

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：34315  
研究種目：若手研究(B)  
研究期間：2013～2016  
課題番号：25730114  
研究課題名(和文)装着型モーションキャプチャシステムの研究

研究課題名(英文)Research on a wearable motion capture system

## 研究代表者

山添 大丈 (Yamazoe, Hirotake)

立命館大学・情報理工学部・任期制講師

研究者番号：70418523

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、装着カメラにより装着者の身体部位の動きを直接観測することで、装着者の動作を推定することを目指し、研究を進めてきた。現在までに、胸部に装着したカメラで頭部・胸部領域を撮影することで、装着者の頭部・肩方向の推定する手法を提案した。提案手法はHoGとSVRからなるシンプルな手法であるが、約2度程度の推定精度を実現した。

また、環境における装着カメラの位置・姿勢のため、動的マーカによるカメラ位置・姿勢推定手法についても検討を進めた。提案手法は、複数ユーザが利用するARシーンにおいても有用と考え、ARへの応用についても検討を進めた。

研究成果の概要(英文)：In this research, we propose a wearable camera-based pose estimation of a user's body parts such as head and shoulders. The proposed system is mounted on a user's chest and the camera observe user's body parts directly. In the current implementation, the camera looks upward to observe head and shoulders region. The proposed method is based on histograms of orientated gradient (HoG) features and support vector regression (SVR). The preliminary experimental results demonstrate the effectiveness of the proposed method. In addition, we also propose a method to achieve positions and poses of multiple cameras and temporal synchronization among them by using blinking calibration patterns for obtaining positions and poses of a wearable camera in environment. The proposed calibration patterns are based on pseudo random volumes (PRV). We believe our method is useful not only for multiple camera systems but also for AR applications for multiple users.

研究分野：知覚情報処理

キーワード：ウェアラブルカメラ モーションキャプチャ 動的マーカ AR

### 1. 研究開始当初の背景

モーションキャプチャシステムなどを用いて、日常的な人の行動や人と人のインタラクションを記録し、それらの行動データから、その人の興味対象を推定したり、意図・感情といった内的状態を推定することで、人間の振る舞いを理解することを目指し、様々な研究が行われている。このような分析を行うためには、日常的な環境の中で行動データが取得できることが望ましい。しかし、従来のモーションキャプチャでは、環境全体を多数のカメラでカバーしないとけないため、広い範囲での行動データの取得が不可能であった。さらに、人体の各部位に大量の光学マーカーを装着する必要があるため、データ取得自体に手間がかかるという問題もあった。

これに対し研究代表者は、これまでにユーザに装着されたカメラにより、ユーザ自身の動きを直接観測することで、姿勢を推定したい部位自体にはカメラやセンサを装着しなくても、装着者の各部位姿勢を推定可能とする方法について検討し、特に頭部や腕などの姿勢推定手法について検討を進めてきた。

このような推定手法の一つとして、ユーザに装着されたカメラによる頭部方向推定手法を提案していた。胸部に上向きに装着されたカメラにより、ユーザの頭部領域を撮影し、その画像から頭部姿勢を推定する。そのため、姿勢を推定したい部位（頭部）にはマーカーやセンサを装着することなく、頭部の姿勢が推定できるという特徴があった。一方で、姿勢推定手法が頭部に限定されたものとなっており、頭部以外の部位の推定への拡張が不可能となっていた。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、広視野カメラ（魚眼・全方位）を観測対象の人物に装着するだけで、その人物の行動（各部位の姿勢情報）を広い範囲で取得できる、装着型のモーションキャプチャシステムを実現することを目指した。頭部以外の人体部位の姿勢推定への拡張も考慮し、学習ベースでの姿勢推定を検討し、頭部姿勢・肩方向推定について検討を進めた。

また、環境におけるウェアラブルカメラの位置・姿勢のため、動的マーカーによるカメラ位置・姿勢推定手法についても検討を進めた。

### 3. 研究の方法

まず、カメラ装着位置についての予備検討を行い、その後、姿勢推定用の学習データを取得した。取得したデータセットに基づき姿勢推定モデルを作成し、推定精度を評価した。

### 4. 研究成果

#### (1) 装着カメラによる頭部・肩方向推定手法提案手法の概要

図1に提案システムの外観を示す。提案システムでは、胸部に上向きのカメラを装着し、図1右に示すような頭部・胸部領域の画像を

取得する。このような頭部・胸部領域画像から、カメラ装着者の頭部・肩方向を推定することが本研究の目的である。

図2に処理の流れを示す。まず学習時には、提案システムとモーションキャプチャを用いて頭部・胸部領域画像と頭部・肩方向の正解データを取得する。これらの学習データに対して、姿勢推定のための特徴抽出として、頭部・胸部領域抽出処理とHoG特徴の抽出を行う。その後、得られた特徴量と正解データから頭部・肩方向推定モデルを学習する。推定時には、新たに得られた画像に対して、学習時と同様の特徴抽出処理を行い、推定モデルを用いることで頭部・肩方向を推定する。



