DP を用いたテクスチャ画像の周期的貼合せ

正 員 東海林 健 二 (宇都宮大)

Periodically Pasting of Texture Images Using DP

Kenji Shoji, Member (Utsunomiya University)

Texture mapping is one of the key techniques for creating realistic images of 3D scenes. Mapping a real texture image to a broad surface in a 3D scene, we must expand the real texture image. To expand a texture image, one may repeatedly paste the copies of it or its folded versions. On the expanded image by the above method, however, the seam lines among the copies are conspicuous. We propose a novel method for expanding texture images. The method is cutting out a patch from the original texture image in optimum shape at optimum position, and pasting the copies of the patch repeatedly. Cutting out the optimum patch, dynamic programming (DP) is used so that the seam lines among the copies of the patch are inconspicuous (the differences of gray values between both sides of the seams are minimal). Experimental results show that the method proposed here is available for natural texture images with weak periodicity.

キーワード：テクスチャ、画像生成、動的計画法(DP)

1. ま え が き

コンピュータグラフィックスでは、三次元物体表面上に、木目、大理石模様などのテクスチャを貼り付け、その三次元物体の質感を高めようとするテクスチャマッピングという技法が現在盛んに用いられており、処理が容易な割には大きな効果が得られるといわれている⁽¹⁾。しかしながら、テクスチャマッピングを行うのに十分な大きさ(広さ)の自然テクスチャ画像をどのようにして用意するのかという問題点がある。例えば、テクスチャの写真集から適当なテクスチャのサンプル画像を入力し、これを大きな三次元物体に貼り付けることを考える。そのためには、サンプル画像から十分に大きなテクスチャ画像を作り出すことが必要となる。

現在、コンピュータグラフィックスの製作現場でよく用いられる方法は、図1(a)のような方形のサンプルテクスチャ画像を(b)図に示すように上下左右に折返しながら繰返し配列していく方法である。この方法によると、サンプル画像の各辺、すなわち、継目では自分自身と接するため、継目が目立たないことが期待さ

れる。しかしながら、テクスチャがほぼ上下対称、左右対称であることが必要であるという制限がある。

テクスチャは、それを生成するようなテクスチャモデルを考えるという立場から、確率的テクスチャと決定論的テクスチャに大きく分けられる。これらのテクスチャモデルについては、多くの研究が行われているが⁽²⁾⁽³⁾、テクスチャの生成については、サンプル画像からモデルパラメータを抽出する過程や、そのモデルとパラメータを用いてテクスチャを生成する過程で多くの計算コストを要する。そのため、処理が容易であるわりには効果が大きいというテクスチャマッピングへの適用は考えにくい。

サンプルテクスチャからテクスチャを生成するのではなく、テクスチャの二次元フーリエスペクトルを対話的に入力し、テクスチャを生成するシステムがあるが⁽⁴⁾、それを使いこなすには、十分な訓練が必要であろう。また、あらかじめ作成しておいた手続きに、幾つかのパラメータを与えてテクスチャを生成するというテクスチャジェネレータが考案されている⁽⁵⁾。多種多様のテクスチャそれぞれについて、テクスチャジェネレータが用意されれば、利用者はこのようなシステ

図 1 テクスチャ D3 の拡大例
Fig.1. Examples of expanding of a texture image D3.

ムを用いて自分の望むテクスチャを生成できるが、それには、もう少しの時間が必要であろう。

サンプルテクスチャから必要な大きさのテクスチャを生成する最も素朴な方法として、適当な大きさの方形のサンプルテクスチャ画像 1 枚を単位画像として、これを縦横に単純に繰り返し配列して貼り合わせ、必要な広さのテクスチャ画像を得る方法（以下、単純繰り返し法と呼ぶ）が考えられる。もちろん、この方法では (c) 図に示すように、方形の単位画像の継目が目立つこととなる。この原因として考えられるのは、

