

# 自動顔認証のための GLVQ に基づく顔向き推定

## Face Pose Estimation based on GLVQ for Automatic Face Authentication

細井 利憲†  
Toshinori Hosoi

佐藤 敦†  
Atsushi Sato

### 1. まえがき

顔認証の実利用では、対話型ロボットによる顔認証[1]のように、顔画像の登録及び照合を自動処理する場合がある。従来の顔認証手法の多くは、gallery (登録顔)、probe (照合顔)とも正面顔を想定しているが[2]、このような自動顔認証では必ずしも正面顔が入力されるとは限らず、適切な顔を選択して処理することが望ましい[3]。そこで本稿では、入力顔画像から正面顔を選択的に処理し、さらにユーザに対して顔向きに関する情報をフィードバックすることを可能とする、顔向き推定法を提案する。特に gallery の顔向きが揃っていない場合、probe の顔向きと合致する特定人物への誤認識が発生することから、登録処理に本手法を用いた時の照合精度への影響を調べる。

### 2. 顔向き推定

顔向き推定を用いた顔登録処理フローを図1に示す。まず、顔検出によって得られた正規化顔画像から特徴抽出を行う。本稿では輝度勾配特徴[4]を用いる。提案する顔向き推定法は、顔向き毎の信頼度計算、正面/非正面識別、角度推定の3つの処理で構成され、水平方向(pan)と垂直方向(tilt)の顔向き角度を出力する。得られた顔向きが設定範囲内であればDBに登録し、そうでなければユーザに顔向きを指示するなどのフィードバックを行う。

顔向き毎の信頼度計算では、低演算量で多クラス識別が可能な一般化学習ベクトル量子化(GLVQ) [4]を用いる。図2に示すように pan, tilt の角度を離散化した  $K$  個のクラスに非顔を加えた  $K+1$  クラスの識別問題として、予め GLVQ で参照ベクトルを求めておく。クラス  $k$  の信頼度を  $\rho_k(\mathbf{x}) = (d_{NF}(\mathbf{x}) - d_k(\mathbf{x})) / (d_{NF}(\mathbf{x}) + d_k(\mathbf{x}))$  と定義する。ここで  $\mathbf{x}$  は入力ベクトル、 $d_{NF}(\mathbf{x})$  は非顔クラスに属する最近傍参照ベクトルとの距離、 $d_k(\mathbf{x})$  はクラス  $k$  に属する最近傍参照ベクトルとの距離である ( $-1 \leq \rho_k \leq 1$ )。正面/非正面識別も同様に GLVQ によって予め参照ベクトルを求めておく。前述のように、登録の際は顔向きを正面に揃えておくことが重要であるため、正面/非正面の2クラス識別器を組み合わせることで正面判定精度を高める。角度推定では、pan-tilt 平面上での信頼度マップを求め、正面/非正面識別で正面と判定された(閾値以上)場合は(pan,tilt)=(0°,0°)を中心とする領域について、非正面と判定された場合は最大信頼度を与えるクラス  $k$  を中心とする領域について、凸2次曲面の当てはめによって極大点の pan, tilt 角度を得る。

