

②ベンチャー企業「Automated Ships Ltd 社」とノルウェー制御機器メーカー「KONGSBERG 社」協同の OSV (Offshore Supply Vessel) プロジェクト

自律・自動化船の実用化をめざすイギリスとノルウェー関係者で設立されたベンチャー企業「Automated Ships Ltd 社」による取り組み。

高度航海計器、定点保持システム、陸側リモートオペレーション設備などの基幹システムはノルウェー大手制御機器メーカー「KONGSBERG 社」が支援。またルール対応にみられる認証サポート業務は「DNV-GL」が担当し、プロジェクトマネージメントは英国「M Subs Ltd 社」が担う体制であったが 2017 年 7 月、45 か国でオフショア船サービスを行う「BOURBON 社」が参画した。

まずは 2018 年までに小型オフショアサプライ船「HrÖnn」を就航させて北海、メキシコ湾、西アフリカなどで段階的に「Human In The Loop (HITL：人間参加型)」の機械学習を目的とした遠隔操船を行い、自律・自動操船システムの不足部分を人間が補完しながらシステムの学習を推し進め、最終的には完全自律・自動化を目指す。

2015 年、電気推進旅客フェリー「AMPERE (乗用車 120 台・トラック 8 台積み、旅客定員 350 名)」を建造したノルウェーの造船所「Fjellstrand AS」での建造が最有力とみられている。

(2) 自律船に関わる世界の主な動向

①ロールスロイス社主導の無人化船実用化プロジェクトAAWA

旅客フェリーおよびばら積み船の自律・自動化船の実現を目指して 2015 年、フィンランド政府の支援を得て（政府系団体であるフィンランド技術革新開発機関「TEKES」が 660 万ユーロを資金援助）海事産業とともにロールスロイス社主導

で立ち上げられた「AAWA (The Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative)」と称するプロジェクト。海運会社や船級も参画し、技術開発のみならず法令対応や認証など多面的な角度で自律船の実現の障壁となる課題を抽出し、解決方法を提言する段取りとなっており 2017 年末までをひとつのプロジェクト・ゴールとしている。

AAWA 参画団体は以下のとおり。

Rolls-Royce Plc	船舶海洋部門（船用機械・制御機器）はノルウェー拠点
DNV-GL	ノルウェー・ドイツの船級協会
Inmarsat Plc	イギリスの通信サービスプロバイダ
Deltamarin Ltd	フィンランドの船体設計会社
NAPA Ltd	フィンランドの船体設計・性能解析会社
BrightHouse Intelligence Ltd	フィンランドのサイバーセキュリティソリューション会社
FinFerries	フィンランド域内の短距離・小型フェリー会社
ESL Shipping Ltd	バルチック海域をサービスするフィンランドのばら積み船運航会社

また AAWA をきっかけにロールスロイス社は 2017 年 3 月、フィンランドの大学「Tampere University of Technology」と自律船に関する各種研究開発を行う旨のパートナーシップ契約を締結し、産学共同での当該新領域 R&D を推進している。

②「UK Marine Industries Alliance」の取り組み

イギリスの海事クラスター業界団体「UK Marine Industries Alliance」が 2014 年、将来の来るべき自律・自動化船時代を見越して法令改正などを後押しする作業部会

「MASRWG (Maritime Autonomous Systems Regulatory Working Group)」を設立。防衛関係者も交えた軍産官学複合体制で自律・自動化船が安全に運用できるルール整備を模索している。

MASRWG参画団体は以下のとおり。

官公庁	民間企業
Department of Business, Innovation and Skills	ASV
Dstl	Atlas Elektronik
KTN	BAE Systems
Maritime and Coastguard Agency	BMT
MoD Navy	Birch Richardson & Co
National Oceanography Centre	EP Barrus
UK Hydrographic Office	Fugro GEOS
非営利団体	Finmeccanica
British Marine	Frazer-Nash Consultancy
IMarEST	Fugro
RIN	HT Chambers
The Leviathan Facilit	H Scientific
SUT	MOST(AV)
The Nautical Institute	Midas
教育機関	Msubs
Plymouth University	Lloyd's Register
University of Southampton	Planet Ocean
	QinetiQ
	Rolls Royce
	SeaRobotics

