

(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
2017年4月27日(27.04.2017)



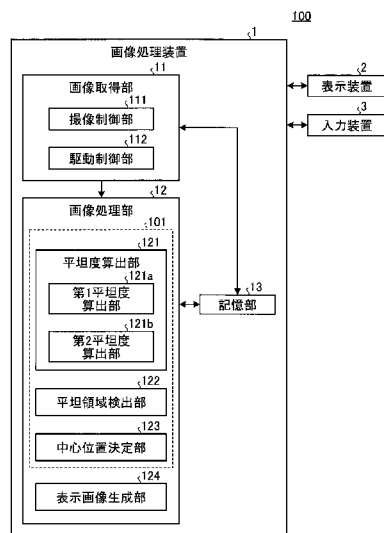
(10) 国際公開番号
WO 2017/068655 A1

- (51) 国際特許分類:
H04N 5/232 (2006.01) *H04N 5/243* (2006.01)
G02B 21/36 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/079610
- (22) 国際出願日: 2015年10月20日(20.10.2015)
- (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: オリンパス株式会社(OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 古賀 隼一(KOGA, Shunichi); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所(SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 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, 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).

[続葉有]

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

(54) 発明の名称: 画像処理装置、画像処理システム、顕微鏡システム、画像処理方法、及び画像処理プログラム



- 1 Image-processing device
2 Display device
3 Input device
11 Image acquisition unit
12 Image-processing unit
13 Storage unit
111 Imaging control unit
112 Drive control unit
121 Flatness calculation unit
121a First flatness calculation unit
121b Second flatness calculation unit
122 Flat region detector
123 Center position determination unit
124 Display image generator

(57) Abstract: The image-processing device according to the present invention is provided with: an image acquisition unit for acquiring, in each of first and second mutually differing directions, first and second image groups that include two images having common regions in which one image shares a portion of a subject with the other image; and an optical-axis center detector for detecting, on the basis of variation in the shading components in first and second directions based on the brightness of the common regions of the first and second image groups, the center of the optical axis of the observation light that forms the images.

(57) 要約: 本発明に係る画像処理装置は、互いに異なる第1及び第2の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が共通する共通領域を有する2つの画像を含む第1及び第2の画像群を取得する画像取得部と、第1及び第2の画像群の各共通領域の輝度に基づく第1及び第2の方向のシェーディング成分の変化量をもとに、画像を形成する観察光の光軸の中心を検出する光軸中心検出部と、を備える。

WO 2017/068655 A1

添付公開書類:

— 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、画像処理システム、顕微鏡システム、画像処理方法、及び
画像処理プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、標本等の被写体を撮像した画像に画像処理を施す画像処理装置、画像処理システム、顕微鏡システム、画像処理方法、及び画像処理プログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来、標本を照明する光源及び標本の像を拡大する光学系と、光学系の後段に設けられ、拡大された標本の像を電子的なデータに変換する撮像素子とを備える顕微鏡が知られている。このような顕微鏡等においては、レンズや照明などの光学系に起因して、光源の照度ムラや光学系の不均一性が生じ、さらには、撮像素子の特性のムラ等に起因して、取得した画像に明度ムラが発生するという問題がある。この明度ムラはシェーディングと呼ばれ、通常、光学系の光軸の位置に対応する画像の中心から遠ざかるに従って暗くなる。

[0003] ここで、製造時、組み立てや照明ランプ取り付けなどの誤差により、撮像素子へ入射する観察光の光軸中心と撮像素子の中心とがずれることがあり、シェーディングの中心と画面中心とが一致しないことがある。シェーディングの中心と画面中心とが一致しない場合、最適な観察像が得られない。この課題を解決するため、観察光の光軸中心と撮像素子の中心とのずれを検出する撮像装置が開示されている（例えば、特許文献1を参照）。特許文献1では、無標本状態、又は視野内の無標本の位置から抽出された輝度値やサンプル点の彩度をもとに、観察光の光軸中心を検出し、観察光の光軸中心と撮像素子の中心とのずれを用いて光学系の調整（芯出し）を行う。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2007-171455号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献1が開示する技術は、観察光の光軸中心を検出して光学系を調整（芯出し）するためには、無標本状態、又は視野内の無標本の位置から抽出されたサンプル点が必要であり、芯出しの都度、少なくとも視野の一部を無標本状態にしなければならずユーザの手間となる。また、視野内の無標本の領域が少ない場合は、検出精度が低下してしまうおそれがあった。

[0006] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、簡易かつ高精度に観察光の光軸中心を検出することができる画像処理装置、画像処理システム、顕微鏡システム、画像処理方法及び画像処理プログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る画像処理装置は、互いに異なる第1及び第2の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が共通する共通領域を有する2つの画像を含む第1及び第2の画像群を取得する画像取得部と、前記第1及び第2の画像群の各共通領域の輝度に基づく前記第1及び第2の方向のシェーディング成分の変化量をもとに、前記画像を形成する観察光の光軸の中心を検出する光軸中心検出部と、を備えることを特徴とする。

[0008] また、本発明に係る画像処理システムは、互いに異なる第1及び第2の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が共通する共通領域を有する2つの画像を含む第1及び第2の画像群を取得する画像取得部と、前記第1及び第2の画像群の各共通領域の輝度に基づく前記第1及び第2の方向のシェーディング成分の変化量をもとに、前記画像を形

成する観察光の光軸の中心を検出する光軸中心検出部と、前記光軸中心検出部が検出した前記観察光の光軸の中心と、前記画像の中心とを含む表示画像を生成する表示画像生成部と、を有する画像処理装置と、前記表示画像生成部が生成した前記表示画像を表示する表示装置と、を備えることを特徴とする。

[0009] また、本発明に係る顕微鏡システムは、互いに異なる第1及び第2の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が共通する共通領域を有する2つの画像を含む第1及び第2の画像群を取得する画像取得部と、前記第1及び第2の画像群の各共通領域の輝度に基づく前記第1及び第2の方向のシェーディング成分の変化量をもとに、前記画像を形成する観察光の光軸の中心を検出する光軸中心検出部と、前記光軸中心検出部が検出した前記観察光の光軸の中心と、前記画像の中心とを含む表示画像を生成する表示画像生成部と、を有する画像処理装置と、前記表示画像生成部が生成した前記表示画像を表示する表示装置と、前記被写体の像を結像する光学系と、前記被写体と前記光学系との少なくとも一方を前記第1又は第2の方向に移動させることにより、前記被写体に対する前記光学系の視野を移動させる移動手段と、前記光学系が結像した前記被写体の像を撮像する撮像手段と、前記被写体を載置するステージと、を備え、前記移動手段は、前記ステージと前記光学系との少なくとも一方を移動させることを特徴とする。

[0010] また、本発明に係る画像処理方法は、互いに異なる第1及び第2の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が共通する共通領域を有する2つの画像を含む第1及び第2の画像群を取得する画像取得ステップと、前記第1及び第2の画像群の各共通領域の輝度に基づく前記第1及び第2の方向のシェーディング成分の変化量をもとに、前記画像を形成する観察光の光軸の中心を検出する光軸中心検出ステップと、を含むことを特徴とする。

[0011] また、本発明に係る画像処理プログラムは、互いに異なる第1及び第2の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が

共通する共通領域を有する２つの画像を含む第１及び第２の画像群を取得する画像取得手順と、前記第１及び第２の画像群の各共通領域の輝度に基づく前記第１及び第２の方向のシェーディング成分の変化量をもとに、前記画像を形成する観察光の光軸の中心を検出する光軸中心検出手順と、をコンピュータに実行させることを特徴とする。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、簡易かつ高精度に観察光の光軸中心を検出することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図１は、本発明の実施の形態１に係る画像処理装置を含む画像処理システムの構成例を示すブロック図である。

[図2]図２は、被写体の撮像方法を説明するための模式図である。

[図3]図３は、被写体の撮像方法を説明するための模式図である。

[図4]図４は、図１に示す画像処理装置の動作を示すフローチャートである。

[図5]図５は、視野をずらして撮像した画像を示す図である。

[図6]図６は、水平及び垂直の各方向における平坦度の分布を示す図である。

[図7]図７は、平坦領域の検出処理を説明するための模式図である。

[図8]図８は、本発明の実施の形態１に係る画像処理システムにおいて表示装置が表示する表示画像の一例を示す図である。

[図9]図９は、本実施の形態１の変形例１に係る画像処理システムにおいて表示装置が表示する表示画像の一例を示す図である。

[図10]図１０は、本発明の実施の形態１の変形例２に係る画像処理システムにおいて中心位置決定部が行う中心位置の決定処理を説明する図である。

[図11]図１１は、本発明の実施の形態１の変形例２に係る画像処理システムにおいて中心位置決定部が行う中心位置の決定処理を説明する図である。

[図12]図１２は、本発明の実施の形態２に係る画像処理装置を含む画像処理システムの構成例を示すブロック図である。

[図13]図１３は、本発明の実施の形態２に係る平坦領域の中心の検出処理を

説明するための模式図である。

[図14]図 1 4 は、本発明の実施の形態 2 に係る平坦領域の中心の検出処理を説明するための模式図である。

[図15]図 1 5 は、本発明の実施の形態 2 に係る平坦領域の中心の検出処理を説明するための模式図である。

[図16]図 1 6 は、本発明の実施の形態 2 の変形例に係る平坦領域の中心の検出処理を説明するための模式図である。

[図17]図 1 7 は、本発明の実施の形態 3 に係る顕微鏡システムの構成例を示す図である。

[図18]図 1 8 は、本発明の実施の形態 3 に係る顕微鏡システムにおけるコンデンサ保持部の構成を示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明に係る画像処理装置、画像処理システム、顕微鏡システム、画像処理方法、及び画像処理プログラムの実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、これらの実施の形態により本発明が限定されるものではない。また、各図面の記載において、同一部分には同一の符号を附して示している。

[0015] (実施の形態 1)

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る画像処理装置を含む画像処理システムの構成例を示すブロック図である。図 1 に示すように、本実施の形態 1 に係る画像処理システム 100 は、画像処理装置 1 と、表示装置 2 と、入力装置 3 とを備える。画像処理装置 1 は、観察対象である被写体が写った画像を含む画像信号を取得する画像取得部 11 と、該画像に画像処理を施す画像処理部 12 と、記憶部 13 とを備える。

[0016] 画像取得部 11 は、撮像視野が互いに異なる複数の画像を取得する。画像取得部 11 は、当該画像処理装置 1 に接続された撮像装置から複数の画像を直接取得してもよいし、ネットワークや記憶装置等を介して複数の画像を取得してもよい。実施の形態 1 においては、撮像装置から画像を直接取得する

ものとする。なお、撮像装置の種類は特に限定されず、例えば、撮像機能を備えた顕微鏡装置であってもよいし、デジタルカメラであってもよい。

[0017] 図2及び図3は、画像取得部11の動作を説明するための模式図であり、被写体SPと、撮像装置を備え、被写体SPの像を結像する光学系30と、光学系30の撮像視野Vとを示している。図2及び図3においては、被写体SPにおける撮像視野Vの位置や撮像方法をわかり易くするため、被写体SP及び撮像視野Vの紙面手前から光学系30の位置をずらし、被写体SPの外側に光学系30の側面を図示して撮像視野Vとの位置関係を示している。以下においては、撮像視野Vを含む平面において、該撮像視野Vの1つの辺と平行な方向を水平方向とし、該1つの辺と直交する方向を垂直方向とする。

[0018] 画像取得部11は、撮像装置の撮像動作を制御する撮像制御部111と、被写体SPに対して撮像視野Vの位置を変化させる制御を行う駆動制御部112とを備える。駆動制御部112は、光学系30と被写体SPとのいずれか又は両方を相対的に移動させることにより、被写体SPに対する撮像視野Vの位置を変化させる。図2は、光学系30を水平方向に移動させる場合を示し、図3は、光学系30を垂直方向に移動させる場合を示している。撮像制御部111は、駆動制御部112の制御動作と連動して、所定のタイミングで撮像装置に撮像を実行させ、該撮像装置から撮像視野V内の被写体が写った画像M1、M2、…を取り込む。

[0019] 本実施の形態1においては、互いに直交する水平方向及び垂直方向の2方向に撮像視野Vを移動させる例を説明するが、撮像視野Vの移動方向は、互いに異なる2方向であれば、水平方向及び垂直方向に限定されない。また、撮像視野Vを移動させる2方向は、必ずしも直交している必要はない。以下、画像M1、M2、…内の各画素の位置を(x, y)と記す。

[0020] 画像処理部12は、画像取得部11が取得した複数の画像を用いて、画像に生じているシェーディング成分から、該画像を形成する観察光の光軸の中心を検出するための画像処理を実行する。詳細には、画像処理部12は、画

像内に生じているシェーディングの勾配である平坦度を算出する平坦度算出部 1 2 1 と、シェーディングがほとんど生じておらず、シェーディング成分の勾配が最小である平坦領域を画像内から検出する平坦領域検出部 1 2 2 と、平坦領域検出部 1 2 2 が検出した平坦領域の中心位置を決定する中心位置決定部 1 2 3 と、表示装置 2 に表示させる表示画像を生成する表示画像生成部 1 2 4 とを備える。平坦度算出部 1 2 1、平坦領域検出部 1 2 2 および中心位置決定部 1 2 3 により、光軸中心検出部 1 0 1 を構成する。

