

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第5697353号  
(P5697353)

(45) 発行日 平成27年4月8日 (2015.4.8)

(24) 登録日 平成27年2月20日 (2015.2.20)

(51) Int.Cl.  
H04N 5/367 (2011.01)

F I  
H04N 5/335 670

請求項の数 15 (全 23 頁)

|           |                               |           |                   |
|-----------|-------------------------------|-----------|-------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2010-73472 (P2010-73472)    | (73) 特許権者 | 000001007         |
| (22) 出願日  | 平成22年3月26日 (2010.3.26)        |           | キヤノン株式会社          |
| (65) 公開番号 | 特開2011-205586 (P2011-205586A) |           | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 |
| (43) 公開日  | 平成23年10月13日 (2011.10.13)      | (74) 代理人  | 100076428         |
| 審査請求日     | 平成25年3月26日 (2013.3.26)        |           | 弁理士 大塚 康德         |
|           |                               | (74) 代理人  | 100112508         |
|           |                               |           | 弁理士 高柳 司郎         |
|           |                               | (74) 代理人  | 100115071         |
|           |                               |           | 弁理士 大塚 康弘         |
|           |                               | (74) 代理人  | 100116894         |
|           |                               |           | 弁理士 木村 秀二         |
|           |                               | (74) 代理人  | 100130409         |
|           |                               |           | 弁理士 下山 治          |
|           |                               | (74) 代理人  | 100134175         |
|           |                               |           | 弁理士 永川 行光         |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理装置の制御方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の画素で構成された撮像素子で生成された画像データから、前記撮像素子の欠陥画素の信号を検出する画像処理装置であって、

注目画素の周囲に位置する複数の画素の信号レベルに対する、前記注目画素の信号レベルの差分の大きさを示す第1の判定値を求める第1の判定手段と、

前記注目画素の周囲に位置する複数の画素の信号レベルに対する、前記注目画素の信号レベルの差分の大きさのばらつきを示す第2の判定値を求める第2の判定手段と、

前記第1の判定値及び前記第2の判定値を用いて、前記注目画素の信号が欠陥画素の信号であるか否かを検出する検出手段と、を有し、

前記第1の判定手段は、前記注目画素の周囲に位置する複数の画素のそれぞれの信号レベルについて、前記注目画素の信号レベルとの差分を求め、それぞれの差分から前記注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性を示す値を求め、求めた値を乗算することで前記第1の判定値を求めることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記第1の判定値は前記差分の大きさが大きいほど大きな値となり、前記第2の判定値は前記差分の大きさのばらつきが小さいほど大きな値となるものであって、

前記検出手段は、前記第1の判定値及び前記第2の判定値のいずれもが、予め定められた閾値以上である場合に、前記注目画素の信号を欠陥画素の信号として検出することを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

**【請求項 3】**

前記検出手段が、前記注目画素の信号を前記欠陥画素の信号として検出した場合に、前記注目画素の周囲に位置する画素から得られた信号レベルから求めた補正値を用いて、前記注目画素の信号レベルを補正する補正手段を更に有することを特徴とする請求項 1 又は 2に記載の画像処理装置。

**【請求項 4】**

前記注目画素を含む領域において、前記注目画素を中心として複数の方向に対して高域通過フィルタ処理を行う処理手段を更に有し、

前記第 1 の判定手段は、前記高域通過フィルタ処理の結果の絶対値から、前記第 1 の判定値を求め、

前記第 2 の判定手段は、前記高域通過フィルタ処理の結果の絶対値のばらつきから、前記第 2 の判定値を求めることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

**【請求項 5】**

前記処理手段は、前記注目画素を含む領域において、前記注目画素を中心として複数の方向に対して低域通過フィルタ処理を行ってから、前記高域通過フィルタ処理を行うものであり、

前記注目画素を中心としていずれかの方向に前記低域通過フィルタ処理を行ってから、前記注目画素を中心として前記低域通過フィルタ処理とは異なる方向に前記高域通過フィルタ処理を行うことを特徴とする請求項 4 に記載の画像処理装置。

**【請求項 6】**

互いに帯域の異なる高域通過フィルタ処理を行う複数の前記処理手段と、

複数の前記処理手段のそれぞれに対応して設けられた複数の前記第 1 の判定手段及び複数の前記第 2 の判定手段と、

いずれか 1 つの前記処理手段に対応した前記第 1 の判定手段と前記第 2 の判定手段によって求められた前記第 1 の判定値及び前記第 2 の判定値から得られた値を選択する選択手段と、を更に有することを特徴とする請求項 4 に記載の画像処理装置。

**【請求項 7】**

複数の画素で構成された撮像素子で生成された画像データから、前記撮像素子の欠陥画素の信号を検出する画像処理装置であって、

注目画素の周囲に位置する複数の画素の信号レベルに対する、前記注目画素の信号レベルの差分の大きさを示す第 1 の判定値を求める第 1 の判定手段と、

前記注目画素の周囲に位置する複数の画素の信号レベルに対する、前記注目画素の信号レベルの差分の大きさのばらつきを示す第 2 の判定値を求める第 2 の判定手段と、

前記第 1 の判定値と前記第 2 の判定値を乗算して得られた値を用いて、前記注目画素の信号レベルと、前記注目画素の周囲に位置する画素の信号レベルから求めた補正値を重み付け加算することで、前記注目画素の信号レベルを補正する補正手段と、を有し、

前記第 1 の判定値は前記差分の大きさが大きいほど大きな値となり、前記第 2 の判定値は前記差分の大きさのばらつきが小さいほど大きな値となるものであって、

前記補正手段は、前記第 1 の判定値と前記第 2 の判定値を乗算して得られた値が大きいほど、前記補正値の重み付けを大きくすることを特徴とする画像処理装置。

**【請求項 8】**

前記第 1 の判定手段は、前記注目画素の周囲に位置する複数の画素のそれぞれの信号レベルについて、前記注目画素の信号レベルとの差分を求め、それぞれの差分から前記注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性を示す値を求め、求めた値を乗算することで前記第 1 の判定値を求めることを特徴とする請求項 7 に記載の画像処理装置。

**【請求項 9】**

前記注目画素を含む領域において、前記注目画素を中心として複数の方向に対して高域通過フィルタ処理を行う処理手段を更に有し、

前記第 1 の判定手段は、前記高域通過フィルタ処理の結果の絶対値から、前記第 1 の判

10

20

30

40

50

定値を求め、

前記第 2 の判定手段は、前記高域通過フィルタ処理の結果の絶対値のばらつきから、前記第 2 の判定値を求めることを特徴とする請求項 7 に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

前記処理手段は、前記注目画素を含む領域において、前記注目画素を中心として複数の方向に対して低域通過フィルタ処理を行ってから、前記高域通過フィルタ処理を行うものであり、

前記注目画素を中心としていずれかの方向に前記低域通過フィルタ処理を行ってから、前記注目画素を中心として前記低域通過フィルタ処理とは異なる方向に前記高域通過フィルタ処理を行うことを特徴とする請求項 9 に記載の画像処理装置。

10

【請求項 11】

互いに帯域の異なる高域通過フィルタ処理を行う複数の前記処理手段と、

複数の前記処理手段のそれぞれに対応して設けられた複数の前記第 1 の判定手段及び複数の前記第 2 の判定手段と、

いずれか 1 つの前記処理手段に対応した前記第 1 の判定手段と前記第 2 の判定手段によって求められた前記第 1 の判定値及び前記第 2 の判定値から得られた値を選択する選択手段と、を更に有することを特徴とする請求項 9 又は 10 に記載の画像処理装置。

【請求項 12】

複数の画素で構成された撮像素子で生成された画像データから、前記撮像素子の欠陥画素の信号を検出する画像処理装置の制御方法であって、

20

第 1 の判定手段が、注目画素の周囲に位置する複数の画素の信号レベルに対する、前記注目画素の信号レベルの差分の大きさを示す第 1 の判定値を求めるステップと、

第 2 の判定手段が、前記注目画素の周囲に位置する複数の画素の信号レベルに対する、前記注目画素の信号レベルの差分の大きさを示す第 2 の判定値を求めるステップと、

検出手段が、前記第 1 の判定値及び前記第 2 の判定値を用いて、前記注目画素の信号が欠陥画素の信号であるか否かを検出するステップと、

を有し、

前記第 1 の判定値を求めるステップでは、前記注目画素の周囲に位置する複数の画素のそれぞれの信号レベルについて、前記注目画素の信号レベルとの差分を求め、それぞれの差分から前記注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性を示す値を求め、求めた値を乗算することで前記第 1 の判定値を求めることを特徴とする制御方法。

30

【請求項 13】

前記第 1 の判定値は前記差分の大きさが大きいほど大きな値となり、前記第 2 の判定値は前記差分の大きさが小さいほど大きな値となるものであって、

前記欠陥画素の信号を検出するステップでは、前記第 1 の判定値及び前記第 2 の判定値のいずれもが、予め定められた閾値以上である場合に、前記注目画素の信号を欠陥画素の信号として検出することを特徴とする請求項 12 に記載の制御方法。

【請求項 14】

複数の画素で構成された撮像素子で生成された画像データから、前記撮像素子の欠陥画素の信号を検出する画像処理装置の制御方法であって、

40

第 1 の判定手段が、注目画素の周囲に位置する複数の画素の信号レベルに対する、前記注目画素の信号レベルの差分の大きさを示すものであって、前記差分の大きさが大きいほど大きな値となる第 1 の判定値を求めるステップと、

第 2 の判定手段が、前記注目画素の周囲に位置する複数の画素の信号レベルに対する、前記注目画素の信号レベルの差分の大きさを示すものであって、前記差分の大きさを示すものが小さいほど大きな値となる第 2 の判定値を求めるステップと、

補正手段が、前記第 1 の判定値と前記第 2 の判定値を乗算して得られた値が大きいほど、前記注目画素の周囲に位置する画素の信号レベルから求めた補正值の重み付けを大きくして、前記注目画素の信号レベルと前記補正值を重み付け加算することで、前記注目画素

50

の信号レベルを補正するステップと、  
を有することを特徴とする制御方法。

【請求項 15】

コンピュータを、請求項 1 乃至 11 のうちいずれか 1 項に記載の画像処理装置が有する各手段として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像素子の欠陥画素の信号を検出する画像処理装置、画像処理装置の制御方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

