

《様式B》

研究テーマ	「アンバランスが大きい回転軸を支持する新型気体軸受の性能実証」		
研究責任者	所属機関名	国立大学法人 豊橋技術科学大学	大学院工学研究科
	官職又は役職	講師	
	氏名	伊勢 智彦	メールアドレス ise@me.tut.ac.jp
共同研究者	所属機関名		
	官職又は役職		
	氏名		

(平成 27 年度募集) 第 28 回 助成研究 完了報告書

上記様式記載後

1. 実施内容および成果ならびに今後予想される効果の概要

気体軸受は、気体を潤滑剤とするすべり軸受で、非接触で軸を支持することが可能である。この軸受は気体圧力で軸を支持するため、油を使用する場合に比べて剛性が低い、回転型加振機のアンバランス回転軸に気体軸受を使用し、メンテナンス性向上を望む需要もある。アンバランスを有する軸を従来の気体軸受で回転させると、大振幅の振動が発生し、接触した場合、焼付き等が生じ重大な損傷となる。そこで著者らは、気体軸受でアンバランスを有する軸を支持するために、軸受面に気体圧力を与える給気孔を非対称に配置した軸受を考案した。本研究では、考案した気体軸受について、解析と静特性試験で得られた軸受性能をもとに回転試験を行い、軸振動の低減効果を実証することが目的に研究を行った。

回転中に軸受給気圧力の制御を行った結果、空気圧力の制御を行うと、軸振動振幅が低減することが確認できた。本研究では、回転軸の直径が 60mm と比較的小径の試験を実施したが、今後さらに大きい軸直径で試験することにより、実用化の可能性がさらに高まると考えられる。本研究では回転型加振機を実用上のターゲットにしているが、本技術を確立できれば、粉砕機等の産業機械や、MRI、CT などの医療機器等、アンバランスが大きい回転体を有する他の機械への波及効果も期待される。実用化の目処が付き次第、本研究で考案したシステムについて特許出願予定である。

## 2. 実施内容および成果の説明

### はじめに

気体軸受は、気体を潤滑剤とするすべり軸受で、非接触で軸を支持することが可能である。この軸受は気体圧力で軸を支持するため、油を使用する場合に比べて剛性が低いが、回転型加振機のアンバランス回転軸に気体軸受を使用し、メンテナンス性向上を望む需要もある。アンバランスを有する軸を従来の気体軸受で回転させると、大振幅の振動が発生し、接触した場合、焼付き等が生じ重大な損傷となる。そこで著者らは、気体軸受でアンバランスを有する軸を支持するために、軸受面に気体圧力を与える給気孔を非対称に配置した軸受を考案した。

本研究では、考案した気体軸受について、解析と静特性試験で得られた軸受性能をもとに回転試験を行い、軸振動の低減効果を実証することが目的に研究を行った。

### 本研究の気体軸受の構造

本研究では、軸受面の円周上に複数の給気孔を配置した自成絞り式気体軸受を対象とする。考案した軸受構造および回転軸を図1に示す。回転軸の外周には質量を付加することができ、回転により遠心力が発生する。通常、気体軸受の給気孔は軸受側に配置されるが、本研究では軸側に配置している。さらに、給気孔を質量の付加側に多く、その反対側に少なく配置することによって、軸受表面上に圧力差を生み出すことができ、遠心力に対する負荷容量が増加できる。本研究では、図2に示すような、給気孔の配置が異なる回転軸を用意した。それぞれの軸と軸受による各種寸法を表1に示す。

