Fabrication of an In-pipe Microrobot Movable in Sheep's Small Intestine

○学 宮嶋 克典 (日本工大 (院)) 学 笠井 洋平 (日本工大) 正 加藤 重雄 (日本工大)

Katsunori MIYAJIMA, Nippon Institute of Technology, Miyashiro, Saitama 345-8501

Youhei KASAI, Nippon Institute of Technology

Shigeo KATO, Nippon Institute of Technology

This paper presents the fabrication of a new in-pipe microrobot movable in sheep's small intestine. The microrobot is made by three flexible rubber bellows which are 5 mm in diameter and 20 mm long. The microrobot is connected thin tubes which are 1 mm in inner diameter, 1000 mm long and feed pneumatic and vacuum pressure to the microrobot. The microrobot is equipped eight thin friction-rings which are located at both ends of the bellows, and the front and the rear ends of the microrobot. The friction-ring are 7 mm in outer diameter and 0.3 mm thin made of vinyl chloride for the acrylic pipe and made of rubber with small warts for the sheep's small intestine. The maximum speed of 40 mm/s was obtained at the pneumatic pressure of 0.11 MPa, the vacuum pressure of -0.08 MPa, and the pulse width time of 0.05 seconds in the acrylic pipe and also 9 mm/s was obtained in the sheep's small intestine.

Keywords: In-pipe, Microrobot, Sheep's small intestine, Friction-ring

1.はじめに

生体内の血管や腸などの治療や検査などができる管内走行ロボットが要求されている。筆者らは最小でも内径 9mm の¹⁾管内走行ロボットである^{2),3)}。生体内の血管や腸などは内径が小さいため、より小さな管内を走行できるロボットが必要だと考える。今回、内径 7mm の管内を走行ができ、また羊腸管内も走行できる、ペローズを 3 つ連結させ動力を空気圧とした空気圧駆動式による羊腸管内走行可能な小径管内マイクロロボットを試作した。

2.構造

ゴムペローズを 3 つ連結させ、ペローズの伸縮と摩擦リングの抵抗により走行を行う管内マイクロロボットを制作した。管内マイクロロボットの構造を図 1 に示す。ゴムペローズ (外径 5mm, 内径 2mm, 長さ 20mm, 山の数 8 ヶ) を 3 つ連結させた管内マイクロロボット (長さ 60mm, 山の数 22 ヶ) に、空気圧を送り込み、吸い出すシリコンチューブ (外径 2mm, 内径 1mm, 長さ 1000mm) と、ペローズ内に供給するためのシリコンチューブ (外径 1mm, 内径 0.5mm) を取り付け、ペローズの谷に塩化ビニル樹脂製の摩擦リング (外径 7mm, 内径 1.5mm, 厚さ 0.3mm) を、走行補助のため進行方向に円錐状に取り付けた。なお羊腸内走行では、大きな摩擦力を必要とするので天然ゴム製の摩擦リング (外径 7mm, 内径 1.5mm, 凸厚さ 0.5mm, 凹厚さ 0.3mm) を 1 つのペローズの頭尾に装着した。先頭のペローズにバネ (直径 5mm, 線径 0.3mm, 6 巻き) を方向性の向上と、伸縮の補助する目的で取り付けた。管内マイクロロボットの動作順序を図 2 に示す。エアコンプレッサ及び真空ポンプを利用し、空気圧の吸入・排出を繰り返すことにより走行を可能にする。実験に使用した 2 種類の摩擦リングを図 3 に示す。

3.実験装置

実験装置を図 4 に示す。管内マイクロロボットを走行させるための信号を発振するパルス制御回路は、ポケットコンピュータを用いて制御する。動力源となる空気圧は、エアコンプレッサから出され、エアフィルタにより空気は浄化され、レギュレータにより空気圧を調節され、ポケットコンピュータで制御されたパルス制御回路の信号を受けた電磁弁を通して管内マイクロロボットを動かす。また電磁弁の排出口に真空ポンプをつなぎ、ゴムペローズの縮みを速める。

