

プラズマディスプレイの高画質技術

Technology of high image quality for a plasma displays (PDPs)

打土井 正孝

Masataka Uchidoi

要 旨 プラズマディスプレイ(PDP)の画質向上には、パネル、駆動法、ビデオプロセッシングなど、すべてにわたる最適化が必要になる。パネルから製品まで生産し、世界最高の画質を競う当社の高画質技術の一角を以下に示す内容で紹介する。

1. 高輝度，高コントラストを実現した，T字電極とワッフルリブのパネル
2. 57億5000万色の表示と，低輝度領域でもスムーズなグラデーションを実現し，動画擬似輪郭を原理的に解決したクリア駆動法
3. 高画質パネルの実力を存分に引き出し，自然な高画質を実現した独自の画像処理
4. パネルへの直接貼り合せで，映り込みの低減，色純度の向上に加えて，明室コントラストの20%向上を実現したダイレクトカラーフィルター

これらの技術を生かし，今後とも，常に世界最高の画質を目指して，技術進歩を押し進めてゆく。

Summary Image quality of plasma displays (PDPs) is dependent on the performances of panel, driving method, video processing and so on. High image quality requires their high performances and the optimization of each technology to each other. Pioneer is developing and producing PDPs from the panel device to the finished TV set, and the image quality of Pioneer's PDPs is known to be at the highest level. In this paper, the following technologies for high image quality are explained.

1. Panels with T-shape electrode and Waffle rib: high luminance and high contrast
2. CLEAR (High-Contrast, Low Energy Address and Reduction of False Contour) driving method: 5.7 billion-color image reproduction, smooth gradation even on a dark image region, and no dynamic false contours
3. Original video processing technologies optimized for the high performance panels: natural and high quality image
4. Direct color filter: reduction of reflectance, improvement of color purity and 20% improvement of bright-room contrast ratio

The highest image quality in the world is the goal of the PDP technologies in Pioneer. We should develop new technologies and improve these technologies in the future.

キーワード：プラズマディスプレイ，PDP，大画面，高画質，高精細，階調，高コントラスト，T字電極，ワッフルリブ，クリア駆動法，ダイレクトカラーフィルター

1. まえがき

最近「エンジン」と称される、ビデオプロセッシング(画像処理)技術だけで、あたかもすべての画質向上が達成されたかのようなコマーシャルが巷にあふれている。高画質が話題に上ることは、開発当初から高画質を目指してきた当社にとって追い風以外の何者でもないが、高画質の実現のためには、デバイス自体の特性からのチューニングが非常に大切なことを改めて認識しなくてはならない。

プラズマディスプレイ(以下PDPと呼ぶ)の高画質化は、1997年末に、世界初のXGAワイドパネルを搭載した50V型ハイビジョンプラズマディスプレイシステム「PDP-501HD」を国内民生市場に導入して以来、当社が率先して開発を進めて来たこともあり、最近では大画面で高画質のプラズマテレビとして社会的にも認識され、幅広く受け入れられ始めている。開発当初から取り組んできたPDPの高画質技術を、ここに整理し解説する。

2. PDPの高画質化への課題

当社が開発を開始した1972年当時、PDPは低輝度だが高速駆動ができる(動画表示に向く)DC(直流)放電型と、より高輝度だが高速駆動ができないAC(交流)放電型の両方が研究されていた。当社はテレビ表示には高輝度が必須と考え、現在標準となっているAC型の高性能化を中心に研究を開始した。PDPは、マトリクスディスプレイであるためCRTのようなフォーカスポケがなく、液晶で問題となる視野角や動画応答の問題がない大画面に適したディスプレイとして期待されていたが、現実には、暗く、コントラストが低く、大消費電力で、十分な階調が得られず、PDP特有の動画ノイズ(動画擬似輪郭)もあり、高画質のテレビ表示の実現は非常に難しいとされていた。また、放電を利用することから解像度はVGAが限度、放電ガス中のNeのオレンジ色発光による色再現性の低下も課題となっていた。

当社は、高精細パネルの開発、パネル発光効率向上による高輝度化、高速駆動の実現による階調性能の向上、動画擬似輪郭の改善、コントラストの向上に加え、PDPに最適化したビデオプロセッシングを主な課題として開発を行ってきた。

