

高精細高画質高効率プラズマディスプレイ

High Resolution, High Image Quality and High Luminous Efficiency Plasma Display

打土井 正孝

Masataka Uchidoi

要 旨 高画質と高効率で業界をリードしてきたパイオニアのプラズマディスプレイ(PDP)の開発当初からの技術目標を簡単に説明し、現在の当社 PDP の実力と独自開発技術の概要を解説する。

大画面，高画質(高精細，高階調，良動画特性)，低消費電力(高効率)，低コストの開発目標に対し，T 字電極，ワッフルリブ，高 Xe 放電ガスなどの高効率パネルの実用化で液晶を超える低消費電力を実現し，クリア駆動や独自の高画質ビデオプロセッシングなどで CRT を超える高画質を実現した。今後とも、PDP 業界のみならずディスプレイ業界全体を一步リードした製品を目指して開発を進めている。

Summary Pioneer's plasma displays (PDPs) are known by their high image quality and high luminous efficiency. In this paper, the goal of our technical development and the original technologies developed for the purpose are explained.

From the early stage of the R&D, the goal has been large screen area, high image quality (high resolution, good gradation and good moving image), low power consumption (high luminous efficiency) and low production cost. Now technologies of T- shape electrode, Waffle rib and high Xenon content gas have been developed for high luminous efficiency panels, and the power consumption of our PDPs has reached a level lower than or equal to that of LCDs. The image quality has been improved to the level better than that of CRTs by the introduction of CLEAR (CLEAR?) driving method and original high quality video processing. We are continuously developing new technologies which will lead PDP and display technologies.

キーワード : プラズマディスプレイ，PDP，大画面，高画質，高効率，
低消費電力，高精細

1. まえがき

プラズマディスプレイ(以下 PDP と呼ぶ)の高画質化は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。

もともと PDP は、大型でも薄型軽量のフラットパネルであり、40 型以上の大型パネルが比較的容易に作れること、テレビ表示の画質に優れるブラウン管(以下 CRT と呼ぶ)の表示特性に

近い自発光型のディスプレイであり、視野角の問題がなく、マトリクスディスプレイであるため表示輝度に関係なくフォーカス特性に優れ、コンバージェンスや地磁気の影響による色ずれや画像歪の問題がないこと、放電そのもののメモリ効果を利用すると液晶ディスプレイ(LCD)のTFTのような高価な駆動回路を組み込まなくとも高輝度表示が可能なことなどから、ハイビジョン表示のできる大画面高精細ディスプレイとして有望な技術とされていた。ただ、開発当初のものは、画素が粗く画質も不十分で、暗く消費電力も大きいなど、その実用化には、高精細化、高画質化、高効率化(低消費電力化)が必須となっていた。

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300 cd/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)、PDP特有の動画ノイズ(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同等以上の色再現性と、50型のテレビでも300W程度(CRTでは実現できないレベルで、液晶の最高レベルかそれ以上の低消費電力化が必要)の低消費電力が望まれていた。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。

第3世代のPDPでは、これらの問題を1つ1つ解決し、大画面で高精細高画質、しかも低消費電力のPDPを実現し、今後の飛躍を確実なものにした。

以下にその詳細を述べる。

2. 大画面高画質

PDPに限らず、ハイビジョン表示のできる高画質の大画面ディスプレイ(薄型軽量のFPD)を実現するには、以下のような特性が好ましい。

性能面では、

- 1) 自発光(ピーク輝度を上げ易く、プロジェクションディスプレイのような複雑な光

学設計が不要)

- 2) 高効率(大画面でも低消費電力)
- 3) 視野角劣化なし(見る角度で画質劣化がない)
- 4) 高解像度(XGA以上の精細度)
- 5) 表示状態で解像度の変化がない(CRTでは、電子ビームのフォーカスポケにより、画面周辺や高輝度表示時に解像度が低下する)
- 6) 256階調以上(画像の暗い部分は1024階調相当以上が必要)
- 7) 良好な動画表示(動画における妨害や、画像の遅れ、残像の問題が無いこと)
- 8) 高コントラスト(明室でも暗室でもコントラストが良いこと)
- 9) 良好な色再現性
- 10) 長寿命

