

## 3次元ランダム・フラクタルを利用した不均質材料の テクスチャ表現†

岡田 稔†† 横井 茂樹††  
鳥脇 純一郎†† 堀 健 二††\*

ランダム・フラクタル手法を用いてゆらぎを持った表面を生成する手法が提案されて以来、山肌、地形などの自然の形状、テクスチャ表現での有用性が確認されている。ランダム・フラクタルを利用することにより、自然の複雑形状、テクスチャをごく少量の初期データで表現することが可能である。本稿では、2次元ランダム・フラクタルの生成手法を拡張した3次元立方格子ランダム・フラクタルの1生成手法を提案する。ソリッドテクスチャから切り出されたオブジェクトでは、通常の表面テクスチャマッピングによる方法において生じる、オブジェクトの表面での不自然さ(しわ寄せ、集束性)を根本的に回避することができ、また、任意の形の3次元オブジェクトに切り出すことができるという特徴を持っている。本手法の画像生成への応用例として、ゆらぎのある縞層構造を持つ大理石、および木目のソリッドテクスチャを表現する手法を示し、3次元ランダム・フラクタルに基づくソリッドテクスチャ生成の有用性を示す。

### 1. はじめに

コンピュータ・グラフィックスの一分野として、テクスチャ生成、固体材料の質感表現の研究が盛んである<sup>1)</sup>。それらは、壁材、床材をはじめとするインテリア材料、装飾品などの意匠設計においても重要な役割を果たす。

ところで、自然に生成された材料はその性状が不均質であり、解析的に表すことのできない自己相似のゆらぎを持つものが多いため、それらの画像を計算機を用いて生成することはコンピュータ・グラフィックスにおける重要な問題となっている。例えば、大理石、木目などはその代表であろう。実際、それらは、特有の層状の縞模様、色合いの優しさ、暖かさなどによって建築材料、インテリア、美術工芸品の材料として欠かせないものとなっている。したがって、これらの材料の質感をコンピュータ・グラフィックスの手法を用いて表現することの意義は少なくない。

一方、コンピュータ・グラフィックスの基本手法として、フラクタル理論<sup>2)</sup>を応用した1次元、および2次元のランダム・フラクタルを用いる手法が近年試みられ、樹木の外形、海岸線、山肌、地形などの自然の自己相似性を持つ不規則形状を表現するのに有用であ

ることが示されている<sup>3)-6)</sup>。

そこで本論文では、3次元空間中の格子点の変位量を3次元ランダム・フラクタル手法<sup>6),7)</sup>を用いて生成して、3次元空間中の自己相似性を持つゆらぎを実現する新しい手法を提案する。すなわち、まず3次元ランダム・フラクタル格子の生成手法および、材料の模様の原型となる原関数に3次元ランダム・フラクタル格子によるゆらぎを与えることによってゆらぎを持った固体材料のテクスチャを生成する手順について述べる。本手法の応用例として、指数関数的に減衰する裾を持つ台形状の原関数を用いることによって縞模様のある大理石のテクスチャが生成され、また、同心円状の原関数を用いることによって木目のテクスチャが生成されることを示し、本文の方法が不均質性の材料のソリッドテクスチャ表現に有効であることを確かめる。

なお、大理石の質感表現については既に K. Perlin<sup>8)</sup>が、また、木目の質感表現については鶴岡ら<sup>9)</sup>がそれぞれ互いに全く異なる方針で試みているが、本手法はそれらとは異なり、大理石、木目のみならず、これらの自然に生成された不均質材料のテクスチャ生成を統一的に扱うことのできる手法として有用である。

### 2. 3次元フラクタル格子の生成

#### 2.1 2次元フラクタル格子

2次元平面上に定義された不規則形状を持った曲面を生成する手法としてランダム・フラクタルによる方法<sup>3)</sup>がある。これは、平面上の方形格子の4頂点に乱

† Rendering Texture of Inhomogeneous Material Using Three-Dimensional Random Fractal by MINORU OKADA, SHIGEKI YOKOI, JUN-ICHIRO TORIWAKI and KENJI HORI (Faculty of Engineering, Nagoya University).

