

(19)日本国特許庁 ( J P )

# 公開特許公報 ( A )

(11)特許出願公開番号

特開2003 - 36055

( P2003 - 36055A )

(43)公開日 平成15年2月7日 (2003.2.7)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* ( 参考 )
G 0 9 G 3/36		G 0 9 G 3/36	2 H 0 9 3
G 0 2 F 1/133	550	G 0 2 F 1/133	5 C 0 0 6
	575		5 C 0 8 0
G 0 9 G 3/20	621	G 0 9 G 3/20	621 F
	641		641 P
審査請求 未請求 請求項の数 21 O L ( 全 39数 )			

(21)出願番号 特願2001 - 174845(P2001 - 174845)

(22)出願日 平成13年6月8日 (2001.6.8)

(31)優先権主張番号 特願2000 - 284267(P2000 - 284267)

(32)優先日 平成12年9月19日 (2000.9.19)

(33)優先権主張国 日本(JP)

(31)優先権主張番号 特願2001 - 150169(P2001 - 150169)

(32)優先日 平成13年5月18日 (2001.5.18)

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 宮田 英利

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72)発明者 塩見 誠

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74)代理人 100080034

弁理士 原 謙三

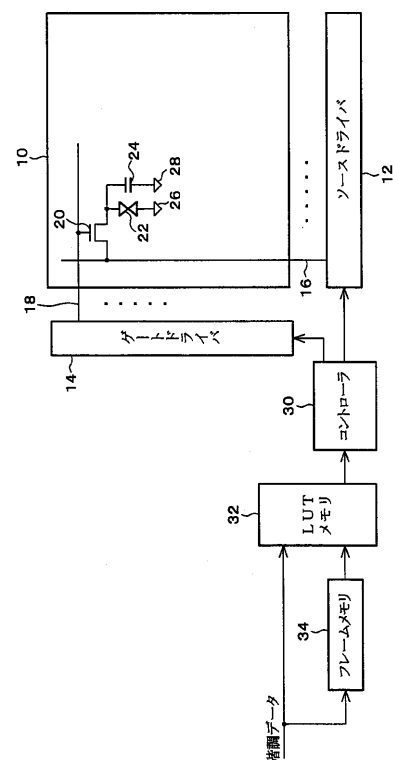
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 液晶表示装置およびその駆動方法

(57)【要約】

【課題】 階調変化時に伴う画素電極の電圧の変化を低減して階調表示のずれを抑制し、動画表示時の画質を向上させる。

【解決手段】 画素を有し、この画素にフレームごとに階調データに基づく階調電圧を印加することで階調表示を行う液晶表示装置であって、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データが入力され、表示すべきフレームの階調データを変換して出力するLUTメモリ32と、LUTメモリ32から出力される変換された階調データに基づいて階調電圧を画素に印加するソースドライバ12と、画素に含まれ、印加された階調電圧により階調表示が可能な液晶セル22とを備え、LUTメモリ32には、表示すべきフレームの階調データと直前のフレームの階調データとによって特定される出力すべき階調データがルックアップテーブルとして予め記憶されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】画素を有し、前記画素にフレームごとに階調データに基づく階調電圧を印加することで階調表示を行う液晶表示装置において、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データが入力され、表示すべきフレームの階調データを変換して出力する変換部と、前記変換部から出力される変換された階調データに基づいて階調電圧を前記画素に印加する駆動部と、前記画素に含まれ、印加された階調電圧により階調表示が可能な液晶セルとを備え、前記変換部には、表示すべきフレームの階調データと直前のフレームの階調データとによって特定される出力すべき階調データが予め記憶されていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 2】請求項 1 に記載の液晶表示装置において、前記変換部は第 1 入力および第 2 入力を有し、前記第 2 入力には、入力される階調データを記憶してその階調データを 1 フレーム分遅らせて出力する記憶部が接続されており、階調データは、前記第 1 入力に入力されるとともに、前記記憶部を介して前記第 2 入力に入力されることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 3】請求項 2 に記載の液晶表示装置において、前記変換部は、前記第 1 入力および第 2 入力に入力される階調データによって特定されるアドレスに記憶されている階調データを出力するメモリであることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 4】請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の液晶表示装置において、前記駆動部が出力する階調電圧の範囲は、静止画像を表示する際の前記液晶セルの階調表示範囲に対応する階調電圧の範囲を含み、かつ、その範囲よりも広いことを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 5】請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の液晶表示装置において、前記変換部に記憶されている階調データは、表示すべきフレームの階調データを静止画像として表示する場合の階調電圧を  $V_m$ 、表示すべきフレームの階調データを静止画像として表示した場合の前記液晶セルの電気容量を  $C_m$ 、直前のフレームの階調データを静止画像として表示した場合の前記液晶セルの電気容量を  $C_n$  としたとき、 $V' = C_m / C_n \times V_m$

で求められる階調電圧に対応する階調データであることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 6】画素を有し、前記画素にフレームごとに階調データに基づく階調電圧を印加することで階調表示を行う液晶表示装置において、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレーム

の階調データに基づいて、表示すべきフレームの階調データを補正階調データに変換する変換部と、前記変換部にて変換された補正階調データに基づいて階調電圧を前記画素に印加する駆動部と、前記画素に含まれ、印加された階調電圧により階調表示が可能な液晶セルとを備え、前記変換部には、表示すべきフレームの階調データと直前のフレームの階調データとによって特定される設定階調データが予め記憶されており、特定した設定階調データに基づいて補正階調データを生成することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 7】請求項 6 に記載の液晶表示装置において、前記変換部は、表示すべきフレームの階調データの上位桁および直前のフレームの階調データの上位桁に基づいて設定階調データを特定し、表示すべきフレームの階調データの上位桁を特定した設定階調データに置き換えて変換し、その変換結果に基づいて補正階調データを生成することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 8】請求項 7 に記載の液晶表示装置において、前記変換部は、表示すべきフレームの階調データの上位桁および直前のフレームの階調データの上位桁に基づいて、表示すべきフレームの階調データの上位桁を変換するとともに、変換された表示すべきフレームの階調データの上位桁と、表示すべきフレームの階調データの低位桁とを加算することにより補正階調データを生成することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 9】請求項 7 に記載の液晶表示装置において、前記変換部は、表示すべきフレームの階調データの上位桁および直前のフレームの階調データの上位桁に基づいて、表示すべきフレームの階調データの上位桁を変換するとともに、表示すべきフレームの階調データの低位桁および直前のフレームの階調データの低位桁に基づいて、表示すべきフレームの階調データの低位桁を変換し、表示すべきフレームの階調データの変換された上位桁と変換された低位桁とを加算することにより補正階調データを生成することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 10】画素を有し、前記画素にフレームごとに階調データに基づく階調電圧を印加することで階調表示を行う液晶表示装置において、

表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データに基づいて、表示すべきフレームの階調データを補正階調データに変換する変換部と、前記変換部にて変換された補正階調データに基づいて階調電圧を前記画素に印加する駆動部と、前記画素に含まれ、印加された階調電圧により階調表示が可能な液晶セルとを備え、前記変換部には、表示すべきフレームの階調データに対応する第 1 変換値、および直前のフレームの階調データに対応する第 2 変換値が予め記憶されており、前記変換部は、表示すべきフレームの階調データおよび

直前のフレームの階調データにそれぞれ対応する第 1 変換値および第 2 変換値を用いた演算により補正階調データを生成することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 11】請求項 10 に記載の液晶表示装置において、

前記変換部は、記憶している第 1 変換値の群および第 2 変換値の群の少なくとも一方を外部から書換え可能としていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 12】画素を有し、前記画素にフレームごとに階調データに基づく階調電圧を印加することで階調表示 10 を行う液晶表示装置において、

表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データに基づいて、表示すべきフレームの階調データを補正階調データに変換する変換部と、

前記変換部にて変換された補正階調データに基づいて階調電圧を前記画素に印加する駆動部と、

前記画素に含まれ、印加された階調電圧により階調表示が可能な液晶セルとを備え、

前記変換部には、表示すべきフレームの階調データに対応する第 1 変換値を算出するための第 1 基準値、および 20 直前のフレームの階調データに対応する第 2 変換値を算出するための第 2 基準値が予め記憶されており、

前記変換部は、第 1 基準値および第 2 基準値に基づいて補間を行うことによりそれぞれ第 1 変換値および第 2 変換値を算出するとともに、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データにそれぞれ対応する第 1 変換値および第 2 変換値を用いた演算により補正階調データを生成することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 13】請求項 12 に記載の液晶表示装置において、 30 前記変換部は、記憶している第 1 基準値の群および第 2 基準値の群の少なくとも一方を外部から書換え可能としていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 14】画素を有し、前記画素にフレームごとに階調データに基づく階調電圧を印加することで階調表示を行う液晶表示装置において、

表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データに基づいて、表示すべきフレームの階調データを補正階調データに変換する変換部と、 40 表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データの桁を変換する桁変換部と、

前記変換部にて変換された補正階調データに基づいて階調電圧を前記画素に印加する駆動部と、

前記画素に含まれ、印加された階調電圧により階調表示が可能な液晶セルとを備え、

前記桁変換部は、階調データが示す階調が予め定めた閾値より明側である場合にはその階調データの下位桁を削除し、階調データが示す階調が前記閾値より暗側である場合にはその階調データの上位桁を削除することで、そ 50

の階調データの桁数が小さくなるように変換し、前記変換部には、前記桁変換部にて変換された表示すべきフレームの階調データと直前のフレームの階調データとによって特定される設定階調データが予め記憶されており、特定した設定階調データに基づいて補正階調データを生成することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 15】請求項 14 に記載の液晶表示装置において、

前記変換部は第 1 入力および第 2 入力を有し、前記第 2 入力には 入力される階調データを記憶してその階調データを 1 フレーム分遅らせて出力する記憶部が接続されており、

階調データは、前記桁変換部を介して前記第 1 入力に 入力されるとともに、前記桁変換部を介して前記記憶部に 入力され、前記記憶部から前記第 2 入力に 入力されることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 16】請求項 14 または 15 に記載の液晶表示装置において、

階調データが 256 階調表示用の階調データであり、階調データが示す最も暗い階調を 0 階調とすると、前記閾値は 32 階調であることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 17】請求項 16 に記載の液晶表示装置において、

階調データが 8 ビットの階調データであり、前記桁変換部は、階調データの変換を行う際に、階調データの上位 3 桁または下位 3 桁を削除するとともに、上位桁または下位桁の何れを削除したかを示すフラグビットを設定することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 18】請求項 14 または 15 に記載の液晶表示装置において、

階調データが 256 階調表示用の階調データであり、階調データが示す最も暗い階調を 0 階調とすると、前記閾値は 64 階調であることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 19】請求項 18 に記載の液晶表示装置において、

階調データが 8 ビットの階調データであり、前記桁変換部は、階調データの変換を行う際に、階調データの上位 2 桁または下位 3 桁を削除するとともに、上位桁または下位桁の何れを削除したかを示すフラグビットを設定し、かつ、上位 2 桁を削除した場合にはさらに最下位 1 桁を削除することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 20】請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の液晶表示装置において、

前記変換部に予め記憶されている階調データは、その階調データに基づいて前記画素の階調表示を行った場合に、その階調データに基づく階調電圧が前記画素に印加されてから 1 フレームに相当する時間が経過したときのその画素の輝度が、本来表示すべき輝度の 90% から 110% の範囲内に入るように設定されていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 21】印加された階調電圧により階調表示が可能な液晶セルを含む画素を有し、前記画素にフレームごとに階調データに基づく階調電圧を印加することで階調表示を行う液晶表示装置の駆動方法において、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データに基づいて予め記憶されている階調データの中から階調データを特定し、特定した階調データに基づく階調電圧を前記画素に印加して表示すべきフレームの階調表示を行わせるように前記液晶表示装置を駆動し、前記予め記憶されている階調データは、その階調データに基づいて前記画素の階調表示を行った場合に、その階調データに基づく階調電圧が前記画素に印加されてから 1 フレームに相当する時間が経過したときのその画素の輝度が、本来表示すべき輝度の 90% から 110% の範囲内に入るように設定されていることを特徴とする液晶表示装置の駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、階調表示が可能な液晶表示装置およびその駆動方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図 14 は、スイッチング素子としての薄膜トランジスタ（以下「TFT」という。）を備えたアクティブマトリクス型の液晶パネル 10、およびこの液晶パネルを駆動するドライバ（ソースドライバ 12、ゲートドライバ 14）を備えた液晶表示装置の構成を示す概略構成図である。液晶パネル 10 は、画面縦方向に互いに平行に配置された複数のソースバスライン 16 と、画面横方向に互いに平行に配置された複数の走査ライン 18 とを有している。液晶パネル 10 の外側において、ソースバスライン 16 はソースドライバ 12 に接続されており、走査ライン 18 はゲートドライバ 14 に接続されている。また、ソースバスライン 16 と走査ライン 18 とはほぼ直交しており、その交点に対応して画素が形成されている。この画素には、TFT 20 および液晶セル 22 が配置されている。

【0003】この液晶パネル 10 によって画像を表示する際には、ゲートドライバ 14 で各走査ライン 18 に接続された TFT 20 を走査ライン 18 ごとに順次 ON させつつ、ソースドライバ 12 で各走査ライン 18 に対応した階調データ（画像データ）に応じた階調電圧を各走査ライン 18 に対応する画素に書き込んでいく。

【0004】図 15 は、図 14 の液晶パネル 10 における各画素の等価回路を示す回路図である。液晶セル 22 は、TFT 20 のドレインと、全画素間で共通の共通電極 26 とに接続されている。また、図 14 には示していないが、画素には負荷容量 24 が設けられている。この負荷容量 24 は、TFT 20 のドレインと全画素間で共通の負荷容量電極 28 とに接続されている。

【0005】画素の動作時には、TFT 20 が ON（ゲート ON）の状態ではソースバスライン 16 から階調データに応じた階調電圧が液晶セル 22 に印加される。階調電圧は階調データに応じて設定されており、階調データに応じて各画素に 1 フレームごとに印加される。液晶セル 22 に電圧が印加されると、液晶セル 22 内の液晶分子はその誘電異方性により長軸方向（ダイレクター）が変化される。液晶分子は光学異方性を有するため、その方向が変化されると液晶セル 22 を透過する光の偏光方向も変化する。そして、液晶セル 22 に設けられる偏光板などの作用を伴って、液晶セル 22 に印加する階調電圧によって液晶セル 22 を透過する光の光量が制御される。これにより、各画素の輝度を表示させたい階調輝度にする事ができ、画像表示を行うことができる。

【0006】液晶セル 22 に対して階調電圧が印加される際には、負荷容量 24 にも同じ階調電圧が印加される。負荷容量 24 は、印加される階調電圧に応じた電荷を蓄積する。TFT 20 が ON から OFF（ゲート OFF）に切り換わった後も次のフレームで再び階調電圧が印加されるまでは負荷容量 24 は電荷を保持する。これにより、液晶セル 22 に階調電圧が印加された状態が 1 フレームの間において保持される。

【0007】フレーム間において画素の階調輝度を变化させる際、その変化前では液晶分子のダイレクターは前のフレームの階調輝度を表示する方向になっている。現フレームの階調電圧が画素に印加されると、それに伴って液晶分子のダイレクターが変化する。これによりその画素の光学特性が変化し、その画素の階調輝度を变化させることができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、液晶分子が印加電圧の変化に応答するためにはある程度の時間が必要となる。例えば、ネマチック液晶の場合の応答速度は、表示モードによって異なるが、およそ数 ms から数十 ms のオーダーである。これは、TFT 20 が OFF されるまでに液晶分子の応答が完了せず、OFF 後もダイレクターが変化することを意味する。

【0009】ここで、液晶分子は誘電異方性を有しているため、液晶分子のダイレクターが変化するると必然的に液晶セル 22 内の液晶の誘電率が変化し、液晶セル 22 の電極間の容量（電気容量）が変化することになる。上述したように液晶分子のダイレクターの変化は TFT 20 の OFF 後も続く。一方、液晶セル 22 および負荷容量 24 への電荷の供給は TFT 20 の OFF 後は停止される。したがって、TFT 20 の OFF 後において液晶セル 22 の容量が変化すると、液晶セル 22 の電極間の電圧が変化することになる。つまり、液晶セル 22 の電圧は、TFT 20 の OFF 後において TFT 20 の ON 時に印加された階調電圧から変化することになる。

【0010】したがって、液晶分子が 1 フレーム内で応

答する特性を有していても、液晶セル 22 の電圧が 1 フレーム内で変化するため表示させたい階調輝度を得ることができない場合がある。逆に、表示させたい階調輝度に達するには数フレーム（例えば 3 フレーム）間にわたって同じ階調電圧を印加しなければならない場合がある。

【0011】なお、印加電圧に対する液晶分子の応答の遅さを補正する技術は、例えば特開昭 64 - 10299 号公報に開示されている。しかし、上記公報に開示されている技術では、その装置構成において補正回路を用いており、この補正回路によって逐次出力するデータを予測するものであるため、補正回路の構成が複雑なものとなるとともに、処理速度の低下が問題となりやすい。さらに、その補正回路に輸入されるデータの一方が、直前に補正回路にて補正された後でメモリに記憶されたものであり、補正されたデータを用いてさらに次のデータを補正するようになっており、装置構成が複雑なものとなっている。また、上記公報に開示されている技術では、上記のような液晶セル 22 の容量の変化による影響は考慮されておらず、これに対処するための具体的なデータの変換方法も開示されていない。

【0012】本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、簡素で処理速度が大きい装置構成により、液晶表示素子において階調変化時に伴う画素電極の電圧の変化を低減して階調表示のずれを抑制し、見かけ上の液晶分子の応答速度を向上させることで、動画表示時の画質を向上させることを目的としている。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、本発明の液晶表示装置は、画素を有し、前記画素にフレームごとに階調データに基づく階調電圧を印加することで階調表示を行う液晶表示装置であって、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データが輸入され、表示すべきフレームの階調データを変換して出力する変換部と、前記変換部から出力される変換された階調データに基づいて階調電圧を前記画素に印加する駆動部と、前記画素に含まれ、印加された階調電圧により階調表示が可能な液晶セルとを備え、前記変換部には、表示すべきフレームの階調データと直前のフレームの階調データとによって特定される出力すべき階調データが予め記憶されていることを特徴としている。

【0014】上記の構成では、表示すべきフレームの階調データと直前のフレームの階調データとによって特定される所定の階調データを変換部によって出力し、その階調データに応じた階調電圧を画素に印加することができる。したがって、直前のフレームと表示すべきフレームとの間の液晶セルの容量（電気容量）の変化による影響を考慮した階調電圧を画素に印加することができる。これにより、液晶セルの容量が変化することによる階調表示のずれを補正することができる。その結果、特に動

画表示時などにおいて入力される階調データをより忠実に再現した表示が可能になる。

【0015】本発明の液晶表示装置は、上記の液晶表示装置において、さらに、前記変換部が第 1 入力および第 2 入力を有し、前記第 2 入力には、入力される階調データを記憶してその階調データを 1 フレーム分遅らせて出力する記憶部が接続されており、階調データは、前記第 1 入力に輸入されるとともに、前記記憶部を介して前記第 2 入力に輸入されることが好ましい。

【0016】上記の構成では、表示すべきフレームの階調データを変換部の第 1 入力に直接入力するとともに記憶部を介して変換部の第 2 入力に輸入する。この記憶部は、入力された階調データを 1 フレーム分遅らせて出力するものである。これにより、簡素な構成で表示すべきフレームの階調データと直前のフレームの階調データとを変換部に輸入することができる。

【0017】本発明の液晶表示装置は、上記変換部が第 1 入力および第 2 入力を有する液晶表示装置において、さらに、前記変換部が、前記第 1 入力および第 2 入力に輸入される階調データによって特定されるアドレスに記憶されている階調データを出力するメモリであることが好ましい。

【0018】上記の構成では、演算などの処理を介することなく階調データの変換を行うことができる。したがって、階調データを変換する処理を設けることによる処理速度の低下を抑制することができる。

【0019】本発明の液晶表示装置は、上記何れかの液晶表示装置において、さらに、前記駆動部が出力する階調電圧の範囲が、静止画像を表示する際の前記液晶セルの階調表示範囲に対応する階調電圧の範囲を含み、かつ、その範囲よりも広いことが好ましい。

【0020】液晶セルによる表示を例えば階調表示範囲の上限（下限）へ他の階調から変化させるような場合、液晶セルの容量の変化による影響を補正するためにはその上限（下限）に対応する階調電圧以上（以下）の電圧を印加させることが好ましい場合がある。上記の構成では、このような場合に対応できるため上記の補正を適切に行うことができる。

