

論文内容の要旨

博士論文題目 多指ハンドの教示入力を対象とした接触情報による
手内操作認識システム

氏 名 近藤 誠宏

(論文内容の要旨)

本論文の目的は人型多指ハンドを教示するための物体操作認識システムを構築することである。手内操作の特徴を接触情報から捉え、人間の操作入力から抽象的な操作情報であるプリミティブとして操作を認識する手法について考えている。

はじめに、掌面の接触状態遷移を用いた操作認識手法について提案する。被操作物体に取り付けた圧力分布センサの正確な接触位置情報を用いて、掌面の接触状態を取得する。この接触状態列を操作の特徴として、事前に用意したテンプレートと比較することで操作を認識する手法を提案する。そして複数の被験者を用いて認識実験を行い、評価を行っている。

次に、物体の接触情報を用いた指先の転がり接触を伴う操作認識手法について提案する。操作中に、接触を維持したまま指の動きを用いて物体の姿勢を変化させることにより手と物体の接触点位置がわずかに移動する。このような現象を転がり接触と呼ぶ。提案手法では操作中に生じる複数の転がり接触を物体表面の接触情報から取得し、その転がり方向と出現位置から操作を認識する。また、被験者を用いた認識実験から有効性を確認している。

さらに、操作者の慣れや疲れを考慮した操作認識のテンプレートを生成することを提案する。長時間の操作により慣れや疲れが生じるとその操作方針に影響が現れる。そこで操作時における掌面の接触状態列を用いて操作の分散の時間変化を計測し慣れや疲れの推定を行っている。また、習熟期間、慣れ、疲れの時間帯に分割し、それぞれの接触状態列で3種類の認識のテンプレートを生成し認識実験を行っている。

最後に、人型多指ハンド NAIST-hand の開発を行い作業教示実験を行う。提案した2種類の操作認識手法の認識結果を多指ハンドに転送することで、物体操作が実現できることを示している。また、応用アプリケーションとしてセルフレジ作業を教示により実現し、開発したシステムが実用性を持つことを示している。

(論文審査結果の要旨)

本論文では手内操作を対象とした多指ハンドの教示入力システムの実現を最終目標とし、手と物体間の接触情報を利用した物体操作認識手法を提案している。物体操作の自動認識を試みることで、操作の特徴量としての接触情報を深く評価しており、大変意義がある。また、基本的な作業教示実験やセルフレジ作業の実験を通して、アプリケーションへの応用も可能であることを示している。本論文の主な成果は以下に要約される。

1. 操作の特徴として掌面の接触状態遷移を用いることで手内操作を認識するシステムについて示している。まず、被操作物体に直接取り付けられた圧力分布センサを用いて、掌面の接触状態を取得できる計測手法を提案した。また、掌面の接触状態遷移を操作の特徴とし、連続 DP マッチング及び HMM を使用することで操作認識する手法を提案した。複数の被験者を用いた認識実験の結果、掌面の接触状態が操作の特徴を含んでおり、自動認識に利用できることを示した。また、接触情報を利用して二つの操作を定量的に比較できることを示した。
2. 操作の特徴として物体表面の転がり接触情報を用いることで手内操作を認識するシステムについて示している。物体に取り付けられた圧力分布センサのみ用いて、転がり接触によって生じる接触点軌道を検出する手法を提案した。また、接触点軌道の方向と出現位置から操作認識する方法を提案した。接触点のわずかな位置変化においても操作の特徴になり得ることから、接触情報が操作の重要な特徴を含むことを示した。
3. 時間の経過に伴う認識スコアの分散変化を計測し、被験者の操作に対する慣れや疲れの推定を行った。その結果、距離の分散が習熟・慣れ・疲れにより変化し、慣れの区間で分散が小さくなることを示した。この結果は同時計測した筋電の疲労評価の結果と一致しており、実験結果を裏付けている。また、操作を習熟・慣れ・疲れの3つの時間帯に分割し、時間帯毎に3つのテンプレートを生成することで入力操作との相関を計測した。その結果、慣れの区間から生成されたテンプレートが、ばらつきを抑制した操作認識を可能にすることを示した。これらの結果は、接触状態を用いて操作者の生体変化を推定できる可能性があることを示唆している。

以上のように、本論文は物体操作認識および多指ハンド操作技術の向上及び応用分野の拡張に大きく貢献している。よって本論文は、博士（工学）の学位論文として価値があるものと認める。