

肌領域からの光源色推定に関する考察 A Study on Illumination Color Estimation from Skin Region

塚田 正人[†] 田島 譲二[‡]
Masato Tsukada Johji Tajima

1. はじめに

本稿では、カラー画像中の肌領域の色情報から光源色を安定に推定できることをシミュレーションにより示す。普遍的な色特性を有する人間の肌領域の色情報を手がかりに情景中の光源色を推定する光源色推定技術を基に、カラー画像のホワイトバランス補正や肌の質感再現などの高画質化手法が提案されている[1][2][3]。しかし、カラー画像中の人間の肌の色情報を手がかりとする光源色推定方法は、個人による肌色のばらつきが、光源色推定における不安定要素として挙げられていた。本研究では、色再現評価用標準物体分光データベース (SOCS) に収録されている日本人の女性の素肌(3427色)、白人の素肌(75色)、黒人の素肌(18色)の表面反射率、および10種類の異なる光源の分光分布から算出された色度分布を解析し、肌色の個人差、さらには、人種によらず、カラー画像中の肌色情報から光源色を安定に推定できることを示す。

2. 肌領域からの光源色推定

一般に、我々人間は、自然物を被写体としたカラー画像を提示された際、情景中の光源色などの撮影条件やカラー画像機器の色特性に関する情報が与えられなくとも、カラー画像全体のカラーバランスや色再現の良し悪しを的確に判定できる色知覚能力を有している。このように人間がカラー画像の色再現性に関する画質の優劣を判定できるのは、人間にとって重要な意味を持ち、かつ、普遍的な色特性を有する特定の対象物を画像中から探し出し、その対象物の色情報を手がかりにして、情景中の光源色を推定しながら情景中の物体色を認識し、カラー画像の色再現性について判断しているという、人間の色知覚メカニズムに関する一つの仮説が考えられる。

いま、特定の対象物として人間の肌色に着目する。カラー画像における肌領域の色情報である三刺激値 XYZ は、以下の式で表わされる。

$$\begin{aligned} X &= \int_{400}^{700} S(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot x(\lambda) d\lambda \\ Y &= \int_{400}^{700} S(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot y(\lambda) d\lambda \\ Z &= \int_{400}^{700} S(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot z(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 λ は波長、 $S(\lambda)$ は肌の表面反射率、 $I(\lambda)$ は光源の分光分布、 $x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$ は等色関数である。照明の分光分布を式(2)のような有限次元線形モデルで表現する。

$$I(\lambda) = I_0(\lambda) + \sum a_i I_i(\lambda) \quad (2)$$

ここで、 $I_0(\lambda)$ は平均ベクトル、 $I_i(\lambda)$ は基底ベクトルでいづれも既知である。 a_i は光源の分光分布を表わす未知特性パラメータとなる。

上記人間の色知覚メカニズムの仮説に基づき、普遍的な色特性を有する肌色に対して統計的に意味を持つ表面反射率(例えば、平均表面反射率)を用いると、式(1)は光源の未知特性パラメータ a_i に関する観測方程式となり、これを解くことで光源の分光分布を復元することができる。

3. 肌色分布シミュレーション

カラー画像の肌色領域の色情報を手がかりとした情景中の光源色の推定法では、個人による肌色のばらつきが、光源色推定における不安定要素として挙げられる。この課題を解消するために、異なる光源下での多くの肌色の色分布シミュレーションを行った。

本シミュレーションに使用した色情報データは以下の通りである。

(1) 肌色の表面反射率

ISO/TR 16066:2003 Graphic technology -- Standard object colour spectra database for colour reproduction evaluation (SOCS)に収録されている日本人の女性の素肌(3427色)、白人の素肌(75色)、黒人の素肌(18色)の表面反射率を使用。

(2) 照明の分光分布

太陽光および人工光について以下に示す10種類の光源の分光分布を使用。

(CIE)標準光源: A, D50, D65

蛍光灯: F3(3450K), F4(2940K), F5(6350K),

F6(白色, 4150K), F10(3波長形昼白色, 5000K),

F11(3波長形白色, 4000K), F12(3000K)

肌色の表面反射率および光源の分光分布を式(1)の右辺にそれぞれ代入し、各光源下での肌色の三刺激値 X, Y, Z を計算し、色度 x, y を算出した。

図1は、10種類の光源下での肌色の色度分布を示したものであり、(a)日本人、(b)白人、(c)黒人の色度分布である。図2は、図1の各色分布について90%等確率偏差楕円を示したものである。

日本人の肌色分布に関して、各照明下における肌色分布は、高い分離度であることがわかる。特に、相関色温度が5000KであるF10とD50が、少しの重なりでかなり分離できていることの意味は大きい。3波長型蛍光灯下の色再現は、D50よりも派手になり色修正が必要となる場合がある。この分離度の良さによりF10とD50の推定ができれば自動色修正が可能であろう。F4とF12も同様である。

白人の肌色分布に関しては、日本人の肌色分布とほぼ同じ分布傾向であることが分かる。黒人の肌色分布は、日本人および白人と比べ、やや傾向が異なり D50, D65, F10 における分布に重なりが見られるものの、黒人の肌色についても各照明下における肌色分布は、高い分離度であることがわかる。

[†]日本電気(株), NEC

[‡]名古屋市立大学, Nagoya City Univ.

