

スクイズ膜効果を用いたアクティブエアベアリングの研究

Active Air Bearing using Squeeze Film

正 大岩 孝彰（静大工） 松田 滋（静大工〔学部〕） 正 松田 孝（静大工）

Takaaki OIWA, Shigeru MATSUDA and Takashi MATSUDA

Shizuoka University, Johoku3-5-1, Hamamatsu, Shizuoka

This paper proposes an active air bearing based on squeeze film using ultrasonic magnetostrictive actuator. The squeeze film generated by the oscillating actuators lifts and positions actively the floating object. Experimental results showed that the ultrasonic oscillation eliminated residual vibration of the object, and the magnetostrictive actuator lifted and positioned the object simultaneously.

Key Words : Active Air Bearing, Squeeze film, Ultrasonic Magnetostrictive Actuator

1. はじめに

近年の回転軸の高性能化の要求により、空気軸受の高精度化と高剛性化が求められている。静圧空気軸受では気体潤滑膜によるアベレーシング効果により高い回転精度が得られるが、反面空気膜の圧縮性と低粘性による軸受剛性や振動減衰性の不足という問題が生じている。また従来より軸受面を高周波振動させた際に生じるスクイズ効果を応用した空気軸受が提案されている^{1)~3)}。本研究では超磁歪アクチュエータを用いて軸を支持する圧縮性スクイズ膜を発生させ、同時に回転中の軸の心振れ・姿勢の制御を能動的に行う新しい軸受の基礎的な研究を行う。

2. 原 理

原理図を図1に示す。高速応答が可能な超磁歪アクチュエータに浮上用高周波信号（正弦波）と位置・姿勢制御用信号（任意波形）を加算して印加することにより、スクイズ膜による物体の浮上と位置・姿勢制御とを同時に行う。超磁歪素子による超音波アクチュエータを用いる理由は、浮上物体の残留振動を取り除くためには十数 kHz 以上の超音波領域で振動させる必要があること⁴⁾と従来の研究の多くで用いられている積層型圧電素子などでは高周波特に超音波領域での使用には向かないからである。

さらに6個の振動パッドとアクチュエータを回転軸が5自由度方向に運動できるように配置する（図2）。これにより、軸の回転方向を除いた5自由度（並進3自由度および回転2自由度）方向の心振れの補正が行えることになる。

