T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	三つ編み構造に基づいた能動織布の特性
Title(English)	Characteristics of Active Textile Based on Three Strands
著者(和文)	車谷駿一, 難波江裕之, 遠藤玄, 鈴森康一
Authors(English)	Shunichi Kurumaya, Hiroyuki Nabae, Gen Endo, Koichi Suzumori
出典(和文)	ロボティクス・メカトロニクス講演会2018 予稿集, Vol. , No. , pp.
Citation(English)	Proceedings of the 2018 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Vol. , No. , pp.
発行日 / Pub. date	2018, 6

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

三つ編み構造に基づいた能動織布の特性

Characteristics of Active Textile Based on Three Strands

○正　車谷 駿一（東工大）　　正　難波江 裕之（東工大）
正　　遠藤　玄（東工大）　　正　鈴森 康一（東工大）

Shunichi KURUMAYA, Tokyo Institute of Technology, kurumaya.s.aa@m.titech.ac.jp
Hiroyuki NABAE, Tokyo Institute of Technology
Gen Endo, Tokyo Institute of Technology
Koichi SUZUMORI, Tokyo Institute of Technology

Active textile based on three strands with thin McKibben muscles is soft, lightweight, and compliant. New knitting method of the active textile enhance a performance of the active textile owing to not using the woof and loose interaction between thin McKibben muscles. Bundling or knitting thin McKibben muscles causes physical interaction between muscle fibers with their radical expansion, resulting in the increase of the muscle contraction ratio. In this paper, a structure, a method of fabrication, and the characteristics of the active textile is reported.

***Key Words*:** Active textile, Thin McKibben muscle, soft actuator, Multifilament active soft structure

1.　緒言

空気圧人工筋は，高いコンプライアンス特性・軽量といった利点を生かし，医療・福祉・介護・労働支援など，各分野への応用が期待される．

本研究グループで開発された細径人工筋は外形を 1.8mm に細径化にすることで，超軽量かつ高い形状自由度を実現したマッキベン型人工筋であり，多繊維化することで人体の筋肉の模倣を行ってきた[1-3].

人体の腹部などに見られる平らな筋肉およびパワーアシストスーツのアクチュエータとすることなどを目的として，細径人工筋を糸とする能動織布の開発に成功した[4]．しかしながら，布状のアクチュエータを形作るためには縦糸である人工筋に加えて横糸が必要であり，これが人工筋の収縮を阻害するという問題があった．先行研究では三つ編み構造に基づいた細径人工筋の織布化を提案し，横糸を使用しない能動織布の製作に成功した[5]．製作された三つ編み構造に基づいた能動織布は多繊維構造人工筋と同様に人工筋の相互干渉作用によって，収縮率が増加するという特性を有する[6].

本論文では三つ編み構造に基づいた能動織布の構造について説明し，細径人工筋単体とコンプライアンス特性を比較することで収縮率が増加したことを示す.

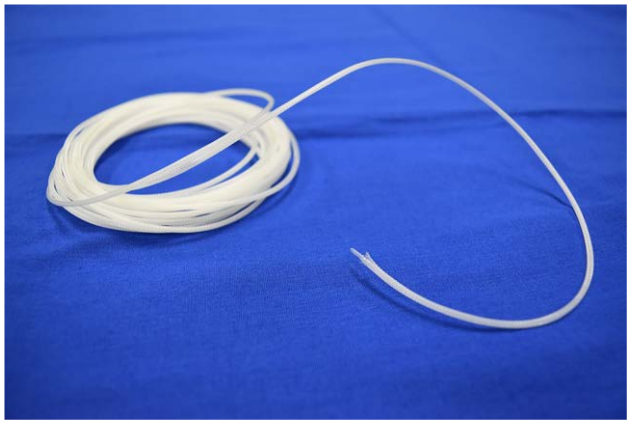

Fig. 1 Thin McKibben muscle with diameter of 1.8 mm is used as a thread to fabricate active textile.

2.　三つ編み構造に基づく能動織布の構造

2.1 細径人工筋

本研究では能動織布の糸として細径人工筋を使用する．外径 1.8 mm の人工筋は外径 1.3 mm -内径 0.9 mm，硬度 40 のシリコーンゴムチューブをスリーブで覆ったものである．スリーブの繊維は PBT(直径 0.12 mm)を使用し，編み角 18°，繊維の数である打ち数は 32 打ちである．細径人工筋は空圧印加時にも大きく曲げることでき，織布化した際にも単体で使用するときと同様に，収縮動作が可能である．織布化する前の人工筋を Fig. 1 に示す.

2.2 三つ編み構造に基づく能動織布の構成

本研究で開発した三つ編み構造に基づく能動織布は，三つ編みされた 3 本の人工筋を基本ユニットとしており，隣接したユニットを多数編むことで織布化している. 5 ユニットからなる織布の構造を Fig. 2 に示す. この構造は人工筋の収縮を阻害する横糸を使用せずに織布化を可能としている．各人工筋は隣接ユニットにのみ移動するので，人工筋を左右に大きく移動させる編み方と比較して横方向に大きく移動せず，真っ直ぐに人工筋が編まれている．人工筋は小さな曲率で織布化されており，動作時の人工筋に対する負荷が少ない．三つ編み構造に基づいた織布化の一例として以下に手順を示す.

1)　各ユニット内で同じ回数の三つ編みを行う.

