

個人認証のための正面顔検出に用いる特徴量の検討

A study of quantitative features to detect the frontal face for personal identification

菊地 貴行 小柳 剛 佐藤 美恵 春日 正男

Takayuki Kikuchi Tsuyoshi Koyanagi Mie Sato Masao Kasuga

宇都宮大学大学院 情報工学専攻

Information Science, Utsunomiya University

E-mail: taka@spela.is.utsunomiya-u.ac.jp

あらまし 近年のセキュリティ問題において、顔画像を用いた個人認証に関する研究は盛んに行われている。それらの研究において用いられる画像のほとんどは正面顔や横顔であるが、カメラに対する顔の向きが処理結果の精度に大きく影響するため、正面顔を正確かつ自動的に検出することは重要な課題となる。そこで本論文では、正面顔の自動検出に有効な顔の特徴量についての検討を目的とし、カメラに対する顔の角度が既知な画像の分析を行う。入力画像として、人物の正面方向と横方向に配置した2台のカメラから撮影した複数枚の画像を用い、それらの画像に対し、独自に定義した特徴量を計算し、顔の水平方向および垂直方向に対する正面顔検出への有効性を示す。

キーワード 特徴抽出, 定量分析, 個人認証, 顔画像

Abstract For security requirements, a number of studies has been reported on personal identification using facial images. Most of them use facial images taken from one's front or side(s). The angle of the face to a camera influences the accuracy of processed results. Therefore, it is important to detect the front view of facial images correctly. In this paper, we define feature quantities and show their effectiveness in detecting specifically the front view of facial images in the horizontal and vertical directions. Our analytical results demonstrate that we can make good use of the feature quantities for the accurate and automatic detection of the frontal face direction.

Keyword Feature extraction, Quantitative analysis, Personal identification, Facial image

1. はじめに

近年のセキュリティ問題において、個人照合や識別の必要性が高まりつつある。その中でも顔画像を用いた個人照合に関する研究は利便性や受容性の高さから、多くの研究が行われている。個人認証の研究において処理の対象となる画像は、固定した方向の顔あるいは任意の方向を向いた顔の2つに分けられる^[1]。荒木ら^[2]は、両目の位置情報を基に画像中の顔の大きさや背景にロバストな顔方向推定を行っているが、この手法を用いた任意の顔方向を対象とした個人認証システムでは、システム設計が複雑になり、計算コストが増大することが考えられる。そこで、現在の個人認証に関する研究の多くでは、対象となる画像は固定した方向の顔である正面顔や横顔となっている^{[1][3][4]}。正面顔を処理対象とした場合、カメラに対する顔の向きが処理結果の精度に大きく影響するため、カメラに対して正確に正面を向いている画像を取得する必要がある。これには頭部の拘束条件を厳しくする方法が考えられるが、この方法は顔画像を用いることによる個人照合の利便性を失うことになる。

本研究は、個人認証システムの精度の向上のために重要な技術となる正面顔の正確な自動検出を目的とする。本論文ではその第一歩として、カメラに対する顔の向きが既知な画像を分析し、正面顔の自動検出に有効な特徴量について検討する。

2. 特徴量の定義

分析対象: 撮影時のカメラに対する顔の向きは、垂直方向、水平方向、それらを組み合わせた斜め方向がある。また、垂直方向の正面度判定は、人物の正面に配置した1方向のカメラのみで行うことは困難である。そのため、

本研究では人物の正面方向と横方向に配置した2台のカメラから入力画像を取得する。そして、カメラに対して最も正面を向いている顔画像を自動的に検出することを想定し、カメラに対する角度が既知な複数枚の顔画像を分析対象として用いる。また本研究では、研究の初期段階として、水平方向と垂直方向の顔の向きのみを考慮する。

撮影環境: 撮影は、同型のCCDカメラ2台を計算機で制御して行う。以降、人物の正面方向に配置したカメラをカメラ1とし、カメラ1に正面顔が映っているときにその横顔が映る位置に設置したカメラをカメラ2とする。両カメラは同じ高さとし、カメラのレンズから被験者の頭部までほぼ等距離になるように固定する。このとき、カメラは互いに垂直に位置する。ここで、被験者の顔全体が入力画像に含まれるように椅子は高さ調節が可能なものとする。また、カメラ1の後方には顔の角度決定に用いる指標を設置する。以後、カメラ1、カメラ2で撮影する画像をそれぞれ入力画像1、入力画像2とする。

特徴量: 取得した入力画像1, 2に対し特徴点を手動で抽出する。図1, 2の特徴点は、右目尻(A), 右目頭(B), 左目頭(C), 左目尻(D), 鼻の頂点(E, O), 口角(F, G), 顎の頂点(H, P), 目尻(M), 目頭(N)に対応する。分析に用いる特徴量を以下のように定義する。特徴量Sは、入力画像1の中心垂直方向の4点の標準偏差であり、その定義よりSは正面を向いたときに最小となる。本研究は顔向きの推定ではなく正面顔検出に用途を限定しているため、正面付近での特徴量の変化が重要である。そのため、特に顔の中心線付近の特徴点の変化に注目する。

入力画像 1 に対する特徴量 L, R, S:

$$L = |B_x - C_x|$$

$$R = \begin{cases} \frac{|A_x - B_x|}{|C_x - D_x|} & (|A_x - B_x| \leq |C_x - D_x|) \\ \frac{|A_x - B_x|}{|C_x - D_x|}^{-1} & (|A_x - B_x| > |C_x - D_x|) \end{cases}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 (x_i - \bar{x})^2}$$

但し, $x_1 = |B_x - C_x|/2, x_2 = |F_x - G_x|/2, x_3 = E_x, x_4 = H_x, \bar{x} = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)/4$ とする.