デジタルカメラやデジタルビデオカメラなどの撮像装置では、カラーフィルタを配置した撮像素子として、一般的に、CCD センサや CMOS センサなどが使用されている。このような撮像素子では、構造上の要因、製造過程における要因、製造後の外的な要因などによって、欠陥画素（「点滅傷」とも呼ばれる）が発生することがある。例えば、CMOS センサにおいて欠陥画素が発生する要因の 1 つとして、フォトダイオードから電荷を受けるフローティング・ディフュージョンで生じるノイズが挙げられる。かかるノイズは、周期的に発生するとは限らず、数回の撮像に 1 回と高頻度で発生する場合もあるし、数年に 1 回と低頻度で発生する場合もある。また、撮像素子の欠陥画素の発生頻度は、温度や電荷の蓄積時間に依存しないことがわかっている。

【0003】

そこで、撮像素子の欠陥画素を検出する技術が幾つか提案されている（特許文献 1 及び 2 参照）。これらの技術は、製造過程において特定の位置に発生した欠陥画素に限らず、製造後において発生した欠陥画素も検出することができる。例えば、特許文献 1 には、注目画素と、注目画素の周辺の複数の画素との信号レベルの差分をカラーフィルタの色ごとに求め、全ての差分が閾値以上である場合に注目画素を欠陥画素として検出する技術が開示されている。また、特許文献 2 には、カラーフィルタの色を区別することなく全ての画素の輝度値を求め、注目画素と周辺の複数の画素との輝度レベルの差が閾値以上である場合に注目画素を欠陥画素として検出する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2004 - 297267 号公報

【特許文献 2】特開 2001 - 086517 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来技術では、撮像素子に発生する欠陥画素を高精度に検出することができなかった。例えば、特許文献 1 に開示された技術では、高感度撮像を行った場合、画像データ（画像信号）の増幅率が大きくなるため、画像データに含まれているノイズ成分も増幅され、注目画素の周囲の画素の信号レベルに比べて目立ってしまうことがある。特に、被写体の空間周波数が低域となる領域では、このノイズ成分が周囲の画素の信号レベルよりも大きな値となる可能性が高く、その結果、周囲の画素との信号レベルの差分が閾値よりも大きくなり、注目画素を欠陥画素と誤検出してしまうことになる。なお、このような誤検出を回避するために閾値を高く設定することもあるが、信号レベルが高い領域では、注目画素と周囲の画素との信号レベルの差分が小さくなる（現れにくくなる）ため、欠陥画素を検出することができなくなってしまう。また、特許文献 2 に開示された技術においても、特許文献 1 と同様な課題が生じてしまう。

【0006】

本発明は、このような従来技術の課題に鑑みてなされ、撮像素子の欠陥画素を高精度に検出することができる技術を提供することを例示的目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての画像処理装置は、複数の画素で構成された撮像素子で生成された画像データから、前記撮像素子の欠陥画素の信号を検出する画像処理装置であって、注目画素の周囲に位置する複数の画素の信号レベルに対する、前記注目画素の信号レベルの差分の大きさを示す第1の判定値を求める第1の判定手段と、前記注目画素の周囲に位置する複数の画素の信号レベルに対する、前記注目画素の信号レベルの差分の大きさのばらつきを示す第2の判定値を求める第2の判定手段と、前記第1の判定値及び前記第2の判定値を用いて、前記注目画素の信号が欠陥画素の信号であるか否かを検出する検出手段と、を有し、前記第1の判定手段は、前記注目画素の周囲に位置する複数の画素のそれぞれの信号レベルについて、前記注目画素の信号レベルとの差分を求め、それぞれの差分から前記注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性を示す値を求め、求めた値を乗算することで前記第1の判定値を求めることを特徴とする。

10

【0008】

また、上記目的を達成するために、本発明の別の側面としての画像処理装置は、複数の画素で構成された撮像素子で生成された画像データから、前記撮像素子の欠陥画素の信号を検出する画像処理装置であって、注目画素の周囲に位置する複数の画素の信号レベルに対する、前記注目画素の信号レベルの差分の大きさを示す第1の判定値を求める第1の判定手段と、前記注目画素の周囲に位置する複数の画素の信号レベルに対する、前記注目画素の信号レベルの差分の大きさのばらつきを示す第2の判定値を求める第2の判定手段と、前記第1の判定値と前記第2の判定値を乗算して得られた値を用いて、前記注目画素の信号レベルと、前記注目画素の周囲に位置する画素の信号レベルから求めた補正値を積み付け加算することで、前記注目画素の信号レベルを補正する補正手段と、を有し、前記第1の判定値は前記差分の大きさが大きいほど大きな値となり、前記第2の判定値は前記差分の大きさのばらつきが小さいほど大きな値となるものであって、前記補正手段は、前記第1の判定値と前記第2の判定値を乗算して得られた値が大きいほど、前記補正値の積み付けを大きくすることを特徴とする。

20

【0009】

本発明の更なる目的又はその他の側面は、以下、添付図面を参照して説明される好ましい実施形態によって明らかにされるであろう。

30

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、例えば、撮像素子の欠陥画素を高精度に検出する技術を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の一側面としての画像処理装置が適用された撮像装置の構成を示す概略ブロック図である。

40

【図2】図1に示す撮像装置の欠陥画素検出回路の構成を示す概略ブロック図である。

【図3】図2に示す欠陥画素検出回路において、ゼロ挿入回路、LPF回路及びHPF回路による処理を説明するための図である。

【図4】図2に示す欠陥画素検出回路の閾値判定回路の構成を示す概略ブロック図である。

【図5】図4に示す閾値判定回路の傷レベル生成回路における傷レベルの生成を説明するための図である。

【図6】図2に示す欠陥画素検出回路の相関判定回路の構成を示す概略ブロック図である。

【図7】図6に示す相関判定回路の傷レベル生成回路における第2の判定値の生成を説明

50

するための図である。

【図 8】図 1 に示す撮像装置の欠陥画素補正回路の構成を示す概略ブロック図である。

【図 9】図 1 に示す撮像装置の欠陥画素検出回路の別の構成を示す概略ブロック図である。

【図 10】図 9 に示す欠陥画素検出回路の第 5 の H P F 回路及び第 6 の H P F 回路による H P F 処理を説明するための図である。

【図 11】図 1 に示す撮像装置の欠陥画素検出回路の更に別の構成を示す概略ブロック図である。

【図 12】図 1 に示す撮像装置の欠陥画素検出回路の更に別の構成を示す概略ブロック図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、添付図面を参照して、本発明の好適な実施の形態について説明する。なお、各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【0013】

図 1 は、本発明の一側面としての画像処理装置が適用された撮像装置 100 の構成を示す概略ブロック図である。撮像装置 100 は、被写体を撮像する撮像装置であって、本実施形態では、デジタルカメラとして具現化される。

【0014】

撮像装置 100 は、撮像レンズ 101 と、絞り 102 と、R (赤)、G (緑)、B (青) のカラーフィルタが配置された撮像素子 103 と、撮像素子 103 からのアナログの画像信号 (電気信号) をデジタルの画像データに変換する A / D 変換回路 104 を有する。また、撮像装置 100 は、撮像素子 103 の欠陥画素 (点滅傷など) の信号を検出する画像処理装置として機能する欠陥画素検出回路 105 を有する。また、撮像装置 100 は、欠陥画素検出回路 105 によって欠陥画素から出力されたものとして検出された信号に対して補正を行う欠陥画素補正回路 106 を有する。また、撮像装置 100 は、各回路のバスアービトレーションを行うメモリ制御回路 107 と、画像データを一時的に記憶する D R A M 108 と、色変換処理やシャープネス処理などの画像処理を行う画像処理回路 109 を有する。また、撮像装置 100 は、画像データの縮小や拡大を行う変倍回路 110 と、各回路のモードやパラメータを決定するシステムコントローラ 111 と、画像データに 20 30 対応する画像を表示 (再生) する表示部 112 を有する。また、撮像装置 100 は、表示部 112 に画像を表示するために画像信号を変調するビデオ変調回路 113 と、画像データを圧縮処理する圧縮回路 114 を有する。また、撮像装置 100 は、圧縮回路 114 によって圧縮された画像データを記録する着脱可能な記録媒体 115 と、記録媒体 115 とのインターフェースとして機能する媒体制御回路 116 を有する。

【0015】

撮像レンズ 101 に入射した光 (被写体光) は、絞り 102 を通過して適正に露出された状態で撮像素子 103 に入射し、撮像素子 103 によって電気信号に変換される。撮像素子 103 で生成された被写体光の電気信号は、A / D 変換回路 104 によってアナログ画像信号からデジタル画像データに変換される。

40

【0016】

撮像素子 103 及び A / D 変換回路 104 で生成され、複数の画素から出力された信号で構成された画像データは、欠陥画素検出回路 105 において、画像データの中に含まれる欠陥画素の信号が検出される。欠陥画素検出回路 105 によって欠陥画素から出力されたものとして検出された信号は、欠陥画素補正回路 106 において、欠陥画素として検出された画素の周囲に位置する画素の信号を参照した補間により補正される。

【0017】

欠陥画素補正回路 106 によって欠陥画素から出力されたものとして検出された信号が補正された画像データは、メモリ制御回路 107 を介して、D R A M 108 に書き込まれる。そして、D R A M 108 に書き込まれた画像データは、メモリ制御回路 107 を介し 50

て、画像処理回路 109 に読み出される。

【0018】

画像処理回路 109 では、色変換処理やシャープネス処理などが行われ、DRAM 108 から読み出された画像データは、輝度信号と色差信号とを含む画像データに変換される。画像処理回路 109 によって処理された画像データは、メモリ制御回路 107 を介して、DRAM 108 に書き込まれる。そして、DRAM 108 に書き込まれた画像データは、メモリ制御回路 107 を介して、変倍回路 110 に読み出される。

【0019】

変倍回路 110 は、画像データに対応する画像を表示部 112 に表示するために、例えば、720×240 のサイズに画像データを変倍する。変倍回路 110 で変倍された画像データは、メモリ制御回路 107 を介して、DRAM 108 に書き込まれる。そして、DRAM 108 に書き込まれた画像データは、メモリ制御回路 107 を介して、ビデオ変調回路 113 に読み出される。

【0020】

ビデオ変調回路 113 では、画像データのエンコードが行われる。画像処理回路 109 によって処理された画像データは、表示部 112 において、画像として表示される。

