

# 三次元データビューア GhostSpace の開発

西岡大祐 長澤幹夫

超高速ネットワーク・コンピュータ技術研究所(UNCL)

GhostSpace は三次元マルチメディア通信による遠隔シミュレーションの実現に向け開発された高効率転送表示機能を持つ拡張 VRML ブラウザである。GhostSpace は VRML1.0 に加えて、冗長度削減ポリゴンの輪郭優先転送、量子化法線ベクトル転送などの高効率三次元データ転送表示の機能を持つ。622Mbps の ATM ネットワークによる実証実験の結果、これら高速三次元データ転送方式の有効性、および逐次表示や QoS を考慮したインタフェースの有効性が確認された。

## 1. はじめに

パーソナルコンピュータの劇的な性能向上と普及、Internet の拡大、ATM 等のネットワーク高速化により、三次元メディアの遠隔操作が現実味を帯びてきた。VRML が定められたことで、WWW で三次元コンテンツが提供されるに至っている。しかし、現状の回線速度では、数値シミュレーションの可視化用の大規模三次元データをリアルタイムに転送することはまだ不可能である。

UNCL では、超高速通信を利用した三次元アプリケーションに必要な高効率生成技術及び高効率転送技術を研究しており、それらの技術を実装した三次元データビューア GhostSpace を開発した。

本論文では、はじめに現状の VRML ブラウザの三次元データ転送可視化における問題点を示し、それらを解決するために開発した要素技術を解説する。最後に 622Mbps ATM ネットワーク上で実施し

た三次元データ転送実験の結果を示す。

## 2. 遠隔三次元データビューアの課題

WebSpace, Live3D を代表とする従来の三次元データビューアの転送では、所望するデータファイルをすべて転送した後初めて可視化が開始される。そのため、最初ユーザがただ転送終了を待つだけの時間が生じてしまう。上記のビューアでは転送量の削減のため GNU ZIP によって圧縮されたファイルを転送することが可能であるが、データの大規模化を考えると根本的な解決にはなっていない。

また、データの種類を考慮せずに単純にファイルを転送しているため、途中でエラーが発生したり異常終了した場合には、何も可視化されないだけでなく全データの再送要求が發せられ通信コストが増大する。

一方、二次元画像の場合は、Interlaced GIF 形式や Progressive JPEG 形式では粗い全体像から徐々に細部が現れていくため、転送途中で全体の概略が把握でき、

中断も可能である。

以上述べた現状の三次元データビューアが持つ二つの大きな問題は、今後、超高速ネットを利用した大規模三次元データの転送表示に置いて顕著化してくると考えられる。そこで UNCL では、三次元画像の高効率転送生成を目指し、逐次転送や通信エラーに対応できるデータ構造および転送方法を開発することを課題とした。

### 3. GhostSpace の開発

はじめに、UNCL で開発した拡張 VRML ブラウザ GhostSpace の実行画面を図 1 に示す。

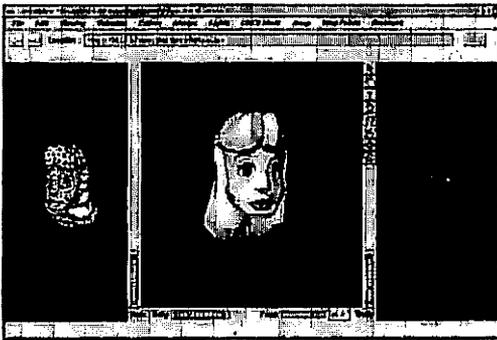


図 1 GhostSpace の実行画面

GhostSpace の外観上で最も特徴的なのは、三面鏡風なウィンドウである。両サイドのウィンドウには過去の履歴が三次元表示される。

GhostSpace は次の機能を有する。

- (1) VRML1.0 データの表示
- (2) 輪郭ポリゴンデータの表示
- (3) 輪郭優先転送
- (4) 量子化ベクトル表現
- (5) 逐次転送機能

VRML データ表示機能以外の各拡張機能について説明する。

#### 3.1 輪郭ポリゴンデータの表示

通常三次元ポリゴンデータは、頂点座標とその連結情報からなる。UNCL では、ポリゴンデータをグループに分け、グループ毎にポリゴン数を削減する<sup>12)</sup>。さらに、グループの輪郭だけからなるポリゴンを合わせ持つデータファイルを用意する。この輪郭ポリゴンは LOD(Level of Detail)を実現するとともに、輪郭優先転送にも用いられる。図 2 に輪郭ポリゴンだけで描かれた表示例、図 3 にすべてのポリゴン転送後に描かれた表示例を示す。

