

RGB 画像からの分光反射特性の推定

Estimate of spectral reflection from an RGB image

大塚 直也[†] 石川 知一[‡] 柿本 正憲[‡]東京工科大学メディア学部メディア学科[‡]

1. はじめに

コンピュータグラフィクス（以下、CG）やコンピュータビジョンの分野では、一般的に RGB 表色系が用いられる。しかし、本来の光つまりスペクトルは強度の異なる様々な波長の集合体であり、RGB の 3 つの値のみで表すには限界がある。事実、日中の太陽光と白色 LED は異なる分光分布を持つが RGB で表した場合ほぼ同じ白で表される。物体に反射された光も同様である。ディスプレイ機器では RGB の色表現能力の不足が指摘され、多原色ディスプレイの試作や製品化が行われている。3DCG ではより正確な結果を得るためにスペクトルレンダリングが重要になり、コンピュータビジョンの分野では、より正確で多様な情報を得るためにマルチバンドカメラやハイパースペクトルカメラが用いられている。

本研究は RGB 画像から分光反射特性を推定することを目的とする。物体固有の分光感度特性を推定するのは容易ではない。本研究ではそれに対し、手軽に利用できる方法として、すでに撮影された画像について画素ごとに異なる反射特性を推定する方法を提案する。

2. 関連研究

分光反射特性や恒常的な物体色の推定に関する研究を紹介する。

川上らの手法[1]では、画像の同一物体上の日照領域と影領域では光源の分光分布が異なることに着目している。これによって複数の光源下で撮影したことと同じ情報を得ることが可能である。出力情報は RGB 情報であるため、分光反射特性の推定ではないが、日照領域と影領域の光源色の違いへの着目は非常に有効である。

Estimate of spectral reflection from an RGB image
Naoya OTSUKA[†], Tomokazu ISHIKAWA[‡], Masanori KAKIMOTO[‡]
School of Media Science, Tokyo University of Technology^{†‡}

宮下らの手法[2]では事前に分光感度と照明環境の影響を取り除くよう校正したカメラと校正されていないカメラを用意し、両方でカラーチャートを撮影し校正されたカメラと未校正のカメラとの色空間の変換行列を求めることで未校正のカメラでも分光反射特性の推定を行えるようにした。

3. 提案手法

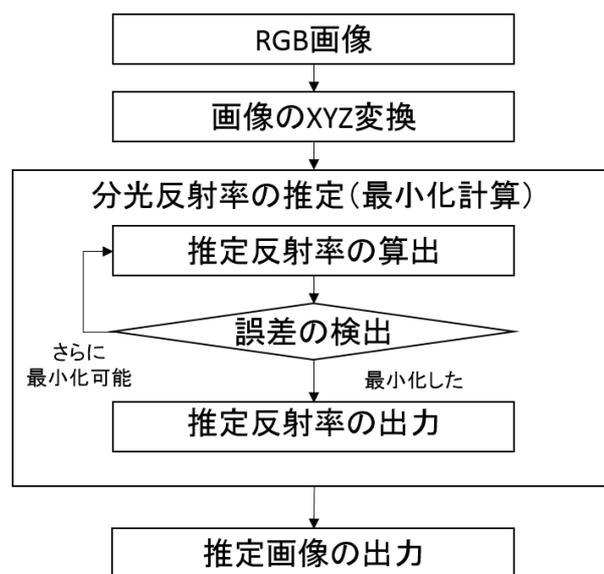


図1 処理全体の流れ

画素の色値 (C) は以下の (1) のように、光源の分光分布 (I)、物体の分光反射特性 (R)、それぞれの感度情報 (S) を可視光スペクトルの波長の範囲 (λ) で積分することにより求めることができる。

$$C = \int_{\lambda} I(\lambda)R(\lambda)S(\lambda)d\lambda \quad (1)$$

色値 (C) は RGB 情報であるが、本手法では便宜上、中間情報として XYZ への変換を行う。これはスペクトルから RGB へ直接変換を行う場合、RGB 等色関数を感度情報として用いるが、RGB 等色関数はマイナスの値を持っているため扱いつらいためである。

