

圧搾ガスで駆動する前進後進型回転アクチュエータの設計 Design of a Forward-Reverse Rotating Actuator Driven by Compressed Gas

○竹内洗人¹, 鄧卓², 内木場文男³ 金子美泉³

*Hiroto Takeuchi¹, Zhou Degu², Fumio Uchikoba³, Minami Kaneko³

Abstract: Amidst the global cancer epidemic, endoscopic treatment is increasingly demanded. While endoscopic procedures have become less burdensome for physicians, psychological stress and physical strain on patients remain. For reducing the burden on both physicians and patients, a microrobot that attached to the endoscope has been researched. In this research, the design of a forward-reverse rotating actuator for the microrobot was proposed.

1. 緒言

大腸がんは世界で3番目に多いがんであり、がん症例全体の約10%を占めている。また、がん関連の死亡原因の第2位となっている。2020年では世界中で190万人以上の新規大腸がん症例が発生しており、大腸がんによる死亡者数が93万人以上になると推定されている^[1]。大腸がんは早期発見、早期治療により完治率が9割以上になる病気である。治療は内視鏡検査と同時に行われることが多い。内視鏡治療は患者の体への負担が少なく、比較的簡単に治療を行う事が出来る。しかし、大腸などの器官内は壁が薄く、習熟度によっては操作中に消化器官内に穴が開いてしまうというリスクもあることから、内視鏡治療は患者への身体的負担、医師への精神的負担が大きいという課題もある^[2]。患者への負担が多く内視鏡検査を行う人が少ないため低侵襲化が求められている。

低侵襲医療の例としてカプセル内視鏡があげられる。超小型CCDカメラを組み込んだピル型カプセルは、患者が飲み込んだ後は消化管のぜん動運動により自然に進行しながら腸管内を一定のタイミングで撮影し、撮影した画像を無線で体外の受信機に発信するという機能をもつ^[3]。しかし、患者の体内に残ってしまうというリスクや治療を行う事が出来ないというデメリットがある。バルーン内視鏡では通常の内視鏡と比較して患者への身体的負担が少なく、小腸の治療、観察だけでなく大腸にも活用することが出来るが、操作には従来の内視鏡と同程度の技術力が医師に求められるという課題もある^[4]。そのため、我々は従来の内視鏡の操作性向上、習熟度の差の解消、患者への低侵襲治療の促進を目的とし内視鏡接続型マイクロロボットの開発を行っている。本稿では、内視鏡接続型マイクロロボットのための小型回転アクチュエータの課題抽出と新たな設計を行ったので報告する。

2. 小型回転アクチュエータ

Figure 1に、これまで開発を行ってきた圧搾ガス小型回転アクチュエータの外観図を示す。

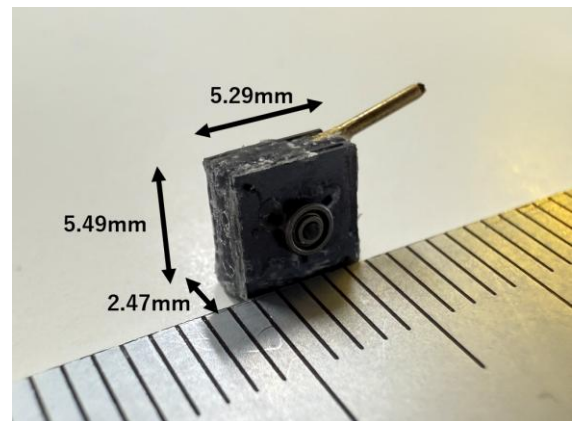


Figure 1. Previous Rotary Actuator

小型回転アクチュエータは、内視鏡先端に接続することを目的としているため、小型な機械構造が必要となる。そこで、IC作製技術を基本としたシリコン微細加工を行うMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 工程を用いることで外形5.49mm×5.29mm×2.47mmを実現した。アクチュエータはシリコンで作製した筐体と直径約3mmのロータ、直径0.6mmの超硬丸棒、小型ボールベアリングで構成されており、回転には真鍮パイプを通して気体を流入しロータに吹き付けることで高速回転させる。流入した気体はロータが回転した後アクチュエータの側面に設けられた排出口から排出される。

回転数の測定を行ったところ圧力が0.1MPa、流量が1.0L/minでは最高回転数が26,784rpm、圧力が0.2MPa、流量が1.0L/minでは最高回転数が56,250rpm、圧力が0.3MPa、流量が1.0L/minでは最高回転数が57,690rpmという結果が得られている^[5]。

