

高画質化のための絵作り技術

Image Reproduction Technologies for High Picture Quality

住吉 肇

■ SUMIYOSHI Hajime

近年、デジタルハイビジョン放送の登場などにより、高画質なコンテンツが容易に入手できるようになってきている。また、液晶テレビでも、フルHD (1,920×1,080画素) で広色域、10ビット階調、120 Hz倍速駆動のパネルの採用などにより、高画質化が進められている。このような高画質コンテンツをよりリアルに表現するためには、絵作り技術が重要である。

そこで東芝は、液晶テレビ“レグザ (REGZA™)”に高画質エンジン“メタブレイン・プロ (metabrain PRO™)”を搭載し、映像シーンごとに最適となる独自の“絵作り”技術により高画質化を図っている。

The advent of digital high-definition broadcasting in recent years has made it possible for high-definition contents to be easily accessed. High-quality image processing is advancing in the field of LCD TV due to the adoption of various technologies including full high-definition television (HDTV) pixel resolution (1920 x 1080 pixels), wide-range color reproduction, 10-bit gray scale, 120 Hz frame rate up-conversion panel, and so on. Since high-definition contents are being increasingly viewed on digital HDTV services, a real HDTV world has appeared in which image reproduction technologies have become more important than ever.

Toshiba has been continuing to focus on these image reproduction technologies. As part of these efforts, we have developed the “metabrain PRO™” high-definition image-processing engine and incorporated it into the REGZA™ digital LCD TV, thereby realizing the optimal images for every scene.

1 まえがき

近年、地上デジタル放送やBS (放送衛星) デジタル放送の普及などにより、高画質なコンテンツが容易に入手できるようになったことで、薄型テレビに対するユーザーの高画質化志向が高まっている。

東芝は、液晶テレビ“レグザ (REGZA™)”の国内向けフラッグシップモデルであるZ3500シリーズで、フルHD、広色域、10ビット階調、及び120 Hz倍速駆動のパネルの採用などにより高画質化を図っている。このZ3500シリーズは、評論家や各種媒体でも高画質なテレビとして高い評価を得ている。

このような高画質コンテンツを、よりリアルに臨場感をもって再生するには、映像コンテンツの種類、映像シーン、表示パネルの特性、及び視聴環境に応じて最適な画質とするための“絵作り”技術が重要であり、Z3500シリーズでは独自開発の高画質エンジン“メタブレイン・プロ (metabrain PRO™)”を採用している。また、独自の高画質化アルゴリズムを搭載することでより高精細な画質を実現し、他社との差異化を図っている。

ここでは、Z3500シリーズに搭載されたmetabrain PRO™のBEP (バックエンドプロセッサ) 回路の概要と、metabrain PRO™の特長である、シーンに最適となる独自の絵作り技術について述べる。

2 BEP回路

BEP回路のブロック図を図1に示す。この回路では、映像信号の形態及び特徴や、表示パネルの特性に合わせて最適な画像となるように、絵作りと呼ばれる各種の高画質化処理が行われる。また、電子番組表などのグラフィックス挿入も行われる。

