

速度制御および歩行停止可能な二足歩行ロボットのハードウェア CPG モデル A Study on a Hardware CPG Model of a Bipedal Robot Capable of Speed Control and Walking Stop

○坂田将哉¹, 佐伯勝敏²

*Masaya Sakata¹, Katsutoshi Saeki²

Abstract : In addition to commands from the brain, it is said that the gait of living organisms is controlled by a rhythm generator called CPG. In this paper, we suggest that a hardware CPG model of a bipedal robot that can control speed and stop walking by circuit simulator.

1. まえがき

生体の歩行は、脳からの指令以外に、CPG と呼ばれるリズム生成器によって制御されているといわれている。CPG は感覚フィードバックによるパターン修正を行うことで、環境に応じた運動制御を可能にする^[1]。

本論は、速度制御および歩行停止可能な二足歩行ロボットのハードウェア CPG モデルについてシミュレーションにより検討を行ったので報告する。

2. 本論

図1に、パルス形ハードウェアニューロンモデル(P-HNM)で構成される介在細胞集団モデル(ICM : Interstitial Cell Model)の構成図を示す。P-HNMは、生体における細胞体の発火現象を模した電気信号を出力する他励振細胞体モデル、細胞体モデルの出力を時空間的に加算する積分器、積分器の出力をパルス変換する二重インバータで構成している。また図中の○は興奮性、●は抑制性シナプスモデルを示しており、それぞれ接続先の P-HNM の細胞体モデルの発火を誘引・抑制させる。ICM は初段に外部信号を入力することで動作し、使用する P-HNM の数に応じた低周波数パルス波を生成することが可能である。



図1 ICM の構成図

図2に、9つの P-HNM で構成した ICM のシミュレーション結果を示す。同図の VrgneN, VrgpN (N=2,5,9) はそれぞれ N 段目の P-HNM の細胞体の出力、二重インバータの出力を示す。同図は、段数が増すごとに各 P-HNM が異なるパルス幅を持つパルス波形を出力していることを示している。

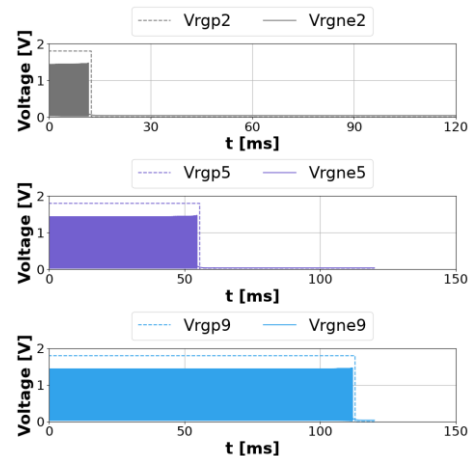


図2 ICM のシミュレーション結果

図3に、今回提案する二足歩行ロボットの CPG モデルの構成図を示す。図中(a)の CPG モデルは、9 段の ICM2 つで構成され、二相同期波形を出力するリズム生成(RG)部、膝の制御信号と股関節の制御信号を形成するパターン形成(PF)部、モーターへパターン信号を入力するモーターニューロン(MN)部で構成している。図中の SOC は自励振細胞体を示しており、SOC の発火により動作を開始する。図中(b)の接地遊脚情報処理回路は、PF 部の各 P-HNM のパルス出力と、ロボットの足裏に取り付けた圧力センサの信号を入力し、不整地における接地タイミングのずれを補正するための回路である。MN 部の各細胞体の発火を誘引または抑制し、MN 部の各パルス信号のパルス幅を変調することで不整地での歩行を可能にする。速度制御回路は、上位中枢からの指令を想定した外部入力信号に応じて、RG 部の各細胞体の発火を誘引または抑制することで周波数を変化させる。動作停止回路は、物体を検知する光電センサの信号と、両足の圧力センサ信号を入力し、歩行を停止させるための回路である。物体を検知すると、RG 部の各細胞体の発火を抑制し、動作を停止させる。

図4に、CPG モデルの MN 部の出力を示す。上段左のグラフは図3(a)の Vmnh の出力、上段右のグラフは

1 : 日大理工・院(前)・電子, 2 : 日大理工・教員・電子

図3(a)中の V_{mnh}' の出力, 中段左は図3(a)中の V_{mne} の出力, 中段右は図3(a)中の V_{mne}' の出力, 下段左は図3(a)中の V_{mnf} の出力, 下段右は図3(a)中の V_{mnf}' の出力に対応する. また, 各波形の末尾 p , ne はそれぞれ, 二重インバータ出力, 細胞体出力を示す. 同図は, 股関節および, 膝の屈曲, 伸展のパターン信号が生成可能であることを示している.

