

知っておきたいキーワード

新演色性評価法 ～色忠実度指数～

矢口博久†

†千葉大学

"Color Fidelity Index" by Hirohisa Yaguchi (Chiba University, Chiba)

キーワード：照明，演色性，色温度，色忠実度指数

色の3要素と条件等色

ニュートンの有名な言葉に「光に色はついていない」があります。これは、色は光そのものが持つ物理的な特性ではなく、感覚であると言っているのです。われわれが見ている色はほとんどが物の色であり、光の色を直接見ることは稀です。20世紀以降、ネオンサイン、テレビに始まり、昨今はスマホなど直接光を見る機会が増えてきましたが、人間の視覚は光でなく物を見るように進化してきました。図1は色の3要素を示したものです。光、物、視覚が3要素です。物理的には、光は分光放射照度、物は分光反射率、視覚は3種類の錐体の分光感度で表されます。表色、つまり色を表す場合は、視覚は錐体の分光感度の線形変換で定義される等色関数で代用されます。色はこれら三つの要素の積として図中の式のような三つの値（三刺激値）で表現されます。この式は、光、物、視覚の物理的な情報は分光的な多次元情報ですが、色については3次元で記述され

ることを意味します。多次元情報を3次元空間に射影して見ていることとなります。したがって、もし分光反射率が異なる二つの物がたまたまある光、ある観測者が見た場合に同じ色に見えることがあります。これをmetamerismといいますが、日本語では条件等色と呼ばれます。つまり、ある光、ある観

測者という条件の下で等色しているということになります。もし、この条件が崩れ、これを別の光の下で見ると、もはやこれら二つの物は異なった色に見えてしまいます。照明光の演色性の評価にはこの条件等色が利用されています。

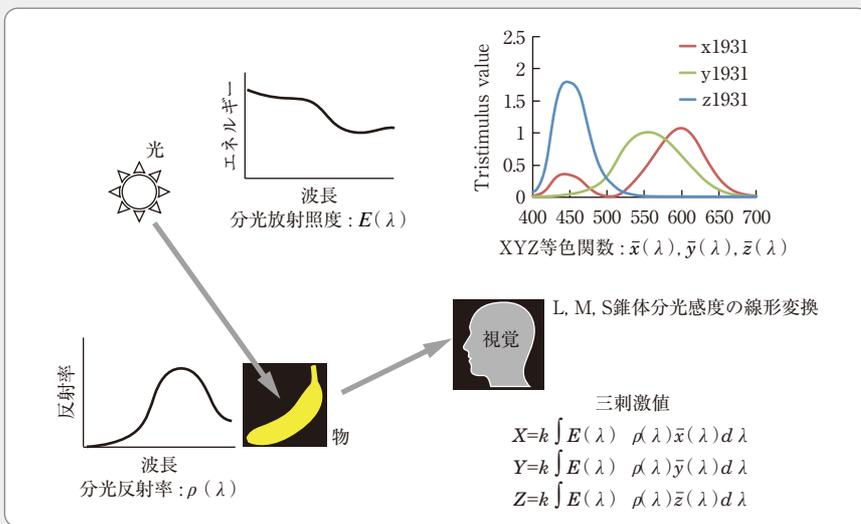


図1 色の3要素

演色性とは

演色 (color rendition) とは物の色の見えに及ぼす照明の効果と定義されます。演色性 (color rendering) というより狭い意味になり、ある照明下の物の色の見えを、ある参照となる照明の下の色と比べて、意識的にも無意識的にも、色がどう変わって見えるかという効果と定義されます (図2)。われわれは普段、自然光や白熱電球の下で物の色を見ています。そこで、ある照明光の演色性を評価する場合は、参照する光には昼光あるいは黒体放射の光を用います。また、われわれの視覚には、照明光の色が変わっても物の見え方が常に安定して見えるようするための、色順応という機能があります。

そこで、同じ色順応の状態での見えの効果を比較するために、評価対象の照明光と同じような色の参照光を用います。二つの照明光自体の色は同じですが、分光放射分布が異なる照明光で

