

知っておきたいキーワード

モーションキャプチャ

中澤 篤志[†]

[†] 大阪大学 サイバーメディアセンター

"Motion Capture Systems" by Atsushi Nakazawa (Cybermedia Center, Osaka University, Osaka)

キーワード：モーションキャプチャ、人体計測、コンピュータグラフィックス

まえがき

モーションキャプチャシステムは、人体や動物、物体の位置や関節の時系列の動きを計測するシステムで、映像分野では映画やアニメーション、ゲームやユーザインタフェースの分野で盛んに用いられるようになった。特に現代の映像制作において、実写と見間違

うほどのコンピュータグラフィックス(CG)の制作が可能になったのは、映像の描画(レンダリング)技術のみならず、モーションキャプチャによるリアルな人体動作の取得技術による貢献も大きい。また映像分野のみならず、人体の運動解析やリハビリテーション、ヒューマノイドロボットの動作教示、車や住宅機器のユーザビリティ評

価など、その応用範囲も急速に拡大しつつある。この解説ではまず、現在用いられているモーションキャプチャシステムの種類について述べ、次にインターネットで公開されているデータベースと動作データの種類について紹介し、最後にCG研究におけるモーションキャプチャシステムの利用技術について紹介する。

モーションキャプチャシステムの分類

モーションキャプチャシステムはさまざまなものが市販されているが、商用システムのほとんどは、体の各部位に標識(マーカ)を取り付け計測を行うシステム(装着型モーションキャプチャシステム)である。これらは、(1)光学式、(2)磁気式、(3)機械式、の3種類に分類できる。装着型モーションキャプチャの利点は、人体に機器を装着することで安定した位置・関節角度推定を実現したことである。光学式

においては、体の表面に目印となるマーカを取り付け、複数のカメラでマーカを撮影することで関節の位置を推定する。人体そのものではなく、目印となるマーカを用いることで、安定した推定を行うことが可能である。磁気式および機械式においては、体の各部分に方向や角度を測る機器を装着することで、関節の角度を直接計測することが可能である。問題点として、対象となる人体の表面にマーカを装着する手間があること、マーカにより動きや衣服に制約が生じること、特に光学式ではデータの後処理が必要なことが挙げ

られる。

一方、体に機器やスーツを装着せず関節角度を計測しようとする、非装着型モーションキャプチャも研究が行われている。これは、カメラから撮影された画像を解析して、人体の関節角度を得ようとするものである。体表面にマーカを取り付けることがないため、アクターは撮影範囲内で自由に行動できるという利点があるが、計測の安定性、推定精度の点から問題点も多く、広く用いられているとはいえない。

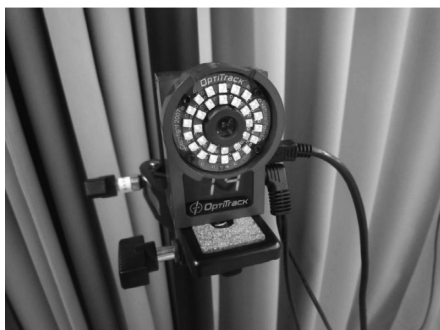
光 学 式

光学式モーションキャプチャシステム(図1)の原理は、1980年にRashidらによって提案された¹⁾。このシステムは、体の各部位にマーカ(電球)を取り付け、その位置を複数のカメラで撮影し、ステレオ(三角法)の原理で3次元位置を推定するものであり、現在の光学式モーションキャプチャシステムも、基本的に同様の手法を使っている。現在市販されている主な商用モーションキャプチャシステムでは、複数の赤外線カメラおよび赤外線投光器を

用い、人(アクター)は反射素材でできたマーカを体に取り付ける。赤外線カメラには、赤外線投光器の光を反射したマーカが写る。各カメラで得られたマーカをカメラ間で対応付けし、ステレオ法によりマーカ個々の3次元位置を求める。得られたマーカ群から、あらかじめ定義した人体の多関節モデルにマッピング(インバースキネマティクス)することで、人の位置、関節角度などを求めることができる。

