

# ポリゴン 3D 仮想物体の NURBS 圧縮転送の一検討

亀田 通<sup>1</sup>, 井手口 哲夫<sup>2</sup>, 厚井 裕司<sup>1</sup>

Email: kameda@isl.melco.co.jp

<sup>1</sup>三菱電機情報技術総合研究所 <sup>2</sup>愛知県立大学 情報科学部

本論文は、個性的表現の自由曲面で構成されたポリゴン仮想物体を無線回線で転送する場合の、ラスタ群に変換され NURBS(Non-Uniform Rational B-Spline)自由曲線群として、制御点節減処置後に送出され、受信後は可変粒度ポリゴンで生成し、レンダリング処理して仮想物体を可視化される過程における、受信後の再現手段について、その実用性を検証した。

Proposal of data Conversion from control points reduced NURBS free surface to polygon mesh, reverse procedure and testing the reconstruction though a mobile access network.

Tohoru Kameda<sup>1</sup>, Tetsuo Ideguchi<sup>2</sup>, Yuuji Kouji<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

<sup>2</sup>Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

It is difficult to transfer a conspicuous object with free surface by narrow bandwidth medium, because of data explosion. This paper is for confirming a method of data conversion from reduced NURBS's face to polygon mesh on receiver side. We use some cogitation for data discordance due to reduction, As a result, we can make a fine grain polygon objects.

## 1 はじめに

伝送帯域幅の狭いモバイル通

信等から web の仮想 3 次元 (以下 3D) 空間内仮想物体にアクセスし、自由曲面で構成された個性あるキャラクタ人物などを受信する時、膨大なデータ量が発生し、そのため通信ボトルネックとなってしまう。

増田ら<sup>1)</sup>は制御点データを MPEG で使用の DCT 変換を導入する方法を研究しており、また他にポリゴン形式のまま、その個数を節減するという研究方向<sup>2)</sup>もある。

いま NURBS に限定すれば、青野ら<sup>3)</sup>のノットの削除、T.I.Vassilev<sup>4)</sup>ら特異の評価エネルギーを導入する方法で、データ圧縮法を研究しており、またグレゴリ算法 NURBS での大学教授がベンチャー起業<sup>5)</sup>した例もある。また、顔の処理に専念した土肥ら<sup>6)</sup>の研究もある。

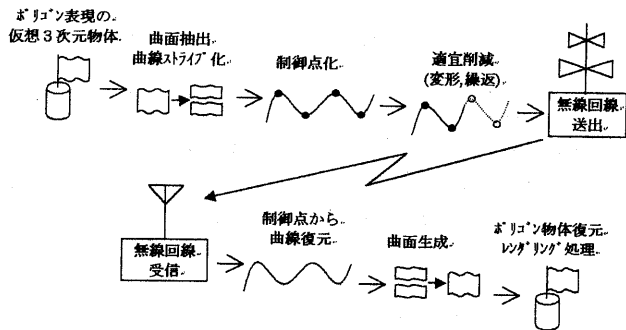


図1 ポリゴン仮想物体の圧縮転送方式の概要

しかし米国企業<sup>7)</sup>などでは既に NURBS データの Web 配信も始めている。

図1にその通信系全体の概略説明を示す。

通常のポリゴンデータを、そのまま転送する方式に比べて NURBS 方式は、約 1/200 にデータ圧縮する事が可能といわれているが、筆者ら<sup>8)</sup>は、さらに改良を加え、約 1/887 にまでに圧縮出来た。

