

ネズミの筋骨格系を模倣した四足歩行ロボットの開発

Development of Quadrupedal Robot Mimicking Musculoskeletal System of Mouse

○伊藝楓斗¹, 野口裕太², 安田祐希¹, LYUSHUXIN³, 齊藤健⁴*Futo Igei¹, Yuta Noguchi¹, Yuki Yasuda¹, Shuxin Lyu¹, Ken Saito²

Abstract: The authors are studying robots equipped with neuromorphic circuits that mimic biological neurons with analog electronic circuits. We have developed a quadruped robot that can generate gait using neuromorphic circuits. However, since the developed quadruped robot uses servo motors, it requires a digital control system with a microcontroller. We thought that we could develop a robot that can be driven without using a microcontroller by using Artificial Muscle Wires. In this paper, we developed a quadruped robot that mimics the musculoskeletal system of a mouse using Artificial Muscle Wires and confirmed that it can walk.

2. はじめに

近年、少子高齢化による労働人口の現象により自律型移動ロボットの活躍が期待されている。例えば、災害現場などの移動が困難な場所や物資の運搬である。現在、一般的な自律型移動ロボットは車輪型ロボットだが、車輪型ロボットでは不整地での移動が困難である。そこで、不整地での移動や突然の衝撃にも安定して歩行できる「Big Dog」が有名である^[1]。しかし、Big Dogのように自由度が高く柔軟な動作が可能なロボットを実現するには膨大な計算量が必要となり、ロボット自体のコストや応答速度、機体の大型化などの問題点がある。ここで、動物は歩行などの動作を無意識のうちに一定パターンで動かしていると考えられている。ラットのような小動物でも現代の自律型移動ロボットよりも自律機能が高く、柔軟な動きが可能である。そこで、動物の自律機能を模倣することで、高性能な自律型移動ロボットの開発ができると考えられている。

我々は生物の神経系の機能をアナログ電子回路で模倣したニューロモルフィック回路を歩行ロボットに搭載することで、動物の歩容を能動的に生成する歩行ロボットの開発を行っている^[2]。先に我々は馬の骨格を模倣した四足歩行ロボットにニューロモルフィック回路を搭載することでウォーク、トロットを生成することに成功し、脚の駆動速度に応じて歩容を変化することを確認した。

しかし、我々が開発した四足歩行ロボットはサーボモータを使用しているため、マイクロコントローラなどのデジタル制御システムが必要である。また、サーボモータに大きさを合わせるため機体の大型化や消費電力の大きさも問題となっている。

これらの問題を解決するため、本論文では人工筋

肉ワイヤを使用することで、生体のネズミの筋骨格系を模倣したネズミ型四足歩行ロボットを開発した。そして、歩行動作順に人工筋肉ワイヤに電流を流したところ、ネズミ型四足歩行ロボットは歩行可能であることが確認できたため報告する。

2. 人工筋肉ワイヤ

本論文の人工筋肉ワイヤはトキコーポレーションのバイオメタル・ヘリックスを使用する。バイオメタル・ヘリックスは形状記憶合金を原料とした繊維状のアクチュエータで、電流を流すとニクロム線のように自己発熱し駆動する。外見や成分は形状記憶合金と変わらないが、特性が異なっている。バイオメタル・ヘリックスは繰り返し運動に安定な強い異方性を持った組織をしている。一般的な素材として、形状記憶合金とは異なり、組織自体がひとつのメカニズムとなっている。バイオメタルは現在バイオメタル・ファイバーとバイオメタル・ヘリックスが製品化されているが、バイオメタル・ファイバーは元の長さの5%ほどしか伸びないが、バイオメタル・ヘリックスは50%であるため、本論文ではバイオメタル・ヘリックスを使用した。

3. ネズミ型四足歩行ロボットの構成

我々は実際のネズミの写真と Table1 に基づいてネズミ型ロボットを作製した。ロボットの設計は Fusion360 を使用し、作製は樹脂に Rigid4000 を使用した光造形プリンタを用いた。Figure1 に作製したネズミ型四足歩行ロボットを示す。ロボットの大きさは長さ 93[mm]、高さ 44[mm]、幅 35[mm] で設計した。人工筋肉ワイヤは各脚に 4 本で、合計 16 本使用した。

1 : 日大理工・院 (前)・精機 2 : 日大理工・学部・精機 3 : 日大理工・院 (後)・精機 4 : 日大理工・教員・精機

Table 1. Configuration of Mouse-Type Quadruped Robot

前脚の肩甲骨の長さ (mm)	11.0
肩甲骨の幅 (mm)	9.0
上腕骨の長さ (mm)	13.0
尺骨の長さ (mm)	15.0
後脚の肩甲骨の長さ (mm)	20.0
大腿骨の長さ (mm)	16.0
脛骨長 (mm)	19.0