③現代重工のスマートシッププロジェクト

2011年より積極的に船のIoT化を取り進めている現代重工では2015年秋、まずは米アクセンチュアと提携し、自社製DCS(分散制御システム)を応用した船上機器の陸上監視システムの実証実験を開始。その後、より本格的かつ現実的なスマートシップ実現へ向けて2017年7月、英ロイズ船級と提携、1兆8,000億ウォン(約2,000億円)に及ぶ巨額の研究開発予算を投じた

「Integrated Smart Ship Solution (ISSS)」プロジェクトをスタートした。まずは6,500台積みPCC「GLOVIS CHALLENGE」および25万トン級VLOC(大型ばら積み船)を試験台として高度知能化を試行する模様。リモートメンテナンス(船上機器の陸上監視)の実用化を皮切りに将来は自律船の実用化も狙っている模様。

なお並行して2017年5月にはサウジアラビアの国営船社「Bahri社」と舶用IoT化促進に関わる基本合意書(MoU)を締結し、現代重工建造で同社所有の30万トン級新

造VLCC「AMJAD」で同様のIoT化を進め、各種実験する方向である。

④IMOのMSCで自律船登場を見据えたルール作りの審議が本格化

2017年6月7~16日に開催されたIMOの第98回MSC(海上安全委員会)の審議で「将来的な自律化船を見据え、適用すべき航行上の安全基準や海洋環境に関する要件の検討の必要性」が提議され、次回第99回MSCで審議が開始される予定である。

なおこの提案には日本に加えてノルウェー、デンマーク、エストニア、フィンランド、オランダ、韓国、イギリス、アメリカが積極姿勢。

⑤ノルウェー「AUTOSEA」プロジェクトではシナリオベースなど実用的な衝突予防アルゴリズムを策定

ノルウェーの产学研共同により、実用的な衝突リスク判断手法を構築するプロジェクトとして2015年6月、「The AUTOSEA Project」がスタート。

教え高め合う“知財の創造(Knowledge-building)”をモットーにノルウェーの大学「Norwegian University of Science and Technology(NTNU)」が先導し、日本の文部科学省系政府機関に相当する「ノルウェー学術振興団体(The Research Council of Norway)」、船級DNV-GL、ノルウェーの制御機器メーカー大手「KONGSBERG社」そして舶用向け先端メカトロニクス企業「Maritime Robotics社」が協力。レーダ、前方監視カメラ、LIDAR(立体スキャン式測距レーザー)そしてAISなど各種周辺監視機器より得られた膨大なデータを高度解析し、航行船舶の衝突リスク判定に応用。

⑥船級 DNV-GL の中期経営計画「Technology Outlook 2025」

船級DNV-GLは社会とともに歩む技術の進展を念頭とした中期ビジョン「Technology Outlook 2025」を提唱。環境保全や食糧問題に至るかなり広範囲な社会環境の永続的な健全性確保を前提に「デジタリゼーショ

ン (Digitalization) 活動」して船舶のみならずあらゆるもののが高度知能化推進をサポート。

技術の進展とコストダウンにより 2025 年までに世界で 0.5~1 兆個の IoT 機材が普及し、潜在的に 2.7~6.2 兆ドル（約 300 ~700 兆円）の経済効果があるものと予測し、具体的に以下の取り組みを支援している。

モノのインターネット化「IoT」	マイクロチップのさらなる高度化
通信環境の劇的な進化	Eコマースの深化などソフトウェアの発達
次世代5G(1Gbps級)携帯端末の普及	省エネ技術の発展
自律・自動化船の実用化	情報処理環境のオープンソース化
人工知能・機械学習技術の進展	クラウドコンピューティングのさらなる普及

⑦ノルウェー自律・自動化実験特区

ノルウェー政府および沿岸庁 (Norwegian Coastal Authority (NCA)) は 2016 年 10 月、トロンハイム沖に世界初の自律・自動化船の実験特区を設定。大手制御機器メーカー「KONGSBERG 社」が積極的に自律船に関する実証実験を行っているほか以下にみられる教育機関、研究機関そして国防関係者が当該実験特区の活用に積極姿勢。

- The Norwegian Marine Technology Research Institute (MARINTEK、研究機関)
- The Norwegian University of Science and Technology (NTNU、大学) および自律・自動化船を推進する作業部会である Autonomous Operations and Services (AMOS)
- The Trondheim Port Authority (トロンハイム港湾局)
- The Ocean Space Centre (トロンハイム所在の海事シンクタンク)
- The Norwegian Defense Research Establishment (防衛関連研究施設)



実験特区イメージ (KONGSBERG 社ウェブサイトより引用)

