

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4462017号  
(P4462017)

(45) 発行日 平成22年5月12日(2010.5.12)

(24) 登録日 平成22年2月26日(2010.2.26)

(51) Int.Cl.

F I

H O 4 N 9/07 (2006.01)

H O 4 N 9/07 C

H O 4 N 5/335 (2006.01)

H O 4 N 9/07 A

H O 4 N 101/00 (2006.01)

H O 4 N 5/335 P

H O 4 N 101:00

請求項の数 11 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2004-332002 (P2004-332002)  
 (22) 出願日 平成16年11月16日(2004.11.16)  
 (65) 公開番号 特開2006-148230 (P2006-148230A)  
 (43) 公開日 平成18年6月8日(2006.6.8)  
 審査請求日 平成19年8月30日(2007.8.30)

(73) 特許権者 000002185  
 ソニー株式会社  
 東京都港区港南1丁目7番1号  
 (74) 代理人 100092152  
 弁理士 服部 毅巖  
 (72) 発明者 北原 淳  
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ  
 ニー株式会社内  
 (72) 発明者 奥崎 剛  
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ  
 ニー株式会社内

審査官 吉川 康男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 欠陥検出補正装置、撮像装置および欠陥検出補正方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

固体撮像素子における欠陥画素を検出して、その出力信号を補正する欠陥検出補正装置において、

前記固体撮像素子上の注目画素と、前記注目画素の周辺に存在して前記注目画素と同色の色フィルタに対応する複数の同色周辺画素との出力信号の差分値を、所定のしきい値と比較する第1の比較手段と、

前記第1の比較手段による比較結果を基に前記注目画素が欠陥であるか否かを仮判定する第1の欠陥判定手段と、

前記注目画素に隣接して前記注目画素と異なる色の色フィルタに対応する隣接異色画素と、前記隣接異色画素の周辺に存在して前記隣接異色画素と同色の色フィルタに対応する同色周辺画素との出力信号の差分値を、所定のしきい値と比較する第2の比較手段と、

前記第1の欠陥判定手段により前記注目画素が欠陥であると仮判定された場合に、前記第2の比較手段の比較により差分値がしきい値を超えた前記隣接異色画素の数が多いほど、前記注目画素が欠陥である可能性を複数段階で示す欠陥状態変数を低く設定して出力する第2の欠陥判定手段と、

前記第2の欠陥判定手段により設定された前記欠陥状態変数が低いほど、同色周辺画素に対する前記注目画素の出力信号の合成比を大きくして前記注目画素の出力信号を補正する補正手段と、

を有することを特徴とする欠陥検出補正装置。

10

20

**【請求項 2】**

前記第 2 の欠陥判定手段は、前記隣接異色画素のそれぞれについて、前記隣接異色画素とこれに対するあらかじめ決められた複数の同色周辺画素との出力信号の差分値のすべてがしきい値を超えた場合に、前記欠陥状態変数を一定値だけ低下させることを特徴とする請求項 1 記載の欠陥検出補正装置。

**【請求項 3】**

前記注目画素または前記隣接異色画素と、これらに対して水平方向に先行する同色周辺画素との出力信号の差分値を、前記第 1 または第 2 の比較手段によりしきい値と比較した比較結果を、後続の同色周辺画素の出力信号を用いた比較処理タイミングに一致するように遅延させて前記第 1 または第 2 の欠陥判定手段に入力させる遅延手段をさらに有することを特徴とする請求項 1 記載の欠陥検出補正装置。

10

**【請求項 4】**

前記固体撮像素子において水平方向の同列上に配置された異なる色の色フィルタに対応する画素の出力信号については、前記第 1 および第 2 の比較手段の少なくとも一方の内部回路として共通の比較回路を用いてしきい値との比較を行い、前記共通の比較回路の後段に接続する遅延回路の段数に応じて色フィルタの種類ごとに比較結果を振り分け、前記第 1 または第 2 の欠陥判定手段に供給することを特徴とする請求項 1 記載の欠陥検出補正装置。

**【請求項 5】**

前記第 1 の比較手段は、複数のしきい値を用いて比較を行い、

20

前記第 1 の欠陥判定手段は、前記第 1 の比較手段において比較対象とされたすべての差分値が、複数のうちのより高いしきい値を超えているほど、前記欠陥状態変数を高く設定することを特徴とする請求項 1 記載の欠陥検出補正装置。

**【請求項 6】**

前記第 2 の比較手段は、複数のしきい値を用いて比較を行い、

前記第 2 の欠陥判定手段は、前記隣接異色画素のそれぞれについて、前記隣接異色画素とこれに対するあらかじめ決められた複数の同色周辺画素との出力信号の差分値のすべてが、複数のうちのより高いしきい値を超えているほど、前記欠陥状態変数をより大きく低下させることを特徴とする請求項 5 記載の欠陥検出補正装置。

**【請求項 7】**

30

固体撮像素子を用いて画像を撮像する撮像装置において、

前記固体撮像素子上の注目画素と、前記注目画素の周辺に存在して前記注目画素と同色の色フィルタに対応する複数の同色周辺画素との出力信号の差分値を、所定のしきい値と比較する第 1 の比較手段と、

前記第 1 の比較手段による比較結果を基に前記注目画素が欠陥であるか否かを仮判定する第 1 の欠陥判定手段と、

前記注目画素に隣接して前記注目画素と異なる色の色フィルタに対応する隣接異色画素と、前記隣接異色画素の周辺に存在して前記隣接異色画素と同色の色フィルタに対応する同色周辺画素との出力信号の差分値を、所定のしきい値と比較する第 2 の比較手段と、

前記第 1 の欠陥判定手段により前記注目画素が欠陥であると仮判定された場合に、前記第 2 の比較手段の比較により差分値がしきい値を超えた前記隣接異色画素の数が多いほど、前記注目画素が欠陥である可能性を複数段階で示す欠陥状態変数を低く設定して出力する第 2 の欠陥判定手段と、

40

前記第 2 の欠陥判定手段により設定された前記欠陥状態変数が低いほど、同色周辺画素に対する前記注目画素の出力信号の合成比を大きくして前記注目画素の出力信号を補正する補正手段と、

を有することを特徴とする撮像装置。

**【請求項 8】**

固体撮像素子における欠陥画素を検出して、その出力信号を補正する欠陥検出補正方法において、

50

第１の比較手段が、前記固体撮像素子上の注目画素と、前記注目画素の周辺に存在して前記注目画素と同色の色フィルタに対応する複数の同色周辺画素との出力信号の差分値を、所定のしきい値と比較する第１の比較ステップと、

第１の欠陥判定手段が、前記第１の比較ステップによる比較結果を基に前記注目画素が欠陥であるか否かを仮判定する第１の欠陥判定ステップと、

第２の比較手段が、前記注目画素に隣接して前記注目画素と異なる色の色フィルタに対応する隣接異色画素と、前記隣接異色画素の周辺に存在して前記隣接異色画素と同色の色フィルタに対応する同色周辺画素との出力信号の差分値を、所定のしきい値と比較する第２の比較ステップと、

前記第１の欠陥判定ステップにより前記注目画素が欠陥であると仮判定された場合に、第２の欠陥判定手段が、前記第２の比較ステップの比較により差分値がしきい値を超えた前記隣接異色画素の数が多いほど、前記注目画素が欠陥である可能性を複数段階で示す欠陥状態変数を低く設定して出力する第２の欠陥判定ステップと、

補正手段が、前記第２の欠陥判定ステップにより設定された前記欠陥状態変数が低いほど、同色周辺画素に対する前記注目画素の出力信号の合成比を大きくして前記注目画素の出力信号を補正する補正ステップと、

を含むことを特徴とする欠陥検出補正方法。

#### 【請求項９】

前記第２の欠陥判定ステップでは、前記隣接異色画素のそれぞれについて、前記隣接異色画素とこれに対するあらかじめ決められた複数の同色周辺画素との出力信号の差分値のすべてがしきい値を超えた場合に、前記欠陥状態変数を一定値だけ低下させることを特徴とする請求項８記載の欠陥検出補正方法。

#### 【請求項１０】

前記第１の比較ステップでは、複数のしきい値を用いて比較を行い、

前記第１の欠陥判定ステップでは、前記第１の比較ステップにおいて比較対象とされたすべての差分値が、複数のうちのより高いしきい値を超えているほど、前記欠陥状態変数を高く設定することを特徴とする請求項８記載の欠陥検出補正方法。

#### 【請求項１１】

固体撮像素子における欠陥画素を検出して、その出力信号を補正する処理をコンピュータに実行させる欠陥検出補正プログラムにおいて、

前記固体撮像素子上の注目画素と、前記注目画素の周辺に存在して前記注目画素と同色の色フィルタに対応する複数の同色周辺画素との出力信号の差分値を、所定のしきい値と比較する第１の比較手段、

前記第１の比較手段による比較結果を基に前記注目画素が欠陥であるか否かを仮判定する第１の欠陥判定手段、

前記注目画素に隣接して前記注目画素と異なる色の色フィルタに対応する隣接異色画素と、前記隣接異色画素の周辺に存在して前記隣接異色画素と同色の色フィルタに対応する同色周辺画素との出力信号の差分値を、所定のしきい値と比較する第２の比較手段、

前記第１の欠陥判定手段により前記注目画素が欠陥であると仮判定された場合に、前記第２の比較手段の比較により差分値がしきい値を超えた前記隣接異色画素の数が多いほど、前記注目画素が欠陥である可能性を複数段階で示す欠陥状態変数を低く設定して出力する第２の欠陥判定手段、

前記第２の欠陥判定手段により設定された前記欠陥状態変数が低いほど、同色周辺画素に対する前記注目画素の出力信号の合成比を大きくして前記注目画素の出力信号を補正する補正手段、

として前記コンピュータを機能させることを特徴とする欠陥検出補正プログラム。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【０００１】

本発明は、固体撮像素子における欠陥画素を検出してその出力信号を補正する欠陥検出

10

20

30

40

50

補正装置、この装置を具備する撮像装置、および欠陥検出補正方法に関し、特に、使用時に固体撮像素子からの出力信号から欠陥画素をリアルタイムに検出して補正することが可能な欠陥検出補正装置、撮像装置および欠陥検出補正方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラなどに搭載されて被写体を撮像するための撮像素子では、多数の画素のうちの一部に欠陥が生じることがある。このような欠陥は、暗電流の発生やフォトダイオードの異常などの様々な原因により発生する。欠陥が生じた画素は異常なレベルの信号を出力するので、画質を劣化させる原因となる。このため、固体撮像素子を用いた従来の撮像装置では、欠陥画素の位置を検出してその出力信号を補正することが行われていた。

10

【0003】

欠陥画素の検出の代表的な方法としては、例えば、撮像素子からの注目画素の出力信号レベルと、その周辺の同色フィルタに対応する複数の画素の出力信号レベルとを比較することにより、注目画素に欠陥が生じているか否かをリアルタイムに判断し、欠陥画素の出力を補正する方法があった。例えば、注目画素と周辺画素とのレベル差が一定値以上である場合に注目画素を欠陥と判定する方法が一般的である（例えば、特許文献1参照）。さらに、周辺画素として異色フィルタに対応する画素の出力信号も用いて欠陥判定を行うことにより、検出精度を高めた方法もあった（例えば、特許文献2参照）。

【特許文献1】特開2003-23570号公報（段落番号〔0013〕～〔0016〕、図1）

20

【特許文献2】特開2003-111088号公報（段落番号〔0031〕～〔0035〕、図6）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、欠陥画素の検出においては、小さな光や穴のような極めて小さい白点または黒点を撮像した場合に、この白点や黒点に含まれる画素を欠陥であると誤って判定し、その色を補正してしまうという問題があった。このように誤検出された画素は、その画素の本来の色が白や黒であっても、その周辺の色で置き換えられたり、あるいは周辺の色が混ざった色になってしまうので、被写体の細かい部分を正確に表現できなくなってしまう。

30

【0005】

図13は、極めて小さい点状の光が入射した場合の例を示す図である。

図13では、例として撮像素子上における5×5画素分の画素配列を示している。ここでは、ベイア配列のRGBカラーフィルタアレイを備えた撮像素子を例示する。図13(A)の例では、画素R22, Gr23, Gb32, B33の4画素(2×2画素)に対して同色の光が入射したものとする。また、図13(B)の例では、画素B11, Gb12, B13, Gr21, R22, Gr23, B31, Gb32, B33の9画素(3×3画素)に対して同色の光が入射したものとする。

【0006】

40

ここで、上記の5×5画素の中心の画素R22を注目画素として、この画素R22が欠陥であるか否かを検出する場合を考える。同色フィルタに対応する周辺画素を用いた一般的な欠陥検出方法では、これらの周辺画素の信号レベルと注目画素の信号レベルとの差分を検出し、その差分が一定値以上である場合に欠陥であると判定する。例えば、図13で注目画素を画素R22とした場合、この画素R22の信号レベルと、周辺画素として画素R00, R02, R04, R20, R24, R40, R42, R44の各信号レベルとの差分を求める。

