

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4111592号
(P4111592)

(45) 発行日 平成20年7月2日(2008.7.2)

(24) 登録日 平成20年4月18日(2008.4.18)

(51) Int.Cl.

G01B 11/25 (2006.01)

F 1

G01B 11/25

H

請求項の数 4 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願平10-171204	(73) 特許権者	303050160 コニカミノルタセンシング株式会社 大阪府堺市堺区大仙西町三丁91番地
(22) 出願日	平成10年6月18日(1998.6.18)	(72) 発明者	田辺 英樹 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内
(65) 公開番号	特開2000-2518(P2000-2518A)	(72) 発明者	井手 英一 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内
(43) 公開日	平成12年1月7日(2000.1.7)	(72) 発明者	内野 浩志 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内
審査請求日	平成15年2月28日(2003.2.28)	(72) 発明者	宮崎 誠 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内
審判番号	不服2005-22221(P2005-22221/J1)		
審判請求日	平成17年11月17日(2005.11.17)		

(54) 【発明の名称】 3次元入力装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体に参照光を投射する投光手段と、

物体像を結像して電気信号に変換する撮影手段とを備え、

前記参照光を投射せずに前記物体を撮影する2次元画像入力と、

前記参照光を投射して前記物体の形状を計測する3次元入力とを行う3次元入力装置であつて、

前記撮影手段は、入射した光の通過を制限する絞りを有し、

前記2次元画像入力をうときの前記絞りの絞り値と、前記3次元入力をうときの前記絞りの絞り値とを独立に設定し、それによって前記物体像における被写界深度を独立に調整する制御手段を備え、

前記制御手段は、前記2次元画像入力をうときに、被写界深度が大きくなるように前記絞りの絞り値を調整する

ことを特徴とする3次元入力装置。

【請求項 2】

物体に参照光を投射する投光手段と、

物体像を結像して電気信号に変換する撮影手段とを備え、

前記参照光を投射せずに前記物体を撮影する2次元画像入力と、

前記参照光を投射して前記物体の形状を計測する3次元入力とを行う3次元入力装置であつて、

10

20

前記撮影手段は、入射した光の通過を制限する絞りを有し、
前記2次元画像入力を行うときの前記絞りの絞り値と、前記3次元入力を行うときの前記絞りの絞り値とを独立に設定し、それによって前記物体像における被写界深度を独立に調整する制御手段を備え、

前記制御手段は、前記3次元入力を行うときに、前記輝度比における背景光成分の割合が小さくなるように前記絞りの絞り値を調整する
ことを特徴とする3次元入力装置。

【請求項3】

物体に参照光を投射する投光手段と、

物体像を結像して電気信号に変換する撮影手段とを備え、

10

前記参照光を投射せずに前記物体を撮影する2次元画像入力と、

前記参照光を投射して前記物体の形状を計測する3次元入力とを行う3次元入力装置であつて、

前記撮影手段は、入射した光の通過を制限する絞りを有し、

前記2次元画像入力を行うときの前記絞りの絞り値と、前記3次元入力を行うときの前記絞りの絞り値とを独立に設定する制御手段を備えており、

前記制御手段は、3次元入力に際して、最小光量の参照光を投射したときの絞り開放での受光量に基づいて仮の絞り値を決め、最大光量の参照光を投射したときの仮の絞り値での受光量の適否を判定し、適正であれば仮の絞り値を計測時の絞り値とし、適正でなければ最大光量の参照光を投射したときの受光量が適正になるまで仮の絞り値の修正と受光量の適否の判定を繰り返す

20

ことを特徴とする3次元入力装置。

【請求項4】

前記撮像手段は、前記2次元画像入力のための受光デバイスと、前記3次元入力のための受光デバイスと、これら受光デバイスに共通の結像レンズ系と、当該結像レンズ系を通過した光を各受光デバイスに振り分ける光学部材とを有しており、

前記絞りは、前記結像レンズ系と前記光学部材との間の光路内に配置されている

請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の3次元入力装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

30

【発明の属する技術分野】

本発明は、物体に参照光を投射して物体形状を計測する3次元入力装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

レンジファインダと呼称される非接触型の3次元入力装置は、接触型に比べて高速の計測が可能であることから、CGシステムやCADシステムへのデータ入力、身体計測、ロボットの視覚認識などに利用されている。

【0003】

レンジファインダに好適な計測方法としてスリット光投影法（光切断法ともいう）が知られている。この方法は、物体を光学的に走査して距離画像（3次元画像）を得る方法であり、特定の参照光を照射して物体を撮影する能動的計測方法の一種である。距離画像は、物体上の複数の部位の3次元位置を示す画素の集合である。スリット光投影法では、参照光として投射ビームの断面が直線帯状であるスリット光が用いられる。

