236 豚の小腸を走行できる管内マイクロロボットの研究

Fabrication of an In-pipe Mobile Microrobot Movable for Pig's Small Intestine

〇学 大月 学(日本工大院) 学 笹崎 智哉(日本工大院) 秋葉 崇志(日本工大) 正 大野 学(都立高専) 正 加藤 重雄(日本工大)

Manabu OTSUKI, Nippon Institute of Technology, Miyashiro, Saitama, 345-8501 Tomoya SASAZAKI, Nippon Institute of Technology Takashi AKIBA Nippon Institute of Technology Manabu ONO, Tokyo Metropolitan College of Technology, Shinagawa, Tokyo 140-0011

Shigeo KATO, Nippon Institute of Technology

Key words: In-pipe, Mobile, Microrobot, Pneumatic actuator, Pig's raw small intestine

1. 緒 言

大腸の検査は、大腸癌等の早期発見に大変有効である. 内視鏡による大腸検査方法は大変優れているが、検査時に 痛みを伴う.また、操作が難しいため、腸壁を傷つける可 能性がある.そのため、内視鏡よりも安全で痛みが少なく、 操作が容易な検査方法が望まれている.

現在,管内走行マイクロロボット⁽¹⁾⁻⁽⁵⁾によって大腸を検査 する方法が提案されているが,走行が不安定で確実性がない.これは,管が柔らかく,曲がっているため,管内走行 マイクロロボットの摩擦ブレーキが,確実に管をホールド することが出来ないからである.そのため,走行すること が難しい.

本研究では、生の豚の小腸を走行可能な管内走行マイク ロロボットを試作した。大腸のような柔らかい管を走行す るために、摩擦ブレーキのゴム板の枚数を、従来の 4 枚か ら、6枚に増やしたことにより、ブレーキの管をホールドす る力が向上し、管内走行マイクロロボットの牽引力が向上 した。走行実験には、人間の大腸に似ている生の豚の小腸 を用い、現在の大腸検査でも行われているように空気で膨 らませ実験を行った。その結果、最大牽引力 0.3N を確認し たのでここに報告する。

2. 管内走行マイクロロボットの構造

試作したマイクロロボットの構造を図 1 に示す. ロボッ トは、外径 16mm の NBR (Nitrile Butyl Rubber) 製ゴムベロ ーズ 3 個と 2 個の摩擦ブレーキ,空気供給チューブより構 成される. 3 個のベローズは、直列に配置され、摩擦ブレー キが装着されるベローズ1と3の自然長は、27mm であり、 変位機構であるベローズ2は、自然長 31mm である.また、 それぞれのベローズには、独立した空気を供給するための 空気供給チューブが接続される.空気供給チューブは、外 径 2.0mm、内径 1.2mm、長さ 2.0m と外径 4.0mm、内径 2.5mm、 長さ 1.0m を繋いで使用している.チューブの長さは合計 3.0m であり、人の大腸の長さは 1.2 ~ 1.5m なので、大腸内 走行を仮定したとしても、十分な長さである.

図 2 に摩擦ブレーキを示す.摩擦ブレーキは、管をホールドするためのもので、ロボットの足の役割をする.この 摩擦ブレーキは、長さ23mm、幅5mm、厚さ0.5mmのNBR 製ゴム板6枚で構成される.

図 3 に制御システムを示す. コンピュータには, ロボッ トの動作シーケンスがプログラムされており, バルブコン トローラを介し, 電磁弁を制御する. 電磁弁は, 3 ポートの ものを用い,入力側のポートには,正圧力を発生させるエ アコンプレッサ,負圧力を発生させる真空ポンプが接続さ れる. 電磁弁の出力側ポートには,空気供給チューブを介 し, ロボットが接続される.

3. 動作原理

マイクロロボットの動作原理を図 4 に示す. ステップ 0











Fig. 3 Experimental apparatus

では、ロボットを管内に挿入し、3つのベローズに負圧力が 与えられ、収縮状態にある、このときブレーキが管をホー ルドする.これを初期状態とする.ステップ1では、ベロ ーズ1のみ正圧力を与え、伸張させる.この動作で、ベロ ーズ1に接続されている前方の摩擦ブレーキが、管の長さ 方向に押し広げられて、ホールドを解除する.ステップ2 では、ベローズ2に正圧力を与え、伸張させる.この動作 で、ロボットの前部が進行方向に移動する.ステップ3で

