

重心ボロノイ領域のスケーリングによるモザイク風画像の生成 Generating Mosaic-Like Images by Scaling Centroidal Voronoi Regions

井上 光平[†]
Kohei Inoue

原 健二[†]
Kenji Hara

浦浜 喜一[†]
Kiichi Urahama

あらまし

画像平面を重心ボロノイ分割し、各ボロノイ領域をスケーリングすることによって、タイルと目地を表現するモザイク風画像の生成法を提案する。本手法では、目地の色をタイルの色の補色とすることによって個々のタイルを際立たせる。本手法によるモザイク風画像の生成例を示す。

1. まえがき

モザイク風画像の生成は、ノンフォトリアリスティックレンダリング (non-photorealistic rendering: NPR) における主要課題の一つであり、Battiattoら [1] によって代表的な方法の概説がなされている。その中には、ボロノイ分割 (Voronoi tessellation: VT) あるいは重心VT (centroidal VT: CVT) [2] を用いるものが多くあり [3, 4, 5, 6], NPR における VT や CVT の有用性を読み取ることができる。

これらの方法では、モザイクを構成するタイルの形状や配置が問題とされるが、目地の色については黒や灰色などの単色が使われることが多く、タイルと目地の色が似ている場合、タイルの形状が判別しにくくなることがある。そこで本論文では、タイルの色とそれに隣接する目地の色が補色関係にあるようなモザイク風画像の生成法を提案する。この方法は、重心ボロノイ領域のスケーリングによるハーフトーニング法 [7] のカラーへの拡張の一例になっており、タイルの大きさを調節することによって、元画像に存在する中間調を表現する。目地の色を白、灰色、黒の単色にしたモザイク風画像と提案手法によるものとを比較して、補色を用いることにより、タイルの形状が判別しやすくなることを実験で示す。

2. 提案手法

m 個の画素からなるカラー画像を $f = [f_i]$ とする。ここで $f_i = [r_i, g_i, b_i]$ ($i = 1, \dots, m$) であり、 r_i, g_i, b_i は第 i 画素の RGB 値であり、 $f_i \in [0, 1]^3$ とする。 n 個の母点を用いて画像平面を CVT し、第 j 母点の重心ボロノイ領域を V_j ($j = 1, \dots, n$) とする。 V_j に属す画素の平均色を

$$\bar{f}_j = [\bar{r}_j, \bar{g}_j, \bar{b}_j] = \frac{\sum_{x_i \in V_j} f_i}{\sum_{x_i \in V_j} 1} \quad (1)$$

とする。ここで x_i は第 i 画素の空間座標である。 \bar{f}_j を量子化したものを $\hat{f}_j = [\hat{r}_j, \hat{g}_j, \hat{b}_j] \in \{0, 1\}^3$ とする。 $R = [1, 0, 0]$, $G = [0, 1, 0]$, $B = [0, 0, 1]$, $W = [1, 1, 1]$, $C = W - R$, $M = W - G$, $Y = W - B$, $K = W - W$ とする。 $\hat{f}_j = R$ ならば $s_j = \bar{r}_j$ とし、 $\hat{f}_j = G$ ならば $s_j = \bar{g}_j$ とし、 $\hat{f}_j = B$ ならば $s_j = \bar{b}_j$ とし、 $\hat{f}_j = W$ ならば $s_j = \bar{w}_j = 0.298912\bar{r}_j + 0.58661\bar{g}_j + 0.114478\bar{b}_j$ とし、 $\hat{f}_j = C$ ならば $s_j = 1 - \bar{r}_j$ とし、 $\hat{f}_j = M$ ならば $s_j = 1 - \bar{g}_j$ とし、 $\hat{f}_j = Y$ ならば $s_j = 1 - \bar{b}_j$ とし、 $\hat{f}_j = K$ ならば $s_j = 1 - \bar{w}_j$ とする。 V_j を \hat{f}_j の補色 $W - \hat{f}_j$ で描き、その上に V_j の面積が s_j 倍になるようにスケーリングしたものを U_j とし、 U_j を色 \hat{f}_j で描く。その際、 $s_j = 1$ ならば U_j が V_j を覆い隠してしまい、目地が描かれないので、必ず目地が描かれるように、 s_j の上限値を $s_{\max} < 1$ とし、 s_j の代わりに $\tilde{s}_j = \min(s_{\max}, s_j)$ をスケール係数として用いる。 V_j が K_j 個の頂点からなる多角形であるとし、その第 k 頂点を p_{jk} ($k = 1, \dots, K_j$) とすると、 U_j の第 k 頂点を $q_{jk} = \sqrt{\tilde{s}_j}(p_{jk} - \bar{p}_j) + \bar{p}_j$ とする。ここで $\bar{p}_j = \sum_{k=1}^{K_j} p_{jk} / K_j$ である。



(a) 元画像 (256 × 256)

(b) $n = 4000$

図 1: モザイク風画像の生成例

モザイク風画像の生成手順は以下の通りである。

[モザイク風画像の生成手順]

Step 1: 画像平面を CVT する。

Step 2: 各 V_j の平均画素値 \bar{f}_j を求める。

Step 3: \bar{f}_j に基づいてスケール係数 \tilde{s}_j を計算する。

Step 4: 各 V_j をスケーリングして、面積が V_j の \tilde{s}_j 倍であるような多角形 U_j を作る。

Step 5: 各 V_j を \hat{f}_j の補色 $W - \hat{f}_j$ で描く。

Step 6: 各 U_j を色 \hat{f}_j で描く。

3. 実験例

図 1 にモザイク風画像の生成例を示す。図 1(a) は元画像であり、図 1(b) は $n = 4000$ としたときのモザイク風画像である。図 2 にモザイク風画像の部分拡大図を示す。図 2(a) は $s_{\max} = 1$ での結果であり、黒のタイルの間の目地が細くなって見えかかっている。一方、図 2(b)

