



## HDRの解説と高画質技術の今後

ソニービジュアルプロダクツ株式会社 TV 事業部 技術戦略室 主幹技師

おぐら としゆき  
小倉 敏之



### 1. はじめに—CES2017でのTV

かつてはデジタル三種の神器と言われながら、いまや「コモディティ製品」と言われて久しいTVだが、それでも毎年のように新たな技術が導入され市場をにぎわし、単にコモディティとは呼べない状況が続いている。特に近年は、4KやHDRを中心とした高画質を実現するフォーマットやディスプレイ・デバイスが進化を続け、画質が大きく向上している。そこで本稿では、毎年年初に開催されるその年の新技术が一堂に会するCESの状況を簡単に概説し、そこから見えてくる映像技術の動向を探り、今後を見通してみたい。

年初の1月5日から8日にかけてアメリカ ラスベガスで開催されたCES2017でのTV関連の話題を挙げると、8Kや音声コントロール等が新たな話題となっていたが、数年前より導入され始めた4K・HDR・WCG (Wide Color Gamut: 広色域) 等の高画質技術及びOLEDや狭額縁等のディスプレイ関連技術が本格的な広がりを見せていた。一方で、数年前にやはりCESにて大きな話題となっていた曲面ディスプレイや3Dはその勢いを失ってきている。また、毎年のように様々な名称のTV/ディスプレイ関連要素技術や関連ロゴが提案されるが、大きな方向性を作り出すには至っていないように見える。

このように整理してみると、TVが単なるコモディティ製品化しない理由は、高画音質技術・ディスプレイ技術・デザイン・使い勝手という製品の基本をしっかりとおさえた進化がユーザーにとっての価値向上を継続しているからであり、しかし、それを実現するためには単なる要素技術の改善だけでは十分でなく、複数の要素技術の進化を組み合わせ、1つの方向性を持った進化にまとめ上げ価値化する必要がある事が分かる。

例えば、ディスプレイ技術として昨今話題のQD (Quantum Dot: 量子ドット) 技術は、その効果を色域拡張に使うのか輝度改善に使うのかで異なる結果を得る事ができ、使い方もシート形状やスティック形状など様々であり、かつ将来的には現状の波長変換素子から自発光素子になる可能性もある等、様々な応用が考えられる。しかし、同様の効果を得るための他の技術もあり、また単にバックライトにQDを導入してもそこに表示する映像信号を正しく処理しなければ高画質を得る事はできない等、要素技術であるQDの導入だけでは高画質を実現できない。

一方、上述のように高画質技術として定着してきている4K、

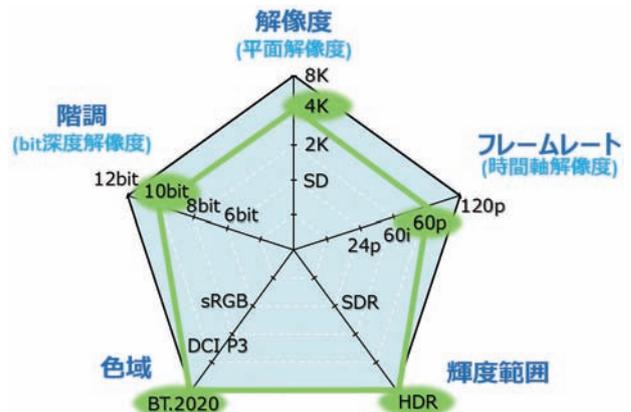
HDR、WCG等は、その一つひとつが様々な要素技術により成立しているが、これらの間にも相互関係があり相乗効果をもたらしていると同時に、パネル技術や信号処理技術により得られるTVの高い性能を活かすコンテンツの存在が重要であり、これらの同時進化が初めてユーザーにとっての価値となる。

このように、近年は技術の進化が非常に複雑で多層的かつ広範囲になってきており、状況を正しく理解するためには、各要素技術の深い理解と全体の概観が同時に必要となってきた。そこで以下にて、画質に新たな進化をもたらしたがその実態がつかみにくいHDRを詳細に解説したのち、現在の技術進化と製品進化の全体的特徴を明らかにしていきたい。

