

液晶テレビの動画表示性能を改善する FrameBooster™

FrameBooster™ Technology to Improve Moving-Image Quality in LCD TVs

山内 日美生

■ YAMAUCHI Himio

デジタル放送時代のテレビとして注目を集めている液晶テレビは、これまで様々な高画質化技術が開発されてきた結果、目覚ましく画質が向上してきた。なかでも動画表示性能の改善は、液晶テレビの黎明(れいめい)期からの重要な課題で、現在も更なる向上が進められている。

東芝は、液晶テレビの動画表示性能を大きく改善する技術“FrameBooster”を開発し、液晶テレビ“レグザ(REGZA)™”に搭載した。液晶パネルに表示するフレーム数を2倍に増やすことで、液晶の応答速度の向上だけでは得られない高い動画表示性能を実現することができる。また、高画質エンジン“メタブレイン™プレミアム”で映像シーンごとにFrameBoosterを最適に制御することにより、更なる高画質化を図っている。

Liquid crystal display (LCD) TVs are attracting increasing attention from users in the era of digital broadcasting. Although the image quality of LCD TVs has been significantly improved by the development of various high-quality image-processing technologies, poor moving-image quality has been a well-known problem since the beginning of their development and the need to improve performance still exists.

Toshiba has developed FrameBooster technology to efficiently improve the quality of moving images and incorporated it into the REGZA™ series digital LCD TVs. FrameBooster interpolates a new frame between two successive frames and can double the refresh rate of LCD TVs. Using this technology, a significant improvement in moving-image quality is realized that cannot be achieved by improving the response speed of the liquid crystals alone. In addition, the Meta Brain™ Premium high-quality image-processing engine optimizes the control of FrameBooster in every scene to improve the image quality.

1 まえがき

急速に普及している液晶テレビは、大画面化や高精細化が進むにつれて、種々の技術でその映像の高画質化が進んでいるが、動画表示性能については更なる改善を求められている。

東芝は、この要求に応えるため、液晶テレビの動画表示性能を大きく改善する技術“FrameBooster”を開発し、液晶テレビレグザに搭載した。ここでは、この技術の概要と特長、また、メタブレインプレミアムにおけるFrameBoosterの能力を最大限に生かすための制御について述べる。

2 動画表示性能の改善

液晶テレビの動画表示性能を改善する試みは多岐にわたるが、大きく二つのアプローチに分けることができる。

2.1 液晶分子の応答速度

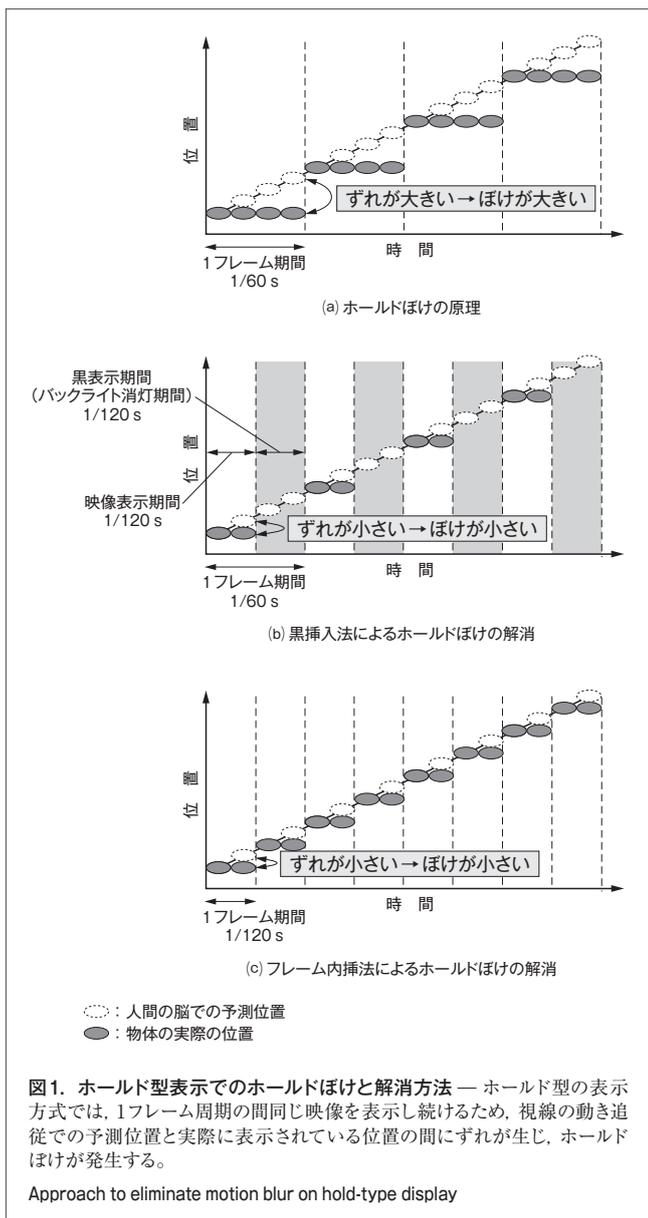
一つ目のアプローチは、液晶分子の応答速度を向上させ、人間の目に知覚できない速さで表示映像を切り換えることである。液晶テレビは、液晶分子の配向状態を制御することにより、背面にあるバックライトからの光を透過させたり遮断し、映像の階調を表現している。このため、液晶分子の応答速度が十分でない場合、表示映像の切り換えが遅くなり、人間の目

