

テレビを取り巻く放送インフラ及び技術動向と東芝の取組み

Trends in TV Broadcasting Systems and Technologies and Toshiba's Approach

阿部 裕俊

■ ABE Hirotooshi

テレビの技術が成熟する一方で、放送技術や高画質化技術も次の世代への過渡期に来ている。放送及びコンテンツ配信サービスは、映像の解像度がデジタルハイビジョン放送のフルHD (1,920×1,080画素) から4倍の画素数になる4K (3,840×2,160画素) 放送の時代が到来しており、更に8K (7,680×4,320画素) 放送の時代も見えてきた。高画質化技術としては、4Kや8Kといった解像度だけでなく、色域や、量子化数、輝度のダイナミックレンジなどの様々な要素技術が次の段階に進みつつある。

東芝は、広色域化やHDR (High Dynamic Range) といった高画質化技術のトレンドに対応するとともに、当社製品の画質コンセプトである“復元”をキーワードに、伝送系などによる劣化を復元し高画質映像を提供するテレビの開発に取り組んでいる。

In recent years, technologies for both TV broadcasting and enhancement of picture quality have entered a transitional stage in the development of next-generation systems, whereas technologies for TV products have currently reached maturity. Following the advent of 4K broadcasting with its resolution of 3,840 × 2,160 pixels, four times that of digital high-definition broadcasting, the fields of broadcasting and contents distribution services are about to enter the era of 8K (7,680 × 4,320-pixel) broadcasting. In the fields of technologies to enhance the picture quality of TVs, a wide variety of elemental technologies related to color gamut, quantization numbers, and dynamic range, as well as resolution such as 4K and 8K, are advancing to the next stage.

Toshiba is not only responding to technology trends to enhance picture quality, including a wide color gamut technology and a high dynamic range (HDR) technology, but also developing advanced TV products with higher picture quality by reproducing TV signals degraded by transmission, etc. based on the technology concept of "restoration."

インフラ動向

■ 放送・配信サービスの動向

わが国では、2000年12月にBSデジタル放送（放送衛星を利用したデジタル放送）が開始され、本格的なデジタル放送時代が始まった。ハイビジョンをうたった地上デジタルテレビ放送は2003年12月に東京、名古屋、及び大阪で始まり、2006年12月には全国で開始された。2011年7月に一部地区を除くアナログ放送が停波され、2015年にデジタル難視対策などが終了して、わが国はデジタルハイビジョン放送時代に突入した。

デジタルハイビジョン放送の映像解像度は、フルHD (1,920×1,080画素：以下、2Kと呼ぶ) であるが、より解像度の高い4K (3,840×2,160画素) が今や大型テレビ市場で過半数を占め、4Kを更に上回る8K (7,680×4,320画素) まで視野に入っ

た、いわゆる4K・8Kサービスの時代を迎えつつある（[囲み記事参照](#)）。

既に北米では、DIRECTV社や、Amazon社、Netflix社などが4Kでの配信サービスをスタートしている。

わが国では、2014年6月に当時の一般社団法人 次世代放送推進フォーラム (NexTV-F) が東経124/128度のCSデジタル放送（通信衛星を利用したデジタル放送）の高度狭帯域伝送方式を用いて4K試験放送“Channel 4K”を、スカパーJSAT (株) が2015年3月から同じCSデジタル放送で4K本放送2チャンネルを、それぞれ開始した。また、(株)NTTぷららの“ひかりTV”では2014年10月から4K VOD (Video on Demand) サービスが、2015年12月から4K-IP (Internet Protocol) 放送が開始された。

ケーブルテレビでは、(株)ジュピターテレコム (J:COM) などがChannel 4K

を、衛星放送と同時に再送信している。またJ:COMは、2015年5月から4K VODサービスを開始した。更に2015年12月には、ケーブルテレビ業界全体が4Kの実用放送“ケーブル4K”を開始した。

ここでは、国際標準化団体であるITU-T (国際電気通信連合-電気通信標準化部門) とISO/IEC (国際標準化機構/国際電気標準会議) によって規格化された新しい映像圧縮技術であるH.265/HEVC (High Efficiency Video Coding：以下、HEVCと略記) 方式を用いることで、より高い圧縮率で効率良く4Kサービスを実現している。

