

令和 2 年 6 月 16 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06259

研究課題名(和文) ナイロン繊維アクチュエータで駆動する転動関節機構に基づく多自由度マニピュレータ

研究課題名(英文) A multiple DOF manipulator with rolling contact joint mechanism driven by super-coiled polymer actuators

研究代表者

西川 敦 (Nishikawa, Atsushi)

大阪大学・基礎工学研究科・教授

研究者番号：20283731

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：2014年にHainesらによって開発されたナイロン繊維アクチュエータ(super-coiled polymer (SCP) アクチュエータ)が次世代ロボットのアクチュエータとして期待されている。本研究では、(1)拮抗するSCPアクチュエータで駆動するロボット関節機構(角度増幅型転動関節機構)の開発とその制御手法を提案した。(2)均一な収縮特性を持つ長大なSCPアクチュエータを自動作製する新しい燃系機の開発と評価を行った。(3)SCPアクチュエータを用いた低コスト・コンパクトな多自由度マニピュレータの具現化を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果(ナイロン繊維で動く、柔らかくしなやかで軽く安価なロボットユニット)は、現在の駆動源のスタンダードである電磁モータが利用できない状況で威力を発揮する。とりわけ、小型軽量のヒト型ロボットハンド(ナイロン繊維であれば多数集積させて埋め込める)、原発廃炉などの不整地極限環境下で動作する歩行ロボット(放射線環境下での動作可能)、医療現場で動作する内視鏡ロボット(滅菌可能、低コストで使い捨て)などが応用として有望・好適であり、社会的インパクトも人工筋肉の研究分野に与える影響も絶大である。

研究成果の概要(英文)：The nylon fiber actuator (named "super-coiled polymer (SCP) actuator") developed by Haines et al. in 2014 is expected as an actuator for next-generation robots. We conducted the following studies: (1) design and control of the robotic joint mechanism increasing the rotation angle driven by agonist-antagonist SCP actuators, (2) development and evaluation of a novel twisting machine for automatic production of long SCP actuators with uniform contraction characteristics, and, (3) embodying of low-cost and compact multi-DoF robot manipulators using SCP actuators.

研究分野：ロボティクス

キーワード：アクチュエータ ナイロン繊維 転動関節機構 遊星関節機構 拮抗駆動系 燃系機 繊維機械 多自由度マニピュレータ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 1. 研究開始当初の背景

(1) **【新しいアクチュエータの登場】** 2014年2月、Hainesらにより、SCP (super coiled polymer) アクチュエータが開発され、Science 誌に公表された[1]。SCP アクチュエータは、ナイロンなどのポリマー繊維をコイル状にツイストし、コイル状態を維持するために熱処理 (アニーリング) を施して作製されるアクチュエータで、コイルが加熱 (冷却) されることにより収縮 (伸長) する特性を持つ。ヒトの筋と比較して高出力重量比かつ高応答性を有しており、ヒトの運動性能を超える次世代ロボットの低コストアクチュエータとして有望である[2]。理想的な条件下では、大きな収縮率を実現できることも報告されており、Hainesらはナイロン6,6を用いてコイル状にツイストしたオーバーツイスト型アクチュエータで最大34%、同じくナイロン6,6を用いて棒の周りに巻きつけるようにして作製した形状 (マンドレル型) のアクチュエータで最大49%の大きな収縮率を達成した[1]。しかしながら、実際にはSCPアクチュエータの収縮率は使用するナイロン繊維径やアクチュエータの作製方法、収縮時の負荷の大きさ、アクチュエータの集積数等に依存して変動 (低下) する傾向にあり、Yipらの研究[2]をはじめそのほとんどが10%程度であり、収縮型アクチュエータとして代表的なマッキベン型空気圧人工筋肉の収縮率 (30%程度) と比較すると低い値である。したがって、SCPアクチュエータをロボットの関節機構に実装する際、大きな関節角度を得るためには長いアクチュエータを作成・実装する必要があり、結果的にロボットのリンク機構が大型化するという本質的な問題が未解決であった。

