

# 磁気粘性流体を用いた変速機 および変速機付人工心臓の開発

茨城大学 応用理工学野 機械システム領域  
講師 北山 文矢

2024年10月22日

# 背景～全人工心臓と補助人工心臓～

## 重篤な心不全患者

### 補助人工心臓(VADs)



左心補助人工心臓装着者の10～20%が右心不全発症



全置換人工心臓の要求

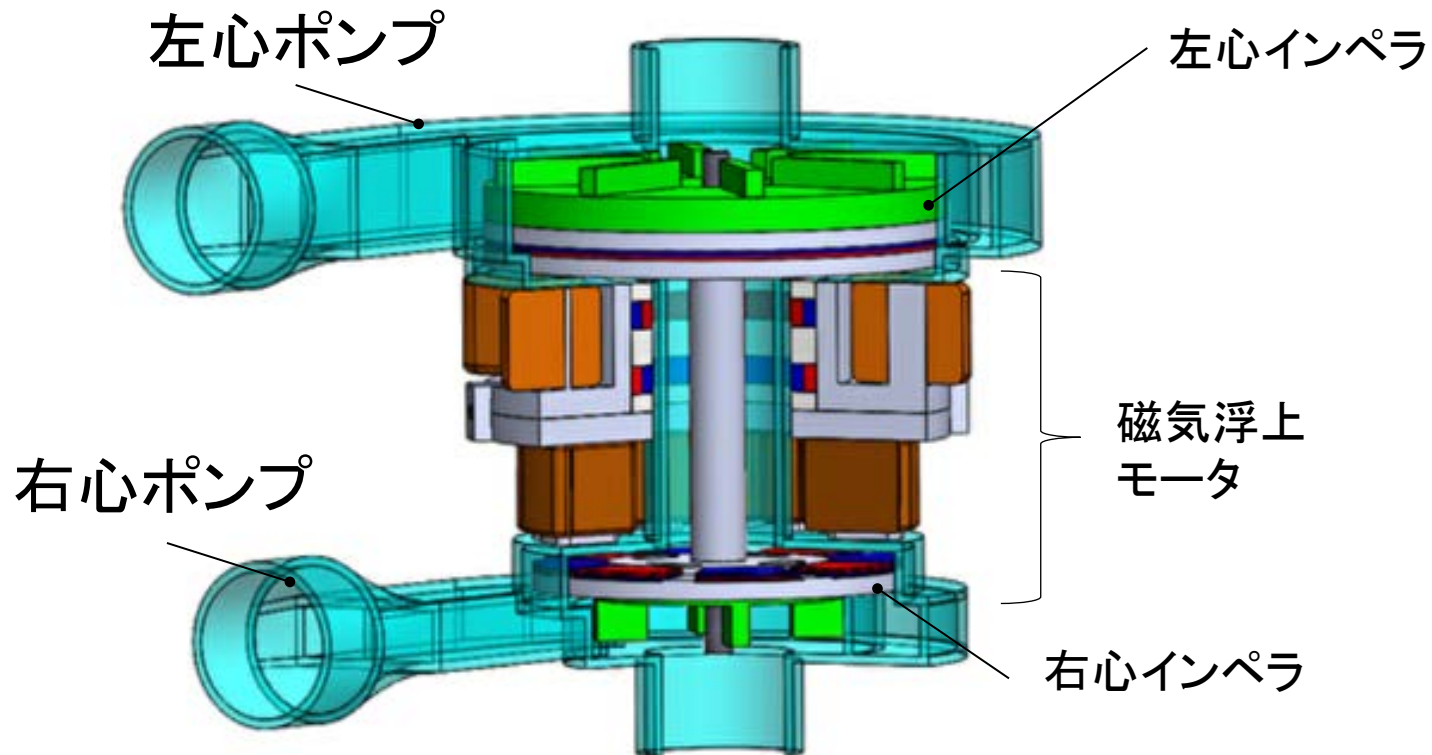


IB Heart



BiVACORE

# 背景～全人工心臓～

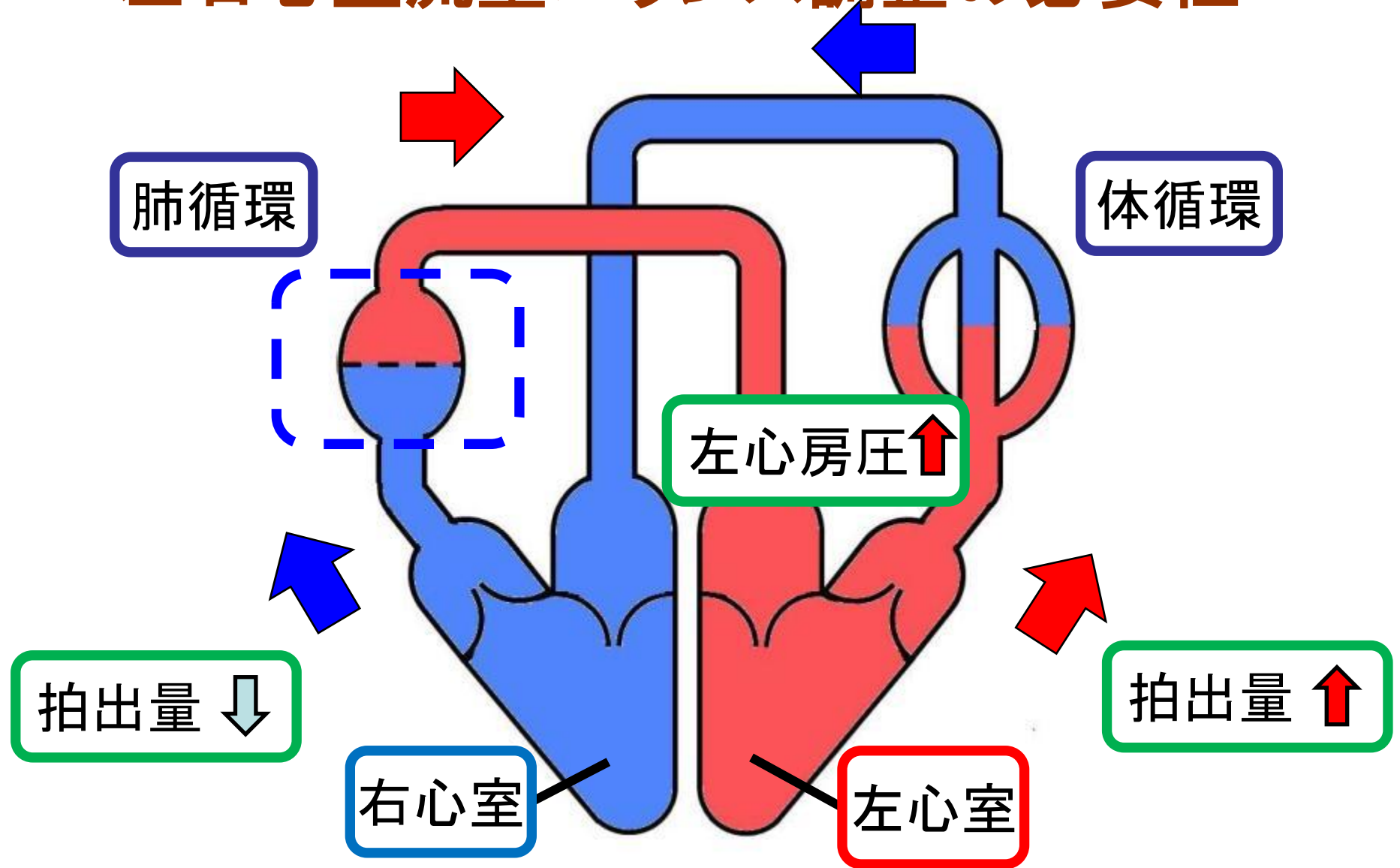


磁気浮上⇒低血栓, 低溶血

左心・右心インペラを1つのモータで駆動  
⇒小型, 左心・右心流量がモータ回転数により同時に増減

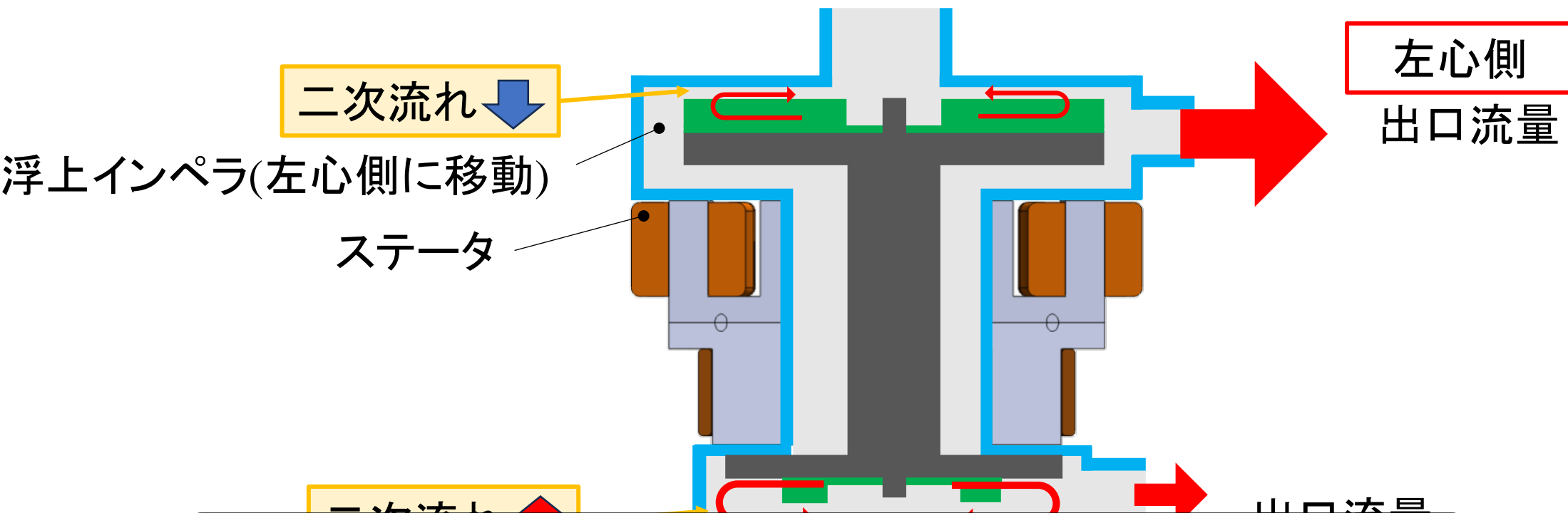
# 背景

## ～左右心室流量バランス調整の必要性～



# 従来技術とその問題点

従来の全置換型人工心臓では、左心と右心の一体型インペラを軸方向に移動させて、遠心ポンプの効率や出口ポート断面積の変化により、左心・右心の流量を変化させていた。従来技術はポンプ構造に依存し、大幅な流量調節は困難。

