

LEDバックライトによる広色域ディスプレイの技術開発と製品紹介

加藤 裕・杉谷 長英

要 旨

印刷業界において課題とされている色再現を、効率良く運用する手段として、カラーマネージメントがあります。これは、スキャナやデジタルカメラなどの入力デバイス、ディスプレイやプリンタなどの出力デバイス、そして最終印刷に至るまでの工程において色再現を管理するためのトータル技術になります。このカラーマネージメントにおいて、ディスプレイには色の仕上がり確認を、長時間、安定して行える表示性能が求められています。このため、従来のディスプレイよりも広い色再現域と優れた輝度・色度安定性を実現した高視野角液晶ディスプレイを開発しました。

キーワード

●ディスプレイ ●広色域 ●LED ●バックライト ●カラーマネージメント ●カラーキャリブレーション

1. はじめに

デジタルカメラの普及により、印刷業界のワークフローが変わろうとしています。従来は、銀塩写真などのカラー画像を入稿していましたが、現在ではデジタルカメラで撮影したRGBデータでの入稿が増えてきました。これは銀塩写真を扱っていたときのようなフィルムや撮影後の現像処理などのコストや時間が発生せず、納期短縮とコスト削減が可能になるからです。特に報道や商業写真は、このワークフローに急速に移行していきました¹⁾。

しかし、ここに大きな課題が生じてきました。それは正しい色を再現できるディスプレイがないことです。撮影や編集作業の結果を確認する手段は、ディスプレイや印刷(プリンタなどに出力)になりますが、印刷ではインクや出力処理などのコストや時間が発生します。これでは効率が良いカラーマネージメントになりません。そこでディスプレイに、色の仕上がり確認を長時間、安定して行える表示性能が求められるようになりました。

本稿では、カラーマネージメントにおいて求められる表示性能をどのように実現したか論じています。

2. 色再現域の拡大

ディスプレイで色の仕上がり確認を行う場合、ディスプレイの色再現域は、他のデバイスよりも広い必要があります。

各デバイスの色再現域の比較(図1)から、Adobe RGBをカバーするディスプレイがあれば、その要求を満たせます。

具体的な実現方法を説明する前に、液晶ディスプレイでの色再現域の拡大方法について2つ紹介します²⁾。

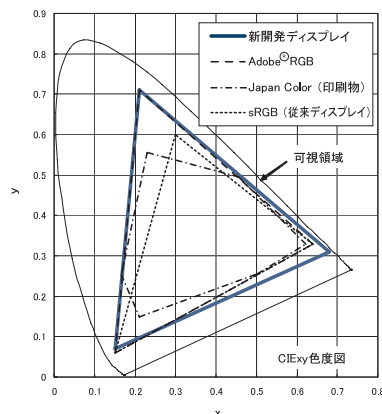


図1 各デバイスの色再現域の比較

*sRGBは、IEC(International Electrotechnical Commission)が策定した色空間の国際標準規格です。

**Adobe RGBは、米国アドビシステムズ社製のアプリケーションソフトウェア“Photoshop”で用いられている標準の色空間です。

***Japan Colorは、社団法人日本印刷学会 ISO/TC130国内委員会が策定した日本の枚葉オフセット印刷の標準色です。

1つ目は、バックライト光源の主流である冷陰極管を広色域化するものです。この方法は、大幅な構造変更を伴わない反面、輝度の低下と寿命が短くなる弊害があります。

2つ目は、光源に発光ダイオード(以下、LED)を使うものです。こちらは、高輝度で長寿命を実現できる反面、冷陰極管よりも発光効率(発光量÷投入電力)が低いため、大掛かりな放熱構造を備える必要があります。また均一な面発光を得るために、バックライト内に冷陰極管よりも長い混色領域が必要になります。

今回、Adobe RGBをカバーするディスプレイを実現するために、液晶ディスプレイの光源の変更および、カラーフィルタの微調整をしたので、その詳細から説明します。

Adobe RGBの単色座標は、次のようになります。

赤:(0.64, 0.33)、緑:(0.21, 0.71)、青:(0.15, 0.06)

しかし、現在主流の冷陰極管を光源とする液晶ディスプレイの色座標は、次のようになっています。

赤:(0.65, 0.33)、緑:(0.29, 0.62)、青:(0.14, 0.08)

