

倉敷芸術科学大学 CG システムの概要

梶 浦 文 夫

倉敷芸術科学大学産業科学技術学部

(1995年9月30日 受理)

1. ま え が き

最近では、マルチメディアという言葉が高度情報化社会の中で重要なキーワードとなっている。マルチメディアのコンセプトは、従来計算機が扱ってきたテキストや数値データに加えて、音声、静止画像、動画像などを（計算機で処理できる）デジタルデータとして統合的に扱うということである。その背景には、マルチメディアを支える基盤としての高速ネットワークの整備および計算機の低価格化、高性能化がある。今後のコンピュータネットワークの高速化にともない、マルチメディアに関する教育研究の必要性はますます増加するものと考えられる。

本学のソフトウェア学科および美術学科では、マルチメディアに関する教育研究を目的として、FDDI スイッチを中心とした高速ネットワーク上に、テキスト、音声、静止画像および動画像を制作するためのシステムを設置している。ここでは、それらのうち、3次元コンピュータ・グラフィックスによる動画（以下では3次元CG動画と略記）の制作を目的としたシステムについて述べる。

3次元CG動画の制作は、現在の高性能化した計算機を利用してもなお非常に時間のかかる作業である。動画の制作は、モデリング、モーションデザイン、マッピング、レンダリングなど様々な過程からなる。これらの中で、モデリングやモーションデザインの過程では、形や動きを確認しながら作業を進めるため、対話性および操作性が非常に重要なポイントとなる。これに対して、最終過程のレンダリングは、対話性はあまり重要ではなく、非常に計算機パワーを必要とする処理であるため、バックグラウンドでのバッチ処理に適している。したがって、3次元CG動画システムの構築においては、これらの各過程の特質を考慮し、分散処理を最適化することが重要である。

本学の3次元CG動画システムは以上のような観点から計画導入され、本年6月から運用を開始した。その後数ヶ月が経過し、簡単な作品も何点か制作された。本研究では、本学の3次元CG動画システムの概要を示すとともに、これまで明らかになった問題点および今後の課題について報告する。以下では、システム構築の方針、構成、制作手順および問題点と今後の課題について述べる。

2. システム構築の方針

3次元 CG 動画の制作には様々な過程が含まれる。表1に、制作過程、内容および求められる機能を示す。モデリングからレンダリング設定までの過程には、なによりも対話性が求められる。したがって、これらの処理はユーザの使用している計算機上で行われることが望ましい。これに対してレンダリングでは、開始の指示を与えることができさえすればよいので、特に対話性は求められない。レンダリングにおいては、なによりも処理の高速性が求められる。

以上の点を考慮して、レンダリング処理用に高速サーバを、モデリングやモーショントデザインなどの対話性の求められる作業用に低価格のグラフィック・ワークステーション(以下 GWS と略記)を用いることとした。レンダリング用サーバと GWS は、高速ネットワークで接続する。このような分散処理環境の場合、ユーザがネットワークの存在を意識しないで作業に専念できることが重要である。ユーザは目の前にあるフロントエンドの GWS に向かってすべての作業を進め、システム側で自動的にレンダリング処理をバックエンドのサーバに割り当てるといった形が望ましい。

3. システムの構成

1 ハードウェア

表2に、使用したハードウェアの仕様を示す。表中の計算機はすべてシリコングラフィックス社(以下 SGI と略記)製である。「Power Challenge」は、レンダリング・サーバとしてレンダリング処理を専門に行う。この計算機は、4 CPU 構成であり、レンダリング時の画像生成処理を並列的に行うことができる。また、画像生成の際に最も必要とされる

表1 制作過程と求められる機能

制作過程	内 容	求められる機能
モデリング	物体の形状の定義	対話性
マッピング	物体表面への図の張り付け	
モーショントデザイン	物体、カメラおよびライトの動きの定義	
レンダリング設定	透過、屈折、反射、陰影などの定義	
レンダリング	動画像の生成	処理速度

