

指定経路を追従する移動ロボットのための 障害物回避走行アルゴリズム

○高 承明, 大矢 晃久, 油田 信一 (筑波大学)

Obstacle Avoidance Algorithm for Mobile Robot Running on the Planned Path

○Gao ChengMing, Ohya Akihisa, Yuta Shin'ichi (Univ. of Tsukuba)

Abstract—This paper describes obstacle avoidance algorithm by the information obtained with the SOKUIKI sensor for mobile robot running on the planned path. The algorithm is based on the distance transform method which is related to the grid of the two-dimensional space. By changing the weights of the appointed path and the other weights, the constructed algorithm will let the robot run along the appointed path. This paper shows the details of the algorithm and the result of the experiment with the mobile robot.

1. はじめに

近年、人間が生活する環境の下で、ロボットが人間の手を加えることなく、与えられたタスクを自律的に遂行し続けることが求められている。例えば、巡回警備ロボットやナビゲーションロボットなどが挙げられる。これらは、あらかじめ設定した走行経路を追従し、目的地から目標地まで自律走行することが一般的である。走行中に、外界センサを用いて、ロボットが自律的に障害物回避などを行う技術は向上している。一方、指定した走行経路を追従する際に、障害物回避における経路計画の決定手法については、まだ発展の余地があると考えられる。

本研究では、ロボットが予め設定した経路に沿って走行することを目標として、測域センサ [1] で得られる情報から障害物を回避する走行アルゴリズムを提案する。本走行アルゴリズムでは、ロボットが走行する二次元空間のグリッド上における Distance Transform 法 [2][3] を基本とするが、指定経路上とそれ以外の重みを変えることで、なるべく指定経路上を走行するようなアルゴリズムを構築した。本稿では、主に本走行アルゴリズムの詳細及び実ロボットを用いた実験の結果を示す。

2. 走行アルゴリズム

ロボットがあらかじめ設定した経路を走行中に、障害物を検出した後に、どのように回避行動を行うのか、また回避行動を行った後に、どのように指定経路に戻るのかも問題となる。上述の問題を解決するには、ロボットが指定経路まで辿る経路を計画することが考えられる。

2.1 障害物のプロット及び指定経路の表示

本走行アルゴリズムは、ロボットが走行する二次元空間のグリッド上における Distance Transform 法 [2][3] を基本としている。まず、二次元空間をグリッドとして表

現する。つまり、各グリッドが実世界のある正方形領域を表すこととする。また、ロボットが通過できる経路の幅を十分に確保するため、検出された障害物の位置に対してある一定の大きさの円を表示する。そして、グリッド上に表示できる二次元空間の範囲内で既定経路を表示し、その経路上でロボットから最も遠いところをゴールグリッドと設定する (Fig.1)。

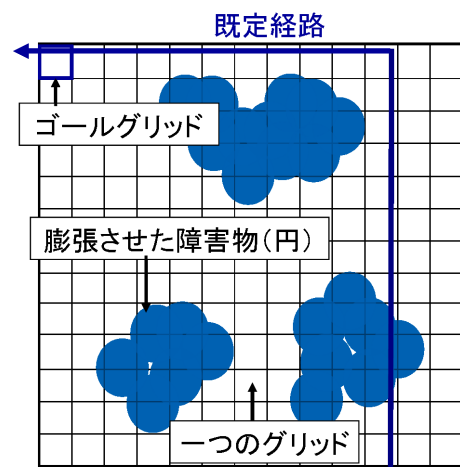


Fig.1 Obstacle plot

2.2 走行可能・不可能領域判定

次に、各グリッドにおける障害物の存在状況により、走行可能・不可能領域を判別する。Fig.2 において、黒塗りのグリッドには、検出された障害物が存在しており、走行不可能領域と設定する。また、ロボットの自己位置 (表示範囲の中心とする) をスタートグリッドと設定する (Fig.2)。