⑧ReVolt コンセプト

船級 DNV-GL は革新的戦略研究プロジェクトの一環として自律船のひとつのあるべき姿を「ReVolt コンセプト」と呼ばれる 20 分の 1 の模型船で提案。完全電気推進システムによる連続航続距離 100 マイルの 100TEU コンテナフィーダー船を想定した模型船を試験台として、まずは 1 年間の研究プロジェクトとして各種実証実験のうち 2014 年にいったん完了した。その後、ノルウェーの大学「The Norwegian University of Science and Technology (NTNU)」と共に 3 年間の研究プロジェクトとして継続することが決定され 2015 年第 3 四半期に再スタート、実用的な陸上充電設備の整備も視野に鋭意進捗中。

なお研究成果は前述、2018 年投入予定のノルウェー肥料メーカー「YARA 社」と KONGSBERG 社協同のコンテナフィーダープロジェクトへ受け継がれているものと見られる。

⑨MUNIN プロジェクト

欧州連合(EU)の多年にわたる政策・助成プログラム「フレームワークプログラム」の第 7 次案件 (FP7) のひとつとして 2012 年、自律・自動化船の研究開発が助成対象

となり「MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks)」の名称でプロジェクトがスタート。以下の課題を中心とした3年間にわたる研究は2015年6月に完了し、同8月に活動報告が行われた。

- 陸上からの遠隔操船に必要な船上監視装置やリモートセンシング技術、気象情報や船舶交通データの解析
- 気象情報などを元に適切な航海ルートを自動的に演算するシステム
- 最低500時間、人的関与が不要な信頼性を誇る機関室無人化技術
- 同時に6隻の自律船を陸側でリモート監視可能な設備

欧州に所在する以下の団体が参画した。

- Fraunhofer CML (ドイツの研究機構)
- MARINTEK (Norwegian Marine Technology Research Institute。ノルウェーの研究機関)
- Chalmers University of Technology (スウェーデンの工科大学)
- Hochschule Wismar (ドイツの工科大学)
- Aptomar AS (ノルウェーの周辺監視リモートセンシングに長けた会社)
- Marine Soft (ドイツのソフトウェア会社)
- MARORKA (アイスランドの舶用 IoT 機器およびパフォーマンス解析会社)
- University College Cork (アイルランドの教育機関)

⑩船級 LR は船舶の自動化レベルを独自にクラス分けし7レベル(AL0～AL6)のノーテーションを策定。2017年5月、韓進造船で就航したLPG船に初適用

自動車における自動運転レベルを参考にイギリスの船級 LR は独自ノーテーション(任意選定規格)を2016年に導入、以下に示す通り7段階のレベルを設定した。

AL0	すべて手動操作
AL1	乗組員向け支援ツール搭載
AL2	陸側支援のあるサポートツール搭載
AL3	原則として機械が操作し、状況によって人間が介入
AL4	すべての操作は機械が人間の監視下で実施
AL5	自律船(やむを得ない場合に人間が介入)
AL6	完全無人化船

また船上機器と陸上の間でインタラクティブな通信が漸増しつつある現況を鑑み、サイバーセキュリティのリスク評価も考慮されている点が特筆すべき点である。

2017年5月、当該ノーテーション(エアハンドリングユニットのみ AL3、その他自動化機器は AL2)を取得した世界最初の船(LPG船)「TRAMMO DIETLIN」が韓国の韓進造船で就航している。

⑪英国のイベント会社「UKIP Media & Events Ltd 社」が毎年オランダで「Autonomous Ship Technology Symposium」を開催。2018年6月27～29日の予定。

(小坂元一・中山圭一郎委員記)

2. 自律運航船のコンセプト研究「MUNIN Project」の運航シナリオ調査と考察

2.1 調査の概要

本稿ではII-5と同じ自律運航船のコンセプト研究であるMUNIN Project (M-PJという)に掲げられている運航シナリオ(シナリオという)を示し、海外での事例として紹介する。方法は、M-PJのHPに掲示された資料「MUNIN's Journey (M-Journeyという)」をデータとして利用する⁽¹⁾。

2.2 調査結果と考察

(1) 船舶および本船の概要

図1は、M-PJのFinal Brochureに記載されているコンセプト船である(図の文字は不鮮明のため筆者が修正した)⁽²⁾。特徴は、図中にハイライトされた説明文にあると考える。それは、図中、船首右上から時計回りに、自律航海技術(先端センサーモジュール、自律運航システム)、技術システムの冗長性(センサーおよび電気、通信、機械)、機関室および推進システム(2機の主機、2セットのスケグ(船尾構造)、追加の燃料消費削減の可能性)居住設備およびホテルシステムの省略(材料および生産コスト削減)である。M-PJコンセプト船は、これらのシステムを利用し、II-5に説明されている遠隔運航や自律運航を行うものである。

