

自動運航船の動向と本会の取り組み

伊藤 誠*

1. はじめに

国際海事機関（IMO：International Maritime Organization）が自動運航船（MASS：Maritime Autonomous Surface Ships）の検討を本格的に開始してから、すでに10年近い歳月が経過している。その間に国際的な議論が進展し、各国では自動運航船の実証試験や商業運航が始まっており、社会実装は段階的に進展している。例えば、公益財団法人日本財団（以下、日本財団）によるMEGURI2040プロジェクトでは、2022年の第1フェーズにおける実証試験が成功し、現在第2フェーズの実証試験が進められている。

自動運航船が注目される背景には、海難事故要因の約7割を占める¹⁾ヒューマンエラーの低減と、高齢化・人材不足²⁾への対応がある。船員のタスクを自動化・遠隔化することにより、人間の判断負荷を減らし、運航の安全性を高めることが期待されている。船員のタスクが自動化または遠隔化されることで負担が軽減され、労働環境が改善される結果、安全性の向上と持続可能な物流の維持が期待されている。こうした状況を踏まえ、各国では様々な自動運航船の運用方法（ユースケース）が検討されている。

自動運航船のユースケースは、運用形態（MoO：Mode of Operation）と、どのような環境下で自動化・遠隔化を利用するか（フェーズ）という二軸で整理する必要がある³⁾。MoOには、自動運航システムに操船を委ね、船員は船上で監視と緊急対応を担う場合や、陸上の遠隔制御施設（ROC：Remote Operation Centre）から人間が遠隔操船する場合がある。また、MoOは航行の全区間で一様である必要はないため、外洋では自動運航システムが操船し、ROCとの通信が安定する沿岸域では遠隔操船を行うといった例が考えられる。

こうしたユースケースは、法令・制度と整合してはじめて社会に受け入れられる。そのため、各国では技術開発の進捗や実証実験の成果を踏まえて、国内の法令・制度整備が進んでいる。例えば、IMOが策定作業を進める国際規則MASS Codeは、まずは強制力を持たせない形での策定を進めており、その作業は大詰めを迎えている。しかし、MASS Codeは機能要件までを規定するにとどまるため、社会実装を確実なものとするには、より詳細な技術要件を確立することが不可欠である。

本会では、これらの動向に早期から対応してきた。第三者機関という立場から実証プロジェクトにおける安全性評価を担ってきたのに加え、これらで得られた知見をガイドラインに取りまとめて公表することによって、技術要件の確立にも積極的に取り組んでいる。これらの取り組みは、自動運航船の技術開発の安全性確保と法令・制度整備に対して、船級協会の立場から貢献するものと考えている。

本稿では、まず各国の自動運航船の開発と法令・制度整備の動向を概観した上で、本会が進めている取り組みとその成果を紹介する。

2. 自動運航船の開発

各国では、自動運航船の開発と実運用が急速に進んでいる。各国の取り組みは地域の事情や目的に応じて異なるが、共通して、自動運航技術を段階的に検証しながら、実用化に向けた運航形態やシステム構成の確立を目指している。

ノルウェーでは、フィヨルド沿岸域を航行し、離棧から着棧までを船上無人（システム操船）と遠隔による人間の関与（監視・緊急対応）で運用することを想定した開発が進められている。例えば、Moss港とHorten港を結ぶ約10.5kmの航路で運航されている電気推進RO-RO船ASKO Marit（図1）が挙げられる。ただし、検証は段階的に進められており、現時点ではシステムが操船しつつ、遠隔監視に加えて緊急時のための船員が乗船する体制で運航されている。また、ASKO Maritは湾側の自動化も特徴であり、自動離着棧用の船体固定装置や自動給電システムなど、船上無人化に必要なインフラ開発が進められている。

* 開発本部 技術研究所（自動運航船対応プロジェクトチーム）



図1 ASKO Maritの自動着栈の様子（後進接岸）

ベルギーでは、Seafarによる運河での遠隔操船が特徴的である。自社のROCから自動運航船の運航・管理を行い、アントワープ（ベルギー）のROC（図2）ではすでに商業運航を実施している。さらに、アムステルダム港（オランダ）やデュイスブルク（ドイツ）のROCを拠点に実証実験を進め、ベルギー以外での商業運航も目指している。将来的には船上無人での運用も目指しているが、現在の商業運航では乗組員の数を減らした有人船であるため、通信途絶などの事態にも対応可能である。ROCでは1名のRemote Operatorが1隻を担当し、上位権限を持つSupervisorがフリート全体を監視して異常時に対応する仕組みとなっている。