[0021] 平坦度算出部 1 2 1 は、第 1 平坦度算出部 1 2 1 a 及び第 2 平坦度算出部 1 2 1 b を備える。ここで、平坦度とは、隣接する画素間或いは数画素離れた画素間におけるシェーディング成分の勾配を表す指標である。第 1 平坦度算出部 1 2 1 a は、被写体 S P に対する撮像視野 V を水平方向（第 1 の方向）に移動させることにより取得された 2 つの画像 M 1、M 2（第 1 の画像群、図 2 参照）から、水平方向における平坦度を算出する。一方、第 2 平坦度算出部 1 2 1 b は、被写体 S P に対する撮像視野 V を垂直方向（第 2 の方向）に移動させることにより取得された 2 つの画像 M 2、M 3（第 2 の画像群、図 3 参照）から、垂直方向における平坦度を算出する。

[0022] 平坦領域検出部 1 2 2 は、平坦度算出部 1 2 1 が算出した水平方向及び垂直方向における平坦度に基づいて、画像内でシェーディングがほとんど生じておらず、シェーディング成分の変化がほとんど見られない領域を検出する。以下、このような領域のことを平坦領域という。

[0023] 中心位置決定部 1 2 3 は、平坦領域検出部 1 2 2 が検出した平坦領域の中心位置を決定する。具体的に、平坦領域の中心は、観察光の光軸の中心位置とみなすことができるため、中心位置決定部 1 2 3 は、検出された平坦領域をもとに算出した中心位置である画素の位置を、観察光の光軸の中心位置として決定する。

[0024] 表示画像生成部 1 2 4 は、画像取得部 1 1 が取得した画像信号をもとに、表示装置 2 が表示する表示画像を含む画像データを生成する。表示画像生成部 1 2 4 は、画像信号に対して、所定の画像処理を実行して表示画像を含む

画像データを生成する。表示画像は、例えば、色空間としてRGB表色系を採用した場合の変数であるR、G、Bの値をそれぞれ有するカラー画像である。

[0025] また、表示画像生成部124は、中心位置決定部123が決定した平坦領域の中心位置と、表示画像の中心位置（撮像視野の中心位置）とを、表示装置2が表示する表示画像を含む表示画像データを生成する。

[0026] 記憶部13は、更新記録可能なフラッシュメモリ、RAM、ROMといった半導体メモリ、ハードディスク、MO、CD-R、DVD-R等の記録媒体及び該記録媒体に対して情報の書き込み及び読み取りを行う書込読取装置等の記憶装置によって構成される。記憶部13は、画像取得部11が撮像装置の制御に用いる種々のパラメータや、画像処理部12により画像処理が施された画像の画像データや、画像処理部12が算出した種々のパラメータ等を記憶する。

[0027] 上記画像取得部11及び画像処理部12は、CPU（Central Processing Unit）等の汎用プロセッサやASIC（Application Specific Integrated Circuit）等の特定の機能を実行する各種演算回路等の専用プロセッサを用いて構成される。画像取得部11及び画像処理部12が汎用プロセッサである場合、記憶部13が記憶する各種プログラムを読み込むことによって画像処理装置1を構成する各部への指示やデータの転送等を行い、画像処理装置1全体の動作を統括して制御する。また、画像取得部11及び画像処理部12が専用プロセッサである場合、プロセッサが単独で種々の処理を実行してもよいし、記憶部13が記憶する各種データ等を用いることで、プロセッサと記憶部13が協働又は結合して種々の処理を実行してもよい。

[0028] 表示装置2は、例えば、LCDやELディスプレイ、CRTディスプレイ等の表示装置によって構成され、画像処理装置1から出力された画像や関連情報を表示する。

[0029] 入力装置3は、キーボード、マウス、タッチパネル等のユーザインタフェースを用いて実現され、各種情報の入力を受け付ける。

[0030] 次に、画像処理装置 1 の動作を説明する。図 4 は、画像処理装置 1 の動作を示すフローチャートである。以下においては、一例として、図 2 及び図 3 に示す被写体 S P が写った画像 M 1 ~ M 3 を取得し、該画像に対して補正処理を行うこととする。

[0031] まず、ステップ S 1 において、画像取得部 1 1 は、撮像視野 V を互いに異なる 2 つの方向に所定量ずつ移動させて被写体 S P を撮像することにより生成された複数の画像を取得する。詳細には、駆動制御部 1 1 2 が、被写体 S P と光学系 3 0 とのいずれかを移動させることにより撮像視野 V を所定方向に移動させ、撮像制御部 1 1 1 が、撮像視野 V の移動方向において、他の 1 枚の画像との間で撮像視野 V の一部が重なるように制御を行う。具体的には、図 2 に示すように、撮像視野 V を水平方向に幅 B_x 分だけずらした画像 M 1、M 2 と、図 3 に示すように、撮像視野 V を垂直方向に幅 B_y 分だけずらした画像 M 2、M 3 とを取得する。なお、幅（画像間のずれ量） B_x 、 B_y は、画素数によって表される。

[0032] 図 5 は、撮像視野 V を水平方向にずらして撮像した画像 M 1、M 2 を示す図である。画像 M 1、M 2 の間では、画像 M 1 の左端の幅 B_x を除く領域と、画像 M 2 の右端の幅 B_x を除く領域が、テクスチャ成分が共通する共通領域 C となる。以下、画像 M 1 内の各画素の輝度を $I_1(x, y)$ 、この輝度 $I_1(x, y)$ を構成するテクスチャ成分を $T_1(x, y)$ 、水平方向におけるシェーディング成分を $S_h(x, y)$ と記す。同様に、画像 M 2 内の各画素の画素値（輝度）を $I_2(x, y)$ 、この輝度 $I_2(x, y)$ を構成するテクスチャ成分を $T_2(x, y)$ 、シェーディング成分を $S_h(x, y)$ と記す。つまり、輝度 $I_1(x, y)$ 、 $I_2(x, y)$ はそれぞれ、次式 (1)、(2) によって与えられる。

$$I_1(x, y) = T_1(x, y) \times S_h(x, y) \quad \cdots (1)$$

$$I_2(x, y) = T_2(x, y) \times S_h(x, y) \quad \cdots (2)$$

[0033] 続くステップ S 2 において、平坦度算出部 1 2 1 は、水平及び垂直の方向別の平坦度を算出する。

[0034] 図5に示すように、画像M1、M2の間で撮像視野Vが水平方向に幅 B_x だけずれている場合、画像M1内の画素 (x, y) と画像M2内の画素 $(x - B_x, y)$ の間ではテクスチャ成分 $T_1(x, y)$ 、 $T_2(x - B_x, y)$ が共通となる。従って、次式(3)が成り立つ。

[数1]

$$T_1(x, y) = T_2(x - B_x, y) = \frac{I_1(x, y)}{Sh(x, y)} = \frac{I_2(x - B_x, y)}{Sh(x - B_x, y)} \quad \dots (3)$$

[0035] つまり、テクスチャ成分 $T_1(x, y)$ 、 $T_2(x - B_x, y)$ が共通である画素の輝度比は、水平方向において幅 B_x だけ離れた画素間におけるシェーディング成分 Sh の比を表す。そこで、本実施の形態1においては、次式(4)に示すように、水平方向において幅 B_x だけ離れた画素間におけるシェーディング成分 Sh の比の対数を取り、この対数の絶対値を、水平方向における平坦度 $Flat_h$ として算出する。

[数2]

$$\begin{aligned} Flat_h &= Abs \left\{ \log \left(\frac{I_1(x, y)}{I_2(x - B_x, y)} \right) \right\} \\ &= Abs \left\{ \log \left(\frac{T \times Sh(x, y)}{T \times Sh(x - B_x, y)} \right) \right\} \quad \dots (4) \\ &= Abs \{ \log(Sh(x, y)) - \log(Sh(x - B_x, y)) \} \end{aligned}$$

[0036] ここで、一般にシェーディング成分は低周波であるため、式(4)の輝度 $I_1(x, y)$ 、 $I_2(x, y)$ に対してはローパスフィルタ等により低周波成分を算出することが望ましい。 $I_1(x, y)$ 、 $I_2(x, y)$ の位置合わせ誤差や収差等の誤差によりテクスチャ成分が相殺されずに発生するアーチファクトが、 $I_1(x, y)$ 、 $I_2(x, y)$ の低周波成分の除算(log減算)とすることで軽減される。例えば、式(4)の $I_1(x, y)$ 、 $I_2(x, y)$ を該 $I_1(x, y)$ 、 $I_2(x, y)$ の低周波成分 $I_{L1}(x, y)$ 、 $I_{L2}(x, y)$ に置き換えることで平坦度 $Flat_h$ が算出される。後述する式(5)についても同様である。

[0037] また、視野内に動体が存在する場合、画像間で動体の位置がずれ、テクスチャ成分が相殺されず大きな誤差となる。このような場合は画像間差分に対する閾値処理等の公知の動体領域検出処理により、動体領域を検出し、その領域に対しては周囲の平坦度により補間する。シェーディング成分が検出できない白飛び・黒つぶれ領域も同様に周囲から補間する。さらには、水平方向へ幅 B_x 移動することを繰り返して画像を取得し、複数の画像ペアから平坦度 $Flat_h$ を算出し平均化することで、安定して平坦度 $Flat_h$ を算出できる。

[0038] 同様に、次式（５）に示すように、垂直方向において幅 B_y だけ離れた画素間におけるシェーディング成分 S_v の比の対数の絶対値を、垂直方向における平坦度 $Flat_v$ として算出する。

[数3]

$$\begin{aligned} Flat_v &= Abs \left\{ \log \left(\frac{I_2(x, y)}{I_3(x, y - B_y)} \right) \right\} \\ &= Abs \left\{ \log \left(\frac{T \times Sv(x, y)}{T \times Sv(x, y - B_y)} \right) \right\} \quad \dots (5) \\ &= Abs \{ \log(Sv(x, y)) - \log(Sv(x, y - B_y)) \} \end{aligned}$$

[0039] なお、後述するように、平坦度 $Flat_h$ 、 $Flat_v$ は、画像内でシェーディング成分の勾配が相対的に小さい領域を探索するために算出するものなので、式（４）、（５）において用いる対数は、自然対数及び常用対数のいずれであっても良い。

[0040] 図６は、式（４）、（５）により算出された平坦度 $Flat_h$ 、 $Flat_v$ を画素値として作成した平坦度マップであり、水平及び垂直の各方向における平坦度の分布を示す。このうち、図６の（ａ）に示す平坦度マップ M_{flat_h} は、水平方向における平坦度の分布を示す。ここで、図５に示すように、平坦度は共通領域 C についてのみ算出されるため、平坦度マップ M_{flat_h} のサイズは、画像 $M1$ 、 $M2$ に対して両端の幅 B_x の分だけ小さくなる。そこで、平坦度マップ M_{flat_h} に対し、幅 $B_x / 2$ に相当する余白 $m1$ を左右両端に追加する

ことにより、画像M1、M2に画像サイズを揃える。図6の(b)に示す垂直方向の平坦度マップ M_{flat_v} についても同様に、幅 $B_y/2$ に相当する余白 m_2 を上下両端に追加する。

[0041] シェーディング成分の勾配が小さいほど、即ち、シェーディング成分 $Sh_1(x, y)$ 、 $Sh_2(x, y)$ の値が近いほど、平坦度 $Flat_h$ の値は小さくなり、図6の(a)に示す平坦度マップ M_{flat_h} における画素値はゼロ（即ち、黒色）に近づく。図6の(b)に示す平坦度マップ M_{flat_v} についても同様である。

[0042] 続くステップS3において、平坦領域検出部122は、ステップS2において作成した方向別の平坦度マップ M_{flat_h} 、 M_{flat_v} に基づいて、平坦領域を検出する。

[0043] 詳細には、まず、方向別の平坦度マップ M_{flat_h} 、 M_{flat_v} を加算することにより、図7に示す合成平坦度マップ M_{flat_h+v} を作成する。この際、各平坦度マップ M_{flat_h} 、 M_{flat_v} に追加した余白 m_1 、 m_2 の部分を除いて加算を行い、その後、合成平坦度マップ M_{flat_h+v} の周囲に余白 m_3 を追加することにより、画像M1～M3と画像サイズを合わせる。

[0044] 続くステップS4において、中心位置決定部123は、この合成平坦度マップ M_{flat_h+v} における画素値、即ち平坦度 $Flat_h$ 、 $Flat_v$ の和が最小値を取る画素の位置 (x_{min0}, y_{min0}) を、平坦領域の中心位置として決定する。中心位置決定部123は、検出された平坦領域の中心位置である画素の位置 (x_{min0}, y_{min0}) を、観察光の光軸の中心位置として決定する。なお、中心位置決定部123は、中心位置の画素として決定した当該画素の中心を中心位置とする。

[0045] 続くステップS5において、表示画像生成部124は、中心位置決定部123が決定した平坦領域の中心位置（画素の位置 (x_{min0}, y_{min0}) ）と、表示画像の中心位置（撮像視野の中心位置）とを、表示装置2に表示させる表示画像を含む表示画像データを生成する。

