

多重濃度共起行列を用いたシームレステクスチャの拡大法

遠藤 亮正† 山田 辰美‡ 徳永 幸生†

芝浦工業大学† NTT コミュニケーション科学基礎研究所‡

1. まえがき

具象的な画像(テクスチャ)を複数枚張り合わせても境界が連続的に繋がるシームレステクスチャを生成する様々な手法の研究が進められており、その手法として、拡張型多重濃度共起行列フラクタル法(The Extension Method of Generating Textures Based on Fractals with A Multi-distance Co-occurrence Matrices(以下 E-TFMC M 法))が提案されている^[2]。

しかしながら、この手法は対象とした具象的な画像の原形を保持したままシームレステクスチャを生成することは可能であるが、対象としたテクスチャサイズと同じサイズのテクスチャのみ生成可能であった。本報告では、E-TFMC M 法を応用し、対象としたテクスチャサイズを拡大する手法を提案する。

2. シームレステクスチャの拡大法

E-TFMC M 法をベースにしたシームレステクスチャを拡大生成する手法について説明する。E-TFMC M 法は、フラクタル法による画素決定順序に基づき、テクスチャ内の画素値の組み合わせから画素値を決定していく手法である。なお、本報告で取り扱うテクスチャサイズは $2^n \times 2^n$ とし、256 階調とする。

2.1. フラクタル法

フラクタル法の手順を図 1 を用いて説明する。

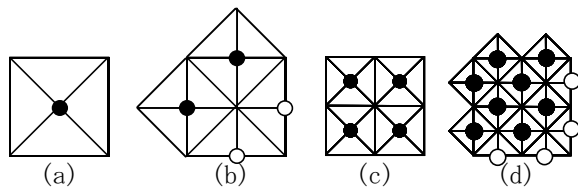


図1. フラクタル法に基づく画素決定順序

(1) テクスチャの 4 頂点に初期値を設定し、この 4 頂点により構成される正方形の中心の画素値を中点変位法を用いて決定する。(図 1(a))

(2) 既に決定されている点の内の 3 点と生成領域外にある 1 点により傾き $\pi/4$ の正方形(以下、菱形)を構成し、それぞれの菱形の中心の画素値を決定する。(図 1(b))

(3) 既に決定されている点の内の 4 点により構成される最小の正方形を構成し、それぞれの正方形の中心の画素値を決定する。(図 1(c))

(4) 既に決定されている点の内の 4 点により構成される最小の菱形を構成し、それぞれの菱形の中心の画素値を決定する。(図 1(d))

(5) (3)(4)を全画素値が決定されるまで繰り返す。

なお、手順(2)(4)における領域外の 2 点は、テクスチャサイズ分反対側の境界へ移動した点を参照し、その点の画素値として計算する。

2.2. 濃度共起行列・多重濃度共起行列の算出

テクスチャ内の画素値の組み合わせを算出するために、濃度共起行列・多重濃度共起行列を使用する。濃度共起行列・多重濃度共起行列は式(1)(2)から算出される。

$$C(i, j; dx, dy) = \sum_{x=0}^{2^n-1} \sum_{y=0}^{2^n-1} \delta(V(x, y) - i) \cdot \delta(V(x + dx, y + dy) - j) \quad (1)$$

$$M_m(V_{p_1}, V_{p_2}, V_{p_3}, V_{p_4}) = (E_{m_1}(k), E_{m_2}(k), E_{m_3}(k), E_{m_4}(k)) \quad (2)$$

式(1)において、 $\delta(x)$ は $x=0$ のときだけ 1 をとる関数であり、 $V(x,y)$ は画素 (x,y) の画素値を示している。 $C(i,j;dx,dy)$ は x 方向に dx 、 y 方向に dy 離れた 2 点の画素値がそれぞれ i, j である画素の組み合わせを示すものである。式(2)において、 m はフラクタル法における分割次数、 $V_{p_x}(x=1,2,3,4)$ は分割次数 m で画素値決定に用いられる正方形、または菱形の各頂点と同様の位置関係にある画素の画素値を示し、画素の順番は正方形の場合は左上を P_1 、左下を P_4 とし、菱形の場合は上を P_1 、左を P_4 とし時計回りに順に番号が振られている。 $E_{m_x}(x=1,2,3,4)$ は、濃度共起行列 $C(i,j;dx,dy)$ を底辺とする直角 2 等辺 3 角形の頂点の位置が k である組み合わせを示している。多重濃度共起行列を構成する E_{m_x} に対応する濃度共起行列 $C(i,j;dx,dy)$ は、

Expansion Method of Seamless Textures based on A Multi-distance Co-occurrence Matrices
†Shibaura Institute of Technology
‡NTT Communication Science Laboratories

$$\begin{aligned}
E_{m1} &: C(Vp_1, Vp_2; dx_{12}, dy_{12}) \\
E_{m2} &: C(Vp_2, Vp_3; dx_{23}, dy_{23}) \\
E_{m3} &: C(Vp_4, Vp_3; dx_{43}, dy_{43}) \\
E_{m4} &: C(Vp_1, Vp_4; dx_{14}, dy_{14})
\end{aligned} \tag{3}$$