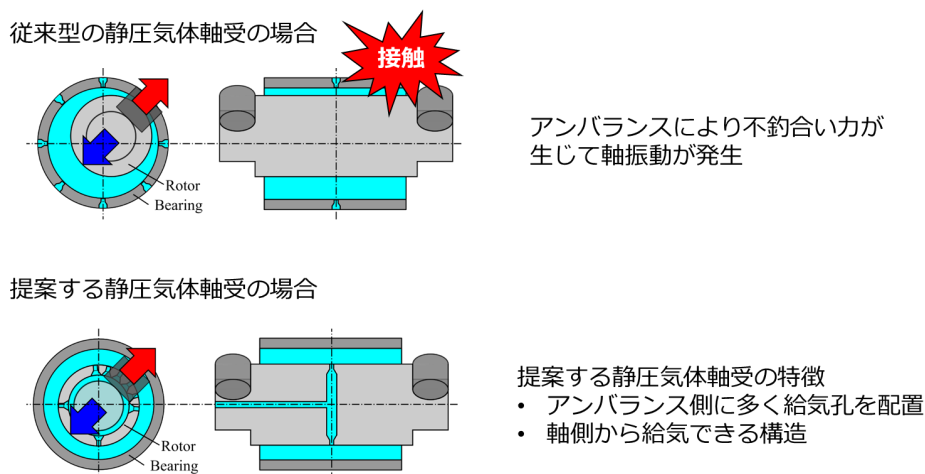


図1 本研究で提案する軸受形状

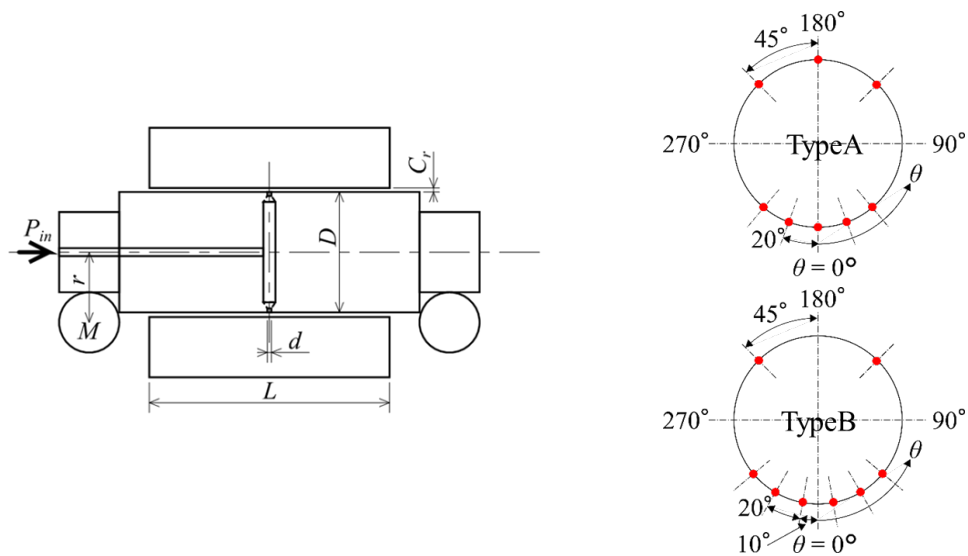


図2 本研究で試作した回転軸の形状

表1 製作した回転軸の寸法

			Type A	Type B
Bearing inside diameter	$D$	[mm]	60.090	
Bearing length	$L$	[mm]	120	
Radial clearance	$C_r$	[mm]	49	49.5
Orifice diameter (actual dim.)	$d$	[mm]	0.469	0.461

### 提案軸受の静特性試験

考案した気体軸受の静特性を図3に示すような試験装置で確認した。給気せず、軸を浮上していない状態を原点と設定する。その後、レギュレータで一定の圧力を給気し、軸を浮上させ、ロードスクリュウで軸受に荷重を加えた。荷重の値はロードセルで測定し、様々な負荷に対する軸受の変位をマイクロメータで測定した。図4のプロットは、給気圧力を0.2から0.4MPaまで0.05MPa間隔で測定した結果である。図の実線はダイバージェンス・フォーミュレーション法(DF法)を用いて計算した軸受特性の解析結果である。DF法とは、軸受表面の微小領域内に入り出る質量流量を差分法で算出し、流量連続の式を用いることで、軸受表面の圧力分布を求める方法である。横軸の偏心率は、軸受中心に対する軸中心の変位割合を表している。Type A、Type Bともに解析結果と実験値は良い一致を示した。たとえば、偏心率0に着目すると、給気圧力に応じて負荷容量が変

化していることが確認できる。このことから、軸の回転数が変化し、遠心力が変化しても、給気圧力を変化させれば、軸振幅を理論上 0 にすることが可能である。この特徴を用い、回転周波数に応じて給気圧力が変化するような制御系を構築する。

