

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4509159号
(P4509159)

(45) 発行日 平成22年7月21日 (2010. 7. 21)

(24) 登録日 平成22年5月14日 (2010. 5. 14)

(51) Int. Cl.

F I

G09G 3/36 (2006.01)
G02F 1/133 (2006.01)
G09G 3/20 (2006.01)
G09G 3/34 (2006.01)
H04N 5/66 (2006.01)

G09G 3/36
 G02F 1/133 505
 G02F 1/133 535
 G09G 3/20 642K
 G09G 3/34 J

請求項の数 24 (全 102 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2007-252699 (P2007-252699)
 (22) 出願日 平成19年9月27日 (2007. 9. 27)
 (65) 公開番号 特開2009-86053 (P2009-86053A)
 (43) 公開日 平成21年4月23日 (2009. 4. 23)
 審査請求日 平成20年9月25日 (2008. 9. 25)

(73) 特許権者 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
 (74) 代理人 110000338
 特許業務法人原謙三国際特許事務所
 (72) 発明者 森末 尚志
 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 村松 剛司
 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 青木 淳
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 透過型液晶表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1画素が、赤（R）、緑（G）、青（B）、および白（W）の4サブピクセルに分割されている液晶パネルと、

発光輝度を制御可能な白色アクティブバックライトと、

入力画像である第1入力RGB信号に含まれる画素データのうち、輝度および彩度が高い画素データに対してその彩度低減処理を施すことで、該第1入力RGB信号を第2入力RGB信号に変換する彩度変換部と、

上記第2入力RGB信号にγ補正処理を施すことで、該第2入力RGB信号を第3入力RGB信号に変換するγ補正部と、

上記第3入力RGB信号から、上記液晶パネルの各画素におけるR、G、B、Wの各サブピクセルの透過率信号を生成するとともに、上記アクティブバックライトにおけるバックライト値を算出する出力信号生成部と、

上記出力信号生成部で生成された上記透過率信号をもとに液晶パネルを駆動制御する液晶パネル制御部と、

上記出力信号生成部で算出されたバックライト値に基づき、上記バックライトの発光輝度を制御するバックライト制御部とを備えていることを特徴とする透過型液晶表示装置。

【請求項 2】

1画素が、赤（R）、緑（G）、青（B）、および白（W）の4サブピクセルに分割されている液晶パネルと、

10

20

発光輝度を制御可能な白色アクティブバックライトと、

入力画像である第1入力RGB信号に含まれる画素データのうち、輝度および彩度が共に高い画素データに対して彩度低減処理および γ 補正処理をこの順序で施し、輝度および彩度の少なくとも一方が低い画素データに対して γ 補正処理を施すことで、該第1入力RGB信号を第3入力RGB信号に変換する彩度変換部と、

上記第3入力RGB信号から、上記液晶パネルの各画素におけるR、G、B、Wの各サブピクセルの透過率信号を生成するとともに、上記アクティブバックライトにおけるバックライト値を算出する出力信号生成部と、

上記出力信号生成部で生成された上記透過率信号をもとに液晶パネルを駆動制御する液晶パネル制御部と、

10

上記出力信号生成部で算出されたバックライト値に基づき、上記バックライトの発光輝度を制御するバックライト制御部とを備えていることを特徴とする透過型液晶表示装置。

【請求項3】

上記彩度変換部は、上記彩度低減処理が施される画素データにおいて、該彩度低減処理前後で、輝度及び色相を変化させずに彩度のみを低減することを特徴とする請求項1または2に記載の透過型液晶表示装置。

【請求項4】

上記彩度変換部は、彩度低減処理の度合を変更可能であることを特徴とする請求項1または2に記載の透過型液晶表示装置。

【請求項5】

20

上記彩度変換部は、

上記彩度低減処理を以下の(A)～(D)の手順によって行うことを特徴とする請求項1に記載の透過型液晶表示装置。

(A) バックライト上限値MAXwを(1)式により算出する。

$$\text{MAXw} = \text{MAX} \times \text{BlRatio} \quad \cdots (1)$$

ただし、

MAX：彩度低減処理を行わない場合のバックライト値の上限値
($\geq$ 入力RGB信号の全てのRGB値の最大値)

BlRatio：バックライト値設定率 ($0.5 \leq \text{BlRatio} \leq 1.0$)

(B) γ 補正後のRGB信号の最大・最小値 (maxRGBg , minRGBg) を(2), (3)式により算出する。

30

$$\text{maxRGBg} = f_g(\text{maxRGB}, \gamma) \quad \cdots (2)$$

$$\text{minRGBg} = f_g(\text{minRGB}, \gamma) \quad \cdots (3)$$

ただし、

$$\text{maxRGB} = \max(R[i], G[i], B[i])$$

$$\text{minRGB} = \min(R[i], G[i], B[i])$$

$R[i], G[i], B[i]$ ($i = 1, 2, \dots, N_p$)：第1入力RGB信号における注目画素のRGB値

N_p ：入力画像の画素数

$\max(A, B, \dots)$ ：A, B, ... の最大値

40

$\min(A, B, \dots)$ ：A, B, ... の最小値

γ ： γ 係数 (> 0)

$f_g(x, g)$ ： γ 補正関数

(C) 以下の手順で彩度変換率 α を算出する。

以下の(4)式が満たされる場合は、以下の(5)式を満たす α を算出する。

$$\text{MAXw} < \text{maxRGBg} - \text{minRGBg} \quad \cdots (4)$$

$$f_g(\alpha \times \text{maxRGB} + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) - f_g(\alpha \times \text{minRGB} + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) = \text{MAXw} \quad \cdots (5)$$

ただし、

$Y[i]$ ：入力RGB信号 ($R[i], G[i], B[i]$) の輝度

50

(4)式が満たされない場合は、 $\alpha = 1$ に設定する。

(D) 彩度変換後RGB信号 ($R_s[i]$, $G_s[i]$, $B_s[i]$) を(6)~(8)式により算出する。

$$R_s[i] = \alpha \times R[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots(6)$$

$$G_s[i] = \alpha \times G[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots(7)$$

$$B_s[i] = \alpha \times B[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots(8)$$

【請求項6】

上記彩度変換部は、

上記彩度低減処理を以下の(A)~(C)の手順によって行うことを特徴とする請求項1に記載の透過型液晶表示装置。

10

(A) バックライト上限値MAXwを(1)式により算出する。

$$MAXw = MAX \times BlRatio \quad \cdots(1)$$

ただし、

MAX：彩度低減処理を行わない場合のバックライト値の上限値

($\geq$ 入力RGB信号の全てのRGB値の最大値)

BlRatio：バックライト値設定率 ($0.5 \leq BlRatio \leq 1.0$)

以下の(B)~(C)の手順を入力画像内の画素数だけ繰り返す。

(B) 以下の(5)式を満たす α を算出する。

$$fg(\alpha \times \max RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) - fg(\alpha \times \min RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) = MAXw \quad \cdots(5)$$

20

ただし、

$\max RGB = \max(R[i], G[i], B[i])$

$\min RGB = \min(R[i], G[i], B[i])$

$R[i], G[i], B[i]$ ($i = 1, 2, \dots, Np$)：第1入力RGB信号における注目画素のRGB値

Np ：入力画像の画素数

$\max(A, B, \dots)$ ：A, B, ... の最大値

$\min(A, B, \dots)$ ：A, B, ... の最小値

γ ： γ 係数 (> 0)

$fg(x, g)$ ： γ 補正関数

30

$Y[i]$ ：入力RGB信号 ($R[i], G[i], B[i]$) の輝度

(C) 彩度変換後RGB信号 ($R_s[i]$, $G_s[i]$, $B_s[i]$) を(6)~(8)式により算出する。

$$R_s[i] = \alpha \times R[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots(6)$$

$$G_s[i] = \alpha \times G[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots(7)$$

$$B_s[i] = \alpha \times B[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots(8)$$

【請求項7】

上記彩度変換部は、

上記彩度低減処理を以下の(A)~(D)の手順によって行うことを特徴とする請求項1に記載の透過型液晶表示装置。

40

(A) バックライト上限値MAXwを(1)式により算出する。

$$MAXw = MAX \times BlRatio \quad \cdots(1)$$

ただし、

MAX：彩度低減処理を行わない場合のバックライト値の上限値

($\geq$ 入力RGB信号の全てのRGB値の最大値)

BlRatio：バックライト値設定率 ($0.5 \leq BlRatio \leq 1.0$)

以下の(B)~(D)の手順を入力画像内の画素数だけ繰り返す。

(B) 以下の(5)式を満たす α を算出する。

$$fg(\alpha \times \max RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) - fg(\alpha \times \min RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) = MAXw \quad \cdots(5)$$

50

ただし、

$$\max RGB = \max (R[i], G[i], B[i])$$

$$\min RGB = \min (R[i], G[i], B[i])$$

$R[i], G[i], B[i]$ ($i = 1, 2, \dots, Np$) : 第1入力RGB信号における注目画素のRGB値

Np : 入力画像の画素数

$\max (A, B, \dots)$: $A, B, \dots$ の最大値

$\min (A, B, \dots)$: $A, B, \dots$ の最小値

γ : γ 係数 (> 0)

$fg(x, g)$: γ 補正関数

$Y[i]$: 入力RGB信号 ($R[i], G[i], B[i]$) の輝度

10

(C) 上記(B)にて求められた α が、 $\alpha < 0$ のときには $\alpha = 0$ に設定し、 $1 < \alpha$ のときには $\alpha = 1$ に設定する。

(D) 彩度変換後RGB信号 ($Rs[i], Gs[i], Bs[i]$) を(6)~(8)式により算出する。

$$Rs[i] = \alpha \times R[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \dots(6)$$

$$Gs[i] = \alpha \times G[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \dots(7)$$

$$Bs[i] = \alpha \times B[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \dots(8)$$

【請求項8】

上記彩度変換部は、

20

上記彩度低減処理および γ 補正処理を以下の(A)~(C)の手順によって行うことを特徴とする請求項2に記載の透過型液晶表示装置。

(A) バックライト上限値 $MAXw$ を(1)式により算出する。

$$MAXw = MAX \times BlRatio \quad \dots(1)$$

ただし、

MAX : 彩度低減処理を行わない場合のバックライト値の上限値
($\geq$ 入力RGB信号の全てのRGB値の最大値)

$BlRatio$: バックライト値設定率 ($0.5 \leq BlRatio \leq 1.0$)

(B) γ 補正後のRGB信号 ($Rg[i], Gg[i], Bg[i]$) を(101)~(103)式により算出する。

30

$$Rg[i] = fg(R[i], \gamma) \quad \dots(101)$$

$$Gg[i] = fg(G[i], \gamma) \quad \dots(102)$$

$$Bg[i] = fg(B[i], \gamma) \quad \dots(103)$$

ただし、

$R[i], G[i], B[i]$ ($i = 1, 2, \dots, Np$) : 第1入力RGB信号における注目画素のRGB値

Np : 入力画像の画素数

γ : γ 係数 (> 0)

$fg(x, g)$: γ 補正関数

(C) 以下の手順で、第3入力RGB信号 ($Rsg[i], Gsg[i], Bsg[i]$) を求める。

40

以下の(4)式が満たされる場合は、以下の(5)式を満たす α を算出する。

$$MAXw < \max RGBg - \min RGBg \quad \dots(4)$$

$$fg(\alpha \times \max RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) - fg(\alpha \times \min RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) = MAXw \quad \dots(5)$$

ただし、

$$\max RGBg = \max (Rg[i], Gg[i], Bg[i])$$

$$\min RGBg = \min (Rg[i], Gg[i], Bg[i])$$

$Y[i]$: 入力RGB信号 ($R[i], G[i], B[i]$) の輝度

求まった α を用いて、第1入力RGB信号に彩度変換処理を施してなる第2入力RGB

50

信号を求め、さらに、第2入力RGB信号に γ 補正処理を施してなる第3入力RGB信号を求める。

(4)式が満たされない場合は、下記の式を用いて、第3RGB信号($Rsg[i]$, $Gsg[i]$, $Bsg[i]$)を、ステップ(B)で求められた γ 補正後RGB信号と同じにする

$$Rsg[i] = Rg[i]$$

$$Gsg[i] = Gg[i]$$

$$Bsg[i] = Bg[i]$$

【請求項9】

上記彩度変換部は、

10

以下の(A)～(B)の手順によって彩度変換率 α を算出することを特徴とする請求項5または8に記載の透過型液晶表示装置。

(A) γ カーブ正規化折れ線近似を行なうため、(9), (10)式を用いて折れ線端点座標を算出し、(11), (12)式を用いて正規化折れ線の傾き・切片を算出する。この時、(9), (10)式については j を0から Ndg まで繰り返し、(11), (12)式については j を0から $Ndg-1$ まで繰り返す。

$$x[j] = j / Ndg \quad \cdots (9)$$

$$y[j] = x[j]^\gamma \quad \cdots (10)$$

$$a[j] = (y[j+1] - y[j]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \cdots (11)$$

$$b[j] = (x[j+1] \times y[j] - x[j] \times y[j+1]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \cdots (12)$$

20

ただし、

Ndg : γ カーブ正規化折れ線分割数 (> 0)

$x[j]$: γ カーブ正規化折れ線端点の x 座標 ($0 \leq j \leq Ndg$)

$y[j]$: γ カーブ正規化折れ線端点の y 座標 ($0 \leq j \leq Ndg$)

$a[j]$: γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の傾き ($0 \leq j < Ndg$)

$b[j]$: γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の切片 ($0 \leq j < Ndg$)

(B) 上記(4)式を満たす画素に対して、以下の手順で α を算出する。以下の処理では、 j を $jMin$ から $kMax$ まで繰り返し、 k を j から $kMax$ まで繰り返す。

まず、(13)式によって α 候補値 αt を算出する。

30

$$\alpha t = \{MAXw - (a[k] - a[j]) \times Y[i] - (b[k] - b[j]) \times MAX\} / \{a[k] \times (maxRGB - Y[i]) - a[j] \times (minRGB - Y[i])\} \quad \cdots (13)$$

α 候補値 αt が $0 \leq \alpha t < 1$ の範囲内にある場合、(14)式を用いて、 α 算出判定値($judge$)を算出する。

$$judge = |fg(\alpha t \times maxRGB + (1 - \alpha t) \times Y[i], \gamma) - fg(\alpha t \times minRGB + (1 - \alpha t) \times Y[i], \gamma) - MAXw| \quad \cdots (14)$$

さらに、 α 更新判定の初回、あるいは $judge < judgeMin$ の場合は、(15)および(16)式を用いて、 α 及び α 算出判定値最小値($judgeMin$)を更新する。

40

$$\alpha = \alpha t \quad \cdots (15)$$

$$judgeMin = judge \quad \cdots (16)$$

ただし、

$judgeMin$: α 算出判定値最小値

$jMin$: $minRGB$ に対応する γ カーブ正規化折れ線区間インデックス

($x[jMin] \leq minRGB / MAX < x[jMin+1]$)

$kMax$: $maxRGB$ に対応する γ カーブ正規化折れ線区間インデックス

($x[kMax] < maxRGB / MAX \leq x[kMax+1]$)

($0 \leq jMin \leq kMax < Ndg$)

50

【請求項10】

上記彩度変換部は、

以下の(A)～(B)の手順によって彩度変換率 α を算出することを特徴とする請求項6または7に記載の透過型液晶表示装置。

(A) γ カーブ正規化折れ線近似を行なうため、(9)、(10)式を用いて折れ線端点座標を算出し、(11)、(12)式を用いて正規化折れ線の傾き・切片を算出する。この時、(9)、(10)式については j を0から Ndg まで繰り返し、(11)、(12)式については j を0から $Ndg-1$ まで繰り返す。

$$x[j] = j / Ndg \quad \cdots (9)$$

$$y[j] = x[j]^\gamma \quad \cdots (10)$$

$$a[j] = (y[j+1] - y[j]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \cdots (11)$$

$$b[j] = (x[j+1] \times y[j] - x[j] \times y[j+1]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \cdots (12)$$

ただし、

Ndg ： γ カーブ正規化折れ線分割数 (> 0)

$x[j]$ ： γ カーブ正規化折れ線端点の x 座標 ($0 \leq j \leq Ndg$)

$y[j]$ ： γ カーブ正規化折れ線端点の y 座標 ($0 \leq j \leq Ndg$)

$a[j]$ ： γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の傾き ($0 \leq j < Ndg$)

$b[j]$ ： γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の切片 ($0 \leq j < Ndg$)

(B) 入力画像の各画素に対して、以下の手順で α を算出する。以下の処理では、 j を0から $Ndg-1$ まで繰り返し、 k を j から $Ndg-1$ まで繰り返す。

まず、(13)式によって α 候補値 α_t を算出する。ただし、分母が0のときは、 α_t は任意の値とする。

$$\alpha_t = \{MAXw - (a[k] - a[j]) \times Y[i] - (b[k] - b[j]) \times MAX\} / \{a[k] \times (maxRGB - Y[i]) - a[j] \times (minRGB - Y[i])\} \quad \cdots (13)$$

次に、彩度変換後の入力RGB信号の最大・最小値 ($maxRGBst$, $minRGBst$) を(17)、(18)式によって算出する。

$$maxRGBst = max(\alpha_t \times maxRGB + (1 - \alpha_t) \times Y[i], 0) \quad \cdots (17)$$

$$minRGBst = min(\alpha_t \times maxRGB + (1 - \alpha_t) \times Y[i], MAX) \quad \cdots (18)$$

次に、(19)式によって α 算出判定値 ($judge$) を算出する。

$$judge = |fg(maxRGBst, \gamma) - fg(minRGBst, \gamma) - MAXw| \quad \cdots (19)$$

さらに、 α 更新判定の初回、あるいは $judge < judgeMin$ の場合は、(15)および(16)式を用いて、 α 及び α 算出判定値最小値 ($judgeMin$) を更新する。

$$\alpha = \alpha_t \quad \cdots (15)$$

$$judgeMin = judge \quad \cdots (16)$$

ただし、

$judgeMin$ ： α 算出判定値最小値

$jMin$ ： $minRGB$ に対応する γ カーブ正規化折れ線区間インデックス ($x[jMin] \leq minRGB / MAX < x[jMin+1]$)

$kMax$ ： $maxRGB$ に対応する γ カーブ正規化折れ線区間インデックス ($x[kMax] < maxRGB / MAX \leq x[kMax+1]$) ($0 \leq jMin \leq kMax < Ndg$)

【請求項11】

上記彩度変換部は、

以下の(A)～(B)の手順によって彩度変換率 α を算出することを特徴とする請求項5また

10

20

30

40

50

は 8 に記載の透過型液晶表示装置。

(A) γ カーブ正規化折れ線近似を行なうため、(9)、(10)式を用いて折れ線端点座標を算出し、(11)、(12)式を用いて正規化折れ線の傾き・切片を算出する。この時、(9)、(10)式については j を 0 から Ndg まで繰り返し、(11)、(12)式については j を 0 から $Ndg - 1$ まで繰り返す。

$$x[j] = j / Ndg \quad \cdots (9)$$

$$y[j] = x[j]^\gamma \quad \cdots (10)$$

$$a[j] = (y[j+1] - y[j]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \cdots (11)$$

$$b[j] = (x[j+1] \times y[j] - x[j] \times y[j+1]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \cdots (12) \quad 10$$

ただし、

Ndg : γ カーブ正規化折れ線分割数 (> 0)

$x[j]$: γ カーブ正規化折れ線端点の x 座標 ($0 \leq j \leq Ndg$)

$y[j]$: γ カーブ正規化折れ線端点の y 座標 ($0 \leq j \leq Ndg$)

$a[j]$: γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の傾き ($0 \leq j < Ndg$)

$b[j]$: γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の切片 ($0 \leq j < Ndg$)

(B) 上記(4)式を満たす画素に対して、以下の手順で α を算出する。以下の処理では、 j を $jMin$ から $kMax$ まで繰り返し、 k を $kMax$ から j まで、あるいは j から $kMax$ まで繰り返す。

まず、(20)式によって現時点での α を算出する。

20

$$\alpha = \{MAXw - (a[k] - a[j]) \times Y[i] - (b[k] - b[j]) \times MAX\} / \{a[k] \times (maxRGB - Y[i]) - a[j] \times (minRGB - Y[i])\} \quad \cdots (20)$$

(20)式で求められた α が $0 \leq \alpha < 1$ の範囲内にある場合、(21)式を用いて、 α 算出判定値 ($judge$) を算出する。

$$judge = |fg(\alpha \times maxRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) - fg(\alpha \times minRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) - MAXw| \quad \cdots (21)$$

$judge \leq judgeTol$ であれば、 α の算出を終了する。

30

ただし、

$judgeTol$: 彩度変換率算出判定用閾値 (> 0)

また、 $judge \leq judgeTol$ を満たすことなく、所定のループを終了した場合はエラーとする。

【請求項 12】

上記彩度変換部は、

以下の(A)～(B)の手順によって彩度変換率 α を算出することを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の透過型液晶表示装置。

(A) γ カーブ正規化折れ線近似を行なうため、(9)、(10)式を用いて折れ線端点座標を算出し、(11)、(12)式を用いて正規化折れ線の傾き・切片を算出する。この時、(9)、(10)式については j を 0 から Ndg まで繰り返し、(11)、(12)式については j を 0 から $Ndg - 1$ まで繰り返す。

40

$$x[j] = j / Ndg \quad \cdots (9)$$

$$y[j] = x[j]^\gamma \quad \cdots (10)$$

$$a[j] = (y[j+1] - y[j]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \cdots (11)$$

$$b[j] = (x[j+1] \times y[j] - x[j] \times y[j+1]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \cdots (12)$$

ただし、

Ndg : γ カーブ正規化折れ線分割数 (> 0)

$x[j]$: γ カーブ正規化折れ線端点の x 座標 ($0 \leq j \leq Ndg$)

50

$y[j]$: γ カーブ正規化折れ線端点の y 座標 ($0 \leq j \leq Nd g$)

$a[j]$: γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の傾き ($0 \leq j < Nd g$)

$b[j]$: γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の切片 ($0 \leq j < Nd g$)

(B) 入力画像の各画素に対して、以下の手順で α を算出する。以下の処理では、 j を0から $Nd g - 1$ まで繰り返し、 k を $Nd g - 1$ から j まで、あるいは j から $Nd g - 1$ まで繰り返す。

まず、(20)式によって現時点での α を算出する。ただし、分母が0のとき、 α は任意の値とする。

$$\alpha = \{MAXw - (a[k] - a[j]) \times Y[i] - (b[k] - b[j]) \times MAX\} / \{a[k] \times (maxRGB - Y[i]) - a[j] \times (minRGB - Y[i])\} \quad \cdots (20) \quad 10$$

次に、彩度変換後の入力RGB信号の最大・最小値 ($maxRGBst$, $minRGBst$) を(22), (23)式によって算出する。

$$maxRGBs = max(\alpha \times maxRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], 0) \quad \cdots (22)$$

$$minRGBs = min(\alpha \times maxRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], MAX) \quad \cdots (23)$$

次に、(24)式によって α 算出判定値 ($judge$) を算出する。

$$judge = |fg(maxRGBs, \gamma) - fg(minRGBs, \gamma) - MAXw| \quad \cdots (24) \quad 20$$

$judge \leq judgeTol$ となれば、 α の算出を終了する。

$judge \leq judgeTol$ を満たすことなくループ処理が終了すれば、 $\alpha = 1$ に設定する。

ただし、

$judgeTol$: 彩度変換率算出判定用閾値 (> 0)

【請求項13】

上記彩度変換部は、

上記(4)式を満たす画素に対して、以下の(A)～(D)の手順によって彩度変換率 α を算出することを特徴とする請求項5または8に記載の透過型液晶表示装置。 30

(A) 二分探索用彩度変換率下限値 low 及び上限値 $high$ を、 $low = 0$ および $high = 1$ に初期化する。

$low + alphaTol \leq high$ の間、あるいは決められた回数だけ、以下の(B)～(D)の手順を繰り返す。

ただし、

$alphaTol$: 彩度変換率 α 算出ループ判定用閾値 (> 0)

(B) (25)式によって現時点での α を算出する。

$$\alpha = (low + high) / 2 \quad \cdots (25)$$

(C) 次に、(26)式を用いて、 α 算出判定値 ($judgeSi$) を算出する。

$$judgeSi = fg(\alpha \times maxRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) - fg(\alpha \times minRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) - MAXw \quad \cdots (26) \quad 40$$

(D) $judgeSi < -judgeTol$ の場合、 low を現時点での α に更新する。 $judgeTol < judgeSi$ の場合、 $high$ を現時点での α に更新する。 $-judgeTol \leq judgeSi \leq judgeTol$ の場合は、 α の算出を終了する。

(E) $-judgeTol \leq judgeSi \leq judgeTol$ を満たすことなく、所定のループを終了した場合はエラーとする。

【請求項14】

上記彩度変換部は、

入力画像の各画素に対して、以下の(A)～(E)の手順によって彩度変換率 α を算出するこ 50

とを特徴とする請求項6または7に記載の透過型液晶表示装置。

(A) 二分探索用彩度変換率下限値 low 及び上限値 $high$ を、 $low = 0$ および $high = 1$ に初期化する。

$low + alphaTol \leq high$ の間、あるいは決められた回数だけ、以下の(B)～(D)の手順を繰り返す。

ただし、

$alphaTol$: 彩度変換率 α 算出ループ判定用閾値 (> 0)

(B) (25)式によって現時点での α を算出する。

$$\alpha = (low + high) / 2 \quad \cdots (25)$$

(C) 次に、(26)式を用いて、 α 算出判定値 ($judgeSi$) を算出する。

$$\begin{aligned} judgeSi = & fg(\alpha \times maxRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) \\ & - fg(\alpha \times minRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) \\ & - MAXw \quad \cdots (26) \end{aligned}$$

(D) $judgeSi < -judgeTol$ の場合、 low を現時点での α に更新する。 $judgeTol < judgeSi$ の場合、 $high$ を現時点での α に更新する。 $-judgeTol \leq judgeSi \leq judgeTol$ の場合は、 α の算出を終了する。

(E) $-judgeTol \leq judgeSi \leq judgeTol$ を満たすことなく、所定のループを終了した場合は、その時点で α の算出を終了する。

【請求項15】

上記彩度変換部は、

上記(4)式を満たす画素に対して、以下の(A)～(E)の手順によって彩度変換率 α を算出することを特徴とする請求項5または8に記載の透過型液晶表示装置。

(A) 処理に用いる各変数を以下のように初期化する。

$\alpha prev$: ($0 \leq \alpha prev \leq 1$ を満たす任意の定数)

$maxRGBn = maxRGB / MAX$

$minRGBn = minRGB / MAX$

$Yn = Y[i] / MAX$

$MAXwn = MAXw / MAX$

$overFlag = FALSE$

$underFlag = FALSE$

ただし、

$\alpha prev$: 彩度変換率前回値

$maxRGBn$: 正規化されたRGB信号の最大値

$minRGBn$: 正規化されたRGB信号の最小値

Yn : 正規化された輝度信号

$MAXwn$: 正規化されたバックライト上限値

$overFlag$: $\alpha > 1$ の範囲外補正を行ったかどうかの指標

$underFlag$: $\alpha < 0$ の範囲外補正を行ったかどうかの指標

$FALSE$: 「偽」を表す論理値

以下の(B)～(E)の手順を決められた回数だけ繰り返す。

(B) (27)式を用いて、現時点での α を算出する。

$$\alpha = \alpha prev - g(\alpha prev) / g'(\alpha prev) \quad \cdots (27)$$

ただし、

$$\begin{aligned} g(x) = & (x \times maxRGBn + (1 - x) \times Yn)^\gamma \\ & - (x \times minRGBn + (1 - x) \times Yn)^\gamma - MAXwn \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g'(x) = & \gamma \times (maxRGBn - Yn) \\ & \times (x \times maxRGBn + (1 - x) \times Yn)^{(\gamma - 1)} \\ & - \gamma \times (minRGBn - Yn) \\ & \times (x \times minRGBn + (1 - x) \times Yn)^{(\gamma - 1)} \end{aligned}$$

(C) 以下の(28)式が満たされる場合は、 α 算出処理を終了する。

$$|\alpha - \alpha_{prev}| < \alpha Tol \quad \dots (28)$$

ただし、

αTol : α 算出閾値 (> 0)

(D) (28)式が満たされず、 $\alpha < 0$ である場合は、 $\alpha = 0$ に設定すると共に、

$underFlag = FALSE$ であれば、 $underFlag = TRUE$ に設定してから(E)のステップに移り、

$underFlag = TRUE$ であればエラーとする。

また、(28)式が満たされず、 $\alpha > 1$ である場合は、 $\alpha = 1$ に設定すると共に、

$overFlag = FALSE$ であれば、 $overFlag = TRUE$ に設定してから(E)のステップに移り、

$overFlag = TRUE$ であればエラーとする。

ただし、

$TRUE$: 「真」を表す論理値

(E) (29)式を用いて、 α_{prev} を、そのときの α の値に更新する。

$$\alpha_{prev} = \alpha \quad \dots (29)$$

【請求項16】

上記彩度変換部は、

入力画像の各画素に対して、以下の(A)～(E)の手順によって彩度変換率 α を算出することを特徴とする請求項6または7に記載の透過型液晶表示装置。

(A) 処理に用いる各変数を以下のように初期化する。

α_{prev} = 任意の定数

$maxRGBn = maxRGB / MAX$

$minRGBn = minRGB / MAX$

$Yn = Y[i] / MAX$

$MAXwn = MAXw / MAX$

$overFlag = FALSE$

$underFlag = FALSE$

ただし、

α_{prev} : 彩度変換率前回値

$maxRGBn$: 正規化されたRGB信号の最大値

$minRGBn$: 正規化されたRGB信号の最小値

Yn : 正規化された輝度信号

$MAXwn$: 正規化されたバックライト上限値

$overFlag$: $\alpha > 1$ の範囲外補正を行ったかどうかの指標

$underFlag$: $\alpha < 0$ の範囲外補正を行ったかどうかの指標

$FALSE$: 「偽」を表す論理値

以下の(B)～(E)の手順を決められた回数だけ繰り返す。

(B) (27)式を用いて、現時点での α を算出する。ただし、 $g'(\alpha_{prev}) = 0$ のとき、 α は任意の値とする。

$$\alpha = \alpha_{prev} - g(\alpha_{prev}) / g'(\alpha_{prev}) \quad \dots (27)$$

ただし、

$$g(x) = (x \times maxRGBn + (1-x) \times Yn)^\gamma - (x \times minRGBn + (1-x) \times Yn)^\gamma - MAXwn$$

$$g'(x) = \gamma \times (maxRGBn - Yn) \times (x \times maxRGBn + (1-x) \times Yn)^{(\gamma-1)} - \gamma \times (minRGBn - Yn) \times (x \times minRGBn + (1-x) \times Yn)^{(\gamma-1)}$$

(C) 以下の(28)式が満たされる場合は、 α 算出処理を終了する。

$$|\alpha - \alpha_{prev}| < \alpha Tol \quad \dots (28)$$

ただし、

10

20

30

40

50

$\alpha T o l$: α 算出閾値 (> 0)

(D) (28)式が満たされず、 $\alpha < 0$ である場合は、 $\alpha = 0$ に設定すると共に、

$u n d e r F l a g = F A L S E$ であれば、 $u n d e r F l a g = T R U E$ に設定してから(E)のステップに移り、

$u n d e r F l a g = T R U E$ であれば、 α 算出処理を終了する。

また、(28)式が満たされず、 $\alpha > 1$ である場合は、 $\alpha = 1$ に設定すると共に、

$o v e r F l a g = F A L S E$ であれば、 $o v e r F l a g = T R U E$ に設定してから(E)のステップに移り、

$o v e r F l a g = T R U E$ であれば、 α 算出処理を終了する。

ただし、

$T R U E$: 「真」を表す論理値

(E) (29)式を用いて、 $\alpha p r e v$ を、そのときの α の値に更新する。

$$\alpha p r e v = \alpha \quad \cdots (29)$$

【請求項17】

上記彩度変換部は、

上記(4)式を満たす画素に対して、以下の(A)～(B)の手順によって彩度変換率 α を算出することを特徴とする請求項5または8に記載の透過型液晶表示装置。

(A) (30)～(32)式を用いて、 α 算出用係数 (a , b , c) を算出する。

$$a = (m a x R G B - m i n R G B)$$

$$\times (m a x R G B + m i n R G B - 2 \times Y [i]) \quad \cdots (30)$$

$$b = Y [i] \times (m a x R G B - m i n R G B) \quad \cdots (31)$$

$$c = -M A X w \times M A X \quad \cdots (32)$$

(B) $a = 0$ の場合は(33)式を用いて α を算出し、 $a \neq 0$ の場合は(34)式を用いて α を算出する。

$$\alpha = -c / (2 \times b) \quad \cdots (33)$$

$$\alpha = (-b + \sqrt{d}) / a \quad \cdots (34)$$

但し、

$$d = b^2 - a \times c$$

【請求項18】

上記彩度変換部は、

入力画像の各画素に対して、以下の(A)～(B)の手順によって彩度変換率 α を算出することを特徴とする請求項6または7に記載の透過型液晶表示装置。

(A) (30)～(32)式を用いて、 α 算出用係数 (a , b , c) を算出する。

$$a = (m a x R G B - m i n R G B)$$

$$\times (m a x R G B + m i n R G B - 2 \times Y [i]) \quad \cdots (30)$$

$$b = Y [i] \times (m a x R G B - m i n R G B) \quad \cdots (31)$$

$$c = -M A X w \times M A X \quad \cdots (32)$$

(B) $a = 0$, $b \neq 0$ の場合は(33)式を用いて α を算出し、 $a \neq 0$ の場合は(34)式を用いて α を算出し、 $a = 0$, $b = 0$ の場合は α は任意の値とする。

$$\alpha = -c / (2 \times b) \quad \cdots (33)$$

$$\alpha = (-b + \sqrt{d}) / a \quad \cdots (34)$$

但し、

$$d = b^2 - a \times c$$

【請求項19】

上記出力信号生成部は、

以下の(A)の手順により、各Wサブピクセルの透過量 ($W t s g [i]$) を算出するW透過量算出部と、

以下の(B)の手順により、各RGBサブピクセルの透過量 ($R t s g [i]$, $G t s g [i]$, $B t s g [i]$) を算出するRGB透過量算出部と、

以下の(C)の手順により、バックライト値 ($W b s g$) を算出するバックライト値算出

10

20

30

40

50

部と、

以下の(D)の手順により、各RGBWサブピクセルの透過率($rsg[i]$, $gsg[i]$, $bsg[i]$, $wsg[i]$)を算出する透過率算出部とを備えていることを特徴とする請求項1または2に記載の透過型液晶表示装置。

(A) W透過量($Wts g[i]$)を、

$$Wts g[i] = \min(\max RGBsg / 2, \min RGBsg)$$

の式により算出する。

ただし、

$$\max RGBsg = \max(Rsg[i], Gsg[i], Bsg[i])$$

$$\min RGBsg = \min(Rsg[i], Gsg[i], Bsg[i])$$

10

とする。

(B) RGB透過量($Rts g[i]$, $Gts g[i]$, $Bts g[i]$)を、

$$Rts g[i] = Rsg[i] - Wts g[i]$$

$$Gts g[i] = Gsg[i] - Wts g[i]$$

$$Bts g[i] = Bsg[i] - Wts g[i]$$

の式により算出する。

(C) バックライト値($Wbs g$)を、

$$Wbs g = \max(Rts g[1], Gts g[1], Bts g[1], Wts g[1],$$

20

...

$$Rts g[Np], Gts g[Np], Bts g[Np], Wts g[Np])$$

の式により算出する。

(D) RGBW透過率($rsg[i]$, $gsg[i]$, $bsg[i]$, $wsg[i]$)を、

$$rsg[i] = Rts g[i] / Wbs g$$

$$gsg[i] = Gts g[i] / Wbs g$$

$$bsg[i] = Bts g[i] / Wbs g$$

$$wsg[i] = Wts g[i] / Wbs g$$

の式により算出する。

30

ただし、 $Wbs = 0$ の時、 $rsg[i] = gsg[i] = bsg[i] = wsg[i] = 0$ とする。

【請求項20】

上記液晶パネルに対して複数のアクティブバックライトを備え、

各アクティブバックライトに対応する領域毎に、液晶パネルの透過率制御およびバックライトのバックライト値制御を行うことを特徴とする請求項1ないし19の何れかに記載の透過型液晶表示装置。

【請求項21】

1画素が、赤(R)、緑(G)、青(B)、および白(W)の4サブピクセルに分割されている液晶パネルと、発光輝度を制御可能な白色アクティブバックライトとを備えた透過型液晶表示装置を制御するためのコンピュータに、

40

入力画像である第1入力RGB信号に含まれる画素データのうち、輝度および彩度が高い画素データに対して、以下の(A)~(D)の手順によって彩度低減処理を施すことで、該第1入力RGB信号を第2入力RGB信号に変換する彩度変換ステップと、

上記第2入力RGB信号に γ 補正処理を施すことで、該第2入力RGB信号を第3入力RGB信号に変換する γ 補正ステップと、

上記第3入力RGB信号から、上記液晶パネルの各画素におけるR、G、B、Wの各サブピクセルの透過率信号を生成するとともに、上記アクティブバックライトにおけるバックライト値を算出する出力信号生成ステップとを含む処理を実行させるための制御プログラム。

50

(A) バックライト上限値 $MAXw$ を(1)式により算出する。

$$MAXw = MAX \times BlRatio \quad \cdots (1)$$

ただし、

MAX : 彩度低減処理を行わない場合のバックライト値の上限値
($\geq$ 入力 RGB 信号の全ての RGB 値の最大値)

$BlRatio$: バックライト値設定率 ($0.5 \leq BlRatio \leq 1.0$)

(B) γ 補正後の RGB 信号の最大・最小値 ($maxRGBg$, $minRGBg$) を(2), (3)式により算出する。

$$maxRGBg = fg(maxRGB, \gamma) \quad \cdots (2)$$

$$minRGBg = fg(minRGB, \gamma) \quad \cdots (3)$$

ただし、

$$maxRGB = max(R[i], G[i], B[i])$$

$$minRGB = min(R[i], G[i], B[i])$$

$R[i], G[i], B[i]$ ($i = 1, 2, \dots, Np$) : 第 1 入力 RGB 信号における注目画素の RGB 値

Np : 入力画像の画素数

$max(A, B, \dots)$: $A, B, \dots$ の最大値

$min(A, B, \dots)$: $A, B, \dots$ の最小値

γ : γ 係数 (> 0)

$fg(x, g)$: γ 補正関数

(C) 以下の手順で彩度変換率 α を算出する。

以下の(4)式が満たされる場合は、以下の(5)式を満たす α を算出する。

$$MAXw < maxRGBg - minRGBg \quad \cdots (4)$$

$$fg(\alpha \times maxRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) - fg(\alpha \times minRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) = MAXw \quad \cdots (5)$$

ただし、

$Y[i]$: 入力 RGB 信号 ($R[i], G[i], B[i]$) の輝度

(4)式が満たされない場合は、 $\alpha = 1$ に設定する。

(D) 彩度変換後 RGB 信号 ($Rs[i], Gs[i], Bs[i]$) を(6)~(8)式により算出する。

$$Rs[i] = \alpha \times R[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots (6)$$

$$Gs[i] = \alpha \times G[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots (7)$$

$$Bs[i] = \alpha \times B[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots (8)$$

【請求項 22】

1 画素が、赤 (R)、緑 (G)、青 (B)、および白 (W) の 4 サブピクセルに分割されている液晶パネルと、発光輝度を制御可能な白色アクティブバックライトとを備えた透過型液晶表示装置を制御するためのコンピュータに、

入力画像である第 1 入力 RGB 信号に含まれる画素データのうち、輝度および彩度が高い画素データに対して、以下の(A)~(C)の手順によって彩度低減処理を施すことで、該第 1 入力 RGB 信号を第 2 入力 RGB 信号に変換する彩度変換ステップと、

上記第 2 入力 RGB 信号に γ 補正処理を施すことで、該第 2 入力 RGB 信号を第 3 入力 RGB 信号に変換する γ 補正ステップと、

上記第 3 入力 RGB 信号から、上記液晶パネルの各画素における R, G, B, W の各サブピクセルの透過率信号を生成するとともに、上記アクティブバックライトにおけるバックライト値を算出する出力信号生成ステップとを含む処理を実行させるための制御プログラム。

(A) バックライト上限値 $MAXw$ を(1)式により算出する。

$$MAXw = MAX \times BlRatio \quad \cdots (1)$$

ただし、

MAX : 彩度低減処理を行わない場合のバックライト値の上限値

10

20

30

40

50

($\geq$ 入力RGB信号の全てのRGB値の最大値)

$B l R a t i o$: バックライト値設定率 ($0.5 \leq B l R a t i o \leq 1.0$)

以下の(B)~(C)の手順を入力画像内の画素数だけ繰り返す。

(B) 以下の(5)式を満たす α を算出する。

$$\frac{f g(\alpha \times \max RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma)}{-f g(\alpha \times \min RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma)} = M A X w \quad \cdots (5)$$

ただし、

$$\max RGB = \max(R[i], G[i], B[i])$$

$$\min RGB = \min(R[i], G[i], B[i])$$

$R[i], G[i], B[i]$ ($i = 1, 2, \dots, N p$) : 第1入力RGB信号における注目画素のRGB値

$N p$: 入力画像の画素数

$\max(A, B, \dots)$: $A, B, \dots$ の最大値

$\min(A, B, \dots)$: $A, B, \dots$ の最小値

γ : γ 係数 (> 0)

$f g(x, g)$: γ 補正関数

$Y[i]$: 入力RGB信号 ($R[i], G[i], B[i]$) の輝度

(C) 彩度変換後RGB信号 ($R s[i], G s[i], B s[i]$) を(6)~(8)式により算出する。

$$R s[i] = \alpha \times R[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots (6)$$

$$G s[i] = \alpha \times G[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots (7)$$

$$B s[i] = \alpha \times B[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots (8)$$

【請求項23】

1画素が、赤(R)、緑(G)、青(B)、および白(W)の4サブピクセルに分割されている液晶パネルと、発光輝度を制御可能な白色アクティブバックライトとを備えた透過型液晶表示装置を制御するためのコンピュータに、

入力画像である第1入力RGB信号に含まれる画素データのうち、輝度および彩度が高い画素データに対して、以下の(A)~(D)の手順によって彩度低減処理を施すことで、該第1入力RGB信号を第2入力RGB信号に変換する彩度変換ステップと、

