論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	KATUDAMPE VITHANAGE Damith Suresh Chathuranga （かとうだんぺ　う"いたなげ　だみす すれす　ちゃとらんが）
○学位の種類	博士（工学）
○授与番号	甲　第 1133 号
○授与年月日	2016 年 9 月 25 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	Fabrication and Analysis of Magnet Based Soft Tactile Sensor and Its Application to Robotic Manipulation and Texture Classification （磁石を用いた柔軟な触覚センサの開発ならびに解析とそのロボットマニピュレーションとテクスチャー識別への応用）
○審査委員	（主査）平井　慎一　（立命館大学理工学部教授） 川村　貞夫　（立命館大学理工学部教授） 野方　誠　（立命館大学理工学部教授）

＜論文の内容の要旨＞

本論文は、磁石とホール素子を用いた触覚センサの開発と解析、ならびにセンサの応用から構成されている。第 2 章では、ヒトの指先の触覚受容器の働きを、ヒトの指先の有限要素モデルを通して解析した。さらに、力センサと加速度センサを人工の指先に埋め込んだ、模擬指を試作し、模擬指を複数のテクスチャー上を滑らせる実験を通して、触覚受容器の働きを実験的に調べた。有限要素モデルによる解析、実験結果の解析より、ロボット指が持つべき触覚の仕様を示した。第 3 章では、前章の議論を踏まえ磁石とホール素子を用いた柔軟な力覚センサを提案した。提案した力覚センサの原理と製造法、ならびに磁場解析と弾性理論を基にしたセンサのモデリングについて述べた。センサを内蔵した柔軟指を試作し、その柔軟指を用いてセンサの検証実験を行った。センサ出力のモデル値と実験値の比較、ヒステリシスの実験的評価の結果を示した。第 4 章では、一対の指からグリッパーを構成し、グリッパーを用いて物体操作を試みた。グリッパーをマニピュレータの先端に装着し、軸穴の挿入を実現した。第 5 章では、センサを内蔵した柔軟指を用いて、テクスチャーを識別した。8 種類のテクスチャー上で指を滑らせ、そのとき取得したセンサ値から特徴量を計算し識別器を構成した。構成した識別器を用いてテクスチャーを識別した

結果を示した。
結果として、提案したセンサは柔軟指に適しており、ロボットマニピュレーションとテクスチャー識別への応用が可能であることを示した。

＜論文審査の結果の要旨＞
本論文の特徴は、ヒトの指先の触覚受容器の解析、磁石とホール素子を用いた触覚センサの開発と解析、センサの応用から構成されている点である。本論文の貢献は、ヒトの指先の解析を通してロボット指が持つべき触覚の仕様を示したこと、磁石とホール素子を用いた触覚センサを開発し、磁場解析と弾性理論を基に開発したセンサのモデルを構築したこと、開発したセンサをロボットマニピュレーションとテクスチャー識別へ適用したことである。ヒトの手の巧緻性は、柔らかい指先と、その指先に分布する触覚受容器に依ると言われている。ヒトの指先の有限要素モデルを用いた解析や模擬指を用いた実験を通して、ロボット指が持つべき触覚の仕様を示した点が評価された。次に、磁石とホール素子を用いた触覚センサを開発するのみならず、センサのモデルを構築したこと、センサを埋め込んだ柔軟指を試作し、センサの性能を実験的に調べたことが評価された。また、センサを埋め込んだ柔軟指を用いて、ロボットマニピュレーションとテクスチャー識別が可能であることを示しており、今後の展開が期待される。
本論文の公聴会は、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は申請者に対する口頭試問を行った。
以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士学位を授与するに相応しいものと判断した。

＜試験または学力確認の結果の要旨＞
本論文の主査は、学位申請者が本学大学院理工学研究科機械システム専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じて日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。
本論文の公聴会は、2016 年 7 月 22 日（金）13 時 30 分～15 時 00 分イーストウイング 4 階機械システム系第 1 演習室において行われた。公聴会では、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者 KATUDAMPE VITHANAGE Damith Suresh Chathuranga に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、口頭試問においては、力の成分とセンサ出力を関連付ける感度行列を構成することが可能か、磁石の形状がセンサの性能にどのように影響するか、センサモデルに物体の回転を含めることができるかなどの質問が成された。学位申請者は、実験結果を基に感度行列の構成が可能であること、磁石の形状の影響はセンサモデルを用いて解析できること、有限要素モデルで物体の回転を導入できる旨を答えた。いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。学位申請者は、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請

者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、学位申請者に対し、本学学位規程第 18 条第 1 項に基づいて、「博士（工学　立命館大学)」の学位を授与することが適当であると判断する。