

SONY

Color Matching Technology

BVM-L Series LCD Master Monitor



※写真は23型液晶マスターモニター BVM-L230 と、モニターコントロールユニット BKM-16R です

ソニービジネスソリューション サイト

sonybsc.com

本カタログは再生紙および環境に配慮した大豆インキを使用

※特定市場向け商品などソニービジネスソリューションサイトに掲載していない商品もあります

ソニー株式会社

ソニービジネスソリューション株式会社 / 〒108-0074 東京都港区高輪4-10-18

掲載の業務用商品およびソリューションに関するお問い合わせは

業務用商品相談窓口

フリーダイヤル ☎ 0120-788-333

- 携帯電話・PHS・一部のIP電話からは 0466-31-2588
- FAX 0120-333-389
- 受付時間 9:00～18:00 (土・日・祝日、および年末年始は除く)

2010.4
カタログ記載内容2008年7月現在

BVM-Lシリーズ 液晶マスターモニター カラーマッチングテクノロジー

1970年代に市場導入されて以来、大きな発展を遂げてきた液晶ディスプレイは今や、解像度・コンバージェンス・幾何学的なひずみ・スタビリティ(安定性)をはじめ、従来のブラウン管型(CRT)ディスプレイより優れた性能をいくつも実現しています。しかしながら、ソニーのBVM-CRTマスターモニターの性能と比較すると、追い越せていない性能もあります。この冊子は、一般の液晶モニターが苦手とする『正確で安定した色再現性』を実現したソニー独自の技術をご紹介します。

一般的に液晶ディスプレイでは、やっかいな問題が2つあります。1つはガンマ特性と言われるもので、液晶のガンマ特性はCRTのそれとは大きく異なった特性を持っています。もう1つは、固体と液体の中間体である液晶ゆえの不安定さです。つまり、同一の製造ラインで作られた製品であっても、同じ色を再現することが非常に難しいものなのです。これら2つの特性は液晶ディスプレイの本質的構造及び性質に起因することなので、矯正することは非常に難しいのです。

ソニーのカラーマッチング技術は、ソニーが何十年の間培ってきた業務用ビデオ、マスターモニター及び信号処理などの技術を結集し、ソニーのBVM-Lシリーズ液晶マスターモニターのために開発した技術です。

このカラーマッチング技術が、液晶の特性を踏まえていかに正確で安定した色再現を実現したのかということについて、以下の2つのテーマを軸に解説していきます。

- ① カラーマネジメントシステム
- ② LCDガンマの正確さ

〈カラーマッチング技術〉



* LUT: Look Up Table

目 次

① カラーマネジメントシステム	
1-1. ディスプレイの構造	4
1-2. デ・ガンマ	5
1-3. カラーコンバージョン	5
1-4. ノンリニア3D LUT	6
1-5. カラーマネジメントシステムの主な特長	7

② ガンマ精度の重要性	
2-1. リ・ガンマ	8
2-2. 精度の高いリ・ガンマ	8
2-3. リ・ガンマの主な特長	9
2-4. より精度の高いリ・ガンマの実現	9

