

## 各種の肌色の分光反射率の測定

## Measurement of Spectral Reflectance of Various Skin Tones

○小嶋 太郎<sup>1</sup>, 清水 雅夫<sup>2</sup>\* Taro Kojima<sup>1</sup>, Masao Shimizu<sup>2</sup>

Abstract: This report represents the results of measuring the spectral reflectance of various skin tones. Skin color is an important piece of information for human communication, as it can also represent a person's health condition and emotions. Human vision detects colors in three different wavelength bands. Many color cameras are also similar to human vision. Therefore, we measured the spectral reflectance of skin colors using a hyperspectral camera in order to investigate whether there are changes that cannot be detected by human vision or a normal color camera.

## 1. はじめに

この報告では、各種の肌色の分光反射率を測定した結果を示す。肌色は、その人の健康状態や感情などを表すこともある、人間のコミュニケーションにとって重要な情報である。よく知られているように、人間の視覚では、3種類の波長帯域で色彩を検出している[1]。多くのカラーカメラも、人間の視覚と同様である。そこで、人間の視覚や通常のカラーカメラでは検出できないような肌色に関する変化があるのかを調べるために、ハイパースペクトラルカメラを使って各種の肌色の分光反射率を測定した。

## 2. 測定方法

ハイパースペクトラルカメラ[2]は、撮影レンズ後方に画像の1行分の幅のスリットを配置してあり、このスリットを通過した1行分の画素を回折格子で各波長に分解して、エリアセンサで1行分の全波長強度を撮影する。スリットと回折格子、エリアセンサは駆動機構で上下に移動する。この駆動機構によって、各行に対応した波長ごとの光強度を撮影できるが、通常のカメラのように1枚の画像を(一瞬で)同じタイミングで撮影することはできない(最長で数分かかる)。このため、移動対象の撮影はできない。測定に使用したハイパースペクトラルカメラは、スペクトル分解能 5nm × 151チャンネル、測定波長範囲 350~1100nm、画像解像度は水平 752 × 垂直 480画素である。

撮影領域内部が乱反射により均等に照明されるように、Figure 1に示すように、ケント紙のチャンバーを設置した。また、光源近くにも拡散シートを設置した。

対象の反射率を測定するためには、分光反射率が既知の基準が必要である。この基準として、標準白色反射板を使用した。これは、380~780nmまでの分光反射

率を測定値済みの白色版である。反射率は 89.0~93.1%である。

対象の反射率は、次のように測定する。ある波長 $\lambda$ について、光源の発光強度を $L(\lambda)$ 、対象の反射率を $R(\lambda)$ 、白色版の反射率を $R_w(\lambda)$ 、撮像素子の感度を $S(\lambda)$ 、露光時間と増幅器のゲインを $g$ とすると、対象を撮影した領域の画素値 $I(\lambda)$ と白色版を撮影した領域の画素値 $I_w(\lambda)$ は、次のようになる。

$$I(\lambda) = gL(\lambda)R(\lambda)S(\lambda)$$

$$I_w(\lambda) = gL(\lambda)R_w(\lambda)S(\lambda)$$

従って、対象の反射率は画像中の画素値だけを使って、次のように測定できる。

$$R(\lambda) = \frac{I(\lambda)}{I_w(\lambda)} R_w(\lambda)$$

なお、照明が均等になるように工夫をしたが、どうしても測定領域内で明るさが異なってしまった。このため、白色板と測定対象は同じ位置で撮影した(2回撮影する)。



Figure 1. Internal diffusion chamber for spectral reflectance measurements.

### 3. 測定結果

#### 3-1. 光源の分光強度

光源として、500W ハロゲンランプと、2 個の LED ランプ(7W×2)を使用した。Figure 2 に分光強度の測定結果を示す。この測定には、分光強度も測定可能な入射光式照度計 (セコニック C-700) を用いた。なお、分光強度は最大値が 1 になるように正規化されている。

2 種類の光源の分光強度の特徴として、ハロゲンは全ての波長に発光強度が存在するが、LED は青色 LED と蛍光物質を使っているために短波長領域と長波長領域で発光強度がほとんどない領域が存在する。ハロゲンは高温になり扱いにくいですが、測定用の光源としては適している。

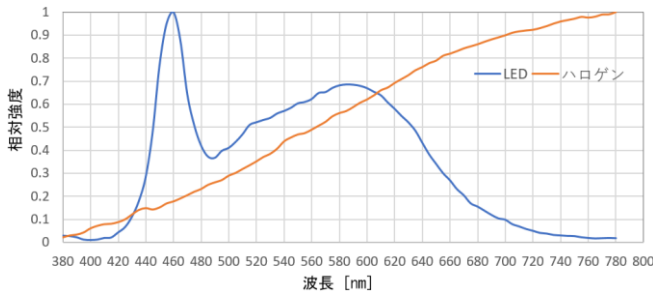


Figure 2. Spectral intensity of two light sources.

