

# 正確な色再現と使いやすさを 両立したプロフェッショナル ディスプレイ PAシリーズ

松井勝之・石渡明生・板倉直樹

## 要旨

画像コンテンツ製作のデジタル化に伴い、異なる入出力機器間での色味を統一するカラーマネジメントの普及が進んでいます。既存のディスプレイでは外付けカラーセンサを用いた煩雑な調節作業（キャリブレーション）が必要でした。MultiSync® PAシリーズでは、新開発の画像処理ICと補正アルゴリズムの組合せにより、正確な色再現とキャリブレーションレスでのユーザー運用を両立しました。

## キーワード

- カラーマネジメント ●キャリブレーション ●ICCプロファイル
- カラーエミュレーション ●カラーユニバーサルデザイン

## 1. はじめに

画像コンテンツ製作のデジタル化により、デジタルカメラ・スキャナー・プリンタ・ディスプレイなど異なる入出力機器で同じ色味を実現する「カラーマネジメント」が推進されています。特にコンテンツ作成元である画像クリエイターや契約写真家などの中小事業者（本稿ではコンテンツ製作者と記します）にとっては、カラーマネジメントによって、1) 自己表現である「作品」が顧客にどのように見られるかを確認できる、2) 作品が入稿先で正しく・早く閲覧でき、入稿先校正者の指摘箇所も早く反映できる、といったメリットがあります。コンテンツ製作者はデジタルワークフロー（図1）の上流に位置するため、カラーマネジメントを導入することによってワークフロー全体の効率が最も上げられます。



図1 画像コンテンツ製作ワークフローの例

今回開発したPAシリーズでは、多くの人が手軽にカラーマネジメントを導入できるように、さまざまな配慮をしました。特に、カラーセンサを用いた「従来のカラーマネジメント」ができるだけでなく、ディスプレイ単体で「より正確な色を」「簡単に」表示できる「簡易性」に主眼を置いています。

## 2. カラーマネジメントの課題

ディスプレイでカラーマネジメントを実現するためには、カラーセンサで表示色の測定を行い、その結果と目標色との差を縮める調節（キャリブレーション）が必要です。この作業は正しい色表示のために不可欠ですが、カラーセンサの準備やディスプレイ側の設定など、多くの手間が必要で慣れや知識を要します。私たちは、カラーマネジメント浸透のポイントは、表示精度と使い勝手の両立にあると考えました。

### (1) 精度向上の課題

キャリブレーション時にはディスプレイの調節と同時に、カラーセンサで表示特性値（白色点、色域、階調特性など）を測定し「ICCプロファイル<sup>1)</sup>」を作成します。このICCプロファイルをもとにソフトウェアが画像を補正します

が、実際はカラーセンサの個体差や劣化などによる測色誤差が無視できず、補正後の色味は本来の色と必ずしも一致しません。そのためディスプレイを目視で追加調整することも広く行われています。しかし、これは理想のカラーマネジメントとは言えません。

### (2) 使い勝手向上の課題

前述のキャリブレーションに伴う作業負担に加え、カラーセンサを用いた場合は“ディスプレイ管理”のために“カラーセンサの管理”も必要になり、新たな作業が発生します。

また、標準色空間の1つであるsRGB<sup>2)</sup> 特性を前提としたソフトウェアも多く残っており、これらはICCプロファイルの表示特性を考慮しません。このため正しい色味を確認するためには専用の画像ビューアが必要でした。

### (3) 表示要求の多様化

カラーマネジメント推進の発端は、プリンタやディスプレイといった出力機器ごとに画像を調節する「色味確認作業」による手戻りを減らし、ワークフローの効率化を進めるためでした。近年では更に、コンテンツを見る利用者の多様性（色覚特性）が知られつつあり、例えば印刷物やWebページ作成では、異なる色覚特性であっても良好な視認性を確保するカラーユニバーサルデザイン（Color Universal Design : CUD）対応が求められています<sup>3)</sup>。今後のカラーマネジメントには、CUDを含むさまざまな表示要

