

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	誘電エラストマアクチュエータを用いたマルチバルーン搬送機構
Title(English)	
著者(和文)	JANGYUJIN
Author(English)	Yujin Jang
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12690号, 授与年月日:2024年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:鈴森 康一,遠藤 玄,岩附 信行,前田 真吾,高山 俊男
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12690号, Conferred date:2024/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	機械 機械	系 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	JANG YUJIN		審査員主査： Chief Examiner	鈴木康一 教授	

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「誘電エラストマアクチュエータを用いたマルチバルーン搬送機構」と題し、以下の 6 章からなる。第 1 章「序論」では、ソフトロボット用アクチュエータの一つとして注目されている空気圧による進行波駆動機構を取り上げた。従来の空気圧進行波アクチュエータは駆動速度が遅いことや多くの空気供給チューブが必要となるといった問題があり、本研究では電気活性高分子アクチュエータの一種である誘電エラストマアクチュエータに注目した。柔軟材料だけで構成されるマルチチャンネル構造の製作方法の確立と、複数バルーンが干渉しあい進行波を発生するソフトリニアアクチュエータを開発することが本論文の目的である。

まず、伸張可能なマルチチャンネル構造の製作手法として、3D プリントした型を用いた成型ゴム同士のプラズマによる接着プロセスに対し、接着強度に及ぼす表面性状の影響を明らかにした。接着モデルを考慮し、粗さパラメータの一つである従来の尖度をもとに新たな粗さパラメータを提案し、粗さパラメータと接着強度の関係を示した。その結果をもとにマルチセグメント構造となる渦巻型空気圧アクチュエータを製作することで、柔軟材料だけで構成されるソフトアクチュエータの製作し、空気圧印加による進行波機構の動作を評価した。

続いて、従来の空気圧アクチュエータの問題に対する解決策として誘電エラストマ駆動のマルチバルーンアクチュエータを提案した。空気圧によるプレストレッチ効果を活かし、電氣的に駆動可能なマルチバルーンアクチュエータの構成と進行波駆動機構を提案した。また、バルーン型誘電エラストマアクチュエータの動作特性を理論と実験から評価し、その結果よりマルチバルーンアクチュエータのバルーン間距離を決定し、製作した 3-バルーンアクチュエータを用いて進行波による搬送駆動、かつ空気供給チューブなしでの動作を評価した。さらに、テザーレス駆動と電気回路の簡略化を目的として、バルーンアクチュエータの自励振動機構を提案し、可能性を示した。

第 2 章「シリコンゴムのプラズマ処理接合における表面性状の影響」では、従来の 3D 印刷した型を用いたゴムの成型、及び、プラズマ処理による接着技術を用いることで伸縮可能なマルチチャンネル構造が製作可能になる方法について説明した。そこで、3D 印刷の設定条件で決まる表面性状を有する複数の試験片において、接着強度に及ぼす表面粗さの影響を明らかにした。表面性状の評価指標として尖度値をもととした尖度比を提案し、評価に用いた。その後、ピール試験により接着したシリコンゴムの接着特性を定量的に比較し、剥離された試験片を微細観察することから真実接触部を確認した。

第 3 章「進行波生成空気圧アクチュエータの有限要素法による構造最適化」では、第 2 章で述べた柔軟性を保つマルチチャンネル構造の製作手法を用いて製作した渦巻型空気圧アクチュエータについて説明した。渦巻型空気圧アクチュエータの構造や動作原理、製作方法について述べた後、渦巻型空気圧アクチュエータの進行波機構における動作特性について非線形有限要素法と実験から検証を行った。

第 4 章「DEA 駆動 3-バルーン搬送機構」では、マルチバルーンアクチュエータに対して、電氣的に駆動可能なマルチバルーンアクチュエータの構成と進行波駆動機構、製作方法について述べた。また、バルーンアクチュエータの動作特性について理論と実験から検証を行い、最大変位を発生する動作条件が得られた。その結果からマルチバルーンアクチュエータを組み立て、製作した 3-バルーンアクチュエータを用いて進行波による搬送駆動と、テザーレス化に向け空気供給チューブなしでの動作を検証した。その結果、提案した進行波による搬送機構の有効性を示した。

第 5 章「DEA 駆動バルーン機構の自励振動」では、リレーモジュールを用いた電圧印加電極の切り替えによって往復運動を生み出すことができたマルチバルーンアクチュエータの駆動方式から、ワイヤレス駆動によるテザーレス実現のため、直流電圧のみで振動を起こす自励振動機構を提案した。そこで、解析と実験により自励振動型アクチュエータの動作特性を確認したところ、印加電圧や抵抗値を変えてアクチュエータに流込む電流値を制御することで、振動数や振幅が変化されることを明らかにした。

第 6 章「結論」では、本研究で得られた結果を総話し、今後の課題と展望について述べた。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	機械 機械	系 コース	申請学位(専攻分野)： 博士 Academic Degree Requested Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	JANG YUJIN		審査員主査： Chief Examiner	鈴木康一 教授

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This paper presented the effects of surface roughness on the adhesion strength of plasma-treated rubbers that are widely used in soft robotics, to make a flexible multi-channel structure composed only of soft materials. Also, the present study focuses on the development of a multi-balloon dielectric elastomer actuator (DEA) to provide a traveling wave motion for the linear transportation of an object. Finally, a self-excited oscillation mechanism of the balloon DEA was also proposed for the purpose of tether-less drive and simplification of the electric circuit, and its possibility was demonstrated.

In Chapter 1, an overview of traveling wave operation and multi-segment actuators based on pneumatic and dielectric elastomer actuator and their research tasks were presented.

In Chapter 2, the surface roughness, and its influence on the adhesion strength between silicone rubbers fabricated by 3D-printed molds have been investigated.

In Chapter 3, an experimentally validated nonlinear finite element model was presented to predict the deformation produced by a spiral pneumatic rubber actuator to generate a traveling wave motion. The fabrication method described in Chapter 2 was utilized to make an entirely soft actuator. Radial traveling waves on the membrane surface were successfully realized using sequential elastic deformations of the successive chambers, thus driving the objects placed on the actuator.

In Chapter 4, a multi-balloon actuator based on a silicone elastomer was developed to generate a traveling wave motion for the linear transportation of an object. By designing a 3-balloon actuator with flexible and reproducible motion, a control method for the linear transportation of objects is introduced. Several experiments were performed to verify the performance of the developed actuator.

In Chapter 5, a self-excited oscillator using a balloon DEA that generates vibration only with a DC voltage to realize a tether-less drive was fabricated. Its operating characteristics were investigated through analysis and experiments, and it was found that the vibration frequency and amplitude could be controlled by the current flowing into the actuator.

Chapter 6 concludes the thesis and describes future works.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).