

眼球-頭部協調運動の個人差を用いた生体反射認証方式に関する検討

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2017-06-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 高橋, 洋介, 遠藤, 将, 松野, 宏昭, 村松, 弘明, 西垣, 正勝 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/10315

眼球-頭部協調運動の個人差を用いた生体反射認証方式に関する検討

高橋 洋介 遠藤 将 松野 宏昭 村松 弘明 西垣 正勝

静岡大学 〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

E-mail: nisigaki@inf.shizuoka.ac.jp

あらまし 生体情報は一般的に容易に漏洩するという問題が存在するため、生体情報が漏洩した場合であってもなりすましが困難な生体情報が望ましい。これに対して、生体の反射を利用した認証方式が提案されている。生体反射は人間が自分で制御することが難しい生体情報であるため、不正者が認証情報を入手したとしても、正規ユーザになりすますことは困難であると考えられる。本稿では、生体反射型の認証の一例として視標を注視する際の反射的な運動である眼球-頭部協調運動の個人差を用いた認証方式を提案し、基礎実験を行った。基礎実験の結果から、本認証方式の実現可能性を検討した。

キーワード 生体認証, 生体反射, 眼球-頭部協調運動

A Study on Human Reflex Based Biometric Authentication Using Eye-Head Coordination

Yosuke TAKAHASHI Masashi ENDO Hiroaki MATSUNO Hiroaki MURAMATSU and
Masakatsu NISHIGAKI

Shizuoka University, 3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu, Shizuoka, 432-8011 Japan

E-mail: nisigaki@inf.shizuoka.ac.jp

Abstract Biometric information could be easily leaked and/or copied. Therefore, biometric authentication in which biometric information is not required to be secret is desirable. To cope with this issue, we have proposed a user authentication using a human reflex response. It is expected that even if people know somebody's reflex characteristics, it is difficult for anybody to impersonate the somebody, since nobody will basically be able to control his/her own reflex. In this paper, we are studying a biometric authentication using eye-head coordination as the first attempt and conducted a basic experiment. The availability of the proposed authentication system is evaluated through fundamental experiments.

Keywords Biometric authentication, Human reflex, Eye-head coordination

1. はじめに

生体認証は忘却や紛失の恐れがないなど多くの利点があり、普及が進んでいる。しかしながら、指紋や虹彩などの人間の身体的特徴を用いた生体情報は残留指紋や写真などから生体情報そのものが漏洩し、なりすましが可能であることが知られている[1][2]。

この問題に対処するために、(1) 漏洩しにくい生体情報や、(2) 動的な生体情報を用いた生体認証技術が提案されている。(1) を利用した認証には、手のひらや指の静脈を用いた認証方式が提案されている[3][4]。(2) を利用した認証には、手書きの署名などがある[5]。しかし、(1) のような通常では漏洩しにくいと考えられる生体情報であっても、隠されたセンサやフィッシングによって、ユーザの望まない状況で不正に生体情報が盗られる可能性が否定できない。一方、(2) のような動的な生体情報であっても、不正者が訓練により

正規ユーザの特徴を習得するといったなりすましの危険性を否定できない。

以上より、生体情報が漏洩しても絶対に複製ができず、訓練などにより習得することもできないような生体認証方式の要求が考えられる。この要求に対応する一つの方向性として、生体反射型認証[6][7][8]が挙げられる。生体反射は人間が自分で制御することができない不随意な生体情報であり、これが不正者に漏洩したとしても、不正者が正規ユーザになりすますことは困難であると期待される。

しかし、既存の生体反射型認証[6][7][8]において用いられている反射（眼球のサッカード反射や瞳孔の対光反射）は、生体反射そのものの個人差が小さいため、静的な生体情報（眼の盲点）と組み合わせが必要であった。本稿では生体反射そのものの個人差を用いた生体反射認証方式の実現を模索する。今回は、その一例として、眼球-頭部協調運動の個人差を用いる。

眼球-頭部協調運動とは、人間が視標を注視する際に反射的に行われる眼球と頭部の協調運動である。例えば、人間は視野の端の方に何かが見えたとき、反射的にまず眼がその方向に動き、続いて頭も向けられる。本稿では、ユーザが視標を注視した際の「視線移動に占める頭部運動の割合」と「角膜に映りこむ視標の位置」を眼球-頭部協調運動の特徴として用いる。また、これらの特徴量を、視標を注視した際の眼の画像のみから算出する。これにより認証の適用先が広がると考えられる。

