



2012年12月で絶筆となった  
倉地紀子著「CG コンテンツ」  
本誌 月刊 FDI で 2022年4月蘇る!!



本誌「月刊 FDI」にて、2002年4月号から2012年12月号まで連載していた倉地紀子著「CG コンテンツ」129編(564頁)は、連載開始から20年、また11年に亘った連載が絶筆となってから本年度で10年目の節目となりました。

これを基に2022年4月号(272号)から本文に再掲載し、全記事内容を当時のままに、2巻にまとめて発行することと致しました。

なお、当誌にて掲載しております写真図版等はモノクロ印刷となっておりますが、当時は全頁カラー印刷でした。なお、その他の掲載内容は、当時のままといたしましたので、技術面での記載内容などが現状と異なる場合がありますのでご了承ください。

※フッターに掲載年月を表記してあります。

**FDI2013ANNEXPART. 1**

**CGコンテンツ 総集編(PART 1)**

2002.04「モンスターズ・インク：テクノロジー・イン・デプス」-アーティストティックなリアリズムをつくりだした影の主役たち  
～2008.03 3DCG 映画の成熟 -映画「ビー・ムービー」のCG 技術

**72編 285頁 頒価5,000円(消費税込み)**

**FDI2013ANNEXPART. 2**

**CGコンテンツ 総集編(PART 2)**

2008.04「IMAGINA2008」(前編) — イマジナワードと R&D セッション—  
～2012.12「フランケンウィニー」— ストップモーション・アニメーションの醍醐味を支えた VFX (絶筆)

**57編 279頁 頒価5,000円(消費税込み)**

※書店及びネットでは販売しておりません。お申し込みは、お問い合わせは、E-mail : editor@uni-w.com 月刊 FDI 編集部までご連絡ください。



# SIGGRAPH2004 次世代を担う CG 技術

倉地 紀子

機器展示の規模の縮小やエレクトロニック・シアターの会場内での上映など、フェスティバルとしては年々スケールダウンしつつある SIGGRAPH だが、その一方で、次世代の CG 技術の動向を感じさせるツール、論文、作品などが、今年も期待を裏切ることなく登場した。今回から 3 回にわたって、そのような CG 技術の動向を紹介する。第 1 回は新しいコンセプトのツールを紹介する。

## GPU/CPU ハイブリッド・レンダラ

2000 年以降 CG 技術の研究を活気づけてきた GPU に関しても、新しいコンセプトのツールが登場した。論面では大きな進化を遂げているものの、実用面では GPU レンダリングを適用できる分野はまだまだ限られている。これは、GPU プログラムにはいまだに制限が多く、GPU プログラムだけを用いて高品質な画

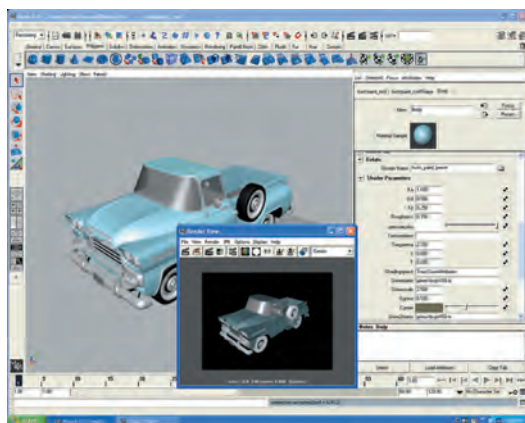
像を作り出すことは極めて難しいからだ。映像制作の場合、画像の質よりもリアルタイム性が重視されるゲームなどの分野には浸透してきているものの、リアルタイム性よりも画像の質が優先される大型映像の制作には、あまり縁のない技術と考えられてきた。

このような状況の中で、NVIDIA 社からジラート (Gelato) と呼ばれる映画プロダクション向けのレンダリング・システムが発表された。このレンダリング・システムは、ユーザー側からみればソフトウェア・レンダラとなら変わりはなく、スキャンライン法とレイ・トレーシングをベースとし、GI 機能も完備したレンダラとなっている。ただし、1 つのレンダリング・パイプラインの中で、CPU プログラムと GPU プログラムを同時に稼働させ、GPU プログラムが適用できる工程を選び、その工程を GPU プログラ

