

(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
2024年5月16日(16.05.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/101113 A1

(51) 国際特許分類:
H04N 25/68 (2023.01) H04N 25/10 (2023.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/037971

(22) 国際出願日: 2023年10月20日(20.10.2023)

(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 2022-179582 2022年11月9日(09.11.2022) JP

(71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目1番1号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 三宅 利尚 (MIYAKE, Toshihisa); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目1番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 戸塚 篤史 (TOTSUKA, Atsushi); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目1番1号 ソニーセミコンダ

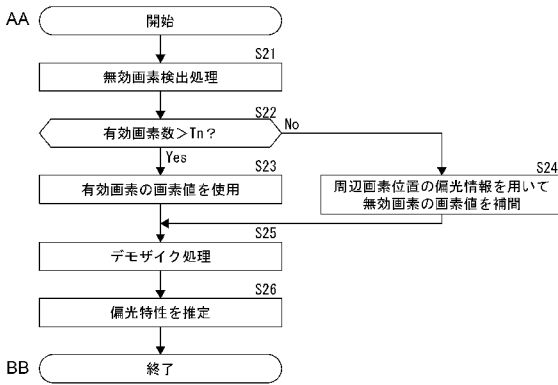
クタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 川瀬 里美(KAWASE, Satomi); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目1番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 平岡 琴子(HIRAOKA, Kotoko); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目1番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 奥池 和幸(OKUIKE, Kazuyuki); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目1番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人テクノピア国際特許事務所 (TECHNOPEER PATENTS & TRADEMARKS); 〒1030001 東京都中央区日本橋小伝馬町1番3号7階 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,

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

(54) 発明の名称: 画像処理装置、画像処理方法、プログラム



S21 Invalid pixel detection process
S22 Number of effective pixels > In?
S23 Use pixel value of effective pixel
S24 Interpolate pixel value of invalid pixel by using polarization information of surrounding pixel positions
S25 Demosaic process
S26 Estimate polarization characteristics
AA Start
BB End

(57) Abstract: This image processing device comprises: an image acquisition unit that acquires a plurality of polarization images with different polarization directions; and a polarization characteristic estimation unit that estimates polarization characteristics on the basis of polarization information of surrounding pixel positions for pixel positions in which the number of effective pixels determined on the basis of the plurality of polarization images is less than a threshold.

(57) 要約: 画像処理装置は、偏光方向の異なる複数の偏光画像を取得する画像取得部と、複数の偏光画像に基づいて求められる有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の偏光情報に基づいて偏光特性を推定する偏光特性推定部と、を備える。

KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,
ZM, 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, ME, 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))

明 細 書

発明の名称：画像処理装置、画像処理方法、プログラム

技術分野

[0001] 本技術は、偏光画像に基づいて偏光特性を推定する画像処理装置、画像処理方法、プログラムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1に記載された画像処理装置は、偏光方向が45度ずつ異なる4つの偏光画素のうち、1つの偏光画素において欠陥が検出された場合、欠陥が検出されていない3つの偏光画素の画素値に基づいて、欠陥が検出された偏光画素の画素値を推定する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2018/042815号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記した画像処理装置では、偏光方向が45度ずつ異なる4つの偏光画素のうち1つの偏光画素において欠陥が検出された場合、欠陥が検出された偏光画素の画素値を推定することが可能である。しかしながら、上記した画像処理装置では、例えば、偏光方向が45度ずつ異なる4つの偏光画素のうち2つ以上の偏光画素において欠陥が検出された場合、欠陥が検出された偏光画素の画素値を推定することができない。従って、上記した画像処理装置では、偏光方向が45度ずつ異なる4つの偏光画素のうち2つ以上の偏光画素において欠陥が検出された場合、偏光特性を推定することができない。

[0005] 本技術は上記課題に鑑み為されたものであり、有効画素数によらず偏光特性を推定することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本技術に係る画像処理装置は、偏光方向の異なる複数の偏光画像を取得す

る画像取得部と、複数の前記偏光画像に基づいて画素位置ごとの有効画素数を検出し、検出した有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の偏光情報に基づいて偏光特性を推定する偏光特性推定部と、を備える。

これにより、画像処理装置は、検出した有効画素数が閾値未満である画素位置について偏光特性を推定することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]本技術に係る第一実施形態としての画像処理装置の構成例を示したブロック図である。

[図2]偏光センサが有する画素アレイ部の構成例を示した図である。

[図3]画像取得処理により得られる各偏光方向の偏光画像を模式的に示した図である。

[図4]偏光特性推定処理の説明図である。

[図5]偏光情報画像成処理の説明図である。

[図6]第一実施形態における偏光特性推定処理の流れを示したフローチャートである。

[図7]無効画素検出処理の流れを示したフローチャートである。

[図8]有効画素が2つの場合の偏光特性推定処理を説明する図である。

[図9]第二実施形態における偏光特性推定処理の流れを示したフローチャートである。

[図10]周辺画素位置の一例を説明する図である。

[図11]周辺画素位置の一例を説明する図である。

[図12]周辺画素位置の一例を説明する図である。

[図13]周辺画素位置の一例を説明する図である。

[図14]周辺画素位置の一例を説明する図である。

[図15]周辺画素位置の一例を説明する図である。

[図16]画素値を補間する際に使用される偏光特性の決定の一例を説明する図である。

[図17]画素値を補間する際に使用される偏光特性の決定の一例を説明する図である。

[図18]画素値を補間する際に使用される偏光特性の決定の一例を説明する図である。

[図19]変形例における機械学習の一例を説明する図である。

[図20]変形例における機械学習の一例を説明する図である。

[図21]変形例における機械学習の一例を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、添付図面を参照し、本技術に係る実施形態を次の順序で説明する。

<1. 第一実施形態>

<2. 第二実施形態>

<3. 変形例>

<4. 実施形態のまとめ>

<5. 本技術>

[0009] <1. 第一実施形態>

図1は、本技術に係る第一実施形態としての画像処理装置1の構成例を示したブロック図である。

図1に示すように、画像処理装置1は、偏光センサ2、画像取得部3、第1信号処理部4、偏光特性推定部5、第2信号処理部6、メモリ部7及びバス8を備えている。ここで、バス8は、画像取得部3、第1信号処理部4、偏光特性推定部5及び第2信号処理部6がそれぞれメモリ部7を対象としたデータの読み出し及び書き込みが可能となるように設けられている。

[0010] 画像取得部3、第1信号処理部4、偏光特性推定部5及び第2信号処理部6は、それぞれがハードウェア構成であってもよく、また、1つのハードウェアによるソフトウェア構成であってもよい。ハードウェア構成である場合、画像取得部3、第1信号処理部4、偏光特性推定部5及び第2信号処理部6は、それぞれ異なる信号処理回路やコンピュータにより構成されるようにすればよい。また、ソフトウェア構成である場合、画像処理装置1は、例え

ばCPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory) 及びRAM (Random Access Memory) 等を有したマイクロコンピュータ等のコンピュータ装置として構成され、CPUがROM等に記憶されたプログラムを実行することで画像取得部3、第1信号処理部4、偏光特性推定部5及び第2信号処理部6として機能するようにすればよい。

[0011] 偏光センサ2は、画素ごとに所定の偏光方向の画素値（輝度値）を得るための画像センサである。なお、ここで言う画像センサとは、受光素子を有する画素が二次元に配列されたセンサを意味する。

[0012] 図2は、偏光センサ2が有する画素アレイ部2aの構成例を示した図である。図2に示すように、画素アレイ部2aは、受光素子であるフォトダイオードを有する画素Pxが二次元に配列されて形成されるものである。

[0013] 画素アレイ部2aは、複数の偏光画素ユニットPPが二次元配列されてなるカラー偏光画素ユニットPCを有する。

[0014] 偏光画素ユニットPPは、偏光方向=0度の光を選択的に受光する画素Pxと、偏光方向=45度の光を選択的に受光する画素Pxと、偏光方向=90度の光を選択的に受光する画素Pxと、偏光方向=135度の光を選択的に受光する画素Pxとの計四つの画素Pxが所定パターンで二次元配列されてなる。

なお、偏光画素ユニットPPについて、何種類の偏光方向の光を受光し分けるかについては任意である。また、偏光画素ユニットPPにおける画素Pxごとの偏光方向の刻み幅についても上記で例示した45度刻みに限定されるものではなく、他の刻み幅を採用可能である。

[0015] カラー偏光画素ユニットPCは、それぞれが異なる色成分の光を選択的に受光する複数種類の偏光画素ユニットPPが二次元に所定パターンで配列されてなる画素ユニットである。

具体的に、カラー偏光画素ユニットPCは、赤色（R）光のみを受光する一つの偏光画素ユニットPPと、緑色（G）光のみを受光する二つの偏光画素ユニットPPと、青色（B）光のみを受光する一つの偏光画素ユニットPP

Pとの計四つの偏光画素ユニットPPが二次元に所定パターンで配列されている。

図中では、赤色光を選択的に受光する偏光画素ユニットPPに右下がり斜線を、緑色光を選択的に受光する偏光画素ユニットPPに横線を、青色光を選択的に受光する偏光画素ユニットPPに左下がり斜線をそれぞれ付している。

本例のカラー偏光画素ユニットPCにおいては、赤色光、緑色光、青色光を受光する四つの偏光画素ユニットPPがベイヤ（Bayer）型に配列されている。

[0016] 画素アレイ部2aは、上記のようなカラー偏光画素ユニットPCが二次元に配列されてなる。すなわち、画素アレイ部2aは、カラー偏光画素ユニットPCが縦方向（列方向）及び横方向（行方向）にそれぞれ複数配列されてなる。

[0017] 画素アレイ部2aにおいて、各画素Pxは、所定の偏光方向の光を選択的に受光し、かつ、所定の色成分（波長帯）の光を選択的に受光することが可能に構成されている。例えば、画素Pxにおいては、偏光フィルタ及びカラーフィルタがフォトダイオードの前面に配置されている。

カラーフィルタは、所定の波長帯の光を選択的に透過する光学的バンドパスフィルタとして構成されている。例えば、赤色光を受光する画素Pxにおいては、カラーフィルタとして赤色光を選択的に透過する光学的バンドパスフィルタが形成される。また、緑色光を受光する画素Px、青色光を受光する画素Pxにおいては、それぞれカラーフィルタとして緑色光を選択的に透過する光学的バンドパスフィルタ、青色光を選択的に透過する光学的バンドパスフィルタが形成される。

偏光フィルタは、特定の方向（角度）に振動する直線偏光を選択的に透過する偏光子を有して構成される。偏光子の例としては、例えばワイヤーグリッドを用いたものや、フォトリソグラフィ等の結晶構造を有するものを挙げることができる。

[0018] 画像取得部3は、偏光センサ2により得られる撮像画像が入力され、撮像画像から同じ偏光方向の光を受光する画素同士の輝度値を抽出して偏光方向ごとの画像である偏光画像を取得する。

[0019] 図3Aは、偏光センサ2から出力される撮像画像（RAW画像）を模式的に示した図である。図3Bは、画像取得処理により得られる各偏光方向の偏光画像を模式的に示した図である。

[0020] 画像取得部3には、偏光センサ2から図3Aに示すような撮像画像（RAW画像）が入力される。なお、撮像画像は、静止画像であってもよく動画画像であってもよい。

画像取得部3は、入力された撮像画像をメモリ部7に書き込むとき、又は書き込んだ撮像画像をメモリ部7から読み出すときに、画像取得処理を行う。

[0021] 具体的には、図3Bに示すように、画像取得部3は、偏光方向＝0度の光を受光する画素P×同士の画素値を抽出して、偏光方向＝0度の画素値を示す画素のみでなる偏光画像（以下「0度画像」と表記する）を生成する。

また、画像取得部3は、偏光方向＝45度の光を受光する画素P×同士の画素値を抽出して、偏光方向＝45度の画素値を示す画素のみでなる偏光画像（以下「45度画像」と表記する）を生成する。

また、画像取得部3は、偏光方向＝90度の光を受光する画素P×同士の画素値を抽出して、偏光方向＝90度の画素値を示す画素のみでなる偏光画像（以下「90度画像」と表記する）を生成する。

また、画像取得部3は、偏光方向＝135度の光を受光する画素P×同士の画素値を抽出して、偏光方向＝135度の画素値を示す画素のみでなる偏光画像（以下「135度画像」と表記する）を生成する。

