

顔温度特徴を用いた個人認証に関する研究

鵜飼 大介

指導教員：村上 和人

1 はじめに

顔認証の特徴は、被認証者に違和感や精神的抵抗感を与えることなく非接触で認証を行えることである。一方で、照明変化が認証率に影響を与えるなど、いくつかの課題も残されている[1]。サーモビジョンカメラを用いて撮影された温度画像は、物体から発せられる赤外線放射エネルギー量により温度分布を計測するため、照明変化に依存しない。一方で、顔面皮膚温度は常に外気に触れているため、室温変化に依存してしまう可能性がある[2]。また、顔温度画像からは、各顔部品抽出が困難なため、従来の可視画像による顔認証手法を適応させることは難しい。

本研究の目的は、照明変化にロバストな顔画像認識として顔温度画像を用いた個人認証システムを構築することである。そのために、本研究では顔温度分布を精査し、室温変化に対して個人内で安定性のある高温領域と、個人間で差別性がある主成分分析(PCA)による特徴領域が存在することを明らかにした。また、それら2つの特徴領域を用いた個人認証システムを構築し、個人認証実験の結果、提案手法では識別率約77%が得られた。

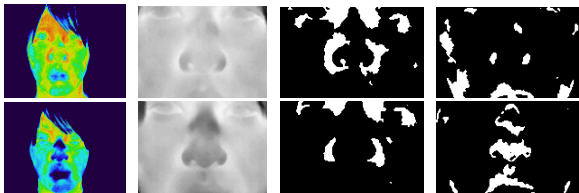
以下、2章で個人認証の基本アイデアについて述べ、3章で個人認証手法について説明する。4章で個人認証実験について述べ、最後に5章では、本稿の成果をまとめるとともに、今度の課題について述べる。

2 基本アイデア

2.1 顔温度特徴

提案手法では、顔温度分布の中の高温領域を用いて個人認証を行う。まず、入力された顔温度画像に対して処理範囲を決定し、温度レンジの正規化、平滑化を行う。その後、*p-tile*法による閾値処理を行い、高温領域を抽出し、輝度画像に変換する。高温領域と低温領域の抽出例を図1に示す。高温領域は低温領域と比較して、室温変化に対して安定している。つまり、個人内で安定性が高い領域である。

個人認証に、個人間で差別性の高い領域を用いるため、主成分分析(PCA)を顔温度画像に施し、サーモ固有顔を生成した。図2に可視画像の固有顔を含めて示す。固有顔は、個人間での差別性が高い特徴的な画素ほど輝度値が高くなっており、温度画像より生成されたサーモ固有顔においては、高い輝度値を持つ特徴領域が目や口周りに存在していることがわかる。



(a)入力画像 (b)処理範囲 (c)高温領域 (d)低温領域
上段：室温 28°C 下段：室温 23°C
図1 顔の高温領域、低温領域の抽出結果(白い部分)



(a)教師データの一部 (b)1st固有顔 (c)2nd固有顔 (d)3rd固有顔
上段：温度画像 下段：可視画像

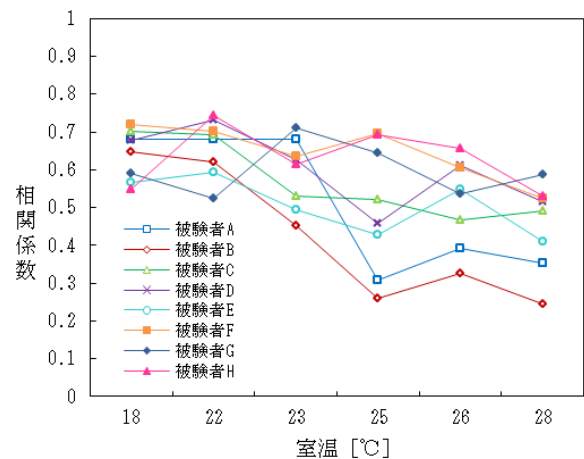
図2 固有顔

2.2 基本アイデア

個人内で安定性のある高温領域と、個人間で差別性のあるPCAによる特徴領域の相関を調査するため、顔温度画像と1stサーモ固有顔の相関係数を算出した。図3に結果を示す。顔温度画像は異なる6室温で撮影し、8人の被験者を用いた。被験者ごとに6枚の顔温度画像の中央値を計算した中央値画像を生成し、PCAの教師データとして用いた。

図3より、高温領域とPCAによる特徴領域は安定して相関が得られているとは言えないことがわかる。そこで、本研究では、高温領域に加えPCAによる特徴領域を認証に用いる。

認証に用いる顔温度画像は、閾値処理によって高温領域を抽出する。また、サーモ固有顔より特徴領域を算出、顔温度画像の対応する領域を抽出する。このように2つの領域を個人識別に用いる。図4に各領域の抽出画像の一例を示す。

図3 顔温度画像と1stサーモ固有顔の相関係数

(a)入力画像 (b)高温領域 (c)特徴領域 (d)論理和領域
図4 各領域の抽出画像の一例

2.3 提案手法の流れ

個人認証のフローチャートを図 5 に示す。提案手法は、登録サブシステムと識別サブシステムの 2 つのサブシステムに分かれている。登録サブシステムでは、まず、サーモビジョンカメラで撮影された顔温度画像を入力する。次いで、処理範囲を決定し、登録画像を生成、データベースに登録する。最後に、登録画像に対して PCA を施しサーモ固有顔を生成する。識別サブシステムでは、まず、未知の人物の顔温度画像を入力とし、同様にして処理範囲を決定する。次いで、閾値処理を施し、出力を行う。