†† 名古屋大学工学部情報工学科

\* 現在 (株)松下電器産業  
Matsushita Electric Co

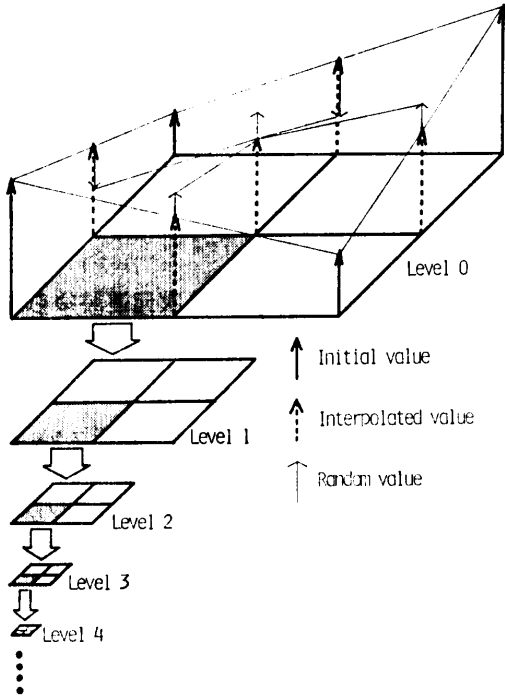


図1 4分木構造による2次元ランダム・フラクタル格子の生成  
Fig. 1 Generation of 2-dimensional random fractal lattice by quad tree structure.

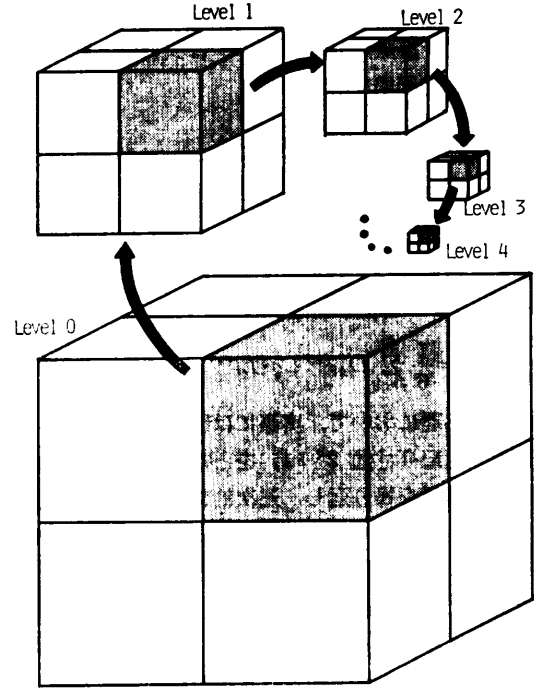


図2 8分木構造による3次元ランダム・フラクタル格子の生成  
Fig. 2 Generation of 3-dimensional random fractal lattice by oct tree structure.

数によってある値を与え、この格子の1つのます目を4分割して新たにできる5つの格子点の値をもとの4頂点の変位量を線形補間した値と乱数による値の和とするものである(図1)。

格子をさらに4分割して同様の処理をするという再帰的な手順を、単位格子に至るまで繰り返すことによって、2次元格子点上に標高値を定義するための2次元フラクタル格子が得られる。

この手法を3次元格子に拡張することによって3次元のゆらぎを実現することができる。

### 2.2 3次元フラクタル格子によるゆらぎ

ランダム・フラクタルによる3次元格子(3次元フラクタル格子)の生成手順は2次元の場合と同様に再帰的手続きにより構成され、1再帰レベルの基本処理は、立方体格子の8頂点の値に基づいてそれを分割してできる8個の立方格子の各頂点の値を求めることによって成される(図2)。一辺に $2^R+1$ ( $R$ は再帰の深さ)個の格子点を含む立方体格子を定義し、その8頂点に初期値を与える。以下に1再帰レベルの処理を示す。

(1) 格子の辺の中心点の値 $D_e$ を、辺の2端点の値 $D_{v_i}$ ( $i=1, 2$ )の平均値と乱数による値 $g \cdot L_r$ の和

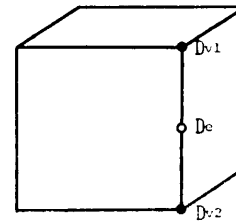


図3 格子の辺の中心点の値 $D_e$ の計算  
Fig. 3 Calculation of value  $D_e$  as the center of an edge.

