

Generalized Voronoi Graph を用いた 非ホロノミックな移動ロボットの未知環境探索動作の実現

学 岩井 洋介 正 永谷 圭司 正 田中 豊
岡山大学 システム工学科

Sensor Based Exploration for Nonholonomic Mobile Robot based on Generalized Voronoi Graph

Yosuke Iwai, Keiji Nagatani, Yutaka Tanaka
Systems Engineering Dept., Okayama Univ.

Abstract— Our research goal is to execute sensor based exploration for mobile robot in unknown indoor environment. We apply a standard method of incremental construction of Generalized Voronoi Graph. Once our robot has non-holonomic mechanism, the robot has to modify its course to follow GVG as much as possible. In this paper, we present one method to construct GVG for non-holonomic mobile robot, and show a simple experimental result.

Key Words: Generalized Voronoi Graph, Non-holonomic mobile robot, Mobile robot exploration

1. はじめに

移動ロボットによる未知環境探索動作を実現するための方法として、Generalized Voronoi Graph(以下 GVG と略す)を逐次構築する手法が提案されている¹⁾²⁾。本稿では、この GVG を用いた未知環境探索手法を紹介するとともに、非ホロノミックな移動ロボットがこの手法に基づいた走行するための走行経路の修正方法について検討する。

2. GVG を用いた未知環境探索手法

GVG とは、環境中の 2 つ以上の物体から等距離にある点の集合であり、その環境の骨格を表すものである。理論上、2 次元平面の GVG においては、GVG 上から全ての環境を観測することができるため、GVG を得るということは、環境情報を獲得したということができる。

この GVG を用いた未知環境探索動作の基本手順を以下に示す。

1. GVG へのアクセス

まず、ロボットは、2 つの障害物までの距離が等しくなるまで、最も近い障害物から遠ざかる動作を行う。これにより、GVG 上に移動することができる。

2. GVG のトレース

次に、GVG を逐次構築するため、ロボットは GVG をトレースする動作を行う。このトレース動作は、2 つの障害物までの距離が一定となる方向にロボットを移動させることにより実現する。この動作の概略を Fig.1 に示す。

3. ミート ノードの獲得

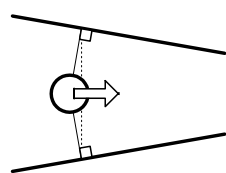


Fig.1 Tracing GVG

3 つ以上の障害物までの距離が等しくなった地点(この地点をミート ノードと呼ぶ)は、GVG が分岐する点である。その地点にロボットが到達した場合、ロボットはこの地点の情報を記憶し、まだ探索していない分岐があれば、これを探索する。

4. GVG の排除

ミート ノードで分岐した GVG に対して、Reduced Generalized Voronoi Graph(以下、RGVG と略す)という手法を適用する(詳細は³⁾を参照)。これにより、障害物と接している GVG は排除される。

5. GVG のバックトラック

ミート ノードにおいて、未探索の GVG が存在しなければ、ロボットは未探索の GVG が存在するノードまで GVG をバックトラックする。

6. 終了条件

2 ~ 5 を繰り返し、全てのミート ノードにおいて、未知探索の GVG がなくなった場合、ロボットは探索動作を完了する。

3. ロボットと環境

3.1 対象とするロボット

本研究では、筆者らの研究室で所有する車輪移動型ロボットを使用する。これは、電動車椅子(MC13P; スズキ社製)をロボット本体とし、走行用モータ及び、装置類の制御用として PC(CPU:200MHz)を搭載している。なお、この移動ロボットは、ステアリング機構により操舵を行うため(最小回転半径約 0.7m)、非ホロノミックな性質を有する。また、ロボット上部にレーザー・レンジ・ファインダ(C8074; 浜松ホトニクス社製)を搭載し、全方位の障害物までの距離情報を 1 秒間に 5 回、角度分解能 0.72 ° で取得することが可能である。

3.2 対象とする環境

実験環境としては、岡山大学自然科学科研究棟 7 階の廊下を対象とした。この環境は、比較的整備された

屋内環境であり、床面にほとんど段差がないため、移動ロボットの走行に支障は出ない。

4. 問題提起

第2節で提示した未知環境探索手法は、拘束のある移動ロボットが走行可能かどうかについては保証しておらず、構築したGVGを走行経路とすることが不可能となる場合もある。