(2) **【本研究の準備状況と課題 (アクチュエータの制御)】** 本研究代表者は、2011年度より、ヒトの筋骨格系の解剖学的構造に示唆を得た「転動関節を有する筋骨格ロボット」の機構と制御の研究を推進していた (科研費 JP23560524, JP26420196) [3]。この研究は、ヒトの関節は屈伸しながら回転軸が移動するという複雑な動きをとることに着目し、関節構造の観点からロボットをヒトの運動性能に限りなく近づけることを目的としたバイオインスパイアード研究であり、2015年度には、義手にも応用可能なヒトの手指の運動性能に近いロボットハンドの開発にも成功していた[4]。ただし、アクチュエータとしては、上記したマッキベン型の空気圧アクチュエータを利用しており、実用面ではコンプレッサなどの大型機器が別途必要で、全体のシステムが大型化するという問題を抱えていた。そこで、Hainesら[1]やYipら[2]の研究成果を踏まえ、2016年度より、科研費 JP26420196 (最終年度) の一環で、次世代筋骨格ロボット用のコンパクトかつ低コストアクチュエータとしてのSCPアクチュエータに関する研究を開始した。それまでの自身の研究成果である転動関節機構を礎にして、SCPアクチュエータの低い収縮率を補い、短いSCPアクチュエータでも関節を広範囲に駆動させることが可能な新しい関節機構を考案し、本研究開始直前の2017年2月に特許出願[5]を行い、同3月に学会発表を行った[6]。しかしながら、この時点では、SCPアクチュエータ用の関節機構の基本構造の提案と基礎評価実験のみを実施したに過ぎず、筋骨格ロボット (複数のSCPアクチュエータによる拮抗駆動系・多自由度マニピュレータ) に実装する場合の制御系設計やその評価については未着手であった。

(3) **【本研究の準備状況と課題 (アクチュエータの作製)】** [5][6]の研究を通して、SCPアクチュエータの作製工程にも大きな課題があることも明らかになった。当時採用したSCPアクチュエータ作製の従来方式[1][2]では、アクチュエータを一本一本個別で作製する必要があることから、全く同じ手順で作られたアクチュエータであっても、性能にばらつきが生じていた。本課題の解決を目的として、2015~2016年に、SCPアクチュエータの作製を自動化する燃系機の開発がいくつか試みられていた。Baughman [7]は一本のナイロンを燃る燃系機を開発し、125  $\mu\text{m}$  のナイロン6,6に対して100mのSCPアクチュエータの作製を実現した。Semochkin [8]が開発した燃系機は導線をナイロン繊維に巻きつける工程も自動化しているが、製造可能なアクチュエータの最大長さには限界があった。これらの研究では、繊維経あるいは最大長さの制約に加え、従来方式で作製したSCPアクチュエータとの性能比較が充分に行われていなかった。

- [1] C. S. Haines et al.: "Artificial muscles from fishing line and sewing thread." Science, Vol. 343, No. 6173, pp. 868-872, Feb. 2014.
- [2] M. C. Yip et al.: "High-performance robotic muscles from conductive nylon sewing thread." Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, pp. 2313-2318, May 2015.
- [3] 遠藤有紗, 西川敦: "ヒトの中手指節関節の筋骨格構造に示唆を得た転動関節モデル." 第19回ロボティクスシンポジウム, 3A1, pp. 209-214, 2014年3月13-14日.
- [4] S. Ide and A. Nishikawa: "Bio-inspired control of a multi-fingered robot hand with musculoskeletal system." Smart Textiles and Their Applications, pp. 185-195, May 2016.
- [5] 井出翔一郎, 西川敦: 特願 2017-036078, 能動マニピュレータ装置. 2017年2月28日出願.
- [6] 井出翔一郎, 西川敦: "ナイロン繊維アクチュエータのための角度増幅型関節機構の提案." 第22回ロボティクスシンポジウム, 1B1, 2017年3月15-16日.
- [7] R. Baughman: "High performance artificial muscles using nanofiber and hybrid yarns." <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a622843.pdf>, 2015.
- [8] A. N. Semochkin: "A device for producing artificial muscles from Nylon fishing line with a heater wire." IEEE Int. Symposium on Assembly and Manufacturing, pp. 26-30, 2016.

