

共通ヒストグラム均等化によるカラー画像の強調

陳, 維

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

浦浜, 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/2324/1961353>

出版情報 : 2018-08-31. 映像情報メディア学会
バージョン :
権利関係 :



共通ヒストグラム均等化によるカラー画像の強調 Color Image Enhancement by Common Histogram Equalization

陳 維 井上光平 原 健二 浦浜喜一
Wei Chen Kohei Inoue Kenji Hara 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: Conventional separable histogram equalization method often produces unnatural colors. In this paper, we propose a method for equalizing a common histogram for three channels: red, green and blue. Experimental results show that the proposed method produces more natural colors than the ones produced by the conventional separable method.

1 はじめに

ヒストグラム均等化（ヒストグラム平坦化 [1] と呼ばれる）はトーンカーブによる濃淡変換法のひとつであり、主にグレースケール画像のコントラスト強調に用いられる。これを RGB カラー画像に適用する場合、RGB 各チャネル画像をグレースケール画像とみなし、それぞれにヒストグラム均等化を施した結果を RGB カラー画像にまとめるという方法 [2] が基本的な方法のひとつであり、これをここでは Separable 法と呼ぶことにする。

Separable 法では、各チャネル画像で異なるトーンカーブを用いるため、変換の前後で RGB 値の大小関係が保たれずに色相が変化し、不自然な色が生じる場合がある。また、色空間を変えて、強度成分のみにヒストグラム均等化を施すことも考えられるが、変換後に元の色空間に戻したときに、色が許容範囲内に納まらないという別の問題（色域問題, gamut problem）が生じる [3]。

そこで本論文では、各チャネル画像に対して共通の画素値変換関数をひとつ用意し、色相を大きく変化させずにコントラストを向上させるカラー画像強調法を提案する。提案手法では色空間の変換を行わないため、色域問題は生じない。カラー画像を用いた実験で提案手法の色相保存性を検証する。

2 共通ヒストグラム均等化

カラー画像を F とし、 F の画素 (i, j) の RGB 値を r_{ij}, g_{ij}, b_{ij} とし、 $i \in \{1, 2, \dots, m\}$, $j \in \{1, 2, \dots, n\}$ とする。また、 $r_{ij} \in \mathcal{L}$, $g_{ij} \in \mathcal{L}$, $b_{ij} \in \mathcal{L}$ とする。ここで $\mathcal{L} = \{0, 1, \dots, L-1\}$ であり、 L は階調数を表し、8 ビット画像では $L = 256$ である。次に、RGB の 3 成分からひとつのヒストグラムを作る。そのヒストグラムを $\mathbf{h} = [h_0, h_1, \dots, h_{L-1}]$ とすると、 $\mathbf{h}$ の第 l 要素は

$$h_l = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\delta_{l,r_{ij}} + \delta_{l,g_{ij}} + \delta_{l,b_{ij}}) \quad (l \in \mathcal{L}) \quad (1)$$

で与えられる。ここで $\delta_{l,r_{ij}}$ の値は $l = r_{ij}$ ならば 1 であり、その他は 0 である。 $\delta_{l,g_{ij}}$ と $\delta_{l,b_{ij}}$ についても同様である。更

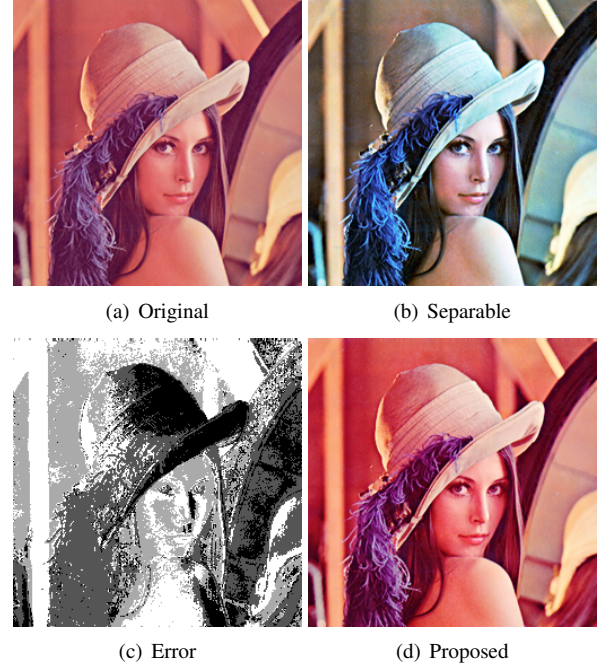


Figure 1: Color image enhancement results.