40

【0004】

レンジファインダの中には2次元カラー撮影機能を有したものがある。撮影された2次元画像は、内蔵又は外付けのディスプレイによってモニタ表示され、ユーザーが3次元計測の画角を決める際の参考情報として利用される。また、3次元計測と同一の画角で2次元撮影が行われ、得られた2次元画像が3次元データと合わせて計測結果として出力され又は記憶される。2次元画像を見れば計測した物体が何であるかをユーザーが容易に認識することができ、2次元画像を利用して3次元データの修正や加工を行うこともできる。

50

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

従来のレンジファインダでは、物体で反射して光電変換の受光面に入射する参照光の光量をできるだけ多くするため、受光光路内に絞りは設けられていなかった。そして、2次元撮影については電子シャッタによる自動露光制御を行い、3次元計測については参照光の投射強度を調整することによって、受光面における入射光量が最適化されていた。このような構成であることから、2次元撮影では被写界深度を大きくすることができます、レンズの収差を無視できないという問題があった。S/N比が小さいという問題もあった。また、3次元計測では、投射強度を小さくした場合に背景光の影響が大きくなつて計測の精度が低下するという問題があった。

10

【0006】

本発明は、3次元計測と2次元撮影とをそれぞれに適した露出及び被写界深度で行い、出力データの品質を高めることを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】

請求項1の発明の装置は、物体に参照光を投射する投光手段と、物体像を結像して電気信号に変換する撮影手段とを備え、前記参照光を投射せずに前記物体を撮影する2次元画像入力と、前記参照光を投射して前記物体の形状を計測する3次元入力とを行う3次元入力装置であつて、前記撮影手段は、入射した光の通過を制限する絞りを有し、前記2次元画像入力を行うときの前記絞りの絞り値と、前記3次元入力を行うときの前記絞りの絞り値とを独立に設定し、それによつて前記物体像における被写界深度を独立に調整する制御手段を備え、前記制御手段は、前記2次元画像入力を行うときに、被写界深度が大きくなるように前記絞りの絞り値を調整する。

20

請求項2の3次元入力装置においては、2次元画像入力を行うときの前記絞りの絞り値と、前記3次元入力を行うときの前記絞りの絞り値とを独立に設定し、それによつて前記物体像における被写界深度を独立に調整する制御手段を備え、前記制御手段は、前記3次元入力を行うときに、前記輝度比における背景光成分の割合が小さくなるように前記絞りの絞り値を調整する。

【0008】

請求項3の発明の3次元入力装置において、前記制御手段は、3次元入力に際して、最小光量の参照光を投射したときの絞り開放での受光量に基づいて仮の絞り値を決め、最大光量の参照光を投射したときの仮の絞り値での受光量の適否を判定し、適正であれば仮の絞り値を計測時の絞り値とし、適正でなければ最大光量の参照光を投射したときの受光量が適正になるまで仮の絞り値の修正と受光量の適否の判定とを繰り返す。

30

請求項4の発明の3次元入力装置において、前記撮影手段は、前記2次元画像入力のための受光デバイスと、前記3次元入力のための受光デバイスと、これら受光デバイスに共通の結像レンズ系と、当該結像レンズ系を通過した光を各受光デバイスに振り分ける光学部材とを有しており、前記絞りは、前記結像レンズ系と前記光学部材との間の光路内に配置されている。

【0009】

40

【発明の実施の形態】

図1は本発明に係る計測システム1の構成図である。

計測システム1は、スリット光投影法によって立体計測を行う3次元カメラ(レンジファインダ)2と、3次元カメラ2の出力データを処理するホスト3とから構成されている。

【0010】

3次元カメラ2は、物体Q上の複数のサンプリング点の3次元位置を特定する計測データとともに、物体Qのカラー情報を示す2次元画像及びキャリブレーションに必要なデータを出力する。三角測量法を用いてサンプリング点の座標を求める演算処理はホスト3が担う。

【0011】

50

ホスト3は、C P U 3 a、ディスプレイ3 b、キーボード3 c、及びマウス3 dなどから構成されたコンピュータシステムである。C P U 3 aには計測データ処理のためのソフトウェアが組み込まれている。ホスト3と3次元カメラ2との間では、オンライン及び可搬型の記録メディア4によるオフラインの両方の形態のデータ受渡しが可能である。記録メディア4としては、光磁気ディスク(M O)、ミニディスク(M D)、メモリカードなどがある。

