

船型設計のための自由曲面データ圧縮

学生員 古川 慈之* 正員 増田 宏**
正員 大和 裕幸*** 正員 白山 晋*

Compression of Free-Form Surface for Ship Hullform Design

by Yoshiyuki Furukawa, *Student Member* Hiroshi Masuda, *Member*
Hiroyuki Yamato, *Member* Susumu Shirayama, *Member*

Summary

The growth of 3D CAD system in ship hullform design makes curves and surfaces data use prevalent. For transmitting those data on networks in design process, the data size becomes critical. This paper describes a compression method of free-form surface for ship hullform design. It consists of surface interpolation over boundary curves and surface modification using differences between original surfaces and interpolating ones. The differences data is compressed using the discrete cosine transform (DCT). We achieved to balance data size and tolerance by the method. It enables to select effective compression ratio according to objectives of data usage.

1. 緒言

現在、製造業では3次元CADの利用が急速に進みつつある。造船業においても設計データの3次元化は盛んに議論されており、今後3次元形状データの利用が増大していくと思われる。

造船における3次元形状データの利用法としては、データ閲覧やそれを利用した作業指示などから、協調設計における干涉計算、数値解析への受渡しなどさまざまな応用が考えられる。ただし、3次元形状データには

データ作成のコストが大きいという問題があるので、このコストを正当化するためには、一度作成したデータをできる限り多くの部門間で共有し、適宜データ交換を行い、データを有効活用していくことが必要であろう。

3次元CADとネットワーク・インフラの急速な整備を考えれば、ネットワークを介しての3次元形状データ交換は一般的になることが見込まれる。しかし、形状データ交換に関してはIGESやSTEPによる標準化の流れが存在するものの、一方で転送する際のデータ量の問題がある。3次元形状データの圧縮方式についてはMPEG等の標準化団体で議論がなされているが、多面体モデル中心のコンピュータグラフィクス用途に偏っており、曲面モデル中心の3次元CADでの利用には必ずしも適したものとなっていない。3次元CADで生成されたデータを製造業での利用に適した形でネットワークを介して利用するためには、曲線・曲面を対象として、

* 東京大学大学院工学系研究科

** 東京大学人工物工学研究センター

*** 東京大学大学院新領域創成科学研究科

原稿受理 平成14年1月10日

春季講演会において講演 平成14年5月15, 16日

利用目的に応じたデータ量の削減や精度の調整を行って転送する方式を考えていかなければならない。

本研究では、データ交換による3次元形状の高度利用の場面として船型設計を取り上げ、ネットワークを介したデータ転送を効率化する形状データ圧縮の基礎的研究として、自由曲面データ圧縮手法の構築を目的とする。

2. 造船業におけるデータ交換と形状データ圧縮

2.1 ネットワークを介したデータ交換

近年、ネットワーク経由で様々なデータ交換を行う動きが活発化している。データベースから情報を取り出し、XML形式で交換する方法が主流である。形状データに関しても、従来のVRMLをXMLベースにするX3Dを中心として、多様な交換形式が存在し、これらを総称してWeb3Dと呼ぶ。Web3Dは主にネットワーク経由で形状を閲覧するためのもので、3次元形状を利用したカタログ配信等に適している。これらの技術を利用すれば、不特定多数への情報発信から、ネットワーク上に存在するマーケットプレイスやコミュニティ内でのデータ交換が効率化される。

造船等海事産業においても、造船Web¹に代表されるように、ネットワークを介してのデータ交換に積極的に取り組む動きがある。造船Webでは、ユーザ主導で企業間の技術情報の標準化・電子化を進め、それによって交換効率の向上をねらいとしている¹⁾。また、各企業内での設計プロセスの情報化・効率化のみならず、企業間での協調設計プロセスの効率化が望まれている。

近年、ネットワークを介しての協調設計支援CADシステムの開発も行われており、設計段階での形状データ交換も必要とされている。形状が確定している部品データや製品データと異なり、設計過程ではさまざまな形状表現が利用され、過去の形状データの参照も頻繁に行われる状況が想定される。このような状況では、データの閲覧のみならず、編集等に直接利用可能なデータ交換形式が要求される。

2.2 船型設計における形状データ交換

本研究では、造船におけるネットワークを介した形状データ交換の場面として船型設計を取り上げる。船型設計で扱われる形状データをネットワークを介して交換する際に、形状データ圧縮が重要な役割を担うと考えられる。

