

氏名	Gabas Nova Antonio		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第10090号		
学位授与年月日	令和3年9月24日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	Efficient learning methods for robot grasping oriented pose estimation (ロボット把持を目的とした位置姿勢推定のための効率的学習方法)		
主査	筑波大学 准教授(連携大学院) (産業技術総合研究所)	博士(工学)	佐川立昌
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	相山 康道
副査	筑波大学 教授(連携大学院) (産業技術総合研究所)	博士(工学)	金広 文男
副査	産業技術総合研究所 副センター長	博士(工学)	吉田 英一
副査	産業技術総合研究所 主任研究員	博士(工学)	吉安 祐介

論文の要旨

審査対象論文は、ロボットが行う基本的なプロセスである知覚と操作に関して、物体の3Dポーズ(位置と向き)に関する情報を得ることに焦点を当てたものである。

第1章では、扱う問題の設定について説明し、論文で提案する挑戦として、機械学習で用いるデータセットの自動的な生成、ポーズ推定に必要なデバイスと入力データの簡単さと効率の向上、観測した環境の状況に応じた行動計画を挙げている。第2章では3Dポーズ推定に関して、剛体の場合、非剛体の場合について関連研究を整理している。

第3章では、機械学習に基づいた3Dポーズ推定のための効率的なデータ収集のために、形状データの取得を必要とせず、カラー画像だけを用いたデータセットを取得し、そのために必要な自動的なデータラベリング法を提案している。第4章では、第3章で提案した手法に基づいて収集したデータセットを用いて、カラー画像のみを用いて、剛体の観測対象の奥行きと姿勢を個別に推定する手法を提案している。また、非剛体の観測対象として布の皺の状態を推定する手法に基づいて、布のハンドリング法を提案している。第5章では、剛体の3Dポーズ推定の精度向上を行うために、観測に適切なカメラ位置を選ぶ方法について考察し、強化学習に基づいて適切な視点位置に移動するロボットの行動計画法を提案している。

第6章で論文の内容をまとめ、第7章において、提案手法の限界と今後の展望について考察している。

審査の要旨

【批評】

本論文では、今後社会の様々な環境において、ロボットを用いた作業の自動化を目指す際に必要となる物体のハンドリングにおける問題の解決に取り組んだものである。その中でも、物体ハンドリングの前提となる物体の位置姿勢推定問題に対して、機械学習に基づいて実現する手法を提案している。扱う対象のカテゴリとして、剛体だけでなく、非剛体の物体を対象としており、広い範囲の対象のハンドリングを目指している点で評価できる。

本論文で取り組んでいる課題のひとつは、機械学習において学習用データセット作成のコストが高いという問題に対して、剛体の3次元姿勢推定におけるデータセット作成の効率化を図るものである。位置姿勢推定を行うために、従来法では物体の3次元形状が既知であることを前提としていたのに対し、カラー画像だけのデータセットから姿勢推定を実現する方法を提案している。データ収集の手間が簡便になると同時に、姿勢の真値を自動で得られるものとなっており、データセット作成コストの削減に貢献が大きいと考えられる。

データセット作成コストの削減を目指すという方針は、非剛体の対象のハンドリングの問題にも共通している。変形する布のデータセット作成において、カラー画像と奥行き画像を組み合わせることによって自動的に得られる真値を入力とした機械学習の方法を提案し、布の変形状態の推定に必要なデータセット収集の手間を軽減することに貢献している。

また、発展的な課題として、ロボットを用いた3次元姿勢推定において、物体を観測する視点を選ぶことが可能であるという利点を活かす方法について検討している。位置姿勢推定は、観測する視点によって精度が変わるため、精度よく観測できる視点位置を選ぶことは重要な問題である。この問題に関して論じた先行研究は多くなく、強化学習に基づいて視点位置を選ぶ提案手法は、新たな問題を提起する研究と言える点で評価できる。

これまで、主著として国際論文誌1報、査読付き国際会議発表論文2報が採択されており、対外的に評価を受けており、論文の目標は達成されていると評価する。一方、一般社会に存在する広い範囲の物体には、論文中の剛体、非剛体に分類できないものも多く、今後の研究では、提案手法が扱える対象を一般化し、より広い視野を持って問題に取り組むことが期待される。

【最終試験の結果】

令和3年8月3日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。