眼球-頭部協調運動に個人差がある場合、正規ユーザと第三者とで眼の画像から得られる眼球-頭部協調運動の特徴量が異なると予想される。仮に正規ユーザの生体情報が漏洩し、能動的な不正者が正規ユーザの眼球と頭部の動きを模倣しようとしても、「視線移動に占める頭部運動の割合」と「角膜に映りこむ視標の位置」の両方を正規ユーザと一致させることは困難であると推測される。以上より、ユーザの無意識の内に起こる反射そのものを利用することで、なりすましに頑強な生体認証の実現が可能であると期待される。

2. 生体反射型認証

反射とは、外界の作用によって感覚器が刺激されたときに、筋肉等が意識とは無関係に反応を起こすことであり、常に決まった形で、自動的かつ機械的に、そして瞬間的に現れる[9]。本稿では、その意味を少し大きく取り、人間が制御できないレベルでの反応を反射と定義する。

人間には様々な反射の存在が確認されており、例えば、瞳孔には眼球に入る光が急に強さを増した際に縮瞳する対光反射の存在が知られている[10]。このような反応に何らかの個人差が含まれる場合、認証への応用が考えられる。

生体反射は、その反応を本人が意識的に制御することは難しいと考えられている。このため、例えば「ユーザ A であれば、ある光刺激 S に対して瞳孔が Q% 収縮する」という認証情報が漏洩したとしても、A 以外のユーザがユーザ A 特有の生体反射（その刺激 S に対して瞳孔が Q% 収縮する）を模倣（訓練による習得を含む）することは困難と予測される。すなわち、生体反射の個人差に基づく本人認証においては、個人認証の拠所となる生体情報を公開したとしても他人によるなりすましは困難なものとなる。

虹彩を用いた生体認証方式の中に、対光反射をユーザの生体検知（liveness detection）のために使用しているものがある[11]。しかし、生体検知は反射の有無を調べるのみであり、それゆえになりすましの成功例などが報告されている[12][13]。本稿は生体反射そのもの

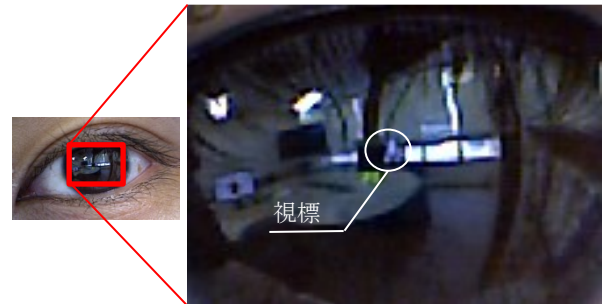


図 1：角膜に映りこむ視標

の個人差を用いて認証を実施することによってさらになりすましに対して頑強な生体認証の実現を提案するものである。

3. 眼球-頭部協調運動を用いた生体反射認証

3.1. コンセプト

本研究ではユーザの無意識の内に起こる生体反射を利用することで生体認証方式のなりすまし耐性を向上させる。具体的には視標を注視する際に生じる生体反射である眼球-頭部協調運動を用いることで、生体反射型認証の実現を目指す。既存の生体反射型認証[6][7][8]では、個人差を有する静的な生体情報を「生体反射を誘発するトリガ」として利用し、なりすましが困難な認証を実現しているが、生体反射そのものの個人差を認証に用いていない。本稿は生体反射そのものの個人差を用いた生体反射認証の第一歩として、眼球-頭部協調運動が本人認証に利用可能なほど個人差を有しているか検討する。

眼球-頭部協調運動の個人差に関しては、分担比（視線移動に占める頭部運動の割合）の分布が被験者ごとに個人差が大きいということが、文献[14]によって明らかになっている。この研究は、頭部運動を3次元的にとらえることにより、3次元空間上で視線がどのように制御されているかを明らかにすることを目的としている。そのため、磁気センサを用いて頭部運動を検出し、眼球運動分析装置と組み合わせて実験が行われている。しかし、本人認証をするにあたってこのような装置を使用することは適用先が限定され、現実的でない。

そこで本稿では、ユーザが視標を注視した際の眼の画像のみから分担比に相当する特徴量を算出する。これにより認証のためのコストの削減やユーザの利便性の向上が達成され、適用先も広がると考えられる。

個人差として用いる特徴は、「視線移動に占める頭部運動の割合」と「角膜に反射して映りこむ視標の位置」の二つである。「視線移動に占める頭部運動の割合」は、ユーザが視標を注視する際の眼球中の角膜位置から算出できる。「角膜に映りこむ視標の位置」については、

