

指の回転が局所特徴量を用いた非接触型指紋認証に及ぼす影響

HOG 特徴量と局所輝度特徴量の比較

森 慧[†] 西沢 和夫[†] 高野 博史[†] 中村 清実[†]

[†] 富山県立大学大学院 工学研究科 知能デザイン工学専攻 〒 939-0398 富山県射水市黒河 5180

E-mail: [†]{mori,nishizawa}@neu.pu-toyama.ac.jp, ^{††}{takano,nakamura}@pu-toyama.ac.jp

あらまし 接触型の指紋認証には、指表面の状態等により認証精度が低下するという問題があるため、非接触型指紋認証の開発が行われている。しかしながら、非接触型指紋認証では、指紋画像の隆線と谷線間のコントラストが小さく特徴量が抽出しにくい問題や、入力された指紋画像に指の位置ずれ、傾き、回転が生じることで認識率が低下する問題がある。本研究では、LOG フィルタを用いて指紋画像のコントラストの問題に対応する、局所特徴量を用いた非接触型指紋認証法を提案する。本手法では、局所特徴量として、Histograms of Oriented Gradients (HOG) 特徴量および局所輝度特徴量を用いる。また、指の回転が与える影響について調査を行い、指の回転変化への許容性を明らかにした。

キーワード 指紋認証, 非接触型, 局所特徴量, 指の回転

1. はじめに

近年、バイオメトリクスによる個人認証は、情報化社会の発展に伴い、セキュリティ確保に欠くことのできない技術として、様々な場面において信頼性の高いセキュリティシステムを実現している。生体認証の中でも、指紋は音声や顔に比べると経年変化が少なく、虹彩に比べて位置合わせの負担が少ない点や比較的コストで高い認証精度を実現できる点、装置の小型化が可能である点から、最も実用化が進んでいる [1]。一般的に指紋認証システムの多くは、入力の際に指表面とセンサの接触を要する接触型であるが、接触型は入力画像の品質が利用者の指表面やセンサ表面の状態に依存し易いという問題点を抱えている。また、機械的強度や長期使用でのセンサの磨耗・劣化による指紋画像の品質低下も問題点として挙げられる [2]。これらの問題は、入力装置が接触型である以上避けられないものであるため、様々な解決法が提案されている [3] ~ [5]。その一つとして、指表面とセンサ面の接触を必要とせずに指紋画像を取得する非接触型指紋認証がある。非接触型指紋認証は指表面の状態による指紋画像の品質低下を回避できるだけでなく、衛生的な面等で利用者の心的不安を軽減することにもつながると考えられる。しかしながら、非接触型指紋認証では非接触で指紋情報を取得するため、入力された指紋画像には位置ずれ・傾き・回転が生じ認証精度が低下してしまう問題や、接触型に比べ指紋画像の隆線と谷線間のコントラストが小さく特徴が抽出し難いという問題がある [6] [7]。そこで、指紋画像のコントラストの問題に対応した、局所特徴量を用いた非接触型指紋認証法を提案する。ここで、局所特徴量として、Histograms of

Oriented Gradients (HOG) 特徴量および局所輝度特徴量を用いた。本研究では、それぞれの特徴量を用いた認証法について、指の回転に対する許容性の調査を行った。さらに、指を円筒と仮定した補正を行い、認証精度の向上を試みた。

本論文では、HOG 特徴量および局所輝度特徴量について述べた後、指を回転させ撮影した画像で作成したデータベースを用いて認証実験を行い、指の回転が局所特徴量を用いた認証法に及ぼす影響を明らかにする。

2. 局所特徴量を用いた非接触型指紋認証

本研究で提案する非接触型指紋認証法では、局所特徴量を指紋の特徴量として用いる。局所特徴抽出としては、Histograms of Oriented Gradients (HOG) [8] および局所輝度符号化法 [9] をそれぞれ用いる。また、指紋画像の隆線と谷線間のコントラストが小さいという問題に対して、LOG フィルタを用いて対応する。

2.1 HOG 特徴量

HOG 特徴量は、局所領域における輝度の勾配方向をヒストグラム化した特徴量である。HOG 特徴量の算出は、まず画像から輝度勾配を算出し、算出した勾配方向と勾配強度から局所領域の勾配方向ヒストグラムを作成する。作成したヒストグラムを正規化することにより、HOG 特徴量が得られる。

