



Title	ER流体を用いたアクチュエータの開発および力覚提示システムへの応用に関する研究
Author(s)	坂口, 正道
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/42765">https://hdl.handle.net/11094/42765</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	さか ぐち まさ みち 坂 口 正 道
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 5 8 4 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 13 年 1 月 29 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	ER 流体を用いたアクチュエータの開発および力覚提示システムへの応用に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 古 荘 純 次  (副査) 教 授 池 田 雅 夫    教 授 岸 野 文 郎

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、安全性が高く高性能な力覚提示システムの開発を目的とし、ER 流体を用いたアクチュエータ・ブレーキの開発、制御、および力覚提示システムへの応用について検討を行っている。本研究は、以下の10章で構成されている。

第1章では、本研究の目的を明らかにし、研究の背景と関連研究、本論文の概要について述べている。

第2章では、ER 流体の特性を説明し、ER 流体を用いたアクチュエータおよびブレーキの原理および特長を述べている。また、本研究で開発した ER アクチュエータおよび ER ブレーキを紹介している。

第3章では、ER アクチュエータの力制御を行っている。一方向回転型単一円筒 ER アクチュエータを開発し、そのモデル化を行っている。印加電場、せん断速度の影響について検討を行い、線形化補償器を導出している。また、この補償器を含む制御対象に対し、モデル化誤差を考慮した制御系設計を行い、力応答を改善している。

第4章では、ER アクチュエータの運動制御を行っている。両方向回転型多重円筒 ER アクチュエータを開発し、その制御方式を提案している。速度制御および位置制御について検討を行い、提案した制御器により広い範囲の負荷変動に対して安定に制御可能であることを示している。

第5章では、小形高性能 ER アクチュエータの開発、およびワイヤ駆動システムへの応用について検討している。ER アクチュエータの小形化、および高性能化について検討し、出力部の慣性モーメントが極めて小さな多重円盤型小形 ER アクチュエータを開発している。次に、小形 ER アクチュエータを2台用いたワイヤ駆動システムを開発し、その制御方式を提案し、フィードバック制御実験により提案した制御方式の有効性を確認している。

第6章では、ER アクチュエータを用いて2自由度力覚提示システムを開発している。開発した力覚提示システムの特性について実験的に検証し、仮想ばね、仮想粘性場、摩擦のない壁の提示を行い、力覚提示特性に優れることを示している。

第7章では、リハビリテーションへの応用という観点から ER アクチュエータの特長をまとめ、ER アクチュエータを用いたリハビリテーション訓練システムを開発している。上肢における運動機能、特に巧緻性や協調性の評価および訓練を想定した実験プログラムを開発し、病院や研究室において基礎実験を行い、その有効性を示している。

第8章では、ER ブレーキを用いたパッシブ型力覚提示システムを開発している。ER ブレーキの電場の切り替え制御により、堅い壁との接触および離脱、壁のなぞり、静止物体との衝突感覚の提示を行っている。

第9章では、等速運動を用いた筋力評価、訓練への応用を目的として、ER ブレーキシステムの速度制御について検討を行っている。ER ブレーキシステムに対し速度フィードバック制御系を構成し、人間およびDD ロボットによって操作トルクを与える実験を行い、等速運動が実現されていることを確認している。

最後に第10章において、本研究の総括を行っている。

## 論文審査の結果の要旨

力覚提示システムとは、ヒューマンインタフェースの一種であり、様々な作用力を人工的に作り出し、人間に対して提示するデバイスである。遠隔操作やデザイン、シミュレータ、アミューズメントの他に、リハビリテーションやトレーニングなど様々な応用分野が考えられるため、高性能な力覚提示システムの開発が望まれている。本論文は、安全性が高く高性能な力覚提示システムの開発を目的とし、ER 流体を用いたアクチュエータの開発、および力覚提示システムへの応用について検討を行っている。

本論文で得られた結果を要約すると、次の通りである。

- (1) 応答が高速で、トルク/慣性比が大きく、トルク制御性に優れるなど、力覚提示システムに適した特長を持つアクチュエータとして、ER 流体を力発生部に用いた ER アクチュエータを提案している。
- (2) ER アクチュエータの制御方式を提案し、一方向回転型 ER アクチュエータの力制御、両方向回転型 ER アクチュエータの運動制御、さらに小形 ER アクチュエータを用いたワイヤ駆動システムの運動制御を行い、その特性を明らかにしている。
- (3) ER アクチュエータを用いることで、安全性が高く、提示力および操作範囲の大きな力覚提示システムを開発し、その特性を明らかにしている。また、ER アクチュエータを用いたリハビリテーション訓練システムを開発し、基礎実験を行うことで、その有効性を示している。
- (4) ER 流体を用いることで、応答が高速で、トルク制御性の優れたブレーキを開発し、ER ブレーキを用いたパッシブ型力覚提示システムを開発している。また、筋力評価・訓練システムへの応用を目的とし、ER ブレーキの速度制御について検討を行い、筋力の定量評価に必要な等速運動を実現している。

以上のように、本論文は、ER 流体を用いることで、力覚提示システムに適した特長を持つアクチュエータを開発すると共に、その制御方式を提案し、基本特性を明らかにしている。また、ER アクチュエータを用いた力覚提示システムの開発およびその応用について検討し、その有効性を示している。これら成果は、メカトロニクス、ロボット工学、バーチャルリアリティの発展に寄与するところが多い。よって本論文は博士論文として価値のあるものと認める。