

E-1

ハードウェアニューラルネットワーク CPG モデルによる歩行タイミング発生と ヒューマノイドロボットによる動作検証

Hardware Neural Networks Generate Walk Timing and Testing by Humanoid Robot Motion

○武田健嗣¹, 武井祐樹¹, 松井英樹¹, 金子美泉², 齊藤健², 内木場文男²

*Kenji Takeda¹, Yuki Takei¹, Hideki Matui¹, Minami Kneko², Ken Saito², Fumio Uchikoba²

Abstract: Many robots are operated under a program control by a microcontroller. However, it is difficult to control all actions in various situations. Therefore, an artificial neural network modeling a neuron of living organisms has attracted attention. The organism has a central pattern generator (CPG) that generates a constant motion rhythm. It is expected that the CPG will develop robots with motor functions such as humans and animals. We constructed a CPG by the hardware model, and verified the walking behavior of humanoid robot.

1. はじめに

ロボットは多岐にわたり普及している。産業分野では多くの機械電気製品の作製を担い、医療福祉分野では高度な手術補助ロボットや精神療法を目的としたセラピーロボットが開発されている。災害現場においてもロボットの活躍が期待されている。これらロボットの多くはマイクロコントローラによるプログラム制御によって動作している。しかし、プログラムによって制御されているため、変化に対する能動性に欠けるという課題がある。特に災害現場のような予測困難な状況では、ロボット自身が判断する自律化が重要となる。

一方で、我々人間や動物といった生物は変化に対し柔軟に対応することができる。例えば、歩行や遊泳といった一定のリズムを持つ運動は体を意識せずに行うことができる。これを可能にするのが脳や脊髄を構成する神経細胞のネットワークである。その中でも脊髄に局在し、一定のリズム運動を生成する中枢パターン発生器(Central Pattern Generator : CPG)が注目されている。この CPG の持つ機能をロボットに適応することで、環境変化に対して適切な運動が可能なロボットの開発が期待される。

CPG は、神経細胞のネットワークを工学的にモデル化した人工ニューラルネットワークにより構築する。モデル化にはソフトウェアとハードウェアのアプローチが存在する。環境変化への即時対応を考えたとき、ソフトウェアではネットワークが複雑化すると処理に時間が掛かる。能動的な変化に対してはハードウェアによる構築が有利である。

ロボットの移動機構も様々な環境に適応するための重要な要素である。移動を伴うロボットの多くは車輪・クローラ型が多い。しかし、大きく割れた地面や

飛び石があるとき移動が困難であり活動が制限されてしまう。そこで生物の持つ脚による歩行移動が提案されている。歩行移動は変形した地面に有利であり、人間環境への適応も可能となる。特に、二足歩行により人間に近い活動が可能なヒューマノイドロボットが注目されている。人間と同じ機能を持つロボットであれば災害現場以外でも、人間の作業を担うことが可能となる。

これまでに CPG による二足歩行用のモデルが多賀らによって提案された^[1]。また佐伯らは、ハードウェア CPG モデルによる二足歩行のタイミング生成について報告している^[2]。我々の研究室では四足歩行ロボットの CPG による歩容変化について研究を行ってきた^[3]。

本研究では、人間環境での活動を想定し、人体寸法比率に合わせたヒューマノイドロボットを提案する。また、ハードウェア CPG モデルによる二足歩行タイミングを生成し、動作検証を行ったので報告する。

2. CPG モデル

CPG モデルは、細胞体モデルとシナプスモデルにより構成したパルス形ハードウェアニューラルネットワークによって構築した。細胞体モデルは、生物の持つ神経細胞と同様にパルス電圧を発生させる。発生したパルスがシナプスモデルを通り、パルスを抑制あるいは促すことでパターンを生成する。今回は細胞体モデル 4 個と抑制性シナプスモデルを 12 個使用し、CPG モデルを構築した。抑制性シナプスモデルにより、細胞体の発振が抑制され逆相同期現象を起こし、順々にパルスが発生することで歩行タイミングを生成する。トリガーパルスを入力することで任意の細胞体から順

1 : 日大理工・院 (前) 2 : 日大理工・教員・精機

番にパルスの発生を調整し、ロボットの歩行の際に動作とパルスの発生順を合わせることで動作タイミングを生成した。Figure1 に作製した CPG モデルと測定結果を示す。

