

ソニー株式会社

OLED と CRT の カラーマッチングについて

White Paper

V1.00

2013年2月1日

OLED と CRT のカラーマッチングについて

1. はじめに

近年、フラットパネルの性能向上により、放送局向けをはじめとした業務用モニターにおいてもフラットパネルを用いたディスプレイが主流となっています。弊社では 2011 年に有機 EL (OLED) パネルを採用したディスプレイを発表し、液晶パネル (LCD) では実現できなかった黒の再現性や動画性能により、これまでデファクトスタンダードとして使用されてきた CRT に匹敵する表示性能を実現しました。しかしながら、CRT と OLED などのフラットパネルディスプレイでのカラーマッチングにおいて、測定値として同じ値となるようにキャリブレーションしても、見た目には異なる現象があり、OLED の場合には CRT よりも緑っぽく見えてしまう現象が確認されています。以下、この現象とその対応について説明します。

2. 測色と目視による色の認識

色を測色する際に使用される測定器の測定値は、測定対象となる表示デバイスのスペクトル (Spectrum) と、人間の目の分光感度特性として用いられている等色関数 (color matching functions, $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$) を掛け合わせることで、測定値 (XYZ) として算出されます (図 1 参照)。

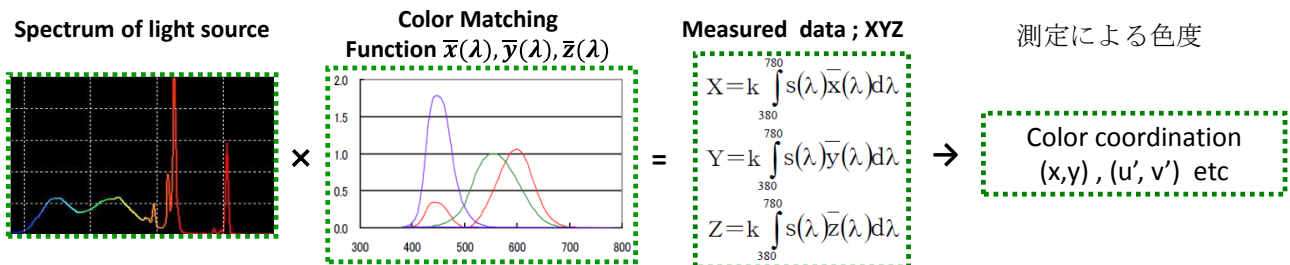


図 1 測定器による測定値算出

一般的には CIE 1931XYZ 表色系が用いられており、計算に使用される等色関数には CIE1931 標準観測者の等色関数 (CIE1931 Standard Observer Functions ; 1931 年に 17 名の等色実験からの平均値、図 2 参照) が使用されています。

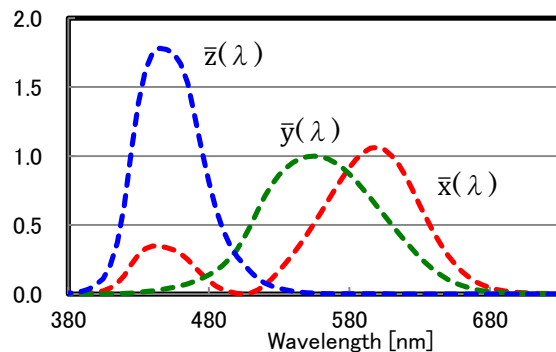


図 2 CIE1931 標準観測者の等色関数

一方で、人の目が色を認識する際も、基本的には測定器と同じ原理によって色を認識しています。目の網膜上には色を知覚するための3種の錐体 (LMS) と呼ばれる視細胞があり、光源からのスペクトルを受け、電気信号へ変換して脳で色として認識されます。つまり、この錐体は、原理的には測色時の等色関数の役割を果たしており、個々人で異なる特性をもつ関数であると言えます (図3 参照)。

