

ランドマーク情報を積極的に獲得する 移動マニピュレータの屋内ナビゲーション*

高濱 孝安*1, 田中 豊*2, 永谷 圭司*2

Autonomous Indoor Navigation Based on Landmark Information Using Eye-in-hand Vision System

Takayasu TAKAHAMA*1 and Yutaka TANAKA*2 and Keiji NAGATANI*2

*1 System Engineering, Okayama University

*2 The Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

An error in estimated position is a weak point of mobile robot's navigation using odometry. In this approach, the way of position adjustment is realized using landmark detection. The sensor is eye-in-hand vision system that a camera attaches manipulator's hand. The position adjustment requires image processing and manipulator analysis in this system. This system has the advantage that one camera gets images by a variety of view point.

In this article, the authors introduce the way of position correction using eye-in-hand vision system, and the effectiveness of this way through several experiments.

Key Words : navigation, manipulator, image processing, hand-eye-system

1. はじめに

車輪型移動ロボットを走行させる場合、自己位置・姿勢を推定するため、通常モータに取り付けられたエンコーダより得られる車輪の回転量から、これらを計算する「オドメトリ」を用いる。しかしながら、ロボットがオドメトリのみで自己位置推定を行う場合、長い距離を走行したり、旋回したりすることによって、ロボットの自己位置に生ずる誤差が累積してしまい、走行が困難になる。これを解決するため、固定カメラを用いて画像を獲得し、その画像を用いたナビゲーションは数多く報告されている⁽¹⁾⁽²⁾。

本研究では、移動ロボットに搭載したマニピュレータの先端に取り付けたカメラを利用して、走行途中に存在するランドマークを検知することで誤差を修正し、誤差を最小限にしながら移動ロボットを目的地まで走行させる手法を提案する。

本稿では、この手法について紹介し、実験を通じて本手法の有効性を検証したのでこれを報告する。

2. 画像を用いたナビゲーション

本研究では、ランドマークとして Fig.1 に示すような壁と地面との境界線を利用し、移動ロボットの推定位置の修正を行いつつ、自律走行を行う手法を示す。

前提条件として、修正のための画像取得には、マニ

ピュレータの先端に搭載したカメラを使う。走行経路及び修正を行う位置については、予め与えるものとする。また、走行経路は線分を組み合わせて表現するものとする。



Fig. 1 Example of landmark

まず、移動ロボットは走行経路を走行しながら修正ポイントに到達するまでに、マニピュレータを制御し、取りこむ画像のある方向にカメラを動かす。この姿勢についても予め与えておく。次に、画像を取り込み画像処理を行うことで壁と地面の境界線を検出する。この境界線の相対位置と現在位置の情報をもとに修正量の計算を行い、修正を行う。この一連の動作を目的地に到達するまで繰り返す。

以下に画像処理、境界線の相対位置検出、推定位置修正法について述べる。ただし、別の直線を検出しないように検出の範囲を制限する。

2.1 画像処理 まず、画像から直線の抽出を行う。カメラから取得した画像にエッジ検出を適用し、その後2値化する。次に、その画像に対してハフ変換を行い、直線を獲得する。

* 原稿受付 2002 年 3 月 1 日

*1 岡山大学工学部システム工学科

*2 岡山大学大学院自然科学研究科

Email: keiji@ieee.org

2.2 境界線の相対位置の検出 通常、画像1枚より3次元の位置を算出することは不可能だが対象が床面上と仮定すれば、「壁と地面の境界線」の3次元位置は算出できる。以下に、その手法を示す。

まず、マニピュレータの順運動学解析を行い、手先の位置・姿勢を求める。次に、カメラで地面を見て、境界線に属する1点がカメラの中心からどの位置にあるかを計算する。これは、マニピュレータの手先のカメラの位置 p を起点とし、手先方向へ向かうベクトル a を延長し、高さ z が $0[\text{cm}]$ となる点を計算することで求まる (Fig.2)。ここで a, p は、マニピュレータの順運動学の計算より求まるため、地面の相対位置 x, y が検出できる。この手法を境界線が属する2点に対して行うことで、直線が決定し、直線の3次元位置が求まる。

