

ラクダ型四足歩行ロボットの脚部動作に対する検討

A Study on Leg Motion of a Camel-Type Quadruped Walking Robot

○山崎順平¹, 伊藝楓斗¹, 本間天悠¹, 石田暁久², 田邊魁晟², 森下克幸³, 齊藤健⁴

*Jumpei Yamasaki¹, Futo Igei¹, Tenyu Honma¹, Akihisa Ishida², Kaisei Tanabe², Katsuyuki Morisita³, Ken Saito⁴

Abstract: In this paper, we created a quadruped robot that mimics the body structure of a walking camel based on the trajectory of the walking camel's legs. We used a video of a camel walking, shot from the side. We were feeding the video frame by frame and measuring the displacement of the leg tips and the angle between the ground and the leg tips. In order to obtain balance, the displacement of the leg tip was reduced to 1/3 to conduct a walking experiment.

1. はじめに

動物には歩容と呼ばれる各脚の動きの位相差によって区別される歩行形態が存在する。四脚における基本的な歩容の代表的なものとして、ウォーク、トロット、ペース、ギャロップが挙げられる。

我々は、生物のニューロンをアナログ回路で模倣したニューロモフィック回路を歩行ロボットに搭載し、歩容を能動的に生成する歩行ロボットの開発をおこなっている^[1]。先に我々はニューロモフィック回路を搭載した四足歩行ロボットによってウォークとトロットを生成させることに成功し、移動による歩容の変化を確認した。しかし、他の歩容は確認できなかった。

大阪大学では歩行に機構が影響することが報告された^[2]。そこで我々は、歩行ロボットにペースの歩容を発現させるため、ラクダの体の構造を模倣した歩行ロボットを開発することを考えた。

本論文では歩いているラクダの脚先の軌跡を基に、ラクダの構造を模倣した四足歩行ロボットを作製した。体の構造が歩容に対してどのような影響があるのか研究するため、ラクダの体の構造を模倣した四足歩行ロボットの脚部動作の作製と歩行実験をおこなったので報告する。

2. 歩いているラクダの脚先の軌跡作製

歩いているラクダの脚先の軌跡の作製には、歩いているラクダを横から撮影した動画^[3]を用いた。動画をコマ送りにし、各コマの脚先と地面のなす角を測定した。また、各コマのラクダの体に基準点を置き、基準点から見た脚先の座標を測定する。

3. ロボットの脚部動作の生成と歩行実験

Figure1 に、ラクダの体の構造を模倣した四足歩行ロボットモデルを示す。サーボモータを実際のラクダの肩、肘、股、膝、足首にあたる部分に配置した。脚の長さ、幅などは実際のラクダの比率と同じになるように設計した。関節角度の計算においては、脚は Figure1 に示すような 3 リンクマニピュレータで構成されている。歩いているラクダの脚先の軌跡上に指定した点の位置 (x, y) およびリンク 3 と x 軸とのなす角 θ を与えることで、各関節角度は式(1)、(2)および(3)に基づいて求められる。

$$\theta_1 = \cos^{-1} \left(\frac{x'^2 + y'^2 + l_1^2 - l_2^2}{2l_1 \sqrt{x'^2 + y'^2}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{y'}{x'} \right) \quad (1)$$

ただし、 $x' = x - l_3 \cos \theta$, $y' = y - l_3 \sin \theta$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{y' - l_1 \sin \theta_1}{x' - l_1 \cos \theta_1} \right) - \theta_1 \quad (2)$$

ただし、 $x' = x - l_3 \cos \theta$, $y' = y - l_3 \sin \theta$

$$\theta_3 = \theta - \theta_1 - \theta_2 \quad (3)$$

式(1)は解が 2 つ求まるが、実際のラクダの脚の構造に基づいた場合に、解は任意の 1 つに絞ることができる。

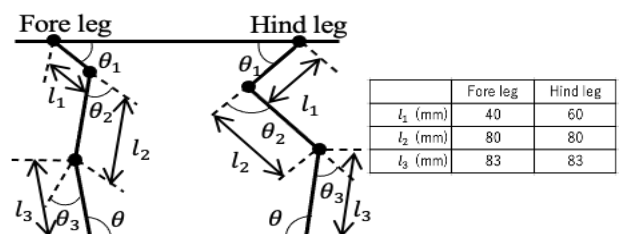


Figure1. Quadru ped robot model and its link mechanism

軌跡上に 24 点の目標点を指定し、目標点を辿るようにして脚部動作を生成した。24 点の目標点に対し式(1)~(3)を用いて脚部の各関節角度を計算し、脚部動作を生成することで、今回参考にしたラクダに似た脚部動作を生成することができた。

次に、生成した脚部動作をロボットへと実装し、歩行実験をおこなった。歩行実験の結果、(x, y)の変位が大きく、バランスが崩れてしまい、歩くことができなかった。そこで、(x, y)の変位を 1/3 にし、軌跡上の点を 14 点とした。

