

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	細径人工筋を用いたフィッティング機構の試作
Title(English)	
著者(和文)	車谷 駿一, 高橋 宣裕, 鈴森康一
Authors(English)	Shunichi Kurumaya, Koichi Suzumori
出典(和文)	第36回日本ロボット学会学術講演会 予稿集, Vol. , No. , pp.
Citation(English)	Proceedings of the 36th Annual Conference of the Robotics Society of Japan, Vol. , No. , pp.
発行日 / Pub. date	2018, 9
Note	このファイルは著者（最終）版です。 This file is author (final) version.

細径人工筋を用いたフィッティング機構の試作

○車谷 駿一 (東京工業大学) 高橋 宣裕 (電気通信大学/東京工業大学)

鈴木 康一 (東京工業大学)

1. 緒言

人間の骨格・体形には個体差があり、衣服や靴などは個人の体形に合わせて複数のサイズが用意されている。近年盛んに研究が行われているアシストスーツ[1-5]も例外ではなく、着用者に合わせたサイズの展開が普及の鍵を握っている。特にアシストスーツでは着心地や力の伝達を向上させるために、衣服や靴以上に個々の体に合わせた設計が求められる。現在のアシストスーツの問題点の1つに、着用に伴って手間と時間がかかるということが挙げられる。これは個別にアシストスーツの大きさを着用者に合わせる事が難しく、最終的には複数のマジックテープやベルトでアシストスーツを体に固定しなければならないからである。近年では靴メーカーから靴紐を自動で締め上げる商品も登場しており、容易な着脱機構への需要は大きい[6]。2つ目の問題点として、拘束が適切でないとアシストスーツから着用者に力が伝達するときはずれが生じ、力の伝達効率が低下することも挙げられる。

上記の問題を解決するために本研究では細径人工筋を用いたフィッティング機構を提案する。細径人工筋は軽量さと柔軟性を持つ空気圧アクチュエータで、空気圧を印加すると収縮する[7, 8]。この人工筋を固定具やバンドの代わりに靴紐のように使用すると、空気圧を印加するだけで着用者の体にフィットし、装具を固定する効果が得られる。また、空圧由来のコンプライアンスによって適度な締め付け力を得ることができ、体を動かしたときの体表面の形状および大きさの変化にも対応することができる。空圧の印加には圧縮空気が必要であるが、一度空圧を印加すれば内圧が保持されるため、脱衣した後にもう一度着用するとき以外に空圧機器を必要としない。このフィッティング機構によってアシストスーツの装着が容易になるだけでなく、靴紐



図1 外径 2.6 mm 細径人工筋

や着圧衣類の繊維として使用することも可能である。

本論文では、細径人工筋を用いたフィッティング機構の提案と本機構の実現可能性を検証するための細径人工筋を靴紐とした運動靴、および外骨格型アシストスーツの実現に向けた前腕外骨格フィッティング機構の試作と動作実験について報告する。

2. 細径人工筋

本研究で使用する外径 2.6 mm 細径人工筋 (図 1) は内部にゴムチューブがあり、その周囲に繊維を編んだスリーブが覆った構造を有しているマッキベン型人工筋である。動作原理は従来のマッキベン型人工筋と同様で、ゴムチューブに空圧を印加することでチューブが膨張し、スリーブの編み角が変化することで収縮する。本人工筋は 1 m あたり 1 g と非常に軽量であるだけでなく、細さに起因する形状柔軟性を有するため、大きく湾曲した状態でも動作する。上記の特性から、細径人工筋は人工筋を筋繊維として多数束ねた多繊維構造人工筋や、糸とした編み上げた能動織布の開発に適している。本研究では細径人工筋 1 本を紐のように使用し、空圧を印加して収縮することで得られる締め付け力を固定に利用する。

