

(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9月22日(22.09.2022)



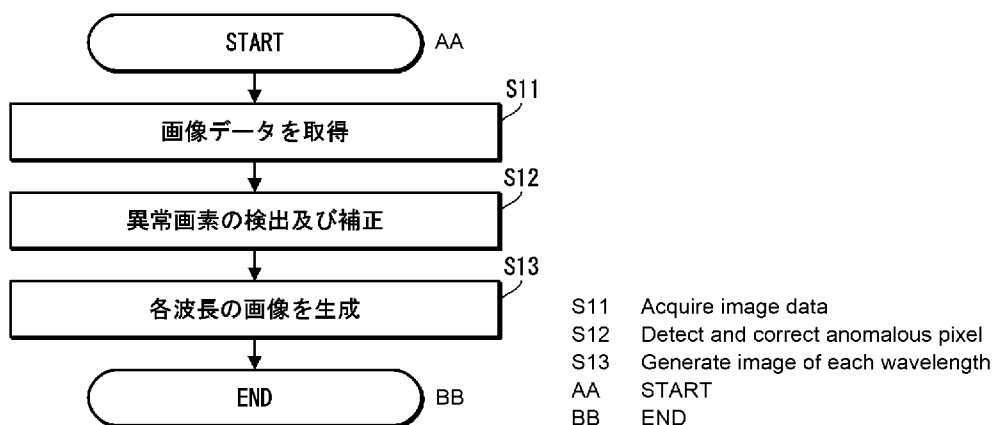
(10) 国際公開番号

WO 2022/196477 A1

- (51) 国際特許分類:
H04N 5/232 (2006.01) H04N 5/367 (2011.01)
H04N 5/225 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/010196
- (22) 国際出願日: 2022年3月9日(09.03.2022)
- (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 2021-046580 2021年3月19日(19.03.2021) JP
- (71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目2番30号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 平川 友也 (HIRAKAWA, Yuya); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 松浦 憲三 (MATSUURA, Kenzo); 〒1630223 東京都新宿区西新宿二丁目6番1号 新宿住友ビル23階 新都心国際特許事務所 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, 丁目324番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP). 岡田 和佳(OKADA, Kazuyoshi); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP). 川中子 睦(KAWANAGO, Atsushi); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP). 岸根 慶延(KISHINE, Yasunobu); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP).

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

(54) 発明の名称: 画像データ処理装置、画像データ処理方法、画像データ処理プログラム及び撮像システム



(57) Abstract: Provided are an image data processing device, an image data processing method, an image data processing program, and an imaging system with which it is possible to generate high-quality multispectral images. The image data processing device processes image data obtained by an imaging device comprising: an optical system for separating incident light into a plurality of wavelengths and outputting the light of the separated wavelengths after polarizing the light in a specific direction; and an imaging element comprising a plurality of sets of pixels having mutually different types of polarizers. The image data processing device performs: a process for acquiring image data; a process for detecting, from the acquired image data, a pixel with a pixel value outside a predetermined range as an anomalous pixel; a process for, if an anomalous pixel is detected, correcting the pixel value of the anomalous pixel on the basis of the pixel value of a pixel around the anomalous pixel; and a process for, if an anomalous pixel is detected, generating an image of a wavelength separated from image data after the pixel value of the anomalous pixel is corrected.



WO 2022/196477 A1

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, JM, 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, 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: 高品質なマルチスペクトル画像を生成できる画像データ処理装置、画像データ処理方法、画像データ処理プログラム及び撮像システムを提供する。画像データ処理装置は、入射した光を複数の波長に分光し、かつ、分光された波長の光を特定の方向に偏光させて出射する光学系と、互いに異なる種類の偏光子を備えた画素のセットを複数備えた撮像素子と、を備えた撮像装置で撮像された画像データを処理する。画像データ処理装置は、画像データを取得する処理と、取得した画像データから画素値が所定の範囲から外れた画素を異常画素として検出する処理と、異常画素が検出された場合に、異常画素の画素値を周辺の画素の画素値に基づいて補正する処理と、異常画素が検出された場合に、異常画素の画素値を補正した後の画像データから分光された波長の画像を生成する処理と、を行う。

明 細 書

発明の名称：

画像データ処理装置、画像データ処理方法、画像データ処理プログラム及び撮像システム

技術分野

[0001] 本発明は、画像データ処理装置、画像データ処理方法、画像データ処理プログラム及び撮像システムに係り、特に、マルチスペクトル画像を生成する画像データ処理装置、画像データ処理方法、画像データ処理プログラム及び撮像システムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、撮像特性の異なる複数個の光学系を備えた撮像レンズと、各画素が光の入射角に関して指向性を有する撮像素子と、を使用することで、撮像レンズの各光学系に対応した画像を一度に撮像する技術が記載されている。特許文献1では、撮像素子から出力される画像データに対し、所定の混信除去処理を施すことにより、各光学系に対応した画像を生成している。また、特許文献1では、飽和画素の有無によって、混信除去の処理内容を変えている。

[0003] 特許文献2には、いわゆる偏光撮像素子で撮像された画像データを処理して、欠陥画素を検出する技術が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2017/130581号
特許文献2：国際公開第2018/042815号

発明の概要

[0005] 本開示の技術に係る一つの実施形態は、高品質なマルチスペクトル画像を生成できる画像データ処理装置、画像データ処理方法、画像データ処理プログラム及び撮像システムを提供する。

課題を解決するための手段

- [0006] (1) 入射した光を複数の波長に分光し、かつ、分光された波長の光を特定の方向に偏光させて出射する光学系と、異なる種類の偏光子を備えた画素のセットを複数備えた撮像素子と、を備えた撮像装置で撮像された画像データを処理する画像データ処理装置であって、プロセッサを備え、プロセッサは、画像データを取得する処理と、取得した画像データから画素値が所定の範囲から外れた画素を異常画素として検出する処理と、異常画素が検出された場合に、異常画素の画素値を周辺の画素の画素値に基づいて補正する処理と、異常画素が検出された場合に、異常画素の画素値を補正した後の画像データから分光された波長の画像を生成する処理と、を行う、画像データ処理装置。
- [0007] (2) プロセッサは、飽和により画素値が所定の範囲から外れている場合に、異常画素の画素値を周辺の画素の画素値に基づいて補正する処理を行う、(1)の画像データ処理装置。
- [0008] (3) プロセッサは、故障により画素値が所定の範囲から外れている場合は、異常画素の画素値を補正せずに、異常画素を除いた画像データから分光された波長の画像を生成する処理を行う、(1)の画像データ処理装置。
- [0009] (4) 異常画素を検出する処理は、異常画素を含む画素のセットを検出する処理と、検出された画素のセットから異常画素を特定する処理と、を含む、(1)から(3)のいずれか一の画像データ処理装置。
- [0010] (5) 異常画素を含む画素のセットを検出する処理は、画素のセットを構成する画素の画素値に基づいて、異常画素を含む画素のセットを検出する、(4)の画像データ処理装置。
- [0011] (6) 異常画素を含む画素のセットを検出する処理は、画素のセットを構成する画素の画素値の和、又は、画素のセットを構成する画素の画素値に特定の係数を掛けた値の和を求め、求めた和が第1閾値以上の画素のセットを、異常画素を含む画素のセットとして検出する、(5)の画像データ処理装置。

- [0012] (7) 異常画素を特定する処理は、異常画素を含む画素のセット内から画素値が第2閾値以下の画素、及び／又は、画素値が飽和値の画素を抽出して、異常画素を特定する、(5)又は(6)の画像データ処理装置。
- [0013] (8) 異常画素を特定する処理は、異常画素を含む画素のセットの周辺の画素の画素値に基づいて、異常画素を特定する、(5)又は(6)の画像データ処理装置。
- [0014] (9) 異常画素を特定する処理は、異常画素を含む画素のセットの周辺の画素のセットの中から異常画素を含む画素のセットを検出する処理と、異常画素を含む画素のセットの検出結果に基づいて、異常画素を含む画素のセット内から異常画素を特定する処理と、を含む、(8)の画像データ処理装置。
- [0015] (10) 光学系の解像度に応じて、異常画素を含む画素のセットを検出する範囲が切り替えられる、(9)の画像データ処理装置。
- [0016] (11) 異常画素を特定する処理は、画素の画素値を周辺の画素の画素値から推定する処理と、推定した画素値との差分が第3閾値以上の画素を異常画素として特定する処理と、を含む、(8)の画像データ処理装置。
- [0017] (12) 画素の画素値を周辺の画素の画素値から推定する処理は、同じ種類の偏光子を備えた周辺の画素の画素値から推定する、(11)の画像データ処理装置。
- [0018] (13) 入射した光を複数の波長に分光し、かつ、分光された波長の光を特定の方向に偏光させて出射する光学系と、異なる種類の偏光子を備えた画素のセットを複数備えた撮像素子と、を備えた撮像装置で撮像された画像データを処理する画像データ処理方法であって、画像データを取得する処理と、取得した画像データから画素値が所定の範囲から外れた画素を異常画素として検出する処理と、異常画素が検出された場合に、異常画素の画素値を周辺の画素の画素値に基づいて補正する処理と、異常画素が検出された場合に、異常画素の画素値を補正した後の画像データから分光された波長の画像を生成する処理と、を含む、画像データ処理方法。

[0019] (14) 入射した光を複数の波長に分光し、かつ、分光された波長の光を特定の方向に偏光させて出射する光学系と、異なる種類の偏光子を備えた画素のセットを複数備えた撮像素子と、を備えた撮像装置で撮像された画像データを処理する画像データ処理プログラムあって、画像データを取得する機能と、取得した画像データから画素値が所定の範囲から外れた画素を異常画素として検出する機能と、異常画素が検出された場合に、異常画素の画素値を周辺の画素の画素値に基づいて補正する機能と、異常画素が検出された場合に、異常画素の画素値を補正した後の画像データから分光された波長の画像を生成する機能と、をコンピュータに実現させる、画像データ処理プログラム。

[0020] (15) 入射した光を複数の波長に分光し、かつ、分光された波長の光を特定の方向に偏光させて出射する光学系と、異なる種類の偏光子を備えた画素のセットを複数備えた撮像素子と、を備えた撮像装置と、撮像装置で撮像された画像データを処理する(1)から(12)のいずれか一の画像データ処理装置と、を備えた撮像システム。

図面の簡単な説明

- [0021] [図1]本発明が適用されたマルチスペクトルカメラシステムの概略構成を示す図
- [図2]フィルタユニットの概略構成を示す展開図
- [図3]撮像素子における画素及び偏光子の配置の一例を示す図
- [図4]画像データ処理装置のハードウェア構成の一例を示す図
- [図5]画像データ処理装置が実現する機能のブロック図
- [図6]異常画素の検出の処理手順を示すフローチャート
- [図7]画像データの処理手順を示すフローチャート
- [図8]異常画素を検出及び補正する処理の手順を示すフローチャート
- [図9]従来の手法で混信除去処理する場合の処理の概略を示す図
- [図10]第1の実施の形態の手法で混信除去処理する場合の処理の概略を示す図

[図11]画像データ処理装置が実現する機能のブロック図

[図12]第2の手法で混信除去処理する場合の処理の概略を示す図

[図13]画像データ処理装置による画像データの処理手順を示すフローチャート

[図14]周辺の画素セットを利用して異常画素を特定する方法の概念図

[図15]周辺の8個の画素セットを示す図

[図16]参照する画素セットの範囲を広げて異常画素を特定する場合の概念図

[図17]周辺の8個の画素セットを示す図

[図18]更に周辺の16個の画素セットを示す図

発明を実施するための形態

[0022] 以下、添付図面に従って本発明の好ましい実施の形態について詳説する。

[0023] [第1の実施の形態]

[マルチスペクトルカメラシステム]

図1は、本発明が適用されたマルチスペクトルカメラシステムの概略構成を示す図である。

[0024] マルチスペクトルカメラシステムは、複数の波長に分光した画像を同時に撮像するシステムである。撮像される画像をマルチスペクトル画像という。

[0025] 図1に示すマルチスペクトルカメラシステム1は、いわゆる偏光方式のマルチスペクトルカメラシステムであり、3波長に分光した画像を撮像する場合の一例を示している。偏光方式とは、偏光を利用した方式のマルチスペクトルカメラシステムのことである。

[0026] 図1に示すように、本実施の形態のマルチスペクトルカメラシステム1は、主として、マルチスペクトルカメラ10及び画像データ処理装置300で構成される。マルチスペクトルカメラシステム1は、撮像システムの一例である。

[0027] [マルチスペクトルカメラ]

本実施の形態のマルチスペクトルカメラ10は、主として、レンズ装置100及びカメラ本体200で構成される。マルチスペクトルカメラ10は、

撮像装置の一例である。

[0028] [レンズ装置]

レンズ装置100は、入射した光を複数の波長に分光し、かつ、分光された波長の光を特定の方向に偏光させて出射する。本実施の形態では、入射した光を3波長に分光する。レンズ装置100は、光学系の一例である。

[0029] 図1に示すように、レンズ装置100は、複数のレンズ群110A、110Bと、フィルタユニット120と、を備える。

[0030] レンズ群110A、110Bは、少なくとも1枚のレンズで構成される。図1では、便宜上、2つのレンズ群110A、110Bのみを図示している。以下、必要に応じて、フィルタユニット120の前側に配置されるレンズ群110Aを第1レンズ群、フィルタユニット120の後側に配置されるレンズ群110Bを第2レンズ群として、2つのレンズ群110A、110Bを区別する。なお、「前側」とは「物体側」を意味し、「後側」とは「像側」を意味する。

[0031] フィルタユニット120は、光路中に配置される。より具体的には、フィルタユニット120は、レンズ装置100における瞳位置又は瞳位置の近傍に配置される。

[0032] なお、瞳位置近傍とは、次式を満たす領域をいう。

[0033] $|d| < \phi / (2 \tan \theta)$

ここで、 θ は、瞳位置での最大主光線角度（主光線角度は光軸となす角度）、 ϕ は、瞳径、 $|d|$ は、瞳位置からの距離である。

[0034] 図2は、フィルタユニットの概略構成を示す展開図である。

[0035] フィルタユニット120は、複数の窓部（開口部）を備えたフィルタ枠122と、フィルタ枠122の各窓部に装着される複数枚のフィルタ（光学素子）と、で構成される。

[0036] 本実施の形態のフィルタ枠122は、図2に示すように、円板状の形状を有し、3つの窓部122A、122B、122Cを有する。3つの窓部122A、122B、122Cは、円形状の開口で構成され、周方向に沿って等

間隔に配置される。以下、必要に応じて、符号122Aで示す窓部を第1窓部、符号122Bで示す窓部を第2窓部、符号122Cで示す窓部を第3窓部と称して、各窓部122A、122B、122Cを区別する。

[0037] 3つの窓部122A、122B、122Cには、それぞれ2枚のフィルタが装着される。2枚のフィルタは、バンドパスフィルタ (Band-pass filter : BPF) 123A、123B、123Cと、偏光フィルタ (Polarized Light filter : PLF) 124A、124B、124Cと、で構成される。

[0038] 3つの窓部122A、122B、122Cには、それぞれ透過させる光の波長域が異なるバンドパスフィルタ123A、123B、123Cが装着される。この3つの窓部122A、122B、122Cに装着されるバンドパスフィルタ123A、123B、123Cの透過波長域が、撮像する3つの画像の波長域となる。すなわち、撮像するマルチスペクトル画像の波長域となる。

[0039] 第1窓部122Aには、第1の波長域 λ_1 の光を透過させるバンドパスフィルタ123Aが装着される。以下、必要に応じて、第1窓部122Aに装着されるバンドパスフィルタ123Aを第1バンドパスフィルタ123Aと称して、他のバンドパスフィルタと区別する。

[0040] 第2窓部122Bには、第2の波長域 λ_2 の光を透過させるバンドパスフィルタ123Bが装着される。以下、必要に応じて、第2窓部122Bに装着されるバンドパスフィルタ123Bを第2バンドパスフィルタ123Bと称して、他のバンドパスフィルタと区別する。

[0041] 第3窓部122Cには、第3の波長域 λ_3 の光を透過させるバンドパスフィルタ123Cが装着される。以下、必要に応じて、第3窓部122Cに装着されるバンドパスフィルタ123Cを第3バンドパスフィルタ123Cと称して、他のバンドパスフィルタと区別する。

[0042] バンドパスフィルタ123A、123B、123Cには、分光透過特性の自由度の高さの観点から、反射型のものを使用することが好ましい。

[0043] 3つの窓部122A、122B、122Cには、それぞれ透過軸の角度（

透過軸方位) が異なる偏光フィルタ 1 2 4 A、1 2 4 B、1 2 4 C が装着される。

[0044] 第 1 窓部 1 2 2 A には、透過軸が第 1 の角度 $\alpha 1$ (第 1 の方向) に設定された偏光フィルタ 1 2 4 A が装着される。一例として、本実施の形態のレンズ装置 1 0 0 では、透過軸が 0° に設定された偏光フィルタ 1 2 4 A が装着される。以下、必要に応じて、第 1 窓部 1 2 2 A に装着される偏光フィルタ 1 2 4 A を第 1 偏光フィルタ 1 2 4 A と称して、他の偏光フィルタと区別する。

[0045] 第 2 窓部 1 2 2 B には、透過軸が第 2 の角度 $\alpha 2$ (第 2 の方向) に設定された偏光フィルタ 1 2 4 B が装着される。一例として、本実施の形態のレンズ装置 1 0 0 では、透過軸が 60° に設定された偏光フィルタ 1 2 4 B が装着される。以下、必要に応じて、第 2 窓部 1 2 2 B に装着される偏光フィルタ 1 2 4 B を第 2 偏光フィルタ 1 2 4 B と称して、他の偏光フィルタと区別する。

[0046] 第 3 窓部 1 2 2 C には、透過軸が第 3 の角度 $\alpha 3$ (第 3 の方向) に設定された偏光フィルタ 1 2 4 C が装着される。一例として、本実施の形態のレンズ装置 1 0 0 では、透過軸が 120° に設定された偏光フィルタ 1 2 4 A が装着される。以下、必要に応じて、第 3 窓部 1 2 2 C に装着される偏光フィルタ 1 2 4 C を第 3 偏光フィルタ 1 2 4 C と称して、他の偏光フィルタと区別する。

