

# Adobe® RGBカバー率99%の色再現性を実現した4K UHDモニタ

4K UHD Monitor Achieving 99% Coverage of Adobe® RGB Color Space

坂本 務

山中 訓

中村 敦

■ SAKAMOTO Tsutomu

■ YAMANAKA Satoru

■ NAKAMURA Atsushi

ディスプレイモニタは、コンピュータグラフィックス (CG) や、写真、動画などのプロフェッショナルな画像編集の分野では、正確な色再現性とむらの少ない高い均一性が求められ、更に近年、デジタルカメラの高画素化と4K解像度 (3,840×2,160画素) の超高精細 (UHD) 動画の増加に伴い高解像度化も求められている。

東芝ライフスタイル (株) は、そのニーズに応えるため、4K解像度を備え、Adobe® (注1) RGBカバー率99%の広く忠実な色再現性や色むらの少ない高い均一性、明所での高いコントラストなどを実現した業務用32型液晶モニタを開発した。

For professional image editors creating computer graphics and processing photographs, videos, and so on, liquid crystal display (LCD) monitors capable of accurate color reproduction and high screen uniformity without luminance and color non-uniformity are essential. Furthermore, demand has risen for LCD monitors with higher resolution accompanying the increase in the pixel count of digital cameras and the dissemination of video contents with 4K (3,840 x 2,160 pixels) ultra-high definition (UHD) resolution in recent years.

In response to these sophisticated requirements, Toshiba Lifestyle Products & Services Corporation has developed the TUM-32PRO1 4K UHD LCD monitor equipped with a 32-inch display. This monitor achieves 99% coverage of the Adobe® RGB color space, high screen uniformity, faithful color reproduction, and high contrast even in bright environments.

## 1 まえがき

CGクリエイターや、デザイナー、写真家、動画映像編集者が使用するディスプレイモニタは、他のモニタで表示した場合の再現性確保と、印刷後の仕上がり保証を実現するため、階調及び色再現の正確さが求められる。また、印刷業界で使用されている印刷色の標準Japan Colorの色を再現できるようにするために広い色再現性を必要とする。

従来はこれらの性能を実現するモニタは、HD (1,920×1,080画素) から2,560×1,440画素までの解像度がほとんどであった。ところが高解像度化カメラと、HD解像度の縦横2倍の3,840×2,160画素解像度である4K映像が普及するに伴い、4K解像度の超高精細 (UHD) モニタの実用化が切望されていた。

東芝ライフスタイル (株) は、Adobe® RGBの広い色再現範囲を持ち、階調と色再現性能が高く、輝度と色むらが少ないプロフェッショナル用4K UHDモニタ TUM-32PRO1 (図1) を開発した。ここでは、開発したモニタのLCD (液晶ディスプレイ) パネル及び機能の特長について述べる。

## 2 概要

TUM-32PRO1は、画質に定評のある当社製LCDテレビ

(注1) Adobeは、Adobe Systems Inc.の米国及びその他の国における登録商標又は商標。



図1. 4K UHDモニタ TUM-32PRO1 — 上下、チルト、及び回転が可能な専用スタンドを採用した。

TUM-32PRO1 4K UHD monitor

(TV)〈レグザ〉の技術を応用しつつ、以下の技術を採用して、プロフェッショナルの要求に応える仕様を実現している。

- (1) 色再現性範囲 Adobe® RGB カバー率99%
- (2) 広視野角4K UHDパネル
- (3) ダイレクトバックライト
- (4) 低反射パネル
- (5) 豊富なカラーモード
- (6) むら補正
- (7) 超解像
- (8) LAN経由によるユーザー調整

