

## I . AI・Big Data・サイバーセキュリティ

### 1. 東京海洋大学における海洋産業 AI プロフェッショナル育成卓越大学院プログラム<sup>1)</sup>

#### (1) はじめに

本プログラムでは、海洋に特化した分野での人工知能（Artificial Intelligence、AI）の開発と評価を行い、社会実装に主導的役割を果たす「海洋産業 AI プロフェッショナル」の育成を目指すものである。近年、ビッグデータと機械学習を用いた AI の開発は目覚ましい進歩を見せ、IoT の急速な進歩に支えられたデジタル化とネットワーク化の拡大によって、あらゆる情報がビッグデータとして収集され、画像・音声認識に応用されることで、これまで認識できなかった人間の行動様式や社会経済の法則等までが明らかになりつつある。日本の未来投資戦略においても、データ駆動型社会への変革に向けて AI 時代に対応した人材育成と最適活用の必要性が指摘されており、海洋開発、海事や水産業を含む海洋産業からもこうした人材の育成、特に先導的な高度な技術者、開発を担う研究者の育成が急務として求められている。東京海洋大学では、これまで蓄積してきた海洋に関する専門的教育や研究の成果を背景として、海洋関連ビッグデータを取り扱う高度な博士前期・後期課程一貫教育プログラムを構築し、2026 年度には博士 5 年の学位プログラム「海洋データサイエンス専攻（仮称）」の設置を目指している。本プログラムが目指す「海洋産業 AI プロフェッショナル」とは、ビッグデータ解析や機械学習法をリテラシーとして身につけ、本学が有する海洋、海事、水産の専門知識とフィールドに関する豊富な経験を元に、的確に AI を使い、その社会実装を主導するイノベータ・高度専門技術者や海洋政策の立案を行う人材を意味する。海洋関連労働人口の減少が危惧される現代社会において、本プログラムで育成された人材が Society5.0 実現および SDGs 達成に大きな役割を果たし、多様な価値・システムを創造することで、世界における我が国の海洋プレゼンスを確立させることを期待している。

プログラムの基礎教育を展開するために、学内に高性能計算機群を擁する「海洋 AI 開発評価セ

ンター（MAIDEC）」および産学官の連携機関とともに「海洋 AI コンソーシアム」を設立し、人材育成・交流および新たな共同研究の創出が持続的に展開される卓越した拠点形成を目指している。

#### (2) プログラムの概要

本プログラムでは、学内に「海洋 AI 開発総合評価センター（MAIDEC）」を設置し、機械学習の専門家を客員教員として招聘を検討している。学内においても、ビッグデータや AI などに関する素養を持った教員の養成を開始しており、資格認定制度を導入して教育の内部質保証としている。図 1 に、本プログラムの体制を示す。

また、本プログラムに賛同する組織で構成する「海洋産業 AI コンソーシアム」を結成し、本プログラム外部評価委員会への参画、ゲスト講師やメンター派遣、設備提供、データ提供、インターシップやレジデントシップの受入、就職相談などについて協力を得て、本プログラムを推進している。「海洋産業 AI コンソーシアム」の連携機関（2020 年 12 月現在）としては、国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）、国立研究開発法人水産研究・教育機構、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所、いであ株式会社、BEMAC 株式会社、NPO 法人マリン・テクノロジストおよび Technical University of Denmark にご参加頂いている。図 2 に、コンソーシアムの役割を示す。

本プログラムが育成する人材像は、ビッグデータ解析や機械学習法をリテラシーとして身につけ、本学が有する専門知識とフィールドに関する豊富な経験を元に、的確に AI の性能評価を行い、その社会実装を主導するイノベータ・高度専門技術者や海洋政策の立案を行うことのできる人材である。また、研究科の各専攻におけるディプロマポリシーに加え、次に掲げる能力、素養を身につけることを目標としている。

- 1) ビッグデータ解析や機械学習などのデータサイエンスについて、AI の社会実装に必要なレベルの知識とスキルを身につけていること
- 2) それぞれの専門分野において、ビッグデータや機械学習の技術を応用すべき課題を明確に把

握し、その課題解決に向けて、応用技術の企画、立案ができること

3) AI の社会実装に向けたビッグデータや機械学習の応用について、科学的に有効性、妥当性を評価するための研究計画の立案、検証、解析ができること

4) ビッグデータ解析や機械学習の結果に基づいて適切な意思決定や情報発信ができること

5) ビッグデータ解析・機械学習の結果を科学的に正しく解釈し、活用できること

現在、図3の右側に示す7つの分野（自律航行船、海洋開発、海洋環境保全、水産資源の評価と管理、漁業のAI化、水産養殖・水産加工・流通、水産生物ゲノム情報解析）を主たる対象としている。

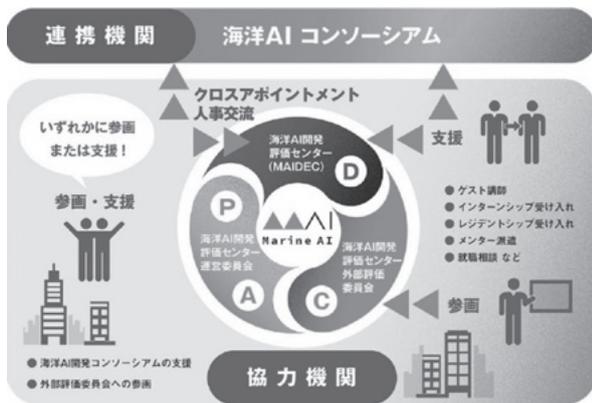


図1 プログラムの体制



図2 海洋AIコンソーシアムの役割

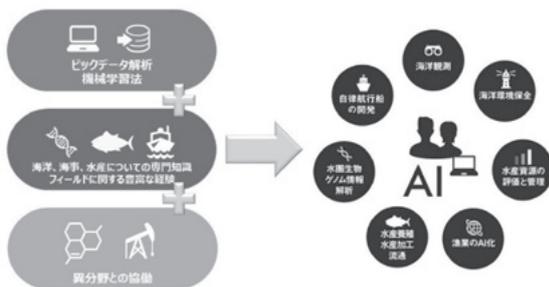


図3 プログラムが目指す人材像と主たる分野

### (3) カリキュラムと修了要件

本プログラムの博士課程5年一貫教育としての流れについて、図4に示す。

博士前期課程では、リテラシー教育としてビッグデータ解析と機械学習に関する講義科目、海洋AI開発評価センターにおける演習科目を開設。専攻にとられない実習を行い、修了時には、博士論文研究基礎力審査 (Qualifying Examination, QE) による審査を行い、大学院の専門教育の社会実装を目的とした人材育成を行う。

