

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：33704

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23700219

研究課題名(和文) 学習型特徴量変換による低品質顔画像の認識

研究課題名(英文) Low Quality Face Image Recognition Using Learning-Based Feature Transform

研究代表者

高橋 友和 (Takahashi, Tomokazu)

岐阜聖徳学園大学・経済情報学部・准教授

研究者番号：90397448

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：監視カメラ映像中の低品質な顔画像や人物画像を照合して人物を高精度に認識することを目的として、5つの手法、顔画像の向き変換手法、顔画像の高解像度化手法、顔画像の赤外から可視光への変換手法、人物画像からの手荷物所持判定手法、人物画像の高解像度化手法を開発した。実際の低品質な顔画像や人体画像を用いた実験によって、開発した手法が低品質な顔画像、人物画像の照合に有効であることを確認した。

研究成果の概要(英文)：To achieve accurate person identification from low quality face images and person images taken by a surveillance camera, we have developed five methods; a face pose transformation method, a face image super-resolution method, a transformation method from far-infrared face image to visible light face image, a baggage detection method from person image, and a person image super-resolution method. We confirmed through experiments on actual face images and person images that each developed method works effectively for accurate person identification from low quality face images and person images.

研究分野：パターン認識、画像処理

キーワード：画像、文章、音声等認識 機械学習 アルゴリズム

### 1. 研究開始当初の背景

画像からの3次元物体認識において、学習時と認識時の撮影条件の違いは画像の照合を困難とする主な要因の1つである。この問題は古くから多く研究されており、応募者もこれに関する研究をこれまで行ってきた。近年では、治安の悪化と防犯意識の高まりから監視カメラの設置台数が急増し、監視カメラ映像中の人物を高精度に認識する技術に対する需要が高まっている。監視カメラは設置位置や台数に制約があり、屋外に設置される場合も多いため、向き、照明条件、解像度の点で低品質となることが多く、画像の照合がさらに困難となる。これらのことを踏まえて応募者は、物体の1枚の画像を、異なる向きや照明条件の画像に変換するための手法に関する研究を行っている。この研究では、向きや照明条件をパラメータとして表現し、多数の物体の様々なパラメータでの画像からパラメータの変化による画像の変化を画像変換モデルとして事前に学習することによって、認識したい物体のあるパラメータでの画像を異なるパラメータでの画像に変換する。本応募研究課題ではこの研究を顔認識の問題に特化させることにより、監視カメラ映像中の低品質な顔画像を高精度に照合して人物を認識する手法を開発する。

### 2. 研究の目的

1枚の顔画像から抽出された特徴量をその顔の向きや解像度が異なる場合の特徴量に変換することにより、監視カメラ映像中の向き、照明条件、解像度の点で低品質な顔画像を高精度に照合して人物を認識する手法を開発する。具体的には、以下の2つの目的を達成する。

目的1) 制御された環境で撮影された高品質な照合用顔画像が利用可能な状況を想定し、監視カメラ映像中の低品質な顔画像と高品質な照合用顔画像を照合して人物を認識する手法を開発する。

目的2) 高品質な照合用顔画像が利用できない状況を想定し、監視カメラ映像中の低品質な顔画像どうしを照合して人物を認識する手法を開発する。

### 3. 研究の方法

(1) 目的1)の実現に向けて、高品質な照合用顔画像と低品質な入力顔画像の照合による人物認識手法の開発を行った。具体的には、以下の3つの手法を開発した。まず、照合用顔画像の顔向きが正面向きである場合を想定し、入力画像の顔向きが正面向きでない場合には正面向きに顔向き変換してから照合することによって認識率を向上させる手法の開発を行った。次に、入力顔画像が低解像度である場合に高解像度化してから照合することによって認識率を向上させる手法の開発を行った。そして、照合用画像が可視光カメラで撮影され、入力画像が赤外線カメラで撮影される場合を想定し、赤外線カメラで撮影された顔画像から可視光カメラで撮影された顔画像へと画像の波長域を変換してから照合することによって顔認識を可能にする手法の

