Osaka University Knowledge Archive

Title	Learning-based Object Manipulation with Collapse Prediction in Clutter
Author(s)	元田, 智大
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/92208
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　元田 智大　）	
論文題名	Learning-based Object Manipulation with Collapse Prediction in Clutter （バラ積みの崩れ予測を伴う学習型物体マニピュレーション）

論文内容の要旨

近年，運搬，組み立て，ピックアンドプレースなどの作業は，昨今の人手不足を背景としてロボットの活用が注目されている。例えば，物流倉庫において棚の商品のピッキングは多大な労力を要する作業であるが，ロボットを用いた自動化技術は，この課題の解決に重要な役割を果たすことが期待できる。しかしながら，物体が一様に整列されていない，つまりバラ積みになった環境では，任意の物体を落下や散乱させることなく安全に操作することは容易ではない。物体がどのような原因で落下するか理解し，対応する適当な行動が必要となる。そこで，一般的なグリッパを搭載したロボットが，バラ積み環境下にある物体を慎重かつ安全に操作するため，深層学習の技術を活用することで，バラ積みの物体が崩れ落ちることを回避するマニピュレーション手法を提案する。

本論文では，ロボットがバラ積み環境下で物体を安全に操作するべく，崩れ予測による学習型マニピュレーションを提案する。まず，バラ積み状態の物体の中から適切に一つを選択して，周囲を崩さずに取り出す問題を検証する。取り出し可能な物体を検出する畳み込みニューラルネットワークモデルを提案する。次に，棚に配置された物体の操作に対する物体の落下及び転倒の可能性を推定する崩れ予測モデルを提案する。崩れの予測を用いて単腕あるいは双腕による操作から従来困難であったバラ積み環境での物体のピッキング並びに補充作業を実現している。最後にバラ積み環境における物体間の支持関係を推論しグラフ構造によって物体の重なりや位置関係を分析する。この分析結果に基づく安全な行動計画は，落下や転倒を引き起こすことなくロボットが物体を取り出すことを達成している。

著者は，経験的に獲得した直観的な分析が日常生活における人間の行動に不可欠であると考えており，対象物をよく観察して適切なロボット行動を選択するアルゴリズムの構築が重要であると考えている。そのため，本論文における観測データに対する物体の崩れ予測や両手操作によるアプローチの提案は，バラ積み環境下で直接的に物体を操作することに着目した点において，重要な貢献である。

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　　名　　（　元田　智大　）		
論文審査担当者	（職）	氏　　名
	主査　　教授	原田研介
	副査　　教授	佐藤宏介
	副査　　教授	細田　耕

論文審査の結果の要旨

本論文は，ロボットが物流倉庫で棚から商品を取り出したり，商品の格納を行う場合に，乱雑に積まれた商品の崩れを予測しながらロボットの動作を計画する手法を提案するものである。特に，①センサ情報に基づく，バラ積みの中の取り出し可能物体の検出，ならびに崩れを生じさせない方向へ対象物をスライドさせる動作計画，②ニューラルネットワークを用いた崩れ予測器の提案，ならびに崩れ予測器を利用した双腕を用いた対象物の取り出し作業，③崩れ予測器と陳列棚の配列の分類に基づく棚への充填作業の計画，ならびに④崩れ予測器を連続的に用いることによるSupport Relationの導出，ならびにSupport Relationに基づく多段階動作計画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物流倉庫での棚からの商品取り出しや商品格納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課題によって軸方向の設定が違っていたこと，②３D画像を用いる必要性，③実験の失敗レベルの評価，ならびに④従来のグラフを用いた方法との差分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．最終審査では元田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．