

複雑環境におけるロボット走行パスの自動生成技術 Path Planning for Robot in Real Field

件 小軍¹⁾ 横張 和也¹⁾ 谷田 隆一¹⁾
Xiaojun Wu Kazuya Yokohari Ryuichi Tanida

1 はじめに

近年家庭用掃除ロボットをはじめ、自律走行ロボットが普及し始めている。特に屋内環境で作動するものが身近になったと言える。屋内の場合、ロボットの走行パスに関する条件は大きく次の2種類に分けられる。

- 条件 1** 障害物を避けながら、なるべくエリア全体をカバーする。
条件 2 通行可能なところを、なるべく最短距離で目的地に到達する。

しかし、屋外などの実環境の作業ロボットの場合、ロボット自体の運動性、エリア内の障害物の分布、および地形の勾配など多くの環境要因が加わる。そのため、効率的にロボットを走行させるには、より複雑な走行条件が発生する。いくつかの具体例を挙げる。

- ・斜面などのところは、登る方向を減らす。
- ・エリア内に障害物が多くても、急転回せず、スムーズに障害物を避ける。
- ・燃費などの観点から、なるべく直線パスで移動。

本論文では、このような複雑条件における走行パス生成を目指す。エリアマップの解析に基づき、複雑条件を段階的に対応する手法を提案する。

2 従来手法

屋内ロボット向け、従来から考案された走行パス生成手法を紹介する。前述の**条件 1, 2**をそれぞれ満たすように、Flood Fill法[1]とRRT(Rapidly exploring Random Tree)法[2]である。

2.1 Flood Fill法

Flood FillとはCGの描画アルゴリズムである。一定の形状を隙間なく塗りつぶす際によく用いられる手法である。

- ・形状内任意の未着色ピクセル1つを対象とし、対象ピクセルを塗る。
- ・対象ピクセルの近傍を順に新たな対象とし、それぞれについて次の処理を行う。
 - すでに着色の場合はその対象での探索を終了。
 - 未着色の場合は対象を塗り、さらに近傍を順に新たな対象とし、それぞれについて次の処理を行う。
 - *すでに着色の場合はその対象での探索を終了。
 - *未着色の場合は対象を塗り、さらに近傍を順に新たな対象とし、それぞれについて次の処理を行う。
 - ・すでに着色の場合は……

形状内のすべてのピクセルが塗られるとアルゴリズムが終了する。文献[1]の提案以降、CG分野でその関連や派生アルゴリズムが多く提案されてきた。上記はそ

の基本的考え方に過ぎない。以降これらを総じて Flood Fill法と呼ぶ。色塗りの軌跡を走行パスに応用した場合、前述**条件 1**を満たすことができる。実際家庭用掃除ロボットではこの種類のアルゴリズムがよく用いられる。Flood Fill法による走行パス生成はカバー率を満たす代わりに、エリア(形状)内に障害物が散乱する場合、ジグザグのパスになってしまう欠点がある。

2.2 RRT法

RRTは、スタート点とゴール点のどちらか、或いは両方を初期ノードとし、そこから一定距離(step size)離れた範囲でランダムにノードを増やし、ノードのつながりから到達パスを探索するアルゴリズムである。RRTをより効率的に改良したRRT*[3]アルゴリズムをはじめ、たくさんの派生法が提案された。以降では、これらをRRT法と呼ぶ。**条件 2**では、ロボットのゴールまでの移動距離に重みを置くため、RRT法は有効である。

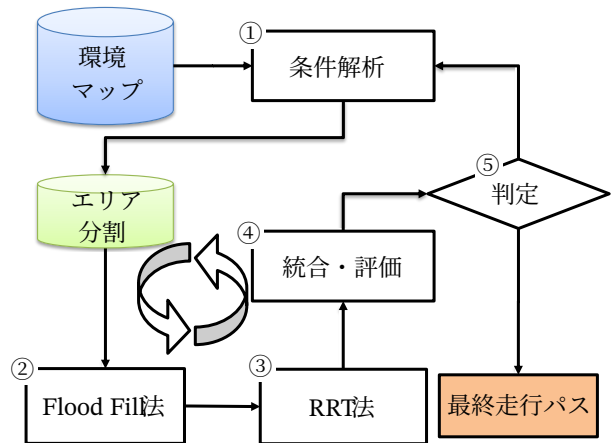


図1 提案手法の処理フロー

3 提案手法

屋外の作業ロボット向け、従来手法単独では複雑な条件を満たすことはできない。Flood Fill法は走行パスの軌跡のカバー率を優先し、RRT法は走行パスの最短距離を優先する手法と言える。これらの特徴を活かし、屋外の環境マップを事前解析に基づき、段階的にFlood Fill法とRRT法を組み合わせる手法を提案する。図1に全体の処理フローを示す。各処理ステップについて説明する。

