

E-7

## ガスタービン駆動による内視鏡接続型マイクロロボットのアクチュエータ開発

### Development of a Gas Turbine-Driven Actuator for an Endoscope-Connected Microrobot

○船越貴通<sup>1</sup>, 竹下智世<sup>2</sup>, 高住昂樹<sup>1</sup>, 金子美泉<sup>3</sup>, 内木場文男<sup>3</sup>\*Takamichi Funakoshi<sup>1</sup>, Chise Takeshita<sup>2</sup>, Koki Takasumi<sup>1</sup>, Minami Kaneko<sup>3</sup>, Fumio Uchikoba<sup>3</sup>

Abstract: Minimally invasive medical treatments such as endoscopic procedures are widely used in the medical field, but the mental and physical burden on physicians and patients is an issue. However, the mental and physical burden on physicians and patients is an issue. We believe that the use of a microrobot connected to the tip of an endoscope for treatment will eliminate differences in skill levels and reduce the burden on patients. In this study, we develop a turbine-type actuator using carbon dioxide gas for endoscopic treatment and investigate its usefulness.

#### 1. 緒言

世界中でがん患者数は増加傾向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傾向にあり大腸がんは罹患数第1位、死亡数第2位を占めている<sup>[1]</sup>。大腸がんは早期診断、早期治療により完治が可能な病気であり患者の精神的、身体的負担を軽減するため主に内視鏡治療が用いられている。しかし、内視鏡治療には医師の精密な操作が要求されるため精神的負担も大きく患者への身体的負担も大きいという課題がある。この課題を解決するためにカプセル内視鏡やバルーン内視鏡の研究が行われている。カプセル内視鏡は、カプセル型の内視鏡を飲む事によりリアルタイムでの病変観察が可能な利点があるが、患者の体内に残るリスクや検査のみに限定されるといった問題もある<sup>[2]</sup>。一方で、バルーン内視鏡は内視鏡と比較して患者への身体的負担が少なく小腸の観察や治療が可能であるが医師の技量が要求されるといった問題がある<sup>[3]</sup>。

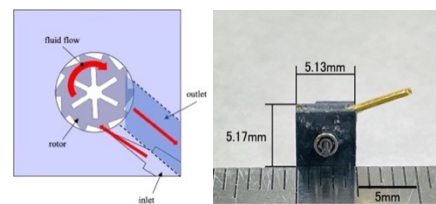
我々は先行研究として、半導体微細加工技術を応用したMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)工程を用いて、全長2.7mm×幅4.0mm×高さ2.5mmの6足リンク型MEMSマイクロロボットや全長9.0mm×幅4.6mm×高さ6.4mmの独立脚型6足MEMSマイクロロボットを開発した<sup>[4]</sup>。歩行動作は、蟻の歩行パターンを模倣しており、3点接地歩行により安定した歩行を実現した。脚部のアクチュエータには、Ti-Ni系の形状記憶合金による人工筋肉ワイヤを使用し、電流を通電させることでジュール熱により収縮、放熱により弛緩する性質を利用した。制御基板には、生物の神経回路網をアナログ回路で模倣した人工ニューラルネットワークICを搭載し電子回路をIC化することで小型な基板を作製した。

本研究では、内視鏡の先端にマイクロロボットを接続し治療を行うことで医師や患者の精神的、身体的負

担を減らすことを目的とし体内での操作が要求されることから人体への安全性を考慮し電流等を用いないタービンを駆動源とした回転型のアクチュエータについて検討を行った。

#### 2. タービン型アクチュエータ

Figure 1 に作製したタービン型アクチュエータを示す。各部材は、MEMS工程により作製しパターニングした5mm角のチップ状のシリコンウェハを積層した構造である。本体のサイズは、縦5.17mm×横5.13mm×厚さ1.96mm、質量0.1495gとなった。回転原理は、本体に接着された金属パイプを通して流入口から流体を流入し内部のロータが回転する構造である。本体の吐出流量は、内部流路の隙間面積が3.25mm<sup>3</sup>であり吐出流量は、0.195L/minとなる。また、Figure 2 に各流量における回転数を示す。流量は、0.3L/minから1.0L/minまでの間で回転数の計測を行い圧力0.3MPa、流量1.0L/minで回転数57690rpmを確認した。