上記第2入力RGB信号に γ 補正処理を施すことで、該第2入力RGB信号を第3入力RGB信号に変換する γ 補正ステップと、

上記第3入力RGB信号から、上記液晶パネルの各画素におけるR、G、B、Wの各サブピクセルの透過率信号を生成するとともに、上記アクティブバックライトにおけるバックライト値を算出する出力信号生成ステップとを含む処理を実行させるための制御プログラム。

(A) バックライト上限値 $M A X w$ を(1)式により算出する。

$$M A X w = M A X \times B l R a t i o \quad \cdots (1)$$

ただし、

$M A X$: 彩度低減処理を行わない場合のバックライト値の上限値

($\geq$ 入力RGB信号の全てのRGB値の最大値)

$B l R a t i o$: バックライト値設定率 ($0.5 \leq B l R a t i o \leq 1.0$)

以下の(B)~(D)の手順を入力画像内の画素数だけ繰り返す。

(B) 以下の(5)式を満たす α を算出する。

$$\frac{f g(\alpha \times \max RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma)}{-f g(\alpha \times \min RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma)} = M A X w \quad \cdots (5)$$

ただし、

$$\max RGB = \max(R[i], G[i], B[i])$$

$$\min RGB = \min(R[i], G[i], B[i])$$

$R[i], G[i], B[i]$ ($i = 1, 2, \dots, N p$) : 第1入力RGB信号における注目画素のRGB値

10

20

30

40

50

N_p : 入力画像の画素数

$\max(A, B, \dots)$: $A, B, \dots$ の最大値

$\min(A, B, \dots)$: $A, B, \dots$ の最小値

γ : γ 係数 (> 0)

$f_g(x, g)$: γ 補正関数

$Y[i]$: 入力 RGB 信号 ($R[i], G[i], B[i]$) の輝度

(C) 上記(B)にて求められた α が、 $\alpha < 0$ のときには $\alpha = 0$ に設定し、 $1 < \alpha$ のときには $\alpha = 1$ に設定する。

(D) 彩度変換後 RGB 信号 ($R_s[i], G_s[i], B_s[i]$) を(6)~(8)式により算出する。

$$R_s[i] = \alpha \times R[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots (6)$$

$$G_s[i] = \alpha \times G[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots (7)$$

$$B_s[i] = \alpha \times B[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots (8)$$

【請求項 24】

1画素が、赤 (R)、緑 (G)、青 (B)、および白 (W) の4サブピクセルに分割されている液晶パネルと、発光輝度を制御可能な白色アクティブバックライトとを備えた透過型液晶表示装置を制御するためのコンピュータに、

入力画像である第1入力 RGB 信号に含まれる画素データのうち、輝度および彩度が高い画素データに対して、以下の(A)~(C)の手順によって彩度低減処理を施すことで、該第1入力 RGB 信号を第2入力 RGB 信号に変換する彩度変換ステップと、

上記第2入力 RGB 信号に γ 補正処理を施すことで、該第2入力 RGB 信号を第3入力 RGB 信号に変換する γ 補正ステップと、

上記第3入力 RGB 信号から、上記液晶パネルの各画素における R, G, B, W の各サブピクセルの透過率信号を生成するとともに、上記アクティブバックライトにおけるバックライト値を算出する出力信号生成ステップとを含む処理を実行させるための制御プログラム。

(A) バックライト上限値 MAX_w を(1)式により算出する。

$$MAX_w = MAX \times BlRatio \quad \cdots (1)$$

ただし、

MAX : 彩度低減処理を行わない場合のバックライト値の上限値

($\geq$ 入力 RGB 信号の全ての RGB 値の最大値)

$BlRatio$: バックライト値設定率 ($0.5 \leq BlRatio \leq 1.0$)

(B) γ 補正後の RGB 信号 ($R_g[i], G_g[i], B_g[i]$) を(101)~(103)式により算出する。

$$R_g[i] = f_g(R[i], \gamma) \quad \cdots (101)$$

$$G_g[i] = f_g(G[i], \gamma) \quad \cdots (102)$$

$$B_g[i] = f_g(B[i], \gamma) \quad \cdots (103)$$

ただし、

$R[i], G[i], B[i]$ ($i = 1, 2, \dots, N_p$) : 第1入力 RGB 信号における注目画素の RGB 値

N_p : 入力画像の画素数

γ : γ 係数 (> 0)

$f_g(x, g)$: γ 補正関数

(C) 以下の手順で、第3入力 RGB 信号 ($R_{sg}[i], G_{sg}[i], B_{sg}[i]$) を求める。

以下の(4)式が満たされる場合は、以下の(5)式を満たす α を算出する。

$$MAX_w < \max RGB_g - \min RGB_g \quad \cdots (4)$$

$$f_g(\alpha \times \max RGB_g + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma)$$

$$- f_g(\alpha \times \min RGB_g + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) = MAX_w \quad \cdots (5)$$

ただし、

10

20

30

40

50

$$\max RGBg = \max (Rg[i], Gg[i], Bg[i])$$

$$\min RGBg = \min (Rg[i], Gg[i], Bg[i])$$

$Y[i]$: 入力RGB信号 ($R[i]$, $G[i]$, $B[i]$) の輝度

求まった α を用いて、第1入力RGB信号に彩度変換処理を施してなる第2入力RGB信号を求め、さらに、第2入力RGB信号に γ 補正処理を施してなる第3入力RGB信号を求める。

(4)式が満たされない場合は、下記の式を用いて、第3RGB信号 ($Rs_g[i]$, $Gs_g[i]$, $Bs_g[i]$) を、ステップ(B)で求められた γ 補正後RGB信号と同じにする

$$Rs_g[i] = Rg[i]$$

$$Gs_g[i] = Gg[i]$$

$$Bs_g[i] = Bg[i]$$

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、バックライトと液晶パネルから構成される透過型液晶表示装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

カラーディスプレイには様々な種類があり、それぞれ実用化がなされている。薄型ディスプレイを大別すると、PDP（プラズマディスプレイパネル）のような自発光型ディスプレイと、LCD（液晶ディスプレイ）に代表される非発光型ディスプレイとに分類される。非発光型ディスプレイであるLCDでは、液晶パネルの背面側にバックライトを配置する透過型LCDが知られている。

【0003】

図41は、透過型LCDの一般的な構造を示す断面図である。この透過型LCDは、液晶パネル200の背面にバックライト210を配置している。液晶パネル200は、一对の透明基板201、202の間に液晶層203を配置し、一对の透明基板201、202の外側には偏光板204、205を備えた構成となっている。また、液晶パネル200内にカラーフィルタ206を備えることでカラー表示が可能となる。

【0004】

図示は省略するが、透明基板201、202の内側には、電極層および配向膜が形成されており、液晶層203への印加電圧を制御することによって、液晶パネル200を透過する光の透過量が画素ごとに制御される。すなわち、透過型LCDは、バックライト210からの照射光を液晶パネル200で透過量制御を行うことによって表示制御を行う。

【0005】

バックライト210は、カラーディスプレイに必要なRGB三色の波長を含む光を照射するものであり、カラーフィルタ206との組み合わせによって、RGBの各色の光の透過率をそれぞれ調整することで、画素としての輝度や色相を任意に設定することが可能である。このようなバックライト210は、エレクトロ・ルミネッセンス (EL)、冷陰極管 (CCFL)、発光ダイオード (LED) などの白色光源が一般的に使用されている。

【0006】

液晶パネル200においては、図42に示すように、複数の画素がマトリクス状に配置され、各画素は通常3つのサブピクセルから構成される。それぞれのサブピクセルは、カラーフィルタ206における赤色 (R)、緑色 (G)、および青色 (B) のフィルタ層が対応するように配置される。以下、それぞれのサブピクセルをRサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルと呼ぶことにする。

【0007】

R, G, Bの各サブピクセルは、バックライト210から発生された白色光の中で、該当波長帯 (すなわち、赤色、緑色、青色) の光を選択的に透過させ、他の波長帯の光は吸

10

20

30

40

50

収する。

【0008】

上記構成の透過型LCDにおいてバックライト210から照射される光は、液晶パネル200の各画素において透過量制御されるため、当然ながら液晶パネル200によって吸収される光が生じる。また、カラーフィルタ206においても、R、G、Bの各サブピクセルは、バックライト210から発生された白色光の中で、該当波長帯以外の光を吸収する。このように、一般的な透過型LCDでは、液晶パネルやカラーフィルタによる光の吸収量が多くバックライトからの照射光の利用効率が低いため、バックライトにおける消費電力が大きくなるといった課題がある。

【0009】

このような透過型LCDの消費電力を削減する技術として、表示画像に応じて発光輝度を調整可能なアクティブバックライトを用いる方法が知られている（例えば、特許文献1）。

【0010】

すなわち、特許文献1には、輝度調整可能なアクティブバックライトを用い、LCDの表示制御（輝度制御）を、液晶パネルの透過率とアクティブバックライトの輝度制御とによって行い、バックライトの消費電力の低減を図る技術が開示されている。

【0011】

特許文献1においては、バックライトの輝度は入力画像（入力信号）における最大輝度値に一致するように制御される。そして、液晶パネルの透過率は、その時のバックライトの輝度に合わせて透過率を調整される。

【0012】

この時、入力信号の最大値となるサブピクセルの透過率は100%となり、また、その他のサブピクセルの透過率もバックライト値によって計算された100%以下の値となる。よって、画像全体が暗い時にはバックライトを暗くし、バックライトの消費電力を少なくすることができる。

【0013】

このように、特許文献1では、入力画像の入力信号RGBを基にバックライトの明るさを必要最小限に抑え、かつバックライトを暗くした分、液晶の透過率を上げているため、液晶パネルによって吸収される光量を減らし、バックライトの消費電力を削減することができる。

【特許文献1】特開平11-65531号公報（平成11年（1999）3月9日公開）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

しかしながら、上記従来の構成では、液晶パネルによって吸収される光量を減らすことでバックライトの消費電力削減を図ることはできるものの、カラーフィルタによって吸収される光量を減らすことはできない。このため、カラーフィルタによって吸収される光量を減らすことができれば、消費電力のさらなる削減効果を得ることができる。

【0015】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、液晶パネルのみならずカラーフィルタによって吸収される光量をも減らし、消費電力のさらなる削減を達成できる透過型液晶表示装置を実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明に係る透過型液晶表示装置は、上記課題を解決するために、1画素が、赤（R）、緑（G）、青（B）、および白（W）の4サブピクセルに分割されている液晶パネルと、発光輝度を制御可能な白色アクティブバックライトと、入力画像である第1入力RGB信号に含まれる画素データのうち、輝度および彩度が高い画素データに対してその彩度低減処理を施すことで、該第1入力RGB信号を第2入力RGB信号に変換する彩度変換部

10

20

30

40

50

と、上記第2入力RGB信号に γ 補正処理施すことで、該第2入力RGB信号を第3入力RGB信号に変換する γ 補正部と、上記第3入力RGB信号から、上記液晶パネルの各画素におけるR、G、B、Wの各サブピクセルの透過率信号を生成するとともに、上記アクティブバックライトにおけるバックライト値を算出する出力信号生成部と、上記出力信号生成部で生成された上記透過率信号をもとに液晶パネルを駆動制御する液晶パネル制御部と、上記出力信号生成部で算出されたバックライト値に基づき、上記バックライトの発光輝度を制御するバックライト制御部とを備えていることを特徴としている。

【0017】

あるいは、本発明に係る他の透過型液晶表示装置は、上記課題を解決するために、1画素が、赤(R)、緑(G)、青(B)、および白(W)の4サブピクセルに分割されている液晶パネルと、発光輝度を制御可能な白色アクティブバックライトと、入力画像である第1入力RGB信号に含まれる画素データのうち、輝度および彩度が共に高い画素データに対して彩度低減処理および γ 補正処理をこの順序で施し、輝度および彩度の少なくとも一方が低い画素データに対して γ 補正処理を施すことで、該第1入力RGB信号を第3入力RGB信号に変換する彩度変換部と、上記第3入力RGB信号から、上記液晶パネルの各画素におけるR、G、B、Wの各サブピクセルの透過率信号を生成するとともに、上記アクティブバックライトにおけるバックライト値を算出する出力信号生成部と、上記出力信号生成部で生成された上記透過率信号をもとに液晶パネルを駆動制御する液晶パネル制御部と、上記出力信号生成部で算出されたバックライト値に基づき、上記バックライトの発光輝度を制御するバックライト制御部とを備えていることを特徴としている。

【0018】

上記の構成によれば、1画素が、R、G、B、Wの4サブピクセルに分割されている液晶パネルを用いることにより、R、G、Bの各色成分の一部をフィルタ吸収による光量損失が無い(もしくは少ない)Wサブピクセルに振り分けることができる。これにより、カラーフィルタによる光量吸収を減らし、これに応じてバックライト値を下げることで透過型液晶表示装置における消費電力の削減を実現できる。

【0019】

さらに、原入力である第1入力RGB信号に対して彩度低減処理を施してからバックライト値およびRGBW透過率を算出することで、バックライト値をより確実に低減させることができる。

【0020】

また、上記彩度低減処理と γ 補正処理とでは、彩度低減処理の後に γ 補正処理が行なわれる。彩度低減処理と γ 補正処理とを逆の順序で行う場合では、処理の前後で輝度が変化するが、彩度低減処理の後に γ 補正処理が行なわれることで、処理の前後で輝度が維持される。

【0021】

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記彩度変換部は、上記彩度低減処理が施される画素データにおいて、該彩度低減処理前後で、輝度及び色相を変化させずに彩度のみを低減する構成とすることが好ましい。

【0022】

上記の構成によれば、人間の視覚特性に対して影響の大きい輝度及び色相を変化させずに、視覚特性に対して影響の小さい彩度のみを低減することで、上記彩度低減処理に伴う画質劣化を抑制することができる。

【0023】

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記彩度変換部は、彩度低減処理の度合を変更可能である構成とすることが好ましい。

【0024】

上記の構成によれば、彩度低減処理による消費電力削減効果と、彩度低減処理に伴う画質劣化とのバランスを、ユーザが選択的に設定することができる。

【0025】

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記彩度変換部は、上記彩度低減処理を以下の(A)～(D)の手順によって行う構成とすることができる。

(A) バックライト上限値 $MAXw$ を(1)式により算出する。

【0026】

$$MAXw = MAX \times BlRatio \quad \cdots (1)$$

ただし、

MAX ：彩度低減処理を行わない場合のバックライト値の上限値
($\geq$ 入力RGB信号の全てのRGB値の最大値)

$BlRatio$ ：バックライト値設定率 ($0.5 \leq BlRatio \leq 1.0$)

(B) γ 補正後のRGB信号の最大・最小値 ($maxRGBg, minRGBg$)を(2), (10 3)式により算出する。

【0027】

$$maxRGBg = fg(maxRGB, \gamma) \quad \cdots (2)$$

$$minRGBg = fg(minRGB, \gamma) \quad \cdots (3)$$

ただし、

$$maxRGB = max(R[i], G[i], B[i])$$

$$minRGB = min(R[i], G[i], B[i])$$

$R[i], G[i], B[i]$ ($i = 1, 2, \dots, Np$)：第1入力RGB信号に
おける注目画素のRGB値

Np ：入力画像の画素数

20

$max(A, B, \dots)$ ： $A, B, \dots$ の最大値

$min(A, B, \dots)$ ： $A, B, \dots$ の最小値

γ ： γ 係数 (> 0)

$fg(x, g)$ ： γ 補正関数

(C) 以下の手順で彩度変換率 α を算出する。

【0028】

以下の(4)式が満たされる場合は、以下の(5)式を満たす α を算出する。

【0029】

$$MAXw < maxRGBg - minRGBg \quad \cdots (4)$$

$$fg(\alpha \times maxRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) - fg(\alpha \times minRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) = MAXw \quad \cdots (5)$$

30

ただし、

$Y[i]$ ：入力RGB信号 ($R[i], G[i], B[i]$)の輝度

(4)式が満たされない場合は、 $\alpha = 1$ に設定する。

(D) 彩度変換後RGB信号 ($Rs[i], Gs[i], Bs[i]$)を(6)～(8)式により算出する。

【0030】

$$Rs[i] = \alpha \times R[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots (6)$$

$$Gs[i] = \alpha \times G[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots (7)$$

$$Bs[i] = \alpha \times B[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots (8)$$

40

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記彩度変換部は、上記彩度低減処理を以下の(A)～(C)の手順によって行う構成とすることができる。

(A) バックライト上限値 $MAXw$ を(1)式により算出する。

【0031】

$$MAXw = MAX \times BlRatio \quad \cdots (1)$$

ただし、

MAX ：彩度低減処理を行わない場合のバックライト値の上限値
($\geq$ 入力RGB信号の全てのRGB値の最大値)

$BlRatio$ ：バックライト値設定率 ($0.5 \leq BlRatio \leq 1.0$)

以下の(B)～(C)の手順を入力画像内の画素数だけ繰り返す。

50

(B) 以下の(5)式を満たす α を算出する。

【0032】

$$f g (\alpha \times \max RGB + (1 - \alpha) \times Y [i], \gamma) - f g (\alpha \times \min RGB + (1 - \alpha) \times Y [i], \gamma) = MAXw \quad \cdots(5)$$

ただし、

$$\max RGB = \max (R [i], G [i], B [i])$$

$$\min RGB = \min (R [i], G [i], B [i])$$

$R [i], G [i], B [i]$ ($i = 1, 2, \dots, Np$) : 第1入力RGB信号における注目画素のRGB値

Np : 入力画像の画素数

$\max (A, B, \dots)$: $A, B, \dots$ の最大値

$\min (A, B, \dots)$: $A, B, \dots$ の最小値

γ : γ 係数 (> 0)

$f g (x, g)$: γ 補正関数

$Y [i]$: 入力RGB信号 ($R [i], G [i], B [i]$) の輝度

(C) 彩度変換後RGB信号 ($Rs [i], Gs [i], Bs [i]$) を(6)~(8)式により算出する。

【0033】

$$Rs [i] = \alpha \times R [i] + (1 - \alpha) \times Y [i] \quad \cdots(6)$$

$$Gs [i] = \alpha \times G [i] + (1 - \alpha) \times Y [i] \quad \cdots(7)$$

$$Bs [i] = \alpha \times B [i] + (1 - \alpha) \times Y [i] \quad \cdots(8)$$

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記彩度変換部は、上記彩度低減処理を以下の(A)~(D)の手順によって行う構成とすることができる。

(A) バックライト上限値 $MAXw$ を(1)式により算出する。

【0034】

$$MAXw = MAX \times BlRatio \quad \cdots(1)$$

ただし、

MAX : 彩度低減処理を行わない場合のバックライト値の上限値

($\geq$ 入力RGB信号の全てのRGB値の最大値)

$BlRatio$: バックライト値設定率 ($0.5 \leq BlRatio \leq 1.0$)

以下の(B)~(D)の手順を入力画像内の画素数だけ繰り返す。

(B) 以下の(5)式を満たす α を算出する。

【0035】

$$f g (\alpha \times \max RGB + (1 - \alpha) \times Y [i], \gamma) - f g (\alpha \times \min RGB + (1 - \alpha) \times Y [i], \gamma) = MAXw \quad \cdots(5)$$

ただし、

$$\max RGB = \max (R [i], G [i], B [i])$$

$$\min RGB = \min (R [i], G [i], B [i])$$

$R [i], G [i], B [i]$ ($i = 1, 2, \dots, Np$) : 第1入力RGB信号における注目画素のRGB値

Np : 入力画像の画素数

$\max (A, B, \dots)$: $A, B, \dots$ の最大値

$\min (A, B, \dots)$: $A, B, \dots$ の最小値

γ : γ 係数 (> 0)

$f g (x, g)$: γ 補正関数

$Y [i]$: 入力RGB信号 ($R [i], G [i], B [i]$) の輝度

(C) 上記(B)にて求められた α が、 $\alpha < 0$ のときには $\alpha = 0$ に設定し、 $1 < \alpha$ のときには $\alpha = 1$ に設定する。

(D) 彩度変換後RGB信号 ($Rs [i], Gs [i], Bs [i]$) を(6)~(8)式により算出する。

【0036】

$$R_s[i] = \alpha \times R[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots(6)$$

$$G_s[i] = \alpha \times G[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots(7)$$

$$B_s[i] = \alpha \times B[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots(8)$$

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記彩度変換部は、上記彩度低減処理および γ 補正処理を以下の(A)～(C)の手順によって行う構成とすることができる。

(A) バックライト上限値 $MAXw$ を(1)式により算出する。

【0037】

$$MAXw = MAX \times BlRatio \quad \cdots(1)$$

ただし、

MAX ：彩度低減処理を行わない場合のバックライト値の上限値
($\geq$ 入力RGB信号の全てのRGB値の最大値)

$BlRatio$ ：バックライト値設定率 ($0.5 \leq BlRatio \leq 1.0$)

(B) γ 補正後のRGB信号 ($R_g[i]$, $G_g[i]$, $B_g[i]$) を(101)～(103)式により算出する。

【0038】

$$R_g[i] = fg(R[i], \gamma) \quad \cdots(101)$$

$$G_g[i] = fg(G[i], \gamma) \quad \cdots(102)$$

$$B_g[i] = fg(B[i], \gamma) \quad \cdots(103)$$

ただし、

$R[i]$, $G[i]$, $B[i]$ ($i = 1, 2, \dots, Np$)：第1入力RGB信号における注目画素のRGB値

Np ：入力画像の画素数

γ ： γ 係数 (> 0)

$fg(x, g)$ ： γ 補正関数

(C) 以下の手順で、第3入力RGB信号 ($R_{sg}[i]$, $G_{sg}[i]$, $B_{sg}[i]$) を求める。

【0039】

以下の(4)式が満たされる場合は、以下の(5)式を満たす α を算出する。

【0040】

$$MAXw < \max RGB_g - \min RGB_g \quad \cdots(4)$$

$$fg(\alpha \times \max RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) - fg(\alpha \times \min RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) = MAXw \quad \cdots(5)$$

ただし、

$$\max RGB_g = \max(R_g[i], G_g[i], B_g[i])$$

$$\min RGB_g = \min(R_g[i], G_g[i], B_g[i])$$

$Y[i]$ ：入力RGB信号 ($R[i]$, $G[i]$, $B[i]$) の輝度

求まった α を用いて、第1入力RGB信号に彩度変換処理を施してなる第2入力RGB信号を求め、さらに、第2入力RGB信号に γ 補正処理を施してなる第3入力RGB信号を求める。

【0041】

(4)式が満たされない場合は、下記の式を用いて、第3RGB信号 ($R_{sg}[i]$, $G_{sg}[i]$, $B_{sg}[i]$) を、ステップ(B)で求められた γ 補正後RGB信号と同じにする。

【0042】

$$R_{sg}[i] = R_g[i]$$

$$G_{sg}[i] = G_g[i]$$

$$B_{sg}[i] = B_g[i]$$

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記彩度変換部は、以下の(A)～(B)の手順によって彩度変換率 α を算出する構成とすることができる。

10

20

30

40

50

(A) γ カーブ正規化折れ線近似を行なうため、(9)、(10)式を用いて折れ線端点座標を算出し、(11)、(12)式を用いて正規化折れ線の傾き・切片を算出する。この時、(9)、(10)式については j を 0 から Ndg まで繰り返し、(11)、(12)式については j を 0 から $Ndg - 1$ まで繰り返す。

【0043】

$$x[j] = j / Ndg \quad \cdots (9)$$

$$y[j] = x[j]^\gamma \quad \cdots (10)$$

$$a[j] = (y[j+1] - y[j]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \cdots (11)$$

$$b[j] = (x[j+1] \times y[j] - x[j] \times y[j+1]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \cdots (12) \quad 10$$

ただし、

Ndg : γ カーブ正規化折れ線分割数 (> 0)

$x[j]$: γ カーブ正規化折れ線端点の x 座標 ($0 \leq j \leq Ndg$)

$y[j]$: γ カーブ正規化折れ線端点の y 座標 ($0 \leq j \leq Ndg$)

$a[j]$: γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の傾き ($0 \leq j < Ndg$)

$b[j]$: γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の切片 ($0 \leq j < Ndg$)

(B) 上記(4)式を満たす画素に対して、以下の手順で α を算出する。以下の処理では、 j を $jMin$ から $kMax$ まで繰り返し、 k を j から $kMax$ まで繰り返す。

【0044】

まず、(13)式によって α 候補値 αt を算出する。

20

【0045】

$$\begin{aligned} \alpha t = \{ & MAXw - (a[k] - a[j]) \times Y[i] \\ & - (b[k] - b[j]) \times MAX \} / \\ & \{ a[k] \times (maxRGB - Y[i]) \\ & - a[j] \times (minRGB - Y[i]) \} \quad \cdots (13) \end{aligned}$$

α 候補値 αt が $0 \leq \alpha t < 1$ の範囲内にある場合、(14)式を用いて、 α 算出判定値 ($judge$) を算出する。

【0046】

$$\begin{aligned} judge = | & fg(\alpha t \times maxRGB + (1 - \alpha t) \times Y[i], \gamma) \\ & - fg(\alpha t \times minRGB + (1 - \alpha t) \times Y[i], \gamma) \\ & - MAXw | \quad \cdots (14) \end{aligned} \quad 30$$

さらに、 α 更新判定の初回、あるいは $judge < judgeMin$ の場合は、(15)および(16)式を用いて、 α 及び α 算出判定値最小値 ($judgeMin$) を更新する。

【0047】

$$\alpha = \alpha t \quad \cdots (15)$$

$$judgeMin = judge \quad \cdots (16)$$

ただし、

$judgeMin$: α 算出判定値最小値

$jMin$: $minRGB$ に対応する γ カーブ正規化折れ線区間インデックス
($x[jMin] \leq minRGB / MAX < x[jMin+1]$)

40

$kMax$: $maxRGB$ に対応する γ カーブ正規化折れ線区間インデックス
($x[kMax] < maxRGB / MAX \leq x[kMax+1]$)
($0 \leq jMin \leq kMax < Ndg$)

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記彩度変換部は、以下の(A)~(B)の手順によって彩度変換率 α を算出する構成とすることができる。

(A) γ カーブ正規化折れ線近似を行なうため、(9)、(10)式を用いて折れ線端点座標を算出し、(11)、(12)式を用いて正規化折れ線の傾き・切片を算出する。この時、(9)、(10)式については j を 0 から Ndg まで繰り返し、(11)、(12)式については j を 0 から $Ndg - 1$ まで繰り返す。

【0048】

50

$$x[j] = j / Nd g \quad \cdots (9)$$

$$y[j] = x[j]^\gamma \quad \cdots (10)$$

$$a[j] = (y[j+1] - y[j]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \cdots (11)$$

$$b[j] = (x[j+1] \times y[j] - x[j] \times y[j+1]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \cdots (12)$$

ただし、

$Nd g$: γ カーブ正規化折れ線分割数 (> 0)

$x[j]$: γ カーブ正規化折れ線端点の x 座標 ($0 \leq j \leq Nd g$)

$y[j]$: γ カーブ正規化折れ線端点の y 座標 ($0 \leq j \leq Nd g$)

$a[j]$: γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の傾き ($0 \leq j < Nd g$)

$b[j]$: γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の切片 ($0 \leq j < Nd g$)

10

(B) 入力画像の各画素に対して、以下の手順で α を算出する。以下の処理では、 j を 0 から $Nd g - 1$ まで繰り返し、 k を j から $Nd g - 1$ まで繰り返す。

【0049】

まず、(13)式によって α 候補値 αt を算出する。ただし、分母が 0 のときは、 αt は任意の値とする。

【0050】

$$\alpha t = \{MAXw - (a[k] - a[j]) \times Y[i] - (b[k] - b[j]) \times MAX\} / \{a[k] \times (maxRGB - Y[i]) - a[j] \times (minRGB - Y[i])\} \quad \cdots (13)$$

20

次に、彩度変換後の入力 RGB 信号の最大・最小値 ($maxRGBst$, $minRGBst$) を (17), (18) 式によって算出する。

【0051】

$$maxRGBst = max(\alpha t \times maxRGB + (1 - \alpha t) \times Y[i], 0) \quad \cdots (17)$$

$$minRGBst = min(\alpha t \times maxRGB + (1 - \alpha t) \times Y[i], MAX) \quad \cdots (18)$$

次に、(19)式によって α 算出判定値 ($judge$) を算出する。

【0052】

$$judge = |fg(maxRGBst, \gamma) - fg(minRGBst, \gamma) - MAXw| \quad \cdots (19)$$

30

さらに、 α 更新判定の初回、あるいは $judge < judgeMin$ の場合は、(15)および(16)式を用いて、 α 及び α 算出判定値最小値 ($judgeMin$) を更新する。

【0053】

$$\alpha = \alpha t \quad \cdots (15)$$

$$judgeMin = judge \quad \cdots (16)$$

ただし、

$judgeMin$: α 算出判定値最小値

$jMin$: $minRGB$ に対応する γ カーブ正規化折れ線区間インデックス

($x[jMin] \leq minRGB / MAX < x[jMin + 1]$)

$kMax$: $maxRGB$ に対応する γ カーブ正規化折れ線区間インデックス

($x[kMax] < maxRGB / MAX \leq x[kMax + 1]$)

($0 \leq jMin \leq kMax < Nd g$)

40

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記彩度変換部は、以下の(A)~(B)の手順によって彩度変換率 α を算出する構成とすることができる。

(A) γ カーブ正規化折れ線近似を行なうため、(9), (10)式を用いて折れ線端点座標を算出し、(11), (12)式を用いて正規化折れ線の傾き・切片を算出する。この時、(9), (10)式については j を 0 から $Nd g$ まで繰り返し、(11), (12)式については j を 0 から $Nd g - 1$ まで繰り返す。

50

【0054】

$$x[j] = j / Nd g \quad \dots(9)$$

$$y[j] = x[j]^{\gamma} \quad \dots(10)$$

$$a[j] = (y[j+1] - y[j]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \dots(11)$$

$$b[j] = (x[j+1] \times y[j] - x[j] \times y[j+1]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \dots(12)$$

ただし、

Nd g : γ カーブ正規化折れ線分割数 (> 0) $x[j]$: γ カーブ正規化折れ線端点の x 座標 ($0 \leq j \leq Nd g$) $y[j]$: γ カーブ正規化折れ線端点の y 座標 ($0 \leq j \leq Nd g$) $a[j]$: γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の傾き ($0 \leq j < Nd g$) $b[j]$: γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の切片 ($0 \leq j < Nd g$)

(B) 上記(4)式を満たす画素に対して、以下の手順で α を算出する。以下の処理では、 j を $jMin$ から $kMax$ まで繰り返し、 k を $kMax$ から j まで、あるいは j から $kMax$ まで繰り返す。

【0055】

まず、(20)式によって現時点での α を算出する。

【0056】

$$\alpha = \{MAXw - (a[k] - a[j]) \times Y[i] - (b[k] - b[j]) \times MAX\} / \{a[k] \times (maxRGB - Y[i]) - a[j] \times (minRGB - Y[i])\} \quad \dots(20)$$

(20)式で求められた α が $0 \leq \alpha < 1$ の範囲内にある場合、(21)式を用いて、 α 算出判定値 ($judge$) を算出する。

【0057】

$$judge = |fg(\alpha \times maxRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) - fg(\alpha \times minRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) - MAXw| \quad \dots(21)$$

 $judge \leq judgeTol$ であれば、 α の算出を終了する。

【0058】

ただし、

 $judgeTol$: 彩度変換率算出判定用閾値 (> 0)

また、 $judge \leq judgeTol$ を満たすことなく、所定のループを終了した場合はエラーとする。

【0059】

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記彩度変換部は、以下の(A)～(B)の手順によって彩度変換率 α を算出する構成とすることができる。

(A) γ カーブ正規化折れ線近似を行なうため、(9)、(10)式を用いて折れ線端点座標を算出し、(11)、(12)式を用いて正規化折れ線の傾き・切片を算出する。この時、(9)、(10)式については j を 0 から $Nd g$ まで繰り返し、(11)、(12)式については j を 0 から $Nd g - 1$ まで繰り返す。

【0060】

$$x[j] = j / Nd g \quad \dots(9)$$

$$y[j] = x[j]^{\gamma} \quad \dots(10)$$

$$a[j] = (y[j+1] - y[j]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \dots(11)$$

$$b[j] = (x[j+1] \times y[j] - x[j] \times y[j+1]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \dots(12)$$

ただし、

Nd g : γ カーブ正規化折れ線分割数 (> 0) $x[j]$: γ カーブ正規化折れ線端点の x 座標 ($0 \leq j \leq Nd g$)

$y[j]$: γ カーブ正規化折れ線端点の y 座標 ($0 \leq j \leq Nd g$)

$a[j]$: γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の傾き ($0 \leq j < Nd g$)

$b[j]$: γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の切片 ($0 \leq j < Nd g$)

(B) 入力画像の各画素に対して、以下の手順で α を算出する。以下の処理では、 j を0から $Nd g - 1$ まで繰り返し、 k を $Nd g - 1$ から j まで、あるいは j から $Nd g - 1$ まで繰り返す。

【0061】

まず、(20)式によって現時点での α を算出する。ただし、分母が0のとき、 α は任意の値とする。

【0062】

$$\alpha = \{MAXw - (a[k] - a[j]) \times Y[i] - (b[k] - b[j]) \times MAX\} / \{a[k] \times (maxRGB - Y[i]) - a[j] \times (minRGB - Y[i])\} \quad \cdots (20)$$

次に、彩度変換後の入力RGB信号の最大・最小値 ($maxRGBst$, $minRGBst$) を(22), (23)式によって算出する。

【0063】

$$\begin{aligned} maxRGBs \\ = max(\alpha \times maxRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], 0) \quad \cdots (22) \\ minRGBs \end{aligned}$$

$$= min(\alpha \times maxRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], MAX) \quad \cdots (23)$$

次に、(24)式によって α 算出判定値 ($judge$) を算出する。

【0064】

$$judge = |fg(maxRGBs, \gamma) - fg(minRGBs, \gamma) - MAXw| \quad \cdots (24)$$

$judge \leq judgeTol$ となれば、 α の算出を終了する。

【0065】

$judge \leq judgeTol$ を満たすことなくループ処理が終了すれば、 $\alpha = 1$ に設定する。

【0066】

ただし、

$judgeTol$: 彩度変換率算出判定用閾値 (> 0)

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記彩度変換部は、上記(4)式を満たす画素に対して、以下の(A)~(D)の手順によって彩度変換率 α を算出する構成とすることができる。

(A) 二分探索用彩度変換率下限値 low 及び上限値 $high$ を、 $low = 0$ および $high = 1$ に初期化する。

【0067】

$low + alphaTol \leq high$ の間、あるいは決められた回数だけ、以下の(B)~(D)の手順を繰り返す。

【0068】

ただし、

$alphaTol$: 彩度変換率 α 算出ループ判定用閾値 (> 0)

(B) (25)式によって現時点での α を算出する。

【0069】

$$\alpha = (low + high) / 2 \quad \cdots (25)$$

(C) 次に、(26)式を用いて、 α 算出判定値 ($judgeSi$) を算出する。

【0070】

$$judgeSi = fg(\alpha \times maxRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) - fg(\alpha \times minRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma)$$

$$-MAXw \quad \cdots (26)$$

- (D) $judgeSi < -judgeTol$ の場合、 low を現時点での α に更新する。 $judgeTol < judgeSi$ の場合、 $high$ を現時点での α に更新する。 $-judgeTol \leq judgeSi \leq judgeTol$ の場合は、 α の算出を終了する。
- (E) $-judgeTol \leq judgeSi \leq judgeTol$ を満たすことなく、所定のループを終了した場合はエラーとする。

【0071】

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記彩度変換部は、入力画像の各画素に対して、以下の(A)～(E)の手順によって彩度変換率 α を算出する構成とすることができる。

- (A) 二分探索用彩度変換率下限値 low 及び上限値 $high$ を、 $low = 0$ および $high = 1$ に初期化する。

【0072】

$low + alphaTol \leq high$ の間、あるいは決められた回数だけ、以下の(B)～(D)の手順を繰り返す。

【0073】

ただし、

$alphaTol$: 彩度変換率 α 算出ループ判定用閾値 (> 0)

- (B) (25)式によって現時点での α を算出する。

【0074】

$$\alpha = (low + high) / 2 \quad \cdots (25)$$

- (C) 次に、(26)式を用いて、 α 算出判定値 ($judgeSi$) を算出する。

【0075】

$$\begin{aligned} judgeSi &= fg(\alpha \times maxRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) \\ &\quad - fg(\alpha \times minRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) \\ &\quad - MAXw \quad \cdots (26) \end{aligned}$$

- (D) $judgeSi < -judgeTol$ の場合、 low を現時点での α に更新する。 $judgeTol < judgeSi$ の場合、 $high$ を現時点での α に更新する。 $-judgeTol \leq judgeSi \leq judgeTol$ の場合は、 α の算出を終了する。

- (E) $-judgeTol \leq judgeSi \leq judgeSi$ を満たすことなく、所定のループを終了した場合は、その時点で α の算出を終了する。

【0076】

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記彩度変換部は、上記(4)式を満たす画素に対して、以下の(A)～(E)の手順によって彩度変換率 α を算出する構成とすることができる。

- (A) 処理に用いる各変数を以下のように初期化する。

【0077】

$\alpha prev$: ($0 \leq \alpha prev \leq 1$ を満たす任意の定数)

$maxRGBn = maxRGB / MAX$

$minRGBn = minRGB / MAX$

$Yn = Y[i] / MAX$

$MAXwn = MAXw / MAX$

$overflow = FALSE$

$underflag = FALSE$

ただし、

$\alpha prev$: 彩度変換率前回値

$maxRGBn$: 正規化されたRGB信号の最大値

$minRGBn$: 正規化されたRGB信号の最小値

Yn : 正規化された輝度信号

$MAXwn$: 正規化されたバックライト上限値

$overflow$: $\alpha > 1$ の範囲外補正を行ったかどうかの指標

`underFlag`: $\alpha < 0$ の範囲外補正を行ったかどうかの指標

`FALSE`: 「偽」を表す論理値

以下の(B)～(E)の手順を決められた回数だけ繰り返す。

(B) (27)式を用いて、現時点での α を算出する。

【0078】

$$\alpha = \alpha_{prev} - g(\alpha_{prev}) / g'(\alpha_{prev}) \quad \dots(27)$$

ただし、

$$\begin{aligned} g(x) &= (x \times \max RGB_n + (1-x) \times Y_n)^\gamma \\ &\quad - (x \times \min RGB_n + (1-x) \times Y_n)^\gamma - MAX_{wn} \\ g'(x) &= \gamma \times (\max RGB_n - Y_n) \\ &\quad \times (x \times \max RGB_n + (1-x) \times Y_n)^{(\gamma-1)} \\ &\quad - \gamma \times (\min RGB_n - Y_n) \\ &\quad \times (x \times \min RGB_n + (1-x) \times Y_n)^{(\gamma-1)} \end{aligned}$$

10

(C) 以下の(28)式が満たされる場合は、 α 算出処理を終了する。

【0079】

$$|\alpha - \alpha_{prev}| < \alpha Tol \quad \dots(28)$$

ただし、

`alphaTol`: α 算出閾値 (> 0)

(D) (28)式が満たされず、 $\alpha < 0$ である場合は、 $\alpha = 0$ に設定すると共に、

`underFlag` = `FALSE`であれば、`underFlag` = `TRUE`に設定し
てから(E)のステップに移り、

20

`underFlag` = `TRUE`であればエラーとする。

【0080】

また、(28)式が満たされず、 $\alpha > 1$ である場合は、 $\alpha = 1$ に設定すると共に、

`overFlag` = `FALSE`であれば、`overFlag` = `TRUE`に設定してか
ら(E)のステップに移り、

`overFlag` = `TRUE`であればエラーとする。

【0081】

ただし、

`TRUE`: 「真」を表す論理値

30

(E) (29)式を用いて、 α_{prev} を、そのときの α の値に更新する。

【0082】

$$\alpha_{prev} = \alpha \quad \dots(29)$$

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記彩度変換部は、入力画像の各画素に対して、以下の(A)～(E)の手順によって彩度変換率 α を算出する構成とすることができる。

(A) 処理に用いる各変数を以下のように初期化する。

【0083】

α_{prev} = 任意の定数

$\max RGB_n = \max RGB / MAX$

$\min RGB_n = \min RGB / MAX$

$Y_n = Y[i] / MAX$

$MAX_{wn} = MAX_w / MAX$

`overFlag` = `FALSE`

`underFlag` = `FALSE`

ただし、

α_{prev} : 彩度変換率前回値

$\max RGB_n$: 正規化されたRGB信号の最大値

$\min RGB_n$: 正規化されたRGB信号の最小値

Y_n : 正規化された輝度信号

MAX_{wn} : 正規化されたバックライト上限値

40

50

overFlag: $\alpha > 1$ の範囲外補正を行ったかどうかの指標

underFlag: $\alpha < 0$ の範囲外補正を行ったかどうかの指標

FALSE: 「偽」を表す論理値

以下の(B)～(E)の手順を決められた回数だけ繰り返す。

(B) (27)式を用いて、現時点での α を算出する。ただし、 $g'(\alpha_{prev}) = 0$ のとき、 α は任意の値とする。

【0084】

$$\alpha = \alpha_{prev} - g(\alpha_{prev}) / g'(\alpha_{prev}) \quad \cdots(27)$$

ただし、

$$g(x) = (x \times \max RGB_n + (1-x) \times Y_n)^\gamma \quad 10$$

$$- (x \times \min RGB_n + (1-x) \times Y_n)^\gamma - MAX_w n$$

$$g'(x) = \gamma \times (\max RGB_n - Y_n) \\ \times (x \times \max RGB_n + (1-x) \times Y_n)^{(\gamma-1)} \\ - \gamma \times (\min RGB_n - Y_n) \\ \times (x \times \min RGB_n + (1-x) \times Y_n)^{(\gamma-1)}$$

(C) 以下の(28)式が満たされる場合は、 α 算出処理を終了する。

【0085】

$$|\alpha - \alpha_{prev}| < \alpha Tol \quad \cdots(28)$$

ただし、

$$\alpha Tol: \alpha \text{ 算出閾値 } (> 0) \quad 20$$

(D) (28)式が満たされず、 $\alpha < 0$ である場合は、 $\alpha = 0$ に設定すると共に、

underFlag = FALSEであれば、underFlag = TRUEに設定してから(E)のステップに移り、

underFlag = TRUEであれば、 α 算出処理を終了する。

【0086】

また、(28)式が満たされず、 $\alpha > 1$ である場合は、 $\alpha = 1$ に設定すると共に、

overFlag = FALSEであれば、overFlag = TRUEに設定してから(E)のステップに移り、

overFlag = TRUEであれば、 α 算出処理を終了する。

【0087】

ただし、

TRUE: 「真」を表す論理値

(E) (29)式を用いて、 α_{prev} を、そのときの α の値に更新する。

【0088】

$$\alpha_{prev} = \alpha \quad \cdots(29)$$

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記彩度変換部は、上記(4)式を満たす画素に対して、以下の(A)～(B)の手順によって彩度変換率 α を算出する構成とすることができる。