### 3. 実験

#### 3.1 予備実験 (顔向き変動と照合率)

正面/非正面識別器を設計するにあたり、正面/非正面

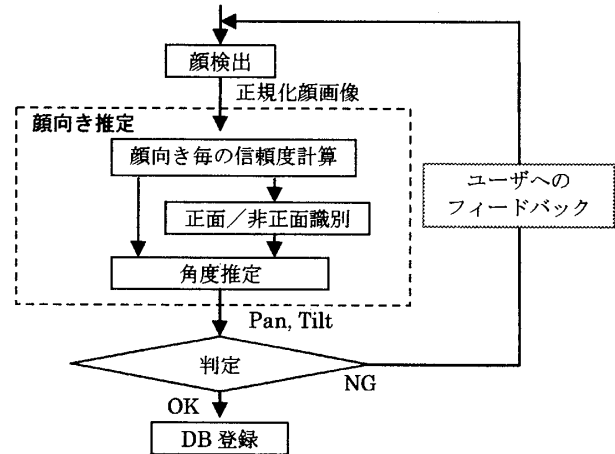


図1 顔向き推定を用いた顔登録処理フロー

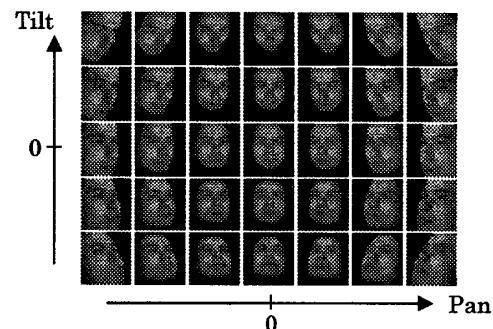


図2 顔向き別のクラス

の境界となる pan, tilt を決める必要がある。登録に適する顔向きは顔照合アルゴリズムに依存するため、本稿では典型的な顔照合手法である Eigenface の公開ソフト[5]を用い、登録顔向きと照合率の関係を調査した。評価データには、顔向きごとにデータが揃っている HOIP DB を用いた。gallery として HOIP\_type2、probe として HOIP\_type1 を用い、1枚/人を登録した時の300人に対する1位正解率を求めた。probe の顔向きを(pan,tilt)=(0°,0°)とし、登録顔向きを変えた時の1位照合率を図3に示す。図の横軸は pan、縦軸は tilt を表し、各格子点の(pan,tilt)に対応する顔向きを登録した。これより、pan-tilt の角度が10°以内であれば8割の正解率が得られることがわかる。この結果から、10°以内の顔向きを正面として正面/非正面識別器の学習を行うことにした。

#### 3.2 顔向き推定実験

提案する顔向き推定法の性能評価実験について述べる。学習データは HOIP\_type1 をベースに、学習サンプル数の

† NEC メディア情報研究所

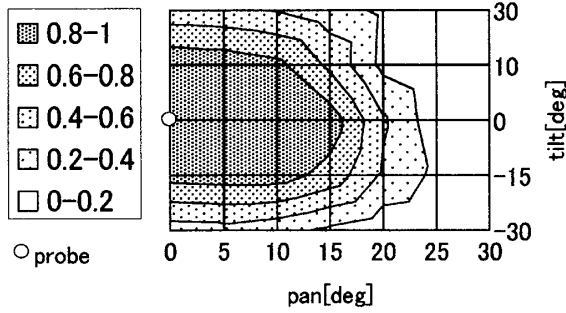


図3 galleryの姿勢別1位照合率(probe姿勢:真正面)

不足を補うために、顔の3次元データからレンダリングした画像も利用した。正面/非正面識別向けには2クラスで合計34,840枚を学習データとした。顔向き毎の信頼度計算の学習では、panの範囲 $-45^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 、tiltの範囲 $-60^{\circ} \sim 60^{\circ}$ を $15^{\circ}$ 間隔で離散化した顔向き64クラスと非顔1クラスの合計65クラスに分け、合計650,000枚を用いた。

学習後の正面/非正面識別の性能評価結果を表1に示す。各欄に示した数値は、それぞれの顔向きに対応するHOIP\_type2の300枚を入力した時に正面と判定された割合を表す。例えば、(pan,tilt)=( $0^{\circ}$ ,  $0^{\circ}$ )の正面顔画像に対しては、95%が正しく正面と判定されている。また、(pan, tilt)=( $0^{\circ}$ ,  $10^{\circ}$ )の入力に対して65%が正面と判定されていることから、tilt方向の正面/非正面の境界は $10^{\circ}$ 程度に設定されていることがわかる。

次に、本手法によって得られる顔向き推定角度の誤差評価実験について述べる。図4に、各格子点に対応した顔向きのHOIP\_type2の300枚を入力した時の推定角度の二乗平均平方根誤差(RMSE)を示す。図の横軸はpan角度、縦軸はtilt角度であり、(a)はpan成分の誤差、(b)はtilt成分の誤差である。(a)を見ると、pan方向の誤差は少なく、推定誤差は $8^{\circ}$ 以内に留まっていることがわかる。一方、(b)を見ると、tilt方向の誤差は大きいことがわかる。これは、左右の顔向きは上下の顔向きよりも見えが大きく変化するためと考えられる。一方、正面付近では正面/非正面識別の影響で誤差が抑えられている事もわかった。