- (i) 継目付近でのテクスチャ模様の位相ずれ
- (ii) 継目における濃淡値の跳躍

の二つである。本研究で提案する手法は、考え方とその実現法が極めて容易な単純繰り返し法を基本とし、継目が目立つ原因 (i) を解消するため、単位画像の配列方向を単純に縦横とするのではなく、テクスチャの構成要素の二次元配列の方向と周期を求め、これを単位画像の配列方向と周期に一致させる。そして、継目が目立つ原因 (ii) を解消するため、継目上で濃淡値の跳躍が最小となるような最適単位画像を、サンプルテクスチャ画像中のどの位置でどのような形状とればよいかを動的計画法 (DP) で決定するものである。以下では、サンプルテクスチャ画像から切り出した単位画像をパッチ、このパッチを周期的に貼り合わせて生成したテクスチャ画像をパッチワークと呼ぶことにする。本手法で生成するテクスチャ、すなわちパッチワークは完全に周期的なテクスチャとなる。第 2 章では提案する手法を説明し、第 3 章では幾つかの自然テクスチャに対して行った実験結果を報告し、検討を加える。第 4 章では実験結果のまとめと今後の課題について述べる。

2. 生成手法

サンプルテクスチャ画像から、それ自身をすき間なく繰り返し並べることができ、しかも、並べたときに

その継目が目立たないというようなパッチを切り出す手法を述べる。

本手法は、まずサンプルテクスチャのフーリエパワースペクトルから構成要素の配列方向を二つ選択し、それぞれの配列方向に沿ってサンプルテクスチャの自己相関関数を求め、これよりパッチを配列するための二次元ベクトル対を得る。次に、配列方向が縦横の格子状になるように、つまり二次元ベクトル対が垂直方向と水平方向となるようにサンプルテクスチャをアフィン変換により変形する。そして、この変形したサンプルテクスチャから、水平、垂直方向に繰り返し並べたときに継目での濃淡値の跳躍が最小となるようなパッチを DP にて決定する。最後に、変形したサンプルテクスチャ内のパッチの位置、形状から、変形する前のサンプルテクスチャ内のパッチの位置、形状を、上述のアフィン変換の逆の変換により求め、これを最終的に求めるパッチとする。任意の大きさのテクスチャを生成するためには、このパッチを先に求めた二次元ベクトル対に従って繰り返し配列するだけでよい。

以下では、サンプルテクスチャとして、大きさが $M \times M$ 画素、その濃淡値は $-128 \sim 127$ の範囲にあり、平均値 0、標準偏値 64 に正規化した画像 $t(i, j)$, $0 \leq i \leq M-1, 0 \leq j \leq M-1$ を処理対象とする。また、 $t(i, j)$ は、区間 $0 \leq i \leq M-1, 0 \leq j \leq M-1$ 以外では 0 とする。

まず、〈2・1〉節では二次元ベクトル対の決定方法を述べ、次に〈2・2〉節では、DP を用いて最適なパッチを切り出す方法を説明する。

〈2・1〉 ベクトル対の決定 対象とするサンプルテクスチャは、その構成要素が周期的に二次元状に配列されていると考えることにする。ここで言うことは、その配列規則を与える二つの二次元ベクトル（以下、ベクトル対と呼ぶ）を得ることである。テクスチャから、その構成要素の配列規則としてベクトル対を抽出する方法は文献 (6) で示されている。ここでは、文献 (6) を参考にして、パワースペクトルをベクトル対の方向の決定に利用し、ベクトル対の大きさは、自己相関関数を用いて決定した。

(1) 方向 ϕ_1, ϕ_2 の決定 サンプルテクスチャのフーリエパワースペクトルを得るために、サンプルテクスチャにハニング窓をかけ、二次元離散フーリエ変換を行う。次に、離散フーリエ変換により求めたパワースペクトルから、テクスチャの構成要素の配列方向を求める。そのための方法として、方向 θ に関するエネルギー密度を求めることとした。すなわち、極座

標表示のワースペクトルを $P(\theta, r)$ とし、 θ 方向のエネルギー密度を $v(\theta)$ とすると、

$$v(\theta) = \int_0^{M/2} P(\theta, r) r dr \quad \dots\dots\dots (1)$$

である。そして、 $v(\theta)$ の極大点について、その値の大きい順に二つを選び出し、そのときの方向 θ をそれぞれ θ_1, θ_2 とする。すると、テクスチャの構成要素の配列規則であるベクトル対を v_1, v_2 、その方向を ϕ_1, ϕ_2 とすると、

$$\left. \begin{aligned} \angle v_1 &= \phi_1 = \theta_1 + \frac{\pi}{2} \\ \angle v_2 &= \phi_2 = \theta_2 + \frac{\pi}{2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

となる。図2に、図1(a)のサンプルテクスチャ 128×128 画素のワースペクトルから求めた θ 方向のエネルギー密度 $v(\theta)$ と二つの選ばれた極大点を示す。 θ は 0.5° ごとに 0° から 180° の範囲とした。

(2) 大きさの決定 ベクトル対 v_1, v_2 の大きさを求めるために、そのベクトルの方向 ϕ_1, ϕ_2 それぞれに沿って、サンプルテクスチャの自己相関関数を求め

図2 テクスチャ D3 の θ 方向のエネルギー密度 $v(\theta)$

Fig. 2. Energy density $v(\theta)$ in direction θ for the texture image D3.