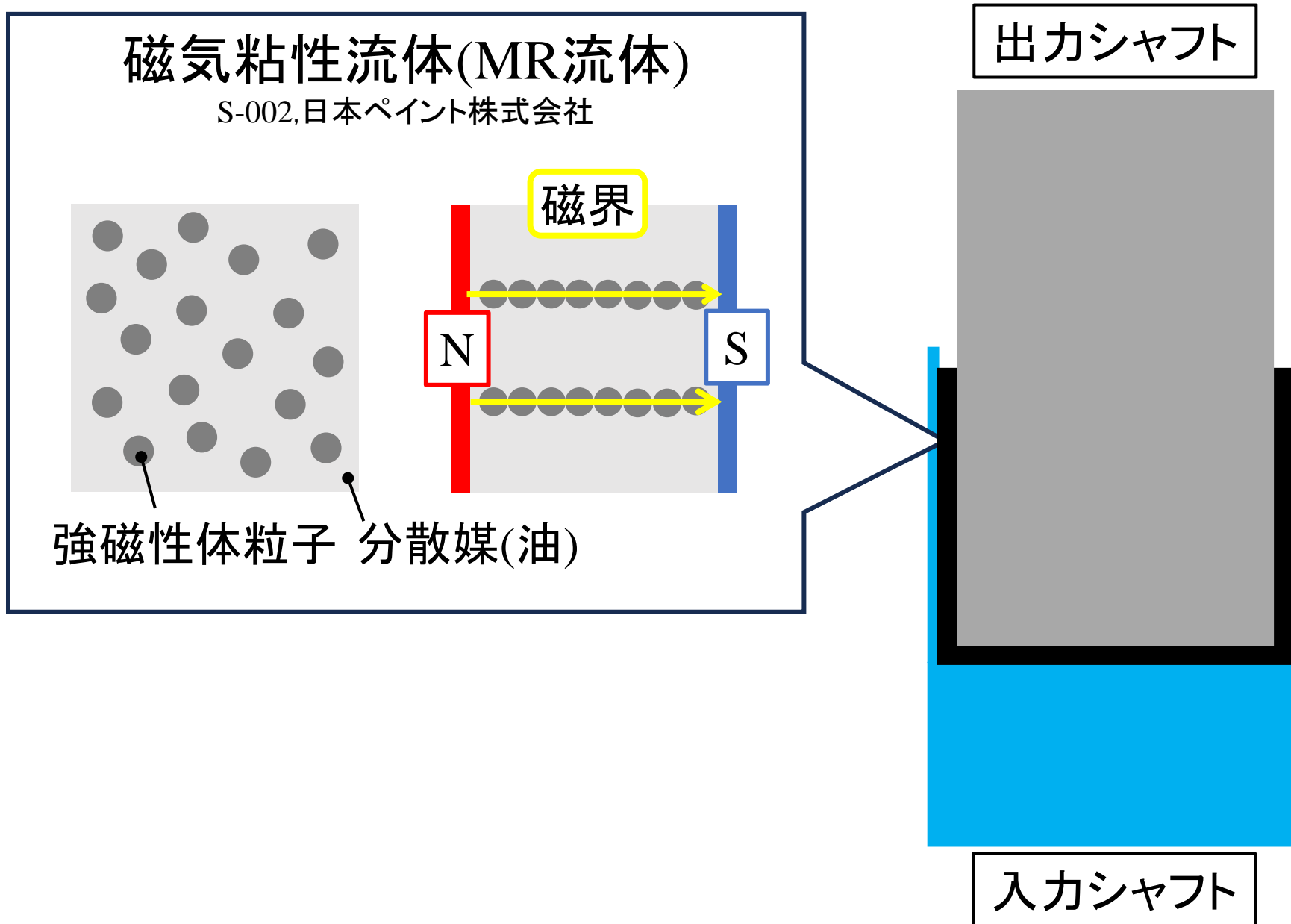


全置換型人工心臓での左右心室流量調整の実現  
⇒ 変速機および変速機付人工心臓の開発

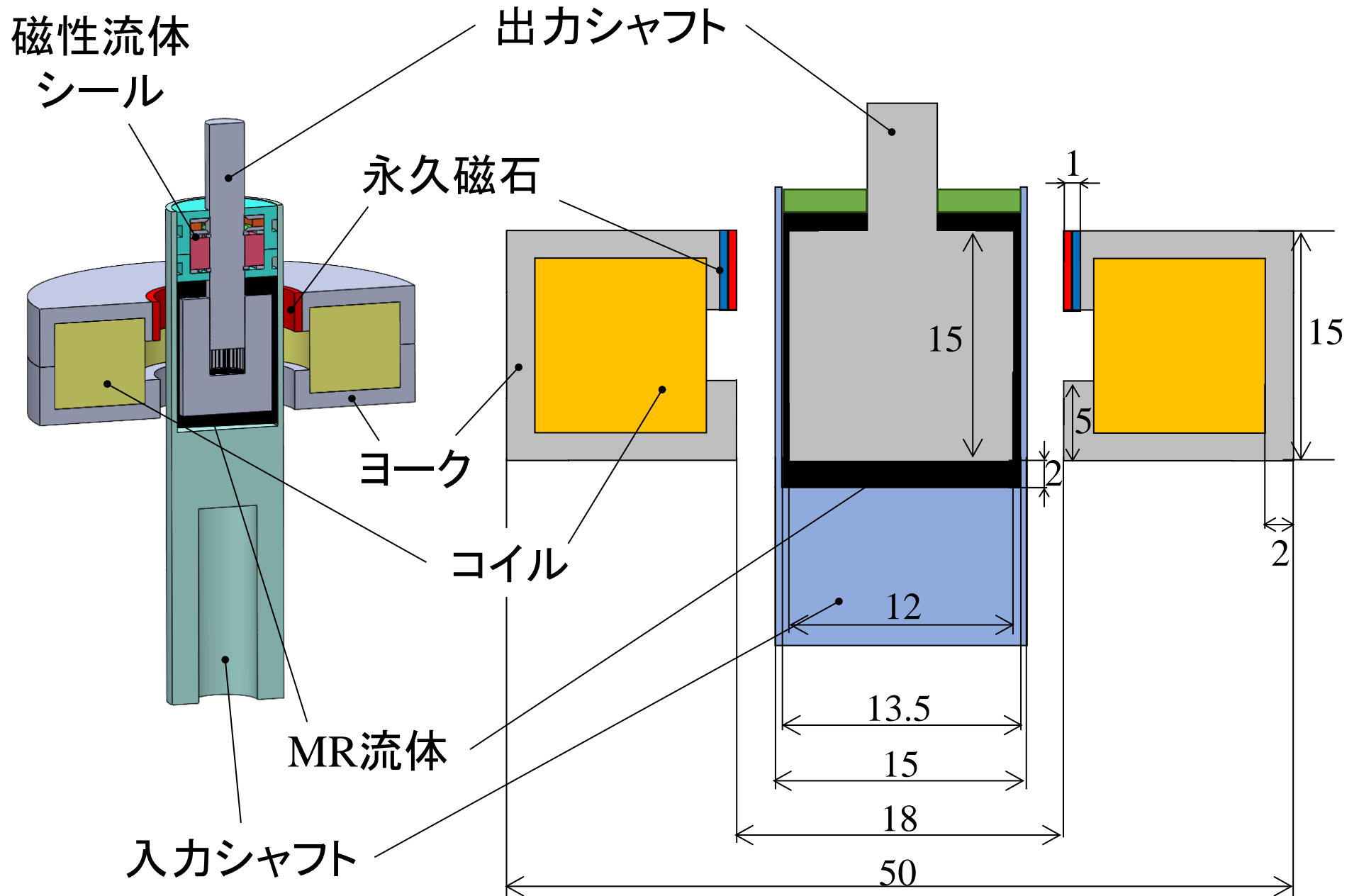
## 新技術①

～能動制御型MR流体変速機，  
変速機付アキシヤル型磁気浮上人工心臓～

# 磁気粘性流体(MR流体)変速機

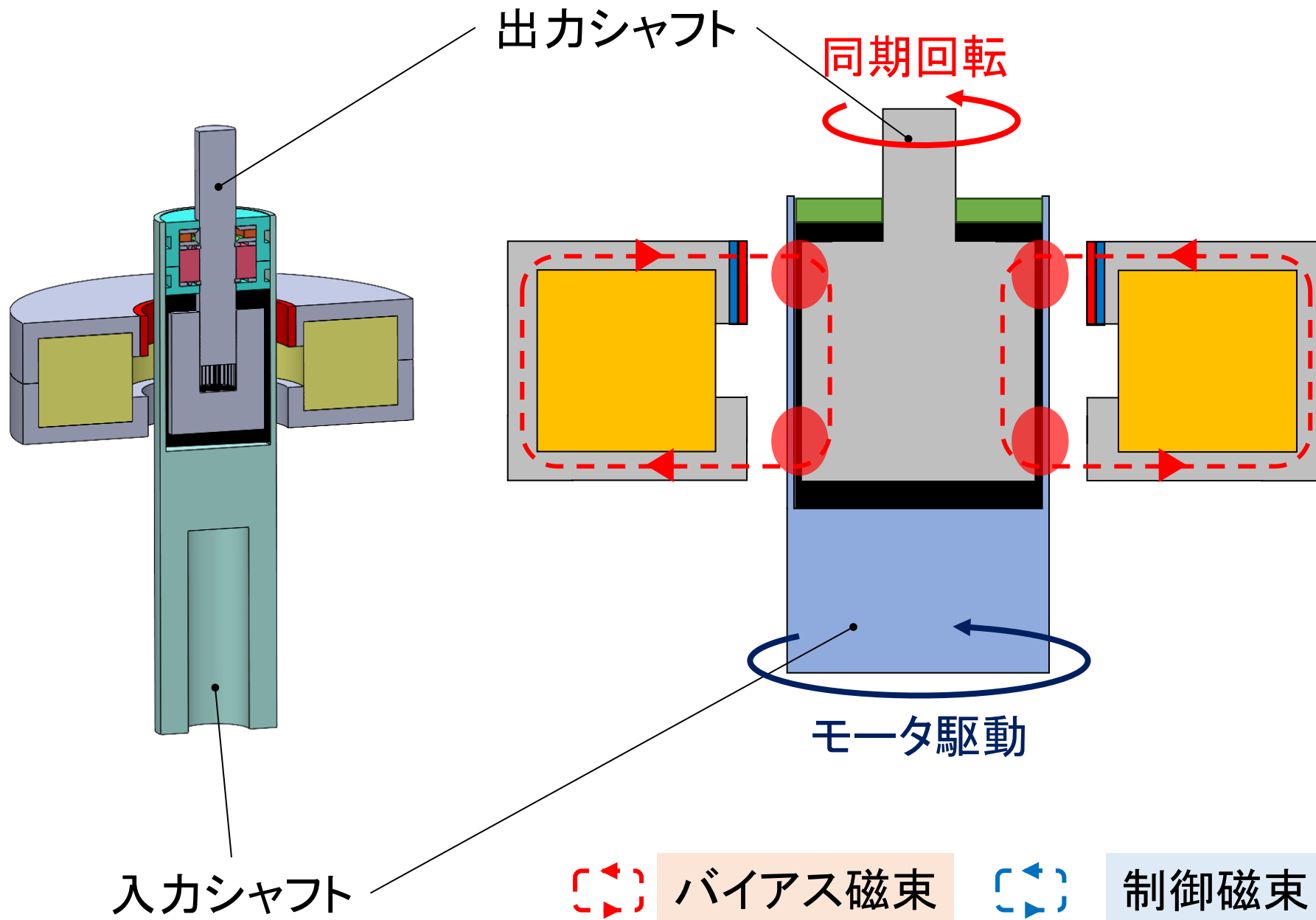


# 能動制御型MR流体変速機

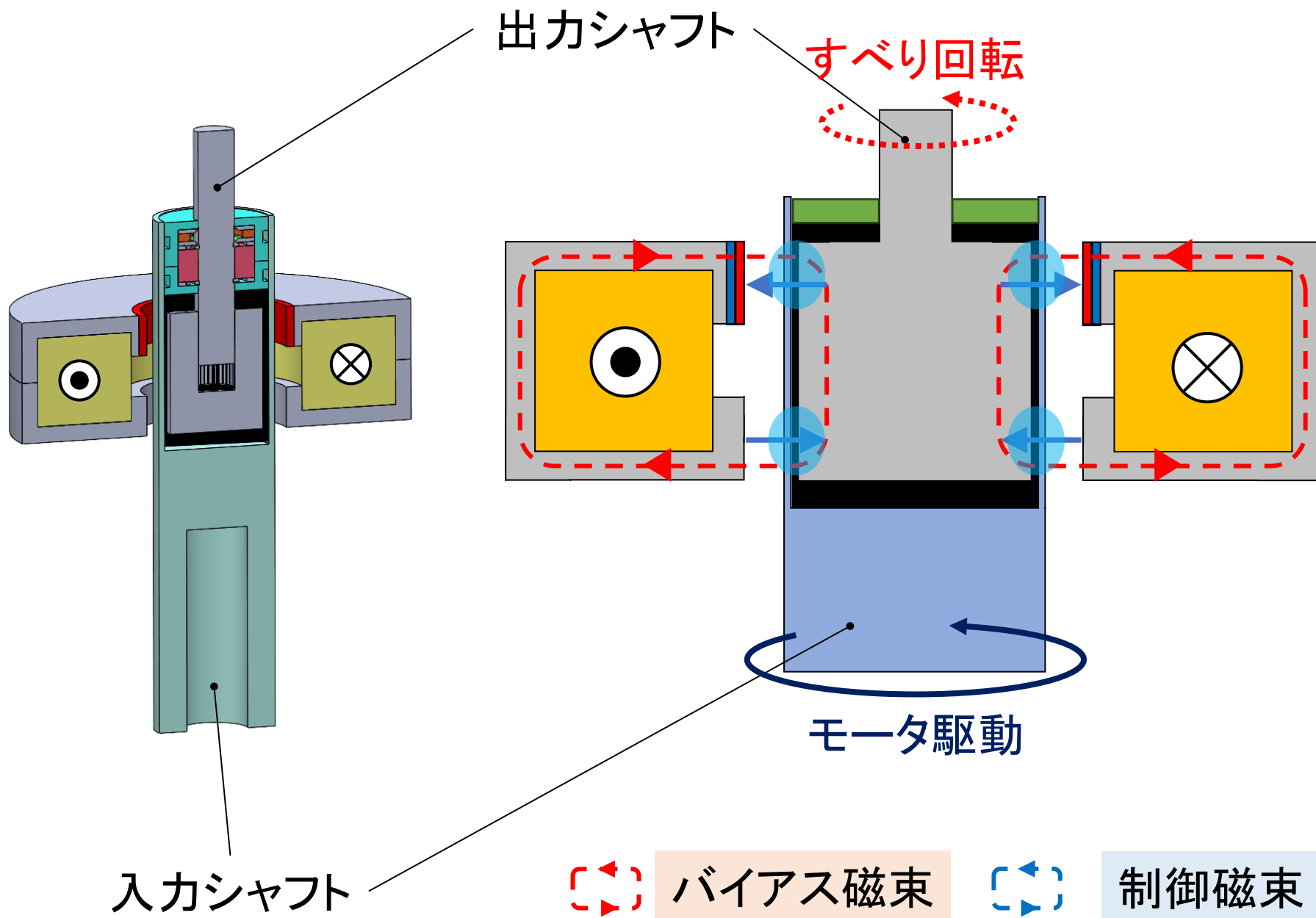




# 能動制御型MR流体変速機～動作原理～

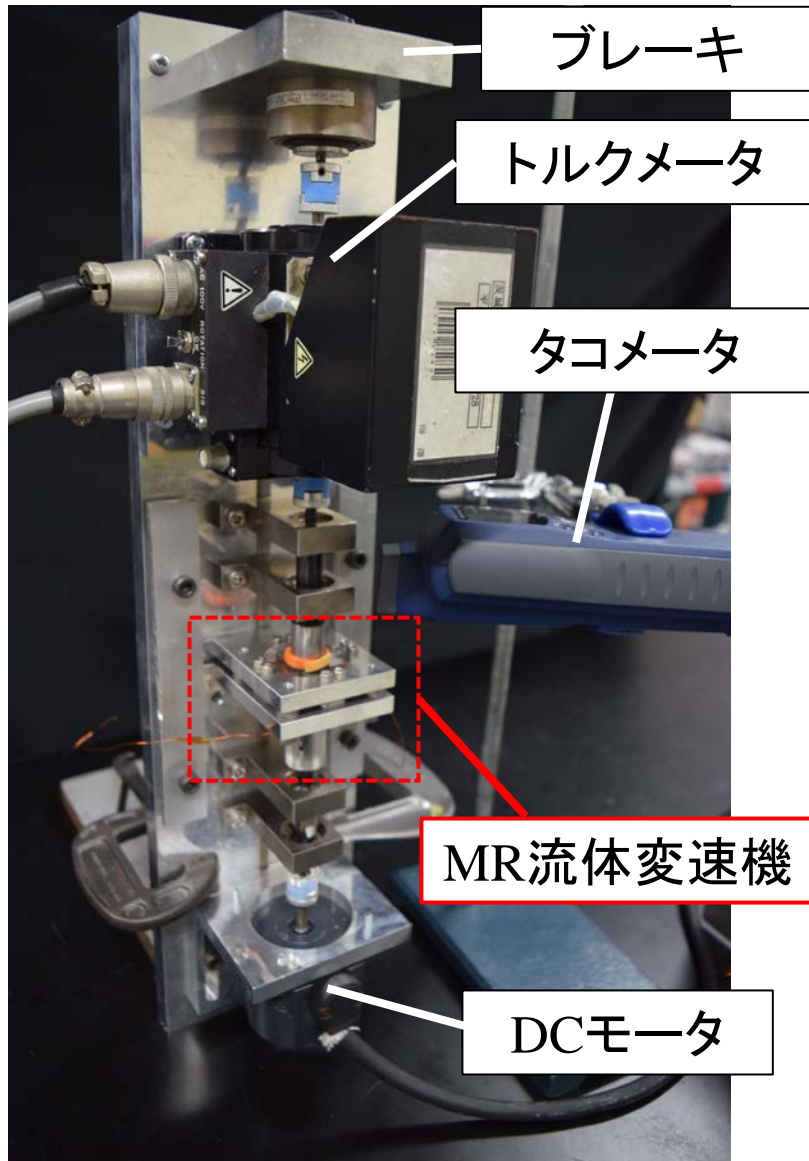


# 能動制御型MR流体変速機～動作原理～



# 能動制御型MR流体変速機～変速性能評価～

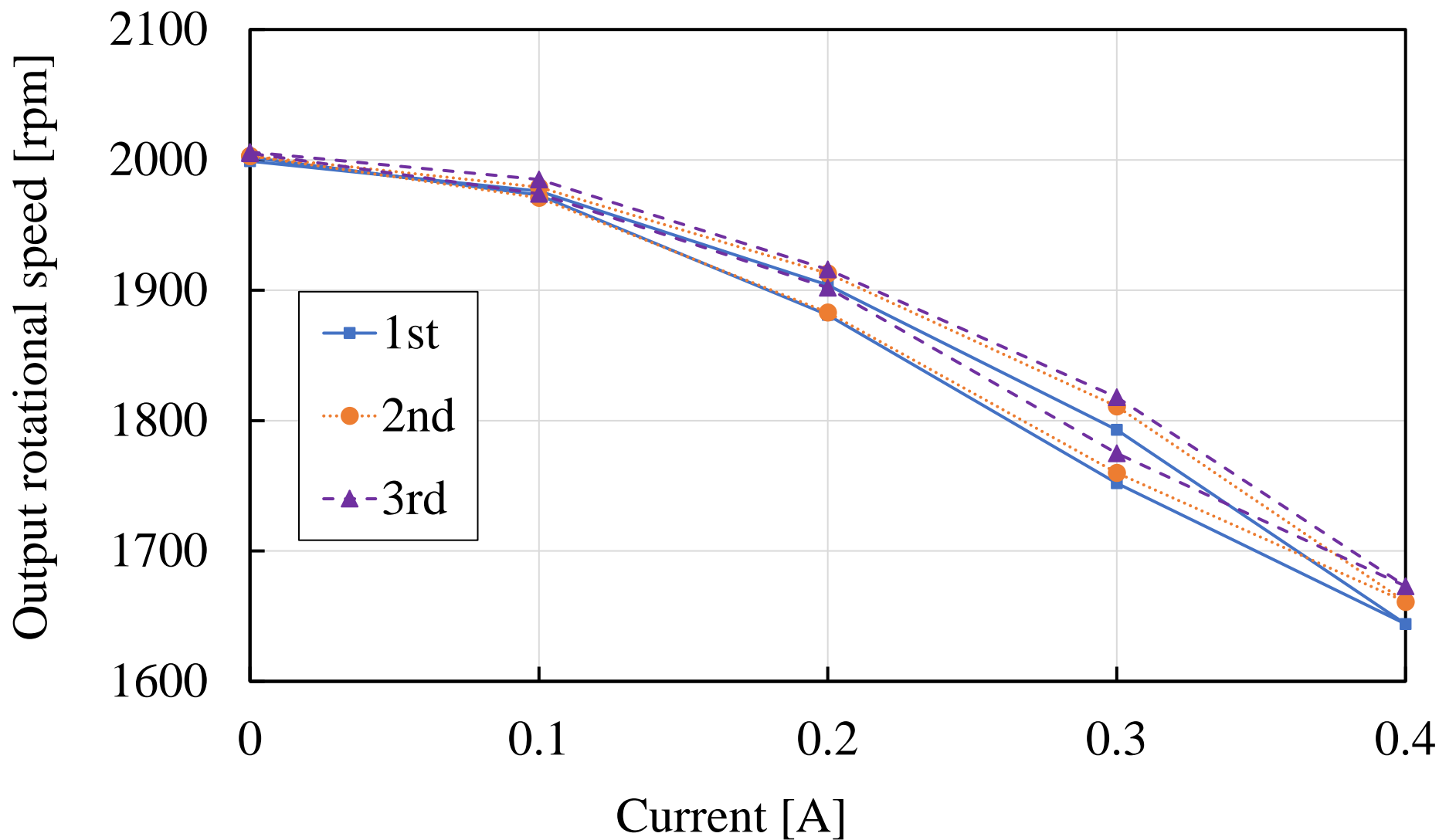
