

「放送システムに関する技術的条件」(諮問第2023号)のうち  
「超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件」のうち  
「超高精細度テレビジョン放送システム等の  
高画質化に係る技術的条件」について

(案)

平成28年5月  
放送システム委員会

画像提供: NHK



SDR表示  
Standard Dynamic Range  
(現行の輝度ダイナミックレンジ)



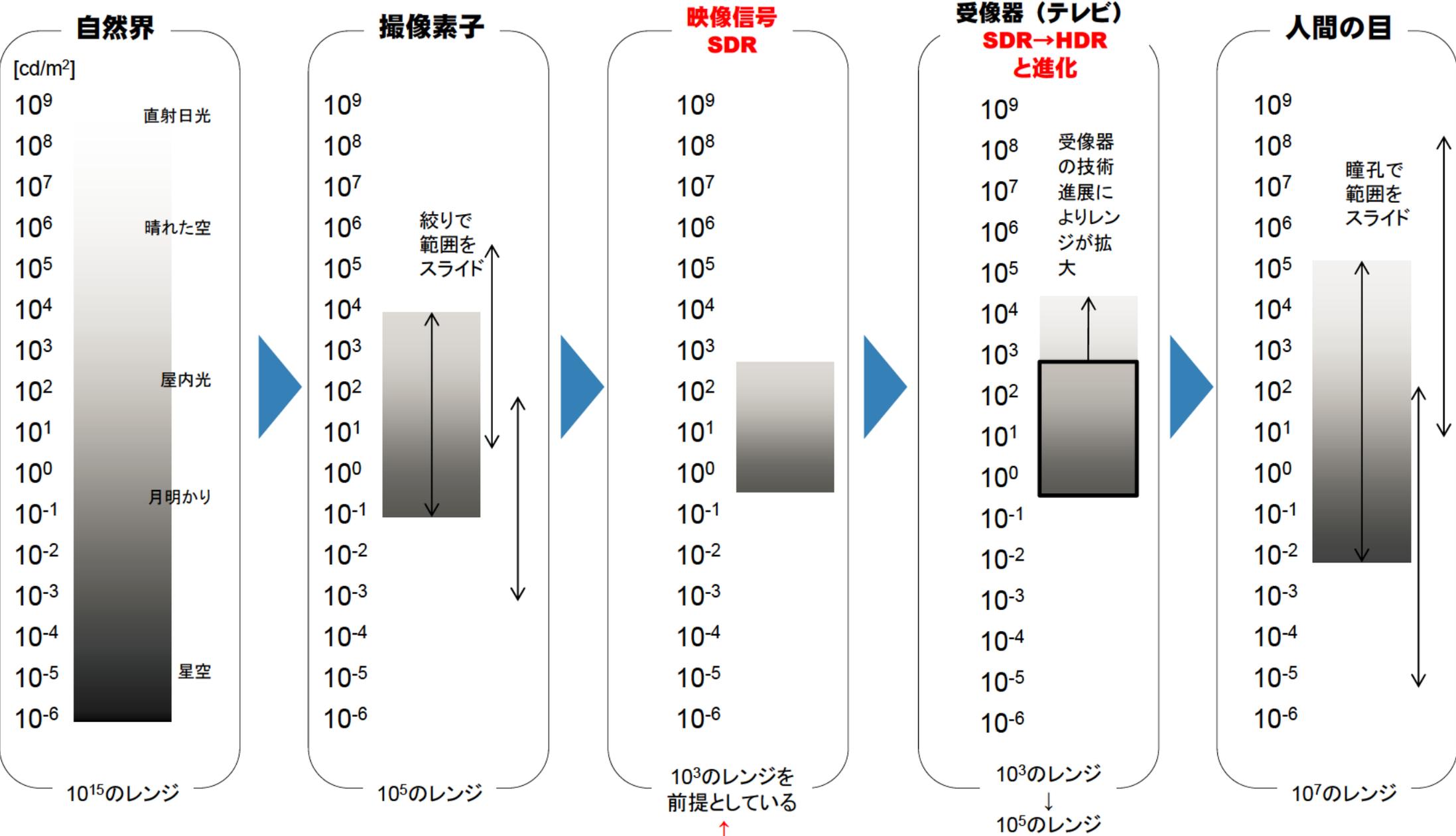
HDR表示  
High Dynamic Range

- ・ バックライトの部分駆動や自発光素子の開発などの表示装置の技術向上により、受像器では、「黒」の表示輝度を低減しつつ最大輝度(ピーク輝度)を増大する(=ダイナミックレンジを拡大する)ことが可能となった。
- ・ 広がったダイナミックレンジをハイライト再現に用いることで、新たな視聴体験を提供することが可能となる。
- ・ 現実に近いハイライト再現(鏡面反射や光沢の再現)、ハイライト部の白飛びなどの改善効果がある。

