

海事分野におけるデジタルライゼーション

安藤英幸*

1. はじめに

デジタルライゼーションやデジタルを活用したビジネスの変革についての関心が高まり、従来型産業でも、デジタルライゼーションを統括するCDO（Chief Digital Officer）と言った責任者の役職を設けたり、デジタル専門部署を設置したりする企業の取り組みが見られる。何をデジタルライゼーションの戦略とするのか、デジタル化を担うのは新しいデジタルの部署かあるいは既存の事業部署か、それぞれの置かれた状況で様々な模索、試行が行われている¹⁾。

従来型産業の経営陣がデジタルライゼーションに力を入れる背景には、GAFGAが体現するように、コンピュータやインターネットのパワーを、自社の活動に組み入れないことには、中長期の事業戦略で競争力を失う危機感があるのだろうと思う。

こうした動きは、海事産業にも押し寄せており、欧米や日本の船会社、大手メーカーを中心に、CDOや専門の部署を設置する同じような動きが見られるし、船級協会においても検査など船級サービスのデジタル化やデジタルライゼーションの流れに沿ったガイドラインの作成や規則の改定が競って行われるようになってきている。

著者は、これまで大学、造船、海運で、海事分野でのコンピュータ技術の応用に関する研究開発に関わってきた。本報では、最初に、過去に日本が進めてきたコンピュータ技術の活用の歴史を振り返り、次に、今般のデジタルライゼーションの本質、それとの関連においてデジタル・ツインについて述べ、自身のこれまでの経験・仕事に基づき、データ解析におけるドメインの専門家との協業の役割、データ共有のためのオープンプラットフォームについて述べる。最後に、海事産業の課題とデジタルライゼーションの役割を述べ、まとめへと進める。

2. 海事分野におけるコンピュータ技術利用

ところで、今回のデジタルライゼーションは、従来の情報システムの導入と何が異なるのだろうか？まずは、日本の造船や海運におけるこれまでのコンピ

ュータ技術導入を簡単に振り返ってみたい。

造船や海運は、他産業と比較しても早い段階で最新の情報技術を導入してきた。造船では、1970年代からメインフレームを導入して有限要素法（FEM）と言った高度な数値計算手法の構造設計への活用を進め、1980年代後半にはワークステーション上のCADを用いた詳細設計やそこからNC工作機械と言った生産システムへのデータ出力による設計作業の合理化が行われた²⁾。

また、水槽での模型試験とCFD（数値流体力学）を組み合わせて船型開発を行う技術や、プロダクトモデルによる生産プロセスのシミュレーションや生産計画の利用など、造船の船型開発と生産性の向上に貢献してきた。

海運でも、造船と同じ時期、1970年代にメインフレームの導入が行われ、B/L（船荷証券）の発行や貨物情報の管理と言った業務の合理化が進められ³⁾、その後、コンテナ船や自動車船など船種毎に本船の積付けコンピュータの導入によるオペレーション業務の合理化や、船舶運航や船舶管理のための運航管理システムの導入が進んだ。

また、船舶の設備装置そのものについても、1960年代から自動操舵のためのオートパイロットの導入⁴⁾、同じ時期の、夜間の機関室業務の無人化のためのM0（“エムゼロ”と呼ぶ）仕様の策定⁵⁾と統合制御監視システムが開発された。1990年代以降、GPSや電子海図（ECDIS）の導入やオートパイロットと連携したTCS（Track Control System）、AISの導入など、コンピュータの技術革新と共に、それを使った制御技術や情報システムが導入されてきている。主機関においても、従来、カムを用いて機械的に実現していた燃料噴射をソフトウェア制御に置き換えた電子制御エンジン⁶⁾が2010年代に普及するなど、コンピュータ技術の活用が進んできた。

このように過去の経緯を振り返ると、造船、海運共に、その時々最新のコンピュータ技術を自社の業務、そして船舶そのものに取り入れて合理化・効率化に利用してきたことが分かる。

