

「コンピュータグラフィックスとアニメーション技術の融合について」

金子 満 コンピュータ・グラフィック・ラボ代表取締役
(大石 孝久 テクニカル・ディレクター)

・アニメーションの歴史と2Dコンピュータアニメーション

アニメーションの歴史は意外と古いものである。その起源と云いゆるものは、人によって定義のしかたが異なり様々であるが、アルタミラ洞窟に残る八本足のイノシシの壁画を最古のアニメーションと見る例が多いようである。現在の様に映画用カメラを用いてコマ撮りの漫画映画が制作されたのは、1905年、フランスのR・ロルタックによる「メカノ博士」シリーズが最初であるとされている。あるいは、同じフランスのエミール・コールによる「ファンタジー」シリーズも最初とする人々も多い。コール自身がアニメーションを創始したのは1904年、「ファンタジー」が発表されたのが1908年であるとされている。

興行的目的を持って制作された最初の作品はアメリカのウインザー・マッケイによる「恐竜パーティ」(1909)である。この作品は白い紙に黒い線でキャラクターも背景も一枚一枚同一に描かれている。このため背景画は単純化されており、しかもビリビリ振動して見えるという欠点を持っている。

この問題を解決したのはアメリカのアール・ハードであった。彼は1913年に背景とキャラクター(登場人物)を分離し、背景は白い紙に、キャラクターは透明なセルロイドに各々描き分け、撮影時にその2枚(あるいはそれ以上)を重ねて撮るというセルアニメーションの技法を発明した。この技法はさらにラウル・バレエとビル・ノーランの2人によってより完全なものにされた。彼らは背景をスライドさせることによって、パン効果(カメラを振った様な効果)が出せることを発見したのだ。セル・アニメーションの技術はここまででほとんど完成させてしまったと言っても過言ではない。1937年にウォルト・ディズニー・プロダクションが短編「風車小屋のシンフォニー」で用いたマルチプレーン撮影技術(複数の背景やセルを各々距離をおいて撮影し、レンズの被写界深度のボケを利用して遠近感を表現する技法)が開発されたぐらいであり、他はたいした変化もないまま現在に至っている。

アニメーション制作者であり研究者としても有名なイギリスのJohn Halasによると現代のアニメーションは次の様に分類されている。

1. 劇場用娯楽アニメーション
2. テレビ用娯楽アニメーション
3. 番組タイトル, アイキャッチ
4. コマーシャル・フィルム
5. PR映画
6. 教育用アニメーション
7. 芸術映画(実験映画)
8. 人形アニメーション
9. 特殊形式のアニメーション

マサチューセッツ工科大学(MIT)において、スケッチパッド・システムを、1963年に発表したIvan Sutherlandがハーバード大学を経て70年代初頭にユタ大学へ移った。これをきっかけとして同大学において3Dコンピュータ・

グラフィックスの研究が一気に高まる。ここで開発された数多くのアルゴリズムは現在も尚、最前線のCG研究を支える基礎となっている。これと同じ頃、XEROXの付属研究所PARCにおいて2Dペイントシステムの研究が行われる。ここにおける2D・CGの研究は3Dのユタ大学と同じく、その後のCG界の基礎を作ったとも言える重要なものであった。しかし、このグループは短期間で解散し、その研究員達は独自にオーロラなどのシステムを開発していく。その一人であったAlvy Ray Smithは、ユタ大学へ行き、さらにユタ大学の研究員はそっくりニューヨーク工科大学(NYIT)へ移籍することになる。ここではXEROXからのスカの流れとユタ大学からの3Dの流れが合流する形になり、一気に世界をリードするコンピュータ・アニメーションの研究を行なっていくことになる。日本では、70年代の中頃から東京工業大学の安居院・中島研究室においてコンピュータ・アニメーションの研究が行われた。アニメ制作プロダクション「エムケイ」がその研究に注目し、作品の一部をNYITに持ち込んだことから共同研究の縁が持ち寄り、1981年にJCGLが創設された。