とする(式(1), 図3参照)。12の辺について同様に処理する。

$$D_e^{(n)} = \frac{D_{v1}^{(n-1)} + D_{v2}^{(n-1)}}{2} + g \cdot L_r^{(n)} \quad (1)$$

$$\text{ただし, } L_r^{(n)} = L_r^{(n-1)} \cdot e^{-\beta} = e^{-(n-1)\beta} \quad (2)$$

$$L_r^{(0)} = 1$$

$n$ : 再帰レベル ( $n=1, 2, \dots$ )

$g$ : 正規乱数  $N(0.0, 1.0)^*$

$\beta$ : 減衰定数

(2) 立方格子の面の中心点の値 $D_e$ を、その平面の4頂点の値 $D_{v_i}$ ( $i=1, 2, 3, 4$ . 上記(1)項で定め

\* この正規乱数の平均値、分散の値は本質的なものではなく、生成されるフラクタルの使用目的に応じて変更し得るものである。

の平均値と乱数による値  $g \cdot L_r$  の和とする (式 (3), 図 4 参照).  $n, g, L_r^{(n)}$  は式 (2) と同様. 6 面について同様に処理する.

$$D_p^{(n)} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 D_{e,i}^{(n)} + g \cdot L_r^{(n)} \quad (3)$$

(3) 格子の中心点の値  $D_c$  を 6 近傍点, すなわち 6 面の中心点の値  $D_{p,i}$  ( $i=1, 2, \dots, 6$ ) の平均値と乱数による値  $g \cdot L_r$  の和とする (式 (4), 図 5 参照).  $n, g, L_r^{(n)}$  は式 (2) と同様.

$$D_c^{(n)} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 D_{p,i}^{(n)} + g \cdot L_r^{(n)} \quad (4)$$

以上の処理において, 実際には計算機主記憶上に 3 次元配列 (配列寸法  $2^R+1$ ) をとり, 必要とするレベル回数の処理を繰り返し, 逐次的に計算された格子点の値を格納してゆくことによって 3 次元フラクタル配列を得ている. したがって, 可能な最大レベル  $R$  は有限であり, 主記憶の容量によって制限される. また, 得られたフラクタル値は離散的なものである. そこで, 実数座標値を持つ任意の点に対応する値を得るためには後に 3.1 節で述べる手法を用いる.

本手法で得られる 3 次元ランダム・フラクタル格子において, ある点の値とその近傍点の値の平均値との差  $\varepsilon^{(n)}$  ( $n$  は再帰レベル) を考えると,

$$\varepsilon^{(n)} = g \cdot e^{-(n-1)B}, \quad g \text{ は } N(0, 1) \text{ に従う} \quad (5)$$

となるため, その期待値は 0 であり, 分散は  $n$  と共に指数関数的に減衰する. すなわち, 十分大きいレベル

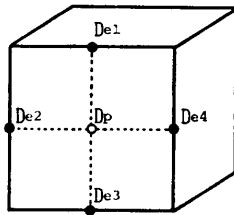


図 4 格子の面の中心点の値  $D_p$  の計算  
Fig. 4 Calculation of value  $D_p$  as the center of a square.

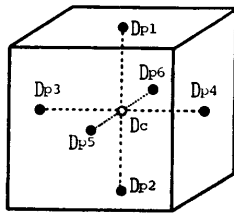


図 5 格子の中心点の値  $D_c$  の計算  
Fig. 5 Calculation of value  $D_c$  as the center of a cube.

数  $n$  に対して最終的に生成された格子上では, 近い距離にある格子点同士は十分に近い値を持つ. したがってこのときの 3 次元格子上の値は実用上, 連続とみなしてよい. このことは, フラクタル格子を利用してテクスチャをゆらがせるとき, その結果変形されたテクスチャも十分な精度で連続したものになることを保証する点で重要な性質である.

### 3. 3次元線形補間による3次元連続ゆらぎの実現

#### 3.1 3次元フラクタル格子の補間

前節の手法で十分にきめの細かな 3 次元フラクタル格子を計算機上で実現しようとする膨大な記憶容量を要する. そこで格子点数が一辺  $N$  の 3 次元フラクタル格子を求めた後は, この格子点以外の点の値は隣接する 8 格子点の値の線形補間で求めるものとする.

すなわち, 図 6 のように任意の点  $P_x$  (図 6 ○印) の値  $D_x$  をそれに隣接する 8 格子点 (図 6 ●印) の値の 3 次元線形補間によって次の手順で求める.

- (1) 点  $P_x$  を含む単位格子を点  $P_x$  を基準にして格子に平行な平面で 8 つの直方体に分割し, 各々を  $BOX_i$  ( $i=1, 2, \dots, 8$ ), その体積を  $V_i$  とする (図 6 ■印).
- (2)  $BOX_i$  と対角関係にある格子頂点を点  $P_i$  とする.
- (3) 点  $P_i$  の値を  $D_i$  とすると点  $P_x$  の値  $D_x$  は次式で与えられる.

