

# 虹彩模様 of 回転方位認識に関する検討

## Orientation Recognition of Iris Pattern

川崎 剛<sup>†</sup> 高野 博史<sup>†</sup> 中村 清実<sup>†</sup>  
Takeshi Kawasaki Hironobu Takano Kiyomi Nakamura

### 1. はじめに

これまでに、回転拡散型ニューラルネットワーク(回転拡散ネット)を用いた虹彩模様によるリアルタイム個人認証システムが開発されている[1]. このシステムを携帯電話などを使った個人認証に応用する場合、カメラが固定されていないため虹彩画像に回転変化が全方位において生じる可能性があり、認証率が低下することが考えられる. しかし、物体の回転方位と形状を認識できる回転拡散ネットを用いることにより、利用条件を限定することなく回転変化を全方位(360°)において補正することができ、認証率の低下を防ぐことができる. これまでに回転拡散ネットの回転方位認識特性は調べられているが、他の回転方位を認識する方法との比較が行われていないため、どの程度有効であるか明らかではなかった.

そこで本研究は、画像の回転方位を求める代表的な手法であるモーメント法(MO法)と回転拡散ネットから得られる方位認識特性を比較することにより、回転拡散ネットによる回転方位認識の有効性を示す.

### 2. 回転拡散ネットによる方位認識

#### 2.1 回転拡散ネットの概要

回転拡散ネットの概略図を図1に示す. このネットワーク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. 方位認識動作の概要は、まず、300×300 pixelsの入力パターンから瞳孔及び虹彩領域を検出した後、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法により求められる. 得られた30個の方位認識ニューロンの出力から、ポピュレーションベクタ法を用いて方位認識を行う.

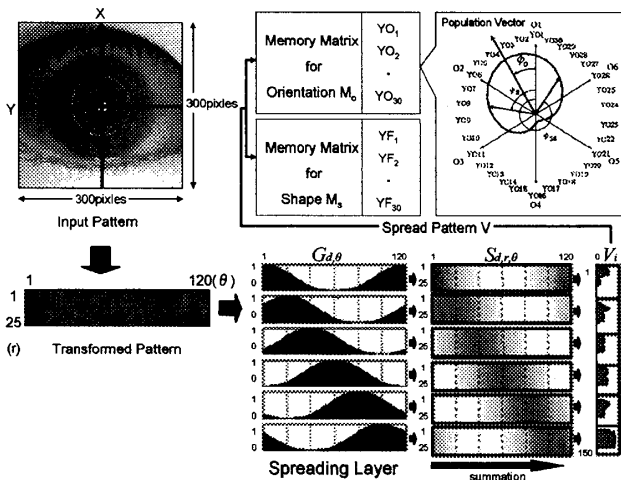


図1 回転拡散ネットの概略図

#### 2.2 ポピュレーションベクタ法

回転拡散ネットによる方位認識は、30個の方位認識ニューロン出力の連続的なスペクトルを合成し、集団で物体の方位を符号化するポピュレーションベクタ法(PV法)を用いる[2]. 各方位認識ニューロンの配置とポピュレーションベクタ法を用いて方位を認識する例を図1右上に示す.

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  $\psi_i$  を持っており、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ことができる. 各方位認識ニューロンの特性方位  $\psi_i$  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  $\phi$  を求め、 $\phi$  を虹彩模様の回転方位とする.

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

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

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

#### 2.3 PV法による方位認識の流れ

PV法による方位認識の流れを示す. まず、登録時において登録用虹彩画像の取得を行う. 取得した300×300 pixelsの原画像から瞳孔中心を基準として、半径55 pixelsのうち瞳孔を抜かした25 pixelsを25分割し、角度は3°毎に120分割した25×120 pixelsの極座標上の画像に変換する. 次に、この極座標変換画像を拡散層に入力して拡散パターンを得る. この拡散パターンと方位認識ニューロンの教師信号との間で直交学習を行い、方位記憶行列を生成する.

次に、認証について登録時と同様の方法で認証用虹彩画像の拡散パターンを生成する. この拡散パターンに登録時に生成した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. 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を用いて入力虹彩画像の方位を認識する.

### 3. モーメント法による方位認識

#### 3.1 モーメント特徴

図形の形状特徴として重要なものの1つにモーメント特徴量がある. 画像の重心周りの2次モーメントは、その画像の重心への集まり方を示す. また、ある軸を設定してその軸に関するモーメントを求めると、画像の伸びている方向を表すことができる. このようにモーメント特徴量を利用して、図形の伸びている方向をその図形の回転方位として求める方法をモーメント法と呼ぶ. モーメント特徴量は、平面上の幾何学的な図形の回転方位を求めるための特徴量として、多くの研究で用いられている[3].

<sup>†</sup>富山県立大学大学院工学研究科

### 3.2 モーメント法

本研究では、モーメント特徴量を用いて方位を認識するモーメント法を導入し、ポピュレーションベクタ法と方位認識特性について比較する。以下にモーメント法による方位認識の概要を示す。

座標  $(m, n)$  における画像  $f(m, n)$  の  $(p+q)$  次重心モーメント  $M_{pq}$  は式(4)で表される。式(4)で重心  $(m_G, n_G)$  を原点  $(0, 0)$  としたときの  $(i+j)$  次モーメント  $\mu_{ij}$  は、式(5)で表すことができる。原点を通る傾き  $\theta$  の直線周りの2次モーメント  $\mu_\theta$  は式(6)で定義され、 $\mu_\theta$  が最小となる角は式(7)で与えられ、慣性主軸  $\theta$  と呼ばれる。この  $\theta$  は、図形が延びている方向を表しているため、 $\theta$  を算出することによって物体の方位を認識することが可能である。

$$M_{pq} = \sum_m \sum_n (m - m_G)^p (n - n_G)^q f(m, n) \quad (4)$$

$$\mu_{ij} = \sum_m \sum_n m^i n^j f(m, n) \quad (5)$$

$$\mu_\theta = \sum_m \sum_n (n \cos \theta - m \sin \theta)^2 f(m, n) \quad (6)$$

