

報告日： 2021 年 1 月 5 日
報告者： 滋賀県立大学 工学部 講師
西岡 靖貴

1. 研究概要

(和文)

(1) 課題名 (日本語)

プリーツ構造を有する伸展／収縮型ソフトアクチュエータの開発と極めて軽量な多自由度手首関節への応用

(2) 研究者氏名、職名

西岡 靖貴 講師

(3) 研究概要 (日本語)

ソフトアクチュエータは、従来の空気圧アクチュエータのメリットである軽量かつ高い柔軟性を有する。例えばロボットアームなどに用いる場合を想定すると、ロボットハンドや手首関節といったエンドエフェクタ部には非常に有効であると考えられる。

本研究課題では、手首関節部に用いるための十分な精度と力を発生するアクチュエータ、および機構の開発に取り組む。

(4) キーワード

ソフトアクチュエータ、プリーツ構造、収縮型アクチュエータ

(英文)

(1) Research title

Development of an extremely lightweight extension/contraction actuator with pleated plastic films and application to a joint mechanism with many degrees of freedom

(2) Name of researcher with title of position

Assistant Professor, Yasutaka Nishioka

(3) Summary

Soft actuators are lightweight and highly flexible, which is an advantage of conventional pneumatic actuators. For example, assuming that it is used for a robot arm, it is considered to be very effective for end effectors such as robot hands and wrist joints.

In this research project, we will work on the development of actuators and mechanisms that generate sufficient accuracy and force for use in the wrist joint.

(4) Key Words

Soft actuator, Pleat structure, contractions

2. 本研究の意義・特色

柔軟，もしくは軽量のロボットハンドの研究例は多い．柔軟かつ軽量な多自由度ロボットアームの実現は，本質安全を実現する方法の一つと考えられる．特にロボットアームの各関節の柔軟性と剛性の両立が課題となる．本研究は，関節の中でも，手首関節に焦点をあてた研究であり，柔軟性と剛性の両立を達成するための基盤となる研究課題である．アクチュエータの形状を，収縮型と伸展型の特性を実験的に検証することで，軽量・柔軟ながら高い剛性を構造により得ることを目的としている．

3. 実施した研究の具体的内容、結果

プリーツ構造を有する収縮型アクチュエータ内に伸展型アクチュエータを内蔵したアクチュエータを試作し，基本特性を実験的に明らかにした．試作した一体型収縮／伸展型アクチュエータを 3 自由度手首機構に応用し，その基本特性を明らかにした．

変位の測定方法について述べる．本機構とその加圧パターンについて Fig.1 に示す．全てのアクチュエータを加圧すると機構全体の軸方向に収縮運動を生成する．2 個，もしくは 1 個のアクチュエータを加圧すると機構全体を傾けることが可能となる．例えば，差圧を制御することで剛性を変化させることも可能と考えられる．1 個のアクチュエータのみへの加圧を，各アクチュエータに切り替えることで疑似的な回転運動が生成できる．画像による測定から，およそ直径 30mm 程度の可動範囲が確認された．初期長さ 140mm 程度に対して 118mm の収縮量が得られていることから，概ね各アクチュエータの収縮量に応じた変位が得られていることがわかる．

本機構の軸方向とは直角をなす向きに対して外力を加えた際の剛性について，圧力毎に計測した．測定時の様子と実験結果を Fig. 2 に示す．加圧パターンはすべてのアクチュエータへの加圧としている．一定圧に加圧後，先端固定具にフォースゲージにより外力を与え，特定の外力の時の径方向への変位を画像により計測する．実験結果より 16kPa と 7kPa 印加時に大きく剛性が変化していることがわかる．16kPa は本アクチュエータの耐圧値であり，低圧域での精密な圧力値が調節できなかったため，この 2 点のみの圧力で計測した．非加圧時も含めるとその機構自体の柔軟性を大きく変化できることが期待される．