# 輝度のダイナミックレンジ（概念図）

表示装置の技術向上で、受像器(テレビ)が表現できるダイナミックレンジが拡大

→ 映像信号の輝度表現範囲の拡大が要望されている

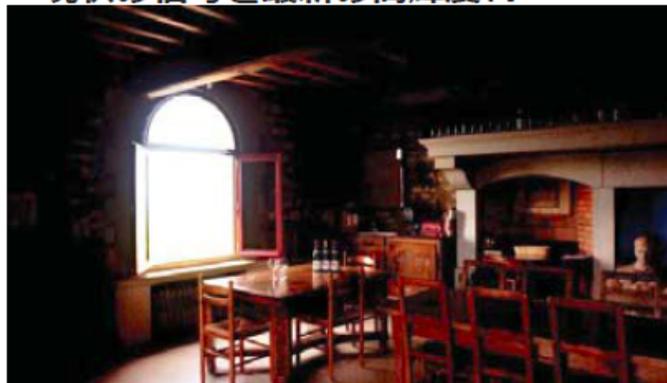


レンジの拡大が要望されている

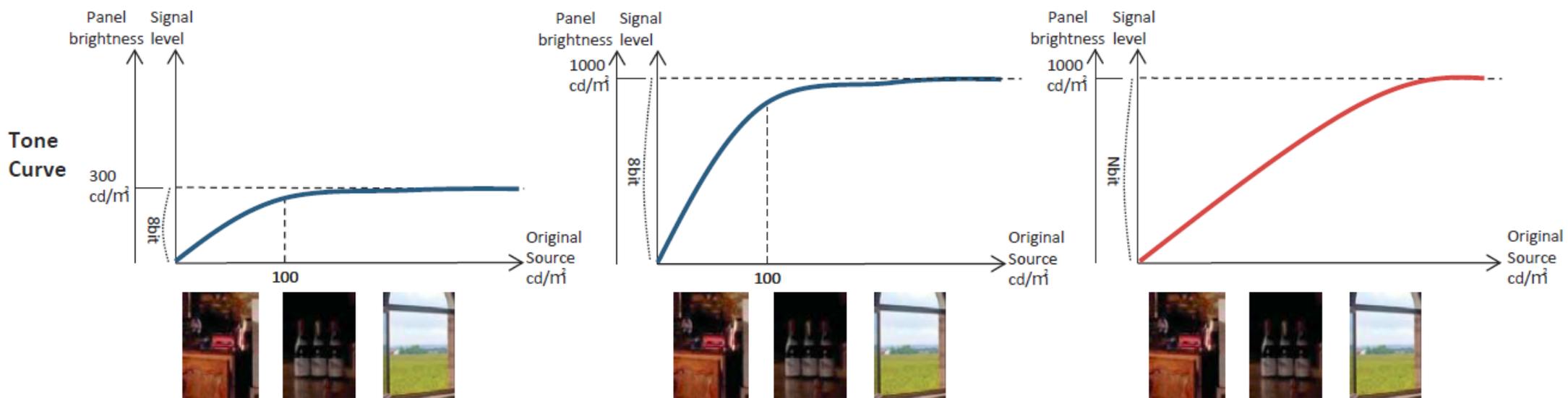
旧来

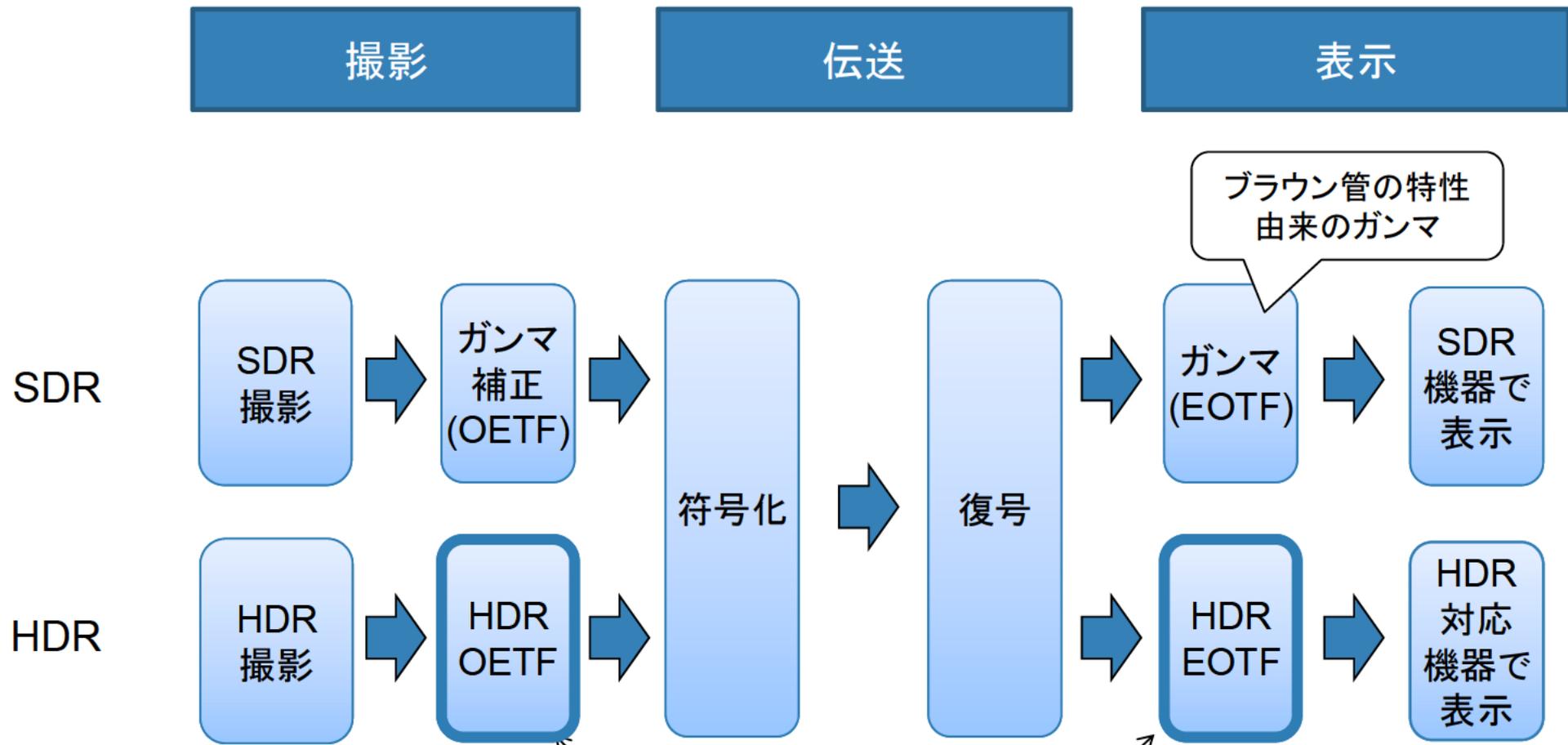


現状の信号と最新の高輝度TV



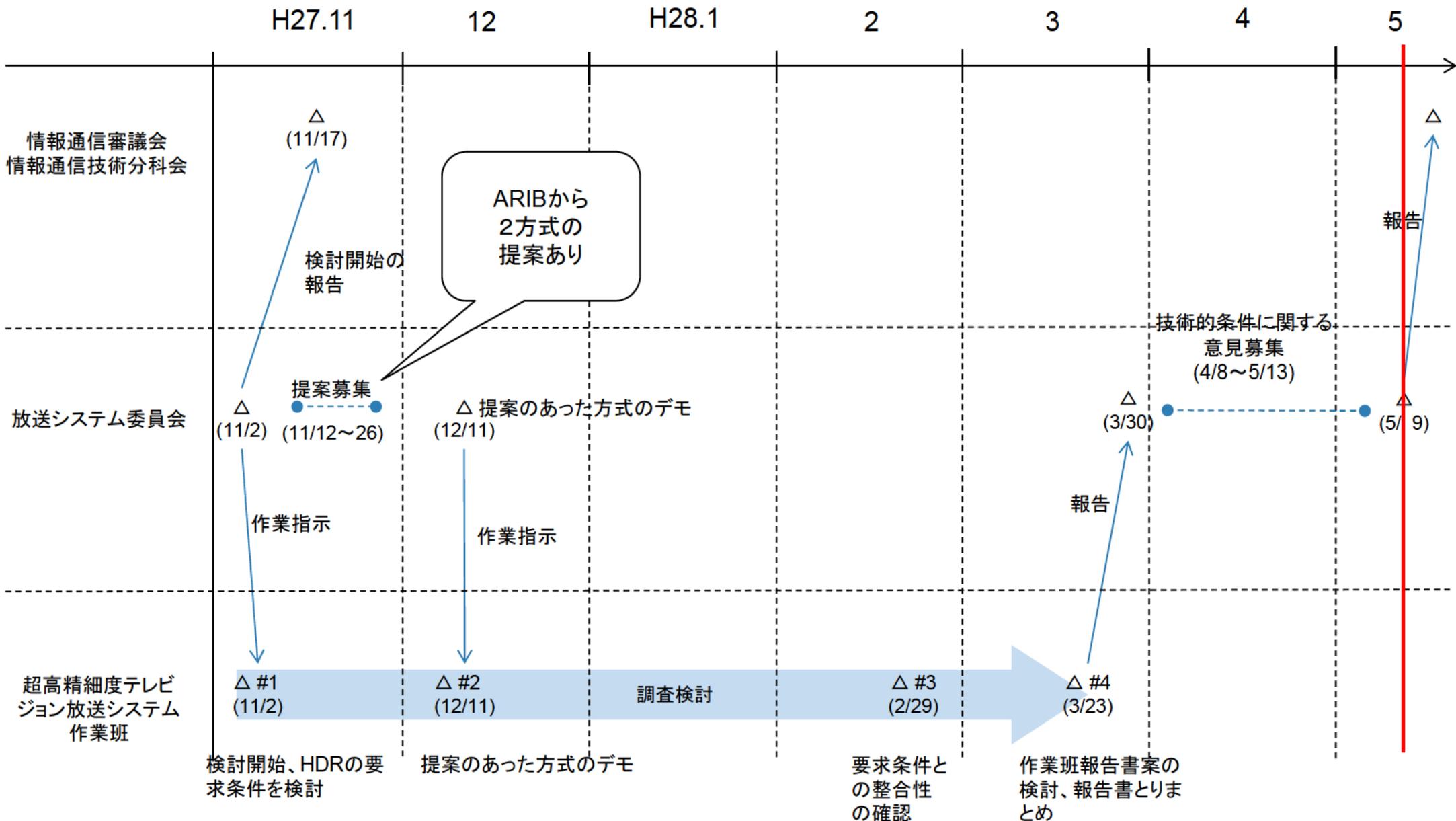
HDRと最新の高輝度TV





HDRの実現には、伝達関数(OETF・EOTF)を規定(変更)することが必要

# 検討の経緯



# HDRの要求条件（主なもの）

## 基本的な考え方

- 超高精細度テレビジョン放送等による高画質なHDRサービスを実現できること。
- 将来の技術動向を考慮し、実現可能な技術を採用すること。
- 現行の放送サービスや他のデジタル放送メディアとの相互運用性をできる限り確保すること。
- 超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送方式の技術的条件を踏まえることとし、技術的に同一のものとすることが適当な場合については、その内容を準用すること。

## 主な要求条件

項目	要求条件
インター オペラビリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 衛星放送、CATV、IPTV、蓄積メディア等の様々なメディア間で、できる限り互換性を有すること。</li> <li>• 既存のSDR-TV用ディスプレイや4K用受信機でもHDR-TV映像を違和感無く表示できること。</li> </ul>
番組制作、編成	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ライブ放送への適用が可能であること。</li> <li>• HDR-TVとSDR-TVの時分割混在(まだら編成)が可能であること。</li> </ul>
画質	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HDR-TVサービスが望まれることを考慮し、できる限り高い画質を保つこと。</li> <li>• HDR-TVの所要ビットレートがSDR-TVと同等であること。</li> </ul>
映像入力 フォーマット 及び 符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 国際標準との整合がとれていること。</li> <li>• HDR-TVに必須のパラメータを除いて超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送方式と整合した映像入力フォーマットであること。</li> <li>• SDR-TV(マルチメディアコンテンツを含む)とHDR-TVの併用、識別及び切替が可能であること。</li> <li>• HDR-TVとSDR-TVのシームレスな切替・表示が可能であること。</li> <li>• HEVC規格Main 10プロファイルによるHDR-TVの符号化が可能であること。</li> </ul>

# 検討結果 ~符号化映像フォーマット~

作業班報告に含まれる符号化映像フォーマットの改正案は以下のとおり。(改正・追加部分に下線)

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	
符号化サンプリング構造	Y', C'_B, C'_R (非定輝度) 4:2:0					
画素アスペクト比	1:1 (正方面素)					
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				
SDR-TV	画素ビット数	8-bit, 10-bit		10-bit		
	カラリメトリ・伝達関数	Rec. ITU-R BT.709, IEC 61966-2-4 (xvYCC), <u>Rec. ITU-R BT.2020</u>		Rec. ITU-R BT.2020		
HDR-TV	<u>画素ビット数</u>	<u>10-bit</u>				