3. 細径人工筋を用いたフィッティング機構

3.1 概要

開発したフィッティング機構は細径人工筋を紐として取り付け、空圧を印加すると人体にフィットする。本機構は従来の固定具とは異なり、紐やベルトの長さ調整、紐結びやマジックテープによる固定を必要とせず、空圧を印加することで長さの調整と固定を行うことができるメリットがある。また、空圧に由来するコンプライアンス特性によって微調整することなく、固定対象の形状、大きさに合わせた締め付け力を得ることができる。

3.2 細径人工筋を靴紐とした運動靴の試作

試作した細径人工筋を靴紐とした運動靴を図 2 に示す。既製品の運動靴の靴紐を全長 900 mm の人工筋に置き換え、運動靴後部に人工筋の両端を固定した。人工筋は送気チューブと手動弁に接続されており、



図2 細径人工筋を靴紐とした運動靴

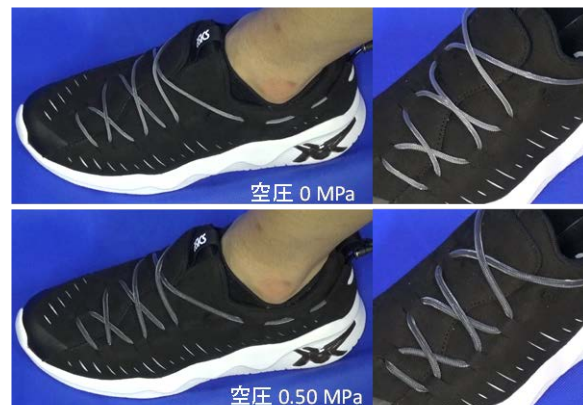


図3 細径人工筋に空圧を印加した運動靴（上：空圧無印加，下：空圧 0.50 MPa 印加）

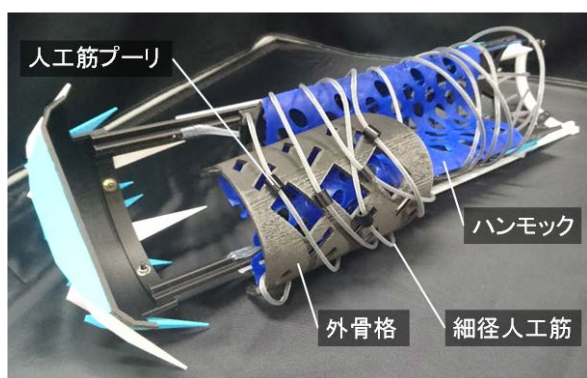


図4 前腕外骨格フィッティング機構

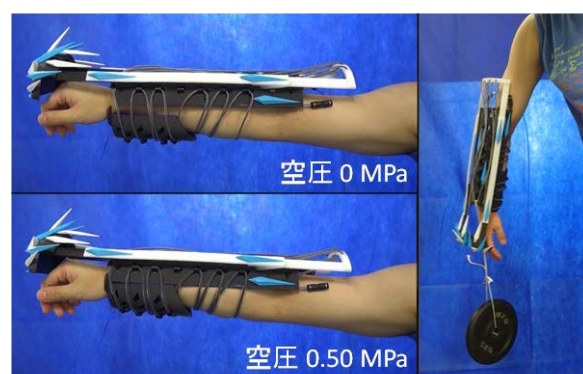


図5 前腕外骨格フィッティング機構の動作試験（左上：空圧無印加，左下：空圧 0.50 MPa 印加，右：空圧 0.50 MPa 印加，荷重 5 kg）

これらは運動靴に取り付けられている。空圧コンプレッサなどから圧縮空気を供給し手動弁を閉じることで空圧供給源との接続を解除した後も人工筋内部の空気圧は一定に保たれる。動作実験（図3）では人工筋に空圧 0.50 MPa を印加することで靴紐と同様の締め付け力が得られ、歩行、跳躍動作で緩まないことを確認した。

