

M-2

ハードウェアニューラルネットワークを用いた四足歩行ロボットの歩容変化に対する検討 Study on Gait Pattern Shift of Quadruped Robot Using Hardware Neural Networks

○田中大介¹, 日高智浩², 高藤美泉³, 内木場文男³, 齊藤健³*Daisuke Tanaka¹, Tomohiro Hidaka², Minami Takato³, Fumio Uchikoba³, Ken Saito³

Abstract: This paper studies about gait pattern shift of the quadruped robot using hardware neural networks. Quadruped robot mimicked the quadruped animal like locomotion using link mechanism. Hardware neural networks could generate locomotion rhythms by using a synchronization phenomenon such as biological neural networks. As a result, constructed quadruped robot could perform the locomotion such as quadruped animals. In addition, gait pattern could shift arbitrarily by inputting the external trigger pulse to the hardware neural networks.

1. はじめに

日本のロボット技術は世界でも高水準にあり、今後ますますの発展が見込まれている。しかしながら原子力発電所の事故など、現地の様子を予想することの出来ない状況においてロボットが自由に活動するためには、路面の変形などにおける確実な移動機構や、通信途絶時においてロボットに自律的な帰還をさせる高度な制御機構の必要性など、多くの課題が明らかになっている。

近年、生物が持つ優れた移動機構や制御機構を模倣し、ロボットに適応する biomimetics が研究されている^[1]。特に移動機構については、生物と同様に足を用いた多足型のロボットが提案され、クローラ型や車輪型と比較してより不整地な環境でも対応できる。

更にロボットの活躍可能な環境を広げるため、自立性のある制御機構についても研究が行われている。現在、自立型ロボットの制御機構はマイクロコントローラを用いたプログラム制御が主流であるが、予知不可能な事象に対する高度なプログラムをすべて記憶することは困難である。そこで生物のニューラルネットワークがもつ優れた情報処理機構を応用するため、ニューロンをモデル化し、それらをネットワーク化することにより高度な機能を実現する研究が行われている。

我々は生物のニューラルネットワークをアナログ回路でモデル化し、ロボットの動作制御に応用する研究を行っている^[2]。本論文では、ハードウェアニューラルネットワークに外部パルスを入力し、歩容変化に対して検討を行ったので報告する。

2. 四足歩行ロボット

Figure 1 は今回、歩容変化の検討に用いた四足歩行ロボットである。大きさは縦 130mm、横 100mm、高さ 50mm である。ロボットはアルミニウム筐体、サーボモータ、

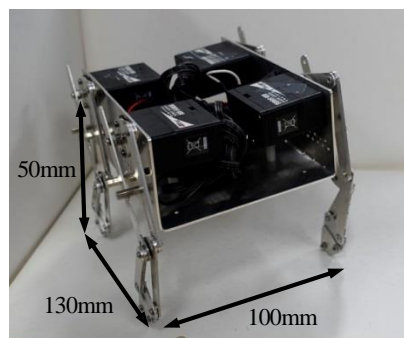


Figure 1. Constructed quadruped robot.

LF	RF	0°	180°	0°	90°
LH	RH	270°	90°	270°	180°
Each limb		Walk		Gallop	
0°	180°	0°	0°	0°	180°
0°	180°	180°	180°	180°	0°
Pace		Bound		Tort	

Figure 2. Example of relative phase difference of quadruped patterns.

及びリンク機構を用いた脚部から構成している。

Figure 2 はロボットの各脚部の名称と、歩容例ごとの脚部の相対角度を示した図である。図中の LF, RF, LH, RH は、左前脚、右前脚、左後脚、右後脚を表している。

3. ハードウェアニューラルネットワーク

今回構築したハードウェアニューラルネットワークは、Figure 3 で示す電子回路モデルを用いて構築した。

Figure 3(a)は細胞体モデルである。今回設定した回路定数は、 $C_G=4.7\mu\text{F}$, $C_M=470\text{nF}$, $R_G=680\text{k}\Omega$, $R_L=10\text{k}\Omega$, $R_I=15\text{k}\Omega$, $R_2=20\text{k}\Omega$, $V_A=3.5\text{V}$ である。また M_1 , M_2 には BSS83, BSH205 を用いた。Figure 3(b)は興奮性シナプスモデル、Figure 3(c)は抑制性シナプスモデルである。シナプスモデルの回路定数は、抵抗はすべて $1\text{M}\Omega$ 、コンデンサは 1pF

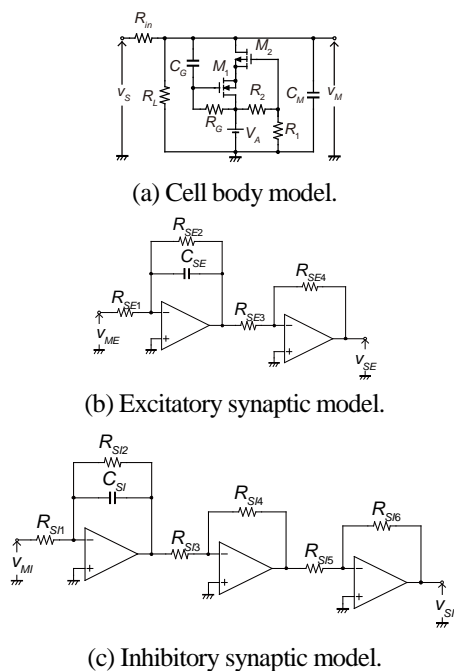


Figure 3. Basic circuit diagram of cell body model and synaptic model.

