

推薦論文

3次元ポリゴン自由曲面の節減 NURBS 曲線圧縮転送方式の提案

亀田 通[†] 井手口 哲夫^{††} 厚井 裕司^{†††}

モバイルコンピューティングの進展にともない、移動体通信を利用した情報アクセスが注目され、コンテンツの内容についても文字情報から画像、音楽、映像情報などへと展開している。またコンテンツをより実物に近づけるために3次元物体の表示が効果的である。本論文では、自由曲面を使った個性的なポリゴン3次元仮想物体を狭帯域回線で転送するために、自由曲面をNURBS(Non-Uniform Rational B-Spline)理論での曲線群に変換し、そのNURBS曲線の制御点を極力減らす節減NURBS曲線圧縮転送方式を提案し、その実用性を検証するものである。その結果、本提案方式は、従来のNURBS曲線転送方式に対し4倍以上の圧縮率の向上を得ることが判明した。また滑らかさを維持する可変粒度ポリゴン生成も行った。

Proposal of Transferring with Retrenched NURBS Curves for 3D-polygon Mesh Free Surface

TOHORU KAMEDA,[†] TETSUO IDEGUCHI^{††} and YUUJI KOUJI^{†††}

It is difficult to transfer a characterized object with free surface though narrow bandwidth medium, because of its data explosion. This paper proposes the method of data conversion between retrench NURBS free surface and polygon mesh one. We apply some cogitation for data discordance due to reduction and we use multi grain scale polygon creation for smoothing. As a result, this proposed method is 4 times higher compression than that of legacy method.

1. はじめに

モバイルコンピューティングの進展にともない、移動体通信を利用したコンテンツ内容も、単なる文字情報から静止画、音楽配信、短時間の映像配信などへと拡大している。そしてコンテンツ情報をより実物に近づけるために3次元物体の表示が効果的である。従来3次元仮想物体を表示する方式としてポリゴン形式があり、さらに滑らかに表示する方法としてNURBS(Non-Uniform Rational B-Spline)曲線表示方法^{(1),(2)}がある。そしてこのようにして得られたNURBS曲

線を転送する方式が検討されている。

NURBS曲線の制御点データの圧縮では、これまでに、DCT(Discrete Cosine Transform)変換で圧縮する研究⁽³⁾、ノット節点個数の削除に関する研究⁽⁴⁾、特異エネルギー評価関数を導入してのデータ圧縮する方法の理論研究⁽⁵⁾などある。

しかし、いずれも以前のNURBS特性を保持しながら制御点を削減する方向の研究は見られない。

一般に、ポリゴンのデータをそのまま転送する方式に比べ、NURBS曲線転送方式は10~20個程度の補間点を生成できることにより、約1/100~1/400にデータ圧縮することが可能である^{(6)~(8)}。

しかしながら、伝送帯域の狭いモバイル通信上での3次元仮想物体にアクセスして自由曲面で構成された個性ある品物や人物などを転送・表示する場合、その自由曲面のデータ量が膨大であるため、さらなる圧縮

[†] 三菱電機情報技術総合研究所

Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

^{††} 愛知県立大学情報科学部

Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

^{†††} 岩手大学工学部情報システム学科

Department of Computer and Information Science, Faculty of Engineering, Iwate University