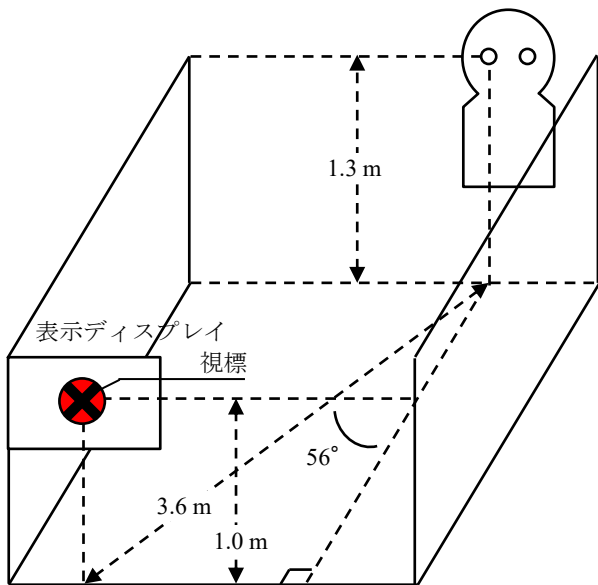


図 2：実験環境概観



図 3：角膜イメージングカメラ

ユーザが視標を注視した際の眼の角膜表面反射像（図 1）から求めることができる。以上より、角膜イメージングカメラ[15]によって撮影されるユーザの眼の画像のみから、眼球-頭部協調運動の特徴量を算出することが可能であると考えられる。

本稿では、数人程度のユーザを収容する小規模な利用環境を想定し、眼球-頭部協調運動の個人差による本人認証の可能性を探ることを目的とする。

3.2. なりすまし耐性

眼球-頭部協調運動に個人差がある場合、正規ユーザと第三者では「視標を注視した際の眼球中の角膜の位置」あるいは「角膜に映りこむ視標の位置」の少なくともいずれかが異なると考えられる。第三者が能動的な不正者であった場合、正規ユーザの眼球と頭部の動きを模倣することによって、なりすましを試みるであろう。しかし、仮に不正者が自らの眼球と頭部の位置

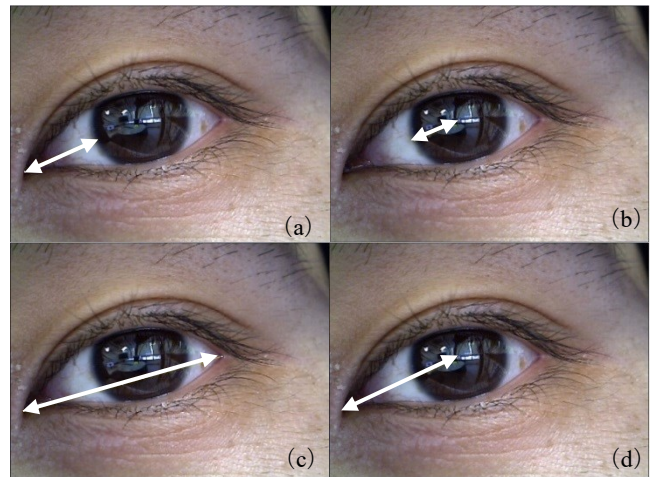


図 4：撮影画像（撮影画像は左右反転している）

- (a) 目頭から角膜までの距離
- (b) 角膜から視標までの距離
- (c) 目頭から目尻までの距離
- (d) 目頭から視標までの距離

を「正規ユーザが視標を注視した際の正規ユーザの眼球と頭部の位置」に合わせることができたとしても、正規ユーザの眼球-頭部協調運動を模倣できない限り、不正者の注視対象は視標から外れることになる。このため、被認証者に視標を追わせるなどのタスクを行わせることによって、不正者を検出できることが期待できる。

4. 基礎実験

本認証方式の実現可能性を示すため、眼球-頭部協調運動における個人内・他人間の差に関して基礎実験によって調査する。被験者は本学情報系学科の学生 5 名（A～E）とした。

本来であれば、正規ユーザの認証情報が漏洩した場合であっても、不正者による眼球-頭部協調運動の模倣ができないことを検証する必要があるが、現時点では、眼球-頭部協調運動に個人差があることを検証する段階であるため、なりすましに関する実験は行っていない。

