

H-035

## 3D アバター制御のための簡易モーションキャプチャの提案

## Simple Motion Capture for 3D Avatar Control

川澄 裕一  
Yuichi Kawasumi宮岡 伸一郎†  
Shinichiro Miyaoka

## 1. はじめに

近年、コンピュータ性能の向上により手軽に 3DCG を扱えるようになった。現在、3DCG モデルへ動作情報をマッピングする方法として、モーションキャプチャの利用があげられる。しかし、実用されているモーションキャプチャシステムは大規模、高コストのものが多く、

本研究では市販されている Web カメラを用いたモーションキャプチャシステムを提案する。アクターの動作情報を、身体に取り付けた簡易カラーマーカの 3 次元座標を算出することで取得する。取得した動作情報を 3D アバターへマッピングし、アバターを制御する。

3D モデルの復元手法に、単眼のカメラから取得された特定のアクターのシルエットを用いるものがあるが、あらかじめアクターに適応できるシルエットを用意する必要があり、他者への適用に課題がある。また、マーカを用いずにリアルタイムで姿勢推定を行う研究<sup>[1]</sup>や、手・指の 3 次元位置や形状の推定の研究<sup>[2][3]</sup>などがあるが、それぞれ、大掛かりな機材を必要としたり、3D アバターの制御を目的としているものではない。

## 2. モーションキャプチャシステムの概要

本研究で扱うシステムは、座っているアクターの上半身の動作を対象としたモーションキャプチャシステムとする。モーションキャプチャシステムはアクターの前方に 2 台の Web カメラを設置し、アクターの上半身に装着した簡易カラーマーカの色を検出する光学式の手法を用いる。マーカの装着部位は手・肘・肩とし、両腕の同じ部位に同色マーカを使用する。

取得されたマーカの画像座標はステレオビジョン法を用

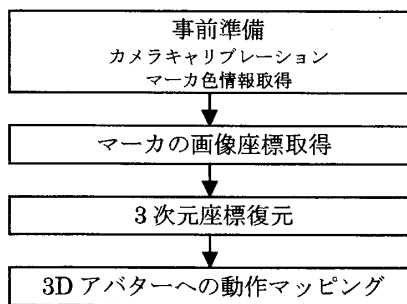


図1. 簡易モーションキャプチャの処理手順

いて 3 次元座標に変換する。3 次元座標算出時に必要なカメラパラメータは、あらかじめカメラキャリブレーションを行うことによって取得する。

取得した 3 次元座標を用いて、3D アバターの上半身姿勢を決定する。この姿勢をキーフレームとし、この間を補間することで 3D アバターのアニメーションとする。図 1 は簡易モーションキャプチャの処理の流れである。