(A) (30)～(32)式を用いて、 α 算出用係数(a , b , c)を算出する。

【0089】

$$a = (\max RGB - \min RGB) \\ \times (\max RGB + \min RGB - 2 \times Y[i]) \quad \cdots(30)$$

$$b = Y[i] \times (\max RGB - \min RGB) \quad \cdots(31)$$

$$c = -MAX_w \times MAX \quad \cdots(32)$$

(B) $a = 0$ の場合は(33)式を用いて α を算出し、 $a \neq 0$ の場合は(34)式を用いて α を算出する。

【0090】

$$\alpha = -c / (2 \times b) \quad \cdots(33)$$

$$\alpha = (-b + \sqrt{d}) / a \quad \cdots(34)$$

但し、

$$d = b^2 - a \times c$$

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記彩度変換部は、入力画像の各画素に対して、以下の(A)～(B)の手順によって彩度変換率 α を算出する構成とすることができる。

(A) (30)～(32)式を用いて、 α 算出用係数(a , b , c)を算出する。

【0091】

$$a = (\max RGB - \min RGB) \times (\max RGB + \min RGB - 2 \times Y[i]) \quad \cdots (30)$$

$$b = Y[i] \times (\max RGB - \min RGB) \quad \cdots (31)$$

$$c = -MAXw \times MAX \quad \cdots (32)$$

(B) $a = 0$, $b \neq 0$ の場合は(33)式を用いて α を算出し、 $a \neq 0$ の場合は(34)式を用いて α を算出し、 $a = 0$, $b = 0$ の場合は α は任意の値とする。 10

【0092】

$$\alpha = -c / (2 \times b) \quad \cdots (33)$$

$$\alpha = (-b + \sqrt{d}) / a \quad \cdots (34)$$

但し、

$$d = b^2 - a \times c$$

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記出力信号生成手段は、以下の(A)の手順により、各Wサブピクセルの透過量($Wts_g[i]$)を算出するW透過量算出部と、

以下の(B)の手順により、各RGBサブピクセルの透過量($Rts_g[i]$, $Gts_g[i]$, $Bts_g[i]$)を算出するRGB透過量算出部と、 20

以下の(C)の手順により、バックライト値(Wbs_g)を算出するバックライト値算出部と、

以下の(D)の手順により、各RGBWサブピクセルの透過率($rs_g[i]$, $gs_g[i]$, $bs_g[i]$, $ws_g[i]$)を算出する透過率算出手段とを備えている構成とすることができる。

(A) W透過量($Wts_g[i]$)を、

$$Wts_g[i] = \min(\max RGBs_g / 2, \min RGBs_g)$$

の式により算出する。

【0093】

ただし、 30

$$\max RGBs_g = \max(Rs_g[i], Gs_g[i], Bs_g[i])$$

$$\min RGBs_g = \min(Rs_g[i], Gs_g[i], Bs_g[i])$$

とする。

(B) RGB透過量($Rts_g[i]$, $Gts_g[i]$, $Bts_g[i]$)を、

$$Rts_g[i] = Rs_g[i] - Wts_g[i]$$

$$Gts_g[i] = Gs_g[i] - Wts_g[i]$$

$$Bts_g[i] = Bs_g[i] - Wts_g[i]$$

の式により算出する。

(C) バックライト値(Wbs_g)を、

$$Wbs_g = \max(Rts_g[1], Gts_g[1], Bts_g[1], Wts_g[1],$$

...

$$Rts_g[Np], Gts_g[Np], Bts_g[Np],$$

$$Wts_g[Np])$$

の式により算出する。

(D) RGBW透過率($rs_g[i]$, $gs_g[i]$, $bs_g[i]$, $ws_g[i]$)を、

$$rs_g[i] = Rts_g[i] / Wbs_g$$

$$gs_g[i] = Gts_g[i] / Wbs_g$$

$$bs_g[i] = Bts_g[i] / Wbs_g$$

$$ws_g[i] = Wts_g[i] / Wbs_g$$

の式により算出する。

【0094】

ただし、 $Wbs = 0$ の時、 $rs g[i] = gs g[i] = bs g[i] = ws g[i] = 0$ とする。

【0095】

また、上記透過型液晶表示装置においては、上記液晶パネルに対して複数のアクティブバックライトを備え、各アクティブバックライトに対応する領域毎に、液晶パネルの透過率制御およびバックライトのバックライト値制御を行う構成とすることができる。

【0096】

上記の構成によれば、バックライトを分割することで、分割されたバックライト領域毎に最適にバックライト値を設定することができ、全体のバックライト消費電力を下げるることができる。

【発明の効果】

【0097】

本発明に係る透過型液晶表示装置は、以上のように、1画素が、赤（R）、緑（G）、青（B）、および白（W）の4サブピクセルに分割されている液晶パネルと、発光輝度を制御可能な白色アクティブバックライトと、入力画像である第1入力RGB信号に含まれる画素データのうち、輝度および彩度が高い画素データに対してその彩度低減処理を施すことで、該第1入力RGB信号を第2入力RGB信号に変換する彩度変換部と、上記第2入力RGB信号に γ 補正処理を施すことで、該第2入力RGB信号を第3入力RGB信号に変換する γ 補正部と、上記第3入力RGB信号から、上記液晶パネルの各画素におけるR、G、B、Wの各サブピクセルの透過率信号を生成するとともに、上記アクティブバックライトにおけるバックライト値を算出する出力信号生成部と、上記出力信号生成部で生成された上記透過率信号をもとに液晶パネルを駆動制御する液晶パネル制御部と、上記出力信号生成部で算出されたバックライト値に基づき、上記バックライトの発光輝度を制御するバックライト制御部とを備えている構成である。

【0098】

あるいは、本発明に係る他の透過型液晶表示装置は、以上のように、1画素が、赤（R）、緑（G）、青（B）、および白（W）の4サブピクセルに分割されている液晶パネルと、発光輝度を制御可能な白色アクティブバックライトと、入力画像である第1入力RGB信号に含まれる画素データのうち、輝度および彩度が共に高い画素データに対して彩度低減処理および γ 補正処理をこの順序で施し、輝度および彩度の少なくとも一方が低い画素データに対して γ 補正処理を施すことで、該第1入力RGB信号を第3入力RGB信号に変換する彩度変換部と、上記第3入力RGB信号から、上記液晶パネルの各画素におけるR、G、B、Wの各サブピクセルの透過率信号を生成するとともに、上記アクティブバックライトにおけるバックライト値を算出する出力信号生成部と、上記出力信号生成部で生成された上記透過率信号をもとに液晶パネルを駆動制御する液晶パネル制御部と、上記出力信号生成部で算出されたバックライト値に基づき、上記バックライトの発光輝度を制御するバックライト制御部とを備えている構成である。

【0099】

それゆえ、1画素が、R、G、B、Wの4サブピクセルに分割されている液晶パネルを用いることにより、R、G、Bの各色成分の一部をフィルタ吸収による光量損失が無い（もしくは少ない）Wサブピクセルに振り分けることができる。これにより、カラーフィルタによる光量吸収を減らし、これに応じてバックライト値を下げることで透過型液晶表示装置における消費電力の削減を実現できる。

【0100】

さらに、原入力である第1入力RGB信号に対して彩度低減処理を施してからバックライト値およびRGBW透過率を算出することで、バックライト値をより確実に低減させることができる。

【0101】

また、上記彩度低減処理と γ 補正処理とは、彩度低減処理の後に γ 補正処理が行なわれる。彩度低減処理と γ 補正処理とを逆の順序で行う場合では、処理の前後で輝度が変化するが、彩度低減処理の後に γ 補正処理が行なわれることで、処理の前後で輝度が維持される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0102】

本発明の実施形態について図1ないし図41に基づいて説明すると以下の通りである。先ずは、本実施の形態に係る液晶表示装置（以下、本液晶表示装置と称する）の概略構成を図1を参照して説明する。

【0103】

10

本液晶表示装置は、彩度変換部11、 γ 補正部12、出力信号生成部13、液晶パネル制御部14、RGBW液晶パネル（以下、単に液晶パネルと称する）15、バックライト制御部16、および白色バックライト（以下、単にバックライトと称する）17を備えている。

【0104】

液晶パネル15は、 Np 個の画素をマトリクス上に配置してなり、図2（a）、（b）に示すように、各画素はR（赤）、G（緑）、B（青）、W（白）の4サブピクセルで構成されている。尚、各画素におけるR、G、B、Wサブピクセルの形状および配置関係は特に限定されない。また、バックライト17は、冷陰極蛍光ランプ（CCFL）や白色発光ダイオード（白色LED）などの白色光源を用いたものであり、照射光の明るさを制御できる

20

アクティブバックライトである。

【0105】

液晶パネル15におけるR、G、Bの各サブピクセルは、カラーフィルタ（図示せず）におけるR、G、Bのフィルタ層がそれぞれ対応するように配置される。したがって、R、G、Bの各サブピクセルは、バックライト17から発生された白色光の中で、該当波長帯の光を選択的に透過させ、他の波長帯の光は吸収する。また、Wサブピクセルは、基本的にはカラーフィルタにおいて対応する吸収フィルタ層を有しない。すなわち、Wサブピクセルを透過する光は、カラーフィルタによる一切の吸収を受けることなく、白色光のまま液晶パネル15から出射される。但し、Wサブピクセルは、R、G、Bのカラーフィルタよりもバックライトの光の吸収が少ないフィルタ層を持つ構成でもよい。

30

【0106】

本液晶表示装置は、パソコンやテレビチューナーなどの外部から、表示すべき画像情報をRGB信号として受け取り、該RGB信号を入力RGB信号 $R[i]$ 、 $G[i]$ 、 $B[i]$ （ $i=1, 2, \dots, Np$ ）として処理を行うものである。

【0107】

彩度変換部11は、入力RGB信号（第1入力RGB信号）に対して彩度変換処理を行うものであり、彩度変換処理が施された後の彩度変換後RGB信号（第2入力RGB信号）を後段の γ 補正部12へ出力する。 γ 補正部12は、彩度変換後RGB信号に対して γ 補正処理を行うものであり、 γ 補正処理が施された後の γ 補正後RGB信号（第3入力RGB信号）を後段の出力信号生成部13へ出力する。

40

【0108】

出力信号生成部13は、 γ 補正後RGB信号から、バックライト17におけるバックライト値と、液晶パネル15の各画素におけるRGBWのサブピクセル透過率を算出し、出力する。すなわち、出力信号生成部13は、 γ 補正後RGB信号からバックライト値を求めると共に、 γ 補正後RGB信号を上記バックライトに適合する透過率信号に変換する。

【0109】

求められたバックライト値はバックライト制御部16に出力され、バックライト制御部16は、このバックライト値に応じてバックライト17の輝度を調節する。バックライト17はCCFLや白色LEDなどの白色光源を利用したものであり、バックライト制御部16によって、バックライト値に比例した明るさに制御することができる。バックライト

50

17の明るさの制御方法は、用いられる光源の種類によって異なるが、例えば、バックライト値に比例した電圧をかけたり、バックライト値に比例した電流を流したりして明るさを制御することができる。また、バックライトがLEDなどの場合は、パルス幅変調(PWM)でデューティ比を変えて明るさを制御することも可能である。さらに、バックライト光源の明るさが非線形特性を持つ場合、バックライト値からルックアップテーブルで光源への印加電圧や印加電流等を求めてバックライトへの明るさ制御を行うことにより所望の明るさに制御する方法などもある。

【0110】

出力信号生成部13で求められた透過率信号は、液晶パネル制御部14に出力され、液晶パネル制御部14は、この透過率信号に基づいて液晶パネル15の各サブピクセルの透過率が所望の透過率になるように制御する。液晶パネル制御部14は、走査線駆動回路、信号線駆動回路等を含む構成であり、走査信号およびデータ信号を生成して、この走査信号およびデータ信号等のパネル制御信号によって液晶パネル15を駆動する。上記透過率信号は、信号線駆動回路でのデータ信号の生成に用いられる。液晶パネル15の透過率制御には、サブピクセルの透過率に比例した電圧をかけ液晶パネルの透過率を制御する方法や、非線形特性を線形化するために、サブピクセルの透過率から液晶パネルにかかる電圧をルックアップテーブルから表引きし、液晶パネルを所望の透過率に制御する方法などがある。

【0111】

尚、本発明の液晶表示装置において、入力信号は上述のようなRGB信号に限られるものではなく、YUV信号などのカラー信号でもよい。RGB信号以外のカラー信号が入力される場合、それをRGB信号に変換してから出力信号生成部13に入力する構成であっても良く、あるいは、出力信号生成部13がRGB信号以外のカラー入力信号をRGBW信号へ変換可能な構成であっても良い。

【0112】

本液晶表示装置において、液晶パネル15の各サブピクセルにおける表示輝度は、バックライトの明るさ(照射輝度)と、該サブピクセルにおける透過率との積によって表される。ここで、本液晶表示装置における表示原理、および消費電力削減効果について以下に詳細に説明する。尚、本液晶表示装置では、バックライト値およびサブピクセル透過率は、出力信号生成部13において求められる。したがって、以下に説明するバックライト値およびサブピクセル透過率の算出方法は、 γ 補正部12から出力信号生成部13へ入力されるガンマ補正後RGB信号に対して施される処理である。以下の説明では、 γ 補正部12から出力されるガンマ補正後RGB信号を(R_{si} , G_{si} , B_{si})として表し、出力信号生成部13において求められる透過率信号を(r_{si} , g_{si} , b_{si})として表し、出力信号生成部13において求められるバックライト値を Wbs として表す。

【0113】

本液晶表示装置におけるバックライト値およびサブピクセルの透過率の決定方法では、最初に、バックライトに対応する表示領域内の全ての画素毎に必要な最小限のバックライト値を求める。このとき、画素の表示データ内容に応じて、バックライト値の求め方は2つの方法に分かれる。具体的には、注目画素内のサブピクセルにおける最大輝度(すなわち $\max(R_{si}, G_{si}, B_{si})$)と最小輝度(すなわち $\min(R_{si}, G_{si}, B_{si})$)との関係によって、その注目画素に対するバックライト値の求め方が異なる。

【0114】

まずは、 $\min(R_{si}, G_{si}, B_{si}) \geq \max(R_{si}, G_{si}, B_{si}) / 2$ となる画素において、バックライト値の求め方を図3(a), (b)を参照して説明する。ここで、図3(a)は本液晶表示装置におけるバックライト値の求め方を示す図である。また、図3(b)は、比較のために特許文献1におけるバックライト値の求め方を示した図である。

【0115】

図3(a), (b)において、ある注目画素の目標とするパネル出力輝度が(R , G ,

10

20

30

40

50

$B) = (50, 60, 40)$ の場合を考える。このとき、 G の輝度値 60 が $\max(Rsi, Gsi, Bsi)$ であり、 B の輝度値 40 が $\min(Rsi, Gsi, Bsi)$ であり、 $\min(Rsi, Gsi, Bsi) \geq \max(Rsi, Gsi, Bsi) / 2$ の関係が満たされている。

【0116】

特許文献 1 における表示方法では、図 3 (b) に示すように、バックライトの輝度値は、 $\max(Rsi, Gsi, Bsi) = 60$ に設定され、各サブピクセルの透過率はこのバックライト値に合わせて決定される。すなわち、 R, G, B の各サブピクセルにおけるそれぞれの透過率は、 $83\% (= 50 / 60)$ 、 $100\% (= 60 / 60)$ 、 $67\% (= 40 / 60)$ に設定される。

10

【0117】

一方、本液晶表示装置においては、入力信号 Rsi, Gsi, Bsi の R, G, B 各成分において、 $\max(Rsi, Gsi, Bsi) / 2$ に相当する値分を W 成分の輝度値に振り分ける。その結果、 RGB 信号で表されている入力信号 $(R, G, B) = (50, 60, 40)$ は、 $RGBW$ 信号で表される出力信号 $(R, G, B, W) = (20, 30, 10, 30)$ に変換される。また、この注目画素において、バックライトの輝度値は $\max(Rsi, Gsi, Bsi) / 2 = 30$ に設定される。また、 R, G, B, W の各サブピクセルにおけるそれぞれの透過率は、このバックライト値に合わせて決定される。具体的には、各サブピクセルの透過率は (出力輝度値) / (バックライト値) で決定される。すなわち、 R, G, B, W の各サブピクセルにおけるそれぞれの透過率は、 $67\% (= 20 / 30)$ 、 $100\% (= 30 / 30)$ 、 $33\% (= 10 / 30)$ 、 $100\% (= 30 / 30)$ に設定される。但し、図 3 (a) において示される透過率は、この注目画素において求められたバックライト値が全画素に対して求められた複数のバックライト値のうちで最も大きく、そのバックライトにおける輝度値として採用された場合の透過率を例示したものである。

20

【0118】

また、本液晶表示装置における上述のバックライト値を特許文献 1 の方法で求められるバックライト値と比較するには、サブピクセルの面積比をも考慮する必要がある。すなわち、特許文献 1 では 1 画素が 3 つのサブピクセルに分割されているのに対し、本液晶表示装置では 1 画素が 4 つのサブピクセルに分割されている。このため、本液晶表示装置では、1 つのサブピクセルの面積が、特許文献 1 に比べ $3 / 4$ の面積しかなく、このようなサブピクセルにおける面積の低下を補うため、本液晶表示装置では、バックライトの輝度値を $4 / 3$ 倍することで、特許文献 1 の方法で求められるバックライト値と同一の基準にて比較可能となる。

30

【0119】

この結果、図 3 (a) の例におけるバックライト値を図 3 (b) のバックライト値と同一基準に補正すれば、 $(4 / 3) \times 60 / 2 = 40$ となる。同様の表示を行う図 3 (b) の例ではバックライト値は 60 であるため、上記注目画素において、本発明による消費電力の削減効果があることが分かる。

【0120】

40

次に、 $\min(Rsi, Gsi, Bsi) < \max(Rsi, Gsi, Bsi) / 2$ となる画素におけるバックライト値の求め方を図 4 (a), (b) を参照して説明する。ここで、図 4 (a) は本液晶表示装置におけるバックライト値の求め方を示す図である。また、図 4 (b) は、比較のために特許文献 1 におけるバックライト値の求め方を示した図である。

【0121】

図 4 (a), (b) において、ある注目画素の目標とするパネル出力輝度が $(R, G, B) = (50, 60, 20)$ の場合を考える。このとき、 G の輝度値 60 が $\max(Rsi, Gsi, Bsi)$ であり、 B の輝度値 20 が $\min(Rsi, Gsi, Bsi)$ であり、 $\min(Rsi, Gsi, Bsi) < \max(Rsi, Gsi, Bsi) / 2$ の関係

50

が満たされている。

【0122】

特許文献1における表示方法では、図4(b)に示すように、バックライトの輝度値は、 $\max(Rsi, Gsi, Bsi) = 60$ に設定され、各サブピクセルの透過率はこのバックライト値に合わせて決定される。すなわち、R、G、Bの各サブピクセルにおけるそれぞれの透過率は、 $83\% (= 50/60)$ 、 $100\% (= 60/60)$ 、 $33\% (= 20/60)$ に設定される。

【0123】

一方、本液晶表示装置においては、入力信号Rsi、Gsi、BsiのR、G、B各成分において、 $\min(Rsi, Gsi, Bsi)$ に相当する値分をW成分の輝度値に振り分ける。その結果、RGB信号で表されている入力信号(R, G, B) = (50, 60, 20)は、RGBW信号で表される出力信号(R, G, B, W) = (30, 40, 0, 20)に変換される。また、この注目画素において、バックライトの輝度値は、 $(\max(Rsi, Gsi, Bsi) - \min(Rsi, Gsi, Bsi)) = 40$ に設定される。また、R、G、B、Wの各サブピクセルにおけるそれぞれの透過率は、このバックライト値に合わせて決定される。具体的には、各サブピクセルの透過率は(出力輝度値)/(バックライト値)で決定される。すなわち、R、G、B、Wの各サブピクセルにおけるそれぞれの透過率は、 $75\% (= 30/40)$ 、 $100\% (= 40/40)$ 、 $0\% (= 0/40)$ 、 $50\% (= 20/40)$ に設定される。

【0124】

但し、図4(a)において示される透過率は、この注目画素において求められたバックライト値が全画素に対して求められた複数のバックライト値のうちで最も大きく、そのバックライトにおける輝度値として採用された場合の透過率を例示したものである。また、図4(a)の例においても、バックライトの輝度値を4/3倍することで、特許文献1の方法で求められるバックライト値と同一の基準にて比較可能となる。

【0125】

この結果、図4(a)の例において、バックライト値は $(4/3) \times (60 - 20) = 53.3$ となる。同様の表示を行う図4(b)の例ではバックライト値は60であるため、上記注目画素において、本発明による消費電力の削減効果があることが分かる。

【0126】

上記図3(a)、(b)および図4(a)、(b)は、各画素についての必要最小限のバックライト値の求め方を説明したものであるが、上記の方法に則って、バックライトに対応する表示領域内の全ての画素毎に必要最小限のバックライト値を求める。こうして求めた複数のバックライト値のうち、最大の値をそのバックライトにおける輝度値として設定する。

【0127】

上記説明の方法によって実施される、本液晶表示装置におけるバックライト値およびサブピクセル透過率の決定手順を図5(a)～(e)を参照して説明する。

【0128】

図5(a)は、ある一つのバックライトに対応する表示領域の入力信号(Rsi, Gsi, Bsi)を示すものである。ここでは、説明を簡単にするために、上記表示領域が4つの画素A～Dから構成されているとする。

【0129】

これらの画素A～Dについて、入力信号(Rsi, Gsi, Bsi)をRGBW信号で表される出力信号(Rtsi, Gtsi, Btsi, Wtsi)に変換した結果は、図5(b)に示すものとなる。また、各画素毎に求まるバックライト値は、図5(c)に示すものとなる。これにより、バックライト値は、画素毎に求めた複数のバックライト値のうちの最大の値、すなわち100に設定される。

【0130】

こうして求めたバックライト値100に対して各画素の透過率(rsi, gsi, b

10

20

30

40

50

$s_i, w s_i$) が、図 5 (b) に示す出力信号 ($R t s_i, G t s_i, B t s_i, W t s_i$) の値に基づいて求められ、その結果は図 5 (d) に示すものとなる。そして、最終的な各画素における表示輝度は、図 5 (e) に示す結果となり、図 5 (a) に示す入力信号 ($R s_i, G s_i, B s_i$) の輝度値と一致していることが確認できる。

【0131】

このように、上述した出力信号生成部 13 でのバックライト値およびサブピクセル透過率の算出処理では、W サブピクセルに白成分の光量を分担させることでカラーフィルタによる光の吸収を抑え、バックライト 17 における消費電力を削減できるものである。このため、表示画像データにおいては、W サブピクセルへの白成分光量の振り分けが可能であることが、バックライト消費電力の削減効果を得るための必須条件となる。

10

【0132】

すなわち、出力信号生成部 13 でのバックライト値およびサブピクセル透過率の算出処理は、バックライトに対応する表示領域内の全ての画素で W サブピクセルへ振り分ける白成分光量が多い（すなわち、彩度が低い）場合には、バックライト消費電力の削減効果が大きくなる。一方で、バックライトに対応する表示領域内に W サブピクセルへ振り分ける白成分光量が少ない（すなわち、彩度が高い）画素があれば、バックライト消費電力の削減効果は小さく、さらに輝度が高ければ、特許文献 1 の表示方法に比べてむしろ消費電力が増加することもありうる。

【0133】

以下に、輝度が同じで彩度が異なる 2 つの画素についての、バックライト値の設定例を示す。

20

【0134】

まず、 $(R, G, B) = (176, 240, 112)$ の画素 A（輝度 = 208、彩度 = 0.533）の場合、バックライト値は以下のように算出される。

【0135】

画素 A において、W サブピクセルへ振り分けられる光量は、 (112) である。そして、W サブピクセルへの振り分け光量を差し引いた、R、G、B サブピクセルの各光量は、 $(64, 128, 0)$ となる。その結果、画素 A において設定されるバックライト値は (128) となる。

【0136】

30

一方、 $(R, G, B) = (160, 256, 64)$ の画素 B（輝度 = 208、彩度 = 0.75）の場合、バックライト値は以下のように算出される。

【0137】

画素 B において、W サブピクセルへ振り分けられる光量は、 (64) である。そして、W サブピクセルへの振り分け光量を差し引いた、R、G、B サブピクセルの各光量は、 $(96, 192, 0)$ となる。その結果、画素 B において設定されるバックライト値は (192) となる。

【0138】

このように、画素 A と画素 B とを比較すると、両者は輝度が等しいにも関わらず、彩度の高い画素 B のほうがバックライト値が大きく設定されており、バックライト消費電力の削減効果が小さいことが分かる。

40

【0139】

ここで、出力信号生成部 13 は、本液晶表示装置に対して最初に入力される原画像データ（すなわち、第 1 入力 RGB 信号）に対しても、上記処理によってバックライト値およびサブピクセル透過率を算出することはできる。しかしながらこの場合には、上述した理由により、全ての画像に対して消費電力削減効果が得られるとは限らない（尚、実際には、最も表示機会が多いと考えられる通常の中間調表示画面では、消費電力削減の効果が得られる場合が多い）。

【0140】

このため、本液晶表示装置においては、出力信号生成部 13 の前段に彩度変換部 11 を

50

配置し、第1入力RGB信号に彩度変換処理を施して彩度変換後RGB信号に変換している。これにより、出力信号生成部13における処理において、バックライト消費電力の低減効果をより確実に大きく得ることができる。

【0141】

また、本液晶表示装置においては、彩度変換部11と出力信号生成部13との間に γ 補正部12を配置し、彩度変換後RGB信号に γ 補正処理を施して γ 補正後RGB信号に変換している。通常の液晶表示装置では、入力RGB信号に対して γ 補正を行った上で液晶パネルに出力している。但し、本発明における彩度変換処理と γ 補正処理とは、互いに影響を及ぼしあうため、本実施の形態では、彩度変換処理と γ 補正処理とが共に好適に行なわれるようにすることを特徴としている。

10

【0142】

以下に、本発明の液晶表示装置における彩度低減処理および γ 補正処理について、実施の形態1ないし13に基づいて詳細に説明する。

【0143】

〔実施の形態1〕

図6は、本実施の形態1にかかる液晶表示装置において、彩度変換部11の構成を示す図である。彩度変換部11は、バックライト上限値算出部21、 γ 補正後RGB信号最大・最小値算出部22、第1彩度変換率算出部23、彩度変換後RGB信号算出部25を備えて構成されている。また、図7は、彩度変換部11の動作を説明するフローチャートである。

20

【0144】

最初に、バックライト上限値算出部21において、後述する(1)式を用いてバックライト上限値が算出される(S_{11})。彩度変換部11では、そのままではWサブピクセルへ振り分けられる光量が少なく(すなわち彩度が高く)、かつ、輝度が高い画素についてのみ彩度低減処理を行うが、彩度または輝度の少なくとも一方が低い画素については彩度低減処理を行わない。これは、彩度の低い画素では、例え輝度が高くてもWサブピクセルへ多くの光量を振り分けることでバックライト値を大きく下げることができ、また、輝度が低い画素では、そもそも表示において高いバックライト値を必要としないためである。上記バックライト上限値は、彩度低減処理を行うべき画素の判定に用いられる。バックライト上限値の算出手順について詳細に説明すると以下の通りである。

30

【0145】

まず、画像データ(すなわち入力RGB信号)に対して彩度低減処理を行わない場合であって、かつ、バックライト値が最も大きくなる場合を考える。これは、彩度が1であり(Wサブピクセルに光量を分担できない)、かつRGB値の少なくとも1つがMAX(入力RGB信号の上限値を指す)であるような画素が存在する場合である。また、この時のバックライト値もMAXとなる。

【0146】

次に、画像データ(すなわち入力RGB信号)に対して彩度低減処理を行う場合であって、かつ、バックライト値が最も大きくなる場合を考える。尚、ここでの彩度低減処理は、該処理が施される画素に対して、処理前後で輝度を変化させず、彩度を最小とするような処理であるとする。この場合、彩度が0で(これ以上彩度を下げようがないため、バックライト値を下げるできない)、かつRGB値の全てがMAXであるような画素が存在するときに、最大のバックライト値となる。上記画素においては、RGB値のそれぞれにおける光量の半分をWサブピクセルに振り分けることになる(但し、R、G、Bのそれぞれのサブピクセルの面積と、Wサブピクセルとの面積が等しい場合)ので、この時のバックライト値は $MAX/2$ となる。

40

【0147】

従って、バックライト上限値 MAX_w の範囲は、 $MAX/2 \sim MAX$ となり、 $BlRatio$ の範囲を、 $0.5 \sim 1.0$ としたとき、バックライト上限値 MAX_w は、下記の(1)式で表すことができる。

50

【0148】

$$MAXw = MAX \times BlRatio \quad \cdots(1)$$

尚、ここでいうMAXは、入力RGB信号の上限値を指すが、一意の値ではなく複数の値が考えられる。すなわち、MAXの下限値は、入力RGB信号の全てのRGB値の最大値(MAXi)となる。これは、MAXをMAXiより小さな値にすると、所望のバックライト値にすることを保障できないからである。一方、MAXの上限値は、入力RGB信号の取り得る値の最大値(MAXs)となる。これは、MAXsより大きいバックライト値を必要としないからである。

【0149】

入力RGB信号のビット幅をBwとした場合、MAXsは、

$$MAXs = 2^{Bw} - 1$$

で表される。例えば、Bwが8の場合、MAXsは $2^8 - 1 = 255$ となる。よって、有効なMAXの範囲は、

$$MAXi \leq MAX \leq MAXs$$

で表される。

【0150】

基本的にMAXの設定値としては、 $MAXi \leq MAX \leq MAXs$ を満たせば、どのような値でも良い。MAX=MAXiに設定すれば、バックライト値を最も下げることができる。ただし、画像ごとにMAXを計算する必要がある。一方、MAX=MAXsに設定すれば、MAXiに比べてバックライト上限値(MAXw)が高くなるが、MAXが画像に依存しない一定値となるため、画像ごとにMAXを計算し直す必要がない。

【0151】

また、上記(1)式において、BlRatioは彩度低減処理の程度を示す定数である。すなわち、BlRatioが1の場合は上記彩度低減処理は行われない場合に相当し、BlRatioが0.5の場合は彩度を最小とするような処理が行われる場合に相当する。上記彩度低減処理においては、彩度をより低減させるほど、バックライト消費電力の削減効果は大きくなるが、当然ながら彩度低減による画質劣化の程度も大きくなる。このため、消費電力の削減効果と画質劣化とのバランスを考慮し、要求される彩度低減レベルに応じてBlRatioを0.5～1の範囲で任意に設定すればよい。

【0152】

こうしてバックライト上限値MAXwが決まれば、次に、S12～S15において、彩度低減処理を行うかどうかの判定を下記の手順に基づいて画素毎に判定する。

【0153】

先ず、 γ 補正後RGB信号最大・最小値算出部22は、入力RGB信号、及び γ 係数から、注目(処理対象)画素における γ 補正後のRGB信号の最大値maxRGBgおよび最小値minRGBgを下記の(2)式および(3)式から算出し、出力する(S12)。

【0154】

$$\max RGBg = fg(\max RGB, \gamma) \quad \cdots(2)$$

$$\min RGBg = fg(\min RGB, \gamma) \quad \cdots(3)$$

ただし、

$$\max RGB = \max(R[i], G[i], B[i])$$

$$\min RGB = \min(R[i], G[i], B[i])$$

$$\max(A, B, \dots) : A, B, \dots \text{の最大値}$$

$$\min(A, B, \dots) : A, B, \dots \text{の最小値}$$

$$\gamma : \gamma \text{係数} (> 0)$$

$$fg(x, g) : \gamma \text{補正関数}$$

$$(\text{例えば、} fg(x, g) = (x / MAX)^g \times MAX)$$

である。

【0155】

次に、第1彩度変換率算出部23において、注目画素の輝度・彩度が共に高いかどうか

10

20

30

40

50

を判定し、その判定結果に基づいて彩度変換率 α を算出する(S13)。この判定処理においては、上記(2)式および(3)式で求められた γ 補正後のRGB信号の最大値 $\max RGB$ および最小値 $\min RGB$ が、下記の(4)式を満たすか否かが確認される。尚、(4)式の導出方法については後述する。

【0156】

$$\max w < \max RGB - \min RGB \quad \cdots (4)$$

上記(4)式が満たされる場合は、輝度・彩度が共に高いと見なされ、この場合は下記の(5)式を満たす α が彩度変換率として算出される。尚、(5)式の導出方法については後述する。

【0157】

$$\begin{aligned} & f g (\alpha \times \max RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) \\ & - f g (\alpha \times \min RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) = \max w \quad \cdots (5) \end{aligned}$$

ただし、

$Y[i]$: 入力RGB信号($R[i]$, $G[i]$, $B[i]$)の輝度
(例えば、 $Y[i] = (2 \times R[i] + 5 \times G[i] + B[i]) / 8$)

である。

【0158】

上記(4)式が満たされない場合は、輝度・彩度の少なくともいずれか一方が低いと見なされ、この場合は $\alpha = 1$ に設定される。

【0159】

次に、彩度変換後RGB信号算出部25において、下記の(6)～(8)式を用いて、彩度変換後RGB信号($R_s[i]$, $G_s[i]$, $B_s[i]$)を算出する(S15)。尚、(6)～(8)式式の導出方法については後述する。

【0160】

$$R_s[i] = \alpha \times R[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots (6)$$

$$G_s[i] = \alpha \times G[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots (7)$$

$$B_s[i] = \alpha \times B[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \quad \cdots (8)$$

ここで、各ステップにおける、算出式の導出方法について説明する。

【0161】

まず、彩度変換処理を行うかどうかの判定条件である(4)式の導出方法を説明する。

【0162】

彩度変換を行わない場合の、バックライト値算出までのアルゴリズムは、以下に示すように、 γ 補正処理、Wサブピクセルの透過量算出、RGBサブピクセルの透過量算出、バックライト値算出の順序となる。

【0163】

γ 補正処理では、入力RGB信号($R[i]$, $G[i]$, $B[i]$)に対して、彩度変換処理を行なわない場合の γ 補正後のRGB信号($R_g[i]$, $G_g[i]$, $B_g[i]$)は、下記の(101)～(103)式にて与えられる。

【0164】

$$R_g[i] = f g (R[i], \gamma) \quad \cdots (101)$$

$$G_g[i] = f g (G[i], \gamma) \quad \cdots (102)$$

$$B_g[i] = f g (B[i], \gamma) \quad \cdots (103)$$

上記 γ 補正後のRGB信号($R_g[i]$, $G_g[i]$, $B_g[i]$)に対して、Wサブピクセルの透過量 $Wt_g[i]$ は、下記の(104)式にて与えられる。

【0165】

$$Wt_g[i] = \min (\max RGB / 2, \min RGB) \quad \cdots (104)$$

ただし、

$$\max RGB = \max (R_g[i], G_g[i], B_g[i])$$

$$\min RGB = \min (R_g[i], G_g[i], B_g[i])$$

である。

10

20

30

40

50

【0166】

上記 γ 補正後のRGB信号($Rg[i]$, $Gg[i]$, $Bg[i]$)およびWサブピクセルの透過量 $Wtg[i]$ に対して、RGBサブピクセルの透過量($Rtg[i]$, $Gtg[i]$, $Btg[i]$)は、下記の(105)~(107)式にて与えられる。

【0167】

$$Rtg[i] = Rg[i] - Wtg[i] \quad \cdots(105)$$

$$Gtg[i] = Gg[i] - Wtg[i] \quad \cdots(106)$$

$$Btg[i] = Bg[i] - Wtg[i] \quad \cdots(107)$$

そして、この時のバックライト値 Wbg は、下記の(108)式にて与えられる。

【0168】

$$Wbg = \max(Rtg[1], Gtg[1], Btg[1], Wtg[1], \dots, Rtg[Np], Gtg[Np], Btg[Np], Wtg[Np]) \quad \cdots(108)$$

上記(104)~(107)式において、RGBW透過量のそれぞれは、その値が0を下回ることはない。次に、W透過量がMAXwを超えない条件は、上記(104)式より、以下の(109)式となる。

【0169】

$$\min(\max RGBg / 2, \min RGBg) \leq MAXw \quad \cdots(109)$$

さらに、RGB透過量のそれぞれがMAXwを超えない条件は、上記(105)~(107)式より、以下の(110)~(112)式となる。

【0170】

$$Rtg[i] \leq MAXw \quad \cdots(110)$$

$$Gtg[i] \leq MAXw \quad \cdots(111)$$

$$Btg[i] \leq MAXw \quad \cdots(112)$$

上記(104)~(107)式、および(110)~(112)式より、RGB透過量のそれぞれがMAXwを超えない条件は、以下の(113)式となる。

【0171】

$$\begin{aligned} \max(Rtg[i], Gtg[i], Btg[i]) &\leq MAXw \\ \max RGBg - Wtg[i] &\leq MAXw \\ \therefore \max RGBg - \min(\max RGBg / 2, \min RGBg) &\leq MAXw \end{aligned} \quad \cdots(113)$$

ここで、

(A) $\max RGBg / 2 \leq \min RGBg$ のとき、

W透過量がMAXwを超えない条件は、上記(109)式より、

$$\max RGBg / 2 \leq MAXw \quad \cdots(114)$$

となる。また、MAXwは、 $MAX / 2 \leq MAXw \leq MAX$ の範囲にあるため、 $\max RGBg / 2 \leq MAX / 2 \leq MAXw$ となり、上記(114)式は常に成り立つ。

【0172】

次に、RGB透過量がMAXwを超えない条件は、上記(113)式より、

$$\max RGBg - \max RGBg / 2 \leq MAXw$$

$$\therefore \max RGBg / 2 \leq MAXw$$

となる。上記式は上記(114)式と同じなので、常に成り立つ。

【0173】

一方、(B) $\min RGBg < \max RGBg / 2$ のとき、

W透過量がMAXwを超えない条件は、上記(109)式より、

$$\min RGBg \leq MAXw \quad \cdots(115)$$

となる。この場合、 $MAX / 2 \leq MAXw \leq MAX$ 、および $\min RGBg < \max RGBg / 2$ より、 $\min RGBg < \max RGBg / 2 \leq MAX / 2 \leq MAXw$ となり、上記(115)式は常に成り立つ。

10

20

30

40

50

【0174】

次に、RGB透過量がMAXwを超えない条件は、上記(113)式より、

$$\max RGBg - \min RGBg \leq MAXw \quad \dots (116)$$

となる。

【0175】

上記(116)式は、常に成り立つとは限らないので、RGBW透過量の全てがMAXwを超えない条件は、(B) $\min RGBg < \max RGBg / 2$ のとき、上記(116)式となる。

【0176】

逆に、RGBW透過量の少なくとも1つがMAXwを超える条件は、(B) $\min RGBg < \max RGBg / 2$ のとき、上述の(4)式となる。 10

【0177】

上記(4)式が成り立つ場合は、 $MAX / 2 \leq MAXw \leq MAX$ より、

$$\max RGBg / 2 \leq MAX / 2 \leq MAXw < \max RGBg - \min RGBg$$

$$\max RGBg / 2 < \max RGBg - \min RGBg$$

$$\therefore \min RGBg < \max RGBg / 2$$

となり、すなわち(B) $\min RGBg < \max RGBg / 2$ が常に成り立つ。

【0178】

したがって、RGBW透過量の少なくとも1つがMAXwを超える条件は、無条件で上記(4)式となる。 20

【0179】

すなわち、R[i], G[i], B[i] が(4)式を満たす場合は、彩度変換処理を行うことで、バックライト値がMAXwを超えないようにする。

【0180】

次に、彩度変換の算出式である(5)～(8)式の導出方法を説明する。

【0181】

まず、輝度および色相が不変で、彩度のみを低減させるRGB信号の変換式は、下記の(117)式が満たされる場合の上記(6)～(8)式のとおりである。

【0182】

$$0 \leq \alpha < 1 \quad \dots (117)$$

ただし、彩度変換をさせないときだけ、 $\alpha = 1$ とする。

【0183】

上記(6)～(8)式が、彩度低減処理前後でRGB信号の輝度および色相を変えないことの証明は以下の通りである。

【0184】

まず、RGB値が(R, G, B)のときの輝度の算出式を $(2 \times R + 5 \times G + B) / 8$ とすると、彩度変換後の輝度Ys[i]は、下記(118)式のようになる。

【0185】

$$Ys[i] = (2 \times Rs[i] + 5 \times Gs[i] + Bs[i]) / 8 \quad \dots (118)$$

上記(118)式に(6)～(8)式を代入すると、下記(119)式が導かれる。 40

【0186】

$$\begin{aligned} Ys[i] &= \alpha \times (2 \times R[i] + 5 \times G[i] + B[i]) / 8 \\ &\quad + (1 - \alpha) \times Y[i] \\ &= \alpha \times Y[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \\ &= Y[i] \quad \dots (119) \end{aligned}$$

上記(119)式より、彩度変換前後で輝度値が変化していないことが分かる。

【0187】

一方、色相に関しては、例としてR値が最大のことを考える。まず、R値が最大の際、彩度変換前の色相H[i]は、下記(120)式のようになる。

【0188】

$$H[i] = (Cb - Cg) \times 60 \quad \cdots (120)$$

ここでは、

$$Cb = (\max RGB - B[i]) / (\max RGB - \min RGB)$$

$$Cg = (\max RGB - G[i]) / (\max RGB - \min RGB)$$

である。

【0189】

次に、彩度変換後の色相 $Hs[i]$ は、下記(121)式のようにになる。

【0190】

$$Hs[i] = (Cbs - Cgs) \times 60 \quad \cdots (121)$$

ここでは、

$$Cbs = (\max RGBs - Bs[i]) / (\max RGBs - \min RGBs)$$

$$Cgs = (\max RGBs - Gs[i]) / (\max RGBs - \min RGBs)$$

$\min RGBs$: 彩度変換後の $\min RGB$

$\max RGBs$: 彩度変換後の $\max RGB$

である。

【0191】

上記(121)式を変形し、さらに、(6)ないし(8)式を代入すると、下記(122)式が得られる。

【0192】

$$\begin{aligned} Hs[i] &= [\{ (\max RGBs - Bs[i]) - (\max RGBs - Gs[i]) \} / (\max RGBs - \min RGBs)] \times 60 \\ &= \{ (Gs[i] - Bs[i]) / (\max RGBs - \min RGBs) \} \times 60 \\ &= [\alpha \times (G[i] - B[i]) / \{ \alpha \times (\max RGB - \min RGB) \}] \times 60 \\ &= \{ (G[i] - B[i]) / (\max RGB - \min RGB) \} \times 60 \\ &= [\{ (\max RGB - B[i]) - (\max RGB - G[i]) \} / (\max RGB - \min RGB)] \times 60 \\ &= (Cb - Cg) \times 60 \\ &= H[i] \quad \cdots (122) \end{aligned}$$

