

## ネットユーザー参加型 3DCG アニメーション作成システムの構築

小坂 崇之<sup>†</sup>      中沢 実<sup>†</sup>      服部 進実<sup>†</sup>

<sup>†</sup>金沢工業大学工学部情報工学科

〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘 7-1

Tel: 076-248-1100, E-mail: {kosaka,nakazawa,hattori}@infor.kanazawa-it.ac.jp

近年、コンピューターグラフィックス(以下,CG)の技術は急速に発展し我々の目にも触れる機会が多くなり身近なものとなった。CGは新たな表現の手段として映画やゲームなどの分野でその地位を築き上げている。しかし、CGを作成するには膨大な費用と時間、そして作成者の技術力が必要不可欠である。特に人の自然な動きを表現するには骨格とその動きを理解する必要があり、CGアニメーションを製作する際の大きな障害となっているのが現状である。

本研究ではユーザが人体モーションを Web ブラウザー上で容易に作成でき、また、作成したモーションデータをデータベースに格納することによりデータの再利用が可能なモーションコンテンツシステムを開発するものである。

キーワード: コンピューターグラフィックス, ヒューマンモーション, アニメーション

## The Construction of a Network user participation type 3DCG Animation Creation System

TAKAYUKI KOSAKA<sup>†</sup>    MINORU NAKAZAWA<sup>†</sup>    SHIMMI HATTORI<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Department of Information Engineering, Kanazawa Institute of Technology

7-1 Oigigaoka, Nonoichi, Ishikawagun, Ishikawa 921-8501, Japan.

Tel: 076-248-1100, E-mail: {kosaka,nakazawa,hattori}@infor.kanazawa-it.ac.jp

In recent years, technology of computer graphics has been growing up quickly. Computer graphics are becoming familiar to us and also playing important role of field of movie, game and so on. However, much cost and highly trained skills are required to create computer graphics, we are required to have much cost, and high technical skill. In particular, when expressions of natural human motion is to be created. These aspects obstacles are huge in Computer graphics animation field.

In our proposed system, users create human motion easily on web browser, creating motion data and storing data-base.

Key Word: Computer Graphics, Human Motion, animation

## 1. はじめに

近年、コンピューターグラフィックス(以下,CG)の技術は急速に発展し我々の目にも触れる機会が多くなり身近なものとなった。例えば、先日公開され話題を呼んだ「ダイナソー」や 98 年に公開された「タイタニック」では写真と見間違うほど精密かつ精巧に作られた背景、CG とは思えないほど自然な人の動きが合成されている。このように CG は新たな表現の手段として映画やゲームなどの分野でその地位を築き上げている。しかし、CG を作成するには膨大な費用と時間、そして作成者の技術力が必要不可欠である。特に人の自然な動きを表現するには骨格とその動きを理解する必要があり、CG アニメーションを製作する際の大きな障害となっている。

現在、人の動きを CG として作成する際、モーションキャプチャー等を用いて直接人の動作を測定するのが一般的である。しかし、現在のモーションキャプチャーの殆ど[1]は、身体各部に工学センサ・磁気センサ等のデバイスを装着しなければならず、また、システム使用前準備が煩雑であり利用者にしてみれば体に余計なデバイスが装着され物理拘束が増すことにより、ストレスを増大させてしまう恐れがある。一方、非接触式と呼ばれる身体デバイス装着無しに姿勢・動き情報をコンピュータに入力することで、汎用性を高めたシステムも研究されている[2]が、入力場所が限られており、入力可能な姿勢・動きが少ない等、未だ実用化には至っていない。しかも、モーションキャプチャー等を用いて作成されたモーションデータには一般的に汎用性が無く、新しい人の動きの CG を作成するには新たなモーションデータを取り直さなければならない。しかも、現在のモーションキャプチャーシステムの殆どは汎用的な機材を使用していないため非常に高価である。したがって、コンピュータの発達により CG アニメーションは格段に身近なものとなりつつあるが、製作する手間の面ではまだまだ大きな問題を抱えているのが現状である。

様々な種類の人体アニメーションを少ない労力と時間で合成できる手法として、既に制作された複数の人体アニメーションを融合する方法が考えられる。例えば、「人が歩く動作」と「手を挙げる動作」のアニメーションが既に制作されていて、これら 2 つの動作を融合することによって「歩きながら手を挙げる」という動作を合成できれば、新しい動作を合成する際の労力を削減できるものと期待される。

