

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005 年 5 月 19 日 (19.05.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/045363 A1

(51) 国際特許分類: G01B 11/25, G06T 1/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/016632

(22) 国際出願日: 2004 年 11 月 10 日 (10.11.2004)

(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 2003-381104
2003 年 11 月 11 日 (11.11.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ブラザー工業株式会社 (BROTHER KOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4678561 愛知県名古屋市中瑞穂区苗代町 1 番 1 号 Aichi (JP).

(SASAKI, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒4678561 愛知県名古屋市中瑞穂区苗代町 1 番 1 号 ブラザー工業株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 松岡 修平 (MATSUOKA, Shuhei); 〒2060034 東京都多摩市鶴牧 1 丁目 2 番 1 号 新都市センタービル 6F 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(72) 発明者; および

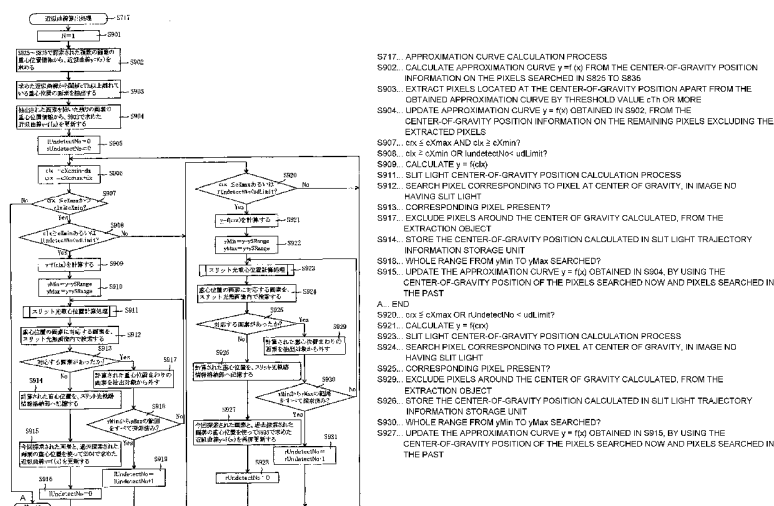
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 佐々木 博幸

(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, LS, MW, MZ, NA, SD,

[続葉有])

(54) Title: 3-DIMENSIONAL SHAPE DETECTION DEVICE, IMAGING DEVICE, AND 3-DIMENSIONAL SHAPE DETECTION PROGRAM

(54) 発明の名称: 3次元形状検出装置、撮像装置、及び、3次元形状検出プログラム



(57) Abstract: A 3-dimensional shape detection device includes: light projection means for projecting a pattern light; imaging means for imaging a pattern light-projected image of an object to which the pattern light is being projected; 3-dimensional shape calculation means for calculating the 3-dimensional shape of the object according to the trajectory of the pattern light extracted from the pattern light-projected image. The 3-dimensional shape detection device further includes: first area setting means for setting a first area including a part of the trajectory of the pattern light extending in the X-axis direction from the pattern light-projected image; first detection means for detecting a plurality of pixels constituting a part of the trajectory of the pattern light from the first area; approximation curve calculation means for calculating an approximation curve relating to the trajectory of the pattern light according to the plurality of pixels; and second area setting means for setting a second area for detecting pixels constituting remaining portion of the trajectory of the pattern light from the pattern light-projected image. The trajectory of the pattern light is extracted according to the plurality of pixels and the pixels detected from the second area.

[続葉有])



SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

パターン光を投光する投光手段と、パターン光が投光される状態における対象物体のパターン光投光画像を撮像する撮像手段と、前記パターン光投光画像から抽出されるパターン光の軌跡に基づき対象物体の3次元形状を算出する3次元形状算出手段とを備えた3次元形状検出装置であって、パターン光投光画像内から、そのX軸方向に延びるパターン光の軌跡の一部を含む第1領域を設定する第1領域設定手段と、前記第1領域内からパターン光の軌跡の一部を構成する複数の画素を検出する第1検出手段と、前記複数の画素に基づき、パターン光の軌跡に関する近似曲線を算出する近似曲線算出手段と、前記近似曲線に基づき、パターン光投光画像内からパターン光の軌跡の残り部分を構成する画素を検出するための第2領域を設定する第2領域設定手段とを備え、パターン光の軌跡は、前記複数の画素と前記第2領域内から検出される画素とに基づき抽出される。

明 細 書

3次元形状検出装置、撮像装置、及び、3次元形状検出プログラム

技術分野

- [0001] 本発明は、パターン光を用いて対象物体の3次元形状を検出する3次元形状検出装置、撮像装置、及び、3次元形状検出プログラムに関する。

背景技術

- [0002] 従来より、対象物体としてホワイトボードや書籍等を撮像し、その撮像画像から対象物体の3次元形状を検出することで、ホワイトボードや書籍等を、その正面に対して斜め方向となる位置から撮像したとしても、あたかも正面から撮像したように、その撮像画像を補正する補正手段を備えた撮像装置が知られている。例えば、特開平9-289611号公報(以下、文献1と記す)の図1等には、そのような補正手段を備えた可搬型のデジタルカメラが開示されている。

- [0003] 上述した補正手段に必要なパラメータとしての対象物体の3次元形状を検出する技術として、特許3282331号公報(以下、文献2と記す)の第10段落、図3等には、パターン光の一例であるスリット光が投光された状態の対象物体を撮像したスリット光投光時画像と、スリット光が投光されていない状態の対象物体を撮像したスリット光非投光時画像との減算を行うことでスリット光を抽出し、その抽出したスリット光に基づいて対象物体の3次元形状を検出する据え置き型の3次元形状測定装置が開示されている。

発明の開示

- [0004] しかしながら、上述した3次元形状測定装置は据え置き型で、撮像時の自由度が制限され不便であるため、3次元形状測定装置は可搬型であることが望ましい。しかしながら、3次元形状測定装置を可搬型とした場合には、「手ぶれ」によってスリット光投光時画像の撮像位置と、スリット光非投光時画像の撮像位置とがずれる場合がある。このような場合、当然にスリット光投光時画像とスリット光非投光時画像との間にもずれが生じ、スリット光投光時画像とスリット光非投光時画像との減算を行ったとしても、正確にスリット光を抽出できないという問題点があった。

[0005] 本発明は、上述した問題点を解決するためになされたものであり、パターン光投光画像内からパターン光の軌跡を構成する画素を検出する検出処理を高速に且つ高精度に行うことができる3次元形状検出装置、撮像装置、及び、3次元形状検出プログラムを提供することを目的としている。

[0006] 上記目的を達成する為、本発明の一つの側面によれば、パターン光を投光する投光手段と、パターン光が投光される状態における対象物体のパターン光投光画像を撮像する撮像手段と、前記撮像手段によって撮像されたパターン光投光画像から抽出される前記パターン光の軌跡に基づき、対象物体の3次元形状を算出する3次元形状算出手段とを備え、以下のように構成された3次元形状検出装置が提供される。すなわち、この3次元形状検出装置は、前記パターン光投光画像内から、そのX軸方向に延びる前記パターン光の軌跡の一部を含む第1領域を設定する第1領域設定手段と、前記第1領域設定手段で設定される第1領域内から前記パターン光の軌跡の一部を構成する複数の画素を検出する第1検出手段と、前記第1検出手段で検出される複数の画素に基づき、前記パターン光の軌跡に関する近似曲線を算出する近似曲線算出手段と、前記近似曲線算出手段で算出される近似曲線に基づき、前記パターン光投光画像内から前記パターン光の軌跡の残り部分を構成する画素を検出するための第2領域を設定する第2領域設定手段とを備える。前記パターン光の軌跡は、前記第1検出手段で検出される複数の画素と、前記第2領域設定手段で設定される前記第2領域内から検出される画素とに基づき抽出される。

[0007] このような構成の3次元形状検出装置によれば、第2領域設定手段は、パターン光の軌跡の残り部分を構成する画素を検出するための第2領域をパターン光の軌跡に関する近似曲線に基づき設定する。したがって、第2領域内には、かかる画素が含まれる可能性が極めて高く、余分な領域内をも検出して、パターン光を構成する画素以外の画素を検出してしまう等の弊害を抑制することができる。従って、パターン光投光画像内からパターン光の軌跡を構成する画素を検出する検出処理を高精度に行うことができるという効果が得られる。

[0008] 本発明の別の側面によれば、パターン光が投光されている状態における対象物体を撮像したパターン光投光画像から抽出されるパターン光の軌跡に基づき、対象物

体の3次元形状を算出する3次元形状算出ステップを備えた3次元形状検出プログラムであって、以下のように構成されたプログラムが提供される。すなわち、このプログラムは、前記パターン光投光画像内から前記パターン光の軌跡の一部を含む第1領域を設定する第1領域設定ステップと、その第1領域設定手段で設定される第1領域内から前記パターン光の軌跡の一部を構成する画素を検出する第1検出ステップと、その第1検出手段で検出される画素に基づき、前記パターン光の軌跡に関する近似曲線を算出する近似曲線算出ステップと、その近似曲線算出手段で算出される近似曲線に基づき、前記パターン光投光画像内から前記パターン光の軌跡の残り部分を構成する画素を検出するための第2領域を設定する第2領域設定ステップとを備える。前記パターン光の軌跡は、前記第1検出ステップで検出される複数の画素と、前記第2領域設定ステップで設定された前記第2領域内から検出される画素とに基づき抽出される。

[0009] このような3次元形状検出プログラムによれば、上述した3次元形状検出装置による効果と同様な効果が得られる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1 (a)は撮像装置の外観斜視図であり、図1 (b)は撮像装置1の概略断面図である。

[図2]図2は、スリット光投光ユニットの構成を示す図である。

[図3]図3 (a)および図3 (b)は、スリット光の角度幅を説明するための図である。

[図4]図4は、撮像装置の電氣的構成を示したブロック図である。

[図5]図5は、プロセッサでの処理手順を示すフローチャートである。

[図6]図6 (a)および図6 (b)は、スリット光軌跡抽出処理の原理を説明するための図である。

[図7]図7は、スリット光軌跡抽出処理を示すフローチャートである。

[図8]図8は、スリット光重心位置計算処理を示すフローチャートである。

[図9]図9は、近似曲線算出処理を示すフローチャートである。

[図10]図10は、近似曲線を更新する場合の処理を示すフローチャートである。

[図11]図11は、スリット光無画像内において対応画素を探索する際の探索範囲を設

定する方法を説明するための図である。

[図12]図12(a)は、スリット光が照射されている状態の原稿Pの撮像画像を示している。図12(b)は、スリット光検出位置cXにおける周辺画素を模式的に示した拡大図である。

[図13]図13は、手ぶれ量を考慮してスリット光無画像内の探索範囲を設定する方法を説明するための図である。

[図14]図14は、図12(a)のA部分を模式的に示した拡大図である。

[図15]図15は、図12(a)のB部分を模式的に示した拡大図である。

[図16]図16は、ファイルされた状態の原稿を撮像した撮像画像を示す図である。

[図17]図17(a)および図17(b)は、スリット光有画像を示した図である。

[図18]図18(a)および図18(b)は、3次元空間位置算出方法を説明するための図である。

[図19]図19(a)から図19(c)は、原稿姿勢演算の際の座標系を説明するための図である。

[図20]図20は、平面変換処理を示すフローチャートである。

符号の説明

- [0011] 1 撮像装置(3次元形状検出装置を含む)
- 20 スリット光投光ユニット(パターン光投光手段)
- 32 CCD画像センサ(撮像手段)
- 421 カメラ制御プログラム(撮像手段)
- 422 スリット光軌跡抽出プログラム
- 423 三角測量演算プログラム
- 424 原稿姿勢演算プログラム(3次元形状算出手段)
- 425 平面変換プログラム(平面画像補正手段)
- 429 近似曲線算出プログラム(近似曲線算出手段)

発明を実施するための最良の形態

- [0012] 以下、本発明の好ましい実施例について、添付図面を参照して説明する。図1(a)は本発明の撮像装置1の外観斜視図であり、図1(b)は撮像装置1の概略断面図で

ある。尚、本発明の実施形態としての3次元形状検出装置は撮像装置1に含まれる装置である。本発明の実施形態としての3次元形状検出プログラムは、撮像装置1においてCPU41(図4参照)の制御の下で実行されるプログラムである。

- [0013] 撮像装置1は、方形箱形の本体ケース10と、本体ケース10の正面に設けられた結像レンズ31と、結像レンズ31の後方(撮像装置1の内部側)に設けられたCCD画像センサ32とを有する。撮像装置1は、更に、結像レンズ31の下方に設けられたスリット光投光ユニット20と、本体ケース10に内蔵されたプロセッサ40と、本体ケース10の上部に設けられたリリースボタン52及びモード切替スイッチ59と、本体ケース10に内蔵されるメモ리카ード55とを有する。これらの構成部品は図4に示すように、それぞれ信号線により繋がっている。
- [0014] 更に、撮像装置1には、撮像装置1による撮像範囲を使用者が決定する際に利用するものとして、本体ケース10の背面に設けられたLCD(Liquid Crystal Display)51と、本体ケース10の背面から前面を通して配設されるファインダ53とが装備されている。
- [0015] 結像レンズ31は、複数枚のレンズで構成されている。撮像装置1はオートフォーカス機能を有し、自動で焦点距離及び絞りを調整することにより、外部からの光がCCD画像センサ32上に結像されるよう撮像レンズ31を駆動する。
- [0016] CCD画像センサ32は、CCD(Charge Coupled Device)素子などの光電変換素子がマトリクス状に配列されて構成されている。CCD画像センサ32は、表面に結像される画像の光の色及び強さに応じた信号を生成し、これをデジタルデータに変換してプロセッサ40へ出力する。尚、CCD素子一つ分のデータが画像を形成する画素の画素データであり、画像データはCCD素子の数の画素データで構成される。
- [0017] リリースボタン52は、押しボタン式のスイッチで構成されている。このリリースボタン52はプロセッサ40に接続されており、プロセッサ40にて使用者によるリリースボタン52の押し下げ操作が検知される。モード切替スイッチ59は、2つの位置に切換え可能なスライドスイッチなどで構成される。このモード切替スイッチ59の一方のスイッチ位置は「ノーマルモード」として、他方のスイッチ位置は「補正撮像モード」として検知されるようにプロセッサ40にて割り当てられている。「ノーマルモード」は、撮像した原稿

Pそのものを画像データとするモードである。「補正撮像モード」は、原稿Pを斜め方向から撮像した場合に、その画像データを、原稿Pが正面から撮像されたよう補正された画像データとするモードである。

- [0018] メモリカード55は、不揮発性で書き換え可能なメモリで構成され、本体ケース10に着脱可能である。
- [0019] LCD51は、画像を表示する液晶ディスプレイなどで構成され、プロセッサ40からの画像信号を受けて画像を表示する。プロセッサ40からLCD51に対しては、状況に応じてCCD画像センサ32で受光したリアルタイムの画像や、メモリカード55に記憶された画像や、装置の設定内容の文字等を表示するための画像信号が送られる。
- [0020] ファインダ53は、光学レンズで構成される。ファインダ53は、使用者が撮像装置1の後ろ側からファインダ53をのぞき込んだ時に、結像レンズ31がCCD画像センサ32上に結像する範囲とほぼ一致する範囲が見えるように構成されている。
- [0021] 次に、図2及び図3を参照して、スリット光投光ユニット20について説明する。図2は、スリット光投光ユニット20の構成を示す図である。図3は、スリット光の角度幅を説明するための図である。スリット光投光ユニット20は、レーザーダイオード21と、コリメートレンズ22と、アパーチャ23と、透明平板24と、シリンダリカルレンズ25と、反射ミラー26と、ロッドレンズ27とを有する。
- [0022] レーザーダイオード21は、赤色レーザー光線を放射する。プロセッサ40からの指令に応じて、レーザーダイオード21におけるレーザー光線の放射及び停止が切り換えられる。レーザーダイオード21の出力は、最大出力定格(例えば5mW)に対して、レーザービームの広がり角の個体ばらつきを考慮して、アパーチャ23を通った箇所での一定の出力(例えば1mW)を得られるように定格出力が調整されている。
- [0023] コリメートレンズ22は、レーザーダイオード21からのレーザー光線を、スリット光投光ユニット20からの基準距離VP(例えば330mm)に焦点を結ぶように集光する。
- [0024] アパーチャ23は、矩形に開口された開口部を有する板で構成され、コリメートレンズ22からのレーザー光線を開口部で透過して矩形に整形する。
- [0025] 透明平板24は、無垢のガラス材料などの透明な平板で構成され、裏面にARコート(無反射コーティング)が施されている。透明平板24は、アパーチャ23からのレーザ

ー光線の光軸に直交する面に対して、本体ケース10の正面側に所定角度 β (例えば33度) 傾斜して配設されている。透明平板24は、アパーチャ23から入射するレーザー光線のパワーの約5% (約 $50 \mu\text{W}$) を表面で反射して、約95% (約 $950 \mu\text{W}$) を透過する。尚、透明平板24によりレーザー光線が反射される方向 (撮像装置1の前方へ水平面に対して33度上向きの方向) を第2の方向と呼ぶ。

[0026] 透明平板24の裏面にARコートを施すことにより、透明平板24内に入射したレーザー光線の透明平板24から出射する際の反射が少なくなり、透明平板24内でのレーザー光線の損失が少なくなるようになっている。また、透明平板24で反射するレーザー光線の割合を、透明平板24の材質の屈折率より決まる表面反射率5%として設定することにより、通常のハーフミラーで実現する場合に必要な、反射面に金属蒸着膜を形成するプロセスを省略することができる。

[0027] 反射ミラー26は、鏡など、レーザー光線を全反射する部材で構成される。反射ミラー26は、透明平板24を透過したレーザー光線の下流に、本体ケース10の正面側に45度傾斜して配設され、レーザー光線を全反射して光路の向きを90度変える。反射ミラー26によりレーザー光線が反射される方向 (撮像装置1の前方へ水平面に対して0度の向き) を第1の方向と呼ぶ。

[0028] ロッドレンズ27は、正の焦点距離が短い円筒形状のレンズで構成され、反射ミラー26で反射されるレーザー光線の下流に、円筒形状の軸方向が垂直方向になるように配設されている。そして、反射ミラー26からレーザー光線が入射されると、図3(a)に示すように、焦点距離が短いため、このレーザー光線がすぐに焦点を越えて広がり、所定の広がり角度 ϵ (例えば48度) のスリット光として第1の方向へ出射される。尚、ロッドレンズ27から出射されるスリット光を第1スリット光71と呼ぶ。

[0029] ロッドレンズ27は、正の焦点距離が短い円筒形状のレンズで構成される。ロッドレンズ27は、反射ミラー26で反射されるレーザー光線の下流に、円筒形状の軸方向が垂直方向になるように配設されている。ロッドレンズ27は、焦点距離が短い。したがって、図3(a)に示すように、ロッドレンズ27を通過したレーザー光線は、ロッドレンズ27近傍の焦点位置から直ちに広がり始め、所定の広がり角度 ϵ (例えば48度) のスリット光として第1の方向へ出射される。以下では、ロッドレンズ27から出射されるスリット光

