

# 吸引式1軸能動型磁気軸受の開発

## Development of Attraction Type Single Axis Controlled Magnetic Bearing

石崎 隆也

指導教員:森下 明平

工学院大学 工学部 電気電子工学科 電磁力応用システム研究室

キーワード: 磁気軸受, 受動安定, 電磁界解析

### 1. はじめに

磁気軸受は転がり軸受と比べて摩擦・摩耗の問題がなく、振動・騒音が抑えられる。また、摩擦による回転損失がなくなるため、高速回転が可能である。最も構成が簡単な磁気軸受に1軸能動型磁気軸受がある。1軸能動型磁気軸受は支持力の増加に伴い軸長が増大する<sup>(1)</sup>。軸長の増大は回転軸の剛性を低下させ、装置の取り付けスペースの増大を招く。そこで、支持力が増加しても軸長が変わらない1軸能動磁気軸受を検討した。

### 2. 吸引式1軸能動型磁気軸受

図1に本磁気軸受の片側断面図を示す。図1の矢印は着磁方向を示し、磁石の起磁力を等価な電流で置き換えた。同方向の電流は吸引し、逆方向の電流は反発する。そのため、本磁気軸受は永久磁石の吸引力により浮上することがわかる<sup>(2)</sup>。

図1の構成においてx, y方向に変位が生じた場合、復元力が働きx方向の変位は中心に戻り、y方向は復元力と重力が釣り合うところで停止する。この構成を回転軸の両端部に設置することで、回転軸のヨー方向、ピッチ方向にも復元力が働き、4自由度が安定となる<sup>(3)</sup>。z方向に変位が生じた場合、磁石同士が吸引する方向に力が働くため不安定となる。そのため、本磁気軸受ではz方向を能動制御することで安定化させる。

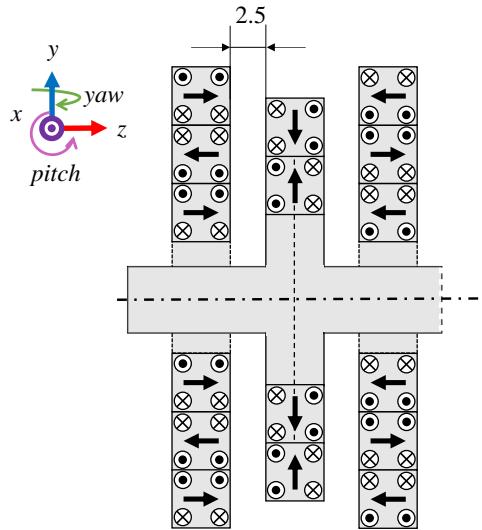


図1 吸引型1軸能動型磁気軸受の原理図

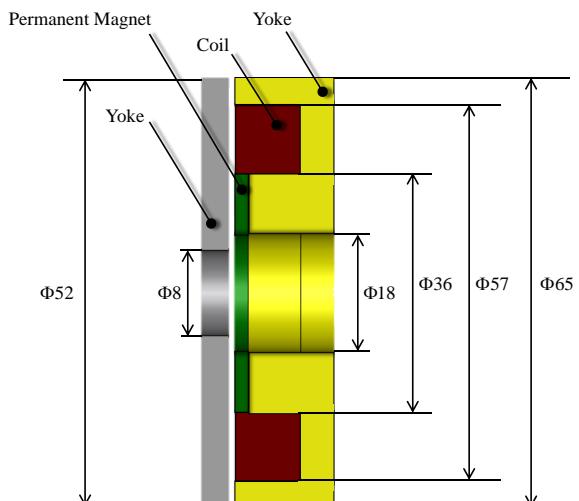
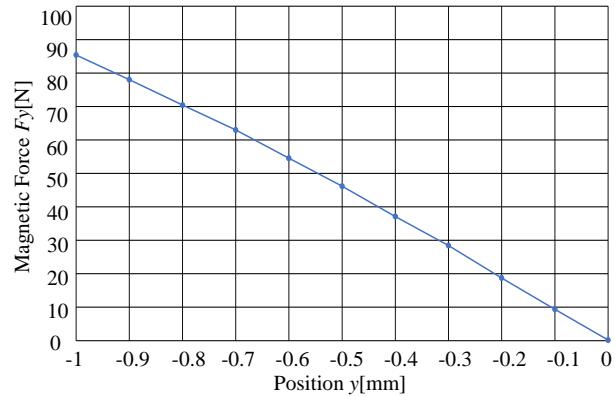


