

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5120441号  
(P5120441)

(45) 発行日 平成25年1月16日 (2013. 1. 16)

(24) 登録日 平成24年11月2日 (2012. 11. 2)

(51) Int. Cl.

H04N 9/07 (2006.01)

F I

H04N 9/07

C

請求項の数 8 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2010-253882 (P2010-253882)  
 (22) 出願日 平成22年11月12日 (2010. 11. 12)  
 (65) 公開番号 特開2011-135566 (P2011-135566A)  
 (43) 公開日 平成23年7月7日 (2011. 7. 7)  
 審査請求日 平成23年8月11日 (2011. 8. 11)  
 (31) 優先権主張番号 特願2009-268929 (P2009-268929)  
 (32) 優先日 平成21年11月26日 (2009. 11. 26)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000004112  
 株式会社ニコン  
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号  
 (74) 代理人 100084412  
 弁理士 永井 冬紀  
 (74) 代理人 100078189  
 弁理士 渡辺 隆男  
 (72) 発明者 石賀 健一  
 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号  
 株式会社ニコン内

審査官 内田 勝久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画像データの画素値を補正する画像処理装置であって、  
 複数の色成分からなり、1つの画素に1つの色成分を有する複数の画素からなる画像データを入力する入力手段と、

前記画像データの1つの処理対象画素に対し、該処理対象画素と同じ色成分を有する複数の周囲の同色画素の画素値と、前記複数の周囲の同色画素よりも前記処理対象画素に近接して存在する、前記処理対象画素とは異なる色成分を有する複数の周囲の異色画素の画素値との間の中から最大値を算出する算出手段と、

前記処理対象画素の画素値と前記最大値とを比較して、前記処理対象画素の画素値が前記最大値よりも大きな値を示す場合、前記処理対象画素の画素値を前記最大値で置き換える補正手段とを備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

画像データの画素値を補正する画像処理装置であって、  
 複数の色成分からなり、1つの画素に1つの色成分を有する複数の画素からなる画像データを入力する入力手段と、

前記画像データの1つの処理対象画素に対し、該処理対象画素と同じ色成分を有する複数の周囲の同色画素よりも前記処理対象画素に近接して存在する、前記処理対象画素とは異なる色成分を有する複数の周囲の異色画素の画素値を少なくとも含む複数の周囲画素の画素値の中から最大値を算出する算出手段と、

10

20

前記処理対象画素の値と前記最大値を比較して、前記処理対象画素の値が前記最大値よりも大きな値を示す場合、前記処理対象画素の値を前記最大値で置き換える補正手段とを備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 3】

画像データの画素値を補正する画像処理装置であって、

複数の色成分からなり、1つの画素に1つの色成分を有する複数の画素からなる画像データを入力する入力手段と、

前記画像データの1つの処理対象画素に対し、該処理対象画素と同じ色成分を有する複数の周囲の同色画素の画素値と、前記複数の周囲の同色画素よりも前記処理対象画素に近接して存在する、前記処理対象画素とは異なる色成分を有する複数の周囲の異色画素の画素値との間の中から最小値を算出する算出手段と、

前記処理対象画素の画素値と前記最小値とを比較して、前記処理対象画素の画素値が前記最小値よりも小さな値を示す場合、前記処理対象画素の画素値を前記最小値で置き換える補正手段とを備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 4】

画像データの画素値を補正する画像処理装置であって、

複数の色成分からなり、1つの画素に1つの色成分を有する複数の画素からなる画像データを入力する入力手段と、

前記画像データの1つの処理対象画素に対し、該処理対象画素と同じ色成分を有する複数の周囲の同色画素よりも前記処理対象画素に近接して存在する、前記処理対象画素とは異なる色成分を有する複数の周囲の異色画素の画素値を少なくとも含む複数の周囲画素の画素値の中から最小値を算出する算出手段と、

前記処理対象画素の値と前記最小値を比較して、前記処理対象画素の値が前記最小値よりも小さな値を示す場合、前記処理対象画素の値を前記最小値で置き換える補正手段とを備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 5】

請求項 1 または 2 に記載の画像処理装置において、

前記算出手段は、更に前記最大値の算出に参照した同じ画素の画素値の中から最小値を算出し、

前記算出された最大値から最小値を差し引いた差分値を算出し、該差分値に対して定数倍した値を前記処理対象画素に対する閾値として設定する設定手段をさらに備え、

前記補正手段は、前記処理対象画素の値と、前記最大値に対して前記閾値を加算した値を比較して、前記処理対象画素の値が該加算値を超えて大きな値を示す場合、前記処理対象画素の値を前記最大値で置き換えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 6】

請求項 3 または 4 に記載の画像処理装置において、

前記算出手段は、更に前記最小値の算出に参照した同じ画素の画素値の中から最大値を算出し、

前記算出された最大値から最小値を差し引いた差分値を算出し、該差分値に対して定数倍した値を前記処理対象画素に対する閾値として設定する設定手段とを備え、

前記補正手段は、前記処理対象画素の値と、前記最小値に対して前記閾値を減算した値を比較して、前記処理対象画素の値が該減算値を超えて小さな値を示す場合、前記処理対象画素の値を前記最小値で置き換えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の画像処理装置において、

前記算出手段は、前記異色画素の画素値として、前記画像データの色成分間で予め決まっているホワイトバランスの調整値を用いて、前記処理対象画素の色成分を基準としたゲイン調整が行われた後の値を用いることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 8】

請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の画像処理装置において、

前記算出手段は、前記画像データが正方格子配列の場合には、前記複数の周囲の異色画素の画素値として、前記処理対象画素を中心に  $3 \times 3$  画素の範囲内に含まれる異色画素の画素値を用いることを特徴とする画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、Bayer配列のようなカラーフィルタ配列をもつ単板式カラー撮像素子で発生する白傷や黒傷のような欠陥画素(hot pixels、cold pixels)に対して、Bayer面上で直接、 $5 \times 5$ 画素の範囲に含まれる同色画素の周辺8点のMax、Minフィルタを掛けることにより欠陥画素の補正を行う補正方法が知られている(例えば、特許文献1)。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】米国特許第7,202,894号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0004】

しかしながら、このような方法によると、天体撮影したときの星のような孤立した輝点を消滅させ、更には星の周囲に実際にはあり得ぬ偽色を生み出す弊害を引き起こし、画像構造を破壊してしまう可能性があった。また、イルミネーションのような高輝度部の輝点が密に存在するような夜景を撮影すると、それらの輝点が同一輝度レベルに揃えられ、あたかもこれらの点像が連なったような奇妙な線構造として解像してしまい画像構造を破壊してしまう可能性があった。

【課題を解決するための手段】

【0005】

請求項1の発明による画像処理装置は、画像データの画素値を補正する画像処理装置であって、複数の色成分からなり、1つの画素に1つの色成分を有する複数の画素からなる画像データを入力する入力手段と、前記画像データの1つの処理対象画素に対し、該処理対象画素と同じ色成分を有する複数の周囲の同色画素の画素値と、前記複数の周囲の同色画素よりも前記処理対象画素に近接して存在する、前記処理対象画素とは異なる色成分を有する複数の周囲の異色画素の画素値との間の中から最大値を算出する算出手段と、前記処理対象画素の画素値と前記最大値とを比較して、前記処理対象画素の画素値が前記最大値よりも大きな値を示す場合、前記処理対象画素の画素値を前記最大値で置き換える補正手段とを備えることを特徴とする。

30

請求項2の発明による画像処理装置は、画像データの画素値を補正する画像処理装置であって、複数の色成分からなり、1つの画素に1つの色成分を有する複数の画素からなる画像データを入力する入力手段と、前記画像データの1つの処理対象画素に対し、該処理対象画素と同じ色成分を有する複数の周囲の同色画素よりも前記処理対象画素に近接して存在する、前記処理対象画素とは異なる色成分を有する複数の周囲の異色画素の画素値を少なくとも含む複数の周囲画素の画素値の中から最大値を算出する算出手段と、前記処理対象画素の値と前記最大値を比較して、前記処理対象画素の値が前記最大値よりも大きな値を示す場合、前記処理対象画素の値を前記最大値で置き換える補正手段とを備えることを特徴とする。

