

(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
2018年1月11日(11.01.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/008069 A1

(51) 国際特許分類:

G01J 3/51 (2006.01) G01J 3/36 (2006.01)
G01J 3/26 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/069813

(22) 国際出願日: 2016年7月4日(04.07.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: パイオニア株式会社 (PIONEER CORPORATION) [JP/JP]; 〒1130021 東京都文京区本駒込二丁目2番8号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 白戸琢也 (SHIROTO, Takuya); 〒3508555 埼玉県川越市山田25番地1 パイオニア株式会社 川越事業所内 Saitama (JP). 柳澤琢磨 (YANAGISAWA, Takuma); 〒3508555 埼玉県川越市山田25番地1 パイオニア株

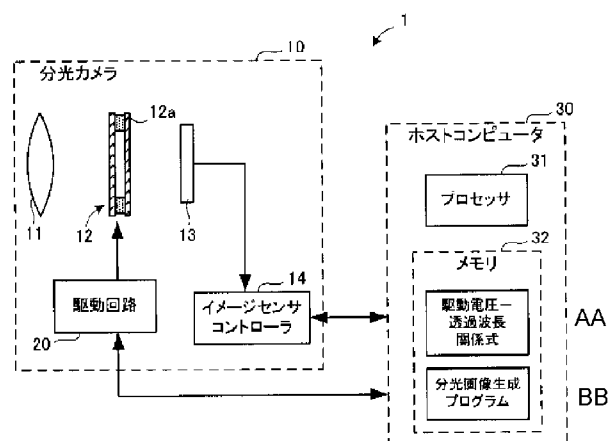
式会社 川越事業所内 Saitama (JP). 織茂達也 (ORIMO, Tatsuya); 〒3508555 埼玉県川越市山田25番地1 パイオニア株式会社 川越事業所内 Saitama (JP). 矢島宏美 (YAJIMA, Hiromi); 〒3508555 埼玉県川越市山田25番地1 パイオニア株式会社 川越事業所内 Saitama (JP). 奥山健久 (OKUYAMA, Takehisa); 〒3508555 埼玉県川越市山田25番地1 パイオニア株式会社 川越事業所内 Saitama (JP).

(74) 代理人: 江上達夫, 外 (EGAMI, Tatsuo et al.); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目16番10号 オークビル京橋3階 東京セントラル特許事務所内 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, DK, DM, DO, DZ,

(54) Title: SPECTROSCOPIC MEASUREMENT DEVICE AND METHOD

(54) 発明の名称: 分光測定装置及び方法



10 Spectroscopic camera
14 Image sensor controller
20 Drive circuit
30 Host computer
31 Processor
32 Memory
AA Relational expression for drive voltage/transmission wavelength
BB Spectroscopic image generation program

(57) Abstract: This spectroscopic measurement device (1) is provided with: a filter (12) capable of changing the wavelength of extracted light, an imaging unit (14) having a plurality of pixel areas, a control unit (16, 20) for sequentially exposing the plurality of pixel areas to the extracted light while successively changing the wavelength of the extracted light using the filter and for outputting output signals serving as the basis of a frame image from the plurality of pixel areas, and a generation unit (31) for generating a spectroscopic image for a desired wavelength on the basis of a pixel value corresponding to one pixel area from among the plurality of pixel areas in one frame image and a pixel value corresponding to the one pixel area in another frame image different from the one frame image.

EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
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, SM, ST, SV, SY,
TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, 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: 分光測定装置 (1) は、抽出光の波長を変更可能なフィルタ (12) と、複数の画素領域を有する撮像部 (14) と、フィルタにより抽出光の波長を連続して変更しつつ、抽出光により複数の画素領域を順次露光し、フレーム画像の基となる出力信号を複数の画素領域各々から出力させる制御部 (16, 20) と、一のフレーム画像における複数の画素領域のうち一の画素領域に対応する画素値と、一のフレーム画像とは異なる他のフレーム画像における該一の画素領域に対応する画素値とに基づいて所望波長の分光画像を生成する生成部 (31) と、を備える。

明 細 書

発明の名称：分光測定装置及び方法

技術分野

[0001] 本発明は、分光測定装置及び分光測定方法の技術分野に関する。

背景技術

[0002] この種の装置として、例えばエタロン型の光学フィルタを透過した光を撮像することにより取得される分光画像を、光学フィルタを透過する光の波長に対応した分光特性に関する情報に基づいて、光学フィルタを透過する光の波長毎に補正する装置が提案されている（特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2008-128675号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 撮像素子の電子シャッタの方式として、例えばグローバルシャッタ方式やローリングシャッタ方式が知られている。ローリングシャッタ方式では、撮像素子を一又は複数ラインからなるブロックに区画して、ブロック毎に順次露光されることにより画像が取得される。分光測定の露光方法としてローリングシャッタ方式が用いられると、グローバルシャッタ方式に比べて撮像時間が長くなる。

[0005] 特許文献1に記載の技術では、主にグローバルシャッタ方式が用いられるCCD（Charge-Coupled Device）が撮像素子として用いられている（段落0015参照）。つまり、特許文献1に記載の技術では、ローリングシャッタ方式については考慮されていない。

[0006] 本発明は、例えば上記事実に鑑みてなされたものであり、例えばローリングシャッタ方式のように撮像素子の画素領域ごとに露光タイミングが異なる方式を用いた分光測定における撮像時間を短縮することができる分光測定装

置及び方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の分光測定装置は、上記課題を解決するために、抽出光の波長を変更可能なフィルタと、複数の領域を有する撮像部と、前記フィルタにより前記抽出光の波長を連続して変更しつつ、前記抽出光により前記複数の領域を順次露光し、フレーム画像の基となる出力信号を前記複数の領域各々から出力させる制御部と、一のフレーム画像における前記複数の領域のうちの領域に対応する画素値と、前記一のフレーム画像とは異なる他のフレーム画像における前記一の領域に対応する画素値とに基づいて所望波長の分光画像を生成する生成部と、を備える。

[0008] 本発明の分光測定方法は、上記課題を解決するために、抽出光の波長を変更可能なフィルタと、複数の領域を有する撮像部と、を備える分光測定装置における分光測定方法であって、前記フィルタにより前記抽出光の波長を連続して変更しつつ、前記抽出光により前記複数の領域を順次露光し、フレーム画像の基となる出力信号を前記複数の領域各々から出力させる制御工程と、一のフレーム画像における前記複数の領域のうちの領域に対応する画素値と、前記一のフレーム画像とは異なる他のフレーム画像における前記一の領域に対応する画素値とに基づいて所望波長の分光画像を生成する生成工程と、を備える。

[0009] 本発明の作用及び他の利得は次に説明する実施するための形態から明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施例に係る分光測定装置の構成を示すブロック図である。

[図2]実施例に係るCMOSセンサの露光タイミングとファブリペローフィルタの透過波長との関係の一例を示す図である。

[図3]フレーム画像の一例を示す図である。

[図4]理想的な光学フィルタ及び実際のファブリペローフィルタ各々によるフレーム画像の取得概念を示す図である。

[図5] 1 フレーム毎にフィルタの透過波長を変化させて取得される複数のフレーム画像の画素値の一例を、理想的な光学フィルタ及び実際のファブリペローフィルタ各々について示す図である。

[図6] 実施例に係る分光測定装置の動作処理を示すフローチャートである。

[図7] 実施例に係る分光画像生成処理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

[0011] 本発明の分光測定装置及び方法に係る実施形態について説明する。

[0012] (分光測定装置)