従って、同じ偏光画素ユニットPPに属する画素P×では、0度画像、45度画像、90度画像、135度画像の各偏光画像における同じ画素位置での画素値が得られることになる。なお、画素位置とは、偏光画像における座標（Xi、Yj）を表すものである。

[0022] 第1信号処理部4は、画像取得部3により取得された各偏光画像に対して画像信号処理を施す。具体的に、画像信号処理としては、ノイズリダクション処理、シェーディング処理やデモザイク等を含むものである。

ここで、第1信号処理部4は、偏光方向ごとの偏光画像に対して画像信号処理をそれぞれ行う。

[0023] 第1信号処理部4は、例えば、R、G、Bの画素がベイヤ配列された各偏光画像を対象としてデモザイク処理を行う。このとき、第1信号処理部4は、一般的なベイヤ配列対応のデモザイク処理を行うことができる。

[0024] なお、カラー対応の偏光センサ2について、偏光画素ユニットPPがベイヤ型に配列される例を挙げたが、カラー偏光画素ユニットPCにおいて、各色の偏光画素ユニットPPの配列はベイヤ型の配列に限定されるものではなく、デモザイク処理が可能な所定パターンによる配列とされればよい。

[0025] デモザイク処理により、0度画像、45度画像、90度画像、135度画像の各偏光画像では、画素位置ごとにR、G、Bの画素値（輝度値）が得られることになる。従って、各画素位置には、偏光方向=0度のR画素、G画素、B画素と、偏光方向=45度のR画素、G画素、B画素と、偏光方向=90度のR画素、G画素、B画素と、偏光方向=135度のR画素、G画素、B画素とが含まれているとも言える。

[0026] 偏光特性推定部5は、第1信号処理部4より出力される偏光画像の画素値に基づいて、各画素位置における色成分ごとの偏光特性を推定する偏光特性推定処理を行う。

[0027] 図4は、偏光特性推定処理の説明図である。

図4Aは、0度画像、45度画像、90度画像、135度画像を模式的に示した図である。図4Bは、偏光特性を模式的に示した図である。

偏光特性推定処理では、これら0度画像、45度画像、90度画像、135度画像に基づき、図4Bに示すような正弦波へのフィッティングを各画素位置における色成分ごとに行う。

[0028] ここで、入射光の偏光状態は、縦軸を輝度（画素値）、横軸を偏光方向と

した正弦波で表現される。従って、各偏光画像について、各画素位置における色成分ごとに、画素値（輝度値）に基づく正弦波のフィッティングを行うことで、各画素位置における色成分ごとの偏光特性を推定、算出することができる。

[0029] 正弦波にフィッティングされた偏光特性 f は（1）式のいずれかで表すことができる。

$$\begin{aligned} f(X_i, Y_j, R) &= \alpha_R \cdot \cos(\theta - \beta_R) + \gamma_R \\ f(X_i, Y_j, G) &= \alpha_G \cdot \cos(\theta - \beta_G) + \gamma_G \quad \dots (1) \\ f(X_i, Y_j, B) &= \alpha_B \cdot \cos(\theta - \beta_B) + \gamma_B \end{aligned}$$

ここで、（1）式において、 α は振幅、 β は位相、 γ はオフセットを示している。また、添字Rは赤色であることを示し、添字Gは緑色であることを示し、添字Bは青色であることを示している。従って、例えば α_R は赤色の偏光特性の振幅を示している。

[0030] 偏光特性推定部5は、0度、45度、90度、135度の各偏光画像に基づいて、各画素位置における色成分ごとの4つの異なる偏光方向の画素値（図4Aでは、 I_0 、 I_{45} 、 I_{90} 、 I_{135} と表記する）を（1）式に代入することにより、各画素位置における色成分ごとの振幅 α 、位相 β 及びオフセット γ を算出する。これにより、偏光特性推定部5は、各画素位置における色成分ごとの偏光特性を推定することができる。

[0031] 第2信号処理部6は、偏光特性推定部5により推定された偏光特性に基づいて偏光情報画像を生成する。また、第2信号処理部6は、偏光情報画像に対してガンマ補正等の画像処理を行う。

[0032] 図5は、偏光情報画像成処理の説明図である。

偏光特性推定処理により各画素位置における色成分ごとの偏光特性が推定されることで、その偏光特性に基づいて各種の偏光情報画像を生成可能となる。ここでは偏光情報画像として、反射強調画像、偏光成分画像、反射除去画像、平均画像を例示する。

[0033] 反射強調画像は、反射強調信号を算出することで得られる画像であり、図

5に示すように反射強調信号は偏光特性（正弦波）の最大値（ I_{max} ）として算出されるものである。そのため、第2信号処理部6は、各画素位置における各色成分ごとに正弦波の最大値を算出することで反射強調画像を生成することができる。

[0034] また、反射除去画像は、反射除去信号を算出することで得られる画像であり、図5に示すように反射除去信号は正弦波の最小値（ I_{min} ）として算出されるものである。そのため、第2信号処理部6は、各画素位置における各色成分ごとに正弦波の最小値を算出することで反射除去画像を生成することができる。

[0035] 偏光成分画像は、偏光成分信号を算出することで得られる画像であり、図5に示すように偏光成分信号は正弦波の振幅として算出されるものである。そのため、第2信号処理部6は、各画素位置における各色成分ごとに正弦波の最大値と平均値（ I_c ）との差分値（ $I_{max} - I_c$ ）を算出することで偏光成分画像を生成することができる。

[0036] 平均画像は、正弦波の平均値を算出することで得られる画像であり、第2信号処理部6は、各画素位置における各色成分ごとに正弦波の平均値（ I_c ）を算出することで平均画像を生成することができる。

[0037] なお、第2信号処理部6で生成可能な偏光情報画像としては、上記で例示した反射強調画像、偏光成分画像、反射除去画像、平均画像の4種に限定されるものではない。

[0038] ところで、偏光センサ2では、偏光フィルタを通過した光を各画素 $P \times$ で受光しているため、偏光特性に起因して偏光方向によって画素値が小さくなったり、大きくなったりする。そのため、偏光センサ2で得られる撮像画像では、飽和画素や黒つぶれ画素等が生じやすい。

[0039] また、偏光センサ2によっては、例えば、1つの画素内に瞳分割した光が入射する一対の受光素子（ダイオード）を有する位相差検出画素が設けられていることがある。そして、位相差編出画素はデフォーカス量を算出するために設けられており、撮像画像を得るために設けられていない。

そして、飽和画素や黒つぶれ画素、撮像画像を得ることがない位相差検出画素等の無効画素の画素値に基づいて偏光特性を推定してしまうと、偏光特性を精度よく推定することができない。

[0040] そこで、偏光特性推定部5は、複数の偏光画像に基づいて各画素位置における色成分ごとの有効画素数を検出し、検出した有効画素数が閾値未満である色成分について、同一の画素位置における他の色成分の偏光情報に基づいて偏光特性を推定する。

なお、以下では、飽和画素や黒つぶれ画素、位相差編出画素のように意図的に除外する必要がある画素（以下、欠陥画素と表記する）、すなわち、偏光特性を推定するときに計算に用いることができない、又は、ふさわしくない画素をまとめて無効画素と表記する。また、無効画素以外の画素、すなわち、偏光特性を推定するときに計算に用いることが可能な画素をまとめて有効画素と表記する。

[0041] 図6は、第一実施形態における偏光特性推定処理の流れを示したフローチャートである。図7は、無効画素検出処理の流れを示したフローチャートである。

[0042] 図6に示すように、偏光特性推定部5は、偏光特性推定処理を実行すると、まず、各画素位置に含まれる全ての画素（色成分及び偏光方向の組み合わせによる画素）をそれぞれ対象画素とし、対象画素が無効画素であるかをそれぞれ検出する無効画素検出処理を行う（ステップS1）。

[0043] 図7に示すように、偏光特性推定部5は、無効画素検出処理を開始すると、対象画素が飽和画素であるかを判定する（ステップS11）。

[0044] 対象画素が飽和画素でないと判定した場合（ステップS11でN）、偏光特性推定部5は、対象画素が黒つぶれ画素であるかを判定する（ステップS12）。

[0045] 対象画素が黒つぶれ画素でないと判定した場合（ステップS12でN）、偏光特性推定部5は、対象画素が予め設定された欠陥画素であるかを判定する（ステップS13）。

[0046] 対象画素が欠陥画素でないとは判定した場合（ステップS13でNo）、偏光特性推定部5は、対象画素がノイズ画素であるかを判定する（ステップS14）。ここでは、対象画素が、周辺画素位置における例えば同じ色成分の画素の画素値の平均値に対して所定値以上の差がある場合にノイズ画素と判定される。なお、周辺画素位置については後述する。

[0047] 対象画素が飽和画素、黒つぶれ画素、欠陥画素及びノイズ画素のいずれでもないとは判定した場合（ステップS11～ステップS14でNo）、偏光特性推定部5は、対象画素を有効画素として検出する。

[0048] 一方、対象画素が飽和画素、黒つぶれ画素、欠陥画素又はノイズ画素のいずれかであると判定した場合（ステップS11～ステップS14のいずれかでYes）、偏光特性推定部5は、対象画素を無効画素として検出する。

[0049] 無効画素検出処理が終了すると、偏光特性推定部5は、各画素位置における色成分ごとの有効画素数が閾値 T_n より多いかを判定する（ステップS2）。

ここで、上記したように、偏光特性は（1）式によって表すことができる。そして、（1）式では、振幅 α 、位相 β 及びオフセット γ の3つが未知数である。そのため、偏光特性推定部5は、0度、45度、90度、135度の4つの偏光方向の画素のうち、3つの画素が有効画素であれば、（1）式を用いて3つの未知数を算出することが可能である。

そこで、閾値 T_n には、（1）式を用いて3つの未知数を算出可能な値（2）が設定されている。

[0050] 従って、各画素位置における色成分ごとの有効画素数が閾値 T_n である2よりも多い場合、すなわち、有効画素数が3又は4である場合、偏光特性推定部5は、有効画素の画素値を（1）式に代入して連立させることにより、（1）式の未知数である振幅 α 、位相 β 及びオフセット γ を算出する。

これにより、偏光特性推定部5は、算出対象となった色成分の偏光特性を推定することができる（ステップS3）。

[0051] 一方で、0度、45度、90度、135度の4つの偏光方向の画素のうち

、有効画素が2つの以下である場合、(1)式を用いて3つの未知数を算出することができない。

しかしながら、同一の画素位置における各色成分については同じ光源からの光を受光して得られているため、同一の画素位置におけるそれぞれの色成分の偏光特性（正弦波のフィッティング）のうち位相 β は同一又は略同一である可能性が高い。

[0052] そこで、偏光特性推定部5は、各画素位置における色成分ごとの有効画素数が2つ（閾値 T_n ）であるかを判定する（ステップS4）。ここでは、同一の画素位置における同一の色成分の4つの偏光方向の画素のうち2つが有効画素であるかが判定されることになる。

[0053] そして、有効画素が2つである場合（ステップS4でYes）、偏光特性推定部5は、2つの有効画素の画素値、及び、同一の画素位置における他の色成分の位相 β に基づいて、偏光特性の推定を行う（ステップS5）。

[0054] 図8は、有効画素が2つである場合の偏光特性推定処理を説明する図である。なお、図8において、黒塗り丸は所定の画素位置における赤色の画素値（輝度値）を示し、黒塗り四角はその画素位置における緑色の画素値を示し、実線はその画素位置における赤色の偏光特性を示し、一点鎖線はこれから推定するその画素位置における緑色の偏光特性を示す。

[0055] 図8では、赤色については0度、45度、90度及び135度のいずれの偏光方向でも有効画素として検出されており、赤色の偏光特性もステップS4で算出されているとする。従って、赤色については、(1)式における振幅 α_R 、位相 β_R 及びオフセット γ_R が全て算出されているとする。

[0056] また、緑色については45度及び135度の偏光方向で有効画素として検出され、0度及び90度の偏光方向で無効画素として検出されたとする。このような場合、有効画素の画素値のみでは(1)式を用いて振幅 α_G 、位相 β_G 及びオフセット γ_G を算出することができない。

[0057] そこで、偏光特性推定部5は、緑色の偏光特性を算出する際に、同一の画素位置における例えば赤色の偏光特性の位相 β_R を用いる。すなわち、偏光特

性推定部5は、有効画素である45度及び135度の偏光方向についての画素値、及び、下記の(2)式を用いて緑色の偏光特性(図8における一点鎖線)を算出する。

$$f(X_i, Y_j, G) = \alpha_G \cdot \cos(\theta - \beta_R) + \gamma_G \quad \dots (2)$$

