Ⅰ．AI・Big Data・サイバーセキュリティ

自動運航船の実用化に向けた動き（続報）

令和３年度海事問題調査委員会で取り上げたテーマをもっと具体的な視点で掘り下げることとし、自動運航船の実用化に向けた動きの続報を紹介する。

１．はじめに

国土交通省は、2018 年に自動運航船の実用化に向けて技術開発と基準・制度見直しの大枠を示したロードマップを策定・公表し､「フェーズⅡ自動運航船※」を 2025 年までに実用化することを当面の目標としている。

この目標に向け、国土交通省は、2018 年度より自動運航船の実証事業を実施し、2020 年 12 月に、実証事業で得られた知見も踏まえて、自動運航船の設計段階において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」を公表した。

今般、同ガイドラインの内容がアップデートされるとともに、システムの搭載、運航段階において留意すべき事項等が追加され、これを「自動運航船に関する安全ガイドライン」として新たに公表された。

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ことを令和３年度海事問題調査委員会報告書で述べたが、その後の動きについて、紹介する。

※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

２．実用化に向けた新たな動きの概要

１）国土交通省の自動運航船の実用化に向けた動き

国道交通省は、有識者で構成される「自動運航船安全検討 WG」（2019 年１月設置）での検討結果を踏まえ、自動運航船の設計、自動化システムの搭載、運航の各段階において安全上留意すべき事項をまとめた「自動運航船に関する安全ガイドライン」を令和４年（2022 年）２月１日に発表した。

その内容は、以下のとおりである。

①設計段階における留意事項

1. 運航設計領域の設定

（自動運航船の性能や使用の目的に応じて、適切に運用ができる範囲や条件（運航設計領域）を定めること。等）

2. ヒューマン・マシン・インターフェイス（ＨＭＩ）の設定

（自動化システムと人間との間において情報交換を行うための手段や装置（ＨＭＩ）は、船員が自動化システムの判断内容を容易に把握できるものであること。等）

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

（自動化システムに対する外部からの不正アクセスを防止するため、不正な通信を遮断する方策をとること。等）

6. 避航・離着桟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. 自動化システムの重要パラメータの特定

9. リスク評価の実施

10. 自動化システムの手引き書等の作成

11. 自動化システムの不具合発見時の迅速な通知と対応

②自動化システムの搭載段階における留意事項

1. 自動化システムと他の機器・設備との連携確保

（自動化システムと関連機器等が適切に接続されており、搭載された船舶

上で正しく動作することを確認すること。等）

2. 船上におけるシステム統合試験の実施

（実際に自動化システムを作動させて、リスク軽減策の有効性等を確認すること。等）

3. 離着桟機能を安全に実行するための作動環境確保

4. 遠隔制御機能を実行するための作動環境確保

5. 実海域における試験を実施する場合の手続きと緊急時安全手順の文書化

6. 自動運航船へ備え付ける図書

（自動化システムのマニュアルを、自動化システムを使用する船員が確認しやすい場所に備え付けること。等）

③運航の段階における留意事項

1. 自動化システムを用いた適切な操船の実施

（自動化システムの操作に習熟した船員を配乗すること。等）

2. 自動化システムの操作習熟と知識獲得に必要な教育及び訓練

3. 運航時における自動化システムの誤使用の防止

（自動化システムの起動や終了等の重要な操作は、自動化システムの取り扱いに習熟した船員が行うこと。等）

4. 自動運航船へ備え付ける図書

5. 自動化システムの保守管理

（自動化システムのバージョンを適切に管理すること。また、バージョンを変更した際には、他の機器との接続が損なわれていないことを確認すること。等）

6. 遠隔操船を安全に実行するための準備と定期的な保守管理

2）船社等の自動運航船の実用化に向けた動き

船社等においては、自動運航船の実用化に向けて驚くべくスピードで取り組んでおり、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大型フェリーによる実証実験を福岡県新門司港から伊予灘の海域において行い、回頭や後進を伴う高度な自動入出港、高速運転（最速 26 ノット）での無人運航船技術の実証を行った。

②内航コンテナ船の無人運航実証を福井県敦賀港から鳥取県境港まで行い、航行に成功した。

③大型フェリーの無人運航の実証実験を北海道苫小牧港から茨城県大洗港まで行い、航行に成功した。

④内航コンテナ船を実験船とし、陸上支援センターからの遠隔操船機能を含む、包括的な無人運航船システムにより、自動離岸した後、京浜港から三重県松阪港沖合への往復約 790km の区間を航行した。

3．今後の課題

自動運航船の実用化に向けて官民一体で取り組んでおり、その成果には目を見張るものがある。

今後は実用化に向けて、技術的な面に並行して安全性、法制度の整備を検討していかなければならないのであろう。

船員の高齢化、人口の減少による船員不足は急速に改善されることは望めず、少人数の船員が乗船する自動運航船の運航形態を経て、最終的には完全無人の自動運航船が出現してくるのであろう。

令和３年度海事問題調査委員会報告書で述べた内容と重複するが、船長、運航者の法的責任をどこまで認めるのか、陸上支援センターからの遠隔操船機能を活用して指示をしている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くるものと思われる。

4．考察

船社等の自動運航船の実用化に向けた実証実験により得られた成果を報道するニュース等を見て、これまで夢物語だと思い込んでいた完全無人の自動運航船の出現も、そう遠い将来ではないのではないかと考える。しかしながら、その経過において、解決しなければならない問題点もあるのではないか。

海上を航行する他船の検出には、AISとレーダーに加えて、可視光カメラと赤外線カメラを利用し、これらから捉えた情報は、AI（Artificial Intelligence 人工知能）学習によって他船として認識しているとのことであり、技術開発には驚くばかりである。さらに、検出した他船の動きに基づいて、衝突を避ける自律操船システムも開発し、実験に成功したとのこと。まさに、ひと昔前と比べると夢のような世界である。

このことは、これまで操船者が判断した内容をAIS、レーダー、可視光カメラ及び赤外線カメラから入手した情報をAI学習により判断させ、衝突を避ける操船を行うということになるのであろう。

実際に自身の周囲を改めて見渡してみると、「AI学習」という言葉を頻繁に聞くようになり、画像認識や音声認識、景気の予測などに見られるように、確かに恩恵を受けていることが多いことに気付く。