【0021】本発明の液晶表示装置は、上記何れかの液晶表示装置において、さらに、前記変換部に記憶されている階調データが、表示すべきフレームの階調データを静止画像として表示する場合の階調電圧を  $V_m$ 、表示すべきフレームの階調データを静止画像として表示した場合の前記液晶セルの電気容量を  $C_m$ 、直前のフレームの階調データを静止画像として表示した場合の前記液晶セルの電気容量を  $C_n$  としたとき、 $V' = C_m / C_n \times V_m$

で求められる階調電圧に対応する階調データであることが好ましい。

【0022】上記の構成では、液晶セルの容量の変化に

よる影響を補正することができる変換部から出力すべき階調データを、上式に基づいて容易に設定することができる。

【0023】上記の課題を解決するために、本発明の液晶表示装置は、画素を有し、前記画素にフレームごとに階調データに基づく階調電圧を印加することで階調表示を行う液晶表示装置であって、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データに基づいて、表示すべきフレームの階調データを補正階調データに変換する変換部と、前記変換部にて変換された補正階調データに基づいて階調電圧を前記画素に印加する駆動部と、前記画素に含まれ、印加された階調電圧により階調表示が可能な液晶セルとを備え、前記変換部には、表示すべきフレームの階調データと直前のフレームの階調データとによって特定される設定階調データが予め記憶されており、特定した設定階調データに基づいて補正階調データを生成することを特徴としている。

【0024】このように、変換部は変換して出力する階調データそのものを記憶しているのではなく、記憶している階調データに対して簡単な演算等を施して出力するようになっているのもよい。

【0025】この液晶表示装置において、前記変換部は、表示すべきフレームの階調データの上位桁および直前のフレームの階調データの上位桁に基づいて設定階調データを特定し、表示すべきフレームの階調データの上位桁を特定した設定階調データに置き換えて変換し、その変換結果に基づいて補正階調データを生成することが好ましい。

【0026】上記の構成では、階調データの予め定めた上位桁（上位ビット）に基づいて階調データの変換を行う。これにより、変換部で扱うデータ量を削減することができ、変換部の簡素化を図ることができる。例えば、変換部における補正階調データを記憶する部分の容量の削減を図ることができる。

【0027】本発明の液晶表示装置は、上記上位桁に基づく変換を行う液晶表示装置において、さらに、前記変換部が、表示すべきフレームの階調データの上位桁および直前のフレームの階調データの上位桁に基づいて、表示すべきフレームの階調データの上位桁を変換するとともに、変換された表示すべきフレームの階調データの上位桁と、表示すべきフレームの階調データの下位桁とを加算することにより補正階調データを生成することが好ましい。

【0028】上記の構成では、階調データの残りの下位桁（下位ビット）を加算することにより、上位桁のみに基づく変換を行ったことによる誤差を小さくすることができる。

【0029】あるいは、本発明の液晶表示装置は、上記上位桁に基づく変換を行う液晶表示装置において、さらに、前記変換部が、表示すべきフレームの階調データの

上位桁および直前のフレームの階調データの上位桁に基づいて、表示すべきフレームの階調データの上位桁を変換するとともに、表示すべきフレームの階調データの下位桁および直前のフレームの階調データの下位桁に基づいて、表示すべきフレームの階調データの下位桁を変換し、表示すべきフレームの階調データの変換された上位桁と変換された下位桁とを加算することにより補正階調データを生成することが好ましい。

【0030】上記の構成では、階調データの残りの下位桁を変換してから加算することにより、さらに誤差を小さくすることが可能となる。

【0031】上記の課題を解決するために、本発明の液晶表示装置は、画素を有し、前記画素にフレームごとに階調データに基づく階調電圧を印加することで階調表示を行う液晶表示装置であって、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データに基づいて、表示すべきフレームの階調データを補正階調データに変換する変換部と、前記変換部にて変換された補正階調データに基づいて階調電圧を前記画素に印加する駆動部と、前記画素に含まれ、印加された階調電圧により階調表示が可能な液晶セルとを備え、前記変換部には、表示すべきフレームの階調データに対応する第1変換値、および直前のフレームの階調データに対応する第2変換値が予め記憶されており、前記変換部は、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データにそれぞれ対応する第1変換値および第2変換値を用いた演算により補正階調データを生成することを特徴としている。

【0032】上記の構成では、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データから補正階調データを生成する処理において、複雑な演算を要する処理については予め記憶された第1変換値および第2変換値への変換により行い、簡単な演算が可能な処理については演算により行うことができる。したがって、すべての処理を演算により行うことによる演算の複雑化を抑えて変換部の構成の簡素化を図ることができる。また、あらゆる場合に対応した変換値を記憶しておくことによる記憶容量の増大を抑えて変換部の簡素化を図ることができる。

【0033】本発明の液晶表示装置は、上記変換部に第1変換値および第2変換値が記憶されている液晶表示装置において、さらに、前記変換部が、記憶している第1変換値の群および第2変換値の群の少なくとも一方を外から書換え可能としていることが好ましい。

【0034】上記の構成では、変換部に記憶されている第1変換値の群および第2変換値の群を書き換え可能とすることにより、特性が異なる液晶セルを備えた液晶パネルを用いるような場合に柔軟に適應できる。つまり、第1変換値の群および第2変換値の群を書き換えることで、液晶セルの特性に合った補正階調データを生成する

ことが可能になる。

【0035】上記の課題を解決するために、本発明の液晶表示装置は、画素を有し、前記画素にフレームごとに階調データに基づく階調電圧を印加することで階調表示を行う液晶表示装置であって、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データに基づいて、表示すべきフレームの階調データを補正階調データに変換する変換部と、前記変換部にて変換された補正階調データに基づいて階調電圧を前記画素に印加する駆動部と、前記画素に含まれ、印加された階調電圧により階調表示が可能な液晶セルとを備え、前記変換部には、表示すべきフレームの階調データに対応する第1変換値を算出するための第1基準値、および直前のフレームの階調データに対応する第2変換値を算出するための第2基準値が予め記憶されており、前記変換部は、第1基準値および第2基準値に基づいて補間を行うことによりそれぞれ第1変換値および第2変換値を算出するとともに、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データにそれぞれ対応する第1変換値および第2変換値を用いた演算により補正階調データを生成することを特徴としている。

【0036】上記の構成では、各階調に対応する第1変換値および第2変換値をすべて記憶させておく必要がないため、変換部に必要な記憶容量を小さくすることができる。また、補間は比較的簡単な演算で行うことが可能であるため、比較的簡単な回路構成で実現可能である。したがって、変換部における回路構成の複雑化も抑えることができる。

【0037】本発明の液晶表示装置は、上記変換部に第1基準値および第2基準値が記憶されている液晶表示装置において、さらに、前記変換部が、記憶している第1基準値の群および第2基準値の群の少なくとも一方を外から書換え可能としていることが好ましい。

【0038】上記の構成では、上述の場合と同様に特性が異なる液晶セルを備えた液晶パネルを用いるような場合に柔軟に適應できる。

【0039】上記の課題を解決するために、本発明の液晶表示装置は、画素を有し、前記画素にフレームごとに階調データに基づく階調電圧を印加することで階調表示を行う液晶表示装置であって、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データに基づいて、表示すべきフレームの階調データを補正階調データに変換する変換部と、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データの桁を変換する桁変換部と、前記変換部にて変換された補正階調データに基づいて階調電圧を前記画素に印加する駆動部と、前記画素に含まれ、印加された階調電圧により階調表示が可能な液晶セルとを備え、前記桁変換部は、階調データが示す階調が予め定めた閾値より明側である場合にはその階調データの低位桁を削除し、階調データが示す階調が前

記閾値より暗側である場合にはその階調データの上位桁を削除することで、その階調データの桁数が小さくなるように変換し、前記変換部には、前記桁変換部にて変換された表示すべきフレームの階調データと直前のフレームの階調データとによって特定される設定階調データが予め記憶されており、特定した設定階調データに基づいて補正階調データを生成することを特徴としている。

【0040】上記の構成では、上述したように、直前のフレームと表示すべきフレームとの間の液晶セルの容量の変化による影響を考慮した階調電圧を画素に印加することができ、液晶セルの容量が変化することによる階調表示のずれを補正することができる。

【0041】ここで、上記の構成では、さらに、桁変換部により、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データに関して、階調データが示す階調に応じてその階調データの一部を削除してその階調データの桁数が小さくなるように変換する。そして、変換部には、桁変換部により変換された表示すべきフレームの階調データと、直前のフレームの階調データとによって特定される設定階調データが予め記憶されている。このように階調データの桁数を小さくしてそのデータ量を小さくすることは、変換部にて設定階調データを特定するためのデータが小さくなることになり、記憶しておくべき設定階調データの量も小さくなる。これにより、変換部における設定階調データを記憶するための容量の削減を図ることができる。

【0042】また、桁変換部により階調データの桁数を変換する際には、その階調データが示す階調が所定値より明側である場合には低位桁を削除し、暗側である場合には上位桁を削除する。これにより、変換部による変換により大きく影響する部分を残して階調データの桁数を小さくすることができ、表示品位が低下することを抑制することができる。

【0043】本発明の液晶表示装置は、上記桁変換部を備える液晶表示装置において、さらに、前記変換部は第1入力および第2入力を有し、前記第2入力には、入力される階調データを記憶してその階調データを1フレーム分遅らせて出力する記憶部が接続されており、階調データは、前記桁変換部を介して前記第1入力に入力されるとともに、前記桁変換部を介して前記記憶部に入力され、前記記憶部から前記第2入力に入力されることが好ましい。

【0044】上記の構成では、上述したように、簡素な構成で表示すべきフレームの階調データと直前のフレームの階調データとを変換部に入力することができる。また、記憶部には、桁数が小さくなるように桁変換部にて変換された後の階調データが入力される。したがって、記憶部における容量の削減をも図ることができる。

【0045】上記桁変換部を備える液晶表示装置において、階調データが256階調表示用の階調データであ



り、階調データが示す最も暗い階調を 0 階調とすると、前記閾値は、例えば 3 2 階調であることが好ましい。このとき、階調データは 8 ビットの階調データであり、前記桁変換部は、階調データの変換を行う際に、階調データの上位 3 桁または下位 3 桁を削除するとともに、上位桁または下位桁の何れを削除したかを示すフラグビットを設定するようにすればよい。

【0046】あるいは、上記桁変換部を備える液晶表示装置において、階調データが 2 5 6 階調表示用の階調データであり、階調データが示す最も暗い階調を 0 階調とすると、前記閾値は、例えば 6 4 階調であってもよい。このとき、階調データは 8 ビットの階調データであり、前記桁変換部は、階調データの変換を行う際に、階調データの上位 2 桁または下位 3 桁を削除するとともに、上位桁または下位桁の何れを削除したかを示すフラグビットを設定し、かつ、上位 2 桁を削除した場合にはさらに最下位 1 桁を削除するようにすればよい。

【0047】本発明の液晶表示装置は、上記液晶表示装置において、さらに、前記変換部に予め記憶されている階調データが、その階調データに基づいて前記画素の階調表示を行った場合に、その階調データに基づく階調電圧が前記画素に印加されてから 1 フレームに相当する時間が経過したときのその画素の輝度が、本来表示すべき輝度の 90% から 110% の範囲内に入るように設定されていることが好ましい。

【0048】また、本発明の液晶表示装置の駆動方法は、印加された階調電圧により階調表示が可能な液晶セルを含む画素を有し、前記画素にフレームごとに階調データに基づく階調電圧を印加することで階調表示を行う液晶表示装置の駆動方法であって、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データに基づいて予め記憶されている階調データの中から階調データを特定し、特定した階調データに基づく階調電圧を前記画素に印加して表示すべきフレームの階調表示を行わせるように前記液晶表示装置を駆動し、前記予め記憶されている階調データは、その階調データに基づいて前記画素の階調表示を行った場合に、その階調データに基づく階調電圧が前記画素に印加されてから 1 フレームに相当する時間が経過したときのその画素の輝度が、本来表示すべき輝度の 90% から 110% の範囲内に入るように設定されていることを特徴としている。

【0049】上記の範囲を越えるような階調データを用いると、その階調データにより表示するフレームの輝度が本来表示すべき輝度、すなわち表示すべきフレームの階調データが示す階調に対応する輝度からかけ離れた輝度として観察されるばかりでなく、そのフレーム以降のフレームにおける異常表示をもたらすことになりかねない。上記の構成および方法では、このような問題の発生を抑えることができる。

【0050】

【発明の実施の形態】〔実施形態 1〕本発明の実施の一形態について図 1 から図 11 に基づいて説明すれば、以下の通りである。図 1 は、本実施形態に係るアクティブマトリクス型の液晶表示装置 (LCD) の構成を示すブロック図である。なお、図 1 において液晶パネル 10、ソースドライバ (駆動部) 12、ゲートドライバ 14 等は、上記従来の技術の項において図 14 に基づいて説明したものと同等であり、図 1 ではこれらを簡略化して示している。図 14 および図 15 に示した構成要素と同等の機能を有する構成要素については同一の符号を用いる。

【0051】ソースドライバ 12 およびゲートドライバ 14 は、コントローラ (LCD コントローラ、ゲートアレイ) 30 によって制御される。コントローラ 30 は、ソースバスライン 16 を介して各画素に書き込むべき階調電圧を指定するための階調データ (画像データ) をソースドライバ 12 に対して送る。ここで、階調データはデジタルデータである。また、コントローラ 30 は、ゲートドライバ 14 に対して走査タイミングを指示する信号を与えると同時に、ソースドライバ 12 に対して上記走査タイミングと同期して階調電圧を切り換えて出力するための信号を与える。

【0052】コントローラ 30 によりソースドライバ 12 に送られる階調データは、後述するルックアップテーブル (LUT) を備えたメモリであるルックアップテーブルメモリ (変換部、メモリ) 32 (以下「LUT メモリ 32」と記す。) からコントローラ 30 に対して出力されるものである。LUT メモリ 32 は SRAM により構成されており、2 つの入力を有している。この 2 つの入力のうち的一方 (以下「第 1 入力」という。) には、階調データを伝送するデータバスラインが直接接続されており、他方 (以下「第 2 入力」という。) には、データバスラインがフレームメモリ (記憶部、1 フレーム遅延回路) 34 を介して接続されている。

【0053】なお、図 1 では LUT メモリ 32 およびフレームメモリ 34 がそれぞれ 1 つ備えられた構成となっているが、液晶パネル 10 が RGB のカラー表示可能なものであり、階調データが RGB のカラーデータである場合には、LUT メモリ 32 およびフレームメモリ 34 を RGB の階調データごとに独立に備えておけばよい。また、LUT メモリ 32 の代わりに FPG A (Field-Programmable Gate Array) 等の演算素子を用いることも可能である。

【0054】フレームメモリ 34 は、1 フレーム分の階調データを記憶することができる FIFO (First-in First-out) 方式のメモリである。したがって、フレームメモリ 34 ではデータの入出力の同時処理を行うことができる。また、フレームメモリ 34 を介することにより、簡単な構成で階調データを 1 フレーム分遅らせて出力することができる。



【0055】したがって、表示すべきフレームの階調データ（以下「表示フレーム階調データ」という。）は、LUTメモリ32の第1入力に入力されると同時にフレームメモリ34にも入力される。このとき、フレームメモリ34からは表示すべきフレームの1フレーム前のフレーム（直前のフレーム）の階調データ（以下「前フレーム階調データ」という。）が出力され、LUTメモリ32の第2入力に入力される。

【0056】この入出力関係を図2を用いて説明する。図2は、フレームメモリ34に対する階調データの出入力の関係を示すタイミングチャートである。データバスラインに階調データ（DATA）が存在していることを示す信号（ENAB）がハイ（High）の期間に、フレームメモリ34に表示フレーム階調データ（FIFO(IN)）が順次書き込まれ、同時にフレームメモリ34から前フレーム階調データ（FIFO(OUT)）が順次出力される。

【0057】SRAMからなるLUTメモリ32のピン接続は図3の通りである。図3はLUTメモリ32のピン接続図である。LUTメモリ32のアドレスA0～A7には表示フレーム階調データが、アドレスB0～B7には前フレーム階調データ、つまりフレームメモリ34の出力が入力される。そして、LUTメモリ32に記憶されたルックアップテーブルに基づいてこれらの入力により特定される階調データが出力される。具体的には、アドレスA0～A7およびアドレスB0～B7に入力される各階調データに基づいてLUTメモリ32のアドレスが指定され、指定されたアドレスに記憶されている階調データがアドレスY0～Y9から出力される。本実施形態ではLUTメモリ32から0ビットから9ビットのアドレスを用いて階調データを出力するものとし、他の

【0058】このように、LUTメモリ32は表示フレーム階調データと前フレーム階調データとに基づいて、予め定められてLUTメモリ32に記憶されたルックアップテーブルから特定の階調データを出力するようになっている。これにより、演算などの処理を介することなく階調データの変換を行うことができ、処理速度の低下を抑制することができる。

【0059】次に、LUTメモリ32に記憶させるルックアップテーブルについて説明する。従来の技術の項で図14および図15に基づいて説明したように、フレーム間で画素の階調が変化する場合には、ゲートOFF後においてもその画素の液晶分子のダイレクターが継続して変化することがある。このとき、液晶分子のダイレクターの変化に起因して液晶セル22の電極間の容量（以下、単に「液晶セル22の容量」という。）が変化する。このため、液晶セル22の電極間の電圧（以下、単に「液晶セル22の電圧」という。）がゲートON時に印加した階調電圧から変化することがある。

【0060】現在のTF Tを備えた液晶パネルの表示駆動では、上述したようにソースドライバにデジタルデータで階調データが送られており、ソースドライバ側で階調変化時にその変化量ごとに、かつ、画素ごとに出力する階調電圧を変化させることは難しい。

【0061】そこで、本実施形態では上述した液晶セル22における階調変化時の容量変化による階調電圧のずれを補うことで、特に動画表示における画質の向上を図る。そのために、ソースドライバ12へ送る階調データを、予め決めてLUTメモリ32に記憶させておいたルックアップテーブルにより、すなわち前フレーム階調データおよび表示フレーム階調データで予め設定された定数を特定することにより決定するものである。このルックアップテーブルに設定されたソースドライバ12へ送るための階調データは、直前のフレームと表示すべきフレームとの間の液晶セル22の容量の変化に基づいて定められている。なお、LUTメモリ32を用いることにより構成が簡素になり、かつ、処理速度を容易に向上させることができるため好ましい。

【0062】フレーム間で階調が変化する場合には、後のフレームに印加する階調電圧の値として、そのフレーム間での液晶セル22の容量変化の比率に応じた値を付加した値とすることが好ましい。これにより、液晶分子のダイレクターの変化が終了した後、つまり液晶分子の応答が完了した後に、液晶セル22の電圧が表示させたい階調輝度に応じた階調電圧（以下「理想階調電圧」という。）となるようにすることができる。ただし、実際には液晶分子の応答速度などにより適切な電圧値は変化し得る。

【0063】ここでは、簡単のためゲートON時には液晶分子がほとんど応答せず、フレームの期間内には液晶分子の応答が完了すると仮定する。この場合に、液晶分子の応答完了時に液晶セル22の電圧が理想階調電圧となるようにゲートON時に印加すべき階調電圧を決定する方法の一例について説明する。

【0064】階調数が256の場合、0, 1, 2, ..., n, ..., m, ..., 255階調のときの階調電圧を、それぞれV0, V1, V2, ..., Vn, ..., Vm, ..., V255とし、各階調における液晶セル22の容量をC0, C1, C2, ..., Cn, ..., Cm, ..., C255とする。なお、これらは液晶セル22が定常状態にあるとき、すなわち静止画表示のときの値とする。

【0065】ある画素にn階調が表示されて定常状態になっているとすると、この時の液晶セル22の電圧はVnであり液晶セル22の容量はCnである。このとき、次のフレームでm階調の表示に変更する場合、液晶セル22に蓄えなければならない電荷量Qは、
$$Q = C_m \times V_m \quad \dots (1)$$

である。しかし、上述の仮定（ゲートON時に液晶分子がほとんど応答しないという仮定）に基づく、液晶セ

ル 22 の容量が  $C_n$  から  $C_m$  へ変化する前であり、かつ、液晶セル 22 の容量がまだ  $C_n$  の状態で、TFT 20 が OFF になることになる。したがって、この時点で液晶セル 22 に  $V_m$  を印加した場合に実際に液晶セル 2

$$Q = C_n \times V' = C_n \times (C_m / C_n \times V_m) \dots (3)$$

が成り立つことから、

$$V' = C_m / C_n \times V_m \dots (4)$$

となる。

【0066】ルックアップテーブルとして LUT メモリ 32 に記憶される階調データ（以下「設定階調データ」という。）は、上記式（4）に基づいて得られる結果に液晶セル 22 の階調間の応答性、画素の負荷容量 24 など

