

2次元時空間画像の固有空間解析の一方式

4K-2

汪平涛 池内克史 坂内正夫
東京大学生産技術研究所

1 はじめに

パラメトリック固有空間法を用いたシーンの認識やロボットの位置認識などのような研究が多くなされてきた [1] [2]。画像の画素の濃淡値をベクトルの要素としたり、画像の空間周波数成分の各要素をベクトルの要素としたりすることにより、もとの2次元画像を表現できる。このようなベクトル表現された画像が多数集まり画像ベクトル集合が形成される。そして、多数のベクトル画像が2次元の行列になり、その行列の共分散行列の固有値と固有ベクトルで表現することができる。次に、元の画像の認識は実空間ではなく、生成された固有空間で行うのは固有空間法である。

本稿では、2次元時空間画像 [3] を固有空間法で解析する手法を提案する。カメラを動かして撮られたシーンの2次元時空間画像を列単位に分け、各列をそのままベクトル画像とすると、2次元時空間画像が従来の画像ベクトル集合に相当する。そして、従来手法と同じように固有空間を生成し、学習とする2次元時空間画像の軌跡や位置情報などを記憶する。認識する時に、同じく認識される2次元時空間画像を生成された固有空間へ投影し、そして得られた軌跡を学習されている対象の軌跡とマッチングして、2次元時空間画像の認識を通して元の動画を認識する。

2 2次元時空間画像の固有空間解析

2次元時空間画像の特性によって、もっとも簡単なアルゴリズムを採用する。

2.1 固有空間の構築

横軸を時間軸、縦軸を空間軸とする2次元時空間画像については、画像の1列(点数 N とする)は \mathbf{x}_t とすると、2次元行列 X

$$X = [\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_t, \dots, \mathbf{x}_T]$$

A Method for Processing 2D Spatio-Temporal Image with Eigen Space Analysis
Pingtao Wang, Katsushi Ikeuchi, and Masao Sakauchi
Institute of Industrial Science, University of Tokyo
7-22-1 Roppongi, Minato-ku, Tokyo

を作る。その共分散行列 Q は、

$$Q \equiv XX^T$$

により計算される。固有空間(例えば k 次元)は次の固有方程式、

$$\lambda \mathbf{e}_i = Q \mathbf{e}_i$$

を解き、 k 個の大きい固有値 ($\lambda_1 \geq \dots \geq \lambda_k \geq \dots \geq \lambda_N$) に対応する固有ベクトル ($\mathbf{e}_1, \dots, \mathbf{e}_k$) を基底ベクトル

$$V \equiv [\mathbf{e}_1, \dots, \mathbf{e}_k]$$

とすることにより得られる。ここで、行列 V で表す。

2.2 固有空間への射影

2次元時空間画像を固有空間へ射影するのは、単に各列画素値をベクトル画像として生成された固有空間へ射影すればよい。ここで、射影行列は上記の V の回転行列 V^T である。第 i 列のベクトル画像を \mathbf{g}_i とすると、その固有空間への射影 $\hat{\mathbf{y}}_i$ は

$$\hat{\mathbf{y}}_i = V^T \mathbf{g}_i$$

となる。

3 固有空間での多重候補とその対処手法

2次元時空間画像中に分布が近い列がよくある。これらの近い列が固有空間での射影は近いので、孤立的な「点」だけでマッチングすると、間違いことはよく出ると想像できる。言い替えれば、ある列を固有空間へ射影すると、多重候補が存在する。実は、こういう現象は普通の画像列を対象としても存在する。