表2 ハードウェア仕様

計算機名	CPU	メモリ	HDD
Power Challenge	R8000 (75MHz) × 4	2GBytes	34Gbytes
Indigo2 Extrem	R4400 (150MHz)	120MBytes	2Gbytes
Indy	R4600 (100MHz)	160MBytes	2Gbytes

メモリを2Gバイト実装している。ハードディスク (HDD) は、34Gバイトである。

表2の下段の「Indy」はSGIの最も低価格のデスクトップGWSである。ユーザは、このGWSを使って作業を行う。CPUはRISCチップのR4600、クロック周波数は100MHzである。このGWSが行う処理はモデリング、モーションデザインなどの対話性が求められる処理である。これらの処理では、ユーザの行った入力に対する結果が即座に画面上に表示されなければならない。また、複雑な物体の定義では、ワイヤフレームモデルだけでなくサーフェイモデルも画面に表示しながら作業を行う。これらは計算機にとって非常に負荷の大きい処理であるため、処理速度を左右するメモリは160Mバイトに増設している。

表2の中段の「Indigo 2 Extrem」は、SGIのハイエンドのデスクトップGWSである。このGWSは、将来Macintoshなどのサーバとして使用する予定だが、現在は「Indy」と同様の使い方をしている。CPUはRISCのR4400、クロック周波数は150MHzであり、実際の使用時の体感速度は「Indy」の2倍程度である。

以上のすべての計算機にCD-ROMドライブ、DATドライブが装備されている。また、フロントエンドの「Indy」および「Indigo 2 Extrem」には入力を容易にするダイヤルボックスを接続している。ダイヤルボックスを利用すると、マウスで2次元平面内の位置を指定している時に、ダイヤルで奥行き方向の位置を指定するといった3次元空間内の位置指定が簡単に行える。

図1に、システム構成図を示す。図1の左側中段の計算機がレンダリング・サーバの「Power Challenge」である。その他のGWSは、フロントエンドの「Indy」および「Indigo 2 Extrem」である。レンダリング・サーバおよびフロントエンドのGWSは、図に示すように、学内の基幹LANに直接接続されている。本学の基幹LANは、トータルスループット3.2GbpsのFDDIスイッチを用いており、ここに直結された計算機間は100Mbpsの高速な通信が可能である。伝送するデータが主に画像データであるため、ネットワークを高速化し、ユーザがネットワークを意識しないで制作に専念できるようにしている。

2 ソフトウェア

レンダリング・サーバおよび他のGWSのOSは、SGI社が自社用にカスタマイズしたSVR4系のUNIX (IRIX) である。ウインドウシステムは、Xウインドウシステムをベースとしたものである。

3次元CG動画制作のためのソフトウェアとして、WaveFront社のExploreを導入している。このソフトウェアは、本格的な業務用の3次元CG動画制作を目的として開発されており、複数ユーザによる共同作業が可能である。Exploreは、CG動画制作の複数の過程に対応したモジュールに分割されている。モデリングを行うモジュール、モーションデザインを行うモジュール、マッピングを行うモジュールといった具合に、各過程に対応したモジュールを起動して制作を進める。

