

# 卒業論文要旨

## 全方位方向移動型ロボットのための経路計画と軌道計画

### Path and Trajectory Planning for an Omnidirectional Robot

システム工学群

知能ロボティクス研究室 1210069 後藤 遼太

#### 1. 緒言

少子高齢化に伴い、ロボットは様々な場所で活躍している。先行研究では、建築現場などの環境で活躍するロボットを開発してきた<sup>(1)</sup>。また、全方位移動型ロボットが自立走行する経路計画と軌道計画が提案されてきた<sup>(2)</sup>。全方位移動型ロボットとは、メカナムホイールを用いることで姿勢を変えずに任意な方向に移動ができ、狭い場所でも移動可能なロボットである。さらに全方位移動型ロボットが様々な環境で自立走行するには、走行経路の妨げになる障害物を認識し障害物回避を行う必要がある。

本研究では障害物回避の動作アルゴリズムを提案する。障害物回避を行うためには障害物を認識し、経路計画、軌道計画と段階的に行う必要がある。本報告では、測域センサで障害物を計測し、計測データを格子地図上に障害物として認識する。そして障害物として認識した格子地図上のデータを A\* アルゴリズムで用いて経路計画し、得られた経路から軌道計画するアルゴリズムを提案する。最後にシミュレーション及び実機実験により、本報告の提案手法の有効性を示す。

#### 2. 全方位方向移動型ロボット

本報告で使用する全方位移動型ロボットの外観を図 1 に示す。全方位移動型ロボットはメカナムホイールを 4 つ搭載しており、車軸方向に対して 45 度傾いたフリーローラが備わっている。それにより平面においては、任意の方向に移動可能である。

本ロボットは図 1 に示す通り、測域センサ UST-10LX を車体前方部分に搭載している。本測域センサは測定可能な角度が 270 度あり広範囲の障害物を検知可能である。

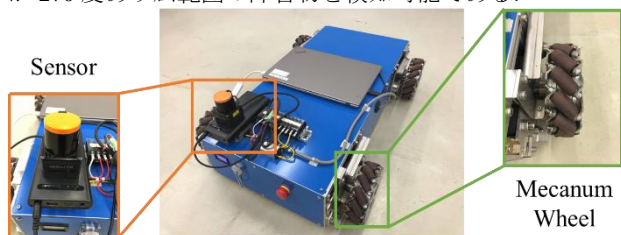


Fig.1 Omnidirectional Robot

#### 3. 障害回避アルゴリズム

障害物回避アルゴリズムの全体を表すフローチャートを図 2 に示す。このように障害物の認識、経路計画、軌道計画と順に行い、全方位移動型ロボットを移動させる。

また初期状態では、死角や測域センサの検査範囲などの理由で検知不可能な障害物があり、動作中においても随時障害物を認識する必要がある。そのため軌道計画で計画した軌道に障害物が存在した場合、障害物を再度認識させる。

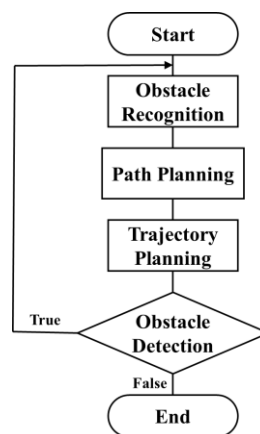


Fig.2 Obstacle Avoidance

#### 3.1 障害物認識

障害物認識では格子地図を用いた。格子地図とは平面を等間隔に分割した、障害物を表す地図である。測域センサから得た計測データを覆うように、格子点へ投射していくことで障害物を認識することができる。具体例を図 3 に示す。緑色の点は測域センサから得た計測データを表し、赤色の点は格子地図上での障害物を表す。