[0046] 図8は、表示装置2が表示する表示画像の一例を示す図であり、ステップ

S 5 において生成された表示画像について説明する図である。図 8 に示す表示画像 W 1 には、中心位置決定部 1 2 3 が決定した平坦領域の中心位置の画素の位置 (x_{min0} , y_{min0}) に応じて配置され、観察光の光軸の中心位置を示す光軸中心マーク P₁と、表示画像 W 1 の中心位置（撮像視野の中心位置）を示す画像中心マーク P₂とが表示される。ユーザは、表示画像 W 1 を確認することで、観察光の光軸の中心と、撮像視野の中心、例えば、撮像装置における撮像素子の中心とのずれを把握することができる。

[0047] ユーザは、このずれに応じて、例えば顕微鏡のコンデンサレンズなどを移動させるなどして観察光の光軸の中心位置の調整を行うことによって、観察光の光軸の中心と撮像素子の中心との調整（芯出し）を行う。また、例えば、デジタルカメラの製造時に光軸中心マーク P₁と画像中心マーク P₂とを表示させて確認することで、撮像素子の中心とレンズの光軸とを調整することができる。

[0048] 続くステップ S 6 において、画像処理装置 1 は、観察光の光軸の中心の再検出指示の入力があるか否かを判断する。ここで、画像処理装置 1 は、再検出の指示入力がない場合は（ステップ S 6 : N o）、上述した処理を終了する。これに対し、画像処理装置 1 は、再検出の指示入力がある場合（ステップ S 6 : Y e s）、ステップ S 1 に戻り、上述した処理を繰り返す。画像処理装置 1 は、例えば入力装置 3 を介して入力される信号をもとに再検出の指示入力があるか否かを判断する。なお、所定の時間間隔で再検出処理を行なうなど、中心の検出処理の繰り返しは、任意に設定可能である。

[0049] ユーザは、顕微鏡のコンデンサレンズなどを移動させるなどして観察光の光軸の中心位置を変更後、入力装置 3 を介して再検出指示を入力することで、変更後の光軸中心マーク P₁と、画像中心マーク P₂とを、都度確認しながら、観察光の光軸の中心と、撮像素子の中心とを近づけていく。

[0050] 以上説明した本発明の実施の形態 1 によれば、シェーディングがほとんど生じておらず、シェーディング成分の勾配が最小である平坦領域を画像内から検出し、この平坦領域の中心を観察光の光軸の中心として決定するように

したので、簡易かつ高精度に観察光の光軸中心を検出することができる。これにより、ユーザは、決定した観察光の光軸の中心と撮像視野の中心とを比較することで、簡易かつ正確に観察光の中心と、撮像視野（撮像素子）の中心との調整（芯出し）を行うことが可能となる。正確に観察光の中心と、撮像視野（撮像素子）の中心との調整（芯出し）を行うことで、観察光の偏りを解消した最適な画像を得ることができる。

[0051] （実施の形態１の変形例１）

上述した実施の形態１では、図４のステップＳ６において再検出指示があった場合に、観察光の光軸の中心の検出を再度行って、表示画像を生成する、即ち、再検出した中心の位置のみを表示するものとして説明したが、前回検出した中心の位置を表示させるようにしてもよい。図９は、本実施の形態１の変形例１に係る画像処理システムにおいて表示装置が表示する表示画像の一例を示す図である。

[0052] 図９に示す表示画像Ｗ２には、今回検出された観察光の光軸の中心位置である光軸中心マーク P_1 と、画像中心マーク P_2 に加え、時系列で過去（異なる時間）である前回及び前々回検出された光軸中心マーク P_{11} 、 P_{12} が表示されている。これにより、ユーザは、自身の操作による観察光の光軸の移動方向及び移動量を把握することができ、一層簡易に観察光の中心と、撮像視野（撮像素子）の中心との調整（芯出し）を行うことが可能である。

[0053] なお、本変形例１において、表示画像生成部１２４が、中心位置決定部１２３が異なる時間において検出した複数の観察光の光軸の中心の位置（光軸中心マーク P_1 及び光軸中心マーク P_{11} 、 P_{12} ）を直線近似した軌跡を生成し、表示装置２に表示させるようにしてもよい。軌跡を表示することで、ユーザは、操作によって中心が移動した方向をより正確に把握することができる。

[0054] （実施の形態１の変形例２）

上述した実施の形態１では、中心位置決定部１２３が、平坦度 $Flat_h$ 、 $Flat_v$ の和が最小値を取る画素の位置（ x_{min0} 、 y_{min0} ）を、平坦領域の中心位置として決定するものとして説明したが、さらに曲面フィッティングを用

いて平坦領域の中心位置を決定するようにしてもよい。

[0055] 図10は、本実施の形態1の変形例2に係る画像処理システムにおいて中心位置決定部が行う中心位置の決定処理を説明する図であって、平坦領域（合成平坦度マップ M_{flat_h+v} ）における曲面フィッティング実施領域を説明する図である。図11は、本実施の形態1の変形例2に係る画像処理システムにおいて中心位置決定部が行う中心位置の決定処理を説明する図であって、曲面フィッティングを説明する図である。図11は、横軸のなす平面が画素における x 座標および y 座標の直交座標系を示し、縦軸が平坦度を示すグラフである。

[0056] 本変形例2では、中心位置決定部123は、上述した実施の形態1で説明したように、平坦度 F_{lat_h} 、 F_{lat_v} の和が最小値を取る画素の位置（ x_{min0} 、 y_{min0} ）を決定後、この画素の位置（ x_{min0} 、 y_{min0} ）を中心とする領域 R について曲面フィッティングを実施する。

[0057] 具体的に、中心位置決定部123は、一例として、2次関数である下式（6）によるパラボラフィッティングを用いた曲面フィッティングを行う。

[数4]

$$M(x,y) = ax^2 + by^2 + cx + dy + e \quad \cdots (6)$$

ここで $M(x, y)$ は平坦度マップにおける画素（ x, y ）の画素値、即ち平坦度 F_{lat_h} 、 F_{lat_v} の和である。式（6）は変形すると、

[数5]

$$M(x,y) = a\left(x + \frac{c}{2a}\right)^2 + b\left(y + \frac{d}{2b}\right)^2 + k \quad (k \text{は定数}) \quad \cdots (7)$$

となり、2次関数の頂点（ $-c/2a$ 、 $-d/2b$ ）が観察光の光軸の中心となる。検出した最小値の画素位置（ x_{min0} 、 y_{min0} ）と周囲4近傍の画素位置について、式（7）より、

[数6]

$$\left\{ \begin{array}{l} M(x_{\min 0}, y_{\min 0}) = ax_{\min 0}^2 + by_{\min 0}^2 + cx_{\min 0} + dy_{\min 0} + e \\ M(x_{\min 0} - 1, y_{\min 0}) = a(x_{\min 0} - 1)^2 + by_{\min 0}^2 + c(x_{\min 0} - 1) + dy_{\min 0} + e \\ M(x_{\min 0} + 1, y_{\min 0}) = a(x_{\min 0} + 1)^2 + by_{\min 0}^2 + c(x_{\min 0} + 1) + dy_{\min 0} + e \quad \cdots (8) \\ M(x_{\min 0}, y_{\min 0} - 1) = ax_{\min 0}^2 + b(y_{\min 0} - 1)^2 + c + d(y_{\min 0} - 1) + e \\ M(x_{\min 0}, y_{\min 0} + 1) = ax_{\min 0}^2 + b(y_{\min 0} + 1)^2 + c + d(y_{\min 0} + 1) + e \end{array} \right.$$

が得られる。この式（８）を解くと係数 a 、 b 、 c 、 d が求まり、頂点（ $-c/2a$ ， $-d/2b$ ）を計算できる。この頂点（ $-c/2a$ ， $-d/2b$ ）は、図１１に示す曲面フィッティングの点 P_3 である。中心位置決定部１２３は、この点 P_3 （頂点（ $-c/2a$ ， $-d/2b$ ））に対応する位置を、観察光の光軸の中心位置として決定する。

[0058] 本変形例２によれば、上述した実施の形態１と比して、一層高精度に観察光の光軸の中心を求めることができる。上述した実施の形態１では、中心位置決定部１２３が、中心位置の画素として決定した当該画素の中心を中心位置とするものとして説明したが、本変形例２では、例えば、この画素内でより詳細に中心位置を決定することができる。

[0059] 本変形例２では、曲面フィッティングの他にも、画像間マッチング等において利用される公知のサブピクセル推定法を利用してもよい。

[0060] （実施の形態２）

次に、本発明の実施の形態２について説明する。図１２は、本発明の実施の形態２に係る画像処理装置を含む画像処理システムの構成例を示すブロック図である。なお、上述した構成と同じ構成要素には、同一の符号が付してある。上述した実施の形態１では、中心位置決定部１２３が、平坦度 $F l a t_h$ 、 $F l a t_v$ の和が最小値を取る画素の位置（ $x_{\min 0}$ ， $y_{\min 0}$ ）を、平坦領域の中心位置として決定するものとして説明したが、本実施の形態２では、画像 $M1$ ， $M2$ 内の各画素の輝度 $I_1(x, y)$ ， $I_2(x, y)$ を比較して、この比較結果をもとに観察光の光軸の中心を求める。

[0061] 本実施の形態2に係る画像処理システム110は、図12に示すように、画像処理装置1aと、表示装置2と、入力装置3とを備える。画像処理装置1aは、観察対象である被写体が写った画像を含む画像信号を取得する画像取得部11と、該画像に画像処理を施す画像処理部14と、記憶部13とを備える。

[0062] 画像処理部14は、画像取得部11が取得した複数の画像の輝度を用いて、画像に生じているシェーディング成分から観察光の光軸の中心を検出するための画像処理を実行する。詳細には、画像処理部14は、画像取得部11が取得した複数の画像を用いて、画像に生じているシェーディング成分から観察光の光軸の中心を検出する光軸中心検出部141と、表示装置2に表示させる表示画像を生成する表示画像生成部142とを備える。

[0063] 光軸中心検出部141は、撮像視野Vを水平方向（第1の方向）及び垂直方向（第2の方向）に移動させることによりそれぞれ取得された2つの画像の共通領域Cにおける輝度の大小関係を比較する比較部141aと、比較部141aによる比較結果を2値化して2値のマップ（以下、2値マップという）を生成するマップ生成部141bと、マップ生成部141bにより生成された2値マップから、上述した平坦領域の中心であって、観察光の光軸の中心の位置を決定する中心位置決定部141cとを備える。

[0064] 続いて、観察光の光軸の中心を検出する処理について説明する。まず、比較部141aが、撮像視野Vを水平方向（第1の方向）に移動させることにより取得された2つの画像M1、M2（第1の画像群、図2参照）の共通領域C（図5参照）における輝度 $I_1(x, y)$ 、 $I_2(x, y)$ の大小関係を比較する。実施の形態1で述べたように、共通領域Cではテクスチャ成分が共通のため、輝度の比較結果はシェーディング成分の比較結果となる。

[0065] その後、マップ生成部141bが、比較部141aによる比較結果を2値化して2値マップを生成する。マップ生成部141bは、例えば、輝度 $I_1(x, y)$ が輝度 $I_2(x, y)$ と比して大きい場合、当該座標に1を付与する。これに対し、マップ生成部141bは、例えば、輝度 $I_1(x, y)$ が輝度

$l_2(x, y)$ 以下の場合、当該座標に 0 を付与する。図 13 は、本発明の実施の形態 2 に係る平坦領域の中心の検出処理を説明するための模式図である。図 13 は、共通領域 C における輝度の大小の比較結果の白（例えば、値を 1 とする）と黒（例えば、値を 0 とする）との 2 値マップ M_{tv_x} で示す。

[0066] 次に、中心位置決定部 141c が、2 値マップにおいて値が切り替わる位置をもとに、当該位置を観察光の光軸の中心の位置として決定する。ここで、2 値マップ M_{tv_x} の 0 と 1 との値が切り替わる位置においては、 $l_1(x, y)$ 、 $l_2(x, y)$ のシェーディング成分がほぼ等しく（シェーディング成分の変化量がゼロ又はほぼゼロ）、シェーディング成分が平坦であるとみなせる。そこで、0 と 1 との値が切り替わる位置を求めるため、中心位置決定部 141c は、例えば、2 値マップ M_{tv_x} の値を縦方向（y 方向：垂直方向）に累積加算したグラフを生成する。図 14 は、平坦領域の中心の検出処理を説明するための模式図であって、図 13 に示す 2 値マップを縦方向（y 方向：垂直方向）に累積加算したグラフである。図 14 の（a）は、輝度比較後に生成された 2 値マップ M_{tv_x} を示す。図 14 の（b）は、横軸が画素における x 座標上の位置を示し、縦軸が画像の高さ（累積加算値）を示すグラフである。図 14 の（b）は、平滑化処理後の曲線を示している。

[0067] 2 値マップの白を 1、黒を 0 とすると、縦方向へ累積加算した場合、最大値は画像の高さとなる。ここで、中心位置決定部 141c は、累積加算したグラフにおいて画像の高さの半分の値（最大値の半分の値）をとる位置を求め、この位置を 2 値マップ M_{tv_x} の 0 と 1 との値が切り替わる位置とする。

[0068] このようにして、中心位置決定部 141c は、水平方向におけるシェーディング成分が平坦な位置 x_{min0} を求め、この位置 x_{min0} を、上述した平坦領域の中心、即ち観察光の光軸の中心の x 座標とする。

