

PDP の高画質化技術

PDP Technology for High Picture Quality

あらまし

PDP(プラズマディスプレイ)はCRTに比べ軽量・薄型であることから、壁掛けテレビとして普及していくことが見込まれている。近年、その性能も、問題とされていた明るさ、コントラストなどについては、一般家庭に普及しているCRTに匹敵するところまで向上してきた。しかし、PDPは、CRTとは異なる独自の階調駆動方式のために、動画像を表示した際に様々な画質劣化が生じる。

本稿では、PDP動画像をCRTと同等の品質で画像表示するために開発した高画質化技術、LSIについて述べる。

Abstract

Because of their lightness and thinness, Plasma display panels (PDPs) are increasingly expected to penetrate the consumer market in areas such as wall-hanging TVs.

In recent years, although the display performance of PDPs has been brought closer to that of the CRTs for home use, certain problems, for example, motion picture disturbance, still remain because of the PDP's driving method.

This paper describes a techniques for improving motion picture quality and describes the LSIs employed in this technique.



小川清隆(おがわ きよたか)

1984年東海大学工学部応用物理学科卒。同年富士通入社。以来デジタルTVなど画像処理LSIの開発に従事。1993年(株)富士通研究所に転向。セットトップボックスの開発を経て現在PDP高画質化技術の研究に従事。システムLSI開発研究所先端システムLSI研究部



吉田昌弘(よしだ まさひろ)

1985年函館工業高等学校電気科卒。同年富士通入社。以来MUSEデコーダ、ゲーム機など画像処理LSIの開発に従事。1993年(株)富士通研究所に転向し、PDP高画質化技術の研究に従事。システムLSI開発研究所先端システムLSI研究部



上田壽男(うえだ としお)

1987年岡山理科大学理学部応用物理学科卒。同年富士通入社。以来PDPの制御用ロジックの回路設計、HDTV用PDPおよびPDP高画質化技術の開発に従事。PDP事業部商品開発部

ま え が き

PDP(プラズマディスプレイ)は広い視野角を持ち、高速応答のために表示品質が良く、また製造プロセスが比較的容易なため大画面化に適している。そのため、CRTや背面投射型ディスプレイなどに代わる次世代の画像表示デバイスとして期待されており、将来の壁掛けテレビの最有力デバイスとして各メーカーが積極的に技術開発に取り組み、商品化を進めている。富士通では世界に先駆けて42型ワイド・カラーPDPを商品化しており、高輝度化、高コントラスト化、低コスト化など更なる改良を進めている。

PDPは、輝度とコントラストといった、ディスプレイとしての基本性能は、投射型ディスプレイを凌いでCRTに迫る性能を達成している。しかし、家庭向けテレビ用途としては、自然画像の表示品質においては解決すべき課題がいくつか残されていた。例えば、偽輪郭と呼ばれる本来存在しないはずの色の帯が認識される、表示階調数に制限があるため自然画像の滑らかさが不足するといった問題である。これらの問題はすべてCRTなどの既存ディスプレイとは全く異なるPDP特有の表示駆動シーケンスに起因するものである。

本稿では、これらPDPの画質劣化の発生メカニズム、それを解決した信号処理技術とLSIについて述べる。

動画像表示での問題点

動画像は、静止した画像を1秒間に60枚連続して表示することによって表している。各画像の画素ごとの輝度は、CRTでは電子ビームの強さをアナログ量で制御することにより、表示している。一方PDPでは光量がアナログで制御できず、デジタル量の発光時間の長さによって表現している。PDPの階調駆動方式の一例を図-1に示す。例では、1枚の画像(フレーム)を八つのサブフレームに分割している。各サブフレームはそれぞれ、どの画素を発光させるかを指定選択するアドレス期間と、選択された画素のみ所定の輝度比に応じた時間長で発光(維持放電)を行う発光期間で構成されている。

各サブフレームの発光時間の比率を1:2:4:8:16:32:64:128の2のべき乗にすると、すべてのサブフレームが発光しない0から、すべて発光する1+2+4+8+16+32+64+128=255までの256階調の表現が可能である。

サブフレームを単純に輝度の小さい順や大きい順で配置すると、画面が静止している部分では何の問題も発生しないが、動いている部分では偽輪郭と呼ばれる画質劣

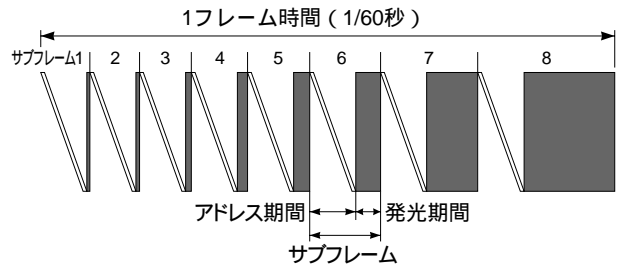


図-1 PDP階調駆動方式の例
Fig.1-Pulse number modulation within a field technique.