	<u>カラリメトリ</u>	<u>Rec. ITU-R BT.2020</u>				
	<u>伝達関数</u>	<u>HLG (Hybrid Log-Gamma)方式, PQ (Perceptual Quantization)方式</u> (次ページの表参照)				

※ 上表は、映像符号化方式としてRec. ITU-T H.265 | ISO/IEC HEVCのMain(8bitの場合)またはMain 10(10 bitの場合)を用いることを前提としている。

## HDR-TVにおける伝達関数

HLG (Hybrid Log-Gamma)方式	PQ (Perceptual Quantization)方式
$E' = r\sqrt{L} \quad (0 \leq L \leq 1)$ $E' = a \cdot \ln(L - b) + c \quad (1 < L)$	$E' = \left( \frac{c_1 + c_2 L^{m_1}}{1 + c_3 L^{m_1}} \right)^{m_2} \quad (0 \leq L \leq 1)$
<p>ただし、<math>r</math>は基準白レベルに対する映像信号レベルであり<math>r = 0.5</math>とする。<math>L</math>は基準白レベルで正規化したカメラの入力光に比例した電圧とし、<math>E'</math>は映像信号のカメラ出力に比例した電圧とする。<math>a</math>, <math>b</math>, <math>c</math>は定数であり、以下のとおりとする。</p> $a = 0.17883277$ $b = 0.28466892$ $c = 0.55991073$	<p>ただし、<math>L</math>はカメラの入力光に比例した電圧とし、<math>L = 1</math>が表示輝度10,000 cd/m<sup>2</sup>に対応するものとする。<math>E'</math>は映像信号のカメラ出力に比例した電圧とする。<math>m_1, m_2, c_1, c_2, c_3</math>は定数であり、以下のとおりとする。</p> $m_1 = 2610/4096 \times \frac{1}{4} = 0.1593017578125$ $m_2 = 2523/4096 \times 128 = 78.84375$ $c_1 = 3424/4096 = 0.8359375 = c_3 - c_2 + 1$ $c_2 = 2413/4096 \times 32 = 18.8515625$ $c_3 = 2392/4096 \times 32 = 18.6875$

	HLG (Hybrid Log-Gamma)方式	PQ (Perceptual Quantization)方式
コンセプト	<ul style="list-style-type: none"> <li>輝度値を相対的に扱う (これまでのテレビの考え方)</li> <li><u>従来のディスプレイと互換性の高いガンマカーブ</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>最大10,000 [cd/m<sup>2</sup>]までの輝度値を絶対輝度で扱う</li> <li><u>高輝度に対応する、人間の視覚特性に基づく新たなガンマカーブ</u></li> </ul>
ビデオ信号	<ul style="list-style-type: none"> <li>「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」</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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 [cd/m<sup>2</sup>] コード940 (10bit)が10,000 [cd/m<sup>2</sup>]</li> </ul>
規格	光を電気信号に変換する際のカーブを規定(OETF: カメラ側を規定(従来のテレビと同様))	電気信号を輝度値に変換する際のカーブを規定(EOTF: 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)
表示装置のピーク輝度	ディスプレイの性能による	ピーク輝度に応じた変換が必要

