

K6-70

MEMS マイクロロボットの歩行動作制御に用いる パルス形ハードウェア抑制性ニューラルネットワーク

Pulse-Type Hardware Inhibitory Neural Networks for Locomotion Generation of MEMS Micro Robot

○高濱詩帆¹, 山崎晋平¹, 岡崎一人², 荻原龍矢², 齊藤健³, 内木場文男³
Shiho Takahama¹, Shinpei Yamasaki¹, Kazuto Okazaki², Tatsuya Ogiwara², Ken Saito³ and Fumio Uchikoba³

Abstract: This paper presents the P-HINN (Pulse-Type Hardware Inhibitory Neural Networks) which is locomotion generator of MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) micro robot. P-HINN generates oscillatory patterns of electrical activity such as living organisms. The size of the micro robot was 2×4×2.5 mm with the rotary type actuators, the link mechanisms and 6 legs fabricated by the MEMS technology. The MEMS micro robot emulated the locomotion method and the neural networks of the insect by the rotary type actuators, link mechanisms and P-HINN. As a result, we show that P-HINN can generate the locomotion pattern such as the living organisms by simple circuit.

1. はじめに

マイクロロボットの研究開発が活発に行われ、医療分野や装置の微小部分における作業など、多様な分野での活躍が期待されている。マイクロロボットの実現には、小型移動機構や、予測不能な状況に対応し得る柔軟な制御システム、小型エネルギー源の開発等の課題が存在する。一方、昆虫は、シンプルなシステムにより、優れた機能を実現している。

近年、従来の機械加工に代わり、半導体 IC の作製プロセスを基にした MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術を用いたマイクロロボットの研究が報告されている^[1]。

我々は、生物の優れた機能をマイクロロボットに搭載するために P-HNM (Pulse-Type Hardware Inhibitory Neural Networks)を用いたニューラルネットワークについて研究している^[2]。P-HNM は閾値、不応期、時

空間的加算特性などの生物学的ニューロンと同様の基本的な機能を持ち、持続的な活動電位の生成が可能である。さらに、P-HNM は、回路中にインダクタを含まないため、CMOS IC チップにシステムを実装することが容易である^[3]。本論文でははじめに、我々の作製した MEMS マイクロロボットを示す。次に、MEMS マイクロロボットの動作制御回路である P-HINN の出力波形について検討を行う。

2. MEMS マイクロロボットの機構

MEMS 技術を用いて小型ロボットを作成した。マイクロロボットは昆虫を模倣し、6 脚とした。マイクロロボットは、フレーム部品、回転型アクチュエータとリンク機構で構成した。

図 1 に、作製を行った MEMS マイクロロボットを示す。フレーム部、回転型アクチュエータおよび、リンク機構は、シリコンウェハで作成した。2×4×2.5mm のサイズの MEMS マイクロロボットを構築するために 100, 200, 385, 500 μm の厚さのシリコンウェハを使用した。シリコンウェハの微細加工は MEMS 技術で行った。

回転型アクチュエータは、人工筋肉ワイヤとロータと 4 枚のフレームで構成した。フレームと回転型アクチュエータは、形状記憶合金であるコイル状の人工筋肉ワイヤで接続した。回転型アクチュエータは、人工筋肉ワイヤに電流を流すことによってロボットの歩行運動を生成する。ワイヤは、高温で収縮し、低温で伸長する。本研究では、ワイヤに電流を流すことによ

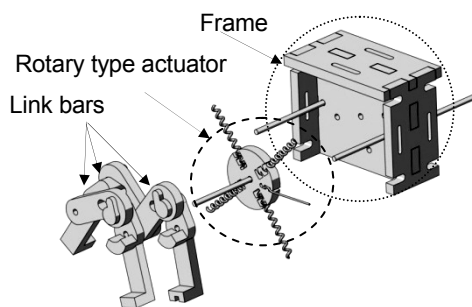


Figure 1. Design of the fabricated MEMS micro robot.