【0021】

また、画像データを記録媒体 115 に書き込む場合には、変倍回路 110 は、DRAM 108 から読み出された画像データ（画像処理回路 109 によって処理され、DRAM 108 に書き込まれた後で読み出された画像データ）を所定のサイズに変倍する。変倍回路 110 で変倍された画像データは、メモリ制御回路 107 を介して、DRAM 108 に書き込まれる。そして、DRAM 108 に書き込まれた画像データは、メモリ制御回路 107 を介して、圧縮回路 114 に読み出される。

【0022】

圧縮回路 114 は、DRAM 108 から読み出された画像データを J P E G 等の圧縮方式で圧縮する。圧縮回路 114 によって圧縮された画像データは、メモリ制御回路 107 を介して、DRAM 108 に書き込まれた後で、媒体制御回路 116 に読み出される。媒体制御回路 116 は、圧縮回路 114 によって圧縮された画像データを記録媒体 115 に書き込む（記録する）。

【0023】

図 2 を参照して、撮像素子 103 及び A / D 変換回路 104 で生成された画像データを用いて、撮像素子 103 の欠陥画素の信号を検出する欠陥画素検出回路 105 について詳細に説明する。上述したように、撮像素子 103 にはベイヤー配列のカラーフィルタが配置されているため、撮像素子 103 及び A / D 変換回路 104 で生成された画像データは、複数種類（R、G、B の 3 種類）の単色画素群から構成されている。なお、本実施形態では、注目画素としての G 画素に欠陥画素（点滅傷）が発生した場合を例に説明する。

【0024】

欠陥画素検出回路 105 には、A / D 変換回路 104 から、デジタル化された画像データが入力される。画素データに含まれる各画素の信号レベルは 8 ビットで示されるものとする。欠陥画素検出回路 105 は、ゼロ挿入回路 201 と、第 1 の低域通過（ローパス）フィルタ（L P F）回路 202 と、第 2 の L P F 回路 203 と、第 3 の L P F 回路 204 と、第 4 の L P F 回路 205 とを含む。また、欠陥画素検出回路 105 は、第 1 の高域通過（ハイパス）フィルタ（H P F）回路 206 と、第 2 の H P F 回路 207 と、第 3 の H P F 回路 208 と、第 4 の H P F 回路 209 とを含む。また、欠陥画素検出回路 105 は、第 1 のアブソリュート（A B S）回路 210 と、第 2 の A B S 回路 211 と、第 3 の A B S 回路 212 と、第 4 の A B S 回路 213 とを含む。また、欠陥画素検出回路 105 は、輝度信号生成回路 214 と、傷判定回路 215 と、閾値判定回路（第 1 の判定部）216 と、相関判定回路（第 2 の判定部）217 と、乗算器 218 と、セクタ 219 とを含む。

【0025】

ゼロ挿入回路 201 は、図 3 ( a ) に示すように、注目画素を中心とする複数の画素で構成される領域において、G 画素以外の画素（注目画素と異なる色の画素）の信号レベルにゼロ値（0）を挿入する。

【0026】

第 1 の L P F 回路 202 は、図 3 ( b ) に示すように、G 画素以外の画素の信号レベルにゼロ値が挿入された画像データに対して、垂直方向についてローパスフィルタ処理（（1、2、1）などのフィルタ係数を有する低域通過フィルタ処理）を行う。これにより、ゼロ値の画素の信号レベルが垂直方向の画素の信号レベルで補間される。

【0027】

第 2 の L P F 回路 203 は、図 3 ( c ) に示すように、G 画素以外の画素の信号レベルにゼロ値が挿入された画像データに対して、水平方向について L P F 処理を行う。これにより、ゼロ値の画素の信号レベルが水平方向の画素で補間される。

10

【0028】

第 3 の L P F 回路 204 は、図 3 ( d ) に示すように、G 画素以外の画素の信号レベルにゼロ値が挿入された画像データに対して、135 度方向について L P F 処理を行う。これにより、ゼロ値の画素の信号レベルが 135 度方向の画素の信号レベルで補間される。

【0029】

第 4 の L P F 回路 205 は、図 3 ( e ) に示すように、G 画素以外の画素の信号レベルにゼロ値が挿入された画像データに対して、45 度方向について L P F 処理を行う。これにより、ゼロ値の画素の信号レベルが 45 度方向の画素の信号レベルで補間される。

20

【0030】

第 1 の H P F 回路 206 は、図 3 ( f ) に示すように、第 1 の L P F 回路 202 による L P F 処理の結果（出力データ）に対して、水平方向についてハイパスフィルタ処理（（-1、2、-1）などのフィルタ係数を有する高域通過フィルタ処理）を行う。

【0031】

第 2 の H P F 回路 207 は、図 3 ( g ) に示すように、第 2 の L P F 回路 203 による L P F 処理の結果（出力データ）に対して、垂直方向について H P F 処理を行う。

【0032】

第 3 の H P F 回路 208 は、図 3 ( h ) に示すように、第 3 の L P F 回路 204 による L P F 処理の結果（出力データ）に対して、45 度方向について H P F 処理を行う。

30

【0033】

第 4 の H P F 回路 209 は、図 3 ( i ) に示すように、第 4 の L P F 回路 205 による L P F 処理の結果（出力データ）に対して、135 度方向について H P F 処理を行う。

【0034】

このように、欠陥画素検出回路 105 において、第 1 の L P F 回路 203 と第 1 の H P F 回路 206 とは、注目画素を基準として互いに異なる方向についてフィルタ処理を行う処理部を構成する。同様に、第 2 の L P F 回路 203 と第 2 の H P F 回路 207、第 3 の L P F 回路 204 と第 3 の H P F 回路 208、第 4 の L P F 回路 205 と第 4 の H P F 回路 209 もフィルタ処理を行う処理部を構成する。なお、L P F 処理の処理方向（第 1 の方向）及び H P F 処理の処理方向（第 1 の方向に直交する第 2 の方向）は、処理部のそれぞれで互いに異なる。

40

【0035】

第 1 の A B S 回路 210 は、第 1 の H P F 回路 206 による H P F 処理の結果（出力データ）の絶対値を 8 ビットで出力する。同様に、第 2 の A B S 回路 211、第 3 の A B S 回路 212 及び第 4 の A B S 回路 213 のそれぞれは、第 2 の H P F 回路 207、第 3 の H P F 回路 208 及び第 4 の H P F 回路 209 による H P F 処理の結果（出力データ）の絶対値を 8 ビットで出力する。第 1 の H P F 回路 206 乃至第 4 の H P F 回路 209 による H P F 処理の結果の絶対値を、それぞれ H A 1、H A 2、H A 3 及び H A 4 とする。

【0036】

輝度信号生成回路 214 は、欠陥画素検出回路 105 に入力される画像データ（R、G

50



、Bのペイヤー配列からなる画像データ)から輝度信号を生成する。例えば、輝度信号生成回路214は、以下の式1に従って、輝度信号Yを生成する。

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad \dots (式1)$$

傷判定回路215は、第1のHPF回路206乃至第4のHPF回路209によるHPF処理の結果の符号(正又は負)に応じて、注目画素の信号が欠陥画素の信号であるかどうかを示す傷フラグを出力する。また、傷判定回路215は、欠陥画素が白傷であるか黒傷であるかを示す白黒フラグとを出力する。ここで、白傷とは、暗状態で明るく見える欠陥画素であり、黒傷とは、入射光がある状態で暗く見える欠陥画素である。

#### 【0037】

具体的には、第1のHPF回路206乃至第4のHPF回路209による全てのHPF処理の結果が同じ符号である場合には、傷判定回路215は、傷フラグ(1ビット)として、フラグ「1」を出力する。これは、注目画素の信号が欠陥画素の信号であることを示す。一方、第1のHPF回路206乃至第4のHPF回路209によるHPF処理の結果の符号が1つでも異なる場合には、傷判定回路215は、傷フラグとして、フラグ「0」を出力する。これは、注目画素の信号が欠陥画素の信号でないことを示す。なお、傷フラグは、セクタ219の選択信号となる。

#### 【0038】

また、第1のHPF回路206乃至第4のHPF回路209による全てのHPF処理の結果が正の符号である場合には、傷判定回路215は、白黒フラグ(1ビット)として、白傷であることを示すフラグ「1」を出力する。一方、第1のHPF回路206乃至第4のHPF回路209による全てのHPF処理の結果が負の符号である場合には、傷判定回路215は、白黒フラグとして、黒傷であることを示すフラグ「0」を出力する。この白黒フラグは必ずしも必須ではなく、省略することも可能である。なお、白黒フラグは、閾値判定回路216に出力される。

#### 【0039】

閾値判定回路216は、第1のABS回路210乃至第4のABS回路213のそれぞれから入力されるHPF処理の結果の絶対値HA1乃至HA4と、任意に設定された閾値とを比較する。閾値判定回路216は、この比較結果に基づいて、注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性を示す値である第1の判定値D1を出力する。

#### 【0040】

図4は、閾値判定回路216の構成を示す概略ブロック図である。閾値判定回路216は、第1の傷レベル生成回路401と、第2の傷レベル生成回路402と、第3の傷レベル生成回路403と、第4の傷レベル生成回路404と、乗算器405乃至407を含む。

#### 【0041】

第1の傷レベル生成回路401は、第1のABS回路210から入力されるHPF処理(水平方向のフィルタ処理)の結果の絶対値HA1に基づいて傷レベルDL1を生成(算出)する。第2の傷レベル生成回路402は、第2のABS回路211から入力されるHPF処理(垂直方向のフィルタ処理)の結果の絶対値HA2に基づいて傷レベルDL2を生成する。第3の傷レベル生成回路403は、第3のABS回路212から入力されるHPF処理(45度方向のフィルタ処理)の結果の絶対値HA3に基づいて傷レベルDL3を生成する。第4の傷レベル生成回路404は、第4のABS回路213から入力されるHPF処理(135度方向のフィルタ処理)の結果の絶対値HA4に基づいて傷レベルDL4を生成する。これらのHPF処理の結果の絶対値HA1乃至HA4は、8ビットの値で示されるものとする。

#### 【0042】

図5を参照して、第1の傷レベル生成回路401乃至第4の傷レベル生成回路404における傷レベルの生成について具体的に説明する。なお、ここでいう傷レベルとは、注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性を示す値である。本実施形態では、傷レベルは、0乃至255の範囲の値で生成され、傷レベルが「0」であれば注目画素の信号が欠陥

