

三次元点群とカメラデータを統合した自己位置推定を用いた 自律移動ロボットの制御手法

○藤田 佑斗, 和田 一志, 新井 直哉, 野末 健志, 内村 裕(芝浦工業大学)

Control method of autonomous mobile robot using self-position estimation integrating 3D point cloud and camera data

○Yuto FUJITA, Kazushi WADA, Naoya ARAI, Takesi NOZUE,
and Yutaka UCHIMURA (Shibaura Institute of Technology)

Abstract: This paper discusses about self-positioning estimation technique and simulation environment close to the real environment for Tsukuba Challenge 2019. To improve the accuracy of self-position estimation, we applied a self-localization method that integrated 3D point cloud and camera data. In addition, there are limited opportunities to experiment in real environments. We create a simulation environment by converting 3D point cloud to mesh and simulation on Gazebo. The paper describes the developed autonomous robot and created simulation environment in detail.

1. 緒言

近年, 人が生活する環境における利用を想定した自律移動ロボットの研究開発が盛んに行われており, 実環境下における自律移動ロボットの技術の発展を目的として, つくばチャレンジ[1]が開催されている. つくばチャレンジでは, 実環境下においてロボットが安全かつ正確に自律移動を行うこと, 指定された区域で指定された人や物を探索すること, 信号を横断することを課題として設定されており, 同課題の解決を目指した走行実験が行われている. 我々はつくばチャレンジ2019に参加し, 安定した自律走行によるコースの走破を目指す.

本稿では, 開発した自律移動ロボット(ことぶき 3)の概要, 環境地図生成手法, 自己位置推定手法, 経路生成手法について述べる. また, 自律走行の実験や検証を行う時間や場所は限られているため取得した三次元点群を用いて実環境に近いシミュレーション環境を作成し, シミュレーション上で実験や検証を行うことで実環境下での実験や検証を効率的に行う手法についても述べる.

2. 自律移動ロボット(ことぶき 3)の概要

Fig.1 に開発した独立駆動二輪型移動ロボット(ことぶ



Fig.1 Overview of Mobile Robot

き 3) の外観を示す. ことぶき 3 は小型ロボットフレームである i-Card mini をプラットフォームしたロボットであり, ロボット上部に 3 次元レーザー距離計(3D Lidar)と 3D マッピングユニットである Stencil2[2]を搭載すると同時にロボット前方下部に 2 次元レーザー距離計(LRF UTM-30LX-EW)を搭載している. Stencil2 は 3D-LiDAR とカメラデータを統合処理し, 自己位置推定や三次元地図生成を行っている. 前方下部の 2 次元レー

Table.1 Specs of the Mobile Robot

Components	Model	Number
Platform	i-Cart mini	1
Motor and Encoder	TF-M30-24-3500-G15L/R (Tsuji Elec.)	2
Motor Driver	TF-2MD3-R6 (Tsuji Elec.)	1
Power Supply	TF-PW36-5/12M (Tsuji Elec.)	1
LRF	VLP-16 (Velodyne)	1
	UTM-30LX (Hokuyo)	1
Gyro	ADIS16136 (ANALOG DEVICE)	1
PC	Let's note (Panasonic)	1
Motor Battery	GS-YUASA (12[V], 5[Ah])	2
Sensor Battery	Sealed Lead Battery (12[V], 8[Ah])	2
3D mapping unit	Stencil2	1

