

報告日 2014年(平成26年) 7月 15日

報告者 滋賀県立大学 工学部 助教

(前 立命館大学 理工学部 助手)

西岡 靖貴

1. 研究概要

(和文)

(1)課題名 (日本語)

プリーツ構造による極軽量ソフトグリッパの開発

(2)研究者氏名

西岡靖貴 滋賀県立大学工学部・助教

(3)研究概要 (日本文)

近年、ロボット産業は産業分野だけでなく、コミュニケーションロボットや生活支援ロボットなどへの応用も多く見られるようになってきている。これらの多くはロボットアームを有しており、その先端のエンドエフェクタはできる限り軽量であることが望ましい。軽量性を重視したものとして、空気圧を利用したものは多い。しかし、自由度が少なくなりエンドエフェクタごとに把持対象物を限定する必要がある。本研究課題では極軽量かつ把持対象物の範囲を拡大可能なグリッパの開発を実施した。

(4)キーワード

ソフトアクチュエータ, 空気圧, グリッパ, 極軽量

(英文)

(1) Research title

Development of an Extremely Lightweight Soft Gripper with Pleated Structures

(2) Name of researcher with title of position

Yasutaka Nishioka, Assistant Professor, University of Shiga Prefecture

(3) Summary

Robots have manipulators as like shown industrial robots and communication robots. If the robot hand on the tip of the robot arm is lightweight, the output torque of robot arm can be sufficiently exercised. On the other hand, it is desirable a gripping performance to adapt various object. However, the weight of multi-task hand is inevitably heavy because the number of actuator is many. We aim to develop the extremely lightweight robot hand by utilizing pleated plastic film actuators.

(4) Key Words

Soft Actuator, Pneumatics, Gripper, Lightweight

2. 本研究の意義・特色

本研究では、プラスチックフィルムを袋状にし、折り込み加工をすることで屈曲運動が可能な極軽量屈曲型ソフトアクチュエータをグリップに応用する点が特色である。本アクチュエータはフィルムで空気室を構成しているため、本体重量を極めて軽量にできる。また、ある程度の柔軟性を有しているため対象物への倣い動作が可能と思われる。さらに屈曲変位が大きく、かつ低圧で高い把持力性能も期待できる。

3. 実施した研究の具体的内容、結果 (本文)

3.1 指用アクチュエータの構造・原理

本研究に用いるブリーツ構造を有する極軽量ソフトアクチュエータを図 1 に示す。本アクチュエータは折り込み構造を有するフィルムとフラットなフィルムの 2 枚を溶着することで構成される袋構造である。空気室の厚みは 0.1mm のため、内部も圧縮空気で構成されることから極めて軽量にすることが可能である。また、ゴムの様な弾性は持たないため、加圧に必要なエネルギーが少なく、低圧域で駆動することができることも特徴である。また、安価で製作が容易である。本アクチュエータの形状に関する設計手法は既に確立済みである。図 2 はその袋構造を 2 つ製作し、対抗的に配置したものである。この様に配置し、拮抗駆動にすることで双方向へ任意の位置決めが可能となる。本構造を指とし、2 種類のグリップを試作した。

