



Title	Vision-based Robotic Grasping Adapted to Diverse Physical Properties
Author(s)	牧原, 昂志
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/101708
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏名 (牧原昂志)	
論文題名	Vision-based Robotic Grasping Adapted to Diverse Physical Properties (物理特性の多様性に適応する視覚ベースの物体把持)
論文内容の要旨	
<p>ロボットによる一般物体の把持は、産業、物流、サービスロボットなど、多岐にわたる分野で重要な役割を果たしている。搬送、組み立て、道具操作などを適切に行うためには、物体の姿勢や操作条件を満たす把持が不可欠である。従来の手法では、物体の形状や摩擦などの物理特性を考慮した厳密な解析によって、安定した把持を保証しているが、多様な物体や複雑なシーンに適応するには、計算コストやセンシングの限界が課題となっている。</p> <p>解析ベースの手法の課題を解決するためには、把持に関する経験データを活用し、効率的かつ柔軟に適応可能な新しいアプローチが必要である。その中でも、データドリブンな手法が注目されており、厳密な解析に依存せず、把持の成否や環境情報を活用することで、多様な状況への適応が可能となっている。しかし、物体の物理特性を十分に考慮できない場合、把持の失敗や物体の損傷など、不適切な把持戦略を取る可能性がある。この問題を解決するには、多様なデータを確保することが有効であるものの、膨大なデータ収集には高いコストが伴う。そのため、データ生成や学習においてコストを抑えつつ、必要な物理特性を明示的に考慮し、多様な条件に適応可能な手法が求められる。</p> <p>本論文の主な貢献は以下の3点である。1つ目は、物体の柔らかさを考慮するため、視覚情報を基にその特性を推定する枠組みを構築し、物体把持に適用した。2つ目は、複雑な形状を効率的に学習可能な3Dモデルを生成し、それを把持モデルに適用する手法を提案した。これにより、仮想的な経験を活用した学習を通じてデータ生成コストを削減し、高速に未知物体への適応を可能にした。3つ目は、形状と柔らかさの特性を同時に考慮する学習モデルを設計し、多種多様な物体やバラ積みピッキングといった複雑なシーン設定において、効果的な把持戦略を実現した。この手法の有効性は、シミュレーションおよび実環境での検証を行った。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (牧 原 昂 志)	
	(職) 氏 名
論文審査担当者	主査 教授 原田研介 副査 教授 石黒浩 副査 教授 飯國洋二 副査 招へい教授 堂前幸康 (産業技術総合研究所)

論文審査の結果の要旨

ロボットによる一般物体の把持において、従来の手法では物体の形状や摩擦などの物理特性を考慮した厳密な解析によって、安定した把持を保証しているが、多様な物体や複雑なシーンに適応するには、計算コストやセンシングの限界が課題となっている。そのような問題に対して、データドリブンな手法が注目されており、厳密な解析に依存せず、把持の成否や環境情報を活用することで、多様な状況への適応が可能となっている。しかし、物体の物理特性を十分に考慮できない場合、把持の失敗や物体の損傷など、不適切な把持戦略を取る可能性がある。この問題を解決するには、多様なデータを確保することが有効であるものの、膨大なデータ収集には高いコストが伴う。そのため、データ生成や学習においてコストを抑えつつ、必要な物理特性を明示的に考慮し、多様な条件に適応可能な手法が求められる。

本論文では、まず物体の柔らかさを考慮するため、視覚情報を基にその特性を推定する枠組みを構築し、物体把持に適用した。次に、複雑な形状を効率的に学習可能な3Dモデルを生成し、それを把持モデルに適用する手法を提案した。これにより、仮想的な経験を活用した学習を通じてデータ生成コストを削減し、高速に未知物体への適応を可能にした。さらに、形状と柔らかさの特性を同時に考慮する学習モデルを設計し、多種多様な物体やバラ積みピッキングといった複雑なシーン設定において、効果的な把持戦略を実現した。この手法の有効性は、シミュレーションおよび実環境での検証を行った。

主査、副査で論文の審査をおこなった結果、いくつかの疑問点が挙げられた。それらは主に、①形状のパラメータ、把持可能性の部分を手動で設定する必要性、②数式で形状を作ったモデルはどうやって現実のものに適用できるか、③柔らかさデータのスケールアップは現実でも収集する必要がある。基盤モデルでもある程度知識があるなかどう活用するか、ならびに④把持に関する基礎的な研究か、あるいは実用を目指した研究かといったものであった。審査の際に出た疑問点に関する議論を中心に、最終審査をおこなった。最終審査では牧原君は全ての疑問に明確に回答した。これにより、主査、副査全員一致で本論文は博士（工学）として価値があるものと認められた。