

UHDTVを支える最新の高画質化技術

Latest High Picture Quality Technologies for UHDTV

中村 真樹

山田 和宏

宮沢 弘俊

■ NAKAMURA Masaki

■ YAMADA Kazuhiro

■ MIYAZAWA Hirotooshi

近年、テレビ (TV) の画面サイズの大型化に伴い、緻密な映像を表現できるUHDTV (超高精細度 TV) の需要が高まっており、映像をより鮮明に映し出すための高画質化技術がますます重要になってきている。

東芝は、2011年12月に、民生用TVとしては世界初となるUHDTV (レグザ) 55X3を市場に投入した。そして今回、〈レグザ〉シリーズのフラグシップモデルとなるZ9Xシリーズを商品化した。このモデルは、当社のUHDTVとしてこれまでにない高輝度で広色域の液晶パネルを採用^(注1)し、鮮やかな映像と豊かな色彩を再現する当社独自の高画質化アルゴリズムと、進化し続ける超解像技術により、いっそうの高画質化を実現した。

Demand has been increasing for ultra-high definition television (UHDTV), which features a UHD liquid crystal display (LCD) with 3,840 x 2,160 pixels, accompanying the upsizing of screen sizes in recent years. In line with this trend, there is an increasing need for high picture quality technologies to project clearer images on the screen.

Toshiba launched the REGZA 55X3, the world's first UHDTV for consumer use, in 2011. We have now developed and commercialized the REGZA Z9X series flagship models of the REGZA lineup, which incorporate the following latest UHDTV technologies to achieve high picture quality: a high-brightness and wide color gamut LCD applied to the 50/58/65Z9X models, a proprietary picture quality algorithm for the reproduction of clearer and more colorful images, and a super-resolution technology for the noise generation area of digital broadcasting contents.

1 まえがき

近年、TV市場では、低価格化とともに迫力ある映像を求めるユーザーが増え、画面サイズの大型化が進んでいる。大型化により臨場感あふれる映像が視聴できる一方、2K解像度 (1,920×1,080画素) のHDTV (高精細度 TV) では一つひとつの画素が目立ち、映像の粗さを感じてしまう。このため、これを解消してより緻密な映像を映し出すことができる4K解像度 (3,840×2,160画素) のUHDTVの需要が高まっている。

今回、東芝は、高輝度・広色域液晶パネルを搭載したUHDTV (レグザ) Z9Xシリーズを開発した。このモデルには、当社が独自に開発した高画質化アルゴリズムの“ハイダイナミックレンジ復元技術”、“広色域復元技術”、及び進化し続ける“超解像技術”を搭載している。これらは、UHDTVコンテンツを高品位で視聴できるほか、地上デジタル放送やBlu-ray DiscTM (注2)などのHDTVコンテンツもリアリティあふれる映像で視聴できる技術である。

現在、カメラで撮影された映像は限られたダイナミックレンジの中に収められており、輝度や色彩が部分的に圧縮され、現実世界のものとは異なった映像になっている。これらTVに映し出される映像を現実世界に近づけるため、当社独自のハイダイナ

ミックレンジ復元技術と広色域復元技術は、リアリティのある階調や色彩を表現する。また、超解像技術は、HDTVコンテンツの映像の特徴を検出し適切な処理を行うことで、UHDTVならではの精細感にあふれる高画質な映像を実現する。

ここでは、これらの技術の概要と特長について述べる。

2 ハイダイナミックレンジ復元技術

ハイダイナミックレンジ復元技術は、2013年に市場投入したHDTV (レグザ) Z8/J8シリーズで採用した。

これは、闇夜の漆黒や晴天時の輝きなど現実世界の明暗を描写しようとするための技術であり、従来比で発光輝度を75%向上させた直下型バックライトシステムを採用することで、明るさとコントラストに加え豊富な階調表現を実現している。2014年1月のInternational CES (Consumer Electronics Show) でも、映像のダイナミックレンジを拡大する高画質化技術が複数の企業から発表されており、今後注目される技術になると考えられる。

