

博士論文要旨

論文題名：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

立命館大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

カトウダンペ ヴイタナゲ ダミス スレス チャトランガ
KATUDAMPE VITHANAGE Damith Suresh Chathuranga

この論文は、ヒトの生物学的な特性を模倣したロボットハンドの指先の触覚センシングを設計・開発する方法を提示する。我々は、この指先の触覚センシングを開発するため、指先触覚により得られる情報、触覚情報を検出するための必要なセンサ、そして触覚センシングのため開発された従来センサの問題点を指摘し、これから開発する触覚センシングのためのセンサの設計仕様を提示する。次に、これらの問題点を解決し、指先にそのセンサを実装し、指先を利用した物体操作と環境認識が可能な新たな触覚センサを提案する。これまで人手による巧みで環境認知と器用な物体操作する際、ヒトの指先の定量的な評価と機械受容器の挙動に関する様々な研究を行って来たが、未だにヒトの指先を模倣した人型の触覚センサは極めて少ない。さらに、これらの研究や提案されたシステムにはたくさん問題と機能の制限が見られた。これらの制限と問題を解決するため、我々は、有限要素（FE）モデル、実験的なモデル情報、そして過去の学術文献から得られた情報を使用し、ヒトの指先の挙動を解析した。この方法により、ロボット触覚システムのために必要かつ十分な設計仕様を決定した。この論文では、我々は、物体操作と環境認知が可能なロボットの指先に注目した。次に、指先の触覚センシングに実装が可能なソフト力センサの開発と具体化した。また、ロボット把持部を開発し、それにより物体操作タスクを行うため、このソフト力センサを使用し、物体操作する際、把持力を制御するのに必要な情報を提供した。さらに、提案したこのセンサと接触センシングは環境認知タスクが可能かを示すため、テクスチャー分類評価実験に使用した。

Abstract of Doctoral Thesis

Title : Fabrication and Analysis of Magnet Based Soft Tactile Sensor and Its Application to Robotic Manipulation and Texture Classification

Doctoral Program in Advanced Mechanical Engineering and Robotics

Graduate School of Science and Engineering

Ritsumeikan University

カトウダンペ ヴイタナゲ ダミス スレス チャトランガ

KATUDAMPE VITHANAGE Damith Suresh Chathuranga

This thesis presents the design and development of a novel soft 3 axis force sensor. It was developed to be used in soft anthropomorphic tactile fingertips. Additionally, we present applications of the sensor in texture classification and object manipulation. The sensor was constructed after identifying the design requirements of the tactile system needed for a robot to perform both dexterous object manipulations and environment perception. The human tactile system was taken as the basis for the analysis. Finite Element (FE) models of biological fingers, experimental artificial fingertips and information obtained from previous literature were used to identify the requirements. The analysis pointed out that the force and vibration modalities were vital for tactile sensing while the placement of the sensors between the soft layers, the sensitivity of the sensors, and the sensor density were important factors to be considered.

Literature survey about tactile fingertips pointed to a void in tactile sensors that sufficiently satisfied all the above requirements. Thus, a novel soft three axis force sensor was developed. The sensor had a cylindrical cantilever beam made of silicone rubber that compressed and bent when normal and tangential forces were applied. The displacement of the beam's end was calculated by measuring the change of the magnetic field emitted by a permanent magnet embedded in the soft beam at fixed points in space. Spring theory and bending theory were used to calculate the normal and tangential force components. The sensor was capable of measuring forces as well as detecting vibrations in the frequency range of 1 - 500Hz. It could be fixed under the soft layers of the fingertip without wires obstructing the measurements. The design, development and characterization of the above sensor were reported.

Next, this force sensor was used for developing a robot gripper to manipulate objects dexterously. The sensor system provided information about applied force and vibrations happening at the fingertip object contact surface that could be used in controlling the grip force.

Finally, the force sensor was used in texture classification experiments to illustrate that the proposed sensor and the tactile system was capable of performing environment perception tasks. A robust classification algorithm that utilized support vector machine was presented.