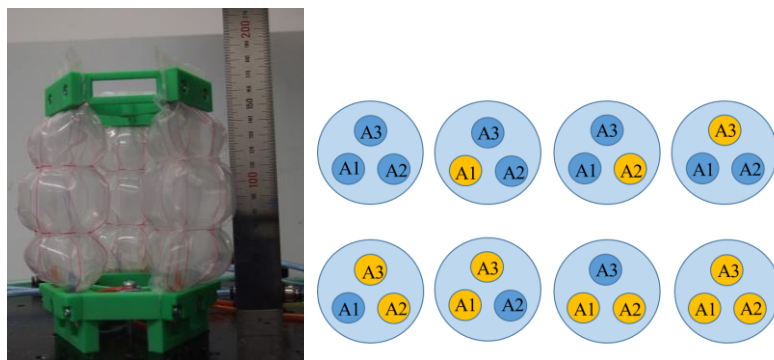


Fig.1 提案機構と加圧パターン

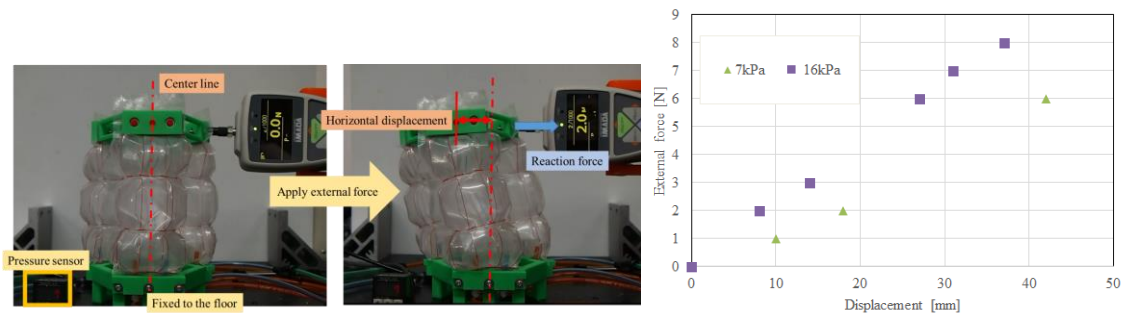


Fig.2 剛性の測定結果

二種類のアクチュエータの設計手法を明らかにすることが、本機構の最適設計につながると考え、伸展型アクチュエータ、収縮型アクチュエータそれぞれの特性を実験とモデル化により明確にすることとした。伸展型アクチュエータは伸展方向及び曲げ方向における発生力を2自由度ロボットアームに適用して、実験的に確認した。3自由度機構の試作を含めた内容を日本フルードパワーシステム学会講演会にて発表した。

収縮型アクチュエータの基本特性に関して、プリーツ構造のパラメータとの関係性について実験的に明らかにした。また、膨張後の形状についてモデル化を試み、理論発生力についても検証した。理論値について、実験を基に検証し、プリーツ構造と収縮量・収縮変位の設計手法について明確にした。主として以下のことが明確となった。

プリーツ式収縮型極軽量空気圧ソフトアクチュエータの設計パラメータと収縮力の関係、加圧時の形状や応答性の計測を行った。また、計測結果を元に所望の収縮力から逆算的に圧力や設計パラメータの条件設定を可能とするグラフを作成した。以下に計測結果から得られたことを示す。

- ・本アクチュエータの収縮力はフィルム比 1.0~3.0 の範囲では空気圧に対して正の相関があり、さらにフィルム比が小さくなるほど収縮力が増加する。
- ・フィルム比 0.5 では空気圧を上げて途中から収縮力は一定値となる。
- ・収縮力は空気室の大きさ (X-Y 平面の断面積) ととも正の相関がある。ただし、空気室の大きさを大きくすると応答性は低下する。
- ・加圧後の最終断面形状および膨張量は長さ L と幅 W の値に依存し、最終断面形状は L (X-Y 断面) と W (Y-Z 断面) で小さい値の断面が円形状になった段階で変形が停止する。
- ・膨張量に関して式 (3) より算出した計算値と実測値に大きな差が無いことから式 (3) を用いて膨張量の推測および制御が可能である。
- ・X-Y 平面の中央断面積に関してフィルム比 1.0, 1.5 では実測に基づく推定値と式 (5) (6) による理論値で誤差が 5%以下となることから理論値から断面積の推測が可能である。
- ・フィルム比 1.5 では X-Y 平面の中央断面積と収縮力に線形的な正の相関があり、図 18 を

用いることで所望の収縮力から圧力や設計パラメータの選定が可能である。

これらの結果に関して、日本フルードパワーシステム学会論文集に投稿し採択された。

4. 本研究を実施したグループに属する主な研究者の氏名・職名

西岡靖貴・講師

5. 研究実施時期

2018 年 4 月 1 日から 2019 年 9 月 30 日まで

6. 本研究に関連して発表した主な論文等

①西岡靖貴，安田駿，安田寿彦，山野光裕，“ブリーツ構造を有する収縮／屈曲型極軽量ソフトアクチュエータの多自由度柔軟機構への応用”，日本フルードパワーシステム講演会講演論文集，pp.138-140，2018

②橋本将宏，西岡靖貴，安田寿彦，山野光裕，“ブリーツ式収縮型極軽量空気圧ソフトアクチュエータの設計”，日本フルードパワーシステム学会論文集，Vol.51，No.1，pp.1-8，2019

7. 内外における関連研究の状況

ロボットアームの関節部における軽量化と柔軟化を兼ね備えた機構の開発はいくつか見られる。その中でも、本研究のように、空気圧を用いた柔軟素材によるソフトメカニズムも多い。特に手首関節部に焦点をあてたものは少なく、本研究のようにプラスチックフィルムを用いることで、低剛性化と高剛性化の両方を達成しているものはみられない。

8. 今後の発展に対する希望

本課題により各アクチュエータの設計手法が明らかとなり、各機構への応用が期待できる。ロボットアームの手首以外の関節にも応用可能と考え、新たな関節筋アクチュエータとしての応用が考えられる。また、本課題により基盤となる要素技術が確立され、ロボットアームだけでなく、様々なシステムへの応用が期待できる。特に、人との接触が前提にある福祉ロボットには、本質安全の実現を達成できる可能性が拡大したと考えられる。