

無人運航船、 いよいよ実証 段階へ!

近年、無人運航船の実現に向けた数々の国内プロジェクトが展開されており、東京計器もオートパイロットの開発で永年培ってきた自動操舵技術を駆使して多くの無人運航船プロジェクトに積極的に参画しています。ここでは、日本財団と共同で実施されている「無人運航船プロジェクト『MEGURI2040^{※1}』(無人運航船の実証実験にかかる技術開発共同プログラム)」に参画するDFAS(Designing the Future of Full Autonomous Ship)プロジェクトに焦点をあて、東京計器の無人運航船に向けた取り組みをご紹介します。

東京計器の、 無人運航船に向けた チャレンジ



※1: 世界に先駆けて内航船における無人運航の実証実験を成功させることで、本分野の技術開発への更なる機運を醸成し、日本の物流及び経済・社会基盤の変革を促進、当該技術開発を支援するために創設された助成制度。



無人運航船とは何か

乗用車における自動運転技術の進歩は目覚ましいものがありますが、船舶の分野では古くからオートパイロット(自動操舵装置)が実用化されており、既に一定レベルの自動運転が実現されています。オートパイロットには、予め設定した船首方位を保つように制御するHCS(Heading Control System:以下、HCS)機能と、予め設定した航路上に自船位置を保つように制御するTCS(Track Control System:以下、TCS)という機能があります(図1参照)。現在の船舶ではECDIS(Electronic Chart Display and Information System:電子海図情報表示装置)とオートパイロットを組み合わせたTCSによって、設定航路上を自動的かつ正確に航行することが可能です。東京計器はいち早くTCSの製品化を実現し、2005年に認証を取得して販売を開始すると共に、高度な自動運転によって船舶の安全と効率化に貢献してまいりました。

図1 一般的な自動操舵(HCS)とトラックコントロール(TCS)の違い



さて、ひとくちに「船舶運航の自動化」と言ってもそのイメージは漠然としたものです。そこで、現在では、自動運航船、自律運航船、無人運航船などの分類がなされており、以下のように定義^{※2}されています。

1: 自動運航船

何らかの自動制御機能を使用して、人間が舵や推進器などの機器を直接操作することなく航行できる船舶（HCSやTCSは自動運航船の機能に該当します）。

2: 自律運航船

各種センサを用いて船舶周囲の物体を認識して衝突の危険の有無を判断、衝突の危険のある物体に対しては回避行動を行う。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。こうした操船を人間が介在せずに自動で行うことができる船舶。

3: 無人運航船

上記の機能を有した船舶で航海士は乗船しない。陸上から通信手段を介して人間が遠隔操船することも可能。

一方、運航の自律化のレベルについても分類がなされています。図2は英国のロイド船級協会が定義した自律化レベルで、AL0からAL6まで段階的に自律化レベルが上がっていきます。この分類によるとHCSはAL1に、TCSはAL2に該当します。

陸上からの支援を伴う無人運航船を実現するためには、外部からの支援情報の取得と刻々と変化する船内情報を陸上基地にリアルタイムで送信することが必要不可欠です。近年、急速に進んでいる船陸間通信の大容量化は無人運航船にとって大きなメリットになります。また、無人運航船の制御においては、常に他船の動静を把握し、衝突リスクが高いと判断した場合は自動で避航操船できる機能が求められます。その実現のためにはAI(人工知能)による深層強化学習など高度な技術が必要です。ベテラン船長の熟練した経験と勘を機械が再現し、高い安全運航を実現する、そんな夢のような無人運航船の時代はもうすぐそこまでやっています。

図2 船舶運航の自律化レベル

自律化レベル			
高	AL6	完全な自律	船舶のシステムが決定したことについて、全く監視が行われない。
	AL5	完全な自律	船舶のシステムが決定したことについて、人による監視がほとんど行われない。
	AL4	人間監視型	人間の監視下で自律的に実行される。 重要な決定については人間が行う。
	AL3	積極的な人間参加型	船舶の運航は、人間の監視下で自律的に実行される。 船上または陸上から提供されたデータを基に重要な決定は人間が行う。
	AL2	船上及び陸上での意思決定支援	船舶の運航は、船員が意思決定。 船上または陸上からの航路計画に関する支援情報が船員の意思決定に影響を与える。
	AL1	船上での意思決定支援	船舶の運航は、船員が意思決定。 航路表示等の支援ツールが船員の意思決定に影響を与える。
低	AL0	自動化なし	

