

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7669935号
(P7669935)

(45)発行日 令和7年4月30日(2025.4.30)

(24)登録日 令和7年4月21日(2025.4.21)

(51)国際特許分類	F I
H 0 4 N 23/60 (2023.01)	H 0 4 N 23/60 5 0 0
H 0 4 N 23/55 (2023.01)	H 0 4 N 23/55
H 0 4 N 23/54 (2023.01)	H 0 4 N 23/54
H 0 4 N 25/70 (2023.01)	H 0 4 N 25/70

請求項の数 12 (全20頁)

(21)出願番号	特願2021-569806(P2021-569806)	(73)特許権者	000002185 ソニーグループ株式会社 東京都港区港南1丁目7番1号
(86)(22)出願日	令和2年12月18日(2020.12.18)	(74)代理人	100093241 弁理士 宮田 正昭
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/047434	(74)代理人	100101801 弁理士 山田 英治
(87)国際公開番号	WO2021/140873	(74)代理人	100095496 弁理士 佐々木 榮二
(87)国際公開日	令和3年7月15日(2021.7.15)	(74)代理人	100086531 弁理士 澤田 俊夫
審査請求日	令和5年10月27日(2023.10.27)	(74)代理人	110000763 弁理士法人大同特許事務所
(31)優先権主張番号	特願2020-2033(P2020-2033)	(72)発明者	平澤 康孝 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー
(32)優先日	令和2年1月9日(2020.1.9)		最終頁に続く
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

(54)【発明の名称】 画像処理装置と画像処理方法および撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

偏光撮像部を用いて撮像を行うことにより得られた無偏光画像と偏光方向の異なる複数の偏光画像から飽和画素と黒潰れ画素を無効画素として検出する無効画素検出部と、

前記無偏光画像と前記偏光画像に基づき偏光情報の生成処理を行い、前記無効画素検出部における前記無効画素の検出結果に応じて前記偏光情報の生成処理を切り替える偏光情報生成部

を備える画像処理装置。

【請求項2】

前記偏光情報生成部は、前記無偏光画像の画素が無効画素として検出されている場合、前記複数の偏光画像の画素を用いて前記偏光情報を生成する請求項1に記載の画像処理装置。

10

【請求項3】

前記偏光情報生成部は、前記複数の偏光画像のいずれかの偏光画像の画素が無効画素として検出されている場合、前記無偏光画像の画素と無効画素として検出されていない他の偏光画像の画素を用いて前記偏光情報を生成する

請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項4】

前記複数の偏光画像は、偏光方向の異なる3以上の偏光画像であり、

前記偏光情報生成部は、前記無偏光画像の画素と無効画素として検出されていない少な

20

くとも 2 以上の偏光画像の画素を用いて前記偏光情報を生成する
請求項 3 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記少なくとも 2 以上の偏光画像は、偏光方向が直交していない偏光画像である
請求項 4 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記偏光情報生成部は、前記無効画素が検出されていない場合、前記無偏光画像の画素
と前記偏光画像の画素を用いて前記偏光情報を生成する
請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記無効画素検出部は、前記無偏光画像から前記飽和画素と前記偏光画像から前記黒潰
れ画素を前記無効画素として検出する
請求項 1 に記載の画像処理装置。

10

【請求項 8】

前記無効画素検出部は、予め設定された飽和検出閾値よりも画素値が大きい画素を前記
飽和画素として検出して、予め設定された黒潰れ検出閾値よりも画素値が小さい画素を前
記黒潰れ画素として検出する
請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記飽和検出閾値と黒潰れ検出閾値は、前記偏光撮像部で前記撮像を行うことにより取
得される画像の特性に応じて設定する
請求項 8 に記載の画像処理装置。

20

【請求項 10】

前記黒潰れ検出閾値は第 1 レベルだけ前記偏光撮像部の出力最小値よりも大きく設定し
て、前記飽和検出閾値は前記第 1 レベルよりも小さい第 2 レベルだけ前記偏光撮像部の出
力最大値よりも小さく設定する
請求項 9 に記載の画像処理装置。

【請求項 11】

偏光撮像部を用いて撮像を行うことにより得られた無偏光画像と偏光方向の異なる複数
の偏光画像から飽和画素と黒潰れ画素を無効画素として無効画素検出部で検出することと、
偏光情報生成部で前記無偏光画像と前記偏光画像に基づき偏光情報の生成処理を行い、
前記無効画素検出部における前記無効画素の検出結果に応じて前記偏光情報の生成処理を
切り替えること
を含む画像処理方法。

30

【請求項 12】

偏光情報の生成をコンピュータで実行させるプログラムであって、
偏光撮像部を用いて撮像を行うことにより得られた無偏光画像と偏光方向の異なる複数
の偏光画像から飽和画素と黒潰れ画素を無効画素として検出する手順と、
前記無偏光画像と前記偏光画像に基づき偏光情報の生成処理を行う手順と、
前記無効画素の検出結果に応じて前記偏光情報の生成処理を切り替える手順と
を前記コンピュータで実行させるプログラム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この技術は、画像処理装置と画像処理方法および撮像装置に関し、精度の良好な偏光情
報を取得できるようにする。

【背景技術】

【0002】

従来、偏光撮像部と偏光フィルタを用いて偏光画像を取得する方法が開示されている。
例えば、特許文献 1 では、撮像素子の前にパターン化偏光子とカラーモザイクフィルタを

50

配置して被写体の撮像を行い、得られた偏光画像に基づいてカラー情報と偏光情報を取得する方法が開示されている。また、特許文献2では、偏光成分を示す偏光画像だけでなく光量の低下を生じていない無偏光画像を用いることで、偏光画像に基づいて偏光情報を生成する場合に比べて精度のよい偏光情報を取得することが開示させている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2009-290895号公報

【文献】国際公開第2018/074064号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、無偏光画素を用いることで精度のよい偏光情報を取得するためには、2つの無偏光画素と2つの偏光画素のいずれも有効な画素値を保持している必要があり、無偏光画素の飽和や偏光画素の黒潰れを生じると取得された偏光情報に誤りが含まれてしまうおそれがある。

【0005】

そこで、この技術では、正しい偏光情報を取得できる画像処理装置と画像処理方法および撮像装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

この技術の第1の側面は、

偏光撮像部を用いて撮像を行うことにより得られた無偏光画像と偏光方向の異なる複数の偏光画像から飽和画素と黒潰れ画素を無効画素として検出する無効画素検出部と、

前記無偏光画像と前記偏光画像に基づき偏光情報の生成処理を行い、前記無効画素検出部における前記無効画素の検出結果に応じて前記偏光情報の生成処理を切り替える偏光情報生成部

を備える画像処理装置にある。

【0007】

この技術において、無効画素検出部は、偏光撮像部を用いて撮像を行うことにより得られた無偏光画像と偏光方向の異なる複数の偏光画像から無効画素を検出する。例えば、無効画素検出部は、無偏光画像から予め設定された飽和検出閾値よりも画素値が大きい飽和画素と、予め設定された黒潰れ検出閾値よりも画素値が小さい黒潰れ画素を無効画素として検出する。飽和検出閾値と黒潰れ検出閾値は、偏光撮像部で撮像を行うことにより取得される画像の特性に応じて設定してもよい。例えば、黒潰れ検出閾値は第1レベルだけ偏光撮像部の出力最小値よりも大きく設定して、飽和検出閾値は第1レベルよりも小さい第2レベルだけ偏光撮像部の出力最大値よりも小さく設定する。

【0008】

偏光情報生成部は、無偏光画像と偏光画像に基づき偏光情報の生成処理を行い、無効画素検出部における無効画素の検出結果に応じて偏光情報の生成処理を切り替える。例えば、偏光情報生成部は、無偏光画像の画素が無効画素として検出されている場合、無偏光画像の画素と無効画素として検出されていない少なくとも偏光方向が直交していない2以上の偏光画像の画素を用いて偏光情報を生成する。複数の偏光画像は、偏光方向の異なる3以上の偏光画像であり、偏光情報生成部は、無偏光画像の画素と無効画素として検出されていない少なくとも2以上の偏光画像の画素を用いて偏光情報を生成する。また、偏光情報生成部は、無効画素が検出されていない場合、無偏光画像の画素と偏光画像の画素を用いて偏光情報を生成する。

【0009】

この技術の第2の側面は、

偏光撮像部を用いて撮像を行うことにより得られた無偏光画像と偏光方向の異なる複数

10

20

30

40

50

の偏光画像から飽和画素と黒潰れ画素を無効画素として無効画素検出部で検出することと、
偏光情報生成部で前記無偏光画像と前記偏光画像に基づき偏光情報の生成処理を行い、
前記無効画素検出部における前記無効画素の検出結果に応じて前記偏光情報の生成処理を
切り替えること
ことを含む画像処理方法にある。

【0010】

この技術の第3の側面は、
偏光情報の生成をコンピュータで実行させるプログラムであって、
偏光撮像部を用いて撮像を行うことにより得られた無偏光画像と偏光方向の異なる複数の
の偏光画像から飽和画素と黒潰れ画素を無効画素として検出する手順と、
前記無偏光画像と前記偏光画像に基づき偏光情報の生成処理を行う手順と、
前記無効画素の検出結果に応じて前記偏光情報の生成処理を切り替える手順と
を前記コンピュータで実行させるプログラムにある。