$$D_x = \frac{1}{V_0} \sum_{i=1}^8 D_i \cdot V_i \quad (6)$$

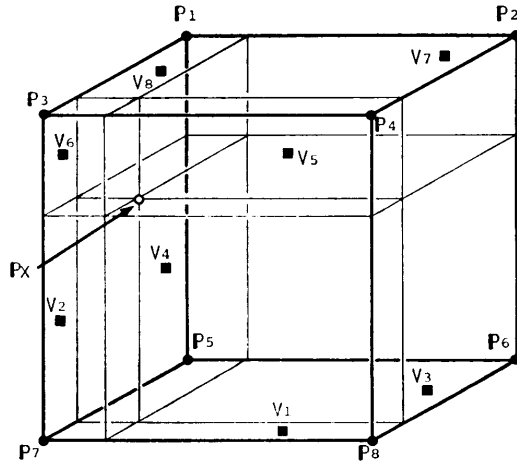


図 6 3次元線形補間  
Fig. 6 3-dimensional linear interpolation.

ただし、 $V_0$  は単位格子の体積

補間の結果、3次元の任意の実数座標値を持つ点  $P=(x, y, z)$  に対して値が与えられる関数が定められる。この手順で任意の点  $P$  の値を定める関数を3次元ゆらぎ関数と呼び、 $D(P)$  で表す。

### 3.2 3次元ゆらぎ関数を用いたテクスチャの生成

自然に生成されたテクスチャは不規則性状を持ち、解析的関数で表現するのは困難であるが、その基本的な構造は規則的なものであり、これに物理的な変形作用によるゆらぎが加わったものとするのは1つの自然な考え方であろう。我々はこの考え方を基にして次の方針で3次元テクスチャの生成を試みた。

まず、規則的な形状、性状を表す原関数  $G(P)$  を定め、次に、3次元フラクタル格子を定めた後、前節の補間法によって3次元ゆらぎ関数  $D(P)$  をつくる。点  $P$  において、この  $D(P)$  の値に基づいて式(7)のように座標  $P'$  を定める。

$$P' = F(P, D(P)) \tag{7}$$

ここに、 $F$  は適当に選ぶ関数で3次元ゆらぎ関数  $D(P)$  の値に基づいて座標値を変位させるものである。以下、 $F$  をゆらぎ適用関数と呼ぶ。この結果、原関数の点  $P$  における値  $G(P)$  が点  $P'$  において観測されるものとする(図7参照)。このような形で観測されたテクスチャを関数  $G'(P')$  で表す。

## 4. 大理石と木目のテクスチャ生成と表示への応用

### 4.1 大理石の生成

大理石は変成作用を受けた石灰岩で、結晶質のものと層状のものに大別できる。純粋なものは純白であるが、今日、建築材料として使用されているものには、不純物の混入によって黒・灰・黄・赤などの縞模様のあるものが多い<sup>10), 11)</sup>。そこで今回は多種ある大理石のうち、層状の縞模様のある大理石について検討した。

層状の縞模様のある大理石は、石灰質の岩石に割れ目が生じ、そこに周囲から不純物が充填されることによって生成される。また、この不純物層から石灰質への融解、浸透によって、不純物層のまわりの狭い節目には、薄く色の淡い浸透層が生じている。この層構造は規則的ではなく、まわりの岩石などの圧力によってゆらいだものとなっている(図8)。これらの前提から、次のモデル化を考える。

(1) もともとの割れ目は複雑な曲面でなく、一定

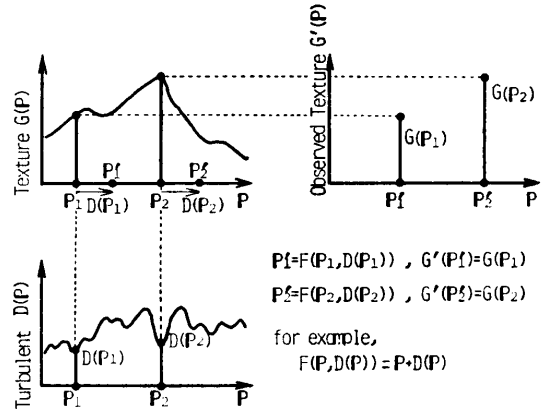


図7 ゆらぎ  $D(P)$  による原関数  $G(P)$  の変形  
Fig. 7 Turbulence of the original function  $G(P)$  with the turbulent function  $D(P)$ .