実施形態に係る分光測定装置は、抽出光の波長を変更可能なフィルタと、複数の画素領域を有する撮像部と、該フィルタにより抽出光の波長を連続的に変更しつつ、抽出光により複数の画素領域を順次露光し、フレーム画像の基となる出力信号を複数の領域各々から出力させる制御部と、一のフレーム画像における複数の画素領域のうち一の画素領域に対応する画素値と、一のフレーム画像とは異なる他のフレーム画像における該一の画素領域に対応する画素値とに基づいて所望波長の分光画像を生成する生成部と、を備える。

[0013] 当該分光測定装置では、1枚のフレーム画像の生成時に（即ち、1枚のフレーム画像の撮像時に）、撮像部を露光する抽出光の波長が連続的に変更される。このため、画素領域毎に露光波長が異なる。従って、生成されたフレーム画像は、そのままでは分光画像としての要求を満たしていない。

[0014] そこで当該分光測定装置では、2枚のフレーム画像（即ち、一のフレーム画像及び他のフレーム画像）を用いて、ある画素領域が所望波長の抽出光で露光される場合に得られる画素値（例えば輝度値等）が推定される。そして、各画素領域について推定された画素値から1枚の分光画像が生成される。

[0015] 従って、当該分光測定装置は、ある波長の抽出光により撮像部の全ての画素領域が順次露光され分光画像が生成された後、抽出光の波長を変更し、該変更後の抽出光により撮像部の全ての画素領域が順次露光され別の分光画像が生成される場合に比べて、撮像時間を短くしつつ、複数の波長の分光画像を生成することができる。

- [0016] 好適には、制御部は、一のフレーム画像の撮像に要する時間あたりの抽出光の波長変化量がフィルタの波長－抽出率特性の半値全幅以内となるように、フィルタを制御する。
- [0017] フィルタの一例として、アクチュエータを備えるファブリペローフィルタが挙げられる。
- [0018] 一のフレーム画像における一の画素領域に対応する画素値は、該一の画素領域が、所望波長からの偏差が所定値以下の第1波長の抽出光により露光された際に一の画素領域の出力信号に基づく画素値である。他のフレーム画像における一の画素領域に対応する画素値は、該一の画素領域が、所望波長からの偏差が所定値以下であり且つ第1波長とは異なる第2波長の抽出光により露光された際に一の画素領域の出力信号に基づく画素値である。ここで、他のフレーム画像は、一のフレーム画像に時間的に隣接するフレームであってよい。
- [0019] 生成部は、撮像部の少なくとも一部が所望波長の抽出光により露光されたタイミングを基準タイミングとして、一の画素領域が第1波長の抽出光により露光されたタイミングの基準タイミングからのズレと、一の画素領域が第2波長の抽出光により露光されたタイミングの基準タイミングからのズレとに基づいて、一のフレーム画像における一の画素領域に対応する画素値及び他のフレーム画像における一の画素領域に対応する画素値各々に重み付けをしてよい。
- [0020] 或いは、生成部は、第1波長の所望波長からのズレと、第2波長の所望波長からのズレとに基づいて、一のフレーム画像における一の画素領域に対応する画素値及び他のフレーム画像における一の画素領域に対応する画素値各々に重み付けをしてよい。
- [0021] これらのように構成すれば、ある画素領域が所望波長の抽出光で露光される場合に得られる画素値の推定精度を向上させることができ、実用上非常に有利である。
- [0022] (分光測定方法)

実施形態に係る分光測定方法は、抽出光の波長を変更可能なフィルタと、複数の画素領域を有する撮像部と、を備える分光測定装置における分光測定方法である。当該分光測定方法は、フィルタにより抽出光の波長を変更しつつ、抽出光により複数の画素領域を順次露光し、フレーム画像の基となる出力信号を前記複数の領域各々から出力させる制御工程と、一のフレーム画像における複数の画素領域のうち一の画素領域に対応する画素値と、一のフレーム画像とは異なる他のフレーム画像における一の画素領域に対応する画素値とに基づいて所望波長の分光画像を生成する生成工程と、を備える。

[0023] 実施形態に係る分光測定方法によれば、上述した実施形態に係る分光測定装置と同様に、撮像時間を短縮しつつ、複数の波長の分光画像を生成することができる。尚、実施形態に係る分光測定方法においても、上述した実施形態に係る分光測定装置の各種態様と同様の各種態様を採ることができる。

実施例

[0024] 本発明の分光測定装置に係る実施例について説明する。

[0025] (構成)

実施例に係る分光測定装置の構成について、図1を参照して説明する。図1は、実施例に係る分光測定装置の構成を示すブロック図である。

[0026] 図1において、分光測定装置1は、分光カメラ10と、プロセッサ31及びメモリ32を有するホストコンピュータ30と、を備えて構成されている。

[0027] 分光カメラ10は、レンズ11、ファブリペローフィルタ12、駆動回路20、ローリングシャッタ方式のCMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) センサ13及びイメージセンサコントローラ14を備える。

[0028] ファブリペローフィルタ12は、そのギャップに応じて、透過光の波長を変更する。言い換えれば、ファブリペローフィルタ12は、そのギャップに応じた波長の光を選択的に透過させる。尚、厳密にはファブリペローフィルタ12の透過光には波長幅が存在するが、ここでは簡単のため透過波長幅の

中心波長を透過波長と称する。

[0029] ファブリペローフィルタ 12 は、アクチュエータ 12 a を有する。該アクチュエータ 12 a は、駆動回路 20 から出力される駆動電圧に応じて、ファブリペローフィルタ 12 のギャップを変更可能に構成されている。イメージセンサコントローラ 14 は、CMOS センサ 13 の出力信号からフレーム画像を生成し、ホストコンピュータ 30 に出力する。

[0030] 尚、本実施例では、透過型のファブリペローフィルタを光波長可変選択フィルタとして利用することとしているが、これに限定されず、透過型又は反射型の公知の各種フィルタが採用できる。

[0031] (撮像動作)

1. ローリングシャッタ方式の問題点

一般的に、CCD が撮像素子として用いられる場合は、電子シャッタの方式はグローバルシャッタ方式である。グローバルシャッタ方式では、撮像素子の全画素が同時に露光される。近年では、小型化や消費電力等の観点から、CCD に代えて、CMOS センサが撮像素子として用いられることが多くなっている。

[0032] 一方、CMOS センサは、一般的にその構造上、信号線（水平信号線又は垂直信号線）毎に、各信号線に接続された一又は複数の画素からの信号が順次読み出される。以降、適宜「1本の信号線に接続された一又は複数の画素」を「ライン」と称する。このため、CMOS センサが撮像素子として用いられる場合、ライン毎に露光するローリングシャッタ方式が用いられる。

[0033] ローリングシャッタ方式では、ライン毎に露光タイミング及び信号読み出しタイミングが異なる。分光画像を撮像する場合、1枚のフレーム画像が撮像される際の波長が変化しないように、全てのラインの露光が終了するまで、CMOS センサに入射する光の波長を変更することができない。すると、互いに異なる波長を有する複数の光について分光画像を生成する場合、撮像時間（測定時間）が比較的長くなる可能性がある。

[0034] 2. 実施例に係る分光測定装置 1 の動作

本実施例では、ファブリペローフィルタ 12 の透過波長を変更しつつ、CMOS センサ 13 がライン毎に順次露光される。

[0035] 具体的には、ホストコンピュータ 30 のプロセッサ 31 は、メモリ 32 に予め格納されている「駆動電圧－透過波長関係式」に基づいて、ファブリペローフィルタ 12 のギャップが連続的に変化するように、駆動回路 20 を制御する。そして、ファブリペローフィルタ 12 のギャップが変化しているときに、CMOS センサ 13 がライン毎に順次露光される。