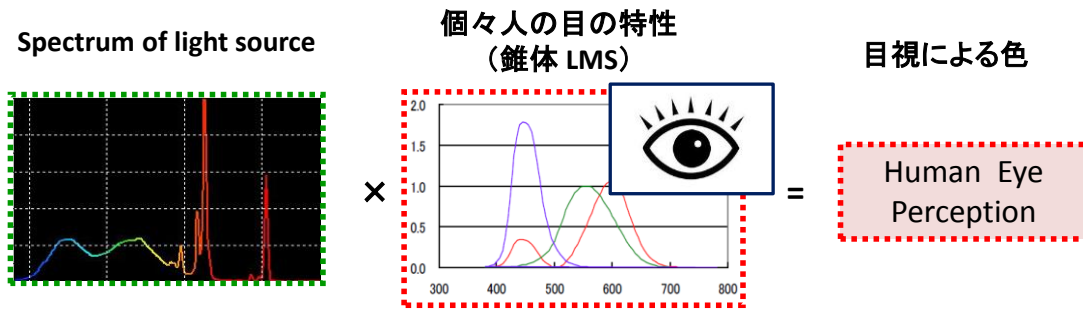


図3 人の目による色度認識

3. カラーマッチングが合わない現象

CRT と OLED にてカラーマッチングが合わないことと同様な現象は、LED をバックライトに使用した LCD と CRT との間のカラーマッチングでも確認されています。

色覚を扱う研究者の間でも、例えば自動車のヘッドライトの LED 化に伴う、ハロゲンランプとのカラーマッチング など、測定値は同じでも見た目の色が異なるというケースは報告されており、その要因としては、測色の原理を考慮すると、①CIE1931 等色関数が、目の分光感度の代表値としての等色関数に合っていない ということと、②個々人の目の特性バラつきが大きいために、そもそも単一の等色関数だけで色を取り扱うことが難しいということが挙げられます。②の個々人のバラつきは、後に出てくる等色実験の中でも確認されていますが、①の差以上の影響があると推察されます。

また、これまで CRT しかデバイスとしてなかった時代ではカラーマッチングは問題とはなっていませんでしたが、近年になって顕在化してきた背景には、LED や OLED といった異なるデバイスの出現により、光源となるスペクトル形状が異なっていること (図4 参照) や、デバイスの広色域化に伴うスペクトル形状の変化も、カラーマッチングを行うことを難しくしている要因となっていると考えます。

