



Title	Robotic Grasping of Unknown Objects Using Similarity Matching
Author(s)	Chen, Hao
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/103158
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (Hao Chen)	
Title	Robotic Grasping of Unknown Objects Using Similarity Matching (類似性マッチングを用いた未知物体のロボットによる把持)
<p>Abstract of Thesis</p> <p>Robotic grasping has been extensively studied for decades as a fundamental component of the automation industry. Early robotic grasping systems were designed for specific objects and predefined tasks in fully known and programmable environments. Such systems relied on rigid motions that were only suitable for repetitive production scenarios. With recent advancements in Vision Technology (VT) and Deep Learning (DL), it has become feasible to develop more dexterous robotic grasping systems capable of handling previously unseen objects and tasks. However, the wide variety of object types, environmental uncertainty, and the inherent noise in visual sensing pose substantial challenges to achieving generalized grasping with high accuracy and robustness.</p> <p>To address these challenges, most prior work has focused on learning-based methods, aiming to enhance generalizability through optimized neural network architectures or large-scale training datasets. However, our experiments demonstrate that even state-of-the-art grasp regression models struggle to maintain high performance when deployed in unfamiliar scenarios involving novel objects, environments, or detection conditions. This limitation significantly hinders their practical applicability in real-world settings. To overcome this bottleneck, we propose an alternative solution that explores knowledge transfer between similar objects. Specifically, we introduce a novel strategy for generalized object grasping, termed Similarity Matching, which leverages prior knowledge from known templates to guide the grasping of previously unseen objects.</p> <p>In contrast to conventional learning-based methods, our approach achieves precise and reliable grasping for a wide range of unknown objects using only a small existing dataset, eliminating the need for expensive training or labor-intensive data collection. Extensive real-world evaluations confirm the effectiveness of our method in diverse scenarios, including grasping both isolated and cluttered objects, handling static items on a fixed surface, and dynamic items on a moving conveyor. Furthermore, we demonstrate the scalability of our similarity-based strategy to task-oriented grasping, where functional knowledge—such as the affordance of a mug handle—can be transferred across similar instances to support high-level manipulation tasks.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (Hao Chen)		
論文審査担当者	(職)	氏 名
	主査 教授	原田研介
	副査 教授	多田隈建二郎
	副査 教授	吉川雄一郎

論文審査の結果の要旨

本研究は、未知の物体に対しても高精度な把持を実現するために、類似性マッチングに基づく新たな戦略を提案する。既知の物体テンプレートと新規物体との視覚的・機能的な類似性を活用し、知識を転移することで把持位置や姿勢を推定する。大規模な学習やデータ収集を必要とせず、少量の既存データのみで汎化性能を確保できる点が特徴である。実ロボットによる評価では、孤立物体だけでなく、散乱状態やコンベア上の移動物体に対しても高い成功率を示した。さらに、マグカップの取っ手のような機能的部位の知識も転用可能であり、タスク指向の把持にも適用できることを確認した。本研究は、小売店舗などでロボットが実際に活躍する場合に必要となる、莫大な数の商品のハンドリングの問題に対して、一つの解法を提案するものである。

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本手法はなぜ少量のデータで学習手法より高い性能を達成できるのか、②一部の物体（歯ブラシや携帯電話など）が最初の研究で成功率が低かったのはなぜか、③セグメンテーションが失敗した場合でも、どのようにして結果の品質を保証できるのか、④研究マップにもう1つ軸を加えるとしたら、何を追加すべきだと考えるか、⑤タスク指向把持において、対象物のどの部分を把持するかはどのように決めているのか、⑥把持中に物体の姿勢が予期せず変化した場合の安全性について検討しているか、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Chen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。