

## リアルタイム・モーションキャプチャの放送利用

久野 忠文\* 坂本 敏幸\* 佐藤 裕幸\* 坂井 滋和\*\* 福井 一夫\*\*\*

NHK放送技術局 番組送出センター\*

〒150-01 東京都渋谷区神南2-2-1

九州芸術工科大学 画像設計学科\*\*

〒815 福岡市南区塩原4丁目9-1

NHK放送技術研究所 先端制作技術研究部\*\*\*

〒157 東京都世田谷区砧1-10-11

人間の身体の動きをセンサでデータ化することにより、CGキャラクターがいきいきとリアルタイムで動く、リアルタイムモーションキャプチャシステムを開発した。その際、データを取得する人間の体型とCGキャラクターの体型の違いから、データをそのまま使うことができない問題点に着目し、その解決方法を試みた。その結果、データを取得する人間が異なる場合でも、CGキャラクターにはほぼ同じ動きをさせることが可能なシステムとなったので報告する。また、このシステムを使用してハイビジョン番組を制作した例について紹介する。

## Realtime CG Animation with Motion Capture in Broadcast Program

Tadafumi Kuno\* Toshiyuki Sakamoto\* Hiroyuki Sato\* Shigekazu Sakai\*\* Kazuo Hukui\*\*\*

Broadcast Engineering Department\*

NHK (Japan Broadcast Corporation)

2-2-1 Jinnan, Shibuya-ku, Tokyo 150-01, Japan

Department of Visual Communication Design\*\*

Kyushu Institute of Design

4-9-1 Shiobara, Minami-ku, Fukuoka 815, Japan

Program Production Technology Research Division\*\*\*

NHK Science and Technical Research Laboratories

1-10-11 Kinuta, Setagaya-ku, Tokyo 157, Japan

This paper describes a newly developed system for real-time computer graphics animation with the motion capture technology. In the case using motion capture, there are some problems that are caused by the difference between the form of a motion detected man and the one of a virtual character. We propose the method to solve them in small calculation, and the system is based on this method. We introduce the case to make the variety broadcast program with the system.

## 1. はじめに

コンピュータグラフィックス（CG）が放送番組の中で使われるようになって久しい。NHKスペシャル「人体」「生命」のようにCGなくしては成り立たない番組も現れてきた。しかし、ドラマやバラエティなどでは、依然使われる頻度は非常に少ない。

現実には存在しない人、動物、ロボットなどが、現実の人々と同じ画面の中で会話し、ふれあう映像や、カメラでは撮影できない世界を人々が体験する映像は、本来「つくりもの」であるドラマでは、より需要が大きいはずである。実際、最近の映画では、CGで作出されたキャラクターを主人公とした作品が話題作として紹介されている。

なぜ、放送番組の本編でCGが使われにくいのだろうか。基本的にコストや時間がかかるという従来から指摘されている問題点がある。それ以外に、実写とCGを別々に作って後から合成するという映画では一般的な手法は、質の高い映像を制作できるものの、放送番組の制作現場ではなじまない場合も多い。なぜなら、演出側（ディレクタ）が制作現場（スタジオ、ロケなど）で完成映像を確認しながら制作を進めるという方法が一般的だからである。またバラエティ番組のように、そのおもしろさが出演者のアドリブや、制作スタッフそれぞれの瞬一瞬の判断に負うような場合、それに対応できないようでは使いものにならない。

以上のような状況を考慮し、CGの番組利用をより促進するため、以前から操作をしたりデータを受信すれば、すぐにCG映像として出力される、リアルタイムアニメーションの方法をいろいろ試みてきた(1)(2)。そのなかでCGキャラクターをリアルタイムで動かす手法では、人間の動きをデータ化しキャラクターにあてはめるモーションキャプチャの利用を検討してきた。

今回、動きを取得する人間とCGキャラクターの体型の違いに着目し、その差を補正する方法について検討したので報告する。また、この考えをシステム化し、番組に使用した例を紹介する。

## 2. リアルタイムモーションキャプチャ

### 2. 1 現状と問題点

リアルなCGを作りたいというのは、CG制作者の共通した願いであろう。その中で、人間などのキャラクターをリアルに動かす方法として、モーションキャプチャが研究されてきた(3)。

