高収縮率を有する Helical 形流体圧アクチュエータ

河野銀次郎*，塚越秀行*

Helical Type Fluid Powered Actuator with High Traction Rate

Ginjiro KAWANO*, Hideyuki TSUKAGOSHI*

This paper describes a helical-actuator which can generate much higher contraction rate than conventional contraction actuator such as McKibben artificial muscle. Recent years, robots have entered human life, and the relationship between humans and robots is closer. So it is required that such robots are flexible and lightweight. For this reason, McKibben artificial muscle is widely used as an actuator to move such robots. However, McKibben artificial muscle has a problem that it can't generate high contraction rate. So, the driving range of the robots is limited. The helical-actuator we proposed this paper can solve that problem. We checked its property by various experiment and prove its effectiveness.

Key Words : Soft actuator, Pneumatics

１．はじめに

ロボット技術で介護の負荷軽減を行うことを目指し，介護ロボットなどの開発が多く行われている[1]．このようなロボットは人間との接触が発生することがあるため，構造的に安全であることが要求される．

空気圧は軽量かつ柔軟であるという特徴を有しており，高い出力を出すことが出来ることから非常に有効であると考えられる．また，空気圧を利用するアクチュエータとして一般的に McKibben 型ゴム人工筋肉が知られている[2]．このアクチュエータは，加圧することで人間の筋肉のように収縮するといった特徴があり，マニピュレータなどへの適用が多く試みられている．しかし，収縮率が約 20%程度と少ないためアームの可動範囲が狭いといった課題がある．また，空気圧駆動の人工筋肉として軸方向繊維強化型人工筋肉があるが，その収縮率も約 30%程度となっており，収縮方向への大きな変位を発生させることが出来ない[3]．

本研究では，Fig.1 のように加圧することで螺旋を巻くように変形し，大きな収縮量を発生させることが可能な Helical 形流体圧アクチュエータ[4]を紹介する．はじめに，アクチュエータの構成方法や変形原理を述べる．次に，収縮量や収縮力について様々な実験を行うことで特性を紹介する．

２．アクチュエータの構成

Helical 形流体圧アクチュエータは，ゴムチューブ，1way-stretch（一方向について伸びやすく直交する方向には伸びにくい布），全方向に伸長しない布から製作されている．具体的な構成を Fig. 2 に示す．ここで，1way-stretch は軸方向に対して斜めに伸びるように張り合わされている．なお，２ つの布はゴムチューブに沿って縫い合わすことで作製している．

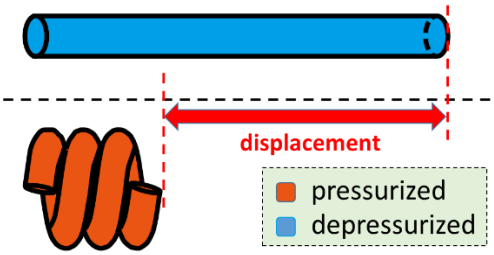

Fig.1 Principle of the proposed helical-actuator

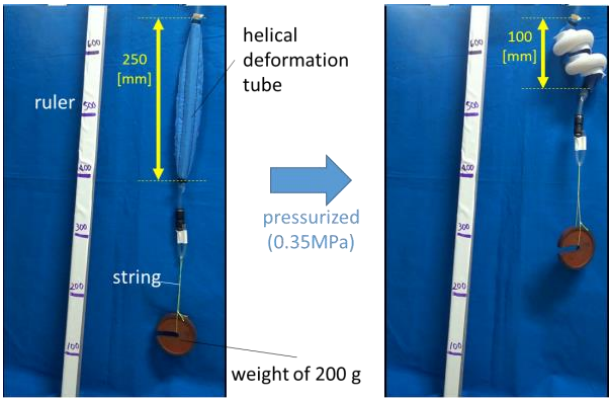

Fig.2 Performance of the proposed actuator

螺旋形に変形するためには，ねじり変形，湾曲変形が同時に発生することが求められる．加圧することによりゴムチューブには軸方向に伸びる力と径方向に広がる力が働くが，この力が布に伝わることで 1way-stretch が変形し，上記の２つの変形を同時に引き起こす．以下にこの２つの変形が引き起こされ

＊　東京工業大学
(〒152-8552 東京都目黒区大岡山２－１２－１)
(E-mail:　htsuka@cm.ctrl.titech.ac.jp)

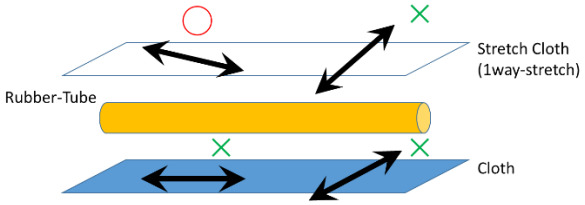

Fig.3 Constitution of helical-actuator

る仕組みを説明する．

1way-stretch は一方向について伸びやすく，それに直交する方向には伸びにくい布である．Fig.3 に示すように伸長可能な布に対して一方向に繊維を織り込むことで，繊維方向については伸びにくく，直交する方向には伸びやすい構造になっている．つまり，繊維方向のヤング率E_fは繊維直交方向のヤング率E_Tに対して大きな値となる．ねじり変形が引き起こされる仕組みとして，この異方性材料の特異な性質が関わる．