3. 実 験

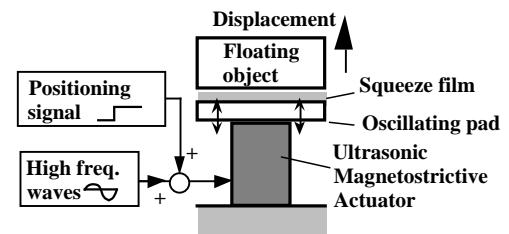


Fig. 1 Principle of active air bearing with UMA using squeeze film

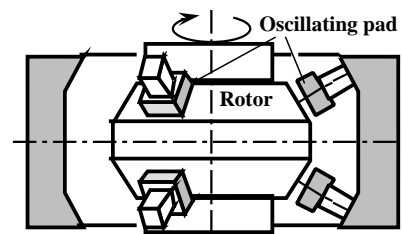


Fig. 2 Arrangement diagram of rotor and six oscillating pads

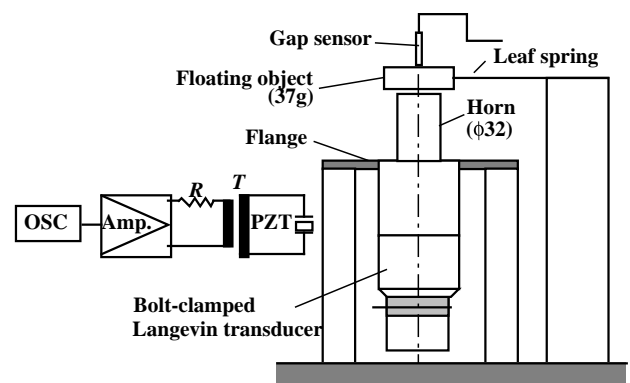


Fig. 3 Experimental setup with Langevin ultrasonic transducer

3.1 圧電式超音波振動子による基礎実験

超音波領域でパッドを振動させた場合の浮上物体の残留振動を調査するために、ボルト締めランジュバン型超音波振動子（本多電子製，共振周波数 28kHz）を用いて浮上実験を行った．装置の概要を図 3 に示す．振動変位の測定は光ファイバー型変位計（Philtec 社，測定分解能 $0.03\mu\text{m}$ ，周波数特性 DC ~ 50kHz）で行った．浮上物体は厚さ 0.1mm のポリエステルフィルムで水平方向に支えてある．駆動周波数と振動パッドの振幅の関係を図 4 に示す．振動子の共振周波数で駆動した時の振動パッドの振幅は約 $0.3\mu\text{m}$ であり，このとき浮上物体は約 $2.4\mu\text{m}$ 浮上した．このときの浮上物体の微小な振幅は変位計のノイズレベル ($0.03\mu\text{m}$) 以下で確認できなかった．積層型圧電アクチュエータを用いた予備実験では，駆動周波数 $0.8 \sim 2\text{kHz}$ の範囲で振動パッドの振幅の 20 ~ 50 % 程度の残留振動振幅が発生したことを考慮すると，超音波領域での振動で浮上物体の残留振動が著しく小さくなることがわかる．

3.2 超磁歪アクチュエータによる位置制御実験

次に超磁歪素子を用いた超音波アクチュエータ（モリテックス，ETREMA Ultrasonic A，周波数範囲 DC ~ 30kHz，共振周波数 18kHz，変位 $\pm 5\mu\text{m}$ ）を用いて浮上および位置制御実験を行った．装置の概要を図 5 に示す．浮上物体および支持方法は前節の実験と同じである．浮上用の正弦波信号と位置制御用の信号を加算回路で加算し，振動子を駆動した．浮上物体の変位は前節と同様に光ファイバー型変位計で測定した．

位置制御用電圧と浮上物体の変位の関係を図 6 に示す．振動パッドの振幅は約 $4\mu\text{m}$ であった．制御電圧と浮上物体の変位（平均浮上量）の関係は $\pm 0.5\mu\text{m}$ の範囲内ではほぼ線形となる．以上より，超磁歪アクチュエータを用いて物体の浮上と位置決めが同時にできることが確認できた．

4. おわりに

超磁歪型および圧電型超音波振動子を用いて，スクイーズ膜効果による物体の浮上と位置制御実験を行った．その結果，超音波領域での駆動により残留振動がほぼ消滅すること，超磁歪素子により浮上と位置の制御が行えることがわかった．

本研究の一部は平成 6 年度科研費補助金奨励研究 A「スクイーズ膜効果を用いたアクティブエアスピンドルの研究」により行われた．また(株)モリテックスより超磁歪アクチュエータを拝借した．記して謝意を表する．

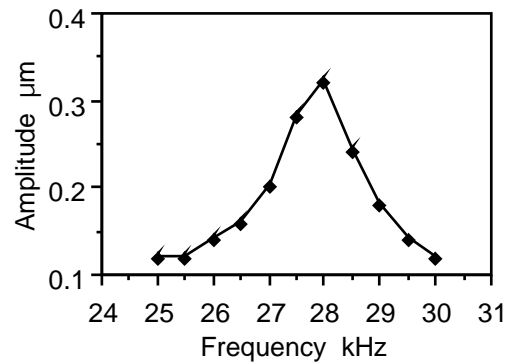


Fig. 4 Relationship between frequency and amplitude of ultrasonic actuator

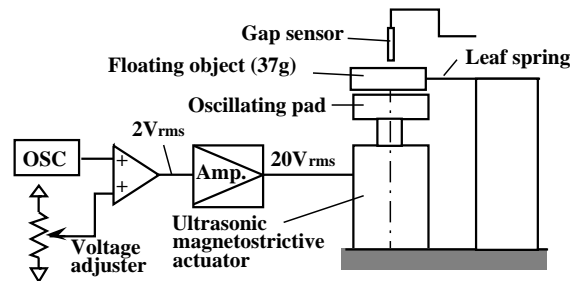


Fig. 5 Experimental setup with ultrasonic magnetostrictive actuator

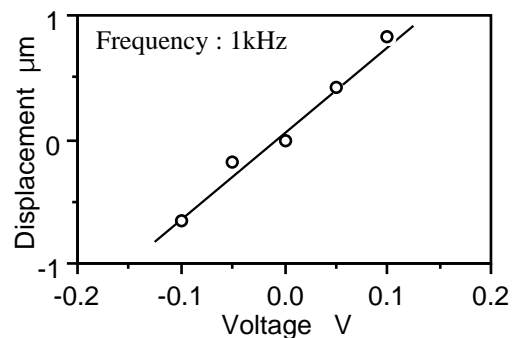


Fig. 6 Relationship between positioning signal and displacement of floating object

参考文献

- 1) 吉本他：トライボロジスト，36，7（1991）543．
- 2) 吉本他：精密工学会誌，58，3（1992）527．
- 3) 磯部他：1997年度精密工学会秋季大会前刷り 579．
- 4) 小野：潤滑，21，9（1976）589．