

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5548064号
(P5548064)

(45) 発行日 平成26年7月16日 (2014. 7. 16)

(24) 登録日 平成26年5月23日 (2014. 5. 23)

(51) Int. Cl.

F I

G 0 9 G 3 / 2 0 (2006. 01)

G 0 9 G 3 / 3 6 (2006. 01)

H 0 4 N 9 / 3 0 (2006. 01)

G 0 9 G 3 / 2 0 6 3 3 P

G 0 9 G 3 / 3 6

G 0 9 G 3 / 2 0 6 3 2 B

G 0 9 G 3 / 2 0 6 3 2 G

G 0 9 G 3 / 2 0 6 3 1 V

請求項の数 12 (全 47 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-182315 (P2010-182315)
 (22) 出願日 平成22年8月17日 (2010. 8. 17)
 (65) 公開番号 特開2012-42600 (P2012-42600A)
 (43) 公開日 平成24年3月1日 (2012. 3. 1)
 審査請求日 平成25年3月13日 (2013. 3. 13)

(73) 特許権者 302062931
 ルネサスエレクトロニクス株式会社
 神奈川県川崎市中原区下沼部 1 7 5 3 番地
 (74) 代理人 100102864
 弁理士 工藤 実
 (72) 発明者 降旗 弘史
 神奈川県川崎市中原区下沼部 1 7 5 3 番地
 ルネサスエレクトロニクス株式会社内
 (72) 発明者 能勢 崇
 神奈川県川崎市中原区下沼部 1 7 5 3 番地
 ルネサスエレクトロニクス株式会社内

審査官 山崎 仁之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表示システム及び表示デバイスドライバ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表示デバイスと、

表示画像に対応する画像データに対して圧縮処理を行って圧縮データを生成する送信側デバイスと、

前記送信側デバイスから受け取った前記圧縮データに応答して前記表示デバイスを駆動するドライバ

とを備え、

前記ドライバは、

前記圧縮データを展開して展開データを生成する展開回路と、

前記展開データから表示データを生成する F R C 回路と、

前記表示データに応答して前記表示デバイスを駆動する駆動回路

とを備え、

前記送信側デバイスは、複数の圧縮手法から選択された選択圧縮手法を用いて前記画像データを圧縮して前記圧縮データを生成するように構成され、且つ、

前記複数の圧縮手法のうちの少なくとも一の圧縮手法では、生成される前記圧縮データの少なくとも一部のデータについて F R C 処理が行われており、前記複数の圧縮手法のうちの他の圧縮手法では、F R C 処理は行われず、

前記少なくとも一の圧縮手法で生成された前記圧縮データに対応する前記展開データについては、前記 F R C 回路において、前記少なくとも一部のデータに対応する部分につい

10

20

て F R C 処理が行われずに前記表示データが生成され、

前記他の圧縮手法で生成された前記圧縮データに対応する前記展開データについては、前記 F R C 回路において前記 F R C 処理が行われて前記表示データが生成される

表示システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の表示システムであって、

前記圧縮データは、前記複数の圧縮手法から選択された前記選択圧縮手法を示す属性データを含み、

前記展開回路は、前記圧縮データに含まれる属性データに基づいて前記圧縮データの生成に用いられた前記選択圧縮手法を認識し、前記選択圧縮手法に応じて前記 F R C 回路における F R C 処理を制御する F R C 切り替え信号を生成し、

前記 F R C 回路は、前記 F R C 切り換え信号にตอบสนองして F R C 処理を行う表示システム。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の表示システムであって、

前記送信側デバイスは、前記圧縮処理の対象のブロックである対象ブロックの 4 画素に対応する前記画像データを受け取ると、前記対象ブロックに対応する前記圧縮データを生成し、

前記送信側デバイスは、前記対象ブロックの前記 4 画素の画像データの間の相関性に応じて複数の圧縮手法のうちのいずれかを選択圧縮手法として選択する

表示システム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の表示システムであって、

前記複数の圧縮手法は、

前記対象ブロックの前記 4 画素のうちの 3 個の画素の画像データに対応する第 1 代表値を算出し、残りの 1 個の画像データに対してビットプレーン数を減少させる処理を行って第 1 ビットプレーン減少データを算出し、前記圧縮データに前記第 1 代表値と前記第 1 ビットプレーン減少データを含める第 1 圧縮手法と、

前記対象ブロックの前記 4 画素の画像データに対応する第 2 代表値を算出し、前記圧縮データに前記第 2 代表値を含める第 2 圧縮手法と、

前記対象ブロックの前記 4 画素のうちの 2 個の画素の画像データに対応する第 3 代表値を算出し、前記圧縮データに前記第 3 代表値を含める第 3 圧縮手法と、

前記 4 画素それぞれの画像データに対してビットプレーン数を減少させる処理を独立に行うことによって第 2 ビットプレーン減少データを算出し、前記圧縮データに前記第 2 ビットプレーン減少データを含める第 4 圧縮手法

とを含む

表示システム。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の表示システムであって、

前記第 3 圧縮手法では、前記対象ブロックの前記 4 画素のうちの前記 2 個の画素の画像データに対応する前記第 3 代表値と、前記対象ブロックの他の 2 個の画素の画像データに対応する第 4 代表値を算出し、前記圧縮データに前記第 3 代表値と前記第 4 代表値を含める

表示システム。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の表示システムであって、

前記複数の圧縮手法は、更に、

前記対象ブロックの 4 個の画素のうちの 2 個の画素の画像データに対応する第 5 代表値を算出すると共に、他の 2 個の画素の画像データに対してビットプレーン数を減少させる処理を独立に行うことによって第 3 ビットプレーン減少データを算出し、前記圧縮データ

10

20

30

40

50

に前記第 5 代表値と前記第 3 ビットプレーン減少データを含める第 5 圧縮手法を含む表示システム。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の表示システムであって、

前記圧縮データのビット数は、前記複数の圧縮手法の選択に関わらず一定であり、

前記圧縮データは、前記選択された圧縮手法を指示する圧縮種類認識ビットを含み、

前記第 1 圧縮手法で圧縮された前記圧縮データの前記圧縮種類認識ビットのビット数は、前記第 2 圧縮手法で圧縮された前記圧縮データの前記圧縮種類認識ビットのビット数以上であり、

前記第 2 圧縮手法で圧縮された前記圧縮データの前記圧縮種類認識ビットのビット数は、前記第 3 圧縮手法で圧縮された前記圧縮データの前記圧縮種類認識ビットのビット数以上であり、

前記第 3 圧縮手法で圧縮された前記圧縮データの前記圧縮種類認識ビットのビット数は、前記第 5 圧縮手法で圧縮された前記圧縮データの前記圧縮種類認識ビットのビット数以上であり、

前記第 5 圧縮手法で圧縮された前記圧縮データの前記圧縮種類認識ビットのビット数は、前記第 4 圧縮手法で圧縮された前記圧縮データの前記圧縮種類認識ビットのビット数以上である

表示システム。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 に記載の表示システムであって、

前記圧縮データの 1 画素あたりのビット数 m_1 と、前記展開データの 1 画素あたりのビット数 m_2 と、前記表示データの 1 画素あたりのビット数 m_3 とが、 $m_2 > m_3 > m_1$ の関係を成立させるように定められている

表示システム。

【請求項 9】

表示画像に対応する画像データを圧縮して生成された圧縮データを展開して展開データを生成する展開回路と、

前記展開データから表示データを生成する F R C 回路と、

前記表示データにตอบสนองして前記表示デバイスを駆動する駆動回路とを備え、

前記圧縮データは、複数の圧縮手法から選択された選択圧縮手法を用いて前記画像データを圧縮して生成され、

前記 F R C 回路は、前記展開データの少なくとも一部に対して F R C 処理を行って前記表示データを生成するように構成され、

前記 F R C 回路において F R C 処理を行うか否かが、前記選択圧縮処理の選択に応じて決定され、

前記圧縮データの 1 画素あたりのビット数 m_1 と、前記展開データの 1 画素あたりのビット数 m_2 と、前記表示データの 1 画素あたりのビット数 m_3 とが、 $m_2 > m_3 > m_1$ の関係を成立させるように定められている

表示デバイスドライバ。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の表示デバイスドライバであって、

前記展開回路は、前記圧縮データに含まれる属性データに基づいて前記圧縮データの生成に用いられた前記選択圧縮手法を認識し、前記選択圧縮手法に応じて前記 F R C 回路における F R C 処理を制御する F R C 切り替え信号を生成し、

前記 F R C 回路は、前記 F R C 切り替え信号にตอบสนองして F R C 処理を行う

表示デバイスドライバ。

【請求項 11】

請求項 9 又は 10 に記載の表示デバイスドライバであって、

前記圧縮処理の対象のブロックである対象ブロックの４画素に対応する前記圧縮データは、前記対象ブロックに対応する前記４画素に対応する前記画像データから生成され、

前記選択圧縮手法は、前記対象ブロックの前記４画素の画像データの間の相関性に依りて前記複数の圧縮手法のうちから選択される

表示デバイスドライバ。

【請求項１２】

表示画像に対応する画像データを圧縮して生成された圧縮データを展開して展開データを生成する展開回路と、

前記展開データから表示データを生成するＦＲＣ回路と、

前記表示データに依りて前記表示デバイスを駆動する駆動回路
とを備え、

10

前記圧縮データは、複数の圧縮手法から選択された選択圧縮手法を用いて前記画像データを圧縮して生成され、

前記複数の圧縮手法のうちの少なくとも一の圧縮手法では、生成される前記圧縮データの少なくとも一部のデータについてＦＲＣ処理が行われており、前記複数の圧縮手法のうちの他の圧縮手法では、ＦＲＣ処理は行われず、

前記少なくとも一の圧縮手法で生成された前記圧縮データに対応する前記展開データについては、前記ＦＲＣ回路において、前記少なくとも一部のデータに対応する部分についてＦＲＣ処理が行われずに前記表示データが生成され、

前記他の圧縮手法で生成された前記圧縮データに対応する前記展開データについては、
前記ＦＲＣ回路において前記ＦＲＣ処理が行われて前記表示データが生成される

20

表示デバイスドライバ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、表示システム及び表示デバイスドライバに関し、特に、表示デバイスドライバへのデータ転送技術に関する。

【背景技術】

【０００２】

液晶表示装置その他の表示装置においては、多階調表示が求められる一方で、表示デバイス（例えば、液晶表示パネル）自体は多階調表示に対応していない場合がある。例えば、元の画像データにおいては赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）それぞれに８ｂｉｔｓが割りあてられている一方、表示デバイスは、赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）それぞれに６ｂｉｔｓの画像データにしか対応していない場合がある。

30

【０００３】

このような不整合に対応するための一つの手法は、減色処理を行うことである。多階調の画像データ（例えば、赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）それぞれに８ｂｉｔｓ）に対して減色処理を行って表示デバイスに対応した階調数（例えば、赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）それぞれに６ｂｉｔｓ）の画像データを生成し、減色処理がなされた画像データに依りて表示デバイスを駆動することにより、画像データと表示デバイスの間の階調の不整合の問題を解消することができる。特に、減色処理においてＦＲＣ（フレームレートコントロール）処理を行えば、疑似的に階調数を増加させ、良好な画質の画像を表示することができる。

40

【０００４】

このような技術は、例えば、特開２００２－２８７７０９号公報に開示されている。この公報に開示されている液晶表示装置では、ＭＰＵにおいて減色処理を行い、減色処理がなされた画像データが液晶駆動回路に転送される。液晶駆動回路においては、減色処理がなされた画像データに依りて液晶表示パネルが駆動される。また、特許第３７３５５２９号は、誤差拡散処理回路でＦＲＣ処理を含む誤差拡散処理が行われた画像データが信号電極駆動回路に転送される液晶表示装置を開示している。

50

【 0 0 0 5 】

減色処理を行うと画像データのデータサイズがある程度は小さくなり、これは、データ転送において好ましい。画像データのデータサイズの低減は、データ転送に必要な電力を低減させるために有効である。しかしながら、減色処理ではデータサイズの縮小効果は限定的であり、従って、データ転送に必要な電力の低減の効果も限定的である。

【 0 0 0 6 】

転送される画像データのデータサイズを一層に抑制するためには、画像データに対して圧縮処理を行い、圧縮処理によって得られた圧縮データを転送することが有効である。このような技術は、例えば、特開 2 0 0 6 - 3 0 3 6 9 0 号公報に開示されている。この公報には、画像データを圧縮して得られた圧縮データを画像メモリに格納する一方で、画像メモリから読みだされた圧縮データを展開した上で表示装置に送る技術を開示している。

10

【 0 0 0 7 】

しかしながら、発明者の検討によれば、上記の技術は、画像データの転送に必要な電力の低減と表示デバイスに表示される画像の画質の向上の両方を実現する観点では、最善とは言えない。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 2 - 2 8 7 7 0 9 号公報

【 特許文献 2 】 特許第 3 7 3 5 5 2 9 号

20

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 6 - 3 0 3 6 9 0 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

従って、本発明の課題は、画像データの転送に必要な電力の低減と表示デバイスに表示される画像の画質の向上の両方を実現することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

本発明の一の観点では、表示システムが、表示デバイスと、表示画像に対応する画像データを圧縮して圧縮データを生成する送信側デバイスと、送信側デバイスから受け取った圧縮データに回答して表示デバイスを駆動するドライバとを備えている。ドライバは、圧縮データを展開して展開データを生成する展開回路と、展開データに対して F R C 処理を行って表示データを生成する F R C 回路と、表示データに回答して表示デバイスを駆動する駆動回路とを備えている。圧縮データの 1 画素あたりのビット数 m_1 と、展開データの 1 画素あたりのビット数 m_2 と、表示データの 1 画素あたりのビット数 m_3 とは、 $m_2 > m_3 > m_1$ の関係を成立させるように定められている。

30

【 0 0 1 1 】

本発明では、圧縮データのビット数 m_1 が減少されている一方で、圧縮データを展開して得られる展開データのビット数 m_2 が、敢えて、表示データのビット数 m_3 (即ち、表示デバイスが表示可能な階調数に対応するビット数) よりも多くなっている。このような構成には様々な利点がある。第 1 に圧縮データのビット数 m_1 を減少することにより、ドライバに画像データを送るために必要な電力を低減し、また、必要なデータ転送速度を遅くすることができる。一方で、圧縮データを展開して得られる展開データのビット数 m_2 を、敢えて、表示デバイスが表示可能な階調数に対応するビット数よりも大きくすると共に、展開データに対して F R C 処理を行って表示データを生成することにより、多階調表示に対応していない表示デバイスでも、良好な画質を得ることができる。

40

【 0 0 1 2 】

本発明の他の観点では、表示システムが、表示画像に対応する画像データを圧縮して圧縮データを生成する送信側デバイスと、送信側デバイスから受け取った圧縮データに回答して表示デバイスを駆動するドライバとを備えている。ドライバは、圧縮データを展開し

50

て展開データを生成する展開回路と、展開データに対してF R C処理を行って表示データを生成するF R C回路と、表示データにตอบสนองして表示デバイスを駆動する駆動回路とを備えている。送信側デバイスは、複数の圧縮手法から選択された選択圧縮手法を用いて画像データを圧縮して圧縮データを生成するように構成され、且つ、圧縮データの生成においてF R C処理を実行可能に構成されている。ここで、送信側デバイスにおいてF R C処理を行うか、ドライバのF R C回路においてF R C処理を行うかが、送信側デバイスにおける選択圧縮処理の選択に応じて決定される。

【0013】

本発明の更に他の観点では、表示デバイスドライバが、表示画像に対応する画像データを圧縮して生成された圧縮データを展開して展開データを生成する展開回路と、展開データに対してF R C処理を行って表示データを生成するF R C回路と、表示データにตอบสนองして表示デバイスを駆動する駆動回路とを備えている。圧縮データの1画素あたりのビット数 m_1 と、展開データの1画素あたりのビット数 m_2 と、表示データの1画素あたりのビット数 m_3 とは、 $m_2 > m_3 > m_1$ の関係を成立させるように定められている。

【0014】

本発明の更に他の観点では、表示デバイスドライバが、表示画像に対応する画像データを圧縮して生成された圧縮データを展開して展開データを生成する展開回路と、展開データに対してF R C処理を行って表示データを生成可能に構成されたF R C回路と、表示データにตอบสนองして表示デバイスを駆動する駆動回路とを備えている。圧縮データは、複数の圧縮手法から選択された選択圧縮手法を用いて画像データを圧縮して生成される。F R C回路においてF R C処理を行うか否かが、選択圧縮処理の選択に応じて決定される。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、画像データの転送に必要な電力の低減と画質の向上とを同時に実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の第1の実施形態の液晶表示装置の構成を示すブロック図である。

【図2】第1の実施形態における、対象ブロックにおける画素の配置を示す図である。

【図3】(4×1)画素圧縮で生成された圧縮データのフォーマットを示す図である。

【図4A】(4×1)画素圧縮の処理内容を示す概念図である。

【図4B】(4×1)画素圧縮で圧縮された圧縮データの展開処理を説明する概念図である。

【図5】(4×1)画素圧縮で圧縮された圧縮データを展開して得られる展開データに対して行われるF R C処理の内容を示す概念図である。

【図6A】F R C処理におけるF R C誤差の例を示す表である。

【図6B】F R C処理におけるF R C誤差の例を示す表である。

【図7】本発明の第2の実施形態の液晶表示装置の構成を示すブロック図である。

【図8】第2の実施形態における、画像データの相関性の判断の手順を示すフローチャートである。

【図9】可逆圧縮によって生成された圧縮データのフォーマットを示す図である。

【図10A】可逆圧縮が行われる特定パターンの例を示す図である。

【図10B】可逆圧縮が行われる特定パターンの例を示す図である。

【図10C】可逆圧縮が行われる特定パターンの例を示す図である。

【図10D】可逆圧縮が行われる特定パターンの例を示す図である。

【図10E】可逆圧縮が行われる特定パターンの例を示す図である。

【図10F】可逆圧縮が行われる特定パターンの例を示す図である。

【図10G】可逆圧縮が行われる特定パターンの例を示す図である。

【図10H】可逆圧縮が行われる特定パターンの例を示す図である。

【図11】可逆圧縮で圧縮された圧縮データを展開して得られる展開データに対して行わ

10

20

30

40

50

れる F R C 処理の内容を示す概念図である。

【図 1 2】(1 × 4) 画素圧縮で生成された圧縮データのフォーマットを示す図である。

【図 1 3 A】(1 × 4) 画素圧縮の処理内容を示す概念図である。

【図 1 3 B】(1 × 4) 画素圧縮で圧縮された圧縮データの展開処理を説明する概念図である。

【図 1 4】(1 × 4) 画素圧縮で生成された圧縮データを展開して得られる展開データに対して行われる F R C 処理の内容を示す概念図である。

【図 1 5】(2 + 1 × 2) 画素圧縮で生成された圧縮データのフォーマットを示す図である。

【図 1 6】(2 + 1 × 2) 画素圧縮の処理内容を示す概念図である。

10

【図 1 7 A】(2 + 1 × 2) 画素圧縮で圧縮された圧縮データの展開処理を説明する概念図である。

【図 1 7 B】(2 + 1 × 2) 画素圧縮で圧縮された圧縮データの展開処理を説明する概念図である。

【図 1 8 A】(2 + 1 × 2) 画素圧縮で生成された圧縮データを展開して得られる展開データに対して行われる F R C 処理の内容を示す概念図である。

【図 1 8 B】(2 + 1 × 2) 画素圧縮で生成された圧縮データを展開して得られる展開データに対して行われる F R C 処理の内容を示す概念図である。

【図 1 9】図 1 8 A、図 1 8 B に図示された表示データの各画素の各サブピクセルの階調値の第 4 m 乃至 4 m + 3 フレームについての平均値を示す表である。

20

【図 2 0】(2 × 2) 画素圧縮で生成された圧縮データのフォーマットを示す図である。

【図 2 1 A】(2 × 2) 画素圧縮の処理内容を示す概念図である。

【図 2 1 B】(2 × 2) 画素圧縮の処理内容を示す概念図である。

【図 2 2 A】(2 × 2) 画素圧縮で圧縮された圧縮データの展開処理を説明する概念図である。

【図 2 2 B】(2 × 2) 画素圧縮で圧縮された圧縮データの展開処理を説明する概念図である。

【図 2 3 A】(2 × 2) 画素圧縮で生成された圧縮データを展開して得られる展開データに対して行われる F R C 処理の内容を示す概念図である。

【図 2 3 B】(2 × 2) 画素圧縮で生成された圧縮データを展開して得られる展開データに対して行われる F R C 処理の内容を示す概念図である。

30

【図 2 4】図 2 3 A、図 2 3 B に図示された表示データの各画素の各サブピクセルの階調値の第 4 m 乃至 4 m + 3 フレームについての平均値を示す表である。

