

省エネルギー、高画質をリードする LEDバックライト液晶テレビ

Picture Quality Improvement and Energy Saving Technology for LED-backlight LCD TV

久保田 秀直 Kubota Hidenao 大内 敏 Ouchi Satoshi 田中 和彦 Tanaka Kazuhiko 渡辺 克行 Watanabe Katsuyuki 望月 剛 Mochizuki Takeshi
山下 芳春 Yamashita Yoshiharu 津村 誠 Tsumura Makoto 石田 進 Ishida Susumu 佐々木 重幸 Sasaki Shigeyuki

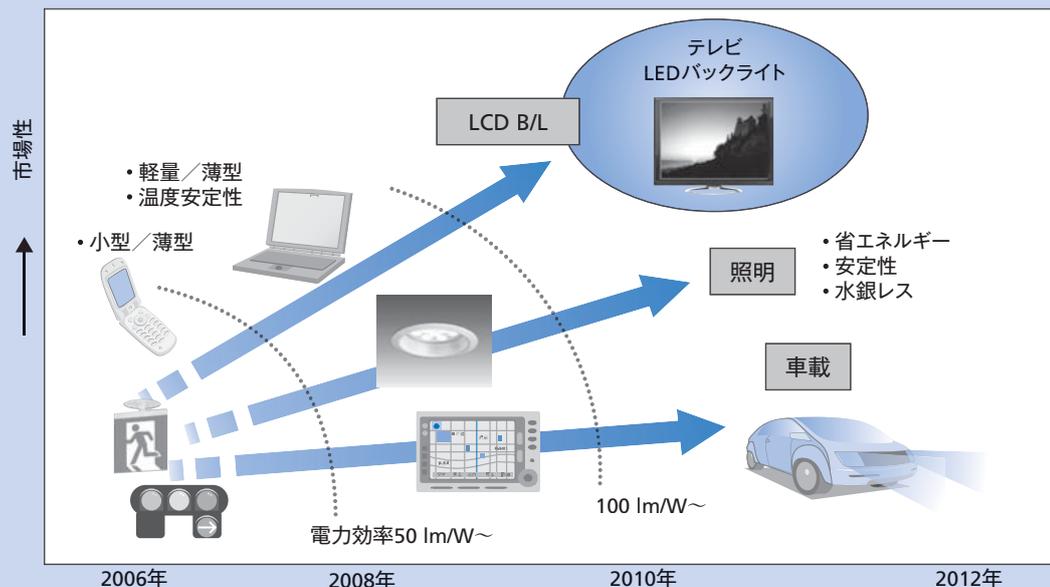
テレビがブラウン管から薄型のプラズマ、液晶へと進化し、新しいデバイスとして脚光を浴びているLED（発光ダイオード）光源をバックライトに搭載した液晶テレビが急速に市場を拡大している。LEDバックライトの特徴は、年々効率が向上しているLEDによる省電力化と、水銀などを含まないことによる環境負荷の低減、光源の発光特性や高速応答性による制御のしやすさを生かした高画質化などにある。一方、LED光源をどのように配置するかで複数の方式があり、メーカー各社は技術開発にしのぎを削っている。日立グループは、より高画質で環境に配慮したバックライトシステムを実現するために、独自の視点で開発を推進してきた。そして、2010年秋、新たな光学系と信号処理技術の特徴としたバックライトシステムを搭載した液晶テレビ「Wooo ZP05シリーズ」を国内市場に向けて発売した。

1. はじめに

近年、地球環境問題への取り組みとして、日本では家電製品を対象に電力量などを表示し、消費者の省エネルギー意識を高めるための省エネラベリング制度が導入されている。

それに伴い、省エネルギーに効果的な低電力であるLED（Light Emitting Diode：発光ダイオード）への関心が高まっている。LEDは屋外の電光掲示板や信号機をはじめ、屋内の照明といったさまざまな分野に用いられており、市場が拡大している（図1参照）。

