

# ワイヤレスマイクロロボットの開発

○魏巍 (香川大学), 郭書祥 (香川大学), 王梓旭 (香川大学)

## Development of a Wireless Microrobot

○Wei Wei (Kagawa University), Shuxiang Guo Kagawa University) and Zixu Wang (Kagawa University)

Abstract: The wireless microrobots are used in a wide range in clinical application and industry application. They are both safe, reliable and can be used in human body. Meanwhile, the size limitations have become the biggest challenges to develop it for the practical applications. During the clinical surgery, a single capsule robot is difficult to achieve versatility in a single purpose. In this paper, we carried out a series of experiments and evaluations Motion Performance for a Magnetic Actuated Wireless Microrobot.

### 1. はじめに

近年, マイクロマシン技術が発達するとともに, 工業配管のメンテナンスや体内の消化器系や血管内等の検査治療等を目的とした複雑な管内環境を移動するなどさまざまな分野で期待されている本研究では, 管内メンテナンスや体内検査の管内での駆動実現を目的としたロボットの開発を目指している[1].

### 2. 研究背景と目的

現在, 消化管内の観察においてはカプセル型内視鏡が普及している. しかし, 従来のカプセル内視鏡が移動する時に, 肉体的負担が少ない一方で, 蠕動運動による移動のため観察率が低いことや, 詰まる危険性があることなどの問題点があり, 希望通りの箇所ですめることやゆっくり進ませることができず, 病変の部分の撮像が得られるとは限らない[2]. したがって, 体外からカプセルをコントロールし, 自走運動させることが期待されている.

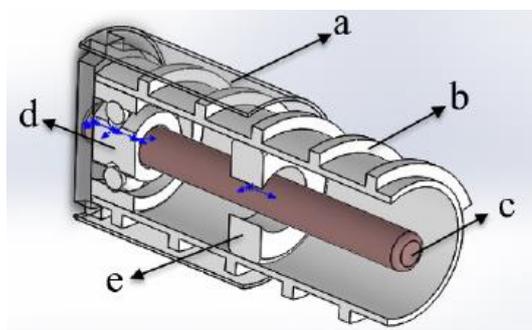
### 3. 研究のアプローチ

本研究では, 従来のロボットを改善し, 流出口について最適な設計を目的とし, 流出口の設計と理想的な環境でのシミュレーションによる設計を比較する. また, 新たな薬を放出できるロボットを試作したので, ここではロボットの構造と特性評価についての成果をまとめる. 1) 流出口部分の提案と試作. 2) 異なる流出口のロボットの運動特性評価. 3) 外部からの磁場の周波数を制御して, 新たなロボットの運動特性を評価する.

### 4. 提案したワイヤレスマイクロロボット

マイクロロボットの内部構造が Fig.1 に示されている. 試作したマイクロロボット流出口の写真を図2に示す. 流出口部品の仕様は Table 1 に示す. 薬物を放出できるロボットの概念図と試作した部品を Fig.3 に示す. Fig.1 のロボットの動作原理はスクリューの回転動作はロボットの内部に取り付けてある 0-ring 型磁石 (ネオジウム材質) に外部から磁場を与えることで動作する. まず, 外部の回転磁場により, ロボット内部の磁石でスクリュー部が回転する. この時, ベアリングにより外殻は回

転の影響を受けない. そして, 流体をスクリュー部の回転で, ロボット後方へ押し出し, 外殻の流出口から噴出させ推進力を発生させる. 今回の実験ではまず, 試作した異なる流出口の特性を変化させることによるロボットの運動性能 (速度) を CAD ソフトウェアで評価する. また, マイクロロボットの異なる流出口構造の部分を変えることによって, 運動性能 (速度) を評価する. 最後に, これらを比較して最適な設計を検討する. また, 機構のモデル図を Fig.3 に示す. 今回設計したロボットはこの機構は内部にスクリュープロペラ構造になっており, 中には永久磁石が内蔵されている. 内部に薬を放出する機構も設置している. 制御方法は Fig.1 のロボットと同じく, 回転磁界により内部のスクリュープロペラ構造が回転するため, 流体を押し出し前進する.