## ◎実験装置



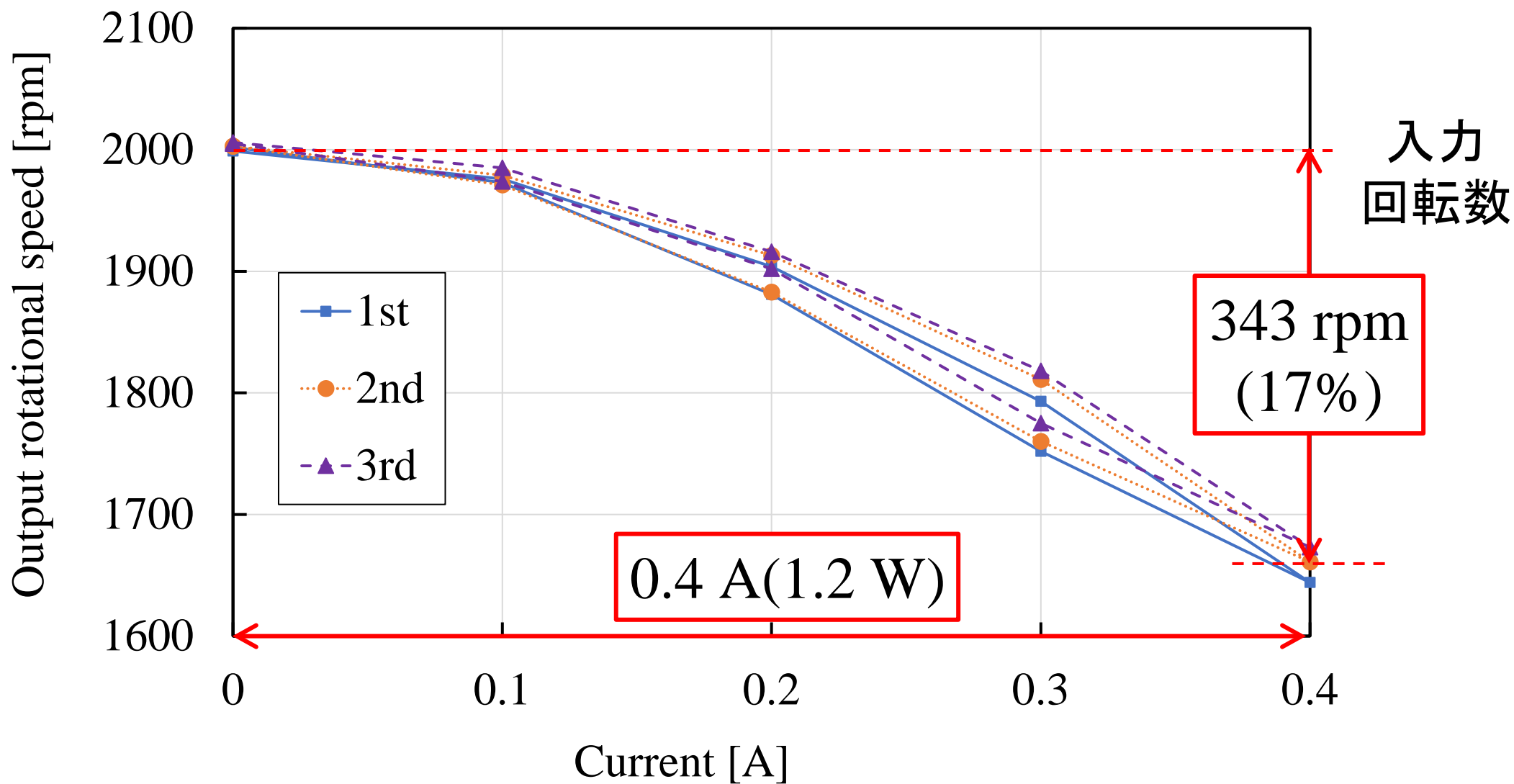
## ◎実験条件

入力シャフト 回転数	2000 rpm
負荷トルク	5 mNm
電磁石電流	0 → 0.5 → 0 A (0.1 A刻み)

# 能動制御型MR流体変速機～変速性能評価～

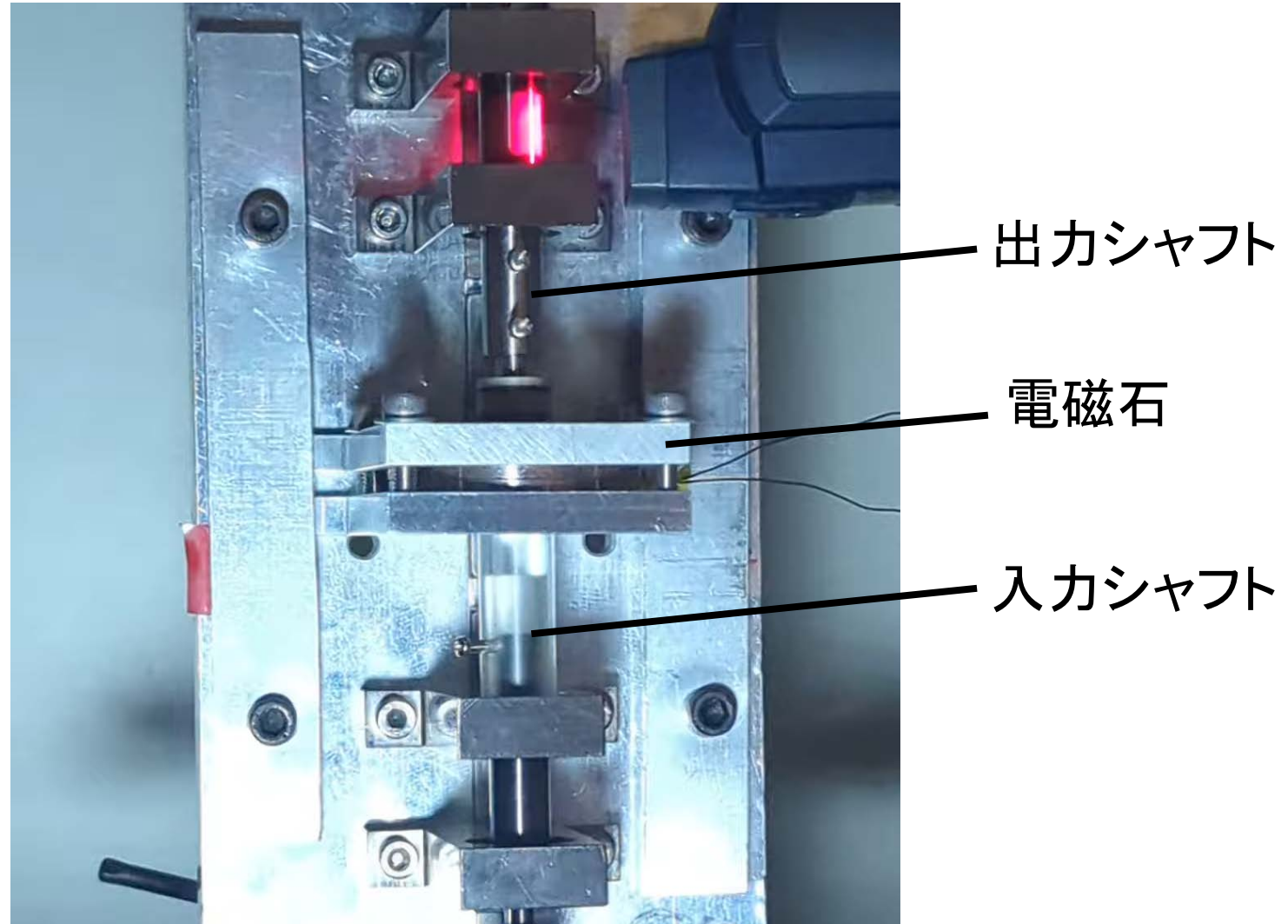


# 能動制御型MR流体変速機～変速性能評価～



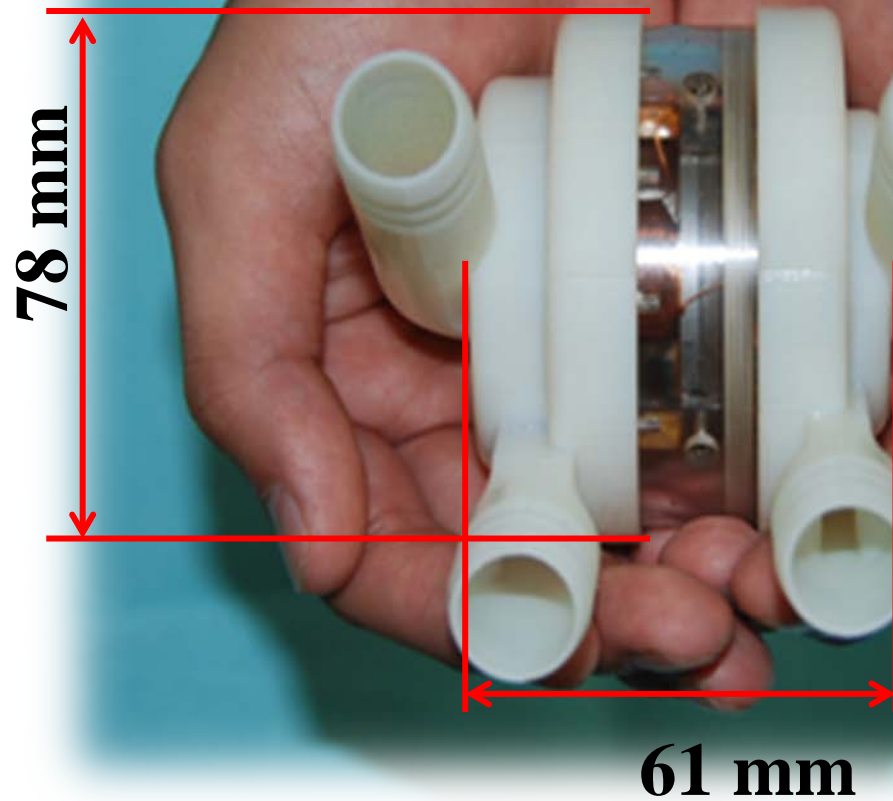
人工心臓の流量バランス制御に要する回転数差10%を達成

# 能動制御型MR流体変速機～動画～

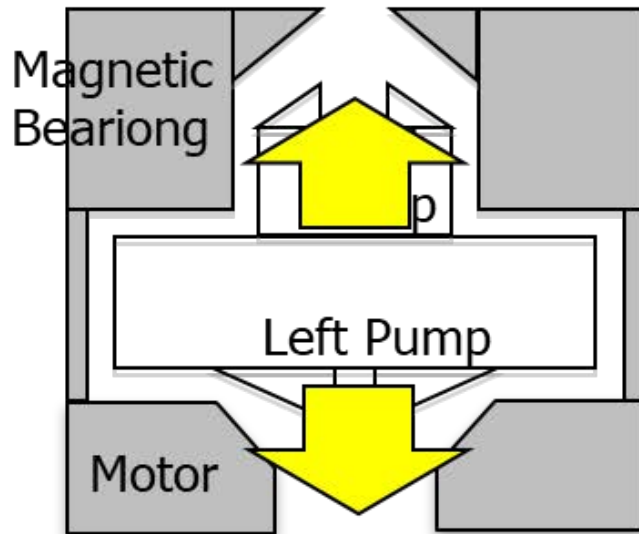
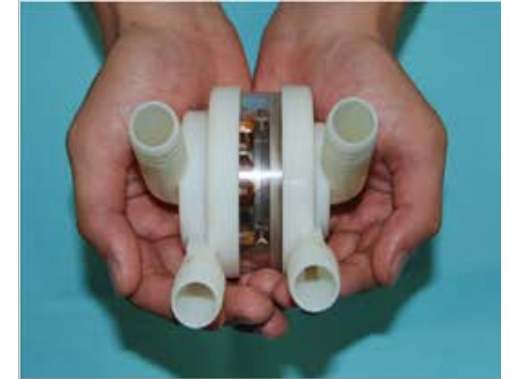
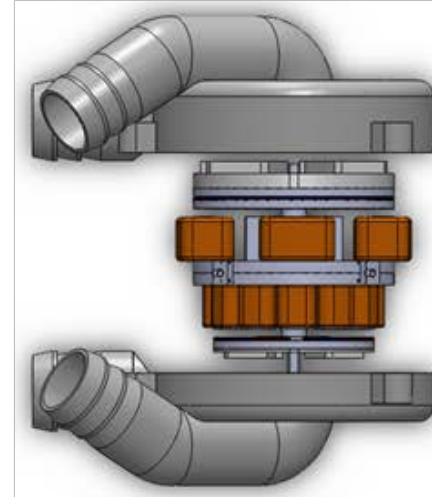
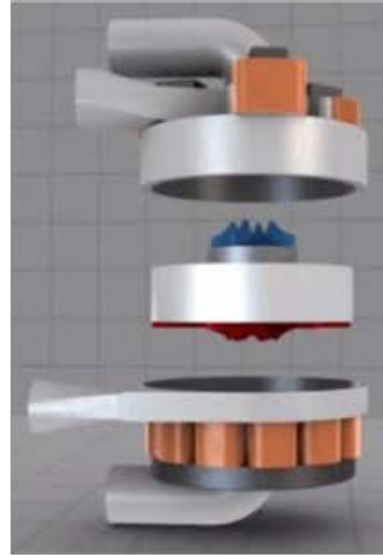