しかしながら、AI学習には、万に一つでも間違いは発生しないのであろうか。

画像認識技術が優れていることは承知しているが、これを海上の船舶の認識にまで応用ができるのであろうかという疑問を少なからず抱いた。

興味深いものがありました。

AR（拡張現実）技術を活用し、船上からの映像に各種情報を重畳表示させ、陸上での監視に活用するためにシステムの開発も行っているとのこと。まるでSF映画で見たようなシーンを想像しました。この技術については、近いうちに現実となるのではないかと期待しています。また、着岸時の係留索のヒービングラインを無人のドローンで運ぶシステムを開発中とのこと。これについてもユニークな発想で、あったら便利だなと思いました。ヒービングラインのみならず、錨泊中に陸上にドローンで物を届ける、または陸上から受け取れることが出来たら、なんと便利だろうと考えました。洋上を航海中の船舶からヘリコプターで物資を陸上に運んだり、また物資を受け取ったりすることが低コストで簡単にできるようになれば、素晴らしいことではないでしょうか。

法制度の整備は、もちろん必要なことではありますが、ドローンの出現のように、ニーズが先にあり、法の整備が後からついてくるということも、現在のスピード感がある技術開発ではあり得るのかもしれません。

今後、さらに技術開発が進むことと思いますが、法制度の整備延滞により、この新技術が十分に実用されないまま足踏みをしてしまう事態にならないよう願っています。

5．おわりに

令和３年度海事問題調査委員会で取り上げたテーマをもっと具体的な視点で掘り下げることなり、前回紹介した「自動運航船の実用化に向けた動き」について情報を集めてみると、かなりの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改めて驚きました。

自動運航船の実用化に向け情報を集めていて、

参考資料

自動運航船の実用化へ向けた安全ガイドラインを策定　～事業者による自動運航船の開発・実用化を一層促進～：国土交通省ホームページ

（山岸　雅仁）

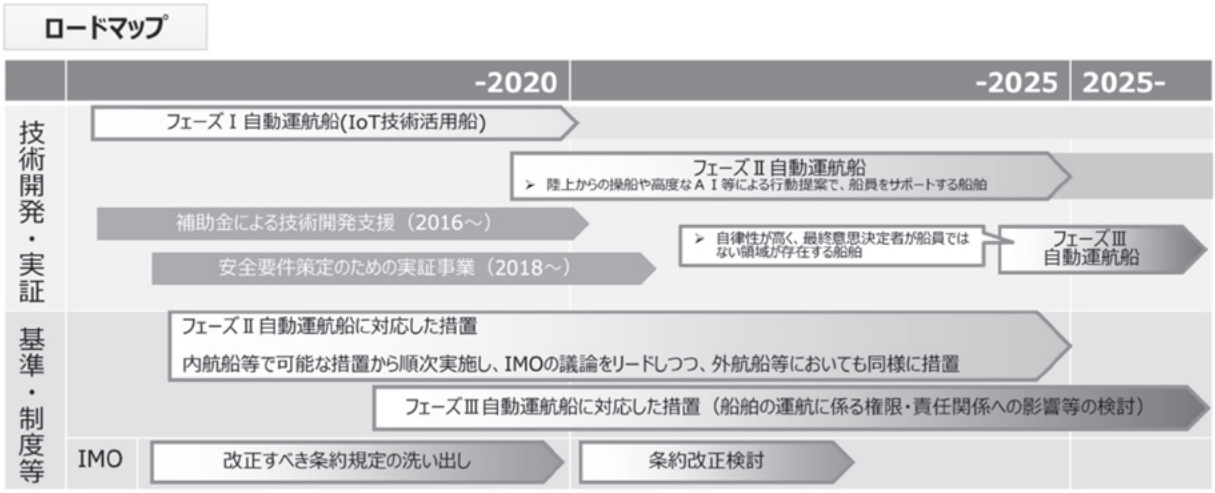
今あるAI技術をもっと船に活用しては？
－自動運航船の前に身近なところにAI技術を－

自動運航船に関しては、国の取り組みとして先ずは最先端技術（IoT技術やビッグデータ解析）を用いた船舶の研究開発を推進させ、フェーズ１となるIoT技術を活用した船を開発。

その後、陸上からの操船や高度なAIなどによる操船の支援で船員をサポートする自動運航船の開発をフェーズ２として、2025年までの実用化を目指すとしています。

そして最終的にはフェーズ３として、自律性が高く最終意思決定者が船員以外となる領域が存在する自動運航船の開発を進めていく計画です。

今後の海事産業として自動運航船は必要不可欠な技術であり、後ほどご紹介するが既に営業コンテナ船の無人運航実験に成功しています。まだ多くの課題が残っていますが、将来的には外航船へ



出典：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）

も普及していくと思っています。

しかし、今や私達の身近な物、自動車や家電等に既に IoT や AI 技術を使った製品が売られています。自動運航船にこれらの技術を活用するだけではなく、もっと幅広い物や事に使っては如何でしょうか。

他の産業では画像認識技術を使って不良品発見や農作物の品質を見分けたり、自然言語処理技術を使って、音声の指示に従って機械を操作したりできます。

今、乗船している船、又は下船した船で AI を使った機器や装置がありましたか。筆者が乗船していた VLCC には無かったです。我々がこれから新たな AI を使った機器や装置を開発することは出来ないか、膨大な時間と費用が掛かってしいますが、既に開発された機器や装置を使って、IoT や AI を使った Ship Life を探してみては如何でしょうか。

1. 船で開発されている AI 技術の現状

まず、現状の海事産業で取り組んでいることから紹介する。

川崎重工と川崎汽船で開発を進めている、AI を活用した機関プラント運転支援システム。このシステムは、船用 AI を使って機関プラント運転データ解析をベースに故障予知や診断、状態監視保全、最適運転支援などの機能を備えるものである。

