G-014

複数の視線特徴を組み合せた個人認証法
Personal Authentication Method Combining Multiple Features of Eye Movement

田川　風音†　　高野　博史†
Shion Tagawa　　Hironobu Takano

1. はじめに

近年，スマートフォンが普及し，個人情報の漏洩が問題となってきている．それに伴い，スマートフォンのセキュリティの向上が必要である．現在のスマートフォンの多くは身体的特徴を用いた生体認証を利用している．身体的特徴には，一度偽造や盗難をされると変更が容易ではないという問題がある．それに対し，行動的特徴は偽造されにくいという特徴がある．その中でも，眼球運動を用いた生体認証は，「利用者に意識させずに認証処理が可能」，「継続的に認証が可能」，「偽造耐性がある」などの利点から研究が盛んに行われている[1]．そこで，スマートフォン操作時のように視線移動範囲が狭い場合でも，視線認証が可能となる手法の開発を研究目的とした．本研究では 3 種類の認証法を用い，認証精度を Equal Error Rate（EER）によって評価した．また，それぞれの認証法で得た類似度をスコアレベル融合することにより，認証精度が向上するかを調査した．

2. 実験方法

2.1 データ取得方法

実験には，iPhone7 を用いて行う．視線計測を行うための実験システムの概要を図 1 に示す．実験では，視線計測を行いながら iPhone7 を操作するために，iPhone7 の画面を web カメラでキャプチャした動画像をデスクトップ PC のディスプレイに表示した．視線計測には，Tobii 社の Tobii Pro X2-30 を用いる．Tobii Pro X2-30 は，ディスプレイの下部に取り付ける．被験者から PC のディスプレイまでの距離は約 60 cm とした．本実験では，ランダムに選ばれた PIN コードを入力する際の視線を計測する．本実験の PIN コードは「1065」とした．被験者には右手で，スマートフォンを操作してもらい，PIN コードの入力をしてもらった．

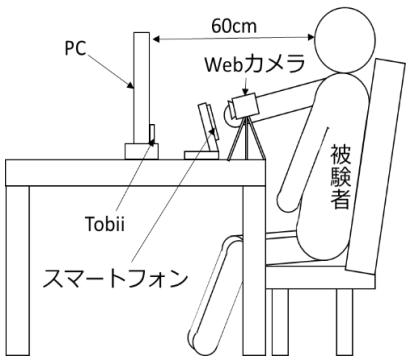

図 1　視線計測システムの概要

†富山県立大学大学院 工学研究科
Graduate School of Engineering, Toyama Prefectural University

そのとき，被験者には器具を取りつけず，楽な姿勢で実験を行った．実験は，PIN コードの入力を 5 回連続で行うことを 1 セッションとし，3 セッション行う．セッション間に，5 分間の休憩を取り，実験を行う前に視線計測のためのキャリブレーションを行った．iPhone7 に表示する画面には START ボタンと END ボタンがあり，START ボタンが入力されてから視線を計測し始め，END ボタンが入力されるまで計測を行う．被験者は健常大学生 11 名であり，男性 9 名，女性 2 名である．

2.2 解析方法

実験によって得られる視線データは，注視点の X，Y 座標値の時系列データであるが，瞬きなどの影響による欠損が見られる．この欠損は，区分的 3 次エルミート補間を用い補間した．登録情報を視線データの 1 セッションの平均値とし，登録情報に用いたセッション以外のセッションの視線データを認証情報とした．よって，本人間の組合せは 330 通り，他人間の組合せは 4950 通りである．閾値を 0~1 の間を 0.001 ずつ増加させて EER を算出し，認証精度の評価を行った．認証法は，Dynamic Time Warping（DTW），視線特徴量，Eye Movement Local Binary Pattern（EMLBP）の 3 種類を用いた．

2.2.1 DTW による認証

登録情報の平均値は，1 セッション内の視線データをすべて 400 点にリサンプリングし求めた．また，すべての視線の座標値P_{i}を START 時点の座標値に正規化するために式(1)を用いた．式(1)中のP_{sav}は，視線の座標値の最初の 6 点の値を平均したものである．また，DTW 距離D_{T}を 0~1 にするため，式(2)を用いて正規化をした．これにより，DTW 距離が 1 に近いほうが類似度が高くなる．また，DTW 距離は，ユークリッド距離で求めた．DTW による認証では，X 座標，Y 座標のそれぞれでの類似度を算出した．

$$P_{\mathrm{i}}' = \frac{P_{\mathrm{i}}}{P_{\mathrm{sav}}} \tag{1}$$

$$D_{\mathrm{T}}'(A,B) = \frac{1}{1 + D_{\mathrm{T}}(A,B)} \tag{2}$$

2.2.2 視線特徴量による認証

本研究で用いた視線特徴量を表 1 に示す．表 1 の特徴量を特徴ベクトルとして，認証を行う．表 1 中の広がりDは式(3)で示すように，X 座標の最大値と最小値の差と Y 座標の最大値と最小値の差を加算して求めたものである．特徴ベクトルの標準偏差が 0 の場合や，視線データが欠損している場合は，その部分を欠損として扱った．また本研究では，停留と判定する時間を 100 ms，範囲を半径 70 pixels 以内とした．類似度は，ユークリッド距離D_{G}を用いて求め，0~1 に正規化した．また，1 に近いほうが類似度が高くなるように変換した．

$$D = \{\max(\mathrm{X}) - \min(\mathrm{X})\} + \{\max(\mathrm{Y}) - \min(\mathrm{Y})\} \quad (3)$$

