

4K・8K放送の技術動向

2016年1月29日

NHK放送技術研究所
テレビ方式研究部

池田 哲臣

4K・8K放送とは

8K SUPER HI-VISION

7680画素

4320画素

総画素数
2Kの16倍

画面高 × 0.75

視角100°

画面高 × 1.5

視角60°

画面高 × 3

視角30°

画素構造が見えずに、
最大の臨場感が得られる視距離

4K 3840画素

2160画素

画面高 × 1.5

視角60°

2Kハイビジョン (HD)

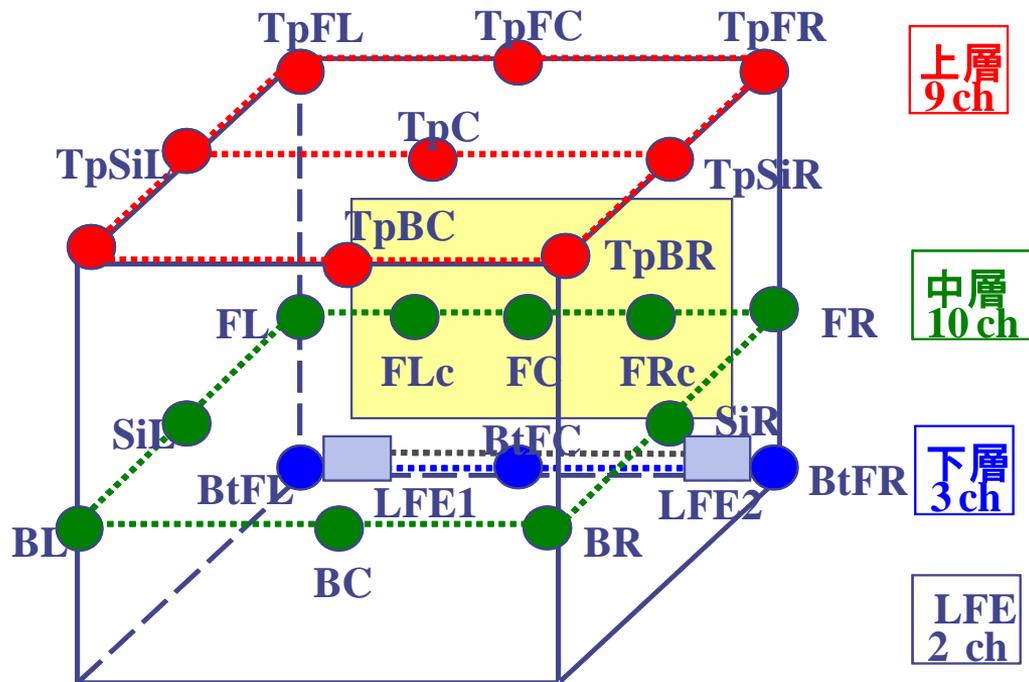
1920画素

1080画素

画面高 × 3

視角30°

8K放送での22.2マルチチャンネル音響



下記の要求条件を満たす方式

- (1)全方向からの音の到来
- (2)三次元音響空間印象の再現
- (3)スクリーン画面上の映像と音像の一致
- (4)広い視聴範囲
- (5)既存の音響方式との後方互換
- (6)多様な再生システムでの高品質な三次元音響の再現

8Kスーパーハイビジョン(SHV)の研究開発

番組制作

素材伝送

- ・中継現場、放送局間無線伝送
- ・放送局内、局間光伝送



撮像・記録

- ・小型・実用フルスペックカメラ
- ・圧縮記録装置

番組制作

- ・フルスペック映像制作
- ・3次元音響一体化制作

放送符号化・多重・伝送

伝送方式

- ・大容量衛星
- ・大容量地上
- ・ケーブルテレビ



多重

- ・MMT 多重方式

符号化

- ・フルスペック映像符号化
- ・地上波用高効率音響符号化

ネットワーク配信

家庭視聴用映像表示・音響再生



映像

- ・大画面シート型ディスプレイ映像表示

音響

- ・3次元音響再生

内容

- 番組制作技術
 - フルスペック8K、高ダイナミックレンジ(HDR)
- 伝送技術
 - 衛星放送、ケーブルテレビ放送
- 音響再生技術
 - 22.2マルチチャンネル音響、トランスオーラル再生
- 表示技術
 - ディスプレイ、プロジェクタ、シート型ディスプレイ

