

液晶テレビの高画質化

Development of Technology for Higher LCD TV Image Quality

中西 弘一
Hirokazu Nakanishi

船本 和宏
Kazuhiro Funamoto

北尾 智
Satoshi Kitao

要 旨

従来、液晶テレビの弱点であった視野角特性・動画特性・コントラスト特性を大幅に改善した液晶テレビを開発した。視野角特性に関して、新「IPS パネル」を採用することにより、斜め視野での白浮き、色変化を大幅に抑えた。また、動画特性に関して、「Wスピード」を開発し、搭載することで、ホールド時間を従来の半分である8.3 msに抑え、動画ぼやけを大幅に低減することができた。さらに、コントラスト特性に関して、「WコントラストAI (Adaptive brightness Intensifier)」を開発した。これによって、コントラスト比を従来品比2倍以上の7000 : 1相当を達成し、鮮やかでめりはりのある映像を実現した。これらは、2007年春に発売されたTH-32LX75シリーズなどに搭載されており、市場で高評価を得ている。本稿では、これら液晶テレビの高画質化技術について述べる。

Abstract

We have developed an LCD TV on which we have greatly improved viewing-angle characteristics, moving-image characteristics and contrast characteristics, items that have been the main weak points of LCD TVs in the past. For viewing-angle characteristics, the luminance increments and the gray-level color shift when viewed from diagonal have been greatly suppressed by adopting new "IPS panel". Moreover, for moving-image characteristics, the hold time has been suppressed to 8.3 ms, half that of previous models, by installing the newly developed technology "W speed" and it has also been possible to greatly reduce motion blur. In addition, for contrast characteristics, 7000 : 1 (contrast ratio in dark place), two or more times that of previous models, has been achieved by installing the newly developed technology "W contrast AI", providing images with vividness and a rich feeling of solidity. These have been installed in TH-32LX75 series, etc. models introduced to the market in the spring of 2007 and these LCD TVs have obtained a high reputation in the market. In this paper, we summarize these high-quality image technologies for LCD TVs.

1. はじめに

地上デジタル放送サービスエリアの拡大とともに薄型テレビの普及が急速に進んでいる。昨今では、国内市場のほとんどのテレビがプラズマ、液晶といった薄型テレビとなった。

液晶テレビも市場で広くお客様に受け入れられており、32インチ程度までのテレビはほとんどが液晶テレビとなっている。しかし、その性能は、大きく3つの課題をもっているものであった。(1) 視野角 (設置場所や視聴位置によっては画質が落ちてしまう)、(2) 動画ぼやけ (動きの速い映像では残像が生じ、画像がぼやけてしまう)、(3) 黒の再現性 (常にバックライトを一定の明るさで点灯させているため、黒が締まらない)。

特によく使われるTN、VAといったモードの液晶パネルでは、「視野角」が大きな課題であった。対策として、位相差を制御するシートの導入や、「マルチドメイン」と呼ばれる液晶分子の向きを分散させる技術、画素を分割して複数のガンマ特性を合成する、などして特性の改善が試みられているが、十分とはいえず、斜めから見たときに色が薄く見えてしまうという現象が残っている。

また、「動画ぼやけ (動画残像)」については、他社に先駆けて、液晶テレビの動画ぼやけ低減に早くから積極

的に取り組み、液晶パネル自体の応答速度の改善や映像信号のオーバードライブ (一時的に変調を強くし、応答速度を改善する技術) などの取り組みをしてきた。しかしながら、液晶デバイスは次の映像信号が来るまで直前の映像を表示し続ける特性 (ホールド表示) があるため、パネル自体の応答速度改善やオーバードライブの手法だけでは動画残像の低減には限界があった。たとえば、仮に応答が無限に速い、応答時間0の液晶パネルであったとしてもホールド表示である限り動画ぼやけが起こることがわかっている¹⁾。

そこで、いかにホールド時間を短くするかが改善の方向性であり、たとえば黒挿入などの技術も発表されているが輝度やコントラストといった画質性能を犠牲にせず性能向上することは困難であった。

