

3次元グラフィクスを手軽に作成するためのソフトウェア

3D GRAPHICS FOR EVERYONE

五十嵐 健夫
Takeo IGARASHI

東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻
(〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学理学部 7 号館情報科学科)

ABSTRACT. We developed user interfaces for novice users to design 3D computer graphics and animations quickly and easily. We implemented following two systems. The sweater system allows the user to put clothing on a 3D character by painting corresponding marks on the cloth pattern and the model surface. The Squirrel system allows the user to quickly design 3D character animation.

1. 背景

計算機による3次元コンピュータグラフィクス(CG)は、近年映画やコマーシャルフィルムやビデオゲームに大量に利用されるなど、身近な存在となってきている。しかし、これらはいくまでもプロの表現者によって作成されたものを「鑑賞」するだけであり、個々人が身近な道具として3次元CGを自由に作成し利用できるにはなっていない。開発者は、3次元CGの作成・利用を簡単に行えるインタフェースをデザインすることによって、現在のワードプロセッサや表計算ソフトウェアのように、個々のユーザが日常的な場面で思考やコミュニケーションの道具として活用できるような3次元CG作成利用環境を実現することを目指して、研究開発を行っている。

2. 成果の概要

本プロジェクトにおいては、昨年の未踏ソフトの成果を踏まえて、以下の2つソフトウェアの開発・拡張を行った。

- 1) 3次元キャラクターに衣服を着せ付けるためのシステム (Sweater)
- 2) 空間的キーフレーミングによりアニメーションを生成するシステム (Squirrel)

以下、個々のソフトウェアについて詳細を述べる。

3. 3次元キャラクターに衣服を着せ付けるためのシステム (Sweater)

3.1. 概要

本ソフトウェアは、3次元CGキャラクターに衣服を着せるためのインタフェースを具現化したものである[2][4]。第一の手法は2次元の衣服パターンを

3次元キャラクターの上に着せるもので、キャラクターの表面と衣服の上を手書きの線を描くと、システムの方で対応する線同士が重なるように衣服をキャラクターの上に配置する。第二の手法は、着せた後の服の位置を調整するもので、服をつまんでキャラクターの表面上を移動することができる。通常の頂点のドラッグ操作とは異なり、マウスによる移動分をキャラクターの表面に沿って衣服全体に明示的に伝播することで、より大きな動きを実現することができる。

3.2. 開発の詳細

システム全体は図1のような2画面構成となっており、右側のウィンドウに2次元の衣服のパターンエディタが表示され、左側のウィンドウに3次元のキャラクターが表示される。パターンエディタでは、通常のドローイングエディタと同様な方法で、2次元の衣服パターンを描くことができる。それぞれの布片には表面と裏面が定義されており、任意に裏返すことができる。また、布片の辺と辺を縫い合わせるといった操作も可能である。3次元ウィンドウでは、キャラクターを自由に回転させることができる。

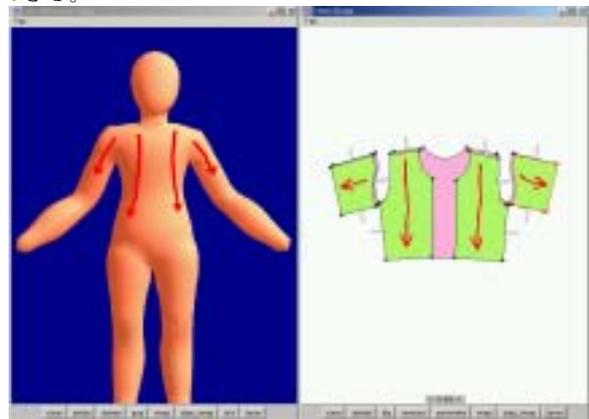


図1:画面構成

(1) 対応する線を描くことにより服を着せる手法

衣服パターンができあがったあと、衣服パターンの上と3次元キャラクタの表面上に、対となる手書きの線を描くことにより、衣服をキャラクタの上はどう着せるかを指定する。描画に際しては、体の前後面に同時に線を描くレーザーモードなども利用できる。描かれた線は2次元パターン上と3次元キャラクタ上でそれぞれ順番がつけられており、同じ番号の線同士が対応付けられる。その後「wrap」ボタンを押すことによって衣服がキャラクタの上に配置される(図2)。本稿での例の場合、計算は約2,3秒で終了する。着せた後は、服が重力に引かれながらキャラクタ表面上に広がるといった簡単な緩和計算が実行される。