2.1.1 輝度勾配の算出

まず、画像の各輝度値から輝度勾配を算出する。指紋画像における注目画素の座標を (u, v) とし、 u 軸 (水平) 方向における輝度値の差分 f_u 、および v 軸 (垂直) 方向における輝度値の差分 f_v を、式 (1) より算出する。ここ

で, $I(u, v)$ は注目画素における輝度値を表す. f_u および f_v の値から, 式 (2), 式 (3) を用いて勾配強度 $m(u, v)$, 勾配方向 $\theta(u, v)$ を算出する.

$$\begin{cases} f_u(u, v) = I(u+1, v) - I(u-1, v) \\ f_v(u, v) = I(u, v+1) - I(u, v-1) \end{cases} \quad (1)$$

$$m(u, v) = \sqrt{f_u(u, v)^2 + f_v(u, v)^2} \quad (2)$$

$$\theta(u, v) = \tan^{-1} \frac{f_v(u, v)}{f_u(u, v)} \quad (3)$$

2.1.2 輝度勾配ヒストグラムの作成

次に, セルごとに勾配強度および勾配方向のヒストグラムを作成する. 図1(左)に, 256×256 pixels の指紋画像を例とした 32×32 pixels のセルの模式図を示す. 図1(左)に示すように, セルは画素の集合であり, セルの一辺の幅を n pixels とすると, セル中の画素数は $n \times n$ pixels となる. 入力画像の横幅を W pixels, 縦幅を H pixels とすると, 全セル数 N_C は式 (4) で表される.

$$N_C = \frac{WH}{n^2} \quad (4)$$

算出した勾配方向 $\theta(u, v)$ を, 式 (5), (6) を用いて, $0^\circ \sim 180^\circ$ を 20° ずつに分割し, 9 方向に量子化する. ここで, $[\phi]$ は ϕ 以下の最大の整数, Θ は量子化された勾配方向を表す. このため, 各セルにおける勾配方向ヒストグラムの要素数は 9 になる.

$$\phi = \theta(u, v)/20 \quad (5)$$

$$\Theta = [\phi] \quad (k \leq \phi < k+1) \\ (k = 0, 1, 2, \dots, 8) \quad (6)$$

i 行 j 列のセル (i, j) の特徴量を $F_{i,j} = [f_0, f_1, \dots, f_8]$ とし, ヒストグラムの各要素 f_k には, 式 (7) に示すように, 算出した勾配強度 $m_k(u, v)$ を重みとして与える. これにより, ヒストグラムの要素 f_k の値はセル内の勾配強度 $m_k(u, v)$ の和となる. ここで, (u, v) は注目画素の座標, i, j は注目セルの番号, n はセルの幅, k は各要素を表す.

$$f_k = \sum_{v=(j-1)n+1}^{(j-1)n+n} \left\{ \sum_{u=(i-1)n+1}^{(i-1)n+n} m_k(u, v) \right\} \quad (7)$$

$$m_k(u, v) = \begin{cases} m(u, v) & (\Theta = k) \\ 0 & (\Theta \neq k) \end{cases}$$

$$i = 1, 2, \dots, \frac{W}{n}$$

$$j = 1, 2, \dots, \frac{H}{n}$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, 8$$

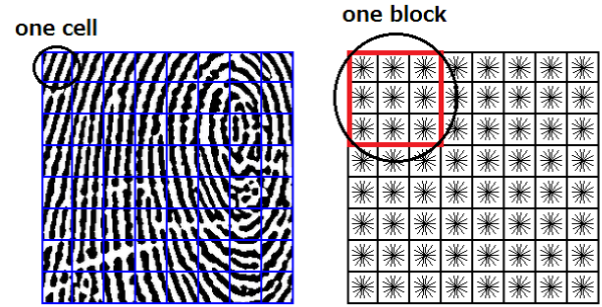


図1 HOG 特徴量を算出する領域 (左) セル (右) ブロック

2.1.3 ブロックによる正規化

図1(右)に, 32×32 pixels のセルを例とした 3×3 cells のブロックの模式図を示す. 図1(右)に示すように, ブロックはいくつかのセルの集合である. ここでは, セルごとに作成したヒストグラムを, ブロックごとに正規化する. ブロックの一辺の幅を m cells とすると, $m = 3$ のとき, L 行 M 列のブロックの特徴量 $V_{L,M}$ は式 (8) で表すことができる. また, ブロックの正規化は式 (9) で行われる. ここで, $V_{L,M}^*$ は正規化後のブロックの特徴量, ϵ は 0 による除算を防ぐための係数である.