図2 Seafarの遠隔オペレーション用ブース

韓国では、操船の自動化による船員支援システムの開発が行われている。例えば、Samsung Heavy Industries（以下、SHI）ではSAS（Samsung Autonomous Ship）と呼ばれるシステムを開発し、本会のAiPおよび技術認証の証明書を受けている。また、Hyundai Heavy Industries（以下、HHI）の子会社であるAvikusは、自動運航システムHiNAS Controlを開発し、すでに製品として展開している。一方、遠隔化技術については、HHIがスマートシップ実証船Ulsan Taehwaを建造し、Avikusのシステムが搭載されるとともに、UIPA（Ulsan ICT Promotion Agency）にShip Integrated Data Centreと呼ばれるROCが設置された（図3）。これにより、同船の運航状況を遠隔で監視することが可能となっている。



図3 Ship Integrated Data Centre

日本では、日本財団によるMEGURI2040プロジェクト第2フェーズが進められている。図4に示すように、実証試験は、離島航路船・コンテナ船・RO-RO船への自動運航システムのレトロフィットと、新造コンテナ船1隻の合計4隻で行っている。例えば、新造コンテナ船では、離岸から着岸までの操船の自動化と機関の遠隔監視をMoOとして想定しており、その実現のために様々な要素技術の開発が進められている。本会も船級の立場から安全性評価を実施しており、NK船級船の審査および要素技術の評価を進めている。

図4 MEGURI2040実証プロジェクト第2フェーズの概要⁴⁾

このように、各国は、自動運航船の社会実装を目指して、運航環境や目的に応じた段階的な検証を進めており、実証から商業運航への移行が現実的な段階に入りつつある。

3. 各国の法令・制度整備

技術開発の進展に合わせて、それを支える法令や制度の整備も各国で進められている。自動運航船は、従来船の運航の枠組みでは想定されていない運用を含むため、技術実証で得られた知見を踏まえて、安全性や運用体制を制度面から裏付ける仕組みが求められている。こうした背景のもと、各国では既存法体系の活用や新法の制定など、それぞれのアプローチで環境整備が進められている。

ノルウェーでは、自動運航船に関するガイダンスRSV 12-2020（無人または部分的な無人運航を目的とした自動化機能の構築または設置に関するガイダンス）を2020年に発行した。既存の法令を基に審査を行うこととした上で、自動運航船が従来船と同等の安全性を有することを、リスクベースの評価手法であるIMO MSC.1/Circ.1455（代替・同等設計に関するガイドライン）を用いて示すことが求められている。

ベルギーでは、実証実験の成果を踏まえて2021年6月に法令改正が行われた点が特徴である。その法律（ベルギー海域での無人航行に関する王令）では、無人船を「航海の一部または全部において、人間の介入なしに航行できる船舶または遠隔操作で航行できる船舶」とであると定義した。また、「遠隔制御施設は無人船の不可欠

な構成要素であるとみなされる」として、船上での人間の介入なしに陸上から遠隔操船するユースケースが、法律の中で認められるようになった。

韓国では、2025年1月に「自動運航船の開発および事業促進に関する法律」が施行された。同法の「自動運航船の試験運行および特別規定」では、試験運行や実証試験には認可が必要であること、また認可を受けた場合には指定航行海域において一部の法規制が適用除外となることが定められている。これは、開発技術の実証と実績の積み重ねを促すための、国による環境整備の一環と位置付けられる。

日本では、2024年6月から開催された自動運航船検討会の議論結果を踏まえて省令が改正され、2025年6月に施行された。自動運航船（自動運航システムを有する船舶）は、船舶安全法の体系上、特殊船として検査される仕組みに位置付けられた。主な改正内容を以下に示す。

- 船舶安全法施行規則において、「自動運航システムを有する船舶」を特殊船として分類
- 船舶自動化設備特殊規則において、自動運航システムの機能要件を規定
- 船舶検査心得および船舶検査の方法において、自動運航システムを有する船舶の具体的な検査の流れ、船舶検査証書発行の時期等を規定

