



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(PART1)

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 3 DCG 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)

FDI2013ANNEX PART. 2

CGコンテンツ 総集編(PART2)

2008.04「IMAGINA2008」(前編) — イマジナア 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。

21世紀の映像コンテンツ

CGcontents

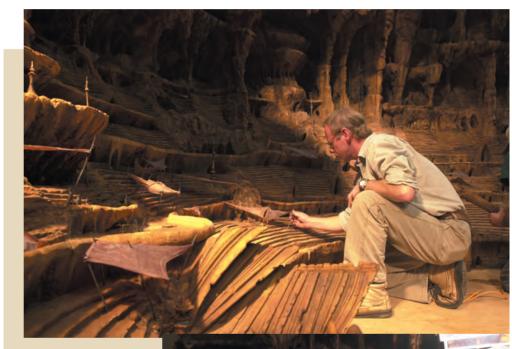
「スター・ウォーズ: エピソード 2」PART2 The Movie Magic by ILM at Ref

クラウドとアリーナ・シーケンス

「エピソード2」において、個性豊かな数々 の3DCG キャラクタを登場させたジョージ・ ルーカスは、「「エピソード2」には、スタント の役割を果たすデジタル・ヒューマンも数 多く登場する」と語っている。実際のところ、 映画後半のアリーナ・シーケンス(円形競技 場) やラスト・バトル・シーケンスには、ア リーナの観客、クローン、中景や遠景のジェ ダイなど、スタントの役割を担った「人間ら しい」動きをする3DCG クリーチャーが大量 に登場する。そして、これらの3DCG クリー チャーが個々にもつ特徴を生かしながら、 シーン全体に統一感のある動きをつくりだし たのが、クラウド・パイプラインとよばれる群 の動きを制御するためのツールだった。クラ ウド・パイプラインは、「エピソード1」で大量 の3DCG ロボットの動きを同時に制御する ために開発されており、このツールを開発し たクリストフ·ヘリー (Christophe Herv) 氏が、「エピソード2」のアリーナ・シーケン スのスーパーバイジングを担当した。

クラウド・パイプラインでは、まず、個々のクリーチャーが位置を移動せずにおこなう演技をサイクル・アニメーションとして作成する。このサイクル・アニメーションは、モーション・キャプチャや手作業によってつくりだされる。また、落ちる、ぶつかる、切られるといったような、外部環境からの物理的な影響によってひきおこされる動きのサイクル・アニメーションは、剛体シミュレーションをもちいて別途作成される。そして、これらのサイクル・アニメーションはひとつずつレンダーマンのRIBファイルに保存しておく。

次に、Mayaのパーティクル・システムをもちいて、個々のクリーチャーが進む軌道を作成する。この軌道は、手作業や簡単なルールを記述したスクリプトによって生成される。そして、最終的な動きは、ファイルに保存されていたサイクル・アニメーションを、軌道のそれぞれの場所にあてがうことによってつくりだされる。ファイルに保存されていたサイクル・アニメーションのデータは、物体の



オーガニックなアリーナ 円形競技場の観客席は、その 形状が非常に有機的なつくり になっており、3DCGのキャ ラクタや生き物を、お互いお っており合うことなりになって観客席全体に均守 で観客席全体に均ずログラム を作成する必要があった

©Lucasfilm Ltd. & TM. All Rights Reserved Photo by: David Owen



中でそのサイクル・アニメーションをあてがう部分が、実際にレンダーマンによってレンダリングされる直前になってはじめてコンピュータのメモリ上に展開されるため、所要メモリや所要計算時間を大幅に削減できる。
「エピソード2」でも、クラウド・パイプラ

インの基本的な流れはそのまま引き継がれているが、円形競技場の形状やそこで繰り広げられる演技は、「エピソード1」のものとは比較にならないほど複雑であったため、個々のクリーチャーがもつ感情や判断力などもアルゴリズム化されて加えられた。





