

液晶ディスプレイの高コントラスト化を実現するLEDバックライト制御技術

LED Backlight Dimming Technology to Realize LCDs with Ultra-High Contrast Ratio

馬場 雅裕

野中 亮助

佐野 雄磨

■ BABA Masahiro

■ NONAKA Ryosuke

■ SANO Yuma

液晶ディスプレイ (LCD: Liquid Crystal Display) では、携帯電話やテレビ (TV) などの様々なディスプレイ装置への応用が広がるにつれ、高画質と低消費電力の要求がますます高まっているが、従来のLCDには、プラズマディスプレイやブラウン管のような自発光型ディスプレイに比べてコントラストが低いという課題があった。

この課題を解決するため東芝は、発光ダイオード (LED: Light Emitting Diode) を光源とするバックライトの明るさを、画像に応じて画面全体、又は画面の領域ごとに制御する方式を開発した。これらの技術によって、携帯電話やTVで高画質な画像を少ない消費電力で楽しむことができる。

Liquid crystal displays (LCDs) have been applied to various display products such as cellular phones and television sets in recent years, and demand has been increasing for improved image quality and power consumption. However, the contrast ratio of LCDs is lower than that of emissive displays such as plasma displays and cathode ray tubes.

To improve the contrast ratio, Toshiba has developed a light-emitting diode (LED) backlight dimming technology that can control backlight luminance according to the input images. The application of this technology to LCDs for cellular phones and television sets makes it possible to realize high image quality.

1 まえがき

近年、LCDは、薄型かつ軽量という特長を生かし、携帯電話やTVなど適用分野が広がり、それに伴って高画質化の要求が高まっている。従来、LCDの画質に対して主に二つの課題があった。一つは、液晶材料の応答速度の遅さやホールド型表示と呼ばれる表示方式に起因する動画のぼけ、もう一つは、黒画像を表示した場合に、バックライトからの光の一部が液晶パネルを透過してしまうこと (光漏れ) に起因するコントラストの低下である。

これまでに東芝は、動画のぼけを改善するため、液晶材料の応答速度の遅さを駆動方法で改善するLAO (Level Adaptive Overdrive) 技術⁽¹⁾や、入力映像のフレームの間に補間フレームを生成し、倍速 (120 Hz) のフレームレートで表示する技術 FrameBooster™⁽²⁾を開発した。これらの技術により、LCDの動画表示性能は改善された。

一方、コントラストについては、入力画像に応じてLEDバックライトの輝度を変調する方法が、近年注目されている。これは、暗い画像を表示する場合、LEDバックライトの輝度を低下させることで、液晶パネルからの光漏れを抑制し、コントラストを向上させる技術である。また、この技術ではLEDバックライトの平均輝度を低下させることができるため、LCDの消費電力も削減できる。

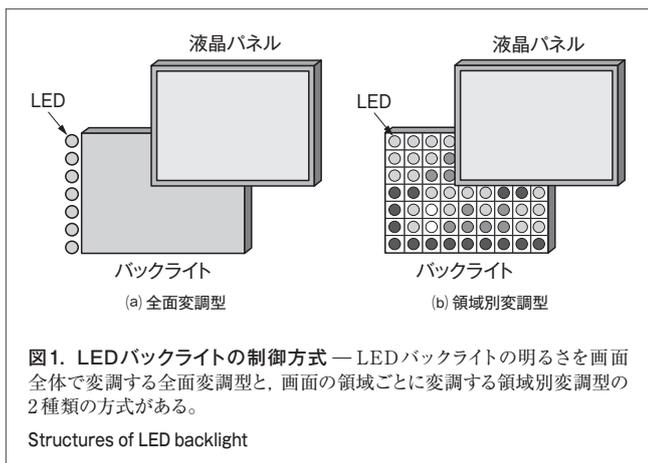
ここでは、当社が開発したLEDバックライト制御技術の概

要を述べるとともに、携帯電話や車載ディスプレイのような小型LCD向けと、TVのような大型LCD向けのLEDバックライト制御技術についてそれぞれ述べる。

2 LEDバックライト制御技術の概要

従来のLCDは、バックライトが常に100%の明るさで発光し、液晶パネルの透過率を入力画像に応じて変調することで画像を表示していた。しかし、バックライトの明るさを制御する場合、バックライトの明るさと液晶パネルの透過率の両方を変調することで、入力画像に応じた明るさをLCDに表示することになる。すなわち、LEDバックライト制御技術は、入力画像に応じて、LEDバックライトの輝度変調と液晶パネルに表示する画像の補正 (階調変換) を同時に行う技術である。

