

平成 22 年 5 月 31 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20760146
 研究課題名 (和文) 大きな軸受すきま比を有するジャーナル軸受の動特性係数測定
 研究課題名 (英文) Measurement of Oil Film Coefficients of Journal Bearings
 with Large Clearance Ratio
 研究代表者
 田浦裕生 (TAURA HIROO)
 研究者番号：20334691

研究成果の概要 (和文)：

軸受すきまが通常に比べて大きな場合におけるすべり軸受の油膜動特性を明らかとすることを目的として、油膜の動特性試験機を製作し、油膜動特性の測定を行った。作成した試験機の性能確認として、軸受すきま比が通常のジャーナル軸受と等しい 1/1000 の真円ジャーナル軸受で試験運転を行い、適切に運転されることを確認した。また、軸受すきま比が通常の軸受よりも大きな 20/1000 である軸受を製作した。

研究成果の概要 (英文)：

To investigate the dynamic characteristics of oil film of the journal bearings with large clearance ratio, a testing machine for the dynamic coefficients of oil lubricated journal bearings was made in the study, and the test bearings with clearance ratio 1/1000 and 20/1000 was prepared. The static characteristics of two grooved bearing with the ordinal clearance ratio 1/1000 were measured with the machines to confirm the performance of the machine.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・機械力学・制御

キーワード：機械力学・制御 機械要素

1. 研究開始当初の背景
 ジャーナル軸受は、回転する軸を支持する機能をもつ代表的な機械要素である。同じ機能

を有する転がり軸受と比べて静粛性や耐衝撃性が優れ、高速回転時に問題となる回転非同期振動も発生しなどの特長をもつことか

ら、近年、高精度かつ高速回転が必要ハードディスク用スピンドルモータやポリゴンミラーモータなどを中心とした小型情報機器の軸受に用いられるようになってきた。こうした小型情報機器等は高機能化の一環として、小型、軽量化が強く求められている。

また、近年進展がめざましいマイクロマシンでは、機械加工を行わない半導体プロセスのみにより、これまでに比べて劇的に小型な回転体（軸径 $120\mu\text{m}$ ）が製作され、高速で回転した事例が報告されている。ただし、こうした回転体は軸受の性能が不十分であるために、高摩擦・高摩耗などの問題が指摘されている。したがって、その問題を解決するため、小型軸受の性能の向上が望まれている。

以上のように回転体には小型化の流れがあり、その回転体を支持するジャーナル軸受も小径化が求められている。では次に、ジャーナル軸受の小径化における問題点を考える。

ジャーナル軸受は軸との間に潤滑油や空気などの流体を介して運転されることを前提としていることから、軸受内径は軸径に比べてわずかに大きく製作されている。このすきまの大きさは、軸と軸受が同心状態のすきま（軸受半径すきま C ）を軸半径 R で割った軸受すきま比 C/R で評価される。実際の設計に際しては、この軸受すきま比が、油潤滑ジャーナル軸受で $1/1000$ 程度、気体潤滑ジャーナル軸受で $1/2000$ 程度といった推奨値になるように、軸受すきまの大きさを決定する。軸受すきま比を $1/1000$ に設定すると、 $\phi 10$ の軸では軸受内径が $\phi 10.01$ 、軸受半径すきまが $5\mu\text{m}$ のように決定される。同様の操作を $\phi 1$ の軸について行うと、軸受内径は $\phi 1.001$ 、すきまは $0.5\mu\text{m}$ となる。 $\phi 10$ の軸の軸受すきまは、機械加工で対応できるオーダであるものの、これが $\phi 1$ の軸になると、形状精度、仕上げ精度ともに、サブミクロンのオーダで制御できるレベルの高い加工法で作成される必要がある。

よって、上記のようなスケールの相似則を考慮すると、小径ジャーナル軸受で軸受すきま比を適切に設定するには、相対的に優れた加工精度が必要となる。しかし、サブミクロンオーダともなると、加工精度が不十分な状況も発生する。特にマイクロマシンのような微小な回転体を支持する場合、すきまの大きさはナノオーダとなるため、適正な軸受すきま比の設定は、事実上不可能とも考えられる。こうした状況においては、相対的に低い精度の加工で対応することにならざるをえず、軸と軸受とが接触しないようにすることを最優先に考えて寸法公差を決定すると、現在よりも大きな軸受すきま比で設計・製作されなくてはならない。

