

# 自律走行台車のための自己位置推定手法

澤野 雄哉<sup>†</sup> 永井 悠人<sup>†</sup> 鈴木 孝幸<sup>‡</sup> 清原 良三<sup>‡</sup>

神奈川工科大学大学院<sup>†</sup> 神奈川工科大学<sup>‡</sup>

## 1.はじめに

LiDAR(Light Detection and Ranging)やカメラを使用した SLAM など技術により自動運転が可能となってきており、これらの技術を使用することで運送や警備などを目的とした自律走行ロボットが導入されつつある[1].

ロボットへの自動運転技術の応用として、神奈川工科大学では、KAIT モビリティリサーチキャンパスの研究開発を進めている[2]. 導入するロボットとして落葉完全清掃ロボット、学内メール自動配送ロボット、キャンパス見守りロボット等を例として想定している.

我々は、応用の一つとして、夜間のキャンパス見守りロボットに着目している. キャンパス見守りロボットは、学内を巡回して不審人物や不審物を発見し、警備員に伝達することが目的のロボットである[3].

学内を巡回する際に自律走行台車は LiDAR を使用し、SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)技術を使い、動的なマップを構成しながら走行する. 道路のように一定期間は変化がなく、道路上の駐車車両などが時々あるものと違い、自由に動ける空間があると同時に頻繁に置かれるものが発生することから、常に SLAM の運用が必要となる.

しかし SLAM では自律走行による移動量を方向やタイヤの回転などの計算から求めているため、計算の誤差が蓄積されるという問題点がある. そのため誤差の蓄積をなくすため頻繁に位置測位し、補正を行うことが必要となる.

補正には、特徴的な地形があれば、既に計測済みの地形から LiDAR のみで推定することができる. あるいは、マーカを利用して、決められた場所で誤差の補正を行う形が精度良いが、広い敷地内では、必要とされるマーカの配置が問題となる. また、屋外では GNSS が使用されることが多いが建物の影響によるマルチパスなどの問題がある. そこで、本論文では、GNSS の精度が良いと判断できる場所では、GNSS を利用し、

Localization Method for SLAM with Autonomous Cart

<sup>†</sup> Yuya Sawano, Yuto Nagai, Graduate School of Kanagawa Institute of Technology

<sup>‡</sup> Takayuki Suzuki, Ryoza Kiyohara Kanagawa Institute of Technology

建物の近くなどでは、BLE ビーコンとなるマーカを利用すること、および地形の特徴を利用することで、マーカの密度が道路や屋内並にした上で、広い敷地での位置情報の補正ができる方式を提案する.

## 2. SLAM 実行時の位置補正

SLAM 実行時の位置ずれは、台車の左右の台車の滑りを原因とした回転ずれなどによる移動距離の推定ミスと方向の変化の認識ミスによるものがほとんどである. このための位置補正は重要となる. また、階段や大きな段差などの把握や、LiDAR のレーザの透過するガラスや、散乱しないために戻ってくるレーザがほとんどないガラス面などもあり[4], LiDAR がうまく活用できない場合がある.

基本的に位置補正するタイミングは建物など特徴的な地形がある場合や自律走行台車が方向の転換をするとき、同じような地形の長い直線坂道を進行する前と進行した後に行う. 特徴的な地形については、建物周辺に多いため自律走行台車が進行している方角さえわかれば位置補正が可能である.

同じ形状な地形の長い直線については、直線の途中では位置補正が難しい点が挙げられる. そのため直線を進む前に位置補正を行い、直線上で生じた誤差をなくす方式をとる. 斜面に関しては誤差が生じやすい地形である. そのため斜面を進行した後生じた誤差を補正する必要がある.

位置測位をする際、一時停止するため補正する場所が多い場合、時間がかかることになる. そのため、事前に地図情報の活用は必須である. なるべく位置補正をする回数が少なくなるように補正場所候補を決めておく必要がある.

## 3. 提案手法

屋外では GNSS が使用できる箇所があるが建物周辺はマルチパスが発生しやすい環境である. そのためマルチパスに考慮した位置補正の手法を提案する.

自律走行台車が大学構内を巡回し SLAM で地図を作成する際に位置補正を行う. その手順を以下に示す.