AL: Autonomous Level 出典:ロイド船級協会

※2:清水悦郎:自動運航船の実用化に向けた最新動向と課題、ClassNK技報 No.3 2021年(1)、pp.1-8。

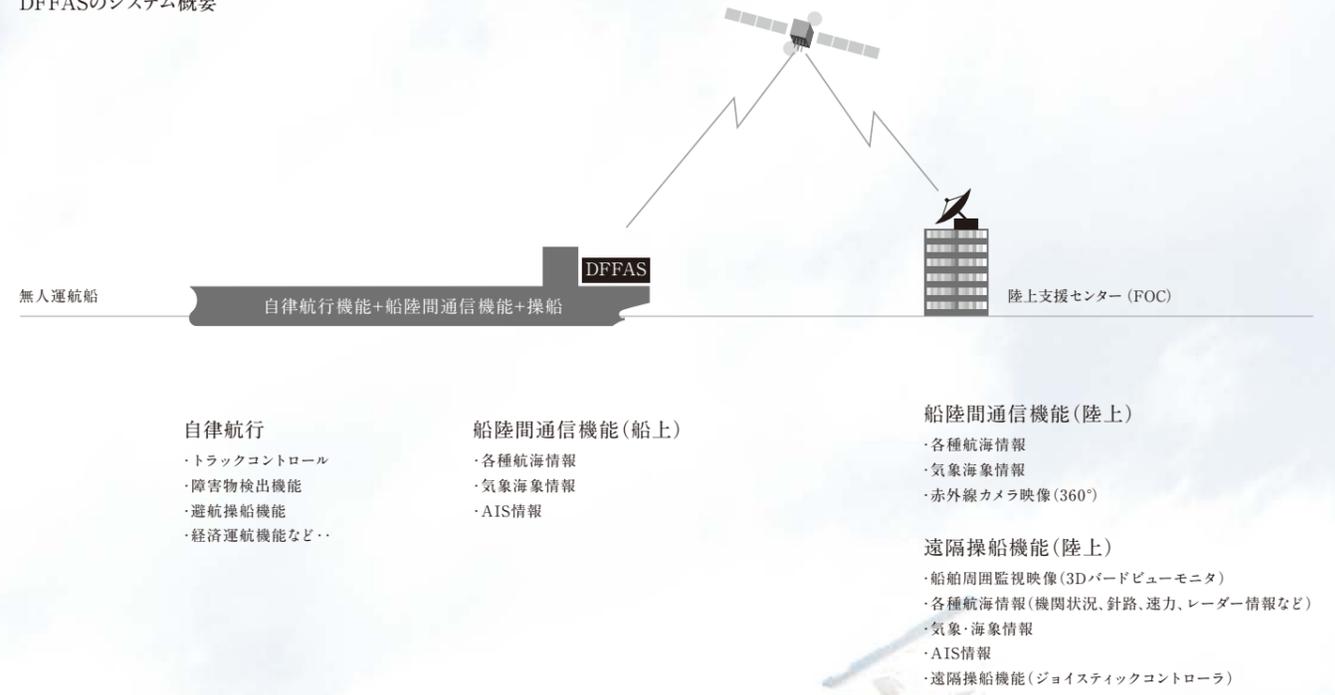
無人運航船の実現に向けたDFFASプロジェクト

世界に先駆けて無人運航船の実現を目指すために日本財団が実施するプロジェクト「MEGURI2040」。ここでは2020年から22年にかけて5つのプロジェクトが進行中です。「DFFAS」は、海運・造船・船用など東京計器を含む国内30社が参画して立ち上げたプロジェクト(代表幹事会社:日本海洋科学)で、日本財団と共に2025年までに本格的な無人運航船を実用化する意欲的なチャレンジが続けられています。この活動を通じて、無人運航船が支える新たな内航海運事業の実現を目指します。いま、内航海運業界は船員の高齢化と人手不足が深刻化しているのが現状です。日本内航海運組合総連合会の調べによると、内航船の船員は50歳以上が過半数を占め、60歳代以上は約3割になると報告されています。船舶交通の輻輳(ふくそう)化(船舶が集中して混雑した状況)や乗組員の少人数化に伴う航行における安全の確保と航海士の作業負担の軽減のためにも、無人運航船への期待が高まってきているのです。こうした背景を受け、DFFASプロジェクトでは「無人運航船の未来創造～多様な専門家で描くグランド・デザイン～」というコンセプトのもと、以下の2つの目的を持って活動しています。

- 1: 日本の海運業界の未来創造を担う多種多様な国内30社によるコンソーシアムを中心とし、国内外のさまざまな組織の協力も加わったオープンコラボレーションでの開発体制を構築
- 2: 離着桟・計画航路運航・避航の自動化だけでなく、陸上での監視・診断などによる支援機能(通信回線システムを含む)や緊急時の遠隔操船も考慮した無人運航船に求められる機能を網羅した包括的なシステムの開発・実証

