

## CPG モデルの歩行パターンばらつき補正回路に対する一検討 A Study on a Correcting Circuit for Variations in CPG Model's Output Patterns

○夏新宇<sup>1</sup>, 二瓶乃亮<sup>1</sup>, 奥山敦司<sup>1</sup>, 佐伯勝敏<sup>2</sup>, 関根好文<sup>3</sup>

\*Xinyu Xia<sup>1</sup>, Daisuke Nihei<sup>1</sup>, Atsushi Okuyama<sup>1</sup>, Katsutoshi Saeki<sup>2</sup>, Yoshifumi Sekine<sup>3</sup>

Abstract: A Central Pattern Generator (CPG) model for an integrated circuit has many variations in locomotion patterns depending on the manufacturing dispersion or the design layout. So there will affect the robot's leg joints and upset the balance. The variation in locomotion patterns needs to be corrected. Therefore, the variation in locomotion patterns needs to be corrected.

In this paper, we focus on a waist joint in order to revise the variations in locomotion patterns, and then we propose a correcting circuit for variations in locomotion patterns. As a result, the variations in locomotion patterns are detected using a correcting circuit. Further, it is shown that the output signal of the proposed circuit can control the waist joint.

### 1. まえがき

不整地等で安定した歩行を行うロボットとして、四足歩行ロボットの開発が行われている。その中で、生体の優れた歩行機能を工学的に応用するため、Central Pattern Generator<sup>[1][2]</sup> (以下 CPG) の研究が進められている。

CPG モデルは、数理モデルやハードウェアにより構築されたモデルが報告されている。数理モデルでは逐次処理を行うため、リアルタイムで動作させることが困難である。リアルタイム処理や実装面積を考慮した場合、アナログ回路を用いたハードウェアモデル、特に集積化を行ったモデルが有効である。しかし、集積化を行った CPG モデルは製造ばらつきやレイアウト依存により、歩行パターンにばらつきが生じてしまう。そこで、製造ばらつき等により、歩行パターンがばらついた場合、ロボット全体を支えるサーボモータを用いた腰関節で制御することで、安定した歩行動作をさせることを考えた。

今回、集積化を行った CPG モデルの歩行パターンのばらつきを腰関節で補正するために、歩行パターンばらつき補正回路について検討を行った。

### 2. 本論

Fig. 1 に、CPG モデルの左前脚と右後脚の伸筋のシミュレーション波形の一例 (trot) を示している。図中、L は左脚、R は右脚、F は前脚、H は後脚、e は伸筋を示している。同図は、左前脚と右後脚の位相が同じであるため、tort の歩行パターン<sup>[3]</sup>を出力していることを示している。

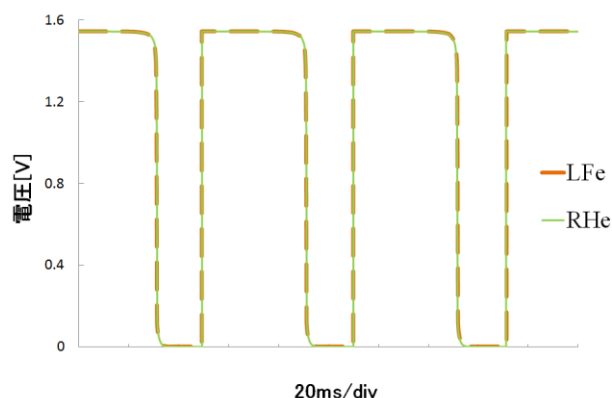


Fig. 1 Output waveform of CPG model by simulation

Fig. 2 に、集積化を行った CPG モデルの実測波形の一例 (trot) を示す。同図は、左前脚と右後脚の波形を示し、実測した CPG モデルの歩行パターンは約 0.08[s] のばらつきが生じていることを示している。歩行パターンのばらつきは、安定した歩行の妨げるになるため、歩行パターンのばらつきを補正するための回路構成について検討を行う。

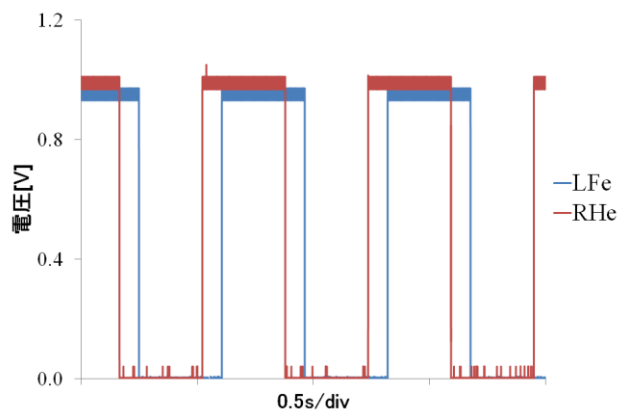


Fig. 2 Output waveform of CPG model with integrated circuit

Fig. 3 に、歩行パターンばらつき補正回路の構造図を示す. 同図は、歩行パターンの一例 (trot)として、CPG モデルの信号 LFe, RHe を用いる. 図中、V1 はばらつき検出部の出力電圧を示しており、V2 は積分器の出力を示している. また、PWM 回路の出力をサーボモータに入力している.