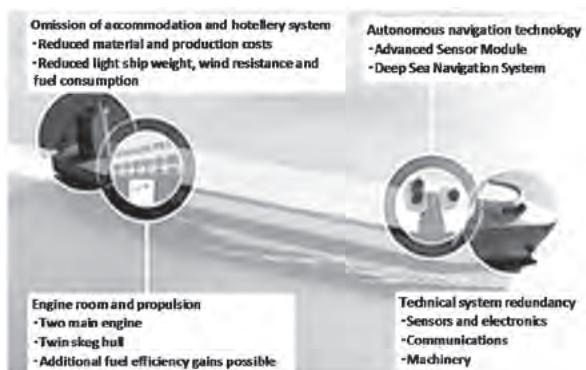


図1 MUNIN PJ 自律運航船⁽²⁾

(2) MUNIN's Journey の概要

M-Journeyのシナリオに出現する船名は、「Automat Seaways」(外航 Bulker、A号という)

で、スペインのVigoにあるSCC(Shore Control Center)の支援により、スエーデン(Gothenburg)→南アフリカ(Cape Town)を航海する。

シナリオでは、運航の進展にともない、関係者の会話や運航方法が記載されているが、本章では紙面の制約上、内容を抜粋・要約し記載する。なお、シナリオは「離岸後の水路航行～外洋手前のPilot下船」および「外洋での自律運航時の漁船遭遇」場面のみの記載であり、前者をBeginning of the voyageとし、後者をHandling incidents during the voyageとしている。Beginning of the voyageは、II-5の図5において、Departure Port～Pilot Point～FAOPである。しかしながら、II-5ではPilotがPilot Pointで下船であるが、本章では、FAOPまでPilotが乗船していることが異なっている。これは、II-5に記述はないが、英文の元資料には、運航パターン、運航チーム(OCT)の乗船人数等は、その船の設備や運航距離に依存するとの記述がある。

(3) Beginning of the voyage での運航シナリオについて

① Situation 1 (離岸後の水路にて、Pilotage Mode時の場面)

まずシナリオでは、狭い港内で200mの船を船橋で操船しているところから説明が始まっている。その場面での操船者は、その地域のDeparture & approach service会社から派遣されたPilot1人と2人のオフィサーである。

港内の操船時に、船橋配置は3名で操船している。

② Situation 2 (港内を出て水路を航行中の場面)

水路で本船の行き脚がつき安定したところでPilotは、スペインのSCCに連絡し、A号が遠隔操船となる。操舵方法は、「PilotがVHF(衛星回線)にてSCCに操舵号令、SCC内にてスピーカーで聞いてから舵を操作、その後、Pilotが船の応答を確認する」としている。なお、SCCは、出港地のスエーデンではなく、スペインにある。

③ Situation 3 (運航中に通信機器のテストを行っている場面)

SCCが、最近取り換えた衛星通信機 (Satellite communication transmitter) のテストを行っている場面の説明がある。その説明では、今回、SCC がその取り換えた回線を使用して、初めて A 号を Remote mode にする、そして、通信機を取り換えたことを知っている Pilot はコースを凝視して正常に動くか確認する、としている。

通信機器の実船テストを行っている。

④ Situation 4 (Pilotの下船の場面)

離岸 40 分後、A 号は、水路の最後の島を離れ、外洋に出て、T' duren 灯台にアプローチする場面である。A 号の Pilot は、“我々の作業は終わったので本船は貴方 (SCC) に運航を委ねます。我々が、乗船している間は、コース 220 度、3knot を保持してほしい”と連絡する。そうすると、SCC は、“220 度、3knot、了解。貴方の Help に感謝します”と返答する。その後、Pilot は、制御モードを “Manned Bridge” から “Autonomous Control/Remote Bridge” に切り替え、2 人のオフィサーと伴走している Pilot Boat に降りて行く。その間、SCC は、Pilot らが下りて行く姿を遠隔監視カメラで見ている。しばらく経って、SCC では、コンソール傍のスピーカーを通して（機械的な音で、また大きな音量でとの表現である）、Pilot から連絡が届く。SCC 運航員である Captain Rodrigues (SCC にて、A 号運航担当の部門の長でもあると思われる。以後、Capt. Rodo.) は、マイクロフォンをつかみ、“こちらは A 号です”と返答する。そして、Screen 上の海図を見て、A 号および A 号を離れつつある Pilot Boat に関する AIS 情報が分かるように Screen を操作する。