[0047] なお、透過軸の角度は、X 軸と平行になる状態を 0° とし、物体側 (正面側) から見て反時計回りの方向をプラス (+) の方向としている。したがって、透過軸が 60° とは、X 軸に対し反時計回りに 60° 傾いた状態である。また、透過軸が 120° とは、X 軸に対し反時計回りに 120° 傾いた状態である。

[0048] X 軸は、光軸 Z と直交する平面に設定される軸である。光軸 Z と直交する平面において、X 軸と直交する軸を Y 軸とする。後述するように、カメラ本体 2 0 0 に備えられる撮像素子は、その受光面の上下の辺が X 軸と平行に配

置される。また、左右の辺がY軸と平行に配置される。

[0049] なお、偏光フィルタ124A、124B、124Cには、ゴースト抑制の観点から吸収型のものを使用することが好ましい。

[0050] 以上の構成により、レンズ装置100に入射した光は、フィルタユニット120を通過する過程で3波長に分光され、かつ、波長ごとに特定の振動方向の光に偏光されて出射する。具体的には、第1の方向に偏光した第1の波長域 λ_1 の光と、第2の方向に偏光した第2の波長域 λ_2 の光と、第3の方向に偏光した第3の波長域 λ_3 の光と、に分かれて出射する。

[0051] [カメラ本体]

カメラ本体200は、図1に示すように、撮像素子210を有する。撮像素子210は、レンズ装置100の光軸上に配置され、レンズ装置100を通過した光を受光する。この撮像素子210は、いわゆる偏光撮像素子で構成される。偏光撮像素子とは、偏光子を搭載した撮像素子であり、画素ごとに偏光子が備えられる。偏光子は、たとえば、マイクロレンズとフォトダイオードとの間に備えられる。なお、この種の偏光撮像素子は、公知であるので、その詳細についての説明は省略する（たとえば、国際公開第2020/071253号等参照）。

[0052] 撮像素子210に搭載される偏光子の種類（透過軸の角度）は、撮像する波長の数に応じて選択される。3波長に分光した画像を撮像する場合、少なくとも3方向の偏光子を備えた偏光撮像素子が使用される。本実施の形態では、4方向の偏光子を備えた偏光撮像素子を使用する。

[0053] 図3は、撮像素子における画素及び偏光子の配置の一例を示す図である。

[0054] 同図に示すように、マトリクス状に配置される画素に対し、透過軸の角度が異なる4つの偏光子が規則的に配置される。透過軸の角度が β_1 の偏光子を第1の偏光子、透過軸の角度が β_2 の偏光子を第2の偏光子、透過軸の角度が β_3 の偏光子を第3の偏光子、透過軸の角度が β_4 の偏光子を第4の偏光子とする。一例として、本実施の形態では、第1の偏光子の透過軸の角度 β_1 が 0° 、第2の偏光子の透過軸の角度 β_2 が 45° 、第3の偏光子の透

過軸の角度 β_3 が 90° 、第4の偏光子の透過軸の角度 β_4 が 135° に設定される。

[0055] 第1の偏光子を備えた画素P1を第1画素、第2の偏光子を備えた画素P2を第2画素、第3の偏光子を備えた画素P3を第3画素、第4の偏光子を備えた画素P4を第4画素とする。第1画素P1、第2画素P2、第3画素P3及び第4画素P4からなる 2×2 の画素を1つの画素セットSPとし、この画素セットSPが、X軸及びY軸に沿って繰り返し配置される。

[0056] このように4方向の偏光子が搭載された撮像素子では、ワンショットで4方向の偏光画像を撮像できる。

[0057] 撮像素子210は、たとえば、駆動部、ADC (Analog to Digital Converter)、及び、信号処理部等を備えたCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 型で構成される。この場合、撮像素子210は、内蔵する駆動部に駆動されて動作する。また、各画素の信号は、内蔵するADCによってデジタル信号に変換されて出力される。更に、各画素の信号は、内蔵する信号処理部によって、相関二重サンプリング処理、ゲイン処理、補正処理等が行われて出力される。信号処理は、デジタル信号に変換した後に行う構成としてもよいし、デジタル信号に変換する前に行う構成としてもよい。

[0058] 撮像素子210の出力 V_{out} (各画素の信号値) は、たとえば、次式のようになる。

$$[0059] \quad V_{out} = (V_{in} - V_{th}) \times Gain$$

ここで、 V_{in} は、光が入射することによって生じる電圧、 V_{th} は、スレッシヨルド電圧、 $Gain$ は、ゲインである。

[0060] 8bitの場合、 V_{out} の範囲は0~255である。したがって、入射する光が強すぎると、飽和する画素が発生する。たとえば、8bitの場合、255以上の出力電圧であっても、すべて255と表現されてしまう。また、故障した画素については、その画素だけ出力が0ないし0に近い値になる。

[0061] カメラ本体200には、撮像素子210の他、撮像素子210で撮像された画像のデータを出力する出力部 (不図示)、カメラ本体200の全体の動

作を制御するカメラ制御部（不図示）等が備えられる。カメラ制御部は、たとえば、プロセッサ及びメモリを備えたマイクロプロセッシングユニット（Micro Processing Unit：MPU）で構成される。マイクロプロセッシングユニットは、所定の制御プログラムを実行することで、カメラ制御部として機能する。

[0062] なお、カメラ本体200から出力される画像のデータは、いわゆるRAW画像データである。すなわち、未処理の画像データである。このRAW画像データが、画像データ処理装置300で処理されて、複数の波長に分光した画像が生成される。

[0063] [画像データ処理装置]

画像データ処理装置300は、マルチスペクトルカメラ10のカメラ本体200から出力される画像データ（RAW画像データ）を処理して、複数の波長に分光した画像を生成する。具体的には、レンズ装置100に内蔵されたフィルタユニット120の各窓部122A、122B、122Cに装着されたバンドパスフィルタ123A、123B、123Cの透過波長域 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 に対応した波長の画像を生成する。

[0064] 図4は、画像データ処理装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

[0065] 同図に示すように、画像データ処理装置300は、CPU（Central Processing Unit）311、ROM（Read Only Memory）312、RAM（Random Access Memory）313、補助記憶装置314、入力装置315、出力装置316及び入出力インターフェース（Interface：I/F）317等を備える。このような画像データ処理装置300は、たとえば、パーソナルコンピュータ等の汎用のコンピュータで構成される。

[0066] 画像データ処理装置300は、プロセッサであるCPU311が、所定のプログラム（画像データ処理プログラム）を実行することにより、画像データ処理装置として機能する。CPU311が実行するプログラムは、ROM312又は補助記憶装置314に記憶される。

[0067] 補助記憶装置314は、画像データ処理装置300の記憶部を構成する。

補助記憶装置 314 は、たとえば、HDD (Hard Disk Drive)、SSD (Solid State Drive) 等で構成される。

[0068] 入力装置 315 は、画像データ処理装置 300 の操作部を構成する。入力装置 315 は、たとえば、キーボード、マウス、タッチパネル等で構成される。

[0069] 出力装置 316 は、画像データ処理装置 300 の表示部を構成する。出力装置 316 は、たとえば、液晶ディスプレイ (Liquid Crystal Display)、有機ELディスプレイ (Organic Light Emitting Diode display) 等のディスプレイ等で構成される。

[0070] 入出力インターフェース 317 は、画像データ処理装置 300 の接続部を構成する。画像データ処理装置 300 は、入出力インターフェース 317 を介して、マルチスペクトルカメラ 10 のカメラ本体 200 と接続される。

[0071] 図 5 は、画像データ処理装置が実現する機能のブロック図である。

[0072] 同図に示すように、画像データ処理装置 300 は、画像データ取得部 320、異常画素検出部 321、画素値補正部 322、画像生成部 323、出力制御部 324 及び記録制御部 325 としての機能を実現する。これらの機能は、CPU 311 が、所定のプログラム (画像データ処理プログラム) を実行することで実現される。

[0073] 画像データ取得部 320 は、マルチスペクトルカメラ 10 から撮像により得られる画像データを取得する。上記のように、マルチスペクトルカメラ 10 から取得される画像データは、RAW画像データである。画像データは、入出力インターフェース 317 を介して取得される。

[0074] 異常画素検出部 321 は、取得した画像データを解析し、異常画素を検出する処理を行う。ここで、異常画素とは、画素値が所定の範囲から外れた画素であり、いわゆる輝度値が不適切な画素である。異常画素には、故障画素及び飽和画素が含まれる。故障画素とは、故障により、画素値が所定の範囲から外れた画素である。飽和画素とは、飽和により、画素値が所定の範囲から外れた画素である。故障画素は、画素値が 0 ないし 0 に近い値となる。一

方、飽和画素は、画素値が飽和値となる。たとえば、8bitの場合、255となる。

[0075] 撮像された画像データに異常画素が含まれていると、後段の画像生成部323で各波長の画像を生成する際に適切な画像を生成できなくなる。このため、本実施の形態の画像データ処理装置300では、撮像された画像データに異常画素を検出し、補正して、各波長の画像を生成する。

[0076] 異常画素の検出は、画素セットSPの単位で行われる。

[0077] 図6は、異常画素の検出の処理手順を示すフローチャートである。

[0078] まず、対象とする画素セットSPが異常画素を含んでいるか否かを判別する処理を行う（ステップS1）。次に、その判別処理の結果に基づいて、対象とする画素セットSPが異常画素を含んでいるか否かを判定する（ステップS2）。対象とする画素セットSPが異常画素を含んでいないと判定すると、当該画素セットに対する異常画素の検出処理を終了する。一方、対象とする画素セットSPが異常画素を含んでいると判定すると、対象とする画素セットSP内で異常画素を特定する処理を行う（ステップS3）。

[0079] 対象とする画素セットSPが異常画素を含んでいるか否かを判別する処理は、画素セットSPを構成する4つの画素P1、P2、P3、P4の信号値（画素値）に基づいて行われる。

[0080] 上記のように、本実施の形態のマルチスペクトルカメラ10で使用される撮像素子210は、偏光撮像素子である。偏光撮像素子では、各画素セット内の画素の出力が、一定の関係性を有する。すなわち、各画素に搭載された偏光子の透過軸の角度の設定に基づいて、出力される信号に一定の関係が成り立つ。たとえば、本実施の形態の撮像素子210のように、1つの画素セットSPが4つの画素P1～P4で構成され、それぞれ0°、45°、90°、135°の偏光子を有する場合、次式（1）の関係が成り立つ。ただし、各画素P1～P4には、同量の光が入射するものとする。

[0081] $x_1 + x_3 = x_2 + x_4 \quad \dots (1)$

ここで、 x_1 は、第1画素P1の画素値、すなわち、偏光子の透過軸の角

度が 0° の画素の画素値である。また、 x_2 は、第2画素 P_2 の画素値、すなわち、偏光子の透過軸の角度が 45° の画素の画素値である。また、 x_3 は、第3画素 P_3 の画素値、すなわち、偏光子の透過軸の角度が 90° の画素の画素値である。また、 x_4 は、第4画素 P_4 の画素値、すなわち、偏光子の透過軸の角度が 135° の画素の画素値である。

[0082] すなわち、 0° 、 45° 、 90° 、 135° の偏光子が搭載され撮像素子では、各画素セットにおいて、互いに直交する偏光子を備えた画素同士の画素値の和が等しくなる。

[0083] 画素セット SP が異常画素を含んでいる場合、上記式(1)の関係が大きく崩れる。本実施の形態の画像データ処理装置300では、上記式(1)で示される関係を利用して、対象とする画素セット SP が異常画素を含んでいるか否かを判別する。具体的には、下記式(2)により E を算出し、 E が閾値 Th_1 以上の場合、対象とする画素セット SP が異常画素を含んでいると判断する。 E を強度値と称する。閾値 Th_1 は、第1閾値の一例である。

$$E = (x_1 + x_3) - (x_2 + x_4) \quad \dots (2)$$

[0084] 対象とする画素セット SP が異常画素を含んでいる場合において、当該画素セット SP 内で異常画素を特定する処理は、次のように行われる。すなわち、対象とする画素セット SP 内から画素値が閾値 Th_2 以下の画素、及び、画素値が飽和値の画素を抽出し、抽出した画素を異常画素として特定する。

[0085] ここで、画素値が閾値 Th_2 以下の画素を抽出する処理は、故障画素を抽出する処理である。故障画素は、その出力が0ないし0に近い値となる。よって、画素値が0ないし0に近い画素を抽出して、故障画素を特定する。したがって、閾値 Th_2 は、0ないし0に近い値に設定される。閾値 Th_2 は、第2閾値の一例である。

[0086] 一方、画素値が飽和値の画素を抽出する処理は、飽和画素を抽出する処理である。飽和画素は、画素値が飽和値になるので、画素値が飽和値の画素を抽出して、飽和画素を特定する。撮像素子210の出力が、8bitの場合

、飽和値は255となる。

[0087] 画素値補正部322は、異常画素が検出された場合に、異常画素の画素値を補正する処理を行う。画素値補正部322は、異常画素の周辺の画素の画素値に基づいて、異常画素の画素値を補正する。本実施の形態では、異常画素が検出された画素セット内の他の画素の画素値に基づいて、異常画素の画素値を補正する。すなわち、同一の画素セット内の画素の画素値は、上記式(1)の関係を有するので、上記式(1)の関係を利用して、異常画素の画素値を推定し、補正する。

[0088] たとえば、第1画素P1の画素値 x_1 が180、第2画素P2の画素値 x_2 が158.0385、第3画素P3の画素値 x_3 が240、第4画素P4の画素値 x_4 が255であったとする。この場合、第4画素P4の画素値 x_4 が飽和値であるので、第4画素P4が異常画素である。上記式(1)から第4画素P4の画素値 x_4 は、 $x_4 = x_1 + x_3 - x_2$ で算出される。したがって、この場合、第4画素P4の画素値 x_4 は、 $x_4 = 180 + 240 - 158.0385$ より、261.9615と補正される。

[0089] 画像生成部323は、撮像により得られた画像データに対し、所定の信号処理を施して、複数の波長の画像を生成する処理を行う。この際、画素値を補正する処理を行った場合は、補正後の画像データに対し、所定の信号処理を施して、複数の波長の画像を生成する。複数の波長の画像とは、マルチスペクトルカメラ10のレンズ装置100において、分光した波長の画像である。具体的には、フィルタユニット120の各窓部122A、122B、122Cに装着されたバンドパスフィルタ123A、123B、123Cの透過波長域の画像である。本実施の形態では、第1の波長域 λ_1 の画像(第1画像)と、第2の波長域 λ_2 の画像(第2画像)と、第3の波長域 λ_3 の画像(第3画像)とを生成する。画像生成部323は、画像データ取得部320で取得された画像データに対し、画素セット単位で混信を除去する処理(混信除去処理)を行って、各波長域 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の画像を生成する。以下、この処理について概説する。

[0090] 上記のように、4方向の偏光子が搭載された撮像素子（偏光撮像素子）では、ワンショットで4方向の偏光画像を撮像できる。この4方向の偏光画像には、それぞれ各波長域 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ の画像成分が所定の割合（混信率）で含まれている。混信率は、フィルタユニット120の各窓部122A、122B、122Cに装着される偏光フィルタ124A、124B、124Cの透過軸の角度 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\alpha 3$ と、撮像素子210の各画素P1、P2、P3、P4に備えられる偏光子の透過軸の角度とで定まる。具体的には、各窓部122A、122B、122Cに装着される偏光フィルタ124A、124B、124Cの透過軸の角度 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\alpha 3$ と、各画素P1、P2、P3、P4に備えられる偏光子の透過軸の角度 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ 、 $\beta 3$ 、 $\beta 4$ との角度差の余弦（ \cos ）の二乗によって求められる。したがって、たとえば、第1窓部122Aを通過した光（第1偏光フィルタ124Aを通過した光）が、第1画素P1で受光される割合（混信率）は、 $\cos^2(|\alpha 1 - \beta 1|)$ で算出される。

[0091] このように、混信率は既知であり、この既知の混信率の情報を利用することで、各波長の画像を生成できる。具体的には、次のようにして、各波長の画像を生成する。

[0092] 撮像素子210で撮像された画像における第1画素P1の画素値を $x 1$ 、第2画素P2の画素値を $x 2$ 、第3画素P3の画素値を $x 3$ 、第4画素P4の画素値を $x 4$ とする。

[0093] また、生成される第1画像の対応画素の画素値を $X 1$ 、第2画像の対応画素の画素値を $X 2$ 、第3画像の対応画素の画素値を $X 3$ とする。

[0094] 第1の波長域 $\lambda 1$ の光が第1画素P1で受光される割合を $b 1 1$ 、第2の波長域 $\lambda 2$ の光が第1画素P1で受光される割合を $b 1 2$ 、第3の波長域 $\lambda 3$ の光が第1画素P1で受光される割合を $b 1 3$ とすると、 $X 1$ 、 $X 2$ 、 $X 3$ と $x 1$ との間には、次の関係が成り立つ。

$$b 1 1 * X 1 + b 1 2 * X 2 + b 1 3 * X 3 = x 1 \dots (3 - 1)$$

[0095] また、第1の波長域 $\lambda 1$ の光が第2画素P2で受光される割合を $b 2 1$ 、

第2の波長域 λ_2 の光が第2画素P2で受光される割合を b_{22} 、第3の波長域 λ_3 の光が第2画素P2で受光される割合を b_{23} とすると、 X_1 、 X_2 、 X_3 と x_2 の間には、次の関係が成り立つ。

$$b_{21} * X_1 + b_{22} * X_2 + b_{23} * X_3 = x_2 \dots (3-2)$$

[0096] また、第1の波長域 λ_1 の光が第3画素P3で受光される割合を b_{31} 、第2の波長域 λ_2 の光が第3画素P3で受光される割合を b_{32} 、第3の波長域 λ_3 の光が第3画素P3で受光される割合を b_{33} とすると、 X_1 、 X_2 、 X_3 と x_3 の間には、次の関係が成り立つ。

$$b_{31} * X_1 + b_{32} * X_2 + b_{33} * X_3 = x_3 \dots (3-3)$$

[0097] また、第1の波長域 λ_1 の光が第4画素P4で受光される割合を b_{41} 、第2の波長域 λ_2 の光が第4画素P4で受光される割合を b_{42} 、第3の波長域 λ_3 の光が第4画素P4で受光される割合を b_{43} とすると、 X_1 、 X_2 、 X_3 と x_4 の間には、次の関係が成り立つ。

$$b_{41} * X_1 + b_{42} * X_2 + b_{43} * X_3 = x_4 \dots (3-4)$$

[0098] X_1 、 X_2 、 X_3 について、上記式(3-1)～(3-4)の連立方程式を解くことで、第1画像、第2画像及び第3画像の対応画素の画素値 X_1 、 X_2 、 X_3 を取得できる。

