

# 自動運航船の実用化に向けた最新動向と課題

清水 悦郎\*

## 1. はじめに

本稿を読んでくださる多くの方々には既知のことであるが、英語でMaritime Autonomous Surface Ships (MASS), 日本語で自動運航船, 無人運航船, 自律運航船などの名称で呼ばれる船舶の実用化に向けた実証実験を含む研究開発が世界各国で積極的に進められている。日本語における自動運航船, 無人運航船, 自律運航船の違いに関しては, 著者なりの定義づけを後述するが, 本稿ではまとめて自動運航船と呼ぶこととする。

国によって多少の温度差はあるが, 自動運航船に関する研究開発を行う目的は, 「船舶運航の安全性向上」, 「船員の負担軽減」, 「船員不足への対応」, 「環境負荷低減」, 「運航コスト削減」, 「技術的興味」に分類できる。COVID-19のために海外渡航が制限され現地調査を行うような活動が難しくなりましたが, 諸外国においても抱えている問題は同じだなあと実感することが多い。裏を返せば, 日本国内で抱える問題を解決する技術を開発すれば, 同じ技術を海外に売り込めるチャンスが多いということである。

一方, 諸外国では単に技術開発を進めるだけでなく, 技術開発の段階から法制度整備・国際標準化をにらんだ活動も積極的に行われている。日本においても国土交通省が2020年12月に「自動運航船の安全設計ガイドライン」を策定する<sup>1)</sup>, (一財)日本船舶技術研究協会が日本財団の助成を受けて「MEGURI 2040 (無人運航船)に係る安全性評価等事業」を実施し, その中で「無人運航船の実施に必要なと考えられる安全上の要件を取りまとめ, 自動・遠隔及び自動化レベルを統一して取り扱うガイドライン案を作成する」<sup>2)</sup>とする等, 国際標準化に向けた活動が始まっている。改めて述べる必要もないことであるが, これらの事業に日本海事協会の方々も参加されているため, 日本としても技術開発だけでなく法制度整備に関しても海外に向かって発信していく体制は整っている。

このような社会情勢を鑑み, 本稿では主だった国内外における自動運航船の技術研究開発動向を紹介

するとともに, 著者の考える技術的課題, 必要な研究開発事項について述べる。

## 2. 自動運航船とは?

### 2.1 自動運航船等の用語定義

はじめに著者の考えるMASS, 自動運航船, 無人運航船, 自律運航船, 自動航行船, 無人航行船, 自律航行船の定義を述べる。本定義はあくまでも著者が使い分けたほうが本稿で述べる技術動向を説明しやすいために定義するものであり, 一般的に認知されている定義ではないことをご承知おき頂きたい。現在, MASSに関しても, ISOにおいてISO/AWI 23860として検討されている段階であるため<sup>3)</sup>, 正式に定義されると本稿で用いている意味と異なる可能性があることをあわせてご承知おき頂きたい。

#### 2.1.1 自動航行船・自律航行船・無人航行船

「自動航行船」とは何らかの自動制御機能を使用して, 人間が直接, 舵や推進器等の航行に関する機器を操作することなく航行することのできる船舶全般のことである。既に既存の船舶の多くにも搭載されているヘディングコントロールやコーストラッキングも自動制御機能の一種であり, これらの機能を用いて航行している船舶も自動航行船である。また, 後述する, 自律航行船, 無人航行船も自動制御機能を利用して航行する船舶であるため, 自動航行船の一種である。

「自律航行船」とは, 各種センサをもちいて船舶周囲の物体を認識し, 衝突の危険のある物体であるか否かを判断し, 衝突の危険のある物体に対しては回避行動を行い, 回避行動終了後は設定された目的地に向かうための適切な航路に戻る, というような行動を, 人間の判断が介在することなく自動で行うことのできる自動航行船のことである。ヘディングコントロールやコーストラッキング制御には障害物を認識し回避するという認知判断機能はないが, 認知判断機能が搭載された自動制御装置を搭載する船舶ということが大きな特徴であり, 技術開発目標となっている船舶である。ただし, あくまでも操船に関する判断, 操作を人間が介在することなく行うこ