## 3. システムの処理

## 3.1 マーカの画像座標取得

本研究で行うマーカ座標取得処理の流れを図 2 に表す。

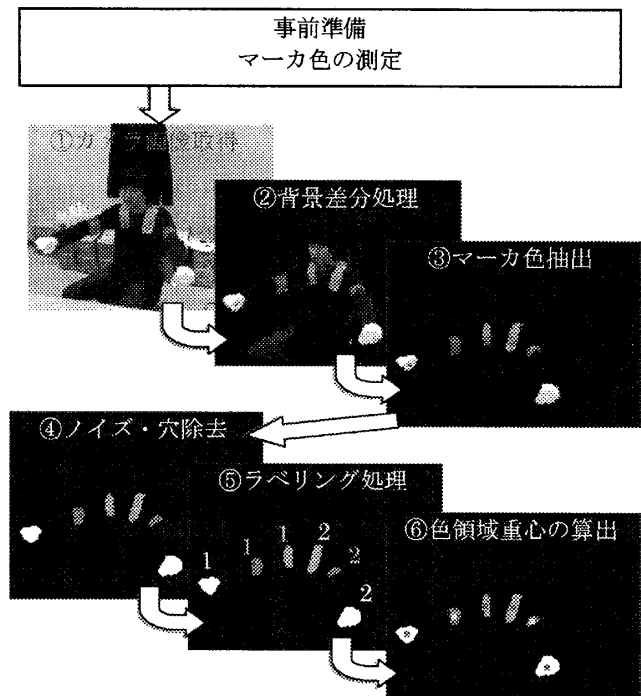


図2. マーカ座標取得処理手順

マーカ座標の取得を行うために、事前にマーカ色情報を取得しておく。本研究では、マーカ色情報は HSV 値を用いる。HSV 値を用いるのは、RGB 値に比べ、照明条件の変化の影響を受けにくく、色味を厳密に扱うことができるためである<sup>[3]</sup>。マーカには、背景色と区別されやすい色を用いる。色情報を安定して取得できる色は限定されており、すべての部位に異なる色のマーカを使用するのは困難となる。そこで本研究では、両腕の同一部位に同色のマーカを使用した。

次に、背景差分画像を取得する。背景画像はアクターの映っていない室内の自然風景とし、あらかじめ撮影しておく。この背景画像と類似した色情報を持つ画素を黒くしたものを背景差分画像とする。

†東京工科大学大学院 バイオ・情報メディア研究科  
メディアサイエンス専攻, Graduate School of Bionics,  
Computer and Media Sciences, Tokyo University of  
Technology

‡東京工科大学メディア学部メディア学科, School of  
Media Science, Tokyo University of Technology

得られた背景差分画像中で、あらかじめ取得したマーカ色と類似した色を持つ画素を表示する。この画像にノイズ・穴の除去処理を行う。本研究ではオープニング・クロージング処理を行うことでノイズ・穴を除去する。オープニング処理は、各マーカの色を持つ画素を対象画素とし、収縮処理と膨張処理を順に同じ回数行う処理であり、画像に発生したノイズを除去する。また、クロージング処理は膨張処理、収縮処理の順に同じ回数行い、穴を除去する。

この画像に対して色ごとにラベリング処理を行う。本研究ではアクターの両腕の同一部位に同色のマーカを装着するため、同色画素のすべてを同一のマーカとみなすことができない。そこでラベリング処理を行い、同色連結画素を同一のマーカ領域とする。本研究では8連結のラベリング処理を行い、ラベル番号別画素数のもっとも多い領域と、2番目に多い領域を対象部位の領域とする。この領域ごとに重心を求め、マーカ座標とする。

### 3.2 3次元座標復元

本研究では、アクターを2台のWebカメラで撮影し、各マーカの画像座標を用いてマーカの3次元座標を復元する。3次元座標復元にはステレオビジョン法を用いる。これは、取得したマーカの画像座標と光学中心を結ぶ視線を求め、各カメラの視線の交点を算出し3次元座標とする処理である。ステレオビジョン法により3次元座標を求める際に各カメラのパラメータが必要となる。本研究では、DLT(Direct Linear Transform)法によるカメラキャリブレーションを行い、カメラパラメータを取得する。DLT法はあらかじめ3次元座標値を設定した6点を撮影し、設定した3次元座標と得られた画像座標の関係よりカメラパラメータを取得する手法である。このカメラキャリブレーションは事前に行い、あらかじめ各カメラのパラメータを取得しておく。

### 3.3 3Dアバターへの動作マッピング

取得されたマーカの3次元座標を用いて3Dアバターの動作制御を行う。本研究では、VRMLで用意した簡易な3Dモデルの腕の動作制御を行う。3Dアバターには左右それぞれ2本の円柱を並べ、前腕と上腕に見立てた。この円柱にマーカの3次元座標から算出した回転軸ベクトルと回転角を設定することで腕の姿勢を決定する。

まず、上腕の姿勢設定を行う。上腕の姿勢は肩と肘のマーカ座標を用いて設定する。3Dアバターの初期姿勢の上腕ベクトルを $\vec{a}$ とおき、肩、肘それぞれの3次元座標から求められる上腕のベクトルを $\vec{b}$ とおくと、回転軸ベクトル $\vec{r}$ と回転角 $\alpha$ は図3のようになり、それぞれ式(1)、(2)のように求めることができる。