【0007】

しかし、この方法では、図13(A)のような2×2画素の光の入射範囲においては、G(GrおよびGb)の画素が欠陥と判定されないが、RおよびGの画素は誤って欠陥と

50

判定してしまう。この範囲の入射光が白色の場合は、誤検出された画素が緑色に近づくように補正され、黒色の場合にはマゼンダ色に近づくように補正されてしまう。また、図13(B)のような3×3画素の光の入射範囲においては、Rのみが欠陥と判定されてしまい、この範囲の入射光が白色の場合はシアン色に、黒色の場合には赤色にそれぞれ近づくように補正されてしまう。

#### 【0008】

このような誤検出を防止するための一般的な方法は、上述した特許文献2のように、周辺の異色フィルタに対応する画素の信号を利用する方法である。例えば、注目画素を画素R22としたとき、それに隣接する画素Gb12, Gr21, Gr23, Gb32の信号レベルが、それぞれの周辺の同色画素に対して注目画素と同じように著しく高いか、著しく低い場合には、注目画素が欠陥でないと判定するようにすればよい。

10

#### 【0009】

一方、上記の問題とは別に、欠陥か否かを判定するしきい値付近で信号レベルが揺らぐノイズなどが発生したときに、動画の撮像時や画角合わせ用のモニタ上の画像において、その画素のちらつきが目立ってしまうという問題も知られている。このような画素は、欠陥、正常の判定がフレームごとに繰り返されて、白または黒に近い色と補正された色とが交互に表示されて点滅する状態となるので、一般のユーザにも目に付きやすい。

#### 【0010】

このような問題を解決する方法としては、注目画素について、前後のフレームの同画素の信号の相関関係に基づいて欠陥を判定する方法が考えられるが、この方法は検出に用いるための複数フレーム分の画像信号を記憶するメモリが必要となっており、製造コストや回路規模が増大するという問題がある。

20

#### 【0011】

このように、上記各問題点を解決して高品質な画像の撮像を可能にするためには、より多くの画素の信号を用いて複雑な演算を行う必要があるため、高い演算処理能力や高容量のメモリなどが必要となり、製造コストや回路規模が増大してしまうことが問題となる。特に最近では、携帯電話機などの小型の機器に撮像機能が搭載されることも多くなっており、小型化や低コスト化に対する要求が強まっている。

#### 【0012】

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、回路規模が小型化されながらも、固体撮像素子による撮像画像を高画質化することが可能な欠陥検出補正装置を提供することを目的とする。

30

#### 【0013】

また、本発明の他の目的は、回路規模が小型化されながらも、固体撮像素子による撮像画像を高画質化することが可能な撮像装置を提供することである。

さらに、本発明の他の目的は、回路規模を小型化しながらも、固体撮像素子による撮像画像を高画質化することが可能な欠陥検出補正方法を提供することである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0014】

本発明では上記課題を解決するために、固体撮像素子における欠陥画素を検出して、その出力信号を補正する欠陥検出補正装置において、前記固体撮像素子上の注目画素と、前記注目画素の周辺に存在して前記注目画素と同色の色フィルタに対応する複数の同色周辺画素との出力信号の差分値を、所定のしきい値と比較する第1の比較手段と、前記第1の比較手段による比較結果を基に前記注目画素が欠陥であるか否かを仮判定する第1の欠陥判定手段と、前記注目画素に隣接して前記注目画素と異なる色の色フィルタに対応する隣接異色画素と、前記隣接異色画素の周辺に存在して前記隣接異色画素と同色の色フィルタに対応する同色周辺画素との出力信号の差分値を、所定のしきい値と比較する第2の比較手段と、前記第1の欠陥判定手段により前記注目画素が欠陥であると仮判定された場合に、前記第2の比較手段の比較により差分値がしきい値を超えた前記隣接異色画素の数が多

40

50

出力する第2の欠陥判定手段と、前記第2の欠陥判定手段により設定された前記欠陥状態変数が低いほど、同色周辺画素に対する前記注目画素の出力信号の合成比を大きくして前記注目画素の出力信号を補正する補正手段とを有することを特徴とする欠陥検出補正装置が提供される。

【0015】

このような欠陥検出補正装置では、第1の欠陥判定手段により、注目画素とその同色周辺画素の各出力信号を基に欠陥の仮判定が行われ、これにより欠陥と判定された場合には、第2の欠陥判定手段により欠陥状態変数の設定が行われる。第2の欠陥判定手段は、注目画素の隣接異色画素とその同色周辺画素との差分値としきい値との比較の結果、差分値がしきい値を超えた隣接異色画素の数が多いほど、隣接異色画素とその同色周辺画素との出力信号のレベル差が大きく、注目画素が欠陥である可能性が低いことから、欠陥状態変数をより低く設定する。補正手段は、欠陥状態変数が低いほど、同色周辺画素に対する注目画素の出力信号の合成比を大きくするので、注目画素が欠陥である可能性が低いほど、元の色からの変化が小さいように注目画素が補正される。

【0016】

また、本発明では、固体撮像素子における欠陥画素を検出して、その出力信号を補正する欠陥検出補正方法において、第1の比較手段が、前記固体撮像素子上の注目画素と、前記注目画素の周辺に存在して前記注目画素と同色の色フィルタに対応する複数の同色周辺画素との出力信号の差分値を、所定のしきい値と比較する第1の比較ステップと、第1の欠陥判定手段が、前記第1の比較ステップによる比較結果を基に前記注目画素が欠陥であるか否かを仮判定する第1の欠陥判定ステップと、第2の比較手段が、前記注目画素に隣接して前記注目画素と異なる色の色フィルタに対応する隣接異色画素と、前記隣接異色画素の周辺に存在して前記隣接異色画素と同色の色フィルタに対応する同色周辺画素との出力信号の差分値を、所定のしきい値と比較する第2の比較ステップと、前記第1の欠陥判定ステップにより前記注目画素が欠陥であると仮判定された場合に、第2の欠陥判定手段が、前記第2の比較ステップの比較により差分値がしきい値を超えた前記隣接異色画素の数が多いほど、前記注目画素が欠陥である可能性を複数段階で示す欠陥状態変数を低く設定して出力する第2の欠陥判定ステップと、補正手段が、前記第2の欠陥判定ステップにより設定された前記欠陥状態変数が低いほど、同色周辺画素に対する前記注目画素の出力信号の合成比を大きくして前記注目画素の出力信号を補正する補正ステップとを含むことを特徴とする欠陥検出補正方法が提供される。

【0017】

このような欠陥検出補正方法では、第1の欠陥判定ステップにより、注目画素とその同色周辺画素の各出力信号を基に欠陥の仮判定が行われ、これにより欠陥と判定された場合には、第2の欠陥判定ステップにより欠陥状態変数の設定が行われる。第2の欠陥判定ステップでは、注目画素の隣接異色画素とその同色周辺画素との差分値としきい値との比較の結果、差分値がしきい値を超えた隣接異色画素の数が多いほど、隣接異色画素とその同色周辺画素との出力信号のレベル差が大きく、注目画素が欠陥である可能性が低いことから、欠陥状態変数をより低く設定する。補正ステップでは、欠陥状態変数が低いほど、同色周辺画素に対する注目画素の出力信号の合成比を大きくするので、注目画素が欠陥である可能性が低いほど、元の色からの変化が小さいように注目画素が補正される。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、注目画素の同色周辺画素の出力信号だけでなく、注目画素の隣接異色画素とその同色周辺画素の出力信号を用いて欠陥状態変数が設定され、欠陥状態変数が低いほど、元の色からの変化が小さいように注目画素が補正される。このため、ごく小さな点状の画像が撮像された場合に、その画像の範囲内の画素を欠陥と判定して周辺画素の信号により完全に置換してしまう事態が防止され、被写体の像をより忠実に再現することができる。

【0019】

また、同色周辺画素との出力信号の差分値がしきい値を超えた隣接異色画素の数に応じて、欠陥状態変数が設定されるので、その設定の際に利用するデータのビット数が減少し、設定のための回路規模や消費電力が抑制される。従って、装置の小型化および低コスト化を実現しながらも、撮像画像を高画質化することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。以下の説明では、固体撮像素子を用いて画像を撮像し、撮像画像のデータを記録媒体に記録するデジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラなどの撮像装置に、本発明を適用した場合を想定する。

10

【0021】

〔第1の実施の形態〕

図1は、第1の実施の形態に係る撮像装置の構成を示す図である。

図1に示す撮像装置は、光学ブロック11、CCD (Charge Coupled Device) 12、TG (Timing Generator) 12a、前処理回路13、欠陥検出補正回路14、カメラ処理回路15、エンコーダ/デコーダ16、制御部17、入力部18、グラフィックI/F (インタフェース) 19、ディスプレイ19a、および記録媒体20を具備する。これらのうち、光学ブロック11、TG 12a、前処理回路13、欠陥検出補正回路14、カメラ処理回路15、エンコーダ/デコーダ16、入力部18、グラフィックI/F 19、および記録媒体20は、制御部17に接続されている。

20

【0022】

光学ブロック11は、被写体からの光をCCD 12に集光するためのレンズ、レンズを移動させてフォーカス合わせやズームを行うための駆動機構、シャッター機構、アイリス機構などを具備しており、これらは制御部17からの制御信号に基づいて駆動される。

【0023】

CCD 12は、TG 12aから出力されるタイミング信号に基づいて駆動され、被写体からの入射光を電気信号に変換する。なお、CCD 12の代わりに、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサなどの他の固体撮像素子が用いられてもよい。TG 12aは、制御部17の制御の下でタイミング信号を出力する。

【0024】

30

前処理回路13は、CCD 12から出力された画像信号に対して、CDS (Correlated Double Sampling) 処理によりS/N (Signal/Noise) 比を良好に保つようにサンプルホールドを行い、さらにAGC (Auto Gain Control) 処理により利得を制御し、A/D変換を行ってデジタル画像信号を出力する。

【0025】

欠陥検出補正回路14は、前処理回路13から順次入力される画像データを基に、CCD 12上の欠陥画素を検出し、その欠陥画素のデータを補正する。後述するように、欠陥画素の検出では、注目画素の周辺に存在する同色画素 (同色フィルタに対応する画素) および異色画素 (異色フィルタに対応する画素) のデータを基に、注目画素の欠陥の可能性を示す欠陥状態変数を算出し、画像データの補正時には、この欠陥状態変数に応じて注目画素と周辺画素との合成比を変化させる。

40

【0026】

カメラ処理回路15は、欠陥検出補正回路14により補正された画像データに対して、ホワイトバランス調整処理や色補正処理、AF (Auto Focus) 処理、AE (Auto Exposure) 処理などのカメラ信号処理を施す。

【0027】

エンコーダ/デコーダ16は、カメラ処理回路15からの画像データに対して、JPEG (Joint Photographic Coding Experts Group) 方式などの所定の静止画像データフォーマット、あるいはMPEG (Moving Picture Experts Group) 方式などの所定の動画データフォーマットで圧縮符号化処理を行う。また、制御部17から供給された静止画像

50

あるいは動画像の符号化データを伸張復号化処理する。

【 0 0 2 8 】

制御部 1 7 は、例えば、C P U (Central Processing Unit)、R O M (Read Only Memory)、R A M (Random Access Memory) などから構成されるマイクロコントローラであり、R O M などに記憶されたプログラムを実行することにより、この撮像装置の各部を統括的に制御する。

【 0 0 2 9 】

入力部 1 8 は、例えばシャッタリリースボタンなどの各種操作キーやレバー、ダイヤルなどから構成され、ユーザによる入力操作に応じた制御信号を制御部 1 7 に出力する。

グラフィック I / F 1 9 は、制御部 1 7 から供給された画像信号から、ディスプレイ 1 9 a に表示させるための画像信号を生成して、この信号をディスプレイ 1 9 a に供給して画像を表示させる。ディスプレイ 1 9 a は、例えば L C D (Liquid Crystal Display) などからなり、撮像中のカメラスルー画像や記録媒体 2 0 に記録されたデータを再生した画像などを表示する。

【 0 0 3 0 】

記録媒体 2 0 は、撮像により生成された画像データを制御部 1 7 から受け取って記憶する。この記録媒体 2 0 としては、可搬型のフラッシュメモリ、光ディスク、H D D (Hard Disk Drive)、磁気テープなどを用いることができる。

【 0 0 3 1 】

ここで、上記の撮像装置における基本的な動作について説明する。ここでは例として、静止画像の撮像時の動作について説明する。

静止画像の撮像前には、C C D 1 2 によって受光されて光電変換された信号が、順次前処理回路 1 3 に供給される。前処理回路 1 3 では、入力信号に対して C D S 処理、A G C 処理が施され、さらにデジタル信号に変換される。欠陥検出補正回路 1 4 は、前処理回路 1 3 からのデジタル画像データから欠陥画素を検出し、そのデータを補正する。

