

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2009

課題番号：20760099

研究課題名 (和文) 小型加工機用高剛性静圧気体スピンドルの開発

研究課題名 (英文) Development of Small Sized High Stiffness Spindles Supported by Aerostatic Bearings

研究代表者

宮武 正明 (MIYATAKE MASAOKI)

東京理科大学・工学部第一部機械工学科・助教

研究者番号：70434032

研究成果の概要 (和文)：本研究においては、マイクロファクトリー用小型加工機などの小型・高精度加工機に必要な、高い負荷容量および軸受剛性を有する静圧気体スピンドルを設計することを目的とし、スピンドルの回転軸の半径方向の支持を行うジャーナル軸受と、スピンドル回転軸の軸方向の支持に使用されるスラスト軸受の特性に関して検討を行った。また、それに加えて静圧気体スピンドルの軸や軸受の形状誤差が、回転軸の並進変位および角度変位に及ぼす影響を数値的に検討した。

研究成果の概要 (英文)： In this subject, static and dynamic characteristics of aerostatic bearings used for small sized spindle were investigated numerically and experimentally. Furthermore, the rotational accuracy of an aerostatic spindle when the squareness of a thrust collar is varied was investigated numerically.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：機械要素、トライボロジー

### 1. 研究開始当初の背景

近年、静圧気体スピンドルを搭載した小型工作機械によるマイクロファクトリーという概念が注目されている。静圧気体スピンドルは高圧気体膜で軸を支持するため潤滑油が不要であり、加工効率の向上に必要な高速回転が得られるという利点を持つ軸受である。この軸受をマイクロファクトリー用の小型工作機械に搭載すれば、携帯電話の部品など小型部品を加工する際に、一般的なサイズの工作機械を使用するよりも、設置スペースや消費動力を大きく低減することが可能となるため、静圧気体スピンドルを搭載した小型工作機械の開発が急務となっている。

### 2. 研究の目的

静圧気体軸受は、上述のような利点を有しているが、マイクロファクトリー用の小型工作機械においては軸受面積に限られるため、静圧気体スピンドルを搭載して高い加工精度を得るためには、従来の軸受よりも高い軸受負荷容量および軸受剛性が必要とされる。そこで本研究においては、静圧気体軸受の剛性を向上させるために新しい形式の静圧気体スピンドルを提案する。そしてその負荷容量、軸受剛性および回転精度を測定することにより、従来用いられている軸受との比較を行い、提案する軸受構造の有効性を検討することを目的とした。

### 3. 研究の方法

本研究においては、小型工作機械用の静圧気体スピンドルを開発することを目的としており、そのスピンドルを構成するジャーナル軸受およびスラスト軸受の個々の軸受特性に関して、実験、数値計算の両面から検討を行った。また、それに加えて静圧気体スピンドルの軸や軸受の形状誤差が、回転軸の並進変位および角度変位に及ぼす影響を数値的に検討した。

### 4. 研究成果

#### (1) ジャーナル軸受特性の検討

スピンドルの回転軸の半径方向の支持を行うジャーナル軸受として、多孔質ジャーナル軸受を使用することを検討し、その動的特性を、実験的、数値的に明らかにした。その結果、多孔質材表面に適度な目詰まりを施すことにより、高い軸受動剛性および減衰係数が得られることを明らかとした。また、本研

究で用いた数値計算手法により、多孔質静圧気体ジャーナル軸受の動特性を予測することが可能であることを明らかとした。

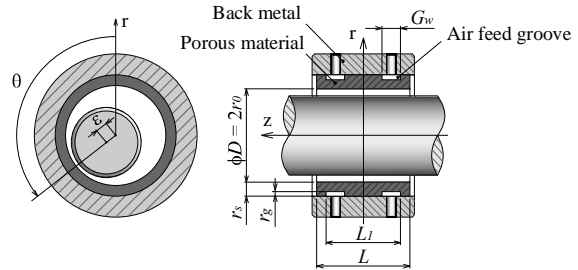
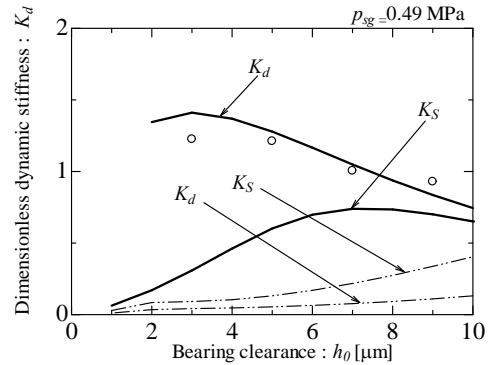
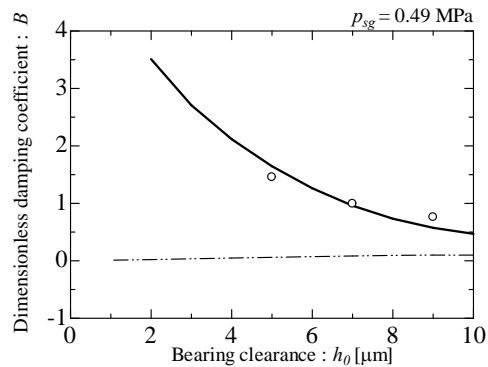


