

昆虫型ロボットへの活用に向けた CPG モデルの開発 Development of CPG Model Toward Utilizing for Insect-Type Robot

○山口貴大¹, 森下克幸², 武井裕樹³, 齊藤健⁴Takahiro Yamaguchi¹, Katuyuki Morishita², Yuki Takei³, Ken Saito⁴

Abstract: In this paper, we have developed a CPG model for use in controlling a six-legged walking robot that imitates insects. CPG is a central pattern generator, which is a neural circuit that patterns the movements of animals such as walking. The designed CPG uses an extensor neuron model and a flexor neuron model to resemble insects than the conventional one. The extensor neuron model and the flexor neuron model were combined at the excitatory and inhibitory synapses. As a result, it was confirmed on simulation that the designed CPG can output the waveform necessary for controlling the 6-legged walking robot.

1. はじめに

昆虫は、様々な優れた能力を持っている。特に神経系が優れている。昆虫の神経系を構成するニューロンの基本的な構成と機能は哺乳類と同じである。しかし、哺乳類の持つ神経系を構成するニューロン数は 1000 億に対し、昆虫は 10~100 万と非常に少ない。その 100 万程度のニューロン数で、歩行や状況判断などの脳の信号処理をおこなっていることは非常に稀有なことである。まだ解明はされていないが、昆虫には本能的行動、記憶学習行動、社会行動、認知行動といった多様な行動様式を持っているとされている。^[1]その優れた能力をロボットに模倣させることで、より多様な環境で活躍することが期待されている。そのために、まず昆虫の歩行について着目した。

昆虫は、6本の足を1本ずつ動かすウェーブ歩行と3本の足が1組になって足を動かすトライポッド歩行の2種類の歩行法がある。^[2]このような複雑な歩行は、脊髓や脳幹に存在する神経回路が動作をパターン化することで制御しているといわれている。^[3]その神経回路をハードウェア上で再現することにより、昆虫のように環境の変化に自律的に対応した歩行をするロボットの研究が行われている。

本研究では、昆虫を模倣した六足歩行ロボットの制御に用いることを想定とした CPG モデルの開発を行ったので報告する。

2. ハードウェアニューラルネットワーク

Figure 1 にハードウェアニューラルネットワークを構成する細胞体モデル、興奮、抑制性シナプスモデルの回路図を示す。

Figure 1(a)は、細胞体モデルである。細胞体モデルは、ニューロンの持つ活動電位、閾値、不応期の特性を再

現したパルス出力の発振器である。

Figure 1(b)は、興奮性シナプスモデルである。興奮性シナプスモデルは、 V_{EIn} に入力を受けると細胞体モデルへ発振を促す信号を送るものである。

Figure 1(c)は、抑制性シナプスモデルである。抑制性シナプスモデルは、 V_{In} に入力を受けると細胞体モデルへ発振を抑制する信号を送るものである。

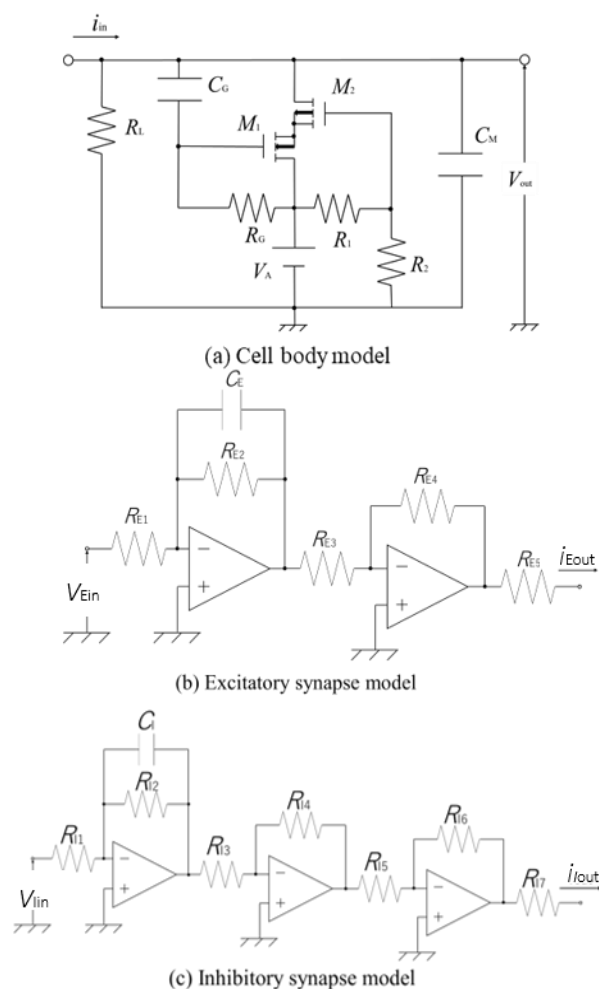


Figure 1. Cell body and Synapse model

3. CPG モデル

Figure 2 にハードウェアニューラルネットワークの構成要素を用いて構築した CPG モデルの概略図を示す。CPG とは中枢パターン生成器のことで、動物の歩行、遊泳、飛行などの移動動作をパターン化する神経回路である。赤線で囲んだ部分は、ニューロン群である。計6つで6本の各足に対応している。

