

G-005

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 Admissibility for Iris Rotation Change in Personal Authentication using Spread Pattern

西沢 和夫[†] 川崎 剛[†] 高野 博史[†] 中村 清実[†]
Kazuo Nishizawa Takeshi Kawasaki Hironobu Takano Kiyomi Nakamura

1. はじめに

近年、情報化社会に伴い、本人認証の手段としてバイオメトリクスが注目されている。中でも虹彩模様による個人認証は高い精度を誇っている。虹彩認証の代表的な研究として、Daugman による方法があげられる[1]。しかし、この虹彩認証法は虹彩模様の回転変化に対して完全に対応できていない。この問題を解決するために、虹彩のパターンの回転方位を認識し、回転変化を高速に補正できる回転拡散型ニューラルネット（回転拡散ネット）を用いた虹彩模様による個人認証システムの開発が行われている[2]。

本研究では、虹彩模様が回転変化したときの認識率を調べることで個人認証システムの虹彩模様回転変化に対する許容性について検討した。

2. 虹彩認証による個人認証システム

次に、回転拡散ネットを用いた個人認証システムについて述べる。回転拡散ネットの概略を図1に示す。このシステムは、方位認識記憶系と形状認識記憶系から構成されている。

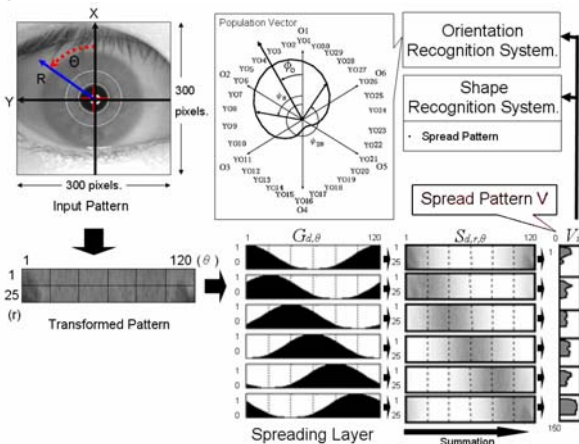


図1 回転拡散ネットの概略

2.1 方位認識記憶系

カメラから取得した虹彩画像 300×300 pixels の入力パターンを 25×120 pixels の極座標上の画像に変換し、拡散層に入力して拡散パターン \mathbf{V} を得る。この拡散パターンに方位記憶行列を作用させることによって、方位認識ニューロン出力を得る。ここで、方位記憶行列は直交学習によって求められる。得られた方位認識ニューロン出力からポピュレーションベクタ法[3]を用いて方位認識を行う。

2.2 ポピュレーションベクタ法

回転拡散ネットの方位認識法として、30個の方位認識ニューロン出力の $\mathbf{YO} = [YO_1, \dots, YO_{30}]^T$ 連続なスペクトルを合成し、虹彩パターンの方位を認識するポピュレーションベクタ法を用いる（図2）。各方位認識ニューロン出力

YO_i は、最適な反応方位を示す特性方位 ϕ_i を持ち、反応の大きさは、この特性方位を向いたベクトルの長さで表す。各方位認識ニューロンの特性方位 ϕ_i は式(1)で表され、式(2)及び式(3)によりポピュレーションベクタ方位 ϕ を求め、 ϕ を虹彩模様の回転方位とする。

$$\phi_i = \frac{2\pi}{30} \times (i-1) \quad [\text{rad}] \quad (1)$$

$$(i = 1, 2, \dots, 30)$$

$$x = \sum_{i=1}^{30} YO_i \cos \phi_i, \quad y = \sum_{i=1}^{30} YO_i \sin \phi_i \quad (2)$$

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right) \quad (3)$$

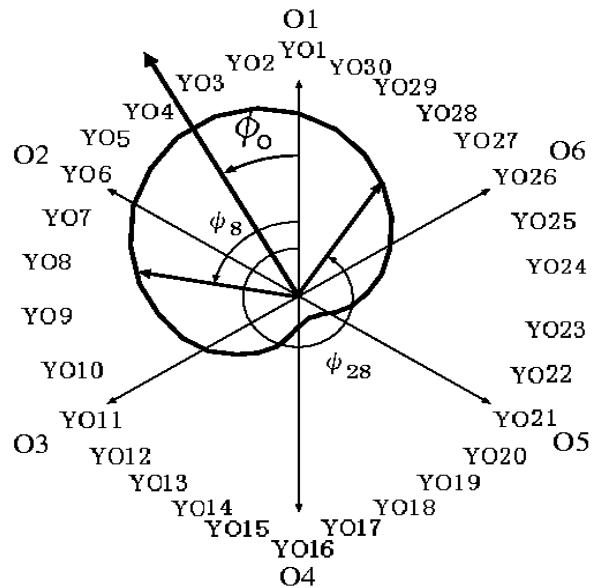


図2 ポピュレーションベクタ法

2.3 形状認識記憶系

形状認識記憶系は回転拡散ネットにより生成される拡散パターンを特徴ベクトルとして用いる。形状認識の判定基準として式(4)で示すユークリッド距離を用いる。

$$d = \|\mathbf{V}_L - \mathbf{V}_R\| \quad (4)$$

ここで \mathbf{V}_L は登録時に生成された拡散パターンである。また、 \mathbf{V}_R は認証時に方位補正を行い生成された拡散パターンである。式(4)で表されるユークリッド距離 d は、正規化された拡散パターンを使用しているため $0 \leq d \leq 2$ の範囲の値を取り、最小である 0 で最も類似度が高い。

