

新型管内マイクロロボットの試作と特性評価に関する研究

○滝本 省太 (香川大学), 郭 書祥 (香川大学), 魏 巍 (香川大学)

Study on Design and Performance Evaluation of the New Type Magnetic Actuated Microrobot in Pipe

○Syota Takimoto (Kagawa University), Shuxiang Guo (Kagawa University) and Wei Wei (Kagawa University)

Abstract: The wireless microrobots are used in a wide range of biomedical application and clinical application. They are both safe, reliable and can be used in human body's narrow tissue. Among all types of microrobots, the magnetic actuated microrobots have a nice prospect for development, such as crawling, walking, creeping, swimming and so on. 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

現在、水道、医療などの様々な分野で配管が使用されている。これに伴ない工業配管のメンテナンスや体内の消化器管や血管のような複雑な管内環境での移動が可能なロボットが必要とされている。現在、磁気マイクロロボットの応用例には工業用に管内メンテナンスロボットや医療用に自走が可能で、内視鏡が付いているロボットが使用されている。本研究では、管内メンテナンスや体内検査などの管内での駆動を目的としたロボットに注目を置いている。

2. 研究背景と目的

現在、医療分野では消化管内の検査においてカプセル型内視鏡が普及している。しかしこのカプセル型内視鏡は患者に与える肉体的負担が少ない一方で、その有線設計はまだ、人体の奥深い部分まで達することが困難であり、動きに制限がある。さらに、体内での移動は蠕動運動によるもので、希望通りの箇所まで止めることが出来ず、従来の内視鏡に比べ観察率が低いことなどのデメリットの部分が多い。したがって、体外からの制御し、自走運動させることが必要とされる。しかしロボットの外形による移動時に内壁に損傷を与える可能性がある。また、カプセル型内視鏡には外部から電力を受給できず、体の中に長時間活動する時には駆動電力が不足の問題がある。

そこで、本研究では、制御が可能で、汎用性の高いロボットを実現するため、外部からの磁気を利用したワイヤレスの新型多機能マイクロロボットを提案・試作し、最適な流出口を設計し、本来のマイクロロボットの運動特性を改善することは目的である。また、ロボットの運動特性だけではなく、薬を放出などの機能性を持つロボットの開発も目指している。さらに、今回設計した機能性を持つロボットの運動特性評価を目的とする。本研究

は、工業や医療分野、特にカプセル型内視鏡の応用に大きく役立つ成果が得られると考えられる。

3. 研究のアプローチ

本研究では、外部磁界を利用して多自由度な新型ワイヤレスマイクロロボットを開発し、移動特性の評価を行う。1) 新型多機能ワイヤレスマイクロロボットを提案。2) 新型多機能ロボットの製作。3) 外部からの磁場の周波数を制御して、ロボットの速度の特性を評価する。ロボットの構造と特性評価について以下のように示している。

4. 提案した新型多機能ワイヤレスマイクロロボット

提案した新型多機能マイクロロボットの構造は、主に内層と外層に分けられ、外層はロボットの運動の際に人体を傷つけずに保護します。ロボットのサイズ設計は、主に保管スペースと曲線によって制限される。十分な内部構造空間を残すことが必要であり、パイプの曲率半径も考慮すべきである。曲率パイプを介したロボットの幾何学的モデルは Fig.1 に示す。マイクロロボットの直径がパイプの半径より大きい場合

$$\left(\frac{D}{2} < d < D, \delta = 45^\circ\right)$$

$$L_{Max} = 2\sqrt{\left(R + \frac{D}{2}\right)^2 - \left(R + \frac{d}{2}\right)^2} = 2\sqrt{(2R + d)(D - d)} \quad (1)$$

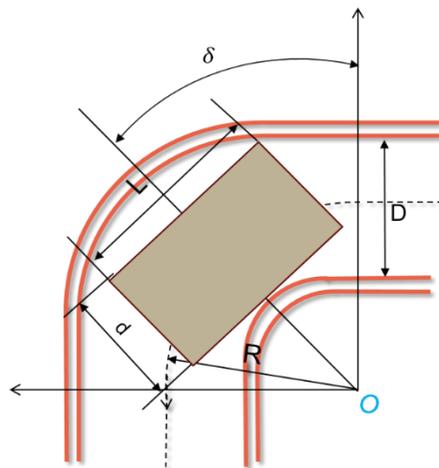


Fig.1 新型多機能マイクロロボット概念図

パイプ D の直径 20mm、パイプ R の曲率半径 60mm でパイプ直径の 3 倍に設定されている。ロボットの内部構造では十分に薬物を充填するスペースを設計する必要があり、ロボットの直径 d は 18mm に設定する。上記の式で計算すると、ロボットの最大長は 33.2mm になる。磁場によってロボットの駆動状態を Fig.2、Fig.3 に示す