【 0 0 3 2 】

カメラ処理回路 1 5 は、欠陥検出補正回路 1 4 からの画像データに対して画質補正処理を施し、カメラスルー画像の信号として、制御部 1 7 を通じてグラフィック I / F 1 9 に供給する。これにより、カメラスルー画像がディスプレイ 1 9 a に表示され、ユーザはディスプレイ 1 9 a を見て画角合わせを行うことが可能となる。

【 0 0 3 3 】

この状態で、入力部 1 8 のシャッタリリースボタンが押下されると、制御部 1 7 は、光学ブロック 1 1 および T G 1 2 a に制御信号を出力して、光学ブロック 1 1 のシャッタを動作させる。これにより C C D 1 2 からは、1 フレーム分の画像信号が出力される。

【 0 0 3 4 】

カメラ処理回路 1 5 は、C C D 1 2 から前処理回路 1 3 および欠陥検出補正回路 1 4 を介して供給された 1 フレーム分の画像データに画質補正処理を施し、処理後の画像データをエンコーダ / デコーダ 1 6 に供給する。エンコーダ / デコーダ 1 6 は、入力された画像データを圧縮符号化し、生成した符号化データを制御部 1 7 を通じて記録媒体 2 0 に供給する。これにより、撮像された静止画像のデータファイルが記録媒体 2 0 に記録される。

【 0 0 3 5 】

一方、記録媒体 2 0 に記録された静止画像ファイルを再生する場合には、制御部 1 7 は、入力部 1 8 からの操作入力に応じて、選択された静止画像ファイルを記録媒体 2 0 から読み込み、エンコーダ / デコーダ 1 6 に供給して伸張復号化処理を実行させる。復号化された画像信号は制御部 1 7 を介してグラフィック I / F 1 9 に供給され、これによりディスプレイ 1 9 a に静止画像が再生表示される。

【 0 0 3 6 】

ところで、上記の C C D 1 2 などの固体撮像素子では、暗電流の発生やフォトダイオードの異常などにより、画素に欠陥が生じる場合がある。また、このような欠陥は、温度や光の蓄積時間などの影響により増加するため、使用環境に応じて欠陥画素の数が増加して

10

20

30

40

50



いく場合がある。本実施の形態の撮像装置では、欠陥検出補正回路 14 により、撮像した画像データから欠陥画素をリアルタイムに検出し、検出した画素のデータを補正している。これにより、製品出荷後の使用時に欠陥画素が増加した場合でも、記録媒体 20 に記録した画像データやディスプレイ 19 a 上のカメラスルー画像の画質が劣化することを防止している。

#### 【0037】

以下、欠陥検出補正回路 14 における欠陥画素検出、および画像データの補正処理について説明する。

図 2 は、欠陥検出補正回路 14 の内部構成を示す図である。

#### 【0038】

欠陥検出補正回路 14 は、それぞれ 1 ライン分の画像データを F I F O (First-In First-Out) 方式で記憶するラインメモリ 141 a ~ 141 d と、欠陥画素を検出する検出回路 142 と、欠陥画素のデータを補正する補正回路 143 とを具備する。

#### 【0039】

ラインメモリ 141 a には、前処理回路 13 からの画像データ D L 0 が入力され、ラインメモリ 141 b には、ラインメモリ 141 a からの画像データ D L 1 が入力される。このラインメモリ 141 b からの画像データ D L 2 は、補正回路 143 に入力される。また、ラインメモリ 141 c には、補正回路 143 によって補正された画像データ (補正画像データ) が入力され、ラインメモリ 141 d には、ラインメモリ 141 c からの画像データ D L 3 が入力される。これにより、前処理回路 13 からの画像データ D L 0、および各ラインメモリ 141 a ~ 141 d からの画像データ D L 1 ~ D L 4 は、それぞれ水平方向の画素位置が同じである 5 ライン分のデータとなり、これらの画像データ D L 0 ~ D L 4 が検出回路 142 に入力される。

#### 【0040】

検出回路 142 は、入力された画像データ D L 0 ~ D L 4 を基に、注目画素が欠陥画素であるか否かを検出する。ここでは例として、5 x 5 画素分の画像データを用いて、その範囲の中心の画素を注目画素として検出を行い、その注目画素は画像データ D L 2 に含まれるものとする。このような 5 x 5 画素分の画像データを取得するために、検出回路 142 の内部には、画像データ D L 0 ~ D L 4 の各画像データの伝送を遅延させる複数段の遅延回路が設けられている。

#### 【0041】

この検出回路 142 は、後述するように、注目画素とその周辺の同色フィルタに対応する画素 (同色画素) の各信号レベル、および注目画素に隣接する異色フィルタに対応する画素 (異色画素) とその同色周辺画素の各信号レベルについてそれぞれ差分値を求め、それらの差分値をしきい値と比較することで、欠陥である可能性の高さを複数段階の値で表した欠陥状態変数 D E T を求め、補正回路 143 に出力する。

#### 【0042】

この検出回路 142 においては、差分値の比較の際に用いるしきい値は制御部 17 からのしきい値設定情報に応じて設定される。また、差分演算や比較の処理手順は注目画素の色情報に応じて設定され、その色情報は画像データの入力タイミングに同期して制御部 17 から指定される。

#### 【0043】

補正回路 143 は、ラインメモリ 141 b からの画像データ D L 2 の入力を受けて、注目画素の画像データを補正する。この補正では、注目画素のデータとそれに隣接する同色画素のデータとを用い、欠陥状態変数 D E T の値に応じて重み付けしてそれらのデータを合成する。

#### 【0044】

図 3 は、検出回路 142 および補正回路 143 の各内部構成を示す図である。

検出回路 142 は、しきい値算出回路 421、色情報判定回路 422、差分比較回路 423、および欠陥状態判定回路 424 を具備する。また、補正回路 143 は、補正フィル

10

20

30

40

50

タ 4 3 1 a ~ 4 3 1 d、およびセクタ 4 3 2 を具備する。

【 0 0 4 5 】

しきい値算出回路 4 2 1 は、制御部 1 7 からのしきい値設定情報に応じたしきい値  $TH\_DTLV$  を算出して、差分比較回路 4 2 3 に供給する。このしきい値  $TH\_DTLV$  は、注目画素の対応フィルタの色ごとや、注目画素の同色画素比較用と異色画素比較用とで異なる値が設定されてもよい。

【 0 0 4 6 】

色情報判定回路 4 2 2 は、制御部 1 7 からの色情報に応じて、色識別情報  $GRN\_ID$  を差分比較回路 4 2 3 に供給する。なお、本実施の形態では、注目画素の対応フィルタが R および B の場合と、G r および G b の場合とで、差分比較回路 4 2 3 において異なる画素を演算対象として選択するので、色識別情報  $GRN\_ID$  では、注目画素が G r または G b であるか否かを識別するための情報となっている。

【 0 0 4 7 】

差分比較回路 4 2 3 は、入力された画像データ  $DL0 \sim DL4$  の中から色識別情報  $GRN\_ID$  に応じて演算対象とする画素を選択し、差分演算を行う。そして、演算された差分値をしきい値  $TH\_DTLV$  と比較し、その比較結果に応じて差分検出変数  $DEFDET$  および緩和変数  $OCCNT$  を算出して、欠陥状態判定回路 4 2 4 に出力する。欠陥状態判定回路 4 2 4 は、差分検出変数  $DEFDET$  および緩和変数  $OCCNT$  に基づいて欠陥状態変数  $DET$  を算出し、補正回路 1 4 3 のセクタ 4 3 2 に出力する。

【 0 0 4 8 】

差分検出変数  $DEFDET$  は、注目画素とその同色周辺画素との信号レベル差から算出され、注目画素が白欠陥であるか、黒欠陥であるか、あるいは欠陥でないかについての判定結果を表す。注目画素とその同色周辺画素との信号レベル差が大きい場合は、注目画素の信号レベルの突出度（ここでは、周辺と比較して著しく高い場合と、著しく低い場合とを含む）が高いため、注目画素が欠陥であると判定される。

【 0 0 4 9 】

ここで、検出回路 1 4 2 の検出処理に基づいた、注目画素が欠陥であると考えられる可能性の高さを、「欠陥状態」と呼称することにする。上記の同色画素を用いた検出では、欠陥と判定された場合には、差分検出変数  $DEFDET$  を用いて欠陥状態を最も高い値に一時的に設定する。

【 0 0 5 0 】

一方、緩和変数  $OCCNT$  は、注目画素に隣接する異色画素とその同色周辺画素との信号レベル差から算出され、その隣接異色画素の信号レベルの突出度の高さを段階的に示す。上述した注目画素の同色周辺画素のみを用いた検出では、点状などのごく小さい画像が撮像された場合にその範囲内の画素を欠陥と誤判定してしまう場合がある。しかし、隣接する異色画素の突出度が注目画素と同じように高い場合には、注目画素が点状画像の一部であると考えられるので、その注目画素は欠陥でない可能性が高くなる。緩和変数  $OCCNT$  は、同色画素に基づいて欠陥とされた判定が不正確である可能性が高いほど、高い値を示す。

【 0 0 5 1 】

欠陥状態判定回路 4 2 4 は、差分検出変数  $DEFDET$  により注目画素が欠陥であると判定された場合に、緩和変数  $OCCNT$  に基づいてその欠陥状態を段階的に低くして緩和し、欠陥状態変数  $DET$  として出力する。

【 0 0 5 2 】

補正回路 1 4 3 は、欠陥状態変数  $DET$  の示す欠陥状態の段階数と同数の補正フィルタ 4 3 1 a ~ 4 3 1 d を具備する。各補正フィルタ 4 3 1 a ~ 4 3 1 d は例えば、注目画素のデータと、その水平方向に隣接する両側の同色画素のデータとを所定の重み付けを施して合成する FIR (Finite Impulse Response) フィルタとして構成されており、上記 3 つのデータをそれぞれ異なる重み付けで合成する。

【 0 0 5 3 】

ここでは例として、欠陥状態変数DETが4段階の値を採ることとする。左側の隣接同色画素、注目画素、右側の隣接同色画素のそれぞれに対する重み付けの比を $(n_1, n_2, n_3)$ とすると、補正フィルタ431aは、入力データに対して $(0, 1, 0)$ の重み付けを施す。すなわち、注目画素をそのまま出力する。また、補正フィルタ431dは、 $(1, 0, 1)/2$ の重み付けを施し、注目画素のデータを隣接画素の平均値で完全に置換する。補正フィルタ431bおよび431cは、中間的な画素補間を行うフィルタであり、それぞれ $(1, 2, 1)/4$ 、 $(3, 2, 3)/8$ の重み付けを行う。すなわち、補正フィルタ431aから補正フィルタ431dにかけて、徐々に隣接画素の合成割合が大きくなるように設定している。

【0054】

10

なお、実際には、検出回路142において水平方向の複数画素を取得するために発生するデータの伝送遅延時間に合わせて、画像データDL2の入力タイミングを遅延させるための遅延回路を、補正回路143の前段に接続しておく必要がある。

【0055】

セレクト432は、欠陥状態変数DETの値に応じて、補正フィルタ431a~431dのうちの1つの出力を選択し、補正画像データとして出力する。このセレクト432は、欠陥状態変数DETの値が大きいほど、注目画素より隣接画素の合成割合が大きくなるように選択を行う。

【0056】

なお、以上の検出回路142および補正回路143の処理機能の一部は、制御部17によるソフトウェア処理により実現されてもよい。

20

図4は、欠陥検出補正回路14における1画素分の欠陥検出・補正処理の流れを示すフローチャートである。また、図5は、欠陥検出に用いる $5 \times 5$ 画素の配列の一例を示す図である。以下、図5の画素配列例を用いた場合を想定して、欠陥検出補正回路14の処理例を図4のステップ番号に沿って具体的に説明する。

【0057】

図5では、ベイア配列のRGBカラーフィルタアレイを備えた撮像素子を用いた場合の、R画素を中心とした $5 \times 5$ 画素を示しており、中心の画素R22が検出対象の注目画素となっている。なお、以下の説明では、画素R00のデータ(例えば輝度レベル)を「r00」、画素Gr01のデータを「gr01」などと表す。

30

【0058】

〔ステップS101〕欠陥検出補正回路14に、新たな1画素分の画像データが入力される。これにより、検出回路142は、水平方向に1画素分だけシフトされた $5 \times 5$ 画素分の画像データを取得する。また、補正回路143も同様に、画素補間に用いる新たな同色の3画素の画像データを取得する。

【0059】

〔ステップS102〕差分比較回路423は、色情報判定回路422からの色識別情報GRN\_IDに応じて、検出に使用する周辺画素を決定する。ここでは、注目画素の対応フィルタがRおよびBの場合と、GrおよびGbの場合とで、後述する差分演算の対象とする画素を変更する。