本論文の内容は2000年5月の第13回MBL研究会にて報告され、MBL研究会主査により情報処理学会論文誌への掲載が推薦された論文である。

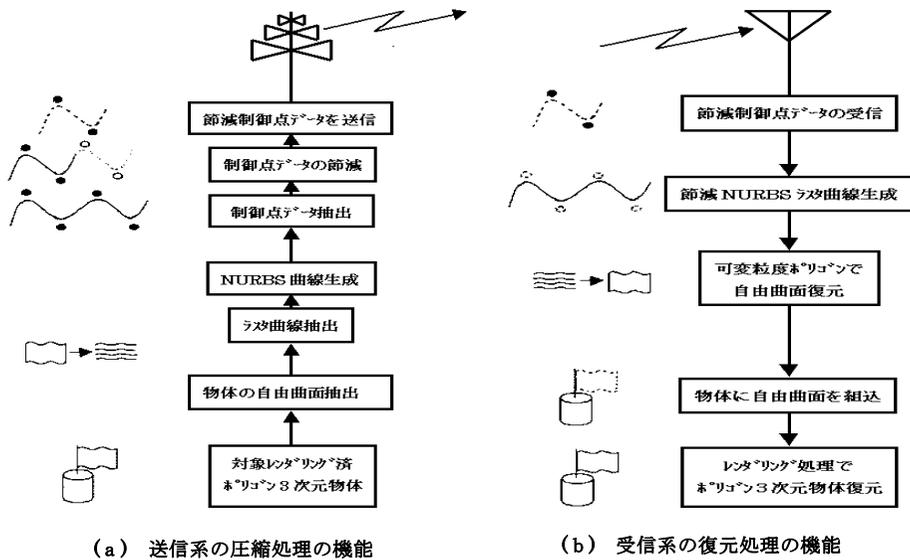


図1 ポリゴン 3次元仮想物体の節減 NURBS 曲線圧縮転送方式における基本機能

Fig. 1 Basic functions on the transfer method with retrench NURBS curve for polygon objects.

方式が望まれている。

本論文では、このような課題に対してモバイル通信に適用可能な自由曲面を NURBS 曲線の曲線群に変換し、その NURBS 曲線の制御点を極力減らす節減 NURBS 曲線圧縮転送方式を提案し、その実用性を検証するものである。その結果、本提案方式は従来の NURBS 曲線転送方式に対し 4 倍以上の圧縮率を得ることが可能となった。

以下、2 章では、従来の方式の特徴を述べ、3 章ではこの節減 NURBS 曲線圧縮転送方式の特徴とその圧縮・復元処理を詳述し、4 章では受信系での節減 NURBS 曲線群からポリゴン物体を復元する方法について議論し、5 章では受信した節減 NURBS 曲線からのポリゴン 3 次元仮想物体の復元方法について詳細に述べ、6 章ではその結果について考察する。7 章では、実現性の検討を示し、8 章はまとめとする。

2. 従来の方式の特徴の説明

文献 3) の「周波数領域での曲面データの圧縮と転送」は NURBS 制御点データを DCT 変換して送る方法で、従来の JPEG や MPEG で使われている方法をそのまま利用している。周波数ドメインに変換してから、その高周波成分係数を削減する方式で、従来は画素を対象としていたが、そのかわりに制御点を対象として適用している。圧縮率は、それゆえ従来の JPEG 方式らとおなじである。

文献 4) の「節点削除による B スプライン曲線・曲

面の簡単化」は B-スプライン曲線での削除の方法で、本提案と近似している。そしてベジェ曲線と等価になるまで節減するとしている。あらかじめ冗長度を算出・計測し、その冗長度までは、節減処理をする。しかし、冗長度以上の処理に関しては言及していない。

文献 4) の「Fair Interpolation and Approximation of B-spline by Energy Minimization and Points Insertion」は、独自のエネルギー関数を設置し、曲線の滑らかさを増すために、この関数を使って中間点をさらに追加挿入する方式を述べている。節減に関しては言及していない。

3. 本提案の節減 NURBS 曲線圧縮転送方式の特徴と圧縮・復元の基本機能

本提案では、節減処理に限界を設けず、また自由曲線・曲面を対象にしている。制御点の節減後、残存した制御点のパラメータを適応的に変更し、あくまでも節減以前の NURBS の特性の状態に近づける処理を施す。この「元の状態に近づける処置」こそが、本提案の特徴である。

3.1 送信系の基本機能

送信系の基本機能は、図 1 (a) に示すように、次のような機能から構成される。

● 物体の自由曲面抽出

これから送信しようとする対象のポリゴン 3 次元仮想物体に対し、その物体のデータの中から、自由曲面で構成されている部分のみを抽出する。こ

れは、VRML (Virtual Reality Modeling Language) 表記のタグ・リストをチェックし、拡張されたデータ部分を認識して取り出すことや、最新 CAD (Computer Aided Design) で NURBS 部分を取り出すことも可能である。

- ラスター曲線抽出
3次元自由曲面のデータを、さらにラスター・スキャンでストライプ状として細分化する。
- NURBS 曲線生成
ストライプ状に抜き出したポリゴン座標データから LMS (Least Mean Square) 手法を使って、これを適切な NURBS 曲線にあてはめる。
- 制御点データ抽出
上記 NURBS 曲線の制御点を代表データ列とする。
- NURBS 曲線の制御点節減
制御点データ列の群を 3.1 節で述べる節減方式により、データ数を節減し、漸近変形を施し、再構築 (圧縮) する。
- 節減制御点データを送信
上記機能により節減 (圧縮) された制御点データのみを無線回線で送信する。

