

環境の3次元形状を考慮した移動ロボットの障害物回避

Obstacle Avoidance of Mobile Robot Considering 3D Shape of Environment

鈴木 英明 (筑波大)

大矢 晃久 (筑波大)

正 油田 信一 (筑波大)

Hideaki SUZUKI, University of Tsukuba, Tennodai, Tsukuba-shi, Ibaraki

Akihisa OHYA, University of Tsukuba

Shin'ichi YUTA, University of Tsukuba

Abstract — The purpose of this study is to realize mobile robot navigation in which the robot can avoid obstacles considering 3D shape of the environment. The method proposed here uses Fiber Grating 3D Vision Sensor for detecting the obstacles. A new algorithm for obstacle detection is developed to shorten the processing time. In this paper, the method of obstacle avoidance is presented and some experimental results are also shown.

Key Words: Mobile Robot, Obstacle Avoidance, 3D Vision, Fiber Grating

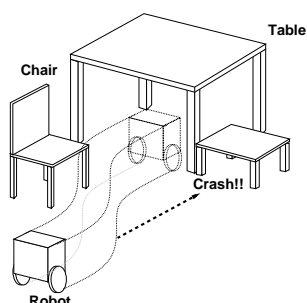


Fig. 1: Obstacle avoidance of mobile robot considering 3D shape of environment

1 はじめに

工場内を移動する無人搬送車をはじめとして、屋内環境で行動している移動ロボットの多くは、回りの環境を高さを考えない単なる2次元世界として表現している場合が多い。これは、ロボットの移動空間が2次元平面に限定されているからであるが、実際の3次元環境とロボットが認識している2次元環境との相違から、誤った認識による行動を起こす危険性がある。したがって、環境の認識は3次元的に行われることが望ましい。そこで、本研究ではファイバグレイティングを用いた3次元距離センサを使い、ロボットの進行方向に存在する障害物の有無を3次元的に観察することにした。そして、Fig. 1に示すような立体的な構造物が存在する実環境の中で、移動体自身の3次元形状を考慮した走行可能領域を検出し、障害物を回避することを目的とした。以下、用いた環境認識システム、障害物の検知・回避方法、及び検証実験の結果について述べる。

2 センサシステム

本研究では3次元環境の観測を行うために、ファイバグレイティング視覚センサ [1] を用いる。このセンサはレーザとファイバグレイティング¹(以下、FG)を用いて正方

¹FGとは、直径20～50 μm 程度の光ファイバを、数百本シート状に並べた屈折率分布型の回折格子である。

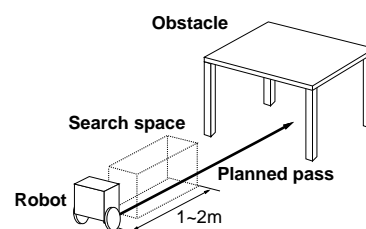


Fig. 2: Concept of search space.

格子状に多数のスポット光を投影し、その投影像を異なる位置からカメラにより観察することで、三角測量の原理を用いて各スポット光の投影位置を3次元的に求めることができるものである。特徴として、一度に広い領域の測定が可能な点、センサが小型・軽量の点が挙げられる。

3 3次元形状を考慮した障害物回避

3.1 走行可能領域の検出

FG視覚センサは対象物体の位置、形状、姿勢等の情報を得るために、各スポット光の3次元位置を求めることを基本原理とする。ここでは、高速な障害物検知を行うために、その処理を見直すこととした。そもそも、ロボットが安全に走行するために必要な情報は、ロボットが通過する予定の空間の安全性である。そこでFig. 2に示すように、ロボットがこれから通過するであろう経路上の空間を検査空間 (search space) と名付け、その空間内の障害物の有無のみを調べることにした。その検査空間に何も障害物が計測されなかった場合、その領域を走行可能とする。

3.2 検査空間内の障害物の有無の判断方法

まず、検査空間内のあらゆる位置に障害物が存在している場合について、画面上に現れるスポット光の位置を事前に調べておく。そして、この時のスポット光の画像上の軌跡であるエピポーララインをデータとして持っておく (Fig. 3参照)。なお、このエピポーララインを、検査エピポーラ

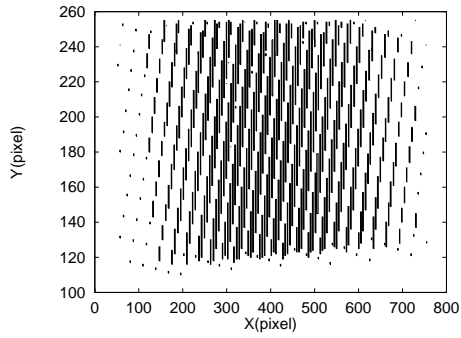


Fig. 3: Search epipola line.



