九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

二重反転プロペラ装備船の実船馬力推定精度向上に関する研究

犬飼，泰彦

https://doi.org/10.15017/1866310

出版情報：九州大学，2017，博士（工学），課程博士
バージョン：
権利関係：

（様式２）

氏　　名　：　犬飼　泰彦

論文題名　：　二重反転プロペラ装備船の実船馬力推定精度向上に関する研究

区　　分　：　甲

論　文　内　容　の　要　旨

燃費の改善、温室効果ガスの削減はいずれも船の推進性能に携わる者にとって古くからの課題である。昔から継続的に船の推進効率、輸送効率の改善努力が続けられ、実際に大幅に改善されてはいるものの、地球環境の変化はそれを上回る速度で変容している。特に温室効果ガス削減に関しては 2015 年にパリ協定が締結され、21 世紀後半には産業革命前からの気温上昇を 2 度未満に抑えることが宣言された。高い目標ではあるが、地球温暖化が世界中の人々の生活に深刻な影響が生じるという報告は枚挙にいとまがなく、温室効果ガス削減はすぐに取り組まなければならない最優先課題として世界共通の認識となっている。

本研究も目的は船の燃費を改善し、温室効果ガスを減らすことにある。その目的を達成する技術として二重反転プロペラを取り扱う。二重反転プロペラは 1838 年にスウェーデン技師 Ericsson が特許を取得して以来、長年に渡って多くの研究者が取り組んできた省エネ技術である。通常一基のプロペラが船尾に装備されるが、プロペラの回転に伴い推進に寄与しない回転流がプロペラ後方に放出されるため推進効率が低下する。二重反転プロペラでは同軸上に反転する二基のプロペラを配置することで、前プロペラ後方に生じる回転流を後プロペラが推力に変換して高い推進効率を得ることができる。多くの研究によりその省エネ効果は明らかになっており、1988 年に商船として初めて自動車運搬船に二重反転プロペラが搭載された。その後もバラ積み船や VLCC に採用され、約 15%という高い燃費削減効果が報告されている。

このように通常のシングルプロペラに対する性能優位性は実証されているものの、同軸に反転機構を持たせなければならない軸系装置の複雑さや製造コストの高さなどの理由により二重反転プロペラの採用数は多くはない。2016 年現在、総トン数 100 トン以上の船は約 88,000 隻存在しているが、そのうち二重反転プロペラを採用している船が占める割合は極めて少ない。そのため、多くの研究がなされているものの現状は標準的な実船馬力推定法や試験解析法すら確立されていない状況である。

そうした状況ではあるが、日本では 2005 年に国土交通省が独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構と連携してスーパーエコシップの建造促進政策を開始し、二重反転プロペラ採用にあたり発生する建造コストの増加分を負担する施策が講じられた。この制度の活用により、商船では 2000 年以前には 4 隻しか存在しなかった二重反転プロペラ装備船が、現在は 30 隻以上にまで増加している。こうして実績が増えることで、これまで二重反転プロペラの実船採用を阻んでいた二重反転機構の信頼性への不安や、製造コストの高さといった課題が解決されて、一気に二重反転プロペラ装備船の実績数が増えることが期待される。

著者は幸運にも 20 隻以上の実船設計に携わる機会に恵まれた。そこで得られた豊富な模型試験および実船試運転結果を基に、二重反転プロペラ装備船の実船馬力推定精度の向上を図り、今後増加

すると思われる二重反転プロペラ装備船の普及の技術基盤を固めることを本論文の目的とする。

本論文は、6 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、二重反転プロペラ研究の歴史と本研究の目的を述べるとともに、本研究の必要性ならびに関連する研究について概説し、本論文の構成を示した。

第 2 章ではまず、二重反転プロペラの単独性能計算法について述べた。均一流中におけるプロペラ特性は二重反転プロペラ装備船の性能を決定づけるものであり、二重反転プロペラ装備船の適用範囲を拡大していくためには高い精度の性能推定法が必須となる。本研究では、九州大学で開発されたパネル法 SQCM をベースとして後流渦形状を適切に表現することができる単独性能推定法を開発し、従来よりも精度良い性能推定が可能であることを示した。さらに、舵が前後プロペラの特性に及ぼす影響は推進性能上無視できないため、舵とプロペラを組み合わせた状態の単独性能計算法についても取り扱い、模型試験との比較から推定精度の検証を行った。

第 3 章では、二重反転プロペラと船体および舵の干渉影響（自航要素）を模型試験の中でどのように解析して求めるか、という船の推進性能を考える上で最も基本的な事項についての標準的な手法が存在しないのが現状であることを踏まえ、これまでに提案された手法を整理し、より正確に自航要素を表すことができる新しい自航試験解析法を提案した。さらに、単純化したプロペラ作動状態の解析を第 2 章で開発した計算法を用いて行い、本解析法は自航要素を他手法に比べ、より適切に解析可能であることを示した。

第 4 章では、自航要素のうち、プロペラに流入する流速と船速の比を表す有効伴流率が二重反転プロペラ装備船ではシングルプロペラ装備船に比べ大きくなることが多いことを述べた。有効伴流率は尺度影響を大きく受けるパラメータであり、実船馬力推定法を考える上で、その性質について考察することは重要であるため、プロペラ前方に配置した物体周りの流れと二重反転プロペラの干渉について、ポテンシャル法、境界層理論、CFD により検討し、有効伴流率が大きくなる原因について考察を行った。

第 5 章ではまず、第 3 章で示した新しい自航試験解析法を基とした実船馬力推定法を示し、従来提案されている手法との馬力の推定値の違いについて考察を行った。さらにその上で、建造船の試運転結果と推定値の比較を行い、本推定法により精度良く実船の馬力が推定できることを示した。また､前後プロペラの馬力配分を正確に推定することも実船プロペラ設計では非常に重要となるが、前後プロペラの回転数比を変更した実船試運転結果との比較から、第 2 章で示した単独性能推定法により精度良く推定可能であることを確認した。

第 6 章では、本論文の成果を結論として示し、今後取り組むべき課題について述べた。