

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	設備自動点検のための異種ロボット群タスク割り当て最適化
Title(English)	Optimal Task Assignment for Automatic Equipment Inspection with Heterogeneous Robots
著者(和文)	岡田優也
Author(English)	Yuya Okada
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第266号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:畑中 健志,早川 朋久,三平 満司,倉林 大輔,山北 昌毅
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第266号, Conferred date:2025/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

論文要約

THESIS OUTLINE

系・コース： Department of, Graduate major in	システム制御 システム制御	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	岡田 優也		審査員主査： Chief Examiner	畑中 健志 教授	

要約

Thesis Outline

工場における設備点検は、製品の製造や品質の確保のために極めて重要である。しかし、設備の老朽化に伴う点検負担の増大や、点検に必要な人材の高齢化・減少が課題となっている。この課題を解決する方策として、ロボット群を活用した設備点検の自動化が挙げられる。自動化により、点検作業の省人化だけでなく、信頼性の向上や作業時間の短縮が期待される。

ロボット群による点検作業を実現するためには、各ロボットに対する適切な作業分担を決定する必要がある。この問題は、複数ロボット群のタスク割り当て問題 (Multi-Robot Task Allocation: MRTA) として広く研究されている。しかし、MRTA は計算負荷が高く、大規模な工場環境では問題の複雑化や求解時間の増大が実運用上の課題となる。そこで、本論文では、大規模な工場設備自動点検システムの構築に向け、異種ロボット群を対象としたタスク割り当て最適化問題を定式化し、効率的な求解手法を提案する。

はじめに、工場における点検作業やロボットの仕様をもとに遵守すべき規則と制約を、ロボットの割り当てを意味する論理変数を用いて、論理式によって表現する。つぎに、これらの論理式を、先用意した論理変数の真偽を0-1で表現したバイナリ変数を用いて不等式へ変換する。変換した不等式を制約とし、すべての点検項目を早期に達成することを意図する目的関数を最小化するタスク割り当て最適化問題を定式化する。さらに、定式化したタスク割り当て最適化問題によって得られる解が妥当であることを数値シミュレーションによって確認する。一方、工場の大規模化にともない、求解が困難となることを指摘する。

つぎに、大規模問題に対しても、タスク割り当て最適化問題の実行可能解を実用的な計算時間で算出する効率的な最適化手法を提案する。まず、ロボットの作業空間を複数の領域に分割し、タスク割り当て最適化問題について、ロボットを領域とタスクに割り当てる上層と、領域ごとにロボットを点検箇所割り当てる下層に分割した階層型のタスク割り当て最適化問題を定式化する。このとき、上層ではロボットの領域間での移動を最小化し、下層ではすべてのタスクがより早く終了する最適化問題を設計する。つぎに、単純に問題を分割しただけでは、上層の最適化問題で得られた解によっては、下層の最適化問題の実行可能解が存在しない場合があることを示す。この不可解性を回避するため、上層の最適化問題に新たな制約を追加する。

さらに、数値シミュレーションによって提案手法が与える解の妥当性を確認するとともに、分割前の最適化問題を計算した結果と比較し、求解効率を検証する。

最後に、異種ロボットの性能差を考慮した、より現実的なタスク割り当て最適化問題を考察する。まず、ロボットの速度差から、単位時間内に点検可能な数を作業効率パラメータとして定義し、そのパラメータを先に提案した階層型タスク割り当て問題に組み込む。つぎに、このアドホックな修正では階層型最適化問題でも解を得られない場合があることを例証する。この不可解性を回避するために、ロボットが割り当てるタスクの数を追跡する変数を用意し、新たな最適化問題を提案する。このとき、新たに用意した変数によって、ハイブリッドシステムの動的制約に基づいた最適化問題に帰着できることを示す。最後に、提案手法を数値シミュレーションによって解の妥当性を確認する。