



映画「ロボッツ」 (アニメーション・フィルムにおける レンダリング技術)

倉地 紀子

実用化の進むレイトレーシング

SIGGRAPH2005の技術的な動向としては、「伝統的な技術を新しい視点から捉えなおす」という方向性が顕著だった。とりわけレンダリング技術にはこの傾向が強く、レイトレーシング(ray tracing)というテーマにも大きな焦点が当てられていた。レイトレーシングは、技法そのものとしては80年代前半にすでに確立しており、フォトリアリスティックな映像を作り出す上では非常に有効な手法とされてきた。しかしながら、その計算負荷の重さゆえに、ハリウッド映画などのように非常に広大なシーンを描き出す必要がある場合には、極力敬遠されてきたといえる。だが、この数年の間にマシンの計算能力が著しく向上したこともあって、近年では映画VFXなどにも頻繁に用いられるようになってきた。このような時代背景もあって、レイトレーシングのコース・セッションや論文セッションでは、より実用的な側面に重点が置かれ、VFX業界の技術者の姿も数多くみられた。

ところが、このような時代の流れに先立って、レイトレーシングを80年代半ばから一貫して追求し続けてきたのが、

NYを本拠地とするブルースカイ・スタジオ(Blue Sky Studios)だった。この夏公開された映画「ロボッツ」は、同社が「アイスエイジ」に続いて作成した作品で、全編をレイトレーシングでレンダリングした初めてのフル3DCGフィルムとなっている。また、同社が独自に開発したレイトレーサーは、近年の市販のレイトレーサーと比較しても、レンダリング結果の美しさにおいて遙かに秀でているという定評がある。

ブルースカイ・スタジオの レイトレーサー

ブルースカイ・スタジオは、1987年に、「アイスエイジ」や「ロボッツ」の監督でもあるクリス・ウェッジ氏(Chris Wedge)とカール・ルドウィグ氏(Carl Ludwig)によって設立された。2人とも同社を設立する以前は、映画「トロン」の制作で知られるMAGIという映像プロダクションに在籍していた。このプロダクションは、もともとはCGによるシミュレーション映像を作成しており、その目的のためにレイトレーシングのプログラムを書いたのが、ルドウィグ氏とレイトレーシングとの最初の関わり合いだった

ようだ。

「CGの醍醐味は、「光」がシーンとコミュニケーションする様子を描き出し、3Dの世界観を際立たせるところにある」とルドウィグ氏はいう。確かに、そのためには、光の伝達を正確にシミュレートすることのできるレイトレーシングが最も向いている。だが、アニメーション・フィルムを作成するためのレイトレーサーは、決してシミュレーションそのものを目的としたものではあってはならない。光が周りの物体とコミュニケーションする様子を描くことによって、キャラクターやストーリーがもつエモーションを観客に伝え、観客がそれらとコミュニケーションできるようにすることが最も大切なのだそう。ブルースカイ・スタジオのレイトレーサーが、市販のレイトレーサーや、論文などにでくるレイトレーシングの技法と一線を画しているのは、このあたりにあるようだ。

もう少し具体的にいうと、ブルースカイ・スタジオのレイトレーサーの特徴は、数値ではなく人間の目の知覚を基準にしている点にある。レイトレーシングでは、空間全体のあらゆる方向に向かって多数のレイを飛ばし、レイがぶつかった地点に蓄えられている光を拾い集めるという作業が必要となる。どの方向にどれだけのレイを飛ばすかということが、より少ない計算時間でより美しいレンダリング結果を得るための重要な鍵となる。通常はこのレイの飛ばし方を、数値の上で解析を繰り返して決定するのだが、アニメーション・フィルムのためのレイトレーサーであれば、映画館で観客が見て心地いいと思うような絵を作り出すように、レイ



Carl Ludwig
純粋にエンジニアとしてのバックグラウンドをもつルドウィグ氏だが、その言葉には、非常に詩的な表現が多い。たとえば、レンダラが実際にレンダリングを行う工程を、同氏は「she paints」と言い表す。仮にも同氏が非常に絵や文章が巧かったとしたら、今頃は、絵や小説を書いていたのかもしれないが、幸か不幸か同氏は、絵や文章よりも、数式を書くことに秀でていた。それゆえに、レンダラというものを書き始めたのではないだろうかと思えさせられた

を飛ばさなければならない。たとえば、人間の目には、近くのもののははっきり見えるのに対して、遠くのはあまりはっきりとは見えない。風景画で、前景がくっきりと描かれ、背景がぼかして描かれているのも、このためだ。アニメーション・フィルムのためのレイトレーサーは、ちょうどこのような風景画を絵描きが描くようにレイを飛ばさなければならないのだと、ルドウィグ氏は説明する（注 1）。

