

カニ模倣型ロボットの開発に向けた細径空圧筋の改良

Improvement of Thin Pneumatic Reinforcement for Development of Crab-Mimicking Robot

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複雑な筋肉を表現可能なことから、筋骨格系ロボットに盛んに用いられている¹⁾。一方で、甲殻類のような外骨格を有する生物模倣ロボットについては、アクチュエータの配置が困難なことから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⁾。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 および羽状筋について

従来の MPA と細径 MPA を図 1 に示す。通常の MPA と比べて細径 MPA は細くて軽量のため限られた狭いスペースでの配置と集積が可能である。また複数の細径 MPA を集積することで羽状筋のような複雑な筋肉の再現が可能である。先行研究³⁾で開発されたロボットに搭載された細径 MPA を用いた羽状筋を図 2 に示す。羽状筋とは、羽のように筋繊維が斜めに並び、筋全体が広い面で収縮する筋肉である。先行研究³⁾ではこの羽状筋を用いてカニの歩脚を模した外骨格型ロボットを開発し、脚の開閉動作の実現に成功した。しかし羽状筋の構成方法や細径 MPA の収縮性能などを原因として、実際の蟹と比べて可動域が狭いという課題が残された。また羽状筋は多数の細径 MPA から構成されるが、その制作過程の煩雑さも課題であった。本研究ではまずこれらの課題を解決することで、より実際の蟹に近い構造や可動域を有するロボットの開発を目指す。

3. 細径 MPA および羽状筋構造の改良

3.1 締結方法の改良

まず細径 MPA の制作方法的改良を行った。先行研究では図 3 上のように、MPA を構成するシリコンチューブとスリーブを端部で糸で縛り接着剤で固定する方式を採用していたが、糸の締結に時間と練度を必要とすることや、度々空気漏れを生じるという難点があった。そこ

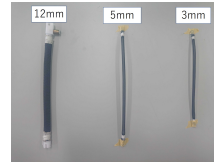


図 1: MPA の外径

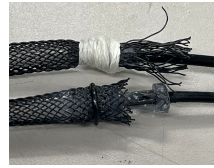


図 3: 細径 MPA

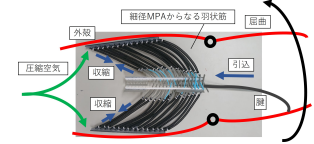


図 2: 蟹模倣ロボット³⁾

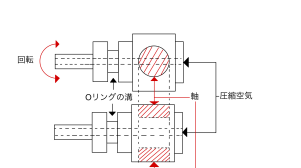


図 4: 細径 MPA 端部部品

で本研究では端部部品を改良し、ゴムと端部を接着剤で、スリーブと端部を O リングと接着剤でそれぞれ固定する方式へと変更した (図 3 下)。これにより細径 MPA に練度が不要となり、作成時間も大幅に短縮された。

3.2 メッシュの改良

続いて細径 MPA の収縮性能向上に取り組んだ。先行研究において開発された細径 MPA においては、折癖の影響からスリーブが多少膨らんだ状態で作成されていたため、圧力印加時の収縮量が減少してしまっていた。本研究ではメッシュの中に直径 2mm の丸棒を差し込んでホットプレートで温めた。これによりスリーブの初期直径を 2mm にまで小さくすることに成功し、収縮量を向上させることができた。

3.3 羽状筋の構造の改良

最後に、細径 MPA を羽状筋配置するために端部の部品の構造を改良した。羽状筋は収縮した際に筋肉の角度が変化するが、先行研究 (図 2) では根元の角度が固定されており、腱の引き込みの妨げになっていた。そこで本研究では図 4 の細径 MPA の端部の部品を作成した。図 4 の赤い斜線部の穴を回転の軸にして細径 MPA の角度を自由に変化することができ、これにより細径 MPA 動作時に端部の部品に干渉しないことが確認できた。

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.