

## 3次元メッシュの多重解像度解析法

東 恒人・島田 恭宏

岡山理科大学工学部情報工学科

(2009年8月21日受付、2009年11月5日受理)

### 1. まえがき

著者らは、複数の2D線図形とそれらの位置関係を利用して、2Dメッシュを生成する方法ならびにそれらを変形した2Dメッシュを生成する方法<sup>(1),(2)</sup>を提案した。また、2Dメッシュデータ数が膨大であるので、データ数を削減し、もとの2Dメッシュと同一寸法の2Dメッシュを生成する方法<sup>(3)</sup>も提案している。さらに、3D物体の形状を特徴付ける複数の3D線図形とそれらの位置関係を利用して、3Dメッシュを生成する方法ならびに変形された3Dメッシュを生成する方法<sup>(4),(5)</sup>を提案している。3Dメッシュのデータ数は2Dメッシュデータ数に比べて多くなる。そこで、本論文では、3Dメッシュのデータ数を削減し、もとの3Dメッシュと同一寸法の3Dメッシュを生成する方法を提案する。

3Dメッシュのデータ数を削減し、もとの3Dメッシュと同一寸法の3Dメッシュを生成する方法を説明する上で、複数の3D線図形とそれらの位置関係を利用して、3Dメッシュを生成する方法を理解しておく必要がある。まず、3Dメッシュの生成方法<sup>(4),(5)</sup>を概説する。

### 2. 3Dメッシュの生成法<sup>(4),(5)</sup>

#### 2.1 二次構造線

$n_\nu$  本の手書きされた線図形 (以下、これを一次構造線という)  $a_{h(\ell)}$ , ( $\ell=0,1,\dots,n_\nu-1$ ) に対して、等長線分処理<sup>(1)~(3)</sup>が適用されて得られた二次構造線  $A_{h(\ell)}$  を図1に示す。

なお、 $a_{h(\ell)}$  は  $n_h$  個の点  $P_{h(\ell)}(j)$  を  $j=0,1,\dots,n_h-1$  の順に連結して構成されて、また、各点  $P_{h(\ell)}(j)$  の座標を  $g_{h(\ell)}(j)$  とする。

$\ell$  番目の構造線  $A_{h(\ell)}$  は、点  $P_{h(\ell)}(J)$  を  $J=0,1,\dots,N_h$  の順に連結し、長さ  $\delta_{h(\ell)}$  の線分が  $N_h$  ( $N_h$ : 分割数) 本連結された線図形である。

なお、点  $P_{h(\ell)}(J)$  の座標を  $G_{h(\ell)}(J)$  で表しており、 $G = X, Y, Z$  である。

図2に、線図形  $A$  とこの図形の  $xy$  平面への写像図形  $\hat{A}$  を示している。 $P(0), P(1), \dots$  は線図形  $A$  の線分の端点であり、 $\hat{P}(0), \hat{P}(1), \dots$  は写像図形  $\hat{A}$  の線分の端点である。

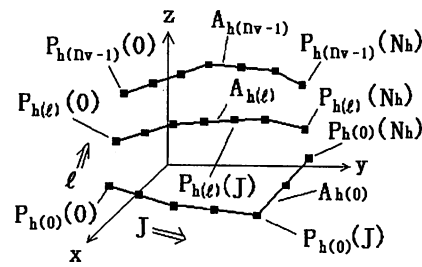


図1. 二次構造線

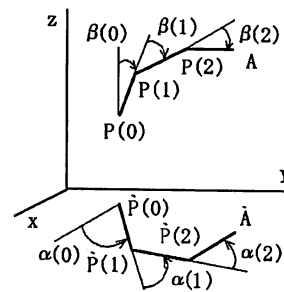


図2. 角度の定義

$\alpha(0)$  は  $\hat{P}(1)$  と  $\hat{P}(0)$  を結ぶ線分と  $x$  軸のなす角であり、 $\alpha(J)$  は  $\hat{P}(J)$  と  $\hat{P}(J-1)$  を結ぶ線分と  $\hat{P}(J+1)$  と  $\hat{P}(J)$  を結ぶ線分のなす角度である。 $\beta(0)$  は  $P(1)$  と  $P(0)$  を結ぶ線分と  $z$  軸のなす角であり、 $\beta(J)$  は  $P(J)$  と  $P(J-1)$  を結ぶ線分と  $P(J+1)$  と  $P(J)$  を結ぶ線分のなす角度である。