3 個人認証手法

3.1 登録サブシステム

登録画像作成とサーモ固有顔生成の手順を以下に示す。

- Step1 顔温度画像データを入力する。
 Step2 温度レンジ $a \leq t \leq b$ を顔領域として背景と分離する。
 Step3 左右の目頭の幅を w としたとき、左右の目の中間点を中心として横幅 aw 、縦幅 βw の矩形領域を処理範囲とし、この温度画像を T とする。
 Step4 温度レンジを、 $a \leq t \leq b$ から $a' \leq t' \leq b'$ へ正規化を行い、温度画像 T' を生成する。
 Step5 画像サイズ $U \times V$ の顔輝度画像 F へと変換する。
 Step6 N 枚の異なる室温の顔輝度画像 F_l ($l=1, 2, \dots, N$) から、各画素の中央値をとった中央値画像 M を生成し、データベースに登録する。
 Step7 登録者 P 人すべての登録画像 $M^{(i)}$ ($i=1, 2, \dots, P$) を教師データとして PCA を行い、1st サーモ固有顔 E を生成する。

3.2 識別サブシステム

高温領域と PCA による特徴領域を用いた個人識別の手順を以下に示す。

- Step1 未知の人物 X の顔温度画像が入力されたとき、顔輝度画像 $F^{(x)}$ を生成する
 Step2 p -tile 法により、顔輝度画像 $F^{(x)}$ 、登録画像 $M^{(i)}$ 、1st サーモ固有顔 E のそれぞれの閾値 $t^{(x)}$ 、 $t^{(i)}$ 、 t_e を求める
 Step3 入力画像 $F^{(x)}$ と登録画像 $M^{(i)}$ に対してそれぞれ

$$F^{(x)}(u, v) = \begin{cases} 0 & (F^{(x)}(u, v) < t^{(x)}, E(u, v) < t_e) \\ F^{(x)}(u, v) & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (1)$$

$$M^{(i)}(u, v) = \begin{cases} 0 & (M^{(i)}(u, v) < t^{(i)}, E(u, v) < t_e) \\ M^{(i)}(u, v) & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (2)$$

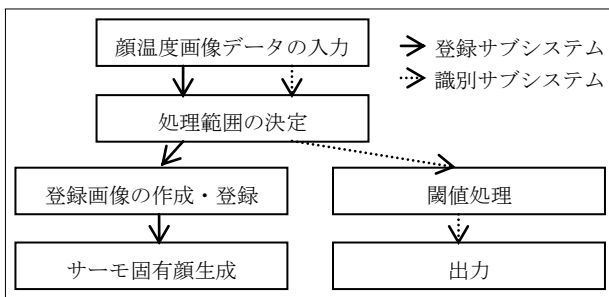


図 5 個人認証のフローチャート

の閾値処理を施し、入力画像 $F^{(x)}$ と登録画像 $M^{(i)}$ を生成する。

- Step4 入力画像 $F^{(x)}$ と登録画像 $M^{(i)}$ の類似度を計算し、最も高い類似度の登録者を出力とする。類似度の計算には、

$$R^{(i)} = \frac{\sum_{v=0}^{V-1} \sum_{u=0}^{U-1} F^{(x)}(u, v) M^{(i)}(u, v)}{\sqrt{\sum_{v=0}^{V-1} \sum_{u=0}^{U-1} F^{(x)}(u, v)^2 \times \sum_{v=0}^{V-1} \sum_{u=0}^{U-1} M^{(i)}(u, v)^2}} \quad (3)$$

で表される正規化相互相関の値 $R^{(i)}$ を用いた。

4 個人認証実験

個人認証実験は *leave-one-out* 方式で行った。被認証者に対して 6 つの室温時の $F_l^{(i)}$ から 5 つを選択して $M^{(i)}$ を作成して登録した。また、 $M^{(i)}$ 作成に用いなかった $F_l^{(i)}$ を入力とした。被認証者 8 人、計 48 枚の入力に対して識別を行い、

$$\text{識別率} = \frac{\text{識別成功数}}{\text{全ての入力画像数}} \quad (4)$$

で表される識別率を評価値とした。また、提案手法との比較のため、高温領域のみを用いた個人認証手法、PCA による特徴領域のみを用いた個人認証手法においても同様の実験を行った。予備実験により、識別サブシステムの Step2 において、高温領域の割合を 5%、1st サーモ固有顔の特徴領域の割合を 76% としたときの個人認証実験結果の一例を表 1 に示す。

表 1 の実験結果より、高温領域と PCA による特徴領域を用いる手法は、1 つの領域のみを用いた手法よりも約 17% 識別率向上がみられた。これは、相関の少ない 2 つの領域である高温領域と PCA による特徴領域を併用することで、識別率が向上したと考えられる。

5 おわりに

本稿では、顔温度分布の中で、個人内で安定性の高い高温領域と、個人間で差別性の高い PCA による特徴領域について説明した。また、高温領域と特徴領域を用いた個人認証手法について提案し、高温領域のみや特徴領域のみを認証に用いるよりも、2 つの領域を併用することで識別率の向上が図れた。

今後は、提案手法の有効性を確認するため、多くの被験者による追加実験を行うことが課題である。

参考文献

- [1] 高松正昭, 境隆一: “可変照明を用いた個人認証”, 情報処理学会研究報告. CSEC, [コンピュータセキュリティ] 2000 (68), pp. 167-172, (2000).
 [2] Daisuke Ukai and Kazuhito Murakami: “Facial Identification Using Thermal Features and Eigenfaces”, *Proc. of IWAIT2014*, pp. 264-267, Thailand, (2014).

表 1 個人認証実験結果の一例

	高温領域のみ	特徴領域のみ	提案手法
識別率	60.4%	60.4%	77.1%