

複数ロボット間でのコストマップ共有機能を備えた自律移動ロボットシステムの構想

久保寺偉央¹ 佐藤未来子¹

キーワード：ROS, 自律移動ロボット, コストマップ, ナビゲーション

1. はじめに

近年、日本では高齢者のような自由な歩行が難しい人々に向けた移動支援として搭乗型の自律移動ロボットが活用されている[1]。自律移動ロボットに搭載される自律移動機能には自己位置推定と同時に地図生成を行うSLAM(Simultaneous Localization and Mapping)という技術や、目的地までの経路計画や障害物回避を行うナビゲーションという技術が活用されている。しかし、自律移動ロボットが取得できる障害物情報は搭載されているセンサの種類・位置によって局所的である。そのため、LiDARなどでは検出できない鏡やガラスなどの透明体の障害物や様々な高さ障害物が存在するような複雑な環境下では正確な地図を生成することができず、ロボットの自律移動が難しい場合がある。しかし、単体ロボットに様々な角度からの障害物検出や、各種センサを多数装備して、走行領域全体を適切に把握する方法では、地図生成に時間や計算コストを要するため、ロボットの計算ユニットで使用される省電力・小型の組み込みマイコンにとって高負荷な処理となる。そこで本研究では、同じ領域を自律走行する異なる種類のセンサを搭載した複数台のロボットがそれぞれ生成する地図の情報を共有しながら、地図生成の効率向上を目指す。自律移動ロボットの開発にはロボット用のソフトウェアプラットフォームであるROS(Robot Operating System)[2]を用いる。ROSでは自律移動ロボットの様々な機能をオープンソースで提供されている。本研究ではROSに搭載されているコストマップを複数ロボット間で共有する方式について検討し、自律移動に適したマップを生成する際のシステム性能に関する課題を明らかにするための実験基板を提案する。

2. コストマップ

本研究で活用するコストマップとはレーザスキャンなどで作成する二次元あるいは三次元の占有格子地図である。コストマップの各セルは障害物からの距離に基づくコスト値を持ち、障害物に近いセルほどコスト値は高くなる。ROS

で実装されているコストマップは Layered Costmaps[3]というアルゴリズムで実装されており、その概念を図1に示す。Layered CostmapsではSLAMなどで生成された地図データやLiDARなどで取得したセンサデータなどをレイヤーに分けてコストマップの更新を行う。Layered Costmapsには表1に示す3つの標準レイヤーがあり、これらのレイヤーのコスト値をまとめた Master Costmap を最終的に生成されるコストマップとして出力する。また、Layered Costmapsでは標準レイヤーで搭載されている3層のみならず自由にレイヤーの追加が可能である。

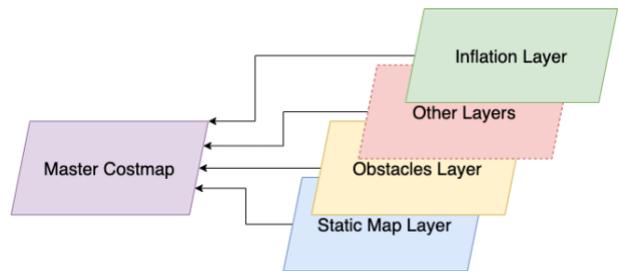


図 1: Layered Costmaps の概念

表 1 Layered Costmaps の標準レイヤー

レイヤー名	機能
Static Map Layer	SLAMなどで生成した2Dマップ画像のデータをコスト値に反映
Obstacles Layer	2D-LiDARなどから得られたセンサデータをコスト値に反映
Inflation Layer	ロボットのサイズに応じて障害物周辺のコスト値を増加

3. 自律移動ロボットのシステム構成

現在検討している自律移動ロボットのシステム構成を図2に示す。本システムではROSの既存パッケージを活用し、自律移動ロボットと管理サーバで自律移動機能の一部の機能を実現する。そして、複数台のロボットが異