[0058] これにより、偏光特性推定部5は、4つの偏光方向の偏光画像を取得する場合において偏光特性を正弦波でフィッティングする際に、各画素位置における所定の色成分の有効画素が2つであっても偏光特性を推定することができる。

[0059] なお、第一実施形態では、各画素位置における所定の色成分の有効画素が1つ以下である場合(ステップS4でNo)、偏光特性を推定することができないが、下記に示す第二実施形態における偏光特性推定処理を用いることで偏光特性を推定することが可能である。

[0060] <2. 第二実施形態>

続いて、第二実施形態について説明する。

第一実施形態では、無効画素がある場合に同一の画素位置における異なる色成分の偏光特性を用いて偏光特性を推定する例としたが、第二実施形態では、周辺画素位置の画素値又は偏光特性を用いて偏光特性を推定する。

なお以下の説明において、既に説明済みとなった部分と同様となる部分については同一符号を付して説明を省略する。

また、周辺画素位置の画素値及び偏光特性をまとめて偏光情報と表記する。偏光情報には、周辺画素位置の画素値及び偏光特性のほかに、周辺画素位置における偏光に関する他の情報が含まれていてもよい。

[0061] 第二実施形態において、第1信号処理部4は、ノイズリダクション処理、シェーディング処理等、画像フィルタを用いた画像信号処理を行うが、デモザイク処理を行わない。従って、第1信号処理部4における画像信号処理後の偏光方向ごとの偏光画像では、デモザイク処理が行われていないことから、画素位置ごとに1つの色成分の画素(R画素、G画素、B画素のいずれか)のみが含まれることになる。

[0062] そして、偏光特性推定部5は、デモザイク処理が行われていない偏光方向ごとの偏光画像を用いて偏光特性推定処理を行う。

[0063] 図9は、第二実施形態における偏光特性推定処理の流れを示したフローチャートである。

[0064] 図9に示すように、偏光特性推定部5は、偏光特性推定処理を実行すると、まず、各画素位置における無効画素を検出する無効画素検出処理を行う（ステップS21）。なお、無効画素検出処理は、第一実施形態と同様である。

[0065] 続いて、偏光特性推定部5は、各画素位置における有効画素数が閾値 T_n より多いかを判定する（ステップS2）。なお、閾値 T_n は、第一実施形態と同様である。

[0066] 従って、各画素位置における有効画素数が閾値 T_n である2よりも多い場合（ステップS22でYes）、すなわち、有効画素数が3又は4である場合、偏光特性推定部5は、（1）式を用いて正弦波のフィッティングが可能であると判断し、有効画素の画素値をそのまま使用する決定を行う（ステップS23）。

[0067] 一方、0度、45度、90度、135度の4つの偏光方向の画素のうち、有効画素が閾値 T_n 未満（2つ以下）である場合（ステップS22でNo）、（1）式を用いて3つの未知数を算出することができない。

そこで、偏光特性推定部5は、検出された無効画素の画素値を、周辺画素位置の偏光情報を用いて補間する（ステップS24）。

[0068] 図10～図15は、周辺画素位置の一例を説明する図である。偏光センサ2で得られた撮像画像において、有効画素が2以下である画素位置の画素群を対象画素群PSとした場合に、図10の例では、対象画素群PSの上下左右にそれぞれ隣接する画素群を周辺画素群PNとする。

また、図11の例では、対象画素群PSの上下左右にそれぞれ隣接する画像群と、斜め方向（右上、右下、左上、左下）に隣接する4つの画素群とを周辺画素群PNとする。

また、図12の例では、対象画素群PSと同一の色成分の画素群のうち、上下左右にそれぞれ最も近接する画素群を周辺画素群PNとする。

また、図13の例では、対象画素群PSと同一の色成分の画素群のうち、上下左右にそれぞれ最も近接する画素群と、斜め方向（右上、右下、左上、左下）に最も近接する4つの画素群とを周辺画素群PNとする。

また、図14の例では、対象画素群PSと同じカラー偏光画素ユニットPCに基づく画素群を周辺画素群PNとする。

また、図15の例では、撮像画像におけるエッジに対して対象画素群PSと同一方向に位置する画素群を周辺画素群PNとする。

[0069] 偏光特性推定部5は、図10～図15に示された例のいずれかを用いて周辺画素群PNを決定し、決定した周辺画素群PNに対応する偏光画像の画素位置を周辺画素位置として決定する。

[0070] このようにして周辺画素位置が決定されると、偏光特性推定部5は、周辺画素位置の偏光特性を算出する。なお、ここでは、有効画素数が3又は4である周辺画素位置の偏光特性だけを算出するようにしてもよい。換言すると、有効画素数が2以下である周辺画素位置を除外するようにしてもよい。これにより、より精度の高い偏光特性を用いて無効画素の画素値を推定することが可能となる。

[0071] そして、周辺画素位置の偏光特性を算出すると、偏光特性推定部5は、周辺画素位置の偏光特性が複数得られた場合、無効画素の画素値を補間する際に使用する周辺画素位置を決定する。

[0072] 図16～図18は、画素値を補間する際に使用される周辺画素位置の決定の一例を説明する図である。

[0073] 図16の例では、周辺画素位置における複数（2つ）の偏光特性を実線及び一点鎖線で示している。また、有効画素数が2以下である画素位置（以下、対象画素位置と表記する）の有効画素の画素値を黒塗り四角で示している。図16の例では、偏光特性推定部5は、周辺画素位置における複数の偏光特性と、対象画素位置の有効画素の画素値との差分を算出する。そして、偏

光特性推定部5は、対象画素位置の有効画素の画素値との差分が最も小さい偏光特性に対応する周辺画素位置を選択する。この場合、黒塗り四角に最も近い実線で示される偏光特性に対応する周辺画素位置が選択される。これにより、対象画素位置の有効画素から得られる偏光特性を最も表している周辺画素位置が選択されることになる。

[0074] 図17の例では、1つの周辺画素位置における有効画素の画素値を黒塗り丸で示し、他の周辺画素位置における有効画素の画素値を黒塗り三角で示している。また、対象画素位置の有効画素の画素値を黒塗り四角で示している。図17の例では、偏光特性推定部5は、各周辺画素位置における複数の有効画素の画素値と、対象画素位置の有効画素の画素値との差分を同一の偏光方向についてそれぞれ算出する。そして、偏光特性推定部5は、対象画素位置の有効画素の画素値との差分の和が最も小さくなる周辺画素位置を選択する。すなわち、偏光特性推定部5は、対象画素位置における有効画素の画素値との差分が最も小さくなる画素値が含まれる周辺画素位置を選択する。この場合、黒塗り三角で示す画素を含む周辺画素位置が選択される。これにより、対象画素位置の有効画素と最も値に近い画素を有する周辺画素位置が選択されることになる。

[0075] 図18の例では、周辺画素位置における複数の偏光特性を細い実線、太い実線、細い一点鎖線及び太い一点鎖線でそれぞれ示している。図18の例では、偏光特性推定部5は、周辺画素位置における複数の偏光特性のうち、同様の傾向を示す偏光特性が多いものを選択する。ここで、同様の傾向とは、例えば位相 β が所定範囲内に含まれていることである。従って、ここでは、細い実線、太い実線及び太い一点鎖線で示される偏光特性が同様の傾向を示しているため、これらの偏光特性に対応する周辺画素位置のいずれかが選択される。これにより、対象画素位置の周辺での偏光特性を最も表している周辺画素位置が選択されることになる。

[0076] このように、偏光特性推定部5は、図16～図18に示された例のいずれかを用いて複数の周辺画素位置のいずれかを選択すると、選択した周辺画素

位置の偏光情報（偏光特性、画素値）に基づいて無効画素の画素値を補間する。

[0077] ここでは、対象画素位置における有効画素数が1又は2である場合、偏光特性推定部5は、選択した周辺画素位置における偏光特性のオフセット γ を抽出する。また、偏光特性推定部5は、対象画素位置における有効画素の平均値を算出する。

[0078] そして、選択した周辺画素位置における有効画素と同一の偏光方向での画素値からオフセット γ を減算した値と、有効画素の画素値から算出した平均値を減算した値との比率をゲインとして算出する。

[0079] そして、偏光特性推定部5は、選択した周辺画素位置における無効画素と同一の偏光方向での画素値にゲインを掛けて平均値を加算することにより、無効画素の画素値を算出する。

[0080] また、偏光特性推定部5は、有効画素数が0である場合、すなわち、対象画素位置の全ての画素が無効画素である場合、例えば無効画素が全て飽和画素であれば、選択した周辺画素位置における無効画素と同一の偏光方向での画素値に飽和値を加算した値を無効画素の画素値とする。

[0081] また、偏光特性推定部5は、例えば無効画素が全て黒つぶれ画素であれば、選択した周辺画素位置の偏光特性の最大値が0となるように、選択した周辺画素位置をオフセットさせた後に、オフセットさせた偏光特性における無効画素と同一の偏光方向での画素値を無効画素の画素値とする。

[0082] このようにして無効画素の画素値を補間すると、偏光特性推定部5は、有効画素の画素値及び無効画素の補間された画素値を用いて各偏光画像に対してデモザイク処理を行う（ステップS25）。

[0083] 続いて、偏光特性推定部5は、各画素位置における色成分ごとの偏光特性を算出する（ステップS26）。

[0084] これにより、画像処理装置1では、各画素位置における無効画素の数によらず、無効画素の画素値を周辺画素位置の偏光情報に基づいて補間することで、その画素位置での偏光特性を推定することが可能となる。

[0085] 従って、画像処理装置 1 では、無効画素の画素数によらず偏光情報画像を生成することができる。

[0086] <4. 変形例>

以上、実施形態としての画像処理装置 1 について、具体的な例を二つ挙げて説明したが、実施形態としての画像処理装置は上記により説明した具体例に限定されるものではなく、多様な変形例としての構成を採り得る。

例えば、上記では画像処理装置 1 の装置構成として、偏光センサ 2 を備えた装置構成を例示したが、画像処理装置 1 の装置構成としては偏光センサ 2 を備えない形態もあり得る。

[0087] また、上記した実施形態では、偏光センサ 2 がカラー画像を得るようにした。しかしながら、偏光センサ 2 はモノクロ画像を得るようにしてもよい。この場合、図 10 又は図 11 に示した周辺画素群 P N に対応する周辺画素位置の偏光情報に基づいて、無効画素の画素値を補間するようによい。

[0088] また、上記した実施形態では、偏光センサ 2 は、異なる偏光方向の画素が二次元的に配列されるようにした。しかしながら、偏光センサ 2 は、異なる偏光方向のフィルタを交換可能にし、異なる偏光方向ごとの偏光画像をそれぞれ撮像させることで、画像取得部 3 は異なる偏光方向の偏光画像を取得するようによい。

[0089] また、上記した第一実施形態において、デモザイク処理前に無効画素検出処理を実行し、無効画素が検出された場合には例えば線形補間等の既知の補間方法により、デモザイク処理前に検出された無効画素の画素値を補間するようによい。

[0090] また、上記した第二実施形態における無効画素の画素値の補間方法は一例に限らず、周辺画素位置の偏光情報を用いて、対象画素位置の無効画素の画素値を補間することができるのであれば他の方法であってもよい。

[0091] 例えば、偏光特性推定部 5 は、機械学習によって無効画素の画素値を推定（補間）するようによい。この場合、図 19 に示すように、画像処理装置 1 は偏光特性推定部 5 としての学習装置を備え、学習フェーズにおいて

学習装置（偏光特性推定部5）は、対象画素位置の画素値を教師データとして用い、周辺画素位置の画素値から教師データを得るための予測モデルを学習する。そして、推定フェーズでは、学習装置（偏光特性推定部5）は、予測モデル及び周辺画素位置の画素値を用いて、無効画素の画素値を推定（補間）する。

[0092] また、図20に示すように、学習フェーズにおいては、周辺画素位置の画素の中に、有効画素のみならず、無効画素を含ませるようにしてもよい。これにより、推定フェーズでは、学習装置（偏光特性推定部5）は、予測モデル及び周辺画素位置の画素値を用いて、周辺画素位置の画素の中に無効画素が含まれていたとしても、対象画素位置の無効画素の画素値を推定（補間）することが可能となる。