今後は、配乗人員や責任の在り方について、実証試験の結果を踏まえた議論が行われる見通しである。

IMOでは、自動運航船の利用のための論点整理（RSE : Regulatory Scoping Exercise）にて特定された課題に対して、条約を個別に改正するのではなく、目標指向型（GBS : Goal-Based Standards）の新たな規則としてMASS Codeを策定することが合意された。MASS Codeは以下に示す3つのPARTに分かれており、PART 2では自動化・遠隔化されるタスクに依らない全てのMASSに適用される要件、一方、PART 3はタスクごとの要件となっており、旗国によって適用可否が判断される。

■ PART 1 (Introduction)

適用範囲等を定義。非義務的Codeでは貨物船に適用されることになっている。

■ PART 2 (Main Principles)

全ての自動運航船に共通する要件を規定。ConOpsベースの承認プロセスなどが記載されている。

■ PART 3 (Goal, Functional Requirements and Expected Performance)

自動化・遠隔化されるタスクごとの機能要件を規定。ConOpsに応じて旗国が要件の適用可否を判断する。

また、MASS Codeは、暫定的な指針として非義務的Codeを策定して早期に方向性を示すことが適当とされた。そのため、まずは2026年に非義務的Codeを採択した上で、経験蓄積フェーズ（EBP : Experience Building Phase）を通じてフィードバックを行い、2032年の義務的Code発効を目指すことになっている。

このように、ユースケースの実現を見据えた法令・制度整備が各国およびIMOで進められているが、安全に技術を活用するためには、これらと並行して具体的な技術要件を策定することが重要である。例えば、MASS CodeはGBSの体系（図5）におけるTier I（目標）およびTier II（機能要件）で構成されており、その実効性を担保するためには、より詳細な技術要件に当たるTier IV（船級規則等）やTier V（産業規格等）の整備が求められる。特にTier IVは、本会をはじめとする船級協会が中心となって整備されることが期待されている。

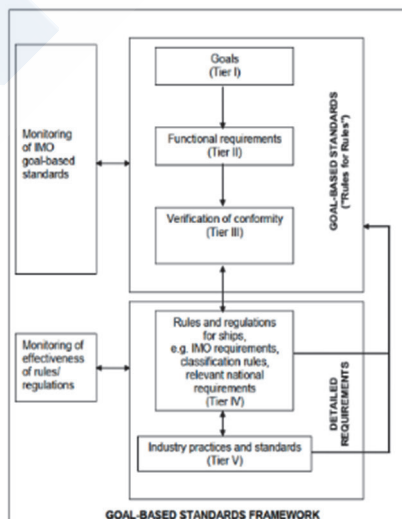


図5 Goal-Based Standards framework (MSC.1/Circ.1394)

4. 本会の取り組み

4.1 概要

本会は、自動運航船に関する動向に対して、自動運航船プロジェクトチームを立ち上げて安全性評価および規則開発を積極的に進めてきた。安全性評価では、実証プロジェクト等に対して第三者の立場から審査・評価を行い、本会のガイドライン等の要求を満足することを確認している。そして、これらの知見を基にガイドラインの改定を行い、技術要件の確立に貢献している。さらに、これらの取り組みを下支えする基盤として、評価手法の高度化やシミュレーション技術の活用に関する研究を国内外のフロントランナーと実施している。以下では、それぞれの取り組みについて説明する。

4.2 安全性評価の取り組み

本会では、2020年に「自動運航船、自律運航に関するガイドライン（以下、ガイドライン）⁵⁾」を発行して以来、国内外の自動運航船および搭載されるシステムに対する審査を行ってきた。

操船を自動化するシステムに対しては、日本郵船株式会社・株式会社MTI・株式会社日本海洋科学（以下、日本海洋科学）によるAPEX^S-auto、川崎汽船株式会社・川崎近海汽船株式会社・日本無線株式会社・株式会社YDKテクノロジーによる統合操船者支援システム、海外ではSHIのSASに対してそれぞれAiPを発行している。さらに、要素技術に対してもガイドラインに基づく審査を行い、技術認証の証明書を発行している。例えば、避航操船機能に対しては、複数の避航シナリオに対するシミュレーション結果等を審査して、日本海洋科学のARS（Advanced Routing Simulation and planning）やSHIのSAS-IBSに対して証明書を発行している。