[0069] 中心位置決定部 141c は、垂直方向においても同様にして、撮像視野 V を垂直方向（第 2 の方向）に移動させることにより取得された 2 つの画像 M2、M3（第 2 の画像群、図 3 参照）を用いて垂直方向におけるシェーディング成分が平坦な位置を求め、観察光の光軸の中心の y 座標を求める。図 1

5は、平坦領域の中心の検出処理を説明するための模式図であって、2値マップ M_{tv_y} の値を横方向（x方向：水平方向）に累積加算したグラフである。図15の（a）は、輝度比較後に生成された2値マップ M_{tv_y} を示す。図15の（b）は、横軸が画像の高さ（累積加算値）を示し、縦軸が画素におけるy座標を示すグラフである。

[0070] 縦方向と同様に、横方向へ累積加算した場合、最大値は画像の幅となる。ここで、中心位置決定部141cは、累積加算したグラフにおいて画像の幅の半分の値（最大値の半分の値）をとる位置を求め、この位置を2値マップ M_{tv_y} の0と1との値が切り替わる位置とする。このようにして、中心位置決定部141cは、垂直方向におけるシェーディング成分が平坦な位置 y_{min0} を求め、この位置 y_{min0} を、平坦領域の中心、即ち観察光の光軸の中心のy座標とする。

[0071] 中心位置決定部141cは、上述したように、観察光の光軸の中心のx座標およびy座標を決定すると、この座標（ x_{min0} , y_{min0} ）を観察光の光軸の中心位置とする。その後は、上述した実施の形態1と同様にして、決定した観察光の光軸の中心位置である座標（ x_{min0} , y_{min0} ）に応じて配置され、観察光の光軸の中心位置を示す光軸中心マーク P_1 と、表示画像W1の中心位置（撮像視野の中心位置）を示す画像中心マーク P_2 とを表示装置2に表示させる。ユーザは、この表示画像を確認することで、観察光の光軸の中心と、撮像視野の中心、例えば、撮像装置における撮像素子の中心とのずれを把握することができる。

[0072] 以上説明した本発明の実施の形態2によれば、シェーディングがほとんど生じていない観察光の光軸の中心を、撮像視野の異なる2つの画像の輝度をもとに検出し、この平坦領域の中心を観察光の光軸の中心として決定するようにしたので、簡易かつ高精度に観察光の光軸の中心を検出することができる。これにより、ユーザは、決定した観察光の光軸の中心と撮像視野の中心とを比較することで、簡易かつ正確に観察光の中心と、撮像視野（撮像素子）の中心との調整（芯出し）を行うことが可能となる。正確に観察光の中心

と、撮像視野（撮像素子）の中心との調整（芯出し）を行うことで、観察光の偏りを解消した最適な画像を得ることができる。

[0073] また、本実施の形態 2 によれば、2つの画像の輝度の比較により観察光の光軸の中心を求めるようにしたので、上述した実施の形態 1 と比して簡易に観察光の光軸の中心を求めることができる。

[0074] （実施の形態 2 の変形例）

上述した実施の形態 2 では、累積加算値の最大値の半分の値となる位置を観察光の光軸の中心位置として決定するものとして説明したが、水平方向および垂直方向の各 2 値マップにおいて、0 と 1 との値が切り替わる位置を最小二乗法により直線フィッティングし、2つの直線の交点を観察光の光軸の中心としてもよい。図 16 は、本発明の実施の形態 2 の変形例に係る平坦領域の中心の検出処理を説明するための模式図であって、水平方向および垂直方向において 0 と 1 との値が切り替わる位置をプロットしたグラフである。

[0075] 図 16 に示すように、中心位置決定部 141c は、水平方向および垂直方向における任意の位置において 0 と 1 との値が切り替わる座標をプロットする。このグラフは、例えば、図 14, 15 に示す水平方向および垂直方向の 2 値マップにおいて互いの座標を一致させて合成したグラフであり、横軸は x 座標を示し、縦軸は y 座標を示している。図 16 において、黒丸が、任意の位置であって、 x 座標において 0 と 1 との値が切り替わる位置を示し、黒四角が、任意の位置であって、 y 座標において 0 と 1 との値が切り替わる位置を示している。

[0076] 中心位置決定部 141c は、この 0 と 1 との値が切り替わる位置（黒丸および黒四角）をそれぞれ最小二乗法により直線フィッティングして 2つの直線（直線 Q_x , Q_y ）を算出する。中心位置決定部 141c は、直線 Q_x , Q_y の交点の座標（ここでは画素の位置（ x_{min0} , y_{min0} ）とする）を観察光の光軸の中心として決定する。

[0077] その後は、上述した実施の形態 1, 2 と同様にして、決定した観察光の光軸の中心位置である座標（ x_{min0} , y_{min0} ）に応じて配置され、観察光の光軸の

中心位置を示す光軸中心マーク P_1 と、表示画像 $W1$ の中心位置（撮像視野の中心位置）を示す画像中心マーク P_2 とを表示装置 2 に表示させる。ユーザは、この表示画像を確認することで、観察光の光軸の中心と、撮像視野の中心、例えば、撮像装置における撮像素子の中心とのずれを把握することができる。

[0078] なお、上述した実施の形態 1, 2 では、ユーザの操作によって観察光の光軸の中心位置を調整するものとして説明したが、撮像素子側を移動させて、観察光の光軸の中心と撮像素子の中心との位置を調整するものであってもよいし、観察光の光軸の中心位置を決定後に、観察光の光軸の中心位置を自動で調整する光軸中心調整部を有するものであってもよい。例えば、駆動制御部 112 や、駆動制御部 112 とは別に設けられた駆動制御部が光軸中心調整部として機能し、コンデンサレンズを自動で移動させる機構を有する場合、中心位置決定部 123 又は駆動制御部が、決定された観察光の光軸の中心位置（座標）と、撮像素子の中心位置（座標）とをもとに観察光の光軸の中心位置の移動方向および移動量を算出した後、算出した移動量に応じたコンデンサレンズの移動方向および移動量を算出して、例えば、駆動制御部 112 が算出した移動方向および移動量を含む制御信号をコンデンサレンズの移動機構に出力して位置制御を行うことで、観察光の光軸の中心位置を自動で調整することができる。

[0079] （実施の形態 3）

次に、本発明の実施の形態 3 について説明する。図 17 は、本発明の実施の形態 3 に係る顕微鏡システムの構成例を示す図である。図 17 に示すように、本実施の形態 3 に係る顕微鏡システム 200 は、上述した画像処理システム 100 と、顕微鏡装置 4 とを備える。具体的には、顕微鏡システム 200 は、画像処理装置 1 と、表示装置 2 と、入力装置 3 と、顕微鏡装置 4 とを備える。画像処理装置 1、表示装置 2 および入力装置 3 は上述した実施の形態 1 と同様の構成をなし、画像処理装置 1 は顕微鏡装置 4 から取得した画像信号をもとに表示画像の生成処理を行なう。

[0080] 顕微鏡装置4は、落射照明ユニット401及び透過照明ユニット402が設けられた略C字形のアーム400と、該アーム400に取り付けられ、観察対象である被写体SPが載置される標本ステージ403と、鏡筒405の一端側に三眼鏡筒ユニット408を介して標本ステージ403と対向するように設けられた対物レンズ404と、鏡筒405の他端側に設けられた撮像部406と、標本ステージ403を移動させるステージ位置変更部407と、コンデンサレンズを保持するコンデンサ保持部411とを有する。三眼鏡筒ユニット408は、対物レンズ404から入射した被写体SPの観察光を、撮像部406と後述する接眼レンズユニット409とに分岐する。接眼レンズユニット409は、ユーザが被写体SPを直接観察するためのものである。

[0081] 落射照明ユニット401は、落射照明用光源401a及び落射照明光学系401bを備え、被写体SPに対して落射照明光を照射する。落射照明光学系401bは、落射照明用光源401aから出射した照明光を集光して観察光路Lの方向に導く種々の光学部材、具体的にはフィルタユニット、シャッタ、視野絞り、開口絞り等を含む。

[0082] 透過照明ユニット402は、透過照明用光源402a及び透過照明光学系402bを備え、被写体SPに対して透過照明光を照射する。透過照明光学系402bは、透過照明用光源402aから出射した照明光を集光して観察光路Lの方向に導く種々の光学部材、具体的にはフィルタユニット、シャッタ、視野絞り、開口絞り等を含む。

[0083] 対物レンズ404は、倍率が互いに異なる複数の対物レンズ、例えば、対物レンズ404、404'を保持可能なレボルバ410に取り付けられている。このレボルバ410を回転させて、標本ステージ403と対向する対物レンズ404、404'を変更することにより、撮像倍率を変化させることができる。

[0084] 鏡筒405の内部には、複数のズームレンズと、これらのズームレンズの位置を変化させる駆動部とを含むズーム部が設けられている。ズーム部は、

各ズームレンズの位置を調整することにより、撮像視野内の被写体像を拡大又は縮小させる。なお、鏡筒405内の駆動部にエンコーダをさらに設けてもよい。この場合、エンコーダの出力値を画像処理装置1に出力し、画像処理装置1において、エンコーダの出力値からズームレンズの位置を検出して撮像倍率を自動算出するようにしてもよい。

[0085] 撮像部406は、例えばCCDやCMOS等の撮像素子を含み、該撮像素子が備える各画素においてR（赤）、G（緑）、B（青）の各バンドにおける画素レベル（画素値）を持つカラー画像を含む画像信号を取得可能なカメラであり、画像処理装置1の撮像制御部111の制御に従って、所定のタイミングで動作する。撮像部406は、対物レンズ404から鏡筒405内の光学系を介して入射した光（観察光）を受光し、観察光に対応する画像を含む画像信号を生成して画像処理装置1に出力する。或いは、撮像部406は、RGB色空間で表された画素値を、YCbCr色空間で表された画素値に変換して画像処理装置1に出力してもよい。

[0086] ステージ位置変更部407は、例えばボールネジ及びステッピングモータ407aを含み、標本ステージ403の位置をXY平面内で移動させることにより、撮像視野を変化させる移動手段である。また、ステージ位置変更部407には、標本ステージ403をZ軸に沿って移動させることにより、対物レンズ404の焦点を被写体SPに合わせる。なお、ステージ位置変更部407の構成は上述した構成に限定されず、例えば超音波モータ等を使用しても良い。

[0087] なお、本実施の形態3においては、対物レンズ404を含む光学系の位置を固定し、標本ステージ403側を移動させることにより、被写体SPに対する撮像視野を変化させるが、対物レンズ404を光軸と直交する面内において移動させる移動機構を設け、標本ステージ403を固定して、対物レンズ404側を移動させることにより、撮像視野を変化させることとしてもよい。或いは、標本ステージ403及び対物レンズ404の双方を相対的に移動させてもよい。

[0088] 本実施の形態3では、画像取得部11のうち、駆動制御部112は、標本ステージ403に搭載されたスケールの値等に基づき、予め定められたピッチで該標本ステージ403の駆動座標を指示することにより標本ステージ403の位置制御を行うが、顕微鏡装置4により取得された画像に基づくテンプレートマッチング等の画像マッチングの結果に基づいて標本ステージ403の位置制御を行ってもよい。本実施の形態3においては、被写体SPの面内で撮像視野Vを水平方向に移動させた後、垂直方向に移動させるだけなので、標本ステージ403の制御は非常に容易である。

[0089] 図18は、本発明の実施の形態3に係る顕微鏡システムにおけるコンデンサ保持部の構成を示す斜視図である。コンデンサ保持部411は、観察光の光軸の中心位置（照明光の集光位置）を調整するためのコンデンサレンズを保持するとともに、当該コンデンサレンズの芯出しを行うための二つの芯出しつまみ（芯出しつまみ411a、411b：光軸中心調整部）を有する。芯出しつまみ411a、411bは、コンデンサ保持部411において、螺合により取り付けられており、自身の回転によりコンデンサレンズの光軸と直交する方向に進退自在である。コンデンサレンズは、芯出しつまみ411a、411bの進退動作により、光軸と直交する平面上を移動可能である。ユーザは、芯出しつまみ410a、410bの少なくともいずれか一方を回転させることで、コンデンサレンズの位置を変更させて、芯出しを行う。

[0090] 本顕微鏡システム200における芯出し処理は、例えば、図4に示す処理に沿って行われる。具体的には、まず、ステップS1において、画像取得部11は、顕微鏡装置4の撮像部406が生成した画像信号であって、撮像視野Vを互いに異なる2つの方向に所定量ずつ移動させて被写体SP（図2参照）を撮像することにより生成された複数の画像信号を取得する。

[0091] 続くステップS2において、平坦度算出部121が、水平及び垂直の方向別の平坦度 F_{lat_h} 、 F_{lat_v} を算出する。その後、平坦度算出部121は、算出された平坦度 F_{lat_h} 、 F_{lat_v} を画素値として作成した平坦度マップ M_{flat_h} 、 M_{flat_v} を作成する（図6参照）。

