

# 4K 高画質を実現する映像処理エンジン “4K レグザエンジンHDR PRO”

"4K REGZA ENGINE HDR PRO" Video Processing Engine Realizing 4K Picture Quality

佐藤 真

■ SATO Makoto

フルHD (1,920×1,080 画素 (以下, 2Kと呼ぶ)) テレビの4倍の解像度を持つ4K (3,840×2,160 画素) テレビの普及が進んでいる。東芝は、民生用テレビでは世界初となる4K 対応テレビ レグザ 55X3を2011年12月に商品化して以来、4K 高画質技術をリードしてきた。こうしたなか、近年の液晶ディスプレイ (LCD) 技術の進歩に伴い高輝度・広色域表示が可能になったことなどから、輝度のダイナミックレンジを大幅に拡大するHDR (High Dynamic Range) 技術が注目されるようになってきた。

今回当社は、HDR映像への対応に加えて、更なる性能向上を図った4K 高画質技術を搭載した4K 映像処理エンジン “4K レグザエンジンHDR PRO” を新たに開発した。画像解析性能及び映像補正性能を向上させたことで、更なる4K 高画質の実現に貢献している。

The dissemination of 4K ultra-high definition television (UHDTV) with a resolution of 3,840 x 2,160 pixels, four times that of full HD TV, has recently been expanding. Since Toshiba launched the REGZA 55X3 as the world's first 4K UHDTV for consumer use in December 2011, the REGZA series has been continuously playing the role of a technology leader for 4K picture quality. Attention has been increasingly focused on a high dynamic range (HDR) technology that can significantly expand the dynamic range of luminance in conjunction with the progress of liquid crystal display (LCD) technologies to achieve both higher luminance and wider color gamut.

With this as a background, we have now developed a video processing engine that supports HDR technology called the "4K REGZA ENGINE HDR PRO." Incorporating new 4K image processing technologies that offer improved image analysis and picture processing performance, this video processing engine further enhances 4K picture quality.

## 1 まえがき

東芝は、4Kテレビ向けに最新の4K映像処理エンジン “4K レグザエンジンHDR PRO” を開発した (図1)。

映像処理エンジンとは、入力された映像信号に対して映像補正や表示周波数に合わせたフレームレート変換などを行って、処理された信号をLCDパネルへ出力するLSIである。当社は、1チップで4K解像度の映像信号処理を可能にした “レグザエンジンCEVO 4K” を2013年に開発し<sup>(1), (2)</sup>、これまで多くの4Kテレビに搭載して4K高画質技術をリードしてきた。

ここでは、HDR時代の更なる4K高画質の実現を目指して開発した4KレグザエンジンHDR PROの特長及び高画質化技術について述べる。

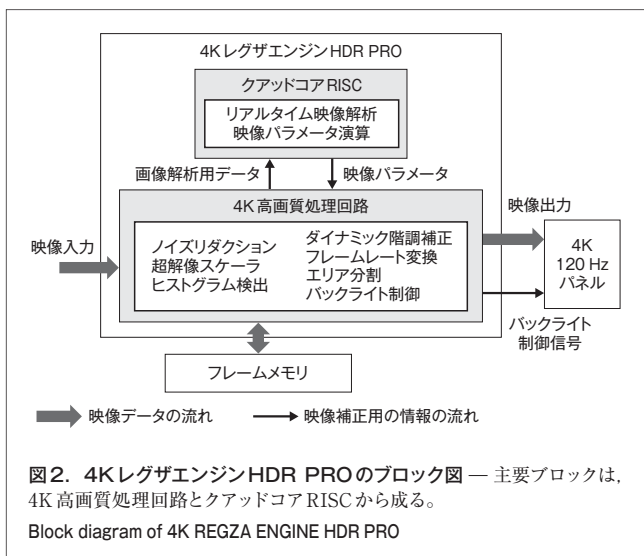
## 2 4KレグザエンジンHDR PROの特長

4KレグザエンジンHDR PROでは、これまでの映像処理エンジンで実現してきた高画質技術に加えて、HDR映像への対応など更なる4K高画質を実現するため、画像解析技術及び映像補正技術を向上させた。