図1に示すように、LEDバックライトの制御技術は二つの方式に分類される。一つは、バックライトの端部に光源であるLEDを並べ、LEDバックライトの明るさを画面全体で変調する全面変調型である (図1(a))。この方式は、LEDを端部に設置するため薄型化しやすく、携帯電話や車載ディスプレイなどの小型LCDに用いられる。もう一つは、LEDを画面全体に並べ、LEDの明るさを画面の領域ごとに変調する領域別変調型である (図1(b))。この方式は、画面の領域ごとにLEDバックライトの明るさをち密に変調できるため、全面変調型に比べコントラストの改善効果が高く、TVのような大型LCDに



用いられる。

以下に、当社が開発した2種類のLEDバックライト制御技術の詳細について述べる。

3 全面変調型LEDバックライト制御技術

従来の全面変調型LEDバックライト制御技術では、以下のような方法で、LEDバックライトの輝度と補正画像を算出していた。

- (1) LEDバックライトの輝度を1フレームの入力画像の最大階調の明るさに設定する。
- (2) LEDバックライトの輝度低下に伴う画面輝度の低下を補うように、入力画像の階調変換を行い、補正画像を求める。

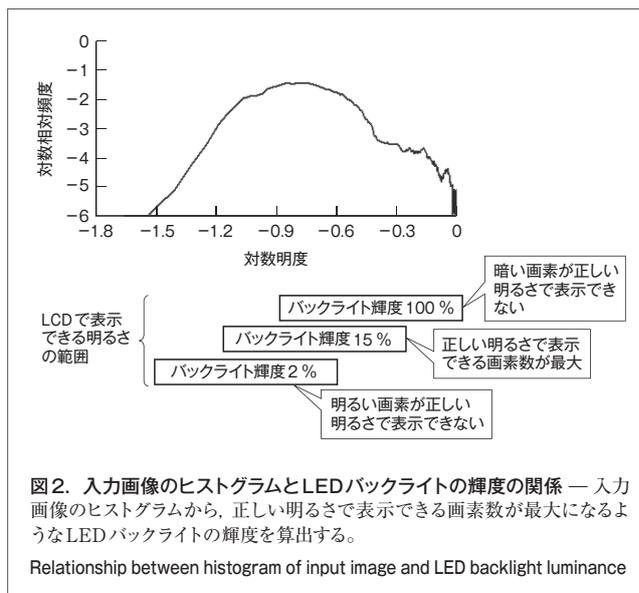
しかし、同じ最大階調を持つ画像でも、最大階調の近傍に多くの画素が存在する明るい画像と、最大階調の近傍にわずかな画素しか存在しない暗い画像では、適切なバックライト輝度は異なる値と考えられるが、従来の方法では、同じLEDバックライトの輝度が算出される。

そこで当社は、入力画像全体の情報を用いたLEDバックライトの輝度及び補正画像の算出手法を開発した。

3.1 アルゴリズムの概要

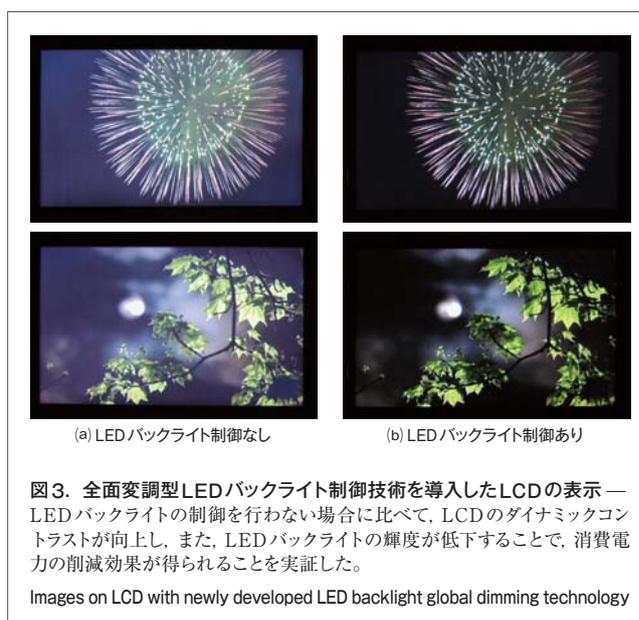
開発した全面変調型LEDバックライト制御アルゴリズムは、入力画像のヒストグラムに基づいてLEDバックライトの輝度と補正画像を算出する。