[0099] このように、混信率の情報を利用することで、撮像素子で撮像された画像から各波長の画像を生成できる。

[0100] ここで、上記の連立方程式は、行列Bを用いた下記の式(4)で表わすことができる。

[0101] [数1]

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} \end{bmatrix}$$

[0102]

[数2]

$$\mathbf{B} \times \begin{bmatrix} X1 \\ X2 \\ X3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x1 \\ x2 \\ x3 \\ x4 \end{bmatrix} \dots (4)$$

[0103] 行列Bの逆行列 B^{-1} を行列Aとする。

[0104] [数3]

$$\mathbf{B}^{-1} = \mathbf{A} = \begin{bmatrix} a11 & a12 & a13 & a14 \\ a21 & a22 & a23 & a24 \\ a31 & a32 & a33 & a34 \end{bmatrix}$$

[0105] $X1$ 、 $X2$ 、 $X3$ は、行列Aを上記式(4)の両辺に掛けることで算出できる。すなわち、下記の式(5)により算出できる。行列Aは、混信除去行列である。

[0106] [数4]

$$\begin{bmatrix} X1 \\ X2 \\ X3 \end{bmatrix} = \mathbf{A} \times \begin{bmatrix} x1 \\ x2 \\ x3 \\ x4 \end{bmatrix} \dots (5)$$

[0107] 画像データ処理装置300は、混信除去行列Aの各要素($a11$ 、 $a12$ 、 \dots)を係数群として保持する。係数群の情報は、たとえば、補助記憶装置314に記憶される。画像生成部323は、補助記憶装置314から係数群の情報を取得して、混信除去処理を行い、各波長の画像を生成する。

[0108] 出力制御部324は、画像生成部323で生成された各波長の画像(第1画像、第2画像及び第3画像)の出力を制御する。本実施の形態では、出力装置316であるディスプレイへの出力を制御する。

[0109] 記録制御部325は、ユーザからの指示に応じて、画像生成部323で生

成された各波長の画像の記録を制御する。生成された各波長の画像は、補助記憶装置 314 に記録される。

[0110] [画像データの処理手順]

図 7 は、画像データの処理手順を示すフローチャートである。

[0111] まず、マルチスペクトルカメラ 10 から画像データを取得する処理が行われる（ステップ S11）。次に、取得された画像データから異常画素を検出及び補正する処理が行われる（ステップ S12）。次に、各波長の画像を生成する処理が行われる（ステップ S13）。

[0112] 図 8 は、異常画素を検出及び補正する処理の手順を示すフローチャートである。

[0113] 上記のように、異常画素を検出する処理は、画素セットの単位で行われる。まず、検出対象とする画素セットにおける各画素 P1～P4 の画素値 x_1 ～ x_4 の情報が取得される（ステップ S21__1）。次に、取得された各画素 P1～P4 の画素値 x_1 ～ x_4 から強度値 E が算出される。すなわち、 $E = (x_1 + x_3) - (x_2 + x_4)$ の値が算出される。次に、算出された強度値 E と閾値 T_{h1} とが比較され、強度値 E が閾値 T_{h1} 以上か否かが判定される（ステップ S21__3）。

[0114] ここで、強度値 E が閾値 T_{h1} 以上の場合とは、対象とする画素セットが異常画素を含む場合である。一方、強度値 E が閾値 T_{h1} 未満の場合とは、対象とする画素セットが異常画素を含まない場合である。

[0115] 強度値 E が閾値 T_{h1} 以上の場合は、異常画素を特定する処理が行われる（ステップ S21__4）。この処理は、対象とする画素セット内から画素値が閾値 T_{h2} 以下の画素、及び、画素値が飽和値の画素を抽出することにより行われる。

[0116] 一方、強度値 E が閾値 T_{h1} 未満の場合は、対象とする画素セットに対する異常画素の処理が終了する。この後、すべての画素セットに対して異常画素の検出が完了したか否かが判定される（ステップ S21__6）。すべての画素セットに対して異常画素の検出が完了していない場合は、次の画素セッ

トの画素値の情報が取得され（ステップS 2 1 __ 1）、同様の手順で異常画素の検出が行われる。すべての画素セットに対し、異常画素の検出が完了すると、異常画素の検出及び補正の処理が終了する。

[0117] ステップS 2 1 __ 4において、異常画素が特定されると、次に、特定された異常画素の画素値を補正する処理が行われる（ステップS 2 1 __ 5）。すなわち、画素セット内の他の画素の画素値から真の画素値が推定され、推定された画素値で異常画素の画素値が補正される。真の画素値は、 $x_1 + x_3 = x_2 + x_4$ の関係を利用して推定される。補正後、すべての画素セットに対して異常画素の検出が完了したか否かが判定される（ステップS 2 1 __ 6）。すべての画素セットに対して異常画素の検出が完了していない場合は、次の画素セットの画素値の情報が取得され（ステップS 2 1 __ 1）、同様の手順で異常画素の検出が行われる。すべての画素セットに対し、異常画素の検出が完了すると、異常画素の検出及び補正の処理が終了する。

[0118] 異常画素の補正が行われた場合、各波長の画像を生成する処理では、補正後の画像データに基づいて、各波長の画像が生成される。

[0119] 以上説明したように、本実施の形態の画像データ処理装置300によれば、撮像された画像データに異常画素が含まれる場合に、その画素値が補正されるので、高品質な画像を生成できる。すなわち、異常画素を含んだまま混信除去処理を行うと、生成される画像が破綻するおそれがあるが、本実施の形態の画像データ処理装置300では、異常画素の画素値を補正して、混信除去処理を行うので、高品質な画像を生成できる。

[0120] [実施例]

従来の手法で混信除去処理する場合との効果の比較を以下に示す。

[0121] 図9は、従来の手法で混信除去処理する場合の処理の概略を示す図である。図10は、上記実施の形態の手法で混信除去処理する場合の処理の概略を示す図である。

[0122] 従来の手法とは、異常画素を含む場合であっても、何ら処理を施さずに、そのまま混信除去処理を行う手法である。

[0123] 図9及び図10は、ある画素セットに各波長の光が次の強度で入射した場合の例を示している。すなわち、第1の波長域 λ_1 の光が100、第2の波長域 λ_2 の光が100、第3の波長域 λ_3 の光が220の場合の例を示している。

[0124] また、図9及び図10は、画素セット内の各画素P1～P4に次の強度で光が入射した場合の例を示している。すなわち、第1画素P1が180、第2画素が158.0385、第3画素P3が240、第4画素P4が261.9615である。

[0125] 更に、図9及び図10は、撮像素子の出力が8bitの場合の例を示している。この場合、実際に撮像素子から出力される各画素の信号値（画素値）は、次のようになる。すなわち、第1画素P1が180、第2画素が158.0385、第3画素P3が240、第4画素P4が255である。すなわち、第4画素P4の画素値が、飽和値（255）となって出力される。

[0126] 図9に示すように、従来手法では、異常画素が含まれている場合であっても、そのまま混信除去処理が行われるので、算出される各波長の強度は、実際の強度とは異なる値となる。

[0127] 一方、図10に示すように、上記実施の形態の手法によれば、異常画素が含まれている場合、補正して混信除去処理を行うので、各波長の強度について、正しい値を算出できる。

[0128] [第2の実施の形態]

撮像された画像データが冗長性を有する場合、異常画素を除いても、各波長の画像を生成できる。たとえば、3波長の画像を生成する場合、各波長の画像を生成するために必要な画素の数は3つである。すなわち、1つの画素セットが3画素（3方向の偏光子を備えた画素）で構成されていればよい。したがって、1つの画素セットが4画素（4方向の偏光子を備えた画素）で構成されている場合は、冗長性を有しており、1画素を省いても、各波長の画像を生成できる。すなわち、混信除去できる。この場合、混信除去行列を変えて、各波長の画像が生成される。すなわち、混信除去行列を変えて、混

信除去処理が行われる。

- [0129] ところで、故障により異常画素となっている画素（故障画素）は、毎回、異常な信号値が出力される。すなわち、毎回、同じ画素が異常画素となる。毎回、同じ画素が異常画素となる場合は、異常画素の位置が既知であるので、異常画素を除いた画像データから各波長の画像を生成する手法の方が処理を簡素化でき、好ましい。すなわち、あらかじめ混信除去行列を用意できるので、補正処理を行わない分、処理を簡素化できる。
- [0130] 一方、飽和により異常画素となっている画素（飽和画素）については、シーン及び設定等を変えることで、異常にならない場合がある。したがって、飽和画素については、上記第1の実施の形態の手法、すなわち、補正して、通常の混信除去処理を行う手法の方が好ましい。
- [0131] 本実施の形態の画像データ処理装置では、撮像により得られた画像データが異常画素を含む場合に、異常の原因に応じて、混信除去の処理手法を変え、各波長の画像を生成する。
- [0132] 図11は、画像データ処理装置が実現する機能のブロック図である。
- [0133] 同図に示すように、本実施の形態の画像データ処理装置300は、上記第1の実施の形態の画像データ処理装置300が実現する機能に加えて、更に、処理法決定部326としての機能を実現する。
- [0134] 処理法決定部326は、異常画素検出部321による異常画素の検出結果に基づいて、画像生成部323による画像処理の手法を決定する。すなわち、異常の原因に応じて、混信除去処理の手法を決定する。具体的には、異常が飽和による場合は第1の手法で混信除去処理を行う。一方、異常が故障による場合は第2の手法で混信除去処理を行う。第1の手法は、異常画素の画素値を補正して、各波長の画像を生成する手法である。この場合、通常の混信除去処理が行われる。すなわち、通常の混信除去行列を用いて、混信除去処理が行われる。第2の手法は、異常画素を除いて、各波長の画像を生成する手法である。この場合、混信除去行列を変えて、混信除去処理が行われる。

[0135] 異常の原因は、異常画素の画素値に基づいて判別される。具体的には、画素値が飽和値の場合、飽和による異常と判定する。たとえば、8bitの場合、画素値が255の場合に、飽和による異常と判定される。また、画素値が閾値 T_h2 以下の場合、故障による異常と判定する。処理手法は、画素セット単位で決定される。

[0136] 画像生成部323は、処理法決定部326で決定した処理手法に従って画像データを処理し、各波長の画像を生成する。処理は、画素セット単位で行われる。

[0137] 第1の手法による処理は、上記第1の実施の形態での処理同じなので、ここでは、第2の手法による処理について説明する。

[0138] ある画素セットにおいて、第1画素 P_1 が故障により異常と判定された場合を考える。この場合、第2の手法では、第2画素 P_2 、第3画素 P_3 及び第4画素 P_4 の画素値に基づいて、各波長の画像が生成される。

[0139] 第2画素 P_2 の画素値を x_2 、第3画素 P_3 の画素値を x_3 、第4画素 P_4 の画素値を x_4 とする。生成される3つの波長の画像の対応画素の画素値をそれぞれ X_1 、 X_2 、 X_3 とする。

[0140] 第1の波長域 λ_1 の光が第2画素 P_2 で受光される割合を d_{21} 、第2の波長域 λ_2 の光が第2画素 P_2 で受光される割合を d_{22} 、第3の波長域 λ_3 の光が第2画素 P_2 で受光される割合を d_{23} とすると、 X_1 、 X_2 、 X_3 と x_2 との間には、次の関係が成り立つ。

$$d_{21} * X_1 + d_{22} * X_2 + d_{23} * X_3 = x_2 \dots (6-1)$$

[0141] また、第1の波長域 λ_1 の光が第3画素 P_3 で受光される割合を d_{31} 、第2の波長域 λ_2 の光が第3画素 P_3 で受光される割合を d_{32} 、第3の波長域 λ_3 の光が第3画素 P_3 で受光される割合を d_{33} とすると、 X_1 、 X_2 、 X_3 と x_3 との間には、次の関係が成り立つ。

$$d_{31} * X_1 + d_{32} * X_2 + d_{33} * X_3 = x_3 \dots (6-2)$$

[0142] また、第1の波長域 λ_1 の光が第4画素 P_4 で受光される割合を d_{41} 、第2の波長域 λ_2 の光が第4画素 P_4 で受光される割合を d_{42} 、第3の波

長域 $\lambda 3$ の光が第4画素 $P 4$ で受光される割合を $d 4 3$ とすると、 $X 1$ 、 $X 2$ 、 $X 3$ と $x 4$ の間には、次の関係が成り立つ。

$$d 4 1 * X 1 + d 4 2 * X 2 + d 4 3 * X 3 = x 4 \dots (6 - 3)$$

[0143] $X 1$ 、 $X 2$ 、 $X 3$ について、上記式(6-1)～(6-3)の連立方程式を解くことで、第1画像、第2画像及び第3画像の対応画素の画素値 $X 1$ 、 $X 2$ 、 $X 3$ を取得できる。

[0144] ここで、上記の連立方程式は、行列 D を用いた下記の式(7)で表わすことができる。

[0145] [数5]

$$D = \begin{bmatrix} d_{21} & d_{22} & d_{24} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} \\ d_{41} & d_{42} & d_{43} \end{bmatrix}$$

[0146] [数6]

$$D \times \begin{bmatrix} X1 \\ X2 \\ X3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x2 \\ x3 \\ x4 \end{bmatrix} \dots (7)$$

[0147] 行列 D の逆行列 D^{-1} を行列 C とする。行列 C は混信除去行列である。

[0148] [数7]

$$D^{-1} = C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix}$$

[0149] $X 1$ 、 $X 2$ 、 $X 3$ は、混信除去行列 C を上記式(7)の両辺に掛けることで算出できる。すなわち、下記の式(8)により算出できる。

[0150]

[数8]

$$\begin{bmatrix} X1 \\ X2 \\ X3 \end{bmatrix} = C \times \begin{bmatrix} x2 \\ x3 \\ x4 \end{bmatrix} \dots (8)$$

[0151] このように、各波長の画像における対応画素の画素値 X 1、X 2、X 3 は、画素セット内の残りの画素の画素値の情報から求めることができる。

[0152] 以上は、第 1 画素 P 1 が異常画素と判定された場合の処理方法である。第 1 画素以外の画素が異常画素と判定された場合についても同様の手法で対応画素の画素値 X 1、X 2、X 3 の値を求めることができる。

[0153] 補助記憶装置 3 1 4 には、第 1 画素 P 1 を除外して混信除去処理を行う場合の混信除去行列の情報、第 2 画素 P 2 を除外して混信除去処理を行う場合の混信除去行列の情報、第 3 画素 P 3 を除外して混信除去処理を行う場合の混信除去行列の情報、及び、第 4 画素 P 4 を除外して混信除去処理を行う場合の混信除去行列の情報が記憶される。なお、混信除去行列の情報とは、混信除去行列の各要素を係数群とする情報である。

[0154] 画像生成部 3 2 3 は、補助記憶装置 3 1 4 から係数群の情報を取得して、混信除去処理を行い、各波長の画像を生成する。

[0155] 図 1 2 は、第 2 の手法で混信除去処理する場合の処理の概略を示す図である。

[0156] 同図は、ある画素セットに各波長の光が次の強度で入射した場合の例を示している。すなわち、第 1 の波長域 $\lambda 1$ の光が 1 0 0、第 2 の波長域 $\lambda 2$ の光が 1 0 0、第 3 の波長域 $\lambda 3$ の光が 2 2 0 の場合の例を示している。また、同図は、画素セット内の各画素 P 1 ~ P 4 に次の強度で光が入射した場合の例を示している。すなわち、第 1 画素 P 1 が 1 8 0、第 2 画素が 1 5 8、0 3 8 5、第 3 画素 P 3 が 2 4 0、第 4 画素 P 4 が 0. 1 である。すなわち、第 4 画素 P 4 が故障画素の場合の例を示している。

[0157] 上記のように、第 2 手法では、異常画素が含まれている場合、異常画素を

除いた3つの画素で混信除去処理が行われる。すなわち、第1画素P1、第2画素P2及び第3画素P3の3つの画素で混信除去処理が行われる。これにより、異常画素の影響を排除して、各波長の正しい値を算出できる。

[0158] [画像データの処理手順]

図13は、画像データ処理装置による画像データの処理手順を示すフローチャートである。

[0159] まず、マルチスペクトルカメラ10から画像データが取得される（ステップS31）。次に、取得された画像データに対し異常画素の検出が行われる（ステップS32）。次に、異常画素の検出結果に基づいて、異常画素の有無が判定される（ステップS33）。

[0160] 異常画素がない場合、通常の混信除去処理が行われて、各波長の画像が生成される（ステップS37）。

[0161] 一方、異常画素がある場合、異常の原因に基づいて、画像生成の処理手法が決定される（ステップS34）。異常の原因が飽和の場合、画像生成の処理手法として、第1の手法が選択される。上記のように、第1の手法は、異常画素の画素値を補正して、各波長の画像を生成する手法である。異常の原因が故障の場合、画像生成の処理手法として、第2の手法が選択される。上記のように、第2の手法は、異常画素を除いて、各波長の画像を生成する手法である。

[0162] 画像生成の処理手法の決定後、決定した処理手法が第1の手法か否かが判定される（ステップS35）。

[0163] 画像生成の処理手法が、第1の手法の場合、すなわち、異常が飽和による場合、異常画素の画素値を補正する処理が行われる（ステップS36）。その後、異常画素がない場合と同様に、通常の混信除去処理が行われて、各波長の画像が生成される（ステップS37）。

[0164] 画像生成の処理手法が、第2の手法の場合（ステップS35の判定が「N」の場合）、異常画素を除いて混信除去処理が行われ、各波長の画像が生成される（ステップS37）。より具体的には、異常画素を含む画素セットに

において、異常画素を除いて混信除去処理が行われる。異常画素を含まない画素セットについては、通常の混信除去処理が行われる。異常画素を含む画素セットでは、異常画素の位置に応じて、混信除去行列が切り替えられて、混信除去処理が行われる。

[0165] 以上の処理は、画素セットの単位で行う構成としてもよいし、画像データの単位で行う構成としてもよい。

[0166] このように、本実施の形態の画像データ処理装置によれば、異常の有無及びその原因に応じて混信除去の処理手法が変えられるので、高品質な画像を効率よく生成できる。

[0167] [変形例]

[異常画素の特定方法]