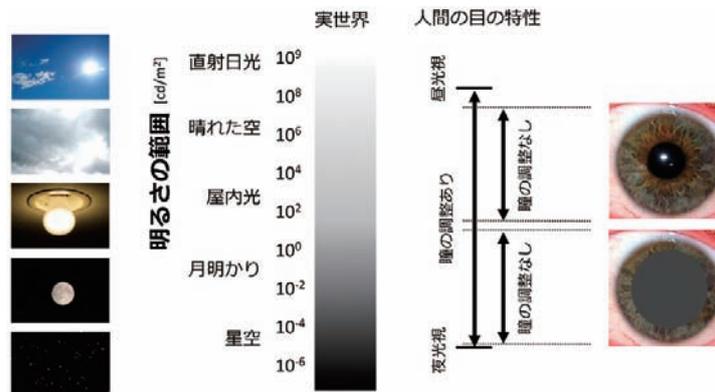
### 2. なぜいまHDRなのか? その効能は?

映像の品質は図1に示すとおり、①解像度、②階調、③フレームレート、④色域、⑤輝度範囲、の5つの要素で表現できると筆者は考えているが、①～③が画素の密度を表すのに対し、④と⑤は画素が表現可能な色と輝度の範囲を表しており、それぞれのグループは異なる性格を持っている。

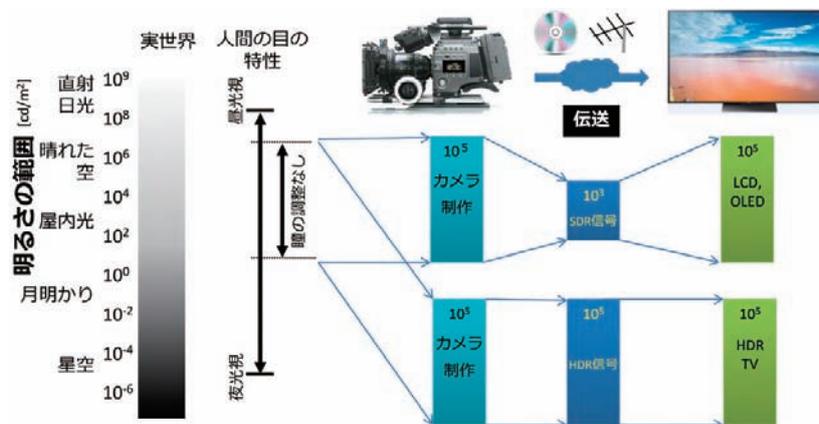
これら5要素の進化により映像品質が向上してきたが、これまでの進化は主に解像度が中心であり、SDからHDそして4Kへと数値で表せる分かり易い進化であった。一方、数年前にBT.2020としてITU-Rで規格化された広色域は色の表現範囲を広げたが、輝度の表現範囲は数十年前に決められた範囲 (SDR: Standard Dynamic Range) のままであり、5要素の中で唯一進化していない要素となっていた。



■ 図1. 画質五要素



■図2. 人間の目の特性



■図3. 映像伝送方式

それが、SMPTEのST 2084及びITU-RのBT.2100によりHDR (High Dynamic Range) が導入され、ついに大きく広がる事となった。ここでは、HDRにより輝度の表現範囲が拡張される意味について説明する。

実世界における輝度範囲は非常に広く、 $10^{-6}$ cd/m<sup>2</sup>程度の夜空から $10^9$ cd/m<sup>2</sup>程度の直射日光まで $10^{15}$ にもなるダイナミック・レンジを持つが、人の目はその1/3程度のダイナミック・レンジを持ち、更に瞳の調整により $10^{12}$ 程度のダイナミック・レンジを得ているとされている(図2)。

カメラの絞りはこの瞳の機能を模しており、高性能化された撮像素子のダイナミック・レンジを活用して人の目を満足させるダイナミック・レンジを持った映像を撮像できるようになってきた。また、近年ディスプレイも高性能化しており、人の目を満足させるダイナミック・レンジを持った映像を再生できるようになってきた。