また、各国で次世代放送の規格化検討が進められている。わが国では、BSや東経110度CSを使った高度広帯域衛星デジタル放送、米国と韓国ではATSC (Advanced Television Systems Committee) 3.0、欧州ではDVB (Digital

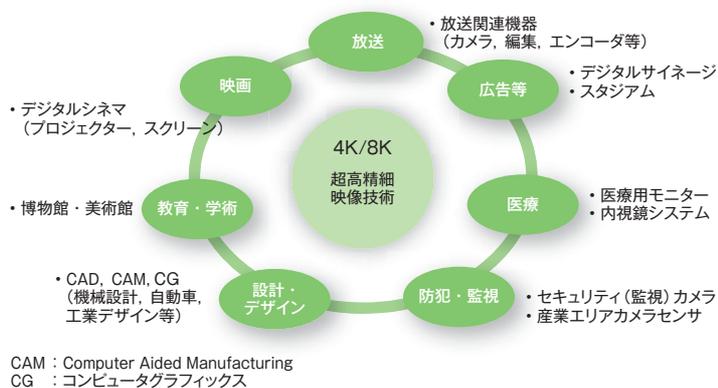
わが国の衛星基幹放送の4K・8K化計画

総務省は2015年7月に「4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合 第二次中間報告」を公表⁽¹⁾した。ここでは、BS放送と東経110度CS放送における4K・8K化の計画として、2016年に試験放送を、2018年に実用放送を、開始するロードマップが示された。2020年には、東京オリンピック・パラリンピックの数多くの中継を4Kや8Kで行うことが予定されている。全国各地のパブリックビューイングで東京オリンピック・パラリンピックの感動が会場だけでなく全国で共有されることや、4K・8K放送が普及し多くの視聴者が市販のテレビで4K・8K番組を楽しめることを目指す姿としている(図A)。

また、超高精細技術は放送分野だけでなく、医療や、設計、デザインなどのBtoB

(Business to Business)用途を含む様々な分野への展開が期待されている。特に医療機器の分野では、超高精細技術だけでなく、いっそうの高画質化が可能なHDR技術の導入も有効である(図B)。

更に、4Kや8Kといった超高精細技術だけでなく、放送・通信連携サービスなどの新たなテレビの使い方と超高精細技術の相乗効果による新しい付加価値が検討されている。



図B. 4K・8K 超高精細映像技術の活用可能性

4K・8K	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2020年	2025年頃		
衛星	BS (右旋)			4K・8K 試験放送 (BS17 ch)	4K 実用放送 (BS17 chを含め2トラポンを目指す)	<目指す姿> ・2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会の数多くの中継が4K・8Kで放送されている。 ・全国各地におけるパブリックビューイングにより、2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会の感動が会場のみでなく全国で共有されている。 ・4K・8K放送が普及し、多くの視聴者が市販のテレビで4K・8K番組を楽しんでいる。	<イメージ> ・4K及び8K実用放送のための伝送路として位置付けられたBS左旋及び110度CS左旋において多様な実用放送実現 ・右旋の受信環境と同程度に左旋の受信環境の整備が進捗		
	BS (左旋)				4K・8K 実用放送			トラポンの追加割当	
	110度CS (左旋)				4K 試験放送			4K 実用放送	トラポンの追加割当
	124/128度CS	4K 試験放送	4K 実用放送						
ケーブルテレビ	4K 試験放送	4K 実用放送							
	4K VOD トライアル				8Kに向けた実験的取組				
IPTV等	4K 試験放送	4K 実用放送							
	4K VOD 実用サービス				8Kに向けた実験的取組				

右旋: 右旋円偏波 左旋: 左旋円偏波
IPTV: Internet Protocol Television ch: チャンネル トラポン: 衛星中継器

*総務省, "4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合第二次中間報告参考資料"⁽²⁾から抜粋

図A. 4K・8K 推進のためのロードマップ

Video Broadcasting)のUHD-1(Ultra-High Definition-1)フェーズ1とフェーズ2及びUHD-2について、現在盛んに議論されている。