図2 複合磁石ユニットの構成

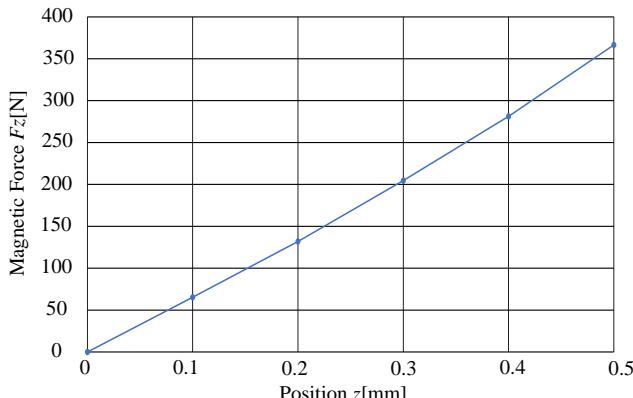
### 3. 磁気軸受の電磁力特性

〈3・1〉 電磁石ユニット 図2に $z$ 方向の能動制御に用いる複合磁石ユニットの構成を示す。磁石ユニットはリング形継鉄の溝部にコイルを配置した制御用磁石と $z$ 方向に着磁されたリング状永久磁石で構成される。この回転子側の強磁性円盤に作用する吸引力をゼロパワー制御<sup>(4)</sup>により調整することで $z$ 方向の安定化をはかる。

〈3・2〉 電磁力特性 電磁石ユニット及び永久磁石のステータ・ロータ間による $y$ ,  $z$ 方向の電磁力特性を図3に示す。 $y$ 方向の電磁力 $F_y$ は0[N]から83.6[N]となり、 $z$ 方向の電磁力 $F_z$ は0[N]から366.4[N]となった。どちらも、線形であることがわかる。



(a)  $y$  方向



(b)  $z$  方向

図3 電磁力特性

図4に装置全体のモデルを示す。リング状永久磁石のロータ・ステータ間にギャップ長は左右ともに2.5 [mm]でギャップ間にタッチダウン用のスペーサがあるため、軸方向の可動範囲は1.0[mm]である。また最大偏心角度は1.7[deg]である。この条件での最大偏心角度の復元トルク4.32[Nm]はとなつた。軸長は221.5 [mm]であるため端部の復元力は39.0[N]となる。なお、これらの計算には磁界解析ソフトJ-MAG®を使用した。

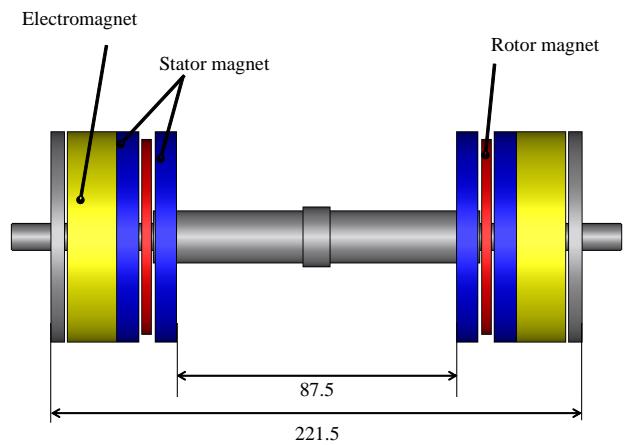


図4 装置全体のモデル

### 6. おわりに

今回は吸引式1軸能動型磁気軸受の解析を行った。この結果より、最小二乗法を用いて吸引力とインダクタンスの近似式を導出していく。導出した近似式から磁気浮上系のモデリングを行い吸引式1軸能動型磁気軸受が浮上可能であるか検証を行っていく。

### 文 献

- (1) 村上力:「磁気軸受について」, ターボ機械, 第15巻第5号, pp.19-26 (1997.5)
- (2) 加賀谷俊亮, 森下明平:「永久磁石吸引型1軸能動型磁気軸受の開発-機検証機の提案と設計」, 電気学会研究会資料, LD-19-034 (2019)
- (3) 大場寛之, 森下明平:「吸引式1軸能動制御型磁気軸受の開発-実証試験機の浮上制御の検討」, 電気学会研究会資料, LD-21-041 (2021)
- (4) 森下明平, 小豆沢照男:「常電導吸引式磁気浮上系のゼロパワー制御」, 電学論D, 108巻5号, pp.447-454 (1988)