上記(122)式より、彩度変換前後で色相も変化しないことが分かる。G値、あるいはB値が最大の時も同様である。

【0193】

次に、上記(122)式より、彩度変換算出式が(6)～(8)式の時、バックライト値が $MAXw$ になるような α の関係式を導出する。

【0194】

(4)式を満たす全ての画素に対して、下記の(123)式を満たすように彩度変換を行えば、バックライト値は必ず $MAXw$ 以下になる。

【0195】

$$MAXw = \max RGBsg - \min RGBsg \quad \cdots (123)$$

上記(6)～(8)式および(123)式より、上述した(5)式が導かれる。この(5)式を解くことで、バックライト値が $MAXw$ になるような α の値を導き出すことができるが、この式は非線形方程式であるため、簡単に解くことができない。そこで、(5)式の解法については近似的な方法を用いて解くことが考えられるが、その解法については、後述する実施の形態4ないし13において詳細に説明する。

【0196】

最後に、(4)式を満たさない画素の場合は、 α を1に設定することにより、(6)～(8)式で、彩度変換前のRGB値 ($R[i]$, $G[i]$, $B[i]$) = 彩度変換後のRGB値 ($Rs[i]$, $Gs[i]$, $Bs[i]$) となり、結果的に彩度変換を行わないことになる。

【0197】

10

20

30

40

50

上記彩度変換処理においては、色彩の鮮やかさという点で入力画像の画質が劣化するが、一般的な画像では高輝度かつ高彩度の部分はそれほど多くなく、彩度が低下する部分は画像の一部に限られる場合が多い。さらに、人間の視覚特性は、明るさの変化に比べ、色の変化にはそれほど敏感ではないため、この画質劣化は、人間には認識されにくい場合が多い。一方、人間の視覚特性は、色の変化に比べ、明るさの変化に対して敏感であるため、輝度低減は大きな画質劣化として認識される。したがって、上記彩度変換処理では、変換の前後において、輝度が変化しないように維持することが重要である。

【0198】

彩度変換部11で算出された彩度変換後RGB信号は、続いて、 γ 補正部12によって γ 補正され、 γ 補正部12からは γ 補正後RGB信号が出力される。 γ 補正部12での γ 補正処理は、通常のディスプレイ装置で行なわれる γ 補正と同じであり、一般的には入力信号（ここでは、彩度変換後RGB信号）に対する出力信号（ここでは、 γ 補正後RGB信号）をLUT(Look-Up Table)から読み出すか、変換式を用いた算出によって行なわれる。また、本実施の形態の γ 補正処理において使用されるLUTもしくは変換式は、通常のディスプレイ装置で行なわれる γ 補正と同様のものが使用できる。

10

【0199】

但し、本実施の形態においては、彩度変換処理を行った後に、 γ 補正処理を行うことが重要である。すなわち、彩度変換部11の後段に γ 補正部12を配置していることを特徴の一つとしている。尚、この理由については後述する。

20

【0200】

図8は、本実施の形態1にかかる液晶表示装置において、出力信号生成部13の構成を示す図である。出力信号生成部13は、W透過量算出部41、RGB透過量算出部42、バックライト値算出部43、透過率算出部44を備えて構成されている。また、図9は、出力信号生成部13の動作を説明するフローチャートである。

【0201】

まず、W透過量算出部41において、下記の(55)式を用いて、 γ 補正後RGB信号から注目画素におけるW透過量 $Wts_g[i]$ を算出する(S41)。

【0202】

$$Wts_g[i] = \min(\max(RGBsg/2, \min(RGBsg)) \quad \cdots(55)$$

次に、RGB透過量算出部42において、下記の(56)～(58)式を用いて、 γ 補正後RGB信号およびW透過量から注目画素におけるRGB透過量($Rts_g[i]$, $Gts_g[i]$, $Bts_g[i]$)を算出する(S42)。

30

【0203】

$$Rts_g[i] = Rsg[i] - Wts_g[i] \quad \cdots(56)$$

$$Gts_g[i] = Gsg[i] - Wts_g[i] \quad \cdots(57)$$

$$Bts_g[i] = Bsg[i] - Wts_g[i] \quad \cdots(58)$$

上記S41～S42の処理は、入力RGB信号の画素の数だけ繰り返される。

【0204】

バックライト値算出部43において、下記の(59)式を用いて、全画素のRGBW透過量からバックライト値 Wbs_g を算出する(S43)。

40

【0205】

$$\begin{aligned} Wbs_g \\ = \max(Rts_g[1], Gts_g[1], Bts_g[1], Wts_g[1], \\ \dots \\ Rts_g[Np], Gts_g[Np], Bts_g[Np], \\ Wts_g[Np]) \quad \cdots(59) \end{aligned}$$

次に、透過率算出部44において、(60)～(63)式を用いて、RGBW透過量およびバックライト値から注目画素のRGBW透過率を算出する(S44)。上記S44の処理は、入力RGB信号の画素の数だけ繰り返される。

【0206】

50

$$rsg[i] = Rts g[i] / Wbs g \quad \cdots (60)$$

$$gs g[i] = Gts g[i] / Wbs g \quad \cdots (61)$$

$$bs g[i] = Bts g[i] / Wbs g \quad \cdots (62)$$

$$ws g[i] = Wts g[i] / Wbs g \quad \cdots (63)$$

ただし、 $Wbs g = 0$ のとき、 $rsg[i] = gs g[i] = bs g[i] = ws g[i] = 0$ である。

【0207】

以下に、本実施の形態1にかかるバックライト値の算出例を示す。ここでは、説明を簡単にするために、1画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値 ($R[1]$, $G[1]$, $B[1]$) = (159, 255, 63) である場合を例示する。尚、以下の説明では、 $MAX = 255$, $\gamma = 2$, $BlRatio = 0.5$ に設定されているものとする。

【0208】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は以下のように算出される。入力画像の画素値に γ 補正を施して得られる γ 補正後の画素値 ($Rg[1]$, $Gg[1]$, $Bg[1]$) は、

$$Rg[1] = (R[1] / MAX)^\gamma \times MAX = (159 / 255)^2 \times 255 = 99$$

$$Gg[1] = (G[1] / MAX)^\gamma \times MAX = (255 / 255)^2 \times 255 = 255$$

$$Bg[1] = (B[1] / MAX)^\gamma \times MAX = (63 / 255)^2 \times 255 = 16$$

となる。

【0209】

上記 γ 補正後画素値に基づいてもとまる W 透過量 $Wtg[1]$ は、

$$\begin{aligned} Wtg[1] &= \min(\max RGBg / 2, \min RGBg) \\ &= \min(255 / 2, 16) \\ &= 16 \end{aligned}$$

となる。

【0210】

また、この時の RGB 透過量 ($Rtg[1]$, $Gtg[1]$, $Btg[1]$) は、

$$Rtg[1] = Rg[1] - Wtg[1] = 99 - 16 = 83$$

$$Gtg[1] = Gg[1] - Wtg[1] = 255 - 16 = 239$$

$$Btg[1] = Bg[1] - Wtg[1] = 16 - 16 = 0$$

となる。

【0211】

上記 $RGBW$ 透過量から求まるバックライト値 Wbg は、

$$\begin{aligned} Wbg &= \max(Rtg[1], Gtg[1], Btg[1], Wtg[1]) \\ &= \max(83, 239, 0, 16) = 239 \end{aligned}$$

となる。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、239である。

【0212】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。上述した本実施の形態の算出手順によれば、バックライト上限値 $MAXw$ は、(1)式より、

$$MAXw = MAX \times BlRatio = 255 \times 0.5 = 127.5$$

となる。

【0213】

γ 補正後の RGB 信号の最大・最小値は、(2), (3)式より、

$$\begin{aligned} \max RGBg &= (\max RGB / MAX)^\gamma \times MAX \\ &= (255 / 255)^2 \times 255 = 255 \end{aligned}$$

$$\min RGBg = (\min RGB / MAX)^\gamma \times MAX$$

10

20

30

40

50

$$= (63 / 255)^2 \times 255 = 16$$

となる。

【0214】

上記注目画素は(4)式を満たすため、彩度変換が行われる。この時、以下のようにして彩度変換率 α が求められる。まずは、入力画素値に対応する輝度 $Y[1]$ が求められる。

【0215】

$$\begin{aligned} Y[1] &= (2 \times R[1] + 5 \times G[1] + B[1]) / 8 \\ &= (2 \times 159 + 5 \times 255 + 63) / 8 = 207 \end{aligned}$$

(5)式に、 $MAX = 255$ 、 $\gamma = 2$ 、 $maxRGB = 255$ 、 $minRGB = 63$ 、 $Y[1] = 207$ 、 $MAXw = 127.5$ を代入すると、

$$\begin{aligned} &fg(\alpha \times 255 + (1 - \alpha) \times 207, 2) \\ &- fg(\alpha \times 63 + (1 - \alpha) \times 207, 2) = 127.5 \end{aligned}$$

となる。上記式を解くことで、彩度変換率 α が求められる。

【0216】

$$\begin{aligned} &\{(\alpha \times 255 + (1 - \alpha) \times 207) / 255\}^2 \times 255 \\ &- \{(\alpha \times 63 + (1 - \alpha) \times 207) / 255\}^2 \times 255 = 127.5 \\ &\{(\alpha \times 255 + (1 - \alpha) \times 207)\}^2 \\ &- \{(\alpha \times 63 + (1 - \alpha) \times 207)\}^2 = 32512.5 \\ &(48 \times \alpha + 207)^2 - (-144 \times \alpha + 207)^2 = 32512.5 \\ &2304 \times \alpha^2 + 19872 \times \alpha + 42849 - 20736 \times \alpha^2 + 59616 \times \alpha \\ &- 42849 = 32512.5 \\ &-18432 \times \alpha^2 + 2 \times 39744 \times \alpha - 32512.5 = 0 \end{aligned}$$

上記式に、2次方程式の解の公式を当てはめると、

$$\begin{aligned} \alpha &= -39744 \pm \sqrt{\{(-39744)^2 - (-18432)\} \\ &\times (-32512.5)} / (-18432) \end{aligned}$$

となり、 $\alpha = 0.457575$ あるいは 3.854925 となる。

【0217】

$0 \leq \alpha < 1$ より、 $\alpha = 0.457575$ となる。

【0218】

彩度変換率 α が求めれば、(6)～(8)式を用いて、彩度変換後RGB信号($Rs[1]$ 、 $Gs[1]$ 、 $Bs[1]$)は、

$$\begin{aligned} Rs[1] &= \alpha \times R[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.457575 \times 159 + (1 - 0.457575) \times 207 = 185 \\ Gs[1] &= \alpha \times G[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.457575 \times 255 + (1 - 0.457575) \times 207 = 229 \\ Bs[1] &= \alpha \times B[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.457575 \times 63 + (1 - 0.457575) \times 207 = 141 \end{aligned}$$

となる。

【0219】

彩度変換後RGB信号に γ 補正を施して得られる γ 補正後RGB信号($Rsg[1]$ 、 $Gsg[1]$ 、 $Bsg[1]$)は、

$$\begin{aligned} Rsg[1] &= (Rs[1] / MAX)^\gamma \times MAX = (185 / 255)^2 \times 255 \\ &= 134 \\ Gsg[1] &= (Gs[1] / MAX)^\gamma \times MAX = (229 / 255)^2 \times 255 \\ &= 206 \\ Bsg[1] &= (Bs[1] / MAX)^\gamma \times MAX = (141 / 255)^2 \times 255 \\ &= 78 \end{aligned}$$

となる。

【0220】

上記 γ 補正後RGB信号に基づいてもとまるW透過量 $Wtg[1]$ は、

10

20

30

40

50

$$W t s g [1] = \min (\max R G B s g / 2, \min R G B s g) \\ = \min (206 / 2, 78) = 78$$

となる。

【0221】

また、この時のRGB透過量 ($R t g [1]$, $G t g [1]$, $B t g [1]$) は、

$$R t s g [1] = R s g [1] - W t s g [1] = 134 - 78 = 56$$

$$G t s g [1] = G s g [1] - W t s g [1] = 206 - 78 = 128$$

$$B t s g [1] = B s g [1] - W t s g [1] = 78 - 78 = 0$$

となる。

【0222】

上記RGBW透過量から求まるバックライト値 $W b s g$ は、

$$W b s g = \max (R t s g [1], G t s g [1], B t s g [1], \\ W t s g [1])$$

$$= \max (56, 128, 0, 78) = 128$$

となる。すなわち、彩度変換処理を行う場合のバックライト値は、128である。

【0223】

以上のように、上記例では、彩度変換処理により、バックライト値を239から128に低減できることが分かる（約46%の低減）。

【0224】

上述したように、本実施の形態の処理では、彩度変換処理を行った後に γ 補正処理が行われるように、彩度変換部11の後段に γ 補正部12を配置している。これは、 γ 補正後に彩度変換を行うと、彩度変換の前後では輝度は保持されるものの、ディスプレイから出力される光（画像）を、人間の目が逆 γ 補正したときに輝度が変化するためである。この人間の目による逆 γ 補正について、より具体的に説明すると以下の通りである。

【0225】

例えば、人間が、ある明るさのライトを観察する場合、次に、そのライトの輝度値を（物理的に）半分の輝度値にして同じライトを観察する。その場合、人間の目は、半分の輝度値にされたライトの光を、半分の明るさであると認識はせず、実際は半分の明るさよりも明るいと認識してしまう。すなわち、人間の視覚特性（明るさを認識する特性）は、非線形であり、明るさの物理量を横軸に、人間の知覚量を縦軸にしたときのグラフは、単調増加ではあるが線形ではなく、上に凸のグラフ（いわゆる γ カーブ）となる。

【0226】

そのため、ディスプレイ装置の側では、入力画像データに γ 補正（下に凸の単調増加グラフ）を施すことで、 γ 補正後の画像データの輝度値の物理量と、人間の知覚量とが線形になるようにしている。言い換えると、ディスプレイ装置の側で γ 補正し、かつ人間の知覚の段階でそのディスプレイとは逆の補正（逆 γ 補正）がなされることで、両者の補正が相殺され、最終的に人間に知覚される明るさの特性が、 γ 補正後の画像データの輝度値の物理量に対して線形となる。

【0227】

本実施の形態にかかる処理のように、彩度変換後に γ 補正を行うと、 γ 補正の時点で一旦輝度が変化するが、人間の目が逆 γ 補正することで元の輝度に戻るため、最終的に輝度が保持される。

【0228】

例えば、上述のバックライト値算出例（彩度変換後に γ 補正する例）において、 γ 補正前（彩度変換後）の輝度値 $Y s [1]$ ($= Y [1]$) は207であり、 γ 補正後の輝度値 $Y s g [1]$ は、

$$Y s g [1] = (2 \times R s g [1] + 5 \times G s g [1] + B s g [1]) / 8 = (2 \times 134 + 5 \times 206 + 78) / 8 = 172$$

となり、上記 γ 補正により一旦輝度が変化する。

【0229】

10

20

30

40

50

ディスプレイから出力される光の量（透過量）のRGB換算値は、 $Rsg[1]$ 、 $Gsg[1]$ 、 $Bsg[1]$ と同じであり、これに対して、人間の目が逆 γ 補正を行った場合のRGB値（ $Rsgi[1]$ 、 $Gsgi[1]$ 、 $Bsgi[1]$ ）は、

$$Rsgi[1] = (Rsg[1] / MAX)^{1/\gamma} \times MAX \\ = (134 / 255)^{1/2} \times 255 = 185$$

$$Gsgi[1] = (Gsg[1] / MAX)^{1/\gamma} \times MAX \\ = (206 / 255)^{1/2} \times 255 = 229$$

$$Bsgi[1] = (Bsg[1] / MAX)^{1/\gamma} \times MAX \\ = (78 / 255)^{1/2} \times 255 = 141$$

となる。よって、人間の目が逆 γ 補正を行った場合のRGB値に対応する輝度 $Ysgi[1]$ は、

$$Ysgi[1] \\ = (2 \times Rsgi[1] + 5 \times Gsgi[1] + Bsgi[1]) / 8 \\ = (2 \times 185 + 5 \times 229 + 141) / 8 = 207$$

となり、輝度値が保持されていることが分かる。

【0230】

一方、 γ 補正後に彩度変換を行った場合は、以下のようになる。

【0231】

まず、入力画像の画素値（ $R[1]$ 、 $G[1]$ 、 $B[1]$ ）＝（159，255，63）に対して γ 補正を行った画素値（ $Rg[1]$ 、 $Gg[1]$ 、 $Bg[1]$ ）は、（99，255，16）となる。

【0232】

次に、 γ 補正後に彩度変換を行った場合におけるバックライト値を $MAXw$ 以下にする α の関係式は、下記の(124)式のようになる。

【0233】

$$MAXw = \max RGBgs - \min RGBgs \quad \cdots (124)$$

ただし、

$$\max RGBgs = \alpha \times \max RGBg + (1 - \alpha) \times Yg[i]$$

$$\min RGBgs = \alpha \times \min RGBg + (1 - \alpha) \times Yg[i]$$

上記(124)式を変形すると、

$$\{ \alpha \times \max RGBg + (1 - \alpha) \times Yg[i] \} \\ - \{ \alpha \times \min RGBg + (1 - \alpha) \times Yg[i] \} = MAXw \\ \therefore \alpha = MAXw / (\max RGBg - \min RGBg) \quad \cdots (125)$$

(125)式より、このときの α は、

$$\alpha = MAXw / (\max RGBg - \min RGBg) \\ = 127.5 / (255 - 16) = 0.533473$$

となる。

【0234】

彩度変換後の画素値（ $Rgs[1]$ 、 $Ggs[1]$ 、 $Bgs[1]$ ）は、

$$Rgs[1] = \alpha \times Rg[1] + (1 - \alpha) \times Yg[i] \\ = 0.533473 \times 99 + (1 - 0.533473) \times 186.125 = 140$$

$$Ggs[1] = \alpha \times Gg[1] + (1 - \alpha) \times Yg[i] \\ = 0.533473 \times 223 + (1 - 0.533473) \times 186.125 = 223$$

$$Bgs[1] = \alpha \times Bg[1] + (1 - \alpha) \times Yg[i] \\ = 0.533473 \times 95 + (1 - 0.533473) \times 186.125 = 95$$

となる。ディスプレイから出力される光の量（透過量）のRGB換算値は、 $Rgs[1]$ 、 $Ggs[1]$ 、 $Bgs[1]$ と同じであり、これに対して、人間の目が逆 γ 補正を行った場合のRGB値（ $Rgsi[1]$ 、 $Ggsi[1]$ 、 $Bgsi[1]$ ）は、

$$Rgsi[1] \\ = (Rgs[1] / MAX)^{1/\gamma} \times MAX = (140 / 255)^{1/2} \times 255 = 150$$

8 9

G g s i [1]

$$= (G g s [1] / MAX)^{1/\gamma} \times MAX = (223 / 255)^{1/2} \times 255 = 238$$

3 8

B g s i [1]

$$= (B g s [1] / MAX)^{1/\gamma} \times MAX = (95 / 255)^{1/2} \times 255 = 156$$

6

となる。よって、輝度 Y g s i [1] は、

Y g s i [1]

$$= (2 \times R g s i [1] + 5 \times G g s i [1] + B g s i [1]) / 8$$

10

$$= (2 \times 189 + 5 \times 238 + 156) / 8 = 215.5$$

となり、すなわち、元の輝度である Y [1] = 207 が保持されていない。よって、輝度を保持するためには、彩度変換を行った後に、 γ 補正を行う必要がある。

【0235】

〔実施の形態2〕

上記実施の形態1では、(4)式を用いて注目画素毎に彩度低減が必要か否かを判断するようにしている。この場合、(4)式を満たす画素、すなわち彩度低減が必要な画素だけに対して、彩度変換（彩度低減）処理を通し、(4)式を満たさない画素、すなわち彩度低減が必要ない画素については、彩度変換処理をスキップすることができる。

【0236】

20

しかしながら、彩度変換部11をハードウェアによって実現することを考えた場合には、そのようなスキップ処理がない方がハードウェアを簡素化できるため好ましい。本実施の形態2では、入力画像内の全ての画素に対して彩度変換処理を施す変形例について説明する。尚、実施の形態1と同一の処理部に対しては、実施の形態1と同じ番号を付けると共に、詳細説明を省略する。

【0237】

本実施の形態2にかかる処理においては、(4)式を満たさない画素に対しては、 α の算出方法によっては、 α が0から1の範囲を逸脱するため、リミッタ処理により α を0あるいは1に補正することで、結果的に彩度変換を行わないようにする。

【0238】

30

図10は、本実施の形態2にかかる液晶表示装置において彩度変換部11の構成を示す図である。彩度変換部11は、バックライト上限値算出部21、第2彩度変換率算出部33、彩度変換後RGB信号算出部25を備えて構成されている。また、図11は、彩度変換部11の動作を説明するフローチャートである。

【0239】

最初に、バックライト上限値算出部21において、(1)式を用いてバックライト上限値が算出される(S11)。S11の処理は、入力RGB信号の画素の数だけ繰り返される。

【0240】

次に、第2彩度変換率算出部33において、入力RGB信号、 γ 係数、及びバックライト上限値から(5)式を満たす彩度変換率 α を算出する(S23)。彩度変換率 α の算出方法については、後述する実施の形態4ないし13において説明する。

40

【0241】

次に、彩度変換後RGB信号算出部25において、(6)～(8)式を用いて、彩度変換後RGB信号を算出する(S15)。

【0242】

図12は、本実施の形態2にかかる液晶表示装置において彩度変換部11の別の構成を示す図である。図12に示す彩度変換部11は、第2彩度変換率算出部33の後段、かつ、彩度変換後RGB信号算出部25の前段に、彩度変換率リミッタ処理部34を追加した構成である。彩度変換率リミッタ処理部34は、第2彩度変換率算出部3で算出された彩

50

度変換率 α が0以上1以下の範囲に収まるようにリミッタ処理を行うものである。

【0243】

図13は、図12に示す彩度変換部11の動作を説明するためのフローチャートであり、図11のフローチャートに、S23の直後に、彩度変換率リミッタ処理S24を追加したものとなっている。

【0244】

図13のフローでは、第2彩度変換率算出部33における彩度変換率 α の算出後(S23)、彩度変換率リミッタ処理部34において、 $\alpha < 0$ の場合は $\alpha = 0$ に補正し、 $1 < \alpha$ の場合は $\alpha = 1$ に補正する(S24)。

【0245】

ただし、彩度変換率算出処理(S23)において、 $\alpha < 0$ にならないことが明らかな場合は、 $\alpha < 0$ かどうかの判定処理、及び上記リミッタ処理を省略することも可能である。同様に、彩度変換率算出処理(S23)において、 $1 < \alpha$ にならないことが明らかな場合は、 $1 < \alpha$ かどうかの判定処理、及び上記リミッタ処理を省略することも可能である。

【0246】

以下に、本実施の形態2にかかるバックライト値の算出例を示す。ここでは、説明を簡単にするために、1画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値($R[1]$, $G[1]$, $B[1]$) = (159, 255, 63)である場合を例示する(第1の算出例)。すなわち、実施の形態1のバックライト値の算出例と同じ画素値を用いた場合を例示する。尚、以下の説明では、彩度変換率リミッタ処理を行うものとし、かつ、 $MAX = 255$, $\gamma = 2$, $BlRatio = 0.5$ に設定されているものとする。

【0247】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様である。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、239である。

【0248】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。

【0249】

先ず、バックライト上限値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様に行なわれ、バックライト上限値 $MAXw$ は、 $MAXw = 127.5$ となる。

【0250】

本実施の形態2では、彩度低減が必要か否かの判定を行なわないため、全ての画素について彩度変換率 α の算出が行なわれる。この例での彩度変換率 α の算出は、実施の形態1で説明した例と同様に行なわれるため、 $\alpha = 0.457575$ あるいは 3.854925 となるが、本算出例では、小さい方の値を採用する。したがって、 $\alpha = 0.457575$ となる。

【0251】

この場合、 $0 \leq \alpha \leq 1$ であるため、リミッタ処理後の α も $\alpha = 0.457575$ となる。この後の、バックライト値算出までの手順は、実施の形態1で説明した例と同様であり、このときのバックライト値は、128となる。すなわち、彩度変換処理により、バックライト値は239から128に低減させることができる(約46%の低減)。

【0252】

上記説明における算出例は、第2彩度変換率算出部33において算出される彩度変換率 α が、 $0 \leq \alpha \leq 1$ となる場合の例であるが、続いては、第2彩度変換率算出部33において算出される彩度変換率 α が、 $0 \leq \alpha \leq 1$ とはならない場合の例(第2の算出例)について示す。ここでは、説明を簡単にするために、1画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値($R[1]$, $G[1]$, $B[1]$) = (159, 187, 85)である場合を例示する。尚、以下の説明では、彩度変換率リミッタ処理を行うものとし、かつ、 $MAX = 255$, $\gamma = 2$, $BlRatio = 0.5$ に設定されているものとする。

【0253】

10

20

30

40

50

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は以下のように算出される。入力画像の画素値に γ 補正を施して得られる γ 補正後の画素値($R_g[1]$, $G_g[1]$, $B_g[1]$)は、

$$R_g[1] = (R[1] / MAX)^\gamma \times MAX = (159 / 255)^2 \times 255 = 99$$

$$G_g[1] = (G[1] / MAX)^\gamma \times MAX = (187 / 255)^2 \times 255 = 137$$

$$B_g[1] = (B[1] / MAX)^\gamma \times MAX = (85 / 255)^2 \times 255 = 28$$

となる。

10

【0254】

上記 γ 補正後画素値に基づいてもとまるW透過量 $Wtg[1]$ は、

$$\begin{aligned} Wtg[1] &= \min(\max RGBg / 2, \min RGBg) \\ &= \min(137 / 2, 28) \\ &= 28 \end{aligned}$$

となる。

【0255】

また、この時のRGB透過量($Rtg[1]$, $Gtg[1]$, $Btg[1]$)は、

$$Rtg[1] = R_g[1] - Wtg[1] = 99 - 28 = 71$$

$$Gtg[1] = G_g[1] - Wtg[1] = 137 - 28 = 109$$

$$Btg[1] = B_g[1] - Wtg[1] = 28 - 28 = 0$$

20

となる。

【0256】

上記RGBW透過量から求まるバックライト値 Wbg は、

$$\begin{aligned} Wbg &= \max(Rtg[1], Gtg[1], Btg[1], Wtg[1]) \\ &= \max(71, 109, 0, 28) = 109 \end{aligned}$$

となる。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、109である。

【0257】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。先ずは、バックライト上限値の算出が行なわれるが、この算出は、実施の形態1で説明した例と同様に行なわれ、バックライト上限値 $MAXw$ は、 $MAXw = 127.5$ となる。

30

【0258】

本実施の形態2では、彩度低減が必要か否かの判定を行なわないため、全ての画素について彩度変換率 α の算出が行なわれる。この時、以下のようにして彩度変換率 α が求められる。まずは、入力画素値に対応する輝度 $Y[1]$ が求められる。

【0259】

$$\begin{aligned} Y[1] &= (2 \times R[1] + 5 \times G[1] + B[1]) / 8 \\ &= (2 \times 159 + 5 \times 187 + 85) / 8 = 167.25 \end{aligned}$$

(5)式に、 $MAX = 255$, $\gamma = 2$, $\max RGB = 187$, $\min RGB = 85$, $Y[1] = 167.25$, $MAXw = 127.5$ を代入すると、

40

$$fg(\alpha \times 187 + (1 - \alpha) \times 167.25, 2)$$

$$- fg(\alpha \times 85 + (1 - \alpha) \times 167.25, 2) = 127.5$$

となる。上記式を解くことで、彩度変換率 α が求められる。

【0260】

$$\begin{aligned} &\{(\alpha \times 187 + (1 - \alpha) \times 167.25) / 255\}^2 \times 255 \\ &- \{(\alpha \times 85 + (1 - \alpha) \times 167.25) / 255\}^2 \times 255 = 127.5 \\ &\{(\alpha \times 187 + (1 - \alpha) \times 167.25)\}^2 \\ &- \{(\alpha \times 85 + (1 - \alpha) \times 167.25)\}^2 = 32512.5 \\ &(19.75 \times \alpha + 167.25)^2 - (-82.25 \times \alpha + 167.25)^2 \\ &= 32512.5 \end{aligned}$$

50

$$\begin{aligned}
 & 390.06 \times \alpha^2 + 6606.4 \times \alpha + 27973 - 6765.1 \times \alpha^2 \\
 & + 27512 \times \alpha - 27973 = 32512.5 \\
 & - 6375.0 \times \alpha^2 + 2 \times 17059 \times \alpha - 32512.5 = 0
 \end{aligned}$$

上記式に、2次方程式の解の公式を当てはめると、

$$\begin{aligned}
 \alpha = & -17059 \pm \sqrt{\{(-17059)^2 - (-6375.0) \\
 & \times (-32512.5)\}} / (-6375.0)
 \end{aligned}$$

となり、 $\alpha = 1.240458$ あるいは 4.11139 となる。本算出例では、小さい方の値を採用する。したがって、 $\alpha = 1.240458$ となる。この例では、 α が1を超えるため、リミッタ処理により、 $\alpha = 1$ に設定する。

【0261】

10

このように、 $\alpha = 1$ に設定された場合、(6)～(8)式において彩度変換前後のRGB値は同じになるので、結果的に彩度変換（彩度低減）が行われない。

【0262】

すなわち、彩度変換しない場合のバックライト値がバックライト上限値を下回る場合は、彩度変換する必要がなく、本算出例においても、彩度変換が行われない。よってバックライト値は、彩度変換を行なわない場合と同じく、109になる。

【0263】

〔実施の形態3〕

本実施の形態3は、上記実施の形態1の変形例を示すものである。図38は、本実施の形態3に係る液晶表示装置の概略構成を示す図である。すなわち、本液晶表示装置は、実施の形態1にかかる液晶表示装置（図1参照）の彩度変換部11および γ 補正部12に代えて、彩度変換 γ 補正部（彩度変換部）18を備えた構成である。

20

【0264】

彩度変換 γ 補正部18は、入力RGB信号（第1入力RGB信号）に対して彩度変換処理および γ 補正処理を行うものであり、これらの処理が施された後の彩度変換 γ 補正後RGB信号を後段の出力信号生成部13へ出力する。尚、本実施の形態3において、彩度変換 γ 補正部18から出力される彩度変換 γ 補正後RGB信号は、実施の形態1における γ 補正後RGB信号（第3入力RGB信号）に相当するものである。

【0265】

図39は、本実施の形態3にかかる液晶表示装置において、彩度変換 γ 補正部18の構成を示す図である。彩度変換 γ 補正部18は、バックライト上限値算出部21、 γ 補正部26、彩度変換 γ 補正後RGB信号算出部27を備えて構成されている。

30

【0266】

バックライト上限値算出部21は、入力RGB信号の上限値、及びバックライト値設定率から、バックライト上限値を算出し、出力する。 γ 補正部26は、入力RGB信号、及び γ 係数から、 γ 補正後RGB信号を算出し、出力する。彩度変換 γ 補正後RGB信号算出部27は、入力RGB信号、 γ 係数、 γ 補正後RGB信号、及びバックライト上限値から、彩度変換 γ 補正後RGB信号を算出し、出力する。

【0267】

図40は、彩度変換 γ 補正部11の動作を説明するためのフローチャートである。

40

【0268】

最初に、バックライト上限値算出部21において、前述した(1)式を用いてバックライト上限値が算出される（S11）。

【0269】

バックライト上限値MAXwが決まれば、次に、S16～S19を入力RGB信号の画素の数だけ繰り返す。

【0270】

S16では、 γ 補正部26において、注目（処理対象）画素における γ 補正後RGB信号（Rg[i], Gg[i], Bg[i]）を算出する。 γ 補正後RGB信号の算出には、前述した(101)～(103)式を用いることができる。

50

【0271】

次に、S17では、彩度変換 γ 補正後RGB信号算出部27において、注目（処理対象）画素の輝度・彩度が共に高いかどうかを前述の(4)式を用いて判定する。ここで、実施の形態1では、上記(4)式で使用される γ 補正後のRGB信号の最大値 $\max RGB$ および最小値 $\min RGB$ を前述の(2)および(3)式から算出していたが、本実施の形態3では、 $\max RGB$ および $\min RGB$ を γ 補正後RGB信号を用いて以下のように求めることができる。

【0272】

$$\max RGB = \max (Rg[i], Gg[i], Bg[i])$$

$$\min RGB = \min (Rg[i], Gg[i], Bg[i])$$

10

輝度・彩度が共に高い場合、すなわち上記(4)式を満たす場合は、同じく彩度変換 γ 補正後RGB信号算出部27において、前述の(5)式を満たす彩度変換率 α を求め、求められた α を用いて彩度変換 γ 補正後RGB信号を求める（S18）。尚、彩度変換 γ 補正後RGB信号を求めるにあたっては、前述した(6)～(8)式を用いて、彩度変換後RGB信号（第2入力RGB信号）を求め、さらに、彩度変換後RGB信号に γ 補正処理を施して彩度変換 γ 補正後RGB信号を求める。

【0273】

また、輝度・彩度の何れか一方が低い場合、すなわち上記(4)式を満たさない場合は、同じく彩度変換 γ 補正後RGB信号算出部27において、下記の式を用いて、彩度変換 γ 補正後RGB信号（ $Rsg[i], Gsg[i], Bsg[i]$ ）を、S16で求められた γ 補正後RGB信号と同じにする（彩度変換処理を行なわない）（S19）。

20

【0274】

$$Rsg[i] = Rg[i]$$

$$Gsg[i] = Gg[i]$$

$$Bsg[i] = Bg[i]$$

本実施の形態3の構成および処理手順では、実施の形態1に比べて、上記(4)式を満たさない画素、すなわち彩度変換処理が施されない画素についての処理を簡略化できるといったメリットがある。

【0275】

すなわち、実施の形態1にかかる彩度変換部11では、彩度変換処理を施す画素を判定する過程で、全ての画素について、彩度変換処理を行なわない場合の γ 補正後のRGB信号（ $Rg[i], Gg[i], Bg[i]$ ）が求められる。この γ 補正後RGB信号は、 γ 補正後RGB信号最大・最小値算出部22で、 γ 補正後RGB信号最大・最小値を求める過程で算出されるものである。

30

【0276】

そして、彩度変換処理を施さない画素については、入力RGB信号をそのまま γ 補正部12へ出力し、 γ 補正部12によって γ 補正後RGB信号が算出される。このため、彩度変換処理を施さない画素については、 γ 補正後RGB信号最大・最小値算出部22と γ 補正部12とで、全く同じ γ 補正処理が2回行なわれることになる。

【0277】

40

これに対し、本実施の形態3における彩度変換 γ 補正部18では、彩度変換処理を施さない画素については、彩度変換 γ 補正後RGB信号を、 γ 補正部26で求められた γ 補正後RGB信号と同じにするのみなので、 γ 補正処理が1回で済む。したがって、本実施の形態3の構成では、画素毎に彩度変換処理の可否を判定する場合に、実施の形態1に比べてハード構成の簡略化を図ることができる。

【0278】

実施の形態1で述べたように、実施の形態1ないし3で説明した彩度変換処理では、その処理の過程で、(5)式を解くことでバックライト値がMAXwになるような彩度変換率 α の値を導き出すことが必要となる。但し、上記(5)式は非線形方程式であるため、(5)式の解法については近似的な方法を用いて解くことが考えられる。以下の実施の形態4ない

50

し 1 3 は、彩度変換処理の過程で用いられる彩度変換率 α の算出例について説明する。

【0279】

また、以下の実施の形態 4 ないし 1 3 は、彩度変換処理の要否を判定する例では、実施の形態 1 の構成での適用を例示しているが、実施の形態 3 の構成においての彩度変換率 α の算出方法としても適用可能である。

【0280】

〔実施の形態 4〕

本実施の形態 4 は、実施の形態 1 における第 1 彩度変換率算出部 2 3 (S 1 3) における彩度変換率 α の近似的な算出手段の第 1 の例である。

【0281】

実施の形態 1 において、(4) 式が満たされる場合、彩度変換率 α は (5) 式を用いて算出する必要があるが、該 (5) 式は非線型方程式であるため、簡単に算出することができない。そこで、本実施の形態 4 では、 γ 補正カーブを折れ線近似することで、 α を算出する。尚、実施の形態 1 と同一の処理部に対しては、実施の形態 1 と同じ番号を付けると共に、詳細説明を省略する。

【0282】

図 1 4 は、本実施の形態 4 にかかる液晶表示装置において、彩度変換部 1 1 の構成を示す図である。図 1 4 に示す彩度変換部 1 1 は、バックライト上限値算出部 2 1、 γ 補正後 RGB 信号最大・最小値算出部 2 2、第 3 彩度変換率算出部 5 3、 γ カーブ正規化折れ線近似部 6 1、彩度変換後 RGB 信号算出部 2 5 を備えて構成されている。

【0283】

γ カーブ正規化折れ線近似部 6 1 は、 γ 係数及び γ カーブ正規化折れ線分割数から γ カーブ正規化折れ線情報を算出し、出力する手段である。 γ カーブ正規化折れ線情報とは、正規化された γ カーブ（入力値 1 のときに出力値が 1 になる γ カーブ）を、 γ カーブ正規化折れ線分割数だけ折れ線近似したときの、各折れ線端点の x y 座標、及び各折れ線の傾き・切片のデータをまとめたものである。

【0284】

図 1 5 は、 γ カーブ正規化折れ線近似部 6 1 の動作を説明するフローチャートである。先ず、 γ カーブ正規化折れ線近似部 6 1 は、下記の (9) および (10) 式を用い、 j を 0 から $N d g$ まで繰り返すことによって、 γ カーブ正規化折れ線端点座標を算出する (S 5 1)。

【0285】

$$x[j] = j / N d g \quad \cdots (9)$$

$$y[j] = x[j]^\gamma \quad \cdots (10)$$

ここで、

$N d g$: γ カーブ正規化折れ線分割数 (> 0)

$x[j]$: γ カーブ正規化折れ線端点の x 座標 ($0 \leq j \leq N d g$)

$y[j]$: γ カーブ正規化折れ線端点の y 座標 ($0 \leq j \leq N d g$)

である。

【0286】

次に、下記の (11) および (12) 式を用い、 j を 0 から $N d g - 1$ まで繰り返すことによって、 γ カーブ正規化折れ線の傾き $a[j]$ および切片 $b[j]$ を算出する (S 5 2)。

【0287】

$$a[j] = (y[j+1] - y[j]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \cdots (11)$$

$$b[j] = (x[j+1] \times y[j] - x[j] \times y[j+1]) / (x[j+1] - x[j]) \quad \cdots (12)$$

ここで、

$a[j]$: γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の傾き ($0 \leq j < N d g$)

$b[j]$: γ カーブ正規化折れ線区間 j の折れ線の切片 ($0 \leq j < N d g$)

である。

【0288】

第3彩度変換率算出部53は、入力RGB信号、バックライト上限値、 γ 補正後RGB信号最大・最小値、及び γ カーブ正規化折れ線情報から、彩度変換率 α を算出し、出力する。

【0289】

図16は、第3彩度変換率算出部53の動作を説明するフローチャートである。

【0290】

上記フローでは、S61～S65の処理を、 $j = j_{Min}$ から k_{Max} まで繰り返し、さらに、 $k = j$ から k_{Max} まで繰り返す。

10

【0291】

ここで、 j_{Min} は、 $minRGB$ に対応する γ カーブ正規化折れ線区間インデックスであり、 $x[j_{Min}] \leq minRGB / MAX < x[j_{Min} + 1]$ を満たす $x[j]$ の配列要素番号である。一方、 k_{Max} は、 $maxRGB$ に対応する γ カーブ正規化折れ線区間インデックスであり、 $x[k_{Max}] < maxRGB / MAX \leq x[k_{Max} + 1]$ を満たす $x[k]$ の配列要素番号である。また、 j_{Min} と k_{Max} とには、 $0 \leq j_{Min} \leq k_{Max} < Nd_g$ という関係が成り立つ。

【0292】

まず、S61では、下記の(13)式を用いて、 α 候補値(α_t)を算出する。

20

【0293】

$$\alpha_t = \{MAX_w - (a[k] - a[j]) \times Y[i] - (b[k] - b[j]) \times MAX\} / \{a[k] \times (maxRGB - Y[i]) - a[j] \times (minRGB - Y[i])\} \quad \cdots (13)$$

次に、 α 候補値 α_t が $0 \leq \alpha_t < 1$ の範囲内にあるかどうかを判定し(S62)、範囲内にあればS63に進み、範囲内になければS63～S65の処理をスキップする。

【0294】

α 候補値 α_t が $0 \leq \alpha_t < 1$ の範囲内にある場合、下記の(14)式を用いて、 α 算出判定値($judge$)を算出する(S63)。

30

【0295】

$$judge = |fg(\alpha_t \times maxRGB + (1 - \alpha_t) \times Y[i], \gamma) - fg(\alpha_t \times minRGB + (1 - \alpha_t) \times Y[i], \gamma) - MAX_w| \quad \cdots (14)$$

次に、 α を更新するかどうかを判定する(S64)が、 α 更新判定の初回、あるいは $judge < judge_{Min}$ の場合はS65に進み、(15)および(16)式を用いて、 α 及び α 算出判定値最小値($judge_{Min}$)を更新する。