3.3 前腕外骨格フィッティング機構の試作

試作した前腕外骨格フィッティング機構の外観を図4に示す。前腕先端部は対となる外骨格によって固定され、後部では人工筋と外骨格によって固定される。全長 3,000 mm の細径人工筋は外骨格の腱鞘を通して固定されており、靴紐と同様の配置がされている。試作した外骨格は腕を通す構造になっており、空圧無印加時は容易に前腕の出し入れが可能である。空圧を印加することで人工筋が収縮して前腕が締め付けられ、外骨格が前腕に固定される。外骨格は3D

プリンタ（Markforged, MarkTwo）の素材 ONYX で製作されており、外骨格内部は 3D プリンタの軟性樹脂素材（NINJATEK, NINJAFLEX）で成型されたシートを取り付けてハンモック構造になっている。ハンモック部分には穴が開いており、伸縮して人体形状になじむだけでなく、人工筋によって締め付けられた際の肌に触れる表面積を増やして固定力を大きくする役割を持つ。空圧の供給方法は運動靴のフィッティング機構と同様である。

動作試験では（図5）では人工筋に空圧 0.50 MPa を印加することで荷重 5 kg に対して外骨格が人体からずれないことを確認した。

4. 結言

本研究では細径人工筋の軽量さと形状自由度、コンプライアンス特性に着目して、細径人工筋を用いたフィッティング機構の提案を行った。実現可能性を検証

するために、細径人工筋の収縮を利用したフィッティング機構を運動靴と前腕外骨格に適用し、動作実験を行った。細径人工筋を靴紐とした運動靴の動作試験では人工筋に空圧を印加することで運動に耐えうる締め付け力が得られることを示した。また、前腕外骨格の動作試験では 5 kg 相当の外力を加えても人体と外骨格にずれが生じないことを確認した。

謝 辞

本研究の一部は JSPS 科研費(基盤研究(A), 18H03760「多繊維油圧人工筋肉が切り拓くパワー筋肉ロボティクス」)の補助を受けて実施した。

参 考 文 献

- [1] S. Kubota, Y. Hara, Y. Shimizu, H. Kadone, T. Kubo, A. Marushima, T. Ueno, H. Kawamoto, M. Koda, Y. Hada, A. Matsumura, Y. Sankai, M. Yamazaki, “A newly developed upper limb single-joint HAL in a patient with elbow flexion reconstruction after traumatic brachial plexus injury: A case report,” *Interdisciplinary Neurosurgery: Advanced Techniques and Case Management*, 2017.
- [2] Y. Muramatsu, H. Umehara, H. Kobayashi, “Improvement and quantitative performance estimation of the back support muscle suit,” *Proceedings of the 35th International Conference on the IEEE EMBS*, pp. 2844–2849, 2013.
- [3] C. O'Neill, N. Phipps, L. Cappello, S. Paganoni, 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.
- [4] A. Ohno, Y. Yamamoto, M. Oguro, K. Suzumori, “Comparison in characteristics of textile woven by thin pneumatic artificial muscle,” *Proceedings of the 6th International Conference on Advanced Mechatronics, The Japan Society of Mechanical Engineers*, No. 15–210, pp. 43–44, 2015.
- [5] T. Abe, S. Koizumi, H. Nabae, G. Endo, and K. Suzumori, “Muscle Textile to Implement Soft Suit to Shift Balancing Posture of the Body,” in *Robosoft 2018, 2018, FrCT3*.
- [6] “ナイキ ハイパーアダプト 1.0”, https://www.nike.com/jp/ja_jp/c/innovation/hyperadapt
- [7] M. Takaoka, K. Suzumori, S. Wakimoto, K. Iijima, and T. Tokumiya, “Fabrication of thin McKibben artificial muscles with various design parameters and their experimental evaluations,” in *5th International Conference on Manuf., Machi. Des. Tribol.*, 2013, p. 82.
- [8] S. Kurumaya, H. Nabae, G. Endo, K. Suzumori, “Design of thin McKibben muscle and multifilament structure,” *Sensors and Actuators A: Physical*, Vol. 261, pp. 66–74, 2017.