たしかにモーションキャプチャシステムを使えば、それぞれ個人の動きデータを得ることができる。しかしその動きデータをCGキャラクターに対して使用する場合、データを得た人の体型と、キャラクターの体型が異なるのが常である。とすれば、もしデータから単純に関節の角度を算出し、そのままCGキャラクターにあてはめたなら、拍手をしているのにキャラクターの手が当たっていないとか、歩いているのに足が滑るなどの不都合が起きることは、容易に想像できる(図1)。しかし我々が必要なのは、人間のように動くCGキャラクターなのだとすれば、この問題はまず第一に解決する必要がある。

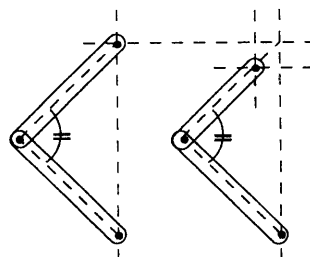


図1 比率が異なる腕に角度のみを当てはめた例

現在市販されているモーションキャプチャシステムの基本的な考え方は、できるだけ正確な動きのデータを取得することである。一方、CGアニメーションソフトウェアは、データどおりにアニメーションを行うことが第一である。したがって、ここまで述べてきた問題は、データを取得する人間の体型とCGキャラクターの体型をほぼ一致させる、目立たないような動きを使用する、またはアニメーター個々の努力に負うなどの方法で解決が図られてきた。

## 2. 2 基本となる考え方

上記の問題が生じることを考慮して、動きの種類を特定することなく、かつリアルタイムに体型の違いの問題を処理可能な方法を試みたので以下に説明する。

例えば、人間がテーブルの上のコップをつかむ場合を考えてみる。我々は、「コップをつかむ」ことは意識するが、それまでに腕をどの経路で動かすかとか、腰をどのぐらい曲げるかなどについては無意識である。しかし、全身それぞれの関節がうまく調和して動いており、この微妙な動きこそが人間らしさとなるわけである。

その微妙な動きを得るためモーションキャプチャを使うわけだが、関連する動きをすべてデータとすることはできないし、得られたデータを、体型の異なるCGキャラクターにすべてあてはめることはできない。そのままあてはめると、データと同じ意味を持つ動きではなくなる恐れがあるからである。

今回のモーションキャプチャシステムでは、動きの意味を表すデータをセンサで得ること、意味をできるだけキャラクターの動きで再現するよう取得したデータを扱うこと、処理がリアルタイムで可能なこと、を目標とした。

基本的な考え方は以下の通りである。

リアルタイムで処理するために、センサで取得する位置または方向のデータは、必要十分なものとする。そこで、動きの中で注目すべき点を、手先、足先、頭とする。さらにこれらをつなぐ点として、首の付け根、腰にも注目する(図2)。

これらの点について、センサで位置および方向を計測する。これらの点の方向および点相互の位置関係を保存することが、動きの持つ意味を最も保存すると仮定する。そして、データを取得する人におけるこれらの方向および位置関係が、キャラクターでなるべく再現されるようにする。逆に、これらの点の間をつなぐ部位の位置および方向は、動きの持つ意味にはあまり影響しないと仮定し、センサで計測するのではなくコンピュータ上でもっともらしい値を与えることとする。

## 2. 3 具体的な実現方法

具体的な方法について、手・腕を例に説明する。

手・腕の動きで注目する点は、手先と首の付け根である。肩は、首の付け根の延長上にあると仮定し、肩単独の動きは考慮していない。

まず、手先の位置を求める。手は胸に対して親子関係を持つ方があとの処理が簡単になるので、手先の位置は、首の付け根の回転を考慮した相対位置で求める。次に、手先と首の付け根の二つの点の位置関係を扱いやすい値に正規化する。例えば左右方向なら、腕をまっすぐ下げた(肩の位置)状態を0.0、左右にまっすぐ広げた状態を1.0とする。(図3)。すると、腕の左右方向に関する値は、腕を曲げた場合は0.0と1.0の間の小数点値となり、腕を逆の腕の方へ曲げた場合は、負の値となる。他の方向についても同様な変換を行うことで、正負の判定、簡単な大小比較などで先端位置や他の先端との位置関係が取得できるようになる。