これらカラーマッチングが難しい要因を図5にまとめます。

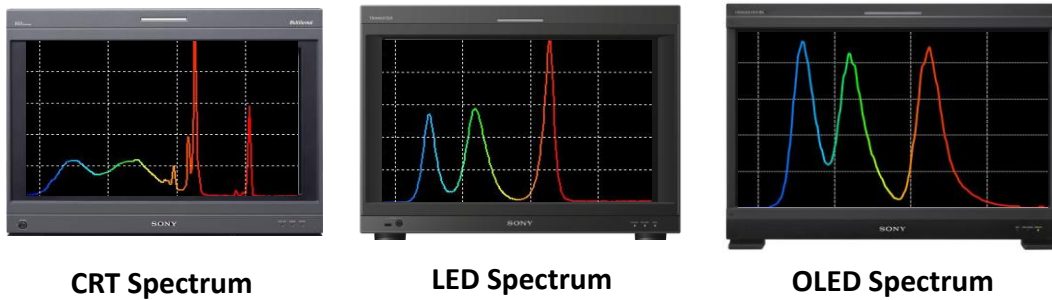


図4 スペクトルの違い

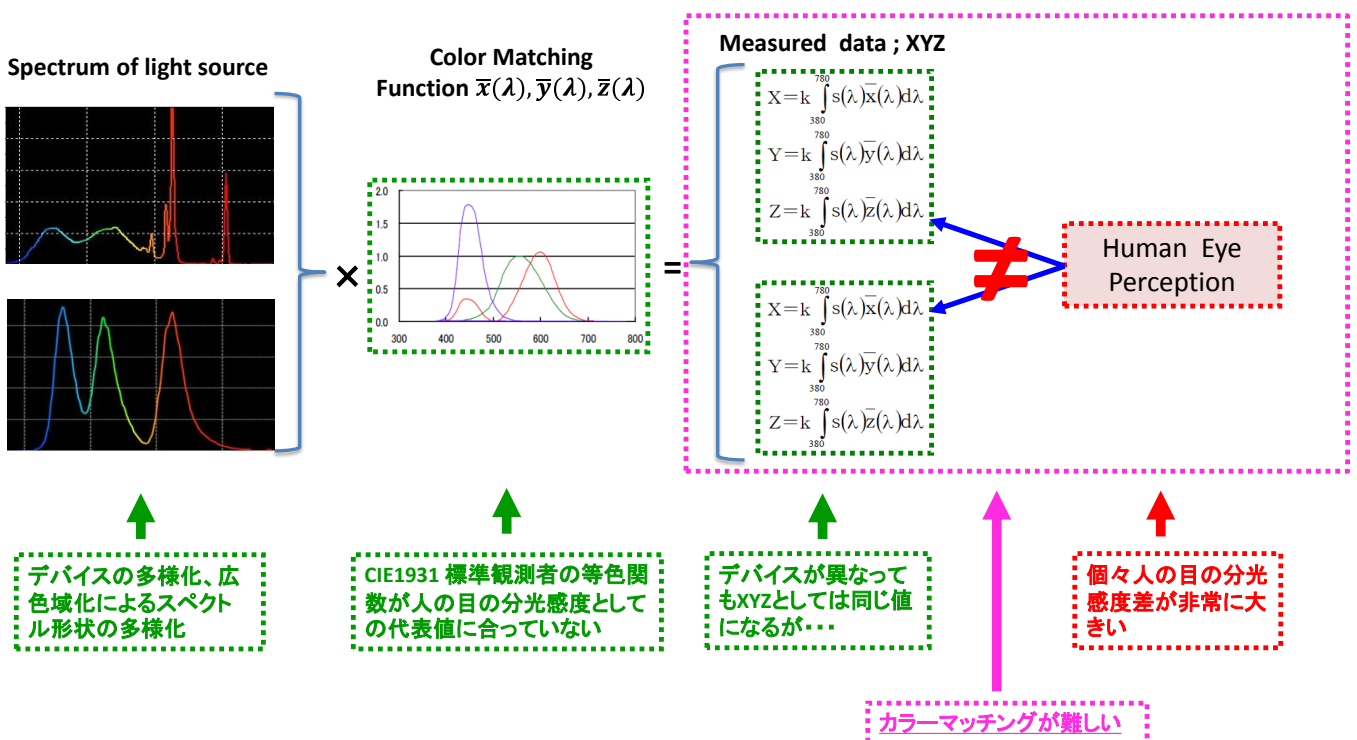


図5 カラーマッチングが難しい要因

4. CRT と OLED カラーマッチングの方法

それでは、どうすればよりよいカラーマッチングが可能になるか？ この検討の中で、日本の測色器メーカーであるコニカミノルタ光学株式会社(*1)にも協力を依頼しました。

コニカミノルタ光学株式会社の検証の中でも、同様にカラーマッチングが合わない原因としては、CIE1931 等色関数が人の目の感度特性と合っていないことが予想され、その解決方法を検討する中で、先の色覚を扱う研究者の間では、様々なケースにおいてよりよくカラーマッチングを取れるという理由から CIE1931 等色関数の代わりに、Judd 修

正等色関数を使用する ということが広く知られているということが分かりました。
この Judd 修正等色関数は、CIE1931 等色関数を 1951 年に Judd が修正、その後 Vos が 1978 年に改良したもので、

CIE1931 等色関数との違いは主に短波長領域の形状になります (図 6 参照)。

この等色関数が修正されてきた背景には、CIE1931 等色関数ではこの短波長領域が実際の人の目の特性にそぐわない研究結果があるため、カラーマッチングを行う等色関数としては、Judd 修正等色関数を用いるほうがよりよい可能性があるため、

この等色関数を用いてのカラーマッチングの検証を行いました。

なお、今でも測色器等で CIE1931 等色関数が使われているのは、簡単には測色の基準を変えることができないため、CIE において Judd 修正等色関数の採用には至っていません。