を第1スリット光71と呼ぶ。

[0030] シリンドリカルレンズ25は、負の焦点距離となるように一方向が凹形状となったレンズである。シリンドリカルレンズ25は、透明平板24で反射されたレーザー光線の下流に、第2の方向に対してレンズ面が直交するように配設されている。図3(b)に示すように、シリンドリカルレンズ25は、透明平板24から入射されるレーザー光線を、広がり角度 κ で広がるスリット光として出射する。以下では、シリンドリカルレンズ25から出射されるスリット光を第2スリット光72と呼ぶ。シリンドリカルレンズ25による広がり角度 κ は、第1スリット光71の広がり角度 ε と第2スリット光72の広がり角度 κ の比が、透明平板24によりレーザー光線が分割される際のパワーの比と同等となるようになっている。つまり、第2スリット光72の広がり角度 κ は第1スリット光の広がり角度 ε の5% (2.4度) となっている。

[0031] これらの構成部品によって、スリット光投光ユニット20は、プロセッサ40からの指令に応じて、レーザーダイオード21からレーザー光線を放射して、第1の方向へ第1スリット光71、及び、第2の方向へ第2スリット光72を、本体ケース10の結像レンズ31の下方に設けられた窓29から出射する。また、レーザーダイオード21からは赤色レーザー光線が放射されるため、その赤色レーザー光線から生成される第1スリット光71と第2スリット光72とは、その分光成分としてRGB空間におけるR、G、B値のうち、主に赤値Rから構成されることになる。

[0032] 上述したように構成されるスリット光投光ユニット20によれば、レーザーダイオード21から出力されるパワーのうち、透明平板24で分割される第1スリット光71のパワーは95%に対し、第2スリット光72のパワーは約5%と少ない。しかしながら、角度幅あたりのパワーで見ると、広がり角が48度の第1スリット光71の単位角度あたりのパワーが約20 μ W/度で、広がり角が2.4度の第2スリット光72の単位角度あたりのパワーも約21 μ W/度であり、これら2つのスリット光の単位角度あたりのパワーはほぼ同じである。原稿Pが基準距離VPである330mmの位置にある白色の用紙の場合、第1スリット光71及び第2スリット光72による照度は約1260ルクスとなり、一般的な室内の明るさである500〜1000ルクスの場所でも、スリット光の軌跡と原稿Pとの輝度差が十分ある。したがって、後述するスリット光軌跡抽出プログラム422にてスリット光の軌

跡画像を確実に抽出することができる。

- [0033] 図4は、撮像装置1の電氣的構成を示したブロック図である。撮像装置1に搭載されたプロセッサ40は、CPU41、ROM42、RAM43を備えている。
- [0034] CPU41は、ROM42に記憶されたプログラムによる処理に応じて、RAM43を利用して、リリースボタン52の押し下げ操作の検知、CCD画像センサ32からの画像データの取り込み、画像データのメモ리카ード55への書き込み、モード切替スイッチ59の状態検出、スリット光投光ユニット20によるスリット光の出射切り換え等の各種処理を行う。
- [0035] ROM42には、カメラ制御プログラム421、スリット光軌跡抽出プログラム422、三角測量演算プログラム423、原稿姿勢演算プログラム424、平面変換プログラム425、輝度分散演算プログラム426、相互相関係数演算プログラム427、対応画素検索プログラム428、および近似曲線演算プログラム429が記憶されている。
- [0036] カメラ制御プログラム421は、図5に示すフローチャートの処理(詳細は後述する。)を含む撮像装置1全体の制御に関するプログラムである。スリット光軌跡抽出プログラム422は、スリット光を投光した原稿Pの画像からスリット光の軌跡を抽出するプログラムである。三角測量演算プログラム423は、スリット光軌跡抽出プログラム422で抽出されたスリット光の軌跡の各画素に対する3次元空間位置を演算するプログラムである。
- [0037] 原稿姿勢演算プログラム424は、第1スリット光の軌跡71a及び第2スリット光の軌跡72aの3次元空間位置から、原稿Pの3次元形状を推定して求めるプログラムである。平面変換プログラム425は、原稿Pの位置及び姿勢が与えられて、スリット光無画像格納部432に格納された画像データを、原稿Pの正面から撮像したような画像に変換するためのプログラムである。輝度分散演算プログラム426は、スリット光無画像内の小領域毎に色値に関する標準偏差を演算するためのプログラムである。
- [0038] 相互相関係数演算プログラム427は、スリット光有画像とスリット光無画像とのズレ量を演算するためのプログラムである。対応画素検索プログラム428は、スリット光有画像内から検出された画素が、スリット光無画像内に存在するか否かを検索するプログラムである。近似曲線演算プログラム429は、第1スリット光の軌跡71aの一部を構

成する画素から第1スリット光の軌跡71aに関する近似曲線を演算するプログラムである。

- [0039] RAM43には、スリット光有画像格納部431、スリット光無画像格納部432、検出対象画素値一時格納部433、三角測量演算結果格納部434、原稿姿勢演算結果格納部435、スリット光軌跡情報格納部436、手ぶれ量格納部437、近似曲線格納部438、およびワーキングエリア439が記憶領域として割り当てられている。
- [0040] スリット光有画像格納部431とスリット光無画像格納部432には、CCD画像センサ32からのスリット光有画像とスリット光無画像の画像データが各々格納される。検出対象画素値一時格納部433には、スリット光有画像の内の探索範囲に含まれる各画素についての、赤値Rから緑値Gと青値Bとの平均を減算して求められる赤差分値Rdと輝度値Yとを乗算して得られる値 ($Rd \cdot Y$ 値) が格納される。三角測量演算結果格納部434には、スリット光有画像の各ポイントの位置を演算した結果が格納される。
- [0041] 原稿姿勢演算結果格納部435には、原稿Pの位置及び姿勢の演算結果が格納される。スリット光軌跡情報格納部436には、後述するスリット光重心位置計算処理において計算される重心位置が格納される。手ぶれ量格納部437には、相互相関係数演算プログラム427によって演算されたスリット光有画像とスリット光無画像とのズレ量が格納される。近似曲線格納部438には、近似曲線演算プログラム429によって演算された近似曲線が格納される。ワーキングエリア439には、CPU41での演算のために必要なデータが一時的に格納される。
- [0042] 次に、図5のフローチャートを参照して、上述したように構成された撮像装置1に関し、使用者によりリリースボタン52が押されてからの動作について説明する。図5は、撮像装置1のプロセッサ40での処理手順を示すフローチャートである。尚、スリット光軌跡抽出処理(S140)、三角測量演算処理(S160)、原稿姿勢演算処理(S170)、平面変換処理(S180)の詳細については、後述する。
- [0043] 使用者によりリリースボタン52が押されると、まず、モード切替スイッチ59のスイッチの位置が検知され、そのスイッチの位置が「補正撮像モード」の位置であるか否かが判別される(S110)。判別の結果、スイッチの位置が「補正撮像モード」の位置にある場合には(S110: Yes)、スリット光投光ユニット20に対しレーザーダイオード21の発

光が指令され、第1スリット光71及び第2スリット光72が出射されてから、スリット光有画像として、CCD画像センサ32からRGB値で表現された画像データが取得される(S120)。さらに、S120では、読み込まれた画像データが、RAM43のスリット光有画像格納部431に格納される。

[0044] スリット光有画像の画像データが読み込まれると(S120)、次に処理はステップS130に進む。ステップS130では、スリット光投光ユニット20に対しレーザーダイオード21の発光停止が指令され、第1スリット光71及び第2スリット光72が出射されなくなると、スリット光無画像としてCCD画像センサ32からRGB値で表現された画像データが読み込まれる。さらに、S130では、読み込まれた画像データがスリット光無画像格納部432に格納される。

[0045] スリット光無画像の画像データを読み込まれると(S130)、処理はステップS140に進みスリット光軌跡抽出処理が実行される。すなわち、ステップS140では、スリット光軌跡抽出プログラム422によりスリット光有画像格納部431に読み込まれたスリット光有画像の画像データから各スリット光の軌跡71a、72aを構成する画素が検出され、その画素に関するデータが検出対象画素値一時格納部433に格納される。

[0046] スリット光軌跡抽出処理(S140)が終了すると、次に収差補正処理(S150)が実行される。この収差補正処理によって、光軸からの角度に依存する画像の歪みが補正される。

[0047] 収差補正処理(S150)が終了すると、三角測量演算処理(S160)が実行される。三角測量演算処理(S160)では、検出対象画素値一時格納部433に格納されている第1スリット光の軌跡71a及び第2スリット光の軌跡72aを構成する画素に関し、その画素毎に3次元空間位置が三角測量演算プログラム423により演算される。各画素についての演算結果は、三角測量演算結果格納部434に格納される。

[0048] 三角測量演算処理(S160)が終了すると、原稿姿勢演算処理(S170)が実行される。原稿姿勢演算処理(S170)では、三角測量演算結果格納部434に格納された第1スリット光71及び第2スリット光72のスリット光の軌跡の3次元空間位置を用いて、原稿姿勢演算プログラム424により、原稿Pの位置及び姿勢が演算される。この演算結果は、原稿姿勢演算結果格納部435に格納される。

- [0049] 原稿姿勢演算処理(S170)が終了すると、平面変換処理(S180)が実行される。平面変換処理(S180)では、原稿Pの位置及び姿勢から、平面変換プログラム425により、スリット光無画像格納部432に記憶された画像データが、正面から観察されたような画像の画像データに変換される。
- [0050] 平面変換処理(S180)が終了すると、生成された正立画像の画像データはメモ리카ード55に書き込まれ(S190)、当該処理は終了する。
- [0051] 一方、S110における判別の結果が、「補正撮像モード」ではなく「ノーマルモード」の位置の場合には(S110:No)、スリット光投光ユニット20のレーザーダイオード21が発光せず、第1スリット光71及び第2スリット光72が出射されていない状態で、CCD画像センサ32からスリット光無画像が読み込まれる(S200)。次に、その画像データはメモ리카ード55に書き込まれる(S210)。ステップS210の後、当該処理を終了する。
- [0052] 次に、図6乃至図16を参照して、上述したスリット光軌跡抽出処理(S140)について具体的に説明する。
- [0053] まず、図6を参照して、スリット光有画像内において、スリット光の軌跡を構成する画素(スリット光を含む画素)と、スリット光を含まない画素との差異を明確にして、スリット光有画像からスリット光を含む画素を高精度で抽出するための抽出原理について説明する。
- [0054] 図6(a)は、スリット光が照射されている状態の原稿Pの撮像画像を示している。原稿P上には、原稿の幅方向に複数列に並ぶ文字部分Mと、矩形状に示した照明反射部分Sと、円状に囲んで示す主の色成分として赤(R)成分を持つ印刷部分Iと、原稿Pの幅方向に延びる第1、第2スリット光の軌跡71a、72aとが形成されている。また、原稿Pの幅方向と直交する方向に延びる1点鎖線はスリット光検出位置を示し、そのスリット光検出位置と第1スリット光の軌跡71aとの交点をスリット光検出画素Kとする。
- [0055] 図6(b)は、スリット光検出位置(図中の1点鎖線参照)における所定パラメータ値を示すグラフであり、スリット光検出位置から各グラフに向かって真っ直ぐに延長線を引いた部分が、そのスリット光検出位置の各所定パラメータ値を示している。すなわち、

図6(b)の各グラフの縦軸上の位置は、図6(a)の図の縦方向の位置に対応している。所定パラメータとしてグラフA1は赤値R、グラフA2は赤差分値Rd、グラフA3は輝度値Y、グラフA4は赤差分値Rdと輝度値Yとの積値Rd・Yを採用している。

[0056] 赤差分値Rdは、赤値Rから緑値Gと青値Bとの平均を減算して算出される。即ち、この赤差分値Rdによって、スリット光検出位置において、スリット光の主成分であるR成分に対応する赤値Rを他の成分(G値、B値)より強調させることができ、赤値Rが緑値G、青値Bと近い値を有する画素は、赤差分値Rd値が低く、逆に、赤値Rが緑値G、青値Bに比べて高い画素は、赤差分値Rd値が高い値となることを示している。

[0057] 輝度値Yは、スリット光検出位置における各画素の輝度を示すもので、輝度値Yは、YCbCr空間におけるY値であり、RGB空間からYCbCr空間へは以下の式で変換される。
$$Y = 0.2989 \cdot R + 0.5866 \cdot G + 0.1145 \cdot B$$
$$Cb = -0.1687 \cdot R - 0.3312 \cdot G + 0.5000 \cdot B$$
$$Cr = 0.5000 \cdot R - 0.4183 \cdot G - 0.0816 \cdot B$$

グラフA1からは、スリット光検出画素K、R成分を持つ印刷部分I、照明反射部分Sでは赤値Rが高いことが分かる。ここで、赤値Rの高低を基準に、スリット光検出画素Kを検出しようとする、スリット光検出画素Kが、R成分を持つ印刷部分Iや照明反射部分Sに含まれている場合には、赤値Rについて両者に明確な差異がないので、R成分を持つ印刷部分Iや照明反射部分Sからスリット光検出画素Kを正確に検出できない。

[0058] グラフA2からは、照明反射部分Sは、スリット光検出画素K、R成分を持つ印刷部分Iより赤差分値Rdが低いことが分かる。よって、赤差分値Rdの高低を基準に、スリット光検出画素Kを検出すれば、スリット光検出画素Kが照明反射部分Sに含まれていたとしても、赤差分値Rdに関する両者の差異は明確なので照明反射部分Sからスリット光検出画素Kを正確に検出することは可能である。しかし、スリット光検出画素KがR成分を持つ印刷部分Iに含まれている場合には、赤差分値Rdに関して両者に明確な差異がないので、R成分を持つ印刷部分Iからスリット光検出画素Kを正確に検出できない。

[0059] グラフA3からは、R成分を持つ印刷部分Iが、スリット光検出画素K、照明反射部分Sより輝度値Yが低いことが分かる。よって、輝度値Yの高低を基準に、スリット光検出

画素Kを検出すれば、たとえスリット光検出画素KがR成分を持つ印刷部分Iに含まれていたとしても、輝度値Yに関する両者の差異は明確なので、R成分を持つ印刷部分からスリット光検出画素Kを検出することは可能である。しかし、スリット光検出画素が照明反射部分Sに含まれている場合には、輝度値Yに関して両者に明確な差異がないので、照明反射部分Sからスリット光検出画素Kを正確に検出できない。

[0060] そこで、グラフA2およびグラフA3に示す通り、スリット光検出画素Kは、赤差分値Rdと輝度値Yとの両方が、照明反射部分SやR成分を持つ印刷部分Iよりも高い値を有していることに着目し、その赤差分値Rdと輝度値Yとの積値 $Rd \cdot Y$ （以下 $Rd \cdot Y$ 値）の高低を基準に、スリット光を含む画素を検出することとする。

[0061] グラフA4に示す通り、スリット光検出位置画素Kの $Rd \cdot Y$ 値は、照明反射部分Sの $Rd \cdot Y$ 値やR成分を持つ印刷部分Iの $Rd \cdot Y$ 値よりも高いので、たとえスリット光検出画素Kが照明反射部分SやR成分を持つ印刷部分Iに含まれていたとしても、 $Rd \cdot Y$ 値に関する両者の差異は明確なので、照明反射部分SやR成分を持つ印刷部分Iからスリット光検出画素Kを正確に検出することができる。

[0062] 次に、図7乃至図10のフローチャートを参照して、スリット光軌跡抽出処理（図5のS140）の具体的な処理の流れを説明する。図7はスリット光軌跡抽出処理のフローチャートである。

[0063] スリット光軌跡抽出処理では、まず、スリット光有画像とスリット光無画像とのズレ量が計算される（S701）。

[0064] 両画像におけるズレ量は、スリット光有画像とスリット光無画像とは、同時に撮像されていないため、その間のユーザの「手ぶれ」等に起因して生ずる。両画像のズレ量は、相互相関係数演算プログラム427により2つの画素間の相互相関係数ccを計算することで得ることができる。尚、相互相関係数ccは-1〜1の値を持ち、最大の値を持つ位置がズレ量となる。

[0065] 相互相関係数ccを計算するに当たっては、画像中の特徴ある部分で計算することが好ましい。黒べた部分、白べた部分、或いは特定の色によるべた部分等において相互相関係数ccを計算しても、相互相関係数ccに明確な差異が得られないためである。そこで、相互相関係数ccを計算するに前に、スリット光無画像内において特徴

ある部分を探索する探索処理が行われる。

[0066] この探索処理では、図11に示すように、スリット光無画像を4つの大領域1〜4に分け、更に、その各大領域1〜4を各大領域内の端(領域1では右上、領域2では左上、領域3では左下、領域4では右下)から中央に向かって小領域に分け、その小領域毎に輝度Yの標準偏差が求められる。輝度Yの標準偏差 σ_Y は輝度分散演算プログラム426により以下の数1、数2に示す式を使って計算される。

[0067] 尚、数1において (x_c, y_c) は小領域中心画素、 R_d は小領域のサイズを2等分したサイズを示しており、具体的には、画像サイズが1200pixel×1600pixel程度の場合には、小領域のサイズは41pixel×41pixel程度(数1、2における $R_d=20$)で良い。

[0068] [数1]

$$\text{輝度 } Y \text{ の標準偏差 } \delta_y = \sqrt{\frac{\sum_{y=y_c-R_d}^{y_c+R_d} \left\{ \sum_{x=x_c-R_d}^{x_c+R_d} (Y(x, y) - \bar{Y})^2 \right\}}{(2R_d + 1)^4}}$$

[0069] [数2]

$$\text{輝度 } Y \text{ の平均値 } \bar{Y} = \frac{\sum_{y=y_c-R_d}^{y_c+R_d} \left\{ \sum_{x=x_c-R_d}^{x_c+R_d} Y(x, y) \right\}}{(2R_d + 1)^2}$$

各大領域1〜4内において最大の標準偏差を有する小領域の中心座標を相互相関係数 cc を求める中心位置 (x_c, y_c) として、スリット光有画像とスリット光無画像の2画像の中心座標付近の画素の位置の差を (x_d, y_d) として、各 (x_d, y_d) における相互相関係数 $cc(x_d, y_d)$ を求め、最大の相互相関係数を持つ場合の (x_d, y_d) をずれ量とすることができる。

[0070] 尚、計算式(数3)では、スリット光有画像とスリット光無画像との画素の位置の差を (x_d, y_d) とし、スリット光有画像の画素の輝度を Y_1 、スリット光無画像の輝度を Y_2 とす

る。また、画像サイズが1200pixel×1600pixel程度の場合には、相互相関係数ccを求める範囲も41pixel×41pixel(Rc=20)程度でよい。

[0071] [数3]