[0036] 具体的には図 2 に示すように、ファブリペローフィルタ 12 の透過波長が、時間と共に長波長側に変化するように駆動回路 20 が制御されとする。

「フレーム 1」の撮像時では、例えばライン 1 の露光波長（厳密には、露光の中心波長）は $\lambda_{1,1}$ であり、ライン 2 の露光波長は $\lambda_{1,2}$ であり、ライン c の露光波長は $\lambda_{1,c}$ である。この結果、図 3 に示すように、ライン毎に露光波長の異なるフレーム画像が撮像（又は生成）される。尚、図 2 及び図 3 における「フレーム 1」等はフレーム画像番号を示しており、「ライン 1」等はライン番号を示している。

[0037] このようにして得られたフレーム画像は、そのままでは分光画像としての要求を満たしてはいない。本実施例では、得られたフレーム画像に基づいて、後述する分光画像生成処理を行うことにより、所望波長の分光画像が生成される。つまり、本実施例では、分光画像生成処理により分光画像を生成することによって、撮像時間を短縮しているのである。

[0038] （分光画像生成）

本実施例に係る分光画像生成について説明する。尚、ここでは撮像の対象物は、分光画像の撮像中に状態が変化しないことを前提に説明する。例えば図 3 のフレーム 2 のライン c（図 3 の網かけ部分参照）の露光波長 $\lambda_{2,c}$ が、分光画像の所望波長であるとする。フレーム 2 のライン c 以外のラインは、所望波長 $\lambda_{2,c}$ とは異なる波長の光で露光されている。このため、分光画像の生成時には、ライン c 以外の各ラインの画素値が次のように推定される。

[0039] 例えば、波長 $\lambda_{2,c}$ の光で露光される場合のフレーム 2 のライン 1 の画素値

(厳密には、“ライン1に含まれる各画素の画素値”、以下同じ)は、フレーム2のライン1の画素値と、フレーム3のライン1の画素値とに基づく重み付き平均から推定される。波長 $\lambda_{2,c}$ の光で露光される場合のライン1の画素値は、波長 $\lambda_{2,1}$ と波長 $\lambda_{3,1}$ の波長差がフィルタの透過波長幅より小さい程度ならば、波長 $\lambda_{2,1}$ の光で露光されたフレーム2のライン1の画素値と、波長 $\lambda_{3,1}$ の光で露光されたフレーム3のライン1の画素値との間の値になると推定されるからである。

[0040] 同様に、波長 $\lambda_{2,c}$ の光で露光される場合のフレーム2のラインMの画素値は、フレーム2のラインMの画素値と、フレーム1のラインMの画素値とに基づく重み付き平均から推定される。波長 $\lambda_{2,c}$ の光で露光される場合のフレーム2のラインMの画素値は、波長 $\lambda_{2,M}$ と波長 $\lambda_{1,M}$ の波長差がフィルタの透過波長幅より小さい程度ならば、波長 $\lambda_{2,M}$ の光で露光されたフレーム2のラインMの画素値と、波長 $\lambda_{1,M}$ の光で露光されたフレーム1のラインMの画素値との間の値になると推定されるからである。

[0041] このように、本実施例では、補間（即ち内挿）により、所望波長の光で露光される場合の画素値が推定される。補間するため、所望波長で露光されたライン（ここでは、ラインc）よりもライン番号が小さいラインの画素値の推定には、所望波長で露光されたラインを含むフレーム画像（ここでは、フレーム2）と、該フレーム画像に時間的に隣接した次のフレーム画像（ここでは、フレーム3）とが用いられる。他方、所望波長で露光されたラインよりもライン番号が大きいラインの画素値の推定には、所望波長で露光されたラインを含むフレーム画像と、該フレーム画像に時間的に隣接した前のフレーム画像（ここでは、フレーム1）が用いられる。このため、所望波長で露光されたラインを含むフレーム画像の、少なくとも前後1フレーム画像が撮像される。

[0042] ホストコンピュータ30のプロセッサ31は、推定された画素値に基づいて、所望波長の分光画像を生成する。

[0043] 尚、実施例に係る「フレーム2」、「フレーム3」、「波長 $\lambda_{2,1}$ 」及び「

波長 $\lambda_{3,1}$ は、夫々、本発明に係る「一のフレーム画像」、「他のフレーム画像」、「第1波長」及び「第2波長」の一例である。実施例に係る「フレーム1」、「波長 $\lambda_{2,M}$ 」及び「波長 $\lambda_{1,M}$ 」は、夫々、本発明に係る「他のフレーム画像」、「第1波長」及び「第2波長」の他の例である。

[0044] (画素値を推定可能な理由)

ここで、補完により所望波長の光で露光される場合の画素値が推定可能な理由について、図4及び図5を参照して説明する。

[0045] 図4の最上段に示すように、理想的な光学フィルタは、特定の波長のみを透過し、他の波長は一切透過しない。これに対し、実際のファブリペローフィルタは、透過波長に幅があり、透過波長の中心波長を透過中心波長と呼ぶ。

[0046] 図4では、フィルタの違いがわかりやすいように、被写体のスペクトルはレーザのような特定の波長のみで鋭いピークを持つものとする（図4の中段参照）。

[0047] フィルタの透過波長を変化させずに取得されたフレーム画像の画素値は、単純には、フィルタの透過率と被写体のスペクトルを乗算し積分したものになる（図4の最下段参照）。（厳密には、画素の量子化効率や露光時間、増幅器のゲイン等も乗算されるが、ここでは無視する）

さて、図5の最上段に示すように、分光測定装置においてフィルタの透過波長を変更しつつフレーム画像が取得される場合、横軸をフレーム番号、縦軸をそのフレームの画素値としてプロットし、横軸のフレーム番号を対応するフィルタの透過波長（又は透過中心波長）に置き換えると、分光測定装置で得られる被写体のスペクトルになる。つまり、フィルタ透過率スペクトルと被写体スペクトルとの所謂「畳み込み」になる。

[0048] 理想的な光学フィルタでは、分光測定装置で得られる被写体のスペクトル（図5の最下段参照）は、被写体のスペクトル（図5の中段参照）と一致する。他方、実際のファブリペローフィルタでは、フィルタの透過波長幅より狭い範囲での急激な変化は「ならされて」しまい分光測定装置で得られる被

写体のスペクトルは図5の最下段右側のようにになる。

[0049] 従って、実際上は、ファブリペローフィルタ12の透過波長幅程度の波長変化に対して、フレーム画像の画素値が急激に（言い換えれば、不連続に）変化することはない。このため、所望波長の光で露光される場合の画素値が、該所望波長の近傍波長の光で露光された場合の画素値から推定することができるのである。

[0050] ちなみに、本実施例の如く、1フレーム画像の撮像中にファブリペローフィルタ12の透過波長が連続的に変化したとしても、その変化量がファブリペローフィルタ12の透過波長幅程度であれば、1フレーム画像の撮像中に透過波長が変化しない場合とほぼ同じ画素値が得られる。これはファブリペローフィルタ12の透過率スペクトルが透過中心波長に関して略対称な形をしているからである。

[0051] 当該分光測定装置1のホストコンピュータ30のプロセッサ31は、1フレーム画像の撮像中のファブリペローフィルタ12の透過波長の変化量が、該ファブリペローフィルタ12の透過波長幅以下となるように、好適には透過波長幅の半値全幅以内となるように、該ファブリペローフィルタ12のギャップを駆動回路20を介して制御する。ここで「ファブリペローフィルタ12の透過波長幅」は、本発明に係る「フィルタの波長－抽出率特性」の一例である。

[0052] （重み付け平均）

重み付け平均としては、（1）ライン番号による重み付け平均と、（2）波長による重み付け平均とが、例として挙げられる。

[0053] （1）ライン番号による重み付き平均

当該分光測定装置1では、上述の如く、ローリングシャッタ方式が用いられているため、ライン番号は、露光タイミングと言い換えることができる。加えて、当該分光測定装置1の動作時には、図2の下段に示すように、ファブリペローフィルタ12の透過光の波長は、一定の割合で変化する（即ち、線形変化する）。このため、ライン番号（及び露光タイミング）と、透過光