学習とする2次元時空間画像の固有空間での軌跡は

$$L = (l_1, l_2, \dots, l_N)^T$$

とする。点 l_i ($i = 1, 2, \dots, N$) は学習とする2次元時空間画像の第 i 列と対応する。認識する2次元時空間画像中の第 j 列が固有空間へ射影され、点 l'_j とすると、これらの二点が固有空間での正規距離は

$$d_{ji} = \frac{\|l'_j - l_i\|}{\sqrt{N}}$$

と定義する。固有空間で、二つの2次元時空間画像をマッチングすると、固有空間中での点と点との距離だけを考えれば、多重候補が区別できなくなる。そして、対象列前後各 n 列ベクトル画像を合わせて考慮すれば、以下のような複合距離が求められる。

$$d_{j,i}^m = \prod_{k=-n}^n d_{j+k,i+k}$$

一番小さい複合距離を持っている両ベクトル画像(2次元時空間画像の列)に対応関係をかけることによって、多重候補に対処する。

4 実験結果

学習とする2次元時空間画像は図1(a)に示す。図1(b)は異なる位置から撮った認識する2次元時空間画像画像である。両画像について、生成された固有

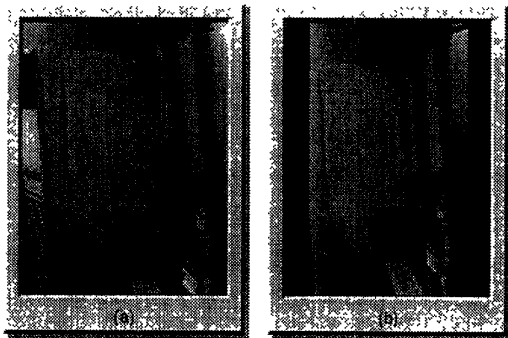


図1: 実験画像: (a) 学習画像 (b) 認識画像

空間での軌跡が図2に示す。マッチングした結果は図

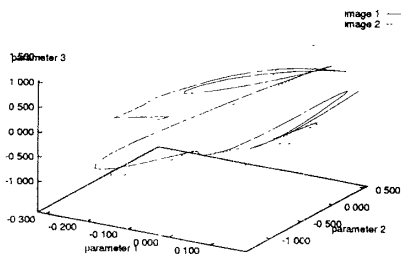


図2: 立体図:パラメータ 1,2,3

3に示す。ここで、"no sum" がマークされた実線は一行だけで判断された結果で、"sum 3" がマークされた破線は3列の確率の平均で判断された結果である。3列の確率分布の和で得られた結果は一行一列で得られ

た結果と大体似ているが、一行で判断し間違ったところは3列で直したことは分かった。

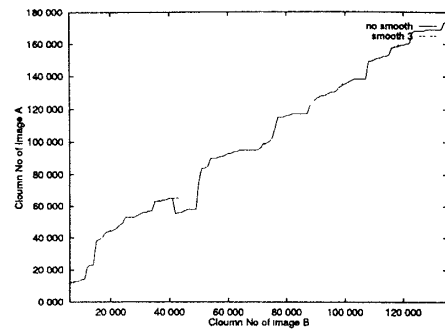


図3: マッチング結果

5 おわり

2次元時空間画像を対象とする固有空間解析を行った。従来の固有空間解析手法と比べると、提案した手法では、一フレームから1次元の情報をしか利用していないので、処理が速くなり、リアルタイムな処理が可能である。そして、マッチングする時に、多重候補への対処手法として隣接列の距離情報をまとめて複合距離によるマッチング方法を提案した。最後、実験を通して提案手法の有効性を検証した。今後の研究としては、多くの動画から生成された2次元時空間画像を学習対象とする固有空間をつくることと、それによるシーンを認識することを考えている。

参考文献

- [1] 村瀬 洋, Shree K. Nayar, "2次元照合による3次元物体認識 — パラメトリック固有空間法", 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J77-D-II, No.11, pp.2179-2187(1994).
- [2] 前田左嘉志, 久野義徳, 白井良明, "固有空間解析に基づく移動ロボットの位置認識", 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J80-D-II, No.6, pp.1502-1511(1997).
- [3] 汪 平涛, 池内克史, 坂内正夫, "サインスリットによる時空間画像から3D直線の抽出", 情報処理学会コンピュータビジョンとイメージメディア研究会(北海道大学, 1997年7月).