\* 国立大学法人東京海洋大学

とのできる機能を有する船舶という意味であり、実際に操船を行うことのできる船員が乗船しているか否かには関係がない。

「無人航行船」とは、船員が乗船していない船舶のことであり、上記の自律航行船の機能を搭載している、または遠隔地から人間が通信手段を介して操船指令を船舶に送信しその指令に基づいて航行する自動航行船のことである。船員が乗船していないということが条件であり、旅客は乗船していても良い。通信が途切れる可能性があることを考えると、自律航行船の機能を装備していることが期待されるが、自律航行機能を装備せず、遠隔地から舵や推進器等の航行に関する動作指令を送信するような遠隔操縦による船舶も、操船を行う船員が乗船していないのであれば無人航行船に分類できる。

### 2.1.2 自動運航船・自律運航船・無人運航船

船舶運航を考えた場合、「設定された航路上を一定速度で障害物を避けながら航行する」という航行機能だけでなく、「棧橋・岸壁から離れる」、「加減速を行う」、「沖合で投錨して航海状態から停泊状態に移行する」、「沖合で揚錨して停泊状態から航海状態に移行する」、「棧橋・岸壁に停泊させる」という作業や旅客、貨物の積込、荷下しという作業も行われている。海運会社の業務として考えると、船上作業だけで完結するわけではなく陸上設備との連携を図るとともに、単に一隻の運航を考えるのではなく複数の船舶運航との協調を図る必要がある。そこで本稿では、これらの業務全体で船舶運航が実現されている考え、これらの業務全体を行うシステムとして「運航」と呼ぶこととする。その運航を行う際に使用する船舶が、自動航行船、自律航行船、無人航行船である場合を、それぞれ「自動運航船」、「自律運航船」、「無人運航船」と呼ぶ。先に述べたように自律航行船、無人航行船は自動航行船の一種であるため、自律運航船、無人運航船も自動運航船の一種である。

### 2.1.3 MASS

日本国内でも用語の定義が確定していないことと同様に、海外においてもMaritime Autonomous Surface Ships (MASS) の定義はまだ確定していない。しかしながら、MASSに関する国際会議に参加して発表されている内容を考えると、船用機器関連企業、通信関連企業、スタートアップ企業がそれぞれ自分たちの技術を船舶に適用した発表を行っている。Autonomousという言葉が使われていることからわかるように、自律機能を搭載した船舶を想定としているため、2.1.2節で定義した内容的には「自律運航船」が日本語訳としては一番近い。しか

しながら、まだ自律機能は開発途上であり、自律機能の一部を開発した自動制御装置の段階での実験が行われている現状を考えると「自動運航船」と呼ぶ方が適している。よって、本稿ではMASS=自動運航船として考える。

## 2.2 自動運航船のハードウェア構成

研究開発目標となる自動運航船のハードウェア構成を図で表すと、図1のようになる。

基本的には、複数の自律航行船、遠隔地において監視を行いながら状況に応じて指示を行う遠隔制御室（遠隔指令室）、自律航行船と遠隔制御室間で情報交換を行うための通信システムの3つで構成される。自律航行船を航行させる海域の状況や、気象海象状況を観測するための監視観測機器を港湾やブイ等に設置して情報共有することも有用であるため、監視観測機器とも連携できるシステム構成としておくことが望ましい。

安全に自動運航船を活用するためには、船舶単体で状況を認識、判断し、航行する機能の実装が必要であるため、使用される船舶は自律航行船であることが必要である。

また、遠隔制御室に関しては、運転手が乗車しないという意味で自動運転技術が先行している鉄道の例を考えても運行管理を行う総合指令室が存在するので、航行する船舶に対して陸上側から監視するとともに、適宜、遠隔地から指令を送信することができるシステムの整備が必要である。