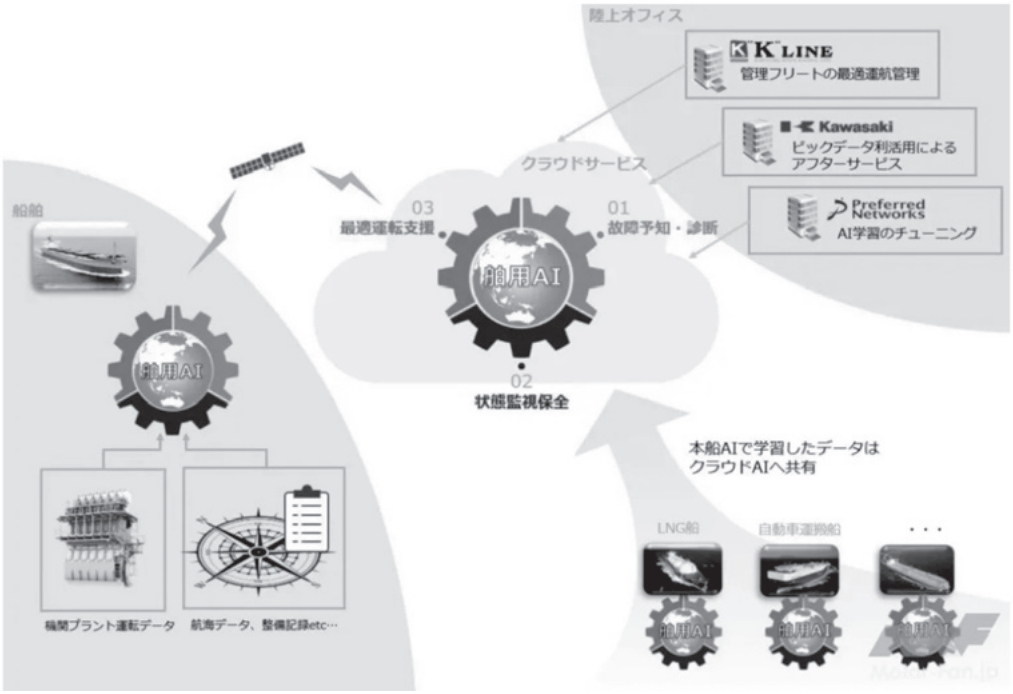
川崎汽船の各船に装備している K-IMS（Kawasaki-Integrated Maritime Solutions: 統合船舶運航・性能管理システムで、船陸間通信システムを利用して、陸上から船舶の運航管理・機関プラントの状態監視及び本船性能解析を行う機能を持つ船舶 ICT システム）を用いて船舶運航及び機関プラントの運転データを収集する。これに加え船舶管理会社の経験に基づいた運用・整備ノウハウ、川崎重工の船舶建造および推進プラント製造に関する技術、これらを AI に学習させ、本システムの完成を目指している。

今後の開発では、特定の機器だけでなく、主機および発電機などの機関プラント全体を管理出来るようにするため、まずディーゼル推進プラントを搭載した船舶を対象として開発を進め、次に蒸気タービンや電気推進などの推進プラントを搭載したさまざまな船舶での運用を目指す。また、本システムは本船乗組員のみならず、陸上管理者に対しても故障予知・診断情報などの有用な情報を提供し、重大な機関トラブルを未然に防止することが出来る。さらに、効率的な整備計画のサポートや本船の機関状態から機関プラントの最適な運転調整を助言することで、燃料消費量の改善と温室効果ガスの削減に貢献する。

本システムのコアとなる故障予知や運転状態の診断を行う「舶用 AI」は、深層学習・機械学習に関して最先端の技術を有する株式会社 Preferred Networks（※ 1）と共に開発を進めている。

※ 1　株式会社 Preferred Networks

2014 年 3 月の創業以来、機械学習・深層学習技術の産業応用を目的に、交通システム、製造業およびバイ



出典：～自動運航船の実現へ向けた取り組み（Motor-Fan TECHHP より）

オヘルスケアを中核として多岐に亘る産業のリーディングカンパニーと協働して先進的な取組みを推進している企業。機械学習・深層学習技術の応用分野の一つとして、時系列データをもとにした異常検知による産業機器の故障予知や工場プラントの運転最適化に向けた開発を行っている。

船用 AI は、本船とクラウドの双方に搭載、本船に搭載された船用 AI は、本船の運転データをリアルタイムに学習・診断する。クラウドに設備された船用 AI は、各船で蓄積された学習・診断データを定期的に取り込み、一元的に再学習することによりアップデートされ、あらゆる船舶の故障予知・診断や最適運転支援が可能となる。船用 AI の故障予知・診断に関するコア技術に関しては、既に概念実証（Proof of Concept）を完了しており、今後は K-IMS で収集されるさまざまな船舶からの豊富なデータに加え、現在検討中の多様な最新センシング技術から得られる今まで収集できていなかった新たなデータも活用することにより、あらゆる船舶に対応できる汎用性に優れた船用 AI の開発を進めていく予定。

続いて、日本財団が世界初となる営業コンテナ船による無人運航の実証実験を 1 月 24 日から 25 日にかけて福井県敦賀港から鳥取県境港間で実験を行い、航行に成功している。

今回無人運航船の実証実験に成功したのは、内航コンテナ船「みかげ」で、本船と同等の大きさ（総トン数 749 トン）の船舶は、現在、内航船舶の約 1 割を占めており、国内海上物流の重要な役割を担っている。

無人運航が実施されたのは、敦賀港から境港間の約 270km で、コンテナ船「みかげ」では、他船検出センサーとして用いている AIS（船舶自動識別装置）とレーダーに加えて、可視光カメラと夜間対応の赤外線カメラが搭載されており、AI 学習による他船検出システムが開発された。また、検出した他船の動きに基づいて、衝突を避ける自律操船システムも開発されている。更に、船員総動員で行う着岸の船員負担軽減のため、船を岸壁に係留するロープをたぐりよせるヒービングラインを無人のドローンで運ぶシステムも実現している。

無人運航船では陸上での監視も必要ですが、AR（拡張現実）技術を活用し、船上からの映像に各種情報を画面上に重畳して表示するシステムも使用されていた。

実証実験は、日本財団が推進する無人運航船プロジェクト「MEGURI2040」の一環である。実

際に営業しているコンテナ船による無人運航船の実証及びドローンによる係船補助作業は世界初となります。このプロジェクトで開発された、自律航行システム、ドローンによる係船補助作業、陸上モニタリング用の AR（拡張現実）ナビゲーションシステムなどは、船舶の安全航行や船員の労働負荷低減に寄与することが期待されている。

海の事故の減少、海運の人手不足の解消など、さまざまな課題の解決につながるものとして期待されている「無人運航船」は、ICT や AI、画像解析技術をはじめ、日本が世界に対し高い技術を生かすことができる「未来の産業」として期待され、現在も研究・開発が進められている。