を考慮して決定すればよい。または、液晶パネル 10 において実際の階調間の応答性を視覚的に判断して決定することもできる。いずれの方法によって決定した場合も大差は生じないが、視覚的に決定した場合は人間の感覚による影響も含まれることになる。

【0067】ルックアップテーブルの具体例について説明する。図 4 は液晶パネル 10 における各階調と階調電圧との関係を示すグラフである。図 5 は液晶パネル 10

における各階調と液晶セル 22 の容量（相対値）との関係を示すグラフである。

【0068】図 4 および図 5 のデータと、上記式（4）に基づいてルックアップテーブルを作成すると図 9 のようになる。図 9 は、図 4、図 5 および上記式（4）に基づいて求めたルックアップテーブルを示している。なお、図 9 の第 1 列目は LUT メモリ 32 のアドレス B0 ~ B7 に入力される階調データ、つまり前フレーム階調データを表し、図 9 の第 1 行目は LUT メモリ 32 のアドレス A0 ~ A7 に入力される階調データ、つまり表示

フレーム階調データを表している。そして、前フレーム階調データで特定される所定の行に属し、かつ、表示フレーム階調データで特定される所定の列に属する値が、その前フレーム階調データおよび表示フレーム階調データに対して出力される設定階調データを表している。また、図 9 には、前フレーム階調データおよび表示フレーム階調データがそれぞれ 0, 32, 64, 96, 128, 160, 192, 224, 255 の各階調の場合のみを示している。

【0069】図 9 のルックアップテーブルでは、静止画

2 に蓄えられる電荷量  $Q'$  は、

$$Q' = C_n \times V_m \dots (2)$$

となってしまう。つまり、液晶セル 22 が電荷を  $Q$  だけ蓄えるために必要な電圧  $V'$  を求めると、（1）より、

で、負の値となるべき設定階調データを 128 階調未満の正の値の設定階調データに対応付けることができる。したがって、図 4 および図 5 における階調、並びに図 9 から図 11 における前フレーム階調データおよび表示フレーム階調データはシフト前の階調データであり、図 9 から図 11 における設定階調データはシフト後の階調データである。

【0070】また、動画表示の場合、つまり前フレーム階調データと表示フレーム階調データとが異なる場合、120 階調から 391 階調の範囲内に変換される。したがって、動画表示の場合では、静止画表示の場合の設定階調データの範囲を含み、かつ、その範囲よりも広い範囲の設定階調データに変換されることになる。ソースドライバ 12 もこれに伴った広い範囲の階調電圧を出力することができる。つまり、ソースドライバ 12 は液晶セル 22 の黒表示に対応する階調電圧から白表示に対応する階調電圧までの範囲に加え、その上下における所定の範囲の電圧をも出力することができる。

【0071】このような設定階調データに対する階調電圧の値の関係を図 12 に、また、上記階調電圧に対する輝度（%）の関係を図 13 に示す。図 12 は、設定階調データと階調電圧の値との関係を示すグラフであり、図 13 は、階調電圧と輝度の関係を示すグラフである。

【0072】図 6 から図 8 は、ルックアップテーブルを用いて階調データを補正した場合と、補正しなかった場合とにおいて、表示の切り換えの応答特性を示すグラフである。ここで、図 6 は、図 9 のルックアップテーブルの場合であり、第 0 フレームと第 1 フレームとの間で、黒表示（v0）から白表示（v255）へ切り換えられ、その後白表示を維持した場合の輝度（%）の変化を示している。

【0073】第 0 フレームから第 1 フレームへ切り換わった瞬間に輝度が 0% から 100% に変化することが理想的である。しかし、実際には液晶分子の応答速度の遅さや、液晶セル 22 の容量変化に起因して徐々に輝度が上昇する。ここで、補正を行わない場合では、上述の理由によって 1 フレーム経過後も輝度が 100% に達していない。このように、1 フレーム経過後も輝度が理想値に達しない場合には、表示が入力された信号に対して間違っただけのものとなる。各フレームで表示させたい階調の輝度を得るには、そのフレーム内で輝度が理想値に達することが必要である。補正を行った場合では、液晶セル 22 の容量変化による影響が抑制されるため応答性が改善される。

【0074】しかし、液晶分子の応答速度が遅くなる条

件では上記の補正では応答性が十分に改善されない場合もある。図 7 は、液晶分子の応答速度が遅くなる条件として、例えば第 0 フレームと第 1 フレームとの間で中間調表示 (v 3 2) から中間調表示 (v 1 9 2) へ切り換えられ、その後中間調表示 (v 1 9 2) を維持した場合の輝度 (%) の変化を示している。この場合、上記の補正を行っても 1 フレーム経過後も輝度が理想値に達していない。このような液晶分子の応答速度が遅くなる階調変化では、図 9 のルックアップテーブルにおける設定階調データに対して、その遅くなる分も加えた値を設定階調データとすることが好ましい。その値を厳密に計算することは困難であるが、液晶分子の応答速度を考慮して計算し、さらに実際の表示に基づいてその値を修正することにより決定することができる。

【0075】なお、設定階調データの値を修正する場合には、上記式 (4) に基づいた図 9 のルックアップテーブルにおける設定階調データの値に対して 10 階調程度の範囲内に設定することが望ましい。設定階調データを修正した場合には、表示する輝度が理想値を越えることがあるが、設定階調データが上記の範囲内であれば、表示する輝度が理想値を越えたとしても 1 フレーム内で理想値に戻ると考えられる。ただし、この範囲は表示階調や液晶材料、表示モード等によって異なる場合もある。

【0076】このようにして求めた設定階調データを図 10 に示す。図 10 は、図 9 のルックアップテーブルを修正したルックアップテーブルの一例である。なお、図 10 では図 9 から変更した設定階調データにアンダーラインを付している。

【0077】図 10 の設定階調データでも、静止画表示の場合、v 0 から v 2 5 5 は 1 2 8 階調から 3 8 3 階調 (2 5 6 階調分) に変換される。図 10 のルックアップテーブルでは図 9 のものに対して、相対的に階調数が低い中間調表示から相対的に階調数が高い中間調表示への変化の場合の設定階調データの値が大きくなっている。これは、このような変化において液晶分子の応答速度が特に遅いからである。なお、逆に相対的に階調数が高い中間調表示から相対的に階調数が低い中間調表示への変化の場合の設定階調データの値を変更する必要がある場合もある。

【0078】図 8 は、上記と同様に第 0 フレームと第 1 フレームとの間で中間調表示 (v 3 2) から中間調表示 (v 1 9 2) へ切り換えられ、その後中間調表示 (v 1 9 2) を維持した場合の輝度 (%) の変化を示している。ただし、図 8 の場合は、図 10 のルックアップテーブルを補正に用いている。この場合、上記の補正を行うことで 1 フレーム経過後には輝度が理想値に達することになる。

【0079】なお、ソースドライバ 1 2 が液晶セル 2 2 の黒表示に対応する階調電圧から白表示に対応する階調電圧までの範囲外の電圧を出力することができない場合

には、図 11 に示すように中間調表示の範囲でのみ補正を行うように設定階調データを定めておけばよい。図 11 は、上記のようなソースドライバ 1 2 を用いた場合のルックアップテーブルの一例である。

【0080】この場合、設定階調データは 0 階調から 2 5 5 階調 (2 5 6 階調分) となる。この補正では、白表示から黒表示への切り換えのような階調変化においては補正の効果は得られないが、中間調表示の範囲での切り換えにおいて応答速度の改善が得られ、動画表示性能の向上を図ることができる。

【0081】ここで、ルックアップテーブルに設定されるべき設定階調データについての説明を補足する。

【0082】図 9 に示したルックアップテーブルは、ステップ充放電特性に基づいて設定されたものであるが、液晶分子の応答に要する時間 (応答時間) によっては不適切なこともある。そこで、液晶分子の応答時間が長いことを考慮し、図 10 に示したルックアップテーブルのように、容量変化に基づく補正 (上記式 (4) に基づく補正) よりさらに大きく補正した設定階調データを設定することが好ましい。ここで、単純で効果的だが、実際には使用できない補正方法を説明することで、上記のような補正を行うことの効果を説明する。

【0083】図 31 は、階調電圧と輝度との関係を示す仮想的なグラフである。図 31 では、表示階調電圧、つまり、輝度が 0 % から 100 % まで変化する範囲に対応する階調電圧の外側に、補正のために用いる階調電圧であるオーバーブラック階調電圧 OB および、オーバーホワイト階調電圧 OW を仮定する。オーバーブラック階調電圧 OB およびオーバーホワイト階調電圧 OW は、あらゆる階調変化の組み合わせに対して、それぞれ十分高電圧および低電圧となるように設定されているものとする。つまり、図 9 に示したルックアップテーブルにおける全ての設定階調データに対応する階調電圧に対して、オーバーブラック階調電圧 OB は十分高電圧となるように設定されており、オーバーホワイト階調電圧 OW は十分低電圧となるように設定されている。なお、黒表示 (輝度 0 %) に対応する階調電圧をブラック階調電圧 B、白表示 (輝度 100 %) に対応する階調電圧をホワイト階調電圧 W とする。

【0084】ここで、暗い階調から明るい階調へ変化させる際にオーバーホワイト階調電圧 OW を適用し、明るい階調から暗い階調へ変化させる際にオーバーブラック階調電圧 OB を適用すると、全ての階調変化に対する液晶分子の応答を 1 フレーム以内におさめることは可能である。

【0085】しかし、このような補正を行うと、実際には次のような不都合が生じ得る。図 32 は、第 0 フレームの開始とともに、黒表示から白表示へ切り換え、その後第 1 および第 2 フレームで白表示を維持する際の階調電圧および輝度の変化を示すグラフであり、実線は第 0

フレームでオーバーホワイト階調電圧OWを用いた場合を示し、破線は第0フレームでホワイト階調電圧Wを用いた場合、つまり補正を行わない場合を示している。また、図33は、第0フレームの開始とともに、黒表示から灰表示（輝度50%）へ切り換え、その後第1および第2フレームで灰表示を維持する際の階調電圧および輝度の変化を示すグラフであり、実線は第0フレームでオーバーホワイト階調電圧OWを用いた場合を示し、破線は第0フレームで灰表示に対応するグレー階調電圧Gを用いた場合、つまり補正を行わない場合を示している。図32では、オーバーホワイト階調電圧OWを用いることにより、補正を行わない場合のフレーム間での段階的な応答が解消され、良好な高速応答を示すようになる。ところが、図33では、オーバーホワイト階調電圧OWを用いることにより、第1フレームまでに白表示にまで到達してしまう。すなわち、目的とする階調をはるかに越えて応答してしまうことになる。もちろん、オーバーホワイト階調電圧OWを用いた場合は目的の階調に達するのに要する時間が約1/6フレーム時間となり、応答時間短縮効果はあるといえはるが、例えば応答時間が短縮されたとしても目的とする階調が得られないのでは意味がない。さらに、行き過ぎた応答はその後の第1フレーム以降に悪影響を残すことになる。すなわち、行き過ぎた階調から目的の階調に戻すために、2から3フレーム時間を要することになる。この第1フレーム以降では、応答時間短縮のための補正は行われない。なぜなら、第1フレーム以降に表示すべき階調は灰表示で一定しており、階調変化がなく、静止画表示の扱いとなるからである。

【0086】以上の例は非常に極端ではあるが、応答時間が短縮されても1フレーム時間経過したときの表示階調が目的とする階調と大きく異なるような補正を行えば、同様の現象が起こることになる。この現象が起こることを避けるためには、LUTメモリ32のルックアップテーブルに設定されるべき設定階調データは、その設定階調データに応じた階調電圧が印加されてから1フレームに相当する時間（1フレーム時間）が経過するとき、つまり次のフレームにおける階調電圧が印加される直前において表示している輝度が、目的の輝度（表示すべき階調の輝度、理想値）に対して90%～110%の範囲、つまり輝度の誤差が±10%の範囲となるような階調であることが好ましい。この範囲を越えるような設定階調データを用いると、その設定階調データにより表示するフレームの輝度が目的とする輝度からかけ離れた輝度として観察されるばかりでなく、そのフレーム以降のフレームにおける異常表示をもたらすことになりかねない。この点は、以下に説明する他の実施形態に関しても同様である。

【0087】上記輝度の誤差が±10%の範囲となるように設定階調データを設定することが好ましい点は、次

の実験により確認された。

【0088】図40に示す評価映像を9種類のディスプレイに表示させ、その評価映像を50人の被験者に主観評価させる実験を行った。図40は、この実験に用いた評価映像を示す概念図である。この評価映像は、中間調の横階調バーからなる表示パターン上に、中間調の縦バーを横スクロールさせるものである。この評価映像の表示領域は640ドット×480ドットとした。また、横階調バーは64階調、96階調、128階調、160階調、192階調の各横バーを上から順に並べたものであり、縦バーは64階調、128階調、192階調のものをランダムに変化させたものである。また、縦バーの横スクロール速度は、4ドット/フレーム（60Hz）とした。

【0089】被験者による評価項目は、縦バーの周辺のエッジぼけであり、図41に示す基準で判定させた。図41は、本実験の評価基準を示す図表である。実験に用いた9種類のディスプレイの各形態は、図42に示す通りであり、各ディスプレイでは、輝度の誤差が図42に示す範囲に収まるように設定してある。図42は、本実験に用いた各ディスプレイの形態、各ディスプレイに設定されている輝度の誤差、および評価結果を示す図表である。評価結果は、図41に示した評価基準の点数の全被験者間での平均値で表している。液晶表示装置としての液晶テレビでは、CRTのようなインパルス型ディスプレイのように輝度の誤差が0%、評価結果5.0とするのは難しいが、輝度の誤差が±10%以内では評価結果3.0以上となり、多くの被験者が少なくとも表示エラーが邪魔にならないと判断した。したがって、輝度の誤差が±10%以内では実用上問題のないレベルであることがわかった。

【0090】ルックアップテーブルに予め設定階調データを設定することによって補正を行う本発明の補正方法は、液晶パネル10の電気的特性ばかりでなく、液晶分子そのものの応答特性、人間の視覚特性にも合わせた適切な補正階調を設定しうること、特に汎用性に優れた補正方法であるといえる。

【0091】なお、LUTメモリ32による変換を演算化して、メモリー容量の削減、接続ピン数の削減などを図る工夫もあり得る。このような場合でも、階調変化において、1フレーム時間が経過したときに表示している階調の、目的の階調に対する誤差が±10%以内に収まるようにすることが好ましい。例えば、互いに近い階調間での応答速度が遅いことによる階調差をフィードバックして、小さい変化を埋め合わせるような演算方式とすることが望ましい。

【0092】以上のように、本実施形態に係る液晶表示装置は、各画素における各フレーム間での階調変化を認識するために前フレーム階調データを記憶するフレームメモリ34を有している。そして、予めLUTメモリ3

2 に記憶させたルックアップテーブルを参照し、フレームメモリ 34 に記憶している前フレーム階調データと、表示フレーム階調データとに基づいて特定される設定階調データをコントローラ 30 に出力する。すなわち、LUTメモリ 32 は前フレーム階調データと表示フレーム階調データとに基づいて、記憶されたルックアップテーブルにより階調データを変換して出力する。

【0093】LUTメモリ 32 からコントローラ 30 に出力された階調データは、ソースドライバ 12 に書き込まれる。そして、ソースドライバ 12 によりその階調データに対応する階調電圧がソースバスライン 16 を介してその階調データに対応する画素の液晶セル 22 および負荷容量 24 に書き込まれ、その画素において階調表示が行われる。

【0094】ルックアップテーブルによる階調データの変換は、階調変化の際に目標とする階調表示が得られるような階調電圧に対応する階調データへの変換とする。これにより液晶パネル 10 に最適な階調電圧を印加することができ、特に動画像の品位を向上させることができる。

【0095】なお、ルックアップテーブルを求める際には、簡易的には上述した式(4)に基づきことができるが、実際の液晶セル 22 ではゲート ON 時から液晶分子が徐々に応答するため、その計算値からずれることがある。特に 1 フレーム以内に液晶分子の応答が完了しないような場合では、計算値よりも補正量を大きくすることが好ましい。

【0096】ここで、LUTメモリ 32 として SRAM を用いるとフレーム周波数の高い高精細な画像データにも対応できるため好ましい。

【0097】このようにすることにより、コントローラ 30 から出力されるデータを従来と同様なソースドライバ 12 等に対して出力することができる。つまり、コントローラ 30 以降の構成として、従来のソースドライバ 12 等を用いることができる。

【0098】ただし、従来と同様なソースドライバ 12 の場合では、ソースドライバ 12 が出力できる階調電圧の範囲が、液晶セル 22 の白表示に対応する階調電圧と黒表示に対応する階調電圧との間に限られている場合がある。この場合では、例えば、表示を白表示から黒表示へ変化させるときに、黒表示に対応する階調電圧をそのまま出力するしかなく、適切な補正を行うことができない場合がある。これに対して、ソースドライバ 12 が白表示に対応する階調電圧と黒表示に対応する階調電圧との範囲外の階調電圧(例えば、白表示に対応する階調電圧より上の階調電圧、および黒表示に対応する階調電圧より下の階調電圧)を出力することが可能であれば、上記のような場合でも適切な補正が可能になる。

【0099】補正後においても液晶セル 22 に階調電圧を印加するために、本実施形態では、LUTメモリ 32

を用いて前フレーム階調データと表示フレーム階調データとにより印加する階調電圧に対応する階調データを選択する。このため、階調変換を簡単に行うことができる。

【0100】以上のように、本実施形態では、階調変化時に起こる印加電圧の変化を、その変化を予め加味した階調電圧を印加することにより最小限に抑え、1 フレーム以内で液晶分子を応答させ、特に動画像の表示性能の向上を図ることができる。

【0101】また、LUTメモリ 32 を用いることで、階調変化時に伴う印加電圧のズレを加味した階調電圧を印加することができるシステムを、より簡単に構成することができる。

【0102】〔実施形態 2〕本発明の第 2 の実施形態について図 16 から図 19 に基づいて説明すれば、以下の通りである。本実施形態に係るアクティブマトリクス型の液晶表示装置の構成は、基本的には実施形態 1 において図 1 に基づいて説明したものと同等であるため、ここでは相違点のみ説明する。本実施形態に係るアクティブマトリクス型の液晶表示装置では、LUTメモリ 32 の代わりに LUTメモリ(変換部、メモリ)36 を備えるとともに、LUTメモリ 36 の入出力が実施形態 1 の場合と異なっている。

【0103】図 16 は、本実施形態に係る LUTメモリ 36 周辺の構成を示すブロック図である。LUTメモリ 36 には、表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データの各上位ビット(上位桁)のみが入力される。LUTメモリ 36 は、入力される表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データの各上位ビットに基づいて、予め定められて LUTメモリ 36 に記憶されたルックアップテーブルから特定の設定階調データを出力するようになっている。LUTメモリ 36 から出力される設定階調データも、入力に対応した上位ビットのみの設定階調データである。そして、LUTメモリ 36 から出力された上位ビットのみの設定階調データと、表示フレーム階調データの低位ビット(下位桁)とを加算器 38 にて加算してコントローラ 30 に入力する。

【0104】実施形態 1 で説明したように、階調データのすべてのビットに基づいて階調データの変換を行うことにより最適な変換、つまり最も誤差の少ない変換を行うことができる。しかし、例えば 8 ビット(256 階調)の階調データにおいて、下位 2 ビット(4 階調分)程度を階調データの変換の考慮に入れないとしても、それによる誤差の程度はごく小さく、実用上問題がないと考えられる。一方、階調データの上位ビットのみに基づいて LUTメモリ 36 による変換を行うことにより、より容量の小さい LUTメモリ 36 およびフレームメモリ 34 を利用することができ、装置のコストダウンを図ることができる。例えば、LUTメモリ 36 は、図 3 に示した LUTメモリ 32 に対して、表示フレーム階調デー

タの上位ビットを入力するためのアドレスA0～A5、前フレーム階調データの上位ビットを入力するためのアドレスB0～B5、および変換した上位ビットのみの設定階調データを出力するためのアドレスY0～Y5のみを有しておればよいことになる。

【0105】このように、階調データの変換の際に下位ビットを考慮に入れないことにより、フレーム間で画素の階調が変化する場合に、(下位ビットの値)/(全ビットの値)に相当する誤差が生じることになる。しかし、この場合でも、実施形態1で説明した補正の効果は小さくなるものの、その効果が得られなくなるわけではなく、十分な効果を得ることが可能である。