JCGLは、2D及び3Dのコンピュータ・グラフィックスを商業ベースに乗せた世界初の会社であり、現在も尚、特殊な存在である。スカコンピュータ・アニメーションに関しては、John Halasの分類による1から7までを全て取り扱っている。3Dに関しても同様であり、現在ではその比率は3Dの方がかなり多くなっている。2Dコンピュータ・アニメーション制作の実例として、当社が最初に手懸けた作品「子鹿物語」を取り上げることにする。この作品はNHKのTVアニメーションシリーズとして製作されたもので、特に第2話は100%JCGLのコンピュータ・システムで作られたものである。まず、従来の手描きアニメの制作プロセスについて説明する。

1. 企画決定
2. 企画に基づきメインスタッフが招集される。
3. 物語の登場人物がキャラクタ・デザイナーにより提出、決定される。
4. 美術デザイナーは、物語の舞台となる年代、地域、コスチューム、家屋などを決定していく。必要に応じて、現地でロケーション・ハンティングを行うこともある。「子鹿物語」の場合は、アメリカ、フロリダ半島でロケハンが実施された。
5. シナリオのカット割りがなされ、各カットが絵コンテとして視覚化される。
6. 作画打合せ。決定した絵コンテを基に各スタッフが打合せをする。
7. レイアウト。各カットごとの設定を行なう。
8. 原画、キーフレームの作成。現在のアニメーションは、1人1人の人間が全ての作画を行うのではなく、原画マンと言われる人物が動きの基本となるフレームのみを描き、各フレームの間を何枚で中間補完するかを指示して動画マンに渡す。
9. 動画。キーフレームとキーフレームの間を原画マンの指示に従って補完する線画を描いていく。
10. トレス。動画用紙(位置決め用の穴のあいた白い紙)に描かれた線画をセルにインクでトレースする。現在はコピーマシンを用いることが多い。
11. 彩色。トレスされたセルを一枚一枚指定された番号に従って筆で着色していく。

12. レイアウトは、美術デザイナーにも渡され、背景が画用紙に描かれる。
13. 特殊効果。エアブラシを使用して光りの反射や、爆発の煙などが描かれる。
14. 背景とセル画、エフェクト画が重ねられて撮影される。透過光などの特殊撮影はこの段階で行われる。カメラは、フォーカシング、ズーミング、パニング、フェードイン・アウト、画像の回転などの機能を持っている。
15. オブジェクト合成。運動が複雑すぎて撮影用カメラだけでは作れない画面や、他の要素(ミニチュアや実写の煙、光、水など)との組み合わせが必要な場合あるいはタイトルが入る場合などは、各要素を別々のフィルムに撮り分け、光学的に一本のフィルムに焼き付けられる。
16. 編集・ダビング。バラバラに撮影されたカットは絵コンテに従ってタイミングを調整しながら一本のネガにまとめられる。さらにセリフ、効果音、音楽が加えられてアニメーションは完成する。