40

請求項3の発明による画像処理装置は、画像データの画素値を補正する画像処理装置であって、複数の色成分からなり、1つの画素に1つの色成分を有する複数の画素からなる画像データを入力する入力手段と、前記画像データの1つの処理対象画素に対し、該処理

50

対象画素と同じ色成分を有する複数の周囲の同色画素の画素値と、前記複数の周囲の同色画素よりも前記処理対象画素に近接して存在する、前記処理対象画素とは異なる色成分を有する複数の周囲の異色画素の画素値との間の中から最小値を算出する算出手段と、前記処理対象画素の画素値と前記最小値とを比較して、前記処理対象画素の画素値が前記最小値よりも小さな値を示す場合、前記処理対象画素の画素値を前記最小値で置き換える補正手段とを備えることを特徴とする。

請求項４の発明による画像処理装置は、画像データの画素値を補正する画像処理装置であって、複数の色成分からなり、１つの画素に１つの色成分を有する複数の画素からなる画像データを入力する入力手段と、前記画像データの１つの処理対象画素に対し、該処理対象画素と同じ色成分を有する複数の周囲の同色画素よりも前記処理対象画素に近接して存在する、前記処理対象画素とは異なる色成分を有する複数の周囲の異色画素の画素値を少なくとも含む複数の周囲画素の画素値の中から最小値を算出する算出手段と、前記処理対象画素の値と前記最小値を比較して、前記処理対象画素の値が前記最小値よりも小さな値を示す場合、前記処理対象画素の値を前記最小値で置き換える補正手段とを備えることを特徴とする。

10

#### 【発明の効果】

#### 【０００６】

本発明によれば、画像構造の破壊を抑えつつ欠陥画素を補正することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【０００７】

20

【図１】カメラの一実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図２】第１の実施の形態における処理の流れを示すフローチャート図である。

【図３】第１の実施の形態における白傷・黒傷補正フィルタを模式的に示した図である。

【図４】第１の実施の形態における補正対象画素とその周辺画素を模式的に示した図である。

【図５】第２の実施の形態における白傷・黒傷補正フィルタを模式的に示した図である。

【図６】第２の実施の形態における補正対象画素とその周辺画素を模式的に示した図である。

【図７】第３の実施の形態における処理の流れを示すフローチャート図である。

【図８】第４の実施の形態における白傷・黒傷補正の方法を模式的に示した図である。

30

【図９】第５、６の実施の形態における白傷・黒傷補正の方法を模式的に示した図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【０００８】

##### 第１の実施の形態

図１は、第１の実施の形態におけるカメラの一実施の形態の構成を示すブロック図である。カメラ１００は、操作部材１０１と、撮像素子１０２と、制御装置１０３と、メモリカードスロット１０４と、モニタ１０５とを備えている。操作部材１０１は、使用者によって操作される種々の入力部材、例えば電源ボタン、リリースボタン、ズームボタン、十字キー、決定ボタン、再生ボタン、削除ボタンなどを含んでいる。

40

#### 【０００９】

撮像素子１０２は、例えばＣＣＤやＣＭＯＳなどのイメージセンサーであり、不図示のレンズにより結像した被写体像を撮像する。そして、撮像によって得られた画像信号を制御装置１０３へ出力する。なお、カメラ１００には、着脱可能なレンズ鏡筒が取り付けられ、レンズ鏡筒を構成する複数のレンズによって、被写体像が撮像素子１０２に結像する。

#### 【００１０】

制御装置１０３は、ＣＰＵ、メモリ、およびその他の周辺回路により構成され、カメラ１００を制御する。なお、制御装置１０３を構成するメモリには、ＳＤＲＡＭやフラッシュメモリが含まれる。ＳＤＲＡＭは、揮発性のメモリであって、ＣＰＵがプログラム実行

50

時にプログラムを展開するためのワークメモリとして使用されたり、データを一時的に記録するためのバッファメモリとして使用される。また、フラッシュメモリは、不揮発性のメモリであって、制御装置103が実行するプログラムのデータや、プログラム実行時に読み込まれる種々のパラメータなどが記録されている。

#### 【0011】

メモリカードスロット104は、記憶媒体としてのメモリカードを挿入するためのスロットであり、制御装置103が撮影処理を行なうことによって生成された画像ファイルをメモリカードに書き込んで記録する。また、制御装置103は、メモリカードスロット104を介してメモリカード内に記憶されている画像ファイルを読み出すこともできる。

#### 【0012】

モニタ105は、カメラ100の背面に搭載された液晶モニタ（背面モニタ）であり、当該モニタ105には、メモリカードに記憶されている画像やカメラ100を設定するための設定メニューなどが表示される。また、制御装置103は、使用者によってカメラ100のモードが撮影モードに設定されると、撮像素子102から時系列で取得した画像の表示用画像データをモニタ105に出力する。これによってモニタ105にはスルー画が表示される。

#### 【0013】

本実施の形態におけるカメラ100では、撮像素子102は、単板式カラー撮像素子であり、撮像面上にはR（赤）、G（緑）、B（青）のカラーフィルタがBayer配列されているものとする。すなわち、撮像素子102から制御装置103に出力される画像データはRGB表色系で示されるものとし、この画像データを構成する各々の画素には、RGBの何れか1つの色成分の色情報が存在する。

#### 【0014】

このような撮像素子102を長時間露光すると、蓄積時間に対して正比例せずに、周辺画素よりも突出して明るくなる画素や周辺画素よりも突出して暗くなる画素が多数現れてくる。これらは一般に白傷（hot pixel）、黒傷（cold pixel）と呼ばれ、露光時間が長くなるほど、また撮像感度が高くなるほど出現する画素の割合が多くなっていく性質をもつ。

#### 【0015】

これらの欠陥画素を補正するためには、一般的にデジタル・フィルタが用いられる。例えば、米国特許第5,327,246号明細書に開示されているように、単色の信号面に対して、3×3画素領域に含まれる周辺8画素のMax、Minを算出し、中心画素がそれらよりも所定の閾値を超えて突出している場合は、Max値やMin値で置き換えるMax、Minフィルタが用いられる。また、この米国特許第5,327,246号明細書では、Bayer配列のようなカラーの単板撮像素子の入力信号に対しては、一旦デジタル・フィルタで輝度信号や色差信号の生成処理をした後に、それらの面に対して突出点の隣接画素への滲みの影響を加味しながら、Max、Minフィルタを掛けることが提案されている。

#### 【0016】

一方、米国特許第7,202,894号明細書では、Bayer面上で直接、5×5画素の範囲に含まれる同色画素の周辺8点のMax、Minフィルタを掛ける方法が開示されている。この方法は、RGB色補間の前に行われるため、突出点の影響が補間処理によって周辺画素にも滲み成分として現れ、後からの対処が厄介になることを防止する有効性をもっている。しかしながら、このような方法によると、天体撮影したときの星のような孤立した輝点を消滅させ、更には星の周囲に実際にはあり得ぬ偽色を生み出す弊害を引き起こすという問題があった。また、クリスマスのイルミネーションのような高輝度部の輝点が密に存在するような夜景を撮影すると、それらの輝点が同一輝度レベルに揃えられ、あたかもこれらの点像が連なったような奇妙な線構造として解像してしまうというような問題が発生していた。

