

時系列勾配方向特徴量を用いたスコアレベル融合による瞬き認証  
 Personal Authentication by Eye Blink based on Score-Level Fusion  
 Using Time-series Directional Features

高野 溪介<sup>†</sup>  
 Keisuke Takano

高野 梓<sup>†</sup>  
 Azusa Takano

高野 博史<sup>†</sup>  
 Hironobu Takano

### 1. はじめに

近年、登録情報の漏洩や認証キーの忘却及び盗難の危険性がないことから、生体認証が普及している[1]。この現状に伴い、高精度且つ継続的な生体個人認証法が必要とされている。そこで本研究では、認証に用いる行動的特徴として瞬き動作に着目した。瞬きは、人間が常時行う行動であるため、継続的な認証が可能である。本研究では、30fpsのカメラで目周辺領域を撮影し、随意性瞬目及び自発性瞬目の2種類の瞬き映像を、瞬き動作による生体認証に使用した。得られた瞬き映像より、目頭周辺領域、虹彩周辺領域及び目尻周辺領域における勾配方向特徴量の時系列波形を作成し、マッチングを行った。認証では、DTW (Dynamic Time Warping) により得られた複数のスコアを融合することで、認証精度の向上を図った。

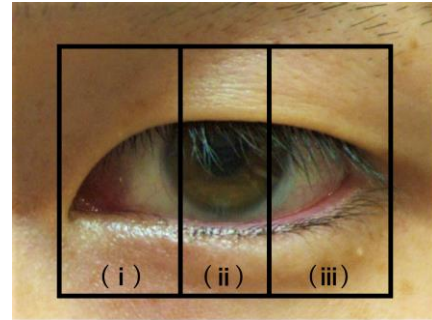


図1 目周辺領域

### 2. 瞬き

瞬きとは、人間や動物が目を開け覚醒しているときに瞬間的に行う瞼の開閉運動のことであり、1回の瞬き動作に平均0.1~0.2秒要するといわれている。瞬きには、意識的に行う随意性瞬目、無意識に行う自発性瞬目、そして外的反射誘発刺激によって生じる反射性瞬目の3種類に分類される[2]。本研究では、随意性瞬目と自発性瞬目の2種類に対し、認証精度の評価を行った。

### 3. 時系列勾配方向特徴

本研究では認証に使用する特徴量として、撮影した瞬き映像より各勾配方向における勾配強度を用いる。ここで、注目画素 $(u, v)$ における勾配強度 $m(u, v)$ 及び勾配方向 $\theta(u, v)$ は、輝度値 $I(u, v)$ を用いて式(1)~(4)より算出される。

$$\begin{cases} f_u(u, v) = I(u+1, v) - I(u-1, v) & (1) \\ f_v(u, v) = I(u, v+1) - I(u, v-1) & (2) \end{cases}$$

$$m(u, v) = \sqrt{f_u^2(u, v) + f_v^2(u, v)} \quad (3)$$

$$\theta(u, v) = \tan^{-1} \frac{f_v(u, v)}{f_u(u, v)} \quad (4)$$

勾配方向は $0^\circ \sim 180^\circ$ を $20^\circ$ 毎に分割した全9方向とし、各勾配方向における勾配強度を勾配方向特徴量とした。また、図1に示すように目周辺領域を(i)目頭周辺領域、(ii)虹彩周辺領域及び(iii)目尻周辺領域の3領域に区分し、各領域で勾配方向特徴量の時系列波形を作成した。

