

虹彩認証のための生体検知の高信頼化 Realization of High-reliable Liveness Detection for Iris Recognition

兼松 真志† 高野 博史† 中村 清実†
Masashi Kanematsu Hironobu Takano Kiyomi Nakamura

1. はじめに

情報化社会の発展に伴い本人確認の機会が急速に増加している中、バイオメトリクスによる認証が注目されている。バイオメトリクス認証の中でも虹彩を用いた認証は認証精度が高いといわれ、高セキュリティシステムとして期待されている。しかし、認証精度が高くても虹彩模様を偽造された場合、誤って登録者として認証される可能性があるため、生体検知の必要性がある。

従来の生体検知法として、視線検出法、角膜反射像を用いる方法などがある[1]~[4]。視線検出法は、使用者に視線を動かしてもらう必要があるため、使用者に負担がかかる。角膜反射像を用いる方法は、虹彩画像に角膜反射像を書き込むことにより生体と判断されるおそれがある。瞳孔収縮法は、フラッシュ光を照射することにより瞳孔を収縮させ、そのときの瞳孔径の変化を捉えることによって生体を検知する。しかし、これらの方法はいずれも個人を識別する生体特徴情報と生体から特徴情報を取得したと判断する生体検知情報を同一の部位から取得していないという問題点がある。

本研究では、瞳孔収縮時における虹彩模様の変化を用いた生体検知法の開発を行った。本論文では、2. で生体検知法の分類について、3. で虹彩を用いた生体検知法について述べる。

2. 生体検知法の分類

生体を検知する方法は、生体特徴情報と生体検知情報の取得タイミングおよび取得部位により4つに分類される[5]。その分類を以下に示す。

完全同一型：生体特徴情報と同一のタイミングかつ同一の部位から生体検知情報を読み取る。

同時読取型：生体特徴情報と生体検知情報を同一のタイミングではあるが、異なる部位から読み取る。

同位読取型：生体特徴情報と生体検知情報を異なるタイミングで同一の部位から読み取る。

独立読取型：生体特徴情報と生体検知情報を異なるタイミングで異なる部位から読み取る。

バイオメトリクス認証における理想は完全同一型であるが、従来研究で用いられてきた瞳孔収縮法は、生体特徴情報を虹彩から読み取り、生体検知情報を瞳孔から読み取る同時読取型である。

3. 虹彩模様の輝度変化を用いた生体検知

3.1 虹彩認証のための完全同一型生体検知法

瞳孔収縮法において、生体検知情報を虹彩から読み取る

ことで完全同一型に変更することが可能である。そこで、瞳孔が収縮するときの虹彩模様の変化(輝度変化)を確認し、それを生体検知情報として用いる。

生体検知に用いる輝度平均は、虹彩の決められた領域における画素値を用いて算出する。まず、虹彩模様の輝度変化を求める領域を決定する。そして、その領域の平均画素値を算出する。虹彩が伸長および収縮した場合、その注目した領域の虹彩模様が変わるため平均画素値が変化する。この平均画素値の変化が発生した場合を生体と判断し、平均画素値が変化しなかった場合を偽造と判断する。なお、瞳孔収縮はフラッシュ光を照射することにより引き起こすこととする。偽造した目では、フラッシュ光照射時に瞳孔反応が生じないため、このような虹彩模様の変化に伴う平均画素値の変化がないもしくは小さいと考えられる。ただし、カメラから取得した画像をそのまま使用した場合、周辺の光環境の変化などによって虹彩模様の変化の有無と関係なく画素値が変化することが考えられる。そこで、カメラから取り込んだ画像の輝度を正規化することにより、周辺の光環境の変化に伴う平均画素値の変動をおさえている[3]。

3.2 虹彩模様の平均輝度取得領域

輝度変化を計測する虹彩領域を決定するために、まず、虹彩認証の登録に用いる右目の画像50人分から、まつげやまぶたなどのノイズが含まれていない虹彩領域を求めた。虹彩領域は、右側領域と左側領域に分け、右側の角度を $\theta_R(\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2)$ 、左側の角度を $\theta_L(\theta_3 \leq \theta \leq \theta_4)$ とする(図1)。

