

四脚ロボットモデルの歩行動作の獲得

北見工業大学 ○平田英明, 岩舘健司, 鈴木育男, 渡辺美知子

要 旨

本研究では、四脚歩行ロボットが自律的に歩行動作を獲得する手法を確立することを目的とする。本稿では、各脚に付けられた圧力センサにより床からの反力を測定し、それを位相振動子の入力として各関節動作を調整する手法を提案する。検証実験を行い、位相振動子のパラメータの違いにより多様な歩容が創発されることを確認した。

1.はじめに

近い将来、ロボットが我々の日常生活で活躍することが期待されている。そのようなロボットに対する要求として多様な環境で動作することが求められており、特に四脚歩行ロボットは様々な環境に対して移動可能な能力を持つことから注目され、数多くの研究がなされている。四脚歩行ロボットは歩行時の安定性から、車輪型移動ロボットでは活動することが難しい場面である災害現場や工事現場などでの活躍が期待されている。

一方、四脚歩行ロボットでは、可動部の機構の複雑さや多様な環境への対応を考慮すると、各関節ごとの制御を設計者がすべて設定するのは困難である。そのため、適切な制御器を自律的に設計する手法が求められる。

本稿では、仮想環境における四脚歩行ロボットを対象とし、脚底の圧力情報をもとに歩容の制御を位相振動子により実現する手法を提案する。

2.四脚歩行ロボット

2.1 ロボットのモデル

対象とする四脚歩行ロボットを図1に示す。各脚には、それぞれ自由度1の関節を、胴体と上脚の間、上脚と下脚の間に設置する。胴体と上脚の間の関節は位相振動子を持ち、常に回転する。また、上脚と下脚の間の関節は常に下脚が地面に対して垂直になるように制御される。可動範囲は、すべての関節が $0 \leq \theta \leq 2\pi$ の範囲で動作する。

さらに、四脚歩行ロボットには、各脚の底に地面からの反力を測定できる圧力センサを設置する。本研究では、下脚と脚底のオブジェクトをバネで繋ぎ、その距離変化を圧力センサの値とした。また、胴体の中心には、ロボットモ

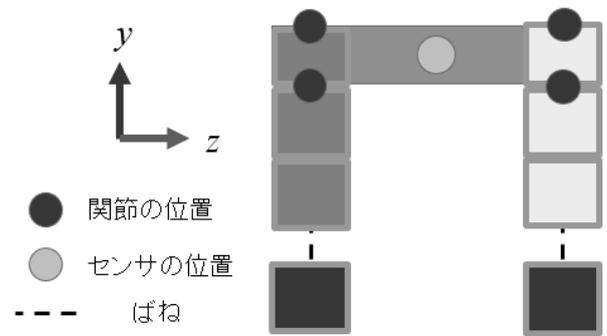


図1:四脚ロボットのモデル

デルの速度と移動方向を正面からの角度で取得するセンサも設置する。

2.2 制御方法

各脚の位相振動子の位相をその脚底にある圧力センサの値に応じて調節し、各脚間の協調動作により四脚歩行を実現する。位相振動子の動作は、式(1)により決定する。

$$\dot{\phi}_i = \omega - \sigma N_i \cos \phi_i \quad (1)$$

ここで、 ω は固有角速度、 σ はローカルフィードバック量、 N_i は*i*番目の脚に加わる反力、 ϕ_i は*i*番目の脚の位相振動子の位相となっている。本稿では、各脚のローカルフィードバック量 σ の調整は、値を0から π まで 1×10^{-4} ごとに増加させ、評価する方法で行う。

2.3.評価関数

式(2)に今回使用した評価関数 F を示す

$$F = \sum_{i=0}^n |v| \cos \theta \quad (2)$$

ここで、 v はロボットの速度、 θ はロボットの初期に設定された正面方向と移動方向の角度を表す。ロボットが正面方向に向かって前進動作ができると、評価値を最大化できる。

3.検証実験

3.1 実験設定

提案手法により歩行動作が獲得できるかについて、シミュレーションによる検証実験を行った。シミュレーションの環境は Unity により構築し、ロボットの正面を z 軸の正方向に初期設定し、シミュレーション時間を 2,000 ステップとして評価した。