船型設計に限らず、いかなる設計作業も企業や部門、設計者ごとに方法が異なり、出力形式も異なる可能性があるが、船型設計で作成・利用される形状表現としては、

点群、曲線群、曲面群が挙げられるだろう。また、単一の表現のみを終始利用するよりも、設計過程で複数の表現が混在することが一般的であると言える。

3次元CADの利用が進むにつれて、船型表現として曲線・曲面が多用されるようになってきている。さらに、全体的な形状から徐々に詳細形状へと作業が移行する過程で、曲線フェアリングや曲面フィッティングなどの操作によって、出力されるデータは多数の曲線・曲面群で構成されることになる。その結果、設計過程のデータや確定時のデータとして保存される曲線・曲面のデータ量が増加している。特に曲面のデータ量は大きく、ある造船所の一例ではIGES形式で数メガバイトに及ぶと言われる。

ネットワークを介した部門間・企業間の協調設計環境や、分散した形状データに頻繁にアクセスする状況では、データ転送の効率化が重要である。このことから、船型設計において生成・利用され、データ量の増加が進む曲線と曲面を対象とした形状データ圧縮法について検討する必要がある。

2.3 形状圧縮研究の概観と研究の範囲

造船における3次元形状データの高度利用を考え、形状データ圧縮に関して現状で解決すべき問題点を挙げ、本論文で扱う範囲を定義する。

形状データ圧縮は、VRMLに代表されるポリゴンメッシュデータを対象とする研究が中心である。Deering²⁾は3次元の方向ベクトルの量子化と、重複する頂点データの除去を行った。Hoppe³⁾は粗い情報から段階的に送信するプログレッシブ転送手法を提案した。Taubinら⁴⁾は三角形面の接続情報を圧縮する研究を行った。これらに関連した圧縮手法は現在までに多数研究されている。

一方、曲面データに対する圧縮手法としては、DeVoreら⁵⁾の陰関数曲面に対してウェーブレット変換を用いた手法、増田ら⁶⁾の離散コサイン変換を用いた手法が挙げられる。また、脇田ら⁷⁾はポリゴンメッシュデータやCADデータを独自定義の曲面データに変換することで高品質かつ高圧縮率の手法を実現している。そのほか、CADデータの位相構造圧縮法が増田ら⁸⁾によって提案されている。

形状圧縮研究に関する動向の調査を通して、本研究で対象とする範囲を次のように定義する。

- 曲線・曲面を対象とした形状圧縮手法の提案
- 他形式への変換を伴わない曲面形状データの直接圧縮
- 圧縮率の増加に耐える手法の構築

¹ <http://www.zohakuweb.com/>

曲線や曲面データに関する圧縮手法の重要性は既に指摘されている⁶⁾が、現在のところ非常に研究例が少ない。曲面形状のデータ圧縮としては、曲面データをポリゴンメッシュデータなどに形式変換してから扱うことも考えられるが、このように他形式への変換を行うと、データ受け取り後の利用範囲が限定されてしまうという問題がある。これは例えば形状閲覧のみを目的としてCADデータをポリゴンメッシュデータに変換することは可能であるが、形状を操作したり直接利用したりはできないことが挙げられる。

また、曲面データを対象とした圧縮手法には品質の問題もある。これについては離散コサイン変換を用いた手法⁶⁾を例に述べる。この手法では曲面データを定義する制御点と呼ばれる座標データの2次元配列を、各座標に関して2次元の離散コサイン変換を行い、得られた係数配列に適切な量子化を施すことによって損失のある圧縮を行う。圧縮後のデータは、微小ではあるが形状全体が変形することになる。圧縮率を高めると形状の変形が著しくなり、滑らかな曲面間に隙間を生じることになる。逆に、隙間を生じさせないためには圧縮率を多少犠牲にすることになる。全体として滑らかな曲面形状が複数の曲面データによって構成されている場合、このような隙間による不具合や段差などは致命的である。特に、船体形状はこのような特徴を持つ場合が多いことを考えると、この点に関して研究を行うことが重要であると考えられる。

3. 差分表現を用いた自由曲面データ圧縮

3.1 手法の概要

本研究で提案する圧縮手法はNURBS曲線・曲面を対象にする。制御点が曲線や曲面の形状の特徴を決定する情報であることから、対象とする形状の基本部分を抜きだし、基本形状と差分データに分割することによって効率的な圧縮を実現する。

基本形状は少ない情報から一意に決定可能な必要がある。本手法では、曲線に対しては端点を結ぶ線分、曲面に対しては境界曲線の内挿曲面を採用する。端点や境界を固定することで、前節で挙げた問題の一つである隙間による不具合は解消される。提案する手法の基本的概念をFig.1に示す。これは、ある曲面を境界曲線による内挿曲面と差分データによって表現することを意味する。

