

ネットワーク上でのCGのアプリケーション —The Signboard Factory—

山本 強

北海道大学 大型計算機センター
060 札幌市北区北11条西5丁目
Tel: 011-706-2946, Fax: 011-737-6812
yamamoto@cc.hokudai.ac.jp

新しい世界規模の情報流通インフラとしてインターネットが着実に普及してきている。インターネット環境を用いるコンピュータグラフィクス(CG)の応用に関してもVRMLなどの新しい提案があり、今後の動きに期待もたれている。本論文ではインターネット上のアプリケーションシステムの一例として北海道大学で開発されサービスされているオンライン画像生成サービス—Signboard Factory—について説明する。Signboard Factoryはテンプレート形式で提供される3次元簡易モデラーを用いて、自分でグラフィクスをデザインし、レンダリング結果をインターネット経由で伝送するものである。このシステムは標準的なWWWブラウザのみの環境で動作し、使用にあたってプログラムのインストール作業が不要であり、全く経験の無い利用者でも3次元CGを体験できる利点がある。

The Signboard Factory: An Computer Graphics Application over the INTERNET

Tsuyoshi Yamamoto

Hokkaido University Computing Center
N-11, W-5, Kitaku, Sapporo 060 Japan
Tel. +81-11-706-2946, Fax: +81-11-737-6812
yamamoto@cc.hokudai.ac.jp

The INTERNET is getting popular and will be a new infrastructure for world-wide information exchange. By reflecting the growth of the net, number of computer graphics(CG) applications such as VRML are proposed and evaluated.

In this paper, I introduce The Signboard Factory that developed at Hokkaido University. The system is an online CG design and rendering service over the INTERNET. By eliminating software installation process and by using template based 3D modeling, the system let the users, who have no experience of CG design and operation, create their own graphics design.

1 はじめに

コンピュータグラフィクス(CG)の応用範囲は新しい情報メディアの確立とともに拡大し続けている。CGが早い時期から対応してきた映画やビデオゲームは現時点の分類ではパッケージ型メディアの要素として使われている。しかし、情報ネットワークイ

ンフラの整備に伴い、主たる情報供給形態はしだいにネットワーク型に移行すると考えられており、その時に現在考えられているCGの役割を越えた応用が出現する可能性もある。

情報ネットワークの分野ではインターネットが全世界的に普及してきている。現在のインターネットは速度と安定性に関してまだ期待されている情報イ

ンフラのイメージからはほど遠いが、将来は汎用デジタル情報ハイウェーとして生活の密着したメディアになることが期待されており、それを見込んださまざまな実験が展開されている。

本報告では情報ネットワークメディアを用いた3次元CGの展開の具体例として筆者が実験的に開発したThe Signboard Factoryをとりあげ、その技術的な特徴とそれを一般公開して得られたネットワーク上の3次元CGに対する期待と有効性に関する経験を紹介する。

2 インターネット上の3次元CG応用

インターネットが米国内ネットワークから多国間ネットワークに変貌を遂げたのは1987年である。しかし、インターネット上で画像などを用いたマルチメディア的な情報流通が始まったのは実質的には1990年代に入ってWWW[1]が普及してからである。WWW上でCGを用いた応用には過去にいくつかの事例がある。

Cyberview[4]はミネソタ大学ジオメトリセンターで開発されたWWW上の対話型レンダリングシステムである。クライアントとしてMosaic, NetScape等の標準的WWWブラウザを使用する。サーバー側には形状モデルデータベースとレンダラーをおき、クライアント側から視点やレンダリング条件を設定してサーバーに要求を出し、サーバーはそのパラメータでレンダリングを行い結果の画像ファイルを返す。Cyberviewでは画像生成のほとんどの機能がサーバー側に集約されている。

VRML[6]はインターネット上の3次元仮想空間の実現を目的として提案され、シリコングラフィクス社が推進している。VRMLの定めるものはインターネット上での3次元形状モデルの標準形式であるが、一般にはそれを可視化するクライアントソフトウェア(WebSpace, Cosmo Player)と一体になってVRMLと称されることが多い。VRMLの目的はインターネット上でアニメーションを含む対話的なリアルタイムグラフィクスを実現し、それをユーザーインターフェースに取り入れることであると言える。そのために、レンダリング速度は優先度の高い項目であり、クライアント側の計算処理能力を最大限利用する構造となっている。

