関する課題整理

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1回委員会

(1) 日時：2020年9月8日（火）10:00-12:00

(2) 場所：AP 虎ノ門会議室及びWEB

(3) 出席者（敬称略、順不同）：関係者を含み37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（神戸大学）
	梅田 直哉（大阪大学）	伊藤 誠（筑波大学）
	河合 英直（自動車技術総合機構）	野本 秀樹（有人宇宙システム）
	西村 浩一（東洋信号通信社）	田澤 孝之（日本マイクロソフト）
	大森 彰（日本船主協会）	山田 智章（日本海事協会 藤浪委員の代理）

(4) 配布資料

- 資料 20-1-0 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 20-1-1-1 守秘義務誓約書
- 資料 20-1-1-2 知的財産権資料リスト
- 資料 20-1-2-1 無人運航船に係わる安全性評価 事業計画書
- 資料 20-1-2-2 無人運航システムに係わる安全評価の基礎となる船員スキルの定量化事業計画書
- 資料 20-1-2-3 無人運航船安全性評価等事業 全体計画の概要
- 資料 20-1-3-1 安全性評価事業の概要
- 資料 20-1-3-2 船員スキルの定量化事業の概要
- 資料 20-1-3-3 総合調整、ガイドライン策定等の概要
- 資料 20-1-4-1 MEGURI2040 無人運航船実証事業について
- 資料 20-1-4-2 EU SAFEMASS プロジェクトの概要

(5) 議事

1) 全体事業計画について

事務局より、[資料 20-1-2-3]をもとに、無人運航船に係わる安全性評価の事業計画について説明が行われた。

2) 各事業における事業計画について

2-1) 無人運航船安全性評価事業

海上技術安全研究所から、[資料 20-1-3-1]に基づいて安全性評価に関するリスク解析と総合シミュレーションシステム開発の実施内容の説明が行われた。主要な質疑を以下に示す。

- ・無人船であっても有人船と混在して航行することになるので、特に港湾、輻輳海域において陸上からの航行支援、航行管制を考慮する必要がある。その場合のリスクは何かがあるのか検討してほしい。

→陸上からの航行支援、航行管制を見落としているわけではない。考慮しつつリスク解析を実施する。

・シミュレータはどのような形を想定しているのか？

→自動運航船になった場合は従来型のシミュレータにはならない。バックアップ要員が必要な場合や遠隔操船の場合は、人が操船できる場があるシミュレータが必要であろうとイメージしている。

・安全評価のシナリオの作成についてどのように考えるか？

→輻輳海域での多重遭遇には、ランダムに設定、避航操船関係の論文から抽出、予定航路から注意を要する航跡からの抽出、海難事故例からの抽出などシナリオとして想定し得るものを考えていきたい。

・安全性評価は複雑な課題である。対象とする無人船は幅広く完全無人を目指すのか、自動車より複雑である。どのようなシステムを目指すのか明確にしてほしい。

・船員の責任論は重要であるので、その点を考えながらすすめていただきたい。

2-2) 船員スキルの定量化事業

海技教育機構より [資料 20-1-3-2] に基づいて船員スキル定量化事業の説明が行われた。主要な質疑を以下に示す。

・数値化できるストレス度より前に、数値化できないタスクの機能レベルの分析に集中した方が良いのではないか？

→今後の検討に加えたいと考えている。

2-3) 総合調整、ガイドライン策定等

事務局より [資料 20-1-3-3] に基づいて総合調整、ガイドライン策定等の概要についての説明が行われた。

3) 関連情報提供

事務局より、[資料 20-1-4-1]及び [資料 20-1-4-2] を用いて、日本財団の助成で実施される MEGURI2040 無人運航船実証事業、及び EU の SAFEMASS プロジェクトの概要の説明が行われた。

2.1.2. 第2回委員会

(1) 日時：2021年3月2日(月) 15:30～18:05

(2) 場所：AP 虎ノ門会議室及び WEB

(3) 出席者(敬称略、順不同)：関係者を含み 37 名

委員長 今津 隼馬(東京海洋大学名誉教授)

委員 清水 悦郎(東京海洋大学)

