

**新連載**

## 日本ケーブルラボが拓くケーブル4Kの未来

### 第9回 4Kサービスの高画質化 HDR

日本ケーブルラボ 渉外認定部 部長  
内藤 明彦



テレビ画像の高画質化を図るとき4K/8Kという高解像度と同時に、その他にもいくつかの要素が関連してくる。それは例えば1つの画素が表現できる「階調=ビット深度」であったり、色彩の豊かさを感じさせる「色域」であったりするのだが、今回はその中で、昨年あたりから業務用モニター／民生用テレビのどちらにも装備され始めた「HDR」技術について解説する。この技術がもたらす効果はどのようなものか、身近な事象を例に取って掘り下げていこう。

(図版提供:日本ケーブルラボ)

## 第1章 はじめに

本連載の「第2回4Kテレビ」の中で4K放送に係わる基本的な技術要素について簡単に解説したが、本号ではHDR(ハイダイナミックレンジ)の技術を中心に4Kサービスの高画質化について解説する。

HDRについては2015年1月に米国ラスベガスで行われたCES(コンシューマー・エレクトロニクス・ショー)でソニー、パナソニック、LGといった企業がキーワードとして挙げて展示を行い、続いて9月にオランダ・アムステルダムで行われたIBC(インターナショナル・ブロードキャスティング・コンベンション)ではNHK、BBCといった放送事業者によるデモ展示が行われた。また、10月に千葉幕張で開催されたエレクトロニクス関連の総合展示会「CEATEC JAPAN 2015」でNHK、パナソニック、シャープなどがデモ展示を行っていた。CEATECへの出展をしていないソニー、東芝などのテレビメーカーもHDR対応テレビを発表しており、HD薄型テレビ、4K対応テレ

ビに次ぐ商品としてHDR対応テレビが期待されている。さらに、11月のInterBEEでも8Kテレビと並び4K解像度の次に来る高画質化技術として紹介されており、このところ注目を集めてきた。

パッケージメディアとしては次世代ブルーレイディスク標準規格としてUltra HD(UHD) Blu-rayが決まり、メインフィーチャーのひとつとしてこのHDRが採用され、既に対応のUHD BDレコーダが市場で販売されている。また、ネット配信の方でも米国AmazonがHDR対応コンテンツの配信を始めており、国内に進出してきたNetflixもいち早く4K対応とHDRの採用を発表している。

一方で、HDR放送については未だ規格が正式に決まっていないが、4K・8K実用放送に向けた高画質化技術として大いに期待されており、ケーブル業界としても今後注目すべき技術である。

## 第2章 高画質化の取り組み

画質を決める映像フォーマットの要素には図-1に示すように①解像度、②ビット深度、③色域、④フレームレート、⑤輝度という5つの要素があることは連載第2回の中で触れた通りである。この中で輝度以外の要素については4K放送のための技術基準が新たに定められ、HD放送を上回る高画質化を実現している。しかしながら、輝度の明暗差を示すダイナミックレンジについては今のところ従来の規定のままとなっており、頭打ちの格好になっていた。HDRはまさにこの輝度の明暗差拡張による高画質化を指向した技術であって、従来のダイナミックレンジのことはHDRに対してSDR(スタンダードダイナミックレンジ)と呼

ばれている。本章では復習の意味を含め、それぞれの要素について簡単に解説する。

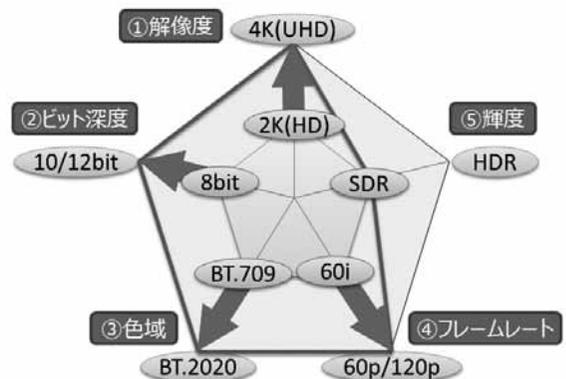


図-1 画質を決める5つの要素

## 2-1 解像度

解像度は空間解像度とも言われ、画面の画素数を表している。フルHD画像の画素数は水平が1920画素、垂直が1080画素の合計約207万画素であるのに対し、4K映像は水平が3840画素、垂直が2160画素で合計約829万画素となり、HD画像の4倍の解像度を有する。このためHDよりも細部まで滑らかな映像表現が可能となった。

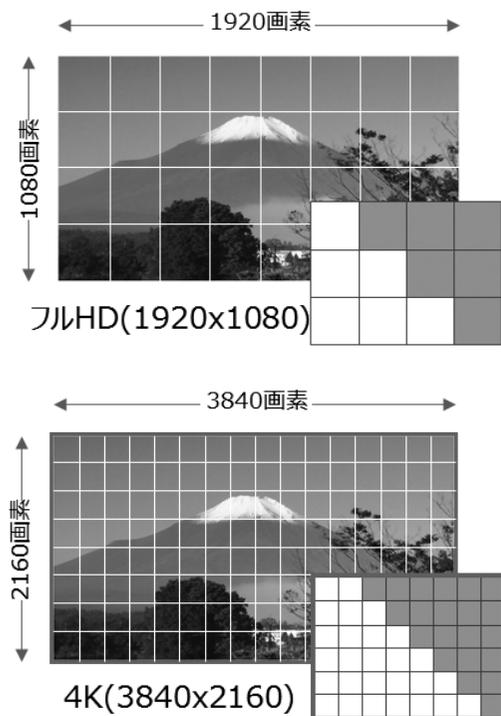


図-2 HD画像と4K画像の違い(イメージ)

## 2-2 ビット深度

ビット深度とは1つの画素が表現できる階調を表すもので、ビット深度が深いほど滑らかな映像表現ができる。図-3に示すようにビット深度が浅いと階調の不連続性が生じ疑似輪郭として認識されてしまう場合があるので高い臨場感や実物感を表現するためには十分なビット深度を確保することが必要である。

現在の地上デジタル放送やDVD/Blu-ray Discの映像は1画素を8ビット、256階調で表しているのに対し、4K放送のスタジオ規格では12ビット(4096階調)を採用し、放送波は10ビット(1024階調)に規定されているためHD放送よりも4倍以上のビット深度があり、より滑らかな階調による映像表現が可能となっている。