③ 豊富な色域	
3-1. 色域の再現	10
3-2. D-CineとSMPTE RP 431-2-2007	10
3-3. 3つの色度点	10

④ モニター用語解説	
4-1. 色域	11
4-2. ホワイトバランス	11
4-3. 液晶のガンマ特性	11

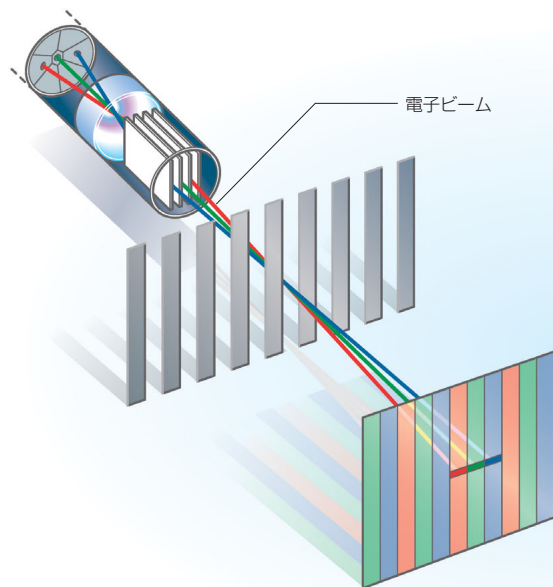
終わりに	11
------	----

1-1. ディスプレイの構造

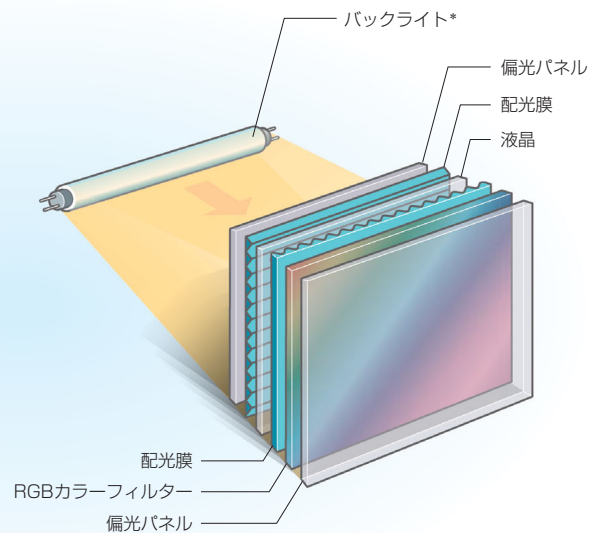
既に良く知られていることですが、一般の液晶ディスプレイは、CRTと同じ色を表示することができません。同一の映像信号をそれぞれのモニターに入力してみるとその違いがわかります。これは、液晶ディスプレイの構造がCRTと大きく異なることに起因しています。CRTは電子ビームが蛍光体に当たり、それによって

画面(蛍光体)が光ります。輝度は電子ビームの強さに関係します。これに対して、液晶モニターはバックライトの光がRGB3色のカラーフィルターを通過して画面が光ります。そしてRGBそれぞれのピクセル内に配列してある液晶の透過率を変えることで、カラーフィルターを通過する光の量を調節します。

CRTの構造



液晶ディスプレイの構造



*イラストは、液晶モニターに使用されている一般的なバックライト(CCFL)を使用していますが、BVM-LシリーズはLEDバックライトを搭載しています。

ソニーのカラーマネジメントシステムは、これらの構造による色再現性の違い(ギャップ)を埋めてCRTと同じ色を液晶モニターで再現するためのソニー独自の技術です。

それでは、順を追って、カラーマネジメントシステムの仕組みを見てみましょう。

1-2. デ・ガンマ

カメラで撮影した映像信号には、 $1/2.2$ というガンマ特性が付加されています(付録4-3を参照)。グラフで示すと、本来、リニアな関係を持つ映像信号にカーブが付いたものがカメラからビデオ信号としてアウトプットされます。ソニーのカラーマネジメントシステムでは、このガンマ特性を取り外したリニアな映像信号データで処理を行います。これは膨大で緻密な演算処理を正確に瞬時に行うのに、リニアなデータが最も適している

ためです。ガンマ特性はRGBの3つの信号それぞれに付加されていますので、逆のカーブを示すガンマ特性をRGBそれぞれの信号データに掛け合わせる処理をして、リニアなビデオ信号データにします。カラーマネジメントシステムでは、この処理をデ・ガンマと呼びます。

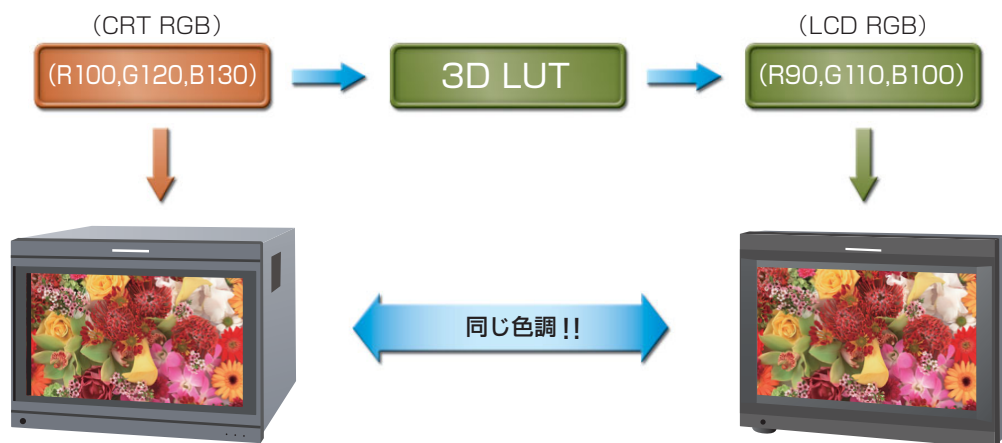
ちなみに、カラーマネジメントの処理が全て終わった時点で、再びガンマ特性を付加して、元のカーブの付いたビデオ信号に戻します。



