

AQUOS XS1のLEDバックライト

山本 智彦 富吉 暎 増田 岳志 藤原 晃史 味地 悠作

研究開発本部 ディスプレイシステム研究所

液晶TVのバックライト光源に当社初のRGB-LEDを搭載したAQUOS XS1を商品化しました。2次元に数詰めした1000個以上のLEDを1個毎に制御し、映像に連動して光量をコントロールするLEDエリアアクティブ制御技術により、究極の黒表現（コントラスト100万：1以上）やピーク輝度表現が可能で、また広範囲な色再現（NTSC比150%）を可能とする高画質ディスプレイが実現できました。更に、LED用新規光学系により、画期的な薄型構造（最薄部2.28cm）も合わせて実現できました。

本稿では、このXS1の優れた仕様実現の鍵となったLEDバックライト技術に焦点を当て解説します。

1 はじめに

近年、LEDバックライトを用いた液晶テレビが各社から発売されはじめ注目を集めています。現在のバックライト光源の主流であるCCFLは、コストも洗練され、発光効率も高く主役の座は今も不動です。しかし、発光効率が年々向上し、CCFLとの差がかなり縮小した事や水銀レスで環境負荷の小さい光源である事から、次世代のバックライト光源としてLEDが注目されています。また、LEDは使い方によって、ディスプレイに様々な特徴を持たせる事ができます。例えば、RGB-LEDを使って広色域という特徴を持たせる事ができます。あるいは、LEDを2次元に配置し、輝度分



写真1 AQUOS XS1

布や色度分布を映像信号によって変える事（エリアアクティブ制御）で、高コントラスト表示や広レンジの階調表現、更なる広色域表現等の高画質化という特徴と、必要十分なバックライトの点灯による低消費電力という特徴を持たせる事ができます。また、LEDは導光板と相性が良く、導光板による薄型化という特徴を持たせる事もできます。

今回、当社が開発したXS1(写真1)は、新規RGB-LEDバックライトを用いることで前述の特徴全てを同時に実現する事ができました。本稿では、ここで導入された新規技術の中の

- ・1000ブロック以上のRGB-LEDを駆動するLEDバックライト制御技術
 - ・薄型かつエリアアクティブ制御可能なLEDバックライトの光学技術
 - ・高画質を生み出すLEDエリアアクティブ制御技術
- について述べます。

2 LEDバックライトの制御技術

LEDバックライトの制御系は、LEDを駆動するLEDドライバ、LEDドライバを介してLEDバックライト全体を制御するLEDコントローラから構成されます。

(1) LEDドライバ

XS1では、52型では1152個、65型

では1568個ものRGB-LEDを使っています。それを、LED毎色別に制御して、それぞれ1152個と1568個のブロックに分割駆動できるようにしました。今回、ブロック数を一般的に提案されているものより10倍以上にし、より木目細やかに制御する事でエリアアクティブによる画質向上効果を最大限引き出すようにしました。このような多ブロック駆動においては2つ課題があります。

まず、LED駆動電圧の設定が課題になります。多ブロックのLEDを全て並列接続し、低電圧で動かすと必要電流が増える為、ACDCコンバータのコストアップや、配線抵抗による電力ロスとそれに伴う余分な熱が発生します。そこで、LEDの直列段数を増やす事で全体の電流を減らし、かつ各LEDを制御できるような新規LEDドライバを開発しました。

次にLEDとLEDドライバ間の配線数が課題になります。この2つを別基板に配置すると、接続配線数が膨大になり、接続部分のコストアップや接続信頼性の低下が懸念されるからです。そこで、LEDとLEDドライバを同一基板内に配置し、基板内で配線するようにしました。

