

## 審査の結果の要旨

氏名 黄 鎮川

CFD（数値流体力学）手法を用いて、直進状態のプロペラの性能解析、船体の性能解析、船体とプロペラを組み合わせた自航状態の性能解析を行い、丹念な精度確認により、高精度計算法を開発した。同時に、従来の経験的解析手法の裏に潜む物理を解明した。計算には市販ソフトである **Fluent**（有限体積法）を用いたが、**UDF**（ユーザ定義関数）による機能拡張を行うとともに、乱流モデル、キャビテーションモデル、計算格子分割法について物理的考察に基づき丹念に工夫し、実験や従来の経験式との詳細な比較を行った。そして、流体力学的に難しい本問題に対して、高精度計算法を開発したこと、またそれにより、従来から使われている経験式の物理的説明を行ったことに特徴がある。

プロペラに関しては、まず、均一流中単独作動状態にて計算し、プロペラ翼面境界層の遷移を表現できる乱流モデルを用いると、実験結果と非常によく一致する計算結果が得られることを示した。さらに、模型スケールから実船スケールまでの広範囲の **Reynolds** 数における計算を丹念に行い、プロペラ単独性能に対する尺度影響を定量的に明らかにした。次に、均一流中単独作動状態及び船後伴流中作動状態におけるプロペラ・キャビテーションを計算した。キャビテーションのパターンは実験と一致するものの、船尾変動圧力は過小評価になる。これは、計算におけるキャビテーションがボイド率の緩やかな変化として表現されるため、キャビティ体積が実際よりも小さくなるためであろうと推測し、将来の改善の可能性を示唆している。

船体抵抗に関しては、模型スケールから実船スケールまでの広範囲の計算を行い、実験と比較してその精度を確認するとともに、抵抗性能のスケール影響、特に形状影響係数  $k$  の物理的意味と、そのスケール影響を議論した。従来の実船抵抗推定法では、形状影響係数が模型実験で得られたものと変わらないと仮定するとともに、実績に基づく粗度修正係数を導入している。しかしながら、計算結果では形状影響係数に明確な尺度影響が見られ、**Reynolds** 数の増加とともに値が増加する。そして、実船 **Reynolds** 数付近では、形状影響係数の増加による抵抗増加が、粗度影響係数による抵抗増加にほぼ一致する。これは、従来

法で行われていた粗度影響係数による修正が、結果として良い値を与えるものの、論理的には正しくないことを意味している。

自航性能に関しては、従来の簡易プロペラ理論を用いた方法と異なり、模型船及び実船に直接プロペラを取り付けた計算を行った。模型・実船それぞれのスケールにおいて、実験結果及び従来法である ITTC 法の推定結果と数値計算結果を比較し、自航性能の数値的予測結果の妥当性を検証した。数値計算結果と模型実験結果及び実船推定結果は良好な一致を示し、その精度が確認できた。一方、ITTC 法をはじめとする従来の実船推進性能推定法では伴流係数にのみ尺度影響があると仮定しているが、数値計算結果ではその他の自航要素である推力減少率やプロペラ効率比にも明確な尺度影響が見られ、やはり従来法の仮定には問題があることを示唆している。すなわち、従来法は現象を単純化し過ぎていて問題があるものの、豊富なデータベースにより、値だけは良いものになるということであり、論理的に成り立っていない。このことが、大きな船型変更には適用できないという拡張性・普遍性の障害に繋がっていた。この問題点は従来より研究者の頭の中にはあったが、定量的な検討を行う手段がないため、手を付けられなかった。本研究は、より合理的で汎用性のある実船推進性能推定法の開発に、CFD 利用という一つの方向性を示したと言える。

以上要するに、本研究はプロペラ、船体、および両者を組み合わせた自航状態における流体力学的性能を、CFD 手法により模型スケールから実船スケールに至るまで、実験や従来法の推定結果と丹念に比較して高精度計算法を開発するとともに、経験に基づく従来法の物理的意味と問題点を明らかにしたものであり、船舶流体力学の発展に資するところが大きい。

よって本研究は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。