【図 2 5】(3 + 1) 画素圧縮で生成された圧縮データのフォーマットを示す図である。

【図 2 6】(3 + 1) 画素圧縮の処理内容を示す概念図である。

【図 2 7】(3 + 1) 画素圧縮で圧縮された圧縮データの展開処理を説明する概念図である。

【図 2 8】図 2 7 に図示された表示データの各画素の各サブピクセルの階調値の第 4 m 乃至 4 m + 3 フレームについての平均値を示す表である。

【図 2 9】誤差データ α の生成に使用される基本マトリックスの例を示す図である。

40

【図 3 0】対象ブロックにおける画素の他の配置を示す図である。

【図 3 1】図 3 0 の画素の配置について定められた F R C 誤差を示す表である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下では、まず、本発明の概要について述べる。本発明は、画像データの転送に必要な電力の低減と画質の向上とを同時に実現するための技術的思想として、下記のアプローチを採用する。第 1 に、元の画像データを圧縮して生成された圧縮データが送信側デバイスからドライバに転送される。圧縮データが転送されることにより、画像データを送信側デバイスからドライバに転送するために必要な電力が低減される。ドライバでは、圧縮データを展開することによって展開データが生成される。このとき、表示デバイスが表示可能

50

な階調数を 2^M として、画像データを圧縮して得た圧縮データの1画素あたりのビット数 m_1 と、展開データの1画素あたりのビット数 m_2 とが、 $m_2 > M > m_1$ の関係を成立させるように定められている。ここで、圧縮データを展開して得られる展開データのビット数 m_2 が、敢えて、表示デバイスが表示可能な階調数 2^M に対応するビット数 M よりも多くなっていることに留意されたい。

【0018】

加えて、本発明では、送信側デバイス又はドライバのいずれかにおいてFRC（フレームレートコントロール）処理が行われる。一実施形態では、FRC処理がドライバにおいて行われる。この場合、展開データに対してFRC処理が行われ、FRC処理で得られた表示データ（表示デバイスの駆動に実際に用いられるデータ）にตอบสนองして表示デバイスが駆動される。FRC処理により、表示デバイスが表示可能な階調数が疑似的に増加され、画質が有効に向上される。この場合、表示データの1画素あたりのビット数 m_3 が、表示デバイスが表示可能な階調数 2^M に対応するビット数 M に定められる。ここで、圧縮データを展開して得られる展開データのビット数 m_2 が、表示データのビット数 m_3 （即ち、表示デバイスが表示可能な階調数 2^M に対応するビット数 M ）よりも多くなっていることが、FRCによる画質向上を可能にしていることに留意されたい。

【0019】

FRC処理においては、FRC誤差を空間的に分散すること（即ち、隣接する画素について異なるFRC誤差を使用すること）が有効である。これは、圧縮処理において多ビットのビット切り捨てを行っても（例えば、3ビット以上のビット切り捨てを行っても）、画像のフリッカが視認されにくくする効果がある。

【0020】

他の実施形態では、FRC処理を行う主体（送信側デバイス又はドライバ）が、圧縮データの生成に使用される圧縮方式に応じて決定される。送信側デバイスにおける圧縮処理においてFRC処理を行うことは、圧縮処理に含まれるビット切り捨て処理によって失われる情報を実質的に少なくし、画質を向上できる利点がある。一方、ドライバでFRC処理を行うことは、表示デバイスが対応する階調数が少ない場合に良好な画像を得ることができる利点がある。また、圧縮処理において切り捨てられるビット数が多い場合には、FRC誤差を空間的に分散させたFRC処理をドライバで行うことによってフリッカを低減できる利点もある。上記の利点のうちいずれを重視すべきかは圧縮方式によって異なるので、FRC処理を行う主体（送信側デバイス又はドライバ）を圧縮方式に応じて選択することにより、画質を一層に向上することができる。以下、本発明の具体的な実施形態について説明する。

【0021】

（第1の実施形態）

図1は、本発明の第1の実施形態における表示システムの構成を示すブロック図である。本実施形態では、本発明が液晶表示装置1を備えた表示システムに適用されている。液晶表示装置1は、タイミングコントローラ2と、ドライバ3と、液晶表示パネル4とを備えている。表示部4aには、画素と、データ線（信号線）と、ゲート線（走査線）とが配置されている。画素のそれぞれは、Rサブピクセル（赤色を表示するためのサブピクセル）、Gサブピクセル（緑色を表示するためのサブピクセル）、Bサブピクセル（青色を表示するためのサブピクセル）から構成されており、各サブピクセルは、対応するデータ線とゲート線とが交差する位置に設けられている。以下では、同一のゲート線に対応する画素を画素ラインと呼ぶ。液晶表示パネル4のデータ線は、ドライバ3によって駆動され、ゲート線は、液晶表示パネル4に設けられたゲート線駆動回路4bによって駆動される。

【0022】

液晶表示装置1は、画像描画部5から転送されたデータに応じて液晶表示パネル4の表示部4aに画像を表示するように構成されている。本実施形態では、表示される画像が圧縮した上で液晶表示装置1に供給される。具体的には、画像描画部5は、表示画像に対応する画像データ21（即ち、液晶表示パネル4の各画素の各サブピクセルの階調値を示す

データ)に対して圧縮処理を行って圧縮データ22を生成する圧縮回路5aを備えており、生成された圧縮データ22が液晶表示装置1のタイミングコントローラ2に供給される。画像描画部5としては、例えば、DSP(digital signal processor)やCPU(central

processing unit)が使用されてもよい。なお、圧縮データの生成は、ハードウェア(即ち、圧縮回路5a)ではなく、ソフトウェアによって行われてもよい。タイミングコントローラ2は、画像描画部5から受け取った圧縮データ22をドライバ3に転送すると共に、ドライバ3とゲート線駆動回路4bの動作タイミングを制御する。

【0023】

ドライバ3は、タイミングコントローラ2とは別のICとして構成されており、展開回路11と、FRC回路12と、データ線駆動回路13とを備えている。展開回路11は、タイミングコントローラ2から受け取った圧縮データ22を展開(decompress)して展開データ23を生成する。FRC回路12は、展開データ23に対してFRC(フレームレートコントロール)処理を行って表示データ24を生成し、データ線駆動回路13に供給する。ここで、FRC処理とは、所定数のフレームを1周期として、フレーム毎に誤差(FRC誤差)を切り替えながら行われる減色処理を意味している。FRC処理により、液晶表示パネル4が表示可能な階調数が疑似的に増加され、液晶表示パネル4の表示画像の画質を向上することができる。データ線駆動回路13は、FRC回路12から受け取った表示データ24に応答して液晶表示パネル4のデータ線を駆動する。

【0024】

本実施形態では、表示画像に対応する元の画像データ21は、Rサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルのそれぞれに8ビットが割り当てられた24ビットデータである。即ち、画像データ21においては、各画素に24ビットが割り当てられている。

【0025】

ただし、本実施形態では、圧縮処理として複数の画素で構成されるブロック毎に圧縮を行うブロック符号化が採用される。より具体的には、本実施形態では、1ブロックが同一の画素ラインの4つの画素で構成され、4つの画素の画像データ21(合計96ビット)がまとめて圧縮される。図2は、各ブロックにおける4つの画素の配置を示しており、以下では、各ブロックに含まれる4つの画素を、それぞれ、画素A、画素B、画素C、画素Dと呼ぶことがある。画素A~Dのそれぞれは、Rサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルを有している。画素AのRサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルは、それぞれ、記号 R_A 、 G_A 、 B_A によって参照される。画素B~Dについても同様である。本実施形態では、各ブロックの4つの画素のサブピクセル R_A 、 G_A 、 B_A 、 R_B 、 G_B 、 B_B 、 R_C 、 G_C 、 B_C 、 R_D 、 G_D 、 B_D は、同一の画素ラインに位置しており、同一のゲート線に接続されている。結果として、圧縮回路5aにおける圧縮処理によって生成される圧縮データ22は、48ビットで4つの画素の各サブピクセルの階調を示すデータである。即ち、圧縮回路5aは、96ビットの画像データ21から48ビットの圧縮データ22を生成することになる。圧縮データ22は、液晶表示装置1のタイミングコントローラ2に転送され、更に、ドライバ3の展開回路11に転送される。

【0026】

また、展開回路11における展開処理によって生成される展開データ23は、画像データ21と同様に、Rサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルのそれぞれに8ビットが割り当てられた24ビットデータである。ただし、圧縮データ22は、48ビットで4つの画素の各サブピクセルの階調を示すデータであるから、48ビットの圧縮データ22から96(=24×4)ビットの展開データ23が生成されることになる。展開データ23は、FRC回路12に送られる。

【0027】

FRC回路12におけるFRC処理によって生成される表示データ24は、Rサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルのそれぞれに6ビットが割り当てられた18ビットデータである。ここで、表示データ24のビット数は、データ線駆動回路13及び液晶

表示パネル 4 が表示可能な階調数に合わせて決定される。即ち、本実施形態では、液晶表示パネル 4 の各サブピクセルが、それぞれ、 $64 (= 2^6)$ 階調に対応しており、データ線駆動回路 13 は、 64 階調のいずれかに各サブピクセルを駆動する。ここで、 $96 (= 24 \times 4)$ ビットの展開データ 23 は 4 画素に対応しているので、結果として、 $96 (= 24 \times 4)$ ビットの展開データ 23 から $72 (= 18 \times 4)$ ビットの表示データ 24 が生成されることになる。ただし、本実施形態では、4 フレームを周期とする FRC 処理が行われ、これにより、疑似的に $256 (= 2^8)$ 階調表示が実現されている。一般に、 2^N フレームを周期とする FRC 処理を行うことにより、階調数を疑似的に 2^N 倍にすることができる。

【0028】

本実施形態の液晶表示装置では、元の画像データ 21 を圧縮して得た圧縮データ 22 の 1 画素あたりのビット数 m_1 と、展開データ 23 の 1 画素あたりのビット数 m_2 と、表示データ 24 の 1 画素あたりのビット数 m_3 とが、 $m_2 > m_3 > m_1$ の関係を成立させるように定められていることに留意されたい。本実施形態では、圧縮データ 22 のビット数 m_1 が減少されている一方で、圧縮データ 22 を展開して得られる展開データ 23 のビット数 m_2 が、敢えて、表示データ 24 のビット数 m_3 (液晶表示パネル 4 が表示可能な階調数に対応するビット数 M) よりも多くなっている。このような構成には様々な利点がある。第 1 に圧縮データ 22 のビット数 m_1 を減少することにより、ドライバ 3 に画像データを送るために必要な電力を低減し、また、必要なデータ転送速度を遅くすることができる。一方で、圧縮データ 22 を展開して得られる展開データ 23 のビット数 m_2 を、敢えて、液晶表示パネル 4 が表示可能な階調数に対応するビット数 M よりも大きくすると共に、展開データ 23 に対して FRC 処理を行って表示データ 24 を生成することにより、多階調表示に対応していない液晶表示パネル 4 でも、良好な画質を得ることができる。

【0029】

以下では、圧縮回路 5a による圧縮処理、展開回路 11 による展開処理、及び、FRC 回路 12 による FRC 処理について詳細に説明する。

【0030】

本実施形態では、圧縮回路 5a は、本明細書において (4×1) 画素圧縮と呼ぶ圧縮方式を採用する。 (4×1) 画素圧縮とは、圧縮の対象となるブロック (以下、単に「対象ブロック」と呼ぶ) の 4 つの画素の画像データを代表する代表値を定めて当該画像データを圧縮する方式であり、ブロック符号化の一種である。後述されるように、 (4×1) 画素圧縮は、対象ブロックの 4 画素の画像データの間に高い相関性がある場合に適した圧縮方式である。以下、 (4×1) 画素圧縮について詳細を説明する。

【0031】

図 3 に示されているように、本実施形態では、圧縮データ 22 が 48 ビットデータであり、ヘッダ (属性データ) と、下記の 7 つのデータ: Y_{min} 、 $Y_{dist0} \sim Y_{dist2}$ 、アドレスデータ、 Cb' 、 Cr' とで構成される。

【0032】

ヘッダとは、圧縮データ 22 の属性を示すデータであり、本実施形態では、4 ビットがヘッダに割り当てられる。 Y_{min} 、 $Y_{dist0} \sim Y_{dist2}$ 、アドレスデータ、 Cb' 、 Cr' は、対象ブロックの 4 画素の画像データを、RGB データから YUV データに変換し、更に、YUV データについて圧縮処理を行うことによって得られるデータである。ここで、 Y_{min} 、 $Y_{dist0} \sim Y_{dist2}$ は、対象ブロックの 4 画素の YUV データのうち、輝度データから得られるデータであり、 Cb' 、 Cr' は、色差データから得られるデータである。 Y_{min} 、 $Y_{dist0} \sim Y_{dist2}$ 及び Cb' 、 Cr' が、対象ブロックの 4 画素の画像データの代表値である。本実施形態では、データ Y_{min} に 10 ビット、 $Y_{dist0} \sim Y_{dist2}$ のそれぞれに 4 ビット、アドレスデータに 2 ビット、 Cb' 、 Cr' のそれぞれに 10 ビットが割り当てられている。以下、図 4A を参照しながら、 (4×1) 画素圧縮について説明する。

【0033】

まず、画素 A ~ D のそれぞれについて、下記のマトリックス演算により、輝度データ Y と色差データ C_r、C_bが算出される：

【数 1】

$$\begin{bmatrix} Y_k \\ Cr_k \\ Cb_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_k \\ G_k \\ B_k \end{bmatrix},$$

ここで、Y_k は、画素 k の輝度データであり、C_{r_k}、C_{b_k} は、画素 k の色差データである。また、上述の通り、R_k、G_k、B_k は、それぞれ、画素 k の R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値である。

【0034】

更に、画素 A ~ D の輝度データ Y_k、色差データ C_{r_k}、C_{b_k} から、Y_{min}、Y_{dist0} ~ Y_{dist2}、アドレスデータ、C_b'、C_r' が作成される。

【0035】

Y_{min} は、輝度データ Y_A ~ Y_D のうちの最小のもの（最小輝度データ）として定義される。また、Y_{dist0} ~ Y_{dist2} は、残りの輝度データと最小輝度データ Y_{min} の差分に 2 ビットの切捨て処理を行うことによって生成される。アドレスデータは、画素 A ~ D のいずれの輝度データが最小であることを示すデータとして生成される。図 4 A の例では、Y_{min}、Y_{dist0} ~ Y_{dist2} は、下記式によって算出される：

$$Y_{min} = Y_D = 4,$$

$$Y_{dist0} = (Y_A - Y_{min}) >> 2 = (48 - 4) >> 2 = 11,$$

$$Y_{dist1} = (Y_B - Y_{min}) >> 2 = (28 - 4) >> 2 = 6,$$

$$Y_{dist2} = (Y_C - Y_{min}) >> 2 = (16 - 4) >> 2 = 3,$$

ここで、「>>2」は、2 ビットの切捨て処理を示す演算子である。アドレスデータには、輝度データ Y_D が最小である旨が記載される。

【0036】

更に、C_r' が、C_{r_A} ~ C_{r_D} の和に 1 ビットの切捨て処理を行うことによって生成され、同様に、C_b' が、C_{b_A} ~ C_{b_D} の和に 1 ビットの切捨て処理を行うことによって生成される。図 4 A の例では、C_r'、C_b' が下記の式によって算出される：

$$C_r' = (C_{rA} + C_{rB} + C_{rC} + C_{rD}) >> 1$$

$$= (2 + 1 - 1 + 1) >> 1 = 1,$$

$$C_b' = (C_{bA} + C_{bB} + C_{bC} + C_{bD}) >> 1$$

$$= (-2 - 1 + 1 - 1) >> 1 = -1,$$

ここで、「>>1」は、1 ビットの切捨て処理を示す演算子である。以上で、(4 × 1) 画素圧縮による圧縮データ 22 の生成が完了する。

【0037】

一方、図 4 B は、(4 × 1) 画素圧縮で圧縮された圧縮データ 22 を展開して展開データ 23 を生成する方式を示す図である。圧縮データ 22 の展開では、まず、Y_{min}、Y_{dist0} ~ Y_{dist2} から、画素 A ~ D それぞれの輝度データが復元される。以下では、復元された画素 A ~ D の輝度データを Y_A' ~ Y_D' と記載する。より具体的には、アドレスデータによって最小であると示されている画素の輝度データとして、最小輝度データ Y_{min} の値が使用される。更に、Y_{dist0} ~ Y_{dist2} に 2 ビットの繰上げ処理を行った後、最小輝度データ Y_{min} に加算することにより、他の画素の輝度データが復元される。本実施形態では、下記式によって輝度データ Y_A' ~ Y_D' が復元される：

$$Y_A' = Y_{dist0} \times 4 + Y_{min} = 44 + 4 = 48,$$

$$Y_B' = Y_{dist1} \times 4 + Y_{min} = 24 + 4 = 28,$$

$$Y_C' = Y_{dist2} \times 4 + Y_{min} = 12 + 4 = 16,$$

10

20

30

40

50

$$Y_D' = Y_{min} = 4.$$

【0038】

更に、輝度データ $Y_A' \sim Y_D'$ と色差データ Cr' 、 Cb' から、下記のマトリックス演算により、画素 A ~ D の R、G、B サブピクセルの階調値が復元される：

【数2】

$$\begin{bmatrix} R_k \\ G_k \\ B_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 1 & -1 & -1 \\ 1 & 3 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_k' \\ Cr' \\ Cb' \end{bmatrix} \gg 2,$$

10

ここで、「 $\gg 2$ 」は、2ビットを切り捨てる処理を示す演算子である。上記の式から理解されるように、画素 A ~ D の R、G、B サブピクセルの階調値の復元では、色差データ Cr' 、 Cb' が共通に使用される。

【0039】

以上で画素 A ~ D の R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値の復元が完了する。図4Bの右欄の画素 A ~ D の展開データ23の値と、図4Aの左欄の画素 A ~ D の画像データ21の値とを比較すれば、上記の展開方式により、概ね、画素 A ~ D の元の画像データ21が復元されていることが理解されよう。

【0040】

20

上述のようにして復元された展開データ23に対して、FRC処理を行うことにより、表示データ24が生成される。図5は、図4Bの展開データ23に対してFRC処理を行って得られた表示データ24の各フレームにおける値を示す表である。また、図6A、図6Bは、FRC処理において使用される誤差（FRC誤差）の例を示す表である。ここで、図6Aのうち、第4k ~ 第4k+3画素ラインの各画素の各サブピクセルに与えられるFRC誤差を示しており、図6Bは、第4k画素ラインのFRC誤差を選択的に示している。

【0041】

展開データ23のR、G、Bサブピクセルの階調値（8ビット）にFRC誤差を加えた上で下位2ビットを切り捨てることにより、表示データ24が生成される。本実施形態では、FRC処理において使用されるFRC誤差の値が、時間的に、且つ、空間的に分散され、これにより、液晶表示パネル4が表示可能な階調数を疑似的に増加させると共に、圧縮処理におけるビット切り捨て処理に起因するフリッカが抑制される。

30

【0042】

より具体的には、FRC誤差を時間的に分散させるために、同一画素の同一サブピクセルに与えられるFRC誤差は、4フレーム周期で切り替えられる。即ち、同一画素の同一サブピクセルに与えられるFRC誤差は、第4m ~ (4m+1)フレームで異なる。

【0043】

また、FRC誤差を時間的に分散させるために、同一色のサブピクセルのFRC誤差は、画素A、B、C、Dで異なるように定められている。例えば、図6Bに図示されているように、第4mフレームのRサブピクセルについての画素A、B、C、DのFRC誤差は、それぞれ、1、0、3、2であり、互いに異なっている。加えて、FRC誤差は4ライン周期で切り替えられる。即ち、対応する画素の対応するサブピクセルに与えられるFRC誤差は、第4k ~ 4k+1ラインで異なるように定められている。

40

【0044】

このようなFRC処理により、Rサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルのそれぞれに8ビットが割り当てられた展開データ23に含まれる情報量と同じ情報量をRサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルのそれぞれに6ビットが割り当てられた表示データ24に持たせることができる。例えば、図5に図示されている画素A ~ DのR、G、Bサブピクセルそれぞれの階調値を4倍した上で第4m ~ (4m+3)フレームにつ

50

いての平均を算出すれば、図4Bの展開データ23の値に一致することが理解されよう。即ち、R、G、Bサブピクセルに6ビットが割り当てられる表示データ24により、疑似的に、8ビットに相当する階調数の画像表示が実現されている。一般に、FRC処理の周期を 2^N フレームとする場合、FRC処理においては、NビットのFRC誤差が用いられると共に下位Nビットの切り捨て処理が行われる。

【0045】

上述では、圧縮回路5aが (4×1) 画素圧縮を採用し、展開回路11がそれに対応した展開方式を採用している実施形態が説明されているが、様々な圧縮方式及び展開方式が採用され得る。どのような圧縮方式及び展開方式が採用される場合でも、上述の $m_2 > m_3 > m_1$ の関係を成立させるような条件の下で、圧縮回路5aによる圧縮データ22の生成、展開回路11による展開データ23の生成、及び、FRC回路12におけるFRC処理による表示データ24の生成を行うことにより、ドライバ3に画像データを送るために必要な電力を低減し、また、多階調表示に対応していない液晶表示パネル4でも、良好な画質を得ることができる。

【0046】

(第2の実施形態)

図7は、本発明の第2の実施形態の液晶表示装置1の構成を示すブロック図である。第2の実施形態の液晶表示装置1は、第1の実施形態の液晶表示装置1と類似した構成を有している。ただし、第1の実施形態では、 (4×1) 画素圧縮を圧縮回路5aで行うと共にドライバ3のFRC回路12においてFRC処理を行うのに対し、第2の実施形態では、画像データ21の内容に応じて圧縮回路5aにおいて適切な圧縮方式が選択され、更に、選択された圧縮方式に応じてFRC処理を行う主体が、圧縮回路5a又はドライバ3のFRC回路12のうちから選択される。これにより、一層に良好な画質での画像表示を実現できる。

