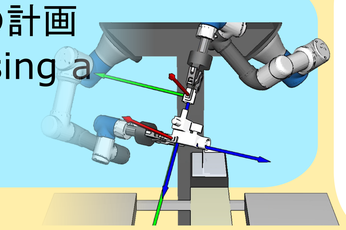
双腕による重力を考慮した平板への対象物配置作業の計画
Planning Placing Objects onto a Flat Plate by using a Dual-arm Robot

○森山 龍太（阪大） | 万 偉偉(ﾜﾝ ｳｪｲｳｪｲ)（阪大） | 原田 研介（阪大）



Planning dual-arm assembly of more than three objects is a challenging Task and Motion Planning (TAMP) problem. The assembly planner shall consider not only the pose constraints of objects and robots, but also the gravitational constraints that may break the finished part. This paper proposes a planner to plan the dual-arm assembly of more than three objects. It automatically generates the grasp configurations and assembly poses, and simultaneously searches and backtracks the grasp space and assembly space to accelerate the motion planning of robot arms. Meanwhile, the proposed method considers gravitational constraints during robot motion planning to avoid breaking the finished part. Inthe experiments and analysis section, the time cost of eachprocess and the influence of different parameters used in theproposed planner are compared and analyzed. The optimalvalues are used to perform real-world executions of various robotic assembly tasks. The planner is proved to be robust and efficient through the experiments.