⑤ Situation 5 (Unmanned Mode で運航中、船上のメンテナンスを行っている場面)

入港停泊中から機関室では、補助発電機のメンテナンスが行われていて、出港後も 3 人のメンテナンス要員が整備中であり、さらに 2 日間乗船する。そして、A 号が通過するドーバー海峡で Service Boat に降りることになっている。その後、約 1 月間、無人で運航し南アフリカ沿岸に到着するとしている。

⑥ Situation 6 (SCC 内の状況)

シナリオでは、前述のような運航上の説明のほかに、SCC 内の状況が説明されているが、以下の通りである。

Capt. Rod. が、インドのBangaloreにあるSCC から 8 隻の自律運航船の管理を引き受けスペインで行うようにしたこと、そして彼の二人の部下と思われるオフィサーと一緒に、A 号の対応中にその 8 隻のレビューを行っている、との説明場面がある。また、彼が A 号の対応中、北のスカンジナビアの港において他船が出港中で、彼はモニターでその船のPilotがPilot Ladder を降りていくのを確認している場面がある。

インドの SCC からスペインの SCC に 8 隻の管理が移行されたとしている。

(4) Handling incidents during the voyage での運航シナリオについて

A 号が自律運航で順調に運航していたが、途中、洋上で漁船に遭遇する場面が記載されている。そのときのシナリオを分析・考察する。

① Situation 1 (SCC に A 号から警報が送られてきた場面)

A 号の航行位置では早朝で暗い時間であり、SCC も早朝であった。A 号からのレーダーアラームが SCC にて鳴る。それは、レーダー上の散乱エコーアラームである。

② Situation 2 (レーダーエコーの分析状況)

Cap. Rod. の調査の結果、そこには、AIS の対象船がいなかったので、Cap. Rod. は 2 人のうち一人を連れて別の Situation room に行く。Situation room には Full mission の船橋シミュレーターがある。その統合型船橋コンソールには、レーダーや、ECDIS が備わっている。円形上のスクリーンは、高さ 5~6m あり、270 度の大きさで船橋を囲んでいる。スクリーンには、全ての水路や沿岸の 3D 画像（画像は当該 SCC が License を持っている）が映し出される。A 号の赤外線カメラや可視光カメラとリンクされた画像はスクリーンに挿入される。船橋の後ろにはエンジンコントロールルームのコンソ

ールやmimicがある。また、そこにはCCTVカメラが備わっているが、現在、それらは全てスイッチが切られている。理由は、レーダーや赤外船カメラの周波数帯域幅を確保するためである。

船のトラブル対応時、SCCでは、別のSituation roomに2名が移動して対応する場面がある。残りの1名で他の船7隻をWatchすることになる。

③ Situation 3 (A号の通信容量の問題の場面)

A号がレーダーエコーの中を進んでいる時に、Cap. Rod.は衛星回線からの10秒間に1回のレーダー映像を分析し、漁船群のようであると判断した。そして、彼がさらレーダーに近づき、いくつかの小さなエコーを発見する。それは、漁網についているレーダーリフレクターと彼は判断した。彼は、最も手前の船が3マイルになるまで待ち、その後、赤外線カメラをOnにした。その結果、衛星回線は制限され、カメラからの映像は最良の質ではなく、1秒間に1フレームであった。しかし、彼は何とか漁船と判断し、静止画像に切り替えた。

Cap. Rodがレーダーエコーを分析しているが、漁船であると判断したのは、レーダーリフレクターからの映像である。

④ Situation 4 (A号と漁船のVHF交信の場面)

Cap. Rodは、赤外船カメラの画像で、漁船と判断しVHF16チャネルで英語とスペイン語で呼びかけた結果、遂に、Broken Englishの返答を得た。そして、以下のような会話がある。漁船から、“船長！我々は漁網を海中でドリフティングさせている。あなたは、旋回して、東に向かって、漁船を避けてください”、A号の返答は“了解。我々は、左にターンします”。結局、A号は無事、漁船を回避し、再度、Unmannedで航海を続けることができた。

