

# MEGURI2040を通じた技術開発への挑戦

— 安全運航・労務負担軽減に向けて —

鈴木 武尊\*

## 1. はじめに

大量の物質を一度に輸送できる船は、環境負荷の低い輸送手段として、モーダルシフトの担い手である。島国であるにも関わらず、日本は経済成長と経済のグローバル化により、いつでもどこでも欲しいものが手に入る世の中になって久しい。外航海運会社は、海外から原料や物品を国内に輸送し、国内の物品を海外に輸送する。内航海運会社は、これらの貨物を含めた国内発着貨物の輸送に従事する。海外とのサプライチェーンの一翼を担い、国内物流を支える生活インフラである内航海運業が、人口減少や陸上とは異なる特殊な就労環境に抛り、人手不足に直面していることは新しいことではない。環境破壊・気候変動が大規模・高頻度化して行く中、資本主義社会を見直す議論が世界中でされているが、長年構築され使われ続けてきたシステムを急に変えることは現実的ではないように思われる。とすれば、人々は米国からの豚肉も、メキシコからの塩も、オーストラリアからの鉄鉱石も、意識するかしないかに関わらず必要とし続け、その供給インフラとしての内航海運業は今後も必要な存在であることは自明である。安定的な輸送サービス提供の為、及びモーダルシフトの推進のために、船員の労務負担軽減による職場環境の改善と、もう一つの課題である不適切な操船や見張りの不十分に起因するヒューマンエラー予防による安全運航の向上に取り組む必要がある。

今回、同じような危機感を持つ日本財団よりMEGURI2040プロジェクト活動の一つとして助成金を受け、内航船社やメーカー、エンジニアリング会社等とコンソーシアムを組み、無人運航船実証実験を進めることで、その技術が上記課題への一つの解となるか見極めたい。

尚、筆者は、入社後コンテナ船部門を始めとした損益部門での営業活動や調達業務、他社に於いてロジスティクス事業立上げ等を主に行ってきており、技術背景を持ち合わせているものではない。船社の生き残りや事業拡大、サービスの差別化の観点から、本技報を執筆させて頂くこと、ご了承願いたい。

## 2. MEGURI2040プロジェクト

船員の高齢化による船員不足と、ヒューマンエラーによる海難事故、内航海運業界が抱える課題に対して、無人運航船が実現することにより、これらの課題を解決することを目指して2020年2月より始動した、日本財団主催プロジェクト。2021年度末迄に実証実験を行う。

### 2.1 内航船員不足の現状

国土交通省に拠ると、内航船員は28,435名(2019年時点)と云われているが、年齢構成を見ると、50歳以上が半数近くを占め高齢化が進んでいる<sup>1)</sup>。また、60歳以上が35%以上に上り、これらは数年のうちに退職予備軍となっている。一方で、30代未満の船員比率は20%に届かず、若年船員の成り手は少なく、船員不足は慢性的な構造的問題となっている。内航船員は、同業者同士での引き抜き合いを生み、1人の退職船員に対して数十社がスカウトをかけるという状況である。内航船員の退職理由の35%が、在社1年未満の自己都合という統計結果にもそれが表れている。結果、各社が船員の頭数の確保を最優先課題と捉え、安全運航が棚上げされ、事故減少に繋がっていない。

こういった背景の中、船員の職場環境については、船員室の改善、トイレやシャワールームの充実、Wi-Fi完備、新規航海計器導入等ハード面での充実を進めているものの、船員の絶対数不足により、交代要員の不足に伴う乗船期間の長期化や総労働時間の増加など悪化している面がある。船主にとって、船員の労務負担軽減への努力は、最優先事項の一つであり、航海中の自動化・自律運航が実現すれば、1ワッチ～2ワッチでも当直を減らすことによる船員の船内生活の安定、労働時間減に繋がることが期待される。

### 2.2 事故要因

海難事故原因は、見張り不十分、操船不適切、船位不確認、気象不注意、水路調査不十分等のヒューマンエラーが大半を占める<sup>2)</sup>。ヒューマンエラーは何故起こるのか。一言で言えば「人間だから」、ではあるが、もう少し分解すると、人間故の錯覚・