ただし、自由曲面以外は、従来の VRML 記述の方法で転送し、ポリゴンに付随するテクスチャや α 透過係数も、従来と同様の方法で転送する。

3.2 受信系の基本機能

受信系の基本機能は、図 1 (b) に示すように、次のような機能から構成される。

- 節減制御点データの受信
受信機で無線回線での節減制御点データを受信する。
- 節減 NURBS ラスタ曲線生成
受信した節減制御点データの群から、節減 NURBS 曲線群を生成する。
- 可変粒度ポリゴンで自由曲面復元
NURBS 曲線群は本来ラスター・ストライプであるため、ポリゴン生成のための点列を NURBS 曲線群上に任意間隔で作り、前後の隣り合うラスターストライプ間のデータを使って、可変粒度のポリゴンで曲面を生成する。
- 物体に自由曲面を組み込む
仮想物体の欠損していた部分に自由曲面があてはめられ、これによって 3次元仮想物体の全体が完全に復元される。

以上の受信系の処理により 3次元空間内に存在する自由曲面で構成された対象物が再現される。

4. 節減 NURBS 曲線圧縮方式

提案する節減圧縮方式はポリゴンから抽出された NURBS 曲線の特性を支配する制御点データ数を可能な限り削減して、近似の曲線を生成させる方式である。

制御点データを節減するための評価法として、制御点と曲線との曲率変化を抽出し、それをその制御点の曲線に対する寄与率として表現する。この寄与率を任意閾値で判別し、制御点を節減する。

次の段階として、残された制御点で生成した NURBS 曲線を、節減前の NURBS 曲線に近似させるため 4元 2次の準 Newton 法⁷⁾を用いる。

本方式の概念を図 2 に示す。節減前の NURBS 曲線として $C(u)$ の $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6$ で構成されている曲線がある。次に、節減 NURBS 曲線 $C''(u)$ を求めるために、寄与率をその曲線の高次分までの曲率成分から算出し、寄与率の少ないものから削除することにより p_3, p_4 点を削除できる。残りの p_1, p_2, p_5, p_6 の制御点から暫定的に仮の節減 NURBS 曲線を生成する。その後、各制御点での各パラメータの値を 4元の偏微分係数での交互項を含んだ収束マトリクス⁷⁾で、2次の準 Newton 手法を用いて漸近収束で近似させる。そして最終的に本当の節減 NURBS 曲線

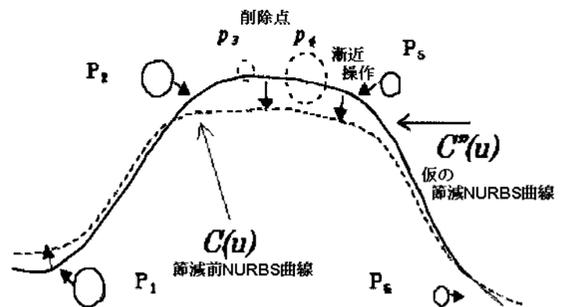


図 2 節減 NURBS 曲線の漸近生成の方式

Fig. 2 Asymptotic creation for retrench NURBS curve.

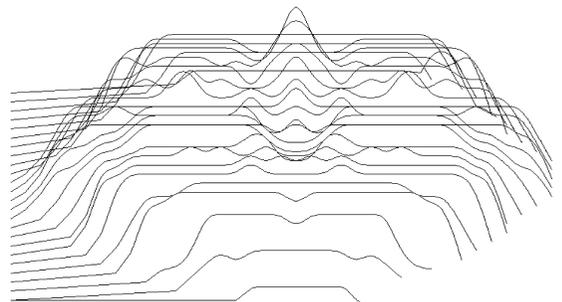


図 3 従来方式での受信した NURBS 曲線データ

Fig. 3 Source data of object NURBS curves.

