

濃度共起行列を用いたテクスチャ生成方法の検討

A study of texture generating method using co-occurrence matrix.

山田 辰美

橋本 秋彦

下原 勝憲

Tatsumi Yamada Akihiko Hashimoto Katsunori Shimohara

NTT ヒューマンインタフェース研究所
NTT Human Interface Laboratories

1 はじめに

我々はこれまで、テクスチャマッピングを行なった時の境界部分での不連続性を解決するシームレステクスチャ生成方法 [2] を提案してきた。しかしながら、提案したフラクタルを利用したシームレステクスチャ生成方法では、自然テクスチャのシームレス化は困難だった。そこで、本稿では自然テクスチャのシームレス化を可能とするための第一歩として、自然テクスチャから濃度共起行列 [1] を算出しこの濃度共起行列の情報からテクスチャを生成する方法について提案する。

2 濃度共起行列

濃度共起行列 $CM(i, j; d, \theta)$ とは、濃度値 i を持った画素から θ 方向に距離 d の画素の濃度値が j である点の組合せ数を、2 点の関係が θ 方向に距離 d の画素の組合せ総数で割った値である。つまり濃度値 i を持った画素から θ 方向に距離 d の画素の濃度値が j である確率を示す行列である。

本稿ではテクスチャ生成に用い易いように、濃度共起行列 $CM(i, j; d, \theta)$ の θ 、 d を以下のように置き換え、濃度値 i を持った画素から x 方向に距離 Δx 、 y 方向に距離 Δy の画素の濃度値が j の組合せとして濃度共起行列 [3] を考える。

$$CM(i, j; d, \theta) = CM(i, j; \Delta x, \Delta y) \\ \Delta x = d \cos \theta, \Delta y = d \sin \theta$$

濃度共起行列はテクスチャサイズに依存しないように、上記のように画素の組合せ総数で割って正規化している。この正規化は、解析の観点からは必要な処理であるが、生成の観点からは不必要な処理といえる。その理由は、濃度共起行列を生成したテクスチャと異なる画素数のテクスチャで、同一の既存の濃度共起行列を持つテクスチャの存在が保証されない点である。これは、テクスチャ生成において、濃度共起行列を満足するテクスチャが存在しないことを意味し、テクスチャ生成に用いる場合、濃度共起行列は正規化を行わず、画素の組合せの数をそのまま利用する方が有効であると考えられる。このことから、本稿では濃度共起行列の正規化は行わないものとする。

3 初期テクスチャ

まず、得られた濃度共起行列から、生成テクスチャの初期値を決定する。生成テクスチャのサイズは濃度共起行列を算出したテクスチャと同サイズとする。濃度共起行列のうちの $CM(i, j; 0, 0)$ は対角要素のみ値を持ち、その値はテクスチャ内の画素の濃度ヒストグラムを表す。この濃度ヒストグラムと生成テクスチャの濃度ヒストグラムが等しくなるように、初期テクスチャを生成する。

3.1 更新方法

初期テクスチャ生成時に元のテクスチャから算出した濃度共起行列からテクスチャ内の濃度ヒストグラムを算出したので、この濃度ヒストグラムを持つテクスチャ内に必ず、濃度共起行列を満足するテクスチャが存在する。このことから、テクスチャの更新は、テクスチャ内の 2 点の入れ替え操作によりおこなう。

まず、始めに以下の計算を行ない元の濃度共起行列 CM_{org} と初期テクスチャの濃度共起行列 CM_{target} との差分濃度共起行列 CM_{dif} を算出する。

$$CM_{dif} = CM_{target} - CM_{org} \quad CM_* : CM_*(i, j; \Delta x, \Delta y)$$

この差分濃度共起行列をテクスチャ画素の入れ替えに応じて変更し、すべての行列の要素が 0 となったときテクスチャ画像の生成を終了する。ここで 2 点 (x_1, y_1) と (x_2, y_2) を入れ替える場合を考える。テクスチャ内の点 (x, y) の画素の濃度を $f(x, y)$ と表すと、点 (x_1, y_1) における差分濃度共起行列の変更は以下に行なう。

$$CM_{dif}^n(f(x_1, y_1), f(x_1 + \Delta x, y_1 + \Delta y); \Delta x, \Delta y) \\ = CM_{dif}^{n-1}(f(x_1, y_1), f(x_1 + \Delta x, y_1 + \Delta y); \Delta x, \Delta y) - 1$$

$$CM_{dif}^n(f(x_2, y_2), f(x_1 + \Delta x, y_1 + \Delta y); \Delta x, \Delta y) \\ = CM_{dif}^{n-1}(f(x_2, y_2), f(x_1 + \Delta x, y_1 + \Delta y); \Delta x, \Delta y) + 1$$

CM_{dif}^n は n 回目の変更後の差分濃度共起行列を示す。 (x_2, y_2) についても同じように変更を行なう。この結果以下の条件を満足した場合にはその入れ替えを実行する。

$$D^n - D^{n-1} > 0 \\ D^n = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m \sum_{\Delta x=-w}^w \sum_{\Delta y=-w}^w CM_{dif}^n(i, j; \Delta x, \Delta y)^2$$

ここで m はテクスチャ画像の階調を示し、 w は濃度共起行列の $\Delta x, \Delta y$ の取り幅を示す。この結果、 $D^n = 0$ を満足した時生成を終了する。

4 テクスチャ生成例

テクスチャの生成例を図 1 に示す。図 1 において a) は濃度共起行列 ($w = 4$) を算出したテクスチャ (size $32 \times 32, m = 2$)、b) は初期テクスチャ、c) は生成テクスチャを示す。

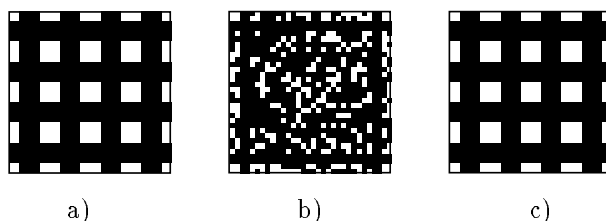


図 1: テクスチャ生成例

この結果から濃度共起行列の情報から、テクスチャの生成が可能であることがわかる。

5 まとめ

今回、濃度共起行列からのテクスチャ生成が可能であることを示した。しかしながら、サイズが 32×32 と小さく、また、階調も 2 階調のテクスチャであるにもかかわらず、計算時間がかかり、その収束も現段階では不安定である。今後は、より安定性の良い収束方法、及び、サイズの拡大、多階調への適応等の検討を進めていく。また、シームレス化を考えた濃度共起行列の拡張を検討する。

参考文献

- [1] R.M.Haralick, K.Shanmugam and I.Dinstein "Textural features for image classification", IEEE Trans. on SMC vol.SMC-3 No.6 pp610-621, 1973
- [2] 橋本, 下原, "シームレステクスチャ生成とマッピング", 情報研報 Vol.96 No.77 CG-81-12 pp67-72 1996
- [3] T.Malzburger and S.Spach "A context sensitive texture nib", Proc. CG International '93 pp151-163, 1993

[4] 森, 板倉, “画像認識の基礎 [II]”, オーム社, 1990