

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	リンク機構とDEAを用いた搬送装置の動作実験
Title(English)	Driving Experiments of a Transport Mechanism Using a Link Mechanism and DEA
著者(和文)	濱本龍之介, 難波江裕之, 鈴森康一
Authors(English)	Ryunosuke HAMAMOTO, Hiroyuki NABAE, Koichi SUZUMORI
出典(和文)	第25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, , ,
Citation(English)	Proceedings of the 25th SICE System Integration Division Annual Conference, , ,
発行日 / Pub. date	2024, 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) 2024 The Society of Instrument and Control Engineers

リンク機構と DEA を用いた搬送装置の動作実験

○濱本 龍之介（東京科学大学）、難波江 裕之（東京科学大学）、鈴木 康一（東京科学大学）

Driving Experiments of a Transport Mechanism

Using a Link Mechanism and DEA

○ Ryunosuke HAMAMOTO (Science Tokyo), Hiroyuki NABAE (Science Tokyo),
and Koichi SUZUMORI (Science Tokyo)

Abstract: The mechanical flexibility of soft actuators has been widely applied to biomimicry in an attempt to realize the flexible movements of living organisms. Although several transport mechanisms inspired by the repetitive motion of myofilaments, which constitute the muscles of living organisms, have been studied, the use of a large number of actuators and the need to drive each actuator individually have presented challenges to miniaturization and integration. Therefore, our research group has focused on the operation of planar Dielectric Elastomer Actuators (DEAs). In this paper, we report the results of transport experiments using a prototype machine in which multiple link mechanisms are placed on the DEA, and they are driven simultaneously by DEA motion.

1. 緒言

金属などで構成される電磁モータとは対照的にソフトアクチュエータはゴムや高分子材料など比較的柔らかい素材で構成されている¹⁾。ソフトアクチュエータの機械的柔軟性を利用することで、生体を持つ柔軟な動きを実現する試みとして、生体模倣への応用が盛んに行われている。生体の筋肉を構成する筋フィラメント内では、ミオシン分子がアクチン分子を漕ぐような動作を繰り返し、線維間のずれを生じさせることで筋収縮を実現しているとされている。ソフトアクチュエータにおいても、そのような繰り返し動作を利用した搬送機構として、複数の誘電泳動ジッピングアクチュエータによって筋線維を模倣した³⁾やバルーン型の誘電エラストマアクチュエータを複数駆動することで搬送する⁴⁾などが研究されている。しかしいずれも複数のアクチュエータを使用し、それぞれのアクチュエータを個別に駆動する必要があるため、小型化や集積化には課題がある。

そこで我々の研究グループでは、平面状の Dielectric Elastomer Actuators (DEA) の動作に着目した。DEA 上に複数のリンク機構を配置し、DEA の動作によってそれらを一斉に駆動する手法を提案するとともに、簡易試作機による動作確認を行った。⁵⁾ 本稿では、複数のリンク機構を配置した試作機により、搬送実験を行った結果について報告する。

2. リンク機構の設計

本搬送機構は DEA による駆動部とリンク機構による送り出し部からなる。本稿では送り出し機構として簡単のためにパンタグラフ構造を採用し、3D プリンティングを用いて製作を行った。DEA はエラストマ膜を柔軟な電極で挟んだ構造をしており、電圧を印加することで電極間に引力が発生し厚さ方向に縮み、面方向に伸長する。この変形を送り出し部のアクチュエーションに利用する。製作する DEA は図 1(a) に示すようにフレーム、エラストマ、電極部分からなる。パンタグラフの各部分のリンク長は図 1(b) のようにした。本搬送機構はパンタグラフ構造を DEA に直接取り付けた構成になっており、DEA に電圧を印加することで面方向