二次構造線  $A_{h(\ell)}$  を線図形  $A$  に対応させると  $\alpha(J)$  と  $\beta(J)$  にそれぞれ対応した線分間の角  $\alpha_{h(\ell)}(J)$  と  $\beta_{h(\ell)}(J)$  を定義することができる。点  $P_{h(\ell)}(0)$  は、二次構造線  $A_{h(\ell)}$  の始点であり、また、一次構造線  $a_h$  の始点でもある。始点の座標  $G_{h(\ell)}(0)$  は式(1)で表せる。

$$G_{h(\ell)}(0) = g_{h(\ell)}(0), (g = x, y, z) \quad (1)$$

以下、二次構造線  $A_{h(\ell)}$  を基線と呼ぶ。

その他の点の座標は、式(2)で表せる。

$$G_{h(\ell)}(J) = G_{h(\ell)}(0) + \delta_{h(\ell)} \sum_{m=0}^{J-1} W_{G_{h(\ell)}}(m) \quad (2)$$

$W_{Gh(\ell)}(J)$  を二次構造線の角度関数といい、式(3)で表せる。

$$\begin{aligned} W_{Xh(\ell)}(J) &= \cos\{\theta_{h(\ell)}(J)\}\sin\{\phi_{h(\ell)}(J)\} \\ W_{Yh(\ell)}(J) &= \sin\{\theta_{h(\ell)}(J)\}\sin\{\phi_{h(\ell)}(J)\} \\ W_{Zh(\ell)}(J) &= \cos\{\phi_{h(\ell)}(J)\} \end{aligned} \quad (3)$$

$\theta_{h(\ell)}(J)$ ,  $\phi_{h(\ell)}(J)$  は線分間の角度  $\alpha_{h(\ell)}(J)$ ,  $\beta_{h(\ell)}(J)$  を用いて、式(4)で表せる。

$$\theta_{h(\ell)}(J) = \sum_{m=0}^J \alpha_{h(\ell)}(m), \quad \phi_{h(\ell)}(J) = \sum_{m=0}^J \beta_{h(\ell)}(m) \quad (4)$$

## 2.2 三次構造線

図3に、隣接の二次構造線  $A_{h(\ell)}$ ,  $A_{h(\ell+1)}$  上の点  $P_{h(\ell)}(J)$ ,  $P_{h(\ell+1)}(J)$  同士が  $\ell=0,1,\dots,n_v-1$  の順序で接続されて生成された三次構造線  $a_{v(J)}$  を示す。

構造線  $a_{v(J)}$  は、一次構造線と同様に、線分の長さが互いに異なる線分で構成されている。

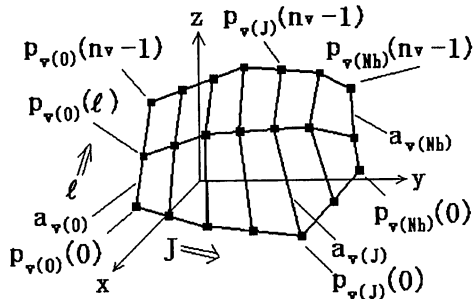


図3. 三次構造線

構造線  $a_{v(J)}$  上の点  $P_{h(J)}(\ell)$  とその座標  $G_{h(J)}(\ell)$  を、それぞれ点  $p_{v(J)}(\ell)$  とその座標  $g_{v(J)}(\ell)$  に置き換えると、式(5)が成り立つ。

$$g_{v(J)}(\ell) = G_{h(J)}(\ell) \quad (5)$$

$J$  番目の構造線  $a_{v(J)}$  の始点の座標  $g_{v(J)}(0)$  は式(6)で表される。

$$g_{v(J)}(0) = G_{h(J)}(0) \quad (6)$$

以上のような置換を実施すると、構造線  $a_{v(J)}$  は、点  $p_{v(J)}(\ell)$  を  $\ell=0,1,\dots,n_v-1$  の順に連結して生成されていることになる。