3．特性

Helical 形流体圧アクチュエータの収縮力及び収縮率の関係の測定を行った．実験方法については，Fig.4 に示すようにリニアステージとフォースゲージを用いて測定を行った．アクチュエータは螺旋形への変形の際にねじれるが，ねじれ方向の力がフォースゲージに伝わらないように糸を用いてアクチュエータとフォースゲージを結び付けている．今回の実験では，ヒステリシスを測定するために，各状態から加圧し(i)の方向にリニアステージを動かした後，(ii)の方向へ再度リニアステージを動かし測定を行う．なお，アクチュエータの内径は 8mm となっており，無加圧時の長さは 260mm である．

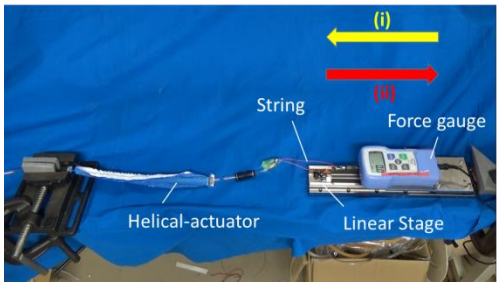

Fig.4 Experimental setup

実験結果を Fig.5 に示す．この結果から，(ii)の方向に動かすときに収縮率に対して大きな収縮力を出すことがわかった．これはアクチュエータの巻き数が関係するためだと考えられる．Fig.6 に実験の様子を示しているが，(ii)の状態では(i)の状態に比べて巻き数が多いことが確認できる．アクチュエータの最大限発揮可能な収縮力を測定するために，以降の実験では一度収縮させた状態から(ii)の方向にリニアステージを動かすことで測定を行った．同じさ材質・同サイズで構成されたマッキベン人工筋より収縮率を 2 倍近く大きい動作を生成することが確認できた．

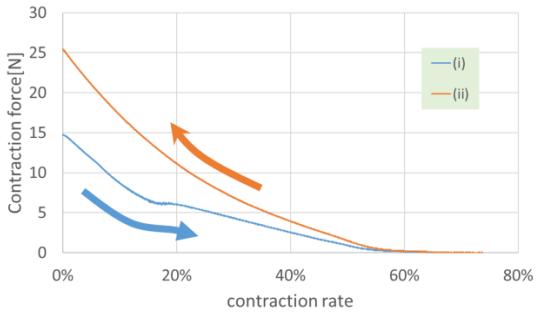

Fig.5 Hysteresis of contraction force

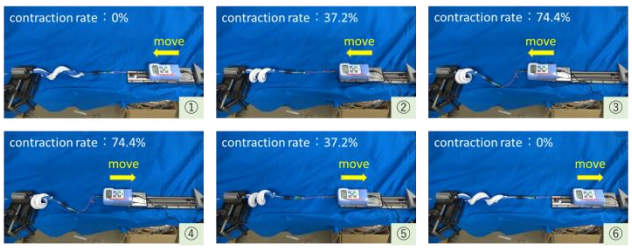

Fig.6 State of each motion while pulling

4．まとめ

本稿では，大きな収縮量を持つアクチュエータの創成を目指し，加圧することで螺旋形に変形する空気圧アクチュエータの開発を行った．また，アクチュエータの収縮率及び収縮力の関係について実験した結果を示した．収縮率 60%近くの動作を生成できることから，本特性を十分に生かした適用例を検討していく予定である．

謝辞

本研究は管清工業株式会社のご協力により行われた．ここに深謝の意を表する．

参考文献

1） 堂田周治郎，ウエアラブル制御機器の開発と生活支援機器への応用，第 22 回バイオエンジニアリング講演会講演論文集，特別公園 1，(2010)，p.1.

2） Tondu, B., Boitier, V., Lopez, P., “Naturally compliant robot-arms actuated by McKibben artificial muscles”, *Systems, Man, and Cybernetics*, 1994. 'Humans, Information and Technology', Vol.3, (1994), pp.2635-2640.

3） Nakamura, T. and Shinohara, H., “Position and Force Control Based on Mathematical Models of Pneumatic Artificial Muscles Reinforced by Straight Glass Fibers”, Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2007) , (2007), pp. 4361–4366

4） 河野 銀次郎、塚越 秀行，高収縮率を有する Helical 形流体圧アクチュエータ，ROBOMECH2017 in Fukushima (ロボティクス・メカトロニクス講演会)、2A1-B05(2017)