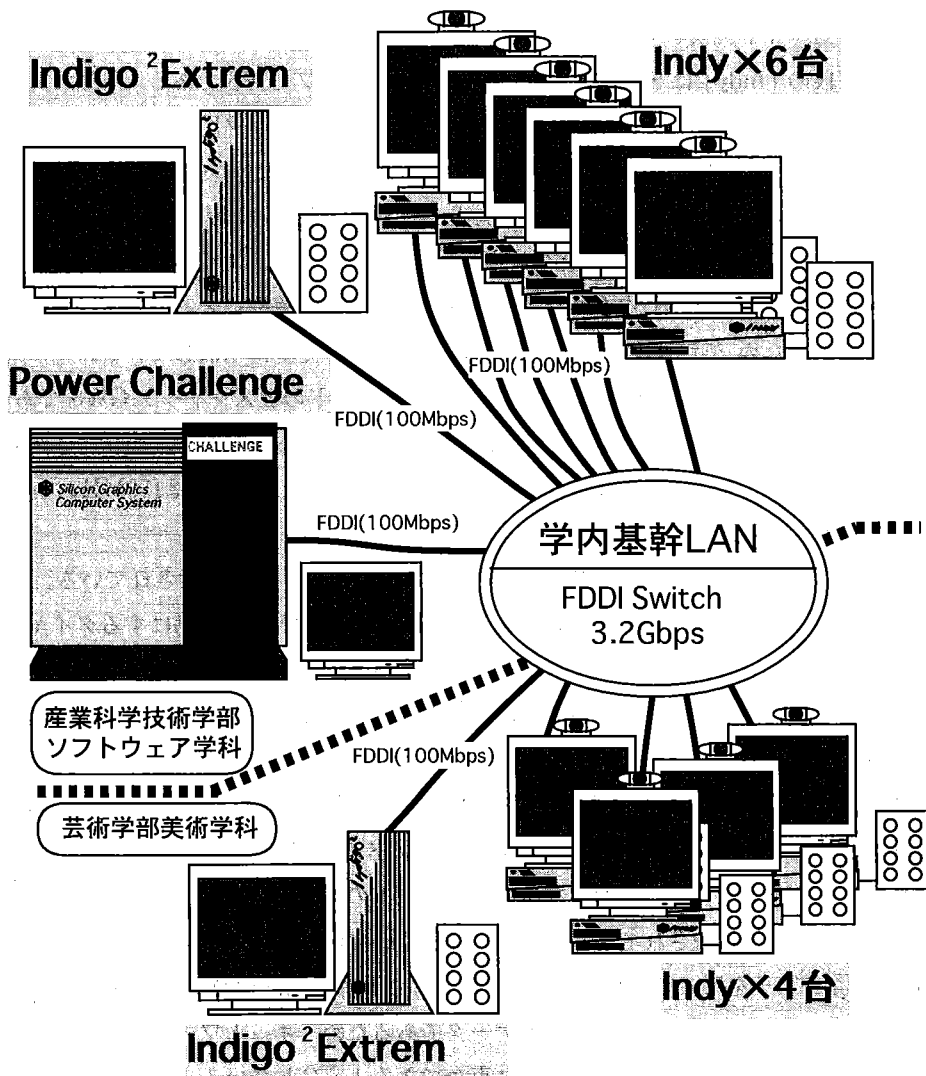


図1 システムの構成

3次元CGにおいては、複雑な物体の形状を定義するのに多大な労力を要する。Exploreのモデリング・モジュールでは、以下のように様々な手法でモデリングを行うことができる。

- ポリゴン ポリゴンとよばれる小平面を組み合わせて曲面を近似する。
- NURBS 数学的関数の形で表わせる曲面。非常に正確である。
- メタボール 球を変形したり組み合わせて形状を定義する。
- スケルトンモデル 関節をもつ物体が定義できる。

3次元CGにおいてリアルな画像を制作するためには、物体の質感の表現が重要なポイントとなる。Exploreのマッピング・モジュールには、テクスチャマッピング、バンプマ

ッピングおよび環境マッピングの機能がある。また、パッケージには、人体の皮膚、木目、石、空、雲など様々なマッピングデータおよびソリッドテクスチャが用意されており、容易に質感を表現することができる。

4. 3次元CG動画の制作手順

本システムでの3次元CG動画制作手順を図2に示す。図2の左側のモデリング、モーションデザインなどは制作過程を表わしている。制作過程の下の括弧付きの名前は、Exploreでのモジュール名を表わしている。また、それぞれの制作過程の右側に、その作業内容を