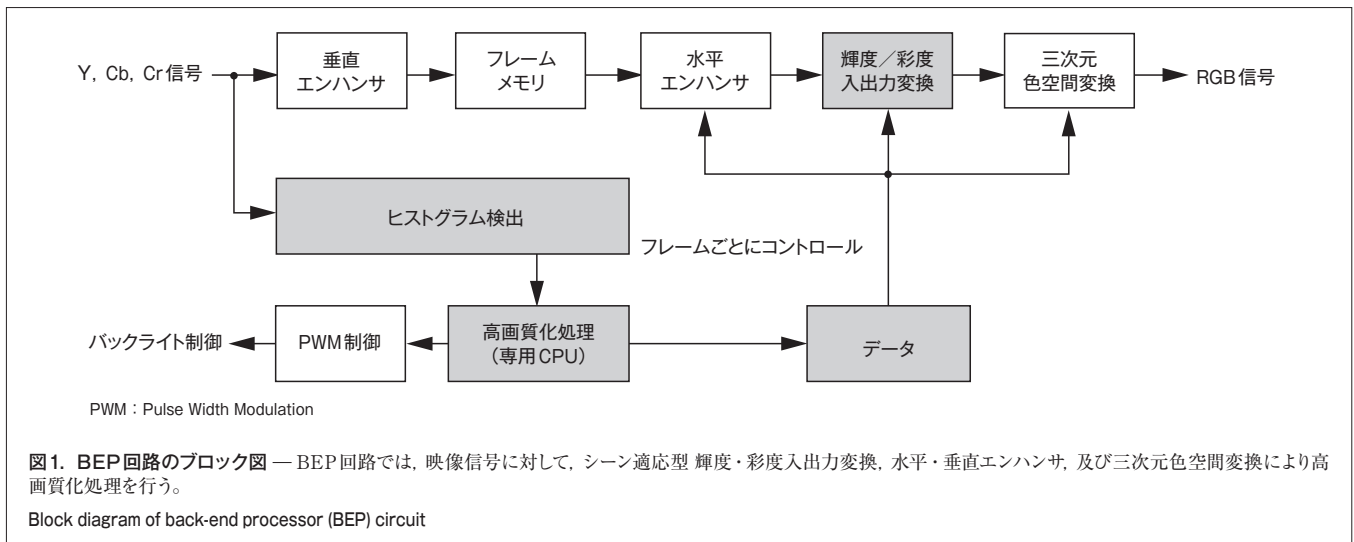
高画質化処理は、大別して次の三つの機能で行われる。

- (1) シーン適応型 輝度・彩度入出力変換
- (2) 水平・垂直エンハンサ
- (3) 三次元色空間変換

(2)の水平・垂直エンハンサは、輝度信号の水平・垂直高域成分を信号レベルに応じて強調又は減衰させるとともに、画像のエッジ部の鮮鋭度を制御する機能である。

(3)の三次元色空間変換は、表示パネルをドライブするために、入力された輝度 (Y) ・色差 (Cb, Cr) 信号をRGB (赤, 緑, 青) 信号にマトリックス変換するとともに、表示パネルの色再現範囲や絵作りに応じた最適な色 (輝度, 色相, 彩度) に変換する機能である。

ここでは、当社独自の絵作り技術であるシーン適応型 輝度・彩度入出力変換について、以下に述べる。



3 シーン適応型輝度・彩度入出力変換

シーン適応型輝度・彩度入出力変換機能は、REGZA™ Z3500シリーズでは“パワー質感リアライザー™”と称しており、次の四つの回路で構成される。

- (1) ヒストグラム検出回路
- (2) 高画質化処理回路(専用CPU)
- (3) 輝度入出力変換回路
- (4) 輝度別彩度入出力変換回路

ヒストグラム検出回路は、BEP回路の入力部(前段はスクーラ)にあり、次のような機能がある。

- (1) 画面全体の輝度ヒストグラム検出(256階調別)
- (2) 画面周辺部の暗部輝度ヒストグラム検出(256階調別)
- (3) 特定の色相・彩度領域内の情報を持つ画素の輝度ヒストグラム検出(64階調別)
- (4) 色の彩度ヒストグラム検出(輝度16階調ごとに32彩度別に取得)

検出されたこれらのヒストグラムデータは、LSI内部の内蔵バスを經由して、フレームごとに高画質化処理専用CPUに伝達され、そこで所定のアルゴリズムにより、輝度入出力変換データ及び輝度別彩度入出力変換データが生成される。

ヒストグラム検出を行ったフレームの映像は、フレームメモリにより1フレーム(1垂直走査期間分)遅延させることで、その映像に適用する輝度入出力変換データ及び輝度別彩度入出力変換データと同一フレームにすることができる。これにより、シーンが変わるときの応答遅れや補正フレームの違いから生じるフリッカなどの不安定な動作を軽減している。