本手法の長所としては、①マーカ自身が小型・軽量でありワイヤーなどの接続物がないため、アクターの動きが

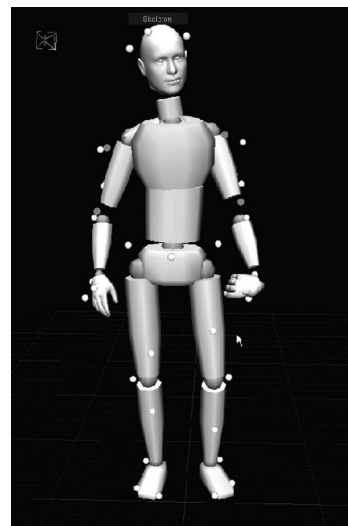
比較的自由である、②カメラのシャッタースピードを変化させて、高い周波数で計測を行うことができる、③位置の検出精度が高い、等があげられ、一般的に広く用いられている。一方で、多くのカメラ(最低3台、一般的には8台以上)を設置する必要があることなどから高価であり、使用前に①カメラの校正(キャリブレーション)を行う必要がある、②3次元位置推定のためのマーカの対応付けを手動で補正する必要がある、等の問題点もある。



モーションキャプチャ用赤外線カメラ
および赤外線投光器



マーカを取り付けられたアクター



モーションキャプチャデータ
(点群およびキャラクターのマッピング結果)

図1 光学式モーションキャプチャシステムの一例 (Natural Point社 OptiTrack)

磁 気 式

磁気式モーションキャプチャシステムは、計測範囲内に磁界を発生される磁場発生装置と、アクターの人体に取り付けた磁界を検出するセンサから構成される。センサは磁場の強さおよび

方向を検出できるため、センサの磁場発生装置に対する位置およびセンサの方向を推定することができる。本手法の長所は、光学式に比べデータの後処理の必要がない点、リアルタイムで計測を行うことができる点などがあげられる。問題点として、個々のセンサには

ケーブルが取り付けられているため、アクターの動きを制限しがちであること、計測範囲内に金属類がある場合などには、データのノイズが大きいためあげられる。

機 械 式

機械式モーションキャプチャシステムは、体の各関節間に機械的に角度を測る装置を取り付けることで、全身の姿勢を推定する方法である。体の周囲

を取り囲むように機械的な計測器を取り付けるため、アクターの動きはもっとも制限される。一方で、光学式、磁気式に比べて比較的安価であること、計測範囲を選ばないことなどが長所としてあげられる。市販化されているも

のは、各体部位間に直接角度を計測する装置を取り付けるなど、大がかりなものが多いが、ジャイロセンサなど比較的計量なセンサを用いて、屋外での動作を計測するシステムなどの開発も行われている。

モーションキャプチャデータベース

前述したモーションキャプチャシステムは、比較的高価なデバイスであり、また、データを取得するには、システムエンジニアやアクターの準備、取得した後のデータのクリーニング等が必要であり、気軽に誰でもモーションキャプチャセッションを行えるわけではない。そのため、さまざまなカテゴリーのモーションキャプチャデータをインターネット上でダウンロードし、利用できるデータベースがいくつか提供されている。その中で最も広く使われているものが、カーネギーメロン大学(CMU) コンピュータグラフィックスラボのCMU Graphics Lab Motion

Capture Database (<http://mocap.cs.cmu.edu/>) であり、事実上、モーションキャプチャデータを扱う研究を行う上での標準データセットとなっている。このデータベースは、さまざまなカテゴリーのアクターの動きを、Vicon社の光学式モーションキャプチャシステムで取得し、一般に公開しているものである。動作のカテゴリーや

データ形式は、表1のようになっている(ただし、このデータは順次追加されているようである)。ダウンロード等は、誰でも自由に行い使用できるが、本データを利用した著作物には、リファレンスを入れる等の既定があるので、詳しくは本データベースのページを確認されたい。

表1 CMU Graphics Lab Motion Capture Database

| | |
|-------|--|
| データ形式 | TVD, C3D, AMC (モーションキャプチャデータ) AVI, MPG (キャプチャシーンおよびレンダリング結果のアニメーション) |
| 動作の種類 | Human Interaction Interaction with Environment Locomotion Physical Activities & Sports Situations & Scenarios Test Motions |

モーションキャプチャデータの種類とソフトウェア

上述のCMU Motion Capture Databaseでも、いくつかのファイル形式でデータが用意されているのがわかるように、モーションキャプチャデータのファイル形式には、いくつかの種類がある。また同様に、モーションキャプチャデータを利用するソフトウェアにも、いくつかの種類がある。

代表的なファイル形式

(1) TVD: 主に、Vicon社のモーションキャプチャシステム上で使用されているマーカの2次元座標データ等から構成されるデータ形式であるが、他社のソフトウェアでも多くサポートされて