求に対して画像製作後の確認を効率化することが必要です。

## 3. PAシリーズでの新たなアプローチ

表示精度と使い勝手の向上、及び多様化する表示要求に対応するため、PAシリーズでは従来のキャリブレーション対応ディスプレイ（弊社90シリーズ）をベースに、新たな概念を導入しました。いずれも新機軸であり、多数の特許出願を行っています。

### 3.1 表示色の精度改善

ディスプレイの映像回路に求められる補正值は、輝度や白色点、色域といった目標値ごと、及び室温や画面設置方向などの環境条件にも影響を受けて変化します。したがって、固定の補正值を記憶する従来ディスプレイでは、使用環境ごとのキャリブレーションが避けられませんでした（図2左）。PAシリーズでは、画像処理ASIC（Application Specific Integrated Circuit）と補正アルゴリズムを融合させたスペクトラビュー<sup>®</sup> エンジンを開発し、目標値や環境条件の変化に追従する補正值をリアルタイムに生成することで、この課題を克服しました。長期使用に伴う表示特性劣化も補正するため、従来必要だったキャリブレーション作業を省略できます（図2右）。

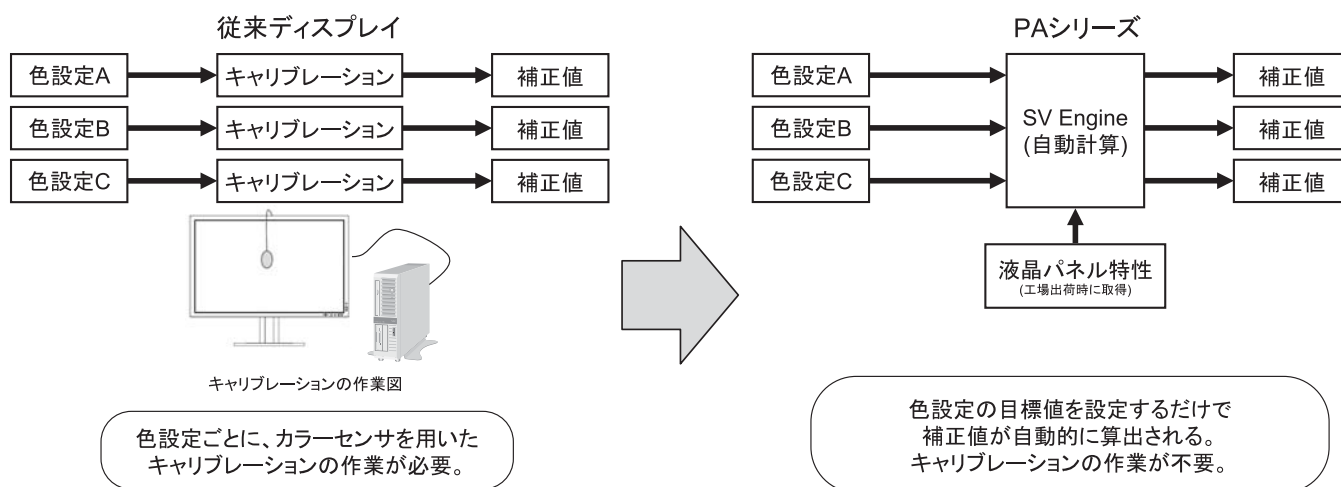


図2 補正值生成方法の違い

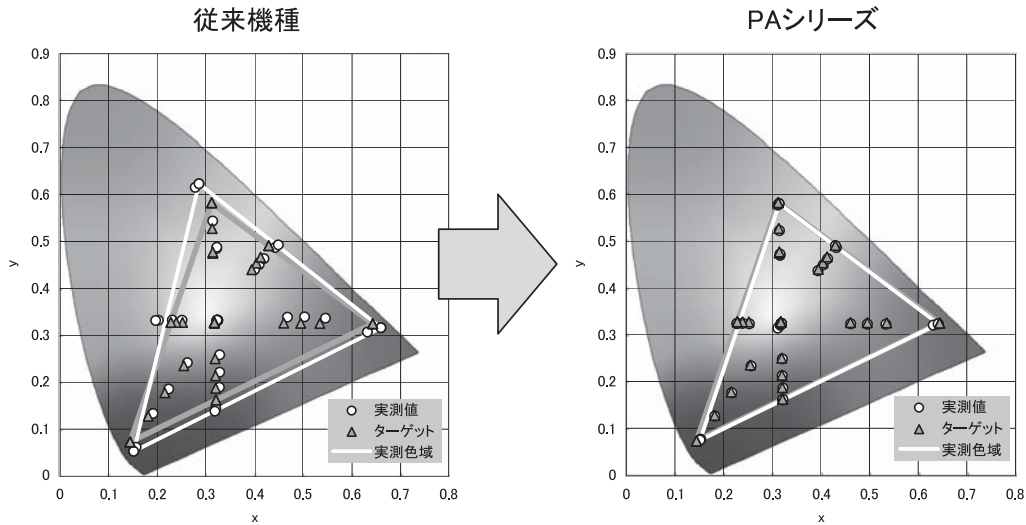


図3 xy色度図における表示誤差の比較

(1) 演算精度の向上

従来のディスプレイではRGB信号を線形補正しており、原色と中間色が連動します。しかし一般的に原色・中間色・白色点には、それぞれ独立補正が必要でした。これはRGB信号と人の視覚特性であるXYZ値（三刺激値）とが非線形な関係となっているためです。

