

人工筋肉ワイヤを用いたラット型四足歩行ロボットの開発 Develop of Quadrupedal Robot Imitating Skeleton of Rat Using Artificial Muscle Wire

○伊藝楓斗¹, LYUSHUXIN², 森下克幸², 齊藤健³

*Futo Igei¹, Shuxin Lyu², Katsuyuki Morishita², Ken Saito³

Abstract: In this paper, we have created a quadruped robot that mimics the skeleton of an actual rat. Most quadruped robots use servo motors, which causes problems such as a huge chassis and high power consumption. To solve these problems, we used SMA actuators that expand and contract by applying electric current to the actuators. We used two SMA actuators for the muscles, so a total of 32 SMA actuators were used. We confirmed that the rat-type quadruped robot was able to walk by the waveform generated by the Arduino. The waveform will be adjusted to smooth out the current gait.

1. はじめに

自立型移動ロボットは近年様々な場面での活躍が期待されている。例えば災害時などの極限環境で人間の代わりでの作業や、物資の運搬などの場面においてである。労働人口が減少している中これらの需要は今後うなぎ登りになることが考えられる。不整地においてもロボットの歩行を安定的に実現させ、突然の横からの衝撃に対しても転倒を回避することができるBigDogが有名である^[1]。多くの自由度の持つロボットは様々な動作が可能であり、あらゆる場面で柔軟に対応することができる。しかし、BigDogのようなロボットの実現には膨大な量の計算が必要になるため、ロボット自体のコスト増加や応答速度、機体の大型化が問題となってくる。

我々は、生物のニューロンをアナログ電子回路で模倣したニューロモーフィック回路を歩行ロボットに搭載し、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]。先に我々は動物の骨格を模倣した四足歩行ロボットに生物のニューロンをアナログ電子回路で模倣したニューロモー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生成する歩容が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おり、サーボモータを使用することで筐体や消費電力が大きくなる問題があった。我々は筐体の大型化などの問題を解決するために、電流を流すことで伸縮するSharp Memory Alloy (SMA)アクチュエータを用いた四足歩行ロボットを開発している。

本論文では生体のラットの骨格を模倣し、また伸筋と屈筋の場所にSMAアクチュエータを搭載したラット型四足歩行ロボットを作製した。Arduinoで生成し

た波形により、ラット型四足歩行ロボットの歩行実験を行ったので報告する。

2. SMAアクチュエータ

本論文で使用するSMAアクチュエータはトキ・コーポレーションのバイオメタル・ヘリックスである。Figure1に使用したバイオメタル・ヘリックスを示す。図の左側が収縮前で、右側が収縮後の状態である。バイオメタル・ヘリックスとは形状記憶合金を原料にした繊維状のアクチュエータである。電流を流し、ニクロム線のように自己発熱させて動かす電気・熱駆動方式で優れた性能を発揮する。外見や成分は形状記憶合金とあまり変わらないが、中身や特性は異なり、繰り返し運動に安定な強い異方性を持った組織を持っている。一般的な素材として形状記憶合金と性能が異なり、繊維自体がひとつのメカニズムになっている。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・ファイバーの操作量は元の長さの5%に対してバイオメタル・ヘリックスは50%と操作量が多い。そのため本研究ではバイオメタル・ヘリックスを使用した。



Figure1. BioMetal Helix used

3. ラット型四足歩行ロボットの筐体作製

我々はラットの写真を参考にし、脚の長さや体の大きさの比率が同じになるようにロボットの筐体を作製

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

した。ロボットはFusion360で設計し、Rigid4000を材料にした光造形プリンタを用いて作製した。SMAアクチュエータは1本ではパワーが足りず動かすことができないため、1つの筋肉に対して2本のSMAを使用し、ロボット全体で合計32本のSMAアクチュエータを使用した。

Fusion360で設計したラット型四足歩行ロボットをFigure2に示す。長さ170mm、幅60mm、高さ62mm、 $l_1=35\text{mm}$ 、 $l_2=35\text{mm}$ 、 $l_3=30\text{mm}$ 、 $l_4=40\text{mm}$ で作製した。

