

博士論文審査報告書

論文題目

Development of Backdrivable Hydraulic Actuators Using Magnetorheological Fluids

申請者

Gonzalo	AGUIRRE DOMINGUEZ
アギーレ ドミンゲス	ゴンサロ

総合機械工学専攻 知能機械学研究

2017年2月

(1) 審査経緯

博士論文審査の経緯を以下に示す．

- ・ 2016年11月15日 副査説明会
- ・ 2016年12月1日 予備審査会
- ・ 2016年12月8日 教室受理決定
- ・ 2016年12月22日 創造理工学研究科運営委員会受理決定
- ・ 2017年1月10日 博士論文読み合わせ会
- ・ 2017年1月23日 リーディング大学院実体情報学 QE3 実施
実体情報学博士プログラム修了要件は，専攻の審査に合格すること
とプログラムの QE3 に合格することである．QE3 は現在審査中．
- ・ 2017年1月26日 公聴会
- ・ 2017年2月8日 審査分科会
- ・ 2017年2月25日 研究科運営委員会予定

(2) 論文背景・内容・評価

ロボットの応用場面の広がりに伴い，人間および環境に適応できるロボットの機能に関する研究が盛んになっている．特に，生産現場における人間とロボットとの協働は，労働力不足，スキル伝承の難しさを背景に注目されている．人間との協働において最も重要となる機能は安全性である．この安全性に大きく関わるロボットの機能は，アクチュエーションとセンシングである．特にアクチュエーションは外界に対する力の働きかけであり，人間と接触した際の応答性能は，単に停止するだけでなく，人間への追従性を必要とする．この追従実現すなわち柔軟性を目指す研究のほとんどは，センシングをベースとした力制御を採用している．しかし，最終的にはアクチュエータの応答性に依存するため，アクチュエータ自身の特性向上が必要である．さらに最近では，建設機械等の大型重機のロボット化が進んでおり，人間との協働に加えて，環境との接触においても柔軟なアクチュエーションが求められるようになってきた．

しかし，アクチュエータ自身の性能向上は，大きさ（パワー重量比），減速機構に影響され，従来のメカニズムでは限界がある．ばね等の機械要素を導入したパッシブコンプライアンスの開発も進み，人間との協働では成果をあげているが，大出力への対応は難しい．そのような中で，本研究は，磁性流体（MR 流体）の性能に着目し，磁性流体の流れを機械的に調整することで，コンプライアンス，ダンピングファクターを制御する新しい発想のアクチュエータを提案したものである．この構造により，柔軟性すなわちバックドライバビリティを有するアクチュエータを，中型から大型まで開発することが

可能となる。

本論文では、油圧ポンプに MR ピストンを組み込んだアクチュエータを開発しており、高速応答性、高バックドライバビリティ、シンプルな制御性のみならず、外付け部品が無いいため、小型化も可能としている。磁気漏れ、高出力化を意識し、従来の環状 MR ピストンではなく、トロイダル形状を備えたピストンを提案し、実験の結果、高バックドライバビリティを備えつつ最大出力 380.0kN を実現している。新しいトロイダルピストンヘッドは、従来の環状タイプと同程度の性能を有しながら、より大きな磁気面積をとることができ、良好な線形性が得られるだけでなくカスタマイズも容易となっている。また、本論文では、新しいアクチュエータの数学モデルも作成しており、80%以上の精度で力を推定し、EM コア、トロイダル設計の穴の数などの重要なパラメータを設定することを可能としている。さらに、MR ピストンをベースとして、それを円環状に配置し直した回転型アクチュエータを提案している。

以上要するに、本論文は、コンプライアンス、ダンピングファクターを調整可能で人間との接触制御に有効なバックドライバビリティを有するアクチュエータを、MR 流体を使用したユニークな構造により実現したものである。この研究成果は、高出力かつ安全性を必要とする人間との協働ロボット、建設や災害救助のための作業ロボットのみならず、柔軟な動作機能が要求される機械システムに幅広く適用可能であり、ロボット開発技術の発展に寄与するばかりでなく、油圧力技術全般の進歩に大きく貢献するものである。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

2017年2月

審査員

主査	早稲田大学教授	工学博士（早稲田大学）	菅野 重樹
副査	早稲田大学教授	工学博士（早稲田大学）	高西 淳夫
副査	早稲田大学教授	医学博士（東京女子医科大学） 工学博士（早稲田大学）	梅津 光生
副査	早稲田大学教授	工学博士（東京大学）	大谷 淳
副査	早稲田大学教授	博士（工学）早稲田大学	尾形 哲也
副査	早稲田大学教授	博士（工学）早稲田大学	岩田 浩康
副査	早稲田大学准教授	博士（情報理工学）東京大学	岩瀬 英治