

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	細径人工筋肉の「18織り」の提案と上肢支援ソフトパワースーツへの応用
Title(English)	Fabrication of the " 18 weave " and Soft Power Support Suit for Upper Limbs using Thin Pneumatic Muscle
著者(和文)	阿部 智輝, 古泉 祥一郎, 難波江 裕之, 遠藤 玄, 鈴森 康一, 佐藤 菜緒, 足立 美智子, 高見澤 ふみ
Authors(English)	Tomoki Abe, Shoichiro Koizumi, Hiroyuki Nabae, Gen Endo, Koichi Suzumori, Nao Sato, Michiko Adachi, Fumi Takamizawa
出典(和文)	第19回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会予稿集, Vol. , No. , pp. 2798-2801
Citation(English)	Proceedings of the 19th SICE System Integration Division Annual Conference, Vol. , No. , pp. 2798-2801
発行日 / Pub. date	2018, 12
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は公益社団法人計測自動制御学会に帰属します。 (c) 2018 The Society of Instrument and Control Engineers

細径人工筋肉の「18織り」の提案と上肢支援ソフトパワースーツへの応用

○ 阿部 智輝 (東京工業大学) 古泉 祥一郎 (東京工業大学)
難波江 裕之 (東京工業大学) 遠藤 玄 (東京工業大学) 鈴木 康一 (東京工業大学)
佐藤 菜緒 (文化服装学院) 足立 美智子 (文化服装学院) 高見澤 ふみ (文化服装学院)

Fabrication of the "18 weave" and Soft Power Support Suit for Upper Limbs using Thin Pneumatic Muscle

Tomoki ABE (Tokyo Tech), Shoichiro KOIZUMI (Tokyo Tech)

Hiroyuki NABAE (Tokyo Tech), Gen ENDO (Tokyo Tech), Koichi SUZUMORI (Tokyo Tech)

Nao SATO (Bunka Fashion College) Michiko ADACHI (Bunka Fashion College)

Fumi TAKAMIZAWA (Bunka Fashion College)

Abstract : We propose a novel active woven "18 weave" using thin pneumatic muscle and report on prototyping of soft power support suit for upper limb applying it. The active woven utilizes the flexibility of the thin pneumatic muscle. Thin pneumatic muscles are used for warps and wefts. We confirmed that the proposed structure produce larger contraction ratio than the single thin pneumatic muscle. The flexible and lightweight assist suit can be realized by the active woven that have flexibility and shape adaptability. In this paper, we prototyped and evaluated the "18 weave" structure and a prototype soft power suit.

1. 緒言

モータを代表とする電磁駆動のアクチュエータやペローズのような空圧駆動のアクチュエータを用いたウェアラブルデバイスがこれまでも多く開発されている。さらに、ウェアラブルデバイスの中でも、柔軟かつ軽量の素材から構成されるようなデバイスは、金属フレームを用いるようなデバイスと異なり、その軽さや着心地といった利点があり、こういったデバイスは、長時間の着用が求められるリハビリ装置やパワーアシストの手段として注目されている。Soft exosuit[1]は、柔らかさを持った伝達系としてワイヤ駆動系を用いることで動作支援を実現しており、歩行のようなダイナミックな動きのサポートを実現している。また、柔軟な素材を用いた空気圧アクチュエータを腋下に配置することで、腕の動作支援を行うロボット[2]も開発されている。本研究では、当研究室で開発された細径人工筋肉を用いた布構造を開発することで、柔らかさと支援力の両立が可能な「ソフトパワースーツ」の実現を目指す。これまでも、大野ら[3]によって細径人工筋肉を用いた布構造を利用した腰部を目的としたアシストスーツが開発されている。ウールと人工筋肉からなる織布構造によって、柔軟性と形状保全性を確保することで、着心地のよいアシストスーツを実現している。その一方で、人工筋肉の織布化によって、人工筋肉の収縮率が減少するという報告がされており、これはスーツによって支援可能な領域の減少につながっている。

本稿では、提案する「18織り」で、経糸、緯糸ともに細

径人工筋肉を用いて織布化することで、収縮率の向上に成功したことを報告する。また、開発した織布構造を用いて文化服装学院と共同で上肢の姿勢維持を支援するソフトパワースーツの開発を行い、衣服の柔軟性と支援力の両立を目指すスーツ (Fig.1) を試作し、評価する。



