

ハイパースペクトル画像から sRGB 画像へのレンダリング

足立 秀雄

May 7, 2020

1 sRGB 画像へとレンダリング

ハイパースペクトル画像を sRGB 画像へレンダリングします。

1.1 レンダリング方法

sRGB 画像へのレンダリング方法を説明します。CIE 1931 XYZ 色空間の値を次式で求めます。

$$\begin{cases} X = K \int_{400}^{780} E(\lambda) S(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y = K \int_{400}^{780} E(\lambda) S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z = K \int_{400}^{780} E(\lambda) S(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{cases} \quad (1)$$

式 (1) の各変数を説明します。 K は正規化定数で

$$K = \frac{100}{\int_{400}^{780} E(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda} \quad (2)$$

です。 K は物体が完全拡散反射物、つまり全ての波長で分光反射率が 1 のとき、刺激値 Y の値が 100 となるよう正規化しています。 $E(\lambda)$ は光源の分光分布です。 $S(\lambda)$ は物体の分光反射率であり、ハイパースペクトル画像により得られた値を分光反射率と考えて、RGB 画像をレンダリングします。 $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ は CIE 等色関数で人間が光の波長を知覚したとき、XYZ の各刺激値がどれだけ得られるかを示した値である。この等色関数には CIE 1931 2° 測色標準観察者と CIE 1964 10° 測色標準観察者の二つがあります。今回の実装では CIE 1931 10° 測色標準観察者によって得られた値を採用しました。

式 (1) により得られた XYZ 空間の値から sRGB 画像への変換は次式でします。

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.2406 & -1.5372 & -0.4986 \\ -0.9689 & 1.8758 & 0.0415 \\ 0.0557 & -0.2040 & 1.0570 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (3)$$

Table 1: 8bit に丸める前の値

	分子 100	分子 1
D65	284.306305044	111.492668645
光源 A	393.778354878	154.422884266
光源 B	456.411071476	178.984733912

以上の計算を行うことにより，光源の分光分布，物体の分光反射率，等色関数から RGB 画像を生成することができます．

1.2 疑問

正規化定数 K に関する疑問があります．過去に XYZ 色空間を利用時には Y の値は 1 付近でした．そのため， Y の最大値の最大値は 100 ではなく 1 に制限した方が良いのではないかと考えました．この直感にしたがって， Y の最大値が 1 と 100 の場合，つまり K の分子の値が 1 と 100 の場合で比較しました．実行結果を図 1 に 8bit png 画像生成前の丸める前の max 値を表 1 に出力しました．表 1 をみると分子 1 の結果は 8bit の範囲を超えています．分子 1 の結果は画像全体で大きい値を持つため，分子 100 の結果と比較して画像が明るくなったと考えられます．図 2 はハイパースペクトル画像配布元が RGB 画像にレンダリングした結果です．画像全体の輝度は分子 1 の結果の方が近い気がします．なぜこのようなことが起きているのか，今の自分では説明できません．おそらく，式 (3) の作り方に関して自分の理解が不十分ではないかと予想しています．また標準光源 D65 を利用したときだけでなく，光源を変化させても常に式 (3) を利用してもいいのか疑問です．この疑問を解消するために色空間の変換について勉強していこうと考えています．



(a) 標準光源 D65 分子 1



(b) 標準光源 D65 分子 100



(c) 光源 A 分子 1



(d) 光源 A 分子 100



(e) 光源 B 分子 1



(f) 光源 B 分子 100



Figure 2: 分光画像配布サイトのレンダリング結果