以上が従来からの手描きアニメーションの制作プロセスである。これに比較されるJCGLのスカコンピュータ・アニメーションのプロセスは次の様になる。1〜8までは、ほとんど手描きと同様である。しかし、絵コンテを基に、その画面を作るために最も適した方法の検討は重要である。「子鹿物語」第2話の様な実験的特殊例を除いては、作業時間、経費と画面効果との兼ね合いを考え、その画面を作成する上における最適手段を選ぶ必要がある。商業レベルにおいていたずらに高度なテクニックを用いることは非常に危険である。そのため従来のアニメーションより精密でより完成画面に近いイメージボードが何枚も描かれ検討されることが多い。9の動画制作作業においてからがJCGLシステム独特のものになる。一つはTweenシステムと呼ばれるものがある。これは人間が作成したキーフレームとキーフレームの間の線画をコンピュータに作成させるものである。手順としてはすでに決定をみた原画をタブレットに兼せスタイラスペンでトレスすることを入力される。その際に、線の描き順と線の数を指定してやる必要がある。これによって指定された番号どうしの線が比例補完によって移動、変形して中間画像が作成されていくわけである。同時にエクスポージャ・シートと呼ばれるタイム・シートが記録され、これに従ってディスプレイがリアルタイムあるいは任意のタイミングでチェックが可能になる。各フレームをランダムに選び出してチェックすることも可能である。しかし、このシステムの場合、あくまで平面上の比例補完のため、人間の顔のふり向きなどの場合には原画の枚数を増したり、人の手で修正することも必要になってくる。さらに動画が感覚的に誇張されたりする場合にはScanシステムが用いられる。これは、人間が動画用紙に中割りしたものを一枚一枚ビデオカメラで画像入力してやるシステムである。Tween, Scan両システムで作成された動画は、Tweenシステムに送られ彩色が施される。Tween, Scanより送られた線情報は、スレーピングされたラスタアのワイヤフレーム情報として取り込まれる。Tweenシステムで使用される色の数は256色であるため、ラインのアнти・エイリアスに、16色×パレット数16色となる。このシステムでは絵柄の認識率が80%程度の動きであれば自動的に閉領域の指定位置を見付け自動彩色を行うことが可能である。それ以外はタブレットを使用したタッチフィルとなるが子供でも1〜2時間で覚えられる簡単なシステムになっている。背景画の作成にはImagesシステムが使用される。このシステムもタブレットを使用するペイント・システムであり、筆に染んで来た

アーティストが、そのままの感覚で絵を作成できる様になっている。その機能は

1. 筆のタッチ、形、太さなどを選ぶ。
2. 線の種類を選ぶ。
3. 指定された面積の中、外を単色で塗りつぶす。
4. 絵、筆、色などの情報を記憶させ、あるいは呼び出す。
5. スタイラス・ペンの動いた軌跡を、記憶し、再成する。
6. パレットの色を作る。
7. 円、隋円、直線、曲線を描く。
8. カーソル、パレット等を使用しやすい様にセットする。
9. グラデーション、画面分割など機械的処理を行う。

以上がその主な機能である。アーティストは、これらの項目を選び出し、組み合わせて使用していく。特にエアブラシ的な効果やグラデーションの作成には大きな力を発揮する。また、グラフィカルな画像処理には、人の手では不可能な数百種類にも及ぶ機能があり、その分野における可能性は計り知れないものがある。使用可能色数は16クク石色である。これはR・G・B及び色相、明度、彩度をアナログ的に変化させたり、タイプ操作で数字を直接入力したりして自由に選び出せる。あるいは、コンピュータにランダムにパレットを作らせても面白い色合いが生まれることもある。いずれにおいても、一度作成した画像を後から任意に色合いを変化させられ、また、いつでも戻せるのが非常に便利である。背景画の作成にはこのImagesシステムの他にカラーキャンシステムを使用して直接、写真や絵画、あるいはインクビデオテープからのNTSC信号をディジタル化することも可能である。この様にして作成された背景画とTweepで作られたセル画はコンポジット・システムへ送られる。このシステムは1/3から1/5の機能を合せ持ったものである。ここでは2枚も3枚も同様の一枚の絵として扱われ、その重ねる順番で前後関係が決定される。こうすることによって、例えば計算に時間のかかる3枚画像の場合でも可動する部分と静止したままの部分とを別のレベルに撮り分けて、後で合成すれば大幅な時間短縮が可能になる。コンポジット・システムの機能の一つにカメラワークがある。重ねられた画像を同一あるいは単独に移動、回転、拡大、縮小することによってパン、フォロー、トラック・アップ、トラック・バック、ローリングなどが可能である。もう一つの機能に、スペシャル・エフェクトがある。画像を透明にするトランス効果、光り輝く様なグロウ効果、爆発して粉々になる様なフォグ効果、光の尾を引くストリーク効果、画像の一部をエッシャーの絵の様に歪曲する効果、球状に丸める効果、バースを付けて画像を倒す効果などその種類は膨大である。このシステムによってアニメーション・スタンドとオフセット・プリンターの機能を果すことが可能である。また、画面が2枚の情報しか持っていないにもかかわらず疑似的に3枚的な効果を出すことが出来る。これは、さらにミラージュなどのデジタル、ビデオ、エフェクトと組み合わせる事で応用範囲は広がる。この様にして完成された画像は、レコーディング・システムへ送られる。これは、35%のフィルムにレコーディングするタイプと1/2インチのビデオテープにレコーディングするタイプがある。特にフィルム・レコーディング・システムは、我国に現在でも5台を数える程度のシステムであり(その内の2台が当社にある)劇場用映画や博覧会などの大型映像にその偉力を発揮する。フィルムサイズはスタンダードの35%タイプとビスタビジョンの35%