4KレグザエンジンHDR PROのブロック図を図2に示す。



主要ブロックは、4K高画質処理回路と、リアルタイム映像処理用クアッドコアRISC (縮小命令セットコンピュータ) プロセッサ (以下、クアッドコアRISCと略記) から成る。4K高画質処理回路内には、ノイズリダクションや、超解像スケーラ、ダイナミック階調補正、フレームレート変換などを処理する映像補正回路と、ヒストグラム検出回路など画像解析用データを取得するための回路がある。クアッドコアRISCでは、画像解析用データを受け取り、解析し、映像シーンごとに最適な映像パラメータを算出して4K高画質処理回路内の各映像補正回路に設定する。

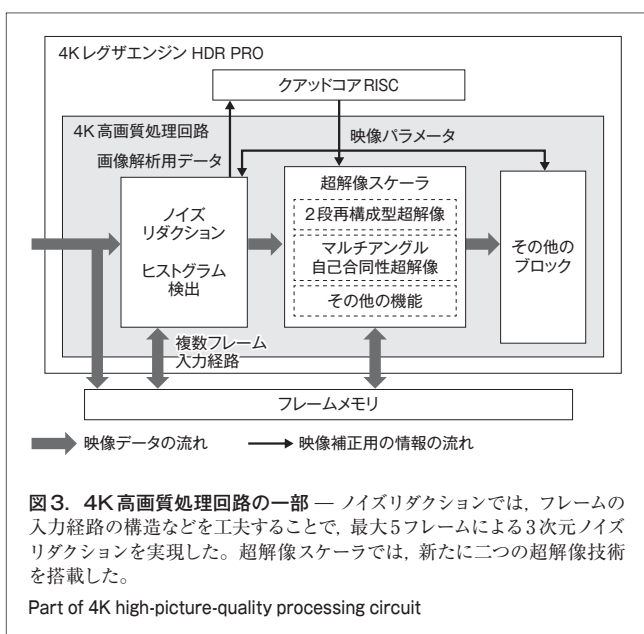


今回、4K高画質処理回路に新技術を搭載するとともに、クアッドコアRISCの処理能力の向上によって画像解析技術と映像補正技術の性能向上を図り、HDR映像への対応<sup>(3)</sup>をはじめ、様々な4K高画質の実現を可能にした。

### 3 4K高画質処理回路の映像処理技術

#### 3.1 最大5フレームによるノイズリダクション

4K高画質処理回路の一部を図3に示す。入力された映像信号は、フレームメモリに格納される他、ノイズリダクション・ヒストグラム検出回路へ入力される。ノイズリダクション回路では、現在フレームと、フレームメモリに格納された前後のフレームを参照し比較することでノイズを検出して低減する、3次元ノイズリダクションを行う。

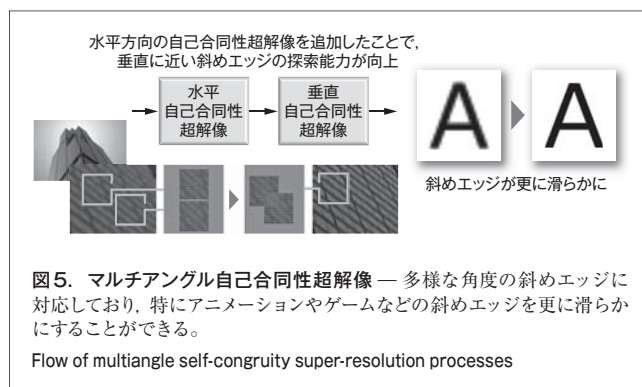
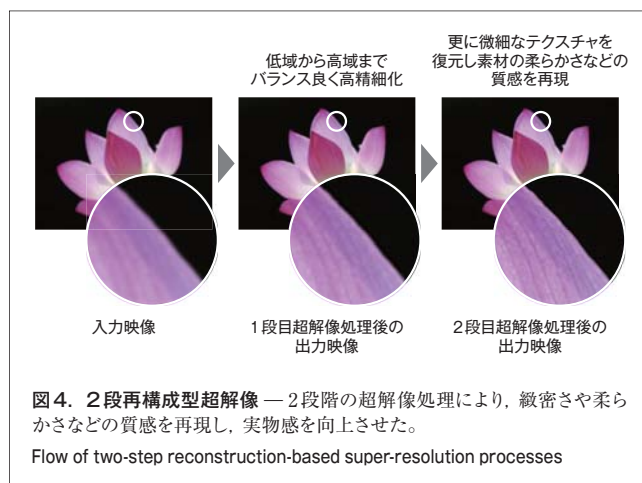