の物の色の違いを評価することになります。つまり、白色物体 (完全拡散板) で条件等色となる二つの照明光の下での物の色の見えの変化を評価することになります。

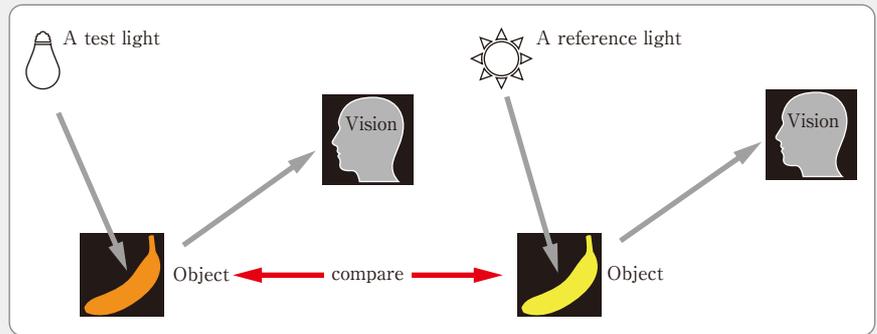


図2 演色性とは？

色温度とは？

演色性の評価には評価対象の照明光 (試験光) と同じような色の参照光を用いるといいましたが、「同じような色」とはどういうことなのでしょう？ 光や物の色は色度座標 (x, y) という二つの数値で表しますが、照明光などの白色光の色は色温度という一つの数値で表すことが一般的です。図3は自然界の光を (x, y) 色度図にプロッ

トしたものです。黒体放射の軌跡付近にあることがわかります。黒体はその絶対温度でその分光放射分布が決まり、色度座標が計算されます。絶対温度が上昇するにつれ、オレンジから黄、白、青の方向へ色度が変わります。そこで、照明光の色に知覚的に最も近い黒体の絶対温度でその照明光の色を表します。正確には相関色温度といいます。演色性の評価では同じ相関色温度同士、つまり「同じような色」の試験

光と参照光による物の色の違いを評価することになります。図4はCIEの新しい演色評価法、色忠実度指数に用いられている参照光の分光放射分布です。試験光が4000K以下の場合は黒体放射を、5000K以上ではCIE昼光を用います。4000Kから5000Kの間は、黒体放射とCIE昼光に色温度に依存した傾斜配分で線形結合した分光放射分布を用います。

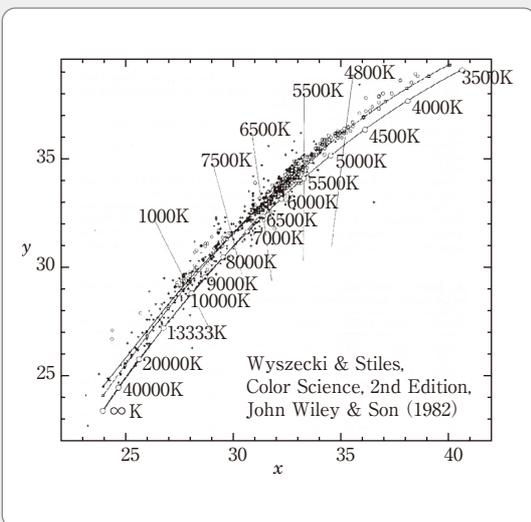


図3 自然光の色度分布

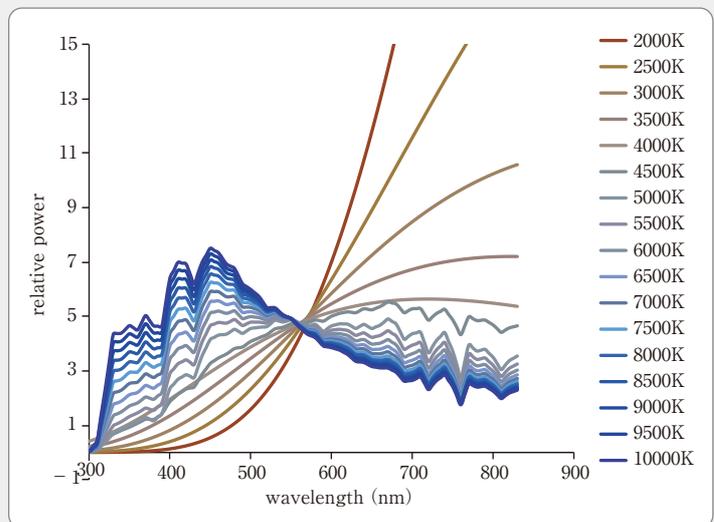


図4 Rf算出のための参照イリミネント

演色評価指数 R_a と色忠実度指数 R_f の違いは？

演色性評価の目標は照明の用途によって異なります。店舗照明、例えば、食品売り場などの照明では、野菜や魚などが美味しく見える照明が好まれます。また、真珠の鑑定など微妙な色の識別が求められる時は、色の違いがよくわかる照明が良いでしょう。写真や印刷物などの画像の分野では、見慣れた光の下で色が忠実に再現される照明が求められます。例えば、現在ISOで定められている画像の観察条件ではCIE演色評価数が規定されています。しかし、現行の演色評価数には二つの大きな問題があります。第一の問題は、試験色票の数が少なく、評価値に色票依存性が生じることです。CIE演色評