アリーナ・シーケンスのバトル・シーン (1) アリーナ・シーケンスには、もっとも多種多彩なクリーチャーが群をなして大量に登場する。各種の複雑な群の動きに、シーン全体としての統一感をあたえるために、群を構成する個々のクリーチャーの軌道をプロシージャルにつくりだすプログラムが作成された。またライティングにおいては、実写の背景プレートからアンビエ

ント (Diffuse)やリフレクション (Supecular)の成分抽出して、これらをライト・エフェクトとしてもちいている

たとえば、円形競技場の観客の動きをこの クラウド・パイプラインでつくりだす場合、 まず、これらの観客を複雑な幾何形状の観客 席にどうやってレイアウトするかが最大の 問題点だったという。ポッド・レース競技場 の観客席の場合には、何メートルおきに配置 する、といったようにその配置は単純な数式 であらわすことができたが、今回の円形競技 場の観客席は、非常に有機的な形状になって おり、観客のクリーチャーを、お互いに重な り合うことなく、なおかつアリーナ全体に均 等に配置するには、個々のクリーチャーに自 分で座る場所を見つけ出させるプログラム を作成する必要があったそうだ。そして、そ のアルゴリズムは、クローンの襲来によって 突然戦いが勃発し、観客席を飛び回って逃げ 惑う観客の動きをつくりだすためにもちい られたものと、非常によく似ているという。

観客席のクリーチャーは、羽のある昆虫に似たキャラクタで、大きなジャンプを繰り返して観客席を飛び回る。ここでは、あらかじめクリーチャーのすすむべき軌跡のガイドラインをあたえておき、個々のクリーチャーは、このガイドラインとそのとき自分がおかれている状況とから次に進むべき道を選択

し、さらにその時点でシーン全体にどのようにクリーチャーが散らばっているかを把握している「ポリス・マン」の判断をあおいで、最終的な軌道をつくりだしていくという方法をとっている。

実際のプロセスでは、まず模型の円形競技 場を撮影した画像をもとにして、観客席の上 にクモの巣のように張り巡らせた軌跡の地 図を作成する。この軌跡をもとにしてクリー チャーは観客席を飛び回る。その一方で、「ポ リス・マン |が判断の基準とする3D の軌跡 のネット・ワークも作成される。このネット・ ワークは、個々のクリーチャーの位置が移 動するたびにアップ・デートされる。クリー チャーが、この3D ネット・ワーク内のある 軌跡に一定距離以上接近すると、「ポリス・マ ン」はもっとも適切な軌道を選択してクリー チャーにあたえる。クリーチャーは選択され た軌道を進みながら、観客席の地図を見て、 その中で現在の位置からもっとも近く、また 「空席」になっている場所を選んで、その方向 に飛び移る。もし、「空席」がひとつも見つか らない場合には、また「ポリス・マン」の判 断をあおいで、別の方角にむかう。軌跡の選 択において、クリーチャーの視点から見た判

断と、シーン全体を把握しているポリス・マンの判断の両者を反映させることによって、個々のクリーチャーの動きに面白味をあたえつつ、群全体としても統一感のある動きをつくりだすことができたという。

観客のクリーチャーに対してクラウド・パイプラインがつくりだした、もうひとつの特徴が、ステージのシーンに対する各クリーチャーの反応だった。個々のクリーチャーの動きには変化をもたせつつ、シーン全体の動きを制御しやすくするために、ここでは、ステージのシーンに対応したエクサイトメント・レベルというものが設定された。

たとえば、ステージでクリーチャーが殺さ れるというような残忍なシーンでは、エクサ イトメント・レベルの値は非常に高くなって いる。そして、アニメータによって作成され たさまざまなサイクル・アニメーションは、こ のレベルによって分類された。たとえば、同 じ「走る | というサイクル・アニメーションで も、ゆっくりと走っているサイクル・アニメー ションはエクサイトメント・レベル30パーセ ントという組に属すると判断され、全速力で 走っているサイクル・アニメーションはエク サイトメント・レベル80 パーセントというサ イ組に属すると判断される。同様に、「喝采す る」というサイクル・アニメーションに関して も、手をたたいて喝采しているだけのサイク ル・アニメーションは低いエクサイトメント・ レベルの組に、飛び上がって喝采しているよ