## 2.3 四次構造線

図4に、三次構造線  $a_{v(J)}$  に対して等長線分化処理を適用して生成された四次構造線  $A_{v(J)}$  を示す。

$J$  番目の構造線  $A_{v(J)}$  は、点  $P_{v(J)}(L)$  を  $L=0,1,\dots,N_v$  の順に連結されて、長さ  $\delta_{v(J)}$  の線分が  $N_v$  ( $N_v$ : 分割数) 本連結された線図形である。

点  $P_{v(J)}(L)$  の座標を  $G_{v(J)}(L)$  で表す。四次構造線  $A_{v(J)}$  の始点の座標  $G_{v(J)}(0)$  は式(7)で表せる。これらの始点は基線  $A_{h(0)}$  上の点である。

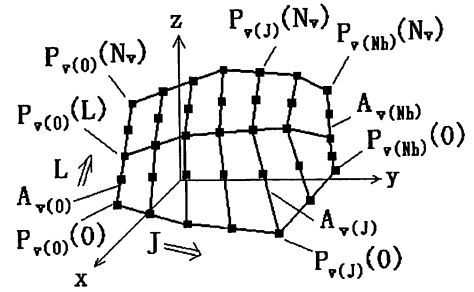


図4. 四次構造線

$$G_{v(J)}(0) = g_{v(J)}(0) \quad (7)$$

図2に示した四次構造線  $A_{v(J)}$  を線図形  $A$  に対応させると、線分間の角度  $\alpha_{v(J)}(L)$  と  $\beta_{v(J)}(L)$  を定義することができる。

座標  $G_{v(J)}(L)$  は、式(8)で表せる。

$$G_{v(J)}(L) = G_{v(J)}(0) + \delta_{v(J)} \sum_{m=0}^{L-1} W_{Gv(J)}(m) \quad (8)$$

$W_{Gv(J)}(L)$  を四次構造線の角度関数といい、式(9)で表せる。

$$\begin{aligned} W_{Xv(J)}(L) &= \cos\{\theta_{v(J)}(L)\}\sin\{\phi_{v(J)}(L)\} \\ W_{Yv(J)}(L) &= \sin\{\theta_{v(J)}(L)\}\sin\{\phi_{v(J)}(L)\} \\ W_{Zv(J)}(L) &= \cos\{\phi_{v(J)}(L)\} \end{aligned} \quad (9)$$

なお、 $\theta_{v(J)}(L)$ ,  $\phi_{v(J)}(L)$  は線分間の角度  $\alpha_{v(J)}(L)$ ,  $\beta_{v(J)}(L)$  を用いると、式(10)で表せる。

$$\theta_{v(J)}(L) = \sum_{m=0}^L \alpha_{v(J)}(m), \quad \phi_{v(J)}(L) = \sum_{m=0}^L \beta_{v(J)}(m) \quad (10)$$

## 2.4 メッシュ生成手順

メッシュは以下の手順で構成される。

まず、任意の  $L$  について、点  $P_{v(J)}(L)$  を、 $J=0,1,\dots,N_h$  の順に連結して構造線を生成する。この操作を  $L=0,1,\dots,N_v$  について繰り返す。

次に、任意の  $J$  について、点  $P_{v(J)}(L)$  を、 $L=0,1,\dots,N_v$  の順に連結して構造線を生成する。この操作を  $J=0,1,\dots,N_h$  について繰り返して、図5に示すようなメッシュが生成される。

## 2.5 メッシュの生成法のみとめ

一次構造線  $a_{h(\ell)}$  に等長線分化処理を適用して、二次構造線  $A_{h(\ell)}$  を生成する。隣接の二次構造線  $A_{h(\ell)}$  について、各構造線を構成する線分の端点同士を接続して、三次構造線  $a_{v(J)}$  を生成し、二次構造線  $A_{h(\ell)}$  の配置関係を可視化する。

三次構造線  $a_{v(J)}$  に等長線分化処理を適用して、四次構造線  $A_{v(J)}$  を生成する。隣接の四次構造線  $A_{v(J)}$  に