そしてこの転送方式において、これほどの圧縮削減にも拘わらず、復元物体の形状は、僅かな変形のみで再現できている事を確認した。

概略での各工程でのデータ削減率は、以下に示す通

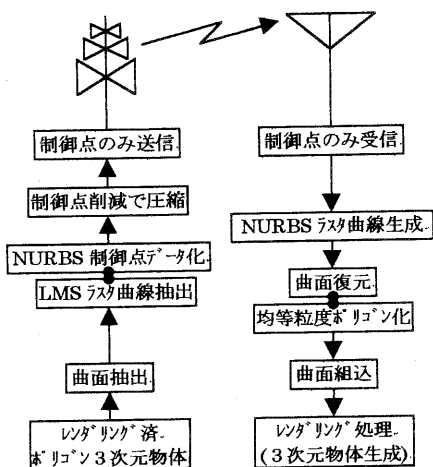


図2 計算処理の手順

りである。

ポリゴン → NURBS → 節約 NURBS

$$(1/205.3) * (1/4.32) \doteq 1/887$$

## 2 圧縮転送の概要

図2に計算処理の観点からの処理順序を示した。まず、送出側では、ポリゴン物体の曲面部分を抽出し、ストライプ状にし、これをさらに NURBS 解析し、制御点データとして集約してしまう。これを本研究の方式を用いて更にデータ節減し、無線回線に送出する。受信側では、制御点から NURBS 曲線群のストライプを生成し、これからさらに曲面に展開し生成させる。その後、効率的レンダリング処理のために均等粒度ポリゴンに作りなおし、レンダリング処理を実行して実像物体に可視化し復元する。

## 3 NURBS 曲線群からの

### ポリゴン物体復元手段の概要

ポリゴンは従来からの一般的な表現方法である。

本研究の NURBS と、その親和を計らねばならない。その手段としてストライプ化と、均等粒度のポリゴン化の手法を新しく考案し、導入した。

図5は、送信側のポリゴン物体のワイヤフレーム表現で、図6は、受信後に復元したポリゴン物体のワイヤフレーム表現である。

これを、NURBS ストライプ・データ化したのが、図7の送信側の曲線群や、図8の受信側の曲線群である。

さらに、レンダリング処理した結果は、図9は送信側ポリゴン・レンダリングのフラット・シェーディング表示の写真画像で、図10は受信側ポリゴン・レンダリングのフラット・シェーディング表示の写真画像である。

### 3.1 受信後の NURBS 曲線群の状態

本方式の節約法によって精製された制御点だけになった NURBS 曲線群は、変形されているため初期にもっていた、ポリゴンから NURBS へのマッピング関係が壊わされてしまっている。この対応関係の不整合は、基本的に復元することは不可能である。それゆえ、受信後の逆変換時には、全く新しくマッピングを生成させる必要がある。

そして、すでに変形してしまっているが、ポリゴンへの可視化で、復元精度をさらに向上させるために、新たなポリゴンの生成の方法を考案した。

図3は、送信側での NURBS 曲線群データ、図4は、それを節約処理した後の、受信後の NURBS 曲線群データ、図5は、それらからポリゴンを生成するために、補完生成された点列から抽出した曲線群上に生成された点データである。

### 3.2 可変粒度ポリゴン生成

前節で述べたように、すでに変形してしまっているが、復元精度を上げるための手法として、可変数の制御点を抽出する方法を行っている。以下、各工程を詳述する。

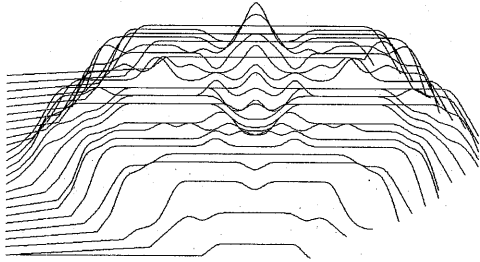


図3 送信する NURBS データ

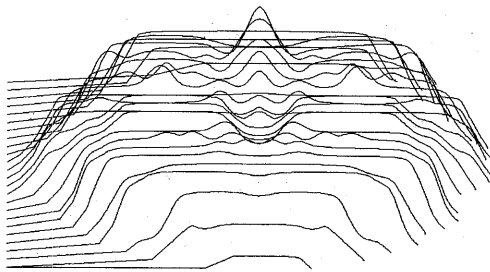


図4 受信した NURBS データ

### 3.3 可変粒度ポリゴン生成のための

#### 適宜制御点の抽出

前述のように全く最初から、NURBS 曲線群からポリゴン群への対応関係 (マッピング) を作らねばならない。当初、計算の単純化の他も均等粒度で、ポリゴンを生成していたが、生成外形に、多少の違和感が感じられた。そのため、送出時に、すでに変形はなされているが、生成時において、さらにそれを助長する必要はない。以下、その手法を模索し、実行した。

