モーションキャプチャデータを用いた加速度制御手法によるメンタルモーション生成

Making mental motion by the acceleration control technique with motion capture data

今間 俊博 Toshihiro Konma

近藤 邦雄 Kunio Kondo

栗山 仁 Hitoshi Kuriyama

古家 嘉之 Yoshiyuki Koie

概要

物理法則に則ったコンピュータシミュレーションによって生成された物体運動は、しばしば観客にとって不自然なものに映ることがある。アニメーションの中で用いられる誇張表現は、映像表現における演出的な効果を受け持つだけではなく、こうした観客の持つ違和感を打ち消すのに役立つ。こうした現象は、物理法則的な物体運動と、人間が知覚しうる物体運動の間に何かしらの差異があると考ええることによってうまく説明できる。物理法則には必ずしも則っていないが、人間がリアルに感じる動きのことを本研究では「メンタルモーション」と呼ぶこととした。本論文では、モーションキャプチャシステムを用いて得られた、物理的に正確な動作を用いて、メンタルモーションを生成する動作誇張手法を提案する。

キーワード：CG／アニメーション／モーションキャプチャ／メンタルモーション／誇張表現

Abstract

This paper describes a “Motion Emphasis Filter” for making mental motion of 3D characters in computer animation. Mental motion is an exaggerated motion which human feel as real motion. Emphasized expression is an effective way of making motion in animation. However, it is difficult to learn and use the expression, because it depends on the experienced hand of the animator. We analyzed the fundamental method of motion emphasis. We proposed a method of Motion Emphasis Filter for generating emphasized motion effects automatically. we can control and design a character motion. Motion Emphasis Filter accepts keyframes and Motion capture data as input motion and transforms these into emphasized motions. Emphasis motion is controlled by some parameters. It works interactively and is friendly to most users who wish to design animation. Our proposed method is possible to generate the unique emphasized motion using the value of acceleration. We can make an animation with emphasis motion easily.

Keywords : Computer Graphics / Animation / Motion Capture, Mental Motion / Emphasis Expression

1. はじめに

本論文の目的は、3DCGアニメーション技術を用いて、セルアニメーションにおける動作誇張手法を提案することである。

1.1. アニメーション制作の効率化

アニメーション作品を制作する手法には、TVなどで良く見かけるセルアニメーションの他にも、クレイアニメーションや3DCGアニメーションなどさまざまな種類がある。日本国内で圧倒的な生産量を数えるセルアニメーションは、ウォルト・ディズニー・プロダクションなどが制作しているフルアニメーションと呼ばれる手法ではなく、リミテッドアニメーションと呼ばれる手法を取っている。その理由は、日米のアニメーション制作にかかるコストの違いが背景にあると考えられる。米国ではアニメーションの制作に多くの費用をかけることができるが日本では難しかった。リミテッドアニメーションと比較してフルアニメーションは、単位時間あたりに使用する静止画像の枚数が多いので、滑らかな動きを実現できる。しかし多くの静止画像を必要とするために、制作コストが高くなり、日本では採用できなかったのである。

動きのスムーズさでは劣るリミテッドアニメーションであるが、日本では演出効果やストーリー展開の工夫によってフルアニメーションに負けない品質の作品を制作できるようになった。これがジャパニメーションと呼ばれ、日本が誇る輸出産業の1つにもなった。

セルアニメーションは、その制作工程に多くの人手を要する労働集約型産業である。アジアの国々では、日本製アニメーションの制作作業の一部を担当していたが、最近では制作ノウハウを身に付け、アニメーション制作全般を扱うようになり、高い評価のアニメーション作品も出始めている。

1.2. 3 DCG とセルアニメーション

一方、CG の発展に伴って、3 DCG アニメーション映像を見る機会が増えてきた。3 DCG では画像を人間が描くのではなく、コンピュータによって生成された静止画像を用いてアニメーションを作成する。このため労働集約型のセルアニメーションと比較すれば、機械化による制作の効率化が期待できる。また、生成する画像の数は主にコンピュータの作業量によってコントロールできるため、画像の数を減らしてリミテッドアニメーションにする必要がなく、すべての作品がフルアニメーションで制作できる。

