

# 無人運航船陸上支援システム

## A Shore-Side Fleet Operation Support System for Fully Autonomous Ships

榎戸 達也  
Tatsuya Enokido

### 要 旨

当社は、日本財団が進める無人運航船プロジェクト「MEGURI2040」における「無人運航船の実証実験に係る技術開発共同プログラム」を構成する五つのコンソーシアムにおいて、「DFFAS (Designing the Future of Full Autonomous Ship, 以下「本プロジェクト」)」に参画した。本プロジェクトは、国内30社が参画する大規模なオープンコラボレーションによるものであり、この中で当社は、「無人運航船の陸上支援システムの開発および陸上支援センター（以下「FOC (Fleet Operation Center)」)の開発・設置」を担当した。さらに、海上交通過密海域を含む約790 kmの航路において無人運航船の実証航海を行い、陸上から無人運航を支える高度なデータ分析技術と航行の安全性向上に必須であるFOCの有用性を実証した。

### Abstract

JRC has participated in the “Designing the Future of Full Autonomous Ship (DFFAS), hereinafter this project” in the five consortiums that comprise the “Joint Technological Development Program for the Demonstration of Fully Autonomous Ships” under the fully autonomous ship project “MEGURI 2040” administrated by the Nippon Foundation. This project is a large-scale open collaboration involving 30 domestic companies, in this project, JRC was in charge of “Developing a shore-side Fleet Operation Support System for Fully Autonomous Ships and Developing and Installing a shore-side Fleet Operation Center (FOC), hereinafter FOC”. Furthermore, by carrying out the demonstration navigation of a fully autonomous ship on a route of approximately 790 km, including the highly congested area with marine traffic, the usefulness of the advanced data analysis technology that supports fully autonomous navigation from a shore-side and the FOC that is essential for improving the safety of navigation have been demonstrated.

### 1. まえがき

我が国の内航海運業における長期的課題の一つとして、社会経済活動を支え国内物流の約4割<sup>\*1</sup>を占める内航海運業界の人手不足問題の解消が挙げられる。内航船員数は過去40年間で約71,000人から約28,000人へと大きく減少し、また船員の高齢化も顕著で、現在では50歳以上の船員が全体の5割を超えている。このような内航海運業界の人手不足問題に加え、船舶における海難事故の約7割がヒューマンエラー（見張り不十分など）やヒューマンファクター（操船の知識や経験の不足など）に起因する実態が問題視されている。これらの問題の抜本的な解決策として、無人船舶の航行支援および遠隔操縦を陸上において行う「無人運航船」が近年注目されており、無人運航船による海運産業の変革が大きな社会変化や経済効果をもたらすと期待されている。当社は、船舶無人運航の運用開始（2025年）に向け、無人運航船の主要機能である「避航操船」「遠隔操船・支援」「自動離着棧」を具現化するための様々な研究開発および実証実験を進めている。本稿では、無人運航船から収集する情報と陸上（遠隔支援・操船元）において取得する高精度・高密度な情報を統合し、これらの情報の分析結果を無人運航船にフィードバックすることにより実現した長期的課題の解決手段の一つである陸上支援システムについて紹介する。

### 2. 開発概要

本プロジェクトは、無人運航船が他船の動きをもとに衝突の危険性を判断し、避航操船を繰り返しながら航行する「自律航行システム」、衛星通信回線および地上通信回線を用いて無人運航船と陸上との間で情報を伝送する「通信システム」、陸上において無人運航船の状況を監視し、気象・海象情報の予測データを用いて航行を支援する「FOC」の3つの機能群に大別して無人運航船システムを開発するもので、2020年2月に発足した。当社は計30社におよぶ参画企業のメンバーとして、2021年度中に無人運航の実証実験を成功させることを目標とした。実証実験には既存の内航商船を使用し、無人運航船に対する陸上支援システムのコンセプトを明確化しつつ無人運航の実現を目指す大規模な開発プロジェクトである。

当社は、陸上における初期航海計画の作成および無人運航船の状態の監視・分析を行う陸上支援システムの開発を担った。さらに、通常時の航行監視および非常時における遠隔操船を行うFOCを構築した。無人運航船陸上支援システムの概念を図1に示す。



図1 無人運航船陸上支援システム の概念

Fig.1 Concept of a shore-side fleet operation system for fully autonomous ships

## 2.1 統合表示機能

統合表示機能は、「無人運航船において収集する情報」と「陸上において取得する高精度かつ高密度の情報」を統合した情報群（以下「統合情報」）を多面的に分析して得られる船舶周辺情報により、安全性の高い無人運航を実現する。当社は、過去のAIS情報および海難事故情報を加えた長期間にわたるデータから海難事故発生ポイントの傾向を導出する機能を開発した。本機能により取得した情報を電子海図(ENC)上に重畳表示することにより、陸上のオペレータ(海技者)の視認性を高める。AISは、当社のJ-Marine Cloudに保存されるデータ、海上保安庁が保有するデータおよび無人運航船において収集するデータを情報源とし、「船舶の交通流」、「ヒートマップ(船舶の混雑度)」および無人運航船と他船との「衝突リスク」を表示する。各々の表示について以下に詳述する。