コスト面では、

- 11) 生産性(大画面ディスプレイが容易につくれること。半導体プロセスは極力用いない)
- 12) 液晶ディスプレイ(以下LCDと呼ぶ)のようなアクティブ駆動が不要(パッシブ駆動でも高輝度が得られるか、セルフメモリ機能があること)

これらの実現のため、パイオニアでは、開発当初からXGAクラスの精細度を前提に、独自のセル構造や駆動法などを開発、実用化し、その能力を最大限に発揮するための高画質ビデオプロセッシングも他社に先駆けてPDPに導入している。

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、常に最高の画質を目指し、数々の製品を全世界に市場導入し、いずれも高い評価を得ている。

2001年秋には、1999年夏の発売以来、大好評を博した第2世代PDPに搭載した50V型パネルを一新し、輝度や明所コントラストなどを大幅に向上するとともにLCD-TVに負けない低消費電力を実現した第3世代50V型プラズマディスプレイを発売した。同時に小型化を図り、43V型では世界初となるリアルXGAパネルを新

開発した。

その性能は50型パネルで、768ラインのプログレッシブ表示を行うハイビジョンディスプレイとして、

- ・パネルピーク輝度 900cd/m²
(セットで 360cd/m², 前面光学スクリーン透過後)
- ・パネル全面白表示輝度 200cd/m²
(セットで 80cd/m²)
- ・暗室コントラスト比 900:1
- ・明室コントラスト比 120:1
(画面照度 150 lx)

を実現し、さらに高画質CRTに匹敵する

- ・768階調
(画像の暗い部分は4000階調相当)

を達成した。このパネル性能を最大限に発揮するため高画質のビデオプロセッシングを導入した結果、従来他のディスプレイでは実現できなかった大画面高画質ディスプレイが実現できた。さらに50型の消費電力は、ディスプレイモニターで348Wと、50型の画面サイズ、セットでのピーク輝度360 cd/m², 768ラインのプログレッシブ表示の条件を考えると、ハイビジョンCRTよりはるかに低消費電力で、低消費

電力を謳うLCDに匹敵する低消費電力の領域に入り始めた。今後更に改善が進むと、OELやFEDでも実現の難しい超低消費電力ディスプレイが実現することになる。

表1に、その仕様の一部を示す。

3. パネルの高画質化

PDPはガス放電を利用したマトリクスディスプレイで、各画素はRGB(赤, 緑, 青)3色に対応する放電セルで構成されている。各セルは単色の微小な蛍光灯に相当し、放電で発生した紫外線(真空紫外: VUV)がRGBいずれかの蛍光体を励起し可視発光を行っている。階調は、放電の強度変調ではなく、数百kHz程度の高速AC(交流)放電の回数変調で行い、単位時間当たりの放電回数が、ほぼ輝度に比例する。AC放電にはメモリ機能があり、一度点灯されたセルは消去が行われるまでは点灯状態を保つので、セルの点灯非点灯を選択するアドレス動作の後、必要な回数の放電を行う維持動作を行い画像表示を行う。アドレス動作と維持動作の組み合わせはサブフィールドと呼ばれるが、一組だけでは2値表示しか行えないので、放電回数の違うサブフィールドを10種程度組み合わせて階調の

表1 パイオニアのハイビジョンプラズマディスプレイの主な仕様(2003年1月現在)