1-3. カラーコンバージョン

さて、リニアなデータが準備できましたので、いよいよカラーコンバージョンの処理を開始します。カラーコンバージョンは、液晶モニター上でCRTと同じ色を表示するために必要な色データを算出する演算処理です。この演算はLook Up Table(LUT)を使って行います。RGBの3つの信号データを使うので3D

LUTと言います。LUTは、入力されたRGBの数値をLCDで表示するための適正な値に変換します。つまり、液晶パネルの色情報を入力するとCRTと同じ色情報が表示できるようになる一種のブラックボックスのようなものです。



1-4. ノンリニア3D LUT

カラーコンバージョンの演算処理は、基準となるデータを都度参照することで精度の高い色を算出します。ここでは、2種類のデータを参照します。1つはBVM-CRT

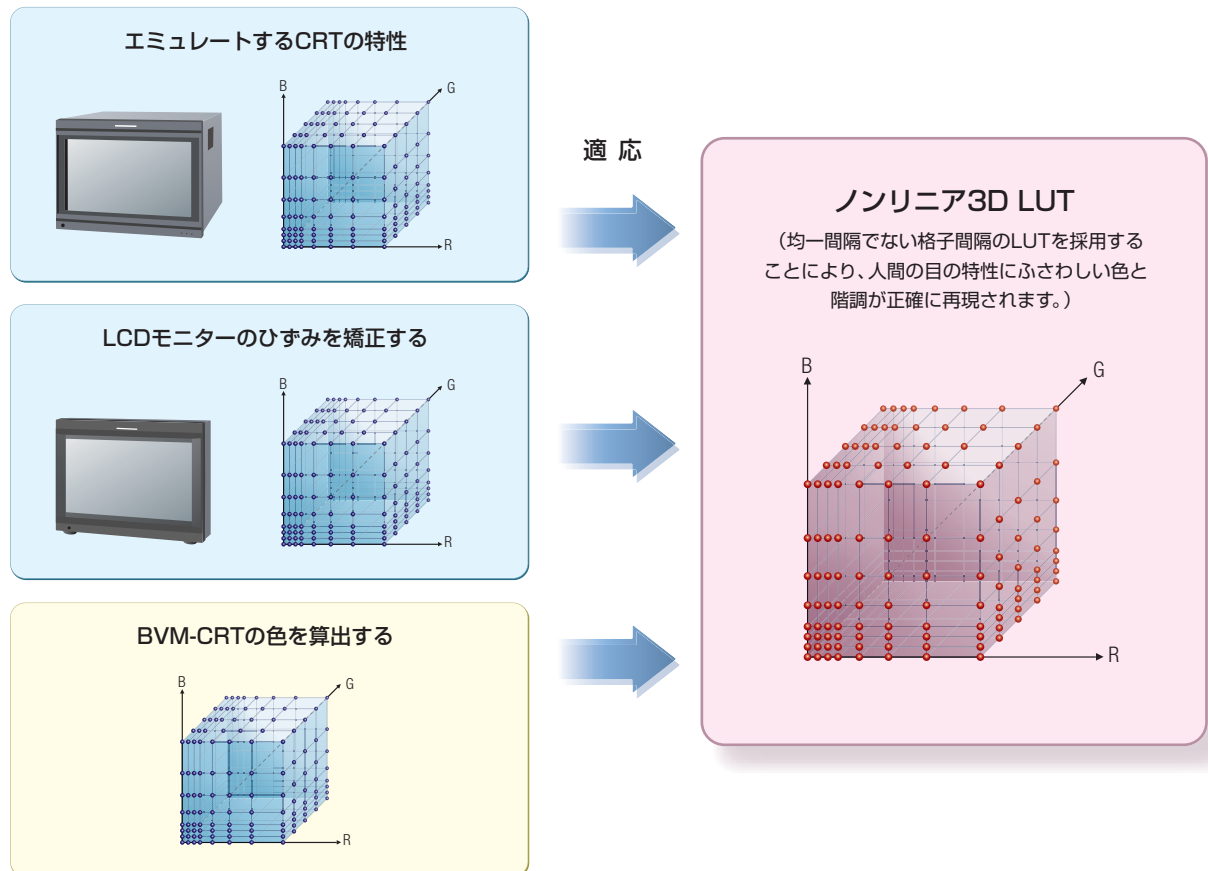
の特性の色データ、もう1つは、BVM-LCDの特性データです。これらのデータは、ノンリニア3D LUTのテーブルにメモリーされています。