40

【0060】

〔ステップS103〕差分比較回路423は、注目画素と、同色周辺画素とのデータの差分を演算する。ここで、図5のように注目画素が画素R22であるとき、同色周辺画素として例えば画素R00, R02, R04, R20, R24, R40, R42, R44を用い、これらの信号レベルの差分値 $(r_{22} - r_{00}, r_{22} - r_{02}, r_{22} - r_{04}, r_{22} - r_{20}, r_{22} - r_{24}, r_{22} - r_{40}, r_{22} - r_{42}, r_{22} - r_{44})$ を演算する。

【0061】

〔ステップS104〕差分比較回路423は、演算した差分値と、しきい値算出回路421からの同色画素比較用のしきい値TH\_DTLVとを比較して、同色画素による欠陥

50

判定を行う。そして、上記差分値の絶対値がすべてしきい値  $TH1$  より大きく、かつ差分値の符号がすべて一致する場合に欠陥と判定する。

#### 【0062】

従って、同色画素による欠陥の判定式は、以下の式(1)および(2)のようになる。なお、 $MAX(n)$ 、 $MIN(n)$ は、それぞれデータ  $n$  の最大値、最小値を示す。

・白欠陥の場合

$$r_{22} - MAX(r_{00}, r_{02}, r_{04}, r_{20}, r_{24}, r_{40}, r_{42}, r_{44}) > TH\_DTLV \quad \dots\dots (1)$$

・黒欠陥の場合

$$MIN(r_{00}, r_{02}, r_{04}, r_{20}, r_{24}, r_{40}, r_{42}, r_{44}) - r_{22} > TH\_DTLV \quad \dots\dots (2) \quad 10$$

〔ステップS105〕上記判定により、注目画素が欠陥であると判定した場合にはステップS106に進み、欠陥でないと判定した場合にはステップS116に進む。

#### 【0063】

〔ステップS106〕差分比較回路423は、差分検出変数  $DEFDET$  に「3」を設定する。また、欠陥の種類(白欠陥または黒欠陥)に応じたフラグを設定する。

〔ステップS107〕差分比較回路423は、注目画素に隣接する異色画素と、その同色周辺画素との差分を演算する。図5のように、注目画素が画素  $R_{22}$  の場合、隣接異色画素として例えば画素  $G_{b12}$ 、 $G_{r21}$ 、 $G_{r23}$ 、 $G_{b32}$  を選択する。そして、各画素とその同色周辺画素との差分値( $g_{b12} - g_{b10}$ 、 $g_{b12} - g_{b14}$ 、 $g_{r21} - g_{r01}$ 、 $g_{r21} - g_{r41}$ 、 $g_{r23} - g_{r03}$ 、 $g_{r23} - g_{r43}$ 、 $g_{b32} - g_{b30}$ 、 $g_{b32} - g_{b34}$ )を演算する。 20

#### 【0064】

〔ステップS108〕差分比較回路423は、演算した差分値と、しきい値算出回路421からの異色画素比較用のしきい値  $TH\_DTLV$  とを比較して、異色画素による欠陥判定を行う。ここでは、隣接異色画素ごとの差分値の組ごとに判定を行い、各組において式の絶対値が双方ともしきい値  $TH\_DTLV$  より大きく、符号が一致した場合に、緩和変数  $OCCNT$  をインクリメントする。差分値の組は、( $g_{b12} - g_{b10}$ 、 $g_{b12} - g_{b14}$ ) ( $g_{r21} - g_{r01}$ 、 $g_{r21} - g_{r41}$ ) ( $g_{r23} - g_{r03}$ 、 $g_{r23} - g_{r43}$ ) ( $g_{b32} - g_{b30}$ 、 $g_{b32} - g_{b34}$ ) の4つとする。 30

#### 【0065】

例えば、緩和変数  $OCCNT$  の初期値を「0」とし、上記の組のうち1つのみが判定基準に合致した場合、緩和変数  $OCCNT$  を「1」とする。同様に、2つの組が判定基準に合致した場合は緩和変数  $OCCNT$  を「2」とし、3つの組が合致した場合は緩和変数  $OCCNT$  を「3」とし、すべての組が合致した場合は緩和変数  $OCCNT$  を「4」とする。

#### 【0066】

ただし、緩和変数  $OCCNT$  をインクリメントするためには、上記の組のすべての符号が一致し、さらにステップS106で設定されたフラグで示される符号とも一致する必要がある。すなわち、上記の組の符号は、注目画素が白欠陥の場合はすべて正、黒欠陥の場合はすべて負となる。 40

#### 【0067】

従って、異色画素による欠陥の判定式は、以下の式(3)～(10)のようになり、式(3)～(6)あるいは式(7)～(10)のうちの1つ満たすごとに緩和変数  $OCCNT$  を「1」ずつインクリメントする。

#### 【0068】

・白欠陥の場合

$$g_{b12} - MAX(g_{b10}, g_{b14}) > TH\_DTLV \quad \dots\dots (3)$$

$$g_{r21} - MAX(g_{r01}, g_{r41}) > TH\_DTLV \quad \dots\dots (4)$$

$$g_{r23} - MAX(g_{r03}, g_{r43}) > TH\_DTLV \quad \dots\dots (5) \quad 50$$

$g b 3 2 - M A X ( g b 3 0 , g b 3 4 ) > T H \_ D T L V$  ..... ( 6 )

・黒欠陥の場合

$M I N ( g b 1 0 , g b 1 4 ) - g b 1 2 > T H \_ D T L V$  ..... ( 7 )

$M I N ( g r 0 1 , g r 4 1 ) - g r 2 1 > T H \_ D T L V$  ..... ( 8 )

$M I N ( g r 0 3 , g r 4 3 ) - g r 2 3 > T H \_ D T L V$  ..... ( 9 )

$M I N ( g b 3 0 , g b 3 4 ) - g b 3 2 > T H \_ D T L V$  ..... ( 1 0 )

〔ステップS109〕欠陥状態判定回路424は、差分検出変数DEFDETおよび緩和変数OCCNTに基づいて、欠陥状態変数DETを計算し、補正回路143に出力する。具体的には、差分検出変数DEFDETが「3」の場合に、この値から緩和変数OCCNTを減算する。隣接異色画素の信号レベルが注目画素と同じように周辺画素より突出している場合には、注目画素が欠陥である可能性が低いと考えられるので、緩和変数OCCNTの値が大きいと欠陥状態変数DETの値が小さくなり、注目画素が欠陥である可能性が低いと判定されることになる。

10

【0069】

〔ステップS110〕欠陥状態変数DETが「3」である場合はステップS111に進み、そうでない場合はステップS112に進む。

〔ステップS111〕補正回路143のセクタ432は、(1, 0, 1)/2で重み付けされた補正フィルタ431dを選択する。

【0070】

この場合、ステップS104において、注目画素の信号レベルが同色周辺画素より十分突出していると判定され、かつ、ステップS108において、隣接異色画素と同色周辺画素との差分値がしきい値を超える組がなく、突出していないと判定されたことから、注目画素は欠陥である可能性が極めて高い。このため、補正フィルタ431dを選択して、注目画素である画素R22の画像データを隣接する画素R20およびR24の平均値で置換し、補正画像データとして出力する。

20

【0071】

〔ステップS112〕欠陥状態変数DETが「2」である場合はステップS113に進み、そうでない場合はステップS114に進む。

〔ステップS113〕セクタ432は、(3, 2, 3)/8で重み付けされた補正フィルタ431cを選択する。

30

【0072】

この場合、同色画素の信号レベルからは注目画素が十分突出していると判定されたが、ステップS108では、隣接異色画素と同色周辺画素との差分値の組が1つだけしきい値を超えており、注目画素が欠陥でない可能性がわずかに残る。このため、補正フィルタ431cを選択して、隣接する画素R20およびR24に対して、注目画素(画素R22)のデータを相対的に少ない割合で混合し、補正画像データとして出力する。

【0073】

〔ステップS114〕欠陥状態変数DETが「1」である場合はステップS115に進み、そうでない場合はステップS116に進む。

〔ステップS115〕セクタ432は、(1, 2, 1)/4で重み付けされた補正フィルタ431bを選択する。

40

【0074】

この場合、同色画素の信号レベルからは注目画素が十分突出していると判定されたが、ステップS108では、隣接異色画素と同色周辺画素との差分値の組が2つだけしきい値を超えており、注目画素が欠陥でない可能性の方が高いと考えられる。このため、補正フィルタ431bを選択して、隣接する画素R20およびR24に対して、注目画素(画素R22)のデータを相対的に高い割合で混合し、補正画像データとして出力する。

【0075】

〔ステップS116〕欠陥状態変数DETが「0」以下となり、セクタ432は、(0, 1, 0)で重み付けされた補正フィルタ431aを選択する。

50

ここでは、ステップS 1 0 5で欠陥と判定された場合に、補正フィルタ4 3 1 aを選択して、注目画素である画素R 2 2の画像データを補正せずにそのまま出力する。これに加えて、同色画素の信号レベルからは注目画素が十分突出していると判定されたものの、ステップS 1 0 8において、隣接異色画素と同色周辺画素との差分値の組が3つ以上しきい値を超えた場合にも、注目画素が欠陥でない可能性が極めて高いと考えられるので、同様に補正フィルタ4 3 1 aにより注目画素の画像データをそのまま出力するようにする。

#### 【0076】

ここで、図6は、他色のフィルタに対応する画素を注目画素とした場合に欠陥検出処理に用いる画素を説明するための図である。

図6(A)に示すように、B画素を注目画素とした場合には、上述したR画素の場合と同じ位置の画素を用いて欠陥検出を行う。すなわち、注目画素を画素B 2 2とした場合、図4のステップS 1 0 3では、 $b_{22} - b_{00}$ 、 $b_{22} - b_{02}$ 、 $b_{22} - b_{04}$ 、 $b_{22} - b_{20}$ 、 $b_{22} - b_{24}$ 、 $b_{22} - b_{40}$ 、 $b_{22} - b_{42}$ 、 $b_{22} - b_{44}$ の各差分値を演算する。また、ステップS 1 0 8では、 $(g_{r12} - g_{r10}, g_{r12} - g_{r14})$ 、 $(g_{b21} - g_{b01}, g_{b21} - g_{b41})$ 、 $(g_{b23} - g_{b03}, g_{b23} - g_{b43})$ 、 $(g_{r32} - g_{r30}, g_{r32} - g_{r34})$ の差分値の組を算出する。

#### 【0077】

一方、図6(B)および(C)に示すように、注目画素をG r画素およびG b画素とした場合には、同色周辺画素の位置を注目画素のより近い位置とするように、同色画素による欠陥判定時に選択する画素の位置を変えてもよい。例えば、図6(B)において注目画素を画素G r 2 2とした場合、図4のステップS 1 0 3では、 $g_{r22} - g_{r02}$ 、 $g_{r22} - g_{b11}$ 、 $g_{r22} - g_{b13}$ 、 $g_{r22} - g_{r20}$ 、 $g_{r22} - g_{r24}$ 、 $g_{r22} - g_{b31}$ 、 $g_{r22} - g_{b33}$ 、 $g_{r22} - g_{r42}$ の各差分値を演算する。また、ステップS 1 0 8では、注目画素がR画素やB画素の場合と同様の位置の画素を用い、 $(b_{12} - b_{10}, b_{12} - b_{14})$ 、 $(r_{21} - r_{01}, r_{21} - r_{41})$ 、 $(r_{23} - r_{03}, r_{23} - r_{43})$ 、 $(b_{32} - b_{30}, b_{32} - b_{34})$ の差分値の組を算出する。また、注目画素をG b画素とした場合も、G r画素の場合と同じ位置の画素を演算に用いる。

#### 【0078】

以上の処理では、注目画素の同色周辺画素だけでなく、異色画素も用いて欠陥か否かの判定を行うようにしたことで、ごく小さな点状の画像が撮像された場合に、その画像の範囲内の画素を欠陥と判定して周辺画素により完全に置換してしまう事態を防止することができ、被写体の像がより忠実に再現された精細な画像を記録することが可能となる。

#### 【0079】

例えば、 $2 \times 2$ 画素の範囲に同色光が入射している場合、この範囲内の画素を注目画素とすると、これがR画素またはB画素であれば、異色画素による欠陥判定により欠陥状態が緩和されて欠陥状態変数DETが「1」となり、補正画像データには元の色が強く残るようになる。また、 $3 \times 3$ 画素の範囲に同色光が入射した場合には、この範囲内の中心がR画素またはB画素であれば、同色画素による判定で欠陥と判定されてしまうが、異色画素による判定により欠陥状態が強く緩和されて、欠陥状態変数が「0」以下となり、元の色が完全に残される。

