

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 26 日現在

機関番号：23201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25870603

研究課題名(和文)虹彩模様の影により生体検知と個人認証を同時に行う高信頼虹彩認証法の開発

研究課題名(英文) Development of highly reliable iris recognition method capable of liveness detection and personal authentication simultaneously using shadow in the iris region

研究代表者

高野 博史 (Takano, Hironobu)

富山県立大学・工学部・准教授

研究者番号：40363874

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、近赤外光の照射方向を変化させることで虹彩領域や虹彩端に生じる陰影変化を用いて生体検知と個人認証を同時に行う虹彩認証法の開発を行った。虹彩端の陰影変化を用いた生体検知について、人工眼球を用いた偽造虹彩で性能評価を行った結果、偽造虹彩を完全に排除できることが示された。また、生体認証については、スコアレベル融合に用いる重みと照明の照射方向の組合せを変化させて認識性能を調査した。実験の結果、照射方向が15°と60°の組み合わせでEERが0.21%と最も低くなり、照明の照射方向が被験者の正面である0°の場合より大幅に認識精度を向上させることができた。

研究成果の概要(英文)：In this study, we develop the iris recognition method capable of liveness detection and personal authentication simultaneously using shadow in the iris region and around the iris edge. The evaluation experiment using the artificial eyes indicated that the liveness detection using shadow around the iris edge can perfectly reject fake irises. The personal authentication method using brightness variation in the iris region employs the linear weighted sum fusion which uses two Euclidian distances calculated in the respective illumination directions. The experimental results showed that the performance of the personal authentication using score level fusion is substantially improved.

研究分野：生体情報計測

キーワード：バイオメトリクス 偽造虹彩 なりすまし 生体検知 虹彩認証 個人認証 セキュリティ

1. 研究開始当初の背景

生体情報を用いた個人認証(生体認証)は、出入国時の審査、入退室管理やPCのログイン、ATMでの個人確認など幅広く利用されている。生体認証に使用される主な生体情報として、指紋や顔、静脈や虹彩などがある。その中でも虹彩による生体認証は、非常に高い認識精度が得られるため、高セキュリティを要する認証システムに使用されている。しかし、虹彩(目)の写真等を用いて登録者本人になりすますことで、偽造による認証が可能となる危険性が指摘されている。このなりすましの問題は虹彩による個人認証に限らず、生体認証全般の問題となっており、早急な対策が望まれている。

この問題の対応策として、認証時に得られた虹彩画像が、写真などの偽造物をカメラで撮像したものか、登録者本人の目を撮像して得たものかを識別する手法(生体検知法)がある。これまでに開発されている生体検知法として、瞳孔反応を計測する手法、ランダムに照射した近赤外光の角膜反射像を用いた方法などがある。しかし、これらの手法は、複数枚の目の画像を差し替えることや、瞳孔部分を切り抜いて穴を空けた虹彩画像を後ろから覗き込んで呈示する簡便な方法で偽造することが可能である。これは、個人認証で用いる生体特徴情報と生体検知で用いる生体検知情報を異なる部位から取得しているためである。さらに、生体検知情報を得るための刺激が固定パターンであることも偽造される危険性を高めている要因である。

2. 研究の目的

上述したなりすましの問題に対応するため、これまでに近赤外光の照射方向をランダムに変化させることにより虹彩端に陰影変化が生じることを見出し、この特徴を利用した生体検知法を開発してきた。一方、ランダムパターンである虹彩模様は微細な立体構造を持っているため、近赤外光の照射方向を変えることで虹彩模様を生じる陰影パターンも変化する。より一層偽造を困難にするために、近赤外光の照射方向を変化させて虹彩模様の微細な立体構造により生じる陰影変化も生体検知情報として利用する。さらに、虹彩模様は個人を識別するための生体特徴情報として用いられているため、虹彩模様の陰影変化も生体特徴情報として利用できる可能性がある。以上のことから、本研究では、近赤外光の照射方向を変化させることにより生じる虹彩模様や虹彩端の陰影変化を用いることで、生体検知と個人認証を同時に行うことができる偽造が極めて困難な虹彩認証法を開発する。