【0047】

詳細には、圧縮回路5aでFRC処理を行うことは、圧縮処理に含まれるビット切り捨て処理によって失われる情報を実質的に少なくし、画質を向上できる利点がある。一方、ドライバ3でFRC処理を行うことは、液晶表示パネル4が表示可能な階調数が少ない場合に良好な画像を得ることができる利点がある。また、圧縮処理において切り捨てられるビット数が多い場合には、FRC誤差を空間的に分散させたFRC処理をドライバ3で行うことによってフリッカを低減できる利点もある。上記の利点のうちいずれを重視すべきかは圧縮方式によって異なるので、FRC処理を行う主体(圧縮回路5a又はドライバ3)を圧縮方式に応じて選択することにより、画質を一層に向上することができる。更に、上記の利点が不要であれば、FRC処理を行わなくてもよい。

【0048】

より具体的には、圧縮回路5aは、対象ブロックの画像データ21の内容に応じて複数の圧縮方式のいずれかを選択し、選択した圧縮方式を用いて該対象ブロックの画像データ21を圧縮して圧縮データ22を生成する。圧縮データ22のヘッダには、選択された圧縮方式を示す圧縮種類認識ビットが書き込まれる。生成された圧縮データ22は、タイミングコントローラ2に転送され、更に、ドライバ3の展開回路11に転送される。展開回路11は、圧縮データ22を展開して展開データ23を生成する。このとき、展開データ23は、圧縮種類認識ビットを参照して圧縮方式を判断し、その判断結果に応じてFRC切り換え信号25を生成する。FRC切り換え信号25は、FRC処理の実施・不実施をFRC回路12に指示する信号である。FRC回路12は、このFRC切り換え信号25を参照して、必要な場合に展開データ23に対してFRC処理を行って表示データ24を生成する。ここで、FRC回路12は、FRC切り換え信号25に応答して、対象ブロックの各画素のサブピクセル毎に、FRC処理の有無を切り換えることができるように構成される。展開データ23のビット数は、FRC処理を行わないサブピクセルについては表示データ24と同じビット数であり、FRC処理を行うサブピクセルについては、表示データ24のビット数よりも多い。

【 0 0 4 9 】

以下では、まず、圧縮方式の選択について説明を行い、続いて、各圧縮方式における圧縮処理と、圧縮回路 5 a で行われる F R C 処理と、展開回路 1 1 で行われる展開処理と、F R C 回路 1 2 で行われる F R C 処理について説明する。

【 0 0 5 0 】

1 . 圧縮方式の選択

本実施形態では、圧縮回路 5 a は、受け取った画像データ 2 1 を下記の 6 つの圧縮方式のいずれかで圧縮する：

- ・可逆圧縮
- ・ (1 × 4) 画素圧縮
- ・ (2 + 1 × 2) 画素圧縮
- ・ (2 × 2) 画素圧縮
- ・ (3 + 1) 画素圧縮
- ・ (4 × 1) 画素圧縮

10

【 0 0 5 1 】

ここで、可逆圧縮は、圧縮データ 2 2 から完全に元の画像データ 2 1 を復元できるように圧縮する方式であり、本実施形態では、対象ブロックの画像データが特定のパターンを有している場合に使用される。上述のように、本実施形態では各ブロックが 1 行 4 列の画素で構成されることに留意されたい。(1 × 4) 画素圧縮とは、対象ブロックの全 4 つの画素のそれぞれについてビットプレーン数を減少させる処理（本実施形態では、ディザマトリックスを用いたディザ処理）を独立に行う方式である。この (1 × 4) 画素圧縮は、4 つの画素の画像データの相関性が低い場合に好適である。(2 + 1 × 2) 画素圧縮とは、対象ブロックの全 4 つの画素のうちの 2 つの画素の画像データを代表する代表値を定める一方、他の 2 つの画素のそれぞれについて、ビットプレーン数を減少させる処理を行う方式である。この (2 + 1 × 2) 画素圧縮は、4 つの画素のうちの 2 つの画素の画像データの相関性が高く、且つ、他の 2 つの画素の画像データの相関性が低い場合に好適である。(2 × 2) 画素圧縮とは、対象ブロックの全 4 つの画素を 2 つの画素からなる 2 つの組に分け、当該 2 つの画素の組のそれぞれについて画像データを代表する代表値を定めて当該画像データを圧縮する方式である。この (2 × 2) 画素圧縮は、4 つの画素のうちの 2 つの画素の画像データの相関性が高く、且つ、他の 2 つの画素の画像データの相関性が高い場合に好適である。(3 + 1) 画素圧縮とは、対象ブロックの全 4 つの画素のうちの 3 つの画素の画像データを代表する代表値を定める一方、残りの 1 つの画素について、ビットプレーン数を減少させる処理を行う方式である。この (3 + 1) 画素圧縮は、対象ブロックの 3 つの画素の画像データの間の相関性が高く、残りの一つの画素の画像データと該 3 つの画素の画像データの間の相関性が低い場合に好適である。(4 × 1) 画素圧縮とは、上述のように、対象ブロックの 4 つの画素の画像データを代表する代表値を定めて当該画像データを圧縮する方式である。この (4 × 1) 画素圧縮は、対象ブロックの全 4 つの画素の画像データの間の相関性が高い場合に好適である。

20

30

【 0 0 5 2 】

このようにして圧縮方式を選択することの一つの利点は、ブロックノイズや粒状ノイズを低減した画像圧縮を行うことができることである。本実施形態の圧縮方式では、対象ブロックの全画素の画像データに対応する代表値を算出する圧縮方式（本実施形態では (4 × 1) 画素圧縮）と、対象ブロックの全 4 つの画素のそれぞれについてビットプレーン数を減少させる処理を独立に行う圧縮方式（本実施形態では (1 × 4) 画素圧縮）に加え、て、対象ブロックの（全部ではない）複数の画素の画像データに対応する代表値を算出する圧縮方式（本実施形態では、(2 + 1 × 2) 画素圧縮、(2 × 2) 画素圧縮、及び (3 + 1 画素圧縮）に対応している。これは、ブロックノイズや粒状ノイズを低減させるために有効である。画像データの相関性が高い画素に対してビットプレーン数を減少させる処理を独立に行う圧縮方式を行うと、粒状ノイズを発生させてしまう一方、画像データの相関性が低い画素に対してブロック符号化を行うと、ブロックノイズが発生してしまう。

40

50

対象ブロックの（全部ではない）複数の画素の画像データに対応する代表値を算出する圧縮方式に対応している本実施形態の圧縮方式は、画像データの相関性が高い画素に対してビットプレーン数を減少させる処理が行われ、或いは、画像データの相関性が低い画素に対してブロック符号化が行われる事態を避けることができる。これは、ブロックノイズや粒状ノイズを低減させるために有効である。

【 0 0 5 3 】

加えて、対象ブロックの画像データが特定のパターンを有している場合に可逆圧縮を行うことができるように構成されていることは、液晶表示パネル 4 の検査を適切に行うことを可能にするために有用である。液晶表示パネル 4 の検査においては、輝度特性や色域特性の評価が行われる。この輝度特性や色域特性の評価では、特定パターンの画像が液晶表示パネル 4 に表示される。このとき、輝度特性や色域特性を適切に評価するためには、入力された画像データに対して忠実に色が再現された画像を液晶表示パネル 4 に表示する必要がある。圧縮歪みが存在すると、輝度特性や色域特性の評価を適切に行うことができない。そこで、本実施形態では、圧縮回路 5 a が可逆圧縮を行うことができるように構成されている。

【 0 0 5 4 】

6 つの圧縮方式のいずれが使用されるかは、対象ブロックの画像データが特定のパターンを有しているか否か、及び、対象ブロックを構成する 1 行 4 列の画素の画像データの間の相関性に依りて決定される。例えば、全 4 つの画素の画像データの相関性が高い場合には（4 × 1）画素圧縮が使用され、4 つの画素のうちの 2 つの画素の画像データの相関性が高く、且つ、他の 2 つの画素の画像データの相関性が高い場合には（2 × 2）画素圧縮が使用される。

【 0 0 5 5 】

図 8 は、第 2 の実施形態において実際に使用される圧縮方式を選択する動作を説明するフローチャートである。以下の説明において、画素 A、B、C、D の R サブピクセルの階調値をそれぞれ、 R_A 、 R_B 、 R_C 、 R_D と記載し、画素 A、B、C、D の G サブピクセルの階調値をそれぞれ、 G_A 、 G_B 、 G_C 、 G_D と記載し、画素 A、B、C、D の B サブピクセルの階調値をそれぞれ、 B_A 、 B_B 、 B_C 、 B_D と記載する。

【 0 0 5 6 】

第 2 の実施形態では、まず、対象ブロックの 4 画素の画像データ 2 1 が特定パターンに該当するかが判断され（ステップ S 0 1）、当該画像データ 2 1 が特定パターンに該当する場合、可逆圧縮が行われる。本実施形態では、対象ブロックの画素の画像データ 2 1 のデータ値が 5 種類以下であるような所定のパターンが、可逆圧縮が行われる特定パターンとして選択されている。

【 0 0 5 7 】

詳細には、対象ブロックの 4 画素の画像データ 2 1 が、以下の 4 つのパターン（1）～（4）のいずれかに該当する場合、可逆圧縮が行われる：

（1） 4 画素の各色の階調値が同一（図 1 0 A）

対象ブロックの 4 画素の画像データが下記条件（1 a）を満足する場合、可逆圧縮が行われる。

条件（1 a）：

$$R_A = R_B = R_C = R_D ,$$

$$G_A = G_B = G_C = G_D ,$$

$$B_A = B_B = B_C = B_D .$$

この場合、対象ブロックの 4 画素の画像データのデータ値は 3 種類である。

【 0 0 5 8 】

（2） 4 画素の間で R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値が同一（図 1 0 B）

対象ブロックの 4 画素の画像データが下記条件（2 a）を満足する場合にも可逆圧縮が行われる。

条件 (2 a) :

$$R_A = G_A = B_A ,$$

$$R_B = G_B = B_B ,$$

$$R_C = G_C = B_C ,$$

$$R_D = G_D = B_D .$$

この場合、対象ブロックの 4 画素の画像データのデータ値は 4 種類である。

【 0 0 5 9 】

(3) 対象ブロックの 4 画素について、R、G、B のうちの 2 つの色の階調値が同一 (図 1 0 C ~ 図 1 0 E)

下記の 3 つの条件 (3 a) ~ (3 c) のいずれかを満足する場合にも可逆圧縮が行われる : 10

条件 (3 a) : $G_A = G_B = G_C = G_D = B_A = B_B = B_C = B_D .$

条件 (3 b) : $B_A = B_B = B_C = B_D = R_A = R_B = R_C = R_D .$

条件 (3 c) : $R_A = R_B = R_C = R_D = G_A = G_B = G_C = G_D .$

この場合、対象ブロックの 4 画素の画像データのデータ値は 5 種類である。

【 0 0 6 0 】

(4) R、G、B のうちの 1 つの色の階調値が同一、且つ、残りの 2 色の階調値が対象ブロックの 4 画素について同一 (図 1 0 F ~ 図 1 0 H)

更に、下記の 3 つの条件 (4 a) ~ (4 c) のいずれかを満足する場合にも可逆圧縮が行われる : 20

条件 (4 a) :

$$G_A = G_B = G_C = G_D ,$$

$$R_A = B_A ,$$

$$R_B = B_B ,$$

$$R_C = B_C ,$$

$$R_D = B_D .$$

条件 (4 b) :

$$B_A = B_B = B_C = B_D .$$

$$R_A = G_A ,$$

$$R_B = G_B ,$$

$$R_C = G_C ,$$

$$R_D = G_D .$$

条件 (4 c)

$$R_A = R_B = R_C = R_D .$$

$$G_A = B_A ,$$

$$G_B = B_B ,$$

$$G_C = B_C ,$$

$$G_D = B_D .$$

この場合、対象ブロックの 4 画素の画像データのデータ値は 5 種類である。 30

【 0 0 6 1 】 40

可逆圧縮が行われない場合、4 つの画素の間の相関に応じて圧縮手法が選択される。より具体的には、圧縮回路 5 a は、対象ブロックの 1 行 4 列の 4 画素の画像データが、下記のいずれの場合に該当するかを判断する :

ケース A : 4 画素のうちの任意の組み合わせの画素の画像データの間の相関性が低い。

ケース B : 2 画素の画像データの間に高い相関性があり、かつ、他の 2 画素の画像データは、先の 2 画素と相関性が低く、且つ、互いに相関性が低い。

ケース C : 4 画素の画像データの間に高い相関性がある。

ケース D : 3 画素の画像データの間に高い相関性があり、かつ、他の 1 画素の画像データは、先の 3 画素と相関性が低い。

ケース E : 2 画素の画像データの間に高い相関性があり、かつ、他の 2 画素の画像データ 50

の間に高い相関性がある。

【 0 0 6 2 】

詳細には、

$i \in \{A, B, C, D\}$

$j \in \{A, B, C, D\}$

$i \neq j$

なる i 、 j の全ての組み合わせについて下記条件 (A) が成立しない場合、圧縮回路 5 a は、ケース A に該当する (即ち、4 画素のうちの任意の組み合わせの画素の画像データの間の相関性が低い) と判断する (ステップ S 0 2) 。

条件 (A) :

$|R_i - R_j| \leq Th_1$, 且つ

$|G_i - G_j| \leq Th_1$, 且つ

$|B_i - B_j| \leq Th_1$,

ケース A に該当する場合、圧縮回路 5 a は、(1×4) 画素圧縮を行うと決定する。

【 0 0 6 3 】

ケース A に該当しないと判断した場合、圧縮回路 5 a は、4 画素に対して第 1 組の 2 画素と第 2 組の 2 画素を規定し、その全ての組み合わせについて、前記第 1 組の 2 画素の間の画像データの差分が所定値よりも小さく且つ前記第 2 組の 2 画素の間の画像データの差分が所定値よりも小さいという条件が満足されるか否かを判断する (ステップ S 0 3) 。

より具体的には、圧縮回路 5 a は、下記条件 (B 1) ~ (B 3) のいずれかが成立するか否かを判断する

(ステップ S 0 3) 。

条件 (B 1) :

$|R_A - R_B| \leq Th_2$, 且つ

$|G_A - G_B| \leq Th_2$, 且つ

$|B_A - B_B| \leq Th_2$, 且つ

$|R_C - R_D| \leq Th_2$, 且つ

$|G_C - G_D| \leq Th_2$, 且つ

$|B_C - B_D| \leq Th_2$.

条件 (B 2) :

$|R_A - R_C| \leq Th_2$, 且つ

$|G_A - G_C| \leq Th_2$, 且つ

$|B_A - B_C| \leq Th_2$, 且つ

$|R_B - R_D| \leq Th_2$, 且つ

$|G_B - G_D| \leq Th_2$, 且つ

$|B_B - B_D| \leq Th_2$.

条件 (B 3) :

$|R_A - R_D| \leq Th_2$, 且つ

$|G_A - G_D| \leq Th_2$, 且つ

$|B_A - B_D| \leq Th_2$, 且つ

$|R_B - R_C| \leq Th_2$, 且つ

$|G_B - G_C| \leq Th_2$, 且つ

$|B_B - B_C| \leq Th_2$.

【 0 0 6 4 】

下記条件 (B 1) ~ (B 3) がいずれも成立しない場合、圧縮回路 5 a は、ケース B に該当する (即ち、2 画素の画像データの間に高い相関性があり、かつ、他の 2 画素の画像データは、互いに相関性が低い) と判断する。この場合、圧縮回路 5 a は、($2 + 1 \times 2$) 画素圧縮を行うと決定する。

【 0 0 6 5 】

ケース A、B のいずれにも該当しないと判断した場合、圧縮回路 5 a は、4 画素の全て

の色のそれぞれについて、4つのサブピクセルの画像データの最大値と最小値との差が所定値より小さいという条件が満足されるか否かを判断する。より具体的には、圧縮回路5aは、下記条件(C)が成立するか否かを判断する(ステップS04)。

条件(C)：

$\max(R_A, R_B, R_C, R_D) - \min(R_A, R_B, R_C, R_D) < Th3$, 且つ
 $\max(G_A, G_B, G_C, G_D) - \min(G_A, G_B, G_C, G_D) < Th3$, 且つ
 $\max(B_A, B_B, B_C, B_D) - \min(B_A, B_B, B_C, B_D) < Th3$.

【0066】

10

条件(C)が成立する場合、圧縮回路5aは、ケースCに該当する(4画素の画像データの間に高い相関性がある)と判断する。この場合、圧縮回路5aは、(4×1)画素圧縮を行うと決定する。

【0067】

一方、条件(C)が成立しない場合、圧縮回路5aは、4画素のうちの3画素の組み合わせのいずれかの画像データの間に高い相関性があり、かつ、他の1画素の画像データは、該3画素と相関性が低いという条件を満たすかを判断する(ステップS05)。より具体的には、圧縮回路5aは、下記条件(D1)～(D4)のいずれかが成立するか否かを判断する(ステップS04)。

【0068】

20

：

条件(D1)：

$|R_A - R_B| < Th4$, 且つ
 $|G_A - G_B| < Th4$, 且つ
 $|B_A - B_B| < Th4$, 且つ
 $|R_B - R_C| < Th4$, 且つ
 $|G_B - G_C| < Th4$, 且つ
 $|B_B - B_C| < Th4$, 且つ
 $|R_C - R_A| < Th4$, 且つ
 $|G_C - G_A| < Th4$, 且つ
 $|B_C - B_A| < Th4$.

30

【0069】

条件(D2)：

$|R_A - R_B| < Th4$, 且つ
 $|G_A - G_B| < Th4$, 且つ
 $|B_A - B_B| < Th4$, 且つ
 $|R_B - R_D| < Th4$, 且つ
 $|G_B - G_D| < Th4$, 且つ
 $|B_B - B_D| < Th4$, 且つ
 $|R_D - R_A| < Th4$, 且つ
 $|G_D - G_A| < Th4$, 且つ
 $|B_D - B_A| < Th4$.

40

【0070】

条件(D3)：

$|R_A - R_C| < Th4$, 且つ
 $|G_A - G_C| < Th4$, 且つ
 $|B_A - B_C| < Th4$, 且つ
 $|R_C - R_D| < Th4$, 且つ
 $|G_C - G_D| < Th4$, 且つ
 $|B_C - B_D| < Th4$, 且つ

50

$|R_D - R_A|$ Th_4 , 且つ
 $|G_D - G_A|$ Th_4 , 且つ
 $|B_D - B_A|$ Th_4 .

【0071】

条件 (D4) :

$|R_B - R_C|$ Th_4 , 且つ
 $|G_B - G_C|$ Th_4 , 且つ
 $|B_B - B_C|$ Th_4 , 且つ
 $|R_C - R_D|$ Th_4 , 且つ
 $|G_C - G_D|$ Th_4 , 且つ
 $|B_C - B_D|$ Th_4 , 且つ
 $|R_D - R_B|$ Th_4 , 且つ
 $|G_D - G_B|$ Th_4 , 且つ
 $|B_D - B_B|$ Th_4 .