QuickTime VR[7]はイメージ空間でレンダリング

表 1: インターネット上の3次元CGアプリケーションの実装方式

Implementation	DB	UI	Renderer
Cyberview	Server(Static)	Client	Server
VRML	Server(Static)	Client	Server
QuickTime VR	Server(Static)	Client	Server
Signboard Factory	Server (Reconfigurable)	Client	Server

を行うという意味で両者と本質的に異なるシステムである。QuickTime VRはイメージ空間データとして3次元空間をモデル化し、それをネットワーク経由でクライアントに送付し、イメージ空間レンダリングにより任意視点からの画像を合成する。QuickTime VRでは完全な3次元形状モデルを取り扱うわけではないので、視点移動に制限があるが、画像生成の計算処理は通常のレンダリング処理と比較して軽く、リアルタイム性が高い。また、モデルデータを実写映像から作成するためリアリティの高い映像表現が可能である特徴がある。

Cyberview, VRML, QuickTime VRに共通する考え方は、コンテンツとして準備された3次元形状モデルをネットワーク経由で可視化することであり、実現手法として画像生成をクライアント側で行う(VRML, QuickTime VR)かサーバー側で行う(Cyberview)かの違いがある。

ネットワーク分散型の画像生成環境を構築する場合、3次元CGの各機能をサーバーとクライアントのどちらに実現するかということがシステムの性格に大きく影響する。3次元CGシステムの機能を大まかにデータベース、ユーザーインターフェース(UI)、レンダリングに分類して、ここで例に挙げたシステムと。本報告で紹介するSignboard Factoryが各要素をどちら側に中心的に実装しているかを分類したものが表1である。

Signboard Factoryはレンダリング処理はサーバー側の実装されているという点ではCyberviewに近いモデルであるが、CyberviewやVRMLがあらかじめ用意された形状モデルを対象とするのに対し、Signboard Factoryはモデル自体をクライアント側から変更できるという点に大きな違いがある。

3 Signboard Factory

Signboard Factory[2][3] はインターネット上の広域分散環境において、不特定多数利用者が3次元CGを利用することを目的に開発された。これは単なる3次元モデルのビューワーではなく、CG作成環境を実現するという点でCyberviewおよびVRMLと大きな違いがある。Signboard Factoryでは3次元モデルというコンテンツを配信するのではなく、3次元CGの作成自体を提供する。

現実問題として、CGの経験が全くない人が何かの目的でCG画像を作成したいと考えた場合、ソフトウェアのインストール作業から始まってユーザーインターフェースの習得、モデリング作業、レンダリングパラメーターの決定と、相当な訓練と専門知識を必要とする。特にソフトウェアのインストール作業は、CGシステムのような大規模システムでは構成の違いや利用できる計算機資源の差が微妙に影響するため、専門知識を有する利用者以外にとっては大きな障壁であった。

また、CG画像の作成には、形状モデリングの基本的知識と経験が必須であり、環境を与えられても実際に画像を生成するまでには訓練が必須であった。

The Signboard Factoryの目的は、インターネットという不特定多数の利用者が存在する巨大ネットワークを用いて、クライアント機種依存性とインストール作業を必要としないCG作成環境を実現し、CG作成の経験を持たない利用者にCG画像の生成というサービスを実現することである。

Signboard Factoryは単にインターネット空間にCGを実装したというだけでなく、それが生成する画像の二次利用を想定している。近年爆発的に普及したWWW上のマルチメディア情報流通はHTMLドキュメントの量産支援技術を求めている。実際、HTMLを対象とした文書編集システムなどが開発されきており、その過程でHTML文書の中の素材としてCG画像が求められている。Signboard Factoryはそれを提供するためのシステムとして開発されている。当初用意した素材やモデルはそういった用途を意識したものである。またそういう目的で使用するならば、システムに求められるのはリアルタイム性よりも生成される画像の質と印象であり、その点においてもCyberview,VRMLとは設計方針が大きく異なるものとなる。

画像生成の主要な処理であるレンダリング処理をサーバー・クライアントのどちら側で実行するかは、システム設計上の最も重要な判断である。初期に開発されたCyberview以外はすべてレンダリング処理をクライアント側で実行するように設計されている。これは、クライアントとして使用するPCの性能向上が予想以上にすすんでおり、クライアント側の処理速度が今後も向上すると考えられること、またアニメーションなどのリアルタイム画像生成を目的とした場合はインターネット上を同画像がながれるよりも、一旦形状モデルをクライアントに転送し、ローカル処理だけで画像生成したほうがリアルタイム性という点において有利だと考えられるからである。