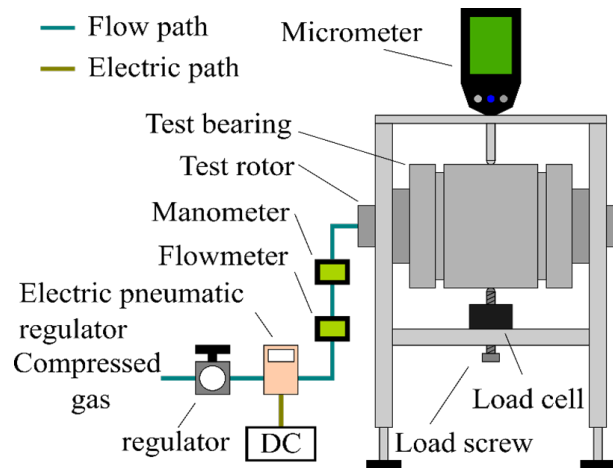


図 3 静特性試験系統図

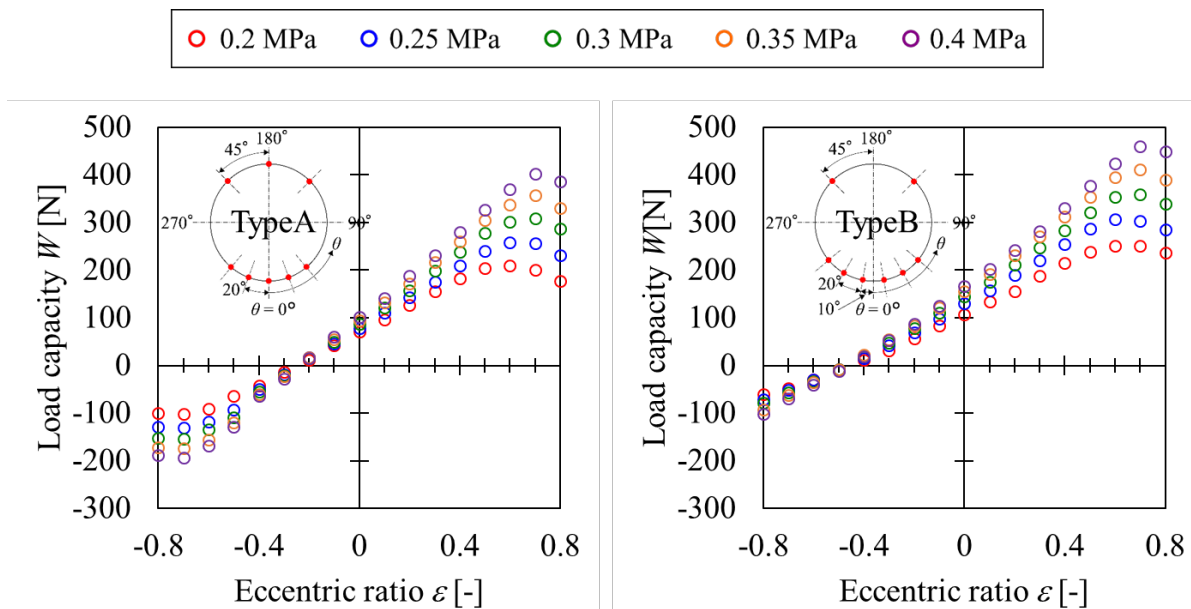


図 4 静特性試験結果

### 回転試験装置

上述した軸受特性を実証するために、回転試験を行った。試験系統図を図 5 に示す。用意した回転軸に偏心質量を付加し、アンバランス軸を形成した。この軸に一定圧力で給気し、サーボモータで回転させたときの回転周波数と軸振動波形の振幅を A/D コンバータで測定した。軸振動の測定に

は渦電流変位計を用い、90 度異なる方向に 2 本設置して測定した。本試験で得られた回転周波数と軸振幅の関係を図 6 に示す。プロットが試験結果で、実線は静特性試験結果をもとに軸振幅量を計算した結果である。同図のように、Type A、TypeB とともに低回転周波数では軸振幅が大きいが、回転周波数の増加とともに振幅が減少し、最小値をとった。さらに回転周波数を増加させると再び振幅は増加した。回転中に軸受給気圧力の制御を行った結果を図 7 に示す。制御時には軸振動振幅が低減することが確認できた。