### 船舶の交通流：

船舶の追尾座標を点で表示する。船舶一隻あたり1分間隔で最多10ポイントまで表示し、過去に遡るほど点を小さく表示する。交通流の表示イメージを図2に示す。

### ヒートマップ：

0.25 NMメッシュごとにAISデータによる船舶の混雑度を算出し、メッシュごとの船舶交通密度を濃淡で表示する。ヒートマップの表示画面イメージを図3に示す。

### 衝突リスク：

危険針路(他船と衝突する、あるいは他船との衝突回避が困難な距離まで接近する可能性を有する針路)と危険領域(前述と同様の可能性を有する領域)を切り替えて表示し、危険度を3色(危険：赤/注意：橙/安全：緑)で表示する。

衝突リスクの表示イメージ(危険針路および危険領域)を図4に示す。

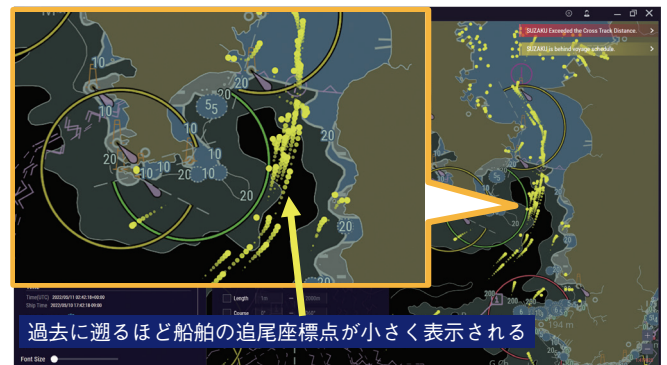


図2 交通流の表示イメージ

Fig.2 Display image of traffic flow

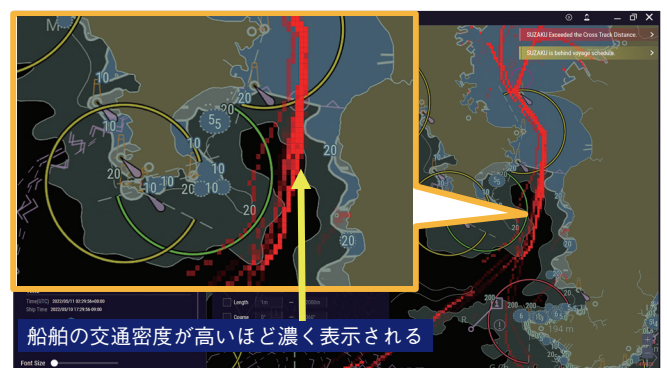
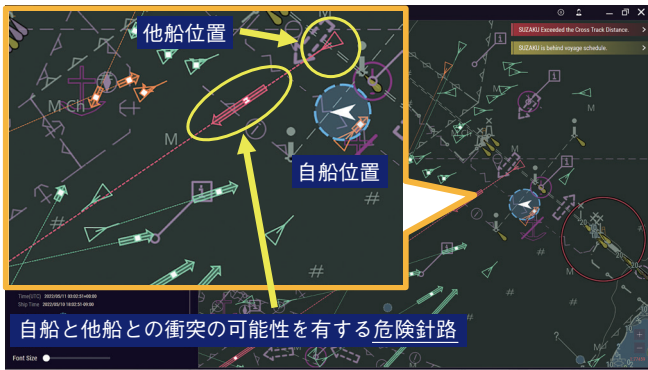


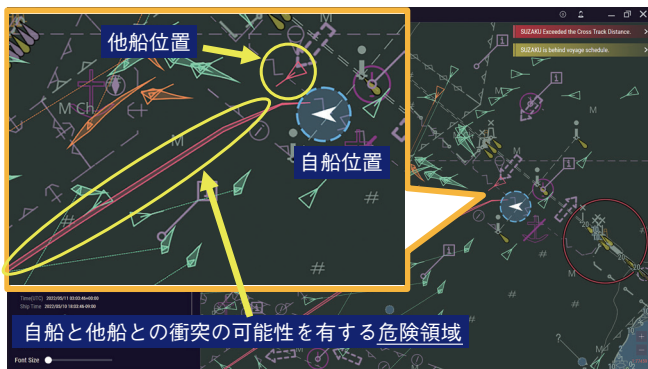
図3 ヒートマップの表示イメージ

Fig.3 Display image of heat map





(a) 衝突リスクの表示イメージ (危険針路)  
 (a) Display image of collision risk (hazardous course)



