

動物を対象とするCG技術の研究動向

千葉 則茂
岩手大学工学部

本報告では、CGによる動物の表現技法、すなわち

- (1) 形のモデリングとレンダリング,
 - (1-1) 基本形状のモデリング,
 - (1-2) 質感の表現,
- (2) 動きのモデリング,
 - (2-1) 動作のモデリング,
 - (2-2) 移動経路や行動のモデリング,

について概観する。

R e s e a r c h T r e n d s o n C G T e c h n i q u e s
f o r V i s u a l S i m u l a t i o n o f A n i m a l s

Norishige Chiba
Faculty of Engineering, Iwate University

This paper outlines research trends on the following CG techniques for visual simulation of animals:

- (1)geometric modeling and rendering,
 - (1-1)modeling of bodies,
 - (1-2)representation of texture,
- (2)modeling of motion,
 - (2-1)modeling of movement,
 - (2-2)modeling of flow and behavior.

1. はじめに

動物はアニメーションのよき題材であるため、その表現法の開発についてはCGプロダクション等で多くの試みがなされていると思われる。しかしながら、その成果に関する報告は少なく、アニメーションの作成現場における表現技術の実際を把握することは筆者には難かしい。したがって、ここでは論文として報告のあったもののみ取り上げることにするが、人物以外の動物を正面から取り上げた論文も少なく、なにかの“ついでに”記述されているような多くの重要な技術については取りこぼすことになりそうである。これらの点については、本集中研究集会の参加者の方々による補完を期待したい。

動物のCGによる表現に関する技術は大きく、

- (1) 形のモデリングとレンダリング、
- (2) 動きのモデリング

に分けられよう。

- (1) の形のモデリングとレンダリングには、
 - (1-1) 基本形状のモデリング、
 - (1-2) 質感の表現

が含まれる。基本形状のモデリングには、(2)の動きのモデリングも考慮すると、変形操作可能な表現が必要となる。この点では、骨格や筋肉を考慮した表現によるのがより自然であろう。質感の表現には毛や皮膚の表現が重要となる。この辺の事情は人物のモデリングと同じである[情90]。

- (2) の動きのモデリングには、
 - (2-1) 動作のモデリング、
 - (2-2) 移動経路や行動のモデリング、

が含まれる。動作は、歩行や羽ばたきのような基本的な動きである。移動経路や行動のモデリングは行動モデルによるシミュレーションが中心となる。特に、群れとしての動きのモデリングには力を発揮する。

絶滅した動物にもCG動物園やCG水族館で会えるのも間近かもしれないし、映画の合戦シーンに行動モデルに基づくCG馬やCG雑兵が登場するのもすぐのような気がする。

2. 形のモデリングとレンダリング

動物の基本形状のモデリングに特有な技術に関する文献は見あたらなかったが、人物に使える技術は共通に使えるよう[情90]。質感の表現には、以下のような、みみずの皮膚、蛇の鱗、毛虫の毛、ぬいぐるみなどの毛の表現が報告されている。

(a) みみずの皮膚 [Mil88] みみずの気持ち悪さ(筆者の感覚では)が実に良く表現されている。ただし、その気持ち悪さには動きと皮膚の質感のいずれもが寄与していると思われるので、皮膚の表現だけの“すばらしさ”だけではないようである。背と腹の皮膚の色と表面の蛇腹状の凸凹はカラーマップとバンプマップにより表現されている。

(b) 蛇の鱗 [Mil88] 鱗の表現にはやはりカラーマップとバンプマップが用いられている。鱗の厚さに応じて、鱗の色と地肌の色が混ぜ合わされている。

(c) 毛 毛の表現にはもちろん人物の髪の毛の表現[情90]と同様、毛の幾何形状モデルをもつ方法と反射モデルによる方法がある。文献[Mil88]では、前者の方法により、毛虫の毛を表現している。

それに対して、文献[Kaj89]では、テクセル(texel)と呼ばれる3次元テクスチャマップを物体表面にマッピングし、ボリュームレンダリングの変形を適用し、ぬいぐるみの毛の表現に成功している。テクセルは異方性反射モデルとボリューム密度の考え方を組み合わせたものである。ボリューム密度は通常のボリュームと異なり、粒子密度、方向性、反射率で定義されている。このテクセルの手法で風になびく長い髪やたてがみの表現が可能となるかは今後の課題であろう。