3.2 全体の流れと処理構成

Fig.2に提案する圧縮手法の全体の流れを示す。全体の流れは大きく分けて圧縮部と伸長部の二つから構成される。圧縮部では、元の曲面データを境界曲線と差分データに分割し、それぞれに対する圧縮を行う。伸長部

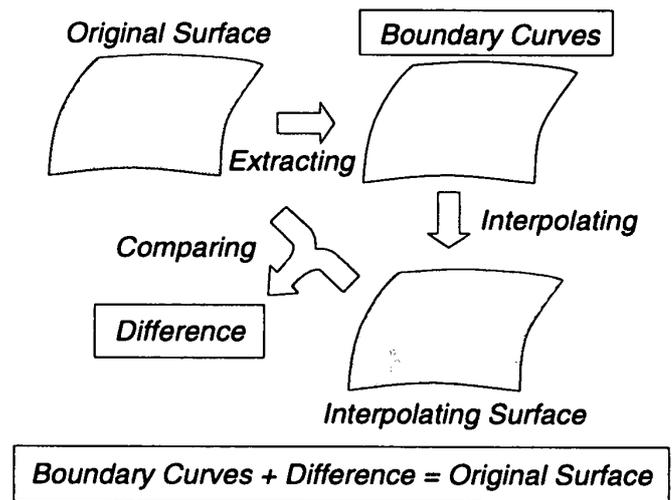


Fig. 1 Concept of surface compression

では、境界曲線に関する圧縮データと差分に関する圧縮データを入力として、曲面を内挿して修正を施すことで曲面データを復元する。

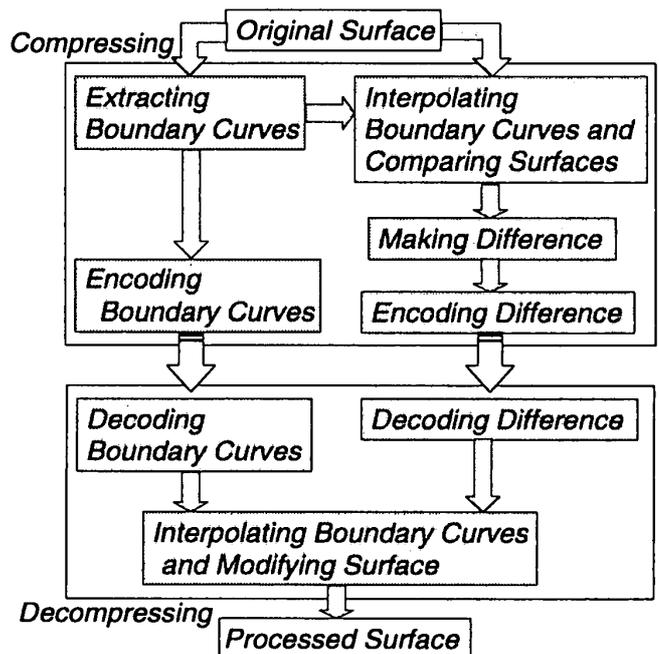


Fig. 2 Flow of this method

流れの中の各処理についての概要を示す。まず圧縮部は次の処理から構成される。

- 境界曲線の抽出
元の曲面データから境界曲線データを抽出する。この境界曲線から曲面を内挿するので、これが圧縮データの中核となる。
- 境界曲線の符号化

境界曲線が曲面圧縮データの中心であるため、それ自体を圧縮することでデータ量を抑える。

- 内挿曲面の作成による元データとの比較

境界曲線を内挿して曲面データを作成する。得られた内挿曲面を元の曲面と比較し、その差分を得る。

- 差分データの作成

得られた差分は圧縮データのもう一つの中核であるため、データ圧縮に適した形式で作成する。

- 差分データの符号化

作成した差分データに対して圧縮を行う。

また、伸長部は次の処理から構成される。

- 境界曲線の復号化

符号化されたデータから境界曲線を得る。

- 差分データの復号化

符号化されたデータから差分データを得る。

- 内挿曲面の作成と差分データによる修正

境界曲線を内挿して曲面データを作成する。得られた曲面を差分データを用いて修正する。

4. 差分表現を用いた NURBS 曲線圧縮

4.1 曲線の差分表現

曲面の境界曲線として抽出された曲線や、通常の幾何データである曲線を対象とした圧縮方法について述べる。

曲線の端点を結ぶ線分を考え、線分を等分割する内分点を曲線の制御点と同数定義する。各内分点から各制御点への移動ベクトルを制御点の差分表現として扱う。得られた差分表現に対して1次元の離散コサイン変換(DCT)を用いた圧縮を施す。

