



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Novel Algorithms for Multi-Robot Path Planning, Task Coordination, Mapping and Localization in Indoor Environment [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	RAVANKAR, ABHIJEET
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12762号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65415
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Abhijeet_Ravankar_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 RAVANKAR ABHIJEET

審査担当者 主 査 教 授 小林 幸徳
 副 査 教 授 梶原 逸朗
 副 査 教 授 近野 敦 (情報科学研究科)

学位論文題名

Novel Algorithms for Multi-Robot Path Planning, Task Coordination, Mapping and Localization in
Indoor Environment
(室内環境におけるマルチロボット経路計画、タスク協調、環境地図構築及び自己位置同定のアル
ゴリズム開発)

本論文は、室内環境におけるマルチロボットの経路計画、タスク協調、環境地図構築と自己位置同定問題 (Simultaneous Localization and Mapping problem, 以下 SLAM 問題) に対する独創的なアルゴリズムを研究しており、以下の 4 つの重要な問題について述べている。

第 1 は、複数のロボットが経路上で交差したり同じ経路を移動したりする場合に生じる、滑らかな経路生成や衝突防止の問題である。

第 2 は、マルチロボットが共通の経路や共用ステーションを利用する際の自律的な優先順位決定の問題である。

第 3 は、動的に変化する周辺環境におけるマルチロボットによる自律的な環境探索と作業分散の問題である。

第 4 の問題は、エンコーダーやセンサの不確かさによって完全な自己位置同定が困難なことであり、マルチロボット系では、'blind leading the blind' の問題が生じる可能性がある。以上の課題に対して、特徴抽出に基づく SLAM アルゴリズムが広く研究されているが、より効率的な経路計画のためには、ロバストな SLAM アルゴリズムの開発が重要である。

本論文は全 8 章で構成されており、以下にそれぞれの章の概要を示す。

第 1 章は序論であり、マルチロボットシステムに関連する背景や問題について述べている。その中で、マルチロボットにおける 4 つの問題間の相互関係と本論文の構成について述べている。

第 2 章では、マルチロボットに対する滑らかでかつ衝突回避も考慮した経路生成である Smooth Hypocycloidal Paths を提案している。そして、経路上に障害物が動的に置かれる問題に取り組み、ローカルな通信によって当該ロボットのための障害物回避経路を生成するとともに、全てのロボットが最新の地図情報に更新できることを実験によって検証した。

第 3 章は、マルチロボットに対する知的な共用資源マネージャーを提案している。このマネージャーは、各ロボットのタスク優先度とバッテリー残量レベルから計算されるスコアに基づいて充電ステーションを利用する優先度を決定する。また緊急時には、しきい値を超えてバッテリー残量レベルが低下したロボットに対して、ステーション利用の優先度を動的に与えると同時に、ステーションまでの経路を適切に割り当てることができる。

第 4 章は、マルチロボットに対するタスク協調と環境地図構築の問題を扱っている。ここでは、

道標フェロモンの誘引と反催淫フェロモンの間の反発挙動を組み合わせたハイブリッドなフレームワークを提案している。ロボットの経路はフェロモンが置かれたノードを経由することで与えられ、フェロモンの配置はロボットの位置の不確かさを考慮して決定される。提案手法によれば、マルチロボットが陽にプログラミングすることなく、知的に協調動作を実施することをシミュレーションと実験によって示している。

第5章は、ロボットの姿勢の不確かさをモデル化したフェロモンの配置アルゴリズムについて述べている。このアルゴリズムは、追従ロボットに対して先行ロボットに関する追加情報を提供する。そして、狭い領域における強いフェロモンは、先行ロボットの位置情報が正確であることを示し、弱く消散したフェロモンは、先行ロボットが自己位置に関して不確かであることを示した。

第6章では、複数ロボットが同じゴールを目指す際に有効なヒッチハイキングの概念を提案している。ヒッチハイカーロボットは、経路計画、自己位置同定、動的な障害物回避、地図情報の更新に対して、個別の演算を必要としない。ここでは、ヒッチハイキングが成立するための条件を整理し、ドライバーロボットを見失った場合においてもヒッチハイカーロボットが自己位置を同定可能とするアルゴリズムを提案している。

第7章では、レーザーレンジセンサのデータから特異値分解と Hough 変換を用いて線分を抽出する効率的なアルゴリズムを提案している。特にホッピングと呼ばれる手法を導入して高速かつ高精度に線分セグメントを抽出可能としている。そして、提案手法は Iterative Closest Points アルゴリズムのようなポイントマッチングアルゴリズムが、測定点数の増加とともにパフォーマンスが低下する欠点を解消することを明らかにした。

第8章は総括であり、本論文で得られた研究結果をとりまとめている。

これを要するに、著者は、多数の移動ロボットが屋内環境を連続的かつ自律的に移動するために必要な多くのアルゴリズムを提案し、SLAM 問題において極めて有益な知見を得たものであり、ロボット工学の進歩に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。