このようなアイデアを利用して人体アニメーションの合成を試みとして Douglas ら[3]は、「重要度」という概念を提案している。また、社領ら[4]はこの重要度を GUI で容易に設定できる支援ツールを作成している。また、湯川ら[5]は、モーションキャプチャリングシステムより計測したデータを再利用する手法として XML を用いた身体動作記述システムを提案している。しかし、前者の方法では、データベース化を行っていない為、新しく融合して制作したモーションデータの再利用ができず、後者では、モーションデータはモーションキャプチャシステムを使用しているので汎用性に欠ける。

本研究ではユーザが人体モーションを Web ブラウザ上で容易に作成でき、また、作成したモーションデータをデータベースに格納することによりデータの再利用が可能なモーションコンテンツシステムを開発するものである。

## 2. システム構成

本システムのシステム構成を図 1 に挙げる。

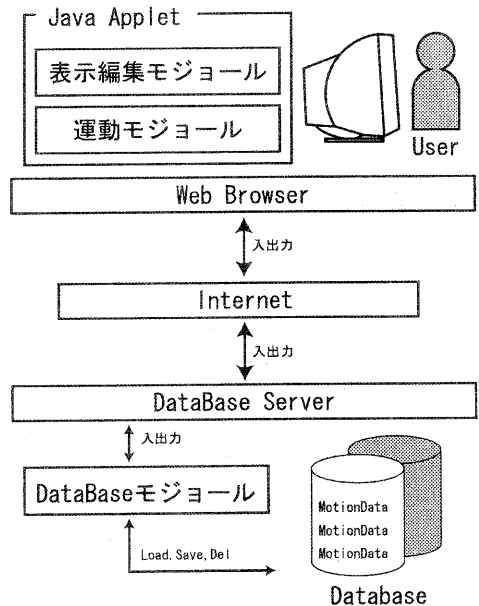


図 1: システム構成

- 表示編集モジュール  
本モジュールは「運動モジュール」で更新された動作データを入力とし、3DCG 画像の描写と表示、

3DCG 空間内での物体の配置等の機能を有する。

- 運動モジュール  
 ユーザの指示により、キャラクターに対する動作を入力し動作データを作成する。また、動作データのフレーム毎に「表示編集モジュール」に引き渡す機能を含んでいる。
- DataBase モジュール  
 本モジュールは、動作データを登録、読み込み、編集を行う。

### 3. 人体モデルの構成

#### 3.1 基本モデル

本稿で使用する基本人体モデルを図2に示す。人体モデルは15個の体の部位と各部位を結ぶ14個の関節、重心から成る。各関節を結ぶ部位は関節を中心とした3自由度の回転運動を行うことができる。また、このモデルでは腰(重心)を頂点として部位の階層構造を構成する。これは、人が腰を曲げると、腕も頭も一緒に動くという事実を反映させる為である。

各部位には上位部位との接続部分である関節を頂点とするローカル座標系を設定する。

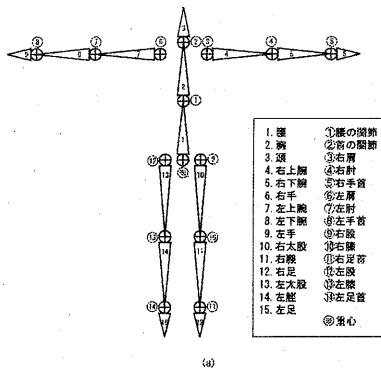


図2: 基本モデルの構成

#### 3.2 フォワードキネマスティックス

本システムではユーザが任意の姿勢を生成する手段とし

てフォワードキネマスティックスを用いる。フォワードキネマスティックスとは階層構造で設定されたキャラクターの関節の回転によって操作する手法である。例えば、キャラクターがコーヒーカップを触ろうとした場合(図4-a)、最初に肩を回転し(図3-b)、次に肘を回転し(図4-c)、そして手首を回転することによりコーヒーカップに触ることになる。これは階層の上から下に向かっての回転で行なわれる。単に手をカップに持っていきただけでは、残りの腕の部分がそれに伴わない。