以上より、小型回転機械に用いられるジャーナル軸受は、将来的には軸受すきま比を $1/1000$ という値に保つことが難しくなると考えている。過大な軸受すきまが振動特性を悪化させることは経験的には知られているが、では軸受すきま比が増大した場合、軸・軸受系の振動特性がどのように変化するのか？

軸受すきま比の変化は、軸受油膜の動特性係数（ばね係数、減衰係数）の変化として軸・軸受系の振動特性に影響を与える。したがって、軸受すきま比が大きな場合の軸受油膜の動特性係数を求め、その値を元に振動特性を予測すればよい。

しかし、この動特性係数を理論的に求める際に使用する流体潤滑理論（レイノルズ方程式）は、すきまが他の寸法に比して小さいことを前提としており、軸受すきま比がどの程度の値まで適用可能なものか、つまり、軸受すきま比の上限に関する流体潤滑理論の適用限界は不明である。さらに、軸受すきま比が増大した場合の油膜の動特性係数は実験的にも未確認である。このように、予測のベースとなる軸受油膜の動特性係数の信頼性がわからないため、それに基づく振動特性の予測も不確かなものと言わざるを得ない。一方、軸受すきま比の増加にジャーナル軸受はどのように対応すべきか？

一般的にジャーナル軸受単独で軸・軸受系の振動特性を改善する場合、軸受すきまの変更を除くと、軸受面形状を工夫する以外にない。したがって、多円弧軸受等の各種設計変数の特徴を調べ、軸受すきま比が増大しても適切な振動特性を保ちうる軸受面形状を求めることが必要と考えられる。しかし、このような研究はこれまで行われていない。

2. 研究の目的

以上をふまえ、本研究では油潤滑ジャーナル軸受を対象を絞り、大きな軸受すきま比 ($>2/1000$) を有する軸・軸受系の振動特性を明らかにすることを目的とする。この研究で明らかにする事柄を以下に示す。

- (1) 軸受すきま比が大きな場合の軸受油膜の動特性係数の特徴
- (2) 従来の理論的取り扱い（流体潤滑理論）が適用可能な軸受すきま比の上限値
- (3) 大きな軸受すきま比の場合でも良好な振動特性が得られる最適な軸受面形状

3. 研究の方法

- (1) 軸受油膜の動特性係数の測定のため、測定が容易な大きさの径の軸受を用いた相似実験により、軸受油膜の動特性係数の測定を行う。そのためのすべり軸受の動特性試験機を設計・製作する。
- (2) 流体潤滑理論を適用可能な軸受すきま比の上限値については、実験と理論の2

つの方法を平行して行う。実験では、(1)の相似実験で得られた動特性係数の値を、その条件に対応した理論結果を比較し、両者の差異より限界値を求めることとする。理論では、レイノルズ方程式による求めた結果に対し、ナビエ・ストークス方程式を直接解くCFD計算との比較を行い、適用限界を探る。

- (3) レイノルズ方程式を用いて軸受面形状の設計パラメータが軸受油膜の動特性係数や軸・軸受系の振動特性に与える影響を、パラメータスタディにより明らかにし、その結果に基づき軸受面形状の一次候補を選定する。次に、その候補を、CFD計算の検証により絞り、最終的に、(1)で作成した動特性試験機で、その特性を実験的に確認する。

4. 研究成果

軸受油膜の動特性係数の測定のため、測定が容易な大きさの径の軸受を用いた相似実験により、軸受油膜の動特性係数の測定を行うためのすべり軸受の動特性試験機を設計・製作した。図1、図2に組立図および装置外観図を示す。

