

局所位相特徴に基づく顔認証アルゴリズムの検討

青山 章一郎 伊藤 康一 青木 孝文

東北大学 大学院情報科学研究科

1 はじめに

情報技術の進歩に伴い、さまざまな場面で信頼性・利便性の高い個人認証技術が求められている。このような個人認証技術として、個人の身体的・行動的特徴を用いて認証を行うバイオメトリクス認証が注目を集めており、指紋・顔・虹彩など、多くの生体特徴に関する研究が盛んに行われている [1]。生体特徴の照手法として、汎用的な局所特徴である Local Binary Patterns (LBP) を基本とした手法が数多く提案されている [2]。しかし、これらの手法では、高い性能を得るために生体特徴ごとにパラメータを最適化する必要があったり、画像間のひずみに対応していないため特定の生体特徴に特化した手法と比べて性能が低かったりするなどの問題がある。これに対し、筆者らは、局所位相特徴に基づく手法を提案している [3]。この手法では、局所画像ブロックの 2 次元離散フーリエ変換 (2D DFT) により得られる位相成分を特徴量とし、多重解像度の画像ピラミッドを用いたマッチングを行うことで、生体画像の変形に対してロバストな照合が可能である。本稿では、この手法の適用例として、局所位相特徴を用いた顔認証アルゴリズムを提案する。公開顔画像データベース FERET [4] を用いた性能評価により、提案手法が高い識別性能を有することを示す。

2 局所位相特徴に基づく顔認証アルゴリズム

一般的なバイオメトリクス認証システムでは、生体特徴に応じて、画像の位置や明るさを正規化するための前処理が適用される。しかし、生体特徴固有のひずみは残ったままであり、撮影環境によっては前処理での正規化が不十分なこともある。局所位相特徴に基づくアルゴリズムでは、多重解像度の画像ピラミッドに対して、帯域制限位相限定相関法 (Band-Limited Phase-Only Correlation: BLPOC) [5] に基づくブロックマッチングを行うことで、これらの変形にロバストな照合を行う。最も解像度の低い画像間では、前処理で正規化できなかった大局的な変形を補正し、中間の階層では、局所画像間のマッチングにより、生体画像のひずみを局所的な平行移動に近似して位置合わせを行う。最も解像

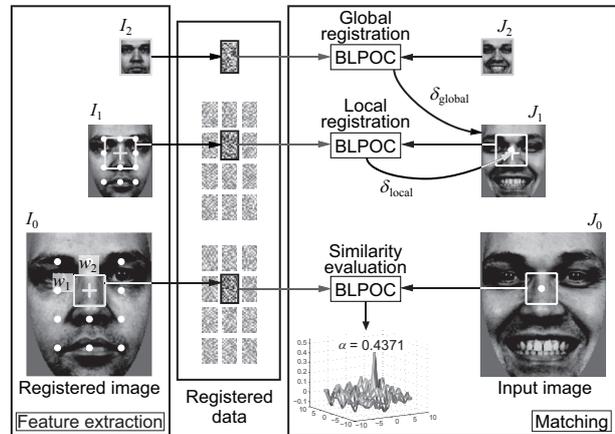


図 1: 提案アルゴリズムのフロー

度の高い画像間では、局所画像間の類似度を評価する。図 1 に提案アルゴリズムのフローを示す。提案するアルゴリズムは、登録画像からの特徴抽出と、抽出された特徴と入力画像との照合の 2 つの処理で構成される。以下では、それぞれの処理の詳細について述べる。

2.1 特徴抽出

特徴抽出では、登録画像 I に対して、画像ピラミッドを作成し、各階層における局所位相を求める。まず、 $I_0 (= I)$ に対して、局所位相を抽出する画像ブロックの中心座標である基準点を N_{ref} 個配置する。本稿では、図 1 に示すように、基準点を等間隔で配置する。以下では、注目する基準点の座標ベクトルを $p (= p_0)$ とする。次に、画像ピラミッドの各階層 $l = 1, 2$ について、 I_0 を $1/2^l$ に縮小した画像 $I_l(n_1, n_2)$ を作成する。また、 $I_1(n_1, n_2)$ において p_0 に相当する点 $p_1 = \lfloor p_0/2 \rfloor$ を求める。ただし、 $\lfloor z \rfloor$ は、 z 以下の最大の整数を表す。最上層では、 I_2 の 2D DFT を計算し、位相成分を求める。中間層および最下層では、 I_1 および I_0 から、 p_1 および p_0 を中心として $w_1 \times w_2$ 画素の局所画像ブロックを切り出す。本稿では、 $w_1 = w_2 = 48$ とする。そして、抽出した画像ブロックの 2D DFT を計算し、位相成分を求める。さらに、BLPOC では低周波数領域の成分しか用いないこと、周波数領域ではスペクトルが対称性を持つことを利用し、低周波数の一定の領域の位相成分のみを登録データとして保持する。中間層および最下層では、全ての基準点の近傍画像ブロックから位相成分を抽出する。

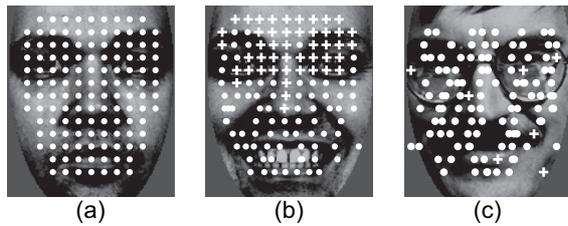


図 2: 基準点の配置と照合の例: (a) 登録画像と基準点, (b) 本人同士の入力画像と照合結果, (c) 他人同士の入力画像と照合結果 ((b), (c) において “+” が閾値以上の相関ピーク値を示した点を表す)

