

E-6

歩容変化を可能とする人工ニューラルネットワーク IC と独立脚を搭載した 4 足歩行型 MEMS マイクロロボット

Quadruped MEMS Microrobot with Artificial Neural Networks IC and Independent Legs that Enable Gait Pattern Change

○田中大介¹, 河村慧史¹, 田中泰介¹, 大野悟², 野口大輔², 早川雄一朗², 金子美泉³, 齊藤健³, 内木場文男³

*Daisuke Tanaka¹, Satoshi Kawamura¹, Taisuke Tanaka¹, Satoru Ohno², Daisuke Noguchi², Yuichiro Hayakawa²,
Minami Kaneko³, Ken Saito³, Fumio Uchikoba³

Abstract: In this paper, we developed the gait pattern changeable quadruped micro electro mechanical systems (MEMS) microrobot for realize to excellent function and structure of living organisms. In addition, we designed an artificial neural networks IC to realize gait pattern change. The artificial neural networks IC by controlling the order of the current flowing to the actuator for each foot of the microrobot, we realized changing gait pattern. As a result, the width, height and length of the constructed microrobot was 4.6, 6.4, 7.2 mm. The total weight was 93.5 mg. The robot showed “Walk” and “Gallop” gait pattern. The “Walk” locomotion speed was 24.6 mm/min of the microrobot.

1. はじめに

近年マイクロロボットに関して多くの研究が行われ、より洗練されたマイクロロボットの実現に向けて、生物の生態模倣技術であるバイオミメティクスが注目されている。例えば、昆虫は自身の小さな躯体に脚部などの移動機構や、ニューラルネットワークによる柔軟な制御機構を有している。このことから、より洗練されたマイクロロボットを実現するために、昆虫の持つ小さな機構を模倣することが有効であると考えられる。

近年、歩行運動を実現する 6 足歩行型 MEMS マイクロロボットが報告された。このマイクロロボットは脚部に永久磁石を取り付け、外部からの交流磁界によって動作するものである^[1]。このように、小型な筐体であるマイクロロボットにアクチュエータを搭載することは困難である。また昆虫などの生物は、自身のニューラルネットワークによる柔軟な活動を実現している。ロボットの制御方法として、ニューラルネットワークを用いる研究が行われている^[2]。

以前我々は、リンク機構と人工筋肉ワイヤを用いることで昆虫型のマイクロロボットを開発した。またロボットを動作させるために、生体のニューラルネットワークを模倣した人工ニューラルネットワーク IC を開発し、搭載することでロボットの動作を実現した。

また地球上に生息する多くの陸上哺乳類は、4 足歩行動物である。4 足歩行動物は、自身の運動速度に応じて歩行パターン(歩容)を変化させるなどの特徴を持つ。この点で 4 足歩行動物は昆虫と比較して進化していると言える。したがって、より柔軟なマイクロロボ

ットの実現のためには、4 足歩行型 MEMS マイクロロボットの実現が必要である。

本論文では、人工ニューラルネットワーク IC を用いて歩容変化可能な 4 足歩行型 MEMS マイクロロボットの開発を行ったので報告する。

2. 4 足歩行型 MEMS マイクロロボット

Figure1 に、今回開発した 4 足歩行型 MEMS マイクロロボットを示す。マイクロロボットのサイズは、幅 3.5 mm、長さ 6.0 mm、高さ 4.8 mm である。マイクロロボットは、4 本の脚部、本体フレーム、4 本の人工筋肉ワイヤから構成されている。脚部及び本体フレームは MEMS 技術を用いてシリコンウェハから作製した。マイクロロボットのアクチュエータには小型で必要な力が出る、トキ・コーポレーション社製の螺旋状の人工筋肉ワイヤ、BMX50 を使用した。