Fig.1 Structure of the microrobot

Fig.2 Time chart of the microrobot

Fig.3 Friction ring

4.実験方法

管内マイクロロボットが走行するために必要である摩擦リングの摩擦力をフォースゲージで測定する。管内マイクロロボットを内径 7mm のアクリル管内を 100mm 水平方向に走行させた。そのときの走行速度を測定する。ゴムベローズを伸縮させるためにパルス幅を変化させた。このときポケットコンピュータを用いてパルス幅を 0.05[s] から 0.60[s] まで変化させた。羊腸内走行では塩漬けされている羊腸をいったん水に浸け、よく伸びるようにした。水に浸けることによりぬめりがでて、水分も与えることができるので、障害物のない腸内部に近い状態にすることができた。そこで、内径 7mm のアクリル管内に羊腸を管内側に接した状態にし、そのときの走行速度をアクリル管内走行実験と同様の方法で測定する。

5.実験結果

5.1 摩擦力の測定

塩化ビニール樹脂製の摩擦リングの摩擦力は、アクリル管内において順方向 1 枚当たり 0.05[N]、全体 (8 枚) で 0.4[N] であった。逆方向では 1 枚当たり 0.09[N]、全体 (8 枚) で 0.75[N] であった。天然ゴム製のいぼ付き摩擦リングは、羊腸内において順方向で 1 枚当たり 0.05[N]、全体 (6 枚) で 0.31[N] であった。逆方向では 1 枚当たり 0.09[N]、全体 (6 枚) で 0.56[N] であった。

5.2 アクリル管内走行実験

100mm 走行時の平均速度を図 5 に示す。パルス幅が短く加圧が高いほど管内マイクロロボットの速度は、速くなっていることが分かった。しかし、加圧が低いと伸縮がしっかり行えないため、パルス幅が短くても速度が速くならなかったと考えられる。最高速度はパルス幅 0.05[s]、加圧 0.11[MPa]、真空圧 0.08[MPa] の場合で 40.4[mm/s] であった。

5.3 羊腸管内走行実験

100mm 走行時の平均速度を図 6 に示す。アクリル管内とは違い各加圧、パルス幅 0.08[s] を頂点とし、その後速度は落ちていった。また、パルス幅が短いと速度が遅いのかは、伸縮が速過ぎたため羊腸内の滑りで摩擦リングの役割が十分ではなかったためと考えられる。最高速度はパルス幅 0.08[s]、加圧 0.11[MPa]、真空圧 0.08[MPa] の場合で 9.1[mm/s] であった。

6.まとめ

- (1) 外径 5mm、長さ 20mm のゴムベローズを 3 つ連結させ、ベローズの伸縮と摩擦リングの抵抗により走行を行う、内径 7mm の管内走行可能な管内マイクロロボットを試作した。
- (2) アクリル管内走行時、パルス幅 0.05[s]、加圧 0.11[MPa]、真空圧 0.08[MPa] において 40.4[mm/s] が得られた。
- (3) 羊腸管内走行時、0.08[s]、加圧 0.11[MPa]、真空圧 0.08[MPa] において 9.1[mm/s] が得られた。

7.参考文献

- (1) 福本, 加藤, 真空圧駆動式ミミズロボットの走行特性, 日本機会学会東北支部第 33 期総会・講演会講演論文集, 1998, pp.57-58.
- (2) 平山, 加藤, 空気圧駆動式人工ミミズの走行特性, 日本機会学会第 74 期通常総会講演論文集(IV), 1997-3, pp.295-296.
- (3) 白川, 加藤, 斉藤, 超高速管内走行微小ロボットの試作, 日本機会学会東北支部・米沢地方講演会講演論文集, 1999-9, pp.241-242.

Fig.4 Experimental apparatus

Fig.5 Speed of the microrobot (in acrylic pipe)

Fig.6 Speed of the microrobot (in sheep's intestine)