

M-11

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

A Study on Controllable CPG Model by Feedback Signals for Bipedal Walking Robots

○鈴木克典<sup>1</sup>, 佐々木芳樹<sup>2</sup>, 佐伯勝敏<sup>2</sup>

\*Katsunori Suzuki<sup>1</sup>, Yoshiki Sasaki<sup>2</sup>, Katsutoshi Saeki<sup>2</sup>

Abstract: In this paper, we investigate controllable CPG (Central Pattern Generator) model by the feedback signal for bipedal walking robots with link mechanism using pressure sensors on the sole. As a result, it is clarify that can be controlled duty ratio and frequency of the CPG model by feedback signals.

1. まえがき

生物の運動は、CPG(Central Pattern Generator)と呼ばれる中枢神経内のニューロン群によって実現されていることが知られている<sup>[1]</sup>。生物は、上位中枢や感覚神経からのフィードバックを用いてCPG内のニューロン群で生成されるリズムパターンを変化させることで歩容を変えており、CPGを工学的に応用することで、ロボット等に高度な歩行運動を実装可能となることが期待できる。本論文では、足裏に圧力センサの装着を行い、簡単な構造で歩行動作を実現可能なリンク機構を用いた二足歩行ロボットを想定し、センサフィードバック制御が可能なCPGモデルについて検討を行ったので報告する。

2. 本論

図1に、今回提案するセンサフィードバックで制御可能なCPGモデルと、リンク機構によるロボット脚部の駆動部に用いたDCモータおよび圧力センサのブロック図を示す。同図は、自励発振を行うニューロンモデルに対し、足裏圧力センサの出力電圧を電流調整回路にフィードバックすることによって発火頻度の制御を行う。発火頻度は、積分回路によってパルスへと変換され、リンク機構のモータ制御を行う。

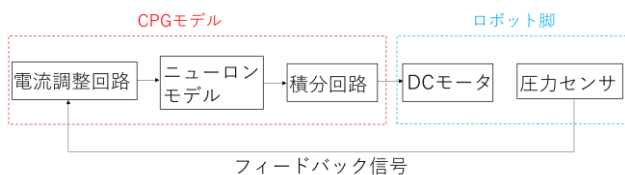


図1 二足歩行ロボットシステムのブロック図

図2に、図1中に示した電流調整回路を示す。同図は、オペアンプ、 $R_{sig}$ 、 $M_{nsig}$ で構築される電圧電流変換器およびカレントミラー回路  $M_{p1}$  および  $M_{n1}$  で構成し

ている。素子値は、 $V_{dd1} = 1.8V$ 、 $R_{SIG} = 5k\Omega$  とし、 $M_{nsig}$ のアスペクト比は  $W/L = 25$ 、カレントミラーの比率は10とし、図中の  $m$  は MOSFET の並列数を示す。本回路の動作は、まず、オペアンプの非反転入力端子にフィードバック信号  $V_{sig}$  が入力されると、 $R_{SIG}$  と  $V_{sig}$  に基づき電流  $I_1$  を発生させる。この  $I_1$  はカレントミラー回路を用いて、出力段の出力電流を  $I_1/100$  となる調整した。カレントミラー回路の出力電流をニューロンモデルに印加することにより、発火頻度の調整を行う。

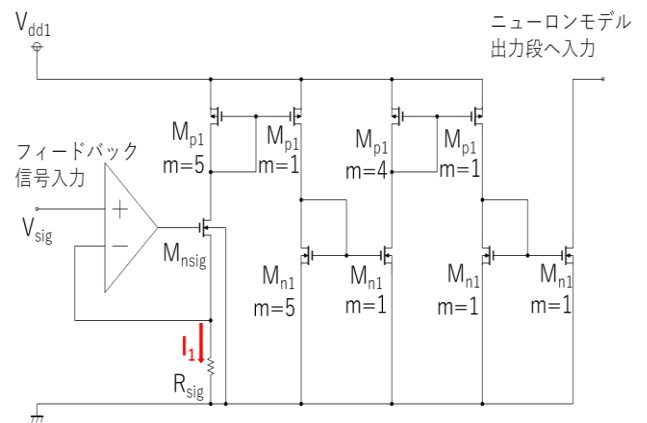


図2 電流調整回路

図3に、フィードバック信号に対する発火応答の周波数特性を示す。同図において、横軸はフィードバック信号を、縦軸は発火周波数を示す。同図に示すとおり、 $V_{sig} = 0V$  における発火周波数は  $4.34MHz$  であり、 $V_{sig} = 0.8V$  においては  $14.1kHz$ 、 $V_{sig} = 0.83V$  以降においては発火を行わないことがわかる。同図より、 $V_{sig}$  が  $0 \sim 0.3V$  付近の範囲においては発火周波数が高いため遊脚時の動作制御に、 $0.3 \sim 0.8V$  付近の範囲では発火周波数が低下し始めているため接地に移行する際の細かな動作制御に用いることが有効である。 $0.83V$  以上においては発火が完全に抑制されているため、接地時の制御として用いることができる。