* 株式会社MTI

3. デジタライゼーションの本質

こうした従来のコンピュータ技術、情報システムの導入と、今般のデジタライゼーションを比べると、もちろん携帯端末の利用やAR、VRと言った便利なデジタルの道具を活用する面も重要ではあるが、この点は従来の情報システムの導入でも取り組まれてきたところであり大きな違いは無い。

今回、デジタライゼーションの目的として言われていることは、従来の産業のあり方の中に内在する無駄を明らかにし、それを削減し、合理化を進めると言う視点があり、そのためにデータやシミュレーション、最適化などデジタルの道具を使い、ある意味で、複雑な現実世界にコンピュータの世界の論理を持ち込む発想がある。デジタルの道具を活用することで、会社の枠組みを超えた合理化・効率化を進める。よりリーンな、贅肉をそぎ落とした産業のあり方を目指し、顧客やサプライヤーとの新しい形の連携を通して、従来よりも競争力のある産業構造を作るような発想が、デジタライゼーションと言う言葉には本質的に含まれている。

データによって状況が視覚化され、透明性が高まり、分析によって無駄が明らかになり、顧客と連携して、筋肉質な状況を目指すことを企業の競争力に変えられないか？それがデジタライゼーションに積極的に取り組む経営者の視点ではないかと思う。

4. デジタル・ツイン

昨今、注目されるキーワードにデジタル・ツインがある。ここでは現実世界の双子のモデルをコンピュータ上に作り、IoTによって現状のデータを取り出してコンピュータ上のモデルに反映し、コンピュータ上でシミュレーションや最適化計算を通して、最適解を導き、現実世界に反映させようと言うもので、ここでも基本的には、現実世界に存在する無駄を浮き彫りにして、改善することがコンセプトになっている。

デジタル・ツインのコンセプト自体は、CAD/CAM/CAEなどエンジニアリングにおけるコンピュータ利用から発展したもので、PLM (Product Life Cycle Management) の考え方の中で、従来、製造業の中に閉じていた製品モデルを製品の運用まで広げると言う発想に基づいている。

一方で、デジタル・ツインは非常に強力なコンセプトで、様々な産業分野において、それぞれの視点で現実の一部を切り出してコンピュータ上にモデル化して表現して、IoTでセンシングした現在状況を

モデルに反映し、先の将来についてシミュレーションや最適化計算を行い、おかれた現状において、どのようにふるまうのが最適なのか、今後、企業はその時々の重要な判断を、almost realとでも言うべきシミュレーション予測をベースに行い、常に最適化された選択肢を取ることを志向すると思われる。

例えば、Uberの配車サービスを例にとると、スマートフォンのアプリに現在、周囲にいる車が表示され、それぞれの場所から乗車する現在地までの予測到着時間が表示され、車種や料金、ドライバーのランキングと言った属性情報も参考にしながら、配車する車を選ぶ。Uberに限らずタクシー会社の配車サービスや配車センターのシステムでも同じようなフリート管理が行われていると思うが、IoTで得た車の位置情報と最適ルート計算のアルゴリズムに基づく着時間予測、属性情報のデータベースを合わせて、これを使い勝手の良いアプリにして提供する。こうして利用者は自身の基準で最適なドライバーをいつでも見つけることが出来、ドライバーも仕事が出来るときだけサービスを提供する。ユーザーも、ドライバーも支払いは全て電子的に行う。このように従来あった様々なレベルの無駄を省く点でデジタライゼーションがイメージする例であり、また、その実現にデジタル・ツイン的なツールが中心的な役割を果たしている。

もう一つのデジタル・ツインの例として、GE社の風力発電用タービンの例を示す(図1)。風力発電用タービン設備は既にネットワークに接続され、センサーデータが送られると言う意味でIoT化しており、運転状況はリモートで監視することが出来る。このデータを活用して、コンピュータ上に発電所を構成する風車のフリートをモデル化し、この例ではCFDシミュレーションと最適化計算を組み合わせ、それぞれの風車が向くべき方向を最適化して、置かれた風況下での発電量を最大化するコンセプトが示されている。

