

令和5年度

卒業研究報告書

題 目

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 Thin Pneumatic Muscles

SDGs目標番号: 9

学生氏名 (学籍番号)

長谷川侑大 (D1927)

指導教員

中西大輔

電子制御工学科

概要

McKibben 型空気圧人工筋 (McKibben Pneumatic Actuator, 以下 MPA) は圧縮空気を入力することで収縮し, 自身の軸方向への張力を発生させるアクチュエータであり, 近年では直径数 mm の細径 MPA が注目されている. 細径 MPA は生体筋に似た特性を持ち, 筋骨格系ロボットや生物模倣ロボットに用いられてきた. 一方, 甲殻類や昆虫を模した外骨格を有する生物模倣ロボットでは, 外骨格内部へのアクチュエータの配置が困難なため, 主にワイヤ駆動やサーボモータを使用したものが主流であったが, 実際の生物の構成と相違点が出てきてしまう問題点があった. 本研究では細径 MPA を用いた外骨格生物模倣ロボットの開発を提案し, 蟹をモデルにした歩脚ロボットの開発に取り組む. それに向けて本論文では蟹の構成や筋構造について実際にズワイガニを解剖し得られた知見を基に, 細径 MPA を用いた羽状筋および歩脚ロボットの開発をし動作実験を行い長節から指節までの節の開閉動作を確認した.

Abstract

The McKibben Pneumatic Actuator (MPA) is an actuator that contracts when compressed air is applied to it, generating tension in its own axial direction. Recently, thin MPAs with a diameter of a few millimeters have been attracting attention. On the other hand, biomimetic robots with exoskeletons that mimic crustaceans and insects have mainly used wire drives and servo motors due to the difficulty of placing actuators inside the exoskeleton, but there are some differences from actual biological structures. In this study, we propose the development of an exoskeleton bio-mimetic robot using a thin MPA, and work on the development of a walking leg robot modeled after a crab. Based on the knowledge obtained from the dissection of a snow crab, we developed a gait robot using thin MPA and its winged muscles, and conducted movement experiments to confirm the opening and closing of the joints from the long segment to the phalanges.

目 次

1 緒言	1
参考文献	2

1 緒言

McKibben 型空気圧人工筋 (McKibben Pneumatic Actuator, 以下 MPA) は圧縮空気を入力することで収縮し、自身の軸方向への張力を発生させるアクチュエータである [1]。従来は直径が数十 mm 程度の MPA を用いたロボットに関する応用研究が盛んに行われてきたが、近年では直径が数 mm 程度の細径 MPA が注目を集めている [2]。細径 MPA は従来のものより細くしなやかであり生体筋に似た特徴から小さな筋肉、あるいは集積によって単純な紡錘型以外の筋肉を表現可能なため、筋骨格系ロボットや生物模倣ロボットなどに盛んに用いられてきた [3] [4]。

一方で甲殻類や昆虫などを模した外骨格生物模倣ロボットに関しては外骨格内部へアクチュエータを配置することが困難なことから、ワイヤ駆動や関節にサーボモータを配置したもの [5] が主流となっている。このようなロボットは外骨格生物の外形こそ再現できているものの、実際の生物の構成や駆動原理からして異なる。また「構成要素が外骨格内にすべて納まっている」という外骨格ならではのメリットも、実現できているとは言い難い。これに対して前述の細径 MPA は、その細さやしなやかさから細長い外骨格内部に配置可能であり、また集積することで実際の生物のような羽状筋も表現することが可能である [6]。

そこで本研究では細径 MPA を用いた外骨格生物模倣ロボットの開発を提案する。本稿では初期段階として、外骨格生物のなかでも甲殻類の蟹をモデル生物として設定し、この歩脚を模倣したロボットの開発に取り組む。まず実際の蟹を解剖し、特に脚部の構造、筋構造について調べ、各部寸法を測定する。その後、解剖によって得た知見やデータに基づいて歩脚ロボットおよび細径 MPA を用いた羽状筋を開発し動作実験を行う。

本論文の構成は以下の通りである。まず2章では、本研究で用いる細径 MPA に関する特徴と先行研究について述べてから、本研究で開発に成功した細径 MPA の作製方法を紹介する。次に3章では、本研究でモデル生物として扱う蟹の構成と筋構造について実際にズワイガニを解剖して得た知見などを基に述べる。最後に4章では模倣ロボットを作製するにあたって行った予備実験および集積細径 MPA を用いた羽状筋の開発について述べたのち、ズワイガニをモデルにした歩脚ロボットの開発とその動作実験について述べる。

参考文献

- [1] 則次俊郎. 空気圧ソフトアクチュエータと人間親和メカニズム. 日本ロボット学会誌, Vol. 21, No. 7, pp. 722–726, 2003.
- [2] 脇元修一. 細径 mckibben 型人工筋の開発と用途開拓. 計測と制御, Vol. 57, No. 11, pp. 812–815, 2018.
- [3] 森田隆介, 鈴森康一, 車谷駿一. 細径マッキベン人工筋を用いた筋骨格ロボットの歩行動作実現. ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, Vol. 2016, pp. 2P2–12a3, 2016.
- [4] 森和也, 脇元修一, 高岡真幸, 鈴森康一. 3p1-v05 細径 mckibben 型人工筋肉を集積したタコ腕模倣メカニズムの開発 (フレキシブルロボット・メカニズム). ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, Vol. 2014, pp. 3P1–V05_1–3P1–V05_4, 2014.
- [5] Xi Chen, Jiawei Li, Shihao Hu, Songjie Han, Kaixin Liu, Biye Pan, Jixin Wang, Gang Wang, and Xinneng Ma. Study on the design and experimental research on a bionic crab robot with amphibious multi-modal movement. *Journal of Marine Science and Engineering*, Vol. 10, No. 12, 2022.
- [6] 齋藤昭彦. 骨格筋の構造. 理学療法科学, Vol. 18, No. 1, pp. 49–53, 2003.