

審査の結果の要旨

氏 名 蔡 敏捷

本論文は「Understanding Hand Manipulation from First-Person View Videos」（一人称視点映像からの手操作解析に関する研究）と題し、英文で記され、全体で5章により構成されている。人間工学の分野における人の動作解析やロボティクスの分野におけるハンドマニピュレーション制御、さらに、映像からの人の行動理解全般において、人がさまざまな状況においてどのように物体を手に取り操作するのかを知ることは重要となる。しかしながら、従来の手操作の解析では、動作記録映像の人手による処理や、装着型デバイスによる手形状の計測が必要となり、データ解析のためのコストやセンサ装着による動作の制限などが課題となっていた。これに対し、本論文では、手による把持動作に焦点をあて、動作者視点から記録された一人称視点映像を用いた把持タイプの認識手法、ならびに把持タイプと被把持物体属性との関係性に基づく手動作認識手法を提案している。

第1章「Introduction」（はじめに）では、本論文における研究の背景として、人間工学やロボティクスの分野における手操作解析の重要性ならびに従来の手操作解析の問題点について述べている。その上で、本論文で提案する一人称視点映像を用いた手操作理解のためのアプローチとして、単一画像を入力とした静的アピアランスに基づく把持タイプ認識手法、連続画像フレームを入力とした動的アピアランスに基づく把持タイプ認識手法、さらに把持タイプと被把持物体属性との関係性に基づく手動作認識手法の概要についてまとめている。

第2章「Hand grasp analysis with static appearance features」（静的アピアランス特徴に基づく把持動作解析）では、まず、CutkoskyやFeixらによる詳細な把持分類法を含め、把持形態の分類に関する研究について取りまとめた後、物体把持時の手の動きの計測に関する従来技術とその問題点を述べている。その上で、多様な状況下において手を用いた作業を記録した一人称視点映像から、把持タイプを自動的かつ高精度で認識するための枠組みを提案している。ここでは、既存の把持分類法は把持の仕方の違いにのみ基づき定義されており、識別の容易さが考慮されていないという点に着目し、教師有学習で得られる把持タイプ識別器を用いたクラスタリングにより、新たに自動識別に適した把持分類を設計するという点が基本的なアイデアとなっている。この枠組みに

基づき、単一画像から得られる画像特徴にもとづく把持タイプ識別と、それを用いたクラスタリングにより自動識別に適した把持分類について報告している。

第3章「Hand grasp analysis with dynamic appearance features」（動的アピアランス特徴に基づく把持動作解析）では、単一画像による観測では異なる把持タイプが似てしまうという課題を解決するために、複数画像フレームから得られる動的アピアランス特徴の導入により把持タイプ識別の大幅な精度向上を実現している。また、手領域周辺から抽出された密な軌跡群をもとに計算される複数の画像特徴量の詳細な比較検討について報告している。

第4章「Understanding manipulation actions with grasp types and object attributes」（把持形態と被把持物体属性に基づく手動作理解）では、把持タイプと被把持物体属性との関係性に基づく手動作認識について論じている。具体的には、物体を把持する際、被把持物体の形状や硬さなどに応じて手の形が決まるという点、さらに、蓋の開け閉めなどの手による操作の違いが把持タイプと被把持物体の属性と密接に関係しているという点を踏まえ、これらの要素間の関係性を考慮することにより、手動作を精度良く認識するとともに、把持タイプ識別と被把持物体属性推定の精度改善の実現に成功した内容について報告している。

第5章「Conclusions」（まとめ）では、本論文における主たる成果をまとめるとともに、今後の課題と展望について述べている。

以上これを要するに、本論文は、さまざまな作業を記録した一人称視点映像から異なる把持形態を高い精度で分類し、把持形態と被把持物体属性との関係に基づき手動作を認識する手法を実現したものであり、多様な状況下における手操作解析のための基盤技術を提供するものとして、電子情報学上貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。