## 【 0 0 1 7 】

本実施の形態におけるカメラ 1 0 0 では、このような問題を防ぐために、単板カラー撮像素子面上で M a x、M i n フィルタを掛けるときに、周辺の同色の画素信号のみならず、それらより内側により近接して存在する異色の画素信号も同時に参照するようにする。これによって、画像構造の破壊を最小限に抑えつつ、突出点状の欠陥画素を補正することが可能となる。なお、ここではカラーの単板撮像素子で説明するが、R と B の 2 色をチェック状に配置した単板と G の 1 色を全面に配置した単板を組み合わせた 2 板式の撮像素子や B a y e r 配列の 3 色からなる単板と B a y e r 配列の 3 色からなる単板を 2 つ組み合わせた 2 板式の撮像素子を用いる場合に本発明は適用できる。

## 【 0 0 1 8 】

10

具体的には、制御装置 1 0 3 は図 2 に示すフローチャートに従って処理を行う。ステップ S 1 0 において、制御装置 1 0 3 は、撮像素子 1 0 2 から B a y e r 画像データを読み出す。これによって、制御装置 1 0 3 には、光量に対して線型階調の B a y e r 画像データが入力される。

## 【 0 0 1 9 】

その後、ステップ S 2 0 へ進み、制御装置 1 0 3 は、ホワイトバランス補正を行う。例えば、制御装置 1 0 3 は、R G B 間のホワイトバランス・ゲインが  $R / G = k 1$ 、 $B / G = k 2$  のとき、B a y e r 面の R 画素には  $k 1$  倍のゲインを、B 画素には  $k 2$  倍のゲインを掛ける。その後、ステップ S 3 0 へ進む。

## 【 0 0 2 0 】

20

ステップ S 3 0 では、制御装置 1 0 3 は、上述した白傷と黒傷の補正を行う。具体的には、制御装置 1 0 3 は、以下の ( A ) ~ ( C ) の手順で白傷補正、および黒傷補正を行う。なお、以下の説明では、ホワイトバランス補正の済んだ B a y e r 画像データにおける補正対象画素 [ i , j ] の画素値を  $S i n [ i , j ]$  で表し、突出点除去フィルタを掛けて当該補正対象画素 [ i , j ] の補正後の画素値  $S o u t [ i , j ]$  を出力するものとする。また、以下の説明では、B a y e r 面上の色成分に無関係に共通のフィルタを定義して、簡便なフィルタ回路を組むことができる例を示す。

## 【 0 0 2 1 】

## ( A ) データコピー

制御装置 1 0 3 は、次式 ( 1 ) によりデータコピーを行う。すなわち、元画像データを  $S i n$  のバッファメモリに退避させておく。

30

$$S o u t [ i , j ] = S i n [ i , j ] \quad \cdots ( 1 )$$

## 【 0 0 2 2 】

## ( B ) M A X フィルタを用いた白傷補正

制御装置 1 0 3 は、次式 ( 2 ) ~ ( 5 ) により表される隣接画素の異色画素を含む M a x フィルタを画像データに掛けて白傷補正を行う。なお、本実施の形態では、画像データが正方格子配列の場合を想定し、ここで用いる M a x フィルタは、図 3 に示すように、「  
」で表す補正対象画素を中心とした  $5 \times 5$  画素の範囲に含まれる周辺画素 1 6 点の M a x フィルタとする。この M a x フィルタは、補正対象画素が R 画素、B 画素、及び G 画素の全ての場合に共通して使用される。

40

## 【 0 0 2 3 】

すなわち、図 4 ( a ) に示すように補正対象画素が R 画素の場合には、図 3 においてフィルタの内側に位置する「+」で表す異色画素 ( B 画素及び G 画素 ) 8 点と、フィルタの外側に位置する「x」で表す同色画素 ( R 画素 ) 8 点との M a x フィルタとする。同様に、図 4 ( b ) に示すように補正対象画素が B 画素の場合も、図 3 においてフィルタの内側に位置する「+」で表す異色画素 ( R 画素及び G 画素 ) 8 点と、フィルタの外側に位置する「x」で表す同色画素 ( B 画素 ) 8 点との M a x フィルタとする。また、図 4 ( c ) に示すように補正対象画素が G 画素の場合には、図 3 においてフィルタの内側に位置する「+」で表す異色画素 ( R 画素及び B 画素 ) と同色画素 ( G 画素 ) とを含む 8 点と、フィルタの外側に位置する「x」で表す同色画素 ( G 画素 ) 8 点との M a x フィルタとする。

50

## 【 0 0 2 4 】

この図3に示すMaxフィルタを用いることにより、制御装置103は、補正対象画素を中心に5×5画素の範囲内に含まれる同色画素の画素値と、同色画素よりも補正対象画素に近接して存在する、補正対象画素を中心に3×3画素の範囲内に含まれる異色画素の画素値とを用いて補正対象画素を補正することができる。このときに用いる補正対象画素を中心とした3×3画素の範囲内には、図4に示したように、補正対象画素がR画素またはB画素である場合には縦方向、横方向、及び斜め方向に隣接して異色画素が存在している。また、補正対象画素がG画素である場合には、縦方向及び横方向に隣接して異色画素が存在し、斜め方向には同色画素が存在している。なお、次式(2)～(5)において、大文字で示すMAXは最大値を返す関数である。

10

## 【 0 0 2 5 】

$$\max 1 = \text{MAX} \{ \text{Sin}[i-1, j], \text{Sin}[i+1, j], \text{Sin}[i, j-1], \text{Sin}[i, j+1], \text{Sin}[i-1, j-1], \text{Sin}[i+1, j+1], \text{Sin}[i-1, j+1], \text{Sin}[i+1, j-1] \} \dots (2)$$

$$\max 2 = \text{MAX} \{ \text{Sin}[i-2, j], \text{Sin}[i+2, j], \text{Sin}[i, j-2], \text{Sin}[i, j+2], \text{Sin}[i-2, j-2], \text{Sin}[i+2, j+2], \text{Sin}[i-2, j+2], \text{Sin}[i+2, j-2] \} \dots (3)$$

$$\max = \text{MAX} \{ \max 1, \max 2 \} \dots (4)$$

$$\text{if } (\text{Sin}[i, j] > \max + \text{Thmax}) \quad \text{Sout}[i, j] = \max \dots (5)$$

20

## 【 0 0 2 6 】

(C) Minフィルタを用いた黒傷補正

制御装置103は、次式(6)～(9)により表される隣接画素の異色画素を含むMinフィルタを画像データに掛けて黒傷補正を行う。なお、ここで用いるMinフィルタは、上記Maxフィルタと同様、図3に示すように、「 $\square$ 」で表す補正対象画素を中心とした5×5画素の範囲に含まれる周辺画素16点、すなわち「 $+$ 」で表す異色画素8点と「 $\times$ 」で表す同色画素8点のMinフィルタである。ただし、MAXフィルタのときと同様にG画素が補正対象画素のときは「 $+$ 」で表す画素は異色画素4点と同色画素4点となる。なお、次式(6)～(9)において、大文字で示すMINは最小値を返す関数である。

## 【 0 0 2 7 】

30

$$\min 1 = \text{MIN} \{ \text{Sin}[i-1, j], \text{Sin}[i+1, j], \text{Sin}[i, j-1], \text{Sin}[i, j+1], \text{Sin}[i-1, j-1], \text{Sin}[i+1, j+1], \text{Sin}[i-1, j+1], \text{Sin}[i+1, j-1] \} \dots (6)$$

$$\min 2 = \text{MIN} \{ \text{Sin}[i-2, j], \text{Sin}[i+2, j], \text{Sin}[i, j-2], \text{Sin}[i, j+2], \text{Sin}[i-2, j-2], \text{Sin}[i+2, j+2], \text{Sin}[i-2, j+2], \text{Sin}[i+2, j-2] \} \dots (7)$$

$$\min = \text{MIN} \{ \min 1, \min 2 \} \dots (8)$$

$$\text{if } (\text{Sin}[i, j] < \min - \text{Thmin}) \quad \text{Sout}[i, j] = \min \dots (9)$$

