

平成22年6月1日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2009

課題番号：20710129

研究課題名（和文） 携帯情報端末に搭載する虹彩認証アルゴリズムの開発

研究課題名（英文） Development of Iris Recognition Algorithm for a Personal Authentication System Embedded in a Portable Information Device

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・講師

研究者番号：40363874

研究成果の概要（和文）：本研究では、回転変化に依存しない虹彩認証システムを携帯情報端末の個人認証に応用するために、虹彩認証アルゴリズムの高速化を図った。その結果、登録および認証に要する時間を1秒程度とすることができ、実用的な時間で動作させることができた。また、偽造による“なりすまし”に対応するために、瞳孔反応時における生体虹彩と偽造虹彩の虹彩輝度や瞳孔径をリアルタイムで計測し、その変化率を用いることで生体と偽造を明確に識別できることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study is to develop the iris recognition system which can operate in a portable information device. By improving the iris recognition algorithm, the registration and recognition time of the iris recognition system embedded in the portable information device are drastically decreased. In addition, the live and artificial irises can be precisely classified by the variations of iris pattern brightness and the pupil diameter induced by the pupillary reflex.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学／社会システム工学・安全システム

キーワード：ユビキタス、バイオメトリクス、生体検知、回転補正、高速化、携帯電話

## 1. 研究開始当初の背景

近年、携帯電話などのモバイル情報端末を利用した情報サービスに注目が集まっている。これらのサービスは、すべての情報がデジタル化されサイバースペース（インターネット）における非対面での取引であるため、

通常の対面取引で行われているような顔や印鑑などによって相手を確認することが困難である。そのため、実世界とは異なる方法により、サービス要求者や提供者の正当性の確認、ネットワーク上の情報の盗聴や改ざんの検知などが必要となる。インターネットを

利用した新サービスに対する情報セキュリティ技術の一つとして、バイオメトリクス（生体認証）技術が重要視されている。さまざまな生体情報を利用した認証方法が提案されているが、その中でも虹彩パターンは一卵性双生児や同一人物の左眼、右眼でも異なり偽造が困難なため、高いセキュリティを必要とする個人識別に適している。

しかし、携帯情報端末を用いたユビキタスネットワークキングの個人認証のように、虹彩模様を撮影するためのカメラが固定されていない利用環境を想定した場合、認証時にカメラで撮影した虹彩模様が登録虹彩画像に対して回転変化を生じることがある。これまでに開発されている虹彩認証法では、認証時に得られた虹彩画像が回転した場合、認識に長い時間を要し認識率が低下するという重要な問題がある。さらに、顔や指紋、静脈パターンによる個人認証と同様に、偽造による“なりすまし”に対応していない問題も存在している。

## 2. 研究の目的

研究背景で述べた問題を解決するために、これまで虹彩模様の回転方位を認識し補正することで回転変化に対応した虹彩認識システムを開発してきた。

この虹彩認証システムでは、カメラで取り込んだ画像から虹彩領域を抽出するまでの処理を FPGA で行い、抽出した虹彩画像から認証に用いる虹彩コードを生成する処理を小型 CPU ボードで行っている。今後、虹彩コード生成処理を含めて虹彩認証アルゴリズム全体を FPGA に実装し、虹彩認証専用チップ（ASIC）の開発を目指している。虹彩認証アルゴリズムを搭載した専用チップを開発することにより、虹彩認証装置を小型化・軽量化でき広範な応用が期待できる。一方、携帯電話を代表とする携帯情報端末を利用した個人認証として本虹彩認証アルゴリズムを使用する場合、専用チップを携帯端末の基板に実装することにより開発コストが増大するため、汎用の携帯端末に虹彩認証専用チップを搭載することは困難である。そのため、携帯情報端末に搭載されているマイクロプロセッサで動作する虹彩認証アルゴリズムの開発が必要である。しかし、携帯端末に搭載されているマイクロプロセッサは、汎用のパソコンに使用されている CPU や専用チップに比べると処理能力が劣るため、現状のアルゴリズムでは実行速度が著しく低下することが予想される。そこで本研究では、マイクロプロセッサでも実行速度が低下しないように虹彩認証アルゴリズムの高速化を行い、携帯情報端末で利用できる虹彩認証アルゴリズムを開発する。

