

4K 高画質化を実現するレグザの絵作り技術

Image Reproduction Technologies for REGZA to Realize 4K Picture Quality

三廻 浩太 杉山 徹 本田 雄一

■ MITSUYA Kota ■ SUGIYAMA Toru ■ HONDA Yuichi

近年、TV (テレビ) の画質を向上させる技術としてHDR (High Dynamic Range) が注目されている。この技術は広い輝度レンジと高いコントラストにより映像コンテンツの表現力を向上させるもので、この技術を用いた絵作り技術の優劣が今後のTVの画質を差異化する重要な要素になる。

東芝は、液晶TV レグザのフラグシップモデルとなる4K (3,840×2,160画素) TV Z20Xシリーズを2015年11月に商品化した。この商品では、HDRに対応するため高輝度・高コントラスト液晶ディスプレイ (LCD) パネルとそれを制御する新アルゴリズムを採用し、精細感を向上させるため新たに開発した映像処理エンジンを搭載することで、レグザの更なる高画質化を実現した。

High dynamic range (HDR) is now attracting attention as a vital technology to improve the picture quality of video contents for TV due to its wide luminance range and high contrast. Differentiation from competitors' products will be dictated by the application of image reproduction technologies adapting HDR.

Toshiba launched the REGZA Z20X series as its flagship 4K (3,840 × 2,160 pixels) ultra-high definition (UHD) TV of the REGZA lineup in November 2015. The Z20X series attains the highest level of 4K picture quality through our proprietary image reproduction technologies cultivated in the development of REGZA models up to now, including a high-brightness and high-contrast liquid crystal display (LCD) panel and a newly developed algorithm to control the LCD panel corresponding to HDR as well as the latest video processing engine to improve fineness.

1 まえがき

近年、TVにおける高画質化の要求は非常に高く、ユーザーへの重要な訴求点の一つになっている。これまでも高解像度化や高輝度・広色域化が業界全体で推し進められ、常に画質の向上が図られてきた。最近でも、高画質化のための新たな信号規格が提唱されるなどの取組みが進められており、CS (通信衛星) 有料放送やインターネット経由のストリーミング配信などでは4K解像度、広色域化、及び高い輝度レンジまで表現できるHDR (High Dynamic Range) に対応したサービスが登場している。

東芝は、従来の方式でも最高の画質を実現するとともにHDR技術に対応した商用の配信サービスや今後普及が期待される4K対応次世代ブルーレイディスク^(*)であるUltra HD Blu-rayTMなどでも、最高の画質をユーザーに提供することを目標に、4K TV レグザZ20Xシリーズを商品化した。Z20Xシリーズでは、HDRに対応するため、新しい機能として“レグザパワーディスプレイシステム”と“4KレグザエンジンHDR PRO”を開発して搭載した。これらの技術はHDRに対応するだけでなく、従来方式の信号でもユーザーに最高の画質のTVを提供できると考えている。

ここでは、Z20Xシリーズの高画質化を実現したこれらの技

術の概要について述べる。

2 HDRの概要

現実の世界には、暗室環境下での黒 (0.1 nit^(注1)以下) から直射日光下での輝き (100,000 nit以上) まで幅広い明暗が存在する。しかし、従来広く使用されている、HDTV (高精細度TV) のパラメータに関するRec. ITU-R BT.709-6 (国際電気通信連合-無線通信部門勧告BT.709-6)⁽¹⁾は、ブラウン管が主流だった時代の最大輝度である100 nit程度をターゲットに作成されており、現実と比べて非常に狭い。そのため、被写体が持っている本来の輝度や階調の情報は、カメラでの撮影やコンテンツ編集の際に、切り捨てられたり、圧縮されたりしてしまっていた。

そこで近年、こうした問題を解決するためにHDR技術が注目されてきている。既に国際規格にHDRの映像信号フォーマットを規定する動きが進んでおり、その一つが、SMPTE (米国映画テレビ技術者協会) で規格化されたST 2084⁽²⁾である。この規格ではHDRを表示するためのEOTF (Electro-Optical Transfer Function) が規定され、規格上定義される