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left( \frac{2\mu_{11}}{\mu_{20} - \mu_{02}} \right) \quad (7)$$

### 3.3 モーメント法による方位認識の流れ

モーメント法による方位認識の流れを示す。まず登録では、登録用虹彩画像の取得を行う。取得した  $300 \times 300$  pixels の原画像から、瞳孔中心を基準として、半径 55 pixels のうち瞳孔を抜かした半径 25 pixels を切り出す。切り出した虹彩画像の重心周りの2次モーメントを求めることにより、回転方位を求める。モーメント法による方位認識は、画像の延びている方向を示すため、登録時にモーメント法で求めた登録虹彩画像の方位を  $0^\circ$  として登録する。認証時も同様に、虹彩領域を切り出した画像を用いて方位認識を行う。ここで、認識方位は  $0^\circ$  として登録されている方位を基準にして求められる。

## 4. 方位認識特性の比較実験

### 4.1 実験方法

15人分の虹彩画像を用いてポピュレーションベクタ法とモーメント法による方位認識の比較実験を行う。方位認識に用いる画像は、登録時に用いる画像と同一人物で同一方位のものであるが、時間において撮影して得られた回転方位  $0^\circ$  の虹彩画像を用いた。回転方位特性は、瞳孔中心を基準として認証用虹彩画像を反時計回りに  $10^\circ$  ごとに回転変換させて再度入力することによって求めた。

### 4.2 方位認識結果

ポピュレーションベクタ法による認証用虹彩画像の方位認識特性を図2に示す。横軸が虹彩画像の入力回転方位、縦軸が認識方位である。理想的な認識方位を直線で示し、15人分の方位認識結果の平均値をシンボル(O)で示す。虹彩画像の入力回転方位と認識方位には良い直線性が見られ、認識方位が理想的な直線上にあるために、回転方位を正しく認識できたと言える。認識誤差は平均  $\pm$  標準偏差 =  $1.70 \pm 1.60 [^\circ]$  であり、絶対誤差は平均  $\pm$  標準偏差 =  $1.91 \pm 1.35 [^\circ]$  であった。ここで認識誤差とは、理想的な認識方位からの差のことであり、各認識誤差の絶対値を取ったものを絶対誤差と呼ぶ。次に、モーメント法による認証用虹彩画像の方位認識特性を図3に示す。認識誤差は平均  $\pm$  標準

偏差 =  $0.82 \pm 7.18 [^\circ]$  であり、絶対誤差は平均  $\pm$  標準偏差 =  $5.45 \pm 4.74 [^\circ]$  であった。

モーメント法による方位認識は、ポピュレーションベクタ法による方位認識と比較して認識誤差と絶対誤差の標準偏差がともに大きく、ポピュレーションベクタ法の方がより正確に虹彩模様回転方位を認識できることが明らかになった。モーメント法の方位認識結果の誤差の原因として、方位認識に使用する領域が円形であるため、回転変換にともない、円形領域の境界の画素値がわずかに変化することが考えられる。つまりモーメント法による方位認識は、わずかな画素値の変化にも影響を受けやすいことが明らかになった。

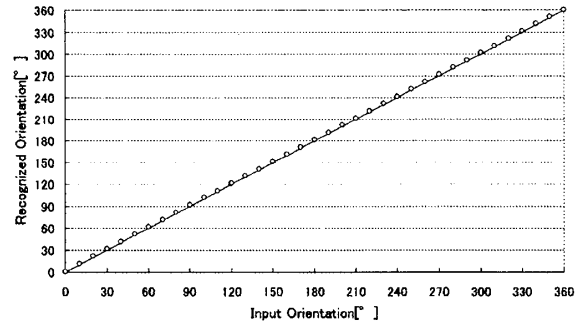


図2 PV法による認証用虹彩画像の方位認識特性

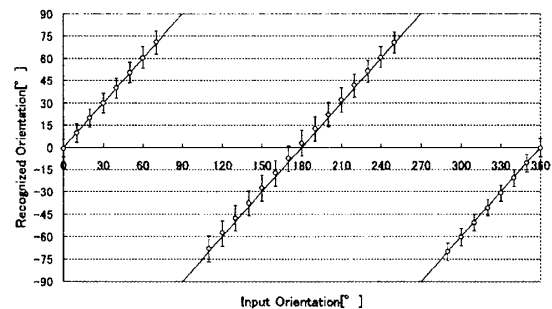


図3 MO法による認証用虹彩画像の方位認識特性

## 5. まとめ

方位認識特性の比較実験により、ポピュレーションベクタ法は方位認識精度が非常に高く、全方位において回転方位を正確に認識できることが明らかとなった。今後の課題として、虹彩画像を増やして方位認識特性を調査することや、実際にカメラを回転させた場合の虹彩画像を用いて方位認識特性を求めることである。

### 参考文献

- [1] H. Takano, H. Kobayashi, 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.
- [2] A.P. Georgopoulos: "On the relations between the direction of two-dimensional arm movements and cell discharge in primate motor cortex", J. Neurosci, pp. 1527-1537, 1982.
- [3] 村本健一郎, 村浦弘毅, 椎名徹: "領域および輪郭線による降雪雪片の形状特徴解析", 信学論 (D-II), Vol. J76-D-II, No. 5, pp. 948-958, 1993.