

Kang らの手法

大槻諭汰

2023 年 11 月 12 日

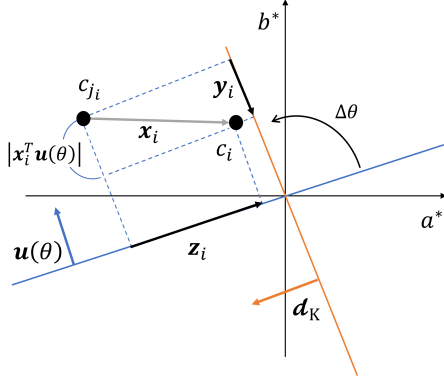


図1 法線ベクトルが $\mathbf{u}(\theta)$ である平面（青線）への \mathbf{x}_i の射影と 2 色覚平面（橙色線）への色相変換

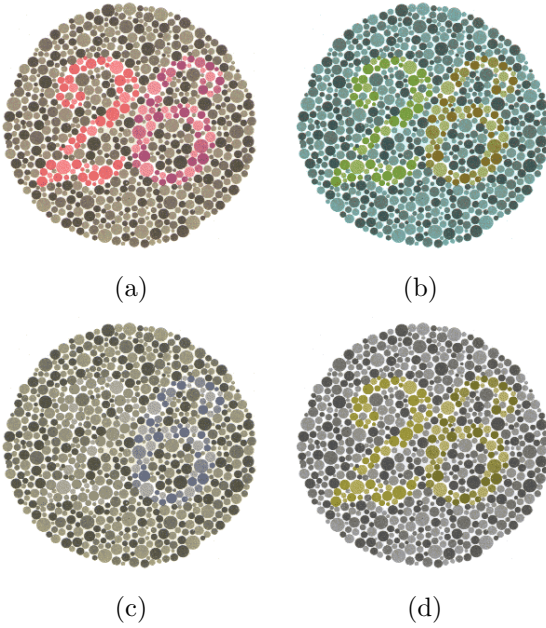


図2 色相変換結果 (a) 原画像, (b)Kang らの手法, (c), (d) : 1 型 2 色覚での (a), (b) の見え

あらまし

2 色覚では見分けにくい色の組み合わせがある。そのコントラストを改善する手法として、Kang らの手法 [3] がある。本稿では Kang らの手法について概説する。

1 色相変換によるコントラスト改善手法

1.1 2 色覚での見えのシミュレーション

CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 色空間 [1] において、2 色覚者の見えを表す平面（以下では 2 色覚平面と呼ぶ）の法線ベクトルを $\mathbf{d}_K = (0, \cos \theta_K, \sin \theta_K)$ で表す。1 型 (protanopia) の場合 $\theta_P = 191.48^\circ$ 、2 型 (deuteranopia) の場合 $\theta_D = 188.11^\circ$ 、3 型 (tritanopia) の場合 $\theta_T = 133.63^\circ$ である [2]。

画素 i の色を $\mathbf{c}_i = (L_i^*, a_i^*, b_i^*)$ で表す。図 1 に示すように、画素 i, j の色について、3 色覚における CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 色差 [1] を $\|\mathbf{x}_i\|$ 、2 色覚における色差を $\|\mathbf{y}_i\|$ で表す。 $\|\mathbf{x}_i\| (> \|\mathbf{y}_i\|)$ より、2 色覚平面ではコントラストが小さくなり、それらの色の見分けが付きにくい場合がある。

1.2 Kang らの手法

Kang らの手法 [3] では、 L^* 軸に平行なある平面（図 1 の青線）に各画素の色を射影し、その平面上に射影された色を 2 色覚平面に一致するように回転移動することでコントラストの改善を行う。色を射影する平面の法線ベクトルを $\mathbf{u}(\theta)$ で表す。 $\mathbf{u}(\theta) = (0, \cos \theta, \sin \theta)$ である。これより、色相の回転角度は $\theta_K - \theta (= \Delta\theta)$ になる。 $\Delta\theta$ のとりうる値の範囲は、例えば P 型の場合は $(11.48^\circ, 191.48^\circ]$ である。図 1 の例では、 $\|\mathbf{z}_i\| (> \|\mathbf{y}_i\|)$ が変換後の色の 2 色覚でのコントラストとなり、見えが改善される。 \mathbf{u} の偏角の最適値 $\tilde{\theta}$ は、以下の最適化問題により得る。

$$\tilde{\theta} = \arg \min_{0^\circ \leq \theta < 180^\circ} J(\theta), \quad (1)$$

$$J(\theta) = \alpha L(\theta) + (1 - \alpha)G(\theta). \quad (2)$$

$L(\theta)$ と $G(\theta)$ はそれぞれ、入力カラー画像の局所コントラスト及び広域コントラストを評価したものである。 α は $L(\theta)$ と $G(\theta)$ のどちらを重視するかを決めるパラメータであり、 $[0, 1]$ の実数である。広域コントラストは原画像の色合いの自然さを保つように偏角の最適値 $\tilde{\theta}$ を探索するものである。そのため、 $G(\theta)$ は画像を色変換する際に 2 色覚で見分けが付きにくい色同士の色差コントラストをつけることに寄与しない。反対に、局所コントラストを評価する $L(\theta)$ は 2 色覚でのコントラストが改善するように偏角の最適値 $\tilde{\theta}$ を探索する。

$L(\theta)$ は,

$$L(\theta) = \sum_{i=1}^N [\mathbf{x}_i^T \mathbf{u}(\theta)]^2, \quad (3)$$

$$\mathbf{x}_i = \mathbf{c}_i - \mathbf{c}_{j_i} \quad (4)$$

で定義される. ここで, \mathbf{c}_i は画素 i の CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 色成分 [1] からなるベクトルであり, $\mathbf{c}_i = (L_i^*, a_i^*, b_i^*)$ である. 画素 j_i は, 画素 i と対になる画素であり, ガウシアンペアリングによりランダムに選ばれる.

$L(\theta)$ のみで最適化される法線ベクトル $\mathbf{u}(\tilde{\theta})$ は, 各画素対の \mathbf{z}_i を考慮し, 最も色差を反映することのできる法線ベクトルである. その法線ベクトル $\mathbf{u}(\tilde{\theta})$ をもつ平面を, ここでは「最適色差平面」と呼称する. この最適化問題は, 射影によって失われる色差ベクトル成分 $|\mathbf{x}_i^T \mathbf{u}(\theta)|$ の最小化, すなわち $\|\mathbf{z}_i\|$ の最大化を意図している.

局所コントラストの考慮を最優先し, $\alpha = 1$ とした場合 ($L(\theta)$ のみを考慮した場合) のシミュレーション結果を図 2 に示す.

参考文献

- [1] 高木幹雄, 下田陽久 (監修), 新編画像解析ハンドブック, 東京大学出版会, 東京, 2004.
- [2] G.R. Kuhn, M.M. Oliveira, and L.A.F. Fernandes, “An efficient naturalness-preserving image-recoloring method for dichromats,” IEEE Trans. Vis. Comput. Graphics, vol.14, no.6, pp.1747–1754, Dec. 2008.
- [3] S.-K. Kang et al.: 2020 IEEE Int. Conf. Image Process., pp.1048–1052, Abu Dhabi, UAE, Oct. 2020.