ストロボ撮影

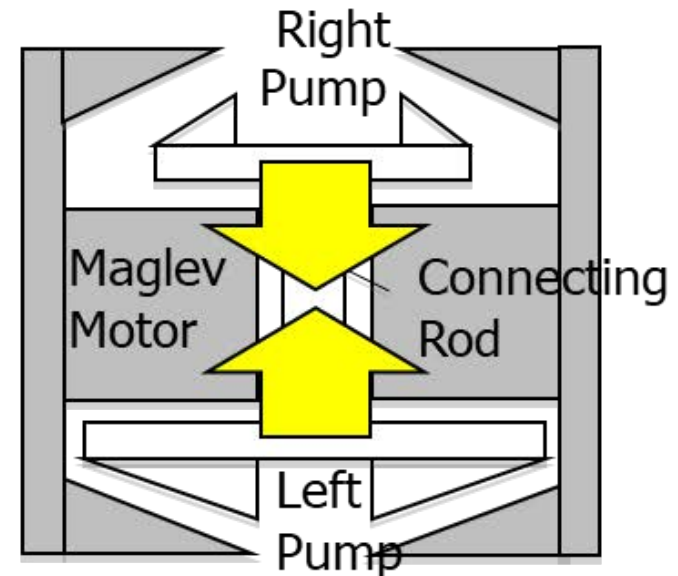
# アキシシャル型磁気浮上人工心臓



# アキシシャル型磁気浮上人工心臓



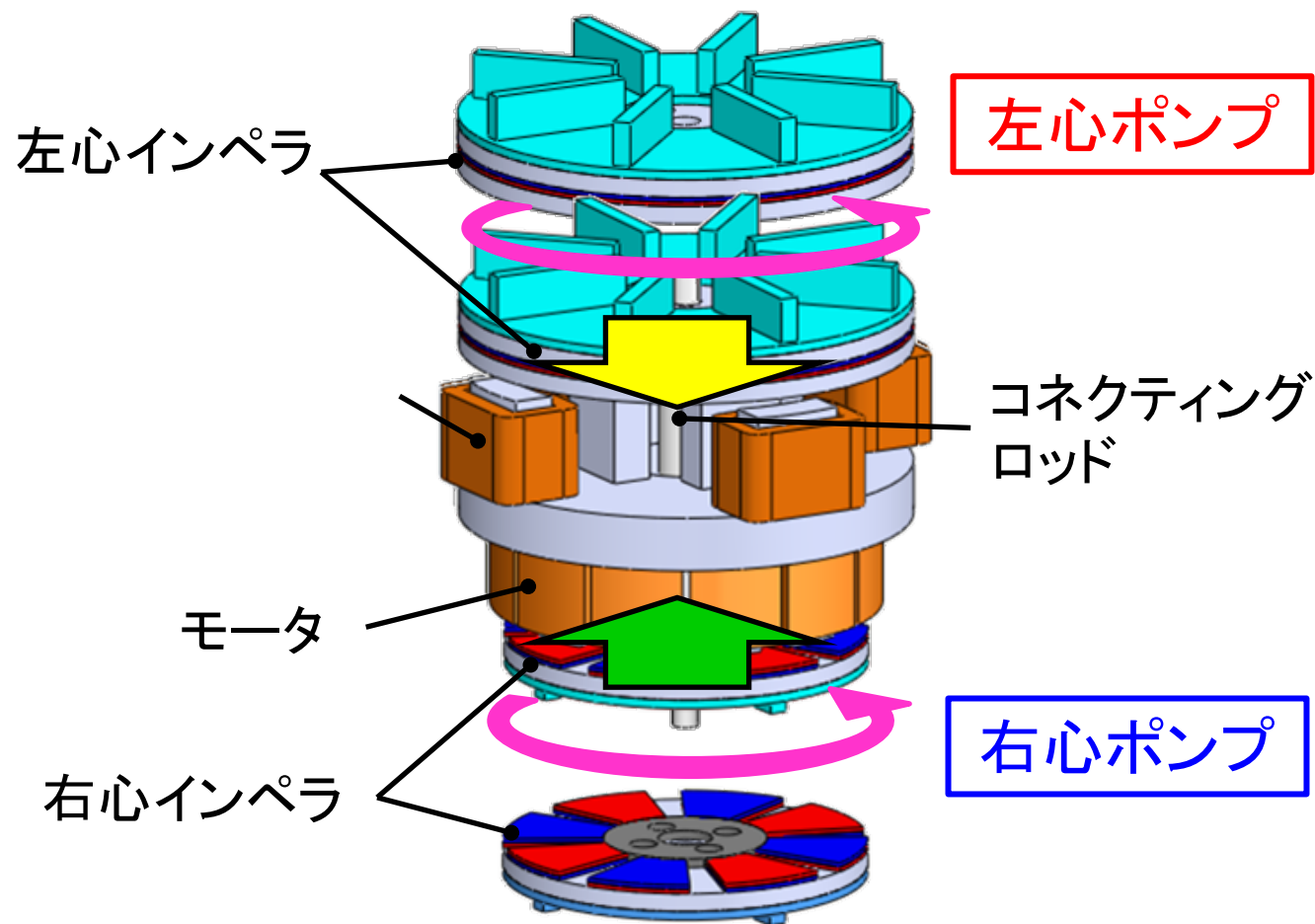
BiVACOR



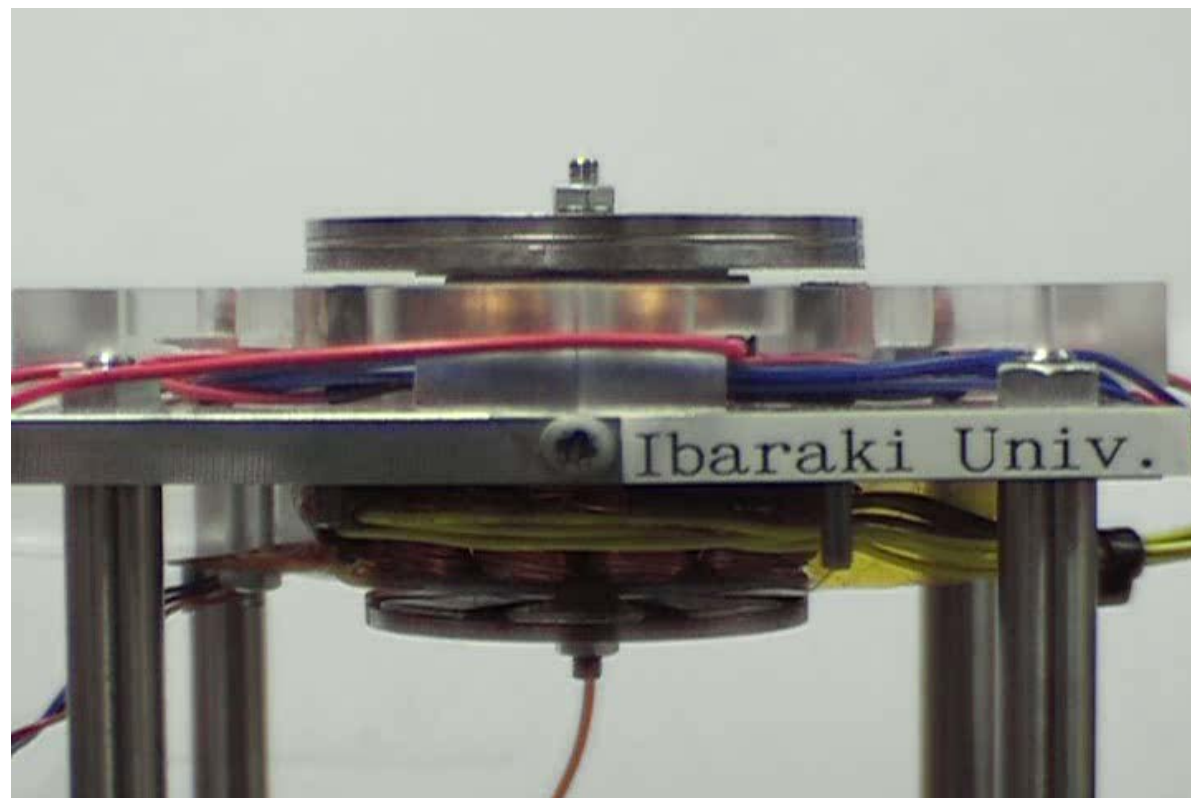
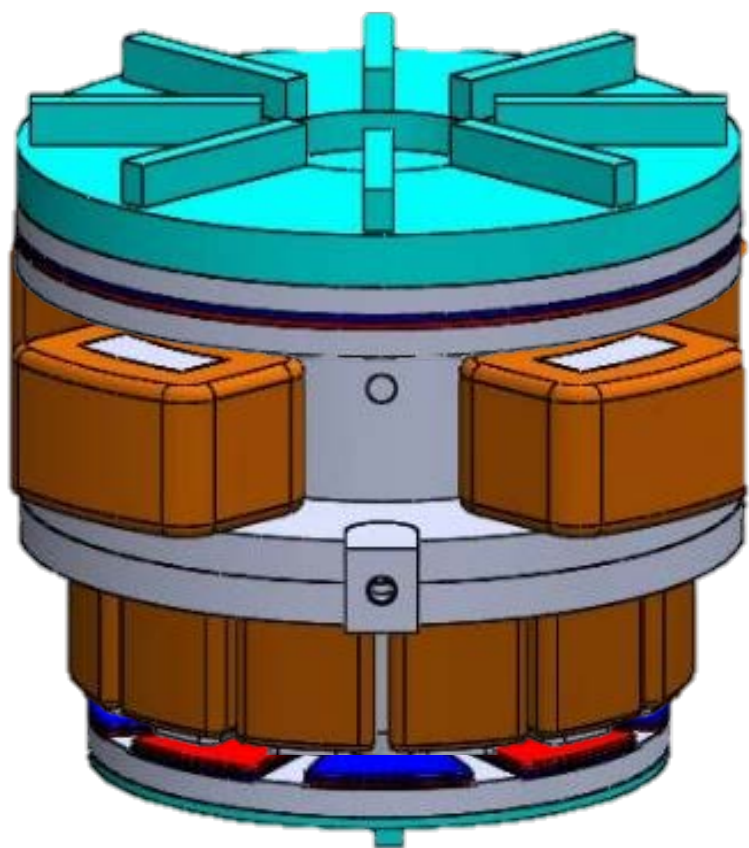
IB Heart