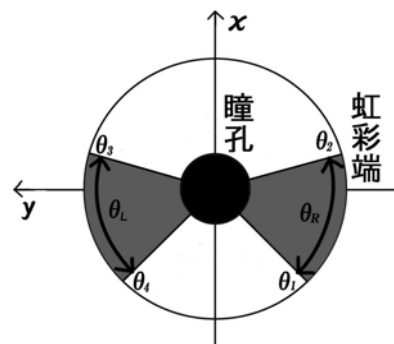


図1. ノイズのない虹彩領域

この結果より、50人全員でノイズの混入がなかった領域は $\theta_R = 30^\circ(-119^\circ \leq \theta \leq -89^\circ)$ 、 $\theta_L = 30^\circ(89^\circ \leq \theta \leq 119^\circ)$ であり、この領域を虹彩取得領域とした。

次に、瞳孔の位置を調査した。被験者は10人とし、瞳孔収縮前および瞳孔反応時の瞳孔端の位置をそれぞれ5回測定した。実験は照度300lxの室内で行い、目とカメラの距離は40cmとした。このとき、フラッシュ光として輝度2980mcdの白色LEDを2個用いた。実験の結果より、Rを

†富山県立大学大学院 工学研究科

虹彩径とすると全被験者の瞳孔存在領域は瞳孔中心から 5R/12 以内であった。瞳孔が入り込むと完全同一型ではなくなるため、瞳孔が存在する領域は除く必要がある。このことから、虹彩取得領域を 5R/12 以上とした。

さらに、表 1 に示すように A-1～A-7 の 7 通りの領域および B-1, B-2, C-1 を考え、平均輝度変化が一番大きくなる領域を調査した。実験では、10 人の輝度変動率を各人およそ 5 分間隔をあけて 5 回測定した。輝度変動率の平均と標準偏差を表 1 に示す。フラッシュ光照射後 10 フレームについて、右側領域の画素値の合計 S_R は式(1)を用いて算出し、左側領域の画素値の合計 S_L は式(2)を用いて算出した。なお、 I は極座標系における (r, θ) の点の画素値であり、 r は瞳孔中心からの距離である。式(3)に示すように、右側、左側領域の画素値合計 ($S_R + S_L$) から平均画素値 $P(t)$ を算出する。輝度変動率は式(4)を用いて算出した。式(4)において $P(t_0)$ はフラッシュ光照射直後の平均画素値、 $\min\{P(t)\}$ は瞳孔収縮後の平均画素値の最小値である。

$$S_R = \sum_{\theta=-119}^{-89} \sum_r I(r, \theta) \quad (1)$$

$$S_L = \sum_{\theta=89}^{119} \sum_r I(r, \theta) \quad (2)$$

$$P(t) = \frac{S_L + S_R}{n} \quad n: \text{number of pixels} \quad (3)$$

$$V = \frac{|P(t_0) - \min\{P(t)\}|}{P(t_0)} \times 100 \quad (4)$$

表 1. 平均変動率と標準偏差

	r の範囲	輝度変動率V[%]	標準偏差
A-1	5R/12～6R/12	12.81	3.68
A-2	6R/12～7R/12	4.69	1.55
A-3	7R/12～8R/12	2.03	0.64
A-4	8R/12～9R/12	2.36	0.67
A-5	9R/12～10R/12	2.13	0.71
A-6	10R/12～11R/12	2.30	0.54
A-7	11R/12～12R/12	2.43	0.53
B-1	5R/12～7R/12	10.56	1.16
B-2	6R/12～8R/12	3.81	0.87
C-1	5R/12～8R/12	3.49	0.79