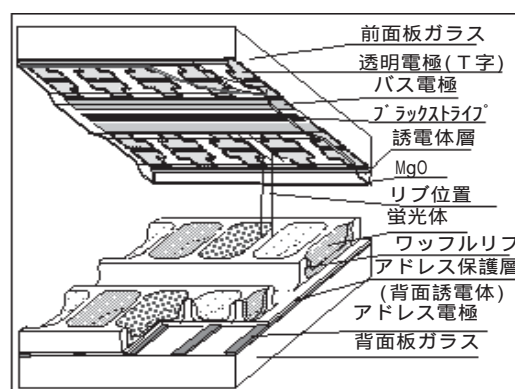
具体的には、XGA以上の高精細化、テレビ表示に耐える高輝度(製品のピーク輝度で300cd/m²以上)、十分な階調再現性(特に低輝度領域)、高コントラスト(明室、暗室)、動画擬似輪郭の解決、PDPに最適化したビデオプロセッシングの開発、CRTと同等以上の色再現性と、50型のテレビでも300W程度の低消費電力の実現を目指した。また、構成部品、材料の低価格化と生産プロセスの高スループット化による低価格の実現も大きな課題となっていた。

3. 高画質化技術

PDPのパネルからセットまで一貫して開発してきた当社の高画質技術を、パネル、駆動法、ビデオプロセッシングなど、個別に紹介する。

3.1 パネル

1997年末に世界初のXGAワイドパネルの製品化で高精細を実現し、図1に示すT字電極、ワッフルリブによる、高輝度、高コントラストを特徴とした高画質パネルを世界に先駆け実現した。パネルの高画質技術を紹介する。



- ・T字型電極による発光効率と暗室コントラストの向上
- ・ワッフルリブ構造による発光効率、明室コントラスト、垂直解像度の向上
- ・ディープワッフル化と高効率ガスによる発光効率の向上

図1 パイオニアのPDPのセル構造

3.1.1 T字電極⁽¹⁾

T字電極の特徴として、発光効率が高く高輝度を実現できることはよく認識されているが、暗室コントラスト向上にも大きく役立っていることを忘れてはならない。

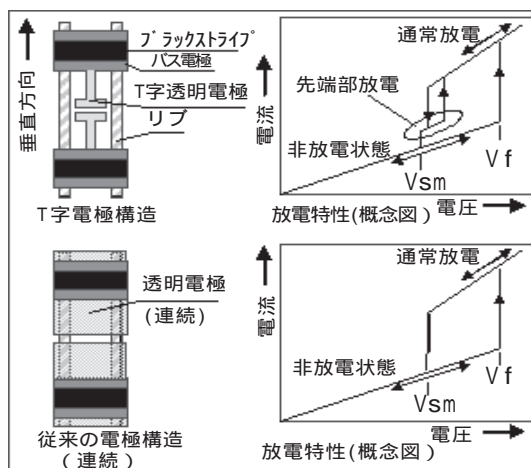
図2の右側に示したように、従来の電極構造では電圧を徐々に上昇させると、放電開始電圧(V_f)以上で放電を開始し、一度放電を始めたセルは、放電開始電圧以下まで電圧を下げて最小維持電圧(V_{sm})以下になるまでは放電を継続する放電特性を持つが、T字電極では、最小維持電圧のすぐ上の電圧域で、安定に微弱放電が継続できる「先端部放電」と命名した領域が存在し、この微弱放電を暗輝度上昇の原因となっているリセット放電とアドレス放電に適用することで暗輝度の大幅な低減ができ暗室コントラストが向上できた。図3に通常放電と先端部放電の近赤外線観察像を示したが、先端部放電では電極先端部に局在化した微弱放電が実現できている。

3.1.2 ワッフルリブ^{(2),(3)}

蛍光体面積の向上と高Xe(キセノン)濃度放電ガスの実用化で、さらに高発光効率を実現したワッフルリブは、明室コントラストと解像度の向上にも役立っている。図4に示すように、ワッフルリブでは、リブに囲われた部分に蛍光体の可視発光を制限し、発光に寄与しない表示電極間にブラックマトリクスを置くことにより、発光効率を下げずにパネル反射率を下げるができる。明室コントラストは主にパネル発光輝度とパネル反射率の比で決まることから、高輝度で低反射率のワッフルリブは高コントラストを実現している。ワッフルリブを最初に導入した第2世代PDPでは、ブラックマトリクスを導入して反射率を低減しながら10%程度発光効率を向上した。また、図5に示すように隣接セルからの光漏れがなく、表示画像の垂直解像度の向上にも寄与している。