表 1　視線特徴量

停留の持続時間の平均
サッカードの持続時間の平均
停留の持続時間の標準偏差
サッカードの持続時間の標準偏差
停留の広がり
サッカードの広がり
停留のX座標の標準偏差
停留のY座標の標準偏差
サッカードのX座標のピーク速度
サッカードのY座標のピーク速度

2.2.3 EMLBP による認証

EMLBP とは，安部らが提案した局所的な視線特徴量である[2]．この手法は，時系列の視線データから局所的な差分情報を表現する特徴量を抽出する．EMLBP の抽出方法を図 2 に示す．視線データを局所的な区間（局所ブロック）で区切り，ある点を基準にする．基準点の座標値よりも座標値が大きい場合は 1，それ以外は 0 とし，2 進数のビット列を作成する．その 2 進数を 10 進数に変換し，その値を基準点の特徴量とする．次に基準点をシフトさせ同様の処理を行う．この処理を局所ブロック内すべての点で行い，算出した 10 進数の頻度分布をヒストグラムで表す．このヒストグラムをその局所ブロック内の特徴量とする．

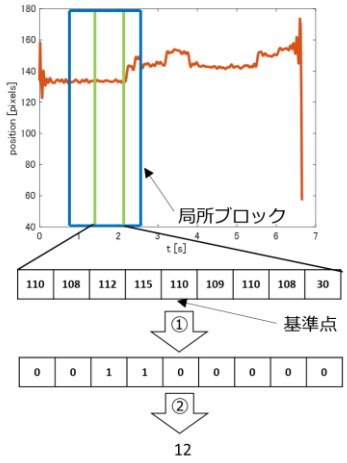

図 2　EMLBP の抽出方法

本研究では，入力時間が異なるため，視線データをすべて 400 点にリサンプリングし，局所ブロックを 5 個にした．また，2 進数のビット列を 9 ビットとし，ビン数を 5 個とした．類似度は，ユークリッド距離D_{L}を用いて求め，0~1 に正規化した．また，1 に近いほうが類似度が高くなるように変換した．

2.2.4 スコアレベル融合

3 種類の認証法で得た類似度を融合することにより，認証精度の向上を試みた．スコアの重み付け加算の方式を式(4)に示す．Y 座標の DTW による認証のスコアの重みを 0.1~0.9 まで 0.1 ずつ変化させた．ここで，ωは重み，D_{f}は融合後のスコアを示している．

$$D_{\mathrm{f}} = \omega D_{\mathrm{T}} + \frac{1.0 - \omega}{2}(D_{\mathrm{G}} + D_{\mathrm{L}}) \quad (4)$$

3. 結果

図 3 に 3 種類の認証法及び，スコアレベル融合の ROC 曲線を示す．図 3 の横軸は本人拒否率（False Rejection Rate: FRR），縦軸は他人受入率（False Acceptance Rate: FAR）である．図 3 のスコアレベル融合の ROC 曲線は，最良の結果のときであり，$\omega = 0.5$であった．また，表 2 に図 3 から得た EER を示す．

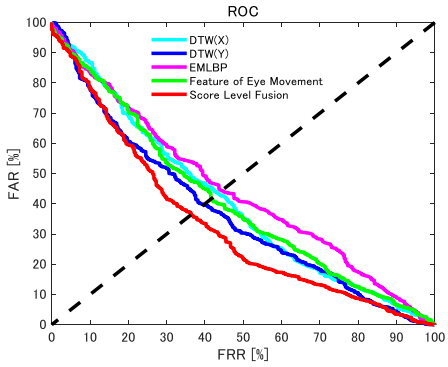

図 3　ROC 曲線

表 2　EER

認証法	EER [%]
DTW（X座標）	43.47
DTW（Y座標）	39.69
視線特徴量	41.64
EMLBP	44.36
スコアレベル融合	36.60

表 2 より 3 種類の認証法で，最良の結果は Y 座標の DTW による認証法であり，EER=39.69%であった．また，スコアレベル融合をすることにより，認証精度が 3.09%向上した．しかし，視線移動範囲が大きい従来研究の結果に比べ，認証精度が低い結果となった．よって，特徴量の再考が必要であると考えられる．また，スコアレベル融合によって認証精度が向上したが，大幅に向上することはなかった．よって，融合方法を考え直す必要がある．

4. まとめ・今後の課題

本研究では，視線移動範囲が狭い場合でも，視線認証が可能となる手法の開発を目的とし，スコアレベル融合によって認証精度が向上するか調査をした．DTW，視線特徴量，EMLBP により類似度を算出し，スコアレベル融合を行った．その結果，各認証法の最良の結果より，認証精度が 3.09%向上した．しかし，視線移動範囲が大きい場合に比べ，認証精度が低い結果になった．今後の課題として，特徴量の変更や融合方法の変更をする必要性があると考えられる．

参考文献

[1] 安部 登樹, 新崎 卓, “Eye Movement による個人識別方式に関する-検討”, SCIS2015, pp.1-6(2015).
[2] 安部 登樹, 山田 茂史, 新崎 卓, “視線認証のための局所特徴量に関する-考察”, The Sixth Symposium on Biometrics, Recognition and Authentication, pp.66-67(2016).