アリーナ・シーケンスのバトル・シーン (2)

中景や後景のジェダイの動きにもクラウド・パイプラインがもちいられた。ブルーバックで撮影されたサイクル・アニメーションが 2D カードにマッピングされ、実写素材をもとに作成されたカメラ・サイクルとライト・サイクルをこれらのカードに与えて、実質的には 3D エレメントとして扱えるようにする。そして、これらの CG ジェダイの動きは、ILM のクラウド・パイプラインをもちいて作成された

うなサイクル・アニメーションは高いエクサイトメント・レベルの組に分類される。

アニメーションの各フレームでは、前述したように観客の群全体に対してエクサイトメント・レベルが決められており、個々のクリーチャーのサイクル・アニメーションは、そのエクサイトメント・レベルに対応した組に属しているサイクル・アニメーションがつくりだされる。この方法で演技付けされた群がもつ最大の利点は、監督が指示する演出の変更によって頻繁にステージのシーンが変わっても、エクサイトメント・レベルの数値を変えるだけで、ほぼ満足のいくコントロールができる点だったそうだ。

円形競技場の戦闘シーンでは、中景や後景のジェダイの動きもクラウド・パイプラインによってつくりだされている。このシーンでは、前景のジェダイに関しては、スタジオで撮影された背景の映像からサイクル・アニメーションが抽出され、これらが2Dの板にあてがわれている。そして、この2Dの板にはさらに、カメラの位置やアングルなどの情報をあらわすカメラ・サイクルや、微妙な光の反射などをあらわすライト・サイクルがあ

たえられる。こうして2Dの板は、実質的には3Dの物体となり、これらに通常のクラウド・パイプラインを適用してCGジェダイの動きがつくりだされた。もっとも、これらのCGジェダイは、実写のエレメント(環境やクリーチャーなど)と密接にインタラクションする場合が多く、それを効率よくチェック

するために、Mayaパーティクルをもちいて 軌道を作成する工程で、その結果を実写プ レートと重ねあわせてフィード・バックす るようなプラグインが作成されたようだ(も ともとこの工程では、Mayaパーティクルの 「粒子」の代わりに、ジオメトリを単純化した キャラクタのサイクル・アニメーション動き を表示するプラグインが開発されている)。

実際のところ、「エピソード2」に現れた様々なクラウドの特徴は、すべてMayaのプラグインやスクリプトをもちいて作成されたもので、ILMのクラウド・パイプラインがも

© Lucasfilm Ltd. & TM. All Rights Reserved. Digital Work by: Industrial Light & Magic.



© Lucasfilm Ltd. & TM. All Rights Reserved. Digital Work by: Industrial Light & Magic



つ汎用性や実用性は、その母体とは切り離して、多種多様な群がもつ特性や演技を、プラグインやスクリプトをもちいたレスポンスの早い開発によって、フレキシブルにつくりだすことができる点にあるようだ。

へリー氏は、以前本誌で紹介したインタビューで、「群のアルゴリズムをつくりだす最大の魅力は、それが、個々の俳優に演技付けする映画監督の役割と、特定の目標に向かって各選手を指導しチーム全体を統率するスポーツ・チームの監督がもつ役割の両方を兼ね備えている点だ」と語っていたが、「エピソード2」の群がこれまでのものと大きく違っていたのは、グループとしても、それが機能的であるだけでなくアーティスティックな魅力をもつようにタクトを振る必要があった点だといっている。

しかしながら、実写映画においては、人間らしさをつくりだすCGシミュレーションには、技術的な問題をこえた大きな限界がある。

「デジタル・ヒューマンが演技をする場合には、才能あるアーティストの手作業によって動きを補う必要があるし、デジタル・ヒューマンとデジタル・パーソンとは別物だ。今後どれほど技術が進歩したとしても、演技が必要とされるデジタル・パーソンに関しては、現時点では俳優をもちいていくつもりだ」というジョージ・ルーカスの言葉は、それをよくあらわしている。実際のところILMは、「エピソード2」において、よりフォトリアリスティックな3DCGの人間の制作を望んでいたそうだが、ルーカスはそれを頑として受け入れなかったという話だ。