にぼけとして知覚される。液晶テレビの初期の段階では、主にこのアプローチによる改善が行われてきた。当社は、このアプローチにより研究開発を進め、早い段階でレベル適応オーバードライブ技術の有効性を示した^{(1),(2)}。現在では、同様のコンセプトによるオーバードライブ技術が、液晶テレビの必須技術として普及している。

2.2 ホールドぼけ

前述のオーバードライブ技術や液晶デバイス自体の改善によって液晶分子の応答速度が速くなると、今度は、映像の表示方式と人間の視覚特性との関係に起因したぼけが知覚されるようになってきた。液晶テレビはホールド型と呼ばれる表示方式で、1フレーム周期(1/60s)の間、同じ映像を表示し続ける。人間が動いている物体を見るとき、動く方向を予測して視線の動き追従が行われる。しかし、ホールド型表示の場合、その予測位置と実際に表示されている位置との間にずれが生じ、位置のずれた映像が脳の中で合成されぼけて感じられるホールドぼけが発生する(図1(a))。二つ目のアプローチは、このホールドぼけを解消することである。

ホールドぼけを解消するには、同じ映像の表示時間を短くすればよい。これを実現する方法の一つとして、1フレーム周期の間に黒表示期間やバックライト消灯期間を設けることで、同じ映像の表示時間を短くする方法があり、黒挿入法又は擬



似インパルス表示法と呼ばれている(図1(b))。黒挿入法では、黒表示期間やバックライト消灯期間を長くするほど動画表示性能が高くなるが、画面の明るさが低下したり、画面フリッカ^(注1)が発生するといった課題があった。近年、液晶テレビの画面サイズが大型化しており、画面フリッカが知覚されやすくなっている。ちらつきのない明るい画像表示は液晶テレビの大きな特長であるため、これを損なわずに動画表示性能を改善する技術が求められていた。一方、視線の動き追従どおりに動いている物体を移動させた新たなフレームを作成し、元のフレームの間に挿入する方法(フレーム内挿法(図1(c)))では、明るさの低下や画面フリッカの問題はないが、高い精度で内挿フレームの動き予測を行う必要がある。更に、これらの処理を

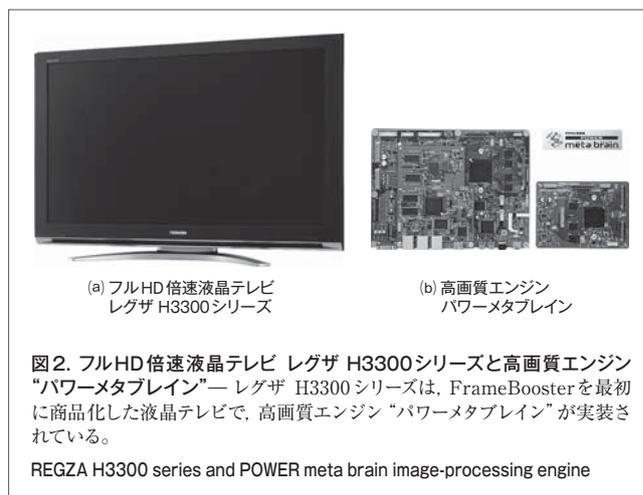
(注1) 画面全体の明暗のちらつき。

リアルタイムで行う必要があり、実用化への課題は多かった。

3 FrameBoosterの特長

当社は、前述の課題を克服するため、高い精度で動きを予測し、かつリアルタイム処理に適したフレーム内挿技術FrameBoosterを開発した。そして、FrameBoosterを搭載した120 Hz倍速駆動LSIと高画質エンジン“新メタブレインプロ (metabrain PRO)™”を統合した“パワーメタブレイン”を開発し、2007年7月にフルHD (High Definition) 倍速液晶テレビ レグザ H3300シリーズを商品化した(図2)。パワーメタブレインは、2008年には更に超解像技術“レゾリューションプラス™”を加え、“メタブレインプレミアム”へと進化している。