相互相関係数CC(x_d, y_d) =

$$\frac{1}{(2Rc+1)^2} \frac{\sum_{y=y_c-Rc}^{y_c+Rc} \left\{ \sum_{x=x_c-Rc}^{x_c+Rc} (Y1(x,y) - \bar{Y1}) (Y2(x+x_d, y+y_d) - \bar{Y2}) \right\}}{\sqrt{\frac{\sum_{y=y_c-Rc}^{y_c+Rc} \left\{ \sum_{x=x_c-Rc}^{x_c+Rc} (Y1(x,y) - \bar{Y1})^2 \right\}}{(2Rc+1)^4}} \sqrt{\frac{\sum_{y=y_c-Rc}^{y_c+Rc} \left\{ \sum_{x=x_c-Rc}^{x_c+Rc} (Y2(x+x_d, y+y_d) - \bar{Y2})^2 \right\}}{(2Rc+1)^4}}}$$

再び、図7に戻って説明を続ける。上述した通りに、スリット光有画像とスリット光無画像とのズレ量が算出されると(S701)、次に、第2スリット光の軌跡72aを抽出する探索範囲を指定する探索パラメータが設定される(S702)。図12(a)は、スリット光が照射されている状態の原稿Pの撮像画像を模式的に示す図である。図12(a)に示すように、探索パラメータは第2スリット光の軌跡72a上のccdx方向におけるcX2と、ccdy方向のyMin2からyMax2までの範囲として設定される。

[0072] 例えば、画像サイズが1200pixel(幅W)×1600pixel(高さH)の場合には、cX2の値としては、撮像画像の幅Wの画像中心位置が設定され(図12(a)の一点鎖線)、すなわちcX2=599の1点が設定される。yMin2からyMax2の範囲としては、撮像画像の上半分の領域である0から799の範囲が設定される。

[0073] ccdx方向に関してcX2を1点に設定するのは、本実施例では、第1スリット光の軌跡71aにより湾曲φを算出するため、第2スリット光の軌跡72aとしては、傾きθ(実空間においてX軸を中心とした回転角)を求めるのに用いるccdy軸上の軌跡座標のみを抽出すれば良いためである。

[0074] 探索パラメータが設定されると(S702)、後述するスリット光重心位置計算処理が実行される(S703)。次に、スリット光重心位置計算処理(S703)で算出される重心位置の画素に対応する画素が、スリット光無画像内に存在するか否かが検索される(S704)。

[0075] この検索範囲に関し、例えば、図13に示すように、スリット光有画像からスリット光を含む画素として検出された画素が、大領域4内の(xp, yp)において見つかったとす

る。このような場合には、S701で算出したスリット光無画像内の大領域4のズレ量(dx4、dy4)を考慮に入れて、 $x_p + dx4 - R_s \leq x \leq x_p + dx4 + R_s$ と、 $y_p + dy4 - R_s \leq y \leq y_p + dy4 + R_s$ との範囲で、検出された画素に対応する画素が探索される。

[0076] 尚、対照物体までの距離が350mm程度、画像サイズが1200pixel×1600pixel程度の場合、手ぶれ量は数10ピクセル程度なので、Rsは数10ピクセル程度で設定すれば良い。

[0077] スリット光無画像内を検索した結果、対応する画素が検索された場合には(S705: Yes)、その画素はスリット光有画像にも、スリット光無画像にも共通に存在する画素ということになる。即ち、スリット光有画像内において検出された画素は、スリット光を含む画素とは認められないため、計算された重心位置まわりの画素を抽出対象から外し(S706)、再び、S703からS705までの処理が繰り返えされる。

[0078] 一方、対応する画素がスリット光無画像内で検索されなければ(S705: No)、その画素はスリット光無画像には存在せず、スリット光有画像固有の画素ということになる。即ち、その画素は、スリット光を含む画素であると判定され、その計算された重心位置がスリット軌跡情報格納部436に記憶される(S707)。

[0079] 次に、第1スリット光の軌跡71aを抽出する探索範囲を指定する探索パラメータが設定される(S708)。この探索パラメータは、図12(a)に示すように、ccdy方向についてyMin1からyMax1の範囲として設定される。

[0080] 具体的には、探索パラメータは、撮像画像の下半分の領域の内、950から1599の範囲で設定される。下半分の全部の領域を設定しないのは、本実施例では、第1スリット光71は結像レンズ31の光軸と平行で、且つ、結像レンズ31より下から照射されるので、第1スリット光71の存在する範囲は、原稿Pを撮像する場合の使用に耐え得る原稿Pと結像レンズ31との距離から逆算できるため、探索範囲を予め絞りこみ、高速に処理させるためである。一方、ccdX方向については、cXminからcXmaxの範囲で設定される。

[0081] 探索パラメータが設定されると(S708)、ccdX方向の検出位置を表す変数cXをcXcminに設定し(S709)、その位置においてccdy方向のyMin1からyMax1までの範囲内から、スリット光を含む画素の重心位置を求めるべく、上述したS703からS708

までの処理と同様に、S711からS715の処理が実行される。このように、 $cX = cX_{\min}$ の位置において、S711からS715までの処理が終了すると、変数 cX に検出間隔 dx が加算され(S716)、検出位置 $cX = cX + dx$ の位置において、再びS711からS715までの処理が繰り返される。この繰り返し処理は、変数 cX の値が $cX_{\max}$ に到達するまで繰り返される(S710)。

[0082] このように、 ccd_x 方向の $cX_{\min}$ から $cX_{\max}$ までの各検出位置毎に、スリット光を含む画素の重心位置が計算されると(S710:No)、次に、近似曲線算出処理(S717)が実行される。近似曲線算出処理では、 ccd_x 方向の残りの範囲における各検出位置毎にスリット光を含む画素の重心位置が求められる。ステップS717の後、当該処理は終了する。

[0083] 次に、図8のフローチャートを参照して、上述したスリット光重心位置計算処理(図7のS703, S711)について具体的に説明する。図8は、スリット光軌跡抽出処理に含まれるスリット光重心位置計算処理のフローチャートである。

[0084] スリット光重心位置計算処理は、スリット光を含む画素として検出される画素位置と、スリット光の輝度中心位置とは、スリット光を構成するレーザー光の特性、撮像対象物の表面の細かな凹凸により必ずしも一致しないため、検出される画素を中心とする一定の範囲内で $R_d \cdot Y$ 値の重心位置を求め、その重心位置をスリット光を含む画素位置とするための処理である。

[0085] 尚、本実施例では、図12(b)に示すように、その一定の範囲内として ccd_x 方向に $xRange = 2$ 、 ccd_y 方向に $yRange = 5$ が設定されている。

[0086] スリット光重心位置計算処理では、まず、与えられた変数 cX について、 ccd_x 方向の探索範囲を示す $xMin$ と $xMax$ とが設定される(S801)。 $xMin$ は、変数 cX が最小値 $cX_{\min}$ (=初期値=0)の場合には、最小値 $cX_{\min}$ で設定され、それ以外の場合には、 cX から $xRange$ を減算した値($=cX - xRange$)で設定される。 $xMax$ は、変数 cX が最大値 $cX_{\max}$ (=1200)の場合には、その最大値 $cX_{\max}$ で設定され、それ以外の場合には、 cX に $xRange$ を加算した値($=cX + xRange$)で設定される。よって、S703では変数 cX として $cX2$ が与えられ、S709では変数 cX として $cX_{\min}$ が与えられることになる。

- [0087] ccd_x 方向の探索範囲が設定される(S801)、 $xMin \leq ccd_x \leq xMax$ と $yMin \leq ccd_y \leq yMax$ との範囲における各画素について赤差分値 Rd と輝度値 Y とが計算される(S802, S803)。次に、その各画素について計算された赤差分値 Rd と輝度値 Y とを乗算して、各画素について $Rd \cdot Y$ 値が計算され、その結果が検出対象画素値一時格納部433に記憶される(S804)。
- [0088] 次に、与えられた変数 cX の $\pm xRange$ の範囲における検出位置を示す変数 ccX を初期化し($=xMin$) (S805)、その変数 ccX が探索範囲($ccX \leq xMax$)を超えていないか否かが判定される(S806)。変数 ccX が探索範囲を超えていなければ(S806:Yes)、更に、変数 ccX が画像範囲($ccX \geq 0$, $ccX < cMAX$)を超えていないか否かが判定される(S807)。変数 ccX が画像範囲をも超えていなければ(S807:Yes)、検出対象画素値一時格納部433に記憶されている探索範囲内の各画素の $Rd \cdot Y$ 値の中から、最大値を有しており、且つ、予め設定した閾値 vTh を越えている画素が検索される(S808)。
- [0089] このように処理を行うのは、上述した通りに、最大の $Rd \cdot Y$ 値を有する画素は、探索範囲内でスリット光を含む画素である可能性が極めて高いためである。また、その画素が閾値 vTh を超えていることを条件とするのは、たとえ最大の $Rd \cdot Y$ 値を有する画素であっても、閾値 vTh を越えていない画素は、撮像対象物から外れた遠方の物体にスリット光が当たっている画素(この場合、非常に弱い輝度を持っている)である可能性があり、その画素はスリット光を含む画素の対象候補から外すことで、より高精度にスリット光を含む画素を検出するためである。
- [0090] 探索範囲内で最大の $Rd \cdot Y$ 値を有し、且つ、閾値 vTh を越える画素が検索されたら(S808)、その検索された画素の画素位置 $\pm gRange$ の範囲で、 $Rd \cdot Y$ 値についての重心位置が計算される(S809)。次に、検出位置が更新され(S810)、上述したS806からS810までの処理が繰り返えされる。
- [0091] このように、 cX の $\pm xRange$ の範囲における変数 ccX の各位置での重心の計算が終了したと判断された場合には(S806:No)、 cX の $\pm xRange$ の範囲における各 ccX で求めた重心位置と、 $Rd \cdot Y$ 値とを用いて更に、 $ccdy$ 方向についての重心位置が求められ、それが cX におけるスリット光軌跡の $ccdy$ 値(Yg)とされる(S811)。ステッ

プS811の後、当該処理は終了する。

[0092] 尚、重心位置Ygは下記の数4に示す式で算出される。

[0093] [数4]

$$\text{重心位置}Y_g = \frac{\frac{1}{2 * gRange + 1} \sum_{y=r_{dy}Max-gRange}^{Yr_{dy}Max+gRange} (Rd * Y) * y}{\frac{1}{2 * gRange + 1} \sum_{y=r_{dy}Max-gRange}^{Yr_{dy}Max+gRange} (Rd * Y)}$$

このようにスリット光を含む画素を検出することで、たとえスリット光を含む画素が、照明反射部分Sに含まれていたとしても、照明反射部分Sでは赤値Rが低く、Rd・Y値が低いので、その照明反射部分Sと最大のRd・Y値を有するスリット光を含む画素との差異が明確となり、高精度にスリット光を含む画素を検出できる。

[0094] また、たとえスリット光を含む画素が、R成分を持つ印刷部分Iに含まれていたとしても、R成分を持つ印刷部分Iでは、輝度値Yが低く、Rd・Y値が低いので、そのR成分を持つ印刷部分Iと最大のRd・Y値を有するスリット光を含む画素との差異が明確となり、高精度にスリット光を含む画素を検出できる。

[0095] 上述したスリット光重心位置計算処理を経て、ccd_x方向のcX_{cmin}からcX_{cmax}までの各検出位置毎に、スリット光を含む画素の重心位置が計算されることになる。図14は、図12(a)のA部分を示した拡大図である。図14に示すように、本実施例では、c_{cdx}方向のcX_{cmin}からcX_{cmax}までの各検出位置として、画像中心に1箇所、画像中心から左側に4箇所、画像中心から右側に4箇所の合計9箇所が設定されており、各検出位置からスリット光を含む画素の重心位置が計算されることになる。

[0096] 次に、図9のフローチャートを参照して、上述した近似曲線算出処理(図7のS717)について詳細に説明する。図9は、スリット光軌跡抽出処理に含まれる近似曲線算出処理のフローチャートである。

[0097] 近似曲線算出処理は(S717)、ccd_x方向のcX_{cmin}からcX_{cmax}までの各検出位置で求められたスリット光を含む画素の重心位置から、第1スリット光の軌跡71aに関する近似曲線を算出し、その近似曲線に基づいてcc_x方向の残りの範囲における各

検出位置でスリット光を含む画素の重心位置を求める処理である。

- [0098] 近似曲線算出処理では、まず、算出する近似曲線の次数Nが「1」に設定される(S901)。次数Nを「1」に設定するのは、S711からS715で検出される画素の重心位置は、そのデータ数が少ないため(本実施例では9点)、この時点で近似曲線の次数を上げとしまうと算出される近似曲線が振動、発散してしまうので、それを防止するためである。
- [0099] 近似曲線の次数Nを設定すると(S901)、S715でスリット光軌跡情報格納部436に記憶されている複数の画素に関する重心位置から近似曲線 $y=f(x)$ が算出される(S902)。近似曲線は、測定値 y が $m-1$ 個の変数 $x^1, x^2, \dots, x^{(m-1)}$ に依存する場合、 $y=a(0)+a(1)*x^1+a(2)*x^2+\dots+a(m-1)*x^{(m-1)}$ となる線形の式を当てはめて算出される。
- [0100] この近似曲線を算出するためのベースとなる画素の重心位置のデータは、図7のS709からS716の処理によってccd x 方向の画像範囲である $cXMin$ から $cXMax$ までの範囲の内、第1スリット光の軌跡71aの中央部分を含む $cXcmin$ から $cXcmax$ までの範囲内から検出された画素から計算されているので、例えば、画像の端部から検出された画素から計算された重心位置から近似曲線を算出する場合に比べて、原稿P上の第1スリット光の軌跡71aに沿った近似曲線を算出することができる。
- [0101] 即ち、操作者は対象物体である原稿Pを撮像する場合には、原稿Pが撮像画像の中央部に位置するように撮像するのが一般的であるため、画像の両端部には、原稿P以外の背景や不要物等が写り込んでいる可能性が高い。よって、画像の両端部から抽出された画素に基づき近似曲線を算出した場合には、原稿P上の第1スリット光の軌跡71aに沿った近似曲線が算出される可能性は低いのに対し、本実施例のように、スリット光有画像内における第1スリット光の軌跡71aの中央部分を含む領域から検出された画素に基づき近似曲線を算出する場合には、原稿P上の第1スリット光の軌跡71aに沿った近似曲線を算出することができる可能性を高くすることができる。
- [0102] 近似曲線 $y=f(x)$ を算出すると、次に、その近似曲線 $y=f(x)$ から閾値 cTh 以上離れている重心位置の画素が抽出される(S903)。本実施例では、図14に示すように、近似曲線から所定の閾値 cTh 以上離れた左から3番目の画素が抽出される。尚、

本実施例では、所定の閾値 cTh として近似曲線から $\pm 2mm$ 程度(dot換算で11pixel程度: $Z=0$ のXY平面位置でスリット光の巾が1mm程度の広がりを持ち、その2倍程度)が設定されている。

[0103] 次に、その抽出された画素を除いた残りの画素の重心位置から、S902で算出した近似曲線 $y=f(x)$ が更新される(S904)。これにより、第1スリット光の軌跡71aに関する近似曲線として一層高精度な近似曲線を算出することができる。

[0104] 近似曲線を更新すると(S904)、次に、スリット光を含む画素が連続して見つからなかった回数を表す変数UndetectNo(左側用:lUndetectNo, 右側用:rUndetectNo)が「0」に設定される(S905)。

[0105] UndetectNoを左側用と右側用とに分けて設定するのは、本実施例では、ccd x 方向における $cXcmin$ と $cXcmax$ とを挟む左側と右側とを交互に検出位置として設定するためである。

[0106] このUndetectNoは各検出位置毎にスリット光を含む画素が見つからなかった場合にS919やS913において「1」加算されてゆき、S908やS920においてUndetectNoの値が所定の閾値udLimitを越えていると判断されると、スリット光の軌跡が急激に変化したと判断し、それ以降の検出を中止する。

[0107] これは、例えば、図16に示すように、撮像対象としての原稿Pがファイルされているような場合に、一般的には、操作者は原稿Pが画像の中央部に位置するように撮像するものの、画像の両側には不要なものが一緒に撮像されてしまう場合がある。

[0108] このような場合、第1スリット光の軌跡71aは原稿P上では画像中心から左右略対照に湾曲するような軌跡を執るものの、画像の両端部では、図16のC部分に示すように、ファイル状況に応じて不規則に変化する軌跡を執る。一方、操作者においても、少なくとも原稿Pの部分が正立画像に変換されれば良く、画像両端部までを正立画像に変換することを要求する場合は少ない。

[0109] そこで、スリット光を含む画素が連続して見つからなかった回数を計数し、その計数した結果が所定閾値udLimitを越える場合には、それ以降の検出を中止するで、スリット光の軌跡が急激に変化する可能性の高い画像両端部における検出を省略して、必要な部分(原稿P上の部分)だけを検出することで、スリット光軌跡抽出処理を高

速化させるためである。

- [0110] 次に、ccd x 方向におけるcXcminより左側の検出位置を表す変数clxと、ccd x 方向におけるcXcmaxより右側の検出位置を表す変数crxとが設定される($clx = cXcmin - dx$, $crx = cXcmax + dx$) (S906)。即ち、左側の最初の設定位置としては、ccd x 方向のcXcminより所定間隔dxだけ左側の位置が設定され、右側の最初の設定位置としては、ccd x 方向のcXcmaxより所定間隔dxだけ右側の位置が設定される。
- [0111] その後、本実施例では、左側の最初の検出位置から検出を開始し、左側の最初の検出位置での検出が終了したら、次に右側の最初の検出位置での検出を開始する。右側の最初の検出位置での検出が終了したら、次に左側の最初の検出位置から所定間隔dxだけ左側の位置に検出位置が設定される。この繰り返し処理は、左側の検出位置clxがcXmix、右側の検出位置crxがcXmaxになるまで実行される(S907)。
- [0112] このように、S906においてccd x 方向の検出位置が設定され、S907においてその検出位置が画像範囲内であることが確認されると(S907:Yes)、先ず、設定された左側の検出位置clxが画像範囲の最小値cXmin以上か否か、或いは、lUndetectNoが閾値udLimitより小さいか否かが判定される(S908)。
- [0113] 設定された左側の検出位置clxが画像範囲の最小値cXminより小さければ、左側の検出は終了したと判断され、(S908:Yes)、処理は右側の検出を実行すべくS920に移行する。また、lUndetectNoが閾値udLimitより大きければ、上述した通りその検出位置における検出は中止され、処理はS920に移行する。
- [0114] 一方、検出位置clxが画像範囲の最小値cXmin以上であり、或いは、lUndetectNoが閾値udLimitより小さいと判断されると(S908:Yes)、検出位置clxにおけるS904で更新した近似曲線 $y = f(x)$ 上の値が計算され(S909)、その値から検出位置clxにおけるccd y 方向の検出範囲が設定される(S910) ($yMin = y - ySRange$, $yMax = y + ySRange$)。尚、本実施例では、図15に示すようにySRangeとして、 $Z = 0$ のXY平面において、スリット光の巾の2倍とスリット光の許容傾きにより、12pixel程度が設定されている。
- [0115] 検出位置clxにおけるccd y 方向の検出範囲が設定されると、その範囲内で上述し