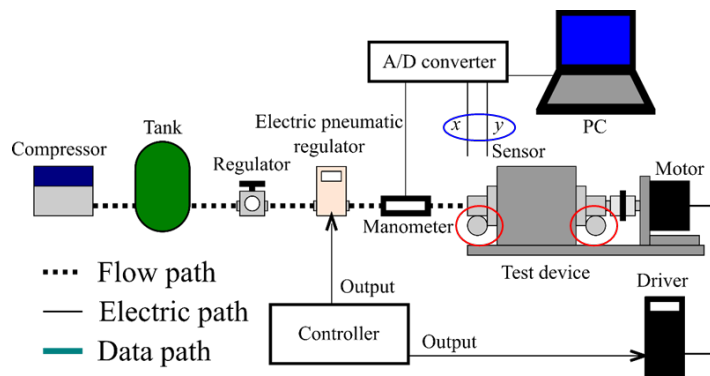


図 5 回転試験系統図

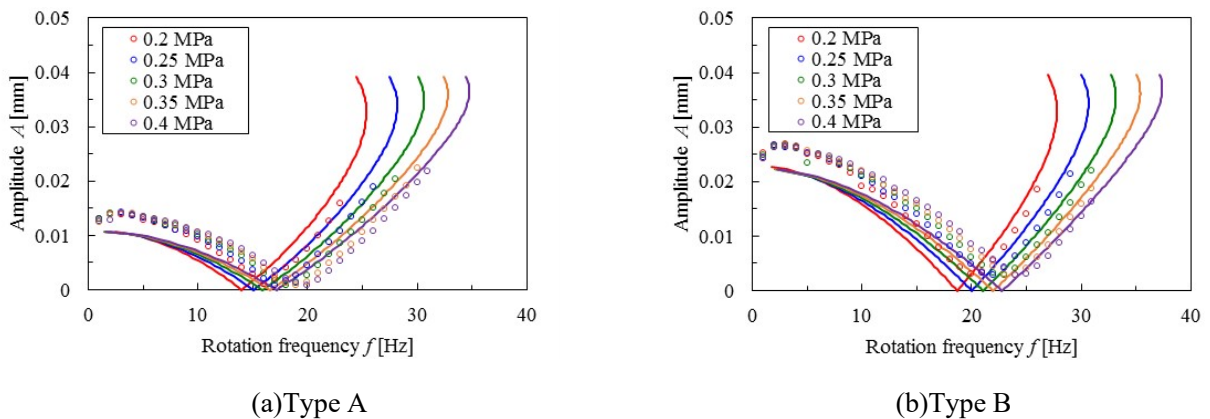


図 6 回転試験時の軸振幅測定結果

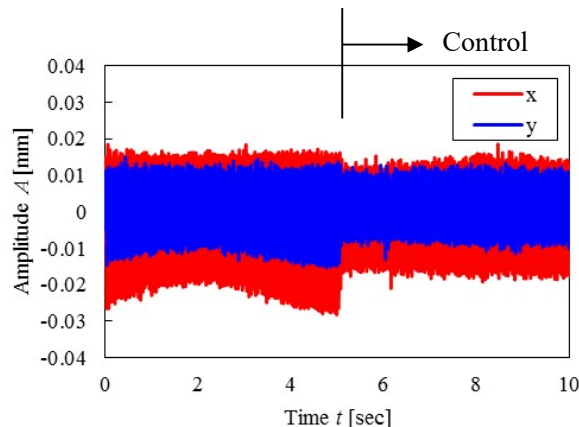


図 7 空気圧力制御時の軸振動の変化

## まとめ

本研究では、アンバランスを有する回転軸に対して、給気圧力を非対称に供給する軸受を考案し、その静特性と、回転特性を試験によって調査した。その結果、給気圧力制御を行うと、一定圧力で回転させた場合に比べて軸振動振幅が低減することを確認した。

## 成果

1. **Tomohiko Ise**, Mitsuyosho Osaki, Takaaki Itoga, Masami Matsubara, Shozo Kawamura and Toshihiko Asami, Externally Pressurized Gas Journal Bearings with Asymmetrically Arranged Gas Supply Holes for Large Unbalanced Rotors ( Design and Experiments for Large Load Capacity with Rotor Vibration Reduction), International Journal of Rotating Machinery に投稿中.
2. **Tomohiko Ise**, Mitsuyosho Osaki, Masami Matsubara, Shozo Kawamura, Externally Pressurized Gas Journal Bearings with Asymmetrically Arranged Gas Supply Holes for Large Unbalanced Rotors (Rotor Vibration Reduction by Supply Gas Pressure Control), Transactions of ASME, Journal of Vibration and Acoustics に投稿予定.