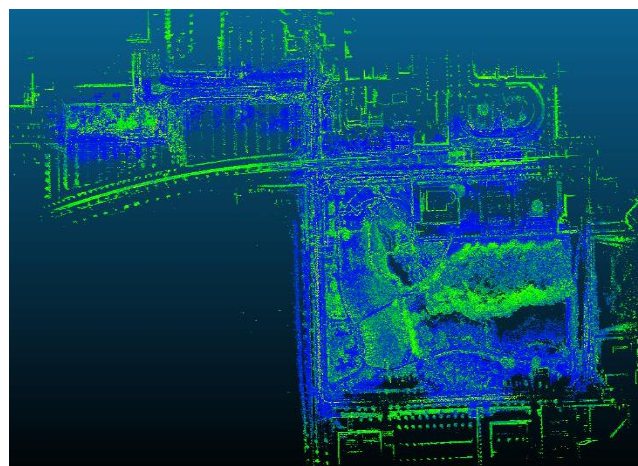


Fig.3 3D point cloud map

使用した.台車を用いてコースを走行し,三次元点群地図の作成を行った.Fig.3 に作成したつくばチャレンジコース全体の三次元地図の様子を示す.色の相異は,レーザー光の反射率に相当しており,芝生のエリアが青くなっている.

4. 自己位置推定手法

自己位置推定には, Stencil2 を使用し,事前にコースを走行して得た三次元点群地図を用いて自己位置を行った.位置推定は良い精度で行えたが,方位角の推定精度が十分でない場合があり,ロボットが蛇行してしまう問題が発生した.よってロボットに搭載したジャイロセンサから取得した方位角と Stencil2 の推定値を統合[4]することでより精度の高い方位角推定を行った.

5. 経路生成手法

ロボットの走行経路の生成には move_base を用いた. move_base は大域的経路生成と局所的経路生成を行う.大域的経路生成は目的地までの経路を生成するものでことぶき 3 ではスキャンデータを用いて二次元地図を作成し入力している. また局所的経路生成ではリアルタイムで取得するスキャンデータから障害物を検知し,大域的経路を修正する処理を行う. ここで用いるスキャンデータにはロボット前方に設置した 2D LiDAR から取得したデータを使用した.

つくばチャレンジの長距離のコースを走破するため複数の waypoint を事前に設定し, move_base によって現在位置から次の waypoint までの経路を生成する. ロ

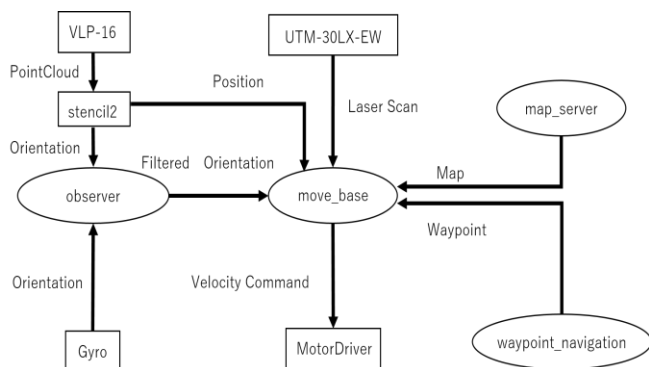


Fig.2 Software System Structure

ザー距離計は自律走行時の障害物の回避用である. 各センサ及び, ロボットの仕様の詳細を Table.1 に示す. 地図生成や自己位置推定, 目的地までの経路生成は ROS をベースとするソフトウェアを使用した. Fig.2 にシステム構成の概略図を示す. それぞれのソフトウェアの詳細については後述する.

3. 環境地図生成手法

ロボットの自律移動のための環境地図生成には KAARTA 社の 3D マッピングユニットである Stencil2 を

ロボットが waypoint の一定範囲内に到達すると、次の waypoint へ目標点をシフトし、再び経路を生成する。

6. シミュレーション手法

6.1 Gazebo によるシミュレーション

つくばチャレンジでは実験走行日が限られており、現地で十分な検証を行うことが難しい。そこで Gazebo 内にコースの環境を再現し、シミュレーションによって、走行実験を行う環境を構築した。本研究では、シミュレーションを行う際の周囲の物体などの環境は現地で 3 次元レーザー距離計を用いて取得した点群をメッシュ化したものを用いた。

