

## 部分空間法による顔のサーチと認識

7S-3

石川 則之

有木 康雄

龍谷大学 理工学部

## 1 はじめに

画像中からそこに映っている人の顔をサーチし認識することは、セキュリティシステムにとって重要である。しかし、顔の大きさや存在場所について制約を課することは好ましくないため、極めて困難な問題と考えられる。本研究では、顔の大きさや存在場所に全く制約を課することなく、入力した画像中から顔領域を精度良くサーチし認識することを目的としている。この目的のために部分空間法を用いて顔領域をサーチし認識する手法を提案している。また、他の手法と比較実験することにより部分空間法の優位性を示している。

## 2 部分空間法(主成分分析法)

部分空間法において顔サーチを行なうためにはまず、顔と非顔のカテゴリに対して学習データを用いて各々の正規直交基底  $V_i = \{v_{i1}, \dots, v_{ir}\}$  を求める[1]。ここで  $r$  は部分空間の次元数である。顔データに対する正規直交基底は、学習に用いる顔データの分散最大軸として求められる。実際には、顔データの分散共分散行列を固有値分解したときの固有ベクトルとして求めている。次に入力画像のある領域を1次元データ  $x$  として表し、このデータ  $x$  と顔/非顔のカテゴリ  $\omega^i$  の部分空間  $V_i$  との距離を計算する。入力データ  $x$  を部分空間  $V_i$  に射影する射影行列を  $P_i$ 、カテゴリ  $\omega^i$  の平均ベクトルを  $\mu_i$  とすると、距離は次式で示される。

$$Dist(V_i, x) = \|(I - P_i)(x - \mu_i)\| \quad (1)$$

一方、射影行列  $P_i$  は次のように定義される。

$$P_i = \sum_{k=1}^r v_{ik} v_{ik}^T \quad (2)$$

式(1),(2)より、入力データ  $x$  と顔及び非顔の部分空間との距離を求め、入力データに最も近い部分空間のカテゴリを判別結果とする。

Extraction and Recognition of Facial Regions by Subspace Method

Noriyuki Ishikawa and Yasuo Ariki

Ryukoku University

1-5, Yokotani, Oe-cho, Sete, Otsu-shi, 520-21 Japan

## 3 部分空間法による顔サーチ

## 3.1 顔サーチの方法

顔サーチでは、顔の大きさに依存しないで顔領域を切り出すために、入力画像を順次縮小した多階層のピラミッド構造を用いる[2]。また、顔らしさの信頼度を算出するには、ピラミッド構造の各階層で  $8 \times 10$  画素の領域を窓領域としてラスタ走査する。次に、この窓領域内のデータを80次元ベクトル  $x$  とし、顔/非顔の部分空間との距離を求める。次に、どの程度顔らしさの信頼度を求める。

もし、 $Dist(V_1, x) < Dist(V_2, x)$  ならば、原画像の対応する位置に信頼度を格納する。ピラミッドの全ての階層で信頼度の計算を終了すると、全階層で対応する画素上の信頼度を全て足し合わせて統合する。最後に、この値がある閾値より高い所を顔として判定して切り出す[3]。

## 3.2 実験結果

サーチ対象画像は  $320 \times 240$  画素の濃淡画像で、顔の大きさや画像中に存在する人数の異なる画像50枚である。表1に顔サーチの結果を示す。表1で検出率とは50枚の入力画像のうち、画像内の顔領域を全て正しく切り出した画像の割合である。検出もれとは、同様に切り出せなかった顔領域を含む画像の割合である。また、誤検出とは、顔として切り出した領域が顔でない場合を含む画像の割合である。閾値とは、顔領域と非顔領域を分けるためのものである。この結果、部分空間の次元数が5の時、閾値を20にすると検出率96.0%が得られた。

## 4 部分空間法による顔認識

## 4.1 認識方法

一人の顔を複数方向から撮影し、この複数画像をモザイク化してベクトル集合  $x_{ik}$  を求める。ここで  $i$  は対象人物の番号であり、 $k$  は顔画像の番号を表している。この顔画像ベクトルから分散共分散行列を求め、固有値分解して射影行列  $P_i$  を求める。入力画像ベクトル  $x$  に対して、式(1)に示す部分空間との距離を求め、この距離が最小となる部分空間を持つ対象人物の顔を認識結果とする。

