

ハードウェア CPG モデルと連動可能な四入力型腰部駆動回路に対する一検討
 A Study on Four-input Waist Drive Circuit in Which Linked Operation to Hardware CPG Model

○竹前諒也¹, 佐伯勝敏²

*Ryoya Takemae¹, Katsutoshi Saeki²

Abstract: In this paper, a four-input waist drive circuit for twisting the waist of a quadruped robot equipped with a CPG model and its component timing control circuit are studied. As a result, it is found that the timing control circuit can be used to correct the timing deviation of the leg movements during walking and to align the legs. Furthermore, it is shown that it is possible to switch the direction of the current applied to the motor in accordance with the movements of the four legs and reverse the direction of the waist tilt.

1. まえがき

動物の歩行や遊泳、飛行等といった周期的なリズム運動は、生体の脊髄に内在するCPGという神経回路網によって制御されていると考えられている^[1]。CPGを回路的に模倣したCPGモデルを構築することで、地面の状態や移動速度に応じて様々な歩容を選択し移動する機能を有したロボットの作製が可能である。先に我々は、CPGモデルによって動作する四足歩行ロボットの安定した前進動作を実現するため、歩行に合わせて腰部部分を駆動させる二入力型の腰部駆動回路を提案した^[2]。

本論文では、ロボット腰部に加えCPGモデルとも連動可能な四入力型腰部駆動回路と、その構成要素であるタイミング調整回路について検討を行ったので報告する。

2. 本論

Fig.1に、四足歩行ロボット用CPGモデルを用いてtrotの歩容を生成した波形を示す。図中のLF, RF, RH, LHは四足歩行ロボットの各脚の出力を示しており、それぞれ左前脚、右前脚、右後ろ脚、左後ろ脚に対応している。また、パルスのHレベルは脚部の遊脚状態を、Lレベルは接地状態を表している。同図に示すとおり、trot歩容ではLFとRH、RFとLHがそれぞれ同相で動作を行う。

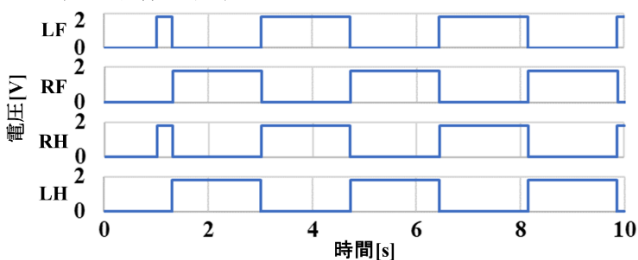


Figure 1. Trot pattern

Fig.2に、四足歩行ロボットの制御回路全体のブロック図を示す。今回提案する四入力型腰部駆動回路は同図中の破線内に示しており、屈曲センサ、タイミング調整回路、電圧反転回路、Hブリッジ回路により構成している。図中の屈曲センサは、ロボットの歩行中に脚が地面から最も高く持ち上がった状態を検知する感圧センサであり、各脚の一つずつ取り付ける。本回路はtrot歩容で動作するロボットに対しての使用を想定しており、ロボットの腰部部分に取り付けたDCモータを駆動させ、腰部を捻転させることで遊脚時の脚の高度を高める役割をもつ。また、同相で動作する二脚の位置のずれをタイミング調整回路で検知することで、足並みを揃える機能も有している。

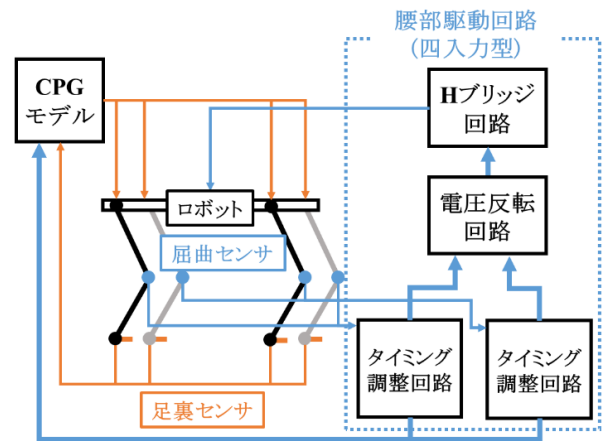


Figure 2. Diagram of robot control circuit

Fig.3に、四入力型腰部駆動回路の構成要素であるタイミング調整回路の構成図を示す。本回路は積分部、T型FF、XOR回路、AND回路、立ち上がり検出回路により構成されている。trotのような二相同期歩容の場合、四脚のうち二脚が同相で動作を行うようにCPGモデルが歩容を生成する。しかし実機のロボットの動

1: 日大理工・院(前)・電子, 2: 日大理工・教員・電子

作においては、モータの個体差などによって脚の動きがずれる場合が多い。同図は、各脚の屈曲センサからの信号を入力信号とし、trot 歩容における脚の動作のずれを修正する回路である。二つの脚の屈曲センサから本回路に信号が入力されると、図中のタイミング比較部で入力された信号のずれを検知する。次に、信号選択部によって、どちらの脚の動作が遅れているかを検出し、早く動作している脚の動きを一時的に停止させる。二脚の位置が揃ってから脚部の動作を再開し、同時にロボットの腰部の捻転方向を変化させる。