【 0 0 1 2 】

図2は3次元カメラ2の外観を示す図である。

ハウジング20の前面に投光窓20a及び受光窓20bが設けられている。投光窓20aは受光窓20bに対して上側に位置する。内部の光学ユニットOUが射出するスリット光(所定幅wの帯状のレーザビーム)Uは、投光窓20aを通って計測対象の物体(被写体)に向かう。スリット光Uの長さ方向M1の放射角度は固定である。物体の表面で反射したスリット光Uの一部が受光窓20bを通って光学ユニットOUに入射する。また、光学ユニットOUには“背景光”的変動を検出するためのフリッカセンサとして光電変換回路が組み込まれている。背景光とは、物体を照らすスリット光U以外の光である。なお、光学ユニットOUは、投光軸と受光軸との相対関係を適正化するための2軸調整機構を備えている。

【 0 0 1 3 】

ハウジング20の上面には、ズーミングボタン25a, 25b、手動フォーカシングボタン26a, 26b、及びシャッタボタン27が設けられている。図2(b)のように、ハウジング20の背面には、液晶ディスプレイ21、カーソルボタン22、セレクトボタン23、キャンセルボタン24、アナログ出力端子32、デジタル出力端子33、及び記録メディア4の着脱口30aが設けられている。

【 0 0 1 4 】

液晶ディスプレイ(L C D)21は、操作画面の表示手段及び電子ファインダとして用いられる。撮影者は背面の各ボタン21~24によって撮影モードの設定を行うことができる。アナログ出力端子32からは、2次元画像信号が例えばNTSC形式で出力される。デジタル出力端子33は例えばSCSI端子である。

【 0 0 1 5 】

図3は3次元カメラ2の機能構成を示すブロック図である。図中の実線矢印は電気信号の流れを示し、破線矢印は光の流れを示している。

3次元カメラ2は、上述の光学ユニットOUを構成する投光側及び受光側の2つの光学系40, 50、及びフリッカセンサ76を有している。

【 0 0 1 6 】

光学系40において、半導体レーザ(L D)41が射出する波長670nmのレーザビームは、投光レンズ系42を通過することによってスリット光Uとなり、ガルバノミラー(走査手段)43によって偏向される。半導体レーザ41のドライバ44、投光レンズ系42の駆動系45、及びガルバノミラー43の駆動系46は、システムコントローラ61によって制御される。

【 0 0 1 7 】

光学系50に入射した光は、ズームユニット51と絞り75とを順に経た後、ビームスプリッタ52で分光される。半導体レーザ41の発振波長帯域の光は、計測用のセンサ53に入射する。可視帯域の光は、モニタ用のカラーセンサ54に入射する。センサ53及びカラーセンサ54は、どちらもCCDエリアセンサである。なお、CCDセンサは、積分領域(蓄積領域)及び転送領域を有しており、積分領域での積分動作が完了すると複数の画素の電荷を転送領域へ一括に移し、転送領域から外部へ各画素の電荷を順次出力する。図示のとおり、絞り75はズームユニット51とビームスプリッタ52との間に配置されており、センサ53及びカラーセンサ54の両方に対する光量調整手段となっている。絞り75を制御するレンズコントローラ58には、システムコントローラ61から絞り値が与えられる。ズームユニット51は内焦型であり、入射光の一部がオートフォーカシング

10

20

30

40

50

(A F) に利用される。A F 機能は、A F センサ 5 7 とレンズコントローラ 5 8 とフォーカシング駆動系 5 9 とによって実現される。ズーミング駆動系 6 0 は電動ズーミングのために設けられている。

【0018】

フリッカセンサ 7 6 は、ホトトランジスタ、ホトダイオードといった光電変換デバイスを主体に構成されており、背景光の変動成分に応じた信号をフリッカ検出器 7 7 へ出力する。フリッカ検出器 7 7 は、フリッカセンサ 7 6 からの信号に基づいて背景光の変動周期を検出し、検出結果をシステムコントローラ 6 1 へ通知する。具体的には入力信号を 2 値化し、背景光の変動に同期したパルスを出力する。

【0019】

3 次元カメラ 2 における物体情報の流れは次のとおりである。

まず、センサ 5 3 による撮像情報は、ドライバ 5 5 からのクロックに同期して出力処理回路 6 2 へ転送される。出力処理回路 6 2 は、センサ 5 3 の出力する各画素の光電変換信号を増幅する増幅器、及び光電変換信号を 8 ビットの受光データに変換する A D 変換部を有している。出力処理回路 6 2 で得られた受光データは重心演算回路 7 3 に入力されて一時的に記憶される。その際のアドレス指定はメモリ制御回路 6 3 A が行う。重心演算回路 7 3 は、入力された受光データに基づいて 3 次元位置を算出するための基となるデータを算出し、それを出力用メモリ 6 4 に出力する。また、重心演算回路 7 3 は、計測対象の物体の形状に対応した濃淡画像（距離画像）を生成し、それを表示用メモリ 7 4 に出力する。LCD 2 1 の画面は、表示用メモリ 7 4 に記憶された濃淡画像、カラー画像メモリ 6 9 に記憶されたカラー画像などを表示する。重心演算回路 7 3 の構成及び動作については後で詳述する。