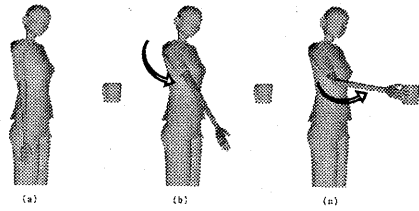


図3: フォワードキネマスティック

#### 3.3 インバーキネマスティックス(Inverse Kinematics)

インバーキネマスティックス(以下、IK)、キャラクターを操作するもうひとつの手法である。これはフォワードキネマスティックスとは正反対であり、子を動かすと親も動くという手法である。逆運動力学とも呼ばれ、目的の動作をするために親の関節を曲げるというものである。但し、正しく値を設定しないと関節が逆に曲がることになる。(図5-c)

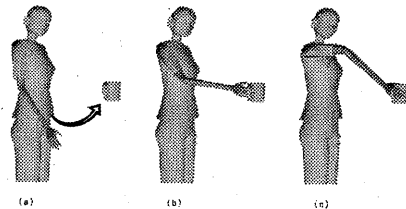


図4: インバースキネマスティック

本システムではユーザがIKを用いてキャラクター姿勢を操作することはない。IKを用いた場合、肘の存在位置が定まらないという問題が生じる(図4-c)。コーヒーカップまで手をIKまで伸ばし、さらに肘がどこに存在するかを操作し直さなければならない。この操作はユーザにとって複雑になるからである。本システムIKを使用するのは足脚動作に対してのみである。IKを使用する理由については5章

に述べる。

IKの各角度を求める式は、

$$P_x = (L1 * \cos(\theta_1)) + (L2 * \cos(\theta_1 + \theta_2))$$

$$P_y = (L1 * \sin(\theta_1)) + (L2 * \sin(\theta_1 + \theta_2))$$

より

$$\theta_1 = A \cos \frac{x^2 + y^2 - L1^2 - L2^2}{2L1L2}$$

$$\theta_2 = \frac{-(L1 \sin(\theta_1))x + (L1 + L2 \cos(\theta_2))y}{2L1L2}$$

で求まる。

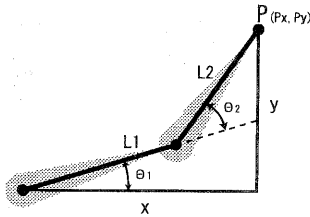


図5: IKを解く

## 4. アニメーション

アニメーションの草創期、バイオニアとしてのウォルト・ディズニー・スタジオで、アニメーションのフレームを効率的に生成するキーフレームアニメーション手法が開発された。最熟練したアニメーターが、アニメーションのシーケンスの中でもっとも重要な鍵となるフレーム（キーフレーム[key-frame]）を描く、そして多数の経験の少ないアニメーターが、中割りと呼ばれる中間フレーム、つまり熟練アニメーターのキーフレームを埋めるコマを描くものである。ほとんどすべての3DCGシステムは、このキーフレーム法に基づいている。コンピュータキーフレームアニメーションシステムでは、アニメーターは熟練アニメーターに相当する。アニメーターはキーフレームを設定し、コンピュータに中間のコマを計算するように指示する。

3次元モデルをデジタル化するとき、変換行列と呼ばれる変換を行う。変換行列は、9つの基本的な変換値(translate(x,y,z),rotate(x,y,z),scale(x,y,z))から成り立っている。この値は、物体の位置、回転、大きさをコントロールするものである。最も簡単なキーフレームアニメーションは、一定の時間でこの変換行列の値を変えていくことである。本システムでは、9つの基本的な変換値のうちtranslate(x,y,z),rotate(x,y,z)だけのスプライン補間を行う

ことにする。

## 5. 歩行動作

### 5.1 歩行を考える

我々は通常、歩行動作を行ったとき、何も意識することなく実現している。この通常、意識することなく行う動作を一つの周期にして捉えた場合、その基本[7]となるものを図6に示す。右足の踵が地面に着いてからもう一度右足の踵が着くまでを一步周期と呼ぶ。