<sup>†</sup> 富山県立大学大学院 工学研究科

Graduate School of Engineering, Toyama Prefectural University

また、算出した勾配方向特徴量に対し、式(5)、(6)に示す2種類の正規化を行った。ここで、 $f_{k,t}$ は時刻 $t$ における $k$ 方向の勾配強度を表している。1つは、瞬目開始時刻の特徴量を基準とする正規化1である。もう1つは、各時刻において、全方向の勾配強度で構成した特徴ベクトル $\mathbf{F}_t$ のノルムを基準とする正規化2である。例として、正規化1を行った各勾配方向特徴量の時系列波形を図2に示す。図2は、随意性瞬目の目頭周辺領域における勾配強度の時系列波形を表している。

$$f'_{k,t} = \frac{f_{k,t}}{f_{k,0}} \quad (5)$$

$$f'_{k,t} = \frac{f_{k,t}}{\|\mathbf{F}_t\|} \quad (6)$$

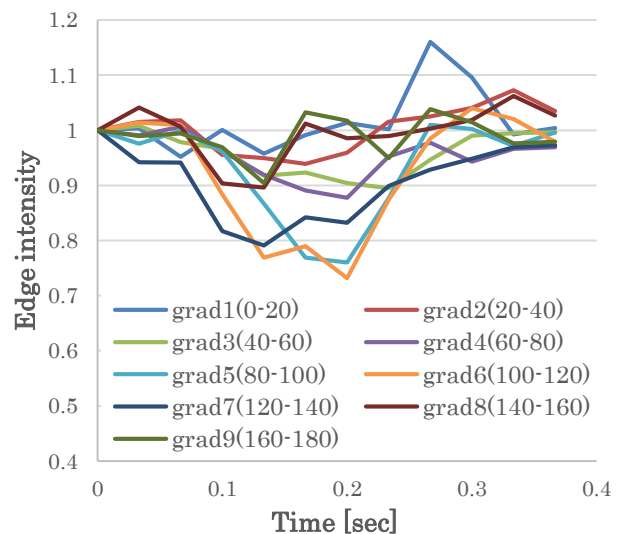


図2 勾配方向特徴量

#### 4. 実験方法

被験者には椅子に着席した状態で瞬きを行ってもらい、その時の目周辺領域を卓上に設置した USB カメラで 30 秒間撮影する。撮影領域が移動しないよう、被験者には卓上に設置した顎台で頭部を固定してもらった。被験者は健常大学生 8 名（男性 6 名、女性 2 名）である。随意性瞬目の撮影では、撮影中にランダムな間隔で 10 回ピーブ音を鳴らし、被験者にはこのピーブ音発生直後に瞬きをしてもらうよう教示した。自発性瞬目の撮影では、被験者には特別な課題を与えず、自由に瞬きを行ってもらった。本研究では、随意性瞬目及び自発性瞬目それぞれ 30 秒の撮影を 1 セッションとし、計 3 セッション行った。

#### 5. 解析方法

本研究では、時系列データのマッチングに DTW を使用し、2 パターン間の類似度  $D$  を算出した。この類似度を基に、登録者本人か他人であるかを判定した。また、精度評価の際スコアレベル融合を用いた解析を行った。まず、各領域でマッチングを行い、得られたスコアに対し式(7)を用いて複数領域で融合する。ここで、 $d_l$  は領域  $l$  におけるマッチングスコアであり、 $n$  はスコアレベル融合に使用する領域数を表している。本研究では、3 領域の時系列特徴量を用いるため、1~3 領域の計 7 通りの組み合わせに対し、それぞれの認証精度を求めた。

$$D = \frac{\sum_{l=1}^n d_l}{n} \quad (7)$$

#### 6. 評価方法

本研究では、認証精度の評価指標として等誤り率 (Equal Error Rate : EER) を使用した。EER とは、本人を入力した際に他人として判別されてしまう本人拒否率 FRR と、他人を入力した際に本人として判別されてしまう他人受入率 FAR が等しくなる誤り率のことである。認証システムにおいて、この EER の値が低いほど頑健なセキュリティあると言える。そこで、7 通りの領域の組み合わせについて、EER の比較を行った。また、横軸を FRR、縦軸を FAR とした ROC 曲線も用いた。