の波長とは密接に関連する。

[0054] CMOSセンサ13は、全部でMライン有しているとする。ラインに付された番号は、1～Mとする（図2参照）。所望の波長の光で露光されたラインに付された番号を m （ $1 \leq m \leq M$ ）、画素値を推定するラインに付された番号を y （ $1 \leq y \leq M$ ）とする。所望の波長の光で露光されたラインの画素値を含むフレーム画像に付された番号を i とする。

[0055] $y < m$ の場合、フレーム i のライン y の画素値を $l_{i,y}$ 、フレーム $i+1$ のライン y の画素値を $l_{i+1,y}$ として、推定されるライン y の画素値 $l'_{i,y}$ は、 $l'_{i,y} = (M+y-m)/M \times l_{i,n} + (m-y)/M \times l_{i+1,y}$ と表せる。

[0056] $y > m$ の場合、フレーム $i-1$ のライン y の画素値を $l_{i-1,y}$ として、推定されるライン y の画素値 $l'_{i,y}$ は、 $l'_{i,y} = (M+m-y)/M \times l_{i,n} + (y-m)/M \times l_{i-1,y}$ と表せる。

[0057] （2）波長による重み付き平均

所望の波長の光で露光されたラインの画素値を含むフレーム画像に付された番号を i とする。所望の波長の光で露光されたラインに付された番号を m として、所望の波長を $\lambda_{i,m}$ とする。画素値を推定するラインに付された番号を y とする。

[0058] $y < m$ の場合、フレーム i のライン y の露光波長を $\lambda_{i,y}$ 、画素値を $l_{i,y}$ 、フレーム $i+1$ のライン y の露光波長を $\lambda_{i+1,y}$ 、画素値を $l_{i+1,y}$ として、推定されるライン y の画素値 $l'_{i,y}$ は、 $l'_{i,y} = l_{i,y} + (\lambda_{i,m} - \lambda_{i,y}) / (\lambda_{i+1,y} - \lambda_{i,y}) \times (l_{i+1,y} - l_{i,y})$ と表せる。

[0059] $y > m$ の場合、フレーム $i-1$ のライン y の露光波長を $\lambda_{i-1,y}$ 、画素値を $l_{i-1,y}$ として、推定されるライン y の画素値 $l'_{i,y}$ は、 $l'_{i,y} = l_{i,y} + (\lambda_{i,y} - \lambda_{i,m}) / (\lambda_{i,y} - \lambda_{i-1,y}) \times (l_{i-1,y} - l_{i,y})$ と表せる。

[0060] 尚、上述の式は、いわゆる線形補間の式であるが、画素値の推定には線形補間に限らず、既存の各種方法を適用可能である。

[0061] (分光測定装置の動作)

次に、当該分光測定装置 1 の動作処理について、図 6 及び図 7 のフローチャートを参照して説明する。

[0062] 図 6 において、先ず、ユーザインターフェイス（図示せず）を介して、波長範囲（即ち、ユーザが取得を望む分光イメージデータの波長範囲）が指定されると（ステップ S 1 0 1）、ホストコンピュータ 3 0 のプロセッサ 3 1 は、CMOS センサ 1 3 の画素領域（即ち、ライン）の露光タイミング差と、ファブリペローフィルタ 1 2 の透過波長の時間あたり変化量に基づいて、補間（即ち、画素値の推定）に必要な分だけ指定された波長範囲を修正する（ステップ S 1 0 2）。

[0063] ここでは、開始波長 λ_{stt} が、該開始波長 λ_{stt} よりも短い波長である波長 λ_{stt-} に、終了波長 λ_{end} が、該終了波長 λ_{end} よりも長い波長である波長 λ_{end+} に、修正される。当初指定された波長範囲をどの程度修正（又は拡張）するかは適宜設定されてよい。当初指定された波長範囲で撮像可能なフレーム数より少なくとも 1 フレーム多く撮像可能なように、波長範囲が修正されることが望ましい。

[0064] 次に、ホストコンピュータ 3 0 のプロセッサ 3 1 は、メモリ 3 2 に格納されている「駆動電圧－透過波長関係式」に基づいて、ファブリペローフィルタ 1 2 の透過波長が、波長 λ_{stt-} となるように、駆動回路 2 0 を介してアクチュエータ 1 2 a を制御する（ステップ S 1 0 3）。

[0065] 続いて、プロセッサ 3 1 は、ファブリペローフィルタ 1 2 の透過波長が、波長 λ_{end+} に向かって変化するように、駆動回路 2 0 から出力される駆動電圧の変更を開始する（ステップ S 1 0 4）。この結果、ファブリペローフィルタ 1 2 のギャップが変化し、透過波長が、波長 λ_{stt-} から波長 λ_{end+} に向けて徐々に長くなる。

[0066] ステップ S 1 0 4 の処理と並行して、ステップ S 1 0 5～S 1 0 7 の処理が行われる。即ち、プロセッサ 3 1 は、イメージセンサコントローラ 1 6 を介して、CMOS センサ 1 3 により撮像されたフレーム画像を取得する（ス

テップS 1 0 5)。続いて、プロセッサ3 1は、現在のファブリペローフィルタ1 2の透過波長の情報を取得する（ステップS 1 0 6）。「透過波長の情報」は、透過波長そのものの値であってもよいし、例えば透過波長と対応付けられた駆動電圧の値等であってもよい。つまり、「透過波長の情報」とは、直接的又は間接的に、透過波長を示す情報を意味する。

[0067] 次に、プロセッサ3 1は、透過波長の情報により示される現在の透過波長が、波長 λ_{end} と等しいか否かを判定する（即ち、撮像を終了するか否かを判定する）（ステップS 1 0 7）。この判定において、現在の透過波長が波長 λ_{end} とは等しくないと判定された場合（ステップS 1 0 7 : N o）、プロセッサ3 1は、再度ステップS 1 0 5の処理を行う。

[0068] 他方、ステップS 1 0 7の判定において、現在の波長が波長 λ_{end} と等しいと判定された場合（ステップS 1 0 7 : Y e s）、プロセッサ3 1は、駆動回路2 0から出力される駆動電圧の変化を停止する（ステップS 1 0 8）。

[0069] 次に、プロセッサ3 1は、メモリ3 2に格納されている「分光画像生成プログラム」を参照して、分光画像生成処理を行う（ステップS 2）。ここで、分光画像生成処理について、図7のフローチャートを参照して説明を加える。

[0070] 分光画像生成処理では、ステップS 1 0 5の処理において取得された時間的に連続する複数のフレーム画像のうち、フレーム画像に付された番号が1 ~ N f r mであるフレーム画像が処理対象とされるものとする。CMOSセンサ1 3のライン数は“H e i g h t”本であり、1ラインに含まれる画素数は“W i d t h”個であるとする。この結果、1枚のフレーム画像には“W i d t h × H e i g h t”個の画素が含まれることとなる。

[0071] 分光画像生成処理では、所望波長は、各フレーム画像のラインm（ $1 \leq m \leq H e i g h t$ ）の画素値が取得された際の露光波長であるとする。尚、ラインmは、製造者により予め固定値として設定されていてもよいし、ユーザにより設定されてもよい。分光画像生成処理において、フレーム画像に係る

変数を“ i ” ($1 \leq i \leq N_{frame}$)、ラインに係る変数を“ y ” ($1 \leq y \leq Height$)、1ラインに含まれる画素に係る変数を“ x ” ($1 \leq x \leq Width$)とする。