【0020】

一方、カラーセンサ 5 4 による撮像情報は、ドライバ 5 6 からのクロックに同期してカラー処理回路 6 7 へ転送される。カラー処理を受けた撮像情報は、NTSC 変換回路 7 0 及びアナログ出力端子 3 2 を経てオンライン出力され、又はディジタル画像生成部 6 8 で量子化されてカラー画像メモリ 6 9 に格納される。その後、カラー画像メモリ 6 9 から S C S I コントローラ 6 6 へカラー画像データが転送され、ディジタル出力端子 3 3 からオンライン出力され、又は計測データと対応づけて記録メディア 4 に格納される。なお、カラー画像は、センサ 5 3 による距離画像と同一の画角の像であり、ホスト 3 側におけるアプリケーション処理に際して参考情報として利用される。カラー情報を利用する処理としては、例えばカメラ視点の異なる複数組の計測データを組み合わせて 3 次元形状モデルを生成する処理、3 次元形状モデルの不要の頂点を間引く処理などがある。システムコントローラ 6 1 は、図示しないキャラクタジェネレータに対して、LCD 2 1 の画面上に適切な文字や記号を表示するための指示を与える。

【0021】

図 4 は投光レンズ系 4 2 の構成を示す模式図である。図 4 (a) は正面図であり、図 4 (b) は側面図である。

投光レンズ系 4 2 は、コリメータレンズ 4 2 1 、バリエータレンズ 4 2 2 、及びエキスパンダレンズ 4 2 3 の 3 つのレンズから構成されている。半導体レーザ 4 1 が射出したレーザビームに対して、次の順序で適切なスリット光 U を得るための光学的処理が行われる。まず、コリメータレンズ 4 2 1 によってビームが平行化される。次にバリエータレンズ 4 2 2 によってレーザビームのビーム径が調整される。最後にエキスパンダレンズ 4 2 3 によってビームがスリット長さ方向 M 1 に拡げられる。

【0022】

バリエータレンズ 4 2 2 は、撮影距離及び撮影の画角に係わらず、センサ 5 3 に 3 以上の複数画素分の幅のスリット光 U を入射させるために設けられている。駆動系 4 5 は、システムコントローラ 6 1 の指示に従って、センサ 5 3 上でのスリット光 U の幅 w を一定に保つようにバリエータレンズ 4 2 2 を移動させる。バリエータレンズ 4 2 2 と受光側のズームユニット 5 1 とは連動する。

10

20

30

40

50

【0023】

ガルバノミラー43による偏向の以前にスリット長を拡げることにより、偏向の後で行う場合に比べてスリット光Uの歪みを低減することができる。エキスパンダレンズ423を投光レンズ系42の最終段に配置することにより、すなわちガルバノミラー43に近づけることにより、ガルバノミラー43を小型化することができる。

【0024】

図5は計測システム1における3次元位置の算出の原理図である。同図では理解を容易にするため、受光量のサンプリングについて5回分のみが示されている。

【0025】

センサ53の撮像面S2上で複数画素分となる比較的に幅の広いスリット光Uを物体Qに照射する。具体的にはスリット光Uの幅を5画素分とする。スリット光Uは、サンプリング周期毎に撮像面S2上で1画素ピッチpvだけ移動するように、図5の上から下に向かって偏向され、それによって物体Qが走査される。サンプリング周期毎にセンサ53から1フレーム分の受光データ(光電変換情報)が出力される。なお、この偏向は実際には等角速度で行われる。

10

【0026】

撮像面S2の1つの画素gに注目すると、本実施形態においては、走査中に行う32回のサンプリングによって32回分の受光データが得られる。これら32回分の受光データに対する重心演算によって、注目画素gがにらむ範囲の物体表面をスリット光Uの光軸が通過するタイミング(時間重心Npeak又は重心ip)を求める。

20

【0027】

物体Qの表面が平面であって光学系の特性によるノイズがない場合には、注目画素gの受光量は、図5(b)に示すように、スリット光Uが通過するタイミングにおいて多くなり、通常、正規分布に近くなる。同図のようにn回目とその1つ前の(n-1)回目の間のタイミングで受光量が最大であった場合には、そのタイミングが時間重心Npeakとほぼ一致する。

20

【0028】

求めた時間重心Npeakにおけるスリット光の照射方向と、注目画素に対するスリット光の入射方向との関係に基づいて、物体Qの位置(座標)を算出する。これにより、撮像面の画素ピッチpvで規定される分解能より高い分解能の計測が可能となる。

30

【0029】

なお、注目画素gの受光量は物体Qの反射率に依存する。しかし、サンプリングの各受光量の相対比は受光の絶対量に係わらず一定である。つまり、物体色の濃淡は計測精度に影響しない。