このように海事産業における AI 技術の活用は自動運航船等、船舶運航や整備に対して行われていますが、AI 技術を活用できることはもっと沢山あると思われる。

今度は他産業で既に開発されている技術を船に取り入れたら どんなことができるか、考えて行きたい。

2. AI 技術を活用した製品を船で取り入れたらこんなことが

先ほど述べた 陸上モニタリング用の AR（拡張現実）ナビゲーションシステムは船上からカメラで撮影された映像に各種情報を画面上（ディスプレー）に重畳して表示するシステムである。でも車に搭載されている同様のシステムはディスプレイでは無く、フロントガラスにナビゲーション情報を表示する AR-HUD（拡張現実ヘッドアップディスプレイ）となっている。これだと前を見て運転しながら視線を変えずに情報が得られるため、安全に運転ができる。

そして更に開発が進み、今発売されている

出典：PRTIMES の HP より

出典：CARVIEW の HP より

AR-HUD では、小型化と低消費電力化を実現出来たので軽乗用車に搭載が可能になっている。これであれば、船橋にある全ての窓に設置して全方位を目視で確認しながら、わざわざレーダーや ECDIS を見に行くことなく、他船情報を入手することが可能になる。また輻輳海域では、操船者は前を見て、操船補佐がレーダーや ECDIS 情報を操船者へ与えていたため、対象船の認識の違いからミスコミュニケーションが発生するリスクがあった。しかし、このシステムが導入されれば、お互いに船舶を視認して、窓に表示されたデータを確認出来るので、その様なリスクが無くなる。また、自動運航船ではカメラによって周囲を映像化している。このカメラに望遠レンズ機能を加えれば、双眼鏡を使わなくても見えにくい遠くの物標を視認することができるようになる。

アマゾン社のアレクサ、これを各公共の場や各居室に設置してこんな使い方をすれば、もっと船内生活が快適になるのでは。

・スケジュールの確認

船内で生活する上で、本船のスケジュールは重要である。今、船での管理と云うと口頭による船内周知か、船内メールを転送されて把握するのが一般的である。でも、職長のみ伝えられて聞いて無いことや忙しくてメールを見落とす事はないか。アレクサを使えば、船内スケジュールが一元管理され、今のような連絡漏れがなくなり、且つ居室でアラームをセットすれば、スタンバイ時間に合わせて起こして貰うことが出来る。今のように電話で起こされるんではなく、その時の気分にあった音楽で起こされた方が 気持ち良く起きられると思う。

また、自分のスケジュールを入力することで、船全体の労務管理を可能にでき、働き方改革に貢献するであろう。

・ビデオ通話

コロナが流行りだしてから、陸上では WEB 会

出典：CARVIEW の HP より

議が普通に行われるようになっているが、船内では未だに対面である。狭い船内なので、必要無いとの意見もあるかと思うが、船上教育で当直者を除いてみんなが集まって、勉強会が行われている。皆さんの船はどこで行われていますか。筆者の船では、大体外国人用の娯楽室（スモーキングルーム）が使われている。20 名以上が集まると、流石に一杯になるが、視聴用の椅子や机はありません。アレクサのビデオ通話を使えば、勉強会の場所を分散できるし、周囲に船がいなければ当直者も聞くことができる。

また、船長（筆者）としては航海士の技量だけでは対応出来ないような航海局面において、船長コールを指示しているが、今ように電話で状況を説明していると、その間の見張りが不十分となり、危険な状況になる可能性がある。アレクサのビデオ通話であれば、ハンドフリーでビデオ通話の回線が繋がり、見張りをしながら話しが出来て、現状をビデオ映像で見ながら把握出来るので、昇橋後の状況把握が容易になる。

・アレクサの内蔵カメラにアクセスしてリアル BRM 訓練

STCW 条約で 5 年に 1 度は陸上施設を使用して BRM 訓練を実施しているが、訓練後の感想を聞くと、「よそ行きの会話になっている」「シナリオが現実的でない」との声を聴く。また、「せっかくの休暇なのに研修を受講しないとダメなのか」との不満もある。でも、アレクサを数台船橋に設置、陸上の監督が内蔵カメラにアクセスして、船橋の会話や船長、航海士の操船、航海計器の取り扱いを評価することでリアルな BRM 訓練が実施できる。このようなシステムを構築すれば、現場監督による相対的な評価が可能になり、その会社が抱える安全運航の傾向や特徴、ヒヤリハットの情報が一元管理することができる。

次は、株式会社アドバンスト・メディアが開発した、「AmiVoice スーパーボイスエントリー for Excel」です。これは対話型 AI 音声入力によって現場作業中のデータ入力を効率化するもので、Windows 端末上で Microsoft Excel に音声入力機能を追加できるアドイン（機能拡張プログラム）

出典：AI 研究所の HP より

である。

音声認識と音声合成を組み合わせた対話型 AI 音声入力により、船のデッキ上、カーゴ / バラスト タンクやホールド・機関室など、さまざまな現場でハンズフリー・アイズフリーな記録作成を可能にする。

AI 音声認識エンジン AmiVoice を搭載しており、発話内容の高精度なテキスト化が可能で、個別カスタマイズで固有名詞や専門用語、略語も正しく認識することができる。

また、音声認識に特化したバッジ型ウェアラブルマイク「AmiVoice Front WT01」を併用することで、甲板上や機関室内などの騒音環境下でも高精度な音声認識を実現する。

今までメモ帳とペンを持って現場に行き、現場を見ながらメモと取ると、どうしてもメモ帳は汚れ、字も汚くなってしまう。また設備や機器の不具合を会社へ報告する場合、メモ帳を見ながら報告書を作成しなければならないが、これを使えば文章は音声でテキスト化されるので、後は写真を張り付けるだけで報告書が簡単に早く作成することできる。

既に日本メーカーの冷蔵庫では「今日、何作ろう?」や「キャベツと豚肉を使ったメニューは?」と聞いてみると、アプリと連動して旬の食材や冷蔵庫にある食材を考慮したメニューを提案してくれる。その上、よく作るメニューのジャンル、調理時間、よく使う食材などのデータを蓄積して家庭ごとの好みを AI が判断してくれる。

この機能を船の食事に活用したら、こんなことができるのでは?

