

湾曲型空気圧ゴム人工筋肉を用いた 正六面体型自歪ロボットの走行方法の提案

Proposal of a running method for a regular hexahedral self distorted robot using bending type pneumatic rubber artificial muscles

○本木天海*, 戸森央貴**

○Motoki takahiro*, Hiroki Tomori**

*山形大学, **山形大学大学院

*Yamagata University, **Yamagata University Graduate School

キーワード : ソフトロボット (soft robot), 人工筋肉 (artificial muscle), 動作試験 (operation test)

連絡先 : 〒 992-8510 山形県米沢市城南 4-3-16 山形大学 工学部 機械システム工学科 戸森研究室
本木天海. Tel:(0238)26-3217,E-mail:tds84022@st.yamagata-u.ac.jp
戸森央貴. Tel:(0238)26-3217,E-mail:tomori@yz.yamagata-u.ac.jp

1. 緒言

高線量下や高温, 低温のような極限環境下では, 電子機器の性能が悪化する. そのため頑丈な容器に電子機器を格納し守るような構造となっている. また, 電機機を作業現場から遠ざけ遠隔での操作を行っている. 廃炉作業のような高線量下では放射線の影響により, 電子機器の劣化が激しいため制御系を現場から遠ざけ, 有線を用いた遠隔操作を行っている. ロボットが制御不能になり現場にロボットが残留することや, 残留したロボットが新たな障害にもなってしまうことも少なくない. 可燃性ガスが充満しているような環境では防爆性が求められ, 火花放電を抑えるために電気機器を内圧容器に格納するような工夫が行われている. また, 遠隔操作では障害物や壁との衝突を避けるための機能や高度な操縦技術が求められる.

本研究室では, 空気圧ゴム人工筋肉をアクチュエータとしたソフトロボットの開発を行っている. その中で湾曲型人工筋肉を用いた自ら体を変形させる走行ロボットである自歪ロボットの研究を行っている. 本ロボットは, モータなどを用いず, 作動流体も空気であるため高線量下や防爆環境での作業を行うことができると考えた. 加えてフレームが人工筋肉で構成されており柔軟であるため, 障害物との衝突, 地形の衝撃を吸収し複雑な環境にも対応できる.

本稿では, 従来の研究では不十分であった正六面体型の自歪ロボットの性能実験と画一的な走行方法の模索について述べる.

2. 運用方法

現在存在しているロボットでは事故現場などにロボット本体を投下し, その場のみの探査を

行っている。本ロボットでは、ロボット自体が軽く、柔軟であるため最低限の装置を搭載し、目標付近への投擲を行い目標地点へは回転移動を行い探査を開始するという運用方法を考えている。

2.1 想定フィールド

自歪ロボットの動作目標として、文部科学省廃止措置人材育成高専等連携協会と日本原子力研究開発機構が主催する「廃炉創造ロボコン」¹⁾を参考にし、フィールドを想定する。ステップフィールドを Fig.1 に、モックアップ階段を Fig.2 に示す。

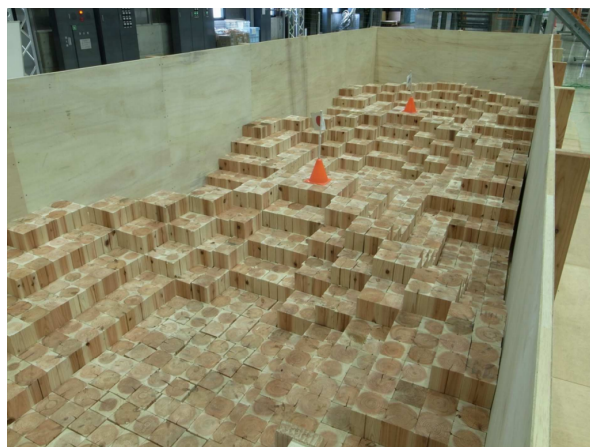


Fig. 1 step field



Fig. 2 mockup stairs

ステップフィールドは 100 mm～500 mm の段差が設けられており、高低差 100 mm のステップを走行することを想定する。モックアップ階段では蹴上がり 180 mm, 踏面 210 mm, 幅 900 mm の階段での昇降を想定する。

想定フィールドより、自歪ロボットは最高 180 mm の段差を昇降することが求められる。

3. 湾曲型空気圧ゴム人工筋肉の概要

Fig.3 に湾曲型空気圧ゴム人工筋肉の駆動の様子を示す。通常のゴムチューブに径方向の繊維強化を施すと、径方向の膨張が制限され軸方向のみに伸長するゴムチューブとなる。そこへ、軸方向のある一面にのみ繊維拘束を加えると、繊維拘束部が伸長せず、非拘束部との伸長差が生じ湾曲する。