「黒の再現性」については、バックライトをいかに暗くするかが1つのポイントである。

本稿では、これら3つの課題に対して、新「IPS パネル」を採用することでの視野角特性の大幅な改善について述べ、動画ぼやけの発生原因から理論的にぼやけを改善するために開発した技術「Wスピード」、黒の再現性の改善技術として開発した「WコントラストAI」について説明する。

2. IPS パネル

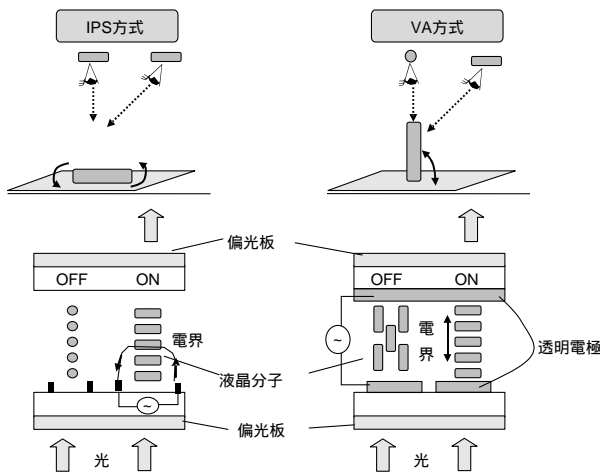
現在、特に画質性能において有力な液晶テレビに使用されている液晶パネルの方式には、主にIPS（In Plane Switching）方式、VA（Vertical Alignment）方式などがある。

その中でも、当社では前述の高画質化における課題に対して、特に

- (1) 視野角特性が良い
- (2) 応答特性が良い

といった理由からIPS方式、特に（株）IPSアルファテクノロジー社製のIPS パネルを採用した。

一般的なIPS方式およびVA方式の液晶パネルの構造を、第1図に示す。VA方式は、図のようにパネルに対して垂直方向に電界を印加することにより、液晶分子の長軸がパネルに対して垂直方向から平行方向に傾斜する。一方、IPS方式は、パネルに対して平行に電界を印加することにより、液晶分子の長軸がパネルと平行方向を保ったまま回転する。これは、後述する視野角特性、応答特性にとって長所となる駆動方法である。



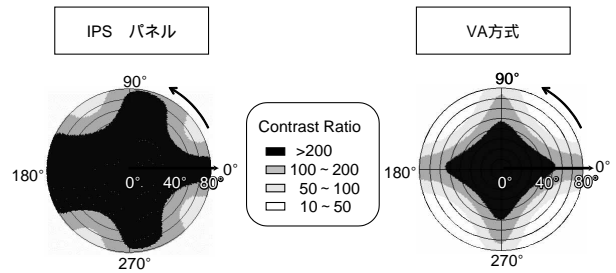
第1図 IPS方式とVA方式のパネル構造²⁾

Fig. 1 Panel structure of IPS and VA.

2.1 視野角特性

IPS方式とVA方式の構造から、VA方式は見る方向（視野）により液晶分子の見え方（複屈折率）が変化するが、IPS方式は視野による液晶分子の見え方（複屈折率）がほぼ一定である。このことにより、VA方式に対してIPS方式はコントラスト比、色変化といった視野角特性で有利である。

第2図に、IPS パネルおよびVA方式における暗所コントラスト比の視野角特性を示す。θは方位角、φは視野



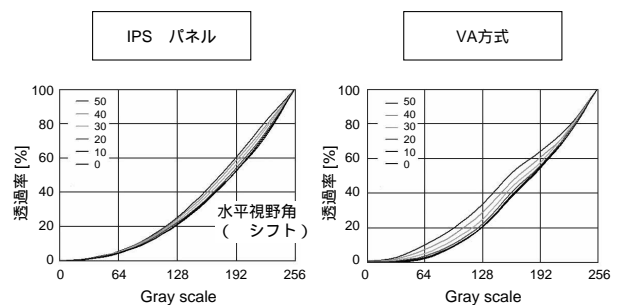
第2図 コントラスト比の視野角特性²⁾

Fig. 2 Viewing angle characteristics of contrast ratio.