を生成する．従来の方式として顔サンプルの節減しない NURBS 曲線のデータ列群を図 3 に示し，本提案方式での顔サンプルの制御点節減処理後の近似させた節減 NURBS 曲線のデータ列群を図 4 に示す．

5. 節減 NURBS 曲線群からのポリゴン 3 次元自由曲面の復元方式

従来の一般的な表現方法であるポリゴンは，微細面の列であり，本提案の節減 NURBS 曲線とはまったく異なるため，新たな復元方式が要求される．

すなわち，節減 NURBS 曲線から 3 次元自由曲面を復元するためには，送信系での圧縮時に，初期に保持していた「ポリゴンから NURBS 曲線へのマッピング関係」が壊されるため，まったく新たな「マッピング関係」を再構築する必要がある．

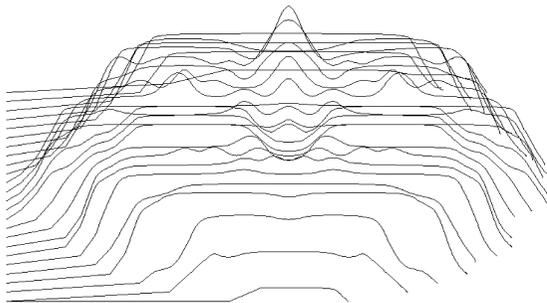


図 4 本提案方式での受信した NURBS 曲線データ
Fig. 4 Destination data of object NURBS curves.

5.1 可変粒度ポリゴン生成のため領域抽出
受信後の節減 NURBS 曲線のデータ列の群からポリゴンを生成するために任意間隔の補間点列を曲線群上に新たに生成する．その例を図 5 に示す．その後，形状復元精度を向上させるためにポリゴン粒度を可変にする処置を行う．その下準備として曲率分布を調査しなければならない．

5.1.1 曲率の 0+1 次微分値での領域抽出

受信後の NURBS 曲線群やその曲率解析し抽出した領域の分布図を図 6 に示す．

受信した NURBS 曲線群を，その生成区間点列の始端から終端までの曲率の 0 次微分値の計算を行って

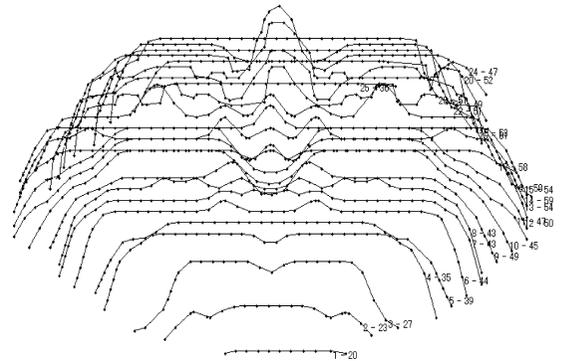
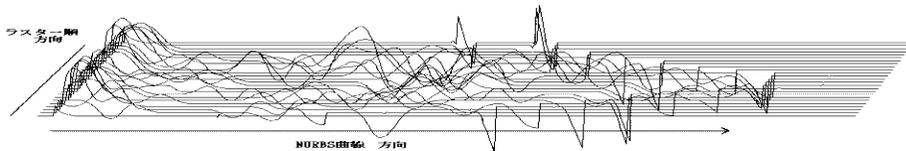
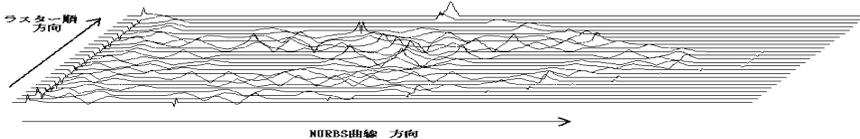


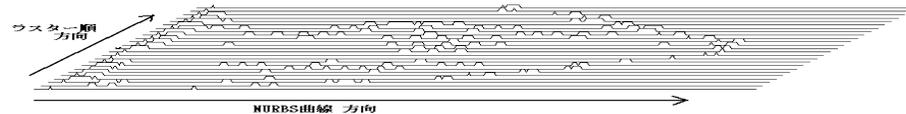
図 5 本提案方式で受信した節減 NURBS 曲線から通常のポリゴン
を生成するための点列処理
Fig. 5 Source points on received retrench NURBS curve
for polygon creation.



(a) 曲率の 0 次微分値の様子



(b) 曲率の 1 次微分値の様子



(c) 曲率の 0+1 次の微分値での抽出領域の論理和分布

図 6 可変粒度ポリゴン作成のための領域抽出
Fig. 6 Extracted region for variable polygon creation.