#### 7. 解析結果

解析結果より、正規化方法について、正規化 1 と比較し正規化 2 の EER が低い値となった。正規化 2 における各複数領域の ROC 曲線を図 3 及び 4 に示す。正規化 2 の解析結果において、随意性瞬目及び自発性瞬目共に、全領域のスコアを融合した EER が最も低い値となり、その値は随意性瞬目で 8.49%、自発性瞬目で 4.31% であった。また、複数領域でマッチングスコアを融合することで、EER が低下することが分かった。しかし、虹彩周辺領域における EER については、複数領域でスコアレベル融合を行った時の EER よりも低くなる場合があった。加えて、2 領域の解析結果について、虹彩周辺領域を含む場合の EER が低いことが分かる。以上より、虹彩周辺領域における認証が最も効果的であることが分かる。

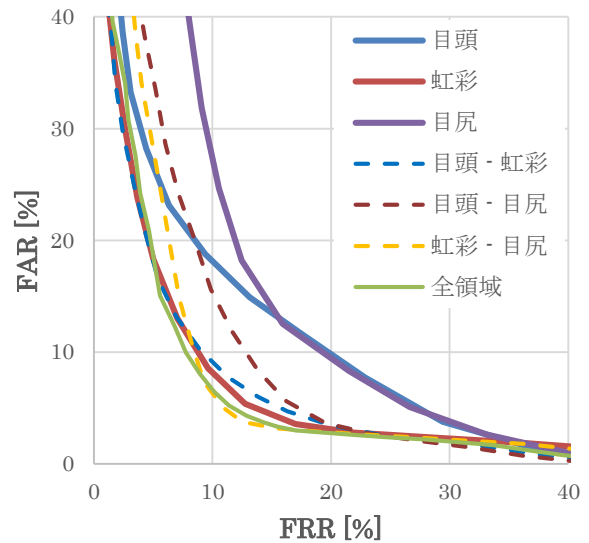


図 3 ROC 曲線 (随意性瞬目)

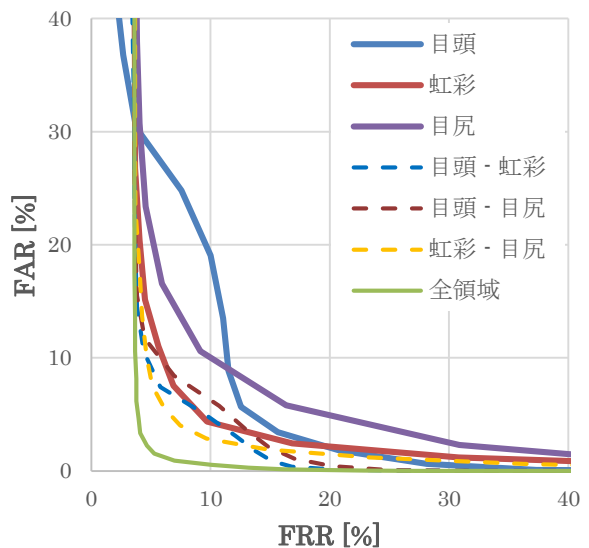


図 4 ROC 曲線 (自発性瞬目)

#### 8. まとめ・今後の課題

本研究では、瞬き認証における認証精度の向上を図るため、複数領域でのスコアレベル融合を用いた解析を行った。その結果、随意性瞬目及び自発性瞬目の双方において、EER を低下させることができた。また、虹彩周辺領域において、個人差が最も大きくなることが分かった。今後の課題として、最適な時系列特徴の選定、特徴レベル融合による解析方法の検討が挙げられる。

##### 参考文献

- [1] 瀬戸 洋一, “バイオメトリック技術の開発動向,” 日本印刷学会誌, Vol.49, No.3, pp.190-196 (2012).
- [2] 中野 珠実, “瞬きにより明らかになったデフォルト・モード・ネットワークの新たな役割,” 生理心理学と精神生理学, Vol.31, No.1, pp.19-26 (2013).