以下に、〈レグザ〉Z9Xシリーズに搭載したこのハイダイナミックレンジ復元技術について述べる。

HD信号規格である国際標準ITU-R BT.709 (国際電気通信連合-無線通信部門規格BT.709) のガンマ (γ) 特性が $\gamma = 1/2.2$ での入出力特性⁽¹⁾を図1に示す。これによると、縦軸

(注1) 50/58/65Z9Xに限る。

(注2) Blu-ray DiscTM, Blu-rayTMは、Blu-ray Disc Associationの商標。

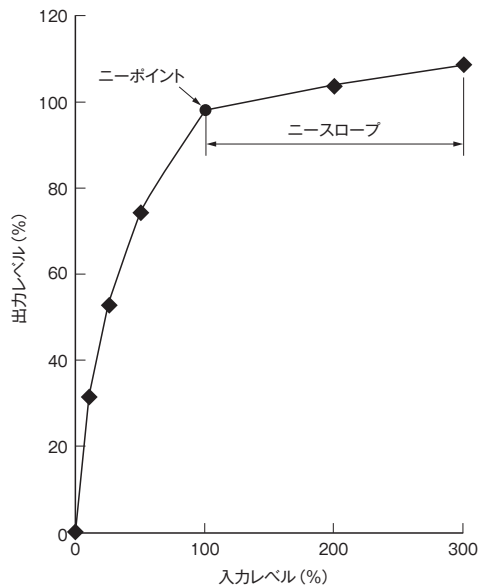


図1. ITU-R BT.709 $\gamma=1/2.2$ による入出力特性 — ニーポイントを始点として、入力に対して出力が急激に圧縮されていることがわかる。
Input-output characteristics during image acquisition at $\gamma = 1/2.2$ defined by International Telecommunication Union Radiocommunication Sector (ITU-R) BT.709 standard

の31.4～74.3%の範囲が γ カーブとして表わされ、ニーポイントが入力レベル100%に対し出力レベル98%となっている。その後、飽和する入力レベル300%に対し出力レベル109%となる傾斜を描く。このニーポイントから飽和レベルまでの傾斜がニースロープとなる。このニースロープの傾斜が緩やかなことからわかるように、カメラで撮影された映像では明部を圧縮して記録していることになる。

したがって、入力される映像信号をTVに表示する際には、逆 γ 処理を行って線形信号に戻すが、明部の圧縮領域に関しては復元するまでには至らない(図2)。

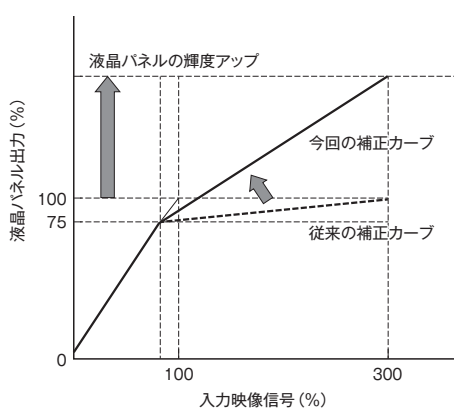


図2. 液晶パネルへの出画時の入出力特性 — 液晶パネル出力の輝度増加分を用いて、圧縮されている明部を表現できる領域を拡大する。
Input-output characteristics of image output to LCD panel

この圧縮領域を、従来よりも向上させた輝度領域に再配置することで、明部のコントラストを拡大させて階調表現する技術がハイダイナミックレンジ復元技術である。

これを実現するために、入力映像から高精度な輝度ヒストグラムを取得し、これを元にリアルタイムコントラスト補正を行う機能“質感リアライザー”⁽²⁾を活用している。動作原理としては、明部(80%以上の輝度)の階調圧縮領域に分布する映像信号の面積に応じて、明部の階調補正(復元)を行うコントラスト補正カーブを生成し、これを従来からのコントラスト補正カーブに加算することで実現している。高輝度の液晶パネルで明るさが向上するだけでなく、このダイナミックレンジ復元技術を搭載することで、従来のTV画面では視認が難しい明部階調性を向上させることができ、今まで以上にリアリティのある映像を映し出すことができる。

