

J-32

力学モーフィングを用いた CG キャラクタ編集機能

CG Character Editing Function by Dynamics Morphing Method

上崎 亮†

Akira Uesaki

望月 義幸†

Yoshiyuki Mochizuki

1. はじめに

3DCG キャラクタは、映画やコンピュータゲームなど広範なアプリケーションに利用されている。しかし、CG キャラクタの作成（モデリング）には専門的な技術や経験、多大な労力を必要とするため、一般ユーザーには非常に難解な作業である。本稿では、モーフィング技術に基づいて、一般ユーザーでも数種類のパラメータを制御するだけで変化に富んだ CG キャラクタをリアルタイムに生成することが可能となる、新たなキャラクタ生成手法を提案する。

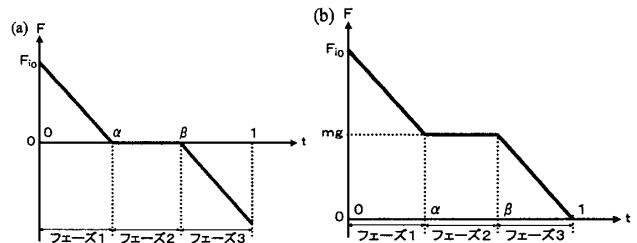
モーフィング[1]は、ある CG オブジェクト（ソースオブジェクト）から別の CG オブジェクト（デスティネーションオブジェクト）へと形状を滑らかに変形させ、中間形状のオブジェクトを生成する技術である。従来のモーフィングは、基本的にソースオブジェクトとデスティネーションオブジェクトの間を線形補間することによって中間形状を生成するものであった。従って、形状の変形は時間的な自由度しか持たず、多様な形状のオブジェクトを生成することは困難であった。そこで、筆者らは時間的自由度だけでなく、空間的自由度も制御可能な独自のモーフィング技術を提案する。更に、人間のような階層構造を有するオブジェクトに本技術を適用する際に生じる問題を解決するアルゴリズムについて述べる。最後に、本手法が実装されたキャラクタ編集機能アプリケーションを用いて CG キャラクタを生成した例を示し、本手法の有効性を実証する。

2. 提案手法

2. 1 基本アルゴリズム —力学モーフィング—

オブジェクトのモーフィングを物理的な観点から考察すると、2 つのオブジェクト間に働く力学的作用としてモデル化が可能であると考えられる。しかし、構築するモデルが多数の複雑なパラメータで表現されるならば、形状変形の手法を利用した場合にパラメータの制御が困難になり、本手法が果たすべき目的に合致しない。そこで、本稿では力学モデルに基づき、かつ少數のパラメータで制御可能なアルゴリズムとして、力学モーフィングを提案する。

力学モーフィングでは、オブジェクトを構成する各頂点に仮想の質点 M_i ($i=0,1,\dots,N-1:N$ は頂点数、質量 m)を定義する。また、オブジェクトが存在する空間の Y 軸負の方向に重力 g を定義すると、以下の運動方程式が成立する。

図 1 $F(t)$ の定義

$$m\dot{a}_{xi}(t) = F_{xi}(t), m\ddot{a}_{yi}(t) = F_{yi}(t) - mg, \quad \text{式(1)}$$

$$m\ddot{a}_{zi}(t) = F_{zi}(t)$$

式(1)において、 $a_i(t)=(a_{xi}(t), a_{yi}(t), a_{zi}(t))$ は、質点 M_i の時刻 t における加速度であり、 $F_i(t)=(F_{xi}(t), F_{yi}(t), F_{zi}(t))$ は時刻 t において質点 M_i に作用している力である。

次に、オブジェクトの形状変形をソースオブジェクトを構成する頂点座標から、対応するデスティネーションオブジェクトの頂点座標への質点の物理運動であるとし、それを満たすような力 $F_i(t)$ を算出することを考える。 $F_i(t)$ に複雑なモデルを用いると、多様なオブジェクトを生成できるものの、制御すべきパラメータ数が増大する。我々は多様なオブジェクトの生成を可能にしつつ、制御するパラメータを少數に抑えるため、力 $F_i(t)$ として、 $F_{xi}(t)$ 及び $F_{zi}(t)$ に関しては図 1(a)、 $F_{yi}(t)$ に関しては図 1(b)で表されるような線形関数と定数関数を組み合わせた関数を用いる。但し、 $\alpha=[\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z]^T$ 、 $\beta=[\beta_x, \beta_y, \beta_z]^T$ はすべての頂点で共通の値である。頂点の総移動量はソースオブジェクト及びデスティネーションオブジェクトの頂点座標より一意に定まっているため、 α 及び β を設定すると、式(1)を解くことで力 $F_i(t)$ を表す関数の形状が決定し、質点の 3 次曲線軌道に沿った移動経路が決定することが判る。従って α 及び β は空間的な自由度を制御するパラメータであると言える。

すべての頂点について上述した運動方程式を解き、移動経路を決定することにより、時刻 t をある値に定めるとオブジェクトの形状が一意に決定される。ユーザーは、多数の複雑なパラメータを設定する必要はなく、 α 及び β の 6 個のパラメータと時刻 t の合計 7 個のパラメータを操作するだけで多様なオブジェクトを生成することが可能である。