番組制作技術

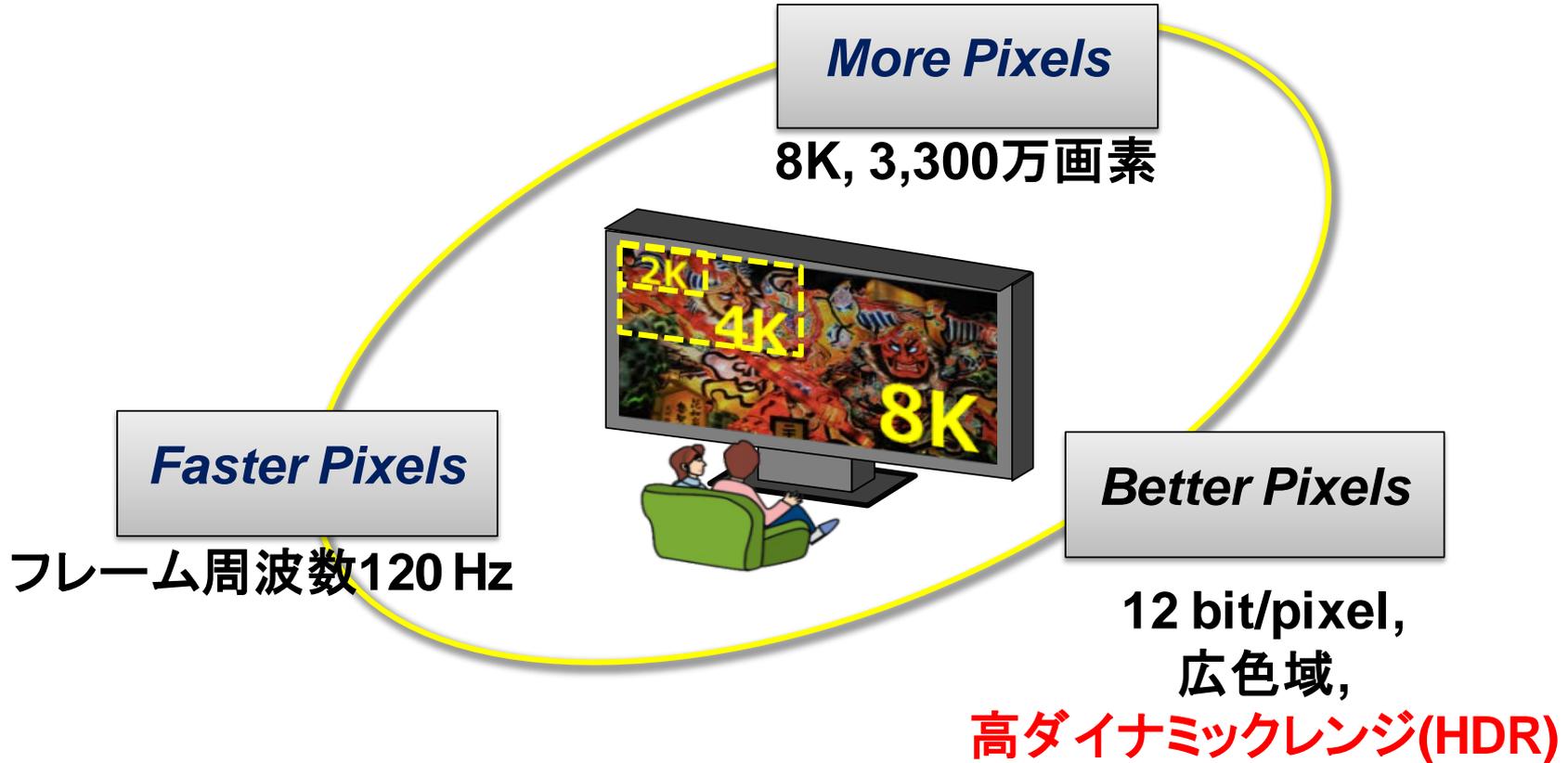
超高精細度TV(UHDTV)について



項目	規格		
画素数(水平×垂直)	8K(7,680×4,320)または4K(3,840×2,160)		
フレーム周波数(Hz)	120, 120/1.001, 60, 60/1.001		
カラーサンプリング構造	4:4:4, 4:2:2, 4:2:0		
映像のサンプリングビット数(bit)	12または10, (HDR)		
3原色と基準白色	色度座標 (CIE, 1931)		
		x	y
	赤 (R)	0.708	0.292
	緑 (G)	0.170	0.797
	青 (B)	0.131	0.046
基準白色 (D65)	0.3127	0.3290	

表中、赤字がフルスペック8Kに相当

フルスペック8Kとは



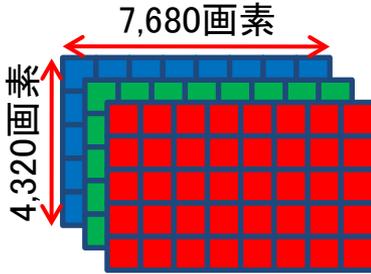
開発・検討状況

- 撮像
- 制作用機器間インターフェース
- 記録
- HDR

撮像 ～3通りのアプローチ～

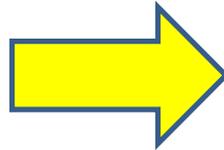
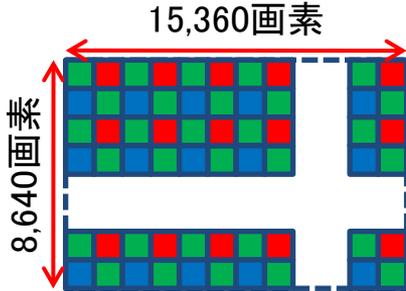
3,300万画素 3板式

R/G/B: 3,300万画素



1億3,300万画素
单板式

G: 6,600万画素
R/B: 3,300万画素



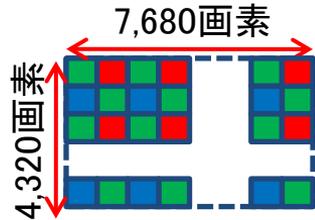
7,680画素



R/G/B:
3,300万画素

3,300万画素 单板式

G: 1,600万画素
R/B: 830万画素



■ 8K解像度

- 2007年対応済

■ 120Hz対応

- パイプライン処理が可能なA/D変換を撮像素子に内蔵

■ 広色域対応

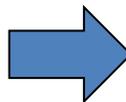
- プリズムを新規に設計

■ 高データレート

- カメラヘッドに波長多重装置を内蔵
- HD用カメラケーブルで信号伝送

■ リファレンスカメラ

- 唯一のフルスペック対応カメラ



色再現評価

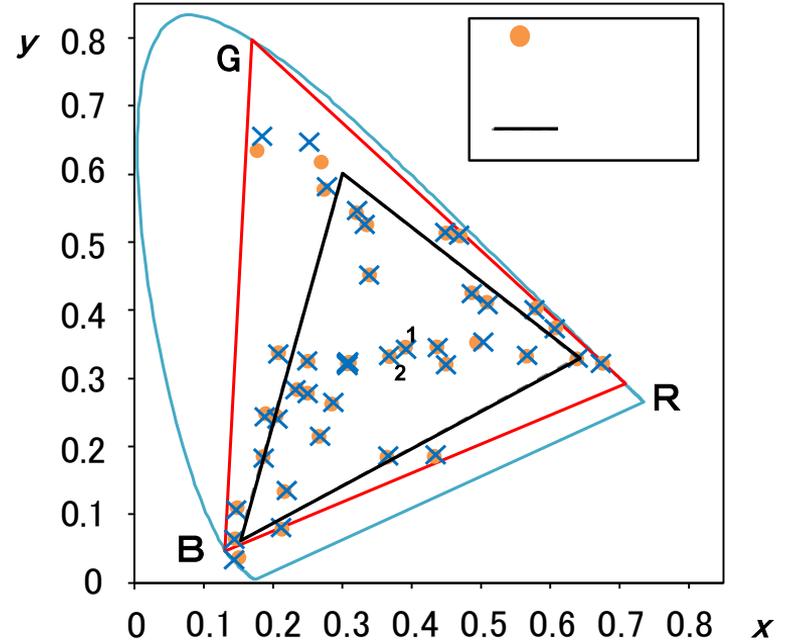
- 24色チャートと高彩度チャートを撮影
- 色差 (ΔE) = 分光放射計での測定値とカメラ出力値の差を評価

- 平均値 1.0
- 最大値 2.9

1	2	3	4	5	6	25	26	27	28	29	30
7	8	9		11	12	31		33		35	36
	14	15	16	17	18		38	39	40	41	42
19	20	21	22	23							

24色カラーチャート

高彩度カラーチャート



色度図上の評価結果

1億3,300万画素 単板撮像素子

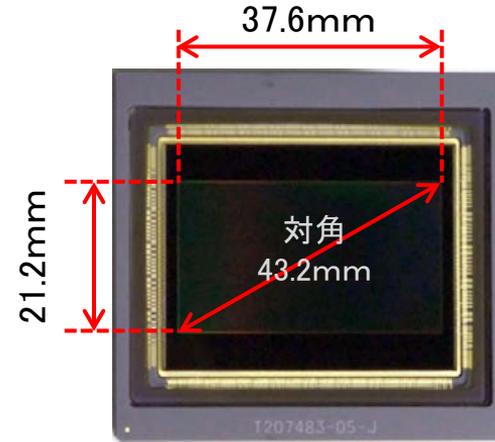
■ 単板化のメリット

- 色分解プリズムが不要なため
小型化可能
- シネマ用レンズの共用が可能
⇔ 3板は専用レンズ

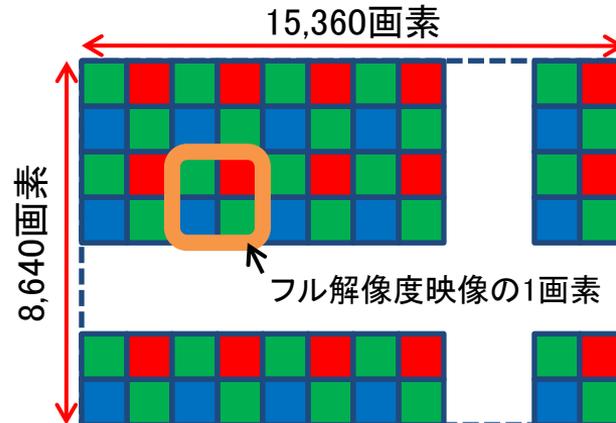
■ 撮像素子を試作(2014年)