BVM-CRTデータの3D LUT

このLUTのテーブルにはBVM-CRTモニターの色データをメモリーしています。BVM-CRTマスターモニター(SMPTE-C及びEBU)が発光する各約1万色を測定し、SMPTE-C LUTとEBU LUTにそれぞれのデータをメモリーしています。

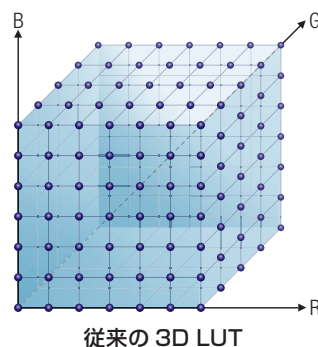
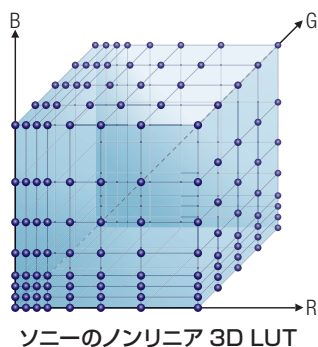
BVM-液晶パネルデータの3D LUT

このLUTは、実測に基づくBVM-液晶マスターモニターのパネルの特性データをメモリーしています。



前ページの2つの3D LUTは、BVM-LCDとBVM-CRTの差分特性を保持しているだけなので、実際の入力信号に対する演算はこれらを参照してリアルタイムで行います。この演算は入力信号のピクセル単位で行い、3つ目のリアルタイムLUTを算出します。そして、このリアルタイム3D LUTを使って液晶パネルの入力をCRTと同じ色再現が得られる値に変換します。このリアルタイムで作成された3D LUTは言わば、カラーマップのように、入力信号をどの色で表示するのかを教える指示書のようなものです。これによって、BVM-CRTモニターが表現する色と同じに見える色を表示することができるのです。

ソニーのノンリニア3D LUTを使った演算技術の特長は、3D LUTのテーブルが、よくある均一間隔格子上のLUTテーブルではなく、独特の不規則な間隔を持ったテーブルであることです。この不規則な間隔は、私たち人間の目の特性を考慮して開発されました。人間の目は、暗いところのコントラストが良く見えて、まぶしいコントラストは良く見えないという特徴があります。そこで、暗い映像を構成するビデオ信号のデータをより多く演算する独自のLUTを開発したのです。このノンリニア3D LUTを採用することにより、暗い映像の中のわずかな黒の差の違いをも表現することができ、即ち、BVM-CRTマスターモニターの特性と同等の特性を実現することができたのです。



1-5. カラーマネジメントシステムの主な特長

- 1 黒から白までの全階調において、BVM-CRTと同等あるいはそれ以上の色再現性を実現
- 2 人間の目の特性を十分に考慮したシステム
- 3 精度の高い色変換アルゴリズムを採用
- 4 BVM-液晶マスターモニターの製造の最終工程では、1台1台についてパネルの特性を調整