- (1) LEDバックライトの輝度 入力画像のヒストグラムとLEDバックライトの輝度の関係を図2に示す。LEDバックライトの輝度が100%の場合、入力画像の明るい画素は正しい明るさで表示できるが、暗い画素は正しく表示できない。一方、LEDバックライトの輝度が2%の場合、暗い画素は正しい明るさで表示できるが、明るい画素は正しく表示できない。このとき、LEDバックライトの輝度を15%に設定すると、入力画像の画素のうち、正



しい明るさで表示できる画素数が最大になる。今回開発したアルゴリズムでは、正しい明るさでLCDに表示できる画素数が最大になるようLEDバックライトの輝度を算出する。

- (2) 補正画像 (1)で述べた方法でLEDバックライトの輝度を算出し、LEDバックライトの輝度の低下を補うように補正画像を求めると、明るい画素がLCDに表示できる明るさの範囲を超え、階調がつぶれてしまう。そこで、開発したアルゴリズムでは、階調つぶれが発生しないように、入力階調の画素数に応じて入力階調に対する出力階調の値を制御する。画素数の多い階調ではLEDバックライトの輝度低下を補うように階調変換を行い、画素数の少ない階調では明るさを若干低下させることで、階調つ



ぶれの発生を抑制した。

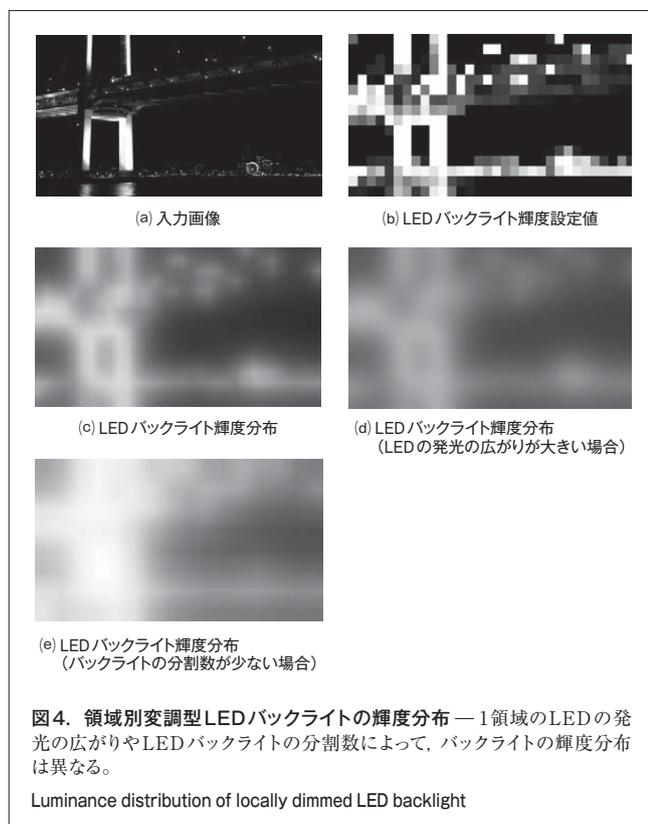
(1), (2)の処理により、様々な画像に対して階調つぶれを抑制しながら、LEDバックライトの輝度を低下させることができる。

3.2 試作による効果確認

開発した全面変調型LEDバックライト制御技術を導入した4.1~12.1型のLCDを試作した。これらのうち9型LCDの表示の様子を図3に示す。このLCDは、入力画像の明るさを維持しながら黒輝度が低下し、ダイナミックコントラスト^(注1)が20倍以上向上した。また、LEDバックライトの平均輝度が低下することにより、約30%以上の消費電力の削減効果が得られることを確認した⁽³⁾。

4 領域別変調型LEDバックライト制御技術

領域別変調型LEDバックライト制御では、入力画像の明るい領域に対するLEDバックライトの輝度を高く、暗い領域に対するLEDバックライトの輝度を低く設定する(図4(a), (b))。しかし、1領域のLEDの発光は広がりを持っているため、図4(b)のようなLEDバックライトの輝度設定値に対して、LEDバックライトの輝度分布は、図4(c)のようなぼけた分布となる。この輝度分布は、LEDの発光の広がりやLEDバックライトの分割数によって変化する。例えば、LEDの発光の広がりが大きくなると、