図1 システムの外観

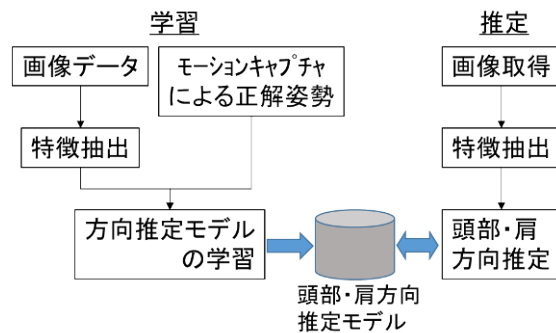


図2 処理の流れ

#### 学習用データの取得

学習用データとしては、提案システムで取得された画像列と、それぞれの画像に対応する頭部・肩方向を取得する。頭部・肩方向の取得には、モーションキャプチャシステム (Optitrack V120:Trio) を用いる。図3に示すように、頭部、両肩、胸部(カメラ装着部)にそれぞれマーカーを装着し、頭部・肩・胸部(装着カメラ)の姿勢を推定する。装着カメラを基準とした頭部・肩の相対姿勢を推定し、方向推定モデルのための頭部・肩方向の正解データとする。



図3 モーションキャプチャ用マーカー装着位置

### 頭部・胸部領域抽出

特徴抽出において背景画像の影響をなくすため、取得画像から頭部・胸部領域を抽出する。頭部・胸部領域の抽出には、Grabcutを用いた。初期画像に対して、手作業で前景（頭部・胸部）領域と背景領域を指定し、その後は、前フレームの結果に基づき自動的に領域抽出を行った。撮影された元画像と頭部・胸部領域の抽出結果の例を図4に示す。

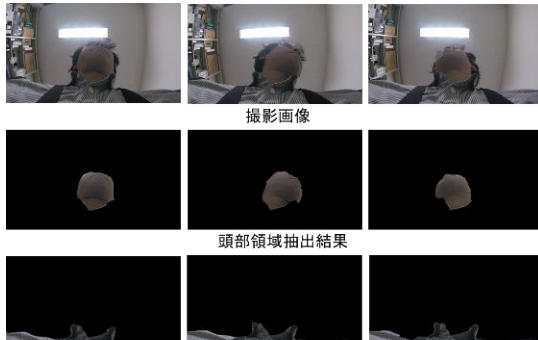


図4 頭部・胸部領域抽出結果の例

### 特徴抽出

次に、姿勢推定のための特徴抽出について述べる。姿勢推定に用いる画像特徴としては、様々なものが考えられるが、今回の実装では、Histograms of Orientated Gradient (HoG) 特徴量を用いた。

以下の実験では、頭部・胸部画像は480 × 270[pixel]としており、1セルを10 × 10[pixel]、1ブロックを1 × 1セル、8方向としたHoG特徴量を抽出し、計10368次元のHoG特徴を取得した。HoG特徴量の例を図5に示す。

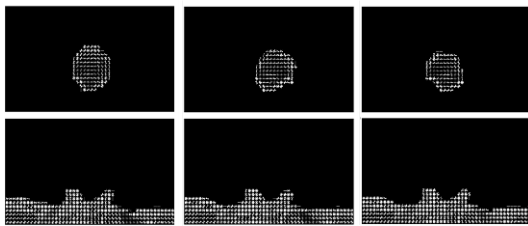


図5 HoG特徴抽出の例

### 方向推定モデルの構築

最後に、前節で得られた画像特徴とモーションキャプチャで得られた正解データに基づき、頭部・肩方向推定モデルを構築する。まず、得られた10368次元のHoG特徴ベクトルに対して主成分分析による次元削減を行い、その後、サポートベクトル回帰により方向推定モデルを構築する。現在の実装では、頭部のヨー角・ピッチ角、肩のピッチ角について学習を行った。

### 実験

提案手法の有効性を確認するため、以下の実験を行った。装着カメラとしては、GoPro HERO Sessionを利用した。取得画像の解像

度は上で述べた通り、480 × 270[pixel]としている。

まず、頭部・肩方向推定モデルを生成するため、被験者は、提案システムとモーションキャプチャ用のマーカを装着し、頭部・胸部画像とその画像における正解データを取得した。実験では、約1800枚（約30秒）の画像列を取得し、モーションキャプチャでのデータ取得ができていた約900枚の画像を実験に用いた。それらのうち、約600枚を学習用に、約300枚を評価用に用いた。