研究背景

ロボットによる製品の組立作業

◈単腕ロボットでは，作業領域への物体の移動や固定が必要

↓

作業時間が増大

↓

双腕ロボットを使用

利点

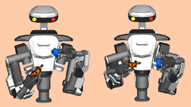
組み立て時間の短縮

問題点

仮組した部品が重力で落下

解決法

組立時に部品の①,②で重力平衡を考慮

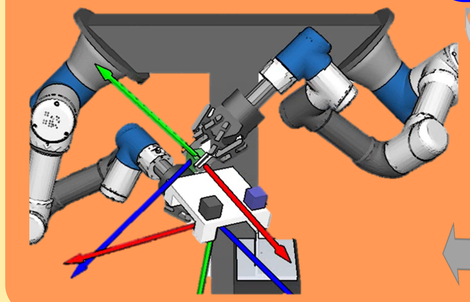


①組立姿勢探索

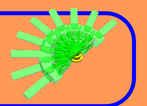
②動作計画

双腕を使い複数の対象物を重力平衡と衝突を考慮して平板へ配置する

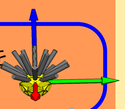
平板上へ対象物を配置



1-1 ハンドの把持姿勢DB

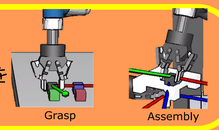


1-2 対象物の重力平衡を考慮した配置姿勢



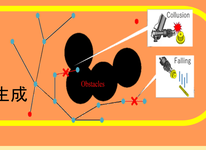
2-1 IK探索

対象物の重力平衡と衝突を考慮しつつ、IKを探索



3 軌道計画

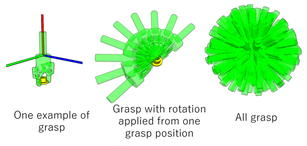
軌道計画中に対象物の重力平衡を考慮し，パスを生成

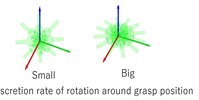


1-1 把持計画

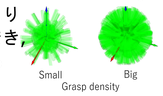
対象物ごとの把持姿勢を全て計算し，データベースへ保存

対象物ごとに衝突のない把持姿勢を抽出



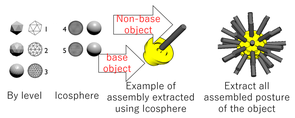


パラメーターを調節することにより把持数を容易に変更することができ，探索時間を削減することができる

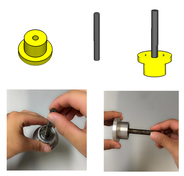


1-2 対象物の配置姿勢抽出

対象物の配置姿勢を導出する手法としてIcosphereを用いるIcosphereの頂点に対してアプローチ方向を考慮し導出する



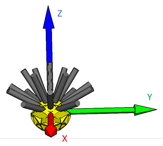
対象物1 対象物2 完成品



組立姿勢の例

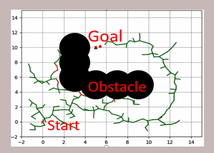
重力平衡を考慮

ベース対象物を対象物1とし，重力平衡を考慮して配置姿勢を抽出



3 重力平衡を考慮したRRT

[RRT](Rapidly-exploring Random Tree)
障害物を避けるよう初期位置から目的位置へ木を使ってPathを探索



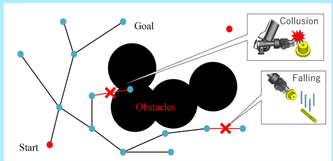
しかし

RRTで発見されたPathの最中で非ベース対象物が落下する可能性がある

重力平衡を考慮

対象物の配置姿勢より，接触面の複数の法線ベクトルの中から平行にならない方向を落下方向と指定する

障害物に衝突するノードを削除するのと同様に，重力平衡が満たされず，対象物が落下するノードを削除する



2-1 把持・配置姿勢の探索

対象物の組立姿勢より重力平衡を考慮して一つ選択する

↓

左右のハンドをそれぞれ把持計画で得られた姿勢に対して配置姿勢を導出する

↓

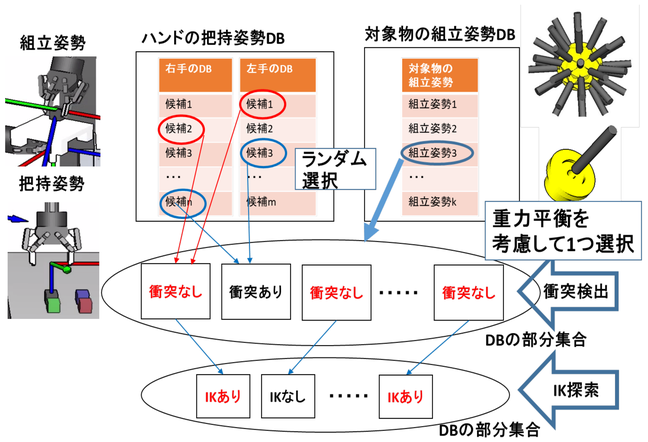
左右のハンドのDBよりランダムにペアを作りDBの部分集合とする

↓

DBの部分集合に対して衝突検出とIK探索を行う

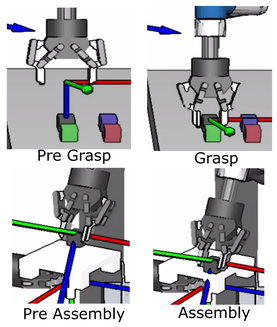
↓

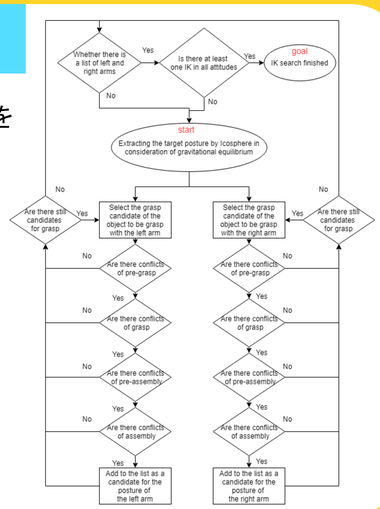
軌道計画



2-2 探索のフローチャート

下記の姿勢のIKを重力平衡を考慮しながら探索

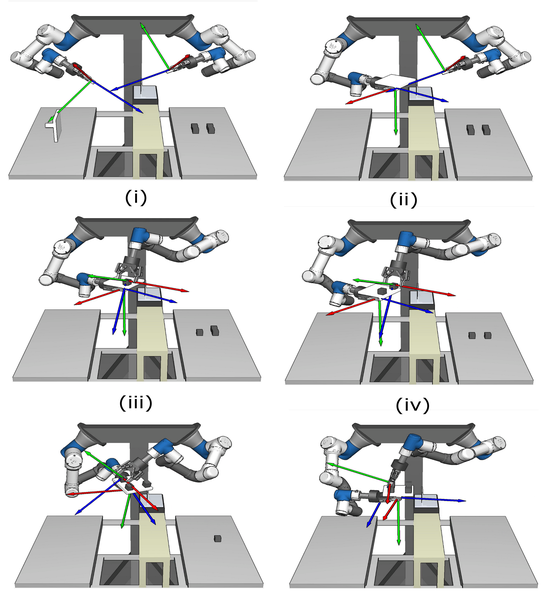


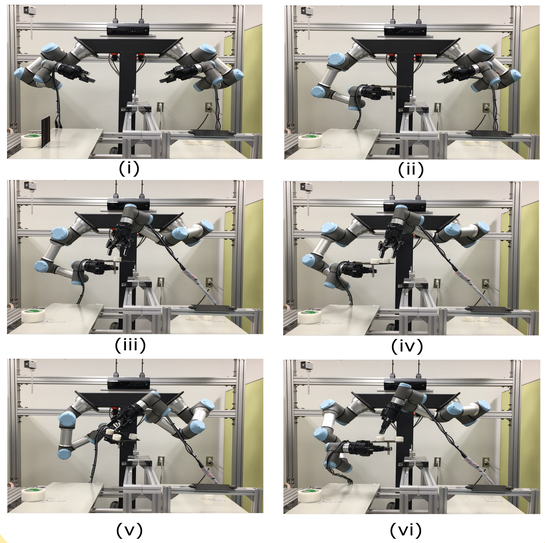


実験

平板へ対象物を落下せずに配置に成功

重力平衡の制約を緩和することにより，(v)のような斜めの姿勢も発見することができる





まとめと今後の展望

[まとめ]
- 双腕による重力を考慮した配置作業計画を提案
- 重力平衡を考慮した複数の対象物の平板への配置

[今後の展望]
- 力制御を含めたプランニング
- 制約の自動導出