シーン適応型輝度入出力変換は、画像情報の多い輝度領

(注1) 映像の輝度信号レベルはIREという単位で表され、0IRE(黒レベル)~100IRE(100%の白レベル)の値をとる。その基準0IREをペダスタレベルという。

域を伸張し、情報の少ない輝度領域を圧縮するように動作する。これにより、ワイドショーや情報番組などのスタジオから生放送されているような番組に多い、映像信号の最黒レベルがペダスタレベル(注1)よりも高い黒浮きした映像でも、黒の締まった鮮明でリアルな映像で再生できる。

また、輝度入出力変換特性を変化させると、Y/C(輝度対彩度)比率が変わることで映像の彩度感が変わってくる(輝度が下がると色乗りが良く見える)ため、輝度別彩度入出力変換データを用いて輝度の変動分に応じた彩度補正を行うことにより、良好な彩度感を得ることができる。

一方、輝度入出力変換回路は、入力輝度の256階調ごとに12ビット精度で出力輝度を設定できるようになっている。12ビットの入力輝度信号はこの変換後、256階調間の信号を直線補間することで14ビットで出力される。

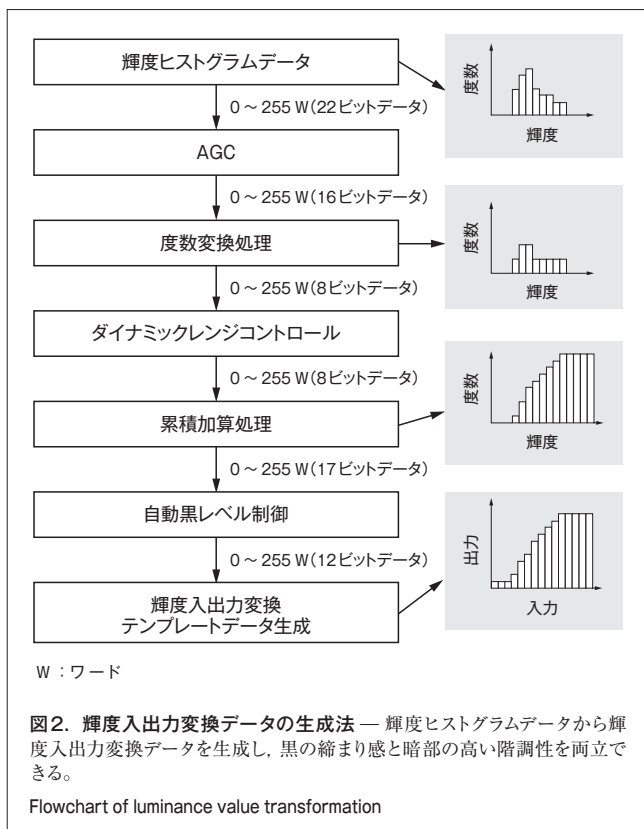
また、輝度別彩度入出力変換回路は、入力輝度64階調別に彩度を16ビット精度(利得を0.006%刻み)で設定できるようになっており、12ビットの入力色差信号はこの変換後、14ビットで出力される。

metabrain PRO™のBEP回路部では、14ビット精度の演算処理を行うことで、デジタル信号処理にまつわる情報の欠落や不要なノイズを抑え、質感表現に重要な微小信号の再現性及びS/N(信号とノイズの比)に優れた高画質映像を映し出すことができる。

4 輝度入出力変換データの生成法

ここでは、高画質化処理専用CPUで輝度ヒストグラムデータから輝度入出力変換データを生成する方法について述べる(図2)。

図1のヒストグラム検出回路には、表示パネルの画素に合わせた映像信号が入力される。フルHDパネルの場合には、



1,920×1,080 = 2,073,600画素のデータを扱うことになる。入力された映像信号は、ノイズ除去の目的で水平・垂直LPF（ローパスフィルタ）を介した後に、輝度ヒストグラムの検出窓（画面エリア）を通過する。その後、輝度256階調別に分別され、データ（画素）の個数を計測する256個の22ビットカウンタに入力される。ここで得られた256個の輝度ヒストグラムデータは画素データ取得後に、高画質化処理専用CPUに伝送される。

