

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：32641

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2021

課題番号：19K23494

研究課題名（和文）可変コンプライアンス機構を有するソフトアクチュエータの研究

研究課題名（英文）Soft Actuator with Active Variable Compliance

研究代表者

車谷 駿一（Kurumaya, Shunichi）

中央大学・研究開発機構・客員研究員

研究者番号：90850206

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：ジャミング転移現象を繊維強化型空圧ソフトアクチュエータに適用し、能動的変換コンプライアンスと発生力の向上を実現した。空圧アクチュエータにジャミング転移層を被膜することで、アクチュエータの動作と独立してコンプライアンス特性を変化させる機能を追加することに成功した。開発したアクチュエータはソフトロボットハンドに適用し、従来のソフトアクチュエータを用いたロボットハンドでは難しかった比較的高重量の物体の把持に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は空圧駆動のソフトアクチュエータにジャミング効果を有する被膜を施すことで可変コンプライアンスを有するソフトアクチュエータを実現した研究である。本機構は発生力向上および可変コンプライアンス機構によってソフトアクチュエータを適用できる範囲が大きくなり、高重量柔軟物の把持や協働ロボットへの応用が期待できる。本研究は繊維強化型だけでなく、そのほかの空圧ソフトアクチュエータにも適用でき、その波及効果は大きい。

研究成果の概要（英文）：The jamming transition was applied to a fiber-reinforced pneumatic soft actuator to achieve active variable compliance and increased force generation. By covering the pneumatic actuator with a jamming transition layer, a function to change the compliance characteristics independently of the actuator motion was successfully added. The developed actuator was applied to a soft robot hand and successfully grasped a heavy object, which was difficult to do with a conventional robot hand using a soft actuator.

研究分野：ソフトロボティクス

キーワード：可変剛性 ソフトアクチュエータ 空圧アクチュエータ ジャミング機構

1. 研究開始当初の背景

空圧を作動流体とするソフトアクチュエータはやわらかく変形するコンプライアンス特性を有することから接触する外部環境に対して適応性が高く、サポートスーツや柔軟物把持用エンドエフェクタ、筋骨格ロボットなどに適用されている。代表例として空気を印加することで収縮する空圧人工筋や、繊維で強化することで特定の方向に伸張することを利用し、曲げやねじれ運動を実現する繊維強化型空圧アクチュエータがある。これらソフトアクチュエータに共通の問題としてコンプライアンスと発生力の大きさは相反する関係にあることが挙げられる。これは多くの空圧アクチュエータが円筒形であり、発生力はアクチュエータの断面積に比例して大きくなる一方で、コンプライアンスは断面二次モーメントが増加するにつれて、すなわち断面積が大きくなるほど小さくなることに由来する。ソフトアクチュエータをロボットハンドに適用して高重量の柔軟物を把持する例を考えると、柔軟物をやわらかく把持するために高コンプライアンス設計を行うとハンドがやわらか過ぎて重量に耐えられず把持物体を落としてしまう、物体を確実に把持するために低コンプライアンス設計を行うと柔軟物体を握りつぶしてしまうといった問題が生じ、ソフトアクチュエータの特性を生かせない問題の1つになっている。

2. 研究の目的

本研究の目的は高コンプライアンス特性と大発生力を兼ね備えた空圧アクチュエータを設計・開発することである。これまでは発生力を大きくするためにアクチュエータが大型になる、可変コンプライアンス特性を実現するために機能性流体などを用いて駆動システムが複雑になるという課題があった。これまでにソフトアクチュエータにジャミング転移効果を適用して発生力やコンプライアンス特性を能動的に変化させる機構は存在しなかった。ジャミング転移効果を適用したソフトアクチュエータは空気の正圧と負圧のみを用いた簡単なシステムで可変コンプライアンス特性を実現する点が独創的である。

3. 研究の方法

被膜するジャミング転移層の設計・開発を行い、これを繊維強化型空圧ソフトアクチュエータに適用する(図1)。先行研究[1]で開発した曲げ動作を行うソフトアクチュエータの外周にジャミング転移層を被膜することで上記を達成した。

ジャミング転移層の膜はソフトアクチュエータと同様にシリコンゴムで製作し、アクチュエータの動作を妨げないようにした。ジャミング転移層には粉粒を封入するが、アクチュエータ動作によって内部で粉粒の偏りが生じる可能性がある。これを考慮して粉粒ジャミングのほかに内部に繊維を封入する繊維ジャミングについても検討した。

試作したアクチュエータをロボットハンドの指に適用して、ミニトマトのようなやわらかく変形しやすい物体の把持実験をすることで開発したアクチュエータの応用可能性と実用性を示した。把持実験(図2)では空圧を印加して物体を把持し(図2(b))、ジャミング効果をONにすることで把持形状を変えることなく把持力を大きくする(図2(c))ことで、高重量柔軟物の把持に対して有効であることを示した。

4. 研究成果

(1) 繊維強化型ソフトアクチュエータ
本研究で使用した繊維強化型ソフトアクチュエータ本体は円筒形のゴム部材の周方向に繊維が配された構造を有する。本体の両端を封止して送気チューブを取り付けることで、空圧を印加すると繊維強化された周方向への膨張は抑制され、軸方向に

