

腰関節を用いた四足ロボットの歩行制御に対する一検討 A Study on Locomotion Control of Quadruped Robots with a Waist Joint

○夏新宇¹, 二瓶乃亮¹, 佐伯勝敏², 関根好文³*Xinyu Xia¹, Daisuke Nihei¹, Katsutoshi Saeki², Yoshifumi Sekine³

Abstract: Many investigators have used CPG models to develop control adaptations in robots. We focus on a waist joint by using pressure sensors in order to control a quadruped robot. In this paper, we suggest an operating circuit for a quadruped robot which can cope with the climb of stairs. As a result, it is shown that the proposed operating circuit can control the waist joint, moreover a quadruped robot with a waist joint is shown that can cope with the climb of stairs.

1. まえがき

災害発生時、人間が入れないところを探索・救援をするロボットは重要である。これまで、クルマ型やキャタピラ型のロボットがよく使われていた。しかし、階段など複雑な地面状況により、これらのロボットはタイヤの大きさなどに制限されてしまい、複雑な作業に向いていない。現在、動物型ロボットとして、四足や六足ロボットが注目される。特に、四足ロボット^[1]は高い運動機能を持ち、いろいろな状況に対応出来るため、不整地等で安定した歩行が可能である。中でも、生体の優れた歩行機能を工学的に応用することを目的に、Central Pattern Generator^[1] (以下 CPG) モデルを搭載する研究が進められている^[2]。

我々は人工知能を持つ四足ロボット^[3]を開発するため、ハードウェアにより構築された CPG モデルの研究開発を行っている。

今回、足裏に付けた感圧センサーのフィードバックにより、四足ロボットの全体を支える腰関節を制御することで、整地における歩行評価を行った。

2. 本論

Fig. 1 に CPG モデルの動作回路のブロック図を示す。図中、上部に CPG モデルの歩行制御回路、下部に腰の制御回路を示す。CPG モデルより出力された信号は脚の位相情報しかないため、そのままではロボットの歩行制御をすることはできない。そこで、歩行制御回路に通すことで、CPG モデルの出力信号に振幅情報を付け、歩行制御の信号に変換し、滑らかに歩行制御を行うことができる。

CPG モデルの歩行制御と並列に腰関節の制御を行うために、四足歩行ロボットの足裏に感圧センサーを付ける。地面状況や段差により、各足に加える圧力が変

わる。圧力の変化により、感圧センサーの抵抗値が変化する。この原理を用いて、感圧センサーの動作回路を作成した。次に、ロボットの全体を支える腰関節を制御するために、感圧センサーの動作回路により出力信号を腰制御回路に通すことで、信号に振幅情報を付け、腰制御信号に変換し、滑らかに腰関節の制御が可能である。

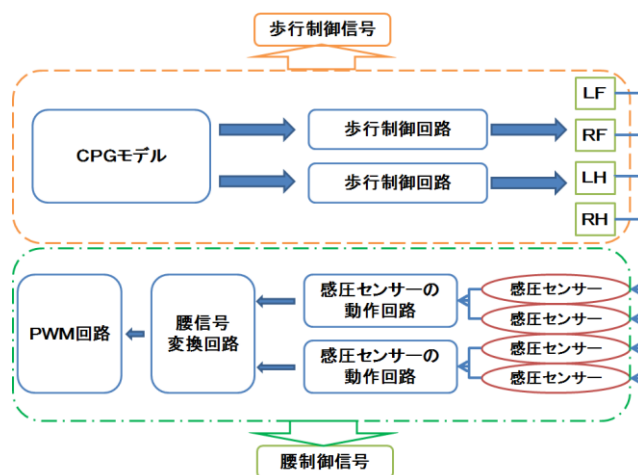


Fig. 1 Schematic diagram of operating circuit for CPG models

Fig. 2 に感圧センサーを用いた腰関節の動作回路を示す。図中、感圧センサーの動作回路は、感圧センサーが受けた力により抵抗値が変化する。入力した定電圧信号を感圧センサーの抵抗変化により、オペアンプに通すことで、増幅して出力する。感圧センサーの動作回路により出力した信号をバッファ回路を介し、感圧センサーの動作回路の出力信号を腰信号変換を通すことで、腰関節を制御する信号に変換する。次に、腰関節を滑らかに制御するため、腰信号変換回路の最終段の積分回路により振幅情報を付加する。振幅情報を付加した信号を PWM 回路を通すことで、腰関節のサー