図1 多孔質静圧気体ジャーナル軸受



(a) 動剛性



(b) 減衰係数

Porous metal bearing	Exp.	Cal.
No surface restricted layer		—
With surface restricted layer	○	—

図2 軸受すきまと動特性の関係

(実験結果と数値計算結果の比較)

(2) スラスト軸受特性の検討

スピンドル回転軸の軸方向の支持に使用されるスラスト軸受に関しては、従来の軸受と比較してより高い軸受負荷容量および軸受剛性を得るために、直径 0.05mm および 0.03mm の微小径給気孔を使用した静圧気体スラスト軸受を使用することを検討し、数値計算によってその軸受特性を求め、一般的に使用されている、給気孔を用いた自成絞り型の静圧気体スラスト軸受や給気孔と軸受表面に設けた浅溝を組み合わせた複合絞り型の静圧気体スラスト軸受との比較を行った。その結果、微小径給気孔を用いた静圧気体軸受は、自成絞り型の静圧気体軸受の 2 倍程度の軸受剛性を有し、複合絞り型の軸受よりも自励振動に対する安定性が高いことが明らかとなった。

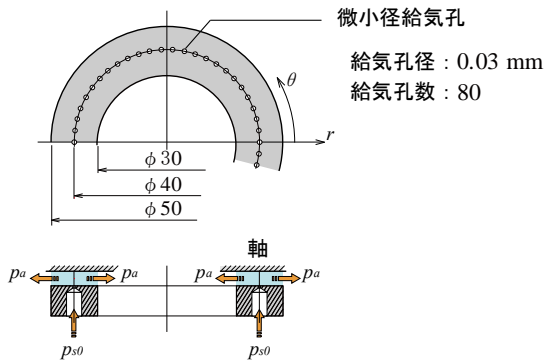


図 3 微小径給気孔を用いた静圧気体スラスト軸受

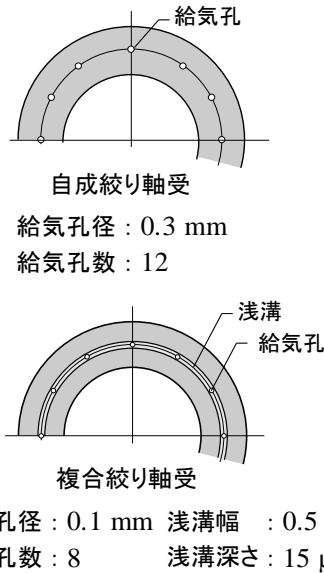
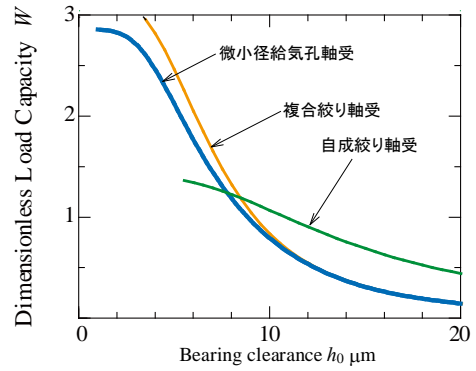
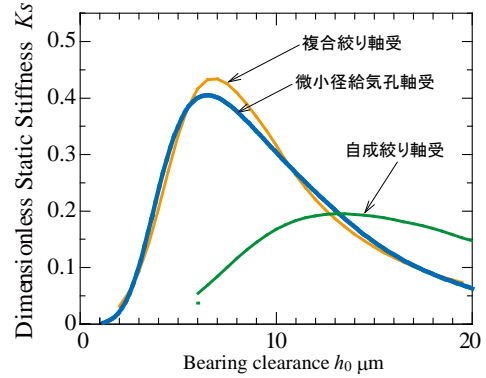