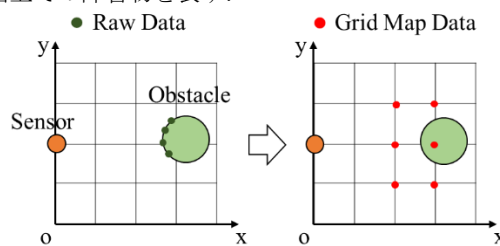


Fig.3 Obstacle Recognize

#### 3.2 経路計画

A\* アルゴリズムは経路計画でよく用いられている手法の一つであり、格子地図に適用することができる。A\* アルゴリズムはヒューリスティック関数と最短に基づく探索を組み合わせることで経路を計画する。

格子間の移動は「前、後、右、左」とし、ヒューリスティック関数はユークリッド距離を使用した。障害物を認識した格子地図上に対して A\* アルゴリズムを用いることで、障害物を回避する最短経路を得る。経路計画の例を図 4 に示す。

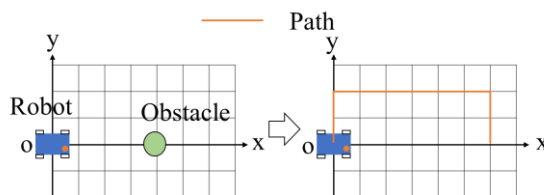


Fig.4 Path Planning

### 3.3 軌道計画

目標経路は格子に沿うように経路が計画されているので、軌道も格子に沿うように計画する必要がある。そのため方向転換は常に格子点で行うようにした。目標経路から各格子点での速度が決定し、進行方向へ次の格子点まで等速で移動する。目標経路から軌道計画する例を図5に示す。

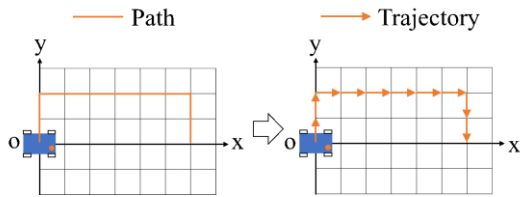


Fig.4 Path Planning

## 4. シミュレーション

### 4.1 シミュレーション環境

提案する障害回避アルゴリズムの有効性を検証するため、全方向移動型ロボットが通過する場所に障害物を配置した。まず格子の大きさは1[m]とし、初期値は $(x,y)=(0,0)[m]$ 、目的地を $(x,y)=(3,0)[m]$ とした。障害物の大きさは $0.5 \times 0.5[m]$ で図6(a)、図6(b)のように配置した。認識範囲は前方180度、半径3[m]以内とした。移動速度は常に0.2[m/s]と設定した。

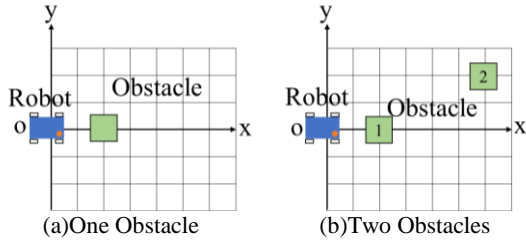


Fig.6 Simulation Environment

### 4.2 シミュレーション結果

図6(a)の経路結果を図7(a)に、図6(b)の経路結果を図7(b)にそれぞれ示す。

障害物が1つである場合、全方向移動型ロボットが障害物から距離をとって安全に障害物回避を行えていることが図6(a)の経路結果からわかる。

障害物が2つである場合、障害物の認識範囲が3[m]以内のため、初期状態において障害物2を認識できず、図7(a)と同様な経路計画を行った。したがって初期状態で計画した経路では全方向移動型ロボットが移動すると障害物2に衝突する。しかし全方向移動型ロボットが $(x,y)=(3,1)$ に移動したとき、障害物2を認識し、経路を更新した。よって図7(b)は2つの障害物を回避した経路結果になる。

全方向移動型ロボットが障害物の真横の座標を通過するとき、格子の大きさが小さいシミュレーションでは、全方向移動型ロボットは障害物に衝突する。しかし本シミュレーションのように全方向移動型ロボットのサイズより格子を大きくとることで、A\*アルゴリズムで経路計画した経路に沿って全方向移動型ロボットが移動しても、障害物に衝突しない。