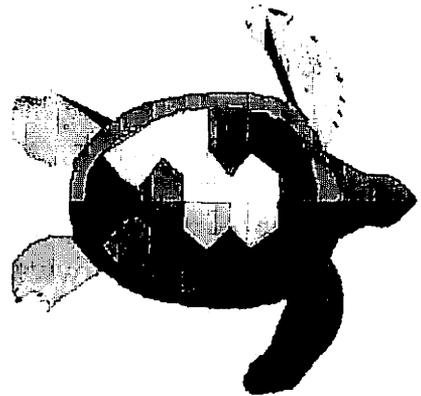


図 2 輪郭ポリゴン  
(約 180 ポリゴン)

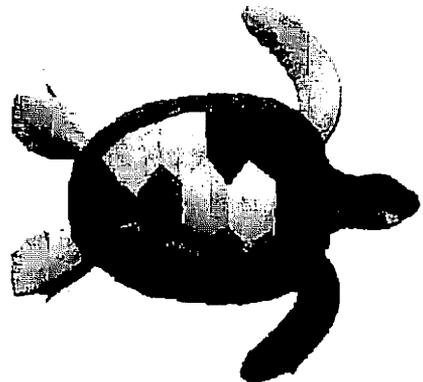


図 3 すべてのポリゴン  
(約 5 万ポリゴン)

### 3.2 輪郭優先転送

輪郭ポリゴンデータの転送表示の際、ポリゴンデータ全体の転送に先立って輪郭情報を送ることで、クイックルックを実現した。輪郭情報の転送の際には、輪郭ポリゴンだけで画像表示できるように頂点データを重複して転送し、全体のポリゴンは頂点とその連結リストの形で転送する<sup>3)</sup>。

輪郭ポリゴン転送と通常のポリゴン転送の違いは次の通りである。

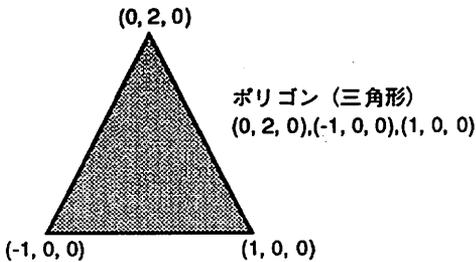


図 4 輪郭ポリゴンの転送

図 4 に示す輪郭ポリゴンの場合、ポリゴンの頂点の座標値を直接記述して構成する。そのため複数のポリゴンが一つの頂点を共有している場合はデータ量が増大するが、逐次的な描画に適している。次に全体のポリゴンの転送を図 5 に示す。

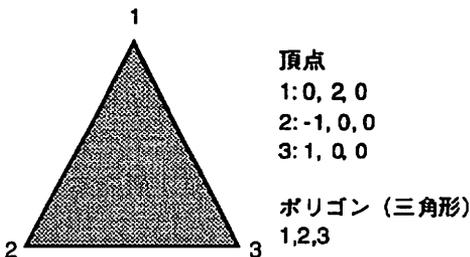


図 5 全体のポリゴンの転送

通常の内点ポリゴンの場合、はじめに頂点に番号を付け、番号と座標の組を先に転送する。頂点の転送後、頂点番号の連結リストが転送される。そのため頂点が共有されていればデータ量は輪郭ポリゴンの場合よりも少ない。しかし、データの一部が欠けると描画不可能である。

輪郭優先転送では、ATM による転送を考慮して、ポリゴンデータの頂点座標は  $x, y, z$  座標を 10bit の整数値で表し、フラグビットを含めて 1 頂点が 32bit で構成されるようにした。これにより、ATM セル一つ (48 バイト) につき 12 頂点 (三角形  $\times 4$ 、または四角形  $\times 3$ ) の転送が可能である。同様に連結リストの各要素も 32bit 単位で構築した。

### 3.3 量子化ベクトル表現

量子化ベクトル表現は、ATM ネットワーク上での三次元データ転送を最適化する新しい手法である。量子化ベクトルはポリゴンデータから変換作成され、一つのポリゴンを大きさがそのポリゴンの面積成分を表す法線ベクトル、すなわちポリゴンの外積ベクトルとして表現される<sup>4)</sup>。

変換されたベクトルは一つのベクトルが 6 バイトで表されるように方向成分を極座標で量子化する。この結果 ATM 1 セルあたり 8 ポリゴンに相当する転送が可能である。さらにポリゴンのエッジ情報が省略されることになるため、全体のデータ量も削減される。