レイトレーシングはフォトリアリスティック・レンダリングの代表的な手法ともいえるが、ルドウィグ氏は、決してレイトレーシングを、リアリスティックな表現のための武器とは考えていないという。リアリスティックな表現というのは、必ずしもシミュレーション的な要素を必要とはしておらず、アーティスティックな視点から、よりスタイライズされた形で生み出すこともできるのだそう。レイトレーシングならではの表現というのは、3Dの世界を際立たせ、観客がその世界に身をおいて周りを観察できるようにすることなのだと同氏はいう。

映画「ロボッツ」では、現実の世界とは全く違う世界でありながらも、観客が知らず知らずのうちにその世界に引き込まれてしまうような世界観が目指されており、ブルースカイ・スタジオのレイトレーサーは、このような映画のコンセプトに非常によくマッチしていたといえる。しかしながら、観客がより違和感なくその世界に身をゆだねることができるようにするためには、光をシミュレートするだけでなく、キャラクターやキャラクターを取り巻く環境のディテールをシミュレートすることも、非常に重要だったという。このために開発されたのが、風化をシミュレートするプロシージャル・テクスチャだった。

現在では映画 VFX においてもレイトレーシングの使用が珍しくなくなってきたが、ブルースカイ・スタジオのレイトレーサーは、その結果映像の美しさにおいて、とりわけプロの間では定評がある。現在では、フル GI には対応していないため、環境からの間接光の影響を近似するためのライティングに苦労したようだ。近い将来にはフル GI への対応が予定されている





「ロボット」で用いられたプロシージャル・テクスチャでは、時間軸に沿って一定間隔で、今テクスチャがどのような状態にあるかに関する質問を投げ、その答えに即して、適切なルールを幾つか選択し組み合わせて、その後の風化の進行具合を決定していく。このようなルール・ベースのシミュレーションは、流体や群れの動きを作り出すためによく用いられるが、風化という現象をこの方法で表現したのは、映像制作の分野では初めてだといえる。実際には、1つのサーフェースに複数のテクスチャを層にして張りつけており、それぞれのテクスチャが上記のようなシミュレーションによって作り出されている

プロシージャル・テクスチャ

金属でできているロボットは、レイトレーシングで表現するには非常に向いているが、そのままでは光沢ばかりが目立つ冷たい質感になってしまう。そこで、よりオーガニックな質感を与えるためのテクスチャが検討されることになった。このようなテクスチャは、通常はアーティストの手作業によって作りだされるのだが、「ロボット」の場合には、さまざまな特徴をもったロボットが膨大な数登場する。加えて、監督は、オーガニックでありながらも、非常にフォトリリスティックな質感を望んでいた。膨大な数のロボットそれぞれに対して、このような複雑なテクスチャをすべて手作業で作成しようとすると、その作業負担は計り知れないものになる。そこで、テクスチャは手作業によってではなく、すべてプログラムによって生成することになった。

プログラムによって生成するテクスチャは、一般的にはプロシージャル・テクスチャ (procedural texture) と呼ばれる。「ロボット」で用いられたプロシージャル・テクスチャのアルゴリズムは、与えられた1セットのルールと、ルール同士の繋がり方に基づいて、時間軸に沿った金属の「風化」の進行をシミュレート

する(注2)。考え方としては、ルール・ベースのクラウド・シミュレーションや流体シミュレーションと類似しているが、クラウドや流体の場合と比較して、「風化」という現象はいまだ明確に数式化する方法が解明されていないため、まずは廃品ばかりが集められた工場に行って、「古く見せる」にはどうするかを把握するところからはじまったという。

もっとも単純なルールとしては、たとえばテクスチャを貼り付けるある部分の凹凸を調べ、出っ張っている場合にはその部分の色を褪せさせ、凹んでいる場合にはその部分にオイルを垂らしたり汚れを溜まらせたりする。もちろん、オイルや汚れだけでなく、水や空気中の酸素による侵食なども考えられる。また、色の褪せ方や汚れの溜まり方にしても、そのロボットがどこに住み、そんな習性を持ち、どんな生活を送っているかによって変わってくる。常日頃から外界の物体とぶつかることの多いロボットであれば、たとえ新しくても、色の剥げ落ちる頻度が高くなる。また、自分の身体を洗うことを日課としているロボットであれば、古くても汚れはあまり溜まっていないことになる。いってみれば、このプロシージャル・テクスチャは、テクスチャの人生そのものをシミュレートしていることになる。

もちろん、プロシージャル・テクスチャとはいえ、すべてがプログラムによって決定されるわけではない。前述したように、どこにオイルを垂らしたり汚れを溜まらせたりするかといったことは、原則としてはプログラム・ベースのルールによって決められるが、アーティストが3Dブラシを用いて物体表面上の特定の場所を指定することもできる。そして、アーティストは、自分が思っている通りのテクスチャができて上がっているかどうかを、マルチプロセッサを用いた簡易レンダリング・ツールによって高速にフィード・バックして確認する。