(A) Inner structure. (B) External view of turbine type actuator

Figure 1. MEMS Turbine-type actuator

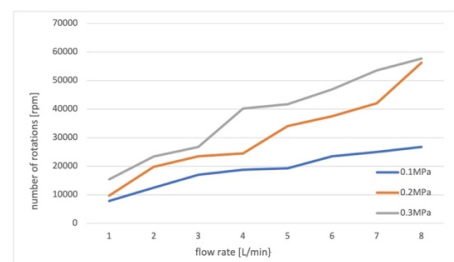


Figure 2. Number of revolutions at each flow rate

### 3. 内視鏡接続型 MEMS マイクロロボット

Figure 3 に内視鏡接続型 MEMS マイクロロボットの展開図を示す。歩行動作は Figure 4 に示す通り先行研究で開発したマイクロロボットと同様、回転アクチュエータにより接続されたリンクにより脚部を駆動させ3点接地により歩行する。また Figure 5 に検討した内視鏡接続型 MEMS マイクロロボットを示す。構成要素は、回転型アクチュエータ、リンク、脚部であり各部材は MEMS 工程により作製を行う。本体の寸法は、縦 7.42mm×横 7.49mm×厚さ 6.95mm となった。

本研究では内視鏡治療の際に内視鏡先端にマイクロロボットを接続し駆動することを想定しているため駆動には炭酸ガスを用いる。炭酸ガスは、腸管から速やかに吸収され肺から排出されるので、検査後の腹部膨満感が非常に少なく安全域が広いという利点がある<sup>[5]</sup>。炭酸ガスの流入には、アクチュエータに接続された金属パイプから流入し内部のロータを回転させる事により直接回転運動を取り出すことが可能となる。



Figure 3. Development of Endoscope-Connected MEMS microrobot

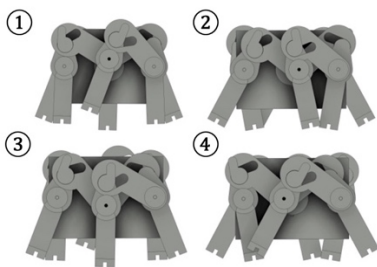


Figure 4. Leg movement

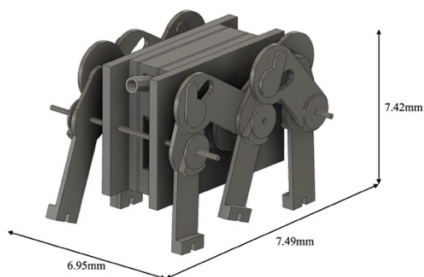


Figure 5. Endoscope-Connected MEMS microrobot

### 4. 考察

回転実験では、圧力 0.3MPa、流量 1.0L/min で回転数 57690rpm を確認したが内視鏡接続型マイクロロボットのアクチュエータとして用いるためには、回転数を減らし歩行に十分なトルクを確保する必要がある。そこで、ロータ部分の形状変更や減速機構を設け歩行に最適な回転数に抑えトルク変換を行うことで搭載が可能と考えられる。

### 5. 結言

本研究では、内視鏡接続型マイクロロボットのアクチュエータについて検討を行った。本体のサイズは縦 5.17mm×横 5.13mm×厚さ 1.96mm、質量 0.1495g となった。また、内視鏡接続型 MEMS マイクロロボットのサイズは、縦 7.42mm×横 7.49mm×厚さ 6.95mm となった。今後の展開として、MEMS 工程により部材を作製し組立後マイクロロボットの歩行動作を確認し歩行速度などの確認を行う。

### 6. 謝辞

本研究は日本大学マイクロ機能デバイス研究センターの支援を受けた。

### 7. 参考文献

- [1] 宇地原大海, 神里みどり:「大腸がん患者の症状の認識とリスク因子の知識および生活習慣との関連」, 日本看護科学会誌, Vol.38, pp.383-393, 2018
- [2] 田尻久雄:「大腸カプセル内視鏡検査の現状と課題」, 日本消化器内視鏡学会雑誌, Vol.53, No.9, pp.2988-2999, 2011.
- [3] 大塚和朗:「シングルバルーン内視鏡の開発と進歩」, 日本消化器内視鏡学会 総会 100 回記念号, Vol.62, pp.2462-2465, 2020
- [4] 内木場文男, 高橋芳浩, 木村元昭, 佐伯勝敏, 齊藤健:「ハードウェアニューラルネットワーク制御によるミリメートルサイズ MEMS 昆虫型歩行ロボットの開発」, 日本大学理工学部理工学研究所研究ジャーナル, Vol.2015, No.135, pp.10-21, 2015.
- [5] 鶴川邦夫, 鶴川四郎「二酸化炭素を使用した消化器内視鏡検査とその利点:当院の経験」, 鶴川医院, Vol.71, No.2, pp.42-45, 2007.