#### 3.3a 曲率の 0 次微分の抽出領域の分布

図 6 は、その受信後の NURBS 曲線群やその曲率解析、領域抽出の分布図である。

受信した NURBS 曲線群をその生成区間点列で、曲率の 0 次微分値の計算を、それぞれの始端から終

端まで行う。これらの NURBS 曲線群は、ラスタ様に物体をスキャンした結果であるので、2次元分布として表示した。

図 6 の下側の図は、微分値の分布をそのまま表示した図であり、上側図は、その微分値を、ある閾値で抽出選別した領域の分布である。

#### 3.3b 曲率の 1 次微分の抽出領域の分布

図 7 は、曲率の 1 次微分値の分布の図である。

下側図は、同様に実際の微分値をそのまま示した図。上側図は、その微分値をある閾値で、抽出した領域分布である。

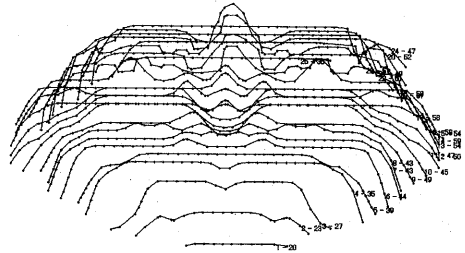


図5 受信し変形した NURBS から新たに生成したポリゴン生成のための点列

#### 3.3c 曲率の 0 + 1 次微分値の

##### 閾値選択の合計の領域分布

図 8 は、先の 0 次微分での閾値で選別した領域と、1 次微分で選別した領域を合計した分布領域である。

これらの領域は、ポリゴン粒度を細かく生成するように、プログラムを作成するための領域で、そのように VB 60 でプログラミングした。

ここで、0 次微分と 1 次微分の両方の抽出領域を OR 合計したのは、その合計領域が曲面が変化している領域として妥当であるからである。

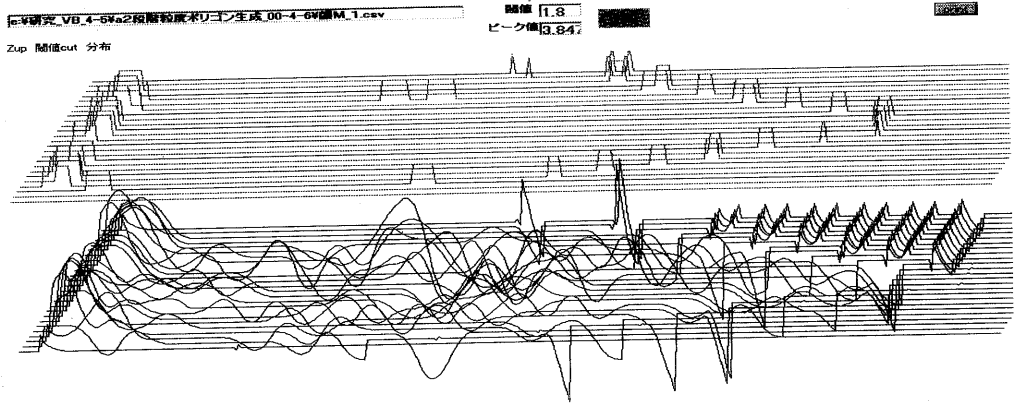


図6 曲率の0次微分の分布  
(上図は、閾値での選別領域、下図は、0次微分値のままの表示)

