

## 内航船向け最適航海計画支援システムの開発と効果検証について

著者	佐藤 淑子
学位名	博士(工学)
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2020
学位授与番号	12614 博甲第565号
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1342/00002006/">http://id.nii.ac.jp/1342/00002006/</a>

## 博士学位論文内容要約 Summary

専攻 Major	応用環境システム学	氏名 Name	佐藤 淑子
論文題目 Title	内航船向け最適航海計画支援システムの開発と効果検証について		

### 【課題設定】

船舶運航における環境規制対策には、ハード対策、ソフト対策がある。ハード対策は、船体形状、プロペラ、機関性能等の改良等だが、本船への適用にはコストがかかり、レトロフィットが難しいという課題もあった。ソフト対策としてはウェザールーティング技術が挙げられ、航海支援情報の活用による運航改善であるため、比較的安価であり、就航船への導入も容易である。このウェザールーティングの研究は古くから行われているが、外航船を対象とした研究が主であり、ほとんどがシミュレーションベースでの評価であった。しかし、高精度な気象海象予測情報を考慮した航路計画や、予測の不確実性を考慮した船速計画（減速航行）を用いることで、航路選定の幅が狭い内航船においても、経済的な運航（環境調和型の運航）が可能となる。

そこで、内航船の航海中における GHG（Greenhouse gas：温室効果ガス）排出量および燃料消費量の削減を目的として、船舶が実海域中で遭遇する気象海象環境（海上風、波浪、海潮流）を精度よく予測するとともに、実海域中における船舶推進性能を推定し、これらの情報に基づき最適な航海計画を作成する「内航船の環境調和型運航計画支援システム」が、NEDO の助成事業により開発された。このシステムは、シミュレーションベースで平均 3.2% の FOC（Fuel Oil Consumption：燃料消費量）削減効果が得られることを実証した。一方で、①実際の航海における FOC 削減効果が不明であり、ユーザーに効果を示しきれない、②導入時の準備作業に係るユーザーの時間、コスト負担が大きい、という主に二つの課題が明らかになった。本学位論文では、システムの普及に向けた、これらの課題解決のための研究を行った。

### 【方法論・実験・解析】

一つ目の課題解決として、実際の航海における FOC 削減効果を評価し、ユーザーに示すことを目的に NEDO システムの改良、評価手法の確立を行った。本システムにおいて、定期的に運航モニタリングデータを取得・送信・陸上サーバーに蓄積する仕組み（図 1）と、そのデータを用い効果を実証する手法を構築した。このモニタリング機能を実装したシステムを用い、タンカー、RORO 船にて実証試験を行った。その結果、以下の知見が得られた。

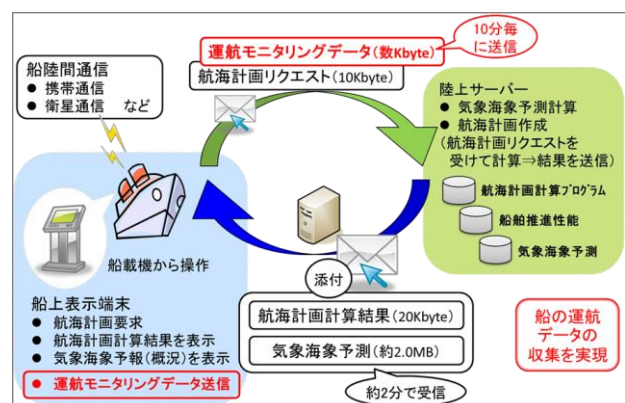


図 1. データ送受信システムの概要

- ・ 本システム（シミュレーション）の FOC 推定精度を確認するために、実航路を対象として、FOC の推定値と実測値の比較を行った。その結果、一定の誤差範囲で安定した FOC 推定が行えることがわかった。
- ・ シミュレーションにより推奨航路と常用航路における FOC 推定が行えることから、推奨航路の FOC 削減効果を示すことができる。推奨航路の FOC 削減効果は、常用航路と推奨航路の FOC 推定値の比から求められる。

- ・ 推奨航路の FOC 削減効果は、航路の差で生じる気象海象予測や機関出力の差を積み重ねること  
で得られるものであり、FOC 削減効果は十分期待できる。
- ・ 推奨航路の有効性を示すため、推奨航路を参照した航海、参照しない航海の FOC 削減効果を比較した。その結果、推奨航路を参照した航海では、参照しない航海に比べ、高い FOC 削減効果が得られることがわかった。