また、液晶テレビのバックライト用光源としても使用され始めており、現在主流となっているCCFL（Cold Cathode Fluorescent Lamp：冷陰極管）に取って代わりつ



注：略語説明 LCD（Liquid Crystal Display）、B/L（Back Light）、LED（Light Emitting Diode）

図1 | LED製品のロードマップ

省エネルギー・低電力のLEDはさまざまな分野に活用され、市場が拡大している。

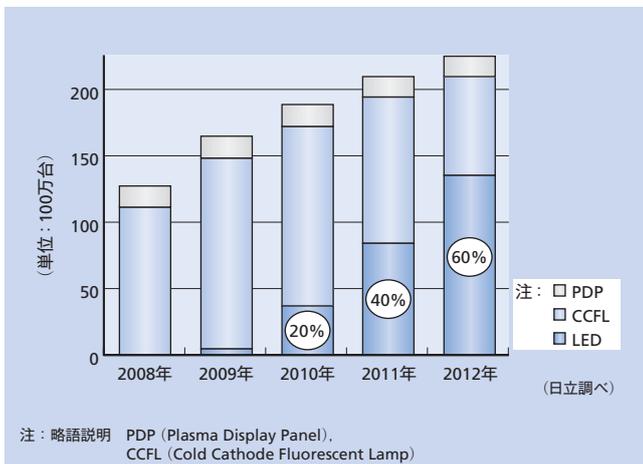


図2 | WW (Worldwide) デバイス別のFPD (Flat Panel Display) 需要
LEDは液晶テレビのバックライト用光源として世界的に普及が進み、2012年には薄型テレビの半数以上に達すると予測される。

つある。その要因として、欧州RoHS (Restriction of the Use of the Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment) 指令の環境配慮により、水銀を含むCCFLの使用が2013年から禁止され、水銀レスの光源であるLED素子が代替候補となっている。このため、世界的に液晶テレビのバックライト用光源としてLEDがさらに普及し、2012年には薄型テレビの半数以上に達すると予測している(図2参照)。

日立グループは、独自方式のLEDバックライトシステムについて、グループ内の技術を結集し、開発を行ってきた。目標としたのは、高画質/省エネルギー性能/高信頼性/低コスト/作りやすさであり、これに必要な光学/映像処理/実装・加工/放熱/製品化などの技術開発は、日立グループがデバイス事業やインフラ事業で培ってきた技術をベースにして研究所と事業部とが一体となり推進してきた。

このシステムは、単にLED光源を採用するだけでなく、画面内を複数ブロックに分割し、入力映像信号に応じたLEDの調光をエリアごとに制御(以下、エリア制御と記す。)することで、従来のCCFLバックライトに比べて省電力化および高画質化を実現している。

ここでは、液晶テレビWooo ZP05シリーズに搭載した、高画質化と省電力化のための日立独自のLEDバックライト技術について述べる。

2. 液晶パネルのバックライト構造

液晶パネルは光を透過および遮断するシャッターの役割をしており、映像を表示するためには背面に光源が必要となる。液晶パネルの光源としてCCFLおよびLEDを用いたバックライトの構成図を図3に示す。

CCFLバックライトは、光源として液晶パネルの背面に

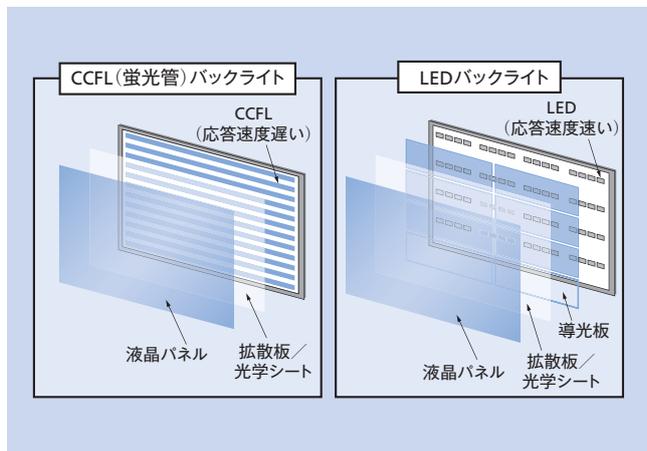


図3 | LEDバックライトの概要
CCFLおよびLEDのバックライトの構成概要を示す。

CCFLが配置されており、その前面にCCFLからの出射光を画面内で均一化するための拡散板が配置され、均一に拡散された光を液晶パネルのシャッター効果により、透過・遮断している。