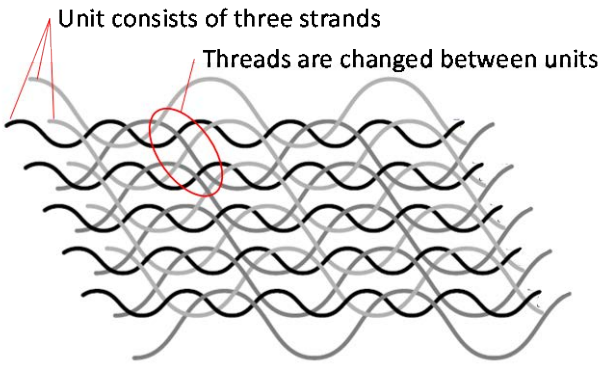

Fig. 2 Structure of active textile based on three strands.

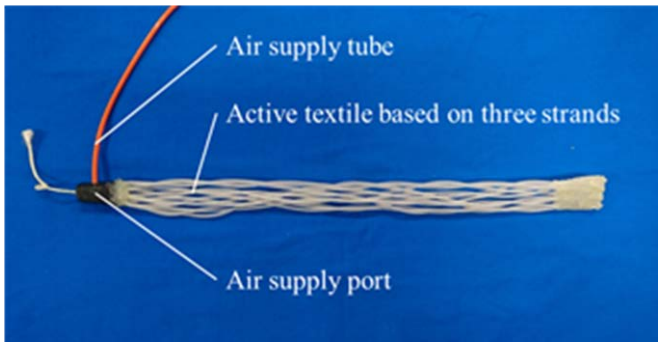

Fig. 3 Active textile based on three strands for characteristic experiment.

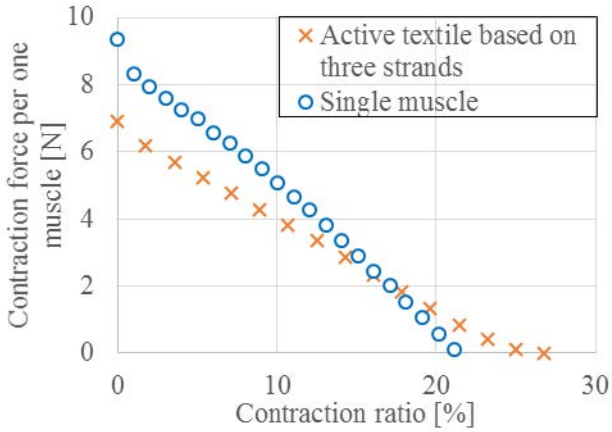

Fig. 2 Compliance properties of active textile based on three strands and single thin McKibben muscle with air pressure of 0.35 MPa.

Table 1 Type size and typefaces for papers

	Max contraction force per one muscle	Max contraction ratio
Braiding muscle in three strands	6.9 N	26.8 %
Thin McKibben muscle	9.3 N	21.1 %

2) ユニット内の端にある人工筋を隣接するユニットの人工筋と交換する．
3) 手順 1), 2)を繰り返して織布化する．

3. 三つ編み構造に基づく能動織布の特性

三つ編み構造に基づいた能動織布の特性を評価するために Fig.3 に示す 4 ユニット 12 本の細径人工筋からなる能動織布を製作した．両端の固定にはシリコーン接着剤を使用し，送気ポートは多繊維構造人工筋[6]と同様のもの使用し，両端にはダイニーマ繊維製の腱を取り付けた．

空圧 0.3MP 印加時の三つ編み構造に基づいた能動織布と人工筋単体のコンプライアンス特性の比較を Fig.4 に，それぞれの最大収縮力と最大収縮率を Table 1 に示す．単体と比較して能動織布の収縮率は増加したが，人工筋 1 本あたりの収縮力は低下した．これは人工筋同士の径方向干渉によって，人工筋側面に膨張を抑制する力が生じ，断面積が減少したことによるものだと推察される．

4. 緒言

本研究では細径人工筋を三つ編み構造に基づいた能動織布のコンプライアンス特性を明らかにした．人工筋同士の相互作用によって，人工筋単体の場合よりも高い収縮率を示した．能動織布の人工筋 1 本あたりの収縮力は低下したが，収縮力低下は人工筋の集積本数を大きくすることで解決できる．今後は人体における腹直筋などの平たい筋肉，パワーアシストスーツのアクチュエータに適用する．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費(基盤(A),26249028「次世代マッキベン人工筋の実現」) の補助を受けて実施した．

参考文献

[1] 髙岡 真幸, 鈴森 康一, 脇元 修一, 飯嶋 一雄, 徳宮 孝弘: “生体模倣ロボット機構実現に向けた多繊維構造マッキベン人工筋”, 第 14 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 pp.1767-1770, 2013.
[2] Masayuki Takaoka, Koichi Suzumori, Shuichi Wakimoto, Kazuo Iijima, Takahiro Tokumiya:“Fabrication of Thin McKibben Artificial Muscles with Various Design Parameters and Their Experimental Evaluations”, The 5th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology (ICMDT2013), p.82, 2013.
[3] Shunichi Kurumaya, Koichi Suzumori, Hiroyuki Nabae, and Shuichi Wakimoto "Musculoskeletal lower-limb robot driven by multifilament muscles", ROBOMECH Journal, 3.1, 2016.
[4] 大野晃寛，鈴森康一，脇元修一：“細径空圧人工筋肉を用いた能動織布の試作”，第 15 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 I212-5, 2014.
[5] 車谷駿一，鈴森 康一，難波江裕之: “三つ編み構造に基づく細径マッキベン人工筋の織布化”，第 16 回システムインテグレーション部門講演会, pp. 620-622, 2015.
[6] Shunichi Kurumaya, Hiroyuki Nabae, Gen Endo, and Koichi Suzumori "Design of Thin McKibben Muscle and Multifilament Structure", Sensors and Actuators A: Physical, Vol. 261, pp.66–74, 2017.