3次元ノイズリダクションに用いるフレーム枚数を増やせばノイズ低減性能は向上する。一方で、単純に読出しフレーム枚数を増やすことは、フレームメモリのメモリバンド幅や4K高画質処理回路の入力ポート数が増加し、回路規模の増大と、それに伴うシステムのコストアップにつながる。4KレグザエンジンHDR PROでは、フレームメモリからフレームを読み出すポートの構造を工夫するとともに、グラフィックスなどに用いるメモリバンド幅を効率化することで、読出しフレーム数を拡充した。これにより、入力映像が2K解像度以下のときに最大5フレームによる3次元ノイズリダクションが可能になり、ノイズが目立ちやすい平たんな画像部分のノイズ低減性能を向上させ、クリアな画質を実現した。

#### 3.2 超解像の新技術

超解像スケーラ回路では、従来の映像処理エンジンで実現された超解像機能に加えて、“2段階再構成型超解像”(図4)及び“マルチアングル自己合同性超解像”(図5)を新たに開発し搭載した。これらの機能は、画素単位で適切な超解像処理を実施でき、様々なシーンを自然で緻密な映像に復元できる。

2段階再構成型超解像では、1段目の処理で低域から広域までバランス良く高精細化し、2段目の処理で更に微細なテクスチャを復元し素材の柔らかさなどの質感の再現を可能にした。マルチアングル自己合同性超解像では、多様な角度の斜め



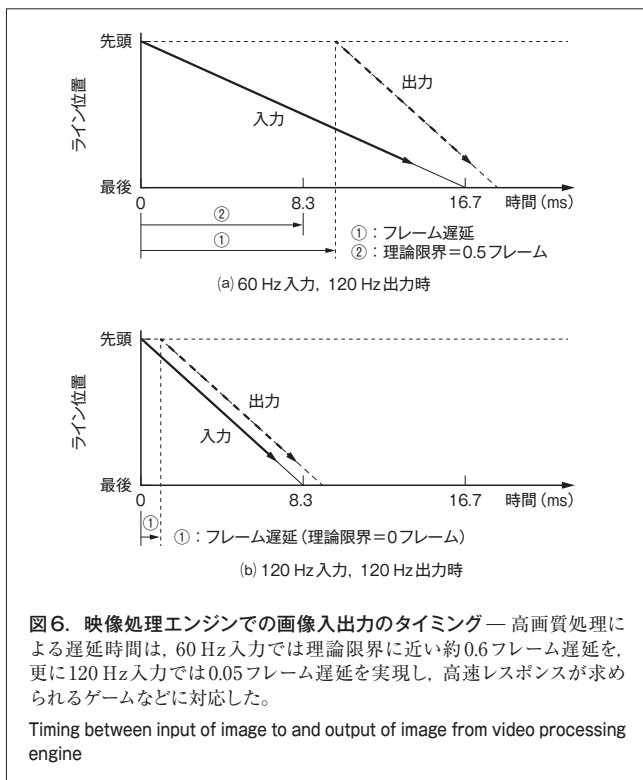
エッジに対応しており、特にアニメーションやゲームなどの映像や字幕の斜めエッジがより滑らかになり、更に自然な映像の再現を可能にした。

### 3.3 高画質・低遅延映像処理

高画質処理ではそれぞれの回路で処理遅延が発生するため、処理量を増やすと表示される映像に遅延が発生する。一方、家庭用ゲーム機を接続してゲームを楽しむ際は高速レスポンスが求められる。4KレグザエンジンHDR PROでは、ゲームに必要な高画質処理を行いながら、4K映像処理の遅延時間短縮を実現した。