(注1) nitは画面の明るさを示す単位で、1 nit=1 cd/m²。

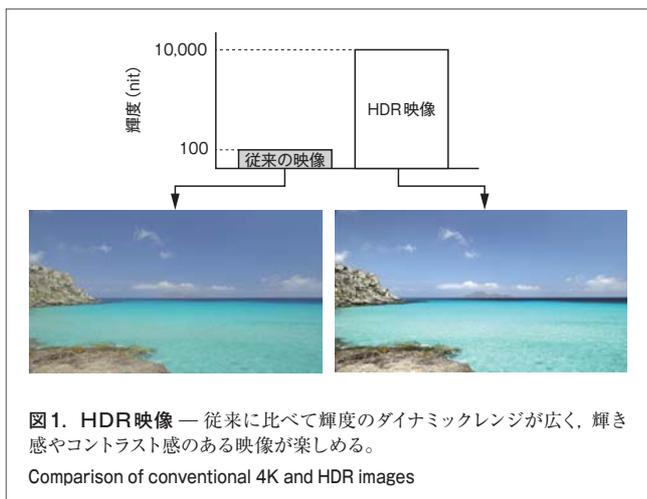


図1. HDR映像 — 従来に比べて輝度のダイナミックレンジが広く、輝き感やコントラスト感のある映像が楽しめる。
Comparison of conventional 4K and HDR images

輝度は最大で10,000 nitまで拡張され、従来の最大輝度100 nitに対して100倍の輝度範囲が確保できるようになった。ST 2084を用いた、インターネットでのストリーミング配信やUltra HD Blu-ray™の運用が開始されており、Z20Xシリーズはこれらのサービスに対応している。

HDR信号を入力した際、高画質を実現するためには高輝度で高コントラストな液晶パネルとそれらの緻密な階調制御が必要になる。そのため、レグザパワーディスプレイシステムで高輝度と高コントラストを実現し、4KレグザエンジンHDR PROで緻密な階調表現と高精細な画質処理を行っている。これらの結果、図1に示すように、従来の映像に比べて輝き感やコントラスト感のある映像を実現できた。

3 レグザパワーディスプレイシステム

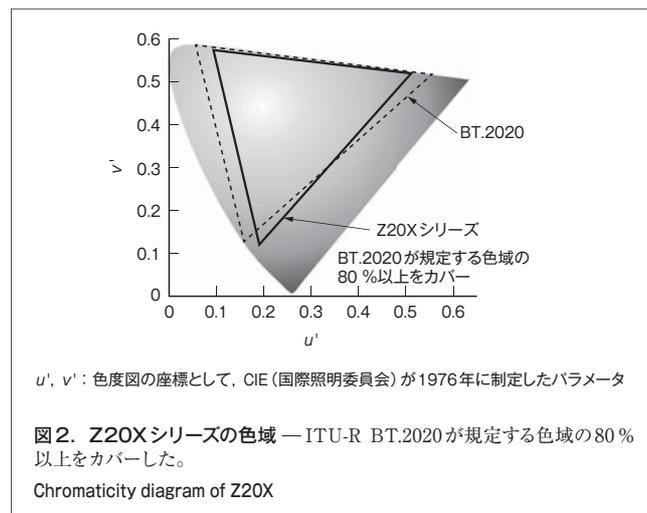
3.1 新型液晶パネルモジュール

レグザパワーディスプレイシステムは多数のLED（発光ダイオード）を画面直下に配置した構成である“全面直下LEDバックライト”を採用し、そこに新規開発の高出力LEDを用いており、輝度は全白画面で800 nit、ピークで1,000 nitを超える。これにより、通常放送などの平均輝度（APL）が高い映像では明るさと明部階調表現の両立を、映画などのAPLが低い映像やHDRコンテンツでは部分的に明るい箇所の際だった輝きを実現した。

またLED素子自体の蛍光体にも改良を加え、液晶パネルの新規広色域カラーフィルタとの組合せにより色域を拡大し、スーパーハイビジョンの放送規格Rec. ITU-R BT.2020-2⁽³⁾の80%以上のカバー率を実現した（図2）。