- [0092] 続いて、平坦領域検出部122が、ステップS2において作成した方向別の平坦度マップ M_{flat_h} 、 M_{flat_v} に基づいて合成平坦度マップ M_{flat_h+v} を作成することで、平坦領域の検出を行う（ステップS3）。その後、中心位置決定部123が、この合成平坦度マップ M_{flat_h+v} における画素値、即ち平坦度 F_{lat_h} 、 F_{lat_v} の和が最小値を取る画素の位置 (x_{min0}, y_{min0}) を、平坦領域の中心位置として決定する（ステップS4）。中心位置決定部123は、検出された平坦領域の中心位置である画素の位置 (x_{min0}, y_{min0}) を、観察光の光軸の中心位置として決定する。
- [0093] 続くステップS5において、表示画像生成部124は、中心位置決定部123が決定した平坦領域の中心位置（画素の位置 (x_{min0}, y_{min0}) ）と、表示画像の中心位置（撮像視野の中心位置）とを、表示装置2に表示させる表示画像を含む表示画像データを生成する。
- [0094] ユーザは、ステップS5で生成され、表示装置2に表示された表示画像W1（図8参照）の光軸中心マーク P_1 と、画像中心マーク P_2 とを確認することで、観察光の光軸の中心と、撮像視野の中心、例えば、撮像装置における撮像素子の中心とのずれを把握することができる。
- [0095] また、ユーザは、このずれに応じて、例えば顕微鏡のコンデンサレンズなどを移動させるなどして観察光の光軸の中心位置の調整を行うことによって、観察光の光軸の中心と撮像素子の中心との調整（芯出し）を行う。具体的には、ユーザが、芯出しつまみ411a、411bの少なくともいずれか一方を回転させることで、コンデンサレンズの位置を変更させて、観察光の光軸の中心位置を変更する。
- [0096] その後、ユーザは、顕微鏡のコンデンサレンズなどを移動させるなどして観察光の光軸の中心位置を変更後、入力装置3を介して再検出指示を入力することで（ステップS6：Yes）、変更後の光軸中心マーク P_1 と、画像中心マーク P_2 とを、都度確認しながら、観察光の光軸の中心と、撮像素子の中心とを近づけていく。
- [0097] 以上説明した本発明の実施の形態3によれば、シェーディングがほとんど

生じておらず、シェーディング成分の勾配が最小である平坦領域を画像内から検出し、この平坦領域の中心を観察光の光軸の中心として決定するようにしたので、簡易かつ高精度に観察光の光軸の中心を検出することができる。これにより、ユーザは、決定した観察光の光軸の中心と撮像視野の中心とを比較することで、簡易かつ正確に観察光の中心と、撮像視野（撮像素子）の中心との調整（芯出し）を行うことが可能となる。正確に観察光の中心と、撮像視野（撮像素子）の中心との調整（芯出し）を行うことで、観察光の偏りを解消した最適な画像を得ることができる。

[0098] また、本実施の形態3において、表示画像生成部124が、中心位置決定部123が異なる時間において検出した複数の観察光の光軸の中心の位置（光軸中心マーク P_1 及び光軸中心マーク P_{11} , P_{12} ）を直線近似した軌跡を生成し、表示装置2に表示させるようにすれば、ユーザは、芯出しつまみ411a, 411bの操作によって中心がどの方向に移動したかをより正確に把握することができる。

[0099] なお、上述した実施の形態3では、芯出しつまみ411a, 411bの操作によって観察光の光軸の中心位置を調整するものとして説明したが、観察光の光軸の中心位置を決定後に、観察光の光軸の中心位置を自動で調整するものであってもよい。例えば、芯出しつまみ411a, 411bに代えて、コンデンサレンズを光軸と直交する平面上で移動させる駆動機構（例えばモータ等）を設けて、中心位置決定部123が、決定された観察光の光軸の中心位置（座標）と、撮像素子の中心位置（座標）とをもとに観察光の光軸の中心位置の移動方向および移動量を算出した後、算出した移動量に応じたコンデンサレンズの移動方向および移動量を算出して、例えば、駆動制御部112（光軸中心調整部）が、算出された移動方向および移動量をコンデンサレンズの駆動機構に出力して位置制御を行うことで、観察光の光軸の中心位置を自動で調整することができる。

[0100] 本発明は、上述した各実施の形態1～3及び変形例そのままに限定されるものではなく、各実施の形態1～3及び変形例に開示されている複数の構成

要素を適宜組み合わせることによって、種々の発明を形成することができる。例えば、実施の形態１～３及び変形例に示される全構成要素からいくつかの構成要素を除外して形成してもよい。或いは、異なる実施の形態に示した構成要素を適宜組み合わせ形成してもよい。

[0101] このように、本発明は、ここでは記載していない様々な実施の形態等を含み得るものであり、請求の範囲に記載した技術的思想を逸脱しない範囲内において適宜設計変更等を行うことが可能である。

符号の説明

- [0102] １， １ a 画像処理装置
- ２ 表示装置
- ３ 入力装置
- ４ 顕微鏡装置
- １ １ 画像取得部
- １ ２， １ ４ 画像処理部
- １ ３ 記憶部
- ３ ０ 光学系
- １ ０ ０， １ １ ０ 画像処理システム
- １ ０ １， １ ４ １ 光軸中心検出部
- １ １ １ 撮像制御部
- １ １ ２ 駆動制御部
- １ ２ １ 平坦度算出部
- １ ２ １ a 第１平坦度算出部
- １ ２ １ b 第２平坦度算出部
- １ ２ ２ 平坦領域検出部
- １ ２ ３， １ ４ １ c 中心位置決定部
- １ ２ ４， １ ４ ２ 表示画像生成部
- １ ４ １ a 比較部
- １ ４ １ b マップ生成部

- 2 0 0 顕微鏡システム
- 4 0 0 アーム
- 4 0 1 落射照明ユニット
- 4 0 2 透過照明ユニット
- 4 0 3 標本ステージ
- 4 0 4 対物レンズ
- 4 0 5 鏡筒
- 4 0 6 撮像部
- 4 0 7 ステージ位置変更部
- 4 0 8 三眼鏡筒ユニット
- 4 0 9 接眼レンズユニット
- 4 1 0 レボルバ
- 4 1 1 コンデンサ保持部
- 4 1 1 a, 4 1 1 b 芯出しつまみ

請求の範囲

- [請求項1] 互いに異なる第1及び第2の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が共通する共通領域を有する2つの画像を含む第1及び第2の画像群を取得する画像取得部と、
- 前記第1及び第2の画像群の各共通領域の輝度に基づく前記第1及び第2の方向のシェーディング成分の変化量をもとに、前記画像を形成する観察光の光軸の中心を検出する光軸中心検出部と、
- を備えることを特徴とする画像処理装置。
- [請求項2] 前記光軸中心検出部は、前記共通領域の輝度比に基づき、前記第1及び第2の方向における前記シェーディング成分の勾配を表す平坦度をそれぞれ算出し、前記第1及び第2の方向の平坦度に基づき、前記シェーディング成分の勾配が最小である位置を前記観察光の光軸の中心の位置として検出することを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。
- [請求項3] 前記光軸中心検出部は、前記共通領域における前記平坦度に対する曲面フィッティングにより得られた前記平坦度が最小の位置を前記観察光の光軸の中心の位置として検出することを特徴とする請求項2に記載の画像処理装置。
- [請求項4] 前記光軸中心検出部は、前記共通領域の低周波成分の輝度比に基づいて前記平坦度を算出することを特徴とする請求項2に記載の画像処理装置。
- [請求項5] 前記光軸中心検出部は、前記共通領域の輝度の大小関係に基づき、前記共通領域における前記一方の画像の輝度と前記他方の画像の輝度との差が最小である位置を前記観察光の光軸の中心の位置として検出することを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。
- [請求項6] 前記光軸中心検出部は、前記共通領域の輝度の大小関係に基づき2値マップを生成し、前記第1及び第2の方向のそれぞれにおいて、値が切り替わる複数の点に対する直線フィッティングにより得られた二

つの直線の交点を前記観察光の光軸の中心の位置として検出することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

[請求項7] 前記光軸中心検出部が検出した前記観察光の光軸の中心と、前記画像の中心とを含む表示画像を生成する表示画像生成部、
をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

[請求項8] 前記表示画像生成部は、前記光軸中心検出部が異なる時間において検出した複数の前記観察光の光軸の中心の位置を表示する表示画像を生成することを特徴とする請求項 7 に記載の画像処理装置。

[請求項9] 前記表示画像生成部は、前記光軸中心検出部が異なる時間において検出した複数の前記観察光の光軸の中心の位置を直線近似した軌跡を表示する表示画像を生成することを特徴とする請求項 7 に記載の画像処理装置。

[請求項10] 前記観察光の光軸の中心の位置を調整する光軸中心調整部をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

[請求項11] 互いに異なる第 1 及び第 2 の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が共通する共通領域を有する 2 つの画像を含む第 1 及び第 2 の画像群を取得する画像取得部と、

前記第 1 及び第 2 の画像群の各共通領域の輝度に基づく前記第 1 及び第 2 の方向のシェーディング成分の変化量をもとに、前記画像を形成する観察光の光軸の中心を検出する光軸中心検出部と、

前記光軸中心検出部が検出した前記観察光の光軸の中心と、前記画像の中心とを含む表示画像を生成する表示画像生成部と、

を有する画像処理装置と、

前記表示画像生成部が生成した前記表示画像を表示する表示装置と、
を備えることを特徴とする画像処理システム。

[請求項12] 互いに異なる第 1 及び第 2 の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が共通する共通領域を有する 2 つ

の画像を含む第1及び第2の画像群を取得する画像取得部と、前記第1及び第2の画像群の各共通領域の輝度に基づく前記第1及び第2の方向のシェーディング成分の変化量をもとに、前記画像を形成する観察光の光軸の中心を検出する光軸中心検出部と、前記光軸中心検出部が検出した前記観察光の光軸の中心と、前記画像の中心とを含む表示画像を生成する表示画像生成部と、を有する画像処理装置と、

前記表示画像生成部が生成した前記表示画像を表示する表示装置と、

前記被写体の像を結像する光学系と、

前記被写体と前記光学系との少なくとも一方を前記第1又は第2の方向に移動させることにより、前記被写体に対する前記光学系の視野を移動させる移動手段と、

前記光学系が結像した前記被写体の像を撮像する撮像手段と、

前記被写体を載置するステージと、

を備え、

前記移動手段は、前記ステージと前記光学系との少なくとも一方を移動させる

ことを特徴とする顕微鏡システム。

[請求項13]

互いに異なる第1及び第2の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が共通する共通領域を有する2つの画像を含む第1及び第2の画像群を取得する画像取得ステップと、

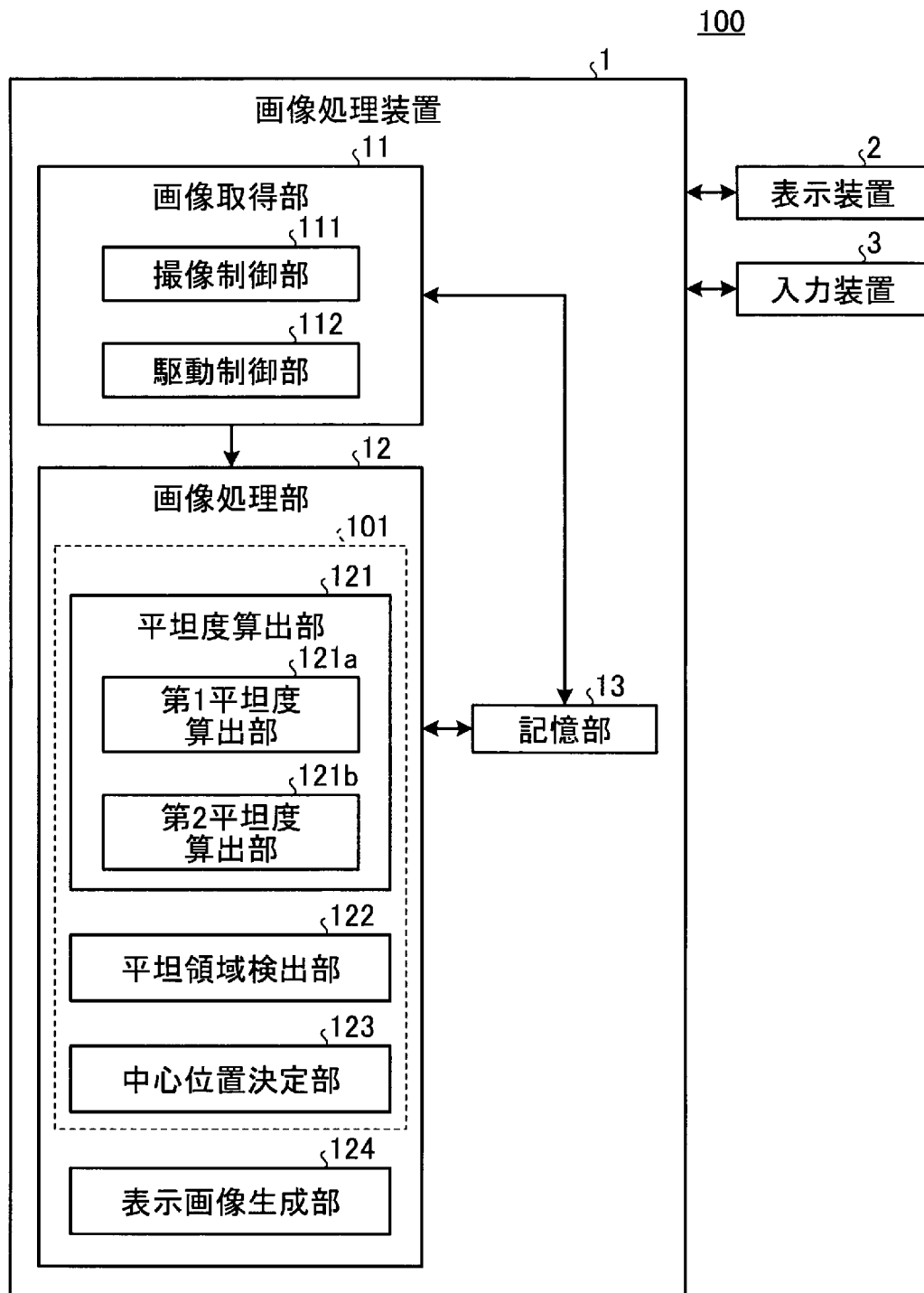
前記第1及び第2の画像群の各共通領域の輝度に基づく前記第1及び第2の方向のシェーディング成分の変化量をもとに、前記画像を形成する観察光の光軸の中心を検出する光軸中心検出ステップと、を含むことを特徴とする画像処理方法。