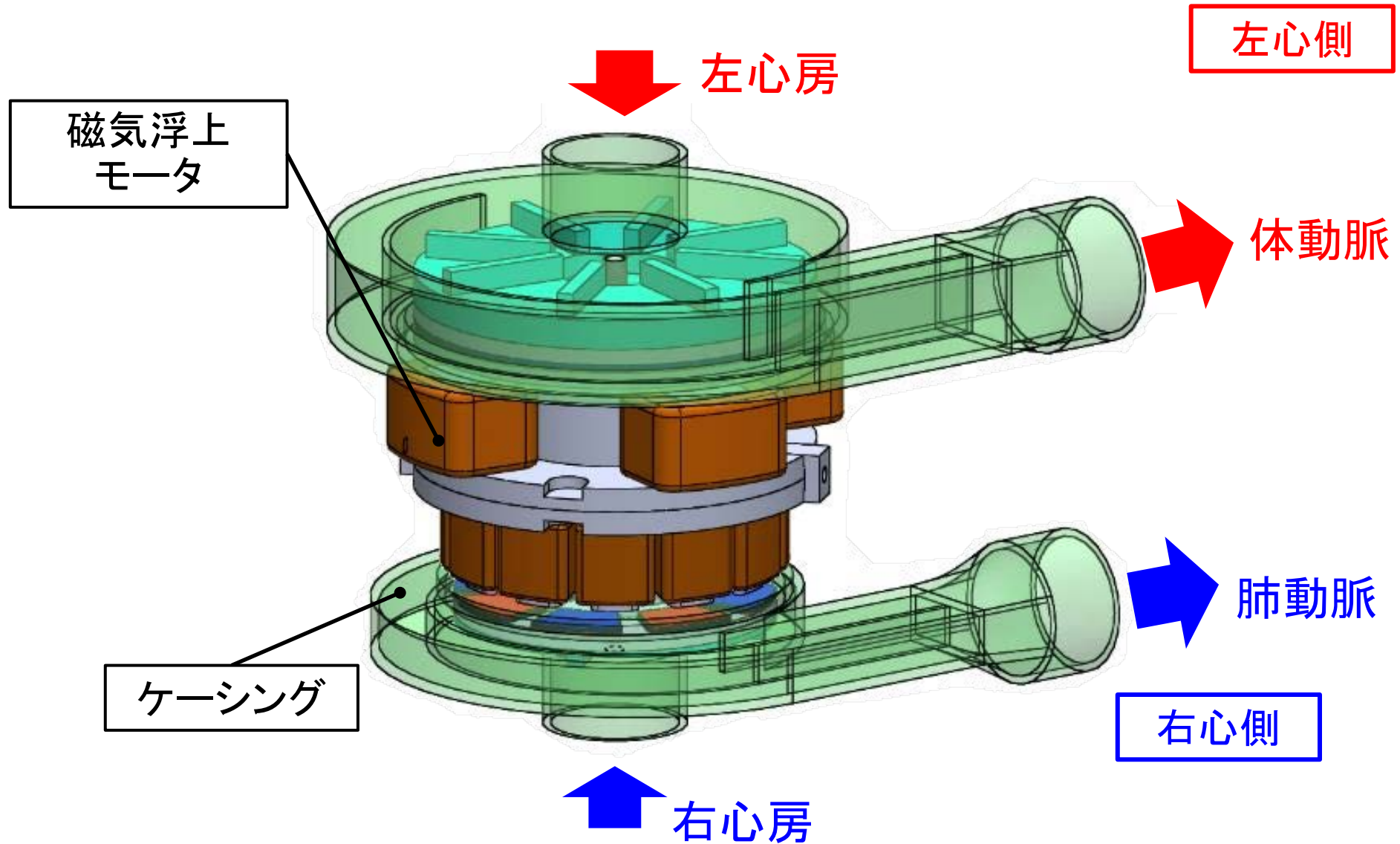
# アキシシャル型磁気浮上人工心臓



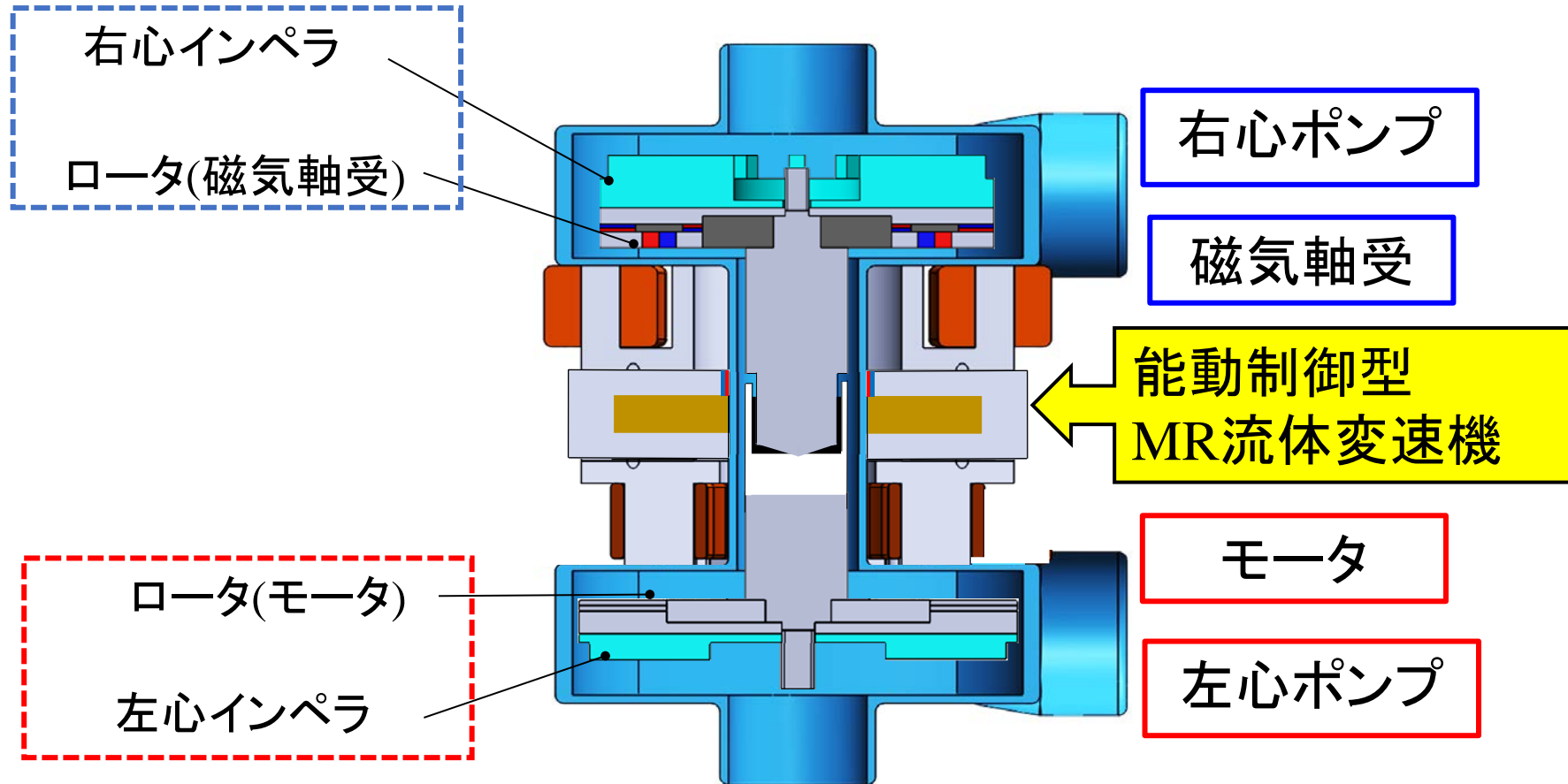
# アキシヤル型磁気浮上人工心臓



# アキシシャル型磁気浮上人工心臓



# 変速機付アキシシャル型磁気浮上人工心臓

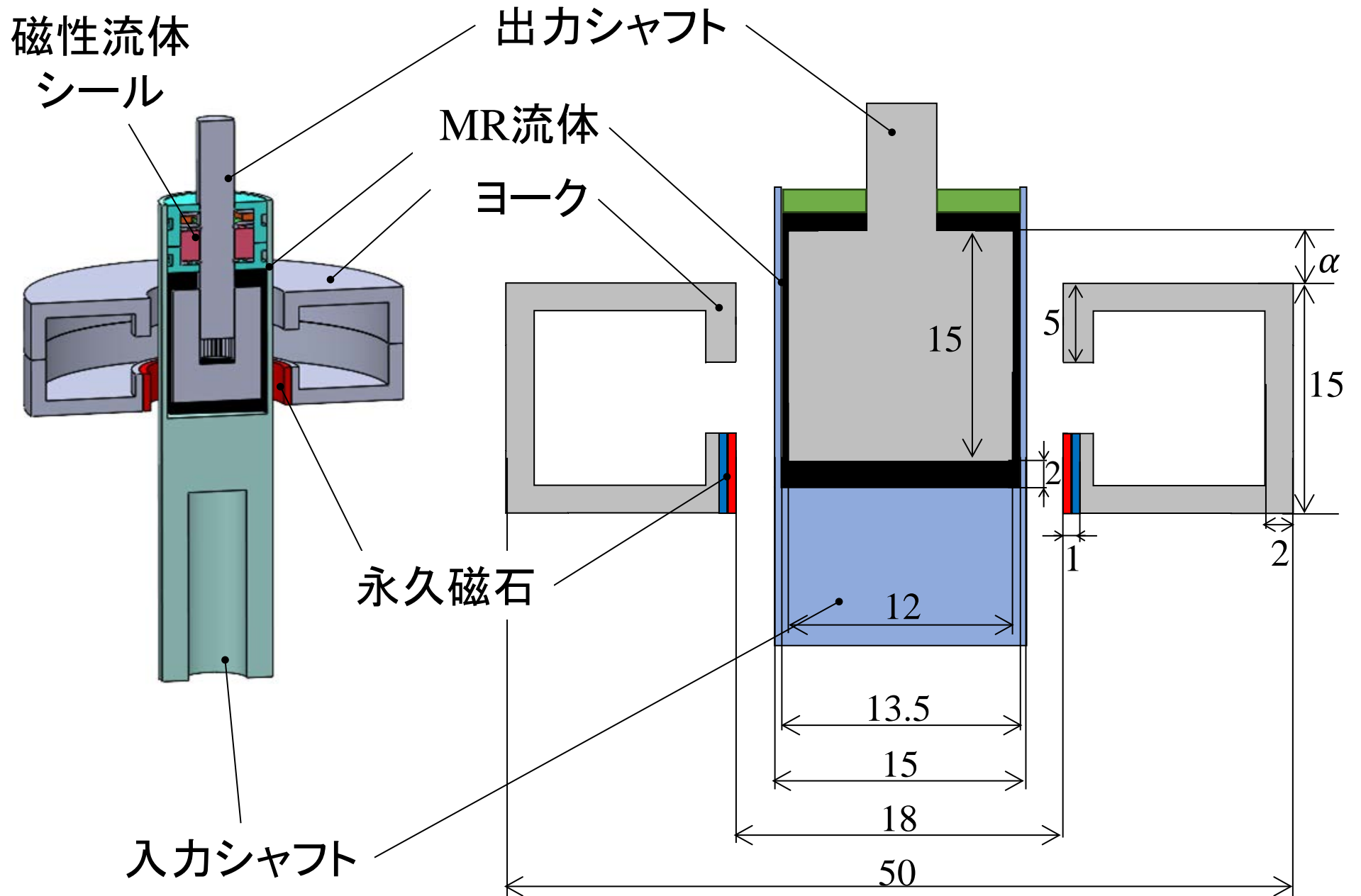


モータと変速機で左心・右心インペラの回転数を個別制御  
⇒左心・右心ポンプの流量個別制御

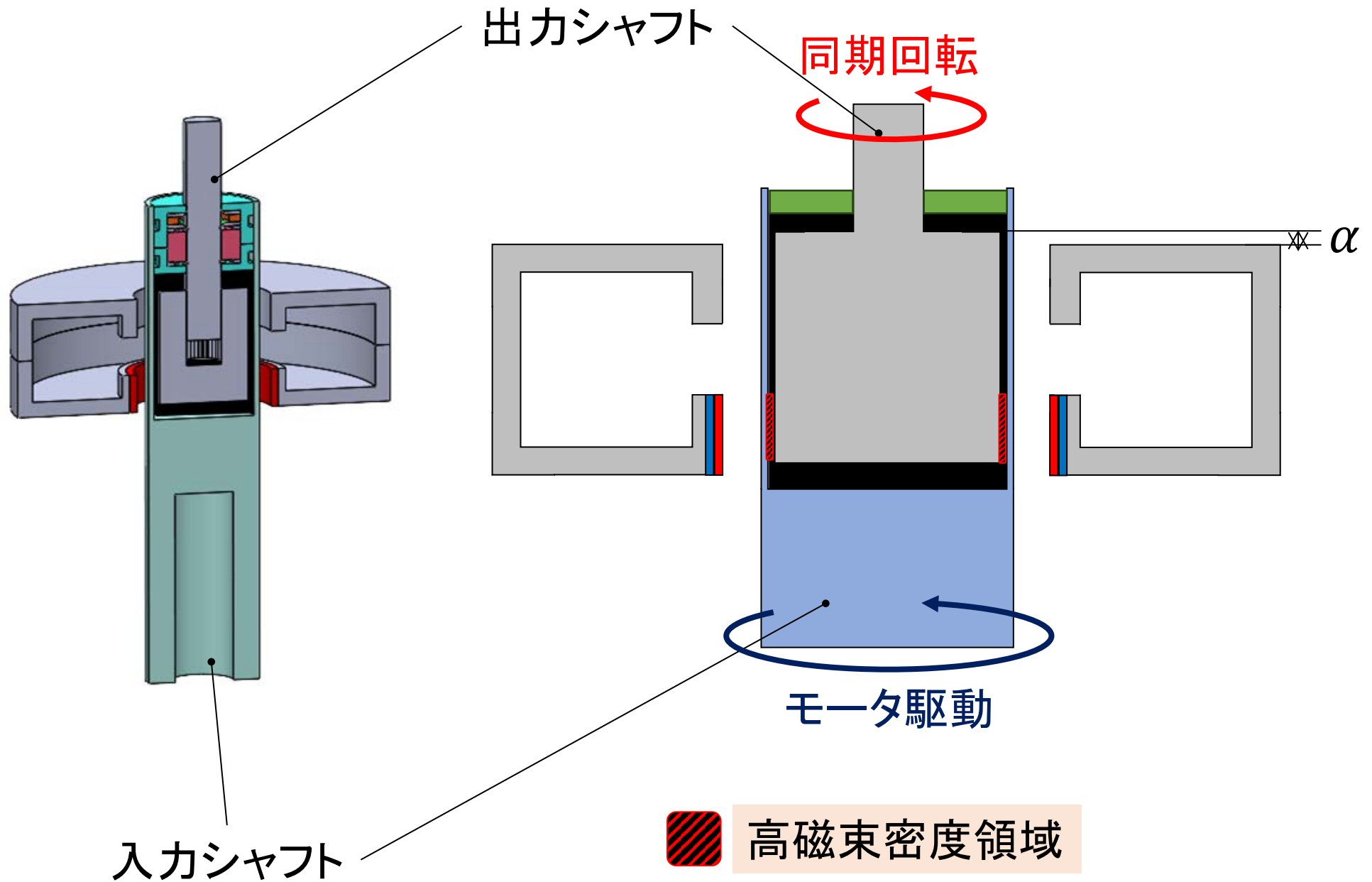
# 新技術②

～受動制御型MR流体変速機，  
変速機付ラジアル型磁気浮上人工心臓～

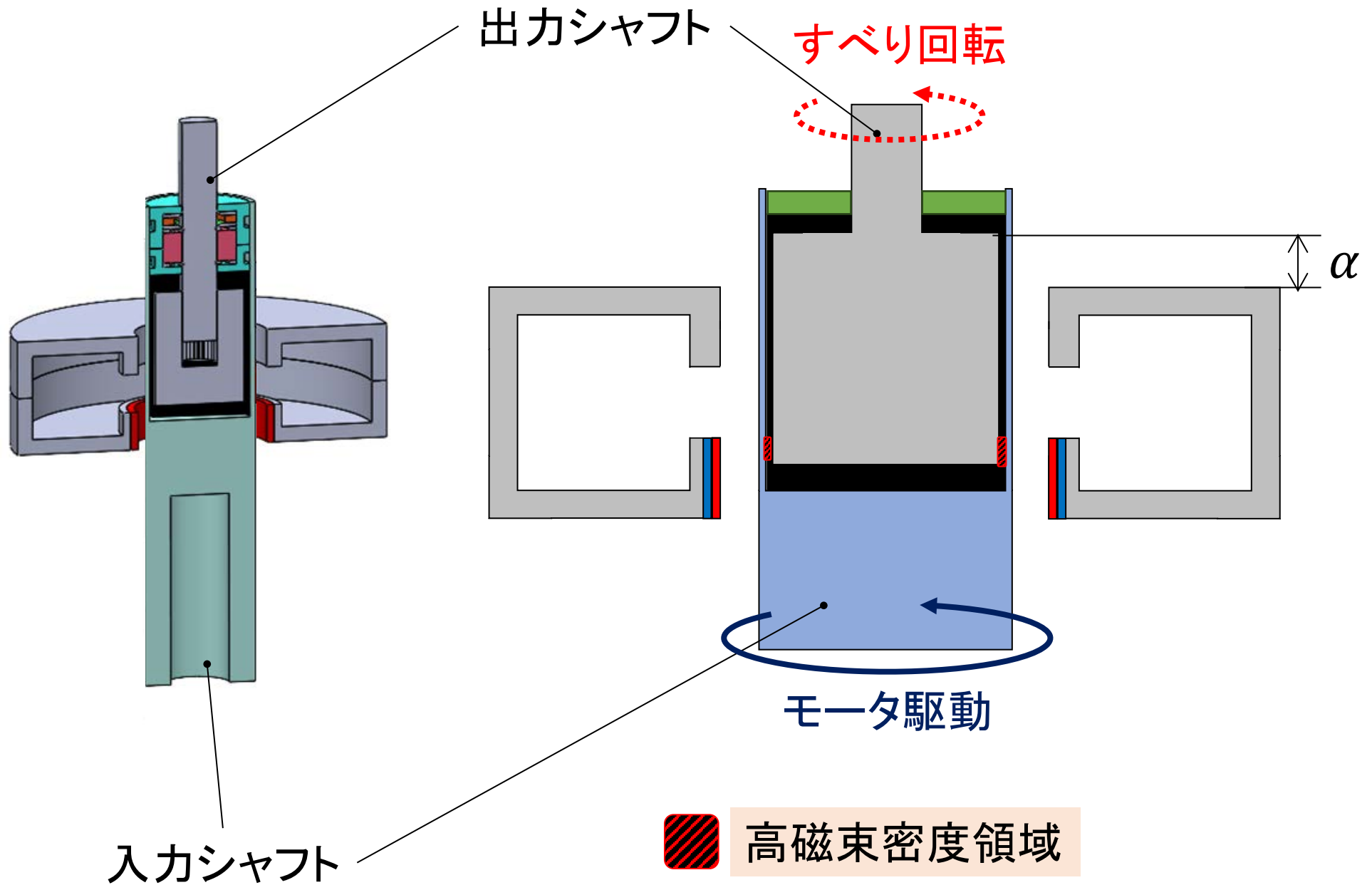
# 受動制御型MR流体変速機



# 受動制御型MR流体変速機～動作原理～

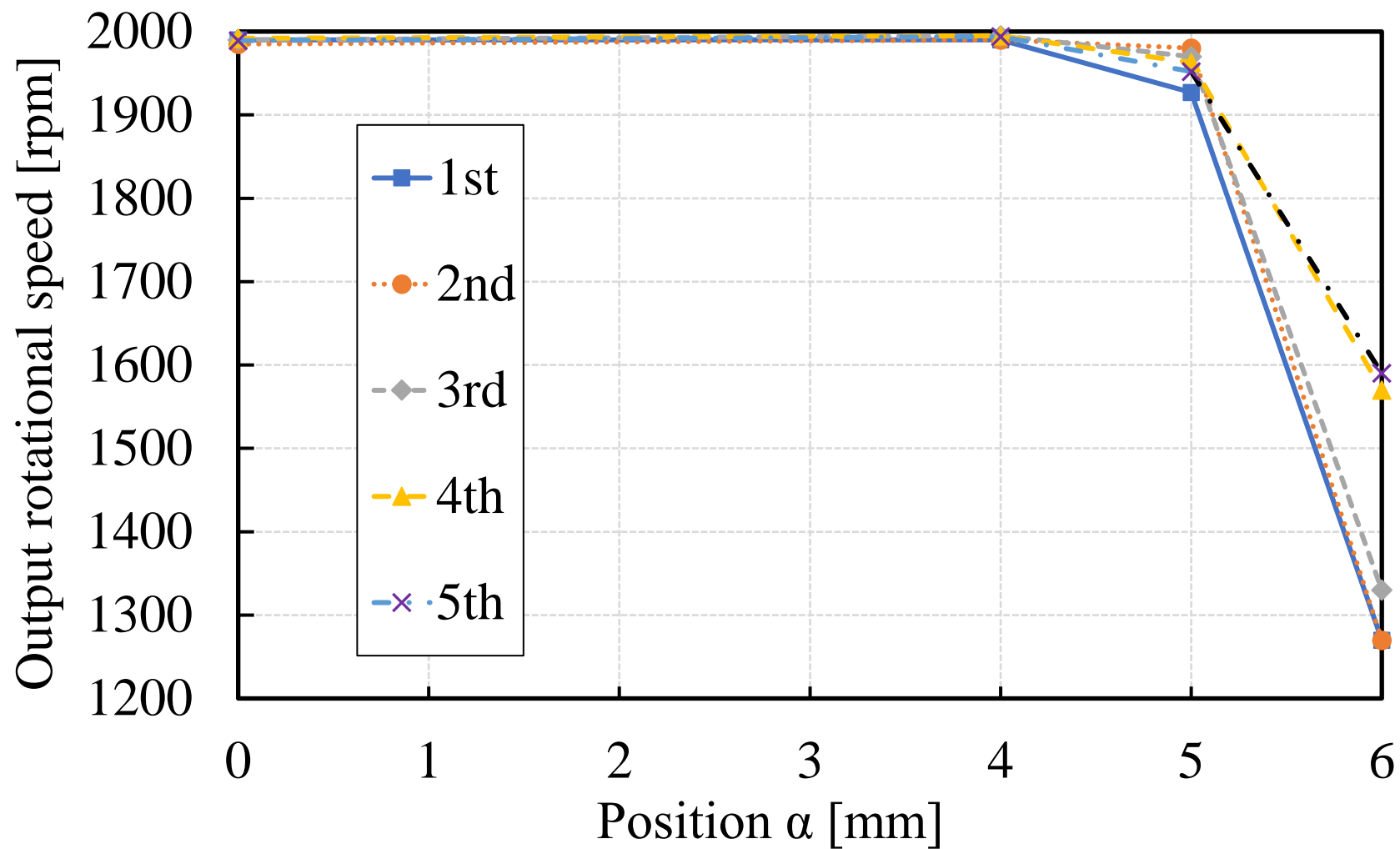