【0072】

条件 (D1) ~ (D4) のいずれかが成立する場合、圧縮回路 5a は、ケース D に該当する (即ち、3 画素の画像データの高に高い相関性があり、かつ、他の 1 画素の画像データと相関性が低い) と判断する。この場合、圧縮回路 5a は、(3 + 1) 画素圧縮を行うと決定する。

【0073】

下記条件 (D1) ~ (D4) のいずれも成立しない場合、圧縮回路 5a は、ケース E に該当する (即ち、画素の画像データの高に高い相関性があり、かつ、他の 2 画素の画像データの高に高い相関性がある) と判断する。この場合、圧縮回路 5a は、(2 × 2) 画素圧縮を行うと決定する。

【0074】

圧縮回路 5a は、上記のような相関性の認識結果に基づき、(1 × 4) 画素圧縮、(2 + 1 × 2) 画素圧縮、(2 × 2) 画素圧縮、(3 + 1) 画素圧縮、(4 × 1) 画素圧縮のいずれかを選択する。後述のように、選択した圧縮方式を用いて対象ブロックの画像データ 21 が圧縮される。

【0075】

2. 圧縮方式、展開方式及び FRC 処理の詳細

続いて、可逆圧縮、(1 × 4) 画素圧縮、(2 + 1 × 2) 画素圧縮、(2 × 2) 画素圧縮、(3 + 1) 画素圧縮、(4 × 1) 画素圧縮のそれぞれについて、圧縮方式の詳細、展開方式の詳細、及び、圧縮回路 5a 又は FRC 回路 12 で行われる FRC 処理について説明する。

【0076】

2-1. 可逆圧縮

本実施形態では、可逆圧縮は、対象ブロックの画素の画像データ 21 のデータ値を並び替えることによって行われる。FRC 処理はドライバ 3 の FRC 回路 12 において行われ、圧縮回路 5a は、FRC 処理を行わない。

【0077】

図 9 は、可逆圧縮によって生成された圧縮データ 22 のフォーマットを示す図である。本実施形態では、可逆圧縮によって生成された圧縮データ 22 は、48 ビットデータであり、圧縮種類認識ビットを含むヘッダ (属性データ) と、色種類データと、画像データ #1 ~ #5 とで構成される。

【0078】

圧縮種類認識ビットは、圧縮に使われた圧縮方式の種類を示すデータであり、可逆圧縮データでは、5 ビットが圧縮種類認識ビットに割り当てられる。本実施形態では、可逆圧縮データの圧縮種類認識ビットの値は「11111」である。

【0079】

10

20

30

40

50

色種類データは、対象ブロックの4画素の画像データが、上述の図10A～図10Hのパターン(8つのパターン)のいずれに該当するかを示すデータである。本実施形態では、8つの特定パターンが定義されているから、色種類データは3ビットである。

【0080】

画像データ#1～#5は、対象ブロックの画素の画像データのデータ値を並び替えることによって得られるデータである。画像データ#1～#5は、いずれも8ビットデータである。上述のように、対象ブロックの4画素の画像データのデータ値は5種類以下であるから、画像データ#1～#5に全てのデータ値を格納することができる。

【0081】

上述の可逆圧縮によって生成された圧縮データ22の展開は、色種類データを参照して画像データ#1～#5を並び替えることによって行われる。色種類データには、対象ブロックの4画素の画像データが図10A～図10Hのいずれのパターンに該当するかが記述されているから、色種類データを参照することにより、対象ブロックの4画素の元の画像データ21と完全に同一のデータを展開データ23として復元することができる。

【0082】

圧縮回路5aにおいて可逆圧縮が行われる場合には、ドライバ3のFRC回路12においてFRC処理が行われる。詳細には、展開回路11は、圧縮種類認識ビットから圧縮データ22が可逆圧縮で行われていることを認識し、FRC切り替え信号25により、FRC回路12にFRC処理を行うように指示する。このFRC処理では、展開データ23のR、G、Bサブピクセルの階調値(8ビット)にFRC誤差を加えた上で下位2ビットを切り捨てることにより、表示データ24が生成される。表示データ24では、各画素の各サブピクセルに6ビットが割り振られている、即ち、1画素あたり、18ビットが割り振られているデータである。FRC誤差としては、図6A、図6Bに図示されている値が使用される。

【0083】

図11は、図10Aの内容の展開データ23(図10Aの内容の画像データ21を可逆圧縮で圧縮して得られる圧縮データ22を展開して得られる展開データ23)にFRC処理を行って生成された表示データ24の内容を示す表である。FRC処理により、Rサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルのそれぞれに8ビットが割り当てられた展開データ23に含まれる情報量と同じ情報量をRサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルのそれぞれに6ビットが割り当てられた表示データ24に持たせることができる。例えば、図11に図示されている画素A～DのR、G、Bサブピクセルそれぞれの階調値を4倍した上で第4m～(4m+3)フレームについての平均を算出すれば、図10Aの内容の展開データ23の値に一致することが理解されよう。即ち、R、G、Bサブピクセルに6ビットが割り当てられる表示データ24により、疑似的に、8ビットに相当する階調数の画像表示が実現されている。完全に復元された展開データ23にFRC処理を行って生成された表示データ24にตอบสนองして液晶表示パネル4を駆動することにより、液晶表示パネル4の輝度特性や色域特性を適正に評価することが可能になる。

【0084】

2-2.(1×4)画素圧縮

図12は、(1×4)画素圧縮によって生成された圧縮データ22のフォーマットを示す概念図であり、図13Aは、(1×4)画素圧縮を説明する概念図である。上述のように、(1×4)画素圧縮は、4画素のうちの任意の組み合わせの画素の画像データの間の相関性が低い場合に採用される圧縮方式である。

【0085】

図12に示されているように、本実施形態では、(1×4)画素圧縮によって生成された圧縮データ22は、48ビットデータであり、圧縮種類認識ビットを含むヘッダ(属性データ)と、画素Aの画像データに対応するR_A、G_A、B_Aデータと、画素Bの画像データに対応するR_B、G_B、B_Bデータと、画素Cの画像データに対応するR_C、G_C、B_Cデータと、画素Dの画像データに対応するR_D、G_D、B_Dデータとで構成される。

ここで、圧縮種類認識ビットとは、圧縮に使われた圧縮方式の種類を示すデータであり、
(1×4)画素圧縮では、1ビットが圧縮種類認識ビットに割り当てられる。本実施形態
では、(1×4)画素圧縮によって生成された圧縮データ22の圧縮種類認識ビットの値
は「0」である。

【0086】

一方、 R_A 、 G_A 、 B_A データとは、画素AのR、G、Bサブピクセルの階調値に対し
てビットプレーン数を減少させる処理を行って得られるビットプレーン減少データであり
、 R_B 、 G_B 、 B_B データとは、画素BのR、G、Bサブピクセルの階調値に対してビッ
トプレーン数を減少させる処理を行って得られるビットプレーン減少データである。同様
に、また、 R_C 、 G_C 、 B_C データとは、画素CのR、G、Bサブピクセルの階調値に対し
てビットプレーン数を減少させる処理を行って得られるビットプレーン減少データであり
、 R_D 、 G_D 、 B_D データとは、画素DのR、G、Bサブピクセルの階調値に対してビッ
トプレーン数を減少させる処理を行って得られるビットプレーン減少データである。本
実施形態では、画素DのBサブピクセルに対応する B_D データのみ3ビットデータであり
、他は4ビットデータである。

【0087】

以下、図13Aを参照しながら、圧縮回路5aで行われる(1×4)画素圧縮について
説明する。(1×4)画素圧縮では、画素A～Dのそれぞれについて、ディザマトリックス
を用いたディザ処理が行われ、これにより、画素A～Dの画像データのビットプレーン
数が減少される。詳細には、まず、画素A、B、C、Dの画像データのそれぞれに誤差デ
ータ α を加算する処理が行われる。本実施形態では、各画素の誤差データ α は、当該画素
の座標からベイヤーマトリックスである基本マトリックスを用いて決定される。誤差デ
ータ α の算出については、後に別途に記載する。以下では、画素A、B、C、Dについて定
められた誤差データ α が、それぞれ、0、5、10、15であるとして説明が行われる。

【0088】

更に、丸め処理が行われて R_A 、 G_A 、 B_A データ、 R_B 、 G_B 、 B_B データ、 R_C 、
 G_C 、 B_C データ、及び R_D 、 G_D 、 B_D データが生成される。ここで、丸め処理とは、
所望のnについて、値 $2^{(n-1)}$ を加えた後、下位nビットを切りすてる処理をいう。
詳細には、画素DのBサブピクセルの階調値については、値16を加算した後、下位5ビ
ットを切り捨てる処理が行われる。他の階調値については、値8を加算した後、下位4ビ
ットを切り捨てる処理が行われる。このようにして生成された R_A 、 G_A 、 B_A データ、
 R_B 、 G_B 、 B_B データ、 R_C 、 G_C 、 B_C データ、及び R_D 、 G_D 、 B_D データに、圧
縮種類認識ビットとして値「0」を付加することにより、(1×4)画素圧縮で圧縮され
た圧縮データ22が生成される。

【0089】

図13Bは、(1×4)画素圧縮で圧縮された圧縮データ22の展開方式を示す図であ
る。(1×4)画素圧縮で圧縮された圧縮データ22の展開では、まず、 R_A 、 G_A 、 B_A
データ、 R_B 、 G_B 、 B_B データ、 R_C 、 G_C 、 B_C データ、及び R_D 、 G_D 、 B_D
データのビット繰上げが行われる。詳細には、画素DのBサブピクセルに対応する B_D デ
ータについては、5ビットの繰上げが行われ、他のデータについては、4ビットの繰上げが
行われる。

【0090】

更に、誤差データ α の減算が行われ、圧縮データ22の展開が完了する。これにより、
画素A～Dの展開データ23が生成される。展開データ23は、概ね、元の画像データ2
1を復元したデータである。図13Bの展開データ23の画素A～Dの各サブピクセルの
階調値と、図13Aの画像データ21の画素A～Dの各サブピクセルの階調値とを比較す
れば、上記の展開方式により、概ね、画素A～Dの元の画像データ21が復元されてい
ることが理解されよう。

【0091】

圧縮回路5aにおいて(1×4)画素圧縮が行われる場合には、ドライバ3のFRC回

10

20

30

40

50

路 1 2 において F R C 処理が行われる。詳細には、展開回路 1 1 は、圧縮種類認識ビットから圧縮データ 2 2 が (1×4) 画素圧縮で行われていることを認識し、F R C 切り替え信号 2 5 により F R C 回路 1 2 に F R C 処理を行うように指示する。この F R C 処理では、展開データ 2 3 の R、G、B サブピクセルの階調値 (8 ビット) に F R C 誤差を加えた上で下位 2 ビットを切り捨てることにより、表示データ 2 4 が生成される。表示データ 2 4 では、各画素の各サブピクセルに 6 ビットが割り振られている、即ち、1 画素あたり、18 ビットが割り振られているデータである。F R C 誤差としては、図 6 A、図 6 B に図示されている値が使用される。

【0092】

図 1 4 は、図 1 3 B の展開データ 2 3 に F R C 処理を行って生成された表示データ 2 4 の内容を示す表である。F R C 処理により、R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルのそれぞれに 8 ビットが割り当てられた展開データ 2 3 に含まれる情報量と同じ情報量を R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルのそれぞれに 6 ビットが割り当てられた表示データ 2 4 に持たせることができる。例えば、図 1 4 に図示されている画素 A ~ D の R、G、B サブピクセルそれぞれの階調値を 4 倍した上で第 $4m \sim (4m + 3)$ フレームについての平均値を算出すれば、当該平均値は、図 1 3 B の展開データ 2 3 の画素 A ~ D の各サブピクセルの階調値に一致することが理解されよう。これは同時に、表示データ 2 4 が元の画像データ 2 1 をよく表現していることを示している。即ち、R、G、B サブピクセルに 6 ビットが割り当てられる表示データ 2 4 により、疑似的に、8 ビットに相当する階調数の画像表示が実現されている。

【0093】

2 - 3 . $(2 + 1 \times 2)$ 画素圧縮

図 1 5 は、 $(2 + 1 \times 2)$ 画素圧縮で生成された圧縮データ 2 2 のフォーマットを示す概念図であり、図 1 6 は、 $(2 + 1 \times 2)$ 画素圧縮を説明する概念図である。上述のように、 $(2 + 1 \times 2)$ 画素圧縮は、2 画素の画像データの高い相関性があり、かつ、他の 2 画素の画像データは、先の 2 画素と相関性が低く、且つ、互いに相関性が低い場合に採用される。図 1 6 に示されているように、本実施形態では、 $(2 + 1 \times 2)$ 画素圧縮で生成された圧縮データ 2 2 が、圧縮種類認識ビットを含むヘッダと、選択データと、R 代表値、G 代表値、B 代表値、大小認識データ、 β 比較結果データ、 R_i 、 G_i 、 B_i データ、及び R_j 、 G_j 、 B_j データで構成される。 $(2 + 1 \times 2)$ 画素圧縮で生成された圧縮データ 2 2 は、上述の (1×4) 画素圧縮で生成された圧縮データ 2 2 と同様に 48 ビットデータである。

【0094】

圧縮種類認識ビットとは、圧縮に使われた圧縮方式の種類を示すデータであり、 $(2 + 1 \times 2)$ 画素圧縮で生成された圧縮データ 2 2 では、2 ビットが圧縮種類認識ビットに割り当てられる。本実施形態では、 $(2 + 1 \times 2)$ 画素圧縮で生成された圧縮データ 2 2 の圧縮種類認識ビットの値は「10」である。

【0095】

選択データとは、画素 A ~ D のうち、どの 2 つの画素の画像データの間の相関性が高いかを示す 3 ビットデータである。 $(2 + 1 \times 2)$ 画素圧縮が使用される場合、画素 A ~ D のうち、2 つの画素の画像データの間の相関性が高く、残りの 2 つの画素は他の画素の画像データとの相関性が低い。したがって、画像データの相関性が高い 2 つの画素の組み合わせは、下記の 6 通りである：

- ・画素 A、C
- ・画素 B、D
- ・画素 A、B
- ・画素 C、D
- ・画素 B、C
- ・画素 A、D

選択データは、3 ビットによって、画像データの間の相関性が高い 2 画素が、これらの

6つの組み合わせのいずれであることを示している。

【0096】

R代表値、G代表値、B代表値は、それぞれ、相関性が高い2つの画素のRサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルの階調値を代表する値である。図16の例では、R代表値及びG代表値に5ビット又は6ビットのデータであり、B代表値は5ビットのデータである。

【0097】

β 比較データとは、相関性が高い2つの画素のRサブピクセルの階調値の差、及び相関性が高い当該2つの画素のGサブピクセルの画像データの差が、所定の閾値 β よりも大きいかなを示すデータである。本実施形態では、 β 比較データは2ビットのデータである。一方、大小認識データは、相関性が高い2つの画素のうち、どちらの画素のRサブピクセルの階調値が大きいかな、及び、どちらの画素のGサブピクセルの階調値が大きいかなを示すデータである。Rサブピクセルに対応する大小認識データは、相関性が高い2つの画素のRサブピクセルの階調値の差が閾値 β よりも大きい場合にのみ生成され、Gサブピクセルに対応する大小認識データは、相関性が高い2つの画素のGサブピクセルの階調値の差が閾値 β よりも大きい場合にのみ生成される。したがって、大小認識データは、0～2ビットのデータである。

【0098】

R_i 、 G_i 、 B_i データ、及び R_j 、 G_j 、 B_j データは、相関性が低い2つの画素のR、G、Bサブピクセルの階調値に対してビットプレーン数を減少させる処理を行って得られるビットプレーン減少データである。本実施形態では、 R_i 、 G_i 、 B_i データ、及び R_j 、 G_j 、 B_j データは、いずれも、4ビットデータである。

【0099】

以下、図16を参照しながら、 $(2 + 1 \times 2)$ 画素圧縮について説明する。図16は、画素A、Bの画像データの間の相関性が高く、画素C、Dの画像データが画素A、Bの画像データに対して相関性が低く、且つ、画素C、D相互の画像データの相関性が低い場合における $(2 + 1 \times 2)$ 画素圧縮による圧縮データ22の生成について記述している。他の場合も同様にして圧縮データ22が生成可能であることは、当業者には容易に理解されよう。

【0100】

まず、(相関性が高い)画素A、Bの画像データの圧縮処理について説明する。まず、Rサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルのそれぞれについて、階調値の平均値が算出される。Rサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルの階調値の平均値 R_{ave} 、 G_{ave} 、 B_{ave} は、下記式によって算出される：

$$R_{ave} = (R_A + R_B + 1) / 2,$$

$$G_{ave} = (G_A + G_B + 1) / 2,$$

$$B_{ave} = (B_A + B_B + 1) / 2.$$

【0101】

更に、画素A、BのRサブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ 及び、Gサブピクセルの階調値の差 $|G_A - G_B|$ が、所定の閾値 β よりも大きいかなが比較される。この比較結果が β 比較データとして $(2 + 1 \times 2)$ 画素圧縮による圧縮データ22に記述される。

【0102】

更に、下記の手順により、画素A、BのRサブピクセル及びGサブピクセルについて大小認識データが作成される。画素A、BのRサブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β よりも大きい場合、画素A、BのいずれのRサブピクセルの階調値が大きいかが、大小認識データに記述される。画素A、BのRサブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β 以下の場合には、画素A、BのRサブピクセルの階調値の大小関係は、大小認識データに記述されない。同様に、画素A、BのGサブピクセルの階調値の差 $|G_A - G_B|$ が閾値 β よりも大きい場合、画素A、BのいずれのGサブピクセルの階調値が大きいかな

が、大小認識データに記述される。画素 A、B の G サブピクセルの階調値の差 $|G_A - G_B|$ が閾値 β 以下の場合には、画素 A、B の G サブピクセルの階調値の大小関係は、大小認識データに記述されない。

【0103】

図 16 の例では、画素 A、B の R サブピクセルの階調値がそれぞれ、50、59 であり、閾値 β が 4 である。この場合、階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β よりも大きいので、その旨が β 比較データに記載され、また、画素 B の R サブピクセルの階調値が画素 A の R サブピクセルの階調値よりも大きい旨が大小認識データに記述される。一方、画素 A、B の G サブピクセルの階調値がそれぞれ、2、1 である。階調値の差 $|G_A - G_B|$ が閾値 β 以下なので、その旨が β 比較データに記載される。大小認識データには、画素 A、B の G サブピクセルの階調値の大小関係は記述されない。結果として、図 16 の例では、大小認識データは 1 ビットデータになる。

10

【0104】

続いて、R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値の平均値 R_{ave} 、 G_{ave} 、 B_{ave} に誤差データ α が加算される。本実施形態では、誤差データ α は、各組み合わせの 2 画素の座標から基本マトリックスを用いて決定される。誤差データ α の算出については、後に別途に記載する。以下では、本実施形態では、画素 A、B について定められた誤差データ α が 0 であるとして説明が行われる。

【0105】

更に、丸め処理、又は、FRC 処理が行われて R 代表値、G 代表値、B 代表値が算出される。R 代表値、G 代表値については、丸め処理と FRC 処理のいずれが選択されるかは、それぞれ、R サブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ と閾値 β との大小関係、又は、G サブピクセルの階調値の差 $|G_A - G_B|$ と閾値 β との大小関係に応じて決定される。

20

【0106】

詳細には、R サブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β よりも大きい場合、(誤差データ α が加算された後の) R サブピクセルの階調値の平均値 R_{ave} について丸め処理が行われる。具体的には、R サブピクセルの階調値の平均値 R_{ave} に一定値 4 を加えた後、下位 3 ビットを切り捨てる処理が行われる。一方、R サブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β 以下である場合、R サブピクセルの階調値の平均値 R_{ave} について FRC 処理が行われる。詳細には、(誤差データ α が加算された後の) R サブピクセルの階調値の平均値 R_{ave} に FRC 誤差が加算され、その後、下位 2 ビットを切り捨てる処理が行われる。FRC 処理で使用される FRC 誤差は、0 ~ 3 のいずれかの値であり、特定の対象ブロックについて使用される FRC 誤差は、4 フレームを一周期としながらフレーム毎に切り替えられる。このように、(誤差データ α が加算された後の) R サブピクセルの階調値の平均値 R_{ave} について丸め処理又は FRC 処理が行われて R 代表値が算出される。

30

【0107】

同様に、G サブピクセルの階調値の差 $|G_A - G_B|$ が閾値 β よりも大きい場合、(誤差データ α が加算された後の) G サブピクセルの階調値の平均値 G_{ave} について丸め処理が行われる。具体的には、G サブピクセルの階調値の平均値 G_{ave} に一定値 4 を加えた後下位 3 ビットを切り捨てる処理が行われ、これにより G 代表値が算出される。一方、G サブピクセルの階調値の差 $|G_A - G_B|$ が閾値 β 以下である場合、G サブピクセルの階調値の平均値 G_{ave} について FRC 処理が行われる。詳細には、(誤差データ α が加算された後の) G サブピクセルの階調値の平均値 G_{ave} に FRC 誤差が加算され、その後、下位 2 ビットを切り捨てる処理が行われる。使用される FRC 誤差は、0 ~ 3 のいずれかの値であり、特定の対象ブロックについて使用される FRC 誤差は、4 フレームを一周期としながらフレーム毎に切り替えられる。

40

【0108】

一方、B 代表値については、B サブピクセルの階調値の平均値 B_{ave} に一定値 4 を加えた後、下位 3 ビットを切り捨てる丸め処理を行うことによって B 代表値が算出される。

50

【 0 1 0 9 】

図 1 6 の例では、画素 A、B の R 代表値、B 代表値の算出においては、丸め処理が行われ、G 代表値の算出においては、F R C 処理が行われている。図 1 6 は、第 4 m フレーム、第 4 m + 1 フレーム、第 4 m + 2 フレーム、第 4 m + 3 フレームのそれぞれにおいて G 代表値を求めるのに使用される F R C 誤差の値が、それぞれ、2、0、3、1 である場合の G 代表値を示している。例えば、第 4 m フレームにおいては、G サブピクセルの階調値の平均値 $G_{ave} (= 2)$ に対して F R C 誤差の値 $(= 2)$ が加えられ、その後、2 ビットを切り捨てることによって G 代表値が算出される。第 4 m フレームの G 代表値は、下記式で得られる：

$$\begin{aligned} (G \text{ 代表値}) &= (2 + 2) / 4 \\ &= 1. \end{aligned}$$

他のフレームについても同様である。

【 0 1 1 0 】

一方、(相関性が低い)画素 C、D の画像データについては、 (1×4) 画素圧縮と同様の処理が行われる。即ち、画素 C、D のそれぞれについて、ディザマトリックスを用いたディザ処理が独立に行われ、これにより、画素 C、D の画像データのビットプレーン数が減少される。詳細には、まず、画素 C、D の画像データのそれぞれに誤差データ α を加算する処理が行われる。上述のように、各画素の誤差データ α は、当該画素の座標から算出される。以下では、画素 C、D について定められた誤差データ α がそれぞれ 10、15 であるとして説明が行われる。