文献[Per89]では、ハイパーテクスチャ(Hy

pertexture) と呼ばれる 3 次元テクスチャが提案されている。ハイパーテクスチャはボリューム密度関数であり、初期密度分布を与える物体密度関数と、それを適当に変形させるいくつかの密度変調関数により作成される。レンダリングはレイマーチングと呼ばれるボリュームレンダリング法で行なう。この手法(ツール)により毛の表現も可能であることが示されている。

3. 動きのモデリング

3.1 動作のシミュレーション

歩行や羽ばたきの表現は、Bio-Sensorの虎 [Osa84] や Eurythmy の鳥や 4 足動物 [Amk85] など多くのビデオ作品で見られるが、関連する文献は見あたらなかった。ここでは、文献 [Mil88] で示されている、みみず、毛虫、蛇の歩行の表現について述べておく。

図 1 に示すようにバネでつながった 2 つの質点を考える。質点から出ている爪(線分)は摩擦の効く方向を示している。バネを縮めると質点 B の爪が効き、A が前進する。そのバネが伸びると、今度は A の爪が効き B が前進する。このモデルを多数接続することで以下のような歩行モデルが得られている。

(a) みみずの歩行 上述のモデルで、頭の方から後方に向かって、バネの縮みを繰り返し伝播させることにより、歩行がシミュレーションできる。

(b) 蛇の歩行 蛇の歩行のタイプには、みみずと同様な直線的前進と、いわゆる蛇行前進、砂漠の蛇のように横に進む側方蛇行前進、それからアコーディオン前進の 4 つがある。これらのうち、最後のものを除き(実際の蛇にもこのタイプは少ない)、質点-バネモデルでシミュレーションできている。

(c) 毛虫の歩行 毛虫は垂直方向の蛇行により前進する。

3.2 移動経路や行動のシミュレーション

移動経路や行動のシミュレーションはいわゆる“行動モデル”によるのが自然であろう。筆者の勝手な経験からすると、何かの行動モデルを設定し、そのシミュレーション結果を解析し、さらに自然なモデルへと改良するという一連の開発過程自体が非常に興味深く魅力的な分野である。また、必ずしも行動する主体は生物に限る必要もなく、手法としては非常に広範囲に適用可能である。樹木の枝先、ひび割れ先端、炎や煙の粒子なども行動主体である。if-then-else型の制御規則をもつエキスパートシステムももちろん行動モデルであり、セルオートマトンやニューラルネットワークも単純な行動規則をもつ多数の行動主体から成り立っている。

CGの分野では最近、魚 [内木86] [Rey87] [雨川88]、鳥 [SIG85] [Rey87]、蝶 [雨川88]、仮想生物 [藤田91] などのシミュレーションについて報告されている。これらは、主に

- ・群れが作る“流れ”に興味

の中心が置かれている場合 [SIG85] [Rey87] と

- ・行動主体個々の行動様式に興味

がある場合 [雨川88] とがあるが区別は難しい。一方、行動主体の環境の知覚方式からいうと、力の“場”などの

- ・環境から受動的に情報を受け取るタイプ

と、近傍の環境を観察することにより

- ・能動的に情報を得るタイプ

とが考えられる。前者は極端な場合、例えば行動主体は“墨流し”の墨の粒子のように場のトレーサとして行動するものである。一般には、後者の能力ももたなければ、表現力は小さい。群れの周囲にいる行動主体の知覚情報が、順次他の行動主体に伝播し全体の行動が制御されるということなども能動的な環境知覚による。他の行動主体により観測対象が隠されたりすることもある。単独では遠方まで知覚しなければならないが、群れでは近傍の仲間の行動だけを知覚していればよいとい

うこともある。これらも能動的な知覚により実現されるものと思われる。

群れのシミュレーションを行なう行動モデルの能力としては、少なくとも

- ・衝突や危険の回避,
- ・仲間の行動主体への接近,
- ・近傍の行動主体との速度の一致,

を行なう能力が必要であろう [Rey87]。このとき問題となるのは、

- ・知覚の感度

である。文献 [Rey87] でも議論されているが、筆者らの経験でも、この感度をどう取るかが最も難しい点である。

また、群れの表現の場合には多数の行動主体について計算を行わなければならないので、高速化の工夫が必要となる。多数の計算点を用いたシミュレーションには、一般的に

- ・多数のプロセッサによる並列計算

を行なう方法が最も効果的であろう。ソフトウェア上の工夫もちろん可能である。行動モデルの計算で最も時間を費やすのが他の行動主体の探索であろう。したがって、このような場合には