(b) 衝突リスクの表示イメージ (危険領域)  
 (b) Display image of collision risk (hazardous area)

図4 衝突リスクの表示イメージ

Fig.4 Display image of collision risk

また当社は、陸上において無人運航船の状況を分析する下記の機能を開発した。

- ・ 錨泊限界評価機能
- ・ 係留限界評価機能
- ・ 岸壁衝突リスク評価機能<sup>\*2</sup>
- ・ 経済性評価機能
- ・ アラート (データログ) 管理機能

無人運航船の状況分析に必要とされるデータおよび陸上のオペレータが入力するデータはクラウドサーバに蓄積され、分析結果はWebブラウザ上に表示される。また、インターネット接続環境下であればどこでも陸上支援システムの状況分析機能へアクセスすることが可能である。

## 2.2 航海計画作成機能

航海計画作成機能は、無人運航船を航行させるために陸上オペレータが計画航路を作成する機能である。計画航路作成の際には、統合情報の参照および航路検索エンジンを用いた最適航路作成機能との連携<sup>\*3</sup>が可能である。また、出発港から到着港までの航路について、距離・燃費・到着時刻などの優先度を指定して最適化することができる。最適化された航路は、陸上のオペレータが電子海図 (ENC) による座礁チェックを実行して確定させ、承認操作のみで航行に適用できる。航路作成のイメージを図5に示す。

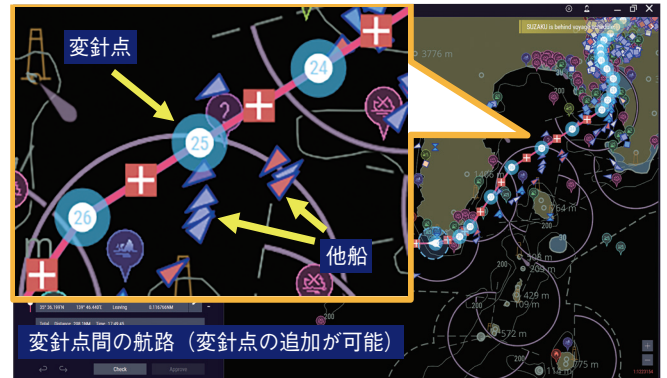


図5 航路作成イメージ  
 Fig.5 Image of route planning

## 2.3 FOC (Fleet Operation Center)

当社は、複数隻の船舶の一括監視および遠隔操船を行うFOCの開発および設計を行い、千葉県千葉市 (幕張) に設置した。FOCに対する当社の開発コンセプトの通り、無人運航船支援コンソールは「統合表示ブロック」と「非常対応ブロック」に分割している。FOCにおける操作は、無人運航船が正常に稼働している際は「統合表示ブロック」において、また無人運航船が陸上からの支援を必要としている際は「非常対応ブロック」においてそれぞれ行う。

前述した統合表示および航海計画作成は「統合表示ブロック」により行う。「統合表示ブロック」の中央部には85インチの大型モニターが、また左右には43インチのモニターが設置される。陸上オペレータは、バナナ型のテーブル上に配置されたコンソールにより各種操作を行う。「統合表示ブロック」および「非常対応ブロック」の機器配置イメージを図6に示す。



(a) FOCコンセプト 統合表示ブロック (枠線内)  
 (a) FOC concept: Monitoring block (inside the frame)



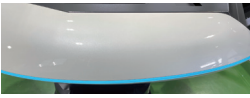



(b) FOCコンセプト 非常対応ブロック (枠線内)  
 (b) FOC concept: Maneuvering block (inside the frame)

図6 FOCコンセプト  
 Fig. 6 FOC concept

FOCにおいて、無人運航船システムの状態を「統合表示ブロック」の操作用コンソールのテーブル、「非常対応ブロック」の遠隔操船用コンソールなどに組み込まれたLEDの発光色により通知する。無人運航船の状態とLED発光色および遠隔支援操作を行うブロックの関係を、遠隔操船用コンソールのLED発光イメージを例として表1に示す。

表1 無人運航船の状態と遠隔支援操作を行うブロックの関係

Table 1 Relationship between the state of a fully autonomous ship and the blocks for remote support and operation

無人運航船の状態と遠隔操船用コンソールのLED発光色	遠隔支援操作を行うブロック
無人運航船が正常に稼働中  発光色：青	統合表示ブロック
陸上からの遠隔支援を前提として無人運航船が稼働中  発光色：黄	非常対応ブロック
陸上からの遠隔操船により無人運航船が稼働中  発光色：赤	非常対応ブロック
無人運航船への遠隔支援が不可能  発光色：紫	(遠隔操船は不可)