この値に対して、キャラクターにおける値を対応させる関数を作成する。具体的には、例えば左右方向なら、まっすぐ広げる、肩をさわる、顔をさわる、両手を合わせる、反対の肩をさわる、のそれぞれの位置で、データの値とキャラクターの値を対応させたテーブルを作成する。キャラクターの手先の位置は、データ値に対応するテーブル値か、前後するテーブル値のリニア補間で得ることとする。

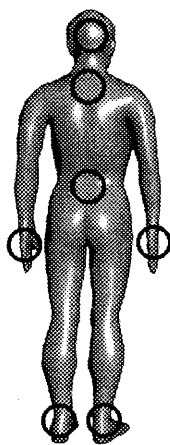


図2 注目点

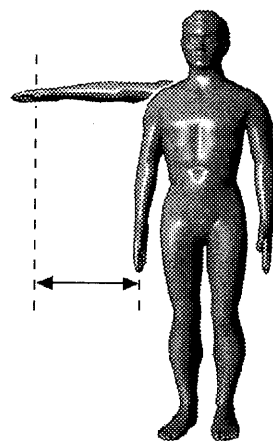


図3 正規化

る(図4)。さらに、このテーブルを異なる注目点の間でも整合性を持つように拡張すれば、頬をさわる、膝に手をつく、などの動作でもキャラクタがそのように動くようになる。

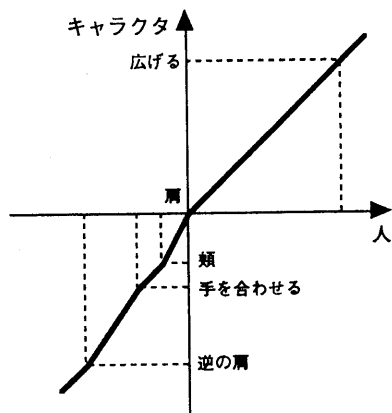


図4 人からキャラクタへの変換関数

先端の位置を特定できたので、この得られた値をもとに、肩の回転および肘の曲がりの角度を計算する。具体的には、キャラクタの上腕と前腕の長さの比率と先程の関数で求められた値をもとに、肩2自由度、肘1自由度として逆変換により角度を求める。この場合、肘の位置が不定となるが、それに関してはコンピュータ上でもっともらしい位置を推定し、その値を与えることとした。最後に、キャラクタに関して得られた先端位置と、もともと得た手先の角度の値を、手の位置および角度として使用する。

#### 2.4 検証と問題点

以上の方法をもとに、実際に人間に装着したデータを用いて、キャラクタの動きを検証した。

手の動き、足の動きに関しては、操作者が目的とした動きに対して、キャラクタもそれに類似した動きを行った。例えば、両手で頭をつかむ動きをしたところ、キャラクタにおいても手がきちんと頭に触る結果が得られた。従来のリアルタイム・モーションキャプチャでは、頭を触るように、

操作者が出力される映像を見ながら手の位置を調整していた。それに比較して、操作者は、自然な動きをすればよいので操作が楽になった。

今回、位置について注目したが、その点での回転については、装着した時点で初期化を行ったのみである。実際に動きの中で得られた値に対しては何も処理をせず、そのままキャラクタのある点を中心とした回転とした。手先など末端の回転単独では、問題とはならなかったが、腰、首などの回転での誤差は、末端での位置に影響する。したがって、操作者がその場で向きを変えるなど回転をとまなう動きを行った場合、末端位置のずれとして現れた。

### 3. システムの構築

ここまでの結果にもとづき、演出側の要望を可能な限り満足させるリアルタイム・アニメーションシステムを構築する。

#### 3.1 仕様

今回の番組「1125ハイビジョンの日特別番組～夢追い人たち」での演出側からの要求は、スタジオバラエティ部分で、人類の祖先ルーシーにスタジオで他の大勢の出演者とかけ合いをさせたいというものである(図5)。