2. 2 階層構造データへの適用

人間などのように、頭や腕などの独立なセグメントが階層構造に従って連結された CG キャラクタである場合、各セグメントに対して独立に形状変形の経路を生成すること

† 松下電器産業株式会社 マルチメディア開発センター

も可能であり、キャラクタの作成の点からはその方が望ましい。独立に形状を変形した場合、親子の関係にあるセグメント間の相対位置関係が変化するため、接続していたものが分離するなどの不自然なことが生じる。本節では形状の変形にあわせて親子の関係にあるセグメント間の関係を表す同次変換行列を修正するアルゴリズムを説明する。

2. 2. 1 関節点の算出

CG オブジェクトを構成する各セグメントに定義される局所座標系は任意の位置に設定されることが多い。従って、変換行列の修正を行うためには親子の関係にあるセグメントが接続している点（関節点）を仮想的に算出する必要がある。本手法では、まず親子関係の 2 つのセグメントの重心を中心としたバウンダリ球の方程式を求める。次に、2 個のバウンダリ球の共通領域を求め、この領域内に存在する頂点を算出する。これらの頂点の集合に対する重心座標を関節点とする。算出した関節点は親子それぞれのセグメントに定義された座標系を用いて表現しておく。以降では、親セグメントと接続している関節点を親セグメント関節点、子セグメントと接続している関節点を子セグメント関節点と称することにする。

2. 2. 2 変換行列修正アルゴリズム

上述したアルゴリズムを用いて、ソースオブジェクト及びデスティネーションオブジェクトそれぞれにおける関節点の座標を算出する。次に、各関節点に仮想の質点 $M_k (k=0,1,\dots,L; L \text{ は関節点数})$ を定義し、各頂点における力学モーフィング処理と同様にソースオブジェクトの関節点からデスティネーションオブジェクトの関節点への移動経路を生成する。

図 2 左図では、Segment 0 及び Segment 1 が親子関係にあり、ある設定パラメータで変形したとき、分離してしまったことを示している。これを右図のように接続状態に戻す処理を説明するが、これには Segment 0 の子セグメント関節点を p_0 、Segment 1 の親セグメント関節点を p_1 としたとき、Segment 0 と Segment 1 の局所座標系間の関係を表す同次変換行列 A_0 の平行移動成分 p_t を求めれば良い。こ

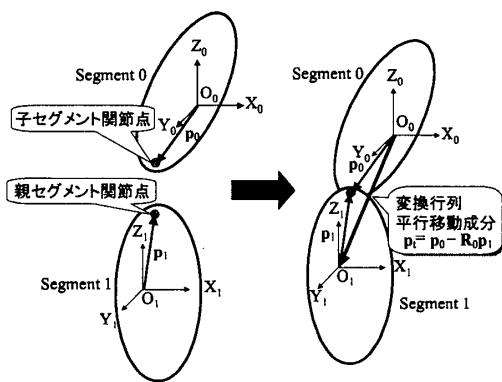


図 2 変換行列の修正

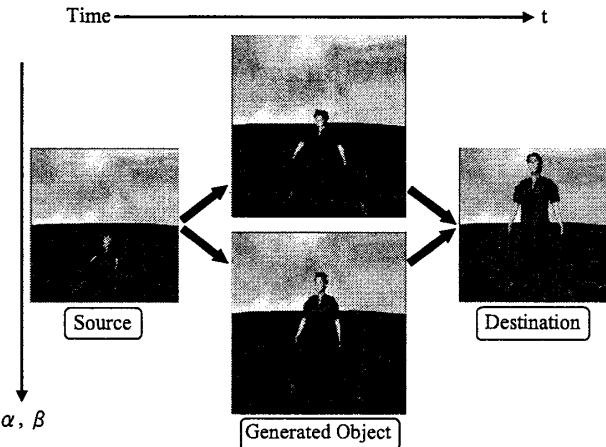


図 3 形状生成結果

れは式(2)により求められる。

$$p_t = p_0 - R_0 p_1 \quad \text{式(2)}$$

式 (2)において、 R_0 は Segment 1 に定義された局所座標系の基底ベクトルを Segment 0 に定義された局所座標系に一致させるための回転行列である。同様の処理で、親子セグメントがめり込んだ場合も処理できる。

3. キャラクタ編集機能アプリケーション

本手法を用いたキャラクタ編集機能アプリケーションは、データ入力部、関節点算出部を含むモーフィングエンジン、3D 描画部、パラメータを設定するための GUI の各モジュールにより構成されている。図 3 は本アプリケーションを用いて、子供キャラクタをソースオブジェクト、大人キャラクタをデスティネーションオブジェクトに設定し、同一の時刻で α 及び β のパラメータを変化させて中間のキャラクタを生成した例である。図 3 の 2 つの図から明らかなように、時刻 t を固定した場合でも α 及び β の操作によって太ったキャラクタや背の高いキャラクタなどを多様に生成できることが判る。

4. まとめ

本稿では、筆者らが独自に開発した力学モーフィング及び階層構造データへの適用アルゴリズムを用いて、多様な CG オブジェクトを容易に生成可能な新たな手法を提案した。また、提案アルゴリズムを用いたキャラクタ編集機能アプリケーションにより有効性を示した。本手法が様々なキャラクタアプリケーションの魅力的な機能実現の一助となることを希望する。

参考文献

- [1] A. W. F. Lee, D. Dobkin, W. Swelden, and P. Schroder: "Multiresolution Mesh Morphing," Computer Graphics (SIGGRAPH'99 Proceedings), pp.343-350, 1999