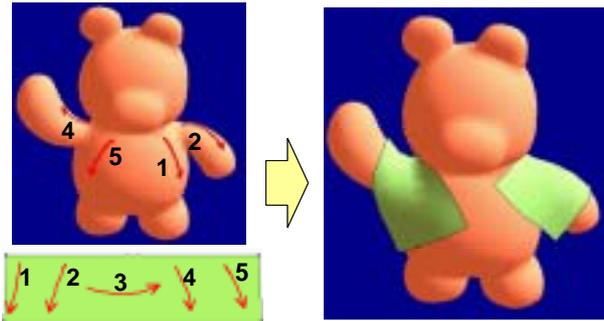


図2:線を描くことによる着衣操作

なお、2次元ウィンドウ中の衣服だけでなく、着せた後の3次元空間中の衣服に対しても、同様の操作を行うことができる(図3)。この操作は、以下に述べるドラッグ操作では実現の難しい移動を行うのに適している。

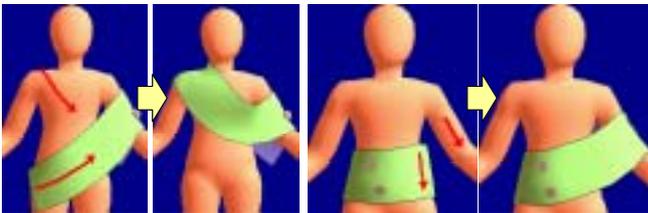


図3:着た後の服の移動

図4に、本手法による着衣例を示す。なお、アルゴリズムは後で詳しく述べるようにベストエフォート型であり、常に矛盾のない結果を保証するものではないので、ユーザが不適切な線を描いた場合には破綻した結果が現れる。

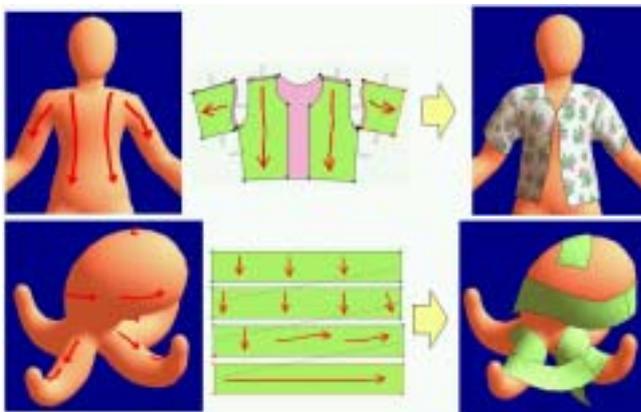


図4:本手法による着衣例

(2) 着せた衣服の位置を調整する手法

キャラクタに着せた後、服の位置をドラッグ操作によっ

て位置を変更することができる。このような操作は、通常の場合、ひとつの頂点あるいは複数の頂点を一方向に動かすだけなので、キャラクタを覆っている衣服全体を大きく動かすことが難しい(図5)。本システムでは、ユーザのドラッグ操作を明示的にキャラクタの表面に沿って伝播することで、衣服全体を上下させたり回したりするといった、より大きな動きを可能にしている(図6)。

