

# 管内マイクロロボットの特性評価に関する研究

○筒井 初為 (香川大学), 郭 書祥 (香川大学), 魏巍 (香川大学)

## Characteristics Evaluation of a Microrobot in Pipe

○Hajime Tsutsui (Kagawa Univ.), Shuxiang Guo (Kagawa Univ.) and Wei Wei (Kagawa Univ.)

Abstract: The wireless microrobots in pipe are used in a wide range of biomedical and clinical applications. They are safe and reliable and can be brought into the narrow tissues of the human body. It is also expected to be equipped with a functional module. In this paper, we developed a microrobot in pipe magnetically actuated screw jet microrobot, carried out the experiments and characteristics evaluations.

### 1. はじめに

現在、工業用配管のメンテナンスや大腸、小腸、血管などの検査において、流体を自由に移動できるロボットが必要とされている。管内ロボットの代表例として、カプセル型内視鏡がある。このマイクロロボットは国内で使用が認められおり、患者への負担が少ない反面、希望通りに駆動できない、従来の内視鏡に比べて観察率が低いなどの欠点がある。これらの特徴から、体内のカプセルを外からコントロールする、自走運動させるなど、移動機能を向上させる改善策が必要となる。

### 2. 研究目的とアプローチ

本研究室では、外部からの磁場エネルギーを動力とするマイクロロボットの設計と制御システムの開発を目的とする。過去に本研究室で開発されたプロペラ型マイクロロボットを改良し、長距離・長時間駆動、上下移動、内壁に対して非接触での駆動が可能なマイクロロボットの開発を目指す。

### 3. 提案したシステムの構成と実験方法

磁場を発生させるために 3 軸磁場発生装置を使用した。3 軸磁場発生装置(1.5mm 銅線を 180 回巻き)の仕様は最大外径が 400mm である。その出力は 1mT/A であり、シミュレーションソフトは ANSYS 17.0 CFX を使用した。図 1 に実験装置を示す。

- ① 3 軸磁場装置の電源を入れ、電圧 12V に設定する。
- ② パソコン内のシミュレーションアプリを起動する。
- ③ シミュレーションの周波数、動く方向を設定する
- ④ 透明のパイプに水を入れる。
- ⑤ 水が入ったパイプにロボットを入れ、定規を用いて速度を計算する。その際に動画を撮っておく。

### 4. 動作原理

動作はプロペラ内部に取り付けてある円柱型磁石を、外部からの磁場を用いて動かすものとする。まず、磁場は 2 ヶ所のコイルから流し、位相差は  $90^\circ$  とする。次に、信号の向きを変化させ、磁場の向きを変えていく。これを繰り返すことで磁場を回転させる。これにより、内部に搭載している磁石によってプロペラが回転する仕組みになっている。そして、流体をプロペラの回転でロボット後方へ押し出し、外殻の流出口から噴出させて駆動させる。

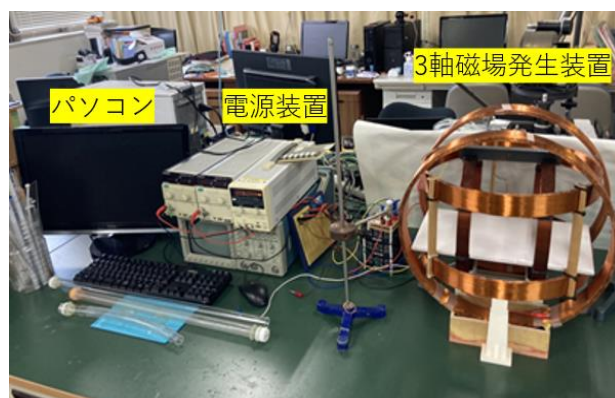
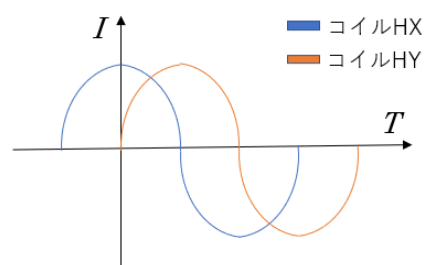
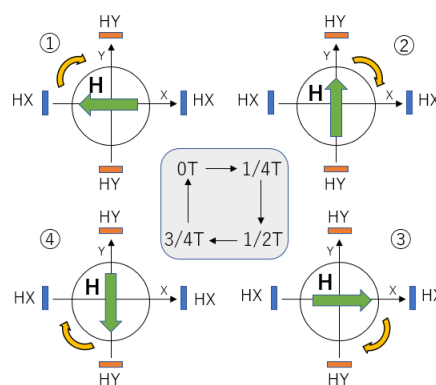