ここでは、異常画素を含む画素セットが検出された場合に画素セット内で異常画素を特定する方法の他の例について説明する。

[0168] (1) 周辺の画素セットを利用して異常画素を特定する方法

ここでは、異常画素を含む画素セットが検出された場合に、周囲の画素セットを利用して異常画素を特定する方法について説明する。

[0169] 図14は、周辺の画素セットを利用して異常画素を特定する方法の概念図である。

[0170] 同図は、画素の配列を模式的に示したものである。ハッチングを付した個々の四角が1つ1つの画素を表している。四角内の数字は、各画素を区別するための数字である。また、四角内のハッチングは、各画素の透過軸方位（偏光子の透過軸の角度）を示している。たとえば、画素P11の透過軸方位は 0° 、画素P12の透過軸方位は 45° 、画素P22の透過軸方位は 90° 、画素P21の透過軸方位は 135° である。

[0171] 同図において、画素P33、画素P34、画素P44及び画素P43で構成される画素セット（太線で示す枠によって囲われた画素セット）が、検出対象の画素セットであるとする。また、画素P33が異常画素であるとする。

[0172] 異常画素を含む画素セットが検出された場合、まず、その周辺の8個の画素セットで強度値Eを算出する。

[0173] 図15は、周辺の8個の画素セットを示す図である。同図に示すように、周辺の8個の画素セットは、(a)画素P22、画素P23、画素P33及び画素P32で構成される画素セットSP1、(b)画素P23、画素P24、画素P34及び画素P33で構成される画素セットSP2、(c)画素P24、画素P25、画素P35及び画素P34で構成される画素セットSP3、(d)画素P34、画素P35、画素P45及び画素P44で構成される画素セットSP4、(e)画素P44、画素P45、画素P55及び画素P54で構成される画素セットSP5、(f)画素P43、画素P44、画素P54及び画素P53で構成される画素セットSP6、(g)画素P42、画素P43、画素P53及び画素P52で構成される画素セットSP7、並びに、(h)画素P32、画素P33、画素P43及び画素P44で構成される画素セットSP8である。各画素セットにおいて、強度値Eを算出する。

[0174] 次に、周辺の8個の画素セットの中から強度値Eが閾値 T_{h1} 以上の画素セットを抽出する。上記のように、異常画素を含む画素セットでは、強度値Eが閾値 T_{h1} 以上となる。したがって、強度値Eを算出することにより、周辺の8個の画素セットの中から異常画素を含む画素セットを検出できる。本例では、画素P33を含む画素セットにおいて、強度値Eが閾値 T_{h1} 以上となる。具体的には、画素セットSP1、画素セットSP2及び画素セットSP8において、強度値Eが閾値 T_{h1} 以上となる。

[0175] 次に、抽出した画素セットにおいて、重複する画素を抽出する。すなわち、異常画素を含む画素セット同士で重複する画素を抽出する。本例では、画素セットSP1、画素セットSP2及び画素セットSP8において重複する画素を抽出する。画素セットSP1、画素セットSP2及び画素セットSP8において重複する画素は、画素P33だけである。抽出した画素(画素P33)を異常画素として特定する。

- [0176] 異常の原因については、特定し異常画素の画素値から判別する。たとえば、特定した異常画素の画素値が0に近い値の場合は故障による異常と判定する。また、特定した異常画素の画素値が飽和値の場合は飽和による異常と判定する。
- [0177] このように、周辺の画素セットの強度値Eを算出することで、その強度値Eの情報から異常画素を特定することができる。
- [0178] なお、参照する画素セットの範囲については、更に広げることができる。たとえば、参照する画素セットの範囲として、更に周辺の16個の画素セットも加えることができる。参照する画素セットの範囲を広げることで、より高精度に異常画素を特定できる。
- [0179] 図16は、参照する画素セットの範囲を広げて異常画素を特定する場合の概念図である。
- [0180] 同図は、更に周辺の16個の画素セットを参照して、異常画素を特定する場合の一例を示している。
- [0181] 同図において、画素P33、画素P34、画素P44及び画素P43で構成される画素セット（太線で示す枠によって囲われた画素セット）が、検出対象の画素セットであるとする。また、画素P33が異常画素であるとする。
- [0182] まず、検出対象の画素セットの周辺の8個の画素セットにおいて強度値Eを算出する。
- [0183] 図17は、周辺の8個の画素セットを示す図である。同図に示すように、周辺の8個の画素セットは、（a）画素P22、画素P23、画素P33及び画素P32で構成される画素セットSP1、（b）画素P23、画素P24、画素P34及び画素P33で構成される画素セットSP2、（c）画素P24、画素P25、画素P35及び画素P34で構成される画素セットSP3、（d）画素P34、画素P35、画素P45及び画素P44で構成される画素セットSP4、（e）画素P44、画素P45、画素P55及び画素P54で構成される画素セットSP5、（f）画素P43、画素P44、

画素P54及び画素P53で構成される画素セットSP6、(g)画素P42、画素P43、画素P53及び画素P52で構成される画素セットSP7、並びに、(h)画素P32、画素P33、画素P43及び画素P44で構成される画素セットSP8である。各画素セットにおいて、強度値Eを算出する。

[0184] 次に、算出した周辺の8個の画素セットの強度値Eに基づいて異常画素を特定する。上記のように、本例では、画素P33及び画素P35が異常画素である。この場合、本来、正常な画素であるはずの画素P34も異常画素と判定されてしまう。そこで、2カ所で異常画素が特定された場合は、更に周辺の16個の画素セットを参照して、真に異常な画素を特定する処理を行う。

[0185] 図18は、更に周辺の16個の画素セットを示す図である。

[0186] 同図に示すように、更に周辺の16個の画素セットは、(i)画素P11、画素P12、画素P22及び画素P21で構成される画素セットSP9、(j)画素P12、画素P13、画素P23及び画素P22で構成される画素セットSP10、(k)画素P13、画素P14、画素P24及び画素P23で構成される画素セットSP11、(l)画素P14、画素P15、画素P25及び画素P24で構成される画素セットSP12、(m)画素P15、画素P16、画素P26及び画素P25で構成される画素セットSP13、(n)画素P25、画素P26、画素P36及び画素P35で構成される画素セットSP14、(o)画素P35、画素P36、画素P46及び画素P45で構成される画素セットSP15、(p)画素P45、画素P46、画素P56及び画素P55で構成される画素セットSP16、(q)画素P55、画素P56、画素P66及び画素P65で構成される画素セットSP17、(r)画素P54、画素P55、画素P65及び画素P64で構成される画素セットSP18、(s)画素P53、画素P54、画素P64及び画素P63で構成される画素セットSP19、(t)画素P52、画素P53、画素P63及び画素P62で構成される画素セットSP20、(u)

画素P 5 1、画素P 5 2、画素P 6 2及び画素P 6 1で構成される画素セットSP 2 1、(v)画素P 4 1、画素P 4 2、画素P 5 2及び画素P 5 1で構成される画素セットSP 2 2、(w)画素P 3 1、画素P 3 2、画素P 4 2及び画素P 4 1で構成される画素セットSP 2 3、並びに、(x)画素P 2 1、画素P 2 2、画素P 3 2及び画素P 3 1で構成される画素セットSP 2 4で構成される。

[0187] まず、周辺の16個の画素セットの強度値Eを算出する。本例の場合、画素セットSP 9～SP 2 4において、強度値Eが算出される。これにより、周辺の16個の画素セットにおいて異常画素を含む画素セットを検出できる。本例の場合、画素P 3 3の周辺の画素セットでは、異常画素を含む画素セットは検出されない。一方、画素P 3 5の周辺の画素セットでは、異常画素を含む画素セットが検出される。これにより、画素P 3 3については、真に異常画素であると断定できる。一方、画素P 3 4については、いまだ真に異常画素であるか否かを断定できない。

[0188] そこで、次に、真に異常画素と判定した画素P 3 3の値を補正する処理を行う。補正後、再び、検出対象の画素セットについて、強度値Eを算出する。算出した強度値Eが閾値Th 1未満の場合、検出対象の画素セットは異常画素を含まないので、画素P 3 4は異常画素ではないと判定できる。

[0189] このように、参照する画素セットの範囲を広げることで、周辺に異常画素が存在する場合であっても、精度よく異常画素を検出できる。

[0190] また、故障画素及び飽和画素以外にも出力がおかしい画素（本来の出力とはずれた値を出力する画素）も検出できる。

[0191] 参照する画素セットの範囲については、たとえば、レンズ装置の解像度、必要な解像度等に応じて設定することが好ましい。

[0192] ここで、レンズ装置の解像度とは、使用するレンズ装置の撮像状況における分解能をいう。撮像状況における分解能であるので、たとえば、絞り値（F値）が変わると、レンズ装置の分解能も変わる。また、物体距離によっても、レンズ装置の分解能は変わる。

- [0193] また、必要な解像度とは、ある被写体を撮像した場合に、撮像素子上に写るその被写体の関心領域の大きさに対し、満足に描写できる撮像素子の分解能をいう。関心領域とは、たとえば、欠陥検出を目的とした撮像では欠陥、被写体の判別を目的とした撮像では被写体自身である。一例として、100 [mm] の欠陥を検出する場合を考える。撮像倍率が、0.01 倍の位置にマルチスペクトルカメラをセットしている場合、撮像素子上には1 [mm] の大きさで欠陥が写る。この1 [mm] の大きさを満足に描写し得る画素数（画素の大きさ）が、必要な解像度となる。
- [0194] レンズ装置の解像度が低い場合は、参照する画素セットの範囲を広げ、高い場合は狭めることが好ましい。同様に、必要な解像度が低い場合は、参照する画素セットの範囲を広げ、高い場合は狭めることが好ましい。
- [0195] たとえば、レンズ装置の解像度が低い場合（レンズ装置の解像度が閾値以下の場合）は、周辺の8個の画素セットに加えて、更にその周辺の16個の画素セットを参照して、異常画素を特定する処理を行う。一方、レンズ装置の解像度が高い場合（レンズ装置の解像度が閾値を超える場合）は、周辺の8個の画素セットのみで異常画素を特定する処理を行う。
- [0196] また、たとえば、必要な解像度が低い場合（必要な解像度が閾値以下の場合）は、周辺の8個の画素セットに加えて、更にその周辺の16個の画素セットを参照して、異常画素を特定する処理を行う。一方、必要な解像度が高い場合（必要な解像度が閾値を超える場合）は、周辺の8個の画素セットのみで異常画素を特定する処理を行う。
- [0197] 一例として、ある被写体を撮像した場合に、撮像素子上に写るその被写体の関心領域の大きさを a とした場合、参照する画素セット全体の大きさが、 a 以下となる範囲で参照する画素セットの範囲を拡大できる。
- [0198] 参照する画素セットの範囲については、レンズ装置の解像度及び必要な解像度等の他、異常画素の数によって設定することもできる。たとえば、異常画素の数が多い場合（異常画素の数が閾値以上の場合）にのみ、参照する画素セットの範囲を広げて、異常画素を特定する処理を行う。一例として、異

常画素の数が多い場合（異常画素の数が閾値以上の場合）は、周辺の8個の画素セットに加えて、更にその周辺の16個の画素セットを参照して、異常画素を特定する処理を行う。一方、異常画素の数が少ない場合（異常画素の数が閾値未満の場合）は、周辺の8個の画素セットのみで異常画素を特定する処理を行う。

[0199] (2) 周辺の同種の画素の画素値を参照して異常画素を特定する方法

ここでは、周辺の同種の画素の画素値を参照して異常画素を特定する方法について説明する。同種の画素とは、同じ偏光子が搭載された画素のことである。

[0200] 本方法では、画素値が、周辺の同種の画素の画素値から推測される値（推測値）と比べてずれている画素を異常画素と推定する。

[0201] 推測値は、たとえば、バイリニア法、バイキュービック法等の公知の手法を用いて求めることができる。たとえば、図14に示した例において、画素P33については、画素P31及び画素P35の画素値に基づいて、推測値を算出する。具体的には、画素P31及び画素P35の画素値の平均値を算出する。同様に、画素P34については、画素P32及び画素P36の画素値に基づいて、推測値を算出する。画素P44については、画素P42及び画素P46の画素値に基づいて、推測値を算出する。画素P43については、画素P41及び画素P45の画素値に基づいて、推測値を算出する。

[0202] すなわち、対象とする画素を挟む位置に配置される同種の2つの画素の画素値に基づいて、推測値を算出する。したがって、たとえば、画素P33については、画素P13及び画素P53の画素値、又は、画素P11及び画素P55の画素値、又は、画素P15及び画素P51の画素値に基づいて、推測値を算出することもできる。他の画素についても同様である。

[0203] 検出対象とする画素ブロック内の各画素について推測値を算出し、画素値が推測値と比べてずれている画素を異常画素と推定する。具体的には、各画素について、画素値と推測値との差分を求め、求めた差分と閾値 T_h3 とを比較する。差分は、画素値と推測値との差の絶対値として算出される。求め

た差分が閾値 T_h3 以上の画素を異常画素と推定する。閾値 T_h3 は第3閾値の一例である。

[0204] このように、周辺の同種の画素の画素値を参照することで、異常画素を特定することができる。

[0205] (3) その他の方法

異常画素の特定は、上記実施の形態の方法（画素値から特定する方法）を含めて複数の方法を組み合わせて実施することができる。たとえば、画素値から特定する方法と、周辺の画素セットを利用する方法とを併用して、異常画素を特定する方法を採用することができる。あるいは、画素値から特定する方法と、周辺の同種の画素の画素値を参照する方法とを併用して、異常画素を特定する方法を採用することができる。このように、複数の方法を組み合わせて異常画素を特定することにより、精度よく異常画素を検出することが可能になる。

[0206] [異常画素の画素値を補正する方法]

上記実施の形態では、異常画素が検出された場合に、式(1)の関係を利用して、異常画素の画素値を推定し、補正する構成としているが、異常画素の画素値を補正する方法は、これに限定されるものではない。異常を検出する場合と同様に、周辺の同種の画素の画素値を利用して、異常画素の画素値を推定し、補正する構成としてもよい。たとえば、図14に示した例において、画素P33が異常画素の場合、画素P31及び画素P35の画素値に基づいて、画素P33の画素値を推定し、補正することができる。この場合、具体的には、画素P31及び画素P35の画素値の平均値を算出して、画素値を推定し、補正する。

[0207] [その他の実施の形態及び変形例]

[異常画素を含む画素ユニットの検出方法の変形例]

上記のように、1つの画素セットSPが4つの画素P1~P4で構成され、それぞれ 0° 、 45° 、 90° 、 135° の偏光子を有する場合、上記式(1)の関係が成り立つ。すなわち、 $x_1 + x_3 = x_2 + x_4$ の関係が成り

立つ。上記実施の形態では、この式の関係を利用して、強度値 $E = (x_1 + x_3) - (x_2 + x_4)$ を算出し、強度値 E が閾値 Th_1 以上の場合、対象とする画素セット SP が異常画素を含んでいると判断する構成としている。

[0208] 1つの画素セット SP を構成する4つの画素の組み合わせが上記実施の形態の組み合わせと異なる場合であっても、同様の手法で強度値 E を算出し、異常画素を含むか否かを判定できる。以下、1つの画素セットが4つの画素で構成され、各画素の透過軸方位（搭載された偏光子の透過軸の角度）が 0° 、 60° 、 90° 、 120° の場合、及び、 0° 、 45° 、 60° 、 120° の場合の例について説明する。

[0209] (1) 各画素の透過軸方位が 0° 、 60° 、 90° 、 120° の場合
1つの画素セットが4つの画素で構成され、各画素の透過軸方位が、それぞれ 0° 、 60° 、 90° 、 120° の場合、次式の関係が成り立つ。

$$[0210] \quad I_0 - 2 \times I_{60} + 3 \times I_{90} - 2 \times I_{120} = 0$$

ここで、 I_0 は、透過軸方位が 0° の画素の画素値である。また、 I_{60} は、透過軸方位が 60° の画素の画素値である。また、 I_{90} は、透過軸方位が 90° の画素の画素値である。また、 I_{120} は、透過軸方位が 135° の画素の画素値である。

[0211] したがって、4つの画素の透過軸方位が、 0° 、 60° 、 90° 、 120° の場合は、次式により強度値 E を算出し、強度値 E が閾値 Th_1 以上の場合、対象とする画素セットが異常画素を含んでいると判断する。

$$E = I_0 - 2 \times I_{60} + 3 \times I_{90} - 2 \times I_{120}$$

[0212] (2) 各画素の透過軸方位が 0° 、 45° 、 60° 、 120° の場合
1つの画素セットが4つの画素で構成され、各画素の透過軸方位が、それぞれ 0° 、 60° 、 90° 、 120° の偏光子を有する場合、次式の関係が成り立つ。

$$[0213] \quad I_0 - 3 \times I_{45} + (\sqrt{3} + 1) \times I_{60} - (\sqrt{3} - 1) \times I_{120} = 0$$

ここで、 I_0 は、透過軸方位が 0° の画素の画素値である。また、 I_{45} は、透過軸方位が 45° の画素の画素値である。また、 I_{60} は、透過軸方位が 60°

の画素の画素値である。また、 I_{120} は、透過軸方位が 120° の画素の画素値である。

[0214] したがって、各画素の透過軸方位が、 0° 、 45° 、 60° 、 120° の場合は、次式により強度値Eを算出し、強度値Eが閾値 $Th1$ 以上の場合、対象とする画素セットが異常画素を含んでいると判断する。

$$E = I_0 - 3 \times I_{45} + (\sqrt{3} + 1) \times I_{60} - (\sqrt{3} - 1) \times I_{120}$$

[0215] このように、各画素の透過軸方位に基づいて、各画素間における画素値の関係式を求め、強度値Eの計算式を設定する。求めた各画素間における画素値の関係式は、異常画素の画素値の補正にも使用できる。

[0216] [撮像素子の変形例]

上記実施の形態では、撮像素子が、いわゆるモノクロの場合の例を示しているが、撮像素子がカラーの場合にも本発明は適用できる。カラーの偏光撮像素子では、画素セットの単位でカラーフィルタが配置される。すなわち、同じ画素セット内の各画素には、同じ色のカラーフィルタが搭載される。カラーフィルタの配列は、ベイヤ等の公知の配列が採用される。

[0217] 撮像素子がカラーの場合、異常画素を特定する処理は、カラー単位で行われる。たとえば、周辺の同種の画素の画素値を参照して異常画素を特定する方法においては、同じ偏光子及び同じカラーフィルタを備えた画素の画素値を参照して、異常画素が特定される。

