

中心色を指定できるコントラスト強調処理 Contrast Enhancement Image Processing that can Specify Central Color

○清水 雅夫¹, 小嶋 太郎²
* Masao Shimizu, Taro Kojima

Abstract: In this report, we propose a new processing method that can specify the color that does not change in image contrast enhancement processing. We call this unchanged color the central color. In the proposed method, the contrast enhancement processing for the central color is realized by changing the color in the image so that the distance from the central color is increased. Through many experimental results, we confirmed the effectiveness of the proposed method.

1. はじめに

よく知られるように、RGB カラー画像中の各画素は赤(R)、緑(G)、青(B)の3つの値を持つ。赤・緑・青を各軸とする3次元直交座標系に画像中の各画素をプロットすれば、画像に含まれる色に対応する分布が得られる。この直交座標系は、RGB 色空間とも呼ばれる (Figure 1) [1]。逆に、RGB 色空間中の点の位置を変更すれば、その点に対応する画像中の色を変更することができる。

RGB 色空間中で、 $r = g = b$ の直線は無彩色を表す。無彩色直線からの距離が大きい位置の色ほど純色に近く彩度が高い。無彩色直線の回りの回転角度は色の種類を表し、RGB 色空間の原点に近いほど暗い色を表す。このように、無彩色直線を中心軸とする円筒座標系で色彩を表すと、座標系内での移動に対する色彩の変化がわかりやすくなる。Figure 2に、このような円筒座標系の一つである HSI 色空間を示す[1]。

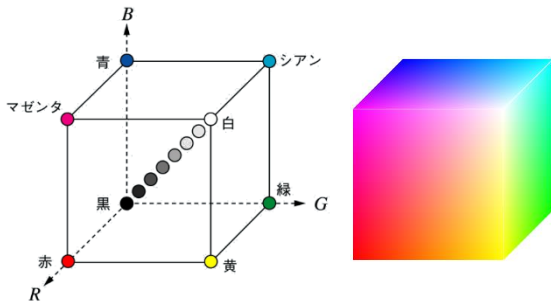


Figure 1. RGB color space.

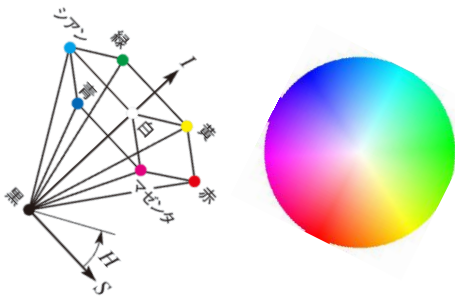


Figure 2. HSI color space.

例えば、Figure 3に示すように、赤い花の色がくすんだ色に撮影された写真 (左) には、彩度(S)を高くする処理 (右) をすればよい[1]。ただし、このときに同時に、葉の緑色の彩度も高くなってしまいう問題があった。これは、花の赤色と同時に葉の緑色も、無彩色直線から離れた位置に対応する色だからである。



Figure 3. Saturation change.

2. 提案手法

従来の彩度を高くする処理は、無彩色直線からの距離を大きくしていた。これに対して提案手法では、無彩色直線の代わりに「中心色」を指定して、RGB 色空間の原点と中心色を通る直線からの距離を大きくすることで彩度を高くする。

指定する中心色を RGB 色空間中のベクトル $\mathbf{c} = (r_c, g_c, b_c)^T$ としたとき、これを R 軸 $(1, 0, 0)^T$ に重ねるように回転する回転行列 \mathbf{R}_c は、ロドリゲスの式[2]から次のように求めることができる。

$$\begin{aligned} \mathbf{R}_c &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cos \theta \\ &+ \begin{bmatrix} (n_0)^2 & n_0 n_1 & n_0 n_2 \\ n_0 n_1 & (n_1)^2 & n_1 n_2 \\ n_0 n_2 & n_1 n_2 & (n_2)^2 \end{bmatrix} (1 - \cos \theta) \\ &+ \begin{bmatrix} 0 & -n_2 & n_1 \\ n_2 & 0 & -n_0 \\ -n_1 & n_0 & 0 \end{bmatrix} \sin \theta \end{aligned}$$

1 : 日大理工・教員・精機, 2 : 日大理工・院 (前)・精機

ただし, Figure 4 に示すように, θ は \mathbf{c} と R 軸のなす角 (回転角度), \mathbf{n} は \mathbf{c} と R 軸の正規化した外積 (回転軸ベクトル) である.

$$\theta = \cos^{-1} \mathbf{c} \cdot (1,0,0)^T$$

$$\mathbf{n} = \frac{\mathbf{c} \times (1,0,0)^T}{|\mathbf{c} \times (1,0,0)^T|}$$

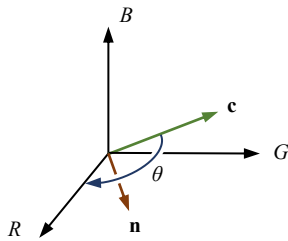


Figure 4. Rotation angle θ and rotation axis vector \mathbf{n} for the central color \mathbf{c} .