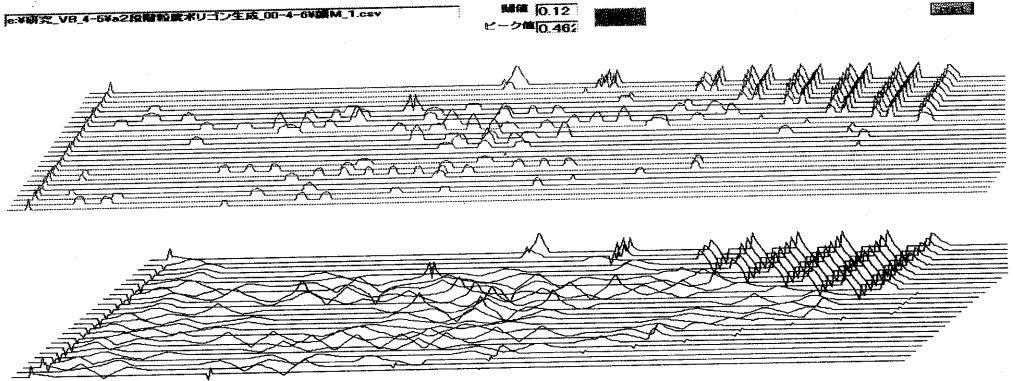


図7 曲率の1次微分値とその抽出領域の分布図、  
(上図は閾値選別後の分布図、下図は微分値のまま分布表示)

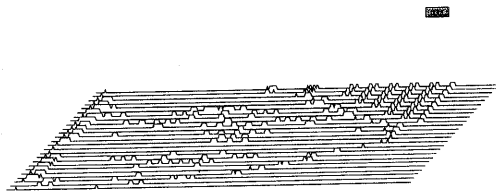


図8 0次と1次の微分曲率の領域分布

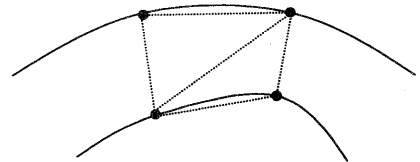


図9 4点での2個の対ポリゴンの生成

### 3.4 4点での2個の対ポリゴン生成

ここでポリゴン生成の基本形は、4点での4角領域を、1対のポリゴンを生成させる事としている。

(図9参照。)

しかし、始端や終端部分においては、隣合うラス

ター間でのNURBS曲線間で、抽出点のずれや個数の差異によって、ペアリングの不整合が生じる。これらを解消させるために、以下の手法を考案した。

### 3.5 ラスター間の整合処理と終端処理の扇形形成

図 10 に示すものが、終端処理における扇形の生成で、前後の抽出点のずれを解消するために利用される。現時点では、終端部分でのみ、これを生成させるようプログラミングしている。

しかし、デイスロケーションとしての不整合が発見される限り、この例に限らずどこであろうと、ただちに適用されるべきである。

ただ、その有効な発見アルゴリズムを、現在見つけ出していない。

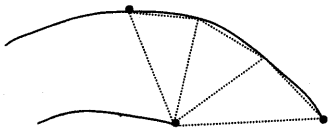


図 10 扇形の終端処理

原理的に、本方式は、3D物体をラスタースキャンして、NURBS曲線群データを得ることから、スキャン方向の直交方向に対しては、独立に節約処理をしているので、端部の集約して不整合が生じる危険性がある。しかし、その危険性を鑑みても、それにあまるものがある。

図 13 は、上述の0次微分と1次微分のOR合計領域で、ポリゴンの生成の粒度を細かく変化させた方法で生成させたポリゴンのフレームワイヤ表現で、図 12 の均等ポリゴン生成の方法より、受信後のおなじNURBS曲線群から生成しているにもかかわらず、よりきめ細かい表現になっていることが確認できる。

図 14、図 15、さらに図 16 は、これをMS社のx形式file仕様で作成し、Win98、Win2000上で、可視化させ、マウスで裏をひっくり返しても、見えるように処理した仮想物体の写真画像である。