40

## 【 0 0 2 8 】

ここで、式(5)および(8)において、閾値Thmax, Thminの値は、その値を大きくすれば画像構造の破壊をより防止することができるが、フィルタ効果は低減してしまう。よって、本実施の形態では、閾値Thmax, Thminの値は、例えばそれぞれ0に設定するとよい。なぜなら、Max、Minフィルタを構成する参照画素の参照距離が短くなったことにより画像構造の防護能力が高まったため、あえてこの閾値を用いて画像構造の破壊を防御する必要がなくなったためである。

## 【 0 0 2 9 】

上記のように最隣接画素の異色画素を同色画素と共にMax、Minフィルタの中に組み込むと以下のような理由によって、上述した画像構造の破壊を防止することができる。すなわち、星のような点像は、ただ唯一1つの画素のみの光信号として捉えられることは

50

通常、光学系のボケを考えればあり得ず、必ず隣接画素にも滲み出している。それはレンズの点像分布関数の特性のみならず、光学ローパスフィルタによる光線分離の特性によって合成した形で生み出される。例えば、撮像素子の画素ピッチと同じか、あるいは3/4倍程度の4点分離型の光学ローパスフィルタを挿入している場合は、必ず隣接4点画素にも同程度の光量が漏れている。

#### 【0030】

他方、白傷や黒傷等の欠陥画素は一画素単体のみで発生するのが普通である。したがって、星のような点像と重なる位置に存在する白傷・黒傷画素は、周辺に滲み出した星の点像の明るさレベルによって置き換えられることになる。こうして、天体の星を消滅させてしまう危険性が大きく排除される。この置き換え推定値の精度が、従来の同色画素のみによるMax、Minフィルタよりも近い距離に存在している画素を用いているため、極めて高くなる。したがって、画像の解像力に関する分解能の防御性能が高まり、推定間違いによる不本意な偽色発生を防ぎ、また、いびつな点像のつながりを生むことを防止する効果を発揮する。

10

#### 【0031】

実験的に、通常、画像の解像力を評価するために用いられるサーキュラーゾーンプレートを撮影した画像に対して、この異色画素込みのMax、Minフィルタを全面処理した結果、ほとんど完全に近いレベルで画像構造の非破壊性を保つことを確認している。また、コントラストの低下の度合いも従来の同色画素のみを用いるMax、Minフィルタに比べて遥かに少なくなる効果がある。

20

#### 【0032】

第1の実施の形態における単画素欠陥補正能力は、大雑把に見積もって5×5画素に1画素の割合で存在する欠陥画素比率、すなわち全画素のうち4%の画素が欠陥である状況までほぼ完璧に、その補正能力を有しているといえることができる。それ以上の画素密度で白傷、黒傷の一方が存在している場合は、5×5画素の範囲で白傷2連画素、黒傷2連画素の条件の部分は欠陥が残留してしまうが、それ以外の欠陥画素はきれいに補正する能力を有する。なお、式(4)において最大値(Max)ではなく2番目に大きい値(第2Max)をとり、式(8)において最小値(Min)ではなく2番目に小さい値(第2Min)をとるようにすれば、白傷2連画素や黒傷2連画素にも対応することができる。

#### 【0033】

30

上述した白傷を補正するためのMaxフィルタ、および黒傷を補正するためのMinフィルタ(白傷・黒傷補正フィルタ)を使用するか否かの条件は、撮影条件に応じて予め決めておく。すなわち、ある露光時間以上の露出条件となるときは、白傷・黒傷補正フィルタの使用をオンとする。このとき、高ISO感度になるほど使用条件の設定露光時間は短くなるようにする。

#### 【0034】

その後、ステップS40へ進み、制御装置103は、色補間処理を実行する。すなわち、各画素にRGB3色を生成する色補間処理を公知の技術によって行う。その後、処理を終了する。

#### 【0035】

40

以上説明した第1の実施の形態によれば、以下のような作用効果を得ることができる。(1)制御装置103は、式(2)~(5)により表されるMaxフィルタを用いて、補正対象画素に対し、該補正対象画素と同じ色成分を有する複数の周囲の同色画素の画素値と、複数の周囲の同色画素よりも補正対象画素に近接して存在する、補正対象画素とは異なる色成分を有する複数の周囲の異色画素の画素との中から最大値を算出し、補正処理対象画素の画素値が算出した最大値よりも大きな値を示す場合に、補正対象画素の画素値を算出した最大値で置き換えることによって、白傷を補正するようにした。これによって、画像構造の破壊を抑えつつ白傷を補正することができる。

#### 【0036】

(2)制御装置103は、式(6)~(9)により表されるMinフィルタを用いて、補

50



正対象画素に対し、該補正対象画素と同じ色成分を有する複数の周囲の同色画素の画素値と、複数の周囲の同色画素よりも補正対象画素に近接して存在する、補正対象画素とは異なる色成分を有する複数の周囲の異色画素の画素との中から最小値を算出し、補正処理対象画素の画素値が算出した最小値よりも小さな値を示す場合に、補正対象画素の画素値を算出した最小値で置き換えることによって、黒傷を補正するようにした。これによって、画像構造の破壊を抑えつつ黒傷を補正することができる。

【 0 0 3 7 】

( 3 ) 制御装置 1 0 3 は、異色画素の画素値として、画像データの色成分間で予め決まっているホワイトバランスの調整値を用いて、補正対象画素の色成分を基準としたゲイン調整が行われた後の値を用いるようにした。これによって、R、G、Bの信号レベルを揃えた上で白傷・黒傷補正フィルタを適用することができるため、補正値の推定精度が高まり、画像構造の破壊をより防止することができる。


10

【 0 0 3 8 】

( 4 ) 補正に用いる M a x フィルタ、および M i n フィルタは、複数の周囲の異色画素の画素値として、補正対象画素を中心に 3 × 3 画素の範囲内に含まれる異色画素の画素値を用いるものとした。これによって、空間解像の分解能が高まり、画像構造の破壊を最小限に抑えつつ、突出点状の欠陥画素を補正することができる。

【 0 0 3 9 】

第 2 の実施の形態

上述した第 1 の実施の形態では、図 2 に示したフローチャートのステップ S 3 0 において、図 3 に示したように、5 × 5 画素の範囲に含まれる異色画素を含んだ周辺画素 1 6 点の M a x フィルタを用いて白傷・黒傷補正を行う例について説明した。これに対して、第 2 の実施の形態では、図 5 に示すように、「」で表す補正対象画素を中心とした 9 × 9 画素の範囲に含まれる異色画素を含んだ周辺画素 2 4 点の M a x フィルタ、および M i n フィルタを用いて白傷・黒傷補正を行う。

20

【 0 0 4 0 】

すなわち、図 6 ( a ) に示すように補正対象画素が R 画素の場合には、図 5 においてフィルタの内側に位置する「+」で表す異色画素 8 点と、フィルタの外側に位置する「×」で表す同色画素 1 6 点との M a x フィルタとする。同様に、図 6 ( b ) に示すように補正対象画素が B 画素の場合も、図 5 においてフィルタの内側に位置する「+」で表す異色画素 8 点と、フィルタの外側に位置する「×」で表す同色画素 1 6 点との M a x フィルタとする。また、図 6 ( c ) に示すように補正対象画素が G 画素の場合には、図 5 においてフィルタの内側に位置する「+」で表す異色画素と同色画素とを含む 8 点と、フィルタの外側に位置する「×」で表す同色画素 1 6 点の M a x フィルタとする。