【0296】

$$\alpha = \alpha_t \quad \cdots (15)$$

$$judge_{Min} = judge \quad \cdots (16)$$

40

ただし、

$judge_{Min}$: α 算出判定値最小値

である。

【0297】

ここで、各ステップにおける、算出式の導出方法について説明する。

【0298】

(5)式から α を算出するために、 γ 補正関数 $fg(x, g)$ を折れ線で近似する。この近似式を下記の(126)式で示す。

【0299】

$$fg(x, g) = (a[j] \times (x / MAX) + b[j]) \times MAX$$

50

$$= a[j] \times x + b[j] \times MAX \quad \cdots (126)$$

(5)式に(126)式を適用し、これを解いて α を求める。

【0300】

$$\begin{aligned} & (a[kMaxs] \times (\alpha \times maxRGB + (1 - \alpha) \times Y[i]) \\ & + b[kMaxs] \times MAX) \\ & - (a[jMins] \times (\alpha \times minRGB + (1 - \alpha) \times Y[i]) \\ & + b[jMins] \times MAX) = MAXw \\ & (a[kMaxs] \times (\alpha \times (maxRGB - Y[i]) + Y[i]) \\ & + b[kMaxs] \times MAX) \\ & - (a[jMins] \times (\alpha \times (minRGB - Y[i]) + Y[i]) \\ & + b[jMins] \times MAX) = MAXw \\ & \alpha \times a[kMaxs] \times (maxRGB - Y[i]) \\ & + a[kMaxs] \times Y[i] + b[kMaxs] \times MAX \\ & - \alpha \times a[jMins] \times (minRGB - Y[i]) \\ & - a[jMins] \times Y[i] - b[jMins] \times MAX = MAXw \\ & \alpha \times (a[kMaxs] \times (maxRGB - Y[i]) \\ & - a[jMins] \times (minRGB - Y[i])) \\ & + (a[kMaxs] - a[jMins]) \times Y[i] \\ & + (b[kMaxs] - b[jMins]) \times MAX = MAXw \\ & \alpha \times (a[kMaxs] \times (maxRGB - Y[i]) \\ & - a[jMins] \times (minRGB - Y[i])) \\ & = MAXw - (a[kMaxs] - a[jMins]) \times Y[i] \\ & - (b[kMaxs] - b[jMins]) \times MAX \end{aligned} \quad \begin{array}{l} 10 \\ 20 \end{array}$$

これより、 α は以下の(127)式にて与えられる。

【0301】

$$\begin{aligned} \alpha = & \{MAXw - (a[kMaxs] - a[jMins]) \times Y[i] \\ & - (b[kMaxs] - b[jMins]) \times MAX\} \\ & / \{a[kMaxs] \times (maxRGB - Y[i]) \\ & - a[jMins] \times (minRGB - Y[i])\} \quad \cdots (127) \end{aligned}$$

ここで、

$jMins$: $minRGBs$ に対応する γ カーブ正規化折れ線区間インデックス

$kMaxs$: $maxRGBs$ に対応する γ カーブ正規化折れ線区間インデックス

である。

【0302】

次に、 $minRGBs$ 、 $maxRGBs$ の大小関係より、以下の(128)式の関係が成り立つ。

【0303】

$$jMins \leq kMaxs \quad \cdots (128)$$

更に、彩度変換（彩度低減）処理により、 $minRGB$ は増加し、 $maxRGB$ は減少するので、以下の(129)および(130)式が成り立つ。

【0304】

$$minRGB < minRGBs \quad \cdots (129)$$

$$maxRGBs < maxRGB \quad \cdots (130)$$

上記(129)および(130)式の関係より、以下の(131)および(132)式の関係が成り立つ。

【0305】

$$jMin \leq jMins \quad \cdots (131)$$

$$kMaxs \leq kMax \quad \cdots (132)$$

$jMins$ 、 $kMaxs$ は未知数であるため、(128)、(131)および(132)式の関係より、以下の(133)式を満たす全ての j 、 k に対して、(127)式から導かれる(13)式を用いて α 候補値を算出する(S61)。

10

20

30

40

50

【0306】

$$j_{\text{Min}} \leq j \leq k_{\text{Max}} \quad \cdots (133)$$

ただし、 $0 \leq \alpha t < 1$ の範囲を逸脱する α 候補値は除外する（S62）。算出された α 候補値の中で、(5)式を満たすものが、所望の α となる。但し、折れ線近似による誤差が発生するため、(5)式から導かれる(14)式の α 算出判定値が最も小さくなる α 候補値を所望の α とする（S63～S65）。

【0307】

以下に、本実施の形態4にかかるバックライト値の算出例を示す。ここでは、説明を簡単にするために、1画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値（R[1], G[1], B[1]）＝（159, 255, 63）である場合を例示する。すなわち、実施の形態1のバックライト値の算出例と同じ画素値を用いた場合を例示する。尚、以下の説明では、MAX＝255、 $\gamma = 2$ 、Nd g＝16、BlRatio＝0.5に設定されているものとする。

【0308】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様である。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、239である。

【0309】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。先ず、(9)～(12)式によって求められる γ カーブ正規化折れ線情報（j, x[j], y[j], a[j], b[j]）は、以下の表1に示すような値となる。

【0310】

【表1】

j	x[j]	y[j]	a[j]	b[j]
0	0	0	0.0625	0
1	0.0625	0.003906	0.1875	-0.00781
2	0.125	0.015625	0.3125	-0.02344
3	0.1875	0.035156	0.4375	-0.04688
4	0.25	0.0625	0.5625	-0.07813
5	0.3125	0.097656	0.6875	-0.11719
6	0.375	0.140625	0.8125	-0.16406
7	0.4375	0.191406	0.9375	-0.21875
8	0.5	0.25	1.0625	-0.28125
9	0.5625	0.316406	1.1875	-0.35156
10	0.625	0.390625	1.3125	-0.42969
11	0.6875	0.472656	1.4375	-0.51563
12	0.75	0.5625	1.5625	-0.60938
13	0.8125	0.660156	1.6875	-0.71094
14	0.875	0.765625	1.8125	-0.82031
15	0.9375	0.878906	1.9375	-0.9375
16	1	1	-	-

【0311】

バックライト上限値の算出、および γ 補正後のRGB信号の最大・最小値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様に行なわれる。すなわち、バックライト上限値MAXwは、MAXw＝127.5となり、 γ 補正後のRGB信号の最大値maxRGBgは、maxRGBg＝255となり、 γ 補正後のRGB信号の最小値minRGBgは、minRGBg＝16となる。

【0312】

上記注目画素は(4)式を満たすため、この注目画素に対して彩度変換が行われる。この時、以下のようにして彩度変換率 α が求められる。まずは、入力画素値に対応する輝度Y[1]が求められるが、Y[1]の値は、実施の形態1の場合と同様に207となる。

【0313】

また、 $\min RGB / MAX = 63 / 255 = 0.2470558$ であり、この時、表1より、 $jMin = 3$ となる。また、 $\max RGB / MAX = 255 / 255 = 1$ であり、この時、表1より、 $kMax = 15$ となる。

【0314】

このように、本算出例では $jMin = 3$ 、 $kMax = 15$ であることより、図16のフローにおける S61～S65 のステップは、 j を 3 から 15 まで繰り返し、また、それぞれの j の値について k を j から 15 まで繰り返す。上記ステップの繰り返しによって算出される、 j 、 k 、 αt 、 $judge$ 、 α 、 $judgeMin$ の値の変化は、以下の表2に示すようなものとなる。

【0315】

【表2】

j	k	αt	judge	α	judgeMin	j	k	αt	judge	α	judgeMin	j	k	αt	judge	α	judgeMin
3	3	1.517857	-	-	-	5	11	0.439593	4.24135	0.439593	4.24135	8	15	0.462271	1.234184	0.457129	0
3	4	1.217708	-	-	-	5	12	0.41312	11.07139	0.439593	4.24135	9	9	0.559211	24.3713	0.457129	0
3	5	0.97583	107.7788	0.97583	107.7788	5	13	0.399479	14.59063	0.439593	4.24135	9	10	0.519431	14.95252	0.457129	0
3	6	0.781939	72.20267	0.781939	72.20267	5	14	0.397429	15.11946	0.439593	4.24135	9	11	0.489941	7.875	0.457129	0
3	7	0.628038	39.65104	0.628038	39.65104	5	15	0.405884	12.93823	0.439593	4.24135	9	12	0.469989	3.086319	0.457129	0
3	8	0.507813	12.16406	0.507813	12.16406	6	6	0.817308	78.99339	0.439593	4.24135	9	13	0.458891	0.422991	0.457129	0
3	9	0.416211	10.27383	0.416211	10.27383	6	7	0.713397	57.96181	0.439593	4.24135	9	14	0.456032	0.263263	0.457129	0
3	10	0.349144	27.57701	0.416211	10.27383	6	8	0.628767	39.81278	0.439593	4.24135	9	15	0.460849	0.892756	0.457129	0
3	11	0.303267	39.71165	0.416211	10.27383	6	9	0.561422	24.86234	0.439593	4.24135	10	10	0.505952	11.71763	0.457129	0
3	12	0.275815	47.12364	0.416211	10.27383	6	10	0.509635	12.60156	0.439593	4.24135	10	11	0.478834	5.209121	0.457129	0
3	13	0.264486	50.18262	0.416211	10.27383	6	11	0.4719	3.545111	0.4719	3.545111	10	12	0.460494	0.807528	0.457129	0
3	14	0.267344	49.41094	0.416211	10.27383	6	12	0.446899	2.455078	0.446899	2.455078	10	13	0.450347	1.627604	0.457129	0
3	15	0.282752	45.2506	0.416211	10.27383	6	13	0.433475	5.819602	0.446899	2.455078	10	14	0.44786	2.224524	0.457129	0
4	4	1.180556	45.2506	0.416211	10.27383	6	14	0.430607	6.559743	0.446899	2.455078	10	15	0.452543	1.100565	0.457129	0
4	5	0.978824	108.2998	0.416211	10.27383	6	15	0.437388	4.810045	0.446899	2.455078	11	11	0.461957	1.158628	0.457129	0
4	6	0.813867	78.33281	0.416211	10.27383	7	7	0.708333	56.89844	0.446899	2.455078	11	12	0.445146	2.875831	0.457129	0
4	7	0.680432	51.03906	0.416211	10.27383	7	8	0.632056	40.5431	0.446899	2.455078	11	13	0.435954	5.180176	0.457129	0
4	8	0.574219	27.70313	0.416211	10.27383	7	9	0.570923	26.97144	0.446899	2.455078	11	14	0.433913	5.706792	0.457129	0
4	9	0.491678	8.29178	0.491678	8.29178	7	10	0.523556	15.94247	0.446899	2.455078	11	15	0.438594	4.499063	0.457129	0
4	10	0.42985	6.754883	0.42985	6.754883	7	11	0.488741	7.586857	0.446899	2.455078	12	12	0.425	8.00625	0.457129	0
4	11	0.38625	18.00375	0.42985	6.754883	7	12	0.465402	1.985491	0.465402	1.985491	12	13	0.416743	10.13649	0.457129	0
4	12	0.358774	25.09255	0.42985	6.754883	7	13	0.452582	1.091146	0.452582	1.091146	12	14	0.415189	10.53741	0.457129	0
4	13	0.345631	28.48351	0.42985	6.754883	7	14	0.44943	1.847762	0.452582	1.091146	12	15	0.419959	9.306899	0.457129	0
4	14	0.345285	28.57282	0.42985	6.754883	7	15	0.455181	0.467516	0.455181	0.467516	13	13	0.393519	16.12847	0.457129	0
4	15	0.356412	25.70205	0.42985	6.754883	8	8	0.625	38.97656	0.455181	0.467516	13	14	0.392472	16.39858	0.457129	0
5	5	0.965909	106.0526	0.42985	6.754883	8	9	0.569308	26.61295	0.455181	0.467516	13	15	0.397391	15.12933	0.457129	0
5	6	0.82303	80.09205	0.42985	6.754883	8	10	0.525933	16.51302	0.455181	0.467516	14	14	0.366379	23.13039	0.457129	0
5	7	0.705892	56.38574	0.42985	6.754883	8	11	0.493877	8.819468	0.455181	0.467516	14	15	0.371491	21.81157	0.457129	0
5	8	0.611406	35.95875	0.42985	6.754883	8	12	0.472245	3.627878	0.455181	0.467516	15	15	0.342742	29.22883	0.457129	0
5	9	0.536959	19.15926	0.42985	6.754883	8	13	0.460236	0.745793	0.455181	0.467516						
5	10	0.480324	5.56684	0.480324	5.56684	8	14	0.457129	0	0.457129	0						

【0316】

表2において、最終的な α の値は、

$$\alpha = 0.457129$$

と算出される。

【0317】

こうして、彩度変換率 α が算出されると、実施の形態1と同様の手順によって、RGBW透過率およびバックライト値が求められる。

【0318】

すなわち、彩度変換後入力RGB信号は、(6)～(8)式を用いて以下のように算出される。

【0319】

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}
 R s [1] &= \alpha \times R [1] + (1 - \alpha) \times Y [1] \\
 &= 0.457129 \times 159 + (1 - 0.457129) \times 207 = 185 \\
 G s [1] &= \alpha \times G [1] + (1 - \alpha) \times Y [1] \\
 &= 0.457129 \times 255 + (1 - 0.457129) \times 207 = 229 \\
 B s [1] &= \alpha \times B [1] + (1 - \alpha) \times Y [1] \\
 &= 0.457129 \times 63 + (1 - 0.457129) \times 207 = 141
 \end{aligned}$$

次に、 γ 補正後入力RGB信号は、以下のように算出される。

【0320】

$$\begin{aligned}
 R s g [1] &= (R s [1] / MAX)^\gamma \times MAX = (185 / 255)^2 \times 255 \\
 &= 134 \\
 G s g [1] &= (G s [1] / MAX)^\gamma \times MAX = (229 / 255)^2 \times 255 \\
 &= 206 \\
 B s g [1] &= (B s [1] / MAX)^\gamma \times MAX = (141 / 255)^2 \times 255 \\
 &= 78
 \end{aligned}$$

10

次に、W透過量は、(55)式を用いて以下のように算出される。

【0321】

$$\begin{aligned}
 W t s g [1] &= \min (max RGB s g / 2, \min RGB s g) \\
 &= \min (206 / 2, 78) = 78
 \end{aligned}$$

次に、RGB透過量は、(56)～(58)式を用いて以下のように算出される。

【0322】

$$\begin{aligned}
 R t s g [1] &= R s g [1] - W t s g [1] = 134 - 78 = 56 \\
 G t s g [1] &= G s g [1] - W t s g [1] = 206 - 78 = 128 \\
 B t s g [1] &= B s g [1] - W t s g [1] = 78 - 78 = 0
 \end{aligned}$$

20

最後に、バックライト値は、(59)式を用いて以下のように算出される。

【0323】

$$\begin{aligned}
 W b s g &= \max (R t s g [1], G t s g [1], B t s g [1], \\
 &\quad W t s g [1]) \\
 &= \max (56, 128, 0, 78) = 128
 \end{aligned}$$

すなわち、彩度変換処理を行う場合のバックライト値は、128である。以上のように、上記例では、彩度変換処理により、バックライト値を239から128に低減できることが分かる（約46%の低減）。

30

【0324】

〔実施の形態5〕

本実施の形態5は、実施の形態2の第2彩度変換率算出部33における彩度変換率 α の近似的な算出手段の第1の例であり、実施の形態4に対して、入力画像内の全ての画素に対して彩度変換処理を通すように変更を加えたものである。尚、実施の形態2および3と同一の処理部に対しては、実施の形態2および3と同じ番号を付けると共に、詳細説明を省略する。

【0325】

図17は、本実施の形態5にかかる液晶表示装置において彩度変換部11の別の構成を示す図である。図17に示す彩度変換部11は、バックライト上限値算出部21、第4彩度変換率算出部63、 γ カーブ正規化折れ線近似部61、彩度変換率リミッタ処理部34、彩度変換後RGB信号算出部25を備えて構成されている。尚、本実施の形態では、彩度変換率 α が1を超える可能性があるため、彩度変換率リミッタ処理部34を実装している。

40

【0326】

第4彩度変換率算出部63は、入力RGB信号およびバックライト上限値と、 γ カーブ正規化折れ線近似部61から入力される γ カーブ正規化折れ線情報とに基づいて、彩度変換率 α を算出し、出力する。 γ カーブ正規化折れ線近似部61での γ カーブ正規化折れ線情報の算出方法については実施の形態4で説明したとおりである。

50

【0327】

図18は、第4彩度変換率算出部63の動作を説明するフローチャートである。

【0328】

上記フローでは、S71～S73、S64～S65の処理を、 $j = 0$ から $Ndg - 1$ まで繰り返し、さらに、 $k = j$ から $Ndg - 1$ まで繰り返す。

。

【0329】

尚、上記実施の形態4では、 $j = jMin$ から $kMax$ まで繰り返し、 $k = j$ から $kMax$ まで繰り返していたが、本実施の形態5では、彩度が増加する方向に α が算出されることもあり、(131)および(132)式が常に成り立つとは限らない。すなわち、(128)式のみから導かれる下記の(134)式が j 、 k の範囲となるため、実施の形態4とは異なる繰り返し範囲となっている。

10

【0330】

$$0 \leq j \leq k \leq Ndg - 1 \quad \cdots (134)$$

先ず、S71では、(13)式を用いて、 α 候補値(α_t)を算出する。ただし、(13)式において分母が0のときは、注目画素は彩度0であることを意味するため、 α_t は任意の値として構わない。本実施の形態5では、(13)式において分母が0のときは、例えば $\alpha_t = 1$ に設定する。

【0331】

次に、下記の(17)および(18)式を用いて、彩度変換後の入力RGB信号の最大・最小値($maxRGBst$, $minRGBst$)を算出する(S72)。尚、 α_t の値によっては、彩度変換後の最大値が信号の上限値MAXを上回る、あるいは彩度変換後の最小値が信号の下限値0を下回ることがあるため、(17)および(18)式にはリミッタ処理を施している。

20

【0332】

$$\begin{aligned} maxRGBst \\ = \max(\alpha_t \times maxRGB + (1 - \alpha_t) \times Y[i], 0) \end{aligned} \quad \cdots (17)$$

$$\begin{aligned} minRGBst \\ = \min(\alpha_t \times maxRGB + (1 - \alpha_t) \times Y[i], MAX) \end{aligned} \quad \cdots (18)$$

次に、下記の(19)式を用いて、 α 算出判定値($judge$)を算出する(S73)。

30

【0333】

$$\begin{aligned} judge = |fg(maxRGBst, \gamma) - fg(minRGBst, \gamma) \\ - MAXw| \end{aligned} \quad \cdots (19)$$

次に、 α を更新するかどうかを判定するが、 α 更新判定の初回、あるいは $judge < judgeMin$ の場合は、S65に進む(S64)。次に、(15)および(16)式を用いて、 α 及び α 算出判定値最小値($judgeMin$)を更新する(S65)。S64およびS65の処理は、実施の形態4にて説明した、図16のS64およびS65と同じである。

。

【0334】

以下に、本実施の形態5にかかるバックライト値の第1の算出例を示す。ここでは、説明を簡単にするために、1画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値($R[1]$, $G[1]$, $B[1]$) = (159, 255, 63)である場合を例示する。すなわち、実施の形態1のバックライト値の算出例と同じ画素値を用いた場合を例示する。尚、以下の説明では、 $MAX = 255$, $\gamma = 2$, $Ndg = 16$, $BlRatio = 0.5$ に設定されているものとする。

40

【0335】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様である。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、239である。

【0336】

50

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。まず、求められる γ カーブ正規化折れ線情報 (j , $x[j]$, $y[j]$, $a[j]$, $b[j]$) は、実施の形態 4 と同様に求められ、前述の表 1 に示すような値となる。

【0337】

バックライト上限値の算出は、実施の形態 1 で説明した例と同様に行なわれ、バックライト上限値 $MAXw$ は、 $MAXw = 127.5$ となる。

【0338】

本実施の形態 5 では、彩度低減が必要か否かの判定を行なわないため、全ての画素について彩度変換率 α の算出が行なわれる。本実施の形態 5 では、以下のようにして彩度変換率 α が求められる。まずは、入力画素値に対応する輝度 $Y[1]$ が求められるが、 $Y[1]$ の値は、実施の形態 1 の場合と同様に 207 となる。

【0339】

本算出例では $Nd_g = 16$ であることより、図 18 のフローにおける $S71 \sim S73$, $S64 \sim S65$ のステップは、 j を 0 から 15 まで繰り返し、また、それぞれの j の値について k を j から 15 まで繰り返す。上記ステップの繰り返しによって算出される、 j , k , αt , $judge$, α , $judgeMin$ の値の変化は、以下の表 3 (a) および表 3 (b) に示すようなものとなる。

【0340】

【表 3 (a)】

j	k	αt	judge	α	judgeMin	j	k	αt	judge	α	judgeMin
0	0	10.625	127.5	10.625	127.5	2	5	0.945913	102.5733	0.361654	24.34961
0	1	5.75651	127.5	10.625	127.5	2	6	0.712612	57.79688	0.361654	24.34961
0	2	3.405273	127.5	10.625	127.5	2	7	0.532552	18.10156	0.532552	18.10156
0	3	2.060938	127.5	10.625	127.5	2	8	0.395752	15.55225	0.395752	15.55225
0	4	1.220052	123.6211	1.220052	123.6211	2	9	0.294577	42.0579	0.395752	15.55225
0	5	0.666853	48.1942	0.666853	48.1942	2	10	0.22309	61.35938	0.395752	15.55225
0	6	0.293457	42.36035	0.293457	42.36035	2	11	0.176604	74.69285	0.395752	15.55225
0	7	0.039931	115.3047	0.293457	42.36035	2	12	0.151367	81.96094	0.395752	15.55225
0	8	-0.12969	169.0359	0.293457	42.36035	2	13	0.144345	83.98326	0.395752	15.55225
0	9	-0.23828	205.8047	0.293457	42.36035	2	14	0.153054	81.47514	0.395752	15.55225
0	10	-0.30111	228.0449	0.293457	42.36035	2	15	0.175442	75.02751	0.395752	15.55225
0	11	-0.32873	237.8185	0.293457	42.36035	3	3	1.517857	127.5	0.395752	15.55225
0	12	-0.32868	237.8036	0.293457	42.36035	3	4	1.217708	123.5578	0.395752	15.55225
0	13	-0.30651	229.9578	0.293457	42.36035	3	5	0.97583	107.7788	0.395752	15.55225
0	14	-0.26636	215.7437	0.293457	42.36035	3	6	0.781939	72.20267	0.395752	15.55225
0	15	-0.2114	196.4903	0.293457	42.36035	3	7	0.628038	39.65104	0.395752	15.55225
1	1	3.541667	127.5	0.293457	42.36035	3	8	0.507813	12.16406	0.507813	12.16406
1	2	2.514509	127.5	0.293457	42.36035	3	9	0.416211	10.27383	0.416211	10.27383
1	3	1.785645	127.5	0.293457	42.36035	3	10	0.349144	27.57701	0.416211	10.27383
1	4	1.255642	124.582	0.293457	42.36035	3	11	0.303267	39.71165	0.416211	10.27383
1	5	0.864844	88.12031	0.293457	42.36035	3	12	0.275815	47.12364	0.416211	10.27383
1	6	0.575284	27.93963	0.575284	27.93963	3	13	0.264486	50.18262	0.416211	10.27383
1	7	0.361654	24.34961	0.361654	24.34961	3	14	0.267344	49.41094	0.416211	10.27383
1	8	0.20643	66.10276	0.361654	24.34961	3	15	0.282752	45.2506	0.416211	10.27383
1	9	0.097098	97.81138	0.361654	24.34961	4	4	1.180556	121.9141	0.416211	10.27383
1	10	0.024479	120.0328	0.361654	24.34961	4	5	0.978824	108.2998	0.416211	10.27383
1	11	-0.01831	133.2993	0.361654	24.34961	4	6	0.813867	78.33281	0.416211	10.27383
1	12	-0.03654	139.0947	0.361654	24.34961	4	7	0.680432	51.03906	0.416211	10.27383
1	13	-0.03429	138.3802	0.361654	24.34961	4	8	0.574219	27.70313	0.416211	10.27383
1	14	-0.0148	132.1838	0.361654	24.34961	4	9	0.491678	8.29178	0.491678	8.29178
1	15	0.019336	121.6066	0.361654	24.34961	4	10	0.42985	6.754883	0.42985	6.754883
2	2	2.125	127.5	0.361654	24.34961	4	11	0.38625	18.00375	0.42985	6.754883
2	3	1.630327	127.5	0.361654	24.34961	4	12	0.358774	25.09255	0.42985	6.754883
2	4	1.245768	124.3154	0.361654	24.34961	4	13	0.345631	28.48351	0.42985	6.754883

【0341】

【表 3 (b)】

j	k	αt	judge	α	judgeMin	j	k	αt	judge	α	judgeMin
4	14	0.345285	28.57282	0.42985	6.754883	8	10	0.525933	16.51302	0.455181	0.467516
4	15	0.356412	25.70205	0.42985	6.754883	8	11	0.493877	8.819468	0.455181	0.467516
5	5	0.965909	106.0526	0.42985	6.754883	8	12	0.472245	3.627878	0.455181	0.467516
5	6	0.82303	80.09205	0.42985	6.754883	8	13	0.460236	0.745793	0.455181	0.467516
5	7	0.705892	56.38574	0.42985	6.754883	8	14	0.457129	0	0.457129	0
5	8	0.611406	35.95875	0.42985	6.754883	8	15	0.462271	1.234184	0.457129	0
5	9	0.536959	19.15926	0.42985	6.754883	9	9	0.559211	24.3713	0.457129	0
5	10	0.480324	5.56684	0.480324	5.56684	9	10	0.519431	14.95252	0.457129	0
5	11	0.439593	4.24135	0.439593	4.24135	9	11	0.489941	7.875	0.457129	0
5	12	0.41312	11.07139	0.439593	4.24135	9	12	0.469989	3.086319	0.457129	0
5	13	0.399479	14.59063	0.439593	4.24135	9	13	0.458891	0.422991	0.457129	0
5	14	0.397429	15.11946	0.439593	4.24135	9	14	0.456032	0.263263	0.457129	0
5	15	0.405884	12.93823	0.439593	4.24135	9	15	0.460849	0.892756	0.457129	0
6	6	0.817308	78.99339	0.439593	4.24135	10	10	0.505952	11.71763	0.457129	0
6	7	0.713397	57.96181	0.439593	4.24135	10	11	0.478834	5.209121	0.457129	0
6	8	0.628767	39.81278	0.439593	4.24135	10	12	0.460494	0.807528	0.457129	0
6	9	0.561422	24.86234	0.439593	4.24135	10	13	0.450347	1.627604	0.457129	0
6	10	0.509635	12.60156	0.439593	4.24135	10	14	0.44786	2.224524	0.457129	0
6	11	0.4719	3.545111	0.4719	3.545111	10	15	0.452543	1.100565	0.457129	0
6	12	0.446899	2.455078	0.446899	2.455078	11	11	0.461957	1.158628	0.457129	0
6	13	0.433475	5.819602	0.446899	2.455078	11	12	0.445146	2.875831	0.457129	0
6	14	0.430607	6.559743	0.446899	2.455078	11	13	0.435954	5.180176	0.457129	0
6	15	0.437388	4.810045	0.446899	2.455078	11	14	0.433913	5.706792	0.457129	0
7	7	0.708333	56.89844	0.446899	2.455078	11	15	0.438594	4.499063	0.457129	0
7	8	0.632056	40.5431	0.446899	2.455078	12	12	0.425	8.00625	0.457129	0
7	9	0.570923	26.97144	0.446899	2.455078	12	13	0.416743	10.13649	0.457129	0
7	10	0.523556	15.94247	0.446899	2.455078	12	14	0.415189	10.53741	0.457129	0
7	11	0.488741	7.586857	0.446899	2.455078	12	15	0.419959	9.306899	0.457129	0
7	12	0.465402	1.985491	0.465402	1.985491	13	13	0.393519	16.12847	0.457129	0
7	13	0.452582	1.091146	0.452582	1.091146	13	14	0.392472	16.39858	0.457129	0
7	14	0.44943	1.847762	0.452582	1.091146	13	15	0.397391	15.12933	0.457129	0
7	15	0.455181	0.467516	0.455181	0.467516	14	14	0.366379	23.13039	0.457129	0
8	8	0.625	38.97656	0.455181	0.467516	14	15	0.371491	21.81157	0.457129	0
8	9	0.569308	26.61295	0.455181	0.467516	15	15	0.342742	29.22883	0.457129	0

【0 3 4 2】

表 3 (a) および表 3 (b) において、最終的な α の値は、

$$\alpha = 0.457129$$

と算出される。

【0 3 4 3】

算出された彩度変換率 α は、 $0 \leq \alpha \leq 1$ の範囲にあるため、リミッタ処理後の α も $\alpha = 0.457129$ となる。

【0 3 4 4】

こうして、彩度変換率 α が算出されると、実施の形態 1 と同様の手順によって、RGB 透過率およびバックライト値が求められる。

【0 3 4 5】

すなわち、彩度変換後入力 RGB 信号は、(6)～(8)式を用いて以下のように算出される。

【0 3 4 6】

$$\begin{aligned} R_s[1] &= \alpha \times R[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.457129 \times 159 + (1 - 0.457129) \times 207 = 185 \\ G_s[1] &= \alpha \times G[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.457129 \times 255 + (1 - 0.457129) \times 207 = 229 \end{aligned}$$

$$B s [1] = \alpha \times B [1] + (1 - \alpha) \times Y [1]$$

$$= 0.457129 \times 63 + (1 - 0.457129) \times 207 = 141$$

次に、 γ 補正後入力 RGB 信号は、以下のように算出される。

【0347】

$$R s g [1] = (R s [1] / MAX)^\gamma \times MAX$$

$$= (185 / 255)^2 \times 255 = 134$$

$$G s g [1] = (G s [1] / MAX)^\gamma \times MAX$$

$$= (229 / 255)^2 \times 255 = 206$$

$$B s g [1] = (B s [1] / MAX)^\gamma \times MAX$$

$$= (141 / 255)^2 \times 255 = 78$$

10

次に、W 透過量は、(55)式を用いて以下のように算出される。

【0348】

$$W t s g [1] = \min (max RGB s g / 2, \min RGB s g)$$

$$= \min (206 / 2, 78) = 78$$

次に、RGB 透過量は、(56)～(58)式を用いて以下のように算出される。

【0349】

$$R t s g [1] = R s g [1] - W t s g [1] = 134 - 78 = 56$$

$$G t s g [1] = G s g [1] - W t s g [1] = 206 - 78 = 128$$

$$B t s g [1] = B s g [1] - W t s g [1] = 78 - 78 = 0$$

最後に、バックライト値は、(59)式を用いて以下のように算出される。

20

【0350】

$$W b s g = \max (R t s g [1], G t s g [1], B t s g [1],$$

$$W t s g [1])$$

$$= \max (56, 128, 0, 78) = 128$$

すなわち、彩度変換処理を行う場合のバックライト値は、128である。以上のように、上記例では、彩度変換処理により、バックライト値を239から128に低減できることが分かる（約46%の低減）。

【0351】

上記説明における第1の算出例は、第4彩度変換率算出部63において算出される彩度変換率 α が、 $0 \leq \alpha \leq 1$ となる場合の例であるが、続いては、第4彩度変換率算出部63において算出される彩度変換率 α が、 $0 \leq \alpha \leq 1$ とはならない場合の例（第2の算出例）について示す。ここでは、説明を簡単にするために、1画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値（R[1], G[1], B[1]）=（159, 187, 85）である場合を例示する。すなわち、実施の形態2のバックライト値の第2の算出例と同じ画素値を用いた場合を例示する。尚、以下の説明では、MAX=255, $\gamma=2$, Nd g=16, B l R a t i o=0.5に設定されているものとする。

30

【0352】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値の算出は、実施の形態2の第2の算出例で説明した例と同様である。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、109である。

40

【0353】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。まず、求められる γ カーブ正規化折れ線情報（j, x[j], y[j], a[j], b[j]）は、実施の形態4と同様に求められ、前述の表1に示すような値となる。

【0354】

バックライト上限値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様に行なわれ、バックライト上限値MAXwは、MAXw=127.5となる。

【0355】

本実施の形態5では、彩度低減が必要か否かの判定を行なわないため、全ての画素について彩度変換率 α の算出が行なわれる。本実施の形態5では、以下のようにして彩度変換

50

率 α が求められる。まずは、入力画素値に対応する輝度 $Y[1]$ が求められるが、 $Y[1]$ の値は、実施の形態2の第2の算出例の場合と同様に167.25となる。

【0356】

本算出例では $Ndg = 16$ であることより、図18のフローにおける $S71 \sim S73$ 、 $S64 \sim S65$ のステップは、 j を0から15まで繰り返し、また、それぞれの j の値について k を j から15まで繰り返す。上記ステップの繰り返しによって算出される、 j 、 k 、 αt 、 $judge$ 、 α 、 $judgeMin$ の値の変化は、以下の表4(a)および表4(b)に示すようなものとなる。

【0357】

【表4(a)】

j	k	αt	judge	α	judgeMin	j	k	αt	judge	α	judgeMin
0	0	20	127.5	20	127.5	2	5	2.257757	48.69211	1.232315	0.676447
0	1	12.27827	127.5	20	127.5	2	6	1.909805	36.73737	1.232315	0.676447
0	2	8.102901	127.5	20	127.5	2	7	1.64576	25.23672	1.232315	0.676447
0	3	5.568027	127.5	20	127.5	2	8	1.452309	14.29468	1.232315	0.676447
0	4	3.925962	107.7137	3.925962	107.7137	2	9	1.318818	5.37346	1.232315	0.676447
0	5	2.823456	67.5458	2.823456	67.5458	2	10	1.236683	0.339588	1.236683	0.339588
0	6	2.071903	42.49794	2.071903	42.49794	2	11	1.198873	3.215351	1.236683	0.339588
0	7	1.561427	20.46663	1.561427	20.46663	2	12	1.199586	3.162185	1.236683	0.339588
0	8	1.223684	1.342105	1.223684	1.342105	2	13	1.233986	0.547562	1.236683	0.339588
0	9	1.013934	17.54301	1.223684	1.342105	2	14	1.298018	3.98316	1.236683	0.339588
0	10	0.90166	27.07932	1.223684	1.342105	2	15	1.388251	10.01466	1.236683	0.339588
0	11	0.865331	30.22147	1.223684	1.342105	3	3	2.857143	68.73772	1.236683	0.339588
0	12	0.889323	28.1272	1.223684	1.342105	3	4	2.432648	54.5209	1.236683	0.339588
0	13	0.962023	21.95226	1.223684	1.342105	3	5	2.090637	43.12232	1.236683	0.339588
0	14	1.074618	12.49178	1.223684	1.342105	3	6	1.819369	33.273	1.236683	0.339588
0	15	1.220302	1.602929	1.223684	1.342105	3	7	1.609232	23.1706	1.236683	0.339588
1	1	6.666667	127.5	1.223684	1.342105	3	8	1.452276	14.29283	1.236683	0.339588
1	2	5.120839	127.5	1.223684	1.342105	3	9	1.341877	6.914839	1.236683	0.339588
1	3	3.975	109.5902	1.223684	1.342105	3	10	1.272463	2.274976	1.236683	0.339588
1	4	3.117491	78.05738	1.223684	1.342105	3	11	1.23932	0.136165	1.23932	0.136165
1	5	2.474677	55.92165	1.223684	1.342105	3	12	1.238429	0.2049	1.23932	0.136165
1	6	1.996028	39.84138	1.223684	1.342105	3	13	1.266344	1.865902	1.23932	0.136165
1	7	1.645718	25.23438	1.223684	1.342105	3	14	1.320091	5.458611	1.23932	0.136165
1	8	1.397639	10.64221	1.223684	1.342105	3	15	1.397096	10.60588	1.23932	0.136165
1	9	1.232315	0.676447	1.232315	0.676447	4	4	2.222222	47.50781	1.23932	0.136165
1	10	1.134921	7.989831	1.232315	0.676447	4	5	1.94765	38.09978	1.23932	0.136165
1	11	1.093973	11.04684	1.232315	0.676447	4	6	1.726805	28.98903	1.23932	0.136165
1	12	1.100439	10.56411	1.232315	0.676447	4	7	1.553546	20.02086	1.23932	0.136165
1	13	1.147115	7.079417	1.232315	0.676447	4	8	1.42263	12.31268	1.23932	0.136165
1	14	1.228188	0.994757	1.232315	0.676447	4	9	1.329561	6.091575	1.23932	0.136165
1	15	1.338912	6.716617	1.232315	0.676447	4	10	1.270455	2.140696	1.23932	0.136165
2	2	4	110.5469	1.232315	0.676447	4	11	1.241942	0.066045	1.241942	0.066045
2	3	3.277753	83.79423	1.232315	0.676447	4	12	1.241086	0	1.241086	0
2	4	2.706494	63.64769	1.232315	0.676447	4	13	1.265312	1.796958	1.241086	0

【0358】

10

20

30

40

【表 4 (b)】

j	k	αt	judge	α	judgeMin	j	k	αt	judge	α	judgeMin
4	14	1.312357	4.941626	1.241086	0	8	10	1.090251	11.3247	1.241086	0
4	15	1.380222	9.477952	1.241086	0	8	11	1.075709	12.41039	1.241086	0
5	5	1.818182	33.21804	1.241086	0	8	12	1.078621	12.19299	1.241086	0
5	6	1.633018	24.516	1.241086	0	8	13	1.097916	10.75245	1.241086	0
5	7	1.486574	16.23276	1.241086	0	8	14	1.13261	8.162309	1.241086	0
5	8	1.375151	9.13901	1.241086	0	8	15	1.181796	4.490324	1.241086	0
5	9	1.295508	3.81535	1.241086	0	9	9	1.052632	14.25617	1.241086	0
5	10	1.24479	0.285655	1.241086	0	9	10	1.023641	16.71856	1.241086	0
5	11	1.220475	1.589645	1.241086	0	9	11	1.011589	17.74222	1.241086	0
5	12	1.220325	1.601157	1.241086	0	9	12	1.0155	17.41006	1.241086	0
5	13	1.24235	0.097531	1.241086	0	9	13	1.03447	15.79873	1.241086	0
5	14	1.284772	3.0977	1.241086	0	9	14	1.067666	13.01084	1.241086	0
5	15	1.345995	7.190129	1.241086	0	9	15	1.11431	9.528518	1.241086	0
6	6	1.538462	19.16767	1.241086	0	10	10	0.952381	22.77121	1.241086	0
6	7	1.412395	11.62851	1.241086	0	10	11	0.942528	23.60808	1.241086	0
6	8	1.316103	5.192023	1.241086	0	10	12	0.947377	23.1962	1.241086	0
6	9	1.247144	0.467257	1.241086	0	10	13	0.966158	21.60102	1.241086	0
6	10	1.203336	2.882228	1.241086	0	10	14	0.998152	18.88351	1.241086	0
6	11	1.182721	4.421257	1.241086	0	10	15	1.042691	15.10052	1.241086	0
6	12	1.183541	4.359997	1.241086	0	11	11	0.869565	29.81827	1.241086	0
6	13	1.204212	2.816785	1.241086	0	11	12	0.875288	29.31927	1.241086	0
6	14	1.243301	0.170828	1.241086	0	11	13	0.893969	27.73256	1.241086	0
6	15	1.299509	4.082829	1.241086	0	11	14	0.924985	25.09817	1.241086	0
7	7	1.333333	6.34375	1.241086	0	11	15	0.967752	21.46566	1.241086	0
7	8	1.249124	0.619933	1.241086	0	12	12	0.8	36.44219	1.241086	0
7	9	1.18886	3.962955	1.241086	0	12	13	0.818643	34.66706	1.241086	0
7	10	1.150819	6.802925	1.241086	0	12	14	0.848849	31.79081	1.241086	0
7	11	1.133442	8.100225	1.241086	0	12	15	0.890107	28.06062	1.241086	0
7	12	1.135311	7.960677	1.241086	0	13	13	0.740741	42.08478	1.241086	0
7	13	1.155136	6.480641	1.241086	0	13	14	0.77027	39.27302	1.241086	0
7	14	1.191738	3.748047	1.241086	0	13	15	0.810228	35.46832	1.241086	0
7	15	1.244041	0.227925	1.241086	0	14	14	0.689655	46.94908	1.241086	0
8	8	1.176471	4.887868	1.241086	0	14	15	0.728482	43.25204	1.241086	0
8	9	1.123414	8.848862	1.241086	0	15	15	0.645161	51.51361	1.241086	0

【0 3 5 9】

表 4 (a) および表 4 (b) において、最終的な α の値は、

$$\alpha = 1.241086$$

と算出される。この例では、 α が 1 を超えるため、リミッタ処理により、 $\alpha = 1$ に設定する。

【0 3 6 0】

このように、 $\alpha = 1$ に設定された場合、(6)～(8)式において彩度変換前後の R G B 値は同じになるので、結果的に彩度変換（彩度低減）が行われない。

【0 3 6 1】

すなわち、彩度変換しない場合のバックライト値がバックライト上限値を下回る場合は、彩度変換する必要がなく、本算出例においても、彩度変換が行われない。よってバックライト値は、彩度変換を行なわない場合と同じく、1 0 9 になる。

【0 3 6 2】

〔実施の形態 6〕

本実施の形態 6 は、実施の形態 1 の第 1 彩度変換率算出部 2 3 における彩度変換率 α の近似的な算出手段の第 2 の例であり、実施の形態 4 に対しては、彩度変換手段を高速化した手段である。尚、実施の形態 1 乃至 3 と同一の処理部に対しては、実施の形態 1 乃至 3 と同じ番号を付けると共に、詳細説明を省略する。

【0 3 6 3】

実施の形態4では、全ての α 候補値を算出し、その中から、 α 算出判定値の最も小さい α 候補値を α として算出していたが、本実施の形態6では、 α 算出判定値がある閾値以下になった時点でループ処理を終了し、そのときの α を出力することで高速化を図っている。

【0364】

図19は、本実施の形態6にかかる液晶表示装置において彩度変換部11の別の構成を示す図である。図19に示す彩度変換部11は、実施の形態4における彩度変換部11（図14参照）の第3彩度変換率算出部53を、第5彩度変換率算出部73に置き換えたものである。

【0365】

第5彩度変換率算出部73は、入力RGB信号、バックライト上限値、 γ 補正後RGB信号最大・最小値、及び γ カーブ正規化折れ線情報から、第3彩度変換率算出部53とは別の方法で、彩度変換率 α を算出し、出力する。

【0366】

図20は、第5彩度変換率算出部73の動作を説明するフローチャートである。

【0367】

上記フローでは、S81～S84の処理を、 $j = j_{Min}$ から k_{Max} まで繰り返し、さらに、 $k = k_{Max}$ から j まで繰り返す。あるいは、 $k = j$ から k_{Max} まで繰り返しても良い。

【0368】

まず、S81では、下記の(20)式を用いて、現時点での α を算出する。

【0369】

$$\alpha = \{MAXw - (a[k] - a[j]) \times Y[i] - (b[k] - b[j]) \times MAX\} / \{a[k] \times (maxRGB - Y[i]) - a[j] \times (minRGB - Y[i])\} \quad \dots (20)$$

次に、 α が $0 \leq \alpha < 1$ の範囲内にあるかどうかを判定し（S82）、範囲内にあればS83に進み、範囲内になければS83～S84の処理をスキップする。

【0370】

彩度変換率 α が $0 \leq \alpha < 1$ の範囲内にある場合、下記の(21)式を用いて、 α 算出判定値($judge$)を算出する（S83）。