[0218] [マルチスペクトルカメラの変形例]

マルチスペクトルカメラは、同時に撮像する波長の数に応じてレンズ装置及びカメラ本体が構成される。たとえば、2波長のマルチスペクトル画像を撮像する場合、レンズ装置は、入射した光を2波長に分光し、かつ、分光された各波長の光を特定の方向に偏光させて出射する構成とされる。また、カメラ本体の撮像素子には、少なくとも2方向の偏光子を備えた偏光撮像素子が使用される。

[0219] レンズ装置については、フィルタユニットを鏡筒に対し着脱可能とし、自由に交換できる構成とすることが好ましい。これにより、フィルタユニット

を交換するだけで、さまざまな波長の画像を撮像できる。

[0220] また、フィルタユニットについても、各窓部に装着するフィルタ（バンドパスフィルタ及び偏光フィルタ）を着脱ないし交換できる構成とすることが好ましい。これにより、分光させる波長の数及び組み合わせを自由に変えることができる。なお、この場合、必ずしもすべての窓部を使用する必要はない。たとえば、フィルタ枠に4つの窓部を備えている場合において、3波長の画像を撮像する場合は、1つの窓部を遮光して使用することができる。

[0221] また、各窓部に装着するバンドパスフィルタ及び偏光フィルタは、個別に窓部に装着する構成としてもよいし、一体化（接合）して装着する構成としてもよい。一体化した場合は、各フィルタ間に空気層を含まない構成とすることができる。一体化する場合は、たとえば、オプティカルコンタクトにより、各フィルタを接合して一体化することができる。

[0222] また、フィルタユニットに備えられる各窓部の形状は、特に限定されず、種々の形状を採用できる。たとえば、周方向に等分割した扇状の形状とすることもできる。

[0223] [画像データ処理装置の変形例]

上記実施の形態のマルチスペクトルカメラシステムでは、マルチスペクトルカメラと画像データ処理装置とを別体で構成しているが、マルチスペクトルカメラのカメラ本体に画像データ処理装置の機能をもたせてもよい。

[0224] また、画像データ処理装置が実現する機能は、各種のプロセッサ（Processor）で実現される。各種のプロセッサには、プログラムを実行して各種の処理部として機能する汎用的なプロセッサであるCPU及び／又はGPU（Graphic Processing Unit）、FPGA（Field Programmable Gate Array）などの製造後に回路構成を変更可能なプロセッサであるプログラマブルロジックデバイス（Programmable Logic Device, PLD）、ASIC（Application Specific Integrated Circuit）などの特定の処理を実行させるために専用に設計された回路構成を有するプロセッサである専用電気回路などが含まれる。プログラムは、ソフトウェアと同義である。

[0225] 1つの処理部は、これら各種のプロセッサのうちの1つで構成されていてもよいし、同種又は異種の2つ以上のプロセッサで構成されてもよい。たとえば、1つの処理部は、複数のFPGA、或いは、CPUとFPGAの組み合わせによって構成されてもよい。また、複数の処理部を1つのプロセッサで構成してもよい。複数の処理部を1つのプロセッサで構成する例としては、第1に、クライアントやサーバなどに用いられるコンピュータに代表されるように、1つ以上のCPUとソフトウェアの組合せで1つのプロセッサを構成し、このプロセッサが複数の処理部として機能する形態がある。第2に、システムオンチップ (System on Chip, SoC) などに代表されるように、複数の処理部を含むシステム全体の機能を1つのIC (Integrated Circuit) チップで実現するプロセッサを使用する形態がある。このように、各種の処理部は、ハードウェア的な構造として、上記各種のプロセッサを1つ以上用いて構成される。

符号の説明

- [0226] 1 マルチスペクトルカメラシステム
- 10 マルチスペクトルカメラ
 - 100 レンズ装置
 - 110A レンズ群
 - 110B レンズ群
 - 120 フィルタユニット
 - 122 フィルタ枠
 - 122A 窓部 (第1窓部)
 - 122B 窓部 (第2窓部)
 - 122C 窓部 (第3窓部)
 - 123A バンドパスフィルタ (第1バンドパスフィルタ)
 - 123B バンドパスフィルタ (第2バンドパスフィルタ)
 - 123C バンドパスフィルタ (第3バンドパスフィルタ)
 - 124A 偏光フィルタ (第1偏光フィルタ)

- 1 2 4 B 偏光フィルタ (第2偏光フィルタ)
- 1 2 4 C 偏光フィルタ (第3偏光フィルタ)
- 2 0 0 カメラ本体
- 2 1 0 撮像素子
- 3 0 0 画像データ処理装置
- 3 1 1 C P U
- 3 1 2 R O M
- 3 1 3 R A M
- 3 1 4 補助記憶装置
- 3 1 5 入力装置
- 3 1 6 出力装置
- 3 1 7 入出力インターフェース
- 3 2 0 画像データ取得部
- 3 2 1 異常画素検出部
- 3 2 2 画素値補正部
- 3 2 3 画像生成部
- 3 2 4 出力制御部
- 3 2 5 記録制御部
- 3 2 6 処理法決定部
- P 1 画素 (第1画素)
- P 2 画素 (第2画素)
- P 3 画素 (第3画素)
- P 4 画素 (第4画素)
- P 1 1 ~ P 1 6 画素
- P 2 1 ~ P 2 6 画素
- P 3 1 ~ P 3 6 画素
- P 4 1 ~ P 4 6 画素
- P 5 1 ~ P 5 6 画素

P 6 1 ~ P 6 6 画素

S P 画素セット

S P 1 ~ S P 2 4 画素セット

Z 光軸

S 1 ~ S 3 異常画素の検出の処理手順

S 1 1 ~ S 1 3 画像データの処理手順

S 2 1 _ 1 ~ S 2 1 _ 6 異常画素を検出及び補正する処理の手順

S 3 1 ~ S 3 7 画像データの処理手順

請求の範囲

- [請求項1] 入射した光を複数の波長に分光し、かつ、分光された前記波長の光を特定の方向に偏光させて出射する光学系と、異なる種類の偏光子を備えた画素のセットを複数備えた撮像素子と、を備えた撮像装置で撮像された画像データを処理する画像データ処理装置であって、
- プロセッサを備え、
 - 前記プロセッサは、
 - 前記画像データを取得する処理と、
 - 取得した前記画像データから画素値が所定の範囲から外れた画素を異常画素として検出する処理と、
 - 前記異常画素が検出された場合に、前記異常画素の画素値を周辺の画素の画素値に基づいて補正する処理と、
 - 前記異常画素が検出された場合に、前記異常画素の画素値を補正した後の前記画像データから分光された前記波長の画像を生成する処理と、
 - を行う、
 - 画像データ処理装置。
- [請求項2] 前記プロセッサは、飽和により画素値が前記所定の範囲から外れている場合に、前記異常画素の画素値を周辺の画素の画素値に基づいて補正する処理を行う、
- 請求項1に記載の画像データ処理装置。
- [請求項3] 前記プロセッサは、故障により画素値が前記所定の範囲から外れている場合は、前記異常画素の画素値を補正せずに、前記異常画素を除いた前記画像データから分光された前記波長の画像を生成する処理を行う、
- 請求項1に記載の画像データ処理装置。
- [請求項4] 前記異常画素を検出する処理は、
- 前記異常画素を含む画素のセットを検出する処理と、

検出された画素のセットから前記異常画素を特定する処理と、
を含む、

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の画像データ処理装置。

[請求項5]

前記異常画素を含む画素のセットを検出する処理は、

画素のセットを構成する画素の画素値に基づいて、前記異常画素を
含む画素のセットを検出する、

請求項 4 に記載の画像データ処理装置。

[請求項6]

前記異常画素を含む画素のセットを検出する処理は、

画素のセットを構成する画素の画素値の和、又は、

画素のセットを構成する画素の画素値に特定の係数を掛けた値の和
を求め、

求めた和が第 1 閾値以上の画素のセットを、前記異常画素を含む画
素のセットとして検出する、

請求項 5 に記載の画像データ処理装置。

[請求項7]

前記異常画素を特定する処理は、

前記異常画素を含む画素のセット内から画素値が第 2 閾値以下の画
素、及び／又は、画素値が飽和値の画素を抽出して、前記異常画素を
特定する、

請求項 5 又は 6 に記載の画像データ処理装置。

[請求項8]

前記異常画素を特定する処理は、

前記異常画素を含む画素のセットの周辺の画素の画素値に基づいて
、前記異常画素を特定する、

請求項 5 又は 6 に記載の画像データ処理装置。

[請求項9]

前記異常画素を特定する処理は、

前記異常画素を含む画素のセットの周辺の画素のセットの中から前
記異常画素を含む画素のセットを検出する処理と、

前記異常画素を含む画素のセットの検出結果に基づいて、前記異常
画素を含む画素のセット内から前記異常画素を特定する処理と、

を含む、

請求項 8 に記載の画像データ処理装置。

[請求項10] 前記光学系の解像度に応じて、前記異常画素を含む画素のセットを検出する範囲が切り替えられる、

請求項 9 に記載の画像データ処理装置。

[請求項11] 前記異常画素を特定する処理は、

画素の画素値を周辺の画素の画素値から推定する処理と、

推定した画素値との差分が第 3 閾値以上の画素を異常画素として特定する処理と、

を含む、

請求項 8 に記載の画像データ処理装置。

[請求項12] 画素の画素値を周辺の画素の画素値から推定する処理は、同じ種類の偏光子を備えた周辺の画素の画素値から推定する、

請求項 11 に記載の画像データ処理装置。

[請求項13] 入射した光を複数の波長に分光し、かつ、分光された前記波長の光を特定の方向に偏光させて出射する光学系と、異なる種類の偏光子を備えた画素のセットを複数備えた撮像素子と、を備えた撮像装置で撮像された画像データを処理する画像データ処理方法であって、

前記画像データを取得する処理と、

取得した前記画像データから画素値が所定の範囲から外れた画素を異常画素として検出する処理と、

前記異常画素が検出された場合に、前記異常画素の画素値を周辺の画素の画素値に基づいて補正する処理と、

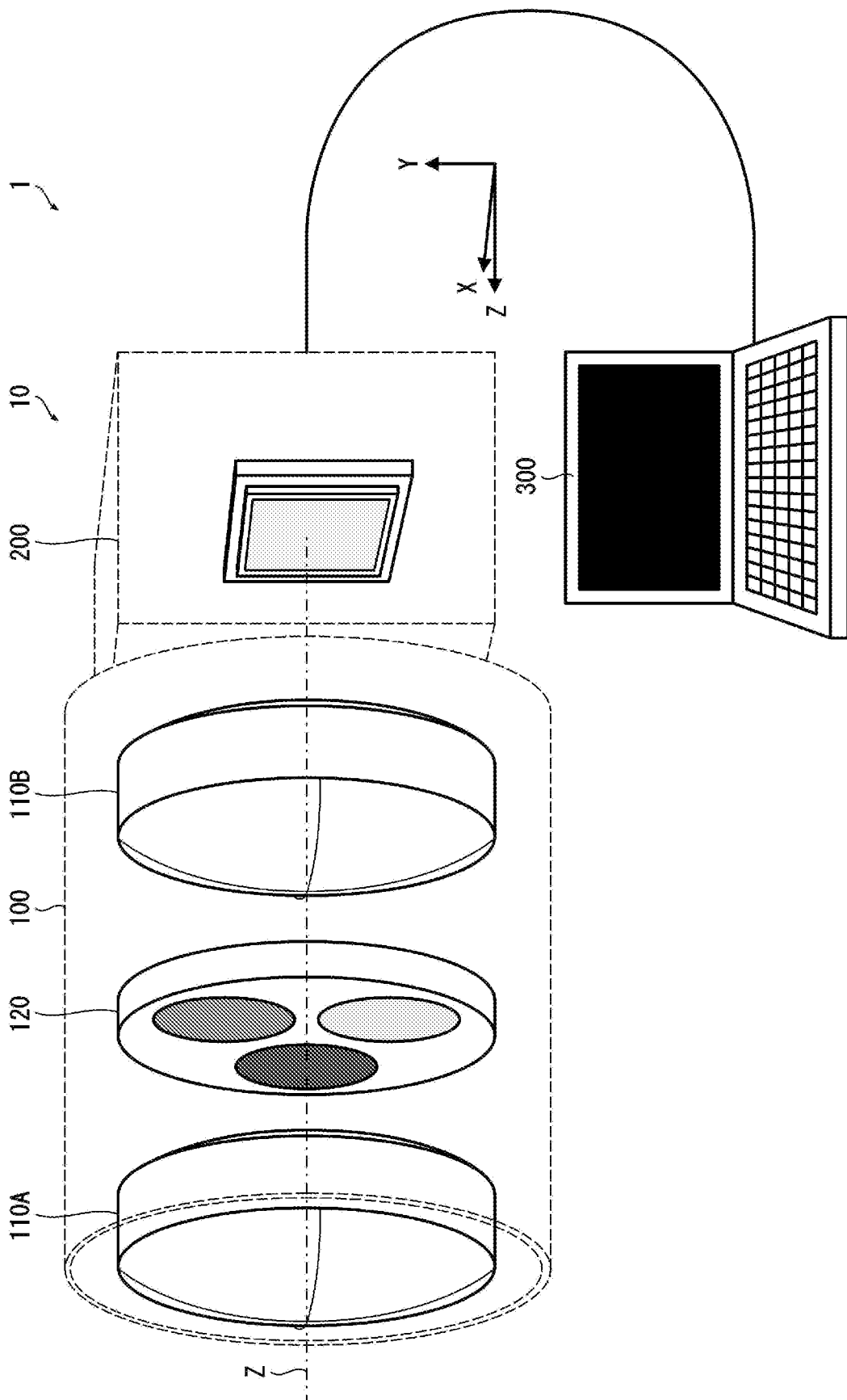
前記異常画素が検出された場合に、前記異常画素の画素値を補正した後の前記画像データから分光された前記波長の画像を生成する処理と、

を含む、

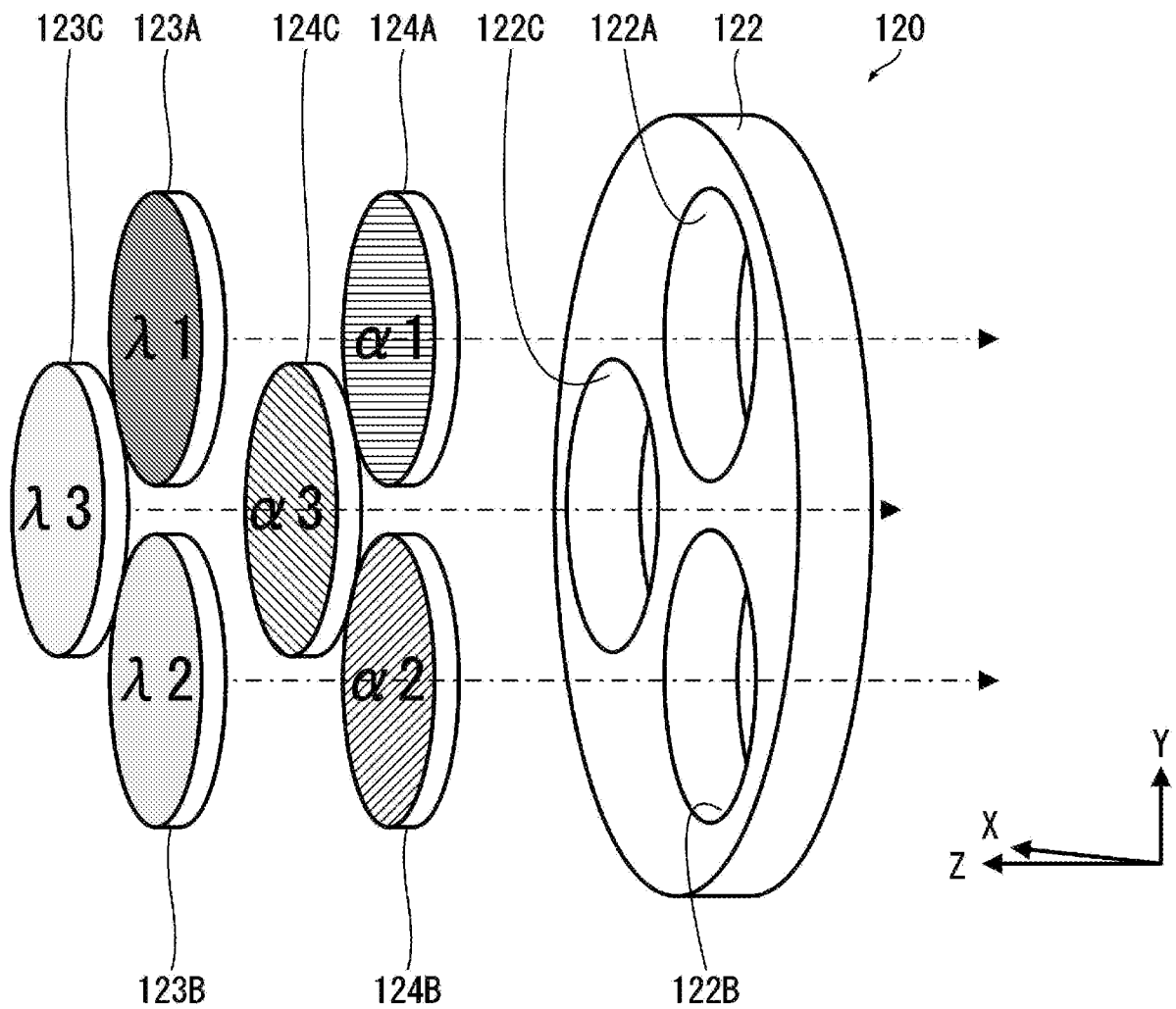
画像データ処理方法。

- [請求項14] 入射した光を複数の波長に分光し、かつ、分光された前記波長の光を特定の方向に偏光させて出射する光学系と、異なる種類の偏光子を備えた画素のセットを複数備えた撮像素子と、を備えた撮像装置で撮像された画像データを処理する画像データ処理プログラムあって、
- 前記画像データを取得する機能と、
 - 取得した前記画像データから画素値が所定の範囲から外れた画素を異常画素として検出する機能と、
 - 前記異常画素が検出された場合に、前記異常画素の画素値を周辺の画素の画素値に基づいて補正する機能と、
 - 前記異常画素が検出された場合に、前記異常画素の画素値を補正した後の前記画像データから分光された前記波長の画像を生成する機能と、
 - をコンピュータに実現させる、
 - 画像データ処理プログラム。
- [請求項15] 非一時的かつコンピュータ読取可能な記録媒体であって、請求項14に記載のプログラムが記録された記録媒体。
- [請求項16] 入射した光を複数の波長に分光し、かつ、分光された前記波長の光を特定の方向に偏光させて出射する光学系と、異なる種類の偏光子を備えた画素のセットを複数備えた撮像素子と、を備えた撮像装置と、
- 前記撮像装置で撮像された画像データを処理する請求項1から12のいずれか1項に記載の画像データ処理装置と、
 - を備えた撮像システム。