- ・バケットによる行動主体の管理

を行なえばよい(レイトレーシングという空間等分割法にあたる)(図2参照)。行動モデルは、群れの中の行動主体の数に依存しない定数時間計算量をもつアルゴリズムであることが必要であろう。

一方、対話によって引き起こされる行動の多様性に興味がある場合には、やはり行動規則をどれだけ用意できるかにかかってこよう。特に、群れのシミュレーションなどにはあまり考慮されていない

- ・感情などの内的行動要因

を考慮する必要がある [藤田91]。

4. 今後への期待

CG研究の中心課題として、形や質感の表現法については今後とも活発に研究が行なわれ、多く

の成果が急速にあげられていくものと思われる。

動きのモデリングには行動モデルを使おうというアプローチはすでに市民権を得たように思う。したがって今後は、より詳細な研究が期待される。上述した知覚の感度の問題のように、

- ・どのような規則を設定するとどのような行動が得られるのか

についての詳細な報告が期待される。また、

- ・動物“らしさ”の明確化

も重要である。CGでのできばえの評価は結局はCG画像、アニメーションのできで決まるであろうから言葉は要らないのかも知れないが、少なくとも研究過程では、

- ・どのような形や動きが“らしい”のかを記号として明らかにしながら、

- ・それを実現するためには、どのような行動規則が効果的なのか

についての検討が重要であろう。

また、

- ・動作と移動経路の総合的な表現

も必要である。例えば、とっさの危険回避の動作やそのときの表情などの総合的な表現である。本来、移動経路にも特定の動物が取れる動作のあり方が影響するはずである。鳥の飛び方一つ取り上げても、雀、燕、鷺ではかなり異なるように思われる。

さらに、キャラクタの資源を有効活用するためには、新たなキャラクタの登場や環境の変化の中で

- ・行動規則を学んでいく

ような学習能力・対話能力が期待されよう。

参考文献

[Gav88] G. S. P. Miller, The Motion Dynamics of Snakes and Worms, Computer Graphics, Vol. 22, No. 4, pp. 169-178, 1988.

[Kaj89] J. T. Kajiya and T. L. Kay, Rendering Fu

r with Three Dimensional Textures, Computer Graphics, Vol. 23, No. 3, pp. 271-280, 1989.

[Per89] K. Perlin and E. M. Hoffer, Hypertexture, Computer Graphics, Vol. 23, No. 3, pp. 253-262, 1989.

[Rey87] C. W. Reynolds, Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model, Computer Graphics, Vol. 21, No. 4, pp. 25-34, 1987.

[SIG84] Osaka University and Toyo Links, Bio-Sensor, SIGGRAPH Video Review, Issue 15, 1, 1984.

[SIG85] Amkraut, Girard and Karl, Eurythmy, SIGGRAPH Video Review, Issue 21, 2, 1985.

[雨川88] 雨川, 武内, コンピュータアニメーションにおける行動制御の一手法, 情報処理学会研究報告88-CG-33, 1988.

[内木86] 内木, 丸一, 所, 能動的キャラクターを用いたアニメーション生成手法, 第2回NICOGRAPH論文コンテスト論文集, pp. 197-206, 1986.

[情90] 第4回グラフィクスとCAD集中研究会「人物のモデリングと表示技術」, 情報処理学会研究報告90-CG-46, 1990.

[藤田91] 藤田, 林, 松本, 村上, 仮想生物の行動シミュレーション, 情報処理学会研究報告91-CG-49, 1991.

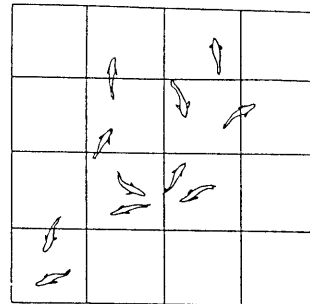


図2 バケットによる管理

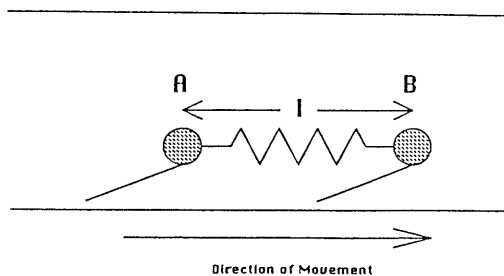


図1 質点-バネモデル