角を表す。（たとえば、φ=45° θ=60°は、パネルに向かって右上1時半の方向へ正面から60°傾いた角度から見ることを示す）。第2図のように、VA方式に対して、IPS パネルは全方位に渡ってコントラスト比が大きいことがわかる。

特にIPS パネルでは、従来のIPS方式に対して、斜め方向での黒輝度低減を図った偏光板（位相差板）の開発により、斜め視野のコントラスト比を改善している。

第3図に、IPS パネルおよびVA方式における水平視野における特性の変化を示す。VA方式が視野により特性が大きく変化しているのに対して、IPS パネルは視野による特性がほぼ一定である。この特徴は、水平視野に限ったものではなく、全方位に渡って同等の特徴をもつ。これは、IPS パネルが、視野による白浮きがほとんど起こらない上、色シフト量が少ないことを意味している。



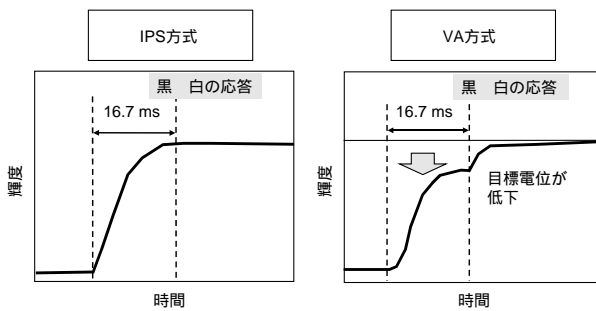
第3図 水平視野におけるシフト²⁾

Fig. 3 Gamma shift in horizontal view.

2.2 応答特性

一般的に、液晶テレビの動画特性における動画ぼやけ幅を決める要因として、液晶自身の応答時間、およびホールド時間が挙げられる。

第4図に、IPS方式およびVA方式における液晶応答（黒白）のグラフを示す。VA方式では、電界の印加に従って液晶分子の傾斜角が大きくなる。傾斜角が大きくなる



第4図 応答特性²⁾
Fig. 4 Response characteristics.

と静電容量が大きくなっていくという特徴がある。
 この静電容量の増大によって、電極の電位が低下する。そして、次のフレームで目標電位に達する。この結果、VA方式は、第4図右のような応答を示す。このことにより、特に立ち上がりの際に応答時間が極端に遅くなる。
 一方、IPS方式は、電圧変化により液晶分子が電極と平行方向に回転するため、静電容量が変化しない。
 この結果、第4図左のようなスムーズな応答となる。
 また、IPS方式は単純なねじれ変形駆動のため、階調間の応答時間がほぼ均一である。このことにより、IPS方式は、特に自然画などでの動画輪郭での色付きが無い良好な動画表示となる。
 IPS パネルでは、上記に加えて液晶材料の改善およびオーバードライブの最適化により、液晶応答時間の改善を図っており、黒10%から白90%への応答時間、および白90%から黒10%への応答時間は9 ms以下を達成している。

3. Wスピード

3.1 動画ぼやけの原理

液晶テレビにおける動画のぼやけが発生する原因を大別すると、次の2つの要因が存在する。

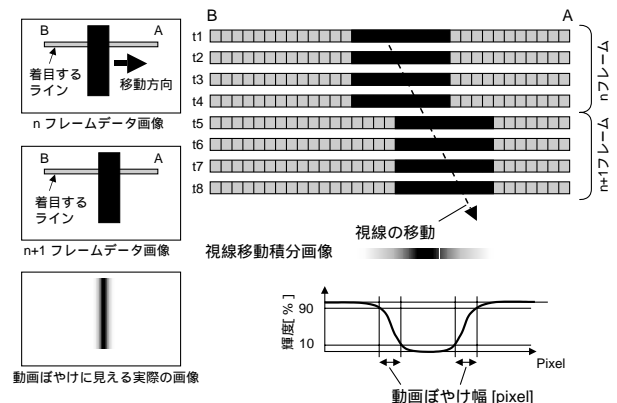
液晶に電界がかけられた時点から液晶が偏光面を変化させ終えるのに必要な時間（以下、応答時間と呼称する）