QEとは、博士前期課程（修士課程）2年次の後期に行われ、①インターンシップ報告書に基づく課題探求、問題解決能力、②修士論文の審査またはReviewを含む専門知識及び博士課程における研究計画による研究遂行能力、③合同研究発表会における質疑応答を通じてコミュニケーション能力の素養をポートフォリオに基づいて評価して、さらに次のステップに進むべきか、本人の志望をもとに研究科長を主査とする質保証部門「Quality Assurance Unit」(QAU) が判定するものである。QEは大学院教育全体の抜本的なシステム改革であり、この導入により、従来の修士論文による博士前期課程における高度専門職業人の養成と研究者養成を目指す博士後期課程の人材育成目標を明確に区分し、大学院の専門教育の社会実装を目的とした人材育成を行うことが可能となる。

博士後期課程では、高度信頼性が要求されるAIの性能評価手法を学ぶ高度信頼性評価コースと、AIが社会に与える影響を学ぶ社会実装影響評価コースを設置し、AI導入に関する専門科目の開設、連携機関における実際の業務（プロジェクト）に参加するレジデントシップ科目やフィールドワークなどを通じてAI社会実装に対する経験を積みリーダーとして必要な能力を育成する。

本プログラムの対象学生は、所属する研究科の修了要件に加えて、プログラムが別途定める科目を履修する必要がある。一定の単位数を取得後、博士前期課程（修士課程）2年次の後期にQE、博士後期課程3年次にQAUによるプログラム修了審査に合格することが必要となる。科目の詳細などは、東京海洋大学の「海洋産業AIプロフェッショナル育成卓越大学院プログラム」のHP (<https://www.g2.kaiyodai.ac.jp/marine-ai/curriculum/>) をご参照ください。

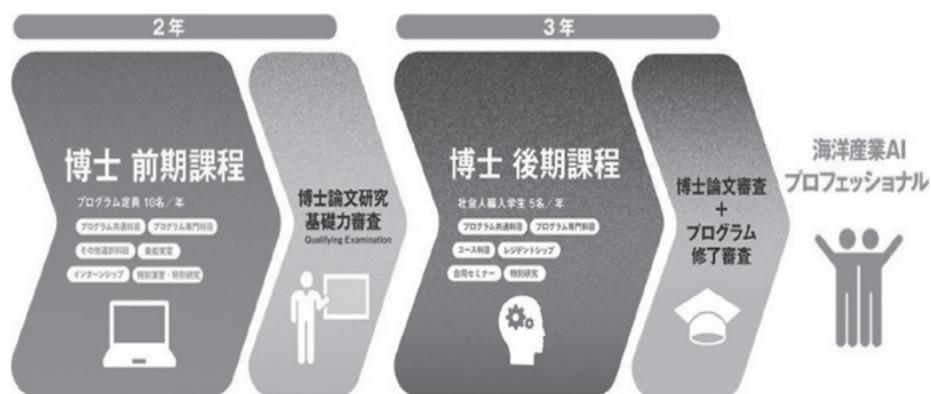


図4 博士課程5年一貫教育プログラムの流れ

なお、本プログラムを修了したことにより授与する博士学位は、「博士（海洋科学）」または「博士（工学）」となる。本プログラムを修了後は、学位記に「海洋産業AIプロフェッショナル育成卓越大学院プログラム」を修了した旨が付記される。

特徴的な授業としての「海洋AIワークショップI」が、表1に示すテーマで開講されている。本科目は「異分野との協働に関する科目」に位置付けられ、産学官の連携である海洋AIコンソーシアム連携機関から講師をオムニバス形式で招聘して実施している。講師からそれぞれの分野におけるAI社会実装の取り組み（研究や事業）事例を紹介の上、討論のテーマを設定し、ワールド・カフェ方式<sup>2)</sup>にて討論・プレゼンテーションを行っている。このワークショップを通して、プロ

グラム履修生は以下の能力を身につけることを目標としている。

- 1) 専門分野外のAI研究の進展、自己の専門分野のAI研究の問題点を理解し、討論を通じて解決策を見いだすことができる。
- 2) 自己の専門分野外の研究者に理解しやすく説明できる。

#### (4) 学生サポート

本プログラムは、博士課程5年一貫教育プログラムであることから、多角的なサポート体制を用意している。

研究支援としては、「メンター制度」と「海洋AI学生勉強会」がある。「メンター制度」は、学内教員、先輩学生、コンソーシアム教員からなり、教員メンターは指導教員と連携し、定期的な面談

表1 海洋AIワークショップIのテーマ

	テーマ分野（討論の問いかけは今後詳細化）
第1、2回	I技術者が身につけるべきコミュニケーション力
第3、4回	スマート漁業の発展により発生する新たな課題・考えるべき留意点
第5、6回	船用メーカー（船舶系製造業）はAIをどのように活用すれば、海事産業に貢献できるか
第7、8回	水産生物のゲノム情報を水産業の発展のために、どのように活用できるか
第9、10回	災害時輸送の背景と問題
第11、12回	AIを活用した海洋ごみ（海洋プラスチック）問題への貢献について
第13、14回	津波・高潮の一般向け民間予報が認可された未来の理想の社会システム
第15回	まとめ・振り返り