(注1) 画面を正面から見た場合の、白画像と黒画像の明るさの比。

LEDバックライトの輝度分布の明暗比が小さくなる(図4(d))。また、LEDバックライトの分割数が少ないと、入力画像の暗い部分もLEDバックライトが点灯してしまう(図4(e))。このようなLEDバックライトの輝度分布の変化は、LCDのコントラストなど画質に大きく影響する。

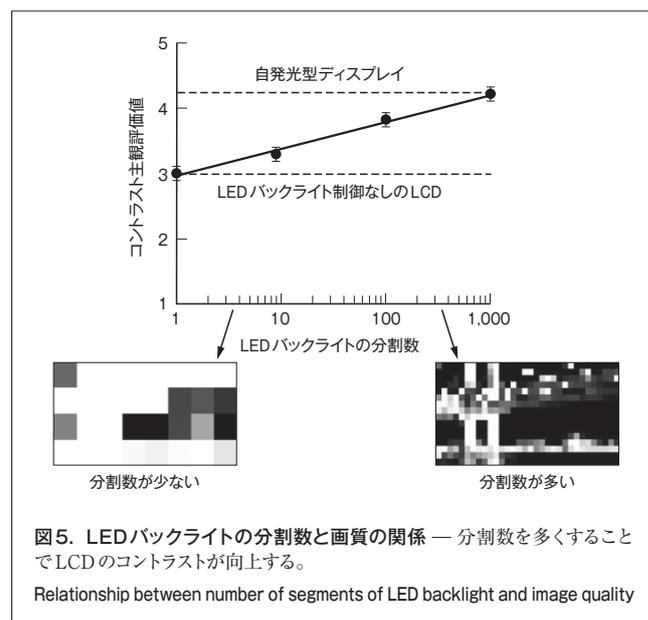
そこで、LEDバックライトの分割数及び1領域のLED発光の広がり(LED発光プロファイル)と、画質の関係を調査した。

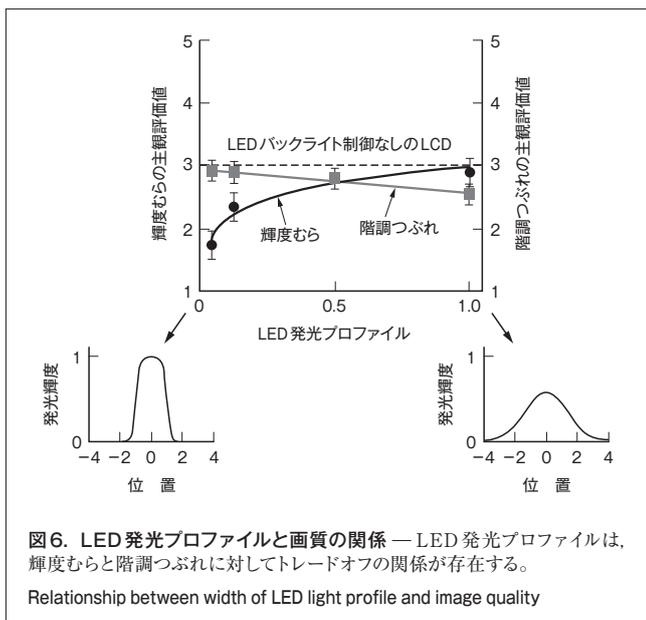
4.1 LEDバックライトの分割数の影響

LEDバックライトの分割数を多くするほど、入力画像の明るさの変化とバックライトの輝度分布を一致させることができ、LCDのコントラストが向上する(図4(c), (e)の橋げた周辺部の比較)。しかし、分割数を多くするとLEDの数やLEDを発光させるための回路が増加し、コストが上がってしまう。そこで、LEDバックライトの分割数とコントラストの関係を調査し、適切な分割数を求めた。LEDバックライトの分割数とコントラストの主観評価結果を図5に示す。LEDバックライトの分割数の増加に伴いコントラストの主観評価値は上昇するが、512分割で、プラズマディスプレイやブラウン管のような自発光型ディスプレイとほぼ同等のコントラスト主観評価値が得られることが確認できた。