SCCが漁船とVHFで交信している。

2.3 自律運航船の研究プロジェクト・ビジネスに関する考察

M-Journeyの運航シナリオを2.2節に紹介した。ここでは、自律運航船研究プロジェクトやそのビジネスに対して若干考察する。

世界はIoT、AI、ビッグデータ、ブロックチェーン、自動車の自動運転、ロボット、ドローン、AIスピーカーなどICT情報で喧しい。

工業面の経緯で言えば、米国がCloud技術で先行し、米国発の技術や米国流ビジネス方法が世界のメーカーを支配するようになり、対抗するように工業国の中(EU)では、Industry 4.0を立ち上げ陣営を強化してきたと考える。

さて、我々が所属する海運・造船業界に目を転じると、この業界で世界をリードしてきているEU国が国策的にDigital時代にも海運・造船産業分野で世界をリードするために研究を立ち上げた。それが、M-PJである。M-PJは2012年～2015年の研究であり、現在、Rolls Royceが主導して行っているAAWA(The Advanced Waterborne Applications Initiative)などに引き継がれている⁽³⁾(図2は、AAWAの自律船のイメージであり潜水艦のように斬新である。また、詳細はⅢ編、1参照)。



図2 AAWAの自律運航船⁽³⁾

AAWAでは、Rolls-Royce Marine社のPresidentが図3のように、“自律運航船は海事産業の未来”といわれているが、その中で、DisruptiveとかRevolutioniseという言葉を使っている。どうも言葉だけが踊っているような気がした。筆者は、自律運航船に関する資料を幾つか読んだが説明しているものがない。

今回、たまたま、M-Journeyを題材として、分析を行った。そこで、自分なりにヒントを得た。それはGlobalなSCCであると思えた。SCCからは世界の自律運航船を制御できることは分かる。その技術がスタンダード化すれば、船の管理はどこのSCCでもよいことになる。SCC自体が新

しい海運ビジネスになる。スイスの山奥だろうが、便宜置籍船国のパナマ国だろうが、船主や荷主に恩恵を与えるのであれば、大きなビジネスになると考える。現在の船舶管理会社 (Ship Manager) は海運において当たり前になっているが、手法は英国や北欧、すなわち、EU 国が創設したものである。元々、海運ビジネスは大航海

"Autonomous shipping is the future of the maritime industry. As disruptive as the smart phone, the smart ship will revolutionise the landscape of ship design and operations"
By Mikael Makinen, President Rolls-Royce Marine

図3 Rolls-Royce のメッセージ⁽³⁾

時代に欧州がつくったものであるが。それらの歴史から考えると自律運航船は、海運ビジネスの新しい扉を開くのではないかと考える。しかしながら、筆者は、外航船の M-Journey の限られた場面の運航シナリを分析し、考察したように、技術的にはまだまだで解決しなければならないことがある。大きな Challenge は、通信技術（含む Cyber Security）と通信のインフラ整備、動力プラント、事故時やエネルギー供給などの洋上支援体制を考える。衝突に関しては、沿岸や港内では有人運航すること、船体強度や復元性の強化、洋上では、自律運航船専用の分離航路帯をつくることで、かなりが解決できると考える。

2011 年 3 月 11 日、我が国の東京電力福島第一原子力発電所で現在の科学で予測が難しい津波により非常用発電機が被災し冷却不能に陥った。もちろん、通信も喪失した。非常に原子炉を遠隔で監視する免震重要棟では原子炉の状況が分からなくなってしまった。原発運転は原子炉の近くの建屋にある中操（監視室）にて運転員が操作しているが、電気の喪失と通信手段の喪失で免震重要棟の指揮者とのコミュニケーションに支障が出て対応が大幅に遅れた。影響は今でも続いている、未だ解決策がない。この大事故を教訓として、自律運航船の研究を進めるべきと考える。

省力化ということでは、過去に外航海運において船員制度の近代化が行われた。1988 年 10

月には商船三井のパイオニアシップ「まんはつたんぶりっじ」が就航している。11 名での運航である。そのまま、近代化船が我が国海運に根付き、競争力を維持することが期待されたが、結局、混乗船に道を譲ることになる。

2017 年 4 月、我が国の国土交通省は、“船また、舶・舶用機器のインターネット化（IoT）・ビッグデータを活用した安全性・効率性の高い船舶「IoT 活用船」や液化天然ガス等の環境に優しい代替燃料に対応した「代替燃料船」など先進船舶の導入などを促進するための制度を創設する”と発表した。先導する EU や韓国に対抗するものであり期待している。しかしながら、自律運航船の関係者は、前述した、2 つの教訓を忘れずに自律運航船による新しい海事ビジネスを模索していただきたい。