1フレーム期間で同一の映像を表示し続ける駆動方式（ホールド表示）

応答時間については前章で述べたので、本章では駆動方式の改善手法について述べる。

ホールド表示における動画のぼやけが発生する原理について、第5図を用いて説明する。

今、黒色の縦帯が左から右へ移動しており、視聴者の視線は、この縦帯を注目していると想定する。液晶パネルの表示方法は、1フレーム期間で同一の映像を表示する。



第5図 動画ぼやけの原理²⁾
Fig. 5 Principle of moving picture blur.

すなわち、第nフレームを表示している間は、同じ映像を表示し続ける。次に、黒色縦帯が右へ移動した第n+1フレームが表示されたとき、視聴者の視線は、黒色縦帯を追いかけるべく右へ移動する。

このとき、視聴者の目には、第nフレームと第n+1フレームの映像が積分されて認識される。この結果、黒色縦帯の境界部分がなだらかに変化しているように認識され、動画のぼやけが発生する。

液晶テレビの基本性能向上として、この動画のぼやけ改善は避けては通れない課題である。

ここで、動画のぼやけ具合を定量評価する手法として、(1)式で与えられるMPRT (Moving Picture Response Time) [ms]を定義する。

$$MPRT = \text{平均} \left(\frac{b \times f}{m} \right) \dots \dots \dots (1)$$

b = 階調間動画ぼやけ幅 [pixel]
 f = フレーム周期 [ms/frame]
 m = 動画の動く速度 [pixel/frame]

階調間動画ぼやけ幅 b は、液晶パネル上に矩形映像をフレーム周期 f で、水平方向に速度 m で移動表示させたときに、同速度で移動するカメラで捉えた輝度変化量が10%から90%に至るまでのぼやけ幅である。

液晶テレビにおいては、前述したようにホールド表示によって動画を表示しているため、フレーム周期 f が小さくなれば、すなわち頻りにフレームを更新すれば、視聴者の目による積分時間が短くなり、動画のぼやけは小さくなる。

一方、動画ぼやけ幅 b は動画の動く速度 m に比例するので、動画の動く速度 m で割ることによって、その液晶テレビの本来のぼやけ量を正確に評価することができる。

3.2 動画ばやけの改善手法

MPRTを改善するための手法として、
 フレームとフレームの間に黒を挿入する方法
 フレームの更新周期を速める方法

が挙げられる。

フレーム間に黒を挿入する方法としては、表示する映像信号そのものに黒フィールドを挿入する場合と、バックライトを一定間隔で消灯する方法とが存在し、そのいずれを選択してもフレーム周期を短くすると同様にホールド時間が短くなるため、視聴者の目による映像の積分時間が短くなることによって、階調間動画ばやけ幅 b は小さくなる。

しかし、フレームとフレームの間に黒を挿入する方法では、1フレームごとに黒が表示されるため、最高輝度の低下を招いたり、欧州市場など入力映像の垂直同期周波数が50 Hzの場合、画面のちらつき（フリッカ）が目立つという副作用が存在する。

一方、フレームの更新周期を速める方法では、最高輝度の低下やフリッカの発生を招くことはない。

液晶テレビにおいて、最高輝度の低下は、コントラスト比の低下を招くことにつながるため、MPRTを改善しつつ、コントラスト比を維持させる手法として、フレームの更新周期を速める方法を採用した。

