

壁面ランドマークの自動認識に基づく 移動ロボットのための自律自己位置推定システム

APCS: Autonomous Position Correction System

Using Ultrasonic Sensing for Indoor Mobile Robot Navigation

山本 貴志 (筑波大学)

Takashi Yamamoto, University of Tsukuba

○正 大矢 晃久 (筑波大学)

Akihisa OHYA, University of Tsukuba

前山 祥一 (筑波大学)

Shoichi Maeyama, University of Tsukuba

正 油田 信一 (筑波大学)

Shin'ichi Yuta, University of Tsukuba

It is popular to use landmarks with odometry data for estimating the robot's position. However, usually when/where the robot should observe the landmarks must also be pre-planned like the robot's path must be, because the method of the position correction strictly depends on the path. In this paper, we propose a system that can correct the robot's position automatically not concerning the robot behavior. The system uses ultrasonic sensor to detect flat walls as landmarks. The feasibility of the system is examined through experiment in a real environment.

Keywords: mobile robot, position estimation, landmark recognition

1 はじめに

走行経路を指定する方法で移動ロボットに目的地まで自律走行をさせる場合、ロボットは常に環境中の自己位置を把握しておく必要がある。車輪型の移動ロボットでは、その手段として車輪の回転数による位置推定法 (オドメトリ) が一つの有効な手段である。この方法では、走行距離が長くなると推定位置の誤差が累積するが、環境中の既知のランドマークを観測し、この誤差をキャンセルする方法がある [1], [2], [3]。

本研究では、超音波センサを用いて得られる距離情報から有効にランドマークに関する情報を抽出し、これを用いてロボットの自己位置を修正する方法の開発を行った。また、その処理をロボット内で自律分散的に行うためのアーキテクチャについて検討し、自律位置推定システム APCS (Autonomous Position Correction System) を実験用移動ロボット上にインプリメントした。但し、ここでは対象環境は屋内に限定した。

いかなる行動プログラムを書いたとしても、ランドマークを用いた位置修正が、それとは独立して働くことになる。つまり、ユーザから見ると、システムによって自動的に位置修正がなされることになるわけで、従来位置修正部との混在が原因で非常に複雑であった行動制御プログラムの開発が非常に容易になると予想される。

上述したようなランドマークの観測に基づく位置修正システムを自律分散的に動かせるためには、センサデータからランドマークに関する情報を自動的に抽出し、その情報がどのランドマークの情報なのかを識別しなくてはならない。そこで本システムでは、ランドマークは環境中に多数存在し抽出の容易な平らな壁面とし、超音波センサによって観測された平面が、システムが所有する環境地図中のどの壁かを判断することで、ランドマークの識別を行うこととした。従って、APCS は図 1 に示すように、オドメトリによる位置データ、超音波センサの測距データ、環境地図を元に自己位置の修正を行う構成となる。

2 APCS の構成

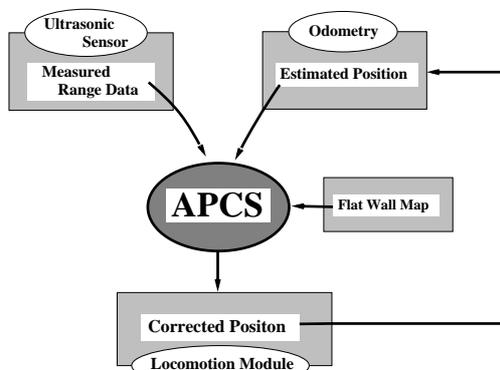


fig. 1: APCS におけるデータの流れ

ランドマークを利用した位置修正を自律分散化することは、この部分をロボットの行動制御部分と完全に切り離すことが可能になることを意味する。これによって、ロボットのユーザが

3 APCS の処理の流れ

3.1 平らな壁面の検出

まず、ロボットが移動中に順次得られる超音波センサの測距データから、環境中の平らな壁面を抽出する。今、図 2 に示すようにロボットが位置 P_1 で r_1 、 P_2 で r_2 の測距データを得たとする。このとき、これら二つのデータが同一の平面に対して測定された距離値であると仮定すると、超音波が鏡面反射する性質を考慮して得られる幾何学的な拘束条件によって、 P_1 、 P_2 の二つの位置での計測にそれぞれ対応した超音波の反射点位置 R_1 、 R_2 が推定できる。これら二つの点を、推定反射点 ERP (Estimated Reflection Points) と呼ぶことにする。

走行中に順次得られていく ERP 群を隣接関係からグループに分割し、それぞれのグループに対して最小自乗法を用いて近似直線を当てはめる (図 3 の点線)。このとき、曲面状の壁面から得られた ERP のグループを取り除くため、直線近似したときの分散 (直線からのずれ) が大きいグループは削除する。近似された直線は、ERP 群の位置を元に線分として切り取り、ベクトル化する。但し、ベクトルの向きに対して左側を占有空間、右側を自由空間とするように方向を定める。これを、DWV (Detected Wall Vector) と呼ぶことにする (図 3 の実線)。