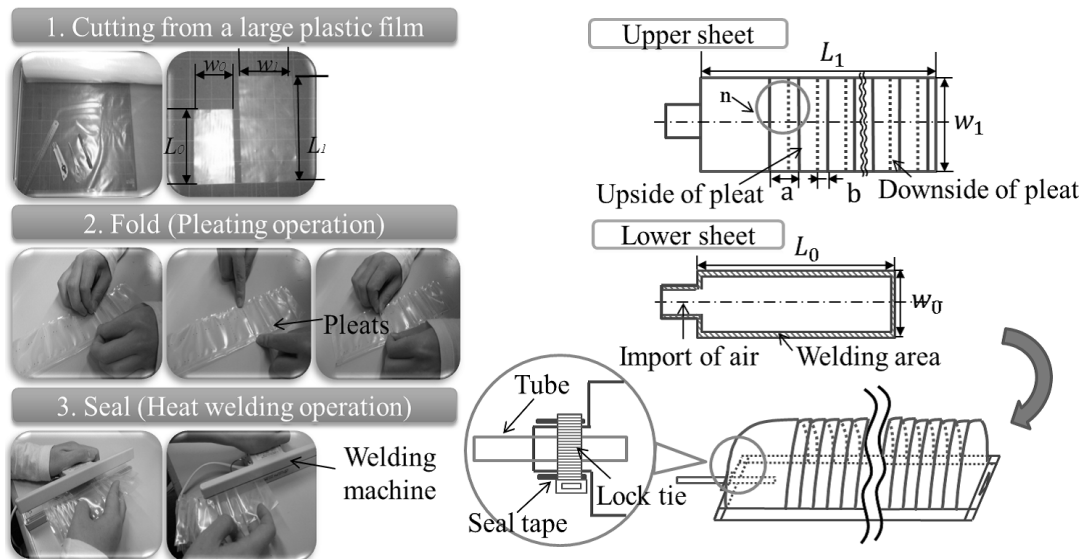


図 1 指に用いるアクチュエータの基本構造及び製作手法



図2 対抗配置した拮抗駆動型極軽量プリーツアクチュエータ

3.2 3指基本型極軽量グリップ

3指を有した基本形を図3に示す。並列に配置した2本指と、対抗するように配置した1本の指で構成されている。この指は初期形状が棒状になるように、プリーツ構造を有するものと、何も加工していないバッグ状のものを対抗配置にしている。アクチュエータの長さは約150mmであり、対向に配置した距離は約70mmである。グリップ全体の重量はおよそ150gである。本グリップは1自由度であり、主にペットボトルなどの円筒物や直方体形状のものを掴むために設計した。本来は屈曲形状であるため、円形に適していると考えられるが、アクチュエータ自体の柔軟性により、直方体形状に適応できると考えられた。

本グリップを用いて、500mlのペットボトル容器、及び1lの角柱ペットボトル容器を用いて把持力特性の実験を実施した。ペットボトルに水を入れ、把持した対象がすべらずに維持できた時の対象の重量を把持力とした。実験結果を図4に示す。実験結果より、ある程度の柔軟性から対象物を限定しない可能性を示した。また、全体が150gと軽量な割に高い把持力特性が見られた。この様に、対象物によって把持力特性は異なるが、ある程度の把持性能を決めれば、多様な形状に適応できる可能性を示した。