$$V_{L,M} = [F_{i,j}, F_{i+1,j}, F_{i+2,j}, F_{i,j+1}, F_{i+1,j+1}, \\ F_{i+2,j+1}, F_{i,j+2}, F_{i+1,j+2}, F_{i+2,j+2}] \quad (8)$$

$$V_{L,M}^* = \frac{V_{L,M}}{\sqrt{\|V_{L,M}\|^2 + \epsilon^2}} \quad (\epsilon = 1.0) \quad (9)$$

$$L = 1, 2, \dots, \frac{W}{n} - m + 1$$

$$M = 1, 2, \dots, \frac{H}{n} - m + 1$$

$$i = 1, 2, \dots, L + (m - 1)$$

$$j = 1, 2, \dots, M + (m - 1)$$

正規化は, ブロックを 1 セルずつ移動させて行う. ブロックごとにヒストグラムを正規化するため, 1 つのヒストグラムが異なるブロック領域によって繰り返し正規化されることになる. これにより, 画像の全体的な明暗の違いによって, 勾配強度にばらつきが生ずる場合においても, 得られる特徴量が大きく変化しない.

2.1.4 HOG 特徴量のパラメータと次元

HOG 特徴量では, 変更可能なパラメータとして, セルサイズ, ブロックサイズがある. ここで, ヒストグラムが 9 要素であることから, 1 セルの次元数は 9 となる. したがって, HOG 特徴量の次元数は, 1 セルの画素数を $n \times n$ pixels, 1 ブロックのセル数を $m \times m$ cells, 256×256 pixels の画像を入力画像とした場合, $(256/n - m + 1)^2 \times m^2 \times 9$ となる. セルの 1 辺が 32 pixels, ブロックの 1 辺が 3 cells の場合, HOG 特徴量の次元数は 2,916 となる.

2.1.5 HOG 特徴量のマッチング

HOG 特徴量を用いたマッチングにはユークリッド距離を用いる。ユークリッド距離 d は式 (10) を用いて算出する。ここで、 V_L は登録時に取得した HOG 特徴量、 V_R は認証時に取得した HOG 特徴量を表す。また、HOG 特徴量は正規化されているため、ユークリッド距離 d は、 $0 \leq d \leq 2$ の範囲の値となり、 0 で最も類似度が高い。

$$d = \|V_L - V_R\| \quad (10)$$

2.2 LOG フィルタ

HOG 特徴量を用いた認証法では、切り出した指紋画像に LOG フィルタ処理を施す。これは、LOG フィルタを施した場合の方が、指紋の隆線と谷線が強調され、鮮明に隆線と谷線間の輝度値勾配を算出できるためである。

人間が画像を理解する際には、画像の強度変化を抽出し、画像の構造を認識している。その構造には様々な大きさがあるため、強度変化も複数のスケールで捉える必要がある。この条件を満たすフィルタが LOG フィルタであり、式 (11) で表される [10]。ここで、 σ は空間定数である。本認証法では、 $\sigma = 2.3$ としている。

$$\nabla^2 G(r) = -\frac{1}{\pi\sigma^4} \left(1 - \frac{r^2}{2\sigma^2}\right) e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}} \quad (11)$$

2.3 局所輝度特徴量

局所輝度特徴量とは、指紋画像における局所領域の相対的な輝度値の変化を符号化することによって得られる特徴量であり、指紋の隆線と谷線間のコントラストに依存しない特徴量といえる。つまり、LOG フィルタを用いなくてよい。

局所輝度特徴量の算出では、まずブロックにおける輝度値平均と標準偏差を算出し、次に、セルにおける輝度値平均を算出する。これらの値を用いて符号化が行われ、符号化された特徴量が局所輝度特徴量である。