わが国における現行放送(2K)と4K・8Kサービスの主な技術仕様の比較

を表1に示す。

■光ディスクの動向

4Kに対応したUltra HD Blu-ray™の規格が制定され、2015年8月に商用ライセンスがスタートした。一部のメーカー

から2015年末に規格に対応した録画機器などが発売され、光ディスクの販売も始まっている。

主な特徴は、4Kのフレームレート60 Hzや、HDR(High Dynamic Range)、色域拡張、オブジェクトオーディオ、デジタ

表1. わが国のデジタルテレビ放送方式の比較

Comparison of digital TV broadcasting systems in Japan

項目	地上デジタルテレビ放送	BSデジタル放送		CSデジタル放送			
		広帯域伝送方式	高度広帯域伝送方式	狭帯域伝送方式	高度狭帯域伝送方式	広帯域伝送方式	高度広帯域伝送方式
使用周波数	UHF帯	11.7～12.2 GHz		12.2～12.75 GHz			
伝送帯域幅	5.7 MHz	34.5 MHz	34.5 MHz	27 MHz	27 MHz	34.5 MHz	34.5 MHz
情報レート (標準レート)	約18 Mビット/s 64QAM, CR = 3/4, ガード比: 1/8	最大約52 Mビット/s (TC8PSK, CR = 2/3)	約100 Mビット/s (16APSK, CR = 7/8)	約29 Mビット/s	最大45 Mビット/s	最大約52 Mビット/s (TC8PSK, CR = 2/3)	最大約70 Mビット/s
多重化方式	MPEG-2システム		MPEG-2 TS又は MMT-TLV	MPEG-2システム			MPEG-2 TS又は MMT-TLV
映像符号化方式	MPEG-2		HEVC	MPEG-2	MPEG-2, H.264又はH.265	MPEG-2	HEVC
映像入力 フォーマット	480i, 480p, 720p, 1080i		1080i, 1080p, 2160p, 4320p	480i, 480p, 720p, 1080i	1080i, 1080p, 2160p	480i, 480p, 720p, 1080i	1080i, 1080p, 2160p, 4320p
色域	Rec.ITU-R BT.709		Rec.ITU-R BT.709 IEC 61966-2-4 Rec.ITU-R BT.2020*1	Rec.ITU-R BT.709	Rec.ITU-R BT.709 IEC 61966-2-4 Rec.ITU-R BT.2020*2	Rec.ITU-R BT.709	Rec.ITU-R BT.709 IEC 61966-2-4 Rec.ITU-R BT.2020*1

UHF: Ultra High Frequency QAM: 直角度相振幅変調 CR: Code Rate TC: Trellis Coded
 PSK: Phase Shift Keying APSK: Amplitude Phase Shift Keying TS: Transport Stream MMT: MPEG Media Transport
 TLV: Type Length Value p: プログレッシブ i: インタレース
 Rec.ITU-R BT.709: 国際電気通信連合-無線通信部門勧告BT.709 IEC 61966-2-4: 国際電気標準会議規格61966-2-4

*1: 2160p及び4320pの場合

*2: 2160pの場合

*総務省, 「4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合」事務局, 「第二次中間報告後の取組状況」⁽⁴⁾に基づいて作成

ルブリッジなどへの対応である。

2015年から2016年の 技術トレンド

■映像圧縮技術

4K放送では, 新しい映像圧縮技術HEVCが用いられる。

HEVCの特長は, 従来方式のH.264/AVC (Advanced Video Coding: 以下, AVCと略記) に比べて理論的に2倍のデータ圧縮率を持つことであり, 同じ帯域のネットワークでも, 映像データ容量の削減によって高解像度な映像サービスを提供できる。現在地上波で運用されているMPEG-2 Videoと比較すると, 約4倍のデータ圧縮が可能になる^(注1)。

また, HEVCの第2版では, HDR用のメタデータとして, SMPTE (米国映画テレビ技術者協会) がマスタリング時のディスプレイのカラーボリュームを定義したST 2086を追加した。これにより, マスタリング時のRGB (赤, 緑, 青) 3原色の色度, 白の色度, 最大輝度, 及び最小輝度がわかるため, 理論的にはマスタリング時の映像とまったく同じもの

をテレビで再現でき, 高画質設計に生かすことができる。

■広色域化と量子化

わが国の4K放送では, Rec.ITU-R BT.2020 (国際電気通信連合-無線通信部門勧告 BT.2020: 以下, BT.2020と略記) 方式が採用されている。BT.2020の特徴は, より広い色域の情報の伝送ができることである。