次に, 彩度を調整するために, G 軸成分と B 軸成分に対してゲイン \mathbf{g} を乗じる (k_s 倍になる).

$$\mathbf{g} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & k_s & 0 \\ 0 & 0 & k_s \end{bmatrix}$$

最後に, 回転行列 \mathbf{R}_c の逆行列 \mathbf{R}_c^{-1} を乗じる.

全てをまとめると, 画像中の全ての画素値 $(r_i, g_i, b_i)^T$ に, それぞれ次の演算を行い, 同じ位置の出力画像の画素値 $(r_o, g_o, b_o)^T$ を得る.

$$\begin{bmatrix} r_o \\ g_o \\ b_o \end{bmatrix} = \mathbf{R}_c^{-1} \mathbf{g} \mathbf{R}_c \begin{bmatrix} r_i \\ g_i \\ b_i \end{bmatrix}$$

中心色を指定したら, 3×3 の行列 $\mathbf{R}_c^{-1} \mathbf{g} \mathbf{R}_c$ の要素を計算できる. 実際の処理は, 画像中の全ての画素値に対して 3×3 の行列を乗じるだけである. また, 従来の彩度の調整は, 無彩色直線上の色 $r = g = b$ を中心色として指定した提案手法と同じである ($\mathbf{c} = (1,1,1)^T$).

3. 例外処理

通常の 8 ビット RGB カラー画像では, 画素値の各要素は 0 から 255 までの整数値を取る. 画像処理によって画素値がこの範囲を超える可能性があるときには, 画像処理後に画素値をチェックして適切な方法でこの範囲内におさめる必要がある. 提案手法では, 次のような処理をする.

(1) 出力画像の画素値の要素の最大値が 255 より大きいときには, 最大値が 255 になるように他の要素を調整する. できるだけ色味を変えずに, 最大値を 255 に制限する.

if $\{\max(r_o, g_o, b_o) > 255\}$ then {

$$\begin{bmatrix} r_o \\ g_o \\ b_o \end{bmatrix} \leftarrow \frac{255}{\max(r_o, g_o, b_o)} \begin{bmatrix} r_o \\ g_o \\ b_o \end{bmatrix} \}$$

ただし, $\max()$ は, 引数の中の最大値を返す関数である.

(2) 出力画像の画素値のいずれかの要素が 0 未満のときには, その画素の全要素を入力画像の対応位置の画素に置き換える.

if $\{\min(r_o, g_o, b_o) < 0\}$ then {

$$\begin{bmatrix} r_o \\ g_o \\ b_o \end{bmatrix} \leftarrow \begin{bmatrix} r_i \\ g_i \\ b_i \end{bmatrix} \}$$

ただし, $\min()$ は, 引数の中の最小値を返す関数である.

3. 実験結果

Figure 5 に示すように, カラーカードを撮影した画像 (原画像は左上) を使って, Adobe 社製 Photoshop による彩度強調処理 (右上) と提案手法 (左下: $k_s = 2.0$, 右下: $k_s = 3.0$) を比較した. 右上では全ての色彩が強調されているが, 提案手法では中心色に指定した緑色は変化しない.

Figure 6 に, Figure 3 の原画像 (左) と, 提案手法で葉の緑色を中心色に指定した処理結果 (右) を示す.

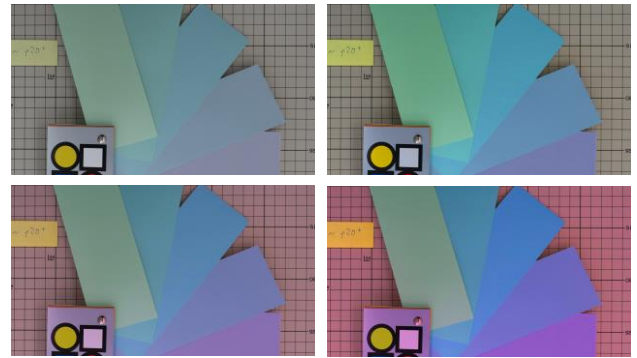


Figure 5. Saturation change and results of proposed method.

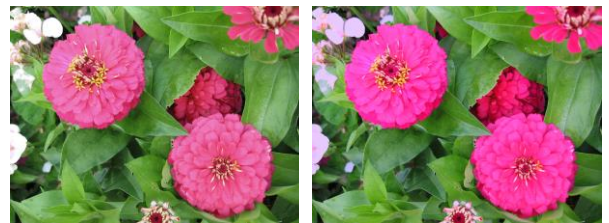


Figure 6. Result of proposed method.

参考文献

- [1] 奥富ほか編: 3 章, 4 章: 「デジタル画像処理 (改訂第二版)」, 公益財団法人画像情報教育振興協会, 2020.
- [2] 金谷: 「3 次元回転」, 共立出版, 2019.