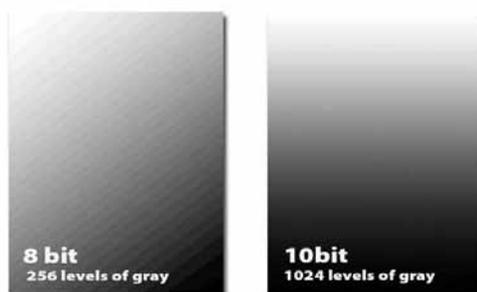


図-3 ビット深度比較  
(左:8ビット256階調、右:10ビット1024階調)  
(2014年オータムセミナー米国ケーブルラボ講演資料より)

## 2-3 色域

色域とは人間の目で認識可能な色の範囲(可視領域)の中で、さらに特定の色の範囲を定めたものであるが、可視領域に近く、色域が広いほど色彩豊かな映像表現ができる。

人間の目で認識可能な色は光の3原色R(赤)、G(緑)、B(青)のそれぞれの色の値を使って一意的に表現することができるが、色そのものはRGBの光の混合比で決まるものなので、光3原色の総和を常に1として考えるとRとGの2色の相対比が決まれば、残りのBの相対比も自動的に決まることになる。このような考えのもとにしてCIE(国際照明委員会: Commission Internationale de l'Eclairage)は色表現のために実際の色や目の特性による補正を行ったRGBの関数である表色上の3原色X(R) Y(G) Z(B)を定義してXの相対比(x)とYの相対比(y)の2値を使ってxy座標空間で色を表現したものをCIE

のxy色度図という。

HD放送までの規格であったBT.709と4K/8Kの放送規格で新たに採用されたBT.2020の色域をこのCIEのxy色度図で表すと図-4のようになる。図-4において逆U字

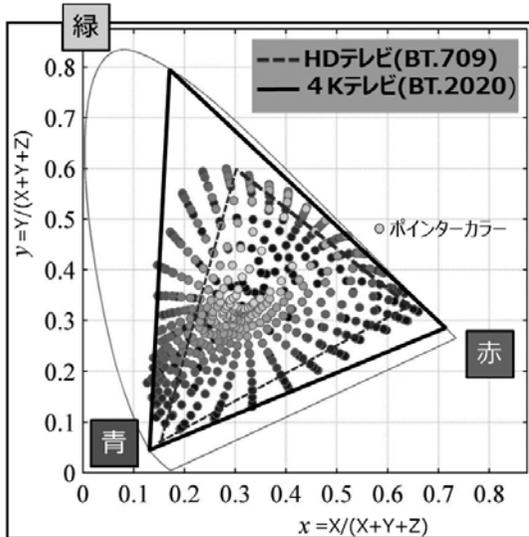


図-4 BT.709とBT.2020の色域比較

型(馬蹄形)の部分が、人間が肉眼で認識可能とされる色の範囲を指し、最明色ともいう。現行のBT.709は1990年に主にCRTの蛍光体の特性の制約を考慮して定められたもので最明色のカバー率は35.9%であって、M.

R. Pointer氏により発表されたポインターカラーと呼ばれる実在する表面色の色度を測色したデータベースのカバー率は74.4%であったが、近年のフラットパネルディスプレイの進歩によりCRTの色域を超えた色再現が可能となって、2012年にBT.2020という規格が策定された。BT.2020ではポインターカラーの99.9%を包含するようになり、最明色のカバー率も約2倍の75.8%へと拡張された。このことにより、より現実に近い色再現を可能としている。図-5に「ステンドグラス」のxy色度図上のカラー分布例を示す。BT.709では色表現できなかった色彩がBT.2020では表現できるようになることがわかる。

## 2-4 フレームレート

解像度(画素数)を空間解像度と称したが、このフレームレートは時間解像度ともいわれる。現行のHD放送ではインターレース方式(飛越走査)で60フレームが伝送されているのでフレーム周波数は30Hzであったのに対し、4K放送規格ではプログレッシブ方式(順次走査)でフレーム周波数は60Hzと120Hzが規定された。