1. 勾配分布や障害物分布やロボットの走行性能などを解析し、マップを複数のエリアに分割する。
2. 各エリア内について、Flood Fill法による断片パスを生成
3. 障害物を避けRRT法により、断片パスをつなぐ接続パスを生成
4. エリアごとのパスを統合し、全体のカバー率、走行距離について評価

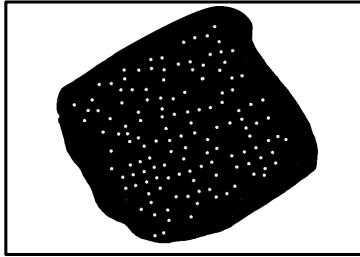
1) NTT 人間情報研究所 NTT Human Informatics Laboratories

5. 評価結果により、エリア分割の再調整か、実行終了。

4 実験

本論文では、図 2 に示すシミュレーション用環境マップを用意した。以降の実験では走行パス生成の入力とする。以下を走行条件として定めた。

- エリアをカバーできるように走行
- なるべく直線パスで走行



黒の範囲は走行エリア，白の丸は障害物を表す

図 2 実験用入力: 環境マップ

4.1 Flood Fill 法のみ適用

比較のため、従来手法の Flood Fill 法のみを用いた場合の結果を図 3 に示す。結果から、カバー率をある程

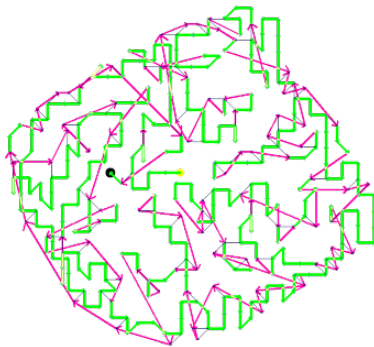


図 3 Flood Fill 法の実行結果

度達成できたが、頻繁に方向転換し、直線走行は実現できない。

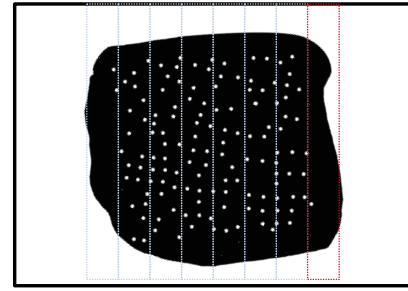
4.2 提案手法の実験

提案手法に沿って、まずは直線走行のため、環境マップについて下記 2 項目の前処理を行った。その結果を図 4(a) に示す。

- マップを解析し、障害物が水平垂直に分布するように回転した。
- 走行範囲を複数矩形領域に分割した。

分割された各領域ごとに、Flood Fill 法を実施し、結果を図 4(b) に示す。比較的直線パスが生成されることが確認できた。

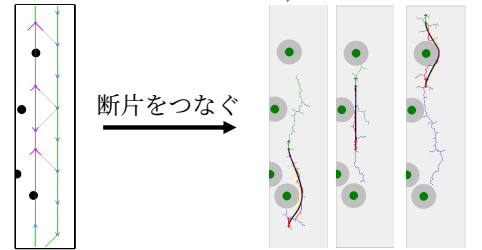
最後に、領域ごとに、断片的なパスをつなぐため、RRT 法を用いた。図 4(c) では、領域内の一部を拡大してパス生成の結果を示す。



(a) 障害物が水平垂直に分布するように回転したマップ



(b) 分割したエリアごとについて、Flood Fill 法の結果



エリア拡大図

RRT による接続パス

(c) RRT 法による断片パスをつなぐ結果

図 4 提案手法の実験結果

5 まとめと今後の課題

本論文では、複雑環境を想定し、段階的に従来手法を組み合わせた走行パス生成の手法を提案した。シミュレーションによって有効性を確認した。今後の課題として、次の項目について取り組む。

- パス全体の統合処理
- 各段階の処理のパラメータ調整
- パス全体の最適化

参考文献

- [1] A. R. Smith: "Tint fill", Proceedings of the 6th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, SIGGRAPH '79, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 276–283 (1979).
- [2] S. M. LaValle, et al.: "Rapidly-exploring random trees: A new tool for path planning" (1998).
- [3] S. Karaman and E. Frazzoli: "Incremental Sampling-based Algorithms for Optimal Motion Planning", CoRR, Vol. abs/1005.0416, (2010).