バトル・シーケンス

ルーカスが「エピソード2」で挑戦したもうひとつの試みは、彼自身がかねてから心の中で思い描いてきた独特の世界観を、映画の

中で視覚化することだったようだ。とくに、 前述したアリーナ・シーケンスからラスト のバトル・シーケンスにかけては、スケール 感がめまぐるしく変化する壮大なシーンが 続く。戦闘ロボット「バトル・ドロイド」の 製造工場内のシーン (ドロイド・ファクト リー・シーケンス)とラスト・バトル・シーケ ンスを担当したケビン·バーンヒル (Kevin Barnhill)氏は、「スケッチや絵コンテ、それ らをもとにしてつくりだされたミニチュア などには、ルーカス独自のリアリズムがはっ きりと映し出されていた。それらをまず学 び、そこに、たとえば自然界がもつ物理法則 などのような、できるだけ現実の世界に近 いリアリティをあたえて視覚化することが、 3DCGの役割だった」と語っている。

そして、その役割を果たすために貢献した

のが、ILM のR &D 内にあるコンピュータ・ビジョン・グループが作り出したツールの数々だった。これらのツールは、現在フォト・モデリング&ライティングとして統合化されつつある。撮影された写真をもちいて3DCGモデルを復元するフォト・モデリングについては前回紹介したが、フォト・モデリングについては前回紹介したが、フォト・モデリングとカメラ・マッチムーブとを組み合わせて導入することによって、ラスト・バトル・シーケンスではカメラを上空で自由自在に動かすことができ、壮大なシーンをより一層ダイナミックに操ることができたそうだ。

また、ドロイド・ファクトリー・シーケン スでは、広大な工場内全体を描くシーンから ベルト・コンベアーの一部だけを描くシーン まで、そのスケール感がとりわけめまぐるし く変化する。このため、ルーカスは非常に細 部にまでわたってデプス (視写界深度)にと くにこだわり、ILM はその細かい要請にこた えるために、このシーン専用に、デプスを自 動的に微調整するためのプログラムを作成し たという。撮影された背景の映像をもちいて 撮影がおこなわれた時のライティングを復元 し、これをCG の物体のライティングにもち いる方法も考えられたという。フォト・モデ リングの統合を目指して開発がすすめられ ているフォト・ライティングは、撮影された背 景の映像をもちいて撮影がおこなわれた時 のライティングを復元し、これをCG の物体 のライティングにもちいる方法で、以前本誌 でも「フェイキング・グローバル・イルミネー ション」としてヘリー氏のインタビューを交 えて紹介したものがベースになっている。

この方法は、正式にはイメージ・ベースド・ ライティング (IBL)とよばれるライト・シ

© Lucasfilm Ltd. & TM. All Rights Reserved. Digital Work by: Industrial Light & Magic.



ドロイド・ファクトリー・シーケンス

ドロイド工場のシーンでは、スケール感がめまぐるしく変化するため、シーン全体を照らすライトの他に、部分的な効果を出すための小さなライトが多数もちいられたそうだ。ジョージ・ルーカスは、執拗なまでにデプスにこだわりをもっていたそうで、その要望にフレキシブルに対応するためのデプス・フィールドをつくりだすプログラムが作成されたという

38



ミュレーションで、撮影された背景の画像の 各画素をCG のライトに見たてて計算をお こなう。しかしながら、これを厳密におこな うと非常に計算負荷が重いため、ILM では 撮影された背景の画像の各画素がもつディ フューズ成分とスペキュラー成分を抽出し て、それらをCG の物体上にわりあてる方法 をとっている。ここではCG の物体を囲んだ 大きな球の内側に背景の画像を貼り付けて おき、CG カメラから飛ばされ、物体表面で 反射された光線が球にぶつかった点の成分 を、光を反射した物体上の点にわりあててい る。また、各成分(ディフューズ成分やスペ キュラー成分)には、その点の物体上での幾 何学的な特徴を考慮して、微妙な変化が加え られている。これは、物体表面上で反射され た光が、その周辺の物体の形状や物理的な環 境などの影響をうけて次第に減衰していく 現象を考慮するためだ。

