

顔検出システムの高度化のための特徴量抽出方法の検討

Study on feature extraction methods for improvement of face detection system

額賀良平† 黄琳琳† 清水昭伸† 小畑秀文†
Ryohei Nukaga Lin-Lin Huang Akinobu Shimizu Hidefumi Kobatake

1. はじめに

我々はこれまで、顔検出システムの高度化のため、画像からの特徴抽出手法に着目し、検討を行ってきた。文献[1][2]では、PCA (Principal Component Analysis) を行った後、特徴抽出に用いられる主軸を、分離度を用いた前向き逐次選択で決定した。また、PCA に代え、独立成分分析(ICA)や、判別分析に基づく手法を用いての特徴抽出も行った。しかし、最近提案された2次元PCA[3]と呼ばれる手法については、まだ検討していなかったため、本論文で、この方法による特徴抽出と従来法との比較・検討を行う。

2. 従来の顔検出システム[4]

このシステムは、入力の濃淡画像のスケールを10段階に変え、その画像上に20x20pixelのウィンドウを走査させる。この時ウィンドウ内の画像(20x20pixel=400pixel)の4隅(32pixel)を除いた368pixelの各濃度値を成分とした368次元の濃度ベクトルを求める。次に、それをPCAにより予め求めておいた部分空間に射影する(主成分ベクトルは固有値の大きい順から80個)。さらに、射影されたベクトル(ここではこれを特徴量と呼ぶ)を2次のPNN (Polynomial Neural Network) に入力することで、ウィンドウ内の画像が顔であるかどうかを判別する。なお、顔と判定された複数のウィンドウが原画像上で重なった場合は、PNNの出力が最も高いものを顔候補とする。図1に簡単なフローチャートを示す。

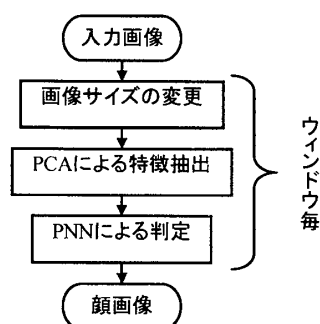


図1 フローチャート

3. 2次元PCA

文献[3]では、顔認識における特徴抽出手法として、2次元PCA (以下2DPCA) と呼ばれる手法が提案された。この文献によれば、2DPCAとPCAを比較した結果、2DPCAの性能の方が統計的に優れていることが認められたとある。そこで、2DPCAを本顔検出システムの特徴量抽出手法として用いた場合について検討を行った。

以下に2DPCAについて詳しく説明する。特徴量の抽出対象となる $m \times n$ の画像を A としたとき、2DPCAによる特徴抽出は以下の式で示される。但し、 A の要素は画像の濃度値とする。

$$Y = AX$$

ここで、 Y は抽出された特徴量(ベクトル)、 X は特徴量抽出のためのベクトルである。2DPCAでは X を以下の式で示される評価関数 $J(X)$ を最大とするベクトルに設定する。

$$J(X) = \text{tr}(S_x)$$

$$S_x = E(Y - EY)(Y - EY)^T$$

上式で、 S_x は射影により抽出された特徴量 Y の分散行列である。この評価関数を最大化する問題は次に示される画像の分散共分散行列 G_i の固有値問題に帰着する。ここで、 M 個のトレーニング用画像を $A_1 \sim A_M$ としたとき、画像の分散行列 G_i は以下の式で定義される。

$$G_i = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (A_j - \bar{A})^T (A_j - \bar{A})$$

G_i の最大の固有値に対応する固有ベクトルを X とする。また、固有値の上位 d 個を用いれば、 $U = \{X_1, X_2, \dots, X_d\}$, $V = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_d\}$ として、以下の式で特徴量(行列)を抽出することができる。

$$V = AU$$

このとき2DPCAで得られる特徴量 V は $m \times d$ 行列となる。

4. 実験

2DPCAによる特徴抽出と従来の手法を比較するため次のような実験を行った。図2に実験に用いた試料画像を示す。顔サンプルは29,900個、非顔サンプルは46,945個で256階調である。従来では同図のように四隅を除いたサンプルを用いていたが、2DPCA用に四隅を濃度値0で埋めた画像を別に用意した。

以下の3つの特徴抽出手法を比較する。①従来の特徴抽出(PCA)、②2DPCAによる特徴抽出、③2DPCAで抽出した特徴量に対しPCAを行い、特徴量を抽出[3]。以降、①を従来法、②を2DPCA、③を2DPCA+PCAと呼ぶことにする。①~③の手法には顔サンプルを用いる。①では80個の特徴量を抽出する。②では従来法と同数の特徴量を抽出するため $d=4$ とし 20×4 個の特徴量を抽出する。③では2DPCAで d を4から1刻みに20まで変化させて特徴抽出を行い、その後PCAにより80個の特徴抽出を行う。①~③により顔、非顔サンプルから特徴量を抽出し、PNNを学習させ、学習が収束した時点での誤りの個数を比較した。ただしPNNの初期の結合係数は乱数により決定し、シードを変えた5回の実験を行い、それらの平均を求めた。

† 東京農工大学大学院 共生科学技術研究部



図2 試料画像 (上: 顔サンプル, 下: 非顔サンプル)

5. 結果と考察

まず, 2DPCA の寄与率を図3に示す. $d=4$ のときの寄与率は 73.3%となった. 一方, PCA では, 上位 80 個までで 96.7%となる. 表1に実験結果を示す. FN は顔を見落とした誤り, FP は非顔を顔と判別した拾いすぎ誤りである. 2DPCA+PCA の結果は d を変えたときの最も良い結果のみを示した. 表より明らかなのは, 2DPCA のみを用いて従来法と同次元の特徴量を用いた場合の誤りの多さである.