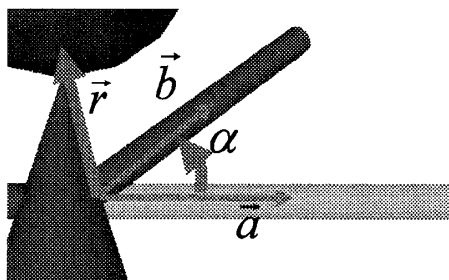


図3. 上腕の回転軸と回転ベクトル

$$\vec{r} = \vec{a} \times \vec{b} \quad (1)$$

$$\alpha = \arccos \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| |\vec{b}|} \quad (2)$$

次に、前腕の姿勢設定を行う。前腕は親オブジェクトに上腕を持っており、ローカル座標が移動する。前腕の回転前方向ベクトルは上腕の回転後方向ベクトルと一致している。これより、回転軸ベクトル $\vec{s}$ と回転角 $\beta$ は図4のようになり、上腕の回転後方向ベクトル $\vec{b}$ と前腕の回転後方向ベクトル $\vec{c}$ より、式(3)、(4)のように表すことができる。

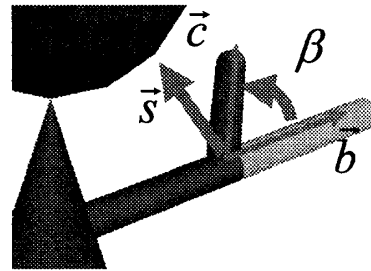


図4. 前腕の回転軸と回転ベクトル

$$\vec{s} = \vec{b} \times \vec{c} \quad (3)$$

$$\beta = \arccos \frac{\vec{b} \cdot \vec{c}}{|\vec{b}| |\vec{c}|} \quad (4)$$

## 4. システム実験

### 4.1 マーカ座標追跡精度の検証実験

まず、マーカ検出を適用し、追跡制度の妥当性を検証した。マーカには水色、ピンク色のマーカ、黄色の手袋を用意しそれぞれアクターの肩・肘・手に装着した。モーション撮影時の背景は室内の自然背景とし、マーカと類似した色を持つ大きな物体が映らないようにした。アクターは腕を広げた状態で上下に動かし、この動作を2つのWebカメラで撮影する。撮影は20フレーム/秒で行い、それぞれのマーカ座標の軌道を確認した。アクターの動きを図5に、マーカの軌道を図6にそれぞれ表す。



図5. アクターの動き

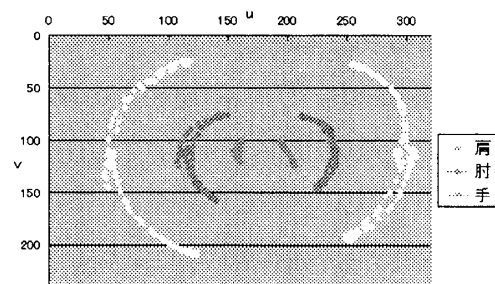


図6. マーカの軌道

マーカ座標の追跡は妥当に行われており、処理速度も実用に耐えうると考えられ、3D アバター制御に適用可能と考えられる。

#### 4.2 3次元座標復元の精度検証

次に3次元座標復元の精度検証を行った。まず、DLT法によるカメラキャリブレーションを行い、カメラパラメータを取得する。検証実験では、パソコン、ブックエンド、コートハンガーという大きさが既知のものを用意し、両方のWebカメラから撮影される空間内に2cm四方のキャリブレーション用マーカを6つ設置し、3次元座標を設定した。図7は配置した3次元座標である。

