

# 人工心臓用アキシャル型磁気軸受の最適化に関する研究

## Optimization of axially suspended magnetic bearing for artificial heart

07T1059R 西村 宣彦

指導教官:増澤 徹

### 1. 緒言

重篤な心不全患者の治療法の一つに補助人工心臓の適用があり、本邦でも開発、製品化が進められている。補助人工心臓には長寿命かつ生体適合性に優れていることが求められる。そのため、機械的摺動部のない磁気軸受の人工心臓への応用が研究されている。本研究では、人工心臓への応用を目的にアキシャル型磁気軸受の最適化の検討を行った。

### 2. 方法

**2.1 アキシャル型磁気軸受の概要** Fig.1 に最適化の対象とするアキシャル型磁気軸受の軸方向断面図を示す。本磁気軸受は 90 度間隔に設置した 4 つの制御用電磁石、ロータディスクに設置した 3 つの永久磁石とヨークから成るダブルバイアス型ハイブリッド磁気軸受である。本磁気軸受ではバイアス磁束に対して、電磁石磁束を重畳させることにより、ステータ・ロータ間隙中の磁束密度を電磁石により調整し、ロータの軸方向位置及び径方向軸周りの傾きを能動的に制御する。第一永久磁石の極と同一極が対向するように第二永久磁石を配置することにより、第一永久磁石から発生するバイアス磁束のロータ内での短絡の防止と、第二永久磁石から発生するバイアス磁束重畳によるバイアス磁束増強を図っている。

**2.2 最適化の検討** 有限要素法を用いた三次元数値磁場解析を用いて磁気軸受の最適化の検討を行った。本磁気軸受の各寸法は既開発の両心補助人工心臓 BIVACOR Bi-VAD の磁気軸受を基本とした。第一、第二永久磁石の径方向長さとして軸方向厚みを変更し数値磁場解析を行い、軸受性能への影響をみた。永久磁石の各寸法を Table 1 に示す。Table 1 の太枠で囲った値は基本軸受の寸法である。軸方向吸引力と加速度係数を磁気軸受性能評価項目とした。デバイスの動特性を見るための指標として、 $\pm 1$  A の範囲における電流の変化に対する軸方向吸引力の変化の割合をロータの重量で除した値を加速度係数と定義した。実際に第二永久磁石の軸方向厚み 1.0, 2.0 mm のロータを製作し評価した。

Table 1 Measurement of Permanent magnet

Primary PM	Radial length [mm]	2.0	4.3	6.0	8.5
	Axial thickness [mm]	1.0	2.0	3.0	
Secondary PM	Radial length [mm]	2.0	4.5	6.0	8.75
	Axial thickness [mm]		1.0	2.0	3.0

### 3. 結果及び考察

第一永久磁石の径方向長さとして第二永久磁石の軸方向長さ変更時の解析結果を Fig.2, 3 に示す。第一永久磁石の径方向長さを 8.5 mm にすることで、基本軸受と比べ 0 A 時に軸方向吸引力が 48 %、加速度係数が 18 %増加した。また第二永久磁石の軸方向厚みを 2.0 mm にすることで、0 A 時に吸引力が 89 %、加速度係数が 18 %増加した。加速度係数は第二永久磁石軸方向厚み 2.0 mm の時最大となった。解析結果から、磁路と同方向の磁石の寸法を大きくすることで磁気軸受の性能が基本軸受と比べ大幅に向上可能ながことが分かった。第一永久磁石の径方向長さを大きくしても、第二永久磁石の働きにより回路内での磁気抵抗は大きくなり、軸方向吸引力、加速度係数が増加することが

分かった。また第二永久磁石の軸方向厚みは軸方向吸引力に大きく寄与し、動特性も磁気回路に対し第一永久磁石より磁気抵抗が小さい範囲では向上することが分かった。実機を製作し、評価試験を行った結果、解析結果と同様に磁気軸受の性能の向上が確認できた。

### 4. 結論

人工心臓への応用を目的に、三次元数値磁場解析を用いてダブルバイアス型ハイブリッド磁気軸受の永久磁石について最適化の検討を行った。解析の結果、磁路と同方向の磁石の寸法が軸受性能に大幅に影響を与えることが分かった。特に第二永久磁石の軸方向厚みは軸方向吸引力に大きく寄与し、厚み 2.0 mm にすることで、基本軸受に比べ 0 A 時に軸方向吸引力を 89 %、動特性の指標である加速度係数を 18 %増加させることが可能であることを明確にした。

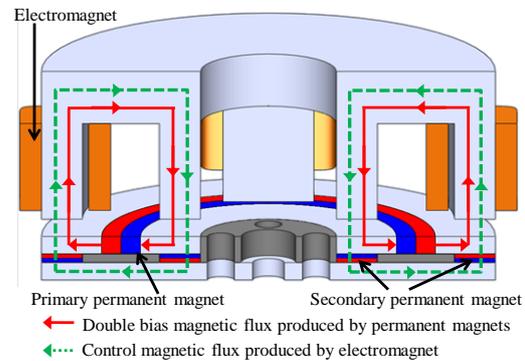
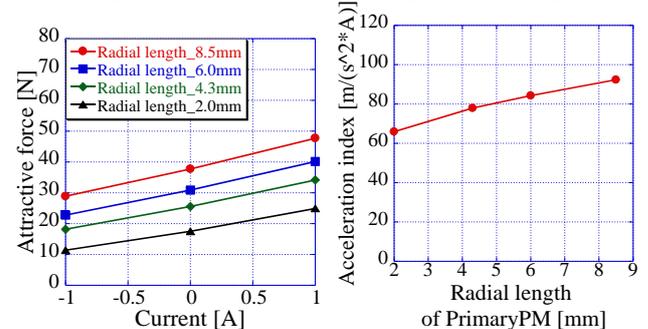
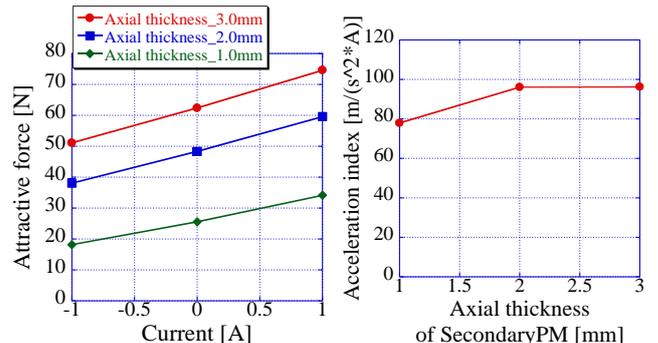


Fig.1 Double-bias hybrid magnetic bearing



(a). Axial attractive force (b). Acceleration index

Fig.2 Analysis result of Radial length of PrimaryPM



(a). Axial attractive force (b). Acceleration index

Fig.3 Analysis result of Axial thickness of SecondaryPM