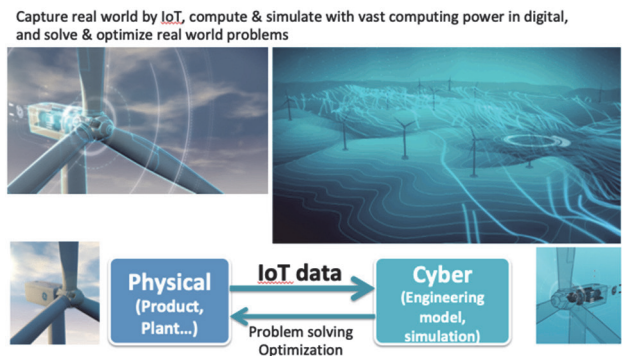


図1 GE社の風力発電タービンにおけるデジタル・ツインの事例

ここで重要と思えるのは、CFDに関するエンジニアリングの知見は、従来は設計・生産に必要な技術知識であったが、こうした風力発電のオペレーションにおけるデジタルライゼーションを進める上でも、エンジニアリングの知見が必要になると言う点である。IT技術者による協力だけでは最適なオペレーションは実現できず、エンジニアリングとITの両者の専門家が協力し、それぞれの技術を上手く組み合わせることなくしては、実際のデジタル・ツインの実現、活用は難しい。

海事産業も同様であるが、従来型産業におけるデジタルライゼーションでは、エンジニアリングなどドメインの専門家とITの専門家との協業が非常に重要になる。

5. ドメインの専門家との協業

さて、以前2003年頃、大学院の教員として勤務していた際、大学院修士課程の学生と一緒に、船の機関室のトラブル事例のテキストマイニングによる分析に取り組んだ⁹⁾。発端は、IEEEのIntelligent Systems誌で、ある航空会社で、航空機の部品の交換時期を、過去のメンテナンス記録から予測するのに飛行機から送られるセンサーデータと保守記録の機械学習を用いるとの記事を読んだことであったが¹⁰⁾、当時、ベテランの機関長の方から随分と色々と指導を受けながら、まずはデータのあった過去の故障報告書を分析するという研究を行った。

細かな話は省略するが、自然言語処理や人工知能の技術を色々と利用して、機関の故障について、コンピュータで過去のトラブル事例を分析し、人間がそれを補完することで、信頼性工学で用いられる故障木 (Fault Tree) を少ない手間ですべて抽出する、と言う研究を行った。

当時はまだビッグデータと言う言葉は無く、こうしたデータからのパターン発見は、データマイニングと呼ばれていた。データマイニングでは一般に、データを整理、様々な機械学習の手法によって解析してパターンを発見して、最終的に、そのパターンをドメインの専門家がレビューして評価を行い、何らかの知識を発見すると言った、データからのお宝探しのようなことが目的だったので、その意味では、一通り、そうしたプロセスを実現する手法の構築はした。

しかし、そうして過去の故障報告書から得られた知識（この場合には故障木）を、日本郵船の機関長の皆さんに説明したところ、「なるほど、素人にしてはよく整理をしたね。」、と言うようなことくらい

までは評価を頂いたが、当然のことながら、大ベテランの機関長を唸らせるような価値ある知識と言うようなことは出来なかった。

これは当然のことで、ある意味で、故障報告書の内容を、故障木の格好に再整理しただけのことであって、当然、記述された以上の内容にはならない。やはり、本来は、そうした故障報告書の原因の裏にある真の要因 (root cause) を、メーカーの設計者やあるいは機関長が掘り下げて、それを防ぐための方法や、あるいはそうしたトラブルが起こった後の対処を検討することで、本当の意味での価値ある知見が得られるのである。