ブラウン管(CRT)テレビでは蛍光体が発

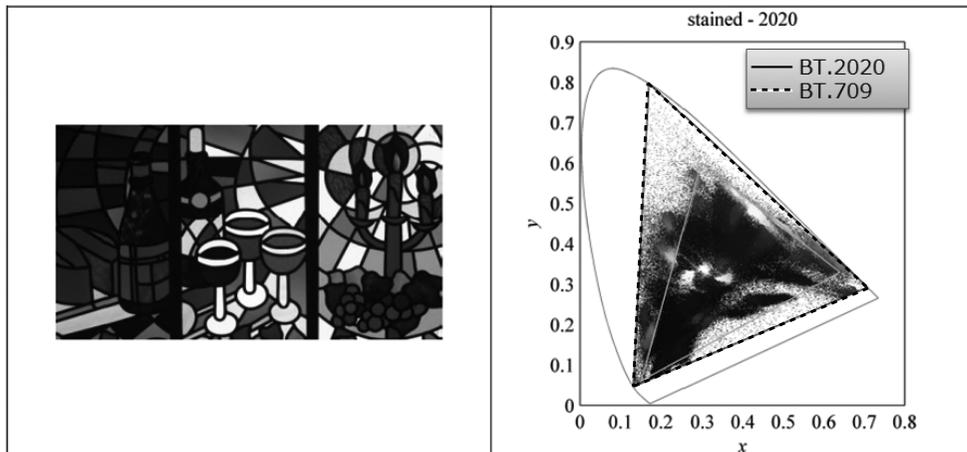


図-5 xy色度図上のカラー分布例

情報通信審議会 超高精細度テレビジョン放送システム作業班「超高精細度テレビジョン放送システムに関する中間報告(映像符号化方式)」より

光している時間は電子ビームが当たっているごく短い間であったため、インターレース方式であっても人間の脳が補完して滑らかな動きに見えていたが、液

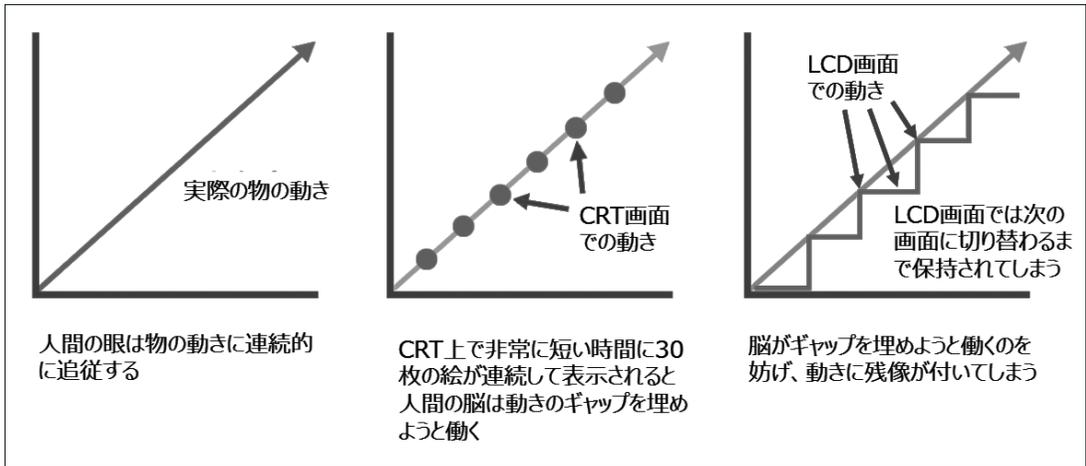


図-6 ブラウン管(CRT)と液晶(LCD)の違い

晶ディスプレイ (LCD) では次のフレームに切り替わるまで現在のフレームが保持されてしまうため、脳が補完する作用が妨げられ速く移動する物(サッカー中継時のボールなど)は残像が見えてしまう。

すなわち、動画では静止画と違って空間解像度が上がっても時間解像度(フレームレート)を改善しない限り動的な画質は向上しない。図-7にSDとHDとの比較であるが、英国BBC研究所によって示された静止画と動画でフレーム周波数が十分でない場合の比較を示す。

テレビによってはこの残像やフリッカーといった弱点を補う手法として映像保持時間を

短縮するために黒画面を挿入したり、動き予測を使って中間の映像を作り出して間に挟んで見かけ上、フレームレートを2倍、4倍にして画質を向上させている機種もあるが、根本的な解決策ではない。NHKが行った実験では大画面で通常輝度でフリッカーが目立たなくするためには80fps(フレーム/秒)以上が望ましく、滑らかな動きに見させるためには100fps以上が必要であるとされており、将来的な現行システムとの親和性を考慮して4K放送規格では60fpsと2倍の120fpsが採用された。

これまで述べた4K放送の高画質化要素としての①解像度、②ビット深度、③色域、④フレームレートについて電産産業会(ARIB)の標準規格STD-B32 3.3版 第1部「付属5テレビジョンサービスにおけるHEVC規格の運用ガイドライン」で規定された符号化映像フォーマットのパラメータの内容を表-1に示す。この中でライン当たりの有効サンプル数は水平解像度を意味し、フレーム当たりのライン数が垂直の解像度を表す。画素ビット数がビット深度であり、カラリメトリが色域を示す。フレーム周波数、並びにフィールド周波数がフレームレートを示している。

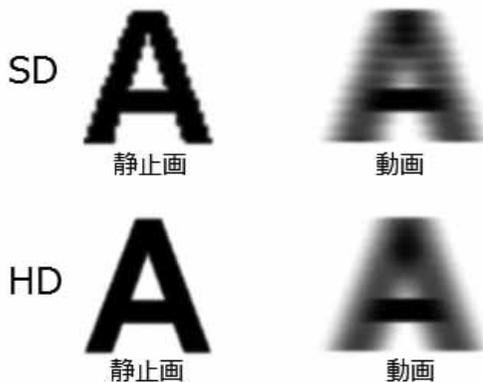


図-7 動画での解像度比較(SD vs HD)  
(BBC R&D資料より)

パラメータ	1080/60/I	1080/60/P	2160/60/P	2160/120/P	4320/60/P	4320/120/P
画面アスペクト比	16:9					
ライン当たり有効サンプル数	1,920		3,840		7,680	
フレーム当たり有効ライン数	1,080		2,160		4,320	
符号化	Y', C'B, C'R (非定輝度)					
サンプリング構造	4:2:0					
画素アスペクト比	1:1 (正画面素)					
フレーム周波数 [Hz]	30/1.001, 30	60/1.001, 60	60/1.001, 60	120/1.001, 120	60/1.001, 60	120/1.001, 120
フィールド周波数 [Hz]	60/1.001, 60	-				
走査方式	飛越走査	順次走査				
画素ビット数	8-bit, 10-bit			10-bit		
カラリメトリ	Rec. ITU-R BT.709, IEC 61966-2-4(xvYCC)			Rec. ITU-R BT.2020		

表-1 ARIB STD-B32 3.3版第1部付属5テレビジョンサービスにおけるHEVC規格の運用ガイドライン

## 2-5 輝度

表-1から分かるようにARIB STD-B32 3.3版には輝度に関する新たな規定はなく、総務省の省令告示でも輝度に関しては今のところ何も触れられておらず、4K放送規格上もBT.709で規定されているガンマ特性に沿った輝度特性となっている。

このガンマ特性とは初期のブラウン管(CRT)によるマスターモニターを基準に定められた特性で、CRTのカソード電圧と電子銃電流間の非線形な関係に由来している。CRTの輝度は入力信号レベルが小さいうちは輝度の変化は微細であり、ある信号レベルから少しの変化量に対して大きく輝度が変化するようになるが、個体によってそのカーブは微妙に異なっているため、BT.709では入力に対する輝度のガンマ特性を規定化して、各ディスプレイの輝度特性の標準化を図っている。

映像を撮影するカメラ側ではこの特性を補正するように逆のガンマ特性を与えて画像信号を伝送することにより各ディスプレイで実際に映像として再現される特性は暗部から明部にわたってリニアとなる。(図-8参照)

このように映像信号を規定された明暗のトーンカーブに調整する処理を電気信号を光の輝度に変換することから電気-光伝達関数(EOTF: Electro-Optical Transfer Function)と呼び、逆にカメラ側で光学的に無制限のダイナミックレンジを持つ映像を撮像素子で限定された範囲に収め、リファレンス・ディスプレイでの明暗カーブがリニアとなるように補正する処理を光の輝度を電気信号に変換することから光-電気伝達関数(OETF: Optical-Electro Transfer Function)と呼ぶ。

液晶パネルではCRTとは異なるガンマ特性を持っているが、液晶テレビ内部の補正によりCRTのガンマ特性に合わせた特性を持つようにプログラムされていて、従来と同様に暗部から明部までリニアな特性となるようにしている。