# 受動制御型MR流体変速機～動作原理～

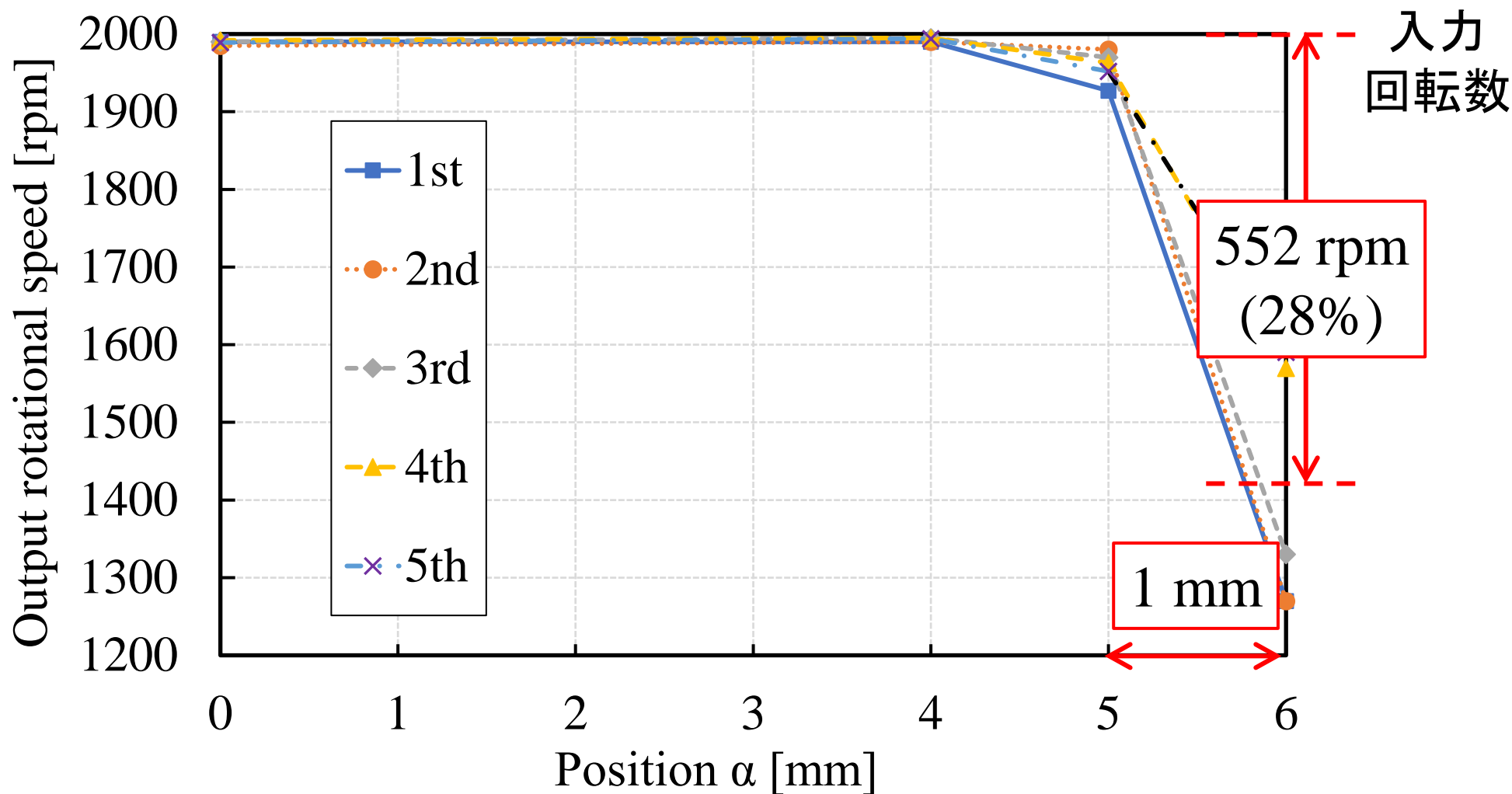




# 受動制御型MR流体変速機～変速性能評価～

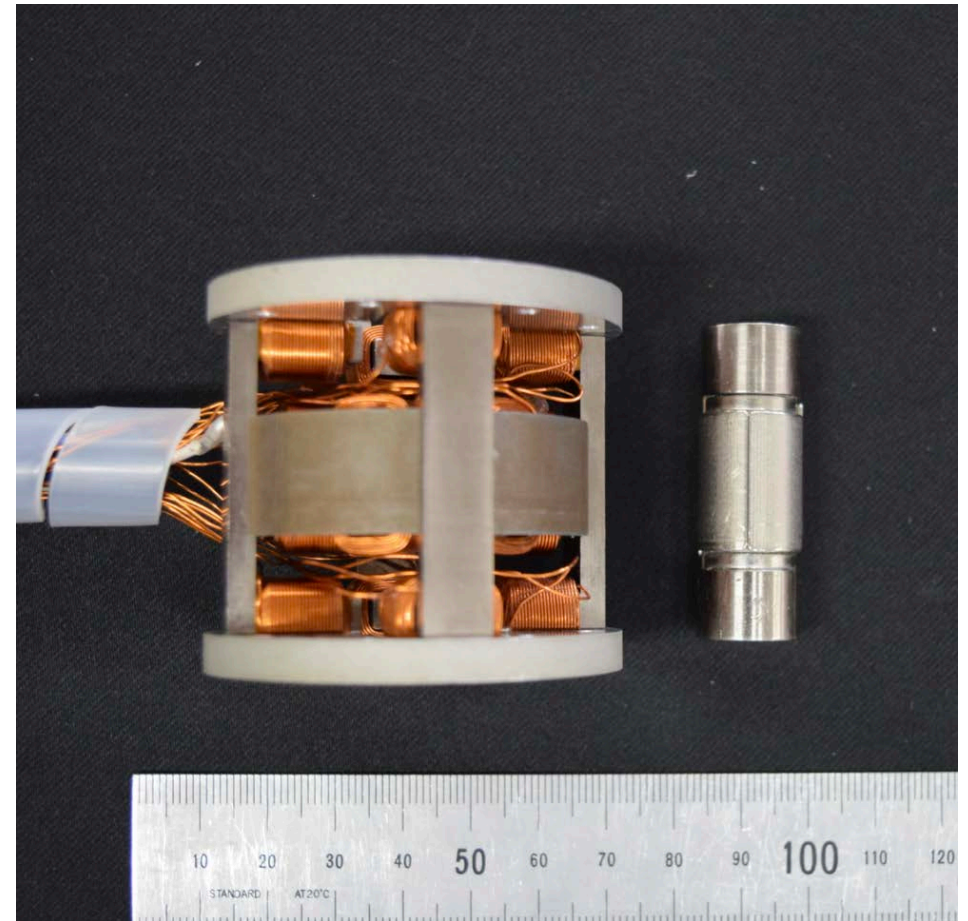
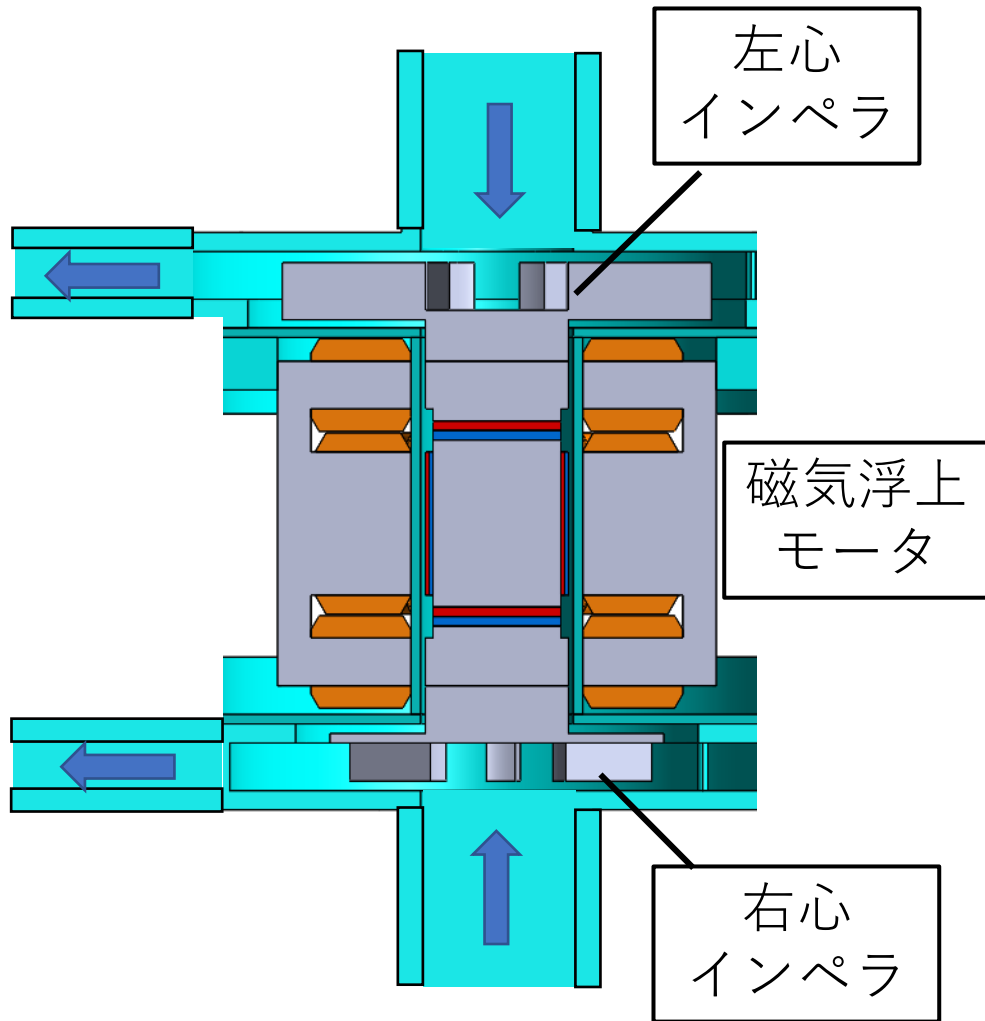


# 受動制御型MR流体変速機～変速性能評価～

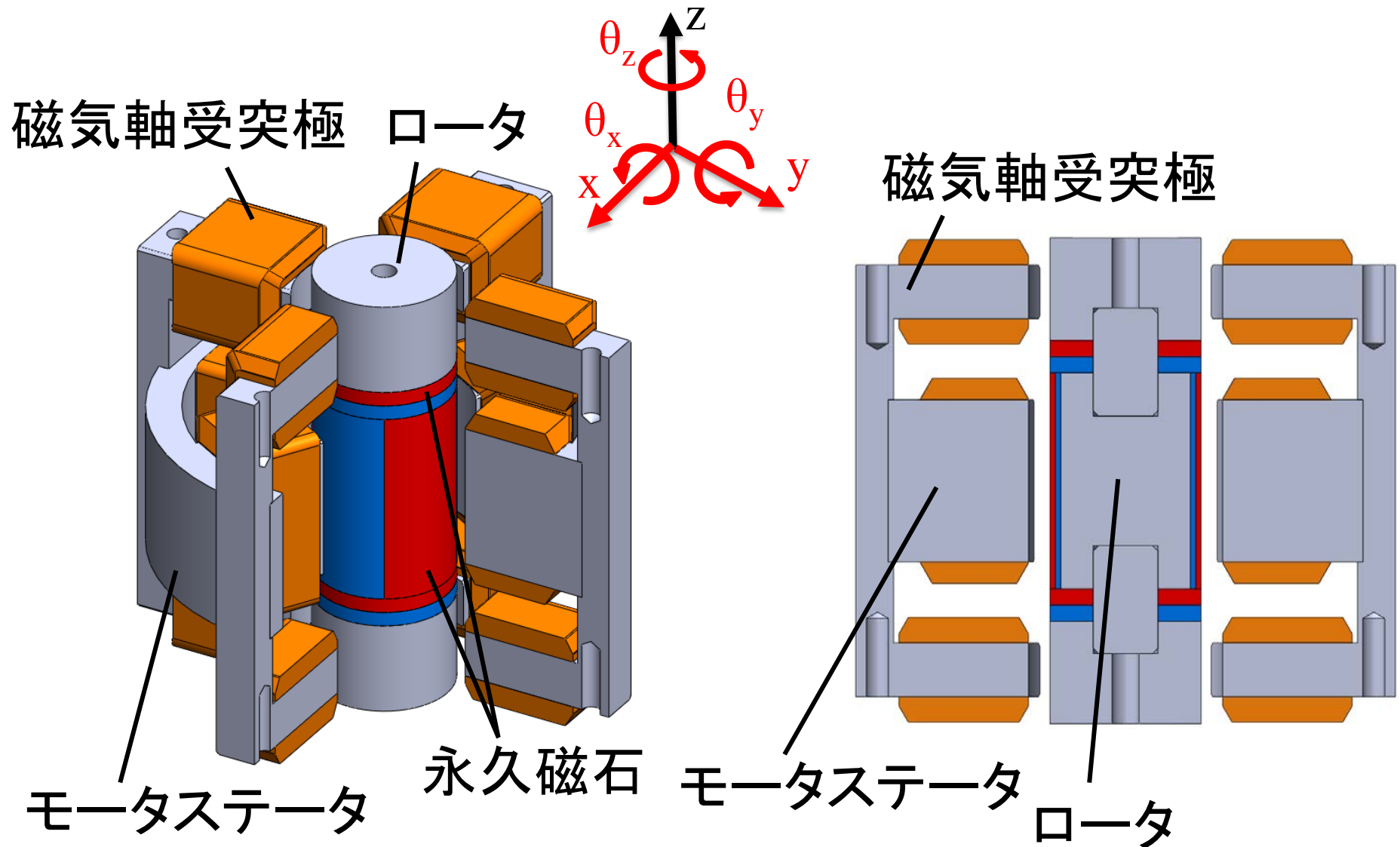


人工心臓の流量バランス制御に要する回転数差10%を達成

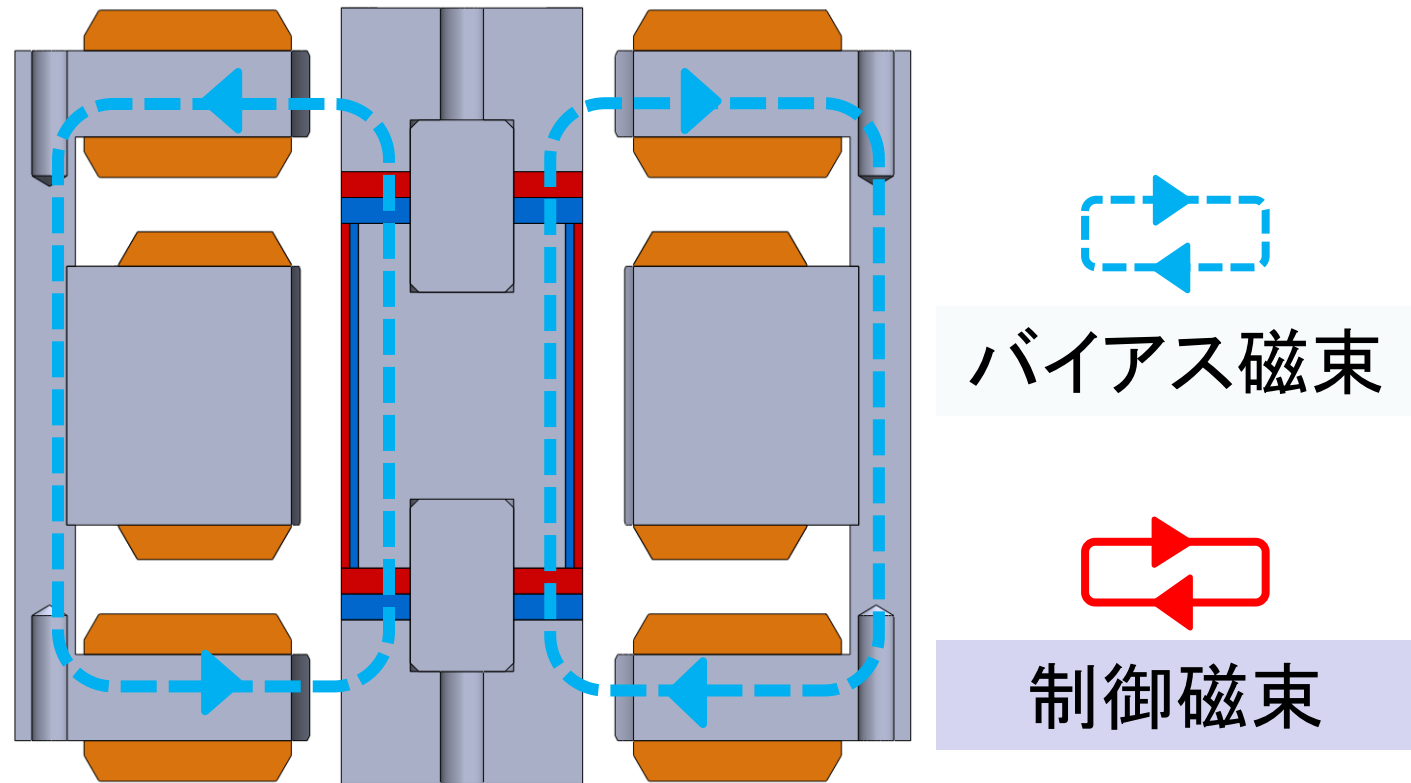
# ラジアル型磁気浮上人工心臓



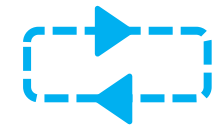
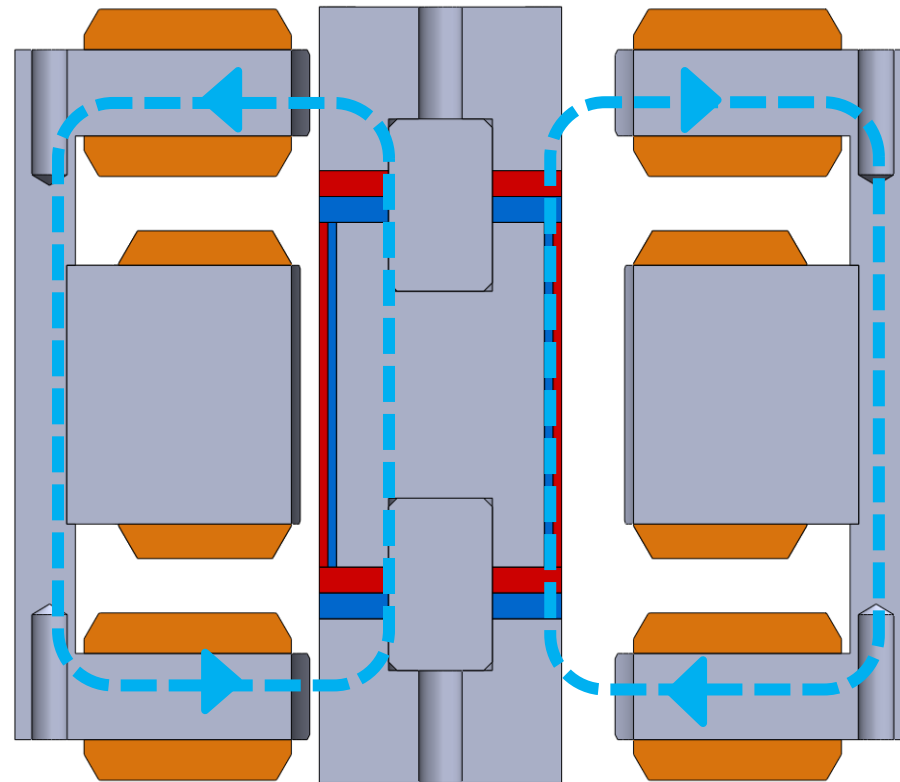
# ラジアル型磁気浮上人工心臓