【 0 1 1 1 】

更に、丸め処理が行われて R_C 、 G_C 、 B_C データ、 R_D 、 G_D 、 B_D データが生成される。詳細には、画素 C、D それぞれの R、G、B サブピクセルの階調値のそれぞれについて、値 8 を加算した後、下位 4 ビットを切り捨てる処理が行われる。これにより、 R_C 、 G_C 、 B_C データ、 R_D 、 G_D 、 B_D データが算出される。

【 0 1 1 2 】

以上のようにして生成された R 代表値、G 代表値、B 代表値、大小認識データ、 β 比較結果データ、 R_C 、 G_C 、 B_C データ、及び R_D 、 G_D 、 B_D に、圧縮種類認識ビット及び選択データを付加することにより、圧縮データ 2 2 が生成される。

【 0 1 1 3 】

図 1 7 A、図 1 7 B は、 $(2 + 1 \times 2)$ 画素圧縮で圧縮された圧縮データ 2 2 の展開方式を示す図である。図 1 7 A、図 1 7 B は、画素 A、B の画像データの間の相関性が高く、画素 C、D の画像データが画素 A、B の画像データに対して相関性が低く、且つ、画素 C、D 相互の画像データの相関性が低い場合における圧縮データ 2 2 の展開について記述している。他の場合も同様にして $(2 + 1 \times 2)$ 画素圧縮で圧縮された圧縮データ 2 2 が展開可能であることは、当業者には容易に理解されよう。

【 0 1 1 4 】

まず、図 1 7 A を参照して、(相関性が高い)画素 A、B の圧縮データ 2 2 に関する展開処理について説明する。図 1 7 A には、第 4 m 乃至 4 m + 3 フレームのそれぞれにおける処理が図示されている。ここで、図 1 7 A の例では、上述のように、画素 A、B の圧縮データ 2 2 の R 代表値と B 代表値の算出においては F R C 処理が行われていない一方、G 代表値の算出においては F R C 処理が行われていることに留意されたい。

【 0 1 1 5 】

まず、R 代表値、G 代表値、B 代表値について、ビット繰り上げ処理が行われる。ただし、R 代表値、G 代表値については、 β 比較データに記述された、階調値の差 $|R_A - R_B|$ 、 $|G_A - G_B|$ と閾値 β との大小関係に応じてビット繰り上げ処理の実行 / 不実行が決定される。R サブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β よりも大きい場合、R 代表値に対して 3 ビットのビット繰り上げ処理が行われ、そうでない場合、ビット繰り上げ処理は、行われない。同様に、G サブピクセルの階調値の差 $|G_A - G_B|$ が閾値 β よりも大きい場合、G 代表値に対して 3 ビットのビット繰り上げ処理が行われ、そうでない場合

10

20

30

40

50

、ビット繰り上げ処理が行われない。図 17 A の例では、R 代表値については、3 ビットを繰り上げる処理が行われ、G 代表値については、ビット繰り上げ処理は行われていない。一方、B 代表値については、 β 比較データに依存せずに、3 ビットのビット繰り上げ処理が行われる。

【0116】

更に、R 代表値、G 代表値、B 代表値のそれぞれについて、誤差データ α の減算が行われた後、R 代表値、G 代表値、B 代表値から展開データ 23 の画素 A、B の R、G、B サブピクセルの階調値を復元する処理が行われる。

【0117】

展開データ 23 の画素 A、B の R サブピクセルの階調値の復元においては、 β 比較データ及び大小認識データが使用される。 β 比較データにおいて、R サブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β よりも大きいと記述されている場合、R 代表値に一定値 5 を加えた値が、画素 A、B のうち大小認識データにおいて大きいと記述されている方の R サブピクセルの階調値として復元され、R 代表値に一定値 5 を減じた値が大小認識データにおいて小さいと記述されている方の R サブピクセルの階調値として復元される。このようにして復元された画素 A、B の R サブピクセルの階調値は、8 ビットの値である。一方、R サブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β よりも小さい場合、画素 A、B の R サブピクセルの階調値は、R 代表値に一致するとして復元される。

【0118】

画素 A、B の G サブピクセルの階調値の復元においても、 β 比較データ及び大小認識データを用いて同様の処理が行われる。 β 比較データにおいて、G サブピクセルの階調値の差 $|G_A - G_B|$ が閾値 β よりも大きいと記述されている場合、G 代表値に一定値 5 を加えた値が、画素 A、B のうち大小認識データにおいて大きいと記述されている方の G サブピクセルの階調値として復元され、G 代表値に一定値 5 を減じた値が大小認識データにおいて小さいと記述されている方の G サブピクセルの階調値として復元される。このようにして復元された画素 A、B の G サブピクセルの階調値は、8 ビットの値である。一方、G サブピクセルの階調値の差 $|G_A - G_B|$ が閾値 β よりも小さい場合、画素 A、B の G サブピクセルの階調値は、G 代表値に一致するとして復元される。

【0119】

ここで、R サブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β よりも小さい場合には、ビット繰り上げ処理が行われないので、得られた画素 A、B の R サブピクセルの階調値は、6 ビットになることに留意されたい。同様に、G サブピクセルの階調値の差 $|G_A - G_B|$ が閾値 β よりも小さい場合には、ビット繰り上げ処理が行われないので、得られた画素 A、B の G サブピクセルの階調値は、6 ビットになる。

【0120】

図 17 A の例では、画素 A の R サブピクセルの階調値は、R 代表値から値 5 だけ減じた 8 ビットの値として復元され、画素 B の R サブピクセルの階調値は、R 代表値から値 5 を加えた 8 ビットの値として復元されている。また、画素 A、B の G サブピクセルの値がいずれも、G 代表値に一致する 6 ビットの値として復元される。

【0121】

一方、画素 A、B の B サブピクセルの階調値の復元においては、 β 比較データ及び大小認識データに無関係に、画素 A、B の B サブピクセルの値がいずれも、B 代表値に一致するとして復元される。このようにして復元された画素 A、B の B サブピクセルの階調値は、8 ビットである。

【0122】

以上で、画素 A、B の R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値の復元が完了する。

【0123】

一方、図 17 B に図示されているように、(相関性が低い)画素 C、D の画像データに関する展開処理では、上述の (1 × 4) 画素圧縮により生成された圧縮データ 22 の展開

10

20

30

40

50

処理と同様の処理が行われる。画素 C、D の画像データに関する展開処理では、まず、 R_C 、 G_C 、 B_C データ、及び R_D 、 G_D 、 B_D データのそれぞれについて、4 ビットのビット繰上げ処理が行われる。更に、誤差データ α の減算が行われ、これにより、画素 C、D の展開データ 23 (即ち、R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値) が復元される。以上で、画素 C、D の R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値の復元が完了する。画素 C、D の R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値は、8 ビットの値として復元される。

【0124】

以上のようにして復元された画像データが、展開データ 23 として FRC 回路 12 に送られる。

10

【0125】

続いて、FRC 回路 12 においては、圧縮回路 5a において FRC 処理が行われていないサブピクセルの階調値について、FRC 処理が行われる。具体的には、詳細には、展開回路 11 は、圧縮種類認識ビットから、圧縮データ 22 の生成が $(2 + 1 \times 2)$ 画素圧縮で行われていることを認識し、更に、 β 比較データから FRC 処理が行われていないサブピクセルを認識する。この認識結果に基づいて、圧縮回路 5a は、FRC 切り替え信号 25 により FRC 回路 12 に所望の画素の所望のサブピクセルの FRC 処理を行うように指示する。図 17A、図 17B の例では、FRC 回路 12 は、画素 A、B の G サブピクセルについては、FRC 処理を行わない。即ち、表示データ 24 の画素 A、B の G サブピクセルの階調値は、展開データ 23 の画素 A、B の G サブピクセルの階調値と同一である。一方、他のサブピクセル (即ち、画素 A、B の R、B サブピクセル、及び画素 C、D の R、G、B サブピクセル) については、FRC 処理が行われる。この FRC 処理では、FRC 処理が行われる各サブピクセルの階調値 (8 ビット) に FRC 誤差を加えた上で下位 2 ビットが切り捨てられる。FRC 誤差としては、図 6A、図 6B に図示されている値が使用される。

20

【0126】

図 18A、図 18B は、それぞれ、図 17A、図 17B の展開データ 23 に FRC 処理を行って生成された表示データ 24 の内容を示す表である。ここで、図 18A は、画素 A、B についての FRC 処理を示しており、図 18B は、画素 C、D についての FRC 処理を示している。図 18A に示されているように、画素 A、B については、R サブピクセルと B サブピクセルの階調値に対して FRC 処理が行われ、G サブピクセルの階調値に対しては処理が行われない。一方、図 18B に示されているように、画素 C、D については、R、G、B サブピクセルの全てに対して FRC 処理が行われる。

30

【0127】

このような FRC 処理により、展開データ 23 に含まれる情報量と同じ情報量を R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルのそれぞれに 6 ビットが割り当てられた表示データ 24 に持たせることができる。図 19 は、図 18A、図 18B に図示されている画素 A ~ D の R、G、B サブピクセルそれぞれの階調値を 4 倍し、得られた値を第 $4m \sim (4m + 3)$ フレームについて平均して得られた平均値を示す表である。図 19 に示された、画素 A ~ D の R、G、B サブピクセルのそれぞれについて得られた平均値は、図 16 の画像データ 21 の値に概ね一致することが理解されよう。これは同時に、表示データ 24 が元の画像データ 21 をよく表現していることを示している。即ち、R、G、B サブピクセルに 6 ビットが割り当てられる表示データ 24 により、疑似的に、8 ビットに相当する階調数の画像表示が実現されている。

40

【0128】

2 - 4. (2×2) 画素圧縮

図 20 は、 (2×2) 画素圧縮により生成された圧縮データ 22 のフォーマットを示す概念図であり、図 21A は、 (2×2) 画素圧縮を説明する概念図である。上述のように、 (2×2) 画素圧縮は、2 画素の画像データの間に高い相関性があり、かつ、他の 2 画素の画像データの間に高い相関性がある場合に使用される圧縮方式である。図 20 に示さ

50

れているように、本実施形態では、 (2×2) 画素圧縮により生成された圧縮データ22が48ビットデータであり、圧縮種類認識ビットと、選択データと、R代表値#1と、G代表値#1と、B代表値#1と、R代表値#2と、G代表値#2と、B代表値#2と、大小認識データと、 β 比較結果データと、パディングデータとで構成される。

【0129】

圧縮種類認識ビットとは、圧縮に使われた圧縮方式の種類を示すデータであり、 (2×2) 画素圧縮により生成された圧縮データ22では、3ビットが圧縮種類認識ビットに割り当てられる。本実施形態では、 (2×2) 画素圧縮により生成された圧縮データ22の圧縮種類認識ビットの値は「110」である。

【0130】

選択データとは、画素A～Dのうち、どの2つの画素の画像データの間の相関性が高いかを示す2ビットデータである。 (2×2) 画素圧縮が使用される場合、画素A～Dのうち、2画素の画像データの間に高い相関性があり、かつ、他の2画素の画像データの間に高い相関性がある。したがって、画像データの相関性が高い2つの画素の組み合わせは、下記の3通りである：

- ・画素A、Bの相関性が高く、画素C、Dの相関性が高い
- ・画素A、Cの相関性が高く、画素B、Dの相関性が高い
- ・画素A、Dの相関性が高く、画素B、Cの相関性が高い

選択データは、2ビットによって、これらの3つの組み合わせのいずれであることを示している。

【0131】

R代表値#1、G代表値#1、B代表値#1は、それぞれ、一方の2画素のRサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルの階調値を代表する値であり、R代表値#2、G代表値#2、B代表値#2は、それぞれ、他方の2画素のRサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルの階調値を代表する値である。図22Aの例では、R代表値#1、G代表値#1、B代表値#1、R代表値#2、及びB代表値#2は、5ビット又は6ビットのデータであり、G代表値#2は6又は7ビットのデータである。

【0132】

β 比較データとは、相関性が高い2つの画素のRサブピクセルの階調値の差、相関性が高い当該2つの画素のGサブピクセルの画像データの差、及び当該2つの画素のBサブピクセルの画像データの差が、所定の閾値 β よりも大きいかなを示すデータである。本実施形態では、 β 比較データは、2対の2画素のそれぞれに3ビットが割り当てられた6ビットのデータである。一方、大小認識データは、相関性が高い2つの画素のうち、どちらの画素のRサブピクセルの階調値が大きいかな、及び、どちらの画素のGサブピクセルの階調値が大きいかなを示すデータである。Rサブピクセルに対応する大小認識データは、相関性が高い2つの画素のRサブピクセルの階調値の差が閾値 β よりも大きい場合にのみ生成され、Gサブピクセルに対応する大小認識データは、相関性が高い2つの画素のGサブピクセルの階調値の差が閾値 β よりも大きい場合にのみ生成され、Bサブピクセルに対応する大小認識データは、相関性が高い2つの画素のBサブピクセルの階調値の差が閾値 β よりも大きい場合にのみ生成される。したがって、大小認識データは、0～6ビットのデータである。

【0133】

パディングデータは、 (2×2) 画素圧縮で生成された圧縮データ22を他の圧縮手法で生成された圧縮データ22と同じビット数にするために付加されている。本実施形態では、パディングデータは、1ビットのデータである。

【0134】

以下、図21A、図21Bを参照しながら、 (2×2) 画素圧縮について説明する。図21Aは、画素A、Bの画像データの間の相関性が高く、画素C、Dの画像データの間の相関性が高い場合における圧縮データ22の生成について記述している。他の場合も同様にして圧縮データ22が生成可能であることは、当業者には容易に理解されよう。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 5 】

まず、Rサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルのそれぞれについて、階調値の平均値が算出される。画素A、BのRサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルの階調値の平均値 R_{ave1} 、 G_{ave1} 、 B_{ave1} 、及び画素C、DのRサブピクセル、Gサブピクセル、Bサブピクセルの階調値の平均値 R_{ave2} 、 G_{ave2} 、 B_{ave2} は、下記式によって算出される：

$$R_{ave1} = (R_A + R_B + 1) / 2,$$

$$G_{ave1} = (G_A + G_B + 1) / 2,$$

$$B_{ave1} = (B_A + B_B + 1) / 2,$$

$$R_{ave2} = (R_A + R_B + 1) / 2,$$

$$G_{ave2} = (G_A + G_B + 1) / 2,$$

$$B_{ave1} = (B_A + B_B + 1) / 2.$$

10

【 0 1 3 6 】

更に、画素A、BのRサブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ 、Gサブピクセルの階調値の差 $|G_A - G_B|$ が、Bサブピクセルの階調値の差 $|B_A - B_B|$ が、所定の閾値 β よりも大きいかが比較される。同様に、画素C、DのRサブピクセルの階調値の差 $|R_C - R_D|$ 、Gサブピクセルの階調値の差 $|G_C - G_D|$ が、Bサブピクセルの階調値の差 $|B_C - B_D|$ が、所定の閾値 β よりも大きいかが比較される。これらの比較結果は、 β 比較データとして圧縮データ22に記述される。

【 0 1 3 7 】

20

更に、画素A、Bの組み合わせ、及び画素C、Dの組み合わせのそれぞれについて大小認識データが作成される。

【 0 1 3 8 】

詳細には、画素A、BのRサブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β よりも大きい場合、画素A、BのいずれのRサブピクセルの階調値が大きいか、大小認識データに記述される。画素A、BのRサブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β 以下の場合には、画素A、BのRサブピクセルの階調値の大小関係は、大小認識データに記述されない。同様に、画素A、BのGサブピクセルの階調値の差 $|G_A - G_B|$ が閾値 β よりも大きい場合、画素A、BのいずれのGサブピクセルの階調値が大きいか、大小認識データに記述される。画素A、BのGサブピクセルの階調値の差 $|G_A - G_B|$ が閾値 β 以下の場合には、画素A、BのGサブピクセルの階調値の大小関係は、大小認識データに記述されない。加えて、画素A、BのBサブピクセルの階調値の差 $|B_A - B_B|$ が閾値 β よりも大きい場合、画素A、BのいずれのBサブピクセルの階調値が大きいか、大小認識データに記述される。画素A、BのBサブピクセルの階調値の差 $|B_A - B_B|$ が閾値 β 以下の場合には、画素A、BのBサブピクセルの階調値の大小関係は、大小認識データに記述されない。

30

【 0 1 3 9 】

同様に、画素C、DのRサブピクセルの階調値の差 $|R_C - R_D|$ が閾値 β よりも大きい場合、画素C、DのいずれのRサブピクセルの階調値が大きいか、大小認識データに記述される。画素C、DのRサブピクセルの階調値の差 $|R_C - R_D|$ が閾値 β 以下の場合には、画素C、DのRサブピクセルの階調値の大小関係は、大小認識データに記述されない。同様に、画素C、DのGサブピクセルの階調値の差 $|G_C - G_D|$ が閾値 β よりも大きい場合、画素C、DのいずれのGサブピクセルの階調値が大きいか、大小認識データに記述される。画素C、DのGサブピクセルの階調値の差 $|G_C - G_D|$ が閾値 β 以下の場合には、画素C、DのGサブピクセルの階調値の大小関係は、大小認識データに記述されない。加えて、画素C、DのBサブピクセルの階調値の差 $|B_C - B_D|$ が閾値 β よりも大きい場合、画素C、DのいずれのBサブピクセルの階調値が大きいか、大小認識データに記述される。画素C、DのBサブピクセルの階調値の差 $|B_C - B_D|$ が閾値 β 以下の場合には、画素C、DのBサブピクセルの階調値の大小関係は、大小認識データに記述されない。

40

50

【 0 1 4 0 】

図 2 1 A の例では、画素 A、B の R サブピクセルの階調値がそれぞれ、5 0、5 9 であり、閾値 β が 4 である。この場合、階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β よりも大きいので、その旨が β 比較データに記載され、また、画素 B の R サブピクセルの階調値が画素 A の R サブピクセルの階調値よりも大きい旨が大小認識データに記述される。一方、画素 A、B の G サブピクセルの階調値がそれぞれ、2、1 である。この場合、階調値の差 $|G_A - G_B|$ が閾値 β 以下なので、その旨が β 比較データに記載される。大小認識データには、画素 A、B の G サブピクセルの階調値の大小関係は記述されない。更に、画素 A、B の B サブピクセルの階調値がそれぞれ、3 0、3 9 である。この場合、階調値の差 $|B_A - B_B|$ が閾値 β よりも大きいので、その旨が β 比較データに記載され、また、画素 B の B サブピクセルの階調値が画素 A の B サブピクセルの階調値よりも大きい旨が大小認識データに記述される。

10

【 0 1 4 1 】

また、画素 C、D の R サブピクセルの階調値が、いずれも、1 0 0 である。この場合、階調値の差 $|R_C - R_D|$ が閾値 β 以下なので、その旨が β 比較データに記載される。大小認識データには、画素 A、B の G サブピクセルの階調値の大小関係は記述されない。また、画素 C、D の G サブピクセルの階調値がそれぞれ、8 0、8 5 である。この場合、階調値の差 $|G_A - G_B|$ が閾値 β より大きいので、その旨が β 比較データに記載され、また、画素 D の G サブピクセルの階調値が画素 C の G サブピクセルの階調値よりも大きい旨が大小認識データに記述される。更に、画素 C、D の B サブピクセルの階調値がそれぞれ、8、2 である。この場合、階調値の差 $|B_C - B_D|$ が閾値 β よりも大きいので、その旨が β 比較データに記載され、また、画素 C の B サブピクセルの階調値が画素 D の B サブピクセルの階調値よりも大きい旨が大小認識データに記述される。

20

【 0 1 4 2 】

更に、画素 A、B の R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値の平均値 R_{ave1} 、 G_{ave1} 、 B_{ave1} 、及び、画素 C、D の R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値の平均値 R_{ave2} 、 G_{ave2} 、 B_{ave2} に、誤差データ α が加算される。本実施形態では、誤差データ α は、各組み合わせの 2 画素の座標からベイヤーマトリックスである基本マトリックスを用いて決定される。誤差データ α の算出については、後に別途に記載する。以下では、本実施形態では、画素 A、B について定められた誤差データ α が 0 であるとして説明が行われる。

30

【 0 1 4 3 】

更に、（誤差データ α が加算された後の）R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値の平均値 R_{ave1} 、 G_{ave1} 、 B_{ave1} 、 R_{ave2} 、 G_{ave2} 、 B_{ave2} に対して丸め処理又は FRC 処理が行われ、R 代表値 # 1、G 代表値 # 1、B 代表値 # 1、R 代表値 # 2、G 代表値 # 2、B 代表値 # 2 が算出される。

【 0 1 4 4 】

まず、画素 A、B について説明すると、画素 A、B の R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値の平均値 R_{ave1} 、 G_{ave1} 、 B_{ave1} のそれぞれに対して丸め処理と FRC 処理のいずれが選択されるかは、それぞれ、R サブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ と閾値 β との大小関係、G サブピクセルの階調値の差 $|G_A - G_B|$ と閾値 β との大小関係、及び、B サブピクセルの階調値の差 $|B_A - B_B|$ と閾値 β との大小関係に応じて決定される。画素 A、B の R サブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β よりも大きい場合、R サブピクセルの階調値の平均値 R_{ave1} に値 4 を加えた後下位 3 ビットを切り捨てる丸め処理が行われ、これにより R 代表値 # 1 が算出される。一方、R サブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β 以下である場合、R サブピクセルの階調値の平均値 R_{ave1} に対して FRC 処理が行われる。詳細には、（誤差データ α が加算された後の）R サブピクセルの階調値の平均値 R_{ave} に FRC 誤差が加算され、その後、下位 2 ビットを切り捨てる処理が行われて R 代表値 # 1 が算出される。FRC 処理で使用される FRC 誤差は、0 ~ 3 のいずれかの 2 ビットの値であり、特定の対