(9) カラーキャリブレーションとカラーマネジメント  
これらをLCDパネルの技術と機能の技術に分けて、それらの特長を以下に述べる。

### 3 LCDパネルの技術的特長

開発したLCDパネルの主な仕様を表1に示す。

LCDパネルの画面サイズは32V型、表示画素数はHDの4倍の4Kを採用することで、より高精細な映像表現を再現できるようにした。

また、視野角が上下、左右ともに176°と広視野角なLCDパネルを採用することで、モニタを横置き、縦置きどちらに配置しても映像を違和感なく視聴できるようにした。

更にLCDパネルに使用するカラーフィルタを新規に開発し、バックライトに使用しているLED（発光ダイオード）及び光学シートの光学設計を最適化することで、Adobe® RGBカバー率99%の色再現性範囲を達成できた。これによって、忠実な色彩表現が可能になった。Adobe® RGBの色再現性範囲を、IEC（国際電気標準会議）が策定した色空間規格sRGB（Stan-

表1. TUM-32PRO1のLCDパネルの主な仕様  
Main specifications of LCD panel of TUM-32PRO1

項目	仕様
画面サイズ	32V型
表示画素数（水平×垂直）	3,840×2,160画素
輝度	300 cd/m <sup>2</sup>
コントラスト比	1,000:1
視野角（コントラスト10以上）	176°（左右）/176°（上下）
応答速度	8 ms
色再現性範囲	Adobe® RGBカバー率99%
バックライト方式	ダイレクトLED

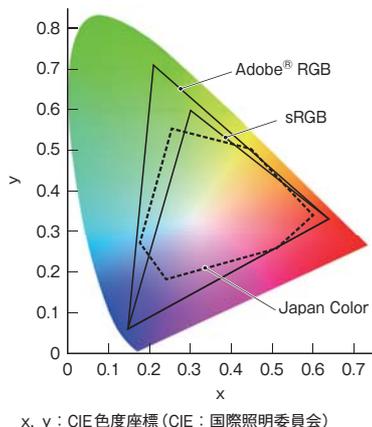


図2. 色再現性範囲の比較 — Adobe® RGBのほうがsRGBより色再現範囲が広い。  
Comparison of color reproduction ranges of standard RGB (sRGB) and Adobe® RGB



dard RGB)と比較して図2に示す。

加えて、LCDパネルの裏に格子状にLEDを配置するダイレクトLEDバックライト方式を採用し、映像に合わせてLEDを細かくコントロールすることで高コントラスト映像を表現できるようにした。

また、LCDパネルへの映り込みを軽減させるために高性能な低反射フィルムを開発した。これにより、通常用いられるノングレアタイプの低反射パネルに比べ、照明や外光に影響されずに高コントラスト映像を表示することが可能になった。開発した高性能低反射フィルムを適用した映像を、ノングレアタイプを適用した映像と比較して図3に示す。

### 4 機能の技術的特長

#### 4.1 豊富なカラーモード

多様な映像の色再現に対応するため、次のカラーモードを備えている。

- (1) 採用したLCDパネルの色再現性範囲を生かすAdobe® RGBモード
- (2) 広く用いられているsRGBモード
- (3) ITU-R（国際電気通信連合-無線通信部門）BT.709モード
- (4) SMPTE（米国映画テレビ技術者協会）-Cモード
- (5) EBU（欧州放送連合）モード

更に家庭用TVの画質での見え方を確認したいとの声から「レガザ」の画質を再現するTVモードとMOVIEモードを備えた。

#### 4.2 むら補正機能

LCDパネルは、バックライトとLCDセルの光学特性の不均一からむらが発生する。一般に、明るい映像での輝度むらはバックライトの不均一性で発生し、中間調での色むらはLCDセルのTFT（薄膜トランジスタ）などの不均一性で発生する。

今回、製造時にそれらのむらを専用測定器で高精度に測定し、むらのパターンを打ち消すデータをRGB（赤、緑、青）ごとに個別に求め不揮発性メモリに保存し、表示時にそれを映像のレベルごとに全画素に与えることで均一性を高めている。

むら補正の効果を図4に示す。

### 4.3 超解像機能

〈レグザ〉で長年培ってきた、HD信号を4K映像に精細に変更できる超解像など高画質化技術を内蔵した(図5)。忠実表示が使命であるモニタには本来不要のようであるが、HD映像をより精細に拡張してデモンストレーションしたい、TVでどのように見えるか確認したいなど、〈レグザ〉と同等の画質での表示に対するニーズに応えるため搭載した。