一方、遠隔技術に対しても、SHIのROCであるSROC（Samsung Remote Operation Centre）に対するAiPを発行している。これらの安全性評価を通じて、本会は自動運航船の主要な機能に関する安全性の確認と、今後の技術要件の構築に向けた知見を蓄積している。

4.3 規則開発の取り組み

ここでは、2025年に発行されたガイドラインver. 2.0⁶⁾について、主な変更点である船級符号の新設と附属書の新規策定の詳細を説明する。

4.3.1 船級符号への付記

本会が承認した自動運航システムを搭載した船舶には、船級符号「Autonomous-XY(Z)（略号AUTO-XY(Z)）」を付記する。X、Y、Zの項目はそれぞれ、自動化される機能、自動化レベル、航海フェーズを意味する。

自動化される機能（項目X）は、どのタスクを自動化するかを明示するために用いられ、Navigation (Nav), Engineering (Eng), Safety (Saf), Operation (Ops)のいずれかとする。自動化レベル（項目Y）は、自動化される機能に対して人間の関与の程度を表現する以下に示す数字が用いられる。

- 1：（支援）部分的自動化、意思決定は人間が実施。
- 2：（条件付き自律）人間の監視下で使用。
- 3：（高度自律）人間の介入は原則不要。ただし、人間の判断でいつでもオーバーライドできる状態。

さらに、航海フェーズ（項目Z）は自動運航システムが利用される海域等を表現するものであり、Navigationが自動化される場合には以下の4つの全てが該当すればAllとし、それ以外は該当するものを記載することにする。

- Berth/unberth (Be)：離着岸
- Harbor (Ha)：港内
- Coastal (Co)：沿岸域
- Open sea (Os)：外洋

例えば、人間の監視下において自動航行可能な機能を有し、外洋においてのみ作動可能なシステムを搭載した船舶には、AUTO-Nav2 (Os)が付与される。

4.3.2 附属書の新設

本会では、Tier IVに該当する規則として、これまでの知見を附属書の形で具体化することとした。附属書は大きく2つに分けることができ、Navigationの自動化をする自動運航システムに関する要件（附属書I）と遠隔制御システムによる遠隔機関監視・操作に関する要件（附属書II）で構成される。

附属書Iでは、通則において共通要件、定義、承認プロセス等を規定した上で、自動運航システムの重要な機能である状況認識機能、衝突・座礁回避機能、操船制御機能のそれぞれに対する詳細な要件を規定している。

特に、シミュレーションを用いた評価では、シミュレーションシナリオや操縦運動モデルについて言及しており、後述する研究活動の成果が反映されている。

附属書IIでは、遠隔制御施設からの機関監視および機関操作を行うための安全要件として、適用範囲や具体的な機能要件が規定されている。例えば、遠隔機関監視において、複数隻を監視する場合の要件や警報・表示すべき情報について記載している。

4.4 研究活動

本会では、安全性評価および規則開発に資する研究を国内外の研究機関・企業と連携して実施している。本節では、ガイドラインの開発の基礎となる研究活動についてその概要を示す。

4.4.1 操縦運動モデルに関する研究

自動運航船の操船制御機能では、自動離着岸を含む港内操船の自動化が新規性の高い技術とされる。安全性評価の観点からは、シミュレーション評価に用いる操縦運動モデルの妥当性が重要である。理想的には、シミュレーションで使用する操縦運動モデルを標準化することが望ましいが、港内操船は低速域における複雑な運動を伴うため、モデルの標準化に向けた取り組みは依然として進行中である。

このような状況を踏まえ、安全性評価の観点からは、単一の標準モデルを規定するのではなく、操縦運動モデルが満たすべき要件を定め、その要件を満足するモデルを用いたシミュレーションを評価時に要求することが現実的である。すなわち、港内操船を再現するシミュレータの運動計算部に求められる要件を整備する必要がある。

そこで本会は、2023年に国内の大学、研究機関、造船所、メーカーから操縦運動および操船制御の専門家を招き、操縦運動モデルの要件を検討する場を設置した。そして、操縦運動モデルの要件とその確認方法の検討を目的として議論を進め、その成果を本会ホームページ上に公開した⁷⁾。一例として、図6にスラスト操船の確認用シナリオを示す。また、関連する国内外の学術会議において、検討内容を発表している^{8) 9)}。