【0030】

図6はセンサ53の読み出し範囲を示す図である。

図6のように、センサ53における1フレームの読み出しは、撮像面S2の全体ではなく、高速化を図るために撮像面S2の一部である有効受光領域(帯状画像)Aeのみを対象に行われる。有効受光領域Aeは、ある照射タイミングでの撮像面S2における物体Qの計測可能距離範囲d'(図18参照)に対応する領域であり、スリット光Uの偏向に伴ってフレーム毎に1画素分ずつシフトする。本実施形態では、有効受光領域Aeのシフト方向の画素数は32に固定されている。CCDエリアセンサの撮影像の一部のみを読み出す手法は、特開平7-174536号公報に開示されている。

40

【0031】

図7はセンサ53の撮像面S2におけるラインとフレームとの関係を示す図、図8~10は各フレームの受光データの記憶状態を示す図である。

図7に示すように、撮像面S2の最初のフレーム1には、ライン1からライン32までの32(ライン)×200画素分の受光データが含まれる。フレーム2はライン2からライン33まで、フレーム3はライン3からライン34までというように、フレーム毎に1ライン分だけシフトされる。フレーム32はライン32からライン63までである。なお、

50

上述したように 1 ラインを 200 画素としている。

【0032】

これらフレーム 1 からフレーム 32 までの受光データが、出力処理回路 62 を介して重心演算回路 73 の内部のメモリ 730 に順次転送され、図 8 に示す状態で記憶される。つまり、メモリ 730 には、フレーム 1、2、3 … の順に受光データが記憶される。各フレームに含まれるライン 32 のデータは、フレーム 1 については 32 ライン目、フレーム 2 については 31 ライン目というように、フレーム毎に 1 ラインづつ上方にシフトされている。フレーム 1 からフレーム 32 までの受光データがメモリ 730 に記憶されると、ライン 32 の各画素について、時間重心 Npeak の算出が行われる。

【0033】

10
ライン 32 についての演算が行われている間に、フレーム 33 の受光データがメモリ 730 に転送されて記憶される。図 9 に示すように、フレーム 33 の受光データは、メモリ 730 のフレーム 32 の次の領域に記憶される。フレーム 33 のデータがメモリ 730 に記憶されると、これらフレーム 2 からフレーム 33 までに含まれるライン 33 の各画素について、時間重心 Npeak の算出が行われる。

【0034】

ライン 33 についての演算が行われている間に、フレーム 34 の受光データがメモリ 730 に転送されて記憶される。図 10 に示すように、フレーム 34 の受光データは、フレーム 1 の記憶されていた領域に上書きされる。この時点ではフレーム 1 のデータは処理済であるため、上書きにより消去しても差し支えないからである。フレーム 34 のデータがメモリ 730 に記憶されると、ライン 34 の各画素について、時間重心 Npeak の算出が行われる。フレーム 34 の受光データについての処理が終わると、フレーム 35 の受光データがフレーム 2 の記憶されていた領域に上書きされる。

【0035】

20
このようにして、最終のラインであるライン 231 まで、合計 200 ライン分についての時間重心 Npeak の算出が行われる。

上述のように、メモリ 730 に記憶された受光データのうち、順次不要になったデータの記憶された領域に新規の受光データを上書きして記憶するので、メモリ 730 の容量が低減される。

【0036】

30
次に、重心演算回路 73 の構成及び重心演算回路 73 による時間重心 Npeak の算出処理について説明する。

図 11 は時間重心 Npeak の概念を示す図、図 12 は重心演算回路 73 の構成を示すブロック図、図 13 はデータ転送のタイミングの概念を示す図である。

【0037】

図 11 に示すように、時間重心 Npeak は 32 回のサンプリングによって得られた 32 個の受光データについての重心である。各画素についての 32 個の受光データに、1 ~ 32 のサンプリング番号を付す。i 番の受光データは x_i で表される。i は 1 ~ 32 の整数である。このとき、i は、1 つの画素について、その画素が有効受光領域 Ae に入っているフレーム数を示している。

【0038】

1 ~ 32 番の受光データ $x_1 \sim x_{32}$ についての重心 i_p は、32 個の受光データについて、 $i \cdot x_i$ の総和 $i \cdot x_i$ を x_i の総和 x_i で除すことにより求められる。すなわち、

【0039】

【数 1】

10

20

30

40

$$i_p = \frac{\sum_{i=1}^{32} i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^{32} x_i}$$