【0106】本実施形態の構成において適切なルックアップテーブルをLUTメモリ36に設定し、適切なルックアップテーブルをLUTメモリ32に設定した実施形態1の構成の場合と比較した。フレーム間におけるあらゆる階調データの変化に関して、本実施形態の構成による上位6ビットのみに基づく階調データの変換と、実施形態1の構成による8ビットすべてに基づく階調データの変換とを比較すると、コントローラ30に入力される階調データ(以下「補正階調データ」という。なお、実施形態1では設定階調データが補正階調データとなる。)において、各変換の間の差がほとんど場合では4階調未満におさまった。上記の差が4階調以上になったのは、隣り合うフレーム間における全65536通りの階調変化において334通りとなり、その割合は約0.5%であった。最も上記の差が大きくなったのは、前フレーム階調データが251階調、表示フレーム階調データが87階調の場合であり、その差は補正階調データにおいて22階調、階調電圧の差において0.35Vとなった。

【0107】図17は、上記の比較において、LUTメモリ32に設定したルックアップテーブルの一部を示す図表であり、図18は、LUTメモリ36に設定したルックアップテーブルの一部を示す図表である。ここで、補正(階調データの変換)を行わない場合における87階調に対応する階調電圧は4.025Vであった。また、前フレーム階調データが251階調であり表示フレーム階調データが87階調の場合、階調データの変換を8ビットすべてに基づいて行なったときの階調電圧は5.495V(1階調に相当)であったのに対して、上位6ビットのみに基づいて行なったときの階調電圧は5.145V(23階調に相当)であった。したがって、階調データの変換を8ビットすべてに基づいて行なったときと、上位6ビットのみに基づいて行なったときとの階調電圧の差は0.35V(22階調の差に相当)となった。しかし、補正を行わない場合の階調電圧は4.025Vであるのに対して、上位6ビットのみに基づく変換による補正を行う場合の階調電圧は5.145Vであるため、補正を行わない場合に対して1V以上大

きい階調電圧を印加することになり、その効果は大きい。

【0108】以上のように、本実施形態では、変換部を構成するLUTメモリ36が、表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データに基づいて、表示フレーム階調データを補正階調データに変換する。このとき、LUTメモリ36は、表示フレーム階調データの上位ビット(上位桁)および前フレーム階調データの上位ビットに基づいて、記憶している上位ビットのみの設定階調データを特定する。上位ビットとして利用するビット数は特に限定されないが、例えば8ビットに対して上位6ビットを利用するとよい。このように、階調データの予め定めた上位ビットに基づいて階調データの変換を行うことにより、LUTメモリ36で扱うデータ量を削減することができる。したがって、入出力ピン数がより少なく、容量もより小さいLUTメモリ36を利用することができ、回路部品の簡素化を図ることができる。

【0109】なお、LUTメモリ36により特定された上位ビットのみの設定階調データに対して、加算器38により表示フレーム階調データの残りの下位ビット(下位桁)を加算することにより補正階調データとし、コントローラ30に入力することが望ましい。このとき、加算器38も変換部を構成する。これにより、上位ビットのみに基づく階調データの変換を行ったことにより生じる誤差を小さくすることができる。

【0110】また、下位ビットに関しても、前フレーム階調データの下位ビットに基づいて、下位ビット変換部37により表示フレーム階調データの下位ビットを変換し、その変換結果とLUTメモリ36により特定された上位ビットのみの設定階調データとを加算器38によりさらに加算するようにしてもよい。この場合の構成は図19のようになる。図19は、本実施形態の変形例に係るLUTメモリ36周辺の構成を示すブロック図である。このとき、下位ビット変換部37も変換部を構成する。

【0111】表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データの各下位ビットが示す値が等しい場合は、表示フレーム階調データの下位ビットをそのまま加算するようにしてもよいが、これらが異なる場合には表示フレーム階調データの下位ビットを変換した方がよい。例えば、表示フレーム階調データの下位ビットが前フレーム階調データの下位ビットより大きい場合には、表示フレーム階調データの下位ビットをより大きい値に変換し、逆に、表示フレーム階調データの下位ビットが前フレーム階調データの下位ビットより小さい場合には、表示フレーム階調データの下位ビットをより小さい値に変換した方がよい。

【0112】具体例を用いて説明すると次のようになる。なお、以下の具体例で用いる2進数の値は説明のためのものであり、必ずしも実際の値として適切であると



は限らない。前フレーム階調データが「00000000」であり、表示フレーム階調データが「10000011」であり、実施形態1のように8ビットすべてに基づいて最適な変換を行うと「11001100」となるとする。そして、上位6ビットを用いて変換を行うと「110000(00)」となったとする。上位6ビットを用いた変換結果に対して、表示フレーム階調データの下位2ビットである「11」を単純に加算すると「11000011」となり、8ビットすべてに基づいて最適な変換を行った場合の「11001100」と比較し 10 て「1001」の誤差が生じる。

【0113】これに対して、表示フレーム階調データの下位2ビットである「11」が、前フレーム階調データの下位2ビットである「00」より大きい場合、表示フレーム階調データの下位2ビットを下位ビット変換部37により「100」に変換してから加算すると、「11000100」とすることができる。このときの誤差は「1000」となり、上記単純に加算した場合より誤差を小さくすることができる。

【0114】下位ビット変換部37は、LUTメモリに 20 より構成してもよく、単純な演算を行う演算回路により構成してもよい。LUTメモリにより構成する場合は、LUTメモリ36の場合と同じように、入力される表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データの各下位ビットに基づいて、予め定められて記憶されたルックアップテーブルから特定のデータを出力するようにすればよい。また、下位ビット変換部37から出力するデータは厳密なものでもなくともよい場合、入力される表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データの各下位 30 ビットに対して、予め定めた単純な演算を施して出力するようにすればよい。例えば、表示フレーム階調データの下位ビットと前フレーム階調データの下位ビットとの差の定数倍を出力するようにしてもよい。

【0115】〔実施形態3〕本発明の第3の実施形態について図20から図25に基づいて説明すれば、以下の通りである。本実施形態に係るアクティブマトリクス型の液晶表示装置の構成は、基本的には実施形態1において図1に基づいて説明したものと同等であるため、ここでは相違点のみ説明する。本実施形態に係るアクティブマトリクス型の液晶表示装置では、LUTメモリ32の 40 代わりに変換演算回路40を備えている。

【0116】表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データに基づいて、簡単な演算のみにより適切な階調データへ変換することは難しい。それは、その変換のための演算には、表示すべき階調に応じて液晶セル22の電極間に印加すべき電圧(上記式(4)の $V_m$ )、および直前に表示していた階調に対する階調変化に起因する液晶セル22の電極間の容量比(上記式(4)の $C_m/C_n$ )が必要となるが、それらの値は階調に関する単純な関数等にあてはまらないためである。

【0117】そこで、本実施形態の変換演算回路40では、階調データを液晶セル22の電極間の電圧および容量に相当する値に変換するためのテーブルを用い、そのテーブルによる変換結果に対して演算を行い、その演算結果を再び対応する階調データへ変換するという処理を行う。このような処理を行なうことで、簡単な変換および演算で補正階調データを生成することができるようになる。

【0118】図20は、本実施形態に係る変換演算回路40周辺の構成を示すブロック図である。変換演算回路40は、第1～第3LUTメモリ42・44・46、および演算器48を備えている。変換演算回路40において、表示フレーム階調データは第1LUTメモリ42に入力され、前フレーム階調データは第2LUTメモリ44に入力される。第1LUTメモリ42および第2LUTメモリ44は、それぞれ表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データの各階調に対応して予め設定しておいた数値データを記憶しており、入力される各階調データに対応する数値データを出力するようになっている。つまり、第1LUTメモリ42および第2LUTメモリ44では、入力される各階調データを、予め設定された対応する数値データに変換する。以下では、第1LUTメモリ42におけるこの変換を数値変換I、第2LUTメモリ44におけるこの変換を数値変換Mという。数値変換Iおよび数値変換Mによる変換結果としての数値データを一般的にいうときには、それぞれ数値データAおよび数値データBというものとする。第1LUTメモリ42および第2LUTメモリ44からそれぞれ出力される数値データAおよび数値データBは、演算器48 30 に入力される。演算器48では、数値データAおよび数値データBの簡単な演算、例えば四則演算を行う。この演算結果としての数値データを一般的にいうときには、数値データDというものとする。演算器48から出力される数値データDは、第3LUTメモリ46に入力される。第3LUTメモリ46は、演算器48からの数値データDに対応して予め設定しておいた補正階調データを記憶しており、入力される数値データDに対応する補正階調データをコントローラ30に対して出力するようになっている。つまり、第3LUTメモリ46では、入力される数値データDを、予め設定された対応する補正階調データに変換する。以下では、第3LUTメモリ46におけるこの変換を数値変換Oという。

【0119】変換および演算の例を示す。アクティブマトリクス型の液晶表示装置では、発明が解決しようとする課題の項で説明したように、表示すべき階調を変化させる際に、液晶セル22内の液晶の誘電率が変化することにより、液晶セル22の電圧が変化する(電圧降下または電圧上昇が起こる)。このため、表示すべき階調に適した階調電圧を印加することができなくなる。上述したように、アクティブマトリクス型の液晶表示装置で



は、表示すべき階調に応じて液晶セル 22 の電極間に印加すべき電圧（上記式（4）の  $V_m$ ）、および直前に表示していた階調に対する階調変化に起因する液晶セル 22 の電極間の容量比（上記式（4）の  $C_m / C_n$ ）を、簡単な関数で表すことは困難である。そのため、階調データをそのまま用いて演算することにより適切な変換を行うことは難しい。

【0120】そこで、本実施形態では、階調データを、液晶セル 22 の電圧の値や液晶セル 22 の容量の値を反映した数値に一旦変換する。この変換を行うために、表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データの各階調に対応した数値データを第 1 LUT メモリ 42 および第 2 LUT メモリ 44 に予め記憶させておく。そして、入力される表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データに基づいて第 1 LUT メモリ 42 および第 2 LUT メモリ 44 を参照することにより、対応する数値データを得るようにする。

【0121】第 1 LUT メモリ 42 および第 2 LUT メモリ 44 に記憶させておく数値データについては、以下のように定める。ここでは、表示フレーム階調データが示す階調を  $m$ 、前フレーム階調データが示す階調を  $n$  とする。また、 $m$  階調が表示されて定常状態となっていたときの液晶セル 22 の電圧を  $V_m$ 、液晶セル 22 の容量を  $C_m$ 、 $n$  階調が表示されて定常状態となっていたときの液晶セル 22 の容量を  $C_n$  とする。そして、 $n$  階調から  $m$  階調へ変化させる場合に液晶セル 22 の電圧として必要な電圧（補正を含んだ電圧）を  $V_p$  とすると、上記式（4）と同様に、

$$V_p = C_m / C_n \times V_m \quad \dots (5)$$

とすることができる。

【0122】そこで、 $m$  階調に対して第 1 LUT メモリ 42 のルックアップテーブルに記憶させる数値データを  $A_m = \quad \times V_m \times C_m$  とし、 $n$  階調に対して第 2 LUT メモリ 44 のルックアップテーブルに記憶させる数値データを  $B_n = 1 / C_n \times \quad$  とする。ここで、およびについては後述するが、これらは予め定めた定数である。そして、演算器 48 における演算としては、数値データ  $A_m$  と数値データ  $B_n$  との積とする。つまり、演算器 48 を乗算器とする。その演算結果を数値データ  $D_p$  とすると、 $D_p = \quad \times \quad \times V_p$  となる。そして、ルックアップテーブルとして第 3 LUT メモリ 46 に記憶させる補正階調データが示す階調を、数値データ  $D_p$  に対して  $P$  階調とする。この  $P$  階調は、コントローラ 30 を介して液晶セル 22 に電圧  $V_p$  を印加するための階調である。

【0123】つまり、変換演算回路 40 では、

$$m \quad V_m, C_m \quad \dots (6)$$

$$n \quad C_n \quad \dots (7)$$

$$A_m \quad (V_m \times C_m) \times \quad \dots (8)$$

$$B_n \quad (1 / C_n) \times \quad \dots (9)$$

$$D_p = A_m \times B_n \quad \dots (10)$$

$$P \quad D_p \quad \dots (11)$$

の変換および演算により階調データの変換を行う。ここで、式（6）および式（8）の変換を第 1 LUT メモリ 42 で、式（7）および式（9）の変換を第 2 LUT メモリ 44 で、式（10）の演算を演算器 48 で、式（11）の変換を第 3 LUT メモリ 46 で行う。なお、式（6）～式（11）において「 $\quad$ 」または「 $\quad$ 」はルックアップテーブルを用いた変換を表し、「 $=$ 」は演算を表している。また、ここでは式（8）および式（9）もルックアップテーブルを用いた変換に含めているが、これらは演算により行ってもよい。さらに、式（6）および式（7）についても演算により行ってもよいが、式（6）および式（7）を演算により行う場合、その演算は複雑なものになることが予想されるため、上記変換によることが望ましい。

【0124】上記変換および演算の内容についてさらに詳しく述べる。なお、ここで用いた液晶パネル 10 は、図 21 および図 22 に示す特性を有するものである。図 21 は本実施形態で用いた液晶パネル 10 の定常状態における各階調と階調電圧との関係を示すグラフである。図 22 は本実施形態で用いた液晶パネル 10 の定常状態における各階調と液晶セル 22 の容量（相対値）との関係を示すグラフである。

【0125】 $V_m$  および  $C_m$  は図 21 および図 22 から読み取られる実数値であるため、デジタルの演算には適していない。そこで、これらの値を等倍して桁落ちによる誤差が生じないようにする必要がある。ここで、数値データ  $A_m$  は、 $V_m \times C_m$  の値に対応するものであり、この値の階調間における最小差は 0.00848 であった。したがって、上記誤差をなくすために、例えば  $V_m \times C_m$  を 120 倍することにより上記最小差を約 1 にする。また、数値データ  $B_n$  は、 $1 / C_n$  の値に対応するものであり、この値の階調間における最小差は 0.000124 であった。したがって、上記誤差をなくすために、例えば  $1 / C_n$  を 8070 倍することにより上記最小差を約 1 にする。このとき、 $\quad = 120$  ,  $\quad = 8070$  である。

【0126】これら および はそれほど厳密な値でなくてもよく、仮に上記最小差が 1 未満となり隣り合う階調データ間で数値データ  $A_m$  または数値データ  $B_n$  が同一の値となった場合でも、それほど大きな誤差は生じない。また、実施形態 2 と同様に、下位ビットを考慮しなくても十分な補正の効果が得られる場合が多い。これは、上述したように、4 階調程度の誤差であればその誤差による表示への影響の程度はごく小さく、実用上問題がないと考えられるためである。

【0127】上記のように、 $\quad = 120$  ,  $\quad = 8070$  とすることにより、上記式（5）、（8）～（10）よ

$$A_m = 120 \times C_m \times V_m$$

$$B_n = 8070 \times (1 / C_n)$$

$$D_p = A_m \times B_n = 8070 \times 120 \times V_p$$

となる。なお、上記各式に基づいて数値データ  $A_m$ 、 $B_n$ 、 $D_p$  を算出する際には、小数点以下を切り捨てるものとする。

【0128】この場合、図21および図22に示したグラフの値から、数値データ  $A_m$  は 964 ( $m=0$ ) から 219 ( $m=255$ ) の値となり、数値データ  $B_n$  は 5523 ( $n=0$ ) から 7926 ( $n=255$ ) の値とな 10  
った。これらの値をそのまま用いてもよいが、数値データをシフトしてより小さい値に設定しておくことにより容量の削減を図ることができる。つまり、

$$B_n = 8070 \times (1 / C_m) - 5523$$

$$D_p = A_m \times (B_n + 5523) - 1209537$$

のように数値データ  $B_n$  をシフトして数値データ  $B_n$  の最小値が 0 となるようにしたものを用いることが望ましい。これにより、第2 LUT メモリ 44 の容量を削減することができる。なお、数値データ  $A_m$  についても数値データ  $B_n$  のようにして最小値が 0 となるようにシフト 20  
させてもよい。ただし、数値データ  $A_m$  は 964 ( $m=0$ ) から 219 ( $m=255$ ) の値であって 10 ビット分の容量が必要であるが、シフトさせた場合でも 745 ( $m=0$ ) から 0 ( $m=255$ ) の値であって同じく 10 ビット分の容量が必要となる。したがって、容量的には変わらないため、シフトさせなくてもよい。

【0129】このとき、表示フレーム階調データと数値データ  $A_m$  との関係、前フレーム階調データと数値データ  $B_n$  との関係、数値データ  $D_p$  と階調データ  $P$  との関係は、それぞれ図23から図25のようになった。図2 30  
3から図25は、上記各関係を示す図表である。

【0130】数値データ  $A_m$ 、 $B_n$ 、 $D_p$  をそれぞれ第1 LUT メモリ 42、第2 LUT メモリ 44、第3 LUT メモリ 46 に記憶させておく場合、より小さい容量のメモリを用いるようにするためには、実施形態2と同様\*

$$\begin{aligned} \text{Log}(V_p) &= \text{Log}(C_m / C_n \times V_m) \\ &= \text{Log}(C_m \times V_m) - \text{Log}(C_n) \quad \dots (12) \end{aligned}$$

と変形した式(12)を利用する。このように上記式(5)の両辺の対数をとったのは、演算器 48 による演算を乗算より単純な演算である減算とするためである。 40  
したがって、この対数は常用対数でも自然対数でもよい。ここで、を、実施形態3における定数 や と同様、デジタル化における桁落ちを防ぐために予め定めた定数として、

$$A_m = \times \text{Log}(C_m \times V_m) \quad \dots (13)$$

$$B_n = \times \text{Log}(C_n) \quad \dots (14)$$

$$D_p = \times \text{Log}(V_p) \quad \dots (15)$$

とすると、

$$D_p = A_m - B_n \quad \dots (16)$$

とすることができる。

\*に表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データの例えば上位6ビットのみに基づいて第1 LUT メモリ 42 および第2 LUT メモリ 44 による変換を行うようにしてもよい。この場合でも、補正の効果がほとんど損なわれないようにすることができる。

【0131】以上のように、本実施形態では、変換部を構成する変換演算回路 40 が、表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データに基づいて、表示フレーム階調データを補正階調データに変換する。ここで、変換演算回路 40 には、表示フレーム階調データによって特定される数値データ A (第1変換値)、および前フレーム階調データによって特定される数値データ B (第2変換値) が予め記憶されている。また、変換演算回路 40 は、特定された数値データ A および数値データ B に基づく演算により補正階調データを生成する。

【0132】これによると、表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データから補正階調データを生成する処理において、複雑な演算を要する処理については予め記憶された数値データ A および数値データ B への変換により行い、簡単な演算が可能な処理については演算により行うことができる。したがって、すべての処理を演算により行うことによる演算の複雑化を抑えて変換演算回路 40 の構成の簡素化を図ることができる。また、あらゆる階調変化の組み合わせ(表示フレーム階調データが示す階調と前フレーム階調データが示す階調との組み合わせ)に対応した補正階調データを記憶しておくことによる記憶容量の増大を抑えて変換演算回路 40 の簡素化を図ることができる。

【0133】〔実施形態4〕本発明の第4の実施形態について説明すれば、以下の通りである。本実施形態に係るアクティブマトリクス型の液晶表示装置の構成は、基本的には実施形態3において図20に基づいて説明したものと同等であり、実施形態3と異なっているのは、変換や演算の内容である。

【0134】本実施形態では、上記式(5)を、

$$\begin{aligned} \text{【0135】つまり、変換演算回路40では、} \\ m \quad V_m, C_m \quad \dots (17) \end{aligned}$$

$$n \quad C_n \quad \dots (18)$$

$$A_m \quad \times \text{Log}(V_m \times C_m) \quad \dots (19)$$

$$B_n \quad \times \text{Log}(C_n) \quad \dots (20)$$

$$D_p = A_m - B_n \quad \dots (21)$$

$$P \quad D_p \quad \dots (22)$$

の変換および演算により階調データの変換を行う。ここで、式(17)および式(19)の変換を第1 LUT メモリ 42 で、式(18)および式(20)の変換を第2 LUT メモリ 44 で、式(21)の演算を演算器 48 で、式(22)の変換を第3 LUT メモリ 46 で行う。

したがって、演算器 48 は減算器となる。なお、式(1

7) ~ 式(22)において「 $\uparrow$ 」または「 $\downarrow$ 」はルックアップテーブルを用いた変換を表し、「 $=$ 」は演算を表している。また、ここでは式(19)および式(20)もルックアップテーブルを用いた変換に含めているが、これらは演算により行ってもよい。さらに、式(17)および式(18)についても演算により行ってもよいが、式(17)および式(18)を演算により行う場合、その演算は複雑なものになることが予想されるため、上記変換によることが望ましい。

【0136】なお、この表示フレーム階調データの階調  $m$  から数値データ  $A_m$  への変換をデジタル処理で実現するためには、数値データ  $A_m$  はデジタル値を取らなければならないため、実施形態3と同様、数値データ  $A_m$  の値が整数値(デジタル値)となるように定数  $a$  を設定する。