曲線 C を次式で定義する。ただし、 P_i は制御点、 w_i はウェイト、 $N_{i,p}$ は次数 p の B スプライン基底関数である。本研究で用いる曲線と曲面の定義式は Piegl ら¹¹⁾ の記法に準拠している。

$$C(u) = \frac{\sum_{i=0}^n N_{i,p}(u)w_i P_i}{\sum_{i=0}^n N_{i,p}(u)w_i} \quad (1)$$

端点 P_0, P_n を結ぶ線分を等分割する内分点 $R_i (i = 0, \dots, n-2)$ を次のように表す。

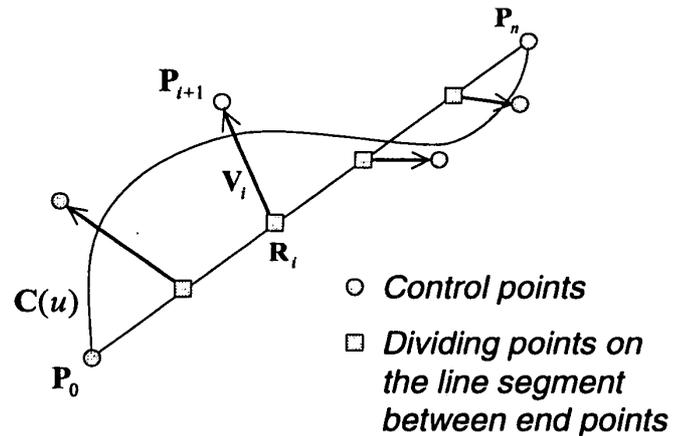


Fig. 3 Difference representation of curve for compression

$$R_i = \left(1 - \frac{i+1}{n}\right) P_0 + \frac{i+1}{n} P_n \quad (2)$$

各内分点 R_i と、それに対応する曲線の制御点 P_{i+1} 間の差分 $V_i (i = 0, \dots, n-2)$ を次のように定義する。(Fig.3参照)

$$V_i \equiv (V_i^x, V_i^y, V_i^z) = P_{i+1} - R_i \quad (3)$$

同様に、各制御点に対応するウェイト w_{i+1} に関して差分表現 $V_i^w (i = 0, \dots, n-2)$ を定義する。

$$V_i^w = 1 - w_{i+1} \quad (4)$$

これらをまとめて曲線の差分表現 $V_i^\alpha (i = 0, \dots, n-2; \alpha = x, y, z, w)$ と定義する。

4.2 曲線差分データの圧縮

曲線の差分は実数による4種類の1次元配列で表現されるので、それぞれに対して1次元DCTを用いた圧縮法を適用する。

DCTを用いた圧縮法は、入力とする実数値の配列を、まずDCTによって周波数の係数に変換する。この操作では、入力データは同じサイズの実数配列に変換され、配列のインデックスの小さい方が低周波数の係数となる。また、この操作は逆変換が可能であり、周波数の係数から元の値を得ることができる。次に、得られた係数の実数配列に対して量子化を行うことでデータの圧縮を行う。量子化の際に、低周波数側の損失を抑えることで、圧縮による形状の品質劣化を抑制しながら効率的な圧縮を実現する。

曲線の差分表現 V_i^α に対して 1 次元の DCT を施したときの DCT 係数列 $D_k^\alpha (k = 0, \dots, n-2)$ は次式で求められる。

$$D_k^\alpha = \sqrt{\frac{2}{n-1}} C_k \sum_{i=0}^{n-2} V_i^\alpha \cos \frac{(2i+1)k\pi}{2(n-1)} \quad (5)$$

ただし、 C_k は次のように決定する。

$$C_k = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & (k = 0) \\ 1 & (k \neq 0) \end{cases} \quad (6)$$

得られた係数に対して、次式の量子化を施す。

$$\begin{aligned} \bar{D}_k^\alpha &= \text{Round} \left(\frac{D_k^\alpha}{Q_k} \right) \\ Q_k &= \frac{(1+k)D_0^\alpha}{2^a} \end{aligned} \quad (7)$$

ただし、関数 Round は最も近い整数を返すとする。また、 a は量子化ビットで、これを大きくすると量子化誤差を抑えるがデータ量が増加し、小さくするとその逆となる。

滑らかな曲線においては、量子化された DCT 係数は高周波成分になるほど 0 の比率が多くなるという性質がある。0 についてのランレングス符号化を行い、 n 個の連続した 0 を $0n$ のように書くことでデータ量を軽減する。圧縮データはテキスト出力した後に汎用のテキスト圧縮手法を用いて符号化する。