Fig. 1: Side view of the soft power support suit for upper limbs

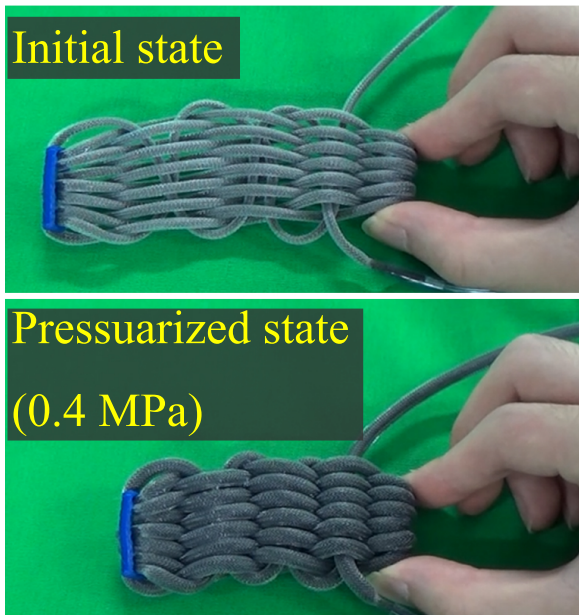


Fig. 2: Active woven "18 weave"

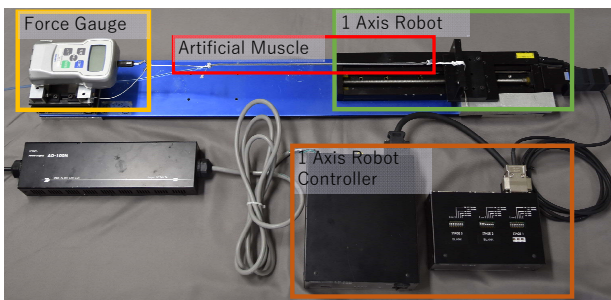


Fig. 3: Experimental instruments for measuring static characteristics

2. 細径人工筋肉を用いた「18織り」布構造

2.1 「18織り」の構造および特徴

「18織り」を外径約2mmの細径人工筋肉を用いて、製作したものをFig2に示す。細径人工筋肉は、ゴムチューブとそれを覆うスリーブによって構成されており、マッキベン型人工筋肉と同様の動作原理によって駆動する。圧力がゴムチューブ内に印加されることによって、ゴムチューブは径方向に膨張する。その膨張に伴うスリーブの変形によって、軸方向には収縮する方向の力と変位を生み出す。布構造は、経糸と緯糸によって構成され、経糸に対して波打つように緯糸を通し、折り返すことを繰り返すことで構成される。このような構造にすることによって、空気圧の印加時に、経糸の収縮に加えて、緯糸の膨張に伴う構造自体の変形が生じるため、収縮方向の変位が拡大される。