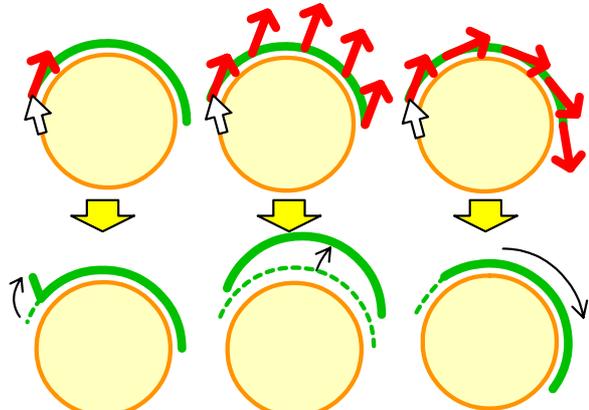


図5:ドラッグ操作の比較。左:頂点のドラッグ、中央:剛体としてのドラッグ、右:キャラクタ表面に沿ったドラッグ

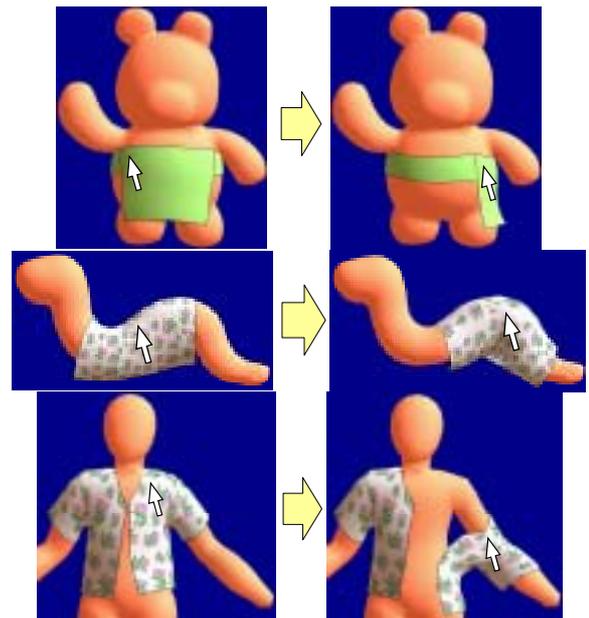


図6:ドラッグ操作の例

ドラッグ操作においては、衣服の上にピンを打つことによって、その点を固定することができる。これにより、図7のように服を体表面上で回転させるような操作や捲り上げるような操作が可能となる。また、ドラッグ操作の伝播はピンのある場所でブロックされる形になるので、ピンを利用することにより操作する範囲を制御することが可能となる。図6の最後の例の場合には、ドラッグ操作の影響が右腕の方に及ばないように、背中に縦にいくつかピンが打ってある。

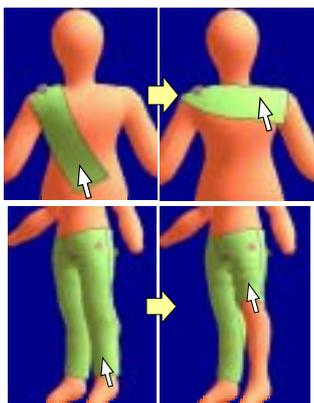


図7:ピン止めの例

3.3. 実装と結果

プロトタイプシステムはJava™ プログラムとして実装されている。3次元描画にはDirect3DをJNIを利用して呼び出している。図15に、本システムでデザインした衣服形状の例を示す。衣服の着付けは、線を引くだけなので数秒で完了する。左下の例は、ピン止めとドラッグ操作の組み合わせで実現されている。この場合には、ドラッグ中に積み重なった歪みを減らすために適宜ドラッグを中断して緩和計算を実行する必要があり、多少時間がかかっている(約1,2分)。右下の例は、本システムを始めて触ったユーザが1時間ほど操作した中で作成したものである。



図8:本システムの利用例

4. 空間的キーフレーミングによりアニメーションを生成するシステム (Squirrel)