【0137】ここで、上記数値データ  $A_m$  および数値データ  $B_n$  の意味について考え、一般的な液晶セル22に対して数値データ  $A_m$  および数値データ  $B_n$  を設定する際の条件について説明する。

【0138】まず、数値データ  $A_m$  および数値データ  $B_n$  の意味を考えるために、簡単な場合として数値データ  $A_m$  および数値データ  $B_n$  がそれぞれ表示フレーム階調データが示す階調  $m$  および前フレーム階調データが示す階調  $n$  に対して線形(1次式)的に変化する場合を想定し、例えば、補正階調データが示す階調  $P$  が、

$$P = m + a \times (m - n) \quad \dots (23)$$

のような関係にある場合を考える。この場合、表示フレーム階調データがどのような階調であっても、変換後の補正階調データが示す階調  $P$  は、表示フレーム階調データが示す階調  $m$  に対して、階調変化による階調の差  $(m - n)$  の定数  $a$  倍を加算した値になる。以下では、この  $a \times (m - n)$  を「負荷」と称する。この場合、

$$A_m = (1 + a) \times m \quad \dots (24)$$

$$B_n = a \times n \quad \dots (25)$$

$$P = D_p \quad \dots (26)$$

となる。

【0139】ここで、表示フレーム階調データが示す階調  $m$  と数値データ  $A_m$  との関係を示す関数  $A(m)$ 、前フレーム階調データが示す階調  $n$  と数値データ  $B_n$  との関係を示す関数  $B(n)$  を想定する。

【0140】まず、数値データ  $A_m$  について考える。上記負荷を変えるためには上記定数  $a$  を変える必要があり、そのためには式(24)より関数  $A(m)$  の傾きを変えればよいことがわかる。したがって、表示フレーム階調データが示す階調  $m$  において、前フレーム階調データからの階調変化に対して大きい負荷を加えたいところでは、関数  $A(m)$  の傾きの絶対値を大きくし、前フレーム階調データからの階調変化に対して小さい負荷を加えたいところでは、関数  $A(m)$  の傾きの絶対値を小さくすればよい。なお、ここで「傾きの絶対値」としたの

は、関数  $A(m)$  の傾きは液晶セル22の表示特性によって正負いずれの値もとれるからである。具体的には、液晶セル22がノーマリーホワイトの場合は関数  $A(m)$  の傾きが負となり、液晶パネル10がノーマリーブラックの場合は関数  $A(m)$  の傾きが正となる。

【0141】実際には、関数  $A(m)$  は線形的に変化するものではなく曲線的に変化するものであると予想される。上記のことから、数値データ  $A_m$  を設定する際には、表示フレーム階調データが示す階調  $m$  において、大きい負荷を加えたいところでは関数  $A(m)$  の傾きが大きくなるように数値データ  $A_m$  を設定し、小さい負荷を加えたいところでは関数  $A(m)$  の傾きが小さくなるように数値データ  $A_m$  を設定すればよい。

【0142】また、同じ階調  $q$  ( $m = n = q$ ) で比較したとき、関数  $A(q)$  の傾きの絶対値は、常に関数  $B(q)$  の傾きの絶対値よりも大きくなるようにする必要がある。関数  $A(q)$  の傾きの絶対値と関数  $B(q)$  の傾きの絶対値とが等しいと、式(21)より、階調  $q$  での静止画表示( $m = n = q$  の場合)と、階調  $(q + 1)$  での静止画表示( $m = n = (q + 1)$  の場合)との間で補正階調データが示す階調が同じ値を示すことになり静止画表示の階調つぶれを起こすからである。また、関数  $A(q)$  の傾きの絶対値が、関数  $B(q)$  の傾きの絶対値よりも小さいと、階調が逆転することになるからである。

【0143】さらに、関数  $A(q)$  の傾きの絶対値は1以上である必要がある。数値データ  $A_m$  はデジタルデータであるため、1未満の値は0となる。関数  $A(q)$  の傾きが0となった場合でも上記と同様に静止画表示の階調つぶれを起こすからである。

【0144】したがって、数値データ  $A_m$  の値は表示フレーム階調データ  $m$  の値よりも大きくなり、最低でも表示フレーム階調データの4倍(2ビット分)程度の大きさが必要である。

【0145】関数  $A(m)$  の傾きの絶対値は最低1であり、かつ、上記のように常に関数  $B(q)$  の傾きの絶対値よりも大きくなる必要がある。ここで、階調によっては数値データ  $B_n$  の変化、つまり関数  $B(q)$  の傾きの絶対値を大きく、例えば2~3程度にして数値データ  $B_n$  の補正への寄与を大きくする必要がある場合もある。

したがって、関数  $A(m)$  の傾きの絶対値は4程度の大きさが必要となる場合、つまり、数値データ  $A_m$  の変化が表示フレーム階調データの変化の4倍(2ビット分)程度の大きさが必要となる場合もある。そして、関数  $A(m)$  の傾きの絶対値、つまり数値データ  $A_m$  の変化の状態が決まると、 $A_0$  (表示フレーム階調データの階調  $m = 0$  に対する数値データ  $A_m$ )、および  $A_{max}$  (表示フレーム階調データの階調  $m$  が最大値(8ビットの場合  $m = 255$ )に対する数値データ  $A_m$ ) も決まることになるが、これらは液晶セル22の特性により定まるも

のである。

【0146】次に、数値データ  $B_n$  について考える。式 (25) より、数値データ  $B_n$  も前フレーム階調データに対する負荷を決定する値であることがわかる。そして、関数  $B(n)$  の傾きの絶対値は、上記のように関数  $A(m)$  の傾きの絶対値よりも小さくなる必要がある。

【0147】また、階調  $q$  での静止画表示 ( $m = n = q$  の場合) を考え、

$$D_q = A_q - B_q \quad \dots (27)$$

とすると、式 (22) によって対応付けられる数値データ  $D_q$  に対応する変換後の補正階調データが示す階調は階調  $q$  となる必要がある。これは、この関係がずれると、静止画表示の際の表示階調がずれることになるからである。

【0148】上記のように関数  $A(m)$  の傾きの絶対値と関数  $B(n)$  の傾きの絶対値との間に相関関係があることから、数値データ  $B_n$  の変化の割合により数値データ  $A_m$  の最大値が決まることになる。また、上記式 (21) において数値データ  $D_p$  が負の値にならないように、数値データ  $A_m$  の最小値を数値データ  $B_n$  の最大値より大きくする必要がある。このように、数値データ  $A_m$  と数値データ  $B_n$  とは相関がある値になる。

【0149】上記のような条件を考慮して数値データ  $A_m$  および数値データ  $B_n$  を設定するようにすれば、必ずしも液晶セル 22 ごとにその特性を実験により求めなくてもよくなる。ただし、上記の条件を考慮しても数値データ  $A_m$  および数値データ  $B_n$  を一義的に定めることはできないため、実際の表示状態を確認しながら数値データ  $A_m$  および数値データ  $B_n$  を設定する必要がある。

【0150】図 21 および図 22 に示した特性を有する液晶パネル 10 において、表示フレーム階調データが示す階調  $m$  と数値データ  $A_m$  との関係、前フレーム階調データが示す階調  $n$  と数値データ  $B_n$  との関係、および数値データ  $D_p$  と変換後の補正階調データが示す階調  $P$  との関係を示すグラフの一例をそれぞれ図 26 から図 28 に示す。

【0151】以上のように、本実施形態では、実施形態 3 と同様に、変換部を構成する変換演算回路 40 が、表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データに基づいて、表示フレーム階調データを補正階調データに変換する。ここで、変換演算回路 40 には、表示フレーム階調データによって特定される数値データ  $A$  (第 1 変換値)、および前フレーム階調データによって特定される数値データ  $B$  (第 2 変換値) が予め記憶されている。また、変換演算回路 40 は、特定された数値データ  $A$  および数値データ  $B$  に基づく演算により補正階調データを生成する。

【0152】これにより、実施形態 3 の場合と同様の効果を得ることができる。さらに、本実施形態の場合は演算器 48 を減算器とすることができ、変換演算回路 40

の構成のより簡素化を図ることができる。

【0153】〔実施形態 5〕本発明の第 5 の実施形態について図 29 に基づいて説明すれば、以下の通りである。本実施形態に係るアクティブマトリクス型の液晶表示装置の構成は、基本的には実施形態 3 および 4 において図 20 に基づいて説明したものと同等であるため、ここでは相違点のみ説明する。

【0154】本実施形態に係るアクティブマトリクス型の液晶表示装置では、さらに書換え部 50 が設けられているとともに、変換演算回路 40 において、第 1 LUT メモリ 42 および第 2 LUT メモリ 44 に設定されている数値データ  $A$  の群および数値データ  $B$  の群を書換え部 50 により書き換えることができるようになっている。

【0155】このように、第 1 LUT メモリ 42 および第 2 LUT メモリ 44 に設定されている各数値データの群を書き換え可能とすることにより、特性が異なる液晶パネル 10 を用いる場合に変換演算回路 40 を液晶パネル 10 の特性に適應させることができ、変換演算回路 40 に汎用性をもたせることができる。

【0156】書換え部 50 は、数値データ  $A$  の群および数値データ  $B$  の群のうちの少なくとも一方の群を書き換えることができればよい。これにより、例えば用いる液晶パネル 10 が同一種類のものの間で、個体差による特性のバラツキがあるような場合に、そのバラツキの影響に変換演算回路 40 を適應させて、表示状態の最適化を図ることができる。

【0157】さらに、表示モード、用いる液晶材料、パネル設計等が異なる液晶パネル 10 にも適應できるようにするためには、両方の群を書き換え可能とし、適應できる範囲を広くしておくことが望ましい。

【0158】以上のように、変換部を構成する変換演算回路 40 において、記憶している数値データ  $A$  の群 (第 1 変換値の群) および数値データ  $B$  の群 (第 2 変換値の群) の少なくとも一方を外部から書き換え可能であることが望ましい。

【0159】〔実施形態 6〕本発明の第 6 の実施形態について図 30 に基づいて説明すれば、以下の通りである。本実施形態に係るアクティブマトリクス型の液晶表示装置の構成は、基本的には実施形態 3 および 4 において図 20 に基づいて説明したものと同等であるため、ここでは相違点のみ説明する。

【0160】本実施形態に係るアクティブマトリクス型の液晶表示装置では、図 20 の変換演算回路 40 に相当する変換演算回路 60 において、第 1 LUT メモリ 42 の代わりに第 1 補間部 62 および第 1 基準データメモリ 66 が設けられ、第 2 LUT メモリ 44 の代わりに第 2 補間部 64 および第 2 基準データメモリ 68 が設けられている。第 1 補間部 62 および第 2 補間部 64 には、それぞれ第 1 基準データメモリ 66 および第 2 基準データメモリ 68 から後述する基準データが送られるような

っている。

【0161】変換演算回路60では、各階調に対応する数値データAmおよび数値データBmがすべて記憶されているのではなく、第1基準データメモリ66および第2基準データメモリ68にそれぞれ予め記憶された所定階調おきの数値データAmおよび数値データBmである基準データに基づいて、第1補間部62および第2補間部64において演算により補間することによって各階調に対応する数値データAmおよび数値データBmを算出するようになっている。つまり、表示フレーム階調データや前フレーム階調データが入力されると、第1補間部62や第2補間部64にて補間により算出した数値データAmや数値データBmを用いて数値変換Iや数値変換Mを行う。

【0162】基準データは、例えば16階調おきに設定する場合、0階調、16階調、32階調、...、240階調、255階調に対応する数値データAmおよび数値データBmを採用することができる。そして、各基準データの間の階調に対応する数値データAmおよび数値データBmは、当該各基準データを例えば線形補間することにより求めることができる。例えば階調m ( $0 < m < 16$ ) に対応する数値データAmは、

$$A_m = A_0 + (A_{16} - A_0) / 16 \times m$$

により求めることができる。ここで、A0およびA16は、それぞれ0階調および16階調に対応する数値データAmである。

【0163】また、さらに、実施形態5と同様に書換え部50を設け、第1基準データメモリ66内の基準データの群および第2基準データメモリ68内の基準データの群のうちの少なくとも一方の群を書換え部50により外部から書き換えることができるようにしておくことが望ましい。これにより、特性が異なる液晶パネル10に変換演算回路60を適応させることができ、変換演算回路60に汎用性をもたせることができる。

【0164】以上のように、本実施形態では、実施形態3および4と同様に、変換部を構成する変換演算回路60が、表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データに基づいて、表示フレーム階調データを補正階調データに変換する。ここで、変換演算回路60には、表示フレーム階調データによって特定される基準データ(第1基準値)、および前フレーム階調データによって特定される基準データ(第2基準値)が予め記憶されている。また、変換演算回路60は、特定された各基準データに基づいて補間を行うことにより、数値データA(第1変換値)および数値データB(第2変換値)を算出する。そして、変換演算回路60は、特定された数値データAおよび数値データBに基づく演算により補正階調データを生成する。

【0165】これによると、各階調に対応する数値データAおよび数値データBをすべて記憶しておく必要が

ないため、変換演算回路60に必要な記憶容量を小さくすることができる。なお、補間を行うための第1補間部62および第2補間部64は比較的簡単な回路構成で実現可能である。したがって、第1補間部62および第2補間部64を含むことによる回路構成の複雑化も抑えることができる。

【0166】〔実施形態7〕本発明の第7の実施形態について図34から図39に基づいて説明すれば、以下の通りである。

【0167】本発明に係る液晶表示装置において、LUTメモリやフレームメモリの容量削減は、コントローラのチップサイズの縮小(ピン数削減等も含む)などに関連しており、考慮しておくことが好ましい。上述したように、実施形態2においては、LUTメモリ36によって階調データの上位ビットのみを変換する構成(図16参照)を開示し、実施形態3、5、6においては、演算器48を導入することによりLUTメモリの容量削減を可能とする構成(図20、図29、図30参照)を開示した。

【0168】本実施形態では、実施形態2のように、変換するビット数を少なくしてLUTメモリやフレームメモリの容量削減を図るとともに、表示フレーム階調データとしてLUTメモリ36に入力される階調データ、および前フレーム階調データとしてフレームメモリ34に格納されるデータが、予め、各階調データが示す階調がある閾値以上の場合は上位数ビット(もとの階調データのビット数より小さいビット数)に変換され、ある閾値未満の場合は下位数ビット(もとの階調データのビット数より小さいビット数)に変換される。そして、その変換された階調データに基づいて、LUTメモリ36における階調データの変換が行われる。

【0169】階調データが8ビットである場合を例として、本実施形態の構成による効果について説明する。まず、この効果を説明するために、LUTメモリによる変換を演算で置き換えた場合の実際上の課題を確認する。上述しているように、本発明の目的は、1フレーム時間経過したときの表示輝度が目的の階調輝度とほぼ一致するように階調データを補正することである。この補正内容としては、電荷モデルに基づいて単純に設定できる部分もあるが、液晶分子の応答特性に対する最適化が必要な部分も多い。我々は検討の結果、この液晶分子の特性により左右される部分をも反映できる演算を見いだしているが、液晶モードや階調電圧等の機種ごとの条件によっては、演算に用いる最適なパラメータが順当に見出されないこともある。LUTメモリを用いると、このような部分をも常に補正できる汎用性および自由度を得ることができる。

【0170】ところで、階調データの上位ビットのみを用いて階調データの変換を行う方法について実施形態2で説明した。例えば8ビットの階調データの上位4ビット

トを用いることにすれば、16階調刻みで階調変換がなされることになる。これは現実にはメモリサイズを劇的に減少させるが、表示品位上懸念すべき点もある。すなわち、8ビットの階調データが示す256階調のうち、例えば224階調と239階調のように非常に明るい階調の領域では、それぞれの階調を同一視しても表示品位上あまり問題にならないが、例えば0階調と15階調のように暗い階調の領域では、人間の視覚の特性では明らかに異なった表示として認識される。したがって、暗い領域における16階調の差が区別できないと、それがたとえ1フレームであっても表示品位を著しく低下させ、問題となることがある。

【0171】例えばテレビ映像では、暗い画像が動く場面は映画等で多用されているため、上記のような表示品位の低下の問題を有する液晶表示装置でテレビ映像を表示すると、写りの悪いディスプレイとして認識されるおそれがある。我々は、表示シーンによっては、2階調差を無視した状態、すなわち下位1ビットのみを無視した状態までしか許容できないことがあることに気付いた。逆に、ノート型パソコン等のように、もともとバランスのよい階調と、データ重視の画像を表示するためのディスプレイでは上記の問題は起こりにくい。したがって、このような用途に用いられる液晶表示装置では、実施形態2のように、思い切って下位数ビットを削るようにすることも可能となる。

【0172】図34は、階調とビットとの関係を表した図表である。8ビットの階調データの上位4ビットのみを用いる場合、0階調から255階調への階調変化と、0階調から240階調への階調変化とは、いずれも、上位4ビットが[0, 0, 0, 0]の前フレーム階調データと、上位4ビットが[1, 1, 1, 1]の表示フレーム階調データとに基づいて変換される同じ補正階調データを用いることになる。このとき、同じ補正階調データを用いることによる輝度の誤差は例えば10%程度となる。一方、255階調から31階調への階調変化と、255階調から16階調への階調変化とは、いずれも、上位4ビットが[1, 1, 1, 1]の前フレーム階調データと、上位4ビットが[0, 0, 0, 1]の表示フレーム階調データとに基づいて変換される同じ補正階調データを用いることになる。このとき、同じ補正階調データを用いることによる輝度の誤差は例えば70%以上になることがあり、そのような液晶表示装置は実際には使用できないような場合もある。

【0173】なお、一般に階調輝度は2.2で合わせられている、つまり輝度が階調の2.2乗に比例するように設定されているため、同じ階調数のずれでも、暗い領域ほど輝度の変化率が大きくなる。図43は、階調と輝度との一般的な関係を示す図表である。255階調の輝度に対する240階調の輝度はその変化率が約12.5%であるのに対し、31階調の輝度に対する16階調

の輝度はその変化率が約76%となる。

【0174】本実施形態では、LUTメモリを用いて階調データを変換することによる汎用性および自由度を失うことなく、上記のように特に暗い階調の領域で階調差が失われてしまわないようにしつつ、装置全体におけるメモリ容量の削減を図る構成について説明する。

【0175】本実施形態に係るアクティブマトリクス型の液晶表示装置の構成は、基本的には実施形態2において図16に基づいて説明したものと同等であるため、ここでは相違点のみ説明する。本実施形態に係るアクティブマトリクス型の液晶表示装置では、図35に示すように、LUTメモリ36の第1入力に対する階調データの入力側、およびフレームメモリ34に対する階調データの入力側にそれぞれ第1桁変換部74a・74bが設けられており、LUTメモリ36とコントローラ30との間に第2桁変換部76が介在している。表示フレーム階調データは第1桁変換部74aにて変換されてLUTメモリ36の第1入力に入力され、表示フレーム階調データの予め定められた下位数ビットはラインメモリ78を介して第2桁変換部76に送られる。前フレーム階調データは第1桁変換部74bにて変換されてフレームメモリ34に一旦格納され、LUTメモリ36の第2入力に入力される。図35は、本実施形態に係るLUTメモリ36周辺の構成を示すブロック図である。

【0176】ここで、本実施形態における表記について説明する。[...]内の記号a~h、A~H、v~zは、階調データの各ビットの値(具体的には「0」または「1」)を表している。ここで、小文字で表したa~hは表示フレーム階調データとしてLUTメモリ36に入力される階調データを示しており、大文字で表したA~Hは前フレーム階調データとしてLUTメモリ36に入力される階調データを示している。[...]内の記号FLは、フラグとして設定されたビットの値(具体的には「0」または「1」)を表している。[...]内の記号または数字に付した添字は、その記号または数字が階調データの第何ビットのものであるかを表している。つまり、例えば「[0<sub>5</sub>]」は、階調データの第5ビットが「0」であることを表しており、「[a<sub>7</sub>]」は、階調データの第7ビットが「a」であることを表している。また、「P」は、階調データが示す階調を表している。

【0177】図36および図37は、図35においてを付した部分における階調データの内容を示す概念図である。で示される8ビットの階調データは、第1桁変換部74bに入力され、第1桁変換部74bによりその階調データが示す階調Pに応じて異なる変換が施される。すなわち、予め定めた階調を基準として、階調データが示す階調Pが上記予め定めた階調以上である場合と、階調Pが上記予め定めた階調未満である場合とで、その階調データに対して異なる変換を施す。なお、で示される8ビットの階調データも、第1桁変換部7

4 a に入力され、第 1 桁変換部 7 4 a により第 1 桁変換部 7 4 b と同様の変換が施される。以下では、主に第 1 桁変換部 7 4 b に関して説明する。