■ 60Hz駆動を確認

→ 今後120Hz駆動へ



撮像素子 外観



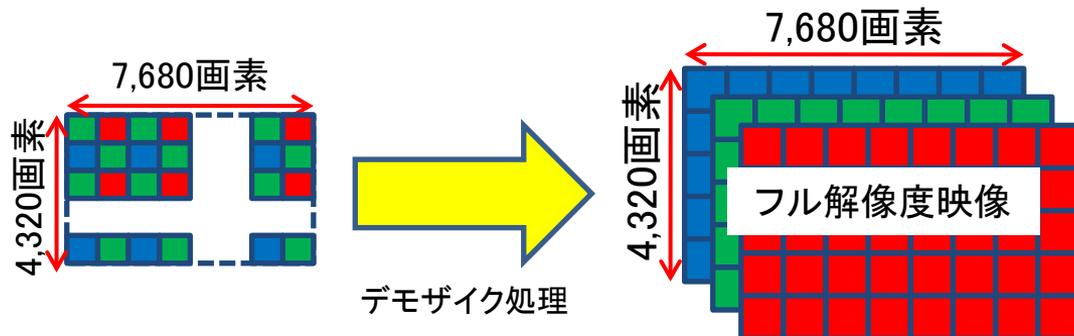
画素配列

3,300万画素 単板+デモザイク処理

- 不足情報を信号処理(空間フィルター、超解像など)により補間



3,300万 単板カメラ(キューブカメラ)



- 現行DGシステムとも高い親和性 → 試験放送でも使用予定
- 小さな計算量で再現性の高い処理手法・装置を開発
→ 将来的にカメラ内蔵も可能

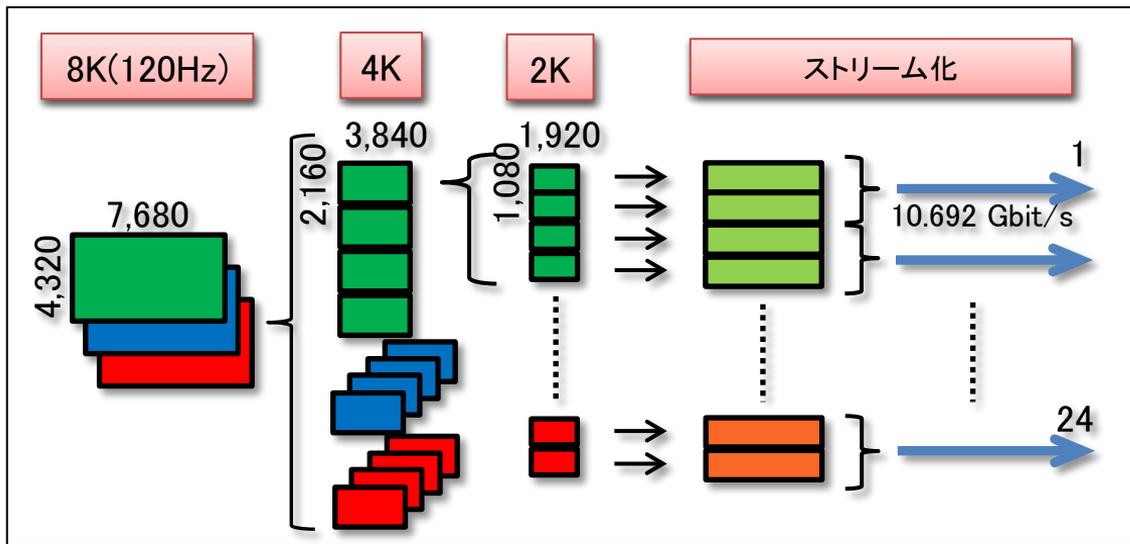
制作用機器間 I/F (U-SDI※)

■ 特徴

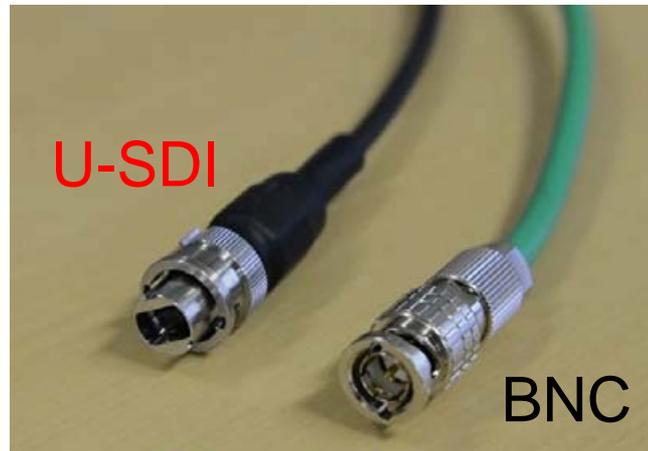
※U-SDI: Ultrahigh-definition Signal/Data Interface

- 10Gbit/s光マルチリンク(24芯)
- 8K/4Kを階層的に取扱
- BNC ロック機構付コネクタ

- ITU-R勧告BT.2077
- ARIB STD-B58
- SMPTE ST 2036-4



8K→10Gマルチへのマッピングの流れ



- テープに変わる可搬メディア型記録 → 固体メモリーが有力
 - 耐振動性
 - 高速記録・再生可能
 - 小型
- SSDパックを用いた8K-120Hz圧縮記録装置
 - パック1個あたり 4TB
 - 記録速度 12G bit/s、記録時間 40 min
 - フレーム内圧縮(1/6)
 - JPEGファイルとして保存 ⇒ 編集が容易
 - U-SDI 1本で接続可能