一方、虹彩認証装置の高信頼化のためには、

生体検知機能は必要不可欠である。生体検知に使用する生体情報は、認証に用いる生体情報と同じ部位（虹彩模様）から取得することで、生体検知の信頼性が高くなる。そこで、偽造による“なりすまし”に対応するために、微弱なフラッシュ光を目に照射することで生じる瞳孔反応時における虹彩領域の輝度変化と瞳孔径変化を利用した生体検知法を開発する。

## 3. 研究の方法

本研究では、携帯情報端末に搭載する虹彩認証アルゴリズムの開発および虹彩輝度変化と瞳孔径変化を組み合わせた生体検知法の開発を行う。以下に研究方法の詳細を示す。

### (1) 携帯情報端末に搭載する虹彩認証アルゴリズムの開発

まず、虹彩認証アルゴリズムを携帯情報端末に実装し、各処理に要する時間を計測する。ここで、携帯情報端末における虹彩認証アルゴリズムの実行時間を計測するために、ソフィアシステムズ社の携帯情報端末開発プラットフォーム Sandgate III-P を使用する。Sandgate III-P の CPU 動作周波数は 624MHz である。また、登録や認証に用いる虹彩画像は microSD に記録して使用する。各処理に要する時間を計測することにより、高速化が必要な処理を明らかにする。次に、高速化を行う処理についてアルゴリズムの見直しを行い、実用的な登録および認証時間になるようにプログラムの軽量化を図る。

一方、アルゴリズムを高速化することにより認識精度に影響を及ぼす可能性がある。そこで、高速化を行わない従来のアルゴリズムと高速化を行ったアルゴリズムについて、認識精度を調査する。ここで、認識精度の評価には、登録した本人を誤って拒否する本人拒否率（FRR：False Rejection Rate）と未登録者を誤ってある登録者として認識する他人受入率（FAR：False Acceptance Rate）が交差する等誤り率（EER：Equal Error Rate）を用いる。

### (2) 生体検知法の開発

偽造による“なりすまし”を検知するために、フラッシュ光を照射することで瞳孔反応を誘起させ、その時の一定虹彩領域における輝度変化と瞳孔径変化を計測することにより生体と偽造を識別する。

虹彩輝度や瞳孔径変化により偽造と生体を識別できるか評価するために、被験者がカメラの前に目をかざし認証を行う生体虹彩実験と、虹彩の写真を印刷して作製した偽造虹彩をカメラの前に呈示する偽造虹彩実験を行う。

生体虹彩実験では、周辺光環境を通常の室

内照明 (200 lx) とし、20 代男性 13 名について行う。各被験者に対して二日間データを取得し、被験者一人当たり約 52 回 (一日約 26 回) の生体認証実験を行う。

偽造虹彩実験では、偽造虹彩をカメラの前にかざして、フラッシュ光照射後に瞳孔径および虹彩輝度を連続して計測し、瞳孔収縮率および虹彩輝度変化率を求める。ここで、偽造虹彩は被験者の虹彩画像を実寸に近くなるようにサイズを調整して、インクジェットプリンタ用の紙を用いてレーザプリンタで印刷し作製する。また、以下の 3 種類の方法でカメラの前に偽造虹彩を呈示して実験を行う。

1. 偽造虹彩をカメラの前に固定して提示する
2. 偽造虹彩を左右に 45° 程度回転させる
3. 偽造虹彩を前後に 10cm 程度移動させる

#### 4. 研究成果

虹彩認証アルゴリズムの高速化および偽造を識別するための生体検知法の開発に関する研究成果を以下に示す。

##### (1) 虹彩認証アルゴリズムの高速化

###### ① 携帯情報端末における虹彩認証アルゴリズムの実行時間

最初に、これまでに開発してきた虹彩認証アルゴリズムを携帯情報端末開発プラットフォームに実装し、各処理の実行時間を計測した。その結果、回転方位認識に用いる拡散パターンを生成するための極座標変換処理に 1.099 秒、回転方位補正のための極座標変換に 10.89 秒、虹彩認証に用いるコード生成処理に 3.674 秒の時間がかかっていた。また、登録処理全体に要する時間は 2.734 秒、認証処理は 17.120 秒であった。そこで、特に実行時間が長い極座標変換処理および局所輝度コード化処理の計算量削減を行った。