3.3 Wスピード

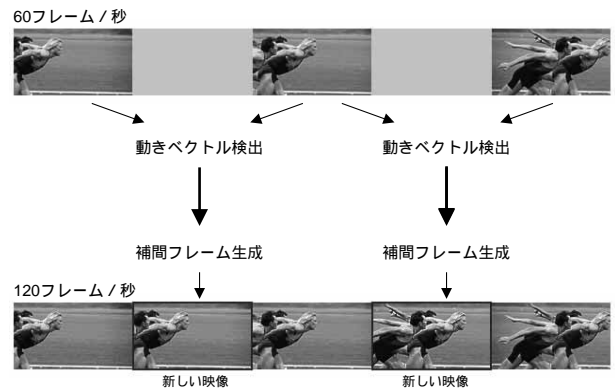
従来の液晶テレビにおけるMPRTは15 msであったが、今回の駆動方式「Wスピード」では、その目標を一般視聴者にとって動画ばやけによる違和感を生じにくいMPRT値である8 ms以下と定めて開発を行った。これは、従来のMPRTの約50%にあたる。

そこで、MPRTを半減するためには、(1)式によれば、フレーム周期を従来の16.6 ms/frameから、半分の8.3 ms/frameにすればよいことがわかる。

すなわち、垂直同期周波数が60 Hzの映像信号が入力された場合、液晶パネルへは120 Hzの映像信号を出力する必要がある。

さらに、単に垂直同期周波数を2倍の120 Hzとしただけでは、視聴者の目の積分時間は60 Hzのときと同じになるので、入力映像信号のフレームの間にフレームを補間する新たなフレームを生成する必要がある。

そこで、「Wスピード」は、高速なフレームメモリーを搭載することで、第6図に示すように入力されたフレームと、その1つ前のフレームから動いている部分のベクトルを検出し、その中間に位置する中間フレームを予測することで、入力映像信号の2倍のフレームを表示するものとした³⁾。



第6図 「Wスピード」の動作原理

Fig. 6 Method of "W-speed".

この中間フレームの生成によって、人間の目の積分時間（ホールド時間）は、従来の1/2の8.3 msとすることができ、MPRTは実測で8 msを達成し、動画ばやけを大幅に改善できた。

4. WコントラストAI

民生用液晶テレビの性能を評価する際の指標として、暗所コントラスト比が存在する。

ここで、暗所コントラスト比CRの算出式を(2)式に示す。

$$CR = \frac{K_w}{K_b} \dots\dots\dots(2)$$

K_w = 環境照度 0 lx 時の最高輝度
 K_b = 環境照度 0 lx 時の最低輝度

また、一般視聴者が目にする映像成分としては、黒、白のみの映像ではなく、その中間に位置する輝度も存在する。

この中間輝度の表現のいかんによって、映像の「めりはり感」が左右されるため、中間輝度の表現は画質性能を決定する重要な要因である。

本章では、「WコントラストAI」を用いた、暗所コントラスト比を向上させる手法、および中間輝度の表現手法について述べる。

4.1 システム構成

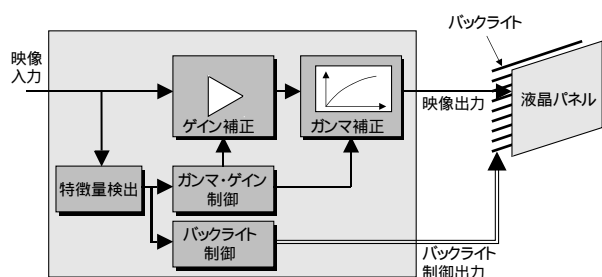
液晶テレビに限らず、映像信号処理システムにおいては、映像を表現できるダイナミックレンジは有限である。

また、バックライト制御を行わない状態の液晶パネル単体の暗所コントラスト比CRは、一般的に1000から2000である。

そこで、「WコントラストAI」においては、この有限なダイナミックレンジをフルに活用し、かつバックライトの輝度も制御することで、暗所コントラスト比CRを5000以上にすることをコンセプトとして開発した。

第7図に、「WコントラストAI」のシステム構成図を示す。「WコントラストAI」は、「ダイナミックコントラストエンハンサ」を構成する映像特徴量検出部、ガンマ・ゲイン制御部、ゲイン補正部およびガンマ補正部と、「インテリジェントバックライトコントローラ」を構成する映像特徴量検出部およびバックライト制御部から構成され、映像信号とバックライトの制御を同時に行っている。

特に、ガンマ・ゲイン制御部およびバックライト制御部は、小型のCPU (Central Processing Unit) をLSIに搭載し、このCPU上で動作するソフトウェアを用いて実現した。これによって、映像特徴量をさまざまな角度から分析し、映像シーンごとに最も適した表示を行うことが可能となった。



第7図 「WコントラストAI」システムブロック図
Fig. 7 System block diagram of "W contrast AI".