10

20

30

40

50

画素の信号でないことを示している。反対に、傷レベルが「255」であれば注目画素の信号が欠陥画素の信号であることを示している。傷レベルが「0」に近いほど注目画素の信号が欠陥画素の信号でない可能性が高く、傷レベルが「255」に近いほど注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性が高いことを示している。

#### 【0043】

図5は、第1の傷レベル生成回路401乃至第4の傷レベル生成回路404に入力されるHPF処理の結果の絶対値と第1の傷レベル生成回路401乃至第4の傷レベル生成回路404で生成される傷レベル(の値)との関係を示す図である。図5において、横軸はHPF処理の結果の絶対値HA(HA1乃至HA4)を示し、縦軸は傷レベルDL(DL1乃至DL4)を示している。

10

#### 【0044】

第1の傷レベル生成回路401乃至第4の傷レベル生成回路404は、図5に示す閾値TH2と、傾きの値であるSL1を予め保持している。第1の傷レベル生成回路401乃至第4の傷レベル生成回路404は、以下の式2乃至式4に従って、HPF処理の結果の絶対値HAを傷レベルDL(8ビット)に変換する。

HA TH2の場合

$$DL = 0 \quad \dots (式2)$$

TH2 < HA < TH1の場合

$$DL = SL1 \times (HA - TH2) \quad \dots (式3)$$

TH1 HAの場合

$$DL = 1 \quad \dots (式4)$$

但し、TH1 = TH2 + (255 / SL1)

20

例えば、図5に示す例では、入力されるHPF処理の結果の絶対値HAが閾値TH1以上であれば、第1の傷レベル生成回路401乃至第4の傷レベル生成回路404は、傷レベルDL「255」を生成する。一方、入力されるHPF処理の結果の絶対値HAが閾値TH2以下であれば、第1の傷レベル生成回路401乃至第4の傷レベル生成回路404は、傷レベルDL「0」を生成する。また、入力されるHPF処理の結果の絶対値HAが閾値TH2より大きく、閾値TH1より小さければ、第1の傷レベル生成回路401乃至第4の傷レベル生成回路404は、入力されるHPF処理の結果の絶対値が大きいほど大きな値の傷レベルDLを生成する。

30

#### 【0045】

なお、第1の傷レベル生成回路401乃至第4の傷レベル生成回路404は、傷判定回路215から入力される白黒フラグに応じて、欠陥画素が白傷である場合と黒傷である場合とで、閾値TH1及び傾きSL1の値を変更する。例えば、第1の傷レベル生成回路401乃至第4の傷レベル生成回路404は、欠陥画素が白傷である場合には図5(a)に示す特性となるように、欠陥画素が黒傷である場合には図5(b)に示す特性となるように、閾値TH2及び傾きSL1の値を設定する。

#### 【0046】

また、閾値TH2は、撮像装置100の動作モードなどによって決定される任意の設定値と、輝度信号生成回路214で生成される注目画素の周囲の画素における輝度信号の平均値とを乗算した値とする。輝度が高いとノイズが大きくなるため、輝度信号生成回路214で生成される輝度信号に応じて(即ち、ノイズ量に応じて)閾値TH2を変更することが必要となる。輝度が高いほど閾値TH2を大きくすることによって、ノイズを欠陥画素であると誤判定することを抑制することができる。また、傾きSL1についても、撮像装置100の動作モードなどによって決定される任意の設定値と、輝度信号生成回路214で生成される輝度信号とを乗算した値とする。閾値TH2及び傾きSL1を決定することによって、閾値TH1も決定される。なお、図5に示す絶対値HAに対する傷レベルDLを、式2乃至式4を用いて変換するのではなく、予めテーブルで持つようにしてもよい。

40

#### 【0047】

50

更に、閾値  $TH1$  及び閾値  $TH2$  を設定せず、絶対値  $HA$  の全範囲において、絶対値  $HA$  が増加するほど傷レベル  $DL$  が増加するように、絶対値  $HA$  に対する傷レベル  $DL$  の関係を関数（例えば、3 次関数）で定義するようにしてもよい。そして、注目画素の周囲における輝度が高いほど、絶対値  $HA$  に対する傷レベル  $DL$  の値が小さくなるように、輝度に応じてこの関数を切り替えるようにしてもよい。

#### 【0048】

乗算器 405 は、第 1 の傷レベル生成回路 401 によって生成された傷レベルと第 2 の傷レベル生成回路 402 によって生成された傷レベルとを乗算して 16 ビットの値を求め、これを 8 ビットにシフト演算して  $DL5$  として出力する。乗算器 406 は、第 3 の傷レベル生成回路 403 によって生成された傷レベルと第 4 の傷レベル生成回路 404 によって生成された傷レベルとを乗算して 16 ビットの値を求め、これを 8 ビットにシフト演算して  $DL6$  として出力する。乗算器 407 は、乗算器 405 によって乗算された傷レベル  $DL5$  と乗算器 406 によって乗算された傷レベル  $DL6$  とを乗算して 16 ビットの値を求め、これを 8 ビットにシフト演算して、第 1 の判定値  $D1$  として出力する。

#### 【0049】

このように、閾値判定回路 216 は、フィルタ処理の結果に基づいて注目画素の信号レベルと、注目画素に周囲に位置する複数の画素の信号レベルとの差分を求める。そして、閾値判定回路 216 は、その差分が大きいほど注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性が高くなることを示す第 1 の判定値  $D1$  を生成する。

#### 【0050】

図 2 に戻って、相関判定回路 217 は、第 1 の  $ABS$  回路 210 乃至第 4 の  $ABS$  回路 213 のそれぞれから入力される  $HPF$  処理の結果の絶対値  $HA1$  乃至  $HA4$  の大きさを比較する。相関判定回路 217 は、この比較結果に基づいて、注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性を示す第 2 の判定値  $D2$  を出力する。

#### 【0051】

図 6 は、相関判定回路 217 の構成を示す概略ブロック図である。相関判定回路 217 は、第 1 の選択回路 601 と、第 2 の選択回路 602 と、第 3 の選択回路 603 と、第 4 の選択回路 604 と、第 5 の選択回路 605 と、第 6 の選択回路 606 と、減算器 607 と、傷レベル判定回路 608 とを含む。

#### 【0052】

第 1 の選択回路 601 は、第 1 の  $ABS$  回路 210 から入力される  $HPF$  処理の結果の絶対値  $HA1$  と第 2 の  $ABS$  回路 211 から入力される  $HPF$  処理の結果の絶対値  $HA2$  とを比較し、大きい方の絶対値を出力する。また、第 2 の選択回路 602 は、第 1 の  $ABS$  回路 210 から入力される  $HPF$  処理の結果の絶対値  $HA1$  と第 2 の  $ABS$  回路 211 から入力される  $HPF$  処理の結果の絶対値  $HA2$  とを比較し、小さい方の絶対値を出力する。

#### 【0053】

第 3 の選択回路 603 は、第 3 の  $ABS$  回路 212 から入力される  $HPF$  処理の結果の絶対値  $HA3$  と第 4 の  $ABS$  回路 413 から入力される  $HPF$  処理の結果の絶対値  $HA4$  とを比較し、大きい方の絶対値を出力する。また、第 4 の選択回路 604 は、第 3 の  $ABS$  回路 212 から入力される  $HPF$  処理の結果の絶対値  $HA3$  と第 4 の  $ABS$  回路 413 から入力される  $HPF$  処理の結果の絶対値  $HA4$  とを比較し、小さい方の絶対値を出力する。

#### 【0054】

第 5 の選択回路 605 は、第 1 の選択回路 601 から出力された絶対値と第 3 の選択回路 603 から出力された絶対値とを比較し、大きい方の絶対値を出力する。第 5 の選択回路 605 から出力される絶対値は、第 1 の  $ABS$  回路 210 乃至第 4 の  $ABS$  回路 213 による  $HPF$  処理の結果（即ち、4 つの方向のフィルタ処理の結果）のうち最大の絶対値である。

#### 【0055】

第 6 の選択回路 6 0 6 は、第 2 の選択回路 6 0 2 から出力された絶対値と第 4 の選択回路 6 0 4 から出力された絶対値とを比較し、小さい方の絶対値を出力する。第 6 の選択回路 6 0 6 から出力される絶対値は、第 1 の A B S 回路 2 1 0 乃至第 4 の A B S 回路 2 1 3 による H P F 処理の結果（即ち、4 つの方向のフィルタ処理の結果）のうち最小の絶対値である。

#### 【 0 0 5 6 】

減算器 6 0 7 は、第 5 の選択回路 6 0 5 から出力される絶対値から、第 6 の選択回路 6 0 6 から出力される絶対値を減算する。減算器 6 0 7 による減算の結果は、第 1 の A B S 回路 2 1 0 乃至第 4 の A B S 回路 2 1 3 による H P F 処理の結果の最大の差分（差分のばらつき）を示し、最大の絶対値から最小の絶対値を減算したものであるため、必ず 0 以上

10

#### 【 0 0 5 7 】

傷レベル判定回路 6 0 8 は、減算器 6 0 7 から出力される絶対値に基づいて第 2 の判定値 D 2 を生成（算出）して出力する。図 7 を参照して、傷レベル判定回路 6 0 8 における第 2 の判定値 D 2 の生成について具体的に説明する。なお、傷レベル判定回路 6 0 8 で生成される第 2 の判定値 D 2 は、第 1 の判定値 D 1 と同様に、注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性を示す。図 7 は、傷レベル判定回路 6 0 8 に入力される減算器 6 0 7 による減算の結果（絶対値 H B ）と傷レベル判定回路 6 0 8 で生成される第 2 の判定値 D 2 との関係を示す図である。図 7 において、横軸は減算器 6 0 7 による減算の結果（絶対値 H B ）を示し、縦軸は第 2 の判定値 D 2 を示している。

20

#### 【 0 0 5 8 】

傷レベル判定回路 6 0 8 は、図 7 に示す閾値 T H 3 と傾きの値である S L 2 を予め保持し、以下の式 5 乃至式 7 に従って、減算器 6 0 7 による減算の結果を第 2 の判定値 D 2 （8 ビット）に変換する。