タイプがある。ビスタビジョンは70%に相当するフィルム面積を持っている。フィルムにするメリットの一つに光学処理が使えることがある。オフセット・プリンターを使用して実写や手描きアニメーション、光エフェクトとの合成がより表現の領域を広げ、コンピュータだけでは不可能な効果を得ることが可能になる。これは又、コマ伸しの機能を利用してコストダウンにも役立つ。この様にして3DCGでは2Dのコンピュータ・アニメーションを制作する。このシステムの最大の特長は、動画、彩色など多くの人手を必要とする部分を自動化できたことであり、人件費の削減が可能になったことである。「子鹿物語」も20人程度の人間で完成してしまった。しかし、現在のTVアニメーション業界は手ぬき作業と韓国、台湾などの海外下受けにより、いくらでも制作費を下げられるのが現状である。従って省カ化のみを主目的としたコンピュータ化は現時点では経営的にあざかしい。むしろ従来不可能であった特殊効果や、画像の美しさ(セルのキズ、ゴミ、塗りムラ、セル重ねによる色の劣化がまったく無いこと、ゆっくりした動きの場合でもトレスラインが振動したりしないなど)を売り物にしていくべきであろう。

3Dコンピュータ・アニメーション

現在、3DCGでは劇場用映画の特殊効果、TVシリーズ、博覧会用大型映像教育用アニメーション、科学シュミレーション、TVコマーシャルなどの業務を行っているがそのほとんどが3D画像表現を要求されている。3Dアニメーションの制作手順は、従来の手描きアニメーションとも実写とも異なるまったく新しい手順を必要とする。まず、絵コンテを描き起す所は2Dと同様である。さらにこれを基にイメージ・ボードが描かれる。これは、2Dの場合でも同様であるが、光の反射や物体の質感、表面のテクスチャなど画像の情報が飛躍的に増え、時間的にも経費の面でもやり直しがきかないため、イメージ・ボードは非常に重要である。多くの場合、リアリズムが要求されるため実物の観察、ロケーション・ハンティングも念が入れられる。特殊なアングルをイメージするために精密な模型を作って検討することも多い。次に、モデルの図面が作られる。多くの場合、方眼紙に二面～六面図、あるいは展開図が描かれ、人間がその座標を読み取り、キーボードからポイントデータが打ち込まれる。企業ロゴなどの場合には、デジタルタイザを用いることも多い。あるいは、タブレット上での手描きの曲線をデータとして使用することもある。手描きのカーブに合わせたモデルや、それ自体を関数として使用して運動曲線にするなど恣意的な画面表現が可能になる。逆に、回転体など幾何学的形体に分解できるものは、図面化を必要とせずプログラム発生させられる。人体頭部の様な複雑な曲面になると図面化は困難なため、モデルを使用する。モデルを輪切りにしたり、CTスキャナを用いて断面の形を入力する。あるいは、メッシュやモアレを投影し、写真撮影をして座標を拾い出すなどその時々に応じて使い分けられる。さらにスピード・アップさせるため3Dデジタルタイザの研究も進められている。3DCGの3D基本システムは次の様になっている。

