

動的情報を用いた人物顔の特徴表現 Dynamical Feature Analysis for Facial Identification

小林 一樹[†]
Kazuki Kobayashi

矢内 浩文[‡]
Hiro-Fumi Yanai

1. はじめに

近年バイオメトリクス認証の研究が盛んに行われている。バイオメトリクス認証は、指紋、顔、虹彩、筆跡、手の甲の血管形状などをはじめとして、個人の持つ生体的特徴で認証を行なうことを目的としている。その主な利点としては紛失や忘れる恐れがない、偽造しにくいといったことが挙げられる。

特に顔認証に着目してみると、非接触での認証が可能、両手がふさがっていても認証が可能という点から実用面での利便性が高いと考えられ、商用システムとして販売している企業もある。

しかしながら、似ている人物やなりすましに対するセキュリティの脆弱性が指摘されており、より一層の改善が必要とされている。この対策として、顔の動きを用いて認証する方法 [1] などが提案されている。

そこで、本研究では顔認証の利点を活かしながらセキュリティの向上を図ることを目的として、動的な情報を利用することについて検討する。その理由として、動的な情報を用いることによって、ジャンケンのような動作を用いて認証を行う研究 [2] では他人に真似されにくい認証を実現していることが挙げられる。

関連研究との違いを挙げると、文献 [1] は顔の特徴点を基準にして顔領域を覆う固定観測窓を配置した上で、その固定窓内の動的特徴を分析しているのに対し、本研究では顔の特徴点とは無関係にブロックのフロー追跡を行なうため、特徴点抽出の善し悪しに影響されない特徴表現ができる可能性があるところにある。

2. 研究手法

本研究では、被験者全員が同じ言葉を発音したとき、その顔の動かし方に個人の特異性があるか、また、再現性があるかを実験によって検証する。

2.1 対象とする顔の動き

認証に不可欠な条件に再現性と特異性が挙げられる。たとえば、ある人が「こんにちわ」と言ったときの顔の動きは何回でも再現可能であり、その動きは他人の「こんにちわ」と言ったときの動きとは異なっている必要がある。

本研究では被験者に「こんにちわ」と発音してもらい、その間の顔を撮影している。そのとき「こんにちわ」は一文字ずつ 0.7sec おきに被験者正面の画面に表示され、それに合せて発音するように指示している。

2.2 顔画像の撮影環境について

撮影時は図 1(左)の市販の USB カメラを用い、図 1(右)の画面を見て位置合せをしながら枠内に顔が収まるようにして撮影する。

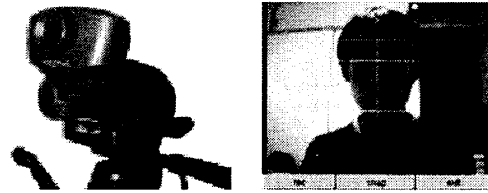


図 1: 撮影画面とカメラ

撮影画像は 320×240 pixel で保存され、撮影後、顔部分のみを 100×100 pixel の大きさに切り出し、256 階調グレースケール画像に変換して使用される。

2.3 動きの特徴抽出方法

切り出し、変換の行われた動画画像から動きの特徴を抽出し、この特徴に再現性と特異性があるかを確認する。動き特徴は後述する、(1) オプティカルフローを用いた顔の各部位の動き、(2) 顔画像の類似度の時間的変化の 2 つの抽出方法を試みている。

2.4 動きの再現性と特異性の検証方法

抽出された特徴を用いて人物判定実験を行うことによって、再現性と特異性を検証する。N 人の被験者からそれぞれ M 回の撮影を行ったとすると、 $N \times M$ 個の動きの情報 (特徴) を得る。 $N \times M - 1$ 個の特徴で判別関数を構成し、残りの 1 個の特徴で判別を行う。これを $N \times M$ 回繰り返して人物判定の正解率を算出する。

判別関数は、既学習の特徴と入力特徴との類似度を計算し、類似度最大となる特徴の人物名を返す関数である。要素数 P の特徴ベクトル $\mathbf{u}$ と $\mathbf{v}$ の類似度は以下のように算出する。

$$\text{類似度} = 1 - \frac{\|\mathbf{u} - \mathbf{v}\|}{\|\mathbf{u}\| + \|\mathbf{v}\|}$$

$$\|\mathbf{x}\| = \sqrt{\sum_{i=1}^P x_i^2} \quad (x_i \text{ は } \mathbf{x} \text{ の } i \text{ 番目の要素})$$

また、判別関数は既学習の各人物の特徴の平均と比較する方式 (AC) と、既学習のすべての特徴と総当たりで比較する方式 (NN) の 2 つを試みている。

3. 人物判別実験

被験者は A, B, C, D, E, F の 6 名である。1 人につき 5 回ずつ撮影を行った。

人物 A のみについては、環境や状態を変化させて撮影を行い、判別能力の検証を行った。変化は (1) 眼鏡をかける、(2) 眼鏡をかけ光源の蛍光灯を消す、(3) 光源の蛍光灯を消す、(4) 笑顔の状態、(5) 顔の下に光源を置く、の 5 つを設定した。