を通じてアドバイスをを行い、学生メンターは勉強会などを通じてアドバイスをを行う。「海洋 AI 学生勉強会」は、週 1 回ペースで開催しているプログラム履修生の勉強会であり、研究成果の共有や疑問点の解消、交流の場となっている。

学業に専念できるように経済的な支援制度を充実させている。博士後期課程においては「教育研究支援経費（給付型支援経費）」、プログラムの活動に必要な研究費や国内外の旅費の補助である「研究活動旅費支援」、TA（ティーチング・アシスタント）/RA（リサーチ・アシスタント）としてプログラムに貢献することによる経済支援などがある。

学修支援としては、英語研修、オンライン学習プラットフォーム（自主学習）、インターンシップ・レジデントシップがあり、就職支援はキャリア支援センターとの連携で行っている。

## (5) 施設・設備

最新高性能コンピュータとともに海洋に関する



図 5 海洋 AI 開発評価センター演習室 - 教育用端末



図 6 自律移動式船舶ロボット

観測機器やゲノム解析用高速シーケンサー等、海洋に関する各種ビッグデータを蓄積及び解析を行うための教育・研究システムを整備している。プログラム履修生、プログラムに関係する教員は演習用端末を利用し、教育研究を行っている。本プログラム用の設備の一部として、図 5 に教育用端末、図 6 に自律移動式船舶ロボットを示す。

## (6) おわりに

これまで、海洋会誌「海洋」においても、ICT やデジタル化の特集、将来のテクノロジーなどについて特集されてきているように、海事・海洋の分野でもデータサイエンスや AI などの技術を用いて DX (Digital Transformation) を実現する方向に向かっており、そのための技術者としての人材が必要とされている。この技術者は、ハード・ソフト面の要素を開発するのみではなく、その分野において解決する問題を認識し、解決策を立案、社会実装を実現し、評価できる能力が求められる。海事・海洋の分野において、情報技術や AI を利用できる能力を持った人材は少なく、多分野との人材の取り合いになり、その特殊性から不利になることが多い。東京海洋大学では、海事・海洋の分野において、専門的な知識や経験を有して、AI の開発・評価・社会実装を実現できる人材を育成していく必要があると考え、本プログラムを推進することとした。海洋関連労働人口の減少が危惧される現代社会において、本プログラムで育成された人材が Society5.0 実現および SDGs 達成に大きな役割を果たし、多様な価値・システムを創造することで、世界における我が国の海洋プレゼンスを確立させることを期待している。

(参考資料)

- 1) 卓越大学院プログラム (WISE Program (Doctoral Program for World-leading Innovative & Smart Education))

「卓越大学院プログラム」は、各大学が自身の強みを核に、これまでの大学院改革の成果を生かし、国内外の大学・研究機関・民間企業などと組織的な連携を行いつつ、世界最高水準の教育力・研究力を結集した 5 年一貫の博士課程学位プログラムを構築することで、あらゆるセクターを牽引する卓越した博士人材を育成するとともに、人材育成・交流及び新たな共同研究の

創出が持続的に展開される卓越した拠点を形成する取組を推進する事業である。

引用 [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/kaikaku/takuetudaigakuin/](https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kaikaku/takuetudaigakuin/)

2) ワールド・カフェとは、『カフェ』のようなリラックスした雰囲気の中で、少人数に分かれたテーブルで自由な対話を行い、他のテーブルとメンバーをシャッフルして対話を続けることにより、参加した全員の意見や知識を集めることができる対話手法の一つ。ワールド・カフェは、参加者が本当に話し合いたいテーマについて、自由に意見を出し合い、お互いの思いや考えの背景について探求し、相互理解を深めることを目的としている。急いで問題を解決したり、結論を出したり、終わりに合意形成をすることが目的ではない。

(庄司 るり)

## 2. 自動運航船の実用化に向けた動き

国土交通省が示した「自動運航船の安全設計ガイドライン」に基づき、自動運航船の開発、遠隔操船実船試験、無人運航船の実証実験に向けた共同研究など、動きが活発化している。今後、どのように実験が進み、実用化、標準化に到達できるものか、国土交通省の動きとともに技術面、法整備、人材など多方面から検討する。

### (1) はじめに

国土交通省は、2018年度から実施している「フェーズ2自動運航船」の実用化に向けた技術の実証事業で得られた知見を基に、自動運航船の安全設計ガイドラインを策定し、令和2年(2020年)12月7日に発表した。

「自動運航船の安全設計ガイドライン」の概要は以下のとおりである。

- ・近年、海上安全の一層の向上、船上の労働環境改善、産業競争力の向上・生産性の向上等の観点から、船舶の自動運航技術の実用化への期待が高まっている。
- ・国土交通省海事局では、2018年に自動運航船の実用化に向け、技術開発と基準・制度見直しの大枠を示したロードマップを策定した。同ロードマップでは、「フェーズ2自動運航

船(陸上からの操船やAI等による行動提案で、最終的な意思決定者である船員をサポートする船舶)」を2025年までに実用化することを当面の目標としている。

- ・自動運航船の安全な設計、製造及び運航を実施するための環境整備として実証事業を実施し、それぞれのフェーズにおいて留意すべき事項などをガイドラインとして順次整備することとしている。
- ・今般、自動運航船の安全確保に向け、設計上留意すべき事項等をまとめた「自動運航船の安全設計ガイドライン」を策定した。これにより、事業者による自動運航船の開発・実用化が一層促進されることが期待される。

自動運航船の安全設計ガイドライン(項目)