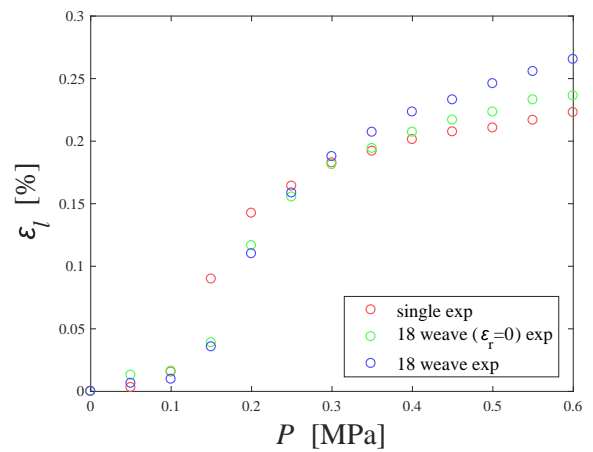


Fig. 4: Contraction ratio -Pressure diagram of active wovens

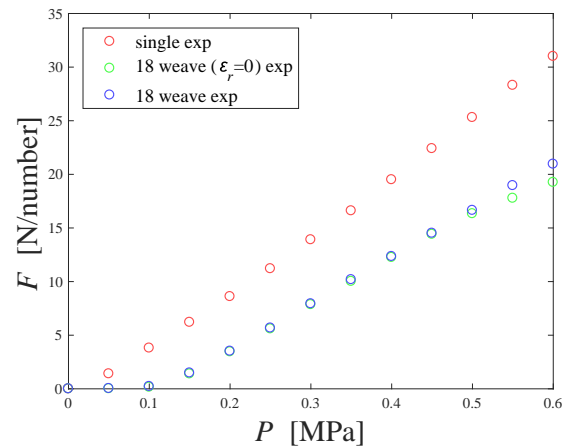


Fig. 5: Force -Pressure diagram of active wovens (per a single thin pneumatic muscle)

2.2 計測

布構造の評価を行うとともに、織布構造における緯糸の影響について試験を行った。試験には、経糸のみの布構造を作成し、それに緯糸を通すことで、経糸のみの布構造と「18織り」構造の比較を行った。計測の条件として、経糸緯糸ありの布構造（経糸のみに印加）、経糸緯糸ありの布構造（経糸、緯糸ともに印加）の2条件について試験を行った。経糸のみに空気を印加した場合においては、大野らが提案した構造と同様の挙動を示すと考えられる。計測はFig3に示すように、フォースゲージ (FGP-50, SHIMPO)、単軸ステージ (PM80B-50X, COMS) を用いて計測を行った。圧力に対する力および収縮率の計測結果をFig4,5に示す。ただし、力については、経糸の人工筋肉一本あたりの力で比較を行った。

計測において、「18織り」によって変位の拡大が行われていたことが確認できた。また、経糸のみに空気圧を印加した場合においても、変位の拡大が確認されている。これは、大野らの報告と異なる結果となった。要因としては、緯糸

の材質の影響が考えられる。ウールのように柔らかすぎる素材の場合、人工筋肉が収縮した際に構造の変形を妨げず、抵抗として働いてしまったということが考えられる。今回用いた人工筋肉の緯糸の場合、波打つような経糸の構造を保とうとしたことで、変位の拡大につながったと考えられる。

3. ソフトパワースーツの試作

3.1 ソフトパワースーツの構成

提案する布構造を用いて、文化服装学院と共同で上肢支援ソフトパワースーツの試作を行った (Fig1)。装具部分は、ハーネス、腕のサポータ、グローブ、肩部用の装具からなり、これらをつなぐように織布化された人工筋肉が配置されている。これらの装具については、体型計測の結果 [6] を元に、アクチュエータ駆動時の装具ズレを軽減するような装具となっている。肘関節の屈曲、腕の前方挙上の際の姿勢維持に対する支援を目的としている。動作時の支援を行うため、肘関節の屈曲のために、グローブから上腕を繋ぐように人工筋肉を配置しており、腕の前方挙上のために太ももに取り付けられたハーネスから上腕を繋ぐように人工筋肉を配置した。人工筋肉の端部には、ナイロン製テープとバックルが取り付けられており、スーツのサイズの調整が可能になっている。

3.2 コンプライアンス特性

開発したスーツは、姿勢維持を目的としているが、人工筋肉の持つコンプライアンスによって、姿勢維持時においても、着用者が自身の力によって腕角度を調整することが可能である。着用者の腕の自重補償に加え、着用者はスーツの持つコンプライアンスを利用して、姿勢の調整が可能となっている。

今回は、姿勢維持時におけるスーツが与える効果について検討を行うために、腕の角度変化に伴う、スーツの生み出すトルクについて計測を行った。前方挙上の支援を行う人工筋肉に 0.4 MPa の圧力を加え、その際における腕の角度変化に伴うスーツの持つコンプライアンスについて計測を行った。マネキンにスーツを着用させて計測を行い、腕にフォースゲージ (FGP-50, SHIMPO) を押し付け、その際の角度と力の関係からコンプライアンスを求めた (Fig6)。マネキン自体が持つ弾性や腕の重力の影響を除去するために、アシストした状態におけるトルクとアシストしていない状態におけるトルクの差をとることで、スーツ自体が生じさせたコンプライアンスを求めた。腕の下垂状態を 0 度