故東京大学名誉教授の小山建夫先生は、“船の運航に必要な技術範囲がこの四角の面積、造船所・メーカーができている範囲は一部のこの○の範囲ですね”と紙に書かれ、“その間の空白を埋めているのが船長、乗組員ですね。”とおっしゃっていた。シーマンシップの定義について、色々な学説がある。筆者は、船が自然環境で操船されるが、まだまだ人類に分からぬ未知の現象があり、その想定外の事象をうまくマネージする能力がシーマンシップであると理解している。自律運航船の領域は、我々海技者が持っている技術領域である。自律運航船の研究や行政に積極的に発言、関与すべきであると考える。それがないと成功しないであろう。

（注）

- (1) MUNIN PJ, MUNIN' s Journey, About MUNIN –Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks, <http://www.unmanned-ship.org/munin/about/>.
- (2) MUNIN Final Brochure, <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2016/02/ MUNIN-final-brochure.pdf>
- (3) Remote and Autonomous Ships The next steps, <http://www.roolls-royce.com/~/media/Files/R/Rolls-Royce/documents/>

参考文献

- (1) MUNIN PJ , D8.7: Final Report: Autonomous Engine Room, <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2015/09/MUNIN-D8-7-Final-Report-Autonomous-Engine-Room-MSoft-final.pdf>
- (金子仁委員 記)

3. 船舶自律航行と氷海操船リスクの回避

(1) 北極海航路の利用促進

北極海の温暖化の増幅及び氷の減退に伴い、2010年代以降、北極海を商業利用する船舶が徐々に増加している⁽¹⁾。実際、ロシア沿岸の北極海航路の東西の完全横断利用による欧州及びアジア間、並びに欧州及び北米間における国際貨物輸送は、2015年には5回、2016年には6回行われている。(表1参照) また、北極海航路の東西横断の不完全な利用によるアジア及び北極海沿岸のロシア地域間の国際貨物輸送は、2015年には8回、2016年には34回行われ、そのほとんどがロシア・ヤマル半島のLNGプロジェクトのためのプラント・モジュールの輸送であった。(表2参照)

現在、北極海航路では、通航船舶の運航者の多くを北極海沿岸国の出身者、又は冬季バルト海等における氷海航行経験者、いわゆる“氷海船員”が占めている。今後、北極海航路の利用がさらに促進した場合、氷海船員だけでは船員需要に応えることができない事態が予想される。そのため、これまで氷海航行経験の乏しい運航者に対しても、当該経験を補うに等しい知識や技術を普及させることができることが喫緊の課題となっている⁽³⁾。

表1 北極海航路の東西の完全横断利用による欧州～アジア・北米間の国際貨物輸送実績⁽²⁾

2011年	14航行	東向航行:13航行(中国向け):8 韓国向け:2その他:3), 貨物は鉄鉱石, ガスコンデンセート
2012年	19航行	東向航行:14航行(日本向け):1 中国向け:5韓国向け:7その他:1), 貨物は鉄鉱石, ガスコンデンセート, LNG等 西向航行:5航行, 貨物はジェット燃料等
2013年	18航行	東向航行:12航行(日本向け):3 中国向け:3韓国向け:3その他:3), 貨物は鉄鉱石, ナフサ, ガスコンデンセート, LNG等 西向航行:6航行, 貨物は軽油, ジェット燃料, 石炭等
2014年	1航行	カナダ(バンクーバー港)からフィンランドへの輸送のみ
2015年	5航行	東向航行:2航行(日本向け:1韓国向け:1), 貨物は鯨肉, 銀・鉛の精錬, 鋼管等 西向航行:3航行, 貨物は風力発電関連製品等
2016年	6航行	アイスランドから日本への鯨肉の輸送 フィンランドから中国へのパルプの輸送 カナダ(バンクーバー港)からフィンランドへの石炭輸送(2隻) 中国からスコットランド及びドイツへの貨物輸送

表2 北極海航路の東西の不完全横断利用によるアジア～ロシア間の国際貨物輸送実績⁽²⁾

2015年	14航行	アジア～ヤマルLNG(サベッタ港)へのプラントモジュール等の輸送
2016年	34航行	アジア～ヤマルLNG(サベッタ港)へのプラントモジュール等の輸送 韓国から北極航路及びロシア運河を利用したカザフスタンへの科学反応炉の輸送