1. Solid システム

2次曲面体によって作られるポリミティブ(球、円塔、円錐、放物面など)をPhongのシェーディングアルゴリズムとZバッファ隠面消却アルゴリズムで表示するものである。初心者でもある程度簡単に、また、インタラクティブに図形

を形作る事が出来る。

2. Poly システム

物体を多角形で近似し、その座標と各面を構成する頂点の結び方を数字で入力するシステムである。シェーディングと隠面消却のアルゴリズムはSolid システムと同様である。GouraudとPhongのスムーズ・シェーディングアルゴリズムにより曲面表示も可能である。

3. Matline システム

Solid、Poly がレンダリング画像なのに対して、これは、ワイヤフレームのシステムである。データ入力の方法はPolyと同じく、多角形入力であるが、Solid のポリタイプ、Tween のスベ情報もデータとして取り込むことが出来る。Zバッファを利用して隠線消却が可能である。また、ラインの太さを変化させて遠近表現も出来る。ディスプレイ自体はスムージングされたラスタ表示であるが、レコーディングの時点でラスタースキャンとベクタースキャンが任意に選択可能である。

これら3つのシステムは、全て、Zバッファを利用して同一画面上で組み合わせることが可能である。Zバッファアルゴリズムの特徴として、スピードが速い、図形の数に制限がない、空気遠近表現が容易である。などの長所を備えた反面、アンチエイリアシングが必ずかしい、透明化が出来ない、シャドウイング(影付け)が出来ないなどの重大な欠陥を持っている。JCGLでは、これらの問題を全て克服している。特にアンチエイリアシングは、DEKINKINGと呼ばれるプログラムとハイレゾリューション化(1024x1024~4096x4096)によってほぼ完全にジャギー処理が完了した。透明表現は、コンポジットシステムのトランスパレンシーテクニックによって、疑似的表現が可能になった。しかし、屈折、鏡面反射などの光学現象に正確さを必要とするならばRay Tracingアルゴリズムを使用する。これによって極めてリアルな画像が作成出来る。山脈や海岸線などの地形、雲、植物、貝の模様などの自然界の表現にはFractalアルゴリズムが通している。一見出鱈目の様な複雑なパターンもある一定法則と特有の乱数を見付けてやることによってリアルにシミュレート出来る。

Ray TracingもFractalも真に便利なアルゴリズムであるが商業ベースで使用する際には、そのスピードの遅い事が大きな問題になる。そのためスーパーコンピュータの利用や、並列処理マルチプロセッサの研究が必要課題である。物体の表面の表現にはテクスチャ・マッピングが用いられる。カラー・スキャンシステムやImages システムで使われた画像は3Dオブジェクトの表面に張り付けられて様々な質感表現を可能にする。バンパ・マッピングと呼ばれる法線ベクトルのマッピングにより疑似的な凹凸も表現できる。最も新しい表現手段として研究中のものにMotion Blurがある。これは、実写の様に運動中の画像がブレてストロピング(フレームとフレームの不連続性によるフリッカ現象)の発生を無くするものである。以上のシステムを使用して3Dモデリング、レンダリングは行なわれるわけだが、アニメーションを作成するには運動表現が重要な要素である。これにはIMI-500とE&S・PS-330という2組のハードウェアが使用されている。このシステムは、ロータリーエンコーダあるいはジョイスティックによってベクタースキャンのディスプレイ上にキーフレームを決定出来る。要素としてオブジェクトの移動、回転、スクリーニングなど及び仮想カメラの

