

ネコの骨格を模倣した四足歩行ロボットの脚部動作に対する検討

A Study on Leg Movement of Quadruped Robot Mimicking Cat Skeleton

○石田暁久¹, 豊田哲平¹, 森下克幸², 武井裕樹², 齊藤健³*Akihisa Ishida¹, Teppei Toyoda¹, Katsuyuki Morishita², Yuki Takei², Ken Saito³

Abstract: This paper studies the leg movement of a quadruped robot. The leg mechanism of a constructed quadruped robot imitates a cat's skeleton. Firstly, the leg tip trajectory of a cat was measured from the cat's walking video. Secondly, we create the leg movement according to the leg tip trajectory of a cat. As a result, the leg movement could create by tracing the 24 target points of the leg tip trajectory of a cat.

1. はじめに

動物の歩行には歩容と呼ばれる運動パターンが存在する。歩容は脳で生成されず、脊髄に存在する中枢パターン生成器によって生成されていると考えられているが、歩容の生成原理は未だに明らかにされていない。

我々は歩行ロボットを用いて動物の歩容を生成する研究を行っている。歩行ロボットに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、パルス型ハードウェアニューロンモデルを搭載している。先に我々は、足先の圧力をパルス型ハードウェアニューロンモデルにフィードバックするシステムを搭載したロボットを開発した^[1]。開発したロボットを用いて、動物に似た歩容の生成および、移動速度による歩容の変化を確認した。しかし、ロボットの形状は馬をモデルとしたが、実際の骨格を模倣していないため、馬に固有な歩容の生成ができない可能性があった。そこで我々は、四足歩行動物の骨格をロボットで再現し、模倣した動物に似た歩容を生成することを考えた。模倣する動物には四足歩行動物の中でも骨格や歩容の解析が豊富なネコを選択し四足歩行ロボットの設計及び作製を行った。

本論文では、歩いているネコの脚先の軌跡を基に、ネコの骨格を模倣した四足歩行ロボットの脚部動作について検討を行ったので報告する。

2. 歩いているネコの脚先の軌跡作成

歩いているネコの脚先の軌跡作成には、ネコの歩行を横から撮影した動画^[2]を用いた。初めに、動画を各コマの静止画に分割し、各コマにおけるネコの頭と尻の位置を合わせた。その後、各コマにおける前脚、後ろ脚の脚先位置、及び脚先と地面とのなす角を測定し、

前脚では肩、後ろ脚では股を基準点として歩いているネコの脚先の軌跡作成を行った。

3. ロボットの脚部動作の生成

Figure1 に、我々が設計したネコの骨格を模倣した四足歩行ロボットモデルを示す。サーボモータは肩、肘、股、膝、足首にあたる箇所に配置した。設計する際に、脚はネコの骨格の特徴である肘と膝の関節がくの字に向かい合う構造を模倣し、背骨や肩関節などは近似した。また、各寸法はネコの体高の寸法を基準として、体高の百分率がネコの測尺値と比率が同じになるように設計した。前脚、後ろ脚の各リンクの長さは Figure1 の図中に示した通りである。

次に、四足歩行ロボットの脚部動作の検討を行った。2章で作成した、歩いているネコの脚先の軌跡上に点を指定し、指定した点を脚先が通過すべき目標点とした。また、各点における各関節角度を求め、点間の各関節角度をそれぞれ一定の割合で変化させて、前脚、後ろ脚の脚先の軌道を生成した。関節角度の計算において、脚は Figure1 に示すような3リンクマニピュレータであるため、歩いているネコの脚先の軌跡上に指定した点の位置(x,y)及びリンク3とx軸とのなす角 θ を与えることによって、各関節角度は

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

$$\text{ただし、 } x' = x - l_3 \cos \theta, \quad y' = y - l_3 \sin \theta$$

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

$$\text{ただし、 } x' = x - l_3 \cos \theta, \quad y' = y - l_3 \sin \theta$$

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

1: 日大理工・学部・精機 2: 日大理工・院(後)・精機 3: 日大理工・教員・精機

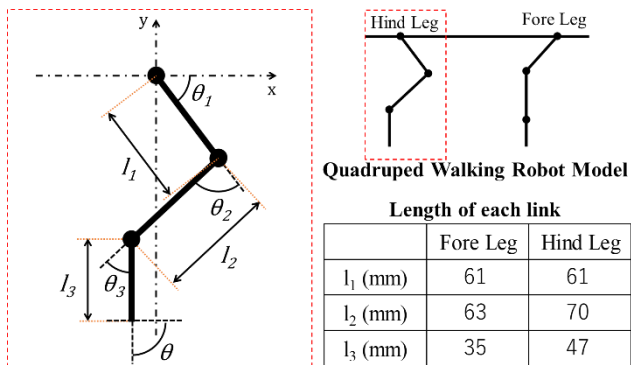


Figure 1. Quadruped robot model and its link mechanism

と求まる. このとき, 式(1)より解が複数個求まることになるが, 先に述べたように, ネコの脚の特徴である肘と膝の関節がくの字に向かい合った構造を模倣するため, 1つの解が求まる.

