

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19500157

研究課題名（和文） 動的・静的多眼カメラ画像からの人物の行動認識法の研究

研究課題名（英文） Research on Recognizing Human Actions from the Images Acquired by Multiple Static or Dynamic Cameras

研究代表者

大谷 淳

早稲田大学・国際情報通信研究科・教授

研究者番号：90329152

## 研究成果の概要：

画像処理による人物の行動認識に関して、（１）人物全身像の姿勢推定、（２）未知人物の行動認識、（３）手振り動作の認識、を行う方法を検討した。（１）では人体パーツごとに色分けされた衣服を装着する人物を複数視点から撮像した画像から、人体の特徴点の３次元座標を求める方法の有効性を示した。（２）ではテンソル解析を用いる方法に有効な画像特徴を明らかにした。（３）では移動カメラ画像から人物の手振り動作軌跡を抽出し、動作認識する方法の有効性を示した。

## 交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：画像処理、コンピュータビジョン、パターン認識、行動環境認識、知能ロボット

## 1. 研究開始当初の背景

行動する人物をカメラで撮像することにより獲得される動画像を、計算機により自動的に処理し、人物の行動を解析する技術の重要性が、セキュリティ、仮想コミュニケーション環境、市場調査、ロボットなど種々の応用分野において高まっている。このような動画像処理による人物行動解析法には、カメラの設置方式、処理の目的と内容、応用などにより、具体的な検討課題について多数のバリエーションが考えられる。そこで、本研究では以下に述べる３つの検討課題に焦点を絞

って研究を行う。即ち、環境中に固定されたカメラから獲得される画像に対する処理として、（１）人物全身像の姿勢推定、（２）未知人物の行動認識、さらに、移動するカメラにより獲得される画像に対する処理として、（３）移動カメラ画像からの人物の動き認識のそれぞれの方法の確立を目指す。以下に、課題（１）から（３）それぞれの背景について述べる。

## （１）人物全身像の姿勢推定

人物の姿勢を計測・推定する方式としては、接触型と非接触型がある。接触型の代表的な

ものがモーションキャプチャであり、センサーを人物の全身に装着し計測を行う。高速に計測が行えるものの、センサーの装着は著しく応用を制限する。非接触型は人物とは離れた場所に固定したカメラにより人物を撮像し、画像処理により姿勢を推定する方式である。P-Finder が初期のシステムとしてあるが、推定可能な姿勢に制限が強く、実時間性に問題があった。研究代表者は P-Finder の問題点を解決するために、人物シルエット像の輪郭を Lt-s 曲線解析と名づけた方法により解析し、推定可能な姿勢の種類を増やしたものの、人体パーツのシルエットが重なって観測される場合に課題を残していた。このような、人体パーツが他のパーツを隠す、いわゆるオクルージョンに対処可能な姿勢推定法が望まれていた。

### (2) 未知人物の行動認識

人物の行動認識法のセキュリティなどへの応用を考えると、認識対象となる人物は、行動認識アルゴリズム用のデータベースに含まれる行動データの人物とは、一般には異なる(未知人物)と考えられる。動画像からの人物の行動認識については代表研究者らの隠れマルコフモデルを用いる方法等があるが、未知人物の行動認識には課題を残していた。そこで、代表研究者らは、Vasilescu のテンソル解析を用いて人物の motion signature(動きの個性)を認識する方法を改良し、未知人物の行動認識を可能とする方法を提案し、有効性を見通しを得たが、モーションキャプチャデータを対象とした検討しか行っておらず、画像処理データは未検討であった。

### (3) 移動カメラ画像からの人物の動き認識

人間と移動ロボットの共存する環境が実現しつつある。このような共存環境では、移動ロボットが自律的に環境中を移動して、必要な作業を行えるようにすることが重要である。そのための基本技術として、移動ロボットが人間の命令を理解できるようにすることが重要である。特に、人間の手振り動作を命令と解釈できるようにすることが有効と考えられるが、まだ具体的な手法はほとんど見られない状況である。

## 2. 研究の目的

課題(1)~(3)ごとに目的を述べる。

### (1) 人物全身像の姿勢推定

人体パーツごとに異なる色をもつ色分け衣服を人物に装着させ、これをカメラで撮像して得られる画像を解析し、オクルージョンの有無の判定、およびオクルージョンが生じていない場合は、人体の特徴点(手先、肘など)の位置を3次元推定する方法の確立を目指す。