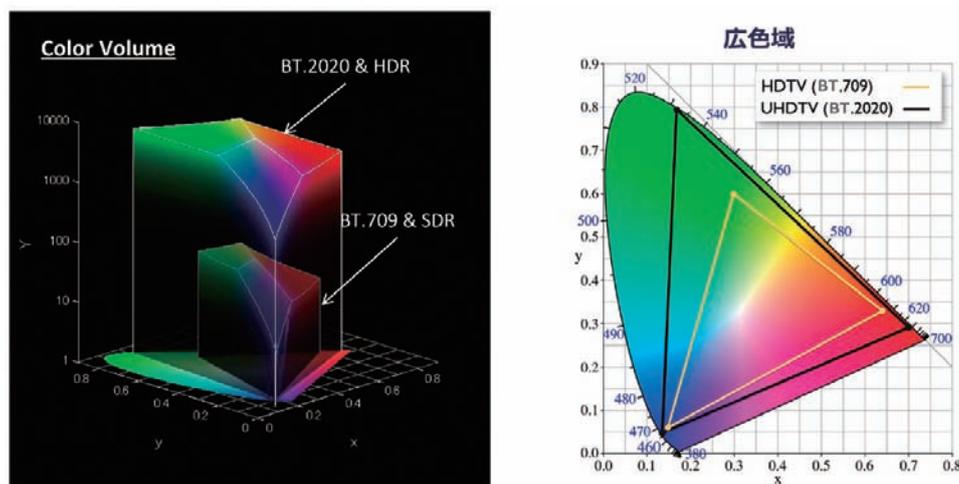
ところが、旧来のSDR信号では伝送可能なダイナミック・レンジが狭いために、人の目に対して十分なダイナミック・レンジの映像を送る事ができなかった(図3上)。それに対し、HDR信号では十分に広いダイナミック・レンジを伝送する事

ができるので、人の目のダイナミック・レンジを満足させ非常にリアルに見える映像を提供できるようになった(図3下)。

更にこれに加えて、先に説明したように広色域は色の表現範囲を拡張するので、HDRと広色域を組み合わせることで表現可能な範囲が三次元的に広がる。それを表したのが図4であり、図4右側の一般的な色度図を底面として高さ方向に輝度を取ると図4左側の立体が構成される(これをカラー・ボリュームと呼ぶ)が、従来の色域とSDRの組み合わせ(内側の立体)に対し広色域とHDRの組み合わせ(外側の立体)では表現可能な範囲が非常に大きくなっていることが分かる。

このように、広色域とHDRにより拡張された範囲には多くの色が含まれるが、特にSDRの範囲を超える高輝度の色は青い空や海・車の塗装等の「綺麗な色」の再現を可能とし、また、光が当たると白く飛びやすい人の鼻筋は高輝度の色により再生可能となるように、高輝度の色は物体の「立体感」も表現する事ができる、という点が重要である。

また、このカラー・ボリューム図では表現できていないが、HDRではSDRに比べて低階調領域の表現力も向上し、高輝



■図4. HDRと広色域が作る「カラー・ボリューム」

度側の表現力向上との相乗効果によって極めて豊かなコントラストの表現力を手に入れる事ができており、これらによる「表現範囲の拡大」がHDRにより得られる最大のメリットである。

以上のように、HDRは人の目のダイナミック・レンジを満足させながら綺麗な色や立体感や黒を表現できる事から、映像が極めてリアルになることがその効能であり、そのリアルを描ける表現力を基に様々な映像作品がより大きな感動を視聴者にもたらす事ができるようになる。

### 3. 様々なHDR

前章で説明したように、HDRは映像の表現力を大きく引き上げる事ができる重要な技術であるが、複数の規格と提案が存在するためには使い方が分かりにくい。そこで以下に、HDRを理解するために重要な技術とその使い方の提案について概説する。

HDRにおいて最も重要な技術は、光を電気信号に変換するOETF (Opto-Electronic Transfer Function) や電気信号を光に変換するEOTF (Electro-Optical Transfer Function) に代表される「伝達関数」であり、これらは撮像機で光をどのように電気信号に変換しそれをディスプレイで光に戻すのかを表す関数である。従来のSDRではガンマ・カーブ (ITU-R BT.709等) が伝達関数 (OETF) として用いられているが、HDRにおいては①Perceptual Quantization (以下、PQカーブ) と②Hybrid Log Gamma (以下、HLGカーブ) が規格化されており、これらの特徴を比較したのが表1である。PQカーブはSMPTEにおいてST2084として、ITU-RにおいてBT.2100として (以下、BT.2100 (PQ) と表記) 規格化されているので以下ST2084で代表し、HLGカーブは以下ではBT.2100 (HLG) と

