

CG 化を妨げるアニメにおける 動きの記号化

今間俊博[†] 齋藤隆文^{††} 神谷由季[†]

実写動画映像と比較して、アニメーションは元々動作における誇張・省略が多く、動きが記号化されている。キーフレームをそのまま補間して動画を作成する欧米のアニメと比較して、日本アニメには、動きの記号化傾向が顕著である。

日本では、毎年多くの新作アニメが公開されている。その多くは手描きセル（タッチ）アニメであるが、3DCG 使用アニメの公開も増加している。しかし、記号化傾向が大きい日本のアニメは、動きに関しては 3DCG 化すると全く違ったテイストになってしまう。本論文は、それらの問題点と、解決法に対する取り組みである。

The symbolization of animation motion makes difficult on CG production work

Toshihiro Komma[†] Takafumi saito^{††} Yuki Kamiya[†]

It compares with the live action movie, as for the animation, there are originally much exaggeration and omission in case of operation and a movement is symbolized. The animation in the Europe and America does Key-Frame as directly to go to in-between and create the video.

It compares with that and as for the Japanese anime, the symbolization tendency of the movement is remarkable. In Japan, a lot of new animation movie is made every year. The almost movie is cel anime by hand-drawing. The made on 3DCG animation, number is increasing. However, it has become a completely different taste when making anime in Japan with lot of symbolization tendency 3DCG about the movement. This paper is those problems and efforts to the approach.

1. はじめに

人間が動く物体を目で捉える仕組みは、実物の動きを裸眼で見ると、映画やビデオ画像などの映像を見る場合とは異なる。動いている物体を脳が知覚する仕組みについて、すべてが解明されている訳では無いが、人間の眼からの知覚には錯視や思い込みなど現実の物体の運動とは異なる事象が存在する事は広く知られている。

物体の動きについて、人間はパターン化して知覚していると思われる現象が見られる。アニメーション作品を制作する場合、制作者は経験的に、こうしたパターン化された動きを使う場合がある。これをアニメにおける動きの記号化と呼ぶ。記号化された動きには、ある種の意味を伴う場合が多い。

モーションキャプチャを利用して、人物の動きを CG アニメーションのキャラクターの動きに利用する場合、こうした記号化された動きにも着目する必要がある。本論文では、キャラクターが激しく動く格闘シーンに着目し、ソフトウェアによって自動的に記号化された動きの生成を行うための試行を行った。

2. 動画が動いて見える理由

2.1 仮現運動

図 1 a, 図 1 b のような 2 枚の画像がある。この 2 枚を、0.1 秒～0.01 秒程度の短い時間に同じ場所で切り替えると、画像に描かれた円は左右に動いて見える。この現象は、仮現運動と呼ばれる原理によって生じるとされている。仮現運動は、心理学の分野の運動視に属する現象である。[1]

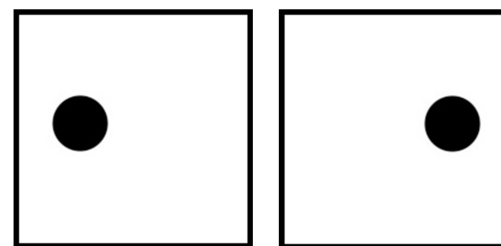


図 1 a 図 1b
仮現運動が生じる 2 枚の画像の例

[†] 首都大学東京
Tokyo Metropolitan University

^{††} 東京農工大学
Tokyo University of Agriculture and Technology

仮現運動によって生じる図形の動きは、子供の頃に作成したパラパラマンガも、映画もビデオ映像も基本的には同じである。仮現運動で、着目すべきは、画像と画像の切り替えが起きるという点である。図1aと図1bを切り替える際に、カメラのシャッターのように、画像が切り替わる瞬間が存在する。これは、裸眼で現実の物体の運動を見ている時には、存在しない瞬間である。この画像の切り替えによって、人間は2枚の画像の間に存在しないはずの円の動きを感じるのである。

