

人工筋肉ワイヤにより駆動するラット型ロボットを制御する ニューロモルフィック回路の集積化に対する検討

A Study on Integration of Neuromorphic Circuits for Controlling Rat-Type Robots Driven by Artificial Muscle Wires

○佐藤巧¹, 野口裕太², LYU SHUXIN³, 齊藤健⁴

*Takumi Sato¹, Yuta Noguchi², Shuxin Lyu³, Ken Saito⁴

Abstract : The authors are studying a rat-type robot driven by artificial muscle wires and neuromorphic circuits that mimic the nervous systems of living organisms. Although the precise mechanism of biological gait generation remains unclear, mimicking neural systems using analog electronic circuits may enable simple, biologically inspired control without the need for digital processing. We have been developing a quadruped robot system that requires no digital control, using analog circuits that emulate biological neural functions. Previously, we successfully implemented such analog circuits in a quadruped robot to generate gaits responsive to pressure sensor inputs at the feet, allowing adaptive gait transitions based on walking speed. In this paper, we report the design and testing of a discrete neuromorphic analog circuit intended for a rat-shaped robot driven by artificial muscle wires. The results confirmed that the circuit produced sufficient output to actuate a single joint of the robot..

1. はじめに

近年、災害時や日常生活において活躍が期待されている。自律型四足歩行ロボットの研究開発が盛んにおこなわれている。自律型四足歩行ロボットの一例として、不整地における歩行を可能としているBigDog^[1]がある。一般的な自立型四足歩行ロボットでは、多様なセンサに加えプログラミングを用いた制御を行っている。しかし実際の生物は歩行時に複雑な計算やそれに伴う制御を行わず、脊髄において歩行パターンを生成していると考えられている。この生物による歩容生成の原理の詳細は未だ解明されていないが、生物の神経系の機能をアナログ電子回路モデルを用いて模倣することにより、デジタル制御を用いず簡単な制御で歩容を生成可能なロボットを実現できる可能性がある。

我々は、デジタル制御を必要としない四足歩行ロボットシステムの開発を行っている^[2]。神経系の機能を模倣したアナログ回路を用いることで、従来のデジタル制御とは異なる、生物の制御メカニズムによるロボットの運動制御が実現可能になると考えられる。先に我々は、生物の神経回路の動作を模したアナログ電子回路を四足歩行ロボットに組み込み、歩容を生成することに成功した^[3]。開発したロボットは、足先に取り付けた圧力センサからの入力に応じて、移動速度に適した歩容を自律的に切り替えることができ、アナログ回路による神経模倣制御を実現した。

本論文では、ラットの筋肉構造を人工筋肉ワイヤで模倣して駆動するラット型ロボットに搭載するニュー

ロモルフィック回路のディスクリート回路を作製した。作成した回路の測定を行った結果、ラット型ロボットの1つの関節を動かすために必要となる出力が得られたことを確認したため報告する。

2. ラット型ロボット

Figure 1 に開発中のラット型ロボットを示す。

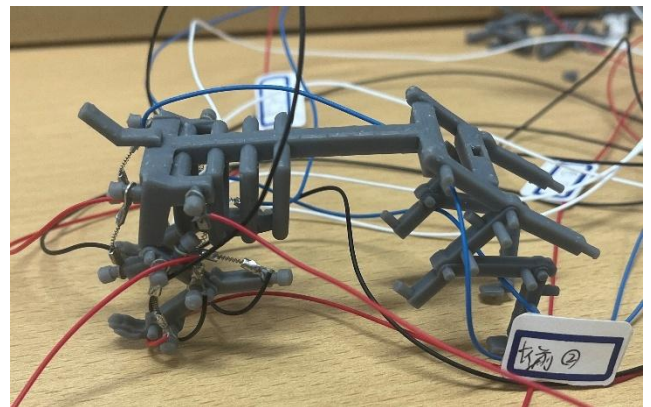


Figure 1. Rat-type robot

ラット型ロボットは人工筋肉ワイヤ、ニューロモルフィック回路を搭載している。実際のラットの筋肉を模倣した人工筋肉ワイヤが、ニューロモルフィック回路の出力により伸縮することによって前腕と上腕を動かす、歩容を生成する。

