

平均色を保存したコントラスト強調による画像のピクセル化

李, 旺
九州大学大学院芸術工学研究院メディアデザイン部門

井上, 光平
九州大学大学院芸術工学研究院メディアデザイン部門

原, 健二
九州大学大学院芸術工学研究院メディアデザイン部門

小野, 直樹
九州大学大学院芸術工学研究院メディアデザイン部門

他

<https://hdl.handle.net/2324/7359945>

出版情報 : 2024-12-10. The Institute of Image Information and Television Engineers
バージョン :
権利関係 :



平均色を保存したコントラスト強調による画像のピクセル化 Image Pixelation by Mean Color-Preserving Contrast Enhancement

李 旺[†] 井上光平^{†,*} 原 健二[†] 小野直樹[†] 平岡 透[‡]
Wang Li[†] Kohei Inoue^{†,*} Kenji Hara[†] Naoki Ono[†] Toru Hiraoka[‡]

[†]九州大学 大学院芸術工学研究院 メディアデザイン部門

[†]Department of Media Design, Faculty of Design, Kyushu University

[‡]長崎県立大学 情報システム学部 情報システム学科

[‡]Department of Information Systems, Faculty of Information Systems, University of Nagasaki

Abstract: We propose a method for enhancing the contrast between two colors while preserving their mean color, and apply it to image pixelation, where the number of pixels in an input image is reduced, and the contrast between adjacent pixels is enhanced by the proposed method. Experimental results show that the proposed method improves the visibility of each pixel in a pixelated image by enhancing the contrast of neighboring pixels, where the effectiveness of the proposed method is quantitatively evaluated by a pixel saliency measure.

1 はじめに

デジタル画像の構成要素である個々の画素が目視で判別できるほど解像度の低い画像は「ドット絵」、「ピクセルアート」と呼ばれ、高解像度の画像からドット絵やピクセルアートを生成する処理はピクセル化と呼ばれ、これまでにいくつかの方法が提案されている。Gerstner らはスーパーピクセル [1] を用いて画像の解像度を下げると同時にカラーパレットの色数も削減する画像ピクセル化法を提案した [2]。Fan は決められた個数の画素の値を変更することによって画像内の個人情報などを保護する画像ピクセル化法を提案した [3]。本稿では、二つの色が与えられるとき、それらの平均色を保存しながらコントラストを強調する方法を提案し、それを画像のピクセル化に応用する。提案法により、個々のピクセルが際立ち、元画像の再現性も高いピクセル化画像が得られることを実験で確認する。

2 平均色保存コントラスト強調

二つの RGB カラーベクトルを $c_1 = [r_1, g_1, b_1]$, $c_2 = [r_2, g_2, b_2]$ とする。ここで r_1, g_1, b_1 はそれぞれ c_1 の赤 (Red)、緑 (Green)、青 (Blue) 成分であり、0 から 1 の間の値をとる。 c_2 についても同様である。 c_1 と c_2 の平均色は $\bar{c} = \frac{c_1 + c_2}{2}$ で与えられる。 c_1 と c_2 の間のコントラストを強調するために、 c_1 を $c'_1 = c_1 + \delta_1$ に、 c_2 を $c'_2 = c_2 + \delta_2$ にそれぞれ変更する。このとき平均色が保存されるときと、 $\frac{c'_1 + c'_2}{2} = \bar{c}$ より $\delta_1 = -\delta_2$ を得る。したがって、色の変更量を $\delta = [dr, dg, db]$ ($dr \geq 0, dg \geq 0, db \geq 0$) とすると、変更後の色は $c'_1 = c_1 + \delta$, $c'_2 = c_2 - \delta$ と表せる。

二つの色 c_1 と c_2 のコントラスト (Michelson contrast) は

$$C(c_1, c_2) = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}} \quad (1)$$