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

3. 特徴ベクトルの回転変化への許容性

拡散パターンによる形状認識が虹彩模様の回転変化をどの程度許容可能であるかを調査した。また、回転変化の許容性を把握した上で、方位補正の範囲について検討した。

3.1 虹彩模様の回転変化に伴うユークリッド距離の変化

虹彩模様の回転変化に伴うユークリッド距離の変化を調査した。実験には 35 人分の虹彩画像を使用した。虹彩模様の回転に伴う変化は、認証用虹彩画像を、瞳孔中心を基準として、5° ごとに回転変化させて入力し、それぞれユークリッド距離の値を求めることによって調べた。ここで、認証用虹彩画像は登録用虹彩画像と同一の画像を用いた。

登録者本人の特性（以下、本人-本人）と、登録者以外の他人の特性（以下、本人-他人）を比較するために、35 人分の虹彩画像のうち、登録用虹彩画像と認証用虹彩画像を入れ替えることにより本人 35 試行、他人 1190 試行の結果が得られる。図 3 に認証用虹彩画像の回転角度に対するユークリッド距離の値の変化を示す。横軸は入力回転角度、縦軸はユークリッド距離の値である。各入力回転角度における本人 35 試行、他人 1190 試行のユークリッド距離の平均値をそれぞれ■印及び◆印で示す。また、各シンボルに付けた縦棒は標準偏差を示す。図 3 より、拡散パターンを用いた形状認識の場合、入力回転角度に伴う本人-本人の特性と本人-他人の特性が緩やかに変化していることがわかる。本人-本人の特性と本人-他人の特性には大きな違いが見られ、適切な閾値を設定することによって、本人と他人を判別することが可能である。また、虹彩模様の入力回転角度に対しても、比較的広い範囲で本人と他人の判別が可能であることがわかった。

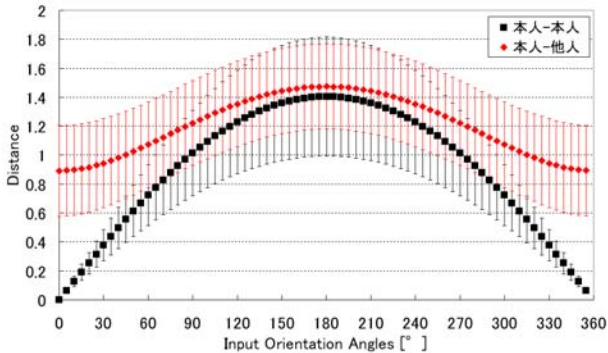


図 3 虹彩模様の回転に伴うユークリッド距離の変化

3.2 虹彩模様の回転変化に対する形状認識の精度

拡散パターンを用いた形状認識における虹彩模様の回転変化に対する許容範囲を明らかにするために、回転角度と形状認識の精度の関係を調査した。形状認識の評価基準として、本人拒否率 (False Rejection Rate : FRR) と他人受入率 (False Acceptance Rate : FAR) の交点である等誤り率 (Equal Error Rate : EER) を用いる。実験は、35 人分の虹彩画像を用い、認証用虹彩画像は、登録用虹彩画像と同一の画像を用いた。形状認識特性は 1 人の画像を登録し、35 人分の認証用虹彩画像を、瞳孔中心を基準として、回転変化させて入力することにより求めた。登録に使用する画

像を入れ替えることにより本人 35 試行、他人 1190 試行の結果が得られる。

図 4 に、虹彩模様の回転角度と EER の関係を示す。横軸は入力回転角度、縦軸は EER を示す。拡散パターンを用いた形状認識の場合、虹彩模様の入力回転角度が 0° から 10° の範囲で EER が 0% となることより、虹彩模様の回転変化に対して 10° 程度の許容性があることが明らかとなった。また、同一の画像においても 10° 以上の回転変化が生じると EER が 0% を超えるため、異なる画像であると判別される場合があることが分かる。

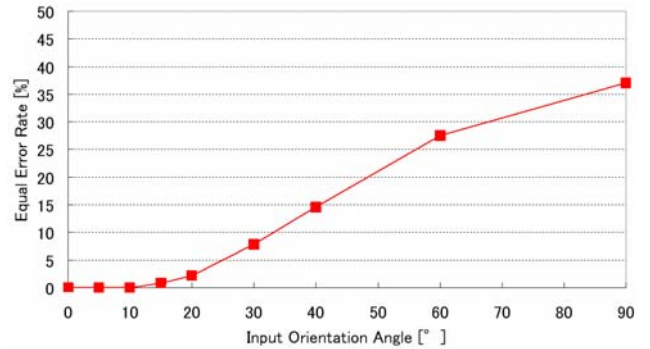


図 4 虹彩模様の回転角度と EER の関係

4. まとめと今後の課題

虹彩模様の回転変化が及ぼす個人認証への影響について調査を行うことにより、拡散パターンの虹彩模様の回転変化への許容性を調べた。拡散パターンによる形状認識は、虹彩模様の回転変化に対して 10° 程度の許容性があり、許容範囲を超えると回転変化が生じた場合、方位補正が必要であることが分かった。

今後の課題として、様々な光環境で回転拡散ネットの方位認識精度を調査し、方位認証精度の向上を目指す。

参考文献

- [1] J. Daugman, "How Iris Recognition Works", IEEE Transactions on Circuits and System for Video Technology, Vol.14, No.1, pp.21-30, (2004).
- [2] H. Takano, H. Kobayasi, K. Nakamura, "Rotation invariant iris recognition method adaptive to ambient lighting variation", IEICE, Trans. Inf. & Syst., Vol.E90-D, no.6, pp.955-962, (2007)
- [3] A.P. Georgopoulos, J.K. Kalaska, R. Caminiti, and J.T. Massey, "On the relations between the direction of two-dimensional arm movements and cell discharge in primate motor cortex", J. Neurosci., Vol.2, pp.1527-1537, (1982)