3. ニューロモルフィック回路

Figure 2 にラット型ロボット用ニューロモルフィック

回路の概略図を示す。今回作製したニューロモルフィック回路は細胞体モデルと抑制性シナプスモデル、遅延機能付き興奮性シナプスモデルで構成した。抑制性シナプスモデルは細胞体モデルの発振を抑制する回路である。また、遅延機能付き興奮性シナプスモデルは、細胞体モデルの発振を遅延させ、細胞体モデルの発振を促進する回路である。これらの回路を Figure 2 のように組み合わせることにより、2つの細胞体モデルを交互にバースト発振させることを可能にする。また、このとき人工筋肉ワイヤは、 C_{f1} が発振している際収縮し、 C_{e1} が発振している際は伸長する。このように動作することにより、ラット型ロボットの1つの関節を制御することが可能となる。

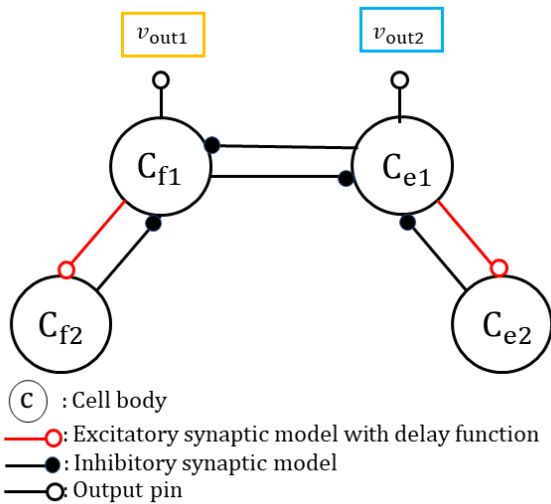


Figure 2. Schematic diagram of neuromorphic circuit

4. 測定結果

作製したディスクリート回路の波形測定を行った。波形測定の結果を Figure 3 に示す。

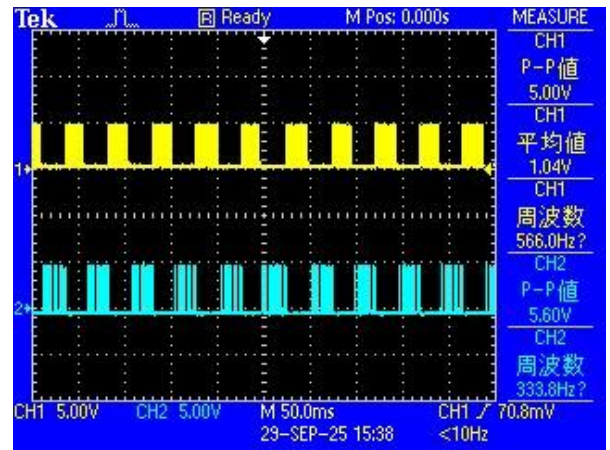


Figure 3. Measurement results of the neuromorphic circuit of the rat-type robot

5. まとめ

本論文では、ラット型ロボット用ニューロモルフィック回路のディスクリート回路を作製し、その回路の測定を行った。結果として、細胞体モデルが交互に発振することを確認した。今後は本回路を組み合わせることにより、1つの関節だけではなく、1つの脚全体の制御が可能な回路を作製し、測定を行っていく予定である。

6. 参考文献

[1] M. Raibert, K. Blankespoor, G. Nelson, R. Playter: "BigDog the Rough - Terrain Quadruped Robot", IFAC Proceedings Volumes, Volume 41, pp.10822-10825, 2008
 [2] K. Saito, M. Ohara, M. Abe, M. Kaneko, F. Uchikoba: "Gait Generation of Multilegged Robots by using Hardware Artificial Neural Networks.", IntechOpen, pp.29-50, 2017.
 [3] Y. Takei, K. Morishita, R. Tazawa: "Development of Quadruped Robot Generating Animal-like Gaits Utilizing Independent Neuro-Circuits", The 32nd Workshop on Circuits and Systems, pp.222-227, 2019