3. 研究の方法

なりすましによる偽造に対応した生体検知と個人認証を同時に行う虹彩認証法を開発するために、次に示す研究課題に取り組んだ。

(1) 虹彩端陰影変化を用いた生体検知法の人工眼球による偽造に対する評価

虹彩端の陰影変化を用いた生体検知では、眼球と虹彩領域を模擬した人工物(人工眼球)を用いることで、容易に偽造できることが考えられる。そこで、眼球と虹彩を模擬した人工眼球を3Dプリンタで作製し、生体検知法の性能評価を行う。人工眼球の虹彩領域は、表面からくぼむように作製し、印刷した目周辺画像から切り抜いた虹彩の写真を取り付けた。虹彩領域の深さは1mmから3mmまで0.5mm刻みの5種類とした。また、虹彩領域の全面には、角膜を再現するために、コンタクトレンズを取り付けた。

実験では、人工眼球を用いた偽造虹彩と被験者本人による生体虹彩に対して、近赤外照明の照射方向を変えて撮影した。照明の照射方向は、正面である0°から70°まで15°刻みで6方向とした。人工眼球に貼った虹彩の写真は20名分であり、生体虹彩については、被験者50名とした。各偽造虹彩および生体虹彩について、5回撮影を行った。偽造虹彩の撮影では、発泡スチロール製前後分断型頭部マネキンの目領域に差し込むことで固定した。

生体と偽造を識別するために用いる特徴量として、式(1)に示す虹彩輝度変動率と式(2)に示す輝度変動率の差を用いる。

$$f_a = \frac{I_0 - I_d}{I_0} \times 100 [\%] \quad (1)$$

$$D_{i-j} = f_i - f_j = \frac{I_j - I_i}{I_0} \times 100 [\%] \quad (2)$$

ここで、 I_d は照射方向が d の時の虹彩端付近における平均輝度を、 f_a は照射方向が d の時の輝度変動率を示している。また、 D_{i-j} は近赤外照明の照射方向が i と j の輝度変動率の差を示している。生体と偽造を識別するための条件は、実験より生体と偽造の輝度変動率を調査することで決定する(4-(1))。

生体検知の性能評価は、偽造物を誤って生体として判定する偽造受入率と、生体を誤って拒否する生体拒否率を用いた。また、各誤り率は一つ抜き法を用いて算出した。

(2) 虹彩模様の陰影変化を利用した生体検知と個人認証の性能評価

虹彩模様を生じる陰影変化を利用した生体検知や個人認証では、虹彩領域の局所的な輝度変化を利用した局所輝度符号化法を利用する。本手法は、4×

4pixels のブロック領域における平均輝度値と 2×2 pixels のセル領域の平均輝度値を比較することで虹彩模様の特徴を抽出する。虹彩模様の特徴を符号化する方法は、式(3)を用いる。

$$C_j = \begin{cases} 1 & (S_j > L_i + \beta\sigma_i) \\ 0 & (L_i - \beta\sigma_i \leq S_j \leq L_i + \beta\sigma_i) \\ -1 & (S_j < L_i - \beta\sigma_i) \end{cases} \quad (3)$$

ここで、 L_i, σ_i はそれぞれブロック領域の平均輝度値とその標準偏差であり、 S_j はセル領域の平均輝度値である。また、 β は符号率を調整するための係数である。

