

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 13616 号
------	---------------

氏 名 KOONDILOGPIBOON Nuntaphong

### 論 文 題 目

Nonlinear Rotordynamics Investigation on Self-Excited Vibration of Rotors Supported by Fixed Profile and Tilting Pad Journal Bearings  
(固定形状およびティルティングパッドジャーナル軸受で支持されたロータの自励振動の非線形ロータダイナミクス解析)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	井上 剛志
委員	長岡技術科学大学	准教授	田浦 裕生
委員	名古屋大学	教授	東 俊一
委員	豊橋技術科学大学	教授	高木 賢太郎

## 論文審査の結果の要旨

KOONDILOGPIBOON Nuntaphong君提出の論文「Nonlinear Rotordynamics Investigation on Self-Excited Vibration of Rotors Supported by Fixed Profile and Tilting Pad Journal Bearings (固定形状およびティルティングパッドジャーナル軸受で支持されたロータの自励振動の非線形ロータダイナミクス解析)」は、各種のジャーナル軸受で支持されたロータ系に生じる自励振動に対する様々なロータと軸受のパラメータの影響を調べており、その効率的な解析のために、軸受部の油膜圧力の解析モデル導出、ロータ部の実モード部分構造合成法を用いた非線形低次元化と、それらに対する並列計算を組み込んだシューティング解析による解析手法を提案したものである。この提案した解析手法は実際の機械の設計にも適用可能な方法であり、得られた解析結果の妥当性は実験によって示されている。この論文の概要は以下のとおりである。

第1章は序章であり、研究の背景、目的および本論文の構成について述べている。

第2章では、ロータ系（剛性ロータモデルおよび弾性ロータモデル）の数学モデルと運動方程式、および様々な形状・形態のジャーナル軸受について説明している。そして、それらのジャーナル軸受の油膜反力の計算手法とロータモデルの非線形低次元化手法を示し、ロータ系に組み込んだ連成系のシューティング解析手法を示している。そして、その解析の結果として得られるホップ分岐による不安定化現象の分類基準を示している。

第3章では、実験装置について説明し、特に本論文で着目するロータとジャーナル軸受の重要なパラメータを示している。また、振動の計測系の設定とその信号処理方法についても説明している。

第4章では、ジャーナル軸受で支持された剛性ロータの高速回転時の乱流領域における非線形解析手法と、不安定化による自励振動に対する乱流パラメータの影響を調べている。ジャーナル軸受の長さ・直径 ( $L/D$ ) 比、形状特性、およびジャーナル軸受モデルの乱流パラメータのタイプ (ConstantinescuおよびNg-Pan-Elrod) について調べ、すべての乱流モデルについて不安定化速度およびホップ分岐タイプを比較してまとめている。

第5章では、ジャーナル軸受によって支持されているロータ系の軸径が細い場合に、不安定化速度で発生するホップ分岐のタイプを精度よく予測する方法を調べている。そして、解析結果と実験結果の比較から、軸受油膜反力の解析にジャーナルの傾き振れまわり運動も考慮することが本質的に必要であることを明らかにしている。この傾向は、ジャーナル軸受の $L/D$ 比が大きいくほど、そしてメインディスク要素がジャーナル軸受の近くにあるほど強くなる。また、ジャーナル軸受に予圧があり、 $L/D$ 比が小さく、メインディスク要素がジャーナル軸受の近くにある場合にはホップ分岐のタイプが変わり、超臨界ホップ分岐が発生する可能性があることも解析と実験で明らかにしている。

第6章では、4パッドの弾性支持付きティルティングパッドジャーナル軸受で支持された弾性ロータ系の非線形モデリングを行い、その数値解析により不安定速度とホップ分岐タイプの予測を行っている。4パッドに対する荷重方向の影響や固定パッドジャーナル軸受との比較を行い、弾性支持付きティルティングパッドジャーナル軸受は荷重方向によらず固定パッドジャーナル軸受より不安定化速度は大きく上昇すること、弾性支持付きティルティングパッドジャーナル軸受においては荷重方向がパッド間の場合の不安定化速度は荷重がパッド上に作用する場合よりも低くなることを予想している。そして、得られた結果の妥当性を実験的に検証し、示している。

第7章では、各章の結論を与えている。

以上のように本論文では、与圧のある固定パッドジャーナル軸受あるいは弾性支持付きティルティングパッドジャーナル軸受で支持された弾性ロータ系に対して、その非線形振動特性まで精度よく表すための解析モデルとその効率的な解析手法を開発し、すべて実験的にその妥当性を確認してその有用性を示したものである。これらの成果は学術上、工業上寄与するところが大きい。よって、本論文の提出者であるKOONDILOGPIBOON Nuntaphong君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。