

# I-21 ジェスチャーを用いた個人識別におけるPCAの次元数の検討

## On the dimensionality of PCA for person identification using gesture images

柳 哲<sup>†</sup> 柳生 雄午<sup>†</sup> 宮島 千代美<sup>†</sup> 徳田 恵一<sup>†</sup> 北村 正<sup>†</sup>  
 Satoru YANAGI Yugo YAGYU Chiyomi MIYAJIMA Keiichi TOKUDA Tadashi KITAMURA

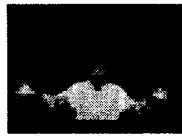
### 1. まえがき

人間同士のコミュニケーションには、身振り・手振りなどの動作を用いた表現が多く用いられる。このような人間の動作には個人の特徴が含まれており、その情報を利用することによって個人識別が可能となる [1]。我々は、これまでに主成分分析 (PCA) を用いてジェスチャー画像から個人の特徴を抽出し、隠れマルコフモデル (HMM) を用いてモデル化することにより、個人識別ができることを確認した [2]。しかし、[2] では特徴量として用いる主成分スコアの次元数を固定して識別を行っていた。そこで、本研究ではPCAの次元数、及びHMMの状態数について検討を行う。

### 2. 主成分分析 (PCA)

$L$  枚の画像のうち、 $i$  番目の画像の各画素値を並べた  $M$  次元ベクトルを  $\mathbf{x}_i = [x_1, x_2, \dots, x_M]^T$  と表現する。 $L$  枚の画像の平均ベクトルを  $\bar{\mathbf{x}}$  とし、各画像から平均ベクトルを引いた差分ベクトルを  $\tilde{\mathbf{x}} = \mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}}$  と表すと、差分画像の集合行列は  $\tilde{\mathbf{X}} = [\tilde{\mathbf{x}}_1, \tilde{\mathbf{x}}_2, \dots, \tilde{\mathbf{x}}_L]$  と表すことができる。行列  $\tilde{\mathbf{X}}$  に対してPCAを行うと、画像の集合を平均2乗誤差で近似する正規直交基底  $\mathbf{U}$  が得られる。これを固有ベクトルと呼んでいる。

$\hat{\mathbf{x}} = \mathbf{U}\mathbf{U}^T\mathbf{x} = \mathbf{U}\mathbf{y}$  のように表すと、 $\hat{\mathbf{x}}$  に平均画像  $\bar{\mathbf{x}}$  を加えることで元の画像が復元できる。このとき、復元に使用する  $\mathbf{U}$  と主成分スコア  $\mathbf{y}$  の次元数を小さくすれば、元の画像を近似的に表すことができる。



原画像



20次元再構成画像



50次元再構成画像



100次元再構成画像



200次元再構成画像

図 1: 原画像とPCAによる再構成画像

20, 50, 100, 200次元によって再構成された画像を図1に示す。図1より、再構成に高次元までの主成分スコアを用いるほど、輪郭や顔などの細かな特徴が表現されることがわかる。

### 3. 識別実験

#### 3.1 実験条件

本実験には、RWC マルチモーダルデータベース [3] を使用する。このデータベースには、男性 23 名、女性 25 名の計 48 名による 25 種類の上半身のジェスチャーと、それに伴う音声が入りにつき 4 回ずつ収録されている。実験では、まず、データベースを A セット (男性 11 名、女性 13 名)、B セット (男性 12 名、女性 12 名) に分け、A セットを PCA、B セットを評価実験に用いた。PCA には A セットからランダムに選んだ 1000 枚の画像を用いた。PCA の次元数と寄与率の関係を図 2 に示す。識別では、20, 50, 100, 200 次元までの主成分スコアを特徴ベクトルとして用いる。また、個人のモデルは各ジェスチャーごとに作成した。B セットのうち 3 時期分を学習データ、残りの 1 時期分をテストデータとし、leave-one-out 法に基づき評価した。実験条件の詳細は表 1 に示す。