	PDP-503PRO	PDP-503HD	PDP-433HD-U/PDP-433HD-S
項目	ディスプレイモニター	HDメモリ内臓BSデジタルチューナー付きTVセット	HDメモリ内臓BSデジタルチューナー付きTVセット
システム消費電力	348W(スタンバイ時: 1W)	395W(スタンバイ時: 1W)	344W(スタンバイ時: 1W)
モニター部		348W	298W
音声アンプ出力	12W+12W(8Ω)	12W+12W(8Ω)	12W+12W(8Ω)
画面サイズ	50V型	50V型	43V型
有効画面サイズ	1098.2(幅)×620.5(縦)mm	1098.2(幅)×620.5(縦)mm	952.3(幅)×536.1(縦)mm
アスペクト比	16:9	16:9	16:9
画素数(精細度)	1280(水平)×768(垂直)	1280(水平)×768(垂直)	1024(水平)×768(垂直)
画素ピッチ	0.858(水平RGBトリオ)×0.808(垂直)mm	0.858(水平RGBトリオ)×0.808(垂直)mm	0.930(水平RGBトリオ)×0.698(垂直)mm
外形寸法	1218(W)×714(H)×98(D)mm	1218(W)×714(H)×98(D)mm	1070(W)×630(H)×98(D)mm
質量	39.2 kg	38.9 kg	31.5 kg
ピーク輝度	360 cd/m ² (パネル 900 cd/m ²)		400 (パネル 1000)
全面白表示輝度	80 cd/m ² (パネル 200 cd/m ²)		90 (パネル 220)
暗室コントラスト	900:1		900:1
明室コントラスト	120:1		130:1
階調数	768(暗部4000相当)		768(暗部4000相当)
メディアレシーバー部	-----	外形寸法: 420(W)×98(H)×342(D)mm、質量: 6.5kg	外形寸法: 420(W)×98(H)×342(D)mm、質量: 6.5kg

ある画像を作っている。

PDP の性能を向上することは、上記の仕組みをいかに上手に制御するかにかかっている。

この目的で図 1 に示すセル構造を開発した。

第 1 世代(PDP-501)では高効率の「T 字電極」を、第 2 世代(PDP-502)では従来ストライプ状に入っていたリブを井桁状に入れることで、上下の隣接セルからの光漏れを防ぎ、極めて高効率な前面への導光を実現した独自開発の「ワッフルリブ」を導入した。第 3 世代(PDP-503 と 433)ではそれをさらに進化させた「ディープワッフルリブ」パネルに、高効率放電ガス(Xe 濃度増加)を採用し発光量を大幅に増大し、XGA クラスの高精細パネルでありながら高輝度(50V 型の前面フィルタ透過前で 900 cd/m², 43V 型で 1000cd/m²)を実現した。詳細を以下に示す。

3.1 T 字電極

PDP のセル構造と放電特性の研究から、図 2 に示す T 字電極⁽¹⁾を発明し 1997 年発売した世界初の高精細 XGA/WIDE 50 型 PDP に適用した。

(1) 効率向上

T 字電極は、図 3 に示す様に陽極側でも十分な発光があり、その分発光効率が向上する。

(2) コントラスト向上

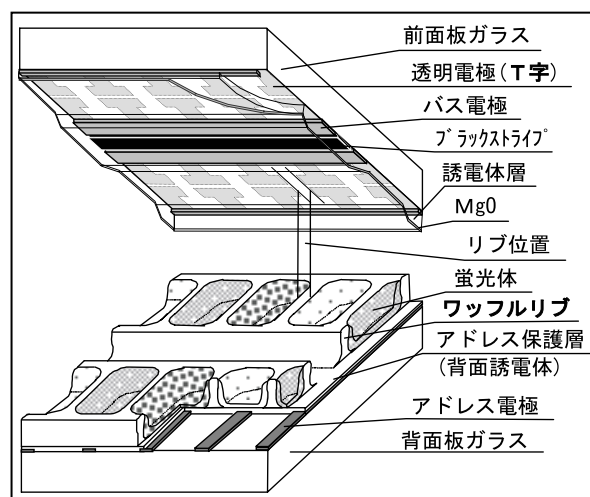
図 2 の右側に示した様に、従来の電極構造では電圧を徐々に上昇させると、放電開始電圧(V_f)以上で放電を開始し、一度放電を始めたセルは、放電開始電圧以下まで電圧を下げても最小維持電圧(V_{sm})以下になるまでは放電を継続する放電特性を持つ。T 字電極では、最小維持電圧のすぐ上の電圧域で、安定に微弱放電が継続できる「先端部放電」と命名した領域が存在し、この微弱放電を暗輝度上昇の原因となっているリセット放電とアドレス放電に適用することで暗輝度の大幅な低減ができコントラストが向上できた。