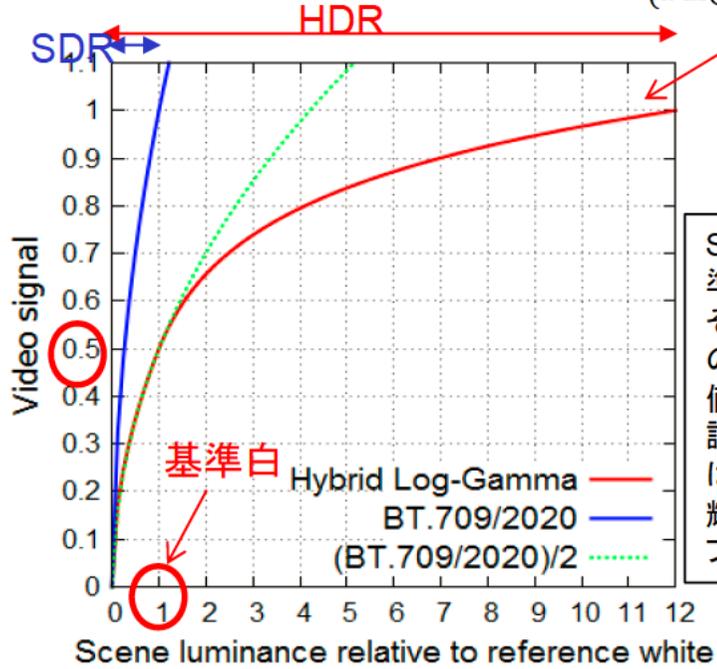
# 伝達関数の比較(HLG方式とPQ方式)

OETF  
光-電変換関数

EOTF  
電-光変換関数

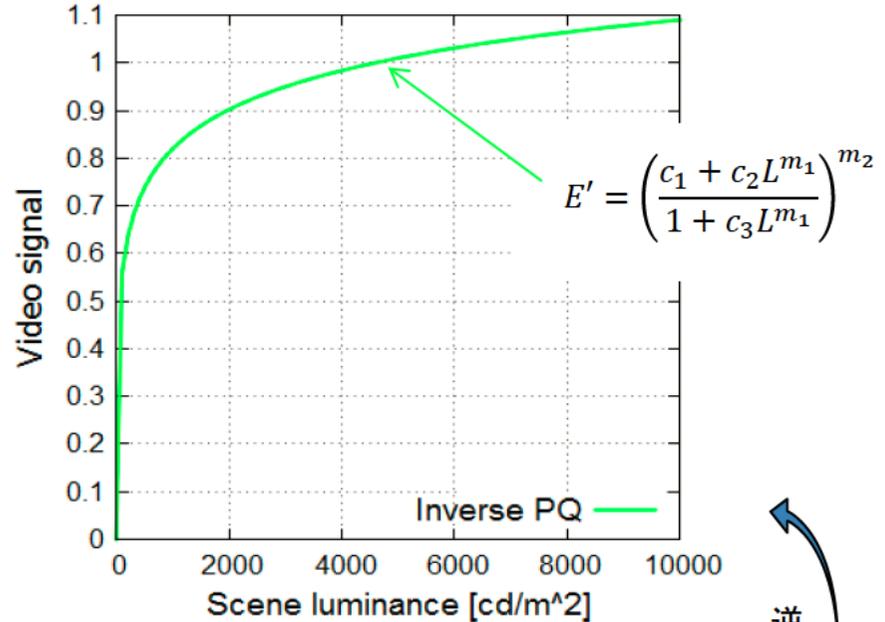
HLG方式

$$E' = \begin{cases} r\sqrt{L} & 0 \leq L \leq 1 \\ a \ln(L - b) + c & 1 < L \end{cases}$$



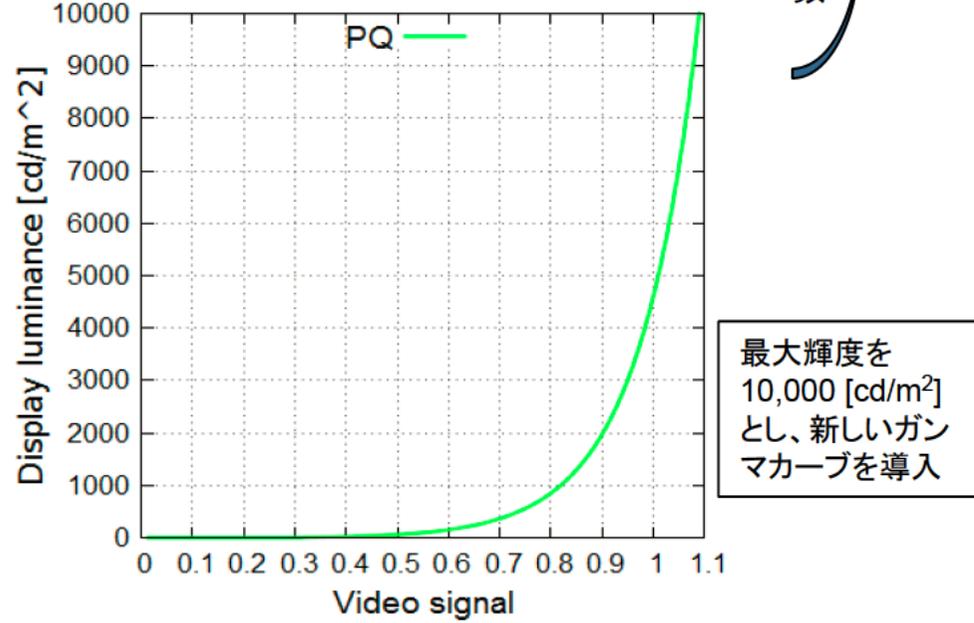
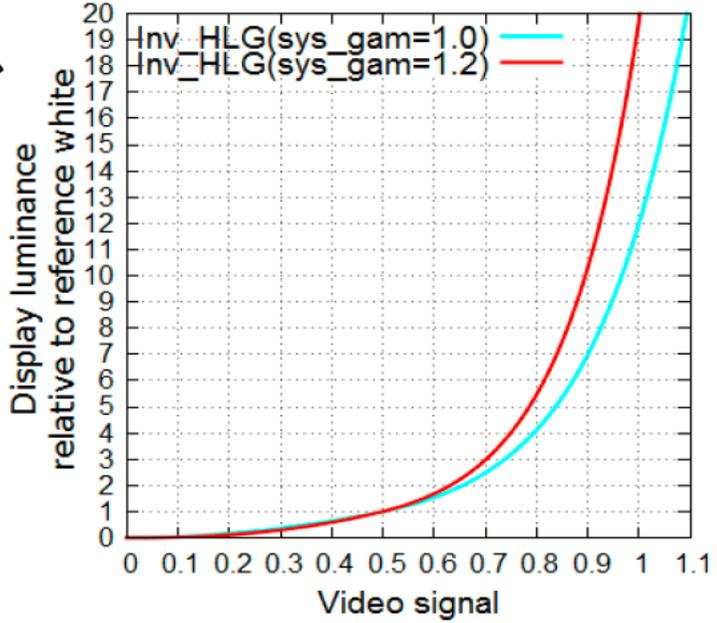
SDRでの白を基準の輝度1とし、そのときのHDRの信号が0.5の値を取るように調整。輝度1まではSDRを50%の輝度にしたカーブとほぼ互換。