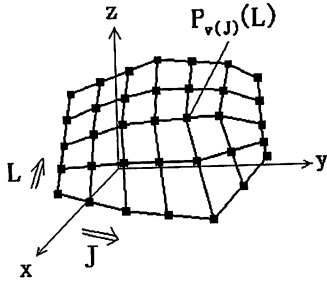


図5. メッシュ

ついて、各構造線を構成する線分の端点同士を接続してメッシュを生成する。

なお、二次構造線上にある線分について、隣接の線分間の角度関数  $W_{Gh(\ell)}(J)$  を求めておく。

### 3. 3Dメッシュの多重解像度解析

#### 3.1 多重解像度解析の概要

二次構造線の角度関数  $W_{Gh(\ell)}(J)$  にウェーブレット変換(WT)<sup>(9)~(13)</sup>を  $e$  回適用して、階層  $e$  における和分成分  $W_{Gh(\ell),e}^+(J')$ ,  $J' = 0, 1, \dots, N_{h,e} - 1$ ,  $N_{h,e} = N_h / 2^e$  を求める。この和分成分を用いて、新二次構造線(二次和分構造線)  $A_{h(\ell),e}$  を生成する。各構造線は  $N_{h,e}$  本の線分で構成されている。この構造線同士の配置関係を利用して、新三次構造線  $a'_{v(J)}$  を  $N_{h,e} + 1$  本生成する。

この構造線は  $n_v - 1$  本の線分で構成されている。この構造線に対して等長線分化処理を適用して新四次構造線  $A'_{v(J)}$  を生成する。各構造線は  $N_v$  本の線分で構成されている。この構造線上にある線分について、隣接の線分間の角度関数  $W'_{Gv(J)}$  を求める。

四次構造線の角度関数  $W'_{Gv(J)}$  にウェーブレット変換を  $e$  回適用して、階層  $e$  における和分成分  $W_{Gv(J),e}^+$  を求める。この和分成分を用いて、階層  $e$  の四次構造線(四次和分構造線)  $A'_{v(J),e}$  を生成する。各構造線は  $N_{v,e}$  本の線分で構成されている。

この構造線の点同士を接続して階層  $e$  のメッシュ(これを和分メッシュと呼ぶ)を生成する。

以下、階層  $e$  の和分メッシュの生成手順を説明する。

#### 3.2 二次和分構造線

##### 3.2.1 二次構造線の角度関数の多重解像度解析

$W_{Gh(\ell)}(J)$  に離散ウェーブレット変換を適用すると、和分成分  $W_{Gh(\ell),1}^+(J')$  と差分成分  $W_{Gh(\ell),1}^-(J')$  が得られる。

得られた和分成分に離散ウェーブレット変換を繰返し適用することにより、階層  $e$  において、式(11)が

成立する。

$$W_{Gh(\ell),e}^+(J') \rightarrow W_{Gh(\ell),e+1}^+(J'') + W_{Gh(\ell),e+1}^-(J'') \quad (11)$$

$(J'' = 0, 1, \dots, N_{h,e+1} - 1)$

ここで、 $W_{Gh(\ell),e}^+(J')$ ,  $W_{Gh(\ell),e}^-(J')$  はそれぞれ  $W_{Gh(\ell)}(J)$  の  $e$  階層における和分成分、差分成分であり、 $W_{Gh(\ell),e+1}^+(J'')$ ,  $W_{Gh(\ell),e+1}^-(J'')$  はそれぞれ  $W_{Gh(\ell)}(J)$  の  $e+1$  階層における和分成分、差分成分である。

ウェーブレット変換を適用する前の変数を階層0の変数とすると、式(12)が成立つ。

$$W_{Gh(\ell),0}^+(J) = W_{Gh(\ell)}(J) \quad (12)$$

#### 3.2.2 階層 $e$ の二次和分構造線

3.2.1で求めた  $e$  階層における和分成分  $W_{Gh(\ell),e}^+(J')$  に対して、式(13)を用いて、 $e$  階層の構造線  $A_{h(\ell),e}$  (これを二次和分構造線という)の座標  $G_{h(\ell),e}(J')$  を求めることができる。

$$G_{h(\ell),e}(J') = G_{h(\ell),e}(0) + \delta_{h(\ell)} \sum_{k=0}^{J'-1} W_{Gh(\ell),e}^+(k) \quad (13)$$