(2) LEDコントローラ

多ブロックのLEDに様々な制御をする

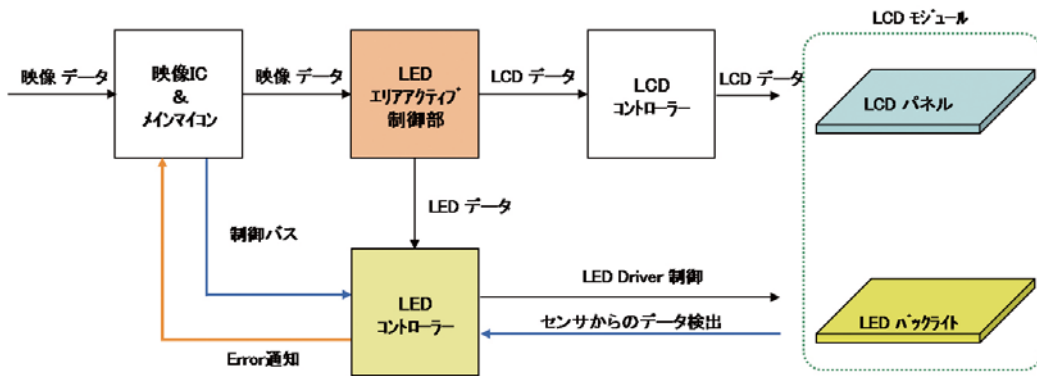


図1 システムブロック図

為にはLEDドライバを制御するLEDコントローラが必要になります。図1のように、LEDコントローラはLEDエリアアクティブ制御部から『LEDデータ』を受信し、LED基板に搭載されたLEDドライバに対して、各ブロック、RGB各色に対する制御信号を送信することで、LEDバックライト制御を行います。LEDコントローラには大まかに以下の9つの機能があります。

- ① LEDドライバ制御；各ブロック、RGB各色に対して、PWM（パルス幅）値、電流値制御を行います。
- ② LED個体バラツキ補正（LEDコントローラ部に情報を蓄積し、LEDドライバ制御に反映させる）
- ③ LED温度特性補正
- ④ LED経時劣化補正（③④ともセンサーからのデータ検出に応じてLEDドライバ制御に反映させる）
- ⑤ バックライト色温度調整
- ⑥ ピーク輝度管理；コントラスト感、輝度感を出すための機能。
- ⑦ 電力管理；バックライトの電力量管理。（⑤⑥⑦とも制御バスからの制御でLEDドライバ制御に反映させる）
- ⑧ 電源シーケンス管理（制御バスからの制御でLED電源の起動、シャットダウンの手順を管理する）
- ⑨ 異常検出（異常を検知し、エラー通知によってメインマイコンに知らせる）

このような機能を使ってLEDコントローラは3つの大きな仕事をしています。

第1には、LED素子の変化要因すべてをLEDコントローラが管理、制御

することで、バックライトを常に均一な輝度、色度で点灯させる事です。

第2には、TVセット側のメインマイコンと常時情報交換をしながら、LEDバックライト側でTVの色温度を変化させたり、ピーク輝度を出したりと表示品位向上に寄与する事です。

第3には、LEDバックライト側で何らかの異常があった場合、即座にメインマイコンにエラー通知を行いエラー情報に応じて、異常時の対策を行い、安全なLEDバックライト、TVシステム制御を行う事です。

次にこのようなLEDの駆動制御とLEDコントローラを用いてLEDの大きな課題であるばらつき制御と温度変化および経時変化に対するフィードバック制御について説明します。

(3) LEDのばらつき制御

LEDは従来のバックライト光源であるCCFLと比較して光学特性の個体

ばらつきが大きく、具体的には波長で20nm程度のばらつき、明るさで1.5～2倍の光度ばらつきが製造工程において発生します。そして、波長（色）・光度（明るさ）のばらつきは液晶TVの品位・性能に大きく影響を及ぼします。

一方、波長・光度の良品選別幅の縮小は、LEDのコストアップにつながり、選別ランク数の増加は生産工程管理を複雑にします。そこで、できるだけ多くのLEDを、できるだけ少ない選別ランク数で使用しつつ液晶TVとしての品位・性能を確保するためにXS1でとられた対策について説明します。

①波長ばらつき

XS1では、RGB各色のLEDを映像に応じて独立で駆動制御することで、あらゆる直視型ディスプレイの色再現範囲を凌駕するNTSC比150%（従来比1.6倍）を目標に各色LEDのピーク波長のtyp値を設計しました。図2