ここで、最も差が大きいのが緑の領域です。ここを例に、実現手段を説明します。緑を表示したときの分光スペクトルを図2に示します。

主波長は544nmですが、495nmおよび582nmにもサブピークが認められます。このため、色度図上の緑の座標は、加重平均され、目標座標より黄色方向(0.29, 0.62)にずれてしまいます。改善するためには、主波長をより短波長(530nm程度)にシフトするか、サブピークをカットすれば良いことになります。そのためには、冷陰極管の蛍光体や、カラーフィルタ顔料の新規開発が必要となります。しかし輝度寿命や信頼性の維持

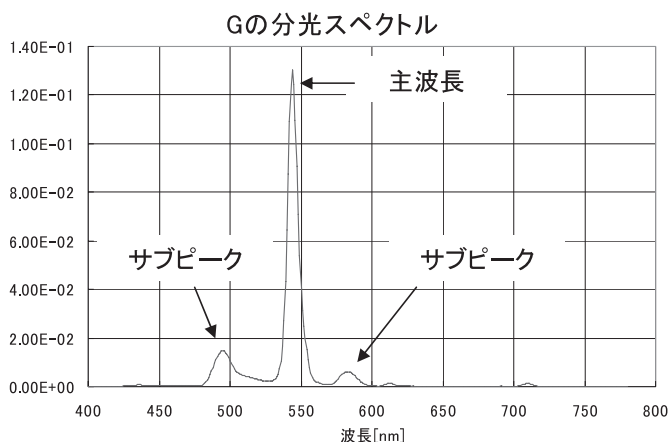


図2 緑を表示したときの分光スペクトル

などを含め、液晶ディスプレイとしての要求品質を満たす材料を開発することが非常に難しい問題がありました。

そこで、比較的狭い分光スペクトルを有するLEDを光源とし、カラーフィルタを微調整することで解決を図りました。

緑の主波長は533nmと冷陰極管に比べ短波長側にシフトさせて、色再現性の拡大を図っています。しかしここで、従来の青のカラーフィルタを使った場合、緑のLEDの短波長側の裾野の光が漏れてしまい、青の色座標が緑に向かってシフトする現象が生じました。この点を改善するため、青のカラーフィルタ顔料の配合比率などを調整・改善し、不要な波長の光をカットすることにより、ほぼ目標値の座標を達成することができました。

実現できた色座標は、赤:(0.679, 0.309)、緑:(0.205, 0.705)、青:(0.147, 0.064)となっており、図1に示すように、ほぼAdobe RGBの座標と重なっています。赤については、Adobe RGBを超える色再現域となっています。

次に、均一な面発光を得るための構造について説明します。

本液晶ディスプレイには赤、緑、青の3色のLEDを使用していますので、白色光を作るために、3色をうまく混ぜ合わさなければなりません。3色を混ぜ合わせるのに、ある程度の領域を必要としますが、この混色領域を画像表示エリアの横に出すと、表示エリア以外の筐体(ベゼル)部分が非常に大きくなり、液晶ディスプレイとしては商品価値が損なわれます。そこで混色領域を表示エリアの裏側に配置し、白色となった光をミラーを用いて表示エリア側に導く構造とすることで、ベゼルが大きくなることを抑えました。

最後に放熱構造に関して記します。

LEDは、ジャンクション温度が低いほど発光効率が向上し、輝度低下も緩やかになります。しかし、現状の発光効率は、冷陰極管の半分程度しかなく、また投入した電力の8~9割が熱になるなど、温度上昇を抑えることは容易ではありません。さらにディスプレイは、使用者の近傍(約50cm)に設置されることから、ファンなどを使用した強制空冷では、ファンの回転音が気になります。そのため空気の対流を利用した自然空冷を採用することにしました。

まずLEDを、アルミベース基板に熱伝導率の優れた接着剤で固定し、この基板を約430×310×8mmのアルミ平板のほぼ中央に取り付けました。そして基板実装面とは反対側に、高さ約35mmのアルミ放熱フィンを設けました。次に、アルミ板および放熱フィンに伝導した熱をすばやく冷却させるために、キャビネットおよび内部シャーシの通風穴を最適化し、筐体

LEDバックライトによる広色域ディスプレイの技術開発と製品紹介

内の空気対流を良くしました。さらに大型放熱板を実装したことで生じる強度問題は、この放熱板に他の構成部材を固定する方法で克服しました。これにより長期寿命保証と静音性を実現しました。