ただし、先に述べたようにBT.709ではCRTのマスターモニターでのリニアリティを基準としていたため、最大輝度はCRTの能力を考慮して100nit<sup>\*1</sup>と規定している。そのためカメラで撮影した時、入力輝度が高い方の領域は階調が圧縮されてしまう、そのため情報量がなくなり、現行方式で放送されてくる映像信号では高輝度部分の階調は再現できていなかった。そこ

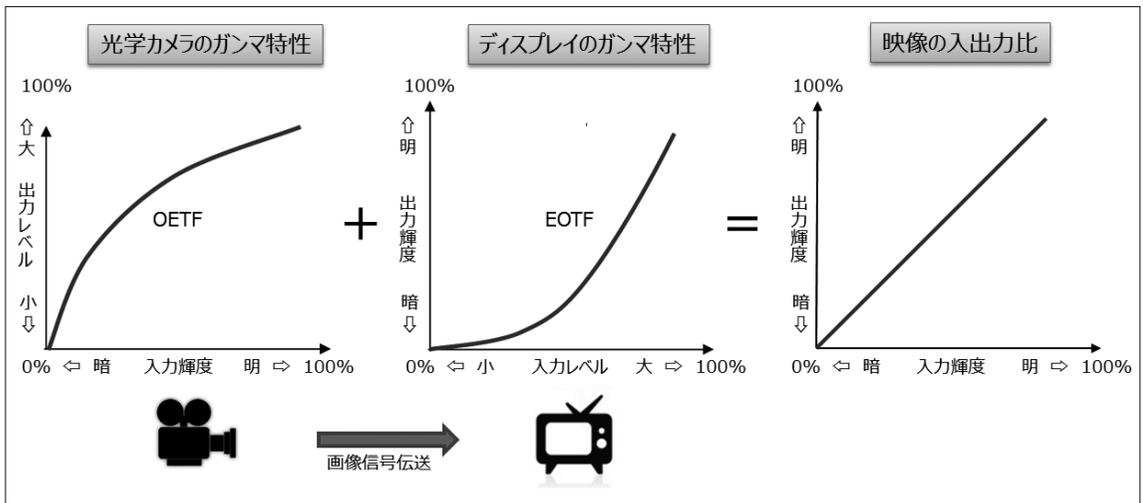


図-8 ディスプレイとカメラのガンマ特性

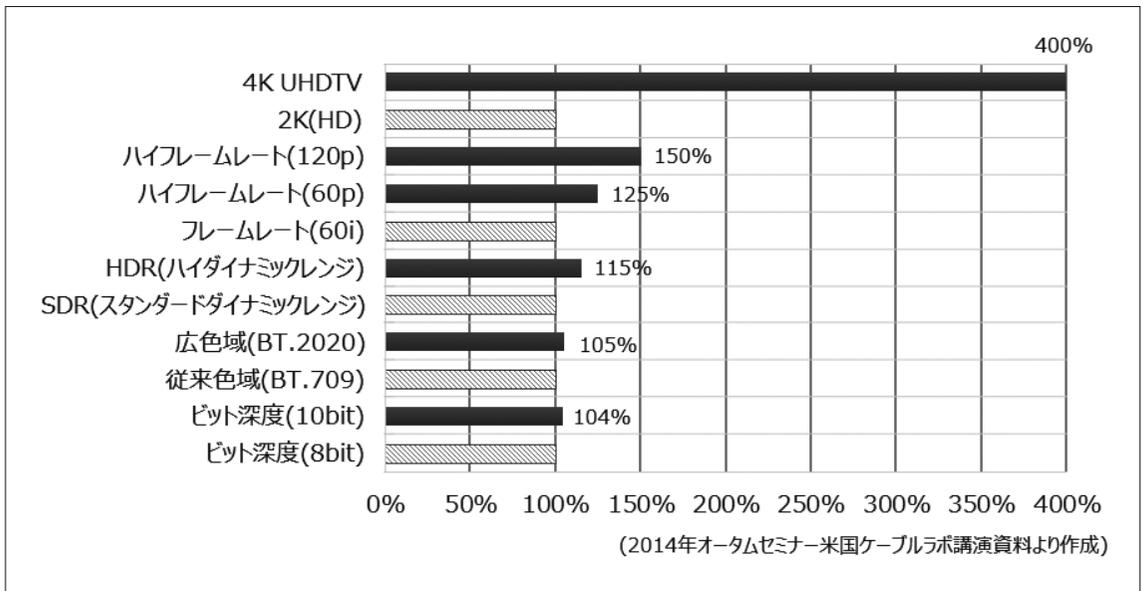


図-9 高画質化の要素ごとのデータ量の増加比率 (vs 現状のHD放送規格)

でCRTよりも高輝度なディスプレイが登場してきたことから最大ピーク輝度の上限を拡大して、輝度のダイナミックレンジを広くして高輝度領域の画質改善を図る技術がハイダイナミックレンジ(HDR)である。

HDRの詳細については次章以降で解説するが、2014年の日本ケーブルラボオースタムセミナーの中で、米国ケーブルラボが、高画質化のための5要素に係わる情報量の増加分について興味深いデータ比較していたのでここに紹介

しておく。

解像度については、HD放送に比べ4K放送は画素が4倍になるので単純にデータ量も4倍(400%)になるが、その他の要素については比較的僅かなデータ量の増加で実現できるとしており、その中でもHDRはユーザーにとって費用対視覚的効果という点で最も効果的であるとの見解も示されていた。

※1 輝度を表す単位はcd/m<sup>2</sup>とnitがあるが、最近ではnitと表記するのが一般的。1nit=1cd/m<sup>2</sup>。

### 第3章 HDR (ハイダイナミックレンジ)とは

#### 3-1 静止画のHDRと動画のHDR

HDRとは輝度のダイナミックレンジを広くすることをさすが、静止画(写真)でいうHDRと動画でいうHDRではその手法が異なっている。静止画の方の世界ではスマートフォンのカメラにもHDR機能が搭載されるなど既に普及が進んでいるが、HDR写真とはカメラ側でシャッタースピードを変えて異なる露出で連続して複数枚の写真を撮影し、一枚の画像に合成することによって画像の持つダイナミックレンジの幅を最大限に引き出そうというもので、実世界の画像をそのまま記録するものではなく、人工的な画像処理技術の一つである。(図-10)