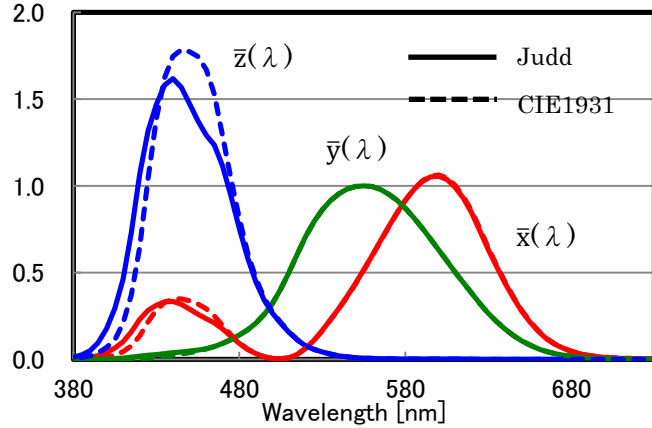


図 6 CIE1931 等色関数と、Judd 修正等色関数

5. Judd 修正等色関数を使つての CRT と OLED カラーマッチングとは？

光源のスペクトルが同じでも、等色関数を変えると色度点は異なる値を示します。具体的な例を図 7 に挙げますが、CIE1931 等色関数と Judd 修正等色関数を使用した場合は、

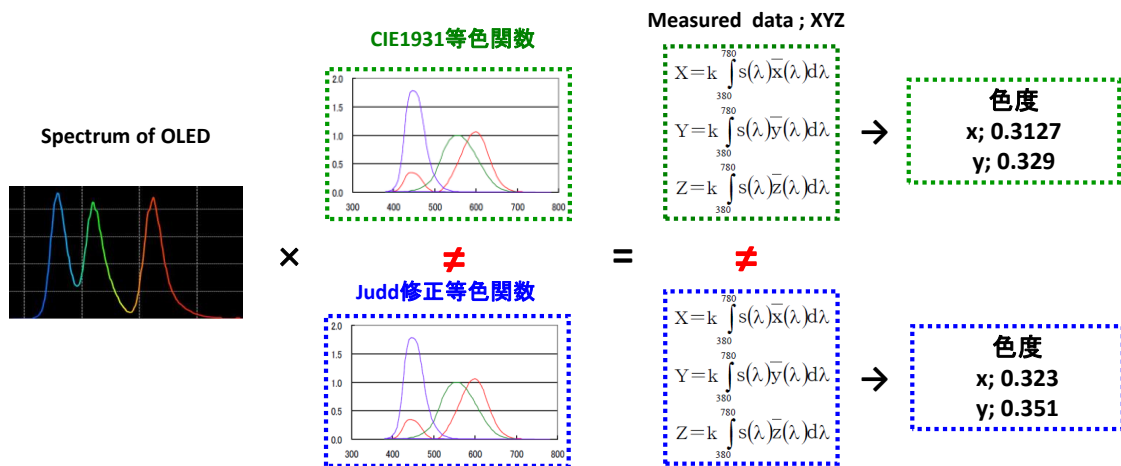


図 7 等色関数が違う場合の色度点

このように異なる色度点となります。測色器では CIE1931 等色関数が使用されているため、図 7 での OLED を測定すると色度 (x,y) は、(0.3127, 0.329) を示します。

Judd 修正等色関数を使用して等色するためには、Judd 修正等色関数を用いた測色器が存在すれば、その測色器を用いて CRT、OLED の測定値が同じになるようにすればいいのですが、そのような機器は現時点で存在しないため、図 8 のように CRT と OLED のカラーマッチングを行います。