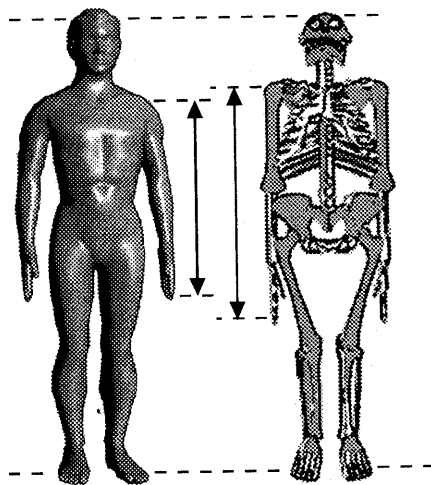


図5 ルーシーと現代人の比較

ルーシーとは、350万年前に実在した人類の祖先といわれている猿人で、アフリカでその骨の化石が発見された。この番組でも、骨だけのキャラクターとして登場する。

この要求を実現させるためには、CGでリアルタイムに動く骨格キャラクタを生成し、会話が弾むかけ合いを実現させなければならない。また、バラエティである以上、ルーシーが出演している映像でもカメラワークが必要である。しかもハイビジョンで映像を出力しなければならない。

### 3.2 システムの構成

仕様と実現性を考慮し、以下のようなシステムとした(図6)。

#### 3.2.1 GWS

実際にCGを生成するコンピュータ(GWS)は、ハイビジョンでも耐えられる映像を生成するために、できるだけ画像生成能力が高いGWSを使用した。また、グラフィックボードを拡張することでハイビジョンで直接出力できるGWSを使用し、ハイビジョンの高解像度を損なわないようにした。

このGWSに対して、以下に説明するデータを直接、リアルタイムに入力してやることでCGキャラクタを生成する。

#### 3.2.2 モーションキャプチャ

モーションキャプチャでは、まず全身の動きを得るために、磁気センサを利用した。磁気センサは、発信器が作る磁場の中で、センサそれぞれの位置と向きを得ることができる。磁気センサの数は両手、両足、頭、首、腰で計7個である。これらのセンサを容易に人間に装着できるように、専用の装着具を使用する。

その他、指や口の動きを得るために、ひずみゲージセンサを利用した。ひずみゲージとは、物体表面の伸び縮みを測定するセンサである。今回は、ひずみゲージを計9チャンネル使用した。

以上のデータは、RS232Cで、それぞれ毎秒30回、コンピュータに入力される。

#### 3.2.3 電子セット

CG合成画面においてカメラワークを可能とするため、NHKスペシャル「人体II・脳と心」、平成7年参議院選挙開票速報等で活躍した電子セットシステムを組み込んだ。これはカメラの向きと、画角・フォーカスのデータがリアルタイムで取得できるものである。カメラデータを取得するために、ロータリーエンコーダなどを組み込んだ雲台およびズームレンズを使用している。

このデータは、イーサネット毎秒30回、コンピュータに入力される。

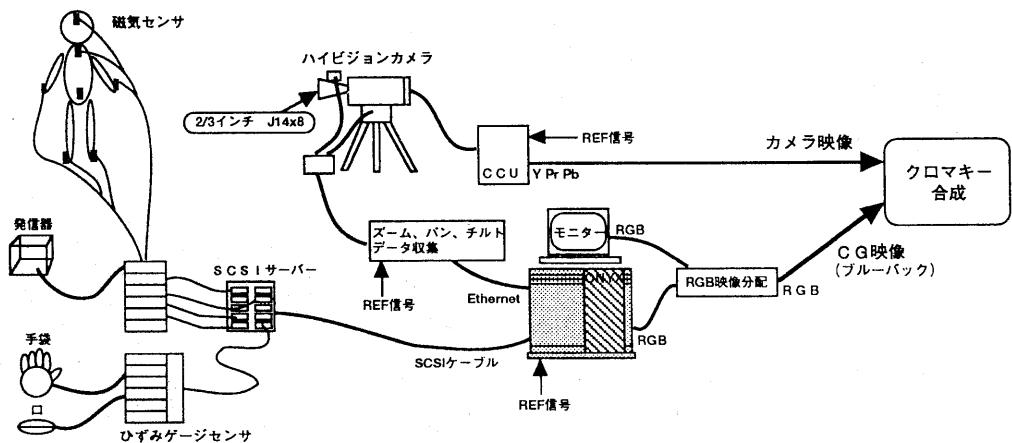


図6 映像および制御系統図

### 3. 2. 4 ソフトウェア

これらのデータを使用して、CGキャラクタを表示するソフトウェアは、すべてオリジナルである。キャラクタのポリゴン数は約4300ポリゴンである。映像表示部分とデータ受信および逆変換などの計算を行う部分にプロセスを分け、タイミングを合わせることで、最終的に30フレーム/秒の描画レートを確保した。

