

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月25日現在

機関番号：32410

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010年～2011年

課題番号：22700219

研究課題名（和文）

耳介を用いた姿勢変化にロバストな個人認証の研究

研究課題名（英文）

Personal identification based on ear shape which is robust under pose variation

研究代表者

渡部大志（WATABE DAISHI）

埼玉工業大学・工学部・准教授

研究者番号：80337609

研究成果の概要（和文）：

耳介認証システムによる防犯監視・犯罪捜査支援システム構築を目指し、姿勢変化に対する耳介認証システムのロバスト性を向上させるアルゴリズムを提案した。カメラ平面外回転方向への姿勢変化に対応するため、姿勢変化後の Gabor Jet を推測し判別分析に学習させた。提案手法の有効性が実験的に確認でき、一つの姿勢の耳介画像のみ利用する監視システムをロバスト化できる可能性があることが分かった。

研究成果の概要（英文）：

Aiming the surveillance-system based on ear biometrics, algorithms improving the robustness of the ear biometric system are proposed. In order to deal with pose variation by rotation in off-angle from camera, Gabor jets of different poses are estimated and used as a training data for discriminant analysis. Experimental evaluations show the effectiveness of the proposed algorithm, and improvement possibility of robustness of single-view-based ear surveillance-system.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	700000	210000	910000
2011年度	400000	120000	520000
年度			
年度			
年度			
総計			

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性認識学

1. 研究開始当初の背景

(1) 背景

耳介の凹凸形状には個人を識別するのに十分な個人差があり、経年変化が少ないことが1964年 Iannarelli[1]により示された。この研究を基に、米国では40年以上にわたって壁に残る耳介の跡（耳紋）が、指紋と同様に犯罪捜査に利用されてきた。

共に犯罪捜査に利用されてきた耳介と指紋であるが、指紋と異なり耳介の凹凸構造は離れた場所からでも視認可能な大きさを持つという特徴がある。このことから、監視システムにも利用できる可能性がある。

しかし、このような監視を目的とした認証を行う場合には、被認証者の協力は得られない。そのため、登録されている画像と入力さ

れる画像との間に姿勢や距離の相違が生じる。耳介を用いた監視システムが有効に機能するためには、登録されている画像と入力される画像に姿勢や距離の相違がある場合であってもロバストに認証できる必要がある。

(2) 先行研究

現在、姿勢や距離変化に最もロバストに対応していると考えられる耳介認証システムは、3D データを利用している。これらの研究で利用された高精度の 3D データは高価なレーザーレンジファインダーで取得されているため、この方式が普及するにはまだ時間がかかると考えられる。

また、比較的安価な通常のカメラから取得される 2D 画像を用いた既存のシステムは、主に被認証者の協力が得られる個人認証を目的としているため、監視システムに必要な姿勢や距離の大きな変化に対するロバスト性は必ずしも検討されていない。

2. 研究の目的

そこで、耳介認証システムの平面外回転に対するロバスト化を試みる。さまざまな姿勢の画像の耳介の特徴量を予め学習させることで角度変化に対するロバスト性が向上すると考えられるが、実際には指名手配犯の横顔写真のような画像が 1 枚しかない場合もありうる。そのような場合には、1 枚の画像から様々な姿勢の画像を作って対応することが考えられる。しかし、平面内で回転した姿勢の画像は画像の回転で作成することができるが、平面外の回転に対応する画像を作成することは容易ではない。そこで、角度変化後の耳介の特徴量を直接推定し、それらを学習データとすることでロバスト化が可能かどうか検討する。

3. 研究の方法

(1) 耳介の特徴量

座標平面上の点を $\mathbf{x}=(x,y)$ とする。波数ベクトル $\mathbf{k}=(k_x,k_y)$ の平面波をガウス関数で制限した関数

$$\psi(\mathbf{x})=\frac{|\mathbf{k}|^2}{2\sigma^2}\exp\left(-\frac{|\mathbf{k}|^2|\mathbf{x}|^2}{2\sigma^2}\right)\left[\exp(i\mathbf{k}\cdot\mathbf{x})-\exp\left(-\frac{\sigma^2}{2}\right)\right] \dots (1)$$