[0072] 図7において、プロセッサ31は、変数 i を初期値である“1”に設定する(ステップS201)。プロセッサ31は、変数 y を初期値である“1”に設定する(ステップS202)。次に、プロセッサ31は、現在のライン y に応じた重み $W(y)$ を計算する(ステップS203)。尚、具体的な重み $W(y)$ については、上述した「重み付き平均」を参照されたし。ただし、「重み付き平均」における定数“ M ”は、“ $Height$ ”と読み替えるものとする。

[0073] 次に、プロセッサ31は、変数 x を初期値である“1”に設定する(ステップS204)。次に、プロセッサ31は、変数 y の値が m より小さいか否かを判定する(ステップS205)。

[0074] ステップS205の判定において、変数 y の値が m より小さいと判定された場合(ステップS205: Yes)、プロセッサ31は、フレーム i のライン y の画素 x の画素値を、フレーム i の波長 $\lambda_{i,y}$ の光で露光されたライン y の画素 x の画素値と、フレーム $i+1$ の波長 $\lambda_{i+1,y}$ の光で露光されたライン y の画素 x の画素値との重み付き平均値に置き換える(ステップS206)。

[0075] 他方、ステップS205の判定において、変数 y の値が m より小さくないと判定された場合(ステップS205: No)、プロセッサ31は、変数 y の値が m より大きいと判定する(ステップS207)。

[0076] ステップS207の判定において、変数 y の値が m より大きいと判定された場合(ステップS207: Yes)、プロセッサ31は、フレーム i のライン y の画素 x の画素値を、フレーム i の波長 $\lambda_{i,y}$ の光で露光されたライン y の画素 x の画素値と、フレーム $i-1$ の波長 $\lambda_{i-1,y}$ の光で露光されたライン y の画素 x の画素値との重み付き平均値に置き換える(ステップS208)。

- [0077] ステップS 2 0 7の判定において、変数 y の値が m より大きくないと判定された場合（即ち、変数 y の値が m と等しい場合）（ステップS 2 0 7 : N o）、又は、ステップS 2 0 6の処理若しくはステップS 2 0 8の処理の後、プロセッサ3 1は、変数 x の値が $W i d t h$ と等しいか否かを判定する（ステップS 2 0 9）。つまり、ステップS 2 0 9では、ライン y に含まれる全ての画素について、画素値の置き換えが終了したか否かが判定される。
- [0078] ステップS 2 0 9の判定において、変数 x の値が $W i d t h$ と等しくないと判定された場合（ステップS 2 0 9 : N o）、プロセッサ3 1は、変数 x の値を $x + 1$ として（即ち、インクリメントして）（ステップS 2 1 2）、ステップS 2 0 5の処理を行う。
- [0079] 他方、ステップS 2 0 9の判定において、変数 x の値が $W i d t h$ と等しいと判定された場合（ステップS 2 0 9 : Y e s）、プロセッサ3 1は、変数 y の値が $H e i g h t$ と等しいか否かを判定する（ステップs 2 1 0）。つまり、ステップS 2 1 0では、フレーム i に含まれる全てのラインについて、画素値の置き換えが終了したか否かが判定される。
- [0080] ステップS 2 1 0の判定において、変数 y の値が $H e i g h t$ と等しくないと判定された場合（ステップS 2 1 0 : N o）、プロセッサ3 1は、変数 y の値を $y + 1$ として（即ち、インクリメントして）（ステップS 2 1 3）、ステップS 2 0 3の処理を行う。
- [0081] 他方、ステップS 2 1 0の判定において、変数 y の値が $H e i g h t$ と等しいと判定された場合（ステップS 2 1 0 : Y e s）、プロセッサ3 1は、変数 i の値が $N f r m$ と等しいか否かを判定する（ステップS 2 1 1）。つまり、ステップS 2 1 1では、処理対象のフレーム画像全てについて、画素値の置き換えが終了したか否かが判定される。
- [0082] ステップS 2 1 1の判定において、変数 i の値が $N f r m$ と等しくないと判定された場合（ステップS 2 1 1 : N o）、プロセッサ3 1は、変数 i の値を $i + 1$ として（即ち、インクリメントして）（ステップS 2 1 4）、ステップS 2 0 2の処理を行う。他方、ステップS 2 1 1の判定において、変

数 i の値が N_{frm} と等しいと判定された場合（ステップ $S211$: Yes ）、プロセッサ 31 は、図 6 のフローチャートのステップ $S109$ の処理を行う。

[0083] 再び図 6 に戻り、分光画像生成処理の後、プロセッサ 31 は、該分光画像生成処理において生成された分光画像（即ち、画素値の置き換えがされたフレーム画像）を、例えばメモリ 32 等の記憶装置に保存して、処理を終了する（ステップ $S109$ ）。

[0084] （技術的効果）

当該分光測定装置 1 では、ファブリペローフィルタ 12 の透過光の波長が変更されながら、 $CMOS$ センサ 13 の各画素領域（即ち、各ライン）が透過光により順次露光される。このため、当該分光測定装置 1 は、ある波長の透過光により $CMOS$ センサ 13 の全ての画素領域が露光された後に、ファブリペローフィルタ 12 のギャップを変更することにより透過光の波長を変更し、変更後の透過光により $CMOS$ センサ 13 の全ての画素領域が露光される場合に比べて、撮像時間を短くすることができる。

[0085] 当該分光測定装置 1 では、画素値の推定には、時間的に隣接する 2 枚のフレーム画像が用いられる。このように構成すれば、時間的に隣接しない 2 枚のフレーム画像が画素値の推定に用いられる場合に比べて、推定精度を向上させることができる。尚、画素値の推定に、 3 枚以上のフレーム画像が用いられてもよい。

[0086] 実施例に係る「ファブリペローフィルタ 12 」、「 $CMOS$ センサ 13 」及び「プロセッサ 31 」は、夫々、本発明に係る「フィルタ」、「撮像部」、及び「生成部」の一例であり、「イメージセンサコントローラ 14 」及び「駆動回路 20 」は、本発明に係る「制御部」の一例である。

[0087] 本発明は、上述した実施形態に限られるものではなく、請求の範囲及び明細書全体から読み取れる発明の要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う分光測定装置もまた本発明の技術的範囲に含まれるものである。

符号の説明

[0088] 1…分光測定装置、10…分光カメラ、11…レンズ、12…ファブリペ
ローフィルタ、12a…アクチュエータ、13…CMOSセンサ、14…イ
メージセンサコントローラ、20…駆動回路、30…ホストコンピュータ、
31…プロセッサ、32…メモリ

請求の範囲

[請求項1]

抽出光の波長を変更可能なフィルタと、
複数の領域を有する撮像部と、

前記フィルタにより前記抽出光の波長を連続して変更しつつ、前記抽出光により前記複数の領域を順次露光し、フレーム画像の基となる出力信号を前記複数の領域各々から出力させる制御部と、

一のフレーム画像における前記複数の領域のうちの領域に対応する画素値と、前記一のフレーム画像とは異なる他のフレーム画像における前記一の領域に対応する画素値とに基づいて所望波長の分光画像を生成する生成部と、

を備えることを特徴とする分光測定装置。

[請求項2]

前記一のフレーム画像における前記一の領域に対応する画素値は、前記一の領域が、前記所望波長からの偏差が所定値以下の第1波長の抽出光により露光された際に前記一の領域の出力信号に基づく画素値であり、

前記他のフレーム画像における前記一の領域に対応する画素値は、前記一の領域が、前記所望波長からの偏差が前記所定値以下であり且つ前記第1波長とは異なる第2波長の抽出光により露光された際に前記一の領域の出力信号に基づく画素値である

ことを特徴とする請求項1に記載の分光測定装置。

[請求項3]

前記他のフレーム画像は、前記一のフレーム画像に時間的に隣接するフレームであることを特徴とする請求項2に記載の分光測定装置。

[請求項4]