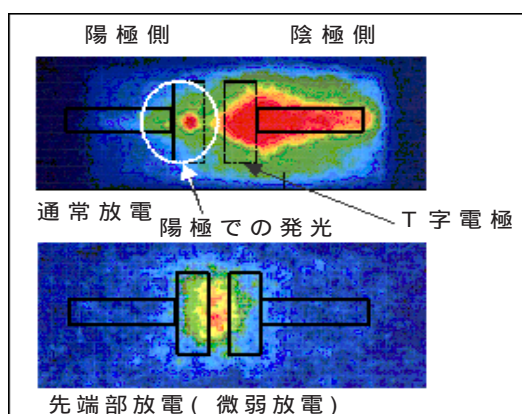
3.2 駆動法

PDPの駆動は、図6に示すようにパネル内の



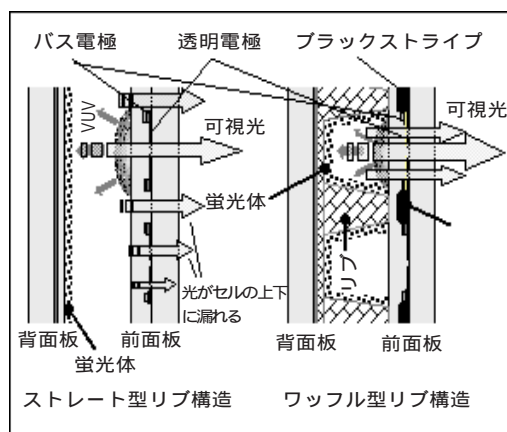
(交流パルスで駆動)

図2 電極構造と放電特性



(830nm近赤外線発光観察像)

図3 T字電極の先端部放電と通常放電



高コントラストと高解像度

ブラックストライプによる低反射率と高輝度の両立による高コントラストと隣接セルからの漏れ光の防止による解像度の向上

図4 ワッフルリブの効果

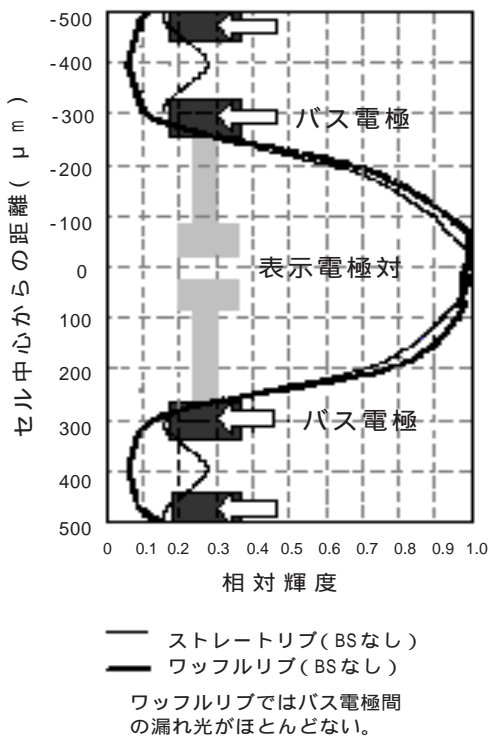


図 5 ストレートリブとワッフルリブのセル内の発光強度分布

全セル(RGB3セルで1画素を形成)の放電状態をそろえるためのリセット、セルごとに放電状態と非放電状態を選択するためのアドレス過程、選択したセルを一斉に発光させる維持(表示)過程の3段階の過程を経て行われる。サブフィールドと呼ばれるこの3つの過程だけでは、点灯セルと非点灯セルの2値表示しかできないため、図7に示すように維持期間の異なる(表示輝度の異なる)サブフィールドを組み合わせることで階調のある絵を表示している。一般には、1つの画像(1TVフレーム:16.7msec)を2の累乗倍(1:2:4:8:16:...)で重み付けをしたサブフィールドに分け、それを組み合わせて階調表示を行う。

高い階調性能を得るためには、サブフィールドの数を増やす必要があり、時間のかかるアドレス過程を短時間化するため高速駆動が必要になる。また、リセットやアドレスでの発光は黒輝度を上昇させコントラストを悪化させるので、