安い港で大量に購入した食材は AI に記憶、アプリにある料理メニュー画面からメニューと人数を入力して 必要な食材をチャンバーから持ち出す。これによってチャンバー内の在庫が常時把握できると共に、出されたメニュー及び食材データも蓄積される。このデータを活用すれば次回食材を購入する際には無駄なく購入することができる。また、近年 船員の健康管理も重要視されている中、船内の食事に栄養の偏りが無いかを確認することもできる。

更に今の冷蔵庫は「買ってきた食材をどういう状態で保存すればいいか」も冷蔵庫本体の音声で、食材ごとに適切な保存方法をアドバイスしてくれる。

船は短い航海でも 1 ヶ月以上食糧の積み込みが出来ないことがあり、スケジュールの遅延や航路変更などあった場合には更に伸びることがある。そんな時、冷蔵はもちろん、冷凍する場合の保存方法まで詳しい解説する機能があれば、野菜を腐らせず、お肉やお魚の冷凍焼けを防ぎ、また傷みやすい食材から使うように教えてくれる。

3. なぜ船には AI 技術を活用した製品が少ないのか

船の設備は、新造時のドックスペックで決まってしまう。居住区回りを見ると、机、椅子、ベッド、テーブル、ソファーやカーテンなどはドックから支給されている。その他、布団、蛍光灯、オーディオ、ポット、冷蔵庫はオーナー支給となり、船舶管理会社が各社の品質基準に合った製品を購入している。

このように新造船時に支給された製品が船だと 7 年くらいは使われているので、AI を搭載した製品に切り替えることは難しいこと、また新替えをする場合でも 限られた予算の中で製品を購入しなければならないので、どうしても最低限の機能を有した製品を購入してしまいる。

このことが、AI 技術を活用した製品が船に少

ない原因だと思っている。

4. 汎用性のある製品探しを続けませんか

無人運航船プロジェクト「MEGURI2040」では、無人運航技術の実用化に向けて実証実験を行い、成功を収めている。しかし、まだ実用化するには時間が掛かる。

これからの乗船に向けて、みんなでアイデアを持ち合い、今ある製品を船に持ち込むことで、安全で快適な生活が出来るのであれば提案すべきだと思う。

今なお コロナの影響で長期乗船を余儀なくされている状況なので、今より充実した船内生活を送るために、汎用性のある AI 製品を探してみてはいかがであろうか。

（宮川　敏征）

船舶と船員に求められるサイバーセキュリティ対策

1. はじめに

昨今、サイバーセキュリティという言葉は一般的に使われるようになっているが、サイバーとは何だろうか、「サイバー攻撃」や「サイバーショップ」など、しばしば耳にする「cyber（サイバー）」。「cyber」は英語の形容詞で、「コンピューター・ネットワークの」「コンピューター・ネットワークを利用した」といった意味がある。語源は第二次世界大戦後に提唱された学問分野の一つ「サイバネティクス（cybernetics）」。サイバネティクスとは、通信工学と制御工学を融合し、生理学、機械工学、システム工学を統一的に扱うことを意図して作られた学問のことのようだ。私が入社した 2000 年代初頭ではまず耳にするようなことはなかったが、今では日常的に使われている。

さて、ではなぜこのような名前が広く使われるようになったのだろうか。その背景は、その必要性からだと思うが、では何をすればいい、どのような対策が必要か言われると、コンピュータにウィルス対策ソフトをダウンロードすればいいだけかと思ってしまうが、それだけでは足りないようだ。その現状について、主に船上で行われている対策や海運を取り巻く現状を取り上げて、皆さんの頭の片隅にでも残っていただければ幸いである。

2. サイバーセキュリティの重要性と最近の事案

船舶で通信されているメールの量だが、2005 年と 2016 年を比較した場合約 18 倍まで増えているようだ。一般的にニーズが高まってきたことと、衛星通信つまりは V-Sat 等の導入による通信の発展によった通信量の増加が考えられる。現在ではリスクと遭遇する機会が増えてくることが、この 18 倍という数値から容易に分かる。

ここで、会社としてどう取り組むべきかを考えるにあたり、経済産業省の独立行政法人 情報処理推進機構のサイバーセキュリティ経営ガイドライン（Ver 2.0）からの内容を抜粋する。以下の様な号令が経営者に出されているようだ。

（経営者が認識すべき 3 原則）

経営者は、以下の 3 原則を認識し、対策を進めることが重要である。

(1) 経営者は、サイバーセキュリティリスクを認識し、リーダーシップによって対策を進めることが必要
（経営者はリーダーシップをとってサイバー攻撃のリスクと企業への影響を考慮したサイバーセキュリティ対策を推進するとともに、企業の成長のためのセキュリティ投資を実施すべきである。）

(2) 自社は勿論のこと、ビジネスパートナーや委託先も含めたサプライチェーンに対するセキュリティ対策が必要（自社のサイバーセキュリティ対策にとどまらず、サプライチェーンのビジネスパートナーや委託先も含めた総合的なサイバーセキュリティ対策を実施すべきである。）

(3) 平時及び緊急時のいずれにおいても、サイバーセキュリティリスクや対策に係る情報開示など、関係者との適切なコミュニケーションが必要
（平時からステークホルダー（顧客や株主など）を含めた関係者にサイバーセキュリティ対策に関する情報開示を行うことなどで信頼

関係を醸成し、インシデント発生時にもコミュニケーションが円滑に進むよう備えるべきである。）

（サイバーセキュリティ経営の重要 10 項目）

経営者は、サイバーセキュリティ対策を実施する上での責任者となる担当幹部（CISO 等）に対して以下の重要 10 項目を指示すべきである。

指示 1：サイバーセキュリティリスクの認識、組織全体での対応方針の策定
指示 2：サイバーセキュリティリスク管理体制の構築
指示 3：サイバーセキュリティ対策のための資源（予算、人材等）確保
指示 4：サイバーセキュリティリスクの把握とリスク対応に関する計画の策定
指示 5：サイバーセキュリティリスクに対応するための仕組みの構築
指示 6：サイバーセキュリティ対策における PDCA サイクルの実施
指示 7：インシデント発生時の緊急対応体制の整備
指示 8：インシデントによる被害に備えた復旧体制の整備
指示 9：ビジネスパートナーや委託先等を含めたサプライチェーン全体の対策及び状況把握
指示 10：情報共有活動への参加を通じた攻撃情報の入手とその有効活用及び提供

要約すると、経営層が積極的に資産を投入しトップダウンで進めるべしと説いているように読めるが、船上ではどういったリスクが考えられるのか、ここで 2 つセキュリティインシデント関連の事案を挙げて考察したい。まず、1 つ目は皆様も記憶に新しい、大阪のある医療機関の例がある。これは患者用の給食を納入する業者との間に不審なデータ通信が大量に確認され、この業者のシステムからウィルスが侵入した可能性が高いという見方を示している。この様に、自分だけが対策をしていれば安心というわけではなく、サプライチェーン全体から対策を施す必要がある。攻撃する側はあの手、この手と脆弱性のある穴を掻い潜ってやってくるということを教訓とする、典型的な例ではあると思う。