(3) 広駆動マージン

電極をセルごとに分割しセル間の放電のクロストークを減少させるとともに、T 字電極の安定な微弱放電をリセット放電とアドレス放電に用いることにより、広い駆動マージンが得られた。

3.2 ディープワッフルリブと高効率放電ガス

図 1 に示したワッフルリブ⁽²⁾は 1999 年に発売したパイオニアの第 2 世代 PDP で実用化され、蛍光体の塗布面積が増加することと、放電



- ・T字型電極による発光効率とコントラストの向上
- ・ワッフルリブ構造による発光効率と垂直解像度の向上
- ・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

がリブに囲まれた空間に閉じ込められることにより、従来のストライプリブより発光効率が約20%上昇する。

また各セルの発光が上下の隣接セルに漏れ出すことが無いため画像のボケがなく、解像度が向上する利点を持っている。

2001年に発売したパイオニアの第3世代PDPでは、さらにに発光効率を向上させるため、放電ガスのXe濃度の増加を図った。PDPの発光

は、Ne-Xeの放電ガス中のXeが発生する真空紫外線が蛍光体を励起することにより起こり、ガス中のXe濃度を増やすと発光効率が上昇することは従来より知られていたが、同時に放電電圧も上昇し、駆動マージンも減少することから、駆動回路の耐圧と駆動マージン確保のため5%程度の濃度が使用されていた。

パイオニア独自のワッフルリブとT字電極のセル構造は、もともと広い駆動電圧マージンを

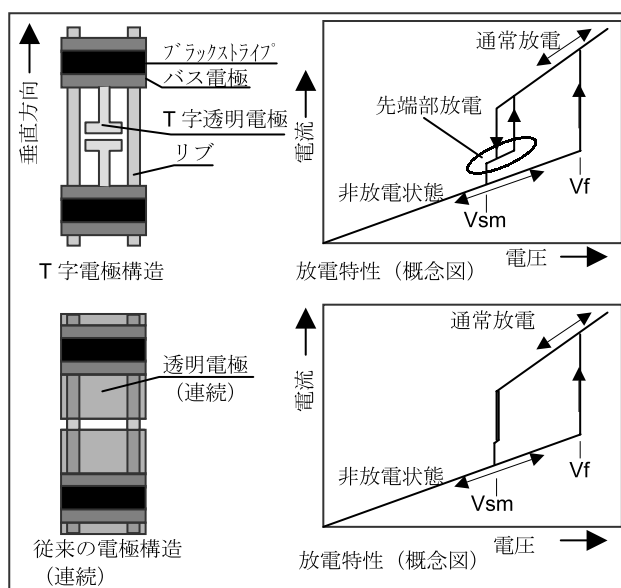
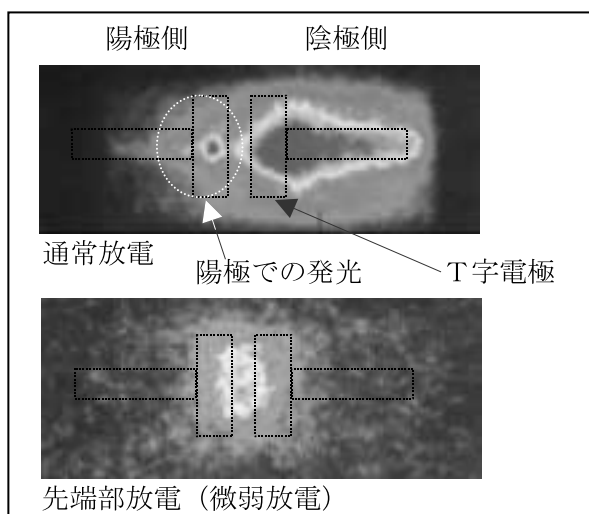


図2 電極構造と放電特性(交流パルスで駆動)



(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

持っていることもあり，高濃度Xeの放電ガスに構造を最適化した結果，必要限度内に電圧上昇を押さえることができた。より深くなったディープワッフルリブ⁽³⁾による蛍光体の塗布面積の増加も加味され，1.85 lm/Wの高効率が得られている。この高効率により50型で，パネルピーク輝度900cd/m²，パネル全面白表示輝度200cd/m²を348Wの低消費電力で実現した。43型ではパネルピーク輝度は1000cd/m²に達している。

