

モーションキャプチャのための 人体情報を用いたカメラキャリブレーション

川澄裕一[†] 宮岡伸一郎[‡]

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[†]

東京工科大学メディア学部メディア学科[‡]

1 はじめに

近年、ホームページやゲームなどにおいて、自分の分身となる CG キャラクターであるアバターが用いられるようになった。これらの多くは、操作にキーボードやマウスといったインターフェースを用いる。そのため、直観的でなく操作可能な動きも限定されてしまう。この問題を解決する方法として、モーションキャプチャの利用が考えられる。モーションキャプチャはゲームやアニメーションなどのコンテンツ制作において、CG キャラクターにアクター動作をマッピングするために用いられる。モーションキャプチャによる動作マッピングは高精度になってきているが、煩雑な作業や大規模な装置を必要とするものが多い。一般ユーザの使用を考えると妥当な動作マッピングを手軽に扱えるシステムが望ましい。

本研究では、煩雑な作業になりやすいカメラキャリブレーションに人体情報を利用する手法を提案する。カメラキャリブレーションはオブジェクトを用いず、ユーザが特定の姿勢をとることで行う。撮影には市販されている Web カメラを 2 台使用する。ユーザの腕には簡易カラーマーカを装着し、各マーカの 3 次元座標を取得する。算出された 3 次元座標からアバター姿勢を設定し、その妥当性を検証した。

2 モーションキャプチャの概要

本研究では、座っているユーザの上半身の動作を対象とする。モーションキャプチャはユーザの前方に 2 台の Web カメラを設置し、装着した簡易カラーマーカの色を検出する光学式的手法を用いる。マーカの装着部位は両腕の肩・肘・手とし、両腕の同じ部位に同色マーカを使用する。カメラキャリブレーションには DLT(Direct Linear Transform)法^[1]を利用し、人体情報から設定した相対 3 次元座標と両手マーカの画像座標からカメラパラメータを算出する。動作マッピング時には各マーカ座標を 3 次元座標に変換し、用意したアバターの姿勢を設定する。

Camera Calibration using Information of Human Body for Motion Capture

[†]Yuichi KAWASUMI, [‡]Shinichiro MIYAOKA

[†]Graduate School of Bionics, Computer and Media Sciences, Tokyo University of Technology

[‡]School of Media Sciences, Tokyo University of Technology

3 カメラキャリブレーション

3.1 DLT 法

モーションキャプチャでは対象を撮影し得られた 2 次元画像座標から元の 3 次元座標を求める。2 次元画像座標(u, v)と 3 次元座標(X, Y, Z)は式(1)の関係にある。

$$\begin{aligned} u &= \frac{p_1X + p_2Y + p_3Z + p_4}{p_9X + p_{10}Y + p_{11}Z + 1} \\ v &= \frac{p_5X + p_6Y + p_7Z + p_8}{p_9X + p_{10}Y + p_{11}Z + 1} \end{aligned} \quad (1)$$

ここで $p_1 \sim p_{11}$ は焦点距離や空間中での位置、向きなどからなるカメラパラメータである。本研究ではカメラキャリブレーションに DLT 法を用いてカメラパラメータを算出する。

カメラパラメータ p は 11 個の未知数からなっており、6 点以上の 3 次元座標と撮影時に得られる 2 次元画像座標から式(2)のように求めることができる。

$$\begin{aligned} p &= (B^T B)^{-1} B^T x \quad (2) \\ B &= \begin{pmatrix} X_1 Y_1 Z_1 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_1 X_1 - u_1 Y_1 - u_1 Z_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_1 Y_1 Z_1 1 & -v_1 X_1 - v_1 Y_1 - v_1 Z_1 \\ X_2 Y_2 Z_2 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_2 X_2 - u_2 Y_2 - u_2 Z_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_2 Y_2 Z_2 1 & -v_2 X_2 - v_2 Y_2 - v_2 Z_2 \\ & & & & & \vdots \end{pmatrix} x = \begin{pmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ \vdots \end{pmatrix} \end{aligned}$$

なお、DLT 法では一般的に設定座標が多いほど精度が高くなる。

3.2 キャリブレーション座標の取得

本研究では、カメラキャリブレーションにユーザの腕を用いる。腕の長さ、肩幅、上腕、前腕の比に注目し、胸部中心を原点とした相対的な 3 次元座標を取得する。本研究では、腕の長さとし、上腕と前腕の比をそれぞれ 1.5:1, 1:1 とし、長さを 150, 100, 75, 75 とした。

キャリブレーション作業ではユーザが 4 つの姿勢をとり、両手の座標を取得する。両手には、あらかじめ HSV 値を測定したカラーマーカを装着する。取得された色領域の重心を算出し、それをキャリブレーション座標とする。ユーザが行う姿勢と設定した 3 次元相対座標を図 1 に示す。

