

## 2019年度 永守財団 研究助成 研究報告書

所属機関	早稲田大学
職位または役職	研究院講師
氏名	長濱 峻介

### 1. 研究題目

分散・協調的な駆動機構を有するソフトアクチュエータシステムの開発

### 2. 研究目的

本年度の当初の研究目的は、復元機構と制御による分散協調駆動システムの高効率駆動の実現、および多自由度系への展開である。

人間のアクチュエータである筋肉は「分散的に高密度に配置された動力が協調的に動作するシステム」と工学的には解釈することができ、これにより体積的に限られた身体の中に高密度にアクチュエータを配置することを可能としている。これらの特徴を有するアクチュエータシステムを構築するために、本研究ではねじれ紐式アクチュエータ(Twisted String Actuator, TSA)に着目した。このアクチュエータでは、電動モータの回転が紐をねじることで直線運動が取り出せる。さらに、減速機構も兼ねた動力伝達により機構の省スペース化が実現でき、ねじった紐が一定の柔軟性や弾性を持つという特徴も有する。本研究では、複数のねじれ紐式アクチュエータを分散的に配置し、協調的に動作させることで人間が有する分散性と協調性を備えた分散協調駆動ソフトアクチュエータシステム(Distributed Cooperative Driven Soft-Actuator System, DCD-SAS)を実現する。

昨年度までに、複数の TSA を用いた DCD-SAS のプロトタイプ製作を行った。本年度は、復元機構と制御による DCD-SAS の高効率な駆動の実現、および多自由度系へ適用を行うために、複数の TSA で構成された DCD-SAS の出力特性の調査を行った。

3. 研究内容及び成果

DCD-SAS を構築した際に、図 1 のように紐の長さの長い TSA と紐の長さの短い TSA が混在する状態となる。一方、TSA は紐の長さが異なることで収縮速度や収縮力が異なるため、このような配置で各 TSA を同期駆動した際にエネルギー損失などの悪影響がないとは限らない。そこで本研究では、同じ紐の長さの同期駆動実験と異なる紐の長さの同期駆動実験を行いそれぞれの出力を計測することにした。なお、TSA の出力は、収縮力と収縮量の積で定義する。錘を用いた一定の荷重(外荷重)を TSA にかけた状態で実験を行うことで収縮力を一定にし、収縮量を計測することで出力を調べた。

図 2 の実験装置を用いて、紐の長さを調整した 2 つの TSA を同時に駆動した際の出力特性の確認実験を行った。紐の長さは、どちらも 200 mm とした状態(図 3(a))と、100 mm 及び 200mm とした異なる紐の長さが混在した状態(図 3(b)) に設定した。その状態で、TSA を 1 個だけ駆動した際の出力を確かめる単体駆動実験と、2 つの TSA を同時に駆動した際の出力を確かめる同期駆動実験を行った。外荷重を 0 kgf から 40 kgf の範囲(1kgf 刻み)で設定した後、モータに 12 V の電圧を印加することで TSA を駆動し、各外荷重における収縮量を測定した。本実験では各外荷重における収縮量は 3 回ずつ測定し、出力としてその平均値を求めた。その後、単体駆動実験で得られた TSA の出力を足し合わせた出力と、同期駆動実験で得られた出力の比較を行った。

図 3(a)の条件での実験結果は、同期駆動時の収縮量と同期駆動時の半分の外荷重における単体駆動時の収縮量が等しくなった。このことから、同じ紐の長さにおける同期駆動では外荷重が均等に分散していると考えられる。一方で、図 3(b)の条件での実験結果としては、同期駆動時の収縮量と同期駆動時の半分の外荷重における単体駆動時の収縮量が異なっていた。このことから、異なる紐の長さにおける同期駆動では外荷重が、各 TSA に均等には分散していないと考えられる。そこで、各 TSA に荷重が均等に分散していないことを確認する実験を行った。各 TSA につき 1 つのフォースゲージを取り付けた実験装置を用い、図 3(b)の状態において、外荷重 30 kgf をかけて同期駆動させた。実験結果を図 4 に示す。紐の長さが 200 mm の TSA の方が、紐の長さが 100 mm と比較すると大きな張力がかかっていることが確認できる。このことから、異なる紐の長さの同期駆動では外荷重が均等には分散されていないことが確かめられた。ただの紐であるならば、等しい張力が各紐にかかるはずである。一方で、TSA の場合では、この実験結果が示すように、各紐の張力が異なる。TSA は、紐が長いほど大きい力が出るアクチュエータであるが、紐の長さが 200 mm の TSA の方が 100 mm の TSA よりも大きな張力がかかっていたことから、TSA の最大出力に応じて外荷重が分散されたと考えられる。