4. 高画質駆動法「クリア」

クリア駆動法⁽⁴⁾(CLEAR: High-Contrast, Low Energy Address and Reduction of False Contour Driving Sequence)はPDPの階調表示性能の向上と動画表示における動画擬似輪郭の発生を原理的に解決するために開発された。

4.1 階調特性

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。図4に示すように，従来の階調表示法では，各サブフィールドの重み付けを2の累乗(2ⁿ)倍とし，256階調を表示する場合，1:2:4:8:16:32:64:128の比率に各サブフィールドの輝度が決められる。

例えば135階調目を表示するには，1+2+4+128の4つのサブフィールドを点灯させる。各階調の輝度差は，ピーク輝度の255分の1となり中間輝度以上では十分スムーズなグラデーションが得られる。ところが，黒に近い低輝度の部分では階調間の輝度差が視感度上大きく，誤差拡散やディザ処理を併用しても階調間の輝度差が大き過ぎ十分な表示ができていなかった。図5に階調不足の例を示す。これを解決するには，1000階調以上の表示性能が必要とされるが，現状以上の高速駆動が必要とされ実現は難しい。

クリア駆動法では，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

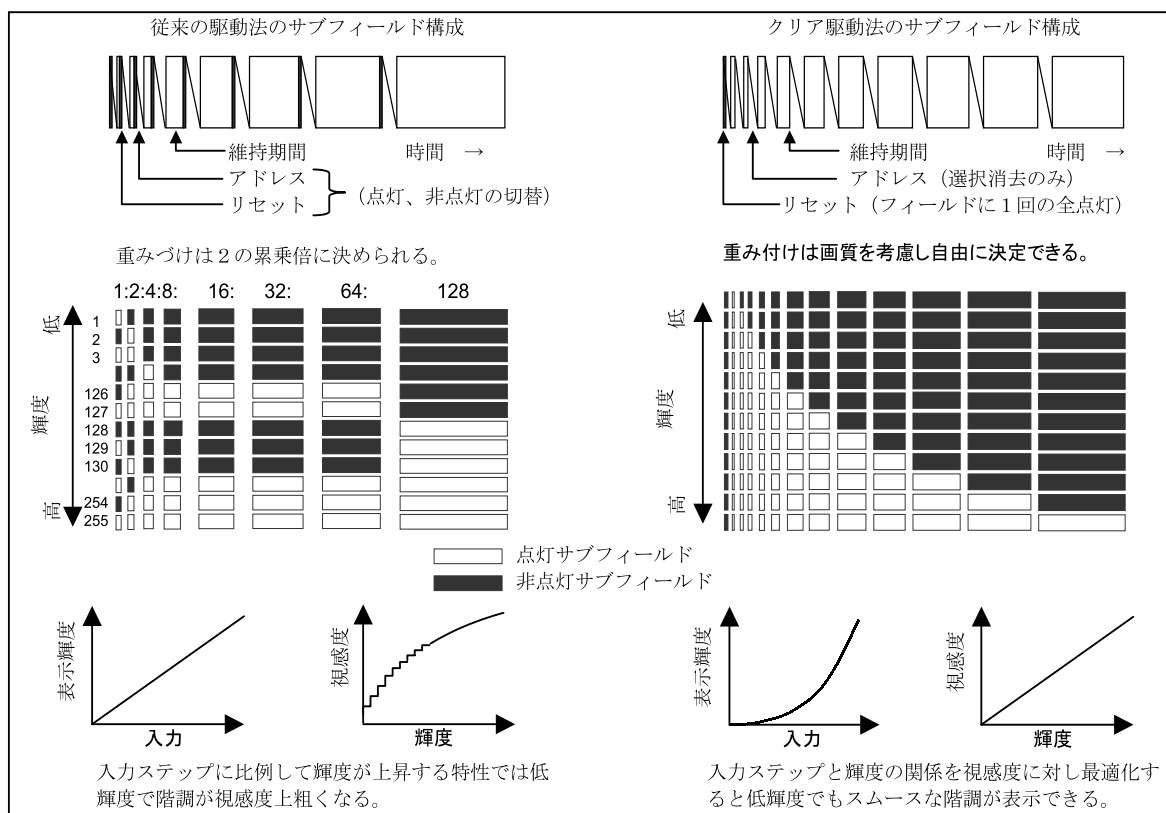


図4 クリア駆動法と従来の階調表示法の違い

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。「スムーズクリア」と呼んでいる最新の駆動法では、768階調の表示を実現するとともに、5IRE(入力TV信号の最大輝度信号の5%)以下の低輝度領域では4000階調に相当する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が得られている。

