

受容細胞モデルを用いたロボットの立ち上がりに関する検討

A Study on Robot Standing up Using Receptor Cell Models

○田邊魁晟¹, 森下克幸², 齊藤健³*Kaisei Tanabe¹, Katsuyuki Morishita², Ken Saito³

Abstract: This paper proposes a quadruped robot that can stand up autonomously using analog electronic circuits the receptor cell body models. The quadruped robot is equipped with a gyro sensor and a distance sensor. The robot is equipped with a system that feeds each sensor's values to the receptor cell models. Conventional control requires the creation of robot-specific programs from time to time. In this paper, autonomous stand-up behavior by the robot is expected.

1. はじめに

我々は、動物の神経細胞を模倣したアナログ回路であるニューロモフィック回路を四足歩行ロボットに搭載し、能動的に歩容を生成する歩行ロボットの作製をおこなっている^[1].

本研究では受容細胞モデルとニューロ回路を用いて四足ロボットの立ち上がりについて検討をおこなっている。受容細胞モデルは、受容細胞をアナログ電子回路で模倣した回路である。受容細胞は動物の感覚器内に存在し、光や振動等の特定の刺激に反応しパルス波形を出力する^[2]。ニューロ回路は生物の神経系を、アナログ電子回路を用いて模倣した回路になる。

立ち上がりの機能の模倣として小鹿の立ち上がりを模倣する。生まれたばかりの小鹿は、生まれてすぐに自ら4本の脚で立つことを試みる。はじめは、何度か立ち上がりに失敗し転倒するが、しばらくするとバランスをとり自律して立つことができる。これらの要因として、小鹿の体の構造以外に、脚を動かし何度も転倒することで、立ち方やバランスのとり方を試行錯誤しながら学習しているものと考えられる。我々は小鹿の立ち上がりのメカニズムを模倣し、自ら試行錯誤しながらバランスをとって立ち上がる四足ロボットのコンセプトを考案したので報告する。

2. 立ち上がりのメカニズムを模倣した四足ロボット

Figure.1 に立ち上がり四足ロボットの概要図を示す。立ち上がり四足ロボットには各脚において、肩、肘、股、膝の関節にあたる部分に1つずつ、合計8個のサーボモータを搭載する。サーボモータには KRS-2552RHV を搭載する予定である。各関節の可動範囲をあらかじめ決めて、可動範囲以上可動できないように、構造とプログラムの両方で制限する。ロボット本体上部には各脚につき2個ずつの合計8個の受容細胞を模

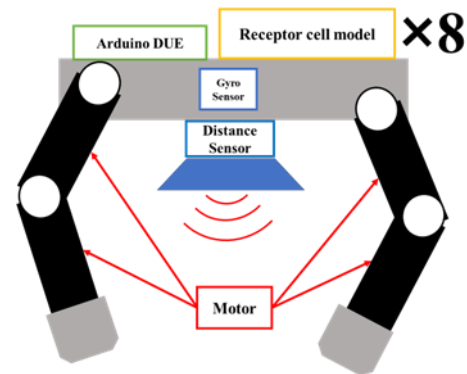


Figure 1. Configuration of quadruped robot

倣したアナログ電子回路を搭載する。また、6軸ジャイロセンサ、距離センサ、Arduino DUE を搭載する。Arduino DUE は各脚のサーボモータの制御やセンサの信号取得、受容細胞モデルへの入力電圧を生成する為に用いる。ロボットの主電源はバッテリーより供給することとする。6軸ジャイロセンサは四足ロボットの本体の傾きの測定に使用し、距離センサは下向きに垂直で取り付け、四足ロボット本体と床との距離を測定する。四足ロボットのフレームには、3Dプリンターで作製されたプラスチック部品とNC加工機で加工したアルミニウム合金を使用する。

3. 立ち上がりのメカニズム

Figure.2 に立ち上がり四足ロボットの立ち上がりのメカニズムの概要図を示す。6軸ジャイロセンサと距離センサの2つのセンサが取得する情報を基に、立ち上がり四足ロボットがどれくらい地面から離れているのか、本体が水平に安定しているのかを検知する。6軸ジャイロセンサと距離センサの情報はArduino DUEによって読み取り、センサ情報に応じて受容細胞モデルへ