3 DCG アニメーションでは、コンピュータを用いた物理シミュレーションを用いることもでき、制作する人間は使用する物体のすべての動きを入力しなくとも、アニメーションの制作が可能である。また、モーションキャプチャを用いれば、アニメーターが動きを指定しなくともキャラクターの動きが半自動的に生成できるので、制作効率をさらに高めることができる。

1.3. 従来手法の課題と本研究の提案手法

セルアニメーションの制作手法の効率化、低コスト化を進めてきた日本のアニメーション業界にとって3 DCG アニメーションは、これまでの労働集約型作業をなくすることができる、効率的なアニメーション制作の新しい技術として期待されてきた。しかし、セルアニメーションの画像を見慣れた観客にとっては、3 DCG のシェーディングによって生成された画像の画質には違和感を持つ人も多い。また、モーションキャプチャでは、アニメーション独特の動きの誇張が難しいという課題もある。

本研究と同じ、モーションキャプチャを利用したセルアニメーション制作システムの先行研究例として、小林ら^[1]および、初山ら^[2]がある。小林らの手法は、キャラクターが持つ関節間の角度に着目し、角度の変化量に対し誇張を行うものである。初山らの手法は、キャラクターの各部が動く軌跡の座標値に対し誇張を行うものである。しかし、両手法ともに、適応範囲が狭くすべてのアニメーションデータに対して最適な誇張を表現するには至らなかった。

これらの考え方に加えて、本研究では、加速度を用いて動きの誇張制御する新しい手法を提案する。本手法によって適応範囲を広げ、すべてのアニメーション制作の効率化を目指す。本論文では、第2節でアニメの動作表現の特徴と課題、第3節では、本研究で提案するメンタ

ルモーションとその効果、第4節ではメンタルモーションの生成のための考察、第5節では、動作誇張の生成アルゴリズム、第6節では、提案手法を利用したアニメーション生成実験について述べる。

2. アニメの動作表現

本節では、まず動きの感性について述べ^[3]、人がアニメーションから受ける印象について明らかにする。そして誇張表現の有用性について示す。

2.1. 動きの感性

アニメーションは、実写 (Live Action) による映像とは異なり、実際には動いていない物体が動きを持つ技術である。手で描くキャラクターや粘土で作るキャラクターなど、実際には動かない生命が無い物に生命を吹き込んだような動きを与えることがアニメーション技術である。

観客が3 DCG アニメーションに感じる違和感には、画像が持つ画質の違和感のほかに、アニメーションの動きが持つ実写とは違う独特な動きに対する感覚もある。これを静止画の持つ「画質」に対して「動きの質感」と呼ぶ。2つの物体がぶつかった時にそれらの物体の物性によって、くっつく、弾む、壊れるなどの挙動を示す。観察者は物体が示すこれらの挙動を通して、物体に触れる事無く物性を判断出来るのは、動きの質感による効果である。人は毎日、物を見ながら生活しているが、この間に各々の物体が持つ動きの質感も記憶している。

例えば、3 DCG とモーションキャプチャを用いれば、動かない人形が、人間と同じ動作で演技を行う映像を制作することも可能である。しかし、こうした映像を見た時に、観客はある種の違和感を持つ。

森^[4]は、「不気味な谷」という表現を使っている。工業用ロボットより、おもちゃの人型ロボットの方が親しみやすい。ところが、それ以上人間に似ると、「動く死体」を見たかのように気味悪く感じる。そこを通り越して、本物と見分けがつかなくなれば、気味悪さは感じようがない。つまり、人間にある程度似た姿と、見分けがつかなくなるまでの間に、親和感が大きく落ち込む「不気味な谷」がある。ホラー映画の中には、人形が生命を持ったように人間に危害を及ぼすシーンがあるが、こういったシーンに現われる人形の動作は極めて人間に近い動作をさせている。つまり、生命の無い人形に、生命を持つ人間の動きを使うことによって、観客に違和感を持たせ、恐怖心などの感情に結びつけるのである。