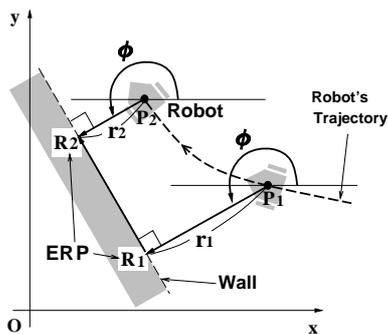


fig. 2: ERP を計算する際のロボットと壁面の位置関係

3.2 マッチング

次に、得られた壁面が環境中のどの壁面であるのかを、あらかじめ与えられた環境地図とのマッチングにより識別する。環境地図中の各壁面データもベクトル化しておき、これを WVEM (Wall Vector in a Environment Map) と呼ぶことにする (図 5 内の を参照)。但し、WVEM も DWV と同様、左側が占有空間、右側が自由空間となるように方向を定義しておく。検出された一つの DWV に対して、環境地図中の WVEM を順次調べていき、(a) DWV の方向が WVEM の方向とほぼ同じ、(b) DWV を WVEM 上に写像したときの二端点が生壁面の中に含まれる、(c) DWV の位置が WVEM の位置とほぼ一致する、という 3 つの条件を同時に満たすとき、DWV はその WVEM にマッチングされる。

3.3 自己位置修正

上記のようにして得られたランドマーク情報を元に、ロボットの自己位置を修正する。オドメトリによるロボットの推定位置とその誤差、ロボットから見た検出壁面の方向と距離とその誤差、その壁面にマッチングされた環境地図中の壁面の位置情報が得られた場合、最尤推定により新たな推定自己位置とその誤差を求めることができる [4]。

4 実験

APCS の有効性と有用性の検証を行うために、前述したようなアルゴリズムを実験用の移動ロボット「山彦」に実装し、図 4 に示すような環境で実験を行った。ロボットの走行速度は 10cm/s として、ロボットに搭載されている超音波センサの測距情報を用いて自己位置の推定を行った。図 5 に実験結果の一例を示す。ロボットの推定位置を、前述した方法により抽出

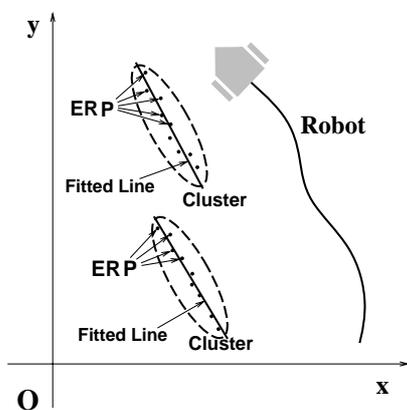


fig. 3: ERP のグループ分けと直線への近似



fig. 4: 実験環境

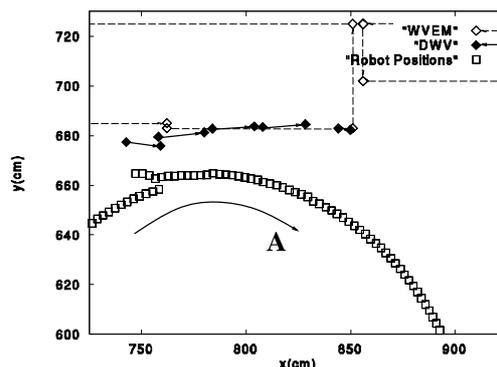


fig. 5: 実験結果。 はロボットの推定位置、 は WVEM、 は DWV を示す。矢印 A はロボットの進行方向を表す。

された壁面ベクトル WVEM を、マッチングにより対応のとれた DWV を で示す。ロボットは矢印 A の方向に走行した。前述した方法により抽出された壁面ベクトル DWV に対して、環境地図内の WVEM の中からマッチングにより対応の取れたものが抽出され、環境中の壁面がランドマークとして正しく認識されて、自己位置の修正が適切に行われていることがわかる。

5 まとめ

本稿では、超音波センシングを用いた壁面ランドマークの自動認識に基づく移動ロボットのための自律自己位置推定システム APCS を実現するための方法と、そのアルゴリズムを検証するために行った基礎実験の結果を示した。今後の課題としては、長距離のナビゲーション実験を通してシステムの有効性を評価することが挙げられる。

参考文献

- [1] J. J. Leonard and H. F. Durrant-whyte: "Mobile Robot Localization by Tracking Geometric Beacons", IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.2011-2016 (1990).
- [2] K. Komoriya, E. Oyama and K.Tani: "Planning of Landmark Measurement for the Navigation of a Mobile Robot", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robot and Systems, pp.1476-1481 (1992).
- [3] S. Maeyama, A. Ohya and S. Yuta: "Positioning by tree detection sensor and dead reckoning for outdoor navigation of a mobile robot", IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligence Systems, pp.653-660 (1994).
- [4] 小森谷清, 谷和男, 白井信正, 大山英明: "環境情報利用自律移動制御に関する研究", 機会技術研究所所報, Vol.46, No.2 (1992).