40

50

象ブロックについて使用される F R C 誤差は、4 フレームを一周期としながらフレーム毎に切り替えられる。このように、(誤差データ α が加算された後の) R サブピクセルの階調値の平均値 R_{ave} について丸め処理又は F R C 処理が行われて R 代表値 # 1 が算出される。丸め処理が行われた場合には R 代表値 # 1 は、5 ビットであり、F R C 処理が行われた場合には R 代表値 # 1 は 6 ビットである。

【 0 1 4 5 】

G サブピクセル、B サブピクセルについても同様である。階調値の差 $|G_A - G_B|$ が閾値 β よりも大きい場合、G サブピクセルの階調値の平均値 G_{ave1} に値 4 を加えた後下位 3 ビットを切り捨てる処理が行われ、これにより G 代表値 # 1 が算出される。そうでない場合、平均値 G_{ave1} に F R C 誤差が加算され、その後、下位 2 ビットを切り捨てる処理が行われ、これにより G 代表値 # 1 が算出される。更に、階調値の差 $|B_A - B_B|$ が閾値 β よりも大きい場合、B サブピクセルの階調値の平均値 B_{ave1} に値 4 を加えた後下位 3 ビットを切り捨てる処理が行われ、これにより B 代表値 # 1 が算出される。そうでない場合、平均値 B_{ave1} に F R C 誤差が加算され、その後、下位 2 ビットを切り捨てる処理が行われ、これにより B 代表値 # 1 が算出される。

【 0 1 4 6 】

図 2 1 A の例では、画素 A、B の R サブピクセルの平均値 R_{ave1} については、値 4 を加えた後下位 3 ビットを切り捨てる丸め処理が行われて R 代表値 # 1 が算出される。また、画素 A、B の G サブピクセルの平均値 G_{ave1} については、F R C 処理が行われて G 代表値 # 1 が算出される。更に、画素 A、B の B サブピクセルについては、B サブピクセルの階調値の平均値 B_{ave1} に値 4 を加えた後下位 3 ビットを切り捨てる丸め処理が行われ、これにより B 代表値 # 1 が算出される。

【 0 1 4 7 】

画素 C、D の組み合わせについても同様に、丸め処理又は F R C 処理が行われて R 代表値 # 2、G 代表値 # 2、B 代表値 # 2 が算出される。図 2 1 A の例では、画素 C、D の R サブピクセルの平均値 R_{ave2} については、F R C 処理が行われて R 代表値 # 2 が算出される。使用される F R C 誤差は、0 ~ 3 のいずれかの 2 ビットの値である。また、画素 C、D の G サブピクセルの平均値 G_{ave2} については、値 4 を加えた後下位 3 ビットを切り捨てる処理が行われて G 代表値 # 2 が算出される。更に、画素 C、D の B サブピクセルについては、B サブピクセルの階調値の平均値 B_{ave2} に値 4 を加えた後下位 3 ビットを切り捨てる処理が行われ、これにより B 代表値 # 2 が算出される。

【 0 1 4 8 】

以上により、(2×2) 画素圧縮による圧縮処理が完了する。

【 0 1 4 9 】

一方、図 2 2 A、図 2 2 B は、(2×2) 画素圧縮で圧縮された圧縮データ 2 2 の展開方式を示す図である。図 2 2 A、図 2 2 B は、画素 A、B の画像データの間の相関性が高く、且つ、画素 C、D の画像データの間の相関性が高い場合における (2×2) 画素圧縮で生成された圧縮データ 2 2 の展開について記述している。他の場合も同様にして (2×2) 画素圧縮で生成された圧縮データ 2 2 が展開可能であることは、当業者には容易に理解されよう。

【 0 1 5 0 】

まず、R 代表値 # 1、G 代表値 # 1、B 代表値 # 1、R 代表値 # 2、G 代表値 # 2、B 代表値 # 2 のうち、丸め処理が行われて算出された代表値に対してビット繰上げ処理が行われる。算出の過程において F R C 処理が行われた代表値については、ビット繰上げ処理は行われない。例えば、R 代表値 # 1 について、R サブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β よりも大きい場合、R 代表値 # 1 に対して 3 ビットのビット繰上げ処理が行われ、そうでない場合にはビット繰上げ処理は行われない。同様に、画素 A、B の G サブピクセルの階調値の差 $|G_A - G_B|$ が閾値 β よりも大きい場合、G 代表値 # 1 に対して 3 ビットのビット繰上げ処理が行われ、そうでない場合にはビット繰上げ処理は行われない。更に、画素 A、B の B サブピクセルの階調値の差 $|B_A - B_B|$ が閾値 β よりも大き

10

20

30

40

50

い場合、B 代表値 # 1 に対して 3 ビットのビット繰上げ処理が行われ、そうでない場合にはビット繰上げ処理は行われず、R 代表値 # 2、G 代表値 # 2、B 代表値 # 2 についても同様である。

【 0 1 5 1 】

図 2 2 A の例では、R 代表値 # 1 については、3 ビットを繰り上げる処理が行われ、G 代表値 # 1 については、ビット繰上げ処理は行われず、B 代表値 # 1 については、3 ビットのビット繰上げ処理が行われる。また、R 代表値 # 2 については、ビット繰上げ処理は行われず、G 代表値 # 2 及び B 代表値 # 2 については、3 ビットのビット繰上げ処理が行われる。ここで、ビット繰上げ処理が行われた代表値は 8 ビットであり、ビット繰上げ処理が行われない代表値は 6 ビットであることに留意されたい。

10

【 0 1 5 2 】

更に、R 代表値 # 1、G 代表値 # 1、B 代表値 # 1、R 代表値 # 2、G 代表値 # 2、B 代表値 # 2 のそれぞれから誤差データ α が減算された後、これらの代表値から、画素 A、B の R、G、B サブピクセルの階調値、及び画素 C、D の R、G、B サブピクセルの階調値を復元する処理が行われる。

【 0 1 5 3 】

階調値の復元においては、 β 比較データ及び大小認識データが使用される。 β 比較データにおいて、画素 A、B の R サブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β よりも大きいと記述されている場合、R 代表値 # 1 に一定値 5 を加えた値が、画素 A、B のうち大小認識データにおいて大きいと記述されている方の R サブピクセルの階調値として復元され、R 代表値 # 1 に一定値 5 を減じた値が、大小認識データにおいて小さいと記述されている方の R サブピクセルの階調値として復元される。画素 A、B の R サブピクセルの階調値の差 $|R_A - R_B|$ が閾値 β よりも小さい場合、画素 A、B の R サブピクセルの階調値は、R 代表値 # 1 に一致するとして復元される。同様に、画素 A、B の G サブピクセル、B サブピクセルの階調値、及び画素 C、D の R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値も同様の手順によって復元される。

20

【 0 1 5 4 】

図 2 1 B の例では、画素 A の R サブピクセルの階調値は、R 代表値 # 1 から値 5 だけ減じた値として復元され、画素 B の R サブピクセルの階調値は、R 代表値 # 1 から値 5 を加えた値として復元されている。また、画素 A、B の G サブピクセルの階調値は、G 代表値 # 1 に一致する値として復元される。更に、画素 A の B サブピクセルの階調値は B 代表値 # 1 から値 5 だけ減じた値として復元され、画素 B の B サブピクセルの階調値は、B 代表値 # 1 から値 5 を加えた値として復元されている。一方、画素 C、D の R サブピクセルの階調値は、B 代表値 # 2 に一致する値として復元される。また、画素 C の G サブピクセルの階調値は、G 代表値 # 2 から値 5 だけ減じた値として復元され、画素 D の G サブピクセルの階調値は、G 代表値 # 2 から値 5 を加えた値として復元されている。更に、画素 C の B サブピクセルの階調値は、G 代表値 # 2 から値 5 を加えて値として復元され、画素 D の B サブピクセルの階調値は、G 代表値 # 2 から値 5 を減じた値として復元されている。

30

【 0 1 5 5 】

続いて、FRC 回路 1 2 において、圧縮回路 5 a において FRC 処理が行われていないサブピクセルの階調値について、FRC 処理が行われる。図 2 3 A は画素 A、B についての FRC 処理の内容を示す図であり、図 2 3 B は、画素 C、D についての FRC 処理の内容を示す図である。より具体的には、展開回路 1 1 は、圧縮種類認識ビットから、圧縮データ 2 2 の生成が (2×2) 画素圧縮で行われていることを認識し、更に、 β 比較データから FRC 処理が行われていないサブピクセルを認識する。この認識結果に基づいて、圧縮回路 5 a は、FRC 切り替え信号 2 5 により FRC 回路 1 2 に所望の画素の所望のサブピクセルの FRC 処理を行うように指示する。

40

【 0 1 5 6 】

図 2 3 A の例では、FRC 回路 1 2 は、画素 A、B の R、B サブピクセル、及び画素 C、D の G、B サブピクセルについて FRC 処理を行う。画素 A、B の G サブピクセル及び

50

画素 C、D の R サブピクセルについては F R C 処理を行わない。即ち、表示データ 2 4 の画素 A、B の G サブピクセルの階調値は、展開データ 2 3 の画素 A、B の G サブピクセルの階調値と同一であり、即ち、表示データ 2 4 の画素 C、D の R サブピクセルの階調値は、展開データ 2 3 の画素 C、D の R サブピクセルの階調値と同一である。この F R C 処理では、F R C 処理が行われる各サブピクセルの階調値（8 ビット）に F R C 誤差を加えた上で下位 2 ビットが切り捨てられる。F R C 誤差としては、図 6 A、図 6 B に図示されている値が使用される。

【0157】

このような F R C 処理により、展開データ 2 3 に含まれる情報量と同じ情報量を R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルのそれぞれに 6 ビットが割り当てられた表示データ 2 4 に持たせることができる。図 2 4 は、図 2 3 A、図 2 3 B に図示されている画素 A ~ D の R、G、B サブピクセルそれぞれの階調値を 4 倍し、得られた値を第 4 m ~ (4 m + 3) フレームについて平均して得られた平均値を示す表である。図 2 4 に示された、画素 A ~ D の R、G、B サブピクセルのそれぞれについて得られた平均値は、図 2 1 A に図示された画像データ 2 1 の値に概ね一致することが理解されよう。これは同時に、表示データ 2 4 が元の画像データ 2 1 をよく表現していることを示している。即ち、R、G、B サブピクセルに 6 ビットが割り当てられる表示データ 2 4 により、疑似的に、8 ビットに相当する階調数の画像表示が実現されている。

【0158】

2 - 5 . (3 + 1) 画素圧縮

図 2 5 は、(3 + 1) 画素圧縮で圧縮された圧縮データ 2 2 のフォーマットを示す概念図であり、図 2 6 は、(3 + 1) 画素圧縮を説明する概念図である。上述のように、(3 + 1) 画素圧縮は、3 画素の画像データの間に高い相関性があり、かつ、当該 3 画素の画像データと残りの 1 画素の画像データの間の相関性が低い場合に使用される圧縮方式である。図 2 5 に示されているように、本実施形態では、(3 + 1) 画素圧縮で生成された圧縮データ 2 2 は 4 8 ビットデータであり、圧縮種類認識ビットと、R 代表値と、G 代表値と、B 代表値と、R_i データと、G_i データと、B_i データと、パディングデータとで構成されている。

【0159】

圧縮種類認識ビットとは、圧縮に使われた圧縮方式の種類を示すデータであり、(3 + 1) 画素圧縮により生成された圧縮データ 2 2 では、5 ビットが圧縮種類認識ビットに割り当てられる。本実施形態では、(3 + 1) 画素圧縮により生成された圧縮データ 2 2 の圧縮種類認識ビットの値は「1 1 1 1 0」である。

【0160】

R 代表値、G 代表値、B 代表値は、それぞれ、相関性が高い 3 つの画素の R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値を代表する値である。R 代表値、G 代表値、B 代表値は、それぞれ、相関性が高い 3 画素の R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値の平均値として算出される。図 2 5 の例では、R 代表値、G 代表値、及び B 代表値は、いずれも、8 ビットデータである。

【0161】

一方、R_i、G_i、B_i データ、及び R_j、G_j、B_j データは、残りの 1 つの画素の R、G、B サブピクセルの階調値に対してビットプレーン数を減少させる処理を行って得られるビットプレーン減少データである。本実施形態では、F R C 処理を行うことによってビットプレーン数が減少されている。本実施形態では、R_i、G_i、B_i データ、及び R_j、G_j、B_j データは、いずれも、6 ビットデータである。

【0162】

パディングデータは、(3 + 1) 画素圧縮で生成された圧縮データ 2 2 を他の圧縮手法で生成された圧縮データ 2 2 と同じビット数にするために付加されている。本実施形態では、パディングデータは、1 ビットのデータである。

【0163】

以下、図 2 6 を参照しながら、(3 + 1) 画素圧縮について説明する。図 2 6 は、画素 A、B、C の画像データの間の相関性が高く、画素 D の画像データが画素 A、B、C の画像データと相関性が低い場合における圧縮データ 2 2 の生成について記述している。他の場合も同様にして圧縮データ 2 2 が生成可能であることは、当業者には容易に理解されよう。

【 0 1 6 4 】

まず、画素 A、B、C の R サブピクセルの階調値の平均値、G サブピクセルの階調値の平均値、B サブピクセルの階調値の平均値がそれぞれに算出され、算出された平均値が R 代表値、G 代表値、B 代表値として決定される。R 代表値、G 代表値、B 代表値は、下記式によって算出される：

$$R_{ave1} = (R_A + R_B + R_C) / 3,$$

$$G_{ave1} = (G_A + G_B + G_C) / 3,$$

$$B_{ave1} = (B_A + B_B + B_C) / 3.$$

【 0 1 6 5 】

更に、画素 D の R サブピクセル、G サブピクセル、及び B サブピクセルの階調値について F R C 処理が行われる。詳細には、画素 D の R サブピクセル、G サブピクセル、及び B サブピクセルの階調値に F R C 誤差が加算され、その後、下位 2 ビットを切り捨てる処理が行われる。F R C 処理で使用される F R C 誤差は、0 ~ 3 のいずれかの値であり、図 6 A、図 6 B に図示されている値が使用される。図 2 6 には、画素 D の R サブピクセル、G サブピクセル、及び B サブピクセルの階調値に F R C 処理を行って生成された場合の圧縮データ 2 2 の内容が図示されている。

【 0 1 6 6 】

一方、図 2 7 は、(3 + 1) 画素圧縮で圧縮された圧縮データ 2 2 の展開方式及びその後に行われる F R C 処理を示す図である。図 2 7 は、画素 A、B の画像データの間の相関性が高く、且つ、画素 C、D の画像データの間の相関性が高い場合における (3 + 1) 画素圧縮で生成された圧縮データ 2 2 の展開について記述しているが、他の場合も同様にして (3 + 1) 画素圧縮で生成された圧縮データ 2 2 が展開可能であることは、当業者には容易に理解されよう。

【 0 1 6 7 】

展開回路 1 1 における展開処理では、画素 A、B、C それぞれの R サブピクセルの階調値が R 代表値に一致し、画素 A、B、C それぞれの G サブピクセルの階調値が G 代表値に一致し、画素 A、B、C それぞれの B サブピクセルの階調値が B 代表値に一致するとして展開データ 2 3 が生成される。一方、画素 D については、何らの処理も行わず、 R_i 、 G_i 、 B_i データが、そのまま、画素 D の R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値として使用される。

【 0 1 6 8 】

F R C 回路 1 2 は、画素 A、B、C の R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値について F R C 処理を行う。詳細には、画素 A、B、C の R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値に F R C 誤差が加算され、その後、下位 2 ビットを切り捨てる処理が行われる。F R C 処理で使用される F R C 誤差は、0 ~ 3 のいずれかの値であり、図 6 A、図 6 B に図示されている値が使用される。ここで、圧縮回路 5 a において F R C 処理を行った画素 D の R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルの階調値については、F R C 処理を行わないことに留意されたい。

【 0 1 6 9 】

このような F R C 処理により、展開データ 2 3 に含まれる情報量と同じ情報量を R サブピクセル、G サブピクセル、B サブピクセルのそれぞれに 6 ビットが割り当てられた表示データ 2 4 に持たせることができる。図 2 8 は、図 2 7 に図示されている画素 A ~ D の R、G、B サブピクセルそれぞれの階調値を 4 倍し、得られた値を第 $4m \sim (4m + 3)$ フレームについて平均して得られた平均値を示す表である。図 2 8 に示された、画素 A ~ D の R、G、B サブピクセルのそれぞれについて得られた平均値は、図 2 6 に図示された画

10

20

30

40

50

像データ 2 1 の値に概ね一致することが理解されよう。これは同時に、表示データ 2 4 が元の画像データ 2 1 をよく表現していることを示している。即ち、R、G、B サブピクセルに 6 ビットが割り当てられる表示データ 2 4 により、疑似的に、8 ビットに相当する階調数の画像表示が実現されている。

【 0 1 7 0 】

2 - 6 . (4 × 1) 画素圧縮

上述されているように、4 画素の画像データの間に関係性がある場合には、圧縮回路 5 a では第 1 の実施形態で記載した (4 × 1) 画素圧縮が行われる。(4 × 1) 画素圧縮が行われる場合、圧縮回路 5 a は、画像データ 2 1 に対して (4 × 1) 画素圧縮を行って圧縮データ 2 2 を生成し、展開回路 1 1 は、第 1 の実施形態と同一の展開方式で圧縮データ 2 2 から展開データ 2 3 を生成する。更に、F R C 回路 1 2 は、第 1 の実施形態と同一の F R C 処理によって展開データ 2 3 から表示データ 2 4 を生成する。表示データ 2 4 が、疑似的に展開データ 2 3 と同じ情報量を有していること、及び、元の画像データ 2 1 を概ね反映していることは、上述の通りである。

【 0 1 7 1 】

2 - 7 . 誤差データ α の算出

以下では、(1 × 4) 画素圧縮、(2 + 1 × 2) 画素圧縮、(2 × 2) 画素圧縮で使用される誤差データ α の算出について説明する。

【 0 1 7 2 】

(1 × 4) 画素圧縮、及び、(2 + 1 × 2) 画素圧縮において行われる、各画素のそれぞれについて行われるビットプレーン減少処理に使用される誤差データ α は、図 2 9 に示されている基本マトリックスと、各画素の座標から算出される。ここで基本マトリックスとは、画素の x 座標の下位 2 ビット x 1、x 0 及び y 座標の下位 2 ビット y 1、y 0 と、誤差データ α の基本値 Q との関係が記述されているマトリックスでのことであり、また、基本値 Q とは、誤差データ α の算出の種 (seed) として使用される値のことである。

【 0 1 7 3 】

詳細には、まず、対象の画素の x 座標の下位 2 ビット x 1、x 0 及び y 座標の下位 2 ビット y 1、y 0 に基づいて当該基本マトリックスの行列要素のうちから基本値 Q が抽出される。例えば、ビットプレーン減少処理の対象が画素 A であり、当該画素 A の座標の下位 2 ビットが「 0 0 」である場合、基本値 Q として「 1 5 」が抽出される。

【 0 1 7 4 】

更に、ビットプレーン減少処理において引き続いて行われるビット切捨て処理のビット数に応じて、基本値 Q に下記の演算が行われ、これにより、誤差データ α が算出される：

$\alpha = Q \times 2$, (ビット切捨て処理のビット数が 5)

$\alpha = Q$, (ビット切捨て処理のビット数が 4)

$\alpha = Q / 2$. (ビット切捨て処理のビット数が 3)

【 0 1 7 5 】

一方、(2 + 1 × 2) 画素圧縮、及び (2 × 2) 画素圧縮における、相関性が高い 2 画素の画像データの代表値の算出処理に使用される誤差データ α は、図 2 9 に示されている基本マトリックスと、対象の当該 2 画素の x 座標、y 座標の下位 2 ビット目 x 1、y 1 とから算出される。詳細には、まず、対象ブロックの含まれる対象の 2 画素の組み合わせに応じて、対象ブロックのいずれかの画素が、基本値 Q の抽出に使用される画素として決定される。以下では、基本値 Q の抽出に使用される画素を Q 抽出画素と記載する。対象の 2 画素の組み合わせと、Q 抽出画素の関係は下記の通りである：

- ・対象の 2 画素が画素 A、B の場合：Q 抽出画素は画素 A
- ・対象の 2 画素が画素 A、C の場合：Q 抽出画素は画素 A
- ・対象の 2 画素が画素 A、D の場合：Q 抽出画素は画素 A
- ・対象の 2 画素が画素 B、C の場合：Q 抽出画素は画素 B
- ・対象の 2 画素が画素 B、D の場合：Q 抽出画素は画素 B
- ・対象の 2 画素が画素 C、D の場合：Q 抽出画素は画素 B

【 0 1 7 6 】

更に、対象の 2 画素の x 座標、y 座標の下位 2 ビット目 x 1、y 1 に応じて当該基本マトリックスから、Q 抽出画素に対応する基本値 Q が抽出される。例えば、対象の 2 画素が画素 A、B である場合、Q 抽出画素は、画素 A である。この場合、基本マトリックスにおいて Q 抽出画素である画素 A に対応付けられた 4 つの基本値 Q のうちから、x 1、y 1 に応じて、最終的に使用される基本値 Q が下記のように決定される。

$Q = 15$, ($x1 = y1 = 「0」$)

$Q = 01$, ($x1 = 「1」$, $y1 = 「0」$)

$Q = 07$, ($x1 = 「0」$, $y1 = 「1」$)

$Q = 13$. ($x1 = y1 = 「1」$)

10

【 0 1 7 7 】

更に、代表値の算出処理において引き続いて行われるビット切捨て処理のビット数に応じて、基本値 Q に下記の演算が行われ、これにより、相関性が高い 2 画素の画像データの代表値の算出処理に使用される誤差データ α が算出される：

$\alpha = Q / 2$, (ビット切捨て処理のビット数が 3)

$\alpha = Q / 4$, (ビット切捨て処理のビット数が 2)

$\alpha = Q / 8$. (ビット切捨て処理のビット数が 1)

【 0 1 7 8 】

例えば、対象の 2 画素が画素 A、B であり、 $x1 = y1 = 「1」$ であり、ビット切捨て処理のビット数が 3 である場合には、下記の式によって誤差データ α が決定される：

20

$Q = 13$,

$\alpha = 13 / 2 = 6$.