1: 日大理工・学部・精機 2: 日大理工・大学院(前)・精機 3: 日大理工・教員・精機

先行研究での設計では、アクチュエータは一方の回転しか出来ないという課題が挙げられる。従来の内視鏡では一度奥まで挿入し、引き抜き続けるため見落としが生まれやすい。内視鏡の先端に接続し、挿入することを想定し、かつ前進後進が可能な小型アクチュエータが必要といえる。この問題を解決するために前進と後進が可能なアクチュエータについて設計を行った。Figure 2に設計したアクチュエータの分解図を示す。

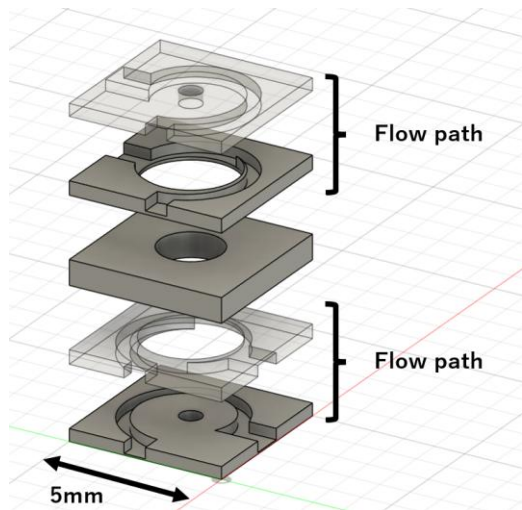


Figure 2. Design of a Forward-Reverse Rotating Actuator Driven by Compressed Gas

本稿で提案するアクチュエータでは、ロータ2枚を逆方向に配置することで前進後進を可能にする。後進を可能にする事で、内視鏡検査または治療を行っている際に途中で戻ることが出来るようになり、見落としの防止や治療の確実性が向上する。また、それぞれ逆方向に回転するための流路も新しく設計した。それぞれの流路は渦巻状の流路とすることでロータの回転を確実に行えるようにした。Figure 2の3層目となる各ローターを分ける層にはベアリングを組み込む孔を設けた。真鍮パイプは真横に設置できるような設計にし、真鍮パイプによる腸管内を傷付けてしまうリスクを軽減した。さらにFigure 3に、流路層のそれぞれの加工面を示す。

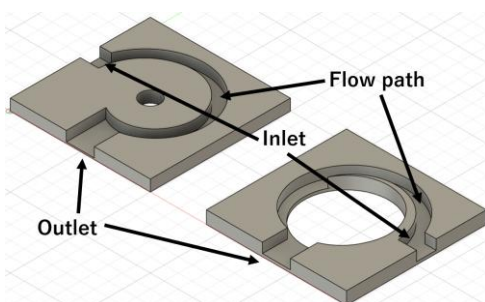


Figure 3. Actuator Flow Path

組み立て時は向かい合わせにして組み合わせ、流路高さが約700μmとする。

3. 評価方法

先行研究におけるアクチュエータの設計では前進のみだったが、内視鏡治療における操作性に課題がある。そのため我々はアクチュエータの機構を変えることで後進走行も可能にするための設計を行った。これにより、内視鏡治療中に一度通り過ぎた箇所にも戻ることが出来るため内視鏡治療における操作性が向上すると考える。今後はシミュレーションと実機で任意の方向にロータを回転できるか、先行研究におけるアクチュエータと比べて回転速度にどれ程の差が生じるのか、両方の流入口から同量のガスを流入するとブレーキとして機能するかの確認を行いアクチュエータの評価を行う。

4. 結言

本研究では、内視鏡接続型マイクロロボットとするために前進後進を可能とするアクチュエータの設計を行った。今後はシミュレーションと実機により解析を行う。

5. 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、NUROS、令和4年度日本大学特別研究助成の支援を受けたものである。

6. 参考文献

- [1] 宇地原大海 ほか:「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] 中島滋美:「胃内視鏡検診の現状と課題」,日本消化器内視鏡学会雑誌, Vol.62(2).Feb.2020, pp.148-156
- [3] 高橋遼 ほか:「カプセル内視鏡」,画像電子学会誌, 38巻(2009), 4号, pp.518-523
- [4] 山本博徳:「ダブルバルーン内視鏡」,日本消化器内視鏡学会,総会 100回記念号, Vol.62, Suppl.3, pp.2457-2461,2020
- [5] 船越貴通 ほか:「圧搾ガス駆動自走式内視鏡接続型マイクロロボットの開発」,学術講演会予稿集, 2024