これに対して、テレビ放送やネット配信、光ディスクによるパッケージメディアでの画質改

善として話題となっている動画でのHDRとは映像を取り込む撮像センサーが捉えている広いダイナミックレンジの信号をそのまま量子化(デジタル化)して記録し、その信号をテレビ側でディスプレイの輝度性能に合わせて、拡張されたダイナミックレンジの映像信号を忠実に再生表現しようとする技術である。

自然界の輝度レンジは、月の出ていない夜空の星空が照らす地面の明るさが100万分の1nit程度で太陽の直接光が10億nitと言われており、膨大な幅(ダイナミックレンジ)である。一方、人間の目も非常に優れた視覚特性であって、カメラでいう絞りの役割を果たす目のアイリス(虹彩)の働きや暗い時に働く視細胞と明るい時に働く別の視細胞の2種類の視細胞が網膜にあるため100万分の1nitから



図-10 露光時間の異なる画像を合成したHDR写真の例  
(出典:<http://www.digitaltrends.com/photography/what-is-hdr-beginners-guide-to-high-dynamic-range-photography/>)

1億nit程度まで視認できて、実に10の14乗近いダイナミックレンジを持つといわれている。(図-11)

これに対してCRTを基準としたRT.709のダイナミックレンジはあまりにも狭く、多くの情報が失われていたが、近年の液晶テレビはCRTに比べてピーク輝度やコントラストに於いて格段の進歩を遂げているため、これらの性能を十分引き出して、従来画像を飛躍的に改善するた



図-11 自然界の輝度 vs 人間の視覚可能範囲

めの検討がされてきた。

CRTのテレビでは高輝度のものでもせいぜい200nit程度であったのに対し、液晶テレビは標準のものでも400nit程度のピーク輝度があり、直下型LEDバックライトシステムのものであれば1000nitを超えるピーク輝度が得られるので、既存規格で再現できなかった高輝度部分の階調を自然界に近い輝きをテレビ画面上に表現するために、新たなOETFとEOTFのパラメータを規定しようというのがHDRである。

### 3-2 ハイダイナミックレンジ処理

HDR放送の規格化については検討段階であるが、向上した液晶テレビの輝度性能を活かし、一部のテレビメーカーは「ハイダイナミックレンジ復元」、「エクステンデッドダイナミックレンジ」などとネーミングして既存規格(BT.709)に従って圧縮されたダイナミックレンジの映像信号をテレビV側で拡張(誇張)して表示するハイダイナミックレンジ処理を高画

質化機能として搭載しているモデルを市場導入している。ある程度の効果はあるが、疑似的なダイナミックレンジ復元であることには変わらない。図12にソニーの「エクステンデッドダイナミックレンジPro」の手法を紹介する。

### 3-3 HDRの効果

HDRの効果についてはこれまでの様々なショーでのデモ展示で明らかなように飛躍的に画質改善が認められる。既存規格BT.709では100nitまでの輝度範囲を8bitで量子化していたが、HDRではこの輝度範囲を最大で~10,000nitまで拡張し、10bitまたは12bitで量子化して輝度の明暗差を大きく、且つ細分化して表現するもので、ハイライト部の白飛びなどが改善され、スタンドの影がフィールドにかかるようなサッカー中継のように明暗差の大きいシーンや、ガラスや金属に反射した光のような明るい場面などをより忠実に再現することが可能になる。(図-13参照)

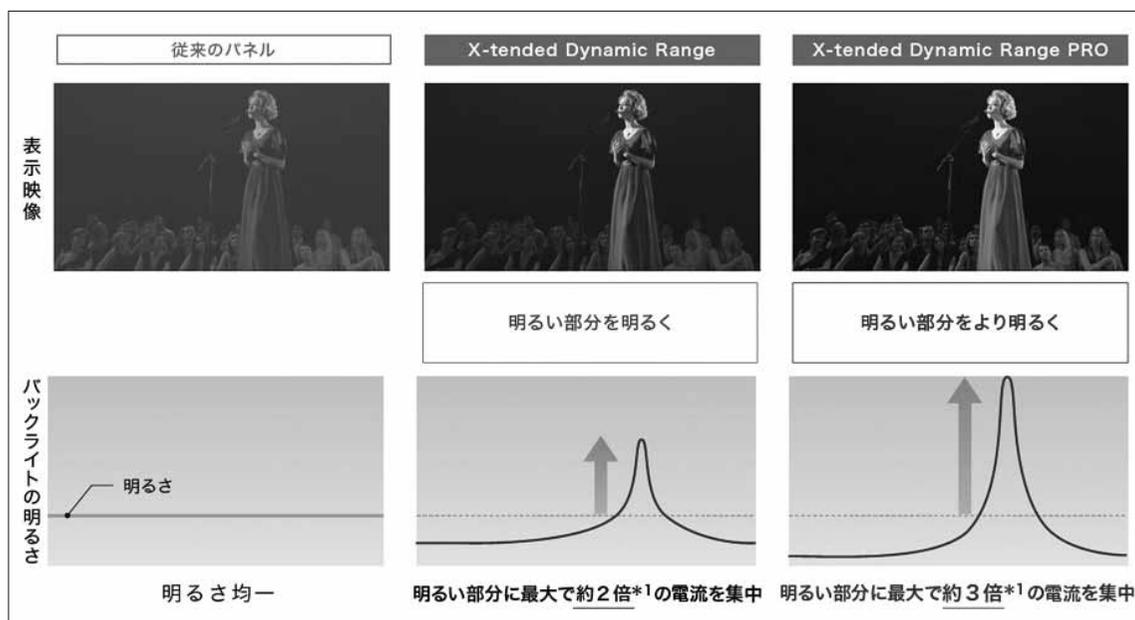


図-12 ハイダイナミック処理の例(ソニーBRAVIAのエクステンデッドダイナミックレンジPro)