PQ方式



逆関数

逆関数



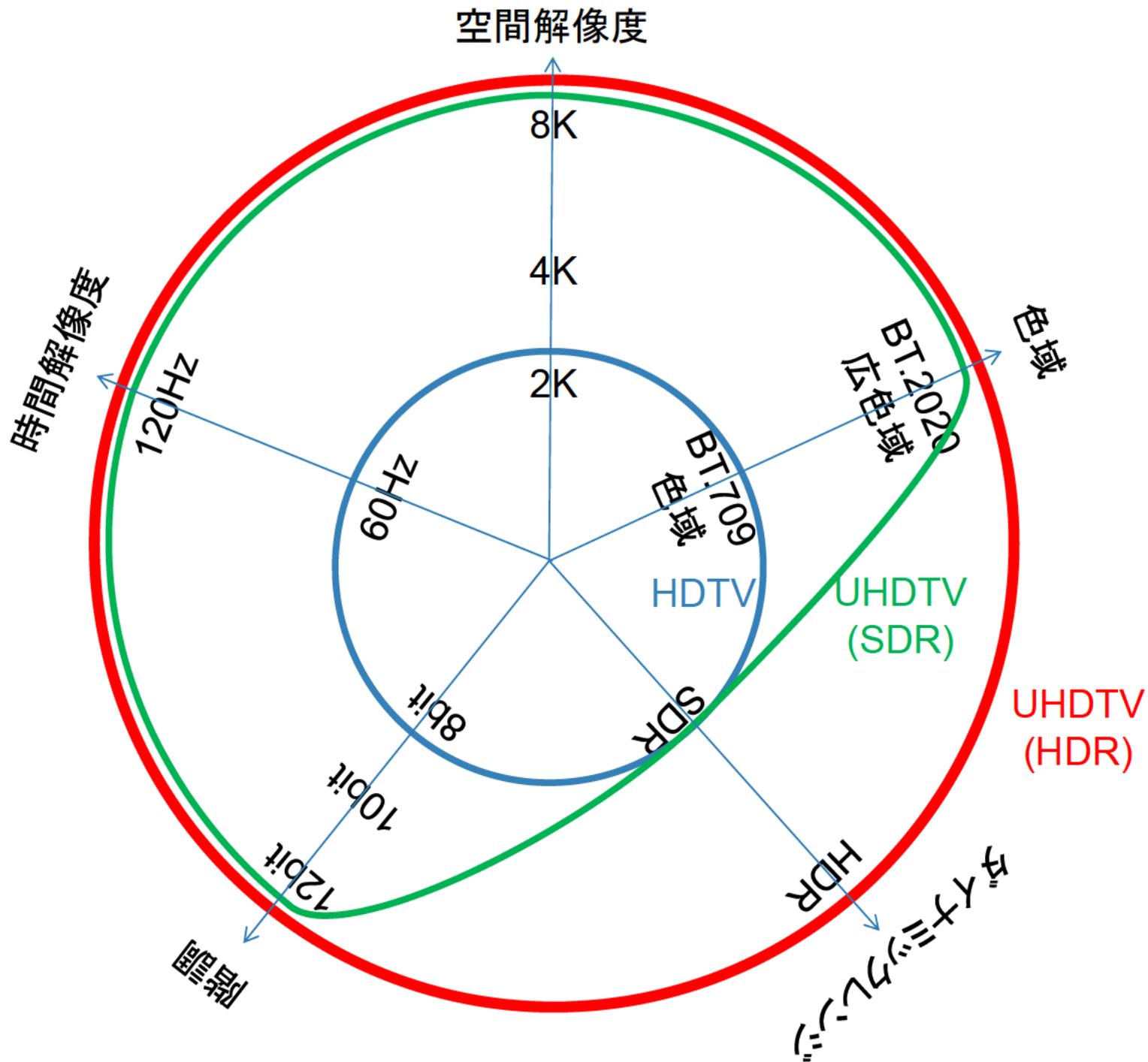
## ITUにおける議論の動向

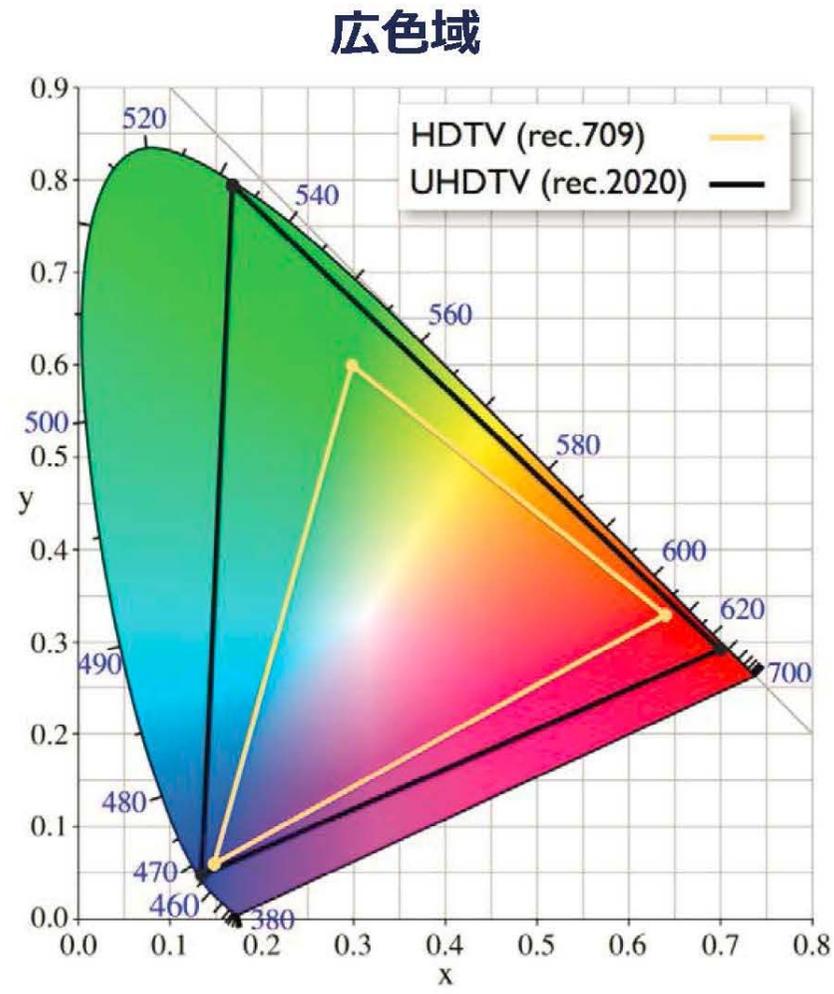
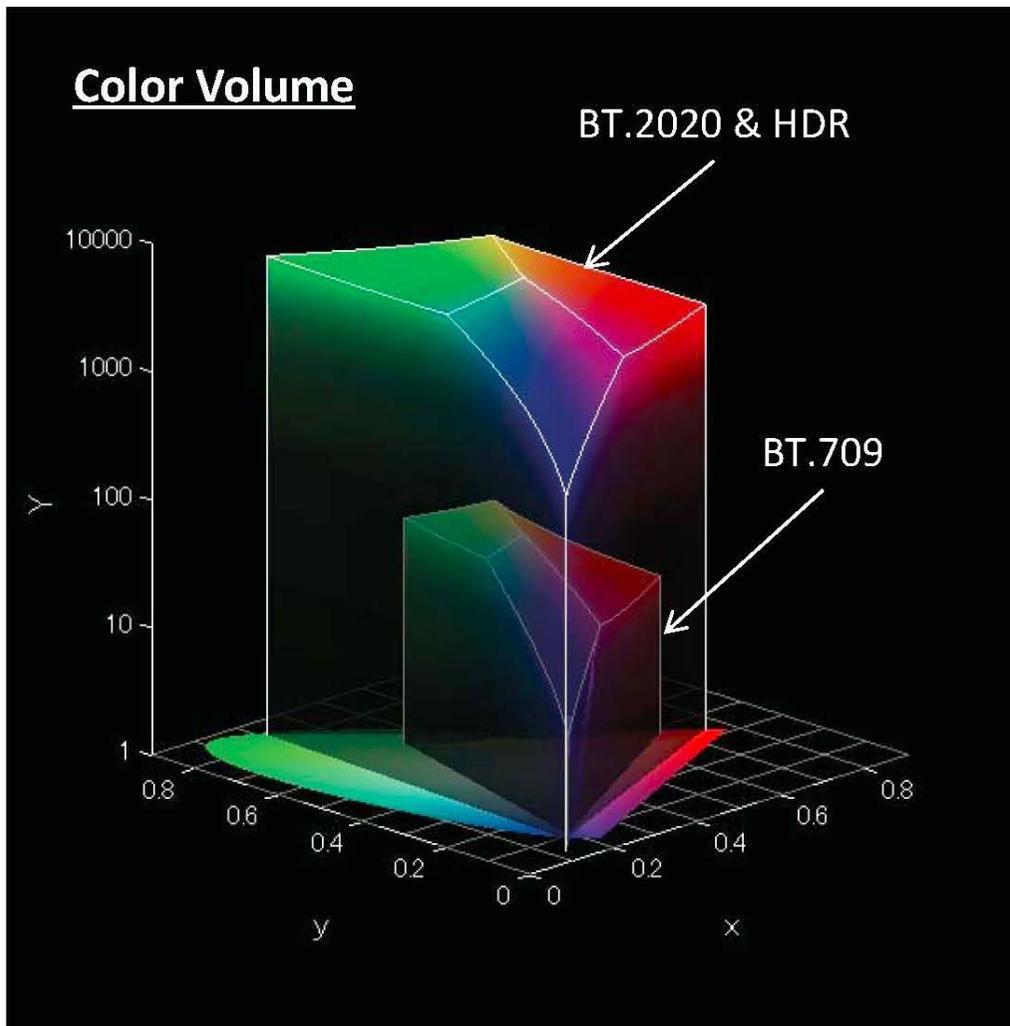
- 新しい輝度・色差信号(定輝度信号 $IC_T C_p$ )、PQ方式のOOTFの妥当性、1,000 [cd/m<sup>2</sup>]を超えるディスプレイ輝度に対応するHLGのシステムガンマの検討などが継続検討事項とされている。ITU等国際標準化機関における審議の動向を注視し、必要に応じて本技術的条件や民間標準規格に反映させていくことが望ましい。
- HDRを含む映像技術の進歩の早さに鑑み、民間標準規格の策定にあたっては、将来の拡張の余地を十分に考慮したものとすることが求められる。