<設計段階において安全上留意すべき10項目>

- (1) 運航設計領域の設定
- (2) ヒューマン・マシン・インターフェイスの設定
- (3) 自動化システム故障時等の船員の操船への円滑な移行措置
- (4) 記録装置の搭載
- (5) サイバーセキュリティの確保
- (6) 避航・離着機機能を実行するための作動環境の確保
- (7) 遠隔制御機能を実行するための作動環境の確保
- (8) リスク評価の実施
- (9) 自動化システムの手引き書作成
- (10) 法令の遵守

### (2) 実用化に向けた動きの概要

#### 1) 国土交通省の自動運航船の実用化に向けた動き

国際海事機関(IMO)海上安全委員会第103回会合(MSC 103)において、自動運航船の国際ルール策定に向けた議論がなされた。国土交通省が令和3年(2021年)5月18日に発表した概要は以下のとおり。

令和3年5月5日から14日に、海上安全委員会(船舶の構造・設備、危険物の取り扱い、海上の安全に関する手続き、人的要因、その他海上の安全に直接影響のある事項を審議し、関連する国際条約の採択、改正及び各国への通知、

条約の実施を促進する措置の検討等を実施する委員会)の今次会合において、自動運航船の国際ルールの策定に向け、海事関連条約等のうち、新たに改正や解釈の整理が必要となるものが特定された。また、今後優先して検討を進めるべき事項も整理された。これにより、今後、自動運航船の国際ルール作りが一層加速することが期待される。

IMOでは、自動運航船の国際ルールの策定に向け、2018年より自動運航船が既存規制体系に及ぼす影響を分析するための論点整理のための検討を、有志国(日本、米国、フランス、オランダ、インド、ノルウェー、フィンランド、トルコ、中国等の有志国)が分担して進めてきた。

この検討において、我が国は、海上人命安全条約(SOLAS条約)の多くの章(構造、貨物及び燃料油の運送等)等の分析結果のとりまとめなど全体41規程のうち約半数(19規程)を担当するなど、国際的に主導的な役割を担ってきた。

今次会合では、その検討が完了し、海事関連条約等の一部については自動化レベルに応じ条約改正や解釈の整理が必要との結論になった。その中で、早期導入が期待される「船員の意思決定をサポートする自動化システムを搭載する自動運航船」についてはSOLAS条約第IV(無線通信)、V(航海の安全)及びXI-2(海上保安)章に自動化システムの定義を置く必要があるとされた以外は、ほとんど条約改正や解釈が不要との結論になった。また、今後の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今後の優先検討事項として合意された。

我が国は、引き続き、IMOの議論を主導し、自動運航船の実用化に向けた環境を整備することで、海難事故の減少や船員労働環境の改善、我が国海事産業の国際競争力強化の実現を図っていく。

#### <今後の優先検討事項>

- 自動運航船の関係基準作成に係る作業計画策定
- 自動運航船の定義と自動化レベルの見直し
- 自動運航に関する用語の定義の策定
- 自動運航船固有の優先課題への対応

(例:自動運航船における「船長」、「遠隔支援センター」等の基準上の位置付け等)

- 自動運航システムの適用等に関するガイドライン策定

#### 2) 船社等の自動運航船の実用化に向けた動き

船社においては、驚くべくスピードで自動運航船の実用化に向けて取り組んでおり、その実証実験では相当の成果をあげている。主なものを以下のとおり紹介する。

- ① 兵庫県西宮市の陸上支援センターから、東京湾内のタグボートを遠隔で操船し、航海計画に沿った自動航行の状態などの実証実験を2度行った。
- ② 大型自動車船に最適航行プログラムを搭載し、通常の乗組員による当直体制を維持したまま、昼夜を問わず、断続的に最適航行プログラムを用いて、試験区間を航行した。
- ③ 無人運航船を支援するフリートオペレーションセンターを竣工させた。2022年に内航コンテナ船を用い輻輳する既存航路における無人運航船の実運用を模擬した実証実験を行う。
- ④ 日本財団は5つの民間企業体と共同で、以下のとおり無人運航船の実証実験・開発等を行っている。
  - ・小型観光船に無人運航を実現するシステムを搭載し、自動で他船を避けるシステム開発を行っている。
  - ・新造したフェリーに無人運航を実現するシステムを搭載し、無人運航のためのデータの蓄積を進めている。
  - ・コンテナ船を対象として、無人運航システムの開発を進めている。緊急時には陸上から操船を可能とする陸上支援センターを構築している。
  - ・内航コンテナ船とフェリーを対象として、無人運航システムの開発を進めている。フェリーでは離着機機能を含め、港内自立操船機能の実証実験に成功している。また、コンテナ船ではドローンを用いた係船支援の開発も行っている。
  - ・自動車の自動運転技術を拡張し、水陸両用船を水上で無人運航をできるシステムの開発を進めている。

### (3) 今後の動向

令和3年7月26日から30日まで、国際海事機関(IMO)第108回法律委員会(LEG 108)が開催され、自動運航船の運航において現状の条約の規定を適用しようとした際、規定の枠組みがどの程度影響を受けるかの論点整理を実施したと国土交通省が、令和3年(2021年)8月6日に発表した。

今後、自動運航船の運航時の国際ルール策定に向けて議論が開始されることとなる。

同委員会の主な審議結果は以下のとおりである。

自動運航船がLEGで採択された既存条約枠組み(船主責任制限条約や民事責任条約など)に及ぼす影響を分析するための論点整理を、2019年から有志国・団体(日本、中国、韓国、米国、カナダ、ドイツ、スウェーデン、フィンランド、オーストラリア、フランス、シンガポール、マールシャル諸島、英国、スイス、ルクセンブルク、オランダ、万国海法会(CMI))が分担して進めてきた。

今次会合では、有志国より論点整理の結果報告があり、LEGで採択された条約に関しては、自動運航船の製造者や遠隔操船者の位置づけの整理等の用語や定義に関する検討が必要であるが、既存の条約枠組みで対応可能であることが合意された。また、今後の具体的な作業計画や作業方針については、次回会合において引き続き検討していくこととなった。