[請求項14]

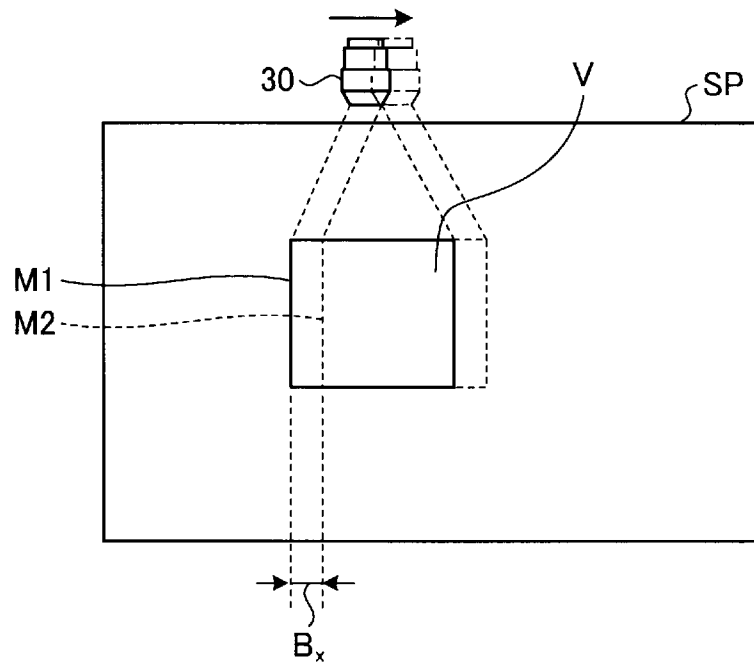
互いに異なる第1及び第2の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が共通する共通領域を有する2つの画像を含む第1及び第2の画像群を取得する画像取得手順と、

前記第 1 及び第 2 の画像群の各共通領域の輝度に基づく前記第 1 及び第 2 の方向のシェーディング成分の変化量をもとに、前記画像を形成する観察光の光軸の中心を検出する光軸中心検出手順と、
をコンピュータに実行させることを特徴とする画像処理プログラム。

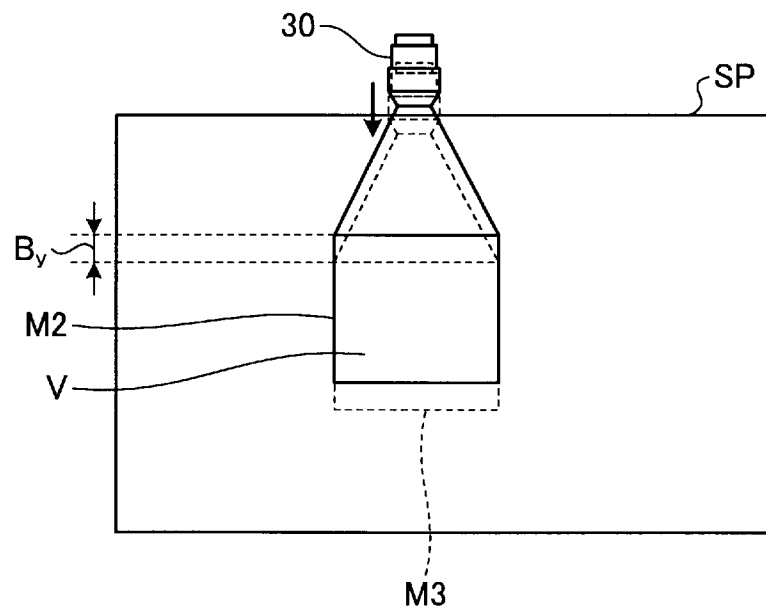
[図1]



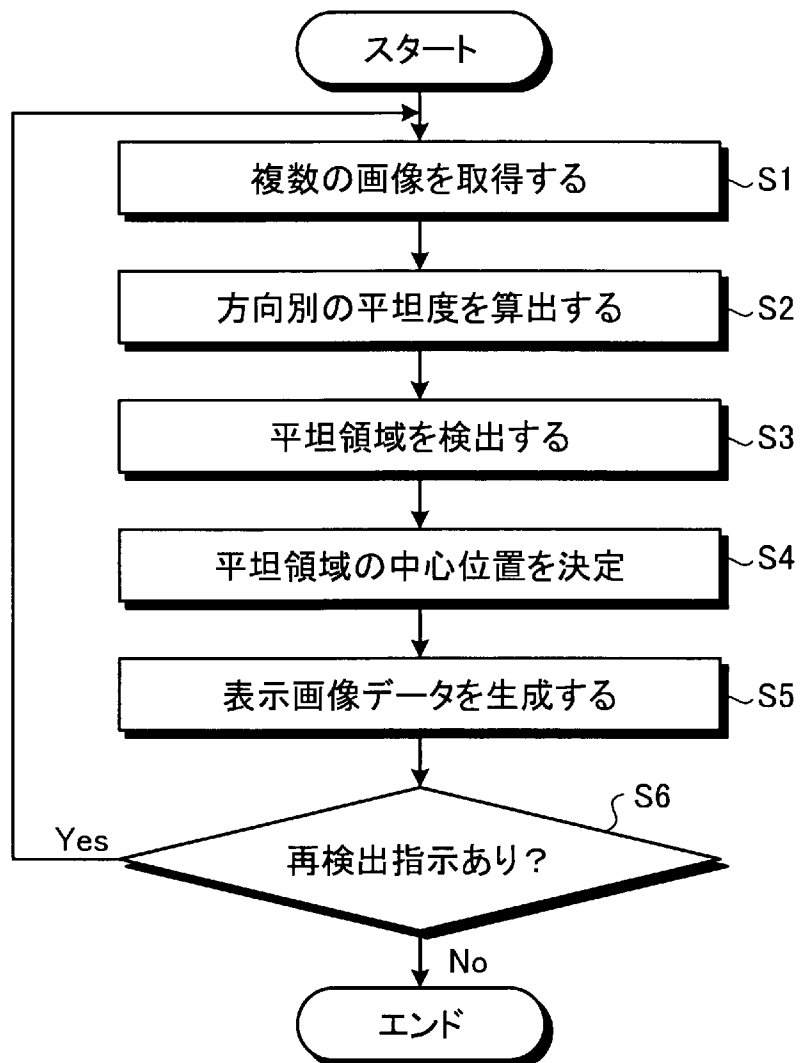
[図2]



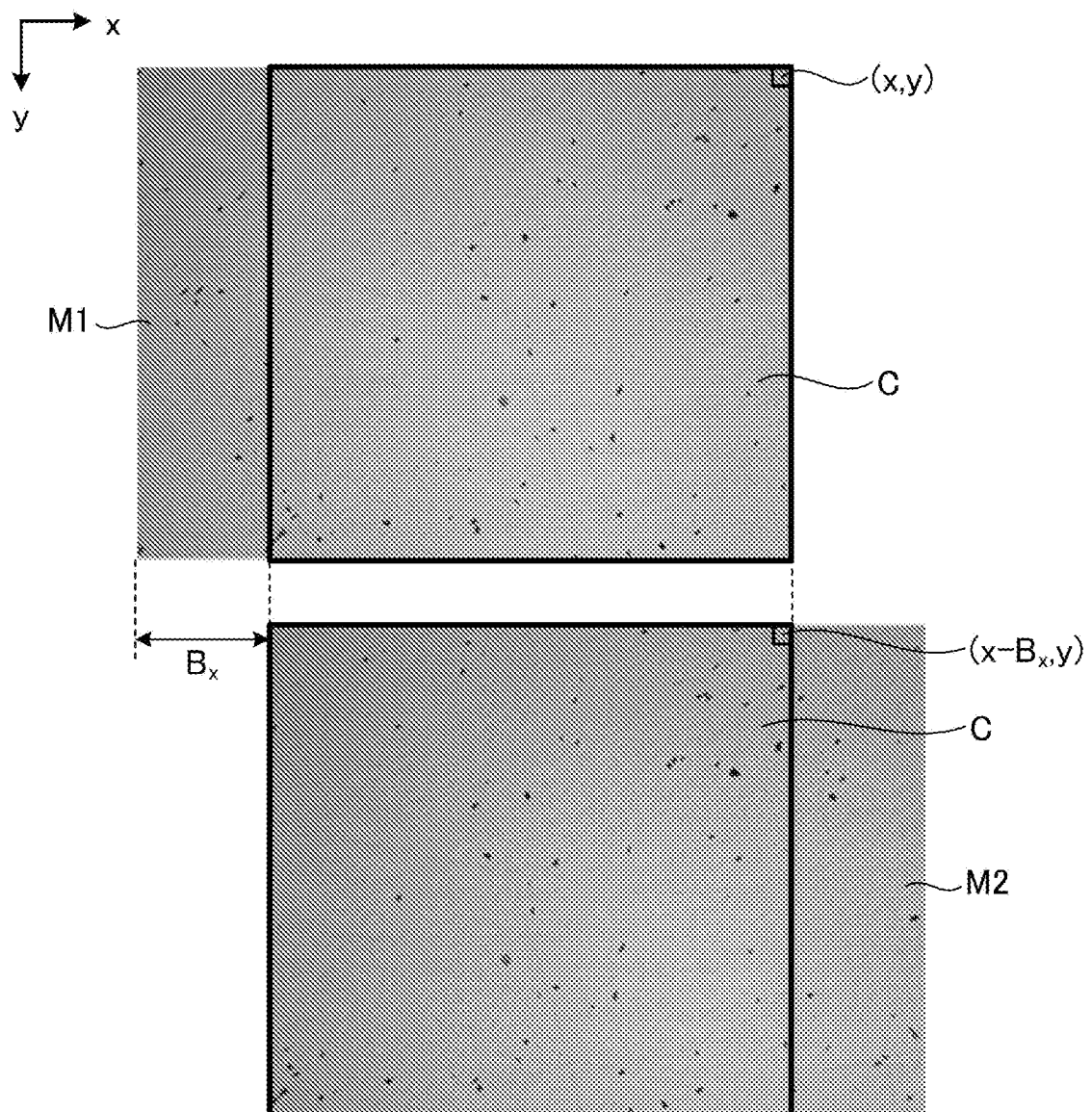
[図3]



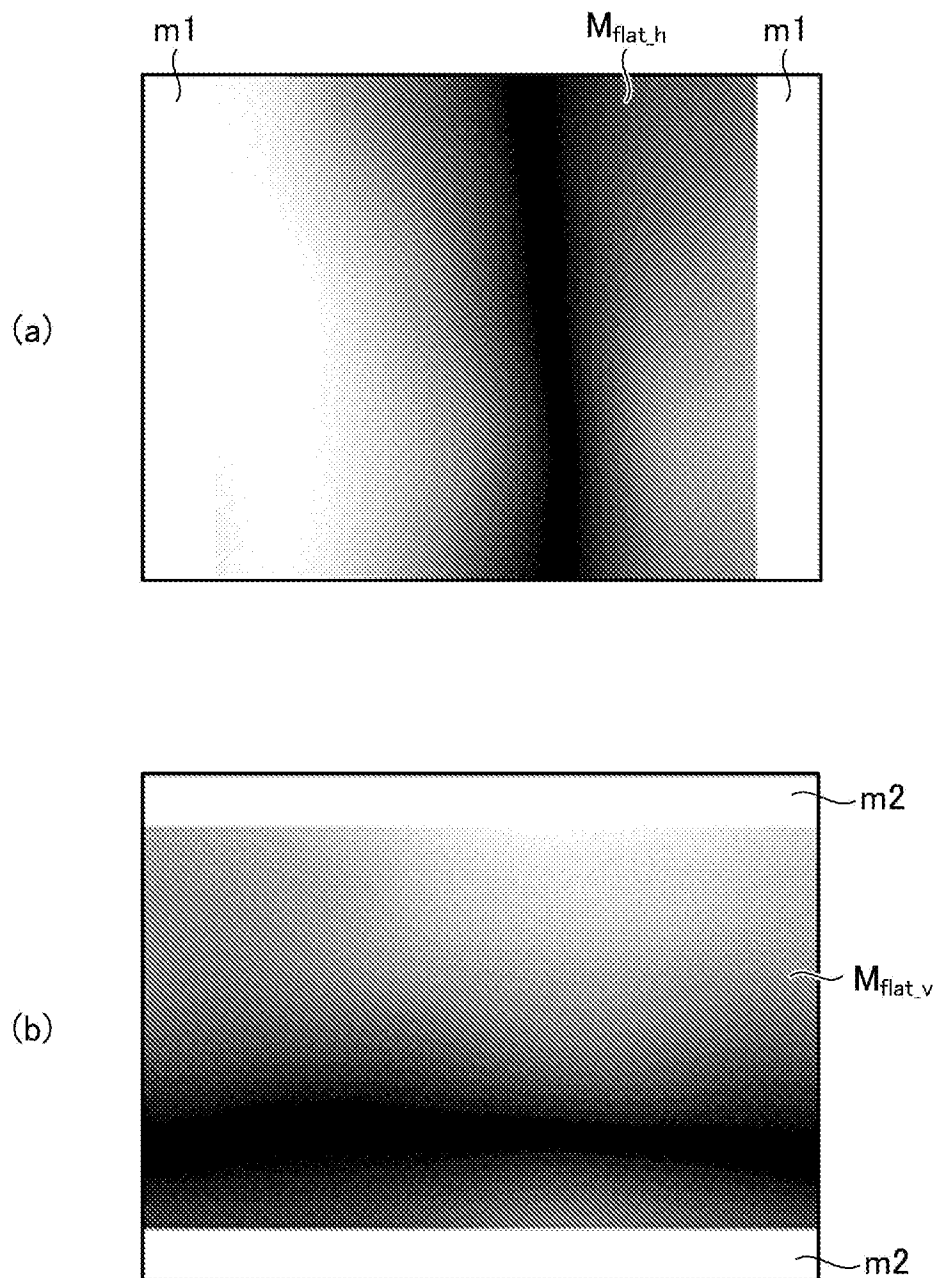
[図4]