30

【 0 0 4 1 】

この図 5 に示す白傷・黒傷補正フィルタを用いることにより、第 1 の実施の形態で用いた白傷・黒傷補正フィルタよりも、同色画素の参照方向の角度を増やすことができる。すなわち、図 3 と図 5 とを比較すると、図 3 において「×」で表した同色画素は、5 × 5 画素の範囲の最も外側の画素に 8 点存在し、これらは補正対象画素から見て水平方向と垂直方向、及びその中間の斜め方向に存在していた。これに対して、図 5 において「×」で表した同色画素は、図 3 に示した 8 点に加えて、さらに 9 × 9 画素の範囲の最も外側の画素にも 8 点存在している。これにより、補正対象画素から見た同色画素は、図 3 の場合の水平方向、垂直方向、及びその中間の斜め方向に加えて、さらに細かい角度の方向に存在することになる。

40

【 0 0 4 2 】

このように、同色画素の参照方向の角度を増やすことによって、画像構造の非破壊性をより高めることができる。その一方で単画素欠陥の画素密度が高い場合には、9 × 9 画素の中で連画素欠陥が現れる確率が第 1 の実施の形態の 5 × 5 画素のときよりも高まるため、第 2 の実施の形態で示す白傷・黒傷補正フィルタは、単画素欠陥の画素密度が低い撮影条件で用いるとよい。なお、第 2 の実施の形態では、図 2 に示したフローチャートのステッ

50

プ S 3 0 以外の処理、および図 1 に示すブロック図は第 1 の実施の形態と同様のため、説明を省略する。

#### 【 0 0 4 3 】

第 2 の実施の形態では、制御装置 1 0 3 は、図 2 に示したフローチャートのステップ S 3 0 における手順 ( B ) で、次式 ( 1 0 ) ~ ( 1 4 ) により表される隣接画素の異色画素を含む M a x フィルタを画像データに掛けて白傷補正を行う。

$$\max 1 = \text{MAX} \{ \text{Sin}[i-1, j], \text{Sin}[i+1, j], \text{Sin}[i, j-1], \text{Sin}[i, j+1], \text{Sin}[i-1, j-1], \text{Sin}[i+1, j+1], \text{Sin}[i-1, j+1], \text{Sin}[i+1, j-1] \} \quad \dots (10)$$

$$\max 2 = \text{MAX} \{ \text{Sin}[i-2, j], \text{Sin}[i+2, j], \text{Sin}[i, j-2], \text{Sin}[i, j+2], \text{Sin}[i-2, j-2], \text{Sin}[i+2, j+2], \text{Sin}[i-2, j+2], \text{Sin}[i+2, j-2] \} \quad \dots (11)$$

$$\max 3 = \text{MAX} \{ \text{Sin}[i-4, j-2], \text{Sin}[i-4, j+2], \text{Sin}[i+4, j-2], \text{Sin}[i+4, j+2], \text{Sin}[i-2, j-4], \text{Sin}[i+2, j-4], \text{Sin}[i-2, j+4], \text{Sin}[i+2, j+4] \} \quad \dots (12)$$

$$\max = \text{MAX} \{ \max 1, \max 2, \max 3 \} \quad \dots (13)$$

$$\text{if } (\text{Sin}[i, j] > \max + \text{Thmax}) \quad \text{Sout}[i, j] = \max \quad \dots (14)$$

#### 【 0 0 4 4 】

また、制御装置 1 0 3 は、図 2 に示したフローチャートのステップ S 3 0 における手順 ( C ) で、次式 ( 1 5 ) ~ ( 1 9 ) により表される隣接画素の異色画素を含む M i n フィルタを画像データに掛けて黒傷補正を行う。

$$\min 1 = \text{MIN} \{ \text{Sin}[i-1, j], \text{Sin}[i+1, j], \text{Sin}[i, j-1], \text{Sin}[i, j+1], \text{Sin}[i-1, j-1], \text{Sin}[i+1, j+1], \text{Sin}[i-1, j+1], \text{Sin}[i+1, j-1] \} \quad \dots (15)$$

$$\min 2 = \text{MIN} \{ \text{Sin}[i-2, j], \text{Sin}[i+2, j], \text{Sin}[i, j-2], \text{Sin}[i, j+2], \text{Sin}[i-2, j-2], \text{Sin}[i+2, j+2], \text{Sin}[i-2, j+2], \text{Sin}[i+2, j-2] \} \quad \dots (16)$$

$$\min 3 = \text{MIN} \{ \text{Sin}[i-4, j-2], \text{Sin}[i-4, j+2], \text{Sin}[i+4, j-2], \text{Sin}[i+4, j+2], \text{Sin}[i-2, j-4], \text{Sin}[i+2, j-4], \text{Sin}[i-2, j+4], \text{Sin}[i+2, j+4] \} \quad \dots (17)$$

$$\min = \text{MIN} \{ \min 1, \min 2, \min 3 \} \quad \dots (18)$$

$$\text{if } (\text{Sin}[i, j] < \min - \text{Thmin}) \quad \text{Sout}[i, j] = \min \quad \dots (19)$$

#### 【 0 0 4 5 】

以上説明した第 2 の実施の形態では、第 1 の実施の形態で用いた白傷・黒傷補正フィルタよりも、同色画素の参照方向の角度を増やすことができるため、画像構造の非破壊性をより高めることができる。

#### 【 0 0 4 6 】

##### 第 3 の実施の形態

上述した第 1 および第 2 の実施の形態では、画素欠陥補正、すなわち白傷・黒傷補正後にそのまま色補間処理が実行されるカメラ内部で行われるような例を示したが、色補間処理が外部アプリケーションで行われるような場合は、画素欠陥補正のみが行われた R A W データをホワイトバランスを掛けない状態で保存するのが一般的である。よって、第 3 の実施の形態では、このような場合に対応する処理について説明する。

#### 【 0 0 4 7 】

図 7 は、第 3 の実施の形態における処理の流れを示したフローチャートである。この図 7 においては、第 1 の実施の形態で図 2 に示したフローチャートと同様の処理については

同じステップ番号を付加して説明を省略し、図 2 との相違点を中心に説明する。なお、図 7 のステップ S 3 0 では、第 1 の実施の形態で上述した白傷・黒傷補正フィルタ、または第 2 の実施の形態で上述した白傷・黒傷補正フィルタを用いることとする。

【 0 0 4 8 】

ステップ S 5 0 では、制御装置 1 0 3 は、逆ホワイトバランス補正を行う。例えば、第 1 の実施の形態のステップ S 2 0 で上述した場合と同様に、R G B 間のホワイトバランス・ゲインが  $R / G = k 1$ 、 $B / G = k 2$  であるときには、制御装置 1 0 3 は、B a y e r 面の R 画素には  $1 / k 1$  倍のゲインを、B 画素には  $1 / k 2$  倍のゲインを掛ける。その後、ステップ S 6 0 へ進む。

【 0 0 4 9 】

ステップ S 6 0 では、制御装置 1 0 3 は、入力画像データと同じビット精度を持つ B a y e r 画像データを出力し、処理を終了する。

【 0 0 5 0 】

以上説明した第 3 の実施の形態によれば、画素欠陥補正のみが行われた B a y e r 画像データを出力することができるため、色補間処理を他の機器、例えばパソコン上で実行されるアプリケーションで行うことが可能となる。

【 0 0 5 1 】

第 4 の実施の形態

第 1 ~ 第 3 の実施の形態では、全ての画素に対して、周囲画素と比べて突出点が存在すれば、強制的に全て周囲の最大値ないしは最小値で置き換える例について説明した。この第 1 ~ 第 3 の実施の形態による方法は、従来技術に比べて、空間分解能が上がっているため、空間的な画像構造を破壊することを防止するという大きな目的を達成することができた。

