

多重濃度共起行列を用いたシームレステクスチャ生成法とその限界

遠藤 亮正[†]

徳永 幸生[†]

Akitaka Endo[†]

Yukio Tokunaga[†]

芝浦工業大学工学部[†]

1.はじめに

タイルをランダムに並べても模様が自然に繋がるようなシームレステクスチャを生成する技術は、建築用材等で広く利用されることが期待されている。しかし、一般に与えられたテクスチャの原形を損なうことなくシームレス化することは困難である。本報告では、参照画素の濃度関係を維持しながら多重濃度共起行列の算出画素数を増加するアルゴリズムを提案する。本手法により与えられるテクスチャの適応領域が広く、劣化の少ないシームレステクスチャを生成することができる。

2.シームレステクスチャ生成

従来の多重濃度共起行列によるシームレステクスチャ生成方法(TFMCM 法^[1])について説明する。与えられたテクスチャから抜き出す濃度共起行列と、それを拡張した多重濃度共起行列を図 1 に示す。

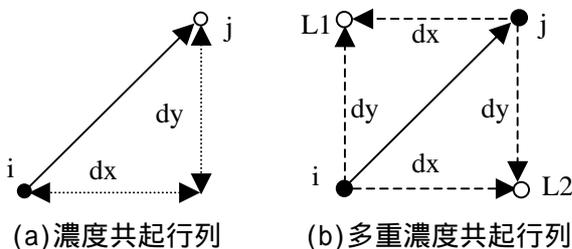


図 1. 濃度共起行列内画素位置関係

$dx, dy (= 2^k \text{ 画素})$ は画素間の距離である。テクスチャから算出した多重濃度共起行列は画素濃度を算出するために算出画素から dx, dy の距離にある周囲 4 画素(参照画素)の濃度との組み合わせによって濃度を決定する。参照・算出画素の位置関係を図 2 に示す。算出画素と参照画素は多重濃度共起行列に従い 3 画素間の 2 等辺三角形の組み合わせ(E1-4)となる。図 2 の 4 つの 2 等辺三角形のうち、行列内に最も多く存在する組み合わせを選択し、更にその組み合わせ内で最も多く存在する濃度を算出濃度とする。

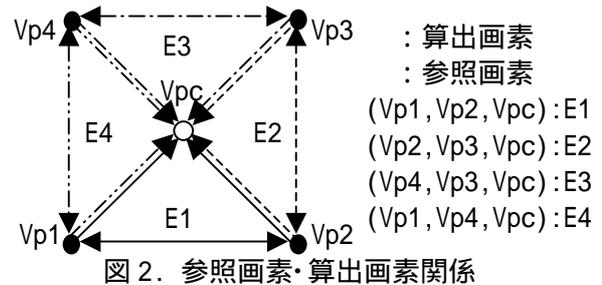
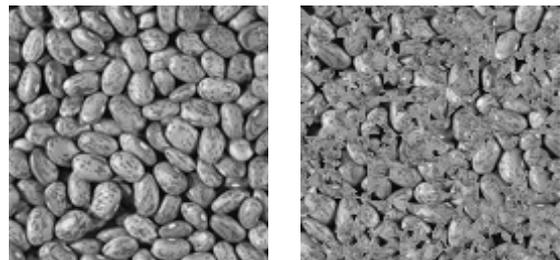


図 2. 参照画素・算出画素関係

算出濃度の候補が複数存在する場合、ランダムに選択することにより、生成されるテクスチャはバリエーションに富んだものとなる。ただし、画素間の連続性から $En < 2$ (En : 存在する 2 等辺三角形の数) のときは濃度を算出せず、2 画素の組み合わせである濃度共起行列から同様の操作により濃度を算出する。この操作を、フラクタル法による画素決定順序^[2]に従いテクスチャ内の全画素を算出するまで操作を繰り返す。参照画素がテクスチャ領域外に存在する場合は、テクスチャサイズに基づき正規化され、テクスチャ領域内の画素を参照する。この操作によりテクスチャはシームレスとなる。図 3 に与えられたテクスチャと生成したテクスチャを示す。



与えられたテクスチャ 生成されたテクスチャ
図 3. TFMCM 法による生成画像

TFMCM 法によって生成されたテクスチャは、シームレスには繋がっているがテクスチャの劣化が目立つ。劣化は、TFMCM 法による算出画素数が少ないことが 1 つの原因である。

3.TFMCM 法による算出画素数の増加

TFMCM 法による算出画素数を増加させるために、図 2 で示した存在する 2 等辺三角形の数 En を $En \geq 1$ として濃度を算出する。図 3, 図 6 の与え

A Method of Generating Seamless Textures Using a Multi-Distance Co-occurrence Matrix and Natural Texture
[†]Shibaura Institute of Technology Department of Engineering