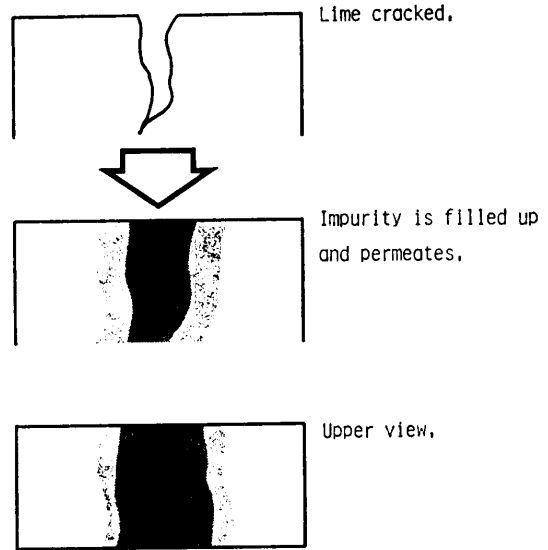


図8 大理石の縞の発生  
Fig. 8 Formation of marble stripes.

の厚みを持ち、特定方向(ここでは  $x-y$  平面と平行な方向)に延びた層である。

(2) 境界面での浸透は不純物から石灰質への一方方向のみである。

そこで図9に示すような指数減衰の裾を持つ台形状の関数を用いて1つの層を表現し、これを複数個合成することによって層状構造を表現する原関数  $G(P)$  をつくる。すなわち、

$$G(P) = \sum_{j=1}^m g_j(z) \tag{8}$$

$$g_j(z) = e^{-\alpha_j d_j} \quad (d_j > 0)$$

$$= 1 \quad (d_j \leq 0)$$

ただし、 $d_j = |z - c_j| - w_j/2$

; 縞縁からの距離

$P=(x, y, z)$ : 座標

$w_j$ : 縞の幅

$c_j$ : 縞中心の  $z$  座標

$\alpha_j$ : 減衰定数 ( $\alpha_j > 0$ )

また, ゆらぎ適用関数  $F$  としては,

$$F(P, D(P)) = P + (0, 0, k \cdot D(P)) \quad (9)$$

を用いる。すなわち,  $z$  座標値のみを3次元ゆらぎ関数  $D$  に基づいて変位させる。ここに  $k$  はゆらぎの寄与度を表す適当な定数である。

なお, K. Perlin<sup>9)</sup> は縞を与える原関数として三角関数を用い, これに対しハッシング関数を用いてゆらぎを与えることにより大理石の表示を得ているが, ゆらぎの生成の具体的な方法は明確に示されていない。自然界の自己相似性をモデル化したフラクタルを利用した本手法がより自然な方法であると考えられる。

#### 4.2 木目の生成

四季のはっきりしている地域などに生長する木は, 夏冬の寒暖差, 照度差などによって年輪を生じ, 木材の切断方向によって様々な木目がみられる。年輪は木の軸を中心とした同心円状の交わることのない閉曲面と見ることができるので, ポテンシャル関数<sup>9)</sup>を用いて木目模様を生成することが可能である。しかし, 不均一な構造の木目を表現しようとすると, 非常に多くの仮想電荷を置く必要があり, 計算量が多いと考えられる。

ここでは, 木目生成は式(10)に示す放射状の正弦波関数を原関数として用い, 式(11)のゆらぎ適用関数に3次元ゆらぎ関数を用いて木目模様を生成した。

$$G(P) = \sin(k_2 \cdot r) \quad (10)$$

ここに  $P=(x, y, z)$

$$r = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}$$

$(x_0, y_0)$  は木目中心

$k_2$  は年輪間隔を定める係数

$$F(P, D(P)) = P + k \cdot D(P) \cdot \left( \frac{x-x_0}{r}, \frac{y-y_0}{r}, 0 \right) \quad (11)$$

すなわち, 木目を表す原関数の放射方向に座標を変位させる。ここに  $k$  はゆらぎの寄与度を表す適当な定数である。

#### 4.3 カラー表示のための RGB 輝度の設定

生成されたテクスチャ濃度  $G'$  より, 表示画面のカラーを定める R, G, B 各成分  $I_r, I_g, I_b$  の輝度を求めるルックアップ関数を次式により定義する。

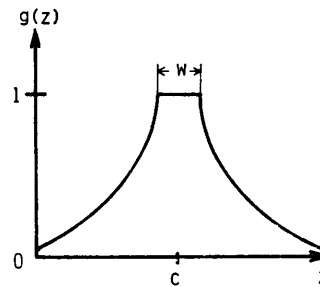


図9 指数関数の裾を持つ台形状原関数  
Fig. 9 Trapezoid original function with exponential skirt.

$$\begin{aligned} I_r &= (1-G') \cdot I_{r \min} + G' \cdot I_{r \max} \\ I_g &= (1-G') \cdot I_{g \min} + G' \cdot I_{g \max} \\ I_b &= (1-G') \cdot I_{b \min} + G' \cdot I_{b \max} \end{aligned} \quad (12)$$