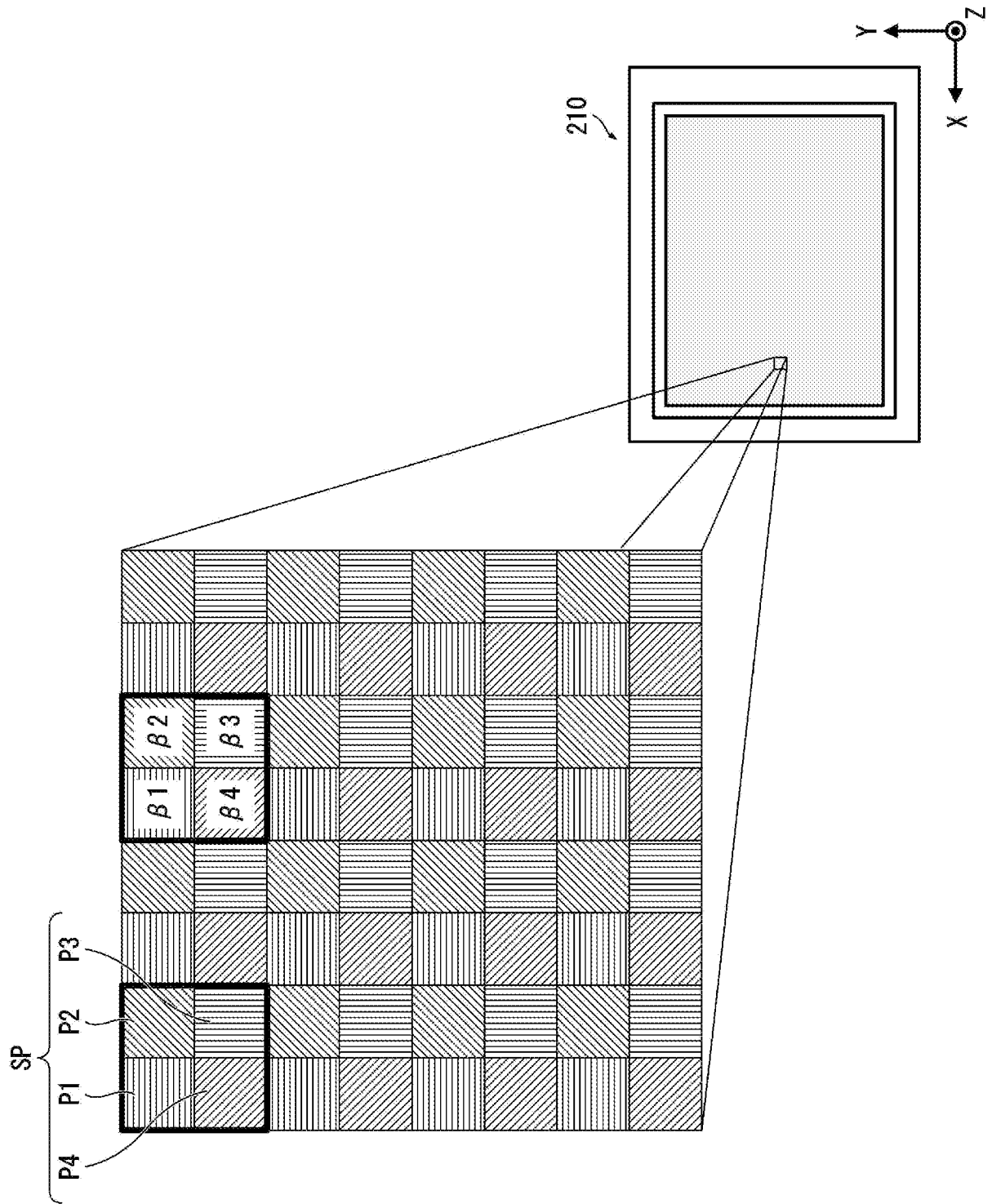
[図1]



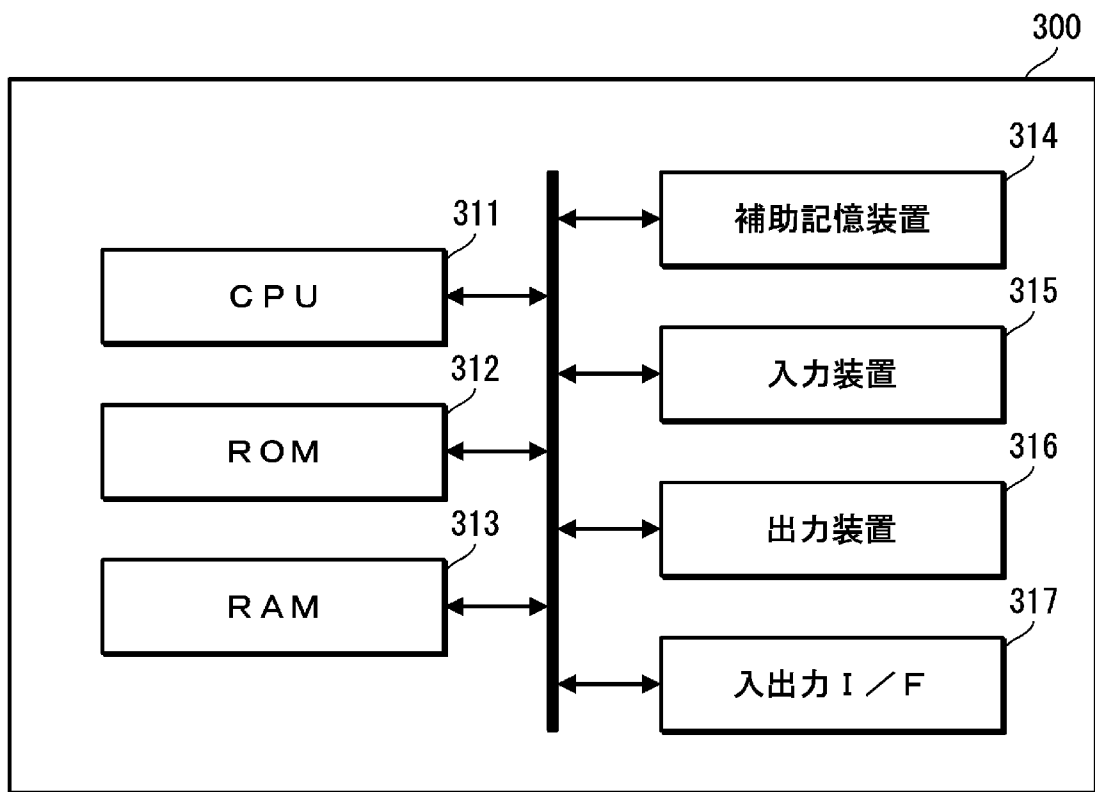
[図2]



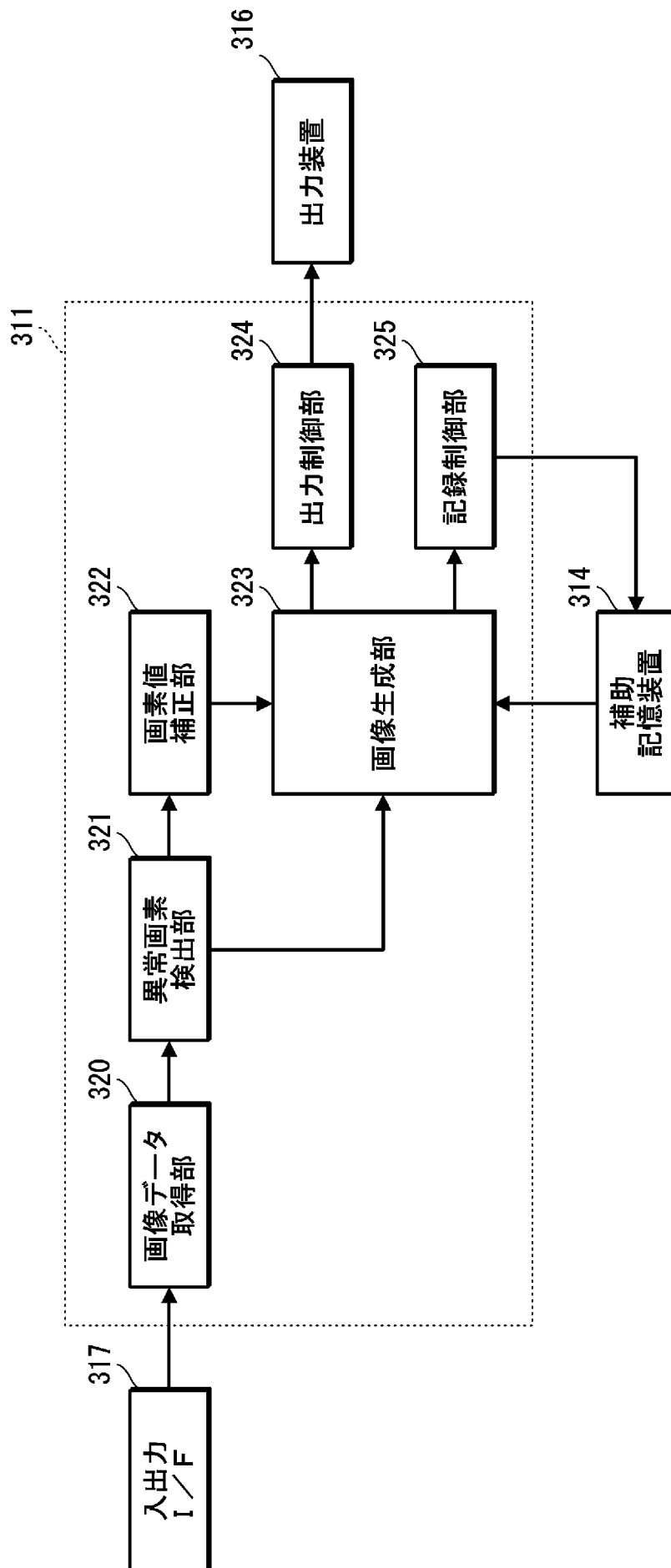
[図3]



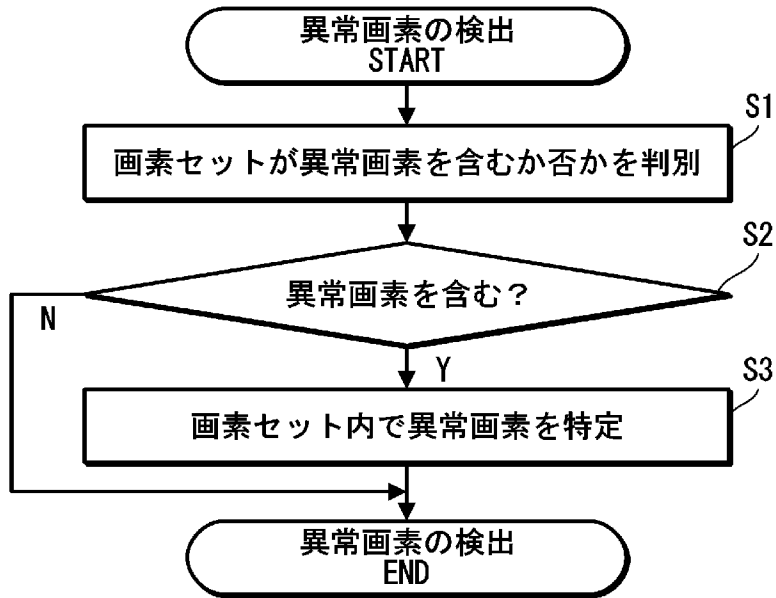
[図4]



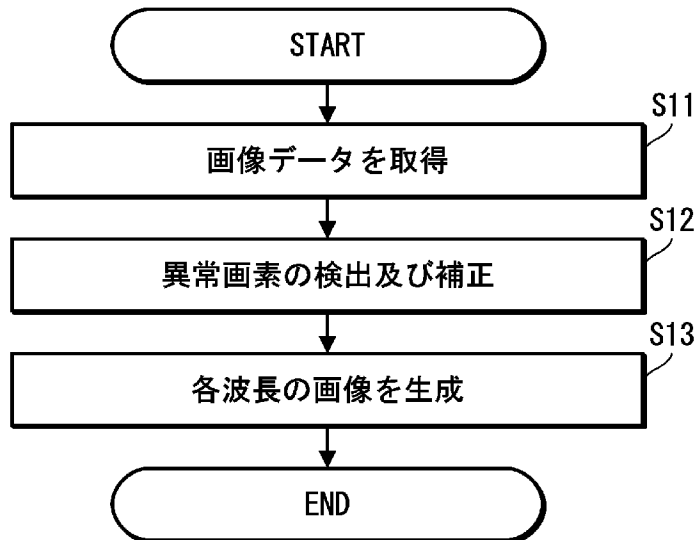
[図5]



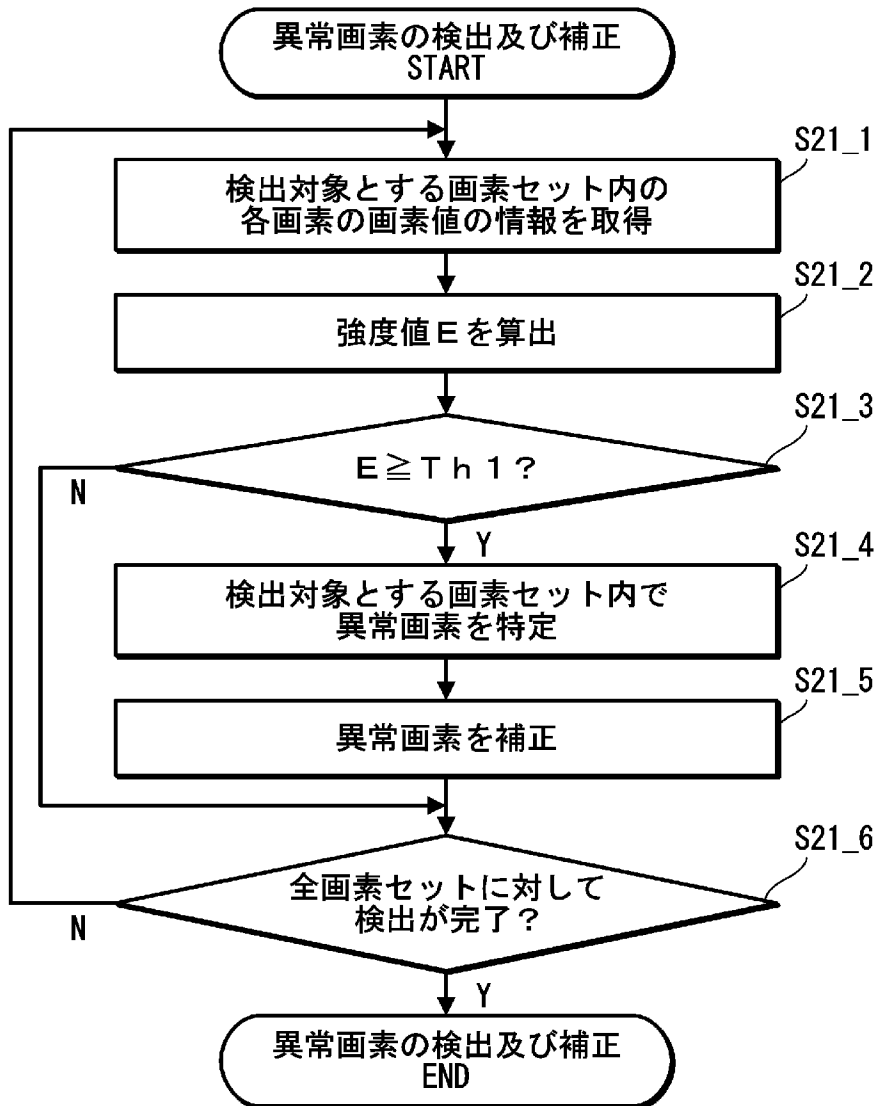
[図6]



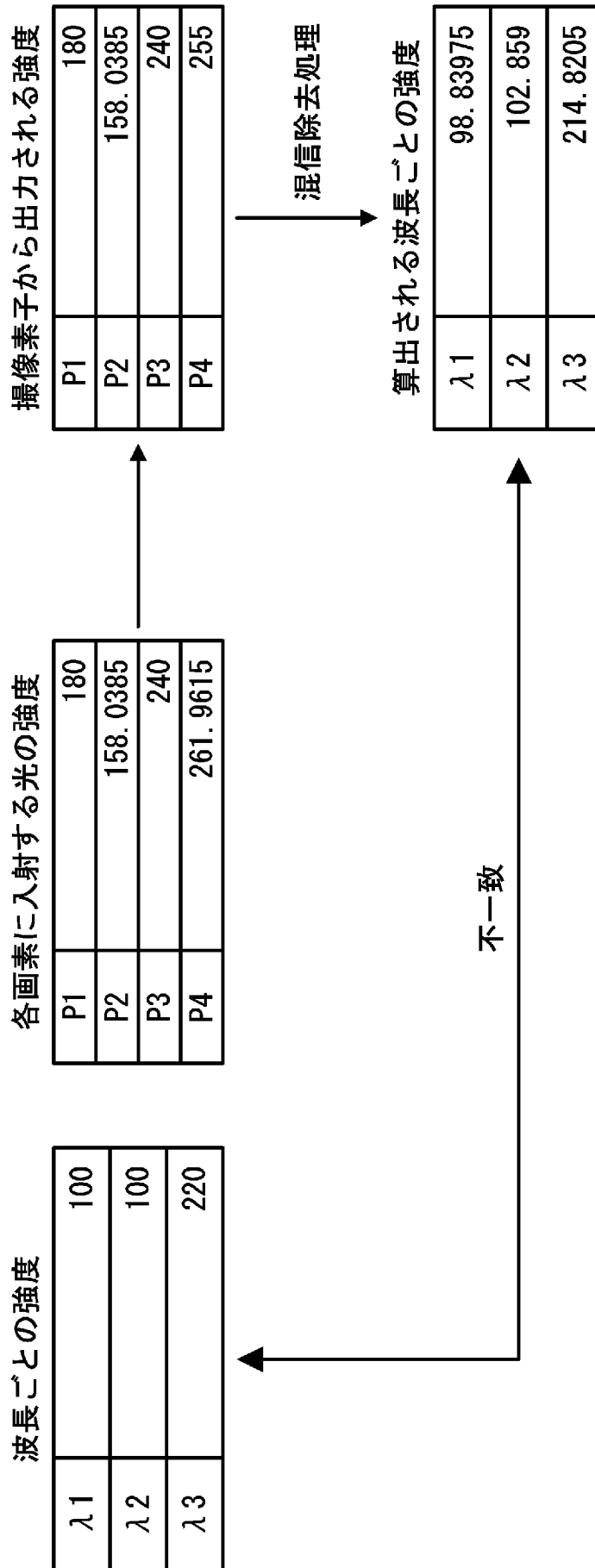
[図7]