転送されたベクトルは、そのままベクトルを線画として表すことも可能であるが、面積成分を円盤や球で表すベクトルレンダリングも可能である。

図 6 に図 3 の亀のポリゴンデータを量子化ベクトル表現に変換し、線画表示した例を示す。

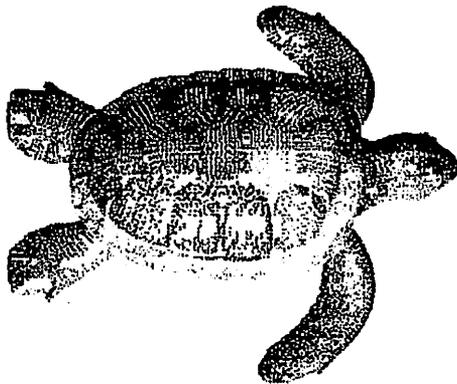


図 6 量子化ベクトルデータ

また、ベクトルレンダリング結果を図 7 に示す。

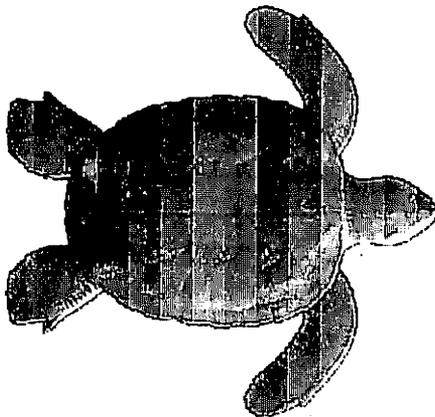


図 7 ベクトルレンダリング結果

### 3.4 逐次転送

GhostSpace のサポートしている逐次転送機能は、あらかじめ面積順にソートしたポリゴンデータを転送し、受信側で逐次その受信データを表示する機能である。受信側の判断で中断することも可能である。面積順にソート転送することは、全体像の把握を早める。また、輪郭情報

と組み合わせることでより効果的な転送方法となる。



(A)転送開始



(B)転送途中



(C)転送完了

図 8 逐次転送

## 4. 実証実験

1996年5月20日から6月7日まで、東京都港区虎ノ門にある UNCL 本社と国分寺市にある第4研究室間約 60km を 622Mbps ATM ネットワークで結んで GhostSpace による三次元画像転送実証実験が行われた。

### 4.1 実験環境及び方法

実験は、図 9 に示した環境で行われた。虎ノ門の本社にあるサーバとクライアントはともに米 Silicon Graphics 社の Indigo<sup>2</sup> Extreme である。サーバからの 156Mbps の信号は、ATM スイッチによって 622Mbps に変換され、NTT の実験回線を通して国分寺にある第4研究室を折り返し、本社にあるクライアントへ再び ATM スイッチによって 156Mbps に変換され受信される。以上の環境で、従来の

VRML ブラウザである WebSpace と GhostSpace において、転送方式による転送表示速度の違いを測定した。

実験に使用したソフトウェアは次の通りである。

- NCSA httpd ver.1.5.1beta
- SGI/TGS WebSpace ver.1.0
- GhostSpace ver.1.2.1

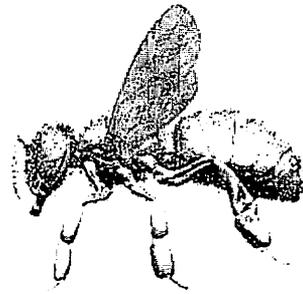


図 10 サンプルデータ

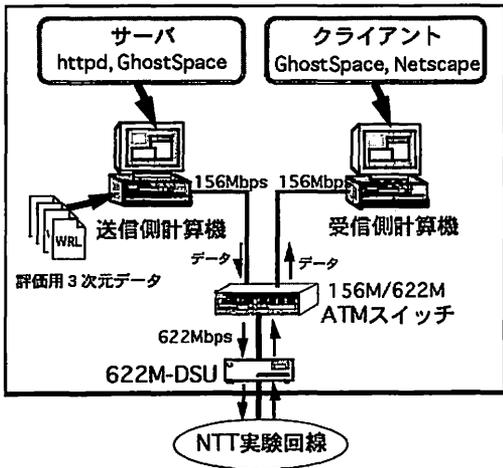


図 9 実証実験環境

#### 4.2 実験結果

はじめに比較のために用いたサンプルデータを図 10 に示す。サンプルは蜂のポリゴンデータで頂点数 110,480、ポリゴン数 102,381 の大規模データである。