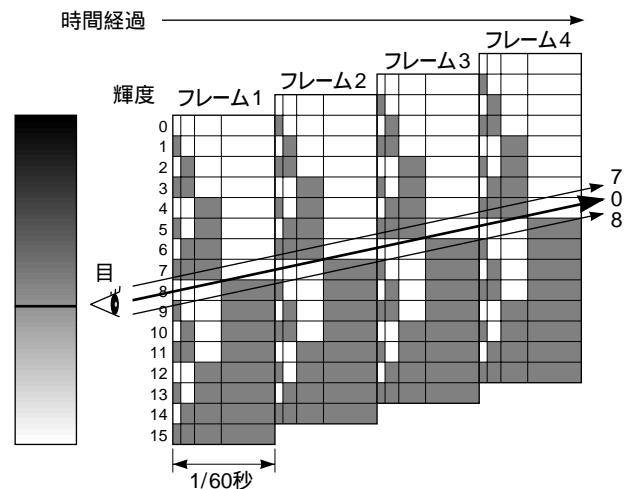


図-2 擬似輪郭発生メカニズム
Fig.2-Mechanism of perceiving dynamic false contours.

化が発生する。図-2で、2のべき乗で4サブフレーム構成の駆動方式の例でそのメカニズムを説明する。1画素で1段階ずつ輝度が高くなる画像を考え、これが1フレームで1ドットずつ暗い方向に移動しているとすると、フレーム1とフレーム2は別の画像なのだが、人間の目ではこの切れ目が認識できない。また移動する輝度に対して視点が追従する特性があるため、例えば輝度7(1110)と輝度8(0001)の間において、人間の目が発光していないサブフレームを追従してしまうために、輝度0の黒い画素が移動していくように見えることになる(図中太線矢印部分)。したがって、本来存在しないはずの輝度を認識してしまうことになる。逆に1ドットずつ明るい方向に移動した場合は、発光しているサブフレームを追従してしまうために、輝度7と8の間に輝度15の白い画素が認識される。このように動画像偽輪郭の発生メカニズムは、人間の目がある画面とその前後の画面のサブフレームにおける発光部分や未発光部分を融合して認識してしまうことにある。偽輪郭は移動する方向と移動量によって、偽の輝度の大きさと場所は異なる。カラー画像の場合は、3原色信号であるR(赤)・G(緑)・B(青)に対してそれぞれ偽の輝度

が認識されるため、本来存在しない色になる。とくに人の顔などの肌色の場合、紫色や緑の色の帯が顔の輪郭付近に認識され、著しく違和感が生じる。現在、偽輪郭の位置と大きさを定量化して除去する研究が続けられているが、本稿では、LSIで実用化されている手法に付いて述べる。

高画質化処理技術

CLT (発光重心固定法)

動画像偽輪郭を除去する技術として図-3に示すCLT法 (Concentrated Luminous Time) を提案している。⁽¹⁾ CLT法では、図-3のように、各サブフレームの輝度量を一定にし、フレームの中心時刻から、なるべく前後均等に光量が増加するように配置する。このようにすることによって、人間の目が移動体を追従しても、前後の発光パターンが結合して認識されることはなくなり、偽輪郭は検知されないようになる。しかし、CLT法では、フルカラー (1,670万色) 表示を行うためには1フレーム時間内でRGB各256個のサブフレームが必要となり、現状のPDP駆動回路の性能から現実的ではない。このために、図-4に示すような重ね合わせ処理⁽²⁾を用い、CLT法に近づけている。

重ね合わせ処理とは、左右均等に同じ重みのサブフレームを配置する構成を取り、AとBの2種類の発光パターンを用意する。さらに、画面上の画素を千鳥格子状にAモードで発光する画素とBモードで発光する画素とに切り替える。これにより、人間の目にはこれらの画素の平均値が輝度として認識される。図-4は、偽輪郭の認識について示したものである。それぞれの発光パターン単独では、発光輝度レベル7と8の間にAモード発光では4、Bモード発光では11の輝度レベルの偽輪郭が発生してしま

