S2-2

ハードウェアニューラルネットワークを搭載した小型高機能ロボットの開発

Development of Small-Size High-Performance Robot Equipped with Hardware Neural Networks

○齊藤健[1]，金子美泉[1]，田中勝之[1]，塚本新[2]，高橋聖[3]，内木場文男[1]
*Ken Saito[1], Minami Kaneko[1], Katsuyuki Tanaka[1], Arata Tsukamoto[2], Sei Takahashi[3], Fumio Uchikoba[1]

Abstract: This paper summarizes the research results of the Nihon University College of Science and Technology Project Research. The authors are studying a small-size and high-performance robot system which locomotion controlled by hardware neural networks. Two types of a robot the centimeter-sized quadruped-robot and the millimeter-sized hexapod-robot have proposed such as research results of the project. The constructed hardware neural networks can generate the gait pattern of both robot system using synchronization of electrical activity. As a result, our proposal robot system could perform the locomotion without using any software programs.

１．はじめに

生物の安定した移動機構や高度な自律性を持つ制御機構などを，機械的・電気的に模倣し，ロボットに実装する研究が注目されている．特に制御機構において，生物はニューラルネットワークの巧みな情報処理によって，現代のコンピューター制御では実現が困難な自律動作を発揮している．そこで近年，生物のニューラルネットワークをロボット制御に工学的に応用するために，artificial neural networks (ANN)の研究が盛んにおこなわれている．特に，生物の歩行動作は central pattern generator (CPG)により生成されているとの仮説から，数式によるニューロンモデルで CPG モデルを構築し，field programmable gate array (FPGA)上に実装する研究も行われている．しかし，FPGA ボードはサイズが大きいため，小型のロボットシステムには搭載が困難である．そこで我々は，電子回路によるニューロンモデルを用いて CPG モデルを構築し，ロボットに実装する研究を進めている．電子回路は集積回路技術を用いることにより，微細化が可能である．

本稿は，平成 26 年度～平成 27 年度に行った，理工学部プロジェクト研究の複数の原著論文の一部 [1)-2)]を一連の研究成果として要約した研究成果報告である．多岐にわたる研究成果をまとめるため，15 cm 程度の大きさの 4 足歩行型ロボット [1)]および，5 mm 程度の大きさの 6 足歩行型ロボット [2)]に関連する研究に分けて記述し，一連の研究成果をまとめる．

２．4 足歩行型ロボット

図 1 に作製した 4 足歩行型ロボットを示す．ロボットの大きさは，縦 140 mm，横 125 mm，高さ 100 mm であり，重量は 530 g である．4 足歩行型ロボットは，機械的な構成要素と電気的な構成要素で構成した．4 足歩行型ロボットの機械的な構成要素は，本体フレーム，サーボモータ 4 個，リンク機構で構成した 4 つの脚である．リンク機構は単純化のために全て同じ機械設計としたため，4 つの脚は全て同一の機械部品で構成した．4 足歩行型ロボットの電気的な構成要素は，制御ボード，hardware neural networks (HNN)，バッテリである．HNN は Frame retardant type 4 (FR4)基板に実装し，ロボットの上部に配置した．

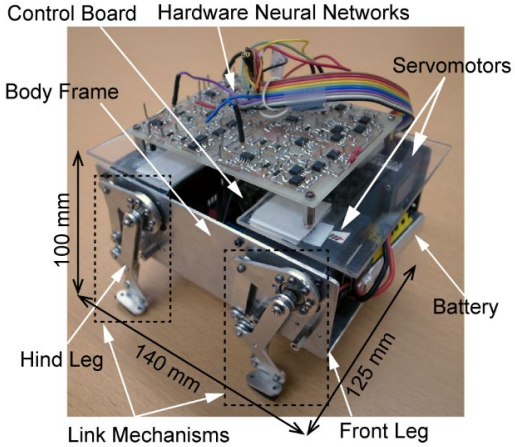

Figure 1. Fabricated quadruped-robot system [1)]

構築した HNN は，外部トリガパルスを入力することで，歩容を変化することが可能である．図 2 は，4 足歩行ロボットの歩容を Walk から Trot へ変更した一例を示している．外部トリガパルスはコントロールボードより HNN に入力した．図 2 より，ロボットの歩容は，外部トリガパルスの入力で変更可能であることを示している．