ムによって高速化している。CPU レンダリングと GPU レンダリングの双方の利点を生かして、高品質な画像を高速に作成することが目指されている。

ジラートの起源は BMRT にある。BMRT は、ラリー・グリッツが大学時代に作成をはじめたフリー・ソフトウェアのレンダラで、レイ・トレーシングやラジオシティ法など、同氏が学術的に興味を持っていたあらゆるレンダリング技法を組み込んで作られていた。同氏は、その後ピクサー社に入社し、フォトリアリスティック・レンダーマン (PhotoRealistic RenderMan) の開発に携わるようになるが、その傍らで BMRT も、PRMan と完全に互換なレンダラとして成長を遂げていった。そして、マシンの性能が複雑なレンダリング技法を計算できるまでに成熟したと感じると、ピクサー社を離れてエクスルーナ (Exluna) という会社

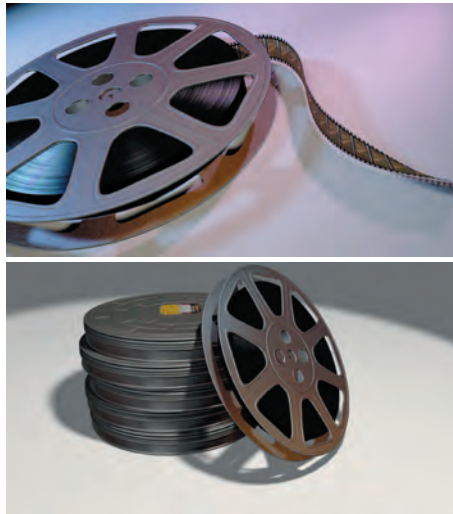
GPU に期待される群れのシーンのテスト画像。同じジオメトリを使い回しているのではなく、個々のキャラクターが別々のジオメトリになっている。群れのシーンのレンダリングへの GPU の導入は珍しいことではないが、ジラートの場合には、クローズアップにも耐えうる質でレンダリングできるという点が、他の GPU レンダラとの差別化となっている



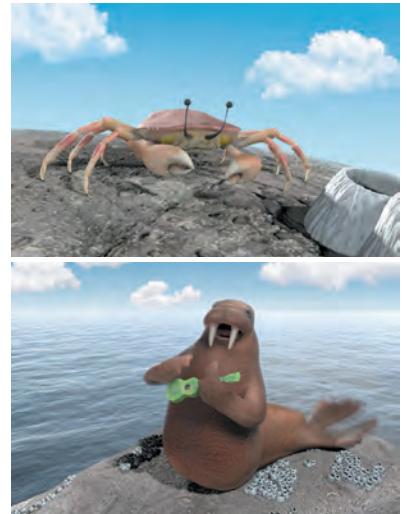
ジラートのターゲットは映画プロダクションということで、まずは MAYA 上でのリリースから始められた。NVIDIA のブースでは 3dsmax のプラグインとしてのデモも行われていたが、これはテストを依頼したプロダクション内部のプログラマが勝手に作成したもので、現状では NVIDIA からの正式な商品化としては、Maya のプラグインとしてのリリースに絞られている。将来的には複数のパッケージソフトのプラグインとしてリリースすることも考えられているようだ



Screenshotのファイナル画像。NURBS、シャドウマップを使用



レイトレーシングを使用



Gelatoによって作成されたショート・フィルムからのカット。サブディビジョン・サーフェース、サブサーフェース・スキヤタリングを使用

を設立し、BMRTをベースにしたエントロピーという名のPRManと完全互換な市販レンダラの開発に着手した。

映画のためのGIツールというコンセプトのエントロピーは、レンダーマンの5分の1に満たない値段で発売され、レンダーマンには手の届かないユーザー層からは大きな支持を集めていたが、発売から半年ほど経って、エントロピーもようやく軌道に乗ってきたと思われた矢先に、エクスルーナ社は突然NVIDIA社に買収された。そしてその直後に、ピクサー社はエクスルーナ社を、エントロピーがレンダーマンの持っている特許を侵害しているとして訴えた。

この訴訟の行方には大きな関心が寄せられていたが、SIGGRAPH2002の期間中に、エントロピーの敗訴とその開発中止が公表され、BMRTに関しても、フリー・ソフトウェアであったにもかかわらず、その長い歴史の幕を閉じることになった。「エントロピーに継いでまだまだ作り出していかなければならないものが沢山ある。すでに、より新しい技術的なテーマに向けて精力的に活動を始めている」と当時グリッツ氏は語っていたが、それがジラートのことだったようだ。