### (4) 将来を見据えて、海技者に求められるもの

自動運航船の実用化に向けた動きのスピードには、目を見張るものがある。2025年を当面の目標として実用化に向けて官民一体となって取り組んでいることから、近い将来には完全な自動運航とまではならないまでも、かなりの部分において自動運航が主体になっていくものと思われる。このことは、海技者という概念が変わってくるものかもしれない。先に述べた実証実験においても、緊急時には陸上から操船を可能とする陸上支援センターにて担当船の安全運航を見守る者も海技者であり、有人自律運航船の実証実験において、通常の判断は最適航行プログラムに任せておき、予期せぬトラブル発生時の判断のために、船上に在中する者も海技者の新しい形になるのであろうか。

日本財団と民間企業体は、自動運航船の実用化

により船員の高齢化による船員不足、ヒューマンエラーによる海難事故の課題が解決されることが期待されるということのようだ。さらに、無人運航船が実現し、2040年に50%の船舶が無人運航船に置き換わった場合、年間約1兆円の経済効果が期待されるとのことである。

しかしながら、このことは、将来的には、海上で働く海技士は不要となるという方向を示していることにならないのであろうか。

このような状況が予想される中で、将来を見据えて、「海技者に求められるものとは何か」という問いには、相応しい答えは見つからない。イメージできるのは、陸上から航行中の船舶を操縦するということが、海上保安庁の海上交通センターの管制官か、空港の管制官か、またはドローンの遠隔操縦者になるのであろうかと漠然と考えている。どのような形になるのかははっきりとしたイメージがないが、必要とされるものは、テクニク的なものだけではなく、経験に裏打ちされた判断力が求められるのではなかろうか。

### (5) おわりに

『「経営(ESG)」と「技術(SDGs)」を両輪とする海事クラスターで生きる海技者に求められるものとはなにか』という主題で「AI・Big Data、サイバーセキュリティ」をテーマとして「自動運航船の実用化に向けた動き」をサブテーマとして執筆することについての情報を集めてみて、自動車の自動運転化に向けての動きばかりが報道されている中で、船舶についても目を見張るようなスピードで自動運航船の実用化への開発が進んでいることに驚きました。一方、東京パラリンピック開催中に選手村で発生した自動運転車による交通事故により、選手が負傷したニュースを思い起こし、技術面と並行して、今後の法整備が重要であることへの認識を強めました。自動運航船においても、船長、運航者の法的責任をどこまで認めるのかが、今後の大きな課題となっています。

国土交通省を中心に検討が開始されていることを認識したところですが、自身の身近なところでも、船員法第10条「甲板上の指揮」のような「船長は、～」で始まる条文にはどのように対応するのであろうか、海上衝突予防法第5条「見張り」については、陸上の支援センターにモニターを監視している海技者が見張りをする

含むのだろうか、同法第7条「衝突のおそれ」は、AIが判断をするのだろうか、所謂「船員の常務」といわれている同法第38条及び39条は、どうなるのであろうかと漠然と考えています。

今後、自動運航船の国際ルールの策定に向け、海事関連条約等について、新たに改正や解釈の整理を行う方向への動きが見えてくるようですが、今後の計画では、2025年までに実用化を当面の目標としていることから、更なる動きがあるだろうと期待を込めて楽しみにしています。

一方では、今後4年程度の期間の間に、どのような変化が生じてくるのか楽しみでもあります、多少の不安を感じています。我々の生活の中でも、身近なものに先端技術を盛り込んだ自動化へ向けての流れは加速はすれど、戻ることはないでしょう。

新しい環境になることには多少の不安を感じますが、少しの勉強と訓練に興味をもって取り組むと、新たな世界が広がってくるのだと思います。それは、机の上がノートと鉛筆からコンピュータに変わったことと同じなのではないでしょうか。私が新社会人となった30数年前のことを思い出すと、机の上にはパソコンもなく、もちろんインターネットも満足に使えるような状況ではありませんでした。しかし、その恩恵は計り知れず、今や慣れてしまえば、こんなにも素晴らしいツールを使わないなんてことは考えられなくなります。

#### (参考資料)

自動運航船の実用化へ向けた安全設計ガイドラインを策定 ～自動運航船の開発・実用化がより一層促進されます～:国土交通省ホームページ

自動運航船の運航時の国際ルール策定に向けて議論が開始 ～国際海事機関(IMO)第108回法律委員会(LEG 108)の開催結果概要～:国土交通省ホームページ

自動運航船の国際ルール策定に向けた議論が進展 ～国際海事機関(IMO)海上安全委員会第103回会合(MSC 103)の開催結果～:国土交通省ホームページ

(山岸 雅仁)

### 3. 自動運航船に係る海技者教育の問題 (自動運航船における海技者に必要な教育訓練)

自動運航船に関してハード面、ソフト面について議論が熱を帯びているが、この春商船系大学に入学した新入生およびその父母の皆様にとって気がかりであろう。今後の海技者教育(海技士資格の取得を目的とする教育)及び就職について自動運航船の開発がどのように係わってくるか問題点と展望を述べていきたい。

#### (1) 自動化レベル毎に求められる船舶職員

まず自動運航船の開発が求められる理由であるが、大きなものとして以下の理由が考えられる①船員の負担軽減、②船員不足の対応、③船舶の安全性向上、④コスト削減。③について安全性の向上は海難の原因の多くが船員のヒューマンエラーによるといわれているためだが、船員がいるからこそ事故が防止され安全が保たれている場合も多くあるため一概には言えない。どちらにしても判断ミスが減らす制御装置の開発とその搭載は安全性の向上と言えるので開発理由の1つに数えられる。

国際海事機関(以下IMO)における自動運航船の議論において暫定的に4つの自動化レベル(DoA: Degree of Autonomy)を定義している。その内容を下記する。