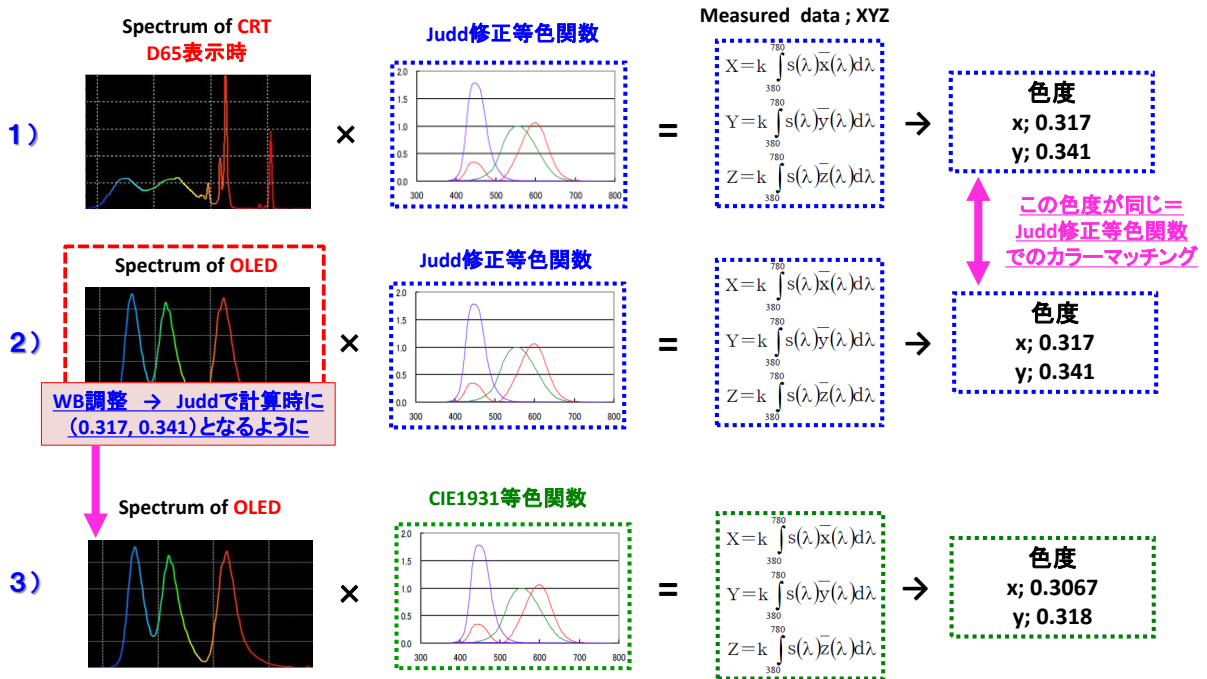


図 8 Judd 修正等色関数での CRT と OLED のカラーマッチング

- 1) CRT において、CIE1931 基準の D65 (0.3127, 0.329) を表示させ、そのスペクトルと Judd 修正等色関数から色度点を計算します。結果は (0.317, 0.341) です。
- 2) 次に OLED にて、Judd 修正等色関数で計算される色度点を 1) での (0.317, 0.341) に合うように、White Balance 調整 (RGB バランスを変え、スペクトルを変える) を行います。
1)と 2)での色度点が同じになると、Judd 修正等色関数を用いて CRT と OLED でカラーマッチングがとれたこととなります。
- 3) 2)での OLED スペクトルと、CIE1931 等色関数から色度点を計算します。結果は (0.3067, 0.329) となり、Judd 修正等色関数で CRT とカラーマッチングできたときの OLED を測色器 (CIE1931 基準) で測定した色度点に相当します。
つまり、3)の色度点と D65 色度点 (0.3127, 0.329) との差分(x,y)=(-0.006, -0.011) を OLED

のオフセット値として持てば、一般の測色器（CIE1931 基準）を使用しても、Judd 修正等色関数を用いた測色器を使用した時と同じ結果が得られます。D65 に限らず、他の色温度においてもオフセット量は同じになります。

6. Judd 修正等色関数の有効性

Judd 修正等色関数の有効性の実験として、CRT では D65 (0.3127, 0.329) 表示をしておき、OLED 側の白色色度を調整し、目視にて等色させる等色実験を行いました。ディスプレイでは様々な映像が流れるために、等色させるために画面上に表示させるウィンドウは、大小2つを用意しました。

