

K6-4

脚部への荷重により自発的に歩容変化する四足歩行ロボットの開発と人工ニューラルネットワーク搭載に対する検討

Development of Quadruped Robot Spontaneous Gait Transition by Load on Leg and Investigation on Installing Artificial Neural Network

○武井 裕樹¹, 武田 健嗣¹, 松井 英樹¹, 金子 美泉², 齊藤 健², 内木場 文男²

*Yuki Takei¹, Kenji Takeda¹, Hideki Matsui¹, Minami Kaneko², Ken Saito², Fumio Uchikoba²

Abstract: Many quadruped animals are known to voluntarily switch to the most energy efficient gait according to the movement speed. If the robot can change its gait, it will be able to move more efficiently. In this paper, we aimed to develop quadruped robot that spontaneously changes its gait with loads on legs. We are studying to install a Central Pattern Generator (CPG) model built on an analog electronic circuit model that imitates the functions of neurons with analog electronic circuits on a robot. Therefore, we installed the CPG model on the quadruped robot we developed and examined whether the robot can be controlled.

1. はじめに

災害や事故の現場のように通信環境が整っておらず、予想が困難な環境においてロボットを活動させるには自律性が重要である。現在の自律型ロボットの制御方法はマイクロコントローラとソフトウェアプログラムによるものが主流である。この方法は同一の動作を繰り返す場合には有用だが、予想外の事態に対応することは困難である。

そこで生物の優れた運動性能に着目し、ロボットに生物の機能の一部を模倣して搭載する *biomimetics* が研究されている。たとえば、多くの四足動物は移動速度に応じて最もエネルギー効率のよい歩容に自発的に切り替えることが知られている^[1]。自律型ロボットが自発的に歩容変化できるようになれば、より効率的な移動が可能になると考えられる。

東北大学の石黒らは、四足動物が速度に応じて自発的に歩容を変化させる歩容遷移現象を、ソフトウェアニューラルネットワークにより構築した CPG モデルを搭載した四足歩行ロボットで再現できることを明らかにした^[2]。

このモデルは生物の脳の神経回路網を人工的に模倣する人工ニューラルネットワークの研究の一つである。その多くは数理モデルを用いたソフトウェアニューラルネットワークと、電子回路で構成したハードウェアニューラルネットワークの二通りのアプローチを行っている。ソフトウェアニューラルネットワークはニューロンの機能を数値計算で処理するため、大規模なものになると計算に膨大な時間が必要になる。一方ハー

ドウェアニューラルネットワークは回路の組み換えが容易でない反面、計算に時間が掛からずリアルタイムに出力を得ることができる。そのため、高速な処理を要するロボットの運動制御に有利である。

我々はアナログ回路でモデル化したニューラルネットワークをロボットに搭載し、ロボットの動作制御に用いる研究を行っている^[3]。本論文では脚部に掛かっている荷重に応じて自発的に歩容変化するロボットの開発を目的とし、ハードウェアニューラルネットワークで制御するモデルの作製を行ったので報告する。

2. 四足歩行ロボット

Figure 1 に歩容変化の検討に用いた四足歩行ロボットを示す。

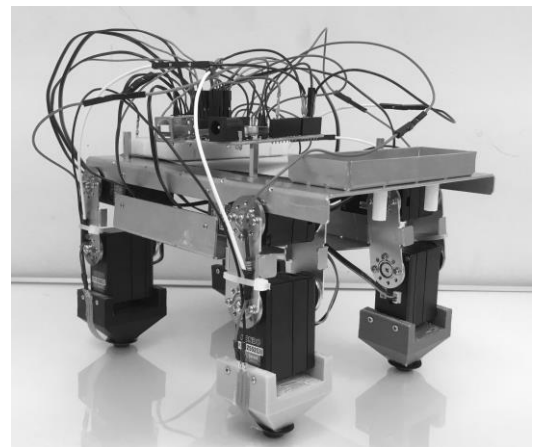


Figure 1. Fabricated quadruped robot

ロボットの関節には一般的なロボットに用いるサーボモータを使用し、各足 2 自由度ずつの計 8 自由度とした。足裏には脚部への負荷を測定するためのセンサーが搭載されている。サーボモータはマイクロコントローラからの PWM 信号で制御する。