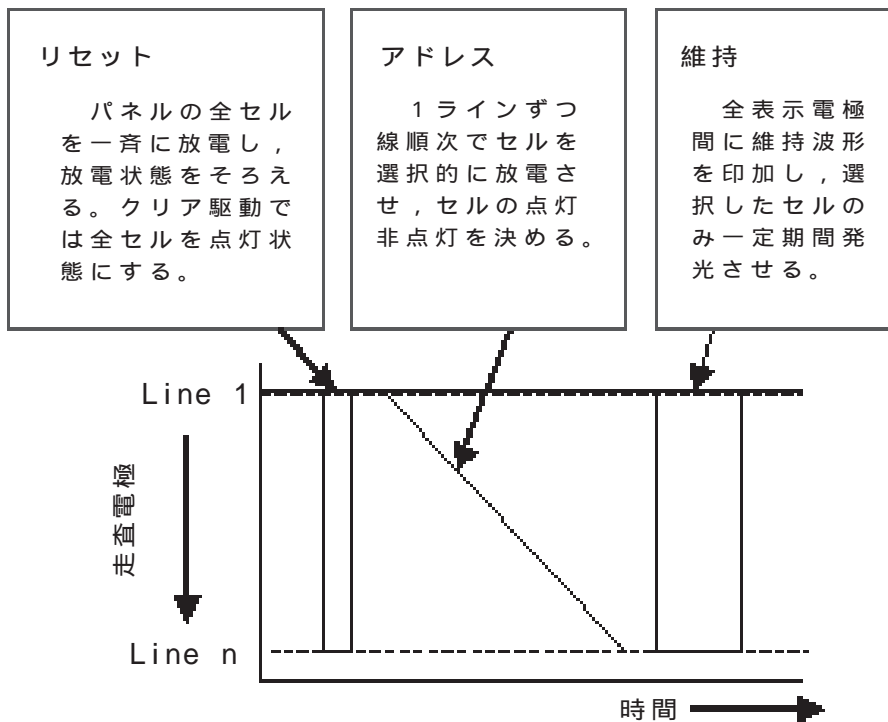


図 6 サブフィールドの動作

低輝度でリセットやアドレスを行う駆動法が必要とされる。

サブフィールドの重み付けを2の累乗倍とした場合、図7に示す127階調目(1+2+4+8+16+32+64)と128階調目(128のみ)のように少しの輝度変化で発光サブフィールドが大きく変化する部分(1TVフィールド中での発光タイミングがずれる部分)で動画擬似輪郭の発生が問題となる。一般には、動画擬似輪郭を改善するためにサブフィールドの並べ替えや、輝度の高いサブフィールドの分割を行い、1フィールド中の発光期間を分散した上で、ディザにより残った擬似輪郭をぼかして対応している。この方法では、ある程度の画質劣化は避けられない。

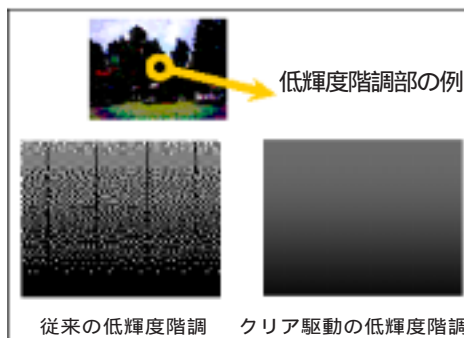
また、この2の累乗倍で重み付けをしたサブフィールドを用いた場合、中高輝度ではスムーズな階調表現ができるが、図7の下側に示すように低輝度領域では、階調ステップが視感度上粗くなってしまふ。ディザなどによりある程度改善することはできるが十分な階調は得られず図8に示すようなノイズっぽい絵になるか、低輝度で階調の得られない液晶や、高S/Nの信号

処理が行えない低価格のテレビと同様に、一見きれいに見える黒潰しが行われている。

これらの駆動上の問題に対し、当社ではクリア駆動法を開発し、原理的な解決を行った。

3.2.1 クリア駆動

クリア駆動法⁽⁴⁾(CLEAR: High-Contrast, Low Energy Address and Reduction of False Contour Driving Sequence)はPDPの階調表



CLEAR駆動法では、階調のステップが自由に選べるため階調不足を生じやすい低輝度領域でのステップ数や間隔を自由に選ぶことができ、低輝度での階調表現応力が向上する。従来の階調駆動法では、例えば256階調の場合、最小輝度間隔はピーク輝度の256分の1にしかならず低輝度領域で階調不足が生じ絵がざらついてしまふ。