を Gabor 関数という (式 (1))。ここで、 σ はガウス関数で定められる関数の広がりを表す。また、 $\exp(-\sigma^2/2)$ は平均をゼロにするための補正項であるが、 σ が十分に大きいときには無視してよい。この関数は局所化された様々な方向の平面波が形作る、様々な方向の凹凸形状を持つという特徴がある。このような特徴を持つ Gabor 関数と画像との畳み込み積分からなる Gabor フィルタで、その画像の注目画素周辺の凹凸形状に対応する平面波の波長や方向性を読み取ることができる。

耳介の軟骨は様々な方向の凹凸形状を持つ。そこで、図 1 に示す耳介軟骨の稜線末端および分岐点、突起点から成る 7 つの特徴点の周辺の凹凸形状を、Gabor フィルタで捉えることにした。

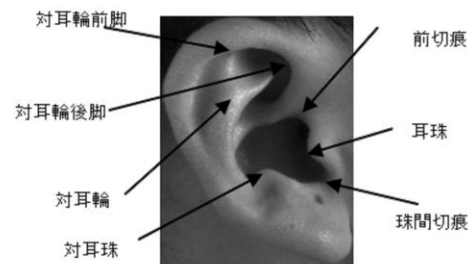


図 1 本実験で利用する耳介の特徴点

今回は、後述する実験画像における耳介の稜線の太さに合わせ、 $4.4\sqrt{2}, 8.8\sqrt{2}, 16$ の 5 波長、 $\pi/4$ ほどの 8 方向の平面波を $\sigma=2\pi$ のガウス関数で制限した Gabor フィルタのフィルタバンクを利用して、7 つの特徴点各々で、40 個の Gabor フィルタの値の組で定めた特徴量 (Gabor Jet という) を求めることにした。

(2) 別姿勢の特徴量の推定

一般に、被写体のカメラ平面内回転を再現することは容易であるが、奥行きのある被写体のカメラ平面外回転を再現することは容易ではない。これは被写体に奥行きがあるためである。そこで、各特徴点の周辺を接平面で近似し奥行きをなくし、近似した接平面を回転させるアイデア (図 2) で、局所的ならば特徴量の平面外回転後の変化を再現できないか検討した。



図 2 接平面近似した被写体の平面外回転

しかし実際には接平面を正確に求めるのは容易でない。そこで代わりに Gabor jet が接平面のように特徴点周辺に局所化されていることに着目し、回転後の Gabor jet の成分を回転前の Gabor jet の成分で漸近展開し、異なる姿勢の Gabor jet の間の 1 次対応関係を求めることとした。この対応関係で推定したさまざまな姿勢の Gabor jet を判別分析に基づく学習機に学習させることで、被写体の姿勢があらかじめ分からなくても識別率を上げることができないか検討した。

(3) 実験

上本研究では平面外回転に対応するため、HOIP データベースを用いて実験を行った。HOIP データベースは、300 人の顔画像を 504

方向から撮影したデータベースであり、耳介は 90×120 画素に収まる大きさである(図 3).

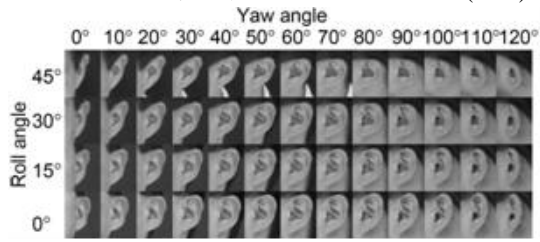


図 3 様々な撮影角度の耳介画像例(同一人物)

以下 Yaw 方向の角度を、正面を 0° , 真左を 90° , 真後ろを 180° とする角度で表記する. 実験に使用する耳介画像の特徴点については, Jet 空間類似度を利用して検出した. ただし, 誤検出があった場合には手動で特徴点の位置を修正した. 提案手法の Yaw 方向に対する姿勢変化へのロバスト性を調べるため, 真左 90° の耳介画像を登録画像とし, 入力画像は 30° から 120° まで 10° 刻みで選び(ただし, 登録画像である 90° を除く) 認証実験を行った. 推定データを判別分析に入れる提案手法の効果を調べるため,

- ・学習データを利用しない場合
 - ・学習データに推定データを利用した場合
 - ・学習データに実際のデータを利用した場合
- の3つの場合のロバスト性を比較検討することとした. 学習データを利用する場合は 90° の登録データの他に, 75° , 105° の推定データまたは実データを, 判別分析に学習させる. ここでは Gabor Jet の推定精度を確保するため, 学習させる角度幅 ($75^\circ \sim 105^\circ$) は入力画像の角度の幅 ($30^\circ \sim 120^\circ$) より小さくした.