記録装置 外観

HDRとは

- 現行のテレビは限られた輝度範囲で制作者の意図を表現するため、ハイライトを圧縮している



- ディスプレーの高輝度化と黒再現性技術の向上

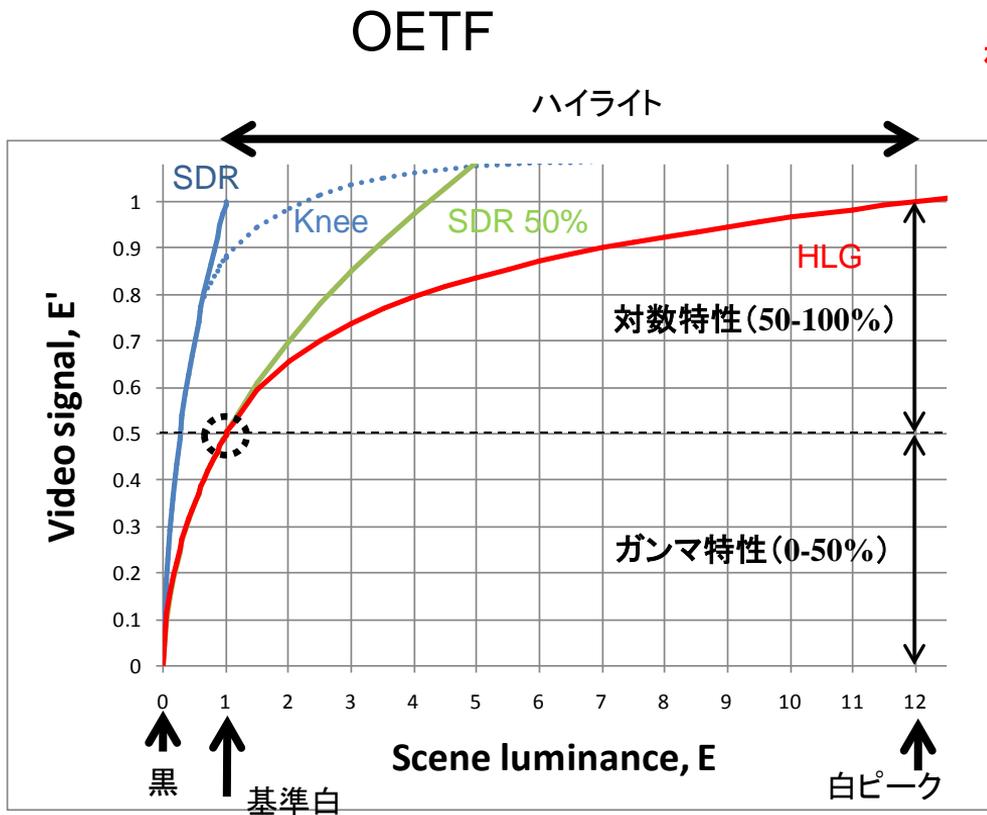


- 表示可能なダイナミックレンジが拡大

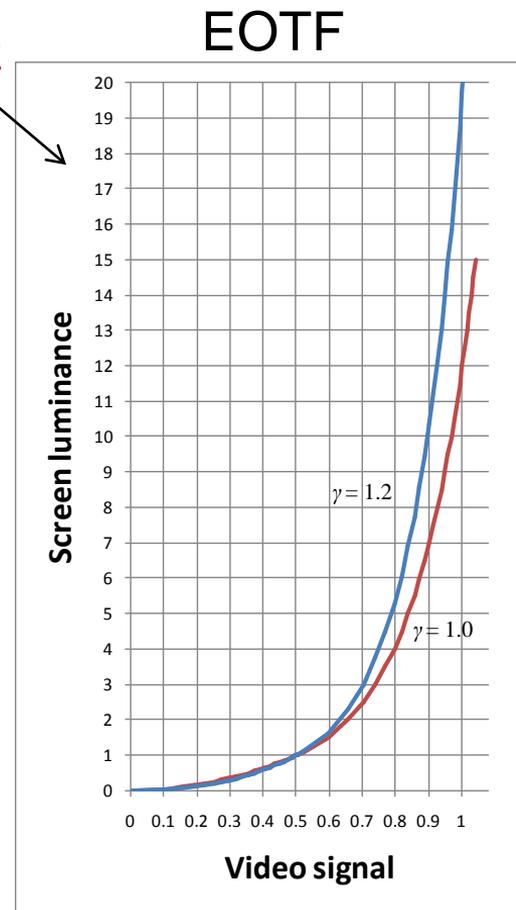


ハイライト表現が可能で現行テレビと親和性の高いHDRシステムを提案

Hybrid Log-Gamma (HLG) 方式



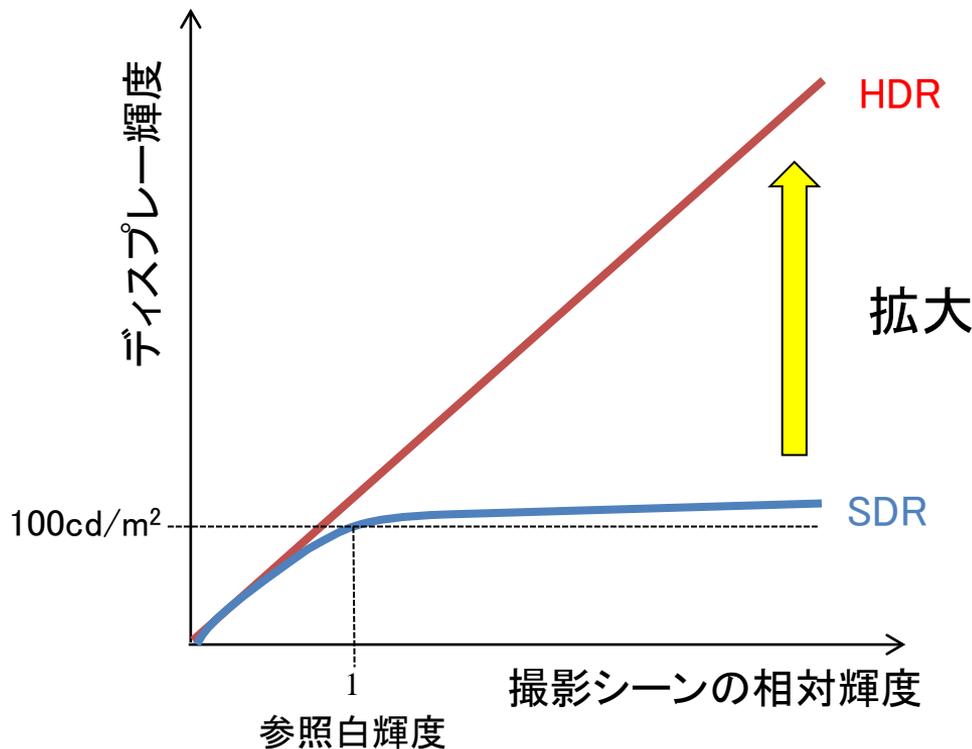
相対輝度値



シーン輝度とディスプレイ輝度の関係(OOTF)

OOTF...Opt-opt Transfer Function

- 明暗差のあるシーンをどのようにディスプレイの表示範囲に収めるか



従来方式とHDR方式との比較

- 明暗の大きなシーンにおいて白飛び、黒つぶれが出にくくなる



SDR
(従来方式)

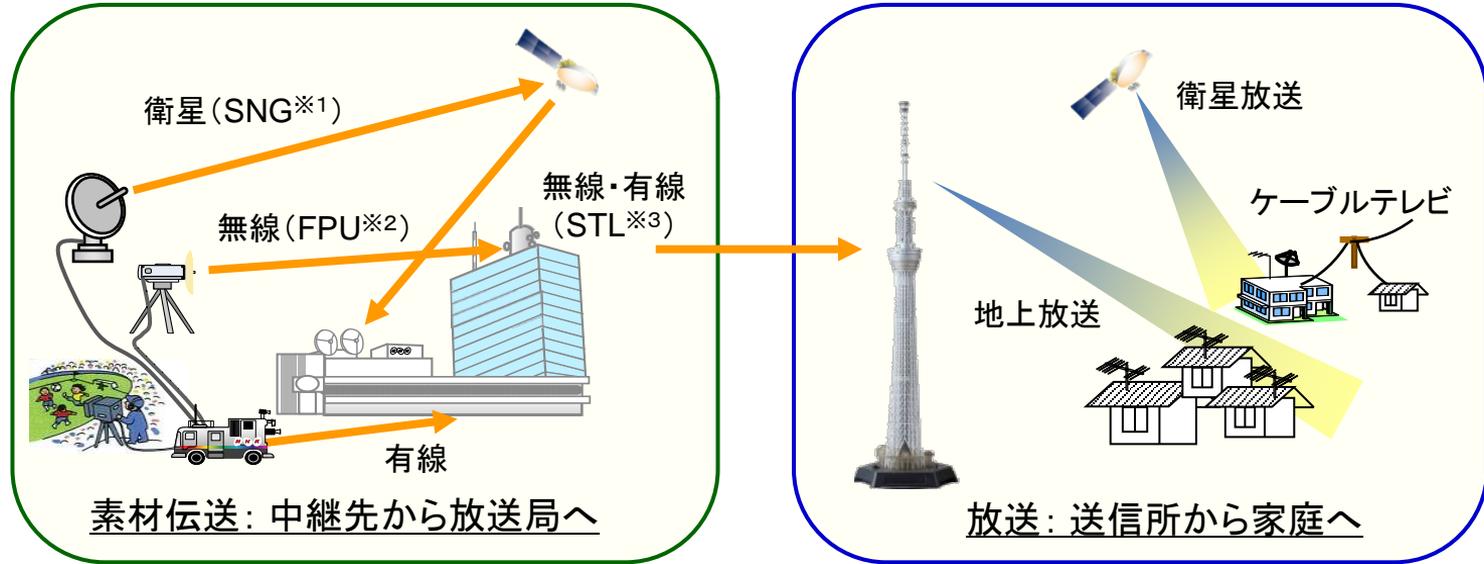


見え方の違い
(イメージ)