である。ただし、 dx_{mn}, dy_{mn} は P_m と P_n の x 方向並びに y 方向の距離を表すものとする。

多重濃度共起行列を構成する E_{mx} は、決定対象点の頂点の位置に応じて選択する。

2.3. 拡大シームレステクスチャの生成

多重濃度共起行列から画素の濃度を決定する手法について説明する。生成されるテクスチャのサイズは、元のサイズ $2^n \times 2^n$ の縦横 2 倍となる $2^{n+1} \times 2^{n+1}$ である。画素値の決定は 2.1 節の図 1 に準じて、以下の手順で行われる。

(1) テクスチャサイズ $2^{n+1} \times 2^{n+1}$ 内で、左上の頂点を始点とするテクスチャサイズ $(2^n + 1) \times (2^n + 1)$ の正方形の 4 頂点 $((0,0), (2^n,0), (0, 2^n), (2^n, 2^n))$ に、以下の式(3)の $J_1(i)$ 内で最大の値から上位 4 つの i を画素値としてランダムに与える。

$$J_1(i) = \sum_{x=0}^{2^n-1} \sum_{y=0}^{2^n-1} \delta(V(x,y) - i) \tag{3}$$

(2) 既に決定されている点の内の 4 頂点により最小の正方形 (P_1, P_2, P_3, P_4) を構成し、その中心 (P_c) の画素値を多重濃度共起行列を用いて算出する。まず、多重濃度共起行列 $M_m(Vp_1, Vp_2, Vp_3, Vp_4)$ をあらかじめ算出しておいた E_{mx} を並べることにより作成する。次に式(4)を計算し、 $J_2(k)$ が最大となる k を P_c の画素値として決定する。ここで $f(x)$ は $x \neq 0$ のときに 1 となる関数である。

$$J_2(k) = \sum_{x=1}^4 f(E_{mx}(k)) \tag{4}$$

(3) 既に決定されている点の内の 4 頂点により構成される最小の菱形 (P_1, P_2, P_3, P_4) を構成し、それぞれの菱形の中心 (P_c) の画素値を(2)と同様の手順で決定する。

(4) (2)(3)を全画素が算出されるまで繰り返す。

ただし、 $J_2(k)$ の最大値が 1 のときには、(5)により P_c の画素値を決定する。

(5) $J_2(k)=1$ のときに参照する画素値 $(Vp_1 \sim 4)$ の平均(Ave)を求め、Ave と $J_2(k)=1$ である k を比較し、最も近い値をとる k を P_c の画素値として決定する。

上記の手法により生成されたテクスチャの例を図 2 に示す。なお、図に示す対象テクスチャのサイズは、 $2^6 \times 2^6$ である。また、図 2(b) を 4

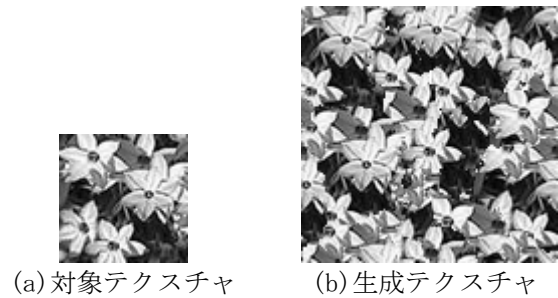


図 2. 生成テクスチャ例

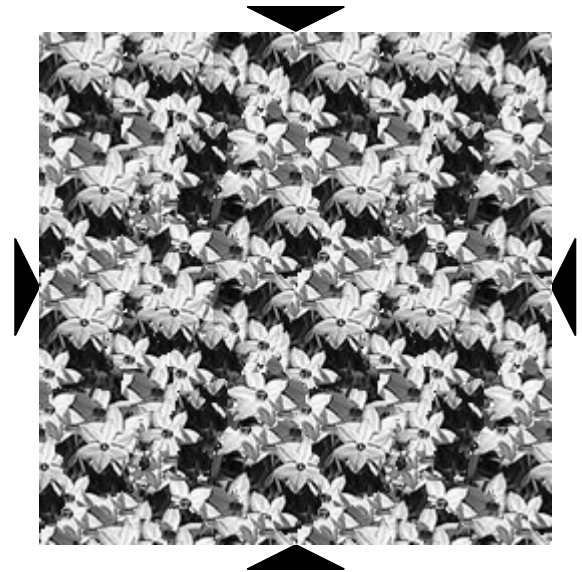


図 3. 図 2(b) のマッピング例

枚張り合わせた例を図 3 に示す。

図 2(b) より対象とした画像の形状を保持したまま 4 倍にまで拡大できていることがわかる。また、図 3 内の矢印はテクスチャを張り合わせた境界を示しており、境界において模様が連続的に繋がっていることが分かる。

3. むすび

本報告では、E-TFMCM 法を応用し、テクスチャサイズを拡大したシームレステクスチャを生成する手法を提案した。今後の課題は、生成されたテクスチャの画品質の評価法等である。

参考文献

- [1] 山田辰美, 橋本秋彦, 下原勝憲, “多重濃度共起行列を用いた自然テクスチャからのシームレステクスチャ生成法”, 電子情報通信学会, pp.291-299, 2002.
- [2] 遠藤亮正, 徳永幸生, 山田辰美, “拡張型多重濃度共起行列フラクタル法を用いたカラーシームレステクスチャの生成”, 第 113 回情報処理学会グラフィクスと CAD 研究会, 2003-CG-113,2003.