開発を行った。

(2) 目的2)の実現に向けて、監視カメラ映像中の低品質な人物画像どうしの照合を高精度化するための手法の開発を行った。具体的には以下の2つの手法を開発した。まず、キャリアバックやリュックサックなどの手荷物の情報を照合に役立てることを目的として、人物画像から手荷物の所持の有無を判定する手法を開発した。そして、体型や服装などの情報を照合に役立てることを目的として、低解像度な人物画像を高解像度化する手法を開発した。

### 4. 研究成果

#### (1) 顔画像の向き変換

図1は本研究課題で開発した顔画像の向き変換手法を適用した際の認識率の向上を示している。図の横軸は正面向きを0度とした場合の入力画像の顔向きを表しており、縦軸は入力顔画像を正面向きに変換したものと照合用の正面向き顔画像を照合した際の認識率を表している。図から、いずれの入力画像の顔向きに対しても、提案手法によって顔向き変換した場合の認識率が変換をしない場合と従来手法を用いた場合よりも高いことがわかる。例えば、入力画像の顔向きが30度の場合を見ると、変換なしの場合の認識率は20%以下であり、従来手法を用いた場合には60%以下であるのに対して、提案手法を用いた場合には80%以上の高い認識率が得られた。このことから、提案手法による顔向き変換の顔認識に対する有効性を確認することができた。

この結果は、公開顔データベース中の250人分、各水平方向11角度、計2750枚の顔画像を用いた実験によって得た。実験では、まず250人のうちの200人の顔画像を用いて、各顔向きに対してその顔向きから正面向きへの顔向き変換モデルを学習した。次に、残りの50人の顔画像をテスト画像として学習した顔向き変換モデルを用いて正面向きに変換し、250人分の正面向画像からなる照合用顔画像と照合することによって認識率を算出した。認識手法として固有空間法を用いた。学習とテストの人物を入れ替えながら交叉検定を行うことによって最終的な認識率を算出した。

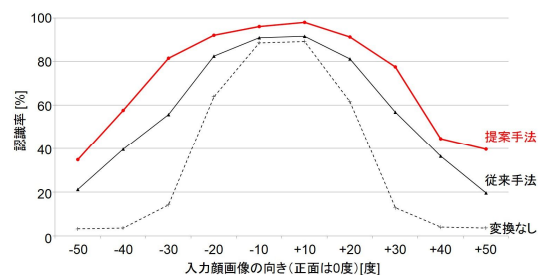


図1 顔向き変換による認識率の向上

#### (2) 顔画像の高解像度化

図2は本研究課題で開発した顔画像の高解

像度化手法を適用した際の認識率の向上を示している。図の横軸は入力画像中の顔領域のサイズをピクセル数を用いて表しており、縦軸は入力顔画像を高解像度化したものと照合用の高解像度な顔画像を照合した際の認識率を表している。図から複数フレーム型超解像と学習型超解像を組み合わせた提案手法を用いて高解像度化した場合の認識率は、いずれの顔画像サイズに対しても、低解像度な入力画像をそのまま用いた場合と複数フレーム超解像のみを用いた場合、学習型超解像のみを用いた場合よりも概ね高いことがわかる。例えば、顔画像サイズが 24 × 24 ピクセルの場合を見ると、低解像度な入力画像をそのまま用いた場合と複数フレーム超解像のみを用いた場合の認識率が 75%程度であるに対して、提案手法を用いた場合と学習型超解像のみを用いたには 90%以上の高い認識率が得られた。このことから、提案手法による顔画像の高解像度化の顔認識に対する有効性を確認することができた。

この結果は、自ら撮影した 29 人分、各 30 パターン、計 870 本の映像を入力として用いた実験によって得られた。実験では、入力と異なる人物の 623 枚の顔画像を用いて学習型超解像の高解像度化モデルを学習した。複数フレーム超解像では 1 つの入力につき顔向きが少しずつ異なる 30 フレーム分の顔画像を用いた。認識では、入力の 29 人分の顔画像を含む 329 枚の顔画像を照合用の顔画像とした。認識手法として固有空間法を用いた。

