

## 二次元測域センサを用いた2段階MICPによるSLAMの構築

北海道大学大学院情報科学研究科 ○後藤 和久  
北海道大学大学院情報科学研究科 松下 昭彦 金子 俊一 田中 孝之

### 要 旨

自律型移動ロボットには動的環境に対応するため、高速かつ正確に地図を作成する能力が要求される。例外値を含む位置合わせにはICP(Iterative Closest Point)法にM推定を用いたMICPを利用した。また高速化の為にデータのサンプリングを行った。しかし、サンプリングを行うと情報の欠落により位置合わせの精度が低下する。そこで本研究では、移動ロボットによる地図作成及び自己位置推定の処理の高速化と精度の安定化を目指した2段階MICP法を提案する。

### 1. はじめに

近年、ロボットの技術の進歩はめざましく各種様々なロボットが開発されている。これらロボットの作業する環境内での移動には自己位置の把握および、障害物回避の問題の解決が重要である。ロボットの作業する空間の正確な幾何モデルが与えられている場合[1]、ランドマークが与えられている場合[2]、未知空間の場合それぞれに必要なセンサや手法が異なる[3]。環境幾何モデルが与えられる場合は計測データとの照合により自己位置の把握を行うが、環境の変化があった場合の対応の問題がある。ランドマークが与えられた空間では必要なデータが少なくてもすが、ランドマークを検出する機能が必要となる。しかし未知環境での自己位置把握ではデータ同士の対応関係を正しく結びつけることが難しい。そこで本研究では未知環境における自己位置推定とロボット制御の問題について取り扱う。

本研究では移動ロボットが移動ごとに測域センサから取得したデータを逐次的に照合することにより、自己位置推定と地図作成を同時に行うといういわゆるスキャンマッチングを取り扱う。測域センサとして、小型で高精度な北洋電機社製のURG-04LXを利用した。また照合にはICP(Iterative Closest Point)法にM推定を用いることにより例外値からの影響を小さくしたMICP法を用いた。今回提案する手法では、まずデータの中から特徴点だけを取り出し、特徴点だけで照合を行い大まかな位置合わせをした後、改めて全点用いて照合を行うという方法をとった。これを2段階MICPと呼び、詳細は次章に示す。

### 2. 2段階MICP

精度の安定と計算速度の向上の為に、2段階MICPという手法を考案した。まずおおまかな位置合わせを特徴点のみを利用したMICPによる照合を行った後、位置の

調整のために全点を用いたMICPによる照合を行う。

おおまかな位置合わせをするために、得られたデータから特徴のある点のみを抽出し、得られた特徴点だけで照合を行う方法を試みた。特徴点抽出による照合は計算に利用するデータも少なくなるのでその分計算コストが抑えられるという利点がある。今回、本研究では角を特徴点として用いた。角は視覚的に分かりやすく単純だが位置関係を解明しやすい。角点は2本の直線の交点に存在するのでそれを利用した方法で角点を抽出する。ある点 $P_n$ とそのまわりの点を利用し最小二乗法によって2直線 $l_{n1}$ ,  $l_{n2}$ を求め、その2直線のなす角 $\theta$ が極小値かつある閾値 $\alpha$ より小さいときに角点と判定するという方法を用いた。

本研究では、データの照合にMICP法[4]を用いた。通常のICP法は例外値を含まない疎な距離データ同士の位置決めを行う手法である。よって、位置決め対象となる距離データに不一致部分または追加データ部分が含まれると正しい状態に収束するのを妨げられることになる。しかしながら、自己位置推定における参照データ、入力データには観測位置の違いにより不一致部分・追加データ部分が含まれる。そのためICPでは移動ロボットの自己位置推定は高精度に行うことが出来ない。この問題を解決するため、ICPにM推定を導入することにより例外値を含有する距離データ同士の位置合わせを可能にさせたMICPを利用した。

### 3. シミュレーション

2段階MICPが角点のみのMICPよりも精度が安定すること、全点のみでのMICPよりも高速に照合できるかを確認するためにシミュレーションを行った。(以下、『角点のみ』、『2段階』、『全点のみ』と表記する)

