



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Probabilistic Approaches and Algorithms for Indoor Robot Mapping in Structured Environments [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Ravankar, Ankit
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12021号
Issue Date	2015-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/59928
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Ravankar_Ankit_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 Ankit

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 大橋 俊朗
 副 査 教 授 金子 俊一 (情報科学研究科)
 副 査 准教授 江丸 貴紀

学位論文題名

Probabilistic Approaches and Algorithms for Indoor Robot Mapping in Structured Environments
(確率論的手法とアルゴリズムに基づく 構造化された環境における屋内ロボットの地図構築)

本論文は, 室内移動ロボットが連続的かつ自律的に行動するために必要な, 自己位置同定と地図生成を同時に行う SLAM 問題 (Simultaneous Localization And Mapping problem) に関する研究において, 以下の 3 つの重要な手法について述べている.

1. 各種のフィルタを用いた自己位置同定: レーザーレンジファインダ (LRF) による計測データに対して, 拡張カルマンフィルタ, パーティクルフィルタやグラフ理論を用いる確率的な自己位置同定について述べている. そして, コーナーなどの 2 次元の特徴点と 2 次元の線分 (line segment) をロバストな地図生成のために用いる新たなアルゴリズムを提案している.
2. 地図構築のためのクラスタリング: 大規模環境における長時間にわたる連続的地図生成に取り組み, LRF のデータのクラスタリングによる正確な地図構築のための有用な手法を提案している.
3. RGB-D センサによる 3 次元地図生成: 雑然としたエリアにおいて正確な地図を構築するために, RGB-D センサの深度情報から高速に特徴を抽出できる視覚アルゴリズムを提案している. そして, 2 次元の自己位置同定方法を組み合わせて用いることによって, 大規模エリアにおける正確な 3 次元地図作成を実現している.

これらの方法は屋内環境においてあらゆる種類の車輪型移動ロボットに適用可能であり, 正確な目的地到達問題の解決に寄与するものである.

本論文は全 7 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, SLAM 問題についての概要を説明し, 本論文に関連する従来の研究について述べている.

第 2 章では, SLAM 問題で用いられる様々な確率的フィルタに関する概要を説明している. 特に, 拡張カルマンフィルタ (EKF), パーティクルフィルタ, グラフ理論に基づくフィルタについて詳細を記述している.

第 3 章は, LRF によって得られる距離データから, コーナーと線分からなる重要な特徴を抽出する方法の詳細について述べている. また, EKF SLAM で用いられる終端の点群とコーナーの点群の間の共分散を求める方法についても述べている.

第 4 章は, LRF データから特徴を抽出し, 線分によって地図を構築するための独創的なクラスタリング手法を提案している. ここでは, データ点の密度に基づくクラスタリングと画像処理で用いられ

る数学的形態学的手法が,LRF データに対するノイズ除去において有効であることを示している. また, 空間におけるクラスタリングの適用によって, 直線で構成される地図生成のための新たなアルゴリズムを提案している. ついで,Hough 領域におけるクラスタリングを用いる地図生成に対する新しいアルゴリズムを提案している. 最後に, サーバーから遠隔でロボットに適切なカーネル(プログラム)を送信して更新する新たな枠組みについて述べている.

第 5 章は, 第 2 章で取り上げた方法を用いた SLAM アルゴリズムの定式化を述べている. まず, コーナー特徴点を有する地図を線分に基づいて構築するための EKF アルゴリズムについて述べている. ついで, パーティクルフィルタを用いる占有グリッドマッピング法を提案し, 実環境における結果を用いて考察している. また, 通常のスキャンマッチングと Iterative Closest Point (ICP) 法による結果についても論じている. さらに, グラフ理論を loop closure と長時間大規模地図生成の問題解決に適用し, 優れた成果を得ている.

第 6 章では, RGB-D センサを用いた SLAM 問題での 3 次元地図生成に取り組んでいる. ここでは,RGB-D センサの深度情報から 3 次元の特徴点を抽出するために, 視覚アルゴリズムである Scale Invariant Feature Transpose (SIFT) と Speeded Up Robust Features (SURF) を導入している. そして,3 次元 ICP 法を, 最適化されたグラフ理論とともに, 点群から環境のロバストな 3 次元マップを構築するために用い, 高速かつ正確な 3 次元地図生成を可能としている.

第 7 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, 移動ロボットが構造化された屋内環境を連続的かつ自律的に移動するために必要な,2 次元および 3 次元の正確な地図構築のための手法を提案し,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.