提案手法(複数フレーム型超解像+学習型超解像)

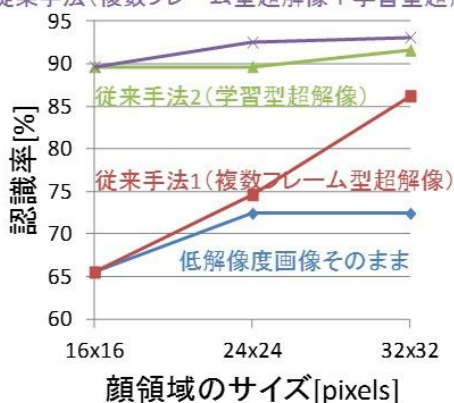


図 2 高解像度化による認識率の向上

### (3) 顔画像の赤外から可視光への変換

図 3 は本研究課題で開発した顔画像の赤外から可視光への変換手法を適用した際の認識率を示している。図の縦軸は、赤外線カメラから得られた顔画像を提案手法を用いて可視光カメラ画像に変換し、可視光カメラで撮影された照合用顔画像と照合して得られた認識率である。顔画像全体を変換する手法とパッチベースで変換する手法、それらを組み合わせた手法、それぞれを適用した際の認識率を比較している。図から、いずれの手法を用いた場合でも高い精度で認識できていることがわかる。画像全体を変換する手法と画像全体の変換とパッチベースの変

換を組み合わせた手法を用いた場合の認識率はいずれも 95%以上であり、パッチベースの変換手法を用いた場合の認識率は 75%以上であった。このことから、赤外線カメラで撮影された顔画像と可視光カメラで撮影された顔画像を照合する際に提案手法が有効であることが確認できた。

この結果は、赤外線カメラと可視光カメラを用いて自ら撮影した 180 人分、各 5 パターン、計 900 組の顔画像を用いた実験によって得られた。29 人分、各 30 本の映像を入力として用いた実験によって得られた。実験ではまず、5 パターンのうちの 4 パターンの顔画像の組を用いて赤外から可視光への変換モデルを学習した。次に、残りの 1 パターンの赤外面画像をテスト画像として学習した変換モデルを用いて可視光顔画像に変換し、照合用可視光顔画像と照合することによって認識率を算出した。認識手法として固有空間法を用いた。学習とテストのパターンを入れ替えながら交叉検定を行うことによって最終的な認識率を算出した。

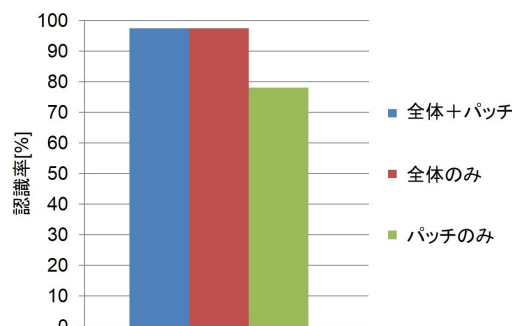


図 3 赤外から変換された顔画像の認識率

### (4) 人物画像からの手荷物所持判定

表 1 は、本研究課題で開発した手法を用いて人物画像からキャリーバッグとリュックサックの所持の有無を判定した際の判定正解率を示している。提案手法は、手荷物の種類に応じて画像中の人物領域に対する手荷物領域の位置とサイズの情報を事前に学習し、学習した情報を手荷物の所持判定の際に利用することによって、位置関係の学習を行わない従来手法と比較して、キャリーバッグでは 15%程度、リュックサックでは 10%程度高い判定正解率となった。このことから提案手法の有効性が確認できた。

この結果は、自ら撮影した人物画像データセットを用いた実験によって得られた。データセットは 12 人の人物、8 つの撮影方向、手荷物の有無を含む計 2112 枚の人物画像からなる。手荷物として 7 種類のキャリーバッグと 9 種類のリュックサックを使用した。キャリーバッグの所持判定では、キャリーバッグを所持した人物の画像を用いて人物領域に対するとキャリーバッグ領域の位置とサイズの情報を事前に学習し、学習で用いた以外の人物画像をテスト画像としてキャリーバッグの所持判定を行った。学習とテストの画像を入れ替えながら交叉検定を行うことによって最終的な所持判定正解率を算出した。リュックサックの所持判定についても、キャリーバッグの所持