日本機械学会関東支部ブロック合同講演会-2004 宮代-講演論文集〔2004-9.10~11, 宮代〕

は、ベローズ 1 に負圧力を与える. このとき、摩擦ブレー キは、ベローズが収縮するため、管の直径方向に広がり、 管をホールドする. その後、ベローズ 3 に正圧力を与え、 後方の摩擦ブレーキのホールドを解除する. ステップ 4 で は、ベローズ 2 に負圧力を与え、収縮させる. この動作で、 ロボットの後部が進行方向に移動する. ステップ 5 では、 ベローズ 3 に負圧力を与え、収縮させて、管をホールドす る. この一連のステップを繰り返すことで、ロボットは管 内を走行することが可能である. そして、この一連のステ ップをサイクルタイムと呼ぶ. また、ステップを反対から 実行することで、ロボットは後退することも可能である.

4. 実験結果

4.1 摩擦ブレーキのホールド力実験

ベローズの内圧力と管をホールドする力の関係を図5に示 す.実験は,生の豚の小腸を使用し,ベローズ内圧力を0MPa から-0.08MPa まで 0.01MPa ずつ変化させ,摩擦ブレーキの ゴム板の枚数を,6枚にしたときの力をフォースゲージを用 いて測定を行った.測定は,ロボットを生の豚の小腸内に 挿入し,静止状態で,フォースゲージを引っ張り,動き出 す直前の力を測定した.実験より,ベローズ内圧力が -0.04MPa 時に,管を十分ホールドすることがわかった.ま た,最大ホールド力はベローズ内圧力-0.08MPa 時に,0.8N が得られることを確認した.

4.2 牽引力特性

ロボットの牽引力特性を図 6 に示す.実験では,生の豚 の小腸を垂直に配置し,空気圧によって膨らませて走行さ せた.このときの実験条件は,ロボットに与える正圧力 0.08MPa,負圧力-0.08MPa一定とし,サイクルタイムを1.05s とした.荷重を0.1N ずつ変化させ,摩擦ブレーキのゴム板 の枚数が6枚で測定を行った.図6より,負荷が大きくな ると走行速度が低下することがわかった.このときの最大 牽引力は,0.3Nを得ることができた.

4.3 曲管走行実験

図 7 に曲管走行実験に用いた生の豚の小腸管を示す.実験は生の豚の小腸で曲管を作り走行させた.曲管の曲率半径は181mmで外径27mm,長さ1190mmである.このときの実験条件は、ロボットに与える正圧力0.08MPa、負圧力-0.08MPa 一定とし、サイクルタイムを1.05sとした.その結果、これまでに提案されているロボットでは生の豚の小腸内を走行することが困難であったが、摩擦ブレーキのゴム板を6枚にすることにより牽引力が向上したため、曲管を走行が可能であることを確認した.このときの走行速度は、20.8mm/sを確認した.

5. 結 言

本研究を纏めると以下のようになる.

(1) ゴムベローズ 3 個と 2 個の摩擦ブレーキ, 空気供給チ ューブより構成される管内走行マイクロロボットを試作し た. ロボットの動作は, 空気圧による伸縮運動である.

(2) 管を確実にホールドすることができるように、摩擦ブレーキの枚数を4枚から6枚にすることにより、生の豚の小腸での走行が可能であることを確認した.

(3) 摩擦ブレーキのホールド力実験により、ベローズ内圧 力-0.04MPa 時に、管を十分ホールドすることがわかった. また、-0.08MPa 時に、最大ホールド力 0.8N が得られること を確認した.

(4)管内走行マイクロロボットの最大牽引力は、0.3Nを確認した.

(5) 曲管走行実験では、今まで走行が困難であった生の豚の小腸を速度 20.8mm/s で走行が可能であることを確認した.



0.00 -0.01 -0.02 -0.03 -0.04 -0.05 -0.06 -0.07 -0.08 Vacuum pressure MPa

0.1

0.0





Fig. 6 Relationship between speed and traction force



Fig. 7 Curved pipe of pig's raw small intestine

参考文献

- ¹¹ 大野,他4名,機講論,No.001-2(2000),101.
- ⁽²⁾大野,他4名,機講論,No.011-2(2001),183.
- ⁽³⁾大野,他5名,機講論,No.00-4 (2001),1A1-B10.
- ⁽⁴⁾ M.Ono, et. al., proc. of 2nd euspen Int. Conf. pp. 806-809.
- ⁽⁵⁾ L.Phee, et. al., proc of 2nd euspen Int. Conf. pp. 770-771.