【 0 0 5 2 】

すなわち、従来技術によれば、図 8 ( a ) に示すように、周辺の同色画素信号のみを用いて白傷・黒傷補正を行うため、上述したように、星の周囲に実際にはあり得ぬ偽色を生み出す弊害を引き起こしたり（星偽色）、輝点が同一輝度レベルに揃えられて、あたかもこれらの点像が連なったような奇妙な線構造として解像してしまう（点つながり）というような問題が発生していた。また、階調コントラストの低下が生じてしまう（階調ボケ）という問題もあった。これに対して、第 1 ~ 第 3 の実施の形態で説明した方法によれば、図 8 ( b ) に示すように、周辺の同色の画素信号のみならず、それらより内側により近接して存在する異色の画素信号も同時に参照するようにしたので、上記星偽色や点つながりの発生を防止することができる。

【 0 0 5 3 】

しかしながら画像をよく分析すると、階調方向に対しては、白傷・黒傷とは異なる実画像構造の凹凸情報などのコントラストが低下するという問題が存在する。すなわち、上記階調ボケの問題を依然として解決できていなかった。画質の目標として、白傷・黒傷のみを適応的に判断して突出点除去し、一般の画像構造に対しては手を加えないという適応的処理が望まれる。そのための方法論として、第 1 ~ 第 3 の実施の形態では、突出点判断の基準として閾値を設けて零においた部分を、本実施の形態では、画像構造に応じて適応的に切り替わる閾値に変更する。

【 0 0 5 4 】

一般に、白傷・黒傷は、周囲画素に対して極めて突出して現れるときに目立つ信号である。したがって、周囲画素の画像信号の統計分布を調べて、それらの統計分布に対して突出して白点化、あるいは黒点化している場合に、その画素が統計異常を示している画素と捉えることができる。例えば、画像構造が平坦部に属しているような場合、第 1 の実施の形態における手法で用いた周囲 1 6 点の画素値の分布は、1 6 点の画素値の平均値を中心に、1 6 点の画素値の標準偏差値 を幅とするガウス分布のような形をとっていると期待される。この標準偏差値 は、対象画像が撮影された撮像素子の I S O 感度におけるノイズのゆらぎ値に一致する幅を持つ。一方、画像構造がエッジ部に属しているような場合、

10

20

30

40

50

ガウス分布ではなくなり、周囲画素の信号値の分布は、エッジ構造の振幅の大きさを捉えた画像構造依存の分布となる。

【 0 0 5 5 】

このような状況の中で、閾値として既に算出済みの (max - min) 値にとってみると、図 8 (c) に示すように、丁度この値は、平坦部では、およそ  $\pm 3$  の範囲を表していると考えられる。なぜなら、正規分布する信号値は、99.7% の確率で  $\pm 3$  の範囲に収まるからである。一方のエッジ部では、(最大値 - 最小値) はその部分の画像構造のコントラスト値そのものを表している。したがって、周囲の画像構造のコントラストを加味して、突出点判断を行うことが可能となり、純粋に統計異常の白傷・黒傷のみを検知して、Max フィルタや Min フィルタを掛けることが可能になる。

10

【 0 0 5 6 】

白傷判定において、中心画素が周囲画素の  $\max + Th = \max + (\max - \min)$  値を超えて明るい場合、周囲画素の  $\max$  値で置き換える操作を行う場合、エッジ部では最大値に対して更に、画像構造のコントラスト値 (max - min) を超えて突出して白点化している場合、非常にその点は白傷として目立った存在になり、突出点除去を要する画素と判断する。

【 0 0 5 7 】

同様に黒傷判定において、中心画素が周囲画素の  $\min - Th = \min - (\max - \min)$  値を超えて暗い場合、周囲画素の  $\min$  値で置き換える操作を行う場合、エッジ部では最小値に対して更に、画像構造のコントラスト値 (max - min) を超えて突出して黒点化している場合、非常にその点は白傷として目立った存在になり、突出点除去を要する画素と判断する。

20

【 0 0 5 8 】

一般に、閾値として採用する (max - min) 値は、平坦部ではノイズのゆらぎ幅に対して 6 の幅を表すので、(max - min) 値を定数倍して、1/2 倍の 3 の幅、1/3 倍の 2 の幅、1/6 倍の 1 の幅になるような調整項を設けてもよい。また、置き換え値として、白傷補正の場合は、周囲画素の  $\max$  値そのものではなく、突出点判断に用いた  $\max + Th$  までの範囲の値で置き換えてもよい。同様に、黒傷補正の場合は、周囲画素の  $\min$  値そのものではなく、突出点判断に用いた  $\min - Th$  までの範囲の値で置き換えてもよい。

30

【 0 0 5 9 】

以下、図 2 のフローチャートを用いて、本実施の形態での処理について説明する。なお、第 4 の実施の形態では、図 2 に示したフローチャートのステップ S 3 0 以外の処理、および図 1 に示すブロック図は第 1 の実施の形態と同様のため、説明を省略する。第 4 の実施の形態では、制御装置 1 0 3 は、図 2 に示したフローチャートのステップ S 3 0 における手順 (B)、(C) で、次式 (2 0) ~ (2 8) により表される Max フィルタと Min フィルタとを用いて、白傷補正および黒傷補正を行う。

【 0 0 6 0 】

$\max 1 = \text{MAX} \{ \text{Sin}[i - 1, j], \text{Sin}[i + 1, j], \text{Sin}[i, j - 1], \text{Sin}[i, j + 1], \text{Sin}[i - 1, j - 1], \text{Sin}[i + 1, j + 1], \text{Sin}[i - 1, j + 1], \text{Sin}[i + 1, j - 1] \} \cdots (20)$

40

$\max 2 = \text{MAX} \{ \text{Sin}[i - 2, j], \text{Sin}[i + 2, j], \text{Sin}[i, j - 2], \text{Sin}[i, j + 2], \text{Sin}[i - 2, j - 2], \text{Sin}[i + 2, j + 2], \text{Sin}[i - 2, j + 2], \text{Sin}[i + 2, j - 2] \} \cdots (21)$

$\max = \text{MAX} \{ \max 1, \max 2 \} \cdots (22)$

$\min 1 = \text{MIN} \{ \text{Sin}[i - 1, j], \text{Sin}[i + 1, j], \text{Sin}[i, j - 1], \text{Sin}[i, j + 1], \text{Sin}[i - 1, j - 1], \text{Sin}[i + 1, j + 1], \text{Sin}[i - 1, j + 1], \text{Sin}[i + 1, j - 1] \} \cdots (23)$

$\min 2 = \text{MIN} \{ \text{Sin}[i - 2, j], \text{Sin}[i + 2, j], \text{Sin}[i, j - 2], \text{Sin}[i, j + 2], \text{Sin}[i - 2, j - 2], \text{Sin}[i + 2, j + 2], \text{Sin}[i - 2, j + 2], \text{Sin}[i + 2, j - 2] \} \cdots (24)$

50

```

, S i n [ i - 2 , j + 2 ] , S i n [ i + 2 , j - 2 ] } . . . ( 2 4 )
m i n = M I N { m i n 1 , m i n 2 } . . . ( 2 5 )
T h = ( m a x - m i n ) * . . . ( 2 6 )
i f ( S i n [ i , j ] m a x + T h ) S o u t [ i , j ] = m a x + T h
' . . . ( 2 7 )
i f ( S i n [ i , j ] m i n - T h ) S o u t [ I , j ] = m i n + T h
' . . . ( 2 8 )

```

#### 【 0 0 6 1 】

式 ( 2 6 ) において、定数倍 の値は 0 ~ 1 の範囲の値をとるが、通常 1 に設定するとよい。それ以外の代表的設定値は、前述したように 1 / 2、1 / 3、1 / 6 である。また、 $T h' = 0 \sim T h$  の範囲の値をとる。すなわち  $T h'$  は  $T h$  の関数である。例えば 0 ~ 1 の定数倍 を導入して、 $T h' = T h \times$  とするとよい。通常  $T h' = 0$  でよい。