図8 低輝度領域の階調表現の差(概念)

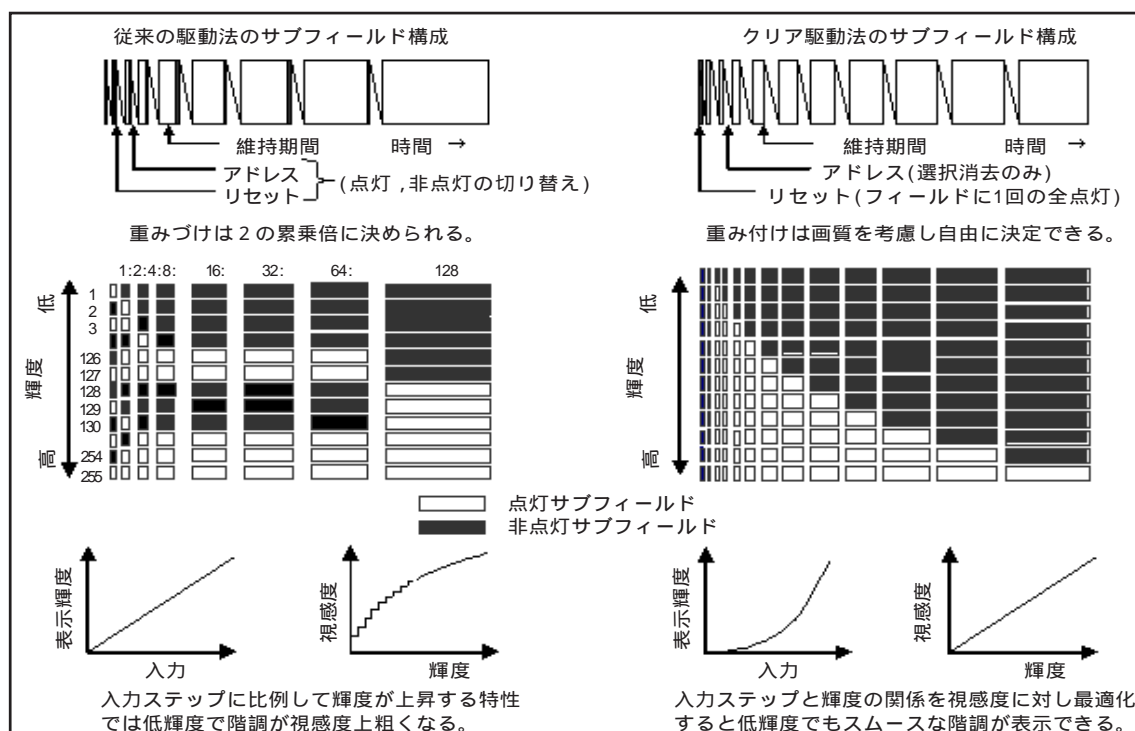


図7 クリア駆動法と従来の階調表示法の違い

示性能の向上と動画表示における動画疑似輪郭の発生を原理的に解決するために開発された。

前述したようにPDPは、フィールドごとに表示する1枚の画像を、輝度の異なる複数のサブフィールドの画像の組み合わせで階調を表示している。クリア駆動法では、図7の右側に示すように、サブフィールドの重み付けを2の累乗倍にするという従来の考えではなく、視感度に応じた重み付けを行い、階調間の輝度差を視感度に対して応分に配分した上で、時間、空間軸上で誤差拡散やディザ処理を行うことにより、すべての輝度領域でスムーズな階調表示を実現している。「アドバンスドスーパーCLEAR」と呼んでいる最新の駆動法では、1792階調相当(57億5000万色)の表示を実現するとともに、低輝度領域でもさらにスムーズなグラデーションを実現している。この結果、高画質CRTに匹敵する階調性能にさらに磨きをかけている。