### (2) 未知人物の行動認識

テンソル解析に基づき、動画像から未知人物の行動を認識する方法に有効な、人物の姿勢に関する画像特徴量を明らかにする。

(3) 移動カメラ画像からの人物の動き認識  
移動するカメラから獲得される動画像から、人物の手振り動作を認識する方法の確立を目指す。

## 3. 研究の方法

課題(1)~(3)それぞれの研究方法を以下に示す。

### (1) 人物全身像の姿勢推定

色分け衣服(図1)を装着した人物をカメラで撮像することにより獲得される画像に対して、mean-shift 法による領域分割を施し、人体パーツに対応する領域を得る。人体パーツがオクルージョンにより隠されているか否かを、各領域の面積の大小により判定する。オクルージョンが生じていない場合は、人体パーツ領域の形状を解析し、関節や手先、足先に対応する特徴点を検出する。複数台のカメラにより獲得した画像から得られる特徴点の座標及び複数台のカメラの幾何学的関係に基づく三角測量の原理により、各特徴点の3次元座標を求める。



図1 色分け衣服

### (2) 未知人物の行動認識

行動認識処理用のデータベースに含まれない(未知)人物の行動を動画像から認識するため、データベースとして人物、行動、時系列画像特徴データの3つの次元をもつテンソルを予め構築しておく。

テンソル分解を利用して未知人物の行動を認識するために、未知人物の行動を撮像した動画像から motion signature を計算する。ここで、motion signature の計算に必要な行動を仮定する。計算された motion signature を用いて、テンソルに含まれる全ての行動データを生成する。この生成されたデータを、テンソル中の一人の人物の行動データと入れ替え、コアテンソルを計算する。あらかじめ計算しておいた、オリジナルのテンソルのコアテンソルとの差を計算する。前述の motion signature の計算に必要な行動の仮定は、テンソル中の全ての行動について行い、さらにデータの入れ替えはテンソル中の全ての人物について行う。これらの仮定と入れ替え全ての組み合わせについて、前述のコア

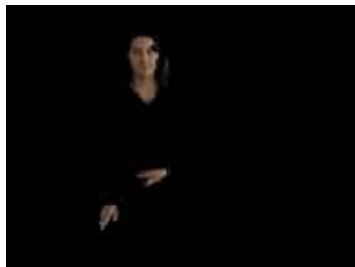
テンソルの差の計算を行い、最も小さな差を与える（仮定した）行動を、未知人物の行動認識結果とする。

テンソルに格納する時系列データおよび未知人物の動画像から抽出する時系列データとして適していると考えられる画像特徴として、メッシュ特徴、投影特徴、Lt-s（輪郭形状）特徴を取り上げ、比較検討する。

(3) 移動カメラ画像からの人物の動き認識  
手振り動作をする人物を、移動カメラにより撮像する。まず、色彩情報を用いて、混合ガウスモデル分布に基づいた領域分割を行い、胴体領域、肌領域（顔と首に対応）、手領域を抽出する(図2)。ここで、画像座標系における肌領域の中心座標を原点とし、胴体領域の重心と前述の原点を通る直線を縦軸とする座標系を、人物追従型局所座標系（HFLC: Human-Following Local Coordinate



原画像（動画像のフレーム）



肌色領域（顔と首）と手領域の抽出結果



胴体領域の抽出結果

図2 領域分割の例

System) として定義する(図3)。画像座標系からHFLC座標系に座標系変換する式を用いて、画像座標系における各フレームにおける手領域の位置(座標)を、HFLC座標に変換し、手振り動作の移動軌跡を求める。こ

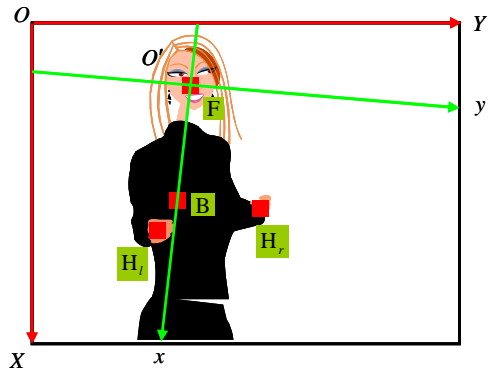


図3 HFLC座標系（人物追従型局所座標系）（顔領域の重心Fを原点、胴体領域の重心Bをx軸が通るxy座標系。右手と左手の重心HrとHlの座標は、HFLC座標系について求める）

れにより、カメラの動きを抑制した形で、手振り動作の中心である手の移動軌跡が求められる。

さらに、Condensation Algorithm (CONDitional dENSity PropagATIOn over time) を前述の手の軌跡に適用して、手振り動作を認識する。