二つ目の課題解決として、容易に搭載可能なシステムを実現するために、システム導入時のハードルであった船舶推進性能推定の簡易手法を開発した。簡易手法を適用したシステムを用い、RORO 船、フェリーにおける実証試験を行った。これにより、以下の知見が得られた。

- ・ 船舶推進性能推定の簡易手法を開発したことで、システム導入時に実施する船舶推進性能推定のための準備に係る、時間・費用負担を改善することができた。
- ・ 船舶推進性能推定の簡易手法の開発により、船型データおよび運航モニタリングデータの収集項目を大幅に削減することができた。
- ・ 簡易手法を適用したシステムの利用により、算出される推奨航路および FOC 削減効果は、標準手法により計算される推奨航路および FOC 削減効果と大きな差はなく、実用化にあたり問題ないことを確認できた。(図 2)
- ・ 荒天航海については、船舶推進性能推定精度が標準手法に比べ低い可能性や、荒天時の運航データが少ないことから、荒天航海時の利用には留意する必要がある。

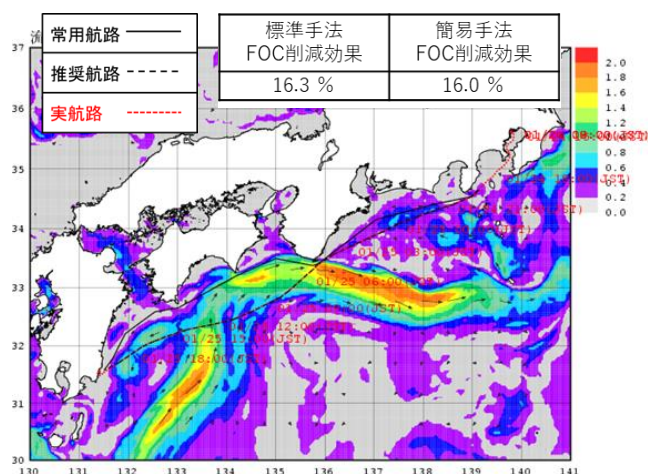


図 2. 手法別 FOC 削減効果事例 (京浜—九州)

また、実証試験全体を通じて、下記の知見が得られた。

- ・ 本システムでは、特に海流の利用による効果大きい。また、順潮航路よりも逆潮航路の方が、若干だが FOC 削減効果が高い。(図 2)
- ・ 船型により外力による影響は異なり、受風面積の大きな船型では、風による影響を強く受ける。
- ・ 日本海側などでは強い流れは見られず、特に冬季は波浪の影響が大きいと考えられる。
- ・ 航行区域の範囲が広い船舶ほど海流の利用に有利であり、沿岸を航海する小型船や、航行海域に制限を持つ船舶は、効果が低くなる可能性がある。
- ・ 乗組員は遅延を避けることを重視するため、到着時刻を実際よりも早めに設定（航海時間を実際より短く設定）して推奨航路を要求し、その結果推奨航路の機関出力が実際必要とされる値より高めに算出される場合がある。

#### 【結論・考察】

NEDO の助成事業にて開発されたシステムに対し、本船の搭載機から定期的に運航モニタリングデータを取得・送信・陸上サーバーに蓄積する仕組みと、そのデータを用い効果をわかりやすく評価する手法を新たに構築した。これによりユーザーに対し、本システムにおける FOC 推定値の信頼性、推奨航路の有効性、推奨航路を参照した場合による効果を示すことを実現した。

また、容易に搭載可能なシステムとするため、システム導入時のハードルである船舶推進性能推定の簡易手法を開発し、その機能を統合した実用化システムを開発した。簡易手法の適用により、時間、費用、収集するデータ項目を大幅に削減し、かつ計算される推奨航路および推奨航路の FOC 削減効果は NEDO の助成事業において開発したシステムと同等の結果を得られることを確認した。ただし、荒

天航海については船舶推進性能推定精度が標準手法システムに比べ低い可能性が考えられ、荒天航海時の簡易手法の利用には留意する必要がある。

本学位論文では、これらの機能を統合した実用化システムを構築した。この実用化システムは、日本気象協会が商品として提供しており、課題解決のための研究成果に基づきバージョンアップが行われている。これにより、内航海運に対して広く普及を図ることが可能となり、本システムが環境負荷低減、運航効率改善のためのソフトウェアとして普及することで、環境負荷低減航海の啓蒙や、内航海運全体の省エネ意識改革にも寄与できると考える。