て加熱し、電流を停止することによって冷却する。ロボットの前進・後進の切り替えは、ワイヤに流す電流の順序を変更することにより得られる。

3. パルス形ハードウェア抑制性ニューラルネットワーク

P-HINN の構成要素である P-HNM は、生物のニューロンが出力するパルス波形そのものをモデル化したアナログ電子回路モデルである。以前、我々は P-HNM を使用して、CPG(Central Pattern Generator)モデルを提案した。P-HINN はさらなる小型化を目的として CPG モデルを単純化したモデルである(図 2)。

図 3 に P-HNM の基本回路図を示す。P-HNM はシナプスモデルおよび細胞体モデルで構成した。シナプスモデルは生体と同様の時空間的加算特性を持つ。細胞体モデルは、電圧制御型負抵抗回路および等価インダクタンス回路で構成した。

図 4 に P-HINN の出力波形の一例を示す。構築を行った P-HINN が MEMS マイクロロボットの動作に必要な

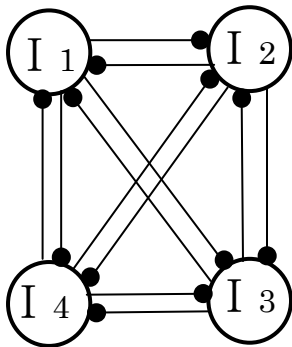


Figure 2. Schematic diagram of the P-HINN.

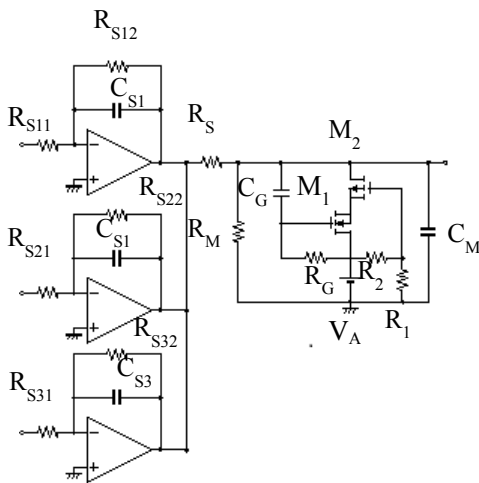
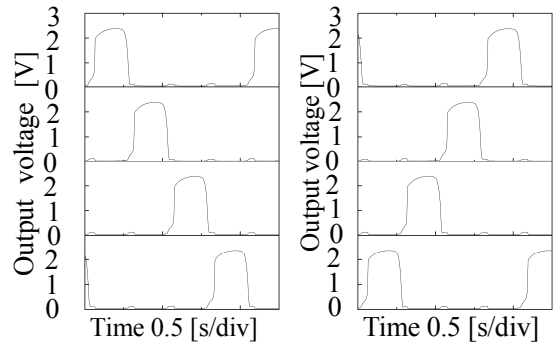


Figure 3. Circuit diagram of P-HNM.

な振幅 2V, パルス幅 0.5s の波形を出力可能であることを示している。その結果、P-HNN がロボットの前進・後進運動を制御可能であることを示している。



(a) Forward locomotion (b) Backward locomotion

Figure 4. Output waveform of the generated locomotion pattern.

4. 結論

本稿では、P-HINN を用いて MEMS マイクロロボットの歩行運動の生成を行った。その結果、MEMS マイクロロボットの動作制御回路である P-HINN は、ロボットの前進・後進の出力波形を出力可能であることを明らかにした。

謝辞 本研究は科研費(23760243), 日本大学学術研究助成金(総合研究「総 11-002」)の助成を受けたものである。また、日本大学マイクロ機能デバイス研究センターの支援を受けた。

参考文献

- [1] E. Edqvist, N Snis, R C. Mohr et al, "Evaluation of building technology for mass producible millimeter-sized robots using flexible printed circuit boards," J. Micromech. Microeng pp.1-11, 2009.
- [2] T. Endo and S. Mori,"Mode analysis of a ring of a large number of mutually coupled van del Pol oscillators," IEEE Trans. Circuits Syst., vol.25, no.1, pp.7-18, 1978. pp.1799-1806, JULY, 2003.
- [3] J. Matsuoka, Y. Sekine, K. Saeki and K. Aihara, "Analog Hardware Implementation of a Mathematical Model of an Asynchronous Chaotic Neuron", IEICE Trans. Fundamentals, vol. E85-A, no. 2, pp. 216-221, Feb. 2002.