古荘 雅生(神戸大学)

梅田 直哉(大阪大学)

伊藤 誠(筑波大学)

南 健悟(日本大学)

河合 英直(自動車技術総合機構)

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)

西村 浩一(東洋信号通信社)

大森 彰(日本船主協会)

(4) 配布資料

- 資料 20-2-0-1 第 2 回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 20-2-0-2 知的財産権資料リスト
- 資料 20-2-1 第 1 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 20-2-2-1 無人運航船安全評価等実施委員会の活動報告
- 資料 20-2-2-2 無人運航船安全ガイドライン等策定委員会の活動報告
- 資料 20-2-2-3 船員スキル定量化検討委員会の活動報告
- 資料 20-2-3-1 無人運航船安全性評価事業の年度成果報告及び次年度計画
- 資料 20-2-3-2 無人運航船安全性評価事業成果報告書（案）
- 資料 20-2-3-3 船員スキル定量化事業の年度成果報告及び次年度計画
- 資料 20-2-3-4 船員スキル定量化事業成果報告書（案）
- 資料 20-2-4-1 FRAM モデルによる船長・航海士の操船安全評価に係る調査
- 資料 20-2-4-2 移動体の自律化・自動化に関わる責任所在及び保険などについての調査

(5) 議事

1) 前回議事録の確認

事務局より、[資料 20-2-1]をもとに、2020 年 9 月 8 日に行われた第 1 回無人運航船安全性評価ステアリング委員会の議事録案についての説明が行われ、承認された。

2) 委員会等の活動報告について

事務局より [資料 20-2-2-1]、[資料 20-2-2-2] 及び [資料 20-2-2-3] を用いて、無人運航船安全評価等実施委員会、無人運航船安全ガイドライン等策定委員会及び船員スキル定量化検討委員会の活動報告が行われた。

3) 年度成果報告及び次年度計画について

海上技術安全研究所から、[資料 20-2-3-1]に基づいて無人運航船安全評価事業の年度成果報告及び次年度計画について報告が行われた。主要な質疑を以下に示す。

- ・ FRAM の検討結果をシミュレーションの中にどのように組み込むのか？
→機能分析、タスク分析として非常に有効な手法であると考えている。本事業の全てのベースになる結果だと思われるので、今後どのように事業に取り入れていくか検討したい。
- ・総合シミュレーションシステムの活用法について、各コンソーシアムが作成しているシステムをどのように接続して試験に使用するのか？
→各事業者が開発するシステムのモジュールを持ち込んでいただければ評価することができる。
- ・ガイドライン策定のイメージで紹介されている例は MEGURI2040 実証事業とは異なるが、実証事業を対象としたガイドラインの検討がスコープに入っているのか？
→皆様にイメージしていただくためにイメージとして説明した。これに近い猿島フェリーが

含まれるように検討していきたい。

続けて、東京海洋大学村井様より [資料 20-2-3-3] に基づいて、船員スキル定量化事業の年度成果報告及び次年度計画について紹介した。主要な質疑を以下に示す。

・ SA(Situation Awareness)のループとはどういうことか？

→情報が絶えず更新されるため認知・判断の中でもループが回っているという意味である。

FRAM 解析ではループで表現されているが、シミュレータ実験ではループで評価することは難しいので、1回で取り出したいと考えている。

事務局より [資料 20-2-3-2] 及び [資料 20-2-3-4] の両事業の成果報告書（案）の最終化は委員長一任で了解していただきたい旨の説明が行われ、了承された。

4) 委託調査報告

有人宇宙システムより [資料 20-2-4-1] を用いて、FRAM モデルによる船長・航海士の操船安全評価に係る調査結果の報告が行われた。主要な質疑を以下に示す。

・見合い関係にならないように船長・航海長は考えている。そのことが結果にしっかりと表れている。プロは見るべきところが判っているため、時間遅れが少ないことも留意すべきである。

続けて、日本大学より [資料 20-2-4-2] を用いて、移動体の自律化・自動化に関わる責任所在及び保険などについての調査結果の報告があった。特に意見及びコメントはなかった。