[0093] また、偏光特性推定部5は、機械学習によって無効画素を含む対象画素位置の偏光特性を推定（補間）するようにしてもよい。この場合、図21に示すように、学習フェーズにおいては、学習装置は、対象画素位置の偏光特性を教師データとして用い、周辺画素位置の偏光特性から教師データを得るための予測モデルを学習する。そして、推定フェーズでは、学習装置は、予測モデル及び周辺画素位置の偏光特性を用いて、無効画素を含む対象画素位置の偏光特性を推定（補間）する。

[0094] <4. 実施形態のまとめ>

上記により説明したように、画像処理装置1は、偏光方向の異なる複数の偏光画像を取得する画像取得部3と、複数の偏光画像に基づいて求められる有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の偏光情報に基づいて偏光特性を推定する偏光特性推定部5と、を備える。

これにより、画像処理装置1は、有効画素数が閾値未満である画素位置について偏光特性を推定することが可能となる。

具体的には、画像処理装置1は、偏光特性が正弦波で表される場合であって、4つの偏光方向の画素のうち2つ以上の画素が無効画素であったとしても、偏光特性を推定することが可能である。

従って、画像処理装置 1 は、有効画素数によらず偏光特性を推定することができる。

[0095] また、偏光画像はカラー画像であり、偏光特性推定部 5 は、複数の偏光画像に基づいて求められる各画素位置における有効画素数が閾値未満である色成分について、同一の画素位置における他の色成分の偏光情報に基づいて偏光特性を推定する。

これにより、画像処理装置 1 は、偏光特性が正弦波で表される場合であって、4つの偏光方向の画素のうち2つの無効画素があったとしても、他の色成分の偏光特性を用いて、2つの無効画素を有する色成分の偏光特性を推定することが可能である。

[0096] また、偏光特性は正弦波で示されており、偏光特性推定部 5 は、有効画素数が閾値未満である色成分について、同一の画素位置における他の色成分の偏光特性の位相を用いて偏光特性を推定する。

同一の画素位置においては、異なる色成分間での位相 β が同一又はほぼ同一であるため、画像処理装置 1 は、偏光特性が正弦波で表される場合であって、4つの偏光方向の画素のうち2つの無効画素があったとしても、他の色成分の位相 β を用いて、2つの無効画素を有する色成分の偏光特性を精度よく推定することが可能である。

[0097] また、偏光特性推定部 5 は、有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の偏光情報に基づいて無効画素の画素値を補間する。

これにより、画像処理装置 1 では、有効画素数によらず、周辺画素位置の偏光情報に基づいて無効画素の画素値を補間することができる。

[0098] また、偏光特性推定部 5 は、有効画素数が閾値未満である画素位置について、有効画素の画素値、及び、推定された無効画素の画素値に基づいて偏光特性を推定する。

これにより、画像処理装置 1 は、推定された無効画素の画素値を用いて偏光特性を推定することができる。このとき、無効画素は、周辺画素位置の偏光情報に基づいて画素値が推定されているため、画像処理装置 1 は、有効画

素数が閾値未満である画素位置について、有効画素数によらず、偏光特性を精度よく推定することができる。

[0099] また、偏光特性推定部 5 は、複数の周辺画素位置で偏光特性が得られた場合、有効画素の画素値との差分が最も少ない偏光特性が得られる周辺画素位置の偏光情報に基づいて無効画素の画素値を補間する。

これにより、画像処理装置 1 は、複数の周辺画素位置で得られた偏光特性のうち、有効画素数が閾値未満である画素位置における偏光特性と最も似ている偏光特性が得られる周辺画素位置の偏光情報に基づいて無効画素の画素値を補間することができる。

従って、画像処理装置 1 は、無効画素の画素値を精度よく補間することができる。

[0100] 偏光特性推定部 5 は、周辺画素位置が複数ある場合、有効画素数が閾値未満である画素位置における有効画素の画素値との差分が最も小さくなる画素値が含まれる周辺画素位置の偏光情報に基づいて無効画素の画素値を補間する。

これにより、画像処理装置 1 は、複数の周辺画素位置での画素値のうち、有効画素数が閾値未満である画素位置における有効画素の画素値と最も近い値の画素値を有する周辺画素位置の偏光情報に基づいて無効画素の画素値を補間することができる。

従って、画像処理装置 1 は、無効画素の画素値を精度よく補間することができる。

[0101] 偏光特性推定部 5 は、複数の周辺画素位置で偏光特性が得られた場合、周辺画素位置での偏光特性のうち、同様の傾向を示す偏光特性が得られる周辺画素位置の偏光情報に基づいて無効画素の画素値を補間する。

これにより、画像処理装置 1 は、同様の傾向を示す偏光特性が得られる周辺画素位置の偏光情報に基づいて無効画素の画素値を補間することができる。

。

従って、画像処理装置 1 は、無効画素の画素値を精度よく補間することが

できる。

[0102] 周辺画素位置は、有効画素数が閾値未満である画素位置に隣接した画素位置である。

これにより、画像処理装置 1 は、偏光特性が似ている可能性が高い最も近接した周辺画素位置での偏光情報に基づいて無効画素の画素値を精度よく補間することができる。

[0103] 周辺画素位置は、有効画素数が閾値未満である画素位置の画素群と同一の色成分でかつ最も隣接した画素群に対応する画素位置である。

これにより、同一の色成分の周辺画素位置の偏光情報に基づいて、無効画素の画素値を補間することができるため、画像処理装置 1 は、無効画素の画素値を精度よく推定することができる。

[0104] 周辺画素位置は、異なる色成分の画素が二次元に所定パターンで配列されてなる画素ユニットにおいて、有効画素数が閾値未満である画素位置の画素群と同一の画素ユニットに含まれる画素群に対応する画素位置である。

これにより、同一の画素ユニットに含まれる画素群の偏光情報に基づいて、無効画素の画素値を補間することができるため、画像処理装置 1 は、無効画素の画素値を精度よく推定することができる。

[0105] 周辺画素位置は、有効画素数が閾値未満である画素位置と画像のエッジに対して同一方向に位置する画素位置である。

これにより、エッジに対して同一方向に位置する画素群の偏光情報に基づいて、無効画素の画素値を補間することができるため、画像処理装置 1 は、無効画素の画素値を精度よく推定することができる。

[0106] 偏光特性推定部は、有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の画素値に基づいて機械学習により無効画素の画素値を推定する。

これにより、画像処理装置 1 は、容易に無効画素の画素値を推定することができる。

[0107] 無効画素の画素値を推定する機械学習では、周辺画素に無効画素が含まれる

これにより、画像処理装置 1 は、周辺画素位置に無効画素が含まれていても、容易に無効画素の画素値を推定することができる。

[0108] また、画像処理方法では、偏光方向の異なる複数の偏光画像を取得し、複数の偏光画像に基づいて求められる有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の偏光情報に基づいて偏光特性を推定する。

また、プログラムでは、偏光方向の異なる複数の偏光画像を取得し、複数の偏光画像に基づいて求められる有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の偏光情報に基づいて偏光特性を推定する処理をコンピュータに実行させる。

[0109] このようなプログラムはコンピュータ装置等の機器に内蔵されている記録媒体としての HDD や、CPU を有するマイクロコンピュータ内の ROM 等に予め記録しておくことができる。

あるいはまた、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)、ブルーレイディスク (Blu-ray Disc (登録商標))、磁気ディスク、半導体メモリ、メモリカードなどのリムーバブル記録媒体に、一時的あるいは永続的に格納 (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。

また、このようなプログラムは、リムーバブル記録媒体からパーソナルコンピュータ等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)、インターネットなどのネットワークを介してダウンロードすることもできる。

[0110] なお、本明細書に記載された効果はあくまでも例示であって限定されるものではなく、また他の効果があってもよい。

[0111] <5. 本技術>

なお本技術は以下のような構成も採ることができる。

(1)

偏光方向の異なる複数の偏光画像を取得する画像取得部と、
複数の前記偏光画像に基づいて求められる有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の偏光情報に基づいて偏光特性を推定する偏光特性推定部と、
を備える画像処理装置。

(2)

前記偏光画像はカラー画像であり、
前記偏光特性推定部は、複数の前記偏光画像に基づいて求められる各画素位置における有効画素数が閾値未満である色成分について、同一の画素位置における他の色成分の偏光情報に基づいて偏光特性を推定する

(1)に記載の画像処理装置。

(3)

前記偏光特性は正弦波で示されており、
前記偏光特性推定部は、有効画素数が閾値未満である色成分について、同一の画素位置における他の色成分の偏光特性の位相を用いて偏光特性を推定する

(2)に記載の画像処理装置。

(4)

前記偏光特性推定部は、有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の偏光情報に基づいて無効画素の画素値を補間する

(1)から(3)のいずれかに記載の画像処理装置。

(5)

前記偏光特性推定部は、有効画素数が閾値未満である画素位置について、有効画素の画素値、及び、推定された無効画素の画素値に基づいて偏光特性を補間する

(4)に記載の画像処理装置。

(6)

前記偏光特性推定部は、複数の周辺画素位置で偏光特性が得られた場合、

有効画素数が閾値未満である画素位置における有効画素の画素値との差分が最も少ない偏光特性が得られる周辺画素位置の偏光情報に基づいて無効画素の画素値を補間する

(4) 又は (5) に記載の画像処理装置。

(7)

前記偏光特性推定部は、周辺画素位置が複数ある場合、有効画素数が閾値未満である画素位置における有効画素の画素値との差分が最も小さくなる画素値が含まれる周辺画素位置の偏光情報に基づいて無効画素の画素値を補間する

(4) から (6) のいずれかに記載の画像処理装置。

(8)

前記偏光特性推定部は、複数の周辺画素位置で偏光特性が得られた場合、同様の傾向を示す偏光特性が最も得られる周辺画素位置の偏光情報に基づいて無効画素の画素値を補間する

(4) から (7) のいずれかに記載の画像処理装置。

(9)

前記周辺画素位置は、有効画素数が閾値未満である画素位置に隣接した画素位置である

(4) から (8) のいずれかに記載の画像処理装置。

(10)

前記周辺画素位置は、有効画素数が閾値未満である画素位置の画素群と同一の色成分でかつ最も隣接した画素群に対応する画素位置である

(4) から (9) のいずれかに記載の画像処理装置。

(11)

前記周辺画素位置は、異なる色成分の画素が二次元に所定パターンで配列されてなる画素ユニットにおいて、有効画素数が閾値未満である画素位置の画素群と同一の画素ユニットに含まれる画素群に対応する画素位置である

(4) から (10) のいずれかに記載の画像処理装置。

(12)

前記周辺画素位置は、有効画素数が閾値未満である画素位置と画像のエッジに対して同一方向に位置する画素位置である

(4) から (11) のいずれかに記載の画像処理装置。

(13)

前記偏光特性推定部は、有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の画素値に基づいて機械学習により無効画素の画素値を推定する

(4) から (12) のいずれかに記載の画像処理装置。

(14)

無効画素の画素値を推定する機械学習では、周辺画素位置に無効画素が含まれる

(13) に記載の画像処理装置。

(15)

偏光方向の異なる複数の偏光画像を取得し、

複数の前記偏光画像に基づいて求められる有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の偏光情報に基づいて偏光特性を推定する画像処理方法。

(16)

偏光方向の異なる複数の偏光画像を取得し、

複数の前記偏光画像に基づいて求められる有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の偏光情報に基づいて偏光特性を推定する処理をコンピュータに実行させるプログラム。

符号の説明

- [0112] 1 画像処理装置
2 偏光センサ
3 画像取得部
4 第1信号処理部

5 偏光特性推定部

6 第2信号処理部

請求の範囲

- [請求項1] 偏光方向の異なる複数の偏光画像を取得する画像取得部と、
複数の前記偏光画像に基づいて求められる有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の偏光情報に基づいて偏光特性を推定する偏光特性推定部と、
を備える画像処理装置。
- [請求項2] 前記偏光画像はカラー画像であり、
前記偏光特性推定部は、複数の前記偏光画像に基づいて求められる各画素位置における有効画素数が閾値未満である色成分について、同一の画素位置における他の色成分の偏光情報に基づいて偏光特性を推定する
請求項 1 に記載の画像処理装置。
- [請求項3] 前記偏光特性は正弦波で示されており、
前記偏光特性推定部は、有効画素数が閾値未満である色成分について、同一の画素位置における他の色成分の偏光特性の位相を用いて偏光特性を推定する
請求項 2 に記載の画像処理装置。
- [請求項4] 前記偏光特性推定部は、有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の偏光情報に基づいて無効画素の画素値を補間する
請求項 1 に記載の画像処理装置。
- [請求項5] 前記偏光特性推定部は、有効画素数が閾値未満である画素位置について、有効画素の画素値、及び、推定された無効画素の画素値に基づいて偏光特性を補間する
請求項 4 に記載の画像処理装置。
- [請求項6] 前記偏光特性推定部は、複数の周辺画素位置で偏光特性が得られた場合、有効画素数が閾値未満である画素位置における有効画素の画素値との差分が最も少ない偏光特性が得られる周辺画素位置の偏光情報

