

# ニューロ回路を用いて自発的に足並みを変化させる 四足歩行ロボットの開発

D-2 Spontaneously change footsteps using neuro-circuit

Development of quadruped walking robot

田澤 陸<sup>†</sup> 武井 裕樹<sup>††</sup> 富増 優樹<sup>††</sup> 森下 克幸<sup>†</sup> 齊藤 健<sup>†</sup> 内木場 文男<sup>†</sup> 金子 美泉<sup>†</sup>

Riku TAZAWA<sup>†</sup> Yuki TAKEI<sup>††</sup> Yuki TOMIMASU<sup>††</sup> Katsuyuki MORISHITA<sup>†</sup>

Ken SAITO<sup>†</sup> Fumio UCHIKOBA<sup>†</sup> Minami KANEKO<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 日本大学理工学部 <sup>††</sup> 日本大学大学院理工学研究科

<sup>†</sup> College of Science and Technology, Nihon University <sup>††</sup> Graduate School of Science & Technology Nihon University

## 1. はじめに

生物は度重なる環境変化に伴い進化を続けてきた。四足歩行動物は環境適応能力が高い柔軟性と移動速度に応じて足並みを変えるエネルギー効率の良さを兼ね備えている[1]。しかし現在四足歩行動物がどのようにして歩行運動を制御しているのか明らかにされていない。東北大学の大脇らは、位相振動子モデルにより四足歩行ロボットが四足歩行動物に見られるものと似た歩容変化を自発的に行う制御モデルを開発した[2]。我々は、生物が歩行運動を生成するニューロンの機能をアナログ回路で模倣する研究を行っている。今回パルス周期が変化可能なニューロ回路を開発し、ロボットを制御した。本論文では四足歩行ロボットが、動物のような安定した歩行運動を生成したことを報告する。

## 2. ニューロ回路

図 1 にニューロ回路を示す。また、図 2 に回路の出力波形を示す。この回路は一定周期でパルスを生成する細胞体モデルにパルス周期を変化させるための自己帰帰回路を組み合わせたものである。自己帰帰回路は外部からの電圧入力(コントロール電圧)に応じてパルス周期が変化できる。図 3 にコントロール電圧とパルス周期の関係の測定結果を示す。図 3 からコントロール電圧の入力値によってパルス周期が線形に変化していることが示されている。

## 3. 四足歩行ロボット

開発したロボットは各関節にサーボモータを使用し、足先に圧力センサを取り付けた。ロボットの制御を行うマイクロコントローラには 1.圧力センサで測定した反力に応じてコントロール電圧をニューラル回路に出力する。2.ニューラル回路からのパルス入力に応じて一定角度、設定された軌道で脚を駆動する。という二つの処理を行わせた。この処理とニューラル回路によって四足歩行ロボットを制御し歩行させる実験を行った。各脚の軌跡を図 4 に示す。

歩行実験はまず、ロボットを持ち上げセンサが受け取る反力がない状態での各脚の軌道の位相が一致するように調整した後ロボットを平地に置き、歩行させた。歩行開始直後はすべての脚が同時に動き出そうとするため不安定な挙動

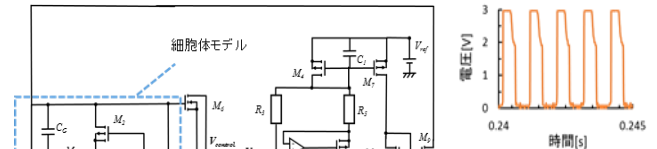


図 1 ニューロ回路

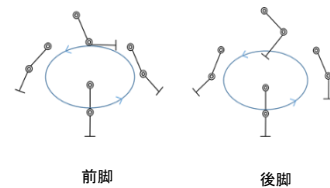


図 4 各脚の軌跡

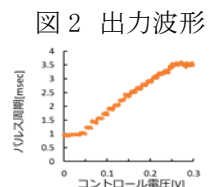


図 2 出力波形

図 3  $V_{control}$  と周期の関係

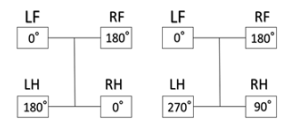


図 5 歩容パターン

を示したが、次第に脚を動かすことで発生する重心の移動に応じバランスをとるように各脚の位相に隔たりが生じた。位相の隔たりは四足歩行動物が低姿勢で移動する姿に酷似している。次に我々はロボットを傾斜地に設置し圧力センサの反力を減少させることで歩行の周期に対する立脚期の割合が減少し Trot の歩容を生成するのではないかと考え、平地同様に足先の位相差を等しくさせ傾斜面に接地すると Trot に似た歩容が発生した(図 5)。

## 4. まとめ

我々はパルス周期を変化可能なニューラル回路を開発し、ロボットにかかっている反力から自発的に歩容を生成する四足歩行ロボットを開発した。今後歩容生成の条件の検討を行い歩容遷移現象が可能か検討を行う。

## 5. 参考文献

- [1] Hoyt, D. F., and Taylor, C. R. Gait and the energetics of locomotion in horses. Nature 292, 239–240 (1981).
- [2] Dai Owaki, Akio Ishiguro : “A Quadruped Robot Exhibiting Spontaneous Gait Transitions from Walking to Trotting to Galloping”, Science Reports 7, 277, 201