

屋内通路画像に基づいた自律移動ロボットの 位置認識の一考察

5 P - 4

大木 誠 四方 俊昭 久保 貴則 北村 英之 大北 正昭 (鳥取大学)

1. はじめに

自律移動ロボットの位置認識を、ロボットに持たせた地図情報とロボット上に搭載したカメラからの画像情報を用いておこなう研究が報告されている。その例として、走行通路の様子をあらかじめ画像として記憶し、その記憶された画像と現在の画像から位置の認識を行う手法 [1] が報告されている。しかし画像データを記憶しておくため、情報量が多くなるという問題がある。

我々は屋内通路の壁面に表れる垂直線の位置をデータ化した地図情報を作成した。この地図情報から作成される推定画像と CCD カメラで撮影した白黒画像を比較することで位置認識を行う方法を提案した [2]。その方法では、ロボットの位置を表す3つのパラメータ（左壁までの距離、姿勢角、奥行き方向の距離）を、推定画像とカメラ画像を比較して求めてが、推定画像の決定に時間がかかるという問題があった。

そこで本稿では、位置認識にかかる時間を短縮するため、左壁までの距離、姿勢角をカメラで撮影した画像から求め、この結果を使ってロボットの奥行き方向の位置を求める手法について考察する。

2. 壁までの距離、姿勢角

ロボットと壁の間の距離、ロボットの姿勢角は、カメラで取り込んだ画像上での消失点の位置と壁と床面の境界線の傾きから求められる。

実世界の座標系での境界線は、点 $a(x_r, 0, z_r)$ を通り、ベクトル $m = (0, m, 0)$ に沿う直線であらわすことができる。この直線は実数をとるパラメータ s を用いて

$$X = x_r, \quad Y = sm, \quad Z = z_r \quad (1)$$

となる。また、実世界の座標系の点は

$$x = \frac{f(X \cos \theta - Y \sin \theta)}{X \sin \theta + Y \cos \theta} \quad (2)$$

$$y = \frac{fZ}{X \sin \theta + Y \cos \theta} \quad (3)$$

を用いて、画像座標系上の点に変換される。そこで、式 (1) の直線は、式 (2),(3) を用いて

$$x = \frac{f(x_r \cos \theta - sm \sin \theta)}{x_r \sin \theta + sm \cos \theta} \quad (4)$$

$$y = \frac{fz_r}{x_r \sin \theta + sm \cos \theta} \quad (5)$$

に投影される。式 (4),(5) から sm を消去すると

$$x = \frac{x_r}{z_r \cos \theta} y - f \tan \theta \quad (6)$$

になる。よって姿勢角とロボットと壁の間の距離は、

$$\theta = \arctan\left(-\frac{x_v}{f}\right), \quad x_r = \frac{z_r \cos \theta}{K} \quad (7)$$

x_v : 消失点の x 座標, K : 画像上での境界線の傾き, f : 焦点距離

で表すことができる。

消失点、境界線を画像中から抽出するため、取り込んだ画像に対してソーベルフィルタによるエッジ検出、二値化、細線化、パターンマッチングの処理を行う。パターンマッチングを用いて画像中の垂直線、水平線を消去し、境界線をあらわす斜めの線を抽出する。境界線の傾き、消失点の位置を求めるため、ハフ変換を利用する。

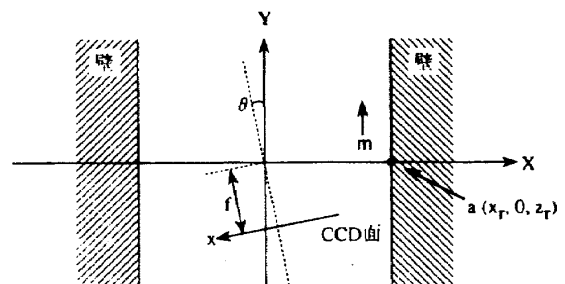


図1 座標系

3. 奥行き方向の位置

3.1 地図情報

奥行き方向のロボットの位置を求めるため、通路の様子を表した地図を作成する [2]。この地図をもとに作

A Study of Position Recognition for an Autonomous Mobile Robot by Using an Indoor Passage Image
Makoto Ohki, Toshiaki Shikata, Takanori Kubo, Hideyuki Kitamura, and Masaaki Ohkita
Tottori University
4-101 Koyama-Minami, Tottori 680-8552, Japan

成する垂直線のみで表した三次元の通路画像（今後、この画像を推定画像と呼ぶ）を位置の認識に利用する。

地図から垂直線だけで構成される通路画像を作成するため、垂直線で表される物の位置を地図に記述する。道幅が一定距離の間基本道幅から増える方向に変化する物体は、その距離と変化分を正の値で記述し、減る方向に変化する物体は負の値で記述する。ここで基本道幅とは、道幅の変化のない部分の道幅である。地図情報の例を図2に示す。