3.2.2 動画疑似輪郭の解決

従来の階調表示法では、点灯サブフィールドを選択して階調表示するため、階調の1ステップの違いでも1フィールド中の点灯サブフィールドの構成が大きく変わる。例えば127階調(1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64)と128階調(128のみ)の違いは、輝度差としては認識できないレベルだが、図7のサブフィールドの構成例ではフィールドの前半の発光と後半の発光の違いになる。このフィールド中での発光タイミングの違いは静止画表示では問題ないが、動画表示で視線が画像を追いかけた場合、図9に示すように本来均一に見える部分に濃淡の疑似輪郭が見える妨害を起こす。このため従来の駆動法では、サブフィールドの並び順を変えたり、高輝度のサブフィールドを分割してフィールド内に分散する、誤差拡散で疑似輪郭をぼかすなどの対策がとられていたが、画質を劣化させることなく十分な改善効果を得ることはできていなかった。

クリア駆動法では、フィールドの最初にパネル上の全画素を一度点灯させた後は、各サブ

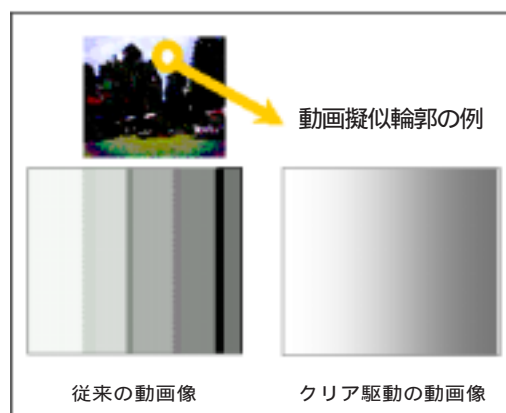
フィールドでは前のサブフィールドで点灯していたセルの選択消去のみが行われるため、発光タイミングは輝度に関わらず常にフィールド内の前半に連続して存在することになり、原理的に動画疑似輪郭は発生しない。

3.3 ビデオプロセッシング

独自の高画質パネルと駆動法を得たパイオニアのPDPは、高画質の信号処理によりさらに磨きかけられる。PDPに最適化された信号処理には、入力信号の解像度をパネルの解像度にあわせこむ画素補完処理、信号伝送により劣化した画像のエッジの切れをよくする輪郭補正、MPEGなどのデジタル圧縮処理で発生するノイズの除去などが行われる。画像表現能力の高いパイオニアの高画質パネルに合わせ、より自然な高画質が追求されている。

3.3.1 画素補完

ハイビジョン放送に限らず、従来のNTSC方式の放送、PCなど、あらゆる信号入力信号に対し高画質を得るためには、入力信号の解像度をパネルの解像度にあわせる必要がある。とくにPDPのようなマトリクスディスプレイにおいては、表示画素数がデバイス側(パネル)で決まってしまうので入力信号のフォーマットを、表示フォーマットに変換することが非常に重要である。例えばNTSC入力の場合、元の信号は525



CLEAR駆動法では、離散的なサブフィールドを用いないため、緩やかな輝度の差をもつ画像が動いた場合に輝度差が強調されて発生する動画疑似輪郭が原理的に発生しない。

図9 動画疑似輪郭の症状(概念)

ラインのインタレースなので、静止画像では525ラインの解像度があるものの動画では、60 Hzのフィールドあたり260ライン程度の信号解像度となってしまふ。この信号をそのまま768ラインのパネルに割り当てると3ラインに同じ信号が割り当てられることになり、斜めの線がぎざぎざの線になるなど、きめの粗い低画質の画になってしまう。これを解消し、高画質化するには、最低1000ライン程度までの信号補完を行った後、パネルの解像度にあわせて信号をサンプリングする必要がある。図10に示すように例えばNTSC信号では260ライン程度のインタレース信号から500ライン程度のプログレッシブ信号にまず補完し、それをさらに4倍密度にまで拡張している。信号補完にはフィールドごとの信号から足りない画素の信号を縦横斜めの相関から算出するだけでなく、前後のフィールドとの相関も加えて精度の高い補完を行っている。すなわち静止画に近い画像では、もともと前後のフィールドの画像との相関が高いので、確度の高い補完信号を得ることになる。このような高精度の画素補完は、1999年に市場に導入した第2世代PDPから、業界初に採用した。現在ではさらに磨きをかけて、入力信号ごとに最適の画素補完を行う「ダイナミックHDコンバータ」にまで進化している。