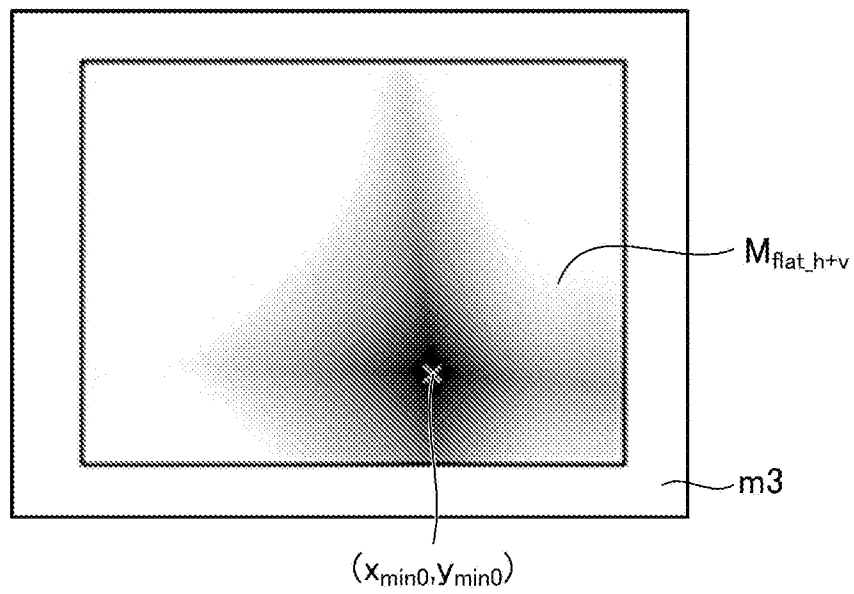
[図5]



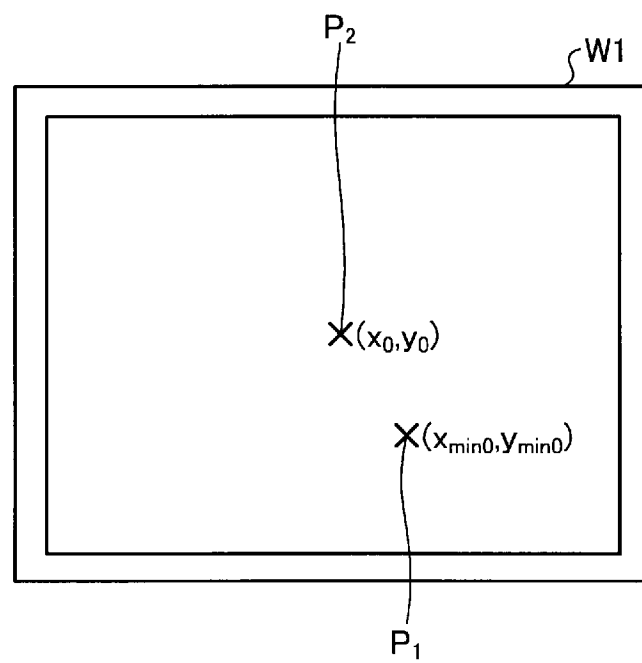
[図6]



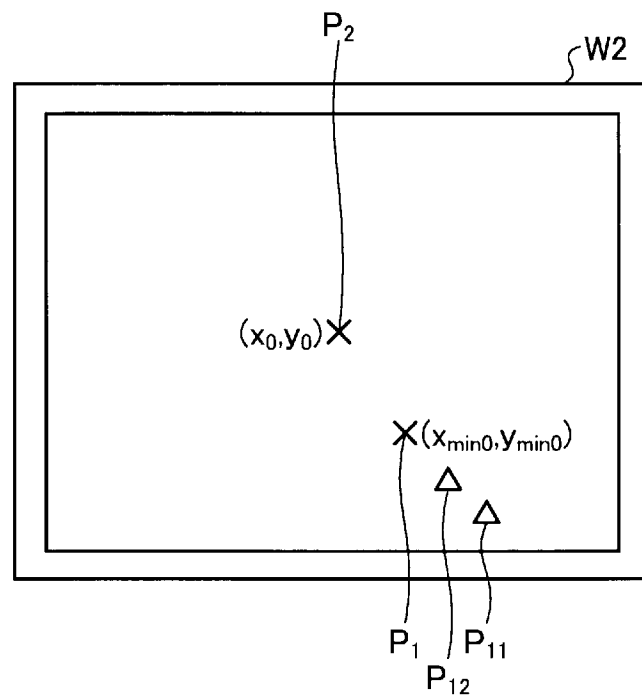
[図7]



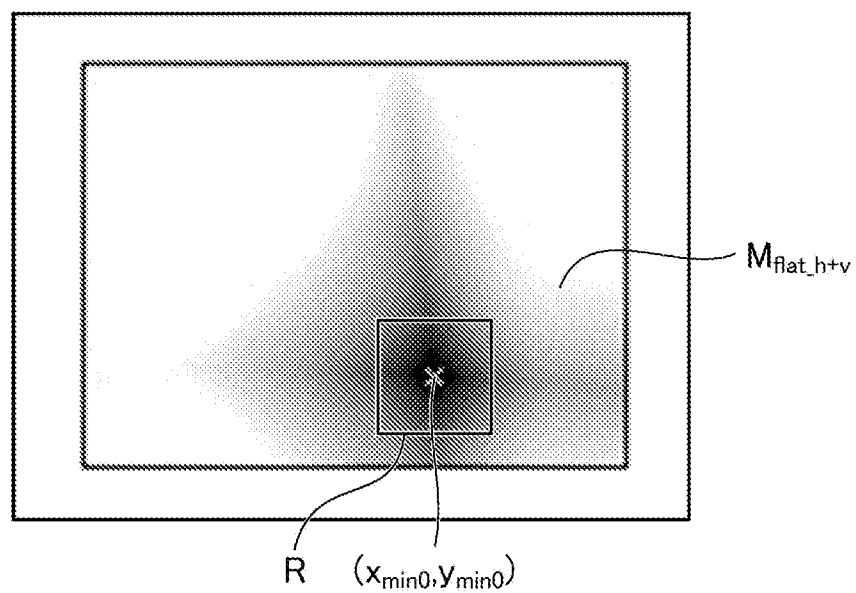
[図8]



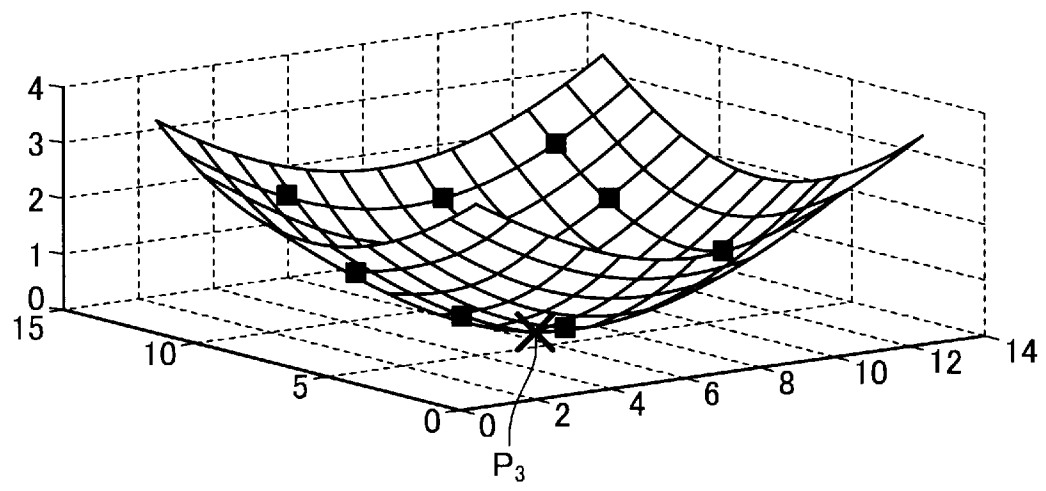
[図9]



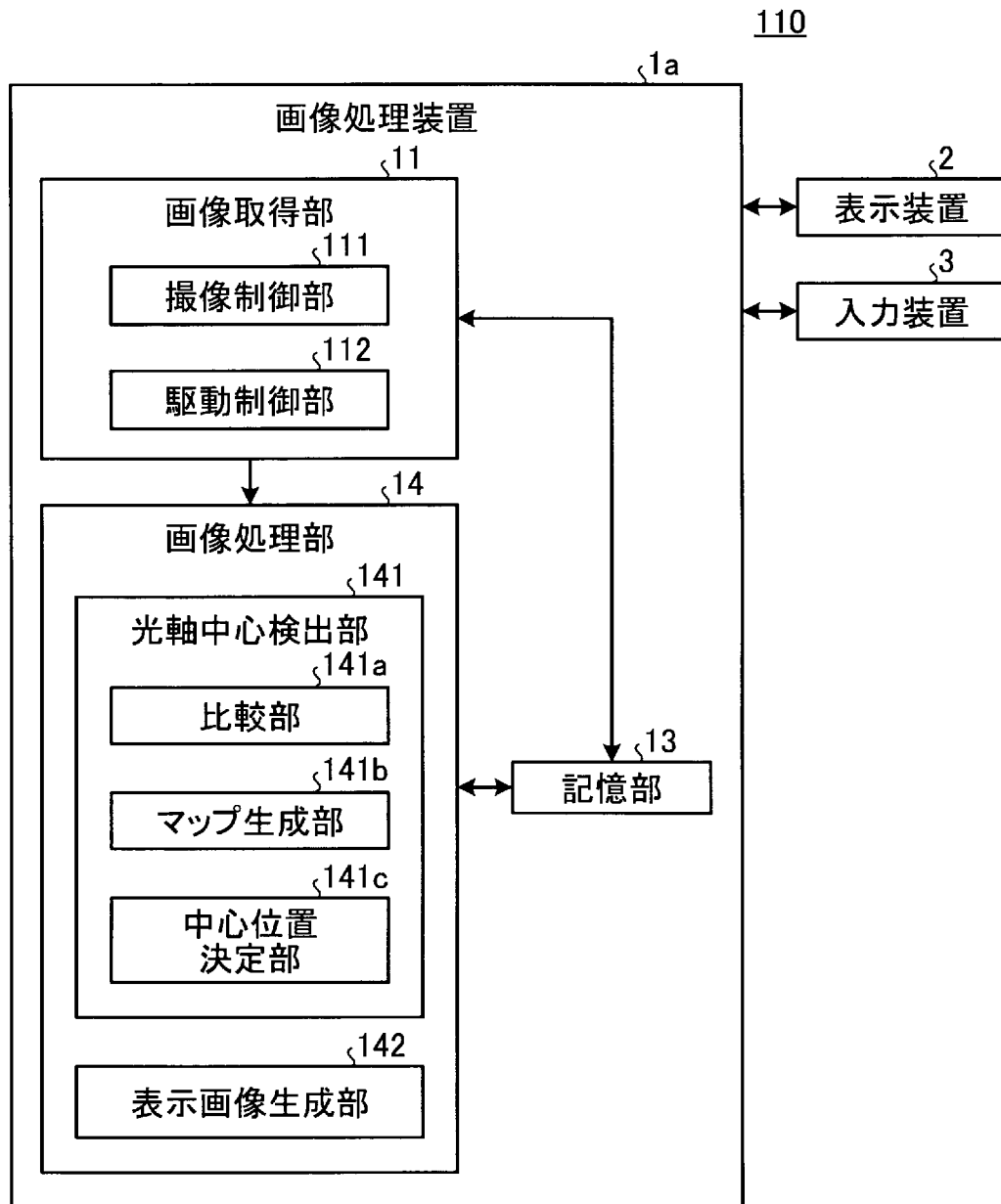
[図10]