学習データの角度と入力, 登録データの角度全てで図 1 の特徴点 7 点の内 4 点以上見える画像を選択した. 入力角度毎の人数を表 1 に示す.

表 1 入力 Yaw 角毎の人数

角度($^\circ$)	30	40	50	60	70	80	100	110
人数	162	159	166	165	168	163	169	168

精度の評価には, 検索照合 (1 対 N 照合) の精度を評価する際に利用される rank1 認証率と 1 対 1 照合の精度を評価する際に利用される Equal Error Rate (EER) を用いる. rank1 認証率と EER は正確には登録人数に依存するため, 角度間の認証精度の比較には必ずしも適さないが, 各手法間の比較は可能である.

4. 研究成果

(1) 研究の主な成果

Yaw 方向への変化が生じたときの rank1 認証率の推移を図 4 に, EER の推移を図 5 に示す. ただし, Yaw 角 90° については登録画像と入力画像が同一のため, rank1 認証率を 1, EER を 0 とした.

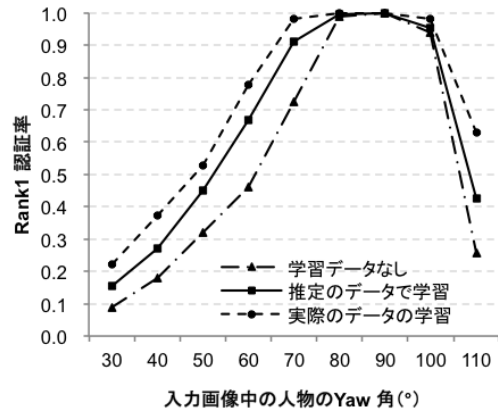


図 4 Yaw 角の変化に関するロバスト性 (1 対 N 照合, rank1 認証率)

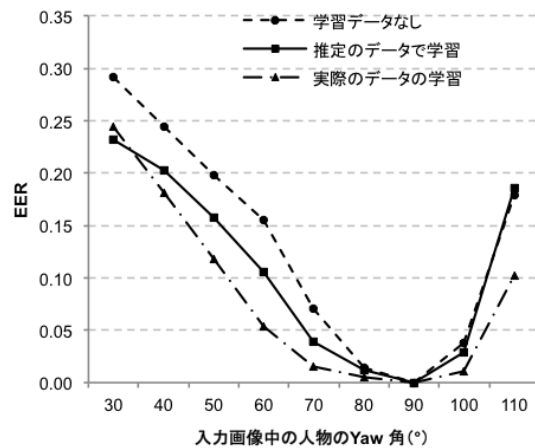


図 5 Yaw 角の変化に関するロバスト性 (1 対 1 照合, EER)

図 4, 図 5 から, 推定データで学習を行った場合, Yaw 角 30° から 120° のほとんどすべての入力画像で学習データを使わなかったものよりも精度が向上していることが確認できる. 実際のデータで学習した場合と比較すると精度が低下しているが, 推定データで学習した時の rank1 認証率と EER の推移の傾向が実際のデータで学習した場合の傾向と類似していることが確認できる.

以上の結果から, 推定データを学習させる提案手法は, 実際のデータを学習させる手法には及ばないものの, 学習データを利用しない場合よりもロバスト性が広範囲で向上していることがわかる.

