

# 新生児・乳児応用を目指した小型磁気浮上人工心臓に関する研究

## Magnetically levitated artificial heart for neonate and infant

05T1024N 長 真啓

指導教員： 増澤 徹 教授

### 1. 緒言

新生児、乳児用の循環系疾患者の救命のための人工循環デバイスのひとつである人工心臓の実現が望まれている。本研究では新生児、乳児用人工心臓のために、小型かつモータ機構の機械的摺動部分の撤廃による半永久的な機械的寿命を持つ、新しい構造のアキシヤル型小型磁気浮上モータの提案を行い、設計・製作・評価を行った。

### 2. 方法

#### 2.1 アキシヤル型磁気浮上モータの概要

Fig.1 にアキシヤル型モータの磁気浮上システムの構成を示す。本モータは6突極からなる上部ステータ、下部ステータ、そして、浮上回転するロータの3つから構成される。上部ステータ、下部ステータには軸方向位置・回転制御用の3相2極の回転磁界を発生させる6個の電磁石コイルおよび傾き制御用の6個の電磁石コイルが巻かれている。また、ロータには、2極の永久磁石を軸方向両表面に配置している。本モータはロータを上部ステータ、下部ステータにより軸方向両面から挟みこむ構造をとる。軸方向位置および回転の制御は回転磁界を用いて行う。上部ステータ、下部ステータで発生させる磁気吸引力を釣り合わせることで軸方向位置を制御し、同時に回転磁界で回転トルクを与えることで回転制御を行う。傾き制御は、傾き制御用電磁石コイルで制御磁束を発生させることで、ロータに配置した永久磁石のS極側とN極側に働く吸引力の不均衡により発生する復元トルクを用いて行う。ロータに設置する永久磁石を上下で90 deg ずらして配置し、上部、下部両ステータにそれぞれ傾き制御用電磁石コイルを配置することにより径方向2軸回りの傾き制御を可能とする。径方向位置は受動安定を用い静的に支持するものとしている。

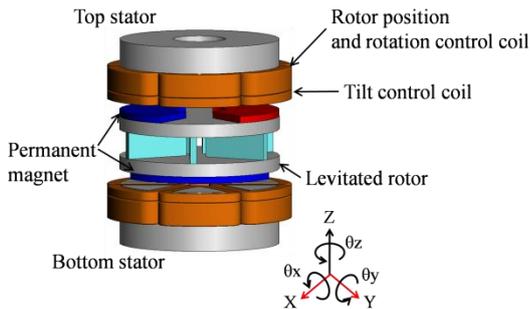


Fig.1 Magnetic levitation system

#### 2.3 アキシヤル型磁気浮上モータの設計

モータの設計は、回転数 2700rpm 時に揚程 100 mmHg、流量 1 L/min のポンプ性能を有する人工心臓への適用を目標として行った。モータの設計のために有限要素法による3次元磁場解析を行った。軸型磁気浮上モータの設計目標として、①中心位置から±0.1 mm のロータ変位に対して軸方向制御が可能であること、②回転トルクがポンプ目標性能から算出した 1.3 mNm 以上をステータ片側で発生可能であること、③ロータが軸方向中心位置に浮上静止している状態で励磁電流 2 A を流してもステータが磁気飽和しないこととした。

### 3. 結果・考察

Fig.2 に設計したアキシヤル型磁気浮上モータのロータおよびステータ形状を示す。Type1-Nd のステータには製作しやすさを考えストレート突極の Stator type1 を採用した。ロータは扇形の永久磁石を張合わせた Rotor Type1 を採用した。Type2-Nd、Type2-Sm のステータにはエアギャップ中に分布する磁束をより多く集めるために突極の先端にフットを設けた Stator type2 を採用した。また、ロータにはエアギャップ中での磁束密度分布が正弦波状となるように設計した磁石を配置した Rotor Type2 を採用した。ロータに配置する永久磁石の材質は Type2-Nd はネオジウム系磁石とし、Type2-Sm はサマリウムコバルト系磁石とし、材質が異なる永久磁石を使用した。モータの寸法は、Type1-Nd ではモータの全長 31 mm、モータ径  $\phi$  24 mm とした。Type2-Nd、Type2-Sm ではモータの全長 33.4 mm、モータ径  $\phi$  24 mm とした。

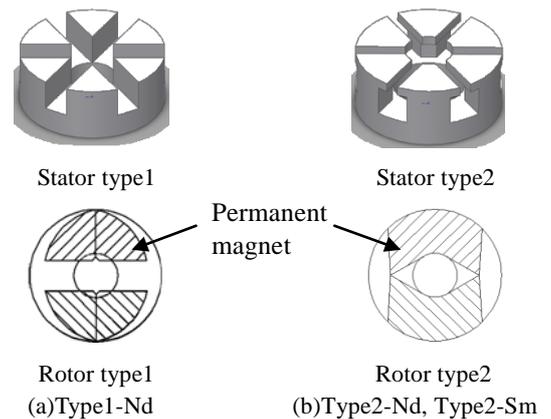


Fig.2 Magnetically levitated axial motor

設計したモータを用いて軸方向吸引力測定、トルク測定を行った。その結果、軸方向吸引力の最大値は、励磁電流 2 A、エアギャップ 1.5 mm 時で Type1-Nd、Type2-Nd、Type2-Sm においてそれぞれ、5 N、10.3 N、7.8 N であった。なお各モータの力係数はそれぞれ、0.22 N/A、0.23 N/A、0.39 N/A であった。Type2-Sm が最も良い制御性能を有していることを確認した。発生トルクについて、エアギャップ 1.5 mm において、Type1-Nd では励磁電流 3 A で回転数 1500 rpm において 0.9 mNm であった。Type2-Nd、Type2-Sm では励磁電流 2 A でそれぞれ、回転数 2500 rpm において 1.4 mNm、回転数 5000 rpm において 2.2 mNm であった。Type2-Sm が最も高い回転数まで回転可能であり、発生トルクについても最も高い値を示した。また、Type2-Sm では設計目標である回転数 2700 rpm 時、発生トルク 1.3 mNm を達成した。

### 4. 結言

新生児・乳児応用人工心臓のための新しい構造のアキシヤル型磁気浮上モータを提案し、3種類のアキシヤル型磁気浮上モータを設計・製作し、評価実験を行った。回転数 2700 rpm 時に目標トルク 1.3 mNm を達成可能である磁気浮上モータの製作ができた。