ジラートはエントロピーが母体となっているが、GPUによる高速化だけでなく、GIレンダラとしての質もエントロピーよりはかなり向上しているようだ。エントロピーにはなかったサブサーフェース・

スキヤタリングなどの機能も装備されている。その反面で、肝心の高速化に関しては、ソフトウェアとハードウェアという異なったアーキテクチャが混合しているため、理論どおりの高速化を行うことはなかなか難しく、現状では、ソフトウェアだけのレンダラと比較して2倍から4倍までの高速化が精一杯だという。さらなる高速化が最大の課題となっている。実際のところ、ブースにいるグリッツ氏のもとを訪れるのは、大手CGプロダクションの若手のプログラマやTDがほとんどで、その期待の大きさもさることながら、毎度毎度「2倍は堅いんだが」と苦笑するグリッツ氏の姿が目についた。

第1のターゲットはハリウッドの映画プロダクションということで、ILMやSPIWでテストが重ねられ、ライティング・アーティストやライティングTDに便利な機能が加えられてきた。ピクサー社との過去のいきさつもあるため、レンダーマン・シェーダーとの互換性はないが、Pythonスクリプトの記述が可能で、さまざまなパッケージ・ソフトのシーンファイルを読み込むためのプラグインも用意されている。NVIDIAとしては、レンダーマン・シェーダーとのコンバータを外部の第3者が開発してくれることを期待しているという。

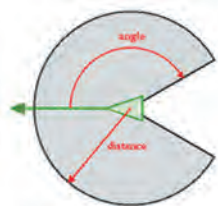
また、今回のSIGGRAPHに向けて打ち出されたのが、「MAYA上でのリリース(画像:スクリーンショット)」と「イ

ンタラクティブ・ライティング」という方向性だった。インタラクティブ・ライティングとは、ライトのパラメータだけを変化させた場合に、リアルタイムにそのレンダリング結果を見られるようにすることで、これによってライティング・アーティストの作業負担を大幅に軽減することができる。将来的には複数のパッケージソフトのプラグインとしてリリースすることも考えられており、NVIDIAのブースでは3dsmaxのプラグインとしてのジラートのデモも行われていたが、これはテストを依頼したプロダクションの内部のプログラマが作成したもので、NVIDIAからの正式な商品化としては、現状ではMayaのプラグインとしてのリリースに絞られているようだ。

エントロピーを失いBMRTを失った時点でも、夢は何か?とたずねると、「いまだかつてCGで作成されたことのないような、より一層リアリスティックな映像を作り出すことだ」といっていたグリッツ氏だったが、今回同じ質問をすると、「そのツールを使うことによって、人々がハッピーになれるような、そんなツールを今すぐにでもこの目でみたい」という答えが返っててきた。それは、CGツールのゴールが最終的にどこにあるのかという

gelatoの開発者  
Larry Gritz





各 boid には、進行方向を中心とした角度 (angle) と距離 (distance) によって探知能力が及ぶ「近傍」が設定される (グレーの領域が近傍)



各 boid は、①隣接した boid に近づき過ぎないようにする (boid separation) ②隣接した boid と似た進行方向に向かう (boid alignment) ③隣接した boid の中心点に近づく (boid cohesion) という3つの要素によってその進行方向を決定する。  
(隣接した boid とは近傍内に含まれる boid を指す)

ことを、非常にうまく言い表しているようにも思われる。

### クラウド & リジッドボディ

このところの映画 VFX ではバーチャル・スタントへの要請が大きく、またそれに伴って、新しいコンセプトの群れやリジッドボディのシミュレーション・ツールが登場してきている。

CG における群れのシミュレーションの実用化は、1987年に Craig Reynolds が発表した1つの論文によって始まった (注1)。Reynolds はこの中で群れの個々のエレメントを boid と名付けた。boid は基本的にはパーティクルと同じだが、個々の boid には、視界や、外部環境の変化を感じ取るための近傍領域が定義されている。そして、視界や外部環境の変化に応じて、個々の boid はプロシージャルに進行方向を決定していく。その結果、boid 同士の相互作用も表現することができ、いかにも「群れ」らしいパーティクルの動きが生成される。Boid の考え方は非常に CG 的なアプローチといえ、今日に至るまでほとんどのクラウド・システムがこの論文の手法を参考にしてきた。