表 1: 実験条件

動作内容	ジェスチャー (h~y)
時期	第 1~4 回目
画像サイズ	横 280 × 縦 200 pixel (grayscale 256 階調)
モデル	24 名 × 18 ジェスチャー (h~y) の個人モデル
HMM 状態数	1, 2, 4, 8, 16
混合数	1
使用ベクトル	主成分スコア 20, 50, 100, 200 次元, $\Delta, \Delta^2$
実験方法	学習データ: 24 名 × 18 動作 × 3 時期 テストデータ: 24 名 × 18 動作 × 1 時期 leave-one-out 法

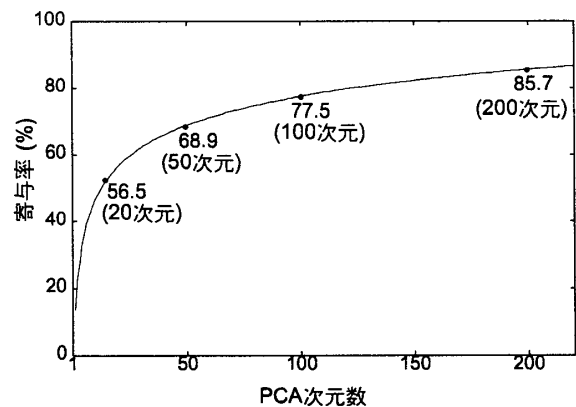


図 2: PCA の次元数と寄与率の関係

<sup>†</sup>名古屋工業大学 知能情報システム学科  
 Dept. of Computer Science, Nagoya Institute of Technology

3.2 実験結果

3.2.1 PCAの次元数とHMM状態数に関する検討

表1の条件にて行った識別実験の結果を図3に示す。グラフより、用いる主成分スコアの次元数については高次元まで使用するほど高い識別率が得られる傾向にあるが、100次元と200次元の識別率にはほとんど差が見られない。このことより、個人識別に用いる主成分スコアの次元数は100次元程度で十分であると考えられる。また、HMMの状態数は少ないほど良い結果が得られている。これは状態数が増えるほど一つの状態に割り振られるフレームの数が減少し、結果的に学習が不十分になるためであると考えられる。

3.2.2 主成分に含まれる個人性の検討

続いて、PCAの低次元に含まれる特徴量に関して検討した。図4のように、主成分スコア100次元(A)から個人情報よりも動きの情報の方が多く含まれると考えられる低次元の部分(B)を取り除いた特徴量(C)を用いて識別を行った。その結果を図5に示す。なお、実験ではn=10,20,50について検討した。

図5より、低次の10次元、20次元を除いた場合には、100次元全てを用いた場合とほぼ変わらない識別率を示しているが、n=50の場合では識別率は大きく減少している。このことより、1~20次元辺りまでは個人識別に有効な特徴はあまり含まれておらず、やや高次元側に多く含まれていると考えられる。

3.2.3 動的特徴量に関する検討

これまでの個人識別実験では、HMMの状態数が1の場合に全体的に高い識別率が得られている。1状態のHMMは自己遷移しかなく、この場合、HMMでモデル化されている各個人のジェスチャーの動的な特徴は、 $\Delta$ および $\Delta^2$ の成分、つまり、ジェスチャーにおける局所的な体の動きのみである。図6は、1状態のHMMについて、動的特徴量( $\Delta, \Delta^2$ )の有無について実験を行った結果である。グラフより、 $\Delta, \Delta^2$ を取り除いた場合、どの次元数においても識別率が低下している。これより、 $\Delta, \Delta^2$ は個人識別に有効であると考えられ、HMMの状態遷移により表現される大域的な時間変化の情報よりも、局所的な体の動きを表す動的特徴量( $\Delta, \Delta^2$ )を用いた方がよいことが分かる。