個人認証では、登録虹彩コードと認証時に得られた虹彩コードとのユークリッド距離を求め、判定閾値より小さい場合は登録者本人として、大きい場合は未登録者である他人として判定する。本研究では、近赤外照明の方向を変えて取得した複数の虹彩コードのユークリッド距離(スコア)を融合して判定する。スコアレベル融合の方法としては、重み付き加算を用いる。個人認証の精度評価には、登録者本人であるにも関わらず他人として判定する本人拒否率(FRR: False Rejection Rate)と未登録である他人であるにも関わらず登録者本人として過って判定する他人受入率(FAR: False Acceptance Rate)が等しくなる誤り率である等誤り率(EER: Equal Error Rate)を用いた。これらの誤り率は、3-(1)で述べたように、被験者50名から取得した一人当たり5枚の虹彩画像を用いて、一つ抜き法により算出した。なお、照明の照射方向は、 -45° から $+75^\circ$ まで 15° 刻みで9方向とした。

生体検知では、近赤外照明の照射方向が異なる2方向から虹彩画像を取得し、それらの差分画像を求め、差分虹彩画像に対して局所輝度符号化法により得られた標準偏差 σ_i の総和を用いる。生体検知の評価には、3-(1)と同様に、生体拒否率と偽造受入率を生体虹彩47人分(一人当たり5セッション)、偽造虹彩14人分(一人当たり3セッション)のデータを用いて一つ抜き法により算出した。

4. 研究成果

(1) 虹彩端陰影変化を用いた生体検知法の人工眼球による偽造に対する評価

提案した生体検知法で用いる近赤外照明の照射方向を決定するために、各照射方向に対する虹彩端の輝度変動率を調査した。人工眼球による偽造物を用いた場合の輝度変動率と、生体虹彩から得られた輝度変動率を図1に示す。この図の横軸は近赤外照明の照射方向、縦軸は輝度変動率である。また、生体虹彩の輝

度変動率は赤色で、偽造虹彩のコンタクトレンズ有りは緑、コンタクトレンズ無しは青色で示している。ここで、輝度変動率は、生体の場合、一人当たり5セッションで50人分の結果を、偽造虹彩の場合、20名で各5セッション分の結果を平均したものである。また、偽造虹彩の虹彩部の深さは3mmである。この結果より、生体虹彩の場合は、照射方向が大きくなるにつれ輝度変動率が増加しているが、偽造虹彩では、照射方向が 30° で最大となり、さらに照射方向が大きくなるにつれて輝度変動率は減少している。よって、照射方向に対する輝度変動率は、偽造虹彩と生体虹彩で全く異なる特性を示すことが明らかとなった。その他の虹彩深さで作製した偽造虹彩についても、生体虹彩の輝度変動率と異なる特性を示していた。

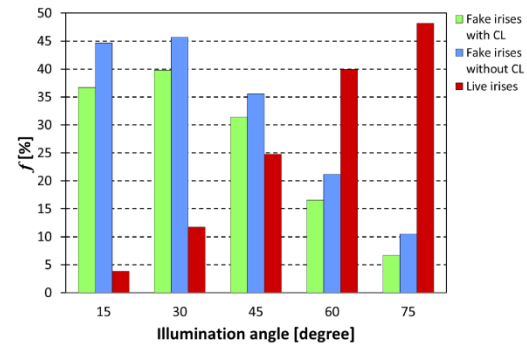


図 1: 近赤外照明の照射方向に対する生体虹彩と偽造虹彩の輝度変動率

以上の結果より、照明の照射方向が 45° 、 60° 、 75° の時の輝度変動率 f_d や輝度変動率の差 D_{i-j} を用いて、以下に示す3条件をすべて満たした場合、生体と判定する。

- f_{75} が $Th_{f_{75}}$ を超える。
- D_{60-45} が Th_{D_1} を超える。
- D_{75-60} が Th_{D_2} を超える。

生体虹彩と偽造虹彩から取得した f_d や D_{i-j} に対して、生体と偽造を判別する閾値は式(4)により求められる。

$$Th = \frac{\mu_L - \mu_F}{\sigma_L - \sigma_F} \times \sigma_F + \mu_F \quad (4)$$