2.3.1 局所領域の輝度値平均の算出

図 2 に、局所輝度特徴量における、 256×256 pixels の指紋画像を例とした 32×32 pixels のブロックおよびセルの模式図を示す。

局所輝度特徴量の算出では、まず、ブロックおよびセルにおける画像の輝度値平均を求める。式 (12)、式 (13) を用いて、ブロックにおける輝度値平均 L_u を求める。ここで、 $I_{x,y}$ は座標 (x, y) における輝度値、 $l_{X,Y}$ はブロックにおける輝度値の和を表す。 n はブロックをさらに 4 分割したセル S_v の縦幅および横幅を表しており、単位は pixels である。また、式 (14) より、ブロック内の輝度値の標準偏差 σ_u を算出する。

$$L_u = \frac{l_{X,Y}}{2n \times 2n} \quad (12)$$

$$l_{X,Y} = \sum_{y=2n(Y-1)+1}^{2n(Y-1)+2n} \left(\sum_{x=2n(X-1)+1}^{2n(X-1)+2n} I_{x,y} \right) \quad (13)$$

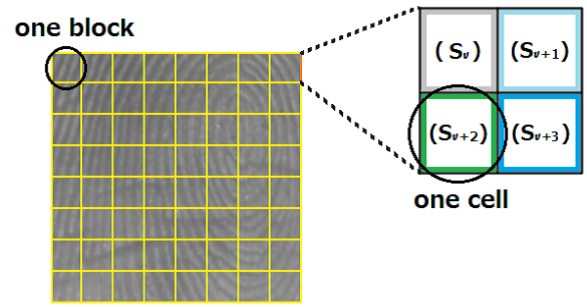


図 2 局所輝度特徴量を算出する領域

$$\begin{aligned} X &= 1, \dots, \frac{256}{2n} \\ Y &= 1, \dots, \frac{256}{2n} \\ u &= (Y-1) \times \frac{256}{2n} + X \end{aligned}$$

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{\sum_{y=2n(Y-1)+1}^{2n(Y-1)+2n} \left\{ \sum_{x=2n(X-1)+1}^{2n(X-1)+2n} (I_{x,y} - L_u)^2 \right\}}{2n \times 2n}} \quad (14)$$

次に、ブロックを縦横それぞれ 2 分割したセルにおける輝度値平均を、式 (15) および式 (16) を用いて算出する。ここで、 $s_{i,j}^{X,Y}$ はセル内の画素値の和、 $S_v, S_{v+1}, S_{v+2}, S_{v+3}$ は各 $n \times n$ pixels 領域の画素値平均である。

$$\begin{aligned} S_v &= \frac{s_{1,1}^{X,Y}}{n \times n}, & S_{v+1} &= \frac{s_{2,1}^{X,Y}}{n \times n}, \\ S_{v+2} &= \frac{s_{1,2}^{X,Y}}{n \times n}, & S_{v+3} &= \frac{s_{2,2}^{X,Y}}{n \times n} \end{aligned} \quad (15)$$

$$s_{i,j}^{X,Y} = \sum_{y=2n(Y-1)+n(j-1)+1}^{2n(Y-1)+n(j-1)+n} \left(\sum_{x=2n(X-1)+n(i-1)+1}^{2n(X-1)+n(i-1)+n} I_{x,y} \right) \quad (16)$$

$$\begin{aligned} i, j &= 1, 2 \\ v &= 4 \times \frac{256(Y-1)}{2n} + 4(X-1) + 1 \end{aligned}$$

2.3.2 符号化

算出したブロックおよびセルにおける輝度値平均と、ブロックの標準偏差 σ_u を用いて、式 (17) によって局所輝度変化の符号化を行う。ここで、 L_u はブロックにおける輝度値平均、 S_v はセルにおける輝度値平均、 β は -1 または 1 に符号化される割合を調整する係数である。

$$C_v = \begin{cases} 1 & (S_v > L_u + \beta\sigma_u) \\ 0 & (L_u - \beta\sigma_u \leq S_v \leq L_u + \beta\sigma_u) \\ -1 & (S_v < L_u - \beta\sigma_u) \end{cases} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} u &= (Y-1) \times \frac{256}{2n} + X \\ v &= 4(u-1) + k \\ k &= 1, \dots, 4 \end{aligned}$$