図3 テクスチャ D3 の構成要素の配列方向 ϕ_1, ϕ_2 に沿った自己相関関数 R_{ϕ_1}, R_{ϕ_2}

Fig. 3. Autocorrelations R_{ϕ_1} and R_{ϕ_2} along the placement directions ϕ_1 and ϕ_2 of texture primitives for D3.

る。ここで用いた自己相関関数は、 $t(i, j)$ とそれを方向 ϕ に長さ r だけずらした画像との相関係数である。すなわち、これを $R_\phi(r)$ とし、極座標 (ϕ, r) に対応する直交座標を (p, q) とすると、

$$R_\phi(r) = \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} t(i, j) t(i+p, j+q)}{(M-p)(M-q)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ただし、 $p: r \sin \phi$ に最も近い整数、 $q: r \cos \phi$ に最も近い整数

である。(3)式の分子は、一般的な自己相関関数の式となっている。一方、分母は $M \times M$ 画素の領域と、それ自身を $(-p, -q)$ だけずらした領域とが重なり合った部分の面積となっている。この(4)式の意味は以下のように考える。サンプルテクスチャの $M \times M$ 画素の領域以外では、形式的に $t(i, j)=0$ としているが、実際は有効な値をもたない。そこで、自己相関関数を計算するとき、(4)式の分子の $t(i, j)t(i+p, j+q)$ が有効な値をもつ区間、すなわち両者が重なり合った部分の面積で分子を規格化するという考え方である。図3に、図1(a)のサンプルテクスチャについて、〈2・1〉節(1)項の方法で得たベクトル対の方向 ϕ_1, ϕ_2 に沿って求めた自己相関関数 $R_{\phi_1}(r), R_{\phi_2}(r)$ を示す。二つの自己相関関数それぞれの複数の極大点のうちから、評価関数 $R_\phi(r) \times r$ が最大となる点を選び、そのときの r をそれぞれ r_1, r_2 とする。このようにして求めた r_1, r_2 がベクトル対 v_1, v_2 の大きさである。

最終的に、ベクトル対 v_1, v_2 として、極座標 $(\phi_1, r_1), (\phi_2, r_2)$ に対応する格子点の直交座標 $(p_1, q_1), (p_2, q_2)$ を得る。

〈2・2〉 パッチの切出し

(1) アフィン変換による変形 パッチを切り出す処理を容易にするため、サンプルテクスチャをアフィン変換により変形する。そのためのアフィン変換行列 T を、ベクトル対 v_1, v_2 の写像 v'_1, v'_2 がそれぞれ水平方向、垂直方向を向くように決定する。つまり、 2×2 のアフィン変換行列 T は、ベクトル対の大きさ $|v_1|, |v_2|$ に最も近い整数値をそれぞれ n_1, n_2 とすると、

$$\left. \begin{aligned} v'_1 &= \begin{bmatrix} 0 \\ n_1 \end{bmatrix} = T v_1 \\ v'_2 &= \begin{bmatrix} n_2 \\ 0 \end{bmatrix} = T v_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

を満たす行列として求める。例えば、図4(a)のようなベクトル対 v_1, v_2 が与えられたとすると、正方形の

図 4 サンプルテクスチャの変形
Fig. 4. Deformation of sampled texture images.

図 5 変形したサンプルテクスチャから
縦方向継目を得る過程
Fig. 5. The process of obtaining a vertical
seam from a deformed sampled texture
image.