高画質化処理専用CPUでは、図2に示すように、256個の輝度ヒストグラムデータはAGC（オートゲインコントロール）により総数が65,535（16ビットデータ）になるように自動的に制御される。これは、輝度ヒストグラムの検出窓の設定やパネルの表示画素数の違いなどにより、輝度入出力変換特性が影響されることを防止するためである。実際のエンジンでは、映画に多いレターボックスやCM（Commercial Message）に多いサイドパネルの黒帯を検出し除去するアルゴリズムを搭載しており、この機能が動作した場合にも輝度ヒストグラムデータの総数は変動する。

続いて度数変換処理が行われる。度数変換処理は256個の輝度ヒストグラムデータそれぞれに対して、独立した入出力変換特性を持つ処理が行われる。この入出力変換特性のテーブルは、七つの入力度数に対して自由に出力度数を設定することができるようになっており、各入力度数設定値の間に入った入力データは直線で補間される。これにより、ヒストグラムの変化に対して連続性を保った動作となり、動きのある映

像に対しても自然な補正が実現でき、自由度の高い絵作りが可能になる。

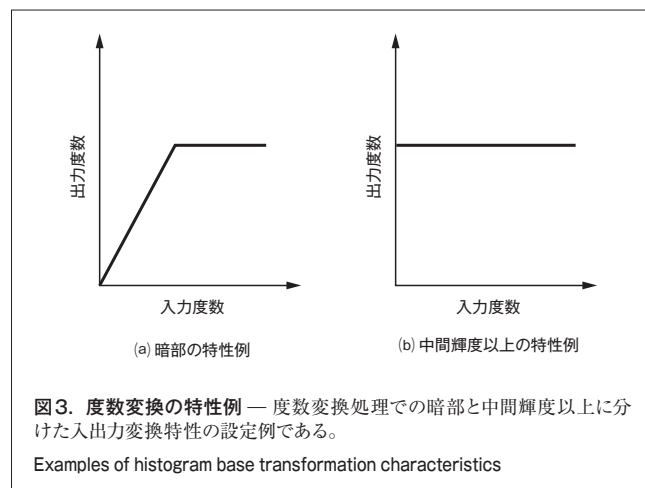
この後、ダイナミックレンジコントロールにより、入力輝度が0～109IRE（最白レベル）間の総度数が、輝度入出力変換回路の出力で100IREとなるようにAGCが掛かる。

次に、累積加算処理により、0ワードデータから逐次データを累積加算する。ここで、nワード目の入力データをD(n)とすると、nワード目の出力データは、累積加算後に、 $D(0) + D(1) + \dots + D(n)$ となる。

更に、黒レベルをそろえるため、入力輝度信号が0IREのときに出力輝度信号が0IREとなるように、すなわち累積加算後の入力輝度16ワードの出力データが16ビット信号時のペDESTALレベルである4,096となるようにデータの加減算をすることで、自動黒レベル制御が行われる。

以上の動作により、輝度入出力変換特性は、0IRE入力時には必ず0IRE出力となり、かつ映像入力信号の最白レベルが100IREとなるように自動補正されるため、この補正による輝度の黒つぶれや白飽和は生じない。

図3に示すように、例えば7IRE以下の暗部では、入力度数がゼロの場合に出力度数はゼロで、入力度数に応じて出力度数をアップし、かつある入力度数を超えると出力を一定に設定する。中間輝度以上では、入力度数によらず出力度数を一定に設定すると、スタジオ生放送などで多く見受けられる映像の黒浮きに対する補正（一般に黒伸張と呼ばれる）ができる。



この方式では、入力映像に階調があれば、必ず出力階調が生成されることになり、黒の締まり感と暗部の高い階調性を両立できる。またこの応用で、例えば85IRE以上の明部でも、暗部と同様に、入力度数が少ない場合には出力度数を圧縮するように設定すれば、明部情報の少ない暗いシーンの明るさ感を改善できる。