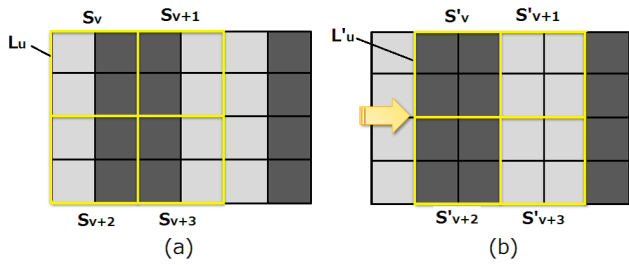


図 3 特定の周期的な輝度変化への対応

符号化を行う局所領域における輝度値の変化が図 3 (a) のような周期的変化で表せるような場合には、各セルの変化がいずれも 0 に符号化され、特徴抽出ができないことがある。そこで、図 3 (b) のように、符号化する領域をセルの半分だけシフトすることで対応する。x 軸方向のみ、y 軸方向のみ、x, y 軸の両方向の 3 方向でシフトさせ、合計で 4 領域において符号化を行う。

2.3.3 局所輝度特徴量のマッチング

局所輝度特徴量のマッチングには、式 (18) で表されるシティブロック距離 D を用いる。ここで、 C_L は登録コード、 C_R は認証コード、 C_{Li} 、 C_{Ri} は各コードの i 番目の要素を表す。また、全コード数 N は、 256×256 pixels の指紋画像を入力とした場合、式 (19) によって表される。ここで n はセルの幅である。マッチングは全コード数 N で規格化するため 0~2 の値をとり、 D が 0 に近いほど類似度が高い。

$$D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |C_{Li} - C_{Ri}| \quad (18)$$

$$N = 4 \times 4 \times \left(\frac{256}{2n} - 1 \right)^2 \quad (19)$$

3. 指の回転による認証精度への影響

3.1 実験装置

本実験では、図 4 (左) に示すような撮影環境を設定し、撮影装置として、USB カメラ (ARTCAM-130SS) を使用した。また、実験を行う際、照明環境により生じる陰影等の影響を少なくするため、撮影装置に白色 LED (OSPW5161P OptoSupply) を配置し、蛍光灯をつけた室内での撮影とした。白色 LED は、図 4 (右) に示すように、カメラレンズ周辺、指周辺にそれぞれ配置し、指周辺に配置した白色 LED には、指に対して均等に照明が当たるように拡散用のキャップを装着した。

3.2 実験方法

撮影装置として USB カメラを用い、回転角度 0° から左右に 30° まで 5° ずつ回転させて撮影した指画像を、認証実験に用いた。このとき、指の回転による影響のみを調べるため、撮影して得られた指画像に対し、手動で位

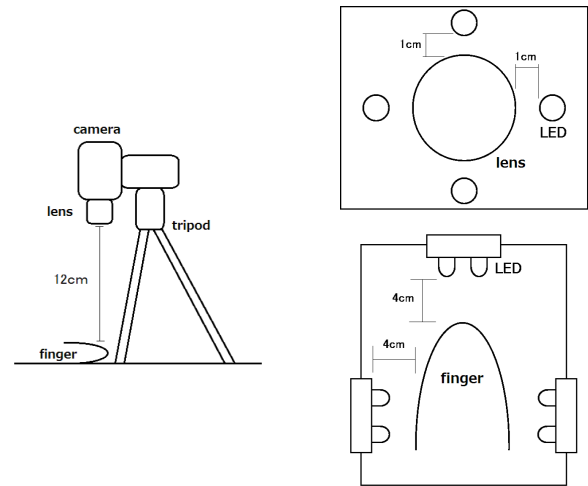


図 4 実験装置の概要 ((左) カメラ配置 (右) LED 配置)

