

昆虫の脚部動作を模倣した小型歩行ロボットの開発 Development of Small Walking Robot Mimicking Insect Legs Behavior

○山口貴大¹, 佐々木拓郎¹, 森下克幸¹, 武井裕樹², 齊藤健³

*Takahiro Yamaguchi¹, Takuro Sasaki¹, Katsuyuki Morishita¹, Yuki Takei², Ken Saito³

Abstract: Miniaturization is necessary to allow a robot to investigate confined spaces such as disaster sites and factory interiors. The authors focus on small insects with high environmental adaptability. In this paper, we propose a hexapod robot designed to handle obstacle avoidance and changing direction, even a small size body. We designed the legs and housing to mimic the movement and structure of insect legs and manufactured them with a 3D printer. Also, we conducted a leg drive experiment. As a result of the experiment, we confirmed that the leg drives fine.

1. はじめに

昆虫は優れた移動能力を持っている。たとえば、身体に比べて大きな障害物を乗り越えたり、外敵が迫って来た際に方向転換をして素早い移動をおこなうことが挙げられる。このような昆虫の優れた能力をロボットに模倣させることで、災害現場などの不安定で狭い空間での探索や工場の配管内の調査などへの利用が期待されている。

昆虫を模倣した研究は、世界中で数多くおこなわれている。優れた小型昆虫型ロボットに関する研究の一つに、ハーバード大学のゴキブリを模倣したセンチメートルサイズロボットHAMRが挙げられる^[1]。HAMRは、全長45mmで重さは2.8gと非常に小型ながら、電源と制御回路を搭載している。また最大172mm/sで移動可能である。しかし、HAMRは4脚歩行であるため、災害現場や機体の破損などが考えられる環境下での、安定した駆動は困難である。

我々は、昆虫の優れた能力を模倣した自律駆動が可能な小型の6脚ロボットの開発をおこなっている。これまでに、リンク機構を用いた脚部を搭載した、長さ9.0mm、幅4.6mm、高さ6.4mmのマイクロボットを開発した^[2]。マイクロボットは、制御回路を持ち、Shape Memory Alloy (SMA)アクチュエータを用いての駆動が可能である。また、制御回路には中枢パターン生成器モデルを利用しており、自律的な歩行が可能である。しかし、マイクロボットの脚部は平面駆動であったため、方向転換が困難であった。そのため、障害物の回避や方向転換を可能にするために、昆虫の脚部を模倣した小型6脚ロボットを設計した。脚部は3次元的な駆動を可能とする立体的な構造とし、障害物の回避や方向転換などに対応しやすくした。

本論文では、昆虫の脚の動作を模倣した脚部および筐体の設計をおこない、3Dプリンタを用いたパーツの作製および、脚部の駆動実験をおこなったので報告する。

2. 機体設計

Figure 1に設計した小型6脚ロボットの構造を示す。小型6脚ロボットは長さ100mm、幅100mm、高さ23mmで設計した。脚部は昆虫のような3次元的な駆動を目指し、上下前後に駆動するように設計した。また、前後への脚部の可動は昆虫の最大可動範囲である60度となるように設計した^[3]。ボディは、各脚がぶつかり合い干渉しないように、楕円形で設計した。

Figure 2にAUTODESK社のFusion360で設計した、小型6脚ロボットの構成部品を示す。Figure 2(a)は、小型6脚ロボットの筐体であり、A点は脚部を45度の角度で取り付け可能で、B点は60度の角度で取り付け可能である。Figure 2(b)は、小型6脚ロボットに搭載する脚部パーツであり、part1~part7の7種類で構成した。part5, part6には、楕円の穴をあけており、可動域に制限が付く構造とした。