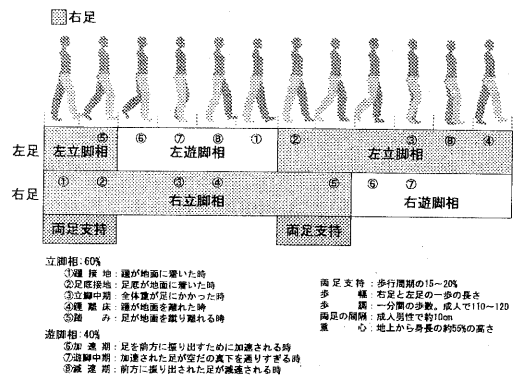


図6: 一步周期

### 5.2 「立脚相」と「遊脚相」と「両脚支持」

歩行とは片足ずつ交互に繰り出すことである。片足が着いている状態を「立脚相」。反対の浮いている状態を「遊脚相」と呼ぶ。それぞれの反別は踵が地面に着くか離れた状態で区別される。(図7参照) 歩行周期内での「立脚相」と「遊脚相」の割合は、「立脚相」は全体の60%、「遊脚相」は40%と6対4の割合で行なわれている。また、歩いているときの特徴として、両足が同時に地面に着いている状態がある。これを「両足支持」と呼ぶ。もし、「両足支持」が存在しないとき、それは歩行ではなく走っている状態となる。歩行するには常に両足で着いている状態が存在することである。歩行周期内に「両足支持」は10%~20%存在する。

### 5.3 最適キーフレーム

以上のことを踏まえた上で、歩行を実現するキーフレーム6点を取ることを行った。(図7参照)

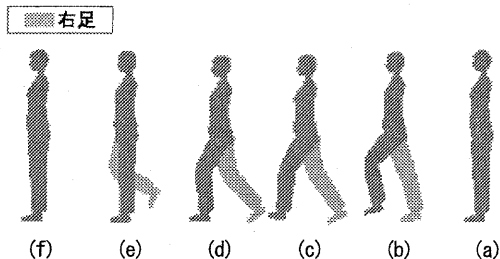


図7: 最適キーフレーム

この場合のキーフレーム点は、直立姿勢から一歩踏み出し直立姿勢に戻った場合のキーフレームである。複数歩の歩行を行う場合は、(b)~(e)間を左右の繰り出す足を交互に変化しながら行う。歩行アニメーションをリアルに生成する上で最も重要なことは先で述べたことを忠実に再現しなければならないことである。足が地面に確実に着かなければ、滑っているように見える。歩数、歩幅が変化した場合、フォワードキネマスティックスを用いて実現することは非常に困難である。そこで足のキーフレームの指定に前節で述べた IK を使用する。これにより歩数や距離によって値が変化しても必ず足が地面に着くことになる。

## 6. データベース

これから制作するデータ、既に作成したデータをデータベース化を行い、登録したデータの再利用を図ることでユーザーの労力を削減することができる。データベースサーバーに SQL 文を送信することによってそれに適したデータを受け取る。

### 6.1 データ区分

本システムでデータベースに登録できるデータとして以下の2種類存在する。

- ・姿勢データ

体幹運動を伴わない四肢運動のみの情報である。つまり重心の移動を伴わない関節の角度だけの情報。

- ・モーションデータ

指定されたキーフレーム間の中に存在する体幹運動と四肢運動含む情報である。

## 7. 実装

### 画面構成

本システムの画面構成は以下のようになっている。

- ・パースパネル(図8-(a))  
キャラクターの姿勢を表示するパネル。
- ・制御パネル(図8-(b))  
キャラクターの姿勢の変更や制御、データベースに登録等を行うパネル。
- ・キーフレーム制御パネル(図8-(c))  
キーフレームの登録削除などを行うパネル。

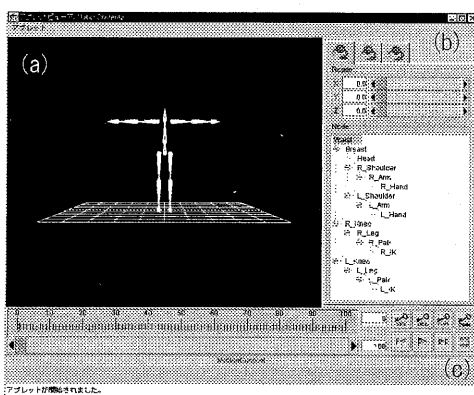
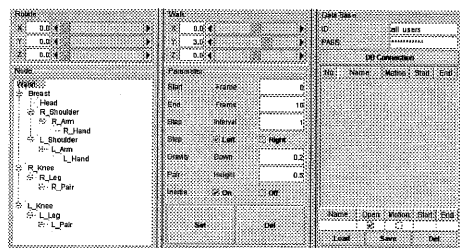