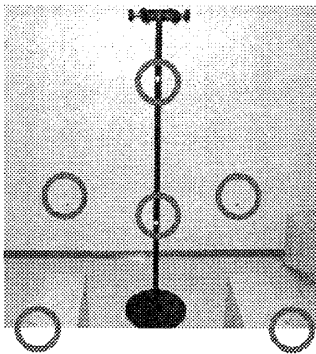


図7. カメラキャリブレーション用マーカ

このキャリブレーション用マーカを2台のカメラで撮影し、各マーカの画像座標を厳密に調べた。この画像座標と設定した3次元座標のからそれぞれのカメパラメータを取得した。

次に、キャリブレーション用マーカの3次元座標と一致しない箇所に復元検証用マーカを設置した。このマーカを2台のカメラで撮影し、ステレオビジョン法により3次元座標復元を行うと最大で2.6cmの誤差が現れた。これは、人間の姿勢決定時に大きな影響を与える原因にはならないと考えられ、利用可能な精度であると考えられる。

#### 4.3 3D アバター制御の検証

一連の処理の流れを適用し、3D アバターの動作制御の検証実験を行った。両上腕、前腕の回転軸ベクトルと回転角を算出した。実験では、オクルージョンの発生や腕の交差がない動作を対象とした。アクターの姿勢と3D アバターの姿勢を図8のようになった。

75%以上のフレームでアクターの姿勢を妥当に再現でき、アニメーションを表示することができた。しかし、一部の

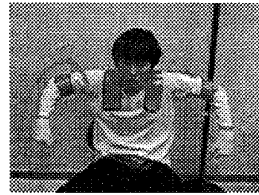


図9. 姿勢の誤差

動作でアクターと異なる動作が出てしまうことがあった。図9は異なる姿勢が再現されたときのアクターの姿勢とアバターの姿勢である。

図9では、右前腕の角度がアクターとアバターで異なる。これは、肘、手のマーカが幅を持っていて、厳密に肘、手の位置を取得していないことが考えられる。今後、他の原因についても検証し、精度を向上させていく。

#### 5. まとめ

本研究では、Webカメラと簡易カラーマーカを用いた3D アバターの動作制御を行う簡易モーションキャプチャを提案した。両腕の肩・肘・手に異なる色のカラーマーカを装着し、腕の動作制御を行った。実験では、本研究で利用した手法の検証を行った。画像座標検出、3次元座標復元のそれぞれの処理は、本システムで利用可能な精度であることを確認した。3D アバターの動作制御では一部、アクターと異なる姿勢も再現された。

今後は、精度向上とともに、オブジェクトを用いず、アクターの体を利用したカメラキャリブレーションの手法について検討していく。また、腕のみであった動作対象を上半身全体に広げ、自然な動作のマッピング方法をし、3D アバターの制御をリアルタイムで行う手法を検討する。

#### 文 献

- [1] 荒木裕, 有田大作, 谷口倫一郎: 実時間ビジョンベースモーションキャプチャシステムのパラメータ自動推定と精度評価, 情報処理学会研究報告.CVIM, Vol.2006, No.5, pp.31-38, January 2006
- [2] 松原利行, 浮田宗伯, 木戸出正継: 基線長の短い2眼カメラによるvisual hullからの正確な指先3次元位置推定, 情報処理学会研究報告.CVIM, Vol.2003 No.41, pp.215-222, May 2003
- [3] 田中祐子, 宮岡伸一郎: 3次元図形描画インタフェースのためのジェスチャー追跡手法, 情報処理学会研究報告.CVIM, Vol.148, pp.93-100, March 2005

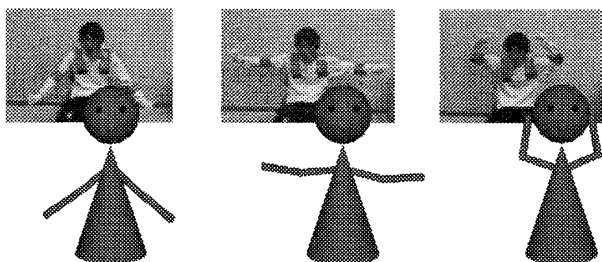


図8. アクターの姿勢と3D アバターの姿勢