

全方位センサを使用した画像データベースに基づく 自己位置推定法の高速化

越智 繁[†] 鈴木 秀智[†] 太田 義勝[†]

三重大学大学院工学研究科情報工学専攻[†]

1. まえがき

実環境において自己位置を認識することは、ロボットの視覚誘導等において重要な課題である。ロボットの位置を認識するためには周囲の環境情報を取得することが必要であり、取得できる情報量の多さから視覚センサが注目されている。

近年、計算機の性能向上に伴い画像データベースを用いた自己位置推定法が研究されている。画像データベースを用いるとは、様々な場所で撮影された画像情報を記憶しておき、ロボットによって獲得された画像とデータベースとを照合することによって、ロボットの位置推定を行うものである。また、データベースを増やすことにより、認識性能の向上が期待できる。しかし、画像データベースは性質上データの検索、保管コストが高い。従来研究として、全方位画像から相関係数系列を生成し、これを基に認識する方法[1]や、全方位画像をフーリエ変換することで位置に固有な低周波成分のみを記憶及び照合に用いる手法[2]が提案されている。しかし、前者の手法は相関係数系列を計算するためのコストが高く、実時間で計算するのは困難である。また、後者の手法は、1枚の画像について 64×32 画素の記憶を必要とし、大規模化への対応に問題がある。

そこで本研究では、周囲 360 度の視覚情報を含む全方位画像[3]から位置に固有な情報を抽出し、これを基にデータベースを構築、照合することにより高速な自己位置推定を行う手法を提案する。

2. 画像特徴の抽出

全方位センサから取得した全方位画像に対して、従来研究ではロボットの姿勢によらない特徴量である相関係数系列[1]やフーリエ変換画像

[2]を使用している。しかし、前章で述べたようにそれぞれ問題点がある。そこで、姿勢を考慮しなければならないが、計算コストが低く、保管コストの低い手法を提案する。

取得した全方位画像に対し、パノラマ展開し (Fig. 1), エッジ強調を行うことによりエッジ強調画像 (Fig. 2) を生成する。このエッジ強調画像を垂直投影することで、位置に固有な特徴量である垂直投影系列を抽出する。



Fig. 1 An omnidirectional panoramic image taken at a place



Fig. 2 Edge emphasis image

3. 垂直投影の類似度による自己位置推定

3.1. 類似度計算

垂直投影系列を特徴量とすることにより、ロボットの姿勢を考慮する必要がある。そこで、垂直投影系列 A と B の類似度 u を計算する方法として次式を使用する。

$$u = \min_{i \in \mathbb{C}} \left(\sum_{j=0}^N |A_j - B_j|, \sum_{j=0}^N |A_j - B_{\text{mod}(j+1, N)}|, \dots, \sum_{j=0}^N |A_j - B_{\text{mod}(j+N-1, N)}| \right)$$

ここで、 N は垂直投影系列の長さ、 A_j , B_j はそれぞれ垂直投影系列 A , B の j 番目の値とする。

3.2. 自己位置推定

ロボットが取得した垂直投影系列をデータベースに対してそれぞれ類似度計算を行う。これを最小とするデータベースが現在の位置と判定する。このことにより、自己位置推定精度はデータベースに登録されている撮影間隔で抑えられる。

Fast Image Based Self-Localization using an Omni Sensor

[†]Ochi Shigeru [†]Hidetomo Suzuki [†]Yoshikatsu Ohta

[†]Division of Information Engineering, Graduate School of Engineering, Mie University

4. 実験

本章では、自己位置推定の精度がどの程度のものか正確に調査するため、屋内環境での実験を行い従来手法[1]との比較について述べる。

4.1. 実験 1

データベースに登録する画像及び、評価用画像の撮影場所を図にそれぞれ Fig. 3 と Fig. 4 に示す。データベース用の画像は 105 枚、評価用画像は 345 枚を使用している。データベース位置の間隔は 50cm, 評価用画像位置の間隔は 25cm である。また、データベース画像と評価用画像はほぼ同時帯に撮影されたものであり、環境の変化（照明条件の変化）は起きていない。実際に撮影された全方位画像の例を Fig. 5 に示す。