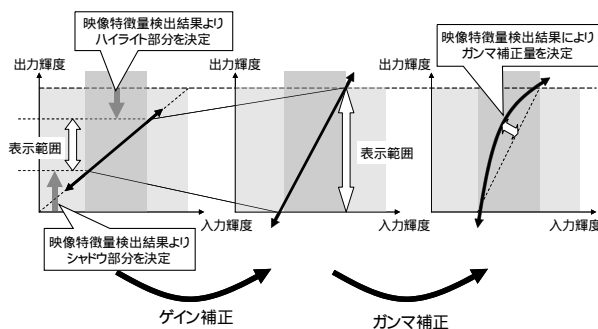
4.2 動作原理

第8図に、「ダイナミックコントラストエンハンサ」の動作原理を示す。まず、入力された映像信号の黒レベル、白レベルなどの特徴量を検出し、ゲイン補正部において入力映像信号の最低輝度から最高輝度までの階調をシステムのダイナミックレンジいっぱいまで拡張する。

単にダイナミックレンジの拡張処理だけを行うシステムでは、最低輝度から最高輝度まで均一に輝度分布している映像信号が入力された場合、既にダイナミックレンジを使い切っているため、入力映像信号そのものが出力され、めりはりのない映像となってしまふ。

そこで、ガンマ補正部において、入力された映像信号の平均輝度レベルなどを参照しながら中間輝度の明るさを引き出し、黒部分の輝度を調整して、めりはりのある引き締まった映像を表現する。

一方、「インテリジェントバックライトコントローラ」では、入力映像信号の特徴量検出結果から映像の特徴を



第8図 「ダイナミックコントラストエンハンサ」の動作原理
Fig. 8 Operation method of "Dynamic Contrast Enhancer".

リアルタイムに判別し、バックライト輝度の制御を行っている。

このバックライトの制御によって(2)式における最低輝度 Kb を低く抑え、暗所コントラスト比 $CR = 7000$ を実現できた。

5. まとめ

本報告の高画質技術は、BS/CS110° / 地上デジタルに対応した、32型の(株)IPSアルファテクノロジー社製パネルを採用したデジタルハイビジョン液晶テレビに導入した。

動画改善技術を搭載し、動画ぼやけの原因であるホールド時間を従来の半分8.3 msに低減し、さらに「WコントラストAI」技術により、コントラスト比7000:1相当を実現した。

今後の技術的課題として、「WコントラストAI」の更なる改良により暗所コントラスト比の向上、および液晶パネルの駆動方式の更なる工夫によって動画ぼやけの改善を図っていく。

参考文献

- 1) 北尾智：IPSパネルを用いた液晶VIERAの高画質技術 第16回ファインテック・ジャパン(2006).
- 2) 小野記久雄：大型TV用IPS パネルの最新技術開発状況 第17回ファインテック・ジャパン(2007).
- 3) 大竹隆太郎 他：Moving picture response improvement technology for LCD televisions: "Clear Focus Drive". IDW/AD '05, p.797(2005)..

著者紹介



中西弘一 Hirokazu Nakanishi
パナソニックAVCネットワークス社 映像・ディスプレイデバイス事業グループ
Visual Products and Display Devices Business Group, Panasonic AVC Networks Company



船本和宏 Kazuhiro Funamoto
パナソニックAVCネットワークス社 映像・ディスプレイデバイス事業グループ
Visual Products and Display Devices Business Group, Panasonic AVC Networks Company



北尾 智 Satoshi Kitao
パナソニックAVCネットワークス社 映像・ディスプレイデバイス事業グループ
Visual Products and Display Devices Business Group, Panasonic AVC Networks Company