

## 四足歩行ロボットに搭載する 集積化ニューロモーフィック回路の出力測定

### D-2 Measurements of Integrated Neuromorphic Circuit for Quadruped Robot

加藤 真也<sup>†</sup> 宇佐見 雄<sup>†</sup> 榊 亜理沙<sup>†</sup> 黒澤 実花<sup>††</sup> 佐々木 拓郎<sup>††</sup>

小原 正也<sup>††</sup> 武井 裕樹<sup>††</sup> 齊藤 健<sup>†</sup>

Shinya KATO<sup>†</sup> Yu USAMI<sup>†</sup> Arisa SAKAKI<sup>†</sup> Mika KUROSAWA<sup>††</sup> Takuro SASAKI<sup>††</sup>

Masaya OHARA<sup>††</sup> Yuki TAKEI<sup>††</sup> Ken SAITO<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 日本大学理工学部 <sup>††</sup> 日本大学大学院理工学研究科

<sup>†</sup> College of Science and Technology, Nihon University <sup>††</sup> Graduate School of Science and Technology, Nihon University

#### 1. はじめに

現在開発されているロボットの多くは、多種多様なセンサから得た情報から膨大な量の計算をおこなう歩行している。一方で、生物は歩容と呼ばれる歩行パターンを切り替えることで、効率の良い歩行をおこなっている[1]。生物が歩容を生成している仕組みをロボットに取り入れることで、歩行に必要な計算量を削減できる可能性がある。先に我々は、ニューロモーフィック回路を利用することで、能動的に歩容を生成することが可能な四足歩行ロボットを開発した[2]。本稿では、集積化したニューロモーフィック回路の出力測定をおこなったので報告する。

#### 2. 集積化したニューロモーフィック回路

図1に集積化したニューロモーフィック回路の回路図を示す。各回路定数はそれぞれ  $V_A = 2.6$  [V],  $V_{DD} = 0.95$  [V],  $C_{IS} = 1$  [nF],  $C_G = 10$  [nF],  $C_M = 1$  [pF], W/L比が  $M_{S1} = 10/10$ ,  $M_{S2} = 40/2$ ,  $M_{S3} = 10/100$ ,  $M_{S4} = 20/2$ ,  $M_{S5} = 10/100$ ,  $M_{S6} = 40/2$ , である。 $C_{IS}$ ,  $C_G$ は外部に設けた。本回路は生物のニューロンの機能を模倣した回路であり、細胞体モデルと抑制性シナプスモデルで構成した。細胞体モデルは周期的にパルス状の電圧を出力する発振器であり、抑制性シナプスモデルは結合強度に応じて細胞体モデルの発振周期を延長する回路である。すなわち、本回路では結合強度調整電圧  $v_W$  に応じて、パルスの発振周期を延長することが可能である。実際にロボットに実装した場合、細胞体モデルがパルスを出力するたびに、一定角度ずつ脚を動作する。脚先の圧力センサに応じた電圧を、回路内の抑制性シナプスモデルに結合強度調整電圧として印加することで、細胞体モデルが出力するパルスの発振周期を変更して脚の駆動速度を変更する。これまでの回路はディスクリート素子を用いて回路基板上に実装していた。集積化

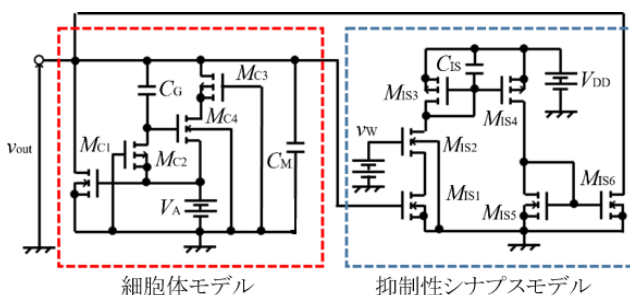


図1 集積化したニューロモーフィック回路

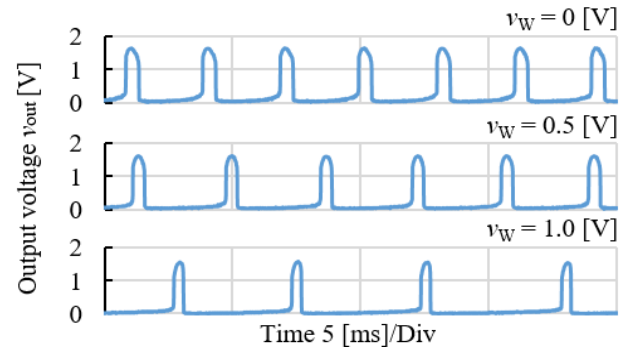


図2  $v_W$ を変更した際の出力波形

を施すことで、素子による誤差の減少により、各脚に搭載した四つの回路の安定した出力が期待できる。今回、ニューロモーフィック回路の回路定数を変更し、抵抗を MOSFET に置き換えることで集積化を可能にした。

集積化したニューロモーフィック回路に印加する、結合強度調整電圧  $v_W$  を変更した際の出力波形を図2に示す。図2は、 $v_W$  を変更することで発振周期の変更が可能であることを示している。 $v_W = 0$  [V]を圧力センサに入力が無い場合とし、 $v_W = 1.0$  [V]を圧力センサに入力される最大値を対応した場合、圧力センサの入力に応じてニューロモーフィック回路が発振周期を変化する。これらの結果より、従来の回路と同様に、圧力が高くなるに従い脚を遅く駆動し、圧力が低くなるに従い脚を速く駆動することが可能である。

#### 3. まとめ

本稿では、集積化したニューロモーフィック回路の出力測定をおこなった。測定結果より、集積化ニューロモーフィック回路が四足歩行ロボットの制御に利用可能であることを明らかにした。今後は本回路を四足歩行ロボットに搭載し、実際に歩行実験をおこなう予定である。

#### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18K04060 の助成を受けたものです。また、日本大学理工学研究所先導研究推進助成金の補助を受けました。本チップ試作は東京大学大規模集積システム設計教育研究センターを通し、各社の協力でおこなわれたものです。

#### 参考文献

- [1] Hoyt, D.F. *et al*, Nature, vol.292, pp. 239-240, 1981.
- [2] 武井ほか, 回路とシステムワークショップ論文集, 32 巻, pp. 222-227, 2019.