今回設計した CPG モデルは、従来のものと違い伸筋ニューロンモデルと屈筋ニューロンモデルの2つを用いている。伸筋ニューロンモデルと屈筋ニューロンモデルは互いを興奮性シナプスと抑制性シナプスで結合しているニューロン対である。そのため、波形がずれて出力される。このずれを利用することで、トライポッド歩行が実現できる。

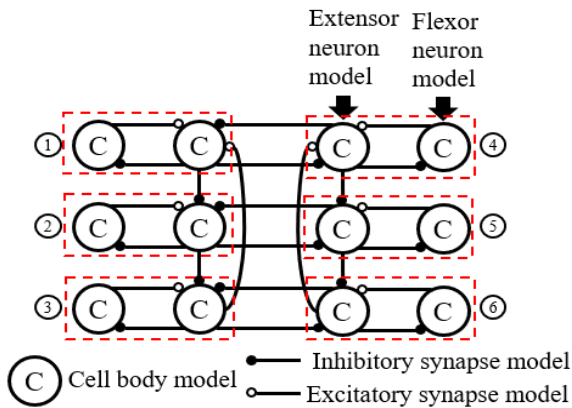


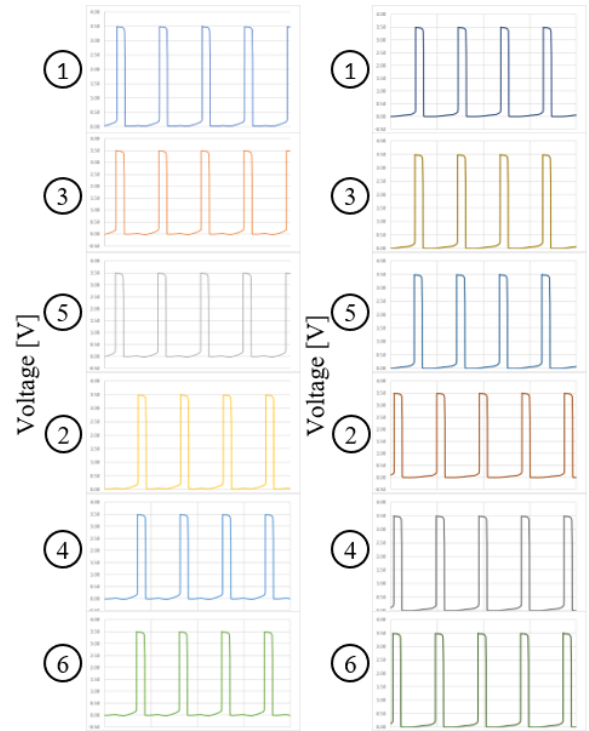
Figure 2. Constructed CPG model

4. シミュレーション結果

Figure 3 に伸筋ニューロンモデルと屈筋ニューロンモデルの細胞体の発振を示す。伸筋ニューロンモデルと屈筋ニューロンモデルを用いて、トライポッド歩行が実現できる回路の作成を行った。

トライポッド歩行とは、1本おきの3脚、つまり①, ③, ⑤と②, ④, ⑥をそれぞれ組にして、2組を交互に動かす歩行である。

この CPG モデルは、周期的な運動出力を伸筋ニューロンモデルと屈筋ニューロンモデルに与えることができる。伸筋ニューロンモデルは細胞体が発振すると足を上と前に動かすことができ、屈筋ニューロンモデルは細胞体が発振すると足を下と後ろに動かすことができる。まず、足は伸筋で上に持ち上げたあと前に動かし、その後、屈筋で下におろしたあと後ろに動かす。この動作を繰り返し行うことにより、地面を蹴って進むことができる。この動きを利用することで、より昆虫に近い歩行を再現できると考えた。



(a) Extensor neuron model (b) Flexor neuron model

Figure 3. Constructed CPG model

5. まとめ

シミュレーションにおいて、伸筋と屈筋によって6足で歩行するロボットの足を機能させるために、必要な波形を出力することが可能な CPG モデルを開発した。今後は、足を人工筋肉ワイヤで作成した6足のロボットへ搭載し、伸筋と屈筋の動作の確認と問題の改善を行っていく。

6. 参考文献

[1] 神崎亮平：「昆虫の神経系と適応行動」, 日本ロボット学会誌, Vol.23, No.1, pp.27~31, 2015
 [2] 三浦宏文：「マイクロマシン・マイクロメカニズムとロボット」, 日本ロボット学会誌, Vol.8 No.4 pp.58~62, 1990
 [3] 川島則天：「歩行運動における脊髄神経回路の役割」, 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究紀要, 30号, pp.9~14, 2009