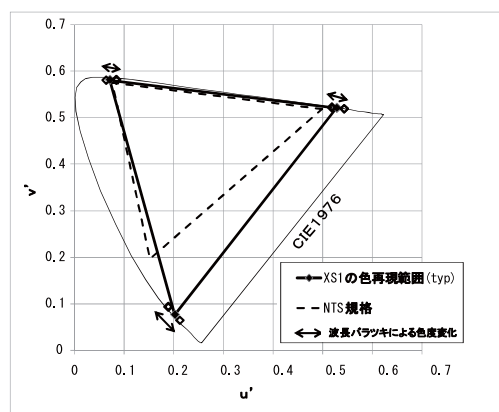


図2 XS1の色再現範囲



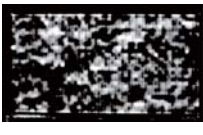
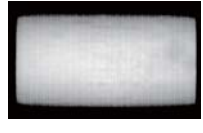
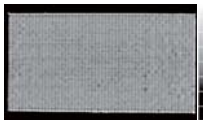
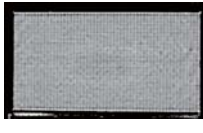
	輝度ムラ	色度ムラ	
		色度x	色度y
調整前	 max	 typ +0.05 typ typ -0.05	 typ +0.05 typ typ -0.05
調整後	 max	 typ +0.05 typ typ -0.05	 typ +0.05 typ typ -0.05

図3 LEDバックライトのムラ調整

にCIE1976色度座標でのXS1の色再現範囲とNTSC規格の比較を示します。バックライトの面内で各色LEDの波長がばらつくと、図2にあるように、表示される3原色（赤・緑・青）の色度点が異なり色ムラの原因となるとともに色再現範囲が変化します。この2点を考慮して各色LEDとも波長ばらつきの許容値を見極め、選別しました。この結果、色再現範囲NTSC比150% (typ) を達成するとともに、色ムラを最小限に抑えることができました。なお波長ばらつきによって発生する白色の色ムラは、各色LEDの光度調整で無くす事ができます。

②光度ばらつき

光度ばらつきのあるLEDを無作為にバックライトに配列して点灯すると輝度ムラが発生します。また、それぞれのRGB-LEDの組み合わせにおいて各色の強度比が異なるため表示される白の色度点が異なる白色ムラが発生します。この課題に関しては各色LEDの個別の光度の調整で解決でき、XS1ではバックライト上でLED光度を調整する“LEDバックライト調整システム”を構築しました。調整前後のLEDバックライト上の輝度・色度ムラの様子を図3に示します。本調整システムにより、LEDの光度ばらつきを選別することなく、輝

度・色の均一性が良好なバックライトを量産することができました。

③Vf (LED駆動電圧) ばらつき

LEDドライバの駆動電圧は、LED直列数分のVfの和とLEDドライバでの定電流作成電圧の合計が必要です。それ以上の印加電圧はLEDドライバ部で熱に変換されます。Vfばらつきが大きく、それを見込んで印加電圧を高め設定するとLEDドライバ部が発熱し、熱の問題が発生します。また、電力消費も増えてしまいます。このため、統計処理によるLED駆動電圧値の決定と基板でのLED駆動電圧管理を行い、必要以上に余分な電力消費と発熱を抑える工夫をしました。

(4) LEDフィードバック補正

一般的に、温度上昇と共にLEDの光度は低下します。また経時劣化

では、一時的に光度が大きくなるようなものもあるものの、全体的にはLEDの光度は時間と共に低下していきます。

この光度の変化は、色ごとに一定ではなく、温度に関しては赤のLED光度が一番低下し、経時劣化では青のLED光度が一番劣化しやすくなります。例として、図4にバックライト上でのLEDの温度—輝度特性を示します。

このため、例えば温度上昇によってシアン寄りにホワイトバランスが崩れるため、各色のLED明るさを調整、補正することでホワイトバランスが変化しないようにする必要があります。