図6に頭部方向の結果を、図7には肩方向の結果を示す。図中、青線がモーションキャプチャによる正解データであり、赤が提案手法による推定結果である。結果より、頭部については、ヨー角(左右方向)で約2.2度、ピッチ角(上下方向)でも約2.2度の精度で推定できていることが分かった。肩方向についても、約0.3度の精度で推定できているが、学習・評価データ中の肩方向の変動が小さかったこともあり、今後、さらなる実験が必要である。

以上より、被験者1人による予備的な結果であるが、頭部方向に関しては、上下左右の2方向について推定が可能であることが確認できた。以前の手法においても、推定精度が2度程度となっており、同等の結果が得られたことがわかる。

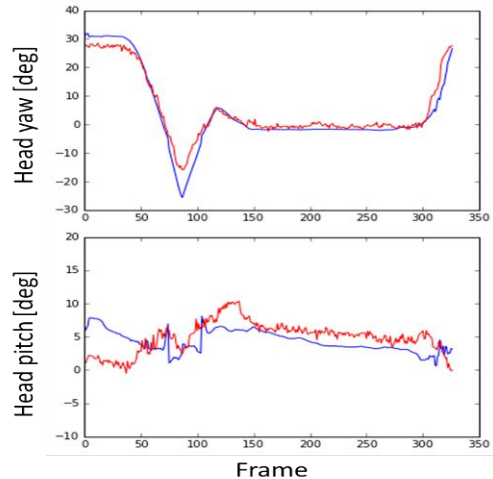


図6 頭部方向推定結果

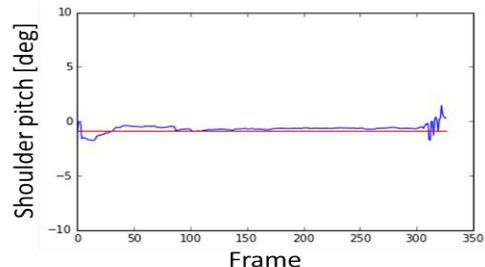


図7 肩姿勢推定結果



## (2) 動的マーカによる装着カメラの位置・姿勢推定手法とその応用

### 提案手法の概要

環境における装着カメラの位置・姿勢を推定するため、また複数カメラ間での時刻合わせを同時に行うために、動的な AR マーカを用いたカメラの位置・姿勢推定手法を提案した。提案手法は、Pseudo Random Volume (PRV) に基づいて生成され、マーカパターンを観測することで、マーカに対するカメラの位置・姿勢が推定できるだけでなく、マーカパターンより時刻（フレーム情報）を取得することができる。

また、提案手法の応用として、図 8 に示すような、複数のユーザが HMD やタブレット PC 等を通じて、大型のディスプレイ(メインパネル)を一緒に見ている状況における応用システムについても提案した。ここでは、ユーザの一部(または全員)が、小型のタブレット PC(サブパネル)を持っていることを想定している。これらのデバイスやカメラを利用し、複数のユーザが共通の AR コンテンツを同時に体験できるような、統一的な AR 環境を実現する。

図 9 に処理の流れを示す。メインパネルとサブパネルには、我々が提案する動的マーカが表示されているとする。まず、メインパネルに着目し、マーカを検出・追跡するとともに、カメラに対するパネルの位置・姿勢を推定する。また、パネルのマーカパターンを取得し、時刻情報を取得する。この時刻情報に基づき、情報提示を行うことで、例えば、メインパネルを同時に観測する複数の端末上で、動く CG キャラクタを同期して提示することが可能となる。

続いて、追跡中のメインパネルの領域をマスクした後に、サブパネルでもメインパネルと同様に、マーカを検出・追跡を行う。サブパネルの位置・姿勢を推定し、マーカパターンから時刻情報を取得する。その後、パネル間のパターンの差を利用することで、例えば、メインパネルに表示されるコンテンツの一部をサブパネルに移動させて表示させる、といった、複数パネルを利用したインタラクションが可能となる。