【0178】上記予め定めた階調は、例えば 3 2 階調であり、3 2 階調未満の領域は暗い階調であって、この領域については階調データの変換の際に下位ビットを無視すると上述した表示品位の低下の問題が顕著になるものとする。なお、階調 P が 3 2 階調未満であるか否かは、 $[A_7, B_6, C_5] = [0_7, 0_6, 0_5]$  であるか否かによって判別することができる。

【0179】第 1 桁変換部 7 4 b では、次のような処理が行われる。階調 P が 3 2 階調未満である場合には、上位 2 ビット、つまり第 7 および第 6 ビットの  $[A_7, B_6]$  を削除するとともに、第 5 ビットをフラグとして用い、階調 P が 3 2 階調未満であったことを、第 5 ビットを  $[0_5]$  とすることにより表す。このように変換すると、階調データは のようになる。このように変換した の階調データは、8 ビットから 6 ビットに縮小されているものの、もとの階調データが有していた情報をすべて保持していることになる。

【0180】一方、階調 P が 3 2 階調以上である場合には、階調データを下位側に 3 ビット分シフトさせてもとの下位 3 ビット、つまり第 2 から第 0 ビットの  $[F_2, G_1, H_0]$  を削除するとともに、第 5 ビットをフラグとして用い、階調 P が 3 2 階調以上であったことを、第 5 ビットを  $[1_5]$  とすることにより表す。このように変換すると、階調データは のようになる。このように変換した の階調データは、8 ビットから 6 ビットに縮小され、3 2 階調以上の領域では階調データの変換に大きく影響しないと考えられる下位 3 ビット分の情報が削 30 除されて 8 階調刻みで記憶されることになる。

【0181】第 1 桁変換部 7 4 b にて変換された階調データは、フレームメモリ 3 4 により 1 フレーム時間遅延され、前フレーム階調データとして LUT メモリ 3 6 に入力される。

【0182】また、表示フレーム階調データとしての階調データも、第 1 桁変換部 7 4 a により上記と同様に 8 ビットから 6 ビットに縮小され LUT メモリ 3 6 に入力される。なお、表示フレーム階調データの下位 3 ビット、つまり第 2 から第 0 ビットの  $[f_2, g_1, h_0]$  40 はラインメモリ 7 8 に入力される。

【0183】図 3 8 は、LUT メモリ 3 6 の入出力ビット数を概念的に示した概念図である。上述したように、LUT メモリ 3 6 は、前フレーム階調データとして 6 ビット分の入力、表示フレーム階調データとして 6 ビット分の入力を有している。また、これらの入力によって特定される設定階調データとして、6 ビットの階調データが LUT メモリ 3 6 に設定されており、LUT メモリ 3 6 は 6 ビット分の出力を有している。

【0184】LUT メモリ 3 6 に設定されている設定階 50

調データは、図 3 7 に示す のようになっている。ここで、第 5 ビットにはフラグである  $[FL_5]$  が設定されており、その設定階調データ、すなわち第 4 から第 0 ビットの  $[v_4, w_3, x_2, y_1, z_0]$  が示す階調が 3 2 階調未満であるか、3 2 階調以上であるかを表している。ここでは、 $FL = 0$  の場合、その設定階調データが示す階調が 3 2 階調未満であり、 $FL = 0$  ( $FL = 1$ ) の場合、その設定階調データが示す階調が 3 2 階調以上であるものとする。

10 【0185】LUT メモリ 3 6 から出力される設定階調データは、第 2 桁変換部 7 6 に入力される。第 2 桁変換部 7 6 では、入力される設定階調データの第 5 ビットに設定されたフラグである  $FL$  の値に応じた桁変換を行う。 $FL = 0$  の場合、その設定階調データは 3 2 階調未満であるため、第 7 から第 5 ビットを  $[0_7, 0_6, 0_5]$  に設定し、 のような 8 ビットの補正階調データに変換する。 $FL = 0$  の場合、その設定階調データは 3 2 階調以上であるため、 の設定階調データを上位側に 3 ビット分シフトさせるとともに、第 2 から第 0 ビットの 20 下位 3 ビットの値として、ラインメモリ 7 8 にて一旦記憶された  $[f_2, g_1, h_0]$  を付加し、 のような 8 ビットの補正階調データに変換する。下位 3 ビットの値を付加するのは、明るい階調の領域についてより安定した静止画を得るため、および表示フレーム階調データの下位 3 ビットが有していた情報を付加することにより 6 ビットのルックアップテーブルによる変換を補うためである。このように、ラインメモリ 7 8 やラインメモリ 7 8 にて接続される経路は、表示品位のさらなる向上のために設けるものであり、省略することも可能である。

【0186】このようにして変換して得られた補正階調データは、コントローラ 3 0 に送られる。

【0187】LUT メモリ 3 6 には、表示フレーム階調データ（前フレーム階調データ）が示す階調 P が暗い領域の場合には表示フレーム階調データ（前フレーム階調データ）の下位 5 ビット、および階調 P が暗い領域であることを示すフラグが入力され、階調 P が明るい領域の場合には表示フレーム階調データ（前フレーム階調データ）の上位 5 ビット、および階調 P が明るい領域であることを示すフラグが入力されるため、LUT メモリ 3 6 にこれらに基づく適切な設定階調データを設定しておくことにより適切な変換が可能である。

【0188】上記の構成では、フレームメモリ 3 4 には、その設定階調データが示す階調 P が 3 2 階調未満の場合はそのままの階調を表す階調データが、3 2 階調以上の場合は 8 階調刻みの階調データが格納されることになる。そして、フレームメモリ 3 4 は、1 画素あたりの容量が 6 ビットとなる。また、上記の構成では、LUT メモリ 3 6 は図 3 8 に示したように、前フレーム階調データが 6 ビット、表示フレーム階調データが 6 ビット、出力される設定階調データが 6 ビットであることから、



1画素当たりの容量が $6 + 6 + 6 = 18$ ビットとなる。実施形態1のような構成(図1参照)では、フレームメモリ34の1画素あたりの容量が8ビットであり、LUTメモリ32の1画素あたりの容量が $8 + 8 + 8 = 24$ ビットである。したがって、本実施形態の構成により、実施形態1の構成に対して、LUTメモリ36の容量を $1/64$ に削減することができる。なお、フレームメモリ34の容量は $1/4$ に削減することができる。

【0189】また、液晶表示装置の用途によっては、256分の1階調の精度は必要としないが、64階調程度までは十分な精度を保持したい場合も考えられる。もし64階調未満では表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データの最下位1ビットをLUTメモリ36による変換に考慮する必要があるなければ、上記の構成において、64階調未満は2階調刻みで、64階調以上は8階調刻みでLUTメモリ36に表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データを入力させるようにしてもよい。このとき、図36の に代えて、図39の ' を適用すればよい。階調Pが64階調未満であるか否かは、 $[A_7, B_6] = [0_7, 0_6]$ であるか否かによって判別することができる。階調Pが64階調未満である場合には、上位2ビット、つまり第7および第6ビットの $[A_7, B_6]$ を削除するとともに、残りの下位6ビットを下位側に1ビット分シフトさせて第0ビットの $[H_0]$ を削除する。また、第5ビットをフラグとして用い、階調Pが64階調未満であったことを、第5ビットを $[0_5]$ とすることにより表す。

【0190】この場合も、安定した静止画を得るために、明るい階調の領域では下位3ビットの $[f_2, g_1, h_0]$ を、暗い階調の領域では下位1ビットの $[h_0]$ をラインメモリ78等にて一旦記憶し、第2桁変換部76において設定階調データに付加することが好ましい。また、この場合も、上記と同様に容量を削減することができる。

【0191】以上のように、本実施形態では、変換部を構成するLUTメモリ36および第2桁変換部76が、表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データに基づいて、表示フレーム階調データを補正階調データに変換する。また、桁変換部を構成する第1桁変換部74a・74bが、表示フレーム階調データおよび前フレーム階調データの桁を変換する。この第1桁変換部74a・74bは、階調データ(表示フレーム階調データ、前フレーム階調データ)が示す階調が予め定めた閾値より明側、すなわち明るい輝度に対応する階調である場合にはその階調データの低位ビット(低位桁)を削除し、階調データが示す階調が予め定めた閾値より暗側、すなわち暗い輝度に対応する階調である場合にはその階調データの上位ビット(上位桁)を削除することで、その階調データのビット数(桁数)が小さくなるように変換する。そして、上記変換部には、第1桁変換部74a・7

4bにてそれぞれ変換された表示フレーム階調データと前フレーム階調データとによって特定される設定階調データが予め記憶されており、特定した設定階調データに基づいて補正階調データを生成する。

【0192】上記の構成では、LUTメモリ36における設定階調データを記憶するための容量の削減を図ることができる。また、階調データのうち、LUTメモリ36による変換により大きく影響する部分を残して階調データのビット数を小さくすることができ、表示品位が低下することを抑制することができる。

【0193】また、本液晶表示装置に入力される階調データは、第1桁変換部74aを介してフレームメモリ34の第1入力に入力されるとともに、第1桁変換部74bを介してフレームメモリ34に入力され、フレームメモリ34からLUTメモリ36の第2入力に入力されることが好ましい。上記の構成では、フレームメモリ34に対して、ビット数が小さくなるように第1桁変換部74a・74bにて変換された後の階調データが入力される。したがって、フレームメモリ34における容量の削減をも図ることができる。ただし、入力される階調データが、フレームメモリ34を介して第1桁変換部74bに入力され、第1桁変換部74bからLUTメモリ36の第2入力に入力されるようにすることも可能である。

【0194】第1桁変換部74a・74bにより階調データの低位ビットまたは上位ビットを削除して、その階調データのビット数が小さくなるように変換する際には、変換した階調データに低位ビットまたは上位ビットの何れを削除したかを示すフラグ(フラグビット)を設定する。LUTメモリ36では、第1桁変換部74a・74bにより削除されなかった残りのビットおよび設定されたフラグに基づいて予め記憶されている設定階調データが特定される。この設定階調データは、LUTメモリ36に入力された階調データのビット数(6ビット)からフラグとしてのビットを除いたビット数(5ビット)に相当するビット数からなり、補正階調データにおいて階調を示すための部分( $[v_4, w_3, x_2, y_1, z_0]$ )と、その階調を示すための部分が補正階調データにおいて低位ビットに対応するものであるか、上位ビットに対応するものであるかを示すフラグ(フラグビット)(FL)とからなっている。第2桁変換部76では、このフラグに基づいて、設定階調データにおける上記階調を示すための部分を、必要に応じてシフト等させることにより、補正階調データの対応するビットに設定するとともに、残りのビットを予め定めた値、例えば「0」で埋めてもとの階調データのビット数に等しいビット数に復元する。このとき、補正階調データの低位ビットを埋める際には、表示フレーム階調データの低位ビットを用いてもよい。

【0195】なお、階調データは、通常、その階調データが示す階調が暗側であるほど、その階調データは小さ

い値、すなわちより下位側のビットのみで表すことができる値であり、明側になるほど、その階調データは大きい値、すなわちより上位側のビットを含めて表される値となる。

【0196】本実施形態では、桁変換部を構成する2つの第1桁変換部74a・74bを備えた構成について説明したが、桁変換部を構成する1つの第1桁変換部を設け、その第1桁変換部の出力をLUTメモリ36の第1入力およびフレームメモリ34に入力するようにしてもよい。

【0197】

【発明の効果】以上のように、本発明の液晶表示装置は、表示すべきフレームの階調データを変換して出力する変換部と、変換部から出力される変換された階調データに基づいて階調電圧を画素に印加する駆動部と、液晶セルとを備え、変換部には、表示すべきフレームの階調データと直前のフレームの階調データとによって特定される出力すべき階調データが予め記憶されている構成である。

【0198】上記の構成では、直前のフレームと表示すべきフレームとの間の液晶セルの容量（電気容量）の変化による影響を考慮した階調電圧を画素に印加することができる。これにより、液晶セルの容量が変化することによる階調表示のずれを補正することができる。その結果、特に動画表示時などにおいて入力される階調データをより忠実に再現した表示が可能になる。

【0199】本発明の液晶表示装置は、上記の液晶表示装置において、さらに、変換部が第1入力および第2入力を有し、第2入力には、入力される階調データを記憶してその階調データを1フレーム分遅らせて出力する記憶部が接続されており、階調データは、第1入力に入力されるとともに、記憶部を介して第2入力に入力されることが好ましい。

【0200】上記の構成では、簡素な構成で表示すべきフレームの階調データと直前のフレームの階調データとを変換部に入力することができる。

【0201】本発明の液晶表示装置は、上記変換部が第1入力および第2入力を有する液晶表示装置において、さらに、変換部が、第1入力および第2入力に入力される階調データによって特定されるアドレスに記憶されている階調データを出力するメモリであることが好ましい。

【0202】上記の構成では、演算などの処理を介することなく階調データの変換を行うことができる。したがって、階調データを変換する処理を設けることによる処理速度の低下を抑制することができる。

【0203】本発明の液晶表示装置は、上記何れかの液晶表示装置において、さらに、駆動部が出力する階調電圧の範囲が、静止画像を表示する際の液晶セルの階調表示範囲に対応する階調電圧の範囲を含み、かつ、その範

囲よりも広いことが好ましい。

【0204】上記の構成では、例えば上限や下限へ階調を変化させる際などでも適切な補正が可能になる。

【0205】本発明の液晶表示装置は、上記何れかの液晶表示装置において、さらに、変換部に記憶されている階調データが、

$$V' = C_m / C_n \times V_m$$

で求められる階調電圧に対応する階調データであることが好ましい。

10 【0206】上記の構成では、液晶セルの容量の変化による影響を補正することができる変換部から出力すべき階調データを、上式に基づいて容易に設定することができる。

【0207】以上のように、本発明の液晶表示装置は、表示すべきフレームの階調データを補正階調データに変換する変換部と、変換部にて変換された補正階調データに基づいて階調電圧を画素に印加する駆動部と、液晶セルとを備え、変換部には、表示すべきフレームの階調データと直前のフレームの階調データとによって特定される設定階調データが予め記憶されており、特定した設定階調データに基づいて補正階調データを生成する構成である。

【0208】この液晶表示装置において、変換部は、表示すべきフレームの階調データの上位桁および直前のフレームの階調データの上位桁に基づいて設定階調データを特定し、表示すべきフレームの階調データの上位桁を特定した設定階調データに置き換えて変換し、その変換結果に基づいて補正階調データを生成することが好ましい。

【0209】上記の構成では、変換部で扱うデータ量を削減することができ、変換部の簡素化を図ることができる。

【0210】本発明の液晶表示装置は、上記上位桁に基づく変換を行う液晶表示装置において、さらに、変換部が、変換された表示すべきフレームの階調データの上位桁と、表示すべきフレームの階調データの下位桁とを加算することにより補正階調データを生成することが好ましい。

【0211】上記の構成では、階調データの残りの下位桁を加算することにより、上位桁のみに基づく変換を行ったことによる誤差を小さくすることができる。

【0212】あるいは、本発明の液晶表示装置は、上記上位桁に基づく変換を行う液晶表示装置において、さらに、変換部が、表示すべきフレームの階調データの下位桁および直前のフレームの階調データの下位桁に基づいて、表示すべきフレームの階調データの下位桁を変換し、表示すべきフレームの階調データの変換された上位桁と変換された下位桁とを加算することにより補正階調データを生成することが好ましい。

50 【0213】上記の構成では、階調データの残りの下位

桁を変換してから加算することにより、さらに誤差を小さくすることが可能となる。

【0214】上記の課題を解決するために、本発明の液晶表示装置は、表示すべきフレームの階調データを補正階調データに変換する変換部と、変換部にて変換された補正階調データに基づいて階調電圧を画素に印加する駆動部と、液晶セルとを備え、変換部には、表示すべきフレームの階調データに対応する第1変換値、および直前のフレームの階調データに対応する第2変換値が予め記憶されており、変換部は、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データにそれぞれ対応する第1変換値および第2変換値に基づく演算により補正階調データを生成する構成である。

【0215】上記の構成では、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データから補正階調データを生成する処理において、複雑な演算を要する処理については変換により行い、簡単な演算が可能な処理については演算により行うことができる。したがって、演算の複雑化を抑えて変換部の構成の簡素化を図ることができる。20

【0216】本発明の液晶表示装置は、上記変換部に第1変換値および第2変換値が記憶されている液晶表示装置において、さらに、変換部が、記憶している第1変換値の群および第2変換値の群の少なくとも一方を外部から書換え可能としていることが好ましい。

【0217】上記の構成では、特性が異なる液晶セルを備えた液晶パネルを用いるような場合に柔軟に適應できる。

【0218】上記の課題を解決するために、本発明の液晶表示装置は、表示すべきフレームの階調データを補正階調データに変換する変換部と、変換部にて変換された補正階調データに基づいて階調電圧を画素に印加する駆動部と、液晶セルとを備え、変換部には、表示すべきフレームの階調データに対応する第1変換値を算出するための第1基準値、および直前のフレームの階調データに対応する第2変換値を算出するための第2基準値が予め記憶されており、変換部は、第1基準値および第2基準値に基づいて補間を行うことによりそれぞれ第1変換値および第2変換値を算出するとともに、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データにそれぞれ対応する第1変換値および第2変換値を用いた演算により補正階調データを生成する構成である。30

【0219】上記の構成では、変換部に必要な記憶容量を小さくすることができる。また、変換部における回路構成の複雑化も抑えることができる。

【0220】本発明の液晶表示装置は、上記変換部に第1基準値および第2基準値が記憶されている液晶表示装置において、さらに、変換部が、記憶している第1基準値の群および第2基準値の群の少なくとも一方を外部か 50

ら書換え可能としていることが好ましい。

【0221】上記の構成では、上述の場合と同様に特性が異なる液晶セルを備えた液晶パネルを用いるような場合に柔軟に適應できる。

【0222】本発明の液晶表示装置は、表示すべきフレームの階調データを補正階調データに変換する変換部と、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データの桁を変換する桁変換部と、変換部にて変換された補正階調データに基づいて階調電圧を画素に印加する駆動部と、液晶セルとを備え、桁変換部は、階調データが示す階調が閾値より明側である場合にはその階調データの下位桁を削除し、暗側である場合にはその階調データの上位桁を削除することで、その桁数が小さくなるように変換し、変換部には、桁変換部にて変換された表示すべきフレームの階調データと直前のフレームの階調データとによって特定される設定階調データが予め記憶されており、特定した設定階調データに基づいて補正階調データを生成する構成である。

【0223】上記の構成では、桁変換部により、階調データが示す階調に応じてその階調データの一部を削除してその階調データの桁数が小さくなるように変換する。そして、変換部には、桁変換部により変換された表示すべきフレームの階調データと直前のフレームの階調データとによって特定される設定階調データが予め記憶されている。このように階調データの桁数を小さくしてそのデータ量を小さくすることは、変換部にて設定階調データを特定するためのデータが小さくなることになり、記憶しておくべき設定階調データの量も小さくなる。これにより、変換部における設定階調データを記憶するための容量の削減を図ることができる。

【0224】また、桁変換部により階調データの桁数を変換する際には、その階調データが示す階調が所定値より明側である場合には下位桁を削除し、暗側である場合には上位桁を削除する。これにより、変換部による変換により大きく影響する部分を残して階調データの桁数を小さくすることができ、表示品位が低下することを抑制することができる。

【0225】本発明の液晶表示装置は、上記桁変換部を備える液晶表示装置において、さらに、変換部は第1入力および第2入力を有し、第2入力には、入力される階調データを記憶してその階調データを1フレーム分遅らせて出力する記憶部が接続されており、階調データは、桁変換部を介して第1入力に入力されるとともに、桁変換部を介して記憶部に入力され、記憶部から第2入力に入力されることが好ましい。

【0226】上記の構成では、記憶部における容量の削減をも図ることができる。

【0227】上記桁変換部を備える液晶表示装置において、階調データが256階調表示用の階調データであり、階調データが示す最も暗い階調を0階調とすると、

閾値は、例えば 32 階調であることが好ましい。このとき、階調データは 8 ビットの階調データであり、桁変換部は、階調データの変換を行う際に、階調データの上位 3 桁または下位 3 桁を削除するとともに、上位桁または下位桁の何れを削除したかを示すフラグビットを設定するようにすればよい。

【0228】あるいは、上記桁変換部を備える液晶表示装置において、階調データが 256 階調表示用の階調データであり、階調データが示す最も暗い階調を 0 階調とすると、閾値は、例えば 64 階調であってもよい。このとき、階調データは 8 ビットの階調データであり、桁変換部は、階調データの変換を行う際に、階調データの上位 2 桁または下位 3 桁を削除するとともに、上位桁または下位桁の何れを削除したかを示すフラグビットを設定し、かつ、上位 2 桁を削除した場合にはさらに最下位 1 桁を削除するようにすればよい。