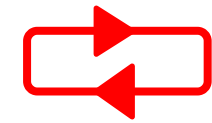
# ラジアル型磁気浮上人工心臓



# ラジアル型磁気浮上人工心臓

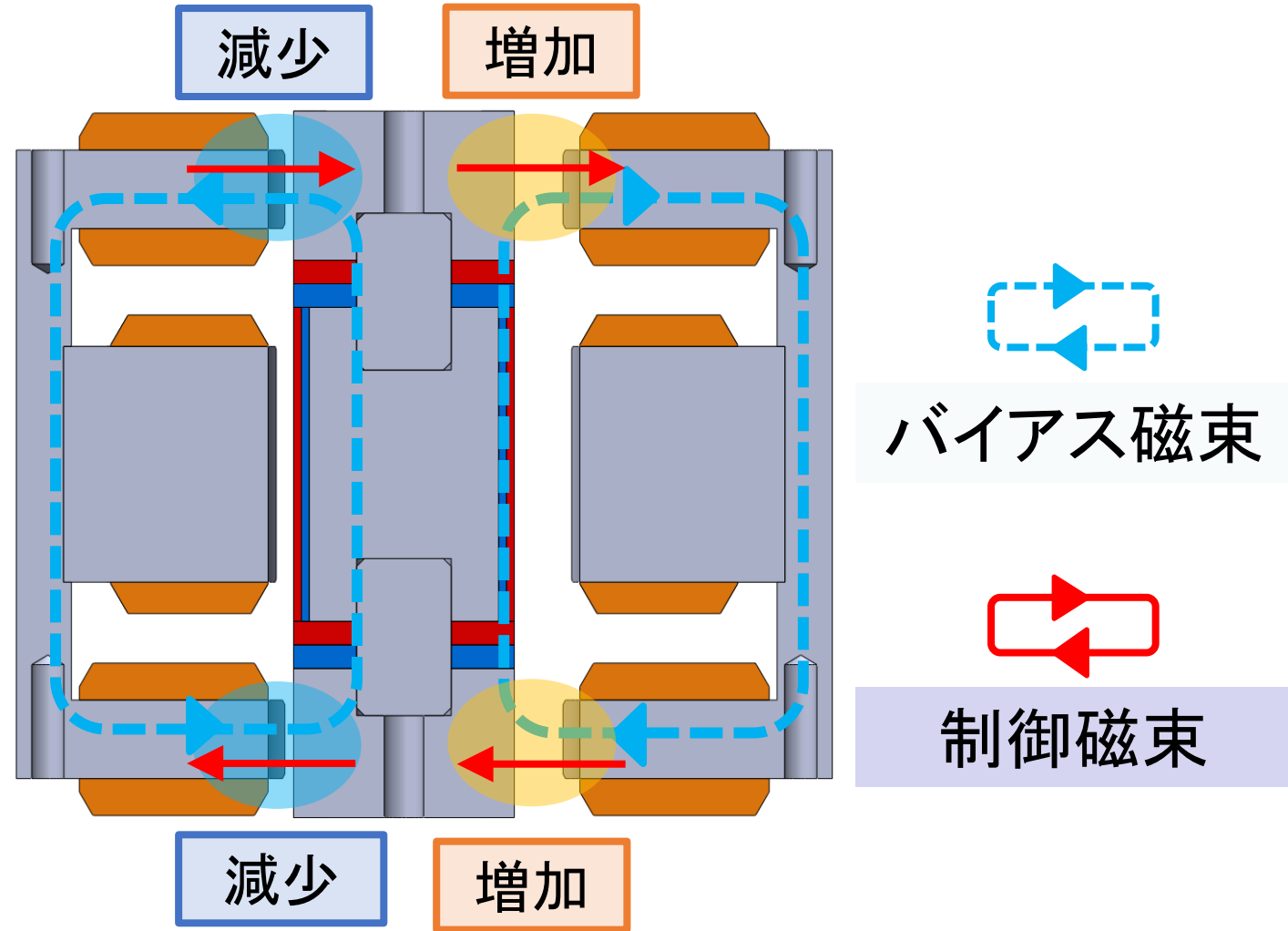


バイアス磁束

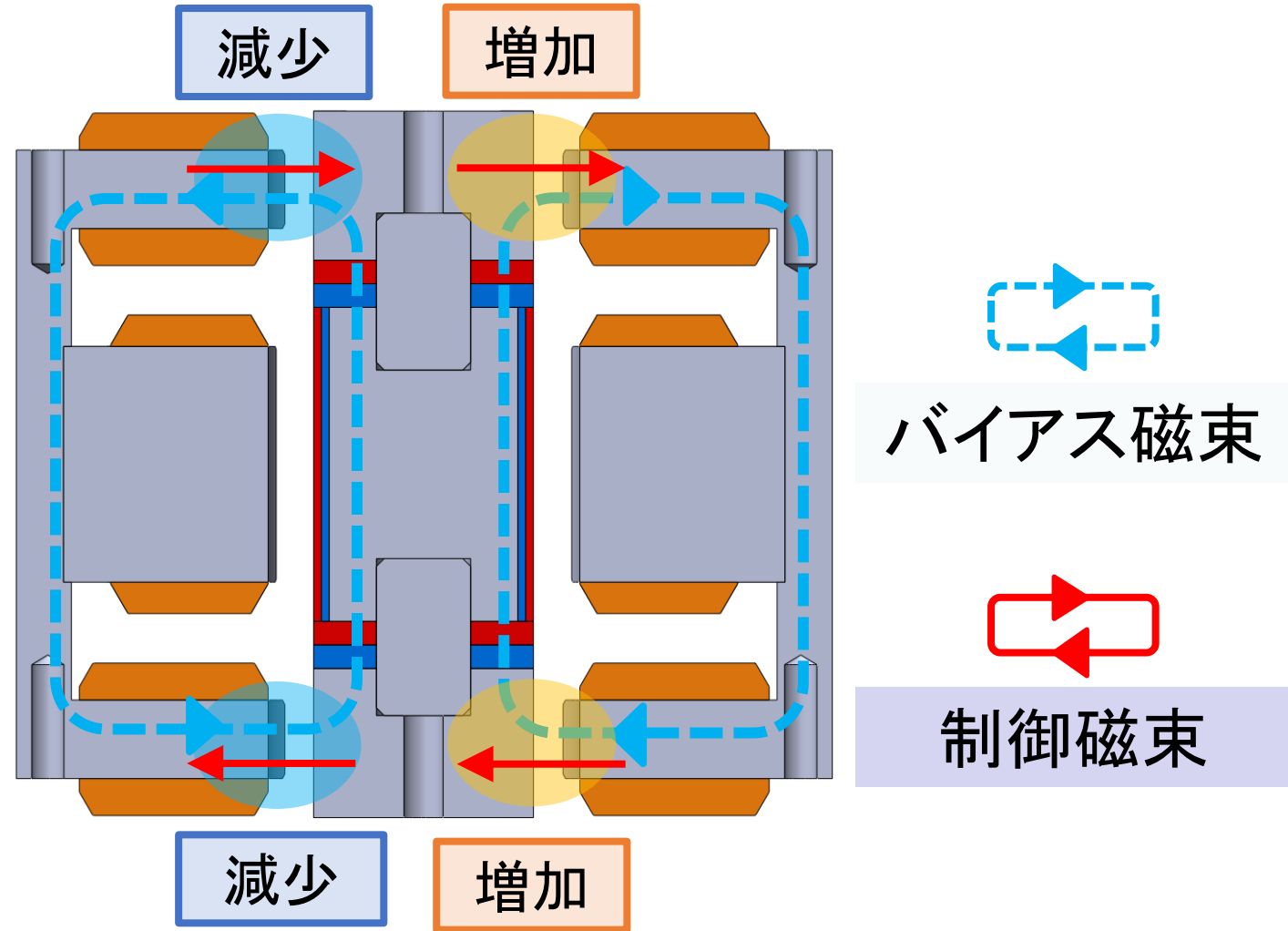


制御磁束

# ラジアル型磁気浮上人工心臓

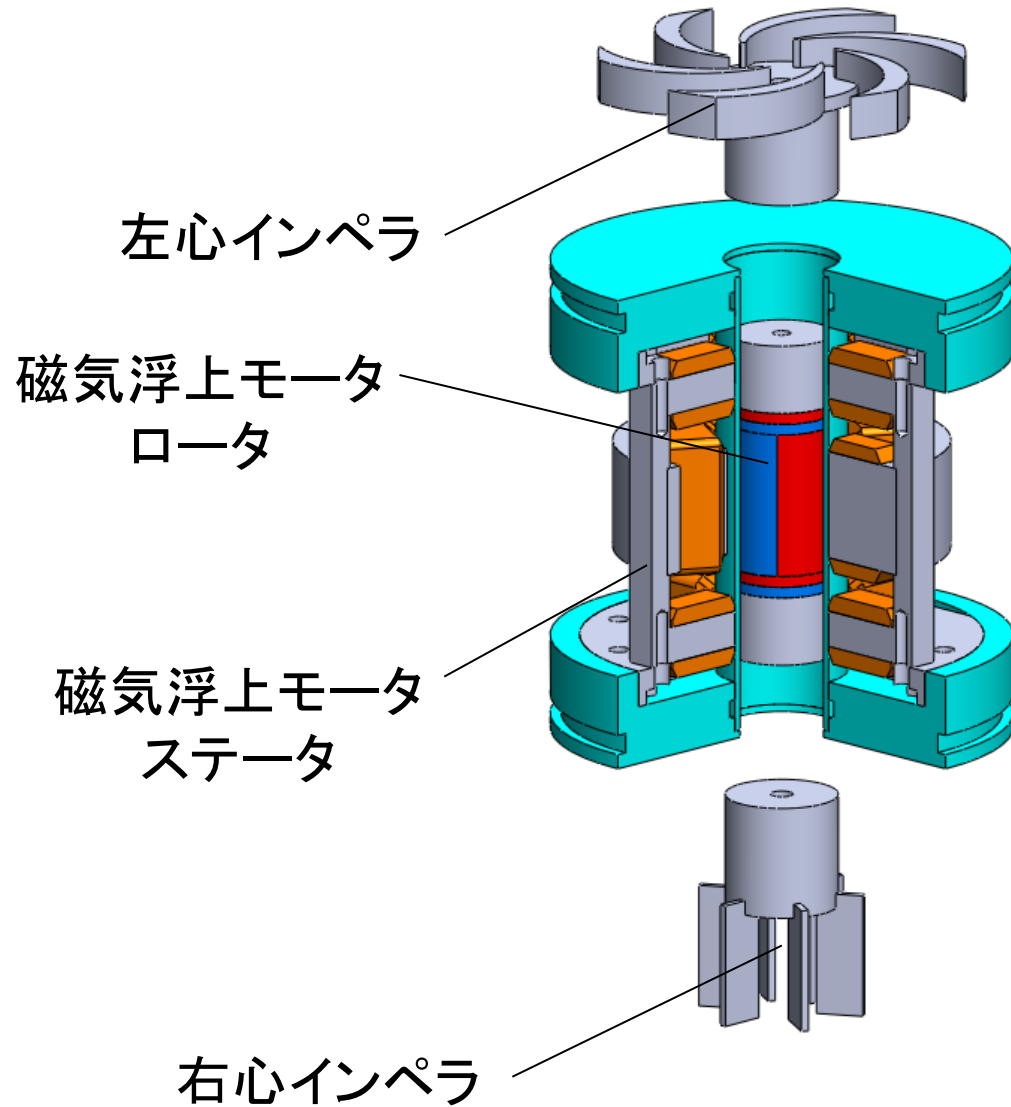


# ラジアル型磁気浮上人工心臓



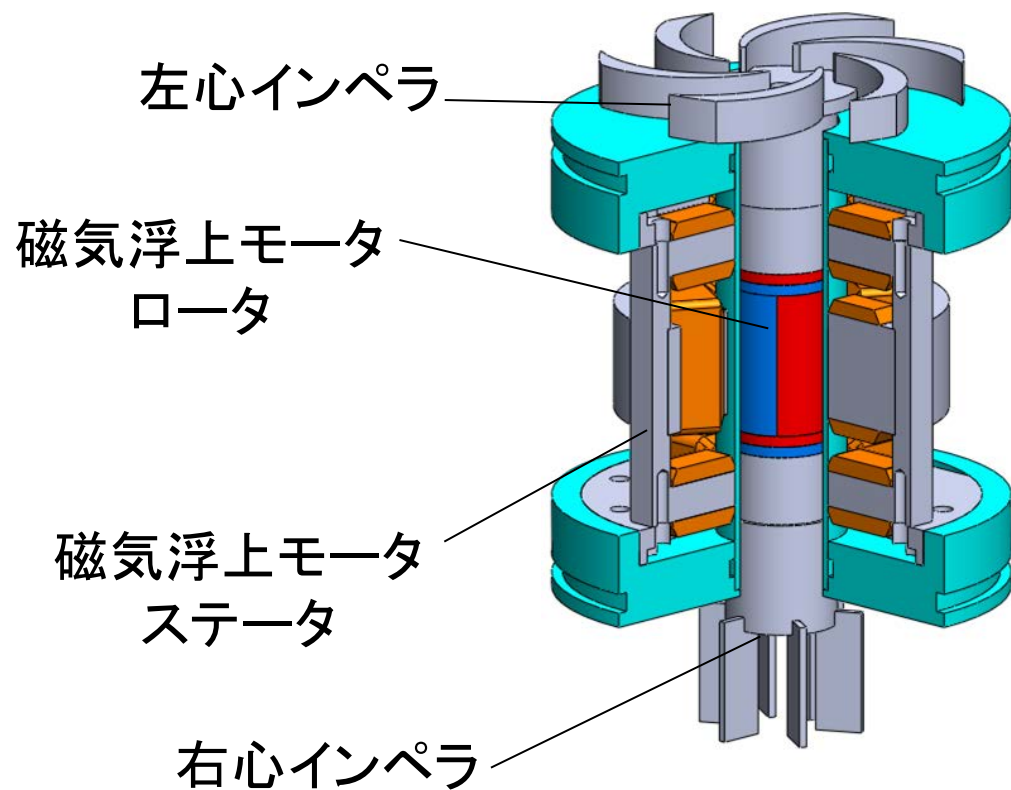


# ラジアル型磁気浮上人工心臓



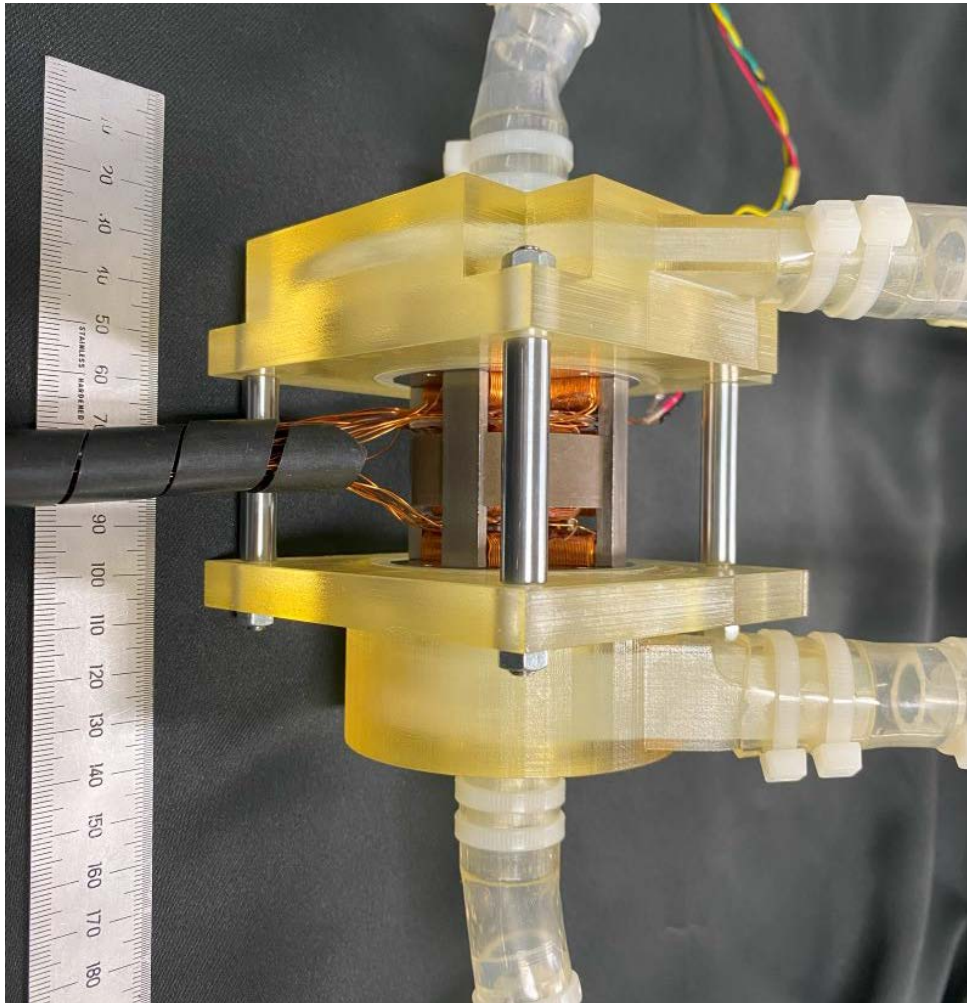
浮上インペラ

# ラジアル型磁気浮上人工心臓



浮上インペラ

# ラジアル型磁気浮上人工心臓

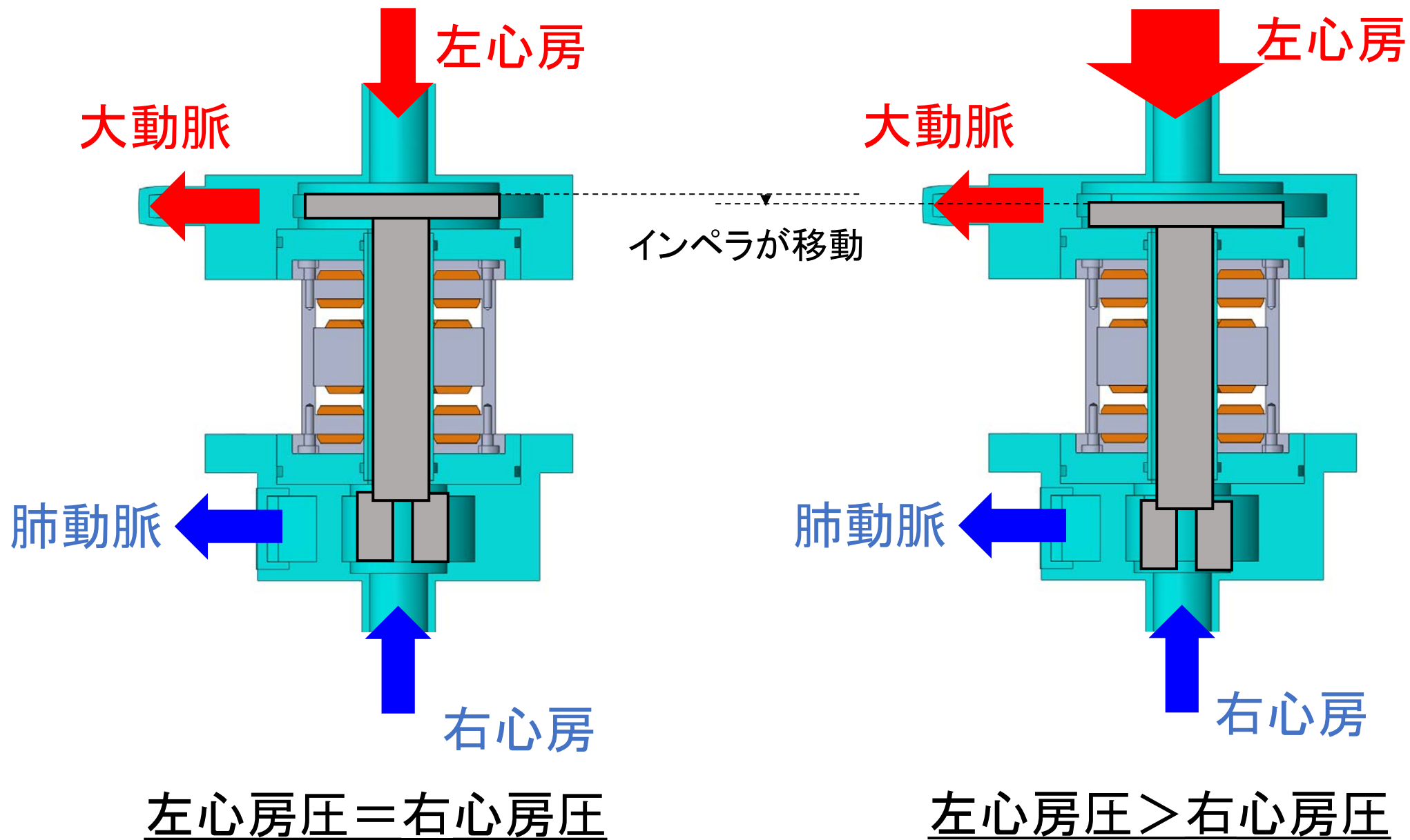


人工心臓

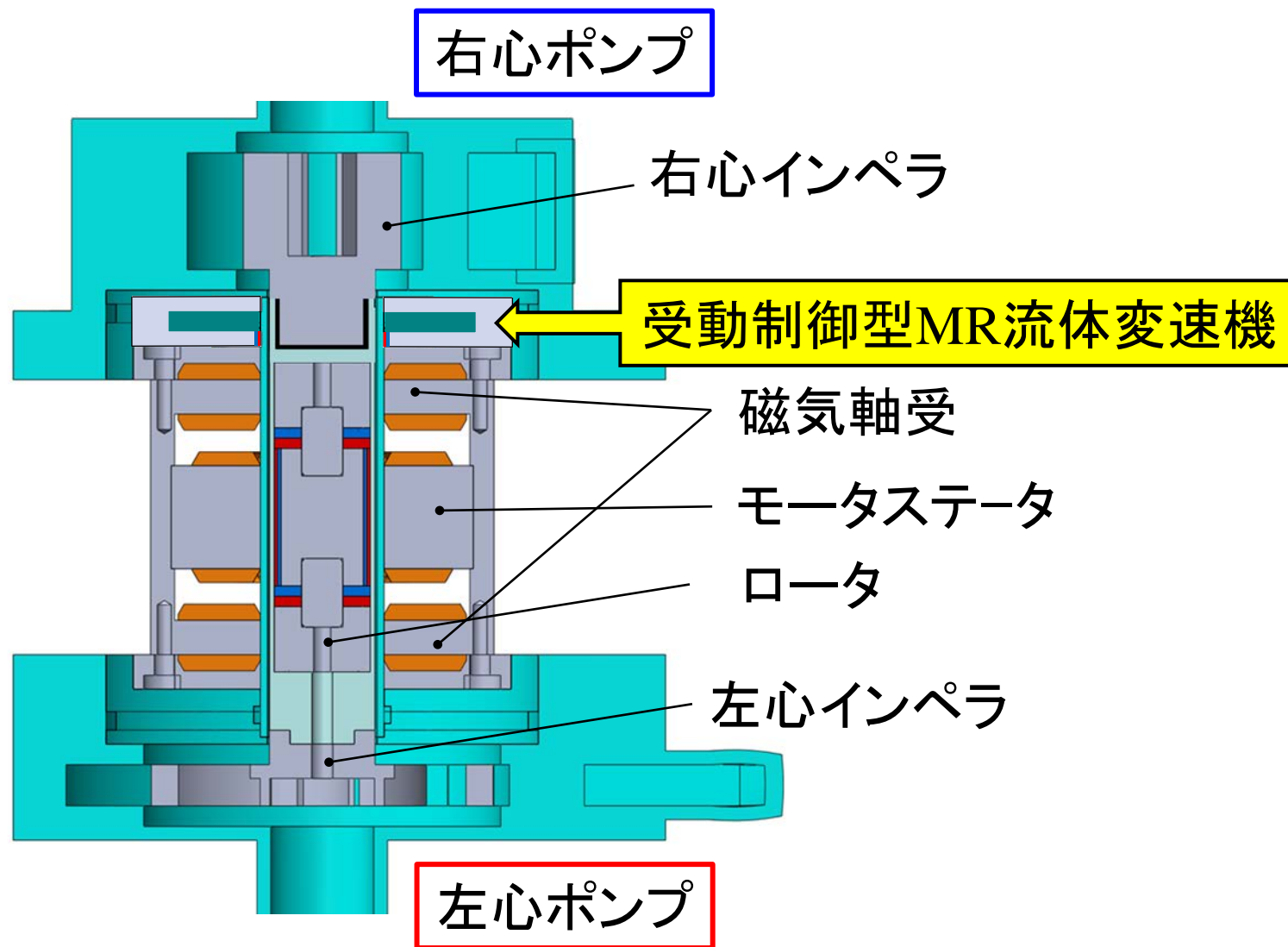


浮上インペラ

# ラジアル型磁気浮上人工心臓の圧差感受性



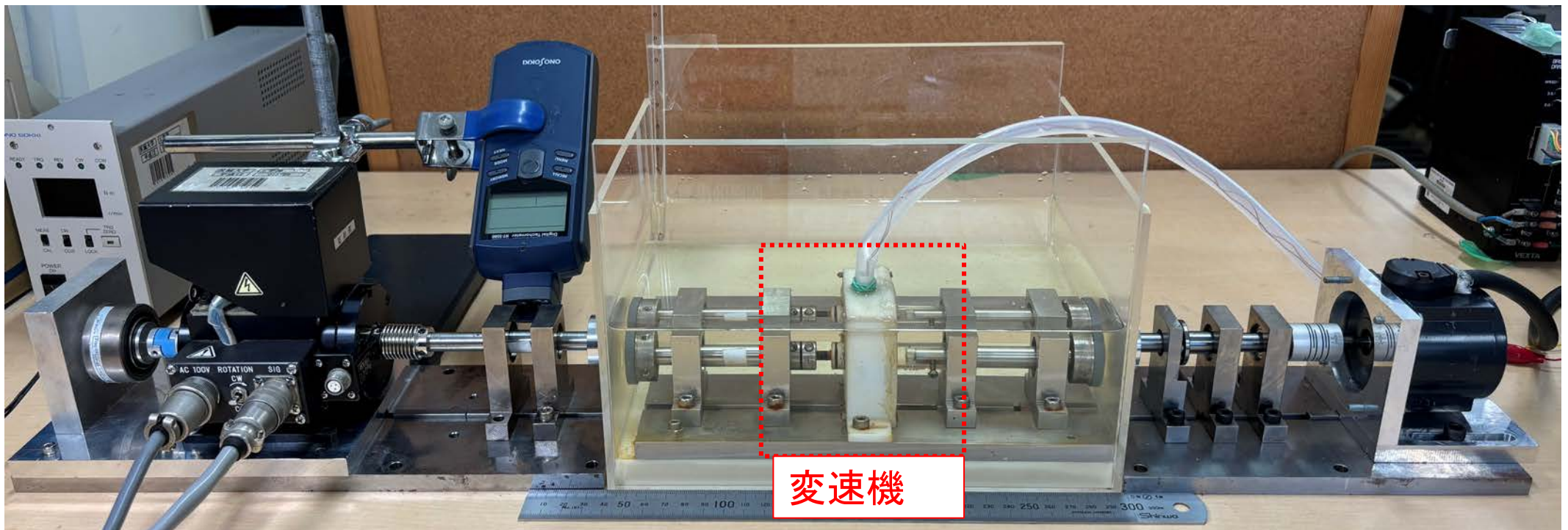
# 変速機付ラジアル型磁気浮上人工心臓



# 現状と課題 企業へのPR

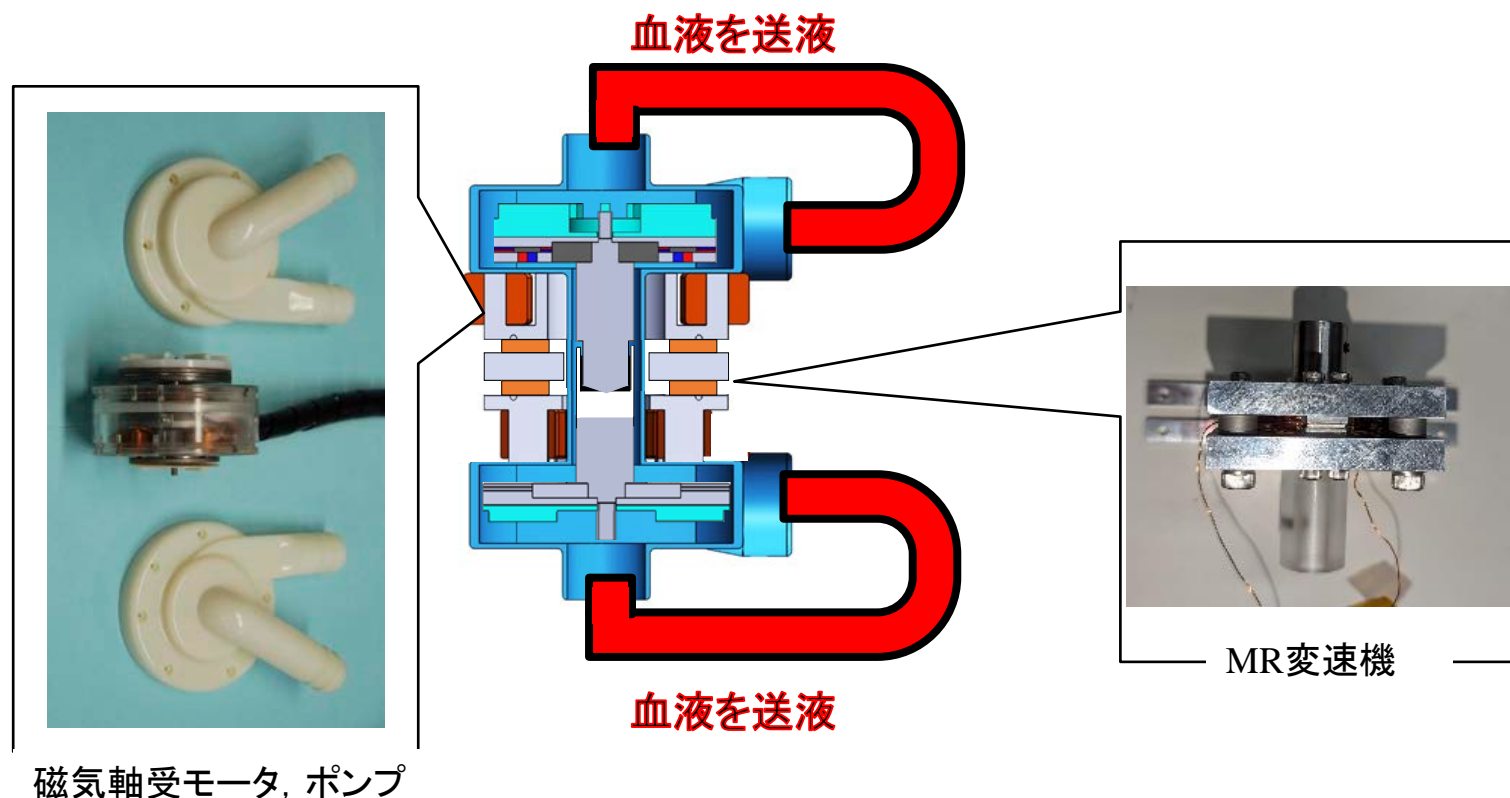
# 現状

- MR流体変速機単体で所望の変速性能が得られることまで確認済み。作動流体とMR流体の混合回避のためのシーリングも実装済み。
- 水中での1週間耐久試験も実施済み。



# 実用化に向けた課題

- 今後、MR変速機を人工心臓に組み込み、流量を個別に制御できるか調査する。
- MR流体変速機の血液適合性の評価が必要