5. 差分表現を用いた NURBS 曲面圧縮

5.1 内挿曲面の生成

境界曲線を元に内挿曲面を生成する手法については、既に数多くの研究がなされている⁹⁾。ここでは双 3 次ブレンドクーンズ法を用いる。NURBS 形式の曲面生成に関しては Lin ら¹⁰⁾ の定式化を採用する。ただし、双 3 次ブレンドクーンズ法では 3 次未満の次数を持つ曲面が生成できない場合があるため、必要に応じて双 1 次ブレンドクーンズ法を用いる。

求める曲面を $S(u, v)$ とする。ただし、2 方向のパラメータの範囲は $0 \leq u, v \leq 1$ である。各パラメータに関する曲面式の微分をそれぞれ、 $\frac{\partial S}{\partial u} = S_u$ 、 $\frac{\partial S}{\partial v} = S_v$ 、 $\frac{\partial^2 S}{\partial u \partial v} = S_{uv}$ と表す。双 3 次ブレンドクーンズ法は 4 本の境界曲線 $S(u, 0)$ 、 $S(u, 1)$ 、 $S(0, v)$ 、 $S(1, v)$ と各境界曲線上で定義される境界横断導関数 $S_v(u, 0)$ 、 $S_v(u, 1)$ 、 $S_u(0, v)$ 、 $S_u(1, v)$ 、さらに境界曲線の端点である 4 頂点上のツイストベクトル $S_{uv}(0, 0)$ 、 $S_{uv}(1, 0)$ 、 $S_{uv}(0, 1)$ 、 $S_{uv}(1, 1)$ を元に曲面を内挿する手法である。

これらの内挿条件を Fig.4 に示す。双 1 次ブレンドクーンズ法は 4 本の境界曲線のみから曲面を内挿する手法である。

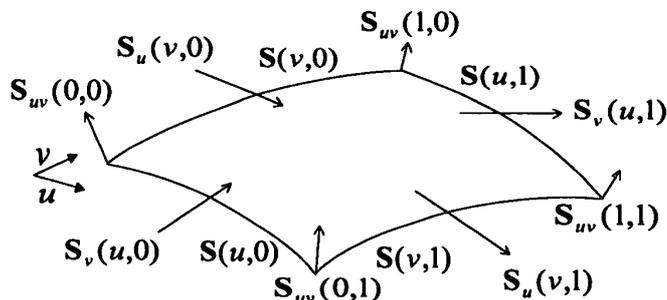


Fig. 4 Conditions for interpolating by bicubic blend Coons method

本手法では、境界曲線のみを曲面から抽出して圧縮データに含める。ツイストベクトルは境界曲線のネットワークから導出し、境界横断導関数も境界曲線とツイストベクトルから補間する。

5.2 曲面の差分表現

元の曲面と内挿曲面の差異を数値化した差分データ表現を定義する。元の曲面と内挿曲面で異なる部分は制御点の座標値とウェイトである。ただし、内挿曲面と元の曲面は境界曲線部分が一致しているため、境界を除く部分を対象とする。

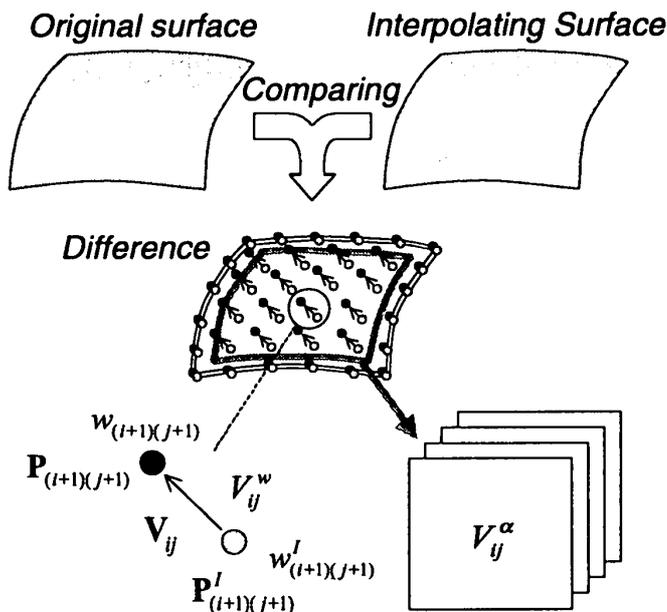


Fig. 5 Difference representation of surface for compression

元の曲面 S と内挿曲面 S^I の差分は各曲面の持つ制御

点 \mathbf{P}_{ij} , \mathbf{P}_{ij}^I とウェイト w_{ij} , w_{ij}^I の差分集合で表現できる。曲面の境界がすべて一致していることから、制御点間の差分 \mathbf{V}_{ij} ($i = 0, \dots, n-2; j = 0, \dots, m-2$) を次式で定義する。(Fig.5参照)