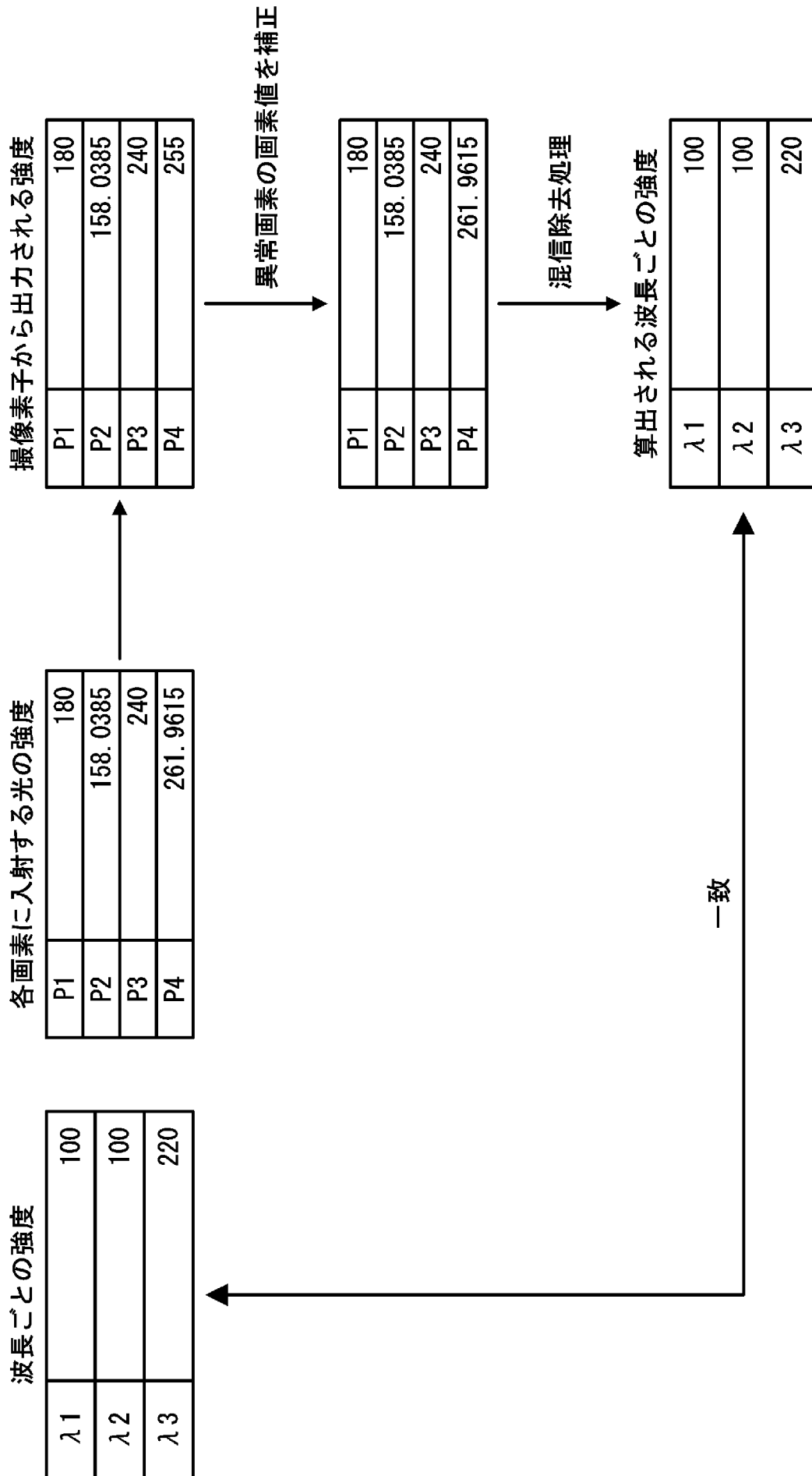
[図8]



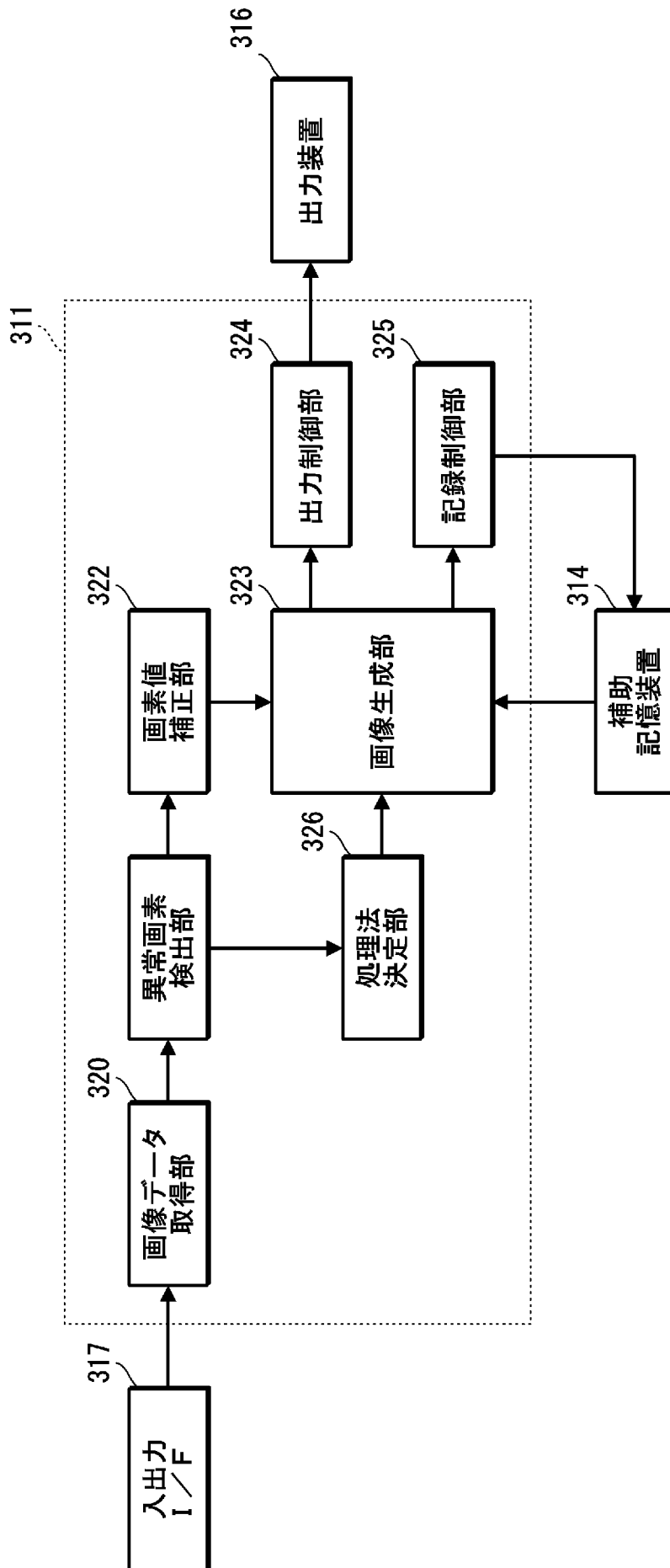
[図9]



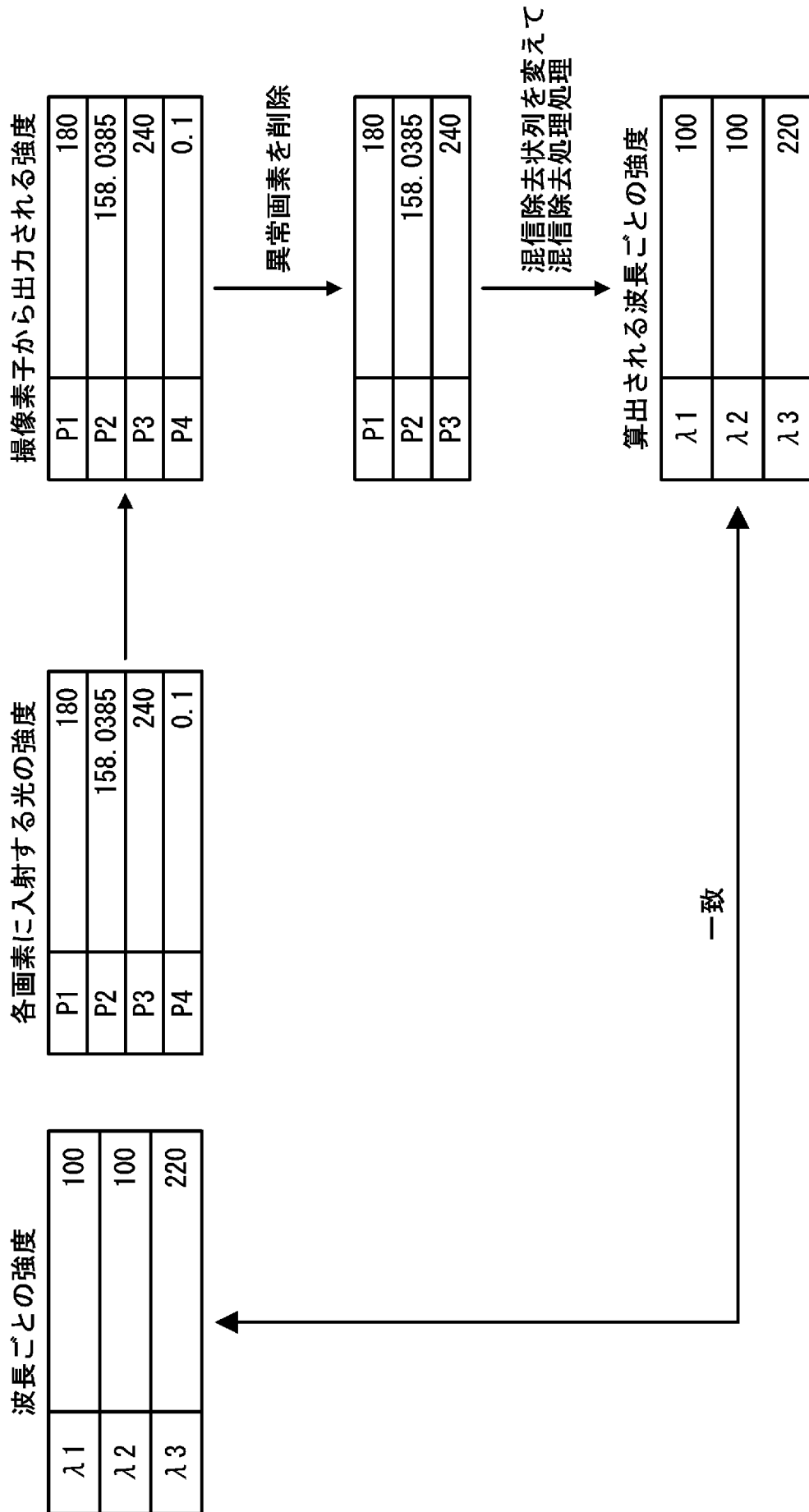
[図10]



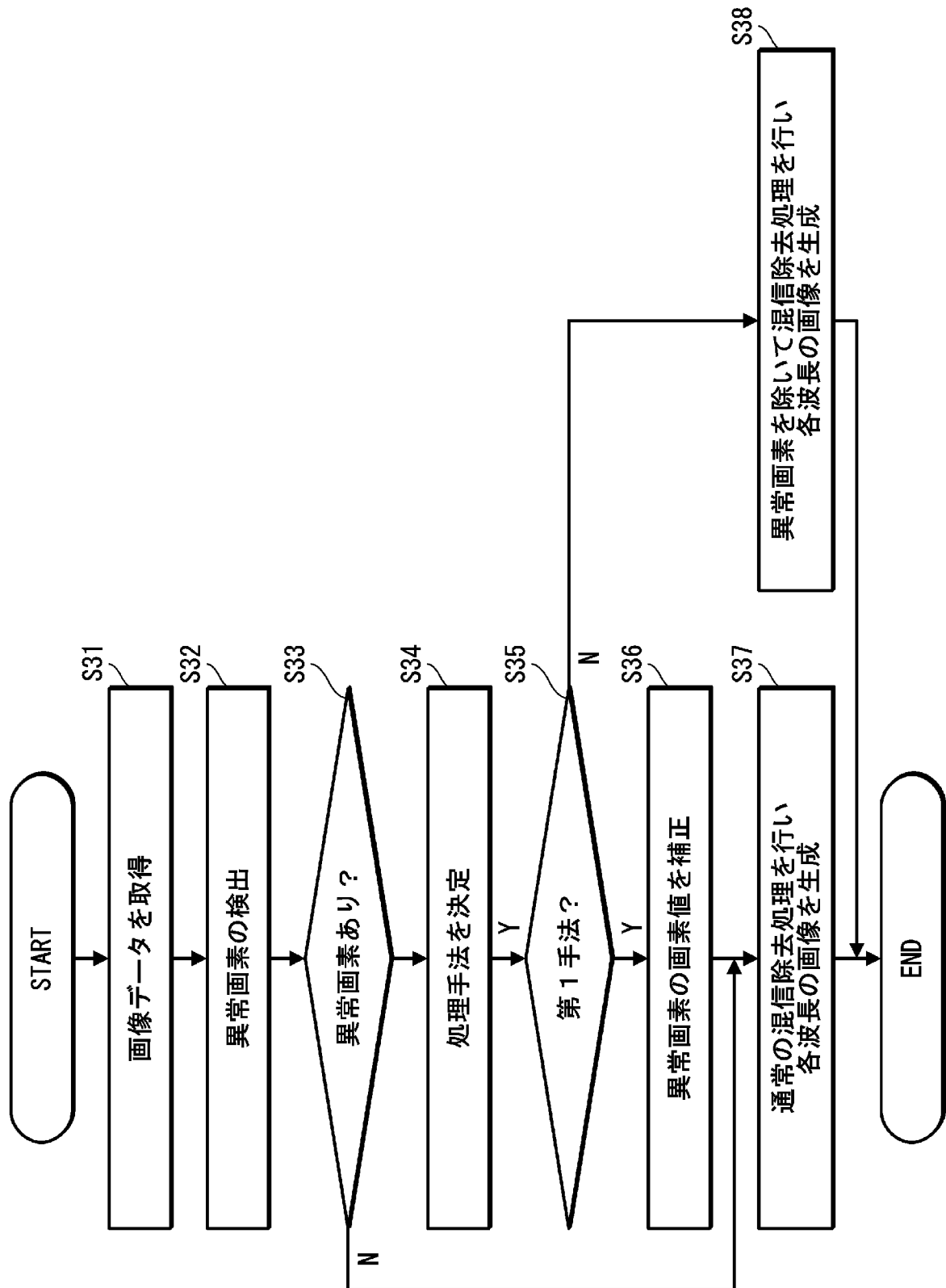
[図11]



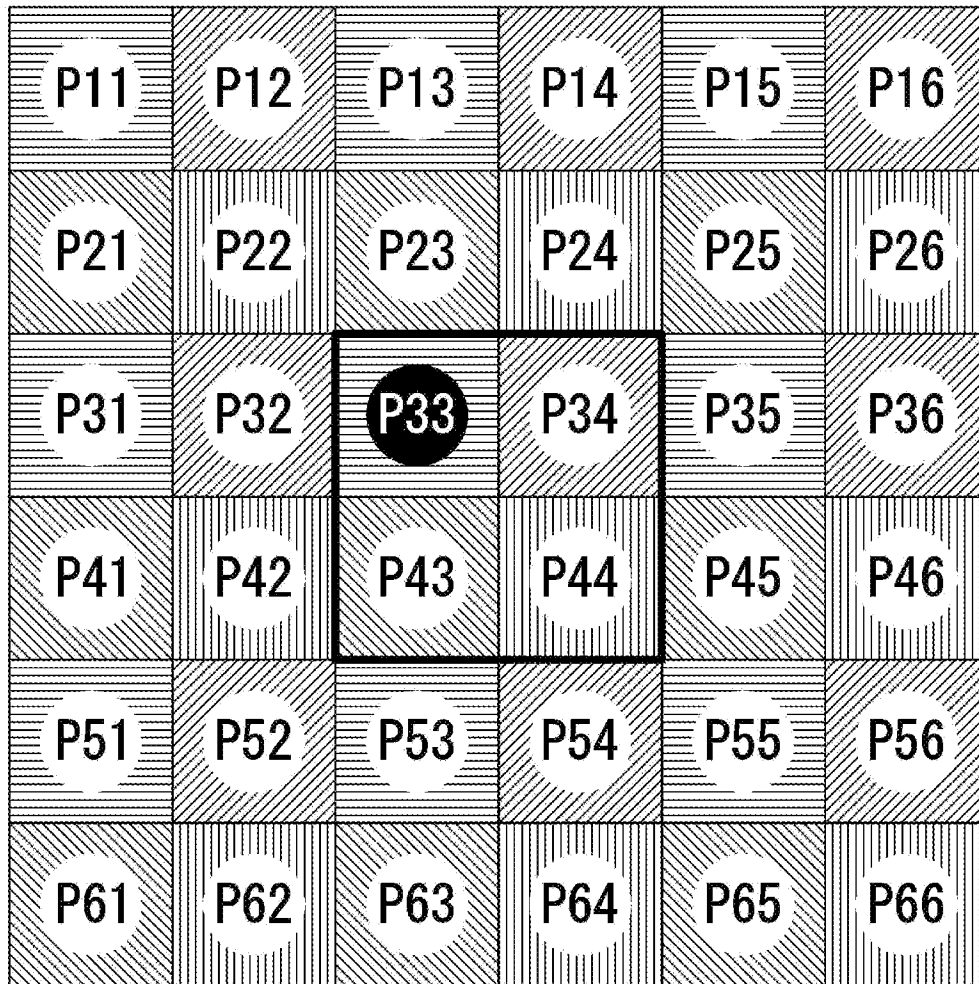
[図12]