たのと同様にスリット光を含む画素を検出すべくS911からS914の処理が実行される。

- [0116] 即ち、本来、ccdy方向の検出範囲としては、図12(a)に示すようにyMin1からyMax1までの範囲を検出する必要がある所、そのccdy方向の検出範囲を近似曲線から $\pm ySRange$ の範囲に制限することで、検出処理を高速化することができる。また、近似曲線の周辺にはスリット光を含む画素が存在する可能性が極めて高いため、yMin1からyMax1までの範囲を検出する場合に比べて誤検出の可能性を低減することができる。
- [0117] S914において計算された重心位置をスリット光軌跡情報格納部436に格納すると(S914)、今回探索された画素の重心位置と、過去に探索された画素の重心位置とを使ってS904で更新された近似曲線 $y=f(x)$ が再度更新される(S915)。これにより、第1スリット光の軌跡71aに関する近似曲線を一層高精度にすることができる。近似曲線を更新すると、IUndetectNoを「0」に設定して(S916)、検出位置clxにおける検出を終了する。
- [0118] 一方、S910で設定されたyMINからyMAXの範囲をすべて検索した結果、スリット光有画像内から検出された画素がスリット光無画像内から検出された場合、即ち、スリット光を含む画素が検出されなかった場合には(S918:Yes)、IUndetectNoに「1」が加算され(S919)、検出位置clxにおける検出を終了する。
- [0119] このように検出位置clxにおける検出を終了すると、次は、右側の検出位置crxにおける検出が開始される。尚、検出位置crxにおいて行われるS920からS931の処理は、左側の検出位置clxにおいて行われるS907からS911と同様であるため、その説明は省略する。
- [0120] 上述したように、ccdx方向のcXcmin-dxからcXmixまでの範囲(左側)、ccdx方向のcXcmax+dxからcXmaxまでの範囲(右側)における各検出位置での検出が終了すると当該処理を終了する。
- [0121] 次に、図10のフローチャートを参照して、図9のフローチャートにおけるS902, S903, S915, S927において、探索された画素の重心位置を使って近似曲線 $y=f(x)$ を求める処理について説明する。

- [0122] 近似曲線 $y=f(x)$ を求める場合には、まず、最小2乗法を用いてN次の近似曲線 $y=f(x)$ が求められる(S1001)。S904では1次の近似曲線 $y=f(x)$ から求められることになる。次に、検出された画素の重心位置と近似曲線との誤差の標準偏差 σ_a が求められる(S1002)。そして、求められた標準偏差 σ_a が所定の閾値 a_{Th} より大きいかなんかが判定される(S1003)。尚、本実施例では、所定の閾値 a_{Th} を3.54pixel程度($Z=0$ のXY平面上の換算で、スリット光の中の広がり1mm程度であり、その広がり標準偏差 σ の2倍である 2σ の値をpixel換算した値)として用いている。その結果、標準偏差 σ_a が閾値 a_{Th} より小さければ(S1003:No)、近似曲線の次数Nを上げることなく、設定されている次数Nの近似曲線とする。
- [0123] 一方、標準偏差 σ_a が閾値 a_{Th} 以上であれば(S1003:Yes)、設定されている次数Nが所定の閾値 n_{Th} 以上か否かが判定される(S1004)。所定の閾値 n_{Th} は、見開き原稿の片側部分の表面形状で(3次或いはそれ以上)を想定し、本実施例では、5次としている。その結果、次数Nが所定の閾値 n_{Th} 以上であれば(S1004:Yes)、近似曲線の次数Nを上げることなく設定されている次数Nの近似曲線とし、次数Nが所定の閾値 n_{Th} より小さければ(S1004:No)、設定されている次数Nに「1」が加算される(S1005)。そして、その「1」加算された次数NでS1001からS1004までの処理を繰り返す。
- [0124] このように近似曲線を更新する場合に、近似曲線の次数Nを段階的に高次に設定することで、たとえ原稿Pに凹凸がある場合であっても第1スリット光の軌跡71aに関する近似曲線を高精度に算出することができる。
- [0125] 次に、図17及び図18を参照して、上述した三角測量演算処理(図5のS160)を具体的に説明する。三角測量演算処理(S160)では、検出対象画素値一時格納部433に読込まれた画素データに基づいて、第1スリット光の軌跡71a及び第2スリット光の軌跡72aの縦方向のピークが重心計算によって画像データの横方向座標毎に求められ、このピーク抽出座標に対する3次元空間位置が次のようにして求められる。
- [0126] 図17は、スリット光有画像を説明するための図である。図18は、スリット光の3次元空間位置を算出する方法を説明するための図である。図18に示すように撮像される横方向に湾曲した原稿Pに対する撮像装置1の座標系を、結像レンズ31の光軸方向

をZ軸として、撮像装置1から基準距離VP離れた位置をX, Y, Z軸の原点位置として、撮像装置1に対して水平方向をX軸、垂直方向をY軸とする。

[0127] CCD画像センサ32のX軸方向の画素数をResX、Y軸方向の画素数をResYと呼び、X-Y平面に、結像レンズ31を通してCCD画像センサ32を投影した位置の上端をYftop、下端をYfbottom、左端をXfstart、右端をXfendと呼ぶ。また、結像レンズ31の光軸から、スリット光投光ユニット20から出射される第1スリット光71の光軸までの距離をD、第1スリット光71がX-Y平面に交差するY軸方向の位置をlas1、第2スリット光72がX-Y平面に交差するY軸方向の位置をlas2とする。

[0128] このとき、第1スリット光の軌跡71aの画像の画素の1つに注目した注目点1のCCD画像センサ32上の座標(ccdx1, ccdy1)に対応する3次元空間位置(X1, Y1, Z1)を、CCD画像センサ32の結像面上の点と、第1スリット光71及び第2スリット光72の出射点と、X-Y平面に交差する点とで形成される三角形について立てた次の5つの連立方程式の解から導き出す。

$$(1) Y1 = -((las1 + D) / VP) Z1 + las1$$

$$(2) Y1 = -(Ytarget / VP) Z1 + Ytarget$$

$$(3) X1 = -(Xtarget / VP) Z1 + Xtarget$$

$$(4) Xtarget = Xfstart + (ccdx1 / ResX) \times (Xfend - Xfstart)$$

$$(5) Ytarget = Yftop - (ccdy1 / ResY) \times (Yftop - Yfbottom)$$

尚、本実施例では、第1スリット光71がZ軸に対して平行のためlas1=-Dであり、Y1=-Dである。

[0129] 同様に、CCD画像センサ32上の第2スリット光の軌跡72aの画像の画素の一つに注目した注目点2の座標(ccdx2, ccdy2)に対応する3次元空間位置(X2, Y2, Z2)を、次に5つの連立方程式の解から導き出す。

$$(1) Y2 = -((las2 + D) / VP) Z2 + las2$$

$$(2) Y2 = -(Ytarget / VP) Z2 + Ytarget$$

$$(3) X2 = -(Xtarget / VP) Z2 + Xtarget$$

$$(4) Xtarget = Xfstart + (ccdx2 / ResX) \times (Xfend - Xfstart)$$

$$(5) Ytarget = Yftop - (ccdy2 / ResY) \times (Yftop - Yfbottom)$$

こうして算出されたスリット光の3次元空間位置を、三角測量演算結果格納部434へ書き込み、当該処理を終了する。

[0130] 次に、図19を参照して、上述した原稿姿勢演算処理(図5のS170)を具体的に説明する。図19は、原稿姿勢演算の際の座標系を説明するための図である。

[0131] この原稿姿勢演算処理(S170)では、例えば、三角測量演算結果格納部434のデータから、第1スリット光の軌跡71aに対応する3次元空間位置の各点を回帰曲線近似した線を求め、この曲線のX軸方向の位置が「0」における点と、第2スリット光の軌跡72aのX軸方向の位置が「0」における3次元位置とを結ぶ直線を想定し、この直線がZ軸と交わる点、つまり、光軸が原稿Pと交差する点を、原稿Pの3次元空間位置(0, 0, L)とする(図19(a)参照)。そして、この直線がX-Y平面となす角を原稿PのX軸まわりの傾き θ とする。

[0132] また、図19(b)に示すように、第1スリット光の軌跡71aを回帰曲線近似した線を、先に求めたX軸まわりの傾き θ 分だけ逆方向に回転変換し、つまり、原稿PをX-Y平面に対して平行にした状態を考える。そして、図19(c)に示すように、原稿PのX軸方向の断面形状を、X-Z平面における原稿Pの断面について、Z軸方向の変位を複数のX軸方向の点で求めてその変位度から、X軸方向の位置を変数としたX軸方向の傾きの関数である湾曲 $\phi(X)$ を求め、当該処理を終了する。

[0133] 次に、図20を参照して、上述した平面変換処理(図5のS180)を具体的に説明する。図20は平面変換処理を示すフローチャートである。

[0134] 平面変換処理では、まず、RAM43のワーキングエリア436に当該処理の処理領域を割り当て、当該処理に用いるカウンタbの変数が初期値($b=0$)に設定される(S1300)。

[0135] 次に、原稿姿勢演算プログラム425での演算結果による原稿Pの位置Lと、傾き θ と、湾曲 $\phi(x)$ とに基づき、スリット光無画像格納部432に格納されたスリット光無画像の4隅の点を、それぞれ、湾曲 $\phi(x)$ でY軸まわりに回転移動し、X軸まわりに傾き θ だけ回転し、Z軸方向に位置Lだけ移動した点で取成される矩形領域(つまり、原稿Pの文字等が書かれた面が略直交方向から観察されたような画像となる矩形領域)を設定すると共に、この矩形領域内に含まれる画素数aを求める(S1301)。

- [0136] 次に、設定された矩形領域を構成する各画素に対応するスリット光無画像上の座標を求めて、この座標周辺の画素情報から、平面画像の各画素の画素情報を設定する。つまり、まず、カウンタbが画素数aに到達したか否かが判断される(S1302)。その結果、カウンタbが画素数aに到達していなければ(S1302:No)、矩形領域を構成する1つの画素を、Y軸を中心に湾曲 $\phi(x)$ 回転移動させ(S1304)、X軸を中心に傾き θ 回転移動させ(S1305)、Z軸方向に距離Lだけシフトさせ(S1306)、求められた3次元空間位置は、先の3角測量の関係式により理想カメラで写されたCCD画像上の座標(ccdcx, ccdcy)に変換し(S1307)、使用している結像レンズ31の収差特性に従って、公知のキャリブレーション手法により、実際のカメラで写されたCCD画像上の座標(ccdx, ccdy)に変換し(S1308)、この位置にあるスリット光無画像の画素の状態を求めて、RAM43のワーキングエリア436に格納する(S1309)。そして、次の画素について上述したS1303からS1309までの処理を実行すべく、カウンタbに「1」を加算する(S1309)。
- [0137] こうして、S1308からS1309までの処理をカウンタbが画素数aになるまで繰り返すと(S1302:Yes)、S1301において、当該処理を実行するためにワーキングエリア436に割り当てた処理領域を開放して(S1310)、当該処理を終了する。
- [0138] 以上説明したように、「撮像補正モード」における撮像装置1は、第1スリット光71及び第2スリット光72の2列のスリット光を原稿Pに投光し、その原稿Pを結像レンズ31によってCCD画像センサ32に結像させて撮像し、続けて、スリット光が投光されていない原稿Pの画像を撮像する。
- [0139] 次に、この2つの撮像画像の内、スリット光が原稿Pに投光された状態を撮像したスリット光有画像から、スリット光の軌跡を抽出する場合には、スリット光の軌跡を構成する画素の一部の画素を検出し、その検出した画素からスリット光の軌跡に関する近似曲線を算出する。
- [0140] スリット光の軌跡を構成する画素の残り画素を検出するためのccdy方向の検出範囲は、この近似曲線に基づいて制限されるので、全体として、スリット光を構成する画素を検出するための処理を高速化できると共に、スリット光を含む画素が含まれる可能性が極めて高い範囲だけを検出するので、スリット光を構成する画素以外の画素

を誤検出する可能性を低減でき、高精度にスリット光の軌跡を抽出することができる。

[0141] 撮像装置1は、このようにしてスリット光の軌跡を抽出して、三角測量原理によりスリット光の軌跡各部の3次元空間位置を演算し、これらから原稿Pの位置、傾き、及び湾曲状態(3次元形状データ)を求め、これらの3次元形状データとスリット光無画像の画像データとをメモ리카ード55に書込む。

[0142] よって、撮像装置1によれば、使用者は、モード切替スイッチ59を「補正撮像モード」側に切り換え、ファインダ53、又は、LCD51で原稿Pの所望の範囲が撮像範囲に入っているか確認し、リリースボタン52を押して画像を撮影することによって、湾曲などの形状変形した原稿Pを斜めから撮像した場合でも、平らな原稿Pを正面から撮像したかのような画像データをメモ리카ード55に記憶させることができる。

[0143] 尚、メモ리카ード55に記憶された画像データは、LCD51で表示して撮像内容を確認したり、メモ리카ード55を撮像装置1から取り外して、外部のパーソナルコンピュータなどにより表示したり、印刷したりして用いることができる。

[0144] 以上実施例に基づき本発明を説明したが、本発明は上記実施例に何ら限定されるものでなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲内で種々の改良変形が可能であることは容易に推察できるものである。

[0145] 例えば、上記実施例では、赤成分を主成分とするスリット光を抽出する場合について説明したが、主成分となる成分は赤成分に限定されるものではなく、緑成分、青成分を主成分とするスリット光であっても良い。例えば、赤成分を主成分とするスリット光に代えて緑成分を主成分とするスリット光を抽出する場合には、赤差分値 $R_d (= R - (G + B / 2))$ に代えて、緑差分値 $G_d (= G - (R + B / 2))$ を算出し、 $R_d \cdot Y$ 値に代えて $G_d \cdot Y$ 値を採用することもできる。

[0146] 上記実施例では、赤差分値 R_d は、赤値 R から緑値 G と青値 B との平均値を減算することにより算出していたが、赤差分値 R_d を算出する方法としては、赤値 R から緑値 G と青値 B との重み付け平均を減算して算出するようにしても良い。例えば、 $R_d = R - (2 \cdot G + 1 \cdot B) / 3$ 等の式により算出するようにしても良い。

[0147] 撮像装置1で撮像する対象物体は、シート状の原稿Pの他にも、固体ブロックの滑らかな表面であったり、場合によっては稜線をもつ物体の表面であっても良く、およそ

2列のスリット光の軌跡から、その3次元空間における3次元形状を希求したい用途にはすべて同様に、対象物体の3次元形状を検出する効果を発揮することができる。

[0148] 但し、本実施例のように、対象物体がシート状の原稿Pであれば、第1スリット光の軌跡71aを原稿Pの断面形状であるとして、原稿Pの全体の形状を推定し、原稿Pの湾曲などの形状変形に対する画像補正をすることができる。また、対象物体がスリット光の長手方向に対する直交方向に略均一な3次元形状であれば、スリット光を投光する位置に含まれる対象物体の突起部など特異な形状により生じる検出姿勢のずれなどを考慮しなくて良く、スリット光が投光される箇所に気をつかわないでも良いようにできる。

[0149] 本実施例の撮像装置1では、スリット光投光ユニット20が、第1スリット光71と、第2スリット光72の2列のスリット光を出射するように構成されているが、出射するスリット光は、2列に限らず、3列以上を出射するように構成されるものであっても良い。例えば、図17(b)に示す原稿Pのスリット光の軌跡画像のように、第1スリット光71及び第2スリット光72に加えて、第2スリット光72と同様の第3スリット光が、原稿Pにて第2スリット光72の上方に投光されるようにスリット光投光ユニット20が構成されていても良い。このような構成によれば、第1〜第3スリット光のスリット光の軌跡の各点の位置から、原稿Pの縦方向の湾曲形状に対しても推定することができ、これによりスリット無画像を補正して、更に見やすい画像とすることができる。

[0150] 本実施例では光源に、赤色レーザー光線を放射するレーザーダイオード21を用いているが、その他、面発光レーザー、LED、EL素子など、光ビームを出力できるものであれば、いずれを用いるものであっても良い。

[0151] 透明平板24に代えて、入射するレーザー光線のパワーの所定の割合を所定方向に回折する回折格子を1面に形成した透明平板が用いられても良い。このような回折格子を有する透明平板によれば、回折格子で回折された1次光のレーザー光線を第2スリット光72とし、そのまま透過する0次光のレーザー光線を第1スリット光71とすることができる。

[0152] スリット光投光ユニット20から出射されるスリット光は、長手方向に直交する方向に、急峻に絞り込まれた細線の他に、一定の幅を備えたストライプ状の光パターンでも良

い。つまり、パターン光には本実施例で例示したスリット光の他にも、縞パターン、ブロック形状パターン、ドットパターン等様々な幾何学模様を採用することができ、これらの境界線の軌跡や重心位置の軌跡の連続性を近似関数で抽出することにより、以上に詳述した効果が同様に得られるものである。

- [0153] 第1スリット光71と、第2スリット光72の位置関係は逆転しても良く、第1の方向つまり撮像装置1から見て下側に第2スリット光72を、そして、第2の方向に第1スリットを形成すべく、各光学素子を配設しても良い。
- [0154] 撮像装置1は、スリット光有画像及びスリット光無画像を、結像レンズ31及びCCD画像センサ32を用いて撮像するよう構成されている。このような構成に対して、撮像装置に、結像レンズ31及びCCD画像センサ32の他に、スリット光有画像を撮像するための結像レンズ及びCCD画像センサが別途追加して設けられていても良い。このように構成することにより、スリット光有画像とスリット光無画像とを撮像する間の時間経過(CCD画像センサ32の画像データを転送する時間など)を無くすることができ、スリット光有画像に対してスリット光無画像の撮像範囲のずれが無く、検出する対象物体の3次元形状の精度が高いものとすることができる。但し、本実施例の撮像装置1の方が、構成部品が少なく、小型で安価なものとすることができる。
- [0155] 本発明の一つの実施形態において、第1領域設定手段は、パターン光の軌跡の一部を含む第1領域として、パターン光投光画像内におけるパターン光の軌跡の中央部分を含む領域を設定するよう構成されていても良い。
- [0156] このような構成の3次元形状検出装置によれば、第1領域設定手段は、第1領域としてパターン光投光画像内におけるパターン光の軌跡の中央部分を含む領域を設定する。操作者は対象物体が撮像画像の中央部に位置するように撮像するのが一般的である。一方、画像の両端部には、対象物体以外の背景や不要な物等が写り込んでいる可能性が高い。よって、画像の両端部を第1領域として設定し、その第1領域内から抽出された画素に基づき近似曲線を算出した場合には、対象物体上のパターン光の軌跡に沿った近似曲線が算出される可能性は低い。一方、本装置のように、パターン光投光画像内におけるパターン光の軌跡の中央部分を含む領域を第1領域として設定することで、対象物体上のパターン光の軌跡に沿った近似曲線を算出