Figure 2 に変位を 1/3, 軌跡上の点を 14 点として作製した四足歩行ロボットの脚先の軌跡を示す。結果として、多少の支えにより、バランスを取り、ペースで歩行可能であることを確認した。

Figure 3 に 14 点の場合の各関節の角度変化を示す。Figure 3 は Figure 2 で測定した値を用いて式(1)~(3)に代入した結果である。

4. まとめ

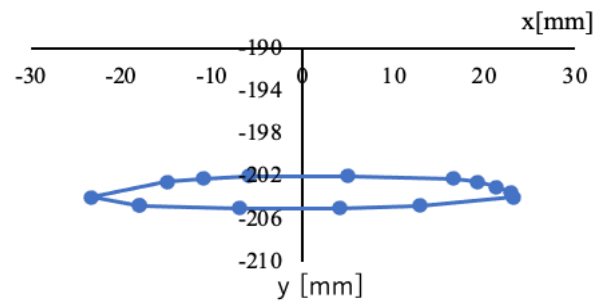
本論文ではラクダの体の構造を模倣した四足歩行ロボットにおいて、歩いているラクダの脚先の軌跡を参考にし、ロボットの脚部動作を作製した。脚先の軌跡を 24 点にすることで、ラクダに似た脚部動作を生成することができた。しかし、変位が大きいため、バランスを取ることができなかった。そこで(x, y)の変位を 1/3 にし軌跡上の点を 14 点に減らすことで、バランスを取ってペースで歩かせることができた。また、ラクダなどの脚の長い動物は前後の脚が当たるため、ペースをする可能性が考えられる。

今後はアナログ電子回路を用いて生物のニューロンを模倣したパルス形ハードウェアニューロンモデルを搭載し、歩行実験をおこなうことで、体の構造が歩容に対してどのような影響があるか検討する予定である。

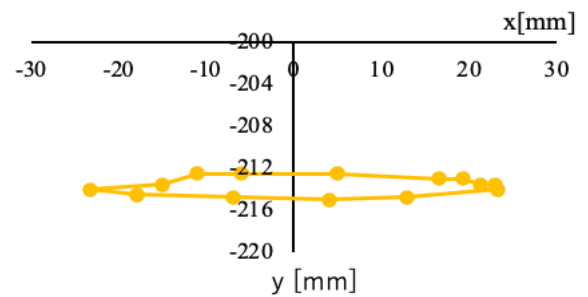
5. 参考文献

[1] Yuki Takei, Katsuyuki Morishita, Riku Tazawa, Ken Saito : “Active Gaits Generation of Quadruped Robot Using Pulse-Type Hardware Neuron Models”, IntechOpen, 2021
 [2] K. Nakatani, Y. Sugimoto, K. Osuka : “Demonstration and Analysis of Quadrupedal Passive Dynamic Walking”, Advanced Robotics, vol.23, 2008.
 [3] IWA18IWA: “ラクダの歩き方-2” Online video. Youtube, February 20th, 2011, August 18th, 2022

<https://www.youtube.com/watch?v=sQbvSPAMpcA>

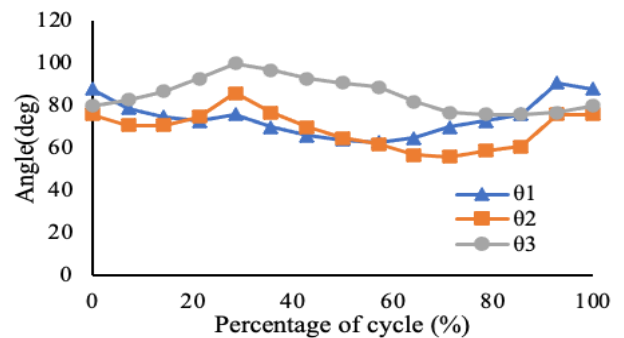


(a)

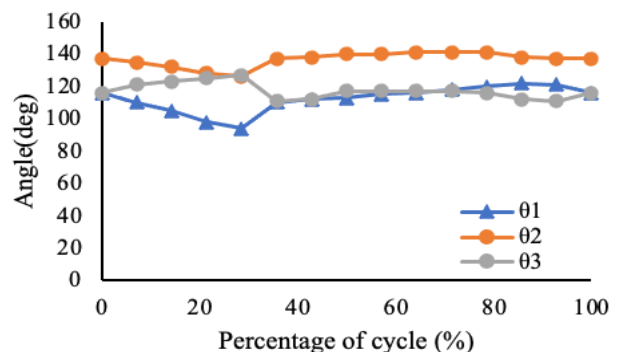


(b)

Figure2. Trajectory of leg tip (a) trajectory of fore leg tip (b) Trajectory of hind leg tip



(a)



(b)

Figure3. Angle change of link (a) Angle change of fore link (b) Angle change of hind link