図3は、ハイダイナミックレンジ復元技術の動作による実際の比較映像である。図3(a)と(b)の左上に表示されているグラフは輝度分布で、横軸は入力輝度で右側ほど高く(明るく)、縦軸は画素分布で上側ほど多い。また左下に表示されているグラフは質感リアライザー特性で、横軸は入力輝度で右側ほど高く(明るく)、縦軸は出力輝度で上側ほど高い(明るい)。この質感リアライザー特性を見てもわかるように、図3(a)のオフ状態では明部側の特性がやや弧を描いているが、図3(b)のオン状態では直線に近く階調の表現が優れている映像でも、



(a) ハイダイナミックレンジ復元オフ



(b) ハイダイナミックレンジ復元オン

図3. ハイダイナミックレンジ復元の動作例 — 明るい白の部分が、オフ状態ではつぶれ気味であるが、オン状態でははっきり表示されるようになっている。

Example of operation of high dynamic range restoration

明るく白い部分がオン状態でははっきり表示されるようになっている。

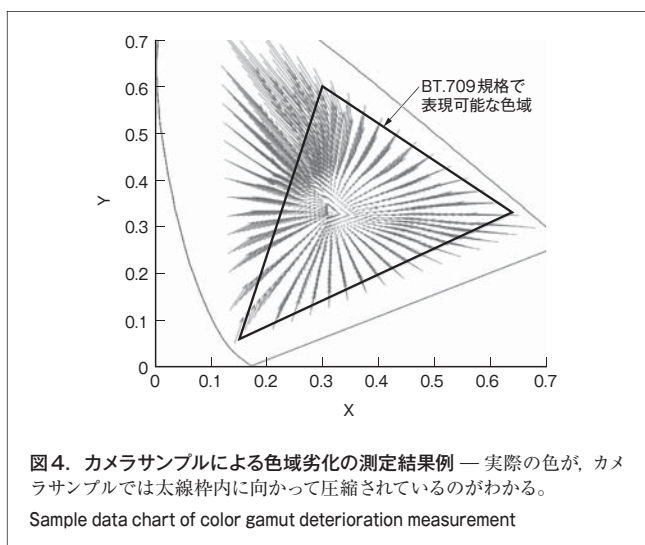
3 広色域復元技術

色彩を表現する広色域化については、UHDTV向けのITU-R BT.2020で規格化されている。これは、従来のHD信号規格BT.709よりはるかに広い色域で定義されている。また、色域に関するxvYCC規格(IEC(国際電気標準会議)61966-2-4)によって、BT.709より広色域化されたBlu-ray Disc™コンテンツが発売されるなど、広色域化への対応が必要となっている。一方で、現在TV放送されているコンテンツはBT.709の色域で配信されており、表現できる色領域は現実世界よりも狭い。

実際にあるカメラサンプルについて、色域がどのように映像信号に盛り込まれるかを測定し、CIE(国際照明委員会)の色度図に示した例を図4に示す。三角形の太線枠内がBT.709で表現可能な色域である。この測定結果から、実際にははるかに広い色域が圧縮された色域内に記録されていることがわかる。

〈レグザ〉Z9Xでは、広色域の液晶パネルを採用するとともに、TV放送の色域内に圧縮された色を復元する広色域復元技術を搭載した。圧縮された色を単純に拡大しただけでは不自然な色になってしまうため、この広色域復元技術が必要となる。

本来、発光源ではない物体の色が認識されるためには、必ず外光の反射が必要となる。このとき、反射係数に伴って光の減衰が起き、輝度と色の比率が発光源とは異なる特性を持つ。この特性境界を最明色境界としているが、これにより輝度と色の比率が崩れ、復元色が蛍光体のような不自然な見え方になってしまう。〈レグザ〉Z9Xでは、BT.709の色域に圧縮された色を、この最明色境界を考慮した広色域復元データベースを用いて高精度の色空間処理を行うことで、物体の反



射光の特性を考慮した色域の復元を実現している。この技術により不自然な色彩を防ぎ、自然でかつリアリティのある色彩を再現している。

図5は実際の出力例である。図5(a)は単純な色域拡大を行った例であり、花びらが不自然な蛍光色になってしまっているが、この広色域復元技術を用いた図5(b)では自然に再現できている。