自律航行船と遠隔制御室、監視観測機器の間では情報交換を行うため、この情報交換に使用する有線・無線通信環境の整備が必要である。

## 2.3 自動運航船開発の目的

国によって多少の温度差はあるが、自動運航船に関する研究開発を行う目的は以下の通りである。

### 2.3.1 船舶運航の安全性向上

自動車分野の話となるが、2021年11月以降の新型車には衝突被害軽減制動制御装置（自動ブレーキ）

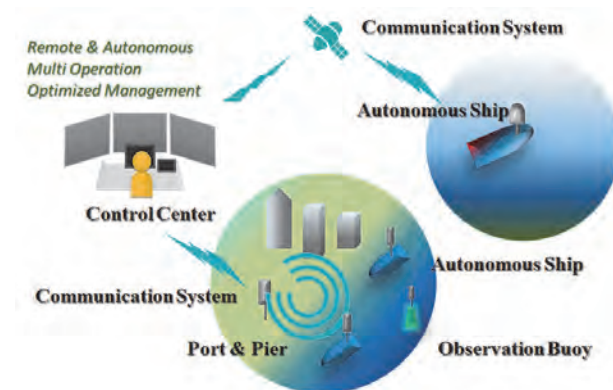


図1 自動運航船ハードウェア構成

が義務付けられる<sup>4)</sup>。これは、このような自動制御装置を搭載することによって事故の発生を抑制できるからである。人間は疲労等によって、どうしても見落とし、誤判断を起こしてしまう恐れがあるため、このようなミスによる事故を減らすために、人間の判断を補助する自動制御装置の開発が求められている。

### 2.3.2 船員の負担軽減

現時点においても、ヘディングコントロール機能を利用することによって、船員は目標針路を保持するために舵を操作するという業務負担を軽減するとともに、周囲を見張る業務に注力することができる環境となっている。さらに自律航行船が実現するような状況となれば、さらに見張り業務に対する負担も軽減することができる。

### 2.3.3 船員不足への対応

船員の業務は日本では、きつい、汚い、危険の3K職場の一つとして捉えられる場合もあるが、海外においてもDull, Dirty, Dangerousの3D jobと捉えられ、若者の就労希望者が少なくなっているとのことである。特に内航においては50歳以上の船員の割合が約46%を占めるため<sup>5)</sup>、近い将来、船員不足問題がより深刻になることが容易に想定できる。

### 2.3.4 環境負荷低減

自動運航船が直接、環境負荷低減につながるわけではないが、無人運航船が実現されれば船員の労働時間が長くなるという問題が発生しないため、船舶の航行速度を遅くしても良く、航行速度を遅くすることによって燃費を削減し、環境負荷低減に貢献することができる。

### 2.3.5 運航コスト削減

無人運航船が実現されれば、船員の雇用費用、乗船中の食費等の経費を削減することができる。さらに船舶内に船員が居住するためのスペースをなくして貨物を積載する量を増やすことができる。

### 2.3.6 技術的興味

特に自動車分野において、自動運転技術の研究開発が進んでいることから、船舶分野においても自動運転技術を利用する可能性があるのではないかと、という技術者の純粋な技術的興味から研究が進められている。

## 3. 国内外の自動運航船関連技術の開発例

### 3.1 国内外の関連技術開発動向概要

改めて言うまでもなく、自動運航船の開発を行うためには、数百億円という多額の投資が必要となる。

投資家からの資金を獲得するためにはやむを得ないことでもあるが、CGによるプロモーションビデオを活用したコンセプトの発表は大々的に行うものの実際に船舶を建造しての実証実験までなかなか進まない、船体は建造できても自動運航を実現するためのソフトウェア開発が進んでいない、というプロジェクトが多数存在する。本稿では、少々古いものも含まれるが、実際に運航されている比較的大型の船舶を利用した、自律運航船を目指した自動運航船の実証実験に焦点を絞って代表的な事例を紹介することとする。

## 3.2 国外の関連技術開発例

### 3.2.1 Rolls-Royce

2018年12月、Rolls-RoyceとFinferriesはTurku, FINLANDにて、全長53.8mのカーフェリー「Falco」によるParainen - Nauvo間の完全自律航行、先の定義でいう自律運航船の範疇となるデモンストレーションを実施した。Falcoの自動着岸の様子を図2に示す。センサとAIを統合した障害物検知システムを搭載し、障害物検知システムからの情報に基づいて障害物回避を行うとともに、自動着岸を船員が一切操作しない完全自律操船制御にて行ったとのことである<sup>6)</sup>。システム開発にあたり、約400時間におよぶ海上テストを実施したとのことである。なお、2019年4月に本自動運航システム開発プロジェクト（SVAN (Safer Vessel with Autonomous Navigation) プロジェクト）を行っていたRolls-Royceの商船部門はKongsbergに買収され<sup>7)</sup>、Rolls-Royceで自動運航船の研究開発を行っていたメンバーはGroke Technologiesを設立しているためか<sup>8)</sup>、その後のSVANプロジェクト関連の目立ったプレスリリースはない。