もっとも、その後で、我々の研究からヒントを得て、先のコメントをした機関長の部署では、過去の事故を洗い出し、その時に、それによる損失金額を教師データとして付加し、損失規模の大きなものに絞って、詳細な原因分析を行い、考え方としては、データマイニング的な仮説検証の繰り返しと、教師付きの機械学習に似たやり方で、合理的に対策マニュアルを作成した。その後、対象とした機関トラブルについてはトラブル数と結果としての損害額を減らすことが出来た、と言う後日談を聞いた。やはり、当事者であるドメインの専門家が、データ解析の考え方を理解して、問題の解決に当たろうと言う強い動機を持って取り組む場合に、こうしたデータマイニングであり、今で言うところのビッグデータ的な取り組みは価値が変わると言う一つの例かと思う。

それから15年以上が経過し、今となっては、機関のビッグデータ活用にあたる専任チームを腕利きの機関長がリードし、引き続きドメインの専門家として貴重な視点や判断を示し、全体の活動をリードしながら、一方で大量のデータをハンドリングしたりや機械学習のプログラミングを活用して機関長がイメージする数値を算出することに長けたデータサイエンティストが協力して、船からのセンサーデータを活用して異常発見に取り組んでいる様子を見るようになった。まさにこうした協業こそが、デジタルライゼーションによる仕事の変革なのだろうし、データを活用して真に問題を解決するアプローチだと言う確信を深めている。

また、そうした状況を作り出すためには、一方で、センサーデータを集め、それを解析出来るような形に整え、そのためのシステムのアーキテクチャを設計・開発・運用するデータのハンドルに長けたインフラのIT技術者が必要であるし、このような基盤のシステムを開発し保守を続ける費用も必要である。これらトータルの費用に対する効果も踏まえて、データ活用に取り組むことへの経営のサポートも必要

であるし、デジタルライゼーション的な活動を、組織の中に導入していく支援、事業部署の理解を得て彼らによるドライブも必要である。このように会社が変わっていくことが、デジタルライゼーションによる変革なのだろうと思う。

また、デジタルライゼーションと言うことで、コンピュータのパワーを活用し、手間やコストをかけないように標準化やツール導入を進め、許容できる手間とコストで継続的にデータを活用出来るサイクルが回り、データから継続的に学習する組織（learning organization）を目指し、それが一つのデジタルライゼーションで目指すべき理想なのではないかと思う。

先の機関長とこの話をすると、考え方としては、データを集めてそれを分析して、それに基づいて客観的に判断するという活動は、随分昔から会社の中で、現場では、伝統的に行われてきているし、現にデータの集め方の手順を示した公文もあり、誰でもがデータ収集、解析が出来るようにしてきた、と言う説明を聞いた。今回、データを集める手段が自動化され、IoT化されたことで、データ量が増え、解析の道具も機械学習のようなツールも整ったことで、それに長けたデータサイエンティストの活躍の場が出来たが、「本質的には、ずっとこれまでも現場で行われてきたことと一緒になんです、と説明すると、現場も喜ぶよ。」と言うコメントを得た。

先に述べたデジタル・ツインもある意味で、その結果を踏まえてどのようにオペレーションするかと言う現場の実務での利用を考えれば、より複合的な、コンピュータのモデルやシミュレーションには考慮されていない要素も加味して総合的な判断をする必要は引き続きドメインの専門家に残り、一方で、我々デジタルの技術者は、データの収集や解析、シミュレーションと言った現代の道具をしっかり活用する術を磨きながら、実務を担うドメインの専門家と協業を進めて行く中に、目指す現代のデータ活用、デジタルライゼーションの姿があるように思う。

6. データ活用のためのオープンプラットフォーム

ここまでで述べて来たように、従来型産業でデジタルライゼーションを進める上では、データを活用すると言うのが非常に重要で、また、データの活用をドメインの専門家との協業を持って進めることが重要である、と考える。

これは、船と言うプロダクトについてのドメインの専門家である、造船所、メーカー、船級、また、海事ビジネスの専門家である、海運、船舶管理、保険、ブローカーなど、それぞれの道の実務の専門家