10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】画像処理装置を用いたシステムの構成を例示した図である。

【図2】偏光撮像部の構成を例示した図である。

【図3】撮像素子の構成を例示した図である。

【図4】偏光フィルタの画素構成を例示した図である。

【図5】デモザイク処理部の構成を例示した図である。

20

【図6】偏光画素のデモザイク処理について説明するための図である。

【図7】無偏光画素の輝度と偏光画素の輝度と偏光方向の角度の関係(その1)を例示した図である。

【図8】無偏光画素の輝度と偏光画素の輝度と偏光方向の角度の関係(その2)を例示した図である。

【図9】画像処理部の動作を示すフローチャートである。

【図10】カラー撮像画像を生成する偏光撮像部の構成を例示した図である。

【図11】カラーモザイクフィルタと偏光フィルタ(2偏光方向)の関係を例示している。

【図12】カラーモザイクフィルタと偏光フィルタ(3偏光方向)の関係を例示している。

【発明を実施するための形態】

30

【0012】

以下、本技術を実施するための形態について説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

1. 実施の形態の構成と動作

2. 他の実施の形態

3. 適用例

【0013】

< 1. 実施の形態の構成と動作 >

図1は、画像処理装置を用いたシステムの構成を例示している。システム10は、偏光撮像部20、画像処理部30を有している。

【0014】

偏光撮像部20は、無偏光画素と少なくとも2つの偏光方向毎に設けた偏光画素が配置されており、撮像画像の画像信号を生成して画像処理部30へ出力する。

40

【0015】

図2は、偏光撮像部の構成を例示している。偏光撮像部20は、CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)やCCD(Charge Coupled Device)等の撮像素子21の入射面に、偏光フィルタ22を配置した構成とされている。

【0016】

図3は、撮像素子の構成を例示している。撮像素子21は、複数個の画素がアレイ状、例えば二次元マトリクス状に配列された画素アレイ部211と、画素アレイ部211の駆動制御等を行う垂直走査回路212および水平走査回路213を有している。なお、説明

50

を簡単とするため、画素アレイ部 2 1 1 では、行方向および列方向の一部の画素のみを示している。

【 0 0 1 7 】

画素アレイ部 2 1 1 の画素は、図示せずもフォトダイオードおよび電荷転送用やりセット用のトランジスタを有している。各画素は、リセット線と選択線を介して垂直走査回路 2 1 2 と接続されており、信号線を介して水平走査回路 2 1 3 と接続されている。

【 0 0 1 8 】

垂直走査回路 2 1 2 は、リセット線を介してリセット信号を画素のリセット用のトランジスタへ出力して蓄積電荷を排出させる。その後、垂直走査回路 2 1 2 は、選択線を介して読出信号を偏光画素および無偏光画素の電荷転送用のトランジスタへ出力して、リセット信号が出力されてから読出信号が出力されるまでの露光期間中に蓄積された電荷を信号電流として信号線に出力させる。水平走査回路 2 1 3 は、各画素から読み出された信号電流をデジタルの画素信号に変換する処理や画素信号の利得調整処理等を行い、処理後の画素信号を水平方向の画素順に画像処理部 3 0 へ出力する。また、垂直走査回路 2 1 2 と水平走査回路 2 1 3 は、上述の処理をライン毎に行う。

【 0 0 1 9 】

図 4 は、偏光フィルタの画素構成を例示している。偏光フィルタ 2 2 は、無偏光画素と少なくとも 2 つの偏光方向の偏光画素で構成されており、偏光画素ではフォトニック液晶またはワイヤグリッド等が用いられている。

【 0 0 2 0 】

図 4 の (a) は、偏光フィルタ 2 2 が無偏光画素と偏光方向が異なる 3 つの偏光画素で構成されている場合を例示している。偏光フィルタ 2 2 は、例えば 2 × 2 画素領域を偏光画素ブロックとして、偏光画素ブロックは 1 つの無偏光画素と、偏光方向が「 0 ° , 9 0 ° , 1 3 5 ° 」である 3 つの偏光画素で構成されており、偏光画素ブロックが水平方向および垂直方向に繰り返し設けられている。

【 0 0 2 1 】

図 4 の (b) は、偏光フィルタ 2 2 が無偏光画素と偏光方向が異なる 2 つの偏光画素で構成されている場合を例示している。偏光フィルタ 2 2 は、例えば 2 × 2 画素領域を偏光画素ブロックとして、偏光画素ブロックは 2 つの無偏光画素と、偏光方向が「 9 0 ° , 1 3 5 ° 」である 2 つの偏光画素で構成されており、偏光画素ブロックが水平方向および垂直方向に繰り返し設けられている。

【 0 0 2 2 】

このように構成された偏光撮像部 2 0 では、順次画素信号を読み出すことにより、偏光画素と無偏光画素から構成された撮像画像の画像信号を生成して画像処理部 3 0 へ出力する。また、偏光撮像部 2 0 は、無偏光画素のリセットタイミングを制御して、無偏光画素が偏光画素の感度と等しくなるように無偏光画素の露光期間を設定してもよい。

【 0 0 2 3 】

画像処理部 3 0 は、デモザイク処理部 3 1、無効画素検出部 3 2、偏光情報生成部 3 3 を有している。なお、デモザイク処理部 3 1 は、偏光撮像部 2 0 に設けられてもよい。

【 0 0 2 4 】

デモザイク処理部 3 1 は、偏光撮像部 2 0 で取得された撮像画像から無偏光画像と偏光方向毎の偏光画像を生成する。

【 0 0 2 5 】

デモザイク処理部 3 1 は、偏光撮像部 2 0 で取得された撮像画像における注目画素と注目画素の周辺画素における同一偏光方向の画素位置の偏光画素と、この偏光画素と等しい画素位置および注目画素の画素位置の無偏光画素を用いて、偏光方向毎に注目画素の画素位置における偏光画素の画素値を算出する。

【 0 0 2 6 】

また、偏光画素よりも感度の高い無偏光画素の画素間隔が同一偏光方向の画素間隔以下である場合、無偏光画素から生成した無偏光画像は、同一偏光方向の画素から生成される

10

20

30

40

50

偏光画像以上の解像度である。したがって、デモザイク処理部 3 1 は、無偏光画素と偏光画素で正の相関があると見なして、偏光画像で失われている高域成分を、無偏光画像から補うことで高解像度の偏光画像を生成する。例えば、デモザイク処理部は、同一偏光方向である画素位置の無偏光画素の画素平均値と注目画素の画素位置の無偏光画素の画素値との関係を用いて、同一偏光方向である画素位置の偏光画素の画素平均値に対する注目画素の画素位置における偏光画素の画素値を算出する。

【 0 0 2 7 】

図 5 は、デモザイク処理部の構成を例示している。デモザイク処理部 3 1 は、無偏光画像を生成するための無偏光画素補間部 3 1 0 と、無偏光画像を利用して高解像度の偏光画像を生成するための偏光画素平均化処理部 3 1 1 と無偏光画素平均化処理部 3 1 2 と中心画素取得部 3 1 3 および相関処理部 3 1 4 を有している。

10

【 0 0 2 8 】

無偏光画素補間部 3 1 0 は、偏光撮像部 2 0 で取得された撮像画像において、無偏光画素の画素値が得られていない画素位置の画素値を、周辺の無偏光画素の画素値を用いた補間処理等によって算出して、無偏光画像を生成する。無偏光画素補間部 3 1 0 は、生成した無偏光画像を無偏光画素平均化処理部 3 1 2 と中心画素取得部 3 1 3 へ出力する。

【 0 0 2 9 】

偏光画素平均化処理部 3 1 1 は、注目画素と注目画素の周辺に位置する周辺画素を用いて、偏光方向毎に注目画素に対する画素平均値を算出して相関処理部 3 1 4 へ出力する。

【 0 0 3 0 】

無偏光画素平均化処理部 3 1 2 は、注目画素と注目画素の周辺に位置する周辺画素を用いて、偏光画素平均化処理部 3 1 1 で偏光方向毎の画素平均値を算出する場合と等しい画素位置の画素から画素平均値を算出して相関処理部 3 1 4 へ出力する。

20

【 0 0 3 1 】

中心画素取得部 3 1 3 は注目画素の画素値を無偏光画像から抽出して相関処理部 3 1 4 へ出力する。

【 0 0 3 2 】

相関処理部 3 1 4 は、偏光画素平均化処理部 3 1 1 で算出した偏光方向毎の画素平均値と、偏光方向毎の画素平均値に対応して無偏光画素平均化処理部 3 1 2 で算出した画素平均値と、中心画素取得部 3 1 3 で抽出した注目画素の画素値から、注目画素の偏光方向毎の画素値を算出する。