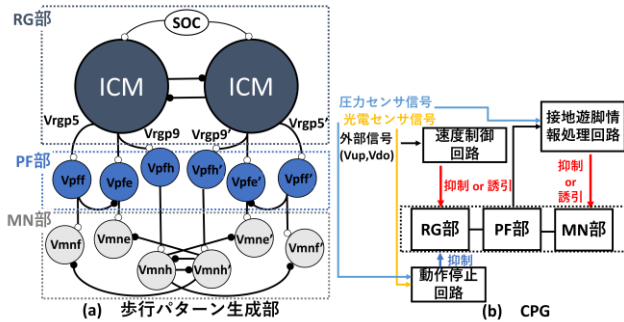


図3 CPGモデル

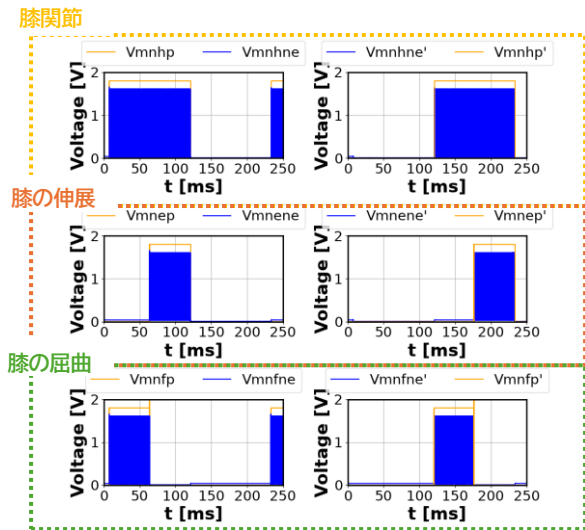


図4 CPGモデルのMN部の波形

図5に, 動作停止回路のシミュレーション結果を示す. 図中の V_{rgp4} , $V_{rgne4}(V_{rgp4}', V_{rgne4}')$ はそれぞれ, 図3で示したCPGの構成要素であるRG部内のICMの4段目のP-HNMの二重インバータ出力, 細胞体出力を示す. ただし, シミュレーション時間の短縮のため, RG部のICMは4段とした. 動作停止回路は, 光電センサが物体を検知したとき, 出力がHレベルとなりRG部の各細胞体を抑制させることで動作を停止させる. 図中赤線の V_{co} は, 動作停止回路の出力信号を示しており, V_{co} がHレベルの時, 発火が抑制され, 出力はLレベルを示すことを確認した. このことは, 動作停止回路により, 歩行停止が可能であることを示している.

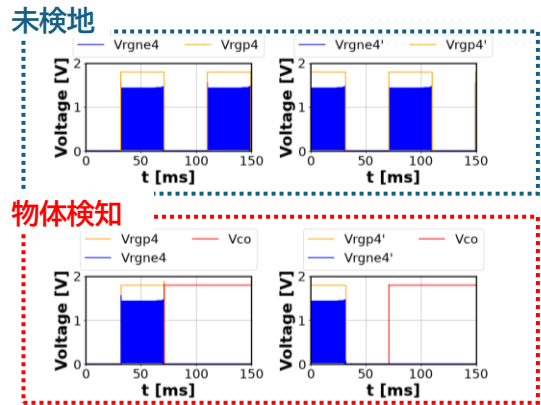


図5 動作停止回路のシミュレーション結果

図6に, 速度制御回路のシミュレーション結果を示す. 図5と同様4段構成のICMを用いている. 同図の V_{do} , V_{up} は, 上位中枢からの指令を想定した外部入力信号であり, V_{do} を印加した場合はパルス周波数が低下し, V_{up} を印加した場合はパルス周波数が上昇している. このことは, 速度制御回路により, 歩行速度が制御可能であることを示している.

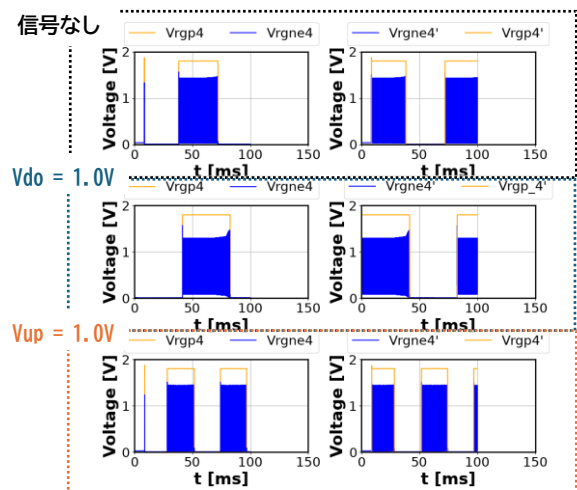


図6 速度制御回路のシミュレーション結果

3. まとめ

今回, 速度制御および歩行停止可能な二足歩行ロボットのハードウェアCPGモデルについてシミュレーションにより検討を行った. その結果, P-HNMにより構成したCPGモデルによる歩行パターン波形の生成および, 外部入力に応じたパルス周波数の変調, 物体検知時の動作停止が可能であることを明らかにした.

今後はロボット機体の検討およびモーター制御システムの検討を行う予定である.

4. 参考文献

[1] Marilyn MacKay-Lyons: "Central pattern generation of locomotion: a review of the evidence", Physical Therapy, Vol.82, No.1, pp.69-83, (2002)