

スパーズNeugebauerモデルに基づくカラーハーフトーニング

ウ, カイミン

九州大学大学院芸術工学府コミュニケーションデザイン科学コース

井上, 光平

九州大学大学院芸術工学府コミュニケーションデザイン科学コース

原, 健二

九州大学大学院芸術工学府コミュニケーションデザイン科学コース

浦濱, 喜一

九州大学大学院芸術工学府コミュニケーションデザイン科学コース

<https://hdl.handle.net/2324/2004997>

出版情報 : 2018-12-21. 映像情報メディア学会
バージョン :
権利関係 :



スパース Neugebauer モデルに基づくカラーハーフトニング

Color Halftoning Based on Sparse Neugebauer Model

ウ カイミン 井上 光平 原 健二 浦濱 喜一

Kaiming WU Kohei INOUE Kenji HARA and Kiichi URAHAMA

九州大学 大学院芸術工学府 コミュニケーションデザイン科学コース

Communication Design Science Course, Graduate School of Design, Kyushu University

Abstract We proposed a method of color error diffusion based on Neugebauer model. In this paper, we used the MBVC (minimal brightness variation criterion) to improve its outcome. The improved method is based on a sparse Neugebauer model. Experimental results showed that the proposed method can reduce halftone noise visually.

1. まえがき

誤差拡散法は、グレースケール画像の 2 値化において、注目画素の量子化誤差を未処理の周辺画素に拡散させ、累積した誤差を打ち消すように各画素の値を決めていくハーフトニングの一方法である[1]。カラー画像の誤差拡散法では各チャネル画像を独立して処理するのが基本的であるが、あまり良い結果は得られない[2]。

本研究では、8つの原色を対等に扱える Neugebauer モデルに基づくカラー画像の誤差拡散法を提案し、さらに、輝度変化が最小の 4 原色[2]を用いる方法に改良して、より高画質のハーフトーン画像を求める。

2. Neugebauer Model に基づく誤差拡散法

$m \times n$ の画像の中で一つの画素を $F = [f_{ij}]$ にし、 $F = [f_{ij}]$ を r_{ij}, g_{ij}, b_{ij} で表示する。そして、画素を確率で表示する($0 < r_{ij} < 1, 0 < g_{ij} < 1, 0 < b_{ij} < 1$)と、画素 f_{ij} は以下の式のように表現できる。

$$f_{ij} = p_{ij}^K K + p_{ij}^R R + p_{ij}^G G + p_{ij}^B B + p_{ij}^C C + p_{ij}^M M + p_{ij}^Y Y + p_{ij}^W W$$

ここで、 K, R, G, B, C, M, Y, W は RGB 色空間の 8 つの頂点の基本色 black, red, green, blue, cyan, magenta, yellow, white を表し、それらの確率は以下の式で与えられる。

$$p_{ij}^K = (1-r_{ij})(1-g_{ij})(1-b_{ij}) \quad p_{ij}^C = (1-r_{ij})g_{ij}b_{ij}$$

$$p_{ij}^R = r_{ij}(1-g_{ij})(1-b_{ij}) \quad p_{ij}^M = r_{ij}(1-g_{ij})b_{ij}$$

$$p_{ij}^G = (1-r_{ij})g_{ij}(1-b_{ij}) \quad p_{ij}^Y = r_{ij}g_{ij}(1-b_{ij})$$

$$p_{ij}^B = (1-r_{ij})(1-g_{ij})b_{ij} \quad p_{ij}^W = r_{ij}g_{ij}b_{ij}$$

この確率によると、8色の中で最も元色に近い色を選ぶことが出来る（8色中の確率が最も大きい色を選ぶ）。そして誤差拡散を行う。この方法で比較的良好なハーフトーン画像が得られるが、明るい画素と暗い画素が隣接して配置され、個々の画素が粒状に目立つことがあるという難点がある。

3. Minimal Brightness Variation Criterion (MBVC)

MBVC とは、ハーフトーンノイズを低減するため、所望の色をレンダリングすることができるすべての中間調セット内から、明るさの変化が最小であるものを選択する基準である。8つの基本色を明るさの順に並べると、図1のようになる[2]。この図で順番が近い色は明るさの変化も小さい。

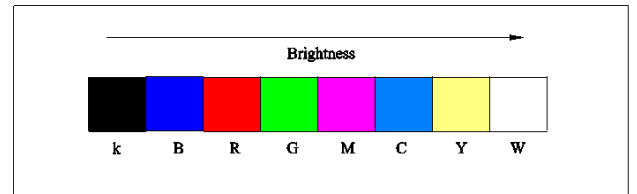


図1：8つの基本色を明るさの順に並べた結果[2]