前記生成部は、前記撮像部の少なくとも一部が前記所望波長の抽出光により露光されたタイミングを基準タイミングとして、前記一の領域が前記第1波長の抽出光により露光されたタイミングの前記基準タイミングからのズレと、前記一の領域が前記第2波長の抽出光により露光されたタイミングの前記基準タイミングからのズレとに基づいて、前記一のフレーム画像における前記一の領域に対応する画素値及び

前記他のフレーム画像における前記一の領域に対応する画素値各々に重み付けをすることを特徴とする請求項2に記載の分光測定装置。

[請求項5] 前記生成部は、前記第1波長の前記所望波長からのズレと、前記第2波長の前記所望波長からのズレとに基づいて、前記一のフレーム画像における前記一の領域に対応する画素値及び前記他のフレーム画像における前記一の領域に対応する画素値各々に重み付けをすることを特徴とする請求項2に記載の分光測定装置。

[請求項6] 前記制御部は、前記一のフレーム画像の撮像に要する時間あたりの前記抽出光の波長変化量が前記フィルタの波長－抽出率特性の半値全幅以内となるように、前記フィルタを制御することを特徴とする請求項1に記載の分光測定装置。

[請求項7] 前記フィルタは、アクチュエータを備えるファブリペローフィルタであることを特徴とする請求項6に記載の分光測定装置。

[請求項8] 前記撮像部は、ローリングシャッタ方式により露光されることを特徴とする請求項1に記載の分光測定装置。

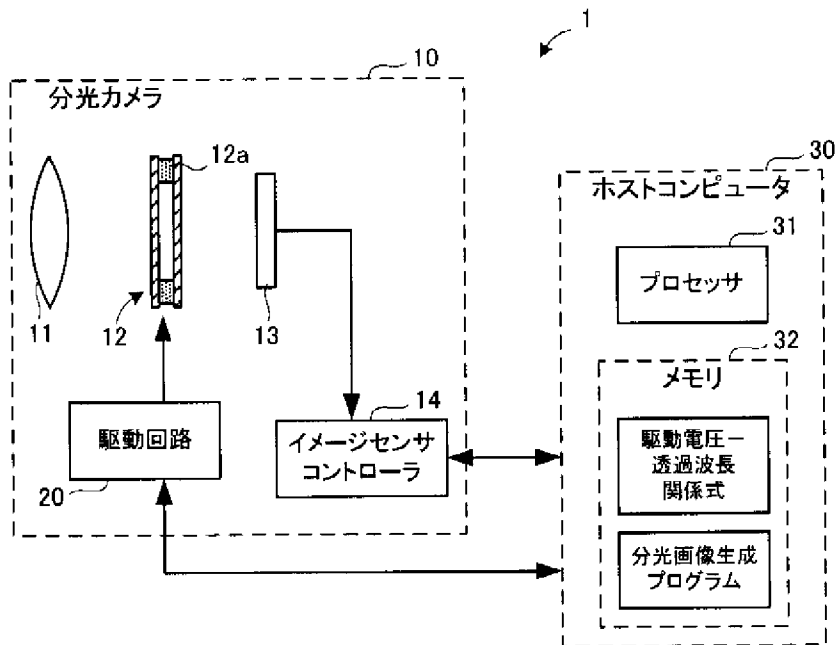
[請求項9] 抽出光の波長を変更可能なフィルタと、複数の領域を有する撮像部と、を備える分光測定装置における分光測定方法であって、

前記フィルタにより前記抽出光の波長を連続して変更しつつ、前記抽出光により前記複数の領域を順次露光し、フレーム画像の基となる出力信号を前記複数の領域各々から出力させる制御工程と、

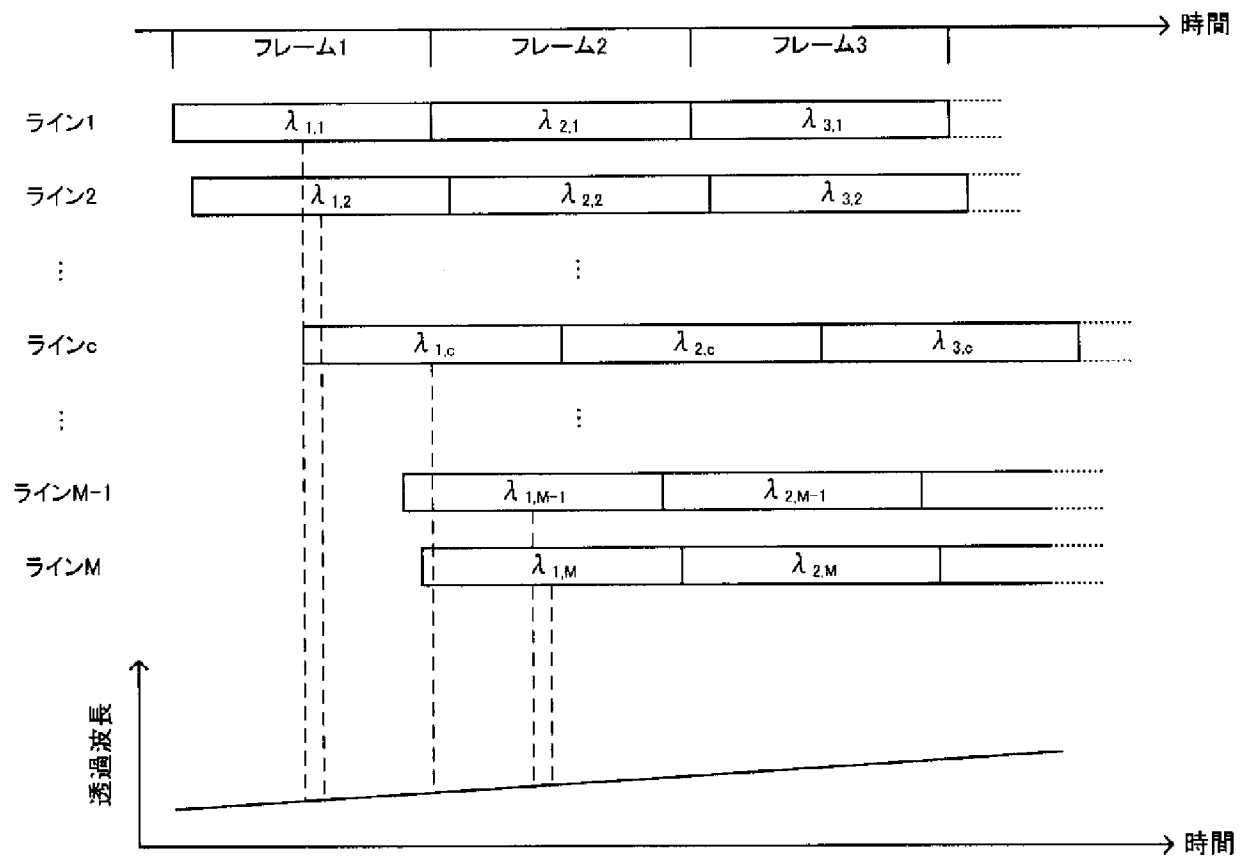
一のフレーム画像における前記複数の領域のうちの領域に対応する画素値と、前記一のフレーム画像とは異なる他のフレーム画像における前記一の領域に対応する画素値とに基づいて所望波長の分光画像を生成する生成工程と、

を備えることを特徴とする分光測定方法。

[図1]



