

# マイコン制御の 自動運転カー製作記

乗れる!  
個人で作れる!



川村 聡

第12回 移動経路導出アルゴリズムの比較実験…  
逐次最短距離探索法とダイクストラ法

表1 ROSで使えるSLAMアルゴリズム

アルゴリズム名	ループ閉じ込み	特徴
Hector-SLAM	なし	オドメトリが不要でLiDAR点群だけで地図と自己位置を推定可能. スキャン・マッチング, ICPアルゴリズムを使用
gmapping	あり	オドメトリ, IMUが必須. バイズ・フィルタによるSLAM
Google Cartographer	あり	ループ閉じ込みに特化. ロバスト性が高い
LOAM	なし	オドメトリが不要でリアルタイム性に特化

連載では、DCブラシ付きモータを2つ使った台車を作り、左右独立駆動輪を制御して自動で人や物を運ばせます。

今回は、台車が走行する周辺の地図を作りながら、その地図にもとづいて自己位置を推定するSLAM (Simultaneous Localization and Mapping) を試みます。周辺地図を作るためのセンサとしてLiDARを使います。

## 周辺地図の構築と台車の自己位置推定

### ● 地図作りと自己位置推定のアルゴリズム

SLAM技術は閉空間での地図構築と自己位置推定を同時に行う技術です。大まかな動作の流れは次の通りです。

1. ある地点でLiDARなどを使い台車周辺の地図を作る
2. 地図を元に自分の現在位置を推定する
3. 移動しながら1と2を繰り返す

周辺の地形は動きませんが、台車は移動していくので、どちらを位置の基準にするかによって、鶏が先か卵が先かのような問題になりますが、現在ではこれを効率的に解くアルゴリズムが幾つも開発されています。オープンソースのSLAMアルゴリズムを表1に示します。

これらは、ロボット開発のフレームワークである

ROS (Robot Operating System) 上で動作します。ハードウェアとしては、Linux PCなどを利用します。

表1にあるループ閉じ込みというのは、SLAMの中の重要な機能の1つです。一度通った点を2回目に通過したときに同じ点であるという条件によって地図を補正する技術です。ループ閉じ込み機能が実装されていると、台車が何度も同じところを通る場合に、地図のゆがみが少なくなります。

### ● マイコンでSLAMを動かしてみる

前回 (第11回, 2022年12月号) 紹介したICP (Iterative Closest Point) によるスキャン・マッチングでもSLAMを行えます (実装していないがループ閉じ込みも可能)。ICPだけでも自己位置の推定ができますが、オドメトリ (車輪の回転量から台車の位置を推定する方法) によって位置情報も使うとより信頼性が上がります。

台車はゲーム・パッドを使って手で適当に動かしました。地図が生成される様子をサポート・サイトで公開しています (動画1)。

<https://interface.cqpub.co.jp/2301mc/>

動画を見ると、台車が進むにつれて徐々に地図が大きく詳細になっていく様子が分かると思います。なお、リアルタイムでは処理が追いつかないので完全にオフラインで実行しています。

台車ではメインの処理に、Teensy 4.1 (PJRC) というマイコン・ボードを使っています。搭載しているCPUの最高動作周波数は600MHzなのでそれなりの処理能力があります。ICPの処理で特に重い偏微分方程式の数値解を求める計算は、プレント法による直線探索を利用して高速化を図っています。しかし、それでも1分間のスキャン・データから地図を作るのにだいたい5倍の5分を要しています。

## 目的地に到達するための移動経路を導き出すアルゴリズム

SLAMによってグローバル地図の作成と自己位置推定ができれば、目的地までの移動経路を計画できま