2.2 異なる原理によって動く映像メディア画像

このように、映画やビデオなど映像メディアにおける画像が動いて見える原理は、画像の切り替えによるシャッター効果と仮現運動によって、実際には動いていない静止画像が動いて見えているように感じる。一方、実物の動きを裸眼で見ると、シャッター効果も仮現運動も思い込みも存在しない。従って、原理が異なる2つの動きの間には、見た目の違い（感性的な相違）が生じていると考えられる。

3. アニメ動画の質感

3.1 デュレーション

日本のビデオ規格では、画像は1秒間に30フレームの静止画から成っている。アニメーションの動画像には、この30フレームを全て用いて動きを表現するフルアニメーションと、同じ画像を複数回ずつ使用するデュレーション効果を活用するリミテッドアニメーションが存在する。日本のセルアニメーションでは、通常デュレーション2～4程度のリミテッドアニメーションが用いられている。

デュレーション=1（フルアニメーション）					
フレーム1	フレーム2	フレーム3	フレーム4	フレーム5	フレーム6

デュレーション=3（リミテッドアニメーション）					
フレーム1	フレーム1	フレーム1	フレーム2	フレーム2	フレーム2

図 2 デュレーション

フルアニメーションによる動画像と、リミテッドアニメーションによる動画像は、

見た目の雰囲気が異なっている。この2つの動画像の雰囲気の違いを、動きの質感と呼んでいる。1秒間あたりに使用する静止画のフレーム数は、リミテッドと比較してフルアニメーションの方が多いため、再生される動画像の質感はフルアニメーションの方がスムーズである。

3.2 日本のセルアニメの質感

ディズニーを始めとする米国のセルアニメーションは、フルアニメーションによって制作されている。当然リミテッドアニメーションを用いている日本のセルアニメとは、動きの質感が異なっている。もちろん、フルアニメーションによって制作された米国アニメの方が、リミテッドの日本アニメよりも動きはスムーズであるのだが、「動きがヌルヌルしている」という表現でフルアニメーションの動きを嫌う観客も存在する。リミテッドアニメーション方式は、日本のセルアニメの魅力の醸成に、役立っていると考えられている。

3.3 3DCG リミテッドアニメーション

3DCG アニメーションでは、通常フルアニメーションによって映像が制作される。しかし意図的に、制作された映像から規則的にフレームを間引き、残されたフレームを複数回用いることによってデュレーション効果を持ったリミテッドアニメーションの様な動画像を作り出す事が出来る。

モーションキャプチャによって、役者の動作から動きを取出し3DCGアニメーションを作成した場合、制作したキャラクタの動きの質感は、生きた役者の動きになるためナマっぽくなる。しかし前述の手順によって作成された動画像では、少しだけリミテッドアニメーションの感覚が入るため生々しさが薄らぐ。

3.4 キーフレームとインビトゥイーン

ほぼすべてのセルアニメーションは、キーフレーム法によってインビトゥイーンが行われている。日本のセルアニメ業界では、キーフレームの事を「原画」、インビトゥイーンの事を「中割り補間」もしくは単に「中割り」、インビトゥイーンによって作成された中間フレームの事を「動画」と呼んでいる。

欧米のセルアニメの場合、出来上がった動画像の中に存在する原画と動画（キーフレームと中間フレーム）の間に、意味的な違いは存在しない。制作過程においては、まず原画を作成し、その後に間のフレームを動画でつないで行くのだが、アニメ映像が完成してしまえば、どのフレームが原画だったかの見分けが付かなくなるのが理想だからである。

一方、日本のセルアニメの場合、出来上がった動画像の中に存在する原画と動画（キーフレームと中間フレーム）の間に、全く異なる役割がある。日本のアニメには「止め」という技術が存在する。1つのフレームを静止画として長時間（1秒以上）使用する動かないアニメーションの事である。この止めを行う事が出来るフレームは、必ず原画である。逆説的に言えば、止めに耐えうる絵としての完成度が高い画像が原画、

それ以外が動画である。そのため、日本にセルアニメにおいては、完成動画になった後でも、どのフレームがキーフレームだったのか、区別がしやすい動画像となる。

ちなみに、日本のアニメーションが、リミテッドアニメと呼ばれる理由の中に、この動かないアニメーションの存在が関与している。欧米のアニメーターは、きおつけの姿勢をしたキャラクタでも、微妙に体を動かして表現する。つまり、すべてのフレームが動いているのが、フルアニメーションの理想形なのだ。それと比較して、完成した動画像の中に、動くアニメ部分と意図的に動かない部分が存在するのが、リミテッドアニメだ。