### 3.2.2 Kongsberg Maritime

2020年2月、Kongsberg MaritimeはBastø Fosen, KONGSBERG, the Norwegian Maritime Authority (NMA) と共同で、Bastø Fosenが運航

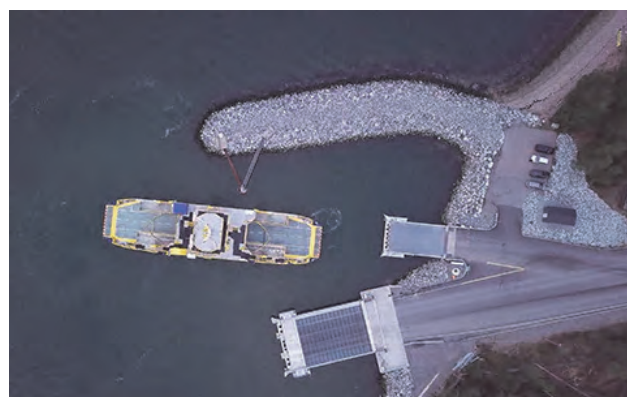


図2 「Falco」の自動着岸の様子<sup>6)</sup>

する全長約140mのカーフェリー「Bastø Fosen VI」に自動運航システムを搭載し、Horten-Moss間の通常運航されている状況での、出港から入港までの自動運航、本稿で定義する自動運航船の実験に成功した<sup>9)</sup>。図3にプレスリリースに掲載されている船橋の様子を示す。

### 3.2.3 Wärtsilä

2021年1月、Wärtsiläは、Cleveland, USのCrooked Riverにて、船齢42年、全長190mの船舶「American Courage」に自動運航システムWärtsilä SmartMove Suiteを搭載し、自動離着岸を含む運航を行っていることを発表した。American Courageの航行の様子を図4に示す。こちらも先の定義でいう自律運航船の範疇となる運航である。特筆すべき点は川幅が狭く回頭する場所がないため、前進後進それぞれの自動運航を実現していることである<sup>10)</sup>。

### 3.2.4 U.S. Department of Defense

2021年1月、U.S. Department of Defenseは、図5に示すような自律航行船で4,700マイル以上の航行に成功したと発表した。Gulf CoastからCalifornia



図5 「U.S. Dept. of Defense」の自律航行船<sup>11)</sup>



図6 浚渫兼油回収船「海翔丸」



図3 「Bastø Fosen VI」の航海の様子<sup>9)</sup>



図4 「American Courage」の航海の様子<sup>10)</sup>

海岸までの航海中、およそ97%を自律航海にて実施し、数少ない乗船している船員によって操船が行われた場面の一つはパナマ運河通航時とのことである<sup>11)</sup>。U.S. Dept. of Defenseからのプレスリリースではunmannedという言葉が使用されているが、船員が乗船して実験を行っているため、こちらも本稿での定義では自律航行船、自律運航船の範疇となる実験である。

## 3.3 国内の関連技術開発例

### 3.3.1 ジャパン マリンユナイテッド

現ジャパン マリンユナイテッドが開発し、国土交通省九州地方整備局関門航路事務所で運航されている図6に示す全長103mの浚渫兼油回収船「海翔丸」は、2004年4月より、接岸—陸上排送—離岸を自動化した「自動係船・自動陸上排送システム」の運用を行っている<sup>12)</sup>。予め設定された入港接岸航路を追従するコーストラッキング制御ならびに岸壁側に設置された自動係船システムのセットで、自動係船・自動陸上排送システムは実現されている<sup>13) 14)</sup>。障害物検知回避機能に関しては搭載しておらず、船員が見張り作業を行っている環境下で使用する自動制御装置であり、船舶としては自律航行船ではなく自動航行船の範疇となるが、離着岸を自動化しているという意味では自動運航船といえる。