## 特殊な映像手法との関係

- 細かく点滅する映像や急激に変化する映像手法などは、視聴者、特に児童・青少年の健康に影響を及ぼす可能性があることが知られており、我が国においても過去にアニメーション番組において視聴者の健康に影響を及ぼしたことがある。
- 放送事業者のその後の調査の結果、映像手法に関して留意することにより視聴者の健康に及ぼす影響を最小限に抑えることができることが確認され、日本放送協会と一般社団法人日本民間放送連盟は「アニメーション等の映像手法に関するガイドライン」を制定し、放送界の自主的な共通ルールとして運用されている。
- 視聴者の光感受性は、本来ヒトの特性に基づくものであり、HDRの導入によって何ら変化するものではなく、また、上記ガイドラインは輝度変化や面積について相対値により規定しているものであるため、HDR映像に対しても同ガイドラインをそのまま適用できる可能性はある。
- しかしながら、HDR映像による放送や映像配信は現時点で世界的に見ても限られた範囲に留まっており、また現場におけるHDR映像の制作ノウハウもこれから蓄積されていく段階であり、HDR映像による生体への影響の臨床的な裏付けおよび知見も得られていない。
- したがって現段階では、HDR映像に対しても、SDR映像において実績がある現行のITU-R勧告やガイドラインを継続して暫定的に適用することは、一定の合理性があるものと考えられる。今後、HDR映像の普及に応じて、新たに得られた科学的知見を踏まえ、国際的にはITU-Rの場で、国内的には放送事業者の自主的検討により、映像手法を再検証し、最適なものとしていくことが望ましい。