そこで、XS1では次のような補正を行っています。

①温度特性補正

LED基板上のサーミスタより、温

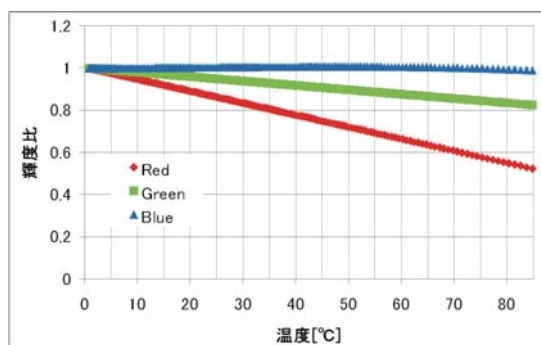


図4 LEDの温度-輝度特性

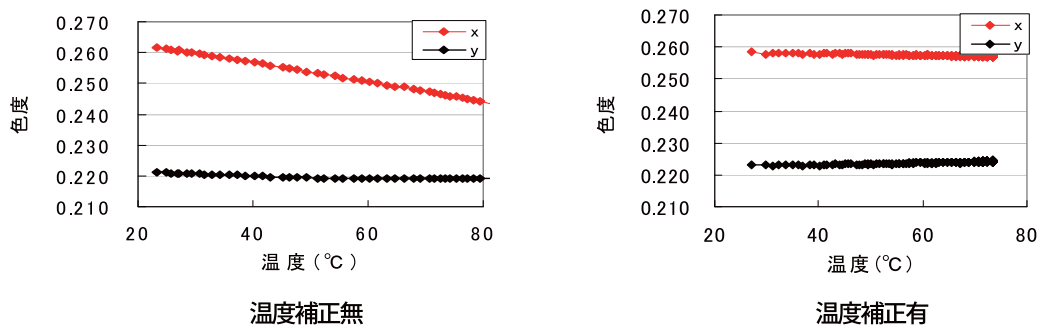


図5 温度補正の有無による色度 - 温度特性

度を検出し、温度が変化してもホワイトバランスが変化しないようにLEDコントローラ側で調整します。図5に温度補正の有無による色度-温度特性を示します。

②経時劣化補正

LED基板上のフォトセンサーを使い、出荷時と経時劣化後の各色LEDの輝度比が一定になるように補正できる機能を搭載しています。

3 LEDバックライトの光学技術

XS1は突出した高画質を実現し、かつその技術力を65型/52型というサイズにおいて、写真2のような、2.28cmという超薄型で表現する事が開発目標でした。その為、RGB独立でのエリアアクティブ制御ができ、且つ従来にない薄型なバックライトを開発する必要がありました。



写真2 AQUOS XS1のデザイン

(1) 従来のバックライト

従来の大型テレビ向けのLEDバックライトは、2次元に配列されたLED上に拡散板や光学シートを配置する「直下型」と呼ばれる方式が採用されています。直下型はエリアアクティブ制御には適する反面、厚さがLEDのピッチ（個数）に依存するため薄型化が困難であるという課題がありました。

一方、1枚導光板を用いて、その周囲にLEDを配置する「エッジライト型」と呼ばれる方式は、厚さがLED個数に依存せず、薄型化が可能な反面、導光板の大型化が困難であり、エリアアクティブ制御できないという課題がありました。XS1のLEDバックライトでは、双方の課題を「タンデム型」と呼ばれる手法で同時に解決しました。

(2) タンデム型バックライトの構造

今回用いた「タンデム型」の構造を図6に示します。

①導光板形状

導光板へLEDの光が入射すると、スネルの法則により屈折して入射した光が、導光板の矩形の発光部に広がるためには、図7のように、ある一定以上の距離の導光部が必要となります。この導光部の領域ではRGBの混色性を良くする事と輝度ムラを抑える事が非常に困難です。また、LEDの入光部付近は、LEDから直接出射され導光板を導光しない強い光が漏れて輝度ムラ、色ムラに見えます。以上の点で導光部及びLEDを見えなくする構造が必要です。そこで図6のように導光板を瓦状に重ねることで、導光板の発光部のみを並んで配置させ、前述の色ムラ輝度ムラを無くす事ができました。

②輝度の面内均一性

タンデム型では導光板の継ぎムラという大きな課題があります。面光源同士を継ぐので境界での輝度ムラが発生するのです。限られた厚さでの導光板境界に発生する輝度ムラを解消するため、導光板の発光分布の最適設計及び導光板の上部に配置する光学シートの最適選定を行いました。