###### ② 各処理の高速化

極座標変換処理を高速化するために、極座標変換に使用する正弦関数の値をテーブル化し、線形補間の簡略化を導入した。ここで、正弦関数のテーブル化については、0° から 359° まで 1° ごとの正弦関数値のルックアップテーブルを作成した。

一方、極座標変換画像は半径方向に 1 pixel、回転方向に 3° の分解能であり、極座標変換画像の画素値を求める際には、半径方向および回転方向に対してさらに 3×3 に分割し、9 個の格子点における画素値を線形補間により求め、その平

均値を使用していた。そこで、極座標変換画像の画素値算出処理の計算量を削減するために、3×3 の分割を行わずに、1 個の格子点における線形補間値を用いる方法に変更した。

局所輝度コード化処理については、回転補正の分解能を変更し、重複するコード生成処理を削除することで高速化を図った。従来は、認識方位に対して ±5° の範囲を 1° ごとに極座標変換画像を作成することにより回転補正を行っていた。よって、回転補正では極座標変換を 11 回行うことになり、多大な時間を要していた。そこで、回転補正処理を高速化するために、極座標変換画像の回転方向の分解能が 3° であることと、局所輝度コード化法の認識精度に対する回転変化の許容範囲が ±3° 程度であることを利用して、極座標変換画像を認識方位に対して ±6° の範囲を 3° ごとにシフトする方法に変更した。この補正法では、回転補正の際に行う極座標変換が 1 回となる。さらに、重複する虹彩領域のコード化処理を削減した。表 1 に各処理の高速化前と高速化後の実行時間を示す。極座標変換については、処理時間が高速化前では 1.099 秒であったものが、高速化後では 0.035 秒となり、大幅に実行時間を短縮することができた。また、局所輝度コード化処理では、高速化を行う前の実行時間が 14.564 秒であったが、高速化を行うことで 0.760 秒となり、大幅に短縮することができた。さらに、登録および認証に要する時間は、高速化を行うことでそれぞれ 0.716 秒と 1.134 秒となり、実用的な登録および認証時間を実現することができた。

表 1 各処理の実行時間

	高速化前 [sec]	高速化後 [sec]
極座標変換	1.099	0.035
コード化 (回転補正含む)	14.564 (1.324x11)	0.760
登録	2.734	0.716
認証	17.12	1.134

###### ③ 高速化による虹彩認識精度への影響

上述した各処理の高速化に伴い、虹彩認識性能の低下が懸念される。そこで、20 人分の登録および認証虹彩画像を用いて認識精度を調査した。高速化前と高速化後の認識実験の結果を図 1 に示す。この図の横軸は判定閾値、縦軸は本人拒否率および他人受入率である。点線は高速化前の本人拒否率 (赤) と他人受入率 (青) であり、実線は高速化後の本人拒否率 (赤) と他人受入率 (青) である。また、実験では被験者 1 人当たり 2 枚の虹彩画像を 20 人分使用したので、登録者本

人の認証が20試行、他人の認証が380試行である。この結果より、高速化後の本人拒否率と他人受入率が特定の閾値で上昇しているが、判定閾値が0.65~0.7の範囲でEERがともに0%となっており、高速化による認識精度への影響はほとんどないと考えられる。