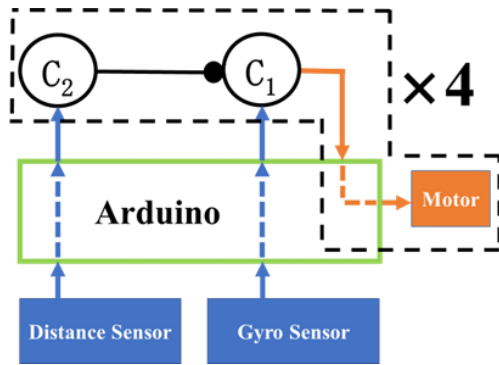


Figure 2. Standing mechanism of Quadruped robot

の入力を変化させる。サーボモータは受容細胞モデルが発振したパルス周期に応じて駆動する。

Figure.3に距離センサ、6軸ジャイロセンサと受容細胞モデルの信号の伝達方法を示す。

6軸ジャイロセンサの傾きに応じて Arduino DUE からの入力を変化させる受容細胞モデル C_1 と距離センサの距離に応じて Arduino DUE からの入力を変化させる受容細胞モデル C_2 がある。また、 C_1 と C_2 間には抑制性シナプスモデルが繋がれている。受容細胞モデル C_1 と C_2 はそれぞれ、ジャイロセンサと距離センサの入力信号を受け取ると、パルス波形を出力する。また、入力信号の変化に応じて、発振周波数が変化する。

抑制性シナプスモデルは、生物の抑制性シナプスを模倣したアナログ電子回路である。抑制性シナプスモデルは、入力側の細胞体モデルの出力パルスに応じて、出力側の細胞体モデルの発振を抑制する機能を持つ。 C_2 が発振すると抑制性シナプスモデルを介して、 C_1 の発振を抑制する。 C_1 は6軸ジャイロセンサの傾きが大きければ発振周期が短くなり、傾きが小さくなれば発振周期が長くなるようにする。一方、 C_2 は距離センサの床との距離が遠ければ発振周期が短く、近ければ発振周期が長くなるようにする。サーボモータの回転速度は発振周期に応じて変化し、発振周期が短くなるとサーボモータの回転速度が上がり、発振周期が長くなるとサーボモータの回転速度が下がるようにする。

起動時の立ち上がり四足ロボットは脚の肘と膝の関節で折り曲げた状態で伏せたような姿勢とする。起動初期は本体と床との距離が近い為 C_2 の発振周期が短い。一方立ち上がりロボットの傾きは小さく発振周期が短い。加えて C_2 による抑制の影響により初期はモータの回転速度が小さく脚が小さく動く。脚が動くことにより、徐々に本体の傾きが大きくなり、 C_1 の発振周期が短くなる。立ち上がりの終盤に差し掛かると、本体と床との距離が遠くなる為、 C_2 の発振周期が短くな

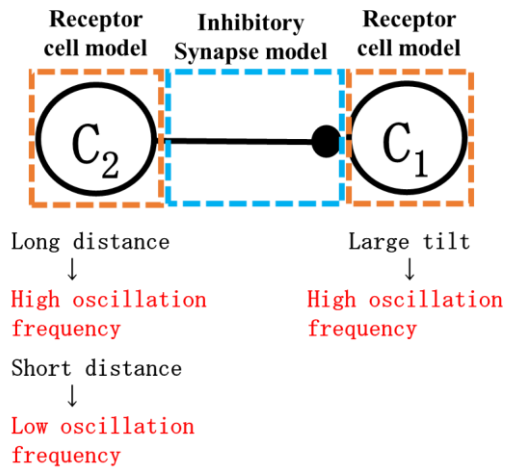


Figure 3. Analog circuit mimicking receptor cell models

り、 C_1 を強く抑制する。脚部が伸びきった状態になると、本体がほぼ水平になる為、 C_1 の発振周期が長くなる。加えて C_2 によって C_1 の発振が強く抑制されている為、 C_1 の発振周期は非常に長くなり、サーボモータの回転速度が抑えられ安定した姿勢で立ち続けると考えられる。

4. まとめ

受容細胞モデルを用いて立ち上がり四足ロボットを考案した。今後は筐体を設計および作製し、測定をおこなうことで、立ち上がりのメカニズムを解明する。加えて、立ち上がり四足ロボットに搭載されている Arduino DUE をアナログ回路に置き換え、プログラムを用いずに能動的に立ち上がる四足ロボットを作製する予定である。

5. 参考文献

- [1] Yuki Takei, Katsuyuki Morishita, Riku Tazawa, Ken Saito: "Active Gaits Generation of Quadruped Robot Using Pulse-Type Hardware Neuron Models", Intech Open 2021
- [2] Ken Saito, Masaya Ohara, Mizuki Abe, Minami Kaneko, Fumio uchikoba: "Gait Generation of Multilegged Robots by using Hardware Artificial Neural Networks", Intech, pp.29-50, 2018