H B    T H 3 の場合

$$D 2 = 1 \quad \cdots \text{（式 5）}$$

T H 3 < H B < T H 4 の場合

$$D 2 = S L 2 \times (H B - T H 3) + 2 5 5 \quad \cdots \text{（式 6）}$$

T H 4    H B の場合

$$D 2 = 0 \quad \cdots \text{（式 7）}$$

30

但し、 $T H 4 = T H 3 - (2 5 5 / S L 2)$

例えば、図 7 に示す例では、減算器 6 0 7 による減算の結果 H B が閾値 T H 3 以下であれば、傷レベル判定回路 6 0 8 は、第 2 の判定値 D 2 「2 5 5」を生成する。一方、減算器 6 0 7 による減算の結果 H B が閾値 T H 4 以上であれば、傷レベル判定回路 6 0 8 は、第 2 の判定値 D 2 「0」を生成する。また、減算器 6 0 7 による減算の結果 H B が閾値 T H 3 より大きく、閾値 T H 4 より小さければ、傷レベル判定回路 6 0 8 は、減算器 6 0 7 による減算の結果（絶対値）が小さいほど大きな値の第 2 の判定値 D 2 を生成する。

#### 【 0 0 5 9 】

なお、閾値 T H 3 は、撮像装置 1 0 0 の動作モードなどによって決定される任意の設定値と、輝度信号生成回路 2 1 4 で生成される輝度信号とを乗算した値とする。また、傾き S L 2 についても、撮像装置 1 0 0 の動作モードなどによって決定される任意の設定値と、輝度信号生成回路 2 1 4 で生成される輝度信号とを乗算した値とする。閾値 T H 3 及び傾き S L 2 を決定することによって、閾値 T H 4 も決定される。なお、図 7 に示す減算器 6 0 7 による減算の結果 H B に対する第 2 の判定値 D 2 を、式 5 乃至式 7 を用いて変換するのではなく、予めテーブルで持つようにしてもよい。

40

#### 【 0 0 6 0 】

このように、相関判定回路 2 1 7 は、フィルタ処理の結果に基づいて注目画素の信号レベルと注目画素に隣接する画素の信号レベルとの差分のばらつき（減算の結果 H B ）を求める。そして、相関判定回路 2 1 7 は、かかる差分のばらつきが小さいほど、注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性が高くなることを示す第 2 の判定値 D 2 を生成する。

50

## 【 0 0 6 1 】

なお、閾値判定回路 2 1 6 は、画像データに含まれるノイズが大きい場合、かかるノイズによって注目画素の信号を欠陥画素の信号であると誤判定する（即ち、第 1 の判定値「2 5 5」を出力する）可能性がある。そこで、相関判定回路 2 1 7 において、注目画素を含む領域の画像データに含まれるノイズが大きく、差分のばらつきが大きい場合に、注目画素の信号が欠陥画素の信号ではないと判定することが必要となる。

## 【 0 0 6 2 】

また、注目画素が欠陥画素でない場合、第 1 の A B S 回路 2 1 0 乃至第 4 の A B S 回路 2 1 3 による H P F 処理の結果（即ち、4 つの方向のフィルタ処理の結果）は 0 に近い値となるため、差分のばらつきも 0 に近い値となる。このような場合、相関判定回路 2 1 7 は、差分のばらつきが小さいために、注目画素の信号を欠陥画素の信号であると誤判定する（即ち、第 2 の判定値「2 5 5」を出力する）可能性がある。そこで、閾値判定回路 2 1 6 において、注目画素の信号レベルと注目画素に隣接する画素の信号レベルとの差分が閾値以上である場合に、注目画素の信号が欠陥画素の信号であると判定することが必要となる。

10

## 【 0 0 6 3 】

そこで、本実施形態では、図 2 に示すように、乗算器 2 1 8 において、閾値判定回路 2 1 6 から出力される第 1 の判定値 D 1 と相関判定回路 2 1 7 から出力される第 2 の判定値 D 2 とを乗算し、第 3 の判定値を求める。具体的には、乗算器 2 1 8 は第 1 の判定値 D 1 と第 2 の判定値 D 2 を乗算して 1 6 ビットの値を求め、これをシフト演算して 8 ビットの値（即ち、0 乃至 2 5 5 の範囲の値）としたものを第 3 の判定値 K とする。これにより、閾値判定回路 2 1 6 又は相関判定回路 2 1 7 において誤判定があったとしても、相関判定回路 2 1 7 又は閾値判定回路 2 1 6 における判定によって、注目画素が欠陥画素であるかどうかを正しく判定することが可能となる。換言すれば、閾値判定回路 2 1 6 においても、相関判定回路 2 1 7 においても、注目画素が欠陥画素であると判定された場合に、かかる注目画素を欠陥画素として検出する。あるいは、閾値判定回路 2 1 6 においても、相関判定回路 2 1 7 においても、注目画素が欠陥画素である可能性が高いと判定された場合に、注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性が高いものとして検出する。

20

## 【 0 0 6 4 】

セレクトア 2 1 9 は、傷判定回路 2 1 5 から入力される傷フラグが「1」であれば（注目画素が欠陥画素であることを示していれば）、乗算器 2 1 8 によって乗算された第 3 の判定値 K を出力する。また、セレクトア 2 1 9 は、傷判定回路 2 1 5 から入力される傷フラグが「0」であれば（注目画素が欠陥画素でないことを示していれば）、第 3 の判定値として、「0」を出力する。なお、セレクトア 2 1 9 から出力される傷レベルは、欠陥画素補正回路 1 0 6 に入力される。

30

## 【 0 0 6 5 】

図 8 は、欠陥画素補正回路 1 0 6 の構成を示す概略ブロック図である。欠陥画素補正回路 1 0 6 には、A / D 変換回路 1 0 4 を介して、欠陥画素を含む画像データが入力される。欠陥画素補正回路 1 0 6 は、補正值算出回路 8 0 1 と、加重加算回路 8 0 2 とを含む。

## 【 0 0 6 6 】

補正值算出回路 8 0 1 は、例えば、注目画素を参照しないような係数（（1、0、1）など）を有するフィルタ処理を行って、欠陥画素の信号レベルを補正するための補正值を算出する。また、補正值算出回路 8 0 1 は、画像データからエッジの方向判別を行い、注目画素におけるエッジの方向に沿った位置に配置された画素の信号レベルを参照して補正值を算出してもよいし、前置補間により補正值を求めてもよい。あるいは、エッジの方向に沿った画素の信号レベルから算出した補正值の重み付けを、それ以外の方向に沿った画素の信号レベルから算出した補正值の重み付けよりも大きくして、これらを加算平均することで補正值としてもよい。

40

## 【 0 0 6 7 】

加重加算回路 8 0 2 は、欠陥画素検出回路 1 0 5 から出力された第 3 の判定値 K（の値

50

）に応じて、A / D変換回路104から出力される注目画素の信号レベルORGと、補正値算出回路801によって算出された補正值CORとを加加重算する。例えば、加加重算回路802は、以下の式8に従って、注目画素の補正後の信号レベルOUTを出力する。

$$OUT = COR \times K + ORG \times (255 - K) \quad \cdots (式8)$$

上述したように、第3の判定値Kは、0乃至255の範囲の値である。注目画素が欠陥画素でない（正常な画素である）可能性が高い場合には「0」に近い値、加加重算回路802は、注目画素の信号レベルORGの重みを大きくして補正值CORと加加重算した信号レベル（即ち、欠陥画素が補正された画像データ）OUTを出力する。一方、注目画素が欠陥画素である可能性が高い場合には、第3の判定値Kが「255」に近い値、加加重算回路802は、補正值CORの重みを大きくして注目画素の信号レベルORGと加加重算した信号レベルOUTを出力する。あるいは、第3の判定値Kを所定の閾値と比較し、第3の判定値Kがこの閾値よりも小さければ注目画素の信号レベルORGを、そうでなければ式8に従って求めた値を、補正後の信号レベルOUTとして出力してもよい。

#### 【0068】

以上のように、本実施形態によれば、閾値判定回路216においても、相関判定回路217においても注目画素の信号が欠陥画素の信号であると判定された場合に、注目画素を欠陥画素として検出している。あるいは、閾値判定回路216においても、相関判定回路217においても注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性が高いと判定された場合に、注目画素の信号レベルを欠陥画素の信号レベルである可能性が高いものとして検出している。そのため、従来技術よりも高精度に欠陥画素を検出することができる。更に、閾値判定回路216から出力される傷レベル及び相関判定回路217から出力される傷レベルを乗算した値に応じて注目画素の信号レベルを補正しているため、従来技術よりも高精度に欠陥画素を補正することが可能である。

#### 【0069】

なお、欠陥画素検出回路105は、図9に示すように、第1のLPF回路202及び第2のLPF回路203のそれぞれに対して、互いに異なるハイパスフィルタ処理を行う2つのハイパスフィルタ回路を設けてもよい。

#### 【0070】

図9を参照するに、第5のHPF回路901及び第6のHPF回路902は、第1のLPF回路202によるLPF処理の結果に対して、水平方向について互いに異なるハイパスフィルタ処理を行う。例えば、第5のHPF回路901は、図10(a)に示すように、低帯域のフィルタ係数 $((1, 2, 1) \times (1, 2, 1) \times (-1, 2, -1))$ を有するハイパスフィルタ処理（第1のハイパスフィルタを有する第1の高域通過フィルタ処理）を行う。第6のHPF回路902は、図10(b)に示すように、高帯域のフィルタ係数 $((1, 2, 1) \times (-1, 2, -1) \times (-1, 2, -1))$ を有するハイパスフィルタ処理（第2のハイパスフィルタを有する第2の高域通過フィルタ処理）を行う。

#### 【0071】

第7のHPF回路903及び第8のHPF回路904は、第2のLPF回路203によるLPF処理の結果に対して、垂直方向について互いに異なるハイパスフィルタ処理を行う。例えば、第7のHPF回路903は、低帯域のフィルタ係数を有するハイパスフィルタ処理（図10(a)参照）を行う。第8のHPF回路904は、高帯域のフィルタ係数を有するハイパスフィルタ処理（図10(b)参照）を行う。

#### 【0072】

第5のABS回路905は、第5のHPF回路901によるHPF処理の結果（出力データ）の絶対値を出力する。同様に、第6のABS回路906、第7のABS回路907及び第8のABS回路908のそれぞれは、第6のHPF回路902、第7のHPF回路903及び第8のHPF回路904によるHPF処理の結果（出力データ）の絶対値を出力する。