#### 【 0 0 6 2 】

このように、閾値として、置き換え値のために既に算出済みの  $m a x$  と  $m i n$  値を使って、 $m a x - m i n$  値を採用することにより、極めて簡便に階調方向に対する統計的な判定処理を導入することが可能になる。すなわち、突出点の検出において、局所的な画像構造に依存して変化する (  $M a x - M i n$  ) 値を採用することにより、適応的に統計異常を検知することが可能になり、フィルタリングによって階調方向のコントラストを低下させる弊害を防止しつつ、白傷、黒傷を的確に判定して取り除くことが可能になる。

#### 【 0 0 6 3 】

これによって、実画像構造におけるテキスチャ領域のコントラスト低下を防止し、かつ、天の川銀河のような微光星が大量に集まるような画像のコントラストを保って真実の星の有無を再現しうることができる。更に、天体撮影では重要な長時間露光に伴う白傷・黒傷をきれいに取り除くことができる。上述の方法は、第 2 の実施の形態、第 3 の実施の形態で示した方法に対しても容易に同様の変更を加えることができるので、この場合の説明は省略する。

#### 【 0 0 6 4 】

##### 第 5 の実施の形態

第 1 ~ 第 4 の実施の形態では、周囲画素として、B a y e r 面上の R、G、B のどの画素位置であっても、同色画素と異色画素の両方を使用する例を説明してきた。これらはソフトウェアでは難なく実現できる。しかしながら、A S I C や F P G A などのハードウェアに搭載するとき、回路規模の制約上、実施例 1 や実施例 4 で示した 5 x 5 の参照画素でさえ実装が困難な状況が発生する場合がある。第 5 の実施の形態では、そのときの対処法について説明する。

#### 【 0 0 6 5 】

具体的には、図 9 に示すように、「」で表す補正対象画素を中心とした 3 x 3 画素の最小範囲だけを参照する形にする。そうすると、B a y e r 面で R 画素上と B 画素上にあるときは、異色画素のみを参照することになる。G 画素上にあるときは同色画素と異色画素の両方を参照する。したがって、画質的には第 4 の実施の形態よりもやや劣るが、回路規模を削減することができるようになる。この場合であっても、従来技術よりも空間分解能と階調分解能が改善することが保証される。

#### 【 0 0 6 6 】

以下、図 2 のフローチャートを用いて、本実施の形態での処理について説明する。なお、ここでは、第 4 の実施の形態との相違点を中心に説明し、第 4 の実施の形態と同様の処理については、説明を省略する。第 5 の実施の形態では、図 2 に示したフローチャートのステップ S 3 0 における手順 ( B )、( C ) で、次式 ( 2 9 ) ~ ( 3 3 ) により表される、3 x 3 範囲内の少なくとも異色の隣接画素を含む M a x フィルタと M i n フィルタとを用いて、白傷補正および黒傷補正を行う。

```

m a x = M A X { S i n [ i - 1 , j ] , S i n [ i + 1 , j ] , S i n [ I , j - 1 ]
, S i n [ i , j + 1 ] , S i n [ i - 1 , j - 1 ] , S i n [ i + 1 , j + 1 ] , S i n [

```

10

20

30

40

50

```

i - 1, j + 1], Sin[i + 1, j - 1]} ... (29)
min = MIN{ Sin[i - 1, j], Sin[i + 1, j], Sin[i, j - 1],
Sin[i, j + 1], Sin[i - 1, j - 1], Sin[i + 1, j + 1], Sin[i - 1, j + 1], Sin[i + 1, j - 1]} ... (30)
Th = (max - min) * ... (31)
if (Sin[i, j] max + Th) Sout[i, j] = max + Th
' ... (32)
if (Sin[i, j] min - Th) Sout[i, j] = min + Th
' ... (33)

```

なお、式(31)における定数倍 及び、式(32)、(33)におけるTh'の取り方は第4の実施の形態と同様である。

10

#### 【0067】

##### 第6の実施の形態

第4の実施の形態で上述した統計判断によるMax、Minフィルタの閾値の適応化は、Bayer画像に対する処理にとどまらず、通常の一般画像に対するMax、Minフィルタの改良としても使用することができる。すなわち、モノクロの撮像素子でとった長秒露光時の画像に対する白傷・黒傷補正としても利用することができるし、3板式カラー撮像素子でとった場合の白傷・黒傷補正としても利用することができる。さらには、単板式カラー画像の補間後のカラー画像に対しても同様の考えが成り立つ。カラー画像への適用は、モノクロ画像の処理をR、G、B面の各々に対して、あるいはYCbCr変換したY、Cb、Cr面の各面に対して、同じことを繰り返せばよいだけなので、モノクロ画像の場合の例だけをここに示す。

20

#### 【0068】

制御装置103は、まず、モノクロ画像データを取得する。具体的には、制御装置103には、光量に対して線型階調のモノクロ画像データが入力される。あるいは、ガンマ補正がなされていてもよい。本実施形態で導入した方法論による適応化の手法は、ガンマ補正の有無に関わらず、どちらの場合もうまく統計異常の判断を可能にすることを実験的に確認している。制御装置103は、入力されたモノクロ画像データに対して、以下の方法により白傷・黒傷補正を行う。

#### 【0069】

30

まず、制御装置103は、上述した式(1)によりデータコピーを行って、モノクロ画像データをSinのバッファメモリに退避させておく。その後、次式(34)~(38)により表されるMaxフィルタとMinフィルタとを用いて、白傷補正および黒傷補正を行う。具体的には、図9に示すように、「」で表す補正対象画素を中心とした3×3画素の範囲に含まれる周辺画素8点のMaxフィルタとMinフィルタとを用いて、白傷補正および黒傷補正を行う。なお、次式(34)~(38)において、定数倍 及び、Th'の取り方は、第4の実施の形態と同様である。

#### 【0070】

```

max = MAX{ Sin[i - 1, j], Sin[i + 1, j], Sin[i, j - 1], Sin[i, j + 1], Sin[i - 1, j - 1], Sin[i + 1, j + 1], Sin[i - 1, j + 1], Sin[i + 1, j - 1]} ... (34)
min = MIN{ Sin[i - 1, j], Sin[i + 1, j], Sin[i, j - 1], Sin[i, j + 1], Sin[i - 1, j - 1], Sin[i + 1, j + 1], Sin[i - 1, j + 1], Sin[i + 1, j - 1]} ... (35)
Th = (max - min) * ... (36)
if (Sin[i, j] max + Th) Sout[i, j] = max + Th
' ... (37)
if (Sin[i, j] min - Th) Sout[i, j] = min + Th
' ... (38)

```

40

#### 【0071】

50

以上により、モノクロやカラーの一般画像の場合の白傷・黒傷補正においても、テキストや微光星のコントラスト低下を防止しつつ、正確に白傷・黒傷補正を可能にする。

【0072】

変形例

なお、上述した実施の形態のカメラは、以下のように変形することもできる。

(1) 第1～第4の実施の形態において、入力画像のビット精度と出力画像のビット精度を保つには、ホワイトバランスが掛かった処理の間は、最大ゲインの表現に必要なビット精度だけを余分に作業用ビットの深さとして持つ必要がある。このとき、一時的に作業用ビット精度を上げることが不都合な場合は、白傷・黒傷補正の段階でホワイトバランスのレベル調整を個別に組み込むことも可能である。具体的には、現在G画素を補正対象としている場合、周辺のR画素には $R/G = k_1$ のホワイトバランスゲインを掛けた値に、周辺のB画素には $B/G = k_2$ のホワイトバランスゲインを掛けた値に、それぞれ白傷・黒傷補正フィルタを適用すればよい。

10

【0073】

他方、R画素を補正対象画素としている場合、周辺のG画素には $G/R = 1/k_1$ のホワイトバランスゲインを掛けた値に、周辺のB画素には $B/R = k_2/k_1$ のホワイトバランスゲインを掛けた値に、それぞれ白傷・黒傷補正フィルタを適用すればよい。同様に、B画素を補正対象としている場合には、周辺のG画素には $G/B = 1/k_2$ のホワイトバランスゲインを掛けた値に、周辺のR画素には $R/B = k_1/k_2$ のホワイトバランスゲインを掛けた値に、それぞれ白傷・黒傷補正フィルタを適用すればよい。