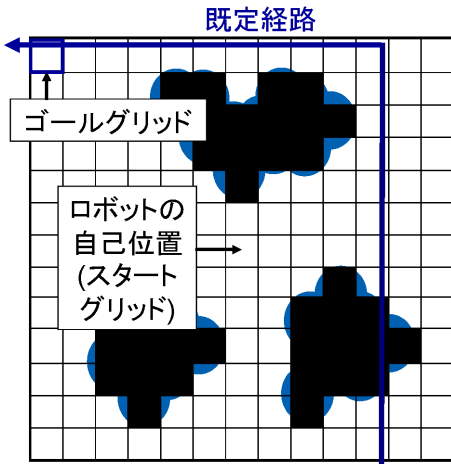


Fig.2 Obstacle judgment



Fig.3 Path generation (the same weight)

2.3 重み付け及び経路生成

本来 Distance Transform 法による基本的な経路生成の方法として、まずロボットの自己位置であるスタートグリッドに重み0をつけ、スタートグリッドからの距離により、各グリッドに重みをつけていく (Fig.3)。但し、走行不可能領域と判別したグリッド (黒塗り) には、重みは付けない。そして、すべてのグリッドの重みが計算された後に、各グリッドの4近傍のグリッドの中で、重みが自分より1小さいグリッドを探索することにより、ゴールグリッドからスタートグリッドまで逆順に辿り着くことができる。これによって、ゴールグリッドまで辿る経路が生成される (Fig.3)。

しかし、上記の手法ではゴールグリッドからスタートグリッドまで逆順に辿り着くことで経路を生成しているが、生成した経路が既定経路に沿うとは限らない。例えば、生成した経路は Fig.3 に示すようになってしまい、既定経路に沿うことができない場合がある。

本研究では、ロボットができるだけ前もって計画された既定経路に沿って走行することを目標として、Distance Transform 法をベースに、既定経路上とそれ以外の重みを変えることにより、経路をなるべく既定経路に沿って生成する方法を提案する。

具体的な手法として、まず、一つのグリッドの4近傍のグリッドに対し、既定経路上にあるグリッドでは +1 を、既定経路上にないグリッドでは 1 より大きい重み (例えば、+5) をつける。こうすることによって、既定経路上にあるグリッドの重みが周りにある既定経路上にないグリッドと比べ、比較的小さい値となり、経路を生成する際に、既定経路上にあるグリッドを優先的に選ぶことができ、生成した経路もなるべく既定経路と重なるようになる (Fig.4)。



Fig.4 Path generation (different weights)

2.4 経路の膨張及び最短経路生成

ここまで生成された経路はなめらかでないため、ロボットが障害物をよりスムーズに回避するには、生成した経路を基にした最短経路を生成して走行することが望ましいと考えられる。最短経路を生成する方法として、上記処理で生成した経路上、ロボットが直線追従で到達できる最も遠いところのグリッドを探索することにした。具体的には、経路上のそれぞれのグリッドとスタートグリッドの間に障害物があるかどうかゴールグリッドから順番に調べ、探索中のグリッドがスタートグリッドとの間に障害物がなければ、探索を終了し、このグリッドを直線追従の対象とする (Fig.5)。しかし、この処理を行うと、Fig.5 に示すようにやはりショートカットしてしまい、ロボットは既定経路に沿って走行することはできない。そこで、最短経路もなるべく既定経路と重なるようにして、ショートカットを防ぐために、本研究では、



Fig.5 Shortest path generation (short cut)

生成された経路をある程度膨張させ、その膨張させた経路の範囲内で、最短経路を生成することにした (Fig.6)。これにより、ロボットはできるだけ既定経路に沿って走行することが可能となった。



Fig.6 Shortest path generation (path expansion)

3. 評価実験

提案した走行アルゴリズムを検証するため、評価実験を行った。

3.1 使用するセンサ及び障害物の検出方法

まず、障害物を検出するためのセンサとして、北陽電機社製の測域センサ UBG-04LX-F01 を用いた。UBG-04LX-F01 (Fig.7) は、小型・軽量のスキャン式レンジセンサであり、約 4m までの範囲で高精度な測距が可能となっている。特に、応答速度は約 28msec と高速で、ロボットが走行中でもデータを正しく計測することが可能である。