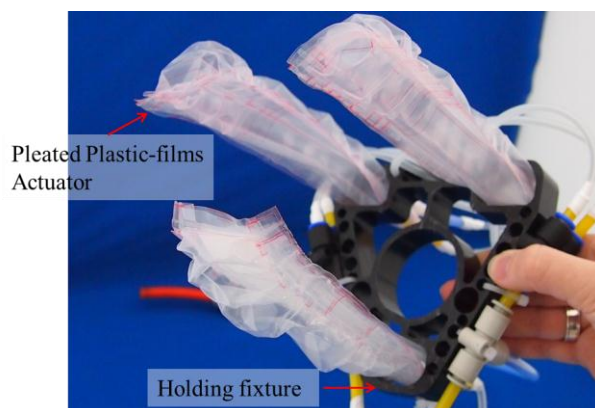


図3 試作した3指基本型グリップ

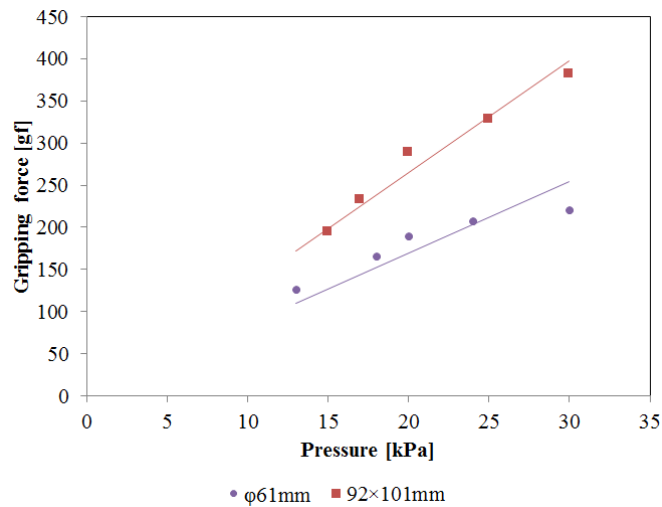


図4 把持力測定位験結果

3.3. 4指多自由度型極軽量グリップ

様々な3次元形状物の把持を目的とした、4指を有する多自由度極軽量グリップを試作した。本グリップの全体概要を図5に示す。本グリップはABS樹脂で製作された掌部、4本の拮抗駆動型極軽量アクチュエータ、掌を回転させる姿勢変更用の蛇腹式アクチュエータで構成されている。姿勢変更は対象物の形状に合わせて把持の方法を変えるための機能である。全てプラスチックで構成されており、500mm程度の供給配管や空気圧継手等を含めて全重量は約400gである。大きさに関しては、把持可能対象物の範囲を実験的に求めるため、人の手よりも大きいものとした。この様に大きくすることで最大把持可能物が拡張すると考えられる。この様な大きさでも十分に軽く構成されている。

3.2の基礎形と同様にペットボトルを用いた把持実験を実施した。把持実験の結果を図6に示す。把持対象物としては、500ml(φ71mm および 60×60mm)、1.5l(φ89mm)、2.0l(92×103mm)の4種類を用意した。対象内部に水を入れて把持し、指部の差圧を15kPaから1kPa刻みで5kPaまで減圧する。加える水は20[g]刻みで増加させる。基礎形と同様に、それぞれのペットボトルが落下する直前のペットボトルの質量を把持力として定義している。

