

E-2

距離データに基づく歩容切り替えが可能な CPG モデルを搭載した四足歩行ロボットの開発 Development of Quadruped Robot Using CPG Model with Switchable Gaits According to Distance Data

○富増優樹¹, 田澤陸², 森下克幸², 武井裕樹¹, 齊藤健³
*Yuki Tomimasu¹, Riku Tazawa², Katuyuki Morisita², Yuki Takei¹, Ken Saito³

Abstract: Many robots used in disaster sites move by wheels and crawlers. However, robots which drive wheels are difficult to move in rough terrain. On the other hand, a quadruped robot can expect stable walking even in a rough terrain.

The authors are studying hardware neural networks which change a gait of the quadruped robot. In this paper, we switched the gaits output from CPG. The switching of the gaits are performed by the output of the microcomputer according to the distance data. As a result, the output of CPG was changed from Trot gait to Walk gait.

1. 序論

災害現場は瓦礫や壁の崩落など、人が入るには厳しい環境である。その為、ロボットを災害現場に導入し、瓦礫の排除や人命救助などに活用され始めている。例えば、千葉工業大学が開発した原発対応 Quince は原子炉内の線量測定及び重要施設の撮影を可能とした^[1]。

現在、災害現場で実際に使用されている多くのロボットはクローラや車輪を採用している。これはモータを回転させるだけで移動する事ができるため制御が容易であることや、クローラであれば接地面積を大きくすることで滑りにくくし、緩やかな段差を乗り越える事ができるからである。しかし、大きな段差や瓦礫の山などを踏破する事は難しい。

一方で、四足歩行ロボットであればその場の傾きに対応できる為、不整地で自由に移動する事ができる。ただし、各関節を自由に動かす為には、モータに比べて複雑な制御を行わなくてはならない。そこで、生物の神経回路網をアナログ回路的に模倣したハードウェアニューラルネットワーク (HNN) を用いる事で、その場の環境に合わせて自由に移動するロボットの実現が期待できる。

我々はロボットの歩行パターンを確立する為、馬や猫のような四足歩行動物と同じ歩行パターンをハードウェアニューラルネットワークを用いて模倣する研究を行っている。

本論文では四足歩行ロボットの歩行パターンを変更する為にセンサからの入力をマイクロコントローラで受け取り、設定した数値との差で Walk と Trot の切り替えを行った。これにより、製作した CPG モデルが障害物をトリガーとして、生成するパルス列を変更する事が可能である事を報告する。

2. 四足歩行動物の歩容

四足歩行動物は自身の体型に合ったエネルギー効率の良い歩行を行う。歩行のパターンには Walk, Trot, Pace, Bound, Gallop と呼ばれるパターンがあり、それぞれの動物に合ったパターンのみ、または全てのパターンを行う。Figure 1 に各歩行パターンの時の左前足を 0° とした各足の位相を示す。

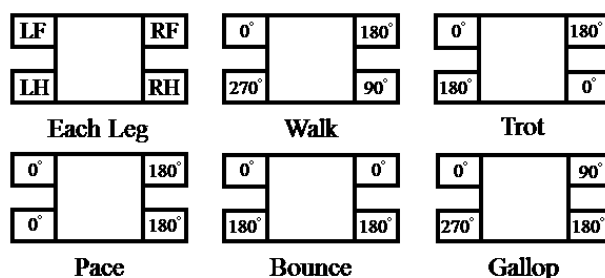


Figure 1. Walk pattern quadrupedal walking animal

3. 製作した四足歩行ロボット

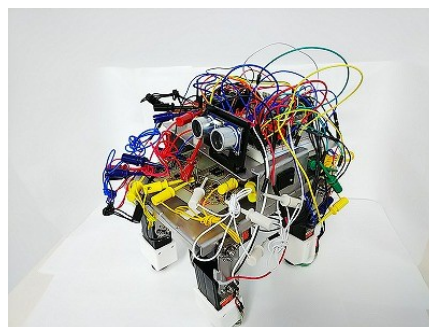


Figure 2. Development of Quadruped-Type Robot

製作した四足歩行ロボットを Figure 2 に示す。ロボットの各足には PWM 方式のサーボモータを 2 つ使用し、2 自由度の関節とした。各サーボモータの制御はマイクロコントローラを使用し、CPG 回路から信号が送られてきた場合のみサーボモータの角度を変更する。

4. 歩行パターンを生成する HNN

生物が行う周期的な運動は Central Pattern Generator (CPG) と呼ばれる神経回路により生成されていると考えられており、歩行パターンもこの CPG により制御されている。この CPG を電子回路によりアナログ的に模倣した CPG モデルを用いて四足歩行ロボットの制御を行う。

Figure 3 に細胞体モデル、Figure 4 に細胞体間を繋ぐシナプスモデルを示す。また、シナプスモデルには興奮性シナプスと抑制性シナプスの 2 種類があり、興奮性シナプスから信号が伝わったときには細胞体が発火しやすくなり、抑制性シナプスから信号が伝わったときには細胞体が発火しにくくなる。これらを用いて構成した CPG モデルを Figure 5 に示す。