2 つ目の事案は、船会社で起きたものである。海運大手の A.P. Moller-Maersk は、2017 年に欧州のさまざまな企業を襲った大規模ランサムウェアの攻撃で、ほぼ「全てのインフラストラクチャ」の検査と何千台ものマシンの再インストールを余儀なくされたようである。この事案では、数週間の輸送の遅延のほか 3 億ドルの損失額が出たとされている。これが自身の身に起きるとぞっとするが、全く他人事ではないのである。

これは船舶で起こったものではないが、なりふり構わず襲うことができるサイバー攻撃の性質上、サイバーインシデント事案がいつ船上で起きてもおかしくないように思う。通信環境が整わないゆえに脆弱のまま見放されている船用機器のセキュリティーホールから入り、陸上側を感染させてしまうという事案も出てくるのかもしれない。

3. サイバーセキュリティに関連した海運業界とその他の団体動き

以下の表 1 は、IMO、BIMCO（ボルチック海運集会所）、USCG、IACS 等でガイドライン策定の動向を記載した。IACS においては E22（Rev.2）が 2016 年 6 月に採択され、船舶の機関関連の監視システム等がコンピュータシステムを使用する場合の当該システムの構成、機能要件等を規定している。IACS はコンピュータシステムのセキュリティ対策の重要性に鑑み、船舶で使用されるコンピュータシステムに対する関係者の役割、並びに、コンピュータシステムに用いるソフトウェア及びハードウェアのセキュリティ対策、更にソフトウェア変更手順等の品質管理に関する要件を明確にしている。鋼船構造規則では船舶で使用されるコンピュータを使用しているシステムを、表 2 に従い分類するように規定している。

IMO		BMCO	USCG	IACS
Res. MSC.428（98）	MSC-FAL1/Circ.3	The Guideline on Cyber Security Onboard Ships（Ver4）	CVC-WI-027（01）	UR E22, UR E26, UR E27, Rec166, Rec171
MARITIME CYBER RISK MANAGEMENT IN SAFETY MANAGEMENT SYSTEMS	GUIDELINES ON MARITIME CYBER RISK MANAGEMENT		VESSEL CYBER RISK MANAGEMENT WORK INSTRUCTION	Eg.）Rec171 Recommendation on incorporating cyber risk management into Safety Management Systems
Maritime Safety Committee にて、2021年1月1日以降のDoCにてCyber Risk ManagementをSafety Management Systemに組み入れるよう決議（推奨）	Cyber Risk ManagementをSafety Management Systemを組み入れる上でのハイレベルな推奨要件を提示（具体的にはBIMCO、NIST等を参照）	MSC.428（98）に従ってSMS（Safety Management System）へCyber Risk Managementを組み込む際の手法やベストプラクティスを提示	SMSがISM Codeに則りCyber Riskを考慮しているかを判断するためのUSCGにおける実務通達	MSC-FAL.1/Circ.3、BIMCO Guidelineなどにも関連した、リスクアセスメント、リスクマネジメントの具体的な手法を提示（推奨。船舶に即した内容）

表1　各団体の動き

鋼船規則検査要領D編附属書 D18.1.1 表2.1 コンピュータシステムの分類

分類	故障時の影響度合い	システムの機能
I	故障が人体及び船体への危険並びに環境への脅威に帰結するおそれのないシステム	－ 情報収集又は管理業務に関するシステム
II	故障が人体及び船体への危険並びに環境への脅威にゆくゆくは帰結するおそれのあるシステム	－ 警報及び監視機能 － 船舶の正常な操船及び居住状態を維持するための制御システム
III	故障が人体及び船体への危険並びに環境への脅威に直ちに帰結するおそれのあるシステム	－ 推進及び操舵に関連する制御システム － 安全システム

（No. TEC-1145より抜粋）

分類II

システム	具体的な機器及びシステムの例
推進システム	機関制御装置、機関遠隔制御装置、主ボイラ制御装置、CPP制御装置、電気推進制御装置
操舵制御システム	操舵システム、旋回式推進システム
電源システム	発電機制御装置、電力変換装置（電気推進船等）
安全システム	火災探知装置、消火装置、浸水警報装置及び排水設備、船内通信システム、救命設備作動に関わるシステム
その他	自動船位保持装置、掘削装置

（No. TEC-1145より抜粋）

分類II

液体貨物移送制御システム	貨物制御装置（貨物制御盤、弁遠隔制御装置、緊急遮断装置）、再液化装置、イナートガス発生装置（窒素発生装置を含む）、油排出監視制御装置
燃料油操作システム	粘度制御装置、燃料油清浄機、燃料油こし器
船舶の安定及び浮揚制御システム	フィンスタビライザー、ジェットフォイル
推進システムの警報及び監視システム	機関警報監視装置（データロガーを含む）
その他	バラスト移送用弁遠隔制御システム、油水分離装置、油分濃度警報装置、廃油焼却炉、汚水処理装置、補助ボイラ制御システム、バラスト水処理装置、SOx/NOxスクラバー、NOx排ガス再循環装置