ボモータを制御するための信号に変換し、地面状況により、腰関節の制御が可能である。

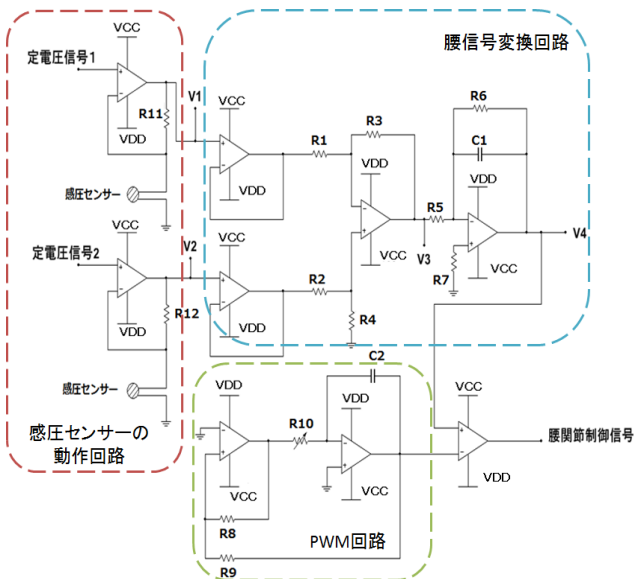


Fig. 2 Control circuit for a waist joint using pressure sensors

Fig. 3 に感圧センサーを用いた腰関節の動作回路の実測波形を示す。図中、感圧センサーの動作回路により出力した信号に振幅情報を付け、PWM 回路により、腰のサーボモータを制御するための信号に変換する。この出力を用いることで、四足歩行ロボットの腰関節制御が行えることを確認した。

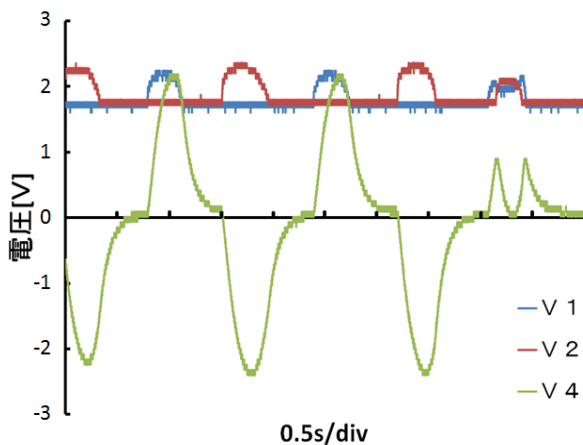
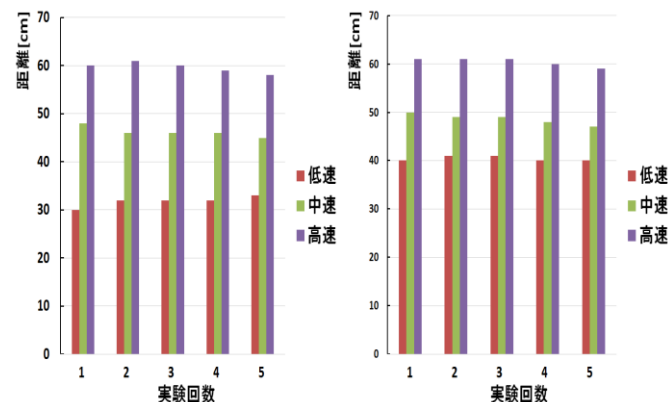


Fig. 3 Output waveform of control circuit for a waist joint using pressure sensors

Fig. 4 に整地における歩行評価の結果を示す。四足ロボットが歩行をする時間を 10 秒に設定し、歩行パターン Bound を用いた。歩行速度は低速、中

速、高速、それぞれに対して、(a)腰関節なしと(b)腰関節ありの場合を示し、それぞれ 5 回ずつ歩行を行った。同図は、腰関節がある方が、ロボットの歩行距離が長くなることを示している。

以上のことより、今回提案した回路は感圧センサーのフィードバックにより、四足歩行ロボットの腰関節制御が行えることを示している。また、腰関節を制御することにより、ロボットの歩行距離が長くなることを示している。



(a) No a waist joint (b) With a waist joint

Fig. 4 Result of gait assessment in grading

3. まとめ

今回、足裏に付けた感圧センサーのフィードバックにより、四足ロボットの全体を支える腰関節を制御することで、整地における歩行評価を行った。

その結果、足裏に付けた感圧センサーのフィードバックにより、四足ロボットの腰関節制御が行えることを明らかにした。また、腰関節制御により、ロボットの歩行距離が長くなることを明らかにした。

今後は、坂道や階段での歩行評価を行う予定である。

4. 参考文献

[1]Katsutoshi Saeki, Tatsuya Tatebe, Yoshifumi Sekine: “A study on CPG Model Transition Swing and Stance Pattern with Interstitial Cells”, International Joint Conference on Neural Networks, 264, pp. 177-184, 2012.
 [2]Shogo Nonaka, Takeshi Tsujimura and Kiyotaka Izumi: “CPG Network to Generate the Jump Action of Cat’s Skeleton Robot with a Waist Joint”, SICE Annual Conference, pp. 166-171, 2012.
 [3]夏新宇, 二瓶乃亮, 奥山敦司, 佐伯勝敏, 関根好文: “CPG モデルの歩行パターンばらつき検出回路に対する一検討”, 電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文, pp. 372-378, 2014.