非線形補正のため、スペクトラビュー® エンジンでは3次元カラーlookupテーブルを画像処理ASICに内蔵しました。これは色域内部に700点以上の補正点を持ち、各補正点の表示色をそれぞれ独立補正できる自由度の高さが特徴です。

またRGB信号とXYZ値の非線形性に基づき、XYZ値を用いて理想色を計算する補正アルゴリズムにより、各補正点を高精度に制御します。白色点・色域・階調特性など、補正演算のもととなるキャリブレーションデータは、工場生産時に高精度測定器で測定された液晶パネル特性を利用します。この他にも工場ではユニフォミティ（画面のムラ）や外光センサにいたるさまざまな特性を調整しており、これらも表示補正に利用しています。

これらハードウェアとアルゴリズムの相乗効果により、PAシリーズは目標色との表示誤差を従来のキャリブレーションディスプレイより小さくでき、ほぼ視認限界以下（平均 $\Delta E_{94} < 1.0$ ）まで減少させることができました（図3）。

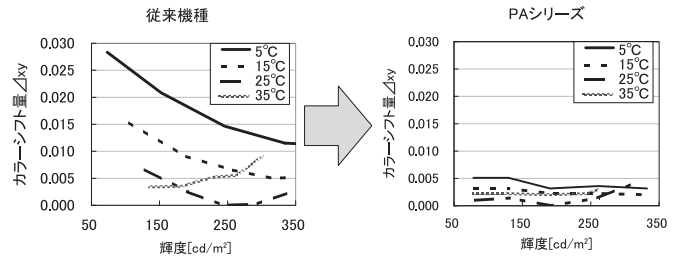


図4 室温と輝度の変化による白色点のxy色度変化

(2) 表示特性の安定化

工場でのキャリブレーション性能をユーザー環境で維持するためには、使用環境や長期使用に伴うカラーシフトを抑制することも必要です。

使用環境によるカラーシフトの例としては、室温や表示輝度による白色点のxy色度変化があります。スペクトラビュー® エンジンでは内蔵のバックライトセンサ・温度センサなどを用いて色度変化を推定計算し、映像表示中も常に白色点を自動制御しています。この補正によりカラーシフトを従来に対して1/6以下となる $|\Delta xy| < 5/1000$ に抑制しました（図4）。

長期使用に伴うカラーシフトは、ディスプレイだけでなくキャリブレーションに用いる外付けカラーセンサにも発生します。安価なカラーセンサは吸湿などによるカラーフィルタの経時劣化が著しく、キャリブレーションを続けても