\* 株式会社 商船三井

思い込み、集中力の低下、深く考えない、想定外シーンでのパニックになる等が考えられる。対策として、船員教育や各種キャンペーン、つまり人に対するアプローチを行ってきているが、ヒューマンエラーは無くならない。「人間だもの」と諦めるのではなく、機械化・自動化によってヒューマンエラーの発生を防ぐ取組みが必要であり、今回のプロジェクトでは、技術面での検証を行う。

### 2.3 当社参加目的

船員不足の話こそないが、船員の労務負担軽減と安全運航は外航海運業界に於いても大きな課題である。これらの課題を解決することで、外航・内航を問わず、安定的なサービスを継続提供と、海上輸送の需要喚起の為に、本プロジェクトの参加を決めた。

## 3. 実証実験概要

既存内航船に対する自律運航システムのレトロフィットを行い、離岸から着岸迄、無人での運航実験を試みる。但し、実際には通常通り船員が乗船する。現行法においては船員の搭乗要件が規定されており、無人運航における責任に関する特別な扱いも存在しないため、実証実験においては、船舶の運航責任は船長であり、船長判断でいつでも実験中断・中止が実行されるものとする。そして、実験中は自律運航から速やかに通常の手動運航に切り替え可能なシステム及びオペレーションとする。

2020年2月からプロジェクトを開始し、要素技術の開発や検証を実施しながら、2021年後半から2022年初頭に実海域での実証実験を計画している。

### 3.1 実証実験船

モーダルシフトの牽引役である大型カーフェリーである「さんふらわあ しれとこ」(商船三井フェリー(株)保有・運航)と、内航海運主力サイズである749型コンテナ船「みかげ」(井本船舶(株)保有、井本商運(株)運航)と、サイズ・タイプの異なる2船にて実証実験を行う。夫々の実証実験航路は、苫小牧港から大洗港迄の400mileと敦賀港から境港迄の145mileの実海域とする。

表1 実証実験船・実験航路概要

| 船名     | さんふらわあ しれとこ       | みかげ             |
|--------|-------------------|-----------------|
| 船種     | カーフェリー            | コンテナ船           |
| 総トン数   | 11410t            | 749t            |
| LOA    | 190.0m            | 95.5m           |
| Beam   | 26.4m             | 13.5m           |
| Draft  | 6.85m             | 3.8m            |
| プロペラ   | CPP x 2基          | CPP x 1基        |
| スラスト   | BT x 2、ST x 1     | BT x 1          |
| 商業航路   | 苫小牧港⇄大洗港          | various         |
| 実証実験航路 | 苫小牧港→大洗港(400mile) | 敦賀港→境港(145mile) |



図1 「さんふらわあ しれとこ」



図2 「みかげ」

### 3.2 技術開発

自律運転は、認識・認知、判断、制御(操作)により実現される。各種センサからの認識情報(他船、ブイ、障害物)などの位置、進路、速度、自船からの方位の推定、それらの情報を統合するセンサーフュージョンが認知となる。判断・制御は、船員による計画航路、自船周囲の他船の予測行動と海図情報に基づく避航経路候補の生成及びその評価、航路・経路追従制御で構成される。

本船による認識・認知部分の技術開発を古野電気(株)が、判断・制御部分の技術開発を三井E&S造船(株)が担う。尚、係船支援技術として、UAV(Unmanned Aerial Vehicle)による本船から岸壁へのヒービングライン投下技術は、(株)A.L.I. Technologiesが開発する。

表2 開発技術分野・担当概要

|                                 | 認識・認知      | 判断         | 操作      |
|---------------------------------|------------|------------|---------|
| 開発者                             | 古野電気(株)    | 三井E&S造船(株) |         |
| 港外                              | 自船周囲認知システム |            | 避航操船自動化 |
| 港内                              |            |            | 港内操船自動化 |
|                                 | 離着棧支援システム  |            | 離着棧自動化  |
| 係船支援システム(株)A.L.I. Technologies) |            |            |         |

各技術に対して、ユーザーである船社・船員によるフィードバックを重ねて、精度を高めているとこ

ろである。

### 3.3 安全性担保

(株)ClassNKコンサルティングサービス・(一社)日本海事検定協会を起用し、HAZID手法によるリスク評価を実施した。実験船2船に対して、①無人運航船のオペレーション及び新技術のレビュー、②無人運航船に関わる潜在的なハザードの洗い出し、③リスク解析による現状の安全対策の有効性の確認及び④必要に応じた追加のリスク制御対策を講じた。実証実験時に、ハザード発生時に確実にフォールバックが実施されるように、船員が容易に参照できるような簡易版マニュアルを作成する。