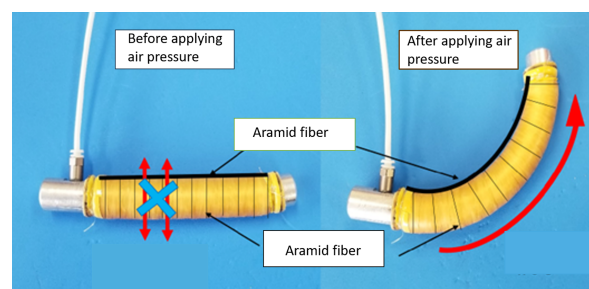


Fig. 3 Driving artificial muscle

4. 第1試作機の概要

Fig.4 に第1試作機の概要を示す。先行研究の正二十面体型自歪ロボットは人工筋肉の配置がトラス構造になっており、柔軟であるが変形はしにくい構造であった。²⁾ したがって、人工筋肉の本数も少なく変形が容易である、正二十面体型自歪ロボットの前段階である正六面体形状の自歪ロボットに着目した。人工筋肉の変形量を大きくする為に、先行研究の人工筋肉の長さ 100 mm から 160 mm に変更した。自歪ロボッ

トの一辺の長さは 330 mm であり、重量は 1000 g である。

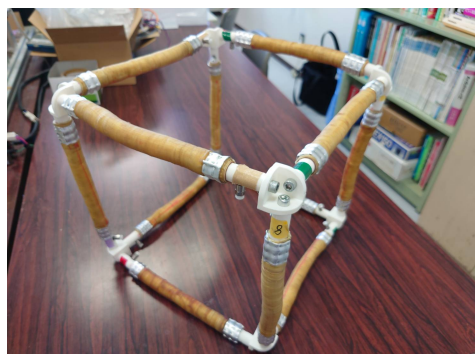


Fig. 4 First prototype robot

5. 走行方法

従来の走行方法を Fig.5 に示す。赤い部分は動作を開始する人工筋肉であり、青い部分は動作を終了した人工筋肉である。

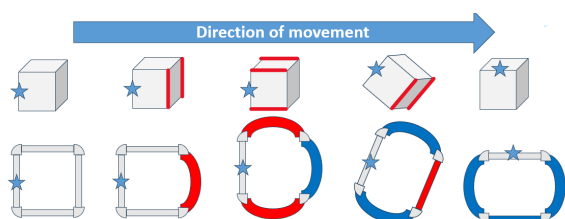


Fig. 5 Moving method

- (1). 進行方向の縦の 2 本の人工筋肉を駆動
- (2). 上下の 4 本の人工筋肉を駆動し、重心を傾ける。
- (3). (1) の人工筋肉を排気する
- (4). ロボットが回転

5.1 第 1 試作機の走行実験

第 1 試作機の走行の様子を Fig.6 に示す。

第 1 試作機は人工筋肉の剛性が低く、正六面体形状を維持することができず回転移動ができなかった。

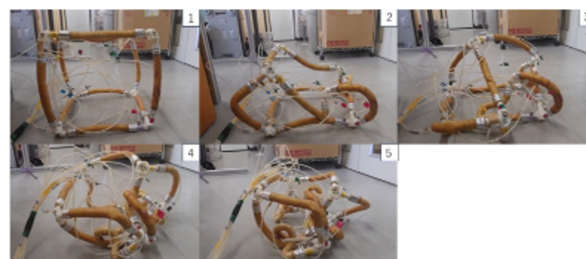


Fig. 6 Running results of the first prototype

6. 第 2 試作機の作製

第 1 試作機は剛性が低かったため、人工筋肉を肉厚にし第 2 試作機の作製を行った。人工筋肉の肉厚は約 2.5 mm 増加し、ロボットの重量は 1300 g となった。Fig.7 に第 2 試作機を示す。

