

内視鏡接続型MEMSマイクロロボットの機構提案 Mechanism Proposal for Endoscope-Connected MEMS Microrobot

○山本涼太¹, 高住昂樹², LYU SHUXIN², 武田健嗣³, 粟飯原萌⁴, 金子美泉⁴, 内木場文男⁴
*Ryota Yamamoto¹, Koki Takasumi², SHUXIN LYU², Kenji Takeda³,
Megumi Aibara⁴, Minami Kaneko⁴, Fumio Uchikba⁴

Abstract: Microrobots are expected to play an active role in the medical and other fields. In particular, connecting a MEMS microrobot to an endoscope, which is said to be difficult to operate, will enable more precise movement and minimally invasive medicine that reduces the burden on the body during treatment. In this research, by attaching bendable legs to the endoscope model, we proposed a mechanism that allows the robot to fold the legs for simple parts and push the robot to any place, and to walk autonomously for complicated parts.

1. はじめに

世界中でがん患者数は増加傾向^[1]にあり, 主な死亡原因となっている. 日本でもがん患者数は増加し続けており, 大腸がんは罹患率が最も高くなっている. 大腸がんは早期診断, 早期治療を行うことにより完治する事の出来る病気である. 早期診断, 早期治療には主に内視鏡治療が用いられている. 内視鏡は精密な操作が必要なため医師の技量が求められる. しかし, この経験を積むためにはかなりの時間を要することになる.

この問題を解決するためにカプセル内視鏡^[2]などが研究されている. 痛みもなく, 医師の技量も必要ないといった利点がある. しかし, 体内に残ってしまうリスクや, 体内の治療を行うことができない問題点がある.

マイクロサイズのロボットは低侵襲医療や狭所での活躍が期待されている. 外部研究では, 言うように進むマイクロロボットの開発がされている^[3]. しかし, これでは凸凹した道などは上手く通ることが出来ない.

我々は先行研究として, Micro Electro Mechanical Systems(MEMS)技術を用い, 全長 10mm 未満の 6 足歩行の昆虫型 MEMS マイクロロボットや独立脚を有した 4 足歩行 MEMS マイクロロボットを開発した^{[4][5]}. これらのマイクロロボットは生物の歩行を模倣しており, 狭所や不整地での歩行を目的として開発した.

本研究では, 先行研究である MEMS マイクロロボットを生かし, 内視鏡本来の機能は残したまま, マイクロロボットの機能を搭載することを検討する. 大腸内での歩行を目的とした内視鏡接続型 MEMS マイクロロボットの脚部の機構を提案する.

2. 昆虫型 MEMS マイクロロボット

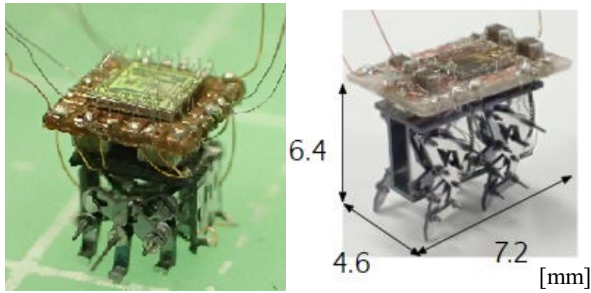
Figure1 (A)に先行研究である 6 足歩行型 MEMS マイクロロボットの機構を示す.

6 足歩行型 MEMS マイクロロボットの各パーツは MEMS 工程により作製しており, シリコンウェハにフォトリソグラフィ工程でパターンニングをし, Inductively Coupled Plasma(ICP) ドライエッチングにより加工した. マイクロロボットの脚は 6 足であり, 蟻の歩行パターンを模倣したものである. 常に 3 本の脚が接地した状態での歩行となるため, 凸凹した道でもスムーズに移動することが出来る.

Figure1 (B)に 4 足歩行型 MEMS マイクロロボットを示す. 4 足歩行型ロボットも同様に MEMS 工程を用いて作成した. 6 足よりも脚の本数が減らすことができたため, 単純にパーツ数を減らすことが出来る. そして 4 足とすることにより, 歩容変化を行うことが出来る.

しかし, 今回の研究で歩行する場所は体内である. この機構をそのまま内視鏡に取り付けると, 内視鏡のカメラや処置具の邪魔となったり, 体内を傷つける, ロボットが残留してしまうなどの恐れがある.

