

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	大規模積層型静電アクチュエータの開発
Title(English)	Development of a Large-scale Stacked-type Electrostatic Actuator
著者(和文)	伊藤誠
Author(English)	Makoto Ito
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9376号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:實吉 敬二,中村 隆司,垣本 史雄,柴田 利明,宗宮 健太郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9376号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	伊藤 誠		
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	實吉 敬二	准教授	審査員	宗宮 健太郎	准教授
	審査員	中村 隆司	教授			
		垣本 史雄	教授			
		柴田 利明	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Development of a Large-scale Stacked-type Electrostatic Actuator」(大規模積層型静電アクチュエータの開発)と題し、ロボット用人工筋肉としての応用を目指した静電アクチュエータの開発について述べたものであり、英文で記述され9章で構成されている。

第1章「Introduction」では、近年の自律型ロボットやパワーアシストスーツの需要に伴い、これらに要求される運動特性をみたすアクチュエータの必要性が高まっていることについて述べている。自律型ロボットやパワーアシストスーツ用アクチュエータの性能として、大発生力で長ストロークなどの必要性を指摘し、生体筋肉のような特性をもったアクチュエータの必要性について述べている。

第2章「Survey of Artificial Muscles」では、人工筋肉として有力視されている、種々のアクチュエータに関する最新研究について述べている。そして人工筋肉として理想的な特性をもったアクチュエータが未だに存在していないことを指摘している。その中で静電アクチュエータは人工筋肉として理想的な特性をもちうるアクチュエータであることを明らかにしている。

第3章「A Large-scale Stacked-type Electrostatic Actuator (LSEA)」では、提案する大規模積層型静電アクチュエータ (LSEA) について、その駆動原理と特徴について述べている。LSEA の構造は平行平板電極としての電極部とこれらを接続するヒンジ部の集合体であり、電極間隔が広がり過ぎないためのバネ特性を有していることを明らかにしている。また大発生力を得られることと大きなストロークを得られることをその構造から明らかにして、人工筋肉として有力候補であることを述べている。

第4章「Prototypes」では、LSEA の製作工程と試作した LSEA について述べている。切り出し工程ではレーザーアブレーション技術を用いることで、また接着工程ではスクリーン印刷技術を応用することで精度よく LSEA を製作できることを指摘している。

第5章「Spring Characteristics」では、LSEA が静電アクチュエータの有すべきバネ特性をもっていることを実験的に示して、このバネ特性がヒンジ部の形状変形による力とヒンジ部を介して電極部同士が互いに引き合う力により得られることを指摘している。電極間隔が狭い領域で空気抵抗の影響が現れることと、ヒンジ部の厚みの変化が LSEA のバネ定数に影響することを明らかにしている。

第6章「Actuation Characteristics」では、LSEA の駆動特性として、収縮率、応答性、発生力を評価している。収縮率の測定では、LSEA が生体筋肉以上の収縮率を有することを明らかにしている。応答性の測定では、電極間隔を狭くし発生力密度を向上することで応答性が改善できることについて指摘している。発生力の測定では、電圧印加時に LSEA 内部で pull-in 現象が積極的に起こり、発生力は pull-in 現象後の静電引力と弾性力の増分の和とするモデルが妥当であることを明らかにしている。

第7章「Power Consumption」では、試作した LSEA の消費電力が mW オーダーであることを明らかにしている。またリーク電流量を見積もり、端面で露出した電極から持続的な縁面放電を防ぐことにより低消費電力化ができることについて言及している。また静電容量が時間経過に伴い増加していることを測定して、前章で指摘した pull-in 現象を実験的に確かめている。

第8章「Simulation」では、LSEA を物理エンジンでシミュレーションするためのモデリング及び計算手法の提案をしている。厳密な計算が難しいヒンジ部のたわみと発生力との関係を、線形バネとねじりばねを組み合わせたモデルにより簡単に近似できることについて述べている。結果は、このバネモデルがヒンジ部を片持ち梁とみなして求めた解と良く一致していることを示唆している。

第9章「Conclusion」では、本研究で得られた成果を総括して結論している。

以上を要するに、本研究では人工筋肉として大規模積層型静電アクチュエータを開発し、実用的な発生力とストロークが実現できるであろうことを示唆している。これらの成果は、静電力アクチュエータの基本的な動作の理論的解明など理学上の貢献だけでなく、人工筋肉の分野へ幅広く影響を及ぼすものである。よって本論文は博士 (理学) の学位論文として十分な価値があるものと認められる。