

K-67

馬の骨格を模倣した四足歩行ロボットの開発 Development of Quadruped Robot Imitating Horse Skeleton

○勝谷孝一¹, 田澤陸², 武井裕樹³, 齊藤健⁴
Koichi Katsuya¹, Riku Tazawa², Yuki Takei³, Ken Saito⁴

Abstract: Animals produce movements such as walking in the lower nervous system, but the mechanism is not clear. We have shown that a quadruped robot implementing neuromorphic circuits actively generates horse gaits. Physiological research suggests that animals have different gaits depending on the kinds, but the robot body we used was different from the animal skeleton. Therefore, it is necessary to clarify the result of generating gaits in a robot that imitates horse skeleton. In this paper, we developed a quadruped robot that imitates horse skeleton with the aim of installing the system we developed earlier.

1. はじめに

四足歩行動物には歩容と呼ばれるいくつかの歩行パターンが存在する。また自身の速度によって歩容を切り替えることにより効率的に移動する。しかし動物がどのように脚を制御し歩容を生み出しているかはまだ解明されていない。歩容のメカニズムが解明できれば、生物学的貢献だけでなく四足歩行動物と同様の移動能力を持つロボットの開発につながる。

除脳ネコを用いた実験^[1]により歩容は脳による中央集権的な制御によるものではなく、脊髄中の神経回路網で自律分散的な制御で生成されると報告された。そこで石黒らは神経細胞を数理的にモデル化したソフトウェアモデルを利用した振動子モデルを開発した。さらに、振動子間の結合を用いない四足歩行ロボット制御モデルを開発した^[2]。これを実装した四足歩行ロボットが移動速度に応じて能動的に歩容を生成した。我々は神経細胞の機能をアナログ電子回路で模倣したハードウェアニューロンモデルをロボットの歩行動作の生成に利用する研究をおこなっている。四足歩行ロボットに4個の独立したニューロモフィック回路をネットワーク化せずに実装した。また脚先の圧力をそれぞれのニューロモフィック回路にフィードバックする単純な制御を行った。すると四足歩行ロボットは能動的に動物に似た歩容を生成し、歩行速度に応じて異なる歩容を生成することを明らかにした^[3]。

一方、McGeerらによってアクチュエータや制御器を持たない二足歩行ロボットが緩斜面を歩行する現象が報告された。その歩容は非常に自然で動物の歩容と似ていた^[4]。これはロボットの骨格と歩容が密接に関係していることを示唆したものだ。我々は動物の骨格を模倣した四足歩行ロボットに同様のシステムを搭載したらその動物の歩容が生成されるのではないかと

考えた。我々は四足歩行動物の中でも有名な馬の骨格を模倣することにした。本論文では馬の骨格を模倣した四足歩行ロボットの機体を設計しニューロモフィック回路を実装したので報告する。

2. 四足歩行ロボットの設計

設計した四足歩行ロボットを Figure1 に示す。ロボットの機体は本体フレームと4本の脚で構成した。

まず使用するサーボモータの寸法から腰幅を13.4[cm]に決定した。実際の馬の腰幅の寸法を百分の一のスケールにし比率から体高、体長、胸深を決定した。体高は36[cm]、体長は41.7[cm]、胸深は18[cm]とした。

機体はアルミニウム合金を機械加工したパーツと3Dプリンタで作製したABS製のパーツを使用した。また、脚部は3つの関節で計12個のPWMサーボモータにより構成した。さらに足先には圧力センサを設置した。

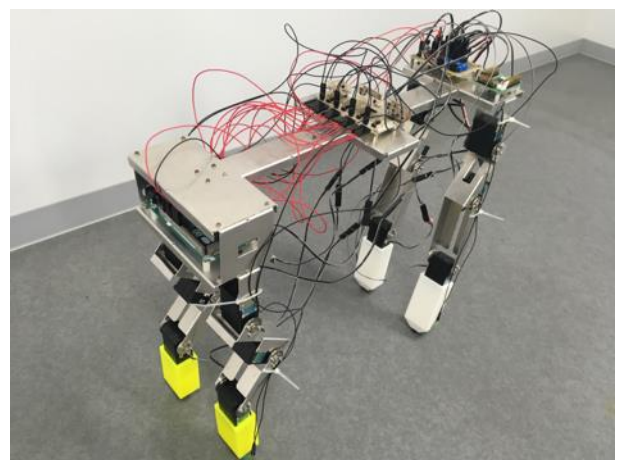


Figure 1. Developed quadruped robot

3. 搭載するニューロモフィック回路

ニューロンは動物が運動制御や情報処理などを行っ

1 : 日大理工・精機 2 : 日大理工・院(前)・精機 3 : 日大理工・院(後)・精機 4 : 日大理工・教員・精機

ているニューラルネットワークの構成要素である．ニューロンの中の細胞体は振幅がほぼ一定のパルス状の信号を生成する．この細胞体の機能をアナログ電子回路で模倣した細胞体モデルを Figure 2 に示す．