判定と同様な実験を行った。

表 1 手荷物所持判定正解率

手法	判定正解率 [%]	
	キャリーバッグ	リュックサック
比較手法	69.5	62.9
提案手法	84.2	71.8

#### (5) 人物画像の高解像度化

図 4 は本研究課題で開発された手法を用いて高解像度化された人物画像の画質を表している。図の縦軸の SSIM(Structured SIMilarity)は一般的な画質評価に用いられる指標の一つであり、値が大きいくほど画質が良いことを表している。提案手法は、入力画像を低周波成分と高周波成分に分解し、高周波成分のみを高解像度化に利用することによって、高解像度化しない場合と単純な拡大を用いる場合(比較手法 1)、画像を周波数成分に分解せずに高解像度化する場合(比較手法 2)よりも、高い SSIM の値が得られていることがわかる。

この結果は、自ら撮影した 17 人分、各 10 枚、系 170 枚の人物画像を用いた実験によって得られた。実験ではまず、人物画像を小さなパッチに分割し、分割されたパッチ領域の低解像度画像と高解像度画像の組を大量に用意し、パッチベースの高解像度化モデルを学習した。高解像度化する場合には、低解像度な入力画像を小さなパッチに分解し、学習した高解像度化モデルを用いてパッチベースで画像を高解像度化した。

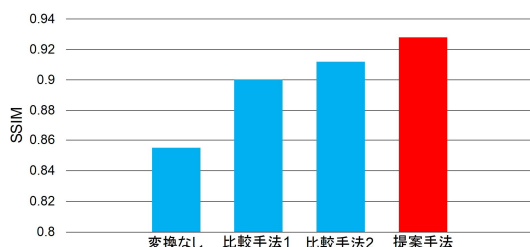


図 4 高解像度化された人物画像の画質

#### 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 1 件)

Xi Li, Tomokazu Takahashi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Cross-pose Face Recognition - A Virtual View Generation Approach Using Clustering Based LVTM," IEICE Transaction on Information and Systems, Special Section on Face Perception and Recognition, E96-D, No.3, pp.531-537, 2013/03/01

[学会発表] (計 38 件)

浅井 康博, 西堀 研人, 高橋 友和, 出口

大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, "複数視点から撮影された人物の手荷物所持判定," 第 17 回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2014) 論文集, SS2-53, 2014/07/30 (岡山コンベンションセンター)

Kento Nishibori, Tomokazu Takahashi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Exemplar-Based Human Body Super-Resolution for Surveillance Camera Systems", Proceedings of the International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP) 2014, INSTICC, pp.115-121, 2014/01/06 (Lisbon)

Brahmastro Kresnaraman, Tomonari Yoshida, Keisuke Doman, Tomokazu Takahashi, Yoshito Mekada, Hiroshi Murase, "Estimating Grayscale Face Image from Thermal Image Using Canonical Correlation Analysis", Proceedings of International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) 2013, pp.781, 2013/01/08 (Nagoya University, Japan)

Xi Li, Tomokazu Takahashi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Virtual View Generation using Clustering based Local View Transition Model", Proceedings of ACCV Workshop on Face Analysis: The Intersection of Computer Vision and Human Perception, WS-T3-4, 2012/11/06 (Daejeon Convention Center, Daejeon, Korea)

Tomonari Yoshida, Tomokazu Takahashi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Robust Face Super-Resolution Using Free-Form Deformations For Low-Quality Surveillance Video", Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME2012), pp.368-373, 2012/07/10 (Melbourne, Australia)

[その他]

研究代表者の Web ページ : <http://www.murase.m.is.nagoya-u.ac.jp/~takahashi/>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

高橋 友和 (TAKAHASHI, Tomokazu)  
岐阜聖徳学園大学・経済情報学部・准教授  
研究者番号: 90397448