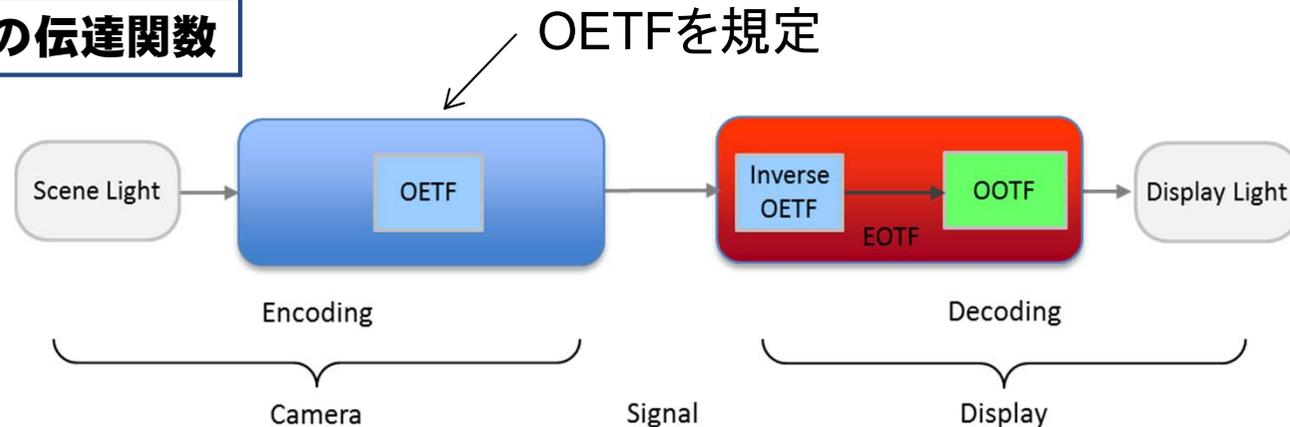
# (参考) 映像信号を特徴付ける要素



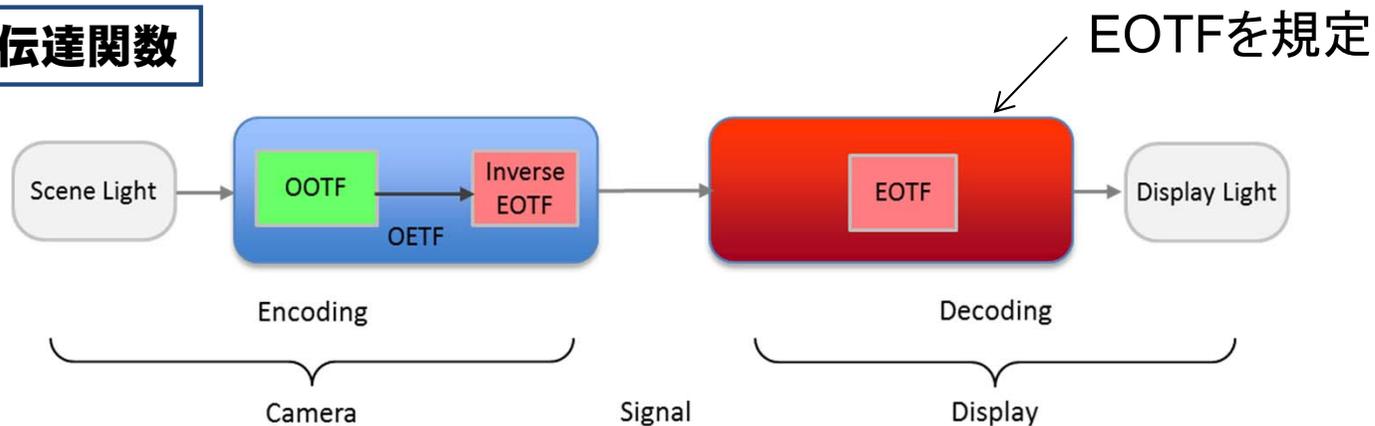


OETF: 光-電伝達関数であり、シーンの光の強さを映像信号に変換する際の関数。典型的にはカメラ内において変換。  
EOTF: 電-光伝達関数であり、映像信号を線形性のある光の強さとしてディスプレイから出力する際の関数。

## HLG方式の伝達関数



## PQ方式の伝達関数



※ OOTFは、「表現(レンダリング)の意図」を調整・表現するために挿入される場合がある。

## UHD Alliance

- 4K映像を推進する目的で2015年1月に、DIRECTV、Dolby、LG Electronics、Netflix、パナソニック、Samsung Electronics、シャープ、ソニー、Technicolor、ウォルト・ディズニー・スタジオ、20世紀FOX、ワーナー・ブラザーズの12社で設立。
- 現在は30社以上の企業が参加。
- 2016年1月4日に20世紀FOX、ワーナー、ソニーピクチャーズ、ユニバーサルが登壇し、HDRを含む一定の条件を満たすデバイス・配信・コンテンツに対し「Ultra HD Premium」ロゴ認定を行うことを発表



## テレビメーカー動向

### 各社テレビは4K HDRに対応

- LG、サムソン、パナソニックがUltra HD Premiumロゴ認定テレビを発表。
- サムソンは量子ドット最適化、ソニーはバックライト制御最適化をデモ。
- 中国勢もHDRのトレンドに対応。TCL集団、HisenseがHDR(ドルビービジョン)に対応。
- LGは、HDR対応の8Kテレビも展示。



パナソニックも  
ULTRA HDプレミアムロゴを取得

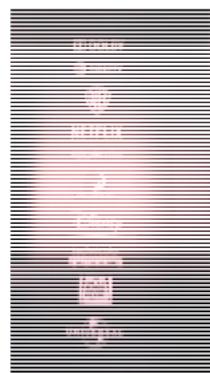


ソニーのバックライト制御技術  
「Backlight Master Drive」のデモ

## 配信・ディスク視聴

### サービス面でも4K HDRに対応することを訴求

- 各社のテレビで、4K HDRの動画サービスが視聴できることを目玉
- サムソン、パナソニックはUHD BDプレイヤーを発売へ
- サムソンではUHD BDのラインナップを展示。年内100タイトルへ。