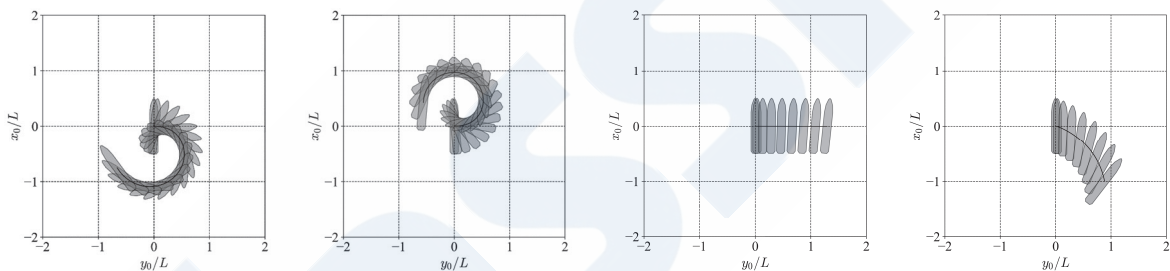


図6 スラスト操船の確認用シナリオ（抜粋）

4.4.2 衝突・座礁回避機能の検証のための研究

操船を自動化するにあたり、衝突・座礁回避機能は重要である。特に、COLREG条約で他船との見合い関係に応じた操船が規定されており、自動運航船においても遵守が求められる。そのため、COLREG条約を遵守しつつ、適切に他船を避航し、座礁を回避することを検証する必要がある。

そこで本会では、国内研究機関等との共同研究を通じて、シミュレーションによる検証方法について検討を進めてきた。例えば、避航操船をシミュレーションする際のシナリオについては、図7に示す見合い関係の分類¹⁰⁾に基づいて、1対1または2の見合い関係を持つ基本シナリオ（図8）を検討した。また、操船結果の評価方法の一つとして、図9に示す評価領域図に関する検討および実験^{11) 12)}を行った。さらに、COLREG条約に記載されている「good seamanship」は、数値的に表現することが困難なものも含まれるため、専門家評価と呼ばれる海技者等による主観評価の方法について検討し、具体的な避航アルゴリズムを対象とした実験を実施している¹³⁾。