2025年までに無人運航船を実用化するという高い目標を掲げたDFFASプロジェクトでは、離着桟、計画航路運航、衝突を避ける避航操船の自動化を進めるだけでなく、陸上での監視・診断・結果を自動航行中の船舶にフィードバックする支援機能、そして、緊急時の遠隔操船も考慮した無人運航船に求められる機能を網羅した包括的なシステムの開発と実証が進められています。ここで培われた技術やノウハウを標準化することで日本の船用・海運業界の競争力強化を図ることが大きな目的です。

DFFASのシステム概要



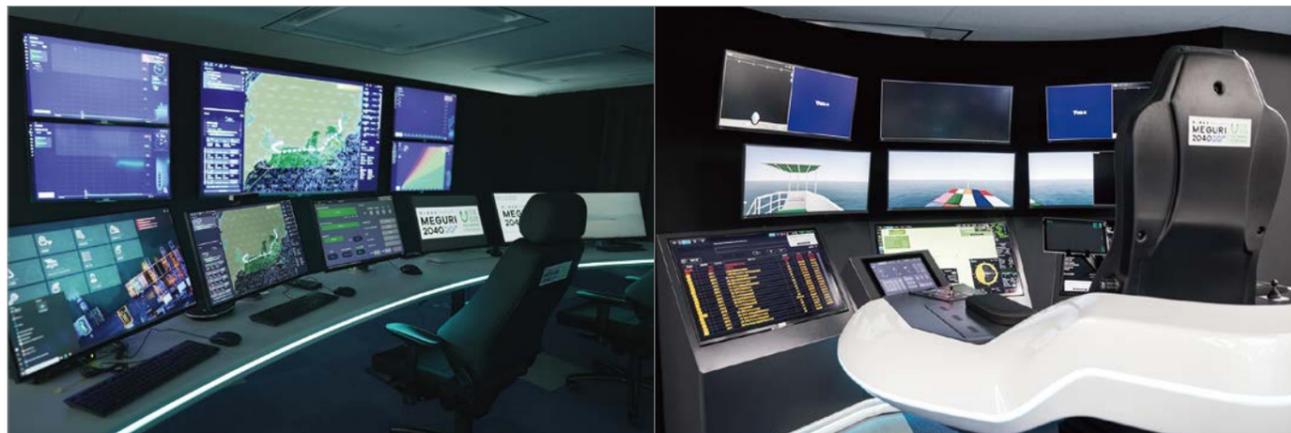
無人運航船をサポートする陸上支援センター

2021年9月、DFFASプロジェクトでは無人運航船を陸上から監視・支援する「陸上支援センター（以下、FOC:Fleet Operation Center）」を千葉市・幕張テクノガーデンに竣工させました。FOCは、船舶上の情報と陸上に存在する豊富な情報を収集し、無人運航船の運航状態を監視・分析することによって陸上から支援を行う「統合表示ブロック」と、緊急時に遠隔操船を行う「非常対応ブロック」の2つのブロックで構成されており、陸上オペレーターとして船長と機関長が配置されます。「統合表示ブロック」には海図、エンジンルーム監視映像、気象・海象情報、AIS情報^{※3}、海難事故情報、経済性評価、岸壁衝突リスクなどの情報が集中表示され、これらの情報を元に「最短時間で航行したい」「燃費を最優先して航行したい」などといった要求に沿った航路計画が自動で行えるようになっています。人間が数時間かけて作成してきた最適航路を約5分で自動作成できるなど、飛躍的な省力化と効率化が実現できます。また、無人運航船がどこを航行中か、障害物や他船を避ける避航プログラムがどのような判断を下しているかなども陸上から常時把握できるのも特長です。「非常対応ブロック」は、適切な避航ルートが自動設定できないと判断される場合などに陸上オペレーターが遠隔で本船を操船する設備です。近未来的なデザインが施された「非常対応ブロック」にはレーダー映像の他に本船の周囲を360°映し出すカメラ映像が表示され、ブリッジに乗船しているかのような感覚での操作が可能です。この「非常対応ブロック」には東京計器のジョイスティックコントローラMJS-9000が搭載されています。小さなコントローラ1つで船舶をスムーズかつ精細に制御可能で、無人運航船の安全確実な遠隔操船に貢献しています。

※3: Automatic Identification System 船舶自動識別装置。船舶の情報（船名、識別符号、船種、位置、針路、速力、航行状態等）を自動的にVHF帯電波で送受信し、船舶間で情報交換を行うシステム。



非常対応ブロックに装備された東京計器のジョイスティックコントローラMJS-9000。この小さなコントロールレバーを動かすだけで無人運航船を自在に操ることができる。