Fig.2は、この問題点を示す一例である。図中の灰色の点はロボットを中心として半径5mまでのレーザ・レンジ・ファインダからの距離情報であり、実線は、距離情報から平らな障害物の境界線を線分で抽出したものを表している。また、印は抽出した線分に基づき100mm間隔で構築したGVGを示しており、灰色の印は、RGVGを適用することにより排除されたGVGを示している。なお、図中の印はミートノードを示しており、この付近において構築したGVGは大きく曲がっている。そのため、この付近では、構築したGVGを筆者らの移動ロボットで正確にトレースすることは不可能である。したがって、できるだけ効率よく走行車にGVG上を走行させるためには、経路修正を行う必要がある。

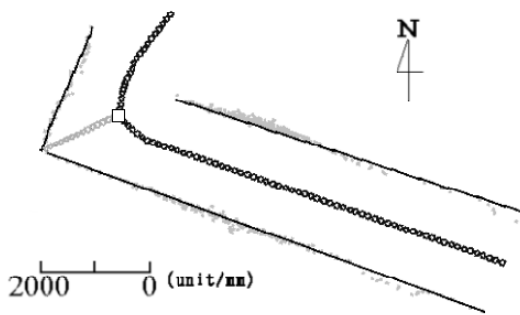


Fig.2 Generated GVG at the corner of corridor

5. 非ホロノミックな移動ロボットのための経路修正手法

非ホロノミックな移動ロボットは、そのロボットの最小回転半径より大きな半径を持つ円弧と線分で構成される経路ならば、その経路をトレースすることが可能である。本研究では、以下の手順に沿って、このような経路の構築を目指す。

1. 線分近似

レーザレンジファインダからの距離情報よりGVGを構築する。次に、構築したGVGを複数の線分に分割する。

2. 円弧の適応

線分に近似したGVGの中で、隣り合う2つの線分に対して、2点で接する円を描く。このときの円の半径は、そのロボットがトレース可能な回転半径以上でなければならない。

3. 走行経路の再計画

1および2で抽出した線分と円弧を適直接続し、移動ロボットの走行経路とする。

このような手順により、GVGから構築された経路を修正することで、非ホロノミックな移動ロボットでも、

ある程度GVGに沿った経路を走行することが可能となる。

この手順を適用した例として、Fig.2に示したGVGを修正した経路をFig.3に示す。図中印は、構築したGVGであり、実線は上述の手法によりGVGを修正したものである。この修正された経路は、本研究で使用したロボットの最小回転半径を持つ弧と、その接線によって構成されている。したがって、Fig.2で示したミートノード付近においても非ホロノミックな移動ロボットが走行することが可能となる。

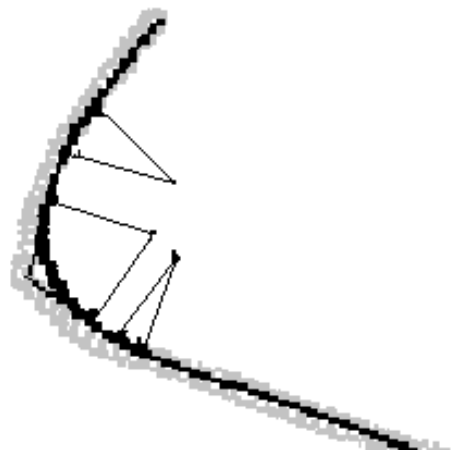


Fig.3 Modified course for Non-holonomic Mobile Robot

なお、ここでは、構築したGVGから線分の抽出を行った後、適用する円弧にはロボットの最小回転半径を用いた。

6. まとめと今後の課題

本稿では、GVGの逐次構築による未知環境探索手法を紹介し、さらにこれを非ホロノミックな移動ロボットに適用した場合の経路修正方法について述べた。非ホロノミックな移動ロボットのにおいても、本稿で述べた手法で構築した走行経路上の点をトレースすることにより、ある程度GVGに基づいた走行経路での未知環境探索動作の実現が可能となることが期待できた。

また、今後の課題としては、ロボットがノードの分岐点に戻ってくる場合などのロボットの姿勢を考慮した非ホロノミックな移動ロボットのための未知環境探索手法が挙げられる。

参考文献

- 1) H.Choset and I.Konuksven and A.Rizzi: "Sensor Based Planning: A Control Law for Generating the Generalized Voronoi Graph", Proc.of IEEE Int. Conf.on Autonomous Robots,1997.
- 2) 永谷 圭司, Howie Choset "Generalized Voronoi Graphを用いた移動ロボットの未知環境探索 — 構築中のグラフ上での自己位置推定方法 —" 第17回日本ロボット学会学術講演会, 1999-09
- 3) Keiji Nagatani and Howie Choset: "Toward Robust Sensor Based Exploration by Constructing Generalized Voronoi Graph", Proc.of IEEE Int. international Conf.on Interigent Robots and Systems,pp1687-1692,1999.