3.2 結果と考察

検証実験の結果、最も高い評価値を獲得した個体 ($\sigma = 2.6088$) の歩行動作について解析する。図 2 に四脚歩行ロボットの移動軌跡 (6,000 ステップ) を示す。開始から 1500 ステップまでは、ロボットに設定された正面方向である z 軸方向に向かって進んでいるが、1500 ステップ過ぎから x 軸負の方向にずれながら移動していることがわかる。これは、学習過程に設定した 2,000 ステップだけに限れば、目標点に比較的正面を向いて移動することが評価されるが、それ以降については評価の対象外となることに起因していると考えられる。

図 3 は、各脚に加わる圧力の変遷を示したグラフである。前後とも 3,000, 5,000 ステップ付近で圧力変化が左右交互に起こっていることから、左右の足を交互に動かして歩行を実現していることがわかる。各脚の 2,500~3,500 ステップ間の地面との接触の様子を図 4 に示す。必ず二脚が支持脚となって身体を支えており、前脚と後脚が交互に動作しギャロップに似た歩容が確認できる。

最後に、評価値と σ との関係を図 5 に示す。 σ 値の少しの変化で評価値が大きく変化する。そのため、ピンポイントでの σ の探索が必要であることが理解できる。

4.おわりに

本研究では、四脚歩行ロボットが自律的に歩行動作を獲得する手法を確立することを目的とした。位相振動子による脚制御を提案し、検証実験から σ の値の調整により前進動作やギャロップ歩容の獲得について確認できた。今後は、歩容をスムーズに変化できるように σ の適切な値を進化計算等により求めることを目指す。

参考文献

- [1]. 石黒章夫, 大脇大, “A Quadruped Robot Exhibiting Spontaneous Gait Transitions from Walking to Trotting to Galloping” Scientific Reports 7, Article number: 277 (2017)

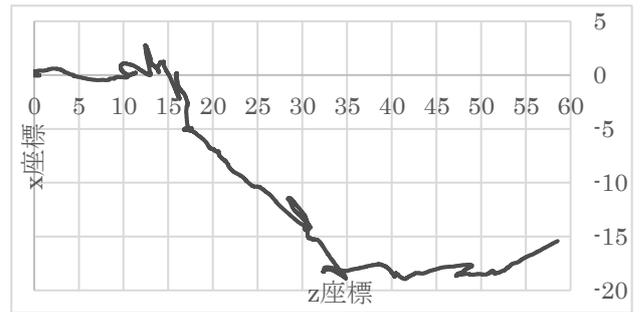


図 2 : 最優秀個体 ($\sigma = 2.6088$) の移動軌跡

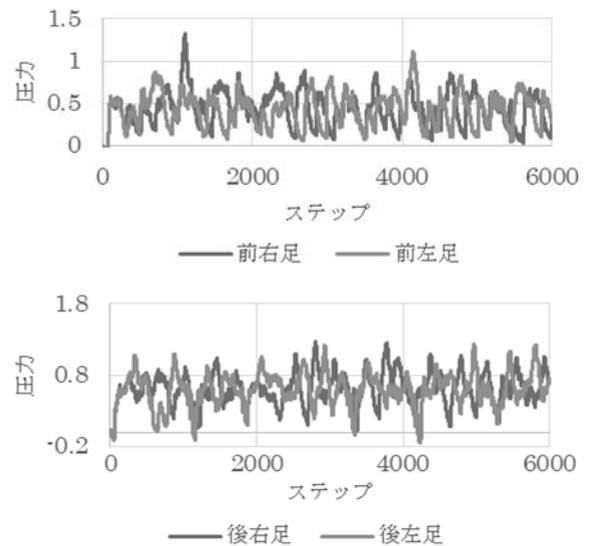


図 3 : 各脚に加わる圧力の遷移 ($\sigma = 2.6088$)



図 4 : 地面との接触 ($\sigma = 2.6088$, 2,500~3,500 ステップ)

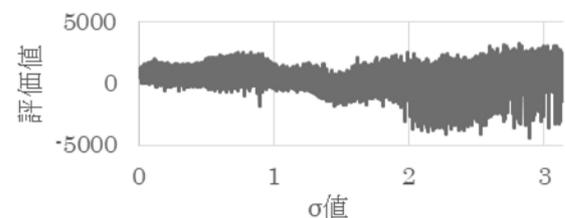


図 5 : 評価値と σ 値