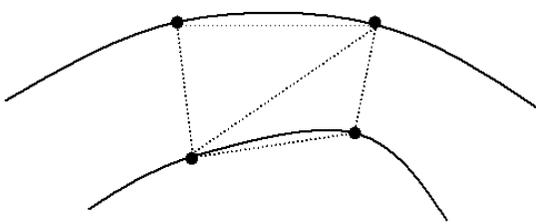


図7 4点での2個の対ポリゴンの生成方法

Fig. 7 Method of creation a pair polygon within 4-point region.

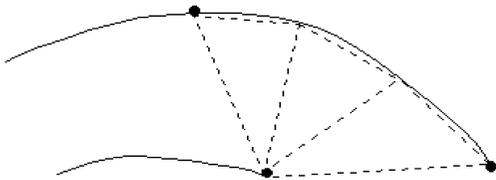


図8 始・終端部での扇形処理

Fig. 8 Procedure for resolving dislocation with alary polygon on the edge.

る。処理後の微分値の分布が図6(a)であり、曲率の1次微分値の分布図を図6(b)で示し、上述の0次微分値での閾値で選別した領域と、1次微分値で選別した領域をとの論理和演算した領域の分布を図6(c)に示す。これらの領域は、細かい粒度でポリゴンを生成するための最終的に決定した領域である。

なお0次微分値の領域と1次微分値の領域とを論理和した理由は、1次微分値のみでは高域成分のみであり、領域が「飛び地」的になるため、これを防ぎ集約化するためである。

5.2 ポリゴン生成処理

5.2.1 4点での2個の対ポリゴン生成

ポリゴン生成の基本形は、4点で囲まれた領域を、2個の対の3角形ポリゴンで生成させるものである。それゆえ、通常のもの、この手段で生成した。図7にその例を示す。

5.2.2 ラスター間での整合のための始・終端処理

本提案の場合、隣り合うラスター・ストライプ間で、それぞれの節減 NURBS 曲線が独自に伸縮しているため、抽出点のずれや個数の差が、始端や終端部分において、顕著に現れる。

そのため、5.2.1項でのポリゴン・ペアとしての生成に不都合が生じる。これらを解消させるために、以下の処理を施している。

始・終端処理における扇形状にポリゴンを生成する例を図8に示す。この方式は、抽出点のずれを解消するために利用される。

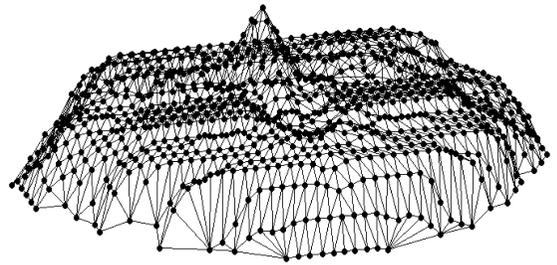


図9 従来の通信方式での通常の等間隔ポリゴン生成での表現
Fig. 9 Polygon mesh figure of regacy object.

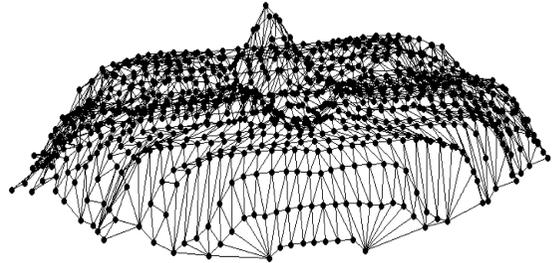


図10 本提案の通信方式での可変粒度化のポリゴン生成での表現
Fig. 10 Multi grain polygon mesh figure of destination object.

これらのポリゴン生成処理は、中央位置から周辺部へ、不整合部分の掃き出し効果を狙って行った。

5.3 ポリゴン生成の結果

通常の間隔でのポリゴン3次元仮想物体のワイヤフレーム表現が図9である。また上述の0次と1次の微分論理和領域で、可変ポリゴン生成を起こさせたワイヤフレーム表現が図10である。これを比較してみると、よりきめ細かい表現になっていることが確認できる。

従来の方式での NURBS での物体をポリゴン・レンダリングし、フラット・シェーディング表示すると図11の写真画像が得られる。それに対し、本提案の方式での物体をポリゴン・レンダリングしフラット・シェーディング表示すると、図12の写真画像が得られる。