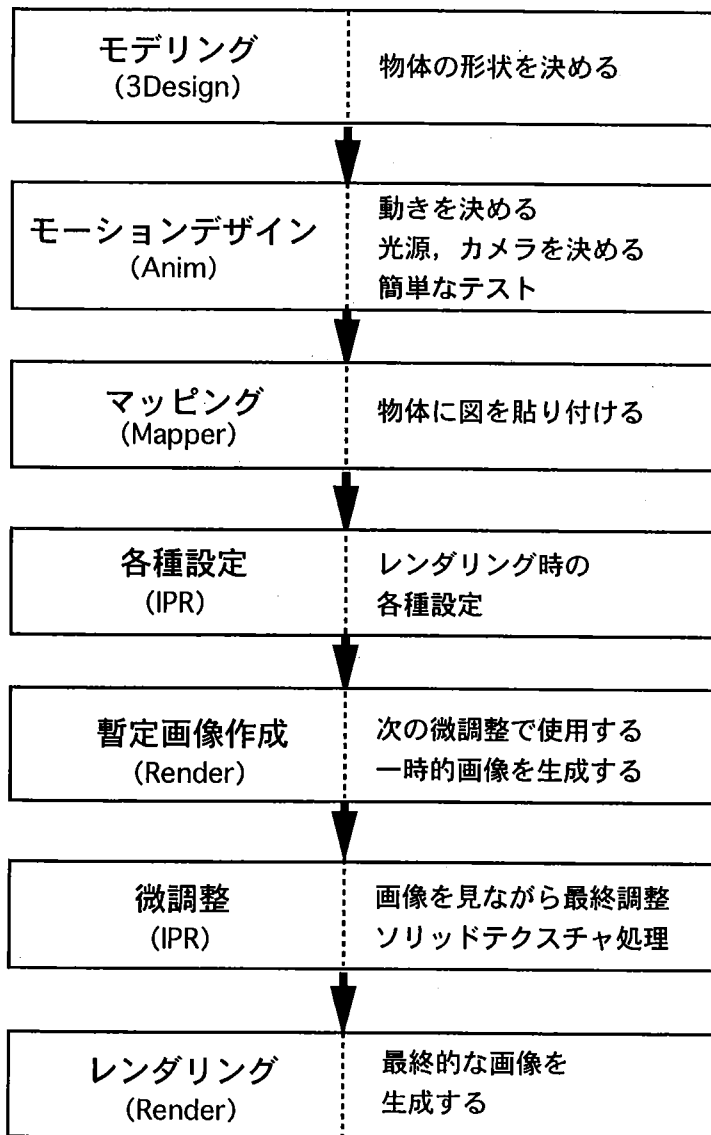


図2 3次元CG動画制作手順

書いている。図2に示した手順は一般的なもので、場合によっては省略される過程もある。

Explore を起動すると、画面上部に各モジュールを表わすアイコンが表示される。アイコンを選択してクリックすると、指定したモジュールが起動される。一般的には、図2の手順で各モジュールを起動して作業を進めていく。各モジュールが作成し保存するデータファイルには様々なものがあるが、それらはユーザのホームディレクトリ直下の適切なディレクトリに自動的に格納される。

最初にモデリングのための「3 Design」を起動する。画面上部にある「3 Design」のアイコンをクリックすると、物体定義用のいくつかのウィンドウが現れる。このウィンドウはユーザが変更できるが、普通は平面図、正面図および側面図の3つのウィンドウを用いる。物体の定義は、従来からのCSG(球、直方体、円錐などの基本図形を選択し、それらを変形したり論理演算で組み合わせたりする手法)で行うことができる。複雑な形を定義するために、スプライン曲線を定義し、その曲線をもとに曲面をつくることも可能である。また、平面図形から立体を作り出す手法として、回転、押し出し、ガイド付き押し出しなどがある。さらに、前述のメタボールおよびスケルトンモデルによる物体定義も可能である。