図4. むら補正 — 輝度むら、色むらの補正を高精度に行っている。  
Correction of non-uniformity caused by performance variation of light-emitting diode (LED) backlight units and LCD cells

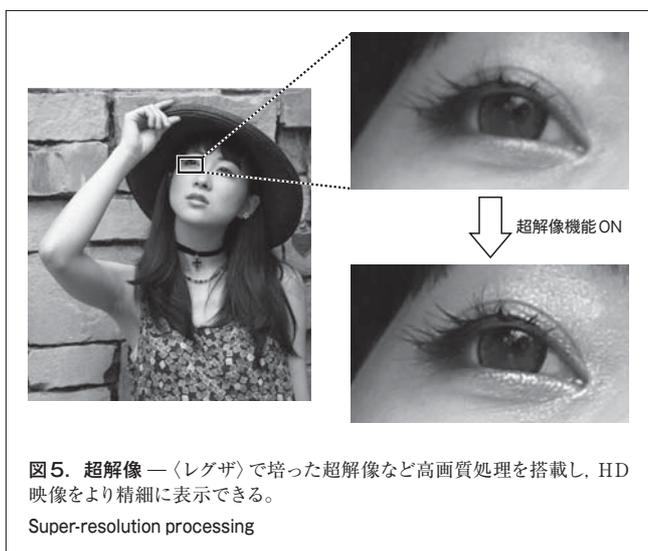


図5. 超解像 — 〈レグザ〉で培った超解像など高画質処理を搭載し、HD映像をより精細に表示できる。  
Super-resolution processing

### 4.4 LAN経由によるユーザー調整機能

TUM-32PRO1は、映像や本体機能の設定をLANで接続されたパソコンやタブレット上のWebブラウザから操作できる機能を持っている(図6)。

本体にHTTP (Hypertext Transfer Protocol) サーバを実装し、パソコンやタブレット上のWebブラウザから要求がある場合に、本体の情報取得や設定など必要に応じたアクションを行う。明るさやコントラストなどの詳細な調整を行う場合に、モニタ画面をメニューで隠すことなく操作が可能で、画質調整などのプロフェッショナルユースを意識した作りになっている。

調整メニュー(図7)は、HTML (Hypertext Markup Language) 及びJavaScript<sup>(注2)</sup>で開発しており、パソコンではマウスやキーボード操作で、タブレットではスワイプ操作などで感覚的に調整できるようにした。

### 4.5 カラーキャリブレーション、カラーマネジメント

製造時に、各色モードごとにホワイトバランスとRGBの色度座標、ガンマカーブなどの特性を調整した後、出荷している。しかし、バックライトやLCDの経年劣化により、これらの

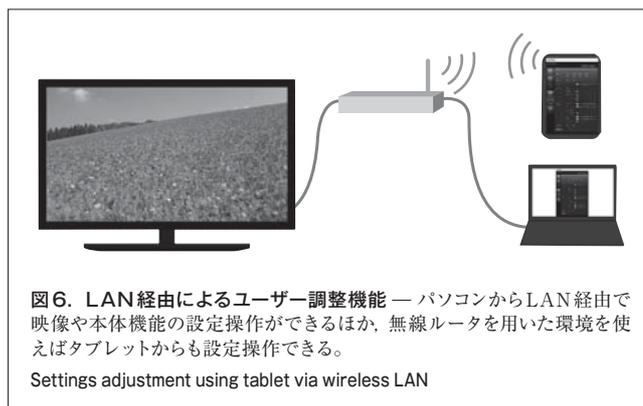


図6. LAN経由によるユーザー調整機能 — パソコンからLAN経由で映像や本体機能の設定操作ができるほか、無線ルータを用いた環境を使えばタブレットからも設定操作できる。  
Settings adjustment using tablet via wireless LAN