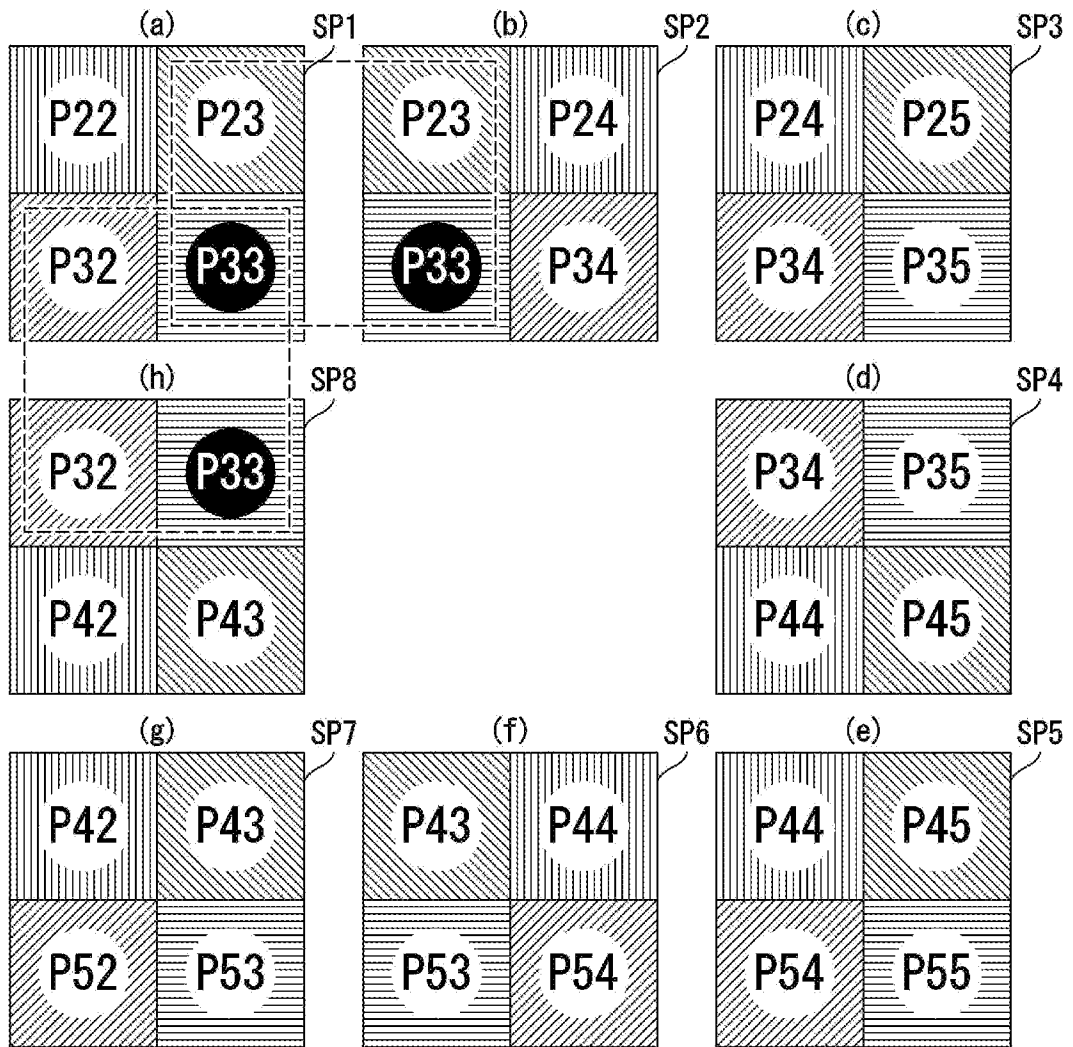
[図13]



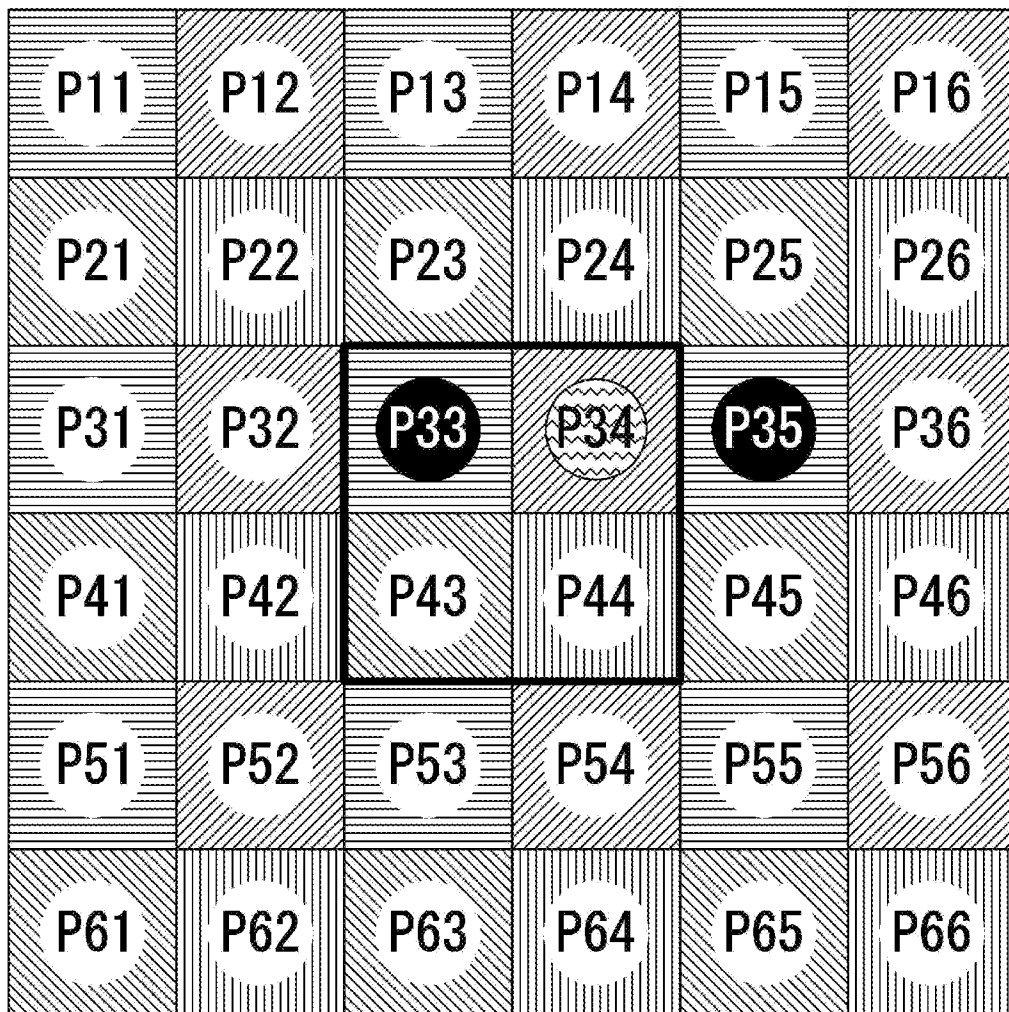
[図14]



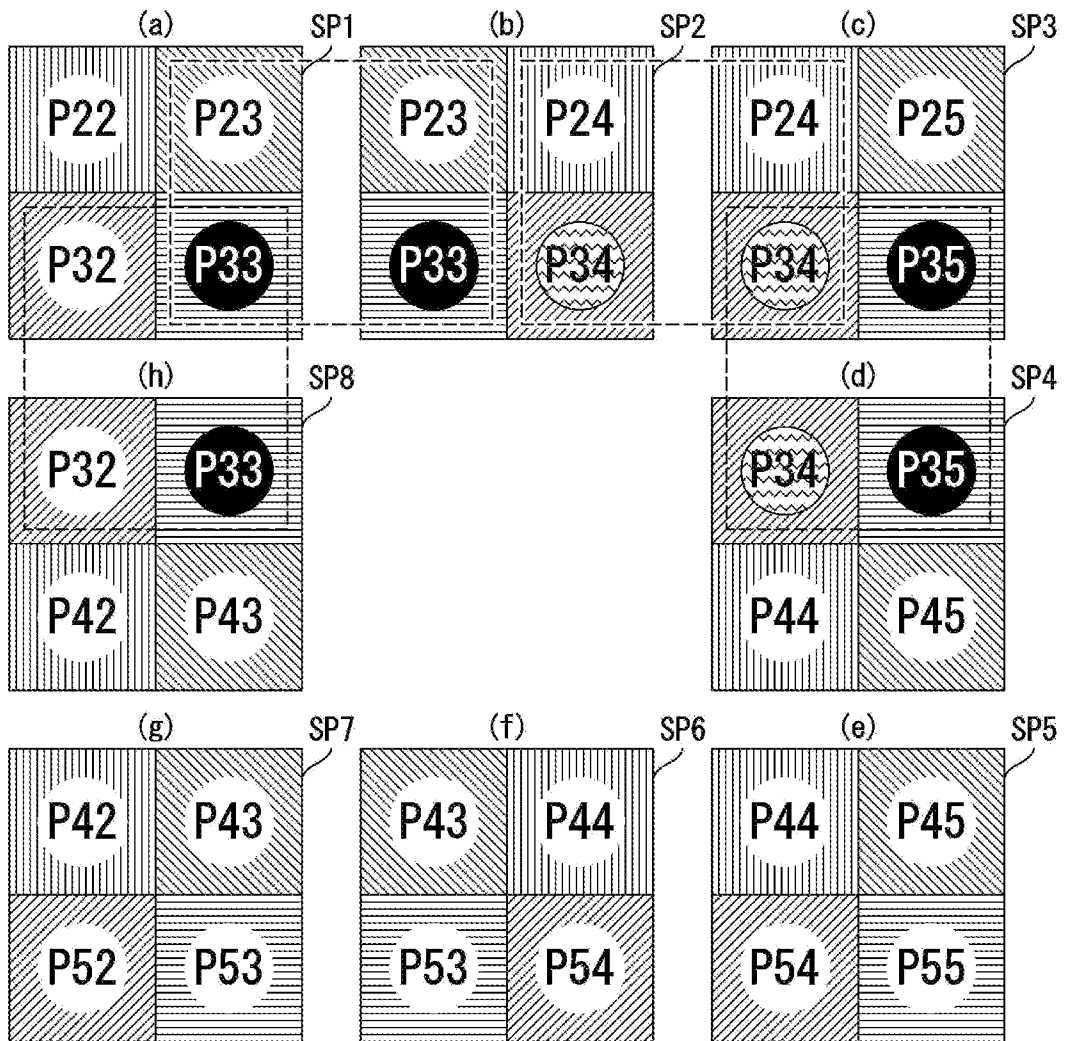
[図15]



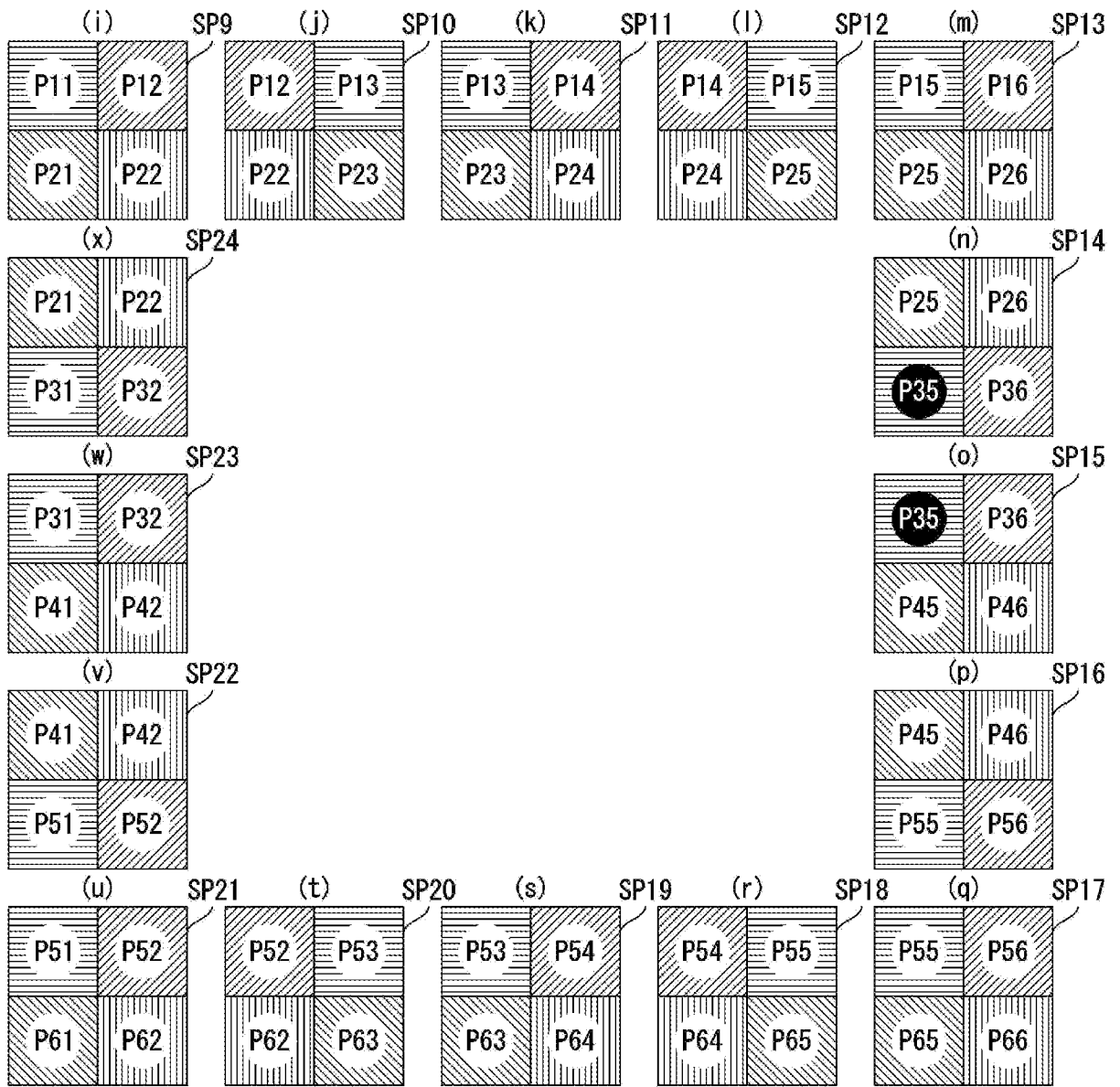
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/010196

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H04N 5/232</i> (2006.01)i; <i>H04N 5/225</i> (2006.01)i; <i>H04N 5/367</i> (2011.01)i FI: H04N5/232 290; H04N5/225 300; H04N5/225 400; H04N5/367 500		
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) H04N5/232; H04N5/225; H04N5/367		
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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
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.
Y	WO 2020/250774 A1 (FUJIFILM CORP) 17 December 2020 (2020-12-17) paragraphs [0001], [0004], [0019]-[0188], fig. 1-35	1-2, 13-16
A	paragraphs [0001], [0004], [0019]-[0188], fig. 1-35	3-12
Y	JP 2005-210269 A (VICTOR COMPANY OF JAPAN) 04 August 2005 (2005-08-04) paragraphs [0034]-[0064]	1-2, 13-16
Y	JP 2000-209506 A (TOSHIBA CORP) 28 July 2000 (2000-07-28) paragraphs [0022]-[0028]	1-2, 13-16
Y	WO 2018/074064 A1 (SONY CORP) 26 April 2018 (2018-04-26) paragraph [0105]	1-2, 13-16
Y	JP 2019-80223 A (SONY INTERACTIVE ENTERTAINMENT INC.) 23 May 2019 (2019-05-23) paragraphs [0056]-[0058]	1, 13-16
<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 24 May 2022		Date of mailing of the international search report 31 May 2022
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/JP2022/010196

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2020/250774 A1	17 December 2020	(Family: none)	
JP 2005-210269 A	04 August 2005	(Family: none)	
JP 2000-209506 A	28 July 2000	(Family: none)	
WO 2018/074064 A1	26 April 2018	US 2019/0260974 A1 paragraph [0156] CN 109804621 A	
JP 2019-80223 A	23 May 2019	US 2021/0058604 A1 paragraphs [0080]-[0082] WO 2019/082820 A1	

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 5/367(2011.01)i FI: H04N5/232 290; H04N5/225 300; H04N5/225 400; H04N5/367 500		
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; H04N5/367 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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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
Y	WO 2020/250774 A1 (富士フイルム株式会社) 17.12.2020 (2020-12-17) 段落[0001], [0004], [0019]-[0188], 図1-35	1-2, 13-16
A	段落[0001], [0004], [0019]-[0188], 図1-35	3-12
Y	JP 2005-210269 A (日本ビクター株式会社) 04.08.2005 (2005-08-04) 段落[0034]-[0064]	1-2, 13-16
Y	JP 2000-209506 A (株式会社東芝) 28.07.2000 (2000-07-28) 段落[0022]-[0028]	1-2, 13-16
Y	WO 2018/074064 A1 (ソニー株式会社) 26.04.2018 (2018-04-26) 段落[0105]	1-2, 13-16
Y	JP 2019-80223 A (株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメント) 23.05.2019 (2019-05-23) 段落[0056]-[0058]	1, 13-16
<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 “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 24.05.2022	国際調査報告の発送日 31.05.2022	
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） ▲徳▼田 賢二 5P 9654 電話番号 03-3581-1101 内線 3581	

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/JP2022/010196

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2020/250774 A1	17.12.2020	(ファミリーなし)	
JP 2005-210269 A	04.08.2005	(ファミリーなし)	
JP 2000-209506 A	28.07.2000	(ファミリーなし)	
WO 2018/074064 A1	26.04.2018	US 2019/0260974 A1 段落[0156] CN 109804621 A	
JP 2019-80223 A	23.05.2019	US 2021/0058604 A1 段落[0080]-[0082] WO 2019/082820 A1	