紙面の都合で詳述はできないが、2番目の「Anim」では、モーションデザインを行う。モーションデザインでは、基本的に、動かす物体(群)、カメラおよびライトの動きを定義する。動きの定義は、キーを指定してその間をスプライン曲線で補間することにより行う。ライトは、平行光源、点光源およびスポット光源から選択できる。また、カメラはズーム／ワイド(画角)の調節が可能である。3番目の「Mapper」を用いて物体表面に図をマップすることができる。マッピングには、図や写真などのテクスチャマッピング、細かな凹凸をマップするバンプマッピングおよび環境マッピングがある。環境マッピングとは、反射表面に写り込むであろう周辺の景色をマッピングデータとしてマップする方法である。これをレイトレーシングにより表現しようとするとき非常に時間のかかる処理となる。一般的なマッピングデータはパッケージに含まれているためメニューから選択して簡単に利用できる。また、イメージスキャナから読み込んだ画像および自作の2次元画像もマッピングデータとして利用できる。

図2では、4番目および6番目の制作過程で同一のモジュール「IPR」を、5番目および7番目の制作過程でも同一のモジュール「Render」を起動するようになっている。この部分の処理の流れは、以下のようにになっている。まず、4番目の過程で行う設定に基づいて5番目の過程で大まかな画像を生成する。ここで作成する画像ファイルには画像データだけでなく、次の処理で利用されるデータが含まれている。次に、6番目のIPRを起動し、5番目の過程で生成した画像を見ながら個々の物体にソリッドテクスチャを張り付ける。このようにして最終的な調整が済むと、最後に7番目のレンダリングを行う。

図2の各モジュールはそれぞれ独立しているが、キー、マウス、ダイヤルボックスの操

作は統一されている。これらのうちでマウスは最も使用頻度が高い。マウスの場合、左ボタンは、どのモジュールでも画面状態の変更に使用する。右ボタンは様々な処理を選択するために使用し、中ボタンは選択された処理の中での位置指定などに使用する。

5. 問題点と今後の課題

数ヶ月間、著者等および数名の学生がシステムを利用して簡単な作品を制作した。その過程で明らかになった問題点を以下に示す。

- (1) 専門家のユーザを想定している
- (2) 多機能であるがゆえに操作が難しい
- (3) ユーザ間のファイルの共有の問題

以上の3点の問題は、本システムが本格的業務用ソフトウェアであることが原因となっている。業務用であるため、非常に高品質の画像を生成する反面、初心者が作品を完成するまでに多大な時間を必要とする。(1)の問題は、オンラインも含めてマニュアルの記述によく表れている。これらのマニュアル類を読んで理解するためには、CGに関する基礎知識が不可欠である。(2)の問題は、主にメニューおよび各種設定用のパネルの表示がCGの専門用語(英語)であることから発生している。(1)および(2)の問題から、現時点では学生が自力で作品を完成させることが非常に難しい。簡単な例題を多く含む平易な手引書を自作することも必要である。

(3)の問題は、共同制作を行う時に発生する問題である。Exploreでは、共同制作グループのメンバー全員が同一のログイン名(既定値はgraph4)を使用することを想定している。したがって、グループ内のユーザ間でのファイルの共有は保証されている。本学の場合、全てのGWSが学外のInternetに接続されているため、管理上、「1ユーザ1ログインアカウント」の原則を守っている。このため、複数のユーザで共同制作を行う時に、ファイルの共有が非常に難しい。Exploreでは、一連の制作過程で作成/利用されるファイルが多数ある。これらのファイルは、ユーザのホームディレクトリ直下の各ディレクトリに保存される。今後、何らかの対策を考えなければならない。