6.2 メッシュの作成

現地で取得した三次元点群データからポリゴンメッシュを生成して、Gazebo 内にコースの環境を再現した。これらを用いて、点群のメッシュ化の際に必要な法線の計算や法線ベクトルの逆転、メッシュ化した際の穴埋め、表面のスムージング処理などを行い実環境に近いメッシュを作成した。しかし点群を単純にメッシュするだけでは表面が全て単色になってしまったため、点群データに含まれている反射強度を点群の色の相異に反映することで、シミュレーション中の環境モデルを確認した。点群の反射強度を可視化したものが Fig.4 である。また以上のように作成したメッシュを Fig.5 に示す。

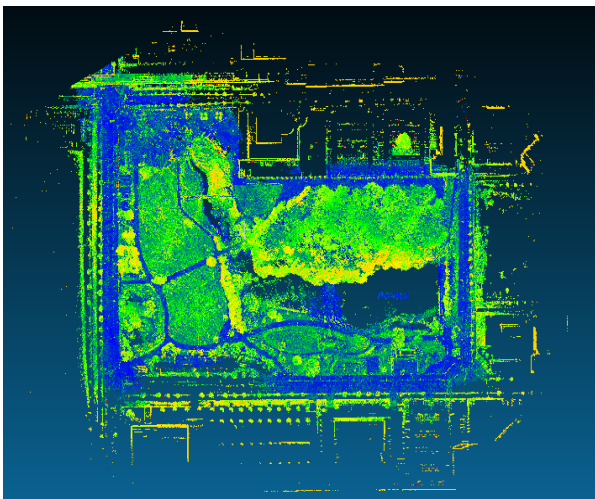


Fig.4 Point cloud visualizing reflection intensity

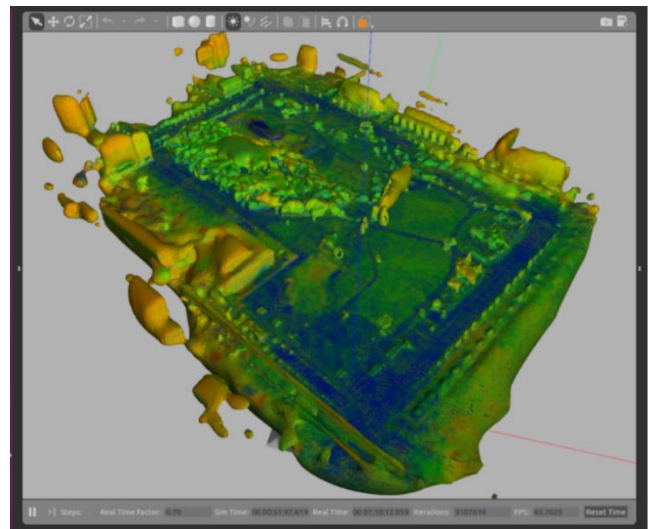


Fig.5 Mesh visualized reflection intensity

6.3 シミュレーション結果

Fig.5 の環境でロボットを Fig.6 に示す軌跡でリモコン操作によって走行している様子が Fig.7 であり、gmapping を用いて地図を作成したものが Fig.8 である。また Fig.9 に実環境下で走行した際に作成した地図を示す。シミュレーションで作成した地図と実環境下で作成した地図を比較すると、右上の森の部分においてレーザーの当たり方に差がある。森の中の点群は細かく取得しておらず少なかったため実際よりも広い空間であったためと考えられる。その他は大きく異なる部分はなくシミュレーションでも実環境下に近い地図を作成できたと言える。この作成した地図 (Fig.8) を用いてシミュレーション上で move_base を用いて自律移動を行ったところ Fig.6 の軌跡を完走することができた。また実際に現地で走ったデータを用いて作成した地図 (Fig.9) を用いてシミュレーション上で自律移動を行ったところ同様にスタートからゴールまで完走することができた。したがってシミュレーションによる地図生成および自律移動の実験や検証は十分有用であると言える。