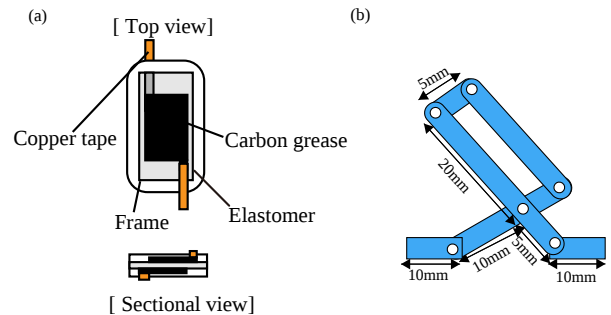


Fig. 1 Components of prototype. (a) Structure of DEA. (b) Pantograph dimensions,

の変位が発生しパンタグラフの接地部分が開く。そしてパンタグラフ全体が伸縮し、搬送物との接点が図 2 に示す軌道を描く。この際に電圧パターンを緩やかな電圧の上昇と急激な減少によるのこぎり波とすることで、電圧印加時には斜め上方にゆっくりと動きながら搬送し、電圧除荷時には斜め下方に急激に動くことで搬送物との滑りが生じ、図 2 に示す横軸正方向へ搬送しやすい構造とした。

このような構造により、一つのアクチュエータによってすべての構造物を一斉に動かすことができ、個別の制御が必要ないため、集積化に有利であるといえる。

3. 試作機による駆動実験

3.1 製作方法

変位の大きさと扱いの容易さから本稿ではアクリル製のテープである 3M 社の VHB4905 をエラストマとして用いて試作を行った。電極に関しては、塗布が容易なカーボンブラックが混ぜられたグリースを使用した。本研究で用いられる構造物の製作過程を以下に示す。

- 1) フレームを Zortrax 社の M200 plus を用いて製作し、パンタグラフを KEYENCE 社の AGELISTA で製作する。
- 2) 切り取ったアクリルエラストマテープに 250%の予ひずみを加えフレームに固定する。

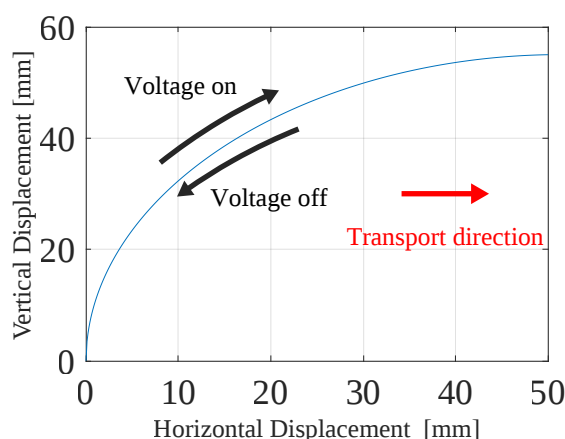


Fig. 2 Track at the top of the pantograph

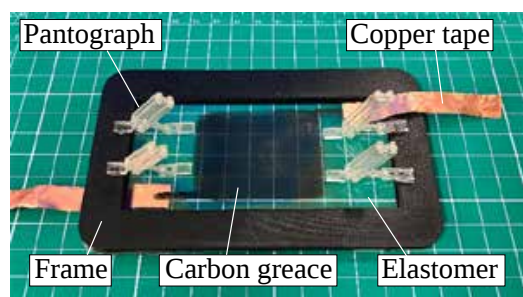


Fig. 3 Prototype of transport system.

- 3) エラストマフィルムにマスキングをつけてカーボングリースを塗布し電極部分を製作する。
- 4) 銅テープを電極部分に貼り付ける。
- 5) パンタグラフの片方の脚部分をフレーム部分へ、もう片方をエラストマフィルムに接着する。

3.2 実験

製作した試作機は図3に示すようにDEAにパンタグラフを4つ配置した構成となっており、それらの上に搬送対象として長方形形状の紙を載せることで搬送実験を行った。搬送対象となる紙は縦60 mm、横140 mm、質量0.54 gのものを使用した。連続的な搬送動作を実現するため使用する電圧パターンとして、振幅が0 kVから3 kVで振動数が1 Hzのノコギリ波を用いた。コントローラボードからの出力信号を高電圧アンプによって高電圧を印加した。図4のように座標系をとり、カメラによって撮影した動画に対してモーショントラッキングを用いて搬送対象物の変位量を測定した。