（No. TEC-1145より抜粋）

表2　鋼船規則検査要領D編附属書 D18.1.1 2.3項　（P&Iロスプリベンションガイド第42号から抜粋）

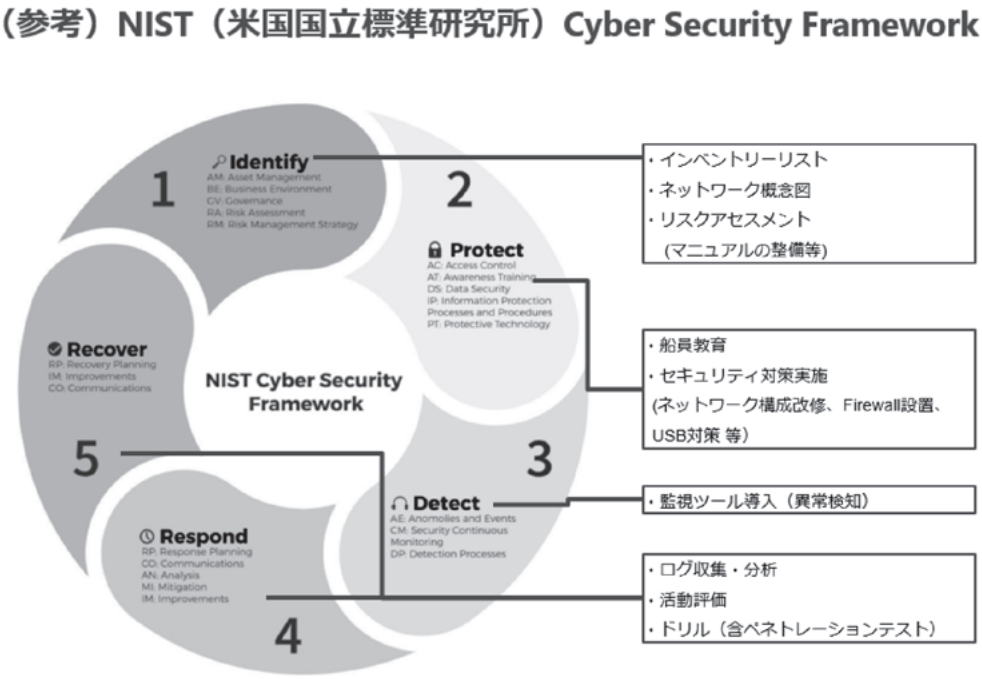


表３　NIST のサイバーセキュリティに関するフレームワーク

NIST（National Institute of Standard and Technology、米国国立標準技術研究所）ではサイバーセキュリティについて、５つの対応カテゴリについて整理している。（表３参照）このカテゴリはサイバーセキュリティ上の成果を達成するための対策とそれらの成果の達成のためのフレームワークである。また、サイバーセキュリティを管理する上で役に立つことが利害関係者によって識別され、サイバーセキュリティの主な成果を示したものである。これらのカテゴリは運用面において、サイバーセキュリティリスクに対処できる文化の形成を目的として、同時的・連続的に実行されるべきものであるとしている。サイバー攻撃は刻一刻と成長を続けるため、パッチ当てのような対策では不十分であり、常に目を光らせながら防御側も成長を続ける必要があるということのようだ。

4. 船員が行うサイバーセキュリティ対策の現状

船員が実現できるサイバーセキュリティ対策は、個人的にはかなり限定的であると感じる。それは、船員の行動に働きかけをするには、基本的には各船舶管理会社の定める SMS やガイドラインに従った機器の取り扱いに限られるということにある。ここではある一例として、各項目を列記したい。限定的とは言うものの、その内容としては個人やモラル等に左右される面が多く、その教育や対策は恒常的に行うことが重要であると考える。

1）船内ネットワークの構築図の作成と把握
2）不審な E-mail 等の正しい取り扱い（容易に不審メールを開いたりしない）
3）各 PC のパスワード設定
4）個人の PC や IT デバイスの取り扱い（船内の LAN や Wi-Fi との接続の可否等ついて）
5）PC や OT 機器（註 1）に対する USB メモリー等の記録媒体の接続基準（Port Blocker やセキュリティシールにより封をする）
6）定期的な PC のスキャンの実施と各 PC のセキュリティソフトが正常に作動しているかの確認
7）定期的な OS の Update を実施
8）脅威の発見や機器の異常が発見した時、遅滞なく会社へ報告をすること
9）正しい Web の取り扱い（違法サイト等へのアクセスの禁止）
10）船長や会社への許可なく PC 等へソフトをダウンロードしてはならない
11）Web や SNS 等の閲覧や投稿の禁止
・著作権、商標権、肖像権を侵害する恐れのあるサイト

<Security Tools>

	Name	Photo
1	USB Port Blocker which is made up of a combined 'Key' and 'Lock'	
2	Security Seal	

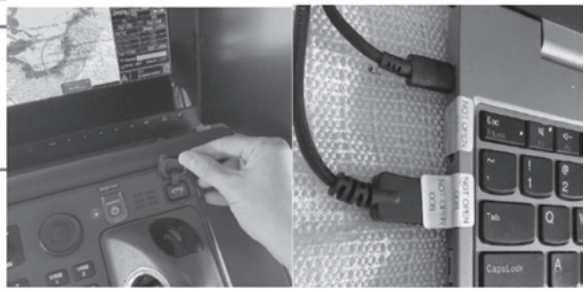


写真１　船上の Security Tool とその実際の使用の一例（項目５）

（注１）OT（Operational Technology）機器とは、一般的には交通手段やライフラインといった社会インフラにおいて、それに必要な製品や設備、システムを最適に動かすための「制御･運用技術」を意味している。具体的には、直接監視･制御するハードウェアとソフトウェアが含まれ、航海計器や機関監視制御装置（IAS（Integrated Automation System）/DCS（Distributed Control System））のことを示す。

・プライバシーを侵害する恐れのあるサイト
・他人の社会的評判に関する問題を扱うウェブサイト
・他人の信用、名誉を毀損するおそれのあるサイト
・会社や顧客の信用、品位を損なうおそれのあるウェブサイト
・性的と判断される可能性のある画像やメッセージを掲載しているサイト
・不正アクセスを助長するおそれのあるサイト
・差別的なメッセージ
・虚偽メッセージ
・会社又はグループ会社の機密情報
・その他、公序良俗または各社のコンプライアンス規定に反するおそれのあるサイト

12）船上 ICT（Information Communication Technology）に規定された各デバイスの正しい運用

5. 陸上管理者（船舶管理者）が行うサイバーセキュリティ対策

陸上管理者が行うべき対策としては、1.　船内システムの脆弱性をハード面から解決する　2. 保守整備に関しては陸上側が積極的に関与するということかと思う。船員は一旦航海に出てしまうと、自ら中心となって解決してなくてはならないが、事象に応じた適切なサポートも必須かと考える。

1 に関しては SMS の整備と共に OT 機器を含む船内の各装置、機器をコンピューターウィルス等の脅威から強固なものとすべくシステムを構築すること。2 に関しては、船内で発生するようなソフトウェアや機器に対するトラブルに積極的に関与すること。PC の様な一般的な機器であれば IT チームの様な部署にて可能だが、表 2 に示したような航海計器や IAS 等の OT 機器に関しては、メーカーエンジニアと各会社の合同 IT チームの協力が必須かと思われる。まだ先の話になるかと思うが、そのような事態に直面した時の訓練等も必要なのかもしれない。また、以下図 1 は、これから OT 機器に関してどのように外部の脅威から保護すべきかを示している。外部との間には DMZ（非武装地帯）（注 2）を設けることが重要だとされている。