また, 伝送できる量子化ビット数もBT.709の8ビットから10ビットに拡張されており, いっそう滑らかなSN比 (信号対雑音比) の良い画像が伝送できる。

■テレビの映像を輝かせるHDR技術

映像に輝きや高いコントラストをもたらすHDR技術が注目を浴びており, HDRの伝送特性を規定しているST 2084では, 最大10,000 nit^(注2)の輝度特性を採用している。

もともと人間の目の輝度に対するダイナミックレンジは, 約20,000 nitあるとされている。今までの伝送方式のダイナミックレンジは, 映画では48 nit, Blu-ray™でも100 nitで編集されている。こ

れはフィルム時代に, 映写機の熱でフィルムが焼き付かないように光量を制限する必要があったため, この名残が今まで続いていたものである。テレビもCRT (Cathode Ray Tube) からLCD (液晶ディスプレイ) になり, 現在は一般的な製品でも400～500 nitの輝度は映し出すことが可能になっている。

伝送方式が10ビットになることに合わせて, より高い輝度表現まで伝送しようという動きがある。編集用のディスプレイもLCDが一般的になっており, 編集を高輝度で行うことは問題なくできるため, これを効率良く伝送するための様々な方式が議論され, 一部の方式は実際に採用されている。

■HDR関連の規格や認証試験

HDRについては, CTA (Consumer Technology Association) がHDR対応ディスプレイの定義を, 2015年にドイツベルリンで開催されたIFA (国際コンシューマーエレクトロニクス展) の前に発表している。

HDRの効果を十分に生かすためには, コンテンツや, 配信サービス及びその機器, ディスプレイなどを含めたシステム全体を考える必要がある。

(注1) 地上波放送はインタレース方式なので, 単純に4倍の解像度になるわけではない。

(注2) nitは画面の明るさを示す単位で, 1 nit = 1 cd/m²。

表2. HDMI®のバージョン間の仕様比較

Comparison of specifications of each version of HDMI®

項目	HDMI®のバージョン					
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	2.0
リリース日	2002年12月9日	2004年5月20日	2005年8月22日	2006年6月22日	2009年6月5日	2013年9月4日
最大バンド幅 (Gビット/s)	4.95	4.95	4.95	10.2	10.2	18
最大解像度 (画素) (フレームレート (Hz))	1,600×1,200p (60)	1,600×1,200p (60)	1,600×1,200p (60)	2,048×1,536p (75)	4,096×2,160p (24)	4,096×2,160p (60)
最大L-PCM音声チャンネル数	8	8	8	8	8	32
最大音声サンプル周波数 (kHz)	768	768	768	768	768	1,536

* HDMI Licensing, LLC. "HDMI 2.0-Overview"^(注)に基づいて作成

これについては、Dolby Laboratories社がDolby Vision™として、コンテンツからテレビの画質までの独自の技術仕様を確立し、認証試験を実施している。また、ハリウッドスタジオや、家電メーカー、映像配信事業者などによって設立されたUHD Allianceでは、コンテンツ、配信、及び機器それぞれの技術仕様を作り、ロゴ認証プログラムを発表している。

■Ultra HD Blu-ray™のHDR対応

Ultra HD Blu-ray™の規格ではHDR対応が必須となっているので、HDRを楽しむために、Ultra HD Blu-ray™のプレーヤを使う方法がある。このときに必要なのは4Kの場合と同様に、HDRコンテンツの光ディスク、Ultra HD Blu-ray™のプレーヤとHDR対応のテレビ、及びHDR対応のインタフェースである。

Ultra HD Blu-ray™のコンテンツについては、米国で2016年6月現在10本以上の映画コンテンツが、発売されている。

■VODサービスのHDR対応

わが国では、(株)NTTぷららが2015年11月末にHDRコンテンツのVODサービスを開始した。

グローバルコンテンツサービスプロバイダのNetflix社やAmazon社もHDRへの対応を進めており、欧米では既にサービスをスタートし、2016年にはわが国でのサービス開始が予定されている。

■HDRに対応したインタフェース技術

4K対応のUltra HD Blu-ray™プレー

ヤと4K表示が可能なテレビを持っていても、接続インタフェースが4Kに対応していないと、これらを接続して楽しむことができない。HDMI®の規格の推移と主な仕様を表2に示す。Ultra HD Blu-ray™規格に対応するため、新たにHDMI® 2.0規格が、2013年9月に発表された。この規格では最大の伝送バンド幅が、HDMI® 1.4規格の10.2 Gビット/sに対して、最大18 Gビット/sまで拡大された。この伝送バンド幅は、4Kのフレームレート60 Hzまで対応できる。

