

筋配置を最適化したカニ模倣ロボットの開発

Development of a crab-mimicking robot with optimized muscle placement

研究者 濱口 紘生 指導教員 中西 大輔

Keywords: McKibben Pneumatic Actuator, Exoskeleton, Biomimetic Robot

1. 緒言

代表的な人工筋肉として、圧縮空気を印加することにより骨格筋のように収縮する McKibben 型人工筋肉 (MPA) があげられる。従来は直径が数十 mm 程度のものが多かったが、近年では数 mm 程度の MPA が注目を集めている¹⁾。その細さを生かして小さい筋肉、あるいは集積によって単純な紡錘形以外の筋肉を表現可能なことから、筋骨格系ロボットにおいて特盛んに用いられている¹⁾。一方で、甲殻類をはじめとする外骨格を有する生物模倣ロボットについては、ワイヤ駆動や関節にサーボモータを配置したものが主流であった²⁾。これは外骨格内部にアクチュエータを配置するのが困難なためである。細径 MPA であれば骨格内部にアクチュエータを配置することが可能であり、実際の生物に近い構成でロボットを作成することが可能である。そこで本研究では外骨格生物のうち甲殻類の蟹をモデルに、実際の蟹の筋肉と関節の構造を参考にして細径 MPA を使用した蟹の歩脚ロボットの開発に取り組む。

2. MPA および蟹模倣ロボットについて

2.1 細径 MPA について

従来の MPA と細径 MPA を図 1 に示す。細径 MPA の特徴として以下の点が挙げられる。1 つ目に細くて軽量のため限られた狭いスペースへの配置と集積が可能、2 つ目に集積化により収縮量を増大させること、3 つ目に集積化により羽状筋のような複雑な筋肉の再現が可能であることである。

2.2 細径 MPA を用いた蟹模倣ロボットについて

細径 MPA を用いて作成された蟹模倣ロボットを図 2 に示す。ここでは、細径 MPA を腱に対して斜めになるように集積して蟹の羽状筋を再現している。これにより、0.4MPa の圧縮空気を印加すると開閉動作を確認することができた。しかし、本来の蟹の関節の可動域を完全には再現できていなかった。考えられる原因は 3 つある。1 つ目に細径 MPA の端部が角度を自由に变化できない部品であったため、細径 MPA が収縮して腱を引き込んで角度が変わる際に端部から反対方向に力が加わってしまうこと。2 つ目に細径 MPA が圧縮空気を印加していないとき、ナイロンメッシュとシリコンゴムチューブの間に隙間がありその分ストロークが減り収縮率が低下してしまっていたこと。3 つ目に今回蟹の解剖をして蟹の筋配置が腱の上側と下側で違っていることが判明し、それが図 2 のロボットでは再現できていなかったこと。以上の 3 つのことが原因で本来の蟹の関節の可動域を再



図 1: MPA の外径

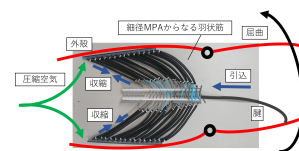


図 2: 蟹模倣ロボット³⁾

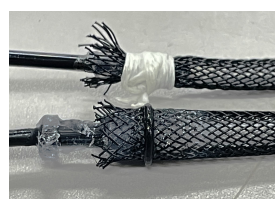


図 3: 細径 MPA

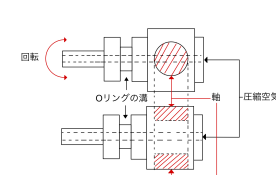


図 4: 細径 MPA 端部部品

現することができなかったので、以下のような改良を行った。

3. 細径 MPA 作成方法

3.1 細径 MPA の締結方法

図 2 のロボットでは図 3 の上のように MPA の端部を PE ラインと呼ばれる釣り糸を巻き付けその部分に接着剤を塗布することで細径 MPA を作成していた。この締結方法では時間がかかり、空気が漏れることがあった。そこで、図 3 の下のように MPA の端部に O リングを付けその部分に接着剤を塗布して MPA を試作してみたところ、製作時間を大幅に短縮でき空気が漏れることなく動作することを確認することができた。これにより MPA 作成時の効率が大幅に上がった。

3.2 細径 MPA の固定部品

生物の筋肉は弛緩する際に筋肉の角度を変化させている。それを再現するために図 4 のような細径 MPA の端部の部品を作成した。この部品の赤い斜線部にある穴を回転の軸にして細径 MPA の角度が自由に变化するという仕組みになっている。これにより細径 MPA が動作する時に MPA が端部の部品に干渉しないことが確認できた。

3.3 伸び切った状態の細径 MPA の作成

細径 MPA を市販のナイロンメッシュをそのまま用いて作成すると、完成した細径 MPA のシリコンゴムチューブとナイロンメッシュの間に隙間が空いてしまう問題があった。それを解決するために直径 2mm のステンレス丸棒をナイロンメッシュの中に差し込んでホットプレートで温めた。これによりナイロンメッシュの直径

を 2mm にして隙間をなくすことができ、収縮率を増加することができた。

4. 結言

本稿では、外骨格生物模倣ロボットの開発をするにあたって課題となる細径 MPA の作成方法と固定方法に対していくつかの部品を作製し改良を行った。しかし、蟹の筋配置についての再現はできなかった。今後は、蟹の腱と筋肉の配置の分析を解剖の結果から行い、それを再現することができる実機の作成を目指す。

参考文献

- 1) 脇本修一, 細径 McKibben 型人工筋の開発と用途開拓, 計測と制御, 57 巻, 11 号, pp.812-815, 2018
- 2) CHEN, Xi, et al. Study on the Design and Experimental Research on a Bionic Crab Robot with Amphibious Multi-Modal Movement, Journal of Marine Science and Engineering, 10, 12, p.1804, 2022
- 3) 中西大輔, 長谷川侑大, 浪花啓右, 杉本靖博, 細径空圧筋を用いた羽状筋および外骨格生物模倣ロボットの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2024, 2A1-L08, 2024.