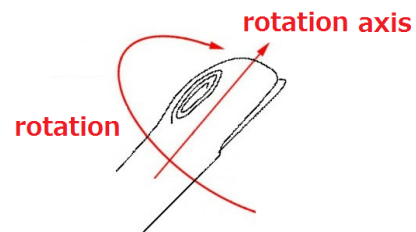


図 5 指の回転

置ずれ、傾きの補正を行った。ここで、指の回転とは、図 5 のような回転を表す。

実験に用いる指紋画像は、10 人から 1 人あたり両手の親指と小指を除いた 6 指、計 60 指から取得した。指の回転角度は、図 6 に示すように、撮影の際、被験者の指に回転角度 0° の位置を示すマーカーを張り、これを基準にして、被験者が撮影画面の上の目盛りにあわせることにより指定した。実験には、指の回転角度 0° の指画像から切り出した 256×256 pixels の指紋画像を登録画像として用いる。また、回転角度が $0^\circ \sim 30^\circ$ の指紋画像より、登録指紋の領域を含むように 400×256 pixels の領域を切り出し、その指紋画像を認証画像として用いた。登録画像、認証画像はそれぞれ 2 枚ずつ取得し、実験に用いるデータベースとした。このとき、本人間 240 試行、他人間 3,540 試行の結果が得られた。ここで、本人間は同一指間、他人間は他指間としている。

認証では、登録画像から取得した 256×256 pixels の指紋画像を認証用画像として取得した 400×256 pixels の指紋画像上で水平方向にスキャンさせ、局所特徴量の距離が最小になった値を用いて認証を行った。例として、本人間での認証において、図 7 (左) を登録画像、図 7 (右) の回転角度 15° における指紋画像を認証画像とした場合、局所輝度特徴量の距離が最小になった領域を図 7 (右) の点線に示す。

また、HOG 特徴量と局所輝度特徴量のパラメータは固定して行った。HOG 特徴量では、セルサイズ n を 32×32

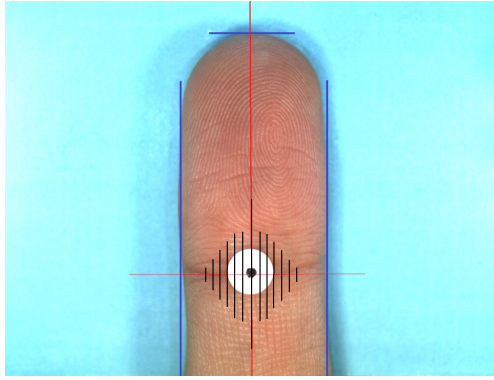


図 6 実験の撮影状況

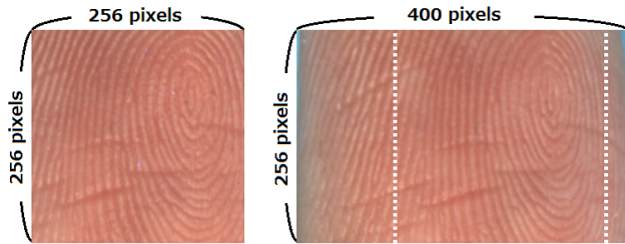


図 7 認証での最小位置 ((左)登録画像 (右)認証画像 (15°))

pixels, ブロックサイズ m を 3×3 セルとした. 局所輝度特徴量では, セルサイズ n を 16×16 pixels, ブロックサイズ $2n$ を 32×32 pixels, コード化係数 β を $1/7$ とした.

3.3 指紋画像に対する補正

指が回転することにより, カメラと指表面のなす角度に変化が生じ, 回転角度 0° の登録指紋領域と同一の指紋領域では, 指紋の隆線幅が変化することが予想される. そこで, 回転変化が認証精度に及ぼす影響を低減させるため, 指紋画像が円筒表面上にあると仮定した補正を行った. 次に, 回転補正の概要について述べる.

画像を 3 次元物体に貼り付けたような変形を行う処理をマッピングといい, 円筒マッピングはその 1 手法である. ある画像において, 円筒マッピングを行うと, 真横から見た円筒の表面上にその画像を貼り付けたような処理となり, 中心から周辺にいくほど押し縮められたような効果が得られる [11].

指紋画像が円筒表面上にあると仮定した補正は, この逆の処理を指紋画像に対して行うものである. つまり, 指紋画像をすでに円筒マッピングされている画像であると仮定し, マッピングされる前の画像に戻す処理を行う. この処理の概要を図 8 に示す. このとき, 補正後の指紋画像の座標 X_f の値から, 変換前の指紋画像の座標 X_t を式 (20), 式 (21) を用いて算出する. 図 9 に補正前の指紋画像 (400×256 pixels), 図 10 に補正後の指紋画像 (628×256 pixels) を示す. これらの画像から, 補正後の画像は, 円筒を展開したような画像になることがわかる.