#### 3.2.3 新三次構造線

2.2で述べた三次構造線の生成手順と同様にして、階  $e$  の二次和分構造線から新三次構造線  $a'_{v(J)}$  の座標  $g'_{v(J)}(\ell)$  を求める。なお、式(5)と同様に、式(14)が成り立つ。

$$g'_{v(J)}(\ell) = G_{h(J),e}(\ell) \quad (14)$$

#### 3.2.4 新四次構造線

2.3で述べた四次構造線の生成手順と同様にして、新三次構造線  $a'_{v(J)}$  から新四次構造線  $A'_{v(J)}$  を求める。

$J'$  番目の構造線  $A_{v(J)}$  は、点  $P'_{v(J)}(L)$  を  $L = 0, 1, \dots, N_v$  の順に連結されて、長さ  $\delta'_{v(J)}$  の線分が  $N_v$  本連結された線図形である。

点  $P'_{v(J)}(L)$  の座標  $G'_{v(J)}(L)$  は式(15)で表せる。

$$G'_{v(J)}(L) = G'_{v(J)}(0) + \delta'_{v(J)} \sum_{k=0}^{L-1} W_{Gv(J)}^+(k) \quad (15)$$

なお、 $W'_{Gv(J)}(L)$  は、新四次構造線の角度関数であり、式(9)と同様にして得られる。

### 3.3 四次和分構造線

#### 3.3.1 新四次構造線の角度関数の多重解像度解析

3.2.1と同様にして、角度関数  $W'_{Gv(J)}(L)$  に離散ウェーブレット変換を適用すると、和分成分  $W_{Gv(J),1}^+(L')$  と差分成分  $W_{Gv(J),1}^-(L')$  が得られる。和分成分に離散ウェーブレット変換を  $e$  回繰返し適用することにより、階層  $e$  において、式(16)が成り立つ。

$$W_{G_{v(J),e}}^+(L') \rightarrow W_{G_{v(J),e+1}}^+(L'') + W_{G_{v(J),e+1}}^-(L'') \quad (16)$$

ウェーブレット変換を適用する前の変数を階層0の変数とすると、次式が成り立つ。

$$W_{G_{v(J),0}}^+(L) = W_{G_{v(J)}}(L) \quad (17)$$

### 3.3.2 階層 e の四次和分構造線

式(17)で表した階層 e における和成分  $W_{G_{v(J),e}}^+(L')$  に対して、式(8)と同様にして、e 階層における構造線  $A_{v(J),e}$  (これを四次和分構造線という)の座標  $G_{v(J),e}^+(L')$  を求めることができる。

$$G_{v(J),e}^+(L') = G_{v(J),e}^+(0) + \delta_{v(J)}^+ \sum_{k=0}^{L'-1} W_{G_{v(J),e}}^+(k) \quad (18)$$

### 3.4 和分メッシュの生成手順

四次和分構造線の座標  $G_{v(J),e}^+(L')$  を用いて、メッシュ (和分メッシュ) を生成する。

### 3.5 再構成と和分メッシュの生成結果

#### 3.5.1 再構成メッシュ

図6(a)に示したメッシュを階層1まで分解した後、再構成して得られたメッシュを図6(b)に示す。

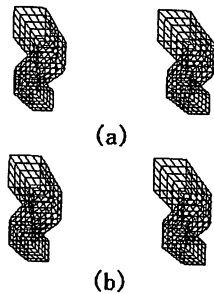


図6 元のメッシュと再構成メッシュ

なお、生成されたメッシュは3D図形となるので、得られた結果を、交差法による立体視で確認できるように、図形を左右眼球用の図面として表示する。

ここでは、マザーウェーブレット関数として Daubechies 10<sup>(13)</sup> を用い、 $N_h = N_v = N = 512$ 、表示の間引き数を  $D=16$  とした。

