

カラーチャートを用いた分光反射率補正アルゴリズム

Adjustment algorithm of spectral reflectance using a color chart

室蘭工業大学大学院 機械創造工学系専攻¹⁾, 東京農工大学大学院生物システム応用科学府²⁾

°本間 亮佑¹⁾, 湯浅 友典¹⁾, 西舘 泉²⁾, 相津 佳永¹⁾

Muroran Institute of Technology¹⁾, Tokyo University of Agriculture and Technology²⁾

°Ryousuke Honma¹⁾, Tomonori Yuasa¹⁾, Izumi Nishidate²⁾, Yoshihisa Aizu¹⁾

E-mail: s2022075@mmm.muroran-it.ac.jp

1.はじめに

現在, 深刻な医師不足や医療施設の偏在化などにより, 日々の健康管理による予防医療が重要視されている. このような背景から, 誰もが簡単にどこでも利用可能なヘルスケアシステムの構築が求められている. 当研究室では, カメラ内蔵携帯電話によって撮影された画像をサーバーに送ることで簡単な健康診断を行うシステムを構築してきた. しかし, 色彩情報は画像入力時に用いる照明やデバイス等の各種撮影条件から影響を受けるため, 正しい色彩情報を得ることが困難であり, 正確な診断を行うためには, 色彩情報の補正処理が必要である. 本研究ではカラーチャートを用いることで, 各種撮影条件の影響を低減させ測定対象の色彩情報を分光反射率で補正するアルゴリズムの構築を行った.

2. Wiener 推定法による分光反射率の推定原理¹⁾

デジタル RGB 画像の画素値は, その画素位置に対応する CCD 素子に入射する光強度や分光分布によって決定される. 画素位置 (x, y) に対応する CCD 素子に入射する光の分光分布は, $r(x, y; \lambda)t_i(\lambda)E(\lambda)$ で与えられる. ここで $r(x, y; \lambda)$ は画素座標 (x, y) における物体の分光反射率, $t_i(\lambda)$, $E(\lambda)$, はそれぞれ, R,G,B 3 チャンネルの中から i 番目のフィルター分光透過率, 光源の分光放射輝度を表す. このとき, 各素子において得られるセンサー応答 $v_i(x, y)$ は, 式(1)のように表される.

$$v_i(x, y) = \int_{400}^{700} r(x, y; \lambda)t_i(\lambda)E(\lambda)d\lambda \quad (1)$$

$\mathbf{v}$ を R,G,B 3 チャンネルのセンサー応答を表した 3 つ要素をもつベクトル, $\mathbf{r}$ を物体の分光反射率を表す l 個の要素で構成されるベクトルとした場合, 式(1)は次のように表される. ここでは, 座標 (x, y) を省略した.

$$\mathbf{v} = \mathbf{F}\mathbf{r} \quad (2)$$

行列 $\mathbf{F}$ は, カメラの R,G,B それぞれ各波長に対する 3 つのチャンネルの分光感度を表すベクトル $\mathbf{S}$ と, 光源の分光放射輝度を表すベクトル $\mathbf{E}$ を用いて, $\mathbf{F} = \mathbf{E}\mathbf{S}$ と定義される.

センサー応答ベクトルからの分光反射率の推定を $\hat{\mathbf{r}} = \mathbf{G} \cdot \mathbf{v}$ と表すと, 推定行列は式(3)で与えられる.

$$\mathbf{G} = \mathbf{R}_{rv}\mathbf{R}_{vv}^{-1} \quad (3)$$

ここで $\mathbf{R}_{rv}(= \langle \mathbf{r}\mathbf{v}^t \rangle)$, 及び $\mathbf{R}_{vv}(= \langle \mathbf{v}\mathbf{v}^t \rangle)$ はサンプルに関するそれぞれ $\mathbf{r}$ と $\mathbf{v}$ の相互相関行列, $\mathbf{v}$ の自己相関行列を示す. $\mathbf{R}$ の自己相関行列は $\mathbf{R}_{rr}(= \langle \mathbf{r}\mathbf{r}^t \rangle)$ として表し, $\langle \rangle$ は分光反射率サンプルに対するアンサンブル平均を表す. 本研究では, カラーチャートの分光反射率から自己相関行列 $\mathbf{R}_{rr}$ を決定した. 式(2)を用いて式(3)は, $\mathbf{G} = \mathbf{R}_{rr}\mathbf{F}^t(\mathbf{F}\mathbf{R}_{rr}\mathbf{F}^t)^{-1}$ として表すことができる.

3. 分光反射率補正アルゴリズム

照明やカメラなどの各種撮影条件からの影響を排除した理想的なカラーチャートの分光反射率を予め求めておく. 次に照明やカメラの撮影条件の影響を受けた状態でカラーチャートの分光反射率を求め, 理想的な分光反射率と比較することで, 撮影条件による分光反射率の変化量を求める. この分光反射率の変化量を用いることで, 撮影条件の影響を受けた分光反射率を補正する.

3.1 分光反射率補正用カラーパッチの選定

カメラによる撮影条件についてはカメラ固有の要因に依存するので現時点では特定の 1 台に限定する. 次に照明による撮影条件の影響を求めるため, 照明の特性を効率的に取得できるカラーチャートの色を選定した. ここではまず, 照明条件の影響を受けた分光反射率を, RGB 画像から推定する前に, 分光器によって測定した分光反射率を用いて補正アルゴリズムの検証を行った. RGB と CMY の 3 色のカラーパッチをそれぞれ用いて分光反射率を推定したところ, 波長成分が少ないカラーパッチでは推定精度が低いことが分かった. そこで各波長成分の情報を多く持つカラーパッチを用いてハロゲン光の分光分布を推定した結果を Fig.1 に示す. このグラフから精度良く光源の分光分布が推定できていることが分かる.

3.2 Wiener 推定を用いた分光反射率の推定と補正

カラーチャートを撮影し, Wiener 推定で推定した分光反射率を補正し, 補正精度の検証を行った.

参考文献

- 1) 津村 徳道, 羽石 秀昭, 三宅 洋一 光学 27, 7 (1998) 384-391.

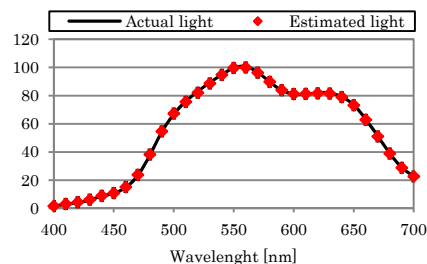


Fig.1 Spectral distribution of Estimated light.