30

【 0 0 3 3 】

図 6 を用いて、偏光画素のデモザイク処理について説明する。図 6 の (a) は偏光画像、図 6 の (b) は無偏光画像を示している。偏光画素平均化処理部 3 1 1 は、偏光画像における注目画素位置「 x, y 」と周辺画素位置「 $x-1, y-1$ 」「 $x, y-1$ 」「 $x+1, y-1$ 」「 $x-1, y$ 」「 $x+1, y$ 」「 $x-1, y+1$ 」「 $x, y+1$ 」「 $x+1, y+1$ 」の画素を用いて、偏光方向毎の画素平均値を算出する。ここで、偏光画像における注目画素位置の画素値を「 $P(x, y)$ 」、周辺画素位置の画素値を「 $P(x-1, y-1)$ 」「 $P(x, y-1)$ 」「 $P(x+1, y-1)$ 」「 $P(x-1, y)$ 」「 $P(x+1, y)$ 」「 $P(x-1, y+1)$ 」「 $P(x, y+1)$ 」「 $P(x+1, y+1)$ 」とする。また、無偏光画像における注目画素位置の画素値を「 $Q(x, y)$ 」、周辺画素位置の画素値を「 $Q(x-1, y-1)$ 」「 $Q(x, y-1)$ 」「 $Q(x+1, y-1)$ 」「 $Q(x-1, y)$ 」「 $Q(x+1, y)$ 」「 $Q(x-1, y+1)$ 」「 $Q(x, y+1)$ 」「 $Q(x+1, y+1)$ 」とする。

40

【 0 0 3 4 】

偏光画素平均化処理部 3 1 1 は、例えば式 (1) に基づき、注目画素位置「 x, y 」における偏光方向が「 $\theta = 90^\circ$ 」の画素平均値 $m P 0(x, y)$ を算出する。同様に、偏光画素平均化処理部 3 1 1 は、式 (2) に基づき、注目画素位置「 x, y 」における偏光方向が「 $\theta = 0^\circ$ 」の画素平均値 $m P 1(x, y)$ を算出する。また、偏光画素平均化処理部 3 1 1 は、式 (3) に基づき、注目画素位置「 x, y 」における偏光方向が「 $\theta = 135^\circ$ 」の画素平均値 $m P 2(x, y)$ を算出する。

$$m P 0(x, y) = P(x, y)$$

$$\dots (1)$$

50

$$m P 1(x, y) = (P(x-1, y-1) + P(x+1, y-1) + P(x-1, y+1) + P(x+1, y+1)) / 4 \quad \dots (2)$$

$$m P 2(x, y) = (P(x, y-1) + P(x, y+1)) / 2 \quad \dots (3)$$

【0035】

無偏光画素平均化処理部312は、無偏光画像における注目画素と注目画素の周辺画素を用いて、偏光方向毎の画素平均値を算出する場合と等しい画素位置の画素値から画素平均値を算出する。例えば、無偏光画素平均化処理部312は、注目画素位置「 x, y 」において、式(4)に基づき、偏光方向が「 $\theta = 0^\circ$ 」の画素平均値に対する画素平均値 $m Q 0(x, y)$ を算出する。同様に、無偏光画素平均化処理部312は、式(5)に基づき、偏光方向が「 $\theta = 90^\circ$ 」の画素平均値に対する画素平均値 $m Q 1(x, y)$ を算出する。また、無偏光画素平均化処理部312は、式(6)に基づき、偏光方向が「 $\theta = 135^\circ$ 」の画素平均値に対する画素平均値 $m Q 2(x, y)$ を算出する。

$$m Q 0(x, y) = Q(x, y) \quad \dots (4)$$

$$m Q 1(x, y) = (Q(x-1, y-1) + Q(x+1, y-1) + Q(x-1, y+1) + Q(x+1, y+1)) / 4 \quad \dots (5)$$

$$m Q 2(x, y) = (Q(x, y-1) + Q(x, y+1)) / 2 \quad \dots (6)$$

【0036】

相関処理部314は、偏光画素と無偏光画素との間に正の相関があるとして、偏光画像から算出した画素平均値と無偏光画像から算出した画素平均値と無偏光画像における注目画素の画素値から、注目画素位置の偏光方向毎の画素値を算出する。

【0037】

例えば、相関処理部314は、式(7)に基づき、注目画素位置「 x, y 」における偏光方向が「 $\theta = 90^\circ$ 」の偏光画素の画素値 $P 0(x, y)$ を算出する。同様に、相関処理部314は、式(8)に基づき、注目画素位置「 x, y 」における偏光方向が「 $\theta = 0^\circ$ 」の偏光画素の画素値 $P 1(x, y)$ を算出する。また、相関処理部314は、式(9)に基づき、注目画素位置「 x, y 」における偏光方向が「 $\theta = 135^\circ$ 」の偏光画素の画素値 $P 2(x, y)$ を算出する。なお、相関処理部314は、無偏光画像の注目画素の画素値として画素値 $Q(x, y)$ を出力する。

$$P 0(x, y) = m P 0(x, y) \cdot Q(x, y) / m Q 0(x, y) \quad \dots (7)$$

$$P 1(x, y) = m P 1(x, y) \cdot Q(x, y) / m Q 1(x, y) \quad \dots (8)$$

$$P 2(x, y) = m P 2(x, y) \cdot Q(x, y) / m Q 2(x, y) \quad \dots (9)$$

【0038】

デモザイク処理部31は、偏光画像の各画素を注目画素として上述の処理を行うことで、偏光方向毎の偏光画像を生成する。また、デモザイク処理部31は、無偏光画素の信号成分が画素平均値で正規化されて偏光画素に重畳されることになるので、例えば偏光画素の周波数限界によって生じる折り返し等の問題を改善することが可能となり、無偏光画像と同等の解像度を有した偏光画像を、偏光方向毎に生成できるようになる。なお、画素配列がベイヤー配列に相当する場合、例えば文献「B.Gunturk, J. Glotzbach, Y. Altunbasak, R.schafer, and R. Mersereau, " Demosaicing: Color filter array interpolation, " in IEEE Signal Processing Magazine, vol. 22, no. 1, Jan 2005.」で開示された処理と同様な処理を行うことで、無偏光画像と偏光方向毎の偏光画像を生成してもよい。また、デモザイク処理部31では、無偏光画像と偏光方向毎の偏光画像を生成できればよく、デモザイク処理は上述の方法に限られない。

【0039】

無効画素検出部32は、予め設定された閾値と無偏光画素および偏光画素の画素値を比較して無効画素を検出する。閾値としては、飽和画素を検出するための飽和検出閾値 $T h a$ と、黒潰れ画素を検出するための黒潰れ検出閾値 $T h b$ が設定されている。無効画素検出部32は、各画素の画素値と飽和検出閾値 $T h a$ を比較して、飽和検出閾値 $T h a$ よりも画素値が大きい画素を無効画素とする。また、無効画素検出部32は、各画素の画素値と黒潰れ検出閾値 $T h b$ を比較して、黒潰れ検出閾値 $T h b$ よりも画素値が小さい画素を

10

20

30

40

50

無効画素とする。また、無偏光画素は、偏光フィルタが設けられておらず偏光画素に比べて入射光量が大きく（感度が高く）、偏光画素は、偏光フィルタによって光量が減少されて偏光画素に比べて入射光量が小さい（感度が低い。したがって、無偏光画像の画素値と飽和検出閾値 T_{ha} を比較して無効画素の検出を行い、偏光画像の画素値と黒潰れ検出閾値 T_{hb} を比較して無効画素の検出を行ってもよい。

【0040】

飽和検出閾値 T_{ha} と黒潰れ検出閾値 T_{hb} は、規定レベルと閾値とのレベル差、例えば偏光撮像部 20 の最大出力レベルと飽和検出閾値 T_{ha} とのレベル差、および偏光撮像部 20 の最小出力レベルと黒潰れ検出閾値 T_{hb} とのレベル差を等しく設定してもよく、偏光撮像部 20 の特性に応じて閾値を個々に設定してもよい。例えば、撮像素子 21 では、信号電荷量に依存したショットノイズを生じることが知られており、ショットノイズは信号電荷量の平方根に比例している。したがって、黒潰れ検出閾値 T_{hb} は第 1 レベルだけ偏光撮像部 20 の出力最小値よりも大きく設定して、飽和検出閾値 T_{ha} は第 1 レベルよりも小さい第 2 レベルだけ偏光撮像部 20 の出力最大値よりも小さく設定する。このように、飽和検出閾値 T_{ha} と黒潰れ検出閾値 T_{hb} を設定すれば、黒潰れを生じた無効画素の検出時におけるノイズの影響が、飽和を生じた無効画素の検出時に比べて大きくなってしまふことを防ぐことができる。また、飽和検出閾値 T_{ha} と黒潰れ検出閾値 T_{hb} は偏光フィルタ 22 の光学特性に応じて設定してもよい。例えば、偏光フィルタ 22 の透過率が低いと撮像素子 21 に入射する光量が少ないため画素信号の信号レベルが小さい。また、画素信号のレベル調整を行う場合に利得が高くなり、透過率が高い場合に比べてノイズの影響が大きくなるおそれがある。したがって、規定レベルと閾値とのレベル差は、偏光フィルタ 22 の透過率が低い場合、透過率が高い場合よりも大きくしてもよい。