DoA1: 自動化されたプロセスと決定支援の機能を有する船舶

DoA2: 船員が乗船し、遠隔で操船される船舶

DoA3: 船員が乗船せず、遠隔で操船される船舶

DoA4: 完全自律船

DoA1は近い将来実現可能ではないかと思われる自動化レベルで現状と同じく乗組員が乗り込み、自動化されたプロセスと決定支援の機能により乗組員の負担を軽減し安全性の向上も期待されている。筆者が神戸商船大学の学生であった35年程前から既に高度知能化船として開発が研究されていたレベルであって、船員の働き方改革にも合致し、内航船外航船問わずに現状の働き過ぎの問題解決に有効であると考えられる。

DoA2は現状より船員数を減らし、船員に代わり船上にはいない遠隔オペレータ(Remote

Operators：以下 RO）が本船の運航、操船の一翼を担うこととなり船員不足の対応となる。DoA3はDoA2を更に進め、無人の本船をROが運航、操船することとなり、DoA4はROすらも存在せず人工知能を駆使し、まったく人を介さないで運行されるレベルである。DoA3, DoA4のレベルでは船員に係わる費用が削減され多大なコスト削減となる。

すべての船舶が一気に自動運航船になるわけではないので既存船と各レベルの自動運航船が混在する状況が予想される。そんななか乗り込む船舶職員が安全に船舶の運航を継続するにはどのようなタスクが求められるかレベル毎に考えてみたい。

DoA1では既存船と略同じタスクが必要である。書き出してみると、航海法規の理解と遵守、航海計画、航海計器の取扱い、目視を中心とした見張り、船位の測定、進路制御と機関操作、非常時の緊急対応、これらのコントロールといったところであろう。

DoA2でも遠隔で操船されているとはいえ、求められるタスクは変わらず、かえって緊急時に本船の船舶職員が遠隔操縦に取って代わり対応することを考えると既存船より非常時の緊急対応能力とコントロールに関して熟練が求められることとなる。

## (2) 遠隔オペレーター (RO) は船員か？

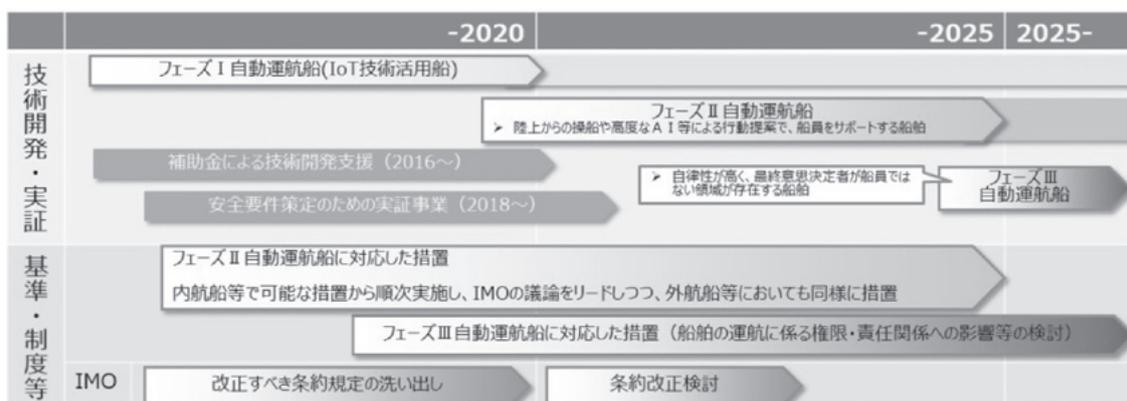
船員に代わってDoA2, DoA3のレベルで登場する遠隔オペレーター (RO) について考察してみる。実はROについて詳細はまだ確立していない。この状況下、IMOの海上安全委員会（以下MSC）でROを船員とするかどうか決定が求められている。船員としての立場を取るものであれば

現状の海技者でなければROになれないこととなる。日本の国内法からいえば船員法には第一条に「船員とは、日本船舶又は日本船舶以外の国土交通省令で定める船舶に乗り組む船長及び海員並びに予備船員をいう」と記載され、船舶職員法においても「大型船舶の船舶所有者は、乗組み基準に従い、有効な海技免状を有する海技士を乗り組ませなければならない」としている。つまり船舶に乗り組んでいることが船員としての条件となる。その他船員の労務上の条件なども考慮するとROは船員ではないとする方が良く考えられるが、MSCでの議論が必要であることは間違いなく、船員であるかないかの決定を経てROというのがどういう者を示すのか見えてくる気がする。

## (3) ROに求められる能力と新たな海技資格

ROが船員であるかそうでないかのいずれにせよ新たな海技資格が必要となってくるのが考えられる。DoA2においては船員が乗船しているのでROはナビゲーションが任務のメインとなるが、DoA3のレベルになると船員がいいため、ナビゲーション以外に船内特に機関室内の各機器のトラブルにも対応する必要がある。つまりナビゲーションとエンジニアリングの両方を網羅する能力と新たな資格が必要となる。

古い話になるが筆者は商船大学の航海科の出身だが、当時の近代化船（日本人のみ少数で運行された外航船）に対応するため運航士教育を受けた。運航士教育とは航海科であるが機関科の勉強もする航機両用教育で学部卒業後、乗船実習科を終了すれば三級海技士（航海）と三級海技士（機関当直限定）の筆記試験免除が与えられた。実際に外国航路の船会社に入社し、近代化船に乗船し