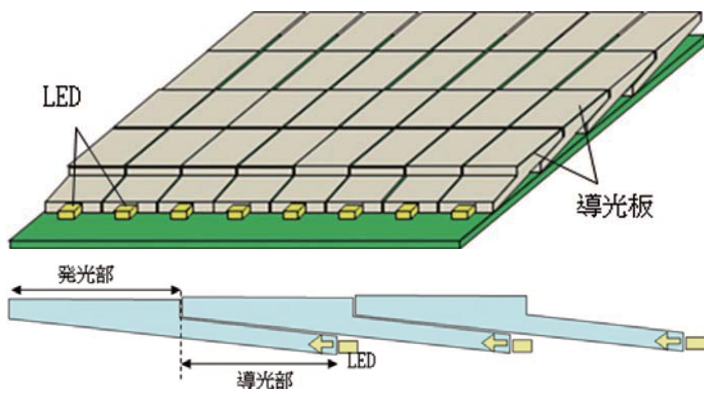


図6 タンデム型バックライト構造

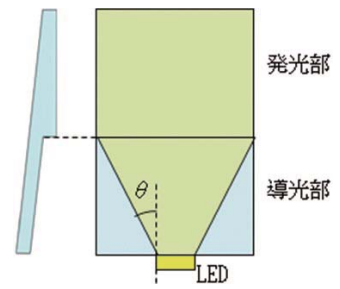


図7 タンデム型導光板

た。その結果、輝度ムラは解消され、面内が均一なバックライトを作る事ができました。このようにしてRGB独立でのエリアアクティブ制御ができ、且つ従来にない薄型なバックライトを開発する事ができました。

4 LEDエリアアクティブ制御技術

これまで述べてきたLEDバックライトの制御技術と光学技術を土台として高画質な映像を実現させるのがエリアアクティブ制御技術です。

LEDエリアアクティブ制御では『映像データ』を『LEDデータ』と『LCDデータ』に分離する処理を行います。以下に、その処理フロー(図8)について簡単に説明します。

- ①『映像データ』から、光学的に分割されたブロック/RGB毎に輝度を算出します。
- ②算出の結果、LEDバックライトを制御するための『LEDデータ』が決定されます。
- ③算出された『LEDデータ』から内部演算によって、『LED映像』を生成します。
- ④『映像データ』と『LED映像』から『LCDデータ』を生成します。
- ⑤『LEDデータ』はLEDコントローラを介してLEDバックライトに供給されます。
- ⑥『LCDデータ』はLCDコントローラ

ラを介してLCDパネルに供給されます。

- ⑦LCDモジュールにて、LCD映像とLED映像が重ね合わさることで、1枚の映像に復元されます。

図9のLED映像を見るとわかるように、LEDエリアアクティブ制御では、ブロック単位で必要輝度と必要色度を最適化してLEDを光らせます。その結果、黒側の階調はLEDバックライト側の輝度を絞ることで、漆黑まで沈めることができるため、ダイナミックレンジの広い、高コントラストの映像が実現できます。図

10は黒背景に白ウィンドウの面積を変える事でALL(平均輝度レベル: Average Luminance Level)を変化させ、その時の面内コントラストの変化を示したものです。XS1用BLは、ブロック数が100個程度の従来のLEDエリアアクティブBLに比べて一般放送で頻度の高いALL20%~30%でコントラストが高く黒が締って見えます。

また、必要な色のLEDしか光らせないので、他色のLEDからの干渉のが少なくなり、広色再現が可能となります。更に、必要箇所の必要な色のバックライトしか光らせないため、LEDバックライトの低消費電力化が可能になります。