色値 (C) は XYZ の 3 値である。少ない次元の情報からより多い次元の情報を復元するのは実質的に不可能であるため、本手法では光源の分光分布 (I)、感度情報 (S) は事前入力を行い、分光反射特性 (R) を最適化計算によって求める。

本手法では、反射特性 (R) は (2) で表すように平均 (μ)、分散 (σ)、反射強度 (α) の 3 つのパラメーターからなるガウス分布の混合で表す。

$$R(\lambda) = \sum_{k=1}^n \alpha_k \exp\left(-\frac{(\lambda - \mu_k)^2}{2\sigma_k^2}\right) \quad (2)$$

元画像の画素の XYZ 値と、推定した反射特性をもとに復元した XYZ 値の差が最小になるように最小化問題として解く。3 つのパラメーターには値の範囲において制約条件を設ける。

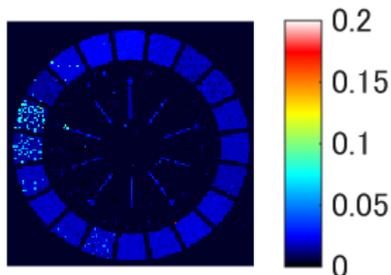
4. 実験



(2-a) 入力画像
太陽光下で撮影



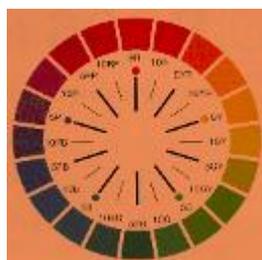
(2-b) 推定結果画像



(2-c) (2-a)と(2-b)の誤差画像



(2-d) 白熱灯下での
撮影画像



(2-e) (2-b)の光源を白
熱灯に変更した画像

図 2 結果画像

実際にカメラで撮影して得た RGB 画像を入力として分光反射特性の推定を行った。また、推定した分光反射特性から RGB 画像を復元し、入力画像との誤差を検証した。プログラムの実装には MATLAB を用いた。

最小化計算は波長の範囲 (λ) を 380nm から 780nm に設定し、制約条件を平均 (μ) は波長の範囲 (λ) 内、分散 (σ) は 1~300、反射強度 (α) は 0.0~1.0 とし、最小化計算を行った。ガウス分布の個数 n は 2 とした。実行時間は 128x128 の画像で約 50 分かかった。

推定した分光反射特性から復元画像を作成し、入力画像との差の検証を行った。二乗平均平方根誤差を用いて入力画像と復元画像の差は平均約 0.008 になり、最大で約 0.15 になった。

5. おわりに

本研究では、分光反射特性はガウス分布を線形結合したガウス混合モデルで表せるものと仮定して入力画像から分光反射特性を推定し復元した画像との差の検証を行った。推定した分光反射特性と撮影時とは異なる光源情報の組み合わせで画像の作成を行い、反射特性の恒常性を検証した。

今回の実験では既知の分光反射特性と推定分光反射特性の比較が行えなかった、今後は推定精度向上のために実験を行う予定である。光源の分光分布も事前入力としたが、理想的には RGB 画像から光源の分光分布も推定できることが望ましい。実際に分光分布を推定することは困難であるが、光源の種類や状態などが推定できるとより広い範囲への応用が可能であると考えている。光源からの直接光が当たる部分と影の部分では、分光分布が異なる問題の解決も今後の課題となる。

参考文献

- [1] 川上玲, タン・ロビタントウィ, 池内克史, 光源環境の変化を利用した物体の色推定. 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2004), Vol. II, pp. 169-174, 2004 年 7 月.
- [2] 宮下朋也, 田中法博, 望月宏祐, 未校正カメラを用いた分光反射特性推定とその精度検証, 情報処理学会研究報告グラフィクスと CAD (CG), Vol. 2010-CG-139 No. 4, 1-6, 2010 年 07 月 09 日