

K6-6

内部電源化に向けたマイクロロボットの設計

Design of Microrobot for Internal Power Supply

○仲田友也¹, 森皓太朗², 田中大介¹, 金子美泉³, 齊藤健³, 内木場文男³*Yuya Nakata¹, Kotaro Mori², Daisuke Tanaka², Minami Kaneko³, Ken Saito³, Fumio Uchikoba³

Abstract: This paper proposed designing microrobot for internal power supply. Components of the robot are manufactured by Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) process applying semiconductor manufacturing technology. The actuator consists of an artificial muscle wire based on silicon and Shape Memory Alloy (SMA). By flowing a continuous current through the artificial muscle wire, the rotor rotates to generate walking motion. To control the microrobot, an artificial neural network constructed in an IC is used. For microrobot to autonomously drive, we use three batteries CR2032 as the power source to be mounted. As a result, hexapod type MEMS microrobot of about 25 mm square could be designed.

1. はじめに

多方面での活躍が期待されているロボットの研究の中に、小型化、高機能化を目指す研究がある。小型化が実現した場合、例えば人の立ち入ることのできない狭所空間での作業や、医療分野において人体内での活動^{[1][2]}などさまざまな分野での活躍が期待されており、その恩恵は非常に大きい。このような活動を目指すに当たり、ミリメートル以下のサイズで移動して作業できるような自律的なロボットが要求されるが、実現には課題がある。

一般的なロボットにおいては機械加工を用いて筐体を作製し、デジタルプロセッサを搭載し制御を行っている。しかしこのような一般的な機械加工による小型化には限界があり、プログラムによる想定範囲外の状況への対応は困難である。

我々は、昆虫のような小型な移動機構と柔軟な制御システムを模倣したマイクロロボットの研究を行っている。マイクロロボットの筐体の作製には半導体製造技術を応用した Micro Electro Mechanical Systems (MEMS), 制御には人工ニューラルネットワークを用いている。我々のこれまでの研究では、4 mm 角程度の大きさのマイクロロボットを作製し、人工ニューラルネットワークを IC に集積化したものを搭載した状態での歩行を実現した。しかし、これまでのマイクロロボットは外部からの電源供給での歩行であり、我々の目指す電源を搭載させた自律的なロボットには至っていない。

本論文では、マイクロロボットを自律駆動させるため、電源に電池を用いることでマイクロロボットの内部電源化を目指した設計を行ったので報告する。

2. MEMS マイクロロボット

Figure 1 に MEMS マイクロロボットの構造を示す。パーツは大きく分けて、フレーム部、アクチュエータ部、脚部の 3 つ構成要素に分類され、それぞれシリコンウェハに MEMS 工程を用いて作製する。電池の搭載を考慮し、フレーム部の中に電池が入るような設計とした。

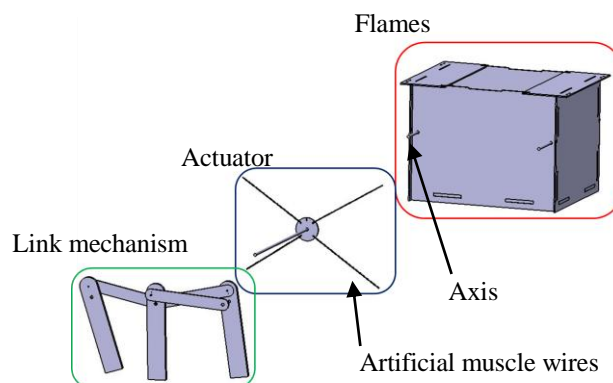


Figure 1. Driving principle of the microrobot

Figure 2 にマイクロロボットの駆動原理を示す。マイクロロボットの駆動源には形状記憶合金 (Shape Memory Alloy : SMA) を材料とした人工筋肉ワイヤ (Artificial Muscle Wire : AMW) を用いる。AMW をロータパーツに 4 方向に導電性ペーストによって接続している。AMW に電流を流したときに発生するジュール熱によって収縮させ、自然放熱によって弛緩させることで、4 本の AMW に A, B, C, D と順に通電させ続けることでロータが疑似的に円運動を行う。この円運動を軸によって接続された脚部に伝達させることで、歩行動作を生成する。脚部はリンク機構で構成し、ア

クチュエータによって動作する中脚に追従してその他の脚が動作するよう設計した。左右のアクチュエータの位相を 180 度ずらして回転させることで、常に 3 点が接地して歩行する昆虫の歩行運動パターンを模倣した。