今回開発したLEDバックライトは、画面内を複数ブロックに分割し、個々のブロックごとにLEDと導光板を組み合わせ、独立したブロック光源を構成するものである。導光板は、点光源を面光源に変換する働きを持つ。導光板からの出射光は、さらに拡散板によって画面内で均一に拡散され、液晶パネルに供給される。

CCFLバックライトは、入力映像信号にかかわらず常にバックライトが点灯しているのに対して、エリア制御型LEDバックライトは、入力映像信号に応じて、LEDの調光をエリアごとに制御することができる。すなわち、入力映像信号の明るい部分はLEDを明るくし、暗い部分はLEDを暗くできる。これは、CCFLの応答速度に比べ、LEDの応答速度が十分に速い(約10 μs)ため可能となる。このように、エリア制御型LEDバックライトは、CCFLバックライトに比べて、コントラスト改善と省電力化が可能である。

ユーザーへのヒアリングの結果、テレビに重要な要素は、1位が「画質のよさ」で75%、2位が視聴環境に伴う「画面サイズ」で71%である(日立調べ)。このように、テレビに対して、高画質化の要求は常に高い。高画質化と省電力化を達成するために工夫した光学技術とエリア制御技術について次に述べる。

3. 光学システム

3.1 方式比較

画面内を複数ブロックに分割し、各ブロックの明るさを個別に制御できるバックライト光学系には二つの方式がある。

- (1) 点光源であるLEDを複数個平面状に並べ、直接液晶パネルを照射する直下方式
- (2) LED光を薄型導光板に入射し、面光源に変換して液晶パネルを照射する導光板方式 (以下、スリムブロック方式と記す。)

直下方式とスリムブロック方式の違いについて述べる。直下方式は、LEDの発光点が見える現象(ホットスポット)が生じ、不均一な光分布が課題となる。このため、ホットスポットが見えなくなるまでLEDと液晶パネルの距離を離し、拡散させるため、バックライトが厚くなる傾向にある。したがって、**図4**の直下方式に示すように光源が点灯しているエリアから光源が点灯していないエリアへの光漏れが多く発生する。すなわち、点灯しているエリアを照射する光は、このエリアを中心に周辺エリアに光漏れを起こして広範囲に伝搬する。このため、点灯していないエリアにも輝度が生じ、コントラストが劣化する。これをハロー現象と呼ぶ。

一方、スリムブロック方式では、導光板からの出射光の光分布や広がり角を狭めてパネルに照射する。このため、導光板と液晶パネルの距離を小さくしても輝度の均一性を保ったまま隣接エリアへの光漏れを少なくできる。したがって光源が点灯しているエリアに隣接するエリアが黒表示の場合、光漏れが少なく、高コントラストを得られる(**図4**参照)。

スリムブロック方式と直下方式のコントラスト比の比較を**図5**に示す。スリムブロック方式は直下方式に比べ、白表示部と黒表示部の距離が離れば、急激にコントラストが向上することがわかる。その結果、スリムブロック方式