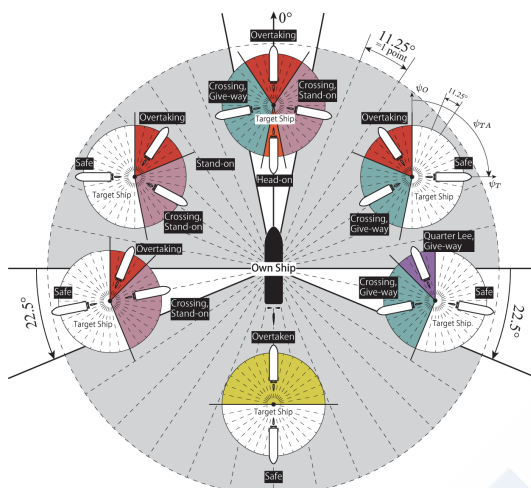


図7 見合い関係の分類

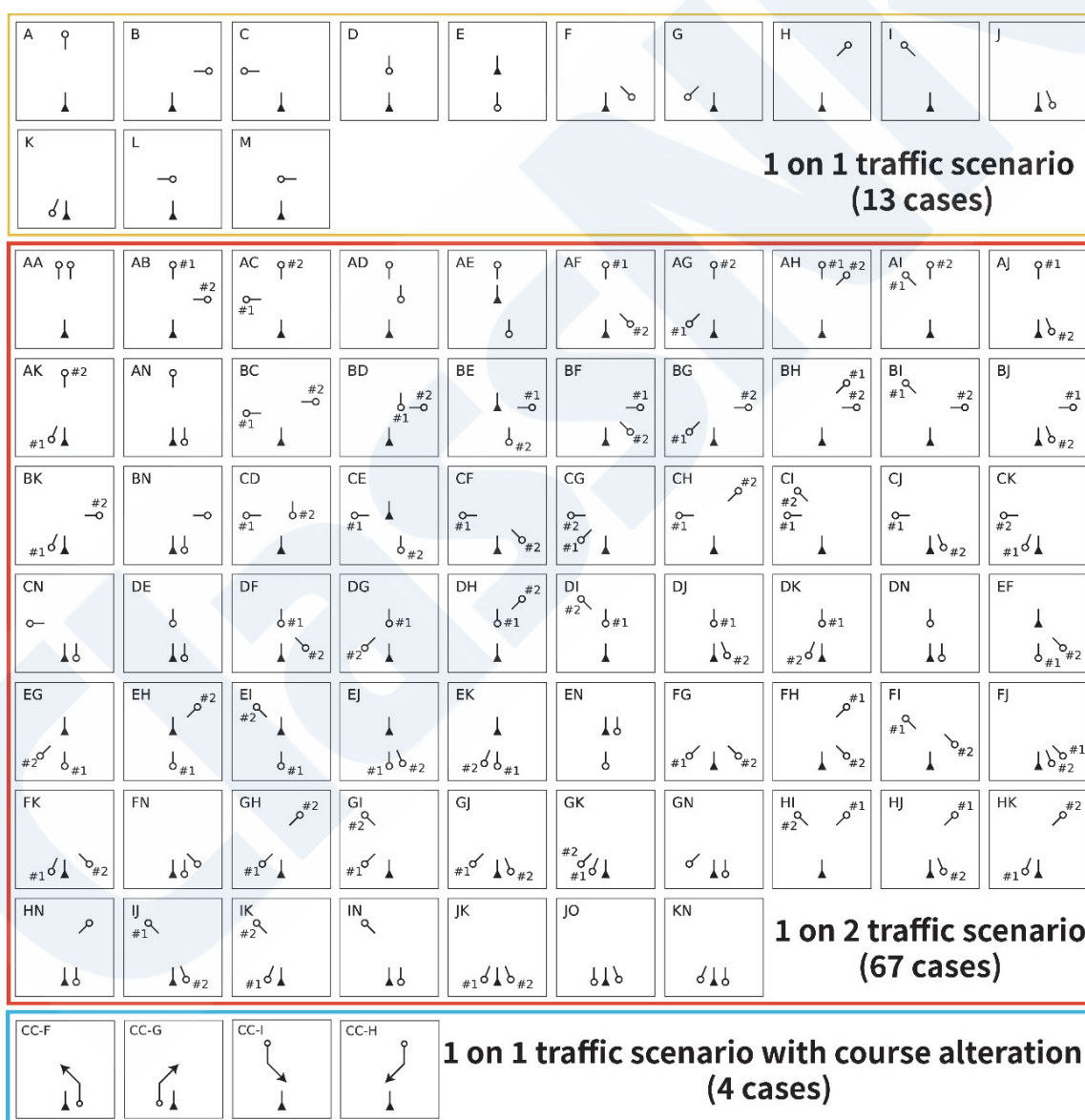


図8 基本シナリオ

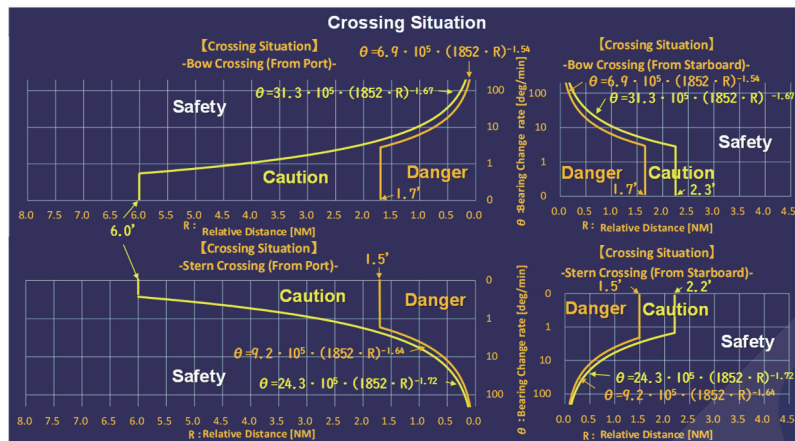


図9 評価領域図

4.4.3 遠隔化技術に関連する研究

遠隔監視や遠隔操船において、陸上の人間がリアルタイムで映像を確認するといったオペレーションが想定される。そのとき、ROCでの状況認識において重要となる技術の一つが映像伝送である¹⁴⁾。そこで本会では、ROCの状況認識に必要な映像伝送要件と遠距離・広視野映像の技術的実現可能性の検証を進めている。その取り組みの一環として、実験船からのライブビデオ伝送をスターリンクとセルラー（LTE）通信で受信・再生する実証実験を行い、遅延、画質、再生安定性の相互トレードオフ関係を定量的に示し、航海フェーズや遠隔操作レベルに応じて動的にバランスを取る必要性を示した¹⁵⁾。