出典:<http://www.sony.jp/bravia/featured/picture.html>

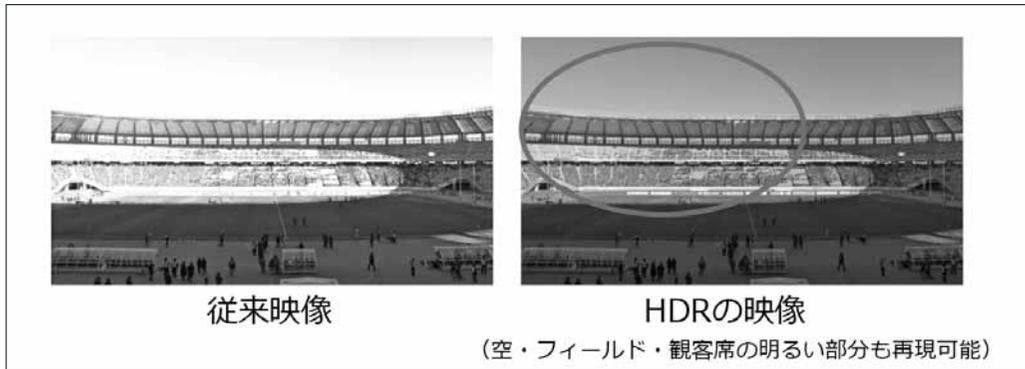


図-13 従来映像とHDR映像の比較(NHK:IBC2015報道資料より)

## 第4章 HDR方式の標準化

HDRの放送規格については未だ標準化作業が終わっていない。現在、国際標準化団体であるITU-R (International Telecommunication Union Radio-communication Sector:国際電気通信連合無線通信部門)で審議が続行されている最中である。これに対してパッケージメディアの方はいち早くブルーレイの次世代規格であるUHD BDの規定化に着手し、4K解像度と並ぶ、主要な仕様としてHDRを採用して規格化が完了している。現在、UHD BD対応のディスクは発売されていないが、UHD BDに対応されたレコーダの方は製品が既にリリースされている。

### 4-1 HDR放送に関する標準化

#### (1) ITU-RにおけるHDR標準化動向

現在、ITU-R WP6C (番組制作及び品質評価) SWG6C-4 (映像) SWG4DG (ハイダイナミックレンジテレビ)でHDRを審議中である。当初、ITU-RではHDR対応テレビをEIDRTV (Extended Image Dynamic Range TV: 映像ダイナミックレンジ拡張テレビ)と呼んでいたが、他の規格団体等でHDRという呼び名が広まって来たため、

本年7月の会議より正式にHDR-TVと呼称するに至っている。

現在検討されている方式の中では米国案 (HDR10方式)と日本/BBC案 (ハイブリッドログガンマ方式) の2方式が有力視されており、勧告にはこの2方式が併記されるとの見方が強い。総務省の情報通信審議会 情報通信技術分科会 ITU部会 放送業務委員会 (第19回)で報告された両方式の比較を表-2に示す。

#### ●ハイブリッド ログ-ガンマ (HLG) 方式

ハイブリッド ログ-ガンマ (HLG) 方式は暗部に従来のガンマカーブ、明部にログカーブを採用するハイブリッド方式で「基準白」との相対値による変換式を使用するため従来のテレビとの互換性が高いのが特徴。カメラ側のOETFの特性を規定しており、放送のようにカメラで撮影した生の映像を届けなければならない場合に適しており、メタデータは必要としない。

#### ●HDR10方式

最大10,000 nitまでの輝度値を絶対輝度で扱い、人間の視覚特性に基づく新たなPQ (Perceptual Quantizer) カーブを採用。

	HLG(Hybrid Log-Gamma)	HDR10
提案者	日本/BBC	米国
コンセプト	・輝度値を相対的に扱う (これまでのテレビの考え方) ・従来テレビとの互換性のあるガンマカーブ	・最大 10,000 nit までの輝度値を絶対輝度で扱う ・高輝度に対応する、人間の視覚特性に基づく新たな PQ(Perceptual Quantizer)カーブ
ビデオ信号	・「黒」と「白」の間の相対表現 コード 64(10bit)が「黒」 コード 940(10bit)が「ピーク白」	・コード値と表示装置の輝度絶対値は一意に対応 コード 64(10bit)が 0.01 nit コード 1019(10bit)が 10,000 nit
規格	OETF 側(カメラ側)を規定 (従来のテレビと同様)	EOTF 側(ディスプレイ側)を規定
HDRビデオ信号の生成	「基準白」という運用基準による信号生成	表示装置できれいに映るように信号生成 (表示装置が基準)
表示装置のピークディスプレイの性能による輝度		ピーク輝度に応じた変換が必要
従来ディスプレイとの互換性	高い互換性 (基準白までは同等の再現。)	互換性なし
映像信号処理	従来と同様	非線形が強いため(暗部を大きく伸長)、信号処理(フィルタリング)や符号化による画質劣化

表-2 HDR方式の比較  
情報通信審議会 情報通信技術分科会 ITU部会 放送業務委員会(第19回)資料より

(図-14参照) 電気信号をイコライジングするグレーディング作業で予め決められた絶対値による入力／出力の関係式を使用するため、制作に時間とコストを掛けられる映画などの作品性を持つコンテンツに適している。

## (2) 日本国内での HDR 規格化動向

日本国内で放送方式としてHDR方式を規格化するためには総務省の省令告示を以て放送法を改定する必要があるが、ARIBでは第96回規格会議(2015年7月3日開催)で

ARIB STD - B67 Ver.1.0を策定した。

規格名は「ESSENTIAL PARAMETER VALUE S FOR THE EXTENDED IMAGE DYNAMIC RANGE TELEVISION SYSTEM (EIDRTV) FOR PROGRAMME PRODUCTION」となっており、ITU-Rの勧告、及び

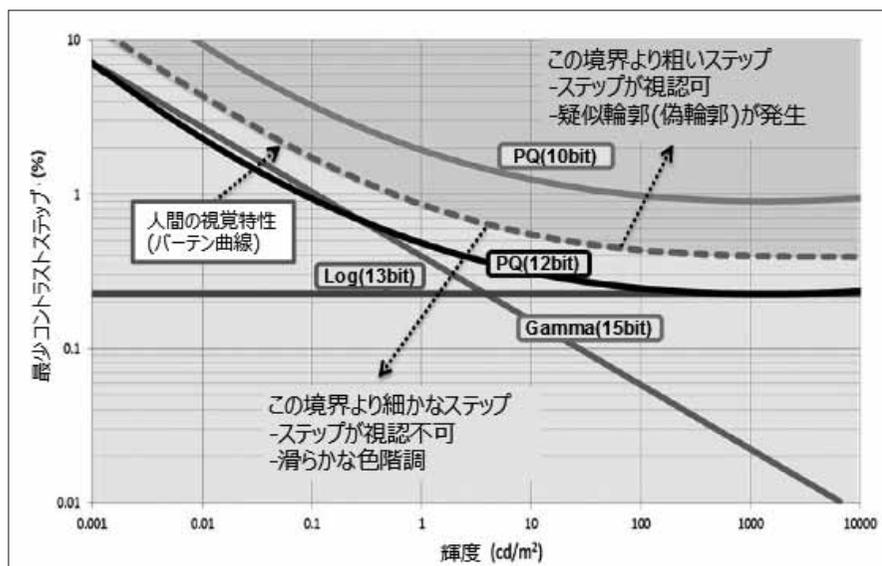


図-14 PQカーブ

ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 (MPEG)の標準規格から参照されることを想定するため、英文版が正本となっている。内容はハイブリッド ログ-ガンマ方式を定めたもので、以下の4項目について規定している。