2

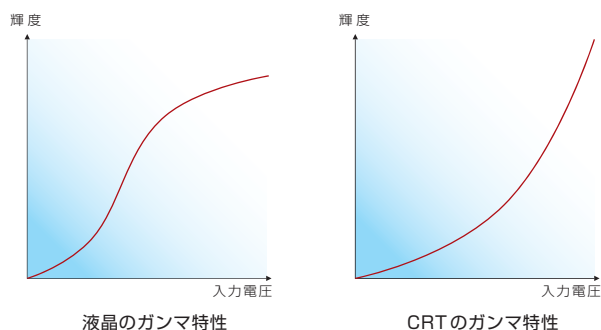
ガンマ精度の重要性

さて、CRTと同じ色を表示する色データの算出が完了したら、ビデオ信号には再び、ガンマカーブを付けます。カラーマネジメントシステムではこれをリ・ガンマと呼んでいます。ソニーのリ・ガンマの特長はこの処理の段階で、液晶パネルの特性とパネル固有の癖の補正をあわせて、ガンマ特性を付加することができることです。



2-1. リ・ガンマ

液晶ディスプレイのガンマ特性は、S字カーブと呼ばれるもので、CRTのガンマ特性とは大きな隔たりがあります。従って、CRTと同じ色を再現するには、カラーマネジメントに加えて、ガンマのマネジメントが必須です。加えてこのリ・ガンマ処理を複雑にしているのは、液晶モニターのRGBの3つのガンマ特性(S字カーブ)が同一でなく微妙に異なっていることです。3つの特性が一致しないとホワイトバランスが破綻する^{はたん}という問題も生じます。ガンマ精度が重要な理由はここにあります。



2-2. 精度の高いリ・ガンマ

このような事情を踏まえて、ソニーのガンママネジメントは、緻密な配慮^{ちみつ}を施したユニークなシステムを採用しています。カラーマネジメントと同様に、個々のパネル

の実測はもちろん、基準となるガンマLUTデータをメモリーしています。

■ BVM-LCDガンマLUT

製造所においてBVM-液晶マスターモニターを1台1台実測し、ガンマデータをLUTテーブルにメモリーしています。

■ BVM-CRTガンマLUT

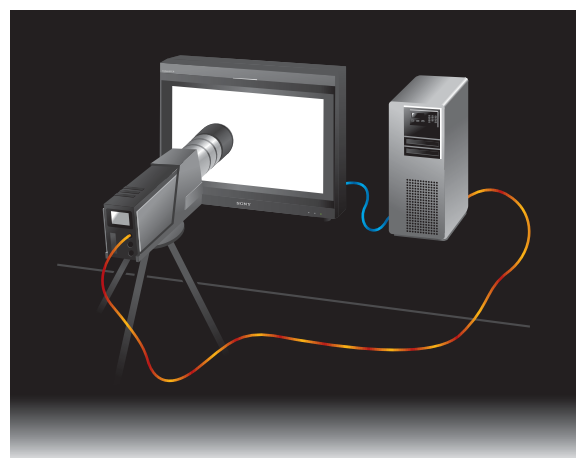
実測したBVM-CRTのガンマデータを SMPTE-CガンマLUTと EBUガンマLUTにそれぞれメモリーしています。

■ ITU-R BT.709とD-CineガンマLUT

HDTV及びシネマ規格に適合するために必要なガンマデータを基準データとして以下のガンマLUTにメモリーしています。

- 709ガンマLUT
- D-CineガンマLUT

これらのガンマLUTデータは、1台1台のモニターのホワイトバランスを、黒から白までの全階調を正しく調整するための基準データとして参照されます。これによって、SMPTE-C、EBU、ITU-R BT.709及びD-Cineが定義するホワイトバランスを正確に再現することができます。これがソニーのガンマ調整の最大の強みです。



■ 2-3. リ・ガンマの主な特長

- 1 全階調にわたり十分なガンマデータの測定値に基づく、精度の高いガンマ調整を実現
- 2 製造過程において、1台毎にガンマ調整をして出荷
- 3 1台毎の癖を把握し、個々の特性に従った、精密なガンマ調整を実施
- 4 個々のマスターモニターは自分の特性をガンマLUTとしてメモリー保存

■ 2-4. より精度の高いリ・ガンマの実現

あまり知られていないことですが、液晶パネルの出力レベルは、表示モードやフレームレートの違いによっても変化してしまいます。これはすなわち、階調全体にわたってガンマが狂い、即ちホワイトバランスが崩れることです。そこで、BVM-液晶マスターモニターは前述のガンマ調整に加えて、表示モードやフレームレートに応じたガンマLUTを持っています。右記がその基準ガンマデータの一例です。