で定義される [4]。ここで $L_{\max}$ と $L_{\min}$ は最大及び最小の輝度 $L_{\max} = \max\{y_1, y_2\}$ と $L_{\min} = \min\{y_1, y_2\}$ であり、 $y_k =$

$0.299r_k + 0.587g_k + 0.114b_k$ ($k = 1, 2$) である。変更後の色 c'_1 と c'_2 のコントラストは

$$C(c'_1, c'_2) = \frac{L_{\max} - L_{\min} + 2dy}{L_{\max} + L_{\min}} = C(c_1, c_2) + \frac{2dy}{L_{\max} + L_{\min}} \quad (2)$$

となる。ここで $dy = 0.299dr + 0.587dg + 0.114db$ である。コントラストを向上させるには dy 、すなわち、 dr, dg, db を大きくすればよい。変更後の色 c'_1, c'_2 の各要素もまた、0 から 1 の間に収まらなければならない、という条件から、変更量の最大値は $dr = \min\{1 - r_1, r_2\}$, $dg = \min\{1 - g_1, g_2\}$, $db = \min\{1 - b_1, b_2\}$ と求まる。以上のような色変更により、平均色 $\bar{c}$ を保存しながらコントラストを最大限高めた色のペア c'_1, c'_2 が得られる。ここでは、コントラスト強調の度合いを調節するためのパラメータを導入した、

$$c'_1 = c_1 + \alpha\delta, \quad c'_2 = c_2 - \alpha\delta \quad (3)$$

を提案する。ここで α は 0 から 1 の間の値をとるパラメータである。(3) 式でも平均色は保存される。

3 画像のピクセル化

m 行 n 列の画素からなる RGB カラー画像 $P = [p_{ij}]$ ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$) が与えられるとする。 p_{ij} は画素 (i, j) の RGB カラーベクトルを表す。この画像 P を $h \times h$ 画素のブロックに分割し、各ブロックを一つの画素に置き換えることによって、画素数の少ない画像をつくる。この画像を元の画像と同じ大きさで表示すると、一つの画素の面積は $h \times h$ 倍になり、個々の画素の形が目視できるようになる。このようにして画素を目立たせることを画像のピクセル化と呼ぶ。例えば、各ブロック内で一つの画素をサンプリングする方法や、各ブロックの平均色に対応する画素の色とする方法などがある。本節では、ピクセル化画像の隣り合う画素間のコントラストを前節の方法で強調して、個々の画素をさらに目立たせる方法を提案する。



Figure 1: Image pixelation.

ピクセル化後の画像を $Q = [q_{kl}]$ ($k = 1, 2, \dots, m_0$; $l = 1, 2, \dots, n_0$) とする。 q_{kl} は元画像 P のブロック $[p_{ij}]$ ($i \in [(k-1)h+1, kh]$, $j \in [(l-1)h+1, lh]$) の平均色 $q_{kl} = \frac{1}{h^2} \sum_{i=(k-1)h+1}^{kh} \sum_{j=(l-1)h+1}^{lh} p_{ij}$ とする。まず、画像 Q の k 行目の画素を、 $\{(k, 1), (k, 2)\}, \{(k, 3), (k, 4)\}, \dots$ のように二つ一組にグループ分けし、各グループ内の平均色を保存しつつ、グループ内の2画素間のコントラストを強調する。すなわち、最初のグループについては $c_1 = q_{k,1}$, $c_2 = q_{k,2}$ として、前節の方法を適用する。2番目以降のグループについても同様にする。このようにすると、明るく強調された画素と暗く強調された画素が交互に並び、一つ一つの画素が目立ちやすくなる。次の $(k+1)$ 行目については、 k 行目と明暗の順序を変えて、 $c_1 = q_{k+1,2}$, $c_2 = q_{k+1,1}$ のようにしてコントラスト強調する。そうすると、縦方向にも明るい画素と暗い画素が交互に並び、画像全体では市松模様のようになる。