することができるという効果が得られる。

[0157] 本発明の一つの実施形態において、3次元形状検出装置は、パターン光投光画像のX軸方向においてパターン光の軌跡の残り部分を構成する画素を検出するための複数の検出位置を、第1領域の範囲外からパターン光投光画像の端部に向かって設定する検出位置設定手段と、検出位置設定手段で設定される検出位置毎にパターン光の軌跡の残り部分を構成する画素を検出する第2検出手段と、第2検出手段で検出される画素毎に、その画素と、第1検出手段で検出される複数の画素とに基づいて近似曲線算出手段で算出される近似曲線を更新する第1更新手段とを備えていても良い。この場合、第2領域設定手段は、検出位置設定手段で設定される検出位置毎にパターン光投光画像のY軸方向の領域を制限するものであり、そのY軸方向の領域は、検出位置設定手段によって最初に設定される検出位置では、近似曲線算出手段で算出される近似曲線に基づき制限され、次から設定される検出位置では、第1更新手段で更新される近似曲線に基づき制限されるよう構成されていても良い。

[0158] このような構成の3次元形状検出装置によれば、近似曲線算出手段で算出される近似曲線は、第2検出手段で検出される画素毎に、その画素と、第1検出手段で検出される複数の画素とに基づいて第1更新手段によって更新される。したがって、パターン光の軌跡に関する近似曲線を高精度に算出することができる。また、近似曲線が更新された後は、第2領域設定手段は、その更新された近似曲線に基づき、パターン光を構成する画素を検出するためのY軸方向の領域を制限するので、パターン光を含む画素を検出するための検出処理を高速に行うことができるという効果が得られる。

[0159] 本発明の一つの実施形態において、検出位置設定手段は、検出位置として、第1領域を挟む両側を交互に設定するよう構成されていても良い。

[0160] このような構成の3次元形状検出装置によれば、検出位置設定手段は、検出位置として第1領域を挟む両側を交互に設定するので、特に、第1領域を挟む両側において略対照に延びるパターン光の軌跡に関する近似曲線を高精度に算出することができるという効果が得られる。

- [0161] 例えば、第1領域を挟む両側において略対照に延びるパターン光の軌跡を抽出しようとする場合に、第1領域を挟む一方の領域内の全てを検出した後に、他方の領域内を検出しようとする、一方の領域における検出軌跡の影響を受け、他方の領域の最初の検出位置におけるパターン光を含む画素が、第1領域を挟む一方の領域から検出された画素に基づいて算出される近似曲線から所定の閾値以上離れ正確にパターン光を含む画素を検出できないケースが発生するという弊害を防止することができる。
- [0162] 本発明の一つの実施形態において、3次元形状検出装置は、検出位置毎に第2検出手段によって画素が検出されなかった回数を計数する計数手段と、計数手段によって計数された回数が連続する検出位置において所定回数を超えるか否かを判断する判断手段と、判断手段によって、計数手段により計数された回数が連続する検出位置において所定回数を超えると判断された場合には、以後の検出位置における第2検出手段による検出を中止する中止手段とを備えていても良い。
- [0163] このような構成の3次元形状検出装置によれば、計数手段によって計数された回数が連続する検出位置において所定回数を越えると判断された場合には、以後の検出位置における第2検出手段による検出は中止手段によって中止される。したがって、不要な検出を省略して、パターン光の軌跡を抽出するための処理を高速化させることができるという効果が得られる。
- [0164] 本発明の一つの実施形態において、3次元形状検出装置は、第1検出手段で検出される複数の画素の内から、近似曲線算出手段で算出される近似曲線に対してパターン光投光画像のY軸方向に所定間隔以上離れた画素を抽出する抽出手段をさらに備えていても良い。この場合、パターン光の軌跡は、その抽出手段で抽出される画素を第1検出手段で検出される複数の画素から取り除いた残りの画素と、第2領域設定手段で設定された第2領域内から検出される画素とに基づき抽出されるようになっていても良い。
- [0165] このような構成の3次元形状検出装置によれば、パターン光の軌跡は、第1検出手段で検出される複数の画素から抽出手段で抽出される画素を取り除いた残りの画素と、第2領域設定手段で設定された第2領域内から検出される画素とに基づき抽出さ

れる。したがって、第1検出手段で検出される複数の画素の全部をパターン光の軌跡を構成する画素とする場合に比べて、高精度にパターン光の軌跡を抽出することができるという効果が得られる。

[0166] 本発明の一つの実施形態において、3次元形状検出装置は、抽出手段で抽出される画素を第1検出手段で検出される複数の画素から取り除いた残りの画素に基づき、近似曲線算出手段で算出される近似曲線を更新する第2更新手段をさらに備えていても良い。この場合、第2領域設定手段は、検出位置設定手段によって最初に設定される検出位置におけるY軸方向の領域を第2更新手段で更新される近似曲線に基づき制限するよう構成されていても良い。

[0167] このような構成の3次元形状検出装置によれば、近似曲線算出手段で算出される近似曲線は、第1検出手段で検出される複数の画素から抽出手段で抽出される画素を取り除いた残りの画素に基づき更新される。したがって、第1検出手段で検出される複数の画素に基づき算出される近似曲線に比べて、近似曲線の精度を向上させることができる。また、検出位置設定手段によって最初に設定される検出位置におけるY軸方向の領域は、更新される近似曲線に基づき制限されるので、Y軸方向の領域をより適正な範囲に制限することができるという効果が得られる。

[0168] 本発明の一つの実施形態において、第1更新手段又は第2更新手段は、段階的に高次の近似曲線を算出するよう構成されていても良い。

[0169] このような構成の3次元形状検出装置によれば、第1更新手段又は第2更新手段は、段階的に高次の近似曲線を算出するので、凹凸を有する対象物体に投光されたパターン光であっても、そのパターン光の軌跡を高精度に抽出することができるという効果が得られる。

[0170] 本発明の一つの実施形態において、撮像装置は、上述のように構成された3次元形状検出装置と、3次元形状検出装置の3次元形状算出手段により算出される対象物体の3次元形状に基づいて、その3次元形状検出装置の撮像手段によって撮像されるパターン光が投光されていない状態における対象物体のパターン光非投光画像を対象物体の所定面の略鉛直方向から観察される平面画像に補正する平面画像補正手段とを備える。

- [0171] このような撮像装置によれば、上述の3次元検出装置によって高精度に抽出されるパターン光の軌跡に基づいて、パターン光非投光画像を正確な平面画像に補正することができるという効果が得られる。
- [0172] 上記実施形態において、図7のフローチャートのS709, S710の処理は、第1領域設定手段或いは第1領域設定ステップとして位置付けられる。図7のフローチャートのS711からS715までの処理は、第1検出手段或いは第1検出ステップと位置付けられる。図9のフローチャートのS902の処理は、近似曲線算出手段或いは近似曲線算出ステップと位置付けられる。図9のフローチャートのS909, S910の処理は、第2領域設定手段或いは第2領域設定ステップと位置付けられる。
- [0173] 図9のフローチャートのS906の処理は、検出位置設定手段と位置付けられる。図9のフローチャートのS911からS914, S923からS926の処理は、第2検出手段と位置付けられる。図9のフローチャートのS915やS927の処理は、第1更新手段と位置付けられる。
- [0174] 図9のフローチャートのS919, S931の処理は、計数手段と位置付けられる。図9のフローチャートのS908, S920の処理は、判断手段や中止手段と位置付けられる。
- [0175] 図9のフローチャートのS903の処理は、抽出手段と位置付けられる。図9のフローチャートのS904の処理は、第2更新手段と位置付けられる。

請求の範囲

- [1] パターン光を投光する投光手段と、
前記パターン光が投光される状態における対象物体のパターン光投光画像を撮像する撮像手段と、
前記撮像手段によって撮像されたパターン光投光画像から抽出される前記パターン光の軌跡に基づき、対象物体の3次元形状を算出する3次元形状算出手段とを備えた3次元形状検出装置であって、
前記パターン光投光画像内から、そのX軸方向に延びる前記パターン光の軌跡の一部を含む第1領域を設定する第1領域設定手段と、
前記第1領域設定手段で設定される第1領域内から前記パターン光の軌跡の一部を構成する複数の画素を検出する第1検出手段と、
前記第1検出手段で検出される複数の画素に基づき、前記パターン光の軌跡に関する近似曲線を算出する近似曲線算出手段と、
前記近似曲線算出手段で算出される近似曲線に基づき、前記パターン光投光画像内から前記パターン光の軌跡の残り部分を構成する画素を検出するための第2領域を設定する第2領域設定手段とを備え、
前記パターン光の軌跡は、前記第1検出手段で検出される複数の画素と、前記第2領域設定手段で設定される前記第2領域内から検出される画素とに基づき抽出されることを特徴とする3次元形状検出装置。
- [2] 前記第1領域設定手段は、前記パターン光の軌跡の一部を含む第1領域として、前記パターン光投光画像内における前記パターン光の軌跡の中央部分を含む領域を設定することを特徴とする請求項1に記載の3次元形状検出装置。
- [3] 前記パターン光投光画像のX軸方向において前記パターン光の軌跡の残り部分を構成する画素を検出するための複数の検出位置を、前記第1領域の範囲外から前記パターン光投光画像の端部に向かって設定する検出位置設定手段と、
前記検出位置設定手段で設定される検出位置毎に前記パターン光の軌跡の残り部分を構成する画素を検出する第2検出手段と、
前記第2検出手段で検出される画素毎に、その画素と、前記第1検出手段で検出さ

れる複数の画素とに基づいて前記近似曲線算出手段で算出される近似曲線を更新する第1更新手段とを備え、

前記第2領域設定手段は、前記検出位置設定手段で設定される検出位置毎に前記パターン光投光画像のY軸方向の領域を制限するものであり、そのY軸方向の領域は、前記検出位置設定手段によって最初に設定される検出位置では、前記近似曲線算出手段で算出される近似曲線に基づき制限され、次から設定される検出位置では、前記第1更新手段で更新される近似曲線に基づき制限されることを特徴とする請求項1に記載の3次元形状検出装置。

[4] 前記検出位置設定手段は、前記検出位置として、前記第1領域を挟む両側を交互に設定することを特徴とする請求項3に記載の3次元形状検出装置。

[5] 前記検出位置毎に前記第2検出手段によって画素が検出されなかった回数を計数する計数手段と、

前記計数手段によって計数された回数が連続する検出位置において所定回数を超えるか否かを判断する判断手段と、

前記判断手段によって前記計数手段によって計数された回数が連続する検出位置において所定回数を超えると判断された場合には、以後の検出位置における前記第2検出手段による検出を中止する中止手段とを備えていることを特徴とする請求項3に記載の3次元形状検出装置。

[6] 前記第1検出手段で検出される複数の画素の内から、前記近似曲線算出手段で算出される近似曲線に対して前記パターン光投光画像のY軸方向に所定間隔以上離れた画素を抽出する抽出手段を備え、

前記パターン光の軌跡は、その抽出手段で抽出される画素を前記第1検出手段で検出される複数の画素から取り除いた残りの画素と、前記第2領域設定手段で設定された第2領域内から検出される画素とに基づき抽出されることを特徴とする請求項5に記載の3次元形状検出装置。

[7] 前記抽出手段で抽出される画素を前記第1検出手段で検出される複数の画素から取り除いた残りの画素に基づき、前記近似曲線算出手段で算出される近似曲線を更新する第2更新手段を備え、

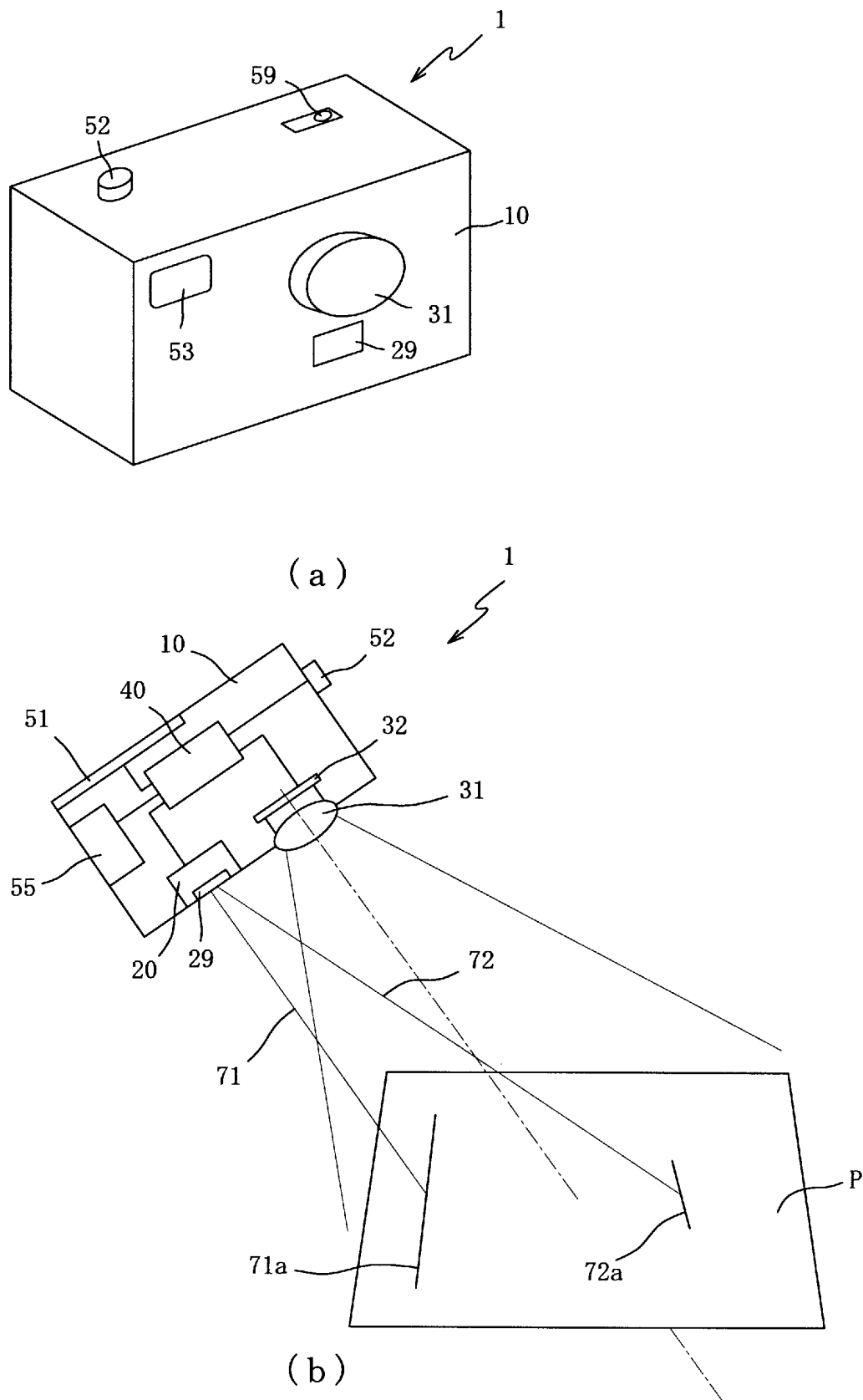
前記第2領域設定手段は、前記検出位置設定手段によって最初に設定される検出位置におけるY軸方向の領域を前記第2更新手段で更新される近似曲線に基づき制限することを特徴とする請求項6に記載の3次元形状検出装置。

[8] 前記第1更新手段又は前記第2更新手段は、段階的に高次の近似曲線を算出することを特徴とする請求項7に記載の3次元形状検出装置。

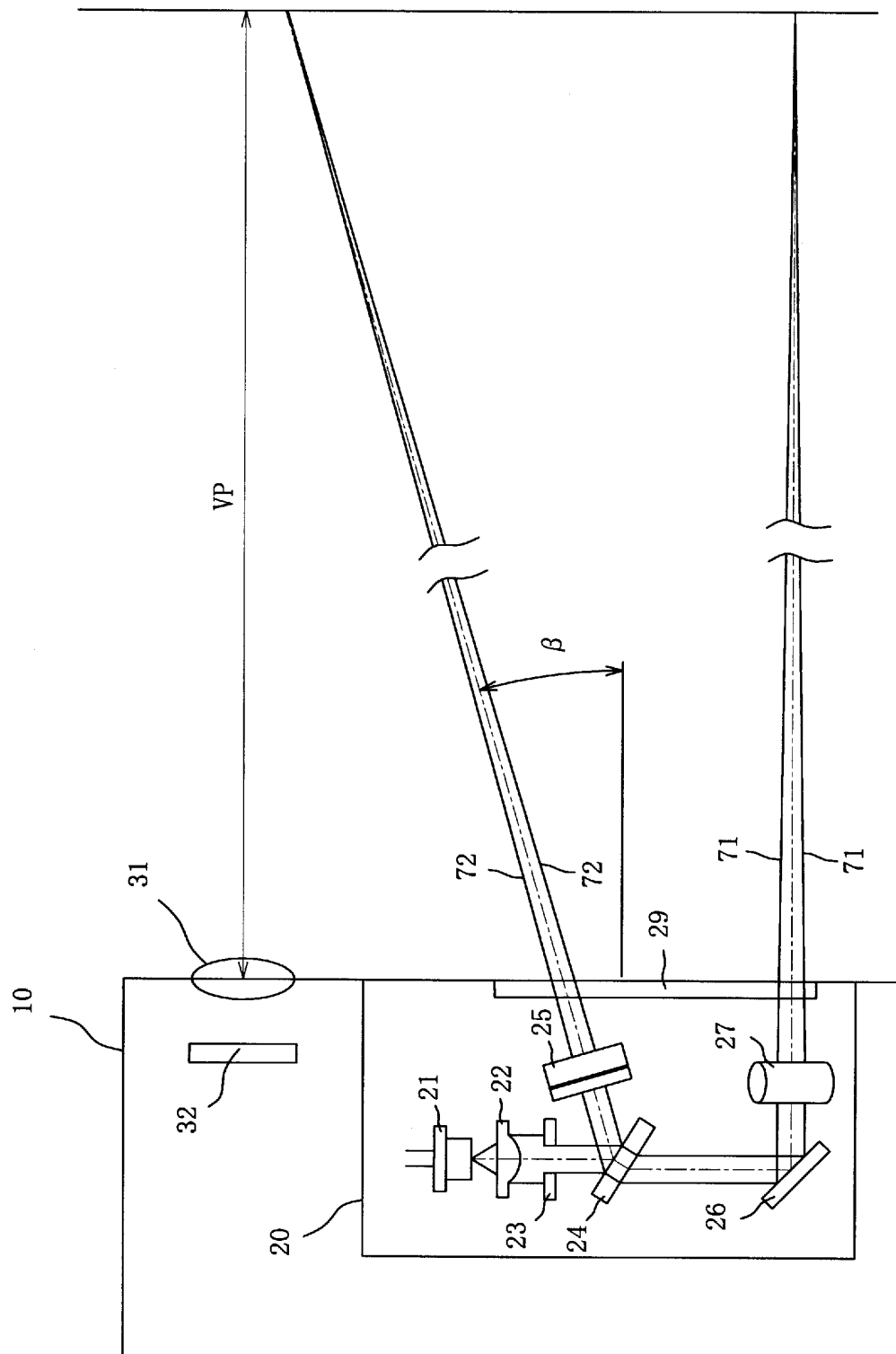
[9] 請求項1から8のいずれかに記載の3次元形状検出装置と、
前記3次元形状検出装置の3次元形状算出手段により算出される対象物体の3次元形状に基づいて、その3次元形状検出装置の撮像手段によって撮像されるパターン光が投光されていない状態における対象物体のパターン光非投光画像を対象物体の所定面の略鉛直方向から観察される平面画像に補正する平面画像補正手段とを備えていることを特徴とする撮像装置。