(2) 氷海域操船の実例とそのリスク⁽⁴⁾

言うまでもなく、北極海航路での操船にあたり、もっとも注意すべきは氷の存在である。氷海航行経験に乏しい運航者にとって、氷は大きな脅威である。氷との接触又

は衝突によって生じる氷荷重は船舶に対し、1)航行・回頭時の船体抵抗の増加、2)プロペラ・舵等の損傷、3)プロペラトルクの急上昇、4)船体閉塞（ビセット）等の影響を及ぼすおそれがある。一般に、氷海域での安全な航海を成功させる上でもっとも重要なポイントは、氷との遭遇を可能な限り回避し、操船の自由を維持し続けることである。すなわち、氷を回避しながら、開放水面等の安全な海域を目指し縫航する操船が基本となる。しかし、縫航ができないような氷況に遭遇した場合には、躊躇することなく単独航行を諦め、碎氷船誘導等による航行支援を受けなくてはならない。

碎氷船誘導にあたり、被援助船は先導する碎氷船や他の被援助船に追突しないための操船、周囲の氷盤に衝突しないための操船、碎氷船等の動きに的確に追従するための操船、碎氷船が開放した水路が再び閉鎖しないうちに安全に通航するための操船等を常に求められている。そのため碎氷船は、こうした被援助船の操船が安全、かつ、容易に行えるよう、周囲の氷況、視界の状況、天候、被援助船の性能及び操船能力等を総合的に勘案し、適切な針路、船間距離、船隊全長距離及び速力を被援助船に対して逐次指示する。

被援助船は、碎氷船から刻々と送られてくる指示に的確に対応しなければならない。不適当な操船による船間距離や船隊全長距離の増大は、水路閉塞に伴う被援助船の航行困難や航行速度の低下にとどまらず、被援助船の航行不能や碎氷船誘導の続行不能、最悪の場合は被援助船に対しふィセットによる船体圧損等の危険を及ぼす大きなリスクとなる。こうしたことから、氷況が悪い海域では、碎氷船から特に最後尾の被援助船に対し、0.5ケーブル（約93メートル）程度の極めて短い船間距離が指示されることもある。一方、短い船間距離による連続した操船は、被援助船の運航者に対し、精神的又は肉体的に大きな負担をかける。その結果、ヒューマンエラーが誘発されやすくなるほか、他の船舶や氷盤との衝突等の事故のリスクも格段に上昇する。碎氷船誘導

を成功させるためには、船隊すべての船舶が緊密な連絡及び情報交換を行い、十分な意思疎通を図るとともに、被援助船は碎氷船の指示に必ず従い、力を合わせたチームプレーに徹しなければならない。たとえ船隊の中の1船がチームプレーを乱しただけでも、船隊全体に影響が及ぶ。

(3) 氷海域における船舶自律航行等の有効性

このように、氷海航行経験に乏しい運航者にとって氷の存在は脅威であり、氷海での操船は精神的又は肉体的に大きな負担となり得る。特に氷況が悪い海域における碎氷船誘導時の船隊行動に伴う被援助船の操船は、不慣れな運航者にとって極めて大きな負担となってのしかかり、ヒューマンエラーが誘発されやすく、また、事故発生のリスクも高まるおそれがある。

しかしながら、碎氷船に搭載された AI (Artificial Intelligence : 人工知能) と船団に参加している各被援助船に搭載された AI とが相互に連携し合うことができる等、技術開発の結果、氷海における高度な自律運航が可能となれば状況は異なる。氷況に応じた船間距離及び船隊全長距離の調整が AI 同士の連携によって一括管理されれば、運航者を介した場合と比べ、より早く確実で精度の高いチームプレーを実現することが期待できる。AI 同士の連携によって、氷海における水路閉塞等に伴う誘導不成功は、ほとんどのケースで回避できるかもしれない。また、やむを得ない事情により、碎氷船が突然船隊を減速・停止させるような緊急時にあっても、運航者同士が通信連絡を介して対応する場合とは異なり、AI 同士が瞬時に連携・対応し、船舶間又は周囲の氷盤との衝突等の事故を防止することが期待できる。すなわち、船舶自律航行等の実現によって、氷海操船のように習熟を絶対条件とする特殊な操船であっても、運航者の負担やリスクを無くし、または大きく軽減させることが期待できる。