【0040】

となる。

重心演算回路73は、メモリ730から読み出したデータに基づいて、各画素についての重心 i_p （すなわち時間重心N peak）を算出する。ただし、メモリ730から読み出したデータをそのまま用いるのではなく、各データから定常光データ k_s を減算した値（その値が負になるときは0）を用いる。つまり、センサ53から出力される受光データに対して、定常光データ k_s の分だけ差し引いてオフセットを与えるのである。

【0041】

定常光データ k_s は、スリット光 U が入射していないときの画素の受光データに基づいて算出されるデータである。定常光データ k_s は、予め定めた固定値を用いてもよく、又はセンサ53から出力されるデータを用いてリアルタイムで求めてもよい。固定値とする場合には、センサ53の出力が8ビット（256階調）である場合に、例えば「5」「6」又は「10」などとする。リアルタイムで求める場合には、1つの注目画素についての32個の受光データの前後各2画素分の受光データのそれぞれの平均値を求め、平均値の小さい方を定常光データ k_s とすればよい。その理由は、有効受光領域Aeの前後のいずれかにおいてはスリット光 U が入射していないから、これによってスリット光 U が入射していないときの受光データをリアルタイムで確実に求めることができるからである。また、前後各2画素分の受光データの平均値の大きい方を定常光データ k_s としてもよい。32個の受光データの前の2画素分の受光データの平均値、又は32個の受光データの後の2画素分の受光データの平均値を用いてもよい。1画素分の受光データを用いてもよい。さらに、物体Qの形状又は受光データに含まれるノイズの状態によっては、それらの値にさらに所定値（例えば「5」）を加算した値を定常光データ k_s として用い、これによりオフセットを大きくし、不要なノイズ成分をいっそう確実にカットするようにしてもよい。なお、それらの場合に、1フレームの大きさは、36ライン又は34ライン又は33ラインとなるが、重心 i_p の算出には32ライン分の32個のデータを用いればよい。

【0042】

図12のように、重心演算回路73は、メモリ730、定常光データ記憶部731、減算部732、第1加算部733、第2加算部734、及び除算部735からなる。これらはハード回路により構成されるが、これらの全部又は一部をソフトウェアにより構成することも可能である。

【0043】

定常光データ記憶部731は定常光データ k_s を記憶する。減算部732は受光データから定常光データ k_s を減算する。ここで、減算部732から出力されるデータをあらためて受光データ x_i とする。第1加算部733は、 $i \cdot x_i$ を $i = 1 \sim 32$ について加算し、その合計値を出力する。第2加算部734は、 x_i を $i = 1 \sim 32$ について加算し、その合計値を出力する。除算部735は、第1加算部733の出力値を第2加算部734の出力値で除し、重心 i_p を出力する。除算部735から出力された重心 i_p は、表示用メモリ74に記憶される。また、第1加算部733の出力値及び第2加算部734の出力値は、出力用メモリ64の所定エリア64a, 64bに記憶される。出力用メモリ64に記憶されたデータは、SCSIコントローラ66を介してデジタル出力端子33からホスト3に出力され、又は記録メディア4に格納される。ホスト3において、これらのデータに基づいて3次元位置演算処理が行われ、またこれらのデータの信頼性が判定される。

【0044】

10

20

30

40

50

重心演算回路 73 では、32 個のデータが入力された時点で、除算部 735 が重心 i_p を出力する。続いて、2 画素目のデータ、3 画素目のデータというように、200 画素目のデータまで順に処理を行い、ライン 32 についての重心 i_p の算出を終了する。ライン 32 についての重心 i_p の算出を終えると、続いて、ライン 33、ライン 34、ライン 35 というように、ライン 231 まで計 200 ラインの全部について重心 i_p の算出を行う。

【0045】

表示用メモリ 74 に記憶された重心 i_p は、LCD 21 の画面に表示される。重心 i_p は、計測対象の物体 Q の表面の位置に関連し、物体 Q の表面の位置が 3 次元カメラ 2 に近い場合に重心 i_p の値が大きくなり、遠い場合に重心 i_p の値が小さくなる。したがって、重心 i_p を濃度データとして濃淡画像を表示させることにより距離分布を表現することができる。

【0046】

このような重心 i_p の精度を高めるため、3 次元カメラ 2 では次のとおり背景光を考慮した制御が行われる。

図 14 は背景光の変動の影響を説明するための図、図 15 は背景光の変動による重心 i_p のずれの防止方法を説明するための図である。

【0047】

例えば蛍光灯で照明された室内のように背景光量が周期的に変化する環境で計測を行う場合には、センサ 53 のフレーム周期と背景光の変動周期との干渉によりセンサ 53 の出力には図 14 (b) に斜線で示すようにフレーム毎に異なるオフセット成分（背景光成分）が生じる。このような状態で図 14 (a) に示す分布のスリット光が入射したとすると、センサ 53 には図 14 (c) に示す分布の光が入射することになる。この結果、センサ 53 によるフレーム周期の積分で得られた各フレームの受光データは図 14 (d) のようになる。これらの受光データに基づいた算出した重心 i_p' と本来の重心 i_p との間にはズレが生じてしまう。