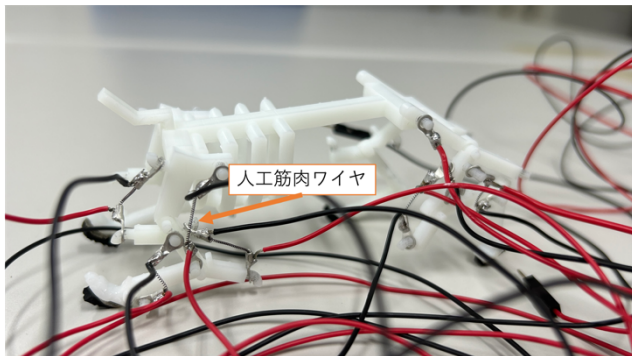


Figure 1. Mouse-Type Quadruped Robot

4. ネズミ型四足歩行ロボットの歩行実験

Figure2 にネズミ型四足歩行ロボットの歩行動作を示す。また、ネズミ型四足歩行ロボットの動作手順を①～⑤に示す。

- ① 右前脚と左後脚の l_1 と l_3 の伸筋に当たる人工筋肉ワイヤに電流を流し、体を持ち上げる。この間は屈筋には電流を流さない。
- ② 右前脚と左後脚の l_2 と l_4 の屈筋に当たる人工筋肉ワイヤに電流を流す頃で体を前に進める。
- ③ 右前脚と左後脚の l_1 と l_3 の伸筋に当たる人工筋肉ワイヤに電流を流すのを止めて、逆の屈筋に当たる人工筋肉ワイヤに電流を流す。同時に左前脚と右後脚の l_1 と l_3 の伸筋に当たる人工筋肉ワイヤに電流を流し、体を持ち上げる。
- ④ 右前脚と左後脚の l_2 と l_4 の屈筋に当たる人工筋肉ワイヤに電流を流すのを止めて、逆の伸筋に当た

る人工筋肉ワイヤに電流を流す。同時に左前脚と右後脚の l_2 と l_4 の屈筋に当たる人工筋肉ワイヤに電流を流すことで、体を前に進める。

- ⑤ ①～④の駆動手順を繰り返すことにより、ネズミ型四足歩行ロボットは歩行する。

Figure1 に示したように各脚に人工筋肉ワイヤを4本ずつ搭載した。上記で説明した歩行動作①～④の通り、人工筋肉ワイヤに電流を流し歩行実験を行なった。電流は人工筋肉ワイヤ1本につき 300[mA]を流した。歩行実験の結果、ネズミ型四足歩行ロボットが歩行可能であることを確認した。

謝辞

本研究は、令和2年度日本大学学術研究助成金 総合研究の助成を受けたものです。また、本研究の一部は令和4年度日本大学特別研究の助成を受けたものです。

5. まとめ

本論文では人工筋肉ワイヤを用いることで、ネズミの筋骨格系を模倣した四足歩行ロボットの開発を行った。そして、ネズミ型四足ロボットの歩行手順に従って、電流を流したところネズミ型四足歩行ロボットは歩行することが確認できた。

今後は動物の神経系の機能をアナログ電子回路で模倣したニューロモルフィック回路をディスクリート回路で作製し、マイクロコントローラなどのデジタル制御システムを使わず歩行させる予定である。

6. 参考文献

[1] Raibert, M. Blamlespoor, K. Nelson, G. and Pleyter, R: "BigDog the Rough-Terrain Quadruped Robot", IFAC Proceedings, Vol 41, pp.10822-10825 2008.
 [2] K. Nakatani, Y. Sugimoto, and K. Osuka, "Demonstration and Analysis of Quadrupedal Passive Dynamic Walking," Advanced Robotics, vol. 23, pp.483 - 501, 2008.

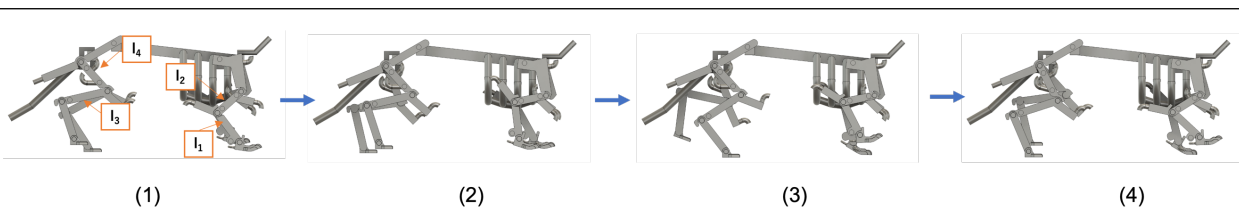


Figure 2. Walking motion of rat-type robot