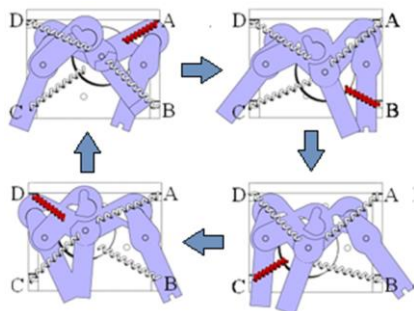
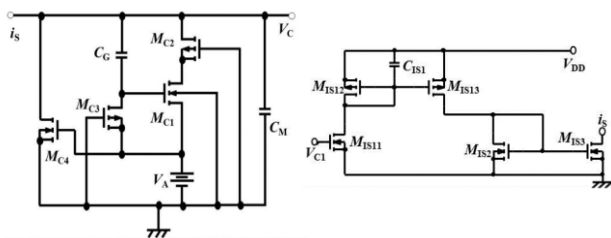


Figure 2. Schematic of the microrobot

3. 人工ニューラルネットワークと電池の選定

マイクロロボットの制御には、生物の脳が出力するパルス波形を模倣した人工ニューラルネットワークを用いることを考え電池を選定した。Figure 3 に細胞体モデルと抑制性シナプスモデルの回路図を示す。細胞体モデルは周期的なパルス波形を出力し、活動電位や閾値、不応期などの特徴を模倣し、時間的に変化する負性抵抗特性を持つ。抑制性シナプスモデルは生物のシナプスの特徴である時空間的加算特性を模倣している。



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

Figure 3. Circuit diagram of the cell body model and the inhibitory synaptic model

これにより、4 個の細胞体モデルを 12 個の抑制性シナプスモデルで全結合して、生物の周期的な運動リズムを生成する中央パターン生成器(Central Pattern Generator : CPG)を構成した。また、Figure 4 にカレントミラーの回路図を示す。人工ニューラルネットワークは CPG モデルの出力部にカレントミラーを接続し構成した。Figure 5 に人工ニューラルネットワーク IC のレイアウト図を示す。

細胞体モデルと抑制シナプスモデルには 3 V、カレ

ントミラーには 4 V の出力電圧が必要であるため、電池には CR2032 を選定し、細胞体モデルと抑制シナプスモデルで 1 個、カレントミラーに 2 個用いる。

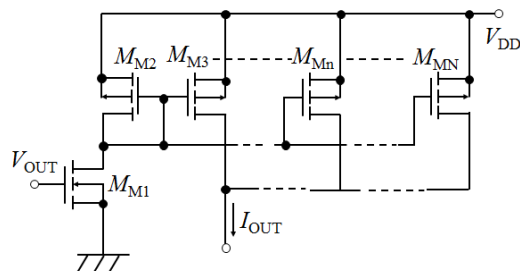


Figure 4. Current mirror

4. 結果・まとめ

Figure 5 に設計した MEMS マイクロロボットを示す。アクチュエータには AMW を用いてリンク機構で歩行運動を生成するような脚部に設計した。電池には CR2032 を選定し、3 つの電池を搭載するようにすることで、6 足歩行型の MEMS マイクロロボットの設計を行った。

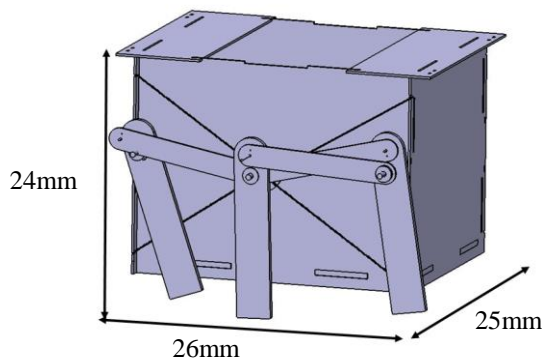


Figure 5. Designed MEMS microrobot

今後は、CR2032 より小型かつ使用個数を減らしての人工ニューラルネットワーク IC への電力供給を目指す。そうすることで更なるマイクロロボットの小型化した設計を行うことができ、自律駆動を行う内部電源化した MEMS マイクロロボットの開発を目指す。

5. 参考文献

[1] 中里裕一：「血管内の移動を目的とした管内走行マイクロロボットの研究・開発」, 日本機械学会福祉工学シンポジウム 2007 講義論文集, pp231-232, 2007.
 [2] 小林亮,他, “腸管内を走行できるマイクロロボットのブレーキ特性に関する研究”, 日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集 2010(16), pp.217-218 (2010)