4.2 動画疑似輪郭

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4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6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

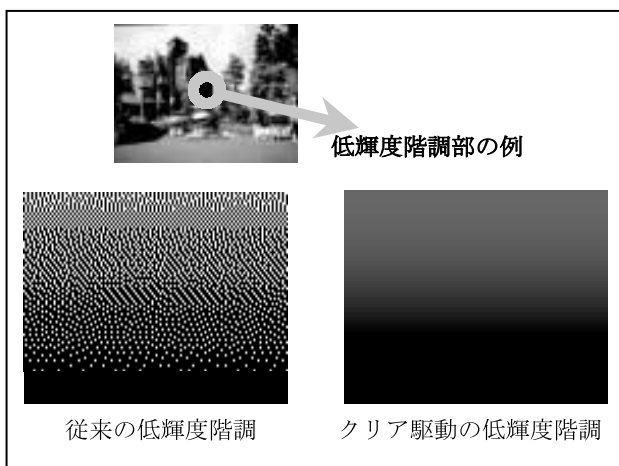


図5 低輝度領域の階調表現の差(概念図)

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能力が向上する。

スムーズCLEARではさらに階調特性を向上した。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う。

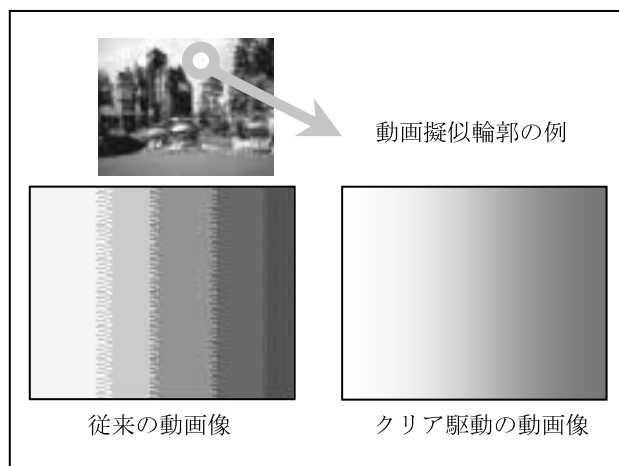


図6 動画疑似輪郭の症状(概念図)

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。

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。

5. 低消費電力

表2に各種ディスプレイの消費電力を比較した。いずれもテレビ用のトップレベルのもので比較した。

より画面の大きいPDPの消費電力が大きく、LCDの消費電力が小さい結果となっているが、単位面積当たりの消費電力で見るとLCDとPDPに大きな違いはない。図7に表示面積と消費電力の関係を示したが、LCDとPDPは同じラインに乗っており、LCDがサイズを拡大した場合PDPと同様の消費電力となることを示している。LCDも電力低減に大きな努力を払いテレビ表示でもCRT以下の消費電力を達成したが、既にそのレベルは実現できている⁽⁵⁾。

図8には動画表示など表示率が変化した場合の消費電力を示した。LCDでは表示条件によって消費電力が変化しないが自発光のPDPはTV放送の動画で75%程度まで消費電力が下がる。この平均消費電力を図7で見ると低電力をうたい

文句にしている最新の37型LCDと当社PDPは同等となっている。PDPの発光効率の向上は図9に示すように、今後も改善され早晚LCDでは実現できないレベルにはいる。現在、有機エレクトロルミネッセンスディスプレイ(OEL/OLED)やフィールドエミッションディスプレイ(FED)が盛んに研究開発されており、素子効率(原理的な発光効率のこと、PDPでは蛍光灯の100 lm/Wやキセノン誘電体バリヤランプの30 lm/Wに相当する)が高く低消費電力のディスプレイが実現できるとしているが、実際のディスプレイにする場合は様々な制約で数分の1以下の発光効率になる場合が多い。このため大型ディスプレイとして、消費電力を現在のLCDやPDPのレベルにするだけでも相当の時間がかかる。