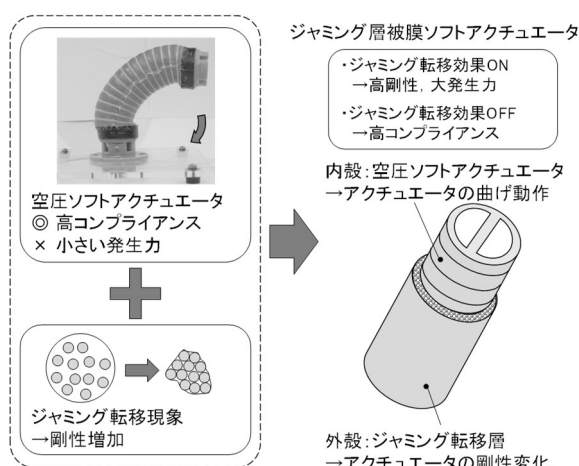


図1 開発したソフトアクチュエータの概要

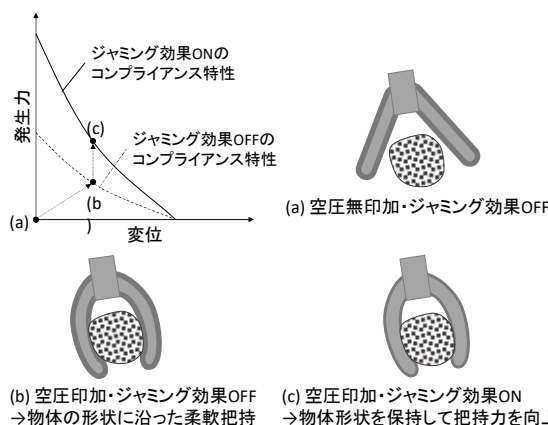


図2 可変コンプライアンスソフトアクチュエータの特性(左上)と把持応用の概要((a),(b),(c))

のみ伸展する (図 3). 本研究では直径 12mm のソフトアクチュエータを使用した.

(2) 指型ソフトロボットの試作

試作した指型ソフトロボットは繊維強化型アクチュエータと板状の柔軟外骨格が平行に配された構造を有する (図 3). アクチュエータと外骨格は両端で固定され, 中間点では両者が離れないようにリングで固定されている. リングは周方向への移動のみを制限し, 軸方向に拘束はない. この構造によって物体を把持した時に物体の表面形状に倣って柔軟外骨格が変形することができる. 柔軟外骨格の指腹部分にはジャミング膜を取り付けられるようになっている.

(3) 把持実験

指型ソフトロボット 2 つ適用した 2 指ソフトロボットグリッパを用いて把持実験を行った. 本実験では把持対象として性質の異なる 4 種の把持対象を用意し, それらに合わせて短指と長指の 2 種類のハンドを使い分けた. 実験はハンド治具部分を人間の手で把持対象まで移動させ, 手動で空圧を印加することで把持動作を行った. 把持対象, 把持対象の性質, 実験で使ったハンドの種類, および把持結果を表 1 に示す. 実験から用意した 4 種の物体すべての把持に成功したことを確認した (図 4).

これらの実験結果をもとに, ジャミング膜を指腹に被膜したソフトロボットハンドについても実験予定である.

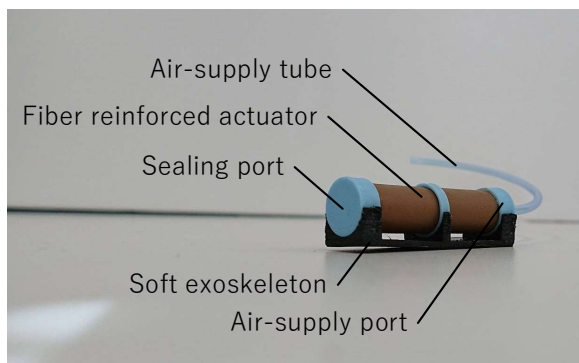


図 3 指型ソフトロボット

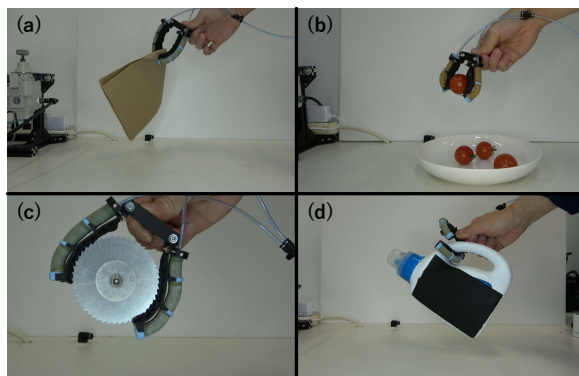


図 4 2 指ソフトロボットハンドによる把持実験
(a) 布, (b) ミニトマト, (c) 丸鋸, (d) 洗剤容器.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 車谷駿一, 中村太郎
2. 発表標題 柔軟外骨格を有する指型ソフトロボット「PneuFinegr」の試作
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス 講演会 2021
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 人工筋肉ユニット及びそれを用いた把持装置	発明者 中村太郎, 車谷駿一	権利者 中央大学
産業財産権の種類、番号 特許、2020-165495	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------