3. 脚部機構

Figure2 に、マイクロロボットの脚部機構とその動きを示す。

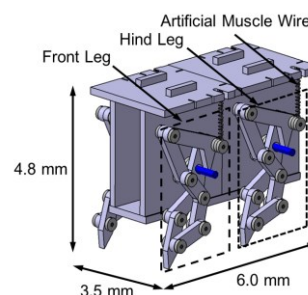


Figure 1. Designed quadruped MEMS microrobot

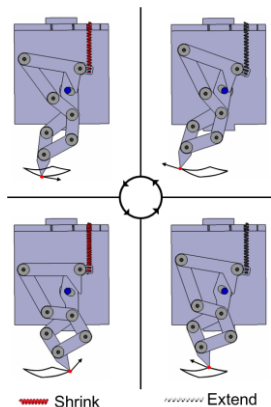
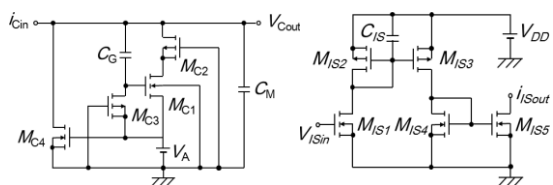


Figure 2. Movement of the independent link mechanisms



(a) Cell body model (b) Inhibitory synaptic model

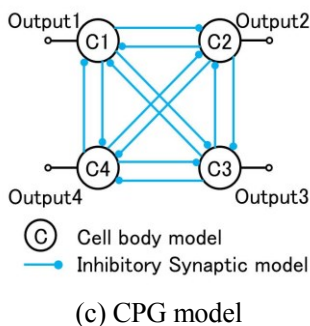
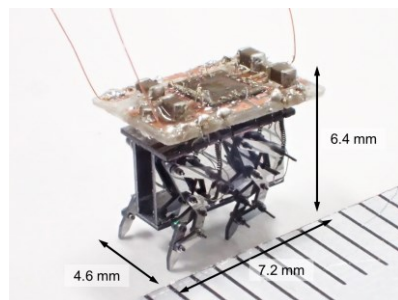


Figure 3. Component of artificial neural networks IC

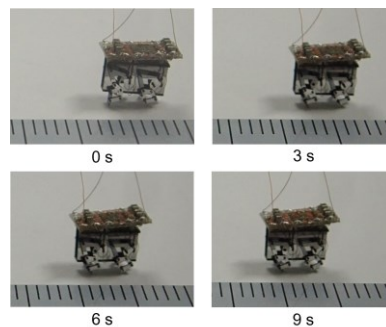
脚部は歩行運動を生成するために、4 節リンク機構を組み合わせている。人工筋肉ワイヤが縮むとき、脚は後ろに動いて地面を蹴る。また人工筋肉ワイヤが伸びるとき、脚は地面を蹴らずに前へ動く。よって脚部のリンク機構は、人工筋肉ワイヤの直線運動を、脚の歩行運動に変換している。

4. 人工ニューラルネットワーク IC

我々は、マイクロロボットのアクチュエータを動作させるための駆動パルスを生成するために、Figure3 に示すように、細胞体モデル(a)を抑制性シナプスモデル(b)で相互結合した CPG モデル(c)を使用している。CPG モデルは細胞体モデルを相互抑制することで、4 相の逆相同期を引き起こし、この出力を各脚部のアクチュエータに割り当てることで、マイクロロボットの歩容変化を実現している。



(a) Constructed of quadruped MEMS microrobot



(b) Walking locomotion of the microrobot (Gait pattern is "Walk")

Figure 4. Quadruped MEMS microrobot

5. 結果

Figure4(a)に構築した4足歩行型MEMSマイクロロボットを示す。人工ニューラルネットワーク IC を搭載したマイクロロボットのサイズは、幅 4.6 mm、長さ 7.2 mm、高さ 6.4mm である。マイクロロボットの重さは 93.5 mg であった。構築したマイクロロボットは、歩行パターンの"Walk"と"Gallop"を示した。例として Figure4(b)に示すように、"Walk"の動作を示した。このときの歩行速度は 24.6 mm/min であった。

6. まとめ

本論文では、人工ニューラルネットワーク IC を用いて歩容変化可能な4足歩行型MEMSマイクロロボットの開発を行った。結果として"Walk"と"Gallop"の歩容を示し、その動作を確認できた。

7. 参考文献

[1] D. Vogtmann, R.St. Pierre, and S. Bergbreiter : "A 25 mg magnetically actuated microrobot walking at >5 body lengths/sec", IEEE MEMS, pp.179-182, 2017
 [2] S. A. Vukosavljev, D. Kukolj, I. Papp, and B. Markoski : "Mobile robot control using combined neural-fuzzy and neural network", Computational Intelligence and Informatics (CINTI), pp.351-356, 2011