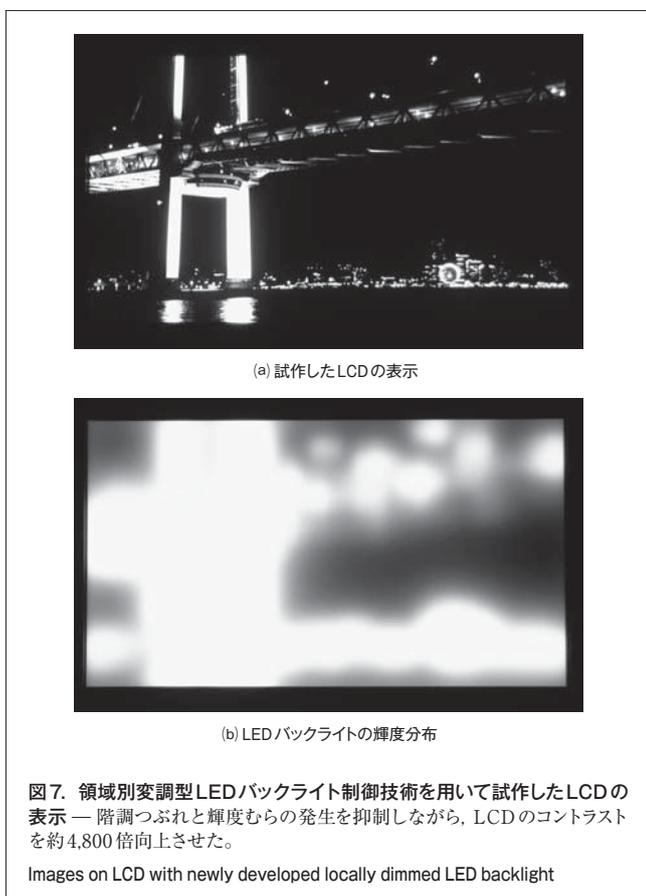
4.2 LED発光プロファイルの影響

LED発光プロファイルが狭い場合、LEDバックライトの輝度分布がLCDの輝度むらとして視認されてしまう。一方、LED発光プロファイルが広い場合、入力画像の明るい部分で高い輝度が得られない(図4(c), (d)の橋げた部分の比較)。その結果、入力画像の明るい部分は、LCDで表示できる明るさの範囲を超え、階調がつぶれてしまう。そこで、LED発光プロファイルと輝度むら、階調つぶれの関係を調査した。その結果、図6に示すように、LED発光プロファイルが狭くなるほ





ど輝度むらが発生し、LED発光プロフィールが広がるほど階調つぶれが顕著となることが確認された。更に、LED発光プロフィールの空間周波数を解析した結果、LED発光プロフィールの低周波成分が階調つぶれに影響し、高周波成分が輝度むらに影響を与えることがわかった。



これらに基づいて、輝度むらと階調つぶれの発生が抑制される最適なLED発光プロフィールを設計した。

4.3 試作による効果確認

以上の検討結果により、512分割で最適に設計したLED発光プロフィールを持つ、領域別変調型LEDバックライト制御技術を用いたLCDを試作した。試作LCDの表示のようすを図7に示す。このLCDは、階調つぶれと輝度むらの発生を抑制しながら、コントラストを約4,800倍向上することができた⁽⁴⁾。

5 あとがき

LEDバックライトの制御技術により、LCDの課題であったコントラストは大きく向上した。また、画像に応じてLEDバックライトの平均輝度を低減できるため、消費電力も削減できた。

今後も、LCDの更なる高画質化と高性能化を目指し、技術の改善を進める。

文献

- (1) 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. 電子情報通信学会誌C. J88-C. 7. 2005, p.474-483.
- (2) 伊藤 剛, ほか. 液晶テレビの動画画質化技術—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.
- (3) Baba, M., et al. "Novel Algorithm for LCD Backlight Dimming by Simultaneous Optimization of Backlight Luminance and Gamma Conversion Function". Proc. of Int. Display Workshops (IDW'08). Niigata, Japan, 2008-12, SID, p.1385-1388.
- (4) Nonaka, R., et al. "Development of a WDR-LCD Prototype Based on a Subjective Assessment of Hardware Parameters and Picture Qualities". Conference Record of International Display Research Conference (IDRC'08). Orlando, USA, 2008-11, SID, p.200-203.



馬場 雅裕 BABA Masahiro

研究開発センター マルチメディアラボラトリー研究主務。
ディスプレイシステム及び画像処理技術の研究・開発に従事。
電子情報通信学会, SID 会員。
Multimedia Lab.



野中 亮助 NONAKA Ryosuke

研究開発センター マルチメディアラボラトリー。
ディスプレイシステム及び画像処理技術の研究・開発に従事。
Multimedia Lab.



佐野 雄磨 SANO Yuma

研究開発センター マルチメディアラボラトリー。
ディスプレイシステム及び画像処理技術の研究・開発に従事。
電子情報通信学会, 映像情報メディア学会会員。
Multimedia Lab.