

形状ベースパターンマッチングを利用する自律移動ロボットのビューベースド航法

北海学園大学 ○深谷 健一, (株) 菱友システムズ 鎌田誠一, NEC 通信システム (株) 菅原匡貴
要旨

廊下世界において, 移動ロボットが予め前方視野画像の形状ベース特徴量をロボット搭載の画像処理装置に記憶しておき, ロボット走行時の視野画像の特徴量とマッチングさせることで自己位置を推定して走行するビューベースド航法を試みた。

1. まえがき

ロボットの利用が産業用から民生用へと広がり, 環境内を移動するサービスロボットが生活の一部になると予測されている。ロボットの移動には自己位置認識技術が不可欠である。ロボット移動環境中の視野画像そのものをランドマークとして予め教示しておき, 移動時の視野画像とマッチングすることで自己位置認識走行するビューベースド航法が有効な手法として試みられている^{1), 2)}。単純な濃淡マッチングでは画像情報処理の負荷が大きい。形状ベースパターンマッチング手法を利用して, 廊下世界での移動ロボットのビューベースド航法を試みた結果を報告する。

2. ビューベースド航法

ビューベースド航法は次の二つの過程から構成される。

(1) 教示走行 走行経路を移動ロボットが走行して, 環境ランドマークとなる視野画像を一定の移動距離毎にカメラで撮影して取り込み記憶する。

(2) 自己位置認識走行 内界センサを用いて教示走行時に画像情報を記憶した教示地点へ移動し, 移動ロボットの現在位置の視野画像と教示走行時の画像情報をマッチングして自己位置認識し, 誤差を補正後次の目標地点に向けて走る。

3. 自律移動ロボットシステム

図1にビューベースド航法実験用に構築したシステムの構成を示す。自律移動ロボット(Nscout)に画像処理専用ソフト(MVTEC社:HALCON)をインストールした画像処理専用PC(Linx社:Fusion)が搭載されており, これにカラーCCDカメラ(SONY:EVI-D100)と無線LAN(WN-G54/C)を接続する。移動ロボット操作にはロボット搭載のボードPCを用いる。無線LANを接続した2台のPC間でプロセス間通信を行うことにより, 画像処理とロボット走行制御をそれぞれの計算機で分散処理できる。

4. 形状ベースパターンマッチングによる自己位置認識

4.1 形状ベースパターンマッチング 形状ベースパターンマッチングはモデルの作成検索過程で, 濃度階調の値をそのまま使うのではなく, 物体の特性を定義する輪郭データとその法線方向の濃度階調の勾配データを適用する。形状モデルは濃度階調値を圧縮した効率的な方法で物体を特徴づけできるので, リアルタイムの認識が可能となる。さらにこのモデルは輝度変化の影響を受けにくく照度変化にロバストであり, また遮蔽や乱れのある画像にもロバス

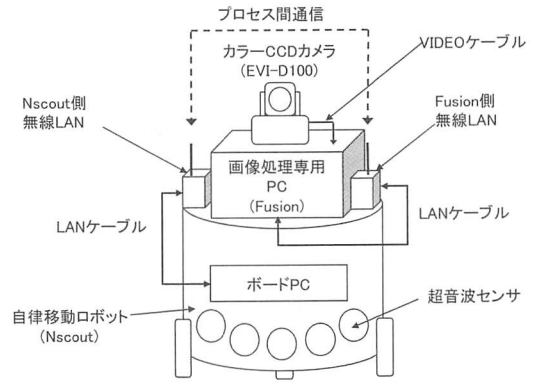
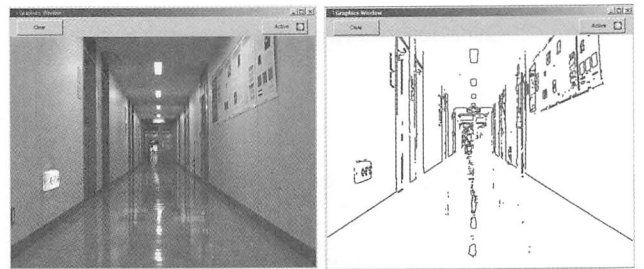
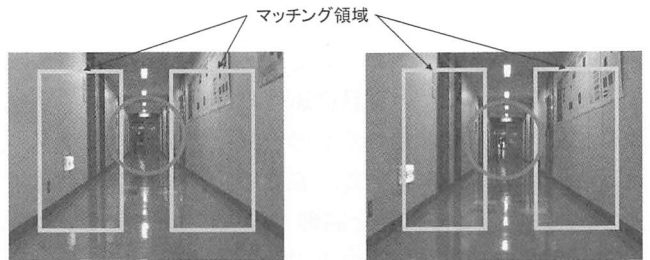


図1 自律移動ロボット実験システム



原画像 形状ベースモデル

図2 形状ベースモデル化の例



撮影: 18時30分 撮影: 14時30分

図3 廊下世界のモデルマッチング領域の選定

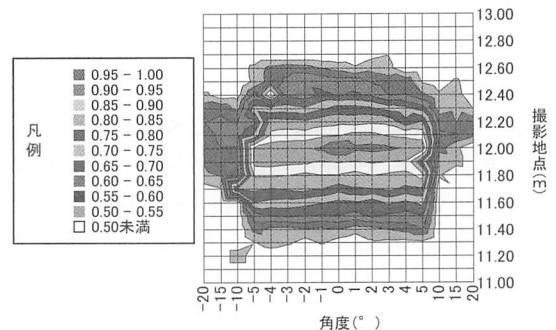


図4 12m地点を基準とする一致度分布

トに対応できる³⁾。図2に原画像と対応する形状ベースモデル化の例を示す。

4.2 マッチング領域の設定 形状ベースモデルの生成にはマッチング領域を予め設定する必要がある。実験環境の廊下世界では図3に示すように廊下正面の中央部の窓からの明るさが時刻により変動し、また人通りの激しい箇所であるため、そこを含む画像では環境ランドマークとして安定して利用することができない。廊下の左右の壁をランドマーク対象のマッチング領域として用いる。