$$\begin{aligned} \mathbf{V}_{ij} &\equiv (V_{ij}^x, V_{ij}^y, V_{ij}^z) \\ &= \mathbf{P}_{(i+1)(j+1)} - \mathbf{P}_{(i+1)(j+1)}^I \end{aligned} \quad (8)$$

同様に、ウェイトの差分 V_{ij}^w ($i = 0, \dots, n-2; j = 0, \dots, m-2$) を次式で定義する。

$$V_{ij}^w = w_{(i+1)(j+1)} - w_{(i+1)(j+1)}^I \quad (9)$$

これらをまとめて曲面の差分表現 V_{ij}^α ($i = 0, \dots, n-2; j = 0, \dots, m-2; \alpha = x, y, z, w$) と定義する。

5.3 曲面差分データの圧縮

曲面の差分は実数による 4 種類の 2 次元配列で表現されるので、それぞれに対して 2 次元 DCT を用いた圧縮法を適用する。曲線差分データの圧縮と同様に、まず DCT によって入力データを周波数の係数である実数配列に変換し、量子化によって圧縮を行う。

曲面の差分表現 V_{ij}^α に対し、2 次元 DCT を施したときの DCT 係数配列 D_{kl}^α ($k = 0, \dots, n-2; l = 0, \dots, m-2$) は次式で求められる。ただし、 C_k , C_l は式 (6) で決定する。

$$\begin{aligned} D_{kl}^\alpha &= \sqrt{\frac{2}{n-1}} \sqrt{\frac{2}{m-1}} C_k C_l \sum_{i=0}^{n-2} \sum_{j=0}^{m-2} \\ &\left[V_{ij}^\alpha \cos \frac{(2i+1)k\pi}{2(n-1)} \cos \frac{(2j+1)l\pi}{2(m-1)} \right] \end{aligned} \quad (10)$$

得られた係数に対して、量子化を施す。ただし、関数 *Round*, 量子化ビット a については曲線の場合と同様である。

$$\begin{aligned} \bar{D}_{kl}^\alpha &= \text{Round} \left(\frac{D_{kl}^\alpha}{Q_{kl}} \right) \\ Q_{kl} &= \frac{(1+k+l)D_{00}^\alpha}{2^a} \end{aligned} \quad (11)$$

また、曲線の場合と同様に、高周波成分に 0 の比率が多くなるため、量子化された係数を 0 が多く並ぶように Fig.6 に示す順序で 1 列に並びかえる。1 列に並び変えた後、曲線の場合と同様に 0 についてのランレングス符号化を含んだ符号化を行う。

6. 実装と評価

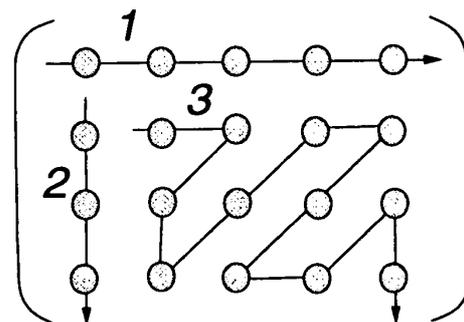
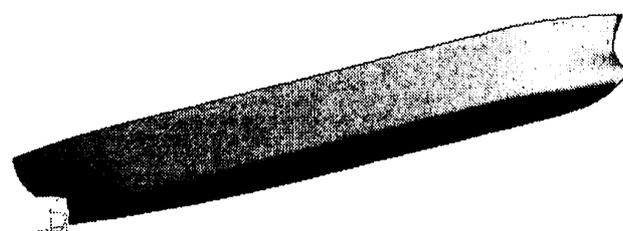


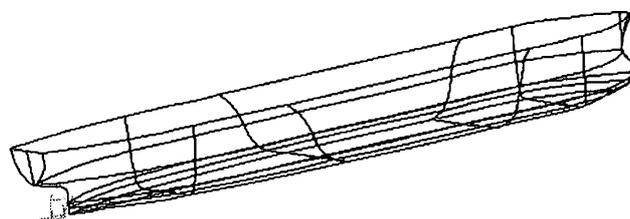
Fig. 6 Scanning order of the quantized DCT coefficient matrix