価数は14枚（JISでは、これに加えて日本人女性の肌色を含め15枚）の試験色票について、参照光と試験光の下でこれらの色票を照明した時の色差を用いて演色評価数を計算します。もちろん、この色差が小さいほど見慣れた色に近いということで、演色評価数は高くなります。各色票については特殊演色評価数 R_i (i は色票の番号) と呼ばれ、比較的彩度の低い1番から8番までの色票の色差から計算された平均値を用いたものが平均演色評価数 R_a となります。第二の問題は、色差の計算方法が古いということです。色差式は常に、改良され続け、現在はCIELAB, CIELUV, CIE DE2000が主流となっていますが、 R_a の色差の計算には1964年に定められた色差式が採用されています。CIE演色評価数の

最初の方法が提案されたのは1965年で、当時は蛍光灯が広く普及してきた頃でした。現行の演色評価数は蛍光灯の評価には問題は少なかったのですが、同じ方法を新しいLEDなどの照明光源の評価に用いると、見た目と評価指数の食い違いが顕在化してきました。そこで、CIEでは色の忠実度を正確に評価する方法として色忠実度指数 R_f を2017年に発表しました。図5に色忠実度指数計算のためのフローを示します。この新たな方法では、図6に示す99種類の自然に存在する反射物体の分光反射率を試験サンプルとして用いています。図7は、その99サンプルの色度座標を、 R_a の計算に用いる8枚の試験色票とともに示しています。色空間全体を覆うように高彩度まで分布していることがわかると思います。また、色差については、CIE色の見えモデル(CIECAM02)を発展させたCAM02-UCSという新しい色差式を採用しています。この改良によって、科学的により正確に色の忠実性を表す演色性を評価することが可能になりました。しかし、照明業界では R_a を即座に新しい R_f に置き換えることには多くの課題があるとされています。色忠実度指数 R_f の業界での普及は、実際にユーザや現場の声を聞いた後になるでしょう。(2018年6月15日受付)

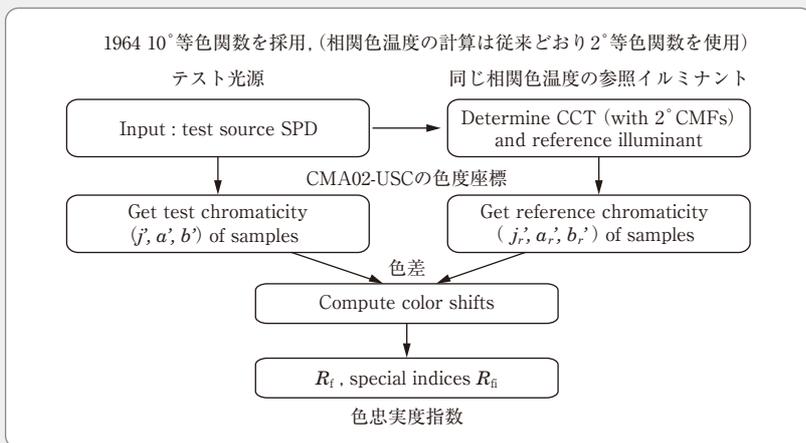


図5 色忠実度指数の計算過程

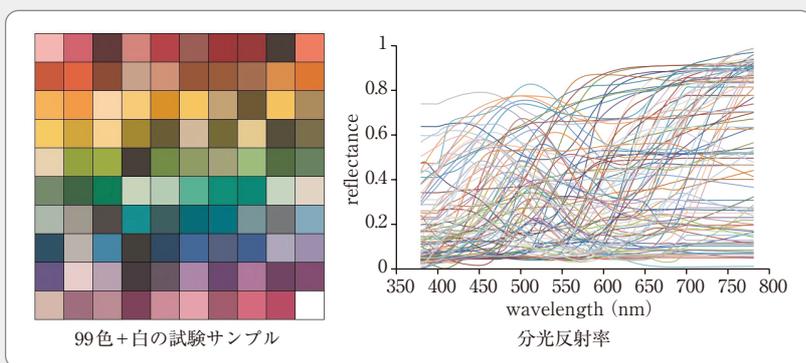


図6 R_f の計算に用いられる99色の試験サンプル

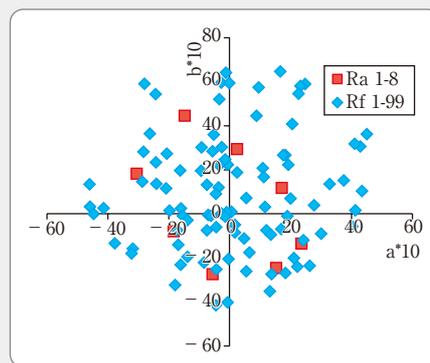


図7 R_f および R_a の計算に用いられる試験サンプルの色度座標



矢口 博久 1980年、東京工業大学大学院博士課程修了。東京工業大学助手、カナダ国立研究所(NRC)研究員、千葉大学助手、助教授、教授を経て、2016年、停年退職。現在、千葉大学名誉教授、国立台湾科技大学客員教授。光・眼(視覚)・色の研究を継続。工学博士。