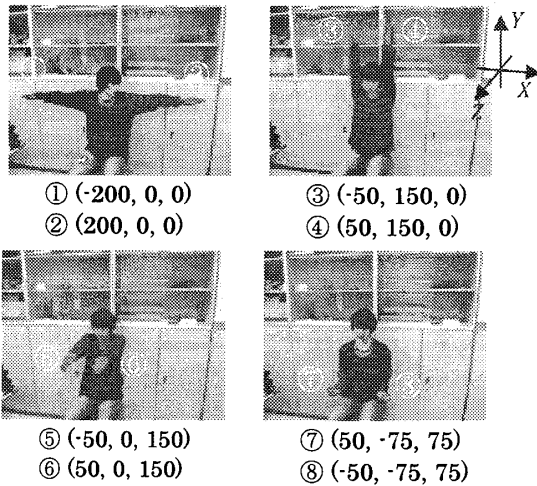


図1 姿勢と3次元相対座標

3.3 3D アバターへの動作マッピング

ユーザの上半身には簡易カラーマーカを装着する。マーカは事前にあらかじめ HSV 値を取得しておく。また、マーカは背景色と区別しやすい色を使う。

システム使用時の処理として、まず背景差分画像を作成する。背景は室内の自然背景とする。作成された背景差分画像から、マーカ色と類似した画素をもつ領域の重心を算出し、これをマーカ座標とする。カメラパラメータ p, p' を用いて各カメラから取得されたマーカ座標 (u, v) , (u', v') を 3 次元座標 X に変換する方法を式(3)に示す。

$$X = (S^T S)^{-1} S^T q \quad (3)$$

$$S = \begin{pmatrix} p_9 u - p_1 & p_{10} u - p_2 & p_{11} u - p_3 \\ p_9 v - p_5 & p_{10} v - p_6 & p_{11} v - p_7 \\ p'_9 u' - p'_1 & p'_{10} u' - p'_2 & p'_{11} u' - p'_3 \\ p'_9 v' - p'_5 & p'_{10} v' - p'_6 & p'_{11} v' - p'_7 \end{pmatrix} \quad q = \begin{pmatrix} p_4 - u \\ p_8 - v \\ p'_4 - u' \\ p'_8 - v' \end{pmatrix}$$

取得されたマーカの 3 次元座標を用いて、3D アバターへの動作マッピングを行う。本研究では、上腕と前腕に見立てた円柱を動かすことで腕の動作を表現する。

4 実験と評価

4.1 3次元座標復元実験

本稿で述べたカメラキャリブレーションと 3 次元復元の実験を行った。3D アバターの姿勢を決定する際に、上腕と前腕の角度を用いる。実験では 3 点の 3 次元座標を復元し、得られた 2 つのベクトルの角度を算出した(図 2)。

実験では、90°より 180°の復元時に大きな誤差が発生した。これより、腕を伸ばしている姿勢の復元時に、違和感が強く出ると考えられる。

4.2 復元時の誤差の影響

4.1 で確認した誤差のアバター姿勢復元への影響を調べる。本研究で目標とする妥当な姿勢復元とは、ユーザ姿勢とアバター姿勢を比べ、違和感が少ないものとする。

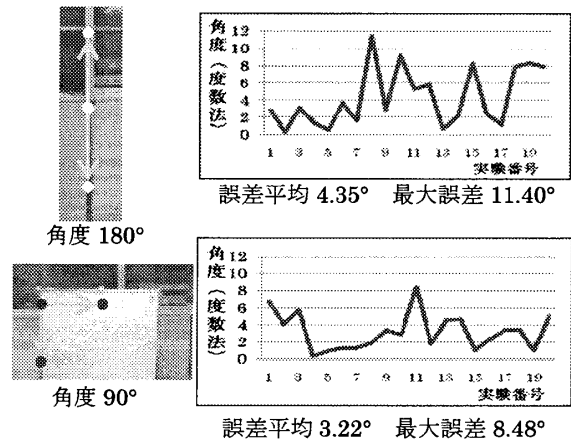


図2 角度復元時の誤差

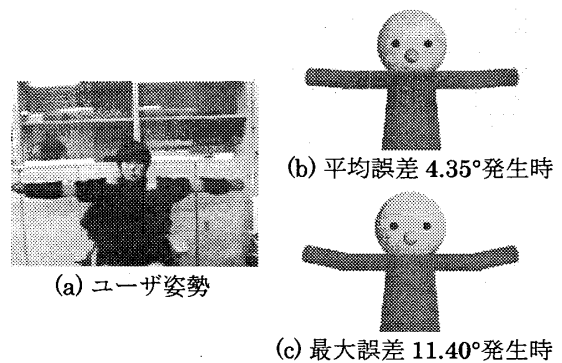


図3 誤差のアバター姿勢への影響

図3は誤差が発生した際にもっとも違和感が発生すると考えられる腕を伸ばした姿勢である。(a)が腕を広げたユーザ姿勢、(b)が前腕と上腕に 180°の復元時に確認された平均誤差 4.35°の角度を設定したアバター姿勢である。(b)では腕が若干曲がっていることが確認されるが、一般ユーザが使用するアバター制御では許容できる誤差だと考えられる。(c)では腕が曲がっていることが明確にわかり、十分な精度とは言い難い。復元時の発生する誤差を小さく、安定にすることが課題となる。

5 まとめ

本稿では、一般ユーザがアバターを制御するためのモーションキャプチャを想定し、モーションキャプチャに利用する人体情報を用いたカメラキャリブレーション手法を提案した。これは、ユーザが特定の姿勢をとることでカメラパラメータを算出する方法である。実験では、復元実験と姿勢復元時に誤差が与える影響について考察した。今後は、精度を安定させ、違和感を抑えることが課題となる。

参考文献

- [1] 奥富 正敏 ほか：デジタル画像処理，財団法人 画像情報教育振興協会(CG-ARTS 協会)，2004