3.3.2 輪郭補正

信号伝送などによりなまってしまった画像の輪郭を補正し、くっきりした画像を得るためには、輪郭補正が必要になる。従来の輪郭補正技

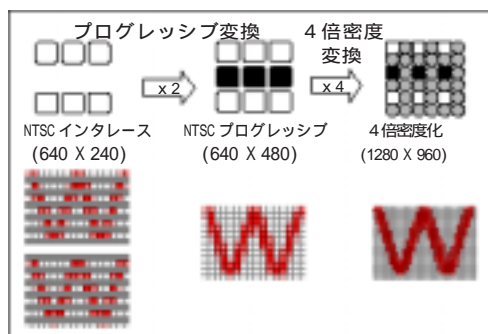
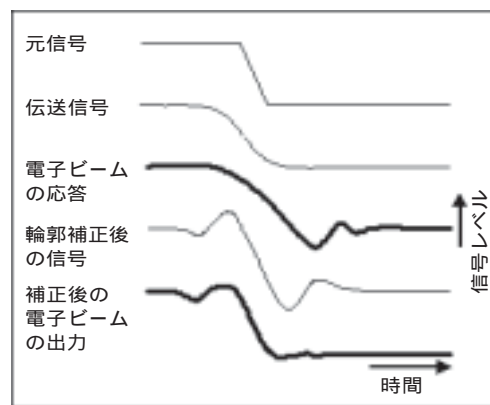


図10 高画質画素補完

術はCRTをベースに開発されており、電子ビームの強度変調で画像を表示するというCRTのデバイス特性に最適化されている。このため、入力信号に対して応答遅れやオーバーシュートの生じるCRTの輪郭補正では、図11に示すように輪郭補正信号自体にCRTのデバイス特性を補償するオーバーシュートをあえて付加し最適化していた。PDPの場合、入力信号がそのまま出力されるので、従来のオーバーシュートを付加するような輪郭補正を行うと、輪郭部分に線が入ったり、文字などが2重になったりするという弊害が出るとともに、解像度が低下する。2003年に発売した第4世代モデルから、図12に示す不要なオーバーシュートを伴わない、PDPに最適化された輪郭処理「ナチュラルエンハンサー」が開発、導入されている。

3.3.3 ノイズリダクション

PDPは、原理的にリニアリティーのよい信号再現性に優れたディスプレイであるため、画質が向上すればするほど入力信号のノイズを、そのまま表示してしまう。また、大画面高解像度であるため、画面が小さいと分かりにくかったデジタル圧縮によるノイズなどもはっきり見えてしまう。信号自体が高画質であれば問題はないものの、実際にはあらゆる入力に対して高画質が要求されるため、低画質DVDのデジタルノイズの対応など、従来以上にノイズリダクシ



CRTの場合、電子ビームの過渡応答特性を補償する補正が付加される。

図11 CRTの輪郭補正の概念

ン技術が重要となってきたおり、2003年発売の第4世代PDPからの「MPEGデジタルノイズリダクション」など、この分野でもPDPに最適化された技術が開発導入され始めている。

3.4 その他技術

3.4.1 ダイレクトカラーフィルター

PDPのパネル前面には、パネル保護、EMI防止、赤外カット、反射率低減、色補正、表面反射防止などの目的で前面フィルターがつけられている。従来は、強化ガラス基板に上記の機能を付加したフィルムを貼り付けた前面フィルターが、パネルから数mm離して取り付けられていた。この構造では、パネル自体の表面反射が残り、映り込み像が2重になるなど、画質に悪影響を与えていた。また、強化ガラスを用いるので軽量化の妨げともなっていた。

パネルに直接、フィルターを貼り付けることは少し前から提案されていたが、パネルの発熱が大きいいため、フィルムの耐久性の低下や、フィルタ前面の温度上昇の問題が解決できず実用化されていなかった。また、パネル生産の高歩留まりと、パネル段階での品質評価技術の確立も、再利用のできない直貼りフィルター導入には必要とされる。

当社では、業界に先駆けて高効率パネルの実用化に成功し、パネルの発熱を大幅に低減でき

たことに加え、パネル生産の高歩留まりとパネル段階での品質評価技術の確立もすでに実現できていた。画質向上のため、いち早く前面フィルターの直接貼り付けに取り組み、2004年の第5世代PDPからは、全面的な適用を実現した。これにより、映り込みの低減、色純度の向上に加え、明室コントラストを20%向上させることができた。加えて、大幅な軽量化も実現することができた。