**方法** 廊下や実験室で取ってきたデータを参照データとする。次に例外値を含むデータを作成するために、それぞれのデータの距離値を変更する。そのデー

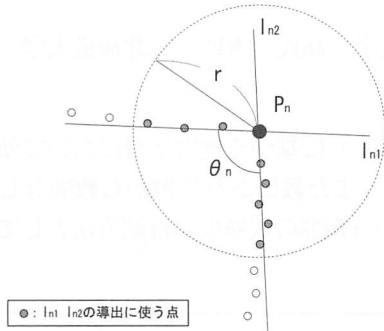


Fig. 1: 角点抽出

タをさらに x 方向に 100mm 並進させたものを入力データとする。それらのデータを『角点のみ』、『2 段階』、『全点のみ』の三種の方法でそれぞれ照合を行う。その結果、ズレが x, y は 10mm 以内、角度は 1deg 以内なら照合成功とみなす。本シミュレーションには参照データ 6 種とそれぞれに対し 2 種 (例外値 10%, 例外値 20%) の入力データを用意し 12 個の結果を得た。

**結果** 結果は次の 3 パターンに分けられる。(1) 照合が 3 種全てで成功し、計算時間が『角点のみ』 < 『2 段階』 < 『全点のみ』 (2) 『角点のみ』で照合失敗し『2 段階』で改善し、計算時間が『角点のみ』 < 『2 段階』 < 『全点のみ』 (3) 『角点のみ』で照合失敗し『2 段階』で改善し、計算時間が『角点のみ』 < 『全点のみ』 < 『2 段階』 12 個の結果のうち (1) は 4, (2) は 7, (3) は 1 個であった。

**考察** 結果 (3) の場合は計算時間の短縮は出来ていないが精度は安定化しているので (1), (2) を合わせた全体としてみれば、目標である『角点のみ』よりも精度を安定させ『全点のみ』よりも計算時間の短縮を行うということが可能であるということが確認できたと考えられる。(3) の場合は『角点のみ』で十分に正解値  $(x, y, \theta) = (100, 0, 0)$  に近づけることができなかつたため、2 段階目の照合に時間がかかったと考えられる。よって、『角点のみ』の精度を安定化させられれば、計算時間の方も安定して短縮できると考えられる。

Table 1: 結果 (1) の一例

	角点のみ	2 段階	全点のみ
x(mm)	107.85	100.48	100.20
y(mm)	4.10	-3.77	0.04
$\theta$ (deg)	0.00	0.00	0.00
計算時間 (秒)	1.98	54.29	66.45

Table 2: 結果 (2) の一例

	角点のみ	2 段階	全点のみ
x(mm)	118.96	102.15	100.67
y(mm)	6.80	0.21	0.16
$\theta$ (deg)	0.00	0.00	0.00
計算時間 (秒)	2.93	35.15	70.75

Table 3: 結果 (3) の 1 例

	角点のみ	2 段階	全点のみ
x(mm)	65.92	98.35	93.59
y(mm)	-12.28	0.21	-0.87
$\theta$ (deg)	-0.02	0.00	0.00
計算時間 (秒)	4.39	31.04	25.02

#### 4. 結論

本研究で、移動ロボットによる地図作成及び自己位置推定の処理の高速化と精度の安定化を目指した 2 段階 MICP 法を提案し、シミュレーションによりその有効性を確認した。実環境でしようするためにさらに動的環境への対応・移動可能領域の考慮・障害物回避という問題を解決しなければならない。また 2 段階 MICP の細かい設定値の与え方をどうするかという問題がある。例外値の定義・MICP の B の値・最適解探索時の初期ベクトルの与え方などがそれぞれである。これらの問題を解決するためにより多くのデータを集め、解析していく必要がある。

#### 参考文献

- [1] 山本元司, 岩村誠人, 毛利彰, "動力学と障害物を考慮した二輪独立駆動型移動ロボットの近似最短時間軌道計画, 日本ロボット学会誌 Vol. 15 No. 8, pp. 1123-1130, 1998
- [2] 橋本雅文, 大場史憲, 藤川泰司, 今牧和敏, 西田哲生, "レーザ位置計測とデッドレコニングの統合による車輪型移動ロボットの位置推定法, 日本ロボット学会誌 Vol. 11 No. 7, pp. 1028-1038, 1993
- [3] 原祥亮, 川田浩彦, 大矢晃久, 油田信一, "測域センサの反射強度データを用いたスキャンマッチングによる移動ロボットの自己位置推定, Proc ロボティクス・メカトロニクス講演会 2006 2P1-C29
- [4] 金子俊一, 近藤友紀, 宮元敦, 五十嵐悟, "M 推定法を導入したロバスト ICP 位置決め法, 精密工学会誌 Vol. 67. No. 8 pp. 1276-1280, 2001