

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2022年6月2日(02.06.2022)



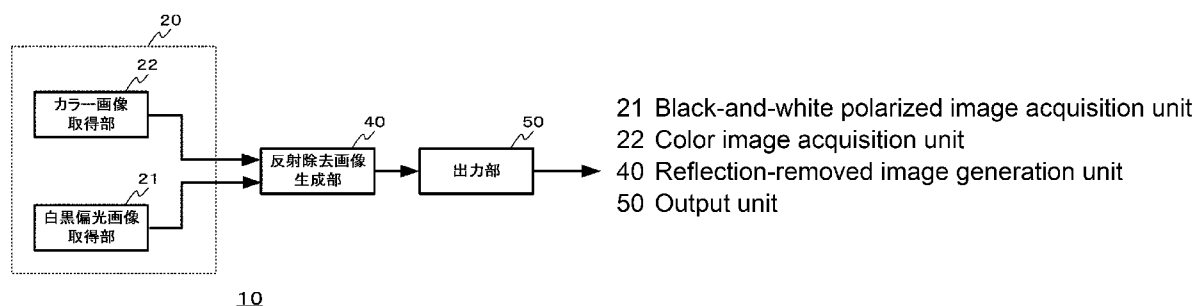
(10) 国際公開番号

WO 2022/113568 A1

- (51) 国際特許分類:  
H04N 5/232 (2006.01) H04N 9/07 (2006.01)  
H04N 5/225 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/038543
- (22) 国際出願日: 2021年10月19日(19.10.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2020-198069 2020年11月30日(30.11.2020) JP
- (71) 出願人:ソニーグループ株式会社(SONY GROUP CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者:大野 大志(ONO, Taishi); 〒1080075 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 Tokyo (JP). 近藤 雄飛(KONDO, Yuhi); 〒1080075 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 Tokyo (JP). 孫 榮公(SUN, Legong); 〒1080075
- 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 Tokyo (JP).
- (74) 代理人:宮田 正昭, 外(MIYATA, Masaaki et al.); 〒1040032 東京都中央区八丁堀三丁目25番9号 Daiwa八丁堀駅前ビル西館8階 特許業務法人 大同特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,

(54) Title: IMAGE PROCESSING DEVICE, IMAGE PROCESSING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 画像処理装置と画像処理方法およびプログラム



(57) Abstract: A black-and-white polarized image acquisition unit 21 of an image acquisition unit 20 acquires a black-and-white polarized image, and a color image acquisition unit 22 acquires a color image. A reflection-removed image generation unit 40 calculates specific information relating to a black-and-white reflection removal result generated on the basis of the black-and-white polarized image, e.g. information indicating the relationship between the black-and-white polarized image and the average luminance as calculated from images for each polarization direction in the black-and-white polarized image, or information used for obtaining the black-and-white reflection removal result from the black-and-white polarized image. The reflection-removed image generation unit 40 further uses the calculated specific information or optimized specific information to generate a color reflection-removed image in which specular reflection has been removed from the color image. A highly sensitive color reflection-removed image can thus be obtained.

WO 2022/113568 A1

ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

(57) 要約：画像取得部20の白黒偏光画像取得部21は白黒偏光画像を取得して、カラー画像取得部22はカラー画像を取得する。反射除去画像生成部40は、白黒偏光画像に基づいて生成される白黒反射除去結果に関する特性情報、例えば白黒偏光画像における偏光方向毎の画像から算出した平均輝度と白黒偏光画像との関係を示す情報、あるいは白黒偏光画像から白黒反射除去結果を得るために用いる情報を算出する。さらに、反射除去画像生成部40は、算出した特性情報あるいは最適化した特性情報を用いて、カラー画像から鏡面反射を除いたカラー反射除去画像を生成する。感度の高いカラー反射除去画像を得られるようになる。

## 明 細 書

**発明の名称**：画像処理装置と画像処理方法およびプログラム

### 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プログラムに関し、感度の高いカラー反射除去画像を得られるようにする。

### 背景技術

[0002] 従来、反射成分と透過成分の偏光情報が異なることから、非特許文献1では偏光画像を利用してガラス面や水面に映り込んだ反射を除去する方法が開示されている。また、特許文献1では、偏光画像を取得する撮像装置に対して、ガラスや水面などの反射面の角度を用いて反射成分を除去することが開示されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2018/092540号

#### 非特許文献

[0004] 非特許文献1：宮崎大輔，池内克史「偏光の基礎理論とその応用」 情報処理学会論文誌 コンピュータビジョンとイメージメディア 1(1)，64～72，2008.

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、偏光画像を取得する撮像装置は、偏光板等の偏光素子を介して被写体光が撮像素子に入射される。また、偏光画像としてカラー偏光画像を取得する場合、撮像装置は、偏光素子とカラーフィルタを介して被写体光が撮像素子に入射される。このため、偏光素子による減光だけでなく、カラーフィルタによる減光が同時に発生するため、カラー偏光画像に基づいて鏡面反射が除かれたカラー反射除去画像を生成する場合、感度の高いカラー反射除去画像を得ることができない。

[0006] そこで、この技術では感度の高いカラー反射除去画像を得られる画像処理装置と画像処理方法およびプログラムを提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0007] この技術の第1の側面は、

白黒偏光画像に基づいて生成される白黒反射除去結果に関する特性情報を算出して、前記算出した特性情報を用いてカラー画像から鏡面反射を除いたカラー反射除去画像を生成する反射除去画像生成部を備える画像処理装置にある。

[0008] この技術において、反射除去画像生成部は、白黒偏光画像に基づいて生成される白黒反射除去結果に関する特性情報を算出する。反射除去画像生成部は、白黒偏光画像における偏光方向毎の画像から算出した平均輝度と白黒偏光画像との関係を示す情報を特性情報として算出する。このような特性情報を算出する場合、反射除去画像生成部は、例えば平均輝度に対する白黒偏光画像の輝度の割合を示す特性情報を、カラー画像に乗じてカラー偏光画像を生成して、カラー偏光画像に基づいて算出した鏡面反射をカラー画像から除いてカラー反射除去画像を生成する。カラー画像は、RGB色空間、または輝度と色が分離している色空間の画像である。

[0009] また、反射除去画像生成部は、白黒偏光画像から前記白黒反射除去結果を得るために用いる情報を特性情報として算出して、算出した特性情報を初期値として特性情報の最適化を行い、最適化された特性情報とカラー画像に基づいてカラー反射除去画像を生成する。反射除去画像生成部は、白黒偏光画像における鏡面反射に関する情報を特性情報として算出する。例えば、鏡面反射成分の算出に用いる白黒偏光画像のストークパラメータを特性情報として算出する場合、反射除去画像生成部は、特性情報で示されたストークパラメータを初期値として、カラー画像の輝度成分と鏡面反射成分との幾何的相関または特徴量空間の相関を最小とする特性情報の最適化を行う。反射除去画像生成部は、カラー画像と最適化された特性情報を用いてカラー反射除去画像を生成する。

[0010] また、鏡面反射を生じる被写体の反射面の角度を示す反射面情報を取得する反射面情報取得部を設けて、反射除去画像生成部は、反射面情報取得部で取得された反射面情報と共に用いて白黒偏光画像の偏光特性を示す情報を特性情報として算出する。例えば白黒反射画像と白黒透過画像を特性情報として算出する場合、反射除去画像生成部は、白黒反射画像と前記白黒透過画像を初期値として、カラー画像に基づくカラー反射画像とカラー透過画像との幾何的相関または特徴量空間の相関を最小とする特性情報の最適化を行う。反射除去画像生成部は、カラー画像と最適化された特性情報と反射面情報取得部で取得された反射面情報を用いてカラー反射除去画像を生成する。

[0011] また、反射除去画像生成部で生成されたカラー反射除去画像を出力する出力部は、特性情報の最適化で用いた評価指標をカラー反射除去画像と共に出力する。例えば、出力部は、評価指標に基づく表示を、カラー反射除去画像の対応する位置に重畳させる。

[0012] この技術の第2の側面は、  
白黒偏光画像に基づいて生成される白黒反射除去結果に関する特性情報を算出して、前記算出した特性情報を用いてカラー画像から鏡面反射を除いたカラー反射除去画像を反射除去画像生成部で生成すること  
を含む画像処理方法にある。

[0013] この技術の第3の側面は、  
画像処理をコンピュータで実行させるプログラムであって、  
白黒偏光画像に基づいて生成される白黒反射除去結果に関する特性情報を算出する手順と、  
前記算出した特性情報を用いてカラー画像から鏡面反射を除いたカラー反射除去画像を生成する手順と  
を前記コンピュータで実行させるプログラムにある。

[0014] なお、本技術のプログラムは、例えば、様々なプログラム・コードを実行可能な汎用コンピュータに対して、コンピュータ可読な形式で提供する記憶媒体、通信媒体、例えば、光ディスクや磁気ディスク、半導体メモリなどの

記憶媒体、あるいは、ネットワークなどの通信媒体によって提供可能なプログラムである。このようなプログラムをコンピュータ可読な形式で提供することにより、コンピュータ上でプログラムに応じた処理が実現される。

### 図面の簡単な説明

- [0015] [図1]第1の実施の形態の構成を例示した図である。  
[図2]白黒偏光画像取得部の構成を例示した図である。  
[図3]白黒偏光画像取得部とカラー画像取得部を一体化した場合の画素構成を示した図である。  
[図4]第1の実施の形態の動作を示すフローチャートである。  
[図5]第2の実施の形態の動作を示すフローチャートである。  
[図6]第2の実施の形態の動作例を示す図である。  
[図7]カラー反射除去画像の出力を例示した図である。  
[図8]第3の実施の形態の構成を例示した図である。  
[図9]第3の実施の形態の動作を示すフローチャートである。