6. その他

入力信号の表示精細度への変換(インタレース信号のプログレッシブへの変換や、画素1つ1つに対応した表示信号の生成)が必要なことや、CRTのような輪郭補正をそのまま持ち込むとPDPでは画質劣化を起こすことなどが配慮され、PDPに最適化した画像処理が開発され、色再現範囲を拡大し外光反射低減する新開発の前面「ピュア」カラーフィルタなども採用し、いっそうの画質の向上が図られている。

表2 各種ディスプレイの消費電力比較

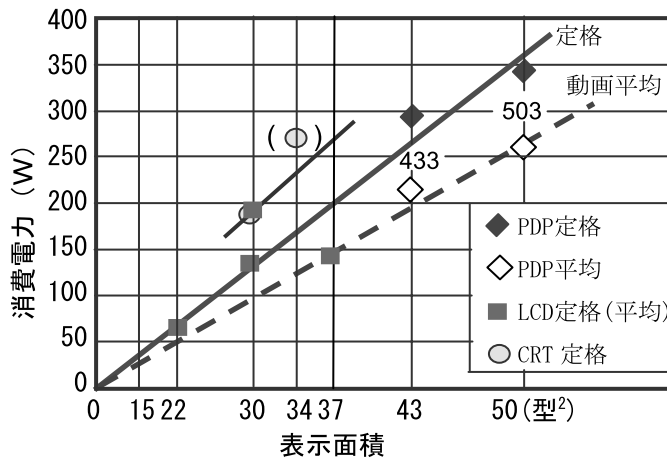
項目	PDP		LCD			CRT	
	43	50	37	30	22	36 (34V)	32 (30V)
サイズ(型)	43	50	37	30	22	36 (34V)	32 (30V)
精細度	XGA	XGA	XGA	XGA	VGA	1080i	1080i
消費電力(W) ¹⁾	298	348	149	135	65	(270)	190
輝度 ²⁾ (cd/m ²) ピーク 全白	400	360	350(450)	350(450)	(450)	450	450
	89	80	350(450)	350(450)	(450)	130	130
表示面積 ³⁾ (cm ²)	5040	6815	3767	2476	1316	(3180)	(2476)
単位面積当たりの消費電力 ⁴⁾	0.0591	0.0511	0.0396	0.0545	0.0494	(0.0849)	0.0768
備考	TV モニタ	TV モニタ	TV セット	TV モニター	TV モニタ	(TV セット)	TV モニタ
アスペクト	16 : 9	16 : 9	15 : 9	15 : 9	16 : 9	16 : 9	16 : 9