ここで、 μ_L, μ_F はそれぞれ生体虹彩と偽造虹彩から取得した f_d や D_{i-j} の平均値を示している。また、 σ_L, σ_F は、それぞれ生体虹彩と偽造虹彩の f_d や D_{i-j} の標準偏差を表している。上記の方法により生体と偽造の識別性能を調査した結果、虹彩の深さに関係なく偽造受入率は 0% であっ

た。生体拒否率は、虹彩深さが 1.5mm 以上では 3%程度であったが、虹彩深さが 1.0mm の時 21.6%となった。生体拒否率が高くなった原因として、生体虹彩と偽造虹彩の D_{60-45} が似通っていたためである。

(2) 虹彩模様の陰影変化を利用した生体検知と個人認証の性能評価

虹彩模様の陰影変化による生体検知法の評価について述べる。生体虹彩と偽造虹彩に対して局所輝度符号化法を用いて得られた標準偏差の総和を図2に示す。この図の横軸はセッション数、縦軸は標準偏差の総和を示す。セッション数の 1 から 235 は生体虹彩の結果を、236 から 277 は偽造虹彩の結果を示している。この結果より、生体虹彩と偽造虹彩で標準偏差の総和が大きく異なっていることがわかる。生体と偽造を識別する判定閾値を 3300~9100 の間で設定することで、100%生体と偽造を識別することができる。

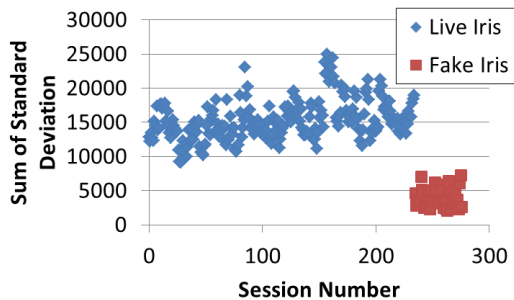


図 2：局所輝度符号化法により得られた生体虹彩と偽造虹彩の標準偏差の総和

次に、局所輝度符号化法を用いたスコアレベル融合による個人認証の精度について調査した。まず、照明の照射方向を変えることで、抽出される特徴に大きな変化が見られない場合、スコアレベル融合による精度改善が見込めない。そこで、近赤外照明の照射方向を変化させて取得した虹彩画像に対して、抽出される特徴に変化があるかを調査した。解析方法としては、照明の照射方向が 0° の虹彩コードを登録し、認証では、照射方向を変化させて FRR および FAR を求めた。図 3 に認証時の照明照射方向を -45° から 75° まで 15° 刻みで変化させた場合の ROC 曲線を示す。この図の横軸は FRR、縦軸は FAR であり、認証時の各照射方向に対する特性を色を変えて表している。この結果より、照明の照射方向が $\pm 15^\circ$ では、認識精度がほとんど変わらない。一方、登録時の照射角度と認証時の照射角度の差が大きくなるにつれて、認識精度が低下している。以上のことより、照