#### 【0073】

第1の演算回路909及び第2の演算回路910のそれぞれは、同じ構成を有し、閾値

判定回路 216 と、相関判定回路 217 と、乗算器 218 とを含む。第 1 の演算回路 909 には、第 5 の A B S 回路 905、第 7 の A B S 回路 907、第 3 の A B S 回路 212 及び第 4 の A B S 回路 213 のそれぞれから H P F 処理の結果の絶対値が入力される。第 2 の演算回路 910 には、第 6 の A B S 回路 906、第 8 の A B S 回路 908、第 3 の A B S 回路 212 及び第 4 の A B S 回路 213 のそれぞれから H P F 処理の結果の絶対値が入力される。

【0074】

第 1 の演算回路 909 及び第 2 の演算回路 910 のそれぞれにおいては、同じ帯域の H P F 処理の結果の絶対値を用いて、注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性を示す判定値を求める。なお、水平方向、垂直方向、45 度方向及び 135 度方向の全てにおいて、同じ帯域にすることが理想的である。本実施形態において、水平方向及び垂直方向（水平垂直方向）と、45 度方向及び 135 度方向（斜め方向）とでフィルタ係数が異なっているのは、注目画素から参照画素までの距離が水平垂直方向と斜め方向とで異なり、周波数帯域が異なっているからである。

【0075】

最大値選択回路 911 は、第 1 の演算回路 909 から出力された判定値と第 2 の演算回路 910 から出力された判定値とを比較し、大きい方の判定値を出力する。

【0076】

画像データに対して、高域側の周波数帯域でフィルタ処理を行う（図 10（b）参照）と、エッジが残る場合があるため、注目画素の信号を欠陥画素の信号と誤判定してしまうことがある。そこで、低域側の周波数帯域でもフィルタ処理を行い、低域に存在する欠陥画素については確実に検出する。そして、エッジに存在するような欠陥画素については、高域側のフィルタ処理の結果と低域側のフィルタ処理の結果とを比較することで、エッジを欠陥画素と誤判定することを抑制することができる。

【0077】

本実施形態では、G 画素に欠陥画素が発生した場合を例に説明したが、R 画素及び B 画素に欠陥画素が発生した場合についても、R 画素以外の画素や B 画素以外の画素にゼロ値を挿入して同様な処理を行うことで欠陥画素を検出することが可能である。

【0078】

また、閾値判定回路 216 及び相関判定回路 217 は、G 画素、R 画素及び B 画素を区別して第 1 及び第 2 の判定値を求める代わりに、式 1 を用いて求めた輝度信号 Y を用いて、第 1 及び第 2 の判定値を求めるようにしてもよい。

【0079】

また、閾値判定回路 216 が第 1 の判定値 D1 を求めるために用いる絶対値 H A は、注目画素の周囲に位置する複数の画素の信号レベルに対する、注目画素の信号レベルの差分の大きさを示す値であれば、他の方法で求めた値であってもよい。例えば、閾値判定回路 216 は、第 1 の A B S 回路 210 乃至第 4 の A B S 回路 213 による H P F 処理の結果の絶対値の平均値を求め、この平均値を絶対値 H A とし、絶対値 H A を用いて式 2 乃至式 4 により第 1 の判定値 D1 を求めてもよい。

【0080】

また、相関判定回路 217 は、第 1 の A B S 回路 210 乃至第 4 の A B S 回路 213 による H P F 処理の結果の絶対値の分散を求め、この分散の値が小さいほど第 2 の判定値 D2 の値を大きく設定するようにしてもよい。

【0081】

なお、欠陥画素検出回路 105 は、図 2 では、L P F 回路及び H P F 回路で構成されているが、図 11 に示すように、L P F 回路を含まずに構成することも可能である。図 11 に示す欠陥画素検出回路 105 の構成について、図 2 に示す欠陥画素検出回路 105 の構成と異なる点を中心に、以下に説明する。

【0082】

第 1 の H P F 回路 1101 は、G 画素以外の画素の信号レベルにゼロ値が挿入された画

10

20

30

40

50

像データに対して、水平方向について( - 1、0、2、0、- 1)などのフィルタ係数を有するH P F処理を行う。第1のH P F回路1 1 0 1は、R画素以外の画素の信号レベルにゼロ値が挿入された画像データ、及び、B画素以外の画素の信号レベルにゼロ値が挿入された画像データに対しても同様にH P F処理を行う。

【0083】

第2のH P F回路1 1 0 2は、G画素以外の画素の信号レベルにゼロ値が挿入された画像データに対して、垂直方向について( - 1、0、2、0、- 1)などのフィルタ係数を有するH P F処理を行う。第2のH P F回路1 1 0 2は、R画素以外の画素の信号レベルにゼロ値が挿入された画像データ、及び、B画素以外の画素の信号レベルにゼロ値が挿入された画像データに対しても同様にH P F処理を行う。

10

【0084】

第3のH P F回路1 1 0 3は、G画素以外の画素の信号レベルにゼロ値が挿入された画像データに対して、45度方向について( - 1、2、- 1)などのフィルタ係数を有するH P F処理を行う。

【0085】

第4のH P F回路1 1 0 4は、G画素以外の画素の信号レベルにゼロ値が挿入された画像データに対して、135度方向について( - 1、2、- 1)などのフィルタ係数を有するH P F処理を行う。

【0086】

図11に示す欠陥画素検出回路105の構成では、ゼロ挿入回路201でゼロ値が挿入された画素に対する補間処理が行われなため、各H P F回路は、H P F処理の際にゼロ値が挿入された画素の影響を受けないためのフィルタ係数を有している。水平方向及び垂直方向においては、G画素、R画素及びB画素はいずれも1画素おきに配置されていることから、G画素、R画素及び及びB画素間で、同じフィルタ係数を用いることができる。一方、45度方向及び135度方向においては、R画素及びB画素は1画素おきに配置されているのに対して、G画素は連続して配置されているため、G画素のみをH P F処理の対象としている。

20

【0087】

第1のA B S回路1 1 0 5乃至第4のA B S回路1 1 0 8は、第1のH P F回路1 1 0 1乃至第4のH P F回路1 1 0 4によるH P F処理の結果(出力データ)の絶対値を出力する。

30

【0088】

傷判定回路1 1 0 9は、図2に示す傷判定回路2 1 5と同様に、第1のH P F回路1 1 0 1乃至第4のH P F回路1 1 0 4によるH P F処理の結果の符号(正又は負)に応じて、傷フラグと白黒フラグとを出力する。傷判定回路1 1 0 9は、注目画素がG画素であれば、第1のH P F回路1 1 0 1、第2のH P F回路1 1 0 2、第3のH P F回路1 1 0 3及び第4のH P F回路1 1 0 4のH P F処理の結果の符号を参照する。また、傷判定回路1 1 0 9は、注目画素がR画素又はB画素であれば、第1のH P F回路1 1 0 1及び第2のH P F回路1 1 0 2のH P F処理の結果の符号を参照する。

【0089】

40

閾値判定回路1 1 1 0は、図2に示す閾値判定回路2 1 6と同様に、第1のA B S回路1 1 0 5乃至第4のA B S回路1 1 0 8のそれぞれから入力されるH P F処理の結果の絶対値と、任意に設定された閾値とを比較する。閾値判定回路1 1 1 0は、この比較結果に基づいて、注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性を示す第1の判定値D1を求める。また、相関判定回路1 1 1 1は、図2に示す相関判定回路2 1 7と同様に、第1のA B S回路1 1 0 5乃至第4のA B S回路1 1 0 8のそれぞれから入力されるH P F処理の結果の絶対値の大きさを比較する。相関判定回路1 1 1 1は、この比較結果に基づいて、注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性を示す第2の判定値D2を求める。

【0090】

閾値判定回路1 1 1 0及び相関判定回路1 1 1 1は、注目画素がG画素であれば、第1

50



のABS回路1105、第2のABS回路1106、第3のABS回路1107及び第4のABS回路1108のHPF処理の結果の絶対値を参照する。また、閾値判定回路1110及び相関判定回路1111は、注目画素がR画素又はB画素であれば、第1のABS回路1105及び第2のABS回路1106のHPF処理の結果の絶対値を参照する。

【0091】

そして、図2と同様に、乗算器218が第1の判定値及び第2の判定値を乗算することで得られる第3の判定値が、セレクタ219を介して、欠陥画素補正回路106に入力される。

【0092】

更に、欠陥画素検出回路105は、図2に示すLPF回路やHPF回路などのフィルタ回路に代えて、図12に示すように、差分回路で構成することも可能である。図12に示す欠陥画素検出回路105の構成について、図2に示す欠陥画素検出回路105の構成と異なる点を中心に、以下に説明する。

【0093】

第1の差分回路1201は、注目画素の値から、注目画素の右方向に位置する、注目画素から2つ目の注目画素と同色の画素の値を減算した値を求める差分処理を行う。第2の差分回路1202は、注目画素の値から、注目画素の左方向に位置する、注目画素から2つ目の注目画素と同色の画素の値を減算した値を求める差分処理を行う。

【0094】

第3の差分回路1203は、注目画素の値から、注目画素の上方向に位置する、注目画素から2つ目の注目画素と同色の画素の値を減算した値を求める差分処理を行う。第4の差分回路1204は、注目画素の値から、注目画素の下方向に位置する、注目画素から2つ目の注目画素と同色の画素の値を減算した値を求める差分処理を行う。

【0095】

第5の差分回路1205は、注目画素の値から、注目画素の右上方向に位置する、注目画素に隣接する同色の画素の値を減算した値を求める差分処理を行う。第6の差分回路1206は、注目画素の値から、注目画素の左下方向に位置する、注目画素に隣接する同色の画素の値を減算した値を求める差分処理を行う。

【0096】

第7の差分回路1207は、注目画素の値から、注目画素の左上方向に位置する、注目画素に隣接する同色の画素の値を減算した値を求める差分処理を行う。第8の差分回路1208は、注目画素の値から、注目画素の右下方向に位置する、注目画素に隣接する同色の画素の値を減算した値を求める差分処理を行う。

【0097】

このように、第1の差分回路1201乃至第8の差分回路1208は、注目画素の値と、注目画素の周囲に位置する画素の値との差分を求める。第1の差分回路1201乃至第4の差分回路1204は、注目画素がG画素、R画素及びB画素のいずれであっても差分処理を行うが、第5の差分回路1205乃至第8の差分回路1208は、注目画素がG画素である場合のみ差分処理を行うものとする。

