

マンドレル型釣糸人工筋肉を用いた指先運動補助装具の開発

○舛屋 賢 (九州大学), 高木 賢太郎 (名古屋大学), 田原 健二 (九州大学)

Development of a Finger Support Equipment using Mandrel type of Fishing Line Artificial Muscle

○ Ken MASUYA (Kyushu University), Kentaro TAKAGI (Nagoya University), and Kenji TAHARA (Kyushu University)

Abstract : A finger support equipment using the fishing line artificial muscle, which is contracted by heating, is developed. This artificial muscle is made by two method: (1)Overtwisting the nylon and (2)coiling it around the mandrel. The former can output the stronger force than the latter, while its stroke is smaller at the same temperature. In order to move the finger in wide excursion and at low temperature, this paper employs the latter and investigates its performance through the experiment.

1. 緒言

人の運動補助装具や義肢のような福祉分野へロボット技術を応用することが期待されており, その対象のひとつとして日常生活で重要となる指先運動の補助が挙げられる. そのためのアクチュエータとして, アクチュエータ自身は軽量でありながら大きな力を発生可能な空気圧アクチュエータ [1, 2] がよく用いられている. しかし, 空気圧アクチュエータはコンプレッサのような外部機器が必要であるため装置全体が大型化しやすく, 日常生活での利用が難しい. 同様の特性をもつアクチュエータとして, 釣糸人工筋肉 (Twisted and Coiled Polymer Actuator, TCPA [3]) が近年注目を集めている. TCPA は加熱により収縮し, その加熱はジュール熱 [3, 4, 5, 6, 7] により行えるため, 装置全体を小型化できると考えられる.

そこで, 本研究では TCPA を用いた指先運動補助装具の開発を目指す. TCPA の作り方として, 振りを過剰に加えて自動的にコイル化させるものと, 振りを加えた後で芯棒に巻き付けてコイル化するものがある. 本稿では, その作成方法から, 前者をオーバーツイスト型, 後者をマンドレル型と呼ぶこととする. 同径のナイロンから同じ長さの TCPA を作成し同温で駆動するとき, 前者は発生できる力が大きい, 収縮量が後者に比べて小さい. 本稿では, 安全性の観点から, 比較的低温でも大きな収縮が行えるマンドレル型 TCPA を用いる.

2. マンドレル型 TCPA

2.1 作成方法

本研究では, ナイロン線として, テグス 30 号 (まつうら工業) を用いる. 発熱体として, コストの観点から Haines ら [3] が用いた CNT シートではなく, ニクロム線 (ニクロータル 80, 直径 0.2mm) を採用する. 作成方法を Fig. 1 に示す. Fig. 1(a) のようにニクロム線をナイロンに巻き

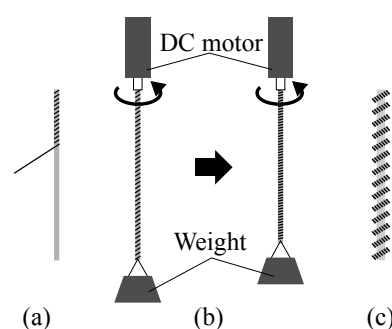


Fig. 1: Fabrication of mandrel type of TCPA. (a)Winding a nichrome wire onto the nylon. (b)Twisting the nylon with the weight by a DC motor up to the time just before the coiling. (c)Winding the twisted nylon onto the mandrel.

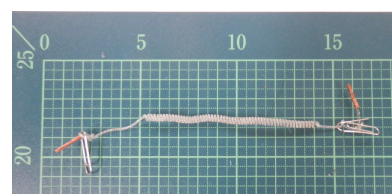


Fig. 2: An example of mandrel type of TCPA

付けた後, ナイロンの一端に約 550g のおもりを吊るして DC モータによりコイル化が起きる直前まで振る. 振ったナイロンを 1.6mm の針金に巻き付け, 強制対流方式定温乾燥器 OFW-300B (アズワン) により 180[°C] まで加熱して熱処理を行う. 作成した TCPA の一例を Fig. 2 に示す.

2.2 温度に対する変位性能調査

温度に対するストロークについて, オーバーツイスト型 TCPA と比較した. オーバーツイスト型は, Fig. 1(a) に示す芯棒への巻き付けを行わず, 過剰に振ることで作

Table. 1: Parameter of the experiment for each TCPA

TCPA	W [g]	l_0 [mm]	A [V ²]
Overtwisted type	350	173	120
Mandrel type	160	163	100

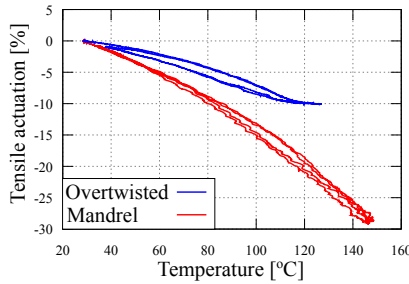


Fig. 3: Temperature [°C] vs. Tensile actuation [%]