ただし、HDMI® 1.4と同じ10.2 Gビット/sでも、4Kのフレームレート30 Hz、若しくは4Kのフレームレート60 HzでYCbCr^(注3) 4:2:0 輝度深度8ビットの伝送は可能であり、10.2 Gビット/sまで対応する4K製品も存在する。また、MHL®のインタフェース規格もMHL® 3.0では、4Kのフレームレート30 Hzまでの対応が可能であり、モバイル機器と接続することでモバイル機器の4Kコンテンツをテレビで楽しむことができる。

Ultra HD Blu-ray™規格でHDR対応が採用されたことから、HDR対応のインタフェースとして、HDR用に拡張されたHDMI® 2.0a規格が、2015年4月にリリースされた。この拡張は、CTAのCTA-861.3規格のHDRメタデータ拡張に対応したものである。

また、MHL® 3.0を超える規格として、superMHL™が2015年1月にリリースされた。superMHL™は、MHL®とはコネクタの形状が異なること、8Kまで伝送で

きることで、大きな特長である。

2016年1月に米国 ラスベガスで開催されたコンシューマーエレクトロニクスショー (CES) では、MHL, LLCブースで8Kのデモンストレーションが行われた。

superMHL™の主な仕様には、8Kのフレームレート120 Hzや、48ビット色深度、広色域、HDR対応などがある。

■次世代の高画質化技術

4Kの解像度は、HDRの高輝度や高コントラストによる高画質化効果を得て、最大限に生かされる。今後4KとHDRは、一対で訴求されるだろう。4K、広色域、及びHDRが融合することで、次世代の高画質化をけん引していく。

東芝の取組み

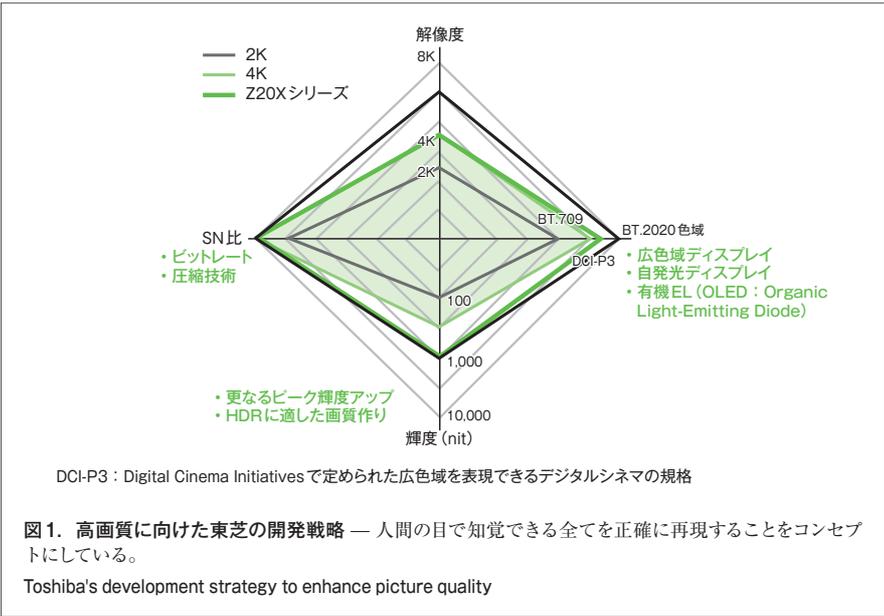
■レグザの高画質コンセプト

東芝の画質コンセプトは、“復元”をキーワードにしている。復元にもいろいろな意味があり、伝送のための画像圧縮などの信号処理によるSN比の劣化を復元することや、実際にその場にいるような臨場感の復元はもちろんのこと、更にその先として、その場の感動の復元までも考えに入れている。

当社製液晶テレビ レグザの高画質開発戦略を図1に示す。復元のための技術指標としては、解像度、SN比、色域、及び輝度のダイナミックレンジの四つがある。

解像度による画質向上の効果は視聴

(注3) 色空間を輝度(Y)と二つの色差(C_b及びC_r)で表す方式。



距離によって影響を受けるので、テレビの画面サイズに応じて最適に選択する必要がある。SN比はエンコード方式やビット数に依存するが、テレビの機能としては信号処理のビット数が重要である。信号のビット数を欠落なく処理することはもちろんであるが、絵作りなどの高画質化回路で信号処理によるSN比の低下が起こらないように、内部処理に

