

### 1. はじめに

自動運航船の技術開発が国内外で進められている。自動運航船開発の主たる目的としては、①海難事故の削減・撲滅、②船員の作業負荷の軽減、国内内航の人手不足対応、また、日本の海事業界としては、③チーム船用工業の力の発揮が挙げられる。海難事故の 7~8 割がヒューマンファクターに起因するとされており、自動運航船の導入により衝突等の海難事故を撲滅したいと考える船主は外航・内航を問わず少なくとも、こうした船主が参画し、日本国内でも自動運航船の開発プロジェクトが複数進められている。内航船では特に船員の高齢化・人手不足の課題もあり、対策の一つとして自動運航船が注目されている。

世界で自動運航船の開発が着目されている背景として、2015~2016 年にかけて欧州の大手メーカーがこの時期に開発プロジェクトを表明したことに端を発する流れがある。日本には、荷主、船主、造船、船用メーカー、船級、保険、研究所、大学等多様な海事分野の専門性がある一方で、欧州の大手メーカーのようなシステムインテグレーターが存在しないため、総合技術である自動運航船に取り組む場合、コンソーシアム等を組んで、団体戦で技術開発を進める必要がある。国土交通省や日本財団もこうした動きを後押しし、国土交通省では自動運航船（フェーズ 1~3）の技術開発ロードマップを発表し、それに沿った技術開発支援事業、実証事業を進めており、また、日本財団では 2040 年の無人化船が運航する社会のビジョンを発表し、現在 MEGURI2040 事業で、2021 年度中の実証を目指して、5 つのコンソーシアムによる自動運航船の実証事業が進められている。

日本の船用メーカー各社は得意とする製品範囲は限定されるが、世界のマーケットで競争力のある技術を有する会社が多く、また、既に船舶の機械・装置の自動化は進んできており、今回の自動運航船の開発についても、これらメーカーが船社や造船と連携して協力して取り組めば、十分に求められる機能の実現は可能と考えられる。

自動運航船の開発は、一般商船においては、見張りや避航操船、離着岸などの操船タスクについて、まずは現在の当直体制に高度支援技術を導入する、“有人自律”というターゲットで開発が進む。ここで期待される効果は安全性向上、船員作業負担軽減である。一方で、その先の段階では、必要なルール改正を伴いながら、技術導入が進むので、従来のタスクを、コンピュータと操船者が連携して実施する場合の安全性を示していく必要がある。そうした意味では、予め将来の完全自律のあり様を見据えて、通過点として有人自律の技術を開発するという視点が必要である。それ無しに開発を進めると、後になって大きな設計や技術開発の手戻りが発生するような可能性もあり、それは是非避けたい。その意味で、日本財団の MEGURI2040 のように最初から完全自律という目標を置いた上で、コンセプトを検討し、その上で、現時点の規則の

制約等の中でプロジェクト毎に実現する範囲を決めて、開発を進めていくアプローチは非常に合理的と言える。

また、少なくとも自動運航船を構成する装置やシステムが、IEC や ISO 等で国際的に規格化され、機能、性能、試験の各種要件が定まることが広い普及には必要であろうし、マーケットの広がりなしにはメーカー各社も継続的に取り組むことは難しいであろうから、やはり将来の完全自律船に繋がる技術的な見通しを持ちながらも、短期にも製品化を進め、技術改善、経験やデータの蓄積を進めていく必要がある。

## 2. 自律エージェントの視点と標準化

情報技術の観点から自動運航船を捉える場合、環境からセンサー等で情報を収集し、それに基づいてアクションを決定し、アクチュエータを作動するダイナミックシステム（動的システム）と捉えることが出来る。自動運航船においては、環境・自船に関する様々な不確実性・不完全性を含む情報に基づいた状況認識、意思決定、行動をとることが必要なことから、それらを取り扱うことに適した仕組みを有する自律エージェントとみなすことが適当と思われる。ただし、実際の船舶の運航の自動化は、非常にミッションが複雑な実社会の課題なので、機械と人間が協調して課題解決する問題として捉え、具体的な設計を行う必要がある。

