

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	圧電振動子を用いた微粒子励振小型油圧制御弁の研究
Title(English)	
著者(和文)	浮田 貴宏
Author(English)	Takahiro Ukida
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10957号, 授与年月日:2018年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:鈴木 康一,遠藤 玄,大熊 政明,松永 三郎,塚越 秀行
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10957号, Conferred date:2018/9/20, 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	浮田貴宏	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	鈴木康一	教授	塚越秀行	准教授
	審査員	遠藤玄	准教授		
		大熊政明	教授		
松永三郎		教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「圧電振動子を用いた微粒子励振小型油圧制御弁の研究」と題し、以下の6章からなる。

第1章「序論」では本研究の背景と目的を述べている。すなわち、まずロボティクスにおける油圧ロボットへの期待とその問題点を概観した後、小型で高性能の油圧ロボット実現のためには、小型・軽量・簡単な構造の油圧制御弁の開発が最も重要な研究課題の一つであると述べている。種々の形式の油圧制御弁について従来の研究開発を概観し、各制御弁の特徴と問題点をまとめた後、近年空気圧システム用の流量制御弁として提案されている圧電振動子を用いた微粒子励振制御弁に着目し、その動作原理と構造を油圧制御に適用することで、ロボットの駆動に適した小型油圧制御弁が実現できる可能性を指摘している。本論文は、微粒子励振油圧制御弁の設計法を提示し、その特性を明らかにするとともに、油圧アクチュエータに適用してその有用性を実証することが目的であると述べている。

第2章「周固定型円板振動子を用いた微粒子励振制御弁」では、円板振動子の高出力化と制御弁の固定端の振動抑制に着目して、従来の周固定型円板振動子を用いた微粒子励振制御弁の設計法について論じている。すなわち、まず有限要素法解析と試作機を用いた振動測定実験により、圧電素子の積層と振動系の適切な設計によって、油中においても制御弁開閉に必要な振動速度を実現できることを明らかにし、さらに円板振動子上のオリフィスを適切に配置することにより、圧電素子への印加電圧に対して流量を連続的に制御できることを示している。次に、この結果に基づいて制御弁を設計、試作して、作動油の流量制御実験を行い、動粘度が $3 \text{ mm}^2/\text{s}$ 程度以下の作動油に対しては、周固定型円板振動子を用いることにより、小型・軽量の微粒子励振油圧制御弁が実現できることを実証している。

第3章「片持ち梁型振動子による高粘度流体の制御」では、高粘度の作動油の制御に適した片持ち梁型振動子を用いた微粒子励振制御弁を提案し、従来の周固定型円板振動子を用いた場合との比較を行っている。まず、高粘度の作動油の制御では、作動油による微粒子のオリフィスへの押しつけ力と直交する方向に微粒子を励振する方法が有効であるとして、片持ち梁型振動子を用いた油圧制御弁の構造と動作原理を提案し、制御弁開閉に必要な振動速度を持つ片持ち梁型振動系の設計方法を示している。さらに、片持ち梁型振動子を用いた制御弁では弁座のテーパ角が制御弁の性能を決める重要な因子であることを見出し、実験によりその最適値が約 100 度であることを示している。以上の結果に基づき制御弁を設計、試作し、動粘度が $30 \text{ mm}^2/\text{s}$ の作動油を用いて良好に動作することを示している。

第4章「固有振動数の差を利用した複数ポートの独立制御」では、複数の入出力ポートを有する微粒子励振制御弁の設計法と制御法について論じている。まず、固有振動数が異なる複数の振動子を制御弁内部に設け、圧電素子の駆動周波数を選択することによって特定の振動子を共振させることにより、各ポートを独立に制御する方式を提案している。次に、圧電素子と振動子の最適な配置について論じ、圧電素子の振動を効果的に各振動子に伝えるためには、全ての片持ち梁型振動子の振動面を同一平面上に、かつ圧電素子からの距離を等しく配置する構造が適していることを示している。以上の結果に基づき3ポート油圧制御弁を試作し、振動子の独立制御により作動油の流れの切り替えが行えることを実証している。

第5章「油圧人工筋肉への適用」では、前章まで開発した微粒子励振油圧制御弁を油圧アクチュエータに搭載し、その有用性を論じている。まず、制御対象となる油圧アクチュエータとしてマッキベン型油圧人工筋肉を取り上げて、微粒子励振油圧制御弁をその端部に直接搭載することで、配管が不要となり、従来に比べて格段に小型で軽量の油圧人工筋肉の制御機構が構成できることを示している。次に、開発した制御弁を油圧人工筋肉の端部に搭載して駆動実験を行い、 2 MPa までの圧力範囲で油圧人工筋肉の駆動が行えることを実証し、提案した制御弁の有用性を明らかにしている。

第6章「結論」では、本研究で得られた結論を総括するとともに、今後の展望を述べている。

以上を要するに、本論文は圧電振動子を用いた微粒子励振小型油圧制御弁の設計法と制御法を提案し、その有用性を実験的に実証したものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」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。