2ZA-01

シミュレーションに基づく自律移動ロボットの経路計画と実機への適用

佐藤　義忠†　　柴田　泰雅‡　　赤見坂　篤記‡　　長尾　確‡

名古屋大学　情報学部†　　名古屋大学　大学院情報学研究科‡

1. はじめに

近年，デリバリーロボット等の屋内で自律走行を行うロボットの需要が増加している．しかし，現実の環境で自律走行ロボットを走行させる際に，必要な実験を現実の環境で行うのが困難な場合が存在する．われわれはこれを解決するため実環境に近いシミュレーション環境を構築し，シミュレーションの結果に基づいた手法を実環境に適用するというアプローチを採る．

本論文では，つくばチャレンジ 2022[1]の課題の一つである，事前計測なしで市役所内を走行するタスクを遂行するためにシミュレータ環境を構築し，シミュレータを用いて試作・評価するとともに，作成したシステムを実機に適用し，実環境での動作の確認を行う．

2. 自律移動ロボットの経路計画

2.1. 自律移動ロボットの構成

図 1 に本研究で使用する自律移動ロボットを示す．自律移動ロボットのベースには WHILL 社の電　動車いす研究開発モデルである WHILL　Model　CR を用いている．機体上部には，Appl 社の iPhone 14 Pro のカメラが前方を向くように設置している．iPhone 14 Pro 上では誘導灯の画像認識を行い，誘導灯が検知された際に，誘導灯との距離および，ロボットの向きと誘導灯への方向がなす角を ROS のトピックとして送信している．下部前方には 2 次元 LiDAR である SLAMTEC 社の RPLIDAR S1 を設置している．RPLIDAR　S1 からは二次元スキャンデータが送られ，機体前方にある物体との距離を計測する．また，座席下部には NVIDIA 社の　Jetson　AGX　Xavier　を搭載している．

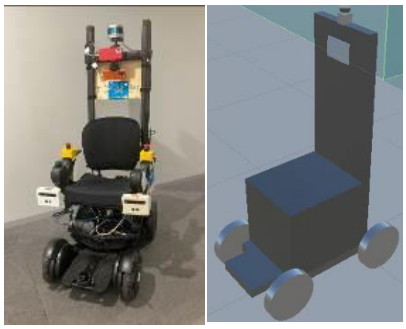


図 1　自律移動ロボット(左)

図 1　自律移動ロボットの 3D モデル(右)

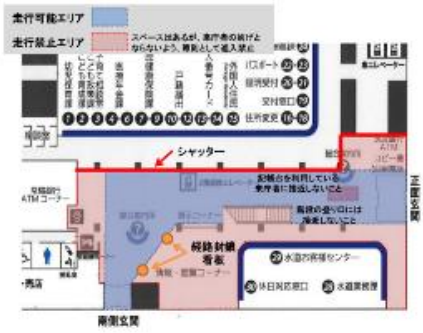


図 2　事前計測なしエリア(文献[1]より引用)

また，障害物認識は RPLIDAR　S1 から送られる 2 次元スキャンデータを用いて行い，経路追従の終了判定に iPhone 14 Pro 上で実行している画像認識によって出口付近に存在する誘導灯の認識結果を使用する．

2.2. 経路計画手法

本研究では自律移動ロボットの経路計画手法として RRT*[2]を使用する．生成する経路は，図 2 に示すつくばチャレンジ 2022 の事前計測なしエリアの走行[1]における南側玄関通過後の位置からから正面玄関前まで向かう経路とする．　つくばチャレンジの 2022 の事前計測なしエリアの走行は LiDAR 等を用いた事前の計測および，事前の走行を行うことができない．そこで，RRT*をもとにシミュレータ上で市役所内を走行する経路の生成をあらかじめ行い，オドメトリ情報のみを用いて生成された経路を走行するプログラム

Path Planning for Autonomous Mobile Robot Based on Simulation and its Application to Actual Robot

†SATO,Yoshitada(sato@nagao.nuie.nagoya-u.ac.jp)
‡SHIBATA,Taiga(shibata@nagao.nuie.nagoya-u.ac.jp)
‡AKAMISAKA,Atsuki(akamisaka.atsuki.d4@s.mail.nagoya-u.ac.jp)
‡NAGAO, Katashi (nagao@i.nagoya-u.ac.jp)
†School of Informatics, Nagoya University
‡Graduate School of Informatics, Nagoya University

Copyright ©2023 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

を実機に適用し実環境でのテストを行う.

3. シミュレーション環境の構築

本研究ではシミュレーション実験のための環境を構築し，実世界を模した環境で経路生成および自律走行実験を行う.