【0229】本発明の液晶表示装置は、上記液晶表示装置において、さらに、変換部に予め記憶されている階調データが、その階調データに基づいて画素の階調表示を行った場合に、その階調データに基づく階調電圧が画素に印加されてから 1 フレームに相当する時間が経過したときのその画素の輝度が、本来表示すべき輝度の 90% から 110% の範囲内に入るように設定されていることが好ましい。

【0230】また、本発明の液晶表示装置の駆動方法は、表示すべきフレームの階調データおよび直前のフレームの階調データに基づいて予め記憶されている階調データの中から階調データを特定し、特定した階調データに基づく階調電圧を画素に印加して表示すべきフレームの階調表示を行わせるように液晶表示装置を駆動する方法であり、上記予め記憶されている階調データは、その階調データに基づいて画素の階調表示を行った場合に、その階調データに基づく階調電圧が画素に印加されてから 1 フレームに相当する時間が経過したときのその画素の輝度が、本来表示すべき輝度の 90% から 110% の範囲内に入るように設定されている。

【0231】上記の範囲を越えるような階調データを用いると、その階調データにより表示するフレームの輝度が本来表示すべき輝度、すなわち表示すべきフレームの階調データが示す階調に対応する輝度からかけ離れた輝度として観察されるばかりでなく、そのフレーム以降のフレームにおける異常表示をもたらすことになりかねない。上記の構成および方法では、このような問題の発生を抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係る液晶表示装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】図 1 の液晶表示装置におけるフレームメモリに対する階調データの入出力の関係を示すタイミングチャートである。

【図 3】図 1 の液晶表示装置における LUT メモリのピン接続図である。

【図 4】図 1 の液晶表示装置における液晶パネルの各階調と階調電圧との関係を示すグラフである。

【図 5】図 1 の液晶表示装置における液晶パネルの各階調と液晶セルの容量との関係を示すグラフである。

【図 6】ルックアップテーブルを用いて階調データを補正した場合と、補正しなかった場合とにおいて、表示の切り換えの応答特性を示すグラフである。

【図 7】ルックアップテーブルを用いて階調データを補正した場合と、補正しなかった場合とにおいて、表示の切り換えの応答特性を示すグラフである。

【図 8】ルックアップテーブルを用いて階調データを補正した場合と、補正しなかった場合とにおいて、表示の切り換えの応答特性を示すグラフである。

【図 9】図 4、図 5 および式 (4) に基づいて求めたルックアップテーブルである。

【図 10】図 9 のルックアップテーブルを修正したルックアップテーブルの一例である。

【図 11】液晶セルの黒表示に対応する階調電圧から白表示に対応する階調電圧までの範囲外の電圧を出力することができないソースドライバを用いた場合のルックアップテーブルの一例である。

【図 12】図 1 の液晶表示装置における液晶パネルの設定階調データと階調電圧との関係を示すグラフである。

【図 13】図 1 の液晶表示装置における液晶パネルの階調電圧と輝度との関係を示すグラフである。

【図 14】スイッチング素子としての薄膜トランジスタを有するアクティブマトリクス型の液晶パネル、およびこの液晶パネルを駆動するドライバを備えた液表示装置の構成を示す概略構成図である。

【図 15】図 14 の液晶パネルにおける各画素の等価回路を示す回路図である。

【図 16】本発明の第 2 の実施形態に係る LUT メモリ周辺の構成を示すブロック図である。

【図 17】図 1 の LUT メモリに設定したルックアップテーブルの一部を示す図表である。

【図 18】図 16 の LUT メモリに設定したルックアップテーブルの一部を示す図表である。

【図 19】本発明の第 2 の実施形態の変形例に係る LUT メモリ周辺の構成を示すブロック図である。

【図 20】本発明の第 3 の実施形態に係る変換演算回路周辺の構成を示すブロック図である。

【図 21】本発明の第 3 の実施形態で用いた液晶パネルの定常状態における各階調と階調電圧との関係を示すグラフである。

【図 22】本発明の第 3 の実施形態で用いた液晶パネルの定常状態における各階調と液晶セルの容量との関係を示すグラフである。

【図 23】本発明の第 3 の実施形態における表示フレー

ム階調データと数値データとの関係を示す図表である。

【図 2 4】本発明の第 3 の実施形態における前フレーム階調データと数値データとの関係を示す図表である。

【図 2 5】本発明の第 3 の実施形態における数値データと階調データとの関係を示す図表である。

【図 2 6】本発明の第 4 の実施形態における表示フレーム階調データと数値データとの関係を示すグラフである。

【図 2 7】本発明の第 4 の実施形態における前フレーム階調データと数値データとの関係を示すグラフである。 10

【図 2 8】本発明の第 4 の実施形態における数値データと補正階調データとの関係を示すグラフである。

【図 2 9】本発明の第 5 の実施形態に係る変換演算回路周辺の構成を示すブロック図である。

【図 3 0】本発明の第 6 の実施形態に係る変換演算回路周辺の構成を示すブロック図である。

【図 3 1】階調電圧と輝度との関係を示す仮想的なグラフである。

【図 3 2】第 0 フレームの開始とともに、黒表示から白表示へ切り換え、その後第 1 および第 2 フレームで白表示を維持する際の階調電圧および輝度の変化を示すグラフである。 20

【図 3 3】第 0 フレームの開始とともに、黒表示から灰表示（輝度 50%）へ切り換え、その後第 1 および第 2 フレームで灰表示を維持する際の階調電圧および輝度の変化を示すグラフである。

【図 3 4】階調とビットとの関係を表した図表である。

【図 3 5】本発明の第 7 の実施形態に係る LUT メモリ周辺の構成を示すブロック図である。

【図 3 6】図 3 5 において から を付した部分における階調データの内容を示す概念図である。 30

【図 3 7】図 3 5 において から を付した部分における階調データの内容を示す概念図である。

【図 3 8】図 3 5 における LUT メモリの入出力ビット数を概念的に示した概念図である。

【図 3 9】図 3 6 の階調データの内容を一部変形した概念図である。

【図 4 0】映像の評価実験に用いた評価映像を示す概念図である。 \*

\*【図 4 1】映像の評価実験の評価基準を示す図表である。

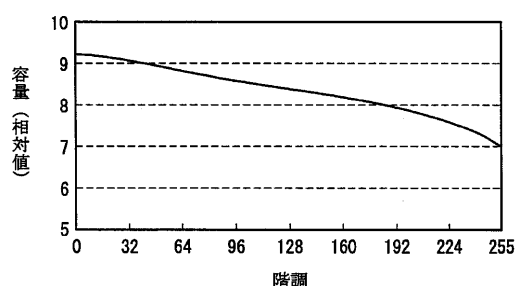
【図 4 2】映像の評価実験に用いた各ディスプレイの形態、各ディスプレイに設定されている輝度の誤差、および評価結果を示す図表である。

【図 4 3】階調と輝度との一般的な関係を示す図表である。

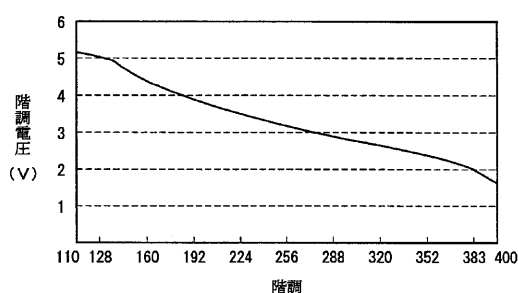
#### 【符号の説明】

10	液晶パネル
12	ソースドライバ（駆動部）
14	ゲートドライバ
16	ソースバスライン
18	走査ライン
20	TFT
22	液晶セル
24	負荷容量
26	共通電極
30	コントローラ
32	LUT メモリ（変換部、メモリ）
34	フレームメモリ（記憶部）
36	LUT メモリ（変換部、メモリ）
37	下位ビット変換部（変換部）
38	加算器（変換部）
40	変換演算回路（変換部）
42	第 1 LUT メモリ
44	第 2 LUT メモリ
46	第 3 LUT メモリ
48	演算器
50	書換え部
60	変換演算回路（変換部）
62	第 1 補間部
64	第 2 補間部
66	第 1 基準データメモリ
68	第 2 基準データメモリ
74 a	第 1 桁変換部（桁変換部）
74 b	第 1 桁変換部（桁変換部）
76	第 2 桁変換部（変換部）
78	ラインメモリ

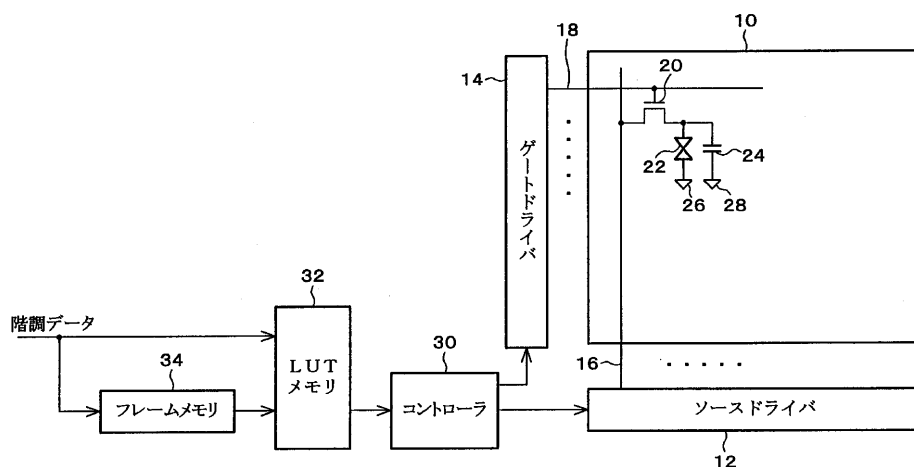
【図 5】



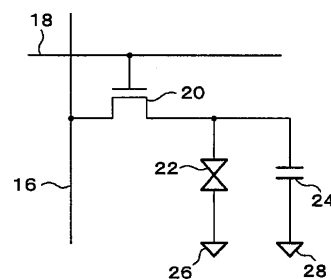
【図 1 2】



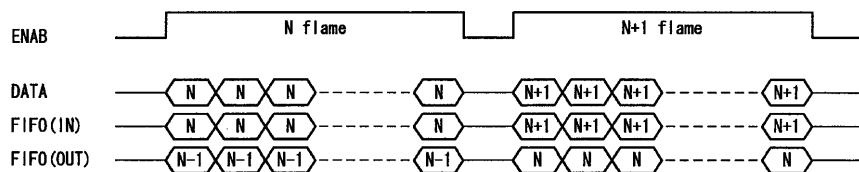
【図1】



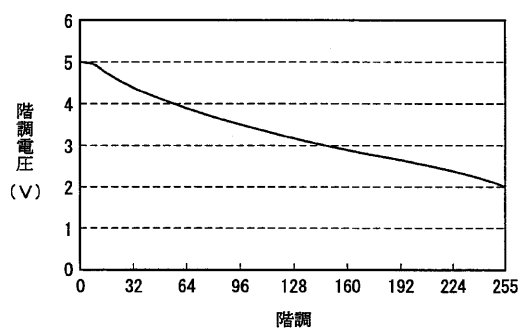
【図15】



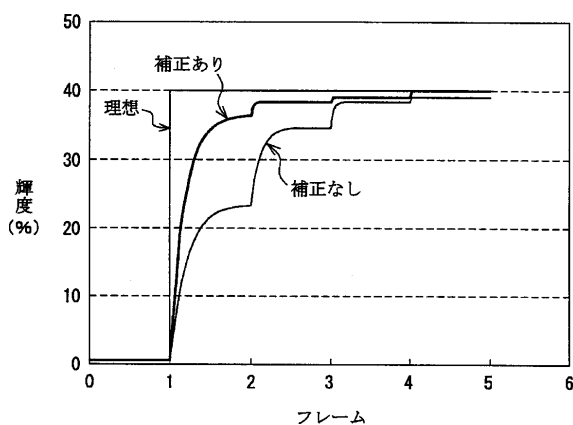
【図2】



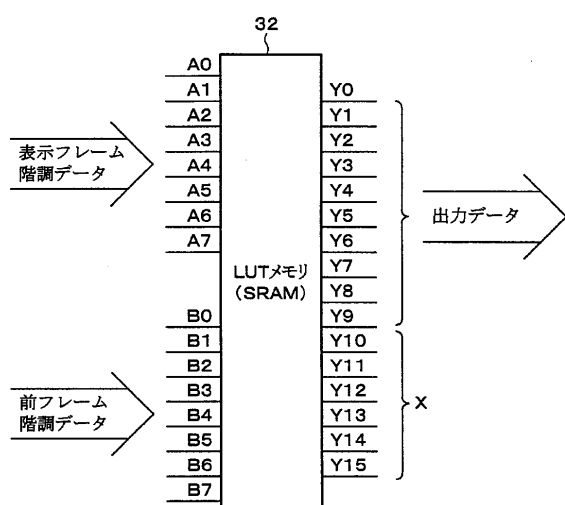
【図4】



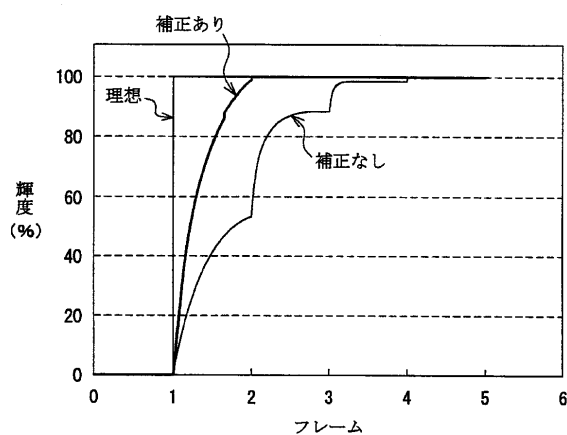
【図7】



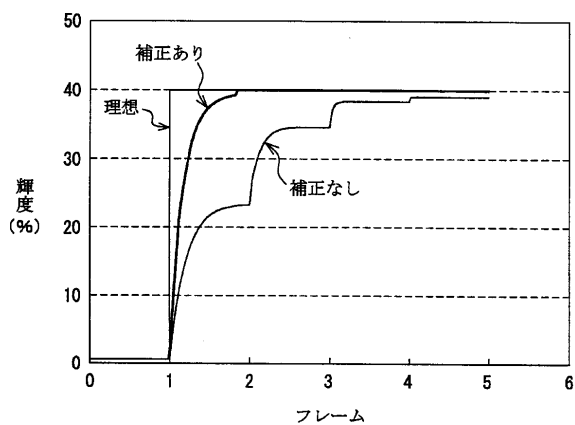
【図3】



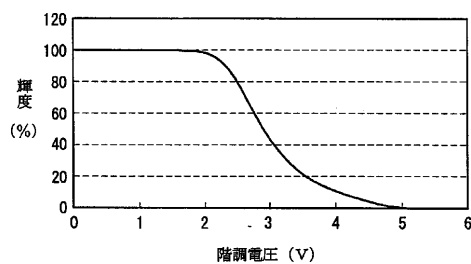
【図6】



【図8】



【図13】



【図9】

		表示フレーム階調データ								
		0	32	64	96	128	160	192	224	255
前フレーム階調データ	0	128	168	208	252	290	332	365	389	391
	32	127	160	203	246	285	327	361	389	391
	64	127	154	192	237	276	318	355	386	391
	96	126	149	184	224	267	309	347	382	390
	128	125	145	178	216	256	301	341	379	390
	160	124	140	172	209	247	288	333	373	390
	192	123	130	164	199	235	277	320	367	389
	224	121	127	153	187	221	262	305	352	389
	255	120	125	142	171	202	241	283	335	383



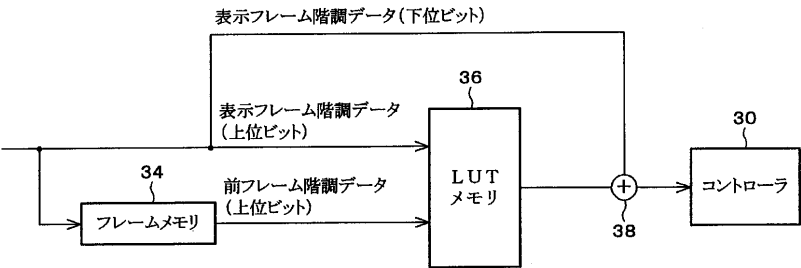
【図 10】

		表示フレーム階調データ								
		0	32	64	96	128	160	192	224	255
前フレーム階調データ	0	128	168	208	252	<u>295</u>	<u>335</u>	<u>371</u>	389	391
	32	127	160	203	246	285	<u>332</u>	<u>369</u>	389	391
	64	127	154	192	237	276	318	<u>365</u>	386	391
	96	126	149	184	224	267	309	347	382	390
	128	125	145	178	216	256	301	341	379	390
	160	124	140	172	209	247	288	333	373	390
	192	123	130	164	199	235	277	320	367	389
	224	121	127	153	187	221	262	305	352	389
	255	120	125	142	171	202	241	283	335	383

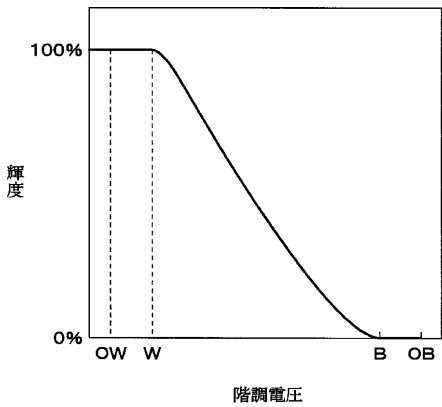
【図 11】

		表示フレーム階調データ								
		0	32	64	96	128	160	192	224	255
前フレーム階調データ	0	0	40	80	124	167	207	243	255	255
	32	0	32	75	118	157	204	241	255	255
	64	0	26	64	109	148	190	237	255	255
	96	0	21	56	96	139	181	219	254	255
	128	0	17	50	88	128	173	213	251	255
	160	0	12	44	81	119	160	205	245	255
	192	0	2	36	71	107	149	192	239	255
	224	0	0	25	59	93	134	177	224	255
	255	0	0	14	43	74	113	155	207	255

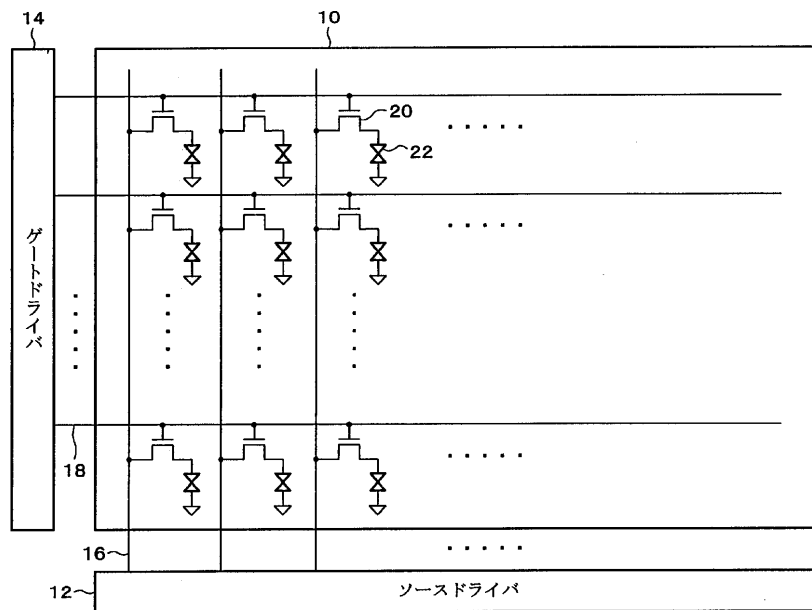
【図 16】



【図 31】



【図 14】



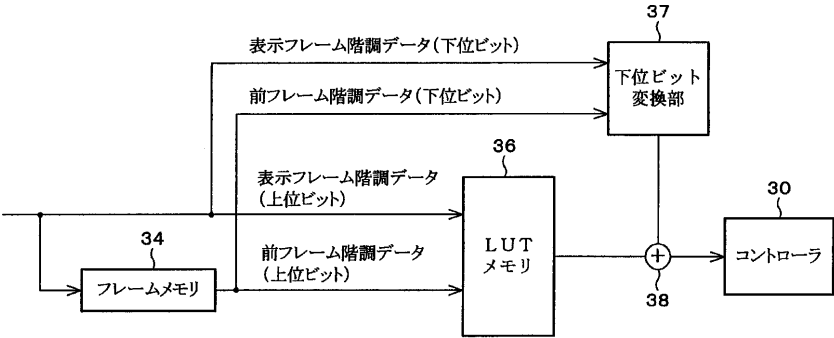
【図 17】

		表示フレーム階調データ							
		83	84	85	86	87	88	89	90
前フレーム 階調データ	244	22	23	23	24	25	26	27	29
	245	21	22	23	24	24	25	26	28
	246	20	22	22	23	24	24	25	28
	247	20	21	22	23	23	24	25	27
	248	19	20	21	22	23	23	24	26
	249	17	18	19	20	21	22	23	25
	250	0	0	3	5	6	7	8	12
	251	0	0	0	0	1	4	5	8
	252	0	0	0	0	0	0	0	5
	253	0	0	0	0	0	0	0	0
	254	0	0	0	0	0	0	0	0
	255	0	0	0	0	0	0	0	0

