

## 論文内容の要旨

博士論文題目 Rearranging Tasks by a Robot Using Motion Feasibility and  
a Monte Carlo Tree Search

(モーションフィージビリティとモンテカルロ木探索を用いた  
ロボットによる片づけ作業)

氏 名 URIGUEN ELJURI Pedro Miguel

(論文内容の要旨)

In this dissertation, I focus on how to solve the problem of rearranging tasks with a robot. Developing a method to obtain the sequence of robot actions to manipulate items in an environment to realize a rearranging task while explicitly considering the motion capabilities of the robot. The resulting solution has a high success rate because it only uses actions that can be performed by the robot.

First, I propose to combine symbolic planning with motion planning to generate a sequence of instructions and confirm them before the execution with the robot. I propose to use a Motion Feasibility Checker (MFC) to verify if an instruction can be executed with the robot. This is achieved by estimating the final pose of the item if the robot executed the instruction if the item was picked and placed with a set of pick and place poses. The MFC uses a set of feasible poses stored in a feasibility database, which is created in advance to know the poses the robot end-effector can reach in the environment. A feasible pose is a pose of the end-effector where the robot can perform a pick or place maneuver.

Second, I propose to use the MFC with a Monte Carlo Tree Search (MCTS) to search for a solution to the rearranging task in a tree with possible states of the environment. Each state in the tree is the result of an action of the robot. The combination of symbolic planning with motion planning is achieved when the MFC verifies the instructions of the MCTS.

The MCTS prunes the tree using the output of the MFC to keep only valid states. As the tree only has valid states, the path of states selected by the MCTS should also be valid and the robot should be able to execute them.

Finally, I evaluate our proposed method by doing a shelf rearranging task in a convenience store setup. We compare our proposed method to a conventional approach (i.e., symbolic and motion planners are independent) and to a conventional approach that uses the MFC. We evaluate the results based on the task completion time and a score assigned to the rearrangement task based on some rearranging rules. The proposed method uses more time to find the solution, but the obtained score is higher than the scores of the other methods.

氏 名	URIGUEN ELJURI Pedro Miguel
-----	--------------------------------

### (論文審査結果の要旨)

本論文では、ロボットを用いた陳列タスクの問題解決に焦点を当てている。ロボットの運動能力を明示的に考慮しながら、陳列タスクを実現するために、環境内のアイテムを操作するための動作シーケンスを求める手法を開発した。

本研究の貢献は2つある。第一に、データベースから得られた事前に計算されたポーズを用いて、ロボットが実行する指示を検証するためのモーションフィージビリティチェック (MFC) である。第二に、モンテカルロ木探索 (MCTS) と MFC を用いて、シンボリックプランナとモーションプランナを組み合わせる陳列タスクを解く手法である。以下に、それぞれの貢献について簡単に説明する。

1. モーションプランナーを用いて事前に計算された有効なポーズのセットを用いることで、モーションプランニングが失敗する可能性のあるポーズに時間を費やすことを回避することを提案している。MFC は、事前に計算された姿勢情報を用いて、ロボットでの操作中のアイテムの中間状態を推定し、命令の実行可否を判断する。
2. MCTS をシンボリックプランナとして用い、MFC を用いて木の状態を検証することで、陳列タスクを解決する方法を提案している。MCTS は、MFC によって決定された有効な状態間の木探索のみを行う。MCTS の利点は、いつでも解を見つけることができることである。ツリー内のすべての状態が事前に検証されているため、見つけた解はロボットで直接実行することができる。

さらに、コンビニエンスストアでの棚替え作業を行い、提案手法の評価を行っている。提案手法を従来の手法 (シンボリックプランナとモーションプランナが独立している) と MFC を用いた従来の手法と比較し、タスク完了時間と陳列タスクに付与されたスコアを評価している。その結果、提案手法は解を見つけるのに時間がかかるものの、得られるスコアは他の手法よりも高いことが明らかになった。

本研究では、陳列作業を解決するための新しい手法を示しており、情報科学へ貢献するところが少なくない。よって本論文は、博士 (工学) の学位論文としての価値があるものと認める。