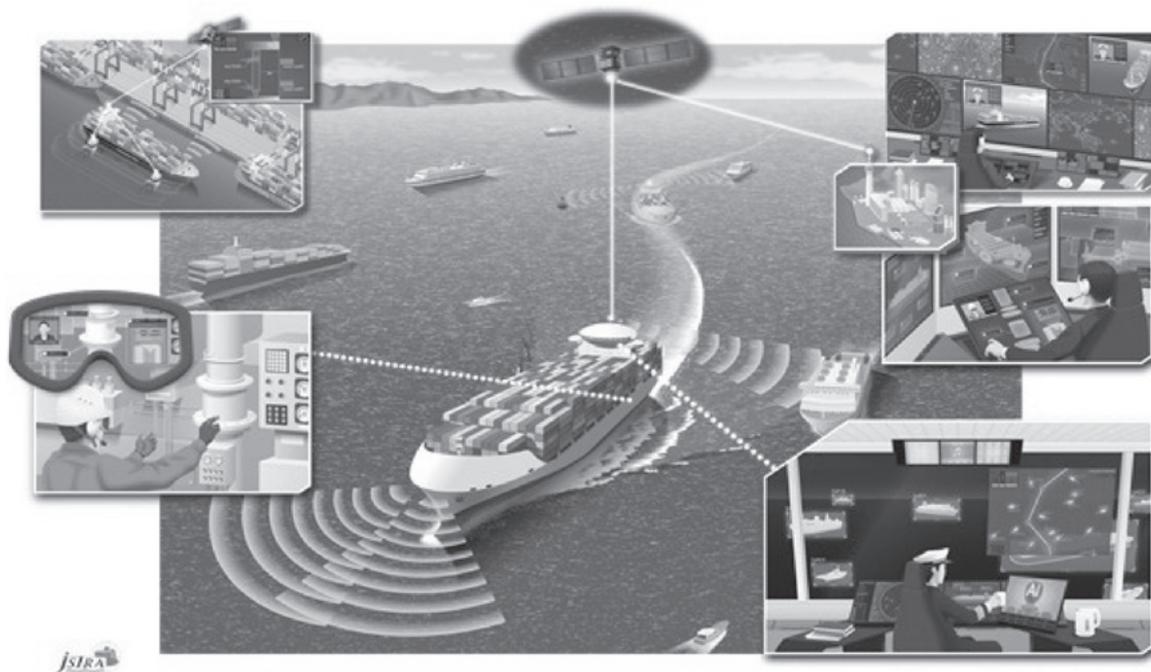


自動運航船の実用化に向けたロードマップ (国土交通省 HP より)

て最小 11 名船まで経験した。航海士でありながらエンジンアラームが発生すれば機関室におもむきアラームの対処を行った。DoA3 の RO にそこまでのスキルは必要ないと思うが、現状の海技者または海技者教育を受けた者に既存のスキルにプラス  $\alpha$  として航海士にはエンジニアリング、機関士にはナビゲーションのスキルが求められ、さらに両者に共通して自動化システムの取扱いに対する習熟が必要になってくるのではないかと考えられる。今後策定されるトレーニングを終了した海技者に新たな資格もしくは資格証明が与えられ RO としての期待がかかってくる。

また海技者以外から RO への養成も今後必要とされるのではないかと考えられる。RO はイメージ的に現在の操船シミュレーターのオペレーションルームで機器を取り扱っているオペレータのような感じがする。そのオペレータのほとんどが海技者であるのだが海技者でない方もいらっしゃる。海技者でないオペレータの方の話を聴くと我々海技者とは違った視点でこの RO を見ているのがわかる。例えばシミュレーターのオペレーションルームで他の船を避ける避航動作を執るとき、海技士の方ならモニターで周囲の状況を見てレーダーを確認して動作に移るが、この方の場合レーダーを見てモニターで周囲の状況との整合性を確認して動作に移るといのである。また海技者教

育を受けている学生レベルであれば、その行動は海技士よりその方に近い行動を執るともいわれていた。また RO に対して興味があり、RO はレーダーを中心とした操船になるのではないかという意見を述べられていた。確かに操船ではないが東京マーチス（東京湾海上交通センター）も浦賀水道を一望できる観音崎から横浜市中区の合同庁舎に移転しレーダー中心の航行管制になっているし、AIS（自動船舶識別装置）の普及や今後 VDES（VHF Data Exchange System）が実用化されればモニターで周囲の状況を監視するよりレーダーや ECDIS（電子海図情報表示装置）による監視がメインになることも考えられる。だからといって監視だけであれば良いのではなく航海法規を知った操船ができなければならないことから RO に特化した資格の必要性は感じられているといわれていた。そのオペレータは船長や船員をリスペクトしていて、PC やレーダーその他の機器の操作は本人でもできるが、実際船に乗り組んだらおそらく仕事はできないし、船舶職員として人をまとめることはできない。RO と船長、船員とはまったく違った人と語っていたのが印象に残っている。現役の船長からすれば目視での周囲の見張りが一番であり、レーダーで相手船の距離、方位を確認し、ARPA（自動衝突予防援助装置）で得られる最接近距離、時間を見張りの参考にして



自動運航船イメージ図 日本船舶技術研究協会（国土交通省 HP より）

操船していくのが常務であり重要であると言いたいが、こういった海技者以外の方の考え方も RO 育成には考慮が必要ではないかと考えられる。具体的な RO 育成のトレーニングに関してはこれから議論が必要であるが、海外でもその方面で具体的な動きが出てきているので後で紹介したいと思う。