シミュレーション環境として 3D ゲームエンジンの Unity を使用する. Unity は物理エンジンを搭載しており，自律ロボットのシミュレーション環境が容易に構築できる.

また，シミュレーション環境上を走行する自律移動ロボットとして，大きさを実機のものとほぼ同じにした 3D モデルを作成した. 作成した 3D モデルを図 3 に示す. 機体下部には実機と同様に 2 次元 LiDAR が設置されており，この LiDAR を用いて周辺環境の情報を取得する. 機体モデルの上部には iPhone のモデルが設置されており，Unity のレイキャスト機能を使用し，誘導灯と iPhone 間の距離を計算する.

機体の衝突判定には Unity の Collider を使用している. 実機で経路を追従して走行させる際に機体と障害物が一定距離以下に接近しないように機体の前後左右に対しておよそ 30 ㎝ずつ膨張させた範囲を覆う立方体の Collider を用い，この Collider と障害物が接触したら，衝突したものとみなす.

また，実機のプログラミング環境に近づけるため，Unity のパッケージである Unity Robotics Hub[3]を使用し Unity 上で ROS のトピックを扱えるようにした.

また，つくばチャレンジ 2022 の走行タスクの再現のため，つくばチャレンジの環境を再現したパッケージである Virtual Tsukuba Challenge on Unity[4]を拡張して使用した.

作成したシミュレーション環境を図 4 に示す.

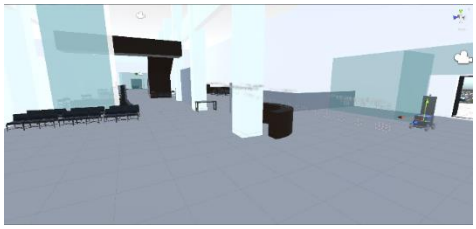


図 2　作成したシミュレーション環境

4. シミュレーション環境での経路生成

シミュレータ上での経路生成を RRT*をベースにして行った. 2 点間が走行可能かの判定は，シミュレータ上の開始点にロボットを配置し，到達点の方向に向かって走行させた際に，ロボットが障害物との接触と進入禁止エリアへの侵入をせずに，到達点との距離が一定値以下になる位置に到達したら，その二点間は走行可能であるとみなすものとした. 目的地への到達判定は，誘導灯と iPhone 間の距離が一定値以下になればゴールに到達したものとみなすものとした.

また，RRT*生成される経路は屈曲点が多く複雑な経路となるので，生成された経路に対して，RRT*-smart［5］で用いられた Path Optimization 手法を用いて，屈曲点の削減を行い，屈曲点の少ない単純な経路を生成した.

5. 生成した経路の実機への適用

生成された経路の走行プログラムを実機へ適用し，シミュレーションによって生成された経路が実環境でも走行可能であることを確認する.

実機ではオドメトリ情報を 2 個の車輪のエンコーダから，２D LiDAR の 2 次元スキャンデータ，誘導灯との距離および角度はそれぞれ実機に取り付けた２D LiDAR と iPhone からシミュレーション環境と同様の形式で得ることができるので，シミュレータで実行した経路追従をそのまま実機で実行することで，シミュレータ内とほぼ同じ動作を実機で再現することができる.

また，実環境ではシミュレータ上にない障害物が存在する可能性があるので，障害物の検知及びルールベースによる障害物の回避を行う.

6. まとめと今後の課題

本研究では，自律走行ロボットのシミュレーション環境を構築し，その環境での自律走行ロボットの経路生成を行った. シミュレーション環境上で作成した経路の走行プログラムを実機へ適用し，オドメトリをもとに実環境での経路追従走行を行った.

今後の課題として，実環境が変化することによるシミュレーション環境との差分の解消が挙げられる. シミュレータ内の障害物の配置をランダムに変化させた状態での強化学習を用いることで，環境の変化に対して頑健な自律走行が可能になると考えられる.

参考文献

[1] 課題｜つくばチャレンジ 2022, https://tsukubachallenge.jp/2022/regulations/tasks

[2] S. Karaman and E. Frazzoli, "Sampling-based algorithms for optimal motion planning", Int. J. Rob. Res., vol. 30, pp. 846-894, 2011.

[3] Unity Robotics Hub, https://github.com/Unity-Technologies/Unity-Robotics-Hub

[4] Virtual Tsukuba Challenge on Unity, https://github.com/Field-Robotics-Japan/vtc_unity

[5] J. Nasir et al., "RRT*-smart: A rapid convergence implementation of RRT*", International Journal of Advanced Robotic Systems, vol. 10, pp. 1-12, 2013.

Copyright ©2023 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.