4. Minimal Brightness Variation Quadruples (MBVQ)

MBVQ は、MBVC に基づいて、元の色空間を明るさの変化が最も小さい空間を6つに分けて、得られた6つの4面体である。明るさの小から大への順は $KRGB < RGBM < CMGB < RGM Y < MYGC < CMY W$ である。図2は6つの4面体の一つの例である。

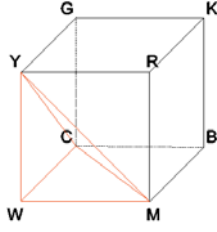


図 2: MBVQ を頂点とする 4 面体の一例

4. Neugebauer モデルと MBVQ の組み合わせ

カラー画像の一つの画素 P の R, G, B 値を $0 < r < 1, 0 < g < 1, 0 < b < 1$ とする。この画素は 6 つの MBVQ 内の一つに存在する。その MBVQ を以下のように表示する。

$$V_1 = \begin{pmatrix} r_1 \\ g_1 \\ b_1 \end{pmatrix} \quad V_2 = \begin{pmatrix} r_2 \\ g_2 \\ b_2 \end{pmatrix} \quad V_3 = \begin{pmatrix} r_3 \\ g_3 \\ b_3 \end{pmatrix} \quad V_4 = \begin{pmatrix} r_4 \\ g_4 \\ b_4 \end{pmatrix}$$

V_1, V_2, V_3, V_4 はこの MBVQ の頂点の色である、それぞれ $r_1, g_1, b_1, r_2, g_2, b_2, r_3, g_3, b_3, r_4, g_4, b_4$ で表す。 V_1, V_2, V_3, V_4 で P を表すと次のようになる。

$$P - V_1 = \alpha(V_2 - V_1) + \beta(V_3 - V_1) + \gamma(V_4 - V_1) \quad (1)$$

$$P = (1 - \alpha - \beta - \gamma)V_1 + \alpha V_2 + \beta V_3 + \gamma V_4 \quad (2)$$

上式の係数の総和は 1 である：

$$(1 - \alpha - \beta - \gamma) + \alpha + \beta + \gamma = 1$$

P の Neugebauer モデル表現は

$$P = (1 - \alpha - \beta - \gamma)V_1 + \alpha V_2 + \beta V_3 + \gamma V_4 + 0V_5 + 0V_6 + 0V_7 + 0V_8$$

である。(1)式を要素で表すと

$$\begin{pmatrix} r - r_1 \\ g - g_1 \\ b - b_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_2 - r_1 & r_3 - r_1 & r_4 - r_1 \\ g_2 - g_1 & g_3 - g_1 & g_4 - g_1 \\ b_2 - b_1 & b_3 - b_1 & b_4 - b_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{pmatrix}$$

と書ける。これを α, β, γ について解くと

$$\begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_2 - r_1 & r_3 - r_1 & r_4 - r_1 \\ g_2 - g_1 & g_3 - g_1 & g_4 - g_1 \\ b_2 - b_1 & b_3 - b_1 & b_4 - b_1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} r - r_1 \\ g - g_1 \\ b - b_1 \end{pmatrix}$$

を得る。 α, β, γ を使い Neugebauer モデルに基づく Floyd-Steinberg 誤差拡散[3]を行う。

5. 結果

図 3 の(a)と(b)はそれぞれ元画像と Neugebauer Model に基づく誤差拡散法を使った結果である。図 3(b)では、明るい画素と暗い画素が隣接して配置され、個々の画素が粒状に目立つ部分がある。一方、図 4 は提案法による結果であり、明るさの変化が小さい色を選んでハーフトニングを行っているため、粒状のノイズが抑えられている。



(a) 元画像



(b) ハーフトーン画像

図 3: Neugebauer model に基づく結果

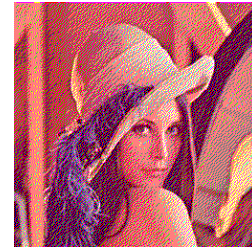


図 4: スパース Neugebauer model に基づく結果

文 献

- [1] D. L. Lau, G. R. Arce: Modern Digital Halftoning, 2nd ed., CRC Press (2008)
- [2] D. Shaked, N. Arad, A. Fitzhugh, I. Sobel: "Color Diffusion: Error-Diffusion for Color Halftones", HP Labs Technical Reports, HPL-96-128R1 (1999)
- [3] R. W. Floyd, L. Steinberg: "An adaptive algorithm for spatial grey scale", Proc. Society of Information Display, 17, pp. 75-77 (1976)