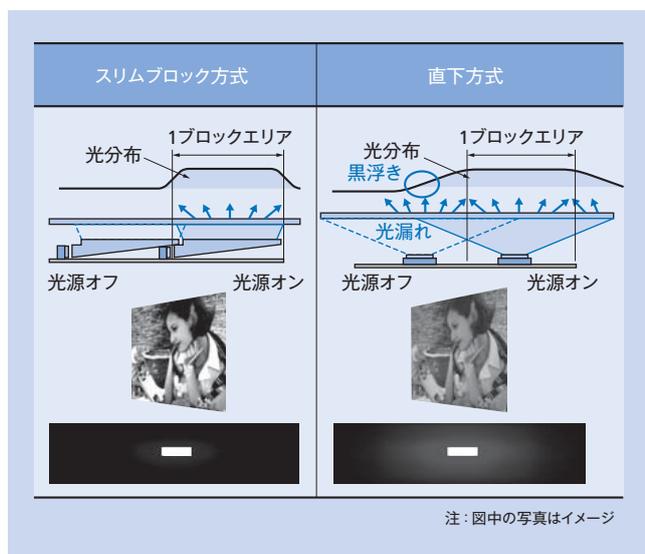


図4 | スリムブロック方式と直下方式の比較
スリムブロック方式は、光源オンのブロックに隣接する光源オフのブロックが黒表示の場合、光漏れが少なく、高コントラストを得られる。

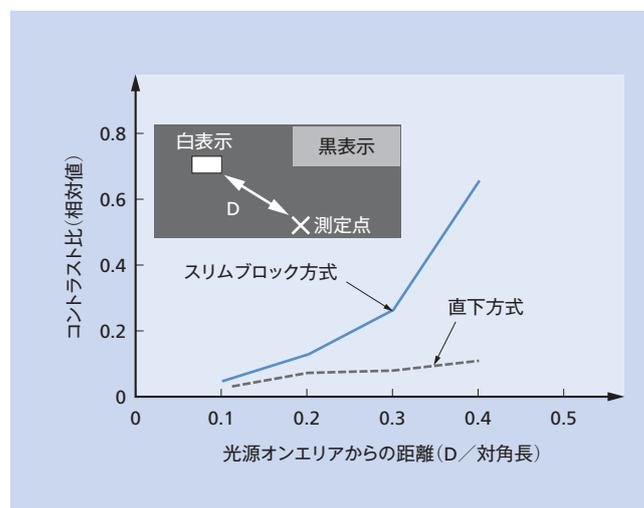


図5 | ウィンドー画面でのコントラスト
スリムブロック方式と直下方式のコントラスト比を示す。

は、高コントラストで奥行き感のある画質を得ることが可能となる。

3.2 分割導光板の特徴

スリムブロック方式のキーデバイスである導光板には、以下の二つの性能が要求される。

- (1) LEDの出射光を効率よく導光板を通過させること
- (2) ブロック境界の輝度むらを低減すること

スリムブロック方式で開発した導光板は、これらの性能を満足するために、独自のパターンを形成している。このパターンは、LED光源の幅、ピッチおよび導光板と液晶パネルの距離から最適化している。パターンありの場合となしの場合を比較し、**図6**に示す。導光板にパターンを適用した場合、輝度が滑らかな分布であることがわかる。