【0041】

無効画素検出部 32 は、飽和検出閾値 T_{ha} と黒潰れ検出閾値 T_{hb} ($< T_{ha}$) と画素 x の画素値 $I(x, \theta)$ を比較して、 $I(x, \theta) > T_{ha}$ あるいは $T_{hb} > I(x, \theta)$ であった場合に、画素 x を無効画素に設定する。なお、「 x 」は画素のインデックスである。また、「 θ 」は画素の種類を示しており、例えば偏光方向が 0° であるときは「 $\theta = 0$ 」、 90° であるときは「 $\theta = 90$ 」、 135° であるときは「 $\theta = 135$ 」、無偏光画素である場合は「 $\theta = -1$ 」とする。無効画素検出部 32 は、各画素について無効フラグ $V(x, \theta)$ を設定して、無効画素と判別された画素の無効フラグは $V(x, \theta) = 1$ 、無効画素と判別されていない画素の無効フラグは $V(x, \theta) = 0$ とする。無効画素検出部 32 は、無効画素の検出結果を示す無効フラグ $V(x, \theta)$ を偏光情報生成部 33 へ出力する。

【0042】

偏光情報生成部 33 は、デモザイク処理部 31 で生成された無偏光画像と偏光方向毎の偏光画像に基づき偏光情報の生成処理を行い、無効画素検出部 32 における無効画素の検出結果に応じて偏光情報の生成処理を切り替える。

【0043】

被写体の偏光状態は、例えば式 (10) に示す偏光モデル式として示せることが知られている。なお、式 (10) において、パラメータ S_0 、 S_1 、 S_2 はストークスパラメータであり、ストークスパラメータ S_0 は、 0° 偏光の観測輝度と 90° 偏光の観測輝度の和であり、強度を示すパラメータである。ストークスパラメータ S_1 は 0° 偏光の観測輝度と 90° 偏光の観測輝度の差、ストークスパラメータ S_2 は 45° 偏光の観測輝度と 135° 偏光の観測輝度の差を示すパラメータである。

【0044】

【数 1】

$$I(x, \theta) = S_2 \cdot \sin(2 \cdot \theta) + S_1 \cdot \cos(2 \cdot \theta) + S_0 \quad \cdots (10)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

偏光情報生成部 3 3 は、無偏光画像と偏光方向毎の偏光画像の画素値を用いて式 (1 0) に示す偏光モデル式へのフィッティングを行いストークスパラメータを算出して、算出したストークスパラメータを示す偏光情報を生成して出力する。また、偏光情報生成部 3 3 は、偏光モデル式へのフィッティングにおいて、無効画素検出部 3 2 からの無効フラグ $V(x, \quad)$ に基づき、偏光情報の生成処理すなわちストークスパラメータの算出手法を切り替えて、無効画素と判別されていない画素の画素値を用いて、式 (1 0) の偏光モデル式におけるストークスパラメータ S_0, S_1, S_2 を、例えば最小二乗法等によって算出する。

【 0 0 4 6 】

例えば、図 4 の (a) に示すように、 2×2 画素の偏光画素ブロックが 3 つの偏光画素 (偏光方向が「 0° 」「 90° 」「 135° 」の画素) と 1 つの無偏光画素で構成されている。図 7 は、無偏光画素の輝度と偏光画素の輝度と偏光方向の角度の関係 (その 1) を例示している。図 7 の (a) は、偏光画素ブロック内の全ての画素が無効画素と判別されていない場合を例示している。偏光画素ブロック内の全ての画素が無効画素と判別されていない場合、すなわち、無効フラグ $V(x, -1) = V(x, 0) = V(x, 90) = V(x, 135) = 0$ である場合、式 (1 1) に基づいてストークスパラメータ S_0 を算出する。なお、式 (1 1) における係数 K は、偏光画素と無偏光画素の感度差を吸収する係数である。

【 0 0 4 7 】

【 数 2 】

$$S_0 = \frac{\{K * I(x, -1) + I(x, 0) + I(x, 90)\}}{2} \quad \dots(11)$$

【 0 0 4 8 】

さらに、偏光情報生成部 3 3 は、画素値 $I(x, 0), I(x, 90), I(x, 135)$ およびストークスパラメータ S_0 を用いて最小二乗法等によってストークスパラメータ S_2, S_1 を算出する。

【 0 0 4 9 】

次に、偏光画素ブロック内の無偏光画素のみが無効画素と判別された場合について説明する。図 7 の (b) は、無偏光画素のみが無効画素と判別された場合を例示している。偏光撮像部 2 0 への入射光量が多くなり無偏光画素で飽和を生じると、例えば無偏光画素の画素値は、入射光量に応じた画素値 I_{sa} よりも低レベルである画素値 $I(x, -1)$ となってしまう。このように画素値が飽和する無偏光画素は無効画素として判定される。したがって、偏光情報生成部 3 3 は、無偏光画素のみが無効画素と判別された場合、すなわち、無効フラグ $V(x, -1) = 1, V(x, 0) = V(x, 90) = V(x, 135) = 0$ である場合、無偏光画素を用いることなくストークスパラメータを算出する。偏光情報生成部 3 3 は、無効画素ではない偏光画素の画素値 $I(x, 0), I(x, 90), I(x, 135)$ と式 (1 0) に示す偏光モデル式から最小二乗法等によってストークスパラメータ S_2, S_1, S_0 を算出する。

【 0 0 5 0 】

次に、偏光画素ブロック内の 1 つの偏光画素のみが無効画素と判別された場合について説明する。図 7 の (c) は、偏光画素ブロック内の 1 つの偏光画素のみが無効画素と判別された場合を例示している。偏光撮像部 2 0 への入射光量が少なくなり、例えば偏光方向が 90 度である偏光画素で黒潰れを生じると、この偏光画素の画素値は、入射光量に応じた画素値 I_{sb} よりも高レベルである画素値 $I(x, 90)$ となってしまう。このように画素値が黒潰れを生じる偏光画素は無効画素として判定される。なお、図 7 の (c) では、偏光モデルの平均値 $I(x, avg)$ が、偏光画素の黒潰れによって平均値 I_{bc} に変

10

20

30

40

50

化していることを例示している。したがって、偏光情報生成部 33 は、偏光画素ブロック内の 1 つの偏光画素のみが無効画素と判別された場合、例えば、無効フラグ $V(x, -1) = V(x, 0) = V(x, 135)$, $V(x, 90) = 1$ である場合、無効画素と判別された 135° 偏光画素を用いることなくストークスパラメータを算出する。偏光情報生成部 33 は、式 (12) に基づいてストークスパラメータ S_0 を算出する。なお、係数 K は偏光画素と無偏光画素の感度差を吸収する係数である。

$$S_0 = K \times I(x, -1) \cdots (12)$$

【0051】

さらに、偏光情報生成部 33 は、画素値 $I(x, 0)$, $I(x, 90)$ およびストークスパラメータ S_0 を用いて最小二乗法等によってストークスパラメータ S_2 , S_1 を算出する。

10

【0052】

なお、偏光情報生成部 33 は、偏光画素ブロックの 3 つの偏光画素における 2 つの偏光画素が無効画素である場合、ストークスパラメータ S_2 , S_1 , S_0 を算出できない。この場合、偏光情報生成部 33 は、偏光特性を取得できないことを示す情報を偏光情報として用いてもよい。

【0053】

また、図 4 の (b) に示すように、 2×2 画素の偏光画素ブロックが 2 つの偏光画素 (偏光方向が「 90° 」「 135° 」の画素) と 2 つの無偏光画素で構成されている。図 8 は、無偏光画素の輝度と偏光画素の輝度と偏光方向の角度の関係 (その 2) を例示している。図 8 の (a) は、偏光画素ブロック内の全ての画素が無効画素と判別されていない場合を例示している。偏光画素ブロック内の全ての画素が無効画素と判別されていない場合、すなわち、無効フラグ $V(x, -1a) = V(x, -1b) = V(x, 90) = V(x, 135) = 0$ である場合、式 (11) に基づいてストークスパラメータ S_0 を算出する。なお、無効フラグ $V(x, -1a)$ は、2 つの無偏光画素における一方の無偏光画素の検出結果を示しており、無効フラグ $V(x, -1b)$ は、2 つの無偏光画素における他方の無偏光画素の検出結果を示している。

20

【0054】

さらに、偏光情報生成部 33 は、画素値 $I(x, 90)$, $I(x, 135)$ およびストークスパラメータ S_0 を用いて最小二乗法等によってストークスパラメータ S_2 , S_1 を算出する。