20

【0074】

これにより、吐き出された $Sout[i, j]$ はそのまま、ホワイトバランスが掛かっていない $Sin[i, j]$ と同じビット精度のBayer画像データとして扱うことができる。したがって、作業用のビット拡張を回避した分、画像入力の方法は、Bayer配列の4種類の画素位置R、Gr、Gb、Bに応じて4つのパターンを用意しなければならない。なお、GrはRが横方向に隣接するG画素を、GbはBが横方向に隣接するG画素を意味する。

【0075】

(2) 上述した第1～第4の実施の形態では、撮像素子102は、Bayer配列の単板式カラー撮像素子であるものとし、出力される画像データが正方格子配列である例について説明した。しかしながら、撮像素子102がBayer配列以外の単板撮像素子である場合にも本発明は適用可能である。例えばBayer配列を45度回転したハニカム配列では、第1～第3の実施の形態で上述した白傷・黒傷補正フィルタをそのまま45度回転すればよい。すなわち、異色画素を用いてフィルタを組むという考え方は、他の色配列であっても容易に構成することができる。他の色フィルタ配列の例として、GストライプRB市松配列や非正方格子のデルタ配列などが挙げられる。

30

【0076】

(3) 上述した第1、2、4の実施の形態では、白傷・黒傷補正後に色補間処理を行う例について説明した。この場合、色補間処理が完了したデータは、モニタ105への表示用データとして出力ガンマ補正が最終的に掛かっているのが普通である。色補間処理には種々の方法論があるが、その中でも最も簡易な方法論の1つとして色補間処理の前にBayer画像データの状態で出力ガンマ補正を行い、色補間処理を通すという方法論がある。

40

【0077】

上述した白傷・黒傷補正は光量に対して線型階調のBayerデータで行っていたが、 $Max$ 、 $Min$ を比較する上での大小関係は、ガンマ補正の有無に無関係であるので、ガンマ補正の掛かったBayerデータに対して行ってもよい。すなわち、図2に示したフローチャートにおいて、制御装置103は、ステップS20でホワイトバランス補正を行った後に、ガンマ補正を行ってからステップS30の白傷・黒傷補正を行うようにしてもよい。

【0078】

50

(４) 上述した第１～第４の実施の形態では、カメラ１００において図２または図７に示す処理を実行する例について説明した。しかしながら、入力されたＢａｙｅｒ画像データに対して図２または図７に示す処理を実行することができる他の機器、例えばパソコン等にも本発明は適用可能である。この場合、図２または図７に示す処理を実行するためのプログラムをパソコン等の機器に記録しておき、該機器でこのプログラムが実行されることにより、入力されたＢａｙｅｒ画像データに対して白傷・黒傷補正が施される。

【００７９】

なお、本発明の特徴的な機能を損なわない限り、本発明は、上述した実施の形態における構成に何ら限定されない。また、上述の実施の形態と複数の変形例を組み合わせた構成としてもよい。

10

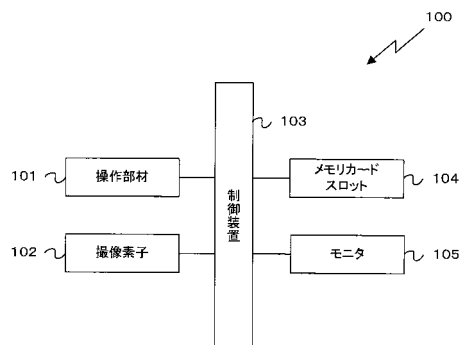
【符号の説明】

【００８０】

１００ カメラ、１０１ 操作部材、１０２ 撮像素子、１０３ 制御装置、１０４ メモリカードスロット、１０５ モニタ

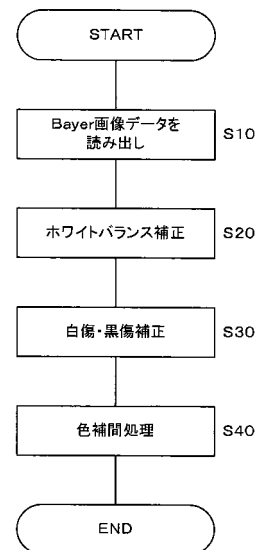
【図１】

【図１】



【図２】

【図２】





【図3】

【図3】

x		x		x
	+	+	+	
x	+	o	+	x
	+	+	+	
x		x		x

【図4】

【図4】

(a)

R	G	R	G	R
G	B	G	B	G
R	G		G	R
G	B	G	B	G
R	G	R	G	R

(b)

B	G	B	G	B
G	R	G	R	G
B	G		G	B
G	R	G	R	G
B	G	B	G	B

(c)

G	B	G	B	G
R	G	R	G	R
G	B		B	G
R	G	R	G	R
G	B	G	B	G

【図5】

【図5】

		x		x	
x	x	x	x	x	
		+	+	+	
	x	+	o	+	x
		+	+	+	
x	x	x	x	x	
	x			x	

【図6】

【図6】

(a)

R	G	R	G	R	G	R	G	R
G	B	G	B	G	B	G	B	G
R	G	R	G	R	G	R	G	R
G	B	G	B	G	B	G	B	G
R	G	R	G		G	R	G	R
G	B	G	B	G	B	G	B	G
R	G	R	G	R	G	R	G	R
G	B	G	B	G	B	G	B	G
R	G	R	G	R	G	R	G	R

(b)

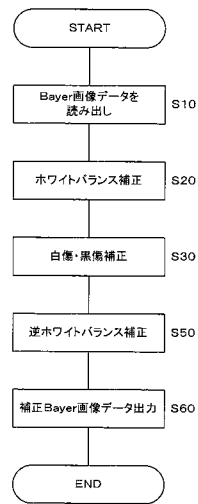
B	G	B	G	B	G	B	G	B
G	R	G	R	G	R	G	R	G
B	G	B	G	B	G	B	G	B
G	R	G	R	G	R	G	R	G
B	G	B	G		G	B	G	B
G	R	G	R	G	R	G	R	G
B	G	B	G	B	G	B	G	B
G	R	G	R	G	R	G	R	G
B	G	B	G	B	G	B	G	B

(c)

G	B	G	B	G	B	G	B	G
R	G	R	G	R	G	R	G	R
G	B	G	B	G	B	G	B	G
R	G	R	G	R	G	R	G	R
G	B	G	B		B	G	B	G
R	G	R	G	R	G	R	G	R
G	B	G	B	G	B	G	B	G
R	G	R	G	R	G	R	G	R
G	B	G	B	G	B	G	B	G

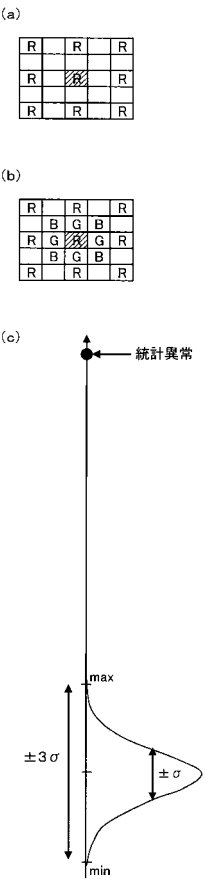
【図 7】

【図7】



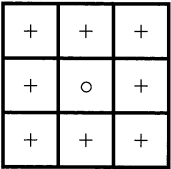
【図 8】

【図8】



【図 9】

【図9】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平04-304091(JP,A)  
特開2009-105872(JP,A)  
特開2004-080761(JP,A)  
特開2006-229626(JP,A)  
特開2008-301481(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 9/04 ~ 9/11  
H04N 5/30 ~ 5/378