映像処理エンジンへの入力画像と出力画像のタイミングを図6に示す。グラフの縦軸は画像のライン位置を表し、横軸は経過時間である。時間経過とともに上から下へライン位置が変化し、入力画像(実線)を出力画像(破線)が追い越すことなく高画質化して出力する必要がある。図6(a)は60 Hz入力、120 Hz出力の場合で、画像の入力開始後、図中の時間①が経過してから出力を開始している。これをフレーム遅延と呼ぶ。出力は120 Hzのため、1フレームの入力時間(約16.7 ms)の1/2で画像の全ライン出力を終える。フレーム遅延を短くし、出力が入力を追い越さない限界の時間②が理論限界であり、この場合0.5フレーム(約8.3 ms)となる。4KレグザエンジンHDR PROでは60 Hz入力の場合、この理論限界に近い約0.6フレーム(約10 ms)遅延を実現している。

更に図6(b)に示すように120 Hz入力にも新たに対応し、60 Hz入力の理論限界よりも短い映像処理遅延を実現した。



この場合は入力と出力の時間が同じため、入力開始直後に出力を開始しても追い越すことはなく、理論限界は0フレームと言える。4KレグザエンジンHDR PROでは、2K解像度の120 Hz入力を4K映像に超解像拡大し、加えて色域変換やダイナミックガンマなどの高画質処理を施して0.05フレーム(約0.83 ms)遅延での出力を可能にした。これにより、対戦型格闘ゲームのようなボタンを押すタイミングが重要になるゲームを、更に快適に楽しむことが可能になった。

### 3.4 12ビット高精度映像処理

4Kテレビの普及に伴い、映像コンテンツも進化している。従来の放送や、DVDやBlu-ray Disc™といったパッケージメディアでは、映像データのビット精度が8ビットであるが、東経124/128度CS(通信衛星)の4K放送やインターネットによる4K配信、及びUltra HD Blu-ray™のコンテンツでは、映像データのビット精度は10ビットになる。更に、Blu-ray Disc™に12ビット精度のコンテンツを収録するマスターグレードビデオコーディング<sup>®</sup>が開発されるなど、12ビット精度の映像コンテンツも手に入れることが可能になった。

4KレグザエンジンHDR PROの4K高画質処理回路は、入力から出力まで12ビット精度を保持する動作モードを持つことで、高ビット精度のコンテンツでも映像のディテールまで忠実に再現することができる。

## 4 クアッドコアRISCを活用した高画質処理

映像処理エンジンでは、高画質処理が毎フレーム行われる。120 Hz出力の場合、約8.3 ms以内に入力画像を解析して表示する画像に最適なパラメータを算出し、4K高画質処理回路内の各回路にパラメータを設定する必要がある。それぞれの映像補正回路に最適な映像パラメータを算出するには高い演算性能が求められる。そこで4KレグザエンジンHDR PROでは、新たにクアッドコアRISCを開発して内蔵した。画像解析と映像処理に最適化したサイズのローカルメモリやキャッシュメモリを配置し、動作周波数やコア数の増強により、従来のレグザエンジンCEVO 4Kのリアルタイム映像処理RISCプロセッサの性能を大幅に上回る演算性能を実現している。これにより、多彩な高画質処理が可能になった。

HDR映像への対応では、ピーク輝度の向上と黒の締まりを両立させるために、バックライト用LED(発光ダイオード)の緻密な発光輝度制御が重要になる。そこで、従来の映像処理エンジンに比べてより細かくヒストグラムを解析し、緻密なエリア制御や絵柄に応じた最適な点灯値を算出するとともに、各LEDの駆動電流値の制御まで行っている。これらにより、全面直下LEDバックライト(図7)のLEDをきめ細かく制御し、輝く白と奥行き感のある黒を同時に表現することが可能になった。

高画質化を実現するための高コントラスト処理と色再現処理

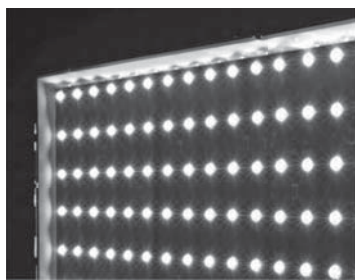


図7. 全面直下LEDバックライト — パネル全面にバックライト用LEDを配置し、エリアごとに点灯値を緻密に制御することで、ピーク輝度の向上と黒の縮まりを両立させた。