2.2 照合

照合では, 2.1 節で抽出した局所位相特徴と, 入力画像 J の間で, BLPOC に基づくマッチングを行う。まず, $l = 1, 2$ について, $J_0 (= J)$ を $1/2^l$ に縮小した画像 $J_l(n_1, n_2)$ を作成する。そして, 最上層では, BLPOC を用いて I_2 と J_2 の画像全体の平行移動量 δ_{global} を推定する。中間層では, I_1 と J_1 における局所的な平行移動量を推定する。ここでは, J_1 から $q_1 = p_1 + 2\delta_{\text{global}}$ を中心として $w_1 \times w_2$ 画素の画像ブロックを抽出する。そして, BLPOC を用いて, I_1 および J_1 の画像ブロック間の平行移動量 δ_{local} を推定する。最下層では, 画像ブロック間の類似度の評価を行う。 J_0 から $q_0 = 2(q_1 + \delta_{\text{local}})$ を中心として $w_1 \times w_2$ 画素の画像ブロックを抽出する。そして, I_0 および J_0 における画像ブロック間で BLPOC 関数を計算し, 相関ピーク値 α を求める。配置した N_{ref} 個の基準点に対して, 相関ピーク値を求めた後, 本稿では, 次式により I と J の照合スコア S を算出する。

$$S = \frac{N_{\text{threshold}}}{N_{\text{ref}}} \quad (1)$$

ここで, $N_{\text{threshold}}$ は, 相関ピーク値 α が閾値 th 以上となる点の個数である。本稿では, $\text{th} = 0.4$ とした。

3 性能評価

本稿では, CSU Face Identification Evaluation System [6] を用いて, 公開顔画像データベース FERET [4] に対する提案手法の性能を評価する。FERET は, 撮影条件によって fa , fb , fc , $dup1$, $dup2$ に分類されている。本稿では, $fa-fb$ ($fafb$), $fa-fc$ ($fafc$), $fa-dup1$ ($dup1$), $fa-dup2$ ($dup2$) の 4 種類の実験を行い, Cumulative Match Characteristic (CMC) 曲線により性能を評価する。図 3 に, CMC 曲線を示す。Bayesian_MAP および PCA_MahCosine は, CSU Face Identification Evaluation System に実装されている顔認証アルゴリズムである。また, 表 1 に, 各アルゴリズムの Rank 1 に対する識別率を示す。これらの結果より, 提案手法は, 従来手法と比較して高い識別性能を有しているといえる。

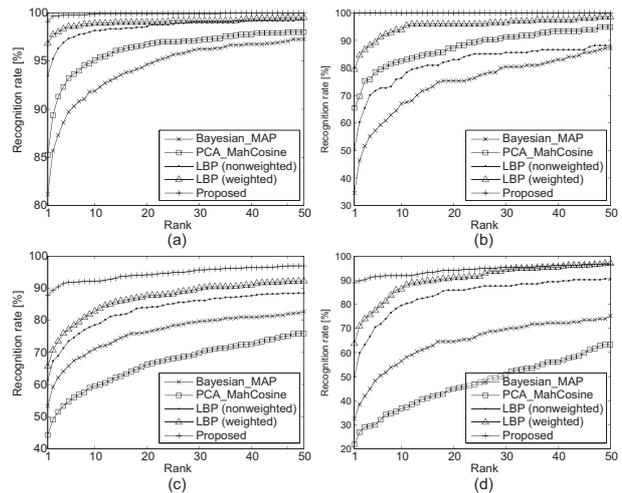


図 3: Cumulative Match Characteristic (CMC) 曲線: (a) $fafb$, (b) $fafc$, (c) $dup1$, (d) $dup2$

表 1: Rank 1 に対する識別率 [%]

Algorithm	$fafb$	$fafc$	$dup1$	$dup2$
Bayesian_MAP	81.2	34.5	53.3	32.5
PCA_MahCosine	85.3	65.5	44.3	21.8
LBP (nonweighted)	93.4	50.5	61.4	50.0
LBP (weighted)	96.8	79.4	65.7	63.7
Proposed	99.1	100.0	87.8	88.9

4 まとめ

本稿では, 局所位相特徴を用いた顔認証アルゴリズムを提案した。公開顔画像データベース FERET を用いた性能評価により, 提案手法の有効性を実証した。今後は, アルゴリズムの高性能化を検討するとともに, 他の顔画像データベースや, 他の生体特徴に対する性能評価などを予定している。

参考文献

- [1] A.K. Jain, P. Flynn, and A.A. Ross. *Handbook of Biometrics*. Springer, 2008.
- [2] T. Ahonen, A. Hadid, and M. Pietikäinen. Face description with local binary patterns: Application to face recognition. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 28, No. 12, pp. 2037–2041, 2006.
- [3] 青山章一郎, 伊藤康一, 青木孝文. 局所位相特徴に基づくバイオメトリクス認証アルゴリズムの検討. 第 1 回 バイオメトリクス研究会, No. BioX2012-16, pp. 92–98, 2012.
- [4] P.J. Phillips, H.J. Moon, S.A. Rizvi, and P.J. Rauss. The FERET evaluation methodology for face recognition algorithms. *IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence*, Vol. 22, No. 10, pp. 1090–1104, 2000.
- [5] K. Ito, H. Nakajima, K. Kobayashi, T. Aoki, and T. Higuchi. A fingerprint matching algorithm using phase-only correlation. *IEICE Trans. Fundamentals*, Vol. E87-A, No. 3, pp. 682–691, 2004.
- [6] J.R. Beveridge, D. Bolme, B.A. Draper, and M. Teixeira. The CSU face identification evaluation system. *Machine Vision and Applications*, Vol. 16, pp. 128–138, 2005.