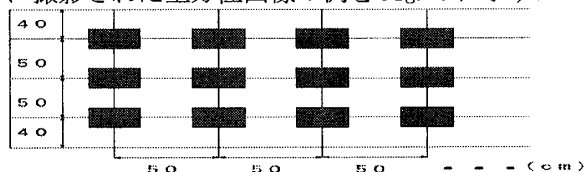


Fig. 3 Positions of sensor for taking database image

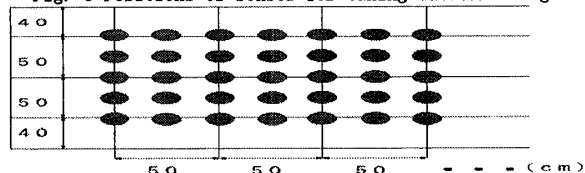


Fig. 4 Positions of sensor for taking estimate image

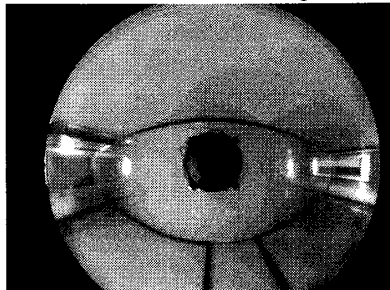


Fig. 5 An sample of omnidirectional input image

4.2. 実験結果及び考察 1

従来手法と提案手法の実験結果を Table 1 に示す。

	Accuracy (%)
Conventional Method	81.1594
Proposed Method	74.4928

従来手法よりも提案手法の精度が低いことが表から確認できる。これは、情報量を削減し過ぎたためと考えられる。そこで、データの量による精度の評価を次に行う。

4.3. 実験 2

データベース用の画像と評価用の画像をそれぞれ 18 枚, 55 枚と 30 枚, 95 枚の組についてそれぞれ実験を行った。データベース及び評価用

画像は実験 1 のものを使用し、1 列ずつずらしながら評価を行った。

4.4. 実験結果及び考察 2

データの量による精度の実験結果を Table 2 に、標準偏差を Table 3 に示す。

	Accuracy (%)		
Number of image for database	18	30	105
Conventional Method	91.2	90.0	81.1
Proposed Method	88.2	83.4	74.4

Table 3 Standard deviation of self-localization with low data

	Standard deviation (%)	
Number of image for database	18	30
Conventional Method	5.7	3.9
Proposed Method	6.5	6.3

Table 2, Table 3 より、従来手法、提案手法ともにデータの量が少なくなる程に精度が向上している。これは、データの減少に伴い、異なる場所において似た画像が減少しているためと考えられる。また、データベースの画像枚数が 18 枚の時には提案手法は従来手法同等の精度となり、局所領域において提案手法は有効である。

5. むすび

本論文では、全方位画像をパノラマ展開、エッジ強調、そして垂直投影を行うことにより位置に固有な垂直投影系列を求め、その類似性を判定することによって高速な自己位置推定を行う手法を提案した。

入力画像の画像幅を W とした場合、特徴量の計算コストは従来手法[1]では W^2 で効いてくるのに対し、提案手法では W でしか効いてこないため高速化できた。また、保管コストはパノラマ展開の画像幅に抑えられるため、従来手法[2]よりも低コストで実現できた。最後に、局所領域内において提案手法の有効性を示した。

文献

- [1] 岩佐英彦, 粟飯原述宏, 横矢直和, 竹村治雄, “全方位画像を用いた記憶に基づく位置推定”, 電子情報通信学会論文誌, vol. J84-D-II, No. 2, pp. 310-320, 2001.
- [2] 前田武史, 石黒浩, 辻三郎, “全方位画像を用いた記憶に基づく未知環境の探索”, 情報処理学会研究報告, vol. 95, No. 5, pp. 73-80, 1995.
- [3] 山澤一誠, 八木康史, 谷内田正彦, “移動ロボットのナビゲーションのための全方位視覚センサ HyperOmni Vision の提案”, 電子情報通信学会誌, vol. J79-D-II, no. 5, pp. 698-707, 1996.