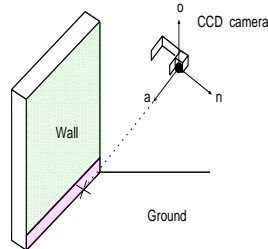


Fig. 2 Boundary point detection

2.3 推定位置修正法 一般に画像処理には時間がかかり、画像処理中にロボットは走行してしまう。このため、処理が終わった後に前の段階の位置修正を行う必要がある。そこで、画像処理終了後に推定位置情報を取得し、画像取得時から走行した距離を a とすると、その距離だけ延長したところに画像処理後の推定位置がある (Fig.3)。これより、画像取得後に走行して生ずる誤差を加味して現在の位置を修正することができる。

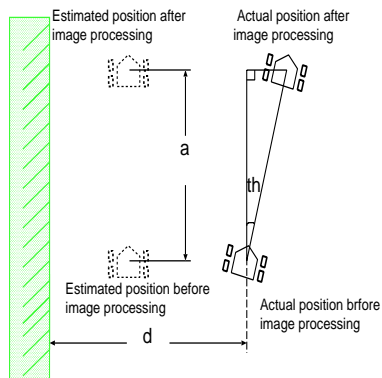


Fig. 3 Position estimation based on landmark

3. 実験

3.1 タスクと実験環境 上述のナビゲーション手法を実ロボット (Fig.4) に実装し、実験を行った。動作環境は、岡山大学工学部1号館2Fにあるマン-マシンシステム学研究室とシステム工学科掲示板がある部

屋、及びその付近の廊下である (Fig.5)。

タスクとしては、研究室を出て、十数メートル離れた掲示板まで走行し、CCDカメラで掲示板の情報を取り込み、帰ってくるということをロボットに行わせることとした。また、走行途中には、壁と廊下の境界線をランドマークとして利用し、オドメトリによる自己位置修正の誤差を修正する。

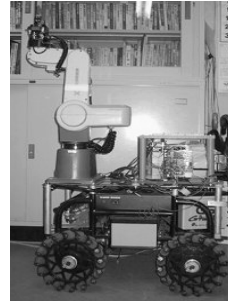


Fig. 4 Robot

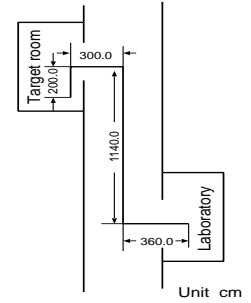


Fig. 5 Environment

3.1.1 予備実験 まず、ランドマークを用いた修正を行わないで走行実験を行ったが、推定位置に生ずる誤差のため、途中で壁に衝突した。なお、このロボットは経験的に10mの走行に対して約1mずれる。

3.1.2 修正を含む走行実験 次に、2章で示したランドマークによる修正を含む走行実験を行った。修正は行き3回、帰り5回の計8回行った。ただし、画像処理は停止して行った。(つまり $a=0$ である。)

この方法では、10回中8回程度、目標を遂行することができた。しかしながら、修正回数が多いため、走行時間が問題となる。

3.1.3 走行しながら修正を含む走行実験 最後に、走行しながらランドマークによる修正を含む走行実験を行った。この方法では、3.1.2の走行実験に比べ時間が約3分の2となり短縮できたが遂行達成率は少し下がった。

4. 結 言

本研究では、移動ロボットのマニピュレータの手先カメラを使ったナビゲーションを行うために位置修正手法について説明し、走行実験を行った。

走行実験では、比較的安定した走行が実現できた。今後、様々な環境での走行を実現させるため、壁との境界だけでなく別の種類のランドマークを用いた位置修正の実現を目指したい。

文 献

- (1) 大野 孝之, 大矢 晃久, 油田 信一, 画像列の教示による自律移動ロボットのナビゲーション, “第1回ロボティクスシンポジウム予稿集”, (1996), pp.111-116
- (2) 松本 吉央, 稲葉 雅幸, 井上 博允, 視野画像列を利用した経路表現に基づくナビゲーション, “日本ロボット学会誌”, Vol.15, No2, (1997), pp.236-242