サンプルテクスチャの領域は、(4)式を満たすアフィン変換行列によって、(b)図のような傾いた平行四辺形の領域へ写像される。

(2) 縦方向継目の決定 傾いた平行四辺形の画像では扱いにくいので、図5(a)のように、2辺が水平の平行四辺形を切り出す。傾いた平行四辺形に内接し、2辺が水平の平行四辺形は多数あるが、以下では(b)図のように、この平行四辺形とそれ自身を $|v_1|$ だけ水平方向にずらしたものが重なり合った領域に対して処理を行うので、ここでは、重なり合った領域の面積 S が最大となる平行四辺形を切り出すことにする。つまり、2辺が水平の平行四辺形として、底辺の長さを l 、高さを h とすると、

$$S = (l - |v_1|)h \quad (5)$$

が最大となるようなものを選ぶ。

図 6 DPを用いた縦方向継目の決定
Fig. 6. Decision of the optimum vertical
seam using DP.

次に、(b)図のように、切り出した画像 A に、それ自身を水平方向に $|v_1|$ だけずらした画像 B を重ね合わせ、重なった部分を上辺から下辺に向かって切り取る。切取線は多数考えられるが、切取線に沿って両者の画素値の差の2乗を累積したものが最小という意味で最適なものを後で述べるDPにより選ぶ。すると、(c)図のように画像 A と画像 B は隙間なく接続でき、しかも接続部(継目)上での画像 A と B の誤差は最小であるから、この継目は視覚的に目立たないことが期待される。ところで、画像 A と画像 B は位置のみが異なる同じ画像であるから、(d)図のように、二つの切取線で囲まれた部分を取り出すことができる。これを横方向単位画像と呼ぶことにする。すると、(e)図のように、それ自身を水平方向に繰り返して隙間なく並べることができ、しかも継目は目立たない。この最適な縦方向の継目(切取線)をDPにより求める方法を次に示す。

ここでの問題は、(b)図のように、画像 A とそれを右に $|v_1|$ だけずらした画像 B が重なった領域の上の辺から下の辺に至るあらゆる経路のうちで、経路に沿った画像 A と B の画素値の差の2乗(二乗誤差)の累積が最小となる経路を決定することである。許される経路として、ある画素へは、隣接した左上、真上、右上の3種類の経路のみを考えることとし、これを原始パスと呼ぶことにする。すると、最適経路決定問題は、DPにより解くことができる⁽⁷⁾。図6のように i - j 座標系を考え、点 (i, j) における二乗誤差を $e(i, j)$ 、上の辺($i=0$)から点 (i, j) までの誤差の累積値を $g(i, j)$ とすると、初期条件は、

$$g(0, j) = e(0, j) \quad (6)$$

DP方程式は、

$$g(i, j) = \min \begin{cases} g(i-1, j-1) \\ g(i-1, j) \\ g(i-1, j+1) \end{cases} + e(i, j) \quad (7)$$

となる。計算手順としては、一番上 ($i=0$) から計算を始め、左上、真上、右上の面素のうち、誤差の累積 g の最も小さい位置から現在の位置へ原始パスをのばし、その誤差の累積 g に現在の位置の誤差 e を加え、これを現在の位置までの誤差の累積として現在の位置の誤差の累積 g に書き込み、以上の操作を図 6 に示す実行順序で繰り返していくものである。この操作が一番下の最終行で終了した後、最終行の各画素のうち、そこまでの誤差の累積 g が最小となっている画素の位置から原始パスを逆にたどり、最適経路を決定する。

(3) 横方向継目の決定 横方向単位画像を横に繰り返し並べて作った図 7(a) の画像 C と、それ自身を $|v|$ だけ下にずらした画像 D を重ね合わせ、 $\langle 2 \cdot 2 \rangle$ 節(2)項と同様の方法で最適継目を求めることを考える。この場合、(a)図の画像 C は横方向の繰返し画像であるから、そこから(b)図のように、単位長さ $|v|$ の区間で切り出した画像だけを処理対象とし、左辺から右辺に至る最適経路を求めればよい。ただし、単位長さ $|v|$ で横方向に繰り返した画像の最適経路は、やはり、周期 $|v|$ の繰返しとなる。従って、(b)図の重なり合った領域を横切る最適経路は、左側の始点と右側の終点の縦座標を一致させる必要がある。そのため、左辺から右辺に至る最適経路は、ある縦座標の始点と終点について最適経路を求め、これをすべての縦座標の始点と終点で繰り返し、このようにして求めた複数の最適経路から、誤差の累積が最小のものを選ぶ必要がある。