¹ 東海大学 情報通信学部 組み込みソフトウェア工学科

なるセンサを備え、個別のコストマップを生成し、統合することで、有効な地図を効率良く作成することを目指している。まず、自律移動ロボット内ではセンサ値取得タスクでセンサデータとオドメトリ計算タスクで求めたオドメトリを管理サーバへ送信する。管理サーバではSLAMや地図データの管理など自律移動ロボットにとってメモリ消費や計算コストが高い処理を行う。自律移動ロボットはナビゲーションを実行する際、管理サーバから取得した地図データ、センサ値取得タスクから取得したセンサデータ、自己位置推定タスクから取得した自律移動ロボットの自己位置を用いてナビゲーションを行う。また、通常ROSのコストマップ生成はナビゲーションタスク内で行う。しかし、本システムではコストマップの共有を行うために、管理サーバ内に共有用のコストマップを生成する「共有コストマップ生成タスク」を新たに設ける。そして、共有コストマップ生成タスクで生成したコストマップを自律移動ロボットのナビゲーションタスクに活用する方針である。

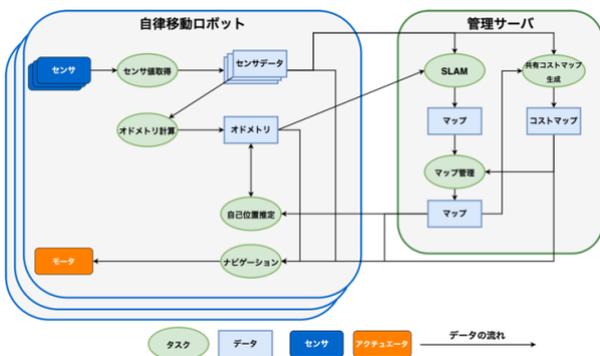


図 2: システム構成図

4. コストマップの共有方法と検討課題

現在検討しているコストマップの共有方法を図 3 に示す。まず、各ロボットでは取得したセンサデータを用いてロボット固有の個別コストマップを生成する①。それと同時にサーバ側では各ロボットが取得したセンサデータを用いて該当する各レイヤーに入力し②、各ロボットのセンサデータを活用して生成される共有コストマップを生成する③。そして、一定のタイミングでサーバ側の共有コストマップをロボット側へ送信し④、ロボット側のコストマップをサーバ側の共有コストマップに更新する⑤。この様に、コストマップを共有する方法には2つの検討課題がある。

- 異なるセンサ座標系のロボットのセンサデータから

得たコストマップマージ方式

- 異なるセンサを持つ異種ロボットの場合における、コストマップのレイヤー構成の変化に対応したコストマップマージ方式

上記の2つの検討課題に対して、コストマップの効率的なマージ方式を実現しなければ、リアルタイムな自律走行に影響を及ぼす可能性がある。したがって、今後の方針として、ROSのコストマップを活用したヘテロジニアスなマルチロボットシステムを実現した上で、SLAM・ナビゲーション時のシステム性能の評価を行い、本システムの実現可能性について明らかにする。

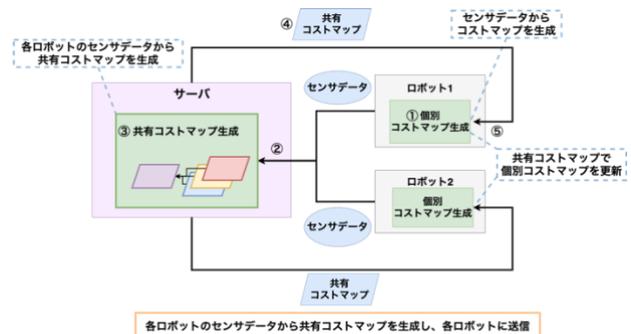


図 3: 検討中のコストマップの共有方法

5. おわりに

本稿では、ヘテロジニアスなロボット構成による協調したマップ生成の方法としてROSのコストマップの共有の検討課題を明らかにした。今後は、コストマップの共有方法に伴う検討課題の解決に取り組む。そして、実ロボットを使用した実験を通じて複雑な環境下での自律移動に適切なマップを実時間で生成が可能であるか検証する予定である。

参考文献

[1] “歩道を自律走行する一人乗りの移動支援ロボット「ROPITS」を開発”, <https://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2013/03/0312.html>, (参照 2021-11-01).
 [2] “ROS (Robot Operating System)”, <http://wiki.ros.org/ja>, (参照 2021-11-01).
 [3] David V. Lu, Dave Hershberger, William D. Smart, “Layered Costmaps for Context-Sensitive Navigation”, 2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, p.709 – 715