2.2. 無人運航船安全評価等実施委員会

2.2.1. 第1回委員会

- (1) 日時：2020年10月14日（木）15:00～17:00
- (2) 場所：日本船舶技術研究協会 会議室及び WEB
- (3) 出席者（敬称略、順不同）：関係者を含み 38 名

主 査 今津 隼馬（東京海洋大学名誉教授）
委 員 伊藤 誠（筑波大学） 西藤 浩一（日本海事協会）
野本 秀樹（有人宇宙システム） 橋本 博公（大阪府立大学）
福戸 淳司（海上技術安全研究所） 古莊 雅生（神戸大学）

(4) 配布資料

資料 20-1-0 無人運航船安全評価等実施委員会委員等名簿
資料 20-1-1-1 守秘義務誓約書資料 20-1-1-2 知的財産権資料リスト
資料 20-1-2-1 無人運航船安全性評価等事業の概要
資料 20-1-2-2 委員会構成及び TOR について
資料 20-1-3-1 無人運航船 PJ におけるリスク解析について
資料 20-1-3-2 EU における有人自律・遠隔操船のリスク評価事例
資料 20-1-3-3 SAFEMASS_Summary_Report 和訳
資料 20-1-3-4 無人運航船 PJ における総合シミュレーションシステム開発について

参考 1： 船員スキルの定量化事業の概要
参考 2： 第1回無人運航船ステアリング委員会議事概要
参考 3： 無人運航船@横須賀市猿島横須賀市猿島での既存小型船の無人運航化技術開発プロジェクト

(5) 議事

1) 全体事業計画について

事務局より、[資料 20-1-2-1]及び[資料 20-1-2-2]をもとに、無人運航船安全性評価等事業の概要、本事業で設置する委員会の構成及び TOR (Terms Of Reference)について説明が行われた。さらに[参考資料-2]を用いて、9月8日に開催された第1回無人運航船ステアリング委員会の議事概要について説明が行われた。

2) 安全性評価の進め方について

2-1) リスク解析

海上技術安全研究所より [資料 20-1-3-1] に基づいて無人運航船プロジェクトにおけるリスク解析について説明があった。主要な質疑を以下に示す。

- ・リスク解析の対象は実証試験がメインであり、ガイドライン策定は無人化船を対象としたものである。
- ・リスク解析の対象はシステム、ハードや通信等の failure を見るという話と、自動避航などに係る

頭脳の部分の評価の2種類があるが、このリスク解析はすべてを含んでいるのか。

→実証試験は時間的な制約がありすべてを対象とするのは難しいと考えており、システム的な部分とシャドー要員のカバーを中心にチェックする。無人運航船のガイドラインについては十分に議論ができていないが、すべてをカバーするものにしたいと考えている。

2-2) EU SAFEMASS

日本船舶技術研究協会より [資料 20-1-3-2] に基づいて EU における有人自律・遠隔操船のリスク評価事例について説明があった。主要な質疑を以下に示す。

- ・RCO (Risk Control Option) の中に COLREGs 準拠と書かれているが、現在の COLREGs で対応しようとするものか。
→規則のレビュー結果として、COLREGs の船員の常務等や見張りを見直す必要があることが指摘されている。
- ・タスク分析から始め、なぜ失敗しうるのか、どこに揺らぎが生じるかを考察することが重要である。
→本レポートでも船員のタスクを詳細に分析し、整理している。その中からトップイベントを選んで例示的にリスク評価を行っている。タスク分析は非常に重要だと思う。
- ・警報洪水について対応することが必要である。アラームのマネジメントは HMI の問題だけではなく、システムが持っている機能をどのように作りこむかにも関連している。

2-3) 総合シミュレーションシステム開発

海上技術安全研究所より [資料 20-1-3-4] に基づいて無人運航船プロジェクトにおける総合シミュレーションシステムの開発について説明が行われた。主要な質疑を以下に示す。