## 企業への期待

- MR流体変速機の血液適合性については、形状最適化・変速利用により克服できると考えている。血液適合性の評価技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- 人工心臓開発に本技術の導入は有効である。また、モータ1台で2台ポンプを独立駆動させる際にも本技術の導入は有効と思われる。

## 企業への貢献

- 本技術は小型な軸で変速可能であり、用途に合わせた寸法設計により所望特性を得られる。
- MR流体変速機の解析・実験が可能で、導入企業へのデータ提供を行うことが可能。
- MR流体変速機開発についての技術指導が可能。

## 本技術に関する知的財産権

- **発明の名称** : 磁気制御変速機及び  
それをを用いた人工心臓
- **出願番号** : 特願2022-170142  
PCT/JP2023/037550
- **出願人** : 茨城大学
- **発明者** : 増澤 徹、 長 真啓、 北山 文矢

# お問い合わせ先

茨城大学

研究・産学官連携機構（日立オフィス）

T E L : 0294-38-7281

F A X : 0294-38-5240

e-mail : [chizai-cd@ml.ibaraki.ac.jp](mailto:chizai-cd@ml.ibaraki.ac.jp)

# 参考資料

- 北山：革新的な人工心臓のための磁気粘性流体変速機の開発研究, 人工臓器, vol. 53, pp. 25-26, 2024
- 佐藤, 増澤, 北山, 長：人工心臓のためのハイブリッド MR 流体変速機, 日本AEM学会誌, Vol. 32, No. 2, pp. 375-380, 2024
- 北山, 増澤, 長, 佐藤, 菅原：人工心臓のためのMR流体トルク伝達機構, 日本AEM学会誌, Vol. 31, No. 2, pp. 134-139, 2023

ご清聴ありがとうございました。

MR流体変速機を持参いたしましたので、ご興味のある方はお声掛け下さい。