4. まとめ

日本人(3427色), 白人(75色), 黒人(18色)の表面反射率および10種類の光源の分光分布を利用し, 肌色分布を解析した. その結果, 各照明下における肌色分布はいずれも高い分離度であることが確認された. この結果から, 肌色の個人差, さらには, 人種によらず, カラー画像中の肌色情報から光源色を安定に推定できることが確認された.

参考文献

- [1] 塚田ら:“記憶色に基づく色再現とその高画質化応用,”映像情報メディア, Vol.60, No.3, pp.348-357, 2006.
- [2] C. Dubout et al., “Face image enhancement using 3D and spectral information,” Proc. ICIP, pp.697-700, 2009.
- [3] M. Tsukada et al., “Face Image Enhancement Taking into Account Lighting Behavior on a Face,” Proc. CAIP, 2011.

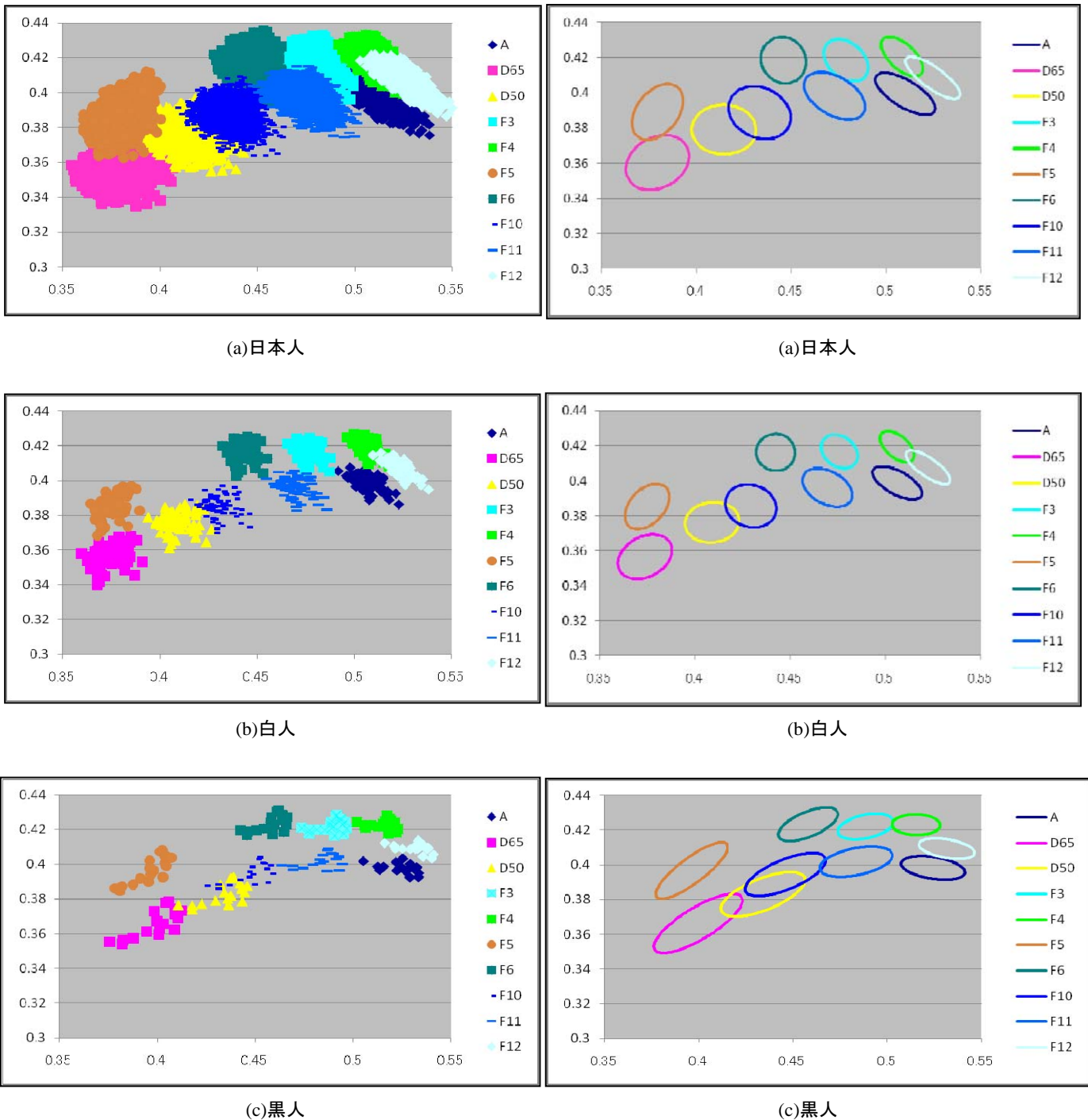


図1 10種類の光源下における肌色の色度分布

図2 肌色分布の90%等確率偏差楕円