一方で、避航操船自動化技術、港内操船自動化技術、離着岸自動化技術は、MOLマリン&エンジニアリング(株)の3D操船シミュレータで避航動作の検証を行い、改善点を洗い出し、対処した後実船での実証実験を行う。

### 3.4 協力体制

今回のように、実際に商業運航されている船を使った大規模な実証実験には、多くの方々の協力体制が必要となり、そこをコーディネートするのが船社の役割でもある。

コンソーシアムメンバーは勿論のこと、国土交通省、海上保安庁、各港の海上保安部、港湾管理者、港湾管制、漁業協同組合、港湾を利用するクルーザや釣り船の利用者等多くの方々に対して、本実証実験の説明を行い、理解頂き、協力を得られることとなった。

## 4. 直面した難しさ

日本財団の助成条件が、既存の内航船を使つての実証実験であったため、商業運航している本船のスケジュールを調整して、機器設置の為の入渠や要素実験の予定を組むこととなった。船主・運航者である、井本船舶(株)・井本商運(株)、商船三井フェリー(株)は、目の前の商売と未来の可能性への投資の間で、判断頂き、実験準備のために本船スケジュール調整で多大なる協力が必要となった。

また、「みかげ」については、実証実験時に複数のエンジニアや関係者が乗船することとなる。定員を超える乗船者数となるために、一時的に定員を増加する臨時航海手続きを行う必要が生じ、本船の居住区の改造や救命艇・救命胴衣の追加設置を行った。

3D操船シミュレータでの実証実験では、シミュレータから出力される信号周期が、自動操船モジュールの信号周期と異なっていたため、思うような制御ができないこととなったが、装置の改修を行うこ

とによって無事に解決している。

## 5. 分かってきたこと

実証実験は最終年度である今年度に行う予定だが、現時点で判ってきたことを以下記載する。

### 5.1 システムの視点

一つ目は、船員視点と実験で利用するシステムの視点の違いである。着岸時のオペレーションを例にとろう。マスト灯のような船の構造物の一部と陸上の目印との間の距離や角度を見て、自船の状態(船位、侵入角度、岸壁までの距離等)を把握している船長等の人間に対して、システムは、船首や船尾、船橋から岸壁まで距離や角度を各種センサ情報として利用し操船を行う。前者が内在的視点、1人称の視点であるのに対して、後者は目的或いはシステム設計から逆算した外在的視点である。全く別の視点で船の状態を把握することに対して、人間はその評価の術を知らない。普段の視点とは違う数値が何を意味するかは分かっても、自身の操船にその数値を使用することはない。故に、その妥当性・安全性の評価を人間(海技者)が行うことが出来ないのが理屈である。船長に拠っても参照する数値や目安は異なるので、人間同士でも評価は難しい。

### 5.2 操船方法の評価

となると、評価の対象となるのは、それらセンサ値を受けての自船の動きとなる。これが分かってきたことの二つ目である。どのタイミングで舵を切るのか、舵角は何度とするのか、何分後にどの位置にどのような姿勢でいることを目指しているのかを評価することが適当となる。しかし、ここで一つ問題がある。操船方法も船長によって異なるため、評価基準は「受け入れられる」操船方法かどうかとなる。受け入れられるものがbestである可能性はあるものの、評価基準はacceptableであるかどうかである。つまり、システムが提示する計画や動きが最適かどうかの評価することはできないという事であり、システムの数だけ解が存在するということになる。同じシステムでもロジックやパラメータ調整を行う度に解が変化するということになる。どうやら、無人運航を含んだ自律運航とは、人間くさい部分があるようだ。人間には間違いがあるように、システムにも間違いがある可能性すらある。それを判断するためには、どのような計画をたて(未来)、どのような状態にある(現在)が分かるようなHMI(Human Machine Interface)が必要となる。HMIは人間とシステムの意思疎通のツールであり、本船上での利用に加えて、遠隔監視には必要不可欠なも