### 発明を実施するための形態

[0016] 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. 第1の実施の形態
  - 1-1. 第1の実施の形態の構成
  - 1-2. 第1の実施の形態の動作
2. 第2の実施の形態
  - 2-1. 第2の実施の形態の動作
3. 第3の実施の形態
  - 3-1. 第3の実施の形態の構成
  - 3-2. 第3の実施の形態の動作
4. 変形例
5. 応用例

[0017] <1. 第1の実施の形態>

本技術の画像処理装置は、鏡面反射を生じる被写体を撮像して得られた白黒偏光画像とカラー画像を用いて、白黒偏光画像に基づいて生成される白黒反射除去結果に関する特性情報を用いてカラー画像から鏡面反射を除いたカラー反射除去画像を生成する。

[0018] また、第1の実施の形態の画像処理装置は、特性情報として白黒偏光画像の輝度成分と白黒反射除去結果の輝度成分との関係を示す情報を用いて、特性情報とカラー画像に基づきカラー偏光画像の生成を行い、生成したカラー偏光画像に基づいて算出した鏡面反射成分をカラー画像から除いてカラー反射除去画像を生成する。

[0019] <1-1. 第1の実施の形態の構成>

図1は、第1の実施の形態の構成を例示している。画像処理システム10は、画像取得部20と反射除去画像生成部40と出力部50を有している。

[0020] 画像取得部20は、白黒偏光画像を取得する白黒偏光画像取得部21とカラー画像を取得するカラー画像取得部22を有している。なお、以下の説明では、カラー画像として、赤色成分と緑色成分と青色成分の各色成分の輝度を示すRGB色空間の画像を取得する場合について説明する。

[0021] 白黒偏光画像取得部21は、複数偏光方向の白黒偏光画像を取得する。図2は、白黒偏光画像取得部の構成を例示している。白黒偏光画像取得部21は、例えば図2の(a)に示すように、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) やCCD (Charge Coupled Device) 等のイメージセンサ211に、複数の偏光方向の画素構成とされた偏光フィルタ212を配置して偏光画像を取得する。偏光フィルタ212は、被写体光から直線偏光光を取り出せればよく、ワイヤーグリッドやフォトリソグラフィ等を用いる。偏光フィルタ212は、コサインフィッティング等によって偏光特性を算出できるように、偏光方向が異なる3方向以上の画素構成、例えば偏光方向が0度、45度、90度、135度の画素構成とされている。このため、白黒偏光画像取得部21は、1回の撮像で4偏光方向の画像を取得することが可能となる。なお、図2の(a)(b)(c)および図3に示す矢印は偏光方向を

示している。

- [0022] 白黒偏光画像取得部21は、図2の(b)に示すように、マルチレンズアレイの構成を利用して偏光方向が異なる複数の偏光画像を生成してもよい。例えばイメージセンサ211の前面にレンズ213を複数(図では4個)設けて、各レンズ213によって被写体の光学像をイメージセンサ211の撮像面にそれぞれ結像させる。また、各レンズ213の前面に偏光板214を設けて、偏光板214の偏光方向を異なる方向として、偏光方向が異なる複数の偏光画像を生成する。このように白黒偏光画像取得部21を構成すれば、1回の撮像で複数の偏光画像を取得できる。また、図2の(c)に示すように、撮像部215-1~215-4の前に互いに偏光方向が異なる偏光板216-1~216-4を設けた構成として、異なる複数の視点から偏光方向が異なる複数の偏光画像を生成してもよい。
- [0023] また、図2の(d)に示すように、撮像部215の前に偏光板217を設けた構成としてもよい。この場合、偏光板217を回転させて異なる複数の偏光方向でそれぞれ撮像を行い、偏光方向が異なる複数の偏光画像を取得する。
- [0024] また、図2の(b)、(c)の場合、被写体までの距離に対して各レンズ213や撮像部215-1~215-4の位置間隔が無視できる程度に短ければ、偏光方向が異なる複数の偏光画像では視差を無視することができる。したがって、偏光方向が異なる偏光画像の輝度を平均することで、無偏光の通常輝度画像と同等の画像を取得することができる。また、視差を無視することができない場合は、偏光方向が異なる偏光画像を視差量に応じて位置合わせして、位置合わせ後の偏光画像の輝度を平均すれば無偏光の通常輝度画像と同等の画像を取得することができる。また、図2の(d)の場合、画素毎に偏光方向が異なる輝度偏光画像の輝度を平均することで、無偏光である通常輝度画像と同等の画像を取得できる。
- [0025] カラー画像取得部22は、イメージセンサの撮像面に例えば三原色のモザイクフィルタを設けて撮像を行い、カラー画像を生成する。

[0026] 白黒偏光画像取得部 2 1 とカラー画像取得部 2 2 は一体に構成してもよい。図 3 は、白黒偏光画像取得部とカラー画像取得部を一体化した場合の画素構成を示している。4 画素×4 画素の画素ブロックは 2×2 画素である赤色画素ブロック R と緑色画素ブロック G と青色画素ブロック B で構成する。また、残りの 2×2 画素の画素ブロック W にはカラーフィルタが設けられておらず、偏光フィルタを設けた偏光画素ブロックとする。また、偏光画素ブロックは偏光方向が異なる 4 方向の偏光画素とする。このような 4 画素×4 画素の画素ブロックを水平方向および垂直方向に繰り返し設けた画素構成とすれば、4 画素×4 画素の画素ブロック毎に、カラー画像の色毎の画素値と白黒偏光画像の 4 つの偏光方向毎の画素値を取得できる。

[0027] 反射除去画像生成部 4 0 は、白黒偏光画像に基づいて生成される白黒反射除去結果に関する特性情報として、白黒偏光画像取得部 2 1 で取得された白黒偏光画像における偏光方向毎の画像から算出した平均輝度と白黒偏光画像の輝度との関係を示す情報を画素単位あるいは画素ブロック単位で算出して、算出した特性情報とカラー画像取得部 2 2 で取得されたカラー画像に基づきカラー偏光画像の生成を行い、生成したカラー偏光画像に基づいて算出した鏡面反射成分をカラー画像から除いてカラー反射除去画像を生成する。

[0028] 出力部 5 0 は、反射除去画像生成部 4 0 で生成されたカラー反射除去画像を画像表示装置等へ出力して表示させる。また、出力部 5 0 は、カラー反射除去画像を記録装置へ出力して記録媒体に記録させてよく、ネットワーク等を介して外部機器等へカラー反射除去画像を送信してもよい。

[0029] < 1 - 2. 第 1 の実施の形態の動作 >

図 4 は、第 1 の実施の形態の動作を示すフローチャートである。ステップ S T 1 で画像処理システムは白黒偏光画像とカラー画像を取得する。画像処理システム 1 0 の白黒偏光画像取得部 2 1 は白黒偏光画像を取得する。また、カラー画像取得部 2 2 はカラー画像を取得してステップ S T 2 に進む。

[0030] ステップ S T 2 で画像処理システムは特性情報を算出する。画像処理システム 1 0 の反射除去画像生成部 4 0 は、白黒偏光画像から偏光方向の違いに

よる輝度変化の平均値を示す白黒画像を生成する。反射除去画像生成部40は、生成した白黒画像の画素値  $I_{\text{gray, intensity}}$  に対する白黒偏光画像の画素値  $I_{\text{gray, pol}}$  の割合 ( $I_{\text{gray, pol}} / I_{\text{gray, intensity}}$ ) を特性情報として画素毎（あるいは画素ブロック毎）に算出してステップST3に進む。

[0031] ステップST3で画像処理システムはカラー偏光画像を生成する。画像処理システム10の反射除去画像生成部40は、カラー画像とカラー偏光画像との関係が白黒画像と白黒偏光画像との関係と等しいと見なして、式(1)乃至式(3)に基づき特性情報とカラー画像の画素値 ( $I_{\text{R, intensity}}$ ,  $I_{\text{G, intensity}}$ ,  $I_{\text{B, intensity}}$ ) からカラー偏光画像の画素値 ( $I_{\text{R, pol}}$ ,  $I_{\text{G, pol}}$ ,  $I_{\text{B, pol}}$ ) を算出してステップST4に進む。

[0032] [数1]

$$I_{\text{R, pol}} = \frac{I_{\text{gray, pol}} \times I_{\text{R, intensity}}}{I_{\text{gray, intensity}}} \dots (1)$$

$$I_{\text{G, pol}} = \frac{I_{\text{gray, pol}} \times I_{\text{G, intensity}}}{I_{\text{gray, intensity}}} \dots (2)$$

$$I_{\text{B, pol}} = \frac{I_{\text{gray, pol}} \times I_{\text{B, intensity}}}{I_{\text{gray, intensity}}} \dots (3)$$

[0033] ステップST4で画像処理システムはカラー反射除去画像を生成する。画像処理システム10の反射除去画像生成部40は、カラー偏光画像の偏光特性に基づき鏡面反射成分を算出して、カラー画像から鏡面反射成分を除いてカラー反射除去画像を生成してステップST5に進む。

[0034] ステップST5で画像処理システムはカラー反射除去画像を出力する。画像処理システム10の画像出力部は、ステップST4で生成されたカラー反射除去画像を外部機器、例えば表示装置や記録装置、カラー反射除去画像を用いて種々の制御を行う制御装置へ出力する。

[0035] このように、第1の実施の形態によれば、偏光素子とカラーフィルタを介

して撮像を行わなくとも、感度の高いカラー偏光画像を生成できるので、偏光素子とカラーフィルタを用いて撮像を行い取得したカラー偏光画像からカラー反射除去画像を生成する場合に比べて、感度の高いカラー反射除去画像を生成できる。