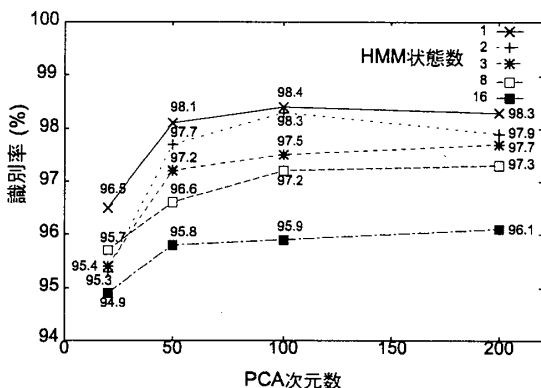


図3: 使用する主成分スコアの次元数と識別率

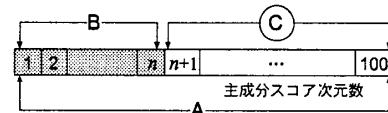


図4: 主成分スコアの低次元部分の除去

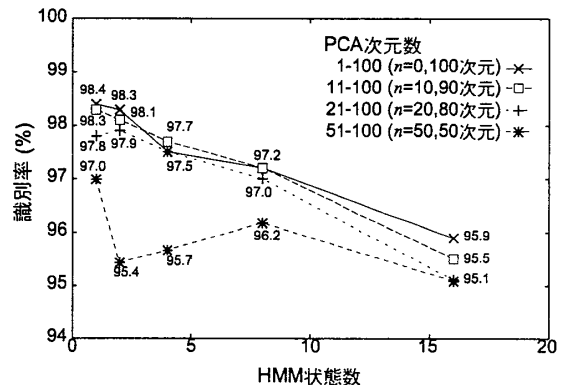


図5: 低次元を除いた場合の識別率

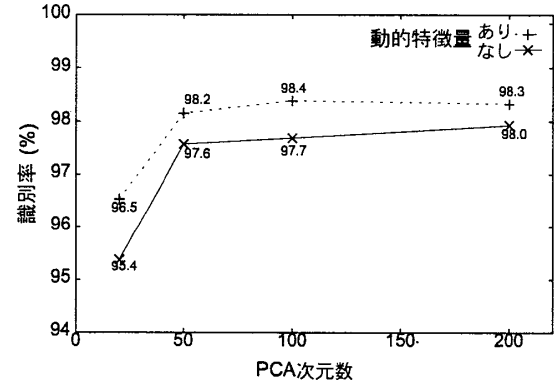


図6: 動的特徴量の有無と識別率 (状態数1)

4. むすび

本研究では、ジェスチャー画像を用いた個人識別について、特徴量として用いる主成分スコアの次元数、およびHMMの状態数に関する検討を行った。また、動的特徴量の効果についても検討した。

実験より、主成分スコア100次元を用いてHMMの状態数を1とした場合に最高の識別率98.4%が得られた。また、主成分スコアの次元数については、100次元程度を用いるのが個人識別に有効であり、その中で低次元の部分は個人識別への寄与が少ないことが分かった。さらに、HMMの状態遷移により表現される大域的な時間変化の情報よりも、局所的な動きの動的特徴量( $\Delta, \Delta^2$ )を付加した方が高い識別率を示すことを確認した。

謝辞 本研究の一部は、人工知能研究振興財団研究助成により行われた。

参考文献

- [1] 長田礼子, 尾崎哲, 青木輝勝, 安田浩, “手指動からの特徴抽出によるリアルタイム個人認証,” 信学論, D-II, vol.J84-D-II, no.2, pp.258-265, Feb. 2001.
- [2] 柳生雄午, 宮島千代美, 徳田恵一, 北村正, “主成分スコアを用いたジェスチャー画像による個人認識法の検討,” 信学総大, p.280, D-12-104, Mar. 2002.
- [3] マルチモーダルデータベースサブ委員会, “RWC マルチモーダルデータベース,” <http://www.rwcp.or.jp/>