30

【0055】

次に、偏光画素ブロック内の 1 つの無偏光画素のみが無効画素と判別された場合について説明する。図 8 の (b) は、1 つの無偏光画素のみが無効画素と判別された場合を例示している。偏光撮像部 20 への入射光量が多くなり無偏光画素で飽和を生じると、例えば無偏光画素の画素値は、入射光量に応じた画素値 I_{sa} よりも低レベルである画素値 $I(x, -1a)$ となってしまう。このように画素値が飽和する無偏光画素は無効画素として判定される。したがって、偏光情報生成部 33 は、1 つの無偏光画素のみが無効画素と判別された場合、すなわち、無効フラグ $V(x, -1a) = 1$, $V(x, -1b) = V(x, 90) = V(x, 135) = 0$ である。この場合、ストークスパラメータの算出に用いる画素は、図 4 の (a) に示す画素構成において、偏光画素ブロック内の 1 つの偏光画素のみが無効画素と判別された場合と同様に、1 つの無偏光画素と 2 つの偏光画素である。したがって、偏光情報生成部 33 は、無効画素でない無偏光画素と 2 つの偏光画素の画素値を用いて、上述のようにストークスパラメータ S_2 , S_1 , S_0 を算出する。

40

【0056】

なお、偏光情報生成部 33 は、偏光画素ブロック内の 2 つの無偏光画素、あるいは 1 つの偏光画素が無効画素と判別された場合、ストークスパラメータ S_2 , S_1 , S_0 を算出できない。図 8 の (c) は、偏光画素ブロック内の 1 つの偏光画素が無効画素と判別された場合を例示している。偏光撮像部 20 への入射光量が少なくなり、例えば偏光方向が 90° 度である偏光画素で黒潰れを生じると、この偏光画素の画素値は、入射光量に応じた画素

50

値 I_{sb} よりも高レベルである画素値 $I(x, 90)$ となってしまう。このように画素値が黒潰れを生じる偏光画素は無効画素として判定される。なお、図 8 の (c) では、偏光モデルの平均値 $I(x, avg)$ が、偏光画素の黒潰れによって平均値 I_{bc} に変化していることを例示している。したがって、偏光情報生成部 33 は、偏光画素ブロック内の 1 つの偏光画素のみが無効画素と判別された場合、無効フラグ $V(x, 90) = 1$ 、 $V(x, -1a) = V(x, -1b) = V(x, 135) = 0$ となる。ここで、偏光方向が 90 度の偏光画素は無効画素であるため、 135 度の偏光画素と 2 つの無偏光画素の画素値を用いた場合、偏光モデル式へのフィッティングを行うことができない。したがって、偏光情報生成部 33 は、偏光特性を取得できないことを示す情報を偏光情報として用いてもよい。

10

【0057】

図 9 は、画像処理部の動作を示すフローチャートである。ステップ ST1 で画像処理部は撮像画像を取得する。画像処理部は、偏光画素と無偏光画素で構成された偏光撮像部を用いて撮像画像を生成してステップ ST2 に進む。

【0058】

ステップ ST2 で画像処理部は偏光方向毎の偏光画像と無偏光画像を生成する。画像処理部は、撮像画像を用いてデモザイク処理を行い、偏光方向毎の偏光画像と無偏光画像を生成して、ステップ ST3 に進む。

【0059】

ステップ ST3 で画像処理部は無効画素を検出する。画像処理部は、予め設定された飽和検出閾値 Tha と黒潰れ検出閾値 Thb と無偏光画素および偏光画素の画素値を比較して、飽和検出閾値 Tha よりも画素値が大きい画素と黒潰れ検出閾値 Thb よりも画素値が小さい画素を無効画素として検出してステップ ST4 に進む。

20

【0060】

ステップ ST4 で画像処理部は偏光情報を生成する。画像処理部は、偏光方向毎の画素値と無偏光の画素値および無効画素検出結果に基づき、無効画素ではない偏光画素と無偏光画素の画素値を用いて偏光モデル式へのフィッティングを行い、例えばストークスパラメータを算出する。画像処理部は、算出したストークスパラメータを示す偏光情報を生成する。

【0061】

以上のように、画像処理部は、無偏光画素と少なくとも 2 つの偏光方向毎の偏光画素を配置した偏光撮像部 20 で生成された撮像画像から、無偏光画像と偏光方向毎の偏光画像をデモザイク処理部 31 で生成する。また、画像処理部は、デモザイク処理部 31 で生成した無偏光画像と偏光画像から、撮像画像に含まれる被写体の偏光特性を示す偏光情報を偏光情報生成部 33 で生成する。このように、偏光画像だけでなく高感度の無偏光画像を用いて偏光情報を生成することから、偏光画像に基づいて偏光情報を生成する場合に比べて精度のよい偏光情報を取得できるようになる。さらに、画像処理部は、無偏光画像と偏光画像から無効画素を検出して、無効画素を用いることなく偏光情報の生成が行われることから、正しい偏光情報を取得できるようになる。

30

【0062】

< 2 . 他の実施の形態 >

ところで、上述の画像処理部では、偏光画素の偏光角度が「 0° 、 90° 、 135° 」である場合を例示したが、偏光角度は直交する角度とならないように構成してもよい。例えば、偏光画素ブロックを 1 つの無偏光画素と偏光角度が「 0° 、 60° 、 120° 」の 3 つの偏光画素で構成してもよい。

40

【0063】

このように偏光角度を設定すれば、異なる 3 つの偏光方向のいずれかの偏光画素が黒潰れ画素となっても、残りの 2 つの偏光方向は直交していないので、無偏光画素と直交していない 2 つの偏光画素に基づき、偏光モデル式へのフィッティングが可能となる。したがって、異なる 3 つの偏光方向のいずれかの偏光画素が黒潰れ画素となっても、偏光情報を

50

取得できる。

【 0 0 6 4 】

また、上述の実施の形態において、偏光情報生成部 33 は、偏光情報としてストークスパラメータを算出したが、偏光情報はストークスパラメータを示す場合に限られない。例えば、偏光情報生成部 33 は、偏光情報として法線情報を生成してもよい。この場合、偏光情報生成部 33 は、例えば式 (13) に基づいて方位角 ϕ を算出する。また、偏光情報生成部 33 は、式 (14) に基づいて天頂角 θ を算出する。なお、式 (14) におけるパラメータ A, B, C, D は、式 (15) ~ (18) で算出される値であり、式 (15), (16) に示す偏光度 ρ は、式 (19) に基づいて算出する。また、式 (15) (17) (18) では、被写体 O B の屈折率 n を用いてパラメータ A, B, C, D を算出する。

10

【 0 0 6 5 】

【数 3】

$$\phi = \frac{1}{2} \arcsin \left(\frac{S_2}{\sqrt{S_2^2 + S_1^2}} \right) \text{ or } \frac{1}{2} \arccos \left(\frac{S_2}{\sqrt{S_2^2 + S_1^2}} \right) \cdots (13)$$

$$\theta = \arcsin \left(\sqrt{-B \frac{C(A+B) - \sqrt{C^2(A+B)^2 - D^2(A^2 - B^2)}}{2(A^2 - B^2)}} \right) \cdots (14)$$

20

$$A = 2(1 - \rho) - (1 + \rho) \left(n^2 + \frac{1}{n^2} \right) \cdots (15)$$

$$B = 4\rho \cdots (16)$$

$$C = 1 + n^2 \cdots (17)$$

$$D = 1 - n^2 \cdots (18)$$

30

$$\rho = \frac{\sqrt{S_2^2 + S_1^2}}{S_0} \cdots (19)$$

【 0 0 6 6 】

さらに、偏光撮像部 20 はカラー撮像画像を生成する構成として、画像処理部 30 は、カラー撮像画像に基づいて偏光情報を生成してもよい。図 10 は、カラー撮像画像を生成する偏光撮像部の構成を例示している。偏光撮像部 20 でカラー撮像画像を生成する場合、撮像素子 21 の入射面に、カラーモザイクフィルタ 23 を設ける。なお、カラーモザイクフィルタ 23 は、撮像素子 21 と偏光フィルタ 22 との間に設ける場合に限らず、偏光フィルタ 22 の入射面に設けてもよい。

40

【 0 0 6 7 】

偏光フィルタ 22 とカラーモザイクフィルタ 23 は、異なる偏光方向の偏光画素間で色の違いによる影響を受けることがないように、同じ色で各偏光方向の画素を設けた構成する。また、偏光フィルタ 22 とカラーモザイクフィルタ 23 は、各色で無偏光画素の画素値を得られるように構成する。

【 0 0 6 8 】

図 11 は、カラーモザイクフィルタと偏光フィルタ (2 偏光方向) の関係を例示してい

50

る。図 1 1 の (a) において、偏光フィルタ 2 2 は、 2×2 画素領域に偏光方向が異なる 2 つの偏光画素と 2 つの無偏光画素を受けた構成とする。また、カラーモザイクフィルタ 2 3 は、 2×2 画素領域を赤色 (R) , 緑色 (G) , 青色 (B) の色単位とした構成として、 4×4 画素領域は、赤色の 2×2 画素領域と青色の 2×2 画素領域と緑色の 2 つの 2×2 画素領域とする。この場合、偏光撮像部 2 0 では、 2×2 画素領域毎に、2 つの偏光方向毎の偏光画素の画素値と、赤色または緑色または青色の何れかの色の無偏光画素の画素値が生成される。