具体的には、(b)図のように i - j 座標系を考え、点 (i, j) における二乗誤差を $e'(i, j)$ 、始点から点 (i, j) までの誤差の累積を $g'(i, j)$ とすると、始点を $(k, 0)$ としたときの初期条件は、

$$g'(k, 0) = e'(k, 0) \quad \dots\dots\dots (8)$$

図 7 (b) の斜線部分に適用する DP 方程式は、

$$g'(i, j) = \min \left\{ \begin{array}{l} g'(i-1, j-1) \\ g'(i, j-1) \\ g'(i+1, j-1) \end{array} \right\} + e'(i, j) \quad \dots\dots\dots (9)$$

となる。ただし、(b)図の斜線部分以外では $g' = \infty$ と考える。この計算を $j=|v|$ まで行い、終点 $(k, |v|)$ での誤差の累積 $g'(k, |v|)$ を求める。そして、始点と終点の縦座標 k を変化させてこれを繰り返し、誤差の累積が最小となる始点と終点の縦座標 k を求める。このときの最適経路が求める最適経路である。最後に、画像 C から、この最適経路とそれ自身を上にも $|v|$ だけずらした経路によって囲まれ、更に縦方向の 2 本の継目によっても囲まれた部分を取り出す。これがアフィン変換された最適パッチである。アフィン変換行列を T とすると、このアフィン変換された最適パッチを T^{-1} でアフィン変換したものが最終的に求める最適パッチとなる。しかし一般に、画像のアフィン変換を繰り返すと、ぼけが生じる。そのため、実際はアフィン変換された最適パッチを取り囲む輪郭線を T^{-1} でアフィン変換して、その輪郭線でサンプルテクスチャを切り出すことにより、ぼけのない最適パッチを求めている。

3. 実 験

幾つかの自然テクスチャに対して、前章で述べた方法を適用して、パッチワークの生成実験を行った。自然テクスチャとして、Brodatz のテクスチャ写真集⁽⁸⁾ から傾向の異なる 11 枚を選び、これを 128×128 画素、256 階調で画像入力を行い、濃淡レベルが平均 0、標準偏差 64 となるように規格化した。

規格化された 128×128 画素のテクスチャ画像から 512×512 画素のパッチワークを生成するのに要した時間は、約 40 秒 (NEWS NWS-3470) であった。

一例として、図 8 にテクスチャ D3 (は虫類の皮) の入力画像と抽出されたパッチ、そのパッチを配列して得たパッチワークを示す。これを見ると、サンプルテクスチャの不規則性はもちろん再現できていないが、パッチワークの継目はほとんど見えず、また全体の印象も元のテクスチャに似たものとなっている。

本研究で提案した手法との比較の意味で、図 8 と同じ入力画像 D3 を用いて、 $\langle 2 \cdot 1 \rangle$ 節で引用した文献 (6) のテクスチャ構成要素を抽出する過程で得られる「復元画像」求めた。これを図 9 に示す。これは、サンプル画像を離散フーリエ変換して、そのパワースペクトル空間を探索してベクトル対を求め、そのフーリ

図 7 DP を用いた横方向継目の決定
Fig. 7. Decision of the optimum horizontal seam using DP.

図 8 テクスチャ D3 のパッチワーク
Fig. 8. A patchwork of the texture image D3.

図 9 テクスチャ D3 文献(6)による復元画像
Fig. 9. A restored image of the texture image D3 by the method of the literature (6).

エスペクトルとその高調波成分だけを取り出し、これを離散逆フーリエ変換して得た画像である。この復元画像は、その生成手法上、上下左右に単純に繰り返しても滑らかに接続できるため、図 9 では復元画像を縦横に二つずつ並べて示した。この文献の手法は、もとのサンプル画像が完全に周期的ではないにもかかわらず、完全に周期的な画像とみなして処理を行うため、同図からもわかるように、一つ一つの構成要素がぼけることになる。文献(6)は、テクスチャの構造解析が目的であるので、これで十分であるが、テクスチャ生成には不適當であると考えられる。

図 10 テクスチャ D74 のパッチワーク
Fig. 10. A patchwork of the texture image D74.

図 11 テクスチャ D111 のパッチワーク
Fig. 11. A patchwork of the texture image D111.