もし、もう少し古い質感にしたければ、テクスチャ・シミュレーションをもう少し進行させたものをあてがい、逆にもっと新しい質感にしたければ、テクスチャ・シミュレーションをもっと早い段階で終了させたものをあてがう。このように、アーティストの判断とプログラムの判断とをうまく融合させることによって、非常にフレキシブルに、なおかつ手作業で作出すよりも遙かに効率的にフォトリリスティックな質感を作り出すことができたという。

プロシージャル・テクスチャに対する監督クリス・ウェッジの満足度は、こ

とのほか高かったようだ。実際のところ、映画のクライマックスでは、2つのイデオロギーが対立し、それぞれのイデオロギーを、最新の贅沢な部品ばかりで出来たロボットと、使い古された部品ばかりでできたロボットが象徴しているが、この部分のストーリーのアイディアは、次々に作り出される驚くべきテクスチャの数々を見て感激した監督が、急遽思っていたものだったという。テクスチャの人生をシミュレートするプログラムは、キャラクターの人生やストーリーにまで影響を与えることになったようだ。

上記のプロシージャル・テクスチャは、同社が現在制作中の「アイスエイジ2」でも大活躍している。さまざまな人間や動物が登場する「アイスエイジ2」では、よりオーガニックで多彩なテクスチャが必要とされるが、これらのテクスチャも、手作業によってではなくプログラムによって作成されているという。中でも表現上もっとも鍵となるのが、毛の表現と動物の群れの表現で、年齢や性格が微妙に違った群れの個々の動物のテクスチャや、群れ全体に渡るテクスチャの変化を作り出す上で、上記のプロシージャル・テクスチャは非常に効果的なのだそうだ。ちなみにSIGGRAPH2005でも、レイトレースを用いて風化をシミュレートするアルゴリズムがマイクロソフト・リサーチ・アジアから発表され、大きな話題となっていた。

映画におけるレイトレーシング

話をレイトレーシングに戻すと、SIGGRAPH2005では、とりわけリアルタイム・レイトレーシングを意識した技法が目立っていた。レイトレーシングのアルゴリズムを本格的にハードウェア上で実装した手法も登場した。しかしながら、ルドウィグ氏は、ゲームなどと違って、映画のためのレンダラにとっては、その速度が最優先されるわけではないと語っている。アーティストが眠っている間に、コンピュータが際限ない計算を繰り返し、フォトリアリスティックな光を作り出そうとするアーティストの際限ない労力を大幅に軽減してくれる。これは極めて効率的な作業体制なのだそうだ。もちろん、速ければ速いに越したことはないが、速さよりも優先すべき大切な要素があるようだ。

なによりまず、どんな演出やアーティストの要望にも対応できるフレキシビリティを持っていることが最も重要で、その次に大切なのは、レイトレーサーを用いることによって、表現にどれだけ豊かさや広がりをもたせることができるかという点だという。そして、たとえば、アーティストが、心の中にあるものを手で表現するために大層苦労していたとしたら、アーティストに代わってそれを表現し、アーティストからその重荷を取り除いてあげることができるような、そんなレイトレーサーに育て上げていきたいのだと、ルドウィグ氏は語っている。目指されているのは、アーティストの「目」と「心」をもったレイトレーサー

だといえるようだ。

CG技術は、他の科学技術とは違った、非常に特殊な一面、理論や数値を超えた非常に曖昧な一面をもっている。これは、CGというものが、人間の目が見ているもの、さらには人間が見たいと願っているものを表現する必要があるからだといえる。人間の目は、我々の想像を超えて非常に卓越した機能を備えており、現在の科学技術を結集しても、それを完全にシミュレートすることは未だに不可能だとされている。まして、人間が見たいと願うといったような、感情までシミュレートすることは、今度どれだけの年月を経ても、どれだけ十分に達成できるかは知る余地もない。しかしながら、CGという表現方法において、人間の知覚や感情と科学技術との隙間を埋める方法がないわけではない。それは、技術そのものがアーティストの「心」を持っていることだと、ルドウィグ氏の言葉の数々は物語っているように思われてならなかった。

(注1) ブルースカイ・スタジオのレイトレーサーでは、被写体深度に応じたボケ領域を設定し、光をこの領域全体に分散することで、ノイズの発生を軽減するという処理が加えられているという。

(注2) このようなシミュレーションのアプローチは一般的にルール・ベースドと呼ばれる。ルール・ベースドのシミュレーションは、物理的な正確さには欠けるものの、物理法則に基いたアプローチとアーティストティックなアプローチとを併用できる点や、コントロールが容易な点などが利点とされている。

Noriko Kurachi

映画のテーマともなっている2つのイデオロギーの対立は、クライマックスにおいて、新しいピカピカの部品ばかりで作られているロボットと、使い古された部品ばかりで作られているロボットとの対決として描きだされているが、このストーリーは、テクスチャ・シミュレーションによって作り出された古いテクスチャと新しいテクスチャとの対比から生み出されたそうだ。作品の制作は、まずストーリーから始まるが、上記のエピソードは、ストーリーとそれを支える技術との間の微妙な関係を物語っているといえる