### 3.3.2 日本郵船

2019年9月、日本郵船は図7に示す全長約200mの大型自動車専用船「IRIS LEADER」に最適航行プログラムを搭載し、新沙（中国）から名古屋港、および名古屋港から横浜港の試験区間（湾内を除く日本沿岸海域）において、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による航海を実施した<sup>15)</sup>。最適航行プログラムは避航操船を行うプログラムであり、本稿の定義でいう自律航行船の実験といえる。

### 3.3.3 三井E&S造船他4社

2021年5月、三井E&S造船、商船三井、東京海洋大学、三井造船昭島研究所、商船三井フェリーは、商船三井フェリーが保有する全長190mの大型カーフェリー「さんふらわあ しれとこ」を用いて、茨城県大洗港の実岸壁にて自動離着棧の実証試験を行い、大型カーフェリーとしては世界で初めて実岸壁での自動離着棧を成功させた<sup>16)</sup>。自動離着棧シミュレーションおよび実証実験の様子を図8に示す。プレスリリースには、避航動作に関する記載がなく自律機能を搭載しているか不明なため、本稿の定義でいう自動航行船の実験と考えられる。



図7 大型自動車専用船「IRIS LEADER」<sup>15)</sup>



図8 自動離着棧シミュレーションおよび実証実験の様子<sup>16)</sup>

## 4. 自動運航船実現に向けた課題

### 4.1 自動運航船実現に向けた課題概要

船舶といっても、全長数mのミニボートから、数百mとなる大型船まで存在する。大きさだけでなく、プレジャーボート、漁船、フェリー、貨物船、タンカー、自動車運搬船等、形状も大きく異なる船舶が多数存在する。そのため操船するための操舵室の場所や高さ、推進器の数や応答性、周辺環境の情報を得るために搭載されている機器類は、船舶によって全く異なる。さらに、一航海といっても、航路によって航海日数は異なり、航海中に要求される作業も大きく異なる。一方で、自動運航船の実現に向けた研究開発に取り組む大学、研究機関、企業は世界的に見ても非常に限られており、それぞれが自身に関係の深い船舶を対象に研究開発を進めているため、船舶業界全体としてうまく連携して研究開発が進められているとは言えない状況である。

そこで本稿では、著者の知る範囲内で、自動運航船に求められる機能、利用海域、船舶サイズ等の違いによる検討課題の整理を行う。

### 4.2 自動運航船に求められる機能

2.1.2節で述べたように、自動運航船を実現するために、まずは「設定された航路上を一定速度で障害物を避けながら航行する」、「棧橋・岸壁から離れる」、「加減速を行う」、「沖合で投錨して航海状態から停泊状態に移行する」、「沖合で揚錨して停泊状態から航海状態に移行する」、「棧橋・岸壁に停泊させる」という機能の実現が必要である。

3章で述べたように離着岸（棧）機能に関しては、カーフェリーや陸上側設備との連携によって、実現されている。錨泊対応に関しては、著者の調査能力不足のせいだと思われるが、研究開発例を見つけないことができなかった。

障害物を避けながら航行するという技術に関しては、まずは障害物を検知する機能の実現が必要である。検知する機能には、単に船舶を検知するだけでなく、運転不自由船、操縦性能制限船等を検知することや、漁網やブイ、漂流物、航路浮標を検知することが求められる。そのうえで、見合い関係や航行状況による優先順位の違いを判断して、避航方法を決定する、という判断能力も求められる。障害物の検知に関しては、人工知能（AI）を活用したシステムの開発が世界各国で行われており、日本においても2019年6月に日本船舶技術研究協会が「海の画像認識システム構築研究委員会」を発足させ、海における障害物検知を行うAIの開発に活用できる画像ビッグデータの収集・整備に向けた活動を行って

いる。本委員会の活動期間は2021年度までの3年間と予定されており、海の画像ビッグデータと教師データの整備は「協調領域」として業界共同で取り組み、AI技術やアプリ開発はシステム会社等が「競争領域」として実施することを考えて委員会は設立されている。本委員会はフェーズIおよびフェーズIIの二段階で実施され、フェーズIでは、画像データの仕様の決定及び教師データの試作を2019年度内に実施し、2020年度からはフェーズIIに移行し画像データの収集、教師データの製作、教師データを含む画像ビッグデータを二年間で実施する予定となっている<sup>17)</sup>。

