

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲	第 10658 号
------	-----	-----------

氏 名 伊藤 優司

論文 題 目

A Study of Vision-based Tactile Sensors Based on Deformation Analysis of Elastic Bodies for Dexterous Handling of Robots

(ロボットの器用な把持操作のための弾性体の変形解析に基づく光学式触覚センサの研究)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	山田 陽滋
委員	中部大学	教授	大日方 五郎
委員	名古屋大学	教授	大岡 昌博
委員	名古屋大学	准教授	関山 浩介
委員	名古屋大学	教授	新井 史人

論文審査の結果の要旨

伊藤優司君提出の論文「A Study of Vision-based Tactile Sensors Based on Deformation Analysis of Elastic Bodies for Dexterous Handling of Robots (ロボットの器用な把持操作のための弾性体の変形解析に基づく光学式触覚センサの研究)」は、ロボットが人と同様に器用な操作を行えるようにするために、ロボット用の触覚センサを新たに設計開発する研究である。全10章で構成されており、各章の概要は以下の通りである。

第1章では、研究背景、従来研究、課題、及び研究目的を述べ、ロボットが人と同様な器用な操作を実現するための触覚センサについての課題として、センサ表面の柔軟性、小型化の容易な構造、多様な触覚情報の同時取得の3つを挙げている。本研究の目的は、これらの課題を解決する触覚センサの設計開発である。

第2章では、本研究で提案するセンサは、CCDカメラ、LEDライト、圧力センサ、タッチパッドで構成されている。タッチパッド表面に着色されたドット模様を裏側からCCDで撮影する事で、対象物の接触によって生じるタッチパッドの変形情報を取得する事が可能である。このタッチパッドの変形から幾つかの触覚情報を取得する。弾性体型タッチパッドと流体封入型タッチパッドの2種類があり、触覚情報の計測能力では流体封入型が優れており、機械的強度に関しては弾性体型が優れている。

第3章では、タッチパッドの変形から触覚情報を取得するための理論と方法を与えている。まず、画像の輝度値からタッチパッドの3次元形状を取得する方法を示し、次にタッチパッド表面の微小面素の力学解析に基づいて、多様な触覚情報を同時に取得する方法を与えている。

第4章では、対象物の滑りの推定手法を記述している。タッチパッド表面にマークしたドットの対象物との相対変位を観測することで、対象物との接触領域内における部分的な固着や滑りの状態が推定できる。基準画像から現在の画像までの相対変位を算出する際に、基準画像を動的に更新する手法を新たに提案し、対象物が回転する場合、接触力の大きさと方向が変化する場合など、多様な接触状態においても滑りの推定ができることを示している。

第5章では、対象物の形状の推定手法を与えている。流体封入型タッチパッドの内部は赤色半透明の液体が封入されたことで、対象物との接触によってタッチパッドの形状が変化すると、それに応じてタッチパッド内部の色が変化する性質が生まれる。これを光の減衰の法則に基づき定式化する事で、画像のRGB輝度値に対するタッチパッドの形状の関係を導く。この関係に基づいて、タッチパッドの3次元形状が推定できるので、結果として接触している対象物の3次元形状を推定できる。

第6章では、対象物の接触領域の推定手法について記述している。タッチパッド表面の3次元形状から各微小面素の曲率の情報を算出し、それを利用する事で各面素が対象物と接触しているか否かを判別する。

第7章では、対象物の姿勢の推定手法を与えている。タッチパッド表面のドットの3次元位置から、対象物と滑らずに接触しているものと仮定される接触基準ドットの変位や姿勢変化を、近傍のドットの情報を参考に推定する事で、対象物の変位や姿勢変化が推定可能となる。

第8章では、多軸接触力の推定手法に関して記述している。タッチパッド表面を多数の微小面素に分解し、各微小面素に対して力の釣合いの式を導出する。膜端張力から境界値を推定し、各面素の釣合いの式と連立し算出することで全ての膜端張力が求まる。計測したパッド内圧と膜張力の合力を計算し、多軸接触力を算出する。

第9章では、提案手法に対する実験結果に関して記述している。第4章から第8章で提案された、滑り、形状、接触領域、姿勢、多軸接触力の推定手法に対して、制作した触覚センサを用いて、対象物との接触実験を行う事で、提案した方法の検証と計測精度の評価を行っている。この実験結果により、提案したセンサと触覚情報の算出法の有効性を示している。

第10章では、本論文の結論であり、研究内容のまとめと、今後の課題および展望を述べている。

以上のように本論文では、ロボットの器用な操作の実現を目的に、新しい触覚センサとそれを用いた測定原理の提案を行っている。従来のセンサの多くは単一の情報取得に特化しており、表面の柔軟性に欠けるもの等が多く、対象物との親和性を満たしつつロボットの器用な操作を実現することは困難であった。本研

論文審査の結果の要旨

究で提案された触覚センサは、柔軟な素材と画像を用いたデータ処理、新たな算出原理により、これらの問題を解決し実用化の可能性を大きく高めた。本研究は触覚センサの計測原理としての学術上の寄与に加えて、医療分野や福祉分野等で期待される器用なロボットの実現に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である伊藤優司君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判定した。