



Title	ER流体を用いたメカトロニクスに関する基礎研究
Author(s)	菊地, 武士
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46867
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名 きく 菊 ち 池 たけ 武 ひと 士

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 20557 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 18 年 3 月 24 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 流体を用いたメカトロニクスに関する基礎研究

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 古 莊 純 次

(副査)

教 授 座 古 勝 教 授 田 中 敏 嗣 助 教 授 山 本 剛 宏

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、機能性流体の一種である ER 流体のメカトロニクス機器への適応可能性および新規な ER 効果の発現等について検討するため、下記の実験的検証および解析を行った結果をまとめた。

まず第1章および第2章では、従来研究および本論文を読み進めるために必要な基礎的事項に関してまとめた。

第3章では、ER ブレーキを用いた筋力訓練・評価システムを提案し、その設計手法について述べた。このシステムは等運動性訓練という訓練手法の実現を目的とした装置である。本章では、高性能なトルク特性をもつ ER ブレーキを用い、安全性が高くかつ精度の良い速度制御特性を持つ等運動性訓練システムを開発し、低速域における等運動性訓練を実現した。

第4章では、高速域における等運動性訓練の実現を目指して、第3章で開発したシステムの再設計および新しい制御方式の導入を図った。特に、高性能な ER ブレーキを用いることによって、従来の訓練装置では達成不可能な、高速域での訓練が正確かつ安全に達成できることを示した。

第5章では、ER クラッチ型アクチュエータが有する安全性を用いて、パワーアシストシステムへ適用した場合の基礎的事項について検討を行った。まず、本システムを構成するために新規に開発した ER クラッチの特性を示すとともに、パワーアシストシステムとして利用するため、安全性を考慮した制御手法を提案した。次に、パワーアシスト基礎実験の結果を示した。

第6章では、低分子液晶の片側パターン電極における ER 効果について検討を行った。低分子液晶としては P 型ネマティック液晶を用い、片側パターン電極において低分子液晶が大きな ER 効果を発現することを初めて示した。特に、放射状の片側パターン電極を用いた場合は、高分子液晶系 ER 流体の場合より ER 効果の発現が大きく、ビンガム流動的な粘性挙動を示した。

第7章では、高分子液晶系 ER 流体の片側パターン電極における ER 効果について、その粘度特性を考慮した伝達トルク概算法を示した。片側パターン電極をメカトロニクス等の機械要素に応用する場合、電極形状やギャップ等を設計するための設計指針が必要であるが、この伝達トルク概算法はその設計指針を与える。

第8章では、片側パターン電極を用いた具体的応用例として、研磨加工への応用を提案した。ER 流体に研磨砥粒を混合したスラリーを調製し、片側パターン電極によって ER 効果を与えながら研磨を行う方法によって、電場なしの状態と電場ありの状態での加工の進行に差異が確認されたことを示した。これは選択的研磨制御等への片側パターン電極の応用の可能性を示すものである。

最後に、第9章では、本論文で得られた成果をまとめた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、電場でそのレオロジー特性が制御できる ER 流体のメカトロニクスへの応用について基礎的な検討を行うものである。本論文で得られた主な結果は以下のとおりである。

1. 粒子系 ER 流体を用いた高性能 ER ブレーキを開発している。また、この ER ブレーキを用いた筋力評価および訓練のための等運動性訓練・評価システムを開発している。このシステムにおいて、低速域訓練および高速域訓練のためのシステム設計を行い、速度精度の良好な等運動性訓練を実現している。特に肘関節部における高速域訓練においては、従来の装置では実現困難な 800 deg/sec での高速域訓練を安全かつ精度良く実現している。
2. ER クラッチ型アクチュエータを用いたパワーアシスト装置を開発し、介護リフトを前提とした安全性の高いアシスト方法を提案している。次に、提案した手法を用いることにより、荷重の上げ下げ動作において設定した速度、換作力の範囲内で良好な操作感によるパワーアシストを実現している。
3. 片側パターン電極における、低分子液晶の ER 効果を確認している。特に、放射状電極においては大きな ER 効果が発現する。低分子液晶で十数倍の ER 効果を確認したのは本研究が初めてである。
4. 片側パターン電極システムのメカトロニクス応用において必要となる設計指針を構築すべく、高分子液晶系 ER 流体の粘度特性を考慮した伝達トルク概算法を示している。高分子液晶系 ER 流体の粘度特性として「二相粘性モデル」を提案し、この粘度モデルを用いることによって、片側パターン電極システムにおける伝達トルク概算法の精度向上を実現している。
5. 高分子液晶系 ER 流体と研磨砥粒（ダイヤモンド砥粒）の混合スラリーを作製し、その ER 効果を利用した新しい研磨手法に関する基礎的事項を検討している。まず、ER スラリーの ER 効果が、電極形状によって異なる粘度特性を示すことを確認している。次に、ER スラリーと片側パターン電極を用いた ER 流体援用研磨の基礎実験を行っており、スラリーの ER 効果によって研磨速度が向上することを確認している。

以上のように、本論文では、人間共存型メカトロニクスシステムへの ER 流体の適用のための基礎的事項の検討、片側パターン電極による電場印加時の ER 流体の特性解析およびそれらの結果を用いたメカトロニクス機器の設計手法に関して多くの知見を得ており、当該分野の発展に大きく寄与する。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。