しかし、Signboard Factoryはそれとは逆に高品質レンダラーをサーバーに固定設置し、それを複数のクライアントから共有する形で使用するようになっている。この目的は2つある。一つはクライアントシステム側にインストール作業をさせないこと、もう1点はクライアントシステムのハードウェア規格を最小にすることである。先にも述べたがソフトウェアのインストール作業は経験ない利用者にとっては大変難しい問題であるが、レンダリングプログラムの大部分をサーバーに持たせることでクライアントはWWWブラウザのみでSignboard Factoryが使えることになる。

3.1 Signboard Factoryのシステムモデル

Signboard Factoryはインターネット上に構築されるサーバー・クライアント型の分散システムとして実現されている。サーバーとクライアントでの機能分担は以下のように行われる。

サーバー機能

- レンダリングエンジン
- 素材データベース

クライアント機能

- 形状モデラー
- ユーザーインターフェース
- 画像表示

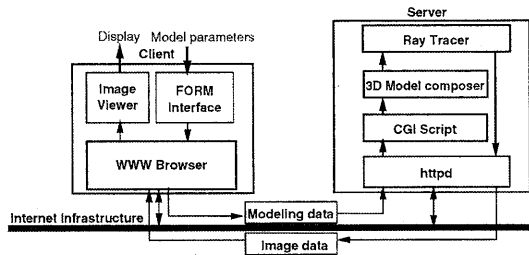


図 1: The Signboard Factory の実行モデル

Signboard Factory ではクライアント側での機種依存性をなくすために、ユーザーインターフェースとして標準的 WWW ブラウザを使用する。WWW の基本プロトコルである http[8] には CGI(Common Gateway Interface) と呼ばれるサーバー・クライアント通信プロトコルが規定されている。CGI は WWW 上で対話的なアプリケーションを作成するための標準技法である。CGI プロトコルでは、HTML ビューア上でオプション項目を指定してそれをサーバーに返送することができる。各オプション項目は実際にはサーバー側で起動されるシェルプログラムに対して環境変数の形で渡されることになる。したがって、サーバープログラムはそれが起動された時の環境変数を確認、それらの値によってテンプレートモデルの対応する場所を書き換えて、内部的に 3 次元形状モデルを作成する。Signboard Factory では形状モデルは ASCII 形式であるので、文字列処理言語 (sed,awk) を用いてテンプレート内のキーワードを置き換えることによって行われる。ネットワークを含んだ Signboard Factory の実行モデルを図 1 に示す。

3.2 形状モデリングとユーザーインターフェース

Signboard Factory ではクライアント側に形状モデリングの機能を実現する。実際には形状モデル記述が可能なプログラムに近い形の HTML ドキュメントがその機能を実現する。ネットワークを経由して実行可能オブジェクトを配布するモデルは一般にネットワークローダブルオブジェクト (NLO) と呼ばれ、現在では Java に代表される汎用言語仕様が使用可能である。Signboard Factory は Java が公開される以

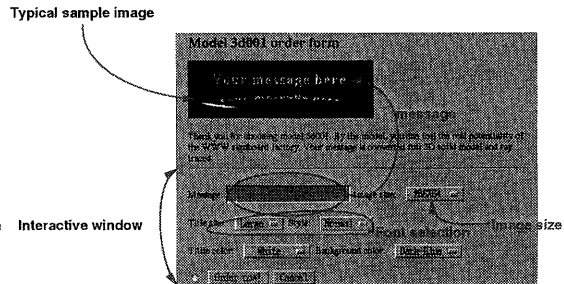


図 2: テンプレート画像とパラメータ選択によるモデリング

前に実現されたため高度な NLO を用いることができなかったが、NLO を積極的に用いてより記述自由度の高いモデリング機能を実現できる。

現在公開している Signboard Factory での形状記述はテンプレートライブラリとして提供されるモデリングサンプルに対して、その構成要素をテキストあるいはメニューから選択して希望のモデルを作成する方式で実現されている。この形式では作成可能な形状が限定されるという本質的な制限があり、一般の形状モデラーの機能と同列に比較することはできない。しかし、CG の作成経験の無い利用者に訓練なしで使用させようとするならば、サンプルパターンが与えられて、その中に使われている 3 次元文字列やテキスト、配色等を選択して所望のモデルを形成する方が理解しやすいとも言える。図 2 に代表的なテンプレートとユーザーインターフェースの対応を示す。この例では、鏡面属性を持つ二次曲面上に 3 次元フォントで記述された文字列がおかれたパターンであり、文字列とその材質、背景色、照明条件などを指定するための入力フォームからなっている。