【0098】

第1のABS回路1209乃至第8のABS回路1216は、第1の差分回路1201乃至第8の差分回路1208による差分処理の結果（出力データ）の絶対値を出力する。

【0099】

傷判定回路1217は、図2に示す傷判定回路215と同様に、第1の差分回路1201乃至第8の差分回路1208による差分処理の結果の符号（正又は負）に応じて、傷フラグと白黒フラグとを出力する。傷判定回路1217は、注目画素がG画素であれば、第1の差分回路1201乃至第8の差分回路1208の差分処理の結果の符号を参照する。また、傷判定回路1217は、注目画素がR画素又はB画素であれば、第1の差分回路1201乃至第4の差分回路1204の差分処理の結果の符号を参照する。

【0100】

10

20

30

40

50

閾値判定回路 1218 は、図 2 に示す閾値判定回路 216 と同様に、第 1 の A B S 回路 1209 乃至第 8 の A B S 回路 1216 のそれぞれから入力される差分処理の結果の絶対値と、任意に設定された閾値とを比較する。閾値判定回路 1218 は、この比較結果に基づいて、注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性を示す第 1 の判定値を求める。また、相関判定回路 1219 は、図 2 に示す相関判定回路 217 と同様に、第 1 の A B S 回路 1209 乃至第 8 の A B S 回路 1216 のそれぞれから入力される差分処理の結果の絶対値の大きさを比較する。相関判定回路 1219 は、この比較結果に基づいて、注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性を示す第 2 の判定値を求める。

【0101】

なお、閾値判定回路 1218 及び相関判定回路 1219 は、注目画素が G 画素であれば、第 1 の A B S 回路 1209 乃至第 8 の A B S 回路 1216 の差分処理の結果の絶対値を参照する。また、閾値判定回路 1218 及び相関判定回路 1219 は、注目画素が R 画素又は B 画素であれば、第 1 の A B S 回路 1209 乃至第 4 の A B S 回路 1212 の差分処理の結果の絶対値を参照する。

【0102】

そして、図 2 と同様に、乗算器 218 が第 1 の判定値及び第 2 の判定値を乗算することで得られる第 3 の判定値が、セレクタ 219 を介して、欠陥画素補正回路 106 に入力される。

【0103】

以上説明したように、本実施形態の欠陥画素検出回路 105 は、周囲の複数の画素の信号レベルに対する注目画素の信号レベルの差分の大きさを示す第 1 の判定値を求める。かかる第 1 の判定値は、周囲の複数の画素の信号レベルに対する注目画素の信号レベルの差分が大きくなるほど、大きな値となる。また、欠陥画素検出回路 105 は、周囲の複数の画素の信号レベルに対する注目画素の信号レベルの差分の大きさのばらつきを示す第 2 の判定値を求める。かかる第 2 の判定値は、周囲の複数の画素の信号レベルに対する注目画素の信号レベルの差分の大きさのばらつきが小さくなるほど、大きな値となる。欠陥画素検出回路 105 は、第 1 の判定値 D1 と第 2 の判定値 D2 を乗算し、この乗算によって得られた値が大きいほど、注目画素の信号が欠陥画素の信号である可能性が高いと判定している。なお、欠陥画素検出回路 105 は、この乗算によって得られた値が閾値以上であった場合に、注目画素の信号が欠陥画素の信号であると判定してもよい。あるいは、欠陥画素検出回路 105 は、第 1 の判定値 D1 と第 2 の判定値 D2 のいずれも閾値以上であった場合に、注目画素の信号が欠陥画素の信号であると判定してもよい。

【0104】

更に、欠陥画素補正回路 106 が、この乗算によって得られた値に基づいて、注目画素に施す補正の程度や補正の可否の判定を行うことにより、従来技術よりも高い精度で欠陥画素の影響を低減させることが可能となる。

【0105】

なお、欠陥画素は必ずしも独立して存在するのではなく、欠陥画素が 2 つ並ぶ可能性もある。これを考慮して、欠陥画素検出回路 105 は、注目画素の周囲に、注目画素に近い信号レベルを有し、且つ、周囲の他の画素に比較して信号レベルが極端に異なる画素が存在した場合には、この画素の信号レベルを除外して欠陥画素の判定を行うようにしてもよい。

【0106】

また、上述した実施形態では、デジタルカメラやビデオカメラなどの撮像装置における欠陥画素の検出処理を例として説明したが、これらに限定されるものではない。例えば、画像処理機能を有するアプリケーションを搭載したパーソナルコンピュータが、着脱可能な記憶媒体やネットワークを介して取得した画像信号に対して、不図示のメモリから読み出したプログラムに従って上述した処理を行うようにしてもよい。

【0107】

また、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実

10

20

30

40

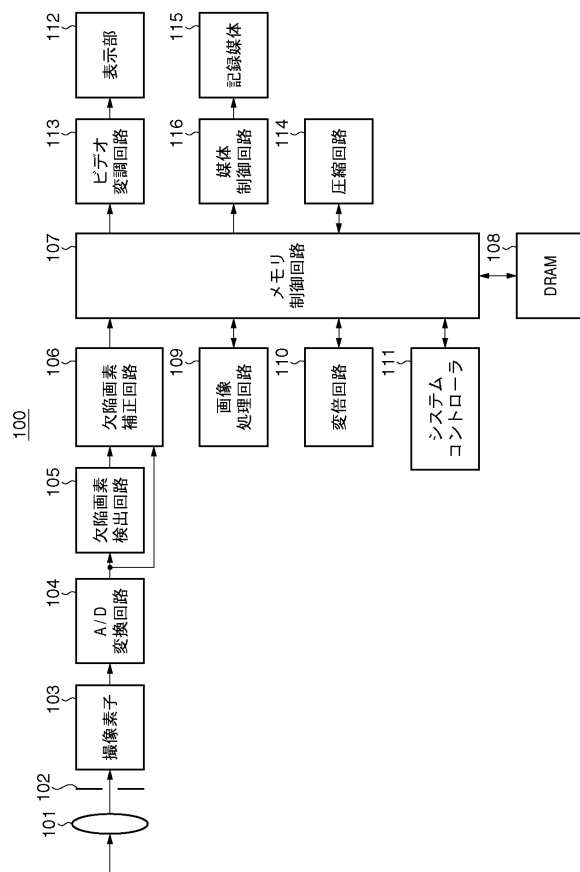
50

施形態の機能を実現するソフトウェア（プログラム）を、ネットワーク又は各記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（またはＣＰＵやＭＰＵ等）がプログラムを読み出して実行する処理である。この場合、そのプログラム、及び、かかるプログラムを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

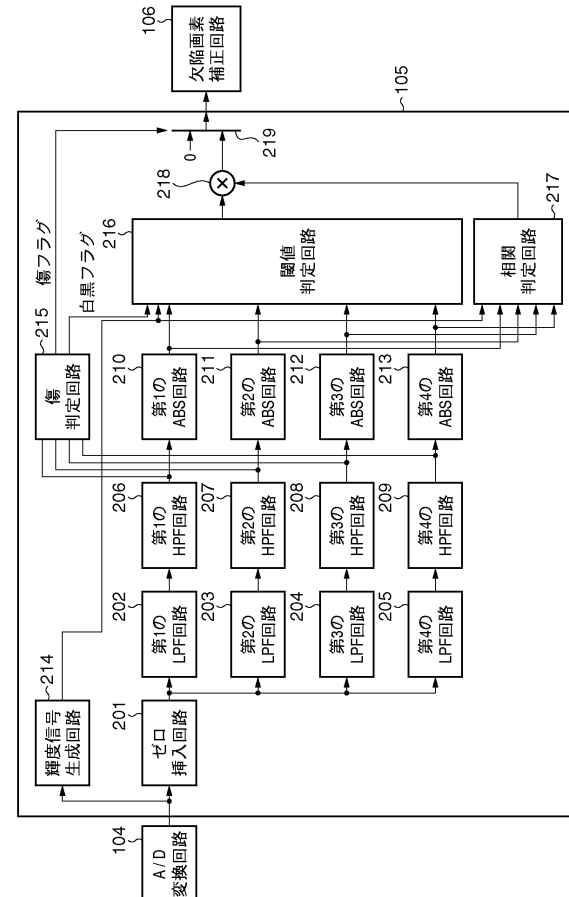
【 0 1 0 8 】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。例えば、本実施形態では、閾値判定回路で生成される傷レベル及び相関判定回路で生成される傷レベルは８ビットであるが、双方のビット幅が異なってもよい。