数年後には $\Delta |xy| > 100/1000$ のカラーシフトを生じた事例もありました。この課題に応えるため、PAシリーズではディスプレイの経時劣化を内部で検出・補正するセルフカラーコレクション機能を新たに搭載しました。本機能はカラーフィルタを持たない内蔵バックライトセンサで検出された輝度劣化状態と、過去の長期試験データから蓄積された傾向的な経時変化量とに基づいて、長期使用に伴う表示色の变化を補正します。一般的な事務環境で2年間使用した評価機のカラーシフトは $\Delta |xy| \approx 5/1000$ となり、フィルタ型カラーセンサを用いたキャリブレーションよりも高い表示安定性を実現しています。

### 3.2 使い勝手の向上

PAシリーズではキャリブレーションレス運用で作業負担を軽減できるとともに、更に以下のような機能で使い勝手を向上させています。

#### (1) カラーエミュレーション

他の表示機器の色味を再現するため、ICCプロファイルを利用したカラーマネジメントエンジンをディスプレイに内蔵しました(図5)。

1) ICCプロファイルエミュレーション機能は、sRGBなど業界標準や、他ディスプレイの色味を再現します。2) 印刷エミュレーション機能は紙やインクなどプリンタごとの色味

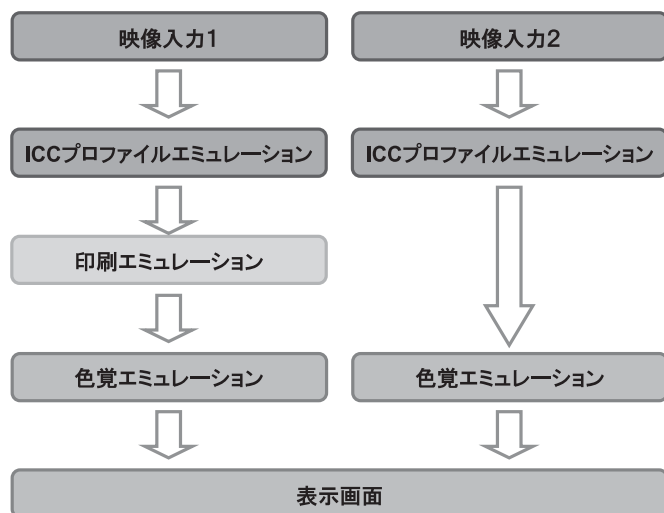


図5 カラーエミュレーション機能の構成



図6 色覚エミュレーション機能のイメージ

を再現します。3) 色覚エミュレーション機能は、図6のように人の色覚特性(P/D/T/コントラスト、ただし見え方には個人差があります)による視認性の変化を確認できます。これら3つのエミュレーションは自由に選択・複合でき、例えば、美術館用途に求められる「白熱灯照明で照らされた印刷物をP型色覚の人が見たときの視認性」といった複雑な表示条件を簡単に再現します。従来は専用ソフトウェアで実現されていたエミュレーションが、ソフトウェアを選ばず利用できます。

またディスプレイやプリンタに添付されるICCプロファイルを利用することにより、既にユーザーが所有している機器の色味を再現表示することも可能です。

#### (2) リアルタイム・プレビュー機能

PAシリーズではディスプレイ画面を分割し、異なるエミュレーションを同時に表示できる構成としました。この機能の大きな特徴は、異なる映像の同時表示だけでなく、同一の映像を用いて別々のエミュレーション結果を表示可能にしたことです(図6)。高精度な表示性能を生かして、色覚特性や印刷物などの異なる色味を、製作作業を行いながら表示確認できます。実際の画像製作現場に則した、新たな概念のこの機能は、製作結果の確認や手戻りの時間を短縮でき、作業効率の改善につながります。

#### (3) ソフトウェアとの連携

ディスプレイ設定やパソコンのカラーマネジメント設定を簡単に管理するため、MultiProfiler<sup>®</sup>ソフトウェアを添付しています。ユーザーが選択したICCプロファイルをエミュレーション目標としてPAシリーズディスプレイに送信した