#### 【0080】

また、このような欠陥状態の判定のために、注目画素とその同色周辺画素、および注目画素の隣接異色画素とその同色周辺画素との各差分値の演算と、それらの差分値としきい値との比較という比較的単純な処理を行っている。このため、検出回路142の回路構成を単純にすることができ、回路規模を抑制し、製造コストを低減することができる。

#### 【0081】

特に、欠陥状態を判別するために、異色画素のデータに基づく緩和変数OCCNTを用いているが、この変数は、異色画素を用いた差分値がしきい値を超えたか否かという情報と、その個数とに基づいて決定される。このため、差分比較回路423から欠陥状態判定

10

20

30

40

50

回路 4 2 4 に伝送されるデータのビット数が削減され、欠陥状態判定回路 4 2 4 の回路構成が単純化されるので、回路規模が抑制され、消費電力も低減される。

【 0 0 8 2 】

従って、本実施の形態の撮像装置では、回路規模の小型化や低コスト化、低消費電力化という効果と、撮像画像の高画質化という効果とを両立させることができ、例えば携帯電話機などに撮像機能を設けた場合など、小型・低コスト・低消費電力であることが重要視される場合でも、従来と比較してより自然で精細な画像を撮像し、記録することが可能となる。

【 0 0 8 3 】

次に、検出回路 1 4 2 の具体的な回路構成を例示し、回路規模の削減効果についてより詳しく説明する。

図 7 は、差分比較回路 4 2 3 の第 1 の回路構成例を示す図である。

【 0 0 8 4 】

図 7 に示す差分比較回路 4 2 3 は、その前段に 1 6 個の遅延回路 3 0 1 ~ 3 0 4 , 3 1 1 ~ 3 1 4 , 3 2 1 ~ 3 2 4 , 3 3 1 ~ 3 3 4 , 3 4 1 ~ 3 4 4 が設けられ、内部に減算部 3 5 0、比較部 3 6 0、変数算出部 3 7 1 および 3 7 2 が設けられた構成を有している。

【 0 0 8 5 】

遅延回路 3 0 1 ~ 3 0 4 , 3 1 1 ~ 3 1 4 , 3 2 1 ~ 3 2 4 , 3 3 1 ~ 3 3 4 , 3 4 1 ~ 3 4 4 は、入力画像データをそれぞれ水平方向に 1 画素転送するための周期（以下、この周期をクロック周期とする）だけ遅延させる。遅延回路 3 0 1 ~ 3 0 4 は直列に接続され、遅延回路 3 0 1 には前処理回路 1 3 からの画像データ D L 0 が入力されて、この画像データ D L 0 と各遅延回路 3 0 1 ~ 3 0 4 の出力データとが減算部 3 5 0 に入力される。これにより、減算部 3 5 0 には水平方向に隣接する 5 画素のデータが入力される。

【 0 0 8 6 】

遅延回路 3 1 1 ~ 3 1 4 , 3 2 1 ~ 3 2 4 , 3 3 1 ~ 3 3 4 , 3 4 1 ~ 3 4 4 もそれぞれ同様に直列に接続され、画像データ D L 1 , D L 2 , D L 3 , D L 4 からそれぞれ隣接する 5 画素分のデータを生成して減算部 3 5 0 に供給する。これにより、減算部 3 5 0 には 5 × 5 画素分の画像データが入力される。

【 0 0 8 7 】

減算部 3 5 0 は、入力された 5 × 5 画素分のデータから、色識別情報 G R N \_ I D に応じてデータを選択し、図 4 のステップ S 1 0 3 および S 1 0 7 に対応する差分演算を行う。例えば、注目画素が図 5 の R 2 2 または図 6 ( A ) の B 2 2 であるとき、減算部 3 5 0 には、入力画像データの差分値を算出するための 1 6 個の減算回路（式（ 1 ）または（ 2 ）の各左辺の演算と式（ 3 ）～（ 6 ）または式（ 7 ）～（ 1 0 ）の各左辺の演算に相当）が設けられる。なお、ここでは入力される画像データ D L 0 ~ D L 4 のビット数を 9 ビットとすると、各減算回路による減算結果は符号ビットを含む 1 0 ビットのデータとして出力される。

【 0 0 8 8 】

比較部 3 6 0 は、減算部 3 5 0 による減算結果を、しきい値算出回路 4 2 1 によって設定されるしきい値と比較する。この比較部 3 6 0 は、入力データのそれぞれに対応する 1 6 個の比較回路を具備し、図 4 のステップ S 1 0 4 および S 1 0 6 に対応する比較処理を実行する。そして、注目画素の同色画素に基づく比較結果を変数算出部 3 7 1 に、異色画素に基づく比較結果を変数算出部 3 7 2 に、それぞれ 2 ビットのデータとして出力する。

【 0 0 8 9 】

変数算出部 3 7 1 は、図 4 のステップ S 1 0 4 ~ S 1 0 6 に対応する欠陥判定処理を実行するブロックであり、注目画素の同色画素に基づく比較結果から差分検出変数 D E F D E T を算出する。ここでは、比較部 3 6 0 からの 8 つの 2 ビットデータが一致した場合に、差分検出変数 D E F D E T を「 3 」に設定するとともに、欠陥種類（白欠陥あるいは黒欠陥）を変数算出部 3 7 2 に通知する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 0 】

変数算出部 3 7 2 は、図 4 のステップ S 1 0 8 に対応する処理を実行するブロックであり、注目画素の異色画素に基づく比較結果から緩和変数 O C C N T を算出する。ここでは、変数算出部 3 7 1 から通知される欠陥種類に応じて、ステップ S 1 0 8 で説明した差分値の組のうち、双方の値がしきい値を超えた組を計数し、その数に応じて緩和変数 O C C N T を算出する。

## 【 0 0 9 1 】

図 8 は、上記回路の動作を示すタイミングチャートである。なお、ここでは例として、図 5 における画素 R 2 2 を注目画素とした場合の異色画素 ( G b 画素 ) を用いた欠陥検出動作について説明する。また、図 8 において、画像データ N \_ 2 d , N \_ 4 d は、画像データ N をそれぞれ 2 クロック分、 4 クロック分だけ遅延させたデータを示す。

10

## 【 0 0 9 2 】

図 7 に示した回路では、減算部 3 5 0 の前段に設けられた 5 段の遅延回路により、演算の対象となる画像データがすべて同じタイミングに入力される。すなわち、図 8 のタイミング T 1 1 で、注目画素である画素 R 2 2 に隣接する画素 G b 1 2 および G b 3 2 のデータと、これらと差分演算を行う対象の画素 G b 1 0 , G b 1 4 , G b 3 0 , G b 3 4 とが同時に入力される。そして、これらを用いた 4 つの差分値が減算部 3 5 0 から比較部 3 6 0 に出力されて、その比較結果と G r 画素に基づく比較結果とに応じて、変数算出部 3 7 2 で緩和変数 O C C N T が算出される。

20

## 【 0 0 9 3 】

以上の回路構成においては、減算部 3 5 0 および比較部 3 6 0 は、入力画像データのビット数に応じた回路規模が必要となるが、比較部 3 6 0 から出力されるデータのビット数は入力画像データより少なくなるので、変数算出部 3 7 1 および 3 7 2 やその後段の欠陥状態判定回路 4 2 4 の回路が単純化され、回路規模が小さくなる。従って、例えば欠陥状態の緩和量を減算部 3 5 0 からの差分値の絶対量を基に算出する場合と比較して、回路規模や部品コストを大幅に削減することができ、また消費電力を低減することができる。

## 【 0 0 9 4 】

図 9 は、差分比較回路 4 2 3 の第 2 の回路構成例を示す図である。なお、この図 9 では例として、図 5 における R 画素または B 画素を注目画素とした場合に用いる回路構成を示している。また、図 6 に対応するブロックには同じ符号を付して示している。

30

## 【 0 0 9 5 】

図 9 に示す差分比較回路 4 2 3 では、前段に設けられた遅延回路が 2 段ずつとされるとともに、差分比較回路 4 2 3 の内部にも複数の遅延回路がさらに設けられた構成を有している。前段に設けられた遅延回路 3 0 1 および 3 0 2 , 遅延回路 3 2 1 および 3 2 2 , 遅延回路 3 4 1 および 3 4 2 は、それぞれ画像データ D L 0 , D L 2 , D L 4 と、これらを 2 クロック分遅延させたデータとを減算部 3 5 1 に供給する。また、遅延回路 3 1 1 および 3 1 2 , 遅延回路 3 3 1 および 3 3 2 は、それぞれ画像データ D L 1 , D L 3 と、これらを 2 クロック分遅延させたデータとを減算部 3 5 2 に供給する。

## 【 0 0 9 6 】

減算部 3 5 1 および比較部 3 6 1 は、注目画素の同色画素と一方の異色画素 ( 注目画素が R 画素の場合は G r 画素、 B 画素の場合は G b 画素 ) とを用いた差分演算 ( 図 4 のステップ S 1 0 3 および S 1 0 7 ) および比較処理 ( 図 4 のステップ S 1 0 4 および S 1 0 8 ) をそれぞれ実行するブロックである。減算部 3 5 1 は、差分演算のための 8 個の減算回路 ( 式 ( 1 ) または ( 2 ) の各左辺の演算と、式 ( 4 ) および ( 5 ) , または式 ( 8 ) および ( 9 ) の各左辺の演算に相当) を具備し、比較部 3 6 1 は各減算回路の算出結果をしきい値と比較するための 8 個の比較回路を具備している。

40

## 【 0 0 9 7 】

また、減算部 3 5 2 および比較部 3 6 2 は、注目画素の他方の異色画素 ( 注目画素が R 画素の場合は G b 画素、 B 画素の場合は G r 画素 ) を用いた差分演算 ( 図 4 のステップ S 1 0 7 ) および比較処理 ( 図 4 のステップ S 1 0 8 ) をそれぞれ実行するブロックである

50



。減算部 352 は、差分演算のための 4 個の減算回路（式（3）および（6）、または式（7）および（10）の各左辺の演算に相当）を具備し、比較部 362 は各減算回路の算出結果をしきい値と比較するための 4 個の比較回路を具備している。なお、第 1 の回路構成例と同様に、画像データ DL0 ~ DL4 が 9 ビットデータの場合、減算部 351 および 352 の出力データは符号ビットを含む 10 ビット、比較部 361 および 362 の出力データは 2 ビットとなる。

#### 【0098】

比較部 361 の後段には、遅延回路 381 ~ 392 が設けられている。遅延回路 381 ~ 390 は、それぞれ 2 個ずつ直列に接続されて、比較部 361 からの 8 つの出力データのうちの 5 つを、それぞれ 2 クロック分遅延させて変数算出部 371 に供給する。また、遅延回路 381 および 383 によって 1 クロック分遅延された比較結果は、それぞれ変数算出部 372 にも供給される。さらに、遅延回路 382 および 384 の後段にはさらに遅延回路 391 および 392 がそれぞれ接続され、これらにより 3 クロック分遅延された比較結果が変数算出部 372 に供給される。

#### 【0099】

一方、比較部 362 の後段にも、遅延回路 395 ~ 398 が設けられている。遅延回路 395 および 396 と、遅延回路 397 および 398 は、それぞれ直列に接続されて、比較部 362 からの 4 つの出力データのうちの 2 つをそれぞれ 2 クロック分遅延させて、変数算出部 372 に供給する。

#### 【0100】

この図 9 の回路構成では、減算部 351 および 352 には、垂直方向に隣接する 5 画素分のデータは同時に入力されるものの、水平方向については同色の 2 画素だけしか同時に入力されない。しかし、減算部 351 および 352 では、水平方向の 5 画素分のデータを用いて一度に演算せずに、それらの一部を 2 クロック分早いタイミングであらかじめ演算し、その演算結果に基づく比較結果を後段の遅延回路 381 ~ 392、395 ~ 398 によって遅延させている。これにより、5 × 5 画素のデータに基づく比較結果の変数算出部 371 および 372 に対する入力タイミングを一致させることができる。

#### 【0101】

図 10 は、上記回路の動作を示すタイミングチャートである。なお、ここでは図 8 と同様に、例として図 5 における画素 R22 を注目画素とした場合の異色画素（Gb 画素）を用いた欠陥検出動作について説明する。また、図 10 において、画像データ N<sub>2d</sub> は、画像データ N を 2 クロック分遅延させたデータを示し、cmp (sub [N], th) は、差分値 N としきい値 th との比較結果を示す。

#### 【0102】

まず、タイミング T21 では、注目画素（画素 R22）に隣接する異色画素である画素 Gb12 および Gb32 と、それらより先行する同色画素である Gb10 および Gb30 とが減算部 352 に入力される。減算部 352 は、これらの画像データを用いて、gb12 - gb10、gb32 - gb30 の各演算を実行し、さらに比較部 362 は、これらの演算結果としきい値とを比較して、比較結果を遅延回路 395 および 397 にそれぞれ出力する。