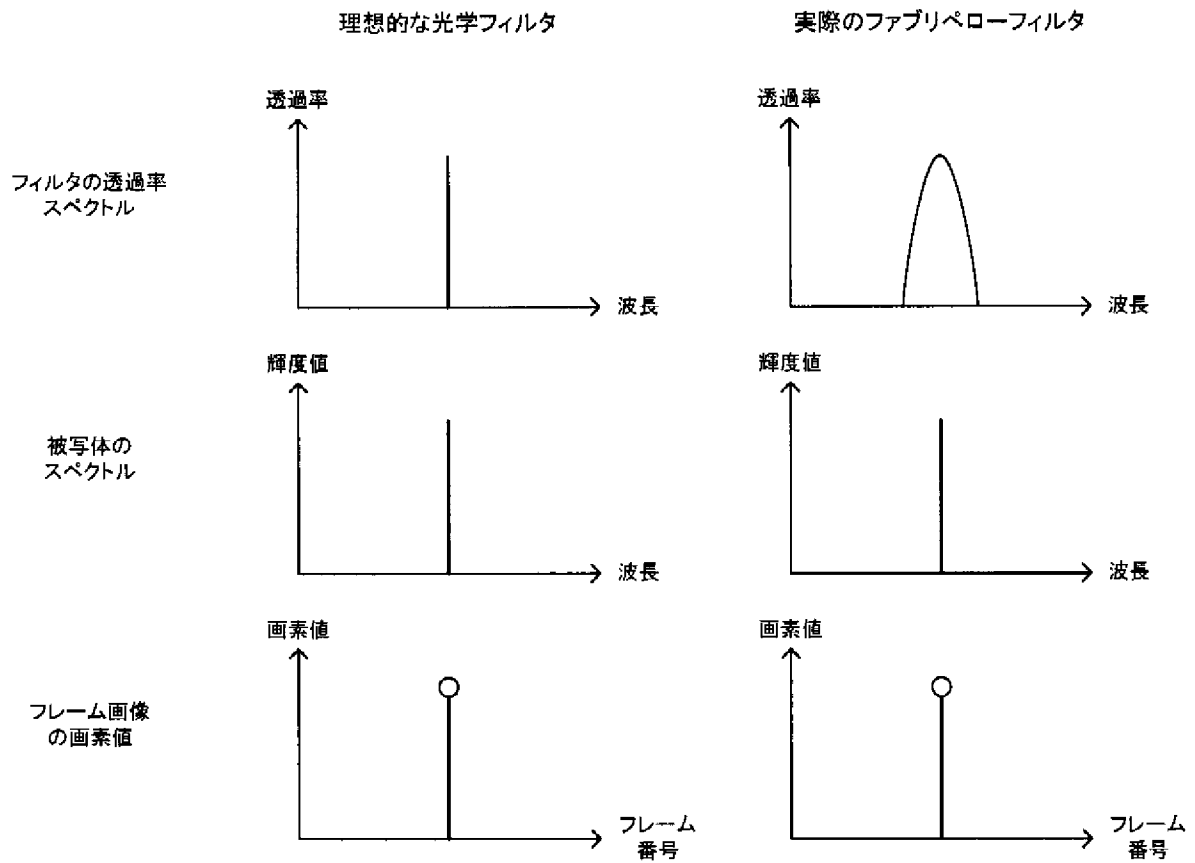
[図2]



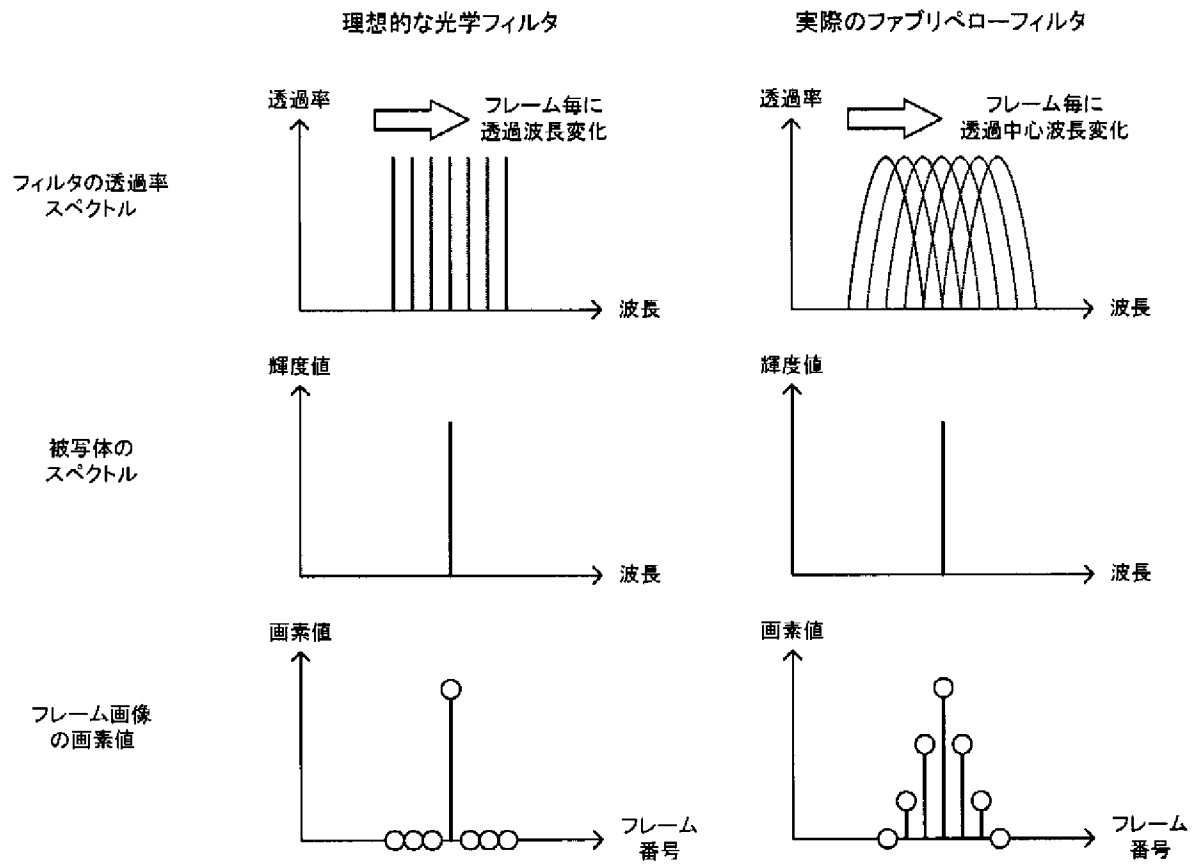
[図3]

	フレーム1	フレーム2	フレーム3
ライン1	$\lambda_{1,1}$	$\lambda_{2,1}$	$\lambda_{3,1}$
ライン2	$\lambda_{1,2}$	$\lambda_{2,2}$	$\lambda_{3,2}$
⋮	⋮	⋮	⋮
ラインc	$\lambda_{1,c}$	$\lambda_{2,c}$	$\lambda_{3,c}$
⋮	⋮	⋮	⋮
ラインM-1	$\lambda_{1,M-1}$	$\lambda_{2,M-1}$	$\lambda_{3,M-1}$
ラインM	$\lambda_{1,M}$	$\lambda_{2,M}$	$\lambda_{3,M}$