3.1 静止画像による判別実験

比較のために動き情報を用いない静止画像での実験を行う。

[†]総合研究大学院大学, The Graduate University for Advanced Studies

[‡]茨城大学, Ibaraki University

撮影した動画の第1フレームの画像を用いる。このとき画像の各画素の階調値をベクトルの各要素として扱うことで類似度を算出している。

3.2 オプティカルフローを用いた顔各部位の動き特徴を用いた判別実験

撮影された動画からマッチング法によるオプティカルフローを計算して動き情報を抽出する。具体的な手順を以下に示す。

1. 動画の第1フレームにおいて全体を 5×5 pixel ほどの格子に分割し、これを観測窓とする。
2. 第1フレームの i 番目観測窓に着目し、第2フレームにおける同一座標の近傍10 pixel 以内で窓の画素値パターンが最もマッチする箇所探し、その座標を記録する。
3. 2で得た座標を中心に 5×5 pixel の観測窓を第2フレームに作成し、同様な方法で第3フレーム上で最もマッチする座標を探す。これを最終フレームまで繰り返すことで、第1フレームの i 番目の観測窓の座標を出発点とした、 x 座標、 y 座標の時系列を得る。
4. 2に戻り、 $i+1$ 番目の観測窓について上記の作業を繰り返す。

このようにして得られた時系列データに対して、総軌跡長、周波数、最頻フレーム間移動距離をそれぞれ算出することにより、図2のような特徴を得る。これらの特徴をベクトルとみなして類似度の算出に使用する。

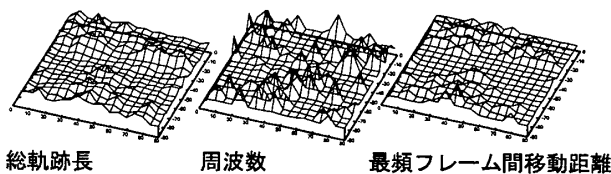


図2: 顔の各部位の動き特徴表現

総軌跡長: 各ブロックの第1フレームから最終フレームまでの移動距離の総和をとったもの。

周波数: 各ブロックの第1フレームから最終フレームまでの座標値にフーリエ変換を施し、強度が最大となる周波数を1つ選択したもの。

最頻フレーム間移動距離: 各ブロックの第1フレームから最終フレームにおいて、2つのフレーム間での移動 pixel 数のうち、最も出現頻度の高いものを選択したもの。

3.3 顔画像の類似度の時間的変化特徴を用いた判別実験

図3のように、顔動画の連続する各フレーム間の類似度を算出し、時間軸に並べたものを特徴ベクトルとして類似度の計算を行う。

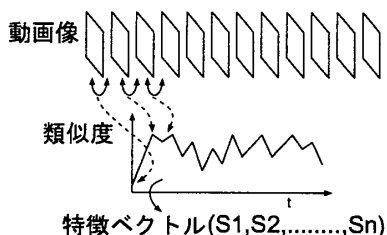


図3: フレーム間の画像類似度特徴

4. 実験結果

以下に実験結果を示す。人物判別実験では、各人物それぞれ撮影回数分(5回)の判別を行っており、その正解率を求めている。表の値は各人物の正解率の平均値を示している。

同様に、環境や状態を変化させて撮影した動画の判別実験についても、各環境・状態の正解率(人物Aと一致すれば正解)の平均値を示している。

表1: AC方式での実験結果

方法	人物判別	環境変化
静止画像	100.0%	0.0%
顔部位の総軌跡長	96.7%	0.0%
顔部位の周波数	30.0%	80.0%
顔部位の最頻距離	63.3%	68.0%
類似度変化	36.7%	20.0%

表2: NN方式での実験結果

方法	人物判別	環境変化
静止画像	100.0%	0.0%
顔部位の総軌跡長	96.7%	0.0%
顔部位の周波数	13.3%	24.0%
顔部位の最頻距離	50.0%	36%
類似度変化	43.3%	64%

5. まとめ

表1と表2を比較してみると、表1のAC方式の判別関数を用いた方が良い結果を示している。AC方式は平均と比較して判別する方式であるので、柔軟性の向上への寄与を期待していたが、顔の各部位の特徴を用いた場合の結果では、人物判別の正解率も高くなっている。

人物の判定結果としては静止画像を用いた場合と顔の各部位の動きの総軌跡長を用いた場合がともに非常に高い正解率を示している。しかしながら、どちらも環境や人物の状態変化に対する柔軟性に乏しい。顔類似度の時間的変化を用いた場合ではAC方式、NN方式に関係せずほとんど判別ができていない。

判別能力と環境や状態の変化に対する柔軟性はトレードオフの関係になっているが、最頻フレーム間移動距離では正解率は低いものの、環境変化に対する柔軟性とのバランスが良い。今回の実験の中では最も個人性と特異性を有する特徴であると考えている。

今後の課題として、高い判別能力と環境や状態変化への高い柔軟性を両立しうる判別方法の検討と、発話タイミング情報を用いるなどして、環境や状態変化に不変な動き情報の抽出方法を検討している。

参考文献

- [1] 伊藤典男, 富永英義, “表情の時間的変化を用いた個人識別手法”, 信学論 D-II, Vol.J78-D-II, No.9, pp.1315-1324, 1995.
- [2] 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, 2001.