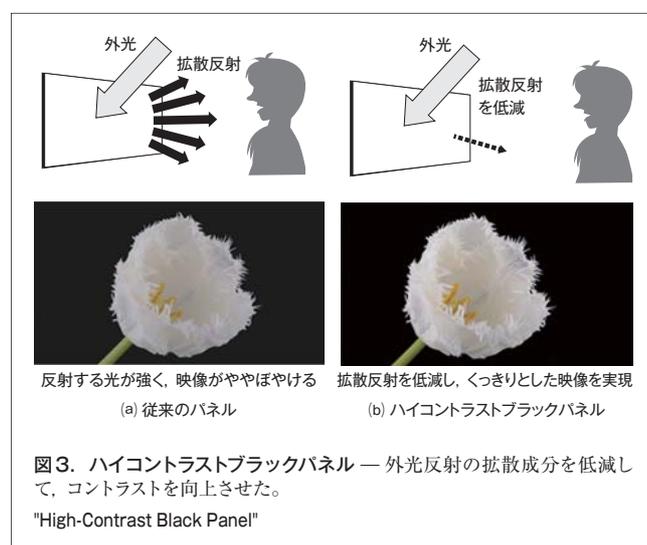
3.2 ハイコントラストブラックパネル

より高画質にこだわる場合には暗い部屋での視聴が推奨されるが、一般的にTVは外光がある状態で視聴されることが多い。そのような環境下では外光の影響を受けるため、外光



u' , v' ：色度図の座標として、CIE（国際照明委員会）が1976年に制定したパラメータ

図2. Z20Xシリーズの色域 — ITU-R BT.2020が規定する色域の80%以上をカバーした。
Chromaticity diagram of Z20X



反射する光が強く、映像がややぼやける 拡散反射を低減し、くっきりとした映像を実現
(a) 従来のパネル (b) ハイコントラストブラックパネル

図3. ハイコントラストブラックパネル — 外光反射の拡散成分を低減して、コントラストを向上させた。
"High-Contrast Black Panel"

が液晶パネル表面で反射し高画質を得るうえでの障害となる。この問題を解決するため、外光の表面反射を抑える処理に加え、反射光の拡散成分を低減させることで、黒の浮きを抑えた液晶パネル“ハイコントラストブラックパネル”を新規に開発した。これにより通常の視聴環境でも高コントラストを得ることができる（図3）。

4 4KレグザエンジンHDR PRO

Z20Xシリーズには、コントラスト性能を高めるため、新しいバックライト制御のアルゴリズム“直下型LEDハイブリッドエリアコントロール”を搭載している。また、高輝度かつ高コントラストという特長を生かすための映像処理機能“インテリジェント質感リアライザー・プロ”及び“アドバンスドHDR復元プロ”，並びにより鮮明な絵を映し出すためのノイズリダクション（NR）機能“動き追従ノイズパターン抽出型3次元NR”を開発し、搭載した。

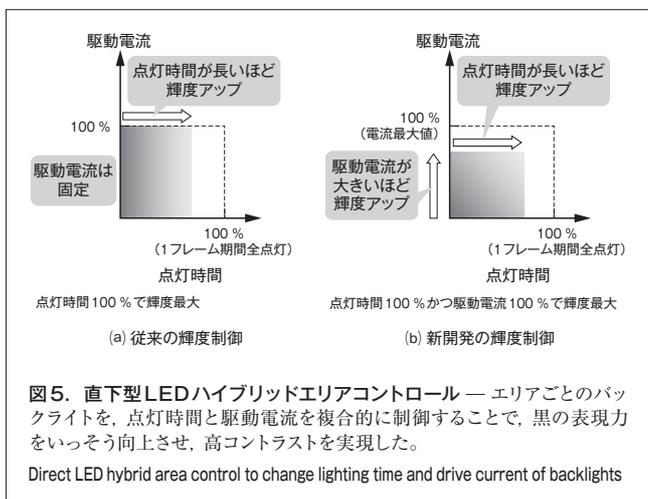
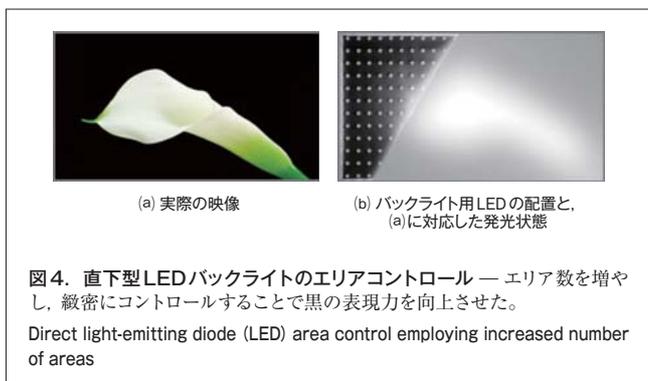
4.1 直下型LEDハイブリッドエリアコントロール