Fig. 4 は歩行パターンばらつき補正回路の回路図を示す. 図中、入力にバッファ回路を加えることにより、CPG モデルの信号を安定して出力させる. バッファ回路より出力した信号を検出部の差動増幅器に入力し、ばらつきの検出を行う. 検出したばらつきを、腰関節に搭載するサーボモータを動作させるため、増幅器に入力し信号を増幅させる. 次に、ばらつきに応じて腰関節のサーボモータを制御させるため積分器に通し、振幅情報を付加する. そして、PWM 回路を通すことで、腰関節のサーボモータを制御するための信号に変換し、歩行パターンばらつきを補正する. 図中の各素子は、 $V_{CC}=5[V]$ ,  $V_{DD}=-5[V]$ ,  $R_1=R_2=1.8[k\Omega]$ ,  $R_3=R_4=3.6[k\Omega]$ ,  $R_5=R_6=1.8[k\Omega]$ ,  $R_7=R_8=62[k\Omega]$ ,  $R_9=620[k\Omega]$ ,  $R_{10}=11[k\Omega]$ ,  $R_{11}=8[k\Omega]$ ,  $R_{12}=0.5\sim 1[k\Omega]$ ,  $C_1=1[\mu F]$ ,  $C_2=0.1[\mu F]$ とした.

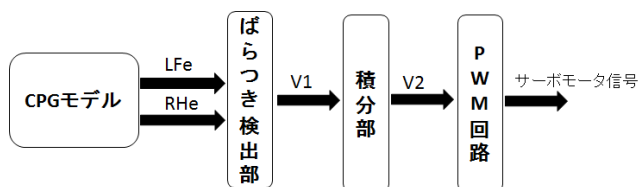


Fig. 3 Schematic diagram of correcting circuit for variations in locomotion patterns

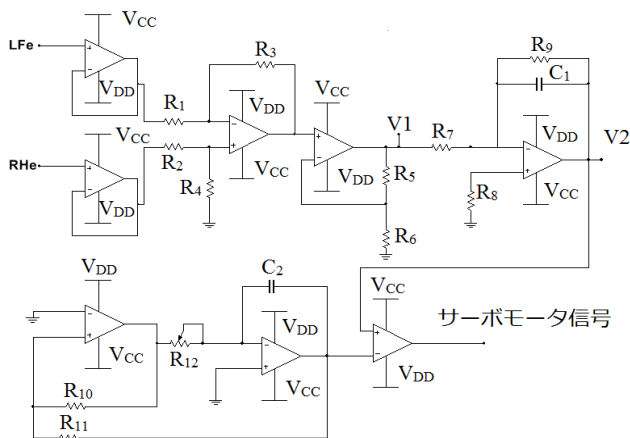


Fig. 4 Correcting circuit for variations in locomotion patterns

Fig. 5 に、歩行パターンばらつき補正回路のばらつき検出部による実測波形を示す. 図中、LFe, RHe は集積化を行った CPG モデルの出力波形を示している. 同図より、V1, V2 の波形を検出していることから、LFe と RHe にばらつきがあることを示している. また、検出されたばらつきを PWM 回路により、腰のサーボモータを制御するための信号に変換する. この出力を用いることで、四足歩行ロボットの腰関節制御が行えることを確認した. 以上のことから、今回提案した回路は歩行パターンのばらつきを検出し、四足歩行ロボットの腰関節制御が行えることを明らかにした.

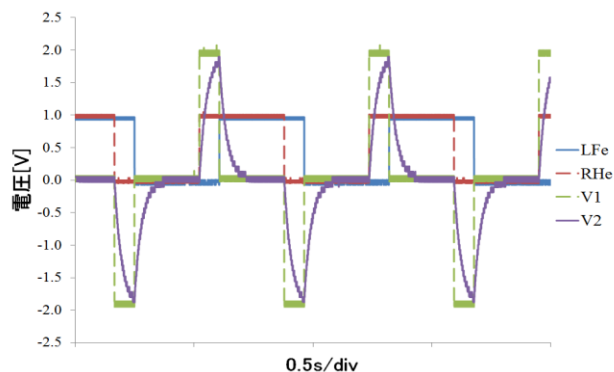


Fig. 5 Output waveform of correcting circuit for variations in locomotion patterns for CPG model with integrated circuit

### 3. まとめ

今回、集積化を行った CPG モデルの歩行パターンのばらつきを腰関節で補正するために、歩行パターンばらつき補正回路について検討を行った. その結果、今回提案した回路は歩行パターンのばらつきを検出し、四足歩行ロボットの腰関節制御が行えることを明らかにした.

今後は、腰の制御を行うことで、四足歩行ロボットの歩行制御を行い、歩行評価を行う予定である.

### 4. 参考文献

[1]Katsutoshi Saeki, Tatsuya Tatebe, Yoshifumi Sekine: "A study on CPG Model Transition Swing and Stance Pattern with Interstitial Cells", International Joint Conference on Neural Networks, 264, pp. 177-184, (2012)  
 [2]Shogo Nonaka, Takeshi Tsujimura and Kiyotaka Izumi: "CPG Network to Generate the Jump Action of Cat's Skeleton Robot with a Waist Joint", SICE Annual Conference, PP. 166-171, (2012)  
 [3]木村浩, "4 足歩行ロボットの動歩行について", 日本ロボット学会誌, Vol. 11 No. 3, pp. 372-378. (1993)