表記することにする。ここで最も重要な点は、HLGカーブがSDR用のガンマ・カーブと同じ相対値方式であるのに対し、PQカーブは従来のガンマ・カーブとは異なる性質を持つ絶対値方式になっている事である。つまり、HLGカーブでは各デジタル・データは割合 [%] を表すのに対し、PQカーブでは輝度そのもの [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ] を表しており、それぞれの単位系が異なるのでこれらを直接比較する事はできない。そこでここでは、それぞれの信号がディスプレイでどのように再生されるのかを説明する事により、これらの違いを明らかにする。

まず、各カーブの基本的な性質について説明する。絶対値方式のPQカーブでは、ディスプレイの最大輝度値以下のデータにより表示される輝度はディスプレイにかかわらず原則同一になり高い再現性を有する。ディスプレイの最大輝度値以上のデータ (情報) に対しては、できる限りデータを最大輝度値内に押し込む丸め込み処理 (roll-off) 等もあるが、その多くは表示が難しい。一方、HLGカーブはSDRと同様にデータの最大値をディスプレイの最大輝度に割り当てる相対値方式であるので、あるデータ値の実際の表示輝度はディスプレイの最大輝度に応じて変化したが、全てのデータ (情報) は基本的に保持され表示される。また、HLGカーブは、その名称のごとくログ・カーブとガンマ・カーブの組み合わせで構成されているのでSDR用のガンマ・カーブに似た特性を持っており、SDR TVにおける後方互換性を比較的高く保っている。一方、PQカーブは根本的にガンマ・カーブとは異なる特性のカーブであるために、SDR TVにおける後方互換性は低い。

次に、各カーブが表現できる輝度の最大値について説明する。PQカーブは絶対値方式なので、その最大輝度は規格として $10,000\text{cd}/\text{m}^2$ と決められており、後述の伝送方式の違い等により変わる事は無い。ただし、上述のようにディスプレイの



■表1. 伝達関数

カーブ名称	PQ (Perceptual Quantization)	HLG (Hybrid Log Gamma)	ガンマ (参考)
標準化	SMPTE/ITU-R	ITU-R	ITU-R
規格番号	ST2084/BT.2100(PQ)	BT.2100(HLG)	BT.709
提案社	Dolby	NHK, BBC	-
伝達関数	<b>EOTF</b>	<b>OETF</b>	OETF
システム	<b>絶対値方式</b>	<b>相対値方式</b>	相対値方式
最大値	<b>10,000cd/m<sup>2</sup></b>	<b>(運用による)</b>	100%
TV輝度への合せ込み方法	display mapping	gain, gamma調整	gain, gamma調整
ガンマとの類似性 (SDR-TV後方互換)	低	高	n.a.

■表2. HDR方式提案

名称	HDR10 メディア・プロファイル	ハイブリッド・ ログ・ガンマ	ドルビービジョン		メタ方式
提案社	CTA	ITU-R (BT.2100)	Dolby		-
適用範囲	メディア・プロファイル	<b>伝達関数 (OETF)</b>	<b>エコシステム全体</b>		<b>伝送方式</b>
伝達関数	ST2084 絶対値 EOTF	BT.2100(HLG) 相対値 OETF	ST2084 絶対値 EOTF		任意
HDR最大値	<b>10,000cd/m<sup>2</sup></b>	<b>(運用による)</b>	<b>10,000cd/m<sup>2</sup></b>		<b>伝達関数に依存 (オリジナルのHDR性能を 保つ事は困難)</b>
コンテナ最大性能	4K/10bit	4K/10bit	4K/12bit	4K/10bit	codecに依存
SDR-TVでの 後方互換	<b>低</b>	<b>十分</b>	<b>完全</b>	<b>低</b>	<b>完全</b>
SDR-TVからの 必要追加H/W	<b>不要</b>	<b>不要</b>	<b>必要</b>		<b>必要</b>
ストリーム構造	single layer	single layer	dual layer + dynamic metadata	single layer + dynamic metadata	single layer + metadata

最大輝度以上は再現できないので、実運用における輝度の最大値はディスプレイに依存する。一方、HLGカーブは相対値方式なのでその輝度の最大値は運用方法によって変わり、一定していない。その為、HLGカーブは運用方法を明確にする必要があり、例えばBT.2390で1,000cd/m<sup>2</sup>が1つの運用方法として提案されている(それを筆者は「標準条件(Reference Condition)」として提案する～後述～)。

