

環境地図作成エディタの開発

紅山史子¹ 守屋俊夫¹ 松本高斉¹ 若原彰伸² 藤本敬介³

¹(株)日立製作所 基礎研究所 ²(株)日立システムアンドサービス ³電気通信大学

1. はじめに

室内ロボットの自律移動制御や移動計画を行う際に、壁や障害物の存在を画像として示した2次元環境地図が利用される。レーザ距離センサを搭載した移動ロボットを任意に動かしながら取得したスキャンデータ(距離データ)から、2次元環境地図を対話的に作成するエディタを開発したので報告する。

2. 地図作成機能の概要と開発の目的

オフィス等の室内を、リモコン等の操作でロボットを任意に移動させながら、レーザ距離センサで水平スキャンすることにより、距離データを時系列に取得する。本センサは、前方-90°から+90°の範囲を0.5°毎に、最速で約26msで1フレーム分のスキャンデータを取得できるものである。

このようなスキャンデータから環境地図を自動的に作成する機能の実現には、自己位置同定と地図作成を同時に行うSLAM(Simultaneous Localization And Mapping)技術が基本となる。その具体的手法の一つに、各フレームのスキャンデータと、それまでに作成した地図とのマッチングを行うことで、スキャンデータの地図上の位置と姿勢を求め、これに基づき地図を逐次更新していく方法がある。我々も、この考え方をベースに地図の自動作成機能を開発した。しかしこの方法には、1) マッチング時の微小な誤差の累積により大きな誤差が発生する、2) 同じような幾何パターンが存在する環境においてマッチングミスが生じる、といった問題がある。これらを解決しようとする研究がいくつかされているが、どのような条件や環境に対しても確実に動作する汎用的方法は確立されるに至っておらず、またマッチングが誤りか誤りでないかの判断は、人間でなければ行うことができないような状況も多々あるため、これらの問題解決をすべて自動化することは現実的で

ない。

そこで本研究では、地図生成を完全に自動化するのではなく、自動生成時に発生した誤差やエラーを人が目視で確認・指摘できるようにし、さらにその補正を自動で行う機能、自動補正が困難な場合は対話的に補正を加える機能を備えた地図作成エディタの開発に取り組んだ。自動化機能と手動機能を両備することで、どのような条件や対象に対しても、簡単かつ少ない操作で、確実に誤差の少ない地図を作成できるようにすることが、開発の目的である。

3. 環境地図作成エディタの概要

地図作成エディタのUI画面を図1に示す。



図1 地図作成中の画面の例

画面内の は移動ロボットの現在位置であり、矢印の方向はロボットの姿勢を示す。 に示す白い線は障害物を示す。 に示す赤い線は に示すロボット位置姿勢から取得したスキャンデータであり、 とを逐次マッチングし、その結果を追加していくことにより環境地図を作成する。 に示す緑の線は、地図補正時の補正適用範囲となる。

本エディタでは大きく2つの補正機能を持つ。これについて以下に詳述する。

4. マッチング誤差補正機能

フレーム毎の誤差の蓄積や、類似幾何パターンの存在によるマッチング誤りに対処する機能である。同様の問題に対する対処方法の研究として[1][3]などがあり、[1]では誤りの検出時には再度データを取

Interactive Map Generator Based on Scan Matching of Range Data

Fumiko Beniyama¹, Toshio Moriya¹, Kohsei Matsumoto¹, Akinobu Wakahara², Keisuke Fujimoto³

¹Advanced Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

²Hitachi Systems & Services, Ltd.

³The University of Electro-Communications

り直し自己位置推定を行っているが、誤りの検出方法については言及されておらず、目視による確認が必要な状況であると考えられる。

そこで、本エディタにおける地図作成の手順は、図2に示すように、スキャンデータを入力とし、自動地図作成及び自動補正を時系列的に繰り返すことを基本とするが、必要に応じてそこに対話補正処理を加えることにした。