ここに,  $I_{\max}, I_{\min}$  は各色の最大輝度, および最小輝度であり, 大理石の場合はそれぞれ石灰質および不純物の配色を表す。濃度  $G'$  によって  $I_{\max}$  と  $I_{\min}$  の間を線形内挿している。添え字 r, g, b は各々 R, G, B 成分を意味する。木目の場合も同様で,  $I_{\max}, I_{\min}$  は冬材, 夏材の配色に相当する。

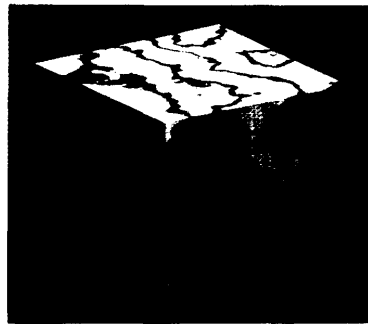
#### 4.4 表示例

図10~15に本手法によって生成された大理石, 木目の物体の表示例を示す。各図とも(a)は大理石, (b)は木目模様の表示例である。各図においてフラクタル格子の大きさ(フラクタル値が格納される3次元配列の大きさ)は  $65^3$  (再帰の深さ6)であり, すべての表示例に同一のフラクタル格子を用いている。

図10は格子に平行な面を持つ立方体の表示例である。立方体の1つの面と隣接した面との境界線において縞模様が連続している。図11は立方体の連続スライス面の表示である。図12は立方体における, ゆらぎの寄与度  $k$  の変化の様子を示した表示例である。図12(a)では  $k$  の値は0から30までの2刻みであり, 図12(b)では,  $k$  の値は0から6までの0.4刻みである。他の表示例は大理石については  $k=16$ , 木目については  $k=1.6$  に設定した。

図13~15は曲面, 平面の組合せ, スプライン関数の回転体などによる応用表示例である。2次元テクスチャマッピングにありがちな集束点が無く, 自然な表示が得られている。

表示は  $512 \times 512$  ピクセル, RGB 各色8ビットのラスタ型グラフィックディスプレイ (Graphica M-1008) による。それぞれの表示例に要した処理時間を表1に示す。各図においてゆらぎ格子作成に要した時

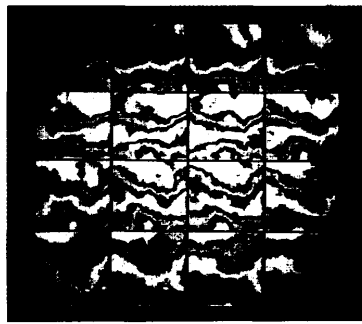


(a)

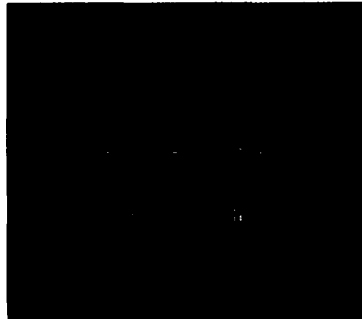


(b)

図 10 立方体の表示  
Fig. 10 An object "CUBE".

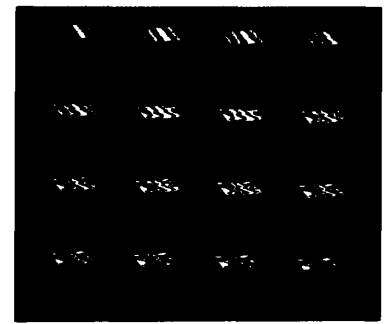


(a)

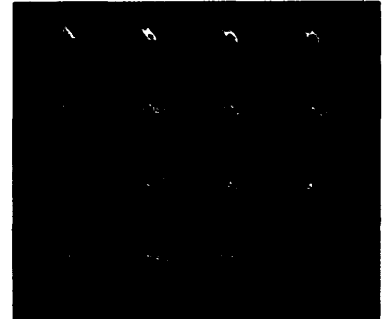


(b)

図 11 立方体の連続断面像  
Fig. 11 A sliced image of the "CUBE".



(a)

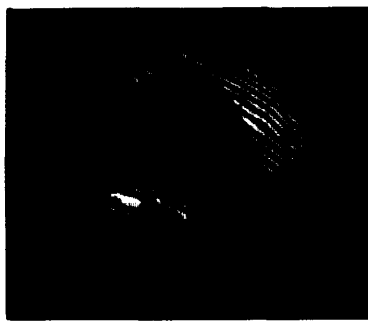


(b)

図 12 ゆらぎの寄与度  $k$  の変化  
Fig. 12 Variation of the turbulent coefficient  $k$ .