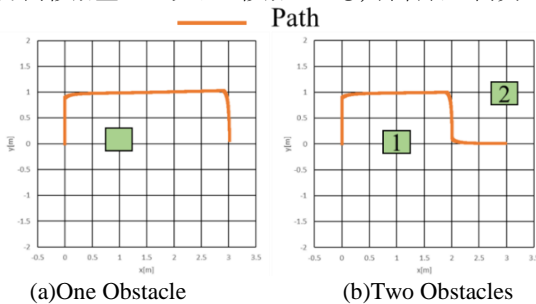


Fig.7 Simulation Result

## 5. 実機実験

### 5.1 実機環境

シミュレーション環境と同様な環境を用意して、実機実験により提案手法の有効性を示す。格子の大きさは0.3[m]とし、全方向移動型ロボットの初期値を $(x,y)=(0,0)[m]$ 、目的地を $(x,y)=(1.8,0)[m]$ とした。障害物の大きさは $0.35 \times 0.22[m]$ と $0.28 \times 0.28[m]$ であり、図6(b)と同様な障害物の配置にするため、図8のように障害物を配置した。障害物の認識範囲は前方180度、半径1[m]以内とした。また全方向移動型ロボットの移動速度は常に0.03[m/s]と設定した。

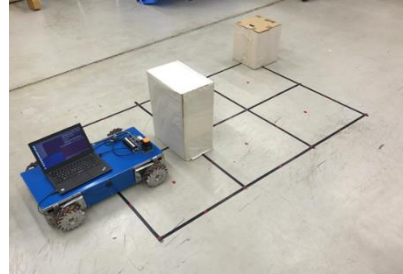


Fig.8 Experiment Environment

### 5.2 実験結果

実機実験の結果を図9に示す。これはインターバルを20[s]として写真を撮ったものである。

シミュレーション結果図7(b)と同様、全方向移動型ロボットが障害物に当たらずに障害物回避を行えていることが図9よりわかる。

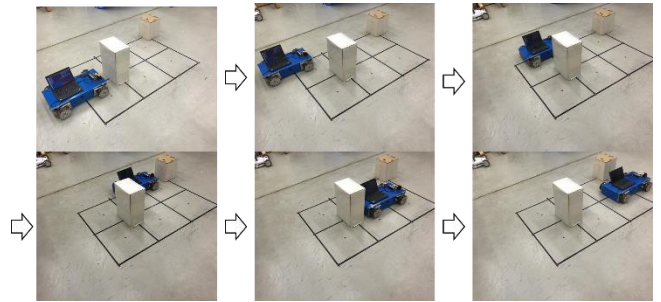


Fig.9 Experiment Results

## 6. 結言

全方向移動型ロボットが、格子の経路に沿って移動可能であることを実機実験により検証した。そして格子の大きさが十分に大きいとき、A\*アルゴリズムでの経路計画は、障害物に衝突しない経路を計画可能であることを確認した。本提案手法では静止している障害物に対しては障害物回避を行えた。しかし動的な障害物に対しては安全に障害物回避を行えない。なぜなら本提案手法では、常に等速で軌道計画しており、動的に動く障害物に対して速度を変化することができないからである。今後は動的な障害物に対しても安全に障害物回避できるように新たな提案手法を検討する。

## 文献

- (1) 森優, 王碩玉, 瀋博, 上田康浩, 安井利彰, 測域センサによる建築資材運搬ロボットの障害物回避法, 第31回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会 講演論文集 (BMFSA)
- (2) 原口雅尚, 王碩玉, 瀋博, 超音波センサと測域センサによる無方向性四輪車の経路計画法, 日本知能情報ファジィ学会 ソフトロボティクス研究会 第15回ポトラック&ワークショップ, 発表番号1-7, 高知, 2017年11月.