最終的な形状モデルは、ブラウザ上で指定されたパラメータをサーバーに転送して、サーバー上でパラメータから形状記述言語に変換することで作成される。実際に形状モデルテンプレートからモデルパラメータを与えて作成されたモデルの例を図 3 に示す。この例では上段左側のテキストがテンプレートであり、CGI から与えられて決定される部分が変数として表現されている。この変数は下段左のフォーム画面から起動される CGI スクリプトが与えられる環境変数の値を解析して、実際の値に置き換えられ

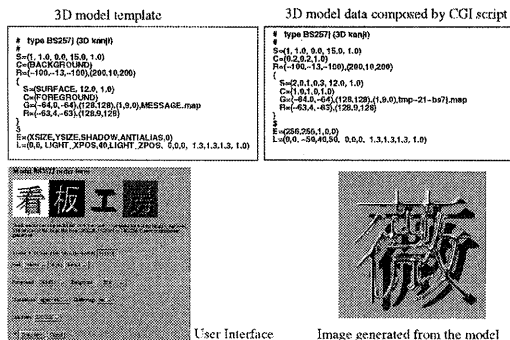


図 3: テンプレートモデルの内部表現とレンダリング結果の例

る。その結果光線追跡プログラムが計算できる形式になったのが図 3の上段右側のテキストである。このモデルを計算すると下段右側の画像となる。

先に述べたように Signboard Factory では生成画像の品質に重点を置いている。そのため、レンダリング処理は多様な表面モデルや照明モデルを取り入れることのできる光線追跡法を用いている。一般に光線追跡法は計算負荷が大きい、計算量は作成する画像の画素数に比例するという特徴があり、画像のサイズを選択することで使用時に違和感の無い応答時間を設定できる利点もある。現在運用中の Signboard Factory ではサーバーが CPU 時間 1 分で計算を完了するという条件で形状モデル、画像サイズを設定している。

Signboard Factory ではその応用目的から文字列を含んだ形状モデルを作成することが多く、3次元フォントの質はシステムの印象に大きな影響を与える。ここで用いている 3次元フォントはポリゴン表現ではなく、印刷用フォントから自動生成した 2次元ハイトフィールドモデルを用いている。この 3次元フォントは、アウトラインフォントから生成された 256×256 画素程度の高密度ビットマップを一旦低域通過区間フィルタを用いて微分連続なハイトフィールドに変換する。その後あるしきい値以上の部分を残したボリュームデータを作成し、それを光線追跡法によって可視化する。このフォントモデルの特徴は、手書き文字を含む任意パターンからスムーズな 3次元表面を生成できることである。ハイトフィールドフォ

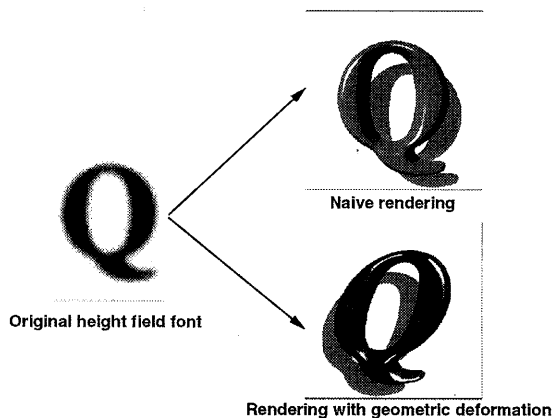


図 4: ハイトフィールドフォントからのレンダリング例

ントの生成モデルと代表的なレンダリング結果を図 4に示す。

4 ネットワークコンテンツとしての 3次元 CG 運用の経験

The Signboard Factory は 1994 年 12 月から <http://madeira.cc.hokudai.ac.jp/RD/yamamoto/factory.html> という URL で運用されている。運用開始以来 1.5 年が経過している。その間、提供されるコンテンツ自体はほとんど変化していないにも関わらずレンダリング要求は伸び続けている。