とのデータを共有し、データを活用した協業が重要である、と言う考えにも繋がる。

著者らは、2008年頃から、船会社のオペレーション改善のために船舶のデータ収集を開始し、この際には、船舶の性能と運航状況を正確に把握するためにデータ収集装置を搭載したのだが、安全上の目的や造船など船舶設計者にとってもこうしたデータ活用の用途は広くあり、彼らとデータを共有することで新たな価値を生み出す可能性があると考えた。また、一方で、目的毎にデータ収集用のコンピュータを本船に搭載していたのでは、手間もコストもかかりすぎて無駄が多く、結局データ活用は実現しないので、データ収集用のコンピュータは汎用化、一本化が必要で、そのためにはデータ収集用のコンピュータの仕様を何らかの形で標準化しようと言う考えに至った。

当時、日本船用工業会の「環境への全体最適を狙ったスマートシップ研究会」の活動の中でこうした議論を行い、その後、その議論を受けて、2013年2月から、日本船用工業会に、スマートナビゲーション研究会（SSAP: Smart Ship Application Platform Project）の活動を開始し、日本から船上のデータ収集サーバーの標準化の提案を目指した。

研究会の活動の中では、本船上データサーバーの試設計、プロトタイプ開発と内航船でのトライアル、船陸オープンプラットフォームのコンセプト作成（図2）が行われ、それらの経験を踏まえ、最終的に2つの新規のISO規格の提案NP（New work item Proposal）を、日本のISO/TC8の公式な事務局である日本船舶技術研究協会（船技協）と連携して行った。

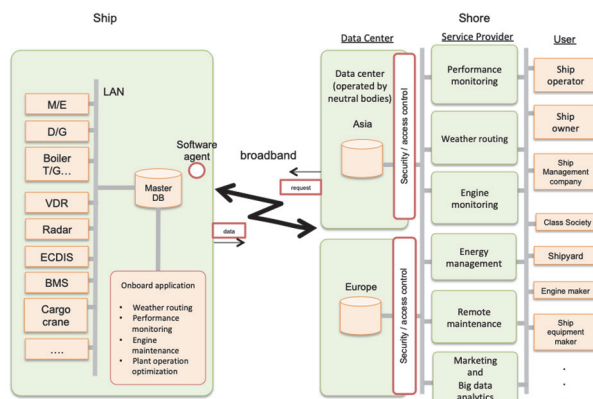


図2 船陸オープンプラットフォームの概念図

その後、2015年8月からの新スマートナビゲーションシステム研究会（SSAP2 Project）においてISO化に向けた作業を船技協と進め、ノルウェーやデンマークをはじめ各国のエキスパートの協力を得て規

格案の修正を行い、2018年10月に正式にISO19847（船上データ収集サーバーの仕様）とISO19848（船上データサーバーで利用するデータフォーマット）として登録された^{11,12)}。

航海系のデータについては、従来からIEC61162と呼ばれる国際標準規格があり¹³⁾、各機器が出力するIEC61162信号を取り出すことは比較的容易であったが、機関係のデータが集まる統合制御監視システムからのデータ出力は、決まったプロトコルが存在せず、データ点数も数百～数千と多く、個船毎にこれに対応すると従来は手間とコストがかかっていた。しかし、今回のISO19847/ISO19848により、これに準拠した装置を採用すれば、システムが収集するタグ名称のリストや各タグの時系列データを標準化された方法で取り出すことが出来るようになり、データ収集の手間を大きく軽減することが期待される。

また、こうして船舶から収集されるデータを陸に転送し、陸のデータセンターで海事分野をはじめとする参加者と、セキュリティやアクセス権限をコントロールした上で共有する仕組みとして、ClassNKの100%子会社としてShipDCが2015年末に設立された。ここに参加するユーザーグループであるIoS-OP (Internet of Ships - Open Platform) コンソーシアムが2017年の準備期間を経て、2018年に設立された。IoS-OPでは、①データ共有のためのルール、②データ品質、③データカタログに関する協議が行われている。