4 実験例

図1に画像ピクセル化の例を示す。元画像のサイズは $m = 610$, $n = 900$ であり、ブロックのサイズは $h = 10$ とした。図1(a)は各ブロックの左上の画素をサンプリングしたもの、同図(b)は各ブロックの平均色を用いたもの、同図(c)はRGB各チャネルの中央値を合成した色を用いたもの、同図(d)は(3)式で $\alpha = 0.5$ としたものである。

これらの結果を定量的に評価するために、各画素 (k, l) のピクセル顕著性を $s(k, l)$ と表し、次式で定義する：

$$s(k, l) = \frac{\|q_{k-1,l} - q_{kl}\| + \|q_{k,l-1} - q_{kl}\| + \|q_{k,l+1} - q_{kl}\| + \|q_{k+1,l} - q_{kl}\|}{4 \cdot 3} \quad (4)$$

ここで $\|\cdot\|$ は l^1 ノルムを表し、分母の $4 \cdot 3$ は分子の項数とRGBカラーベクトルの次元数による。図1の画像の全画素のピクセル顕著性を画像化したピクセル顕著性マップを図2に示す ($\gamma = 1/2$ のガンマ補正を施している)。図2(d)

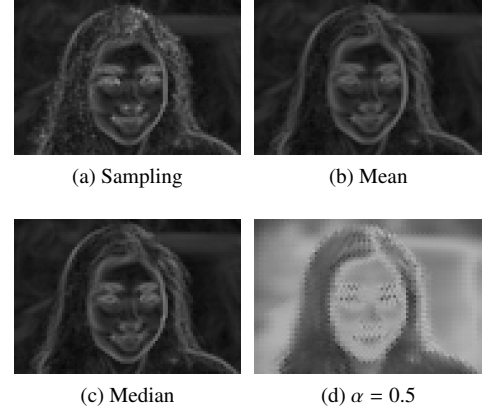


Figure 2: Pixel saliency maps.

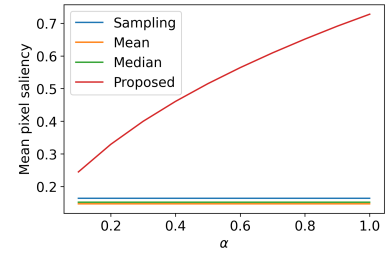


Figure 3: Mean pixel saliency.

は他と比べて明るく、全体的にピクセル顕著性が高い。

図2の各画像の1画素当たりの平均ピクセル顕著性 (mean pixel saliency: MPS) を図3に示す。グラフの縦軸はMPSであり、横軸は(3)式の α である。青、オレンジ、緑色の線はそれぞれ、図2の(a) Sampling、(b) Mean、(c) Medianに対応する。これらは α の値によらないので水平線で表されている。赤線は提案法であり、他の方法よりもMPS値が大きく、 α を大きくするとMPS値も増える。
謝辞 本研究はJSPS科研費JP23K11149、JP23K11727の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] R. Achanta *et al.*: “SLIC Superpixels Compared to State-of-the-Art Superpixel Methods”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, **34**, 11, pp. 2274-2282 (2012)
- [2] T. Gerstner *et al.*: “Pixelated Image Abstraction”. NPAR 2012 (2012)
- [3] L. Fan: “Image Pixelization with Differential Privacy”, In: Kerschbaum, F., Paraboschi, S. (eds) Data and Applications Security and Privacy XXXII. DBSec 2018. Lecture Notes in Computer Science, **10980**, Springer, Cham (2018)
- [4] C. B. Wiebel, M. Singh, M. Maertens: “Testing the role of Michelson contrast for the perception of surface lightness”, Journal of Vision, **16**, 11, pp. 1-19 (2016)

* 九州大学 大学院芸術工学研究院

〒815-8540 福岡市南区塩原 4-9-1

TEL. 092-553-4512 E-mail: k-inoue@design.kyushu-u.ac.jp