に基づいて無効画素の画素値を補間する
請求項4に記載の画像処理装置。

[請求項7] 前記偏光特性推定部は、周辺画素位置が複数ある場合、有効画素数が閾値未満である画素位置における有効画素の画素値との差分が最も小さくなる画素値が含まれる周辺画素位置の偏光情報に基づいて無効画素の画素値を補間する
請求項4に記載の画像処理装置。

[請求項8] 前記偏光特性推定部は、複数の周辺画素位置で偏光特性が得られた場合、同様の傾向を示す偏光特性が最も得られる周辺画素位置の偏光情報に基づいて無効画素の画素値を補間する
請求項4に記載の画像処理装置。

[請求項9] 前記周辺画素位置は、有効画素数が閾値未満である画素位置に隣接した画素位置である
請求項4に記載の画像処理装置。

[請求項10] 前記周辺画素位置は、有効画素数が閾値未満である画素位置の画素群と同一の色成分でかつ最も隣接した画素群に対応する画素位置である
請求項4に記載の画像処理装置。

[請求項11] 前記周辺画素位置は、異なる色成分の画素が二次元に所定パターンで配列されてなる画素ユニットにおいて、有効画素数が閾値未満である画素位置の画素群と同一の画素ユニットに含まれる画素群に対応する画素位置である
請求項4に記載の画像処理装置。

[請求項12] 前記周辺画素位置は、有効画素数が閾値未満である画素位置と画像のエッジに対して同一方向に位置する画素位置である
請求項4に記載の画像処理装置。

[請求項13] 前記偏光特性推定部は、有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の画素値に基づいて機械学習により無効画素の画

素値を推定する

請求項4に記載の画像処理装置。

[請求項14] 無効画素の画素値を推定する機械学習では、周辺画素位置に無効画素が含まれる

請求項13に記載の画像処理装置。

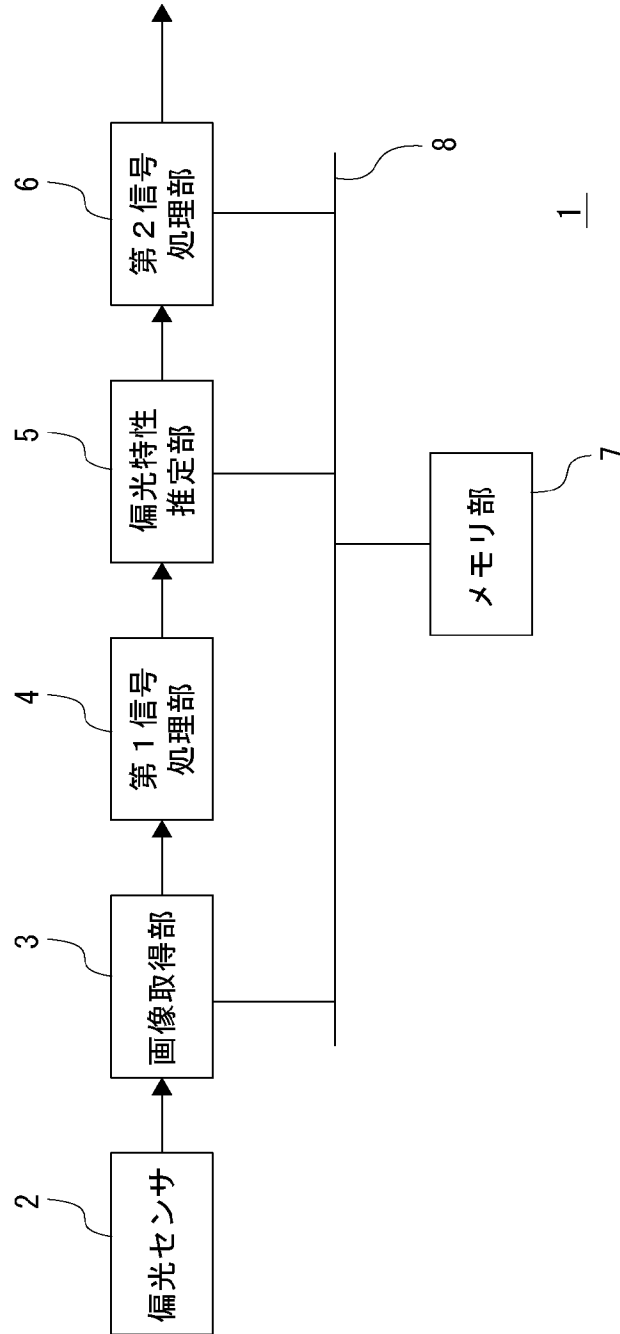
[請求項15] 偏光方向の異なる複数の偏光画像を取得し、
複数の前記偏光画像に基づいて求められる有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の偏光情報に基づいて偏光特性を推定する

画像処理方法。

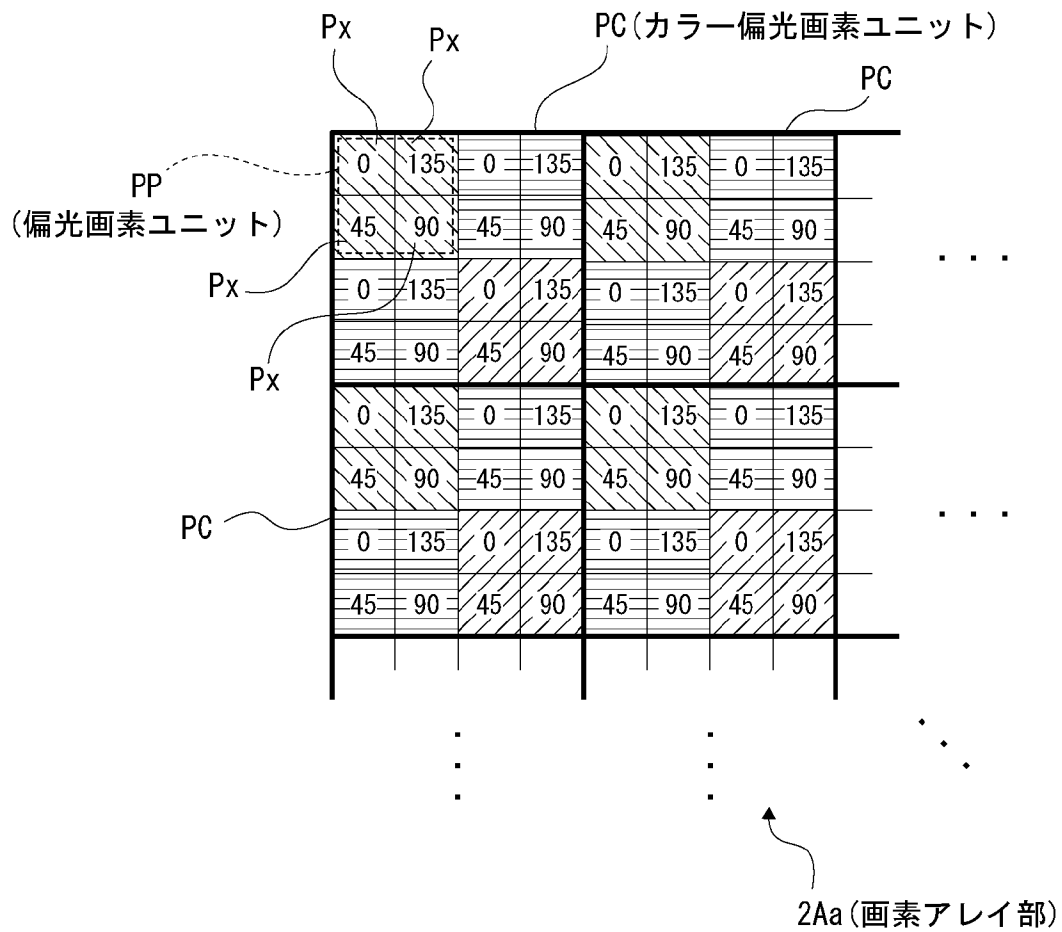
[請求項16] 偏光方向の異なる複数の偏光画像を取得し、
複数の前記偏光画像に基づいて求められる有効画素数が閾値未満である画素位置について、周辺画素位置の偏光情報に基づいて偏光特性を推定する

処理をコンピュータに実行させるプログラム。

[図1]



[図2]



[図3]

A

0	135	0	135	0	135
45	90	45	90	45	90
0	135	0	135	0	135
45	90	45	90	45	90
0	135	0	135	0	135
45	90	45	90	45	90

B

0	0
0	0

0度画像

45	45
45	45

45度画像

90	90
90	90

90度画像

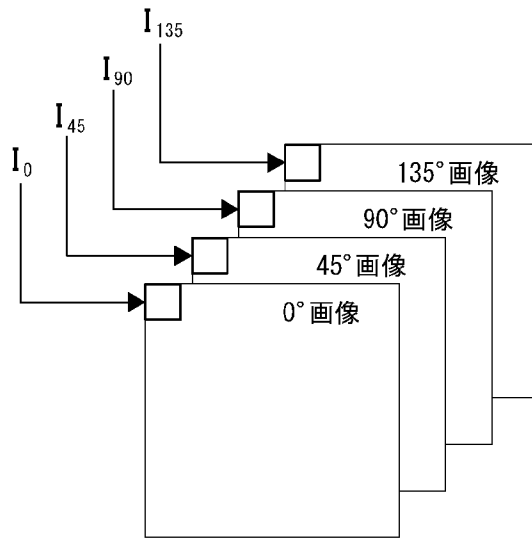
135	135
135	135

135度画像

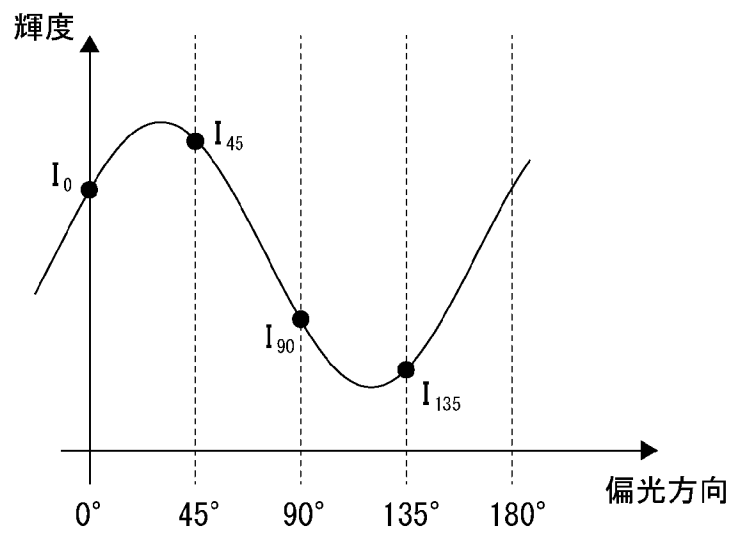


[図4]