日本のセルアニメが、こういった特徴を持つために、原画におけるキャラクタのポージングは、欧米のアニメには無い特徴を持つ。キャラクタの「キメ・ポーズ」とか単純に「キメ」と呼ばれる、日本式アニメ・キャラクタのポージング手法は、古典芸能である歌舞伎などにも見られる形式と同じように、静止していても見飽きない、格好の良いものが理想形なのだ。

4. アニメに関するこれまでの研究成果

1980年代前半から、CGを用いたセルタッチのアニメ制作を、プロダクションの業務として行って来た。その中で、セルアニメにおけるキャラクタの動きの生成に多くの時間が必要な点に着目し、アニメキャラクタの動きの生成の効率化を研究の柱としてきた。

3DCGアニメーションは、作業の機械化に馴染み、人間の手作業によるセルアニメの制作に適応させる事によって作品の高品質化と制作効率の向上が期待できる。さらに、アニメーションの制作にモーションキャプチャを取り入れる事によって、より一層のアニメ制作のスピードアップがはかれる可能性がある。

しかし、3DCG+モーションキャプチャのアニメーションでは、キャラクタの動きがセルアニメーションとは全く違う、という欠点が存在した。この点を改良するために、我々もいろいろな観点から研究を続けて来た。

4.1 加速度制御によるキャラクタ動作編集

「Motion Emphasis Filter for Making Mental Motion of 3D Characters」は、埼玉大学の古家らによってSIGGRAPH2004に発表された。[2]セルアニメキャラクタの動作には、誇張と省略がある点に注目し、モーションキャプチャデータからこの動きの誇張と省略を含んだ動きを生成するモーションフィルターソフトを開発した。原理としては、キャラクタの動きを作成するときに、セルアニメーターは物体の加速度を誇張する事によってアニメらしさを醸成させている事がある。これを利用した。また、物理的な動きに対して、人間が想定している物体の動きの事をMental Motionと名付け、アニメの動きに対する理想形を自動生成する道を示した。

4.2 カトウーンブラーによるキャラクタ動作誇張

セルアニメのテクニックとして、実際に物体をアニメートするのではなく、物体の軌跡を描いたり（スピードライン）、物体の残像を描いたり（残像効果）、物体の形を変形（デフォルメーション）させたりするテクニックを用いて、効果的なアニメの動きを表す事がある。埼玉大学の大林らによって発表された研究「Non-Photorealistic Motion Blur for 3D Animation」では、これらスピードライン、残像効果、デフォルメーションをアニメキャラクタに自動的に付加する事によりアニメらしさを醸成する事に成功した。[3]

4.3 モーションキャプチャデータからのアクションライン生成

日本のセルアニメは、以前「ジャパニメーション」と呼ばれていた程、欧米のアニメーションとは異なる部分を多く持っている。特に、欧米のフルアニメーションに対するリミテッドアニメーションは、キーフレームの設定の方法に特徴がある。埼玉大学の舘野らによって発表された「モーションキャプチャデータのキーフレームを用いたアクションライン生成手法」は、アクションラインという手法を用いてキーポーズを設定する事により、日本式アニメらしいキーフレームを生み出す手法への試行となっていた。[4]

4.4 モーションキャプチャデータからのキーフレーム生成手法

モーションキャプチャによってキャプチャされるモーションデータは、3DCGに適応した時に、すべてのフレームをキーフレームとするフルアニメーションとなる。通常のキーフレームアニメーションと同じように、動きを自由に編集するためには、キーフレームとインビトゥーンフレームを含んだデータに変換する必要がある。もちろん、この変換を行った時に、モーションデータの軌跡が変化してはいけない。また、モーションキャプチャデータから、キーフレームデータを減らす場合に問題となるのが、キーフレームのポイントが頭、腕、足などにおいて、同じフレームを選ばなくてはならない点である。埼玉大学のWei Xinらによって発表された「Discrete Wavelet based Keyframe Extraction Method from Motion Capture Data」では、モーションキャプチャデータからのキーフレーム抽出手法に、Waveletを用いたフィルタを作成する事により、これらの問題点の解決に挑んだ。[5]