HDR
(高ダイナミックレンジ)

伝送技術

8Kスーパーハイビジョンの伝送



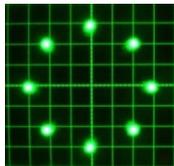
	放送メディア	素材伝送
無線伝送	地上放送 衛星放送	FPU・SNGなど
有線伝送	ケーブルテレビ	光伝送・IP伝送

- ※1 Satellite News Gathering
- ※2 Field Pick-up Unit
- ※3 Studio to Transmitter Link

スーパーハイビジョン衛星放送方式の特長

現行方式

- 1中継器の伝送容量: 約52Mbps
(変調方式: TC8PSK
符号化率: 2/3 の場合)



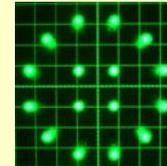
- 映像符号化方式: MPEG-2
- 多重化方式: MPEG-2

1中継器の利用イメージ

HDTV: 2ch

新方式

- 1中継器の伝送容量: 約100Mbps
(変調方式: 16APSK
符号化率: 7/9 の場合)



- 映像符号化方式: H.265/HEVC
(8K映像を高画質で80~100Mbpsに圧縮可能)
- 多重化方式: MMT
(通信で個別に伝送する映像・音声も同期して提示)

1中継器の利用イメージ

8K: 1ch
(または4K: 3ch)

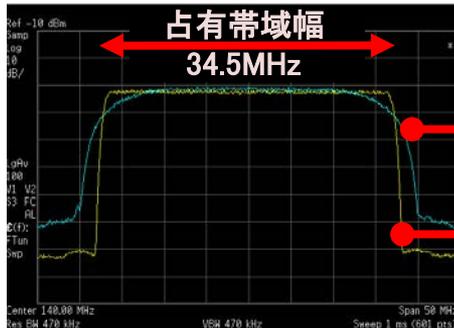
開発した送受信装置とスペクトル



送信装置



受信装置



送信スペクトル

現行方式 (変調方式: TC8PSK 2/3)
 $\alpha = 0.35$, 伝送容量: 52.17 Mbps

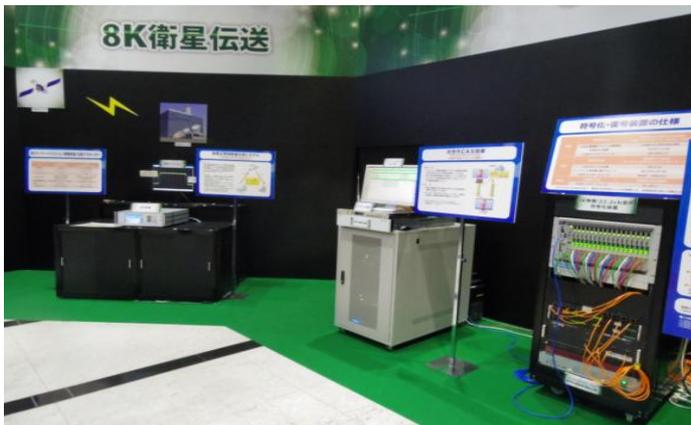
新方式 (変調方式: 16APSK 7/9)
 $\alpha = 0.03$, 伝送容量: 100.49 Mbps

α : ロールオフ率 (スペクトルの減衰度を示す数値)

- ロールオフ率0.03の採用により、広帯域化、帯域端の急峻な減衰特性を実現
- シンボルレートを33.7561Mbaudまで高速化し、34.5MHzの占有帯域幅で、100Mbpsの伝送容量を確保

HEVC/H.265 8K(60Hz)映像符号化装置

- 世界初の8K対応HEVCコーデック
- 衛星伝送実験の実施(2015年5月)



衛星伝送実験

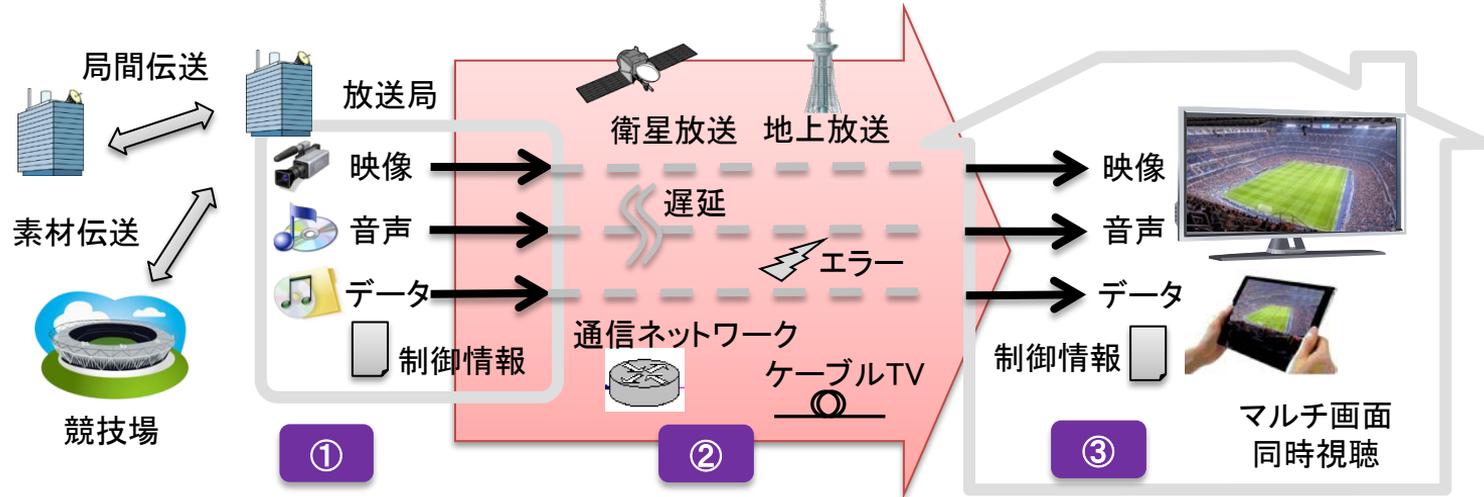


HEVC/H.265方式8Kエンコーダ

多重化技術(MMT)

