

小児・乳幼児用磁気浮上人工心臓の研究開発 Magnetically levitated artificial heart for infant

05T1009X 一ノ瀬 高紀

指導教員：増澤 徹

1. 緒言 現在、乳幼児の死亡要因のおよそ 25 %は呼吸器・循環器系の疾患で亡くなっている。しかし、乳幼児の重症心不全患者を対象とした治療デバイス開発は成人用デバイスに比較して遅れている。そこで本研究では、乳幼児のための長寿命・低溶血・抗血栓の利点を持つ磁気浮上人工心臓ポンプの研究開発を目的とした。

2. 方法

2.1 小型磁気浮上人工心臓の概要 Fig.1 に小型磁気浮上人工心臓の構成を示す。本人工心臓は、6 突極からなる二つの上部ステータ、下部ステータで浮上ロータを上下から挟み込む構造をとる。上部・下部ステータには軸方向位置・回転制御用の電磁石コイルおよび傾き制御用の電磁石コイルが巻かれている。ロータには、2 極の薄型永久磁石を軸方向両表面に配置した。軸方向位置および回転の制御は回転磁界の波高値、位相差を制御することで行う。上部ステータと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。ロータに配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。

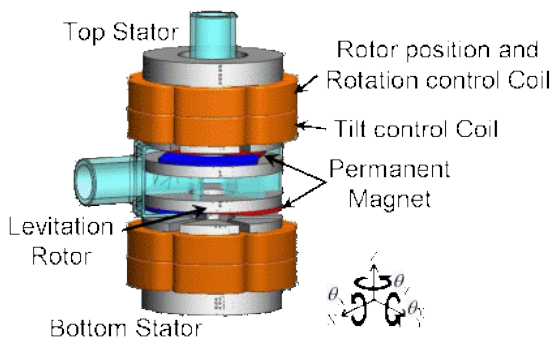


Fig.1 Magnetic levitation system

2.2 ポンプ設計と数値流体解析による評価 乳幼児用人工心臓ポンプを設計し、汎用有限体積法熱流体解析ソフト ANSYS CFX を用いてポンプ性能の評価を行った。設計目標値として乳幼児用補助人工心臓に必要なポンプ性能を揚程 100 mmHg に対して最大流量 1 L/min が発生可能であることとした。Fig.2 に設計したインペラ形状を示す。本ポンプはインペラ径を 25 mm、入口径を 6 mm、羽高さを 2mm、シングルボリュートを採用した。数値流体解析条件を Table1 に示す。

2.3 磁気浮上モータの設計、製作、評価 専用の小型磁気浮上モータを設計、製作した。磁気浮上モータの 1 個のステー

タの外径は 24 mm、長さは 15.5 mm とし、1 突極あたりの回転用コイルを 70 巻、傾き制御用コイルを 70 巻した。設計目標は発生吸引力 10 N、トルク回転数 4000 rpm 時 1.0 mNm とした。軸方向吸引力測定実験とトルク測定実験を行い、その基本性能を評価した。

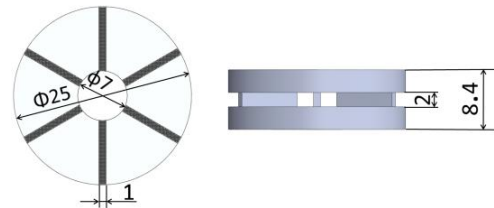


Fig.2 impeller

Table.1 Analysis condition

作動流体		水
境界条件	Inlet	流量 0, 0.5, 1 L/min
	outlet	自由流出
回転数		3000, 3500, 4000 rpm

3. 結果と考察

3.2 ポンプ性能 Fig.3 に解析により求めたポンプの HQ 特性を示す。4000 rpm、1 L/min の条件において、揚程 122 mmHg 発生可能であり、設定した乳幼児用人工心臓としての目標を満足した。Fig4 に速度ベクトル図を示す。ボリュート部でのスムーズな流れを確認したが、舌部付近の羽根間で流れが乱れていた。本点は今後、インペラ形状を改良することにより解決できる。

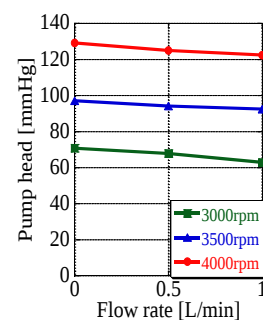


Fig.3 HQ characteristic

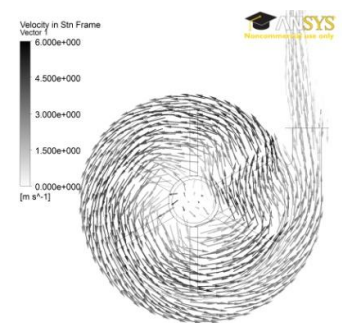


Fig.4 Velocity vector diagram

3.1 磁気浮上モータ ギャップ 1.5 mm のとき最大吸引力 10.6 N であり、力係数は 1.5 N/A、制御範囲は ± 0.25 mm であった。回転数 4000rpm 時に最大トルクは 5.8 mNm 発生可能であり、設計目標値を満足した。

4. 結言 本研究では小型磁気浮上モータの設計・製作を行い、人工心臓に適用可能であることが分かった。また、ポンプの数値流体解析を行い、このサイズで目標とするポンプ性能を達成できることを確認した。