

生物を模倣した受容細胞モデルの集積回路化に対する検討

A Study on Integrated Circuits of Receptor Cell Models Mimicking Living Organisms

大隈 井輔[†] 高柳 拓生^{††} 加藤 真也^{††} 森下 克幸^{††} 武井 裕樹^{††} 齊藤 健[†]

Isuke OKUMA[†] Hiroki TAKAYANAGI^{††} Shinya KATO^{††} Katsuyuki MORISHITA^{††} Yuki TAKEI^{††} Ken SAITO[†]

[†] 日本大学理工学部精密機械工学科 ^{††} 日本大学大学院理工学研究科精密機械工学専攻

[†] Department of Precision Machinery Engineering, College of Science and Technology, Nihon University

^{††} Department of Precision Machinery Engineering, Graduate School of Science and Technology, Nihon University

1. はじめに

マイクロロボットは、人間が作業をおこなえない狭い空間での活躍が期待されている。我々は、生物のニューラルネットワークをアナログ電子回路で模倣し、マイクロロボットの駆動回路に応用する研究をおこなっている。先に我々は、中枢パターン生成器を模倣したモデルをマイクロロボットの駆動回路として搭載し、歩行に成功した[1]。しかし、開発したマイクロロボットはセンサを搭載しておらず、外部の情報を得られない。そこで我々は、生物の感覚器内に存在する受容細胞の機能を模倣した受容細胞モデルを開発した。受容細胞をマイクロロボットに搭載し、歩行動作の停止や旋回などの機能を獲得する計画である。

本稿では集積回路で作製した受容細胞モデルを測定し、発振特性を明らかにしたので報告する。

2. 受容細胞モデル

受容細胞は生物の感覚器に存在する神経細胞で、外界からの刺激を受け、得た情報を電気信号に変換し神経系へと伝達する機能を持つ[2]。

図1に受容細胞モデルの回路図を示す。受容細胞モデルは v_{out} からパルス波形を出力する発振回路である。発振の開始には、 V_A に対してある一定の電源電圧を印加し、かつ V_{PG} に一定の範囲に収まる大きさの電圧を印加する必要がある。出力するパルス波形の発振周波数は印加する V_{PG} の大きさで変化し、 V_{PG} が大きいほど発振周波数は低くなる。

3. 測定結果

図2に V_{PG} が変化した場合の、受容細胞モデルの発振周波数特性を示す。同図には V_{PG} を0Vから1.3Vの範囲で変化させ、出力されたパルスの周波数を記録した。回路定数はそれぞれ、MOSFET: $M_{RC1}=W/L=3\mu\text{m}/10\mu\text{m}$, $M_{RC2}=1.2\mu\text{m}/10\mu\text{m}$, $M_{RC3}=10\mu\text{m}/1.2\mu\text{m}$, $M_{RC4}=21\mu\text{m}/1.0\mu\text{m}$, キャパシタ: $C_G=3.3\text{nF}$, $C_M=1.8\text{nF}$, 電源: $V_A=3.6\text{V}$ とした。

受容細胞モデルは V_{PG} が0.1Vから0.75Vの範囲で発振し、 V_{PG} が増加するに従い発振周波数が低くなる特性を確認した。この結果は、受容細胞モデルが V_{PG} の値が特定の範囲でのみ発振をおこなない、発振周波数が V_{PG} の変化に対して変化することを示している。

4. まとめ

本稿では、集積回路で作製した受容細胞モデルの測定をおこなない、発振周波数特性を明らかにした。測定の結果

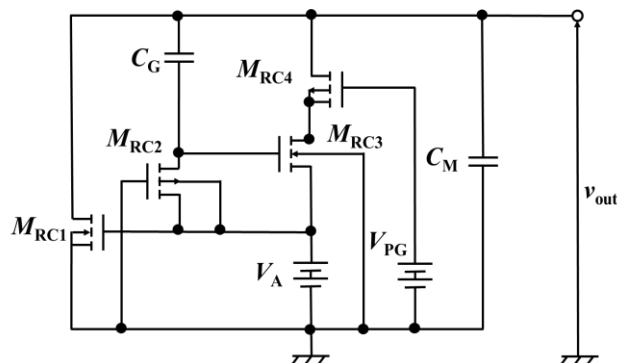


図1 集積化した受容細胞モデルの回路図

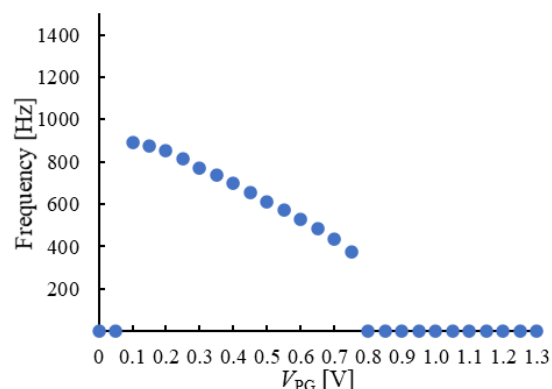


図2 V_{PG} の変化に対する発振周波数特性

より、 V_{PG} が0.1Vから0.75Vの範囲でパルス波形を出力し、 V_{PG} が増加した場合に周波数が減少する特性であることを明らかにした。

今後、センサを接続した本モデルの動作実験をおこなうとともに、マイクロロボットへの実装に向けて本モデルの改良をおこなう予定である。

謝辞

本研究は、東京大学 d.Lab(旧 VDEC)活動を通して、日本シノプシス合同会社、日本ケイデンス・デザイン・システム社、メンター・グラフィック・ジャパン株式会社の協力で行われ、本チップ試作はオンセミコンダクター新潟(株)、凸版印刷(株)の協力で行われたものである。

参考文献

- [1] Ken Saito, Masaya Ohara, Mizuki Abe, Minami Kaneko and Fumio Uchikoba, "Gait Generation of Multilegged Robots by using Hardware Artificial Neural Networks," INTEC Advanced Applications for Artificial Neural Networks, pp. 29-50, 2018
- [2] 清水 豊, "感覚知覚のメカニズム" 繊維機械学会誌 1984年 37巻 10号 p. P389-P395