[10] パターン光が投光されている状態における対象物体を撮像したパターン光投光画像から抽出されるパターン光の軌跡に基づき、対象物体の3次元形状を算出する3次元形状算出ステップを備えた3次元形状検出プログラムであって、
前記パターン光投光画像内から前記パターン光の軌跡の一部を含む第1領域を設定する第1領域設定ステップと、
その第1領域設定手段で設定される第1領域内から前記パターン光の軌跡の一部を構成する画素を検出する第1検出ステップと、
その第1検出手段で検出される画素に基づき、前記パターン光の軌跡に関する近似曲線を算出する近似曲線算出ステップと、
その近似曲線算出手段で算出される近似曲線に基づき、前記パターン光投光画像内から前記パターン光の軌跡の残り部分を構成する画素を検出するための第2領域を設定する第2領域設定ステップとを備え、
前記パターン光の軌跡は、前記第1検出ステップで検出される複数の画素と、前記第2領域設定ステップで設定された前記第2領域内から検出される画素とに基づき抽出されることを特徴とする3次元形状検出プログラム。

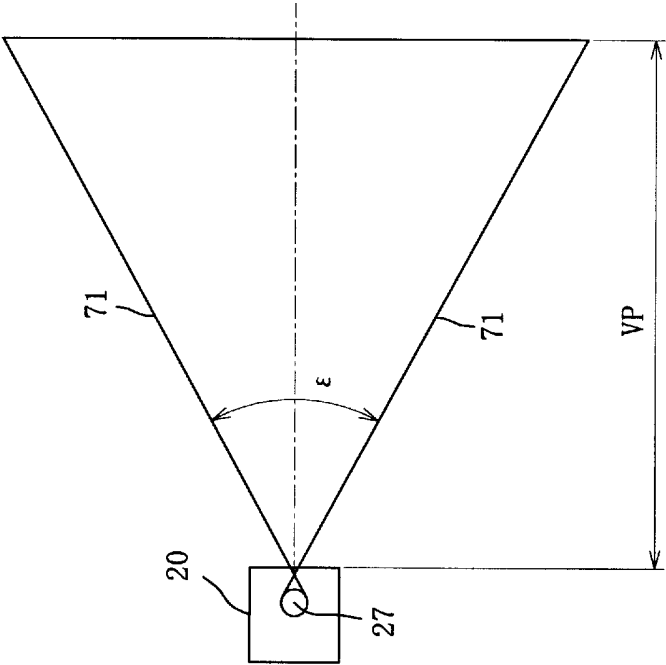
[図1]



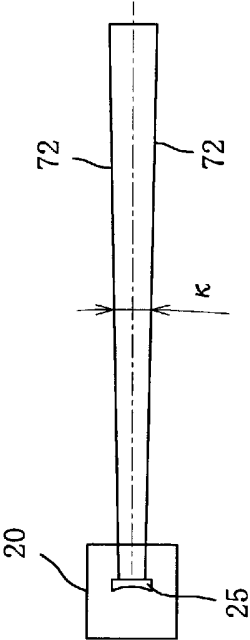
[図2]



[図3]

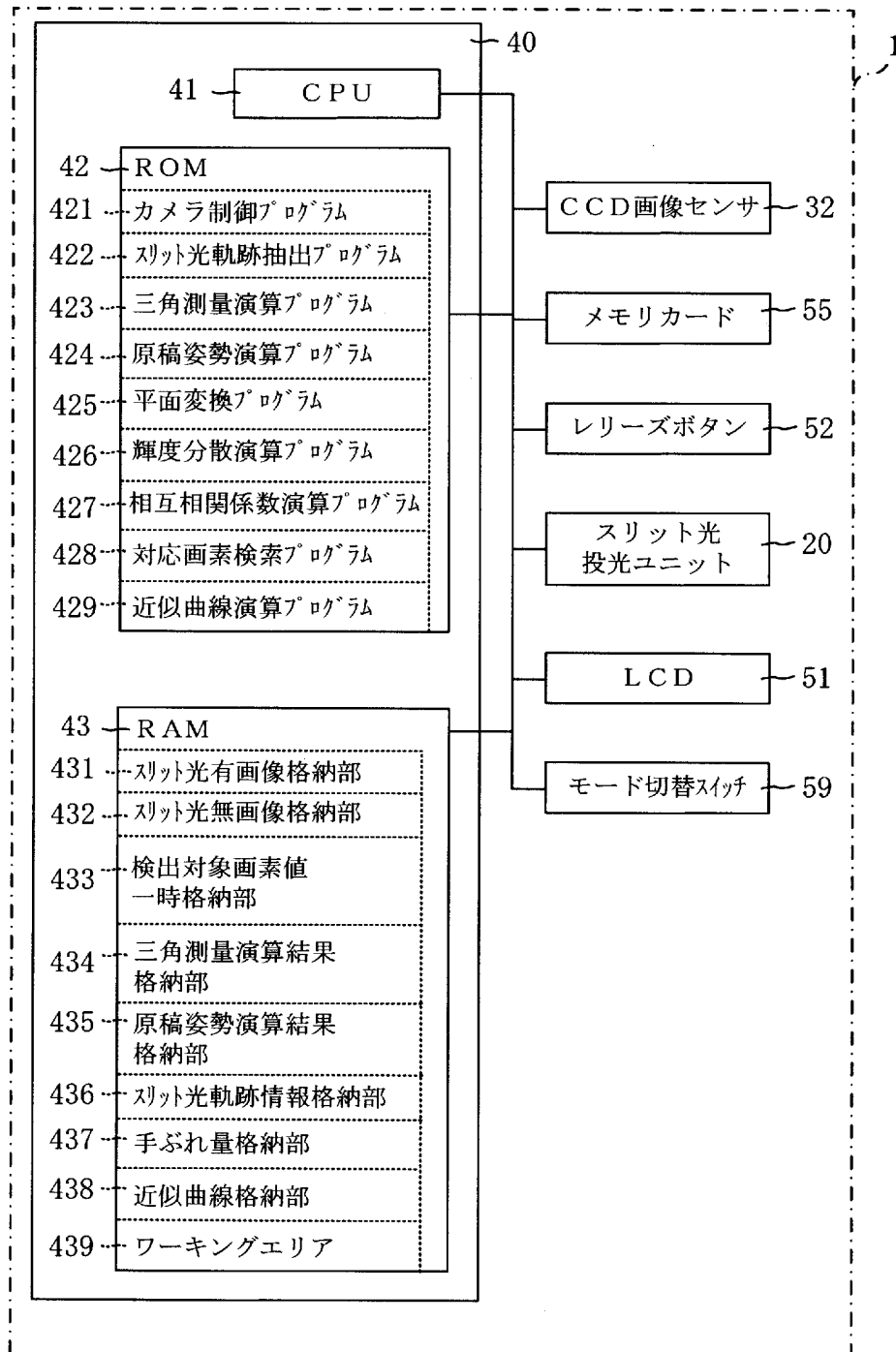


(a)

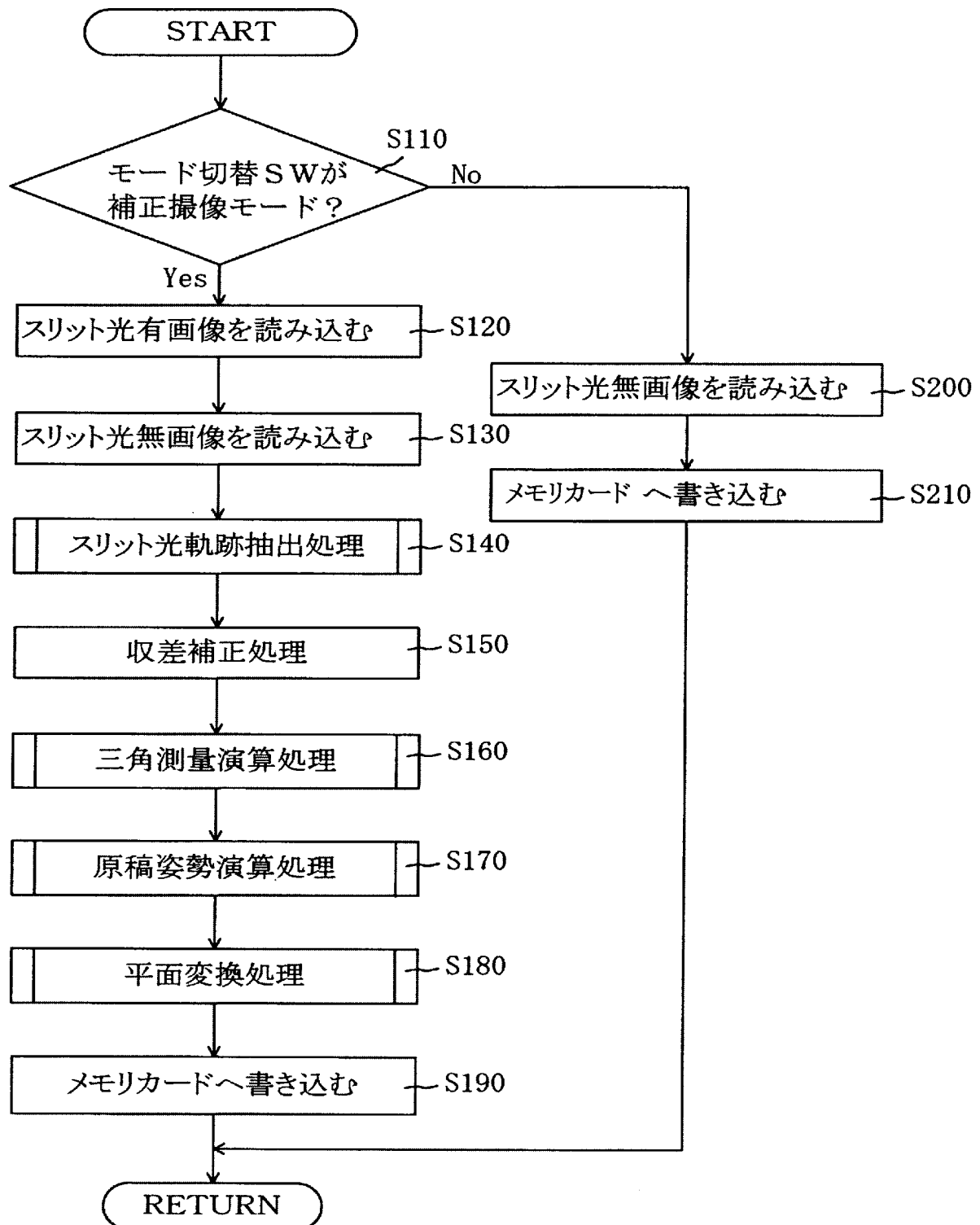


(b)

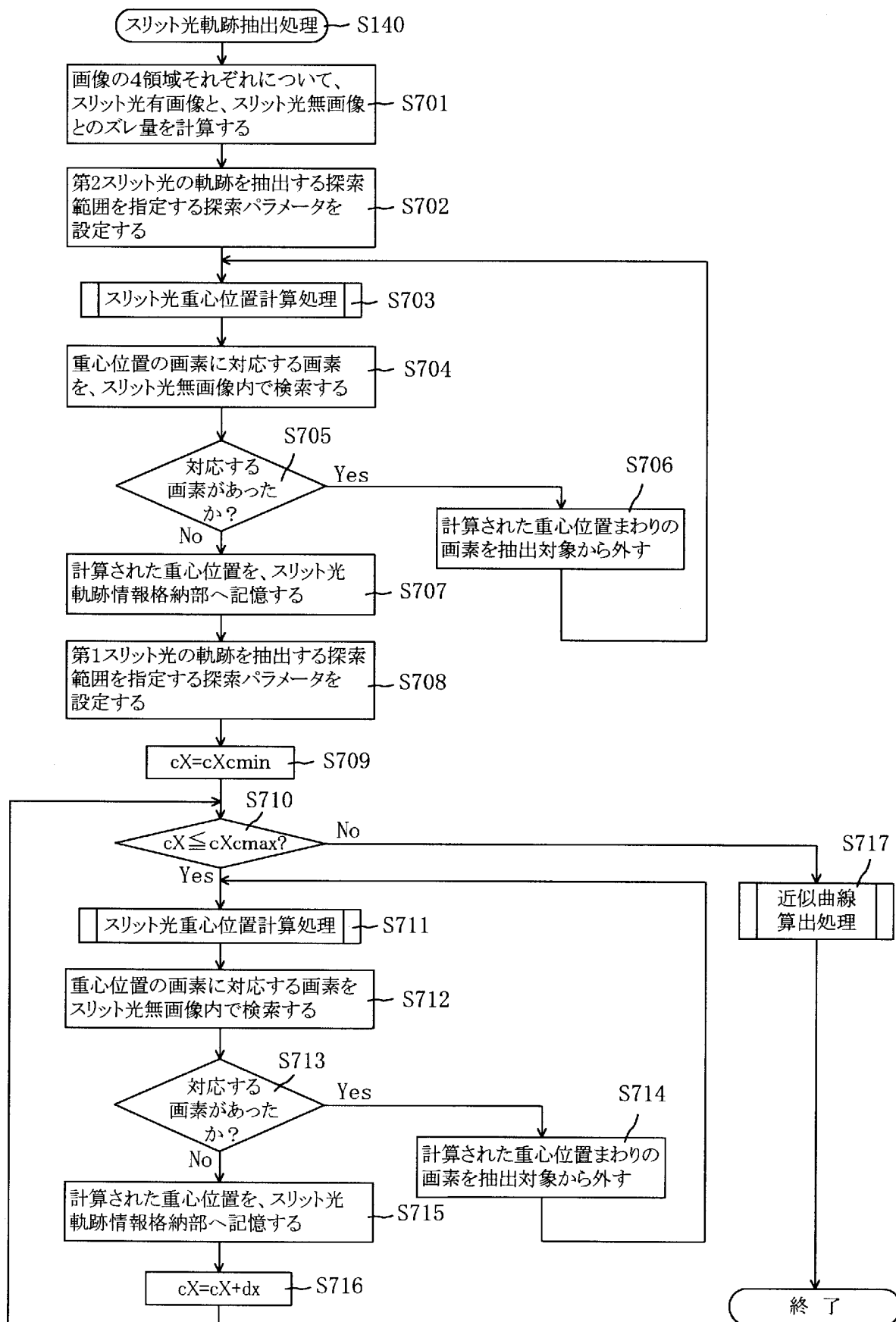
[図4]



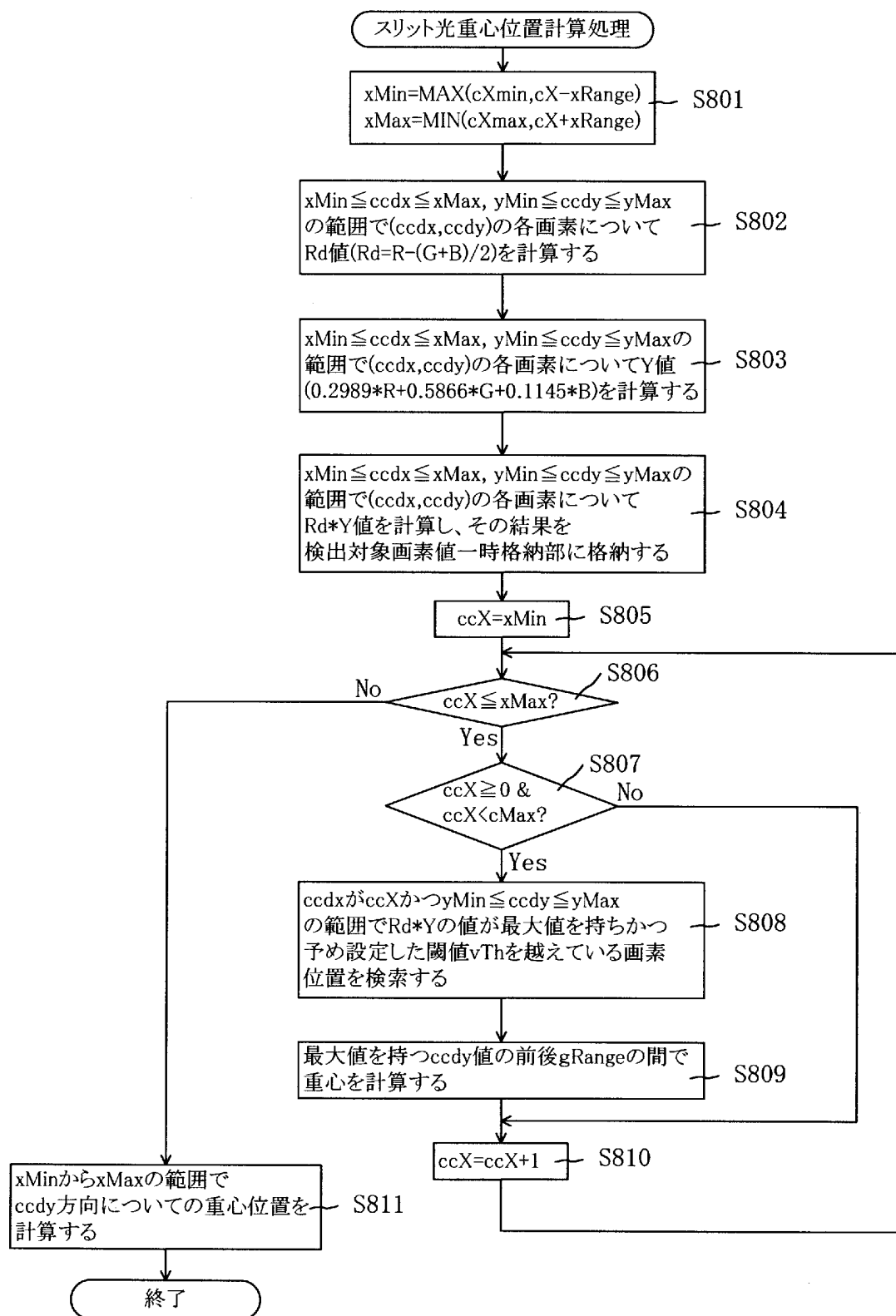
[図5]