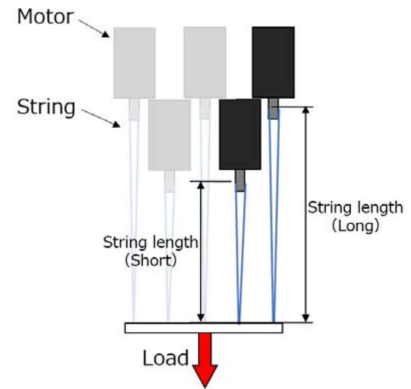


図 1 DCD-SAS のモータ配置

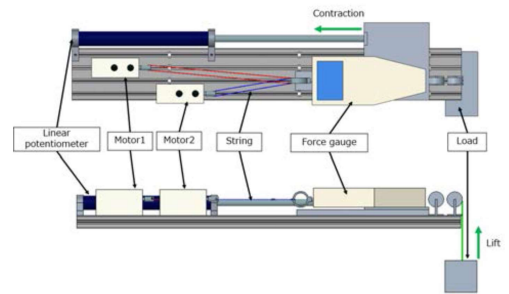


図 2 実験装置

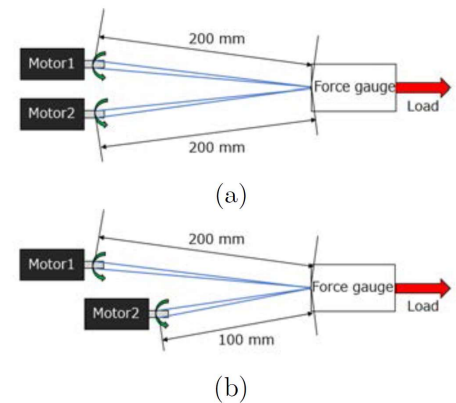


図 3 実験設定

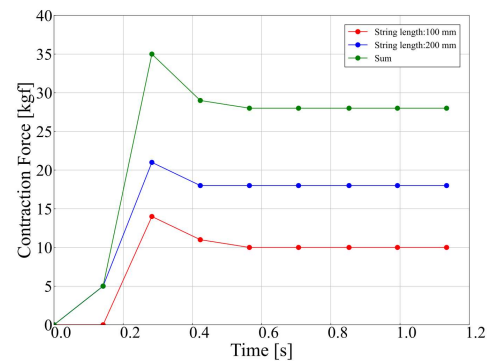


図 4 実験結果

#### 4. 今後の研究の見通し

---

復元機構と制御による DCD-SAS の高効率な駆動の実現, および多自由度系へ適用を行う予定であったが, システム開発が予定通りに進まず, 基礎的なデータを取得するのにとどまってしまった. 未だに当初取得する予定だったデータで取得が正確にできていないデータもあり, 研究の本質的な箇所ではない問題で研究の進捗が遅れている状態である. 開発体制の見直しを行う必要があると感じている.

データの取得ができるようになれば, 今後は提案通りの実験を行い, 研究を進める. 複数の出力が異なるアクチュエータを組み合わせ駆動した際の特徴的な挙動や, TSA 自体の出力特性で生物の筋肉に似通った特性を確認できているため, 今後はそれらに着目した研究を展開していく.

#### 5. 助成研究による主な発表論文, 著書名

---

##### 【国内学会(査読なし)】

- [1] 佐藤充希, 長濱峻介, ズャーリッチ和樹, 菅野重樹, 「ねじれ組式アクチュエータを用いた分散協調駆動における荷重分散比率の評価」, SI2020.
- [2] 佐藤充希, 長濱峻介, 菅野重樹, 「複数の TSA を用いた同期駆動における紐の長さの違いの影響」, ROBOMECH2020

##### 【今後の予定】

まとまった結果が得られ次第, 査読付き論文への投稿を行う.