表 1: 部分空間法による顔サーチの結果 (%)

次元数	閾値	検出率	検出もれ	誤検出
4	10	96.0	4.0	28.0
	20	96.0	4.0	19.0
	30	94.0	6.0	19.0
5	10	96.0	4.0	24.0
	20	96.0	4.0	16.0
	30	94.0	6.0	16.0
6	10	93.0	7.0	24.0
	20	93.0	7.0	16.0
	30	91.0	9.0	16.0

## 4.2 実験条件

Olivetti Research Laboratory のデータベースを使用し、40人の顔に対して40個の部分空間を作成した。データベースには40人分、各々、顔の向きが違う10枚の画像が入っている。画像サイズは92×112画素で、部分空間を作成する際にはこのうちの8枚を使用し、残りの2枚を認識実験に使用した。学習・認識では画像を9×11画素にモザイク化して用いている。

## 4.3 実験結果

顔認識結果を表2に示す。この結果、22次元で97.5%の認識率が得られた。また、部分空間を作成する際の画像をモザイク画像の代わりに、濃淡画像にアフィン変換を施した画像を用いて、比較実験を行なった。結果を表3に示す。アフィン変換よりも、モザイク画像を用いた方が良いことがわかる。この理由は、モザイク化することにより微妙な照明変化や、向きによる変化が緩和されるためと思われる。

表 2: 部分空間法による顔の認識結果 (%)  
(モザイク画像の場合)

次元数	20	21	22	23	24	25
認識率	95.0	95.0	97.5	97.5	95.0	95.0

表 3: 部分空間法による顔の認識結果 (%)  
(アフィン変換した場合)

次元数	20	21	22	23	24	25
認識率	75.0	77.5	80.0	80.0	81.0	81.0

## 4.4 他の手法との比較

次の4つの実験を行ない、結果を比較した。

- (A) 観測空間で40人、それぞれの平均ベクトルを求める。入力画像との最短距離識別法に基づき認識する。
- (B) 40人×8枚の顔画像から1つの顔部分空間を作り、この部分空間の中で40人それぞれの平均ベクトルを求める。入力画像との最短距離識別に基づき識別する。
- (C) 観測空間に40人の顔画像をそれぞれ、 $1, \dots, k$ 枚配置し、 $k$ -近傍法で認識する。
- (D) 40人×8枚の顔画像から1つの部分空間を作り、この部分空間の中に40人の顔画像をそれぞれ、 $1, \dots, k$ 枚配置し、 $k$ -近傍法で認識する。

結果を表4に示す。B,Dでは次元数20の時、最良の結果を得た。また $k$ -近傍法では、 $k=8$ の時、最良の結果を得た。

表 4: 他の手法による認識結果 (%)

手法	A	B	C	D
認識率	86.0	86.0	95.0	95.0

表4より次のことがわかる。(A),(B)の最短距離識別法より(C),(D)の $k$ -近傍法の方がすぐれている。最も高い認識率が得られるのは(C),(D)であるが、部分空間の実験4.2と比較すると、部分空間の方が高い認識率を示している。

## 5 おわりに

部分空間法を用いて、顔サーチ及び認識を行なう手法を提案し、実験結果により手法の有効性を示した。今後、顔の向きに対してロバストな顔の切り出し及び認識を研究すると共に、サーチと認識を結合させる予定である。

## 参考文献

- [1] E.Oja: "Subspace Methods of Pattern Recognition", Research Studies Press, England, 1983.
- [2] 小杉信: "個人識別のための多重ピラミッドを用いたシーンの中の顔の探索・位置決め", 電子情報通信学会論文誌 Vol. J77-D-II, No. 4, 1994.
- [3] 奥真一、橋詰隆平、有木康雄: "部分空間法と自己組織型ネットワークを用いた複数顔領域の切り出し", 情報研報, CV-92-12, pp. 89-96, 1995.