は十分なビット数が必要である。

色域については、BT.2020の色域まで伝送できる仕組みはあるが、まだ編集用ディスプレイでもこの色域をカバーできるものは少なく、既存の色域のコンテンツも多い。これらのコンテンツをいかに人間の目に近い色域まで復元するかが、重要な開発要素になっている。

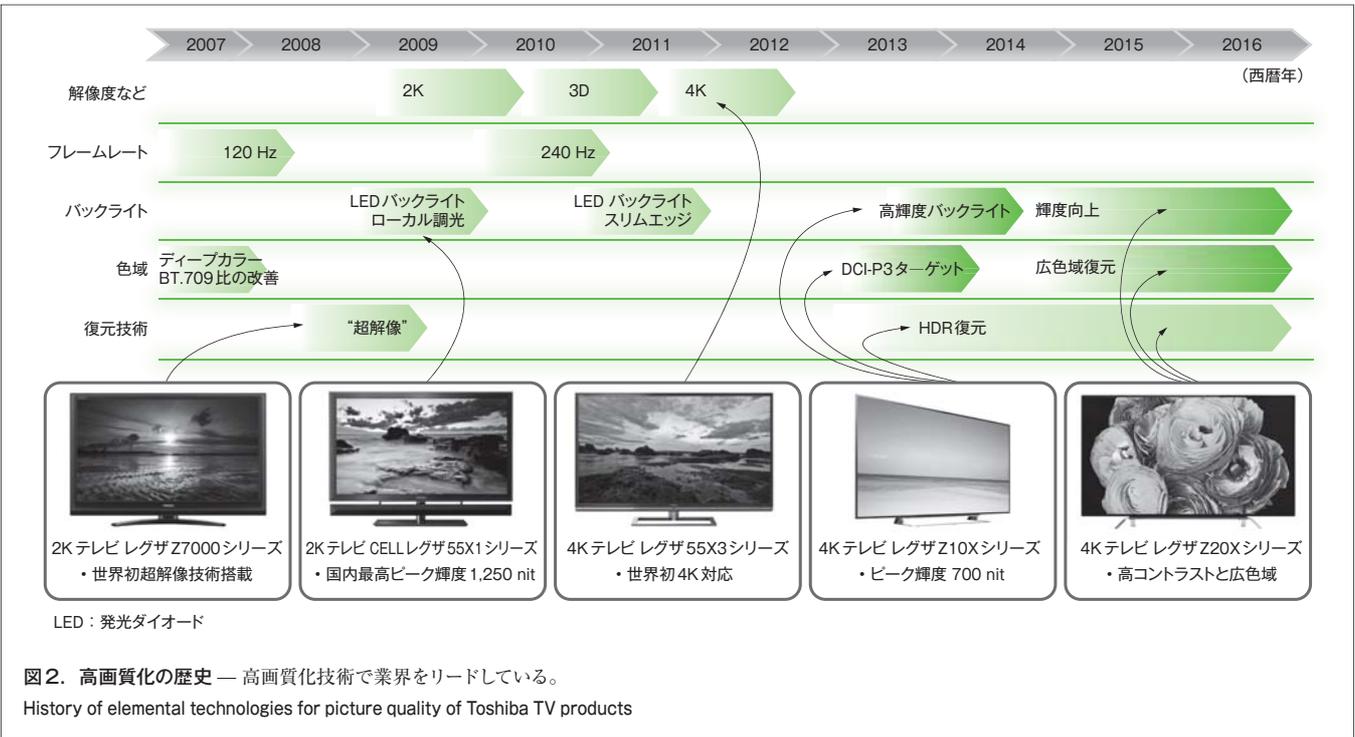
輝度については、臨場感ある映像を

再現するために、最大輝度を上げることが重要である。単に輝度を上げると黒側の階調性能が落ちるので、輝度を上げながらダイナミックレンジを確保することも重要な技術になる。