4.1. 概要

現在利用されているアニメーション生成手法としては、時間的に離散的な場面における3Dキャラクターの姿勢を

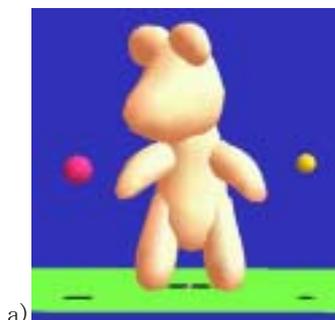
手作業で細かく指定し、その間を計算機が補間するキーフレーム法がほとんどを占めている。キーフレーム法以外には、体中にセンサーを取り付けて人間の動作を直接取り込むモーションキャプチャと呼ばれる手法もあるが、高価な設備を必要とし個人で使用するものではない。近年、仮想的な3次元世界の中で物理シミュレーションを実行することで自然な動きを構成する手法が活発に研究されているが、これまでの所、プロダクションレベルで高度なアニメーションを生成することに主眼がおかれている。本サブプロジェクトでは、このような既存のアニメーション生成手法に代わり、初心者でも手軽に利用できる手法の開発を行った[3]。具体的には、ユーザはまず、3Dキャラクターの姿勢と、3次元空間中のハンドルの位置を結びつける「空間的キーフレーム」を設定する。あとは、ハンドルの位置をインタラクティブに変化させることで、複雑なアニメーションを手軽に生成することができるようになる。

本システムは、昨年度の未踏プロジェクトで作成したものを拡張発展させたものであるため、一部の説明が重複しているが、特に後半の部分は本年度の新しい成果である。

4.2. 開発の詳細

1) 基本的動作

本システムでは、階層的な3次元モデル[5]を読み込み、ポーズを設定することができる。画面上には、ピンク色のハンドルが存在しており、setボタンを押すことで、ハンドルのある場所にキーを打つことができる。キーの設定された場所は黄色いボールで示される。いくつかのキーを3次元空間中に設定後、ハンドルをドラッグすることで、キャラクターのポーズが連続的に変化する。ハンドルの動きを記録して再生することでアニメーションが生成できる。各位置におけるポーズの計算は、設定されたキーにおけるポーズをRadialBasisFunctionを用いて補間することで実現されている。具体的な例として、ジャグリング・キック・ダンス・尻文字などの例を作成して有効性を確認した。



a)

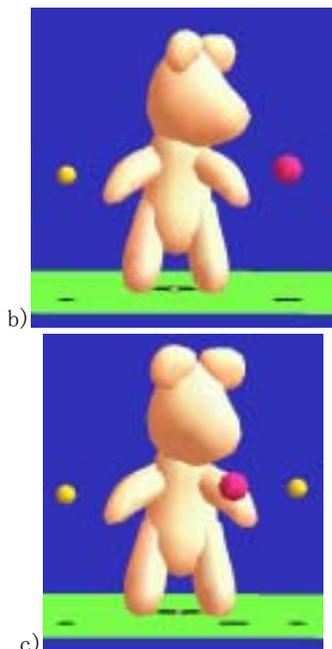


図9: 2つのキーを設定した場合の例

左の点が図aのポーズに、右の点が図bのポーズに関連付けられている。設定後、ピンクのハンドルを左から右へドラッグすると図cのように中間のポーズが生成される。ピンクのハンドルは、画面に平行な平面上を移動するが、地面の影をドラッグすることで地面に平行にも移動できる。より多くのキーが設定されている場合にも同様に周囲のキーを元に適切なポーズを生成する。

2) 歩行操作の実現

歩行操作のように、キャラクタ自身が移動する場合には、ハンドルを空間中に固定して本体の位置のみを変化させることで、ハンドルのキャラクタの中心に対する相対的な位置を変化させて適切なアニメーションを生成することができる。

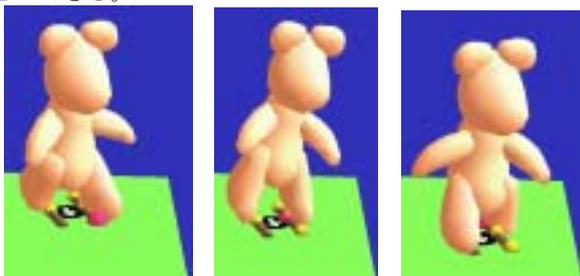


図10: 歩行動作の実現例

足先の場所に応じて、4つのキーが設定されている。ピンク色のハンドルを地面に対して固定し、キャラクタの位置を移動させることで、ハンドルの相対的な位置が変化し、ポーズがそれに準じて変化している。