に、累積ヒストグラムを $\mathbf{H} = [H_0, H_1, \dots, H_{L-1}]$ とすると、 $\mathbf{H}$ の第 l 要素は

$$H_l = \sum_{k=0}^l h_k \quad (l \in \mathcal{L}) \quad (2)$$

で与えられる。この $\mathbf{H}$ から、次のような画素値変換関数を作る。

$$\phi(l) = \text{round}\left(\frac{L-1}{H_{L-1}} H_l\right) \quad (3)$$

ここで round は引数の値を最も近い整数に丸める関数である。この関数 ϕ を用いて、 F を入力画像とするときの出力画像 $\tilde{F}$ の各画素 (i, j) の RGB 値を、それぞれ

$$\tilde{r}_{ij} = \phi(r_{ij}), \quad \tilde{g}_{ij} = \phi(g_{ij}), \quad \tilde{b}_{ij} = \phi(b_{ij}) \quad (4)$$

とする。

このように、RGB 値の変換に共通の関数 ϕ を用いることから、この方法を共通ヒストグラム均等化と呼ぶことにする。

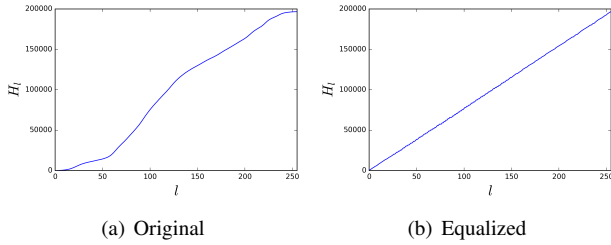


Figure 2: Cumulative histograms.

3 実験例

図 1 にカラー画像の強調例を示す．標準画像データベース SIDBA[4] のカラー画像を用いた．図 1(a) は元画像であり，同図 (b) は Separable 法による結果である．図 1(b) では帽子や右側の背景などが青みを帯びており，同図 (a) と異なる色が生じている．このような色の変化を次のようにして評価した．まず，各画素で RGB 値の差の符号を要素とするベクトルを次式のようにして求める．

$$s_{ij} = \text{sgn}([r_{ij} - g_{ij}, g_{ij} - b_{ij}, b_{ij} - r_{ij}]) \quad (5)$$

$$\tilde{s}_{ij} = \text{sgn}([\tilde{r}_{ij} - \tilde{g}_{ij}, \tilde{g}_{ij} - \tilde{b}_{ij}, \tilde{b}_{ij} - \tilde{r}_{ij}]) \quad (6)$$

ここで sgn は符号関数である．次に， s_{ij} と $\tilde{s}_{ij}$ の対応する要素を比較して，等しい値をもつ要素の個数を数え，その数を N_{ij} ($0 \leq N_{ij} \leq 3$) とする． N_{ij} の値が小さいほど，RGB 値の大小関係に多くの変化が生じたことを意味することから，この N_{ij} は色相保存性を評価するひとつの指標になっている．この N_{ij} を $\frac{255}{3}N_{ij}$ と正規化して画像表示したのが図 1(c) である．なお，(6) 式の $\tilde{r}_{ij}, \tilde{g}_{ij}, \tilde{b}_{ij}$ には Separable 法の出力画素値を代入した．図 1(c) の画像では，黒に近いほど入出力画像間で符号の不一致が多く生じていることを表しており，Separable 法では，不自然な色が生じやすいことがわかる．一方，図 1(d) は提案手法による結果画像 $\tilde{F}$ であり，同図 (b) に比べて不自然な色変化が少ないことがわかる．図 1(c) と同様の画像を求めたところ，符号の不一致が生じる画素の割合は全体の 0.034% と少なく，白に近い画像が得られた．

図 2(a) と (b) にそれぞれ入力画像 (図 1(a)) と出力画像と (図 1(d)) の累積ヒストグラム H を示す．グラフの横軸は l であり，縦軸は H_l である．図 2(a) の曲線が同図 (b) では直線になっていることから，共通ヒストグラムが均等化されたことがわかる．

図 3 に他の SIDBA 画像での結果を示す．1 行目の画像は元画像であり，2 行目の画像は Separable 法による結果であり，3 行目の画像は提案手法による結果である．これらの画像でも，Separable 法による結果では不自然な色が生じているが，提案手法による結果では自然な色でコントラストが強調されている．



Figure 3: Other results.

4 おわりに

RGB カラー画像からひとつの画素値変換関数を作り，それを用いて各チャネル画像の画素値を変換する共通ヒストグラム均等化法を提案し，その有効性を実験で確認した．提案手法は，各チャネル画像を独立に処理する Separable 法よりも色相保存性が高く，色域問題も生じないという利点がある．今後は，提案手法に彩度を高める効果を取り入れることを計画している．

謝辞 本研究は JSPS 科研費 16H03019 の助成を受けたものです．

参考文献

- [1] CG-ARTS 協会: “デジタル画像処理 (第 2 版)”, 公益財団法人 画像情報教育振興協会 (2007)
- [2] J.-H. Han, S. Yang, and B.-U. Lee: “A Novel 3-D Color Histogram Equalization Method With Uniform 1-D Gray Scale Histogram”, IEEE Trans. Image Process., **20**, 2, pp. 506–512 (Feb. 2011)
- [3] S. K. Naik, C. A. Murthy: “Hue-Preserving Color Image Enhancement without Gamut Problem”, IEEE Trans. Image Process., **12**, 12, pp. 1591–1598 (Dec. 2003)
- [4] 坂内正夫, 大沢裕, 曾根光男, 尾上守夫: “画像処理研究用標準画像データベース SIDBA の運用について”, テレビ学技報, **8**, 38, pp. 7–12 (1984)