以上の問題の他に、システムを構成する機器が高価であるため、今後システムの保守、組み替えおよび増設にも多額の前算が必要であるという問題がある。1つの教育機関でこのようなシステムを運用していく場合、相応の前算が必要である。最近では、ダウンサイジングにともないMacintosh用およびWindows用のCGソフトも次第に高機能化しつつある。今後のPCの高速化を考えると、将来的にはPCを中心としたシステムへの移行をも検討する必要があると考えられる。

6. む す び

本学の3次元CG動画制作システムについて報告した。これらは、マルチメディアに関する教育研究を目的とした設備の中の一部である。3次元CGは、現在の高性能化した計算機を用いてもなお非常に時間のかかる処理である。本学の3次元CG動画制作システムは、高速ネットワークで3種類の計算機を接続することにより効率的な分散環境を実現している。対話性が要求される処理はフロントエンドの低価格GWSが受け持ち、レンダリングのようになにより処理速度が優先される処理はバックエンドの高速レンダリング・サーバが受け持つ。さらに、制作過程で作成されるファイルはすべてNFSマウントされたファイルサーバ上に存在するため、ユーザは現在のCPUで作業をしているのかを意識せずに創作活動に専念することができる。

ソフトウェアとして採用されているExploreは、本格的な業務用として開発されているため、非常に多機能であり、高い画質のCG動画の制作が可能である。一方、問題点としては、多機能であるがゆえに設定項目が多く、初心者にとって操作が難しいということがあげられる。特に教育用として使用する場合には、大きな問題となる。教育用として使用する場合には、分かりやすいマニュアルの作成、簡単に利用できるサンプルの整備などが必要である。また、あらかじめMacintosh上で簡単なCG動画制作を体験させ、3次元CGの基本を習得させておくことも有効であると考えられる。

参 考 文 献

- 1) Jeffery B. Zurschmeide : IRIX Advanced Site and Server Administration Guide Vol. I, Silicon Graphics, Inc. (1994)
- 2) Jeffery B. Zurschmeide : IRIX Advanced Site and Server Administration Guide Vol. II, Silicon Graphics, Inc. (1994)
- 3) Jeffery B. Zurschmeide : IRIX Advanced Site and Server Administration Guide Vol. III, Silicon Graphics, Inc. (1994)
- 4) Getting Started Explore4, Wavefront Technologies, Inc. (1994)
- 5) 3Design Explore4, Wavefront Technologies, Inc. (1994)
- 6) Anim & Display Explore4, Wavefront Technologies, Inc. (1994)
- 7) IPR & Mapper Explore4, Wavefront Technologies, Inc. (1994)
- 8) 白田耕作 : CGへの招待, 日本電気文化センター (1989)
- 9) 西垣通 : マルチメディア, 岩波書店 (1994)
- 10) Judy Muchowski, Amy Smith : Indy Workstation Owner's Guide, Silicon Graphics, Inc. (1994)
- 11) Amy Smith : Personal System Administration Guide, Silicon Graphics, Inc. (1994)

A CG System in Kurashiki University of Science and the Arts

Fumio, KAJIURA

Dept. of Computer Science and Mathematics,

College of Science and Industrial Technology,

Kurashiki University of Science and the Arts,

2640 Nishinoura, Tsurajima-cho, Kurashiki-shi, Okayama 712, Japan

(Received September 30, 1995)

The necessity of studies and education on Multimedia has been currently increasing. For studies and education on it, a CG system has been installed in our university in 1995. The purpose of this system is to create a computer graphics animation which is one of important components of multimedia. The process to make pictures is still a time-consuming one even if we use a current high performance computer. So the system has been designed to distribute the processes, such as modeling, motion design, rendering and so on, to appropriate computers which are mutually connected by high speed network. The time-consuming process such as rendering is processed on a graphic engine, the most high performance computer in our system, and the other processes such as modeling are processed on low-price and interactive graphic workstations.

This paper describes the design concept, hardwares and softwares of this CG system, and problems which have become clear during the use of this system.