【0048】

このズレを防止するため、システムコントローラ 61 はフリッカ検出器 77 で検出した背景光の変動周波数 f [Hz] に対してセンサ 53 のフレーム周波数が f/m [Hz] になるようにドライバ 55 を制御する。m は任意の整数である。つまり、センサ 53 のフレーム周期を背景光の変動周期の m 倍とする。図 15 では $m = 1$ 、すなわち f [Hz] のフレーム周波数でセンサ 53 を駆動する場合を表している。

【0049】

フレーム周期と背景光の変動周期とが一致するので、各フレームのオフセット成分は図 15 (b) のようにフレーム間で均等になる。このため、背景光とスリット光を加算したセンサ 53 の入射光は、図 15 (c) のように周期的に変化するものの、入射光をフレーム周期で積分して得られた受光データは図 15 (d) のように全てのフレームについて一定のオフセット成分が重畠した値となるため、これらの受光データに基づく重心演算の結果は本来の重心 i_p と一致する。

【0050】

次に、3 次元カメラ 2 及びホスト 3 の動作を計測の手順と合わせて説明する。上述したように、計測のサンプリング点数を 200×262 とする。すなわち、撮像面 S2 におけるスリット U の幅方向の画素数は 262 であり、実質的なフレーム数 N は 231 である。

【0051】

ユーザー（撮影者）は、LCD 21 が表示するカラー モニタ画像を見ながら、カメラ位置と向きを決め、画角を設定する。その際に必要に応じてズーミング走査を行う。これらの操作が行われている間は、レンズコントローラ 58 はカラーセンサ 54 に対する絞り調整を行い、LCD 21 は露出制御されたカラー モニタ画像を表示する。ユーザーが計測（距離画像の取得）の開始を指示すると、レンズコントローラ 58 はセンサ 53 への入射光量が最適になるように絞り値を調整する。なお、カラー画像メモリ 69 に格納するカラー画像の取得に際しては、レンズコントローラ 58 はカラーセンサ 54 への入射光量が最適に

10

20

30

30

40

50

なるように絞り値を調整する。距離画像の取得とカラー画像の取得は同時には行われず、距離画像の取得期間の直前又は直後のタイミングでカラー画像が取得される。

【0052】

このように絞り値をカラー画像と距離画像とで切り換えることにより、次の効果が生じる。

〔1〕受光レンズの色収差によるピントのボケの影響を受けない被写界深度を確保できる。

〔2〕距離画像の測定レンジの全域に渡ってピントが合う。

〔3〕距離画像の背景光成分とレーザ光成分の輝度比を一定に制御できる。

〔4〕カラー画像のダイナミックレンジを確保し、且つS/N比を高めることができることが可能となる。

10

【0053】

図16は3次元カメラ2におけるデータの流れを示す図、図17はホスト3における3次元位置演算の処理手順を示すフローチャート、図18は光学系の各点と物体Qとの関係を示す図である。

【0054】

ユーザーによる画角選択操作(ズーミング)に応じて、ズームユニット51のバリエータ部の移動が行われる。また、フォーカシング部の移動による手動又は自動のフォーカシングが行われる。フォーカシングの過程でおおよその対物間距離 d_0 が測定される。

【0055】

このような受光系のレンズ駆動に呼応して、投光側のバリエータレンズ422の移動量が図示しない演算回路によって算出され、算出結果に基づいてバリエータレンズ422の移動制御が行われる。

20

【0056】

システムコントローラ61は、レンズコントローラ58を介して、フォーカシングエンコーダ59Aの出力(繰り出し量 E_d)及びズーミングエンコーダ60Aの出力(ズーム刻み値 f_p)を読み込む。システムコントローラ61の内部において、歪曲収差テーブルT1、主点位置テーブルT2、及び像距離テーブルT3が参照され、繰り出し量 E_d 及びズーム刻み値 f_p に対応した撮影条件データがホスト2へ出力される。ここで撮影条件データは、歪曲収差パラメータ(レンズ歪み補正係数 d_1, d_2)、前側主点位置 F_H 、及び像距離 b である。前側主点位置 F_H は、ズームユニット51の前側端点 F と前側主点 H との距離で表される。前側端点 F は固定であるので、前側主点位置 F_H により前側主点 H を特定することができる。

30

【0057】

システムコントローラ61は、半導体レーザ41の出力(レーザ強度)及びスリット光Uの偏向条件(走査開始角、走査終了角、偏向角速度)を算定する。この算定方法を詳しく説明する。