4.1. 実験概要

実験環境の概観を図 2 に示す。各装置の詳細を以下に示す。

- ・ 表示ディスプレイ：視標を床から高さ 1.0 m の位置に提示する。SAMSUNG32 型液晶カラーモニター SyncMaster323T を使用した。解像度は 1280×768 ピクセルとした。
- ・ 角膜イメージングカメラ：被験者の右眼を撮影する。被験者は図 3 のカメラを装着して実験を行う。

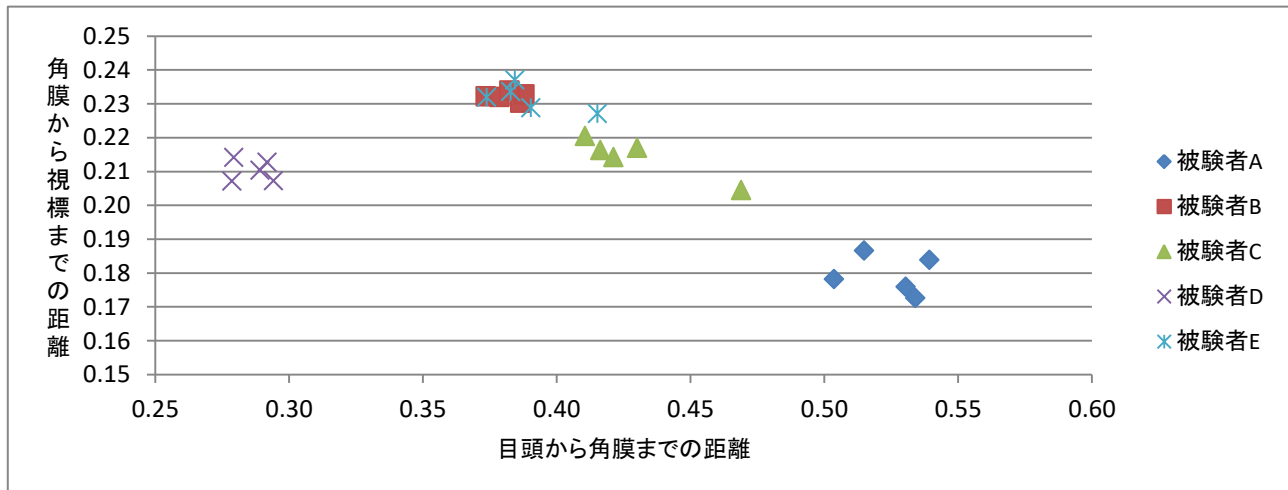


図 5：視標を注視した被験者ごとの眼球-頭部協調運動

カメラモジュールは NCM13-J（日本ケミコン株式会社製），撮影画像の解像度は 640×480 ピクセルである．

4.2. 実験方法

図 2 に示すように，被験者の右眼から視標までの視距離が約 3.6m，被験者の正面から視標に対する視角が約 56° となるように表示ディスプレイを設置した．被験者を椅子に座らせ，正面方向から視標を注視するように指示した．この際，眼の高さが床から約 1.3m となるように被験者ごとに椅子の高さをあらかじめ調整した．被験者には，まず，視標の位置をあらかじめ確認してもらった後，正面方向を向いた状態で着座を促した．次に，被験者に「自分の視線が視標に到達した時点で，その状態のまま視標を注視し続ける」よう指示し，その間に角膜イメージングカメラによって被験者の右眼の画像を取得した．被験者が正面方向から視標を注視するまでの動きを 1 試行とし，被験者ごとに計 5 試行の実験を行ってもらった．5 回の試行で得られた各被験者の右眼の画像から，特徴量の算出を行う．

本稿では簡易的に，注視点に到達した時点での各被験者の右眼の画像から，目頭から角膜境界までの距離（図 4 (a)）と角膜境界から角膜に映りこむ視標までの距離（図 4 (b)）を計測し，これらをそれぞれ「視標を注視した際の眼球中の角膜の位置」および「角膜に映りこむ視標の位置」の特徴量として用いた．距離の測定に関しては，まず目頭と角膜に映りこむ視標とを直線で結び（図 4 (d)），その直線上で上述の二つの距離（図 4 (a), (b)）を算出した．これらの距離は画像のピクセル数であり，今回は手動で測定を行った．なお，被験者ごとの眼の大きさなどによる影響をなくすため，それぞれの距離について，目頭から目尻までの距離（図 4 (c)）との比をとることで正規化した．