のであると同時に、システムの向上にも必須のものとなる。

### 5.3 センサによる認識・認知

話をセンサに戻そう。様々な統計が、事故原因の大半がヒューマンエラーであると示している。その中でも、見張りを行っていなかった、他船や障害物の見落とし・見誤りがあったといった見張り不十分がその原因の多くを占めている。視認度合いや海域に応じて、航海士は目視とRADAR・ECDIS等航海計器の監視による見張りを行っているが、得てして、ベテラン航海士の方が確実に他船や障害物を認知するようだ。これを勘と表現する人もいるが、経験である。晴天時、雨天時、夜間に対象物がどのように見え、どのような動きをするか、自船の動きに対してどんな反応をするか、近くに陸地はあるか、付近の水深はどうか等、複数の情報を総合的に判断する経験を重ねることで、対象物が船であるかそうでないかを認知することができるようになる。経験の少ない若手航海士には、当然難しいことである。

一方で、この環境下でのこの見え方は〇〇であるというパターンを記憶し、確率計算を行うのがコンピュータである。夜間や濃霧等の視認性が低く、人間では苦手とする環境では、優れた認知を行う可能性が高い。一方で、ベテラン航海士のレベルで認知を行うには、既述の通り複数の情報から総合的に判断を行う機能や、時間の経過とともに変化する情報から、一旦下した判断に修正を加えることができる機能等の人間が行っている認識・認知と同様のロジックを実現するアルゴリズムの開発が必要だと考える。三つ目の発見である。

### 5.4 センサ技術に対する投資

では、どのような種類のセンサを付ければよいのか、どれだけの数のセンサを付ければよいのか。付ければ付ける程、コストが嵩むために、大きな効果が目に見えない限り、導入のインセンティブが働かない。大きな効果は、センサそのものにはなく、認知、判断、操作にまで範囲を拡げて、如何に安全運航に寄与するか、如何に船員労務負担軽減に寄与するかを提示することが必要となる。現実的には、既存のセンサに加えて付けることのできるセンサは限られているだろう。

センサで取り込めない潮流や波浪の情報をどのように推定するか、これも課題の一つである。人間が感覚で行っていることをシステム化するには、アルゴリズムを開発することで推定できるかもしれない。入手するセンサ情報を選び、認知・判断・操作に活かす体系的な設計を行うシステムインテグレーションが必要だということが、本プロジェクトを通して

分かってきた、四つ目のことである。

### 5.5 開発から検証にかかる時間

五つ目は、実験を行うには実に多くの時間が掛かるということだ。船は車と異なり一船毎に仕様が異なる。同じ設計図から製造した姉妹船であっても、船台が異なれば、全く同じ性能の船となる訳ではない。これは、同一性能のモデルを大量生産する車が発売前に多くの時間とモデルカーを費やして、性能テスト・耐久テストを行う自動車業界とは対照に、少量生産で製造期間が長く、個体当たりのコストが高い船に対して、船体模型を使った水槽試験やCFDによる船型開発・性能評価を行わざるを得ない海事業界の事情に起因している。つまり、一つの認知システム、一つの判断システム、一つの操作システム、それらをまとめた自律操船システムは、必ず個船毎の調整作業が発生する。個体毎の調整作業は車であっても同じかもしれないが、違いはそのタイミングと期間にある。上述の通り、車は発売前に新機能を十分に評価する。濡れた路面、視界の悪い環境、強風時、高温が続く環境、湿度の高い/低い環境、ありとあらゆる環境でのテストが行われ、テストに合格したモデルが発売となる。船の場合は、性能評価や耐久性評価が実質実船にて行うこととなるため、竣工後の調整となる。加えて、環境が異なる度に調整の必要が出てくる可能性があり、その度に運よくエンジニアが便乗していない限り、どんな場面でも使える商品となるには時間を要する。短期間で商品化し普及するには、『海事産業将来像検討会 報告書』でも言及されているように<sup>3)</sup>、船毎の最適なモジュールの組み合わせが判断できる程度のシステムインテグレーションのレベルアップを図り、様々な環境下での再現性の向上を目指す必要があるのではと考える。

## 6. 所感

MEGURI2040が開始され、早1年以上が経ち、色々なことが分かってきた。やってみなければ分からないことだらけであり、今後取り組むべきことが見えてきた。これらを一つずつ解決して、今年度後半の実験時にどのような状態になっているのか、今から楽しみである。

一方で、冗長性の担保、他船や航路管制との意思疎通及び相互協力による他船を含めた安全確保、機関部の自動化等検討しないといけない問題が山積している。最大の難関は経済合理性である。つぎ込んだコストに見合うだけの成果が得られるかということは、古くて新しい問題である。操船者が担ってい

