

船舶の推進性能向上を目的とした省エネルギー付加物とプロペラの干渉影響に関する研究

岡田, 善久

<https://hdl.handle.net/2324/7329485>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名 : 岡田 善久

論文題名 : 船舶の推進性能向上を目的とした省エネルギー付加物とプロペラの
干渉影響に関する研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

2023 年 7 月に国際海事機関は、2018 年に採択した温室効果ガス (GHG ; Green House Gas) 削減戦略を改定し、2050 年頃までに国際海運からの GHG 排出ネットゼロを目標とする 2023 IMO GHG 削減戦略を採択した。このように海事産業界において劇的な技術変化が求められるなか、直近では船用機関の燃料に使用されている重油の代替燃料として LNG やアンモニア、水素に関する研究が実施されている。将来、何れの代替燃料が主流になるにしても現在と比較して燃料費が高騰することが予想されており、燃料消費量の低減に向けて動き出している。

また、船用機関の燃料消費と強いつながりのある船舶の推進性能に関して、新造船向けに 2013 年に発効された「エネルギー効率設計指標 (EEDI ; Energy Efficiency Design Index)」, 既存船向けに 2023 年より適用されている「既存船エネルギー効率指標 (EEXI ; Energy Efficiency Existing Ship Index)」および「年間の燃費実績格付け制度 (CII ; Carbon Intensity Indicator)」により、船舶の省エネルギー (以下、省エネと呼ぶ) 化が加速している。このように、船舶の推進性能向上がこれまで以上に強く要求されている。

船舶の推進性能を左右する船用プロペラ (以下、プロペラと呼ぶ) の研究では、プロペラから発生するハブ渦を低減することができるノンハブボルテックスプロペラ、摩擦抵抗を低減させることができる限界小翼面積プロペラなど、新しいコンセプトの高性能プロペラが開発されており、新しく建造される船舶だけでなく既存船への換装プロペラとしても採用されている。さらに、最近の船舶には高性能プロペラだけでなく、省エネ化を目的としてプロペラ前後に船尾ダクト、フィン付きプロペラボスキャップおよび舵バルブなどの省エネルギー付加物 (以下、省エネ付加物と呼ぶ) が装着されることが多くなってきた。しかも、これらの省エネ付加物は 1 種類だけではなく、複数の種類が同時に装着される例が増えてきている。そして複数の省エネ付加物とプロペラの間には流体力学的な相互干渉が生じているものと推察される。

船舶の推進性能向上のためには省エネ付加物とプロペラの干渉影響を考慮した統合設計が必要不可欠と考えられるが、既存の省エネ付加物は幾何形状や性能などの詳細が明らかにされていないため、相互干渉を考慮した統合設計は困難である。そこで、船舶の推進性能の向上のための省エネ付加物の開発、省エネ付加物とプロペラの干渉影響のメカニズムの把握、省エネ付加物とプロペラの統合設計による船舶の推進性能の向上と実船適用を本論文の目的とする。

本論文は、全 8 章で構成されており、その内容は以下のとおりである。

第 1 章は緒論であり、本研究の必要性ならびにこれまでの省エネ付加物とプロペラの干渉影響に関する研究について概説し、複数の省エネ付加物が装着された場合のプロペラ設計の課題について述べた。

第2章では、フィン形状に自由度を持たせることを特徴としてフィンの素材をガラス繊維強化樹脂としたフィン付きプロペラキャップの開発の概要について述べた。そして、数値流体力学（CFD ; Computational Fluid Dynamics）解析による開発の過程を示すとともに CFD 解析結果および回流水槽における逆プロペラ単独性能試験と可視化試験の結果から効率改善効果の要因の考察を行った。

第3章では、プロペラキャップに膨らみを持たせ、舵に装着するバルブと流線形に繋げる形状にすることにより、プロペラにバルブを近接させるという新しい舵バルブのコンセプトを示すとともに CFD 解析と模型試験結果について記述した。さらに、CFD 解析と模型試験結果における自航要素の改善効果の比較および改善効果の要因の考察を行った。

第4章では、従来の船尾ダクトに比べて推力の発生量を増加させることを重視し、ダクトの上部だけでなく側面部でも推力を発生させることを目的として、特徴的な縦長の楕円形状を有する船尾ダクトを考案するに至った開発の過程を述べた後に、模型試験による自航要素の改善率および実船換算の制動馬力削減結果を示した。開発の狙い通り、ダクトを縦長楕円形状とすることによりダクトが推力を発生し、自航要素の一つである推力減少係数の改善が支配的であることを確認した。

第5章では、新たな省エネ付加物として開発した船尾ダクトおよび舵バルブと、ピッチ分布が異なる2種類のプロペラを組み合わせ、プロペラの前後位置を変更した場合のプロペラと省エネ付加物の干渉影響を模型試験により調査した結果を示した。模型試験のうち自航試験によってプロペラの前後位置およびプロペラのピッチ分布が自航要素および制動馬力に及ぼす影響を確認した。また、粒子画像流速計測法（PIV ; Particle Image Velocimetry）によるダクト前縁および舵前縁付近の流れの流入角の計測結果より、ダクト推力および舵抵抗の変化と自航要素の関係を考察した。

第6章では、プロペラと船尾ダクトおよび舵バルブの干渉におけるプロペラのピッチ分布の影響をさらに調査するため、3種類のピッチ分布が異なるプロペラと舵バルブおよび船尾ダクトを装着した模型船の自航試験や舵抵抗の計測結果、PIV による船尾ダクト前方や舵直前の流場の可視化の結果を示した。また、船体抵抗や船尾ダクトの推力、舵抵抗について CFD 解析を行い、プロペラのピッチ分布の違いが船尾ダクトや舵に働く力を介して推力減少係数に及ぼすメカニズムを明らかにした。

第7章では、実際に建造されたケミカルタンカーへの装着のため CFD 解析を援用して再設計を行った船尾ダクトおよび舵バルブとの干渉影響を考慮して最適プロペラ設計を行い、模型試験により馬力削減効果を確認した。加えて海上試運転による船速は模型試験結果とほぼ同等となったことから、本研究における複数の省エネ付加物とプロペラの統合設計スキームの妥当性を確認した。

第8章は結論であり、本研究で得られた知見をまとめるとともに、今後、この分野で取り組むべき研究課題について述べた。