本研究では、人が持っている「動きの質感」をアニメーションで表現することを目標としている。

2.2. 誇張表現の効果

本節では、アニメーションに使われる誇張表現の効果について述べる。ホラー映画などのように、観客が感じる違和感を積極的に利用する場合を除き、アニメーションに登場するキャラクターの動作は、実際の生物の動作とは意識的に異なったものとなっている。実物とは違う動きを作り出す技術の1つに誇張表現が利用されることも多い。

短距離走で走る前に、走者は進行方向とは逆方向にすこし体を引く動作を行う。こうした行動は、走る前の予備動作として、走りにより勢いをつける効果がある。アニメーションのキャラクターが走る前には、誇張表現を伴って実際よりも大げさに予備動作が行われる。ゴールする場合にも、勢い余って遙か遠くまで通り過ぎてから慌てて戻って来るといった誇張表現が使われる。

実際の人間などの動作とは違う、これら誇張表現を伴ったキャラクターの動作を見ることによって、観客はアニメーションとして、現実の生物とは異なった認識を持つ。キャラクター毎に付加する誇張表現の量やパターンをコントロールすることによって、登場するキャラクターに対する性格付けも行われる。このように、誇張表現はアニメーション独特の動きの質感を生み出し、観客を引き付ける面白さやアニメーションの魅力を生み出す。

3. アニメの誇張表現

本節では、本研究で提案するメンタルモーションについて述べ、アニメーションにおける誇張表現との関係を明らかにする。さらにモーションキャプチャを利用した3DCGアニメーションによる課題を示す。

3.1. メンタルモーションの提案

人間の視覚は、目だけで構成されている訳では無い。目は視覚における単なる入力装置であり、外界からの光による刺激を網膜から脳に伝える。脳内では、目からの信号によって視覚中枢が刺激を受け、記憶内容との照合が行われる。その結果によって、外界からの光による刺激の内容が知覚されるのである^[6]。

アニメーションのキャラクターの動作が誇張表現を伴ったものである理由は、生物の動作との違いを際立たせるためだけではない。観客が頭の中で認識している動作と、物理法則に則った動作の間にある微妙なズレを、ア

ニメーション作品の中で吸収する役割も担っている。こうした、観客が頭の中で認識している動作のことを、本論文ではメンタルモーションと呼ぶ。

物理現象による物体の動作と人間が感じる動きの違いを示す例は、知覚心理学の中に提示されている。「仮現運動」は(φ運動とも呼ばれる)2つの同形状のライトが交互に明滅すると、その場で明滅するのでは無く光った点が左右(上下)に移動するように見える現象である。物理的には静止している2つの物体が、観察者からは移動している1つの物体と認識される。

2両の列車がホームに止まっている時、自分の乗っている車両の隣の車両が走り始めると、静止しているはずの自分の車両が、隣の車両の進行方向とは逆方向に走り始めたような錯覚を持つ事がある。これは運動知覚に分類されているが、人間が頭の中で認識している動作と、物理法則に則った動作の間にズレが生じる例として上げておく^[7]。

次に、誇張表現が用いられた映像を見たときに、観客はどういった反応を示すのかについて、過去に作成したアニメーションの例をあげる。マーカーを付けた大型の鳥をビデオで撮影し、画像解析によって飛行時の鳥の体と羽根の動きを採取しデータを作成する。採取されたデータを元に、3DCGで鳥を生成し動画像を作る。作成されたアニメーションを見た観客は、実物の鳥からデータ採取されたにも関わらず、実際の鳥の動きとは異なった違和感を持ってしまった。これには次のような理由が考えられる。