次世代放送システムへMMT(MPEG Media Transport)多重方式を導入

さまざまな伝送路から配信される情報を統合し、さまざまな端末で表示



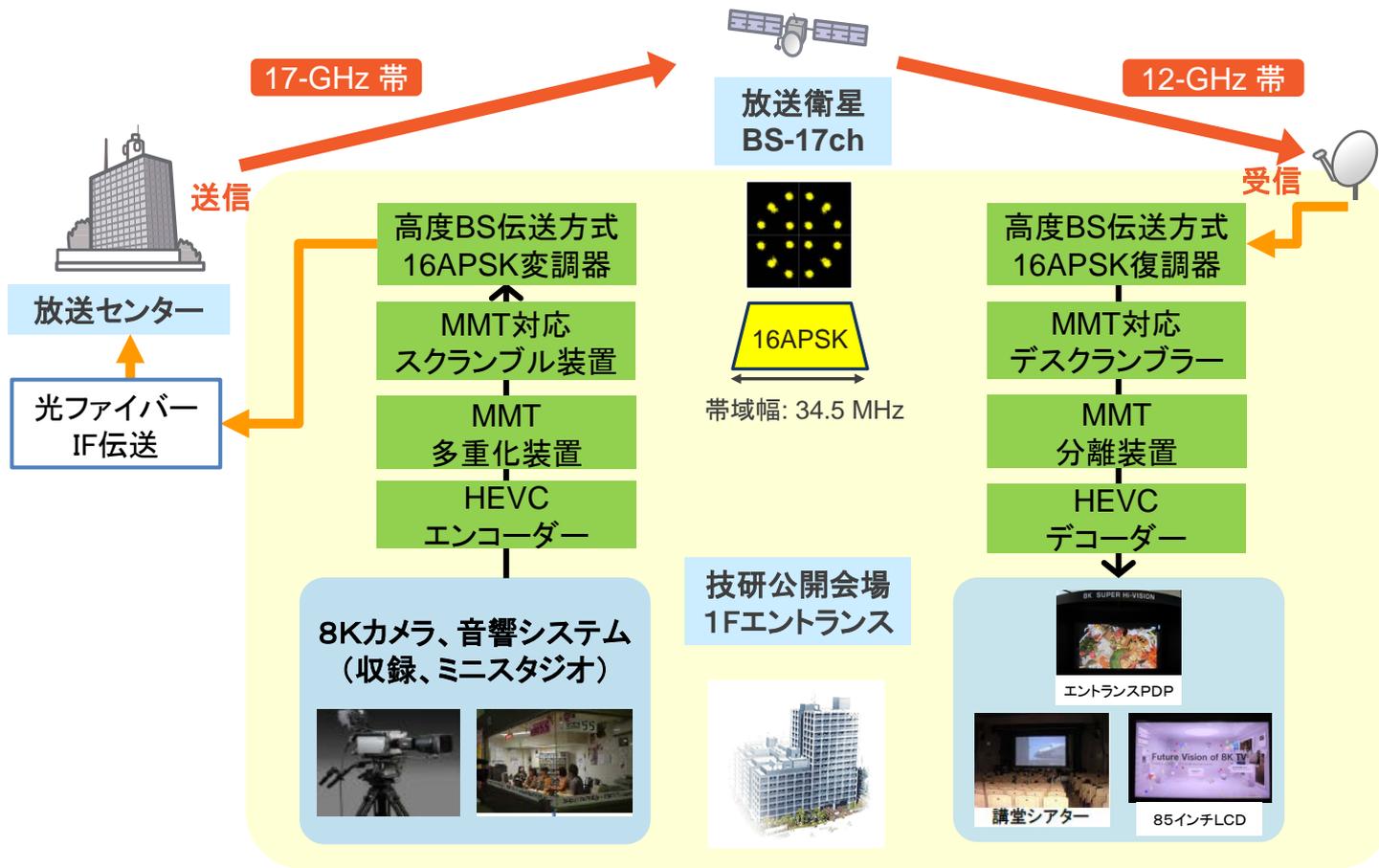
- ① **パッケージ化** 番組構成要素(映像, 音声, データ, 字幕, アプリ)をまとめる
- ② **トランスポート** 複数伝送路(放送, 通信)による配信
- ③ **同期合成・提示** 指定する時刻に, ディスプレーの指定位置へ表示

MMTは, ATSC3.0(米国で標準化中の次世代地上テレビ放送標準規格)の要素技術としても規定



- 制作、符号化、伝送、受信までの放送チェーンをデモ
- 8K SHV放送機器の開発成果を展示

技研公開2015 衛星による8K伝送実験(2)

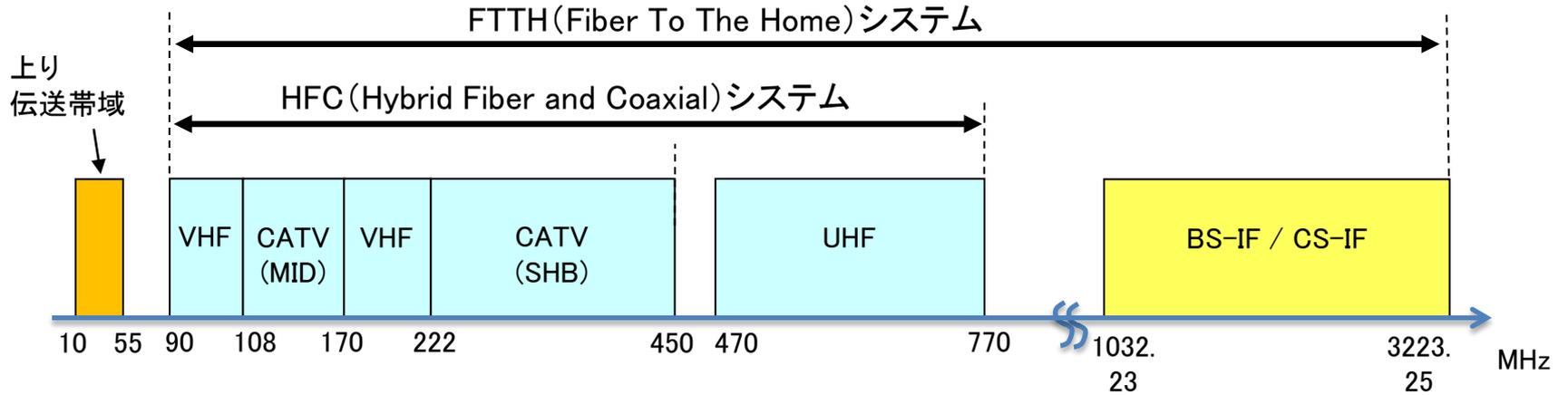


SHVをケーブル伝送するには？

- 複数のチャンネルを束ねて大容量伝送
 - 複数搬送波伝送方式
- 新しい高周波数利用効率の伝送方式+複数チャンネル利用
 - DVB-C2方式
- FTTHで衛星放送のIF信号(2-3GHz帯)を伝送
 - IFパススルー伝送方式
- 映像圧縮技術の進展に期待
 - HEVCでは、4K/60Pまでなら、256 QAM 1波で伝送可能