【図 18】

		表示フレーム階調データ							
		83	84	85	86	87	88	89	90
前フレーム階調データ	244	21	23	24	25	26	26	27	28
	245	21	23	24	25	26	26	27	28
	246	21	23	24	25	26	26	27	28
	247	21	23	24	25	26	26	27	28
	248	19	20	21	22	23	23	24	25
	249	19	20	21	22	23	23	24	25
	250	19	20	21	22	23	23	24	25
	251	19	20	21	22	23	23	24	25
	252	3	0	1	2	3	0	1	2
	253	3	0	1	2	3	0	1	2
	254	3	0	1	2	3	0	1	2
	255	3	0	1	2	3	0	1	2

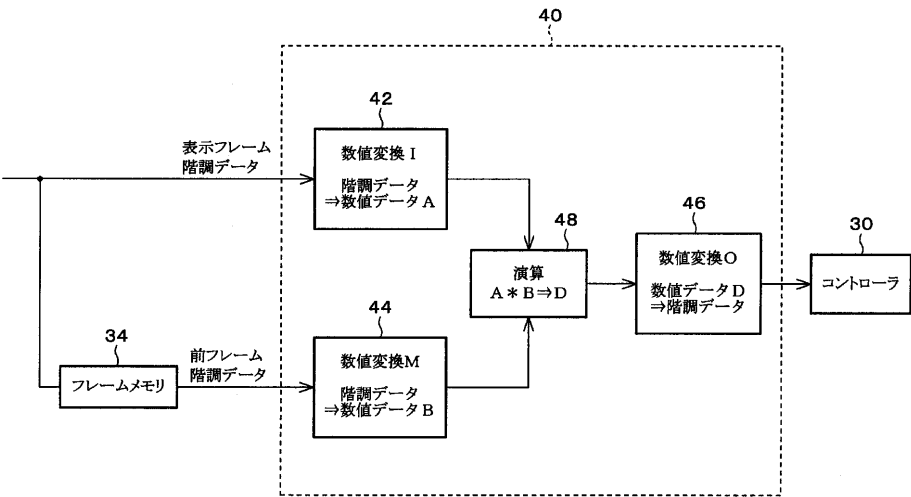
【図 19】



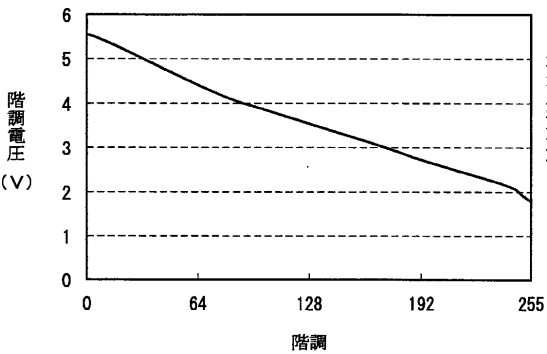
【図 37】

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0
④	a <sub>7</sub>	b <sub>6</sub>	c <sub>5</sub>	d <sub>4</sub>	e <sub>3</sub>	f <sub>2</sub>	g <sub>1</sub>	h <sub>0</sub>
⑤	—	—	F L <sub>5</sub>	v <sub>4</sub>	w <sub>3</sub>	x <sub>2</sub>	y <sub>1</sub>	z <sub>0</sub>
⑥	0 <sub>7</sub>	0 <sub>6</sub>	0 <sub>5</sub>	v <sub>4</sub>	w <sub>3</sub>	x <sub>2</sub>	y <sub>1</sub>	z <sub>0</sub>
⑦	v <sub>7</sub>	w <sub>6</sub>	x <sub>5</sub>	y <sub>4</sub>	z <sub>3</sub>	f <sub>2</sub>	g <sub>1</sub>	h <sub>0</sub>

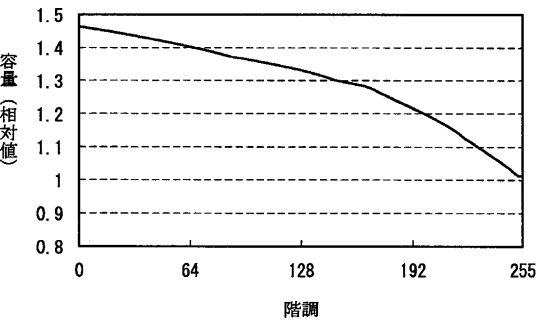
【図 20】



【図 21】



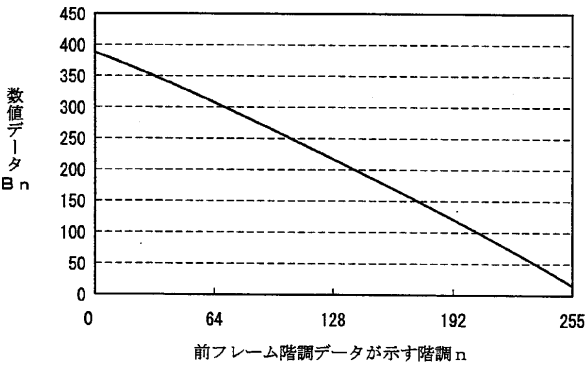
【図 22】



【図 23】

表示フレーム 階調データ m	数値データ A m
0	9 6 4
1	9 6 3
2	9 6 2
⋮	⋮
2 5 4	2 2 3
2 5 5	2 1 9

【図 27】



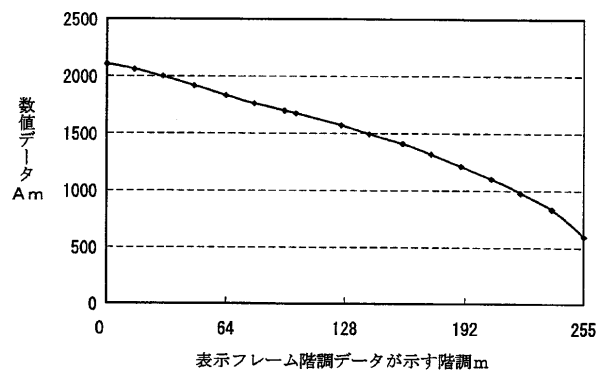
【図 24】

表示フレーム 階調データ $n$	数値データ $B_n$
0	0
1	1
2	2
⋮	⋮
254	2391
255	2403

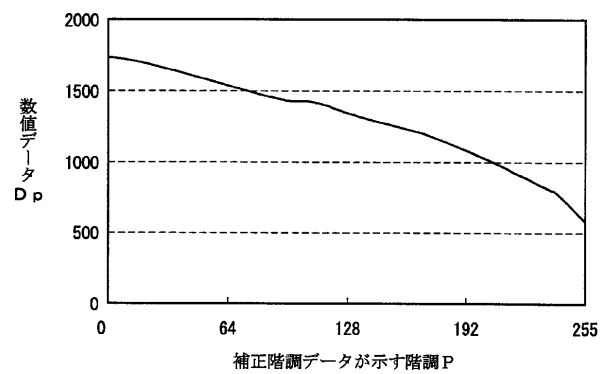
【図 25】

数値データ $D_p$	階調データ $P$
0	255
1	255
2	255
⋮	⋮
14514	255
14515	254
⋮	⋮
46875	254
⋮	⋮
3581537	1
⋮	⋮
3586098	1
3586097	0
⋮	⋮
6431127	0

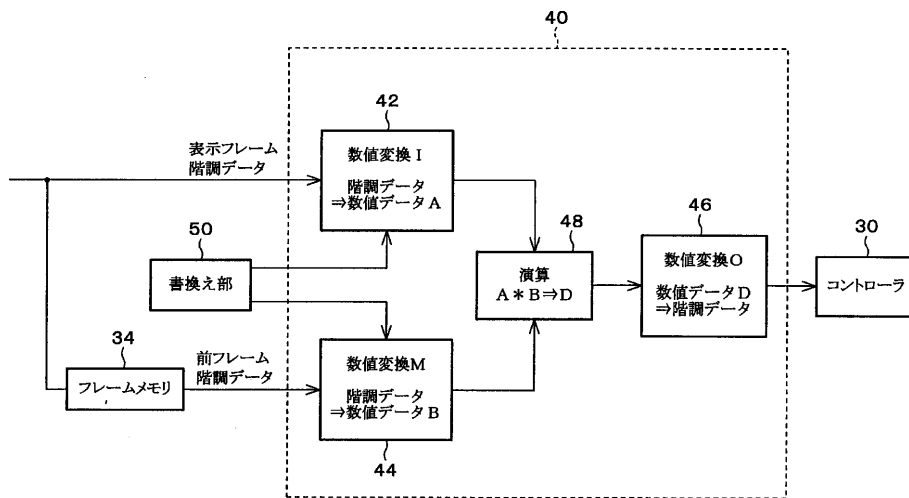
【図 26】



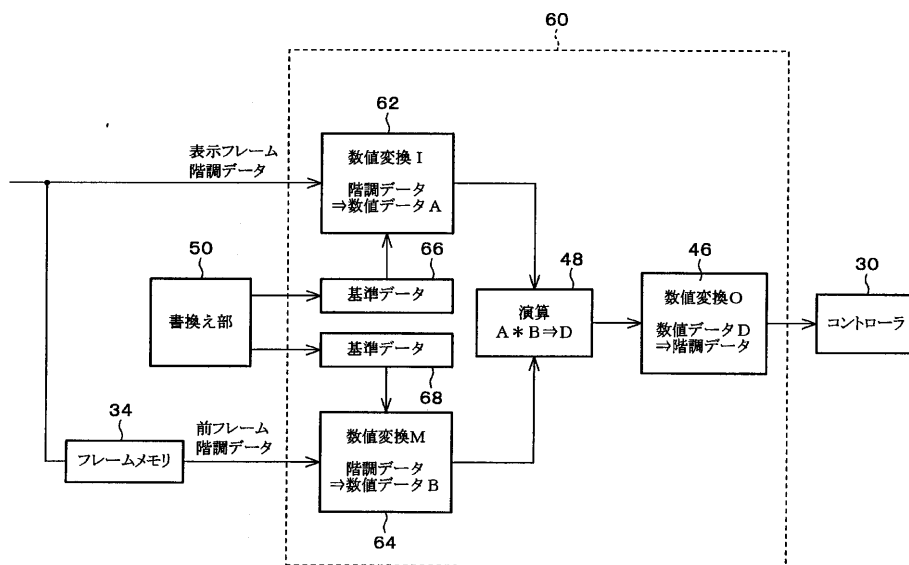
【図 28】



【図 29】



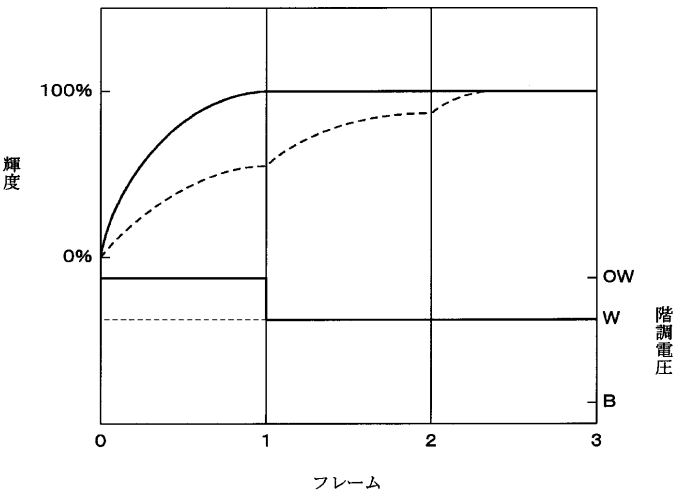
【図 30】



【図 36】

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0
①	A <sub>7</sub>	B <sub>6</sub>	C <sub>5</sub>	D <sub>4</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	H <sub>0</sub>
②	—	—	0 <sub>5</sub>	D <sub>4</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	H <sub>0</sub>
③	—	—	1 <sub>5</sub>	A <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	E <sub>0</sub>

【図 3 2】



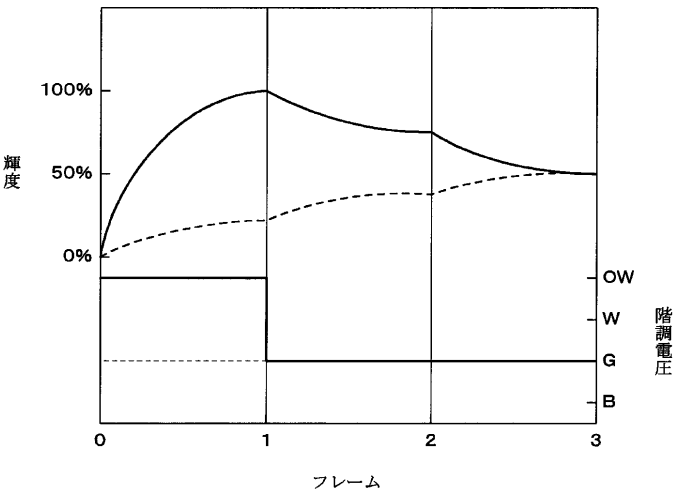
【図 4 1】

点数	評価基準
5	エッジぼけが分らない
4	エッジぼけが分かるが、気にならない
3	エッジぼけが気になるが、邪魔にならない
2	エッジぼけが邪魔になる
1	エッジぼけが非常に邪魔になる

【図 4 2】

番号	ディスプレイの形態	輝度の誤差	評価結果
1	20型液晶テレビ1	-30%~-20%	2.4
2	20型液晶テレビ2	-20%~-10%	2.8
3	20型液晶テレビ3	-10%~-5%	3.3
4	20型液晶テレビ4	-5%~0%	3.8
5	20型ブラウン管テレビ	0%	5.0
6	20型液晶テレビ5	0%~5%	3.9
7	20型液晶テレビ6	5%~10%	3.5
8	20型液晶テレビ7	10%~20%	2.7
9	20型液晶テレビ8	20%~30%	2.2

【図 3 3】



【図 3 8】

		表示フレーム階調データ
		6ビットデータ
前フレーム階調データ	6ビットデータ	6ビットデータ



【図 34】

		ビット							
		7	6	5	4	3	2	1	0
階 調	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2 5 5	1	1	1	1	1	1	1	1
	2 4 0	1	1	1	1	0	0	0	0
	2 5 5	1	1	1	1	1	1	1	1
	3 1	0	0	0	1	1	1	1	1
	1 6	0	0	0	1	0	0	0	0

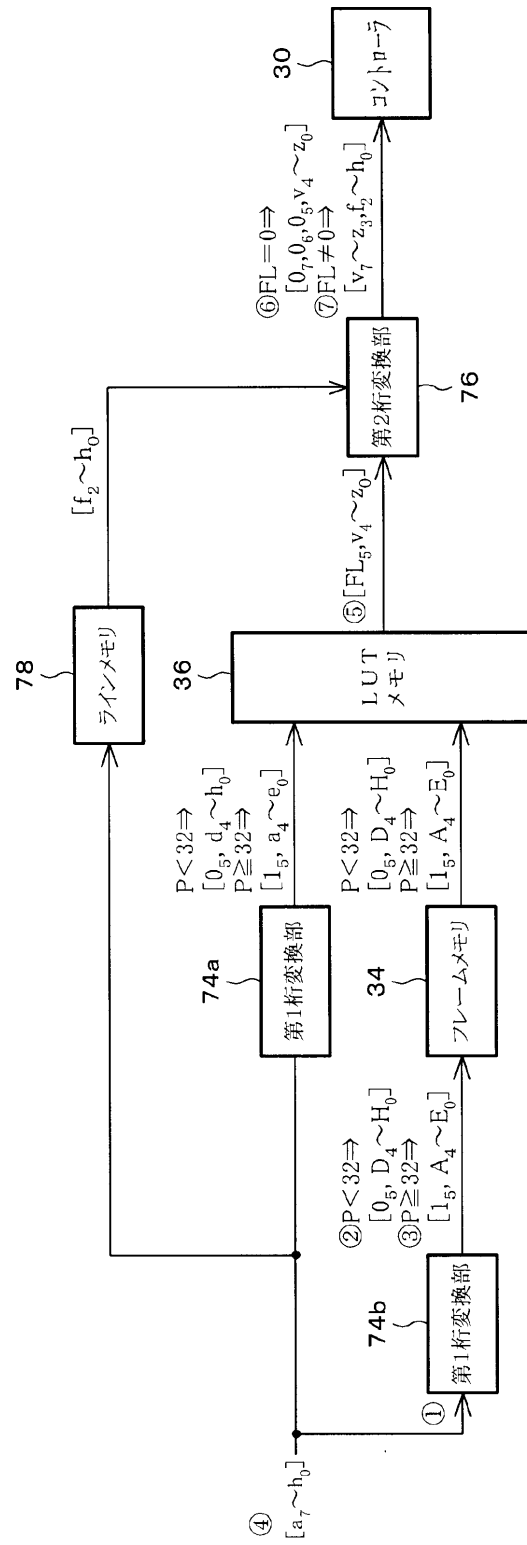
【図 39】

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0
①	A <sub>7</sub>	B <sub>6</sub>	C <sub>5</sub>	D <sub>4</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	H <sub>0</sub>
②'	—	—	0 <sub>5</sub>	C <sub>4</sub>	D <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>
③	—	—	1 <sub>5</sub>	A <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	E <sub>0</sub>

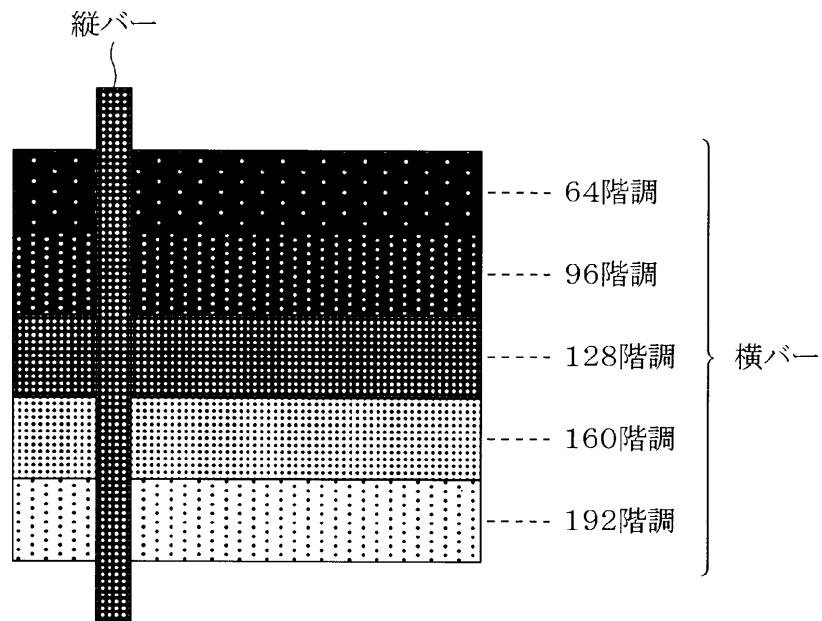
【図 43】

階 調	輝 度 ( % )
0	0 . 0 0
1 6	0 . 2 3
3 1	0 . 9 7
2 4 0	8 7 . 5 1
2 5 5	1 0 0 . 0 0

【図35】



【図 40】



フロントページの続き

(72)発明者 富沢 一成  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72)発明者 宮地 弘一  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72)発明者 陣田 章仁  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

F ターム(参考) 2H093 NA55 NC29 NC34 NC50 ND01  
ND06

5C006 AA16 AF04 AF44 AF46 BB16  
BC03 BC06 BC13 BC16 FA14  
FA19 FA56 GA03

5C080 AA10 BB05 DD08 DD30 EE29  
JJ02 JJ03 JJ04 JJ05

解决的问题：通过减少由于灰度变化引起的像素电极的电压变化来抑制灰度显示的偏移，并且在显示运动图像时改善图像质量。一种具有像素并通过基于灰度数据向每帧的每个像素，要显示的帧的灰度数据和紧接在前的像素施加灰度电压来执行灰度显示的液晶显示装置 输入帧的灰度数据，转换并输出要显示的帧的灰度数据，并且基于从LUT存储器32输出的转换后的灰度数据将灰度电压设置为像素。并且，在像素中包含的液晶单元22能够通过施加的灰度电压进行灰度显示，LUT存储器32包括要显示的帧的灰度数据和紧接其前的数据。由帧的灰度数据指定的要输出的灰度数据被预先存储为查找表。