データ採取された大型の鳥は、羽の翼面積が大きいいため、羽ばたく時の反作用による影響で胴体が羽根とは逆に動く。つまり大型の鳥は、羽根の動きとは逆位相に体の上下動が存在している。

図1に鳥の羽ばたきの様子を示す。鳥の胴体の動きの位置を示すために赤いマーカーを、翼の先端の動きを示すために青いマーカーを付けた。現実の鳥の動きである図1aでは、翼の動きを示す青いマーカーの振幅に比べて、胴体動きを示す赤いマーカーの振幅は小さい。前述したように、図1aのアニメーションでは観客から動きに違和感を感じる内容の感想が得られた。

そこで図1bでは、実際よりも胴体の上下動を大きくするために、赤いマーカーの振幅を大きくすることによって、胴体動きを実際よりも大きく誇張してアニメーションを制作した。結果として、この胴体の上下動を誇張し生成された動画は、リアル感のある映像として観客に受け入れられた。これも、人間が頭の中で認識してい

図1 a 大型鳥の羽ばたき概念図

図1 b 胴体の振幅を誇張した例

る動作と、物理法則に則った動作の間にズレが生じる例といえる。

3.2. メンタルモーションと誇張表現

本節では、本研究で提案するメンタルモーションと誇張表現の関係について示す。アニメーションでは、誇張した動作を表すためのさまざまな技法がある。一般にアニメーションにおける誇張表現は、キャラクターの感情を表すための演出的な用途で用いられる。アニメーションのキャラクターが短距離走のスタート前に思い切り体を後ろに反らす動作は、その後の速い走りを期待させるし、ラケットに当たったボールが潰れて平たくなる様子は、ラケットとボールの衝突スピードの速さを想像させる。フタの開いたマンホールの上を歩いても、皿の上の食べ物が横取りされても、本人が気がつくまで、普通に歩いたり食べたりできるなど、滑稽な状況を表す時にも誇張表現が用いられる。

これらの誇張表現は、一般に映像を見る前に文字を用いた説明がなされているわけではないにも関わらず、その映像の意味を、観客は映像を見ただけで理解してくれる。また、鳥の飛行アニメーションのように、演出的な

要素よりもむしろ動画像をメンタルモーションに近づけるために誇張表現を用いていると考えられる動画像もある。そうしたアニメーションでは、物体運動時の速度、加速度、タイミングといった要素をうまくコントロールすることによって、物理法則に従った動きをメンタルモーションに近づけている。

こういったメンタルモーションを実現するために行われた誇張表現に対して、観客は、誇張表現が行われたとは気づかずに、むしろ「物理現象に則った」自然な動きに近づいたと感ずる。本節では、アニメーションの中のさまざまな誇張表現を例示し、それらがもたらす効果とメンタルモーションの関係について示した。

3.3. モーションキャプチャを用いた

3 DCG アニメーション制作の問題点

モーションキャプチャを用いた3 DCG アニメーションは、効率的なアニメーション制作に有用である。また、トゥーンシェーダーなど3 DCG アニメーションの画質をセルアニメーションに近づける手法も提案されている。これらの手法を組み合わせれば、高効率なセル風アニメーションの制作が可能となる。

近年、モーションキャプチャを用いた3 DCG アニメーションを用いて、セル風アニメーションの映像制作が行なわれるようになってきた。しかし、モーションキャプチャを用いたアニメーション制作と誇張表現には次の問題がある。

(1) モーションキャプチャは、実際に演技を行うアクターの動きをリアルタイムにコンピュータに取り込む装置である。取り込んだデータを用いて効率的なアニメーション制作が可能である。しかし、モーションキャプチャによって取り込まれたデータは正確にアクターの動きを再現しているため、そのままアニメーションのキャラクターの動きに適用すると、出来上がった映像に違和感が残る。

(2) モーションキャプチャを利用した映画に登場するキャラクターには、意図的にセルアニメのような2次元的な質感が与えられていた。そのため、モーションキャプチャで採取した動きのデータを、そのままキャラクターの動きとして使用するわけにはいかなかった。映画の制作現場では、前述した「不気味な谷」を避けるため、採取したモーションキャプチャのデータを1つずつ手動で編集する手法をとった。このような手法は大変手間のかか