- プログレッシブ 50 Hz ガンマLUT
- プログレッシブ 60 Hz ガンマLUT
- インターレース 50 Hz ガンマLUT
- インターレース 60 Hz ガンマLUT
- 黒挿入モード 50 Hz ガンマLUT
- 黒挿入モード 60 Hz ガンマLUT

これらは、非常にユニークな取り組みであり、またソニーのガンマ調整のもう1つの特長と言えます。

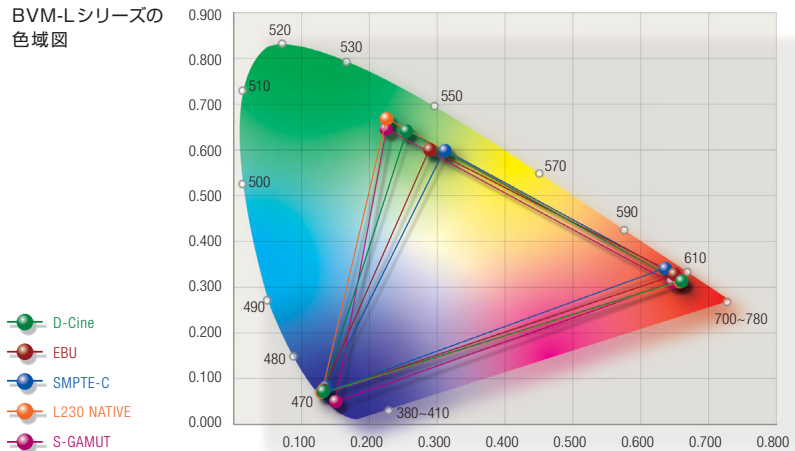
BVM-液晶マスターモニターは、LEDバックライトを搭載しています。LED(発光ダイオード)は生来CRTに使用している蛍光体と比較して広い色域を持っています。従って、BVM-液晶マスターモニターはBVM-CRTマスターモニターが表現できなかった色を表現することができます。また、BVM-CRTの場合、1つのモニターが1つの色域しか表現できないのに対して、BVM-Lシリーズは同じモニターで複数の色域を扱うことができます。これはカラーマネジメントシステムを使うことにより実現した革新的な機能の1つです。

3-1. 色域の再現

BVM-液晶マスターモニターは以下の色規格に対応した3D LUTテーブルをメモリーしています。(Gamut 3D LUT)

- SMPTE-C
- EBU
- ITU-R BT.709
- SMPTE RP 431-2-2007

BVM-Lシリーズの色域図



3-2. D-CineとSMPTE RP 431-2-2007

BVM-液晶マスターモニターの「D-Cineモード」はSMPTE RP 431-2-2007(またはDCI(P3))という)が定義する色を再現する表示モードです。このSMPTE規格の色は、CRTモニター上では正しく再現されません。全ての色がずれて異なった色となり、映像全体が色あせてしまいます。これはCRTの蛍光体による色域の限界とカラーマネジメントシステムというメカニズムが無いことによる、やむを得ない現象でした。

ソニーのカラーマネジメントシステムは、D-Cine 3D LUTテーブルと独自のカラーコンバージョンアルゴリズムで、このSMPTE規格の映像ソースを正しい色と階調で再現することができます。

※色域図上で、緑～赤間にある色については、規格の色とはわずかに異なる色が再現されます。これは当該SMPTE規格の色度点が、LEDの色域から外れるために生じる現象ですが、ノンリニア格子を持った3D LUTテーブルを用いたソニーのカラーマネジメントシステムは、これらの色領域の階調をも精密に再現することができます。

3-3. 3つの色度点

BVM-液晶マスターモニターは、右記の3D LUTテーブルをお客様が選択できるようになっています。

※チャートに掲載した色度点は、規格及びソニーが定義する色基準です。BVM-LCDは、これらの色度点を正確に演算し、正しい色再現を実現しています。

※BVM-液晶マスターモニターの「S-GAMUTモード」は、デジタルシネマカメラF35/F23からアウトプットされるS-GAMUT色信号を再現する表示モードです。一部の色領域については、異なる色が再現されますが、これはS-GAMUTが定義する色度点がLEDの色域から外れているために生じる現象です。しかしながら、S-GAMUT LUTと独自のカラーコンバージョンアルゴリズムで、これらの色領域についても最適な色と階調を表現することができます。