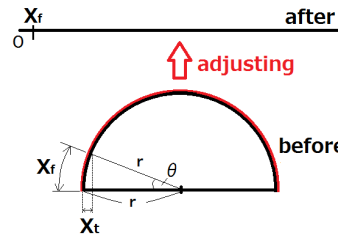


図 8 画像変換処理の略図



図 9 補正前の指紋画像



図 10 補正後の指紋画像

$$X_t = (1 - \cos \theta) \times r \quad (20)$$

$$\theta = \frac{180^\circ}{\pi} \times \frac{X_f}{r} \quad (21)$$

3.4 実験結果

HOG 特徴量および局所輝度特徴量を用いた認証法について, 等誤り率 (EER: Equal Error Rate) を用いて認識性能を調査した. ここで, EER とは, 本人を他人と判定してしまう割合である本人拒否率 (FRR: False Rejection Rate) と, 他人を本人と判定してしまう割合である他人受入率 (FAR: False Acceptance Rate) の交点で表される認証精度の評価基準である.

3.4.1 HOG 特徴量を用いた認証法

図 11 に, HOG 特徴量を用いた認証法における指の回転角度に対する EER を示す. 図 11 において, 縦軸は EER [%], 横軸は指の回転角度 [degree], \circ は補正前の回転角度に対する EER, \diamond は補正後の回転角度に対する EER を表す. 図 11 より, HOG 特徴量では, 指の回転角度が大きくなるほど, EER が上昇している. 指の回転角度 $\pm 5^\circ$ における EER が, 基準となる回転角度 0° における EER より上昇していることから, HOG 特徴量における回転角度の許容範囲は $\pm 5^\circ$ 未満であることが推測される. これは, 指の回転により, 勾配方向が変化することで特徴量にも変化が生じてしまっていることが原因だと考えられる. また, +側の回転角度と -側の回転角度で EER に違いが見られたのは, 指の表面形状が左右対称ではなく, 歪んだ形状をしているためだと考えられる. また, 補正を行った指紋画像での EER は, 補正を行っていない指紋画像での EER とほぼ同じ結果となった.

3.4.2 局所輝度特徴量を用いた認証法

図 12 に, 局所輝度特徴量を用いた認証法における指の回転角度に対する EER を示す. 図 12 において, 縦軸

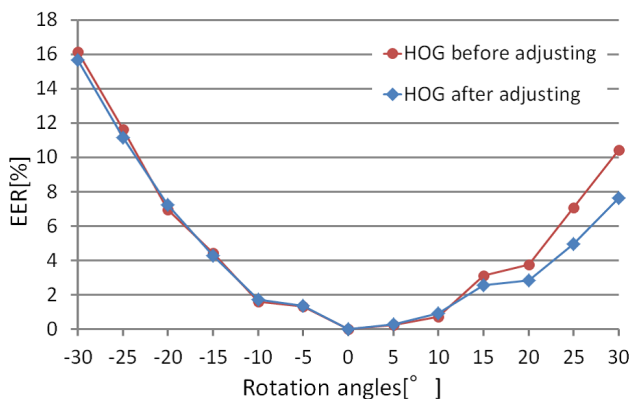


図 11 指の回転角度に対する EER (HOG 特徴量)

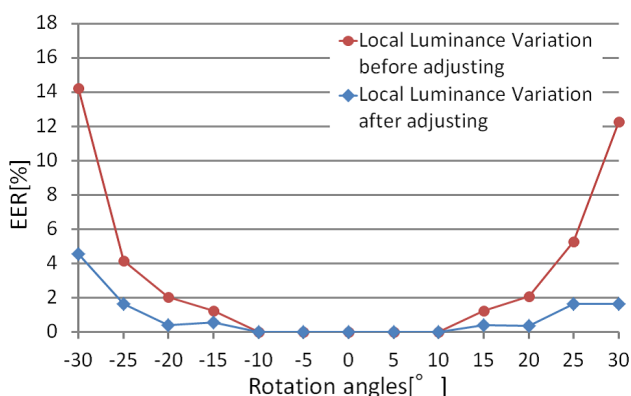


図 12 指の回転角度に対する EER (局所輝度特徴量)