6.1 検証データ

本研究では提案する手法を実装し、データ例を用いて検証した。使用するデータは Tribon M1 Form (5.0) を用いて作成した。Fig.7 に形状データの概観を示す。データは 64 枚の双 3 次 NURBS 曲面からなり、各曲面の制御点の数は 20 から 170 で構成される。船首方向を正として x 軸を取り、幅方向に y 軸、高さ方向に z 軸を取る。データにおける xyz 座標値の単位はメートルで、データの存在範囲はおおよそ $250 \times 40 \times 25$ である。



(a) Shading display



(a) Wireframe display

Fig. 7 Display of the example surface data

6.2 許容誤差

曲線と曲面の差分表現に対する DCT 圧縮の際に、式 (7) と式 (11) の量子化ビット a を変更することでデー

タ量と圧縮による誤差の調整ができる。

ここでは、対象とする形状データの量子化前と量子化後において、各制御点が持つ座標値の差の最大値を圧縮による誤差と定義し、これが許容範囲内に収まる最小の量子化ビットを採用する。

元の曲線の制御点の座標値を X_i^α ($\alpha = x, y, z$)、量子化ビット a による圧縮後の制御点の座標値を $\bar{X}_i^\alpha(a)$ ($\alpha = x, y, z$) とし、同様に曲面の場合を X_{ij}^α , $\bar{X}_{ij}^\alpha(a)$ とすると、圧縮による誤差 $err^C(a)$, $err^S(a)$ は次式で得られる。

$$\begin{aligned} err^C(a) &= \max_{i,\alpha} |X_i^\alpha - \bar{X}_i^\alpha(a)| \\ err^S(a) &= \max_{i,j,\alpha} |X_{ij}^\alpha - \bar{X}_{ij}^\alpha(a)| \end{aligned} \quad (12)$$

このとき、指定する許容範囲の上限値を許容誤差 tol と定義する。指定された許容誤差 tol に応じて、量子化ビット a は各曲線・曲面ごとに次式を満たすように選択する。

$$\begin{aligned} err^C(a) &\leq tol < err^C(a-1) \\ err^S(a) &\leq tol < err^S(a-1) \end{aligned} \quad (13)$$

指定する許容誤差は曲線と曲面の制御点の座標値の差であるが、実際の曲線・曲面上の点の誤差はそれより小さくなることが知られている。

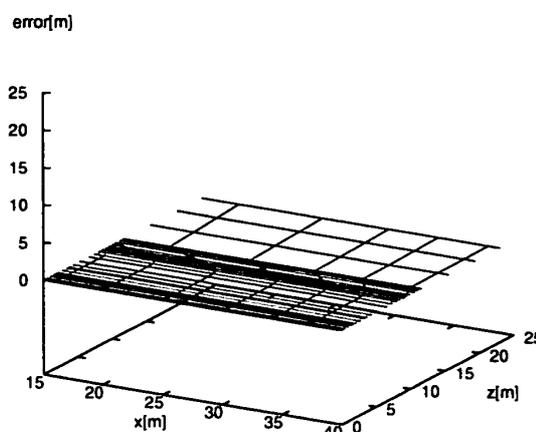
6.3 結果と評価

数種類の許容誤差を指定して、検証データを用いて圧縮を行った結果のデータ量と圧縮率を Table 1 に示す。元データはテキスト形式で保存されているものを使用した。各許容誤差に対応した圧縮データはテキスト形式で保存されたものを、汎用のテキスト圧縮手法の一つである LZSS 圧縮¹²⁾ と Huffman 符号化¹²⁾ の組合せにより符号化を行った。この符号化後のデータが実際に転送に用いられるデータとなる。圧縮率の欄は、元データのテキスト形式のデータ量に対する各許容誤差における符号化後のデータ量の割合を示す。

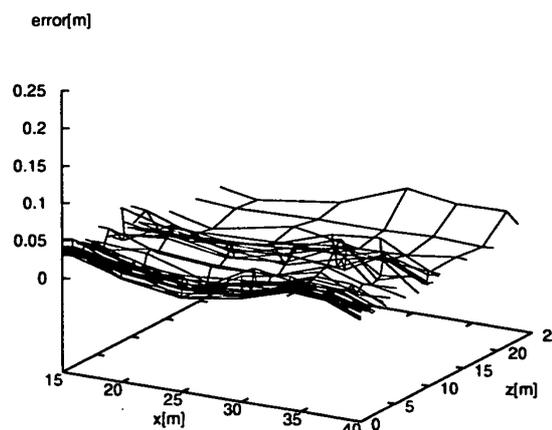
Table 1 Result

許容誤差	テキスト形式	符号化後	圧縮率
元データ	177.3kB	26.7kB	15.1%
$10^{-7}m$	49.4kB	13.9kB	7.8%
$10^{-5}m$	40.6kB	10.8kB	6.1%
$10^{-3}m$	33.4kB	8.0kB	4.5%
$10^{-1}m$	26.7kB	5.3kB	3.0%