このように、これら2つのHDR用伝達関数は根本的に異なる性質を持っているので、どちらが優れているのかという比較は意味を持たず、目的に応じて正しく使い分ける必要がある。例えば、映像の再現性を重視する映画等には絶対値方式であるPQカーブが向いており、高輝度になったらボールが消えて見えなくなってしまうのは困るスポーツ等においては、情報を保持するHLGカーブが向いていると言える。また、HDR TVとSDR TVに対し、各々選択的にストリームを提供できるOTT(Over The Top: ネット配信)においてはPQカーブ・HLGカーブのどちらでも使えるが、受信するTVがHDRに対応していない場合があり得る放送においては、後方互換性が持てるHLGカーブが向いていると言える。(ただし、STB(Set Top Box)等で受信・変換する事により後方互換を保てる場合は除く)

次に、これらの伝達関数を実際に使用方法について説明する。

現在、HDRには幾つかの提案があり、主なものとしてHDR10メディア・プロファイル、ハイブリッド・ログ・ガンマ、ドルビービジョン、メタ方式の4方式が挙げられるが、これらも大きく異なる性質を持つので、以下に概説する。(表2参照)

まず、これらの各方式が、主に制作-伝送-表示の各ステージにより構成されるエコシステム全体において、どこを利用しているか(適用範囲)を比較する。HDR10メディア・プロファイルは、その名称のままHDRメディアのプロファイルを規定しており、伝送から表示に関する規定をしている。また、ハイブリッド・ログ・ガンマは、前述の撮像機器などに実装される伝達関数であるHLGカーブ(OETF)そのものであり、制作において適用される。一方、ドルビービジョンは、ドルビー社が提案するエコシステムの全体像であり、制作から伝送と表示までを規定している。メタ方式は、HDR信号を一旦SDR信号とメタデータに分解・伝送し受信側でHDR信号を復元する方式であり、基本的には伝送方法を規定している。

このように、これらの各方式はその適用範囲が異なるので、直接の比較ができない。そこで、HDR最大値、SDR TVにおける後方互換性、SDR TVがHDR対応する際にハードウェアの変更が必要になるかどうか、の3点によりこれらの方式の特徴を明確にする。

まず、HDRとして再現できる最大値を説明する。前述のよう



にHDRとしての基本特性は伝達関数により決まるので、各方式の最大値は伝達関数に依存する。したがって、PQカーブを採用するHDR10メディア・プロファイルとドルビービジョン方式の最大値はいずれも $10,000\text{cd/m}^2$ になり、HLGカーブであるハイブリッド・ログ・ガンマ方式では前述のように運用依存となる。一方、伝送方式を規定しているメタ方式ではPQカーブ・HLGカーブのいずれも採用できるのでHDR最大値は採用する伝達関数に依存するが、伝送前に一旦HDR情報をSDR領域に圧縮するために、メタデータを用いてHDRとして復元した際に元の情報を完全復元する事は困難であると考えられ、最大値としてはその他方式と同じではあるが再現される情報量が異なると考えられる。

次に、SDR TVにおける後方互換性を説明する。前述の様に、HDR10はPQカーブなので後方互換性が低い、ハイブリッド・ログ・ガンマ方式はHLGカーブなので比較的高い後方互換性を持っている。一方、ドルビービジョンでは2つの方式が提案されており、dual layer方式ではSDRストリームと拡張ストリームの2つのストリームを伝送し、SDR TVにおいてはSDRストリームのみを再生するために完全な後方互換性を持つが、single layer方式ではHDR10方式と同様にPQカーブの特性として後方互換性は低い。また、メタ方式は基本ストリームがSDRになっているので、完全な後方互換性を持つ。

最後に、SDR TVからHDR対応する際のハードウェア変更の必要性について説明する。HDR10メディア・プロファイル方式とハイブリッド・ログ・ガンマ方式ではSDRとの違いは伝達関数だけなので、一般的にはカーブの入れ替えだけで対応でき、ハードウェアの変更は不要である。一方、ドルビービジョン方式では、ダイナミック・メタデータにより入力信号を処理するためのハードウェア及びdual layer方式では2つのストリームからHDR信号を再現するためのハードウェアなどが必要となるので、ハードウェアの変更が必要となる。また、メタ方式では、メタデータによりSDR信号からHDR信号を復元するためのハードウェアが必要となる。