## 2. 研究の目的

本研究の最終目標は、上記した SCP アクチュエータの低い収縮率に起因する問題を、転動関節機構（角度増幅型関節機構）を利用することで解決し、低コスト・コンパクトな多自由度マニピュレータの具現化を行うことである。前述した研究開始当初の研究背景と本最終目標を踏まえ、本研究（2017～2019年度）の目的（サブ課題）を、以下のとおり、4つに設定した。

- (1) SCP アクチュエータを用いた拮抗駆動系の構築とその制御手法の確立
- (2) SCP アクチュエータ用関節機構（角度増幅型転動関節機構）の制御手法の確立
- (3) 均一な性能を有する SCP アクチュエータの作製方法の確立
- (4) 多自由度マニピュレータへの応用展開

(1)および(2)は本研究開始と同時に並行して進め最初の2年間での完了を目指し、(3)については(1)(2)(4)と独立して3年間を通じて実施、(4)は(1)(2)の成果が得られた時点で本格展開する計画とした。

## 3. 研究の方法

研究の目的で掲げた4つのサブ課題を効率良く実施するため、研究要素を SCP アクチュエータ、転動関節機構、拮抗駆動系の3要素に分類し、各サブ課題に応じて、研究要素をまたがる形で、あるいは、場合によっては、1つの研究要素集中方式で研究を推進するものとした。また、SCP アクチュエータのコイル化方法・駆動方法・熱処理方法がいずれも世界的に確立されていない現状から、これらの条件については各サブ課題に適した組み合わせを慎重に選び、サブ課題間でこれらの条件を統一することはあえて行わなかった。本研究コミュニティにおいて一般的に知られている SCP アクチュエータのコイル化/駆動/熱処理方法について、以下にまとめる。

(1) SCP アクチュエータのコイル化方法：SCP アクチュエータは、ナイロンなどのポリマー繊維をツイストし、コイル形状とするためのコイル化を行い、さらにコイル状態を保持するために熱処理（アニーリング）を行うことで作製される。コイル化の方法によって、SCP アクチュエータは次の2種類に大別される。

オーバーツイスト型 SCP アクチュエータ：単位長さ当たり一定数の繊維のツイスト後に繊維の一部にコイルが形成され、さらにツイストを続けることでコイル部分が増加し繊維の端から端までコイルで満たされた状態とする方法によって作製される SCP アクチュエータ

マンドレル型 SCP アクチュエータ：単位長さ当たり一定数の繊維のツイスト後（コイルが形成される直前までのツイスト）に芯棒（マンドレル）にツイストされた繊維を巻きつけることによりコイルを形成する方法によって作製される SCP アクチュエータ

(2) SCP アクチュエータの駆動方法：SCP アクチュエータはコイルが加熱（冷却）されることにより収縮（伸長）する特性を持つ。アクチュエータ駆動のためのナイロン繊維の加熱（冷却）には、次の2種類の方法のいずれかが利用される。

流体による加熱：温水や温風などの温度制御された流体を利用する方法。たとえば、平ノズルを吹出口に取り付けたヒートガンを用いてアクチュエータに温風をあてる方法がある。

通電による加熱：通電による加熱を行う場合は、導電性が付与されたナイロン繊維を用いるか、銅線やニクロム線といった導体を用いる必要がある。導電性が付加されたナイロン繊維の場合、繊維の両端に電極を接続し、電圧を印加することにより繊維表面の導体がヒータの役割を果たし、ジュール熱により繊維が加熱される。

(3) SCP アクチュエータの熱処理（アニーリング）方法：アニーリングの方法としては、通常、次の2種類の方法がとられている。アニーリングにより、繊維のたるみやコイル化前の状態へ戻ろうとする残留応力を取り除きコイル形状を維持させる。加熱温度や加熱時間は繊維の材質や寸法によってさまざまであり、加熱温度は100 から 200 、加熱時間は数分から数時間である。

