

学位論文及び審査結果の要旨

氏 名	齋藤 裕樹		
学 位 の 種 類	博士(工学)		
学 位 記 番 号	工府博甲第552号		
学位授与年月日	平成30年3月23日		
学位授与の根拠	学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項		
学 府 ・ 専 攻 名	工学府 システム統合工学専攻		
学 位 論 文 題 目	推進効率向上を目的としたCFDによる伴流中プロペラ形状最適化 A propeller shape optimization in a wake using CFD to improve propulsion efficiency		
論 文 審 査 委 員	主査	横浜国立大学 教授	日野 孝則
		横浜国立大学 教授	鈴木 和夫
		横浜国立大学 教授	荒井 誠
		横浜国立大学 准教授	宮路 幸二
		横浜国立大学 准教授	平川 嘉昭

論文及び審査結果の要旨

本研究は、近年の EEDI による Green House Gas 排出規制強化や輸送コスト低減への要求から高推進効率を有する船舶への需要が高い状況を背景として、推進効率向上を目的としたプロペラ形状最適化システムを構築し、その効果を水槽試験により確認したものである。プロペラ性能評価に CFD を用いることで、従来の理論計算を用いた最適化よりも、実際のプロペラ作動環境（粘性影響を強く受け、船体や省エネデバイスなどの影響により複雑化した流場）に即したプロペラ形状を得られることが期待され、将来的には船型・省エネデバイス・プロペラの総合最適化も可能になると考えられる。本研究では、その基礎となるシステムの構築および効果の確認を目的とした。

構築した最適化システムの構成は以下の通りである。最適化アルゴリズムに逐次二次計画法を採用し、CFD によるプロペラ性能評価には汎用流体解析ソフト「Fluent」を用いた。CFD に必要な計算モデルの作成は、プロペラ形状データの作成に汎用 3 次元 CAD ソフト「Rhinceros」を用い、計算格子作成には汎用格子生成ソフト「Hexpress」を用いており、各工程を自動化することで最適化の実行を可能とした。目的関数はプロペラ単独効率とし

た。また、最適化によりプロペラ作動条件（主機馬力、回転数）から逸脱しないように、プロペラ流入速度と回転数を固定し、変形によるトルク変動を $\pm 0.5\%$ 以内とする制約条件を課した。

本研究の第一段階では、最適化システムの有効性を確認する目的で、MAU プロペラを対象に単純な流場である一様流中におけるプロペラ形状最適化を実施し、プロペラ単独試験により効果の確認を行った。その結果、母型とした MAU プロペラ（Case0）に対して最適化結果（Case1）は 2%の効率向上を示しており、これにより最適化システムの有効性が確認された。

次に、第二段階として、伴流（不均一流場）中でのプロペラ作動を想定し、周方向に平均化した伴流中でのプロペラ形状最適化を実施した。これにより得られた結果（Case3）と Case0 についてプロペラ単独試験および推進性能試験（抵抗・自航試験）を実施し、自航状態で 2%程度の推進性能向上効果を得られることが確認できた。

最終段階では、プロペラ設計上無視することが出来ないキャビテーション性能を最適化システム内で考慮するため、制約条件としてプロペラ翼面上の圧力値に制約を設けた最適化を実施した。これにより、圧力値に制約を設けていない Case3 と比べるとミッドコード付近の翼面上の圧力低下が抑えられ、キャビテーション性能が改善することを示唆した結果（Case4）を得た。Case4 および Case0、Case3 について推進性能試験およびキャビテーション観察試験を実施したところ、Case4 は Case0 よりも推進効率を 2%程度向上させつつ、Case3 よりもミッドコード付近でのキャビテーションの発生が抑制されていることが確認された。これより、本最適化システムを用いることで、キャビテーション性能の悪化を抑制しつつ推進効率を向上させるプロペラ形状を得ることが可能であることが示された。

本研究において、CFD を用いた最適化システムの有効性が明らかとなり、プロペラ作動状態を模擬した伴流中での最適化により設計条件を満たした状態での推進効率の向上が確認された。これにより、将来的な船型・省エネデバイス・プロペラの総合最適化に向けた基礎システムの構築が達成されたと考えられる。

以上のように、本論文は船用プロペラの形状最適化システムの構築によってプロペラ性能改善の高度化を達成したものであり、博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

平成 30 年 2 月 14 日 14 時 40 分より、船舶海洋工学棟 2 階会議室において、全審査委員出席のもと学位論文発表会を開催し、40 分の口頭発表および 20 分の質疑応答が行われた。引き続き、平成 30 年 2 月 14 日 15 時 40 分より、船舶海洋工学棟 2 階会議室において、全審査委員出席のもと審査委員会を開催した。口頭発表ならびに質疑応答の内容について厳正な審査を行った結果、本論文は博士学位論文として十分な内容を有していると認められ、合格と判定した。

学位論文の審査における質疑応答により、申請者は博士論文に関連する分野の科目について博士（工学）の学位を得るにふさわしい学力を有すると判定した。本論文の一部の内容

が国際研究集会において英語で発表されていることにより、申請者は十分な英語学力を有すると判定した。また、修了に必要な単位は取得済みである。

また、提出された論文について、著作権保護への配慮は十分であることを確認した。

以上により最終試験は合格であると判定した。