【 0 0 6 9 】

図 1 1 の (b) において、カラーモザイクフィルタ 2 3 は、 2×2 画素領域を赤色 (R) , 緑色 (G) , 青色 (B) の色単位とした構成とする。また、偏光フィルタ 2 2 は、緑色の 2×2 画素領域に偏光方向が異なる 2 つの偏光画素と 2 つの無偏光画素を受けた構成として、 4×4 画素領域は、赤色の 2×2 画素領域と青色の 2×2 画素領域と緑色の 2 つの 2×2 画素領域とする。この場合、偏光撮像部 2 0 では、 2×2 画素領域毎に、赤色または緑色または青色の何れかの色の無偏光画素の画素値と、緑色における 2 つの偏光方向の偏光画素の画素値が生成される。

10

【 0 0 7 0 】

図 1 1 の (c) において、偏光フィルタ 2 2 は、 2×2 画素領域に偏光方向が異なる 2 つの偏光画素と 2 つの無偏光画素を受けた構成とする。また、カラーモザイクフィルタ 2 3 は、 2×2 画素領域を 3 つの緑色 (G) の画素と 1 つの赤色 (R) または青色 (B) の画素とした構成として、 4×4 画素領域は、赤色画素を含む 2 つの 2×2 画素領域と青色画素を含む 2 つの 2×2 画素領域とする。この場合、偏光撮像部 2 0 では、 2×2 画素領域毎に、緑色画素と赤色画素または緑色画素と青色画素である無偏光画素の画素値と、緑色における 2 つの偏光方向毎の偏光画素の画素値が生成される。

20

【 0 0 7 1 】

図 1 1 の (d) において、カラーモザイクフィルタ 2 3 は、 2×2 画素領域を 2 つの白色 (W) 画素と赤色 (R) または緑色 (G) または青色 (B) の何れかの色の 2 つの画素とした構成とする。また、 4×4 画素領域は、赤色画素を含む 2×2 画素領域と青色画素を含む 2×2 画素領域と緑色画素を含む 2 つの 2×2 画素領域とする。また、偏光フィルタ 2 2 は、緑色画素を含む 2×2 画素領域の白色画素を偏光方向が等しい偏光画素として、 4×4 画素領域では、2 つの偏光方向の偏光画素をそれぞれ 2 画素設けた構成とする。この場合、偏光撮像部 2 0 では、 2×2 画素領域毎に、赤色または緑色または青色の何れかの色の無偏光画素の画素値と、緑色画素を含む 2×2 画素領域において 2 つの偏光方向における何れかの偏光方向の偏光画素の画素値が生成される。

30

【 0 0 7 2 】

図 1 1 の (e) において、カラーモザイクフィルタ 2 3 は、 2×2 画素領域を 2 つの白色 (W) 画素と緑色 (G) と赤色 (R) , または 2 つの白色 (W) 画素と緑色 (G) と青色 (B) の画素とした構成とする。また、 4×4 画素領域は、赤色画素を含む 2 つの 2×2 画素領域と青色画素を含む 2 つの 2×2 画素領域とする。また、偏光フィルタ 2 2 は、 2×2 画素領域における 1 つの白色画素を偏光画素として、 4×4 画素領域は、2 つの偏光方向の偏光画素をそれぞれ 2 画素設けた構成とする。この場合、偏光撮像部 2 0 では、 2×2 画素領域毎に、緑色と赤色または緑色と青色の無偏光画素の画素値と、2 つの偏光方向における何れかの偏光方向の偏光画素の画素値が生成される。

40

【 0 0 7 3 】

また、図 1 1 において、偏光撮像部 2 0 では、 4×4 画素領域毎に各色の無偏光画素の画素値と偏光方向毎の偏光画素の画素値が生成される。

【 0 0 7 4 】

図 1 2 は、カラーモザイクフィルタと偏光フィルタ (3 偏光方向) の関係を例示している。図 1 2 の (a) において、カラーモザイクフィルタ 2 3 は、 2×2 画素領域を 2 つの白色 (W) 画素と赤色 (R) または緑色 (G) または青色 (B) の何れかの色の 2 つの画素とした構成とする。また、 4×4 画素領域は、赤色画素を含む 2×2 画素領域と青色画素

50

を含む 2×2 画素領域と緑色画素を含む 2 つの 2×2 画素領域とする。また、偏光フィルタ 22 は、 2×2 画素領域の白色画素を何れかの偏光方向の偏光画素として、 4×4 画素領域では、四つの偏光方向の偏光画素をそれぞれ 2 画素設けた構成とする。この場合、偏光撮像部 20 では、 2×2 画素領域毎に、赤色または緑色または青色の何れかの色の無偏光画素の画素値と、四つの偏光方向における何れかの偏光方向である偏光画素の画素値が生成される。

【0075】

図 12 の (b) において、カラーモザイクフィルタ 23 は、 2×2 画素領域を 2 つの白色 (W) 画素と緑色 (G) と赤色 (R) または 2 つの白色 (W) 画素と緑色 (G) と青色 (B) の画素とした構成とする。また、 4×4 画素領域は、赤色画素を含む 2 つの 2×2 画素領域と青色画素を含む 2 つの 2×2 画素領域とする。また、偏光フィルタ 22 は、 2×2 画素領域の 2 つの白色画素を偏光方向が異なる偏光画素として、 4×4 画素領域では、四つの偏光方向の偏光画素をそれぞれ 2 画素設けた構成とする。この場合、偏光撮像部 20 では、 2×2 画素領域毎に、緑色と赤色または緑色と青色の無偏光画素の画素値と、2 つの偏光方向の偏光画素の画素値が生成される。この場合、偏光撮像部 20 では、 2×2 画素領域毎に、緑色と赤色または緑色と青色の無偏光画素の画素値と、四つの偏光方向における何れか 2 つの偏光方向の偏光画素の画素値が生成される。

【0076】

図 12 の (c) において、カラーモザイクフィルタ 23 は、 2×2 画素領域を赤色 (R) , 緑色 (G) , 青色 (B) の色単位とした構成として、 4×4 画素領域は、赤色の 2×2 画素領域と青色の 2×2 画素領域と緑色の 2 つの 2×2 画素領域とする。また、偏光フィルタ 22 は、緑色の 2×2 画素領域に偏光方向が互いに異なる四つの偏光画素を設けた構成とする。この場合、偏光撮像部 20 では、赤色または青色の 2×2 画素領域では無偏光画素の画素値が生成されて、緑色の 2×2 画素領域では、各偏光方向の偏光画素の画素値が生成される。

【0077】

また、図 12 の (a) (b) において、偏光撮像部 20 では、 4×4 画素領域毎に各色の無偏光画素の画素値と偏光方向毎の偏光画素の画素値が生成される。

【0078】

偏光撮像部 20 でカラー撮像画像が生成された場合、デモザイク処理部 31 では、カラー画像から色成分毎に無偏光画像を生成する。また、デモザイク処理部 31 は、偏光方向毎の偏光画像を生成する。偏光情報生成部 33 は、デモザイク処理部 31 で生成された偏光画像や無偏光画像を用いて偏光情報を生成する。偏光画素は、上述のように白色または同一色の画素とされていることから、偏光画素間では色の違いによる影響がない。したがって、カラー撮像画像を用いても偏光情報を正しく生成することができる。なお、図 12 の (c) では緑色画素が偏光画素とされているため、緑色画素は無偏光画素である赤色画素や青色画素に比べて感度が低下する。したがって、緑色画素の画素値に対して、偏光画素の感度低下に応じた補正を行えば、従来のベイヤー配列のデモザイク処理を行うことで、各色成分の画素が無偏光画素である場合と同様な色成分画像を生成できる。

【0079】

このように、偏光撮像部でカラー撮像画像を生成すれば、色を利用して精度の良い偏光情報を生成できるようになる。また、偏光撮像部でカラー撮像画像を生成する場合、画像処理部 30 は同一色の画素を用いて統合処理を行うことで、色毎に無偏光画像を生成できる。

【0080】

また、画像処理部の構成は図 1 に示す構成に限られない。例えば、画像処理部 30 は、上述したように偏光撮像部 20 の画素構成に対応して構成されることから、偏光撮像部 20 と画像処理部 30 を一体に構成してもよい。

【0081】

< 3 . 適用例 >

10

20

30

40

50

本開示に係る技術は、様々な製品へ応用することができる。例えば、本開示に係る技術は、自動車、電気自動車、ハイブリッド電気自動車、自動二輪車、自転車、パーソナルモビリティ、飛行機、ドローン、船舶、ロボット、建設機械、農業機械（トラクター）などのいずれかの種類の移動体に搭載される装置として実現されてもよい。このような分野に適用すれば、精度のよい偏光情報を取得できるので、例えば偏光情報に基づいて、周辺環境を3次元で精度よく把握できるようになり、運転者や作業者の疲労を軽減できる。また、自動運転等をより安全に行うことが可能となる。

【0082】

本開示に係る技術は、医療分野へ適用することもできる。例えば、手術を行う際に術部の撮像画像を利用する場合に適用すれば、術部の3次元形状や反射のない画像を精度よく得られるようになり、術者の疲労軽減や安全に且つより確実に手術を行うことが可能になる。

10

【0083】

また、本開示に係る技術は、パブリックサービス等の分野にも適用できる。例えば、被写体の画像を書籍や雑誌等に掲載する際に、不要な反射成分等を被写体の画像から精度よく除去することが可能となる。