[0036] <2. 第2の実施の形態>

ところで、第1の実施の形態では、カラー画像とカラー偏光画像との関係が白黒画像と白黒偏光画像との関係と等しいと見なして、白黒画像と白黒偏光画像との関係を示す特性情報とカラー画像からカラー偏光画像を算出している。したがって、カラー画像とカラー偏光画像との関係が白黒画像と白黒偏光画像との関係と一致しない場合には、式(1)乃至式(3)に基づいて算出されたカラー画像の画素値 ( $I_{R, pol}$ ,  $I_{G, pol}$ ,  $I_{B, pol}$ ) が、真値と異なり、カラー反射除去画像にアーティファクト(色の变化領域)を生じるおそれがある。

[0037] そこで、第2の実施の形態の画像処理装置は、白黒偏光画像から白黒反射除去結果を得るために用いる情報を特性情報として算出して、特性情報とカラー画像に基づいてカラー反射除去画像を生成する。また、画像処理装置は、特性情報の最適化を行い、最適化された特性情報とカラー画像に基づいて前記カラー反射除去画像を生成する。さらに、画像処理装置は、白黒偏光画像における鏡面反射に関する情報を特性情報として算出して、カラー画像の輝度成分と鏡面反射成分との相関を最小とする特性情報の最適化を行う。画像処理装置は、カラー画像と最適化された特性情報を用いてアーティファクトを生じていないカラー反射除去画像を生成する。また、画像処理装置は、特性情報の最適化において、算出した特性情報を初期値として用いる。

[0038] <2-1. 第2の実施の形態の構成と動作>

第2の実施の形態は、第1の実施の形態と同様に構成されており、反射除去画像生成部40の動作が第1の実施の形態と相違する。

[0039] 図5は、第2の実施の形態の動作を示すフローチャートである。ステップS T 1 1で画像処理システムは白黒偏光画像とカラー画像を取得する。画像

処理システム 10 の白黒偏光画像取得部 21 は白黒偏光画像を取得する。また、カラー画像取得部 22 はカラー画像を取得してステップ S T 1 2 に進む。

[0040] ステップ S T 1 2 で画像処理システムは特性情報を算出する。偏光画像を取得する撮像部で偏光方向（偏光角）を変化させたときに観察される輝度変化は、コサインカーブにフィッティングすることができ、コサインカーブの変動部分は鏡面反射成分に相当することが知られている。また、被写体の偏光特性は、式（4）に示すストークスベクトル  $S_v$  という 4 次元のベクトルで示すことができる。ストークスベクトル  $S_v$  において、ストークスパラメータ  $S_0$  は、無偏光の輝度もしくは平均輝度を示している。また、ストークスパラメータ  $S_1$  は、 $0^\circ$  と  $90^\circ$  の偏光方向の強度の差、ストークスパラメータ  $S_2$  は、 $45^\circ$  と  $135^\circ$  の偏光方向の強度の差、ストークスパラメータ  $S_3$  は円偏光の偏光度合いを示している。

[0041] [数2]

$$S_v = \begin{bmatrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{bmatrix} \cdots (4)$$

[0042] ここで、白黒偏光画像取得部 21 の偏光方向が  $0$  度、 $45$  度、 $90$  度、 $135$  度の偏光画素で構成されている場合、白黒偏光画像のストークスパラメータ  $S_{gray,0}$  は、式（5）に基づいて算出できる。また、白黒偏光画像のストークスパラメータ  $S_{gray,1}$  は、式（6）に基づいて算出できる。さらに、白黒偏光画像のストークスパラメータ  $S_{gray,2}$  は、式（7）に基づいて算出できる。

[0043]

[数3]

$$S_{\text{gray},0} = \frac{I_{\text{gray},0} + I_{\text{gray},45} + I_{\text{gray},90} + I_{\text{gray},135}}{4} \quad \dots (5)$$

$$S_{\text{gray},1} = (I_{\text{gray},0} - I_{\text{gray},90}) / 2 \quad \dots (6)$$

$$S_{\text{gray},2} = (I_{\text{gray},45} - I_{\text{gray},135}) / 2 \quad \dots (7)$$

[0044] これらのストークスパラメータを用いると、偏光画像から算出されるコサインカーブは式(8)となる。式(8)で算出される画素値( $I_{\text{gray},\text{pol}}$ )は、式(9)であるとき最小値となることから、白黒反射除去結果の画素値( $I_{\text{gray},\text{min}}$ )は、式(10)に基づいて算出できる。

[0045] [数4]

$$I_{\text{gray},\text{pol}} = S_{\text{gray},0} + \sqrt{S_{\text{gray},1}^2 + S_{\text{gray},2}^2} \cos 2(\theta_{\text{pol}} - \phi) \quad \dots (8)$$

$$\cos 2(\theta_{\text{pol}} - \phi) = -1 \quad \dots (9)$$

$$I_{\text{gray},\text{min}} = S_{\text{gray},0} - \sqrt{S_{\text{gray},1}^2 + S_{\text{gray},2}^2} \quad \dots (10)$$

[0046] そこで、画像処理システム10の反射除去画像生成部40は、白黒偏光画像から白黒反射除去結果を得るために用いる情報、例えばストークスパラメータ $S_{\text{gray},1}$ とストークスパラメータ $S_{\text{gray},2}$ を特性情報として算出してステップST13に進む。

[0047] ステップST13で画像処理システムは特性情報を最適化する。カラー画像についての反射除去結果は、式(10)と同様に式(11)となる。式(11)において、ストークスパラメータ $S_{\text{RGB},1}$ 、 $S_{\text{RGB},2}$ は未知である。したがって、画像処理システム10の反射除去画像生成部40は、カラー画像の輝度

成分に相当するストークスパラメータ  $S_{RGB,0}$  と、ストークスパラメータ  $S_{RGB,1}$ 、 $S_{RGB,2}$  を用いて式 (12) に示す鏡面反射成分との相関が最小となるように特性情報であるストークスパラメータを最適化する。

[0048] [数5]

$$I_{RGB,min} = S_{RGB,0} - \sqrt{S_{RGB,1}^2 + S_{RGB,2}^2} \quad \dots(11)$$

$$\sqrt{S_{RGB,1}^2 + S_{RGB,2}^2} \quad \dots(12)$$

[0049] 反射除去画像生成部40は、白黒画像の反射除去で白黒反射除去結果の画素値 ( $I_{gray,min}$ ) を算出したときのストークスパラメータ  $S_{gray,1}$ 、 $S_{gray,2}$  をストークスパラメータ  $S_{RGB,1}$ 、 $S_{RGB,2}$  の初期値として、カラー画像の輝度成分と鏡面反射成分との相関を算出する。反射除去画像生成部40は、相関の算出として例えば輝度成分の画像と鏡面反射成分の画像が異なることを利用して幾何的相関を算出してもよく、輝度成分と鏡面反射成分とで異なる特徴量を利用して特徴量空間の相関を算出してもよい。幾何的相関の算出では、PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) やZNCC (Zero-mean Normalized Cross-Correlation) , SSIM (Structural Similarity) などの手法を用いる。また、特徴量空間の相関では、CNN (Convolutional Neural Network) などの手法を用いる。さらに、反射除去画像生成部40は、ストークスパラメータ  $S_{RGB,1}$ 、 $S_{RGB,2}$  を初期値から変化させて相関の算出を行い、相関が最小となるようにストークスパラメータの最適化を行う。反射除去画像生成部40は、勾配法やADMM (Alternating Direction Method of Multipliers) を用いた回帰やCNNなどの手法を用いて、相関が最小となるストークスパラメータ  $S_{RGB,1}$ 、 $S_{RGB,2}$  を算出してステップST14に進む。

[0050] ステップST14で画像処理システムはカラー反射除去画像を生成する。画像処理システム10の反射除去画像生成部40は、ステップST13で最

適化したストークスパラメータ  $S_{RGB,1}$ ,  $S_{RGB,2}$  を用いて式 (11) の演算を行い、鏡面反射が除かれたカラー反射除去画像を生成してステップ S T 15 に進む。

[0051] ステップ S T 15 で画像処理システムはカラー反射除去画像を出力する。画像処理システム 10 の出力部 50 は、ステップ S T 14 で生成されたカラー反射除去画像を外部機器、例えば表示装置や記録装置、カラー反射除去画像を用いて種々の制御を行う制御装置へ出力する。また、出力部 50 は、反射除去画像生成部 40 において特性情報の最適化で用いた評価指標である例えば相関を反射除去結果の確度として、特性情報を最適化したときの相関に基づく表示を、カラー反射除去画像の対応する位置に重畳させてもよい。また、出力部 50 は、画像取得部 20 で取得される画像を複数の領域に分割して、それぞれの領域毎に相関を算出して、特性情報を最適化したときの相関に基づく表示を、カラー反射除去画像の対応する領域に重畳させてもよい。

[0052] 図 6 は、第 2 の実施の形態の動作例を示す図である。図 6 の (a) は、白黒偏光画像取得部 21 で取得された 4 つの偏光方向毎の偏光画像を示している。図 6 の (b) は、カラー画像取得部 22 で取得されたカラー画像を例示している。

[0053] 反射除去画像生成部 40 は、図 6 の (a) に示す 0 度、45 度、90 度、135 度の偏光画像からストークスパラメータ  $S_{gray,1}$ ,  $S_{gray,2}$  を算出する。さらに、反射除去画像生成部 40 は、ストークスパラメータ  $S_{gray,1}$ ,  $S_{gray,2}$  をストークスパラメータ  $S_{RGB,1}$ ,  $S_{RGB,2}$  の初期値として用いる。反射除去画像生成部 40 は、カラー画像の輝度成分と鏡面反射成分との相関の算出を行い、相関が最小となるストークスパラメータ  $S_{RGB,1}$ ,  $S_{RGB,2}$  を算出する。さらに、反射除去画像生成部 40 は、最適化したストークスパラメータ  $S_{RGB,1}$ ,  $S_{RGB,2}$  を用いて図 6 の (b) に示すカラー画像から鏡面反射が除かれた図 6 の (c) に示すカラー反射除去画像を生成する。