将来、自動運航船が到来した後のことを想定すると、現状よりも一層セキュリティ対策の必要性はあるだろう。

その具体的なサイバーセキュリティ上の留意事項が表 3 に示されているので、ここでご紹介しておく（自動運航船に関する安全ガイドライン　抜粋）。

（注 2）DMZ とは、DeMilitarized Zone の略で、直訳すると「非武装地帯」で、インタネットなどの外部ネットワークと社内ネットワークの中間につくられるネットワーク上のセグメント（区域）のこと。外部ネットワークからも内部ネットワークからもファイアウォールなどによって隔離されている。この隔離された DMZ 内にサーバを設置するなどによってセキュリティ強化を図れる。

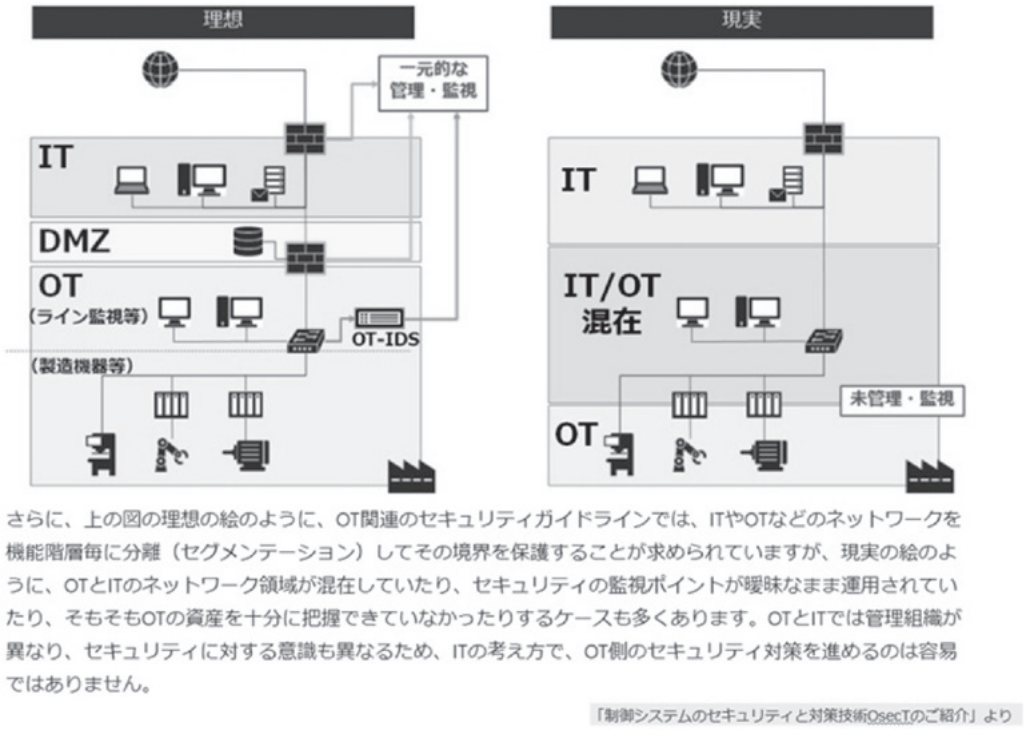


図１　OT ネットワークの現状

（具体的な留意事項）

① 新造時における自動化システムの設計に関しては､IACS の「Recommendation on Cyber Resilience5」や日本海事協会の「船舶におけるサイバーセキュリティ ガイドライン」等を参考とすること。 ② 自動化システムに関係するサイバーセキュリティに関する最新の情報を収集し、適切なサイバーセキュリティ対策が考慮された設計とすること。 ③ 自動化システムのソフトウェア及びプログラムについて、本船のライフサイクルにわたりサイバーセキュリティを確保するために必要なアップデート等に係る措置を講じることを可能とする設計とすること。 ④ 自動化システムに対する、外部からの不正アクセスを防止するため、ファイアーウォール等により不正な通信を遮断すること。 ⑤ 就航後のセキュリティ対策については､BIMCO の「The Guidelines on Cyber Security Onboard Ships」や日本海事協会「船舶におけるサイバーセキュリティ マネジメントシステム」等により運用することが望ましい。そのためこれらの ガイドラインに沿った運用を十分考慮した自動化システムとすること。

表３　自動運航船のサイバーセキュリティ上の留意事項（自動運航船に関する安全ガイドライン　抜粋）

ここで重要となるのは、ネットワークをどう切り分けるか、ということでは無く、ネットワークシステム全体を把握し、各機器を含めて有事の際にどのような影響がでうるのかを評価し、どのような防御が有効となるのかというのを、ネットワークシステムを俯瞰した目で構築することにある。

6. まとめ

船員に求められることとしては、先ずは現状の各社で定められているようなサイバーセキュリティガイドライン等の元、堅実に各事項において遵守すると共に、船員への教育を船上で行っていくということが重要であると考える。また、E-learning 等を用いてその脅威からの対処法を学ぶと共に、ウィルス等の脅威は常に身近にあるということを常日頃から頭においておく必要がある。船の自動運航化が進んでいく近い将来においては、外部からの攻撃事案の増加や、船の乗っ取りがあり、重大な事案に発展するようなこともあるかも

しれない。また、そのような外部からの脅威に対する対策は船舶のみならず、会社一丸となって対応することが必要であり、今後より強固にすることを求められるのだろう。

各船社ではSMSの整備やガイドライン設置ができているものの、船舶のハード面（ネットワーク構築）から脅威を守ることについても十分に考える必要がある。乗船する船員の中にも、サイバーセキュリティの専門知識を持った人員の必要性が問われる時代が来るのは、遅くはないのではなかろうか。

今回はサイバーセキュリティに関することを題材として取り上げたが、船舶業界の取り巻く環境の変化や機器等の発展と共に、船員に求められることも徐々に変化してきていると思う。サイバーセキュリティ対策もその中の一部分に過ぎないのかもしれない。

（参考文献）

・サイバーセキュリティ経営ガイドライン　Ver 2.0 （経済産業省独立行政法人 情報処理推進機構）
・P&I ロスプリベンションガイド　Vol.42（Japan P&I Club）
・Class NK テクニカルインのフォーメーション TEC-1145（Class NK）
・自動運航船に関する安全ガイドライン（国土交通局海事局）
・Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity Ver1.1（NIST - National Institute of Standard and Technology）
・NTT Communications ENGINEERS’ BLOG 制御システムのセキュリティと対策技術 OsecT のご紹介（前編）（Web の掲載より）

（関川　倫廉）