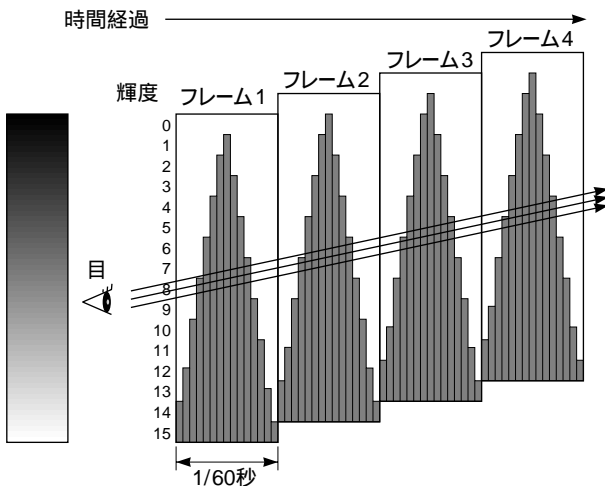


図-3 CLTによる擬似輪郭抑圧原理
Fig.3-Concentrated-luminous-time technique.

うが、重ね合わせ処理を行った画面上では、この偽輪郭はこれらの平均値7.5の輝度レベルで人間の目に認識されることになり、偽輪郭が検知されにくくなる。

誤差拡散処理

重ね合わせ法を採用したことにより、階調数の確保と、偽輪郭の軽減を両立することが可能となったが、1,670万色の色彩を表現するためのRGB各256階調数を確保するまでには至っていない。そこで、プリンタなどの印刷処理に用いられる、誤差拡散処理を採用した。⁽³⁾ 誤差拡散処理とは、モノクロプリンタのように、白か黒の2色しか表現することができない装置で写真を印刷する場合に、面積あたりの白と黒の画素密度によって、白から黒に変化するまでの灰色などの中間色を表現し、人間の目に擬似的に滑らかな変化のある画像であるように認識させる手法である。

図-5(a)に示したモノクロ印刷では、膨らみの感じられない平坦な画像となってしま。誤差拡散処理では、例えば人間の頬の凹凸部分など、単純に白(輝度レベル1)と

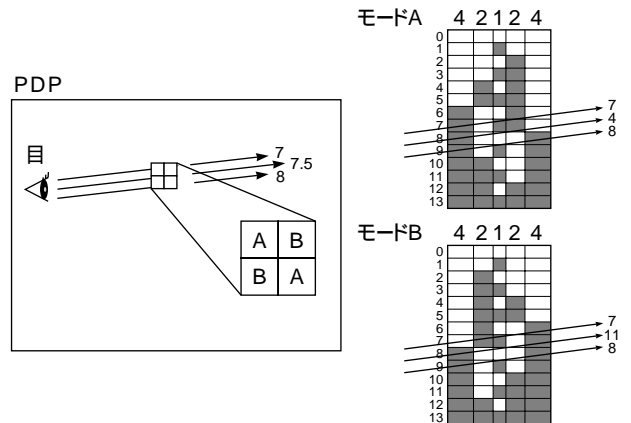


図-4 重ね合わせ処理
Fig.4-Mode-mixing technique.



(a) モノクロ印刷 (b) 誤差拡散処理結果

図-5 誤差拡散処理
Fig.5-Error diffusion.

黒(輝度レベル0)では表現できない白と黒の中間色を持つ部分は、その近辺の画素の表現できない情報(誤差成分=入力画像輝度レベル-表示輝度レベル)をフィルタリング処理をして表示輝度レベルに反映することにより、その部分に白と黒の画素が発生し、その面積あたりの白と黒の画素密度により、図-5(b)のように入力画像の持つ起伏のある滑らかな変化を表現している。

以上、誤差拡散処理について2値(白と黒)モノクロ印刷の例を用いて説明したが、PDPはカラー表示であり、サブフレーム構成によって決まる n 階調表示が可能である。よって、 n 値の誤差拡散処理をRGBそれぞれに行い、1,670万色を表現する。

レベル適応型ディザ制御

誤差拡散処理を行った画像をPDPに表示した場合、任意の輝度レベルにおいてフリッカ(輝度レベルが明暗を繰り返す)が発生する。このフリッカの発生メカニズムについて述べる。誤差拡散処理では、入力画像のある画素の輝度レベルが、表示輝度レベル L と $L+1$ の間にある場合、誤差成分を、フィルタリングして表示画像に反映することにより面積あたりの L と $L+1$ の密度により表現する。誤差成分は周辺画素の誤差成分とフィルタリングされるため、フレームの異なる画像上の同じ画素でも、その画素の表示輝度レベルに反映される誤差成分はランダムな値となる。この結果、誤差拡散処理を行った画像では、フレーム間において輝度レベル L と $L+1$ のレベル遷移が頻繁に発生する。