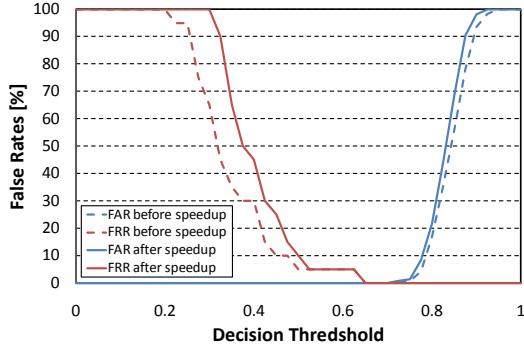


図1 高速化前（点線）と高速化後（実線）の虹彩認識精度

(2) 虹彩輝度変化率と瞳孔収縮率を組み合わせた生体検知法の開発

生体虹彩実験および偽造虹彩実験より得られた虹彩輝度変化率および瞳孔収縮率を図2に示す。この図の横軸は虹彩の種類（生体虹彩、偽造虹彩）、縦軸は虹彩輝度変化率および瞳孔収縮率である。赤の棒グラフは生体虹彩および偽造虹彩の虹彩輝度変化率の平均を、青の棒グラフは生体虹彩および偽造虹彩の瞳孔収縮率の平均を示す。また、棒グラフに付けた縦棒は標準偏差である。この結果より、虹彩輝度変化率と瞳孔収縮率ともに生体虹彩と偽造虹彩で大幅に異なることがわかる。虹彩輝度変化率と瞳孔収縮率を同時計測することで、生体と偽造をさらに精度よく識別できることが期待できる。

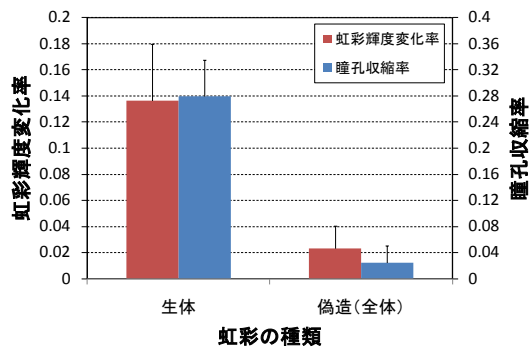


図2 生体虹彩および偽造虹彩の虹彩輝度変化率と瞳孔収縮率

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3件)

- ① H. Takano and K. Nakamura, Rotation independent iris recognition by the rotation spreading neural network, Proc. IEEE International Symposium on Consumer Electronic, 査読有, 2009, pp. 651-654
- ② 中村清実、高野博史、ユビキタス環境を想定した虹彩による個人認証装置の開発、自動認識、査読無、Vol.27、2008、pp. 29-32
- ③ 川寄剛、高野博史、中村清実、虹彩模様の回転変化が及ぼす個人認証への影響、電子情報通信学会技術報告、査読無、NC2007-185、2008、pp. 433-438

[学会発表] (計5件)

- ① 高野博史、中村清実、生体検知機能を搭載した高信頼虹彩個人認証装置、北陸・産学イノベーション・マッチング 2009、2009.9.30、ANA クラウンプラザホテル金沢
- ② 國宗高志、高野博史、中村清実、携帯情報端末に搭載する虹彩認証アルゴリズムの最適化、平成21年度電気関係学会北陸支部連合大会、2009.9.12、北陸先端大
- ③ 國宗高志、高野博史、中村清実、携帯情報端末のための回転拡散ネットによる虹彩認証、第8回情報科学技術フォーラム、2009.9.2、東北工大
- ④ 中村清実、高野博史、虹彩及び顔を用いたバイオメトリクス(生体認証)技術の開発、平成20年度電気関係学会北陸支部連合大会、2008.9.13、富山大学
- ⑤ 西沢和夫、川寄剛、高野博史、中村清実、拡散パターンを用いた虹彩個人認証による回転変化の許容性、第7回情報科学技術フォーラム、2008.9.2、慶応大学

[その他]

ホームページ等

<http://www.neu.pu-toyama.ac.jp/>

展示会 (計4件)

- ① 偽造を見分ける虹彩認証装置、北陸技術交流テクノフェア、2009.10.22-23、福井県産業会館
- ② 生体検知機能を搭載した小型虹彩認証装置、ジャパンロボットフェスティバル 2009 in TOYAMA、2009.9.26-27、富山国際会議場
- ③ 生体検知機能を有した小型虹彩認証装置、第8回産学官連携推進会議、2009.6.20-21、国立京都国際会館
- ④ ユビキタス環境を想定した高信頼虹彩認

証装置、第 7 回産学官連携推進会議、  
2008. 6. 14-15、国立京都国際会館

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・講師  
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：