- ・例えばサンプルシップを作って機関、通信等のシステムをすべてシミュレーションできるものをつくり、我々が持ち込んだシステムを持ち込むと、実船と同じ状況で再現できるということか。陸上での開発と航行中の船につながるのには大きな違いがあり、事前に船につないで接続テストを何度か行う必要がある。そこをスキップできるのであれば大きな価値がある。
→FMI を使ってモジュール接続することにより、実際と似た航行環境を提供できる。船体運動計算に関しては標準的なものを用意しているが、独自のものを接続することも可能である。

3) MEGURI2040 実証事業について

3-1) DFFAS

MEGURI2040 実証事業に参加する DFFAS コンソーシアムより、無人運航船の未来創造～多様な専門家で描くグランドデザイン～について説明が行われた。

3-2) 丸紅グループ

MEGURI2040 実証事業に参加する丸紅より、[参考資料-3]を用いて無人運航船@横須賀市猿島、横須賀市猿島での既存小型船の無人運航化技術開発プロジェクトについて説明が行われた。

2.2.2. 第2回委員会

(1) 日時：2020年12月21日（月）10:00～12:10

(2) 場所：AP虎ノ門G会議室及びWEB

(3) 出席者（敬称略、順不同）：関係者を含み48名

主 査 今津 隼馬（東京海洋大学名誉教授）

委 員 古莊 雅生（神戸大学） 西藤 浩一（日本海事協会）

野本 秀樹（有人宇宙システム） 福戸 淳司（海上技術安全研究所）

(4) 配布資料

資料 20-2-0-1 第2回無人運航船安全評価等実施委員会委員等参加者名簿

資料 20-2-0-2 知的財産権資料リスト

資料 20-2-1-1 第1回無人運航船安全評価等実施委員会議事録（案）

資料 20-2-2-1 無人運航船PJにおけるリスク解析の進捗

資料 20-2-2-2 無人運航船PJにおける総合シミュレーションシステム開発の進捗

資料 20-2-3 シミュレータ開発と自動運転装置の評価の動向について

資料 20-2-4-1 ハッ場スマートモビリティプロジェクト-プロジェクト概要

資料 20-2-4-2 ハッ場スマートモビリティプロジェクト-水陸両用無人運転技術の実証実験企画

(5) 議事

1) 前回議事録の確認

事務局より、[資料 20-2-1-1]をもとに、2020年10月14日に行われた第1回無人運航船安全性評価等実施委員会の議事録案についての説明が行われ、承認された。

2) 安全性評価の進捗について

2-1) リスク解析

海上技術安全研究所より [資料 20-2-2-1] に基づいて無人運航船プロジェクトにおけるリスク解析の進捗状況について説明が行われた。

2-2) 総合シミュレーションシステム開発

海上技術安全研究所より [資料 20-2-2-2] に基づいて無人運航船プロジェクトにおける総合シミュレーションシステム開発の進捗状況について説明が行われた。

2-3) シミュレータ開発と自動運転装置の評価の動向

福戸委員より [資料 20-2-3] に基づいてシミュレータ開発と自動運転装置の評価の動向について説明があった。主要な質疑を以下に示す。

- ・宇宙分野では、分散シミュレーションシステムは使用している。各国のシステムはブラックボックス化しているが、インターフェースは標準化されており有用性は高いと考える。

→船舶分野においてもこのスタイルは有用性があると判断しているため推し進めたい。

3) MEGURI2040 実証事業について

3-1) 商船三井

MEGURI2040 実証事業に参加する株式会社商船三井より、商船三井グループ 8 社で実施している「内航コンテナ船とカーフェリーによる無人化技術実証実験」について説明が行われた。

3-2) 三菱造船

MEGURI2040 実証事業に参加する三菱造船株式会社より、「大型カーフェリーの無人化に係る技術開発」について説明が行われた。

3-3) ITbook ホールディングスグループ

MEGURI2040 実証事業に参加する ITbook ホールディングスによる「水陸両用無人運転技術の開発」について事務局より[資料 20-2-4-1]及び[資料 20-2-4-2]を用いて説明が行われた。

