

氏 名	こ ばやし たく じ 古 林 卓 嗣
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3559 号
学位授与の日付	平 成 13 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	動圧気体ジャーナル軸受の精密特性解析に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 矢 部 寛	教 授 久 保 愛 三	教 授 松 久 寛
--------	--------------------	-------------	-----------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、近年の精密情報機器用軸受の1つとして用いられている、不連続溝付き形を含む動圧気体ジャーナル軸受を対象にして、軸受の基礎特性を精密かつ高効率で数値解析するための手法の確立とその応用を目的として行った研究の成果をまとめたものであって、7章から成っている。

第1章は緒論であり、動圧気体ジャーナル軸受の数値解析法に関する従来の研究内容について検討し、信頼性の高い軸受設計計算のためには、非線形非定常レイノルズ方程式と回転体の運動方程式とを直接連立して解き回転体の挙動を求める非線形軌道法が必要であること、またその実用化にはレイノルズ方程式の高速ソルバーとして、汎用性にも優れている多重格子法が適していること等を明らかにし、あわせて、本研究の目的と位置づけを明確にしている。

第2章では、最も基本的な真円形動圧気体ジャーナル軸受を対象にして、多重格子法を援用した差分法ベースの軸受静特性解析および非線形軌道法解析を行っている。すなわち、軸受静特性解析によって解の検証を行った後、従来の単一格子を用いる緩和法との計算効率の比較を行い、最適緩和係数を用いた逐次加速緩和法(SOR法)に対する多重格子法の優位性を確認し、さらに、非線形軌道法による軸受動特性解析の結果について検証している。

第3章では、情報機器用動圧気体ジャーナル軸受として最も普及しているヘリングボーン溝付き軸受の作動特性解析の基礎の確立について検討している。まず、不連続溝付き軸受の解析に必要な離散値化手法としてDF(Divergence Formulation)法を導入し、多重格子法による軸受静特性解析結果の検証と単一格子による緩和法との計算効率の比較により、多重格子法の有効性を確認している。さらに文献に示されている実験結果と軸受静特性および動特性解析結果の比較検証により、本解析結果の妥当性を確認している。

第4章では、ヘリングボーン溝付き軸受の作動特性の近似解析法として従来から広く用いられている無限溝数理論について、溝数の影響を厳密に考慮した非線形軌道法解析結果と比較して、その適用性を実用的なベアリング数領域で調べ、半速度ふれまわり(Half Frequency Whirl: HFW)安定性、回転体の不釣合いによる同期ふれまわり特性等に及ぼす溝数の扱いの影響について明らかにしている。

また、本解析手法の実用性を評価することを目的として、実製品でしばしば応用されるヘリングボーン溝付き軸受2個で支持された回転体の、角変位モードをも考慮した半速度ふれまわり安定性解析を無限溝数近似の条件の下で行い、非線形軌道法の妥当性を示すとともに微小摂動法による解析の適用限界などについても明らかにしている。

第5章では、簡易溝付き軸受とも言える軸方向溝付き軸受の半速度ふれまわり安定性に関して実験と数値解析の両面から検討している。すなわち、軸受作動の安定化に及ぼす溝本数の影響を確認するとともに、実用的なベアリング数領域で軸受の良好な安定作動を得るための軸受諸元について明らかにしている。

第6章では、軸受あるいは軸の断面形状を非真円にした波形断面動圧気体ジャーナル軸受を取りあげ、実用運転領域での半速度ふれまわり安定性に関するパラメータスタディおよび回転軸の不釣合いによる軸心軌道シミュレーション計算を、ヘリングボーン溝付き軸受の場合と対比しながら行い、波形断面ジャーナル軸受の安定性に及ぼす回転形式(すなわち、真円

軸回転か波形軸回転かの相違)や断面波数、波形の振幅の影響について明らかにし、あわせて実用的な側面からみたときの軸受設計指針を提示している。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、精密情報機器用軸受の1つとしての動圧気体ジャーナル軸受を対象にし、軸受基礎特性の精密かつ実用的な数値解析法の確立とその応用を目的として行った研究の結果をまとめたものであって、得られた主な成果はつぎの通りである。

1. 軸受動特性の数値解析法としては信頼性の高い非線形軌道法を採用し、この方法の欠点である高計算コスト性を多重格子法を適用することで補う手法を提案した。そして、基礎的な真円形動圧ジャーナル軸受を対象にして行った、多重格子法を援用した差分法解析による軸受諸特性の検証、ならびに、従来の単一格子を用いる緩和法との計算効率の比較によって、その手法の優位性を確認した。

2. 情報機器用動圧気体ジャーナル軸受として普及しているヘリングボーン溝付き軸受を対象にして、軸受特性解析の基礎を定式化し、近似解析法として従来から広く用いられている無限溝数理論に対し、溝数の影響を厳密に考慮した軸受動特性解析によってその有用性の範囲を確認した。

3. ヘリングボーン溝付き軸受で支持した回転体について、角変位モードをも考慮した半速度ふれまわり安定性解析を行い、非線形軌道法の有用性を示した。

4. 簡易溝付き軸受ともいえる軸方向溝付き軸受および波形断面形状ジャーナル軸受について、振れまわり安定性に関する軸受動特性解析を行い、これらの形式の軸受の実用化のための基礎指針を提示した。

以上要するに、本論文は、非線形軌道法による軸受動特性解析、多重格子法による計算効率の向上等を通じ、不連続溝付き形式を含む動圧気体ジャーナル軸受の精密かつ高効率な数値計算法の基礎を確立し、加えて、情報機器用軸受としての応用に際しての基礎的な知見を提示したものであって、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年11月16日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。