[0054] また、第 1 の実施の形態の手法を用いて図 6 の (b) に示すカラー画像の反射除去処理を行った場合、図 6 の (d) に示すようにアーティファクトが

生じる場合であっても、第2の実施の形態に示した手法を用いることで、図6の(c)に示すように、アーティファクトを生じていないカラー反射除去画像を生成できる。

[0055] 図7は、カラー反射除去画像の出力を例示している。出力部50は、カラー反射除去画像と共に特性情報の最適化で用いた評価指標を出力する。また、評価指標に基づく表示を、例えばカラー反射除去画像の対応する位置に重畳させることで、カラー反射除去画像を確認できると共に鏡面反射の発生状況等を把握できるようになる。

[0056] このように、第2の実施の形態によれば、第1の実施の形態と同様に、偏光素子とカラーフィルタを介して取得したカラー偏光画像からカラー反射除去画像を生成する場合に比べて、感度の高いカラー反射除去画像を生成できる。を用いる場合に比べて感度の高いカラー反射除去画像を生成できる。また、第2の実施の形態によれば、アーティファクトを生じていないカラー反射除去画像を生成できる。さらに、評価指標に基づく表示によって、鏡面反射の発生状況を把握できる。

[0057] <3. 第3の実施の形態>

第2の実施の形態では、鏡面反射を生じる被写体の画像取得部20に対する反射面の角度が明らかでない場合について説明したが、第3の実施の形態では、反射面の角度が明らかである場合について説明する。反射面の角度が明らかである場合、特許文献1に示されているように透過画像と反射画像を算出できることから、白黒偏光画像に基づいて算出した白黒反射画像と白黒透過画像を特性情報として用いる。

[0058] <3-1. 第3の実施の形態の構成>

図8は、第3の実施の形態の構成を例示している。画像処理システム10は、画像取得部20、反射面情報取得部30、反射除去画像生成部40および出力部50を有している。

[0059] 画像取得部20は、第1の実施の形態と同様に白黒偏光画像を取得する白黒偏光画像取得部21とカラー画像を取得するカラー画像取得部22を有し

ている。

- [0060] 白黒偏光画像取得部 21 は、複数偏光方向の白黒偏光画像を取得する。カラー画像取得部 22 は、イメージセンサの撮像面に例えば三原色のモザイクフィルタを設けてカラー画像を生成する。
- [0061] 反射面情報取得部 30 は、特許文献 1 と同様に、画像取得部 20 で取得される画像において鏡面反射を生じる被写体の反射面の角度を示す反射面情報を取得して、反射除去画像生成部 40 に入力する。
- [0062] 画像の各画素に対応する反射角の取得方法には様々なものが考えられるが、例えば鏡面反射を生じる被写体を撮像するカメラの撮影角度に応じてユーザ（撮影者）が入力した角度データをメモリに格納し、その格納データを利用して、反射面の角度を算出することが可能である。
- [0063] あるいは、鏡面反射を生じる被写体を撮像するカメラに備えられた角度センサ等の情報を画像の属性情報として設定してメモリに格納し、その格納データを利用して、反射面の角度を算出する構成としてもよい。
- [0064] あるいは、予めメモリに 45 度などの規定角度情報を格納し、その角度情報を反射面の角度として利用する設定としてもよい。
- [0065] なお、反射面の角度は、画像を構成する画素毎に異なる厳密な画素単位の反射角を算出してもよいが、簡易的に画像の構成画素の全て、あるいは所定領域単位の画素群単位で共通の同一の角度を設定して利用する構成としてもよい。
- [0066] 反射面情報取得部 30 は、例えば上記のいずれかの方法により、画像取得部 20 で取得される画像に含まれる被写体の反射面の角度を示す反射面情報を取得して、反射除去画像生成部 40 へ出力する。
- [0067] 反射除去画像生成部 40 は、反射面情報取得部 30 で取得された反射面情報と共に用いて白黒偏光画像の偏光特性を示す情報、例えば白黒反射画像と白黒透過画像を特性情報として算出する。反射除去画像生成部 40 は、白黒偏光画像に基づき算出した特性情報を初期値として用いて、カラー画像に応じた特性情報の最適化を、カラー画像と最適化された特性情報と反射面情報

取得部 30 で取得された反射面情報を用いてカラー反射除去画像を生成する。

[0068] 出力部 50 は、反射除去画像生成部 40 で生成されたカラー反射除去画像を画像表示装置等へ出力して表示させる。また、出力部 50 は、カラー反射除去画像を記録装置へ出力して記録媒体に記録させてよく、ネットワーク等を介して外部機器等へカラー反射除去画像を送信してもよい。さらに、出力部 50 は、反射除去画像生成部 40 において特性情報の最適化で用いた評価指標、例えば相関を反射除去結果の確度として、特性情報を最適化したときの相関に基づく表示を、カラー反射除去画像の対応する位置に重畳させてもよい。また、出力部 50 は、画像取得部 20 で取得される画像を複数の領域に分割して、それぞれの領域毎に相関を算出して、特性情報を最適化したときの相関に基づく表示を、カラー反射除去画像の対応する領域に重畳させてもよい。

[0069] <3-2. 第3の実施の形態の動作>

図9は、第3の実施の形態の動作を示すフローチャートである。ステップ ST21 で画像処理システムは白黒偏光画像とカラー画像を取得する。画像処理システム 10 の白黒偏光画像取得部 21 は白黒偏光画像を取得する。また、カラー画像取得部 22 はカラー画像を取得してステップ ST22 に進む。

[0070] ステップ ST22 で画像処理システムは反射面情報を取得する。画像処理システム 10 の反射面情報取得部 30 は、反射面の角度の入力を受け付けて、反射面の天頂角  $\theta$  と方位角  $\phi$  を示す反射面情報を反射除去画像生成部 40 へ出力する。

[0071] ステップ ST23 で画像処理システムは特性情報を算出する。画像処理システム 10 の反射除去画像生成部 40 は、上述のように、偏光角を変化させたときに観察される輝度変化はコサインカーブにフィッティングできることが知られている。ここで、反射面の角度が明らかである場合、特許文献1で開示されているように、コサインカーブは式(13)として示すことができ

る。なお、式(13)において、「 $R_s$ 」, 「 $R_p$ 」はそれぞれ反射面に対する垂直方向の偏光成分に対するフレネル反射率と平行方向の偏光成分に対するフレネル反射率、「 $T_s$ 」, 「 $T_p$ 」はそれぞれ反射面に対する垂直方向の偏光成分に対するフレネル透過率と平行方向の偏光成分に対するフレネル透過率である。

[0072] [数6]

$$I_{\text{gray,pol}} = S_{\text{gray},0} + \frac{1}{2} \left[ \begin{array}{l} (R_s(\theta) - R_p(\theta)) I_{\text{gray,refl}} \\ + (T_s(\theta) - T_p(\theta)) I_{\text{gray,trans}} \end{array} \right] \cos 2(\theta_{\text{pol}} - \phi) \quad \cdots(13)$$

$$I_{\text{RGB,pol}} = S_{\text{RGB},0} + \frac{1}{2} \left[ \begin{array}{l} (R_s(\theta) - R_p(\theta)) I_{\text{RGB,refl}} \\ + (T_s(\theta) - T_p(\theta)) I_{\text{RGB,trans}} \end{array} \right] \cos 2(\theta_{\text{pol}} - \phi) \quad \cdots(14)$$

[0073] 反射除去画像生成部40は、反射面情報によって天頂角 $\theta$ と方位角 $\phi$ が明らかとされていることから、式(13)における偏光方向 $\theta_{\text{pol}}$ を異なる2つの偏光方向として得られた連立方程式を解くことで、白黒反射画像の画素値 $I_{\text{gray,refl}}$ と白黒透過画像の画素値 $I_{\text{gray,trans}}$ を算出する。反射除去画像生成部40は、算出した白黒反射画像の画素値 $I_{\text{gray,refl}}$ と白黒透過画像の画素値 $I_{\text{gray,trans}}$ を特性情報としてステップST24に進む。

[0074] ステップST24で画像処理システムは特性情報を最適化する。カラー画像についての反射除去結果は、式(13)と同様に式(14)となる。式(14)において、特性情報であるカラー反射画像の画素値 $I_{\text{RGB,refl}}$ とカラー透過画像の画素値 $I_{\text{RGB,trans}}$ は未知である。したがって、画像処理システム10の反射除去画像生成部40は、白黒反射画像の画素値 $I_{\text{gray,refl}}$ と白黒透過画像の画素値 $I_{\text{gray,trans}}$ を初期値として、反射成分を示すカラー反射画像の画素値 $I_{\text{RGB,refl}}$ と透過成分を示すカラー透過画像の画素値 $I_{\text{RGB,trans}}$ との相関を最小化するように特性情報を最適化する。

[0075] 反射除去画像生成部40は、第2の実施の形態と同様に幾何的相関を算出してもよく、特徴量空間の相関を算出してもよい。また、反射除去画像生成

部40は、算出した相関が最小となるように特性情報の最適化を行う。反射除去画像生成部40は、第2の実施の形態と同様な手法を用いて、相関が最小となる特性情報を算出してステップST25に進む。

[0076] ステップST25で画像処理システムはカラー反射除去画像を生成する。画像処理システム10の反射除去画像生成部40は、ステップST24で最適化した特性情報とステップST22で取得した反射面情報で示された角度を用いて式(14)の演算を行い、鏡面反射が除かれたカラー反射除去画像を生成してステップST26に進む。