3) インバースキネマティクスとの組み合わせ

インバースキネマティクスは、指先や足先といったキャラクタの関節の先の点が指定された位置に来るように、途中の関節角を自動的に計算する手法である。しかし、

通常のインバースキネマティクスを利用した場合、端点の位置は正確に制御できるが、途中の関節の形状が思い通りにならないといった問題がある(図12中央)。また、前フレームの形状を元に現在の指定された端点へ「引き寄せる」作業になるため、端点と同じ場所であっても、直前の姿勢によって出力される姿勢が異なるということも起こる。通常は、このようなことを避けるために、関節の回転角や重みといった付加情報を与えているが、これらはあまり直感的でなく、デザイナーは試行錯誤に時間を費やしがちである。

このような場合に、空間的キーフレームとインバースキネマティクスを組み合わせることで問題を解決することが可能となる。すなわち、操作対象としたい端点をハンドルとして利用することとし、いくつか代表となる点とその点における姿勢をキーフレームとして与える。これに対して、空間的キーフレーム法を適用することで、希望するものに近い姿勢が得られるが、この時点では、端点は正確にハンドルの位置に重なっていない。そこで、空間的キーフレームによって計算された姿勢を初期状態としてインバースキネマティクスによって端点をハンドルへと「引き寄せる」ことによって、正確な追従が実現される(図11)。このようにすることで、端点以外の関節部分の形状を意図どおりに制御し、かつ、一定のハンドル位置に対して前フレームでの姿勢に関わらず常に同じ結果を得ることが可能となる(図12)。

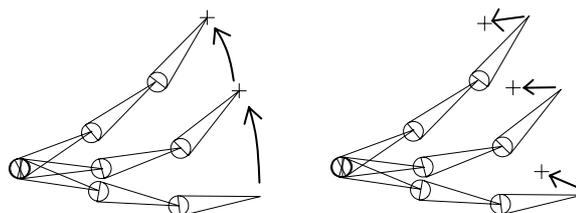


図11. 通常のインバースキネマティクス(左)と空間的キーフレーム法との組み合わせ(右)。前者の場合には、前フレームの姿勢を元に、現在の端点へと「引き寄せる」作業を行う。後者の場合には、まず、現在の端点をハンドルとして、空間的キーフレーム法により姿勢の概形を得る。その後、その姿勢を元に、目標とする端点へ「引き寄せる」ことで、正確な追従を行う。

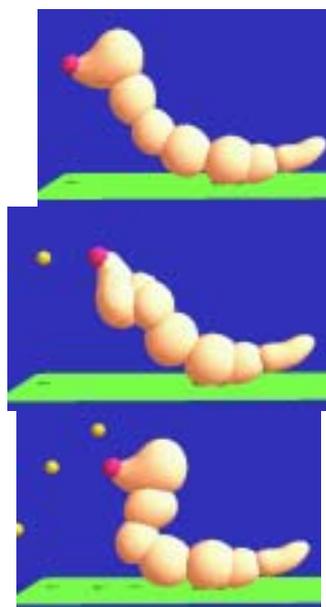


図 12. 初期状態(左)と通常のインバースキネマティクスによる結果(中央)と空間的キーフレーム法との組み合わせによる結果(右)。通常のインバースキネマティクスの場合には、端点の位置は正確なものの、残りの関節の形状の制御が困難である。空間的キーフレームと組み合わせることにより、少数の例(キー)を設定することで、望みどおりの姿勢を得ることができる。

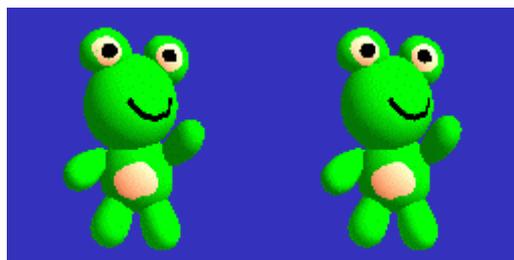
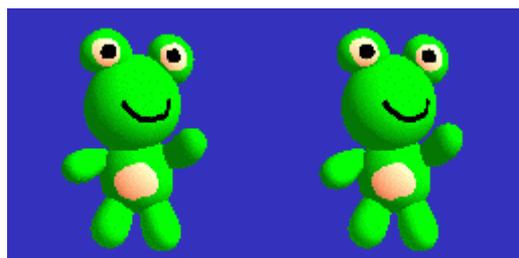
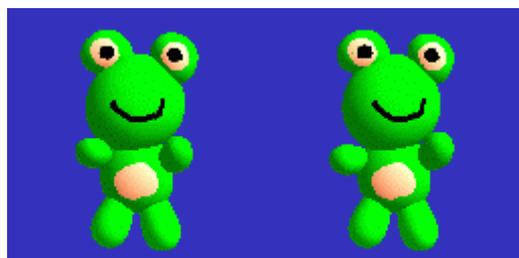