4.3 一致度評価実験 教示走行時に作成した形状モデルは、自己位置認識走行時の取得画像とマッチングされ、一致度が得られる。一致度(0~1)はモデルとマッチング画像形状が同じである確からしさを示し、完全一致で1となる。廊下の起点から12m地点の中央において、正面を向いた画像を基準に形状モデルを作成し、その前後1mの範囲内で10cm刻みにカメラを移動させ、さらに各地点で時計・反時計方向にカメラを回転させた画像を取得し、一致度を算出した結果を図4に示す。 $-5^{\circ} \sim +5^{\circ}$ の範囲の回転では一致度の変化は小さいが、基準点からの前後移動では10cmにつき概ね0.1ずつ一致度が下がり、70~80cm離れたと一致度はすべて0.5以下となった。また一致度は左右に10cmほど離れると低下するため、自己位置認識走行では常に廊下中央を保持して走ることが必須条件となる。

5. 自己位置認識走行過程

5.1 廊下中央保持走行 ロボットを廊下中央で走行させるため、ロボット側面の左右の超音波距離センサを活用する。左右の廊下壁までの距離の差を偏差とみなし、PIDフィードバック走行制御系を構築し、走行実験によりPIDパラメータを調整することで廊下中央保持走行を実現した。図5にPID制御なし、ありの移動ロボットの走行軌跡を示すが、制御ありで廊下中央を滑らかに走行している。

5.2 一致度による教示地点への接近 形状モデル設定地点まで走行した段階で画像計測して一致度を求め、一致度が0.8以上なら修正走行することなく次の2m先の地点に移動する。一致度が0.8以下の時には10cm単位の前進、後退と3度単位の左右回転を一致度が増加するように位置修正を5回まで試み、一致度が0.8を超えた段階で2m間隔の教示地点と見なす。

5.3 自己位置認識走行 ロボットに搭載した画像処理専用PCとボードPCの自己位置認識走行時の処理過程を図6に示す。ここで両方の計算機がそれぞれ画像処理とロボット移動制御を分担しているのでリアルタイムに近い処理が可能となるが、両計算機間のデータの送受信が必要である。

6. 走行実験

最終目標地点を20[m]と設定して走行実験をおこなった。教示地点間の移動は自己位置認識走行をおこなうが、実験では6[m]を越えるあたりまで、廊下中央付近を0~15[inch]

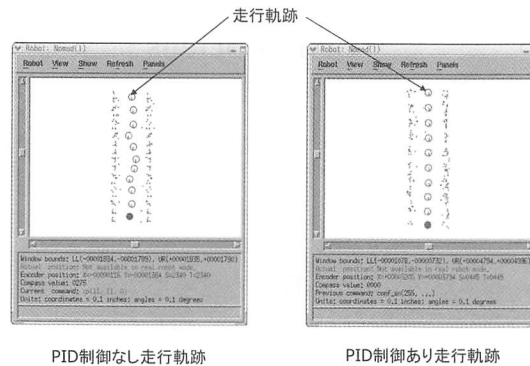


図5 廊下中央保持走行

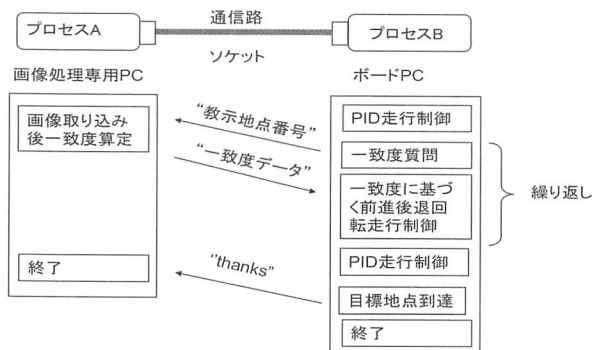


図6 計算機処理手順

の幅でジグザグ走行していたが、その後は比較的安定して中央を走り目標地点に到達できた。廊下壁画像をランドマークとする形状モデルによるビューベースド航法が実現できた。

7. あとがき

廊下壁画像を環境ランドマークとして用いるビューベースドの移動ロボット走行を試み航法としての実現可能性を検証した。教示走行時の形状ベースモデルによる一致度を指標として用いることで自己位置認識が可能である。しかし、一致度指標だけでは座標上の絶対誤差を決定できないので、前進・後退・回転のフィードバック微調整走行が必要となり、リアルタイムの自己位置認識にはならない。また廊下中央保持走行が教示地点での画像取得の前提条件となる制約がある。

謝辞 本研究は北海学園大学ハイテク・リサーチ・センター研究費の支援を受けて行われた。

参考文献

- 1) 松本吉央・稲葉雅幸・井上博允：ビューベースナビゲーションに基づく移動ロボットナビゲーション，日本ロボット学会誌，Vol20，No.5，pp.506-514，2002.
- 2) 清水幸夫・萩原良信・崔龍雲・伊与田健敏・渡辺一弘：輝度変化ベクトルを用いた移動ロボットのビューベースナビゲーション，第38回SICE北海道支部学術講演会予稿集，A-27，p.61-62，2006.
- 3) 株式会社リンクス画像システム事業部：HALCON活用法，p.139，2004.