[0077] ステップST26で画像処理システムはカラー反射除去画像を出力する。画像処理システム10の出力部50は、ステップST25で生成されたカラー反射除去画像を外部機器、例えば表示装置や記録装置、カラー反射除去画像を用いて種々の制御を行う制御装置へ出力する。また、出力部50は、反射除去画像生成部40において特性情報の最適化で用いた評価指標である例えば相関を反射除去結果の確度として、特性情報を最適化したときの相関に基づく表示を、カラー反射除去画像の対応する位置に重畳させてもよい。また、出力部50は、画像取得部20で取得される画像を複数の領域に分割して、それぞれの領域毎に相関を算出して、特性情報を最適化したときの相関に基づく表示を、カラー反射除去画像の対応する領域に重畳させてもよい。

[0078] このように、第3の実施の形態によれば、第1の実施の形態や第2の実施の形態と同様に、偏光素子とカラーフィルタを介して取得したカラー偏光画像からカラー反射除去画像を生成する場合に比べて感度の高いカラー反射除去画像を生成できる。また、第3の実施の形態によれば、アーティファクトを生じていないカラー反射除去画像を生成できる。また、評価指標に基づく表示によって、鏡面反射の発生状況を把握できる。さらに、被写体の反射面の角度を示す反射面情報を利用してカラー反射除去画像を生成できる。

[0079] <4. 変形例>

ところで、上述の実施の形態ではカラー画像取得部22で取得されたカラー画像がRGB色空間である場合を例示したが、他の色空間のカラー画像を

用いてもよい。例えば、上述のアーティファクトは色に関して生じることから、カラー画像は輝度と色が分離している色空間、例えばHSV色空間やYCrCb色空間を用いるようにすれば、色の相関が少なくなるように特性情報の最適化を行うことで、色に関するアーティファクトを生じ難くできる。

[0080] <5. 応用例>

本開示に係る技術は、様々な分野へ適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、ロボット等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。また、工場における生産工程で用いられる機器や建設分野で用いられる機器に搭載される装置として実現されてもよい。

[0081] このような分野に適用すれば、感度の高いカラー反射除去画像を得られるので、運転者や作業者の疲労を軽減できる。また、被写体で生じた反射を除去できるので自動運転等をより安全に行うことが可能となる。

[0082] 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。

[0083] 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。

[0084] 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。

[0085] 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、上述した技術の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。

[0086] 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) 白黒偏光画像に基づいて生成される白黒反射除去結果に関する特性情報を算出して、前記算出した特性情報を用いてカラー画像から鏡面反射を除いたカラー反射除去画像を生成する反射除去画像生成部を備える画像処理装置。

(2) 前記反射除去画像生成部は、前記白黒偏光画像における偏光方向毎の画像から算出した平均輝度と前記白黒偏光画像との関係を示す情報を前記特性情報として算出して、前記特性情報と前記カラー画像に基づきカラー偏光画像の生成を行い、生成した前記カラー偏光画像に基づいて算出した鏡面反射を前記カラー画像から除いて前記カラー反射除去画像を生成する(1)に記載の画像処理装置。

(3) 前記反射除去画像生成部は、前記平均輝度に対する前記白黒偏光画像の輝度の割合を示す前記特性情報を、前記カラー画像に乗じて前記カラー偏光画像を生成する(2)に記載の画像処理装置。

(4) 前記反射除去画像生成部は、前記白黒偏光画像から前記白黒反射

除去結果を得るために用いる情報を前記特性情報として算出して、前記特性情報と前記カラー画像に基づいて前記カラー反射除去画像を生成する（１）に記載の画像処理装置。

（５） 前記反射除去画像生成部は、前記特性情報の最適化を行い、最適化された前記特性情報と前記カラー画像に基づいて前記カラー反射除去画像を生成する（４）に記載の画像処理装置。

（６） 前記反射除去画像生成部は、前記白黒偏光画像における鏡面反射に関する情報を前記特性情報として算出して、前記カラー画像の輝度成分と鏡面反射成分との相関を最小とする前記特性情報の最適化を行い、前記カラー画像と最適化された前記特性情報を用いて前記カラー反射除去画像を生成する（５）に記載の画像処理装置。

（７） 前記反射除去画像生成部は、前記鏡面反射成分の算出に用いる前記白黒偏光画像のストークスパラメータを前記特性情報として、前記特性情報で示された前記ストークスパラメータを初期値として前記最適化を行う（６）に記載の画像処理装置。

（８） 前記鏡面反射を生じる被写体の反射面の角度を示す反射面情報を取得する反射面情報取得部をさらに備え、

前記反射除去画像生成部は、前記反射面情報取得部で取得された反射面情報と共に用いて前記白黒偏光画像の偏光特性を示す情報を前記特性情報として算出して、前記カラー画像に応じた前記特性情報の最適化を行い、前記カラー画像と最適化された前記特性情報と前記反射面情報取得部で取得された反射面情報を用いて前記カラー反射除去画像を生成する（５）に記載の画像処理装置。

（９） 前記反射除去画像生成部は、白黒反射画像と白黒透過画像を前記特性情報として、前記カラー画像に基づくカラー反射画像とカラー透過画像との相関を最小とする前記特性情報の最適化を行う（８）に記載の画像処理装置。

（１０） 前記反射除去画像生成部は、前記白黒反射画像と前記白黒透過

画像を初期値として前記特性情報の最適化を行う（９）に記載の画像処理装置。

（１１） 前記反射除去画像生成部は、幾何的相関または特徴量空間の相関を算出して、前記特性情報の最適化を行う（５）乃至（１０）のいずれかに記載の画像処理装置。

（１２） 前記反射除去画像生成部で生成された前記カラー反射除去画像と前記特性情報の最適化で用いた評価指標を出力する出力部を有する（５）乃至（１１）のいずれかに記載の画像処理装置。

（１３） 前記出力部は、前記評価指標に基づく表示を、前記カラー反射除去画像の対応する位置に重畳させる（１１）に記載の画像処理装置。

（１４） 前記カラー画像は、RGB色空間、または輝度と色が分離している色空間の画像である（１）乃至（１３）のいずれかに記載の画像処理装置。

## 符号の説明

- [0087] 10・・・画像処理システム  
20・・・画像取得部  
21・・・白黒偏光画像取得部  
22・・・カラー画像取得部  
30・・・反射面情報取得部  
40・・・反射除去画像生成部  
50・・・出力部  
211・・・イメージセンサ  
212・・・偏光フィルタ  
213・・・レンズ  
214, 216-1～216-4, 217・・・偏光板  
215, 215-1～215-4・・・撮像部

## 請求の範囲

- [請求項1] 白黒偏光画像に基づいて生成される白黒反射除去結果に関する特性情報を算出して、前記算出した特性情報を用いてカラー画像から鏡面反射を除いたカラー反射除去画像を生成する反射除去画像生成部を備える画像処理装置。
- [請求項2] 前記反射除去画像生成部は、前記白黒偏光画像における偏光方向毎の画像から算出した平均輝度と前記白黒偏光画像との関係を示す情報を前記特性情報として算出して、前記特性情報と前記カラー画像に基づきカラー偏光画像の生成を行い、生成した前記カラー偏光画像に基づいて算出した鏡面反射を前記カラー画像から除いて前記カラー反射除去画像を生成する  
請求項1に記載の画像処理装置。
- [請求項3] 前記反射除去画像生成部は、前記平均輝度に対する前記白黒偏光画像の輝度の割合を示す前記特性情報を、前記カラー画像に乗じて前記カラー偏光画像を生成する  
請求項2に記載の画像処理装置。
- [請求項4] 前記反射除去画像生成部は、前記白黒偏光画像から前記白黒反射除去結果を得るために用いる情報を前記特性情報として算出して、前記特性情報と前記カラー画像に基づいて前記カラー反射除去画像を生成する  
請求項1に記載の画像処理装置。
- [請求項5] 前記反射除去画像生成部は、前記特性情報の最適化を行い、最適化された前記特性情報と前記カラー画像に基づいて前記カラー反射除去画像を生成する  
請求項4に記載の画像処理装置。
- [請求項6] 前記反射除去画像生成部は、前記白黒偏光画像における鏡面反射に関する情報を前記特性情報として算出して、前記カラー画像の輝度成分と鏡面反射成分との相関を最小とする前記特性情報の最適化を行い

、前記カラー画像と最適化された前記特性情報を用いて前記カラー反射除去画像を生成する

請求項 5 に記載の画像処理装置。

[請求項7] 前記反射除去画像生成部は、前記鏡面反射成分の算出に用いる前記白黒偏光画像のストークスパラメータを前記特性情報として、前記特性情報で示された前記ストークスパラメータを初期値として前記最適化を行う

請求項 6 に記載の画像処理装置。

[請求項8] 前記鏡面反射を生じる被写体の反射面の角度を示す反射面情報を取得する反射面情報取得部をさらに備え、

前記反射除去画像生成部は、前記反射面情報取得部で取得された反射面情報と共に用いて前記白黒偏光画像の偏光特性を示す情報を前記特性情報として算出して、前記カラー画像に応じた前記特性情報の最適化を行い、前記カラー画像と最適化された前記特性情報と前記反射面情報取得部で取得された反射面情報を用いて前記カラー反射除去画像を生成する

請求項 5 に記載の画像処理装置。

[請求項9] 前記反射除去画像生成部は、白黒反射画像と白黒透過画像を前記特性情報として、前記カラー画像に基づくカラー反射画像とカラー透過画像との相関を最小とする前記特性情報の最適化を行う

