

過去の経験を利用したロボットシステム配置設計最適化アルゴリズムの提案

近年の製造業において、産業用ロボットは溶接、組み立て、塗装、運搬等の様々な作業を行っている。これらの作業の実行にあたって、ロボットの動作計画や力の制御に加えて、ベルトコンベア等の周辺機器をロボットに対してどのように配置するかといった、周辺機器配置は生産効率に大きな影響を与える重要な要素である。すなわち、たとえロボットが同じ作業を行うにあっても、対象物やその他の機器との位置関係によって、ロボットが実行する動作や軌道は変化し、それによってサイクルタイムも大きく変動することになる。

しかしながら、従来研究では、周辺環境の情報が与えられた状況下での動作効率最適化が重視されており、周辺環境も含めて生産効率を向上させるアルゴリズムに関しては、未解決な問題が多く存在していた。本研究では、重要なロボット作業であるピックアンドプレース課題(図 1)を対象として、ロボットの動作計画と周辺機器の同時最適化を行うアルゴリズムを開発した[1]。

具体的には、本研究では主に以下に示す二つの点に着目し、提案手法の開発を行なった。まず、我々がこれまで行なった研究[2]を基にして、配置と動作計画という複合最適化問題を効率的に解くために、配置設計の最適化を行う層と動作計画を行う層の二つの層から成る階層的なアルゴリズムを開発した。具体的には、上位の配置設計を行う層において、動作計画の結果得られた動作効率(軌道の長さ)を基に配置の生成を行うという手順を繰り返し行うことで、ロボットの動作効率を最大化する配置の同定を試みた。またさらに、二つ目の着眼点として、複合最適化問題における計算量の削減のために、過去の最適化や計算の結果を利用する、経験ベースの手法をそれぞれの階層に採用した(配置設計:[3], 動作計画:[4])。すなわち、最適化や動作計画の結果をデータベースとして保存し、類似問題を解く際に利用することで、計算時間の短縮を図った。

結果として、図 2 に示すようにシミュレーション実験から提案手法の有効性が示された(図 2 左が提案手法に相当)。今後は異なるロボット間での経験の利用を可能にする等、提案手法のさらなる改善を行っていく予定である。

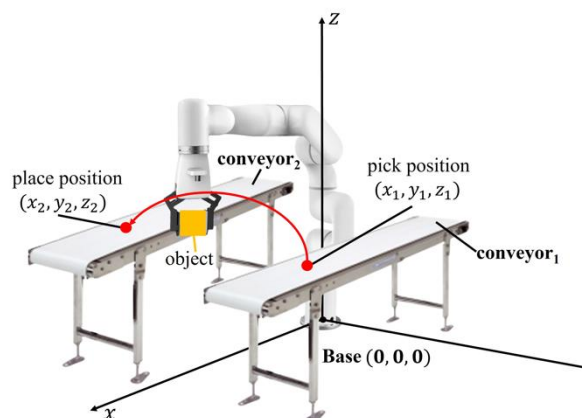


図 1. ピックアンドプレースシステムの例。

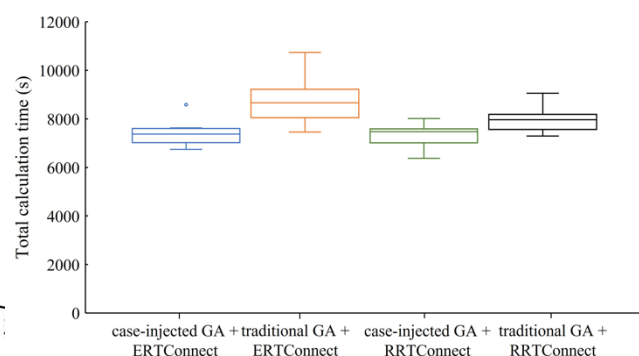


図 2. シミュレーション実験の結果

Keywords: ロボット動作計画, 配置設計, experience-based learning

References

- [1] Lu, Jiayi, Takamido, Ryota, Wang, Yusheng, Ota, Jun. (2024). How to arrange the robotic environment? Leveraging experience in both motion planning and environment optimization. *Frontiers in Robotics and AI*. 11, 1468385 1-12. 10.3389/frobt.2024.1468385
- [2] Gueta, L., Chiba, R., Ota, J., Arai, T., and Ueyama, T., "Design and optimization of a manipulator-based automated inspection system," *SICE Trans. on Industrial Application*, vol.6, no.6, pp. 41-51, 2007
- [3] Louis, Sushil J., and John McDonnell, "Learning with case-injected genetic algorithms," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol.8, no. 4, pp. 316-328, 2004.
- [4] Pairet, Èric, Constantinou Chamzas, Yvan Petillot, and Lydia E. Kavraki, "Path planning for manipulation using experience-driven random trees," *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol.6, no. 2, pp. 3295-3302, 2021.