以上のように、これらの各方式は各々異なる特徴を持っているので、コンテンツや伝送方式に応じて最適な方式を選択する必要がある。

## 4. HDRを活かす

前章ではHDRの基本技術と使い方について説明したが、以下では実際に導入する際に重要なHDR技術の活かし方について説明する。

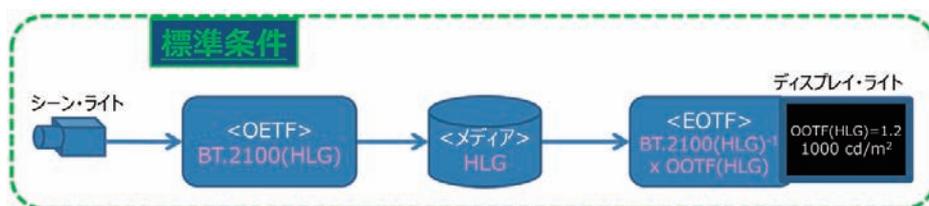
まず、HLGカーブを活かす方法について説明する。

前述のように、HLGカーブの最大輝度は運用に依存するが、BT.2100では「 $\gamma=1.2$  at the nominal display peak luminance of  $1,000\text{cd/m}^2$ 」と記述されているので、撮像側で運用されるOETFであるHLGカーブを基に表示側で必要となるEOTFを明確にするために、この「 $1,000\text{cd/m}^2$ で $\gamma=1.2$ 」をHLGカーブの運用における制作・再生双方での「標準条件 (Reference Condition)」として設定することを提案したい。(図5)

相対値方式でありその再生輝度値が明確ではないHLGカーブにおいてこの標準条件を設定すれば、メタデータなどの補助的な手段を使用することなく、 $1,000\text{cd/m}^2$ の輝度を持つディスプレイにおいてはシステム・ガンマ1.2の設定により再生される映像の輝度を常に同一にすることができる。更に、 $1,000\text{cd/m}^2$ 以外の輝度のディスプレイで再生する際にはこの $1,000\text{cd/m}^2$ を基準として実際のディスプレイ輝度との差を補正する事ができ、例えばBT.2100で記述されているガンマで補正する等の方法があるが、実際のTVにおいては様々な条件を考慮して最適な信号処理を行ういわゆる画作りを行う事が可能となり、最高輝度が $1,000\text{cd/m}^2$ より高いTVではより迫力のある再生画像を、最高輝度が $1,000\text{cd/m}^2$ より低いTVでは元の映像に近づけた再生画像を得る事ができるようになる。

ところで、先にHDRの方式提案として4つがありその1つがハイブリッド・ログ・ガンマであると説明したが、ここで「HLGメディア・プロファイル」を提案したい。(表3)

前述のようにHDR10メディア・プロファイルはPQカーブを用いるためのメディア・プロファイルを規定しているが、同様にHLGカーブを用いるためのメディア・プロファイルをHLGメディア・プロファイルと規定する事により、PQカーブとHLGカーブの運用を同一にする事ができ、1つのエコシステムで両方を扱う事ができるようになる。また、先にHLGの標準条件を提案したが、より高いHDR最大



■図5. HLG標準条件 (ReferenceCondition)



■表3. メディア・プロファイル

プロファイル名	HLGメディア・プロファイル	HDR10メディア・プロファイル
伝達関数	<OETF> BT.2100(HLG)	<EOTF> ST2084
色域	BT.2020	
量子化ビット数	10ビット	
サブ・サンプリング	4:2:0	
メタ・データ	ST2086, MaxFALL, MaxCLL	

輝度を用いたい運用や、最大輝度は抑えてより高いSDR TV互換性を持つ運用を行いたい場合には、ST2086の「Mastering Display Color Volume」で制作に用いられた最高輝度の情報をメタデータとして伝送する事により、再生側では正しくこれらのHLGカーブを再現する事が可能である。更に、万が一伝送の途中でこれらのメタデータが欠落しても、受け取ったTVは標準条件である $1,000\text{cd}/\text{m}^2$ で制作されたものとみなすので、再生される映像に致命的なダメージが与えられる事は無い。