移動、回転、画角などである。関節を持ったオブジェクトでは各関節別に定義が可能である。これはツリー構造で人体の動きなどをシミュレートする場合に有効である。キーフレームが決定された画像は、間を関数(スプラインやベジエあるいはバッドランド曲線など)で補完してリアルタイムでシミュレートされる。これは現在ワイヤフレーム表示であるが将来レンダリングされた状態でリアルタイム表示出来る様に研究中である。この様にして決定された運動情報はレンダリング・ステーションへ送られ一枚一枚の画像が記録される。そして、コンパジット・ステーションでスワと同様にレコーディングされる。現在、進めている研究の一つにデータベースの利用がある。これは新しい作品に取り組む場合、過去の作品の情報(作品のテーマ、絵、色、線、ポイントデータ、作成年月日、制作者、作品名、クライアント、保管場所など)がテープ、磁気ディスク、レーザーディスクを利用していつでも利用出来る様にするためのものである。将来的には、電々公社のデジタル・データ回線網を使用してテリドン、アップリアス、DEMOSや気像庁のデータを利用する事も可能になる様研究を進めている。

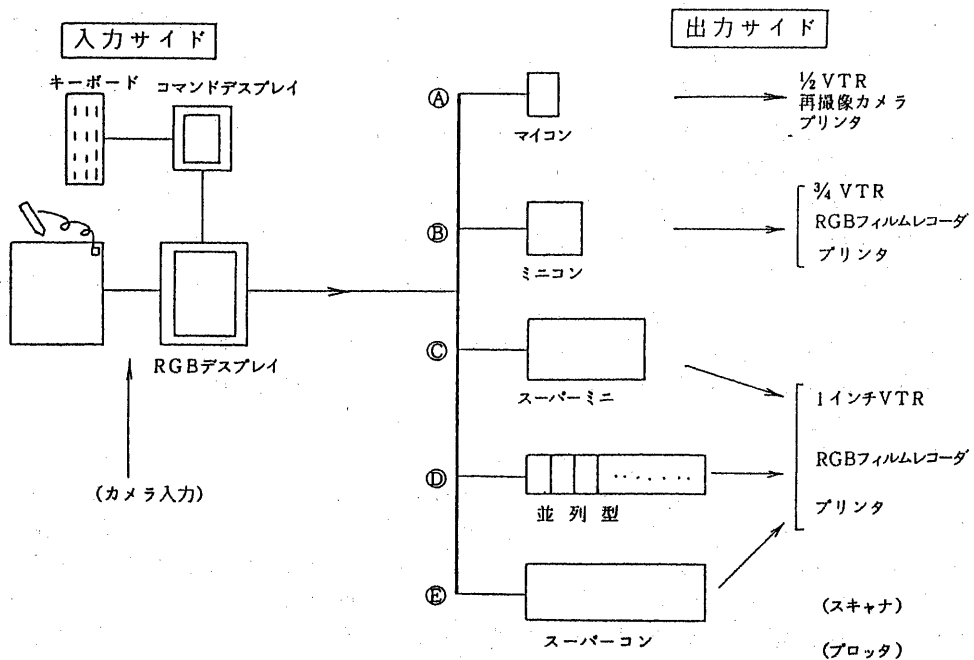
・劇場映画「SF新世紀/レンズマン」におけるCGの使われ方

「レンズマン」は3DのCGに手描きのキャラクタが絡んで演技するという極めて特殊な作品となった。このため視点移動のある画面には、特殊な技法を使うことになった。背景が3Dでキャラクタがスワと3Dの混在の場合、スワのキャラクタも、一度3Dの幾何形体に置き換え、全体のアニメーションを3Dのワイヤフレームで作成する。このアニメーションは、一度フィルムにレコーディングされ、その各フレーム一枚一枚を印画紙にプリントする。このプリントは手描きのアニメータに渡され、それを基にキャラクタが作図される。背景は、キャラクタのいないままレンダリングされ、キャラクタは単独で撮影される。このスワはオフキカル・プリンタで光学的に合成された。なぜScanシステムを使用しなかったかという理由は、前後の手描きカットとの質感の差が劇場の大画面になった場合どの様な影響を観客に与えるかリサーチが不十分なためである。これくらいこの「レンズマン」はCGと手描きとの一体感に気を使った。しかし、これも次回作までには解決していることである。その他にも「レンズマン」では、光学処理をふんだんに使用した。一部では、ヘリウム・ネオン・レーザー光線を使用したシーンもある。これは、本物の光のテクスチャがCGのレゾリューションを越えて画面に深みを与える効果を狙ったためである。CG技術だけにこだわらず画面の効果と最適の表現技術を選ぶのがJCGLの方針である。