3.3 顔照合実験

本手法によって登録顔画像の顔向きを正面に揃えることで、実際に照合性能が改善するか調べるため、対話型システム[1]で撮影された人物映像に対して[5]の手法を用いて実験した。登録シーンの顔画像11枚/人からランダムに1枚または5枚登録する場合と、正面に最も近いと推定された顔1枚または5枚を登録する場合を比較した。1人につき複数枚登録した場合は、それぞれに対するスコアの最大値を照合スコアとした。登録人数は20人で、照合シーン

表1 顔向き別の正面判定率[%]

		pan[deg]		
		0	15	30
tilt[deg]	30	3.0	0.0	0.0
	10	65.0	0.0	0.0
	0	95.0	0.0	0.0
	-15	0.0	0.0	0.0
	-30	0.0	0.0	0.0

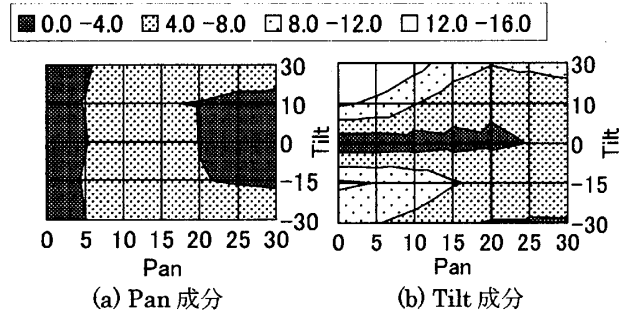


図4 推定角度の二乗平均平方根誤差

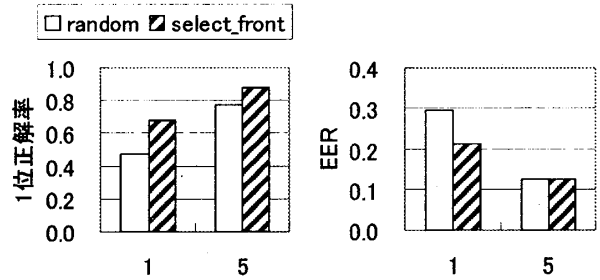


図5 Probeの選択による1位正解率とEERの変化

の顔画像2枚について、1位正解率とEERを求めた。実験結果を図5に示す。横軸は登録枚数、縦軸は1位正解率(左図)、EER(右図)を表す。これより、本手法によって性能が改善されることがわかる。ただし、登録枚数が増えるに従い、ランダムに選択した場合との性能差が少なくなる傾向にある。これは、登録DBに正面顔が含まれやすくなるためであり、本手法は登録枚数が少ない場合に特に有効といえる。

4. まとめ

GLVQの信頼度分布に基づいて顔向き角度を推定する手法を提案した。正面/非正面識別と組み合わせ、正面判定精度を重視した顔向き推定とした。実験により、典型的な顔照合手法で照合率が改善することを確認できた。今後の課題・展望としては、角度推定精度の改善、顔向き以外の要因に基づく顔照合性能改善が挙げられる。

(本稿で利用したHOIP DBは、(財)ソフピアジャパン研究開発部地域結集型共同研究推進室から使用許諾を受けたものである。)

参考文献

- [1] 船田ら, "実環境での利用を考慮したパーソナルロボット向け状況検知フィードバック型顔認識インタフェース", SSI03 講演論文集, pp. 415-420, 2003
- [2] M. A. Turk and A. P. Pentland, "Face Recognition Using Eigenfaces. In Proc. of IEEE CVPR, pp. 586-591, June 1991
- [3] 鹿毛ら, "ロボスト顔追跡によるベストショット顔画像記録システム", SSI04 講演論文集, pp. 541-546, 2004
- [4] 細井, 佐藤, "一般化学習ベクトル量子化による顔検出", 信学技報, Vol. 102, No. 651, pp.47-52, 2003
- [5] P. J. Phillips, et. al, "The FERET database and evaluation procedure for face recognition algorithms", Image and Vision Computing J., Vol. 16, No. 5, pp. 295-306, 1998