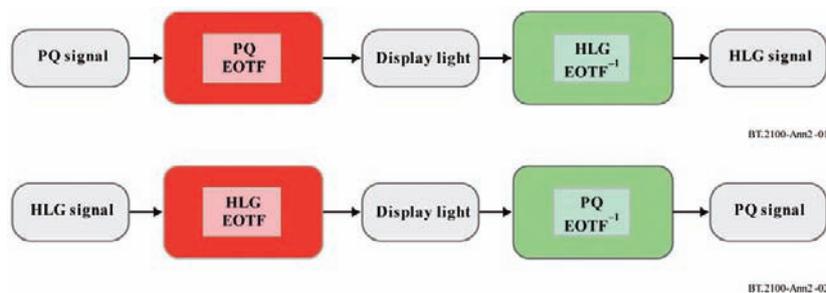
次に、PQカーブとHLGカーブの関連について説明する。

前述のように、伝達関数にはPQカーブとHLGカーブがあり、それぞれを適切に使い分ける必要があるが、これらを全く別なものとして扱わなければならないと、制作段階で伝送方式を決めなければいけない等の使いにくさが生じる。そこで、これらを相互に変換する必要があるが、BT.2390では一旦ディスプレイ・ライトに変換する方法が提案されている。(図6)

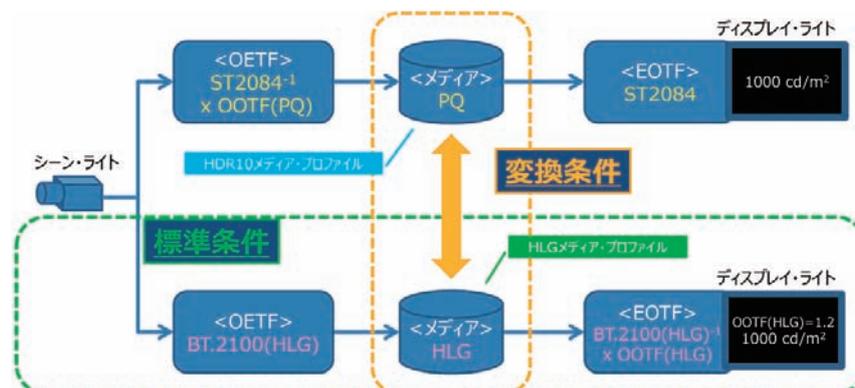
この変換ではOETFであるHLGカーブのEOTFが必要になるが、HLGカーブの場合EOTFは $\text{OETF}^{-1} \times \text{OOTF}$ により求める事ができる。ここでOOTFはOpto-Optical Transfer Functionでありシステム・ガンマを意味するので、先に述べたようにHLG標準条件を用いればこの値は1.2となり、 $1,000\text{cd}/\text{m}^2$ であればPQカーブで制作されたPQメディアとHLGカーブで制作されたHLGメディアは相互変換が可能となると筆者は提案したが、この $1,000\text{cd}/\text{m}^2$ がPQ～HLG間の「Reference Conversion」とされた。

以上のように、HLG標準条件とHLGメディア・プロファイル及びPQ～HLG変換条件を用いる事によりPQカーブとHLGカーブを一元的に扱う事ができるようになる。筆者はこれを「統合HDRエコシステム (Unified HDR Ecosystem)」と名付けた。(図7)

図7の統合HDRエコシステムではカメラ出力をシーン・ライト



■図6. PQ⇔HLG相互変換 (BT.2390)



■図7. 統合HDRエコシステム



として提示しているが、RAWデータや例えばS-Log3のような中間的な伝達関数等で生成した中間ファイル (Intermediate File) でも同様であり、1つのシーン・ライトからPQカーブまたはHLGカーブいずれでも生成可能であり、相互変換が可能である。ただし、PQカーブからHLGカーブに変換する場合は、変換条件以上の輝度領域はroll-offにより丸め込むかクリップする必要があり、その際に情報を失う事で非可逆変換になり、一旦HLGカーブに変換するとPQカーブに再変換しても元には戻らないので、アーカイブする場合等では注意が必要である。

## 5. 4K/HDRと高画質のこれから

ここまで見てきたように、HDRは正しい知識に基づいて適切に扱えばその扱いは決して難しくはなく、更に広色域と組み合わせる事で大きなカラー・ボリュームにより非常に多くの色を扱えるようになり、4K等と組み合わせる事で図1に示した画質要素の五角形がバランスして極めてリアルで高い表現力を持った映像を扱えるようになる。そこで以下では、HDR時代にふさわしい機器の条件について述べる。