2.2.3. 第 3 回委員会

(1) 日時：2021 年 2 月 24 日（水）09:30～11:30

(2) 場所：AP 新橋会議室及び WEB

(3) 出席者（敬称略、順不同）：関係者を含み 48 名

主 査 今津 隼馬（東京海洋大学名誉教授）

委 員 古莊 雅生（神戸大学）

伊藤 誠（筑波大学）

橋本 博公（大阪府立大学）

西藤 浩一（日本海事協会）

野本 秀樹（有人宇宙システム）

福戸 淳司（海上技術安全研究所）

(4) 配布資料

資料 20-3-0-1 第 3 回無人運航船安全評価等実施委員会 委員等参加者名簿

資料 20-3-0-2 知的財産権資料リスト

資料 20-3-1 第 2 回無人運航船安全評価等実施委員会議事録（案）

資料 20-3-2-1 リスク解析の今年度成果及び次年度計画

資料 20-3-2-2 総合シミュレーションシステム開発の今年度成果及び次年度計画

資料 20-3-3 小型船舶操縦者の機能要件及び技量定量化に係る基礎調査資料

(5) 議事

1) 前回議事録の確認

事務局より、[資料 20-3-1]をもとに、2020 年 12 月 21 日に行われた第 2 回無人運航船安全性評価等実施委員会の議事録案についての説明が行われ、承認された。

2) 安全性評価事業の年度成果報告及び次年度計画について

2-1) リスク解析

海上技術安全研究所より [資料 20-3-2-1]に基づいて無人運航船プロジェクトにおけるリスク解析

の本年度成果報告及び次年度計画について説明が行われた。主要な質疑を以下に示す。

- ・ AIS 交通流分析で内航船のほとんどが 499GT であり、調査の対象船舶に含まれていないという懸念がある。
 - HAZID に参加している船員の意見及び経験も踏まえて安全性の向上を図りたい。
- ・ 漁船との見合いが一番いやだが、漁船の立場からの意見の吸い上げは必要ではないか。
 - 事後評価期間において漁業者の意見を聞くことも考えたい。
- ・ 漁業者を含めて地元、事前に実証実験のアナウンスする場合としない場合で状況は異なってくると思われるが、評価でどのように考えているのか。
 - IMO MASS トライアルガイドラインの中で主管庁等に対する事前に通告することが求められている。地元への対応については事業者を確認しながら安全性評価を進めたい。
- ・ A 社対応では試験の成否のみの観点が見られているが、安全についても検討すべきではないか。
 - スペースの関係上試験の成否のみについて示したが、安全についても考慮している。

2-2) 総合シミュレーションシステム開発

海上技術安全研究所より [資料 20-3-2-2] に基づいて無人運航船プロジェクトにおける総合シミュレーションシステム開発の今年度成果及び次年度計画説明が行われた。主要な質疑を以下に示す。

- ・これから開発されてセンサが変わっていく可能性もあるが、それに合わせてデータを作ることは可能か。
 - 技術的な課題はあると思われるが、センサデータ提供ユニットで新たなセンサに対する情報を提供できるようにしたい。

3) 委託調査概要報告

有人宇宙システムの野本様より [資料 20-3-3] に基づいて小型船舶操縦者の機能要件及び技量定量化に係る基礎調査の結果について説明があった。主要な質疑を以下に示す。

- ・ 研究論文では 2 マイル以内を扱う例が多いが、相対距離 4～5 マイルにおける安全化計画はまさにその通りであると考えている。また海上衝突予防法は 3 体問題以上では対応できないので大変興味深くお聞きした。