ここでは詳細の説明は割愛するが、ISO19847/19848とShipDC/IoS-OPが提供する、船舶データの名前付けのフレームワークは、船舶で収集するデータを最終的なアプリケーションに紐付けるための構造化された仕組みを用意しており、理論的には、どのようなアプリケーション、あるいは本船上のセンサーデータも、このフレームワークの中でしっかりと繋がる仕組みが構想に組み込まれており、非常にシステムティックなものとなっている（図3）。今後、ますます船舶の性能、運動、構造、機関、補機、カーゴなど様々な対象でデータ活用の機運が高まると考えられるが、それらを体系的に扱うスキームそのものの保守も行いながら、こうしたデータ活用が様々なドメインの専門家との協業によって促進されることを期待したい。

このように、先のISO19847/19848の国際技術標準と、ShipDC/IoS-OPから構成されるデータ共有のためのオープンプラットフォームは、中立的なデータ共有のための基盤で、データ活用のルール整備など産業データの共有、活用に関するビジネス上の

合意形成を産業として図る、世界的に見ても、他産業から見ても非常にユニークかつ先進的な事例になっている。従来から様々な技術連携が行われてきた日本の海事クラスターの特徴、良さを活かした取り組みで、今後、グローバルに賛同者、利用者を増やして、海事分野におけるデータ共有のスタンダードとして定着し、日本がこうしたデータ活用に関して世界をリードする役割を果たすことが期待される。

船舶IoTデータ名称フレームワークとその活用戦略

- ・ IoTデータにしっかり名前を付けることは、地道な作業ですが、AI、ビッグデータなどデータ活用における非常に重要な基本です。
- ・ 船舶IoTデータ名称に関するフレームワークにおいて、ISO19848 AnnexBに記載の標準辞書(名前規則とコードブック)及び標準データカタログを保守・更新していくことで、論理的には、どんなIoTアプリケーションにも対応可能。

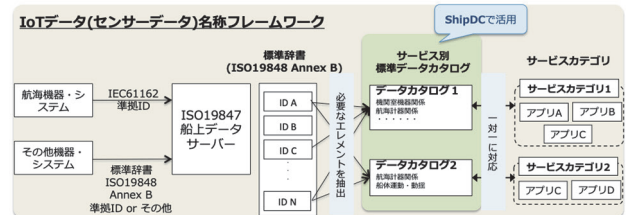


図3 船舶IoTデータ名称フレームワーク

7. デジタルライゼーションの今後の課題

次に、デジタルライゼーションを海事産業に取り込んでいく上での今後の課題について述べたい。

まず、海事産業を構成する荷主、海運、造船、船用、船級、保険、ブローカーと言ったそれぞれの立場で、それぞれの業務や顧客との関係において、デジタルライゼーションが進んで行くと考えられる。ビジネスの課題なので、なかなか外からは分かりにくいですが、やはり実際のビジネスやオペレーションの改善は非常に速いスピードで進化していくのだろうと思う。ここでもそれぞれのビジネスの専門家とITの専門家の協業は必須である。

また、海運全体としては、船舶のゼロエミッションに向けた技術開発と自律船の実現による船舶運航の省力化の二つの大きな課題がある。

ゼロエミッションに向けた取り組み分野は、今後、課題の整理が進むと思うが、一つには現在、模型試験をベースに船型・プロペラの最適化が行われているが、実船の計測技術、実船スケールのCFDなど解析技術が進んでいくので今後、実船スケールでの船型設計・プロペラ設計の最適化が進むことが期待される。造船所、船会社、メーカーが連携して、先端的なコンピュータ技術や計測技術を駆使することで出来る取り組みである。

実海域性能の評価技術も期待される分野である。現在、海上技術安全研究所が中心となり共同研究プ

プロジェクトOCTARVIAが進められているが、風波下の船舶の性能に関する共通の物差しを作ろうと言うもので、同時に解析ツールも開発されるので、海運、造船、船舶の共通の基盤技術として期待される。

また、船舶の構造ヘルスマニタリング、エンジンやタービンをはじめとする機器の状態診断、余寿命診断と言った技術も、船舶の設計、運航をより合理的に改善するための手法として、現在、研究が進んでおり、今後の実用化が待たれる。

