

(国) 東京海洋大学 学術研究院 海事システム工学部門 教授 庄司り

## 技術分野

・ 海洋工学、海事科学

## キーワード

自律航行、自動航行、自律型海上輸送システム、Autonomous、自動避航

## 研究の動機（背景）

現在、日本の輸出入の**99.7%**（重量ベース）が船により運ばれている。今後、世界の海上輸送量の増加に伴う世界的な**船員不足**、造船業の競争激化における日本の造船・船用工業の**競争優位分野の確立**、8割が人為的要因といわれている**海難の防止**、船員の質や能力の**多様性**や海上交通の**複雑化**への対応等、現在の海運の問題解決に向け、世界中で**自律航行船（自動化船）**の研究が進められているところである。

1961年の世界最初の自動化船「金華山丸」の実現後、機械類の信頼性不足と人手による保守の必要性、また船舶の巨大さと外乱の大きさから、これ以上の船舶の自動化（究極的には無人化）は一旦断念されたが、現在の機械、通信、情報等の技術の発展により、あらためて欧州やアメリカを中心に「自律航行船」の研究が再開され、EU（欧州連合）におけるMUNIN（Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Network）等の多くのプロジェクトが進められている。ノルウェーでは2020年に完全自動運航を実現を目指しており、IMO（国際海事機構）では2018年5月から自動運航船の規制面での論点整理が開始された。

日本でも、**2025年に自動運航船の実現**を目指した複数の関連プロジェクトが進行しているが、これは高度なデータ解析やAI技術により船員がとるべき行動の具体的な提案を行い、判断（意思決定）に必要な情報を視覚的に提示する船舶、また陸上の指令局（仮想船橋）から**遠隔操作が可能な船舶（遠隔操船型自律船）**の実現であり、最終意思決定者は船員が行うこととしている。将来的には、自動離着岸が可能で、船舶交通や気象海象の状況にあわせて適切に機能するシステムを有し、最終意思決定者が船員でない**自律性の高い船舶（自律航行船）**の実現も視野にいられている。

図1に大型商船の自律航行船の考え方の一例を示す。本研究では、図の②から③を目指しており、船舶の安全性や効率性の向上及び環境保全性の確保、またこれらに対応できる人材の教育・育成について研究を進めている。船舶運航に関して精度の高い技術を提供してきた日本において、将来の船舶運航を見据えた船舶運航技術の先端的な研究を進めていくことは必要である。必要な高い能力をもつ船上・陸上の人材を養成する教育カリキュラム構築に関する研究も進める必要がある。



図1 自律航行の考え方

## これまでの研究成果（1. 解決したい課題）

図1は船橋における作業での問題箇所（課題）の分類例で、操船行動は、図中の下部にある自船と航行環境に関する情報を元に、作業を共同作業者と補完・分担しながら、責任者が行動決定を行っている。図中の数値はニアミスの原因の割合で、赤枠の数値は人に起因する割合、青枠の数値は人が関わらない要因が原因の割合で、これを改善する必要がある。

船舶運航における航海士の3大業務は(1)測位（位置決定）、(2)見張り、(3)操船（制御）と言われているが、これに加えて(4)判断が重要である。

(1)はGNSS（全球測位衛星システム）が利用され、大洋航海中は十分な精度（数m～数cm）である。(2)については、現在でも人間の解析や判断が一番必要な部分である。(3)は、現有システムである程度達成できているが、十分に満足できるものではない。(4)は、様々な分野でそのアルゴリズムの研究が進められている段階である。

**遠隔操船**では、遠隔地（陸上）で行われた判断の結果をシステム（＝船舶）が忠実に実行する必要がある。船上乗員の有無を考慮した遠隔操船のしくみと人材の要件についての検討も必要である。特に、陸上側で得られる情報は船上と全く同じ情報ではないため、不足情報による影響の確認及び対応の検討が必要である。通信状況による時間遅れの影響を調査・検討し、これらを考慮できる遠隔操船システムの開発が必要となる。