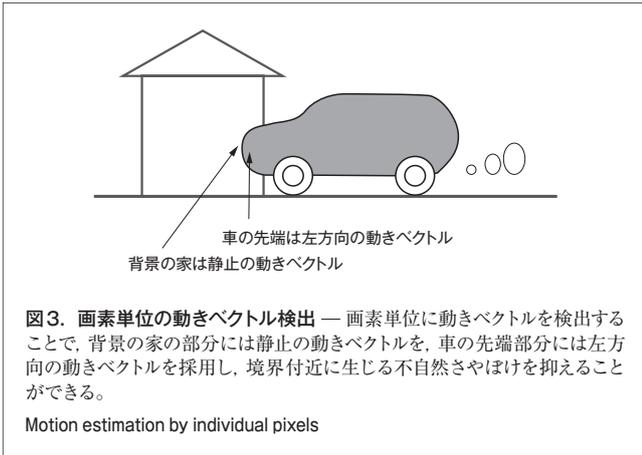
FrameBoosterは、入力されたフレームとフレームの間で物体の動きの方向を検出する動きベクトル検出処理と、検出した動きベクトルに基づいてフレームの間に内挿フレームを生成する動き補償処理から構成されている。



3.1 動きベクトル検出処理

動きベクトル検出処理の特長の一つは、フルHD (1,920 × 1,080画素) サイズの内挿フレームの1画素ごとに動きベクトルを検出することである。まず、前フレーム上のある領域の絵柄ともっとも類似する後フレーム上の領域を縦、横、斜め方向に探索して、内挿フレーム上の生成したい画素を含む領域やその周辺の領域を通る動きベクトルの候補を見つける。次に、内挿フレームの生成画素の位置でそれら候補の動きベクトルを検定しなおし、最適な動きベクトルを検出する。このように画素単位に動きベクトルを検出することで、動きの異なる物体の境界付近に生じる不自然さやぼけを抑えることができる。

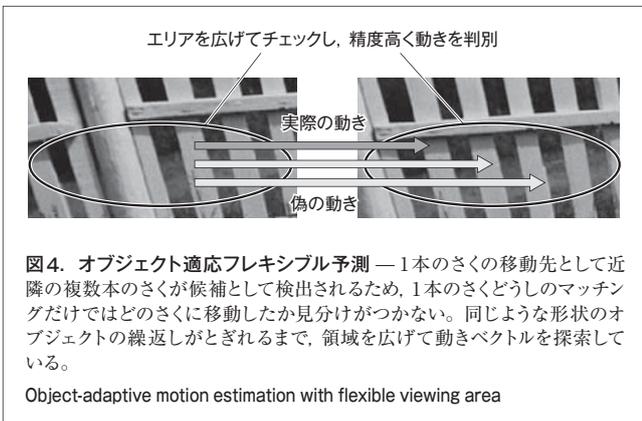
例えば図3に示すように、背景の家の前を車が左方向に移動しているシーンの場合、車の先端と背景の家の境界付近では、静止と左方向の二つの動きベクトルが検出される可能性が



ある。もし、背景の家の部分に車の動きである左方向の動きベクトルを採用してしまった場合、家の絵柄が引きつったように乱れてしまう。逆に、車の先端部分に静止の動きベクトルを採用してしまった場合、車の先端が薄く透けたようになってしまうなどの不自然さが生じる。画素単位の動きベクトルを検出すれば、背景の家の部分には静止の動きベクトルを、車の先端部分には左方向の動きベクトルをそれぞれ採用することができ、境界がすっきりする。