また、図12を、通常のスムーズ・シェーディングした結果に写真を図13に示す。

図11, 12, 13は、MS社DirectX7.0aファイル形式で蓄積したデータを、同社のビューアを使って、マウスで物体を自在にひっくり返して、裏側も見えるようにした表示を、モニタ画面上でキャプチャした写真画像である。

なお開発環境は、Intel^(R) Pentium^(R) プロセッサ II-266 MHz CPUで、OSはMicrosoft^(R)社のWindows 2000 Professionalで、開発言語は、同社のVisual Basic 6.0Jを使用し、同社のCOM(Component

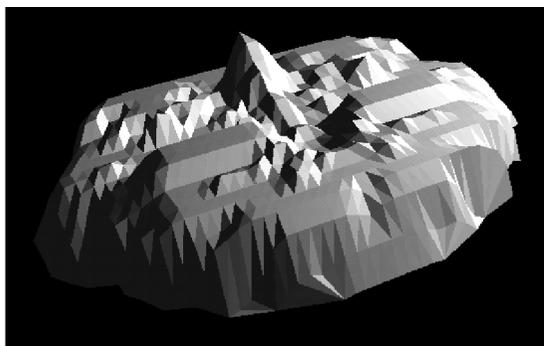


図 11 従来の通信方式での通常の等間隔のポリゴンでのフラットシェーディング画像

Fig. 11 Photo of fixed grain polygon shape with flat shading though legacy transferring method.

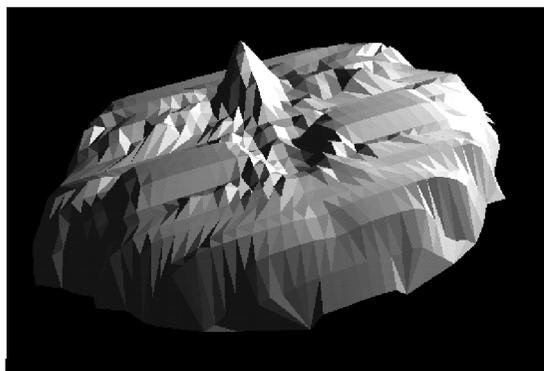


図 12 本提案の通信方式での可変粒度化ポリゴンでのフラットシェーディング画像

Fig. 12 Photo of multi grain polygon shape with flat shading though new transferring method.

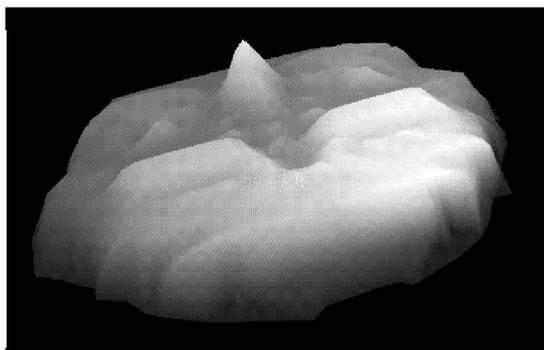


図 13 本提案の通信方式での可変ポリゴンのスムーズシェーディング画像

Fig. 13 Photo of polygon shape with smooth shading.

Object Model)仕様の DirectX7.0a Direct3D RMモード 3次元グラフィック・ライブラリに接続して作成した。

表 1 顔サンプルでのデータ量と圧縮率

Table 1 List of amount data and compression rate on each procedure with face sample shape.

	ポリゴン そのまま	通常 NURBS	節減 NURBS	結果 全体
データ個数	62664 個	3053 個	706 個	-
圧縮率	-	1/205.3	1/4.3	1/887.6

6. 評価結果の考察

6.1 圧縮率

本圧縮方式は、圧縮する対象により変化する。

それゆえ、アルゴリズムは規定手順で処理されているにもかかわらず、圧縮率は結果的な集計処理によってしか得られず、また値は対象によって変動する。

顔型の 3 次元物体サンプルを使用した場合の実際のデータ数と、これらから算出された圧縮率をリストにしたものを表 1 に示す。データ削減率は、各工程ではわずかずつであるが、集計した結果では、ポリゴンでの転送に比べ、約 1/887.6 の大きな圧縮率が得られている。

6.2 復元特性の考察

従来の方式と本提案の方式でのポリゴン・レンダリングのフラット・シェーディングの写真画像を比較すると、周辺部のデータの乱れはあるものの、可変ポリゴン生成手段の導入が有効に働き、受信系の顔では鼻の頂頭部分や目の部分が、送信系より滑らかに復元できていることが判明した。それゆえ、過酷な処理を重ねているにもかかわらず、送信系・受信系の両方に処理が適度に作用していることが確認でき、満足できるものである。