8Kのケーブルテレビ再送信方式

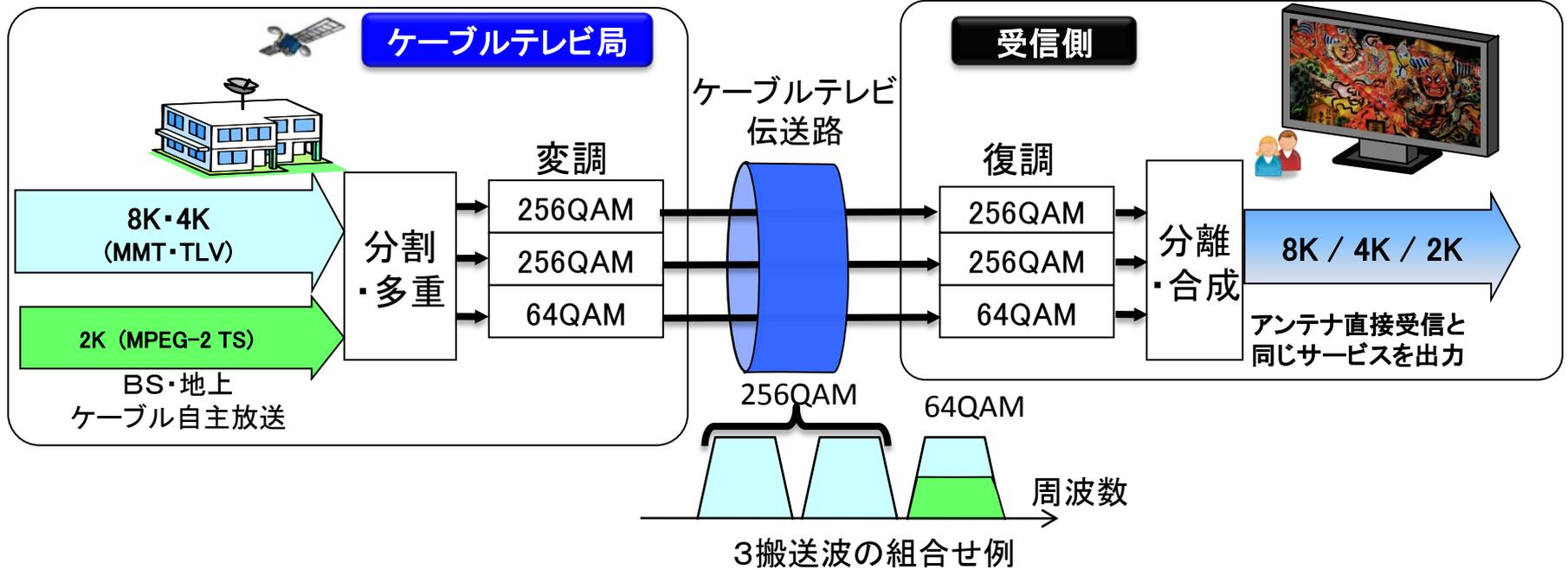
- 8K衛星放送(情報量:約100Mbps)のケーブルテレビ再放送



トランスモジュレーション
複数搬送波伝送方式、DVB-C2
周波数: 90~770 MHz

IFパススルー方式
周波数: 1~3.2 GHz

複数搬送波伝送方式の概要



- 大容量8K信号を1チャンネルの伝送容量以下に分割
- 実用化されている複数TS伝送フレームに多重
- 受信信号からフレームを取り出して合成し、8Kを復元

規格・標準化スケジュール

8K スーパーハイビジョンのケーブルテレビ伝送の実現に向けて、
国内および国際での標準化

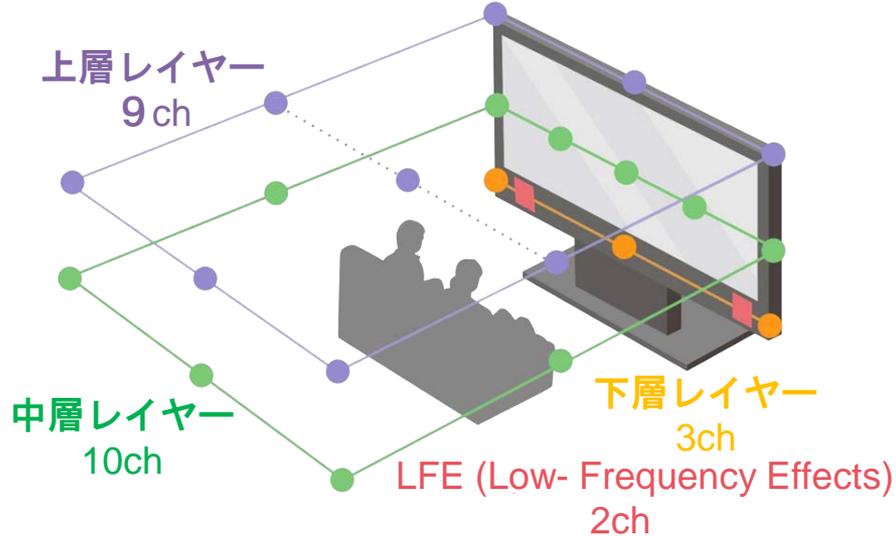
標準化のスケジュール

項目	2014年	2015年	2016年
情通審 放送システム委員会 報告書		▲ 12月	
情通審 省令・告示の改定		▲ 3月	
日本CATV技術協会 標準規格の改定		↔	
日本ケーブルラボ 運用仕様の改定			←-----→
ITU-T SG-9 国際標準化		←-----→	

音響再生技術

家庭視聴用表示・音響再生技術

- フレキシブルな大画面シート型ディスプレイ
- 少ないスピーカー数で22.2ch音響が再生可能な3次元音響再生システム



24個スピーカー設置



映像

大画面シート型
ディスプレイ映像表示

音響

3次元音響再生

■ ディスプレー一体型枠型スピーカーを開発

低域強調用
サブウーハー
を4個組込み



ディスプレイの周りに
12個のスピーカーを設置



高調波ひずみを
低減するエッジ構造

棒型スピーカーによる22.2ch音響再生

- 人間の聴覚特性を利用し、音像を任意の位置に定位して知覚させる「トランスオーラル再生」を利用



表示技術

表示一直視型(HDR対応)

- 2015年 HDR対応8K LCD

- ▶ビット数 12bit

- ▶コントラスト比 200,000 : 1



開発年度	2011年	2013年	2014年	2015	2015
画素数	8K		4K		8K
フレーム周波数	60Hz	120Hz	60Hz		60Hz (120Hz表示)
ビット数	10bit				12bit
最大輝度	300cd/m ²			250	1,200
コントラスト比	1500:1			3500:1	200,000:1
色域包含率	75%		85%	98% (レーザー)	77%