まず撮像機器 (カメラ) であるが、HDRの重要な条件の一つが100 ~ 120dB ( $10^5 \sim 10^6$ ) にもなるとも言われているヒトの目のダイナミック・レンジを満足させることであり、そのためには入力機器である撮像機器には少なくとも12 ~ 14ストップの性能が必要となる。また、HDRで向上する暗部階調表現力を活かすためにも、特に低輝度側でのSN性能を十分に確保する必要があり、そのために更なるストップ数が必要となる場合もある。同時に、HDRの最大のメリットである「表現範囲の拡大」をより享受するためには大きなカラー・ボリュームが必要になるので、広色域撮像性能も重要である。

その代表は、例えば大判イメージ・センサーを搭載したソニーのF65RSやPMW-F55に代表される制作用カメラであるが、イメージ・センサーの進化により将来的にはより小型の機器においてもHDRを含む大きなカラー・ボリュームの撮影が可能になることが期待される。

次にHDR再生機器 (ディスプレイ) に求められる3つの条件について述べる。第一の条件は接続性であり、特にTVにおいては機器が持つ性能を最大限に活かす事ができるフォーマットで信号を受け取れるようにしながら、入力された信号を正しく認識して再生しユーザーに選択の負担を強いたり間違った再生状態を見せないようにする必要がある。第二の条件は正しい再現であり、とりわけ絶対値輝度を持つPQカーブの再生ではディスプレイが再現すべき輝度と色には正解があるので、制作用モニターではもちろんTVにおいてもいわゆる画作り

を行う前に正しく再現する能力が求められ、それによりコンテンツが持つ色や輝度を正しく再現する事で、いわゆる制作者の意図 (Director's Intent) を正しく伝える事ができるようになる。そして第三の条件として大きなカラー・ボリューム (高輝度広色域) と高コントラストが挙げられ、それらによりコンテンツが持つ人の心を動かす力 (それを筆者は「コンテンツ・パワー」と呼びたい) を最大化する事ができる。

その代表例は、RGB独立ピクセル構造のOLEDパネルを採用しているソニーのBVM-X300や、BMD (Backlight Master Drive) 技術によりこれまでのフラットパネル・ディスプレイの常識を大きく超える輝度とコントラストを同時に実現したソニーのブラビア®Z9DシリーズTVであるが、今後は様々なディスプレイ・デバイスや信号処理技術の進化により、正しい再現と高輝度・広色域・高コントラストを併せ持ったディスプレイが広まる事を期待している。しかし一方で、HDRと広色域がもたらす表現範囲の拡大は一般的な性能のTVにおいても表示される情報量の増大という形で恩恵をもたらす (高画質化する) ので、4K TVのみならず既にソニーが海外で導入を発表しているように、2K解像度のTVにおけるHDR/WCG対応も今後広がっていくであろう。

以上、撮像機器と再生機器について今後必要とされる条件と見通しを述べたが、4KとHDRは既に様々な方向に広がってきており、昨年10月にソニーインタラクティブエンターテイメントがPlayStation®4Proを4K/HDR対応で導入すると同時に、出荷済み機器を含めて全てのPlayStation®4をHDR対応させた事でゲームのHDR化が始まった。また、2017年2月のMWC (Mobile World Congress) にてソニーモバイルコミュニケーションズがXperia™による4K/HDR再生対応を発表した事でモバイル機器のHDR化も始まっており、今後はありとあらゆる映像機器がHDR/WCG対応及び高解像度化されていくと筆者は予想している。

## 6. おわりに

ここまで見てきたように、現在進行している4K、HDR、WCGといった高画質技術の進化はその方向性が明確であり、かつ今後の要素技術進化により対応機器の広がりが見込まれる。このように様々な機器が次々と対応していく背景には、必要な要素技術がITU-Rをはじめとする国際標準規格で規定され、誰もが安心して導入可能となっている事がある。更に、本稿で提案したような複雑化しているこれら規格の実際の使い方を明確化する事が、普及を後押しする。つまり、インターネットの進化によりデ・ファクト化を狙った提案が数多く為されているが、デ・ジュールを背景とした分かり易いデ・ファクト提案が強みを持ち生き残っていく時代になっている、と言える。