は EER [%], 横軸は指の回転角度 [degree], ○ は補正前の回転角度に対する EER, ◇ は補正後の回転角度に対する EER を表す. 図 12 より, 局所輝度特徴量では, HOG 特徴量と同様に, 指の回転角度が大きくなるほど, EER が上昇している. しかし, HOG 特徴量とは違い, 回転角度 $\pm 10^\circ$ まで, 基準となる回転角度 0° における EER を保っていることから, 局所輝度特徴量は回転角度 $\pm 10^\circ$ までの許容性を持っていることが明らかになった. また, + 側の回転角度と - 側の回転角度で EER に大きな違いが見られなかったことにより, 局所輝度特徴量は指の表面形状に比較的影響されにくいことがわかった. また, 補正を行った指紋画像での EER は, 補正を行っていない指紋画像での EER より減少する結果となった. 回転角度 $\pm 10^\circ$ までの許容性があることは変わらないが, それ以上の回転角度で EER が大幅に減少した. これにより, 単純な円筒画像変換ではなく, 指の形状を考慮した画像変換を行うことで, 許容できる回転角度域を拡大できる可能性がある.

4. おわりに

本研究では, 局所特徴量を用いた非接触型指紋認証法における指の回転に対する許容性を調査するため, 指の回転がある場合の指紋画像を用いた認証実験を行った. 実験の結果, HOG 特徴量を用いた認証法では, 指の回

転角度に対する許容性は確認できなかったが, 局所輝度特徴量を用いた認証法では, 指の回転に対して, $\pm 10^\circ$ までの許容性があった. 指紋画像を円筒表面上にあると仮定した補正を行った場合での認証実験の結果, HOG 特徴量を用いた認証法では, 補正していない場合と比較し大きな変化が見られなかったが, 局所輝度特徴量を用いた認証法では, 大きな回転角度でも, EER の上昇を抑えることができた. 指の形状を考慮した画像変換により, 許容域を拡大できる可能性があることから, 今後の課題として, 指の形状を考慮した補正法の検討が必要である.

文 献

- [1] 日本自動認識システム協会, よくわかるバイオメトリクスの基礎, オーム社, pp.114-115, 2005.
- [2] 鷲見 和彦, “指紋認証システム,” 映像情報メディア学会誌, vol.58, no.6, pp.759-762, 2004.
- [3] 佐野 恵美子, 前田 卓志, 中村高宏, 阪田 恒次, 鹿井 正博, 白附 晶英, 石田 晃三, 藤原 秀人, 大江 敏男, 大橋 岳洋, “指内部の光学特性を用いた指認証装置,” 計測と制御, vol.45, no.12, pp.1068-1071, 2006.
- [4] 梅崎 太造, 佐藤 省三, 木村 聡仁, 松本 憲幸, “画像品質の変動を考慮した指紋照合法,” 電気学会論文誌 C, vol.122, no.7, pp.1127-1136, 2002.
- [5] 竹内 英世, 梅崎 太造, 松本 憲幸, 平林 勝巳, “かすれ指紋画像の判定・復元機能をもつ指紋照合法,” 電子情報通信学会論文誌 D-II, vol.J87-D-II, no.2, pp.574-585, 2004.
- [6] 鳥居 恵多, 岡本 教佳, “非接型指紋認証を目的とした構造線抽出法,” 映像情報メディア学会誌, vol.59, no.7, pp.1001-1010, 2005.
- [7] 鈴木 健斗, 熊澤 逸夫, “複数波長の光源を用いた非接触指紋特徴抽出法,” 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2010), pp.440-447, 2010.
- [8] N. Dalal and B. Triggs, “Histograms of oriented gradients for human detection,” Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2005 (CVPR'05), vol.1, pp.886-893, 2005.
- [9] 國宗 高志, 高野博史, 中村 清実, “携帯情報端末のための局所輝度変化符号化法を用いた虹彩認証,” 第 9 回情報科学技術フォーラム, vol.4, pp.19-23, 2010.
- [10] 北山 賀久, 宮川 達夫, “統計的緩和と LOG フィルタによるテクスチャ画像の領域分解,” 電子情報通信学会論文誌 D-II, vol.J76-D-II, no.9, pp.1941-1947, 1993.
- [11] 昌達 慶仁, 詳解 画像処理プログラミング, ソフトバンククリエイティブ株式会社, pp.226-227, 2008.