温度制御されたオープンで一定時間加熱する方法

一定時間もしくは周期的に通電加熱をする方法

（この方法は繊維に導電性が付与されている場合または導体を利用する場合に限定される）

## 4. 研究成果

### (1) SCP アクチュエータを用いた拮抗駆動系の構築とその制御手法の確立

- ・【研究要素】SCP アクチュエータ、拮抗駆動系
- ・【各種条件】コイル化：オーバーツイスト、駆動：通電加熱、熱処理：通電加熱
- ・【成果発表】2017年度1件（学会）、2018年度1件（学会）

Yip らは2015年に1本のSCP アクチュエータを制御対象とした2自由度制御系を構築し、応答性の非常に速い力制御を行っている。しかしながら、位置制御における目標値の追従性は、

アクチュエータの収縮動作（加熱）と伸長動作（冷却）で異なり、収縮動作と比較して伸長動作での目標値との偏差が大きく、追従性が悪かった。この問題を解決するために、2016年に九州大学のグループがSCPアクチュエータを用いた拮抗駆動プーリシステムを提案しているが、位置制御の応答時間は3[s]程度であった。本研究では、2本のSCPアクチュエータを拮抗配置した1自由度拮抗駆動プーリシステムにおける高速な位置制御手法を提案した。ここでの1自由度拮抗駆動プーリシステムはマニピュレータの一関節にあたる。本研究ではYipらが提案している1本のSCPアクチュエータの制御手法を拮抗駆動プーリシステムに拡張することで、シミュレーションおよび実機を用いた角度制御実験を通して、正確な目標追従が無風環境下にて応答時間1[s]以内（0.5~0.8[s]）で実現できることを示した（第35回日本ロボット学会学術講演会で成果発表）。

ただし、上記の方法では、拮抗するSCPアクチュエータはそれぞれ独立して加熱制御されるためアームなどを取り付けることによる慣性の影響から生じる振動を素早く抑制することや関節の剛性を調整できないという問題があり、拮抗するSCPアクチュエータの同時加熱を行うことができ、かつ関節の剛性を調整可能な筋協調制御の適用は次のステップとして重要である。加えて、SCPアクチュエータ単体ではヒステリシスを有することが知られているが、拮抗駆動系全体としてのヒステリシスは明らかになっていない。そこで、SCPアクチュエータの筋協調制御系を新たに構築して制御実験を行った。その結果、筋協調制御下において、アクチュエータの協調度合いと関節角度との間に最大33%のヒステリシス幅を有するヒステリシスループが確認された（日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会ROBOMECH2018で成果発表）。今後、より高精度な位置決め制御を行うためには、筋協調制御下におけるヒステリシスのモデル化と逆ヒステリシスモデルによる制御補償器の実装が求められる。

## (2) SCPアクチュエータ用関節機構（角度増幅型転動関節機構）の制御手法の確立

- ・【研究要素】SCPアクチュエータ、転動関節機構、拮抗駆動系
- ・【各種条件】コイル化：オーバーツイスト、駆動：通電加熱、熱処理：通電加熱
- ・【成果発表】2017年度1件（PCT出願）、2018年度1件（学会）

2018年2月21日に、転動関節機構に関するPCT出願を行った（PCT/JP2018/006154）。なお、本特許は2018年9月に国際公開となっている（WO/2018/159400）。

2017年度までに提案した角度増幅型転動関節機構を用いて、2本のSCPアクチュエータを拮抗配置した拮抗駆動系の構築を行い、PI制御器による温度制御実験ならびに角度制御実験を通して、構築した拮抗駆動系の関節角度の目標値追従性について検証した。角度増幅型転動関節機構は、太陽歯車、遊星歯車、キャリアおよびプーリにより構成されており、太陽歯車の中心軸上にプーリおよびキャリアが配置され、キャリアは遊星歯車の中心軸に接続される構造になっている。太陽歯車と遊星歯車の半径比を変化させることで角度の増幅率を変化させることが可能であり、アクチュエータの収縮量を機械的に増幅できる特長がある。本研究では、歯車類は既製品を使用し、キャリア、アームは3Dプリンタで作製しそれぞれを組み合わせて、拮抗駆動系を構築した。その結果、非拮抗配置では120deg、拮抗配置では基準方向に19deg、反対方向に21degの計40degの駆動を確認した（日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会ROBOMECH2018で成果発表）。現在は、可動範囲の拡大と位置決め精度向上に向けた試作機の改良を進めている。