る作業となり効率的な制作とはいえない。

(3) スピードや切れのある良い動きを得るためには、良い動きができる役者が必要であり、これがモーションキャプチャ使用時のネックとなっている。

本研究では、これらの課題を解決するために、動作誇張表現であるメンタルモーションの生成手法を提案する。

4. メンタルモーションの自動生成

本研究では、モーションキャプチャによって取り込まれた動きデータに対し、ソフトウェアを用いて誇張表現を施し、観客が見たときに自然なセル風アニメーション映像となる制作手法を提案する^[5]。本節では、セルアニメーションで用いられているさまざまな誇張表現の技法について分類する。

(1) 動作前の誇張表現：タメ

人間は物体の質量を慣性から感じることもある。ある動作から次の別の動きに移行する場合、スピードが落ちれば動いている物体の質量を大きく感じる。つまり、質量の大きい物体を表現したい場合、物体動作の状態遷移を遅くする。これが「タメ」である。

(2) 動作中の誇張表現：加速度変化

タメの動作を行った後、物体の動作が短時間に高速運動に移行出来れば、観客はその動作に大きな力を感じる。質量の大きな物体に大きな加速度を与えるためには大きなエネルギーが必要だからである。力強い物体運動にリアリティを与えるためには、タメ動作後の加速度を大きくする

(3) 動作後の誇張表現：止め

メンタルモーション表現では、動作を強く印象づけることも重要な要素である。例えばパンチを繰り出す時に、腕が伸びきった状態で拳の動きを止め、観客に対してパンチの動作を強く印象づける。これを「止め」と呼ぶ。止めによって観客に、どんな動作が行われたのかを理解する時間を与える。また止めが行われる際に、腕が実際よりも太くもしくは長く伸びるような形状変形を伴えば、観客の受ける印象はより大きくなる。

図2 タイミングの誇張

5. 動作誇張生成処理手法

5.1. 提案手法の概要

前節で示した3つのメンタルモーションを、本研究では「タイミング」と「形状変形」の2つの手法を用いて実現する。その際に、物体動作の加速度の変化を用いてこれらの手法を制御する。

メンタルモーションを構成する動作誇張の適用度合いは、キャラクターの部位によって、また演技の内容によって異なって来る。本手法では、キャラクターの動作誇張における適用度合いの違いを、パラメータの設定によって実現する事とした。

本手法では、次の手順で動作誇張生成処理を行う。

- (1) モーションキャプチャを用いて人間の動作を採取する。
- (2) キャラクターの関節構造の中で、誇張を加えたい部分の支点Oと、端点Pを指定する(図2)。
- (3) ある時間 T_n における端点Pの位置を P_n とし、 P_n の加速度を求める。 P_n は支点Oからの相対座標として定義される。
- (4) 求めた加速度を利用して図2のように P_n のタイミングを変化させる。
- (5) 同様に加速度を利用して部位の形状を変形する。

5.2. 加速度制御アルゴリズム

本節では、前節(3)の詳細及び(4)、(5)における、加速度制御のアルゴリズムについて説明する。

5.2.1. 加速度の算出

時間 $t_0, t_1, \dots, t_n$ における端点の3次元座標を $P_0, P_1, \dots, P_n$ としたとき加速度は次のようになる。

$$A_n = \frac{|P_n - P_{n-1}|}{(t_n - t_{n-1})^2}$$

但し、 $n=0$ のとき $A_n=0$ とする。

n はフレーム数を表し $n=30$ のときは1秒となる。

図3 加速度制御グラフ

5.2.2. タイミングの誇張

ここでは、タイミングの誇張アルゴリズムを説明する。

(1) 誇張部分の抽出

本手法では、一連の動作の中で加速度が大きい部分だけを誇張する。そのため、閾値 T を設け、その値と加速度 A_n とを比較して加速度が大きい部分を抽出する。閾値 T は、インタラクティブに値を変化させることができるので、ユーザーは誇張したい部分だけを抽出できる。