4.5 トゥーンシェーディングにおける光源と陰影・影の状態設定手法

3DCGを用いて、手描きセルアニメーションの様な画質のアニメ映像を生成する事を、セルタッチアニメーションと呼ぶ。この場合、一般的にはセルシェーディング（トゥーンシェーディング）と呼ばれるシェーディングソフトが用いられる。しかし、3DCGの一般的なシェーディングモデルに対して、光源情報を変更する事によってセルアニメーションの画質を模したセルシェーディングには、いろいろな不都合が生じる。たとえば、キャラクタに落ちる影が、手描きアニメの影よりも細かく描かれる事によって、生成された画像が汚くなってしまふ。首都大学東京の今間らによって発表

された「トゥーンシェーディングにおける光源と陰影・影の状態設定手法」では、複数の光源を効果的に配置する事によって、セルシェーディングが生成するキャラクター上の影を手描きセルアニメーション風にする手引きとなる。[6]

5. 2次元セルアニメをテンプレートとした3DCGセルタッチアニメ

近年、3DCGによるセルタッチ・アニメーションの制作が多く行われるようになって来た。この手法では、キャラクターは3DCGでモデリングされ、3DCGの手法で制作されるが、レンダリング時にセルシェーディングを用いる事により、画面の質感を2次元セルアニメーションに似せたものとしている。

問題点は、この手法を用いて制作されたアニメーションは、画面の質感はセルアニメに近づくのだが、キャラクターの動きに関しては、3DCG特有の滑らかでスムーズなものとなり、なかなかセルアニメが持つ動きを再現出来ていない。

5.1 2次元ボーンアニメーション

アニメーションにおいて動画像を作る事は、各フレーム間でキャラクターの位置と形状に対してどれだけの変化量を付加するかで決まって来る。しかし、2次元の手描きアニメーションにおいては、何フレームを使って、どの程度の距離ずつ移動させていくのかを数値的に表すのは難しい。それは、キャラクターの形状変形と位置の移動が、画面上で混じり合って同時に行われるからである。

一方、3DCGアニメーションでは、キャラクターの移動と部位の変形は、全く別の機能として扱われる。通常制作手法では、部位の位置移動にはボーンが用いられ、部位の形状変形は、スキンとウェイトによって自動的に計算される。3DCGにおいては部位の移動と変形が別の機能に分離しているために、アニメーションの動きの質感が、より論理的・数値的に記述できる。

しかし、2次元の手描きアニメーションと3DCGアニメーションでは、動きの質感が全く異なる。そこで、2次元の手描きアニメーションに3DCGの様な仮想的なボーンを仕込み、ボーンの動きによって2次元のキャラクターを制御出来るのではないかと仮定した。この方法を、便宜的に2次元ボーンアニメーションと呼ぶ。

2次元ボーンアニメーションにおいてアニメーションキャラクターを動かす原理は、通常のセルアニメーションにおける原理（キャラクターの形状変形と位置の移動が同時に行われる）とは異なり、3DCGと同じボーンの移動によるアニメーションとなる。これによって、2次元アニメと3DCGアニメの動きを等価に利用出来るようになる。

5.2 セルアニメからのボーン生成手法

2次元アニメと3DCGアニメの動きが、同じボーンによって制御出来るのであれば、実際に完成したアニメからの動きを模倣する事によって、手描きセルアニメ風の作品を、3DCGアニメーションに付加するのも容易となる。

すでに市場には、数多くのセルアニメ作品が出回っている。これらの中から特徴的な動きを持ったキャラクターが含まれている作品を選び、2次元アニメーションのキャラクターの動きを抽出し、動きの変換のサンプルとする事とした。

作業工程としては、まず、映像の中から特定のシーンを抽出した。そのシーン内の動画像をpremiereのような動画編集ソフトを用いて、1枚1枚の静止画jpegファイルとして出力した。