## (3) 均一な性能を有するSCPアクチュエータの作製方法の確立

- ・【研究要素】SCPアクチュエータ
- ・【各種条件】コイル化：オーバーツイストおよびマンドレル、  
駆動：温風加熱、熱処理：オープン加熱
- ・【成果発表】2017年度1件（学会）、2018年度1件（学会）、2019年度2件（学会）

オーバーツイスト型SCPアクチュエータの作製と評価：オーバーツイスト型SCPアクチュエータを従来方式で作製した場合、個体差が大きくなることが知られている。一方、原糸をツイストしながら巻き取っていく機械は繊維機械の分野で撚糸機として知られている。本研究では、従来の撚糸機を参考に、まず2017年度当初に、SCPアクチュエータの安定した性能を確保すべく、長大なSCPアクチュエータの自動作製のための専用撚糸機の構想を掲げた（第35回日本ロボット学会学術講演会で発表）。

これと並行して、市販（AGTEKS社製）の撚糸機DirecTwistを用いてSCPアクチュエータの自動作製を試みたが、断続的なコイル生成を繰り返すにとどまり、太さ3号（直径0.29mm）のナイロン繊維を用いた場合、コイル化したナイロン糸は約10cm、最長で17cmであった（日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会ROBOMECH2018で発表）。

以上の研究を通して、撚糸機によりナイロン繊維のコイル化を行うには、撚り速度・巻き取り速度・施撚時の張力において厳密な調整が必要であることが明らかになった。これらの結果を踏まえ、新たな撚糸機の開発を行った。本研究で開発した撚糸機は、「送り部」と「撚り部」に大別できる。ナイロン繊維は原糸ポピンから「送り部」を通り、中間に位置するポピンを介して「撚り部」へと送られる。「送り部」ではテンションメータで計測したナイロン繊維の張力が目標張

力となるよう送りローラ速度を制御している。「撚り部」ではナイロン繊維を撚ることに加え、コイル状になったナイロン繊維をポピンに巻き取ることを目的としている。撚りと巻き取りは2個のモータで独立に制御可能となっている。目標張力と計測された張力の差分によるPID制御器からの出力だけで送りローラ速度を制御すると、撚りと巻き取りの速度が大きい場合に張力が振動的になってしまう。そこで、「撚り部」のモータの回転速度情報をフィードフォワード制御器に渡し、その出力をPID制御器の出力に加えることで、送りモータの目標回転速度としている。その結果、開発した撚糸機で長大なSCPアクチュエータ(ナイロン6,6 太さ:3号)を作製することに成功した。これを長さ100mmに切り分けたものと従来の作製方法で作製した同じ長さのSCPアクチュエータに対して、ヒートガンを用いて温風加熱を行い、等張性条件下でアクチュエータの変位推移を記録・比較した。その結果、撚糸機で作製したアクチュエータの収縮率は約33%と先行研究や従来の作製方法のものと同様の性能であることが確認できた。一方で、サンプル間で最大変位を比較したときの最大誤差は、撚糸機製のアクチュエータで0.4mm、従来法で作製したアクチュエータで2.6mmであった。このことから提案システムで作製したSCPアクチュエータは従来法で作製したアクチュエータよりも変位量に関してばらつきが少なく、アクチュエータの位置決め精度の向上が期待できる結果を得ることができた(日本機械学会 機械力学・計測制御部門 Dynamics and Design Conference 2019で成果発表)。