以上のような構成のシステムで生成されたCGキャラクタ映像は、背景をブルーとし、電子セット用カメラの出力とクロマキー合成し、最終的な映像とする。

## 4. システムの運用

### 4. 1 準備

実際にキャラクタを動かすために、ぬいぐるみを使う番組と同様に、キャラクタの動きと声の担当をわけ、それぞれに専門家をあてた。声の担当には、口の動きを得るセンサを装着し、話したとおりにキャラクタの口が動くようにした。また、操作に慣れてもらうため、事前によりハーサルを行った(写真1)。実際の動きとキャラクタの動きが異なる部分や遅れがある点を心配していたが、動き担当はその違いを考慮して操作をすることができるようになった。

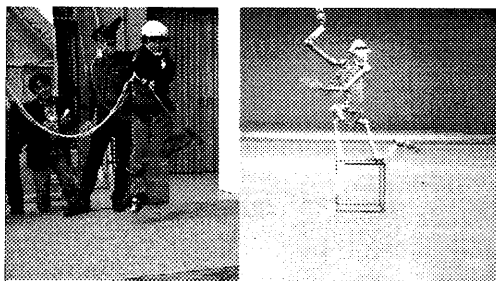


写真1 テスト風景

各種のセンサの中で、磁気センサは他の機器が発する磁界や、建物にある残留磁気の影響を受けるので、計測場所が限定される。そこで、スタジオでモーションキャプチャが可能かどうか事前に

テストを行った。木製舞台を使ったところ結果は良好だったため、収録当日、すべての機材をスタジオに持ち込むこととした。

### 4. 2 収録

収録は、NHK 101スタジオで行われた。

モーションキャプチャを行う位置は、メインセットと反対側の隅の方となった。それでも、それぞれの担当者にメインセットが見えるように配置し、収録に一体感が得られるよう配慮した。

CGキャラクタが登場するカットでは、電子セットを使うため、カメラ三脚を固定したあと、現実のカメラ位置とコンピュータの中の仮想のカメラを一致させる作業が必要である。従来の収録現場にない作業なので、現場の流れを損なわないよう十分注意を払いつつ行った。

CGキャラクタ担当者、スタジオ収録担当者双方にとって慣れない作業が重なり大変だったが、4シーン計6分20秒のハイビジョンCGをスタジオ作業の中で制作することができた(写真2、3)。



写真2 番組から・ラジオ体操をするルーシー



写真3 番組から・肩をもらってもらう

## 5. おわりに

今回、リアルタイム・モーションキャプチャCGのシステムを使用し、スタジオ番組収録の現場で、CGキャラクターの映像と実写のカメラ映像を合成した。したがって、演出側も違和感なくCGキャラクターを使うことができた。

CG機器をスタジオの番組制作現場に持ち込んで、リアルタイムCGと実写を合成する方法は、今回のようなCGキャラクターだけではなく、バーチャルセットでも基本的には同様である。今後、このような制作形態が増加していくと考えられるだけに今回の経験は大変貴重なものであった。

今後は、キャラクターの動きをより正確にすると同時に、操作者への負担を軽減するようシステムを改善したい。また、皮膚を持ったキャラクターや服を着たキャラクターをCGでいきいきと動かす方法を検討し、番組で使用可能なシステムを新たに構築していきたい。

### 参考文献

- (1) 長谷波：「NHKスペシャル「人体II」における「電子セットシステム」」1993.11、PIXEL No.134 pp110-113
- (2) 鈴木他：「電子セットシステムの生放送番組への応用」1995、第11回NICOGRAPH論文集 pp18-23
- (3) Matt Elson 他："Course Notes : Charactor Motion Systems" 1994、ACM SIGGRAPH94
- (4) 久野：「ひずみゲージを利用したキャラクターリアルタイムアニメーション」1993.9、TV学会技術報告 VOL.17,NO.55 pp31-36