K6-17

人工筋肉ワイヤを用いた四足歩行型 MEMS マイクロロボットの開発

Development of Quadruped MEMS Microrobot Using Artificial Muscle Wire

○田中大介¹, 河村彗史², 内海裕人², 高藤美泉³, 齊藤健³, 内木場文男³
*Daisuke Tanaka¹, Satoshi Kawamura², Yuto Uchiumi², Minami Takato³, Ken Saito³, Fumio Uchikoba³

Abstract: Development of quadruped MEMS (Micro Electro Mechanical System) microrobot using artificial muscle wires is described in this paper. MEMS process was used for fabrication of the microrobot. The quadruped MEMS microrobot mimicked quadruped animal locomotion. A link mechanism is used for the legs of microrobot. The link mechanism is operated by artificial muscle wires. As a result, constructed quadruped MEMS microrobot could perform the locomotion like quadruped animals. The dimension of the constructed quadruped MEMS microrobot were 2.6, 4.8 and 3.7 mm width, length, and height in, respectively.

1. はじめに

昆虫は地球上の生物の進化において、約4億年前に陸上の節足動物として進出した動物の1つである.現在地球上では125万種類もの生物が発見・分類されているが、昆虫はその半数以上の種類を占めている^[1].この昆虫が4億年もの間を生き残ることができたのは、度重なる環境の変化に対して自身の生命機構を発達させてきたためである.このことから昆虫は環境の変化に強く、適応性の高い生物の代表的なモデルといえる.

昆虫の特徴として、小型で軽い点と自律的な行動が可能な点が挙げられる. 小型で軽いことにより、落下や転倒をしたときに自身に受ける力も小さくなり、負傷も少なくなる. 更に歩行や飛行などの移動機構は、小型であることから単純な機構で構成されている. また昆虫は人間の脳のニューロンが約1000億個であるのに対して、10万から100万個程度とされている^[2]. このように非常に小さい脳構造をしていながら、自身の持つ感覚器官からの情報を処理し、行動することを可能としている.

また、陸上に生息する多くのほ乳類は四足歩行動物である. 昆虫は六足の脚を交互に動かすことで非常に安定した歩行を実現しているが、四足歩行動物は歩くや走るといった歩行の速度に応じて脚を動かすタイミングを変える特長を持っている.

我々は、生物の持つ優れた機能や構造を模倣し、工学的に応用することで、マイクロロボットの実現を目指して研究を行っている^[3]. 昆虫のように非常に小型なロボットは、半導体集積回路技術を応用した Micro Electro Mechanical System (MEMS)技術を利用することで実現している.

本論文では、独立動作可能な脚機構を持った四足歩行型MEMSマイクロロボットの開発を行ったので報告する.

2. 四足歩行型 MEMS マイクロロボット

Figurel に四足歩行型 MEMS マイクロロボットのモデル図を示す.

このマイクロロボットは、全体を支える筐体であるフレームと脚機構で構成されている。これらを構成するパーツはすべて MEMS 工程で作製されているため、非常に小型で高精度に作製されている。ロボットの大きさは、幅 2.6mm、長さ 4.8mm、高さ 3.7mm である。

各脚機構とフレームは人工筋肉ワイヤでつながっており、人工筋肉ワイヤに電流を流すことにより脚機構を動作させロボットの歩行を実現する. また各脚は四節リンク機構で構成されており、人工筋肉ワイヤの収縮によって動作し、フレームに取り付けられている固定軸により脚の描く軌跡を制御している.

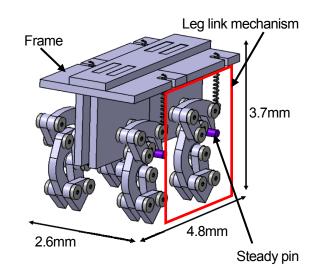
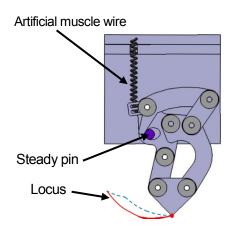


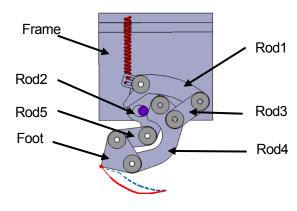
Figure 1. Prototype design of quadruped MEMS microrobot

3. 脚部リンク機構

Figure2 に脚部リンク機構の構造とその動きの一例を示す.



(a) Stretched artificial muscle wire.



(b) Shrunken artificial muscle wire.

Figure 2. Movements of link mechanism and leg

脚部リンク機構は Rod1-5 と Foot の節から構成されており、四節リンク機構を組み合わせた構成である. Frame と Rod1 には人工筋肉ワイヤが接続されている. 人工筋肉ワイヤは電流を流すことで発熱して縮み、電流を切り発熱が無くなることで伸びる特性を持っている.

Figure2(a)の様に人工筋肉ワイヤが伸びているとき脚が伸びており、縮む時 Rod2 が途中で固定ピンと接触し固定されることで Figure 2(b)のようになる. このとき脚先の軌跡は Foot(赤●)により表され、軌跡の赤い実線を通る. 再び人工筋肉ワイヤが伸びるときは、軌跡が青い破線を通り Figure2(a)の状態に戻る.

この結果, 軌跡は地面を脚が蹴った後, 前に戻すときに地面を蹴らずに戻すことが可能であることが分かる. このように脚部にリンク機構を用いることで, 複数のアクチュエータを用いなくても, 脚の蹴る動作を実現できる.

4. 結果

Figure3 に作成した四足歩行型 MEMS マイクロロボットの動作中の様子を示す. 図左側がマイクロロボットの

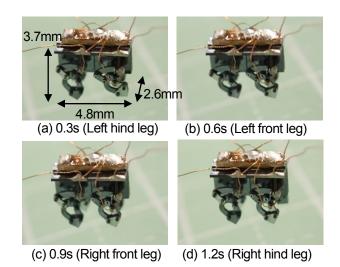


Figure 3. Movement motion of quadruped MEMS microrobot

進む向きである.

作製したマイクロロボットの人工筋肉ワイヤに、銅線を接続し順番に電流を流した. Figure3 は 0.3 秒ごとに、左後脚、左前脚、右前脚、右後脚の順番で電流を流している. 全体の動きとして、脚部リンク機構の脚を蹴り上げた後、元の位置に戻す動作を確認することができる. このことから人工筋肉ワイヤとリンク機構を用いて、脚部を実現することは可能であるといえる.

5. まとめ

本論文では、独立動作可能な脚機構を持った四足歩行型 MEMS マイクロロボットの開発を行った. 四足歩行型 MEMS マイクロロボットは設計したとおり、脚部の動きを実現することができた. 今後は駆動用 IC の搭載を目標に、脚部の改善を行っていく予定である.

6. 参考文献

- [1] Camilo Mora mail, Derek P. Tittensor, Sina Adl, Alastair G. B. Simpson, Boris Worm, "How Many Species Are There on Earth and in the Ocean?" (2011)
- [2] 水波 誠, 「昆虫--驚異の微小脳」, 中公新書, 2006
- [3] Ken Saito, Minami Takato, Yoshifumi Sekine, Fumio Uchikoba, "Biomimetics Micro Robot with Active Hardware Neural Networks Locomotion Control and Insect-Like Switching Behaviour," International Journal of Advanced Robotic Systems, vol.9, pp. 1-6 (2012.10)

謝辞

本研究において、日本大学マイクロ機能デバイス研究センターの技術支援を受け、サンプルの製作をした.