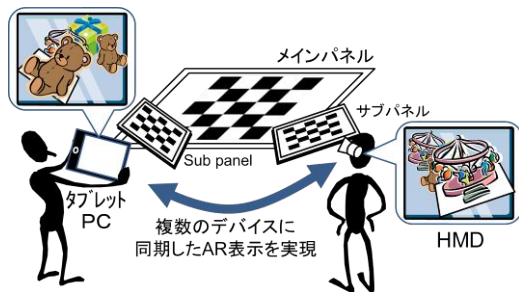


図 8 提案システムの応用のコンセプト

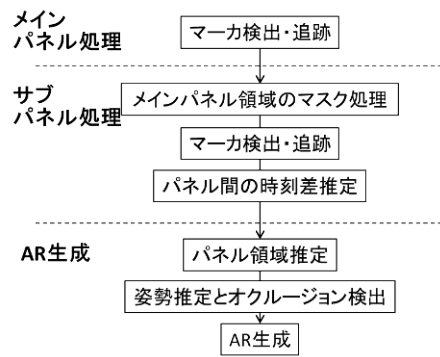


図 9 処理の流れ

### 提案手法の予備実験

提案手法の有効性を確認するため、以下のような実験を行った。ここで示す結果は、予備的なものであり、メインパネルのみを用いた結果である。

マーカ提示用に、タブレット PC (NEC Lavie Tab W, 10.1 インチ) を使用した。実験では、動的マーカ生成用のパターンとして、[5]に基づき、 $7 \times 9 \times 65$  の Pseudo Random Volume (PRV) を作成した。この PRV から、 $7 \times 9$  のパターン 65 枚を作成した。毎秒 10 フレーム、6.5 秒周期でタブレット PC に表示した。また、2 台の USB カメラ (Logicool C920t, Logicool C260) を用いて、マーカを撮影し、撮影画像列を用いて、カメラ 2 台に対するマーカの位置・姿勢を推定するとともに、時刻情報を取得し、AR 提示を行った。結果を図 10 に示す。このシーンでは、緑のポットが移動しているが、カメラ間の同期機構なしに、同期した AR が提示できていることがわかる。

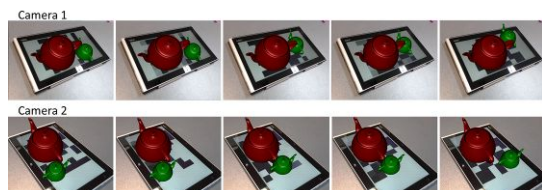


図 10 予備実験結果

### (3) まとめと今後の展望

上で述べたように、本研究期間において (1) 装着カメラによる頭部・肩方向推定手法と (2) 動的マーカによる装着カメラの位置・姿勢推定手法とその応用について検討を進めてきた。

今後は、腕などへの拡張を進めながら、両者を組み合わせることで、装着者の環境における位置・姿勢を推定するとともに、装着者の動作を推定する装着型モーションキャプチャシステムの実現を進めていく。

## 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)

・Hirotake Yamazoe, Geometrical and temporal calibration of multiple cameras using blinking calibration patterns, IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications Vol.6 pp.78-82, 2014(査読有).

DOI: 10.2197/ipsjtcva.6.78

[学会発表](計 14 件)

(1) Hirotake Yamazoe, Head and shoulders pose estimation using a body-mounted camera, The 14<sup>th</sup> International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI 2017), 2017/6/29, Jeju (Korea).

(2) 山添大丈, ウェアラブルカメラを用いた装着者の頭部・肩方向推定, 第 141 回ヒューマンインタフェース学会研究会, 2017/3/27, 京都工芸繊維大学(京都府・京都市).

(3) 山添大丈, 米澤朋子, 動的マーカを利用した複数ユーザへの同期 AR 提示環境, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2015), SS5-38, 2015/7/30, ホテル阪急エキスポパーク(大阪府・吹田市).

(4) 山添大丈, ウェアラブルカメラを用いた装着者の頭部方向推定, 第 118 回ヒューマンインタフェース学会研究会 (SIG-ACI-15), 2015/3/26, 京都工芸繊維大学(京都府・京都市).

(5) Hirotake Yamazoe, Tomoko Yonezawa, Shinji Abe, Automatic Acquisition of a Toilet Map Using a Wearable Camera, Joint 7th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 15th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, 2014/12/4, Kitakyushu International Conference Center (福岡県・北九州市).

(6) Hirotake Yamazoe, Tomoko Yonezawa, Synchronized AR Environment for Multiple Users Using Animation Markers, The ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST2014) pp.237-238, 2014/11/11, The University of Edinburgh (Edinburgh, UK).

(7) Hirotake Yamazoe, Geometrical and temporal calibration of multiple cameras using blinking calibration patterns, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2014) OS1-3, 2014/7/29, 岡山コンベンションセンター(岡山県・岡山市).

## 6 . 研究組織

(1)研究代表者

山添 大丈 (YAMAZOE, Hirotake)

立命館大学・情報理工学部・任期制講師

研究者番号 : 70418523