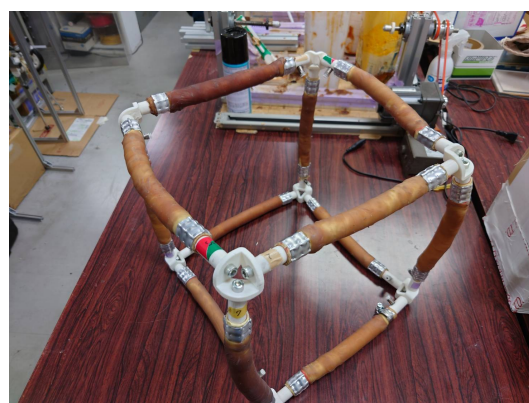


Fig. 7 Second prototype

6.1 第 2 試作機の走行実験

第 2 試作機での走行実験を行った。実験内容は平面、斜面、段差での回転移動である。以下に実験の様子と結果を示す。

6.1.1 回転移動

Fig.8 に平面での回転移動の様子を示す。

結果として、すべての面で回転移動を行うことができた。しかし各面について一方向の回転のみで、移動方向を制御することができなかった。

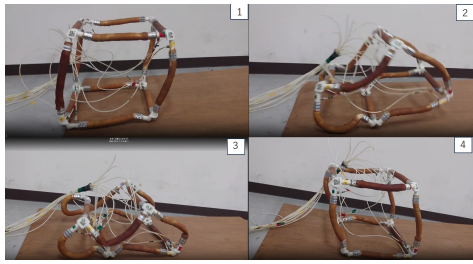


Fig. 8 Running results of the second prototype

6.1.2 斜面移動

Fig.9に斜面移動の様子を示す. スロープの傾斜角度は10度であり, 勾配は17.6%である.

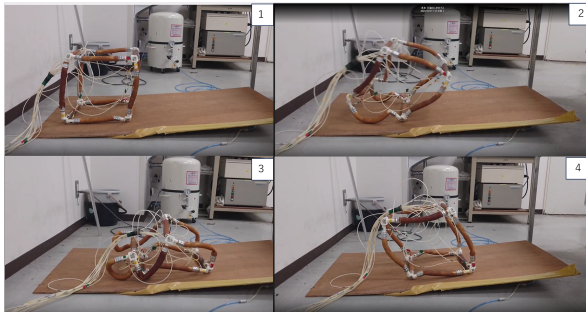


Fig. 9 Movement of slope

斜面での回転移動を行うことができた. 斜面での回転も連続して可能であった.

6.1.3 段差移動

Fig.10とTable.1に段差を乗り越える様子と結果を示す. 0~60 mm までの段差で実験をおこなった. 40 mm までの段差を乗り越えることができた.

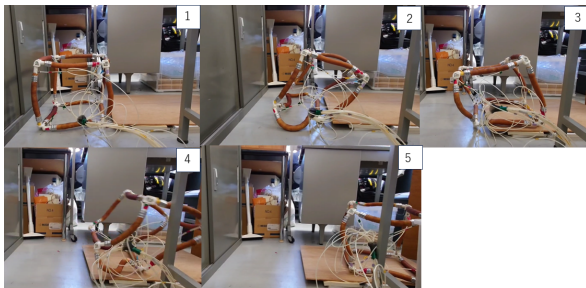


Fig. 10 Movement of step

Table 1 Result of movement

高さ [mm]	結果
10	○
20	○
30	○
40	○
50	×
60	×

7. 考察

7.1 回転移動について

平面での回転移動を行うことはできたが, 前進と後退を制御することができなかった. 原因としては, 先行研究の正六面体型自歪ロボットは移動方法を模索し, 動くことができる形にしたものである. ソフトロボットは, 寸法や素材がわずかに変わることによって, 再現性が損失される特徴がある. したがって, 今回のサイズを大きくした自歪ロボットでは適応しなかったと考えられる.

7.2 斜面移動について

傾斜角10度で回転を行うことができた. 傾斜角10度はスロープの基本傾斜角であり, 妥当な結果と言える.)

7.3 段差移動について

結果として, 最高40 mm までの段差を乗り越えることができた. しかし設定した高さは180 mm であり, 性能としては不十分である. より人工筋肉を湾曲させ自歪ロボットの本体を持ち上げるような動きに必要があると考える.

8. 結言

本稿では, 先行研究では不十分であった正六面体型自歪ロボットの走行性能の検証を行った.

回転移動を行うことができたが、従来の方法では回転方向の制御を行うことができなかった。今後は電磁弁を用い、各人工筋肉の空気圧の調整を行い移動方法の模索を行っていく。また、先行研究と同寸法の正六面体型自歪ロボットでの検証も行う。加えて、階段状の段差やロボットが潰れた状態での移動の検証を行っていく。

参考文献

- 1) 福島高専：“第2回廃炉創造ロボコン実施要項”
<http://www.fukushima-nct.ac.jp/upload/b628cdfb368f3>
- 2) 石栗 尚弥：“空気圧ゴム人工筋肉を用いた自歪ロボットに関する研究”，山形大学大学院工学研究科修士学位論文，2022
- 3) 株式会社イーストアイ：“スロープ傾斜角度の目安”<http://www.easti.co.jp/rump-pick.html>