加えて、遠隔化を実現するために重要な通信に関連する最新動向を調査し、その結果は随時本会のHPにて公開している。例えば、研究報告書¹⁶⁾では、限られた電波資源を補完する技術として注目を集めている「光による無線通信」について、その現状や船舶分野への応用可能性について検討している。このように最新動向を整理し、技術成熟度を把握することで、公平かつ客観的な要件の策定に貢献している。

5. おわりに

本稿では、各国における自動運航船の開発と法令・制度整備の動向を整理し、本会が進める安全性評価や規則開発、研究活動の取り組みを紹介した。自動運航船の開発と法令・制度整備の動向では、各国が法令・制度の枠組みの中で段階的な開発を進めていること、IMOにおいてMASS Codeの策定作業が進められていることを紹介した。MASS CodeがGBSの体系に基づいて機能要件までを整理するものであることから、より具体的なTier IVは、本会をはじめとする船級協会が中心となって整備されることが期待されている。このような動向に対し、本会は早くから安全性評価、ガイドライン開発、研究活動を通じて対応してきた。今後も、これまでの知見を活かして、自動運航船の社会実装に向けた取り組みを船級協会の立場から支援していく所存である。

参考文献

- 1) 国土交通省：令和7年版国土交通白書，2025
- 2) 国土交通省：令和2年度船員需給総合調査結果報告書，2021
- 3) 一般財団法人日本海事協会：自動運航船の社会実装へ向けて，2023
- 4) 日本財団：無人運航船プロジェクト「MEGURI2040」未来の海を支える「無人運航船」の実用化を目指す，<https://www.nippon-foundation.or.jp/what/projects/meguri2040>
- 5) 一般財団法人日本海事協会：自動運航船，自律運航に関するガイドライン ver. 1.0，2020
- 6) 一般財団法人日本海事協会：自動運航船，自律運航に関するガイドライン ver. 2.0，2025
- 7) 一般財団法人日本海事協会：自動運航船の操船制御システム評価用操縦運動モデルに関する研究会完了報告，<https://www.classnk.or.jp/classnk-rd/news/2025/0526.html>
- 8) 伊藤誠，高品純志：操船制御システム評価用操縦運動モデルの要件検討，日本船舶海洋工学会講演会論文集，Vol. 39，2024

- 9) M. Ito et al., Development of Validation Methods for Manoeuvring Models in Safety Evaluation of Automatic Berthing and Unberthing for MASS, Journal of Physics: Conference Series(accepted).
- 10) R. Sawada et al., Framework of safety evaluation and scenarios for automatic collision avoidance algorithm, Ocean Engineering, Vol. 300, 117506, 2024.
- 11) 日本海事協会：自動避航システムの認証（安全性評価）に向けた検証実験,
<https://www.classnk.or.jp/classnk-rd/report/2023/001.html>
- 12) S. Nakamura et al., Objective evaluation criteria for the safety certification of autonomous navigation system, Journal of Physics: Conference Series(accepted).
- 13) T. Hirose et al., Verification and Validation of Autonomous Collision Avoidance System Developed based on Functional Task Analysis of Ship Operation by Ship Maneuvering Experts, Journal of Physics: Conference Series(accepted).
- 14) 塚越郁夫：船陸間通信の大容量・低遅延化技術に関する調査研究,
<https://www.classnk.or.jp/classnk-rd/report/2025/003.html>
- 15) I. Tsukagoshi et al., High-Quality Video Transmission for Ship Remote Operation, Journal of Physics: Conference Series(accepted).
- 16) 安立恭晴：光無線通信の現状と可能性に関する研究報告,
<https://www.classnk.or.jp/classnk-rd/report/2025/006.html>