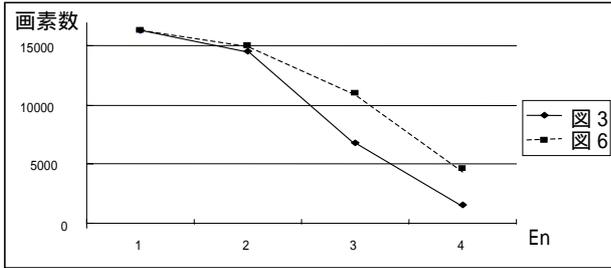


図 4. En と算出画素数の関係

られたテクスチャにおける En の数と算出画素数の関係を図 4 に示す。

図 4 は縦軸が算出画素数、横軸が En の数である。En>=1 のとき算出される画素数はほぼ全画素数ある。ただし、En=1 のとき算出する濃度の候補が複数存在する場合、参照する 4 画素の濃度の平均値に最も近い濃度を算出する。平均値に近い濃度を選択することにより、算出・参照画素間の濃度関係を算出濃度に反映することができる。図 5 に生成テクスチャのマッピング例を示す。図中の矢印はテクスチャを張りあわせた境界を示している。図 3 と比較すると、明らかに劣化は小さい。

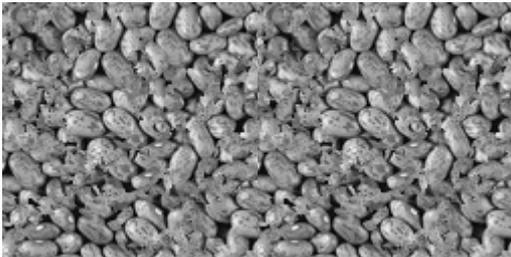
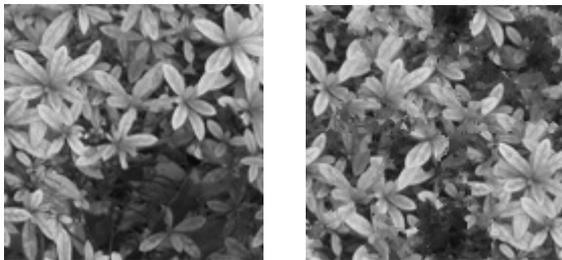


図 5. 算出画素数を増加した画像

改良された本手法は、より一般的な画像をシームレス化することができる。図 6 にその画像とマッピングした画像の例を示す。



与えられたテクスチャ 生成されたテクスチャ

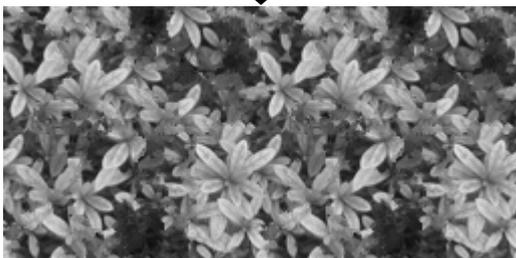


図 6. 一般的な画像の適用例

4. 適応限界

TFMCM 法は、テクスチャ内画素の組み合わせの濃度頻度から最大頻度濃度を算出する方法である。このことから、テクスチャ内の濃度の個数により適応領域を評価することができる。具体的には、テクスチャ内の最大個数濃度と平均個数濃度の差分(最大個数差)を使用する。最大個数差が大きい場合、生成されるテクスチャはその濃度に集中し、劣化が大きくなる。逆に最大個数差が小さいほど劣化は小さくなる。図 7 にその関係を示す。図 7 はランダムに選んだ 57 枚の画像について評価を行い、縦軸に最大個数差を、横軸に 5 段階評価を示したものである。評価は復元度に基づいて行った。復元度は(式 1)によって算出される。Kn, Cn はそれぞれ与えられたテクスチャと、生成されたテクスチャの濃度個数を示し、K, C は与えられたテクスチャ内と、生成されたテクスチャ内の存在濃度数を示している。評価値 5 は復元度 90%以上である。

$$\text{復元度} = \left(1 - \frac{\sum_{n=0}^{255} |Kn - Cn|}{32768}\right) * \frac{C}{K} \quad (\text{式 1})$$

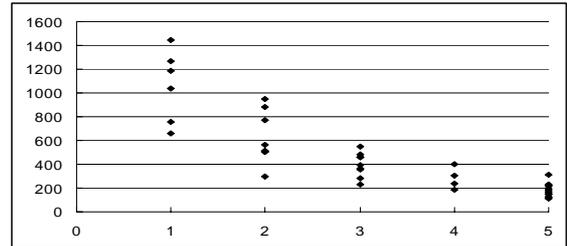


図 7. 最大個数差と生成画像評価

この結果から、最大個数差が小さいほど生成されるテクスチャは劣化も小さく、最大個数差が 300 以下は評価値が 5 という高い評価が得られた。

5. むすび

従来の TFMCM 法による算出画素数を増加させることにより、様々な画像から劣化の小さいシームレス画像を生成することができた。今後は多重濃度共起行列の構成や濃度選択法等を考慮し、劣化軽減と適応領域の拡大を検討する。

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”, 電気情報通信学会, pp.291-299, 2002.
- [2]山田辰美, “シームレステクスチャの生成法に関する研究”, 1999.