a: 外殻 b: スクリュー  
c: 軸 d: ベアリング e: 0-ring型磁石

Fig.1 ロボットの内部構造



Fig.2 試作したマイクロロボット流出口の写真

Table 1 試作した流出口部品の仕様

内径の長さ	4mm	4.5mm	5mm	5.5mm	6mm

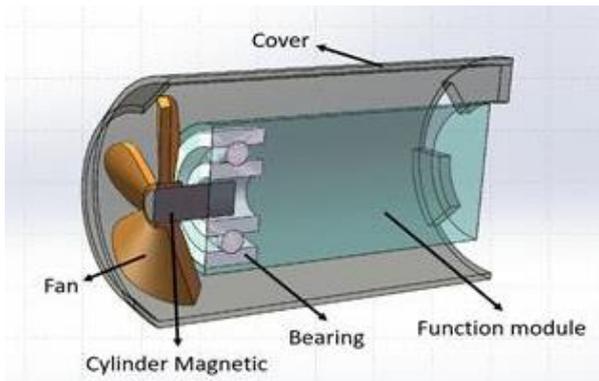


Fig.3 薬物を放出できるロボットの構造図



Fig.4 試作した部品図

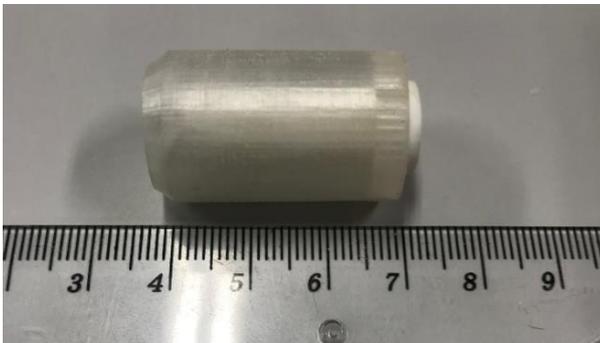


Fig.5 開発したロボットの全体図

## 5. 実験方法

ロボットの動作を実現するために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である[3]。シミュレーションについて、ANSYS 17.0 CFXを使用した。実験方法は直径20mmのアクリル製パイプに水を満たし、その中で移動するロボットの移動をビデオカメラで撮影し、5mm間隔ごとの移動時間の平均値から移動速度を算出する。シミュレーションでは境界条件は静圧、スクリー部は5rad/sの速度で回転するのを設定する。X-Z断面を通過する流体の速度を測定する[4]。

## 6. 実験結果

シミュレーション結果をFig.6に示している。Fig.7にはシミュレーション結果と実験結果のグラフを示す。シミュレーションでは、結果によりロボットの移動速度は増加傾向を示しているが、5.5mm内側の半径はピーク速度であるので、ロボットの5.5mmの内側半径が最適な設計だと検証した。また、5.5mm以後の時点で速度が低下し始めることが分かった。その原因を考えると、水道管出口部から水が流出するときに流出口を手で押すと流出速度が速くなる。しかし、出口スペースが小さすぎると流出部の水の流れが不安定になるため推進力が小さくなり、ロボットの移動速度も遅くなる。Fig.7により速度が無限に増加しないという提案した理論を検証した。さらに、新型ロボットにおいて運動特性評価の実験結果はFig.8に示す。周波数3Hzから12Hzまでロボットを制御することが可能である。

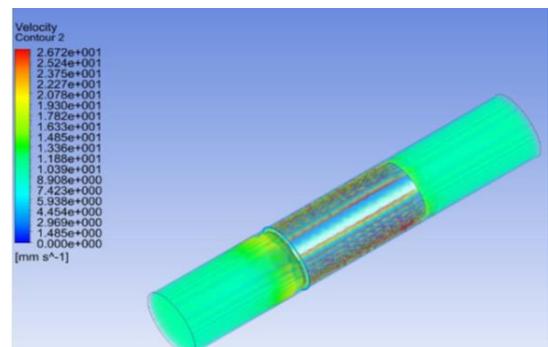


Fig.6 シミュレーションの全体図

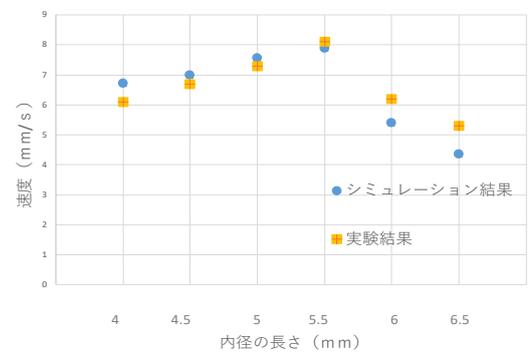


Fig.7 シミュレーション結果と実験結果の比較

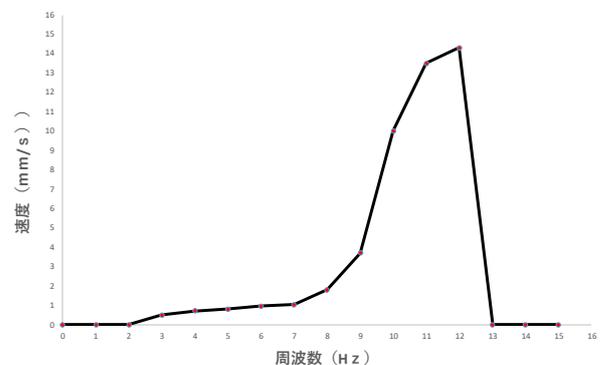


Fig.8 薬物を放出できるロボットの運動特性評価

## 7. 結論

本研究では, 従来のロボットを改善し, 流出口について最適な設計を検討した. 外部の周波数が 5Hz のときに流出部の 5mm 内径が最適であった. Fig.8 により 3Hz から 12Hz までロボットを制御できことが分かった今後の課題は, 内部薬物の放出とロボットの運動同時に行う運動特性評価の実験が必要である.

## 参考文献

- [1]. 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.
- [2]. 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.
- [3]. Qiang Fu, Songyuan Zhang, Shuxiang Guo, Jian Guo, Performance Evaluation of a Magnetically Actuated Capsule Microrobotic System for Medical Applications, *Micromachines*, doi:10.3390/mi9120641, 9, 641;, 2018.
- [4]. 魏 巍, 郭 書祥, 王 梓旭, スクリュージェット型ワイヤレスマイクロロボットに関する研究, 第 19 回システムインテグレーション部門講演会 (SI2018) (2018 年 12 月 13 日~15 日・大阪), 1A2-07, 2018.