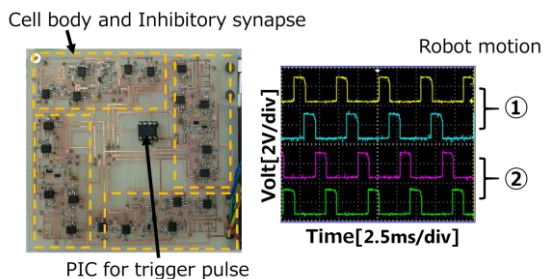


Figure 1. CPG model and measurement result

発生した 4 つのパルスの内、2 パルス分をロボットの 1 動作分とし歩行タイミングとする。この時パルス幅 0.15s, パルス周期 0.60s とした。

3. ヒューマノイドロボット

ヒューマノイドロボットは人体寸法比率に合わせて設計を行った。Figure2 に 3D モデルを示す。歩行による動作検証を行うため、頭部、胴体及び脚部の構成とした。CPG からのタイミングをサーボモータを制御するコントロールボードへ入力することで、ロボットが動作する。

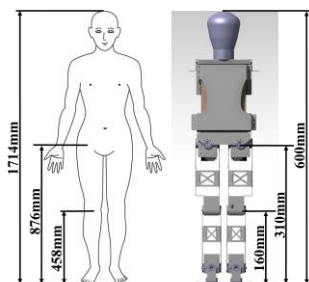


Figure2. 3D model and human body

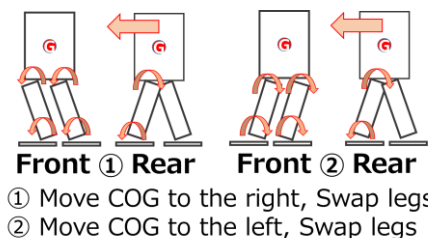


Figure3. Method to generate walking motion

Figure3 に歩行動作の生成について示す。歩行動作は 2 つの姿勢移動により生成、歩行時のバランスはジャイロセンサによって検知し制御する。CPG からタイミ

ングを受け取ることで、姿勢移動を繰り返し歩行動作を行う。生成した動作の姿勢移動時間は 0.3s, 歩行周期 0.6s となった。これにより CPG からのパルスと歩行動作の周期を合わせることが可能となる。

4. 動作検証

作製したヒューマノイドロボットに CPG モデルを搭載し、動作検証を行った。2 つ分のパルスにより歩行動作が可能であることを確認した。Figure4 に動作検証について示す。

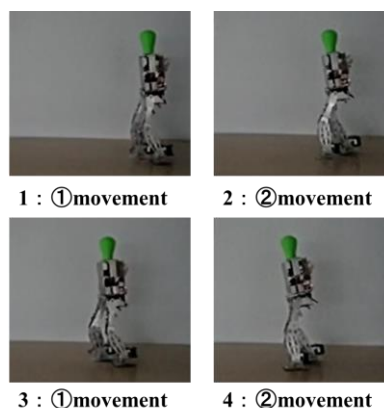


Figure4. Walk motion result

5. 結論

本論文では、ハードウェア CPG モデルの構築と歩行タイミングの生成による、ヒューマノイドロボットの動作検証を行った。CPG からのタイミングによりロボットの歩行動作が可能であることを確認した。しかし、継続しての歩行は難しく、歩行時のバランスや歩行生成についてセンサの追加やシミュレーション等による検証を行う必要がある。また、状況に応じて CPG のタイミングを 4 パルス時と 2 パルス時といった歩行の切り替えができるようにタイミングの調整を目指したい。

6. 参考文献

[1] Gentaro Taga: "A model of the neuro-musculo-skeletal system for human locomotion", Biological Cybernetics, vol.73, pp.99-111, 1995
[2] 佐伯勝敏, 二瓶乃亮: "二足歩行用ハードウェア CPG モデルの集積化" 第 回電気学会電気電子・情報・システム部門大会講演論文集, pp.483-486, 2016
[3] D. Tanaka, D. Ngashima, T. Hidaka, M. Takato, K. Saito, F. Uchikoba: "Gait pattern changing of quadruped robot using pulse-type hardware neural networks", Artificial Life Ro-botics, vol22, no1, pp.102-107, 2017