研究当初, 軌跡上に指定した点の数を 10 点にし脚部動作を生成したが, 点の数が足りずに基となるネコの脚先の軌跡と異なる脚部動作となった. そこで, 軌跡上に指定した点の数を増やし, 最終的には 24 点とした. 軌跡上に 24 点指定した場合の各関節の角度変化を Figure 2 に示す. また, Figure 2 に従って各関節の角度変化した場合の脚先の軌跡を Figure 3 に示す. Figure 3 において黒点は歩いているネコの脚先の軌跡上に指定した 24 点の脚先が通過すべき目標点である. また, 目標点を通過する順番は, 前脚において P_{F1}, P_{F2}, P_{F3} , 後ろ脚において P_{H1}, P_{H2}, P_{H3} の順となる方向である.

4. まとめ

本論文ではネコの骨格を模倣した四足歩行ロボットにおいて, 歩いているネコの脚先の軌跡を基にロボットの脚部動作の生成を行った. 脚部動作として生成した脚先の軌道は, 24 の目標点を辿ることで, 歩いているネコの脚先の軌跡を再現でき, ネコの骨格を模倣した四足歩行ロボットに用いることで, ネコに似た歩容を生成できる可能性がある. 今後は四足歩行ロボットに生成した脚先の軌道を実装して歩行実験を行い, ネコに似た歩容の生成が可能か検討を行う予定である.

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] Care Animal Clinic Brookfield : “Cat from walk to pacing” Online video. YouTube, March 23th, 2011, August 26th, 2021, URL.
<https://www.youtube.com/watch?v=wQsmsr0oR6c&t=1s>

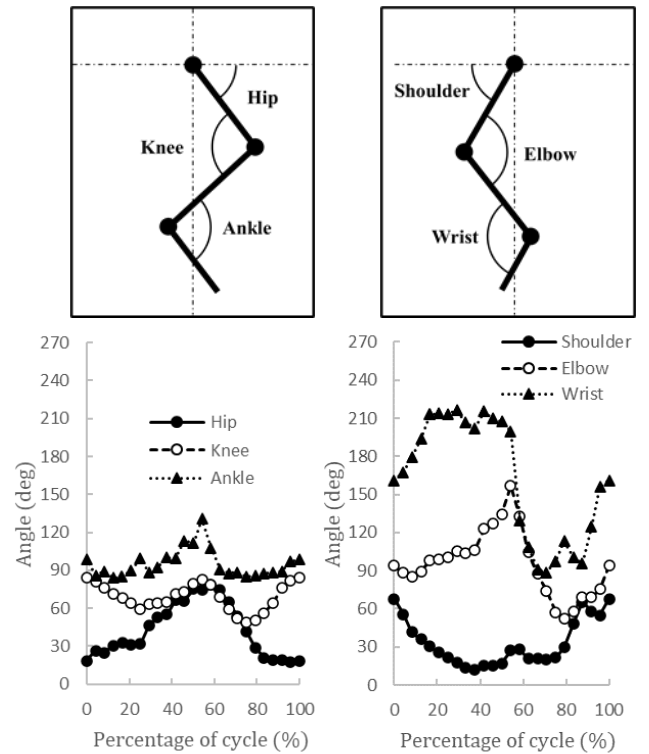


Figure 2. Angle change of each link

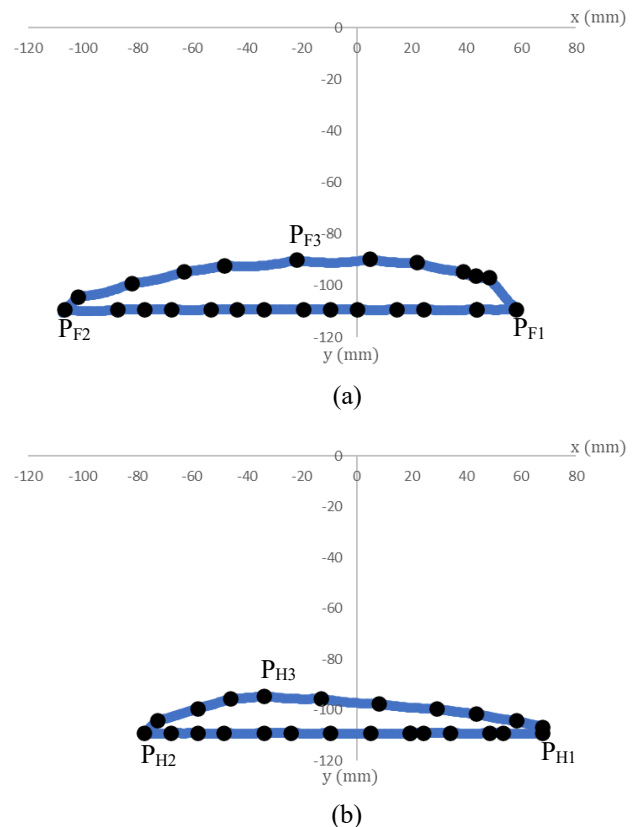


Figure 3. Trajectory of leg tip (a) Trajectory of fore leg tip (b) Trajectory of hind leg tip