#### 【0103】

また、2 クロック後のタイミング T22 では、隣接異色画素である画素 Gb12 および Gb32 と、それらの後続の同色画素である Gb14 および Gb34 とが減算部 352 に入力される。減算部 352 は、これらの画像データを用いて、gb12 - gb14、gb32 - gb34 の各演算を実行し、さらに比較部 362 は、これらの演算結果としきい値との比較結果を変数算出部 372 に出力する。このとき、タイミング T21 で出力された gb12 - gb10、gb32 - gb30 を用いた比較結果が、遅延回路 395 ~ 398 により 2 クロック分遅延されて、タイミング T22 で同時に変数算出部 372 に入力される。従って、変数算出部 372 では、注目画素の隣接異色画素である画素 Gb12 および Gb32 に基づく比較結果を取得し、緩和変数 OCCNT を算出することができる。

## 【 0 1 0 4 】

ここで、隣接異色画素である G b 画素を用いて差分演算および比較処理を行うために必要な回路を考える。1 ビット分のデータを遅延させるために、フリップフロップなどの遅延回路（1 ビット遅延回路と呼称する）が 1 つ必要となることから、図 9 の第 2 の回路構成例の場合、差分比較回路 4 2 3 の前段に  $9 \times 4 = 36$ （個）、内部に  $2 \times 4 = 8$ （個）の合計 44 個の 1 ビット遅延回路が必要となる。一方、図 7 の第 1 の回路構成例の場合、差分比較回路 4 2 3 の前段に  $9 \times 8 = 72$ （個）の 1 ビット遅延回路が必要となり、第 2 の回路構成例の方が遅延回路の数を大幅に少なくできることがわかる。

## 【 0 1 0 5 】

注目画素である画素 R を用いた処理系についても、必要な差分演算および比較処理の一部を 2 クロック前に実行しておくことで、上記と同様の回路削減効果が得られる。これらの処理のために、図 9 の第 2 の回路構成例の場合、差分比較回路 4 2 3 の前段に  $9 \times 6 = 54$ （個）、内部に  $2 \times 10 = 20$ （個）の合計 74 個の 1 ビット遅延回路が必要となる。一方、図 7 の第 1 の回路構成例の場合、差分比較回路 4 2 3 の前段に  $9 \times 12 = 108$ （個）の 1 ビット遅延回路が必要となり、第 2 の回路構成例の方が遅延回路の数を大幅に少なくできる。

## 【 0 1 0 6 】

ただし、他方の隣接異色画素である G r 画素の処理系では、水平方向の同色 2 画素分しかデータが必要でないために、遅延素子を削減することはできない。図 9 では注目画素の列を中心とした 2 画素おきのデータしか入力されないため、それらの中間位置のデータを用いた比較結果を変数算出部 3 7 2 に入力させるために、遅延回路 3 8 1 および 3 8 3 の出力データを変数算出部 3 7 2 に供給するとともに、遅延回路 3 9 1 および 3 9 2 を新たに設けて、遅延回路 3 8 1 および 3 8 3 の出力データをさらに 2 クロック分遅延させて変数算出部 3 7 2 に供給している。このため、遅延回路の数は第 2 の回路構成例の方が増加する。

## 【 0 1 0 7 】

しかし、上記回路構成としたことで、G r 画素を用いた差分演算および比較処理と、注目画素（画素 R）を用いた各処理は、減算部 3 5 1 および比較部 3 6 1 を共用して実行することができるので、減算回路および比較回路の数を削減することができる。第 1 および第 2 の回路構成例で必要となる 1 ビット遅延素子、9 ビット減算回路、10 ビット比較回路の数は、それぞれ以下の表 1 および表 2 のようになり、第 2 の回路構成例では回路規模を大幅に削減できることがわかる。

## 【 0 1 0 8 】

## 【表 1】

第1の回路構成例の場合(注目画素: R)

	1bit遅延回路	9bit減算回路	10bit比較回路
R画素の処理系	$9 \times 3 \times 4$	8	8
Gr画素の処理系	(R画素と共用)	4	4
Gb画素の処理系	$9 \times 2 \times 4$	4	4
計	180	16	16

## 【 0 1 0 9 】

10

20

30

40

【表 2】

第2の回路構成例の場合(注目画素: R)

	1bit遅延回路	9bit減算回路	10bit比較回路
R画素の処理系	$9 \times 3 \times 2 + 2 \times 5 \times 2$	8	8
Gr画素の処理系	$2 \times 2 \times 1$	(R画素と共用)	(R画素と共用)
Gb画素の処理系	$9 \times 2 \times 2 + 2 \times 2 \times 2$	4	4
計	122	12	12

10

## 【0110】

なお、上記では注目画素がR画素の場合の回路構成例について説明したが、注目画素をB画素とした場合にも全く同じ回路によって処理することができる。また、注目画素をGr画素およびGb画素とした場合には異なる構成の回路が用いられるが、上記いずれの回路構成例でも、減算回路、比較回路および遅延回路は注目画素の色情報によらず同じ数だけ必要となり、異なる色の処理で一部の回路を共用することもできる。従って、注目画素の色情報によらず、第2の回路構成例の方が回路規模を抑制することができる。

## 【0111】

20

以上説明したように、本実施の形態の欠陥検出補正回路14では、注目画素とその同色周辺画素、および注目画素の隣接異色画素とその同色周辺画素との各差分値を算出し、これらの差分値がしきい値を超えたか否かを示す情報のみを用いて欠陥状態を判定するようにしたことで、変数の算出の基となるデータのビット数が減少する。このため、変数算出部371および372の前段において遅延回路を設ける構成としたときに、遅延回路の個数を大幅に削減することができ、欠陥検出の精度を維持しつつ、回路規模や部品コストをより大きく抑制し、消費電力を低減することができる。

## 【0112】

## 〔第2の実施の形態〕

ところで、上記第1の実施の形態では、注目画素の同色画素による欠陥検出では2段階のみの欠陥状態を判定していたが、比較対象のしきい値を複数用いることで、3段階以上の欠陥状態を判定できるようにしてもよい。これにより、周辺画素との差分値がしきい値付近で変動するノイズが注目画素に発生した場合、この画素が点滅する減少を防止することが可能となる。

30

## 【0113】

図11は、注目画素にノイズが発生した場合の信号レベルの変化の例を示すグラフである。

この図11では、注目画素とその同色周辺画素との信号レベルの差分値のフレームごとの変化について示している。この図11のように、注目画素に信号レベルが変化するノイズが発生した場合には、例えば比較対象のしきい値を1つ(例えば図中しきい値TH\_DTLV2)としたときには、差分値がしきい値を超えたときは注目画素が周辺画素により補間され、しきい値以下のときは補間されずに元の色が残るため、注目画素が点滅することになる。

40

## 【0114】

これに対して、複数のしきい値TH\_DTLV1~TH\_DTLV3(ただし、TH\_DTLV1<TH\_DTLV2<TH\_DTLV3)を用意し、差分値が最も高いしきい値TH\_DTLV3を超えた場合には欠陥状態を高くして、注目画素を強く補正し、最も低いしきい値TH\_DTLV1のみ超えた場合には欠陥状態を低くして、元の色が残るように注目画素を弱く補正することで、注目画素の点滅を目立たなくすることができる。

## 【0115】

50

図12は、この場合の欠陥検出補正回路14における1画素分の欠陥検出・補正処理の例を示すフローチャートである。なお、ここでは例として、上記の図4と同様に、図5の画素配列例を用い、注目画素を画素R22とした場合を想定して説明する。

【0116】

〔ステップS201～S203〕これらのステップは、図4のステップS101～S103と同様である。すなわち、検出回路142は、新たな5×5画素分の画像データを取得し、検出に使用する周辺画素を決定する。そして、注目画素と、同色周辺画素とのデータの差分値( $r_{22} - r_{00}$ ,  $r_{22} - r_{02}$ ,  $r_{22} - r_{04}$ ,  $r_{22} - r_{20}$ ,  $r_{22} - r_{24}$ ,  $r_{22} - r_{40}$ ,  $r_{22} - r_{42}$ ,  $r_{22} - r_{44}$ )を演算する。

【0117】

〔ステップS204〕演算した差分値と、しきい値算出回路421からの同色画素比較用のしきい値 $TH\_DTLV1 \sim TH\_DTLV3$ とを比較して、同色画素による欠陥判定を行う。ここでは、各しきい値との比較結果に応じて、差分検出変数 $DEFDET$ を「0」～「3」の4段階に設定し、さらに欠陥種類に応じたフラグを設定する。

【0118】

差分検出変数 $DEFDET$ は、以下の条件で設定する。

・白欠陥の場合

条件1-1

$r_{22} - MAX(r_{00}, r_{02}, r_{04}, r_{20}, r_{24}, r_{40}, r_{42}, r_{44})$   
 $TH\_DTLV1$   $DEFDET$ を「0」とする。

条件1-2

$TH\_DTLV1 < r_{22} - MAX(r_{00}, r_{02}, r_{04}, r_{20}, r_{24}, r_{40}, r_{42}, r_{44})$   $TH\_DTLV2$   $DEFDET$ を「1」とする。

条件1-3

$TH\_DTLV2 < r_{22} - MAX(r_{00}, r_{02}, r_{04}, r_{20}, r_{24}, r_{40}, r_{42}, r_{44})$   $TH\_DTLV3$   $DEFDET$ を「2」とする。

条件1-4

$r_{22} - MAX(r_{00}, r_{02}, r_{04}, r_{20}, r_{24}, r_{40}, r_{42}, r_{44}) > TH\_DTLV3$   $DEFDET$ を「3」とする。

【0119】

・黒欠陥の場合

条件2-1

$MIN(r_{00}, r_{02}, r_{04}, r_{20}, r_{24}, r_{40}, r_{42}, r_{44}) - r_{22}$   
 $TH\_DTLV1$   $DEFDET$ を「0」とする。

条件2-2

$TH\_DTLV1 < MIN(r_{00}, r_{02}, r_{04}, r_{20}, r_{24}, r_{40}, r_{42}, r_{44}) - r_{22}$   $TH\_DTLV2$   $DEFDET$ を「1」とする。

条件2-3

$TH\_DTLV2 < MIN(r_{00}, r_{02}, r_{04}, r_{20}, r_{24}, r_{40}, r_{42}, r_{44}) - r_{22}$   $TH\_DTLV3$   $DEFDET$ を「2」とする。

条件2-4

$MIN(r_{00}, r_{02}, r_{04}, r_{20}, r_{24}, r_{40}, r_{42}, r_{44}) - r_{22} > TH\_DTLV3$   $DEFDET$ を「3」とする。

【0120】

〔ステップS205〕上記判定により、差分検出変数 $DEFDET$ が0より大きく、注目画素が欠陥であると判定した場合にはステップS206に進み、欠陥でないと判定した場合にはステップS219に進む。

【0121】

〔ステップS206〕このステップは、図4のステップS107と同様であり、差分比較回路423は、注目画素に隣接する異色画素と、その同色周辺画素との差分値( $gb1$

10

20

30

40

50

2 -  $gb10$ ,  $gb12 - gb14$ ,  $gr21 - gr01$ ,  $gr21 - gr41$ ,  $gr23 - gr03$ ,  $gr23 - gr43$ ,  $gb32 - gb30$ ,  $gb32 - gb34$ ) を演算する。

#### 【0122】

〔ステップS207〕差分比較回路423は、演算した差分値と、しきい値算出回路21からの異色画素比較用のしきい値 $TH\_DTLV1 \sim TH\_DTLV3$ とを比較し、異色画素による欠陥判定を行う。ここでは、( $gb12 - gb10$ ,  $gb12 - gb14$ ) ( $gr21 - gr01$ ,  $gr21 - gr41$ ) ( $gr23 - gr03$ ,  $gr23 - gr43$ ) ( $gb32 - gb30$ ,  $gb32 - gb34$ ) の4つの差分値の組を算出し、各組と各しきい値との比較結果に応じて緩和変数 $OCCNT$ を算出する。

10

#### 【0123】

緩和変数 $OCCNT$ は、初期値を「0」、最大値を「16」として、以下の条件で設定する。ただし、緩和変数 $OCCNT$ をインクリメントするためには、上記の組のすべての符号が一致し、さらにステップS204で設定されたフラグで示される符号とも一致する必要がある。すなわち、上記の組の符号は、注目画素が白欠陥の場合はすべて正、黒欠陥の場合はすべて負となる。なお、異色画素比較用の各しきい値としては、同色画素比較用と異なる値を設定してもよい。

#### 【0124】

・白欠陥の場合

$gb12 - MAX(gb10, gb14)$ ,  $gr21 - MAX(gr01, gr41)$ ,  $gr23 - MAX(gr03, gr43)$ ,  $gb32 - MAX(gb30, gb34)$  の差分値の組のそれぞれについて、