【0371】

$$judge = |fg(\alpha \times maxRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) - fg(\alpha \times minRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) - MAXw| \quad \dots (21)$$

次に、 α 算出判定値 $judge$ が、予め決められた α 算出判定用閾値($judgeTo1$)以下であれば、上記ループを抜けて処理を終了し、そうでなければループ処理を続ける（S84）。尚、S84の判定条件を満たすことなくループ処理を終了した場合は、所望の α を算出できていないため、何らかのエラー処理を行う（S85）。

【0372】

以下に、本実施の形態6にかかるバックライト値の算出例を示す。ここでは、説明を簡単にするために、1画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値($R[1], G[1], B[1]$) = (159, 255, 63)である場合を例示する。すなわち、実施の形態1のバックライト値の算出例と同じ画素値を用いた場合を例示する。尚、以下の説明では、 $MAX = 255$, $\gamma = 2$, $Ndg = 16$, $BlRatio = 0.5$, $judgeTo1 = 1$ に設定されているものとする。

【0373】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様である。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、239である。

【0374】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。先ず、(9)～(12)式によって求められる γ カーブ正規化折れ線情報(j , $x[j]$, $y[j]$, $a[j]$, $b[j]$)は、実施の形態4と同様に前述した表1に示すような値となる。

【0375】

バックライト上限値の算出、および γ 補正後のRGB信号の最大・最小値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様に行なわれる。すなわち、バックライト上限値MAXwは、MAXw=127.5となり、 γ 補正後のRGB信号の最大値maxRGBgは、maxRGBg=255となり、 γ 補正後のRGB信号の最小値minRGBgは、minRGBg=16となる。

10

【0376】

上記注目画素は(4)式を満たすため、この注目画素に対して彩度変換が行われる。この時、以下のようにして彩度変換率 α が求められる。まずは、入力画素値に対応する輝度Y[1], jMin, kMaxが実施の形態4と同様に求められ、Y[1]=207、jMin=3、kMax=15となる。

【0377】

このように、本算出例ではjMin=3、kMax=15であることより、図20のフローにおけるS81～S84のステップは、jを3から15まで繰り返し、また、それぞれのjの値についてkを15からjまで繰り返す。上記ステップの繰り返しによって算出される、j, k, α , judge, α , judgeMinの値の変化は、以下の表5に示すようなものとなる。

20

【0378】

【表5】

j	k	α	judge	j	k	α	judge
3	15	0.282752	45.2506	4	4	1.180556	—
3	14	0.267344	49.41094	5	15	0.405884	12.93823
3	13	0.264486	50.18262	5	14	0.397429	15.11946
3	12	0.275815	47.12364	5	13	0.399479	14.59063
3	11	0.303267	39.71165	5	12	0.41312	11.07139
3	10	0.349144	27.57701	5	11	0.439593	4.24135
3	9	0.416211	10.27383	5	10	0.480324	5.56684
3	8	0.507813	12.16406	5	9	0.536959	19.15926
3	7	0.628038	39.65104	5	8	0.611406	35.95875
3	6	0.781939	72.20267	5	7	0.705892	56.38574
3	5	0.97583	107.7788	5	6	0.82303	80.09205
3	4	1.217708	—	5	5	0.965909	106.0526
3	3	1.517857	—	6	15	0.437388	4.810045
4	15	0.356412	25.70205	6	14	0.430607	6.559743
4	14	0.345285	28.57282	6	13	0.433475	5.819602
4	13	0.345631	28.48351	6	12	0.446899	2.455078
4	12	0.358774	25.09255	6	11	0.4719	3.545111
4	11	0.38625	18.00375	6	10	0.509635	12.60156
4	10	0.42985	6.754883	6	9	0.561422	24.86234
4	9	0.491678	8.29178	6	8	0.628767	39.81278
4	8	0.574219	27.70313	6	7	0.713397	57.96181
4	7	0.680432	51.03906	6	6	0.817308	78.99339
4	6	0.813867	78.33281	7	15	0.455181	0.467516
4	5	0.978824	108.2998				

30

40

【0379】

表5において、最終的な α の値は、

$$\alpha = 0.455181$$

と算出される。実施の形態4の場合のループ回数は91回であるが、本実施の形態6におけるループ回数は47回となり、約半分のループ回数で済んでいる。

50

【0380】

こうして、彩度変換率 α が算出されると、実施の形態1と同様の手順によって、RGB透過率およびバックライト値が求められる。

【0381】

すなわち、彩度変換後入力RGB信号は、(6)~(8)式を用いて以下のように算出される。

【0382】

$$\begin{aligned} R_s[1] &= \alpha \times R[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.455181 \times 159 + (1 - 0.455181) \times 207 = 185 \\ G_s[1] &= \alpha \times G[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.455181 \times 255 + (1 - 0.455181) \times 207 = 229 \\ B_s[1] &= \alpha \times B[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.455181 \times 63 + (1 - 0.455181) \times 207 = 141 \end{aligned}$$

10

次に、 γ 補正後入力RGB信号は、以下のように算出される。

【0383】

$$\begin{aligned} R_{sg}[1] &= (R_s[1] / MAX)^\gamma \times MAX \\ &= (185 / 255)^2 \times 255 = 134 \\ G_{sg}[1] &= (G_s[1] / MAX)^\gamma \times MAX \\ &= (229 / 255)^2 \times 255 = 206 \\ B_{sg}[1] &= (B_s[1] / MAX)^\gamma \times MAX \\ &= (141 / 255)^2 \times 255 = 78 \end{aligned}$$

20

次に、W透過量は、(55)式を用いて以下のように算出される。

【0384】

$$\begin{aligned} W_{ts_g}[1] &= \min(\max(R_{sg}[1], G_{sg}[1], B_{sg}[1]) / 2, \min(R_{sg}[1], G_{sg}[1], B_{sg}[1])) \\ &= \min(206 / 2, 78) = 78 \end{aligned}$$

次に、RGB透過量は、(56)~(58)式を用いて以下のように算出される。

【0385】

$$\begin{aligned} R_{ts_g}[1] &= R_{sg}[1] - W_{ts_g}[1] = 134 - 78 = 56 \\ G_{ts_g}[1] &= G_{sg}[1] - W_{ts_g}[1] = 206 - 78 = 128 \\ B_{ts_g}[1] &= B_{sg}[1] - W_{ts_g}[1] = 78 - 78 = 0 \end{aligned}$$

30

最後に、バックライト値は、(59)式を用いて以下のように算出される。

【0386】

$$\begin{aligned} W_{bs_g} &= \max(R_{ts_g}[1], G_{ts_g}[1], B_{ts_g}[1], \\ &\quad W_{ts_g}[1]) \\ &= \max(56, 128, 0, 78) = 128 \end{aligned}$$

すなわち、彩度変換処理を行う場合のバックライト値は、128である。以上のように、上記例では、彩度変換処理により、バックライト値を239から128に低減できることが分かる(約46%の低減)。

【0387】

〔実施の形態7〕

40

本実施の形態7は、実施の形態2の第2彩度変換率算出部33における彩度変換率 α の近似的な算出手段の第2の例であり、実施の形態5に対しては彩度変換手段を高速化した手段であると共に、実施の形態6に対しては入力画像内の全ての画素に対して彩度変換処理を通すように変更を加えたものである。尚、実施の形態2乃至5と同一の処理部に対しては、実施の形態2乃至5と同じ番号を付けると共に、詳細説明を省略する。

【0388】

図21は、本実施の形態7にかかる液晶表示装置において彩度変換部11の別の構成を示す図である。図21に示す彩度変換部11は、実施の形態5における彩度変換部11(図17参照)の第4彩度変換率算出部63を、第6彩度変換率算出部83に置き換えたものである。

50

【0389】

第6彩度変換率算出部83は、入力RGB信号、バックライト上限値、及びγカーブ正規化折れ線情報から、第4彩度変換率算出部63とは別の方法で、彩度変換率αを算出し、出力する。

【0390】

図22は、第6彩度変換率算出部83の動作を説明するフローチャートである。

【0391】

上記フローでは、S91～S93、S84の処理を、j=0からNd g-1まで繰り返し、さらに、k=Nd g-1からjまで繰り返す。あるいは、k=jからNd g-1まで繰り返しても良い。

10

【0392】

まず、(20)式を用いて、現時点でのαを算出する(S91)。ただし、(20)式において分母が0のときは、注目画素は彩度0であることを意味するため、αは任意の値として構わない。本実施の形態7では、(20)式において分母が0のときは、例えばα=1に設定する。

【0393】

次に、下記の(22)および(23)式を用いて、彩度変換後の入力RGB信号の最大・最小値(max RGBs, min RGBs)を算出する(S92)。尚、αの値によっては、彩度変換後の最大値が信号の上限値MAXを上回る、あるいは彩度変換後の最小値が信号の下限值0を下回ることがあるため、(22)および(23)式にはリミッタ処理を施している。

20

【0394】

$$\begin{aligned} \max \text{RGBs} \\ = \max (\alpha \times \max \text{RGB} + (1 - \alpha) \times Y[i], 0) \quad \cdots (22) \\ \min \text{RGBs} \end{aligned}$$

$$= \min (\alpha \times \max \text{RGB} + (1 - \alpha) \times Y[i], \text{MAX}) \quad \cdots (23)$$

次に、下記の(24)式を用いて、α算出判定値(judge)を算出する(S93)。

【0395】

$$\begin{aligned} \text{judge} = | \text{fg}(\max \text{RGBs}, \gamma) - \text{fg}(\min \text{RGBs}, \gamma) \\ - \text{MAXw} | \quad \cdots (24) \end{aligned}$$

次に、α算出判定値judgeが、予め決められたα算出判定用閾値(judge Tol)以下であれば、上記ループを抜けて処理を終了し、そうでなければループ処理を続ける(S84)。尚、S84の判定条件を満たすことなくループ処理を終了した場合は、彩度変換率αを、α=1に設定する(S95)。

30

【0396】

以下に、本実施の形態7にかかるバックライト値の第1の算出例を示す。ここでは、説明を簡単にするために、1画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値(R[1], G[1], B[1])=(159, 255, 63)である場合を例示する。すなわち、実施の形態1のバックライト値の算出例と同じ画素値を用いた場合を例示する。尚、以下の説明では、MAX=255, γ=2, Nd g=16, Bl Ratio=0.5, judge Tol=1に設定されているものとする。

40

【0397】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様である。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、239である。

【0398】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。まず、求められるγカーブ正規化折れ線情報(j, x[j], y[j], a[j], b[j])は、実施の形態5と同様に求められ、前述の表1に示すような値となる。

【0399】

バックライト上限値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様に行なわれ、バックラ

50

イト上限値 $MAXw$ は、 $MAXw = 127.5$ となる。

【0400】

本実施の形態7では、彩度低減が必要か否かの判定を行なわないため、全ての画素について彩度変換率 α の算出が行なわれる。この例での彩度変換率 α の算出は、実施の形態6で説明した例と類似した方法で行なわれる (j , k の繰り返し範囲のみ異なる)。

【0401】

すなわち、本算出例では $Ndg = 16$ であることより、図22のフローにおける $S91 \sim S93$, $S84$ のステップは、 j を0から15まで繰り返し、また、それぞれの j の値について k を15から j まで繰り返す。上記ステップの繰り返しによって算出される、 j , k , α , $judge$ の値の変化は、以下の表6に示すようなものとなる。

【0402】

【表6】

j	k	α	judge	j	k	α	judge	j	k	α	judge
0	15	-0.2114	196.4903	2	15	0.175442	75.02751	4	11	0.38625	18.00375
0	14	-0.26636	215.7437	2	14	0.153054	81.47514	4	10	0.42985	6.754883
0	13	-0.30651	229.9578	2	13	0.144345	83.98326	4	9	0.491678	8.29178
0	12	-0.32868	237.8036	2	12	0.151367	81.96094	4	8	0.574219	27.70313
0	11	-0.32873	237.8185	2	11	0.176604	74.69285	4	7	0.680432	51.03906
0	10	-0.30111	228.0449	2	10	0.22309	61.35938	4	6	0.813867	78.33281
0	9	-0.23828	205.8047	2	9	0.294577	42.0579	4	5	0.978824	108.2998
0	8	-0.12969	169.0359	2	8	0.395752	15.55225	4	4	1.180556	121.9141
0	7	0.039931	115.3047	2	7	0.532552	18.10156	5	15	0.405884	12.93823
0	6	0.293457	42.36035	2	6	0.712612	57.79688	5	14	0.397429	15.11946
0	5	0.666853	48.1942	2	5	0.945913	102.5733	5	13	0.399479	14.59063
0	4	1.220052	123.6211	2	4	1.245768	124.3154	5	12	0.41312	11.07139
0	3	2.060938	127.5	2	3	1.630327	127.5	5	11	0.439593	4.24135
0	2	3.405273	127.5	2	2	2.125	127.5	5	10	0.480324	5.56684
0	1	5.75651	127.5	3	15	0.282752	45.2506	5	9	0.536959	19.15926
0	0	10.625	127.5	3	14	0.267344	49.41094	5	8	0.611406	35.95875
1	15	0.019336	121.6066	3	13	0.264486	50.18262	5	7	0.705892	56.38574
1	14	-0.0148	132.1838	3	12	0.275815	47.12364	5	6	0.82303	80.09205
1	13	-0.03429	138.3802	3	11	0.303267	39.71165	5	5	0.965909	106.0526
1	12	-0.03654	139.0947	3	10	0.349144	27.57701	6	15	0.437388	4.810045
1	11	-0.01831	133.2993	3	9	0.416211	10.27383	6	14	0.430607	6.559743
1	10	0.024479	120.0328	3	8	0.507813	12.16406	6	13	0.433475	5.819602
1	9	0.097098	97.81138	3	7	0.628038	39.65104	6	12	0.446899	2.455078
1	8	0.20643	66.10276	3	6	0.781939	72.20267	6	11	0.4719	3.545111
1	7	0.361654	24.34961	3	5	0.97583	107.7788	6	10	0.509635	12.60156
1	6	0.575284	27.93963	3	4	1.217708	123.5578	6	9	0.561422	24.86234
1	5	0.864844	88.12031	3	3	1.517857	127.5	6	8	0.628767	39.81278
1	4	1.255642	124.582	4	15	0.356412	25.70205	6	7	0.713397	57.96181
1	3	1.785645	127.5	4	14	0.345285	28.57282	6	6	0.817308	78.99339
1	2	2.514509	127.5	4	13	0.345631	28.48351	7	15	0.455181	0.467516
1	1	3.541667	127.5	4	12	0.358774	25.09255				

【0403】

表6において、最終的な α の値は、

$$\alpha = 0.455181$$

と算出される。実施の形態5の場合のループ回数は136回であるが、本実施の形態7におけるループ回数は92回となり、ループ回数が減少している。

【0404】

算出された彩度変換率 α は、 $0 \leq \alpha \leq 1$ の範囲にあるため、リミッタ処理後の α も $\alpha = 0.455181$ となる。

【0405】

こうして、彩度変換率 α が算出されると、実施の形態1と同様の手順によって、RGB

10

20

30

40

50

W透過率およびバックライト値が求められる。

【0406】

すなわち、彩度変換後入力RGB信号は、(6)～(8)式を用いて以下のように算出される。

【0407】

$$\begin{aligned} R_s[1] &= \alpha \times R[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.455181 \times 159 + (1 - 0.455181) \times 207 = 185 \\ G_s[1] &= \alpha \times G[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.455181 \times 255 + (1 - 0.455181) \times 207 = 229 \\ B_s[1] &= \alpha \times B[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.455181 \times 63 + (1 - 0.455181) \times 207 = 141 \end{aligned}$$

10

次に、 γ 補正後入力RGB信号は、以下のように算出される。

【0408】

$$\begin{aligned} R_{sg}[1] &= (R_s[1] / MAX)^\gamma \times MAX \\ &= (185 / 255)^2 \times 255 = 134 \\ G_{sg}[1] &= (G_s[1] / MAX)^\gamma \times MAX \\ &= (229 / 255)^2 \times 255 = 206 \\ B_{sg}[1] &= (B_s[1] / MAX)^\gamma \times MAX \\ &= (141 / 255)^2 \times 255 = 78 \end{aligned}$$

次に、W透過量は、(55)式を用いて以下のように算出される。

20

【0409】

$$\begin{aligned} W_{ts g}[1] &= \min(\max(R_{sg}[1], G_{sg}[1], B_{sg}[1]) / 2, \min(R_{sg}[1], G_{sg}[1], B_{sg}[1])) \\ &= \min(206 / 2, 78) = 78 \end{aligned}$$

次に、RGB透過量は、(56)～(58)式を用いて以下のように算出される。

【0410】

$$\begin{aligned} R_{tsg}[1] &= R_{sg}[1] - W_{ts g}[1] = 134 - 78 = 56 \\ G_{tsg}[1] &= G_{sg}[1] - W_{ts g}[1] = 206 - 78 = 128 \\ B_{tsg}[1] &= B_{sg}[1] - W_{ts g}[1] = 78 - 78 = 0 \end{aligned}$$

最後に、バックライト値は、(59)式を用いて以下のように算出される。

【0411】

$$\begin{aligned} W_{bs g} &= \max(R_{tsg}[1], G_{tsg}[1], B_{tsg}[1], \\ &\quad W_{ts g}[1]) \\ &= \max(56, 128, 0, 78) = 128 \end{aligned}$$

30

すなわち、彩度変換処理を行う場合のバックライト値は、128である。以上のように、上記例では、彩度変換処理により、バックライト値を239から128に低減できることが分かる(約46%の低減)。

【0412】

上記説明における第1の算出例は、第6彩度変換率算出部83において算出される彩度変換率 α が、 $0 \leq \alpha \leq 1$ となる場合の例であるが、続いては、第6彩度変換率算出部83において算出される彩度変換率 α が、 $0 \leq \alpha \leq 1$ とはならない場合の例(第2の算出例)について示す。ここでは、説明を簡単にするために、1画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値($R[1], G[1], B[1]$)=(159, 187, 85)である場合を例示する。すなわち、実施の形態2のバックライト値の第2の算出例と同じ画素値を用いた場合を例示する。尚、以下の説明では、 $MAX=255$, $\gamma=2$, $Ndg=16$, $BlRatio=0.5$, $judgeTol=1$ に設定されているものとする。

40

【0413】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値の算出は、実施の形態2の第2の算出例で説明した例と同様である。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、109である。

50

【0414】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。まず、求められる γ カーブ正規化折れ線情報 (j , $x[j]$, $y[j]$, $a[j]$, $b[j]$) は、実施の形態 5 と同様に求められ、前述の表 1 に示すような値となる。

【0415】

バックライト上限値の算出は、実施の形態 1 で説明した例と同様に行なわれ、バックライト上限値 $MAXw$ は、 $MAXw = 127.5$ となる。

【0416】

本実施の形態 7 では、彩度低減が必要か否かの判定を行なわないため、全ての画素について彩度変換率 α の算出が行なわれる。本実施の形態 7 では、以下のようにして彩度変換率 α が求められる。まずは、入力画素値に対応する輝度 $Y[1]$ が求められるが、 $Y[1]$ の値は、実施の形態 2 の第 2 の算出例の場合と同様に 167.25 となる。

【0417】

本算出例では $Nd g = 16$ であることより、図 22 のフローにおける $S91 \sim S93$, $S84$ のステップは、 j を 0 から 15 まで繰り返し、また、それぞれの j の値について k を 15 から j まで繰り返す。上記ステップの繰り返しによって算出される、 j , k , α , $judge$ の値の変化は、以下の表 7 に示すようなものとなる。

【0418】

【表 7】

j	k	α	judge
0	15	1.220302	1.602929
0	14	1.074618	12.49178
0	13	0.962023	21.95226
0	12	0.889323	28.1272
0	11	0.865331	30.22147
0	10	0.90166	27.07932
0	9	1.013934	17.54301
0	8	1.223684	1.342105
0	7	1.561427	20.46663
0	6	2.071903	42.49794
0	5	2.823456	67.5458
0	4	3.925962	107.7137
0	3	5.568027	127.5
0	2	8.102901	127.5
0	1	12.27827	127.5
0	0	20	127.5
1	15	1.338912	6.716617
1	14	1.228188	0.994757

【0419】

表 7 において、最終的な α の値は、

$$\alpha = 1.228188$$

と算出される。実施の形態 5 の第 2 の算出例の場合のループ回数は 136 回であるが、本算出例におけるループ回数は 18 回となり、ループ回数が減少している。この例では、 α が 1 を超えるため、リミッタ処理により、 $\alpha = 1$ に設定する。

【0420】

このように、 $\alpha = 1$ に設定された場合、(6)~(8)式において彩度変換前後の RGB 値は同じになるので、結果的に彩度変換（彩度低減）が行われない。

【0421】

すなわち、彩度変換しない場合のバックライト値がバックライト上限値を下回る場合は、彩度変換する必要がなく、本算出例においても、彩度変換が行われない。よってバックライト値は、彩度変換を行なわない場合と同じく、109 になる。

【0422】

〔実施の形態 8〕

本実施の形態 8 は、実施の形態 1 の第 1 彩度変換率算出部 2 3 における彩度変換率 α の近似的な算出手段の第 3 の例である。本実施の形態 8 では、二分探索法を用いることで、彩度変換率 α を算出する。尚、実施の形態 1 と同一の処理部に対しては、実施の形態 1 と同じ番号を付けると共に、詳細説明を省略する。

【0423】

図 2 3 は、本実施の形態 8 にかかる液晶表示装置において彩度変換部 1 1 の別の構成を示す図である。図 2 3 に示す彩度変換部 1 1 は、実施の形態 1 における彩度変換部 1 1 (図 6 参照) の第 1 彩度変換率算出部 2 3 を、第 7 彩度変換率算出部 9 3 に置き換えたものである。

10

【0424】

第 7 彩度変換率算出部 9 3 は、入力 RGB 信号、 γ 係数、バックライト上限値、 γ 補正後 RGB 信号最大・最小値から、二分探索法により彩度変換率 α を算出し、出力する。

【0425】

図 2 4 は、第 7 彩度変換率算出部 9 3 の動作を説明するフローチャートである。

【0426】

先ず、S101 では、二分探索用彩度変換率下限値 low 及び上限値 $high$ を、それぞれ $low = 0$ 及び $high = 1$ に設定する。

【0427】

次に、S102～S107 の処理が、 $low + \alpha Tol \leq high$ の間、繰り返される。ここで αTol は、彩度変換率 α 算出ループ判定用閾値である。また、S102～S107 の処理は、ある決められた一定回数だけ繰り返されても良い。

20

【0428】

S102 では、(25) 式を用いて、現時点での α を算出する。

【0429】

$$\alpha = (low + high) / 2 \quad \cdots (25)$$

次に、S103 では、(26) 式を用いて、 α 算出判定値 ($judge Si$) を算出する。

【0430】

$$\begin{aligned} judge Si = & fg(\alpha \times max RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) \\ & - fg(\alpha \times min RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], \gamma) \\ & - MAXw \quad \cdots (26) \end{aligned}$$

30

この $judge Si$ は、0 に近いほど、現時点での α が所望の α に近づいていることを示しており、また、負の値の場合は、現時点での α が所望の値より小さく、正の場合は、現時点での α が所望の値より大きいことを示している。

【0431】

次に、S104 において、 $judge Si$ が $-judge Tol$ より小さければ、現時点での α が所望の値より小さいことになるため、 low を現時点での α に更新する (S105)。また、S104 において、 $judge Si$ が $-judge Tol$ より小さくなければ、S106 に進む。ここで $judge Tol$ は、彩度変換率算出判定用閾値である。

【0432】

次に、S106 において、 $judge Si$ が $judge Tol$ より大きければ、現時点での α が所望の値より大きいことになるため、 $high$ を現時点での α に更新する (S108)。また、S106 において、 $judge Si$ が $judge Tol$ より大きくなければ、現時点での α が所望の α になっていると判断し、ループを抜けて処理を終了する。

40

【0433】

また、S106 の判定条件で No にならず、かつループ処理を終了した場合は、所望の α を算出できていないため、何らかのエラー処理を行う (S108)。

【0434】

以下に、本実施の形態 8 にかかるバックライト値の算出例を示す。ここでは、説明を簡単にするために、1 画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値 (R [

50

1], G[1], B[1]) = (159, 255, 63)である場合を例示する。すなわち、実施の形態1のバックライト値の算出例と同じ画素値を用いた場合を例示する。尚、以下の説明では、MAX=255, $\gamma=2$, BlRatio=0.5, judgeTol=1, alphaTol= 10^{-7} に設定されているものとする。

【0435】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様である。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、239である。

【0436】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。

10

【0437】

まず、バックライト上限値の算出、および γ 補正後のRGB信号の最大・最小値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様に行なわれる。すなわち、バックライト上限値MAXwは、MAXw=127.5となり、 γ 補正後のRGB信号の最大値maxRGBgは、maxRGBg=255となり、 γ 補正後のRGB信号の最小値minRGBgは、minRGBg=16となる。

【0438】

上記注目画素は(4)式を満たすため、この注目画素に対して彩度変換が行われる。この時、以下のようにして彩度変換率 α が求められる。まずは、入力画素値に対応する輝度Y[1]が実施の形態1と同様に求められ、Y[1]=207となる。

20

【0439】

本算出例では、図24のフローにおけるS101～S107のステップが、S106の判定条件を満たしてループを抜けるまで、low+alphaTol≤highの間、繰り返される。このフローによって算出されるlow, high, α , judgeSiの値の変化は、以下の表8に示すようなものとなる。

【0440】

【表8】

low	high	α	judgeSi
0	1	0.5	10.28824
0	0.5	0.25	-54.0882
0.25	0.5	0.375	-20.7706
0.375	0.5	0.4375	-4.95882
0.4375	0.5	0.46875	2.735294
0.4375	0.46875	0.453125	-1.09412
0.453125	0.46875	0.460938	0.825

30

【0441】

表8において、最終的な α の値は、

$$\alpha = 0.460938$$

と算出される。実施の形態4及び6の場合のループ回数はそれぞれ91回、47回であるが、本実施の形態のループ回数は7回で済んでいる。

40

【0442】

こうして、彩度変換率 α が算出されると、実施の形態1と同様の手順によって、RGBW透過率およびバックライト値が求められる。

【0443】

すなわち、彩度変換後入力RGB信号は、(6)～(8)式を用いて以下のように算出される。

【0444】

$$\begin{aligned} R_s[1] &= \alpha \times R[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.460938 \times 159 + (1 - 0.460938) \times 207 = 185 \\ G_s[1] &= \alpha \times G[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \end{aligned}$$

50

$$= 0.460938 \times 255 + (1 - 0.460938) \times 207 = 229$$

$$Bs[1] = \alpha \times B[1] + (1 - \alpha) \times Y[1]$$

$$= 0.460938 \times 63 + (1 - 0.460938) \times 207 = 141$$

次に、 γ 補正後入力RGB信号は、以下のように算出される。

【0445】

$$Rsg[1] = (Rs[1] / MAX)^\gamma \times MAX$$

$$= (185 / 255)^2 \times 255 = 134$$

$$Gsg[1] = (Gs[1] / MAX)^\gamma \times MAX$$

$$= (229 / 255)^2 \times 255 = 206$$

$$Bsg[1] = (Bs[1] / MAX)^\gamma \times MAX$$

$$= (141 / 255)^2 \times 255 = 78$$

10

次に、W透過量は、(55)式を用いて以下のように算出される。

【0446】

$$Wts g[1] = \min(\max(RGBsg / 2, \min(RGBsg))$$

$$= \min(206 / 2, 78) = 78$$

次に、RGB透過量は、(56)～(58)式を用いて以下のように算出される。

【0447】

$$Rts g[1] = Rsg[1] - Wts g[1] = 134 - 78 = 56$$

$$Gts g[1] = Gsg[1] - Wts g[1] = 206 - 78 = 128$$

$$Bts g[1] = Bsg[1] - Wts g[1] = 78 - 78 = 0$$

20

最後に、バックライト値は、(59)式を用いて以下のように算出される。

【0448】

$$Wbs g = \max(Rts g[1], Gts g[1], Bts g[1], \\ Wts g[1])$$

$$= \max(56, 128, 0, 78) = 128$$

すなわち、彩度変換処理を行う場合のバックライト値は、128である。以上のように、上記例では、彩度変換処理により、バックライト値を239から128に低減できることが分かる（約46%の低減）。

【0449】

〔実施の形態9〕

30

本実施の形態9は、実施の形態2の第2彩度変換率算出部33における彩度変換率 α の近似的な算出手段の第3の例であり、実施の形態8に対しては入力画像内の全ての画素に対して彩度変換処理を通すように変更を加えたものである。尚、実施の形態2および7と同一の処理部に対しては、実施の形態2および7と同じ番号を付けると共に、詳細説明を省略する。

【0450】

図25は、本実施の形態9にかかる液晶表示装置において彩度変換部11の別の構成を示す図である。図25に示す彩度変換部11は、実施の形態8における彩度変換部11（図23参照）の γ 補正後RGB信号最大・最小値算出部22および第7彩度変換率算出部93を、第8彩度変換率算出部103に置き換えたものである。尚、本実施の形態では、 α が0から1の範囲を逸脱することがないため、彩度変換率リミッタ処理部34を実装していない。

40

【0451】

第8彩度変換率算出部103は、入力RGB信号、 γ 係数、及びバックライト上限値から、二分探索法により彩度変換率 α を算出し、出力する。

【0452】

図26は、第8彩度変換率算出部103の動作を説明するフローチャートである。

【0453】

まず、S101では、二分探索用彩度変換率下限値low及び上限値highを、それぞれlow=0及びhigh=1に設定する。このS101の処理は、図24におけるS

50

101と同様の処理である。

【0454】

次に、S102～S107の処理が、 $low + \alpha Tol \leq high$ の間、繰り返される。このS102～S107の処理も、図24におけるS102～S107と同様の処理である。

【0455】

また、第8彩度変換率算出部103の処理では、S106の判定条件でNoにならず、かつループ処理を終了した場合は、その時点での α が所望の α となる。

【0456】

以下に、本実施の形態9にかかるバックライト値の第1の算出例を示す。ここでは、説明を簡単にするために、1画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値(R[1], G[1], B[1]) = (159, 255, 63)である場合を例示する。すなわち、実施の形態1のバックライト値の算出例と同じ画素値を用いた場合を例示する。尚、以下の説明では、 $MAX = 255$, $\gamma = 2$, $BlRatio = 0.5$, $judgeTol = 1$, $\alpha Tol = 10^{-7}$ に設定されているものとする。

【0457】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様である。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、239である。

【0458】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。

【0459】

まず、バックライト上限値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様に行なわれる。すなわち、バックライト上限値MAXwは、 $MAXw = 127.5$ となる。

【0460】

本実施の形態9では、彩度低減が必要か否かの判定を行なわないため、全ての画素について彩度変換率 α の算出が行なわれる。本実施の形態9では、以下のようにして彩度変換率 α が求められる。まずは、入力画素値に対応する輝度Y[1]が求められるが、Y[1]の値は、実施の形態1の場合と同様に207となる。

【0461】

本算出例では、図26のフローにおけるS101～S107のステップが、S106の判定条件を満たしてループを抜けるまで繰り返される。このフローによって算出されるlow, high, α , judgeSiの値の変化は、実施の形態8と同様に表8に示すようなものとなる。

【0462】

表8において、最終的な α の値は、

$$\alpha = 0.460938$$

と算出される。実施の形態5及び7の第1の算出例の場合のループ回数はそれぞれ136回、92回であるが、本実施の形態のループ回数は7回で済んでいる。

【0463】

こうして、彩度変換率 α が算出されると、実施の形態1と同様の手順によって、RGBW透過率およびバックライト値が求められる。以下の手順は、実施の形態8のバックライト値算出例と同じものとなり、彩度変換処理を行う場合のバックライト値は、128となる。以上のように、上記例では、彩度変換処理により、バックライト値を239から128に低減できることが分かる(約46%の低減)。

【0464】

続いては、本実施の形態9にかかるバックライト値の第2の算出例を示す。ここでは、説明を簡単にするために、1画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値(R[1], G[1], B[1]) = (159, 187, 85)である場合を例示する。すなわち、実施の形態2のバックライト値の第2の算出例と同じ画素値を用いた場合を

10

20

30

40

50

例示する。尚、以下の説明では、 $MAX = 255$ ， $\gamma = 2$ ， $BlRatio = 0.5$ ， $judgeTol = 1$ ， $alphaTol = 10^{-7}$ に設定されているものとする。

【0465】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値の算出は、実施の形態2の第2の算出例で説明した例と同様である。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、109である。

【0466】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。

【0467】

バックライト上限値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様に行なわれ、バックライト上限値 $MAXw$ は、 $MAXw = 127.5$ となる。また、入力画素値に対応する輝度 $Y[1]$ は、実施の形態2の第2の算出例の場合と同様に求められ、 $Y[1] = 167.25$ となる。

【0468】

本算出例では、図26のフローにおけるS101～S107のステップが、 $low + alphaTol \leq high$ を満たしている間、繰り返される。このフローによって算出される low ， $high$ ， α ， $judgeSi$ の値の変化は、以下の表9に示すようなものとなる。

【0469】

【表9】

low	high	α	judgeSi
0.00000000	1.00000000	0.50000000	-66.85000000
0.50000000	1.00000000	0.75000000	-41.21250000
0.75000000	1.00000000	0.87500000	-29.56562500
0.87500000	1.00000000	0.93750000	-24.03515625
0.93750000	1.00000000	0.96875000	-21.34316406
0.96875000	1.00000000	0.98437500	-20.01547852
0.98437500	1.00000000	0.99218750	-19.35621338
0.99218750	1.00000000	0.99609375	-19.02772522
0.99609375	1.00000000	0.99804688	-18.86376724
0.99804688	1.00000000	0.99902344	-18.78185978
0.99902344	1.00000000	0.99951172	-18.74092393
0.99951172	1.00000000	0.99975586	-18.72046047
0.99975586	1.00000000	0.99987793	-18.71022986
0.99987793	1.00000000	0.99993896	-18.70511484
0.99993896	1.00000000	0.99996948	-18.70255740
0.99996948	1.00000000	0.99998474	-18.70127869
0.99998474	1.00000000	0.99999237	-18.70063934
0.99999237	1.00000000	0.99999619	-18.70031967
0.99999619	1.00000000	0.99999809	-18.70015984
0.99999809	1.00000000	0.99999905	-18.70007992
0.99999905	1.00000000	0.99999952	-18.70003996
0.99999952	1.00000000	0.99999976	-18.70001998
0.99999976	1.00000000	0.99999988	-18.70000999
0.99999988	1.00000000	0.99999994	-18.70000499

【0470】

表9において、最終的な α の値は、

$$\alpha = 0.99999994 \quad 1$$

と算出される。実施の形態5及び7の第2の算出例の場合のループ回数はそれぞれ136回、18回であるが、本実施の形態のループ回数は24回となっている。

【0471】

このように、 $\alpha = 1$ に設定された場合、(6)～(8)式において彩度変換前後のRGB値は同じになるので、結果的に彩度変換（彩度低減）が行われない。

【0472】

すなわち、彩度変換しない場合のバックライト値がバックライト上限値を下回る場合は、彩度変換する必要がなく、本算出例においても、彩度変換が行われない。よってバックライト値は、彩度変換を行なわない場合と同じく、109になる。

【0473】

〔実施の形態10〕

本実施の形態10は、実施の形態1の第1彩度変換率算出部23における彩度変換率 α の近似的な算出手段の第4の例である。本実施の形態10では、ニュートン法を用いることで、彩度変換率 α を算出する。尚、実施の形態1と同一の処理部に対しては、実施の形態1と同じ番号を付けると共に、詳細説明を省略する。

10

【0474】

図27は、本実施の形態10にかかる液晶表示装置において彩度変換部11の別の構成を示す図である。図27に示す彩度変換部11は、実施の形態1における彩度変換部11（図6参照）の第1彩度変換率算出部23を、第9彩度変換率算出部113に置き換えたものである。

【0475】

第9彩度変換率算出部113は、入力RGB信号、 γ 係数、バックライト上限値、 γ 補正後RGB信号最大・最小値から、ニュートン法により彩度変換率 α を算出し、出力する。

【0476】

図28は、第9彩度変換率算出部113の動作を説明するフローチャートである。

20

【0477】

先ず、S111では、処理に用いる各変数を初期化する。具体的には、以下のように変数の初期化を行う。

【0478】

α_{prev} = 所定の定数（例えば、0.5）

$\max RGB_n = \max RGB / MAX$

$\min RGB_n = \min RGB / MAX$

$Y_n = Y[i] / MAX$

$MAX_{wn} = MAX_w / MAX$

$overflow_flag = FALSE$

$under_flag = FALSE$

30

ただし、

α_{prev} : 彩度変換率前回値

$\max RGB_n$: 正規化されたRGB信号の最大値

$\min RGB_n$: 正規化されたRGB信号の最小値

Y_n : 正規化された輝度信号

MAX_{wn} : 正規化されたバックライト上限値

$overflow_flag$: $\alpha > 1$ の範囲外補正を行ったかどうかの指標

$under_flag$: $\alpha < 0$ の範囲外補正を行ったかどうかの指標

$FALSE$: 「偽」を表す論理値

40

である。

【0479】

次に、S112～S122の処理を決められた回数だけ繰り返す。尚、決められた回数だけ繰り返すのは、無限ループになるのを回避するためである。

【0480】

S112では、下記の(27)式を用いて、現時点での α を算出する。

【0481】

$$\alpha = \alpha_{prev} - g(\alpha_{prev}) / g'(\alpha_{prev}) \quad \dots (27)$$

但し、

50

$$\begin{aligned}
 g(x) &= (x \times \max RGB_n + (1-x) \times Y_n)^\gamma \\
 &\quad - (x \times \min RGB_n + (1-x) \times Y_n)^\gamma - MAX_{wn} \\
 g'(x) &= \gamma \times (\max RGB_n - Y_n) \\
 &\quad \times (x \times \max RGB_n + (1-x) \times Y_n)^{(\gamma-1)} \\
 &\quad - \gamma \times (\min RGB_n - Y_n) \\
 &\quad \times (x \times \min RGB_n + (1-x) \times Y_n)^{(\gamma-1)}
 \end{aligned}$$

である。

【0482】

ここで、(27)式における $g(x)$ は、(5)式を右辺が0になるように式変形し、かつ正規化した関数であり、 $g'(x)$ は、 $g(x)$ の一次微分である。すなわち、(27)式は、

10

【0483】

次に、S113では、下記の(28)式を満たしているかどうか、すなわち現時点での α が所望の α になっているかどうかを判定し、満たしていれば α 算出処理を終了する。ここで、 $\alpha_{lphaTol}$ は α 算出閾値であり、 $\alpha_{lphaTol} > 0$ である。

【0484】

$$|\alpha - \alpha_{prev}| < \alpha_{lphaTol} \quad \dots(28)$$

上記(28)式が満たされていなければ、S114に移行し、次に α が負かどうか判定される。負であればS115に、そうでなければS118に進む。

【0485】

20

S114で α が負の場合は、S115で α を0に設定することで、 $\alpha < 0$ の範囲外補正を行い、更に $underFlag$ がTRUEかどうか、すなわち、既に $\alpha < 0$ の範囲外補正を行ったかどうかを判定する(S116)。既に行っていればS123に、行っていないければ、 $underFlag$ をTRUEに設定する(S117)。

【0486】

また、S114で α が負でない場合は、S118で α が1を超えているかどうかを判定し、1を超えていればS119に、そうでなければS120に進む。

【0487】

S118で α が1を超えている場合は、S119で α を1に設定することで、 $\alpha > 1$ の範囲外補正を行い、更に $overFlag$ がTRUEかどうか、すなわち、既に $\alpha > 1$ の範囲外補正を行ったかどうかを判定する(S120)。既に行っていればS123に、行っていないければ、 $overFlag$ をTRUEに設定する(S121)。

30

【0488】

S117またはS121に進んだ場合、すなわち、 $\alpha < 0$ の範囲外補正か、 $\alpha > 1$ の範囲外補正かのいずれかを行った場合、あるいは、S114及びS118のいずれにおいてもNoの場合、すなわち、 $0 \leq \alpha \leq 1$ の場合は、次に、下記の(29)式を用いて、彩度変換率前回値 α_{prev} を、そのときの α の値(0または1)に更新する(S122)。

【0489】

$$\alpha_{prev} = \alpha \quad \dots(29)$$

S116あるいはS120の判定条件でYesになる、あるいはループ処理を終了した場合は、所望の α を算出できていないため、何らかのエラー処理を行う(S123)。

40

【0490】

ニュートン法を用いた本実施の形態10では、二分探索法を用いた実施の形態8に比べ、ループ1回当たりの演算量は多いものの、ループ回数が少なくなることが期待できる。

【0491】

以下に、本実施の形態10にかかるバックライト値の算出例を示す。ここでは、説明を簡単にするために、1画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値($R[1], G[1], B[1]$) = (159, 255, 63)である場合を例示する。すなわち、実施の形態1のバックライト値の算出例と同じ画素値を用いた場合を例示する。尚、以下の説明では、 $MAX = 255$, $\gamma = 2$, $BlRatio = 0.5$, α_{lphaTo}

50

$1 = 10^{-7}$ に設定されているものとする。

【0492】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様である。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、239である。

【0493】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。

【0494】

まず、バックライト上限値の算出、および γ 補正後のRGB信号の最大・最小値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様に行なわれる。すなわち、バックライト上限値MAXwは、MAXw=127.5となり、 γ 補正後のRGB信号の最大値maxRGBgは、maxRGBg=255となり、 γ 補正後のRGB信号の最小値minRGBgは、minRGBg=16となる。

【0495】

上記注目画素は(4)式を満たすため、この注目画素に対して彩度変換が行われる。この時、以下のようにして彩度変換率 α が求められる。まずは、入力画素値に対応する輝度Y[1]が実施の形態1と同様に求められ、Y[1]=207となる。

【0496】

本算出例では、図28のフローにおけるS112～S122のステップが、S113の判定条件を満たしてループを抜けるまで繰り返される。このフローによって算出される α prev, g(α prev), g'(α prev), α の値の変化は、以下の表10に示すようなものとなる。

【0497】

【表10】

α prev	g(α prev)	g'(α prev)	α
0.5	0.040346	0.938962	0.457031
0.457031	-0.00052	0.963322	0.457575
0.457575	0	0.963014	0.457575