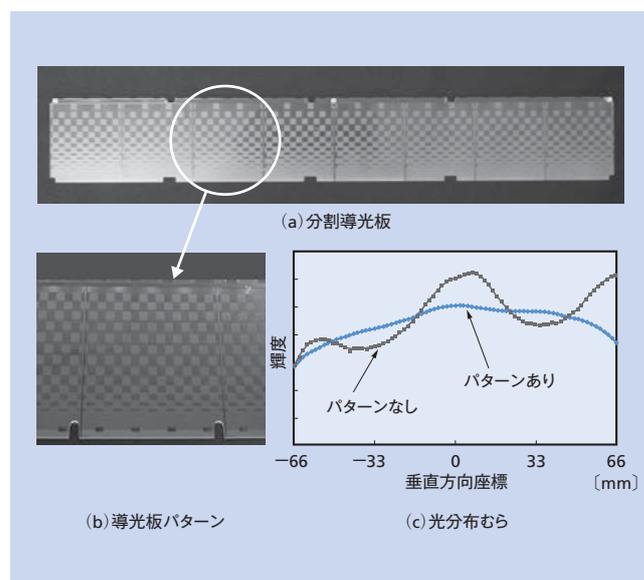


図6 | 新開発のスリムブロック方式用導光板
パターンありの導光板は光分布が滑らかになるだけでなく、薄型化が図れる。

4. エリア制御技術

4.1 基本構成

エリア制御は、映像に応じて各光源の輝度を制御する技術であり、次の一連の処理から構成されている(図7参照)。

(1) 光源輝度決定処理

映像をスリムブロック方式導光板の分割に対応したエリアに分け、各エリアの画素値分布の解析結果に基づいて対応する光源の減光率を決定する。画素値分布を算出するためのヒストグラム検出回路と画質、電力を最適化するための空間、および時間フィルタから構成される。

(2) バックライト輝度分布算出処理

各光源の減光率とバックライト光の拡散特性から、減光時のバックライト全体の輝度分布を算出する。

(3) 映像補正処理

バックライト輝度が低下した領域の映像を増幅し、輝度低下分を相殺することで映像の明るさを維持する。

4.2 高画質化

ここでは、スリムブロック方式のメリットであるエリア制御技術を使って、コントラストを高めるなどの高画質化について述べる。

図8に示すように、光源輝度を決定する場合、対象とするエリア内の画素値分布情報のほかに、過去の光源輝度履歴や周辺の8エリアの画素値分布情報を考慮して、総合的に光源輝度を決定する新開発の時空間適応制御方式を採用している。

空間フィルタは、周辺の8エリアの各光源の明るさを必要最低限に絞り込むための処理を行い、スリムブロック方式の特徴である光学的制御性の高さを最大限に利用し、高い面内コントラストを実現する。また、時間フィルタは、急激に変化する画像に対して、時間方向での画面の乱れ(フリッカなど)を最小限に抑えるための処理である。