CPG モデルを Pspice によりシミュレーションした結果を Figure 6 に示す。これより、外部から信号が入力されたとき、発火タイミングが切り替わることがわかる。

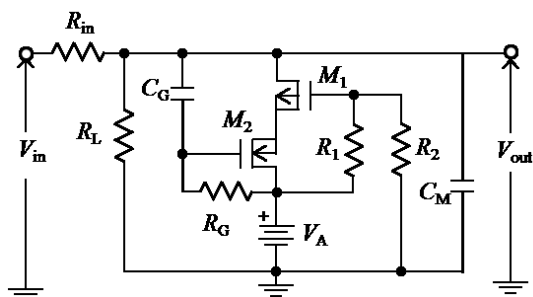
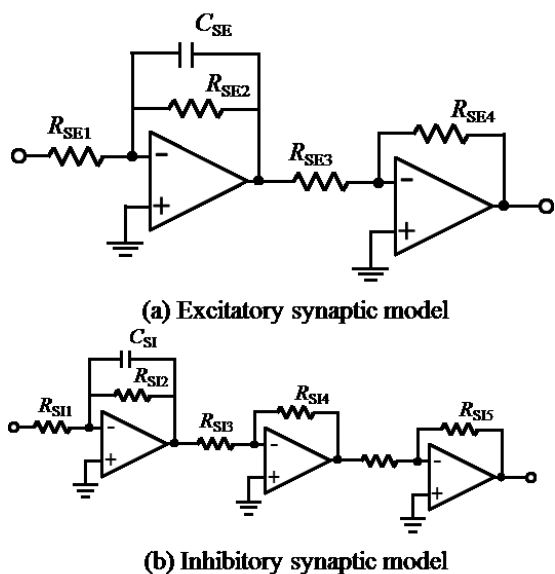


Figure 3. Cell body model



(a) Excitatory synaptic model

(b) Inhibitory synaptic model

Figure 4. Synaptic model

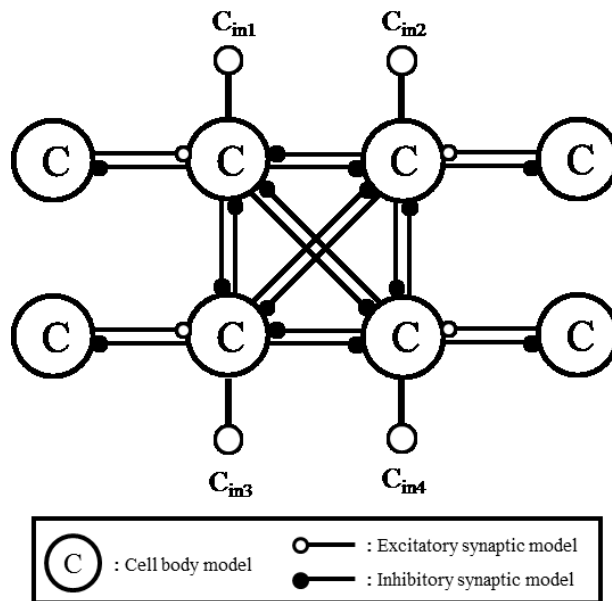


Figure 5. Circuit diagram of CPG model

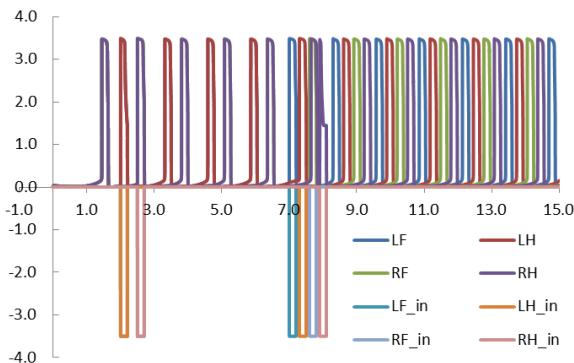


Figure 6. Pulse waveform output by CPG obtained by spice simulation

5. 結論

以上の事から、四足歩行ロボットの歩行パターンを超音波センサを用いて切り替える事ができることを示した。今後はロボットに搭載させ、実際にロボットの歩容が変化する事を確認する。また、他のセンサによる歩容の変化も検討する。

6. 参考文献

[1] 吉田貴之, 吉田智章, 西村健志, 大和秀彰 “原発内作業・調査ミッション用ロボットの開発と改良” 日本ロボット学会誌 Vol.32 No.2 ,pp.92-97, 2014 年
 [2] Saito K, Ikeda Y, Takato M, Sekine Y, Uchikoba F, “Development of quadruped robot with locomotion rhythm generator using pulse-type hardware neural networks.” Artif Life Robot, vol. 20, No. 4, pp. 366–371, Dec., 2015