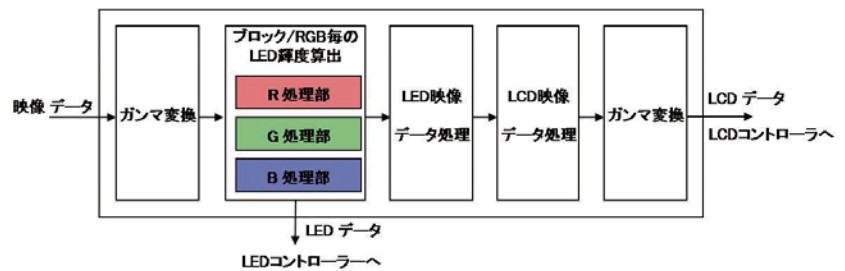


図8 LED エリアアクティブ制御ブロック図

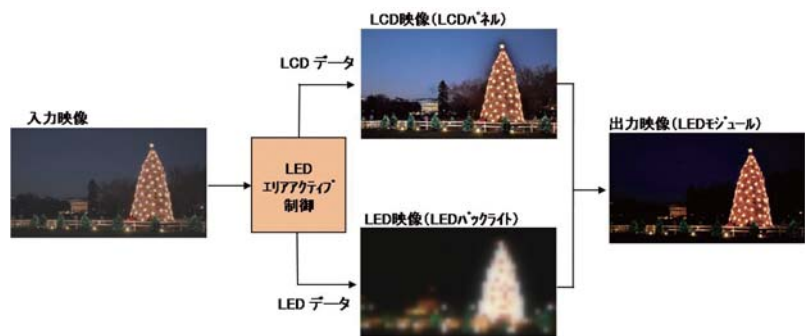


図9 LED エリアアクティブ制御表示映像

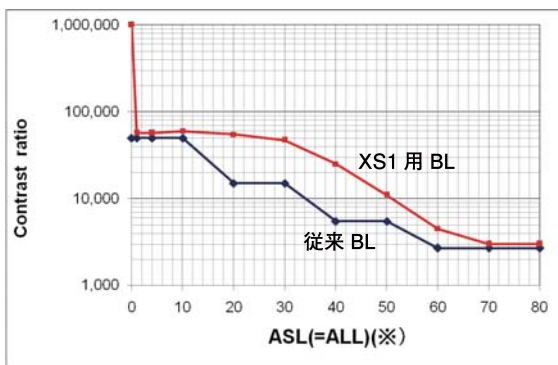


図10 LEDエリアアクティブBLのALLとコントラスト



いたために特定の絵で周辺がぼやっと光って見える現象です。このハローを低減するための演算コアを搭載しました。

②動画フリッカ

LED解像度がLCD解像度よりも荒いため、ブロック間の輝度変化が大きい場合、主に動画像でフリッカとして視認される現象です。このフリッカを改善するための演算コアを搭載しました。

③ブロック単体輝度が暗い

1ブロックだけを点灯させた場合、どうしても全面点灯時と比較して、輝度が足りなく感じる場合があります。この輝度不足を改善するため輝度アシストする機能を搭載しました。

以上のような不都合画面は光学系の工夫や映像の調整と作りこみで克服しました。

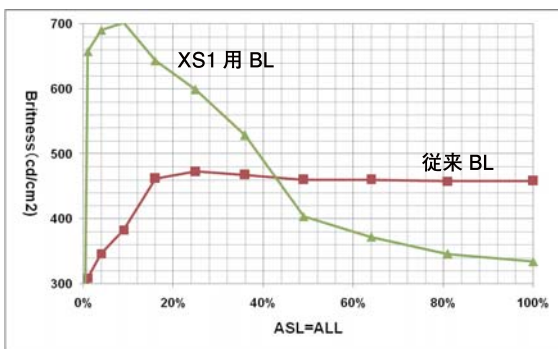


図11 LEDエリアアクティブBLのALLと輝度



図11はALLと輝度の関係を示したものです。XS1では削減した消費電力を輝度に振り分けるようにもLEDコントローラを制御できるので、図11のように、ブロック数が100個程度の従来LEDエリアアクティブBLではできなかったピーク

輝度表現が可能となっています。以上はLEDエリアアクティブBLのメリット、効果について記述してきましたが、以下のような特有の不都合画像も存在します。

①ハロー

LED解像度がLCD解像度よりも荒

5 まとめ

バックライト光源のLED化が進む中、XS1のLEDバックライトは、LEDバックライトの持つあらゆる特徴を先取りしたものでした。今後、開発中に取得した技術、ノウハウを更に磨き上げ、LEDバックライトのテレビ事業、ディスプレイ事業、LED事業への拡大展開をはかっていきます。