2.3. 無人運航船安全ガイドライン等策定委員会

2.3.1. 第1回委員会

(1) 日時：2020年10月8日（木）15:00～17:00

(2) 場所：日本船舶技術研究協会 会議室及び WEB

(3) 出席者（敬称略、順不同）：関係者を含み 33 名

主 査 清水 悦郎（東京海洋大学）

委 員 伊藤 誠（筑波大学）

牧 敦生（大阪大学）

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）

竹林 哲哉（日本船主協会）

(4) 配布資料

資料 20-1-0 無人運航船安全ガイドライン等策定委員会委員等名簿

資料 20-1-1-1 守秘義務誓約書資料 20-1-1-2 知的財産権資料リスト

資料 20-1-2-1 無人運航船安全性評価等事業の概要

資料 20-1-2-2 委員会構成及び TOR について

資料 20-1-3-1 安全性評価事業におけるリスク解析に関する支援とガイドライン化について

資料 20-1-3-2 Class NK 自動運航、自律運航に関するガイドラインについて

資料 20-1-3-3 無人運航船安全ガイドラインのイメージについて

参考 1： 安全性評価事業の概要

参考 2： 船員スキルの定量化事業の概要

参考 3： 第1回無人運航船ステアリング委員会議事概要

(5) 議事

1) 全体事業計画について

事務局より、[資料 20-1-2-1]及び[資料 20-1-2-2]をもとに、無人運航船安全性評価等事業の概要、本事業で設置する委員会の構成及び TOR（Terms Of Reference）について説明が行われた。主要な質疑を以下に示す。

・実証試験の安全評価に対して本委員会はどこまでコミットするのか。

→リスク解析は事業者が主体で行い、実証実験が安全に行われるために様々な形で助言及びサポートさせていただく。ただし本委員会ではなく、本事業で別途設ける安全評価等実施委員会が担当する。

2) 安全ガイドライン策定の方向性について

事務局より、[資料 20-1-3-3]を用いて無人運航船安全ガイドラインのイメージについて説明が行われた。主要な質疑を以下に示す。

・ガイドラインの目的についてこれから議論していけばよいが、運航者がどのようなビジネスモデルを描いているか、ビジネスの世界に添って足かせにならないことが重要ではないか。

→MEGURI2040 実証事業者がシャドーによる実証実験のあとにどのような世界を描いているか、今後、話をききたいと考えている。

- ・ 運航者がやりやすい形や、やれるところを描くことが重要。シャドーによる実証実験で気になったところを詰めていくことも考えられる。また国・船級のガイドラインとの関係を確認しながら進めていく必要がある。

→様々なステークホルダーと意見交換をしながら進めていく必要があると考えている。

3) リスク解析に関する支援とガイドライン化について

海上技術安全研究所より [資料 20-1-3-1] に基づいて安全性評価事業におけるリスク解析に関する支援とガイドライン化について説明が行われた。主要な質疑を以下に示す。

- ・ リスク解析のガイドラインのイメージは何か。
 - 標準的な手法を推奨するとともに、想定すべき共通的なハザードを整理して提示することも考えている。
- ・ 評価する側は実施者に引きずられないためには、最低限、満たしてほしいところを決めて事業者に対応することが必要。
 - 船級ガイドラインではハザード一覧が掲載されている。論文も参照しながらハザードを整理して臨みたいと考えている。
- ・ 事業者の視点ではガイドライン及びリスク評価をできるだけシンプルにしたほうが実施しやすい。
 - 自動車分野ではシャドー運転でも自動化システムを過信しすぎて事故が起きた例もある。バランスが難しいが、安全性を確保できるように取り組んでいきたい。

4) Class NK 自動運航、自律運航に関するガイドライン

山田委員より [資料 20-1-3-2] を用いて「Class NK 自動運航、自律運航に関するガイドライン」についての説明が行われた。主要な質疑を以下に示す。

- ・ 自動化システムについて、人と同等以上であることを積み上げていくことが機能要件になるのではないか。
 - 最終的には無人を目指すのが、Step by Step でまずは有人自律から積み上げて、具体的な知見を得ていく必要がある。人との同等性を評価することは大きな壁であるが、皆様のお知恵を借りながら進めていきたい。
- ・ NK の自動運航、自律運航に関するガイドラインと海技研のリスク評価部分のガイドラインの関係が明確になるとよい。
 - 海技研のリスク解析は概念設計と詳細設計のそれぞれに適用されることが望ましいと考えている。そのうえで効果的かつ効率的に実施できるように手法的なところを詰めていただくことを期待している。