(2) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

犯罪者はマスクをして顔を隠すことがあるため, 鑑識の現場では犯罪現場画像と被疑者画像について, 耳介のみで個人識別を行わなくてはならないことがある. しかし, これらの画像は撮影角度が異なることが常なので, 耳介の撮影角度差の影響を検討する必要

がある。その検討をすすめた森好らの論文(法科学技術, 12(1), 27-34, (2007))は法科学技術学会で高く評価されている。しかし、撮影角度の差の影響はコンピュータによる耳介認証の分野ではまだ十分検討されておらず、現在においても、コンピュータによる耳介認証は鑑識現場や監視システムとしては未だ利用されていない。筆者らの研究を発展させることによって、将来、指紋認証や顔認証、筆跡鑑定と同様にコンピュータによる耳介認証が鑑識現場などで役立つ可能性が示唆された点で、この研究のインパクトは大きい。

(3) 今後の展望

上述森好論文では、船状窩が十分に観察される角度で外耳孔が観察されない者同士、角度差 60° 以内であれば視認できる可能性があるとして述べている。したがって、上記研究成果の節で述べた 60° 違う場合の自動認証精度は上がっているものの実用化にはまだ精度向上、適用限界等の改善・調査の余地があると考えられる。

そこで、別姿勢の特徴量を推定するアルゴリズムの改良でロバスト性向上が可能か、適用限界は何か明らかにする。本研究では各特徴点の周辺を接平面で近似し奥行きをなくし、近似した接平面を回転させるアイデアで、局所的に Gabor 特徴量の平面外回転の再現を試みている。近似接平面または法線の設定は視点の異なる画像が2枚以上あれば計算できるが、1枚しかない人物の法線は2枚以上ある人物(達)から求めた平均の法線(法線モデル)で代用する必要がある。この法線モデルで、法線を立てる特徴点や計算方法、モデルの数などを工夫し、ロバスト性向上ができるか明らかにする。また、H0IPデータベースでの実験だけでなく実際の防犯カメラ画像を利用し適用限界は何か明らかにする。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計10件)

- ① 渡部大志, 黄子翀, 相馬貢士, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 1枚の登録画像による耳介認証の平面外回転へのロバスト化, 映像情報メディア学会誌, 査読有, Vol.65, No.7, 2011, pp.1016-1023
DOI 10.3169/itej.65.1016
- ② Daishi Watabe, Hideyasu Sai, Katsuhiko Sakai, Osamu Nakamura, Improving the robustness of single-view ear-based recognition under a rotated in depth perspective, International Conference on Biometrics and Kansei Engineering, 査読有, Vol. 1, 2011, pp.179-184
DOI 10.1109/ICBAKE.2011.29

- ③ 渡部大志, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 撮影角度の異なる耳介画像間における生体認証, 映像情報メディア学会技術報告, 査読無, Vol.35, No. 52, 2011, pp.5-8,
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009328336>
- ④ 岩上雄貴, 渡部大志, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 撮影角度の異なる耳介画像間における生体認証, 映像情報メディア学会技術報告, 査読無, Vol.36, No. 8, 2011, pp.5-8,
<http://jglobal.jst.go.jp/public/20090422/201202279320310476>
- ⑤ 渡部大志, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 撮影角度の異なる耳介による認証システムのロバスト性の改善, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, Vol.111, No. 430, 2012, pp.129-130,
<http://jglobal.jst.go.jp/public/20090422/201202274671627903>
- ⑥ 崔英泰, 相馬貢士, 渡部大志, 酒井勝弘, 中村納, 耳介による個人認証システムのロバスト化の試み, 情報処理学会研究報告, 査読無, Vol.2011-CVIM-176, No.8, 2011, pp.1-8
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110008583997>
- ⑦ 相馬貢士, 渡部大志, 黄子翀, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 耳介認証の角度変化に関するロバスト性の検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, IEICE-110, IEICE-PRMU-467, 2011, pp.25-28
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110008690160>
- ⑧ 相馬貢士, 渡部大志, 黄子翀, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 監視を旨とした耳介認証システム, 映像情報メディア学会技術報告, 査読無, Vol. 35, No. 8, 2011, pp.25-28
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110008574052>
- ⑨ 相馬貢士, 渡部大志, 黄子翀, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 耳介を用いた監視システム : 角度変化へのロバスト性の検討, 映像情報メディア学会技術報告, 査読無, Vol. 34, No. 54, 2011, pp.45-48
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110008441114>
- ⑩ 相馬貢士, 渡部大志, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, ロバストな耳介認証システムの構築, 映像情報メディア学会技術報告, 査読無, Vol. 34, No. 10, 2011, pp.69-72
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110007581089>