入力画像 2 に対する特徴量

$a, b:$

$$a = \tan^{-1} \frac{M_y - N_y}{M_z - N_z} \quad b = \tan^{-1} \frac{K_y - O_y}{K_z - O_z}$$

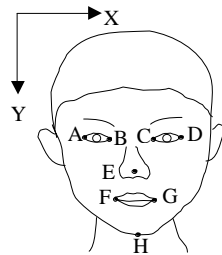


図 1 入力画像 1

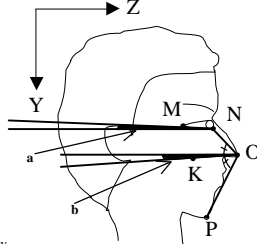


図 2 入力画像 2

但し, 点 K は NOP の 2 等分線上の点とする.

3. 実験

本研究では, カメラに対する顔の角度, 特に垂直方向の角度を明確に定義することは困難であると考え, 各被験者に対して次のように顔の角度を決定する. まず, 被験者の頭頂部にレーザーポイントを固定し, 前述した正面方向にある指標の基準点にレーザーの照準を合わせる. 以後, これを基準として, 各々の角度に対応した指標に照準を合わせていく. 取得する顔画像は, 垂直・水平方向に対し 0 度のものを正面顔とし, 正面顔に対し垂直・水平方向に対し ± 10 度, ± 20 度, ± 30 度の計 13 画像とする.

撮影は 20 代男性 16 名に対して行い, 入力画像の画像サイズは 640×480 画素とする. 1 名あたりの撮影枚数は入力画像 1 入力画像 2 ともに 13 枚ずつ, 計 26 枚である. また, 顔の表情が分析結果に影響することを避けるため, 被験者の表情はすべて無表情とする.

4. 分析結果および考察

本実験により得られた分析結果のうち, 有用な知見が得られた特徴量 S, b の結果を示す. 特徴量 L, R では, 顔の角度を変化させたときのカメラと顔の間の距離の変化が分析結果に影響したため, また特徴量 a においては, 被験者の顔の形状および垂直方向に対する正面顔の角度による個人差が影響したため, 特徴的な変化を見つけることが困難であった.

特徴量 S: 図 3(a)は各被験者の角度ごとの特徴量 S の変化を示したグラフである. グラフより, 水平方向の角度が 0 度に近づくに従い S が減少し, 0 度のときに最小値をとる傾向があることがわかる. さらに 0 度付近における S の変化量は著しく大きく, すべての被験者において最小値を取る結果となった. 以上より, 特徴量 S は水平方向に関して正面顔検出に有効であると考えられる.

特徴量 b : 図 3(b)は各被験者の角度ごとの特徴量 b の

変化を示す. これより, 角度 0 度のときの b の値にばらつきが見られることから, b により垂直方向の角度 0 度の顔を一意的に検出することは困難であると言える. 但し, 垂直方向 0 度の b の値のばらつきは約 20° と少なく, グラフには直線的な変化も見られるため, 得られたデータをもとに b の範囲を設定し正面顔候補を絞り込むことは可能である.

5. おわりに

本論文では, 正面顔の自動検出に有効な顔の特徴量についての検討を目的とし, カメラに対する顔の角度が既知な画像の分析を行った. 分析結果より, 水平方向において定義した特徴量 S は正面顔検出に有効であることが示された. また, 垂直方向においては, 本研究で定義した特徴量は, 複数の画像の中から正面顔候補を絞り込むという用途においては有用であると言えた. 今後は, 斜め方向の顔の向き, カメラと顔との距離の変化にも対応した特徴量の検討等が課題として挙げられる.

参考文献

- [1] 赤松茂, "コンピュータによる顔の認識 サーベイ," 信学論, Vol.J80-A, No.8, pp.1250-1230, 1997.8.
- [2] 荒木祐一 他, "背景と顔の方向に依存しない顔の検出と顔方向の推定," 信学技報, PRMU2001-217, pp.87-94, 2002.1.
- [3] 原田稔大 他, "人物顔の部位の統合を用いた個人識別の検討," 信学技報, PRMU95-212, pp.13-18, 1995.
- [4] 菊地貴行 他, "顔画像の正面度の定量分析とその考察," NICOGRAPH2002 春季大会, pp.27-28, 2002.5.

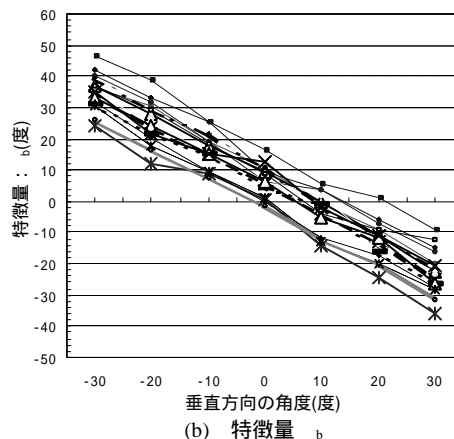
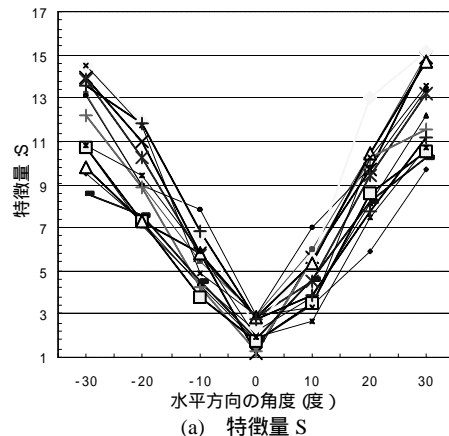


図 3 特徴量の変化