3. 荷重によるロボットの歩容変化

ロボットの自発的な歩容変化は、脚部への負荷が増加したらサーボモータの回転速度を増加する処理と、足が接地している間はそのまま体重を支え続けようとする処理の組み合わせにより実現する。脚部への負荷が増加することによって Figure 2 に示す低速の Walk、中速の Trot, Pace, 高速の Bound, Gallop と歩容が変化する。Figure 2 は各足の名称と歩容パターンごとの脚部の相対角度を表した図で LF, LH, RF, RH はそれぞれ左前足, 左後足, 右前足, 右後足を指す。

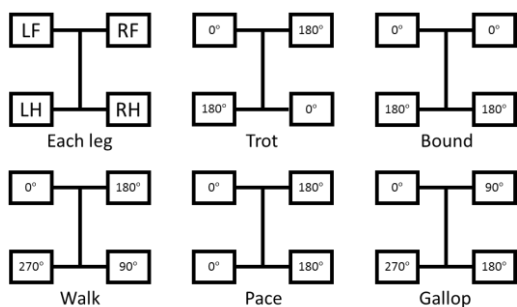


Figure 2. Gait patterns in the quadruped robot

4. ニューラルネットワークによる制御

ロボットに搭載するハードウェアニューラルネットワークの電子回路モデルを Figure 3,4 に示す。Figure 3 は細胞体モデル、Figure 4(a)は興奮性シナプスモデル、Figure 4(b)は抑制性シナプスモデルである。これらによって構築した Figure 5 に示す Central Pattern Generator(以下 CPG)モデルをロボットに搭載する。マイクロコントローラから CPG モデルに教師信号を入力し、CPG モデルの出力を足を動かすトリガーとしてマイクロコントローラに入力する。

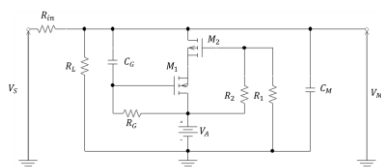
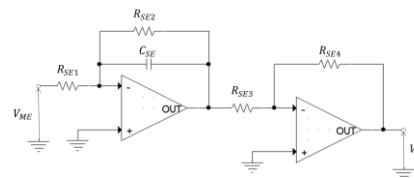
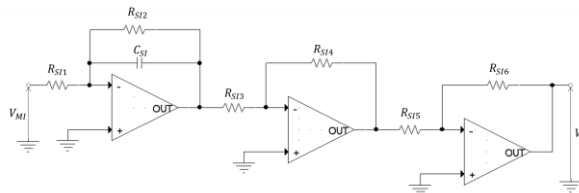


Figure 3. Circuit model of cell body model



(a)Excitatory synaptic model



(b)Inhibitory synaptic model

Figure 4. Circuit diagram of synaptic models

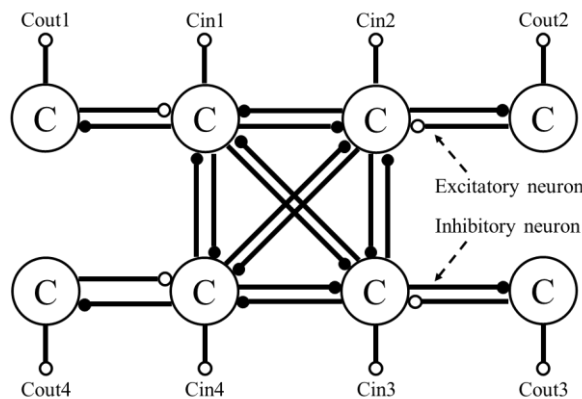


Figure 5. Schematic diagram of the CPG model

5. まとめ

脚部に掛かる荷重に応じて足を動かす速さを変化させることで自発的に歩容が変化する四足歩行ロボットの設計を行った。今後は設計した CPG モデルをロボットに搭載し、ハードウェアニューラルネットワークによる歩容変化について検討を行う。

6. 参考文献

[1] Hoyt, D. F. & Taylor, C. R. : “Gait and the energetics of locomotion in horses”, Nature 292, pp239-240, 1981
 [2] Dai Owaki, Akio Ishiguro : “A Quadruped Robot Exhibiting Spontaneous Gait Transitions from Walking to Trotting to Galloping”, Scientific Reports 7, 277, 2017
 [3] Fumio Uchikoba, Yoshihiro Takahashi, Motoaki Kimura, Katsutoshi Saeki and Ken Saito : “Development of Millimeter Size MEMS Insect Type Locomotion Robot with Hardware Neural Networks Control”, J. Res. Inst. Sci. Tech., Nihon Univ. No. 135, pp 10-21, 2015