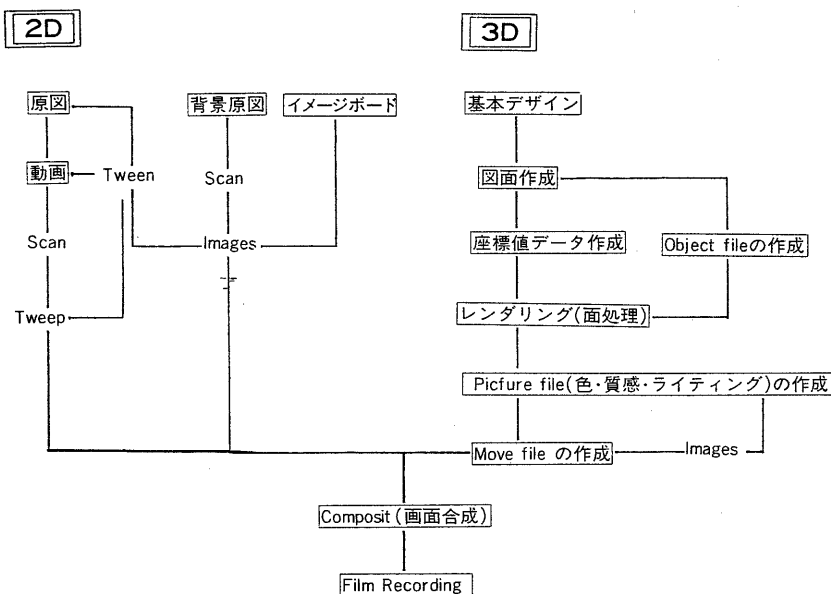
・コンピュータ・アニメーションの将来

最近の傾向として3Dのキャラクタ・アニメーションの研究が多く見られる。まずMAGIにおいては、スワのタイプの研究が行われている。一つは背景が3D、キャラクタは2Dというもので、その技法は、「レンズマン」に非常に酷似したものである。もう一つのタイプとしてキャラクタ自身が3Dで出来ているものがある。アタリ社のビデオゲーム用に作られたその画像は「ジェスター」と呼ばれるピエロであり、話し、肩を震わせて笑う様は、真にリアルなものである。ディレクターは、トロンを演出したりチャード・テイラーである。NYITでは数年前より100%CGによるSF映画「The Works」の制作に取り組んでいる。登場するキャラクターは全て3Dのロボット達であり、NYITの誇るBeep-Boopシステムによるユニークかつリアルな動きに満ちた楽しい作品にな

っている。NYITは今年、新しいアルゴリズムを使った作品を発表した。これは、粘土の様な柔らかな物体を表現するためのもので、ゴム人形「Gumby」や恐龍ディメトロドンの歩く様のアニメーションが公開された。さらに新しい試みとしてCartoon(漫画映画)の3D化の実験も行われている。よく似た試みとしてオハイオ州立大学の研究がある。今年5本の短編を発表したが、その中でも「Snoot & Muttly」という作品は今年のSIGGRAPHで最高の人気を得た作品であった。2匹のダクチョウの見事な表情と細かな仕草は、3Dキャラクター・アニメーションの可能性を大いに高めるものであった。この作品と並んで高い評価を受けた作品にルーカス・フィルムの「The Adventures of Andre & Wally B...」がある。背景となる森林は、フラクタル・アルゴリズムで徹底的にリアルに作られ、キャラクターの運動にはMotion Blurが施されているという念の入れ様で、その膨大な計算量を熟すためにCRAY-X・MPが用いられた。この様に米国においては新しい娯楽アニメーションの研究が大規模に行われており、その成果しだいでは今後の映画産業に新たな動きを与えることであろう。



《CGプロダクションフローチャート》



《プロダクションフローチャート》