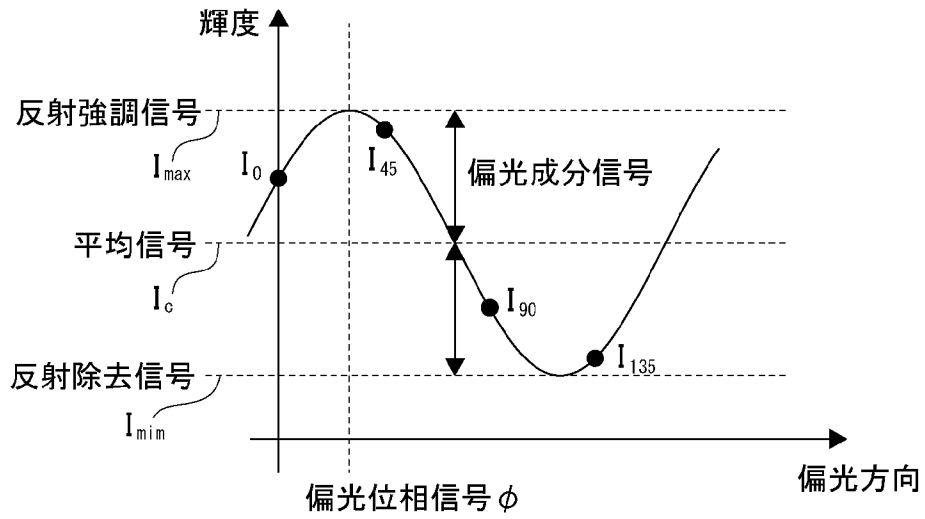
A



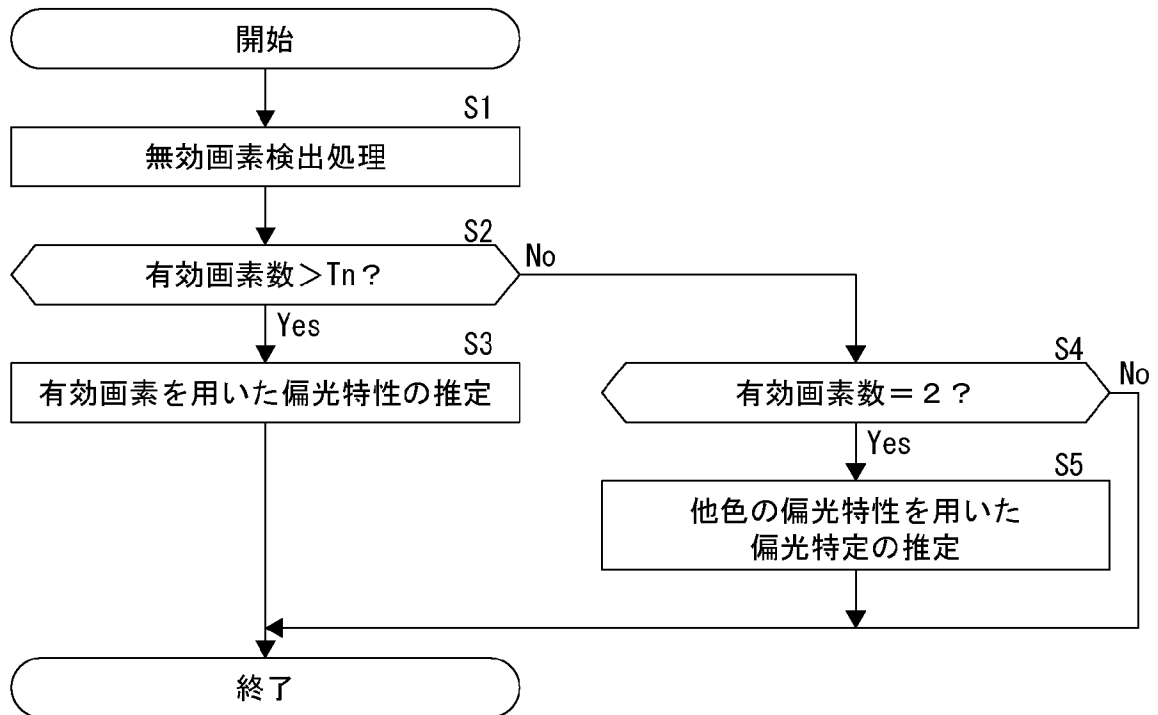
B



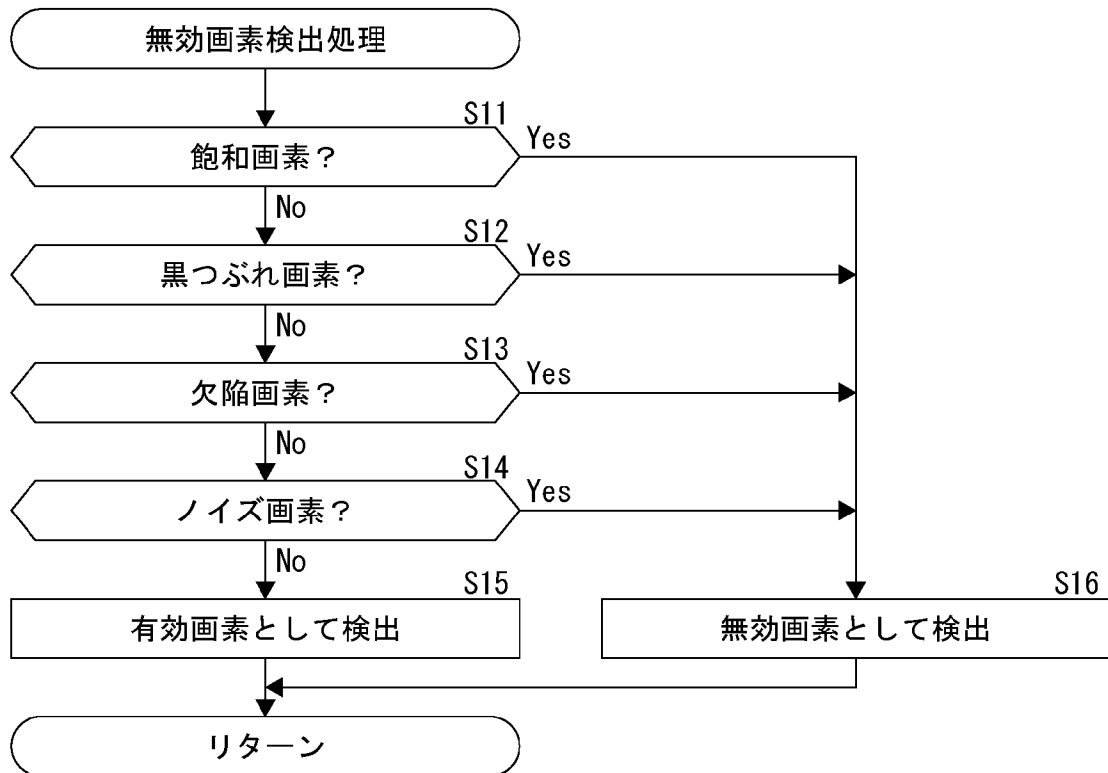
[図5]



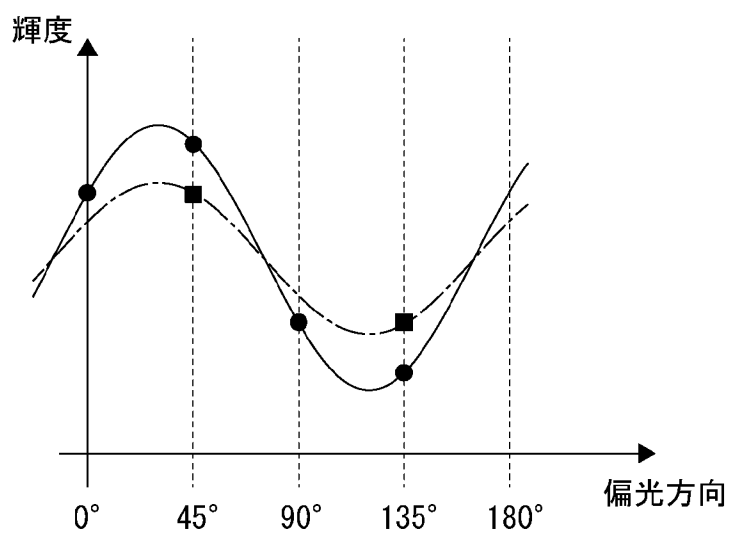
[図6]



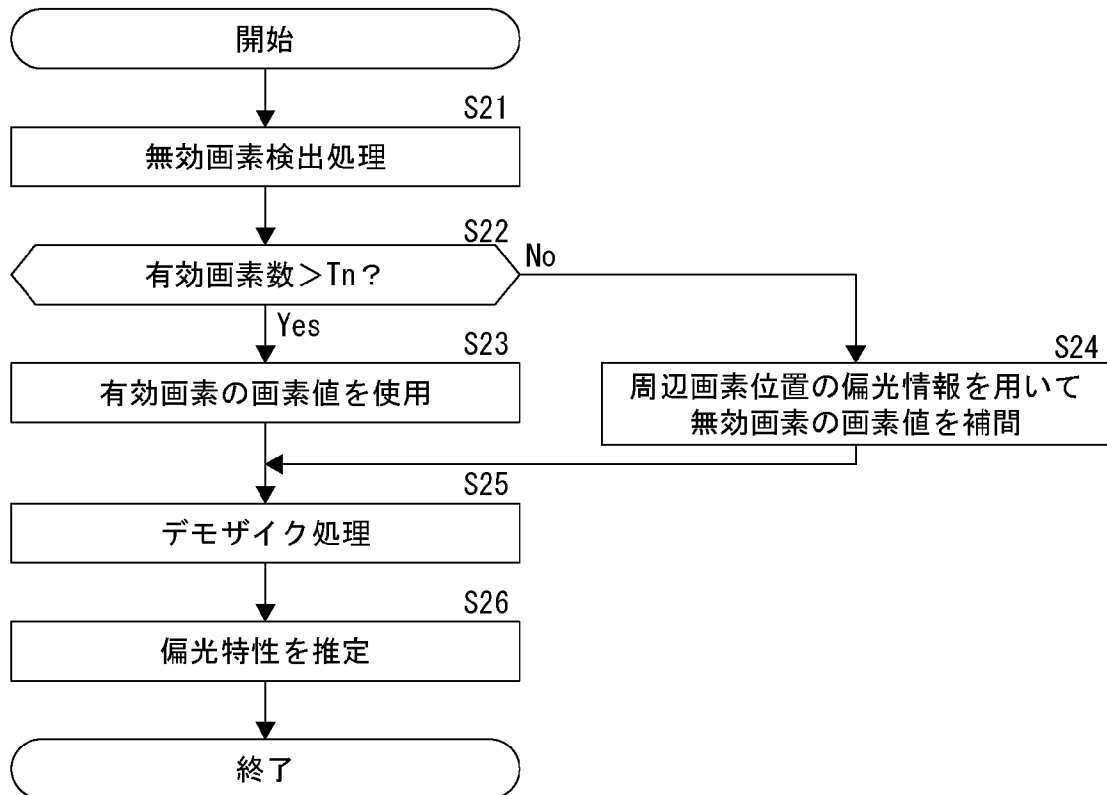
[図7]



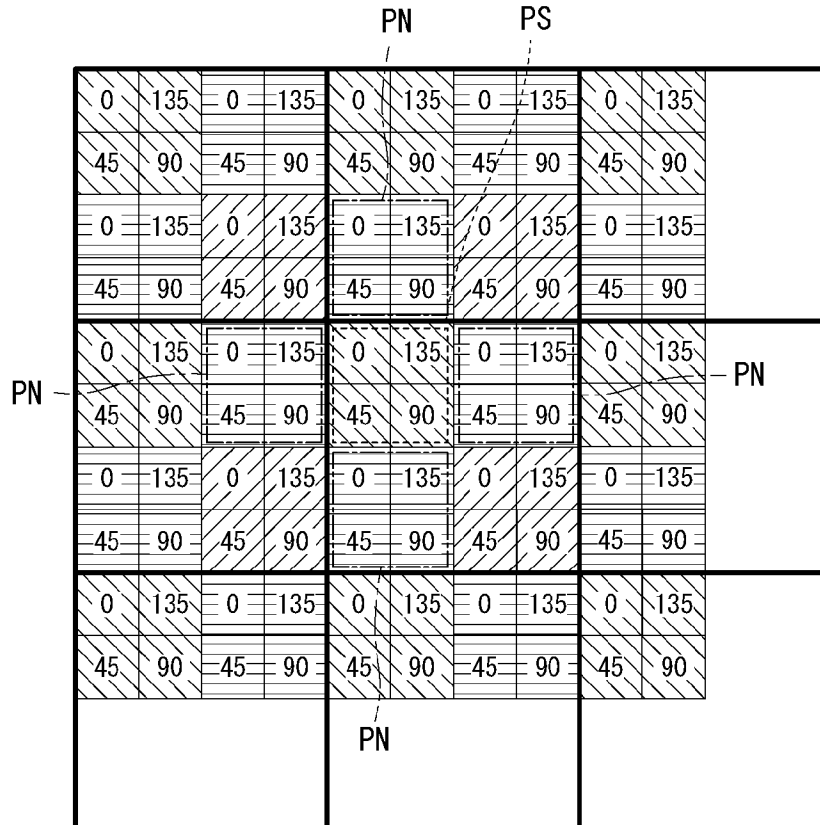
[図8]