**自律航行船**実現のためには、見張りの高度化・自動化を実現し、安全な航行を実現するための操船・避航等に関する判断を行い、適切な操船・制御を行う必要がある。

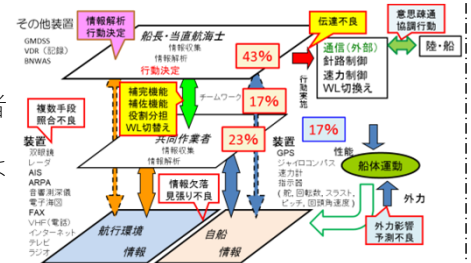


図2 船橋における作業での問題箇所

## これまでの研究成果（2. 取り組み概要）

本学では、船舶運航に必要なデータを収集・解析・保存・表示する**先端ナビゲートシステム**（以下 先端ナビ、図3）を開発した。また、航海中の映像を220度の円形スクリーンに投影でき、先端ナビのデータから実際の船舶交通状況をCGで再現した簡易シミュレータ機能を持つ**バーチャル汐路丸**（図4）を構築している。汐路丸は、船内LAN及び衛星通信システムにより大学と情報共有が可能であり、これまでも遠隔操船や自動操船の研究・実験が行っている。本学のらいちょうNでは、先端ナビにて航海中の情報を管理・監視でき、現在、遠隔操船機能を構築中である。このように、**自律航行船（遠隔操船型・自律型）**実現のための取り組みを行っている。



図3 先端ナビゲートシステム

また、見張りの高度化については、**小型船の河川自動航行実現**のため、レーザーライダーを用いた周囲の**空間地図**の作成を進めており、今後は**海図情報**との融合を目指す予定である。



図4 バーチャル汐路丸

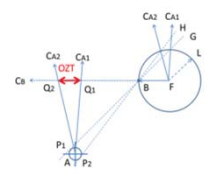


図5 OZTの考え方

自律航行実現には自動避航の実現が必須であるが、これについては**OZT（航行妨害ゾーン、図5）**を用いて、**最適な避航**を行うアルゴリズムの開発を進めているところである。

## これまでの研究成果（3. 試作品）

図6は、汐路丸航行中の映像に**自船及び他船情報・レーダー映像・電子海図等を重畳させ、遠隔操船時の情報表示及び自律操船時の監視画面**として利用するために改良した**バーチャル汐路丸**である。図7は、これまでの操船コンソールとは異なるコンセプトで開発した遠隔操船時の**操船コンソール**であり、まだ開発途中の画面である。図8は、レーザーライダーの情報から船舶周囲の**空間地図**を作成した図である。

図9は避航操船時に対象となる遭遇数を調査した結果で、**輻輳海域である東京湾の南側では10隻の遭遇状態まで考慮すれば全体の99.5%をカバー**できることがわかった。図10は、航行時のOZT分布例で、OZTが多く発生している場合（13個のOZT）でも、その分布をみると、**自船が安全に航行できる経路がある**ことがわかる。避航する場合は相手船の行動変化による影響に注意を要するが、図11のように、相手船の**行動変動**や相手船が**行動変化**する可能性及び交通流等の**潜在的衝突危険**を考慮した**自動避航アルゴリズム**を構築中である。



図6 バーチャル汐路丸2



図7 遠隔操船コンソール



図8 空間地図

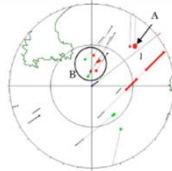


図9 OZT分布例

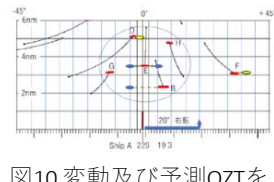


図10 変動及び予測OZTを加味したOZT分布



図11 OZT遭遇隻数

## 今後の展望（ロードマップ）

本研究は、(1)船舶側・陸上側システムの改良、(2)避航アルゴリズム開発、(3)見張りの高度化、(4)操制御アルゴリズム開発、(5)実船実験、(6)教育検討・法律の整理の項目で進めている。まずは、陸上（大学）からの遠隔操船実験を目指しており、2019年3月に実船実験を行う予定である。しかし、汐路丸の老朽化によりこれまで使用できていた船上システムに支障があることから、(1)に関しては現在も改良中である。(2)については、避航アルゴリズムの開発を精力的に行っている。船上の船員が操船する際の支援システムとしても利用可能なものとするが、自動避航から航路復帰までのアルゴリズムを開発する。(3)は、小型船の見張りの高度化を中心に行っているが、大型船への展開も検討中である。(4)は、上記の汐路丸老朽化対応も関係することから、現在再検討中である。(5)は、2018年7月に予備実験を行っているが、2019年3月から開始する。(6)は、IMOの検討状況を確認する必要があるが、現在は法整理から進めて行く予定である。図12に本研究のロードマップを、図13に全体イメージを示す。

|                    | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|
| (1)船舶側・陸上側システムの改良  |        |        |        |        |
| (2)船意思決定支援アルゴリズム開発 |        |        |        |        |
| (3)見張りの高度化         |        |        |        |        |
| (4)操制御アルゴリズム開発     |        |        |        |        |
| (5)実船実験            |        |        |        |        |
| (6)教育検討・法律の整理      |        |        |        |        |

図12 自律航行船に関する研究ロードマップ



図13 自律航行船舶最終実験への全体イメージ