図 1 実験装置



(a) コイルの位相差



(b) 磁場の向きの変化

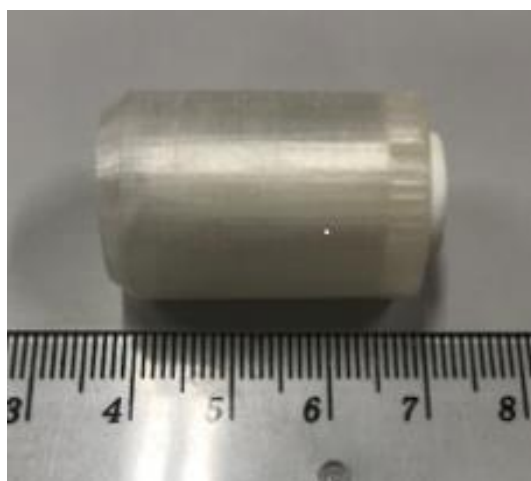
図 2 駆動原理

## 5. 開発中のマイクロロボット

図 3 に実際に作成したマイクロロボットを示す。また、ロボットの仕様を表 1 に示す。



(a) 試作した各パーツ



(b) 組み立てる全体図

図 3 試作したマイクロロボット

表 1 ロボットの仕様

速度制御	周波数
重さ(g)	3.745
ロボットの大きさ(mm)	$\phi 18 \times 30$
プロペラの大きさ(mm)	$\phi 16$

## 6. 実験結果

速度と周波数の関係図を図 4 に示す。0~2Hz ではロボットは下に移動し、3Hz から動き始め、4~10Hz では下から上に移動する。また、速度は 10Hz で最大 19.375mm/s となった。実験結果から、周波数の調整より移動速度が制御されることが検証された。

## 7. 結論

本研究では、従来のロボットを改良し周波数ごとのロボットの速度を算出した。その結果、周波数が大きいほど速度も速くなることが分かった。また、周波数が低いとロボットは動かず、ロボットに働く重力によって下降する。

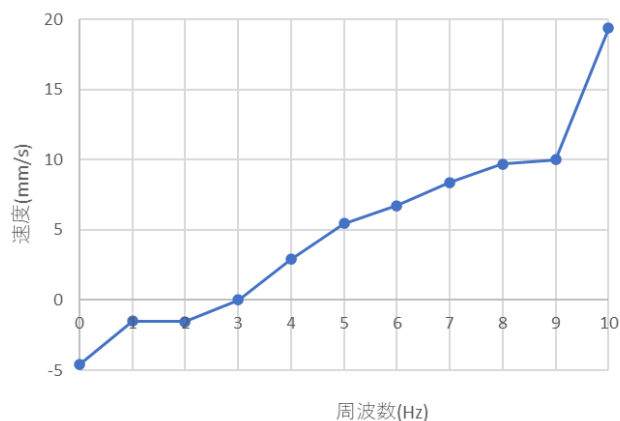


図 4 実験結果

## 参考文献

- [1] 魏巍 郭書祥 王梓旭、ワイヤレスマイクロロボットの開発、第 20 回システムインテグレーション部門講演会 (SI 2019) (2019 年 12 月 12 日~14 日・香川) , 1C2-01, 2019.
- [2] 滝本省太, 郭 書祥, 魏 巍、新型管内マイクロロボットと特性評価に関する研究、第 20 回システムインテグレーション部門講演会 (SI2 019) (2019 年 12 月 12 日~14 日・香川) , 1C2-02, 2019.
- [3] Zixu Wang, Shuxiang Guo, Qiang Fu and Jian Guo, "Characteristic Evaluation of a Magnetic-actuated Microrobot in Pipe with Screw Jet Motion" *Microsystem Technologies*, doi: 10.1007/s00542-018-4000-5, Vol.24, No.7, 2018.
- [4] Shuxiang Guo, Qiuxia Yang, Luchang Bai, Yan Zhao, "Development of Multiple Capsule Robots in Pipe", *Micromachines*, Vol.9, No.66; doi:10.3390/mi9060259, 2018.
- [5] Jian Guo, Zihong Bao, Qiang Fu, Shuxiang Guo, "Design and Implementation of a Novel Wireless Modular Capsule Robotic System in-pipe", *Medical & Biological Engineering & Computing*, Vol.58, No.10, pp.2305-2324, DOI: 10.1007/s11517-020-02205-w, 2020.