本提案は、元の曲線をなるべく変形させずに、制御点を節減して、節減 NURBS 曲線を再構築させ、この生成された節減 NURBS 曲線を通信回線に載せて転送する方式である。

原理的に、3 次元物体をラスタースキャンして NURBS 曲線群のデータを得ることから、スキャンの直交方向に対しては、節減処理系から独立しているので、不整合系が物体の端の部分に集約されて発生する危険性がある。しかし、その危険性を鑑みても、圧縮率から考えれば、それにあまりあるものがある。

また、受信系では可変粒度ポリゴンを生成させる処理が追加されるが、グラフィック能力としては従来の設備がそのまま流用でき、経済的でもある。

7. 実現性の検討

7.1 生成されたコード量

調査の結果、NURBS 曲線生成に関する各ルーチン

の生成コード量は、

i: de Boor-Cox サブルーチン=2463 バイト

ii: 補間点計算のサブルーチン=1553 バイト

iii: 全自由曲線の生成ルーチン=837 バイト

であり、補償処理としての Newton 法に関しては、

i: Newton 法の帰還ルーチン=7717 バイト

ii: ベクトル算出部=13343 バイト

であった。

すべて単精度浮動小数点で計算するようにプログラムを書いている。下位になるサブルーチンでは、呼び出し回数が多くなるため、その生成コードのコンパクト性が要求される。

制御点 10 個、補間点 20 個の場合とすると $10 \times 0.9 \text{ kB} \times 1.6 \text{ kB} \times 20 \times 2.5 \text{ kB} \times 4 \times 4/2 = 5.76 \text{ M}$ バイトのコード量の処理が必要で、100 MHz クロックの CPU では、約 57.6 mS で、1 つの自由曲線の復元が終了することとなる。

また送出側では、Newton 法 Iteration を 50 回までとすると、 $7.8 \text{ k} + 13.3 \text{ k} = 21.1 \text{ kB}$ は 0.021 mS で、 $(57.6 + 0.021) \times 50 = 2.88$ 秒かかることと予想される。

7.2 実用環境

基本的に、パーム PC やノート PC での対処を想定しており、これに使われる 3D-VGA グラフィックチップ⁹⁾を追加し、Crusoe などの携帯用に特化した x86 互換 CPU とで、3 チップ構成とすれば、容易に 3D-座標 CG コンテンツが受信できることとなる。

3D-CG アニメーション表示¹⁰⁾では、身体の世界座標系と、腕・足のローカル座標との座標融合処理を、表示 LSI 付属のハードロジックのジオメトリック・エンジンで処理すれば、約 5 mS 程度でほとんど問題とならず、同様に十分 20 コマ/秒での表示が可能となる。

配信は、通常の i モードやインターネット用の Web サーバで行うなら、この場合、自由曲線 1 つの処理に約 3 秒弱の時間がかかることから、リアルタイム変換サービスは不可能である。しかし、サーバの場合、深夜などのユーザアクセスの少ない時間帯があり、この時間帯に処理しておけばよい。一度処理しておけば、それは即座に配布することができる。

7.3 まとめ

本研究ではポリゴン表示の自由曲面を含む一般的な 3 次元仮想物体をラスタ・ストライブ化し NURBS 曲線群として変換し、これの制御点をさらに節減したも

のを送信する。受信系では、その変形された NURBS 曲線群をそのまま復元し、さらに曲線群から曲面に展開した後、補間点を適宜生成し、粒度可変ポリゴンをレンダリング可視化処理し、仮想物体を復元する。これら節減 NURBS 曲線圧縮転送方式を、コンピュータ・シミュレーションによって実行した。

この実験での各工程で、実際のパラメータ値を設定・取得し、それぞれの問題点を明確にするとともにその解決方法も検証した。これによって、現在、市場にふんだんに出回っているポリゴン素材が有効に利用でき、高効率の圧縮転送が可能となると推測される。

従来の方法では、キャラクタ 1 体で 5~6 秒、場面で 20~30 分程度転送するのに時間がかかるものも予想される。

しかし、本提案方式では、そのような全体が、約 1.4~2.1 秒で表示できると推測される。

また今後の IMT-2000: 2 Mbps や cdmaOne HDR: 2.4 Mbps の次世代の高速移動体通信においては、映像配信やこれら 3D コンテンツの増加が見込まれる。