図-6は、画面上の任意画素の輝度レベルがフレームご

とに $L=31$ 、 $L+1=32$ とレベル遷移した場合のサブフレームの発光を示した例である。フレームごとに輝度レベルが31から32にレベル遷移が発生した場合、フレームNo.1で発光しているサブフレーム6とフレームNo.2で発光しているサブフレーム1~5が、人間の目に輝度レベル63の白として認識され、フレームNo.2の発光していないサブフレーム6とフレームNo.3の発光していないサブフレーム1~5が輝度レベル0の黒として認識される。この結果、輝度レベル63(白)と0(黒)が交互に繰り返される30 Hzのフリッカとして認識され、著しい画質劣化となる。このフリッカを抑圧するためにはフレーム間における輝度レベル遷移頻度を抑えることが必要となる。

つぎに、フリッカを抑圧するために、開発したレベル適応型ディザ制御方式を説明する。⁽⁴⁾ 誤差拡散処理による輝度レベル遷移頻度は、誤差成分により決まる。図-7は256階調の入力画像に対して、PDPの表示階調数が32階調の場合の輝度レベル遷移頻度をモデル化したものである。入力画像のある画素で検出された誤差成分が $k=3$ の場合、この画素の表示レベルが誤差拡散処理により、 L から $L+1$ になる確率は $3/8$ 、 L にとどまる確率は $5/8$ となる。この結果、 $k=3$ の場合のフレーム間におけるレベル遷移頻度は図のように $15/32$ となり、2フレームに1度はレベル遷移が発生する。このレベル遷移頻度は誤差成分 k の値で異なり、図-7(b)に、 $k=0\sim7$ において発生する輝度レベルの遷移頻度を示す(図中薄い網掛け部分)。レベル遷移頻度を抑圧するために、画面上で千鳥格子状になるように誤差成分 k により異なる値を持つディザ値 dk を、画面上

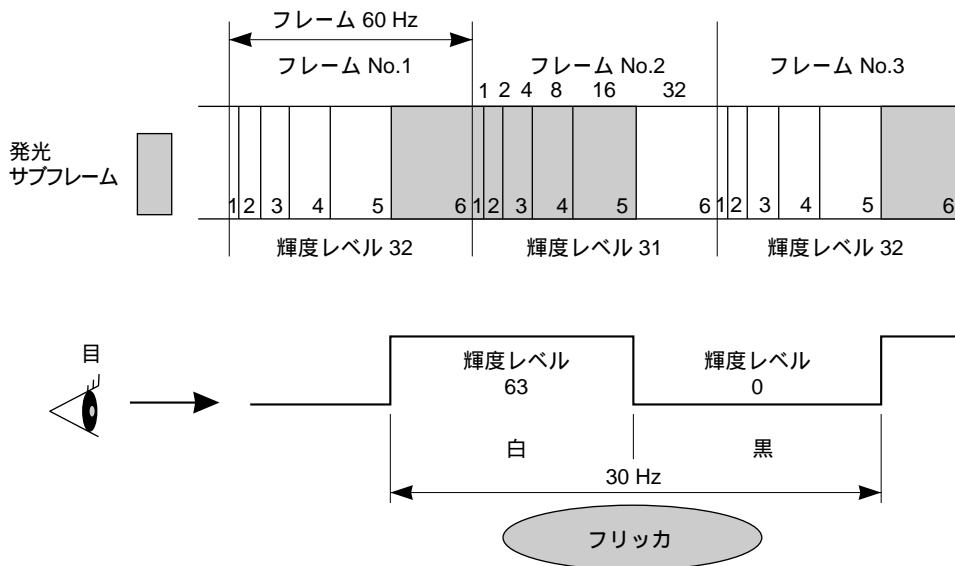


図-6 フリッカ発生メカニズム
Fig.6-Mechanism of flicker occurrence.