## 正確な色再現と使いやすさを両立したプロフェッショナルディスプレイ PAシリーズ

り、逆にPAシリーズディスプレイの表示特性をもとにICCプロファイルを生成します。

これを利用することにより、大規模な事業所でディスプレイを大量導入した際も、1つのICCプロファイルをエミュレーション目標とすることで複数ディスプレイ間の色味を簡単に揃えることができます。

また、既にカラーマネジメントを導入済みのユーザーでは、1つのカラーセンサを基準として多数のディスプレイをキャリブレーションすることにより、表示品質を確保する運用が行われています。PAシリーズは従来の90シリーズと同様にハードウェアキャリブレーション（SpectraView® II、オプション）にも対応しており、既存・他社ディスプレイとの一貫した色管理を踏襲し、豊富な知識を持ってカラーマネジメントを行うユーザーの要求にも応えます。

### 4. おわりに

PAシリーズは既存のキャリブレーションニーズを維持しつつ、より広い顧客層がカラーマネジメントの効果を享受できるディスプレイを目指しました。今後はこの製品開発をベースにカラーマネジメントを推進し、コンテンツ制作者の表現能力の発揮、及び利用者とのコミュニケーションツールの発展に寄与し続けたいと考えます。

最後に、色覚エミュレーション機能に関して有益な助言をいただいた東京大学准教授 伊藤啓氏、NPO法人カラーユニバーサルデザイン機構 ならびに 同機構 伊賀公一氏に感謝します。

\*SpectraView、スペクトラビューは日本における株式会社ハビリスの登録商標です。

#### 参考文献

- 1) JIS X 9207 : 2009 : 画像技術における色管理一体系、プロファイル書式及びデータ構造-第1部 : ICC.1 : 2004-10、(財)日本規格協会、2009-5
- 2) "A Standard Default Color Space for the Internet: sRGB", International Color Consortium  
<http://www.color.org/sRGB.xalter>
- 3) NPO法人カラーユニバーサルデザイン機構  
<http://www.cudo.jp/>

### 執筆者プロフィール

松井 勝之  
NECディスプレイソリューションズ  
モニター開発本部  
第一開発グループ  
主任  
映像情報メディア学会 会員

石渡 明生  
NECディスプレイソリューションズ  
モニター開発本部  
第一開発グループ

板倉 直樹  
NECディスプレイソリューションズ  
モニター開発本部  
第一開発グループ  
マネージャー



# NEC 技報のご案内

NEC技報の論文をご覧くださいありがとうございます。  
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご一読ください。

## NEC技報WEBサイトはこちら

[NEC技報\(日本語\)](#)

[NEC Technical Journal\(英語\)](#)

## Vol.64 No.3 映像ソリューション特集

映像ソリューション特集によせて  
NECの映像技術への取り組み

### ◇ 特集論文

#### 映像認識・分析

人の行動を「見える化」する動線解析技術と活用例  
顔認証技術を活用したインタラクティブ映像制御システム  
「ビデオシグネチャ」を活用した映像識別ソリューション

#### 映像蓄積・加工

大容量映像データの配信及びハイブリッドクラウドの実現方式  
ファイルベースへ進化する映像アーカイブシステム  
次世代の放送サービスプラットフォームソリューション  
報道現場を支えるトータルノンリニアソリューション  
組込み機器用リッチグラフィックスソリューション～GA88シリーズIWAYAG～  
超低遅延コーデックの開発

#### 映像配信

ウェアラブル・ユニファイドコミュニケーションによる遠隔観光ガイド・通訳サービス  
デジタルサイネージソリューションの動向  
テレコミュニケーションロボットによる次世代コミュニケーション

### ◇ 普通論文

LED光源を用いた高輝度プロジェクターの開発  
環境配慮型液晶プロジェクターの開発  
パソコンとのシステム連携によるプロジェクターの機能向上の実現  
正確な色再現と使いやすさを両立したプロフェッショナルディスプレイPAシリーズ  
超狭額縁液晶を用いたビデオウォール表示システムの開発  
従来にない軽量化・小型化に取り組んだ「Office Cool、EXシリーズ」



Vol.64 No.3  
(2011年3月)

[特集TOP](#)