〔学会発表〕(計17件)

- ① 鈴木彰博, 渡部大志, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 耳介による生体認証の平面外回転へのロバスト化, 電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, 2012/3/3, 東京都港区 東海大学
- ② 岩上雄貴, 渡部大志, 崔英泰, 酒井勝弘,

- 中村納, 撮影角度の異なる耳介画像間における生体認証のロバスト化, メディア工学シンポジウム (映像情報メディア学会メディア工学研究会), 2012/2/18, 神奈川県横浜市 関東学院大学
- ③ 渡部大志, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 撮影角度の異なる耳介による認証システムのロバスト性の改善, 電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会, 2012/2/8, 宮城県仙台市 東北大学
- ④ 渡部大志, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 耳介を用いた個人認証の平面外回転へのロバスト化の研究, 映像情報メディア学会冬季大会, 2011/12/22, 東京都江東区 芝浦工業大学
- ⑤ 渡部大志, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 撮影角度の異なる耳介画像間における生体認証, 映像情報メディア学会メディア工学研究会, 2011/12/12, 熊本県熊本市 熊本大学
- ⑥ 渡部大志, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 一枚の登録画像による耳介認証の平面外回転へのロバスト化, 第1回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム, 2011/11/22, 東京都千代田区 東京理科大学
- ⑦ Daishi Watabe, Hideyasu Sai, Katsuhiro Sakai, Osamu Nakamura, Improving the robustness of single-view ear-based recognition under a rotated in depth perspective, International Conference on Biometrics and Kansei Engineering (ICBAKE2011, IEEE), 2011/9/21, Sunport Hall, Takamatsu City, Kagawa
- ⑧ 渡部大志, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 耳介認証の角度変化に関するロバスト性向上の試み, ファジーシステムシンポジウム 2011, FUKUI (日本知能情報ファジー学会大会), 2011/9/14, 福井県福井市 福井大学
- ⑨ 渡部大志, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 耳介を用いた個人認証の姿勢変化に対するロバスト性の検討, 平成 23 年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2011/9/7, 富山県富山市 富山大学
- ⑩ 崔英泰, 渡部大志, 酒井勝弘, 中村納, 姿勢変化にロバストな耳介の検出・認証の研究, 映像情報メディア学会年次大会, 2011/8/24, 東京都武蔵野市 成蹊大学
- ⑪ 崔英泰, 相馬貢士, 渡部大志, 酒井勝弘, 中村納, 耳介による個人認証システムのロバスト化の試み, 情報処理学会 CVIM 研究会, 2011/3/17, 東京都目黒区 東京工業大学
- ⑫ 黄子翀, 渡部大志, 相馬貢士, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 2011年 電子情報通信学会 総合大会, 東京都世田谷区 東

- 京都市大学
- ⑬ 相馬貢士, 渡部大志, 黄子翀, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 耳介認証の角度変化に関するロバスト性の検討, 電子情報通信学会 PRMU 研究会, 2011/3/11, 茨城県つくば市 産業総合技術研究所
- ⑭ 相馬貢士, 渡部大志, 黄子翀, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 監視を目指した耳介認証システム, 映像情報メディア学会・ME 研究会, 2011/2/19, 神奈川県横浜市 関東学院大学
- ⑮ 相馬貢士, 渡部大志, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, ロバストな耳介認証システムの構築, 映像情報メディア学会 ME 研究会・電子情報通信学会 BS 研究会共催, 2010/12/17, 東京都千代田区 首都大学東京・秋葉原サテライトキャンパス
- ⑯ 相馬貢士, 渡部大志, 崔英泰, 酒井勝弘, 中村納, 角度変化にロバストな耳介認証, 映像情報メディア学会 2010 年冬季大会, 2010/12/14, 東京都新宿区 工学院大学
- ⑰ 渡部大志, 崔英康, 相馬貢士, 酒井勝弘, 中村納, 耳介を用いたロバストな個人認証, 平成 22 年電気学会 電子・情報・システム部門大会, 2010/9/2, 熊本県熊本市 熊本大学

[その他]

ホームページ等

<http://wataken.sit.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡部大志 (WATABE DAISHI)

埼玉工業大学・工学部・准教授

研究者番号: 80337609