(a)



(b)

図 13 一部切り出された球の表示例  
Fig. 13 An object "CUT SPHERE".

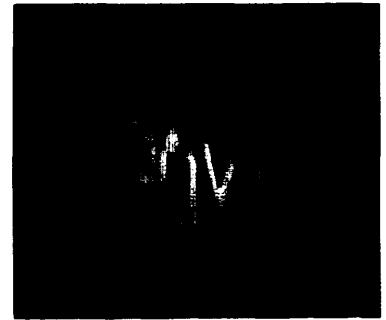


(a)

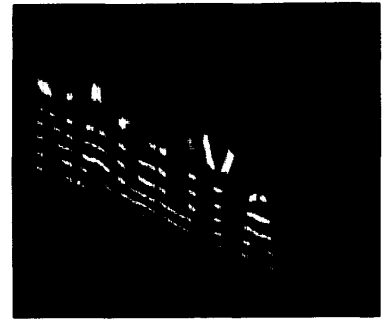


(b)

図 14 スプライン曲線の回転体による「壺」の表示例  
Fig. 14 An object "POT" by rotation of the spline curve.



(a)



(b)

図 15 平面の組合せによる「NAGOYA」の表示例  
Fig. 15 An object "NAGOYA" constructed by planes.

表 1 処理時間  
Table 1 Processing time.

Fig.	CPU time [sec]	
	(a) Marble	(b) Woody
10	14.6	12.9
11	30.6	27.9
12	15.4	13.5
13	22.7	19.9
14	34.0	30.7
15	84.6	72.6

間、ファイル書き込みに要した時間は、それぞれ 5.9 sec, 0.9 sec であった。計算精度については、スプライン関数補間は 8 バイト実数、他はすべて 4 バイト実数によった。

計算機は FACOM M-382 である。

#### 4.5 一般の画像生成への応用

今日のコンピュータ・グラフィックス手法によれば、実にリアルな画像生成が可能となっている。しかしその反面、数式で表現しやすい規則的な構造を持った画像の生成に向いており、一般的にコンピュータ・グラフィックスによる生成画像は人工的な印象を与えるのは否めない。これに対し、現実存在する自然のシーンにおいては、なんらかの形で不規則さが含まれている。そのような不規則さを手続的に生成する手段として、1次元、2次元のランダム・フラクタル手法は有用なものとして利用されてきた。

本報告の画像生成においては、3次元ランダム・フラクタルを位置の変位として用いることにより不規則性を持つ層構造を表現した。もちろん自然界の不規則性には、色彩、密度、濃度などの多くの要素があり、それらの要素に対して3次元ランダム・フラクタル手法を利用すれば、当然、様々な種類の不規則性の表現に応用可能と考えられる。

従来の1次元、および2次元ランダム・フラクタルによる画像生成においては、中点変位によって再帰中点の高さを変化させ、フラクタルによって直接に形状を定義する方法がほとんどであった。本稿で提案した3次元ランダム・フラクタルを用いる手法では、3次元空間個々の座標の位置自体を変位させるものであり、従来のそれ自身で形状を定義するという方法の単純な拡張ではない。当然、この考え方を2次元に適用すれば2次元平面内で座標を変位させる手法が考えられるが、そのような手法は従来まったく考えられていなかった。

## 5. むすび

3次元の連続したゆらぎを与える方法として、3次元ランダム・フラクタル格子による手法を用い、原関数に変位を与えることによって自然に生成された不均質材料のソリッドテクスチャを表現する手法を提案した。また、本手法の応用例として大理石、および木目のソリッドテクスチャの生成方法、および生成画像を示し、本手法の有用性を示した。

以下にその要点を述べる。

(1) 大理石においては縞の原関数として指数関数的に減衰する裾を持つ台形状関数を用い、3次元フラクタル格子により、縞と直交する方向にゆらぎを与えることによって縞模様を発生させたところ、実物に近い良好な大理石の縞模様が得られた。

(2) 木目においては木目の原型となる原関数として放射状の正弦関数に、同様の方法で放射方向のゆらぎを与えることによって、良好な木目模様を得られた。

(3) 対象物体を3次元ソリッドテクスチャから切り出しているため模様不連続点、集束点等がなく、自然な表示が得られた。

(4) ランダム・フラクタルと線形補間を組み合わせることにより、細かな自己相似性に欠けるが、3次元的に連続で実用的なフラクタル格子を構成できることが確認された。

(5) 同一のゆらぎ格子を用いても、原関数、ゆらぎ適用関数、および表示のルックアップ関数を変化させることによってさまざまな不均質性材料のテクスチャ表現が可能であることが示唆された。