FOCの統合表示ブロック。無人運航船の運航状況や周囲を航行中の他船情報、気象海象情報など航海に必要な情報が統合表示され、状況に変化があった際には音声や表示によって陸上オペレーターに通知する。

FOCに設置された非常対応ブロック。幾つもの大型モニターを配し、航行中の無人運航船の状況がリアルタイムで確認できる。本船の周囲を360°映し出す3Dパードビューのモニターによって、本船や他船、周辺の状況、避航ルートなどが直感的に把握できるのも特長だ。緊急時にはここから本船を遠隔操作する。





DFFASシステムが搭載されたコンテナの内部



DFFASコンテナに搭載されたオートパイロットPR-9000。
DFFAS用として再構成した特別仕様となっている。



センサ部

制御部

DFFASシステムに搭載されている高性能光
ファイバージャイロコンパスTF-1000

いよいよ始まった無人運航船の実証実験

去る2022年2月26日から3月1日の7日間、就航中の内航コンテナ船「すざく(749総トン)」にDFFASの無人運航システムを装備して無人運航船の実証実験が行われました。東京湾から伊勢湾間の既存航路(約390km)を往復する航海です。無人運航に必要な機能を網羅した包括的なシステムを用いた本格的な無人運航船、しかも輻輳海域での航行を含む実証実験を行うのは世界初の試みです。船尾側のデッキに積まれた40フィートのコンテナの中には、DFFASの無人運航システムがパッケージ搭載されており、計画航路を出力する装置や無人運航システムの健全性を判定する装置などが装備されています。ここでは、無人運航船の操舵を自動で行う東京計器のオートパイロットPR-9000、そして最新鋭の高性能光ファイバージャイロコンパスTF-1000も搭載されています。PR-9000はDFFAS用として再構成されたオリジナルで、DFFASの上位システムから設定航路の情報やセンサ情報を受けて自動航行を行う重要機器です。搭載されたTCSの機能によって、自船位置と設定された航路(基線)の差を1秒ごとに検出し、その誤差を最小にするために針路を逐次調整することで設定航路のラインに沿った自動航行を実現します。また、航路離脱を抑えることで安全で省エネルギー性に優れた無人航行にも貢献します。TF-1000は、光ファイバーコイルを利用した光学式のジャイロコンパスで、高速回転するコマを利用して真北を指し示す機械式ジャイロと違って可動部がありません。起動が短時間で済み、可動部分が無いので定期的なメンテナンスが不要となるほか、ダイナミックレンジが広いという特長があります。次世代のジャイロコンパスとして注目されており、無人運航船の高精度な姿勢方位センサとしても最適です。



無人運航の実証実験を行ったコンテナ内航船「すざく」 「すざく」の後部デッキに装備された40ftコンテナの中には最新技術を駆使したDFFASの無人運航システムが搭載されている。

無人運航船の実証実験では東京湾から伊勢湾間の輻輳する既存航路(約390km)を7日間かけて往復した。多数の船舶が行き交う輻輳海域での実証実験は世界初となる。

無人運航船の実証実験ルート



DFFASの無人運航システムを搭載した「すざく」ですが、現時点での法律では乗組員ゼロの航海は認められないため、通常の航海と同様に5名の乗組員が乗船して実証実験が行われました。しかし、乗組員は離着岸作業以外では操船作業には関わらないため、実質的な無人運航と言えます。よりリアルな航海を再現するためカーゴスペースには10台のコンテナを積載するなど実運用に近い状態で実証実験が行われました。日本有数の輻輳海域として知られる東京湾の浦賀水道では、他船の状況を判断して避航操船を行うなどハイレベルな無人運航が可能なることを実証しました。「すざく」は計画通り東京湾と伊勢湾を往復し、3月1日の午前6時38分に、大井水産物埠頭に着岸して実証実験を終えました。ここで得た貴重なデータは、今後の無人運航船の研究開発に大きく役立てられます。東京計器のオートパイロットPR-9000と光ファイバージャイロコンパスTF-1000はこのたびの実証試験において高い性能を発揮し、輻輳海域でも無人運航船を安全な航路に導くと共に、実証実験の成功に大きく貢献しました。

無人運航船による国内の経済効果は2040年に50%の船舶が無人運航に置き換わった場合、年間1兆円になるとも言われています。国内物流を支える内航船の無人化だけでなく、離島に住む人々の生活を守り観光の足となるフェリーなどの無人化も進んでいくことでしょう。東京計器は、自律操船に求められる各種制御技術のさらなる向上と、光ファイバージャイロコンパスをはじめとする高度なセンサ技術の開発を通じて、無人運航船の可能性を力強く開拓してまいります。

取材協力: DFFASコンソーシアム 文中敬称略