■レグザの歴史

これらのコンセプトに基づいて、当社は多くの点で他社に先駆けて高画質化技術を実現し、レグザに搭載してきた(図2)。

2008年には超解像技術による解像度復元機能を搭載したZ7000シリーズを商品化した。2009年には、当社独自の輝度復元技術の搭載によりピーク輝度1,250 nitを実現した55X1シリーズを商品化してHDR技術の先駆けとなった。また4Kへの取組みも早く、2011年後半には業界で初めて4Kに対応した55X3シリーズを商品化した。このシリーズは、3D(立体視)映像を専用眼鏡なしで視聴できるグラスレス3Dの機能も持った画期的な製品だった。更に、2013年には、現在のHDRトレンドをリードする700 nitピーク輝度のZ10Xシリーズを商品化した。



■フラグシップモデルZ20Xシリーズ

2015年11月に商品化したレグザ Z20Xシリーズはハイエンドモデルであり、これまでの当社技術の集大成である。4K放送対応のスカパー！プレミアムサービス用のチューナを内蔵し、ひかりTVの4K配信や(株)NTTぶららのHDRコンテンツVODサービスにも対応している(この特集のp.8-11参照)。

また、HDMI[®] 2.0aのHDRメタデータ拡張によりHDMI[®]入力のHDRに対応している。

高画質エンジンは、新開発の“4KレグザエンジンHDR PRO”を搭載しており、4K高画質処理回路やクアッドコアRISC(縮小命令セットコンピュータ)などにより、レグザ史上最高の高コントラストと高色域を実現した(同p.12-15参照)。

高画質化技術としては、高出力のLED(発光ダイオード)を画面直下に多数配置した液晶パネルモジュールを新規開発し1,000 nitを超える輝度を実現するとともに、LEDの蛍光体にも改良を加えてBT.2020の80%以上のカバー率を達成した(同p.16-19参照)。

高音質化のためには、スマートパワーオプティマイザを搭載したアンプや新素材採用の“前面放射型ドームツイーター”などの新規開発により、音声のダイナミックレンジを拡大した(同p.20-23参照)。

また、テレビで視聴できるコンテンツ数が増大するなか、ユーザーに好みの番組を提示する“みるコレ”サービスを開発し、Z20Xシリーズやそれ以前に商品化された“レグザクラウドサービス「TimeOn」”に対応する機種向けにリリースした(同p.24-27参照)。

あとがき

2020年に向けて、基幹放送での4Kサービスや8Kサービスといった放送インフラは大きく変化する。当社は、放送インフラの進化に対応し、最新の放送に対応した製品を開発していく。

画質系では、インフラの変化に伴う高画質化に対応する一方で、撮像カメラの動画応答性や伝送系での圧縮による画質の劣化を復元する機能の開発や、有機EL(OLED: Organic Light-Emitting Diode)などのディスプレイの進化への対応を進めていく。

更に、人間の知覚や経験に基づく感覚の復元までもターゲットにし、究極の高画質映像体験の提供を目指していく。

文 献

- (1) 総務省. “4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合 第二次中間報告 概要”. 総務省ホームページ. <http://www.soumu.go.jp/main_content/000370905.pdf>. (参照 2016-03-23).

- (2) 総務省. “4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合 第二次中間報告 参考資料”. 総務省ホームページ. <http://www.soumu.go.jp/main_content/000370907.pdf>. (参照 2016-03-23).
- (3) 総務省. “4K・8Kの推進に関する現状について”. 総務省ホームページ. <http://www.soumu.go.jp/main_content/000276941.pdf>. (参照 2016-03-23).
- (4) 総務省. “4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合”事務局. “第二次中間報告後の取組状況”. 総務省ホームページ. <http://www.soumu.go.jp/main_content/000392422.pdf>. (参照 2016-03-23).
- (5) HDMI Licensing, LLC. “HDMI 2.0-Overview”. HDMI Homepage. <http://www.hdmi.org/download/2015_Q2_HDMI_2.0_Overview_FINAL.pdf>. (accessed 2016-03-23).

- Blu-ray Disc[™], Blu-ray[™]及びUltra HD Blu-ray[™]は、Blu-ray Disc Associationの商標。
- Dolby Visionは、Dolby Laboratories社の商標。
- HDMIは、HDMI Licensing LLCの米国及びその他の国における登録商標又は商標。
- MHL及びsuperMHLは、MHL, LLCの登録商標。



阿部 裕俊
ABE Hirotooshi

東芝映像ソリューション(株) 設計統括部 技術管理部。
デジタル映像処理の企画, 設計, 開発に従事。
Toshiba Visual Solutions Corp.