また，このモデルをもとに Figure 3 に示す自己抑制ニューロンモデルを開発した．このモデルは細胞体モデルの出力を抑制性シナプスモデルによって自己回帰する回路である．細胞体モデルがパルスを出力した際にシナプス荷重コントロール電圧 V_w に応じた大きさの電流を細胞体モデルから引き抜く．電流を引き抜かれた細胞体モデルはパルスの出力が抑制されパルス周期が長くなる．

4. 歩容生成メカニズム

ニューロモーフィック回路を利用して四足歩行ロボットに足先の圧力に応じてリアルタイムで脚を振る速度を変更可能にする．歩容はマイクロコントローラにプログラムされた脚の動きを繰り返すことによって生成する．各脚の動作は個別に制御した．ニューロモーフィック回路のパルス出力に応じて脚の角度を一定量変更し歩行動作を生成する．また，足先の圧力に応じて V_w が変化することでパルス周期が変化する．パルス周期が短いほど動作が速くなりパルス周期が長いほど動作が遅くなる．それによりほぼリアルタイムで脚の駆動速度を変化させる．

5. まとめ

馬の骨格を模倣した四足歩行ロボットを開発した．さらにニューロモーフィック回路を搭載し，足先の圧力に応じてパルス周期を変化させた．今後は歩容生成実験を行っていく予定である．

6. 参考文献

- [1] T.Graham Brown : “The Intrinsic Factors in the Act of Progression in the Mammal”, PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY B , Vol.84, No. , pp308-319, 1911
- [2] Dai Owaki, Akio Ishiguro : “A Quadruped Robot Exhibiting Spontaneous Gait Transitions from Walking to Trotting to Galloping”, Scientific Reports, Vol.7, No.277, 2017.
- [3] 武井裕樹, 森下克幸, 田澤陸, 金子美泉, 内木場文男, 齊藤健 : 「独立したニューロ回路の実装により動物に似た歩容を生成する四足歩行ロボットの開発」, 回路とシステムワークショップ, pp.222-227, 2019.

- [4] T.McGeer : “Passive Dynamic Walking”, The International Journal of Robotics Reserch, Vol.9, No.3, pp62-82, 1990.

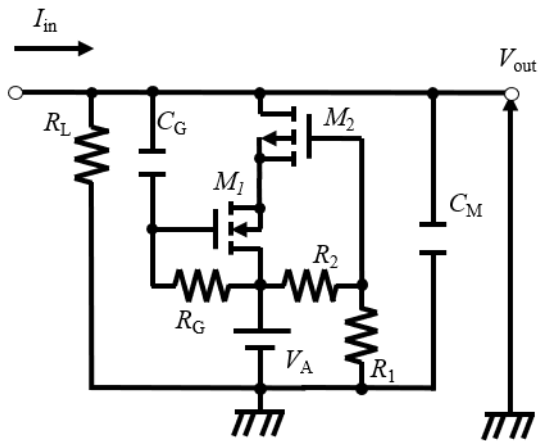


Figure 2. Circuit diagram of cell body model

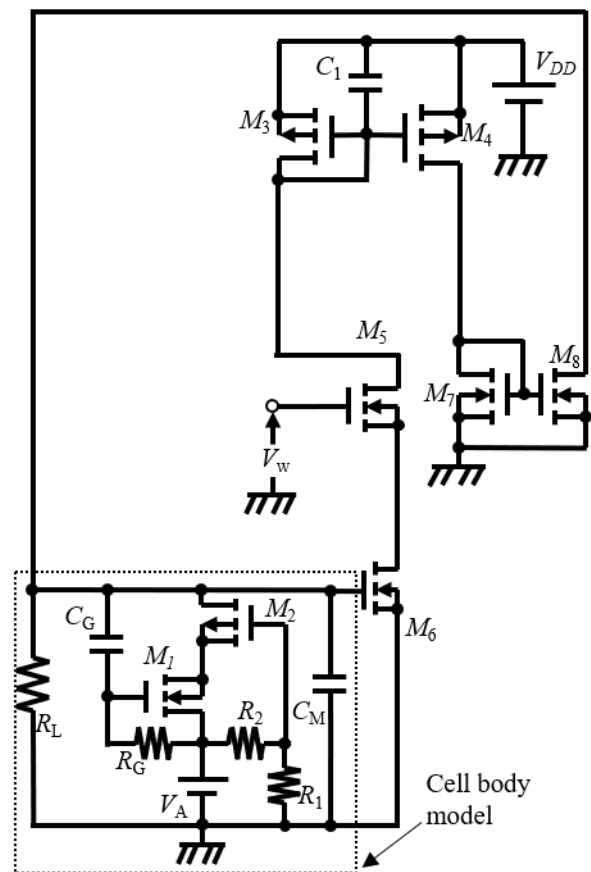


Figure 3. Circuit diagram of self-inhibiting neuron model