

M-4

二足歩行ロボットのためのフィードバック信号で動作制御可能な CPG モデルに対する一検討

A Study on Gait Controllable CPG Model Using Sensor Feedback Signal for Biped Robot

○鈴木克典¹, 佐々木芳樹², 佐伯勝敏²*Katsunori Suzuki¹, Yoshiki Sasaki², Katsutoshi Saeki²

Abstract: In this paper, we propose a gait controllable CPG model using sensor feedback signal for biped robot with a pressure sensor under the foot which is constructed by link mechanism. As a result, it is clarified that the CPG model can be switched swing legs using sensor feedback signal. Furthermore, we confirm the operation of the designed IC chip that inputs sensor feedback signal.

1. まえがき

生物の運動は、上位中枢の命令による意識的な制御のほかに、脊髄内の中枢神経に存在すると言われていた Central Pattern Generator (CPG) による無意識下の歩行パターン制御が行われていると考えられている^[1]。また、CPG が生成する歩行リズムは、不整地などの環境情報を感覚神経のフィードバック信号により取得することで最適な歩容が自動的に選択されることが考えられている。そこで我々は、フィードバックを用いた CPG モデルを工学的に実現することで、高度な歩行制御を実現するロボット用 IC を作製することが可能であると考えた。

本論文では、ロボット脚の足裏に取り付けた圧力センサから取得したフィードバック信号により、CPG モデル内の構成要素である細胞体モデルの発火周波数を制御可能な回路構成について検討を行った。また、検討した CPG モデルを IC 化し、構築した圧力センサを有する二足歩行ロボットを用いて動作検証を行ったので報告する。

2. 本論

図 1 に今回提案する CPG モデルのブロック図を示す。同図において、モータの駆動時間を細胞体モデルの発火継続時間により制御している。細胞体モデルの発火信号は波形整形回路に入力され、モータの駆動に適した波形形状へと変換する。圧力センサによるフィードバック信号 V_{sig} を電流調整回路に入力することにより、細胞体モデルの発火周波数を変化させる。また、スイッチ回路は、立下りエッジ検出回路、電圧保持回路により構成した。本スイッチ回路は、他脚の波形整形回路の立下りエッジを検出することで動作し、電圧保持回路により電流調整回路をオフにする。この動作により、細胞体モデルの抑制が解除されて周波数が上

昇することで歩行状態は接地状態から遊脚状態へと移行する。

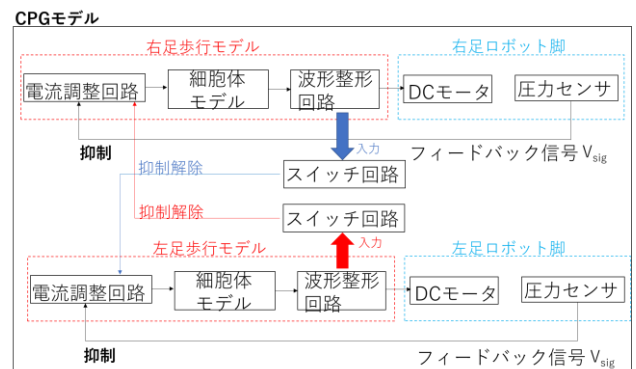
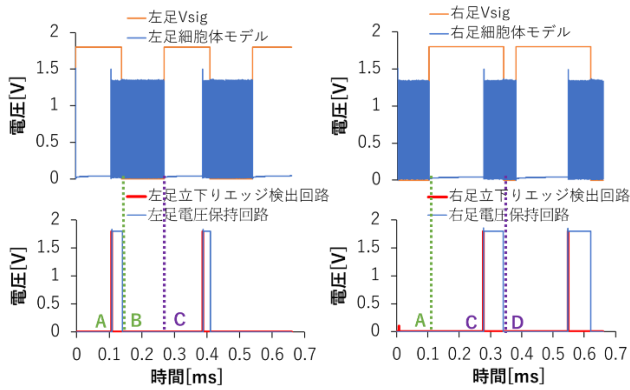


図 1 二足歩行ロボットシステムのブロック図

図 2 に、図 1 に示した CPG モデルの出力を示す。図中、横軸は時間を、縦軸は各回路ブロックの出力電圧を示す。図(a)は左足用の、図(b)は右足用の動作を想定したモデルであり、上部は細胞体モデルの出力電圧と V_{sig} を、下部はスイッチ回路内の立下りエッジ検出回路の出力電圧、電圧保持回路の出力電圧をそれぞれ示している。図(b)において、遊脚相にあった右足が 0.1ms 近辺の時刻 A で接地すると、左足の立下りエッジ検出回路が反応し、電圧保持回路が動作を始める。電圧保持回路は左足が遊脚に移行して V_{sig} が立下る時刻 B まで動作し、左足の抑制を解除する。その後、図(a)において、左足が遊脚から接地に移行した 0.3ms 近傍の時刻 C において、右足の立下りエッジ検出回路が反応し、電圧保持回路が V_{sig} の立下る時刻 D まで動作し、右足の抑制を解除することがわかる。これは、スイッチ回路により遊脚の切替えが可能であることを示している。