[†]九州大学大学院芸術工学研究院

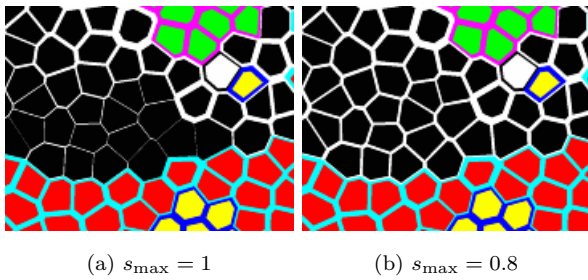
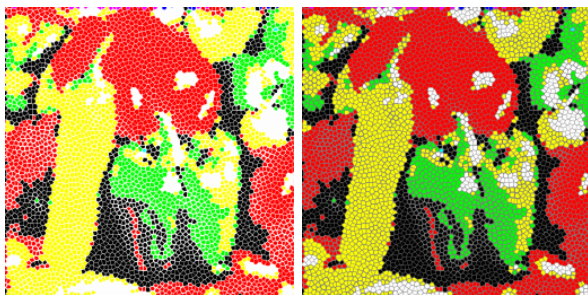
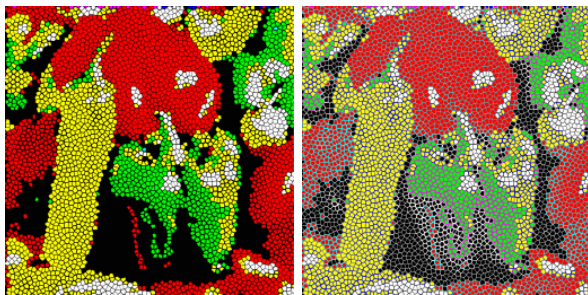


図 2: モザイク風画像の部分拡大



(a) White (b) Gray



(c) Black (d) Complementary

図 3: 目地の色を変えた例

は $s_{\max} = 0.8$ の結果であり、目地が細くなり過ぎずに明瞭に描かれている。

次に、目地の色を変えた例を図 3 に示す。これらは全て $n = 6000$ とした結果である。図 3(a) は目地の色を白にした例であり、白タイルと目地の区別がつかないため、隣接する白タイルの形状が分からなくなっている。図 3(b) は目地の色を灰色にした例であり、全てのタイルの色と目地の色が異なるため、タイルの形状は判別できる。図 3(c) は目地の色を黒にした例であり、黒タイルと目地の区別がつかないため、隣接する黒タイルの形状が分からなくなっている。図 3(d) は目地の色を隣接するタイルの補色にした例であり、隣接するタイルと目地の色差が図 3(b) よりも大きく、タイルの形状がより明瞭になっている。

他の画像例を図 4 に示す。図 4(a) の画像から、 $n = 8000$ として生成したモザイク風画像が図 4(b) であり、図 4(c) の画像から、 $n = 10000$ として生成したモザイク風画像が図 4(d) である。タイル数 n が増えると、個々

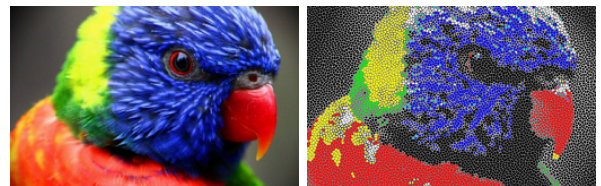
(a) 元画像 (256 × 256) (b) $n = 8000$ (c) 元画像 (256 × 410) (d) $n = 10000$

図 4: 他の画像例

のタイルは小さくなり、タイルの形状の判別は困難になるが、元画像の再現性は向上する。

4. むすび

画像平面の重心ボロノイ分割し、各ボロノイ領域をスケールリングして表示することによって、タイルと目地を表現するモザイク風画像生成法を提案した。目地を隣接するタイルの色の補色で描くことによってタイルの形状を明瞭に表現した。

重心ボロノイ境界と元画像のエッジをそろえることによって、できるだけ少ないタイル数で元画像を再現することが今後の課題である。

参考文献

- [1] S. Battiato, G. Di Blasi, G. Farinella, and G. Gallo, "A Survey of Digital Mosaic Techniques," Proc. Eurographics Italian Chapter 2006, pp. 129–135, 2006.
- [2] Q. Du, V. Faber, and M. Gunzburger, "Centroidal Voronoi tessellations: Applications and algorithms," SIAM Rev., vol. 41, no. 4, pp. 637–676, 1999.
- [3] A. Hausner, "Simulating decorative mosaics," Proc. SIGGRAPH, pp. 573–580, 2001.
- [4] Y. Dobashi, T. Haga, H. Johan, and T. Nishita, "A Method for Creating Mosaic Images Using Voronoi Diagrams," Proc. Eurographics, pp. 341–348, 2002.
- [5] G. Elber and G. Wolberg, "Rendering traditional mosaics," The Visual Computer, vol. 19, no. 1, pp. 67–78, 2003.
- [6] G. M. Faustino and L. H. de Figueiredo, "Simple Adaptive Mosaic Effects," Proc. SIBGRAP, pp. 315–322, 2005.
- [7] 井上光平, 浦浜喜一, "重心ボロノイ領域のスケールリングによるハーフトーニング," 映像学誌, vol. 67, no. 1, pp. J24–J26, 2013.