請求項 8 に記載の画像処理装置。

[請求項10] 前記反射除去画像生成部は、前記白黒反射画像と前記白黒透過画像を初期値として前記特性情報の最適化を行う

請求項 9 に記載の画像処理装置。

[請求項11] 前記反射除去画像生成部は、幾何的相関または特徴量空間の相関を算出して、前記特性情報の最適化を行う

請求項 5 に記載の画像処理装置。

[請求項12] 前記反射除去画像生成部で生成された前記カラー反射除去画像と前

記特性情報の最適化で用いた評価指標を出力する出力部を有する  
請求項 5 に記載の画像処理装置。

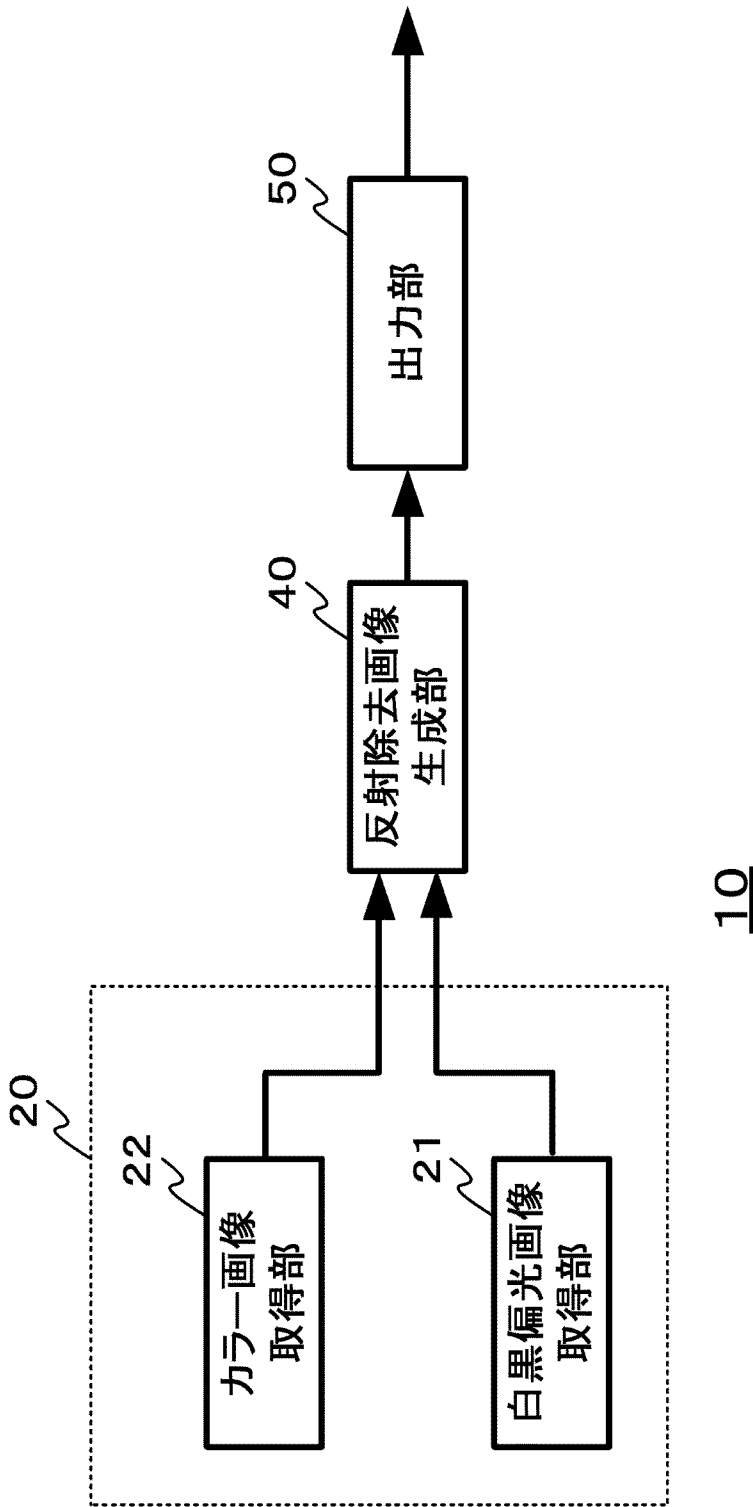
[請求項13] 前記出力部は、前記評価指標に基づく表示を、前記カラー反射除去  
画像の対応する位置に重畳させる  
請求項 1 2 に記載の画像処理装置。

[請求項14] 前記カラー画像は、RGB色空間、または輝度と色が分離している  
色空間の画像である  
請求項 1 に記載の画像処理装置。

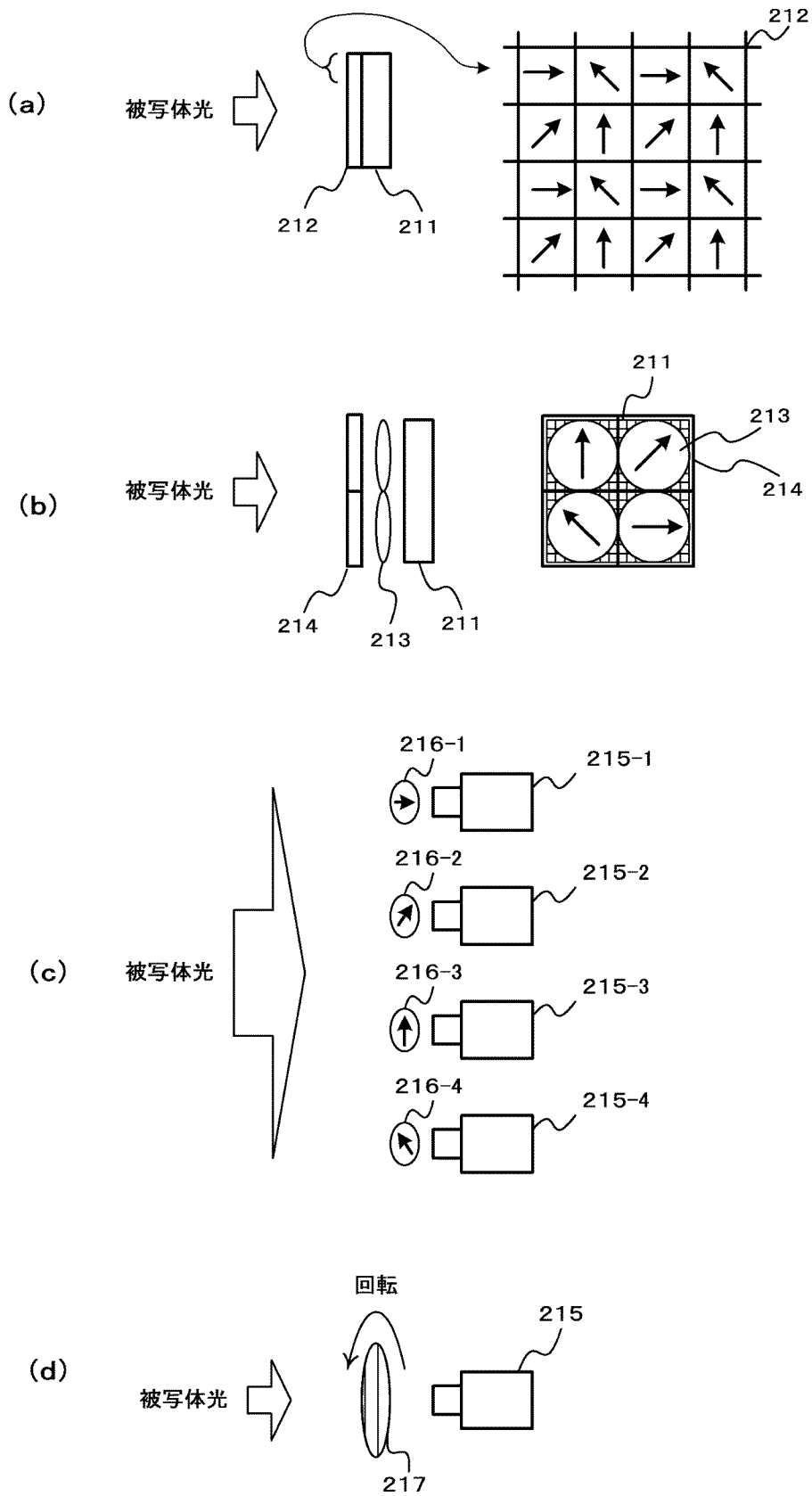
[請求項15] 白黒偏光画像に基づいて生成される白黒反射除去結果に関する特性  
情報を算出して、前記算出した特性情報を用いてカラー画像から鏡面  
反射を除いたカラー反射除去画像を反射除去画像生成部で生成するこ  
と  
を含む画像処理方法。

[請求項16] 画像処理をコンピュータで実行させるプログラムであって、  
白黒偏光画像に基づいて生成される白黒反射除去結果に関する特性  
情報を算出する手順と、  
前記算出した特性情報を用いてカラー画像から鏡面反射を除いたカ  
ラー反射除去画像を生成する手順と  
を前記コンピュータで実行させるプログラム。

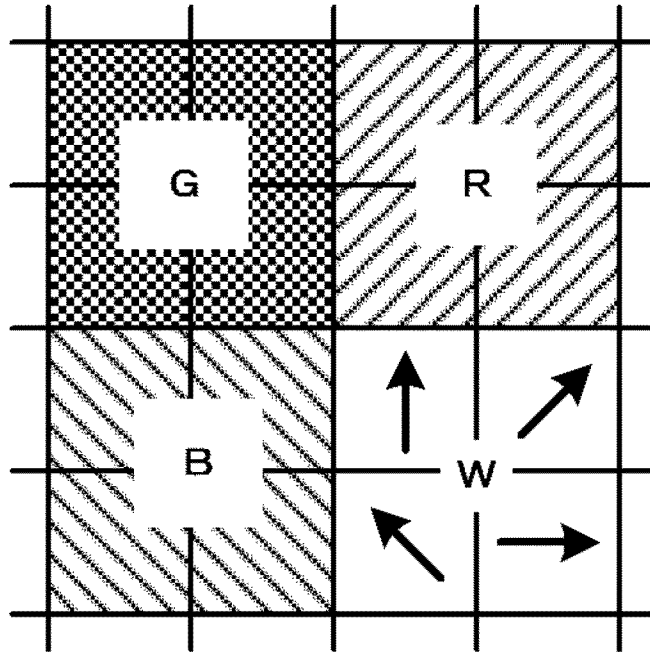
[図1]