以上述べたとおり、デメリット(色の混色、発熱)を解決しつつ、LEDを光源とし、カラーフィルタを微調整することで、従来の液晶ディスプレイでは再現できなかったエメラルドグリーンなどの色も表色することが可能になりました。またTN型液晶パネルでは、斜め視野から画面をみると色のシフトが大きくせつかくの色再現性の拡大が損なわれます。本液晶ディスプレイには、Advanced-Super-Fine TFT液晶パネルを搭載しており、視野角特性の改善(コントラスト比10対1以上で上下・左右とも85°以上)を実現し、斜め視野での色シフトも少なく、見栄えも優れたものとなっています。

3. 優れた輝度・色度安定性の実現

一般的な液晶ディスプレイでは、バックライト光源に冷陰極管を使用しています。この冷陰極管は、家庭やオフィス内の蛍光灯と同様に、経時劣化(輝度の低下や色の黄変)を生じます。世の中にある光源は、程度の差はありますが、すべて経時変化します。

そこで変化しても目標輝度と色度に調節が可能な赤、緑、青のLEDを使用することにしました。そして、この光源と輝度・色度の自動補正技術により、安定した輝度と色度での表示を実現しましたので、その詳細を記します(図3)。

- 1) まず、輝度および色度を内蔵したカラーセンサで検出し、マイクロプロセッサに送信します。
- 2) 次に、計測値と基準値の差が極小となる制御信号をLED駆動部に送信します。
- 3) この制御信号により、各色の発光強度を変化させます。

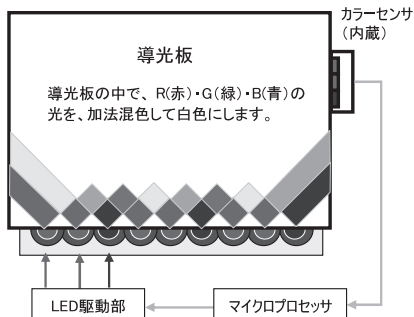


図3 カラーセンサによる輝度・色度の自動補正システム

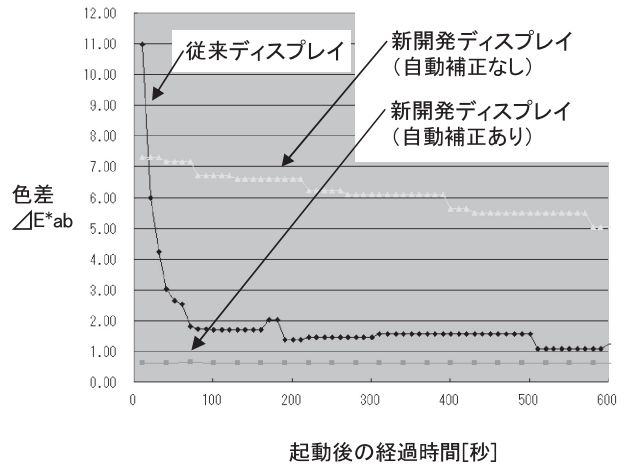


図4 輝度・色度の経時変化の比較

1)~3)の動作は、起動直後から常に繰り返されます(図4)。 ΔE^*ab は、初期値からの輝度と色度の変化量を表しています。 $\Delta E^*ab < 1$ は、肉眼で、ほとんど変化が感じられない量になります。

4. 均一な表示性能の実現

ディスプレイ画面で、印刷結果のシミュレーションを行う場合、印刷紙と同様な均一な白が要求されます。これは、人が背景色との相対比較で色を感じるため、中心が同じ白でも周辺の色が少しでも異なれば、違う色に感じてしまうからです。

一般的な液晶ディスプレイでは、画面内の輝度および色度の差が、 $\Delta E^*ab > 10$ のようなポイントも存在します。これは液晶セルギャップ、カラーフィルタ、配向膜などの厚みムラや光源の発光ムラなどがあるからです。またムラは、一台ごとに発生場所が異なります。さらに本製品は、前述の要因に加えて、バックライト光源にLEDを使用したことで、冷陰極管よりも色ムラが増えてしまいました。そこで表示ムラを補正する技術を開発しましたので、その詳細を記します。

