K6-20

# 形状記憶合金アクチュエータを用いた四足 MEMS マイクロロボットの設計

Design of Quadruped MEMS Microrobot with Shape Memory Alloy Actuator

○岡根佑樹[1]，高藤美泉[2]，齊藤健[2]，内木場文男[2]
*Yuki Okane [1], Minami Takato [2], Ken Saito [2], Fumio Uchikoba [2]

Abstract: Toward the practical use of microrobot, the improvement of the degree of freedom of the robot is been required. Therefore, I was designed quadruped walking robot attached the actuator to the leg individually, the size of the robot is 3.2 , 3.8 and 3.3mm the sideways , endways , and height dimensions , respectively. It is possible to combine a silicone part microfabricated in Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) technology and the swingable actuator using a Shape Memory Alloy (SMA) compact . To hit legs to the pin which is attached to the frame changed locus , and can be realized stable walking motion .

## １．はじめに

マイクロロボットは服用薬のように患者に投与することでがん等の早期発見に繋がるなど医療補助手段の一環として活躍が期待されているが，実用化するためには体内における様々な環境下に適応したスムーズな移動が要求される．近年、超小型 CCD カメラを内蔵した直径 9[mm]×長さ 23[mm]の次世代カプセル内視鏡も報告されている[1]が，自身の位置や姿勢を制御することが出来ないという問題を残している．したがって今後の課題として，ロボットにはさらなる動作自由度を向上させた機構開発が求められる．

ロボットの微小機構を作製するにあたり，従来の加工方法では困難であったミリメータサイズのロボットに用いられるパーツを加工する方法として，半導体製造プロセスを基にした微小機械電気システム(Micro Erectro Mechanical Systems : MEMS)技術が注目されるようになった[2]．我々は以前，MEMS 技術により微細加工したシリコンパーツと，熱を加えることで縮む螺旋形の形状記憶合金(Shape Memory Alloy : SMA)を利用した回転型アクチュエータを組み合わせることで六足型マイクロロボットを作製し，歩行動作を実現した[3]．

本稿では，MEMS 技術により微細加工したシリコンパーツと螺旋形 SMA の縮む力を利用した揺動型アクチュエータを組み合わせることで，ミリメータサイズで安定した歩行運動を実現可能とする四足 MEMS マイクロロボットの筐体を設計したので報告する．

## ２．四足 MEMS マイクロロボット

設計した四足 MEMS マイクロロボットを Figure 1 に示す．ロボットの大きさは長さ 3.8[mm]×幅 3.2[mm]×高さ 3.3[mm]である．ロボットは四本の足とフレームにより構成されており，全ての足は二本の螺旋形 SMA と一本の軸でフレームに接続されている．また，歩行の際の足の軌跡調整用にピンが取り付けられている．

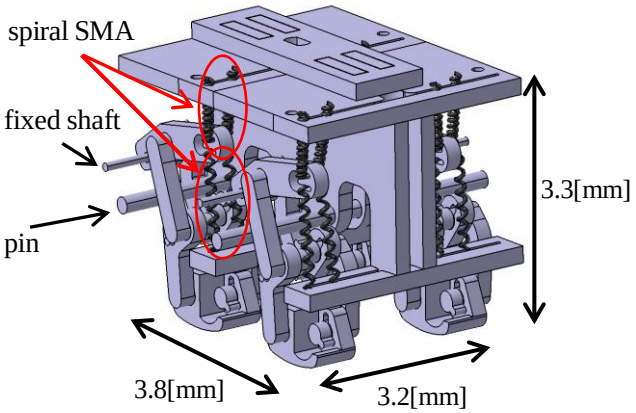


Figure 1. Design of Quadruped MEMS Microrobot

## ３．四足 MEMS マイクロロボットの足機構

ロボットの足部分に用いた複合四節リンク機構とその構成図を Figure 2 に示す．足のリンクは第一リンクと第二リンクで構成される．また足パーツは突起がついたものと穴があいたものを通し組み合わせることで一体化しリンクを形成する．鍵穴の形状にすることで通すだけで接続可能であるため，組み立ての容易化につながる．またリンク動作のためアクチュエータとフレーム間で軸を通し固定点を設ける．