図3(a)のように、動く P_n があったとする。この図は P_n の移動距離 $\lambda = |P_0 - P_{n-1}|$ の時間変化を表したものである。この P_n の加速度 A_n は、図3(b)のようになる。これを閾値 $T=5$ で誇張すると、 $A_n > 5$ となる $t=5$ 及び $t=6$ の部分が抽出される。

(2) タメと加速

加速度が大きくなる部分にタメを加える。

$P_0, P_1, \dots, P_n$ に誇張を加えたものを

$P'_0, P'_1, \dots, P'_n$ とする。

そのとき P'_n を、加速度が閾値 T よりも大きくなる直前の P_n にすることによりタメを作る。この処理は次式で表すことができる。

$$A_n \leq T \text{ のとき, } P'_n = P_n$$

$$A_n > T \text{ のとき, } P'_n = P_{\text{タメ}}$$

(但し、 $P_{\text{タメ}}$ は $A_n > T$ になる直前の P_n とする)

図4の例の場合、加速度が閾値 T よりも大きくなる直前の P_n は P_4 であるから、 $A_n > T$ となる $t=5$ 及び $t=6$ のときの P'_n は、 $P'_5 = P_4$ 及び $P'_6 = P_4$ となる。そして、 $t=7$ のとき $A_n \leq T$ となるので $P'_7 = P_7$ となり、 P'_n は P_4 から P_7 へと一気に移動する。これが加速の表現となる。よって、図3(a)を閾値 $T=5$ で誇張したグラフは、図3(c)のようになり、タメの後に急激に加速されたようなグラフとなる。なお、そのときの加速度は図3(d)のようになる。

5.2.3. 形状変形

形状変形は、 $A_n > T$ の状態から $A_n \leq T$ になったときに実行する (図3(b) $t=7$ のとき)。また、形状拡大実行後、数フレームは拡大し続けるようにして、拡大した印象が強くなるようにしている。

6. 実験例とその評価

図4と図5は、本研究で作成したメンタルモーショ

ン・アニメーションの例である。どちらのデータ採取も、一般の学生で行った。

6.1. Jump Kick の誇張

図4に、空手の回し蹴りをイメージしてモーションキャプチャを行った映像例（図4上）と誇張例（図4下）を示す。スポーツは、初心者が繰り返し練習を積み重ねることによって上達する。この際の反復練習は、プレイヤーにとって筋力の増強や反射時間の短縮といった効果を生み出す。従って、空手における初心者と上級者の動作の違いは、蹴りのスピードや動作のキレ（ある動作から次の動作に移行する時の時間）に表れると考えられる。

誇張を施した部分は、蹴り出した右足のタイミングと形状変形である。(1)右足の蹴りだしをゆっくりとして速い速度のスピードで足が動くようにする誇張と(2)蹴りを行った足が的に当たる瞬間、足の形状を拡大することによって、蹴りがより力強く見える誇張を行った。これは次の理由による。空手の上級者と初心者である学生の動きの違いは、前術のように蹴りのスピードに表れる。上級者の蹴りのスピードは速いので、より遅く蹴り始めても、早いタイミングでけり始めた初心者と同時に的に届くことができる。また、蹴り始めが遅いということは、体がより高い位置に上がってから、蹴ることになり高い位置での蹴りとなる。

本実験例の映像を評価した結果、次のことが分かった。役者が空手の初心者のため、採取されたオリジナルデータは頼りない動きであったが、提案手法によって誇張された動作データは、空手の上級者の動きに近いタイミングとなった。このように提案手法を用いて初心者の動きを誇張することにより、上級者の役者を使わずに、より迫力のある蹴りの映像を生成することができた。