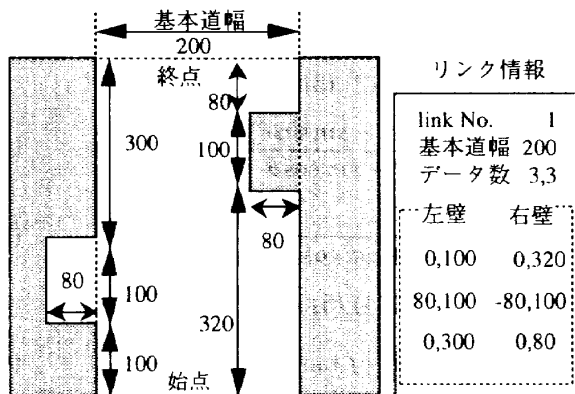


図2 地図情報の例

3.2 推定画像の作成

推定画像を通路内の様々な地点で作成する。それぞれの地点で作成された推定画像の中から、カメラで取り込んだ画像と最も一致する推定画像を選び出す。その選択された推定画像を作成した地点がロボットの位置となる。

ロボットの位置を表す3つのパラメータ（左壁までの距離、姿勢角、リンク始点からの距離）のうち、2つのパラメータ（左壁までの距離、姿勢角）は2章で求められる。そこで、左壁までの距離 X となる直線 L_e 上で姿勢角を ϕ だけ傾けた推定画像を作成する。ただし、ロボットの車輪に取り付けたエンコーダによる大まかな走行距離を用いて、 L_e 上での作成地点を限定する。

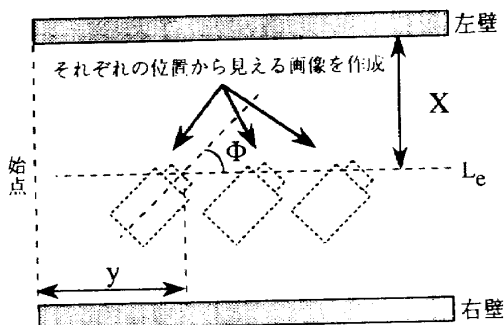


図3 推定画像作成地点

3.3 カメラ画像

CCDカメラから取り込んだ通路の画像は、推定画像とのマッチングのために垂直線抽出処理を行う。カメラからの画像は、縦256×横256画素（実際は画像の下半分の領域のみを使用するので128×256画素）、1画素当たり64階調グレー・スケールである。処理は、ソーベルフィルタによるエッジ抽出、二値化、細線化、パターンマッチングによる垂直線の抽出、膨張の順に行う。膨張は、推定画像とカメラ画像との一致をとりやすくするためのものである[2]。ただし、膨張を繰り返すことで画像の特徴が失われることを防ぐため、その回数に応じて重みを変化させる重み付き膨張を行う。

3.4 不一致度

推定画像と抽象化されたカメラ画像の両者がどの程度異なっているかという度合いを不一致度と呼ぶ。不一致度 α は以下に示す式で計算する[2]。

$$\alpha = \sum_{i,j=1}^{256,128} |b(i,j) - a(i,j)| \quad (8)$$

$a(i,j)$: カメラ画像 $b(i,j)$: 推定画像

4. 実験

実際の通路の様々な位置で画像を撮影し、位置認識処理により画像を撮影した位置を求める。

今回、推定画像作成範囲を、画像撮影時のカメラ位置を中心に前後110cmに限定する。この範囲内で推定画像を10cmおきに作成する。推定画像、カメラ画像の処理結果の一例を図4,5に示す。

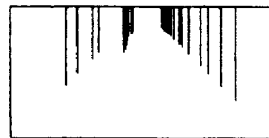


図4 推定画像

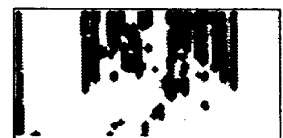


図5 膨張処理を施した画像

5. おわりに

本稿では、左壁までの距離、姿勢角をカメラで撮影した画像から算出することで位置認識処理時間の短縮をはかる手法について考察した。

同じカメラ画像に対して2回行っている画像処理を1回にまとめることができれば、さらに位置認識処理時間を短縮できる。

参考文献

1. 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, No.2, pp.236-242(1997)
2. 大木誠, 金藤論史, 四方俊昭, 濱田雄介, 宇山昌樹, 大北正昭, "屋内の地図情報を用いた自律移動ロボットの位置認識", 平成10年電気学会全国大会講演論文集, pp.3-180-3-181