- ① OETFにおけるシステムパラメータを規定 (送出側の規定)
- ② 測色パラメータ (原色、基準白色の座標): Rec.2020を採用
- ③ 信号フォーマット(非線形関数):Gamma+Logのハイブリッド方式
- ④ デジタル値:公称Peak値、基準白レベル値、黒(0%)レベル値等のデジタル値(10bit/12bit)を規定。

ITU-Rへの提案についても当初はNHK案とされていたが、7月にジュネーブで行われたWA6C会議では民放連も日本案の共同提案者に名を連ねるようになり、にわかに4K放送開始に向けてHDR規格の制定が現実味を帯びてきた。

総務省でも11月2日に開催された「情報通信審議会 情報通信技術分科会 放送システム委員会(第51回)」で配下にHDR作業班を設置することを決議し、同日HDR作業班(第1回)が開催され本格的に規格策定に動き出したところである。

## 4-2 パッケージメディアにおけるHDR規格化動向

### (1)Ultra HD Blu-ray

次世代の4Kに対応したブルーレイの規格として標準化団体BDA (Blu-ray Disc Association)が「Ultra HD Blu-Ray」規格を制定した。この中にはHDRも標準仕様として規定されており、EOTFとしてSMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers: 米国映画テレビ技術者協会)が規格化してITU-Rに米国案として提案しているStandard (ST) -2084を採用した。また、SMPTEは高輝度、広色域のメタデータ規格ST-2086も規定しており、こちらについても採用された。そのため、BDプレーヤやHDR対応テレビを製造販売するCEA (Consumer Electronics Association: 米国家電協会)はHDRのためのST-2086メタデータを適用したインターフェース仕様CEA-861.3 (メタデータ拡張規格)を制定した。これに対し、HDMIフォーラムは現行のHDMI 2.0版では帯域が不足するため新たに2.0a版をリリースした。

SMPTE ST-2084のEOTFはもともとドルビー社がHDRを実現するために表示装置で人間の視覚特性に合わせた映像を再現することをコンセプトに提唱したものであるが、ドルビー社はドルビービジョンという商標で自然界に近い映像を高輝度ディスプレイ上で再現するためにメタデータを含め12ビットをデュアルレイヤで送出するシステムを開発しており、UHD BDのオプションとして採用されている。

また、HDRに対応していないテレビとの接続を考慮してUltra HD Blu-Ray機器側にHDR-SDR変換機能を備えることを必須としているが、具体的な方法については各メーカ



図-15 Ultra HD Blu-ray

一仕様としている。これに対しコンテンツを供給するスタジオ側のためにもSDR画質を自らの意図するものとするために1枚のディスクにHDRストリームとSDRストリームを別々に格納しておくことのできるDualストリームディスクも新たに規定した。Ultra HD Blu-Ray機器

はDualストリームディスク再生する場合、機器のHDR-SDR変換を使用せずにSDRストリームを優先して再生しなければならないとしている。

UHD Blu-rayの規格表を参考として表-3に示す。

Video Codec	HEVC <sup>(1)</sup>		AVC
Spatial Resolution	3840x2160	1920x1080	1920x1080
Picture Format Aspect Ratio	16:9		
Bit Depth - SDR	10		8 <sup>(2)</sup>
Color Space Primaries	BT.2020 <sup>(3)</sup> BT.709 (SDR only)		BT.709 (SDR only)
Color Sub sampling	4:2:0		
Frame Rates	23.976p, 24p, 25p <sup>(4)</sup> , 50p <sup>(4)</sup> , 59.94p, 60p		23.976p, 24p
Peak Video Bit rate <sup>(5)</sup>	100Mbps		40Mbps
Bit Depth - HDR	10		
HDR EOTF	SMPTE ST 2084		
Static Metadata	SMPTE ST2086, MaxFALL (HDR only) <sup>(6)</sup> , MaxCLL (HDR only) <sup>(6)</sup>		N/A

表-3 UHD BDのビデオ規格(参考)

## 第5章 HDR 対応テレビ

HDR対応テレビは単にピーク輝度が高ければ良いというものではなく、明暗の差が広くなくてはならない。かつて液晶テレビは冷陰極管や画面の端に配したLEDでバックパネルを光らせ前面の液晶の開閉で映像を映し出していたが、これではダイナミックレンジは広くならない。HDRを実現するためには大量の白色LEDを画面全面にちりばめた直下型LEDバックライトとし、更にLEDバックライトを輝度変化に応じて細かく制御して明るいところ

ろはより明るく、暗いところはより暗くなるように局所的に制御するローカルディミングが必須となる。(図-16参照)

このローカルディミングは3章で解説したハイダイナミックレンジ処理として既にその手法の一部は採用されているが、更に光の漏れこみ防止や点灯時間の長短による輝度制御、駆動電流調整による輝度制御などを併用する必要がある。

UHD Blu-rayの規格が決まってUHD

Blu-ray対応機器が発売されたが、2015年中にはHDR対応のディスクは発売されないようである。テレビの方は放送の規格が決まっていないので各メーカーのHDR対応については足並

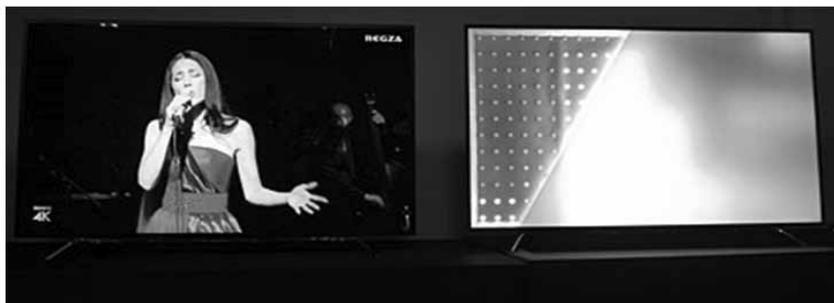


図-16 直下型LEDバックライトにおけるエリアコントロールの例(東芝REGZAのHPより)