4.3. 実験結果および考察

各被験者の 5 試行の眼球-頭部協調運動の分布を図 5 に示す．縦軸は角膜から視標までの距離を，横軸は目頭から角膜までの距離を示す．図 5 より，視標を注視した際の眼球-頭部協調運動の個人差を用いた認証方式は 5 名を識別することができないものの，試行ごとの本人内誤差は他人間誤差に比べて小さく，本人と他人を識別するための情報として利用できると思われる．また，今回は眼球-頭部協調運動そのものの個人差に着目しているが，実際には目の大きさや目線の高さなどが人によって異なるため，提案手法と組み合わせることによって，生体認証のなりすまし耐性の向上と同時により多くの人数を識別することも可能であると期待される．

5. おわりに

本稿では，眼球-頭部協調運動の個人差を用いた生体反射認証を提案した．人間は視標を注視する際，反射的に眼球-頭部協調運動を行っている．この生体反射は人間が自分で制御することができない生体情報であるため，認証情報が漏洩したとしても，不正者が正規ユーザになりすましを行うことは困難であると考えられる．基礎実験により，4 名程度のユーザであれば眼球-頭部協調運動の個人差によって本人と他人を識別し得ることが確かめられた．

今回は，眼球-頭部協調運動の特徴量について，視標を注視した際の眼の静止画像から「視線移動に占める頭部運動の割合」と「角膜に映りこむ視標の位置」を特徴量として算出したが，今後は，動画像からそれらの特徴量の時間遷移を検査する方法についても検討していく予定である．また，不正者によるなりすましへの耐性について実験を通じて検証を行う必要がある．さらに，認証方式の適用先についての検討も進めてい

く.

謝辞

本研究を進めるにあたり、認証方式に関するご助言ならびに実験機器のご提供を賜りました京都大学大学院情報科学研究科中澤篤志先生に感謝いたします。本研究は一部、JSPS 科研費 JP15K12036 の助成を受けました。

文 献

- [1] 松本勉, “セキュリティ技術の弱点を発見したらどうしますか?”, 信学誌, vol.84, no.3, pp.202-204, Mar.2001.
- [2] 大金建夫, 越前功, “BiometricJammer: ユーザの利便性を考慮した指紋の盗撮防止手法,” コンピュータセキュリティシンポジウム 2016, vol.2016, no.2, pp.355-362, Oct.2016.
- [3] 若林晃, “非接触型手のひら静脈による個人認証,” 生体医工学, vol.44, no.1, pp.27-32, Mar.2006.
- [4] 河野美由紀, 梅村晋一郎, “指静脈パターンを用いた個人認証技術,” 生体医工学, vol.44, no.1, pp.20-26, Mar.2006.
- [5] 中西巧, 西口直登, 伊藤良生, 副井裕, “DWT によるサブバンド分解と適応信号処理を用いたオンライン署名照合,” 信学論 (A), vol.J87-A, no.6, pp.805-815, June.2004.
- [6] 西垣正勝, 荒井大輔, “生体反射を利用した認証方式,” 情処学論, vol.47, no.8, pp.2582-2592, Aug.2006.
- [7] 西垣正勝, 小澤雄司, “生体反射型認証: 対光反射と盲点位置を利用した認証方式,” 情処学論, vol.48, no.9, pp.3039-3050, Sep.2007.
- [8] 青山真之, 山本匠, 高橋健太, 西垣正勝, “生体反射型認証—輻輳反射と眼球形状および両眼間距離を利用した認証方式の提案—,” 情処学研報, CSEC-44, pp.85-90, Mar.2009.
- [9] 森宏一 (編), 哲学辞典, p.385, 青木書店, 2000.
- [10] 清水豊, “瞳孔の運動,” 新編感覚・知覚心理学ハンドブック, pp.895-899, 誠信書房, 1994.
- [11] 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,” 特許第 3315648 号, Aug.2002.
- [12] 松本勉, 平林昌志, “虹彩照合技術の脆弱性評価(その 2),” コンピュータセキュリティシンポジウム 2003, vol.2003, no.15, pp.187-192, Oct.2003.
- [13] 宇根正志, 松本勉, “生体認証システムにおける脆弱性について: 身体的特徴の偽造に関する脆弱性を中心に,” 金融研究, vol.24, no.2, pp.35-84, July.2005.
- [14] 山田光穂, “二次元平面上の視標を注視させたときの頭部運動と眼球運動の協調関係の分析,” 信学論 (D-II), vol.J75-D-2, no.5, pp.971-981, May.1992.
- [15] 中澤篤志, “角膜イメージング法による視覚推定とその将来展望,” 学術の動向, vol.20, no.9, pp.89-91, Sept.2015.