20

条件3-1

双方の差分値が $TH\_DTLV1$ より大きく、 $TH\_DTLV2$ 以下  $OCCNT$ を「1」インクリメントする。

条件3-2

双方の差分値が $TH\_DTLV2$ より大きく、 $TH\_DTLV3$ 以下  $OCCNT$ を「2」インクリメントする。

条件3-3

双方の差分値が $TH\_DTLV3$ より大きい  $OCCNT$ を「4」インクリメントする。

30

#### 【0125】

・黒欠陥の場合

$MIN(gb10, gb14) - gb12$ ,  $MIN(gr01, gr41) - gr21$ ,  $MIN(gr03, gr43) - gr23$ ,  $MIN(gb30, gb34) - gb32$  の差分値の組のそれぞれにおいて、双方の差分値について上記の条件3-1～3-3を適用する。

#### 【0126】

〔ステップS208〕緩和変数 $OCCNT$ が「0」の場合はステップS209に進み、そうでない場合はステップS210に進む。

〔ステップS209〕欠陥状態判定回路424は、欠陥状態変数 $DEFT$ に差分検出変数 $DEFDET$ の値をそのまま設定して、セクタ432に出力する。

40

#### 【0127】

〔ステップS210〕緩和変数 $OCCNT$ が「0」より大きく、「8」以下である場合はステップS211に進み、そうでない場合はステップS212に進む。

〔ステップS211〕欠陥状態判定回路424は、差分検出変数 $DEFDET$ から「1」を減じた値を欠陥状態変数 $DEFT$ に設定し、セクタ432に出力する。

#### 【0128】

〔ステップS212〕緩和変数 $OCCNT$ が「8」より大きく、「16」以下であり、このとき欠陥状態判定回路424は、差分検出変数 $DEFDET$ から「2」を減じた値を欠陥状態変数 $DEFT$ に設定し、セクタ432に出力する。

50

## 【 0 1 2 9 】

このような欠陥状態判定回路 4 2 4 の演算により、注目画素の同色周辺画素に対する信号レベルの突出度が高い場合でも、隣接異色画素の信号レベルの突出度が高いほど欠陥状態変数 D E T の値が低くなり、注目画素が欠陥である可能性が低いと判定される。

## 【 0 1 3 0 】

〔ステップ S 2 1 3 ~ S 2 1 9〕これらのステップは、図 4 のステップ S 1 1 0 ~ S 1 1 6 と同様である。すなわち、欠陥状態変数 D E T が「 3 」である場合は、補正回路 1 4 3 のセクタ 4 3 2 により、 $(1, 0, 1) / 2$  で重み付けされた補正フィルタ 4 3 1 d が選択され、注目画素のデータは隣接同色画素の平均値で置換される。また、欠陥状態変数 D E T が「 2 」である場合は、セクタ 4 3 2 により  $(3, 2, 3) / 8$  で重み付けされた補正フィルタ 4 3 1 c が選択され、隣接同色画素に対して注目画素のデータが相対的に少ない割合で混合される。

10

## 【 0 1 3 1 】

さらに、欠陥状態変数 D E T が「 1 」である場合は、セクタ 4 3 2 により  $(1, 2, 1) / 4$  で重み付けされた補正フィルタ 4 3 1 b が選択され、隣接同色画素に対して注目画素のデータが相対的に高い割合で混合される。また、欠陥状態変数 D E T が「 0 」以下である場合は、セクタ 4 3 2 により  $(0, 1, 0)$  で重み付けされた補正フィルタ 4 3 1 a が選択され、注目画素の画像データが補正されずにそのまま出力される。

## 【 0 1 3 2 】

以上の第 2 の実施の形態では、注目画素の同色画素および隣接画素についての差分値の比較の際に複数のしきい値を用い、各しきい値との比較結果に応じて欠陥状態を決めるようにしたことで、被写体の細かい像をより忠実に再現できる効果に加えて、信号レベルが変化するノイズが発生した画素について、この画素の補正後のレベル変化を抑えて目立たなくする効果が得られる。また、このような欠陥状態の判別を、差分値が複数のしきい値を超えたか否かという情報に基づいて行って、演算に使用するデータのビット数を減少させたことで、回路規模を削減し、消費電力を低減することができる。

20

## 【 0 1 3 3 】

なお、上記の各実施の形態で示した撮像装置は、例えば、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラをはじめ、静止画像や動画の撮像機能を備えた携帯電話機、PDA (Personal Digital Assistant) などとして実現され、これらの機器に本発明を適用することができる。

30

## 【 0 1 3 4 】

また、このような機器以外に、外部の撮像素子が接続されて、その撮像素子による撮像動作を制御して撮像画像を取り込むことが可能なパーソナルコンピュータなどの情報処理機器にも、本発明を適用することが可能である。その場合、上記の撮像装置が有する欠陥検出補正機能の処理内容を記述したプログラムが提供される。そして、そのプログラムをコンピュータで実行することにより、上記処理機能がコンピュータ上で実現される。処理内容を記述したプログラムは、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録しておくことができる。コンピュータで読み取り可能な記録媒体としては、磁気記録装置、光ディスク、光磁気記録媒体、半導体メモリなどがある。

40

## 【 0 1 3 5 】

プログラムを流通させる場合には、例えば、そのプログラムが記録された光ディスクなどの可搬型記録媒体が販売される。また、プログラムをサーバコンピュータの記憶装置に格納しておき、ネットワークを介して、サーバコンピュータから他のコンピュータにそのプログラムを転送することもできる。

## 【 0 1 3 6 】

プログラムを実行するコンピュータは、例えば、可搬型記録媒体に記録されたプログラムまたはサーバコンピュータから転送されたプログラムを、自己の記憶装置に格納する。そして、コンピュータは、自己の記憶装置からプログラムを読み取り、プログラムに従った処理を実行する。なお、コンピュータは、可搬型記録媒体から直接プログラムを読み取

50

り、そのプログラムに従った処理を実行することもできる。また、コンピュータは、サーバコンピュータからプログラムが転送されるごとに、逐次、受け取ったプログラムに従った処理を実行することもできる。

【図面の簡単な説明】

【0137】

【図1】第1の実施の形態に係る撮像装置の構成を示す図である。

【図2】欠陥検出補正回路の内部構成を示す図である。

【図3】検出回路および補正回路の各内部構成を示す図である。

【図4】欠陥検出補正回路における1画素分の欠陥検出・補正処理の流れを示すフローチャートである。

10

【図5】欠陥検出に用いる5×5画素の配列の一例を示す図である。

【図6】他色のフィルタに対応する画素を注目画素とした場合に欠陥検出処理に用いる画素を説明するための図である。

【図7】差分比較回路の第1の回路構成例を示す図である。

【図8】図7の差分比較回路の動作を示すタイミングチャートである。

【図9】差分比較回路の第2の回路構成例を示す図である。

【図10】図9の差分比較回路の動作を示すタイミングチャートである。

【図11】注目画素にノイズが発生した場合の信号レベルの変化の例を示すグラフである。

【図12】第2の実施の形態での欠陥検出補正回路における1画素分の欠陥検出・補正処理の例を示すフローチャートである。

20

【図13】極めて小さい点状の光が入射した場合の例を示す図である。

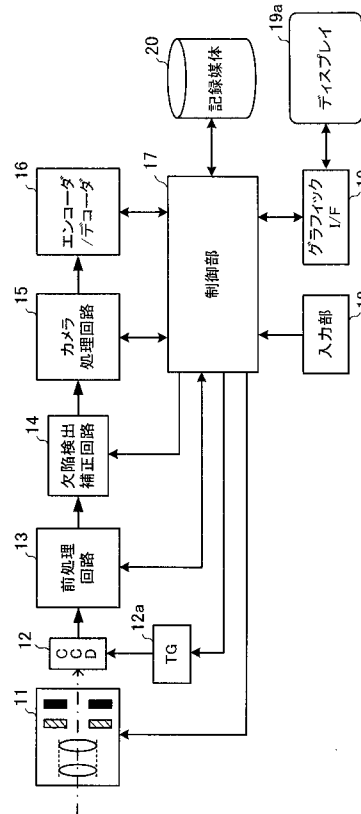
【符号の説明】

【0138】

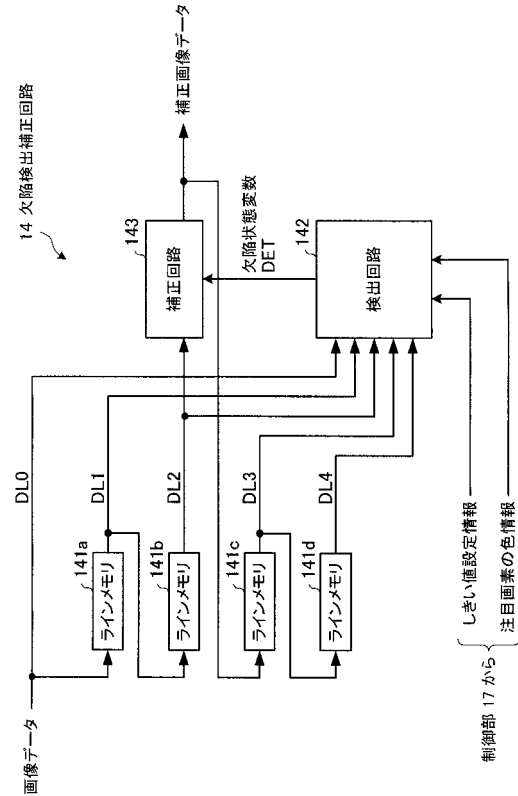
11.....光学ブロック、12.....CCD、12a.....TG、13.....前処理回路、14.....欠陥検出補正回路、15.....カメラ処理回路、16.....エンコーダ/デコーダ、17.....制御部、18.....入力部、19.....グラフィックI/F、19a.....ディスプレイ、20.....記録媒体、141a~141d.....ラインメモリ、142.....検出回路、143.....補正回路、421.....しきい値算出回路、422.....色情報判定回路、423.....差分比較回路、424.....欠陥状態判定回路、431a~431d.....補正フィルタ、432.....セクタ

30

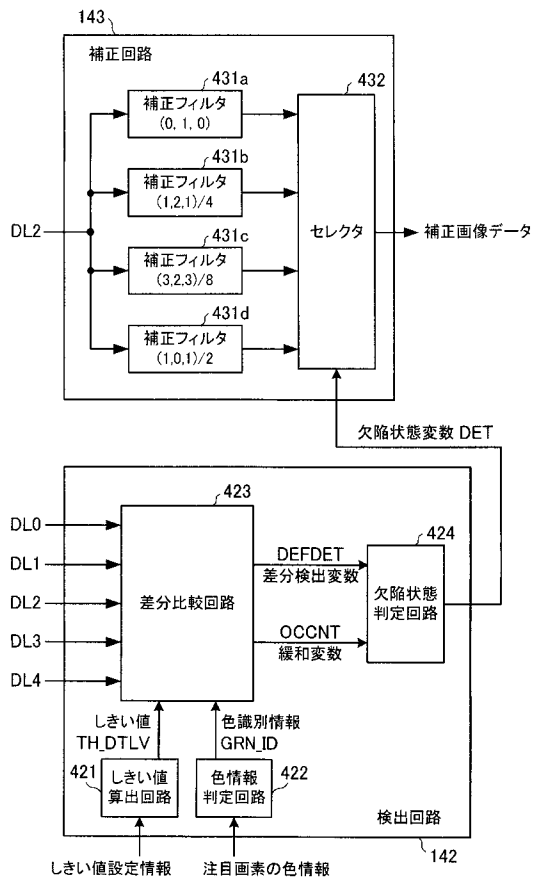
【図 1】



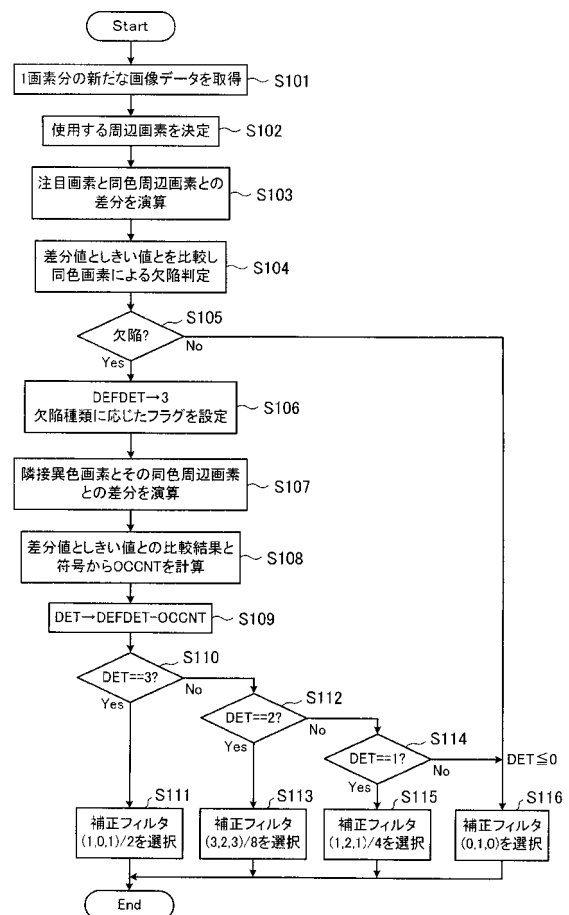
【図 2】



【図 3】



【図 4】





【図 5】

注目画素: R の場合

同色画素

R	00	Gr	01	R	02	Gr	03	R	04
Gb	10	B	11	Gb	12	B	13	Gb	14
R	20	Gr	21	R	22	Gr	23	R	24
Gb	30	B	31	Gb	32	B	33	Gb	34
R	40	Gr	41	R	42	Gr	43	R	44