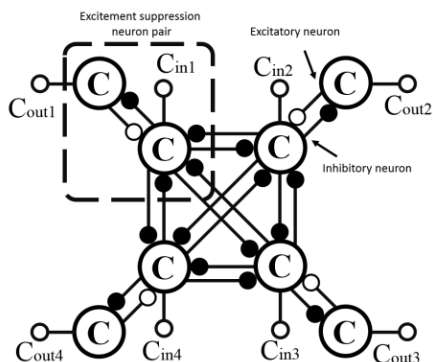


Figure 4. Schematic diagram of the CPG model.

である。演算増幅器には RC4558D を用いた。Figure 3 のモデルを用いて、Central Pattern Generator(以下 CPG)モデルを構築した。

Figure 4 中の C は細胞体モデル, ○は興奮性シナプスモデル, ●は抑制性シナプスモデルである。点線で囲まれている部分は興奮抑制ニューロン対であり、結合荷重やシナプスの時定数, 入出力のパルス振幅の変化により、細胞体モデルの出力パルスの位相差の変化が可能である。

4. 四足歩行ロボットの歩容変化

構築した CPG モデルを用いて、歩容変化に対する PSpice シミュレーションを行った。

Walk の歩容中に Trot の教師信号, Trot の歩容中に Walk の教師信号を入力した。結果を Figure 5 と Figure 6 に示す。それぞれ一度歩容を入力した後は、入力した教師信号に従って歩容を続けている。このモデルにはメモリなどの記憶領域を有していない。したがって入力信号のタイミ

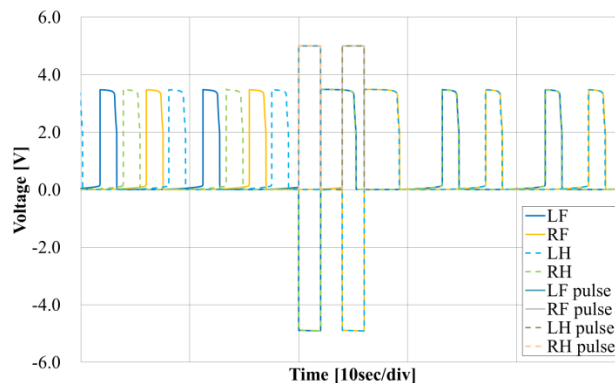


Figure 5. Example of output waveform of CPG model. (Walk to Tort)

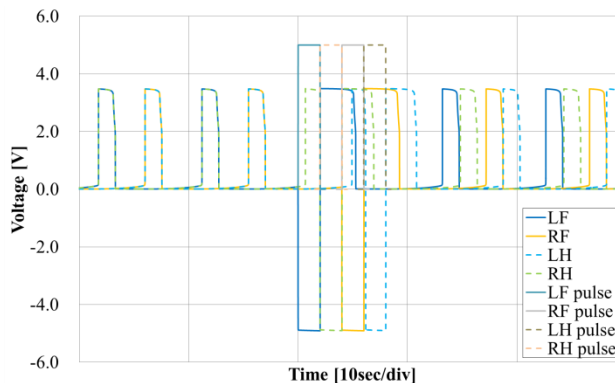


Figure 6. Example of output waveform of CPG model. (Tort to Walk)

ングにより歩容を決定し、細胞体モデル間の同期現象が歩容を保持していると考えられる。

5. まとめ

本論文では、歩容生成に必要な CPG モデルをハードウェアニューラルネットワークで構築した。回路シミュレーションを行った結果、このモデルにおいて歩容を変化させることが可能であることを明らかにした。今後このモデルを実際にアナログ電子回路で作製し、実際のロボットの歩容を変化可能であるか検討を行う予定である。

6. 参考文献

[1] M.K. Habib, K. Watanabe, and K. Izumi : “Biomimetics Robots: From Bio-inspiration to Implementation”, The 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON) IECON’2007, Taipei, Taiwan, Nov., pp. 143-148, 2007

[2] Ken Saito, Akihiro Matsuda, Katsutoshi Saeki, Fumio Uchikoba, and Yoshifumi Sekine : “Synchronization of Coupled Pulse-Type Hardware Neuron Models for CPG Model”, The relevance of the time domain to neural network models, Springer Series on Cognitive and Neural Systems, pp.117-133, 2011