Direct type light-emitting diode (LED) backlight



明るい部分の階調が正しく表現され、白い壁の質感と、映像全体の立体感やコントラスト感が向上



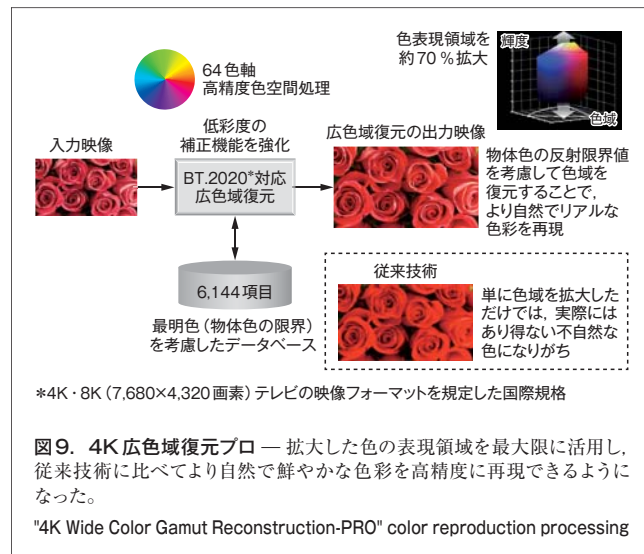
暗い部分の階調が黒潰れせず正しく表現され、ライトのきらめき感と全体のコントラスト感が向上

図8. インテリジェント質感リアライザー・プロ — 5,000を超えるデータ量の輝度変換テーブルを用意し、映像シーンに応じて最適な画質データを選定することで、質感を高めた描写が可能になった。

"Intelligent Texture Realizer-PRO" high-contrast processing

でも、クアッドコアRISCの高い演算性能が生かされている。4KレグザエンジンHDR PROで実現した高コントラスト・高画質化機能の一つである“インテリジェント質感リアライザー・プロ”では、5,000を超えるデータ量の輝度変換テーブルを用意し、映像の平均輝度に応じ最適な画質データを選定して適用することが可能になった(図8)。これにより、明るいシーンでの立体感やコントラスト感と、暗いシーンでの暗部階調性や明部のきらめき感を両立させた。加えて、新たにシアン輝度ヒストグラムを取得し分析することで、映像の色飽和を防止し質感描写を高めて臨場感やコントラスト感を向上させた。

また、色再現機能の一つである“4K広色域復元プロ”(図9)では、映像信号として圧縮された色域に対して、6,144項目のデータベースを参照し、64の色軸による高精度な色空間変換を行っている。4KレグザエンジンHDR PROでは、低彩度の補正機能を更に強化した。これにより、淡い色における繊細



なニュアンスなど、オリジナルに近い自然な色を高精度に再現することが可能になった。

## 5 あとがき

4KレグザエンジンHDR PROは、高機能化した4K高画質処理回路と高性能化したクアッドコアRISCにより、クリアな画質とともに、質感や実物感などを向上させ、パネルが持つ高輝度・広色域性能を余すところなく引き出すことで、HDR時代の更なる4K高画質の実現を可能にした映像処理エンジンである。2015年11月に商品化した4K液晶テレビレグザZ20Xシリーズに搭載され、4K高画質の市場をリードしている。

今後も、4K高画質処理回路とクアッドコアRISCによる高画質化機能を更に進化させながら、高画質映像機器への展開を図っていく。

## 文 献

- 1) 佐藤 考. 4Kテレビの高画質化を実現するレグザエンジンCEVO 4K. 東芝レビュー. 68, 12, 2013, p.50 - 53.
- 2) 加藤義幸 他. UHDTVを実現する映像処理LSI技術. 東芝レビュー. 69, 6, 2014, p.23 - 26.
- 3) 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。  
 • マスターグレードビデオコーディングは、パナソニック(株)の登録商標。マスターグレードは、(株)バンダイの登録商標。



佐藤 真 SATO Makoto

技術統括部 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グループ長。LSIの設計・開発に従事。映像情報メディア学会会員。

Corporate Solutions Development Center