いる。

(2) C3D: TVDのデータを処理した後に得られた3次元座標値が格納された形式。主に、Vicon社のモーションキャプチャシステムで用いられていたが、他社のソフトウェアでも多くサポートされている。

(3) BVH: 最も標準的なモーションキャプチャデータ形式。基本的には、対象のリンク構造と時系列の関節角度値から表現されている。マーカの3次元データを関節構造(キャラクタ)に当てはめ、逆運動学を解くことによって求められる。

(4) ASF/AMC: BVHデータと同様であるが、関節構造(スケルト

ン)の表現形式が異なる。

これらのモーションキャプチャデータを取り扱うソフトウェアも、さまざまなものがあるが、モーションキャプチャデータを取り扱うことに中心が置かれたものと、CGやアニメーション制作(レンダリング)に中心が置かれた製品があり、特に後者はほとんどが有償製品である。前者の代表的な製品としてMotionBuilder (AutoDesk)があり、後者としては、Poser (Curious Lab社)、Softimage XSI, Maya, 3D Studio Max (Autodesk社)などがある。前者のうち日本製の高性能なフリーソフトウェアとして、Toystudio (<http://kotona.bona.jp/>) などがある。

モーションキャプチャの関連技術と技術動向

モーションキャプチャシステムはすでに、映像やゲーム分野などで盛んに利用されているが、アカデミックな分野での先進的な研究に関しては主に、ACM SIGGRAPH, ACM Transaction of Graphics (TOG), Computer Graphics Forum (EUROGRAPHICS) など

で最新の成果が発表されている。特にACM SIGGRAPHでは2001年より、"Character Animations"や"Animation from Motion Capture"と名付けられたセッションが設けられ、グラフィックスの一分野としてとりあげられている。近年の研究動向として、Motion Graphs²⁾に代表されるようにさまざまなモーションキャプチャデータを組合せて望む動作を生成する技術やその即

時性向上・高速化技術、モーションキャプチャデータに対象のダイナミクス(動的特性)を考慮することでよりリアルな生成結果を得る技術³⁾、モーションキャプチャデータの検索技術⁴⁾、動作生成のユーザインタフェース技術⁵⁾、モーションキャプチャスタジオではなく屋外でもデータ取得可能な新しいモーションキャプチャ技術⁶⁾などが発表されている。
(2009年7月16日受付)

参考文献

- 1) R.F. Rashid: "Toward a System for the Interpretation of Moving Light Display", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI), 2, 6, pp.574-581 (1980)
- 2) L. Kovar, M. Gleicher, and F. Pighin: "Motion Graphs", ACM Transactions on Graphics, 21, 3, pp.473-482 (2002)
- 3) K. Yin, K. Loken and M. van de Panne: "SIMBICON: Simple Biped Locomotion Control", ACM Transactions on Graphics, 26, 3, pp.105-113 (2007)
- 4) M. Müller, T. Röder and M. Clausen: "Efficient Content-based Retrieval of Motion Capture Data", ACM Transactions on Graphics, 24, 3, pp.677-685 (2005)
- 5) M. Thorne, D. Burke and M. van de Panne: "Motion Doodles: An Interface for Sketching Character Motion", ACM Transactions on Graphics, 23, 3, pp.424-431 (Aug. 2004)
- 6) D. Vlastic, R. Adelsberger, G. Vannucci, J. Barnwell, M. Gross, W. Matusik and J. Popović: "Practical Motion Capture in Everyday Surroundings", ACM Transactions on Graphics, 26, 3, pp.35:1-35:9 (2007)



ながさわ あつし
中澤 篤志

1999年、大阪大学大学院基礎工学研究科博士前期課程修了。2001年、同大学大学院博士後期課程修了。同年、科学技術振興事業団研究員(東京大学生産技術研究所)。2003年、大阪大学サイバーメディアセンター講師。2007年~2008年、ジョージア工科大学GVU Center客員研究員。画像計測、コンピュータグラフィックス、ロボティクス人体動作解析および生成の研究に従事。博士(工学)。

キーワード募集中

この企画で解説して欲しいキーワードを会員の皆様から募集します。ホームページ (<http://www.ite.or.jp>) の会員の声より入力可能です。また電子メール (ite@ite.or.jp), FAX (03-3432-4675) 等でも受け付けますので、是非、編集部までお寄せください。
(編集委員会)