#### (4) RO 資格のランクづけと船員の常務

現状の海技士資格は航海、機関共に1級から6級に分かれていて、それぞれの級で航海できる海域、乗船できる船の大きさ、就労できる階級が決まっている。例えば筆者が出向している日本船長協会の正会員のほとんどが一級海技士（航海）を所持していて、この資格は簡単に言えば外国航路の大型船の船長ができる資格である。令和4年春に東京海洋大学に入学された学生で海技士資格が取得できるコースの方は4年6ヶ月後に三級海技士（航海）もしくは（機関）を取得することとなる。三級海技士（航海）は大型外航船の二等航海士までができる資格である。海技士資格に級があるように RO にも習熟度に応じてランクを設け、そのランクに応じて遠隔操縦できる状況を定める必要も議論されることが予想される。具体的に言えば中東から日本へ原油を輸送している VLCC（Very Large Crude Carrier の略 長さ 330m 程度で 25 万トン以上の原油を積載できる一般的な大型原油タンカー）が原油満載で日本へ向かう途中、マラッカシンガポール海峡を通過するとき、操船するのは間違いなく船長であり、当直航海士は船長の操船補佐を行う。シンガポール海峡は水深が浅いため航行できる幅が狭く、おまけに航行船舶も多く存在するので、熟練した船長でなくては安全に航行できず、航海士は船位、周囲の船舶の状況を的確に報告し船長の操船を補佐する。つまりチームとなって航海するのである。インド洋の真ん中などの大洋航海であれば当直航海士が当直を維持して船長がブリッジにいる必要はない。このように航行海域や周囲の状況に応じて当直体制は変化するものであり、船員が乗船せず、遠隔で操船される DoA3 の自動運航船にとっても同じ状況が RO に起こりえるのではないかと考えられる。沿岸で船舶交通が輻輳する海域では熟練した RO がコントロールして若手の RO が補佐するか、若手の RO がコントロールするのであれば熟

練した RO がスタンバイしてアドバイスするなど、本船上で行われている指導が RO の世界でも行われるのは自然な事に感じられる。

このような指導の下熟練した RO から若手の RO に「船員の常務」が継承されることが求められる。船員の常務を簡単に説明すると、日本に於ける船舶衝突海難事故の事故原因に適用された航法のうちで最も多く、約 50% を占めているのがこの船員の常務である。他には海上衝突予防法に規定されている航法である各種船舶間の航法、行き会い船の航法、横切り船の航法などが適用されている。海上衝突予防法に定められている定型的航法と視界制限状態における船舶の航法のいずれの航法も適用できない場合にこの船員の常務が適用されることとなる。具体的に言うと、広い海域で視界が良く 1 船対 1 船の見合い関係で衝突を回避するのに船員の常務は必要なく、若手の RO でも針路を右に変更して衝突を回避することができる。逆にマラッカシンガポール海峡のように船舶輻輳海域であり、航行幅、避航海域が限られる状況下において多数の船舶間における複数の見合い関係が生じている時に、この状況を回避するのは船員の海技の伝承の中で引き継がれてきた良き慣行（船員の常務）であり、乗船経験のある熟練の RO でなければ衝突、乗揚げを回避することは難しくなる。乗船経験の少ない海技者から RO に転身する場合や海技免状非保持者が RO になる場合この船員の常務が身につけていないことが考えられるが、下級の RO 資格から上級の RO 資格を取得する際に乗船実習や熟練 RO の下での研修などを積むことにより船員の常務の能力に等しいレベルの RO の常務ともいえる能力を身につけることが求められる。

#### (5) 海技者の新たな可能性

自動運航船に関わる RO の養成について述べてきたが、自動運航船が実用化して船舶に乗り込む船員の仕事は今後必要なくなるのではないかと心配している方々もいるかもしれない。筆者が非常勤で講義をしている海技資格取得が可能な大学の学生からも実際に将来海技者になっても自動運航船に仕事が奪われてしまうのではないかと不安視する声がかかる。しかしその心配は一切無いと言い切れる。逆に自動運航船の開発により海技者の需要は増え、働き方の幅も広がっていく

ことが予想できる。次世代の海事教育を専門とする Sea Bot XR はイギリスの国立海洋科学センター (NOC) などと協力して将来の船舶乗組員の基準設定に取り組んでいる。ここでいう将来の乗組員とは自動運航船の運用に必要な技術や能力を持った者を指し、自動運航船により船舶の乗組員自体は減るが高度な海洋（海技）訓練を受けた要員の必要性を減少させることはないコメントしているのである。このグループは最初に中小規模の自動運航船を安全に航行、制御、管理するために個人に求められる基本的なスキルと能力を特定して適切な資格証明を与え、新たな要件を分析し訓練基準を定義して自動運航船の運航に必要なより高度な知識手法と専門性へ導くとして海事労働者への道を開いていくとしている。また中国の大連海事大学ではスマートシップ研究と教育実習訓練を実施するために中央政府予算を投入してスマートシップ研究 / 実習訓練船 1 隻の建造を計画している。この船は全長 69m、型幅 10.7m で中規模の練習船サイズであるがスマート海運の新規事業における人材育成に使用し、学生が最先端の船舶設備・システムに触れ、船舶の最先端技術を把握することが可能とし、船舶のスマート航行技術とシステムの研究、船舶リモートモニタリングと陸地からの支援の研究、船舶スマート通信技術の研究、船舶スマート運営・維持技術の研究などが可能と謳っている。中国らしくハード面を整えて人材を育てていく手法だが、船舶リモートモニタリングと陸地からの支援の研究とあるように

RO 育成も視野に入れている。

近年東京海洋大学で海技士資格を取得した卒業生の就職先としては船員、海事産業を含めた陸上職、三級水先人養成などがあるが、近い将来民間レベルで RO 育成を考えて三級海技士資格を取得した新卒者を採用して独自のプログラムでトレーニングを行い自動運航船の運用に備えていくことも考えられる。冒頭にも述べたが既存の船舶が一気に自動運航船に移行する訳ではないので様々な形態の船舶が存在することになる。従来の船員を目指して海技免状取得後三等航海士、三等機関士として乗り組むのも良いし、自宅からオペレーションセンターに通勤して RO として勤務するのも新しい働き方として良いと考えられる。昨今若い船員の早期退職が問題になってはいるが、自動運航船の開発と海技者の新たな働き方はこの問題の解決にも一石を投じてくれるかもしれない。

(参考資料)

日本航海学会誌 NAVIGATION 第 216 号 特集シーマンシップ研究会

日本海難防止協会 LRO ニュース Mar 16 2021

英国国立海洋学センター (LRO News 180321)

国際船舶網 2020 年 8 月 2 日

国土交通省海難審判所 HP 海難ものしり帖 海の交通法規 船員の常務

(中田 治)