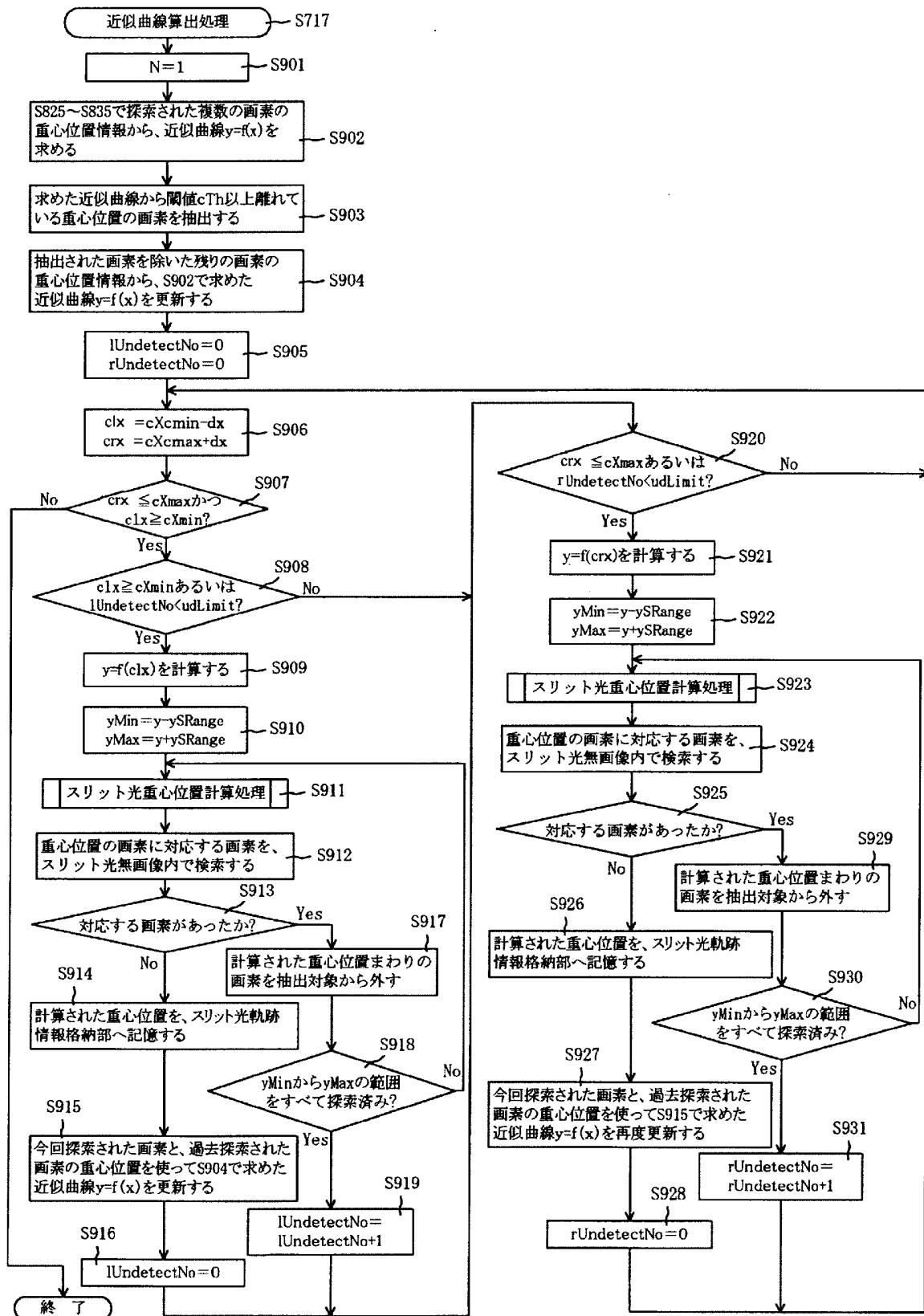
[図7]



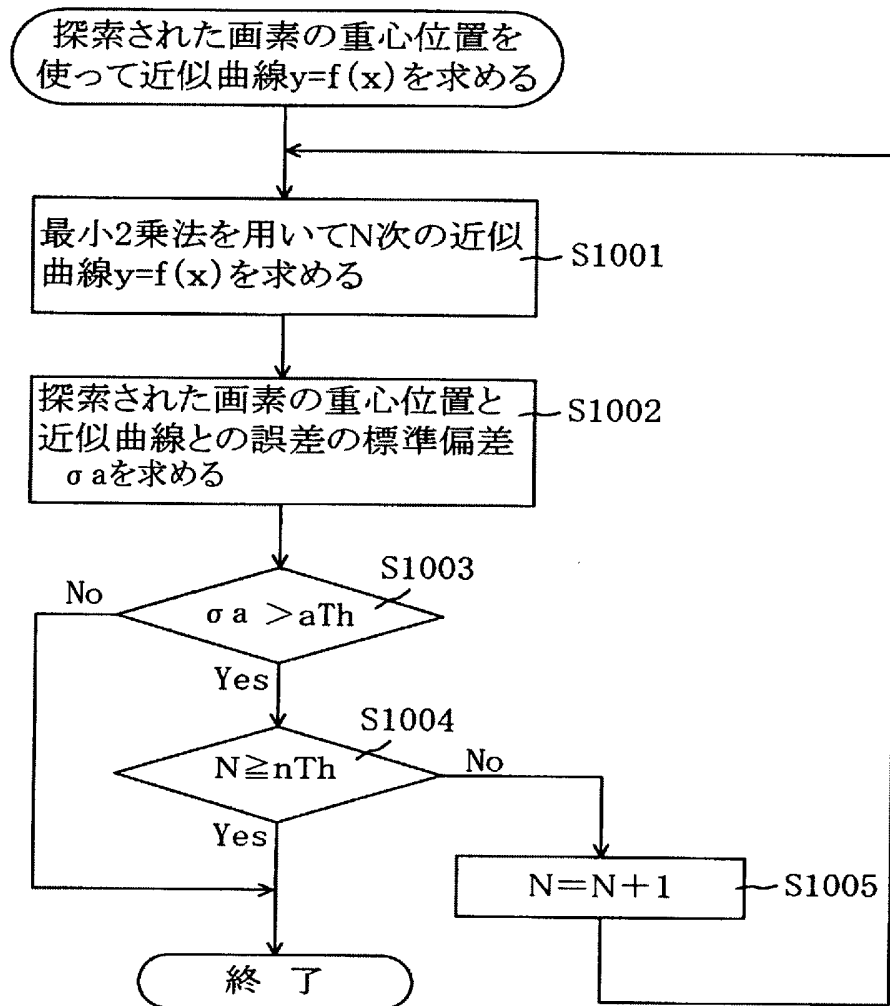
[図8]



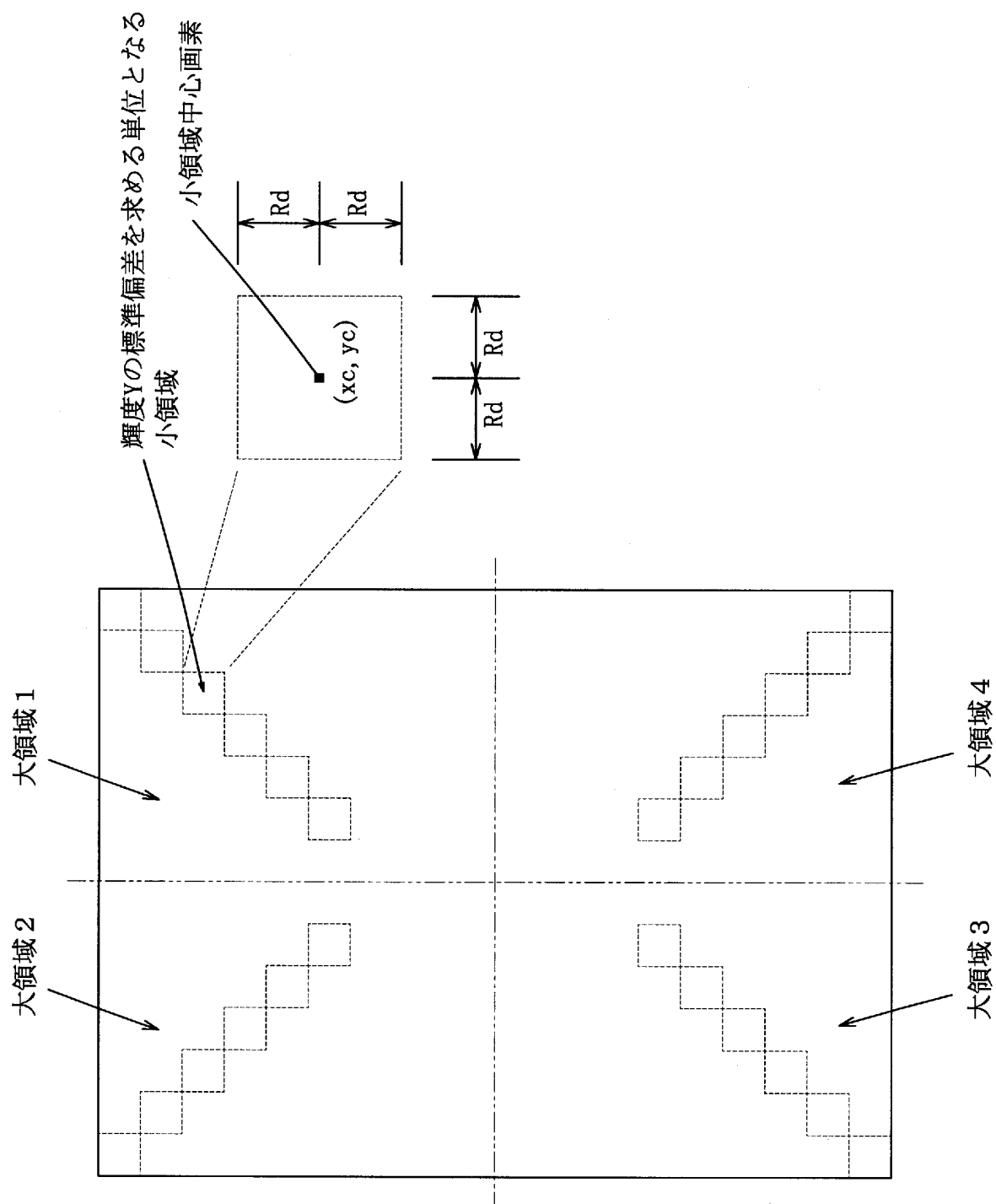
[図9]



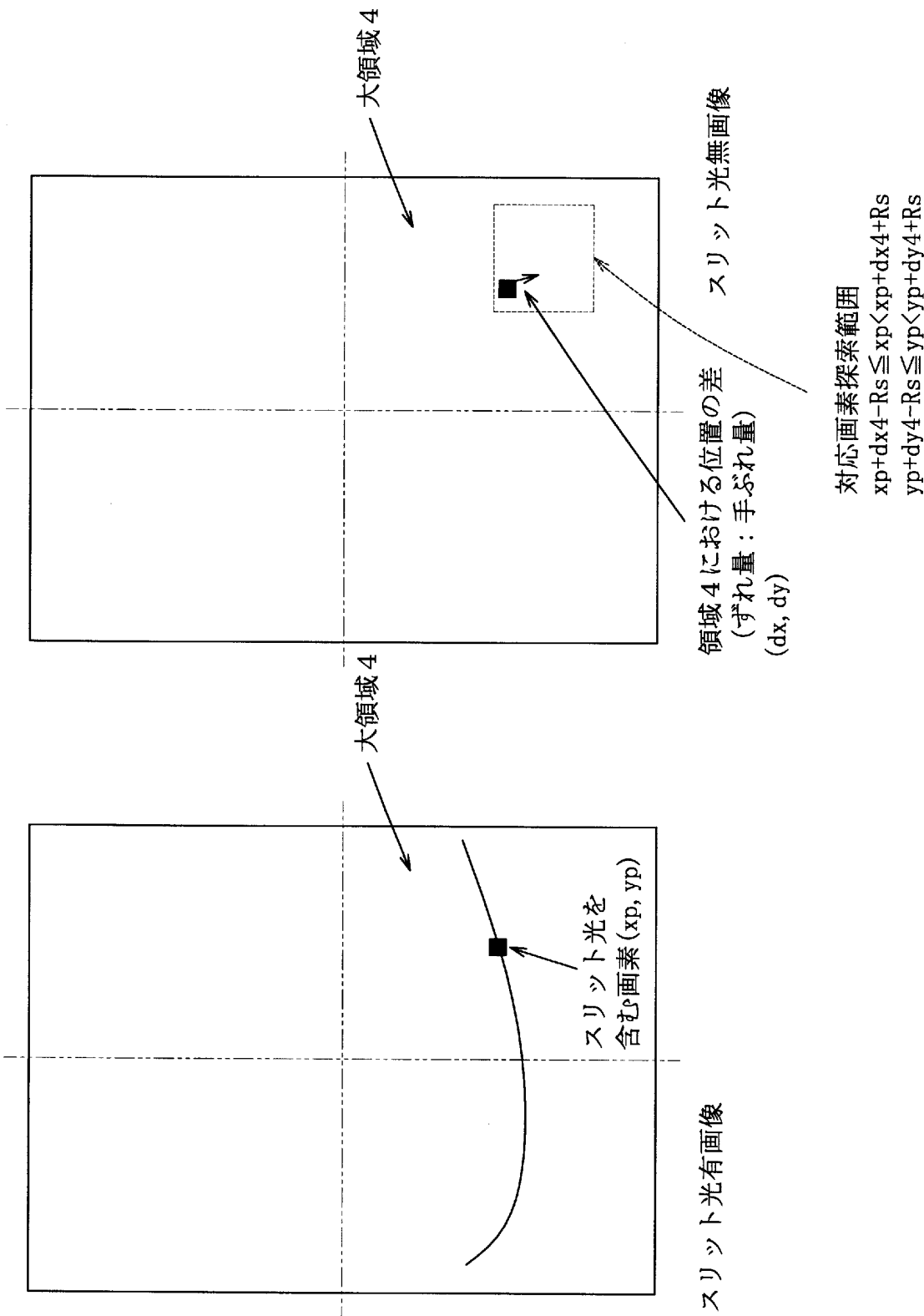
[図10]



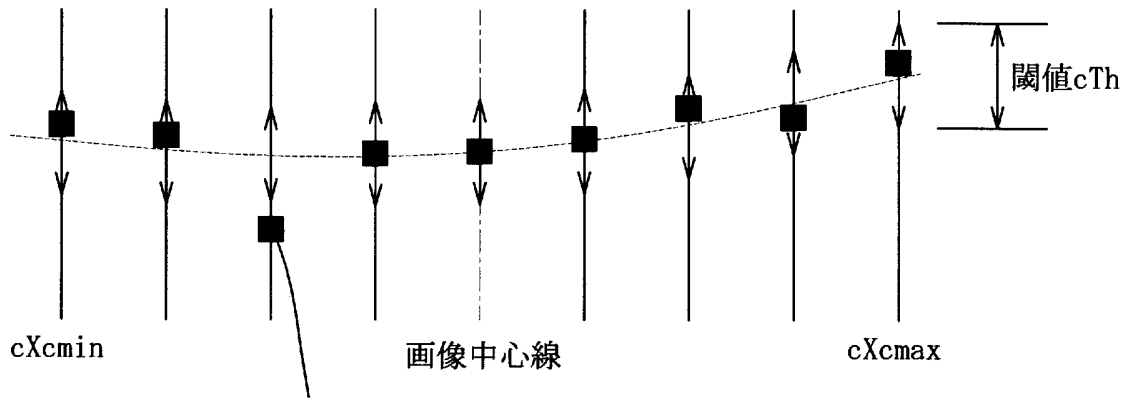
[図11]



[図13]

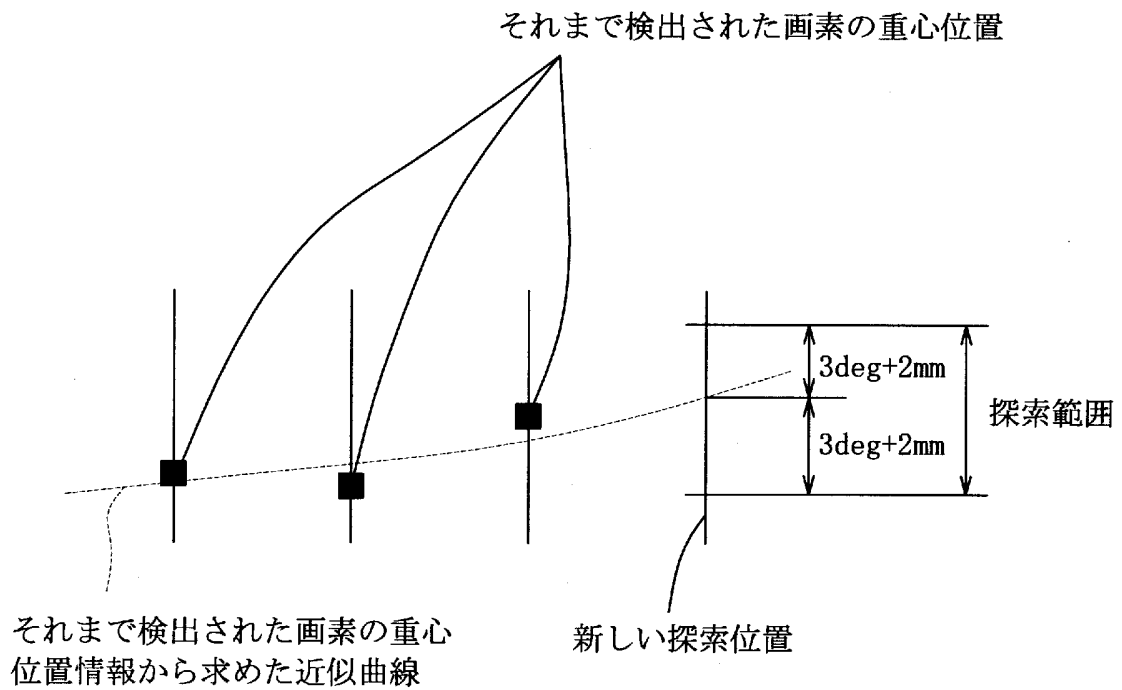


[図14]