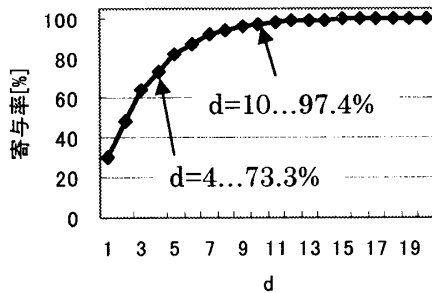


図3 2DPCA 寄与率の推移

表1 誤り個数

	FN	FP
従来法	44.4	10.2
2DPCA	302.2	408.4
2DPCA+PCA($d=10$)	40.0	12.0

文献[3]では獲得される特徴量の個数(次元数)を等しくしての比較実験は行われていなかったが, 特徴量の次元数が同じ場合, 本システムにおいて 2DPCA は従来法に比べて有効な特徴量とならないことが分かった. また, $d=4$ としたときの 2DPCA の寄与率が低かったことから, 2DPCA で判別に有効な情報量を減らしてしまったと考えられる.

2DPCA+PCA は, 従来法と同等以上の結果であった. 2DPCA+PCA の d に対する PNN の誤り個数を図4に示す. 従来法と 2DPCA+PCA で特徴抽出した場合の誤りサンプルについて比較を行った. その結果を図5の包含図で示す. これは, 共通する 31 個の顔サンプルを見落とし, 10 個の非顔サンプルを拾いすぎたことを意味する. 従来法の特徴量で学習させた PNN の出力と, 2DPCA+PCA の特徴量で学習させた PNN の出力の相関を調べたところ, 顔サンプルに対しては 0.928, 非顔サンプルに対しては 0.945 と非常に強い相関を示した. しかし, 従来法で非顔と判別され, かつ 2DPCA+PCA で非顔と判別されたサンプルのみを非顔とすれば, FP は 12 個, FN は 31 個になり, 二つの出力を組み合わせることで性能を向上させることも期待できる.

最後に, 従来法と 2DPCA+PCA の 2 つの手法において, 顔だけでなく非顔も特徴抽出の際の学習サンプルに用いて実験した結果を表2に示す. 非顔を使わなかった場合と比

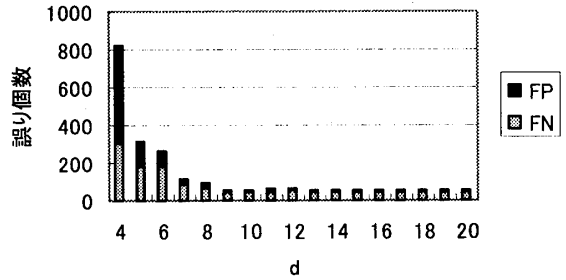


図4 2DPCAにおける d と誤り個数

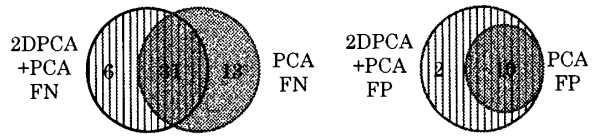


図5 誤りサンプルの包含図

べると, 誤り個数が減ったことがわかる. また, この比較実験でも両手法はほぼ同等の誤り個数となった.

表2 誤り個数 (非顔も利用)

	FN	FP
従来法	27.4	7.0
2DPCA+PCA($d=14$)	25.4	6.0

6. まとめと今後の課題

2DPCA による特徴抽出は認識においては有効であるとされていた[3]. しかし, 今回の実験では 2DPCA は従来法に比べて良好な結果が得られなかった. 一方で 2DPCA+PCA は, 従来法と同等以上の判別性能を示した. また, 従来法の PNN 出力に, 2DPCA+PCA で学習させた PNN の出力を組み合わせることで相補的なシステムを構築することも期待できる.

今回は, 学習用サンプルに対してのテストのみを行ったが, 今後は顔検出システムに実装し, 汎化性能のテストを行う予定である.

参考文献

[1]額賀 良平 他, “顔検出システムの高度化のための特徴量選択方法の検討”, 情報科学技術フォーラム, Vol.FI2003, pp.155-156, 2003
 [2]額賀 良平 他, “顔検出システムの高度化のための特徴量選択方法の検討<第2報>”, 電子情報通信学会 2004 年総会大会予稿集, p.231, 2004
 [3]Jian Yang, et al., “Two-Dimensional PCA: A New Approach to Appearance-Based Face Representation and Recognition”, IEEE Trans. on Pattern Anal. Machine Intell., vol.26, No.1, January 2004.
 [4]L.-L. Huang, et al., “FACE DETECTION FROM CLUTTERED IMAGES USING A POLYNOMIAL NEURALNETWORK”, ICIP’2001.
 [5]K.K. Sung, T. Poggio, “Example-based learning for view-based human face detection”, IEEE Trans.PAMI, Vol.20, No.1, pp39-50, 1998