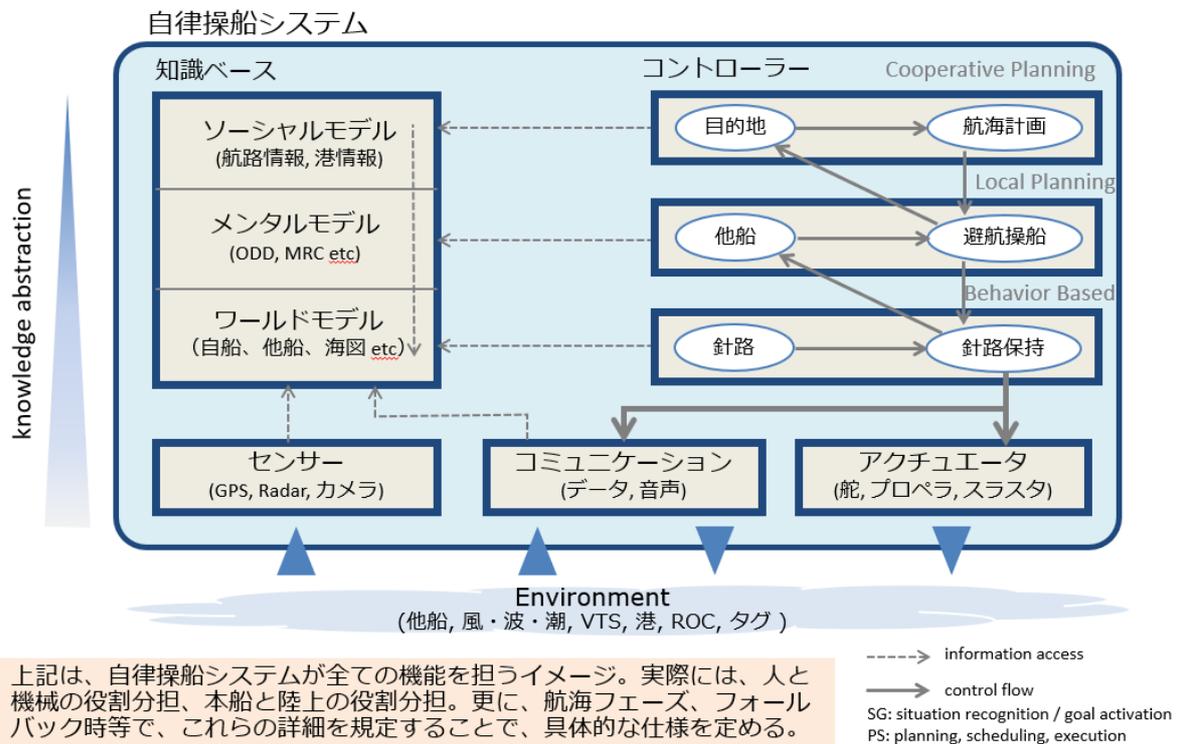


図 1. 自律エージェントをベースとした自律操船システムのイメージ

図 1 には、汎用的な自律エージェントのアーキテクチャーをベースに、自律操船システムのイメージを描いている。ここで制御を行うコントローラーは 3 段階の階層構

造で、下段の階層には、針路保持をするオートパイロット的なコントローラーを記載している。その上の中段には、本船自身が持つ情報に基づいて、例えば、周囲に避けるべき他船がある場合に、避航動作を計画・実行する避航操船と言った本船上のローカルで計画・制御する機能を記載している。上段には、本船の持つ情報だけでは決められない、例えば、他船や航路管制、タグや港と言った船の外の相手との協調行動を必要とするような高次のコントローラーとしており、ここではその例として航海計画を記載している。このように、図1のモデルは汎用的な記述なため、実際には、プロジェクト毎に、人と機械の役割分担、本船と陸上の役割分担など詳細の定義が必要で、更に、航海フェーズ、システム異常時等のフォールバック時等で、この役割分担も変わる場合もあることから、そうした詳細を規定して、具体的な仕様に落とし込む必要がある。

例えば、日本財団 MEGURI2040 の DFFAS プロジェクトで採用している自律操船システムでは、“strategic function loop”，“tactical function loop”，“operational function loop” という3階層のコントロールループを定義し、strategic では、港から港までの航海計画等の長期計画を行うこととし、これは主に陸のオペレーションセンター(FOC: Fleet Operation Center)の役割とし、tactical では、例えば、前に漁船がいるために一部航海計画を変更すると言った短期計画としてこれは本船上の自動システムが担うこととし、operational では針路を維持するための舵の微調整と言った頻りに繰り返される制御を担うコントロールループとしている。また、これと合わせて“system status management”として、自システム、サブシステムを監視し、適切なシステムステータスに自動遷移するための機能を設けて、予め定義したシステムステータスとそこでの船と陸、人と機械の役割分担に適切にステータスを遷移させるようにしている。

