

重み付き重心ボロノイ分割を用いたローポリアート

陳, 維
九州大学大学院芸術工学府

井上, 光平
九州大学大学院芸術工学研究院

Hara, Kenji
九州大学大学院芸術工学研究院

浦濱, 喜一
九州大学大学院芸術工学研究院

<https://hdl.handle.net/2324/1912760>

出版情報 : 2017-09. 電気・情報関係学会九州支部連合大会委員会
バージョン :
権利関係 :

重み付き重心ボロノイ分割を用いたローポリアート

陳維 井上光平 原健二 浦浜喜一
(九州大学 大学院芸術工学研究院)

1 はじめに

入力画像のエッジ付近で大きな値をとる重みを用いた重心ボロノイ分割により、各ボロノイ領域の母点をエッジ付近に配置し、得られた母点をドロネー点とするドロネー三角形分割を求め、各三角形を入力画像の色に基づいて着色するローポリアート生成手法を提案する。

2 提案手法

2.1 手順

まず、ローポリアートの手順を紹介する:

- 重心ボロノイ分割(CVT) [1]で用いる重みを計算する。
- 画像の重心ボロノイ分割する。
- 上の **b** で求めた重心ボロノイ分割からドロネー三角形分割[2]を求める。
- 上の **c** で作ったドロネー三角形分割の三角形に色付けたものを出力する。

2.2 重みと重心ボロノイ分割の具体的な過程

- 各画素 (i, j) の重み w_{ij} を次の式によって計算する:

$$w_{ij} = \max(\tilde{w}_{ij}, 0.2)$$

$$\tilde{w}_{ij} = \frac{\sum_{(i', j') \in N_{ij}} e^{-\alpha \|p_{ij} - p_{i'j'}\|^2} \left(1 - e^{-\beta \|f_{ij} - f_{i'j'}\|^2}\right)}{\sum_{(i', j') \in N_{ij}} e^{-\alpha \|p_{ij} - p_{i'j'}\|^2}} \quad (1)$$

$\alpha = 0.1$, $\beta = 0.001$ として、 N_{ij} は画素 (i, j) の近傍画素の集合であり、 p_{ij} は画素 (i, j) の位置ベクトルであり、 f_{ij} は画素 (i, j) のRGB値を要素とするベクトルである。

- CVTを以下のような手順で計算する。

x 行、 y 列があるカラー入力画像を $F = [f_{ij}]$ とする、 $f_{ij} = [r_{ij}, g_{ij}, b_{ij}]$ ($i = 1, \dots, x; j = 1, \dots, y$)は F の画素のRGB値を要素とするベクトルである。下記はCVTの手順である。

- N 個の母点を画像上に等間隔に初期配置する(母点は入力画像の画素範囲内)。母点 k の位置ベクトルを $q_k = (i_k, j_k)$ ($k = 1, \dots, N$)とし、反復回数を $t = 0$ と初期設定する。
- ボロノイ領域 $V_k^{(t)}$ ($k = 1, \dots, N$)を求める。すなわち、各画素 (i, j) について、最も近い母点を求めて、その母点のボロノイ領域に画素 (i, j) を含める。すなわち、

$$k^* = \arg \min_k \|p_{ij} - q_k\| \quad (2)$$

を求め、画素 (i, j) を V_{k^*} に入れる。

- 母点の座標 $q_k = (i_k, j_k)$ ($k = 1, \dots, N$)を更新する、すなわち

$$q_k = \frac{\sum_{(i, j) \in V_k} w_{ij} p_{ij}}{\sum_{(i, j) \in V_k} w_{ij}} \quad (3)$$

を計算する。

- 正定数 δ に対して

$$\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (i_k^{(t+1)} - i_k^{(t)})^2 + (j_k^{(t+1)} - j_k^{(t)})^2 < \delta \quad (4)$$

ならば、次の⑤に進む、その他は $t+1 \rightarrow t$ と更新して②に

戻る。 $\delta = 0.4$ とした。

- 上記の②と同様にして、 $V^{(t+1)}$ ($k = 1, \dots, N$)を求めて終了する。

画素の近傍画素の集合 N_{ij} は以下のように設定した。微小な正定数 ϵ について

$$\epsilon = e^{-\alpha X^2} \rightarrow \ln \epsilon = -\alpha X^2 \rightarrow X = \sqrt{\frac{\ln \epsilon}{-\alpha}} \quad (5)$$

とし、 $\epsilon = 0.1$ として、 $X = \sqrt{\frac{\ln 0.1}{-0.1}}$ を計算し($X = 4$)、 $(i \pm X, j \pm$

$X)$ の範囲内の画素の集合を N_{ij} とする。

3 実験

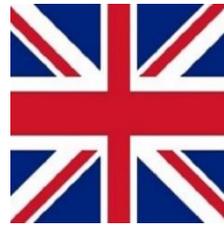


図1: 入力画像 F



図2: 出力画像 F'

図1に示すカラー画像を F ($size: 300 * 150$)とし、 F 上に等間隔に300個の母点を画像上に初期配置し、上の2の手順によって得られた出力画像は図2に F' として示す。ドロネー三角形分割の三角形は、画像の枠に収まるものだけを表示した。出力画像の黒い背景は三角形のない領域である。CVTの計算は、6回の反復で収束した。

4 まとめ

入力画像上のエッジを強調する重みを用いた重心ボロノイ分割によってローポリアートを生成する手法を提案した。提案手法では、ボロノイ分割の母点がエッジ付近に集中するため、母点を繋いでできるドロネー三角形分割のドロネー辺がエッジに沿い、入力画像の再現性が高まる。

重心ボロノイ分割をロバスト化して、母点の配置をより正確にすることが今後の課題である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP16H03019 の助成を受けたものです。

参考文献

- Q. Du, V. Faber, and M. Gunzburger: "Centroidal Voronoi tessellations: Applications and algorithms", SIAM Rev., 41, 4, pp. 637-676 (1999).
- J. S.B. Mitchell, S. Suri, "Chapter 7 A survey of computational geometry," Handbooks in Operations Research and Management Science, vol. 7, pp. 425-479, 1995.