【0084】

明細書中において説明した一連の処理はハードウェア、またはソフトウェア、あるいは両者の複合構成によって実行することが可能である。ソフトウェアによる処理を実行する場合は、処理シーケンスを記録したプログラムを、専用のハードウェアに組み込まれたコンピュータ内のメモリにインストールして実行させる。または、各種処理が実行可能な汎用コンピュータにプログラムをインストールして実行させることが可能である。

20

【0085】

例えば、プログラムは記録媒体としてのハードディスクやSSD（Solid State Drive）、ROM（Read Only Memory）に予め記録しておくことができる。あるいは、プログラムはフレキシブルディスク、CD-ROM（Compact Disc Read Only Memory）、MO（Magneto optical）ディスク、DVD（Digital Versatile Disc）、BD（Blu-Ray Disc（登録商標））、磁気ディスク、半導体メモリカード等のリムーバブル記録媒体に、一時的または永続的に格納（記録）しておくことができる。このようなリムーバブル記録媒体は、いわゆるパッケージソフトウェアとして提供することができる。

30

【0086】

また、プログラムは、リムーバブル記録媒体からコンピュータにインストールする他、ダウンロードサイトからLAN（Local Area Network）やインターネット等のネットワークを介して、コンピュータに無線または有線で転送してもよい。コンピュータでは、そのようにして転送されてくるプログラムを受信し、内蔵するハードディスク等の記録媒体にインストールすることができる。

【0087】

なお、本明細書に記載した効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、記載されていない付加的な効果があってもよい。また、本技術は、上述した実施の形態に限定して解釈されるべきではない。この技術の実施の形態は、例示という形態で本技術を開示しており、本技術の要旨を逸脱しない範囲で当業者が実施の形態の修正や代用をなし得ることは自明である。すなわち、本技術の要旨を判断するためには、請求の範囲を参酌すべきである。

40

【0088】

また、本技術の画像処理装置は以下のような構成も取ることができる。

(1) 偏光撮像部を用いて撮像を行うことにより得られた無偏光画像と偏光方向の異なる複数の偏光画像から飽和画素と黒潰れ画素を無効画素として検出する無効画素検出部と、

前記無偏光画像と前記偏光画像に基づき偏光情報の生成処理を行い、前記無効画素検出部における前記無効画素の検出結果に応じて前記偏光情報の生成処理を切り替える偏光情

50

報生成部

を備える画像処理装置。

(2) 前記偏光情報生成部は、前記無偏光画像の画素が無効画素として検出されている場合、前記複数の偏光画像の画素を用いて前記偏光情報を生成する(1)に記載の画像処理装置。

(3) 前記偏光情報生成部は、前記複数の偏光画像のいずれかの偏光画像の画素が無効画素として検出されている場合、前記無偏光画像の画素と無効画素として検出されていない他の偏光画像の画素を用いて前記偏光情報を生成する(1)に記載の画像処理装置。

(4) 前記複数の偏光画像は、偏光方向の異なる3以上の偏光画像であり、前記偏光情報生成部は、前記無偏光画像の画素と無効画素として検出されていない少なくとも2以上の偏光画像の画素を用いて前記偏光情報を生成する(3)に記載の画像処理装置。

(5) 前記少なくとも2以上の偏光画像は、偏光方向が直交していない偏光画像である(4)に記載の画像処理装置。

(6) 前記偏光情報生成部は、前記無効画素が検出されていない場合、前記無偏光画像の画素と前記偏光画像の画素を用いて前記偏光情報を生成する(1)乃至(5)のいずれかに記載の画像処理装置。

(7) 前記無効画素検出部は、前記無偏光画像から前記飽和画素と前記偏光画像から前記黒潰れ画素を前記前記無効画素として検出する(1)乃至(6)に記載の画像処理装置。

(8) 前記無効画素検出部は、予め設定された飽和検出閾値よりも画素値が大きい画素を前記飽和画素として検出して、予め設定された黒潰れ検出閾値よりも画素値が小さい画素を前記黒潰れ画素として検出する(1)乃至(7)のいずれかに記載の画像処理装置。

(9) 前記飽和検出閾値と黒潰れ検出閾値は、前記偏光撮像部で前記撮像を行うことにより取得される画像の特性に応じて設定する(8)に記載の画像処理装置。

(10) 前記黒潰れ検出閾値は第1レベルだけ前記偏光撮像部の出力最小値よりも大きく設定して、前記飽和検出閾値は前記第1レベルよりも小さい第2レベルだけ前記偏光撮像部の出力最大値よりも小さく設定する(9)に記載の画像処理装置。

【符号の説明】

【0089】

- 10・・・システム
- 20・・・偏光撮像部
- 21・・・撮像素子
- 22・・・偏光フィルタ
- 23・・・カラーモザイクフィルタ
- 30・・・画像処理部
- 31・・・デモザイク処理部
- 32・・・無効画素検出部
- 33・・・偏光情報生成部
- 211・・・画素アレイ部
- 212・・・垂直走査回路
- 213・・・水平走査回路
- 310・・・無偏光画素補間部
- 311・・・偏光画素平均化処理部
- 312・・・無偏光画素平均化処理部
- 313・・・中心画素取得部
- 314・・・相関処理部

10

20

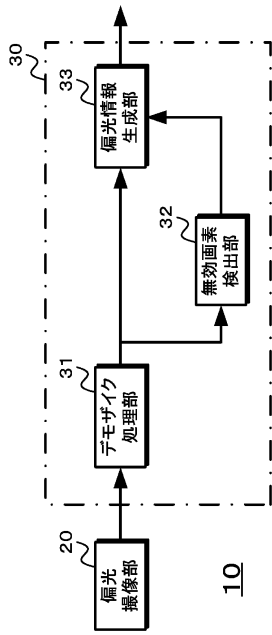
30

40

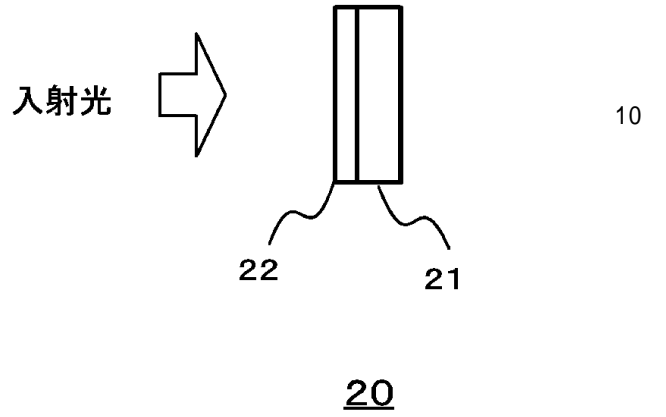
50

【図面】

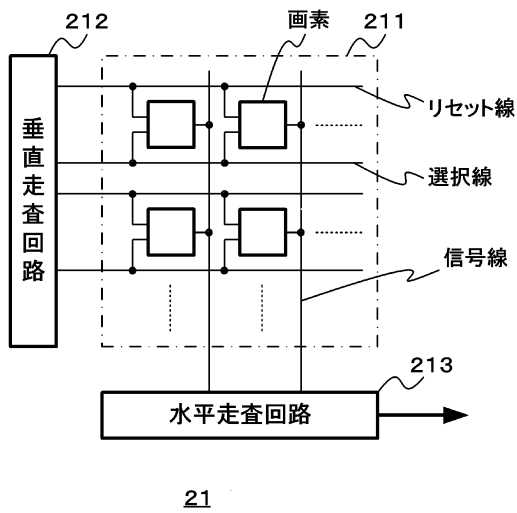
【図 1】



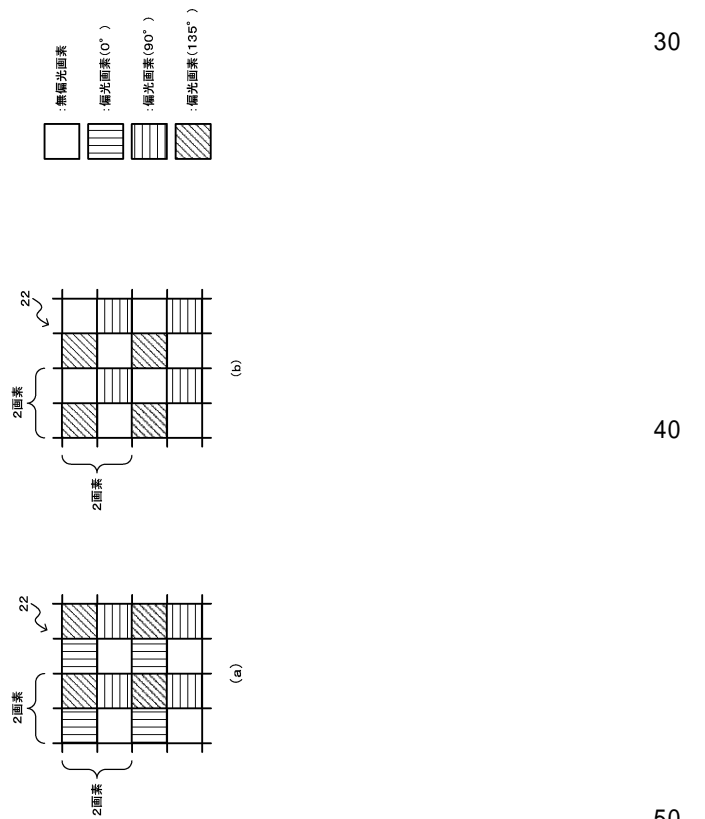
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