3.2 動きベクトル検出精度

動きベクトル検出処理のもう一つの特長は、同じような形状が繰り返して現れる絵柄の動きベクトル検出精度を向上させたことである。例えば、図4に示すようなさくのシーンでは、同じような形状が繰り返して現れている。1本のさくの移動先として近隣の複数本のさくが候補として検出されるため、1本のさくどうしのマッチングだけではどのさくに移動したか見分けがつかない。このような場合に対応するため、同じような形状のオブジェクトの繰返しごとぎれるまで領域を広げて動きベクトルを探索している（オブジェクト適応フレキシブル予測）。図4の場合、さくと形状が異なる柱部分を含む領域で動きベクトルを探索すれば、偽の動きと実際の動きを判別しやすくなる。



3.3 動き補償処理

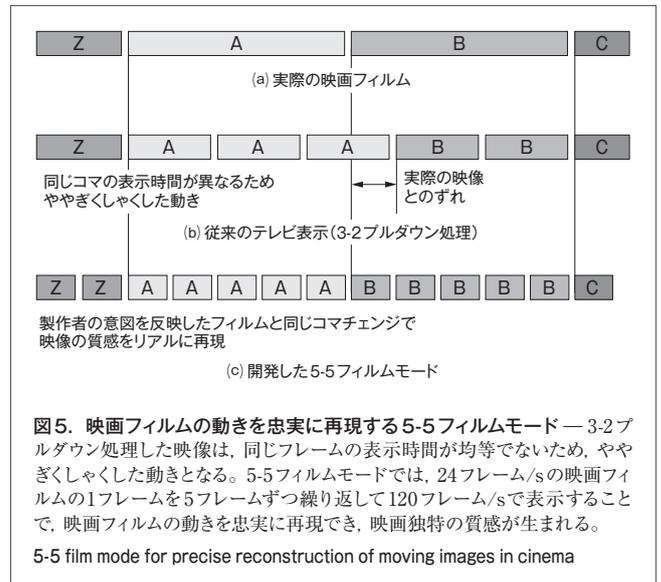
次に、FrameBoosterの動き補償処理の特長について述べる。

3.3.1 内挿フレーム

一つ目の特長は、前後2枚のフレームの映像信号のビット精度や色信号のサンプル数を削減せずに内挿フレームを生成することである。前述のような削減を行うと回路規模や外部メモリを減らせるが、階調が粗くなったり色解像度が低下するため、FrameBoosterでは画質を最優先し、情報を削減せずに処理を行っている。また、検出した動きベクトルの方向に1枚のフレームだけから映像を移動させて内挿フレームを生成するのではなく、基本的に動きベクトルで結ばれた前後2枚のフレームの映像を用いて内挿フレームを生成するため、ノイズが打ち消されてクリアな画質を実現できる。

3.3.2 5-5フィルムモード

動き補償処理のもう一つの特長は、入力映像信号が映画フィルム素材であったとき、映画フィルム本来の動きと同じになるようにフレームを表示することである（5-5フィルムモード）。映画フィルムは24フレーム/sで製作されている。従来のテレビは、これを60フレーム/sで表示するため、映画フィルムの1フレームを3フレーム繰り返した後、次の1フレームを2フレーム繰り返す、いわゆる3-2プルダウン処理を行う。図5に示すように、3-2プルダウン処理した映像は、同じフレームの表示時間が均等でないため、ややぎくしゃくした動きとなる。これに対し、5-5フィルムモードでは、24フレーム/sの映画フィルムの1フレームを5フレームずつ繰り返して120フレーム/sで表示することで、映画フィルムの動きを忠実に再現でき、映画独特の質感が生まれる。なお、5-5フィルムモードは、外部機器から24フレーム/sで入力された場合はもちろん、3-2プルダウン処理された入力映像信号であっても、プルダウンのパターンから自動的に表示フレームの順序を制御できる。つまり、放送されてきた映画コンテンツや、



24フレーム/s出力に対応していないプレーヤからの入力であっても、映画フィルムらしい質感を味わうことができる。

4 メタブレインプレミアムにおけるFrameBooster制御

FrameBoosterを商品化するにあたってもっとも留意したことは、映像シーンごとに最適な絵作りを行っているメタブレインにおいて、いかにFrameBoosterの能力を引き出すかということであった。ここでは、最新のメタブレインであるメタブレインプレミアムにおけるFrameBoosterの制御について述べる。

メタブレインプレミアムは様々な映像解析機能のほか、視聴者の視聴環境に合わせて最適に画質を調整する“おまかせドンピシャTM高画質”機能を持っている。これらの機能とFrameBoosterを結びつけるため、具体的には図6に示すような情報を基に、FrameBoosterの動作制御を行っている。