図9が等色実験の結果で、このグラフでは CIE1931 基準の色度 x, y にて表記しています。プロットされた各点は個々人の結果を表しており、縦軸および横軸は、CRT の D65 (0.3127, 0.329) に対して、OLED を等色させたときの色度 x, y オフセット量を表しています。等色実験の結果が原点 (0,0) であれば、OLED も (0.3127, 0.329) の色度のときに CRT と等色している ということになります。

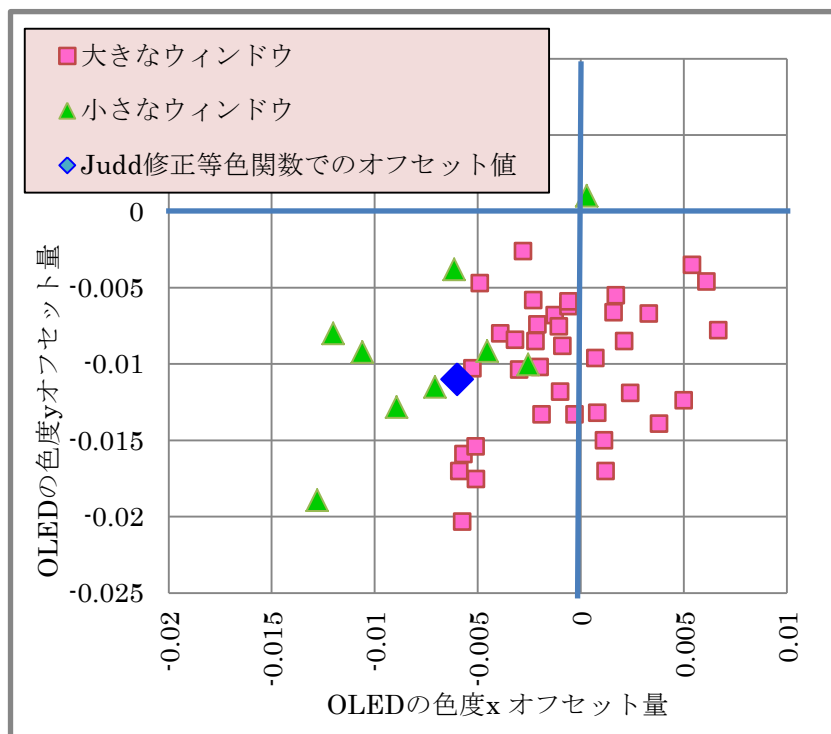


図9 等色実験の結果と、Judd によるオフセット量

この実験結果から、OLED にオフセットのない状態（グラフ上の原点）では、ほとんどの人にとって、CRT 比で y 値が高い状態のために CRT と並べると Green に見えていること

が分かり、また、個々人のバラつきは大きいものの、Judd 修正等色関数での OLED オフセット値はそのバラつきのおよそ中央に位置することが分かります。

また、コニカミノルタオプティクス株式会社でも、OLED に Judd 修正等色関数でのオフセットを用いたときの、CRT との白色官能評価を行い、その有効性を確認してもらいました。

以上より、OLED を用いたモニターにおいては、CIE1931 等色関数よりも、Judd 修正等色関数でのカラーマッチングに優位性があると判断し、これを適用していきます。

7. OLED 機種への対応

Judd 修正等色関数を適用するためのオフセットは、下記の機種にて 2012/秋の出荷分から適用することとします。つまり、プリセットの白色を測色器で測定すると、オフセット分だけずれた色度点を示すこととなります(*2)。例として D65 を選択した場合には、測定値 (x,y) は (0.3067, 0.318) (typ 値) となります。

対象機種

BVM-E250/-F250/-E170/-F170	Version 1.21 以降
PVM-2541/-1741	Serial No. 3100001 以降
PVM-741	Serial No. 3100001 以降

オフセット量 (基準白色度点に対して)

$$(x, y) = (-0.006, -0.011)$$

これによって CRT とのカラーマッチングは従来比で大幅な改善が見込まれます。

また、出荷済みのモニターについても、本体ソフトウェアの Ver アップをすることによって Judd 修正等色関数オフセット対応とすることができます(*3)。

(*2) BVM-E シリーズでのカラープロファイル「D-Cine」は適用外

(*3) BVM シリーズのみ