90年代には、群れの動きを「自然物のシミュレーション」として視覚化する傾向が強く、映画 VFX などでも、動物の群れを対象としたものがほとんどだったが、映画「スター・ウォーズ：エピソード1」において、ようやく、人間の骨格をもったキャラクターを対象としたクラウド・アニメーションが登場した。ILM は、人間に似た骨格をもった戦闘ロボットの群れの動きを作り出すため、個々のロボットの (打たれたり倒れたりする) サイクル・アニメーションを、モーション・キャ

プチャやリジッドボディ・システムを用いて作成し、このサイクルをパーティクル・アニメーションと結びつけるクラウド・パイプラインを構築した。PDI では、映画「アンツ」のためにインハウスのクラウド・システムが構築された。このシステムも基本的にはパーティクル・システムをベースにしたものだった。

しかしながら、映画「シュレック」では、蟻とは違って、さまざまな色の顔や毛、さまざまな模様の洋服を纏った群衆を描き出す必要があった。このため、パーティクルの個々の要素に、このような多彩な属性を違和感なく割り当てるための、独自のデザイン・システムも加えられた。映画「シュレック2」では、あくまで部分的にはあるが、パーティクルの動き

に流体シミュレーションを取り入れたり、身体の動きにもシミュレーションを加えてみるなど、意欲的な試みがなされたようだ。

ところが、2000年を過ぎると、上記のような群れの考え方はまったく違ったコンセプトのツールが登場した。それが映画「ロード・オブ・ザ・リング」で用いられた Massive だった。このツールでは、群れの個体が独自の判断のもとに行動し、それぞれの個体の行動が他の個体の行動を引き起こして、群れ全体の行動の進化を生み出していく。一般的に、このような動きの進化は、エボリューション (evolution) と呼ばれる。輪のような動きから乱流のような動きへと発散していく流体の動きも、エボリューションの

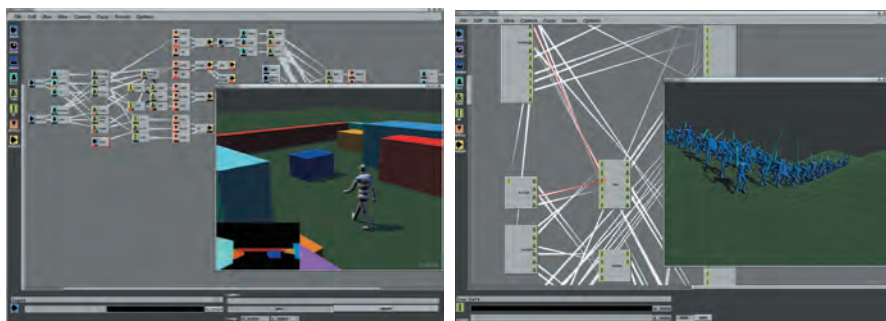


エレクトロニック・シアターで上映されたミル・フィルムによるミュージック・ビデオ「Go to Sleep」でも、Massive を用いた群れのシーンのメイキングが紹介されていた



Massive の開発者 Stephen Regelous

Massive のスクリーンショット



一種といえる。植物の成長や動物の行動、経済の動きなどをシミュレートするためにも、エボリューションという考え方は取り入れられている。

Massive では、それぞれの個体 (agents) が、あらかじめ定義されている基本的な行動の断片 (たとえば「3歩前に歩いて止まる」とか「振り返って相手を切りつける」など) から、視覚、聴覚、触覚を通して感知した外界からの刺激に応じて、最適なものを自分で選び出しそのパラメータも自分で決定する。以前の行動や周りの個体の行動、周りの環境の変化に応じて、このような選択や決定をそれぞれの個体が独自に行うことによって、行動のエボリューションが生まれ出されていく。

しかしながら、Massive では、個体のリジッドボディ・ダイナミクス (骨格や筋肉の動き) には、エボリューションの考え方が大幅には導入されておらず、モーションキャプチャーで取り込まれた動きがほぼそのまま用いられていた。

そして、骨格や筋肉の動きに、はじめて本格的にエボリューションという考え方を取り入れたのが、映画「トロイ」でも紹介した Endorphin というツールだった。このツールでは、膨大な数の行動のライブラリーが用意されている。そして、それぞれの行動において、外部から加わった刺激に対して、まず身体の中のどの部分がどのように反応し、その反応が身体全体をどのように伝播していくかということが、ある種の学習プログラムによって教え込まれている。刺激に対する反応が身体を伝わり、身体各部位の動きを引き起こし、その変化が新たな反応を生み出していく過程が、エボリューションにあたる。

