

[別紙 2]

審査の結果の要旨

氏名 竹腰 善久

船舶において、プロペラのキャビテーションは重要な問題であり、特に近年では船舶の高速化及び浅喫水化への要求の高まりから、ますますその重要性は増していると言える。従来は、プロペラのキャビテーションの予測は、模型実験や経験に基づく設計チャート、または理論計算などにより推定されていたが、近年では数値流体力学に基づく予測方法の開発が精力的に進められている。数値流体力学による方法は、形状を正確に表現できること、及びキャビテーションに強い影響を与える粘性や乱流、境界層、渦などの影響を取り扱うことが出来るなどの点で優れていると言える。しかし、一方で、現在のところ十分な信頼性を持つキャビテーションの数値モデルが開発されていないことが問題となり、応用は進められていない。これに対して、本研究では既存のキャビテーションモデルが持つ問題を明らかにし、新しい概念に基づいてより高精度なモデルを提案することを目的としている。

本論文は7つの章で構成されている。第1章ではキャビテーションの数値予測の重要性を含めて、本研究の背景と目的および進め方に関して述べ、第2章ではこれまでに提案されているキャビテーションモデルと問題点について述べている。続いて第3章においては、本研究における数値計算法について詳細に述べている。

第4章では、現在最も広く用いられているキャビテーションモデルの一つを取りあげ、様々な翼型や迎角、キャビテーション数に対して計算結果と実験を比較することで詳細な検証を行い、実験と比較的良好一致が得られる場合と得られない場合を明確に示している。さらに結果の分析から、既存のキャビテーションモデルの限界と問題点を明らかにしている。このような系統的な検証はこれまでに行われておらず、これは本研究の重要な成果の一つであるといえる。

第5章は、本論文における最も重要な成果を含む章である。まず、本章では前章の結果を受けて、新しいキャビテーションモデルである、「ハイブリッドキャビテーションモデル」を提案している。このモデルの特徴は、キャビテーションの形態の一つであるシートキャビティ領域を飽和蒸気圧の水蒸気で満たされた空間であると見なし、それ以外の領域については分散性気泡流として取り扱うことである。これは、分散性気泡流の仮定を用いる既存の混相流モデルにおいては、ボイド率が高いシートキャビティ領域のモデリングが不適切であるという、第4章の検討結果に基づくものである。このハイブリッドキャビテーションモデルを様々な翼型、迎角、キャビテーション数に対して適用し、計算結果を実験及び既存モデルによる計算結果と比較して検討した結果、既存モデルでは十分な精度が得ら

れなかったケースにおいて、大幅に精度が改善されることが示されている。この結果については、さらに詳細な考察が加えられており、シートキャビティの界面のシャープさを適切に表現すること、及びキャビティ初生点を正確に予測すること、キャビティの非定常かつ局所的な構造を表現することなどが、全体の計算精度に影響があることを示している。また、各条件の翼面上のキャビテーション流れの特徴に応じて、それぞれの要素が支配的な影響を及ぼすのかを明らかにしており、これまで明らかにされていなかったキャビテーションモデルの適用限界が明確に示されたことも重要な成果である。

第 6 章では、キャビテーションの非定常性を正しく再現することが出来るというハイブリッドキャビテーションモデルの特長を生かし、ピッチング振動する 2 次元翼に発生するキャビテーションのシミュレーションを行っている。これは、船舶の伴流中で作動することで、流入迎角が周期的に変動するプロペラ翼を想定したものである。剥離渦の非定常性及びそれに対するキャビテーションの影響において実験と良い一致を示すことが確認され、プロペラに発生する非定常キャビテーションの予測に適用できる可能性を示している。さらに、第 7 章では全体の結論を述べるとともに、将来への課題を示している。

以上に示したように、本論文はキャビテーション現象のモデリングとその工学的応用において、明らかな進歩をもたらすものである。今後は船用プロペラのキャビテーション予測に応用されることが強く期待される。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。