便宜上、おなじような方向から見える角度に設定しキャプチャした写真を掲載した。

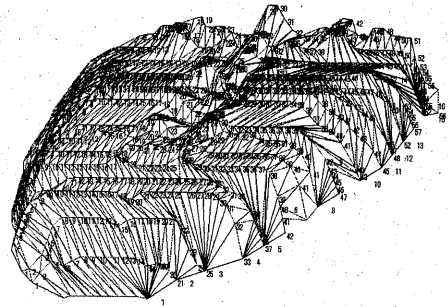


図 11 均等粒度ポリゴン表現

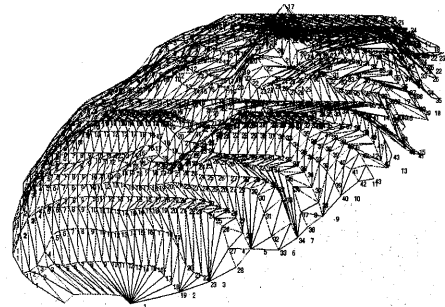


図 12 可変粒度のポリゴン生成

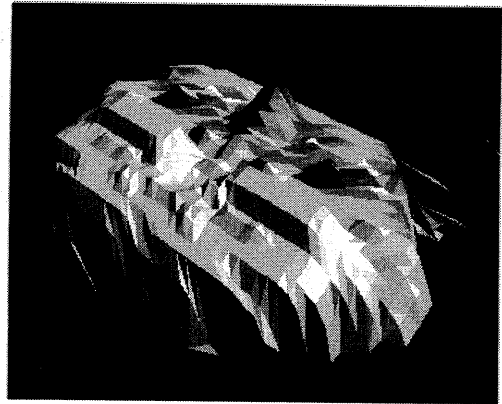


図 13 送信側のポリゴンの  
フラットシェーディング

## 4 結果の考察

この実験では、従来の一般的なポリゴン表現された3D仮想物体を圧縮転送する為の処理方法、アルゴリズムを確かめた。内容は、ポリゴンから

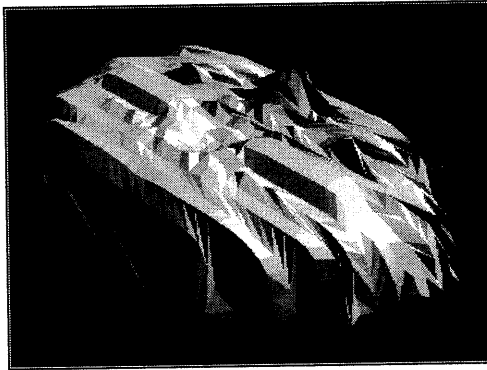


図 14 受信後の均等ポリゴン生成での  
フラットシェーディング表示の画像

NURBS 曲線群へと、またその逆の方向へのデータ変換である。

そしてこれを良好に実現するために、均等粒度や可変粒度ポリゴン処理などの新たな手法や、扇型ポ

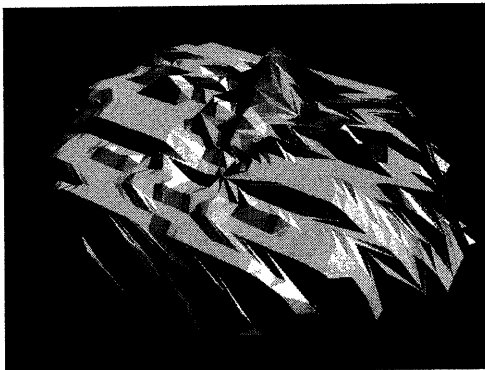


図 15 受信後の可変ポリゴンの  
フラットシェーディング画像

リゴンを発生させるなどの考案をし、導入することで、それぞれの問題点を解決した。

フラット・シェーディングでのポリゴン・レンダリングの写真画像では、周辺部のデータの乱れはあるものの、処理方法の検討や確認の段階としては、満足できるものである。

開発マシンは、それぞれ P—1 6 6 MHz と P III—2 6 6 MHz の CPU で、Windows 9 8 と、Windows 2 0 0 0 の OS の PC を、場合分けにして使用した。開発言語は、MS 社の Visual Basic 6.0 で、3 次元の表示ライブラリは、COM+仕様の DirectX 7.