LUTが参照している規格の色度点

3D LUTのタイプ	色度点
BVM SMPTE-C	R (0.630, 0.340)、G (0.310, 0.595)、B (0.155, 0.070)
BVM EBU	R (0.640, 0.330)、G (0.290, 0.600)、B (0.150, 0.060)
ITU-R BT.709	R (0.640, 0.330)、G (0.300, 0.600)、B (0.150, 0.060)、 (W (0.313, 0.329))
D-Cine *1	R (0.680, 0.320)、G (0.265, 0.690)、B (0.150, 0.060)、 (W (0.314, 0.351))
L230 NATIVE *2	R (0.661, 0.313)、G (0.233, 0.664)、B (0.154, 0.064)
S-GAMUT *3	R (0.730, 0.280)、G (0.140, 0.855)、B (0.100, -0.050)

*1 SMPTE RP 431-2-2007 規格 *2 モニターパネルの色度点
*3 F35/F23の色度点

4

モニター用語解説

4-1. 色域

モニターの色域は、その発光体に依存します。例えば、SMPTE-CとEBUの色規格はそれぞれ塗布されて

いる蛍光体に基づいています。これら放送用色規格はRGB3色の色度点によって色域が決まります。

<ディスプレイデバイス>

	LCD	OLED	PDP	BVM-CRT
発光体	バックライト+カラーフィルター	有機LEDの放出層	蛍光体(キセノンガス)	蛍光体 (EBU蛍光体、SMPTE-C蛍光体)(化合物)

モニターが発する光の特性は、CRT、LEDなどのディスプレイデバイス、光源及びカラーフィルターに起因します。

4-2. ホワイトバランス

常に正確かつ安定した色を再現するには、モニターは常に一定の色温度を、黒から白までの全階調において、保たなければなりません。どの明るさのどの色を表示する時も同じ色調で表示できなければならないのです。しかし、液晶モニターは、ホワイトバランスを一定に保つことが苦手です。入力信号の輝度レベルが変わるとホワイトバランスが崩れてしまうのです。この深刻な課題

をソニーのカラーマネジメントシステムは克服しました。BVM-液晶マスターモニターのホワイトバランスは製造段階において基準の色温度でホワイトバランスを調整してあります。ユーザーがRGBのホワイトバランスを調整する必要はほとんどなく、例えば、お客様がD65という色温度をメニュー選択するだけで、どの明るさのどの色も一定の色調で再現されるように調整されています。

4-3. 液晶のガンマ特性

放送システムの登場以来、全てのビデオ制作機器はCRTシステムのガンマ特性を考慮して開発されてきました。ビデオカメラを例にとって説明します。カメラレンズを通る光はリニアなビデオ信号に変換されますが、ビデオカメラ内でその信号は0.45(1/2.2)ガンマの特性を付加する処理をしています。このガンマはCRTのガンマ特性(カーブ)を埋め合わせるためのもので、つまり、CRTモニター上でリニアなビデオ信号を映し出すための処置です。CRT以外のディスプレイデバイスが登場した現在でもなお、このCRTガンマ特性を考慮した機器によるオペレーションが行われています。これはCRTと異なるガンマ特性を持つディスプレイデバイスにとっては課題であります。液晶モニターの場合、入力信号に対して液晶モニターが発光する光の関係はS字

カーブといわれる特性を示します。これは液晶モニターの本質的構造に起因するものですが、更に厳密にいうとこのS字カーブはモニター1台1台異なりますし、RGBの3色も一致してはいません。

液晶ディスプレイを放送・業務用領域に導入するに際して、いかにCRTと同等の映像表現ができるのかということが最大の課題ですが、これを克服するには、電気的回路を用いてS字カーブによる現象をいかに補正できるかが鍵となります。この補正は極めて複雑かつ膨大な処理が必要となりますが、それに輪をかけてRGBの3色のカーブを一致させることは更なる複雑さをもたらします。BVM-液晶マスターモニターのガンマ調整技術は、これらを踏まえて、BVM-CRTと同じ色再現を実現し、モニター1台1台の色再現性の一致を実現しました。

終わりに

BVM-液晶マスターモニターは、BVM-CRTマスターモニターの性能を基準に設けて開発されました。BVM-液晶マスターモニターには、新しくユニークな多くの技術が採用されています。この冊子で紹介したカラーマッチング技術はその一例です。