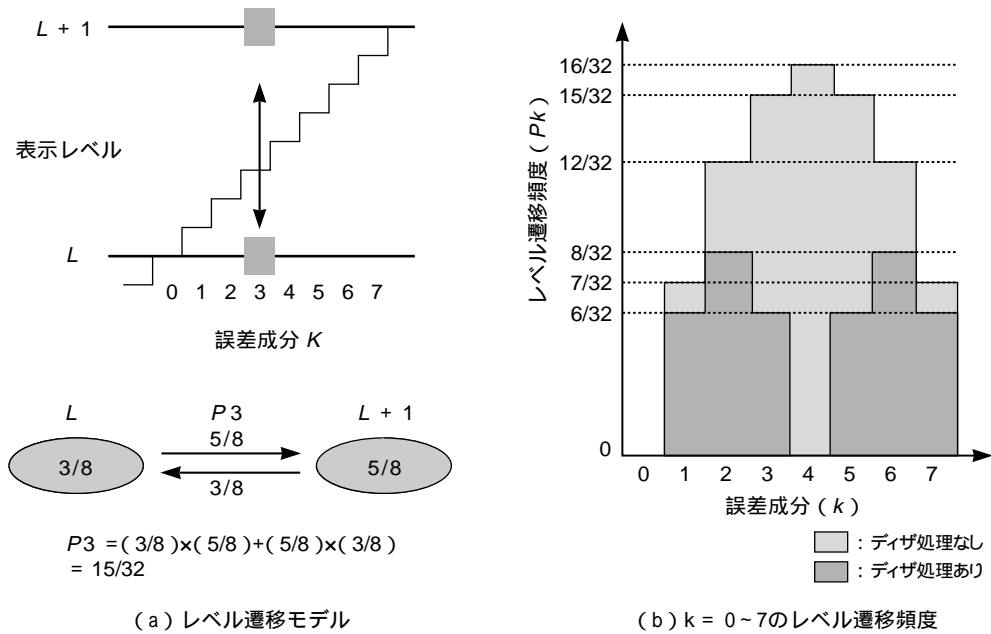


図-7 誤差拡散処理によるレベル遷移
Fig.7-Level transition in error diffusion.

で千鳥格子状に加減算(水平方向に + - + . . . , 垂直方向に - + - . . .)するディザリングを行う。この結果の輝度レベルの遷移頻度は

$$Pk \pm dk = (Pk + dk + Pk - dk)^2 \dots \dots \dots (1)$$

で表わされ、k = 3, dk = 3の場合には、

$$P3 \pm 3 = (P6 + P0)^2 = (0/32 + 12/32)^2 = 6/32 \dots \dots \dots (2)$$

となり、ディザ処理を行わない場合の15/32の半分以下に抑えられる。図-7(b)の濃い網掛け部分はディザ処理を行った場合のk = 0 ~ 7のレベル遷移頻度である。処理を行わない場合よりも大幅にレベル遷移頻度が減少し、この結果、フリッカが抑圧される。

開発 LSI

以上述べた、PDP高画質化処理回路は、0.5 μm CMOS テクノロジを採用した7.95 mm × 7.95 mmのチップに搭載され、160ピンフラットタイプのプラスチックパッケージに収められている。電源電圧は3.3 V, 単一電源で動作し、HDTV画像を表示した場合の消費電力は約0.85 Wである。LSIの構成図を図-8に示す。

む す び

以上、PDPの動画像偽輪郭、フリッカ、表示階調不足といったPDP特有の問題を解決する画像処理方式およびLSIの開発について述べた。本LSIを用いることにより、PDP最大市場と目される家庭用テレビ用途が可能となる。

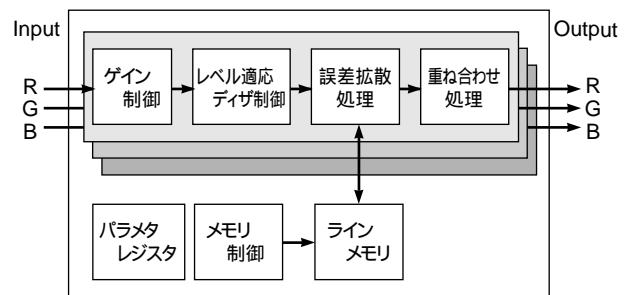


図-8 開発LSI
Fig.8-Block diagram of developed LSI.

参考文献

- (1) Y. Watanabe et al. : Quantitative Analysis of Dynamic False Contours on PDPs. Proceedings of 1997 International Display Research Conference, pp.289-292.
- (2) T. Makino et al. : Improvement of Video Image Quality in AC-Plasma Display Panels by Suppressing the Unfavorable Coloration Effect with Sufficient Gray Shades Capability. ASIA DISPLAY '95 Digest, pp.381-384, 1995.
- (3) R. W. Floyd et al. : An Adaptive Algorithm for Spatial Grayscale. SID'76 Digest, 17, 2, pp.75-77, 1976.
- (4) Y. Otake, et al. : Single-Chip 16.7-Million Color PDP Display Controller. Proceedings of the 30th SMPTE Advanced Motion Imaging Conference, p.142, 1996.