5) 自由討論

国土交通省海事局安全政策課から以下のコメントがあった。

- ・ 国交省では2018年度以降に、自動運航実証事業を進めている。事業者が安全に実証実験を行う

環境を整えることを目的に、設計、搭載、運用のガイドラインの策定を進めている。

- ・個船の安全確認は国が行うが、シャドー運航であれば余程通常のプラクティスから外れない限り、事業者から安全に切り替えが行える等について説明していただければ、特段の追加の基準の適用や検査を行うことは現時点では想定していない。
- ・NK ガイドラインは任意の認証のためのガイドラインであり、国は開発事業者の環境整備を目的としたガイドラインである。一方、日本船舶技術研究協会には、より高度な技術をもとにユーザが喜ぶような具体的な Practice を整理することを期待。国やNK のガイドラインに反映させ、日本として適切な基準のもとで普及をすすめていくことを目指したい。

2.3.2. 第 2 回委員会

(1) 日時：2021 年 2 月 10 日（水）10:00-12:00

(2) 場所：日本船舶技術研究協会 会議室及び WEB

(3) 出席者（敬称略、順不同）：関係者を含み 40 名

主 査 清水 悦郎（東京海洋大学）

委 員 伊藤 誠（筑波大学）

牧 敦生（大阪大学）

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）

竹林 哲哉（日本船主協会）

(4) 配布資料

資料 20-2-0-1 無人運航船安全ガイドライン等策定委員会委員等参加者名簿

資料 20-2-0-2 知的財産権資料リスト

資料 20-2-1 第 1 回無人運航船安全ガイドライン等策定委員会議事録（案）

資料 20-2-2-1 （プレス参考資料）自動運航船の安全設計ガイドライン（背景及び概要）

資料 20-2-2-2 自動車分野の安全評価技術等調査結果報告

資料 20-2-2-3 無人運航船安全ガイドラインのイメージ及び次年度計画

資料 20-2-3 移動体の自律化・自動化に関わる責任所在及び保険などについての調査

参考： 自動運航船安全設計ガイドライン

(5) 議事

1) 事務局より、[資料 20-2-1]をもとに、2020 年 10 月 8 日に行われた第 1 回無人運航船安全ガイドライン等策定委員会の議事録案についての説明が行われ、承認された。

2) 無人運航船安全ガイドラインの検討結果報告及び次年度計画

2-1) 国土交通省海事局ガイドラインの紹介

国土交通省海事局安全政策課より[資料 20-2-2-1]を用いて自動運航船安全設計ガイドラインの概要が紹介された。主要な質疑を以下に示す。

- ・国土交通省と本事業で作成するガイドラインの違いは何か。

- 国としては船員が乗船し判断するフェーズ 2 を対象としたガイドラインを作成している。
- 一方、JSTRA が目指すガイドラインはフェーズ 3 以降である。
- 技術的には共通する部分が多いので、議論すべき点の焦点を絞ることができると思われる。
- ・船員の教育訓練はどのように位置づけられているのか。今回は設計段階における留意事項をまとめたもの。今後、搭載及び運航に関するガイドラインを策定する。おそらく運航ガイドラインの要件として入ってくるのではないか。

2-2) 自動車分野の安全評価技術等調査結果報告

事務局より[資料 20-2-2-2]を用いて自動車分野の安全評価技術等調査結果報告が行われた。主要な質疑を以下に示す。

- ・自動車分野で搭乗者のライセンス所持について完全自動になった場合はどのように考えられているのか。
 - 完全無人で動くレベル 5 の免許制度について答えをもっていない。現状ではレベル 4 であっても運転者が運転する領域が存在するので免許が必要である。
- ・運転支援のレベルではサポーター限定免許が最近できている。船の世界でも船員の資格要件が緩和される可能性があるかもしれない。
- ・レベル 3 を広くとらえがちであるが、日本の道交法において運転者に許容されているサブタスク（運転以外のタスク）は携帯電話を手を持って通話すること、及び車内のナビ画面の注視のみである。また車側から交代要請が出た場合は直ちに運転者が対応できる体制にすることが義務付けられており、運転者に対して対応をきっちり義務付けている。船の場合も現状では操船者が乗っていて何かあれば対応することが想定されているが、混乱を避けるためにどこまで船に任せるとのかきっちり線を引くべきである。
- ・運転者がすぐに対応することが定められているということは、自動運航システムをすぐに切り離せるようなハード的に対応できる仕組みが定められているということか。
 - 常に人間ドライバのオーバーライドが効く仕組みになっている。例えばドライバがハンドルを切ればそちらが優先される構造になっている。