マンドレル型SCPアクチュエータの作製と評価: マンドレル型アクチュエータはオーバーツイスト型に比べ長期間の形状保持が困難であることが知られている。本研究では、多数の実験を通して、一定張力下でマンドレル型SCPアクチュエータを作製する新たな方法を提案した。作製したアクチュエータの性能評価により、提案手法で作製したほとんどのサンプルは長期間の形状保持が可能であった。しかしながら、各サンプルの性能には個体差が見られた。次に、作製したマンドレル型SCPアクチュエータの駆動力について測定実験を行ったところ、収縮率は最大で約41%であり、先行研究の報告と同様の性能を確認できた。しかしながら、繰り返し駆動を行うと徐々にアクチュエータの変位量が低下してしまう現象も観察された。この原因として、外力により徐々にアクチュエータ本来の長さより伸長してしまうことが挙げられる。これを回避するためには、収縮動作に影響が出ない柔軟な材料でアクチュエータの端子間距離を一定に保てるように固定することが今後必要であると考えられる。以上、本研究により、長期間の形状保持が可能なマンドレル型ナイロン繊維アクチュエータの作製方法の指針とアクチュエータの性能の向上が期待できる結果が得られたが、本アクチュエータの性能をより向上させるためには、のオーバーツイスト型SCPアクチュエータと同様、作製工程の自動化に向けた取り組みが必要であると考えられる(初期の成果について第58回日本生体医工学会大会で発表)。

#### (4) 多自由度マニピュレータへの応用展開

- ・【研究要素】 転動関節機構、拮抗駆動系、SCPアクチュエータ
- ・【各種条件】 コイル化: オバーツイスト、駆動: 通電加熱、熱処理: 通電加熱
- ・【成果発表】 2017年度1件(PCT出願(再掲))、2018年度1件(原著論文)、2019年度1件(学会(再掲))

転動関節機構のPCT出願時に、本研究の多自由度マニピュレータへの応用展開事例として、歩行ロボット、把持ロボット、内視鏡ロボットなどの多数の構成例を掲載した。これらの構成例は現在国際公開されている(WO/2018/159400)。

多自由度非対称拮抗駆動系の筋協調制御(4本のアクチュエータで駆動する3自由度ロボット指の制御)に関する2017年度までの成果を論文化した(Applied Bionics and Biomechanics 2018)。本原著論文はオープンアクセス形式で誰でもフリーで閲覧可能である。なお、本論文内では空気圧アクチュエータが使用されているが、手法自体はSCPアクチュエータを含む収縮型アクチュエータの拮抗駆動系全般に適用可能な筋協調制御手法であり、研究成果(1)の研究の発展型となりうる手法であることを付記する。