4 デジタル放送向けノイズエリア解析 超解像技術

今後、UHDTVコンテンツの配信が計画されているが、現在のところ、既存のTV放送やBlu-ray Disc™及びDVDなど、HDTVコンテンツの視聴が主流である。

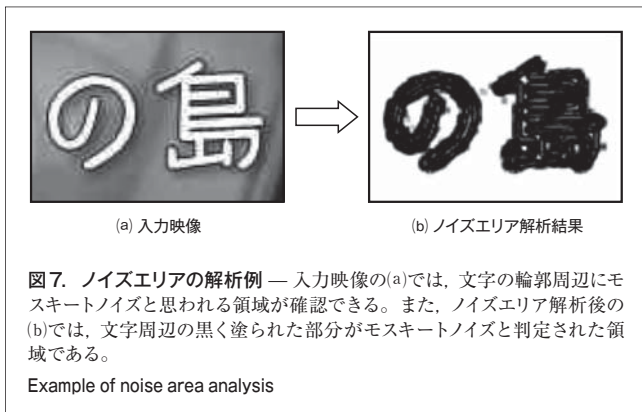
当社は、これらのHDTVコンテンツをUHDTVに表示する際に超解像処理を行っている⁽³⁾。本来の映像が持つ精細感を映し出すと同時にノイズ成分を抑制するため、〈レグザ〉Z8Xシリーズでは、モスキートノイズやブロックノイズといったデジタル放送特有のノイズを低減してきた。今回、〈レグザ〉Z9Xシリーズでは、ノイズエリアを高精度に検出し、それぞれに適切な超解像処理を実施することで、映像全体の鮮明さと文字の視認性を向上させた(図6)。ここでは、この技術の概要と特長について述べる。

現在のTV放送では、ニュースやスポーツ番組、情報バラエティ番組などで文字テロップが多用されている。これらの文字



テロップのように輪郭が強く認識される映像の周辺には、モスキートノイズが発生する。このノイズが視認される領域に通常の超解像処理を行うと、かえってノイズを強調してしまうことになる。

この技術では、まず入力映像からモスキートノイズと思われる領域を検出する(図7)。図7(b)で文字周辺の黒く塗られた部分がモスキートノイズと判定された領域である。次に、この検出結果を元に、本来の映像とモスキートノイズに対する超解像処理を使い分けることで、映像の精細感を際立たせる画質設計を行っている。



5 あとがき

〈レグザ〉Z9Xシリーズの高輝度と広色域を生かす高画質化技術、及びノイズエリア解析超解像技術の概要と特長について述べた。このモデルには、このほかにも、これまで当社が積み重ねてきた様々な高画質化技術が搭載されている。

今後ますます増え続ける多様なコンテンツをいかにきれいに表現するかを考え、様々な高画質化技術を駆使することによって当社独自の画質設計技術を進化させ、〈レグザ〉の更なる高画質化を推進していく。

文献

- (1) ITU-R Rec. BT.709-5: 2002. Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange.
- (2) 住吉 肇. 高画質化のための絵作り技術. 東芝レビュー. **63**, 6, 2008, p.11-14.
- (3) 三島 直 他. CELLレグザ™の超解像技術. 東芝レビュー. **65**, 4, 2010, p.15-18.



中村 真樹 NAKAMURA Masaki

東芝ライフスタイル(株) 設計センター VS設計第二部グループ長。
TVの設計・開発に従事。
Toshiba Lifestyle Products & Services Corp.



山田 和宏 YAMADA Kazuhiro

パーソナル&クライアントソリューション社 ライフスタイルソリューション開発センター オーディオ&ビジュアル技術開発部主務。TVの高画質化技術の開発に従事。
Lifestyle Solutions Development Center



宮沢 弘俊 MIYAZAWA Hirotohi

東芝デジタルメディアエンジニアリング(株) デジタルメディアグループ 映像システム技術担当シニアエンジニア。TVの高画質化技術の開発に従事。
Toshiba Digital Media Engineering Corp.