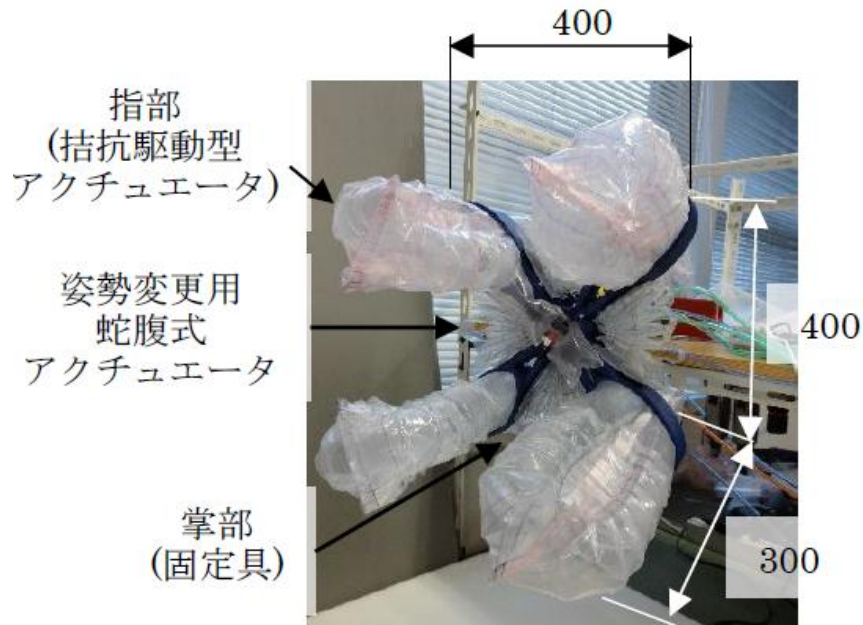


図5 試作した4指多自由度型グリップ

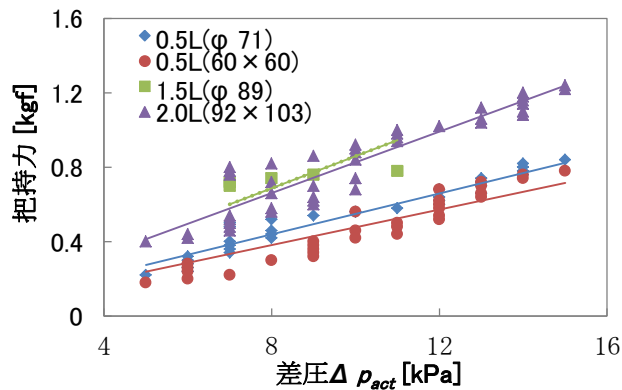


図6 差圧と把持力の関係

対象物の断面形状により、把持力が大きく異なることがわかる。これは、拮抗駆動型アクチュエータと対象物の接触面積が影響していると考えられる。図7にペットボトルを把持している様子を示す。 $\phi 71$ mm程度の対象物を2指で把持した場合、対象物の形状に倣って巻き付いている。また、2.0Lのペットボトル(92×103 mm)を4指で把持する場合、十分に形状に倣っているとはいえない。本グリップの場合は、92×103 [mm]の断面を持つ直方体形状を把持する時が最大に力を発揮していることが分かった。また、ペットボトル以外にも、図9に示すように、蛍光ペン($\phi 10.5$ mm, 7.2g)、定規(530×60×3 mm, 110g)、コンテナ(335×195×100 mm, 240g)や子供用バスケットボール($\phi 200$ mm, 500g)など様々な形状の対象物を把持可能であることが実験的に明らかになった。

この様に3次元形状物を把持するために多自由度化したこと、かつアクチュエータ自身の柔軟性により、極軽量かつ多様な把持が可能なグリップを示した。今後はセンサを利用し、多様な把持の自動化、及びマニピュレータへの搭載等に発展させる。



(a)片側2指で把持した場合 (b)4指で把持した場合

図6 把持状態の様子



4. 本研究を実施したグループに属するおもな研究者の氏名・役職名

西岡靖貴 滋賀県立大学 助教

5. 研究実施時期

2013年(平成25年) 3月 1日から 2014年(平成26年) 6月 30日

6. 本研究に関連して発表した主な論文等

[1] Yasutaka NISHIOKA, Megumi UESU, Sadao KAWAMURA, ” Experimental production of a Pneumatic Soft and Lightweight Gripper utilizing Pleated Plastic-films Actuators ” , The Twelfth International Conference on Fluid Control, Measurements, and Visualization (FLUCOME 2013), 2013/11

- [2] 長尾和幸, 西岡靖貴, 安田寿彦, “拮抗駆動方式による屈曲型プラスチックフィルムアクチュエータの基礎特性”, 計測自動制御学会 SI 部門講演会 SI 2013, 2I1_2, 2013/12
- [3] 長尾和幸, 西岡靖貴, 安田寿彦, “多様な把持を目的とした極軽量・柔軟ロボットハンドシステム—第1報：把持に関する基礎特性—”, 第32回日本ロボット学会学術講演会, 2014/9 (発表予定)

7. 内外における関連研究の状況

グリッパの軽量化にソフトアクチュエータを用いている例は多い。その多くはマッキベン型アクチュエータを基盤技術としたものである[1-3]。また、ゴム材料を用いた他のアクチュエータも多く開発されており、主に指や生物の運動を模倣したロボットへの応用が進められている[4]。

- [1] N.Tsujiuchi, T.Koizumi, S.Shirai, T.Kudawara and Y.Ichikawa, Development of a low pressure driven pneumatic actuator and its application to a robot hand, IEEE Industrial Electronics, IECON 2006 - 32nd Annual Conference, pp.3040-3045, 2006
- [2] Y.K.Lee, I.Shimonoyama, A Skeletal Framework Artificial Hand Actuated by Pneumatic Muscle, Proceedings of International conference on Robotics and Automation, pp.926-931, 1999
- [3] D.Sasaki, T.Noritsugu, M.Takaiwa, Development of Pneumatic Soft Robotic Hand for a Human Friendly Robot, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.15, No.2, pp.164-71, 2003
- [4] K. Suzumori, S. Iikura, H. Tanaka, Development of Flexible Microactuator and Its Applications to Robotic Mechanisms, Proceedings of the 1991 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.1622-1627, 1991

8. 今後の発展に対する希望

指の設計パラメータと把持可能範囲との関係や、提示可能なコンプライアンス制御性能などを明確にする必要がある。また、対象物の自動認識機能を加えることで、本成果で示した形状への倣い性能、及び低圧な割に高い力、極軽量であることを複合させて、生活支援ロボットなどへの展開を実施していく。