4. まとめ

パイオニア製PDPの高画質技術の概要を解説したが、パネル、駆動法、信号処理などすべての面において高画質が追及されるとともに、それらが相互に補完しあっている。

パネル：T字電極、ワッフルリブによる、高輝度、高コントラスト

駆動法：クリア駆動法による階調表示性能の向上と動画表示における動画擬似輪郭の原理的な解決、1792階調相当(57億5000万色)の実現と、低輝度領域でもスムーズなグラデーション

信号処理：ダイナミックHDコンバータ、ナチュラルエンハンサー、MPEGデジタルノイズリダクションによる、

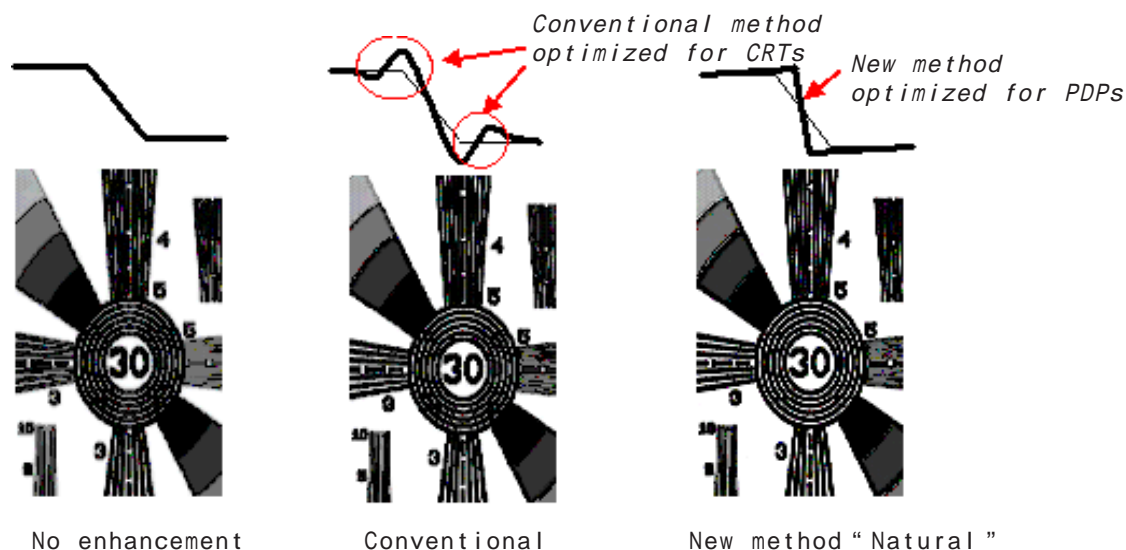


図12 PDPに最適化した輪郭補正「ナチュラルエンハンサー」の動作

高精度の画素補完，PDP に最適化した輪郭補正，大画面高精彩のPDP ならではのノイズリダクションで，高画質パネルの実力を存分に引き出し，自然な高画質を実現

ダイレクトカラーフィルター：前面フィルターの直接貼り合せの実現で，映り込みの低減，色純度の向上に加え，明室コントラストの20%向上
大幅な軽量化

パネルからセットまで生産している当社では，それぞれの技術は相互に最適化されており，それぞれを個別に開発しているパネルメーカーやセットメーカーに比べ，おのずと高画質を実現しやすい環境にある。

今後とも，常に世界最高の画質を目指して，技術進歩を推し進めてゆく。

参 考 文 献

- (1) K. Amemiya, T. Komaki, T. Nishio, IDW '98, pp. 531-534 (1998)
- (2) T. Komaki, H. Taniguchi, K. Amemiya IDW '99, pp. 587-590 (1999)
- (3) C. Koshio, H. Taniguchi, K. Amemiya, N. Saegusa, T. Komaki, Y. Sato, AD/IDW '01, pp. 781-784 (2001)
- (4) T. Tokunaga, H. Nakamura, M. Suzuki, N. Saegusa, IDW '99, pp. 787-790 (1999)
- (5) 打土井正孝，“高精細高画質高効率プラズマディスプレイ”，O plus E, vol. 41, pp. 33-39 (2003)

筆 者

打 土 井 政 孝 (うちどい まさたか)

所属：PDBC ディスプレイ事業統括部
技術統括部

入社年月：1971年4月

主な経歴：材料の開発，高分子振動板の開発，高分子圧電材料の研究を経て，レーザーディスクの開発，その後，PDPの開発では基礎研究，材料・プロセス・信頼性開発を経て，現在PDP 技術涉外活動に従事