の具現化として、単孔式内視鏡手術のための4本のSCPアクチュエータで駆動する2自由度内視鏡マニピュレータのプロトタイプを試作した。作製したマニピュレータは挿入孔に設置したストッパとエンドエフェクタで内視鏡を支え、通電加熱によりSCPアクチュエータが収縮すると内視鏡が傾き、印加を止めると反対側のアクチュエータに発生する弾性力で元の位置に戻る。挿入孔を動作固定点とし、水平方向と上下方向への動作が可能である(画面の拡大縮小は光学ズームで行うことを想定しているが未実装)。ベースプレートの中心に空間を設け、1個の孔(単孔)から内視鏡と2本の鉗子を同時に挿入可能とした。内視鏡の姿勢制御は、目標角度を設定し一定電圧を印加してアクチュエータが必要な量だけ収縮するオープンループ制御で行う。模擬内視鏡を把持させ疑似患部を撮影した基礎実験では、カメラ画像を変化させ視野展開が可能であることが確認でき、上下方向の角度維持も行えた。実際の内視鏡手術に見立て、鉗子を挿入し交差して配置した状態でも視野展開を行えることが確認できた(第58回日本生体医工学会大会で成果発表)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ide Shoichiro, Nishikawa Atsushi	4. 巻 2018
2. 論文標題 Muscle Coordination Control for an Asymmetrically Antagonistic-Driven Musculoskeletal Robot Using Attractor Selection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Bionics and Biomechanics	6. 最初と最後の頁 1~10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1155/2018/9737418	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小澤光輝, 岩本憲泰, 厚海慶太, 西川敦.
2. 発表標題 単孔式内視鏡手術のための腹腔鏡マニピュレータ開発におけるナイロン繊維アクチュエータの作製・評価
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩本憲泰, 小野内唯人, 西川敦.
2. 発表標題 撚糸機を用いて作製されたナイロン繊維アクチュエータと従来手順によるアクチュエータの比較
3. 学会等名 日本機械学会 機械力学・計測制御部門 Dynamics and Design Conference 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小澤光輝, 井出翔一郎, 岩本憲泰, 西川敦
2. 発表標題 導電性を有するコイル状ナイロン繊維アクチュエータと角度増幅型関節機構を用いた拮抗駆動系の構築と制御
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2018（ROBOMECH2018）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小野内唯人, 井出翔一郎, 岩本憲泰, 西川敦
2. 発表標題 撚糸機 DirecTwistを用いたナイロン繊維アクチュエータの作製と評価
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2018 ( ROBOMECH2018 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井出翔一郎, 中村結河, 岩本憲泰, 西川敦
2. 発表標題 導電性を有するコイル状ナイロン繊維アクチュエータを用いた1自由度拮抗駆動システムの筋協制御およびヒステリシス性の検証
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2018 ( ROBOMECH2018 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩本憲泰
2. 発表標題 信州大学繊維学部西川・岩本研究室における線形状・面形状アクチュエータの研究
3. 学会等名 2018年 計測自動制御学会システムインテグレーション部門 ソフトマテリアル応用部会 部会主催講演会 ( 招待講演 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩本憲泰, 井出翔一郎, 西川敦
2. 発表標題 長大なSCPアクチュエータ作製のための撚糸機の開発
3. 学会等名 第35回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 井出翔一郎, 岩本憲泰, 西川敦
2. 発表標題 導電性SCPアクチュエータを用いた1自由度拮抗駆動プーリシステムのモデリングと制御
3. 学会等名 第35回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 能動マニピュレータ装置	発明者 井出翔一郎, 西川敦	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2018/006154	出願年 2018年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>海外アウトリーチ活動(1件) :</p> <p>2017年10月19日にスウェーデン・ボロース大学繊維学部において開催された JSPSスウェーデン同窓会主催によるセミナー「スマートテキスタイル 医学と健康のための技術」(JSPS Alumni Club in Sweden (SAC) Activity Seminar: Smart Textiles - Technology for Medicine and Healthcare)において、招待講演者として、セミナー講演を行い、本研究成果(作製したナイロン繊維アクチュエータの現物の回覧を含む)を広く紹介・披露した。</p> <p>報道(記事) : 本講演の様子は下記のニュースレターに日本語と英語で講演写真付きで紹介された(インターネットで公開中)。</p> <p>SAC Activity Seminar with Prof. Nishikawa, JSPS Stockholm Newsletter, English Edition, Vol. 30, p. 8, 2017年11月</p> <p>2017年度第2回スウェーデン同窓会セミナーの開催(信州大学繊維学部西川敦教授を含む6名が講演), JSPS Stockholm Newsletter, Japanese Edition, Vol. 56, p. 9, 2017年11月</p> <p>さらに、後日、研究代表者自身により本セミナーのレポートを日本語と英語で執筆した(インターネットで公開中)。</p> <p>Atsushi Nishikawa: The 2nd JSPS alumni club in Sweden activity seminar of FY2017, JSPS Stockholm Newsletter English Edition, 32 11, 2018年5月(依頼原稿)</p> <p>西川 敦 : 2017年度第2回スウェーデン同窓会セミナーを終えて, JSPS Stockholm Newsletter, 58 9, 2018年5月(依頼原稿)</p>
---

## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	岩本 憲泰  (Iwamoto Noriyasu)  (30778816)	信州大学・学術研究院繊維学系・助教   (13601)	
研究分担者	小関 道彦  (Koseki Michihiko)  (50334503)	信州大学・学術研究院繊維学系・教授   (13601)	