この問題を解決するために, 内視鏡本体に脚を取り付け同一化し, 脚の本数をなるべく減らす. また体内を傷つけないよう脚が必要に応じて折り畳むことの出来る機構について検討していく.



(A) Six leg link type (B) Four leg independent type

Figure1. Insect-type MEMS microrobot

3. 内視鏡接続型 MEMS マイクロロボット

Figure3 に大腸内での活動を目的とした MEMS マイクロロボットの構想図を示す。脚部は複合 4 節リンク機構を用いて構成した。

アクチュエータには Ti-Ni 系の形状記憶合金を基にした人工筋肉ワイヤとばねを利用する。人工筋肉ワイヤは電流によるジュール熱により収縮し、電流を遮断することで放熱し弛緩する性質をもっている。この弛緩を補助するためにばねの復元力を活用する。

Figure4 で示すように、人工筋肉ワイヤの性質より得た直動運動を利用し脚を動かしていく。したがって、①から④の順番に足が動作する。また、脚に軸を通すことにより、脚が曲がる際には脚全体が下にいき、脚が地面を押し前進し、脚が伸びる際には脚が上にいくため脚が地面と接触しないよう設計した。

脚の折り畳みの可能な機構を検討することにより、単純な部位では脚を折りたたんだ状態で任意の場所まで押し込み、複雑な部位では自律歩行できる機構を検討した。また脚を折りたたむことにより、体内を傷つける危険性を考慮した。

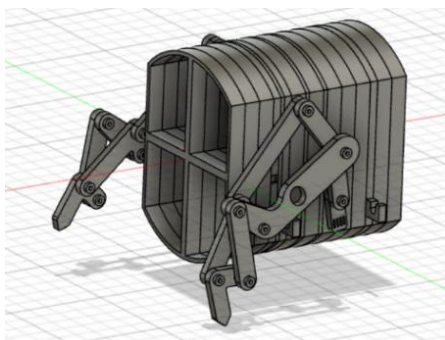


Figure2. Endoscope-connected MEMS microrobot

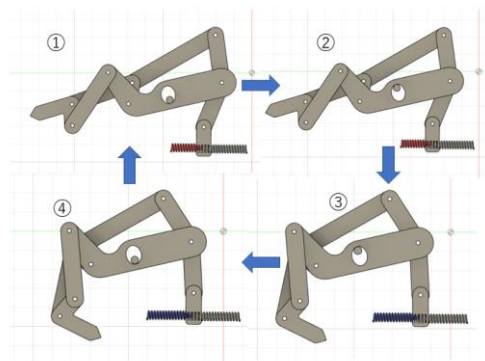


Figure3. Sequence of leg movement

4. おわりに

本論文では、大腸内での活動を想定した内視鏡接続型 MEMS マイクロロボットの機構開発と提案を行った。

今後は、実際に MEMS 工程を用いてロボットを作製し、歩行動作の確認を行う。

5. 参考文献

- [1] Hyuna Sung PhD, Jacques Ferlay MSc, ME, Rebecca L. Siegel MPH, Mathieu Laversanne MSc, Isabelle Soerjomataram MD, MSc, PhD, Ahmedin Jemal DMV, PhD, Freddie Bray BSc, MSc, PhD: “Global Cancer Statistics 2020 : GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries”, 2021
- [2] Gavriel Iddan, Gavriel Meron, Arkady Glukhovskiy & Paul Swain: “Wireless Capsule Endoscopy”, 2000
- [3] Kaushik Jayaram, Jennifer Shum, Samantha Castellanos, E. Farrell Helbling, Robert J. Wood: “Sealing down an insect-size microrobot, HAMR-VI into HAMR-Jr”, 2020 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp.10305-10311, 2020
- [4] 齊藤健, 高藤美泉, 内木場文男: 「集積回路で実現した人工脳をもちいた MEMS マイクロロボット」, エレクトロニクス実装学会誌, Vol. 19, No. 6, pp394-397, 2016
- [5] Daisuke Tanaka, Yuto Uchiumi, Satoshi Kawamura, Minami Takato, Ken Saito, Fumio Uchikoba: “Four-leg independent mechanism for MEMS microrobot”, 2017