本手法は、その原理上、周期性の強いテクスチャでは図 8 のような良好な結果が得られることがわかる。一方、周期性の弱いテクスチャでは、図 10 のテクスチャ D74 (コーヒー豆) や図 11 のテクスチャ D111 (泡) におけるパッチワークからわかるように、全体の

図 12 継目を直線としたテクスチャ D74 のパッチワーク

Fig. 12. A patchwork of the texture image D74 with straight seam lines.

図 13 継目をギザギザとしたテクスチャ D74 のパッチワーク

Fig. 13. A patchwork of the texture image D74 with zigzag seam lines.

印象がもとのテクスチャとはずいぶん異なったものとなっている。しかしながら、パッチワークの継目はほとんど目立たない。

ここで、〈2・2〉節で説明した DP による最適パッチの切り出しの効果を確認するため、〈2・2〉節(2)項縦方向継目の決定と(3)項横方向継目の決定の過程で、

(i) 縦方向の継目も横方向の継目も直線として、任意の位置からパッチを切り出して生成したパッチワークを図 12 に、

(ii) 縦方向の継目も横方向の継目もギザギザの形状として、任意の位置からパッチを切り出して生成したパッチワークを図 13 に、

示す。テクスチャ D3 のような比較的周期性の強いテクスチャについては、継目を DP で決定した場合と(i)直線および(ii)ギザギザとした場合の違いは注意深く観察しないと判別できなかった。しかし、D74 のような周期性の弱いテクスチャでは、図 12 および図 13 に示すように、図 10 とは違って、パッチワークの継目が目立ち、これにより DP による方法の効果が確認できた。

4. む す び

テクスチャ画像から、それ自身をすき間なく繰り返し並べることができ、しかも並べたときにその継目が目立たないというような最適なパッチを切り出す手法を提案した。そして、自然テクスチャを用いた実験結果より、以下のことがわかった。

(1) 周期性の強いテクスチャについては、もとのテクスチャに類似し、しかもパッチ間の継目が判別できないパッチワークを生成することができた。

(2) 周期性の弱いテクスチャについては、もとのテクスチャの印象とは異なるが、しかしパッチ間の継目は判別できないパッチワークを生成できた。

(3) パッチ間の継目を DP により決定した場合と、継目を直線やギザギザにした場合とを比べると、周期性の強いテクスチャでは両者の違いは少なかったが、一方、周期性の弱いテクスチャでは DP の効果が明確に示された。

本研究で提案した手法は、テクスチャマッピングのためのテクスチャ生成だけでなく、テクスチャデータの保存や、意匠デザインにおける図柄作成などにも役立つものである。

今後の課題として、本手法の対象画像はモノクロのテクスチャであったが、これをカラーのテクスチャに拡張することがあげられる。そのときは、ベクトル対の決定には強度画像を用い、DP によるパッチの切出しにおいては、適当に定めた色と色の間の相違度を誤差として用いればよいと思われる。

(平成 5 年 4 月 20 日受付)

文 献

- (1) P. S. Heckbert: "Survey of texture mapping", in K. I. Joy et al. eds., Tutorial: Computer Graphics: Image Synthesis, (1988) Computer Society Press, Washington
- (2) R. Chellappa & R. L. Kashyap: "Texture synthesis using 2-D noncausal autoregressive models", *IEEE Trans. Acoust. Speech & Signal Process.*, **AASP-33**, 194 (1985-1)
- (3) D. Ballard & C. M. Brown (福村, 他訳): コンピュータ・ビジョン(昭62) 日本コンピュータ協会
- (4) J. P. Lewis: "Texture Synthesis for Digital Painting", *Computer Graphics*, **18**, 245 (1984-3)
- (5) 宮田一乗: 「石垣パターンの生成手法」, 信学論 D-II, **J75-D-II**, 86 (平4-1)
- (6) 松山隆司・三浦修一・長尾 真: 「フーリエ変換を用いたテクスチャの構造解析」, 情報学論, **23**, 142 (昭57-3)

- (7) 東海林健二: 「DP を用いたテクスチャ画像欠損部の修復法」, 電学論 C, **111**, 256 (平3-6)
- (8) P. Brodatz: *Texture* (1966) Dover, New York

東海林 健 二 (正員)

昭和56年慶応義塾大学大学院博士課程修了。同年宇都宮大学工学部助手，現在，同助教授。工学博士。画像処理，視覚情報処理の研究に従事。電子情報通信

学会，情報処理学会，テレビジョン学会，IEEE，SPIE 会員。