- ① まず光学測定用のCCDで、26×19グリッド(水平64ドット、垂直64ライン間隔)の輝度および色度を計測します。
- ② 次に輝度は「最も暗いグリッドの値」、色度は「画面中央の値」を補正基準値と決めます。そして、各グリッドの測定値と補正基準値との差が極小となる補正值をRGB各々に算出し、装置内のEEPROMに保存します。

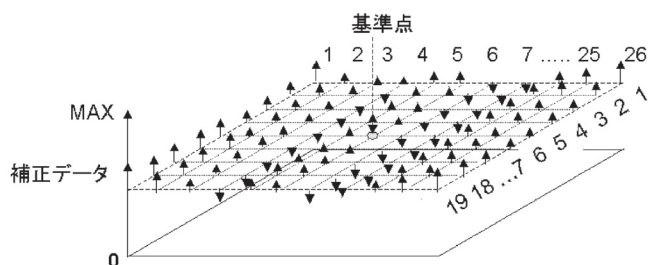


図5 信号処理による輝度・色度ムラ補正

③液晶パネルの全画素(水平1600ドット、垂直1200ライン)に対して、補正値を反映させます(図5)。グリッド間については、補間処理で補正値を算出します。

この補正により、画面内の輝度および、色度の差は、 $\Delta E^*ab < 3\sim 4$ (実力値)に抑えられています。

5. カラーキャリブレーションソフトウェアの開発

ここでは、印刷物との色合わせを行う上で、重要な2つのことを紹介します。1つ目は、印刷物の白とディスプレイ画面の白を合わせることです。印刷物の白とは、印刷用紙自体の反射光を意味しています。この白は、環境光、印刷用紙のどちらか1つでも変わってしまうと同じ色には見えなくなります。2つ目は、ディスプレイおよび印刷物のICCプロファイル(ある特定の機器が、どのように色を再現するか、機器の色域を記述したファイル)を用意することです。

この中で最も難しいのは、同一の環境光を実現させることです。そこでディスプレイ画面の白を、その都度、調節する方法が一般に行われます。しかし多くのディスプレイは、特定の白色しかプリセットされていないため、色を厳密に合わせることはできません。そこでディスプレイのキャリブレーションを行う必要があります。

キャリブレーションを行う方法には、大きく分けて2つあります。1つは、ソフトウェアキャリブレーションと言われるもので、グラフィックカードのRGB出力レベルを調節して行います。この方法は、ディスプレイの種類を問わず利用できるメリットがある反面、バックライトでの輝度・色度調節ができません。また表示できる階調数が減ってしまう弊害があります。

もう1つは、ハードウェアキャリブレーションと言われるもので、ディスプレイ内部のLUT(Look Up Table)から最適な階調を選択して表示するものです。こちらはディスプレイが持つて

いる階調再現力をそのまま生かすことができます。

本製品のキャリブレーションソフトウェアは、内部の10ビットLUTから256階調を選択して表示するハードウェア方式を採用しています。またバックライトでの輝度・色度調節が可能で、調節後にICCプロファイルが自動生成されます。

6. むすび

本稿では、カラーマネージメントに対応した広色域ディスプレイの要求性能および、開発事例について紹介しました。

デジタルカメラやプリンタなどの性能向上やパソコンを用いたDTP(Desk Top Publishing)の普及により、広色域ディスプレイのニーズは、ますます高まるものと考えられます。本製品が、印刷業界をはじめ、各分野に応用され、ワークフロー改善の一助になることを期待します。

今回の開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO 技術開発機構)の平成16年度基盤技術研究促進事業(民間基盤技術研究支援制度)の成果の一部に基づくものです。

*Adobe, Photoshopは、米国アドビシステムズ社(Adobe Systems Incorporated)の米国等における登録商標です。

参考文献

- 1)「カラーマネージメント実践ルールブック 2005-2006」, MD研究会+DTP WORLD編集部編, 2005年
- 2)「ディスプレイの色再現性の向上」, 日本画像学会誌, 2004年5月号

執筆者プロフィール

加藤 裕
NECディスプレイソリューションズ
開発・生産・調達事業部
商品開発部
主査

杉谷 長英
NEC液晶テクノロジー
技術本部設計部
技術マネージャー

●本論文に関する詳細は下記をご覧ください。

関連URL: http://www.nec-display.com/products/model/lcd2180wg_led/index.html