

細径空圧筋を用いた外骨格生物模倣ロボットの開発

Development of an Exoskeletal Biomimetic Robot Using Fine Pneumatic Muscles

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 および生物モデルについて

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 外骨格生物のモデルについて

蟹などの甲殻類の脚は鋏脚と歩脚の 5 対 10 本からなる。脚は 7 つの節から構成されており、それぞれ甲に近いほうから、底節、基節、座節、長節、腕節、前節、指節と呼ばれている³⁾。長節以降の節は直交しており、手先は 3 次元運動することが可能である。また、甲殻内部は図 2 のように筋肉と腱と呼ばれる組織で構成されている。筋繊維の一端は甲殻の内壁に付着し、もう一方は腱に付着することによって各節を繋ぎ脚を開閉させている。なお底節、基節、座節部分は筋配置が複雑なため省略し、本研究では長節以降の歩脚の再現を目指す。

3. 細径 MPA 作成方法

3.1 MPA の締結方法

昨年度卒業研究では図 1 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

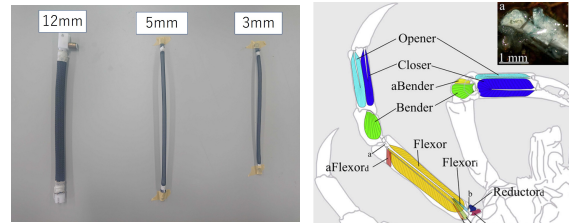


図 1: MPA の外径

図 2: 蟹の筋構造³⁾

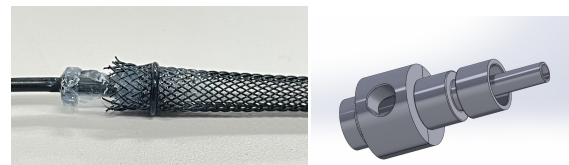


図 3: 細径 MPA

図 4: 細径 MPA 端部部品

で、図 3 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 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。この部品の左側にある穴を回転の軸にして細径 MPA の角度が自由に変わるという仕組みになっている。これにより細径 MPA が動作するにあたって MPA が端部の部品に干渉することがなく、さらに実際の生物の筋肉の再現も可能となった。

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た。しかし、蟹の関節と筋配置についての再現はできなかった。今後は、蟹の関節部分の力学的構造、腱と筋肉の配置の分析を行い、MPA のみで動作可能な 3 次元 3 自由度の歩脚ロボットの開発を目指す。

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) Vidal-Gadea AG, Belanger JH, Muscular anatomy of the legs of the forward walking crab, Libinia emarginata (Decapoda, Brachyura, Majoidea), Arthropod Struct Dev, May;38(3), pp179-94, 2009