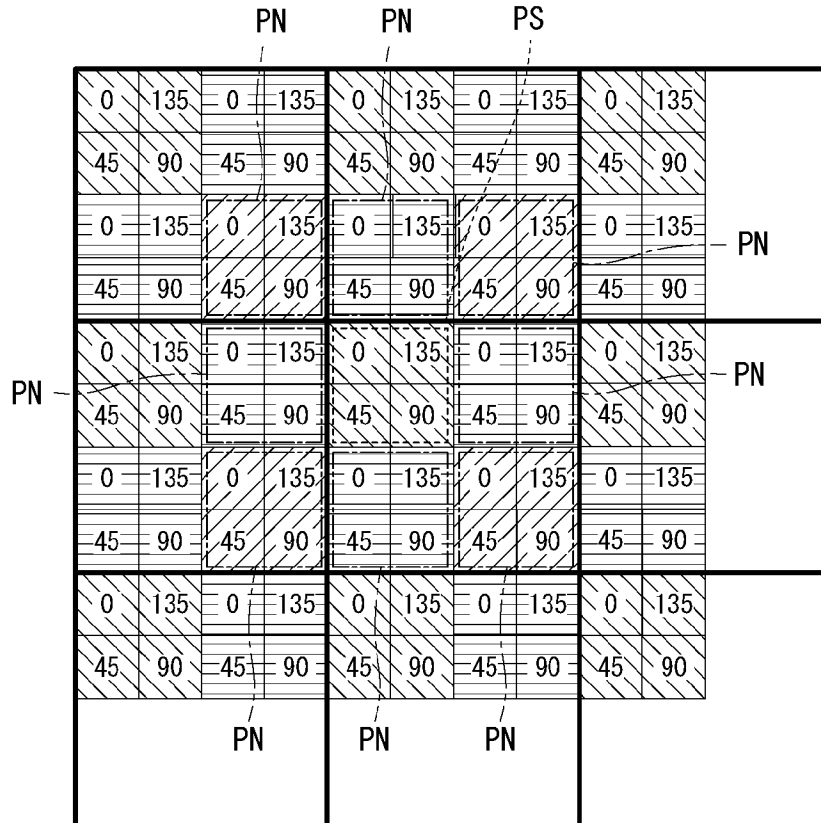
[図9]



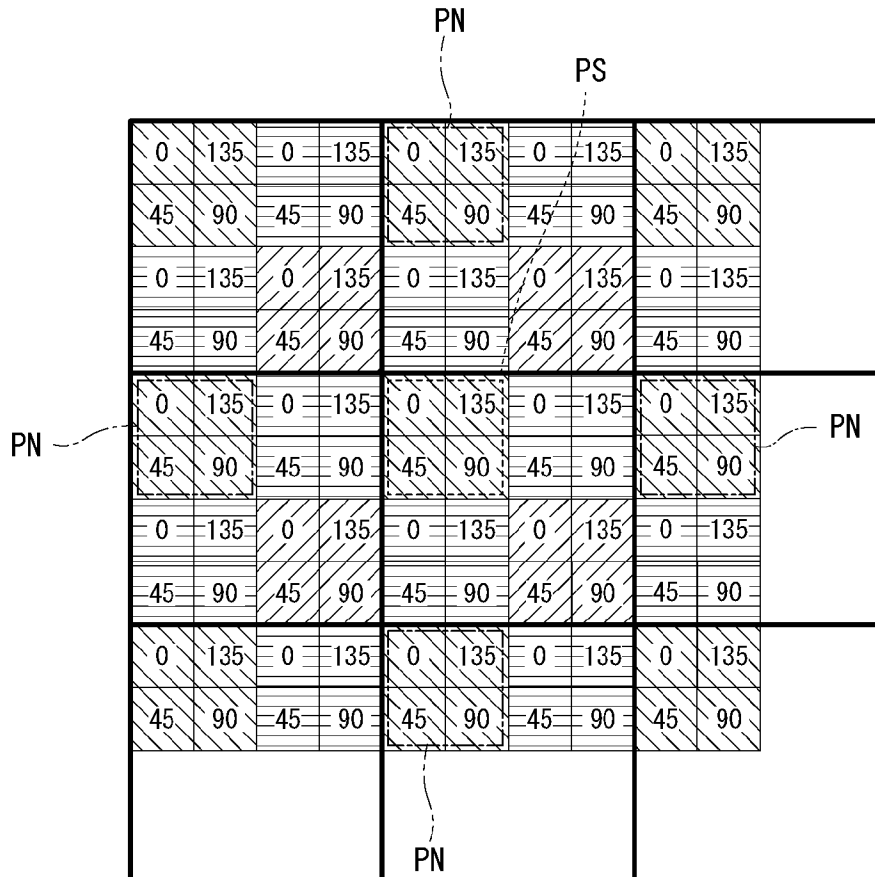
[図10]



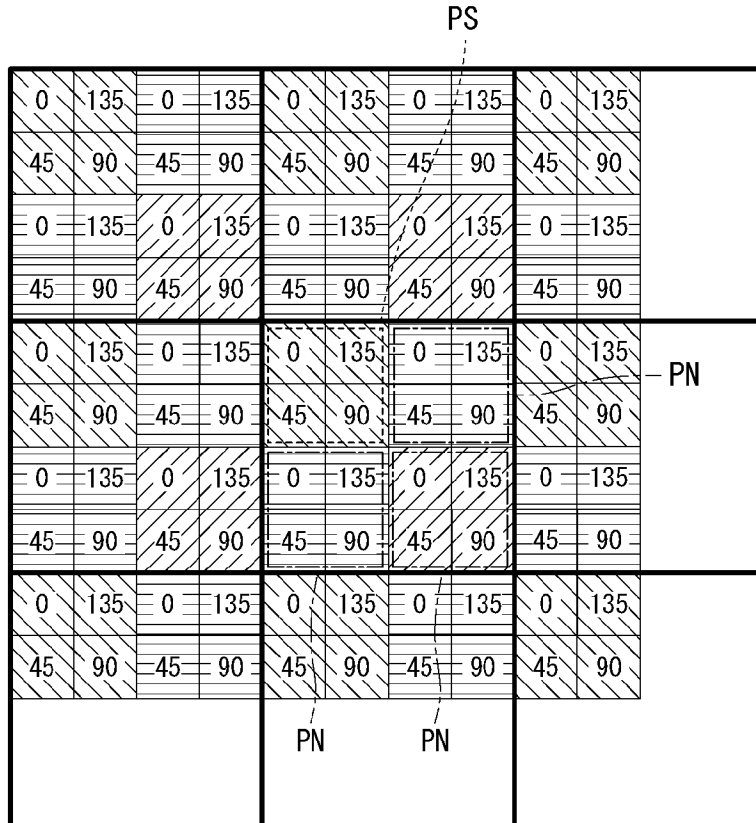
[図11]



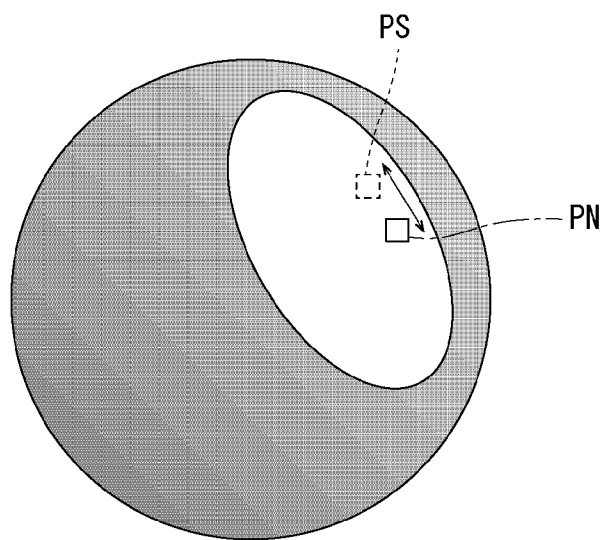
[図12]



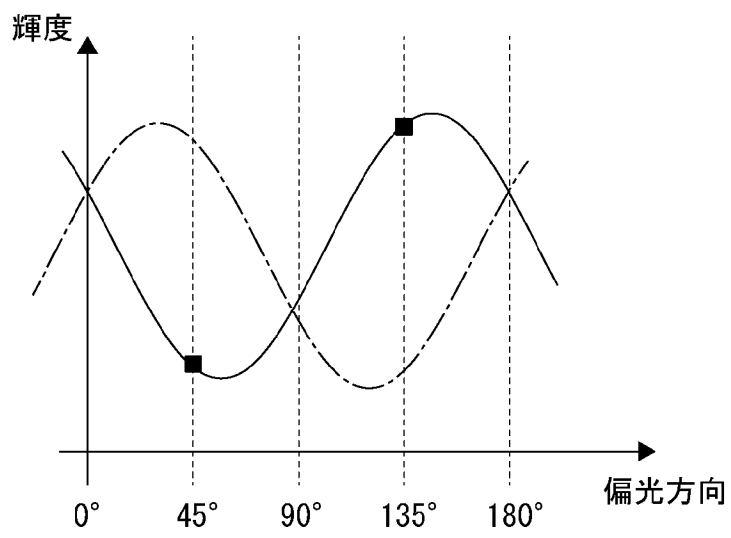
[図14]



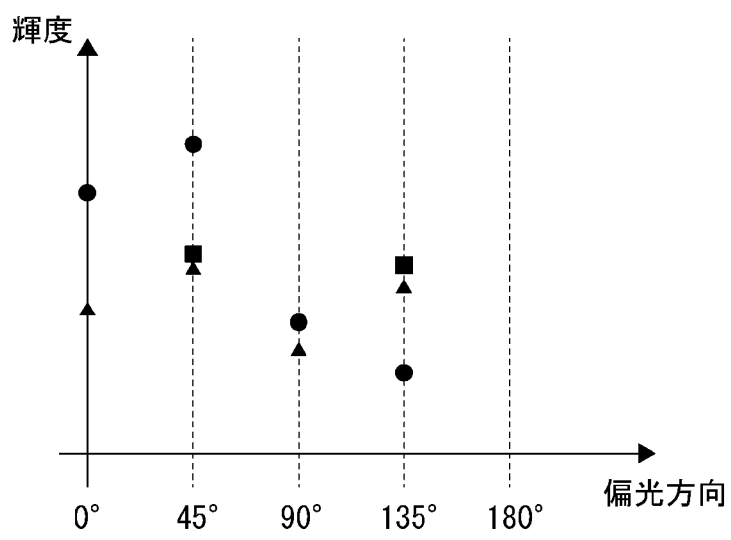
[図15]



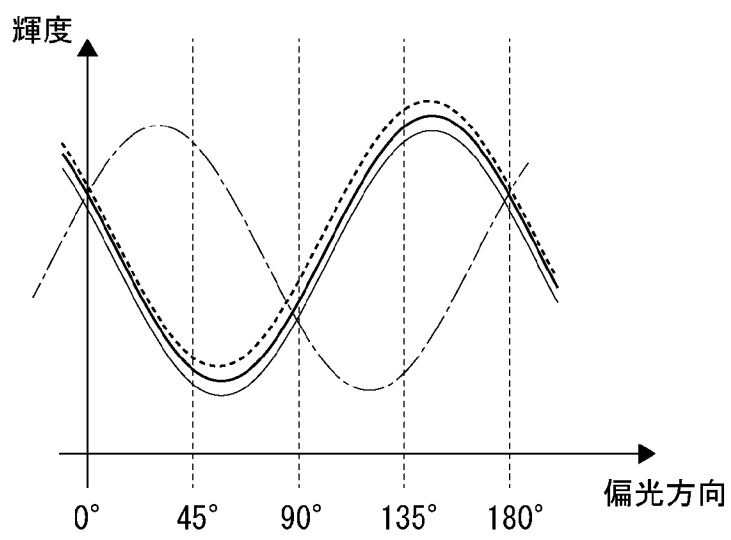
[図16]