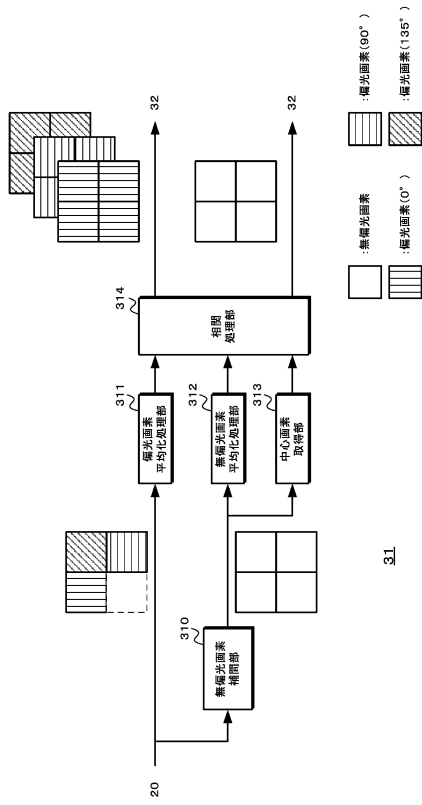
20

30

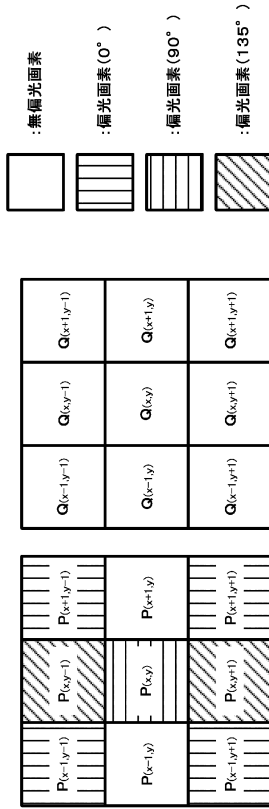
40

50

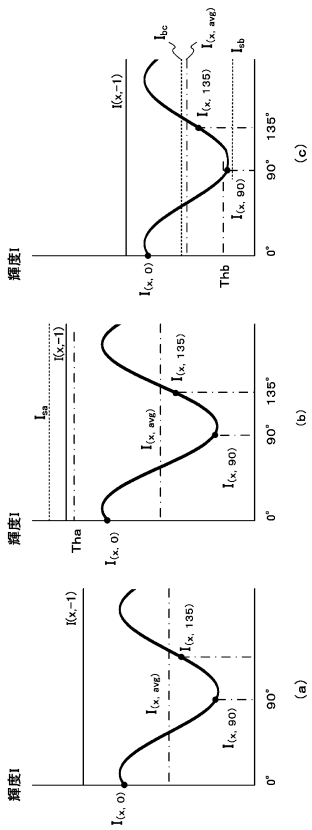
【図 5】



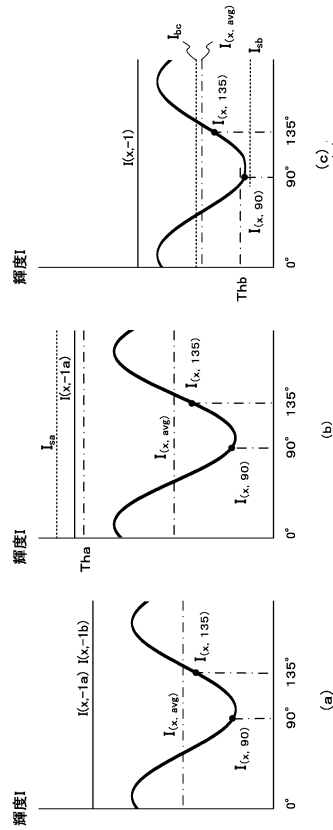
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

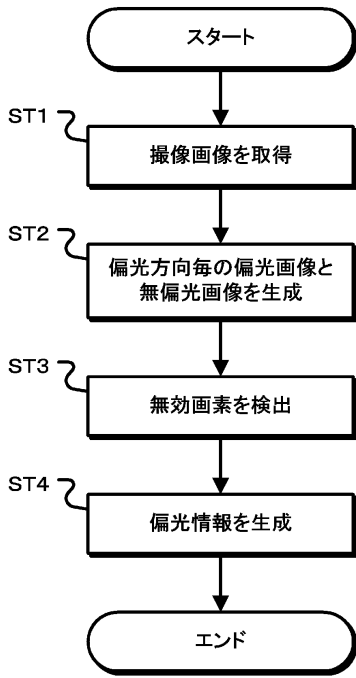
20

30

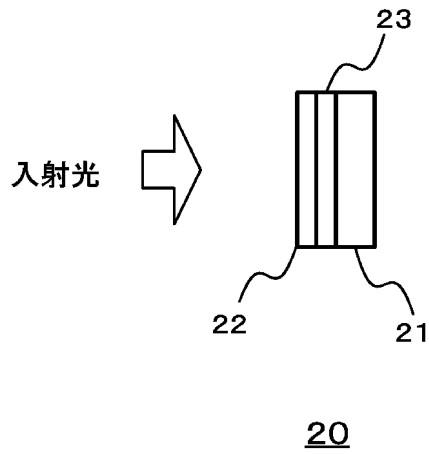
40

50

【図 9】



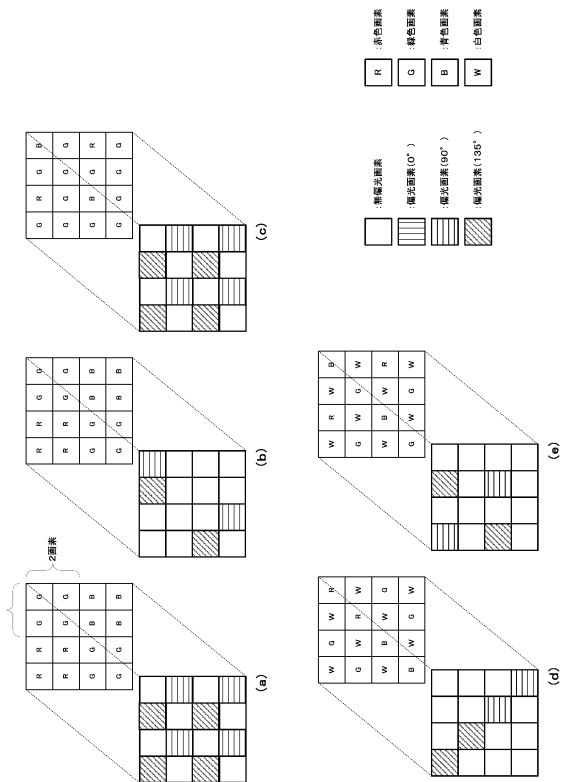
【図 10】



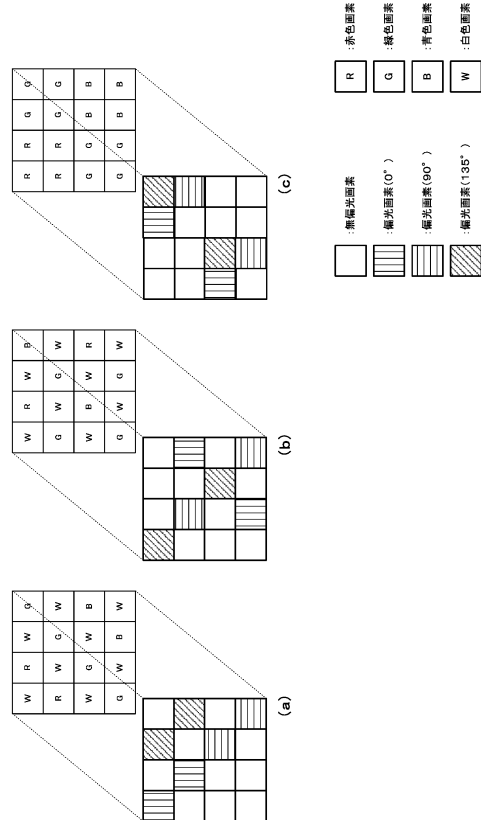
10

20

【図 11】



【図 12】



30

40

50

フロントページの続き

- グループ株式会社内
- (72)発明者 近藤 雄飛
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニーグループ株式会社内
- (72)発明者 孫 楽公
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニーグループ株式会社内
- (72)発明者 大野 大志
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニーグループ株式会社内
- 審査官 高野 美帆子
- (56)参考文献 国際公開第2018/074064(WO, A1)
国際公開第2017/085993(WO, A1)
特開2018-029280(JP, A)
特開2017-228983(JP, A)
米国特許出願公開第2019/0166342(US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- H04N 23/60
H04N 23/55
H04N 23/54
H04N 25/70