#### 4. 研究成果

課題(1)～(3)ごとに研究成果を述べる。

##### (1) 人物全身像の姿勢推定

図4に示すような一般的な環境（照明条件を含め）において、色分け衣服を装着した人物をカメラで撮像し、3.で述べた領域分割



図4 一般的な環境における色分け衣服を装着した人物の画像



図5 人体パーツの抽出と特徴点の検出

処理を施した。その結果、各人体パーツが安定に抽出できることが確認された。さらに、特徴点も正確に抽出できることがわかった。これらの処理結果例を図5に示す。

3次元座標の復元も、オクルージョンの有無判定を含め、図6に示すように良好な結果が得られた。

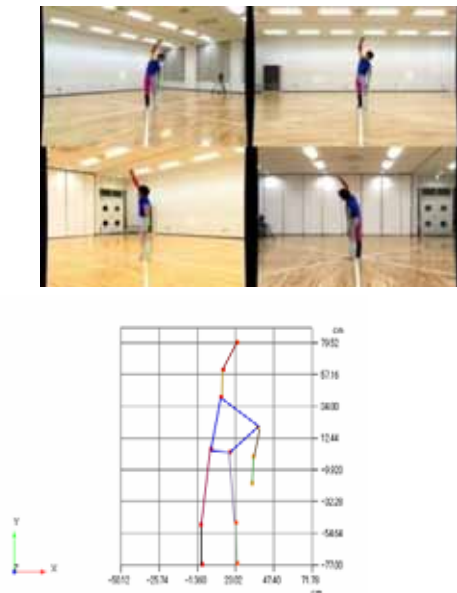


図6 複数台のカメラ画像からの人物の3次元姿勢推定結果(上:原複数画像、下:検出された特徴点の3次元座標に基づくスティック表示)

### (2) 未知人物の行動認識

メッシュ特徴、投影特徴、Lt-s特徴を用いて、テンソル分解を用いる提案手法に加えて主成分分析法、最近傍決定則についても、認識実験を行った。認識対象の行動としては、図7に示すように、歩く、走る、スキップする、など、7種類を取り上げた。行動認識結果としては、テンソル分解を用いる提案手法において、Lt-s特徴を用いる場合が最も良い認識率である約90%を示した。この結果から、提案手法の有効性が示され、Lt-s特徴が画像特徴として有効であることがわかった。



図7 認識対象の行動の例

さらに、本提案手法では、3.で述べたように、テンソル中の人物のデータを入れ替える処理をしていることを利用して、個人認証を行うことができると考えられる。即ち、入

力データに最も類似した人物データを抽出できれば、個人認証の目的を果たすことができると考えられる。前述の行動認識同様、本提案手法を用いることにより、精度高く個人認証が行える見通しを得た。

(3) 移動カメラ画像からの人物の動き認識  
提案手法を用いて、移動するカメラ画像から手振り軌跡を抽出する実験をまず行った。その結果、図8に示すように、HFLC座標系において手の座標を求める場合と、HFLC座標系を考慮に入れない場合を比較すると、明らかに、HFLC座標系を用いる場合は元の手の軌跡を忠実に再現しているのに対し、HFLC座標系を用いない場合は軌跡が歪んでいる。

次に、35種類の手話動作を対象とする、Condensation Algorithmによる認識実験を行った。その結果、片手の動作については100%、両手の動作については91%の認識率を達成し、提案手法の有効性が確認された。

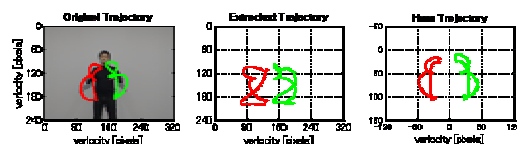


図8 手話動作の軌跡抽出結果例

(左: 原画像(実際の手話動作の軌跡を赤と緑の線で表示) 中: HFLC座標系を用いない場合(カメラの移動情報を考慮にいれない場合) 右: HFLC座標系を用いて軌跡を抽出した場合)

### 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3件)

Luo Dan and Jun Ohya, "Hand-gesture Extraction and Recognition from the Video Sequence Acquired by a Dynamic Camera Using Condensation Algorithm", Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging, SPIE Vol.7252, pp.72520S-1 - 72520S-9, (Jan. 2009).

Takayuki Hori, Jun Ohya, Jun Kurumisawa, "Comparative Study of Methods for Recognition an Unknown Person's Action from a Video Sequence", Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging, SPIE Vol.7245, pp.72450V-1 - 72450V-10, (Jan. 2009).