【0498】

表10において、最終的な α の値は、

$$\alpha = 0.457575$$

と算出される。実施の形態4, 6および8の場合のループ回数はそれぞれ91回、47回、7回であるが、本実施の形態のループ回数は3回で済んでいる。

【0499】

こうして、彩度変換率 α が算出されると、実施の形態1と同様の手順によって、RGBW透過率およびバックライト値が求められる。

【0500】

すなわち、彩度変換後入力RGB信号は、(6)～(8)式を用いて以下のように算出される。

【0501】

$$\begin{aligned} R_s[1] &= \alpha \times R[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.457575 \times 159 + (1 - 0.457575) \times 207 = 185 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_s[1] &= \alpha \times G[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.457575 \times 255 + (1 - 0.457575) \times 207 = 229 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_s[1] &= \alpha \times B[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.457575 \times 63 + (1 - 0.457575) \times 207 = 141 \end{aligned}$$

次に、 γ 補正後入力RGB信号は、以下のように算出される。

【0502】

$$R_{sg}[1] = (R_s[1] / MAX)^\gamma \times MAX$$

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}
 &= (185 / 255)^2 \times 255 = 134 \\
 Gsg[1] &= (Gsg[1] / MAX)^\gamma \times MAX \\
 &= (229 / 255)^2 \times 255 = 206 \\
 Bsg[1] &= (Bsg[1] / MAX)^\gamma \times MAX \\
 &= (141 / 255)^2 \times 255 = 78
 \end{aligned}$$

次に、W透過量は、(55)式を用いて以下のように算出される。

【0503】

$$\begin{aligned}
 Wts g[1] &= \min(\max(RGBsg / 2, \min(RGBsg)) \\
 &= \min(206 / 2, 78) = 78
 \end{aligned}$$

次に、RGB透過量は、(56)～(58)式を用いて以下のように算出される。

10

【0504】

$$\begin{aligned}
 Rts g[1] &= Rsg[1] - Wts g[1] = 134 - 78 = 56 \\
 Gts g[1] &= Gsg[1] - Wts g[1] = 206 - 78 = 128 \\
 Bts g[1] &= Bsg[1] - Wts g[1] = 78 - 78 = 0
 \end{aligned}$$

最後に、バックライト値は、(59)式を用いて以下のように算出される。

【0505】

$$\begin{aligned}
 Wbs g &= \max(Rts g[1], Gts g[1], Bts g[1], \\
 &\quad Wts g[1]) \\
 &= \max(56, 128, 0, 78) = 128
 \end{aligned}$$

すなわち、彩度変換処理を行う場合のバックライト値は、128である。以上のように、上記例では、彩度変換処理により、バックライト値を239から128に低減できることが分かる（約46%の低減）。

20

【0506】

〔実施の形態11〕

本実施の形態11は、実施の形態2の第2彩度変換率算出部33における彩度変換率 α の近似的な算出手段の第4の例であり、実施の形態10に対して、入力画像内の全ての画素に対して彩度変換処理を通すように変更を加えたものである。尚、実施の形態2及び9と同一の処理部に対しては、実施の形態2及び9と同じ番号を付けると共に、詳細説明を省略する。

【0507】

30

図29は、実施の形態11における彩度変換部11の別の構成を表す図である。図29に示す彩度変換部11は、実施の形態2における彩度変換部11（図10参照）の第2彩度変換率算出部33を、第10彩度変換率算出部123に置き換えたものである。尚、本実施の形態では、 α が0から1の範囲を逸脱することがないため、彩度変換率リミッタ処理部34を実装していない。

【0508】

第10彩度変換率算出部123は、入力RGB信号、 γ 係数、バックライト上限値から、ニュートン法により彩度変換率 α を算出し、出力する。

【0509】

図30は、第10彩度変換率算出部134の動作を説明するためのフローチャートである。

40

【0510】

まず、S111では、処理に用いる各変数を初期化する。このS111の処理は、図28におけるS111と同様の処理である。

【0511】

次に、S132、S113～S122の処理を決められた回数だけ繰り返す。

【0512】

S132では、(27)式を用いて、現時点での α を算出する。但し、このステップでは、 $g'(\alpha_{prev})$ が0のときは、注目画素は彩度0であることを意味するため、 α は任意の値で構わない。本実施の形態では、 $g'(\alpha_{prev})$ が0のとき、例えば $\alpha = 1$ に

50

設定する。この後繰り返される S 1 1 3 ~ S 1 2 2 の処理は、図 2 8 におけるフローと同様の処理である。但し、第 1 0 彩度変換率算出部 1 2 3 の処理では、S 1 1 6 または S 1 2 0 で N o にならずにループ処理を終了した場合には、その時点での α が所望の α となる。

【0 5 1 3】

以下に、本実施の形態 1 1 にかかるバックライト値の第 1 の算出例を示す。ここでは、説明を簡単にするために、1 画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値 ($R[1], G[1], B[1]$) = (1 5 9, 2 5 5, 6 3) である場合を例示する。すなわち、実施の形態 1 のバックライト値の算出例と同じ画素値を用いた場合を例示する。尚、以下の説明では、 $MAX = 2 5 5$, $\gamma = 2$, $BlRatio = 0.5$, $alphaTol = 10^{-7}$ に設定されているものとする。

10

【0 5 1 4】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値の算出は、実施の形態 1 で説明した例と同様である。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、2 3 9 である。

【0 5 1 5】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。

【0 5 1 6】

まず、バックライト上限値の算出は、実施の形態 1 で説明した例と同様に行なわれる。すなわち、バックライト上限値 $MAXw$ は、 $MAXw = 1 2 7.5$ となる。

20

【0 5 1 7】

本実施の形態 1 1 では、彩度低減が必要か否かの判定を行なわないため、全ての画素について彩度変換率 α の算出が行なわれる。本実施の形態 1 1 では、以下のようにして彩度変換率 α が求められる。まずは、入力画素値に対応する輝度 $Y[1]$ が求められるが、 $Y[1]$ の値は、実施の形態 1 の場合と同様に 2 0 7 となる。

【0 5 1 8】

本算出例では、図 3 0 のフローにおける S 1 3 2, S 1 1 3 ~ S 1 2 2 のステップが、S 1 1 3 の判定条件を満たしてループを抜けるまで繰り返される。このフローによって算出される α_{prev} , $g(\alpha_{prev})$, $g'(\alpha_{prev})$, α の値の変化は、実施の形態 1 0 と同様に表 1 0 に示すようなものとなる。

30

【0 5 1 9】

表 1 0 において、最終的な α の値は、

$$\alpha = 0.457575$$

と算出される。実施の形態 5, 7 および 9 の場合のループ回数はそれぞれ 1 3 6 回、9 2 回、7 回であるが、本実施の形態のループ回数は 3 回で済んでいる。

【0 5 2 0】

こうして、彩度変換率 α が算出されると、実施の形態 1 と同様の手順によって、RGBW 透過率およびバックライト値が求められる。以下の手順は、実施の形態 1 0 のバックライト値算出例と同じものとなり、彩度変換処理を行う場合のバックライト値は、1 2 8 となる。以上のように、上記例では、彩度変換処理により、バックライト値を 2 3 9 から 1 2 8 に低減できることが分かる (約 4 6 % の低減)。

40

【0 5 2 1】

続いては、本実施の形態 1 1 にかかるバックライト値の第 2 の算出例を示す。ここでは、説明を簡単にするために、1 画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値 ($R[1], G[1], B[1]$) = (1 5 9, 1 8 7, 8 5) である場合を例示する。すなわち、実施の形態 2 のバックライト値の第 2 の算出例と同じ画素値を用いた場合を例示する。尚、以下の説明では、 $MAX = 2 5 5$, $\gamma = 2$, $BlRatio = 0.5$, $alphaTol = 10^{-7}$ に設定されているものとする。

【0 5 2 2】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値の算出は、実施の形態 2 の第 2 の

50

算出例で説明した例と同様である。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、109である。

【0523】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。

【0524】

バックライト上限値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様に行なわれ、バックライト上限値MAXwは、 $MAXw = 127.5$ となる。また、入力画素値に対応する輝度Y[1]は、実施の形態2の第2の算出例の場合と同様に求められ、 $Y[1] = 167.25$ となる。

【0525】

本算出例では、図30のフローにおけるS120のステップでYesとなることによりループを抜ける。このフローによって算出される α_{prev} 、 $g(\alpha_{prev})$ 、 $g'(\alpha_{prev})$ 、 α の値の変化は、以下の表11に示すようなものとなる。

【0526】

【表11】

α_{prev}	$g(\alpha_{prev})$	$g'(\alpha_{prev})$	α
0.5	-0.26216	0.426667	1.11443
1	-0.07333	0.328627	1.22315

【0527】

また、表11における最終的な α の値は、 $\alpha = 1.22315$ であるが、この場合はS119によって $\alpha = 1$ に設定され、最終的な α の値は、

$$\alpha = 1$$

と算出される。

【0528】

表9において、実施の形態5、7及び9の第2の算出例の場合のループ回数はそれぞれ136回、18回、24回であるが、本実施の形態のループ回数は2回で済んでいる。

【0529】

このように、 $\alpha = 1$ に設定された場合、(6)～(8)式において彩度変換前後のRGB値は同じになるので、結果的に彩度変換（彩度低減）が行われない。

【0530】

すなわち、彩度変換しない場合のバックライト値がバックライト上限値を下回る場合は、彩度変換する必要がなく、本算出例においても、彩度変換が行われない。よってバックライト値は、彩度変換を行なわない場合と同じく、109になる。

【0531】

〔実施の形態12〕

本実施の形態12は、実施の形態1の第1彩度変換率算出部23における彩度変換率 α の近似的な算出手段の第5の例である。本実施の形態12では、 γ 係数を2に固定することで、(5)式から直接的に α を算出する。

【0532】

よって、 γ 補正後RGB信号最大・最小値算出部22に与える γ 係数は、本実施の形態12では常に2とする。 γ 係数を固定することで、 γ 係数の自由度はなくなるが、 γ 係数の値としては、1.8～2.3程度が一般的であるため、2に固定してもさほど問題はない。

【0533】

尚、実施の形態1と同一の処理部に対しては、実施の形態1と同じ番号を付けると共に、詳細説明を省略する。

【0534】

図31は、本実施の形態12にかかる液晶表示装置において彩度変換部11の別の構成を示す図である。図31に示す彩度変換部11は、実施の形態1における彩度変換部11

10

20

30

40

50

(図6参照)の第1彩度変換率算出部23を、第11彩度変換率算出部133に置き換えたものである。

【0535】

第11彩度変換率算出部133は、入力RGB信号、バックライト上限値、 γ 補正後RGB信号最大・最小値から、直接的な解法により彩度変換率 α を算出し、出力する。

【0536】

図32は、第11彩度変換率算出部133の動作を説明するためのフローチャートである。

【0537】

先ず、S141では、下記の(30)～(32)式を用いて、 α 算出用係数を算出する。

10

【0538】

$$a = (\max RGB - \min RGB) \times (\max RGB + \min RGB - 2 \times Y[i]) \quad \cdots (30)$$

$$b = Y[i] \times (\max RGB - \min RGB) \quad \cdots (31)$$

$$c = -MAXw \times MAX \quad \cdots (32)$$

次に、 α 算出用係数 a が0の場合は(33)式を用いて、そうでない場合は(34)式を用いて α を算出する(S142)。

【0539】

$$\alpha = -c / (2 \times b) \quad \cdots (33)$$

$$\alpha = (-b + \sqrt{d}) / a \quad \cdots (34)$$

20

但し、

$$d = b^2 - a \times c$$

ここで、上記算出式の導出方法について説明する。

【0540】

まず、(5)式に、 $\gamma = 2$ を代入し、以下のように変形する。ただし $f_g(x, g) = (x / MAX)^g \times MAX$ とする。

【0541】

$$\begin{aligned} & f_g(\alpha \times \max RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], 2) \\ & - f_g(\alpha \times \min RGB + (1 - \alpha) \times Y[i], 2) = MAXw \\ & \{ (\alpha \times \max RGB + (1 - \alpha) \times Y[i]) / MAX \}^2 \times MAX \\ & - \{ (\alpha \times \min RGB + (1 - \alpha) \times Y[i]) / MAX \}^2 \times MAX = MAXw \\ & \{ (\alpha \times \max RGB + (1 - \alpha) \times Y[i]) \}^2 \\ & - \{ (\alpha \times \min RGB + (1 - \alpha) \times Y[i]) \}^2 = MAXw \times MAX \\ & \alpha^2 \times \max RGB^2 + 2 \times \alpha \times (1 - \alpha) \times \max RGB \times Y[i] \\ & - \alpha^2 \times \min RGB^2 - 2 \times \alpha \times (1 - \alpha) \times \min RGB \times Y[i] \\ & - MAXw \times MAX = 0 \end{aligned}$$

30

$$\begin{aligned} & \alpha^2 \times \max RGB^2 + 2 \times \alpha \times \max RGB \times Y[i] \\ & - 2 \times \alpha^2 \times \max RGB \times Y[i] - \alpha^2 \times \min RGB^2 \\ & - 2 \times \alpha \times \min RGB \times Y[i] + 2 \times \alpha^2 \times \min RGB \times Y[i] \\ & - MAXw \times MAX = 0 \end{aligned}$$

40

$$\begin{aligned} & (\max RGB^2 - \min RGB^2 - 2 \times \max RGB \times Y[i] \\ & + 2 \times \min RGB \times Y[i]) \times \alpha^2 + 2 \times (\max RGB - \min RGB) \\ & \times Y[i] \times \alpha - MAXw \times MAX = 0 \end{aligned}$$

$$(\max RGB - \min RGB) \times (\max RGB + \min RGB - 2 \times Y[i]) \times \alpha^2 + 2 \times (\max RGB - \min RGB) \times Y[i] \times \alpha - MAXw \times MAX = 0$$

上記変形の最終式において、二次の項を a 、一次の項を $2 \times b$ 、定数項を c と置くことで、(30)～(32)式が得られ、この式は下記の(135)式ようになる。

【0542】

$$a \times \alpha^2 + 2 \times b \times \alpha + c = 0 \quad \cdots (135)$$

まず、 $a = 0$ の場合、(135)式より、(33)式が得られる。

50

【0543】

一方、 $a \neq 0$ の場合、2 次方程式の解の公式より、

$$\alpha = \{-b \pm \sqrt{b^2 - a \times c}\} / a$$

となる。ここで、ルートの項を d と置くことで、

$$\alpha = (-b \pm \sqrt{d}) / a$$

となる。上記式は、 α の解が 2 つあることを示しているが、どちらが正しい解であるかを判断する。

【0544】

まず、(135)式の右辺を、 $f(\alpha)$ と置くと、

$$f(\alpha) = a \times \alpha^2 + 2 \times b \times \alpha + c \quad \cdots (136)$$

10

となり、この時、

$$f(0) = c < 0、かつ、$$

$$f(1) = a + 2 \times b + c$$

$$= (\max RGB - \min RGB) \times (\max RGB + \min RGB - 2 \times Y[i])$$

$$+ 2 \times Y[i] \times (\max RGB - \min RGB) - MAXw \times MAX$$

$$= \max RGB^2 - \min RGB^2 - MAXw \times MAX$$

$$= (\max RGB / MAX)^2 \times MAX^2 - (\min RGB / MAX)^2 \times MAX^2$$

$$- MAXw \times MAX$$

$$= \{(\max RGB / MAX)^2 \times MAX - (\min RGB / MAX)^2 \times MAX$$

$$- MAXw\} \times MAX$$

20

$$= (\max RGBg - \min RGBg - MAXw) \times MAX$$

である。

【0545】

(4)式より、 $f(1) > 0$ であり、 $f(\alpha)$ は 2 次方程式なので、 $f(0) < 0$ および $f(1) > 0$ より 0 から 1 の間に解が必ず存在する。

【0546】

$a > 0$ のとき、(136)式は下に凸の放物線となるため、 $f(0) < 0$ および $f(1) > 0$ より、 $\alpha = (-b \pm \sqrt{d}) / a$ の解のうち大きい方の解が、0 から 1 の解となる。よって、 $a > 0$ のときの大きい方の解は、 $\alpha = (-b + \sqrt{d}) / a$ 、すなわち(34)式となる。

【0547】

30

一方、 $a < 0$ のとき、(136)式は上に凸の放物線となるため、 $f(0) < 0$ および $f(1) > 0$ より、 $\alpha = (-b \pm \sqrt{d}) / a$ の解のうち小さい方の解が、0 から 1 の解となる。よって、 $a < 0$ のときの小さい方の解は、 $\alpha = (-b + \sqrt{d}) / a$ であり、同じく(34)式となる。

【0548】

すなわち、 $a \neq 0$ のときは、 α は(34)式で表される。

【0549】

以下に、本実施の形態 12 にかかるバックライト値の算出例を示す。ここでは、説明を簡単にするために、1 画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値 ($R[1], G[1], B[1]$) = (159, 255, 63) である場合を例示する。すなわち、実施の形態 1 のバックライト値の算出例と同じ画素値を用いた場合を例示する。尚、以下の説明では、 $MAX = 255$ 、 $BlRatio = 0.5$ に設定されているものとする。

40

【0550】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値の算出は、実施の形態 1 で説明した例と同様である。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、239 である。

【0551】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。

【0552】

50

まず、バックライト上限値の算出、および γ 補正後のRGB信号の最大・最小値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様に行なわれる。すなわち、バックライト上限値MAXwは、MAXw=127.5となり、 γ 補正後のRGB信号の最大値maxRGBgは、maxRGBg=255となり、 γ 補正後のRGB信号の最小値minRGBgは、minRGBg=16となる。

【0553】

上記注目画素は(4)式を満たすため、この注目画素に対して彩度変換が行われる。この時、以下のようにして彩度変換率 α が求められる。まずは、入力画素値に対応する輝度Y[1]が実施の形態1と同様に求められ、Y[1]=207となる。

【0554】

10

(30)~(32)式に、MAX=255, maxRGB=255, minRGB=63, Y[1]=207, MAXw=127.5を代入すると、 α 算出用係数(a, b, c)が以下のように求められる。

【0555】

$$\begin{aligned} a &= (\max RGB - \min RGB) \\ &\quad \times (\max RGB + \min RGB - 2 \times Y[i]) \\ &= (255 - 63) \times (255 + 63 - 2 \times 207) \\ &= -18432 \\ b &= Y[i] \times (\max RGB - \min RGB) = 207 \times (255 - 63) \\ &= 39744 \\ c &= -MAXw \times MAX = -127.5 \times 255 = -32512.5 \\ a \neq 0 \text{ なので、(34)式より、} \\ \alpha &= (-b + \sqrt{d}) / a \\ &= (-39744 + \sqrt{980315136}) / (-18432) \\ &= 0.457575 \end{aligned}$$

20

となる。このように本実施の形態は、ループ処理なしで α を算出することができる。

【0556】

こうして、彩度変換率 α が算出されると、実施の形態1と同様の手順によって、RGBW透過率およびバックライト値が求められる。

【0557】

30

すなわち、彩度変換後入力RGB信号は、(6)~(8)式を用いて以下のように算出される。

【0558】

$$\begin{aligned} R_s[1] &= \alpha \times R[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.457575 \times 159 + (1 - 0.457575) \times 207 = 185 \\ G_s[1] &= \alpha \times G[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.457575 \times 255 + (1 - 0.457575) \times 207 = 229 \\ B_s[1] &= \alpha \times B[1] + (1 - \alpha) \times Y[1] \\ &= 0.457575 \times 63 + (1 - 0.457575) \times 207 = 141 \end{aligned}$$

次に、 γ 補正後入力RGB信号は、以下のように算出される。

40

【0559】

$$\begin{aligned} R_{sg}[1] &= (R_s[1] / MAX)^\gamma \times MAX \\ &= (185 / 255)^2 \times 255 = 134 \\ G_{sg}[1] &= (G_s[1] / MAX)^\gamma \times MAX \\ &= (229 / 255)^2 \times 255 = 206 \\ B_{sg}[1] &= (B_s[1] / MAX)^\gamma \times MAX \\ &= (141 / 255)^2 \times 255 = 78 \end{aligned}$$

次に、W透過量は、(55)式を用いて以下のように算出される。

【0560】

$$W_{ts}[1] = \min(\max RGB_{sg} / 2, \min RGB_{sg})$$

50

$$=\min(206/2, 78) = 78$$

次に、RGB透過量は、(56)～(58)式を用いて以下のように算出される。

【0561】

$$R_{ts_g}[1] = R_{sg}[1] - W_{ts_g}[1] = 134 - 78 = 56$$

$$G_{ts_g}[1] = G_{sg}[1] - W_{ts_g}[1] = 206 - 78 = 128$$

$$B_{ts_g}[1] = B_{sg}[1] - W_{ts_g}[1] = 78 - 78 = 0$$

最後に、バックライト値は、(59)式を用いて以下のように算出される。

【0562】

$$W_{bs_g} = \max(R_{ts_g}[1], G_{ts_g}[1], B_{ts_g}[1], \\ W_{ts_g}[1])$$

$$= \max(56, 128, 0, 56) = 128$$

すなわち、彩度変換処理を行う場合のバックライト値は、128である。以上のように、上記例では、彩度変換処理により、バックライト値を239から128に低減できることが分かる（約46%の低減）。

【0563】

〔実施の形態13〕

本実施の形態13は、実施の形態2の第2彩度変換率算出部33における彩度変換率 α の近似的な算出手段の第5の例であり、実施の形態12に対して、入力画像内の全ての画素に対して彩度変換処理を通すように変更を加えたものである。尚、実施の形態2及び11と同一の処理部に対しては、実施の形態2及び11と同じ番号を付けると共に、詳細説明を省略する。

【0564】

図33は、実施の形態13における彩度変換部11の別の構成を表す図である。図33に示す彩度変換部11は、実施の形態2における彩度変換部11（図12参照）の第2彩度変換率算出部33を、第12彩度変換率算出部143に置き換えたものである。

【0565】

第12彩度変換率算出部143は、入力RGB信号、バックライト上限値から、直接的な解法により彩度変換率 α を算出し、出力する。

【0566】

図34は、第12彩度変換率算出部143の動作を説明するためのフローチャートである。

【0567】

まず、S141では、下記の(30)～(32)式を用いて、 α 算出用係数を算出する。このS141の処理は、図32におけるS141と同様の処理である。

【0568】

次に、 α 算出用係数 a が0の場合は(33)式を用いて、そうでない場合は(34)式を用いて α を算出する（S152）。但し、(33)式を用いる場合において、 b が0のときは、注目画素は彩度0であることを意味するため、 α は任意の値で構わない。本実施の形態では、 b が0のとき、例えば $\alpha = 1$ に設定する。

【0569】

ここで、上記算出式の導出方法について説明する。

【0570】

まず、(5)式に、 $\gamma = 2$ を代入し、実施の形態12と同様に变形すると、(30)～(32)式と、(135)式とが得られる。また、 $a = 0$ の場合、(135)式より、(33)式が得られる。一方、 $a \neq 0$ の場合、2次方程式の解の公式より、

$$\alpha = (-b \pm \sqrt{d}) / a$$

となる。ここまでの導出方法は、実施の形態12と同じである。

【0571】

この時点では、 α の解が2つあることを示しているが、以下のような考え方により、どちらか一方の解を選択する。

【0572】

まず、(135)式の右辺を $f(\alpha)$ と置くと、(136)式となり、この時、

$$f(0) = c < 0 \text{ は常に成り立つ。}$$

【0573】

一方、 $f(1)$ は、

$$f(1) = (\max RGBg - \min RGBg - MAXw) \times MAX$$

となる。

【0574】

ここで、 $MAXw < \max RGBg - \min RGBg$ の場合、 $f(1) > 0$ となり、これは、(4)式と同じ場合であり、彩度を低減させる方向に処理が行われるので、所望の α は、 $0 < \alpha < 1$ となる。

10

【0575】

一方、 $f(\alpha)$ は2次方程式なので、 $f(0) = c < 0$ および $f(1) > 0$ より0から1の間に解が必ず存在する。

【0576】

$a > 0$ のとき、(136)式は下に凸の放物線となるため、および $f(1) > 0$ より、 $\alpha = (-b \pm \sqrt{d}) / a$ の解のうち大きい方の解が、0から1の解となる。よって、 $a > 0$ のときの大きい方の解は、 $\alpha = (-b + \sqrt{d}) / a$ 、すなわち(34)式となる。

【0577】

一方、 $a < 0$ のとき、(136)式は上に凸の放物線となるため、 $f(0) < 0$ および $f(1) > 0$ より、 $\alpha = (-b \pm \sqrt{d}) / a$ の解のうち小さい方の解が、0から1の解となる。よって、 $a < 0$ のときの小さい方の解は、 $\alpha = (-b + \sqrt{d}) / a$ であり、同じく(34)式となる。

20

【0578】

すなわち、 $MAXw < \max RGBg - \min RGBg$ の場合、 $a \neq 0$ のときは、 α は(34)式で表される。

【0579】

一方、 $\max RGBg - \min RGBg \leq MAXw$ の場合、 $f(1) \leq 0$ となり、これは、(4)式と反対の場合であり、彩度を変えない、あるいは増加させる方向に処理が行われるので、所望の α は、 $1 \leq \alpha$ となる。更に、この場合は、 $f(0) < f(1)$ となる。

30

【0580】

$a > 0$ のとき、(136)式は下に凸の放物線となるため、 $f(0) < 0$ および $f(0) < f(1)$ より、 $\alpha = (-b \pm \sqrt{d}) / a$ の解のうち一方は負、もう一方は1以上の値となるため、1以上の値、すなわち大きい方の解が、所望の α となる。よって、 $a > 0$ のときの大きい方の解は、(34)式となる。

【0581】

一方、 $a < 0$ のとき、(136)式は上に凸の放物線となるため、 $f(0) < 0$ および $f(0) < f(1)$ より、 $\alpha = (-b \pm \sqrt{d}) / a$ の解の両方とも1以上の解となる。このときは、1に近い方の解、すなわち小さい方の解を採用する。よって、 $a < 0$ のときの小さい方の解は、同じく(34)式となる。

40

【0582】

すなわち、 $MAXw < \max RGBg - \min RGBg$ の場合においても、 $a \neq 0$ のときは、 α は(34)式で表される。

【0583】

以下に、本実施の形態13にかかるバックライト値の第1の算出例を示す。ここでは、説明を簡単にするために、1画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値 ($R[1], G[1], B[1]$) = (159, 255, 63) である場合を例示する。すなわち、実施の形態1のバックライト値の算出例と同じ画素値を用いた場合を例示する。尚、以下の説明では、 $MAX = 255$, $BlRatio = 0.5$ に設定されているものとする。

50

【0584】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様である。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、239である。

【0585】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。

【0586】

まず、バックライト上限値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様に行なわれる。すなわち、バックライト上限値MAXwは、MAXw = 127.5となる。

【0587】

本実施の形態13では、彩度低減が必要か否かの判定を行なわないため、全ての画素について彩度変換率 α の算出が行なわれる。彩度変換率 α の算出方法は実施の形態12と同じであり、この場合、 $0 \leq \alpha \leq 1$ であるため、リミッタ処理後の α も実施の形態12と同様に $\alpha = 0.457575$ となる。

【0588】

その後のバックライト値の算出手順も実施の形態12と同じとなる。すなわち、彩度変換処理を行う場合のバックライト値は、128である。以上のように、上記例では、彩度変換処理により、バックライト値を239から128に低減できることが分かる（約46%の低減）。

【0589】

続いては、本実施の形態13にかかるバックライト値の第2の算出例を示す。ここでは、説明を簡単にするために、1画素で構成される画像が入力された場合で、入力画像の画素値(R[1], G[1], B[1]) = (159, 187, 85)である場合を例示する。すなわち、実施の形態2のバックライト値の第2の算出例と同じ画素値を用いた場合を例示する。尚、以下の説明では、MAX = 255, BlRatio = 0.5に設定されているものとする。

【0590】

まず、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値の算出は、実施の形態2の第2の算出例で説明した例と同様である。すなわち、彩度変換処理を行わない場合のバックライト値は、109である。

【0591】

一方、彩度変換処理を行った場合のバックライト値は以下のように算出される。

【0592】

バックライト上限値の算出は、実施の形態1で説明した例と同様に行なわれ、バックライト上限値MAXwは、MAXw = 127.5となる。また、入力画素値に対応する輝度Y[1]は、実施の形態2の第2の算出例の場合と同様に求められ、Y[1] = 167.25となる。

【0593】

(30)～(32)式に、MAX = 255, maxRGB = 187, minRGB = 85, Y[1] = 167.25, MAXw = 127.5を代入すると、 α 算出用係数(a, b, c)が以下のように求められる。

【0594】

$$\begin{aligned} a &= (\max RGB - \min RGB) \\ &\quad \times (\max RGB + \min RGB - 2 \times Y[i]) \\ &= (187 - 85) \times (187 + 85 - 2 \times 167.25) \\ &= -6375 \\ b &= Y[i] \times (\max RGB - \min RGB) = 167.25 \times (187 - 85) \\ &= 17059.5 \\ c &= -MAXw \times MAX = -127.5 \times 255 = -32512.5 \\ a &\neq 0 \text{ なので、(34)式より、} \end{aligned}$$

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}\alpha &= (-b + \sqrt{d}) / a \\ &= (-17059.5 + \sqrt{83759352.75}) / (-6375) \\ &= 1.24039\end{aligned}$$

となる。このように本実施の形態は、ループ処理なしで α を算出することができる。

【0595】

本算出例では、 α が1を超えるため、リミッタ処理により、 $\alpha = 1$ に設定する。

【0596】

このように、 $\alpha = 1$ に設定された場合、(6)～(8)式において彩度変換前後のRGB値は同じになるので、結果的に彩度変換（彩度低減）が行われない。

【0597】

すなわち、彩度変換しない場合のバックライト値がバックライト上限値を下回る場合は、彩度変換する必要がなく、本算出例においても、彩度変換が行われない。よってバックライト値は、彩度変換を行なわない場合と同じく、109になる。

【0598】

本液晶表示装置において、バックライト17は、基本的には複数の画素に対して1つ設けられる。このため、例えば図1に示す液晶表示装置は、液晶パネル15の表示画面全体に対して一つの白色バックライト17を対応させた構成を例示している。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではなく、液晶パネル15の表示画面を複数の領域に分割し、各領域毎にバックライト輝度調整が可能となるように、複数のバックライトを備えた構成としても良い。

【0599】

図35は、1枚の表示領域に対し2つの白色バックライトを持つ例を示したものであるが、バックライトの数は限定されない。

【0600】

図35に示す液晶表示装置は、彩度変換部11、ガンマ補正部12、入力信号分割部151、出力信号生成部13aおよび13b、液晶パネル制御部14aおよび14b、液晶パネル15、バックライト制御部16aおよび16b、および白色バックライト17aおよび17bを備えて構成されている。

【0601】

入力信号分割部151は、 γ 補正部12から入力される1画面分の γ 補正後入力RGB信号を2つのエリア分の信号に振り分け、それぞれのエリアの入力RGB信号を出力信号生成部13aおよび13bに入力する。出力信号生成部13aおよび13bは、対応する各エリアに対して、図1における出力信号生成部13と同等の処理を行う。

【0602】

液晶パネル制御部14aおよび14bは、対応する各エリアに対して、図1における液晶パネル制御部14と同等の処理を行うが、各制御部は、液晶パネル15の対応するエリアに相当する位置の画素透過率を制御する。

【0603】

バックライト制御部16aおよび16bは、対応する各エリアに対して、図1におけるバックライト制御部16と同等の処理を行う。白色バックライト17aおよび17bは、それぞれバックライト17と同じ構造であるが、各バックライトは、それぞれ対応するエリアを照明する。

【0604】

このように、1画面を複数のエリアに分割し、エリア単位で制御を行うことで、更にバックライト値を下げることもできる。尚、本実施例では、1画面を2つのエリアに分割しているが、3つ以上のエリアに分割して制御することも可能である。

【0605】

一般的な画像においては、近傍領域に似たような色が連続する性質がある。このため、図35に示す構成のように、バックライト領域を分割することにより、暗い画素が集まったバックライト領域のバックライトはより暗くできる。その結果、バックライトを分割し

10

20

30

40

50

ない時より、バックライトを分割した方が、全体のバックライト消費電力を下げるができる。

【0606】

彩度変換部11、 γ 補正部12および出力信号生成部13の処理は、これをパソコン上で動作可能なソフトウェアで実現することが可能である。以下に、上記処理をソフトウェアで実現する場合の手順を説明する。

【0607】

図36は、上記処理をソフトウェアで実現する場合のシステム構成を示す図である。上記システムは、パソコン本体161、入出力装置165で構成されている。また、パソコン本体161は、CPU162、メモリ163、入出力インタフェース164を備えている。入出力装置165は、記憶媒体166を備えている。

10

【0608】

まずCPU162は、入出力インタフェース164を介して、入出力装置165を制御し、記憶媒体166から彩度低減・出力信号生成プログラム、パラメータファイル（入力RGB信号の上限値、及びバックライト値設定率や、1画面を複数エリアに分割する際に用いるエリア情報など）、及び入力画像データを読み込んで、メモリ163に格納する。

【0609】

さらに、CPU162は、メモリ163から彩度低減・出力信号生成プログラム、パラメータファイル、及び入力画像データを読み取り、彩度低減・出力信号生成プログラムの各命令に従って、入力された入力画像データに対して、彩度低減、及び出力信号生成を行った後、入出力インタフェース164を介して、入出力装置165を制御し、出力信号生成後のバックライト値、及びRGBW透過率を記憶媒体166に出力する。

20

【0610】

あるいは、図37のように、入出力インタフェース164を介して、出力信号生成後のバックライト値、及びRGBW透過率を、それぞれ、バックライト制御部16、液晶パネル制御部14に出力することで、白色バックライト17、及び液晶パネル15を制御して、実際に画像を表示させることもできる。

【0611】

このように、上記システムでは、パソコン上で上述した彩度低減、及び出力信号生成を行うことができる。これにより、実際に彩度変換部や出力信号生成部を試作する前に、彩度低減方法や出力信号生成方法の妥当性や、バックライト値低減の効果を確認することが可能となる。

30

【図面の簡単な説明】

【0612】

【図1】本発明の実施形態を示すものであり、液晶表示装置の要部構成を示すブロック図である。

【図2】図2(a)、(b)は、上記透過型液晶表示装置におけるサブピクセルの配置例を示す図である。

【図3】図3(a)は本液晶表示装置におけるバックライト輝度値の求め方を示す図であり、図3(b)は、比較のために特許文献1におけるバックライト輝度値の求め方を示した図である。

40

【図4】図4(a)は本液晶表示装置におけるバックライト輝度値の求め方を示す図であり、図4(b)は、比較のために特許文献1におけるバックライト輝度値の求め方を示した図である。

【図5】図5(a)～(e)は、上記液晶表示装置におけるバックライト輝度値およびサブピクセル透過率の決定手順を示す図である。

【図6】上記液晶表示装置において、実施の形態1における彩度変換部の構成例を示すブロック図である。

【図7】図6の彩度変換部の動作手順を示すフローチャートである。

【図8】上記液晶表示装置において、出力信号生成部の構成例を示すブロック図である。

50

【図 9】上記出力信号生成部の動作手順を示すフローチャートである。

【図 10】上記液晶表示装置において、実施の形態 2 における彩度変換部の構成例を示すブロック図である。

【図 11】図 10 の彩度変換部の動作手順を示すフローチャートである。

【図 12】上記液晶表示装置において、実施の形態 2 における彩度変換部の他の構成例を示すブロック図である。

【図 13】図 12 の彩度変換部の動作手順を示すフローチャートである。

【図 14】上記液晶表示装置において、実施の形態 4 における彩度変換部の構成例を示すブロック図である。

【図 15】図 14 の彩度変換部における γ カーブ正規化折れ線近似部の動作手順を示すフローチャートである。 10

【図 16】図 14 の彩度変換部における第 3 彩度変換率算出部の動作手順を示すフローチャートである。

【図 17】上記液晶表示装置において、実施の形態 5 における彩度変換部の構成例を示すブロック図である。

【図 18】図 17 の彩度変換部の動作手順を示すフローチャートである。

【図 19】上記液晶表示装置において、実施の形態 6 における彩度変換部の構成例を示すブロック図である。

【図 20】図 19 の彩度変換部の動作手順を示すフローチャートである。

【図 21】上記液晶表示装置において、実施の形態 7 における彩度変換部の構成例を示すブロック図である。 20

【図 22】図 21 の彩度変換部の動作手順を示すフローチャートである。

【図 23】上記液晶表示装置において、実施の形態 8 における彩度変換部の構成例を示すブロック図である。

【図 24】図 23 の彩度変換部の動作手順を示すフローチャートである。

【図 25】上記液晶表示装置において、実施の形態 9 における彩度変換部の構成例を示すブロック図である。

【図 26】図 25 の彩度変換部の動作手順を示すフローチャートである。

【図 27】上記液晶表示装置において、実施の形態 10 における彩度変換部の構成例を示すブロック図である。 30

【図 28】図 27 の彩度変換部の動作手順を示すフローチャートである。

【図 29】上記液晶表示装置において、実施の形態 11 における彩度変換部の構成例を示すブロック図である。

【図 30】図 29 の彩度変換部の動作手順を示すフローチャートである。

【図 31】上記液晶表示装置において、実施の形態 12 における彩度変換部の構成例を示すブロック図である。

【図 32】図 31 の彩度変換部の動作手順を示すフローチャートである。

【図 33】上記液晶表示装置において、実施の形態 13 における彩度変換部の構成例を示すブロック図である。

【図 34】図 33 の彩度変換部の動作手順を示すフローチャートである。 40

【図 35】本発明の他の実施形態を示すものであり、透過型液晶表示装置の要部構成を示すブロック図である。

【図 36】本発明の表示制御処理をソフトウェアで実現する場合のシステム構成を示す図である。

【図 37】本発明の表示制御処理をソフトウェアで実現する場合のシステム構成の変形例を示す図である。

【図 38】本発明の他の実施形態を示すものであり、液晶表示装置の要部構成を示すブロック図である。

【図 39】上記液晶表示装置において、実施の形態 3 における彩度変換 γ 補正部の構成例を示すブロック図である。 50

【図 4 0】図 3 9 の彩度変換 γ 補正部の動作手順を示すフローチャートである。

【図 4 1】透過型液晶表示装置の一般的な構成を示す断面図である。

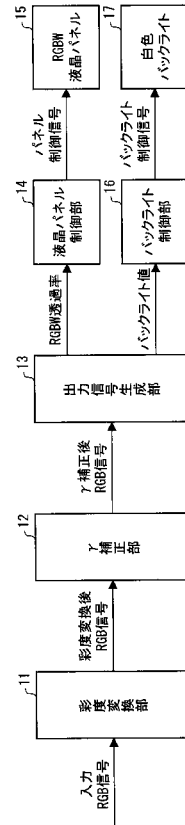
【図 4 2】透過型液晶表示装置におけるサブピクセルの一般的な配置例を示す図である。

【符号の説明】

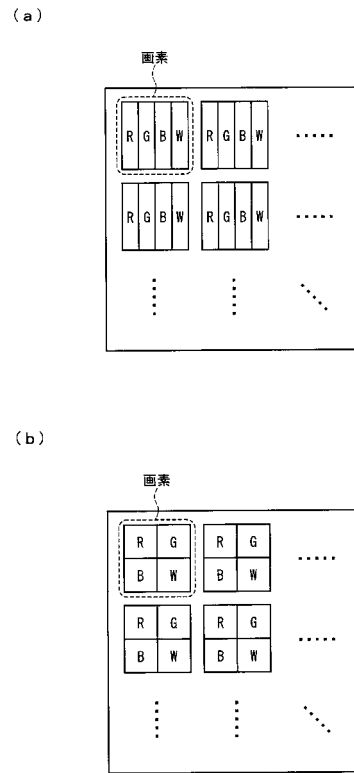
【 0 6 1 3 】

1 1	彩度変換部	
1 2	γ 補正部	
1 3, 1 3 a, 1 3 b	出力信号生成部	
1 4, 1 4 a, 1 4 b	液晶パネル制御部	
1 5	R G B W 液晶パネル (液晶パネル)	10
1 6, 1 6 a, 1 6 b	バックライト制御部	
1 7, 1 7 a, 1 7 b	白色バックライト (アクティブバックライト)	
1 8	彩度変換 γ 補正部 (彩度変換部)	
2 1	バックライト上限値算出部	
2 2	γ 補正後 RGB 信号最大・最小値算出部	
2 3	第 1 彩度変換率算出部	
2 5	彩度変換後 RGB 信号算出部	
2 6	γ 補正部	
2 7	彩度変換 γ 補正後 R G B 信号算出部	
3 3	第 2 彩度変換率算出部	20
3 4	彩度変換率リミッタ処理部	
4 1	W 透過量算出部	
4 2	RGB 透過量算出部	
4 3	バックライト値算出部	
4 4	透過率算出部	
5 3	第 3 彩度変換率算出部	
6 1	γ カーブ正規化折れ線近似部	
6 3	第 4 彩度変換率算出部	
7 3	第 5 彩度変換率算出部	
8 3	第 6 彩度変換率算出部	30
9 3	第 7 彩度変換率算出部	
1 0 3	第 8 彩度変換率算出部	
1 1 3	第 9 彩度変換率算出部	
1 2 3	第 1 0 彩度変換率算出部	
1 3 3	第 1 1 彩度変換率算出部	
1 4 3	第 1 2 彩度変換率算出部	
1 5 1	入力信号分割部	
1 6 1	パソコン本体	
1 6 2	C P U	
1 6 3	メモリ	40
1 6 4	入出力インタフェース	
1 6 5	入出力装置	
1 6 6	記憶媒体	

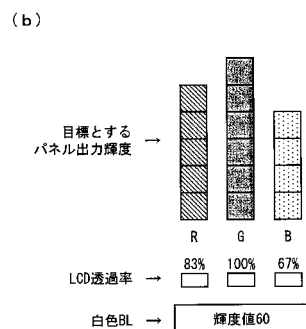
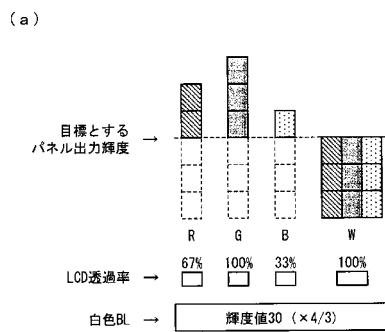
【図 1】



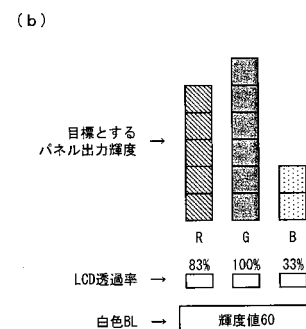
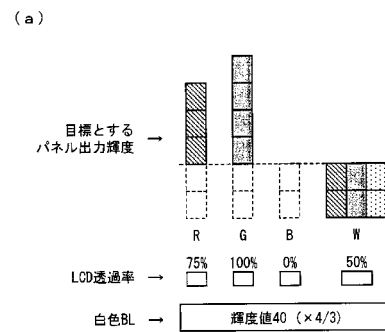
【図 2】



