

Title	数値流体力学手法に基づく船用プロペラまわりの粘性流場の研究
Author(s)	宇都, 正太郎
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3100667
DOI	10.11501/3100667
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	宇 都 正 太 郎
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 1 6 4 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 7 年 1 月 2 5 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	数 値 流 体 力 学 手 法 に 基 づ く 船 用 プ ロ ペ ラ ま わ り の 粘 性 流 場 の 研 究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 田 中 一 朗 教 授 三 宅 裕 教 授 鈴 木 敏 夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、船用プロペラまわりの粘性流場の詳細な構造を解明することを目的として、著者が新たに開発した数値流体力学手法に基づく計算手法について述べるとともに、その計算手法を通常型およびハイスキュープロペラの解析に具体的に適用し、計算結果を基にプロペラまわりの流場構造に関する広範な検討を行ったものである。論文は緒論1章、本文5章、結論1章の全7章から成っている。

第1章では、船用プロペラ流場の理論計算法の発展について概説するとともに、非粘性理論の枠組では解明することが困難であると考えられる諸現象について具体的に説明し、これらの現象の多くが流体の粘性に起因するものであり、その解明については数値流体力学的手法が必要不可欠であることを指摘している。

第2章では、有限体積法および疑似圧縮性法に基づく支配方程式の離散化および境界条件について記述するとともに、本手法が計算領域全体において運動量および流量保存性を有すること、また計算効率および数値的安定性の良好な計算手法であることを示している。

第3章では、幾何的方法と呼ばれるアルゴリズムに基づいた船用プロペラまわりの計算格子の生成法の提案を行った後、翼面格子および3次元格子生成について記述している。

第4章では、船用プロペラまわりの粘性流場の計算コードを用いてプロペラ単独性能の計算を行った結果について記述し、推力およびトルク係数は実験値に比べて若干の過大評価となるものの、効率については良く一致する結果が得られることを述べている。

第5章では、計算結果を基に粘性に起因する特徴的な流場構造およびその機構について考察している。すなわち、通常型プロペラに関する計算から、翼面境界層および翼端渦を含む後流渦系の構造が定性的に明確になったこと、またハイスキュープロペラに関する計算から翼端近傍、背面側の極端な負圧域の形成は大規模な渦の生成によるものであることが明らかになったこと等を述べている。

第6章では、工学上極めて重要な研究課題であるプロペラ単独性能の尺度影響について計算結果を基に考察し、翼面上の圧力に基づく成分の尺度影響が摩擦に基づく成分の尺度影響と同程度であること、特に翼端近傍で圧力成分の尺度

影響が強く現れることを明らかにしている。

第7章では、本研究の知見を総括している。

論文審査の結果の要旨

船用プロペラ理論は非粘性理論の枠組の中で着実な発展を遂げて来たが、プロペラ形状表現の見地からはなお不十分であり、また粘性を無視する前提のため、翼端渦、後流渦に代表される渦流場の生成とその性状の解明について欠けるところがあった。本論文は、このような問題点を解決するためプロペラまわりの粘性流場の数値流体力学的直接解法について研究し、精度の高い数値解法を開発するとともに、その方法を通常型およびハイスキュープロペラに対して適用して、流場の構造とプロペラ特性について実験と比較しつつ広範な検討を行ったものである。その内容の重要な点と主要な成果は次の通りである。

- (1) 船用プロペラまわりの複雑な流場構造の解明のため、3次元乱流 *Navier - Stokes* 方程式を物体適合座標系のもとに有限体積法に基づく離散化によって解き、安定した高精度の解を得ることにはじめて成功している。
- (2) 数値流体力学手法における技術的課題のうち最も多き案もの一つである計算格子生成について、格子点の制御上、生成効率上有利な幾何的方法と呼ばれるアリゴリズムによる生成法を提案し、プロペラのような複雑な形状の数値解法をはじめて可能にしている。
- (3) 通常型と特殊形状のハイスキュープロペラの2種のプロペラに対し具体的計算を行い、実験と比較し良好な一致度をもつ結果を得るとともに、前縁剥離渦、翼端渦、後流渦等を含む粘性流場の性状を明らかにしている。
- (4) プロペラまわりの流場ならびにプロペラ特性のうち実用上重要な要素である尺度影響について、その量が無視しえないことを示すとともに、その機構についても合理的な検討を行っている。

以上のように、本論文は、船用プロペラまわりの粘性流場ならびにプロペラ特性の推定について数値流体力学の手法に基づき詳細に検討したもので、計算法の確立に至る過程に見られる独創性と構築力、また得られた成果の妥当性、有用性は極めて高く評価され、流体力学上また造船技術上貢献するところ大である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。