以上に述べた、様々な今後の課題に共通するものとして、船舶で収集するデータがある。是非、前述のオープンプラットフォームがこうした様々な目的で活用され、研究や実用化が進むことを期待する。

また、もう一つ大きな課題として自律船の技術開発がある。ここでは主に、船舶メーカーの技術開発のテーマと、もう一つは、広くこうした高度で複雑なシステムをどのように我々は安全にオペレーションをするか、と言う運用、制度、社会的な課題も大きい。しかし、少子化する日本の中で、この課題への取り組みは避けられず、また、歴史的にも日本は1970年代以降、盛んに研究に取り組んできた実績もあり、こうした技術のタネを育て、社会的に受け入れられるような状態にレベルアップすることが求められる。そこでは、総合的な安全性評価、システム・インテグレーション、ソフトウェア信頼性、サイバーセキュリティなど、新しい課題もあり、これらの多くは極めてコンピュータ技術やソフトウェアに関するものである。

今後、日本の海事産業は、これらの課題の克服のためのハード・ソフトの両面において、研究開発、実証、実用化、運用を着実に進めて行くことが世界から期待されている。データ共有の枠組みも活用しながら、海事分野全体としてデジタルライゼーションを進めることは、ゼロエミッションや自律船といった海事分野の大きな課題解決に向けた動きと、極めて密接な関係がある。

8. まとめ

海事分野のデジタルライゼーションについての一見解を述べさせて頂いた。会社を超えて、海事分野全体として、デジタルライゼーションによって合理化・効率化を進めて行くことが求められており、その上ではデータの活用が重要で、ドメインの専門家とITの専門家との協業の重要性について述べた。船舶データの活用においては、日本からオープンプラットフォームの枠組みを提案しており、今後、この活用が期待される。

今後、そして、ゼロエミッションや自律船と言った大きな課題に向かって進んでいく必要があるが、データと膨大なコンピュータのパワー、そしてドメイン知識を活用して、海事産業全体の合理化・効率化を進めていくことが、グローバルな社会経済の一員である海事産業のデジタルライゼーションの目指すところと考えている。

参考文献

- 1) マイケル・ウェイド, DX実行戦略 デジタルで稼ぐ組織をつくる, 2019
- 2) 尊田雅弘, 造船システムの現状と今後の展望, 日本造船学会講演会論文集 第5号, 2005
- 3) 日本郵船株式会社百年史, 1988
- 4) ディーゼル油送船(含兼用船)NK-MO 機関部 自動化標準仕様, 日本船舶機関学会 第9巻 第1号, 1974.1
- 5) 小山 健夫, 外洋航行中の船の最適自動操舵系に関する研究, 造船協会論文集, 1967年122号 p.18-35, 1967
- 6) 電子制御ディーゼル機関とは?
http://www.marine-engineer.or.jp/images/denshiseigyo_diesel.pdf
- 7) Michael Grieves, Virtually Perfect: Driving Innovative and Lean Products through Product Lifecycle Management (English Edition), 2012
- 8) Tomas Kellner, Wind in the Cloud? How the Digital Wind Farm Will Make Wind Power 20 Percent More Efficient, GE Industrial Report, Sep 2015
<http://www.gereports.com/post/119300678660/wind-in-the-cloud-how-the-digital-wind-farm-will/>
- 9) 安藤, 大和, 堀, 増田, 白山, テキストマイニングを用いた故障報告書分析手法の研究, 日本造船学会論文集, 2002年192号 p.475-483
- 10) S. Letourneau et.al.,: Data Mining to Predict Aircraft Component Replacement, IEEE Intelligent Systems and their Applications, Volume 14 Issue 6 Nov/Dec 1999
- 11) ISO 19847:2018 - Ships and marine technology — Shipboard data servers to share field data at sea
- 12) ISO 19848:2018 - Ships and marine technology — Standard data for shipboard machinery and equipment

- 13) IEC 61162-1:2016 - Maritime navigation and radio communication equipment and systems
- Digital interfaces - Part 1: Single talker and multiple listeners