コントラスト性能を高めるためには輝度の向上とともに黒の表現が重要になる。そこで、液晶TVでは個々のLEDの発光量をエリアごとの映像に応じて個別に制御するバックライト制御が広く用いられている(図4)。Z20Xシリーズでは制御するエリアの数を従来から倍増し(当社Z9Xシリーズとの比較)、黒の表現力を向上させた。

また、従来方式では、1フレーム期間内のLEDの点灯時間で明るさを制御していた。この方式では黒の表現力は点灯が可能な最短時間によって制限される。そのため、黒の表現力は、LEDのパワーが上がると、それに伴い低下する。Z20Xシリーズでは4KレグザエンジンHDR PROの採用により個々のLEDに対し、点灯時間に加え駆動電流を複合的に制御することを可能にした。このハイブリッド制御により、点灯時間の制御だけではできなかった黒の表現力を向上させ、高コントラストを実現した(図5)。

4.2 インテリジェント質感リアライザー・プロ

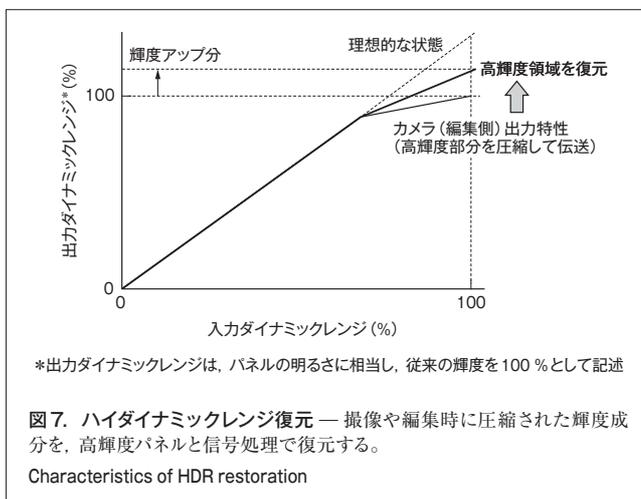
インテリジェント質感リアライザー・プロでは、立体感と奥行き感のある映像を実現するため、1シーンごとに映像の輝度分布を取得し、映像信号を補正する。Z20Xシリーズでは、輝度変換のためのテーブルデータを従来の3倍(Z9Xシリーズと



の比較)に増やし、映像の特徴に応じて最適な輝度変換テーブルを使用して、暗いシーンでの暗部階調性ときらめき感、並びに明るいシーンでの立体感とコントラスト感を両立させている(図6)。

4.3 アドバンスドHDR復元プロ

従来方式の信号フォーマットでは、撮影や編集の際に明部の情報が圧縮される。そのため、通常のTVでは十分な明部の階調表現が得られなかった。当社はその課題にいち早く注目して、従来方式の信号であってもそこに圧縮された輝度成分を復元する技術“ハイダイナミックレンジ復元”を開発し、製品搭載してきた(図7)⁽⁴⁾。Z20Xシリーズでは、撮影するカメラごとに異なる圧縮度合いを、輝度ヒストグラムの分布から推定することで、復元の精度を高めている。更に、新たに導入した“グラフィックス検出&除去回路”によりグラフィックス挿入によるハイダイナミックレンジ復元の効果変動やノイズを抑制している。