3. 脚部の動作原理

Figure 3に脚部の動作原理を示す。脚部の駆動には、

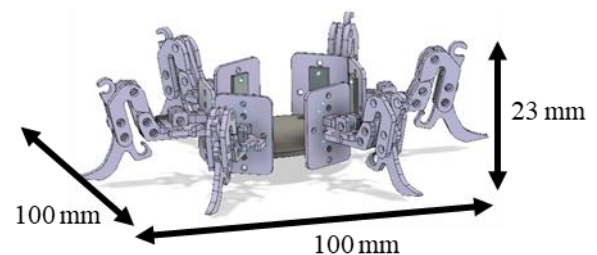


Figure 1. Structure of the small hexapod robot

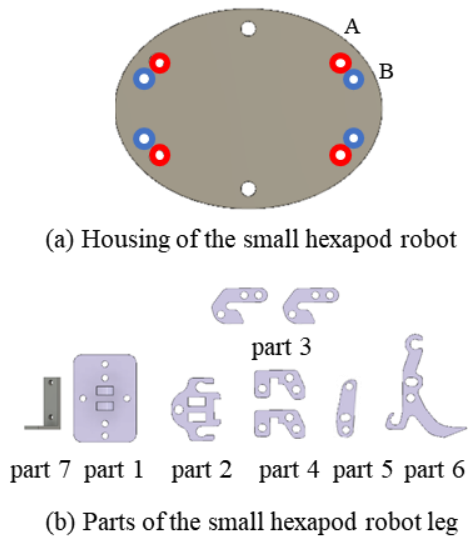


Figure 2. Components of the small hexapod robot

上部, 下部, 前部, 後部に計4本のSMAアクチュエータを用いる. Figure 3(a)に脚先を上下する際の動作原理を示す. 上部のSMAアクチュエータが伸縮することで, 脚が上がり, 下部のSMAアクチュエータが伸縮することで, 脚が下がる機構とした. またFigure 3(b)に脚先を前後する際の動作原理を示す. 前部のSMAアクチュエータが伸縮することで, 脚が前方に動き, 後部のSMAアクチュエータが伸縮することで, 脚が後方に動く機構になっている. 脚部動作は, 前部と上部のSMAアクチュエータが伸縮し, 脚を上げ前へ伸ばす. その後すぐに, 後部と下部のSMAアクチュエータが伸縮し, 脚を地面につけ, さらに体重を支えながら, 脚を後方に動かす. この動作を連続的にこなすことで, 歩行動作とする. SMAアクチュエータの伸縮周期を各脚でずらすことで, 障害物の回避に必要な方向転換も可能であると考え.

4. 脚部の駆動実験

Figure 4に3Dプリンタで作製した脚部の駆動を示す. 作製した脚部は, SMAアクチュエータの代わりに紐を使用して動作の確認をおこなった. Figure 4(a)に脚部の上下動作を示す. 上部の紐を引っ張ると脚部が上がり, 下部の紐を引っ張ると脚部が下がることを確認した. また, Figure 4(b)に脚部の前後動作を示す. 前部の紐を引っ張ると脚部が前に駆動し, 後部の紐を引っ張ると脚部が後ろに駆動することを確認した. これにより, 脚部が上下前後に想定した駆動が可能であることが確認できた.

5. まとめ

本論文では, 昆虫の脚の動作を模倣した脚部および

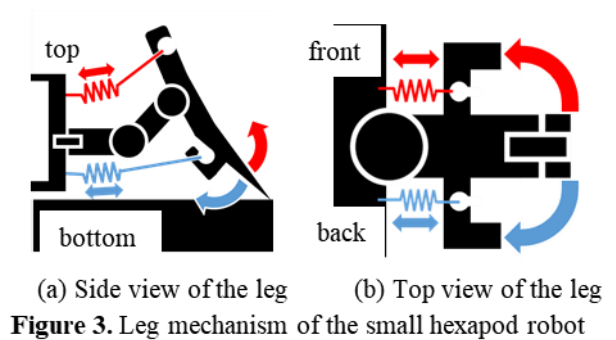


Figure 3. Leg mechanism of the small hexapod robot



(a) Up and down movement of the leg



(b) Forward and back movement of the leg

Figure 4. The small hexapod robot legs motion

筐体の設計をおこない, 3Dプリンタを用いたパーツの作製をおこなった. また, 脚部の駆動実験により, 脚部が紐を用いて上下前後に駆動することを確認した.

今後は, 6本の脚部パーツおよび本体の作製・組立と, SMAアクチュエータを用いた駆動実験をおこなう.

6. 参考文献

- [1] Yufeng Chen, Neel Doshi, Benjamin Goldberg, Hongqiang Wang, and Robert J. Wood: "Controllable water surface to underwater transition through electrowetting in a hybrid terrestrial-aquatic micro-robot", *Nature Communications*, Vol.9, No.2495, 2018.
- [2] Satoshi Kawamura, Daisuke Tanaka, Taisuke Tanaka, Daisuke Noguchi, Yuichiro Hayakawa, Minami Kaneko, Ken Saito and Fumio Uchikoba: "Neural networks IC controlled multi-legged walking MEMS robot with independent leg mechanism", *Artificial Life and Robotics*, Vol.23, pp.380-386, 2018.
- [3] 岩瀬 英治, 加藤 慎一郎, 安田 隆, 下山 勲: 「6脚ロボットの方向転換歩容生成ネットワーク」, *日本ロボット学会誌*, Vol.22, No.4, pp.492-498, 2004.