

Title	Task and Motion Planning for Automated Multi-Object Rearrangement
Author(s)	Chen, Hao
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/96119
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

Abstract of Thesis

Name (H A O C H E N)	
Title	<p style="text-align: center;">Task and Motion Planning for Automated Multi-Object Rearrangement (複数対象物の再配置のための作業と動作の同時計画)</p>
<p>Abstract of Thesis</p> <p>Multi-object rearrangement is a pivotal research challenge in robotics that typically involves finding a sequence of motion to rearrange objects from an initial configuration to a goal configuration. Recent advancements in task and motion planning, along with computer vision for perception, have substantially augmented the capabilities of robotic systems in object manipulation. However, efficiently and robustly handling rearrangement tasks involving multiple objects, particularly those with intricate object interdependencies, remains less explored.</p> <p>Under this background, this dissertation focuses on advancing task and motion planning for complex multi-object rearrangement problems. Specifically, it presents two novel combined planners tailored for 2D rearrangement tasks, i.e., sorting test tubes, and 3D rearrangement tasks, i.e., constructing spatial structures, respectively. The main contributions of the dissertation are:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A combined task-level reinforcement learning and motion planning framework was proposed to efficiently solve a test tube rearrangement problem. The framework has a closed algorithmic loop and incorporates various sensory feedback to improve robustness and performance. In addition, a heuristic acceleration method was introduced for reinforcement learning to expedite convergence. 2. An integrated robotic observation and data synthesis pipeline was developed to automatically prepare training data for object detection networks. The pipeline significantly reduces the human effort in data preparation while maintaining comparable performance to manual data preparation. 3. A task and motion planner was proposed to plan optimal sequences for constructing spatial arrangements. The planner can handle unstable intermediate states by autonomously identifying support grasps to maintain stability throughout rearrangement. 4. A combined motion planning and compliant peg-in-hole control framework is proposed to conduct dual-arm assembly motion. The framework enhances the capability of robot systems in handling complex rearrangement tasks with peg-in-hole scenarios. <p>These contributions advance efficient and robust robotic manipulation of multiple objects, facilitating complex rearrangement tasks across industrial domains.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (HAO CHEN)		
	(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 石 黒 浩
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>本論文では、複雑な複数オブジェクトの再配置問題に対する作業と動作の同時計画に基づくアプローチを提案する。具体的には、試験管の並べ替えなどの2次元再配置作業と、空間構造の構築などの3次元再配置作業のそれぞれに合わせた、2つの新しい複合計画手法を提案している。本論文の主な貢献は、①試験管並べ替え問題を効率的に解くために、タスクレベルの強化学習と動作計画を組み合わせたフレームワークを提案したこと、②物体検出ネットワークの学習データを自動的に準備するために、観測とデータ合成のパイプラインを開発したこと、③ロボットによる空間配置を構築するための最適なシーケンスを計画するための作業と動作の同時計画手法を提案したこと、ならびに④双腕での組立動作を行うために、運動計画と柔軟なペグ挿入作業における力制御を組み合わせたフレームワークを提案したことである。このフレームワークにより、複数の物体の効率的でロバストなロボットによる操作が実現され、産業分野における複雑な再配置タスクが容易になる。</p> <p>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、①2次元と3次元の再配置問題の本質的な違い、②再配置問題の新規性、③提案手法のより複雑な問題への拡張、④試験管のキャップの認識にYOLOを使う必要性、⑤3本以上のアームを使う必要性などであった。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氏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。</p>		