みがそろっていない。現在、対応していないメーカーでも、ソフトウェアダウンロードによってHDR対応をする旨、カタログに明記している機種もある。

米国の情報調査会社IHSではHDR対応はテレビの一般的な機能となり、全世界での出荷台数も、2016年には290万台となり、以降急激に出荷台数を伸ばし、2017年には1,250万台、2019年には3,290万台にまで達する予想している。(図-17参照)

出荷台数が最も多くなるのは中国市場であるが、日本市場における4K対応テレビでのHDR対応の割合は非常に大きくなるであろう

としている。

東芝では18,000個以上のLEDを使用して7,000nitの高輝度を実現した58インチ4Kテレビの試作機を公表した。驚異的な画質とのことであるが、LEDモジュールからの発熱が膨大で、水冷/空冷を組み合わせた大規模な冷却システムを搭載しなくてはならず、消費電力も約2,000Wとこちらも驚異的である。UHD Blue-ray規格では10,000nitまで記録できるので、高輝度化に対応し、かつ低省電力化を進めるためには更なる技術革新が必要である。

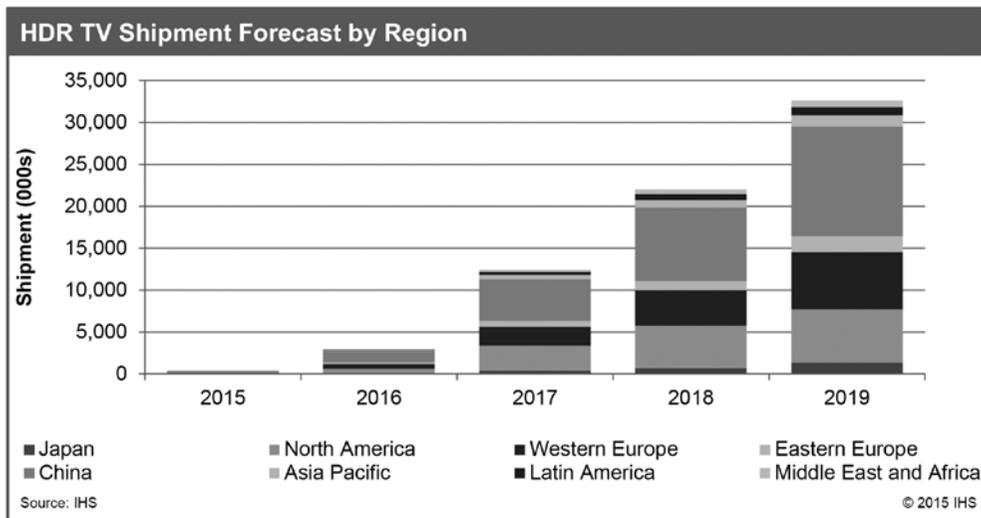


図-17 全世界におけるHDR対応テレビの出荷台数予測(米国情報調査会社IHSによる)

## 第6章 ケーブル業界への影響

ケーブル業界への影響は未だ見えない部分が多いが、放送システム委員会にHDR作業班が設立されたこともあり、早晚、規格化されることは間違いない。

国内デジタル放送方式は、ARIB STD-B67に準拠することを考えるとNHKと民放連が英BBCと共同でITU-Rに提案しているハイブリッド ログ-ガンマ方式が放送における

HDRの主流と目される。4章でも述べたがハイブリッド ログ-ガンマ方式の特徴は既存のテレビとの互換性であるため、ケーブル業界にとっても既存STBに与える影響は少ないと考えられる。

ただし、HDR対応のSTBを開発するためには受信した放送がHDR対応なのかを知る必要があり、テレビ信号の中にHDRを通知す

るための識別子が要る。このHDR/SDR識別の仕組みに関してはMPEGでの規格化が必要となる。

STBに接続するテレビの能力としてHDRに対応しているかをHDMIでの通信で知る必要があり、HDRに対応していないテレビであればHDR-SDR変換が必要になるであろう。現段階では考えにくいですが、所要ビットレ

トが大きく増加するような仕様となった場合には、現状64QAMで放送しているケーブル4KをHDR対応するためには256QAMに変更しなければならない状況が発生する。

いずれにしても規格が決定していないので、はっきりした影響については不明だが、HE機器、STBへの影響有無、ラボ運用仕様への影響を継続して検証していく必要がある。

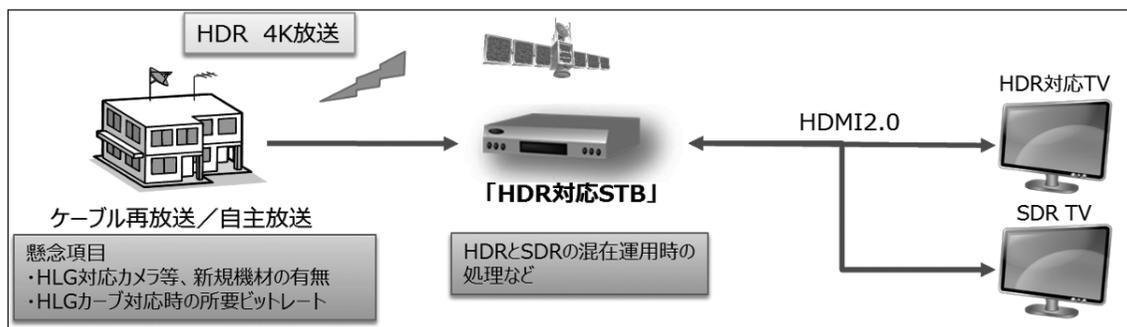


図-18 HDR対応STBと懸念される影響

## まとめ

HDR（ハイダイナミックレンジ）は解像度の4K化の次に来る魅力的な高画質化の技術であり、様々なイベントでその画質向上の度合いに称賛の声が上がっている。総務省でもHDR作業班が活動を開始し、2018年から開始される4K実用化放送に向けて規格化が進むであろう。各テレビメーカーとも4K対

応テレビの次の商材として注力しており、HDR対応テレビのシェアが増々上がることが想像される。ケーブルも12月1日よりケーブル4Kを放送開始した。HDR対応テレビの普及とともにHDR対応のコンテンツ制作が行われ、HDR対応STBによる高画質化の実現が期待される。