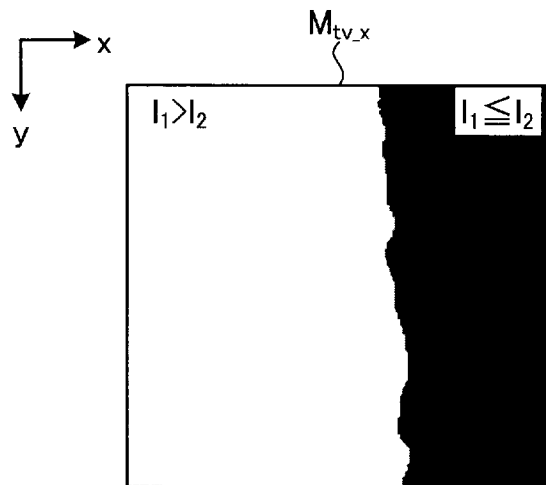
[図11]



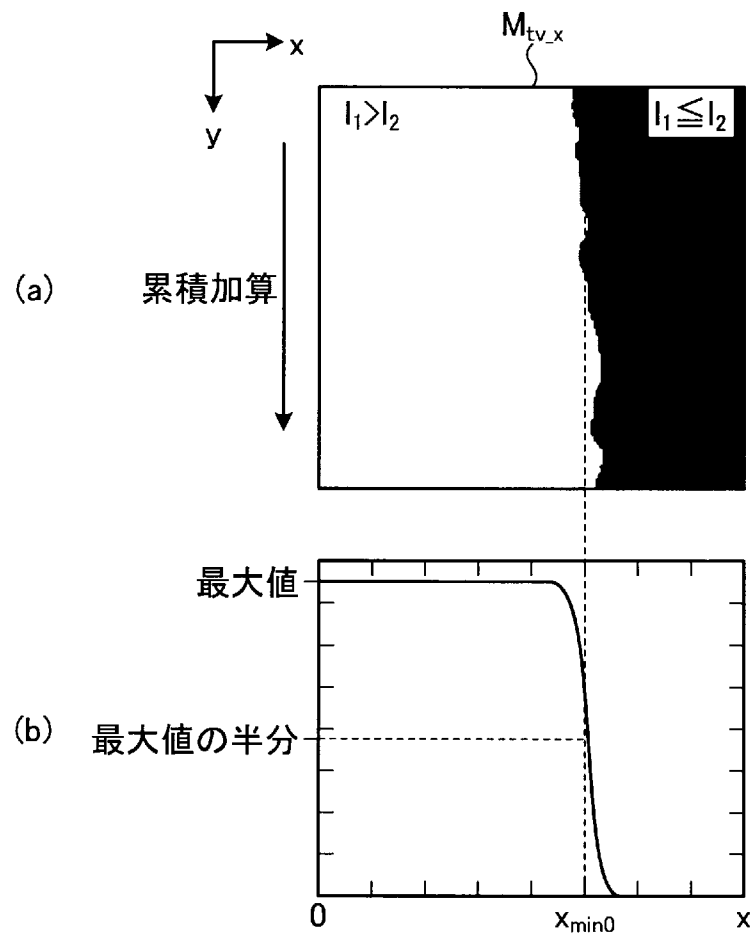
[図12]



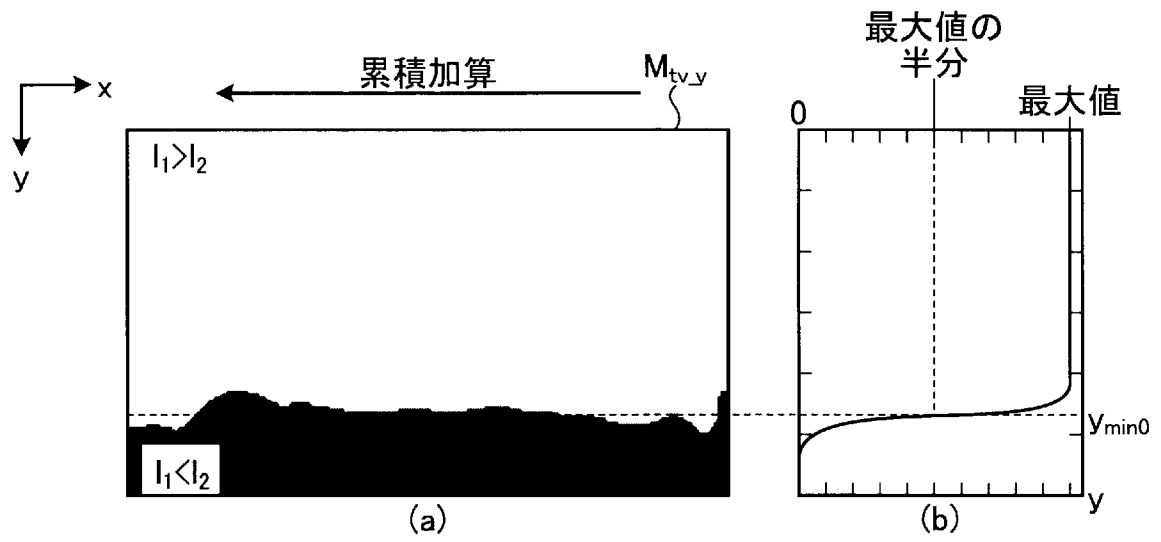
[図13]



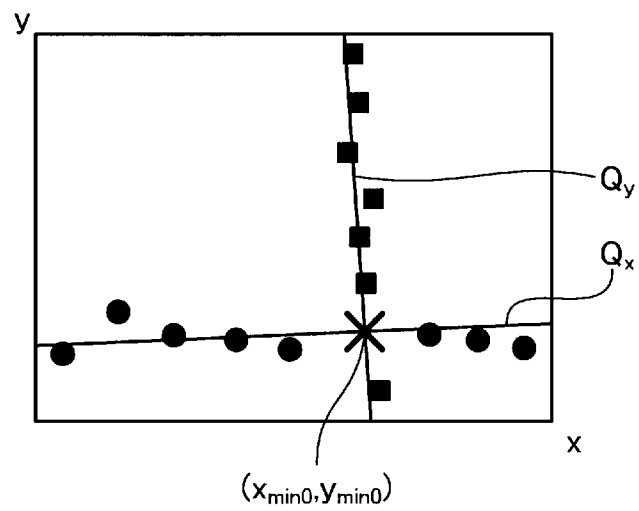
[図14]



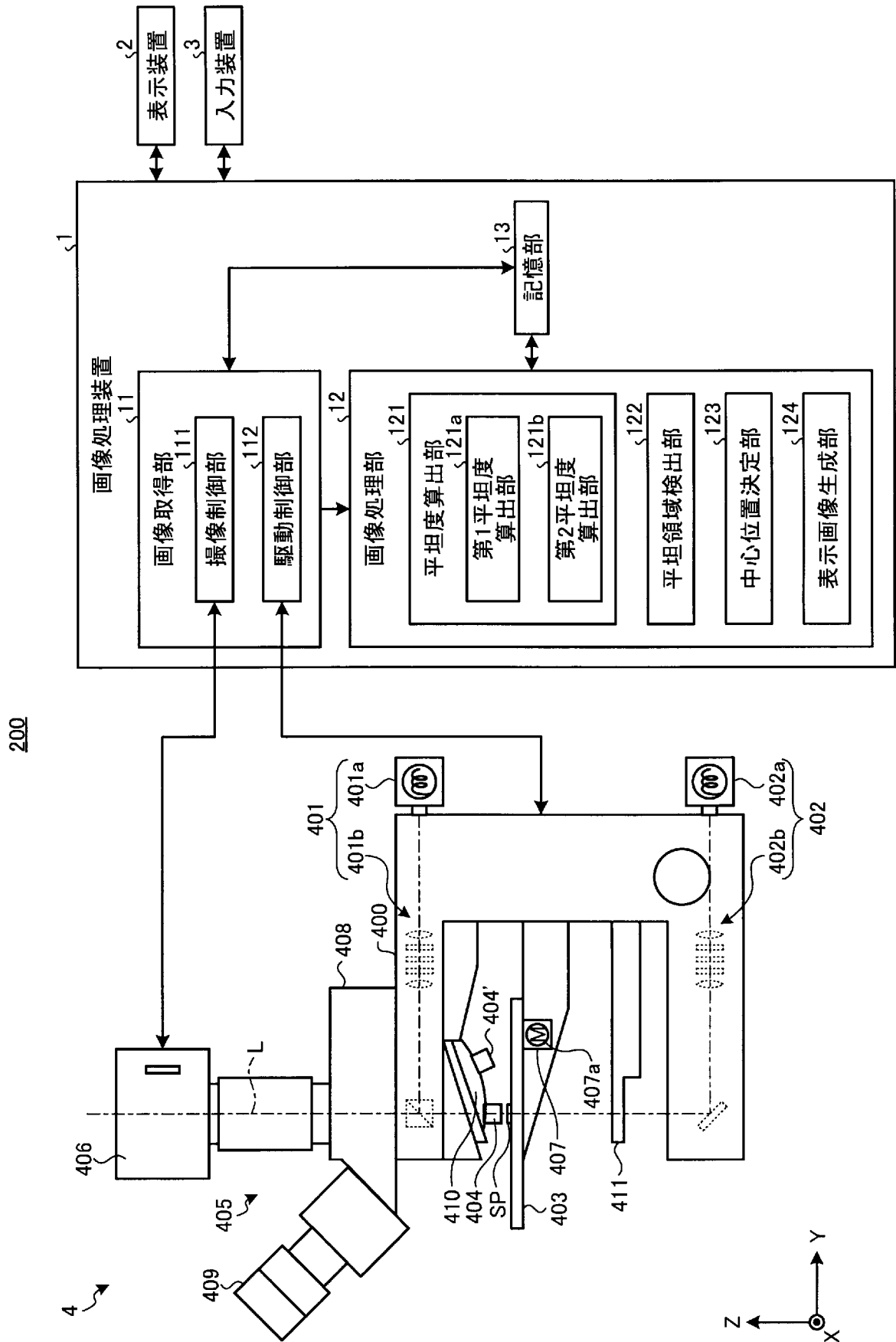
[図15]



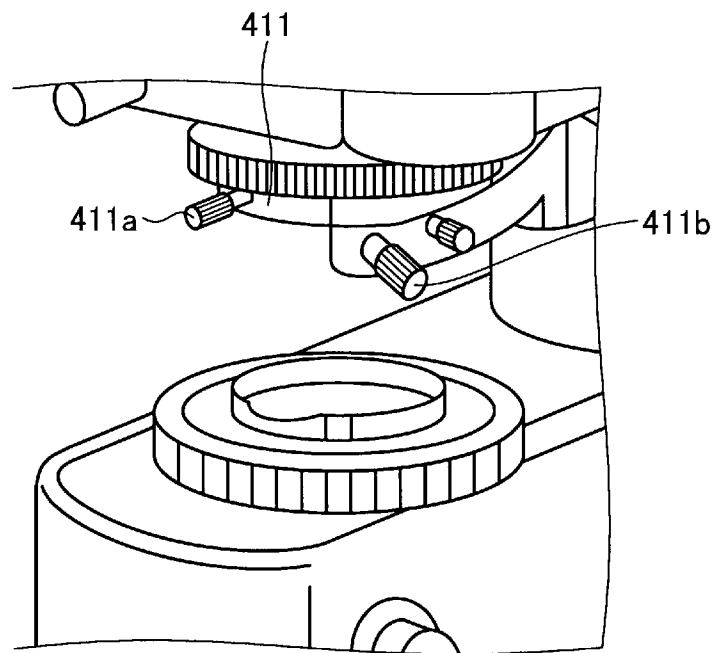
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/079610

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N5/232(2006.01)i, G02B21/36(2006.01)i, H04N5/243(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)

G02B19/00-21/00, 21/06-21/36, H04N5/222-5/257

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
A	JP 2013-257422 A (Olympus Corp.), 26 December 2013 (26.12.2013), & US 2013/0329033 A1	1-14
A	JP 2010-21649 A (Nikon Corp.), 28 January 2010 (28.01.2010), (Family: none)	1-14
A	JP 2000-221557 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 11 August 2000 (11.08.2000), (Family: none)	1-14
A	JP 2001-257930 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 21 September 2001 (21.09.2001), (Family: none)	1-14



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

08 December 2015 (08.12.15)

Date of mailing of the international search report

22 December 2015 (22.12.15)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H04N5/232(2006.01)i, G02B21/36(2006.01)i, H04N5/243(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（I P C）） Int.Cl. G02B19/00-21/00, 21/06-21/36 H04N5/222-5/257			
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 5 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 5 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 5 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	
A	JP 2013-257422 A（オリンパス株式会社）2013.12.26, & US 2013/0329033 A1	1-14	
A	JP 2010-21649 A（株式会社ニコン）2010.01.28, （ファミリーなし）	1-14	
A	JP 2000-221557 A（松下電器産業株式会社）2000.08.11, （ファミリーなし）	1-14	
☒ 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 0 8 . 1 2 . 2 0 1 5		国際調査報告の発送日 2 2 . 1 2 . 2 0 1 5	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 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） 山口 祐一郎 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 8 1	5 P 5 0 9 3

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	JP 2001-257930 A (オリンパス光学工業株式会社) 2001.09.21, (ファミリーなし)	1-14