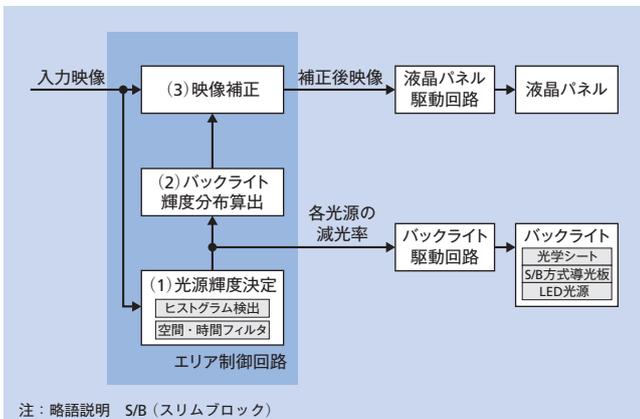


図7 | エリア制御の基本構成

エリア制御は、光源輝度決定、バックライト輝度分布算出、映像補正の一連の処理から構成されている。

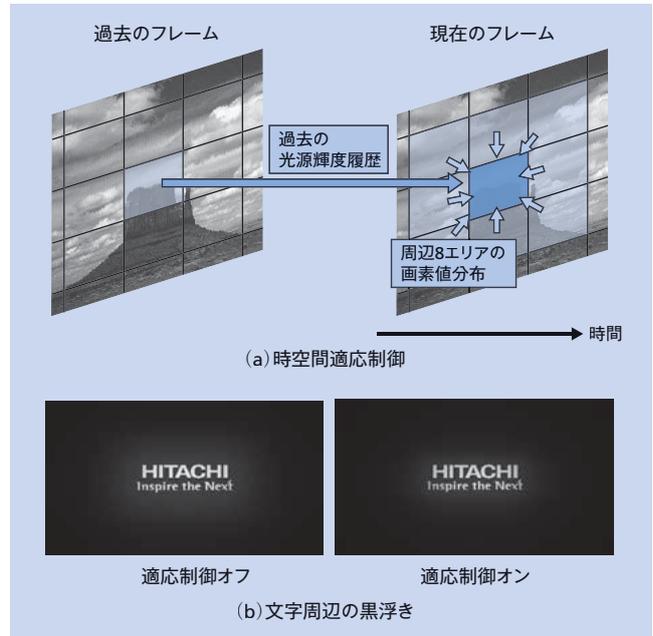


図8 | 時空間適応制御の原理とその効果

総合的に光源輝度を決定する時空間適応制御方式を開発し、さらなる高画質化を図った。

4.3 省電力化

省電力化を実現するためには、分割数の決定と最適な発光量の設定の二つが重要である。

まず、分割数の決定に際しては、さまざまな画像を用いてシミュレーションを実施し、分割数と消費電力量の関係を試算した(図9参照)。分割数が増すに従って、バックライトの明るさを細かく制御でき、電力削減率が上昇していくが、分割数が64を超えた付近から上昇率は頭打ちとなっていく。一方、分割数を増やすとバックライト駆動回路の規模が大きくなり、基板面積の増大や駆動効率の低下

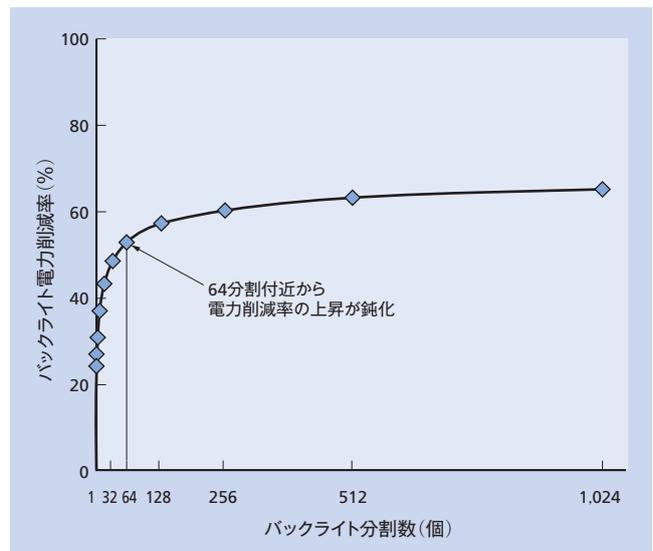


図9 | エリア数と省電力化の関係

さまざまな画像を用いてシミュレーションを行い、分割数と消費電力量の関係を試算した。



図10 | ヒストグラム検出処理の効果
最適な発光量を得るヒストグラム検出処理により、電力低減が可能である。

といった問題が発生する。上記の点から、今回42インチにおいて分割数を128とした。

また、最適な発光量を得るために、ヒストグラム検出による画素値分布から最適な発光量を設定すると同時に、空間フィルタでエリアごとの発光量を最小限に抑えることにより、動画出力時にセット全体で約40%の電力低減が可能である(図10参照)。

4.4 高速動画応答

ZP05シリーズでは、映像モードやエリア制御に応じてバックライトを減光する際に、映像信号と同期して各エリアのLED光源をPWM(Pulse Width Modulation)駆動している。これにより、各画素の輝度変化を疑似インパルス