再構成メッシュと元のメッシュの区別はできないほど、類似している。両者の類似の程度を、後述する式(22)を用いて求めた結果を、階層0における値として、表2に示している。

#### 3.5.2 和分メッシュ

図7に再構成メッシュおよび階層1~階層3におけるそれぞれの和分メッシュを示す。

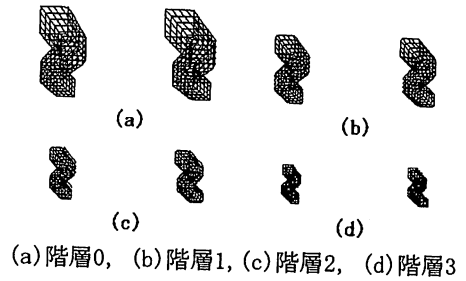


図7 階層別和分メッシュ

ウェーブレット変換を繰り返しても、元のメッシュの形状的特徴が保持されつつ、形状が縮小されていることがわかる。

図8に他のメッシュとそれらの階層1における和分メッシュを示す。

同図においても、和分メッシュは元のメッシュの形状的特徴が保持されつつ、形状が縮小されていることがわかる。

なお、表1にこれらのメッシュの表示の条件を示す。 $D, D_1$  はそれぞれ元のメッシュと和分メッシュの表示間引き数である。

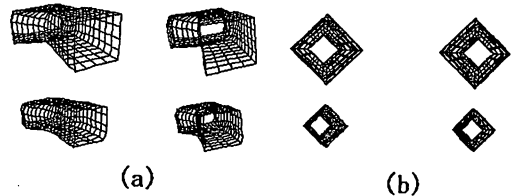


図8 他のメッシュとそれらの階層1の和分メッシュ

表1. メッシュの表示条件

図番号	$D_1$	$D$	$N$
図7(a)	16	32	512
図7(b)	4	32	512
図7(c)	4	32	512
図7(d)	4	32	512
図8(a)	16	32	512
図8(b)	16	32	512

## 4. 和分メッシュのスケール変換

### 4.1 スケール変換式

異なる階層の和分メッシュの形状を比較するために  $e'(e' > e)$  階層の和分メッシュを  $e$  階層のスケールに拡大する。 $e'$  階層の和分メッシュの座標  $G_{v(J),e'}^+(L')$  を、式(19)を用いて、 $e$  階層のスケールの座標  $G_{v(J),\Delta}^+(L')$  に変換する。

$$G'_{v(J'),\Delta}(L') = G'_{v(J'),\Delta}(0) + \delta'_{v(J'),\Delta} \sum_{k=0}^{L'-1} W'_{G'_{v(J'),\Delta}(k)} \quad (19)$$

なお、線分の長さ  $\delta'_{v(J'),\Delta}$  は式 (20) で表される。

$$\delta'_{v(J'),\Delta} = 2^{(e'-e)/2} \delta'_{v(J')} \quad (20)$$

また、始点の座標  $G'_{v(J'),\Delta}(0)$  は式 (21) で表される。

$$G'_{v(J'),\Delta}(0) = G_{v(J')} \quad (21)$$

#### 4.2 類似度

$e'$  階層の和成分を階層0におけるスケールに拡大しても、互いにデータ点数が異なる。そこで、両者の類似性が比較できるように、式 (22) で表した類似度を用いる。なお、 $J = 2^e J'$ 、 $L = 2^e L'$  である。

$$R = -20 \cdot \log(|D_{e'} - D_0| / D_0) \quad (22)$$

なお、 $D_{e'}$ 、 $D_0$  は式 (23) で定義する。

$$D_{e'} = \sum_{L'=0}^{N_{v,e'}} \sum_{J'=0}^{N_{h,e'}} r_{J',L'} \quad , \quad D_0 = \sum_{L=0}^{N_v} \sum_{J=0}^{N_h} r_{J,L} \quad (23)$$