明の照射角度を変化させることにより、虹彩模様から抽出される特徴が異なることが明らかとなった。

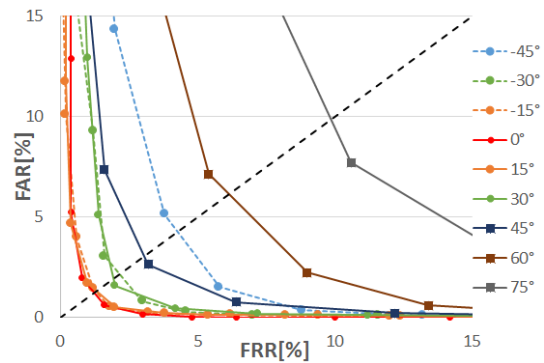


図 3：認証時の照明照射方向を変えた場合の FRR および FAR

次に、照射方向が異なる二種類の虹彩コードから得られたスコアを重みづけ加算することにより融合する生体認証法の評価を行った。ここでは、一方の照射方向が 15° の場合について、もう一方の照射方向を変化させて FRR および FAR を調査した。照射方向が 15° のスコアに対する重みを 0.4 とした場合の結果を図 4 に示す。この図の横軸は FRR、縦軸は FAR であり、照射方向 15° の組合せとなる照射方向を色で表している。この結果より、もう一方の照射方向が 60° の時 EER が最小となり 0.21%であった。照明方向が一方の場合、照明の照射方向が 0° で EER が最小となり 1.23%であったことから、大幅に認証精度が改善されていることがわかる。一方、スコアレベル融合に使用している照射方向の差が大きいくほど EER が小さくなる傾向が見られるが、 15° に対して差が最も大きい -45° や 75° では、EER が大きくなっている。これは、虹彩領域に鼻やまぶたな

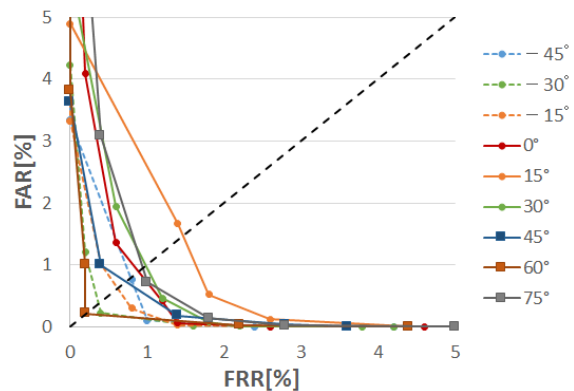


図 4：照射方向 15° の組合せとなる照射方向を変化させた場合の FRR および FAR

どの影がかかったために、一部の虹彩模

様が不鮮明になったためであると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 7 件)

- ① 高野博史, 井口このみ, 中村清実, 虹彩端陰影変化を用いた生体検知法の人工眼球による検証, 2014年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2014年9月25日, 徳島大
- ② 塚本純一, 高野博史, 中村清実, 虹彩陰影変化を用いた局所輝度符号化法による生体検知を同時に行う虹彩認証法の開発, 2014年電子情報通信学会総合大会, 2014年3月20日, 新潟大
- ③ 塚本純一, 高野博史, 中村清実, 異方向近赤外照明による虹彩の陰影変化を用いた生体検知と個人認証を同時に行う虹彩認証法の開発, 第3回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム (SBRA2013), 2013年11月26日, 日本科学未来館
- ④ 塚本純一, 高野博史, 中村清実, 虹彩の陰影変化を用いた生体検知と個人認証を同時に同一部位で行う虹彩認証法の性能評価, 平成25年度電気関係学会北陸支部連合大会, 2013年9月21日, 金沢大
- ⑤ 塚本純一, 高野博史, 中村清実, 生体検知と個人認証を同時かつ同一部位で行う陰影変化を用いた虹彩認証法の開発, 2013年電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会, 2013年9月17日, 福岡工大
- ⑥ 高野博史, 早崎渉, 中村清実, 近赤外光のランダム照射に起因する虹彩端陰影変化を用いた虹彩認証のための生体検知法, 第19回画像センシングシンポジウム, 2013年6月13日, パンフィコ横浜
- ⑦ 塚本純一, 早崎渉, 高野博史, 中村清実, 近赤外光の異方向照射に伴う瞳孔端陰影変化を用いた生体検知法における判別性能, バイオメトリクス研究会, 2013年5月24日, 富山県立大学

[図書] (計 1 件)

- ① 高野博史, 中村清実 (分担), エヌ・ティー・エス, 高精度化する個人認証技術—身体的、行動的認証からシステム開発、事例、国際標準化まで—, 2014年, pp. 279-294

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等
<http://www.neu.pu-toyama.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高野 博史 (TAKANO, Hironobu)
富山県立大学・工学部知能デザイン工学
科・准教授
研究者番号：40363874

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：