#### 4.3 利用海域による違い<sup>18)</sup>

公園やテーマパーク内の閉鎖された水域であれば、水域内で運航される船舶および航路の状況をほぼ完全に把握することができる。この場合、不意の落水者等があったとしても、船舶に搭載したカメラ等による見張りだけでなく、水域周辺に別途、監視カメラ等を設置して航路全体を監視しておくことにより発見しやすい。回避すべき障害物か、水鳥など回避しなくても良い障害物かの判断は、現状では人間にゆだねる必要があると考えられるが、将来的にはAI等による自動検知が可能になると期待される。障害物を発見した場合には、障害物に衝突する前に停船さえできれば、最低限の障害物回避機能を備えているといえる。そのうえ、閉鎖水域であれば航続距離も短く必要となる推進システムの稼働時間も短いと考えられる。稼働時間が短ければメンテナンスは、別途、機会を設けて行えばよく、通常は単純に航行するために必要な制御だけを行えばよいので自動化はしやすい。離着岸に関しても閉鎖水域であれば自動運航船に適した棧橋を整備することによって操船制御を容易にすることができる。

河川や運河を横断するような見通しのある数百m程度のごく短距離の航路を運航する場合には、閉鎖水域の場合と同様に監視カメラ等を設置し、航路全体を監視することは比較的容易である。推進システムに求められる機能に関しても閉鎖水域と同様で良いと考えられる。閉鎖水域との違いは、閉鎖水域は他の船舶等が航路内に侵入してくることを想定しなくても良いが、閉鎖水域でない場所では他船等が航路に侵入してくる可能性を無視することができないことである。このため、航路内に侵入してくる他船を見つけ、動向を把握し、避けて航行するというような、より高度な障害物検知機能および障害物回避機能が要求される。また、環境によっては潮汐や流れの影響も考慮しなければならないため、このような観点からも、より高度な自律航行機能が必要とな

る。

河川や運河内等、直接的な見通しはないが、決められた航路を航行するような場合、ごく短距離の航路での状況に加えて、さらに検知すべき障害物が増えることとなる。推進システムに関しても、複数の場所で停船するとはいえ航海時間が長くなるため、より信頼性の高い推進システムが要求される。

港湾内を航行するような航路の場合、河川等の航路の場合よりも、大きさの異なる船舶が多数航行し、さらに他の船舶の進行方向も様々となり、漁網等の漁具類の検知も要求され、障害物検知機能の向上が必要となる。水域が広くなり波の大きさも大きくなるため、気象状況の把握ならびに気象状況に対応した操船が要求されるようになる。また、タグボートやパイロットボート等の自動運航化も考えられるが、この場合は単に自船の操船だけでなく、自船が操船補助を行おうとしている他船の動きも考慮しなければならないため、更なる操船制御の高度化が求められる。

ある港湾から出港し、数時間から数日の航海の後、他の港湾に入港するというような航路の場合、操船面に関しては、港湾内を自律航行できるレベルの操船システムとなっていれば、同じ操船システムを利用すれば良いと考えられる。推進システムに関しては、完全無人で数日間運用可能なシステムとなるよう信頼性の向上、メンテナンスフリーな推進システムが求められる。

大洋航海の場合、航海日数は数週間となるが、このような航海の場合、単に物資を輸送するための操船を行うだけでなく、船舶に対する各種メンテナンス作業も行われている。メンテナンス作業を航海中に行うことは、入渠時の作業を削減することにつながり、結果として船舶の稼働時間を長くすることにつながっている。このメンテナンス作業を自動化することは非常に困難であるため、操船に関する部分は自動化することが出来ても、メンテナンス部分に関しては人手に頼ることが続くと考えられる。