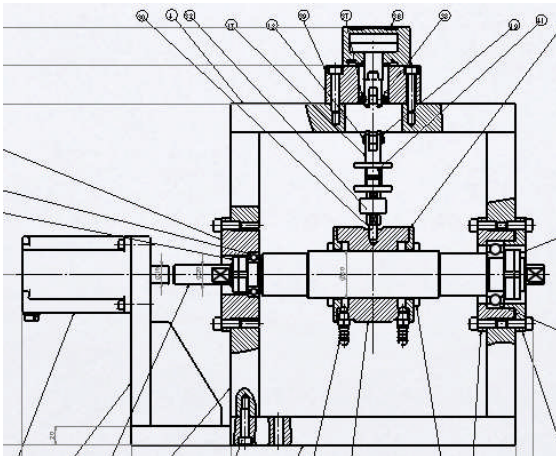


図1 油膜動特性試験機組立図

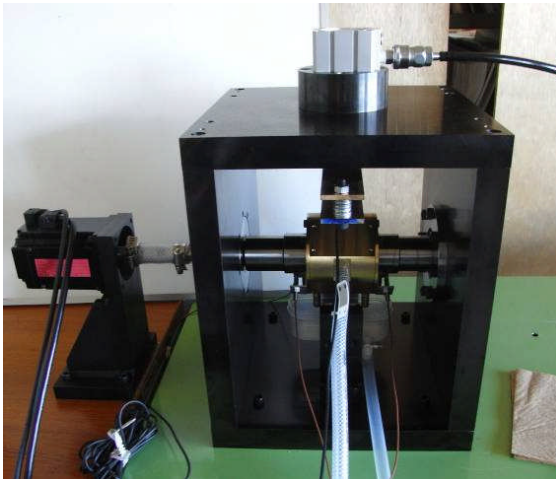


図2 試作した油膜動特性試験機の外観
試験軸受は、軸受すきま比を20/1000にしたものに加え、性能チェックのために2/1000のもの二種類を作成した。図3に試験軸受の形状を示す。

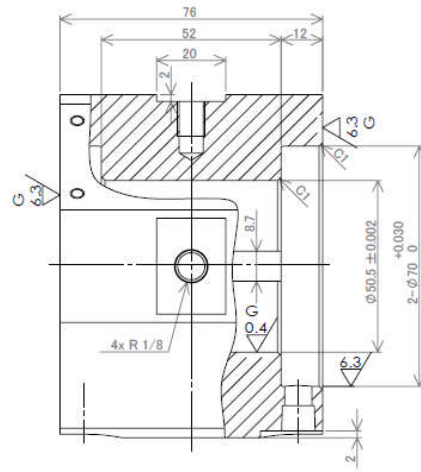


図3 試験軸受

作成した試験機の性能確認のため、軸受すきま比が1/1000の試験軸受で実験を行い、レイノルズ方程式により計算された理論値との比較を行った。その結果を図4、5に示す。計算値の傾向は図から分かるように、多くの測定範囲で誤差が見られ、期間中これらの測定誤差をなくすための確認等に多くの時間を費やすこととなり、最終的な試験までたどり着けなかった。

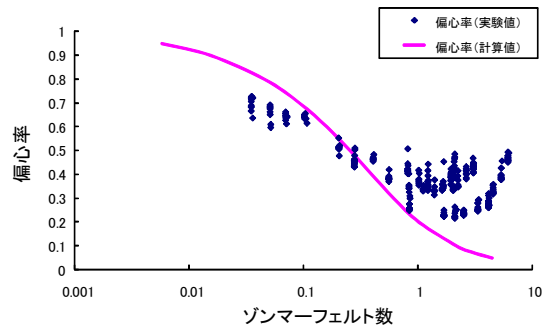


図4 偏心率とゾンマーフェルト数の関係

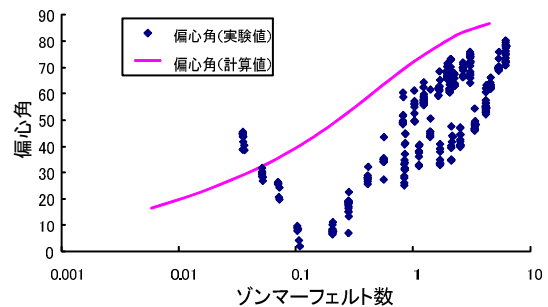


図5 偏心角とゾンマーフェルト数の関係

油膜係数の測定は、装置の不具合調整に時間がとられたことや、油膜測定プログラムの開発が予想以上に遅れたため実施できていない。今後は動試験機を用いて、早急に実施する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 0 件）

〔学会発表〕（計 0 件）

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田浦 裕生 (TAURA HIROO)

長岡技術科学大学・工学部・助教

研究者番号：20334691