

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	MEMS技術を用いた交流圧力駆動ERマイクロアクチュエータシステムの研究
Title(English)	
著者(和文)	三好 智也
Author(English)	Tomoya Miyoshi
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10538号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉田 和弘,金 俊完,進士 忠彦,只野 耕太郎,高山 俊男
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10538号, Conferred date:2017/3/26, 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	三好 智也	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	吉田 和弘	教 授	審査員	高山 俊男	准教授
	審査員	進士 忠彦	教 授			
		金 俊完	准教授			
		只野 耕太郎	准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「MEMS 技術を用いた交流圧力駆動 ER マイクロアクチュエータシステムの研究」と題し、以下の 6 章から構成されている。

第 1 章「緒論」では、内径 10 mm 以下の小径管路内など閉鎖的な微小空間内で用いられる産業用マイクロロボットの実現において、液圧アクチュエータはパワー密度の点で優位性があるが、配管スペースを含む全システムのマイクロ化とエネルギー損失の低減の両立が課題であると指摘している。そこで本研究の目的が、これらの課題を解決できる、交流圧力源による流れを機能性流体 ERF (electro-rheological fluid) の電界による粘度変化を用いて整流するシンプルな構造で、MEMS (micro electro mechanical systems) 技術により製作することができる新動作原理の液圧マイクロアクチュエータシステムの実現にあると述べている。

第 2 章「交流圧力駆動 ER マイクロアクチュエータシステムの提案」では、提案するシステムの構成および動作原理について説明するとともに、理論解析による検討を行っている。提案するシステムは、複数の ER 屈曲アクチュエータと、負荷流量によらず設定した振幅の交流圧力を発生する交流圧力源から構成される。ER 屈曲アクチュエータは、2 個の液圧室を有するシリコーンゴム製液圧屈曲アクチュエータ、それぞれの液圧室に接続され共通の圧力が加えられる 2 個の ER バルブ、および柔軟な仕切りで粘度の低い流体の交流圧力を ERF に伝達する圧力伝達部から成る。交流圧力と同期して ER バルブに電圧を印加し開閉して ERF の流れを整流し、液圧屈曲アクチュエータを変位させる。交番流れを用いるため 1 本の配管で作動流体の供給、戻りを行うことができる。また、圧力伝達を低粘度の流体で行うことができるため、エネルギー損失を抑えつつ配管を細くすることができる。これらにより、提案するシステムは配管スペースの問題を解決できるものであると述べている。最後に、簡単な数学モデルを用いた出力変位および発生力の理論解析を行い、その実現可能性を確認している。

第3章「ラージモデルによる動作原理検証」では、第2章で提案したシステムのラージモデルを試作し、特性実験を行うことにより動作原理の検証を行っている。提案した交流圧力駆動ER屈曲アクチュエータシステムの構成要素である交流圧力源、ERバルブ、ならびに液圧屈曲アクチュエータのラージモデルをNC工作機械による機械加工により製作し、長さ16 mmのシリコンゴム製液圧屈曲アクチュエータを2個有するシステムを構築している。次に、特性実験を行い、各アクチュエータの屈曲動作、2個のアクチュエータの独立動作が行えることを実証し、提案するシステムの妥当性を明らかにしている。

第4章「MEMS技術を用いた1自由度ER屈曲アクチュエータ」では、第3章で動作原理を実証したシステムをマイクロサイズで実現するため、MEMS技術を用いた1自由度ER屈曲アクチュエータの試作および特性実験を行っている。まず、径方向の膨張を抑え軸方向に伸縮するための複数の強化壁を液圧室内部に設置した、シリコンゴムの一種であるPDMS (Polydimethylsiloxane) 製で可動部長さ1.6 mmの液圧屈曲アクチュエータを有限要素解析に基づき設計している。次に、この高アスペクト比構造を有する液圧屈曲アクチュエータを製作するために、パターンニングしたフォトレジストを型とし、選択的に離型することができる複数の離型剤を用いた、PDMSの新しいマイクロ成型プロセスを開発している。さらに、開発したプロセスにより可動部長さ1.6 mmの液圧屈曲アクチュエータを試作し、シリコン微細加工により製作したERマイクロバルブを集積させて1自由度ER屈曲アクチュエータシステムを構築し、駆動実験によりその特性を明らかにしている。

第5章「2自由度ER屈曲アクチュエータシステム」では、交流圧力源を含むシステム全体のマイクロ化および多自由度アクチュエータシステムの実現のために、2自由度ER屈曲アクチュエータシステムの試作を行っている。まず、第4章で開発したPDMSのマイクロ成型プロセスを用いて可動部長さ1.9 mmの2自由度液圧屈曲アクチュエータを試作し、空気圧実験によりその2自由度動作を確認している。次に、圧電バイモルフディスクを用いたマイクロ交流圧力源とERマイクロバルブを1チップ上に集積したシリコン流体チップを試作し、マイクロ交流圧力源の特性を実験的に明らかにしている。さらに、2自由度液圧屈曲アクチュエータをシリコン流体チップに搭載し、2自由度ER屈曲アクチュエータシステムの構築を行っている。

第6章「結論」では、本論文で得られた結果を総括するとともに今後の課題について述べている。

以上要するに本論文は、微小空間内で作業を行うことができる多自由度のマイクロロボットのため、交流圧力駆動ERマイクロアクチュエータシステムを提案し、PDMSのマイクロ成型プロセスなどのMEMSプロセスを開発して試作し、実験によりその有効性を明らかにしたもので、工学上ならびに工業上寄与するところが大きい。よって我々は、本論文を博士（工学）の学位論文として十分に価値があるものと認める。