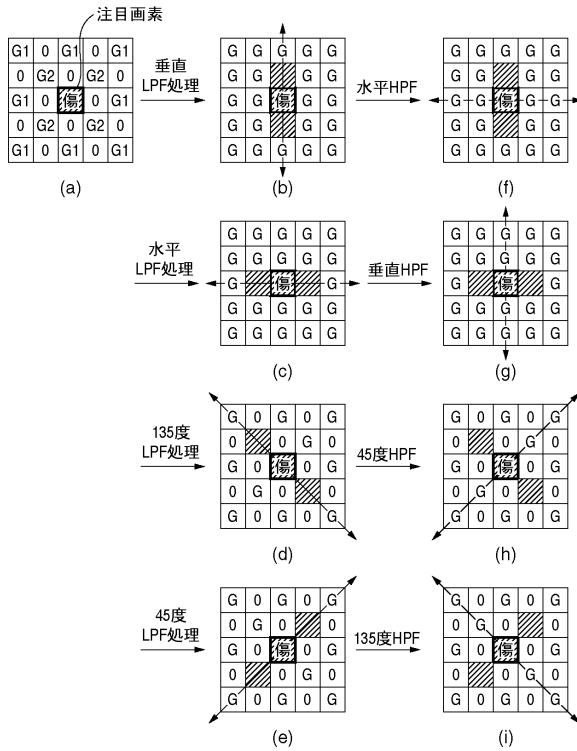
【 図 1 】



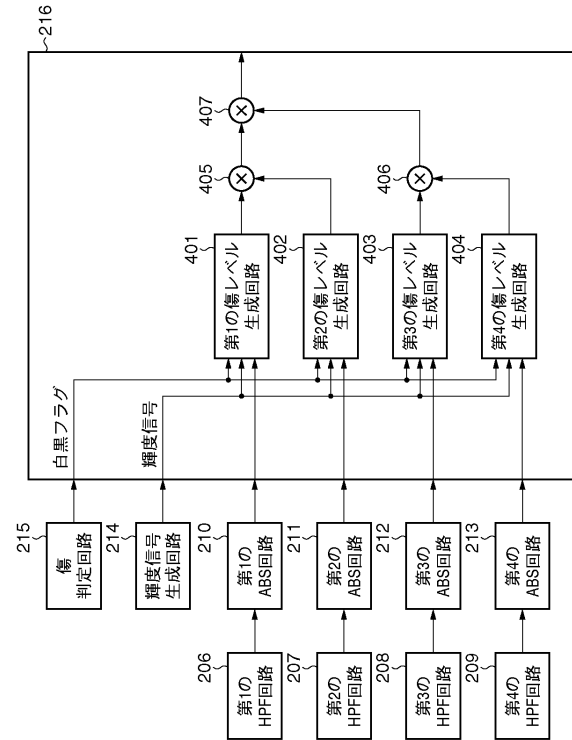
【 図 2 】



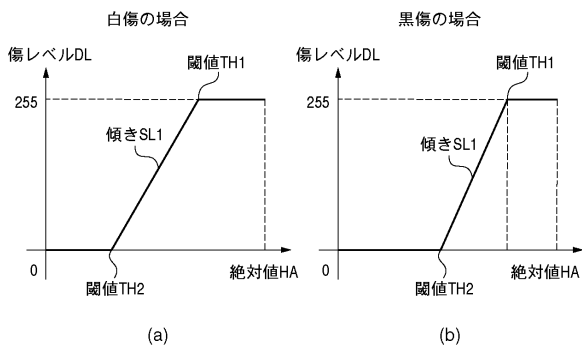
【図3】



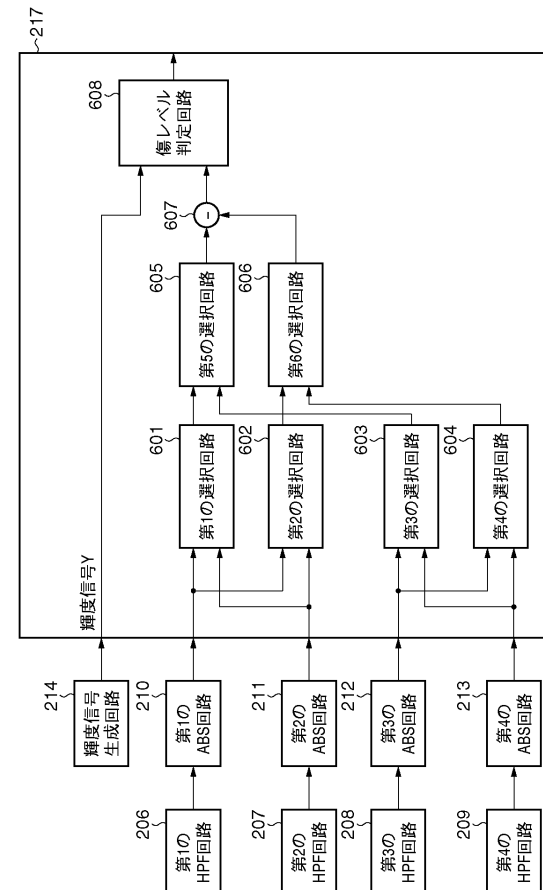
【図4】



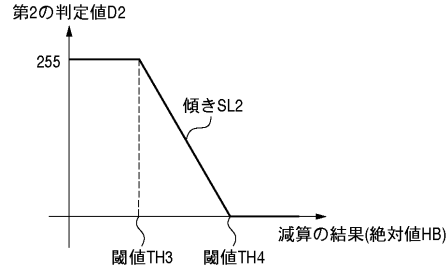
【図5】



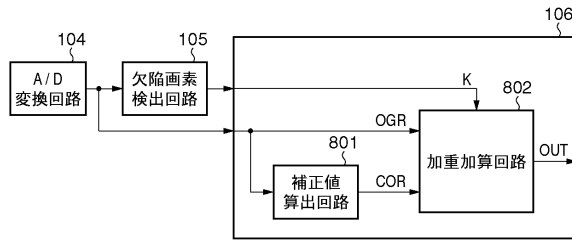
【図6】



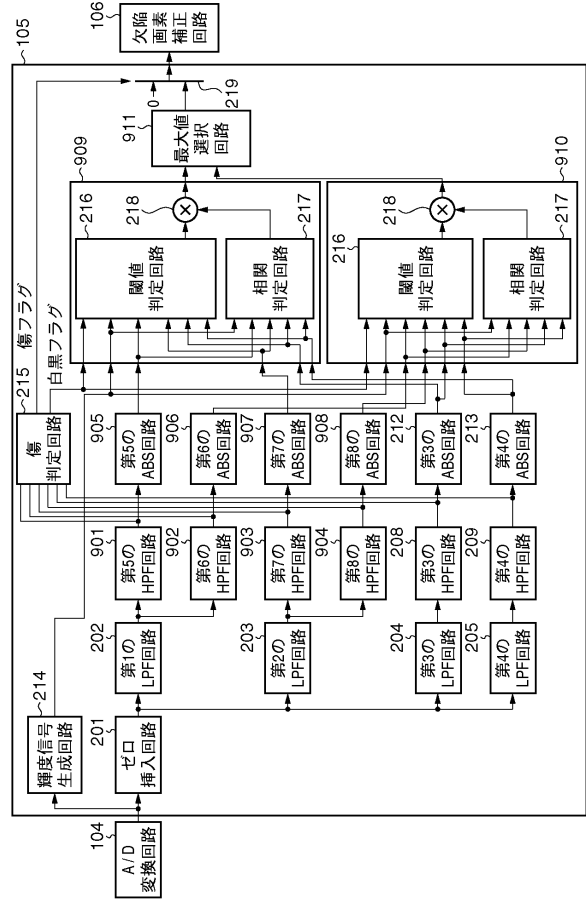
【図 7】



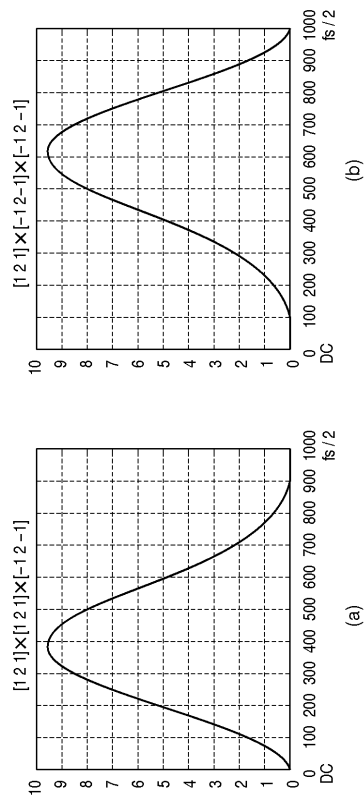
【図 8】



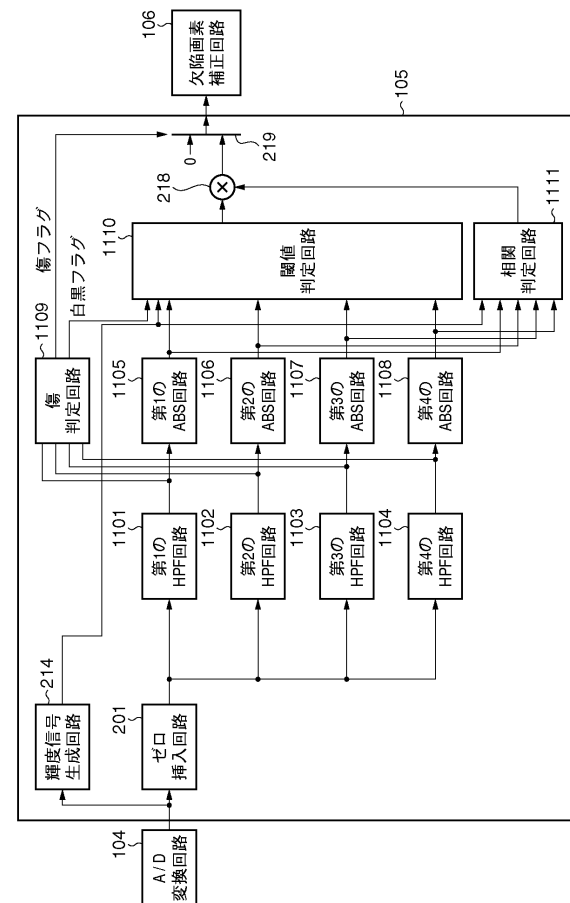
【図 9】



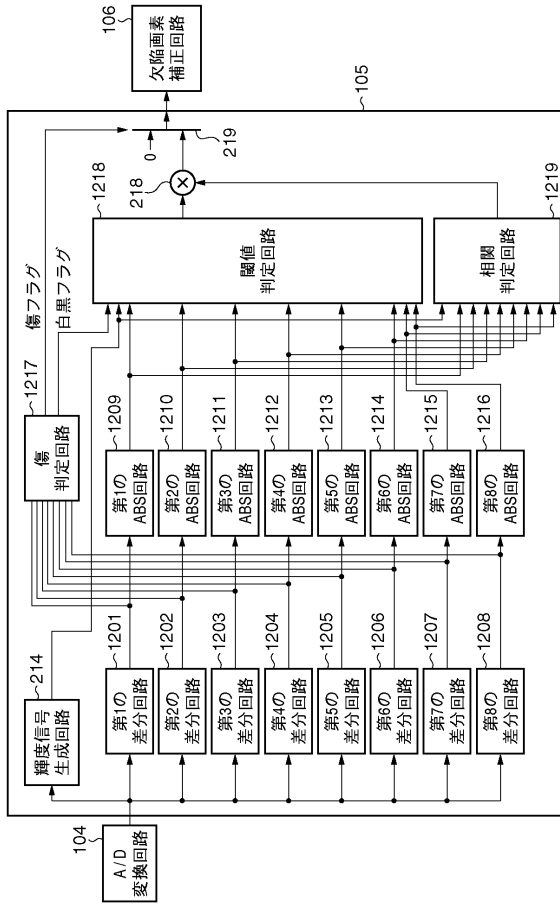
【図 10】



【図 11】



【図 12】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 法田 紗央里  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 本田 充輝  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 藤原 敬利

- (56)参考文献 特開2005-123946(JP,A)  
特開2005-341244(JP,A)  
特開2008-131161(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H04N 5/367