このように、この方式では、固定画素型ディスプレイでのダイナミックレンジを有効に活用でき、黒つぶれや白飽和を生じ

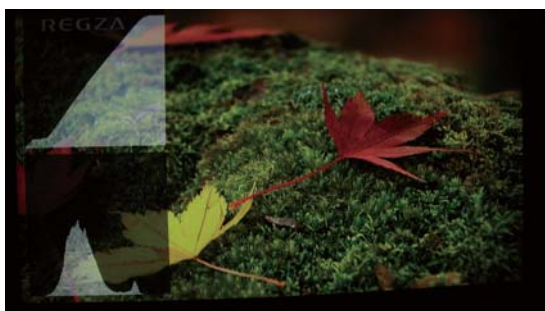
ることなく視覚上のコントラストを改善できる。

REGZA™ Z3500シリーズは、この方式を搭載しており、階調性に優れ、より鮮明でリアルな高画質映像を提供することができる。

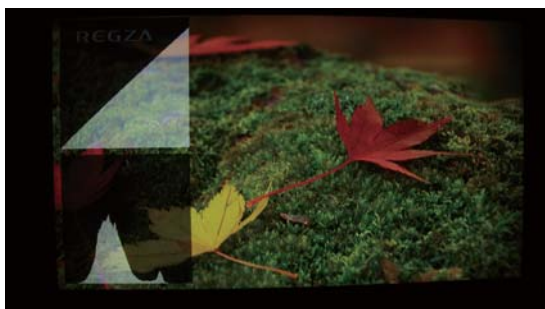
5 画質改善効果

REGZA™ Z3500に映し出された実際のハイビジョン映像をデジタルカメラで撮影した画像につき、シーン適応型輝度入出力変換機能をオンしたときとオフしたときを比較して図4に示す。

図の左上に表示されているグラフは輝度入出力特性で、横軸の入力輝度は右側ほど高く（明るく）、縦軸の出力輝度は上側ほど高い（明るい）。



(a) 機能オンしたとき



(b) 機能オフしたとき

図4. シーン適応型輝度入出力変換機能の画質改善効果 — 機能をオンしたときのほうがコントラストが高く、こげや葉の模様などがより鮮明に見える。

Examples of TV image when scene adaptive optimization is turned on (a) and off (b)

左下に表示されているグラフは輝度ヒストグラムで、横軸の入力輝度は右側ほど高く（明るく）、縦軸の画素数は上側ほど多い。

(b)の画像の輝度入出力特性が線形であるのに対して、(a)の画像の輝度入出力特性は輝度ヒストグラムに応じて変化している。

具体的には、入力輝度信号中のもっとも暗い画像部分（輝度ヒストグラム上のもっとも左側にある情報）が出力輝度信号では0 IREに引き込まれ、また、明るい画像部分（輝度ヒストグラム上の右側にある情報）もヒストグラムの量に応じて変化しており、全体として画像のダイナミックレンジが拡大している。

比較の結果として、(a)のほうがコントラストが高く、こげや葉の模様などがより鮮明に見え、質感表現に優れていることがわかる。

6 あとがき

ここでは、輝度ヒストグラムを活用した、それぞれの画像シーンに最適となる絵作り技術について述べた。

REGZA™ Z3500シリーズでは、このほかに、“パワーディテール・リアライザー”や“ヒストグラム・バックライト制御”など、高画質化のための絵作り技術が搭載されている。

今後も、各種のヒストグラム検出データを活用した当社独自の絵作り技術を進化させ、REGZA™の更なる高画質化に取り組んでいく。



住吉 肇 SUMIYOSHI Hajime

東芝デジタルメディアエンジニアリング(株) エンベデッドシステムグループ システムLSI技術担当プリンシパルエンジニア。高画質化技術の開発に従事。

Toshiba Digital Media Engineering Corp.