

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | Robotic Bin Picking for Entangled Objects                                   |
| Author(s)    | Zhang, Xinyi  |
| Citation     | 大阪大学, 2023, 博士論文  |
| Version Type | VoR   |
| URL          | <a href="https://doi.org/10.18910/92985">https://doi.org/10.18910/92985</a> |
| rights       |   |
| Note         |   |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## 論文内容の要旨

|  |   |
|--|---|
| 氏 名 ( Zhang Xinyi )  |   |
| 論文題名   | Robotic Bin Picking for Entangled Objects<br>(絡みやすい物体に対するバラ積みピッキング) |
| 論文内容の要旨  |   |
| <p>Robotic Bin picking is a valuable task in manufacturing, aiming to automate the assembly process by utilizing robots to pick necessary objects from disorganized bins. This task eliminates the need for human workers to arrange the objects or the usage of a large amount of part feeders. Previous studies have addressed various challenges related to bin picking, such as processing visual information in heavily occluded scenes and planning grasps under rich contact in densely cluttered environments. However, when objects with complex shapes or deformable properties are randomly placed in a bin, they tend to get entangled, making it difficult for the robot to pick up individual items. This poses challenges in perception, as the robot must be capable of distinguishing between isolated objects and potentially tangled ones in a cluttered environment. Manipulation is also difficult in planning effective and general disentangling motions due to the complexity of estimating entanglement and executing real-world actions.</p> <p>This dissertation introduces methods to develop unified, dexterous, and robust bin picking systems for entangled objects. The target objects include both rigid (e.g., U-bolts, S-hooks) and deformable objects (wire harnesses). My research enables the robot to flexibly perform appropriate actions based on the current observation: (1) picking objects while avoiding entanglement and (2) performing disentangling manipulation when the bin does not contain any isolated objects. The goal is to equip the robot with these two capabilities for handling cluttered, complex-properties objects that are prone to entanglement, all without relying on their models. I discuss how to design effective and dexterous motion primitives for separating entangled objects. I also investigate how to infer the implicit and explicit representations for mapping these actions to the visual or haptic perception. By leveraging both analytic and data-driven approaches, I study how to efficiently learn from real-world and simulated environments under a set of criteria.</p> <p>In this dissertation, I first provide a review of the progress in robot bin picking over the decades and analyze the remaining challenges. Then, to address the problem of robotic bin picking for entangled objects, I propose methods for visually abstracting entanglement, planning skillful disentangling motions, automatically selecting picking strategies, and utilizing multiple sensory modalities. Finally, I conclude by discussing the directions for future work in this research topic.</p> |   |

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏 名 ( Zhang Xinyi ) |     |       |                     |
|---------------------|-----|-------|---------------------|
|                     | (職) | 氏 名   |                     |
| 論文審査担当者             | 主 査 | 教 授   | 原 田 研 介             |
|                     | 副 査 | 教 授   | 佐 藤 宏 介             |
|                     | 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

本論文は、組立工程への部品供給作業を想定し、ロボットが箱にバラ積みされた状態から部品を取り出す動作を計画するものである。ロボットによるバラ積みピッキングにおいて、特に複雑な形状をした部品同士の絡みを考慮しながらピッキングを行う手法を提案している。特に、①バラ積みされた物体の画像から、絡みに関するヒートマップを作製し、これに基づいてロボットによるピッキングを行う手法、②バラ積み画像から絡みを予測するニューラルネットワークを構築し、これに基づいて一旦ピッキングを行う。この際、絡みが取れなかった場合は別の箱に対象物を置き、絡みが解ける方向をニューラルネットワークで予測して、引き出すことで絡みを取る2段階のピッキング手法、③バラ積みされたワイヤーハーネスの絡みを取るために、Circular MotionとSpin Motionの組み合わせをニューラルネットワークで学習するピッキング手法、ならびに④手首の力センサの情報を併用することで、リアルタイムで絡み状態をモニターしながらワイヤーハーネスのピッキングを行う手法の提案を行った。本研究は、従来まで産業用ロボットで困難であった絡み易い物体のバラ積みからの取り出しを可能にするための新たな道筋をつけるものである。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物理シミュレーションと組み合わせることで、どのようにして効率的に学習データを取得しているか、②ニューラルネットワークの汎化性能に関するもの、③ワイヤーハーネスのピッキングにおいて、動作の複雑さをどのようにして定義しているか、④対象物を引き出す動作を計画する際に、どのようにして画像の回転を考慮しているか、ならびに⑤提案する手法を用いた場合の作業のタクトタイムに関するものであった。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Zhang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。