表示—プロジェクター

- 2014年 8K プロジェクター

- ▶ 1.3インチ 3,300万画素 120Hz駆動
- ▶ 半導体レーザー光源により広色域対応

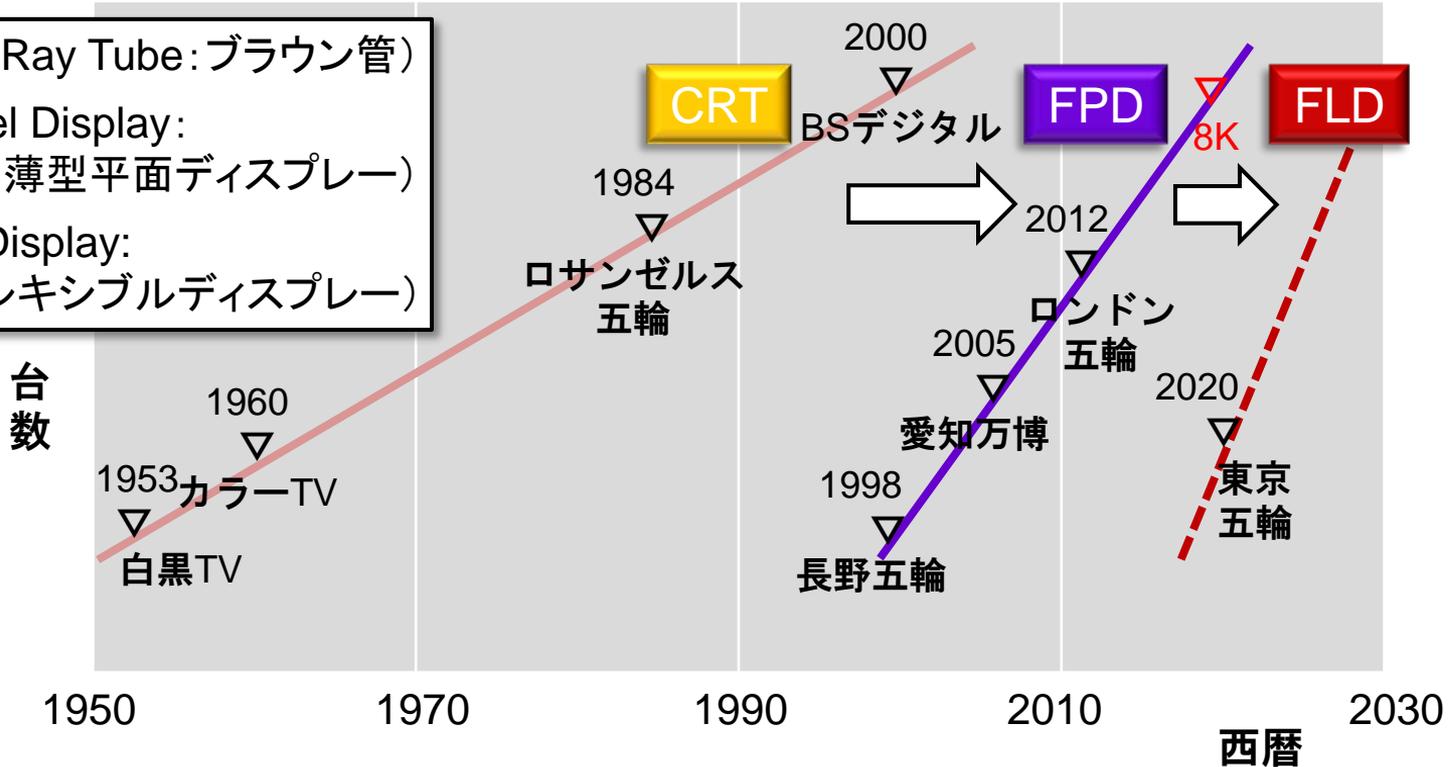


開発年度	2002年	2009年	2011年	2012年	2013年	2014年
素子サイズ	1.7インチ		1.3インチ			1.3インチ
素子画素数	800万 × 4板	3,300万 × 3板	800万 × 3板 (画素ずらし使用)			3,300万 × 3板
フレーム周波数	60Hz			120Hz		120Hz
光源	キセノンランプ		高圧水銀ランプ		レーザー	レーザー

放送方式と家庭用ディスプレイの変遷

■ 放送のデジタル化に伴いCRTからFPDへ、8KではFLDへ

CRT (Cathode Ray Tube: ブラウン管)
 FPD (Flat Panel Display: 薄型平面ディスプレイ)
 FLD (Flexible Display: フレキシブルディスプレイ)



8K SHV直視型ディスプレイの開発

2011年 85型LCD



シャープと共同開発

2012年 145型PDP



パナソニックと共同開発

2014年 120Hz対応85型LCD



シャープと共同開発

2014年 97.5型LCD (BOE)



Y. Liao, et. al.,
Proc. IMID 2014,
20-2

2014年 13.3型OLED (SEL)



S. Kawashima, et. al.,
SID 2014 DIGEST, 44.1

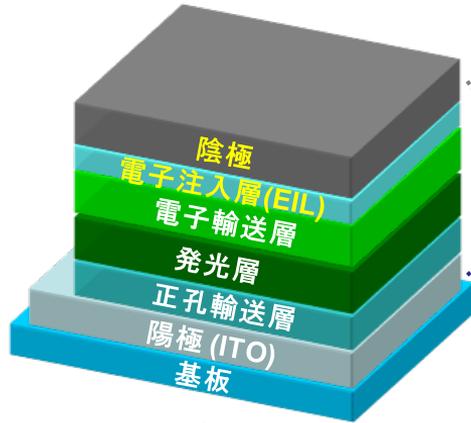
■ 家庭用8Kディスプレイに求められる性能

- **大画面**： 8Kの高臨場感を得られる100インチ級
- **超薄型・軽量**： 搬入の安易性と高い衝撃安定性
- **省電力**： ハイビジョンテレビ並みの消費電力
- **長寿命**： 10年以上の長期安定性

⇒ 柔軟性の高いシート型基板を用いたOLED
(Organic Light-Emitting Diode：有機EL)
フレキシブルディスプレイ

逆構造OLED

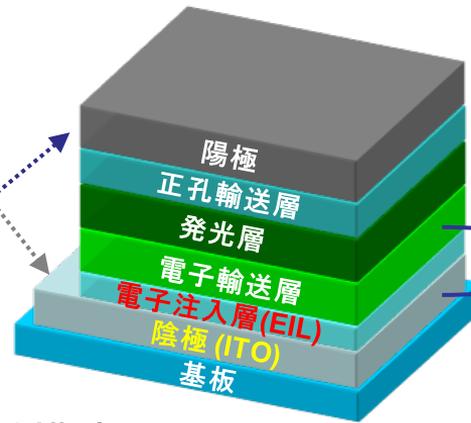
■ 大気安定性の高い逆構造OLEDを開発（日本触媒と共同研究）



通常OLED

電子注入層: アルカリ金属
陰極(上部): アルミニウム

大気中で活性な材料
ガラス並の厳密な封止が必要



逆構造OLED(inverted OLED: iOLED)

電子注入層: 研究課題
陰極(下部): ITO

大気中で活性な材料を使用しない
厳密な封止を必要としない

大型化・低コスト化・フレキシブル化の障害

逆構造OLEDの大気安定性

■ EIL3を用いたiOLEDで250日以上での保存寿命を確認

有機ELの構造 (電子注入層)	大気中保存期間					
	3時間	3日	15日	33日	51日	103日
通常OLED (LiF)						
iOLED-2 (EIL2)	2時間	2日		20日	48日	115日
iOLED-3 (EIL3)		1日	8日	58日	104日	250日

試作したディスプレイの動画表示

■ 曲げた状態でも安定した動画表示を確認



諸元

画面サイズ	対角 8インチ
画素数	640(RGB) × 480 (VGA)
フレーム周波数	60 Hz
画素ピッチ	255 μm (100 ppi*)
有機EL	iOLED

* 1インチ当たりの画素数

BCE-ITZO-TFTとiOLEDを用いたフレキシブルディスプレイ

まとめ

- フルスペック8Kスーパーハイビジョン制作に向けた研究・開発状況を紹介
- スーパーハイビジョン放送の衛星およびケーブルテレビでの放送方式を紹介
- スーパーハイビジョン放送の家庭視聴用表示・音響再生技術を紹介