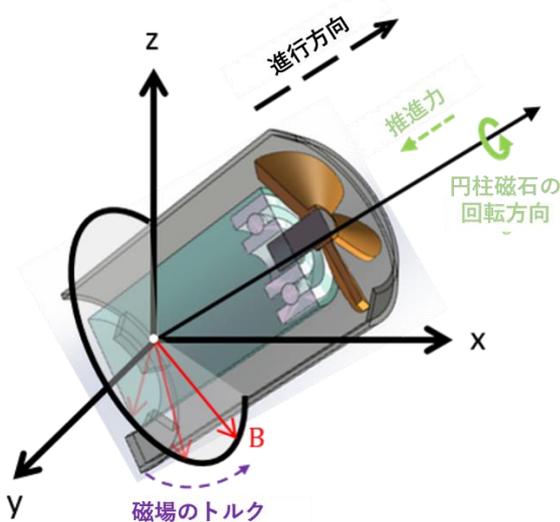


Fig.2 磁場が反時計まわりでの駆動

5. 実験方法

実験方法は直径 20mm のパイプに水で満たし、その中でロボットを顕微鏡を用いて Hz を 1 から 11 までの範囲で 10 秒間単位でロボットの角振動数を記録した。ロボットの制御システムを Fig.3 のように示す。また、Fig.3 には本実験の実験装置を示す。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。

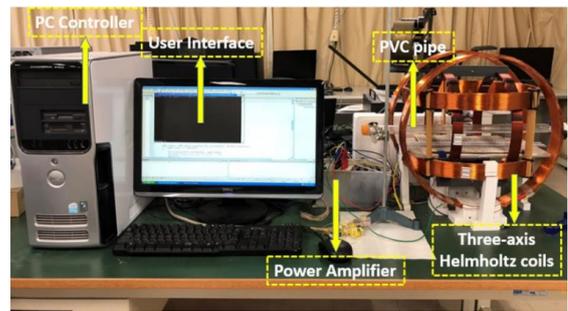


Fig.3 ロボット制御システム

6. 実験結果

Fig.4 にはマイクロロボットの x、y、z においての周波数と角振動数の関係を示す。1 Hz では静止している、2 Hz と 3 Hz の間では大きく振動している、4 ~ 6 Hz の間では安定している、7 ~ 11 Hz では振動が大きくなり、不安定である。

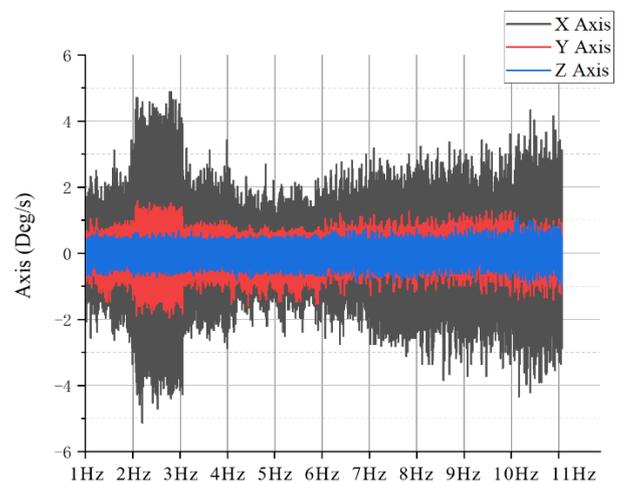


Fig.4 x、y、z 軸での角振動の評価

7. 結論

本実験では 1 ~ 3 Hz は振動が大きくなり、3 Hz の時にロボットの移動を開始する。また、4 ~ 6 Hz は振動が安定するのでロボットの移動に利用できる。さらには、7 ~ 11 Hz ではハイスピードに利用できる。今後の予定としては実際に薬物を内蔵した試作品を実際に製作し、目的の場所に移動することが出来、薬物を精密な量で投与が可能となる新型多機能マイクロロボットの開発を目指す。

参考文献

- [1]. Qiang Fu, Shuxiang Guo, Songyuan Zhang, "Characteristic Evaluation of a Shrouded Propeller Mechanism for a Magnetic Actuated Microrobot", *Micromachines*, Vol. 6, No.9, pp.1272- 1288, 2015.
- [2]. Qiang Fu, Shuxiang Guo, Qiang Huang, Hideyuki Hirata and Hidenori Ishihara, "Development and Evaluation of a

Novel Magnetic Actuated Microrobot with Spiral Motion using Electromagnetic Actuation System", Journal of Medical and Biological Engineering (JMBE), Vol. 36, No. 4, pp. 506-514, 2016.

- [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]. S. Guo, Q. Yang, L. Bai, Yan Zhao, "Development of Multiple Capsule Robots in Pipe", *Micromachines*, 9(6), 259; doi:10.3390/mi9060259, 2018.