これら個々の静止画ファイルに、2次元ボーンエディタソフトによってボーンを配置し、動きを抽出した。これによって、キャラクターの動作から形状変形のファクターを除き、純粋に動きの要素だけを抽出する事になる。



図3 抽出したjpeg画面。

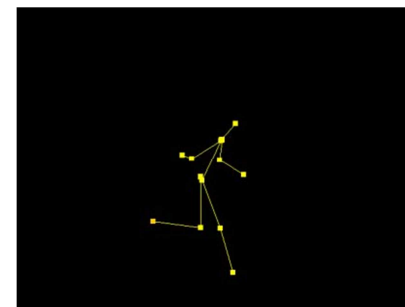


図4 作成された2次元ボーン。

5.3 2次元ボーン生成ソフトFTB

元となる2次元アニメーション映像を、静止画に変換した後、キャラクターに2次元のボーンを入れる。マッチムーブのような画像処理ソフトを用いてキャラクターのみ抽出し処理を行う事も考慮したが、最終的に手作業によるキャラクター抽出を行う事にし

た．人間による手作業の方が，アニメーションの原理により深く関与したデータが取れ，精度も高いと判断し，簡易的な2次元ボーンエディタによる手作業を行った．

2次元ボーンエディタ「FTB」は，埼玉大学大学院理工学研究科の近藤研究室によって開発された．FTBは，2Dセルアニメーション動画(正確にはそのフレームの連番画像ファイル)を入力として，ボーン動画(これも連番画像ファイル)を出力する用途として，その作成支援のために作成した．出力されるボーンの点の位置情報および直線の接続情報を用いて2Dセルアニメーションにおける動きの分析ができる．



図5 FTBの操作画面

5.4 格闘シーン2次元ボーン生成

本論文では，動きが記号化しやすいと考えられる，アニメの格闘シーンからの2次元ボーンの生成を行い，それを元に3DCGキャラクターのアニメーションの作成を行った．サンプルとして使用した映像は，人気アニメシリーズ「NARUTO」の格闘シーンである．

格闘シーンを選んだ理由は，格闘シーンには多くの誇張と省略テクニックが含まれているからである．実際に2次元ボーンデータの作成を行ってみると，人物の動きが速く，動線の変化が激しい，特徴的な動きのデータが得られた．