自律操船の機能の標準化を考えると、“センサーによる情報収集”、“情報統合”、“情報分析”、“行動計画”、“行動制御”と言った機能ブロックに要素分解し、各機能ブロックについて機能要件を定義、規格化することが考えられる。それぞれ航海計器に関する幾つか既存の関連規格・規則も存在するため、これらを参考・ベースに業界で検討を進めて行くことが必要と思われる。

また、本発表会で取り上げられる電子海図に関する規格S-100シリーズについては、今後この規格制定、導入が進むと考えるが、本船とVTS、他船、港等のデータ交換等、特にG2B(Government to Business)やB2GにおいてS-100シリーズ規格のデータがSECOM(Secure Exchange and COMMunication)の通信規格によって交換されると想定している。本船側では、S-100シリーズ形式データをECDIS(電子海図システム)で受けて、自律操船システムは、S-100対応ECDISとインターフェースを取って、必要なデータ入出力を行うイメージを持っているが、引き続き情報収集をしていきたい。

### 3. 開発プロセスと標準化

自律運航船の開発においては、複雑なシステムが船舶の安全運航に関わる機能の一部

を担うため、航空宇宙分野等で発達してきたシステムエンジニアリングの手法や考え方が、欧州での自動運航船の開発や船級協会の承認でも利用されており、我々も是非取り入れていきたいと考えている。先に述べたように自動運航船と言ってもどのような前提、想定でシステムを設計、構築しているかはプロジェクト毎に差があり、各プロジェクトでも、実際のオペレーション視点で要求仕様を明確に定めて関係者で共有しておかなくては、不安全な状態に陥りかねない。このためシステムを開発する最初に利用者視点でのシステムへの要求仕様書(ConOps: Concept of Operations)を定義して、開発を進めるやり方が取られる。また、こうして定義したコンセプトに沿って、リスク評価やシミュレーションも活用した部分試験、結合試験取り入れて開発を進めるV-Processの進め方が必要と考えている。ただし、プロジェクト毎に一からこのようなことを繰り返しては膨大な手間とコストがかかるため、ConOpsから始まる一連の開発プロセスをなるべく再利用し、従来との差分についてのみ、追加の設計、開発、評価を行うような進め方が必要になると考えている。団体戦での自動運航船に取り組む我々には、一連の開発プロセスの生産性をどのように高めるか、開発～運用のプロセス構築が、プロダクトそのものの開発と並んで重要になるだろう。

#### 4. まとめ

最近、欧州の大手メーカーWartsila社が発行したWhite Paperに見られるように、欧州でも、当初の完全自律船を目指すアプローチは、ルールの制約や納得性の高いビジネスケースの欠如もあり、ユーザーの課題に合わせたソリューションの提供と言う現実路線に方向転換が進んでおり、日本の取り組み方と重なるところが多くなってきている。こうした欧州の大手メーカーと競争しつつも、技術面で必要な連携・協調しこの分野のグローバルなマーケットが広がって行くことは、日本の海事クラスターにとっても重要で、そのためには標準化が主たる協調領域になると考えられる。MTIでは、2019年にフィンランドを中心とする欧州の自律船エコシステムOne Seaに参加しており、こうした場を利用して、自動運航船に関する技術標準議論に参画していきたいと考えている。

今後、自動運航船の技術開発は、船舶の安全性向上、船員負荷軽減に関心を持つ船主と船用メーカーの連携を中心として、技術開発、実証、ルール改訂の議論が重ねられ、長期の完全自律も見据えながら、足元では有人自律船の取り組みが進んでいくと考えられる。自動運航船の開発ではシステムインテグレーションが重要で、そこでは構成機能、開発プロセスの両面で規格化・標準化が必要だろう。自律操船では、“センサーによる情報収集”、“情報統合”、“情報分析”、“行動計画”、“行動制御”と言った機能ブロックごとに、今後、機能要件を定め規格化・標準化していく方向性、また、開発プロセスでは、ConOps、リスク評価、シミュレータによる試験など導入し、開発プロセスの短縮、スリム化を図る必要がある。欧州側の取り組みとも重なるところも増えて来ており、競争しつつ必要な技術面での連携・協調を行っていく必要があり、標準化と言う切り口が主たる協調領域になるので、是非進めたい。