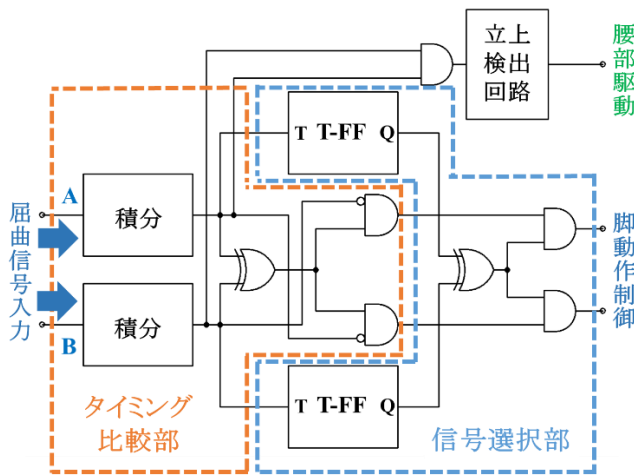
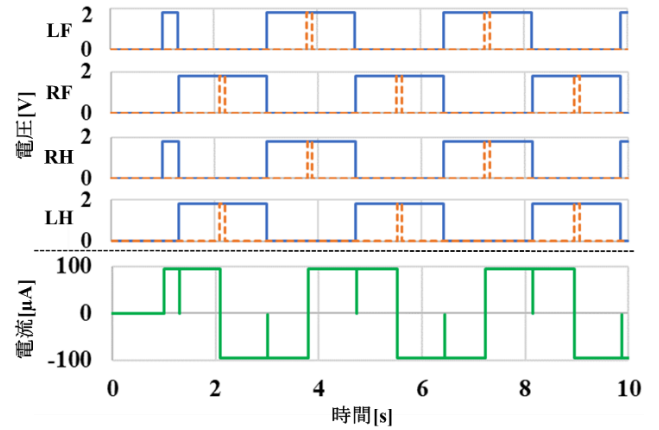


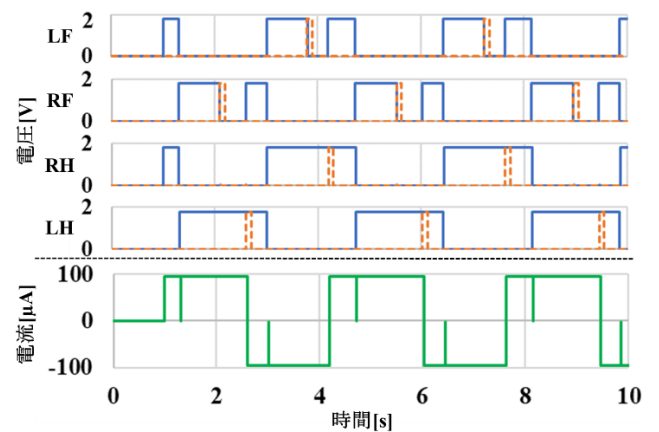
Figure 3. Timing control circuit

Fig.4 に、Fig.2 に示したロボット制御回路のシミュレーション結果を示す。図中の青線はCPGモデルが生成した歩容を表している。また、橙色破線は各脚の屈曲センサからの信号を表している。緑線はロボット腰部部分に取り付けた DC モータに流れる電流を表しており、この電流の符号を反転させることによって、ロボットの腰を左右に捻転させる。同図中の(a)は、同相で動作する二脚の屈曲信号にずれがない場合のシミュレーション結果である。このとき、CPG モデルは trot の歩容を生成する。また、LF と RH、RF と LH の脚がそれぞれ屈曲を行う度に、モータに流れる電流の方向が反転している。(b)には RH の屈曲タイミングを LF より遅らせ、加えて LH の屈曲タイミングを RF よりも遅らせた場合の結果を示している。基本的な脚部の駆動パターンは trot の歩容と一致しているが、RH よりも屈曲が早い LF と、LH よりも屈曲が早い RF の動作がセンサ反応時点で一時的に停止している。また、RH、LH の屈曲を検知すると、動作を停止していた LF、RF が動作を再開する。このことから、タイミング調整回路を用いて CPG モデルを制御することで、早く動作している脚の動きを停止し、歩行中にずれた足並みを揃

えることが可能である。また、動作が遅れた RH、LH の屈曲タイミングに合わせて電流値が変化している。したがって、各脚の動作のずれを修正してからロボットの腰を動作させることが可能であると考えられる。



(a) No leg flexion timing discrepancy



(b) With leg flexion timing discrepancy

Figure 4. Simulation results of robot control circuit

3. まとめ

今回、ロボット腰部及びCPGモデルと連動可能な四入力型腰部駆動回路について検討を行った。その結果、CPGモデルを制御して脚の動作のずれを補正しつつ、ロボット腰部に流す電流方向を反転可能であることを示した。今後は、CPGモデルと四入力型腰部駆動回路のチップ化を進めていく予定である。

4. 参考文献

- [1] 伊藤宏司 “歩行運動とリズム生成”，日本ロボット学会誌，Vol.11, No.3, pp.320-325, 1993.
- [2] 竹前諒也，佐伯勝敏，佐々木芳樹 “ハードウェア CPGモデルを用いた四足歩行ロボットのための腰部駆動回路に対する一検討”，令和4年度学術講演会予稿集，M-19, pp.761-762, 2022.