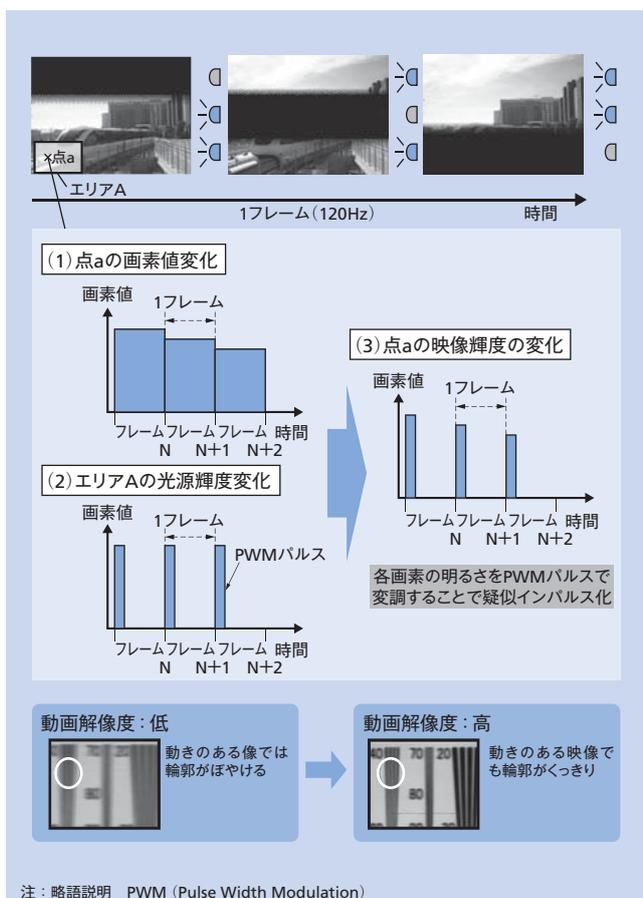


図11 | バックライトスキヤニング
バックライトスキヤニングの効果により、人間の網膜の残像効果による動画ぼやけを低減する。

化することで、人間の網膜の残像効果による動画ぼやけを低減するバックライトスキヤニングの効果を得られる(図11参照)。エリアごとのスキヤニングと、FRC(Frame Rate Conversion)による倍速表示の併用により、高い動画性能を実現している。

4.5 「インテリジェント・オート高画質」との連動

テレビの画質は、周囲の明るさなどの視聴環境に大きく影響される。これまで、日立は、「インテリジェント・オート高画質¹⁾」により、外光センサーを用いて周囲の明るさや光源の種類に適した画質の自動調整を行ってきた。

ZP05シリーズでは、この技術をさらに進歩させ、視聴環境に応じて最適なエリア制御を行う「インテリジェント・オート高画質2」を搭載している。陽光の差し込むリビングのような環境では、輝度重視のエリア制御によって周囲の明るさに負けないメリハリのある映像を表示し、暗めの照明下の落ち着いた環境では、階調表現重視のエリア制御によって黒の引き締まった映像表示を実現する。

5. ZP05シリーズの特徴

スリムブロック方式と他の方式との性能、機能についての比較結果を表1に示す。スリムブロック方式を採用したLEDバックライト液晶テレビは、コントラスト、暗部階調表現、年間消費電力、薄型化などの点で他の方式に比べ優位性が確立できた。

今回開発したバックライトを搭載したZP05シリーズは、日立独自のLED搭載技術、スリムブロック方式バックライト、エリア制御技術によって、高コントラスト化、暗部の階調表現向上に加え、光沢処理をしたFHD(Full High Definition)液晶パネル、超解像技術を搭載することで透明感と解像感をさらに高めることができた。開発したバックライトを搭載したL42-ZP05の外観デザインとバックライトの発光イメージを図12に示す。また、エリア制御技術で積極的に省電力化を図ったZP05シリーズは、省エネルギーラベリングにおいて最も良い評価の5つ星である。

表1 | スリムブロック方式と従来方式の比較

スリムブロック方式と他方式とを性能、機能について比較した結果を示す。

項目	S/B	エッジ	直下	CCFL
コントラスト	◎	△	○	△
暗部階調表現	◎	△	○	△
定格消費電力	○	○	○	○
年間消費電力	◎	△	○	△
薄型化	○	◎	×	△
合計	6.5	4.0	4.0	3.0