３．6 足歩行型ロボット

図 3 に作製した 6 足歩行型ロボットシステムを示す．

１：日大理工・教員・精機　２：日大理工・教員・電子　３：日大理工・教員・情報

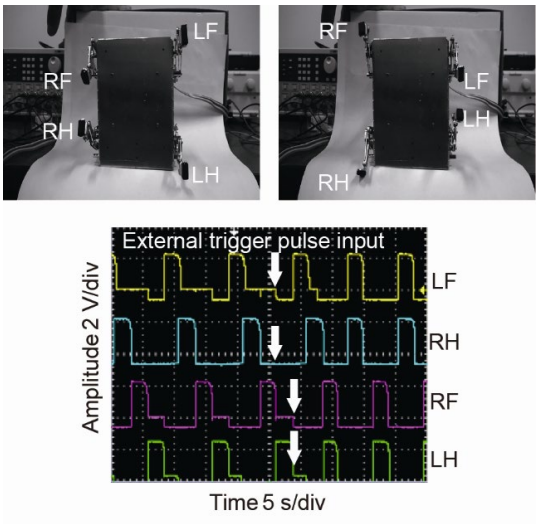

Figure 2. Example of changing the gait pattern from Walk to Trot [1)]

ロボットの上部には集積回路で実現した HNN を搭載した．6 足歩行型ロボットの大きさは，4.0×2.7×2.5 mm, 重さは 0.020 g であった. 集積回路で実現した HNN の大きさは，4.0×4.0×2.5 mm，重さは 0.059 g であった．従って，ロボットシステム全体の大きさは，4.0×4.0×5.0 mm，重さは 0.079 g である．

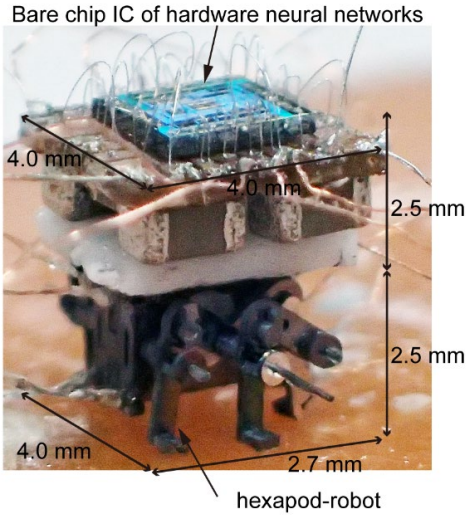

Figure 3. Fabricated hexapod-robot system [2)]

図 4 に 6 足歩行型ロボットシステムの歩行動作の一例を示す. 図 4(a)~(d)まで 10 秒毎の画像を示している．図 4 は，集積回路で実現した HNN を 6 足歩行型ロボットに実装することで，コンピュータプログラムやアナログデジタルコンバータが不要な，マイクロロボットの歩行動作が実現可能であることを示している．

４．まとめ

平成 26 年度～平成 27 年度に行った，理工学部プロジェクト研究の結果，以下の研究成果を得た．

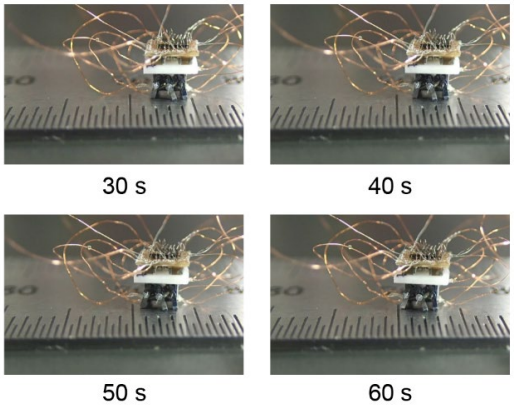

Figure 4. Fabricated millimeter-sized hexapod-robot system [2)]

１．15 cm 程度の大きさの 4 足歩行型ロボットにハードウェアニューラルネットワークを搭載し，コンピュータプログラム無しでのロボットの歩容の生成に成功した．

２. 5 mm 程度の大きさの 6 足歩行型ロボットに集積回路技術で実現したハードウェアニューラルネットワークのベアチップを搭載し，コンピュータプログラム無しでのロボットの歩容の生成および駆動に成功した．

今後，ロボットへセンサを搭載し，センサからの情報入力を基にハードウェアニューラルネットワークが情報処理し，一例として，障害物を自律的に回避する等の機能を発揮する研究を行う予定である．

謝辞

本研究は理工学部プロジェクト研究助成を受けて実施されたものである．

５．参考文献

[1] Saito, K., Y. Ikeda, M. Takato, Y. Sekine and F. Uchikoba, “Development of quadruped robot with locomotion rhythm generator using pulse-type hardware neural networks”, Artificial Life and Robotics, Volume 20, Issue 4, pp. 366-371, 2015.

[2] Saito K., K. Sugita, Y. Ishihara, K. Iwata, Y. Asano, Y. Okane, S. Ono, S. Chiba, M. Takato and F. Uchikoba: “Insect-Type MEMS Microrobot with Mountable Bare Chip IC of Artificial Neural Networks” Artificial Life and Robotics, Volume 22, Issue 1, pp 118–124, 2017.