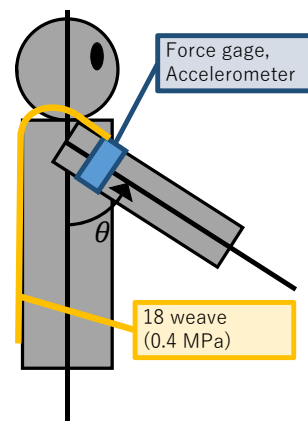


Fig. 6: Overview of experiment

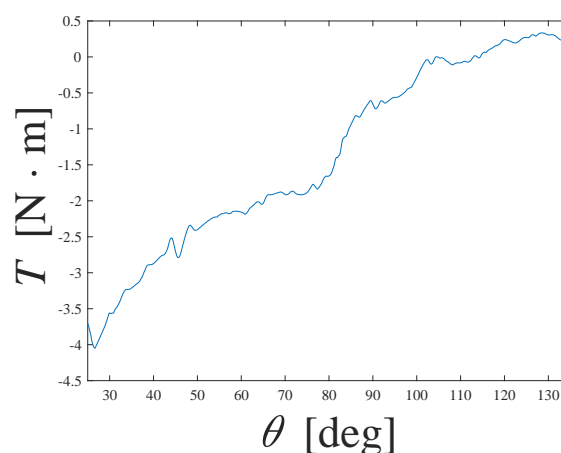


Fig. 7: Angle - Torque diagram (0.4MPa)

として、腕を前方に挙上するときの角度を正方向とした。Fig7 に得られた角度とトルクの関係を示す。

腕の角度が 100 度以下の領域では、トルクが負になっており、この領域では、着用者自身が腕を下げようとする抵抗が生じることがわかる。また、100 度以降の領域では、人工筋肉が生み出すことができる最大変位に近づくため、トルクも小さくなっていることがわかる。

試験によって、ソフトパワースーツが腕を下げる方向についての抵抗を確認するとともに、腕を上げる方向については、その運動を支援する、または、妨げないことが確認できた。また、「18 織り」構造を用いることによって、0.4 MPa 印加時に、100 度までの挙上支援が可能になったことを確認した。

4. 結言

本稿では、細径人工筋肉の柔軟性を生かした、「18 織」構造を提案し、それを用いてソフトパワースーツの試作を行った。「18 織」構造による細径人工筋肉の変位拡大について、実験によって確認した。また、「18 織」構造を用いた

腕の姿勢維持を目的としたソフトパワースーツを試作し、そのスーツが持つコンプライアンス特性について確認するとともに、「18織」構造によって0.4 MPaを印加時に、100度まで支援可能であることを確認した。今後は、試作したスーツについて詳細な試験を行っていく。

参考文献

- [1] A. T. Asbeck, R. Dyer, A. Larusson, and C. J. Walsh, "Biologically inspired soft exosuit," in Rehabilitation Robotics (ICORR), 2013 IEEE International Conference on. IEEE, 2013.
- [2] C.O'Neill, N.Phipps, L.Cappello, S.Paganoni, and C.J.Walsh, "A soft wearable robot for the shoulder: design, characterization, and preliminary testing," 2017 International Conference on Rehabilitation Robotics, pp.1672-1678 2017
- [3] 大野 晃寛, 山本 陽太, 小黒めぐみ, 難波江 裕之, 鈴森 康一. 細径空圧人工筋肉を用いたパワーアシストスーツの性能評価, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016 講演論文集,2A1-13b5, 2016.
- [4] Schulte, "The characteristics of the McKibben artificial muscle", The Application of External Power in Prosthetics and Orthotics, pp. 94-115,1961.
- [5] 香川利春, 藤田壽憲, 山中孝司. 人工筋アクチュエータの非線形モデル. 計測自動制御学会論文集, Vol. 29, No. 10, pp. 1241-1243,1993
- [6] 阿部智輝, 古泉祥一郎, 難波江裕之, 遠藤玄, 鈴森康一, 佐藤菜緒, 足立美智子, 高見澤ふみ, 伊藤由美子. 被服デザイン設計の知見に基づいたソフトパワーサポートスーツの試作, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2018, 2018.