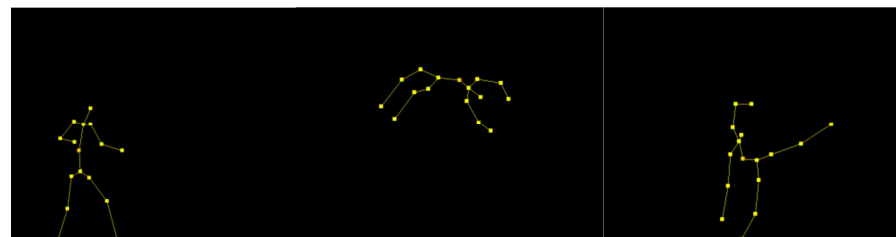


図 6 格闘シーンの2次元ボーン

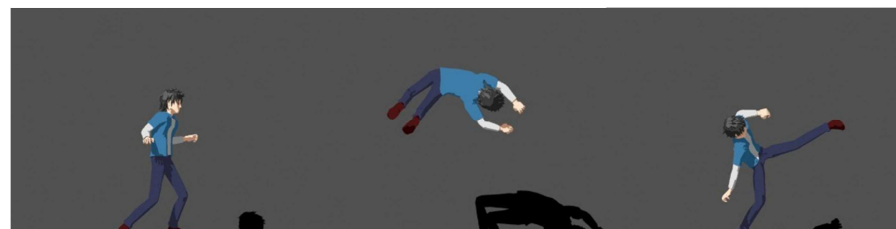


図 7 格闘シーンの3DCGキャラクター

生成された2次元ボーンを，3DCGのキャラクターのボーンに当てはめると，3DCGのキャラクターは元のセルアニメのキャラクターに近い動きを再現した．

6. サンプル映像の動きの特徴を利用した実験動画作成

今回のサンプルのセルアニメーション映像から得られた，格闘アニメ・キャラクターの動きの特徴は，キャラクターの位置の移動が激しく，動きから次の動きまでの途中のキャラクター位置のフレームが無いという事だ．通常のキーフレームアニメーションにおいては，キーフレーム（原画）と次のキーフレームの間には，間を補間するインビトゥイーン・フレーム（動画）が存在する．しかし，格闘アニメの場合，キャラクターの動きが大きくしかも大変速いので，原画と次の原画の間に適正な位置に動画を入れると，キャラクターの動きをユックリと感じてしまう．このために，あえて動画を省き，原画（キーポーズ）から次の原画まで，フレームを飛ばしてしまっていた．やはり実験前に想定したように，格闘アニメのキャラクターの動作は，現実の実際の動きを模したものではありません，動きの特徴を生かすために記号化されたものが含まれていると分かった．

これらの動きの特徴を利用した、実験動画を作成した。作業としては、格闘のモーションデータをキャプチャして、それを元に3DCG キャラクタアニメーションを制作し、さらに途中のキャラクタ位置のフレームを抜いて、元のキャプチャしたモーションデータよりもアニメーション的に良くなっているかを検証した。

今回の実験の為にキャプチャされたモーションデータには、あいにく格闘データは含まれていなかった無かったので、同じように速い動きを必要とする剣道の竹刀の素振りのモーションデータを元データとして用いて、竹刀を振りぬく途中のキャラクタ位置のフレームを手作業で間引いた。



図 8 竹刀の素振りモーション

さらに、出来上がったアニメ映像に、画像描画ソフトによる手作業ではあるが、元の映像に「スピードライン」「残像効果」「デフォーメーション」などを加えたバージョンも制作し比較検討を行った。これらの効果は今後、すでに 4.3 で説明したカートゥーンブレンダーと同じ原理のソフトウェアを使用してゆく予定である。



図 9 残像を加えたモーション



図 10 スピードラインを加えたモーション



図 11 デフォーメーションを加えたモーション

7. おわりに

我々の最終的な目標は、モーションキャプチャデータから自動的に2次元セルアニメーションのキャラクタを生成する事である。その助けとなるために、本論文で行った様な、公開されているセルアニメーション映像から、アニメキャラクタの動きのデータを収集する事によって、アニメにおける動き記号化のパターンの解析が進む事が期待出来る。また、2次元ボーンアニメーションと3DCGにおけるキャラクタのボーンコントロールの関係を整理してゆけば、効率的なソフトウェア開発につながり、3DCGをベースに使用した2次元セルタッチアニメーションの制作システム開発への寄与も期待出来る。今後とも、セルタッチアニメーション制作システムへの問題解決のために研究を続けて行きたい。

参考文献

- 1) 仮現運動 - 立命館大学文学部心理学専攻
<http://www.psy.ritsumeai.ac.jp/~akitaoka/chikakumotion2006.html>
- 2) Yoshiyuki Koie, Toshihiro Komma, Kunio Kondo, Motion Emphasis Filter for Making Mental Motion of 3D Characters, SIGGRAPH2004, Skeches
- 3) Shoichi Obayashi, Kunio Kondo, Toshihiro Konma, Kenichi Iwamoto, Non-Photorealistic Motion Blur for 3D Animation, International Journal of Asia Digital Art and Design Association, Vol.6, pp.11-18, 2007
- 4) 舘野 圭, 北爪 剛, 辛 慰, 今間 俊博, 近藤 邦雄, モーションキャプチャデータのキーフレームを用いたアクションライン生成手法, Visual Computing / グラフィクスと CAD 合同シンポジウム 2007, 2007.6
- 5) Xin Wei, Kunio Kondo, K. Tateno, T. Konma, T. Shimamura, Discrete Wavelet based Keyframe Extraction Method from Motion Capture Data, International Journal of Asia Digital Art and Design Association, Vol.6, pp.5-10, 2007
- 6) 今間 俊博, 青山 もも, 斎藤 隆文, トゥーンシェーディングにおける光源と陰影・影の状態設定, 2011 年度日本図学会春季大会, 日本図学会, 2011

・
・
・
: