

液晶ディスプレイに限らず、印刷なども含めて色彩表示を行う場面では、必ず色再現性が問題となる。色再現を考えるためには、色の記録と再現手法はもちろんだが、色彩をどのように数値として扱うかが最初の課題となる。

色彩は、人間の感覚が係わる事ではあるが、分光スペクトルから数値化できる。人々がみている色が同一の感覚を引き起すかは分らないし、物理的な見え方には個人差もある*¹。人間には色順応という機能もあり、環境光の変化により色も変化して見えたりもする。

1 色覚

人間の目の色覚細胞には桿体と錐体の2種類がある。桿体は錐体に比べると大きな細胞で、このため空間分解能は低いが高感度は高い。夜間にぼんやりと物の形態が見えるのは桿体によっている。錐体は桿体より小さく、目の中央付近に密に分布している。錐体にはL、M、Sの3種類がある。これらの名称は吸収波長の極大位置 (Long, Middle, Short) から来ている。図1に3錐体の相対感度分布を示す*²。

3種類の色覚細胞というと、3原色の赤、緑、青を感じる色覚細胞であるように思ってしまうが、図を見て分るように、L錐体とM錐体の感度のオーバーラップは大きく、単純に赤や緑と分別出来るものではない*³。色分別にはオーバーラップ領域が広いことが重要で、2つの錐体の信号強度比の変化を通して波長変化を認識できる。もし、ある波長域で1つの錐体しか感度を持っていなかったら、その範囲で波長が変化しても、色変化は認識出来ない*⁴。

*¹ 多くの人の目には3種類の波長感度分布を持った細胞(錐体)がある。しかし、その3種類の錐体の感度分布には個人差がある。また、錐体が、1種類、2種類、4種類の人もいる。かつては、正常と非正常な色覚の間に断続があるとされていたが、最近の研究で人間の色覚は分布を持ったもので連続的に広がったものであることが分ってきている。ここでは、一応、3種類の細胞を持つ人を主体として話を進め、最後により広い視覚の人にとって見やすい色について触れることにする。

*² 色覚に関する話は「色のふしぎ」と不思議な社会、川端裕人、筑摩書房(2020)」を参照にしている。一読をお勧めする。

*³ 鯉田 孝和、なぜ赤・緑・青錐体ではなくてL、M、S錐体と呼ぶの？、(VISION Vol. 32, No. 4, 123-125, 2020)

*⁴ 目の錐体細胞の感度分布に対して、デジタルカメラ(やアナログフィルム)の感度分布はオーバーラップが少ない。目とは感度分布が異なることが、撮影された画像の色彩が目で見たと異なってしまう大きな原因である。カメラの感度分布が目と異なるのには2つの理由があるらしい。一つ目は単純に目と同じ感度分布のフィルターの製造が難しいこと。二つ目は異なる色覚細胞の感度が近い領域では、信号にノイズが乗ったときに、色調を大きく誤認する可能性があること。2番目の理由については、デジタルカメラの黎明期に、大御所の先生がノイズの影響があるので、目と同様の感度分布は適していないと主張されたのが大きいという話を個人的に伺ったことがある(この話をされた方はLMSに近い感度分布のカメラを

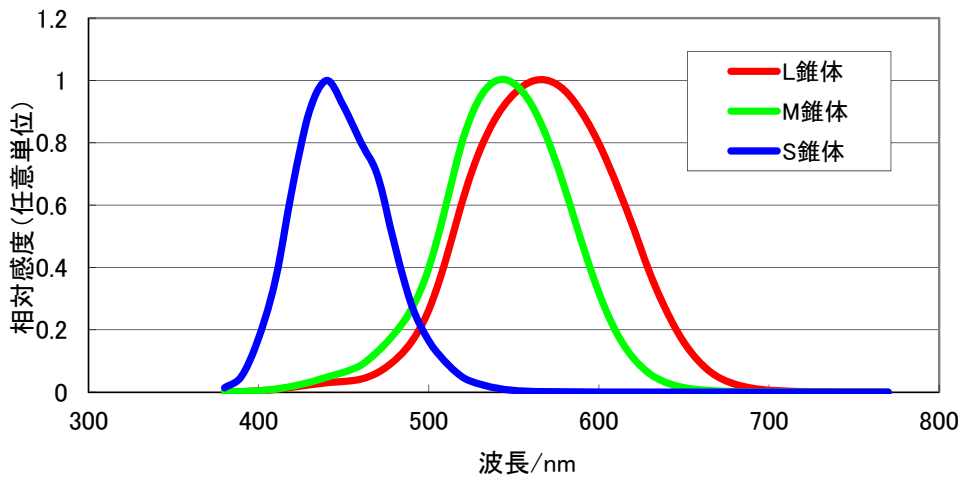


図 1: LMS 錐体の感度分布

哺乳類の中で 3 種類の錐体細胞を持っているのは霊長類のみで、それ以外の哺乳類は 2 種類の錐体細胞しか持っていない。他の脊椎動物は、魚類、爬虫類、鳥類は 4 種類の錐体細胞を持っており、これらは脊椎動物の進化の初期に手に入れたものと考えられている。哺乳類が 2 種類の錐体しか持っていないのは、中生代の長きに渡って、夜行性の動物として過していたためと考えられる。洞窟の環境に適用した生物が視力を失うことから理解できるように、不必要な機能の維持にかかるコストをなくすために、長期にわたって使われない機能は失われていく。哺乳類では、4 種類の錐体のうち、もっとも長波長に感度を持つものと短波長に感度を持つものを残して真中の 2 つは失われてしまった。その後、霊長類は 3 種の錐体を持つだけでなく、それは失われた錐体が復活したのではなく、長波長に感度を持つ錐体が 2 つに分裂変位したものである。

霊長類において長波長感度の錐体が分裂したのは、森林で植物の葉と熟した実を色彩で区別できることが生存に有利だったためとされている。2 種類の錐体のみでは緑と赤の識別が困難で、森林の緑の中から熟した赤い実を素早く見つけることが出来ない。なお、人間に残された短波長側の錐体は、魚類等では紫外線に感度を有しているが、人類の場合に

試作して、よい色再現が得られたとおっしゃっていた。)。ノイズが色再現を誤らせるのは、目についても同様のだけ目では網膜で光強度を信号に変えた後に、すぐに、2 つの錐体の強度の差と和をとりノイズを防いでいるようである。もとの信号を長い距離伝送すると、その間にノイズが混入するが、ノイズが入るまえに情報処理を行えば、その後のノイズはある色の強度に影響するノイズであっても、色味変化を引き起すノイズにはならない。

	異常3色覚 (Anomalous Trichromacy)	2色覚 (Dichromacy)
1型色覚 (Protan)	1型3色覚 (PA) ProtAnomaly	1型2色覚 (P) Protanopia
2型色覚 (Deutan)	2型3色覚 (DA) DeuterAnomaly	2型2色覚 (D) Deuteranopia
3型色覚 (Tritan)	3型3色覚 (TA) TritAnomaly	3型2色覚 (T) Tritanopia

は、感度が青色領域にシフトしている。

人類の多くは図に示した感光特性の錐体を持っているとされており、これから逸脱が認められる場合には、色覚異常として表のように分類されていた。表の1型はL錐体、2型はM錐体、3型はS錐体に変異があるもので、異常3色覚は3種類の錐体で、数字で指定された錐体の感度分布が多数派と異なるもの。2色型は番号で指定された錐体を欠いており、残る2種類の錐体で色分別を行っている場合である*5。

異常3色覚では、特定の錐体の感度分布が標準的なものと異なっているが、先天性異常3色覚の殆どは1型または2型で3型は少ないことが知られている*6。これは、L錐体とM錐体の遺伝情報が近接した位置にあり交換が起りやすいのに対して、S錐体は離れた位置にあり、より安定しているためとされている。L錐体とM錐体の遺伝情報の交換には、様々なパターンがあり、そのため、錐体の感度分布（吸収ピーク波長）が、標準的なものとはほぼ同一であり、標準的な色覚と区別がつかないような場合から、もう一方の錐体に近く、2色覚に近い場合まで分布がある。異常3色覚といっても人により見え方は異なる。通常、先天的な色覚異常は日本人男性で人口の5%程度とされているが*7、これは、色覚検査で判定された割合で、軽微で色覚検査で異常3色覚と認識されない場合も含むと人口の40%程度は標準からずれた色覚を有しているとの研究結果もある。

色覚検査は長らく石原表により行われ来たが、近年になって、異なる色覚検査方法も発達しており、それらの検査により標準的とされる色覚を持っている人の間でも色弁別の能

*5 かつては、2色覚型は色盲、異常3色覚型は色弱と呼ばれていた（長澤和弘，色覚異常をどう呼ぶか？，VISION Vol. 11. P33-36(1999).）。また、色感細胞を1種類しかもたない1色覚も数は少ないが存在し、かつては全色盲と呼ばれていた。

*6 このあたり個別に引用を示さないが、基本上記コメント中の川端さんの本によっている。

*7 先天的な色覚異常の女性は人口の0.2%程度とされている。これは視物質の遺伝情報がX染色体上にあるためである。一方、女性では2本のX染色体上の視物質の遺伝情報が異なる結果として4色覚を持つ人がいることが見いだされている。

力に差があることが分ってきた。色の分別は最終的には脳内で行われており、たとえ網膜で発生する信号が同一だとしても、最終的な色彩は同じである必然はない*⁸。

2 開口色と表面色

色の見え方は複雑で、色を観察する条件により見える色が異なる。人が日常の風景で目にする色彩は表面色と呼ばれるもので、この中には赤、青、緑の3原色の他、灰色、茶色、黄土色など、様々な中間の色がある。それに対して、周囲が暗い状況で黒い面に開いた半透明のスクリーンに後ろから照射された時に見える色彩は開口色と呼ばれ、赤、青、緑の3原色の他、青緑や黄色、紫といった色は存在するが、茶色や黄土色は観察されないし、灰色も存在していない。開口色の条件では茶色はオレンジ系に見えるし、灰色も白色となる。茶色は明度の低いオレンジ系の色であり、周囲に明るい色がある場合には、沈んで茶色に見えるけれども、開口色観察条件では周囲が暗黒であるために、明るさの判断ができず、スペクトルだけから定まるオレンジ系の色調に見える。

世の中にある表色系も表面色に対応したものと、開口色に対応したものがある。マンセル色票系は前者で、ディスプレイの色指定に使われる xyz 表色系は後者である。ディスプレイは開口色である xyz 表色系を基盤に色彩表示を行っているが、画面上の相対的な明暗のパターンは表面色に相当し、画面上では表面色でしか見られない茶色や黄土色も感じられる。色彩の再現を考える場合には、明度も含めた開口色が取扱えればよいわけで、以下、開口色に限って話を進める。

3 等色実験と表色系

人の目の色の感じ方には分布があるけれども、ある波長分布の光を見たときの応答は等色実験を通して数値化されている。等色実験というのは2つの隣接する開口の一方には、あるスペクトル分布の光を照射し、もう一方の窓には、基準となる3つの波長の光を混合して照射し、両者が同じ色に見えるように基準光の混合割合を調整してもらう。同じ色と判断された時点での基準光の割合より、比較対象であった色の座標値を定める。基準波長には赤(700nm)、緑(546.1nm)、青(435.8nm)の単色光が使われた*⁹。様々な色彩の色をこの3色の光の足し合わせにより再現できる。しかし、鮮やかな青緑は、3色の混合で

*⁸ デジタルカメラでも、同じ感度分布の撮像素子を使っている、その後の画像処理によりできあがる絵には異なった部分が生じると同様に考えて良いだろうと思う。

*⁹ 青と緑の波長は光源に使われた水銀灯のスペクトル線。

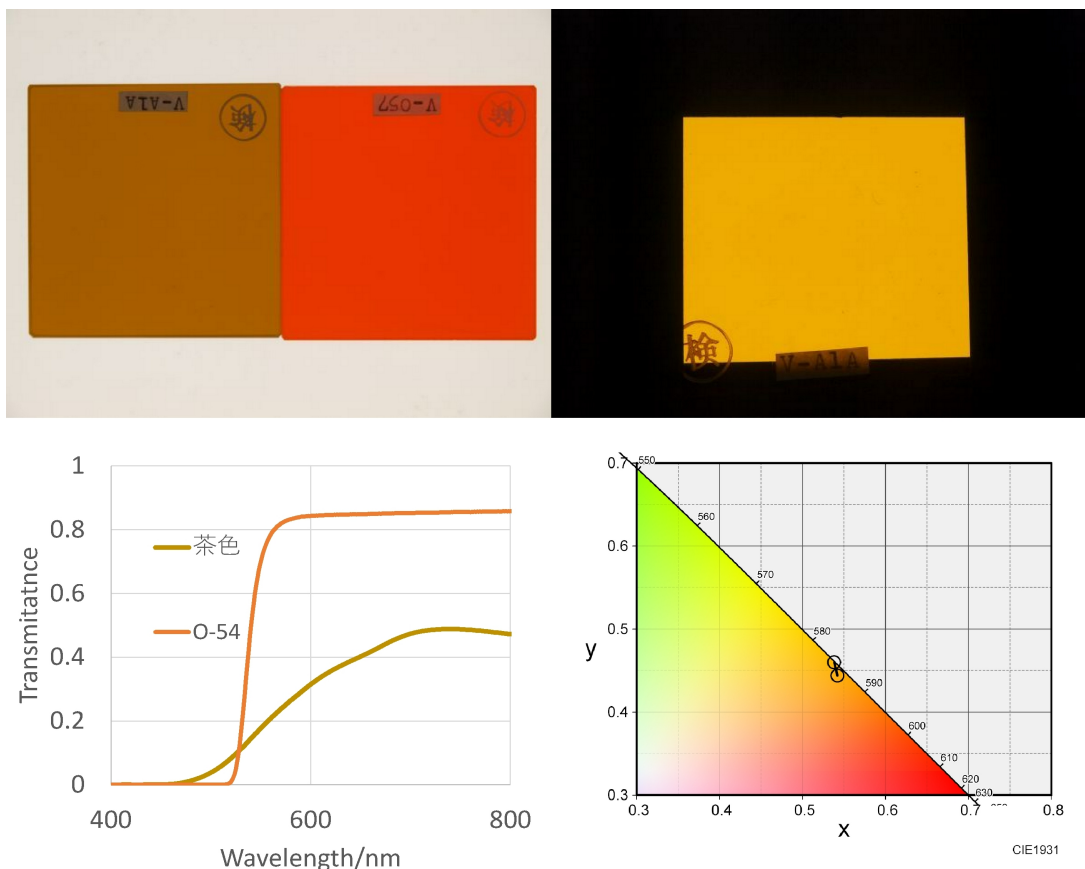


図 2: 表面色条件と開口色条件で同一のフィルターを観察した。表面色 (左) ではオレンジ色フィルターと並べているが茶色に見える。開口色条件では明るめのオレンジに見える。下左は茶色に見えるフィルターとオレンジ色の O-54 の透過スペクトル。O-54 が 540nm 付近より長波長側で透過率が一気に上昇するのに対して、茶色フィルターでは透過の立ち上がりは緩く、また長波長側でも吸収がある。下右は、O-54 と茶色フィルターについて色座標を求めたもので、両者はオレンジ色でほぼ似た位置にあり、上の開口色での色味と矛盾のない値になっている。なお、色度図のプロットには ColoAC (<http://phonon-spectrum.com/index.html>) を用いている。

は再現できない。このように 3 色の混合では再現できない色に関しては、比較対象とする色側に基準光を混ぜると、3 色混合で再現できるようになる。たとえば、鮮やかな青緑の場合は、これに赤色光を混合して青緑の鮮やかさを減じると、3 原色の青と緑の混合で同じ色を作る出せるようになる。このように、比較対象光に原色の 1 つを混合した場合には、混合した原色の値を負値とする。赤、緑、青の 3 色の混合により、負値が生じる領域

は出現するものの、すべての色を数値で表現できる^{*10}。

3.1 RGB 表色系

基準光として、赤、緑、青を用いて、それぞれの相対強度で色の数値化を行うシステムが RGB 表色系である。上に記したように、色彩によっては、赤、緑、青の可算では再現できず、基準光の重ね合せにより比較する色彩側の色味を変化させており、そのような色彩に関しては、一つの刺激値が負の値となる。

3.2 xy 表色系

RGB 表色系の適当な線形変換により負値となる領域をなくした表色系を作り出すことが出来る。ただし、そのためには基準となる 3 つの光の座標位置を現実には存在しない値となる。これを虚色と呼ぶ^{*11}。虚色を導入することにより、負の係数を用いずにすべての色を表現出来る。

RGB 表色系の基準となるデータから負の符号をなくすような線形変換には様々な可能性がある。その一つの方法が xy 表色系である。この表色系では後に記すように X、Y、Z の 3 つの基準となる虚色を用いて色の数値化を行う。人間の目はある程度の光強度範囲で相対的なスペクトル分布が同じなら同じ色彩に感じる。このため色調の指定は、X、Y、Z の 3 つの数値を用いる必要がなく、3 つの合計値が 1 となるような規格化した X と Y の数値のみでよい。規格化した値は小文字の x と y で表記されるので、xy 表色系と呼ばれている。xy 表色系では、Y 成分が人間の視感度曲線に合致するように設定されており、Y 成分の合計値により明るさを計算できる。

人間の目は黄斑と呼ばれる狭い領域のみ、高密度に 3 種類の色感細胞があるが、その中でも、視角にして 2 度ほどの中心部分とその外側では色の見え方に差があることが実験的に確かめられている。このため、x,y,z の色座標を計算するための分布表も 2 度対応のものとは 10 度対応のものが用意されている。

^{*10} 負値となる領域が出現するのは、基準光では人の目の 3 種類の色感細胞を独立に励起できていないためである。

^{*11} 虚色と言われるとイメージが湧かないけれども、たとえば、何らかの方法で、3 種類の細胞の中の 1 種類のみを励起したときに見えてしまう色を考えると、これは、日常的には経験できないけれども、存在してもよい色だろうと思う。実は赤に関してだけは、十分に長波長の光では一つの種類しか励起できないので、1 種類のみを励起が見えているのだけれども、他の 2 つについては、光学的には不可能である。などと脚注を書いていたら、近年では特定の錐体のみ光を当てる技術が開発されており、例えば L 錐体だけを励起するなんてことも出来ているそうだ。ところが、その実験で見える色は赤とは限らないらしい。

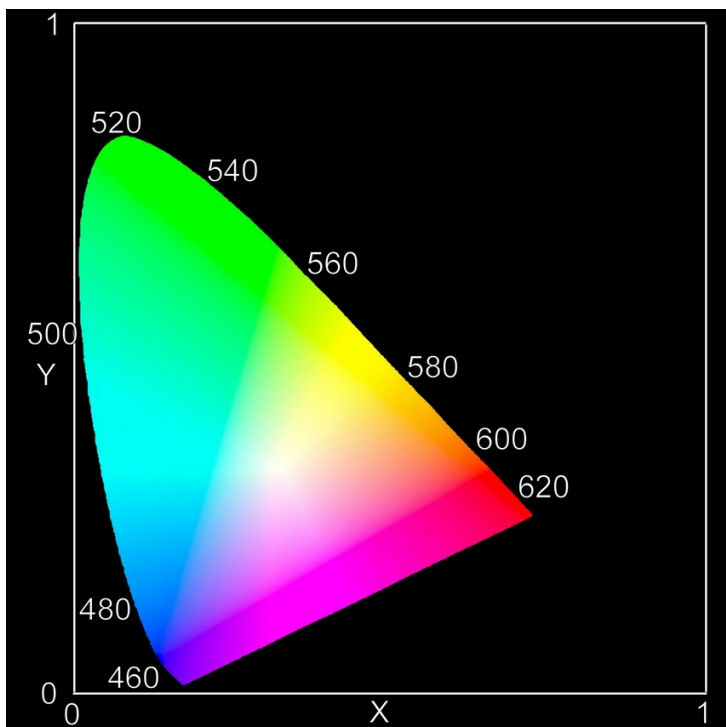


図 3: CIE xy 色度図

図 3 に xy 色度図を示す。下側があいた、歪んだ馬蹄形を下向きにしたような形をしている。馬蹄形の線はスペクトル輝線と呼ばれ、単色光のスペクトルによる色調である。馬蹄形の下を結んだ直線は赤から紫へと変化する色線で「純紫軌跡」と呼ばれる。この領域に対応する単色光は存在しない。また、馬蹄形の外側の領域は実際には観察できない色域で虚色と呼ばれている。

スペクトル軌跡の赤色側は直線となっている。この直線領域は 2 種類の色感細胞の励起割合が変化している場所で、直線から外れるところで、3 つめの色感細胞の励起が始まる。青色側に直線がなく、内側に曲がった曲線となっているのは、この領域にも赤に感じる細胞が感度を持っているためである

色度図上の任意の 2 つの色彩を混合すると、それぞれの座標値を結んだ線上の色調を作り出すことが出来る。例えば、青色光と黄色光を適当な割合で混ぜ合せると白色光となる。これを応用したのが白色 LED である。さらに、もう一つの色点を加えれば、色度図上に三角形が形成され、それら 3 つの色光の組み合わせにより、三角形内部の任意の色調が再現出来る。3 つの色光により作り出される三角形の面積が大きいほど、再現できる色が多いわけで、赤、緑、青の 3 色が用いられるのも当然のことではある。一方で、馬蹄形

が外に凸な曲線である以上は、いかなる 3 つの色を用いても、それにより作り出される三角形の外側の領域が存在することになる。3 原色では全ての色を再現できるわけではない*12。

xy 色度図で色の数値化と混合による色変化は扱えるようになったが、色座標間の距離が色味の違いに合致しないという問題があった。たとえば緑色付近と青色付近を比較すると、青色付近の方がより小さな色座標値の違いを見分けられる。

3.3 UCS 表色系

xy 表色系に比べて座標位置と色味の違いがより線形であるような表色系で、xy 表色系とは線形変換できる。色味の違いを議論するときには、こちらを用いる。

3.4 xyz 色度図と色座標の計算

xyz 表色系の色座標を計算するためには、対象となる色のスペクトルデータが必要である。フィルターなどの色味の測定の場合は、フィルター透過後のスペクトルを光源のスペクトルで除算した透過スペクトルがあれば良い。光源など、除算の元となるものがない色については、それぞれの波長毎に強度に正しく比例したスペクトルデータが必要となる。検出器も、回折格子などの分光素子も、波長により効率が異なるため、スペクトル分布が既知の光源（標準光源）を用いて校正作業を行った測定器を用いた測定を行う必要がある。

xyz の係数表には 1nm 刻みのものと 5nm 刻みのものがあるので、スペクトルも 1nm か 5nm 刻みであればとりあえずの測定は可能である。図 5 に係数データの一部を示した。x,y,z の列がそれぞれの波長毎の係数であり、これに光強度を掛けた物をそれぞれに計算し、それぞれ毎に次式で全波長で加算する。

$$\begin{aligned}
 X &= \sum_{\lambda=360}^{830} I_{\lambda} x_{\lambda} \\
 Y &= \sum_{\lambda=360}^{830} I_{\lambda} y_{\lambda} \\
 Z &= \sum_{\lambda=360}^{830} I_{\lambda} z_{\lambda}
 \end{aligned} \tag{1}$$

波長間隔は用いる CIE 係数により、1nm か 5nm となる。また波長範囲は、1nm 間隔の

*12 実際、RGB 色度図では負の値が出てしまっている。

	A	B	C	D
1	波長	X	Y	Z
2	360	0.00013	3.92E-06	0.000606
3	361	0.000146	4.39E-06	0.000681
4	362	0.000164	4.93E-06	0.000765
5	363	0.000184	5.53E-06	0.00086
6	364	0.000207	6.21E-06	0.000967
7	365	0.000232	6.97E-06	0.001086
8	366	0.000261	7.81E-06	0.001221
9	367	0.000293	8.77E-06	0.001373
10	368	0.000329	9.84E-06	0.001544
11	369	0.00037	1.10E-05	0.001734
12	370	0.000415	1.24E-05	0.001946
13	371	0.000464	1.39E-05	0.002178
14	372	0.000519	1.56E-05	0.002436
15	373	0.000582	1.74E-05	0.002732
16	374	0.000655	1.96E-05	0.003078
17	375	0.000742	2.2E-05	0.003486

図 4: CIE 係数データの一部

場合は合算範囲は 360nm から 830nm、5nm 刻みデータの場合は、380nm から 780nm である^{*13}。計算により X、Y、Z 値が求まる。この Y 値は明るさに比例するものとなっている。これより色座標は

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \tag{2}$$

$$\tag{3}$$

と求められる^{*14}。 $x + y + z = 1$ なので z を独立に求める必要はない。

。

3.5 sRGB と XYZ の変換

コンピュータディスプレイなどでの表示は sRGB という規格に従ったものが多い。sRGB では R、G、B の基準となる 3 色の (x,y) 色座標は、R(0.64,0.33)、G (0.30,0.60)、B(0.15,0.06) で、R、G、B それぞれの強度を 8 ビットで表示し、3 点の内側の色調を表

^{*13} 目の感度分布は可視領域の両側で落ち込んでいく。感度をどこまで許容するかで可視領域の幅には多少の違いがある。

^{*14} 人間の目は明るさが変化しても、ある範囲内なら色味は変わらないように認識できる。この計算は、その範囲内の話である。

示するものである。sRGBの基準波長で作られる三角形は色座標全体の内側に存在するため、xyzの座標値をsRGBの色域内の座標に変換する操作が必要になる。変換手順は以下のように定まっている^{*15}。

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.2406 & -1.5372 & -0.4986 \\ -0.9689 & 1.8758 & 0.0415 \\ 0.557 & -0.2040 & 1.057 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad (4)$$

計算により、 R 、 G 、 B の値が0以下か1以上になった場合は、それぞれ0と1に置換える。続いて、それぞれの値の大きさによって、コントラストとがらみの変換を行う。

それぞれの数値が0.0031308以下の場合

$$R' = 12.92R \quad G' = 12.92G \quad B' = 12.92B \quad (5)$$

それぞれの値が0.0031308より大きい場合

$$R' = 1.055R^{1/2.4} - 0.055 \quad G' = 1.055G^{1/2.4} - 0.055 \quad B' = 1.055B^{1/2.4} - 0.055 \quad (6)$$

最後に、これらの値を8ビットデータに丸める。

$$R(8) = \text{round}(255R') \quad (7)$$

$$G(8) = \text{round}(255G') \quad (8)$$

$$B(8) = \text{round}(255B') \quad (9)$$

4 黒体軌跡と色温度

黒体放射の波長分布は黒体の温度により一意的に定まっているので、色座標値も黒体温度により一意的に定まっている。それぞれの温度の黒体の色座標値を接続した線を黒体軌跡と呼ぶ。黒体軌跡は低温側の赤みを帯びた色から、高温側の青白い色へと変化していく。

黒体放射以外からの光も色座標値を計算できるが、その計算値から黒体軌跡に下ろした点の座標値に対応する黒体の温度を、その光源の色温度と呼ぶ。色温度の単位はケルビンである。

写真業界では、色温度を示すのに(100万/色温度)をミレッドと呼び単位として用いて

^{*15} 色味だけでなく、明るさの情報も必要なので、 x 、 y 値ではなく、 X 、 Y 、 Z の情報が必要となる。

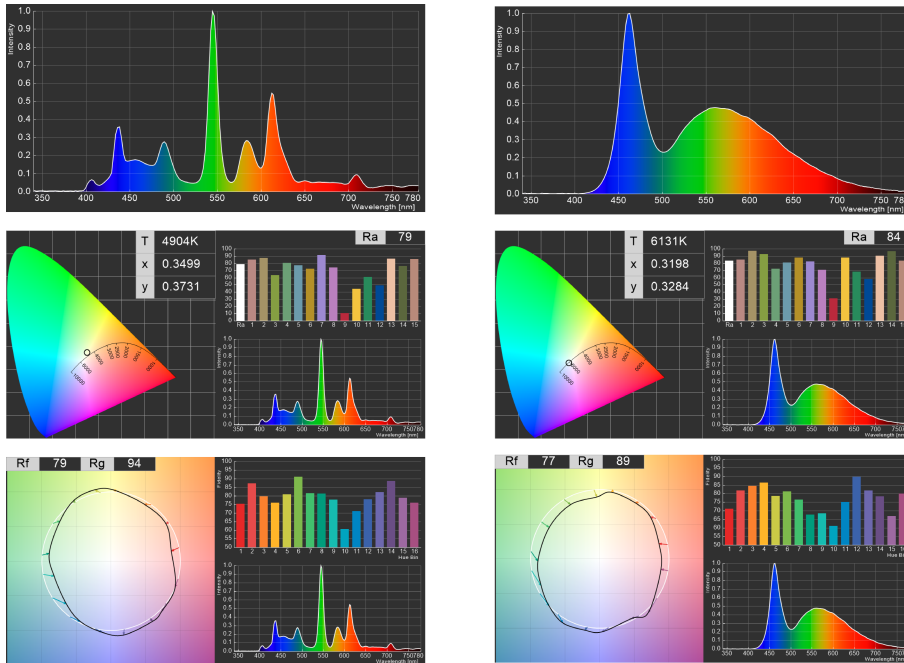


図 5: 蛍光灯および白色 LED の Ra と TM30-15 評価。檜の木技研の ezSpectra 815V による測定。Ra 評価では白色 LED の方が演色性がよいが、TM30-15 では逆になっている。

いる*16。

5 演色性指数

照明光源が標準とされる光源にどの程度類似しているかを示すのが演色性指数である。演色性指数は、反射率の定められた複数の色彩をその光源と、色温度の同じ標準光源で照射した場合の反射光のスペクトル差を元に計算される。標準光源の定義や、対象とする色彩の種類、指数の表現方法などにより、複数の演色性指数が存在する。

5.1 平均演色評価数 (Ra)

国際照明委員会により定められた指標で、R1~R8 の 8 つの色票の色味差の平均である Ra 値により演色性を示す方法である。100 が標準光源と等しい色味となる。標準光源には色温度 5000K までは黒体放射を用い、5000K を超えると CIE の標準的な昼光光源を

*16 銀塩カラー写真の時代には、フィルムは特定の色温度に対応した発色傾向となっており、光源の色温度が異なる場合には、色温度変換フィルターによりフィルムの特性と合うように変換する必要があった。この時、ミレッド単位だとフィルター選択の計算が楽に行えるようになる。

用いる。白熱電球の放射は近似的に黒体放射であるため、白熱電球光の Ra 値は 100 となる。

R1～R8 は比較的マイルドな色味のもの選ばれている。R1～R8 に加えて、R9～R15 の特殊演色評価数も定義されているが、こちらは Ra の計算には含まれておらず、それぞれの値が個別に示される形となる。特殊演色評価数の R9 は赤色、R12 は濃い青色で、青色励起黄色蛍光体の白色 LED では R9 と R12 が低い値を示すことが多い。ただし、この種の白色 LED でも Ra 値は低いとは限らない^{*17}。

5.2 TM30-15

Ra には、演色性評価に用いる色標の数が少なく、また原色を含まないため、LED などの評価には不十分である。また、比較対象とする標準光源の定義が 5000K を境に不連続に変化するために、色味の食いちがいが生じるという問題があった。これらの問題を解決するために、北米照明学会 (IES) により提示されているのが TM30-15 で、標準光源としては、色温度 4500K までは黒体放射を用い、5500K にかけて黒体放射から CIE 標準昼光光源へと移行するように両者を割合を変えて混合し、色票も原色を含む 99 種類を用いている。。

演色性は Rg と Rf の 2 つの指標で表示される。Rg は標準光源との類似度を示す指数で最大値は 100 である。Rf は彩度を示す指数で 100 を中心に (100-Rg) の範囲で変化する。100 より大きい場合は、より鮮やかな色彩に見えることを意味する。TM30-15 では 2 つの指標に加えて、色変化がどのように生じているかを示すベクトル図も示される。この図を見ると、青から赤を経て赤紫までどの色彩毎の彩度の過不足と色転び（青が緑に見えると言った）が判断できる。

6 色覚の多様性とユニバーサルカラー

上にも記したように、色の見え方には個人差がある。このため、色分別が必要な場面では、なるべく多くの人が見分けられやすい色を用いることが考えられるようになってきた。このような色彩はユニバーサルカラーとよばれている。「ユニバーサルカラー」で検

^{*17} Ra 値は、その光源の色温度の光源が基準となるため、白色 LED で青色が強いものでは、色温度が高くなり、その結果として赤色成分が少なくても、標準光源との差が少ないために、高めの Ra 値を出すことがある。

索をかければ多くの情報が見つかる^{*18}

^{*18} たとえば、NPO 法人：カラーユニバーサルデザイン機構 (<https://cudo.jp>) にはユニバーサルカラーデザインに関する資料があるし、複数の自治体にもユニバーサルデザインの情報がある。