

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

# 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	機械宇宙システム	専攻	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	浮田 貴宏		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	鈴木 康一	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor (sub)	遠藤 玄	

## 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

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章よりなる。

第1章「序論」では、本論文の研究背景と目的を述べた。本研究の目的は小型の油圧機器に直接搭載可能な小型、軽量、低コストの油圧制御弁を開発することである。発生力や衝撃に対する耐久性など油圧アクチュエータのロボットへの応用が見直されている。油圧アクチュエータは油圧サーボ弁で制御されるが、それらは大型または高コストであるため、ロボットには不向きである。そこで、圧電素子の振動で駆動する小型かつ簡易な構造の空圧用流量制御弁である微粒子励振型制御弁に着目し、その適用により、小型かつ低コストの制御弁を実現すると述べた。

第2章「周固定型円板振動子を用いた微粒子励振型制御弁」では、従来の微粒子励振型制御弁の振動モードである周固定型円板振動子を用いた制御弁について述べた。本制御弁の油圧化に関する課題は、オリフィス板の振動の高出力化および出力ポートに発生する振動の抑制である。まず、本制御弁を駆動する圧電素子の積層による高出力化された試作機を用いて、作動流体として油を使用することによる振動特性への影響を有限要素法およびレーザードップラー振動計による測定で明らかにした。作動流体としてシリコンオイルを使用すると、オリフィス板の振動速度は76%低下するが、これは主に作動流体の質量増加が原因であった。また、圧電素子の枚数を2枚から4枚に増加させると、振動速度は217%増加し、振動速度の高出力化を達成した。この試作機では、作動流体として動粘度が3 mm<sup>2</sup>/sのシリコンオイルを大気開放して使用するとき、供給圧力が0.5 MPaで最大流量838 ml/minを達成した。次に出力ポートに発生する振動を、圧電素子やオリフィス板などの振動部分と分離させ、出力ポートに発生する振動を抑制させた試作機を評価した。この試作機の出力ポートを油圧回路に接続した状態での最低動作電圧は従来の出力ポートを大気に開放した制御弁と同等であった。以上の結果から本振動モードによる油圧回路への実現性を示した。

第3章「片持ち梁型振動子による高粘性流体の制御」では、高粘性の作動流体での動作を目的とした片持ち梁型振動子を用いた微粒子励振型制御弁を提案し、従来の振動モードとの比較を行った。周固定型円板振動子を用いた微粒子励振型制御弁により、シリコンオイルの制御に成功したが、その動作は低粘性の流体に制限される。そこで、一般的な作動油と同等の動粘度を有する動粘度30 mm<sup>2</sup>/sのシリコンオイルでの動作を実現させるために、作動流体が微粒子をオリフィスに押し付ける力に対して、直行する方向に微粒子およびオリフィスを加振する片持ち梁型振動子を用いた微粒子励振型制御弁を考案した。この振動モードで動作する試作機を用いた動作評価では、作動流体として動粘度30 mm<sup>2</sup>/sのシリコンオイルが使用され、供給圧力0.8 MPaのとき、最大流量248 ml/minを達成した。加えて、この振動モードにおける弁座形状および微粒子の直径の最適化を行った。複数の弁座のテーパ角度を用いた最低動作電圧の評価実験では、弁座のテーパ角度が100°のとき、その他の弁座より低く、供給圧力0.8 MPaでは73.0 V<sub>pp</sub>で動作した。微粒子の直径を変更した実験では、設計値である直径1.5 mm以上の微粒子を使用した動作電圧の評価実験を行い、直径2.0 mm以上の微粒子では安定した振動が得られず、この振動モードには不適切であることを示した。また、最低動作電圧における開口面積あたりの皮相電力を従来の振動モードと比較し、測定された全ての印加圧力で本振動モードの皮相電力が低く、印加圧力が0.8 MPaのとき、42%低下した。一方で、最大流量の低下と流量の変化がON-OFF弁であるという問題点を指摘した。

第4章「共振モード選択による複数ポートの独立制御」では、従来の制御弁からの機能拡張として、複数ポートを有する制御弁を試作し、単一の圧電素子によるそれぞれのポートの独立制御について述べた。これまでの微粒子励振型制御弁は入力と出力を1箇所ずつ有する2ポート弁であった。そこで2箇所の出力ポートを有する制御弁を試作し、1箇所の圧電素子で共振周波数の違いを利用した複数ポートの独立制御に成功した。

第5章「油圧人工筋肉への適用」では、実際にアクチュエータとして油圧人工筋肉に搭載し、本制御弁の有用性を具体的に示した。また、アクチュエータへの搭載を考慮した試作機において、2 MPaでの動作に成功した。

第6章「結論」では、本研究で得られた結果を総括し、今後の展望を述べた。

以上を要するに本論文は、小型、軽量かつ低コストの油圧用制御弁を実現するために、微粒子励振型制御弁に着目し、その油圧における特性を示し、従来の油圧サーボ弁より小型、軽量の制御弁を実現した。

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 1 copy 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

専攻 : Department of	機械宇宙システム	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名 : Student's Name	浮田 貴宏		指導教員 (主) : Academic Supervisor(main)	鈴木 康一	
			指導教員 (副) : Academic Supervisor(sub)	遠藤 玄	

### 要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

The purpose of this thesis is to develop a miniature and low cost hydraulic control valve that can be attached to a small hydraulic actuator such as a hydraulic artificial muscle.

Hydraulic robots which are capable of high force and durability can work in disaster site. Although miniature servo valves are required to control them, conventional ones are bulky or expensive.

In order to mitigate these disadvantage, author applied a small pneumatic valve using PZT vibrator to hydraulic systems. The valve, called a particle-excitation valve, is driven at resonant frequency. It is a simple structure and essentially miniature.

There are two tasks to apply the valve to the hydraulic systems. The first is to increase power. The other is to restrict vibrations not only at the inlet port but also at the outlet port. In order to solve the tasks, the prototype valve, which used laminated piezoelectric elements and optimized the vibrational mode, was fabricated. The valve installed in the hydraulic systems succeeded in controlling the flow.

The prototype valve, which is similar to a vibrational mode of the original valve, was only operated when the low viscosity fluid was used as the working fluid. Therefore, a new vibrational mode was proposed to control high viscosity fluid. The new vibrational mode reduces the drag effect of the viscosity fluid owing to reduce the vibrational velocity required to open the valve. The prototype valve demonstrated to control the working fluid with a kinematic viscosity of 30 mm<sup>2</sup>/s, which was approximately equal to the kinematic viscosity of the common working oil.

Furthermore, as improving a function, a multi-port independent control valve was proposed. The valve succeeded in independently controlling the multi-port owing to change the resonant frequency of each port.

Finally, feasibility of the valve was indicated owing to attach to a hydraulic artificial muscle as an actuator.

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).