$D_{e'}$  は以下の手順で得られる。

階層  $e'$  の拡大メッシュに対して、任意の  $L'$  について、点  $P'_{v(0),\Delta}(L')$  と点  $P'_{v(J'),\Delta}(L')$  の距離  $r_{J',L'}$  を計測し、 $J'$  に関する小計  $D_{e',L'}$  を求める。 $D_{e'}$  は、全ての  $L'$  についてこの小計  $D_{e',L'}$  を総計した値である。

$D_0$  は以下の手順で得られる。

元のメッシュおよび再構成されたメッシュに対して、 $L(=2^e L')$  に関係した任意  $L$  の点  $P_{v(0)}(L)$  と、 $J(=2^e J')$  に関係した点  $P_{v(J),\Delta}(L)$  との距離  $r_{J,L}$  を計測し、 $J$  に関する小計  $D_{0,L}$  を求める。

$D_0$  は、全ての  $L$  についての小計  $D_{0,L}$  を総計した値である。

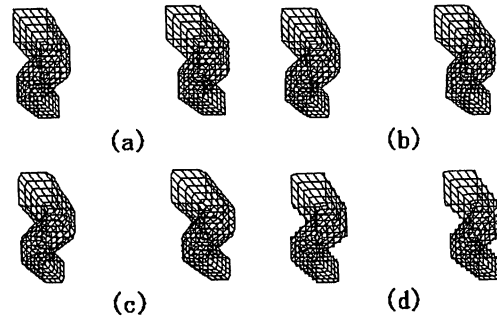
#### 4.3 拡大処理結果

図 9 (b), (c), (d) に示したメッシュは、図 7 (b), (c), (d) を、式 (20) を用いて、 $e=0$  として、元のメッシュのスケール (階層0) の大きさに拡大したものである。

図 9 (d) のメッシュには、元のメッシュにはない歪みが観測されるが、その形状はもとのメッシュの形状に類似している。図 9 (b), (c) のメッシュと元のメッシュは、両者の区別ができないほど、類似している。

なお、表2に、各メッシュの線分の数  $N \times N$  を表すパラメータ  $N$  とメッシュの表示間引き数  $D$  を示しておく。

表2に、再構成メッシュ (階層0)、階層1, 2, 3のそれぞれの和成分の拡大メッシュについて、元のメッシュに対する類似度を示す。なお、類似度は、式 (22) より得られ、その単位はdBである。同表より、形状的な差が確認できない場合の類似度は、約37dB以上であ



(a)階層0, (b)階層1, (c)階層2, (d)階層3

図9 スケール変換

表2. 処理前と処理後の類似度

階層番号	類似度	図番号	D	N
0	61.5	図9(a)	16	512
1	47.9	図9(b)	8	256
2	36.9	図9(c)	4	128
3	29	図9(d)	2	64

ることがわかる。本手法を用いることにより、少なくとも、データ数を1/16に縮小できることになる。

### 5. 本手法の特徴と利用法

#### 5.1 本手法の特徴

本手法の特徴をまとめると、次の通りである。

①階層番号を入力すると、メッシュの寸法は、線分の数減少するが、元のメッシュの形状的な特徴を維持しながら、縮小する。②階層番号として、1または2の数を指定すると、その階層におけるメッシュの寸法は、線分の数も変化させることなく、元のメッシュの形状的な特徴を維持しながら、拡大する。③拡大されたメッシュと元のメッシュの類似性は、類似度を用いて定量化することができる。

#### 5.2 本手法の利用法

メッシュは  $N \times N$  ( $N$  は各構造線の線分の数)本の線分で構成されるので、線分の数  $N$  が増加するほど、メッシュに関するデータ量が急増するので、データの効率的な保存方法が問題となる。本手法は、文献(4)、(5)による手法で生成されたメッシュの利点(メッシュの形状的な特徴分析と変形、メッシュの拡大と縮小、メッシュの表示本数の調整が可能であること。)を損なうことなく、この問題を解決する有効な方法である。