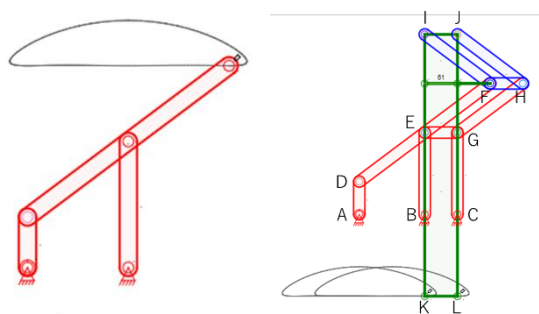
1 : 日大理工・院(前)・電子, 2 : 日大理工・教員・電子



(a)左足歩行モデル (b)右足歩行モデル

図2 CPGモデルの動作

図3に、今回作成するロボットに用いたリンク機構を示す。図(a)は、回転運動を疑似直線に変換するチェビシエフリンク機構であり、図(a)中の黒実線で示す半円状の軌跡を描くことが可能である。同機構は、簡単な構造で作製できるため二足歩行ロボットに応用されることが多い。しかし、この機構だけでは疑似直線部分を接地できないため、他のリンクを加えて疑似直線部分を接地可能な状態にすることが必要である。そこで、図(b)に示すように、頂点FHJで構成される平行リンクを追加したほか、IFJ点で固定され、KLで接地して疑似直線の軌跡を描く3節リンクを追加して、歩行可能な軌跡を描く設計とした。図(b)中の黒実線がKLの描く半円状の軌跡であり、疑似直線部分で接地することが可能であることを示している。また、点AはDCモータ部、点B、Cは固定部である。各リンクの長さは、 $AD=10\text{mm}$ 、 $AB=BC=EG=FH=IJ=KL=20\text{mm}$ 、 $BE=CG=DE=EF=GH=FI=HJ=25\text{mm}$ 、 $IK=JL=80\text{mm}$ とした。



(a)チェビシエフリンク (b)平行チェビシエフリンク

図3 リンク機構を用いた歩行ロボット脚部

図3(b)に示したリンク機構を用いて足裏に圧力センサを搭載したロボット脚部を作製した。同センサは、

圧力検知により抵抗値が減少する仕様であるので、分圧回路を構築して V_{sig} を生成した。図4に、ロボット脚部を駆動させた際の V_{sig} 、作製したICチップに V_{sig} を入力した場合の細胞体モデルの出力の時間波形を示す。図中、横軸は時間を、縦軸は V_{sig} 、細胞体モデルの出力電圧を示す。また、図中の赤実線は接地状態を、緑実線は遊脚状態を示す。同図より、ロボット脚部が遊脚時の V_{sig} は 0V 近傍の低い電圧値を、接地時の V_{sig} は 0.5V 付近と高い電圧値を示している。同図は、遊脚相、接地相それぞれにおいて圧力センサが適した V_{sig} を生成している。また、細胞体モデルの出力については、 V_{sig} の電圧が 0.5V 近傍を示す接地におけるタイミングのみ発火周波数が低下していることを示している。以上より、圧力センサの抵抗値の変化で生成される V_{sig} によって細胞体モデルの発火周波数を制御することが可能であることを示している。

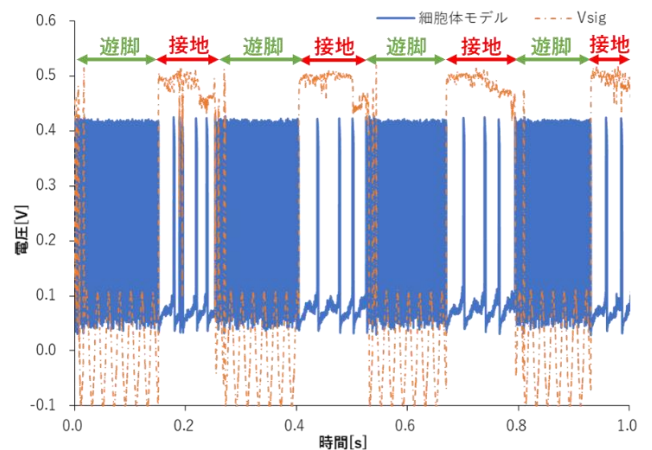


図5 脚部動作時の細胞体モデルの出力

3.まとめ

今回、二足歩行ロボットのためのフィードバック信号で動作制御可能な CPG モデルについて検討を行った。その結果、提案したスイッチ回路を用いることで、遊脚の切り替えが可能であることを明らかにした。また、ロボット脚の足裏に取り付けた圧力センサによるフィードバック信号をICチップに入力することで、ロボット脚のモータ駆動時間を制御する細胞体モデルの発火周波数を制御可能であることを明らかにした。

今後は、スイッチ回路を含めた本モデルのチップを用いた動作確認や、脚部の改良を行う予定である。

4.参考文献

[1]日置智子, 西井淳 “基本的な運動パターンを実現するための階層的な運動学習モデル” 信学技報 NC, pp.47-52, 2004.6.