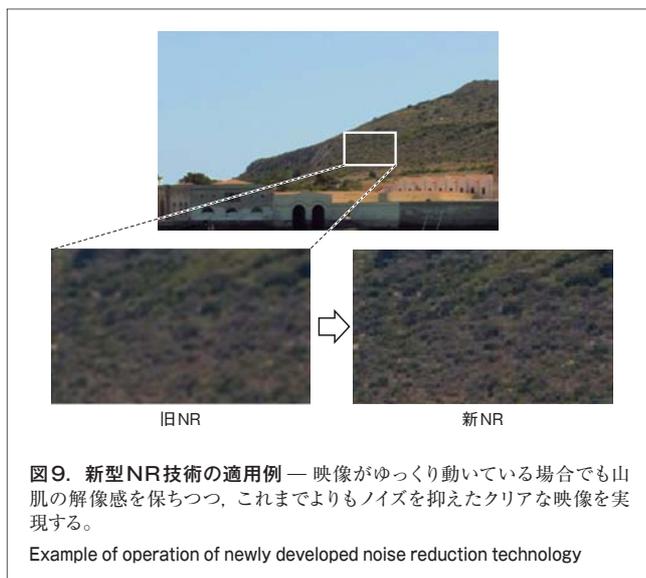


4.4 動き追従ノイズパターン抽出型3次元NR

映像の中でアウトフォーカスされた背景や空などの平坦な部分はランダムノイズが目だつ。これらのノイズを低減するには、時間方向での平滑化処理を行う3次元NRが有効である（この特集のp.12-15参照）。しかし動きのある映像では、肌の質感や、洋服の模様、細かな木々の山並みなどが“動きぼやけ”になってしまう不具合が発生する。いかにこの動きぼやけを軽減しつつノイズを低減し精細感を犠牲にしないかが、4K映像時代に求められるNR技術のポイントとなっている。ここでは、精細感とノイズ低減を高次元で両立させた新しい3次元NR技術の概要について述べる。

従来は、対象となるフレーム（以下、現在フレームと呼ぶ）の前後のフレームの、同じ位置の画素間の差分から動き量を検出していた。今回開発した技術では、現在フレームの対象画素を含むブロックの動きベクトル量を前後のフレームで水平、垂直、及び斜め方向に探索することで動き検出精度を向上させている。この情報を基に、模様などのテクスチャ部分と、空などの平坦部分を判定し、動作を切り分けている（図8）。

平坦部分ではノイズが目だつ傾向にあるため平滑化処理



を行い、テクスチャ部分では複数フレーム超解像処理により精細感の復元と細かなちらつきの低減を実現している。

また新しくノイズ検出回路を搭載し、シーン単位でノイズ量を検出している。ノイズ量に応じてNR効果を調整したり、テクスチャ部分においては複数フレーム超解像と動きベクトルを使用したNRの効果比率を制御したりすることが可能である。

この結果、映像がゆっくりと動く状況でも、絵柄がぼやけることなく解像感を保ち、かつこれまでよりもノイズを抑えたクリアな映像を実現した（図9）。

5 あとがき

液晶TVレグザの高画質化をいっそう推進するためにZ20Xシリーズに搭載された技術として、高輝度と高コントラストを実現するハードウェア及びその制御と、精細感を向上させる画像処理技術について述べた。Z20Xシリーズには他にも色域を生かすための色制御やダイナミック輝度変換など多くの技術が搭載されており、これらによって高画質を実現している。

今後も高画質化技術の開発を継続して推進し、レグザの画質を向上させ続ける。

文献

- (1) Rec. ITU-R BT.709-6:2015. Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange.
- (2) SMPTE ST 2084:2014. High Dynamic Range Electro-Optical Transfer Function of Mastering Reference Displays.
- (3) Rec. ITU-R BT.2020-2:2015. Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange.
- (4) 中村真樹 他. UHD TVを支える最新の高画質化技術. 東芝レビュー. 69, 6, 2014, p.7-10.
- (5) 新井隆之. レグザの高画質ハイダイナミックレンジ表示技術. 東芝レビュー. 70, 12, 2015, p.52-53.

• Blu-ray Disc™ (ブルーレイディスク), Blu-ray™ (ブルーレイ), Ultra HD Blu-ray™ は, Blu-ray Disc Associationの商標。



三廻 浩太 MITSUYA Kota

東芝映像ソリューション(株) 設計統括部 VS設計第二部参事。
TVの設計・開発に従事。
Toshiba Visual Solutions Corp.



杉山 徹 SUGIYAMA Toru

東芝映像ソリューション(株) 設計統括部 VS設計第一部グループ長。TV用の液晶パネル及びバックライトの設計・開発に従事。
Toshiba Visual Solutions Corp.



本田 雄一 HONDA Yuichi

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 次世代映像システム開発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.