る機能を分解し、分解したタスク毎に自動化しようとするのであるから、当然コストが掛かる。図3を使って話をすれば、外部情報を目や耳ではなく、新規開発した或いは既存のセンサで取得し、センサ値の取捨選択・補正・統合を行うシステムを開発し、それを基にどんなアクションをとるか判断するアルゴリズムを開発し、操作を指示するシステムを設置することとなる。また、それぞれの機能の精度を高めるために継続的な投資が必要となる。普及とコストダウンはニワトリ・タマゴ問題と言い切れるのか、コストを下げるのには異なるアプローチが必要なのか、運航レベルをどこに置くかの問題なのか、目的によって変わってくるものなのか。自動運航技術が実用化されている航空業界にヒントがあるかもしれない。飛行機のパイロットが、着陸時にオートパイロット機能を使わずマニュアル操作をしていることにどんな理由があるのだろうか。陸上設備によってはマニュアル操作しかできない空港があるのだろうか、パイロットの訓練の為か、事故が発生した際の最終責任をパイロットがとる為に、リスクの高い着陸の場面で機械任せにできないという心理が働くからか。未だ世間に存在しない無人運航というコンセプトに対しては、技術的・心理的な壁はより高く、その壁を正確に把握し、正面から対応する必要があると考える。使ってもらえない技術は廃れる。開発者の自己満足ではなく、実際にユーザーが使うシーンをイメージし、一つ一つ対応をしていくことが技術を利用してもらえらる近道だと考える。

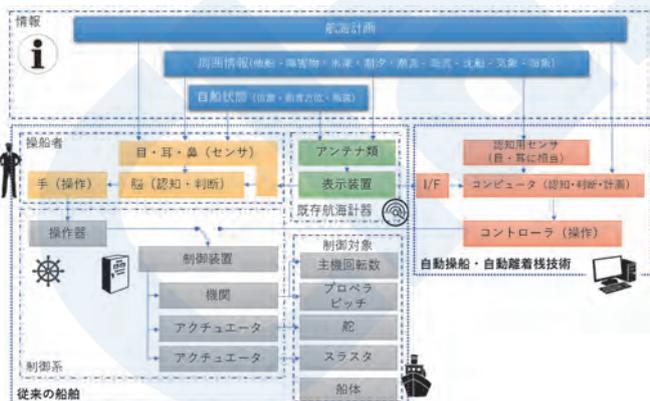


図3 既存運航船との違い

## 7. 結びに代えて

およそ技報に相応しくない散文的な寄稿である。タイトルから、羊頭狗肉であるとの批判もあろうかと思うが、甘んじて受けさせて頂きたい。一方で、今回の執筆は、船会社として何故このプロジェクトに参画しているのか、どんな役割をこなしているの

かという、読者の素朴な疑問に少しでも応えられるものであったなら幸いである。

筆者の所属する(株)商船三井 スマート SHIPPING 推進部の研究開発スタンスはオープンイノベーションである。自社だけではできないことを、それぞれの強み、役割を持ったものが集まって新しいモノを生み出す。それが参加会社や船員、社会の為になる。そう信じてこの研究開発を進めている。とは言え先立つものがないと、大きなことができない。やってみないと分からないことがある、歩き始めないと見えない景色がある。今回は、日本財団にそのきっかけを与えてくださった。コンソーシアムのメンバー各社の熱意と協力に応えられるように残りの期間を歩んでいきたい。

## 謝辞

MEGURI2040プロジェクトの助成により、技術開発の機会を頂いた日本財団に衷心より感謝申し上げます。

また、コンソーシアムメンバーは勿論のこと、国土交通省、海上保安庁、各港の海上保安部、港湾管理者、港湾管制、漁業協同組合、港湾を利用するクルーザや釣り船の利用者等多くの方々に協力を頂いた。良き理解者・支援者がいて初めて実験ができることを強く意識し、ここに感謝の意を表したい。

船主・運航者である、井本船舶(株)・井本商運(株)、商船三井フェリー(株)には、実験準備のために本船スケジュール調整で多大なる協力を頂いた。特に船員の方々は、休暇や休憩時間を実証実験等に割いて頂き、改めて感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 一般社団法人日本船主協会：SHIPPING NOW 2020-2021
- 2) 海上保安庁：令和元年 海難の現況と対策
- 3) 国土交通省海事局：海事産業将来像検討会 報告書