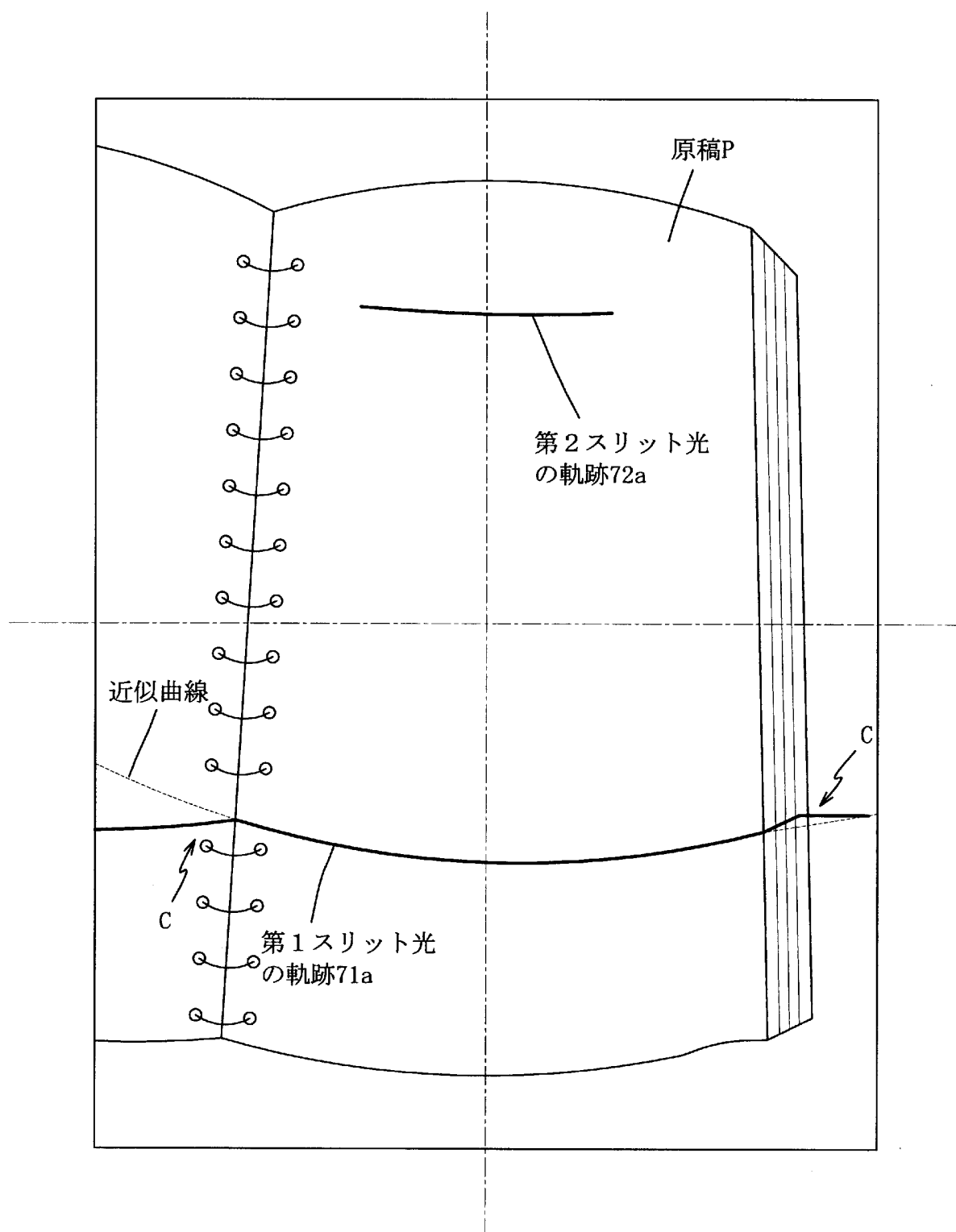


近似曲線から離れた画素・・・
 近似曲線の計算対象から取り除く

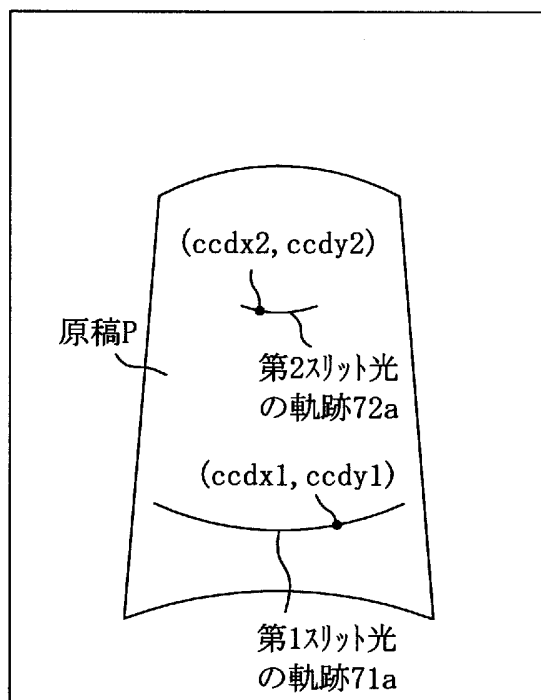
[図15]



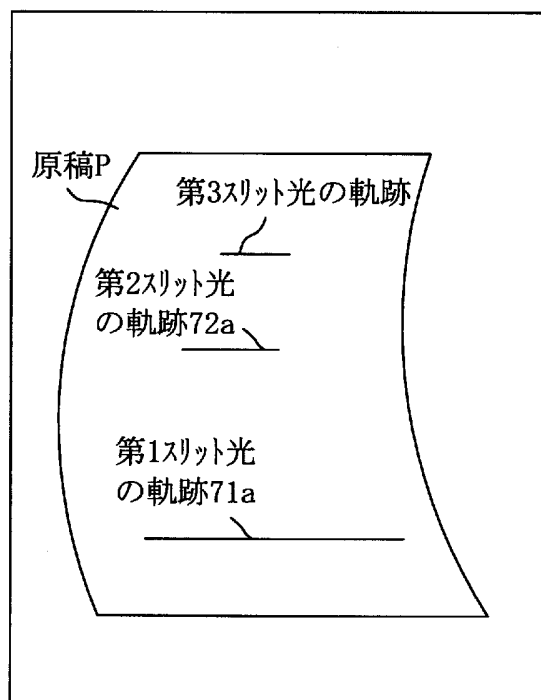
[図16]



[図17]

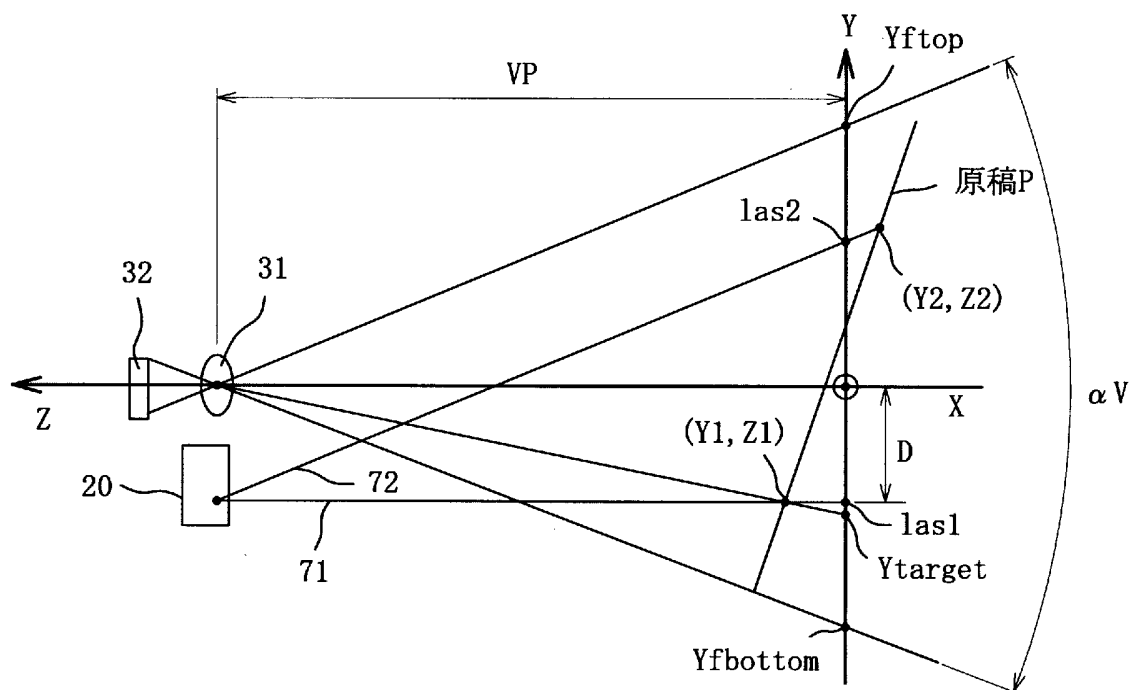


(a)

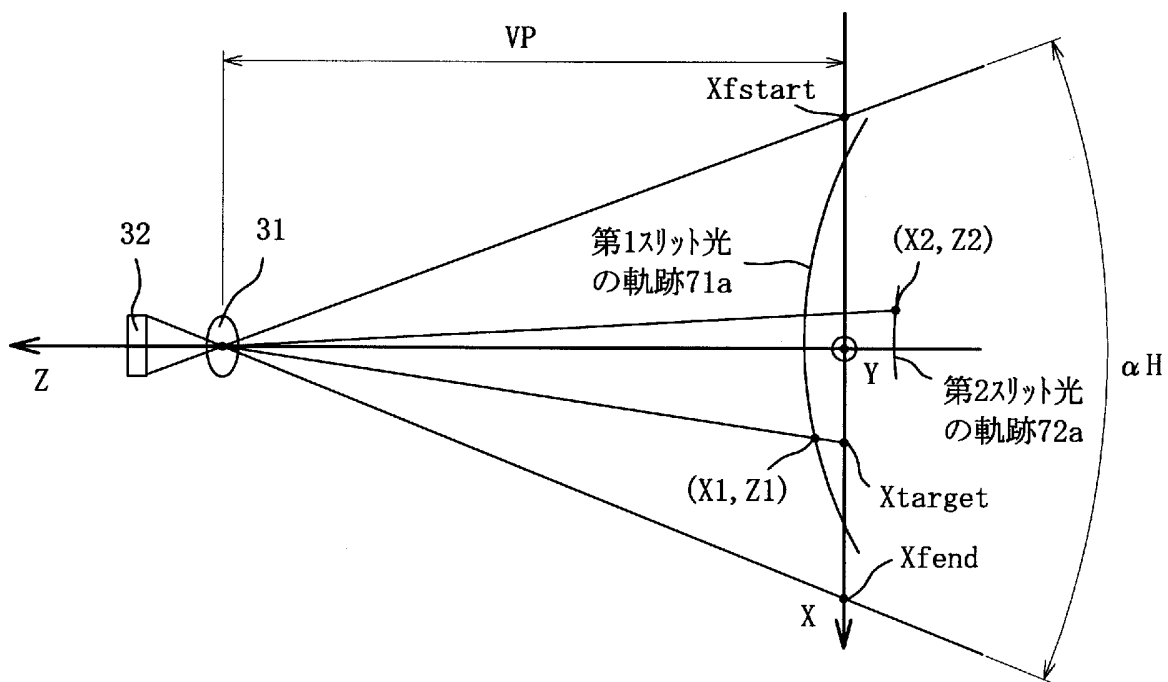


(b)

[図18]

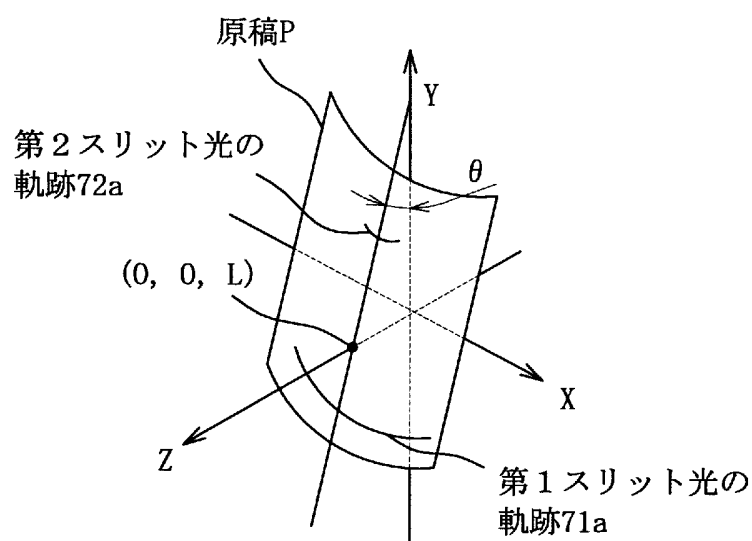


(a)

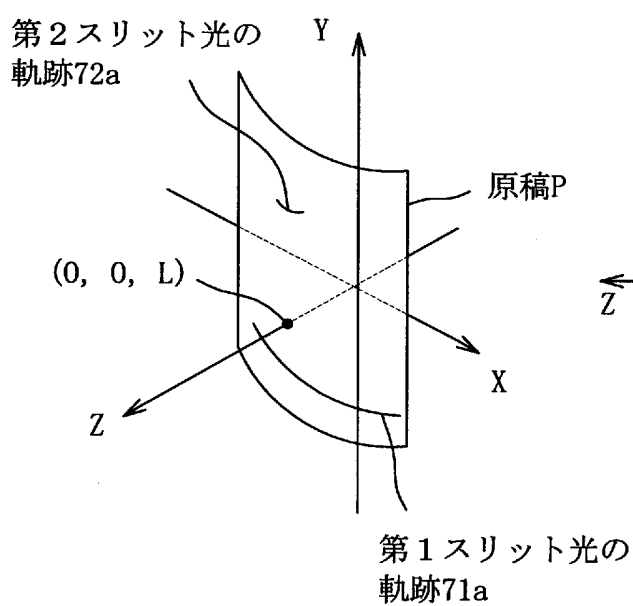


(b)

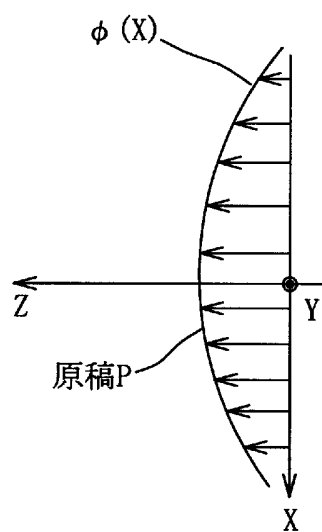
[図19]



(a)

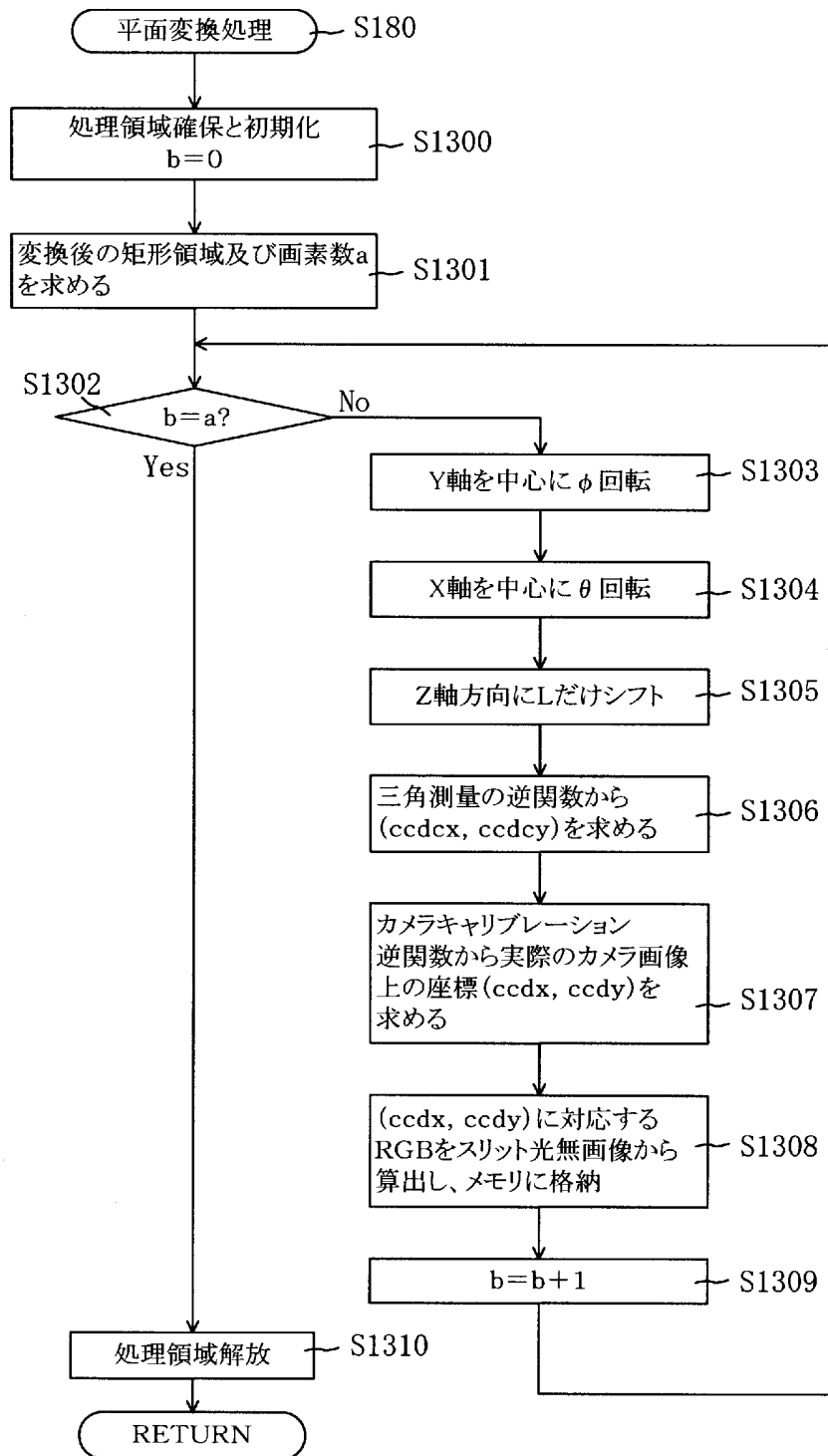


(b)



(c)

[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/016632

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01B11/25, G06T1/00

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)

Int.Cl⁷ G01B11/25, G06T1/00

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	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

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 2003-78725 A (Ricoh Co., Ltd.), 14 March, 2003 (14.03.03), Full text; all drawings & US 2002/0113946 A1	1-10
A	JP 2003-504947 A (Hewlett-Packard Co.), 04 February, 2003 (04.02.03), Full text; all drawings & EP 1067362 A1 & WO 01/04571 A1	1-10
A	JP 2003-106826 A (Ricoh Co., Ltd.), 09 April, 2003 (09.04.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-10

☐ 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
07 February, 2005 (07.02.05)Date of mailing of the international search report
08 March, 2005 (08.03.05)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl ⁷ G01B 11/25, G06T 1/00			
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 ⁷ G01B 11/25, G06T 1/00			
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 1971-2005年 日本国実用新案登録公報 1996-2005年 日本国登録実用新案公報 1994-2005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 請求の範囲の番号	
A	J P 2003-78725 A (株式会社リコー) 2003. 3. 14, 全文, 全図 & US 2002/0113946 A1	1-10	
A	J P 2003-504947 A (ヒューレット・パカード・カンパニー) 2003. 2. 4, 全文, 全図 & EP 1067362 A1 & WO 01/04571 A1	1-10	
☒ 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 07.02.2005		国際調査報告の発送日 08.3.2005	
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) 小野寺 麻美子 電話番号 03-3581-1101 内線 3257	

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 請求の範囲の番号
A	JP 2003-106826 A (株式会社リコー) 2003. 4. 9, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10