1：日本大学大学院・理工学研究科・電子工学専攻，2：日本大学理工学部・電子工学科・教員

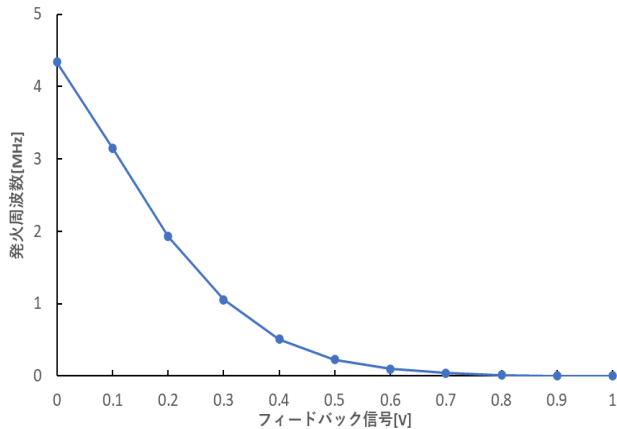


図3 フィードバック信号 対 発火周波数特性

図4に、フィードバック信号に対するデューティ比特性を示す。同図において、横軸はフィードバック信号を、縦軸はデューティ比を示す。デューティ比が100%の区間ではセンサに信号がなくモータを駆動させる遊脚相を、0%の区間ではセンサに信号を感知してモータを停止させる接地相となるよう制御することを想定している。同図は、0.3~0.6Vの遷移期間を経てデューティ比を制御することが可能であることを示している。

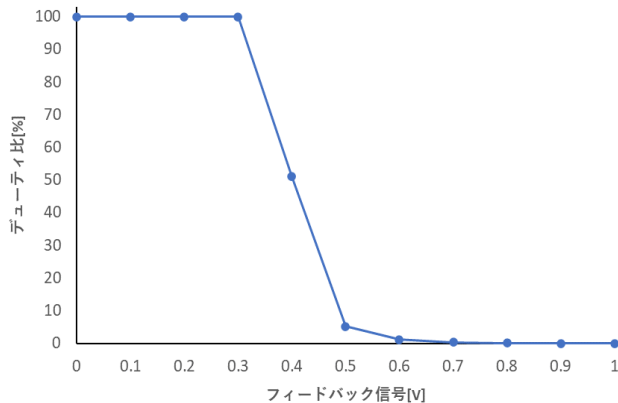


図4 フィードバック信号 対 デューティ比特性

図5に、今回検討を行っているフィードバック信号で制御可能なCPGモデルにより制御を行うことを想定したリンク機構を用いた二足歩行ロボットの脚部の足裏軌跡に対するシミュレーション結果を示す。図中、DCモータ部はCPGモデルの積分回路出力によって制御することを想定しており、赤曲線がDCモータを駆動させた際の軌跡を示している。同図に示すとおり、

本提案のリンク機構を用いることで、DCモータによる円運動を、赤実線で示す歩行運動のような楕円運動に変換することが可能であることを示している。図中、黒両矢印で示した範囲が前進を行う距離である。本モデルは、3DCADソフトおよび3Dプリンタにより実際に組み立て、動作確認を行った結果、図5に示すような軌跡を描くリンク機構の構築が可能であることを確認している。

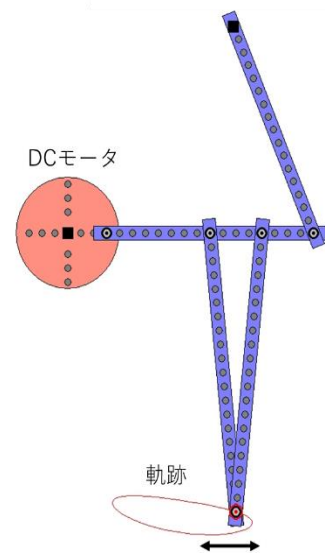


図5 リンク機構を用いた脚部のシミュレーション

### 3. まとめ

今回、足裏に圧力センサの装着を行い、簡単な構造で歩行動作を実現可能なリンク機構を用いた二足歩行ロボットを想定し、センサフィードバック制御が可能なCPGモデルについて検討を行った。その結果、提案したCPGモデルを用いることで、フィードバック制御によって発火周波数およびデューティ比が調整可能であることを明らかにし、本提案のリンク機構を用いることで、歩行可能な脚部軌跡を得ることが可能であることを明らかにした。

今後は、本モデルのIC化を行うとともに、ロボットを製作し、ICチップを搭載したロボットの諸特性の測定を行う予定である。

### 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.