【 0 1 7 9 】

なお、誤差データ α の算出方法は、上記には限定されない。例えば、基本マトリックスとしては、ペイヤーマトリックスである他のマトリックスが使用可能である。

【 0 1 8 0 】

2 - 8 . 圧縮種類認識ビット

以上に説明されている圧縮方式において留意すべき事項の一つは、各圧縮データ 22 における圧縮種類認識ビットのビット数の配分である。本実施形態では、圧縮データ 22 が 48 ビットで固定であるのに対し、圧縮種類認識ビットは 1 ~ 5 ビットの間で可変である。詳細には、本実施形態では、(1 × 4) 画素圧縮、(2 + 1 × 2) 画素圧縮、(2 × 2) 画素圧縮、(4 × 1) ビット圧縮の圧縮種類認識ビットは、下記のとおりである：

30

(1 × 4) 画素圧縮 : 「 0 」 (1 ビット)

(2 + 1 × 2) 画素圧縮 : 「 1 0 」 (2 ビット)

(2 × 2) 画素圧縮 : 「 1 1 0 」 (3 ビット)

(4 × 1) 画素圧縮 : 「 1 1 1 0 」 (4 ビット)

(3 + 1) 画素圧縮 : 「 1 1 1 1 0 」 (5 ビット)

可逆圧縮 : 「 1 1 1 1 1 」 (5 ビット)

ここで、概略的には、対象ブロックの画素の画像データの間の相関性が低いほど圧縮種類認識ビットに割り当てられるビット数が少なく、対象ブロックの画素の画像データの間の相関性が高いほど圧縮種類認識ビットに割り当てられるビット数が多いことに留意されたい。

40

【 0 1 8 1 】

圧縮データ 22 のビット数が、圧縮方式に関わらず固定であることは、画像メモリ 14 への圧縮データ 22 の書き込み、及び、画像メモリ 14 からの圧縮データ 22 の読み出しのシーケンスを簡略化することに有効である。

【 0 1 8 2 】

一方、対象ブロックの画素の画像データの間の相関性が低いほど圧縮種類認識ビットに割り当てられるビット数が少ない (即ち、画像データに割り当てられるビット数が多い) ことは、全体としての圧縮歪みを軽減するために有効である。対象ブロックの画素の画像

50

データの間の相関性が高い場合には、画像データに割り当てられるビット数が少なくても、画像の劣化を小さくしながら画像データを圧縮可能である。一方、対象ブロックの画素の画像データの間の相関性が低い場合には、画像データに割り当てられるビット数が増大され、これにより圧縮歪みが軽減されている。

【 0 1 8 3 】

ここで、 $(3 + 1)$ 画素圧縮において圧縮種類認識ビットに割り当てられるビット数が多いので、一見、 (4×1) 画素圧縮と $(3 + 1)$ 画素圧縮との間については、「対象ブロックの画素の画像データの間の相関性が低いほど圧縮種類認識ビットに割り当てられるビット数が少ない」という要求が満たされていないように見えるかもしれない。しかし、 (4×1) 画素圧縮の実施を決定する条件(C)に規定されている閾値 $Th3$ よりも $(3 + 1)$ 画素圧縮の実施を決定する条件(D1) ~ (D4)に規定されている閾値 $Th4$ の値を小さくすれば、上記の要求は満たされる。

10

【 0 1 8 4 】

以上には、本発明の様々な実施形態が記載されているが、本発明は、上記の実施形態に限定して解釈してはならない。例えば、上述の実施形態では液晶表示パネルを備えた液晶表示装置が提示されているが、本発明が、他の表示デバイスを備えた表示装置にも適用可能であることは当業者には明らかである。

【 0 1 8 5 】

また、上述の実施形態では対象ブロックが1行4列の画素として定義されているが、対象ブロックは、任意の配置の4画素として定義されてもよい。例えば、図30に図示されているように、対象ブロックが2行2列の画素として定義されてもよい。この場合でも、画素A、B、C、Dを図30のように定義すれば、上述と同じ処理を行うことができる。図31は、この場合に使用されるFRC誤差を示す。この場合でも、使用されるFRC誤差の単位が異なるだけで、FRC誤差の値としては同じ値が使用される。

20

【 符号の説明 】

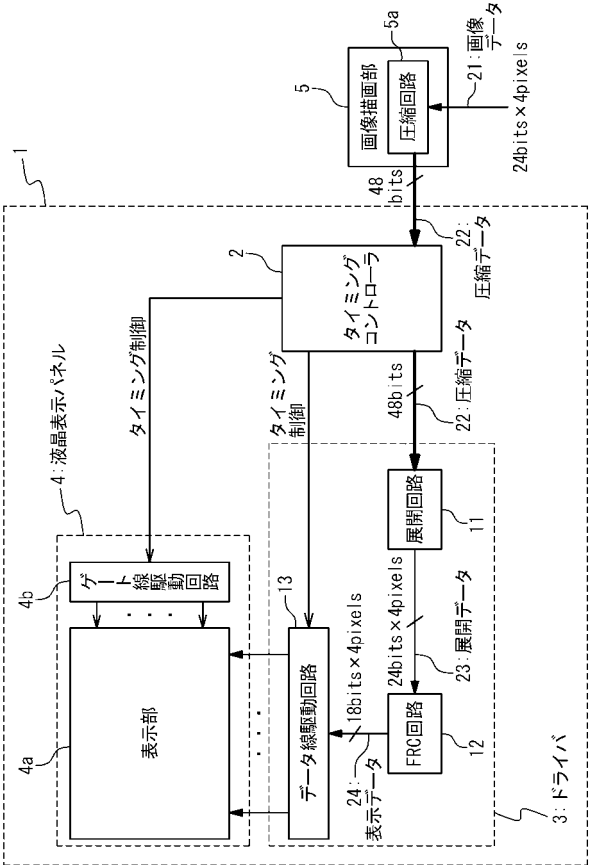
【 0 1 8 6 】

- 1 : 液晶表示装置
- 2 : タイミングコントローラ
- 3 : ドライバ
- 4 : 液晶表示パネル
- 4 a : 表示部
- 4 b : ゲート線駆動回路
- 5 : 画像描画部
- 5 a : 圧縮回路
- 1 1 : 展開回路
- 1 2 : FRC回路
- 1 3 : データ線駆動回路
- 2 1 : 画像データ
- 2 2 : 圧縮データ
- 2 3 : 展開データ
- 2 4 : 表示データ

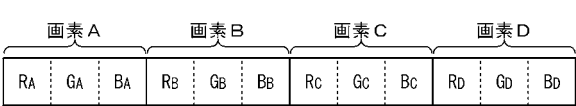
30

40

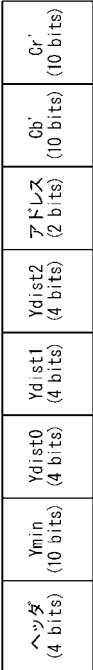
【図 1】



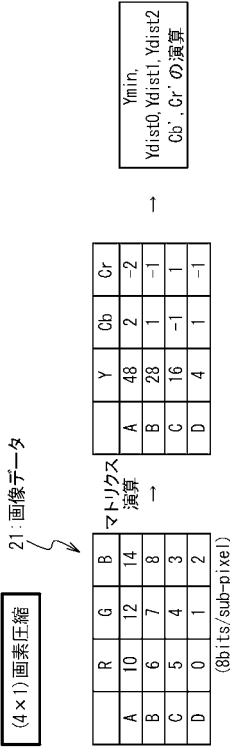
【図 2】



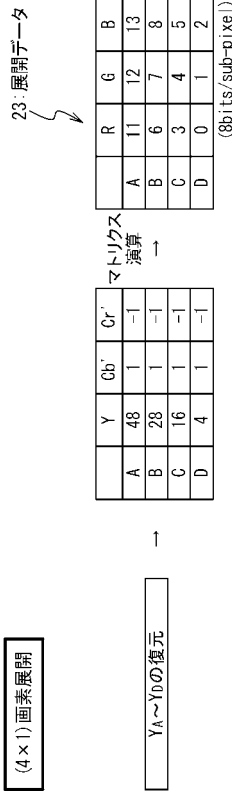
【図 3】



【図 4 A】



【図 4 B】



【図 5】

24

FRC誤差を
加算後
2bits切捨て

	R	G	B
A	3	3	4
B	1	2	2
C	1	1	1
D	0	1	0

(6bits/
sub-pixel)

	R	G	B
A	3	3	3
B	2	2	2
C	0	1	2
D	0	0	1

(6bits/
sub-pixel)

	R	G	B
A	2	3	3
B	1	1	2
C	1	1	1
D	0	0	0

(6bits/
sub-pixel)

	R	G	B
A	3	3	3
B	2	2	2
C	1	1	1
D	0	0	1

(6bits/
sub-pixel)

【図 6 A】

	画素A	画素B	画素C	画素D
	R G B	R G B	R G B	R G B
第4kライン	1 2 3	0 1 2	3 0 1	2 3 0
第(4k+1)ライン	3 0 1	2 3 0	1 2 3	0 1 2
第(4k+2)ライン	0 3 2	1 0 3	2 1 0	3 2 1
第(4k+3)ライン	2 1 0	3 2 1	0 3 2	1 0 3

	R G B	R G B	R G B	R G B
第4kライン	3 1 0	2 3 1	0 2 3	1 0 2
第(4k+1)ライン	0 2 3	1 0 2	3 1 0	2 3 1
第(4k+2)ライン	2 0 1	3 2 0	1 3 2	0 1 3
第(4k+3)ライン	1 3 2	0 1 3	2 0 1	3 2 0

	R G B	R G B	R G B	R G B
第4kライン	0 3 2	1 0 3	2 1 0	3 2 1
第(4k+1)ライン	2 1 0	3 2 1	0 3 2	1 0 3
第(4k+2)ライン	1 2 3	0 1 2	3 0 1	2 3 0
第(4k+3)ライン	3 0 1	2 3 0	1 2 3	0 1 2

	R G B	R G B	R G B	R G B
第4kライン	2 0 1	3 2 0	1 3 2	0 1 3
第(4k+1)ライン	1 3 2	0 1 3	2 0 1	3 2 0
第(4k+2)ライン	3 1 0	2 3 1	0 2 3	1 0 2
第(4k+3)ライン	0 2 3	1 0 2	3 1 0	2 3 1

【図 6 B】

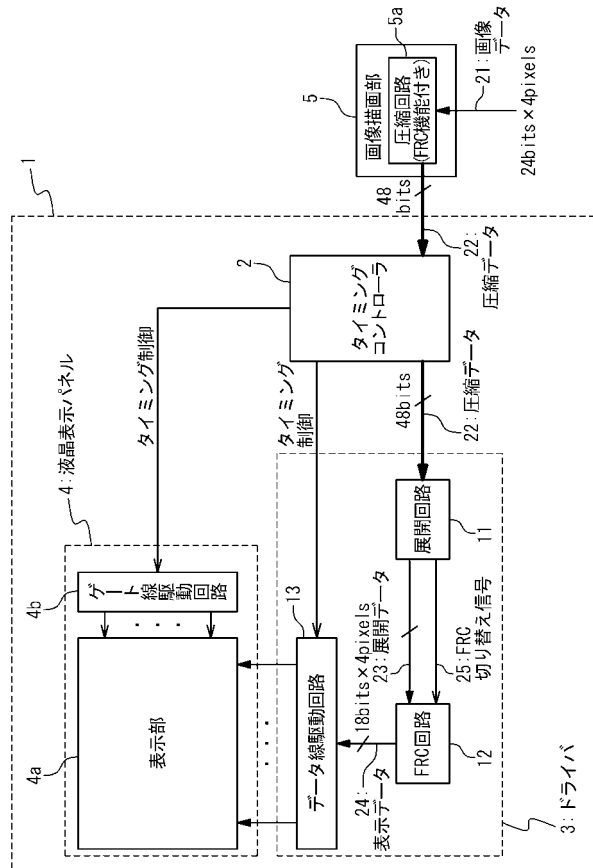
	R	G	B
A	1	2	3
B	0	1	2
C	3	0	1
D	2	3	0

	R	G	B
A	3	1	0
B	2	3	1
C	0	2	3
D	1	0	2

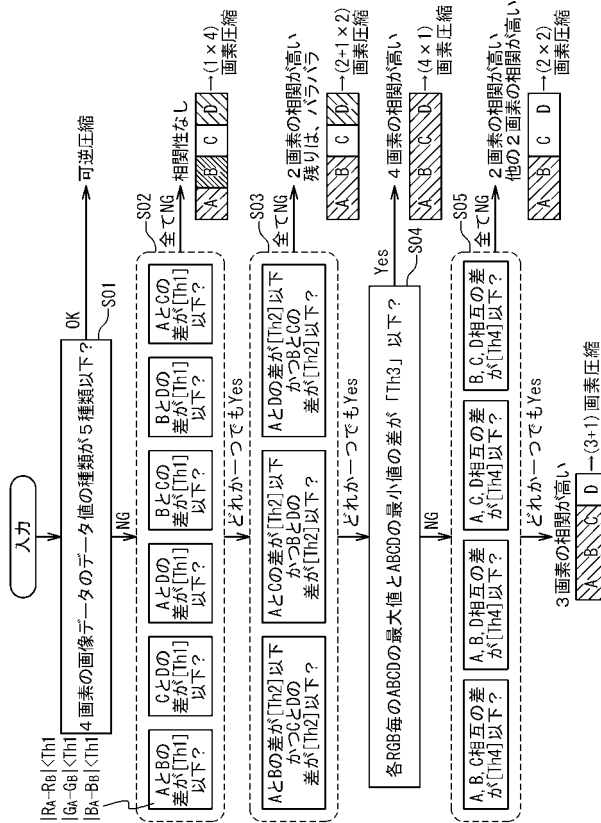
	R	G	B
A	0	3	2
B	1	0	3
C	2	1	0
D	3	2	1

	R	G	B
A	2	0	1
B	3	2	0
C	1	3	2
D	0	1	3

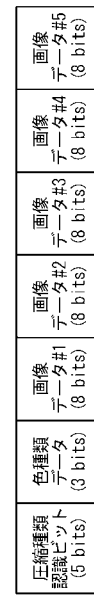
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10 A】