#### 4.4 船舶サイズによる違い<sup>18)</sup>

全長3m未満、出力1.5kW未満の小型船舶の場合、船舶安全法に基づく検査が不要であり、船舶職員及び小型船舶操縦者法上、操縦免許証をもつ操縦者が乗船して操船する必要がないため、実験等がしやすい船舶といえる。しかし、海上衝突予防法の観点から考えると、実験が許可されているわけではないので注意が必要である。また、出力1.5kW未満では、出力が小さいため利用できる船舶の大きさ、水域が限られ、船舶の操縦性能も制限されることから、実験結果の評価、他所への展開可能性に関しては注意

が必要である。

総トン数20トン未満の小型船舶は、運動性能が良く小回りが利く半面、波などによる影響も大きく受ける船舶である。人間が操船を行っている場合、他船による引き波を見つけると、自船の動揺が少なくなるよう波に向かう船首方向を調整するなど、マクロな視点では直線的に航行している状況でも、ミクロな視点では細かな操船を行っている。単に設定した航路を追従するだけでなく、このような細かな操船を行う機能の実現が必要である。また外乱の影響で、瞬間的に船首方位が変動しているように計測されたとしても、外乱の影響がなくなると元に戻るということが発生するため、船体の運動性能に応じて計測した値を処理する必要がある。

総トン数20トンを超える船舶に関しては、船舶の大きさによってさらに細かく分類する名称はないが、全長20m程度の船舶から数百mとなる船舶まで存在する。さらにタンカーなど、空荷と満載の場合で喫水が10m以上も変化してしまう、自動車運搬船は水上構造物の大きさが非常に大きいため風等の影響を非常に受ける等、運動性能が大きく変化するため、同一船舶でも状況に適した自動制御を行うべく制御系を設計する必要がある。さらに運動性能が異なるということは障害物を発見してから回避するまでに必要となる距離も異なってくることから、各種センサによって障害物を発見することが要求される距離も変化し、センサに要求される性能も異なる。推進器に関しても、小さな船舶ではプロペラの正転逆転を比較的簡単に切り替えることができるため正転逆転を切り替えることを前提とした操船が可能となるが、全長が数百mとなるような船舶ではプロペラの回転方向を変更して操船を行うようなことは現実的ではない。

#### 4.5 陸上側設備との連携

すべての操船作業を船舶側だけで行おうとすると、どうしても問題が複雑となる。例えば、係船作業に関しては、3.3.1節で紹介した海翔丸の運航で使用されている自動係船・自動陸上排送システムのようなものを用意できれば、船舶と陸上側での係船索の受け渡しというような作業をなくすることができる。また、船首船尾から乗下船を行うカーフェリーのような着岸方法が可能であれば、船舶を岸壁に横付けする場合と比較して容易に着岸制御を行うことができる。

遠隔制御室の設備に関しても、船舶の運転状態や海域情報の全てを航行中の船舶から得るとなると、無線通信網に頼らざるを得ないため、送受信できる情報量、通信速度はどうしても制限されてしまう。

しかし、航行水域によっては陸上側にカメラ等を設置することによって有線通信網も有効に活用できるだけでなく、カメラの設置場所を適切に選定することによって水域全体を俯瞰した情報が得られるため、各船舶にカメラを設置するよりも、より効果的に水域を監視することができることも考えられる。特に有線通信網の活用は、通信容量、通信速度、通信費用の観点からも有益となることが期待できる。

つまり、船舶運航に関して船舶側だけで全ての問題を解決しようとするのではなく、陸上側設備を有効に活用することによって解決すべき問題が簡単になり、費用も安くすることができる可能性があるため、陸上側設備の開発状況も把握し、積極的に利用する意識も必要であると考えられる。

#### 4.6 法制度整備・国際標準化

先日、国際海事機関（IMO）海上安全委員会 第103回会合（MSC 103）が終了し、2018年より行われていた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が完了した。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、ほとんどの条約改正や解釈が不要との結論になり、今後の優先検討事項として以下の事項が合意されたとのことである<sup>19)</sup>。

- 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  
（自動運航船における「船長」、「遠隔支援センター」等の基準上の位置づけ等）
- 自動運航システムの適用等に関するガイドライン策定