測域センサは平面スキャンしか対応していないため、



Fig.7 SOKUIKI sensor

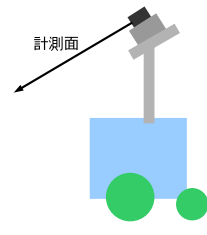


Fig.8 Scan method

ある高さの物体全体を確実に検出するために、測域センサの計測面が地面と斜めになる計測方法を用いた (Fig.8)。また、ロボット周囲に存在する障害物の情報を十分に把握するため、検出した障害物のデータを世界座標系で蓄積して用いることとした。

3.2 実験環境と結果

実験では、5m×5m の L 字型の既定経路を予め設定し、Fig.9 に示す環境でロボットを走行させた。Fig.10 では、既定経路を表示し、検出した障害物を基に、走行可能・不可能領域を判別している。Fig.11 では、既定経路上とそれ以外の重みを変えることで、経路をなるべく既定経路と重なるように生成している。Fig.12 では、最短経路のショートカットを防ぐため、生成した経路を膨張させている。Fig.13 では、膨張させた経路の範囲内で、最短経路を生成している。



Fig.9 Experimental environment

今回の評価実験を通し、提案した走行アルゴリズムを用いることにより、ロボットが上述のような環境で障害物を回避しながら、既定経路に沿って目的地まで自律走行することを確認できた。

4. まとめと今後の予定

本稿では、ロボットが予め設定した経路に沿って走行することを前提として、障害物を回避して走行するアルゴリズムについて述べた。そして、実ロボットによる評価実験の結果を示した。今後は、様々な環境で走行実験