	R	G	B
A	10	5	15
B	10	5	15
C	10	5	15
D	10	5	15

【図 10 B】

	R	G	B
A	50	50	50
B	200	200	200
C	100	100	100
D	10	10	10

【図 10 F】

	R	G	B
A	50	5	50
B	200	5	200
C	100	5	100
D	10	5	10

【図 10 C】

	R	G	B
A	50	5	5
B	200	5	5
C	100	5	5
D	10	5	5

【図 10 G】

	R	G	B
A	50	50	5
B	200	200	5
C	100	100	5
D	10	10	5

【図 10 D】

	R	G	B
A	5	5	5
B	5	200	5
C	5	100	5
D	5	10	5

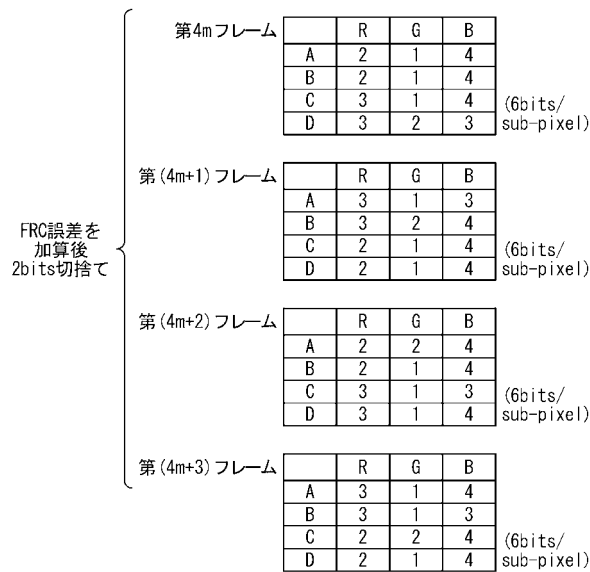
【図 10 H】

	R	G	B
A	5	5	5
B	5	200	200
C	5	100	100
D	5	10	10

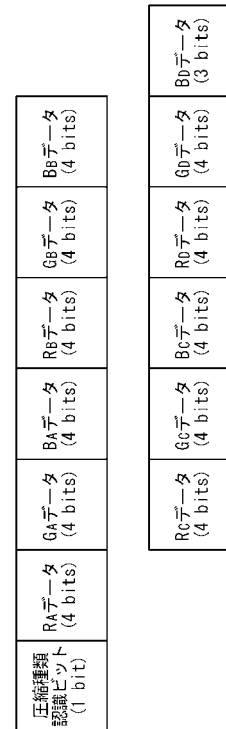
【図 10 E】

	R	G	B
A	5	5	50
B	5	5	200
C	5	5	100
D	5	5	10

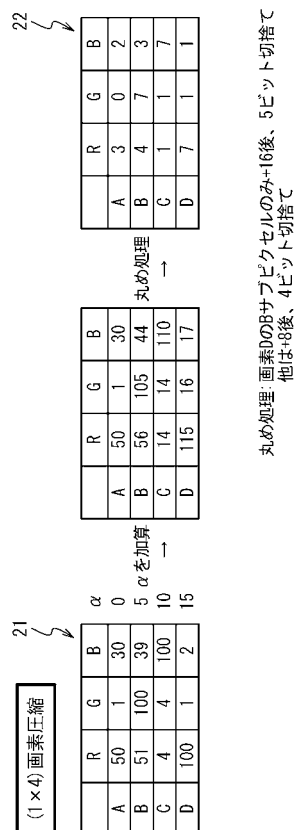
【図 1 1】



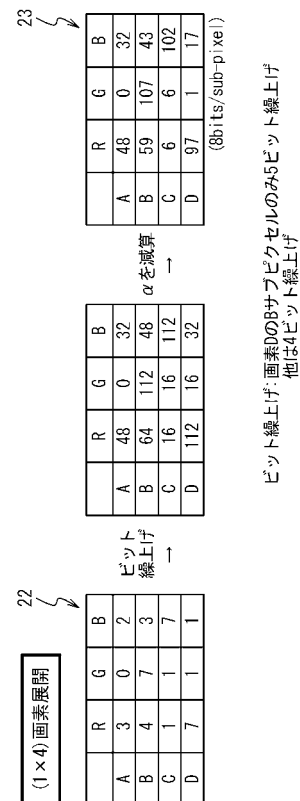
【図 1 2】



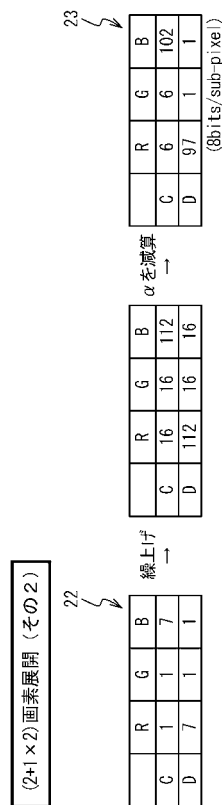
【図 1 3 A】



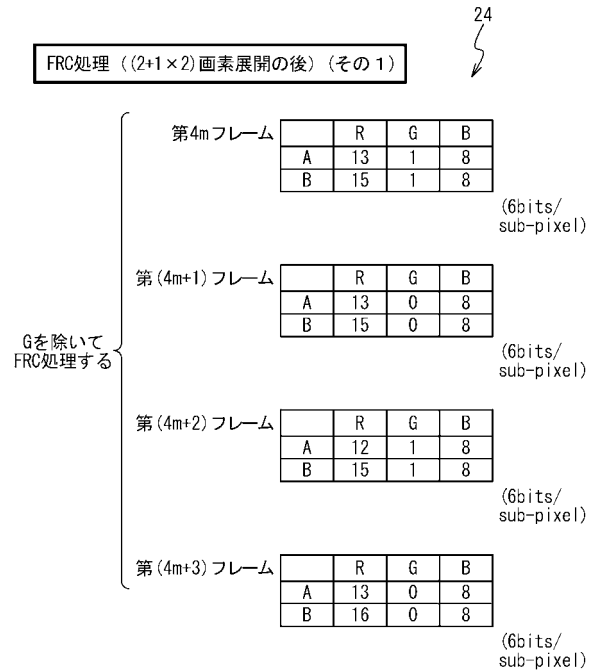
【図 1 3 B】



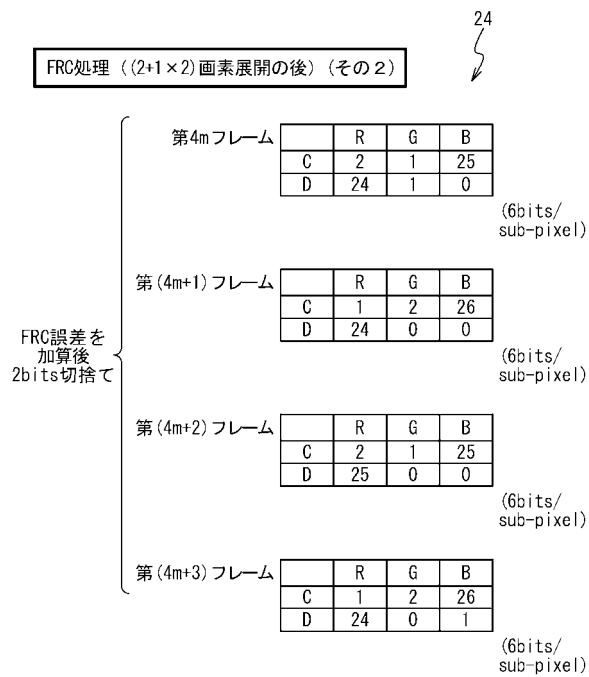
【図 17 B】



【図 18 A】



【図 18 B】

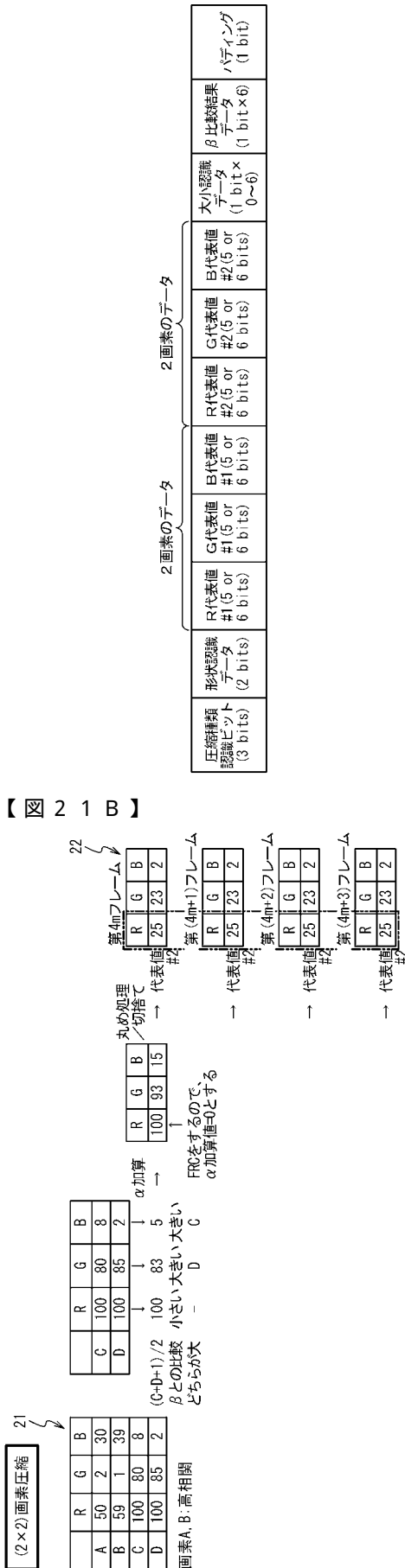


【図 19】

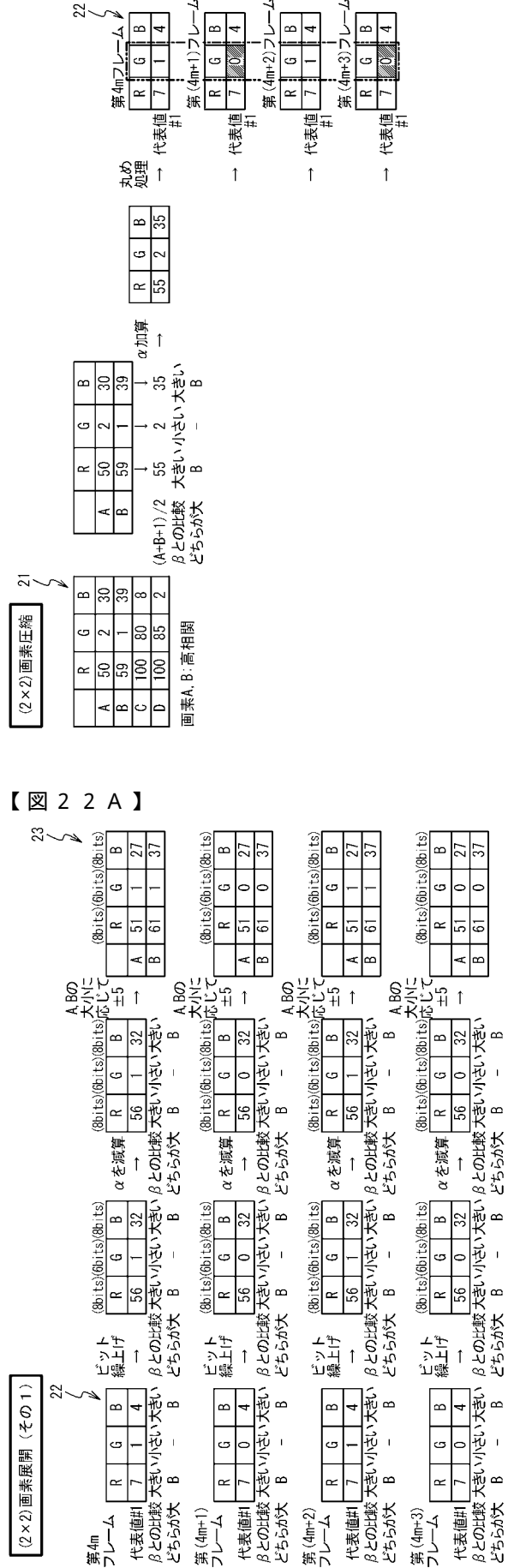
値に2bits繰上げ(4倍)を行い、第4m～第4m+3フレームの平均値を算出

	R	G	B
A	51	2	32
B	61	2	32
C	6	6	102
D	97	1	1

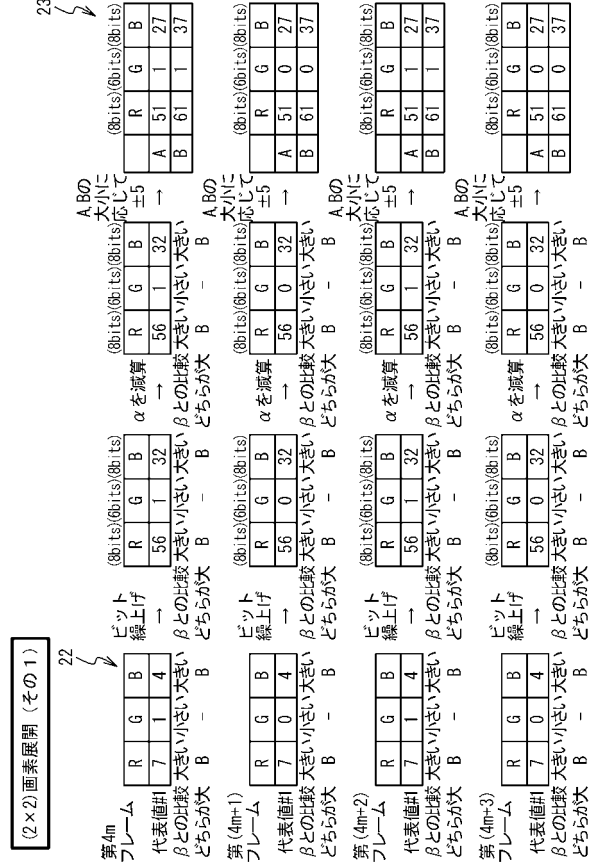
【 図 2 0 】



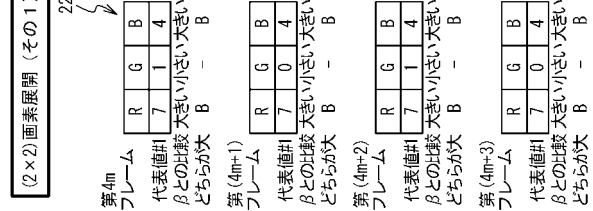
【 図 2 1 A 】



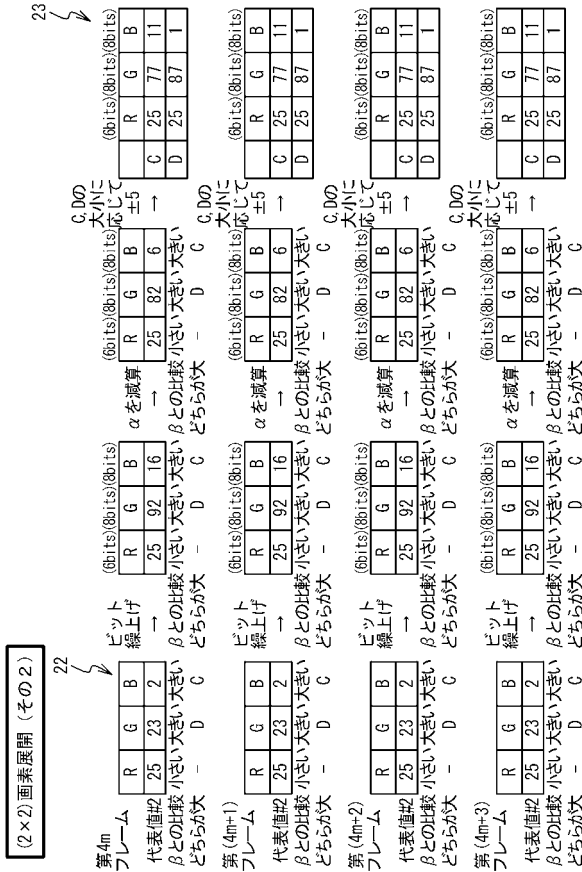
【 図 2 2 A 】



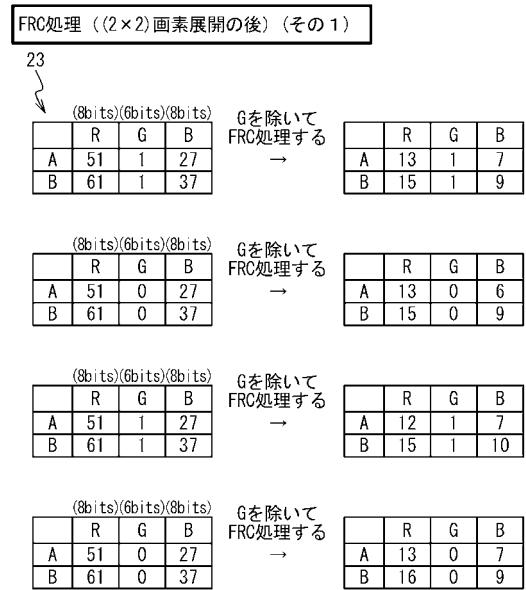
(2×2)画素展開 (その1)



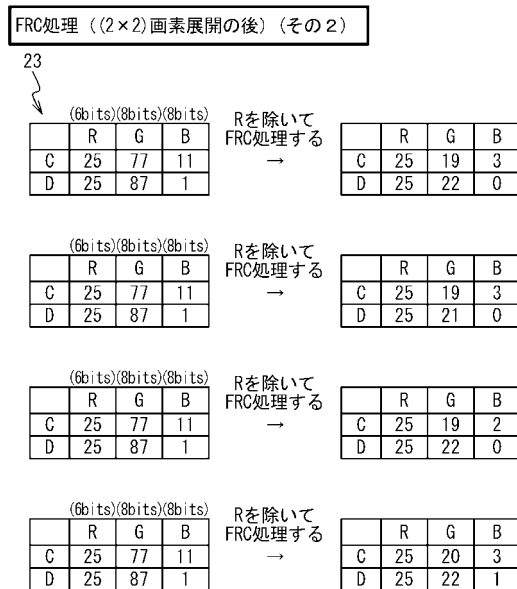
【 図 2 2 B 】



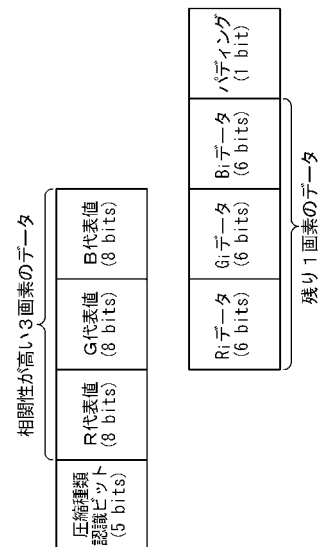
【 図 2 3 A 】



【 図 2 3 B 】



【 図 2 5 】

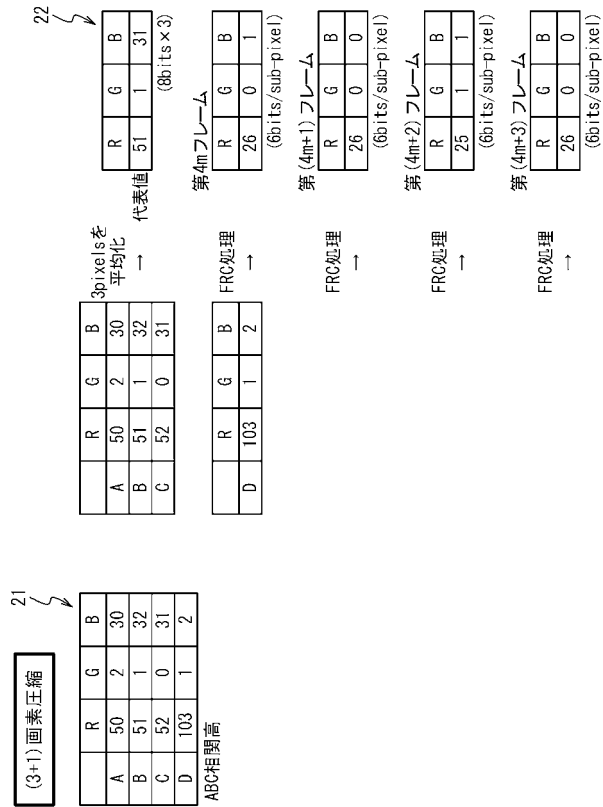


【 ㊦ 2 4 】

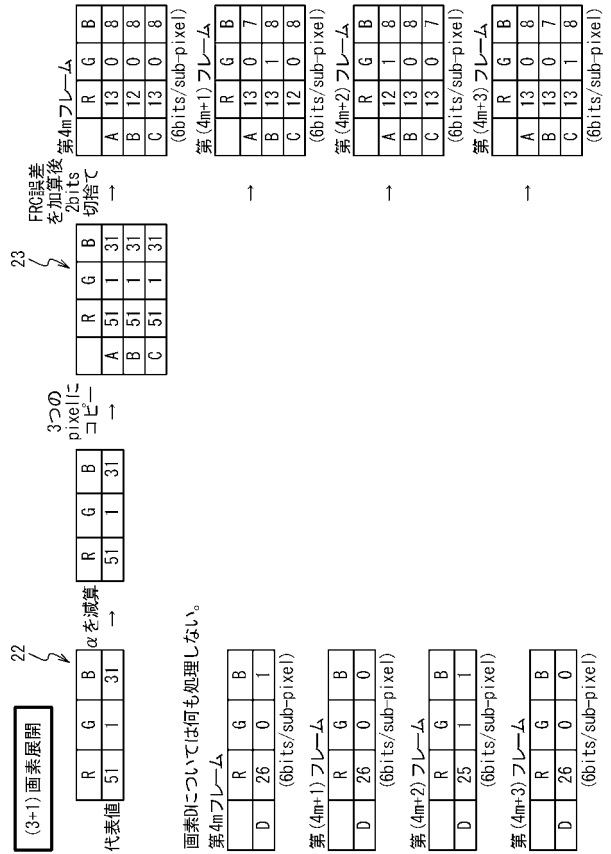
値に2bits繰上げ(4倍)を行い、第4m～第4m+3フレームの平均値を算出

	R	G	B
A	51	2	27
B	61	2	37
C	100	77	11
D	100	87	1

【図 26】



【図 27】



【図 28】

値に2bits繰上げ(4倍)を行い、第4m~第4m+3フレームの平均値を算出

	R	G	B
A	51	1	31
B	51	1	31
C	51	1	31
D	103	1	2

(8bits/sub-pixel)

【図 31】

	画素A			画素B			画素C			画素D		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
第4kライン	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0
第(4k+1)ライン	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2
第(4k+2)ライン	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1
第(4k+3)ライン	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3

【図 29】

		X1X0			
		00	01	10	11
Y1Y0	00	15	05	01	11
	01	00	10	14	04
	10	07	09	13	02
	11	08	06	03	12

	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
第4kライン	3	1	0	2	3	1	0	2	3	1	0	2
第(4k+1)ライン	0	2	3	1	0	2	3	1	0	2	3	1
第(4k+2)ライン	2	0	1	3	2	0	1	3	2	0	1	3
第(4k+3)ライン	1	3	2	0	1	3	2	0	1	3	2	0

	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
第4kライン	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1
第(4k+1)ライン	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3
第(4k+2)ライン	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0
第(4k+3)ライン	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2

【図 30】

画素A			画素B		
RA	GA	BA	RB	GB	BB
RC	GC	BC	RD	GD	BD
画素C			画素D		

	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
第4kライン	2	0	1	3	2	0	1	3	2	0	1	3
第(4k+1)ライン	1	3	2	0	1	3	2	0	1	3	2	0
第(4k+2)ライン	3	1	0	2	3	1	0	2	3	1	0	2
第(4k+3)ライン	0	2	3	1	0	2	3	1	0	2	3	1

フロントページの続き

(51) Int.Cl.

F I

G 0 9 G	3/20	6 5 0 J
G 0 9 G	3/20	6 5 0 M
G 0 9 G	3/20	6 4 1 P
G 0 9 G	3/20	6 4 1 G
H 0 4 N	9/30	

(56) 参考文献 特開平 0 6 - 1 1 8 9 2 8 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 0 1 1 3 8 6 (J P , A)
特開平 0 9 - 2 8 1 9 3 3 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 0 2 0 7 3 1 (J P , A)

(58) 調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 9 G	3 / 2 0
G 0 9 G	3 / 3 6
H 0 4 N	9 / 3 0

专利名称(译)	显示系统和显示设备驱动程序		
公开(公告)号	JP5548064B2	公开(公告)日	2014-07-16
申请号	JP2010182315	申请日	2010-08-17
[标]申请(专利权)人(译)	瑞萨电子株式会社		
申请(专利权)人(译)	瑞萨电子公司		
当前申请(专利权)人(译)	瑞萨电子公司		
[标]发明人	降旗弘史 能勢崇		
发明人	降旗 弘史 能勢 崇		
IPC分类号	G09G3/20 G09G3/36 H04N9/30		
CPC分类号	G09G3/3688 G09G3/2066 G09G2340/02 G09G2370/08		
FI分类号	G09G3/20.633.P G09G3/36 G09G3/20.632.B G09G3/20.632.G G09G3/20.631.V G09G3/20.650.J G09G3/20.650.M G09G3/20.641.P G09G3/20.641.G H04N9/30		
F-TERM分类号	5C006/AA12 5C006/AA22 5C006/AF26 5C006/AF44 5C006/AF46 5C006/AF85 5C006/FA23 5C060/DB11 5C060/HB00 5C060/JA00 5C060/JB00 5C080/AA10 5C080/BB05 5C080/CC03 5C080/DD06 5C080/DD26 5C080/JJ02 5C080/JJ07		
代理人(译)	工藤稔		
其他公开文献	JP2012042600A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：同时实现图像数据传输所需的电力减少和图像质量的提高。解决方案：显示系统包括：图像绘制部分5，其通过压缩与显示图像相关联的图像数据21来生成压缩数据22;响应于从图像绘制部分5接收的压缩数据22驱动液晶显示板4的驱动器3.驱动器3包括：解压缩电路11，它通过解压缩压缩数据22产生解压缩数据23;FRC电路12，通过对解压缩数据23进行FRC处理，生成显示数据24;数据线驱动电路13响应于显示数据24驱动液晶显示板4.M1，m2和m3如此固定，以确定m2>m3>m1的关系，其中一个像素的位数压缩数据22的数据是m1，解压缩数据23的一个像素的比特数是m2，显示数据24的一个像素的比特数是m3。

$$\begin{bmatrix} Y_k \\ Cr_k \\ Cb_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_k \\ G_k \\ B_k \end{bmatrix},$$