具体的にどのように変化を加えるかという判断の基準となるのが、物体表面上の凹凸の変化で、たとえば物体上に砂をかぶせて軽くはらったとき、どの部分にどのくらい多くの砂が残っているかといったようなことがその目安となる。わずかながらも、このような変化を加味することによって、ぐっと自然な質感をつくりだすことができるという。アリーナ・シーケンスなどでは、実写や模型およびCGといった、ありとあらゆる種類の要素が、技を競うように登場し複雑に絡みあっていたため、それらの間に自然な調和を与えるために、フォト・ライティングがライト・エフェクトとしてもちいられたそうだ。

もっとも、その一方で、バーンヒル氏は次のようなこともいっている。「ライティングに関してルーカスが望んだのは、フォトリアルというよりは、現実の光を部分的にいくぶん誇張したような、どちらかというと絵画的な表現方法だった」。そしてそれは、「CGによるライティングの醍醐味は、まるで「絵描き」が描き出すような芸術的な光をつくりだすことができる点にある」というルーカス本人の言葉とぴったりと一致している。じっさいのところ、スケールがめまぐるしく変化するドロイド・ファクトリー・シーケンスでは、工場内全体を照らす光源のほかに、局所的に影響をあたえるような小さな光源が数知れず設定されていたそうだ。

また、ラスト・バトル・シーケンスでは、「暖かく赤い」ライティングをつくりだすために、地面のいたるところに、手作業(マット・ペインティング)によるペイントがほどこされたという。「エピソード2」におけるライティングの、いまだかつてみたことのないような「美しさ」の秘訣を、「アーティストが手作業の粋をきわめた職人技と、プログラムに

ラスト・バトル・シーン

スター・ウォーズ・シリーズの第一作目「新たなる希望」(1977)でも短く言及された「クローン戦争」勃発のシーンは、技術的にも、ILMが「エピソード1」以降に開発を進めてきたありとあらゆるCG 技術の集大成となっている。クローンが、撃たれて倒れるといったような、もっとも「人間らしい動き」をするのもこのシーンだ。また「CG によるライティングの醍醐味は、まるで「絵描き」が描き出すような芸術的な光をつくりだすことができる点にある」とジョージ・ルーカスがいうように、「暖かく赤い」ライティングが、マット・ペインターの職人技と、プログラムによって算出されたライティングとの融和によってつくりだされた



© Lucasfilm Ltd. & TM. All Rights Reserved. Digital Work by: Industrial Light & Magic.

「デジタル・ヒューマンが演技をする場合には、才能あるアーティストの手作業によって動きを補う必要がある」とジョージ・ルーカスがいうように、会話をしたり、乗り物にのりこんだり、指図をしたりといったような、クローンが演技をする動きは CG アーティストが手作業でつくりだし、それらとクローンの基本的な動きを生成する剛体シミュレーションとをできるかぎり自然に融合させることができるように、剛体シミュレーション・システムに改良が加えられた



 $\hbox{@ Lucasfilm Ltd. \& TM. All Rights Reserved. Digital Work by: Industrial Light \& Magic}$

よって算出されたライティングとの融和によって、その美しさは作り出されたのだと思う」とバーンヒル氏は語っている。

アリーナ・シーケンスやラスト・バトル・シーケンスに限らず、「エピソード2」では、これまでにILMで開発されてきたあらゆる技術が融合されてもちいており、それによってより自然でリアリスティックな表現がつくりだされているが、こういった技術の数々は、大規模にもちいられているにもかかわらず、見るものにはほとんどそれを意識させない。

その一方で、それらの技術は、これまで不可能だった複雑なシーンを可能にしているだけでなく、手仕事の粋を極めてもつくりだすのがきわめて難しいような「面白味」や「美しさ」を映像に加えている。「エピソード2」にみられる CG 技術の魅力とは、一点豪華主義的なソロ演奏というよりは、ハーモニーを重んじる円熟したオーケストラの音色といえるのかもしれない。

Noriko Kurachi