#### 6. むすび

本論文では、メッシュを構成する二次構造線と四次構造線に対して、ウェーブレット変換を繰り返し適用して、もとの形状的な特徴を保持してメッシュを圧縮

する方法と圧縮されたメッシュを，データを増加させることなく，もとの形状に類似したメッシュとして拡大する方法を提案した。本手法の特徴は以下の通りである。①縮小すべき階層を指定するだけで，元のメッシュの形状的な特徴を保持しつつ，データ量を削減して，形状を縮小することができる。②少なくとも階層2まで縮小されたメッシュを，階層を指定するだけで，元のメッシュに類似した形状のメッシュとして，データ量を増加させずに，拡大することができる。③本手法では，メッシュの圧縮手順や縮小されたメッシュの拡大手順が簡単なので，メッシュを保存する場合や保存されたメッシュを閲覧する場合に，本手法は有効となる。

いた線図形の形状分析”，1997信学総大，D-12-39，p. 246 (1997).

(13) I. Daubechies, "Orthonormal bases of compactly supported wavelets, Commun. Pure and Appl. Math., vol. 41, 1988

#### 参考文献

- (1) 東 恒人, 島田恭宏, 長谷川栄人, "手書きされた二次元曲線を用いた二次元メッシュの生成法", 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 12, pp. 3221-3231 (2003).
- (2) 東 恒人, 島田恭宏, 高橋武志, 佐々木武, "ウォルシュ変換対およびフーリエ変換対を用いたメッシュ生成法", デザイン学研究, Vol. 53, No. 6, pp. 11-20 (2006).
- (3) 東 恒人, 島田恭宏, 島田英之, 大倉充, 門田純子, "断面線群とそれらの配置関係を用いて生成された二次元メッシュの圧縮", 信学論A, Vol. J90-A, No. 9, pp. 715-722 (2007).
- (4) 東 恒人, 島田恭宏, 長谷川栄人, "手書きされた複数の線図形の配列にもとづいた3次元メッシュの生成法", 映像情報メディア学会誌, Vol. 58, No. 1, pp. 123-130 (2004).
- (5) 東 恒人, 島田恭宏, 島田英之, 佐々木武, "ウォルシュ変換対およびフーリエ変換対を用いた3Dメッシュ生成法", デザイン学研究, Vol. 55, No. 2, pp. 45-54 (2008).
- (6) 東 恒人, "P形フーリエ記述形状の位相特性からの分析", 研究速報, 信学論(D-II), J75-D-II, 10, pp. 1743-1746 (1992).
- (7) 東 恒人, "3次元動作軌跡の特徴分析システム", 信学論(D-II), J79-D-II, 1, pp. 131-134 (1996).
- (8) 東 恒人, "3次元線図形のフーリエ記述法と立体視像", 信学論(D-II), J77-D-II, 7, pp. 1198-1208 (1994).
- (9) A. Mallat, "A theory for multiresolution signal decomposition the wavelet representation", IEEE Pattern Anal. and Machine Intell., vol. 11, 1989
- (10) 東 恒人, 吉満知洋, "指定した空間周波数成分の分布を有するカラー画像の高速生成法", 映像情報メディア学会誌, Vol. 56, No. 12, pp. 1968-1975 (2002)
- (11) E. Hussein, Y. Nakamura, and Y. Ohta, "Analysis of detailed patterns of countour shapes using wavelet local extrema", Proc. of ICPR'96, pp. 335-339, 1996
- (12) 東 恒人, 片岡 修, 黒田 巧, "ウェーブレット変換を用

# Multiresolution analysis of a 3D mesh consisting equal line segments

Tsunehito HIGASHI\* and Yasuhiro SHIMADA\*

*Department of Information and Computer Engineering,  
Faculty of Engineering,  
Okayama University of Science,  
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan*

(Received August 21, 2009; accepted November 5, 2009)

In the targeted 3D mesh, it is composed of  $N$  feature lines, each feature line is composed of  $N$  line segments and the length of the line segment in each feature line is all equal.

This paper describes the method for the multiresolution analysis of the 3D mesh. This method has the following features. If a layer number is input, the size of the 3D mesh is reduced reducing number of line segments but maintaining a shape feature of original 3D mesh. If a layer number at least specifies the numbers up to two, the size of the 3D mesh in the layer is expanded changing no number of line segments but maintaining a shape feature of original 3D mesh.

Keyword : 3D mesh ; multiresolution analysis ; Wavelet Transform.