まず、入力映像信号がフルHD素材なのかSD (Standard Definition) 素材なのかなど、入力映像信号フォーマットに応じてFrameBoosterの動作を変えている。入力映像信号のサイズにかかわらず、液晶パネルにはパネルの画素数と同じサイズの映像を入力する必要があるため、SD素材の場合にはスケールで拡大を行う。SD素材を拡大した映像とフルHD素材の映像では、同じ面積の領域に含まれる情報量がまったく異なる。このため、それぞれに適した動きベクトル検出処理を行うことによって、動きの予測精度を高めることができる。

更に、同じフルHD素材であっても、絵柄が非常に細かいシーンから全体にぼけたシーンまで様々であるため、入力映像信号の空間周波数帯域ヒストグラムで入力映像信号の空間周波数分布を解析し、分布に応じた動きベクトル検出処理を行うことで、動きの予測精度を高めている。

また、入力映像信号がビデオ素材なのか映画フィルム素材なのかを自動的に判別し、映画フィルム素材の場合には、3章で述べたように5-5フィルムモードによって映画フィルムらしさを

を表現する。

静止画の判別は、様々な動作の安定化のために使用されている。例えば、映画フィルム素材を視聴中に再生機器のポーズボタンで一時停止したときでも、一時停止前と同じように、映画フィルム素材に最適化した状態で視聴開始できる。

メタブレインプレミアムでは、FrameBoosterも“おまかせドンピシャ高画質”により、視聴環境に合わせて最適化している。周囲照度が高い環境下で視聴する場合、周囲の明るさに負けないよう画面を明るくするとともにコントラストを高くし、見た目の印象がよくなるように調整している。このような状態のときには、入力映像信号が映画フィルム素材であっても、5-5フィルムモードにしないようにしている。24フレーム/sの映画フィルムの動きは、適度な明るさとコントラストの場合に映画フィルムらしさを感じるが、ある程度以上に明るく、コントラストが高いと、動きががたついて感じるからである。

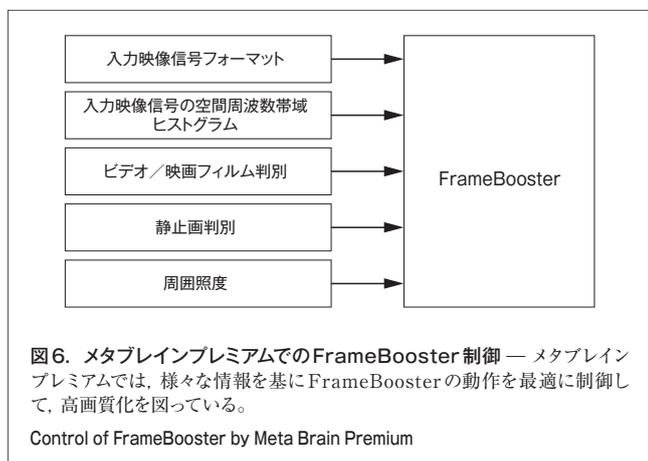
5 あとがき

フルHD倍速液晶テレビは、2007年に商品化されてから急速に広まり、現在では普及価格帯のモデルにまで展開されている。また、2008年には、擬似インパルス表示を得るために、時間方向にバックライトを周期的に消灯するバックライトスキャン方式と組み合わせたモデルや、4倍速の液晶テレビも開発された。このように、液晶テレビの動画表示性能の改善は現在も続いている。

当社は今後も、液晶テレビの動画表示性能の改善を進めるとともに、独自の制御技術と組み合わせて更なる高画質化を図っていく。

文献

- (1) Okumura, H., et al. "A New Low Image-Lag Drive Method for Large-Size LCTVs". SID1992. USA, 1992-05, The Society for Information Display. p.601 - 604.
- (2) 奥村治彦. ハイビジョン液晶テレビ市場を切り開くオーバードライブ技術の現状とその課題. 電子情報通信学会論文誌. J88-C. 7, 2005. p.474 - 483.
- (3) 伊藤 剛, ほか. 液晶テレビの動画高画質化技術—ソフトウェア処理からハードウェア処理へ. 東芝レビュー. 62, 8, 2007, p.26 - 30.



山内 日美生 YAMAUCHI Himio

デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジーセンター
AV技術開発部主務。高画質化技術の開発に従事。映像情報メディア学会会員。
Core Technology Center