１：日大理工・院（前）・精機　２：日大理工・教員・精機

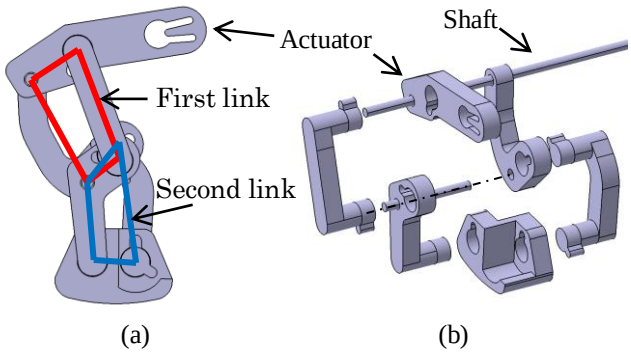


Figure 2. (a) Link mechanism　(b) Structure of leg parts

## ４．四足 MEMS マイクロロボットのフレーム機構

ロボットのフレームの構成図を Figure 3 に示す．中板にはアクチュエータ固定用の軸穴と足リンクの動作用のピン穴を作製した．また 2 枚離して配置することで軸の保持の安定性を確保した．上板と下板には螺旋形 SMA を通す穴があり，また螺旋形 SMA の線径ほどの溝を長く設けることで取り付け位置の調整を可能とした．また今回のロボットは組み立て容易化のためロボットを前後に分けることが可能である．接続板は，螺旋形 SMA を通す穴に組み立て最後に重ねることでロボット前後を接続する役割と螺旋形 SMA の外れ防止の役割をもつ．

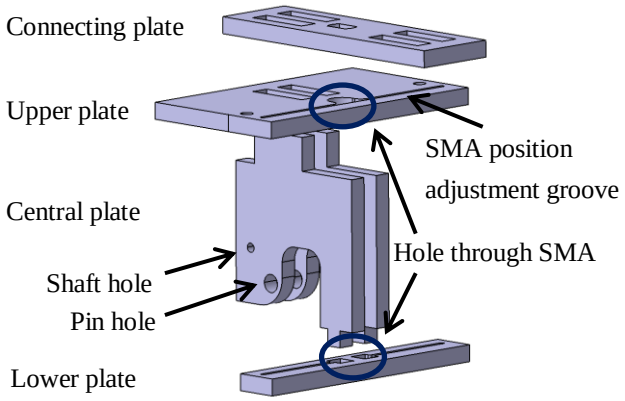


Figure 3. Structure of frame parts

## ５．四足 MEMS マイクロロボットの動作

ロボットのアクチュエータはフレームから折り返して取り付けられた螺旋形 SMA の収縮により固定軸回りの揺動運動を行う．またアクチュエータの揺動運動により足のリンクが作用する．Figure 4 にアクチュエータと足の動作の様子を示す．フレームに取り付けられたピンに足がぶつかることで，足を引き込む際と押し出す際で足の軌跡が変化し，歩行動作が可能である．

実際にロボットを動作させる際は螺旋形 SMA の金属が転位温度(70℃)以上の加熱で収縮する性質に着目し，上下二本の螺旋形 SMA に電流を流した際に発生するジュール熱を用いて交互に収縮させることで制御が可能となる．

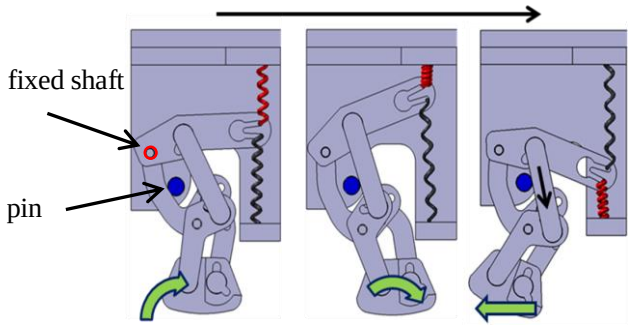


Figure 4. Actuator movement and walking formation

## ６．まとめ

本稿では，複合四節リンク機構をもつ四足歩行ロボットを長さ 3.8[mm]×幅 3.2[mm]×高さ 3.3[mm]で設計し，その構成と動作原理を示した．螺旋形 SMA の縮む力を用いた揺動型アクチュエータが足のリンクに作用し，フレームに取り付けられたピンが足の軌跡を引き込む際と押し出す際に変化させることで歩行動作を可能とする．今後はロボットの組立，評価を行い，実用化に向けさらなる改良を行う予定である．

## 謝辞

本研究は日本大学のマイクロ機能デバイス研究センター，日本大学の CST 研究プロジェクトの支援を受けた．また本研究は日本学術振興会科研費補助金 25420226 と 23760243 標本作製の支援を受けた．

## 参考文献

[1]大塚 尚武 「カプセル内視鏡の現状と課題」， 2013
[2]Bruce R.Donald “An Untethered, Electrostatic, Globally Controllable MEMS Micro-Robot”， 2006
[3]荻原龍矢，岡崎一人，坂田健太郎，佐々木徹，齊藤健，内木場文男「MEMS マイクロロボットへの動作生成回路の搭載」，2010