図7. Webブラウザ上の調整メニュー — Webブラウザからメニュー操作ができ、パソコンに専用アプリケーションをインストールする必要がない。  
Examples of settings menu displays on Web browser

(注2) JavaScriptは、Oracle Corporation 及びその子会社、関連会社の米国及びその他の国における登録商標又は商標。



図8. キャリブレーションセンサー 高精度のセンサを同梱し、RGBの光学特性を計測して経年劣化による特性変化を補正できるようにした。  
Color calibration sensor

特性が変化してしまうことが考えられる。

そこで、キャリブレーションセンサでRGBの光学特性を計測し、劣化分を補正するカラーキャリブレーション機能を内蔵した(図8)。

このようなキャリブレーションでは、センサをパソコンに接続し、パソコン側で補正するソフトウェアキャリブレーションと呼ばれる方法がよく用いられる。またUSB (Universal Serial Bus) ケーブルなどを介してモニタのガンマカーブを補正するハードウェアキャリブレーションと呼ばれる方法もある。これらの方法はパソコンを介さないと動作しないため、Blu-ray™(注3)プレーヤーや放送機材を直接つないだ場合にはキャリブレーションができないといった問題点があった。

TUM-32PRO1ではモニタそのものの補正を行うため、それらパソコン以外をつないでも正しい特性で映像を表示することができる。

劣化を補正するカラーキャリブレーションに対して、表示するコンテンツと色モードに合わせて色再現性範囲を変換する機能をカラーマネジメントと言う。

かりにコンテンツがsRGBの色再現性範囲情報を持っていて、そのままAdobe® RGBの色再現性範囲で表示してしまうと、はでな色の表示になってしまう。そこで、カラーマネジメント機能は正しい色になるよう色変換を行う。例えば、sRGBの色再現性範囲でR、G、Bが0、255、0のデータを、Adobe® RGB色再現性範囲で表示する場合は144、255、60と変換する。

アプリケーションのカラーマネジメント機能が正しい色変換を行えるように、モニタの色再現性範囲情報をアプリケーションやオペレーティングシステムに伝える必要がある。それを記載したファイルがICC (International Color Consortium) プロファイルである。

(注3) Blu-ray Disc™、Blu-ray™は、Blu-ray Disc Associationの商標。  
(注4) Windowsは、Microsoft Corporationの米国及びその他の国における商標又は登録商標。  
(注5) Mac OSは、Apple Inc.の商標。



図9. マルチウィンドウとカラーマネジメント — Windows®(注4)オペレーティングシステムやMac OS®(注5)オペレーティングシステムでは、モニタに複数のウィンドウを表示でき、ウィンドウそれぞれに異なる色再現性範囲の画像を表示する機能を備える。  
Color management system on multiwindow display

一つの画面の中にsRGBやAdobe® RGBの画像が混在していても、ICCプロファイルを元にそれぞれの色再現性範囲に合わせた表示が実現する(図9)。

## 5 あとがき

Adobe® RGBカバー率99%の4K解像度モニタを開発した。プロフェッショナルユースに込められるよう、高性能低反射フィルムや、むら補正、カラーキャリブレーションなどの機能を搭載した。

今後、画面サイズのラインアップ拡充や、機能アップなどを図っていく。

## 文 献

(1) 三島 直 他. CELLレグザ™の超解像技術. 東芝レビュー. 65, 4, 2010, p.15 - 18.



坂本 務 SAKAMOTO Tsutomu

東芝ライフスタイル(株) 設計センター VS設計第四部参事。TV及びディスプレイ機器の開発に従事。映像情報メディア学会会員。

Toshiba Lifestyle Products & Services Corp.



山中 訓 YAMANAKA Satoru

東芝ライフスタイル(株) 設計センター VS設計第一部主務。TV及びディスプレイ用パネルの開発に従事。

Toshiba Lifestyle Products & Services Corp.



中村 敦 NAKAMURA Atsushi

東芝ライフスタイル(株) 設計センター VS設計第五部主務。TV及びディスプレイ用ソフトウェアの開発に従事。

Toshiba Lifestyle Products & Services Corp.