

Title	内部にセンサ素子を持つ人間型柔軟指の開発とそれを利用した適応的操りの実現
Author(s)	多田, 泰徳
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46824
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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	た だ やす のり 多 田 泰 徳
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 19882 号
学位授与年月日	平成 18 年 1 月 11 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科知能・機能創成工学専攻
学位論文名	内部にセンサ素子を持つ人間型柔軟指の開発とそれを利用した適応的操 りの実現
論文審査委員	(主査) 助教授 細田 耕 (副査) 教授 石黒 浩 教授 菅沼 克昭 教授 浅田 稔 教授 南埜 宜俊 教授 安田 秀幸 教授 黄地 尚義 教授 中谷 彰宏

論 文 内 容 の 要 旨

第 1 章、第 2 章では既存の触覚センサについて概観し、その物理的構造を人間のそれに近づけると、センシング能力を向上させられる可能性があることを指摘した。またそのような触覚センサをタスクに用いるには、ロボット自身が触覚センサ出力と接触状態の関係を学習しなくてはならないことを指摘した。

第 3 章では人間型柔軟指を提案し、そのセンシング能力を示すため、物体の識別実験を行った。柔軟指は 2 層のシリコンゴムで作られており、その内部に 2 種類の触覚センサ素子を様々な位置や方向に埋めた。このような構造のため、各センサ素子の応答特性が変化し、センサ素子が一様に配置された従来の触覚センサよりもセンシング能力が向上すると期待された。

センシング能力を示すための物体識別実験では、5 つの物体に柔軟指を接触させたときのセンサ出力からそれらの物体を識別した。識別には 2 つの方法を用いた。一つは、設計者がすべてのセンサ素子出力を考慮し、物体識別に適したセンサ素子を選択する方法だが、この方法はセンサ素子の選択に手間がかかるという問題があった。そこで、もう一つの物体識別の方法として、フィッシャーの線形判別法を用いた。この判別法を用いることで任意の個数のセンサ素子を識別に用いることが可能になった。また、物体の識別に有効なセンサ素子とそうではないセンサ素子を選ぶことが可能になった。

第 4 章ではロボットが触覚センサ出力と接触状態との関係を自律的に獲得する手法として、ロボットにタスクを行わせたときのセンサ出力をニューラルネットワーク上に学習させる方法を示した。ロボットシステムは柔軟指を搭載した 2 指ロボットハンドと視覚センサで構成されており、視覚センサはロボットハンドと物体の動きを観測していた。そしてロボットハンドが物体を持ち上げたときの触覚センサと視覚センサの信号をニューラルネットワークに学習した。その結果、視覚センサで観測されていたマクロな接触状態と、触覚センサで観測されるミクロな接触状態の関係が学習された。そして、触覚センサは視覚センサよりも敏感なため、より速く接触状態を出力できるようになった。

学習したニューラルネットワークを用いた把持力制御実験を 2 種類行った。実験は触覚センサを用いた場合と、視覚センサのみ用いた場合で比較し、その結果、触覚センサを用いたほうが滑りの発生をより抑えられることを示した。

第 5 章では本論文をまとめ、また今後の課題について述べた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、ロボットに人間と同等の器用な動作を行わせることを目指し、それを実現する方法を提案したものである。従来のロボットが人間ほど器用ではないのは、人間に比べ得られるセンサ情報が少ないことが理由の一つであると考えられる。人間は触覚以外の感覚も用いることで物体との接触状態を知覚し、適応的に物体を操ることができるが、従来のロボットハンドの多くは単一の種類のセンサしか用いないために様々な接触状態を検出することが難しく、適応能力が人間に比べ劣る。本論文では、(1)従来のロボットで特にセンシング能力の低い触覚センサに注目し、触覚センサのセンシング能力を向上させる方法を提案している。次に(2)作製した触覚センサと視覚センサを用いてロボットハンドを制御する手法を提案している。

(1)では柔軟なシリコンゴムのロボットフィンガ内部に、触覚センサ素子としてひずみゲージと PVDF フィルムを様々な位置や方向に埋めた人間型柔軟指を開発している。シリコンゴムの柔軟性とセンサ素子の配置が一様ではないという特徴により、同じ種類のセンサ素子でも埋められた位置や方向によって応答特性が変化し、複数のセンサ素子出力を用いることでセンシング能力を向上させられると主張している。そして異なるテクスチャを持つ5つの物体を識別することで人間型柔軟指のセンシング能力を示している。

(2)では作製した柔軟指から得られる触覚情報と視覚センサから得られる情報を用いて物体の操りを実現している。ロボットに物体を把持させたときの各センサ出力がニューラルネットワークに入力され、ヘップ学習を行うことで触覚センサと視覚センサの関係を学習している。この学習により、学習初期には視覚センサのみで検出可能だった滑りとその方向を、学習後には触覚センサでも検出可能にしている。さらに学習後のニューラルネットワークは柔軟指に発生した滑りを視覚センサよりも早く検出することに成功している。そしてニューラルネットワーク出力をロボットハンドの把持力制御に利用することで、物体とロボットハンド間で滑りが発生しないような制御を実現している。

以上のように、本論文はセンシング能力の高い触覚センサを開発し、またそれを利用する手法を示しており、今後の研究によりさらに適応能力の高いロボットへ発展させられると期待できる。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。