図 4 自成絞り軸受および複合絞り軸受



(a) 軸受負荷容量



(b) 軸受静剛性

図 5 軸受すきまと静特性の関係

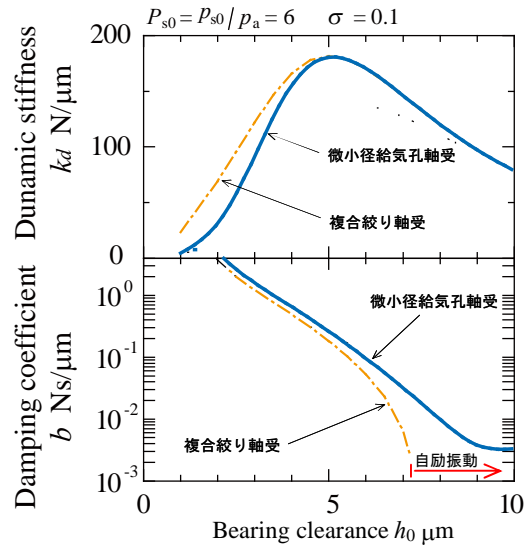


図 6 軸受動特性

(3) 軸の形状誤差がスピンドルの振れまわりに与える影響の検討

(1)および(2)においては、スピンドル回転軸を支持するスラスト軸受、ジャーナル軸受けの特性に関して検討を行ったが、加工機の精度は軸受の特性のみならず、スピンドルの回転精度に大きく影響される。この回転精度に影響を及ぼす要因としては、軸や軸受の形状

誤差による影響が考えられるが、実際の設計においては、軸や軸受の形状誤差について定量的な判断はされておらず、加工技術とコストの面から経験的に決定しているようである。そこで本研究では、特に精度を出すのが困難であると言われているスラストカラー部の直角度誤差が回転軸の並進変位および角度変位に及ぼす影響を数値的に検討した。その結果、1 マイクロメートル程度のスラストカラー部の直角誤差でも、軸先端部のチャック部の回転精度に影響がでることを明らかとした。

する研究—スラストカラーの直角度誤差の影響—、日本機械学会生産加工部門講演会 2008、2008年11月22日、岐阜市長良川国際会議場

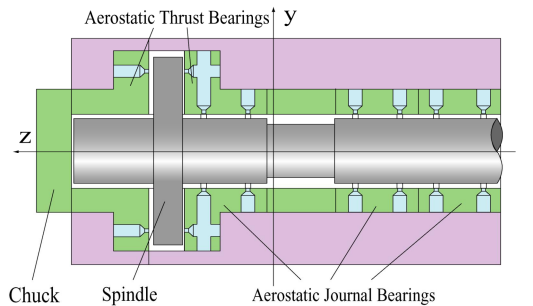
## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

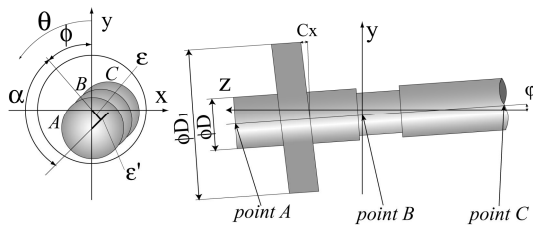
宮武 正明 (MIYATAKE MASAOKI)

東京理科大学・工学部第一部機械工学科・助教

研究者番号：70434032



(a) スピンドル全体図



(b) 回転軸

図6 静圧気体スピンドル (数値計算モデル)

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① 安東宏哉, 吉本成香, 宮武正明, 小川毅、  
静圧空気スピンドルの軸回転精度に関する研究—スラストカラーの直角度誤差の影響—、精密工学会誌、査読有、Vol.75、  
No.8、2009、pp.990-995
- ② M. Miyatake and S. Yoshimoto、  
Numerical investigation of static and dynamic characteristics of aerostatic thrust bearings with small feed holes、  
TRIBOLOGY INTERNATIONAL、査読有、Vol.43、No.8、2010、pp. 1353-1359、

[学会発表] (計1件)

- ① 安東宏哉, 吉本成香, 宮武正明, 小川毅、  
静圧空気スピンドルの軸回転精度に関