- 最初に配置されている BLE ビーコンの信号強度 (RSSI) を測定する. 一定の値以上の場合, BLE ビーコンからある程度近いと考えられる. 即ち建物に近く, GNSS は使用できない.
- RSSI が大きい順に BLE ビーコンを 3 つ使用し, 三点測位を行う. 一定以上の値は経験上, 5m 以内の値の -72dBm を閾値とする.
- RSSI を測定し一定以上の値でなかった場合, LiDAR を使用し, 周辺の地形を測定する. 周辺の地形が近くに表示された場合, やはり建物の周辺にいると考えられるため GNSS は利用できないため, LiDAR と BLE ビーコンを使用し位置測位を行う.
- 周辺の地形が近くに表示されない場合, マルチパスが発生しない環境にいると考えられるため GNSS を使用して位置測位を行う.

#### 4. 実験と結果

提案した手法を基に神奈川工科大学内でどの程度推定可能か実験した. 実験した場所は図 1 に示す. 情報学部棟周辺の 26 ヶ所で計測した. また BLE ビーコンを全体で 6 ヶ所に配置を行った. 図 1 内の四角で示している数値は, 測定を行った場所を表している. 丸で示している数値は BLE ビーコンの配置場所を表している.

計測は以下の手順で行った. はじめに一分 RSSI の測定を行い, そのあと LiDAR を使い周辺の地形の計測した. LiDAR を使い計測した際, 周辺に何も表示されない場合, 建物から離れていると判断し, GNSS を使用し位置測位を行った.

RSSI を測定する際, 測定地点から一番近い BLE ビーコンの方角を向き測定を行った. LiDAR

で測定する際, 1m の高さで地面と平行になるように計測した. また実際に位置測位を行う際, 自律ロボットの進行方向により LiDAR の向きが状況によって変わった. 今回は, わかりやすくするために向きは先端技術研究所や看護医療棟方面が上に表示し, 情報学部棟方面や講義棟が下に表示される方角で計測した.

LiDAR で計測した結果, 計測地点 20, 21 は傾斜で地面が表示され, 計測地点 12, 14, 16 と計測地点 25, 26 と計測地点 13, 17 の三通りは同じ形状が表示された. それ以外は特徴的な地形であった. BLE ビーコンを使用した三点測位に関しては, 10m 程の精度で位置測位が可能であった. LiDAR と BLE ビーコンを組合わせた位置測位に関しては, どちらの BLE ビーコンに近いかわからなかった. このように一定の条件下では提案方式が有用であることがわかった. しかし, どのような場合でも良いというわけでもないこともわかった.

#### 5. 今後の課題

LiDAR で計測した際にガラスが検知されなかったが神奈川工科大学では, 壁がガラスである施設もいくつかあるため, 解決していく必要がある. BLE ビーコンを使った測定は, 他の方法で測位するか組み合わせることで精度を上げる必要がある. また時系列を使用し, 柱の間の位置測定可能か確かめる. SLAM 実行時に置ける誤差がある状態で, 今回提案した手法を行った際に, 実際の台車の位置精度検証が必要である.

#### 参考文献

- [1]ZMP, “一人乗りロボ・物流ロボ・宅配ロボ・警備ロボ・無人フォーク・車両&バスの自動運転の ZMP,” <https://www.zmp.co.jp/> (2021/12/26 参照).
- [2]神奈川工科大学, “KAIT モビリティリサーチキャンパスの構築,” <https://www.kait.jp/topics/atrc/report07.html> (2021/12/26 参照).
- [3]永井悠人, 澤野雄哉, 鈴木孝幸, 清原良三, “自律走行台車を活用した 2 次元点群情報による人物検出手法,” 第 29 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, pp123-128, 2021.
- [4]クオン ヒョクジン, 永井悠人, 澤野雄哉, 鈴木孝幸, 清原良三, “3DLiDAR による SLAM 実行時の危険領域判定手法,” 第 29 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, pp203-206, 2021.

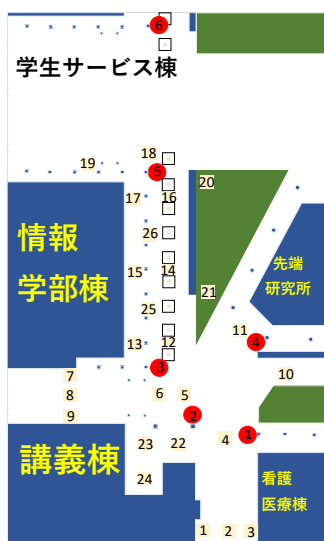


図 1 情報学部周辺