また今後の課題として、制御点削除を行う閾値を目的圧縮率から逆算出し、自動的に設定をする必要がある。また現財の自由曲面から、さらに自由立体へと、仮想物体の適用範囲を広げていく課題が残されている。

参考文献

- 1) 渡辺, 北川, 千代倉, 曾根: NURBS 境界 Gregory 曲面を用いた曲面の形状制御, 情報処理学会グラフィックスと CAD 研究会, 67-3, Vol.99, No.17, pp.17-24 (1994).
- 2) Saeyor, 土肥, 石塚: 3次元 Facial Expression Modeling by Single NURBS Patch, 情報処理学会第 52, 53 回全国大会, 3H-2, 1P-2, pp.2-329, pp.4-3 (1997).
- 3) 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, Vol.40, No.3, pp.1188-1195 (1999).
- 4) 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 回全国大会, 1AD-1, pp.4-239 (1997).
- 5) Vassilev, T.I.: Fair Interpolation and Approximation of B-spline by Energy Minimization and Points Insertion, *Computer Aided Design*, Vol.28, No.9, pp.753-760 (1996).
- 6) 亀田, 井手口, 厚井: 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, 情報処理学会研究報告, 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).
- 7) 亀田, 井手口, 厚井: 仮想 3 次元 NURBS 自由

de Boor, C. と Cox, M.G. が作成した漸化式表現形式の係数算出アルゴリズム

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, 情報処理学会研究報告, 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).

- 8) 亀田, 井手口, 厚井: ポリゴン 3 次元仮想物体の NURBS 自圧縮転送の一検討, 情報処理学会研究報告, 第 13 回モバイルコンピューティング研究会, 2000-MBL-13, pp.17-23 (2000).
- 9) GeForce2GTS のすごい実力, 日経 WinPC 2000 年 7 月号, pp.127-145 (2000).
- 10) 栗原: パターンジェネレータを用いた歩行動作の実時間制御, 情報処理学会グラフィックスと CAD 研究会, No.111-13 (2000).

(平成 12 年 9 月 6 日受付)

(平成 13 年 9 月 12 日採録)

推薦文

本論文は, 伝送帯域の狭いモバイル通信環境等において, Web 等でポリゴン仮想 3D 物体にアクセスする際に, 既存の NURBS 方式よりもさらに 4 分の 1 以上の圧縮が可能な圧縮転送方式を提案している. 提案されている研究は, 3D 表示を応用した高度なモバイルアプリケーションを実現するうえで重要な要素技術となりうるものであり, 実際に試作・評価を行っている点も論文として評価できる.

(MBL 研究会主査 高橋 修)



亀田 通 (正会員)

昭和 24 年生. 昭和 47 年鳥取大学電子工学科卒業. 昭和 49 年山形大学修士電子工学専攻修了. 同年三菱電機(株)入社. GaAs 半導体プロセス, 感熱サイリスタ, 半導体圧力センサ, 音声認識装置・VTR 開発, 音響・回線エコーキャンセラ装置開発, ニュラルネット, 3D-CG データの圧縮転送等に関する研究に従事. 電子情報通信学会, 映像情報メディア学会, 植物工場学会, リハビリ学会各会員.



井手口哲夫 (正会員)

昭和 24 年生. 昭和 47 年電気通信大学通信工学科卒業. 同年三菱電機(株)入社. 平成 10 年愛知県立大学情報科学部地域情報科学科教授. 工学博士. ネットワークアーキテクチャ, LAN, 通信プロトコル設計方式, モバイルコンピューティング, タイムクリティカル通信等の研究に従事. 著書としては「コンピュータネットワーク概論」(ピアソン・エデュケーション), 「分散システム入門」(近代科学社), 「分散オペレーティングシステム」(科学技術出版, 訳書)等多数. 電子情報通信学会, IEEE 各会員.



厚井 裕司 (正会員)

昭和 45 年東京理科大学理学部応用物理学科卒業. 同年三菱電機(株)入社. 平成 3 年岩手大学工学部情報システム工学科教授, 現在に至る. 主として, ネットワークアーキテクチャ, LAN, ネットワークセキュリティ, デジタル放送受信機に関する研究に従事. 工博. IEEE, 電子情報通信学会各会員.