図 5は Signboard Factory が運用開始した 1994 年 12 月 12 日から 1995 年 9 月 30 日までの間に記録されたレンダリングリクエスト数を週単位で集計したものの推移である。レンダリングリクエスト数は単調に増加するのではなく、突発的に増加し、その後安定する傾向がある。これは当該 URL が雑誌等のマスメディアで紹介されたことによるインパクトであることが判明している。インパクトの強さはその雑誌の影響力の大きさであるとも言える。最近一週間 (1996.6.24-30) のリクエスト数は 5460 件に上っている。5460 という数字は WWW のアクセス数としては少なく感じるが、これはファイル転送数ではなく、CG を実際に作成した数であることに注意されたい。ちなみに 1 枚のレンダリングには約 1 分か

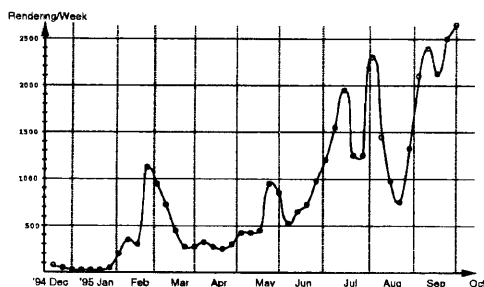


図 5: 運用開始から 10 月間のアクセス統計

かるがこれから計算できる 1 週間の最大処理可能件数は $60(\text{分}) \times 24(\text{時間}) \times 7(\text{日}) = 10080$ 件であり、既に CPU 負荷が 50% を越えており、これ以上の要求には応えられないと判断される。

利用者数を反映して最近では Signboard Factory が生成した画像が二次利用された例は WWW 上に広く見られるようになってきている。

5 おわりに

インターネットは現時点でも 1 千万台を超えるコンピュータが接続された、巨大ネットワークである。しかし、そこに接続されている機種や使用されている OS は多様であり組織内ネットワークのようにプラットフォームが統一されているわけではない。そのような環境でも制限なく使用できる 3 次元 CG の作成モデルが可能ならば、それは運用開始と同時に数百万台のクライアントを有する巨大なシステムが実現されたことになる。実際、Signboard Factory は運用開始以来、利用件数が着実に増加してきており、インターネット上の 3 次元 CG の一つの利用形態として認知されてきていることが実感できた。

現在のシステムは HTML の FORM と CGI プロトコルを用いて実現されているため、モデリング機能に限界がある。しかし、この点に関しては Java 等の NLO を用いてクライアント側で実行される高機能モデラーを作成することで、解決できる見通しがついている。

Signboard Factory は実用システムとしての性格を有しており、インターネット上で一般公開されているが利用に伴う課金は想定していない。しかし生成

画像を二次利用するような利用形態にニーズがあり、さらに素材やモデルデータベースが充実するならばコストが生じても利用する価値があるという状況が発生することも充分考えられる。現在各方面で電子商取引の実験運用が開始されている。CG 画像の流通は入力も出力も情報の移動だけで商取引が完了する特徴もあり、そういった電子商取引に乗りやすい特徴を持っており、新しいマルチメディアコンテンツの形として新たな展開を期待できると考えている。

参考文献

- [1] Tim Berners-Lee, et. al., "The World Wide Web", CACM, 37,8, pp.76-82,(1994.8)
- [2] 山本, "WWW 上の CG イージーオーダーシステム—The Signboard Factory—", Proceedings of NORTH Internet Symposium '95, pp.52-53, (1995.2);
- [3] 山本, "見せるためのコンピューティング", 電子情報通信学会技術研究報告(ソフトウェアサイエンス)SS96-5, pp.33-40, (1996.7)
- [4] A.J. Hanson, T.Munzner, G. Francis: "Interactive Methods for Visualizable Geometry", IEEE Computer, Vol.27, No.4, (1994.7)
- [5] T. Munzner, P.Burchard, E. Chi: "Visualization through the World Wide Web with Geomview, Cyberview, W3Kit, and WebOOGL", Proceedings of the 2nd Int'l Conf. of World Wide Web, Chicago, 1994.10
- [6] Mark Pesce: "VRML: Browsing and Building Cyberspace", New Riders, ISBN 1-56205-498-8(CD-ROM), (1995.8)
- [7] E. Chen: "QuickTime VR-An Image-Based Approach to Virtual Environment Navigation", SIGGRAPH95 pp. -, 1995.8
- [8] T. Berners-Lee, R. Fielding, H. Frystyk: "Hyper-Text Transfer Protocol - HTTP/1.0", Internet Draft, RFC1945, 1996.5