異色画素

R	00	Gr	01	R	02	Gr	03	R	04
Gb	10	B	11	Gb	12	B	13	Gb	14
R	20	Gr	21	R	22	Gr	23	R	24
Gb	30	B	31	Gb	32	B	33	Gb	34
R	40	Gr	41	R	42	Gr	43	R	44

【図 6】

(C) 注目画素: Gb の場合

同色画素

Gb	00	B	01	Gb	02	B	03	Gb	04
R	10	Gr	11	R	12	Gr	13	R	14
Gb	20	B	21	Gb	22	B	23	Gb	24
R	30	Gr	31	R	32	Gr	33	R	34
Gb	40	B	41	Gb	42	B	43	Gb	44

異色画素

Gb	00	B	01	Gb	02	B	03	Gb	04
R	10	Gr	11	R	12	Gr	13	R	14
Gb	20	B	21	Gb	22	B	23	Gb	24
R	30	Gr	31	R	32	Gr	33	R	34
Gb	40	B	41	Gb	42	B	43	Gb	44

(B) 注目画素: Gr の場合

同色画素

Gr	00	R	01	Gr	02	R	03	Gr	04
B	10	Gb	11	B	12	Gb	13	B	14
Gr	20	R	21	Gr	22	R	23	Gr	24
B	30	Gb	31	B	32	Gb	33	B	34
Gr	40	R	41	Gr	42	R	43	Gr	44

異色画素

Gr	00	R	01	Gr	02	R	03	Gr	04
B	10	Gb	11	B	12	Gb	13	B	14
Gr	20	R	21	Gr	22	R	23	Gr	24
B	30	Gb	31	B	32	Gb	33	B	34
Gr	40	R	41	Gr	42	R	43	Gr	44

(A) 注目画素: B の場合

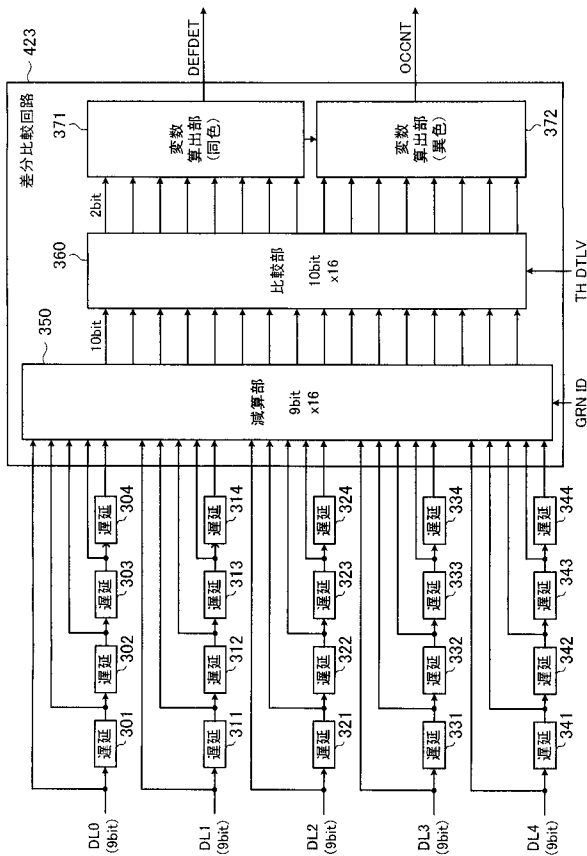
同色画素

B	00	Gb	01	B	02	Gb	03	B	04
Gr	10	R	11	Gr	12	R	13	Gr	14
B	20	Gb	21	B	22	Gb	23	B	24
Gr	30	R	31	Gr	32	R	33	Gr	34
B	40	Gb	41	B	42	Gb	43	B	44

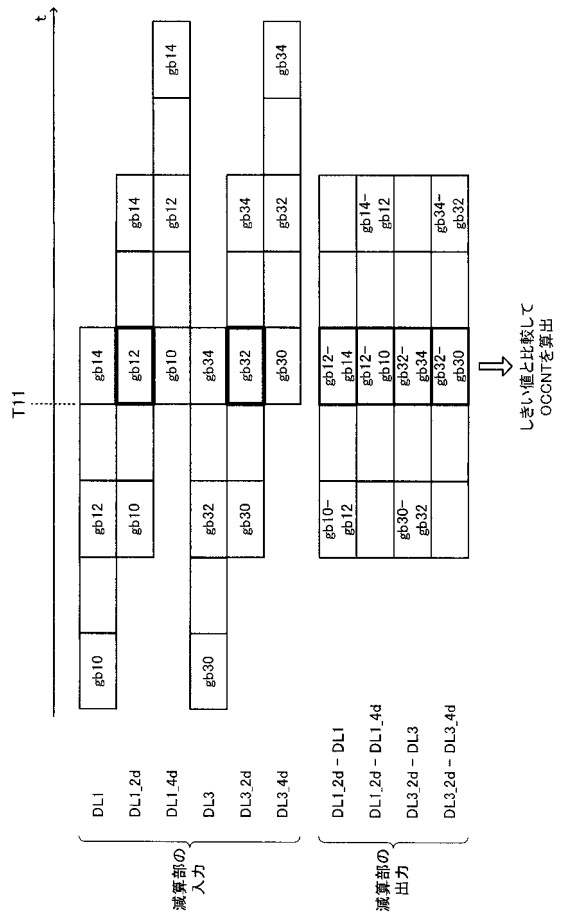
異色画素

B	00	Gb	01	B	02	Gb	03	B	04
Gr	10	R	11	Gr	12	R	13	Gr	14
B	20	Gb	21	B	22	Gb	23	B	24
Gr	30	R	31	Gr	32	R	33	Gr	34
B	40	Gb	41	B	42	Gb	43	B	44

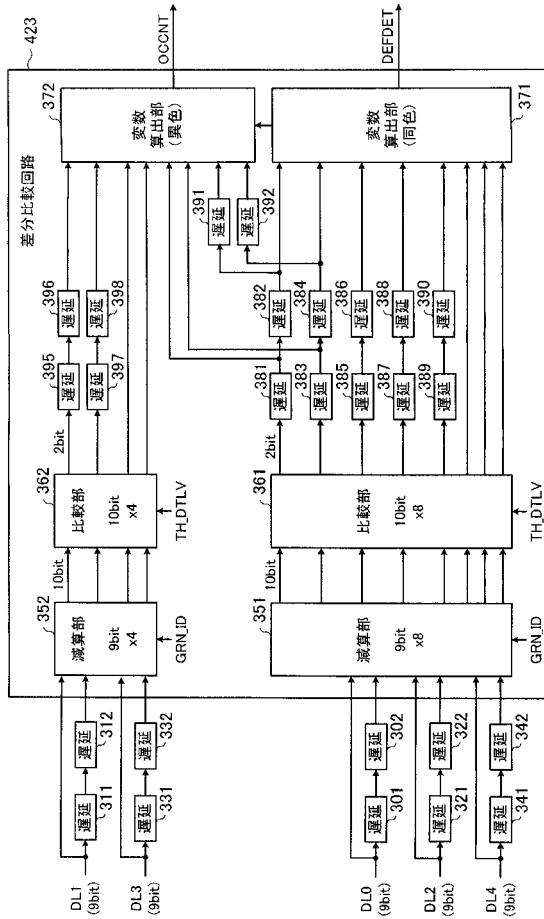
【図 7】



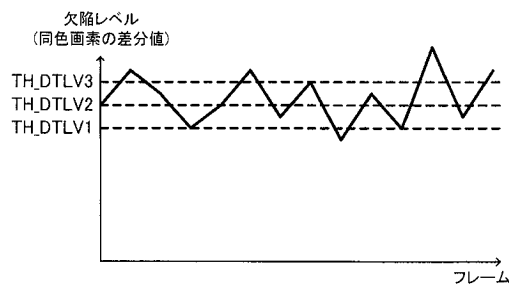
【図 8】



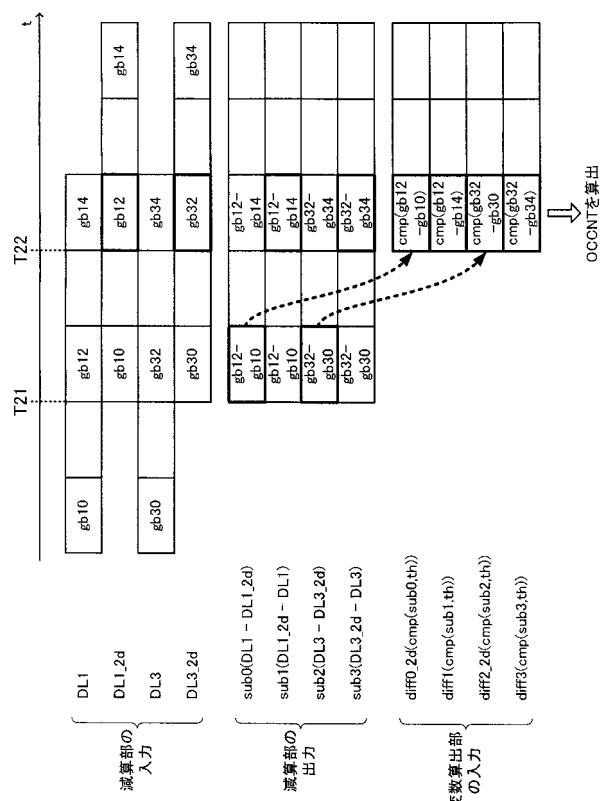
【図 9】



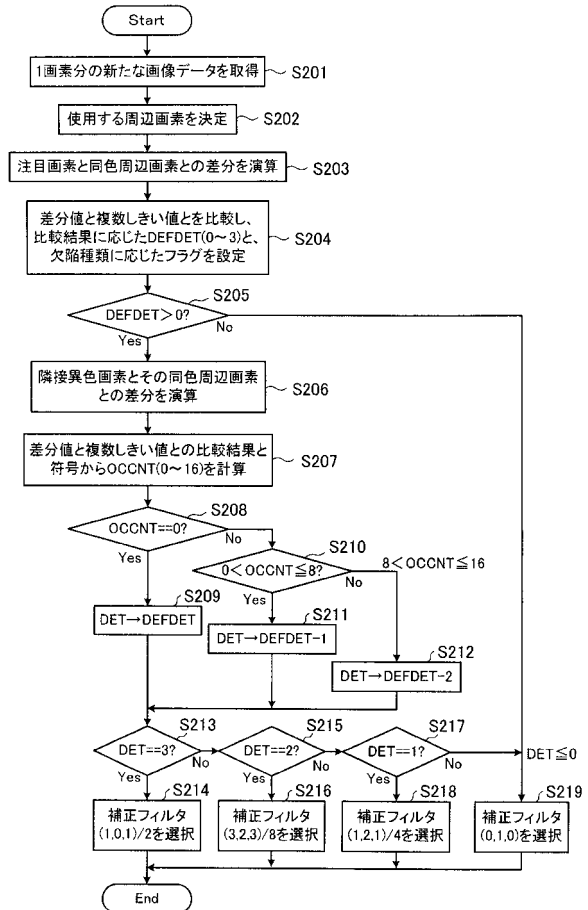
【図 11】



【図 10】



【図 12】



【図 13】

(A)

R 00	Gr 01	R 02	Gr 03	R 04
Gb 10	B 11	Gb 12	B 13	Gb 14
R 20	Gr 21	R 22	Gr 23	R 24
Gb 30	B 31	Gb 32	B 33	Gb 34
R 40	Gr 41	R 42	Gr 43	R 44

(B)

R 00	Gr 01	R 02	Gr 03	R 04
Gb 10	B 11	Gb 12	B 13	Gb 14
R 20	Gr 21	R 22	Gr 23	R 24
Gb 30	B 31	Gb 32	B 33	Gb 34
R 40	Gr 41	R 42	Gr 43	R 44

---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-086517(JP,A)  
特開2004-112802(JP,A)  
特開平06-030425(JP,A)  
特開2004-112025(JP,A)  
特開平06-284346(JP,A)  
特開2003-111088(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 9/07  
H04N 5/335  
H04N 101/00