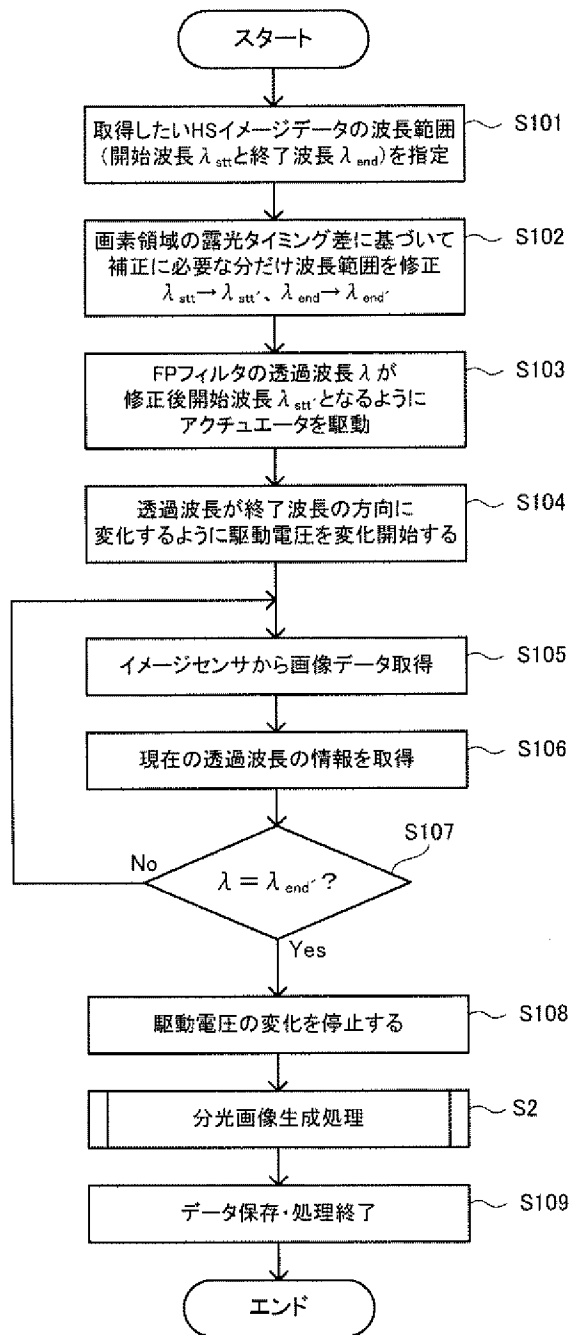
[図4]



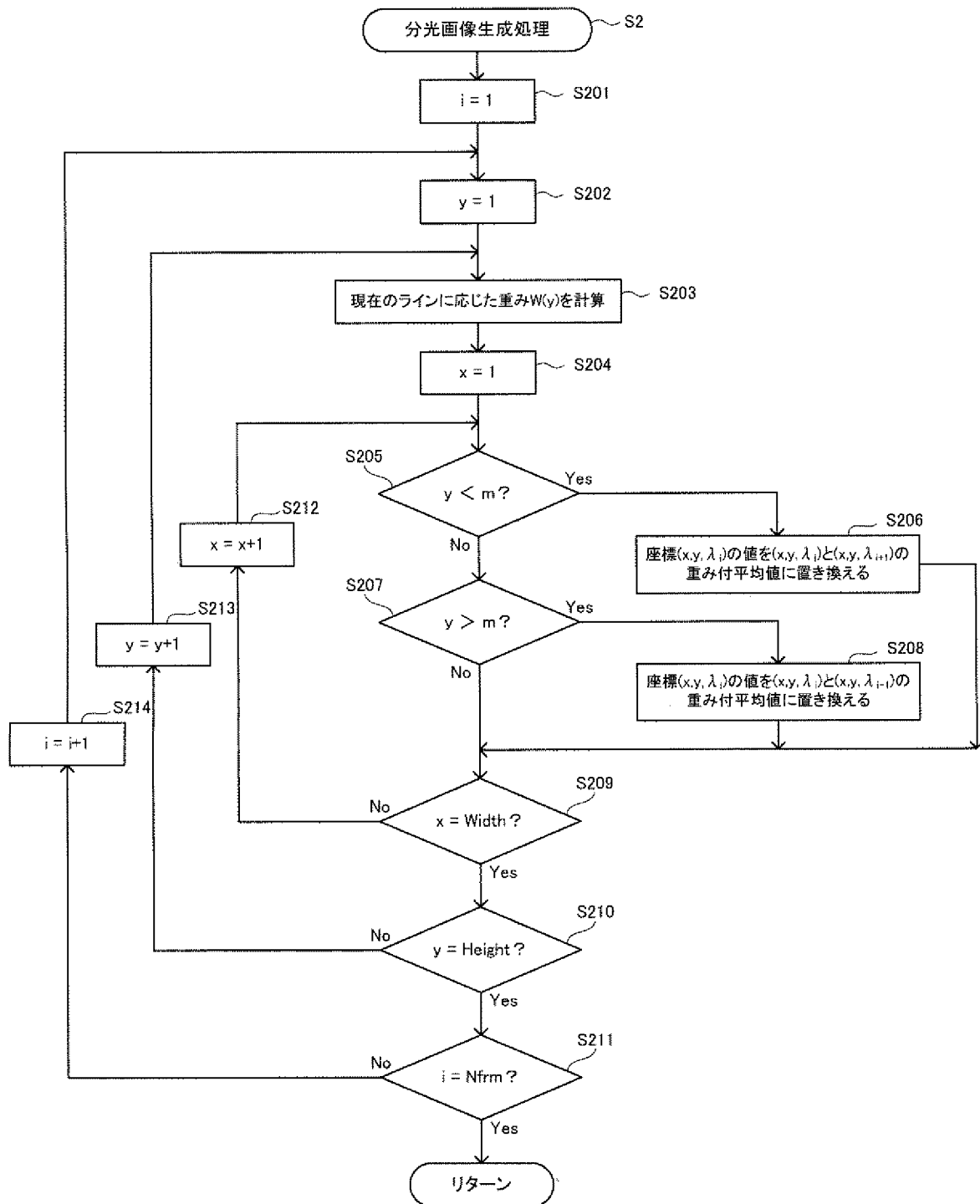
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/069813

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01J3/51(2006.01)i, G01J3/26(2006.01)i, G01J3/36(2006.01)i

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)

G01J3/00-3/52, G01N21/00-21/61, H04N5/222-257, H04N9/04-9/11

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2016

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2016-085140 A (Seiko Epson Corp.), 19 May 2016 (19.05.2016), entire text; all drawings & US 2016/0116336 A1 & CN 105549206 A	1-9
A	JP 2015-125083 A (Seiko Epson Corp.), 06 July 2015 (06.07.2015), entire text; all drawings & US 2015/0185080 A1 & CN 104748845 A	1-9
A	JP 2015-525351 A (Raytheon Co.), 03 September 2015 (03.09.2015), entire text; all drawings & US 2014/0010471 A1 & WO 2014/007925 A1 & EP 2870586 A & CA 2877547 A & IL 219057 D0	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

05 September 2016 (05.09.16)

Date of mailing of the international search report

20 September 2016 (20.09.16)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/069813

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2007/0146700 A1 (KOWARZ M W), 28 June 2007 (28.06.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01J3/51(2006.01)i, G01J3/26(2006.01)i, G01J3/36(2006.01)i

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))

Int.Cl. G01J3/00-3/52, G01N21/00-21/61, H04N5/222-257, H04N9/04-9/11

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

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
A	JP 2016-085140 A (セイコーエプソン株式会社) 2016.05.19, 全文、 全図 & US 2016/0116336 A1 & CN 105549206 A	1-9
A	JP 2015-125083 A (セイコーエプソン株式会社) 2015.07.06, 全文、 全図 & US 2015/0185080 A1 & CN 104748845 A	1-9
A	JP 2015-525351 A (レイセオン カンパニー) 2015.09.03, 全文、 全図 & US 2014/0010471 A1 & WO 2014/007925 A1 & EP 2870586 A & CA 2877547 A & IL 219057 D0	1-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ 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矛盾するものではなく、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

05.09.2016

国際調査報告の発送日

20.09.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

横尾 雅一

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

2W

3716

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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
A	US 2007/0146700 A1 (KOWARZ M W) 2007.06.28, 全文、全図 (ファ ミリーなし)	1-9