Table1から、許容誤差に応じたデータ量の軽減が実現できていることがわかる。



(a) Normal display



(a) $\times 100$ display

Fig. 8 Compression errors: $tol = 0.1m$

設定した許容誤差は、例えば $10^{-3}m = 1mm$ では船型設計におけるデータ閲覧には充分で、干渉チェックへの使用も可能であり、それ以下の場合も同様である。 $10^{-1}m = 10cm$ では干渉チェック等には使用できないが、データ閲覧用としては使用可能である。なぜなら、提案する圧縮手法は境界を固定した圧縮手法であるため、曲面間に隙間が生じることはなく、かつ DCT を用いた圧縮では高周波成分のみを削除するため、形状の滑らかさが保持されるという性質を持つからである。また、許

容誤差の項でも触れたが、指定した許容誤差は制御点の座標値の距離であり、実際の曲面上の点の誤差はそれより小さくなる。Fig.8に許容誤差 $10^{-1}m$ のときの誤差のグラフを示す。Fig.8では、船体形状の船尾側の一部分を拡大し、元の曲面上の点の x 座標値、 z 座標値に対して、圧縮によって生じた曲面上の点の誤差の値をプロットしている。(a) は座標値、誤差値ともに実空間での距離に縮尺を合わせたもので、(b) は誤差を (a) の 100 倍に拡大したものである。許容誤差の 10cm に対して、誤差は最大でも 5cm 程度となっている。

以上のことから、構築した圧縮手法はデータ利用の目的に応じて効率的なデータ量を選択可能であると言える。

7. 結 言

本研究では、船型設計を念頭に置いて、ネットワークを介した形状データ交換を効率化するための形状データ圧縮に関する基礎的研究として、自由曲面形状を対象とした圧縮手法を構築した。

構築した手法は、複数曲面から構成される曲面データの境界曲線を転送し、受け取り側で曲面を内挿することと、内挿曲面と元の曲面の差分を利用した修正を行うことで、データ量を削減している。また、形状の利用目的に応じて、許容誤差を指定することで圧縮の度合を調整することができる。以上の特徴をデータ例を用いて検証し、その効果を確認した。

今後、実際のシステムへの適用を考慮して、圧縮率の向上を目指すなど、手法を洗練させていく予定である。

参 考 文 献

- 1) 田淵寛：造船 Web の現状と将来，日本造船学会情報技術研究委員会第 2 回シンポジウムテキスト，2001，pp.78-99
- 2) M. Deering：Geometry compression, *Proceedings of ACM SIGGRAPH'95*, 1995, pp.13-20
- 3) H. Hoppe：Progressive meshes, *Proceedings of ACM SIGGRAPH'96*, 1996, pp.99-108
- 4) G. Taubin, J. Rossignac：Geometry compression through topological surfery, *ACM Transactions on Graphics*, Vol.17, No.2, 1998, pp.84-115
- 5) R.A. DeVore, B. Jawerth, B.J. Lucier：Surface compression, *Computer Aided Geometric Design*, Vol. 9, 1992, pp. 219-239
- 6) 増田宏, 大淵竜太郎, 青野正樹：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, 1999, pp.1188-1195
- 7) 脇田玲, 矢島誠, 原田毅士, 鳥谷浩志, 千代倉弘明：ラティス構造に基づく軽量で高品質な Web3D データ表現, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.5, 2001, pp.1170-1181
- 8) 増田宏, 大淵竜太郎, 青野正樹：位相操作を用いた 3 次元形状モデルのデータ圧縮法, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.7, 1998, pp.2189-2195
- 9) G. Farin：CAGD のための曲線・曲面理論, 共立出版, 1991
- 10) F. Lin, W. T. Hewitt：Expressing Coons-Gordon surfaces as NURBS, *Computer-Aided Design*, Vol.26, No.2, 1994, pp.145-155
- 11) L. Piegl, W. Tiller：The NURBS Book 2nd edition, Springer, 1997
- 12) M. Nelson, J.L. Gailly：データ圧縮ハンドブック 改訂第 2 版, Pearson Education Japan, 1996