注1) 消費電力で括弧つきの数値はセット。

注2) 液晶の最大輝度の括弧内の数値は液晶変調度maxの数値で動画表示では80%程度の数値になる。

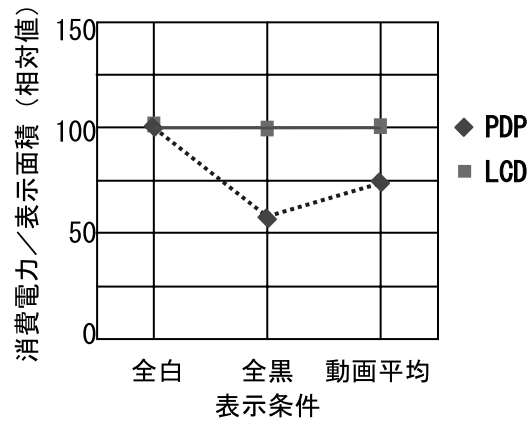
注3) CRTの表示面積は矩形として計算した。

注4) 単位面積当たりの消費電力で括弧つきの数値はセット。



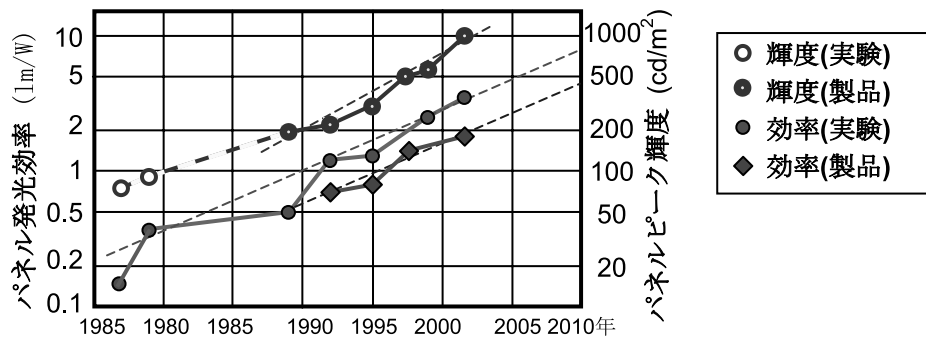
液晶も使用技術や、設計仕様により大きく消費電力が異なる。最高レベルのもので当社PDPと同等のラインに乗る

図7 TV用ディスプレイの表示面積と消費電力



43型PDPと30型LCDの実測

図8 表示条件と消費電力



技術 推 移	対向型	面放電型		
	2電極	3電極 (T字) (ワップル)		
	透過型		反射型	
	He-Xe		Ne-Xe	
	低Xe濃度(1%)		Xe 5%程度	
		高Xe濃度		
		新技術		

今後とも大幅な改善が期待できる。

図9 PDPの発光効率と表示輝度の推移

7. 今後の取り組み

PDP 業界では、国内各社を始め韓国、台湾のメーカーも、着実に性能向上や生産性の向上を進めている。パイオニアのPDPはこの中で、常に世界一の性能で、感動を与える商品を提供しつづけるために、更なる低消費電力化とより良い画質の実現をめざし、高効率パネル、低電力高画質駆動法、高画質ビデオプロセッシングの基礎技術の3本柱と、効率的な生産方法とセットの設計技術で今後とも業界をリードして行こうとしている。

8. まとめ

独自のセル構造(T字電極とワッフルリブ)と駆動法(クリア)により、768ラインのプログレッシブ表示の高画質のハイビジョンプラズマディスプレイが実現した。50型のセットで、ピーク輝度360 cd/m²(40型で400 cd/m²)、暗室コントラスト比900:1、明室コントラスト比120:1(画面照度150 lx)、高画質CRTに匹敵する768階調(画像の暗い部分は4000階調相当)を達成した。パネル性能を最大限に発揮するため、高画質のビデオプロセッシングを導入した結果、従来他のディスプレイで実現できなかった大画面高画質ディスプレイが実現できた。更に消費電力でも他社PDPより大きく改善されており、50型のディスプレイモニターで348Wと省電力と言われるLCDに匹敵する低消費電力となっている。

大画面高画質の市場はますます拡大しており、大型化に成功した液晶ディスプレイを始め、新しいデバイスの有機ELディスプレイ(OEL or OLED)やフィールドエミッションディスプレイ(FED)も虎視眈々とこの市場への参入を狙っているが、当社プラズマディスプレイは、大画面テレビとして画質、消費電力などを加味した総合性能で既に他のディスプレイを凌駕し、今後は個々の性能でも他のディスプレイが追随できないレベルを目指して進歩を続けてゆく。

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. Amemiya, N. Saegusa, T. Komaki, Y. Sato, AD/IDW'01, pp.781-784(2001)
- (4) T. Okunaga, H. Nakamura, M. Suzuki, N. Saegusa, IDW'99, pp.787-790 (1999)
- (5) 打土井: "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 正孝(うちどい まさたか)

- a. HEC ディスプレイ事業統括部 技術統括部
- b. 1976年4月
- c. ゴム材料の開発、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、特に、材料・プロセス・信頼性の開発、その後、PDPの開発では基礎研究、材料・プロセス・信頼性の開発を経て、現在、PDP技術涉外活動に従事
- d. そろそろ、PDPも買い時でしょう。