社内での評価指数：◎1.5点 ○1.0点 △0.5点 ×0点

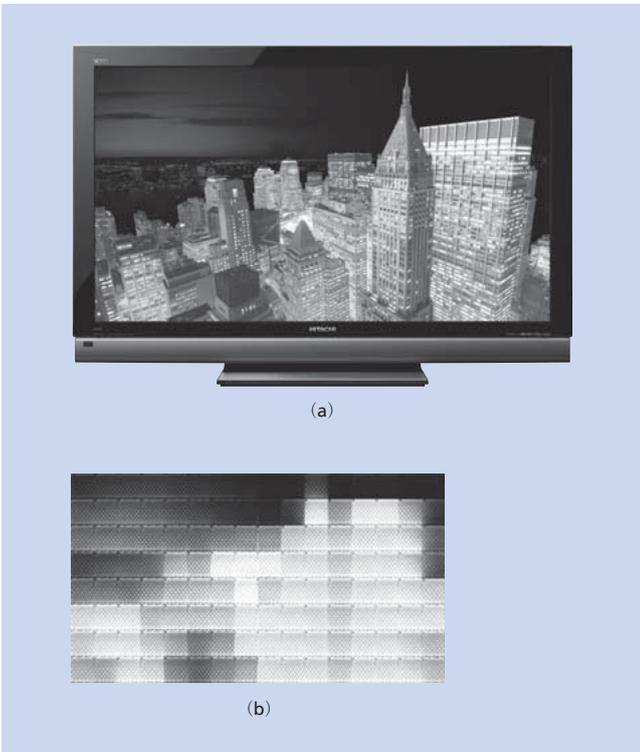


図12 | Wooo L42-ZP05の外観 (a) とバックライトの発光イメージ (b) スリムブロック方式バックライトを搭載したWooo L42-ZP05の外観とバックライトの発光イメージを示す。

執筆者紹介



久保田 秀直
1991年日立製作所入社，日立コンシューマエレクトロニクス株式会社 映像ソリューション本部 製品設計部 所属
現在，プロジェクトマネージャとしてLEDバックライト液晶テレビの開発に従事



田中 和彦
1990年日立製作所入社，中央研究所 グリーンIT基盤研究センター グリーンコンピューティング研究部 所属
現在，液晶テレビの映像処理技術の研究開発に従事
情報処理学会会員



望月 剛
1989年日立製作所入社，日立コンシューマエレクトロニクス株式会社 映像ソリューション本部 製品設計部 所属
現在，液晶テレビの設計・開発に従事



津村 誠
1979年日立製作所入社，日立研究所 材料研究所 電子材料研究部 所属
現在，LED光源および光学システムの研究開発に従事
SID会員，映像情報メディア学会会員



佐々木 重幸
1984年日立製作所入社，機械研究所 第一部 所属
現在，電子機器の冷却技術開発に従事
日本機械学会会員

6. おわりに

ここでは，液晶テレビ Wooo ZP05シリーズに搭載した，高画質化と省電力化のための日立独自のLEDバックライト技術について述べた。

今後も地球温暖化対策の観点から，家電製品の低消費電力化が大きな課題となる。テレビは家庭内の電力消費量のうち10%程度を占め，大画面サイズによる大型化や複数台数の使用が進む傾向にある。液晶テレビの約80%の消費電力はバックライトシステムで消費されるため，LEDバックライトシステムの低電力化が重要である。今後は，日立グループの総合力の結集と関連する国内外の部品メーカーとの連携を強化し，今回確立した競合優位技術をさらに進化させ，より省電力で高画質な製品をユーザーに提供していく所存である。

参考文献

- 1) 青木，外：Wooo高画質テレビ映像表示技術，日立評論，91，9，706～709（2009.9）



大内 敏
1988年日立製作所入社，コンシューマエレクトロニクス研究所 光学技術研究部 所属
現在，液晶テレビのバックライト光学技術の研究開発に従事
IDW学会会員，レーザ安全委員会会員



渡辺 克行
1981年日立製作所入社，日立コンシューマエレクトロニクス株式会社 マーケティング事業部 商品戦略企画部 所属
現在，AV製品の先行技術開発の戦略立案に従事



山下 芳春
1984年日立製作所入社，日立コンシューマエレクトロニクス株式会社 映像ソリューション本部 製品設計部 所属
現在，液晶テレビの構造設計に従事



石田 進
2007年日立製作所入社，生産技術研究所 回路システム研究部 所属
現在，LED光源に関する研究開発に従事
博士（理学）
エレクトロニクス実装学会会員