Fig. 4: Experimental environment 1 (corridor).

ライン (search epipola line) と呼ぶことにする。これより、その検査エピポーラライン上にスポット光が有るか無いのみを調査することで、検査空間内の障害物の有無を判断できることになる。このようにして、計測範囲を限定することや計測方法を見直すことで処理時間を短縮し、移動体のセンサとして十分な能力を持たせることが可能となった。

3.3 走行アルゴリズム

ロボットは走行中、常に検査空間内の障害物を監視する。障害物を回避するために検査空間を中央から左右に分割し、片側の検査空間内に障害物を検出した場合には、逆方向にステアリングを切ることによって止まらずに回避することができる。左右の検査空間共に障害物を検出した場合、ロボットは停止し、左右に走行可能領域を探索する。そして障害物を回避後、通常の走行に戻る。

4 障害物回避実験

実験には、FG 視覚センサを搭載した自律移動ロボット「山彦」を用い、Fig. 4, Fig. 5 に示すような環境で障害物回避実験を行った。Fig. 4 の実験では、廊下に走行予定経路を塞ぐように人工的な障害物を設置し、また Fig. 5 の実験では、椅子や実験機材などが置かれている中で、それぞれロボットを走行させた。目標軌跡として直線を与えた時の実験結果を、それぞれ Fig. 6, Fig. 7 に示す。これらの図中、点線がロボットに目標として与えられた軌跡、実線が実際にロボットが走行した軌跡である。ロボットは $(x,y)=(0,0)$ の地点から x 軸正方向に向かって走行させた。

Fig. 6 の結果から、障害物の検出・回避、及び通常行動



Fig. 5: Experimental environment 2 (room).

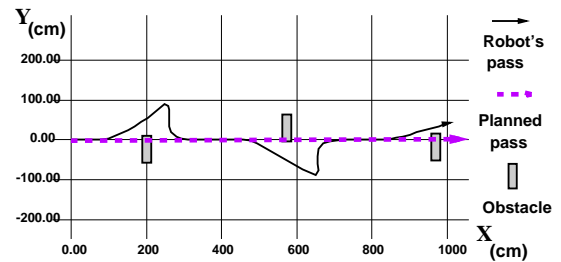


Fig. 6: Result 1 (corridor).

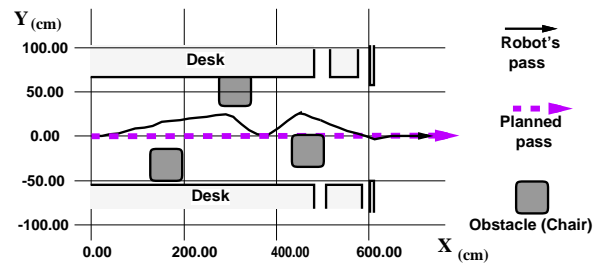


Fig. 7: Result 2 (room).

への復帰がスムーズに行われているのがわかる。また Fig. 7 の結果からは、通常使用される超音波センサなどでは検出が難しい椅子も障害物として認識でき、これを安全に回避するとともに、目標軌跡へも正しく復帰していることがわかる。

5 まとめ

本稿では、環境の3次元形状を考慮した移動ロボットの障害物回避方法を提案し、実環境中で障害物回避の走行実験を行ってその有効性を検討した。本センサシステムを使用することで、複雑な形状の障害物が存在する環境下でも、移動体が安定して安全に走行できることがわかった。

参考文献

- [1] 中澤和夫: “ファイバースケイティングを用いた非点収差ドットアレイ投光器による3次元視覚センサの開発”, 第2回ロボットセンサシンポジウム予稿集, pp.153-158 (1990)