4. ラット型四足歩行ロボットの歩行実験

Figure3に実際に光造形プリンタで作製したラット型ロボットを示す。ラット型四足歩行ロボットの歩行動作を①～⑤に示す。

- ① 右前脚と左後脚の l_1 と l_3 のSMAに電流を流すことで伸長と収縮し体が持ち上がる。
- ② 右前脚と左後脚の l_2 と l_4 のSMAに電流を流すことで伸長と収縮し体が前に進む。
- ③ 右前脚と左後脚の l_1 と l_3 に電流を流すのをやめると同時に、左前脚と右後脚の l_1 と l_3 のSMAに電流を流すことで反対の脚で体を持ち上げる。
- ④ 右前脚と左後脚の l_2 と l_4 のSMAに電流を流すのをやめ、左前脚と右後脚の l_2 と l_4 のSMAに電流を流すことで体が前に進む。
- ⑤ ①～④を繰り返すことで歩行することができる。

Figure4にArduinoで生成した波形を示す。波形は上から順に、上記で説明した歩行動作①～④を示している。歩行実験の結果、ラット型四足歩行ロボットは歩行することを確認した。しかし、波形を調整することでさらに滑らかな歩行が可能であると考えられる。

5. まとめ

本論文ではラットの骨格を模倣した四足歩行ロボットを作製し、SMAアクチュエータを搭載し、歩行実験を行った。Arduinoで生成した波形でラット型ロボットは歩行することが確認できた。しかし、現在の波形では歩行が滑らかではないため、さらに波形の調整が必要だと考えた。

今後は動物の神経系をアナログ電子回路で模倣した、ハードウェアニューロンモデルを搭載することで、Arduinoなどのデジタル制御システムを使わず、ラット型四足歩行ロボットを歩行させる予定である。

6. 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。

7. 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] Nakatani, K. Sugimoto, Y. and Osuka, K "Demonstration and Analysis of Quadrupedal Passive Dynamic Walking," Advanced Robotics, Vol. 23, pp.483 - 501, 2008.

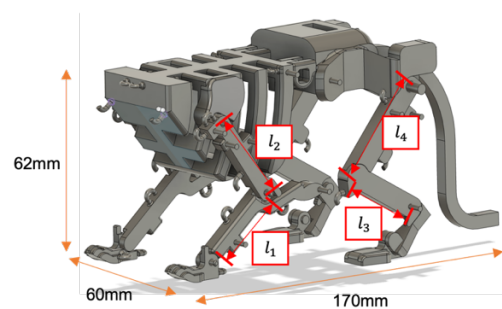


Figure2. Rat-Type Quadruped Robot

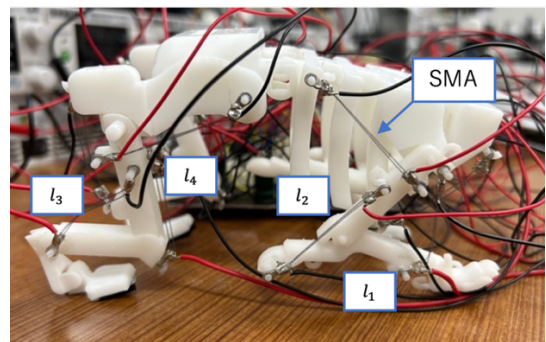


Figure3. A rat-type quadrupedal robot made

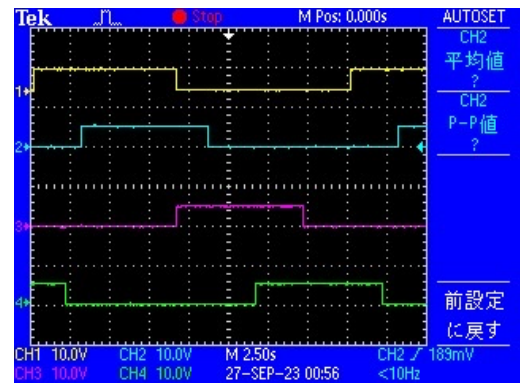


Figure4. Waveform generated by Arduino