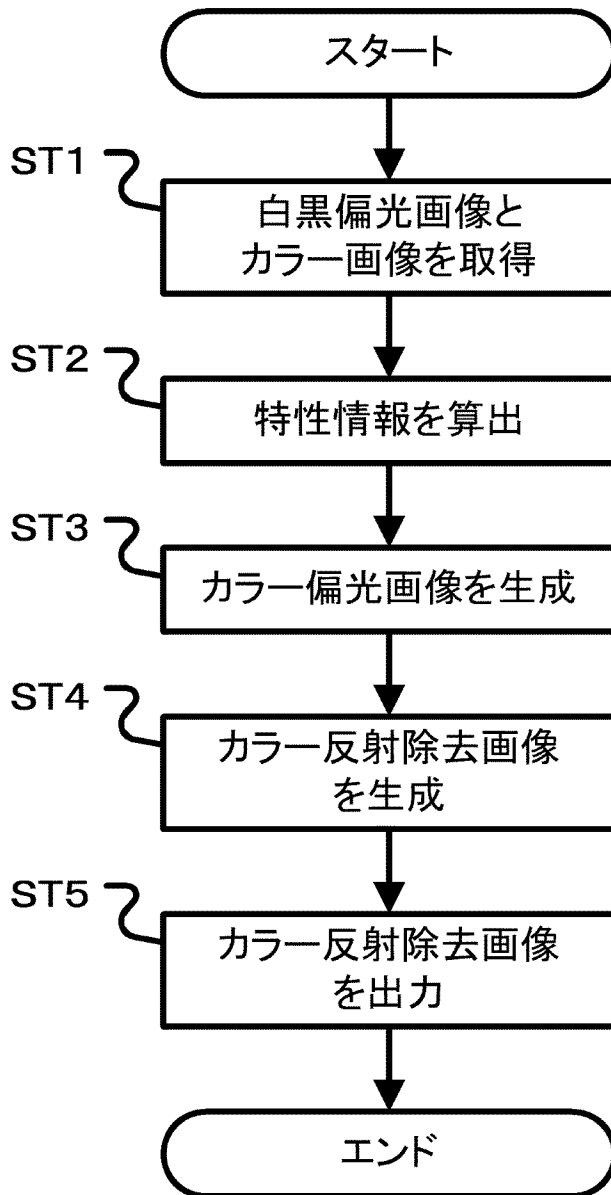
[図2]



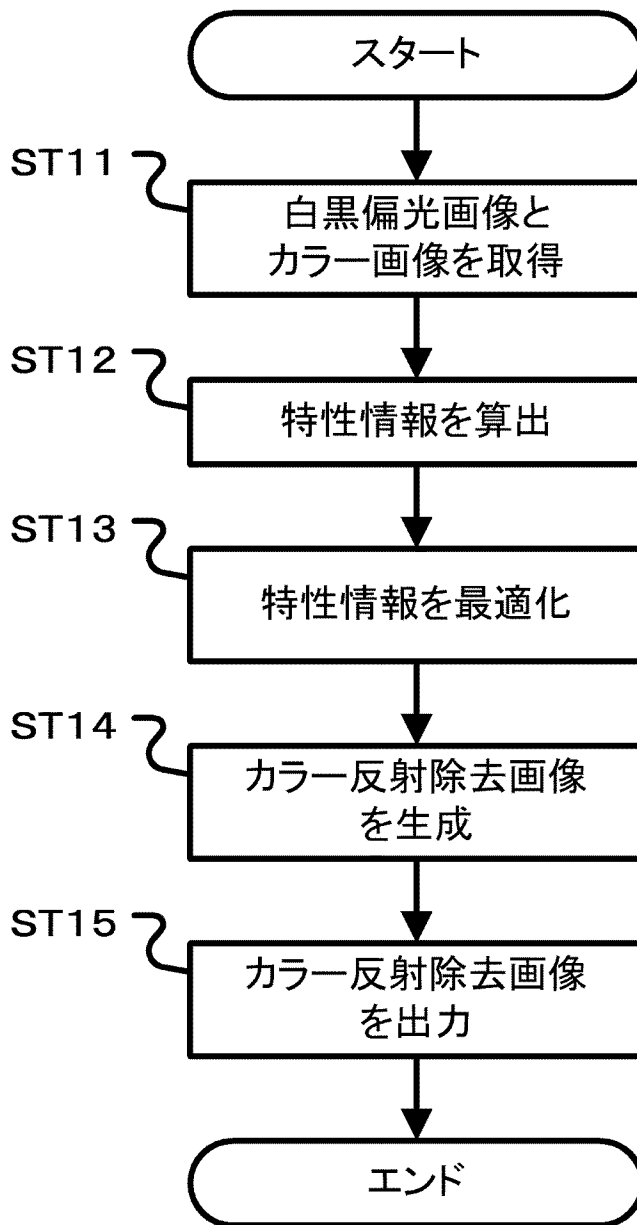
[図3]



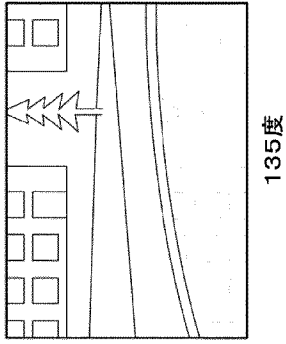
[図4]



[図5]

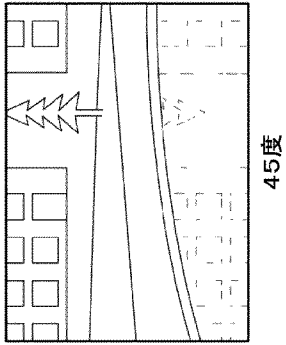


[図6]



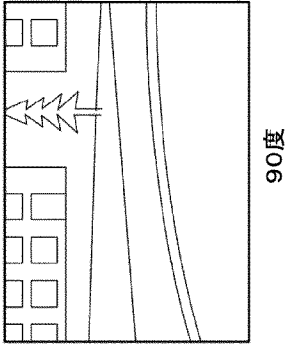
0度

(a)



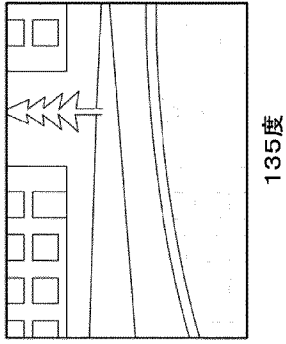
45度

(b)

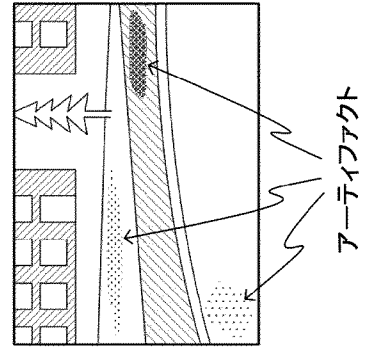


90度

(c)