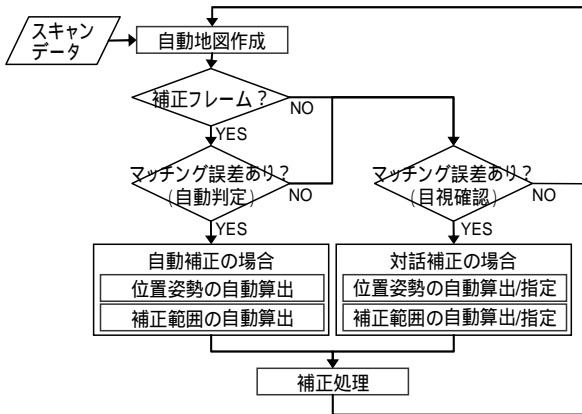


図2 地図作成の処理の流れ

まず、自動地図作成機能において、スキャンデータを順次読み込み、別途開発したSLAM機能により、ロボットの位置同定を行いそのパラメータに基づきスキャンデータをマッピングすることで、地図を拡張・更新する。次に、読み込んだスキャンデータが誤差の発生しやすいフレーム（補正フレーム）であるか否かが判定する。補正フレームでは、ロボット周囲だけでなく広域の地図を用いてマッチングを実施し、大きな誤差が生じているか否かの判定を行う。誤差ありと判定された場合は、誤差判定時に求めた値をロボットの正しい位置姿勢とする。次に、どこまで遡って補正するか、予め指定したパラメータに従って補正範囲を算出する。マッチング時の大きな誤差は、微小な誤差の蓄積により発生するため、過去に遡って補正することにより誤差の蓄積を解消する必要がある。ここで算出された位置姿勢と補正範囲を補正パラメータとし、補正処理を実行する。

以上の自動地図作成処理の一連の流れに、対話処理機能を加える。逐次更新表示される地図を、目視にて確認しながら、大きな誤差が発生していないかどうか判断する。誤差の残るフレーム発見した場合は、対話補正処理を実施する。

まず、マウス操作により対象となるフレームのスキャンデータを任意に移動・回転し、正しい位置位置を指定する。地図と重ね合わせて比較することができるので、補正の妥当性を逐次確認することがで

きる。類似パターンが多数存在する環境においては、マッチング候補が数多く出てくることがあり、その際にどれが正しいマッチングであるかは評価値だけでは判断がつかない場合もあり、人による正しい位置姿勢の指示が不可欠となる。

次に、時間軸のスライダを用いて、補正範囲を指定する。補正範囲が適切でないと、誤差の蓄積を解消しきれなかったり、補正の必要のない場所のデータが変更されてしまう可能性があり、これを目視により確実に指定できるようにした。この時、補正範囲を異なる色で表示することにより、選択範囲が正しいかどうか判断することが可能である。その後の補正処理は自動補正の場合と同じである。

5. 全体修正機能

このように誤差補正された地図であっても、本来存在しない障害物がノイズとして残っていたり、実際に存在するものが欠落してしまっている場合がある。これらは、経路計画やロボット自律移動に大きな影響を及ぼす。これに対処する方法として、例えば、センシングで微小な孤立点が計測されたとき、これを[2]のようにノイズと自動的に判断して消去する方法も考えられるが、実際には椅子の足等の小さいものが現実存在していることもあるなど、その可否は人でないと判断できない状況が多く発生する。よって、これらの削除・追加操作を操作者が任意に行える機能を加えることにした。

6. おわりに

本稿で述べた地図作成エディタでは、自動地図作成機能に対話的修正機能を加えることにより、どのような対象に対しても確実に、自動作成時に発生する誤差等の問題を解決できるようにした。なお、本エディタを用いると、20m×10m程度のオフィスの全体地図を、ロボットの移動時間 + 数十秒の時間で作成することができる。

参考文献

- [1] 石岡, 友納, 坪内, 油田, “オドメトリと LRF のスキャンマッチングを用いた移動ロボットの確率的自己位置推定とマップ構築”, ロボティクス・メカトロニクス講演会'04, 1A1-L1-74, 2004
- [2] 山浦, 鎌田, 平, 山崎, “可動型赤外線センサを用いた動的スキャンによる地図生成システムの設計と実装”, 第23回日本ロボット学会学術講演会, pp. 1-4, 2005
- [3] F. Lu, E. Miliot, “Globally Consistent Range Scan Alignment for Environment Mapping”, Autonomous Robots, Volume 4, Number 4, October 1997, pp. 333-349(17)