表 1 より変動率が高かった領域は A-1 および B-1 である。ただし A-1 は標準偏差も大きい。これは、A-1 領域の面積が小さいため、変動率の個人差が顕著に表れるためだと考えられる。これに対して B-1 では、標準偏差が小さい値となっている。これは、B-1 の幅が A-1 の 2 倍であり、A-1 よりも面積を大きくすることにより、個人差を吸収しているためだと考えられる。生体には個人差が常に存在するため、万人に対しての使用を考えた場合、標準偏差が小さい方が望ましい。よって、輝度変動率を求めるための平均画素値を計測する虹彩取得領域は B-1 ($r=5R/12 \sim 7R/12$) とした。

3.3 生体検知のための判断基準

虹彩取得領域における平均画素値の変動率を用いて生体と偽造を識別するにあたり、偽造された目画像においてどの程度の変動率になるかを調べる必要があった。そこで、印刷した目画像での変動率を調べた。実験はこれまでと同様に照度 300lx の室内で行い、印刷した虹彩画像をカメラから 40cm の位置に提示した。印刷画像を完全に固定した

場合の変動率は最大でも 0.1% であった。次に、印刷した虹彩画像を意図的に動かした場合について実験を行った。動作は以下に示す 4 通りである。

- (1)印刷画像を手で持ちながら提示する
- (2)印刷画像を手で持ちながら、同時に左右に動かす
- (3)印刷画像を手で持ちながら、同時に前後に動かす
- (4)印刷画像を手で持ちながら、同時に回転させる

5 人分の印刷画像を用いて 5 回試行した結果、目画像による変動率は最大で 1.5% となった。以上の結果より、生体と偽造の輝度変動率の差はそれらを識別するのに充分大きいと考えられる。生体と偽造を識別する判定閾値は、生体の平均変動率から 2σ (σ :標準偏差) 下げた 8% とした。

4. まとめ

本研究では、虹彩領域の輝度変化を用いた偽造検知法の開発を行った。正確に画素値変化をとらえるためにまつげやまぶたといったノイズの含まない虹彩領域を左右各 30° と決定した。また、瞳孔が含まれない領域を照度 300lx の光環境において調査し、瞳孔中心から虹彩端までを R とすると瞳孔中心から 5R/12 までの領域に瞳孔が含まれることがわかった。この領域を除き虹彩端画素値変化がもっとも大きく捉えられる領域を求め、5R/12 から 7R/12 の幅を虹彩取得領域とした。このときの生体による輝度変動率は 10.6%、標準偏差は 1.2% となった。印刷画像においても平均画素値の変化が生じ、変動率は 1.5%、標準偏差 0.2% となった。この結果より生体と偽造を識別する閾値を 8% とした。

本研究では、照度 300lx の室内での瞳孔サイズをもとに取得領域を決定したが、実際の使用環境は 300lx だけではない。今後の課題として、様々な周辺光環境に対応できる虹彩取得領域を決定する必要がある。また、周辺の光環境によって取得領域を変化させるのではなく、あらゆる環境で使用できることが望まれる。フラッシュ光照射直前の瞳孔径と虹彩径を用いれば、光環境が変化しても虹彩取得領域に瞳孔が入るといった問題はなくなると考えられる。さらに、心理状態によっては対光反射が抑制される場合がある [6]。心理状態の差が本手法にどのように影響するか調査する必要がある。

5. 参考文献

- [1] 橘素子, “虹彩認証における不正検出システム,” 特開 2006-85226.
- [2] 塚原伸一, “虹彩認証装置,” 特開 2006-136450.
- [3] 小林宏紀, 高野博史, 中村清実, “周辺光環境の変化に適応するリアルタイム虹彩認証システム,” 信学技報, NC2004-163, pp.155-160, 2005.
- [4] 小田 高広, “アイリスコード生成装置およびアイリス認識システム,” 特開 2000-33080.
- [5] 宇根正志, 田村裕子, “生体検知技術,” 情報処理学会誌, Vol.47, No.6, pp.605-608, 2006.
- [6] 松永勝也, “瞳孔運動の心理学,” ナカニシヤ出版, 1990.