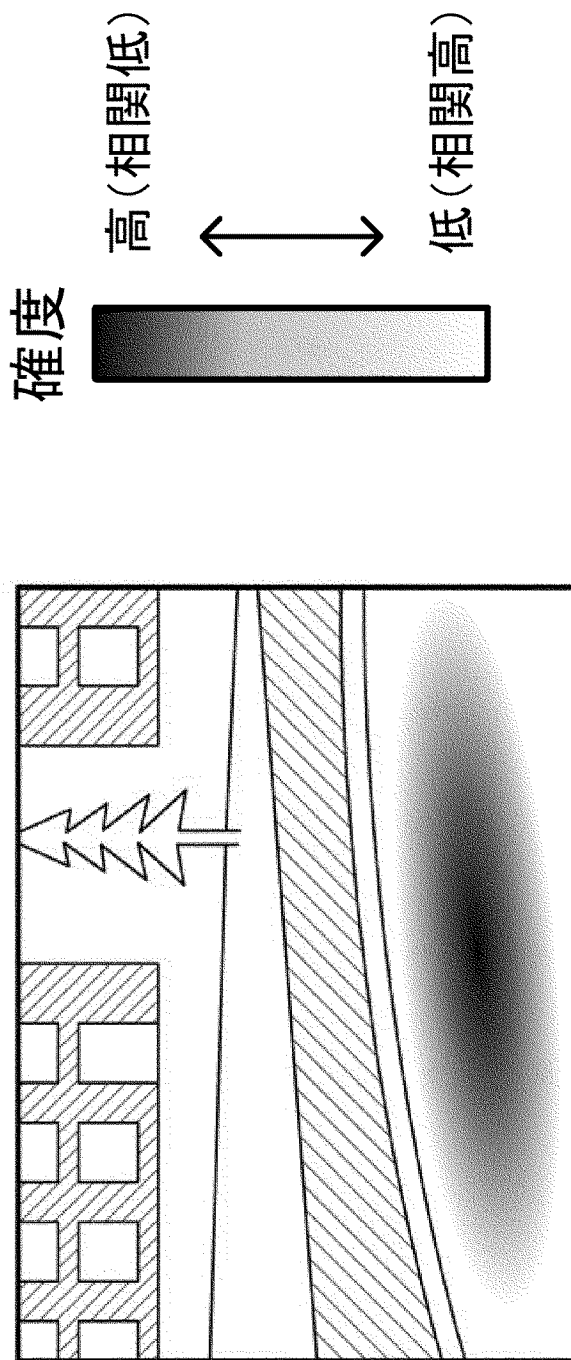
135度



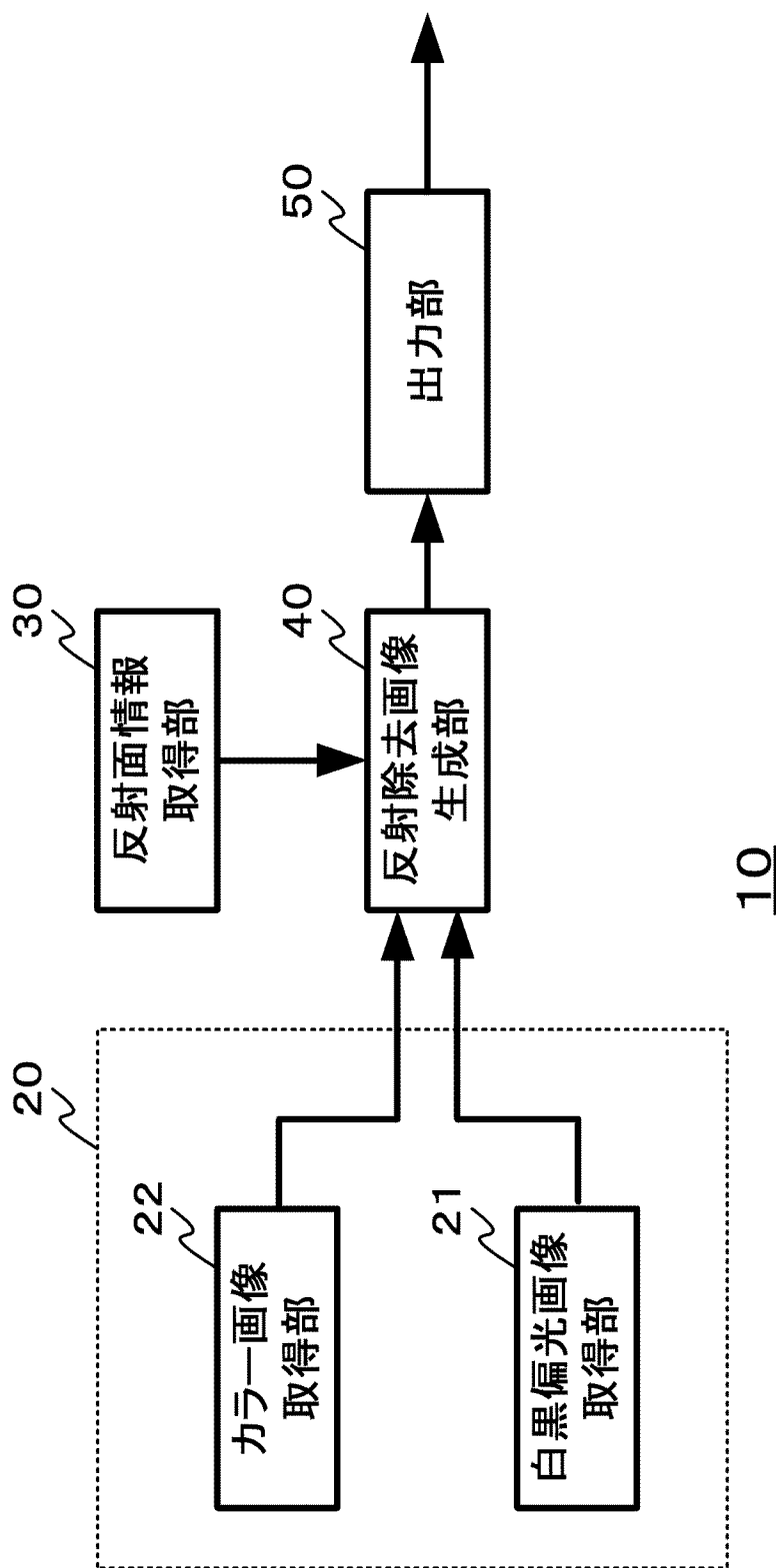
(d)

アーティファクト

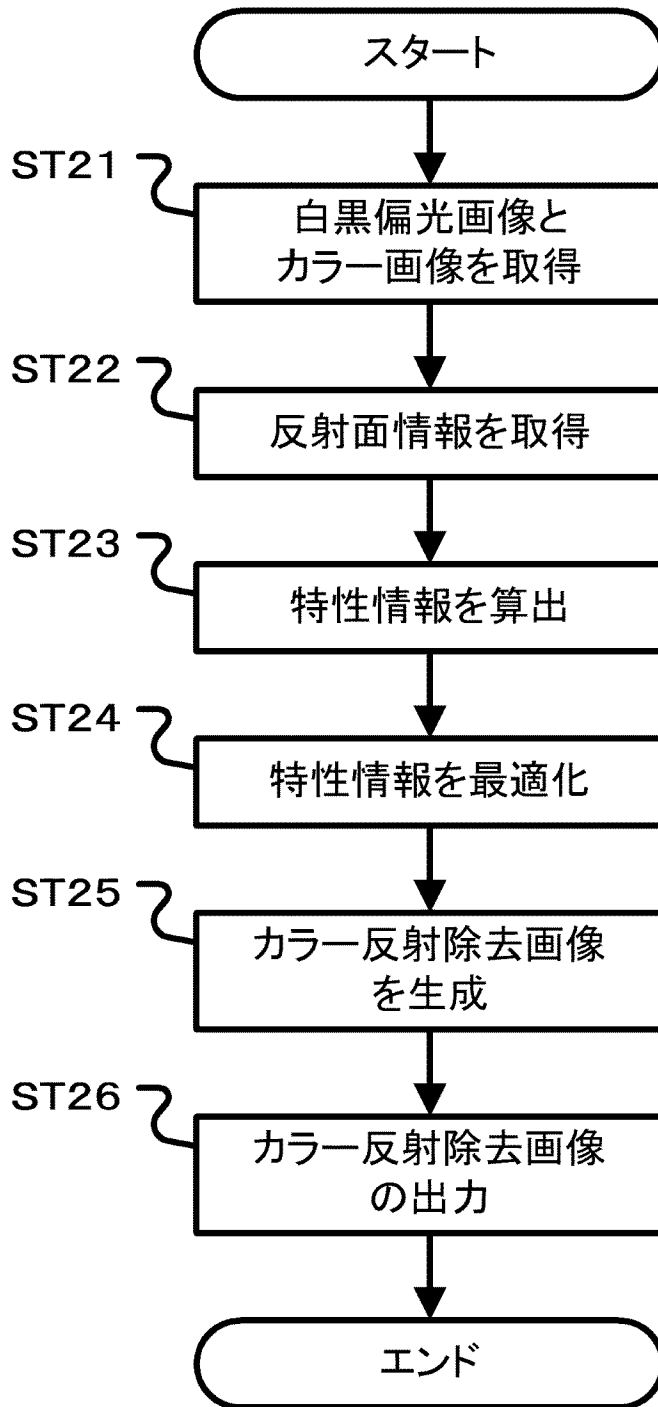
[図7]



[図8]



[図9]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/038543

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>H04N 5/232</i> (2006.01)i; <i>H04N 5/225</i> (2006.01)i; <i>H04N 9/07</i> (2006.01)i FI: H04N5/232 290; H04N5/225 400; H04N9/07 A		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04N5/232; H04N5/225; H04N9/07		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	伊藤 泉, 偏光カメラによる不可視情報可視化, SSII2015 第21回 画像センシングシンポジウム 講演論文集 [CD-ROM], Symposium on Sensing via Image Information. 10 June 2015, 109-1 to 109-3, non-official translation (ITO, Izumi. Visualization of invisible information with a polarized camera. Proceedings of SSII2015 21st Symposium on Sensing via Image Information.) page 1, left column, line 1 to page 2, left column, line 5	1, 4, 14-16
A		2-3, 5-13
A	JP 2016-127365 A (RICOH CO., LTD.) 11 July 2016 (2016-07-11) entire text, all drawings	1-16
A	JP 2013-148505 A (RICOH CO., LTD.) 01 August 2013 (2013-08-01) entire text, all drawings	1-16
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>14 December 2021</b>		Date of mailing of the international search report <b>28 December 2021</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2021/038543**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2016-127365 A	11 July 2016	(Family: none)	
JP 2013-148505 A	01 August 2013	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04N 5/232(2006.01)i; H04N 5/225(2006.01)i; H04N 9/07(2006.01)i FI: H04N5/232 290; H04N5/225 400; H04N9/07 A		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H04N5/232; H04N5/225; H04N9/07 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	伊藤 泉, 偏光カメラによる不可視情報の可視化, S S I I 2 0 1 5 第 2 1 回 画像 センシングシンポジウム 講演論文集 [CD-ROM] Symposium on Sensing via Image Information, 2015.06.10, 109-1~109-3 第 1 頁左欄第 1 行-第 2 頁左欄第 5 行	1,4,14-16
A		2-3,5-13
A	JP 2016-127365 A (株式会社リコー) 11.07.2016 (2016-07-11) 全文全文	1-16
A	JP 2013-148505 A (株式会社リコー) 01.08.2013 (2013-08-01) 全文全文	1-16
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの		
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）		
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
14.12.2021	28.12.2021	
名称及びあて先	権限のある職員（特許庁審査官）	
日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	津幡 貴生 5P 1591 電話番号 03-3581-1101 内線 3541	

国際調査報告  
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/038543

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2016-127365 A	11.07.2016	(ファミリーなし)	
JP 2013-148505 A	01.08.2013	(ファミリーなし)	