しかしながら、このエボリューションでは、対象が人間の骨格であるだけに制限が多いうえ、エボリューションの結果として生まれ出される動きがいかに人間らしい動きになっていなければならない。このため、エボリューションの過程で行われる「判断」を、その都度最適化する必要がある。Endorphin では、この最適

化 (optimization) を動物学に基づいたデータベースを用いて行っているという。エボリューションの過程で行う選択や、それによって起こる変化をコントロールするためには、一般的には genetic algorithms と呼ばれるアルゴリズムが用いられる。

Endorphin は、人間の動きに特化させた高度なリジッドボディ・シミュレーターといえる。決して群れのアニメーションを意図したツールではなく、むしろそのためには不都合な点もある。たとえば、基本的には一体の動きを作り出すもので、多数の個体の動きを同時に作り出すことができない。また、あらかじめライブラリーに用意されている行動に関しては、ヒーロー・キャラクターにも適用できる質の高い動きを作り出すことができるものの、ライブラリーにない行動に関しては、これを作り出す術がないという難点もある。

仮にも、ライブラリーにある行動をモーションキャプチャー・データを用いてコントロールすることができれば、ライブラリーにない行動を作り出すことも可能となるが、前述したように、Endorphin では独自の学習システムによってシミュレーションを作り出しているため、現状ではそのシミュレーションの過程に外部からアクセスすることはできないようだ。一方の Massive は、新たな機能として、モーションキャプチャー・データによってコントロールが可能なダイナミクス・システム (Smart Stunts) を装備することを発表している。

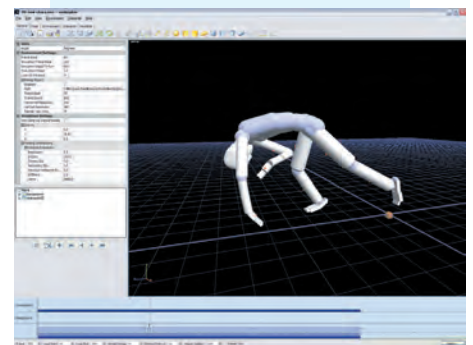
Massive や Endorphin のようなツールの発想は、CG とは違った分野の研究で培われてきた理論や技術がもとになっている。学術的にも、これらの分野での研究は、これまで CG の分野に現れてきた群れやダイナミクスの研究よりも奥が深いとさえいえる。今、群れのシミュレーション技術に再び注目が集まりつつあるが、これが一過性の流行に終わってしまうかどうかは、これらの新しい発想がいかにしてアーティストの創意工夫を反映させることのできる CG ツールへと発展

していくかにかかっているようにも思われる。

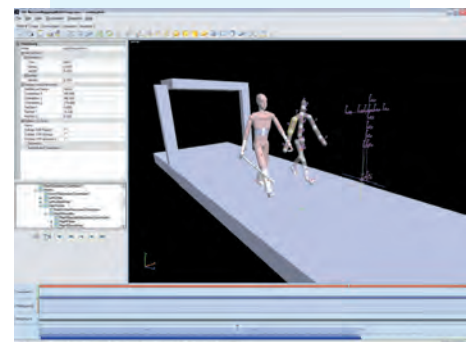
注 1) "Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model" (Craig Reynolds, Proceedings of Siggraph'87)

Noriko Kurachi

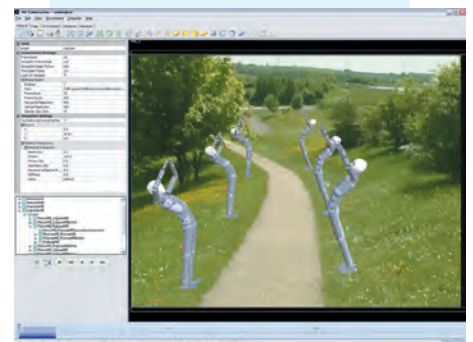
SIGGRAPH2004 では、バージョン 1.6 がアナウンスされ、figueroa hotel で行われたリリース・パーティも盛況だった。画像はバージョン 1.6 の新機能



新たに加えられた動作 Rolling



身体各部分の拘束条件を ON/OFF で切り替えることができるようになった。画像のデータで、たとえば手の拘束条件をはずすと、手に持っている武器をひきずるような動きになる



マッシュムーブ用のデータを読み込むことができるようになった