転送表示能力を比較するために、VRML1.0 形式に変換したポリゴンデータを WebSpace にて測定し、量子化ベクトル表現に変換し、面積成分を円盤表示と線表示にした場合、および逐次転送方式と輪郭優先方式のポリゴンデータを GhostSpace で測定した。

測定結果を図 11 に示す。左のグラフは転送から表示終了までの転送表示時間で、右のグラフはそのうち転送にかかった時間だけを取り出している。両者のグラフはそれぞれのスケールで示されている。

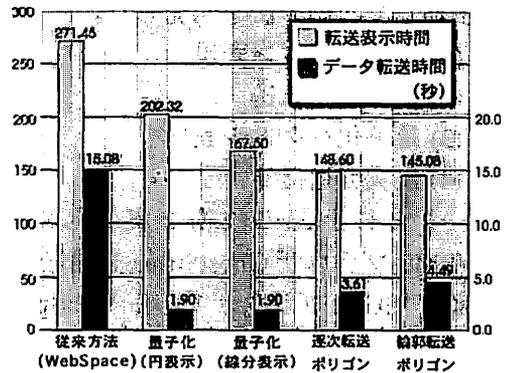


図 11 転送速度の比較

転送速度を比較すると、量子化ベクトル表現による転送は VRML1.0 形式に比べ約 87% の転送時間を削減できる。これは、三次元データ転送の実効速度が約 0.6M ベクトル/s であることを示している。しかし、転送表示の総時間を比較すると転送時間に比較して削減率が低い。これは、WebSpace が転送後のレンダリング処理をハードウェアで行っているのに

対し、量子化ベクトル表現ではすべてソフトウェアでレンダリングを行っているためである。

また同じポリゴン形式でも、VRML1.0のアスキーデータを一括ファイル転送プロトコルで送る場合と比較して、逐次転送も輪郭転送も ATM セルを考慮した 32bit 単位のバイナリデータに変換して転送しているため転送時間は約 1/3 に削減された。

## 5. 結論

UNCL では、超高速通信を利用した三次元アプリケーションに必要な三次元画像の高効率転送生成を実現するため、三次元画像の効率的なデータ構造、転送方法として次の手法を開発した。

- (1) 輪郭ポリゴン表現
- (2) 輪郭優先転送
- (3) 量子化ベクトル表現
- (4) 逐次転送機能

さらに上記の技術を実装した拡張 VRML ブラウザ GhostSpace を開発し、従来の VRML ブラウザである WebSpace との転送表示速度の比較実験を行った。その結果、上記の四つの技術により転送効率の向上に加えて、逐次表示やセル損失への対応といった ATM 向け GhostSpace の優位性が確認された。

今後、総合的な転送表示時間の効果的な短縮のために、表示の高速化が重要な課題となった。つまり、高速ネットワークにおける三次元画像の転送表示の問題点は、転送時間からレンダリング処理の時間へと移ったことを示しており、後は、レンダリングの高速化を新たな課題として加え、研究を進めていきたい。

## 謝辞

GhostSpace の開発にあたりお世話になった (株) 日立西部ソフトウェアの畠岡信男氏、赤木数明氏、(株) 富士総合研究所の加藤昭史氏に感謝いたします。

---

## 参考文献

- 1) 西岡大祐, 長澤幹夫: グルーピングによるポリゴンデータ削減アルゴリズムの提案, 第 50 回情報処理学会全国大会公演論文集 2-441(1995).
- 2) D.Nishioka and M. Nagasawa, Reducing polygonal data by structural grouping algorithm, *Lecture Notes in Computer Science*(ed. R.T.Chin et al., Springer Hong Kong), 1024, pp.140-151, 1995
- 3) 塚越雅人: ATM ネットワークにおけるポリゴン転送方式の一考察, 第 52 回情報処理学会全国大会講演論文集 1-195(1996).
- 4) M.Nagasawa, Surface data compression using vector representation, *Proc. Visual Information Systems '96*(ed. A.Tam, VUT, ISBN 1-875-333852-7), pp.201-205, 1996.

## 連絡先

185 東京都国分寺市東恋ヶ窪 1-280  
(株) 日立製作所中央研究所内  
(株) UNCL 第 4 研究室  
TEL & FAX 0423-23-1007  
e-mail: nisioka@crl.hitachi.co.jp  
<http://www.ijnet.or.jp/uncl>