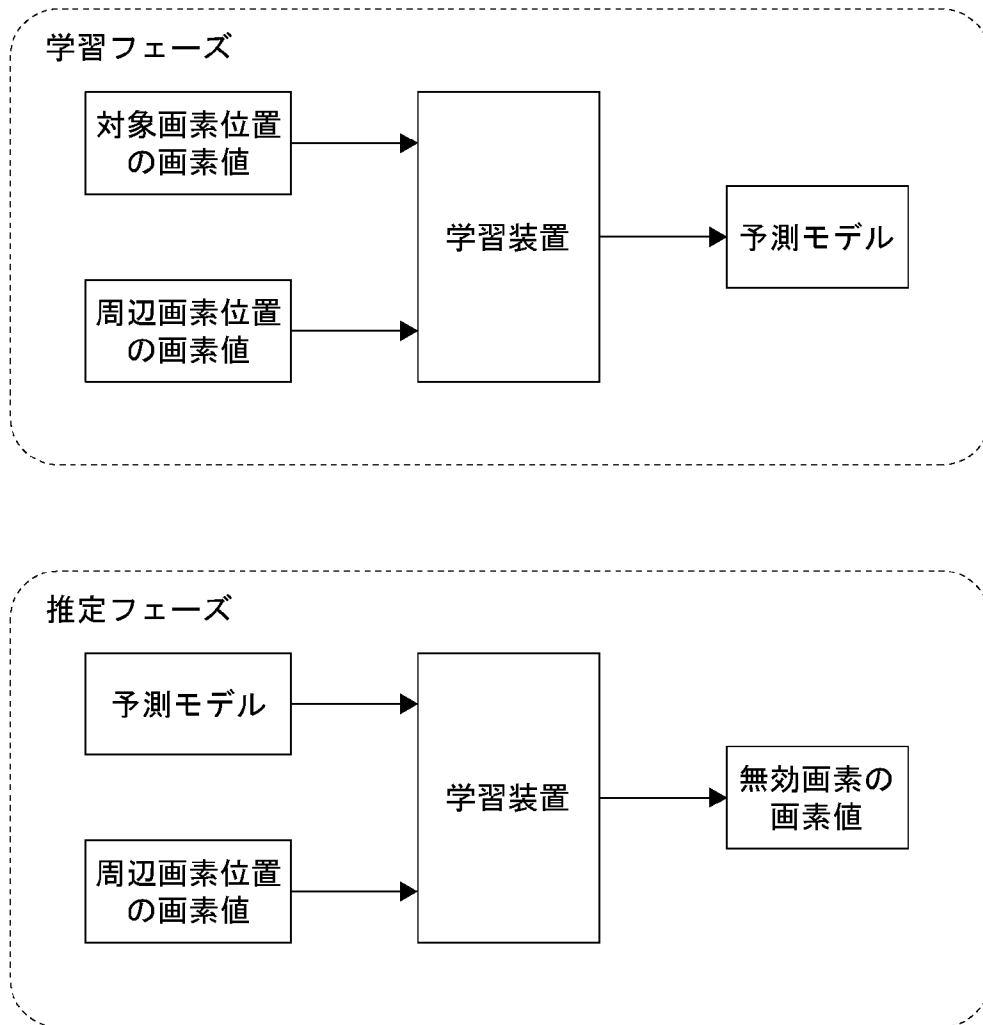
[図17]



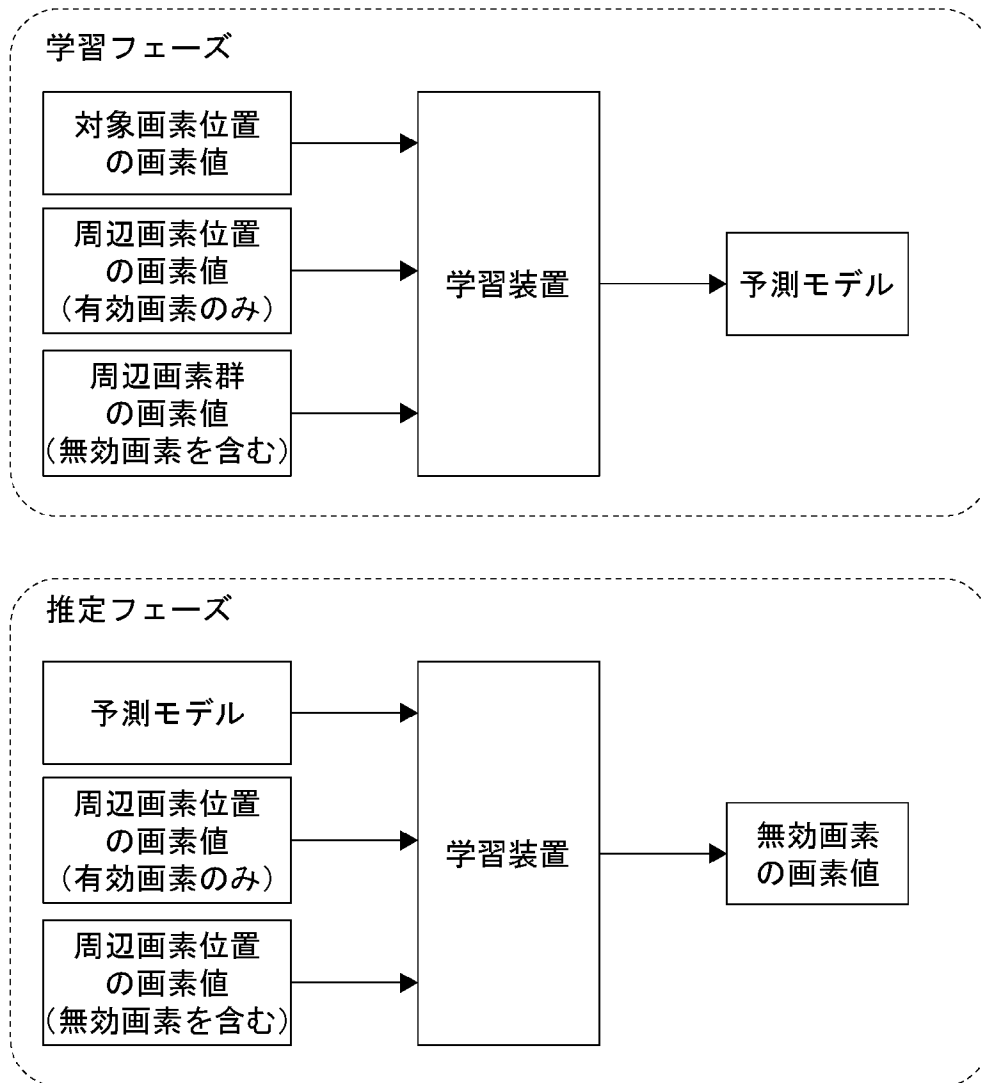
[図18]



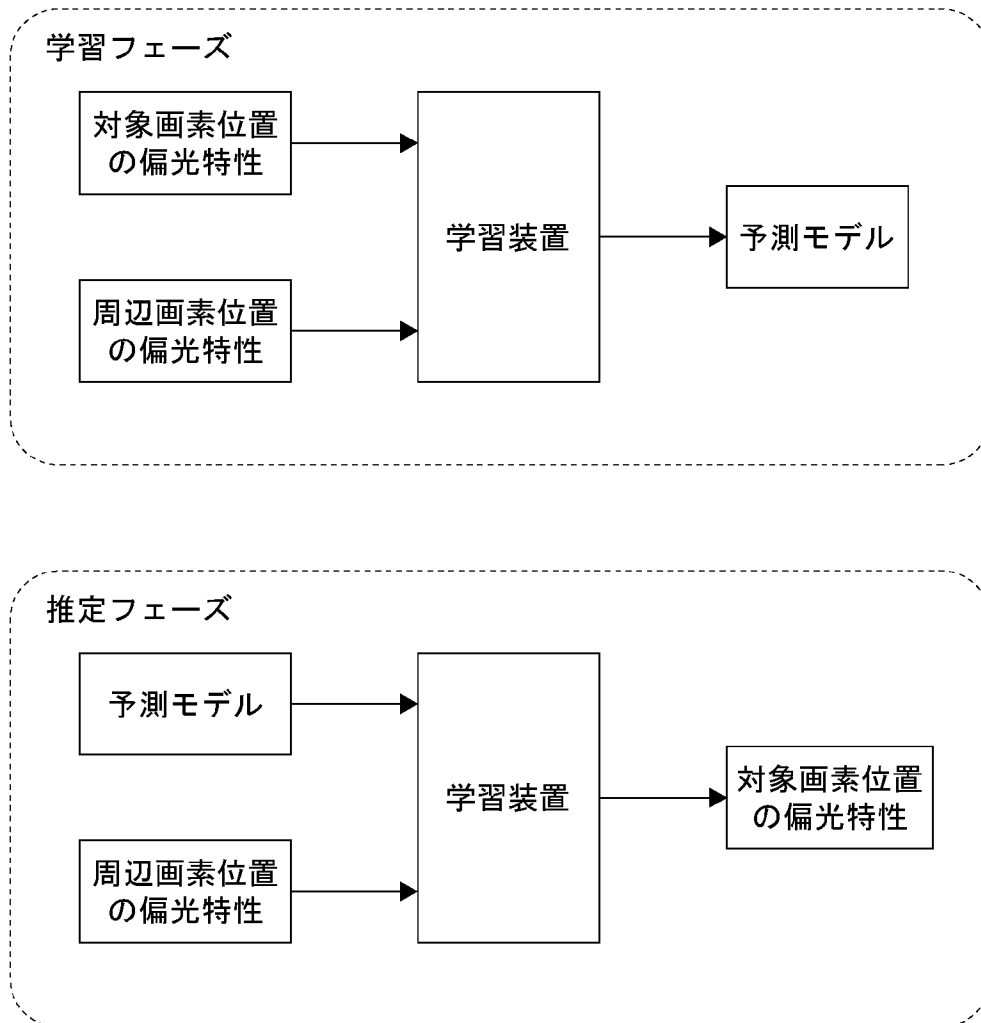
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/037971

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H04N 25/68</i> (2023.01); <i>H04N 25/10</i> (2023.01) FI: H04N25/68; H04N25/10		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04N25/68; H04N25/10		
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 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2022/196477 A1 (FUJIFILM CORP.) 22 September 2022 (2022-09-22) paragraphs [0053]-[0109], [0167]-[0191], [0203], [0216]-[0217], fig. 3-7, 14-18	1-11, 15-16
Y	entire text, all drawings	12-14
Y	WO 2018/042815 A1 (SONY CORP.) 08 March 2018 (2018-03-08) paragraphs [0072]-[0076], [0114]	12
Y	JP 2021-122106 A (CANON INC.) 26 August 2021 (2021-08-26) paragraphs [0014]-[0056], fig. 1-4	13-14
<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 24 November 2023		Date of mailing of the international search report 12 December 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2023/037971

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2022/196477 A1	22 September 2022	(Family: none)	
WO 2018/042815 A1	08 March 2018	US 2021/0281786 A1 paragraphs [0108]-[0113], [0151] EP 3509294 A1 CN 109644241 A	
JP 2021-122106 A	26 August 2021	US 2021/0243395 A1 paragraphs [0018]-[0060], fig. 1-4	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04N 25/68(2023.01)i; H04N 25/10(2023.01)i FI: H04N25/68; H04N25/10		
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）） H04N25/68; H04N25/10 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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	WO 2022/196477 A1 (富士フイルム株式会社) 22.09.2022 (2022-09-22) 段落[0053]-[0109], [0167]-[0191], [0203], [0216]-[0217], 図3-7, 14-18	1-11, 15-16
Y	全文, 全図	12-14
Y	WO 2018/042815 A1 (ソニー株式会社) 08.03.2018 (2018-03-08) 段落[0072]-[0076], [0114]	12
Y	JP 2021-122106 A (キヤノン株式会社) 26.08.2021 (2021-08-26) 段落[0014]-[0056], 図1-4	13-14
<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 “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的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 “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		
国際調査を完了した日	24. 11. 2023	国際調査報告の発送日 12. 12. 2023
名称及びあて先 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	権限のある職員（特許庁審査官） 三沢 岳志 5V 2590 電話番号 03-3581-1101 内線 3571	

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/JP2023/037971

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2022/196477 A1	22.09.2022	(ファミリーなし)	
WO 2018/042815 A1	08.03.2018	US 2021/0281786 A1 段落[0108]-[0113], [0151] EP 3509294 A1 CN 109644241 A	
JP 2021-122106 A	26.08.2021	US 2021/0243395 A1 段落[0018]-[0060], 図1-4	