成した。TCPA の駆動はサーボアンプ LSC 30/2(Maxon motor 製)からの電圧出力に伴うジュール熱により行い、指令値は DA ボード PCI-3340(Interface 製)により与えた。TCPA の温度および変位は赤外線サーモグラフィカメラ OPTPI230O23T900(Optris 製)とレーザ変位計 IL-300(KEYENCE 製)によりそれぞれ測定した。TCPA に荷重 W をかけたときの長さ l_0 を TCPA の初期長さとした。与えるジュール熱を正弦波状にするために、入力電圧 V_{in} を振幅 A を用いて次のように設定した。

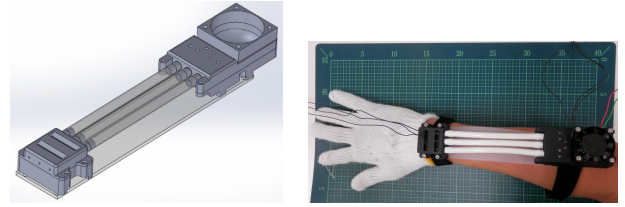
$$V_{in}(t) = \sqrt{0.5A(1 - \cos(0.005\pi t))} \quad (1)$$

各パラメータをまとめたものが、Table 1 である。

温度に対する収縮率を示したものが Fig. 3 である。オーバートイスト型が約 120°C で 10%程度の収縮率であることに対して、マンドレル型は 20%の収縮率であることから低温でより大きな収縮が行えることが確認できる。

3. 開発した指先運動補助装具

補助する指として人差し指を考える。TCPA による運動補助のための方法として、指に TCPA を沿わせて固定することで直接変位を伝える方法が考えられるが、安全性の観点から難しい。そこで、本研究では前腕に配置した TCPA をナイロン線に接続し、そのナイロン線のみを指に取り付けて変位を伝達する。露出した TCPA と使用者が接触することを防ぐため、TCPA をシリコンチューブで覆うことにより断熱する。これにより TCPA の冷却効率が減少するが、空冷ファンで強制冷却を行うことで冷却効率の減少を防ぐ。開発した指先運動補助装具を示したものが Fig. 4 である。装具において使用する TCPA は、伸展した人差し指が屈曲する際に必要な TCPA の変位を約 20mm、TCPA の最大駆動温度を 100[°C] とみなして、Fig. 3 より伸長時に約 130mm となるものを用いた。



(a) Schematic drawing

(b) Exterior

Fig. 4: Developed finger support equipment

4. 結言

本研究では、TCPA を用いた指先運動補助装具の設計・製作を行った。TCPA として比較的低温でも大きな収縮率を示すマンドレル型を採用し、安全性の観点から人体と接触しないように装具の設計を行った。

今後の課題として、装具の制御方法の確立が挙げられる。また、これまでに用いてきたレーザ変位計の利用が構造上難しいため、制御のために変位を計測する新しい手段が必要になると考えられる。

謝辞 本研究は、NEDO 次世代ロボット中核技術開発 革新的ロボット要素技術分野「高分子人工筋肉アクチュエータによる柔らかな運動装具の研究開発」(課題番号 15657408)の支援で行われた。

参考文献

- [1] 佐々木大輔, 則次俊郎, 山本裕司, 高岩昌弘, “空気圧ゴム人工筋を用いたパワーアシストグローブの開発”, 日本ロボット学会誌, vol. 24, no. 5, pp.640-646, 2006.
- [2] 只野耕太郎, 赤井 正雄, 川嶋 健嗣, 尹 鍾皓, 香川 利春, “空気圧ゴム人工筋を用いた二関節駆動を有する握力増幅グローブ”, 日本フルードパワーシステム学会論文集, vol. 43, no. 3, pp.48-54, 2012.
- [3] C. S. Haines et al. , “Artificial Muscles from Fishing Line and Sewing Thread,” *Science*, vol.343, no.6173, pp.868-872, 2014.
- [4] M. C. Yip and G. Niemeyer, “High-Performance Robotic Muscles from Conductive Nylon Sewing Thread,” *Proc. of the 2015 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp.2313-2318, 2015.
- [5] 荒川武士, 高木賢太郎, “ナイロン糸を用いた釣り糸人工筋肉 (Coiled Polymer Actuator) の位置制御”, 第 16 回システムインテグレーション部門講演会予稿集, pp.585-589, 2015.
- [6] 鈴木元哉, 釜道紀浩, “拮抗型ナイロン繊維アクチュエータの変位制御”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016 予稿集, 2P2-14b7, 2016.
- [7] 舛屋賢, 小野秀, 高木賢太郎, 田原健二, “電圧駆動型 Twisted and Coiled Polymer Actuator における温度応答の非線形モデリング”, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1B3-02, 2016.