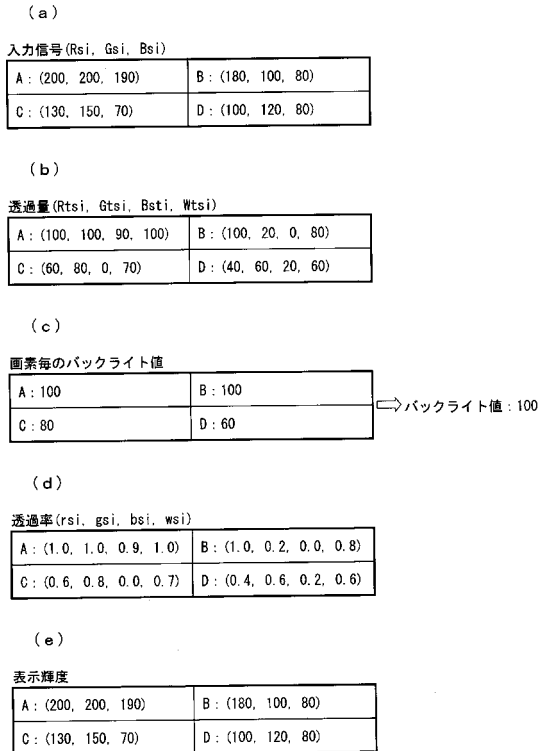
【図 3】



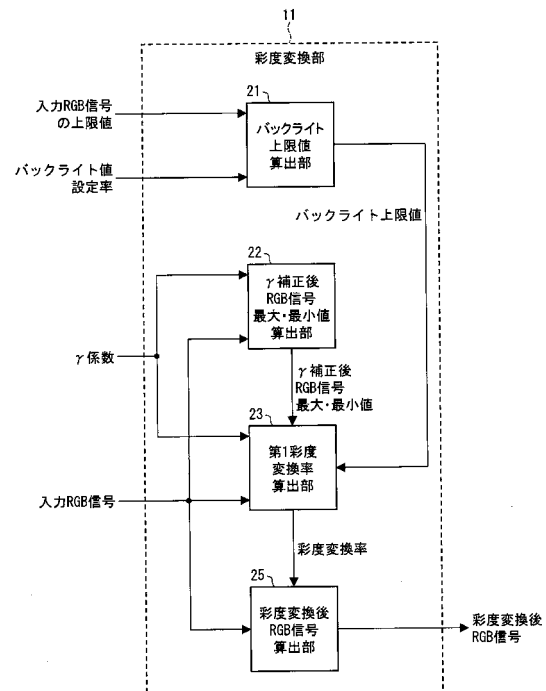
【図 4】



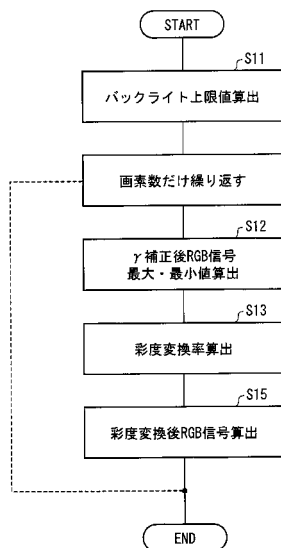
【図 5】



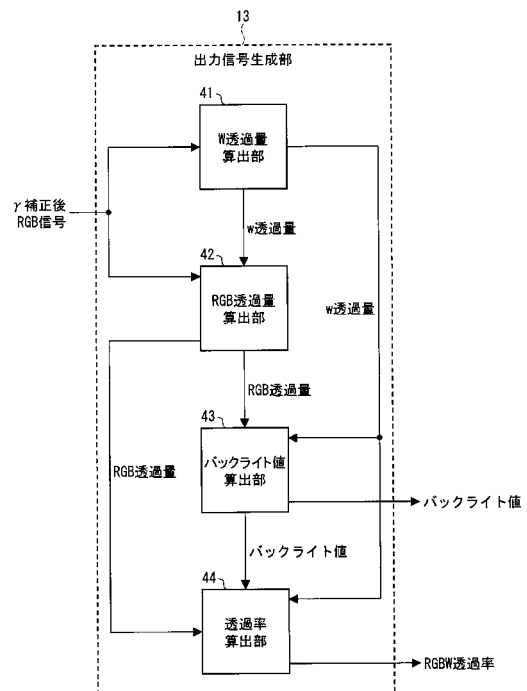
【図 6】



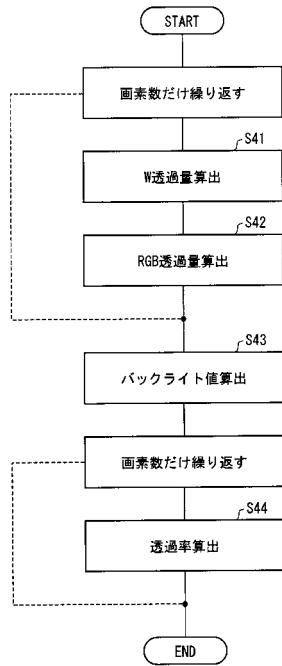
【図 7】



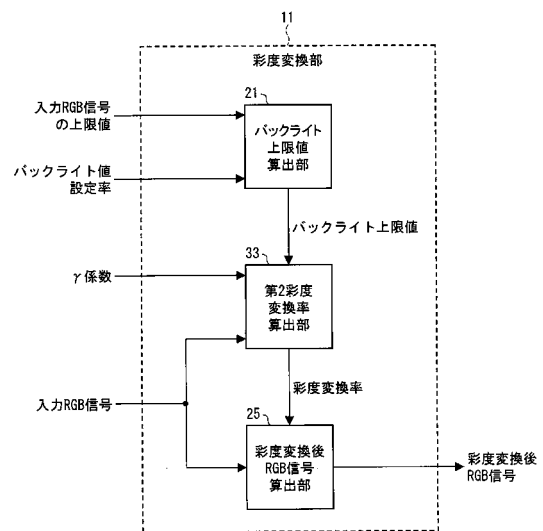
【図 8】



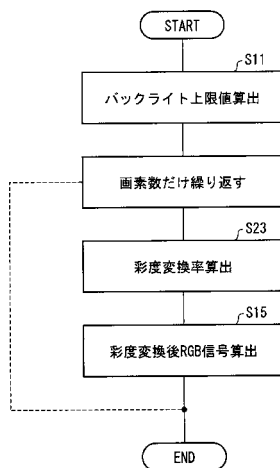
【図 9】



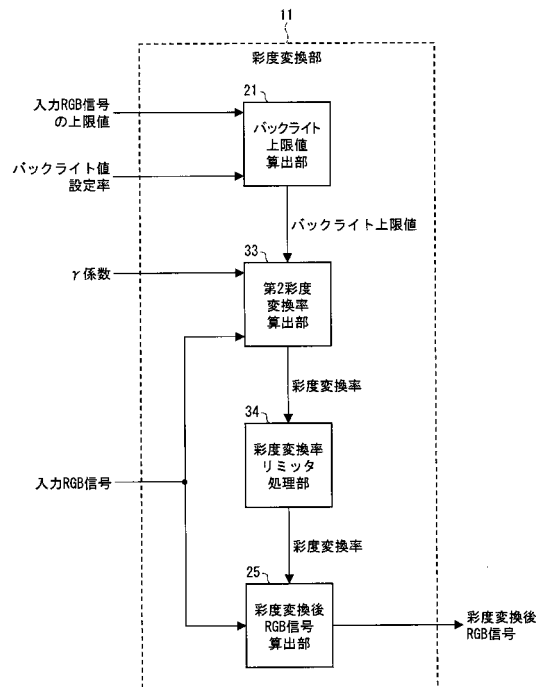
【図 10】



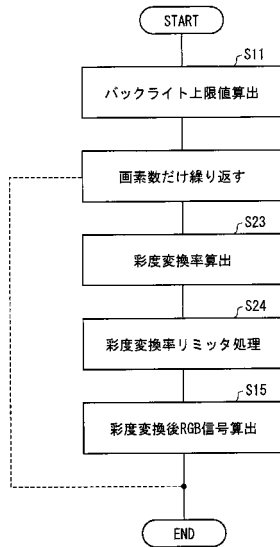
【図 11】



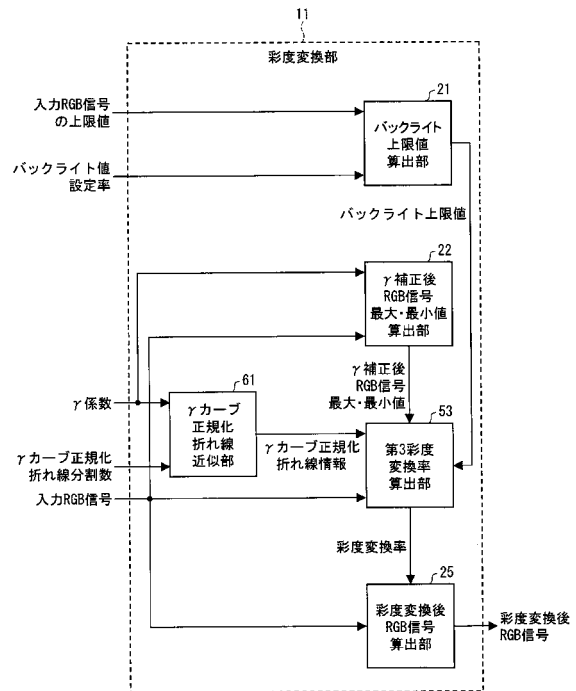
【図 12】



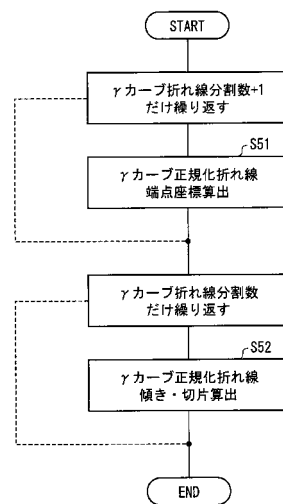
【図 13】



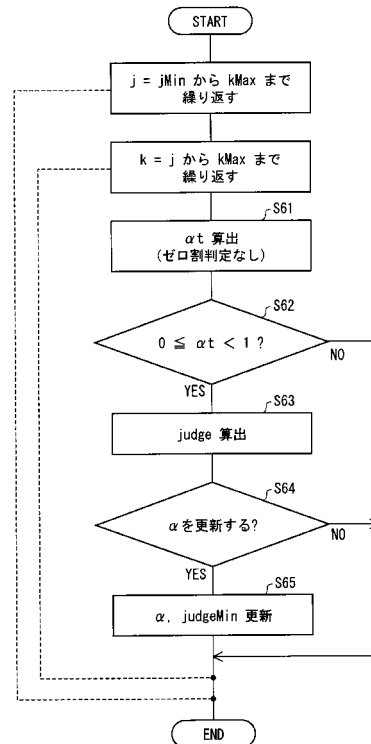
【図 14】



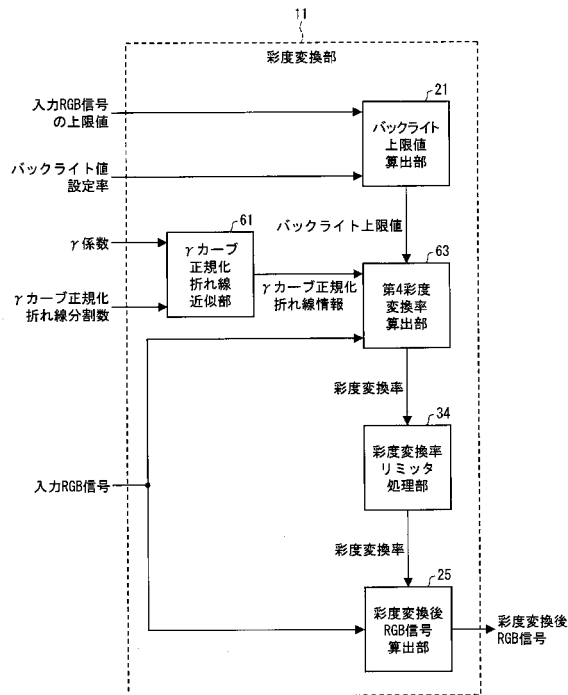
【図 15】



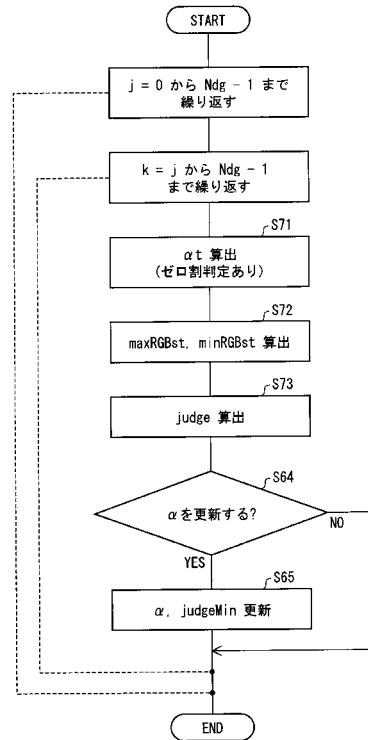
【図 16】



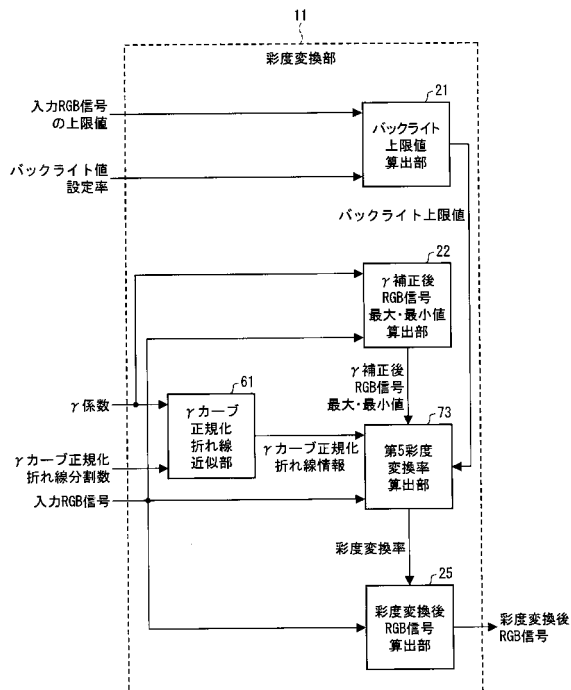
【図 17】



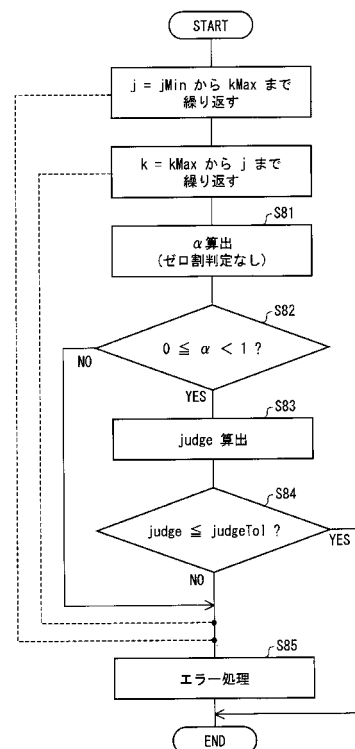
【図 18】



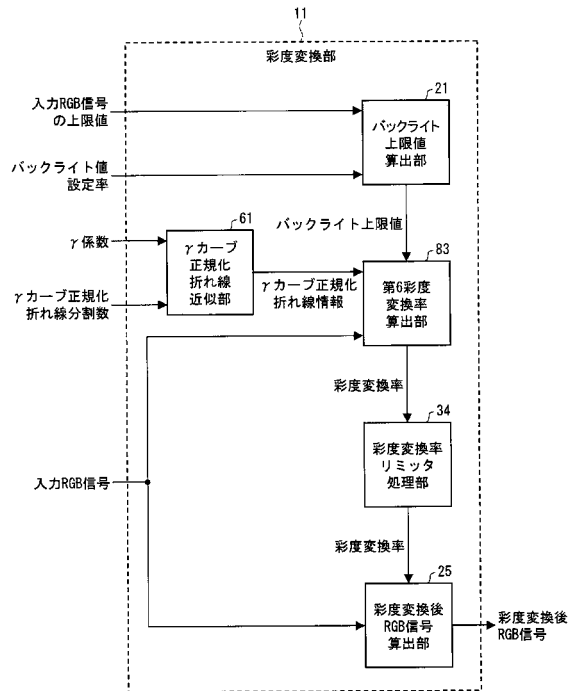
【図 19】



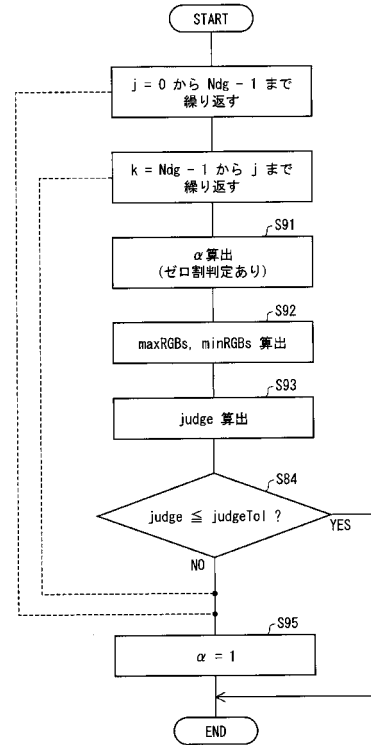
【図 20】



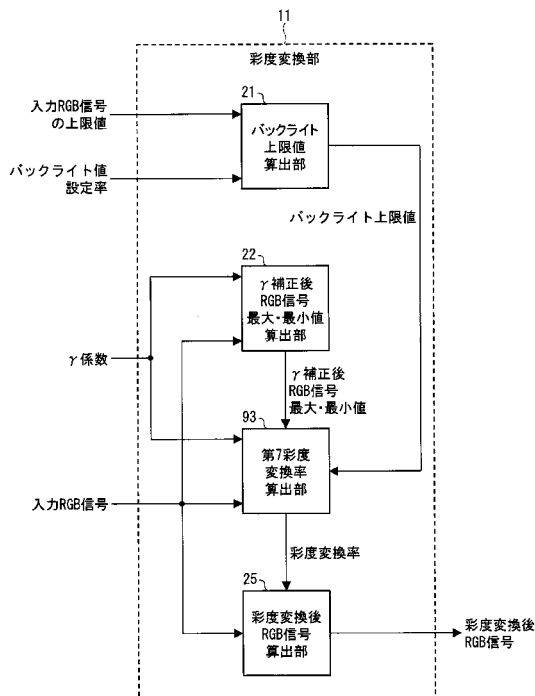
【図 2 1】



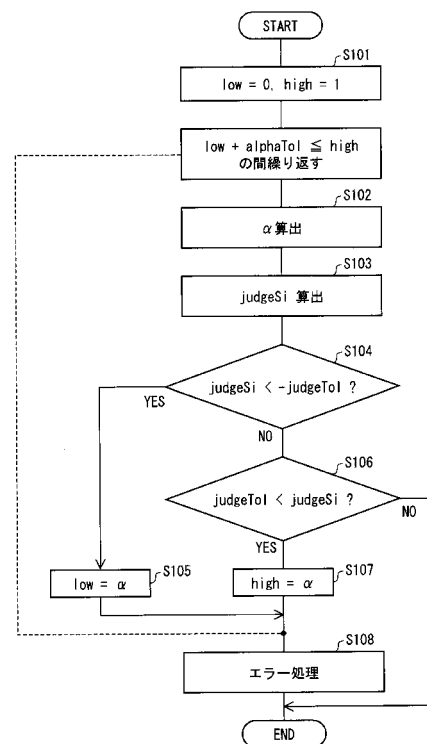
【図 2 2】



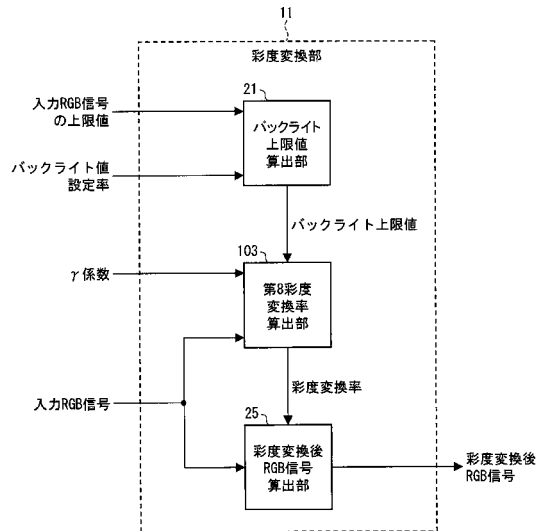
【図 2 3】



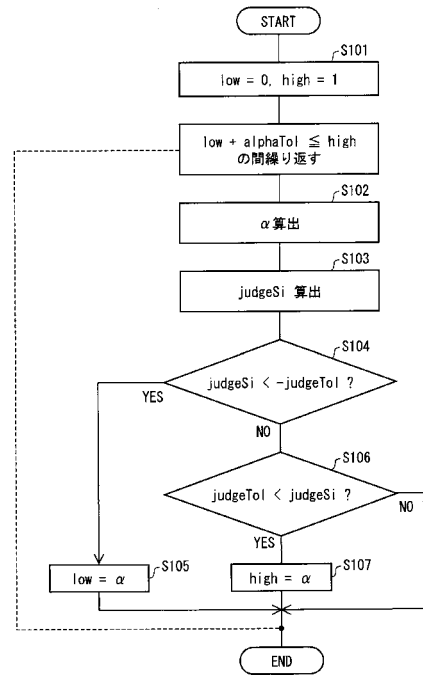
【図 2 4】



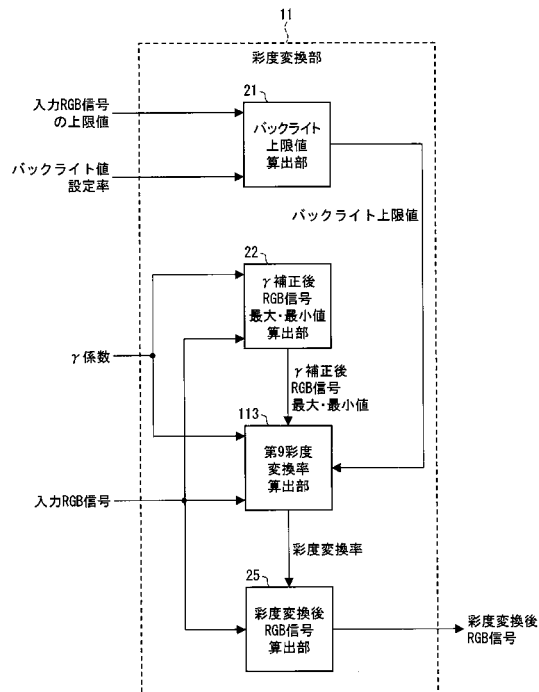
【図 25】



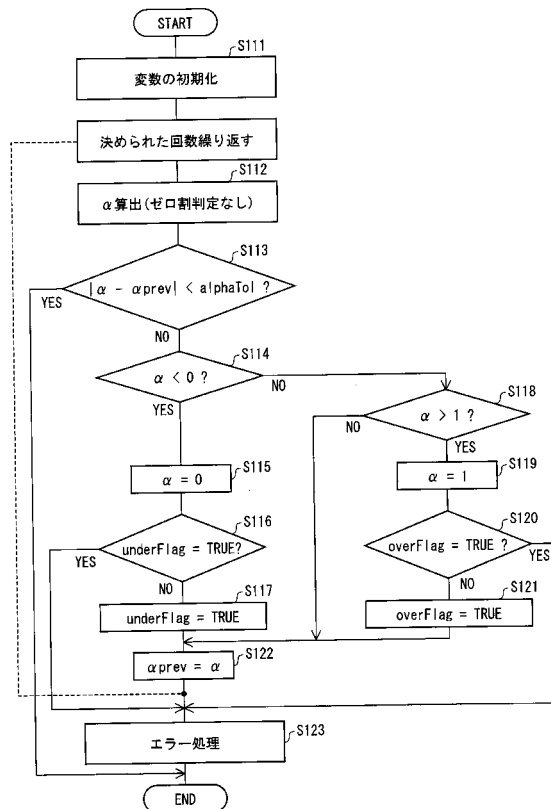
【図 26】



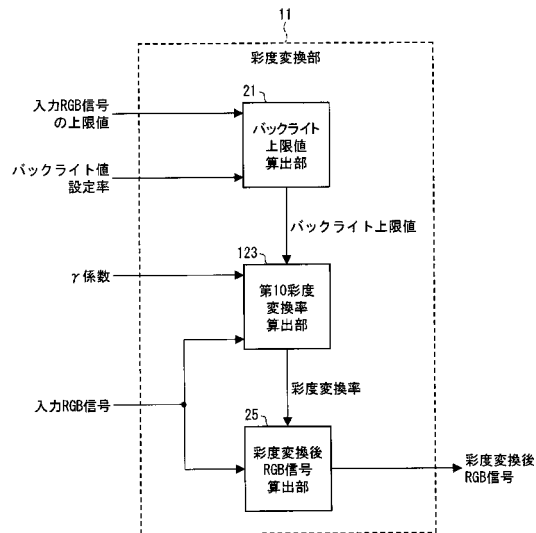
【図 27】



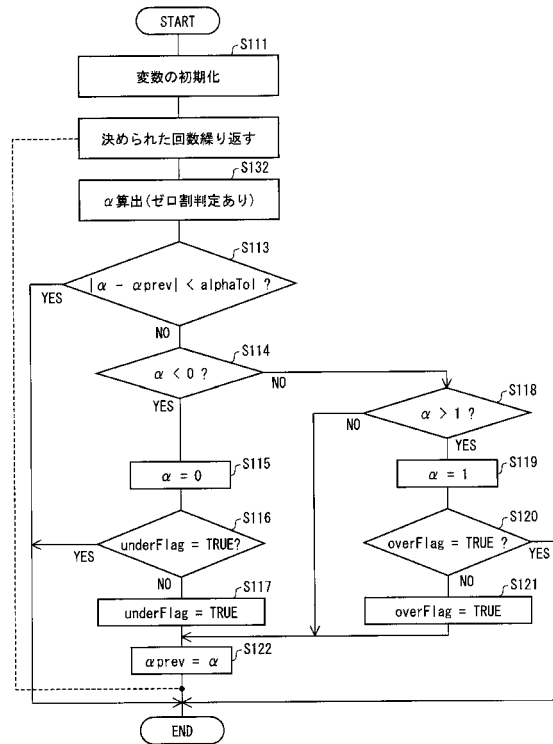
【図 28】



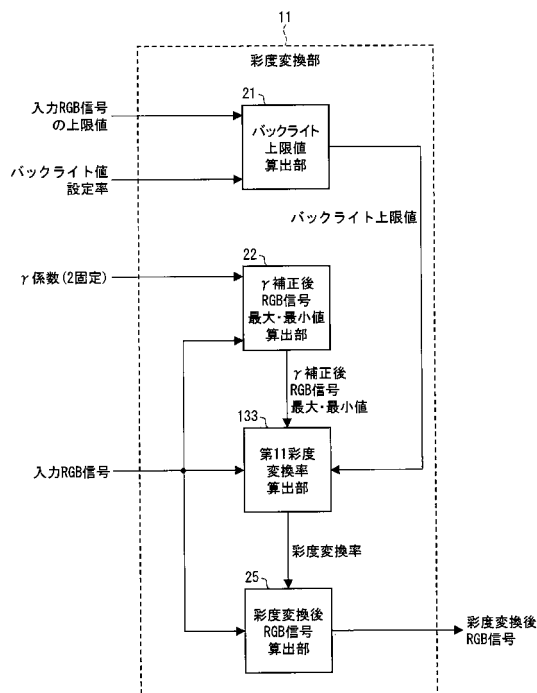
【図 29】



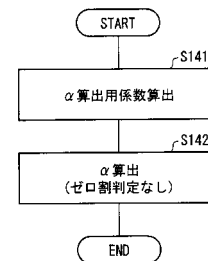
【図 30】



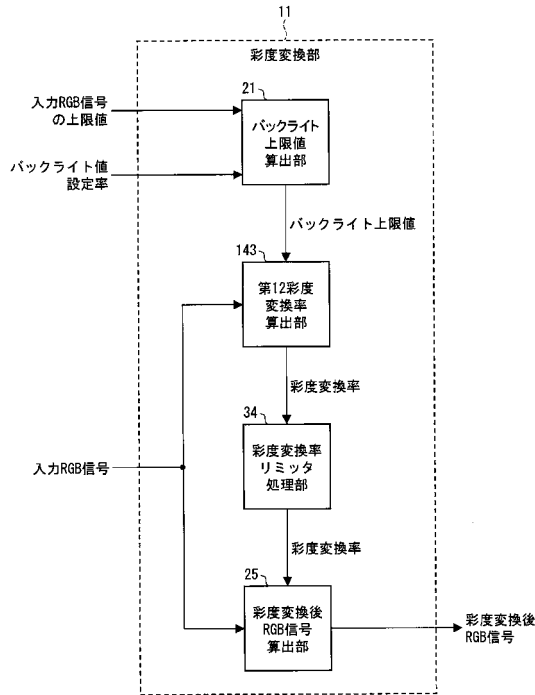
【図 31】



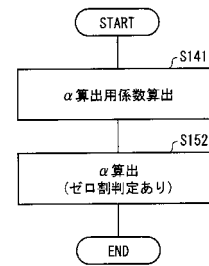
【図 32】



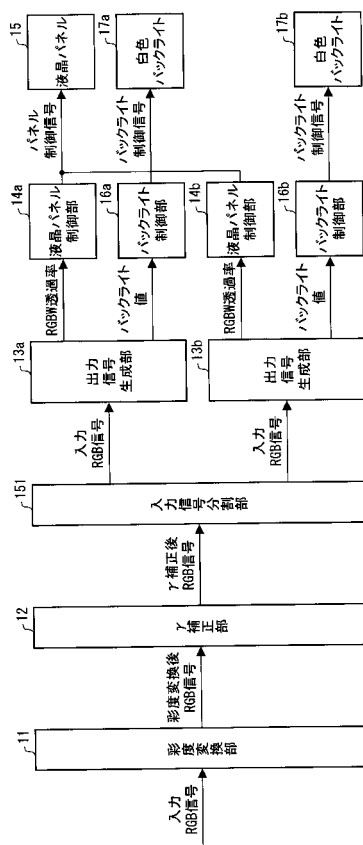
【図 3 3】



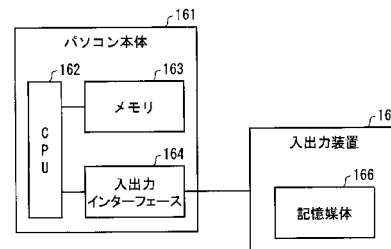
【図 3 4】



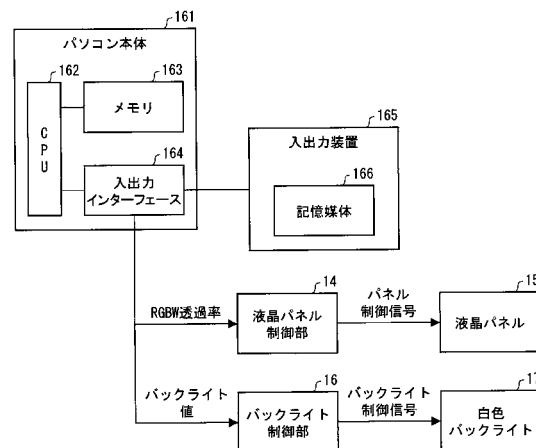
【図 3 5】



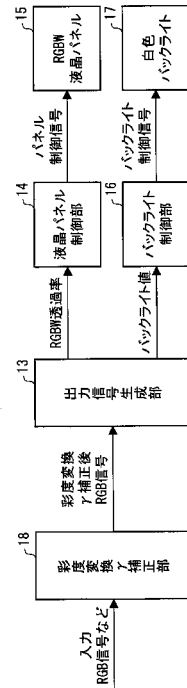
【図 3 6】



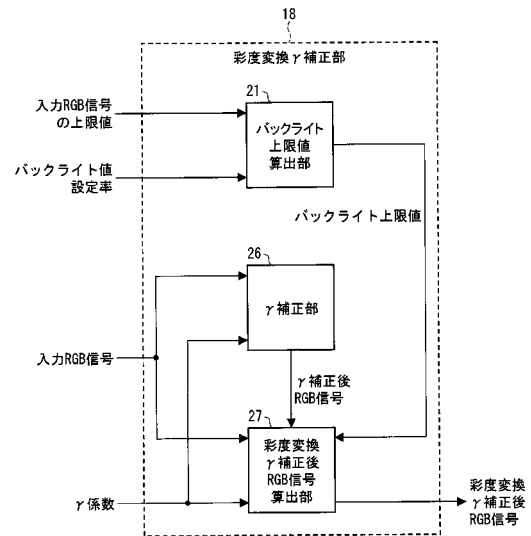
【図 3 7】



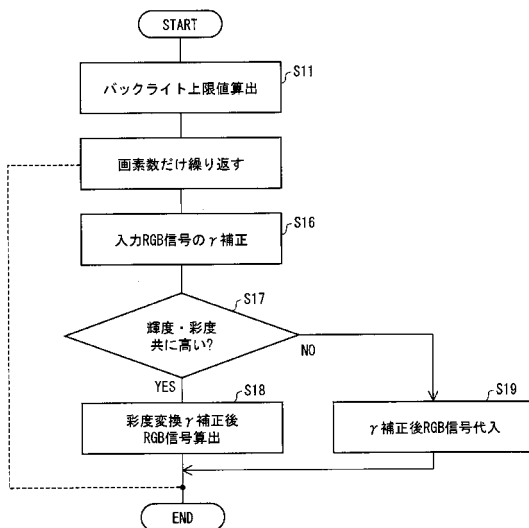
【図 38】



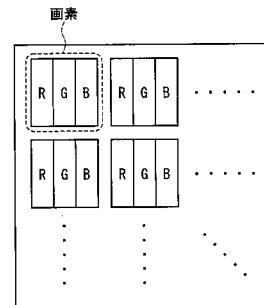
【図 39】



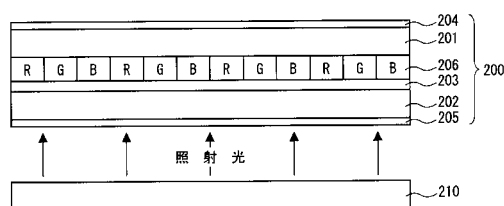
【図 40】



【図 42】



【図 41】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

G 0 9 G	3/20	6 4 1 P
G 0 9 G	3/20	6 5 0 M
G 0 9 G	3/20	6 4 1 Q
G 0 9 G	3/20	6 1 2 U
G 0 9 G	3/20	6 1 1 A
H 0 4 N	5/66	1 0 2 B

(72)発明者 田中 洋

大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

審査官 堀部 修平

(56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 0 0 3 8 4 8 (J P, A)
特開 2 0 0 9 - 0 4 7 7 7 5 (J P, A)
特開 2 0 0 8 - 1 2 2 9 4 0 (J P, A)
国際公開第 2 0 0 7 / 0 3 9 9 5 7 (W O, A 1)
特開 2 0 0 7 - 0 1 0 7 5 3 (J P, A)
特開平 0 1 - 2 2 2 9 6 7 (J P, A)
特開 2 0 0 1 - 1 1 9 7 1 5 (J P, A)
特開 2 0 0 6 - 1 3 3 7 1 1 (J P, A)
特表 2 0 0 9 - 5 0 0 6 5 4 (J P, A)
特開 2 0 0 4 - 0 5 4 2 5 0 (J P, A)
特開 2 0 0 1 - 1 4 7 6 6 6 (J P, A)
特開 2 0 0 5 - 1 9 6 1 7 5 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

I P C	G 0 9 G	3 / 0 0	-	3 / 3 8
	G 0 2 F	1 / 1 3 3		5 0 5 - 5 8 0
	H 0 4 N	5 / 6 6	-	5 / 7 4

专利名称(译)	透过型液晶表示装置		
公开(公告)号	JP4509159B2	公开(公告)日	2010-07-21
申请号	JP2007252699	申请日	2007-09-27
[标]申请(专利权)人(译)	夏普株式会社		
申请(专利权)人(译)	夏普公司		
当前申请(专利权)人(译)	夏普公司		
[标]发明人	森末尚志 村松剛司 青木淳 田中洋		
发明人	森末 尚志 村松 剛司 青木 淳 田中 洋		
IPC分类号	G09G3/36 G02F1/133 G09G3/20 G09G3/34 H04N5/66		
CPC分类号	H04N9/69 G09G3/3406 G09G3/3648 G09G2300/0452 G09G2320/0271 G09G2320/0646 G09G2320/0673 G09G2330/021 G09G2360/16 H04N5/202 H04N9/68		
FI分类号	G09G3/36 G02F1/133.505 G02F1/133.535 G09G3/20.642.K G09G3/34.J G09G3/20.641.P G09G3/20.650.M G09G3/20.641.Q G09G3/20.612.U G09G3/20.611.A H04N5/66.102.B		
F-TERM分类号	2H093/NA06 2H093/NC14 2H093/NC28 2H093/NC44 2H093/NC49 2H093/ND39 2H093/NE03 2H093/NE06 2H193/ZB42 2H193/ZD17 2H193/ZD23 2H193/ZF13 2H193/ZF14 2H193/ZF17 2H193/ZF21 2H193/ZF31 2H193/ZG12 2H193/ZG14 2H193/ZG15 2H193/ZG23 2H193/ZG43 2H193/ZG48 2H193/ZP03 5C006/AA22 5C006/AF11 5C006/AF23 5C006/AF45 5C006/AF46 5C006/AF51 5C006/AF52 5C006/AF69 5C006/AF84 5C006/AF85 5C006/BB29 5C006/BC16 5C006/BF14 5C006/BF24 5C006/BF26 5C006/BF28 5C006/EA01 5C006/FA47 5C006/FA56 5C006/GA10 5C058/AA06 5C058/AB03 5C058/BA01 5C058/BA05 5C058/BA13 5C058/BA26 5C058/BA29 5C080/AA10 5C080/BB05 5C080/BB06 5C080/CC03 5C080/DD04 5C080/DD26 5C080/EE28 5C080/EE29 5C080/EE30 5C080/FF09 5C080/FF13 5C080/GG02 5C080/GG08 5C080/GG12 5C080/JJ02 5C080/JJ07 5C080/KK04 5C080/KK43		
其他公开文献	JP2009086053A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明的目的是提供一种透射型液晶显示装置，其能够通过减少不仅由液晶面板而且由滤色器吸收的光量来进一步降低功耗。在包括液晶面板和背光的透射型液晶显示装置中，液晶面板在一个像素中具有四个红色（R），绿色（G），蓝色（B）和白色（W）。液晶面板15被分成子像素。背光是能够控制发光亮度的白色背光17。此外，作为原始输入信号的第一RGB输入信号由饱和度转换单元11进行饱和度降低处理，然后由γ校正单元12进一步执行γ校正。输出信号生成单元13在γ校正单元12执行γ校正之后基于γ校正的RGB输入信号获得透射率和背光值。[选图]图1

(A) バックライト上限値 $MAXw$ を(1)式により算出する。
 $MAXw = MAX \times B l r a t i o \dots (1)$
ただし、
 MAX ：彩度低減処理を行わない場合のバックライト値の上限値
(S 入力 RGB 信号の全ての RGB 値の最大値)
 $B l r a t i o$ ：バックライト補正率 ($0 \leq S b l r a t i o \leq 1 \rightarrow 0$)
(B) Y 補正後の RGB 信号の最大・最小値 $(maxRGB, minRGB)$ を(2)・(3)式により算出する。
 $maxRGB = f_R(maxRGB, Y) \dots (2)$
 $minRGB = f_B(minRGB, Y) \dots (3)$
ただし、
 $maxRGB = max(R[i], G[i], B[i])$
 $minRGB = min(R[i], G[i], B[i])$
 $R[i], G[i], B[i] (i = 1, 2, \dots, NP)$ ：第 1 入力 RGB 信号における注目画素の RGB 値
 NP ：入力画像の画素数
 $max(A, B, \dots)$ ： $A, B, \dots$ の最大値
 $min(A, B, \dots)$ ： $A, B, \dots$ の最小値
 $f_Y(x, y)$ ：係数 (> 0)
 $f_R(x, y)$ ： Y 補正関数
(C) 以下の手順で彩度変換率 α を算出する。
以下の(4)式が満たされる場合は、以下の(5)式を満たす α を算出する。
 $MAXw \leq maxRGB - minRGB \dots (4)$
 $f_R(\alpha \times maxRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], Y)$
 $= f_B(\alpha \times minRGB + (1 - \alpha) \times Y[i], Y) - MAXw \dots (5)$
ただし、
 $Y[i]$ ：入力 RGB 信号 $(R[i], G[i], B[i])$ の輝度
(4)式が満たされない場合は、 $\alpha = 1$ に設定する。
(D) 彩度変換後 RGB 信号 $(Rs[i], Gs[i], Bs[i])$ を(6) - (8)式により算出する。
 $Rs[i] = \alpha \times R[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \dots (6)$
 $Gs[i] = \alpha \times G[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \dots (7)$
 $Bs[i] = \alpha \times B[i] + (1 - \alpha) \times Y[i] \dots (8)$
【請求項 2 2】
1 画素が、赤 (R)、緑 (G)、青 (B)、および白 (W) の 4 サブピクセルに分割されている液晶パネルと、発光強度を制御可能な白色アクティブバックライトとを備えた透過型液晶表示装置を制御するためのコンピュータに、
入力画像である第 1 入力 RGB 信号に含まれる画素データのうち、輝度および彩度が高い画素データに対して、以下の(A) - (C)の手順によって彩度低減処理を施すことで、該第 1 入力 RGB 信号を第 2 入力 RGB 信号に変換する彩度変換ステップと、
上記第 2 入力 RGB 信号に Y 補正処理を施すことで、該第 2 入力 RGB 信号を第 3 入力 RGB 信号に変換する Y 補正ステップと、
上記第 3 入力 RGB 信号から、上記液晶パネルの各画素における R, G, B, W の各サブピクセルの透過率信号を生成するとともに、上記アクティブバックライトにおけるバックライト値を算出する出力信号生成ステップとを含む処理を実行させるための制御プログラム。

(A) バックライト上限値 $MAXw$ を(1)式により算出する。
 $MAXw = MAX \times B l r a t i o \dots (1)$
ただし、
 MAX ：彩度低減処理を行わない場合のバックライト値の上限値