今後、より具体的に開発した技術の社会実装に向けたルール形成活動が活発化すると考えられるが、我が国海事産業の国際競争力強化のためには積極的にルール形成活動に参加していくことが必要である。そのうえで、開発された技術に対するルール形成だけでなく、開発された技術を利用する運用管理技術者、具体的には自動運航船に乗船する船員や、遠隔制御室にて運航管理を行う人員に関する資格、トレーニング法に関する検討、法制度整備も必要であると考えられる。

## 5. おわりに

本稿では著者が把握している自動運航船の実用化に向けた最新動向と、著者自身が自動運航船の実用化に向けた研究開発を行っている中で考えている課題を述べた。自動運航船の研究開発に関して、海外から非常に積極的に発信されているため、海外企業の技術が進んでいるように感じている方も多いかと思うが、詳細に確認すると技術的には日本国内で研究開発されている技術も大きな差はない。むしろ、一部の問題だけに焦点を絞って開発されていることも多いため、現状のCOLREG条約等を満たしていないような技術も散見される。自動運航船が実用化されるとしても、全ての船舶が一斉に自動運航船になるわけではないので、既存の船舶との共存が求められる。つまり、現状の各種条約を確認し準拠した技術開発が必要であり、日本から発信する技術に関してはしっかりと条約に準拠した技術が発信されていくことを期待したい。そのうえで、近年は日本国内においても、様々な実証実験が行われているため、これらの実証実験結果を発信するとともに、実験結果に基づいて自動運航船の安全運航に必要なルール、ガイドライン等に関して積極的に発信し、日本で開発された技術が自動運航船の標準技術となることを期待している。

### 参考文献

- 1) 国土交通省 : [https://www.mlit.go.jp/report/press/kaiji06\\_hh\\_000233.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/kaiji06_hh_000233.html)
- 2) 日本船舶技術研究協会 : <https://www.jstra.jp/conference/docs/MEGURI2040.pdf>
- 3) ISO : <https://www.iso.org/standard/77186.html>
- 4) 国土交通省 : [https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha08\\_hh\\_003618.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha08_hh_003618.html)
- 5) 日本海事広報協会 : 日本の海運 SHIPPING NOW 2020-2021, 2021
- 6) Rolls-Royce : <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2018/03-12-2018-rr-and-finferries-demonstrate-worlds-first-fully-autonomous-ferry.aspx>
- 7) Kongsberg : <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2019/kongsberg-completes-rolls-royce-commercial-marine-acquisition/>
- 8) Groke Technologies : <https://www.groke-tech.com/>
- 9) Kongsberg : <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2020/first-adaptive-transit-on-bastofosen-vi/>
- 10) Sailing straight and true on Crooked River, <https://www.wartsila.com/insights/article/sailing-straight-and-true-on-crooked-river>
- 11) DOD's Autonomous Vessel Sails Through Transit Test, Participates in Exercise Dawn Blitz, <https://www.defense.gov/Explore/News/Article/Article/2471165/dods-autonomous-vessel-sails-through-transit-test-participates-in-exercise-dawn/>
- 12) 国土交通省九州地方整備局関門航路事務所 : <https://www.pa.qsr.mlit.go.jp/kanmon/3syozo-kusenpaku/index1-2.html>
- 13) 田丸人意, 萩原秀樹, 吉田秀樹, 田崎哲夫, 宮部宏彰 : 海翔丸の自動着棧システムの開発とその性能評価, 日本航海学会論文集, 113巻 (2005), pp. 157-164.
- 14) ジャパン マリンユナイテッド : <https://www.jmuc.co.jp/products/unmanned/>
- 15) 日本郵船 : [https://www.nyk.com/news/2019/20190930\\_01.html](https://www.nyk.com/news/2019/20190930_01.html)
- 16) 三井E&S造船 : [https://www.mes.co.jp/press/2021/0521\\_001612.html](https://www.mes.co.jp/press/2021/0521_001612.html)
- 17) 清水悦郎 : 海の画像ビクデータ構築に向けて, 会誌 船長, 第137号 (2020), pp. 2-14
- 18) 清水悦郎 : 船舶における自動運転実現に向けた技術開発の現状と課題, 日本機械学会誌, 第124巻, 第1228号 (2021), pp. 29-31
- 19) 国土交通省 : <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001404871.pdf>