### 3. 実証実験

自律航行機能を有する内航コンテナ船「すざく」(全長95.23 m, 総トン数749トン)と陸上(FOC)を衛星通信回線および地上通信回線で結び、実運用を想定した無人運航の実証実験を行った。実証実験は、東京港と三重県の津松阪港を往復する約790 kmの航路で行い、離岸操船、湾内航行、沿岸航行および着岸操船を含む無人航海を成功させた。航路には、航行隻数が約500隻/日<sup>※1</sup>におよぶ世界屈指の交通過密海域である東京湾も含まれ、このような交通過密海域における無人運航の成功により、ハイレベルな技術とFOCの有用性を証明した。以上の成果は、無人運航船の実用化を強く推進するのみならず、内航海運業界における労働力不足や海難事故などの社会的問題の解決に貢献することが大いに期待される。

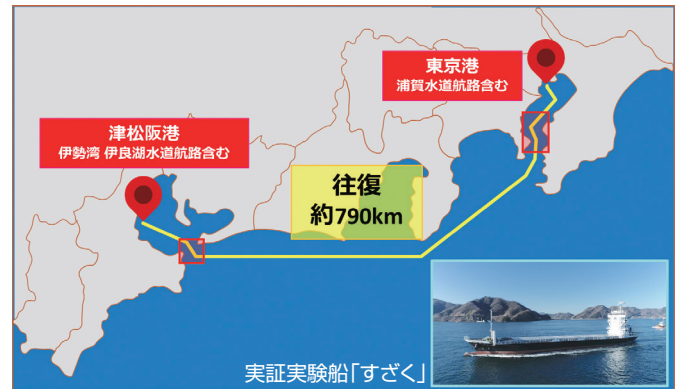


図7 無人運航実証実験の航路

Fig. 7 Route of fully autonomous navigation demonstration test

- ※1 出典：国土交通省海事局 「平成23年版 海事レポート」の発行について  
 (<https://www.mlit.go.jp/maritime/kaijireport/kairepo10.html>) [https://www.mlit.go.jp/maritime/kaijireport/report\\_H23\\_13.pdf](https://www.mlit.go.jp/maritime/kaijireport/report_H23_13.pdf)
- ※2 (株) 日本海洋科学のライセンス品
- ※3 (株) ウェザーニューズの最適航路サービスを使用
- ※4 出典：国土交通省関東地方整備局 東京湾口航路事務所  
 (<https://www.pa.ktr.mlit.go.jp/wankou/data/index.htm>)

### 4. あとがき

無人運航船の高度な安全性を支える陸上支援システムの開発は、社会的課題とされていた内航海運業界の労働力不足解消および海難事故抑止の実現に大きく貢献することが期待される。

今後、無人運航船の社会実装を目指すにあたっては、陸上支援システムのスリム化が新たな課題となる。また、無人運航船の社会実装において重要な「錨泊限界評価機能」および「係留限界評価機能」が必要とされる錨鎖伸出量や海底面の底質情報などの変動情報データを自動で取得することが現時点では困難であり、これらのデータを自動取得

する手法の開発が望まれる。今後は、これらの課題解決に尽力してゆく。

### 謝辞

無人運航船プロジェクトを推進する公益財団法人日本財団殿をはじめ、DFFASコンソーシアムの代表を務められた(株)日本海洋科学殿の多大なご支援・ご協力により、下記30社が参画する大規模なコンソーシアムにおいて、陸上支援システムおよび陸上支援センターの開発から実証実験に至るまでのプロジェクトを完遂することができました。ここに、参画された各企業に対し深く感謝の意を申し上げます。

#### ※DFFASコンソーシアム参画企業

(株)日本海洋科学, (株)イコーズ, (株)ウェザーニューズ, EIZO (株), (株)MTI, 日本電信電話(株), (株)NTTドコモ, NTTコミュニケーションズ(株), 近海郵船(株), (株)サンフレム, (株)三和ドック, ジャパンハムワージ(株), ジャパンマリンユナイテッド(株), スカパーJSAT(株), 鈴与海運(株), 東京海上日動火災保険(株), 東京計器(株), ナブテスコ(株), NX海運(株), 日本郵船(株), 日本シップヤード(株), BEMAC(株), (株)pluszero, 古野電気(株), 本田重工業(株), 三浦工業(株), 三井住友海上火災保険(株), (株)三菱総合研究所, (株)YDKテクノロジーズ, 日本無線(株)

### 用語一覧

ENC: Electronic Navigational Chart (航海用電子海図)  
AIS: Automatic Identification System (船舶自動識別装置)  
NM : Nautical Mile (海里, 1海里=1852 m)  
錨泊: 海上で船舶が錨を下ろし, 停泊させること  
係留: 船舶を岸壁へ一時的にロープなどを用いてつなぎとめること