6.2. 滑った様子の誇張

図5にバナナで滑った人という設定で、モーションキャプチャした例と誇張した例を示す。実際に道路に落ちているバナナで滑る人を見る機会は少ないが、コメディ的な表現としてアニメーション内では良くつかわれる場面である。実際のデータ採取では、バナナで滑ったところをねらってデータを取った訳ではなく、後ろに敷いたマットに向かって、後ろ向きに倒れこむことによって計測したデータを用いた。また、図5下では、より激しく転んだ感じを表現するために、タイミングを誇張するような表現を行った。これは滑ったキャラクターがしばらく空中に浮くことによって、その後の落下時間を短く

図4 ジャンプキックアニメーション

図5 転倒アニメーション

し落下スピードを上げるような誇張である。このような激しく地面にぶつかる様子を示すためには、速いスピードで落ちるように（運動エネルギーを大きく）すればよい。アニメーションでは、同じ動きを少ないコマ数で表せば、速いスピードを表現できる。このような表現をするために落ちる前のデータにタメの誇張を与えた。

本実験例の映像を評価した結果、空中に浮く時間が長く、落ちるスピードが速くなっており、コメディ的な印象がより良く表現されていることが分かった。

7. まとめ

本研究では、アニメーションにおけるメンタルモーションを生かした新しい動作誇張手法を提案し、人が感じとりやすい動作の映像生成実験を行った。この結果次のことが明らかになった。

- (1) メンタルモーションと誇張表現の関係を明らかにし、それに基づいた加速度制御法を用いた誇張表現を提案した。これによって、動きの違和感を軽減する効果的な動作表現が可能となった。
- (2) 本提案手法を適用することによって、採取されたモーションキャプチャデータに対して、誇張表現を加えることが容易にできるようになった。
- (3) 本提案手法によって、初心者の動作データを用いて、より良いアニメーション制作が可能となった。

- (4) 本提案システムを用いることによって、誇張表現を行ったアニメーション制作の効率化の可能性を示した。

今後、アニメーションの制作現場において、本提案システムを用いたアニメーションの制作実験、および制作された映像の評価を行う予定である。

参考文献

- [1] Mitsuhiro Kobayashi, Kunio Kondo, Hisashi Sato, "Emphasized Expressions Using Motion Filter in Creating Animation", Proceedings of the 8th ICECGDG Conference Vol. 2, pp. 451-454 (1998)
- [2] 初山和秀, 近藤邦雄 "3D キャラクターアニメーションのための動作誇張モデル", 情報処理学会第64回(平成14年前期)全国大会講演論文集第4分冊, pp. 847-848, 2002. 3
- [3] Harold Whitaker, John Halas, "アニメーションのタイミング技法", デビッド社 (1983)
- [4] 森政弘, 不気味の谷, Energy, Vol. 7 No. 4, pp. 33-35 (1970)
- [5] Yoshiyuki KOIE, Toshihiro KONMA, Kunio KONDO, "Motion Emphasis Filter for Making Mental Motion of 3D Characters", Siggraph Sketches (2004)
- [6] 梅本亮夫, 大山正, "心理学への招待", サイエンス社 (1992)
- [7] 藤本清, 人の動きにまつわる運動錯視, 関西学院大学大学院文学研究科博士課程論文 (1999)

●2004年12月9日受付

こんま としひろ

所属：尚美学園大学芸術情報学部 教授

経歴：東海大学工学部通信工学科卒

研究領域：CG, アニメーション

こんどう くにお

所属：埼玉大学工学部 助教授

経歴：名古屋工業大学卒, 名古屋大学教養部図学教室技術補佐員

東京工芸大学講師 工学博士(東京大学)

研究領域：CG, 形状モデリング, 感性情報処理

くりやま ひとし

所属：埼玉大学工学部情報システム工学科

研究領域：CG, アニメーション

こいえ よしゆき

所属：株式会社リンクスデジワークス

経歴：埼玉大学工学部情報システム工学科卒

研究領域：CG, モーションキャプチャ