#### 3-2. 白紙の分光反射率

チャンバー内部の測定領域は、A4 サイズよりもやや大きい程度であるが、この測定領域に測定対象を複数配置して一度に複数の分光反射率を測定できるように、まず、分光反射率の基準となるコピー用紙 (コニカミノルタ JPAPER) の分光反射率を測定した。

Figure 3 に、2 種類の光源で測定したコピー用紙の分光反射率を示す。短波長と長波長領域で 2 種類の光源での測定結果がやや異なるが、これは LED 光源にこの波長領域の発光エネルギーが少ないためと考えられる。

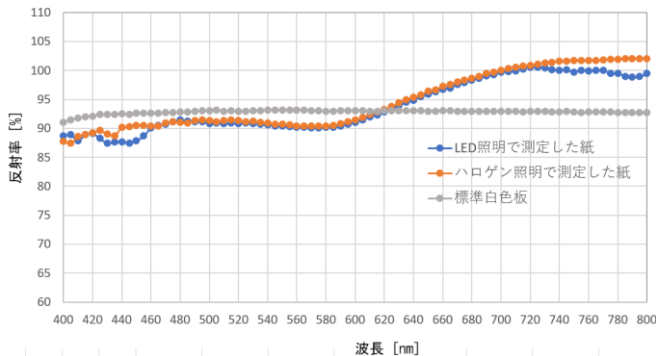


Figure 3. Spectral reflectance of a copy paper measured with two types of light sources.

#### 3-3. カラーサンプルの分光反射率

分光反射率を測定する各種の肌色として、アルコール染料インクを用いたマーカー (Copic Ciao) を塗布したコピー用紙を使用した。Figure 4 に、使用した 6 種類のカラーサンプルを示す。

Figure 5 と Figure 6 に、それぞれ LED 光源とハロゲン光源を使って測定した分光反射率を示す。どちらも傾向はよく似ているが、短波長と長波長領域で結果がやや異なる。ハロゲンを使った結果の方が、より正確であると考えられる。

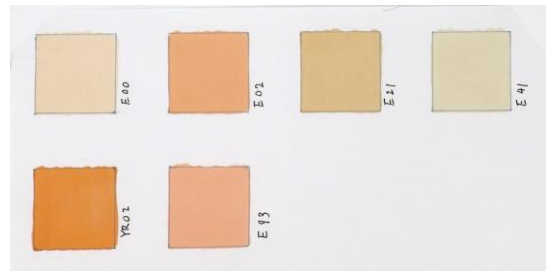


Figure 4. Six color samples used for spectral reflectance measurements.

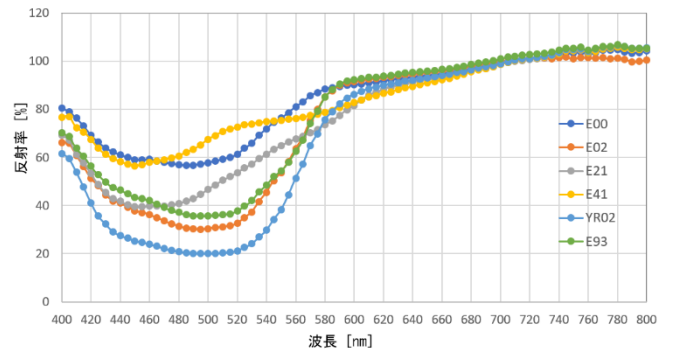


Figure 5. Spectral reflectance with LED light source.

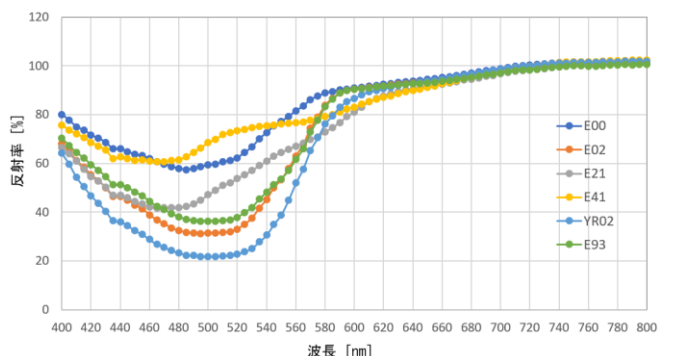


Figure 6. Spectral reflectance with halogen light source.

#### 参考文献

- [1] 奥富ほか編：16 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] <https://ebajapan.jp/spectraltechnology/>