Fig.6 Trajectory for making maps

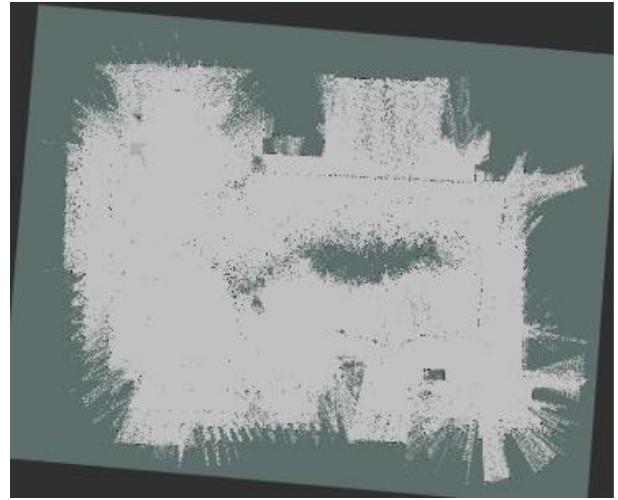


Fig .9 Map created by real environment

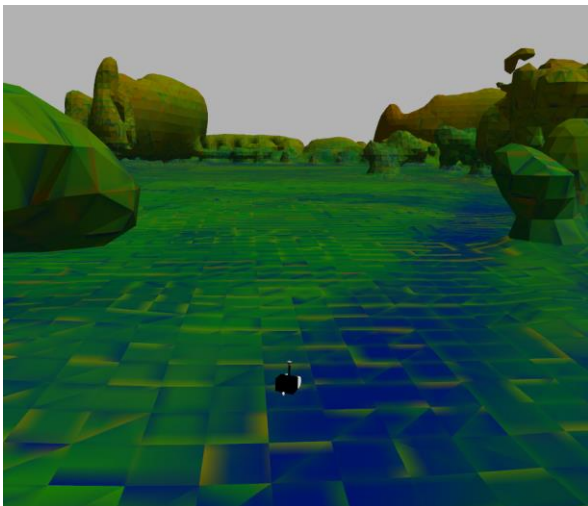


Fig.7 State of robot during simulation

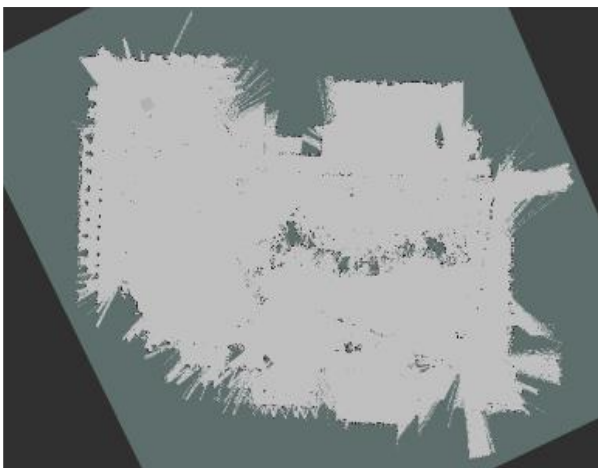


Fig.8 Map created by simulation environment

7. 結言

本稿では，つくばチャレンジ 2019 の課題達成に向けたシステムとして，開発したロボットの概要と環境地図生成，自己位置推定，経路生成，シミュレーション手法について述べた．今後，実験走行を通して手法の有効性の確認を行い，コースの完走や課題の達成を目指す．

8. 参考文献

- [1] つくばチャレンジ実行委員会:つくばチャレンジ 2019, <http://www.tsukubachallenge.jp/>.
- [2] Stencil2, <http://www.opt-techno.com/opt-kaarta/>
- [3] ROS, <https://www.ros.org/>
- [4] 樋口宗明, 中村文一, 西谷紘一:” 初期状態オブザーバを用いた移動体の自己位置推定”, 計測自動制御学会論文集, Vol143, No5, pp347-356, 2007