LGブース



サムソンブース

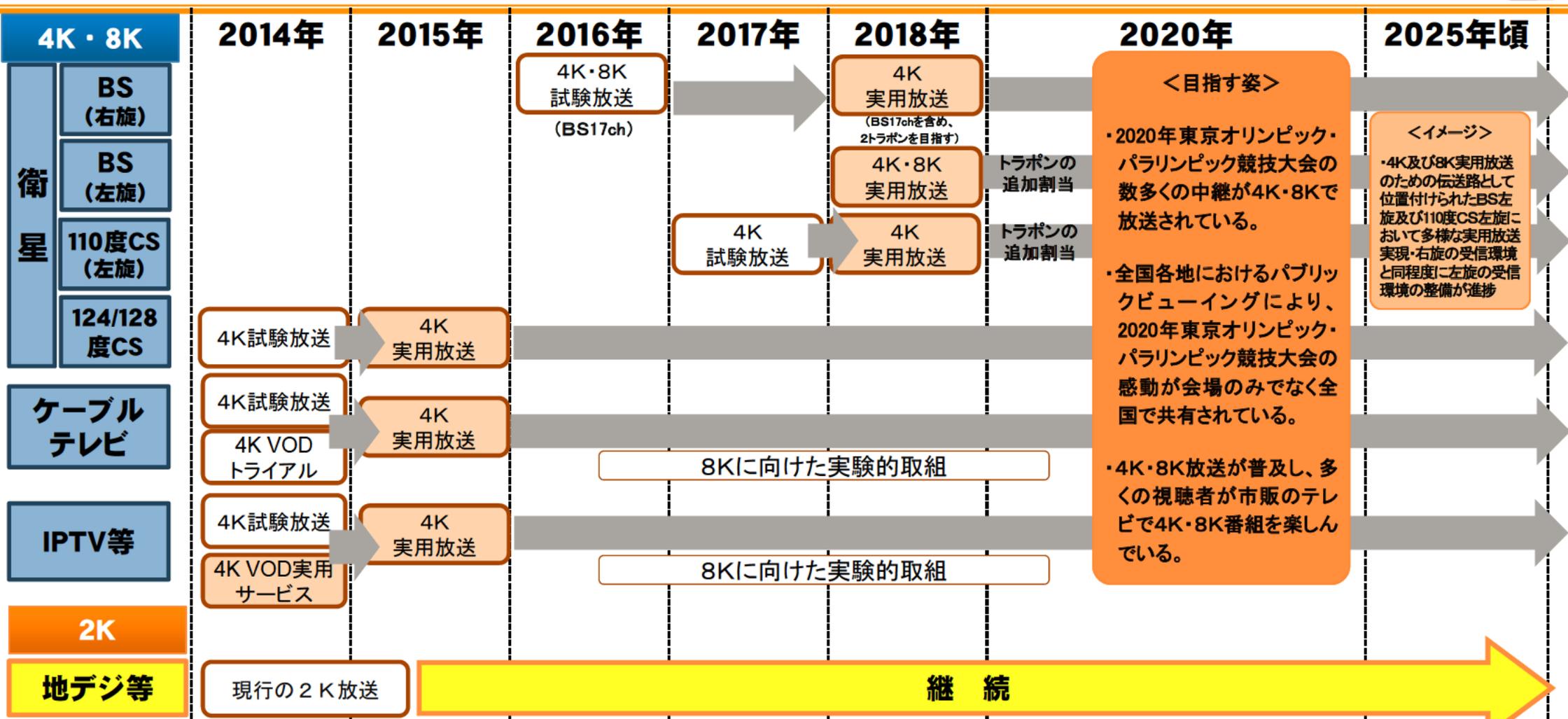


ソニーブース



UHD BDのラインナップ

- ITU-RでのHDRに関する議論は、2012年4月に米国(ドルビー)からの規格の提案により開始。その後、蘭フィリップス(2013年10月)、英BBC(2014年3月)、日本(2014年11月)も提案を行い、2015年2月の会合で「HDRテレビの番組制作及び国際番組交換用の映像パラメータ」を規定するITU-R勧告草案の作業文書を作成。
- 作業文書では、HDRの非線形伝達関数を2方式(Hybrid Log-Gamma方式、Perceptual Quantization方式)に集約。
  - Hybrid Log-Gamma :英BBC・日本NHK提案(輝度値を相対値として扱う)
  - Perceptual Quantization :米ドルビー提案、蘭フィリップス提案(ディスプレイの輝度の絶対値を映像信号値と関連付ける)
- 2015年7月の会合では、これら2方式の統合について議論され、新勧告草案(Rec. ITU-R BT.[HDR-TV])を作成。しかし、2方式の併記について合意に至らず、継続審議。
- 2016年1～2月の会合では、2方式が併記された勧告案が完成し、採択された。現在、7月4日を期限として締約国に対し郵便投票が行われているところ。
- また、HDRテレビの技術的な説明を行った報告書(Report ITU-R BT.2381)も完成。
- なお、Hybrid Log-Gamma方式の撮像側特性は2015年7月3日にARIB規格(ARIB STD-B67(スタジオ規格))として策定済。
- HEVC規格第3版案では、Hybrid Log-Gamma方式とPQ方式の伝達特性の識別子が規定されている。



**4K・8Kの普及に向けた基本的な考え方 ～2K・4K・8Kの関係**

- 新たに高精細・高機能な放送サービスを求めない者に対しては、そうした機器の買い換えなどの負担を強いることは避ける必要がある
- 高精細・高機能な放送サービスを無理なく段階的に導入することとし、その後、2K・4K・8Kが視聴者のニーズに応じて併存することを前提し、無理のない形で円滑な普及を図ることが適切

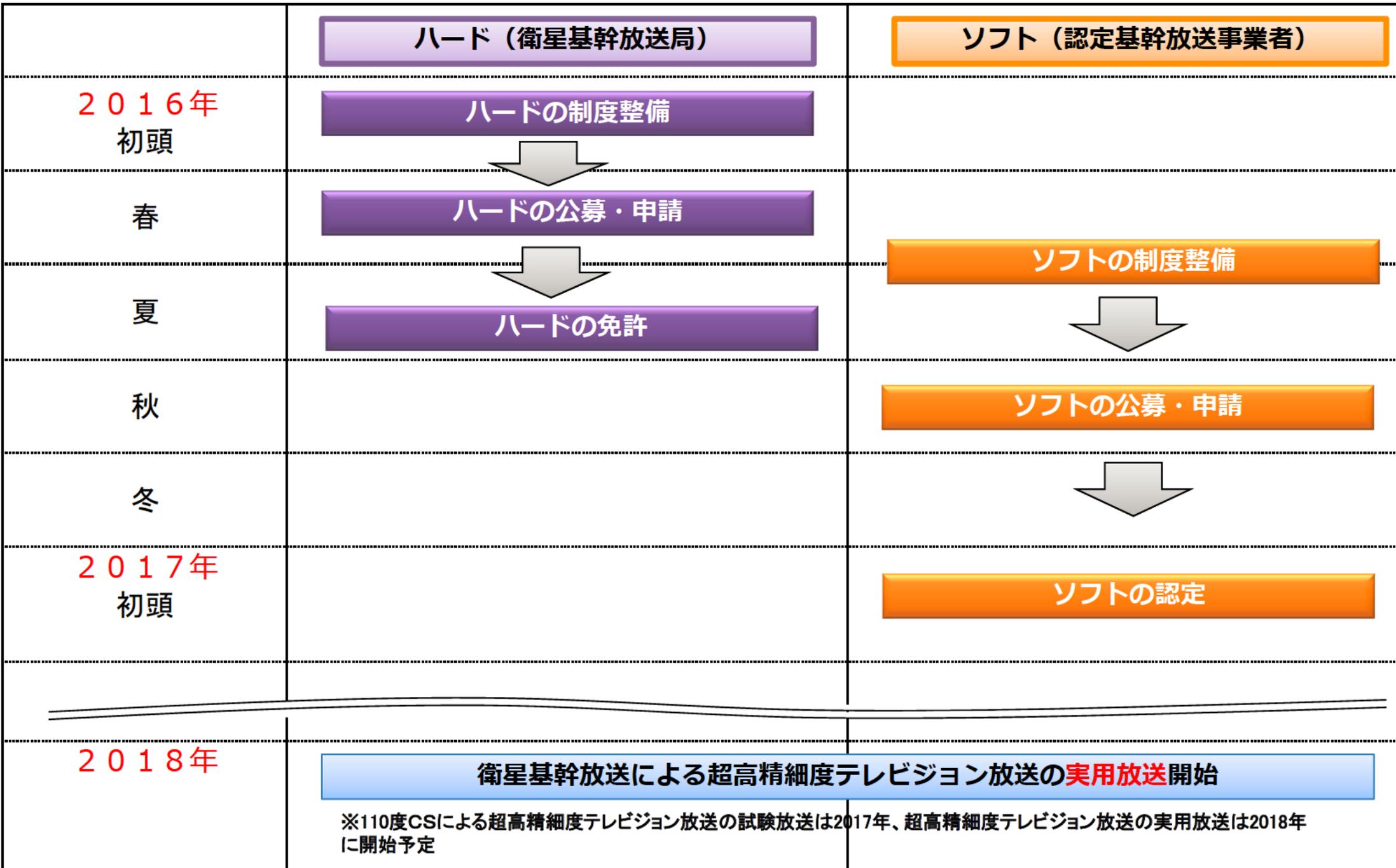
(注1)ケーブルテレビ事業者がIP方式で行う放送は「ケーブルテレビ」に分類することとする。

(注2)「ケーブルテレビ」以外の有線一般放送は「IPTV等」に分類することとする。

(注3)BS右旋での4K実用放送については、4K及び8K試験放送に使用する1トランスポンダ(BS17ch)を含め2018年時点で割当て可能なトランスポンダにより実施する。この際、周波数使用状況、技術進展、参入希望等を踏まえ、使用可能なトランスポンダ数を超えるトランスポンダ数が必要となる場合には、BS17chを含め2トランスポンダを目指して拡張し、BS右旋の帯域再編により4K実用放送の割当てに必要なトランスポンダを確保する。

(注4)BS左旋及び110度CS左旋については、そのIFによる既存無線局との干渉についての検証状況、技術進展、参入希望等を踏まえ、2018年又は2020年のそれぞれの時点において割当て可能なトランスポンダにより、4K及び8K実用放送を実施する。

(注5)2020年頃のBS左旋における4K及び8K実用放送拡充のうち8K実用放送拡充については、受信機の普及、技術進展、参入希望等を踏まえ、検討する。



※現時点での想定スケジュールであり、状況に応じて今後変更となる可能性があります。