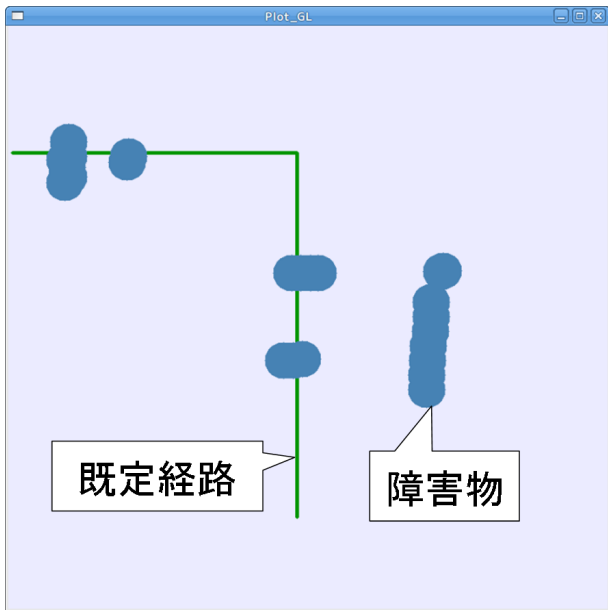


Fig.10 Obstacle judgment

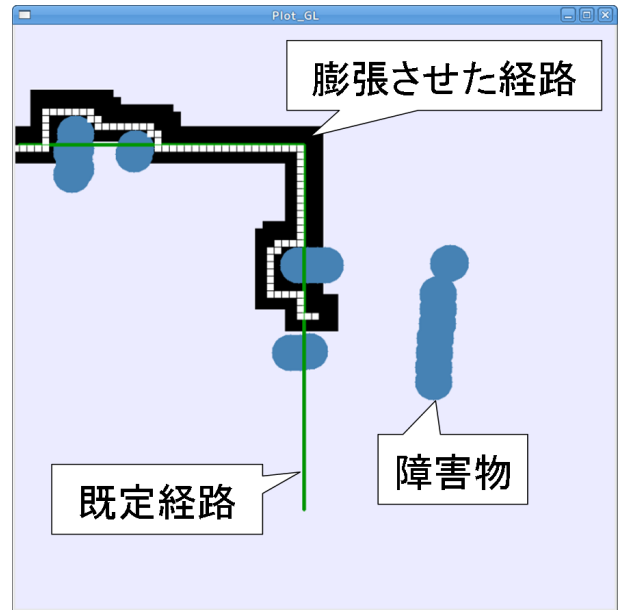


Fig.12 Path expansion

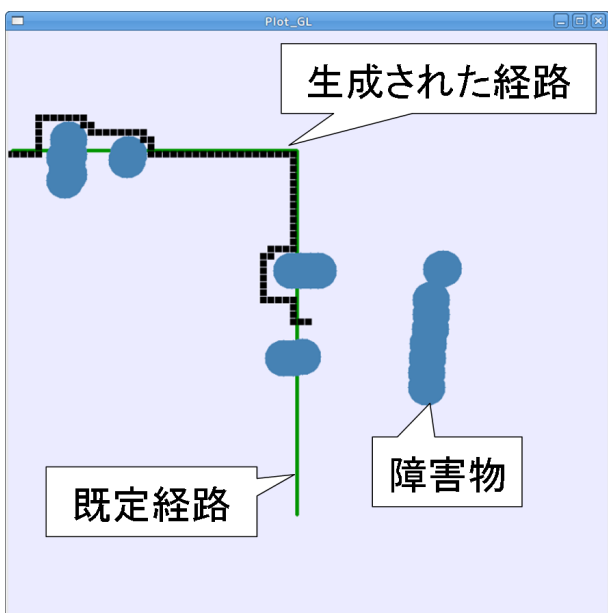


Fig.11 Path generation

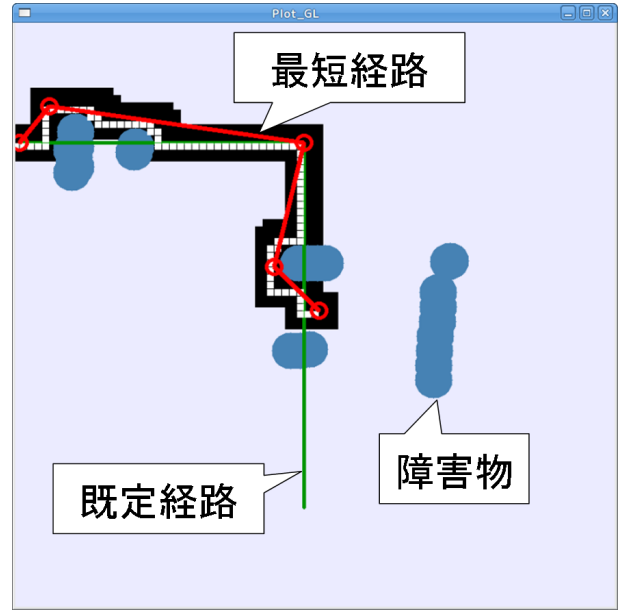


Fig.13 Shortest path generation

を行い、本走行アルゴリズムの有効性を検証していきたい。

参考文献

[1] H.Kawata, W.Santosh, T.Mori, A.Ohya, S.Yuta :
 “Development of ultra-small lightweight optical
 range sensor system” Proceedings 2005 IEEE/RSJ
 International Conference on Intelligent Robots and
 Systems,pp.3277-3282,Aug.2005
 [2] Alexander Zelinsky, Shin'ichi Yuta: “A Unified Ap-

proach to Planning, Sensing and Navigation for Mo-
 bile Robots” ,1993 Preprints of the Third Interna-
 tional Symposium on Experimental Robotics

[3] 山田朋史, 永谷圭司, 田中豊 : “自律移動ロボットの
 自己保存 - 自律移動, 6 軸力覚センサを用いたコン
 セント挿入動作の実現 - ” 第 5 回システムインテグ
 レーション部門学術講演会, pp.725-726, 2004