実験結果を図5に示す。目的としていた対象物のX方向への連続した搬送移動に成功し、その速度は平均145.6 $\mu\text{m/s}$ であった。

4. 結言

本稿ではリンク機構とDEAによる繰り返し動作を利用した搬送機構の実現を目的とし、試作機による原理検証を行った。パンタグラフ構造とDEAを組み合わせた試作機を用いた駆動実験において、連続した搬送に成功した。本試作機では一方向への搬送を目的とし、試作を行ったが、今後はリンク機構の再設計を行い、印加電圧の信号パターンに応じた両方向への搬送の実現を目指す。

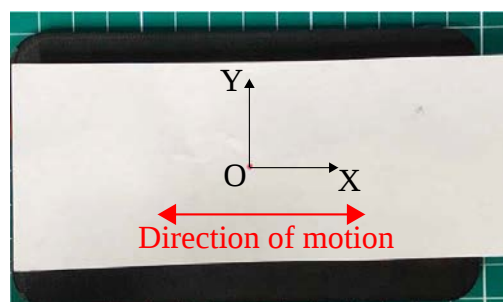


Fig. 4 Coordinate system and direction of motion.

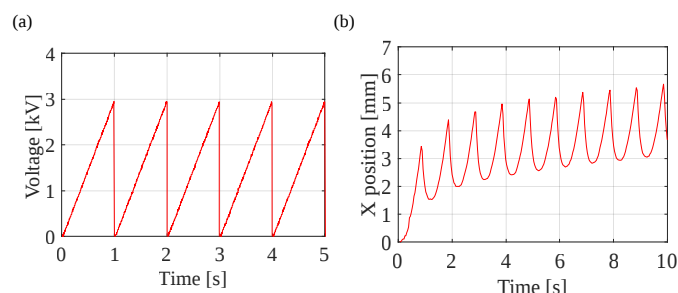


Fig. 5 Result of transportation exp. (a) Voltage signal, (b) X position.

謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP22H03667 の助成を受けて実施した。

参考文献

- [1] Nazek El-Atab, Rishabh B. Mishra, Fhad Al-Modaf, Lana Joharji, Aljohara A. Alsharif, Haneen Alamoudi, Marlon Diaz, Nadeem Qaiser, and Muhammad Mustafa Hussain. Soft actuators for soft robotic applications: A review. *Advanced Intelligent Systems*, Vol. 2, No. 10, p. 2000128, 2020.
- [2] Diego R Higuera-Ruiz¹, Nishikawa Kiisa, Feigenbaum¹ Heidi, and Shafer Michael. What is an artificial muscle? a comparison of soft actuators to biological muscles. *Bioinspir. Biomim.*, Vol. 17, No. 011001, 2022.
- [3] Martin Garrad, Mohammad Naghavi Zadeh, Christian Romero, Fabrizio Scarpa, Andrew T. Conn, and Jonathan Rossiter. Design and characterisation of a muscle-mimetic dielectrophoretic ratcheting actuator. *IEEE Robotics and Automation Letters*, Vol. 7, No. 2, pp. 3938–3944, 2022.
- [4] Yujin Jang, Hiroyuki Nabae, Gen Endo, and Koichi Suzumori. Analysis of the multi-balloon dielectric elastomer actuator for traveling wave motion. *SENSORS AND ACTUATORS A PHYSICAL*, Vol. 333, , 2022 JAN 1 2022.
- [5] 濱本, 龍之介, 難波江 裕之, 鈴森 康一, サイ シュウカイ. "3D プリンティングによる DEA 駆動搬送機構の検討". "ロボティクス・メカトロニクス講演会 2024 講演論文集", 2024