問題点および今後の課題として、さまざまな材料ごとの原関数の設計の簡便化があげられる。また、4.5節で述べたように、本手法に基づく多くの応用が考えられるので、それらについての検討、および3次元ゆらぎ格子の表現に要する記憶容量の削減<sup>12)</sup>が課題となっている。

謝辞 本研究に際し、有益な討論を頂いた鳥籠研究室の諸氏に感謝する。なお、本研究の一部は文部省科研費（一般研究（C）No. 61102005）による。

## 参 考 文 献

- 1) 横井茂樹：物体の質感表現のためのシェーディング技法, *Pixel*, No. 15, pp. 87-93 (1983).
- 2) Mandelbrot, B. B.: *The Fractal Geometry of Nature*, W. H. Freeman and Co., San

Francisco (1982).

- 3) Fournier, A., Fussel, D. and Carpenter, L.: *Computer Rendering of Stochastic Models*, CACM, Vol. 25, No. 6, pp. 371-384 (1982).
- 4) 鶴岡, 鈴木, 木村, 横井, 三宅: フラクタル手法を用いた物体の材質感表現, NICOGRAPH '85 論文集, pp. 107-113 (1985).
- 5) Tsuruoka, S., Suzuki, N., Kimura, F., Yokoi, S. and Miyake, Y.: *Rugged Texture Generation by Stochastic Models*, Proc. of Science on Form, Vol. 1, pp. 297-304 (1985).
- 6) 岡田, 堀, 横井, 鳥脇: 3次元フラクタルを利用した大理石の質感表現, NICOGRAPH '86 論文集, pp. 97-105 (1986).
- 7) 横井, 岡田, 堀, 鳥脇: 3次元ランダム・フラクタルを利用した大理石の質感表現, 昭62信学総全大 1618, p. 6-296 (1987).
- 8) Perlin, K.: *An Image Synthesizer*, Proc. SIGGRAPH '85, pp. 287-296 (1985).
- 9) 鶴岡, 新帯, 木村, 横井, 三宅: ポテンシャル法を用いた木目の表示方法について, NICOGRAPH '85 論文集, pp. 83-88 (1985).
- 10) “大理石”, プリタニカ国際大百科事典, Vol. 12, pp. 384-385, TBS プリタニカ, 東京 (1974).
- 11) “大理石”, 日本百科大辞典, Vol. 9, p. 64, 小学館, 東京 (1964).
- 12) 岡田, 多賀, 横井, 鳥脇: 3次元ランダム・フラクタルによるテクスチャ生成に関する検討, 情報研報, Vol. 87, No. 29, グラフィクスと CAD, 26-4 (1987).

(昭和62年4月23日受付)

(昭和62年9月9日採録)



岡田 稔 (正会員)

昭和59年名古屋工業大学工学部電気工学科卒業。昭和61年三重大学大学院修士課程(電子工学)修了。同年名古屋大学大学院博士後期課程(情報工学)進学, 現在に至る。この間, 医用計測, 医用画像処理, コンピュータ・グラフィックスの基礎技法に関する研究に従事。電子情報通信学会, 日本 ME 学会, 日本循環器学会等各会員。



横井 茂樹 (正会員)

昭和46年名古屋大学工学部電気工学科卒業。昭和52年同大学院博士課程修了。工学博士。名古屋大学助手, 三重大学助教授を経て, 現在, 名古屋大学工学部情報工学科助教授。画像処理, コンピュータ・グラフィックスの基本手法, およびその医学応用に関する研究に従事。電子情報通信学会, 日本 ME 学会, 日本形成外科学会各会員。



鳥脇純一郎 (正会員)

昭和14年7月20日生。37年名古屋大学工学部電子工学科卒業。42年同大学院博士課程修了。同年4月名古屋大学工学部助手。以後, 45年同助教授, 49年名古屋大学計算機センター助教授, 55年豊橋技術科学大学情報工学系教授, 58年名古屋大学工学部電子工学科教授を経て, 60年4月より同情報工学科教授。工学博士。パターン認識, 画像処理, グラフィクス, および, それらの医学情報処理への応用に関する研究に従事。著書「現代確率論の基礎」(オーム社)(共著)。電子情報通信学会, 日本 ME 学会, 医療情報学会, 米国 IEEE 各会員。



堀 健二

昭和61年名古屋大学工学部電子工学科卒業。同年松下電器産業(株)に入社。技術本部 PC 開発部に勤務, 現在に至る。在学中, コンピュータ・グラフィックスの基本手法に関する研究に従事, 現在はパーソナル・コンピュータの研究開発に従事。電子情報通信学会会員。