図 13. 書き出されたアニメーションの例

4) アニメーションの書き出し

手作業によるハンドルの動きをそのまま記録して再生することによって、アニメーションを作成することができる。作成されたアニメーションを、本システムとは独立に鑑賞できるようにする方法として、静止画の列を書き出す機能を追加した。それらの静止画を市販のソフトを利用してつなぎ合わせることで、アニメーションファイルを作成することができる。具体的には、GIFアニメーションを作成して有効性を確認した。以下に書き出された画像列の例を示す。



5. 今後の課題・展望

今後は方向性としては、各ソフトウェアの更なる発展、3DCGに関わる他のソフトウェアの開発、および製品化といったものが考えられる。

各ソフトウェアについては、まず衣服については、現状では、単層の衣服しか扱えず、また服と服との間のインタラクションが考慮されていないので、それを改善し、重ね着したり、折り返したりといった効果を実現できるようにする必要がある。またアニメーションに対応されることも将来の課題である。アニメーションに関しては、現在ではまだ限られた種類の動きしかサポートできていないので、これをより様々な動きに適用できるように拡張していくことが必要である。

3DCGに関わる他のソフトウェアという観点からは、3Dモデリングの発展として、内部構造を持った物体の高速なモデリングや、木や草といった特定のクラスのモデル作成を対象としてシステムなどを計画している。

最後に、製品化に関してであるが、開発者は大学に所属する研究者であり、直接ベンチャーを起こしたり、自分から製品化を手がけるといった計画はない。しかし、これまでも手書きスケッチによる3次元モデル生成手法が商用のモデリングソフトウェアや市販のゲームソフトの一部として採用されるなどの実績があり、同様のやり方で開発成果を社会に出していくことが可能であると考えている。具体的には、アニメーション部分は商用のモデリングソフトウェアの一部として組み込んで販売することが可能であるし、また服を着せる部分は商用モデリングソフトウェアの他アパレル業界で使われだしている3次元デザインシステムの一部に組み込むことが可能である。すでに具体的に企業とも連絡をとっており、事業化の実現可能性は高いといえる。

6. 参考文献

- [1] Takeo Igarashi, Satoshi Matsuoka, Hidehiko Tanaka, "Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design", ACM SIGGRAPH'99, pp. 409-416, 1999. (IMPACT PAPER)
- [2] Takeo Igarashi, John F. Hughes, "Clothing Manipulation", 15th Annual Symposium on User Interface Software and Technology, ACM UIST'02, Paris, France, October 27-30, 2002, pp.91-100. (Best Paper)
- [3] 五十嵐 健夫 「空間的キーフレーム法によるキャラクターアニメーション」インタラクティブシステム

ムとソフトウェアに関するワークショップ X (日本ソフトウェア科学会 WISS 2002), グリーンピア大沼 (北海道茅部郡), 2002 年 12 月, (発表賞受賞).

- [4] 五十嵐 健夫, John F. Hughes, 「衣服を 3 次元キャラクターに着せるためのインタフェース」 Visual Computing グラフィクスと CAD 合同シンポジウム (画像電子学会、情報処理学会), 早稲田大学国際会議場, 2002 年 6 月.
- [5] 五十嵐 健夫, Dennis Cosgrove, Randy Pausch, 「スケッチによる可動階層構造付き 3 次元モデル生成手法」インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ VII (日本ソフトウェア科学会 WISS'99), ヤマハリゾートつま恋(静岡県掛川市), pp.7-12, 1999 年 12 月.