Huimin Guo, Jun Okazaki, Dong-Wan Kang and Jun Ohya, "Body-part Segmentation for a Real Human Wearing Multiple-Colored Suit by a Mean Shift Based Algorithm", 2007KJPR (Second Korea-Japan Joint Workshop), pp.117-122, Oct. 2007.

〔学会発表〕(計15件)

堀 隆之, 大谷 淳, 胡沢 順, “テンソル分解法に基づく画像処理による個人認証における画像特徴量の比較検討”, 2009年電子情報通信学会総合大会, 情報・システム講演論文集2, D-12-22, p.131, (2009.3).

堀 隆之, 大谷 淳, 胡沢 順, “テンソル分解に基づく人物の歩行動作を用いた個人認証”, 電子情報通信学会技術報告, Vol.108, No.363, PRMU2008, pp.87-92, (2008, 12).

岡崎潤, 大谷淳, “複数カメラ画像からの色分け衣服装着人物のオクルージョンが発生する姿勢を含む姿勢推定法の検討”, 電子情報通信学会技術報告, PRMU研究会, PRMU2008-78, Vol. 108, No. 198, pp193- 198, (2008.9).

岡崎潤, 大谷 淳, “複数カメラ画像からの色分け衣服装着人物の3次元姿勢推定についての検討”, FIT2008(第7回情報科学技術フォーラム), H-062, 第3分冊, pp.197-198, (2008.9).

堀 隆之, 胡沢 順, 大谷 淳, “シレット特徴量のテンソル分解に基づく動画画像から人物の動作認識手法の検討”, FIT2008(第7回情報科学技術フォーラム), H-043, 第3分冊, pp.155-156, (2008.9).

堀 隆之, 大谷 淳, 胡沢 順, “互いに類似した動作のテンソル分解に基づく動画画像からの認識法の検討”, 電子情報通信学会技術報告, IE研究会, Vol.108, No.127, 128, pp.43-48, (2008.7).

羅丹, 大谷 淳, “移動カメラ画像からの人物追従局所座標による手振り軌跡の検出法”, 2008年電子情報通信学会総合大会, D-12-7, 情報・システム講演論文集2, p.138, (2008.3).

岡崎潤, 大谷 淳, Huimin Guo, “色分け衣服装着人物の実写画像に対するMean-Shift アルゴリズムによる色領域分割の検討”, 2008年電子情報通信学会総合大会, D-12-3, 情報・システム講演論文集2, p.134, (2008.3).

王偉卿 大谷 淳, “実写動画からの人物の動作認識のために有効な特徴量の検討”, 2008年電子情報通信学会総合大会, D-11-69, 情報・システム講演論文集2, p.68, (2008.3).

Weiqing WANG and Jun OHYA, “Comparative Study of Methods for Recognizing Human Actions from a Real Video Sequence”, 電子情報通信学会技術報告, Vol.107, No. 539, PRMU2007-261, pp. 103-108, (Mar. 2008)

羅丹, 大谷 淳, “移動カメラ動画から

のCondensation Algorithmを用いた手振り認識の検討”, 電子情報通信学会技術報告, Vol.107, No. 539, PRMU2007, pp. 11-16, (2008年3月)

羅丹, 謝英第, 大谷 淳, “動的カメラ画像からの動物体追跡のためのロボットプラットフォームの検討”, FIT2007(第6回情報科学技術フォーラム), H-008, pp.21-22, (2007.9).

堀 隆之, 胡沢 順, 大谷 淳, “画像処理を用いた店舗内の顧客の商品選定時における態度の認識手法の一考察”, FIT2007(第6回情報科学技術フォーラム), 0-009, pp.453-454, (2007.9).

Acep Irawan, Yingdi Xie and Jun Ohya, “Tensor Decomposition Framework for Recognizing an Unknown Person’s Action from A Video Sequence Using Image Features”, FIT2007(第6回情報科学技術フォーラム), J-024, pp.443-444, (2007.9).

Acep Irawan, Yingdi Xie and Jun Ohya, “Study of Different Image Features Used for Recognizing Unknown Person’s Activity Based on Tensor Decomposition Analysis”, IEICE Technical Report Vol. 107, No. 206, PRMU2007-85, HIP2007-94, pp. 239-244 (Sept. 2007)

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

大谷 淳 (JUN OHYA)

早稲田大学・大学院国際情報通信研究科・教授

研究者番号: 90329152

### (2)研究分担者

無し

### (3)連携研究者

無し