

審査の結果の要旨

氏名 馮 凱

学位請求論文は、Prediction of Static and Dynamic Performance and Thermohydrodynamic Analysis of Gas Foil Bearing (フォイル軸受の静特性、動特性及び温度特性の解析手法に関する研究)と題し、全8章から構成されている。

空気軸受の一種であるフォイル軸受は、すべり軸受やころがり軸受と比較して、小型、軽量であること、オイルポンプやオイルクーラーなどの補機が不要なことから、航空機のAPUやマイクロガスタービン等の高速回転機械に用いられてきた。しかしながら、ターボチャージャーのように軸径が細く、高温下で使用される高速回転機械への適用を促進するためには、熱の影響の考慮と負荷容量の増大および高速運転領域での安定性の向上が必須である。この問題に対処するため、マルチワウンド型フォイル軸受やバンプ型フォイル軸受などが提案されてきた。しかしながら、従来の研究の多くは、プロトタイプの開発研究が中心であり、設計に利用可能な計算手法は提案されてはいない。

このような背景の元に、本論文は、マルチワウンド型フォイル軸受とバンプ型フォイル軸受の性能評価のための計算手法を提案するもので、軸受の静特性および動特性と温度特性について評価を行い、既存の実験データとの比較を通して、計算手法の妥当性を検証したものである。

第1章は、「緒論」と題し、関連する研究についての概観と本論文中で展開されている研究の位置付けについて述べている。

第2章は、「フォイルの局所変形を考慮したマルチワウンド型フォイル軸受の数値解析モデル」と題し、静特性の計算手法について述べている。支配方程式の解法にあたっては流体系と構造系を連成させる必要があるが、ここでは弱連成計算手法が適用されている。なお、圧力分布を与えるレイノルズ方程式は差分法で、フォイルの局所変形は有限要素法によって計算されている。

第3章は、「ロバット則の重み関数を用いたマルチワウンド型フォイル軸受の熱流体解析」と題し、マルチワウンド型フォイル軸受を対象として、流体と構造の連成に加えて熱の影響も考慮して解析している。具体的には、第2章で用いた方程式にエネルギー方程式を加え、作動流体の温度依存性を考慮したレイノルズ方程式を解いて、軸受内部の温度分布を求めている。なお、計算を高速化するために、ロバット則の重み関数を用いたアルゴリズムを採用していることに特徴がある。

第4章は、「バンプ型フォイル軸受のリンク・ばねモデル」と題し、バンプフォイルとトップフォイルの2層構造を有するバンプ型フォイル軸受の静特性の評価法を提案している。この方法は、リンク・ばねモデルによって、バンプフォイルの弾性効果、バンプ間の相互作用力、トップフォイルとバンプの間に作用する摩擦力、トップフォイルの局所変形の4つの要因をすべて考慮していることに特徴がある。計算結果から、負荷容量を最適にする隙間幅が存在することが明らかになった。

第5章は、「バンプ型フォイル軸受の動特性」と題し、平衡位置周りの2次元微小振動に関する解析を行い、周波数依存性のある弾性係数、減衰係数を計算によって求め、安定性評価につなげている。

第6章は、「バンプ型フォイル軸受の熱流体解析」と題し、バンプ型フォイル軸受の静特性に及ぼす熱の影響について検討している。この解析では、軸受隙間の空気層の温度依存性に加えて、熱によるフォイルの材料定数の変化、熱膨張による軸受隙間幅の変化、固体部分での熱伝導、および空気層と固体部分での熱伝達の影響も考慮されている。計算の結果、熱膨張による軸受隙間幅の変化の影響を無視できないことが明らかになった。

第7章は、「バンプ型フォイル軸受の静特性および非線形安定性の解析事例」と題し、バンプ型フォイル軸受で支えられた回転軸の運動軌跡を計算によって求め、安定限界を求めることに成功している。これにより、バンプの個数、バンプの大きさ、フォイルの厚さ、フォイルの材質が負荷容量と安定限界に与える影響を計算によって評価できることが明らかになった。

第8章は、結論と題し、本研究で得られた知見について纏めて述べている。

以上を要約すると、本論文は、研究対象として、マルチラウンド型フォイル軸受とバンプ型フォイル軸受を取り上げ、計算によって、軸受の静特性および動特性と温度特性について評価を行ったものであり、これらの研究成果により、小型高速回転機械に適用されるフォイル軸受の設計法の確立に貢献した。本研究は、機械工学、特に機械機能要素学の発展に貢献するところが大きい。

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。