図8: 画面構成

### 制御パネル

制御パネルでは、キャラクターの姿勢の変更(図9-a)、キャラクターの歩行(図9-b)、データベースのアクセス(図9-c)が可能である。

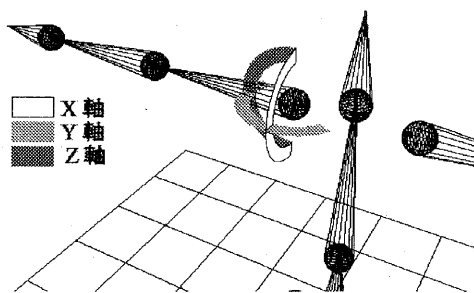


(a) (b) (c)

図9: 制御パネル

### 姿勢変更

動かしたい部位を指定するとパースパネル内に X、Y、Z 軸の関節可動範囲が示される。(図 10 参照) ユーザはスライダー、またはテキストフィールドから値変更を行う。



(図 10: 関節可動範囲)

### 歩行

歩行動作を行う区間のキーフレーム、その区間の歩数、左右どちらの足から踏み出すかを設定すると歩行キーフレームが登録される。また、重心の沈み込む値、足の上げの値を変更することでよりリアルな歩行が可能である。下図は 0~24 フレーム内で 3 歩、歩行させた例である。

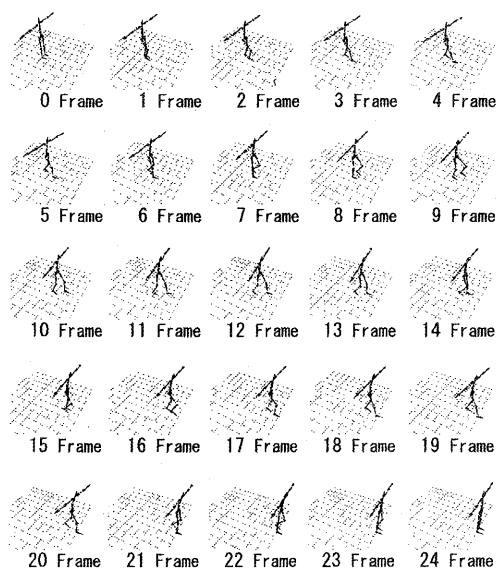


図 11: 歩行例

## 8. おわりに

本研究ではユーザが人体モーションを Web ブラウザー

上で容易に作成でき、また、作成したモーションデータをデータベースに格納することによりデータの再利用が可能なモーションコンテンツシステムの開発を行った。これにより Web ブラウザーを開くだけで誰もが容易に人体のモーションを作成することが可能になった。

しかし、人体の各部位の数が実際の骨格の数より少ないので現実味を出す為には部位の数を増やす必要がある。また、スプライン補間はキーフレームの位置によっては正しく補間されないという欠点もある。今後の課題として上記のことが挙げられる。

## 参考文献

- [1] 日経 CG 1999 年 3 月号, pp.62-73
- [2] 岩澤昭一郎、海老原一之、竹松克浩、坂口竜己、大谷淳、“多眼画像処理による実時間 3 次元モーションキャプチャーに基づく仮想変身システム”、電子情報通信学会技術研究報告
- [3] Douglas E.Dow and Sundhanshu K.semwal :Fast Techniques for Mixing and control of Motion Units for Human Animation, Proc.of Graphics '94,pp.229-242(1994)
- [4] 社領一将、小牧大輔、石井裕剛、下田宏、吉川榮和、“仮想空間内における人の動作の融合手法に関する研究”、電子通信学会、2000
- [5] 湯川崇、海賀孝明、長瀬一男、玉本英夫、“舞踊符による身体動作記述システム”、情報処理学会論文誌、Vol.41 No.10、2000
- [6] J.ヘルムート編、岩本憲監訳、“障害乳幼児の発達研究”、黎明書房(1975)
- [7] 鈴木良平、“整形外科からみた歩行解析論文集 一鈴木良平と共同研究者による論文集”、てらべいあ(1991)
- [8] ジョージ・マエストリ、松田晃一、細辺博史翻訳、“デジタルキャラクターアニメーション”、株式会社プレジデンスホール出版(1999)
- [9] 袋谷賢吉、大久保篤志、“3 次元コンピュータ・アニメーションの原理”、トッパン(1997)