0 a に接続している。

## 5 むすび

以上、本研究ではポリゴン表示された一般的な 3 次元仮想物体を NURBS 曲線群でラスタ化し、これの制御点をさらに厳選し無冗長化したものを送出し、受信側では、その変形された NURBS 曲線群を復元し、曲面に展開した後、補完点を適宜抽出し、可変粒度でポリゴンから可視化された仮想物体を作成し、フラット・シェーディング・レンダリング処理で、その 3 次元物体を表示した。

この一連の処理の過程で、変更された曲面に新しくマッピングする工夫が必要となり、この工程を添付した。そして、この方式の圧縮転送が実際に可能であることを実証し、またそのプログラムソースコードも作成した。

これによって、現在、ゲームなどの、市場にふんだんに出回っているポリゴン素材やメディアの殆どが有効に利用でき、高度な圧縮転送が可能となると予想される。

そして、今後期待される IMT-2000 : 2Mbps や cdmaOne HDR : 2.4Mbps であるが、最大公称値であって電波干渉などの影響で、実質では、144~384kbps 程度にとどまると予想されている。それゆえ、滑らかな曲面で構成されたキャラクタ人物 1 体を送るのに、5~6 秒はかかると見られ、それゆえ 1 場面内にそのような個性的キャラクタ (消費者) が活歩している EC ショッピング街を表示するには、結果的に、20~30 分の時間が要するもの予想される。

しかし、本研究方式では、そのようなショッピング街が約 1.4 ~ 2.1 秒ぐらいで表示されることとなり、十分に実用の域に達するものと考えられる。

また、この MS 社が制定した COM や COM+, DCOM, COMtoys 仕様のオブジェクト・ライブラリは、VC++ や、MS-JAVA でも利用可能であるので、今後、JAVA 仕様も試作してみるもよい。

## 参考文献

- 1) 増田, 大淵, 青野 " 周波数領域での曲面データの圧縮と転送 " 情報処理学会論文誌 pp1188-1195, Vol.40 No.3 (1999)

- 2)早野 他 “ 特徴抽出と稜線操作によるポリゴンメッシュの簡単化 “ 情報処理学会 第 56 回 (平成 10 年前期) 全国大会 3T-3 pp4\_185-4\_186 (1997)
- 3)青野,大淵,増田 ”節点削除による B スプライン曲線・曲面の簡単化” 情報処理学会 第 55 回 (平成 9 年後期) 全国大会 1AD-1 pp4-239 (1997)
- 4) T.I.Vassilev “Fair Interpolation and Approximation of B-splines by Energy Minimization and Points Insertion”, Computer-Aided design, Vol.28, No.9, pp753-760 (1996)
- 5) <http://www.lattice.co.jp/compinfo.html> ラテックテクノロジー(株) 慶応大 千代倉 Prof.社長 XVL Format (eXtended Vrml with Lattice)
- 6) Saeyor, 土肥, 石塚 “3D Facial Expression Modeling by Single NURBS Patch” 情処学会 第 52,53 回 平成 8 年 全国大会 3H-2,1P-2 pp2-329,4-3 (1997)
- 7) <http://www.blaxxun.com/> (blaxxun Contact 4.1) NURBS Extension for VRML97] tentative
- 8) 亀田 他 ”再帰的 NURBS 処理手法を用いたモバイル通信での 3 次元仮想空間内での自由曲面の圧縮転送方法の検討” 情報処理学会 情処研報 Vol.99, No.13 第 8 回モバイルコンピューティング研究会 99-MBL-8 pp.55-62 (1999)
- 9) 亀田 他 ”仮想 3 次元 NURBS 自由曲面の制御点などのデータ削減と補償的最適化手法の提案」 情報処理学会 情処研報 Vol.99, No.13 第 10 回モバイルコンピューティング研究会 99-MBL-10 pp. 1-8 (1999)