

## 審査の結果の要旨

氏名 山田 大輔

軸受けの低摩擦化と長期間の流体潤滑状態の維持は、軸受けを有する全ての機器にとって、省エネルギー化と長寿命化のために重要である。過剰な量の潤滑剤は、粘性抵抗や攪拌抵抗の増大の問題がある。一方、潤滑剤を極端に微量にした場合には潤滑剤の枯渇による摩耗や焼き付きの問題がある。微量な潤滑剤で長期間に適切な流体潤滑状態を維持するためには、軸受け摺動部の潤滑剤のミクロなスケールの挙動だけでなく、軸受け全体のマクロな挙動を把握する必要がある。

本論文では、数値流体力学分野の新しい計算手法である粒子法を用いて軸受け内の潤滑剤のミクロな挙動とマクロな挙動の両方を解析可能な数値解析手法を開発した。特に、可変空間解像度の粒子法を流体潤滑問題に適用することで解析に必要な粒子数を効率的に削減した。また、粘性計算に陰的な手法を導入した新しい可変空間解像度の粒子法を開発した。これにより、時間刻み幅を従来よりも大きくとることができ、計算量と計算時間を大幅に短縮することに成功した。さらに、軸受けの弾性変形を考慮した解析を可能にした。本論文で開発した技術は人工衛星の軸受けなどへも応用可能であり、将来の宇宙機器の省エネルギー化と長寿命化を推進する技術である。

これらの成果をまとめた本論文は以下の5章より構成されている。

第1章は「序論」であり、流体潤滑の重要性、従来の流体潤滑モデルの研究のまとめと課題などの研究の背景、本研究の目的が示されている。具体的には、機械の長寿命化のためには、潤滑技術が不可欠であることと、油膜厚さの高精度で汎用的な予測方法が必要であること等が述べられている。数値流体力学に基づく粒子法により潤滑油流れを様々な条件で解析可能であるが、計算時間が膨大になる問題があり、計算量を効率的に大幅に削減する必要がある。そこで、本研究では、従来と比べて短時間で予測可能な新しい流体潤滑モデルを粒子法に基づいて開発することを目的としていることが述べられている。方法として、可変空間解像度の粒子法の1つである重合粒子（計算領域を高解像度領域と低解像度領域に分け、両者を接合させて計算する方法）を流体潤滑問題のように粘度が比較的高くスケールの小さい問題に適用できるよう改良し適用したことにつ

いて述べられている。

第2章は「計算手法」であり、粒子法と可変解像度手法、手法の改良点等についてまとめられている。特に、粘性計算に陰的な手法を用いることにより、粘度が高くスケールが小さな条件においても時間刻み幅を大きくとれるよう可変解像度の手法を改良したことが述べられている。

第3章は「流体潤滑モデル」であり、壁面の弾性変形が無い場合において、本研究で解析した流体潤滑問題の解析領域、考慮した物理量とその物性値等がまとめられている。参照解として用いた既存手法のレイノルズ方程式の解についても説明されている。また、本研究で改良した可変解像度手法を用いた場合と用いない場合において計算精度と計算時間を比較検証した結果が述べられており、本手法の有効性が示されている。

第4章は、「ソフト弾性流体潤滑 (EHL)モデル」であり、壁面の弾性変形がある場合において、本研究で解析した流体潤滑問題の解析領域、考慮した物理量とその物性値等がまとめられている。また、弾性変形の式をシミュレーションに導入したことが説明されている。本研究で開発した手法を用いた場合と用いない場合において計算精度と計算時間を比較検証した結果が述べられており、本手法の有効性が示されている。

第5章では、まとめと結論がまとめられている。

以上を要するに、本研究では可変解像度の粒子法に基づく流体潤滑モデルを開発し、開発した手法の計算時間と計算精度に関する有効性を示した。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。