2-3) 無人運航船安全ガイドラインのイメージ及び次年度計画

海上技術安全研究所より[資料 20-2-2-3]を用いて無人運航船安全ガイドラインのイメージ及び次年度計画の説明が行われた。主要な質疑を以下に示す。

- ・操船タスクに特化していることを明記すべきである。
 - 記載漏れである。我々も操船系のタスクをメインとすることを想定している。
- ・A2-B0 を対象とする場合、5 つのコンソーシアムとの関係はどうなるのか。遠隔操船とはいえ遠隔監視も想定しているのか。
 - 本日の資料では海技研で行われている実証実験をイメージとしているが、例えば実証事業者による短距離旅客事業を A2-B0 にあてはめたときにどのような問題が出てくるか等を検討していきたい。
- ・民間の技術開発につなげるために海技研の成果を開発メーカーに伝わるように発信していただきたい。

→近々、海技研で遠隔操船の公開実験を行う予定と聞いている。将来的な普及促進につながる取り組みを海技研と相談しながら進めていきたい。

3) 委託調査報告

日本大学南委員より[資料 20-2-3]を用いて、移動体の自律化・自動化に関わる責任所在及び保険などについての調査結果の報告が行われた。主要な質疑を以下に示す。

- ・ PL 関係の責任範囲の明確化につながることを期待している。

→PL 法上の欠陥には製造上、設計上及び指示・警告上の欠陥に類型化されるが、安全ガイドラインとの関係では基本的には製造上の欠陥との関係になる。安全ガイドラインに則って製作されれば製造上の欠陥にはあらず、PL 上の責任は認められないということ。ただし場合によっては設計上の欠陥にあたる可能性があることは留意する必要がある。ガイドラインに則って作れば免責されるとは限らず、個別事案に対して判断される可能性がある。

- ・ 自動車の場合はまとめて検査をすることは可能であるが、船は一品生産のため完成検査や海上公試験で確認すれば予見可能性を緩和することにつながらないか。必ずしもガイドラインの範疇ではないと思われるが、検査とあわせて安全性を担保するという切り分けも考えられるのではないか。

→JIS 規格などで一定の検査が行われていれば、基本的に欠陥にあたらぬ可能性もある。

2.4. MEGURI2040 実証事業者との会合

安全性評価事業を実施するにあたり、MEGURI2040 実証事業者と緊密に連携をとる必要があることから、以下に示すように会合を2回行った。本会合以降も個別に MEGURI2040 実証事業者と打合せを行い、情報交換及び意見交換を進めた。

2.4.1. 第1回会合

(1) 日程

商船三井グループ	2020年6月26日
丸紅グループ	2020年6月29日
ITbook ホールディングスグループ	2020年7月1日
三菱造船グループ	2020年7月6日
DFEAS グループ	2020年7月8日

(2) 打合せ項目

以下の項目について意見交換を行った。

- 1) 実証事業の概要
- 2) 安全性評価事業の概要
- 3) リスク評価の進め方
- 4) 総合シミュレーションシステム概要
- 5) 船員スキル定量化事業概要
- 6) データ提供のお願い

2.4.2. 第2回会合

(1) 日程

DFEAS グループ	2020年8月31日
丸紅グループ	2020年9月7日
ITbook ホールディングスグループ	2020年9月7日
商船三井グループ	2020年9月10日
三菱造船グループ	2020年9月16日

(2) 打合せ項目

以下の項目について意見交換を行った。

- 1) 無人運航船総合調整スケジュール等 (JSTRA)
- 2) 無人運航船安全性評価事業について (海技研)
- 3) 無人運航船プロジェクト実施時の情報提供のお願い (海技研)
- 4) 無人運航船プロジェクトのリスク評価を始めるにあたって_海技研 20200904 送付
- 5) スキル定量化説明資料 (海洋大・JMETS)
- 6) 安全評価事業_秘密保持契約書

Supported by  日本 THE NIPPON
財団 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

2020年度 成果報告書（概要版）

2021年（令和3年）5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。