【0058】

まず、おおよその対物間距離 d_0 に平面物体が存在するものとして、センサ53の中央で反射光を受光するように投射角設定を行う。以下で説明するレーザ強度の算定のためのパルス点灯は、この設定された投射角で行う。

40

【0059】

次に、レーザ強度を算定する。レーザ強度の算定に際しては、人体を計測する場合があるので、安全性に対する配慮が不可欠である。そこで、最初に最小強度 $L_D \text{ min}$ で $L_D 41$ をパルス点灯し、センサ53の出力を取り込む。このとき、絞り75は絞り値 $F(OPEN)$ の開放状態となるように制御される。取り込んだ複数画素分の信号のうちの最大値 $\text{MAX}[\text{Son}(L_D \text{ min}), F(OPEN)]$ と適正レベル S_{typ} との比を算出し、仮の絞り値 $F(L_D 1)$ を設定する。この絞り値 $F(L_D 1)$ はレーザ強度が最大のときの入射光を最も絞り込むことのできる値である。

【0060】

50

【数2】

$$F(LD1) = F(OPEN) \sqrt{\text{MAX}[Son(LDmin, F(OPEN))]/Styp \cdot (LDmax/LDmin)}$$

【0061】

続いて、レーザ強度LDを安全レベル限界の最大値LDmaxとし、絞り値F(LD1)で再びパルス点灯してセンサ53の出力を取り込む。取り込んだ信号[Son(LDmax), F(LD1)]が適正レベルStyp又はそれに近い値であれば、絞り値F(LD1)を計測時の絞り値Fsと決める。他の場合には、MAX[Son(LDmax, F(LD1))]から再びF(LD1)を再計算し、新たな絞り値F(LD1)でのセンサ53の出力と適正レベルStypを比較する。センサ53の出力が許容範囲内の値となるまで、絞り値F(LD1)の仮設定と適否の確認を繰り返す。10

【0062】

なお、センサ53の出力の取り込みは撮像面S2の全面を対象に行う。これはオートフォーカシング(AF)による受動的な距離計算では、スリット光Uの受光位置を高精度に推定することが難しいためである。センサ53における電荷の積分時間は1フィールド時間(例えば1/60秒)であり、実際の計測時に於ける積分時間より長い。このため、パルス点灯を行うことにより計測時と等価なセンサ出力を得る。

【0063】

次に、投射角と、レーザ強度が決定したときのスリット光Uの受光位置とから三角測量によって対物間距離dを決定する。

最後に、決定された対物間距離dに基づいて、偏向条件を算出する。偏向条件の算定に際しては、対物間距離dの測距基準点である受光系の前側主点Hと投光の起点AとのZ方向のオフセットdoffを考慮する。また、走査方向の端部においても中央部と同様の計測可能距離範囲d'を確保するため、所定量(例えば8画素分)のオーバースキャンを行うようとする。走査開始角th1、走査終了角th2、偏向角速度は、次式で表される。

【0064】

$$th1 = \tan^{-1} [\times p v (np / 2 + 8) + L] / (d + d_{off}) \times 180 /$$

30

$$th2 = \tan^{-1} [- \times p v (np / 2 + 8) + L] / (d + d_{off}) \times 180 /$$

$$= (th1 - th2) / np$$

: 撮像倍率(=d/実効焦点距離freal)

pv: 画素ピッチ

np: 撮像面S2のY方向の有効画素数

L: 基線長

このようにして算出された条件で次に本発光に移り、物体Qの走査(スリット投影)が行われ、上述の出力処理回路62、及び重心演算回路73を経て出力用メモリ64に記憶されたデータD62がホスト2へ送られる。同時に、偏向条件(偏向制御データ)及びセンサ53の仕様などを示す装置情報D10も、ホスト3へ送られる。表1は3次元カメラ2がホスト3へ送る主なデータをまとめたものである。40

【0065】

【表1】

データの内容		データレンジ
計測データ	Σx_i $\Sigma i \cdot x_i$	200×200 ×13bit 200×200 ×18bit
撮影条件	像距離b 前側主点位置F H スリット偏向開始角度th1 偏向角速度ω	0.000~200.000 0.00~300.00
装置情報	計測の画素数 (サンプリング数 X, Y方向) センサ画素ピッチ p u, p v 投光系姿勢 (X, Y, Z軸周り) 投光系姿勢 (X, Y, Z軸方向) レンズ歪み補正係数 d 1, d 2 センサ中心画素 u 0, v 0	1~ ~0.00516 ~ 0.00~±90.00 0.00~±300.00 0.00~256.00
2次元画像	R プレーン G プレーン B プレーン	512×512 ×8bit 512×512 ×8bit 512×512 ×8bit

10

20

【0066】

図17のように、ホスト3においては、3次元位置演算処理が実行され、これによって200×200個のサンプリング点(画素)の3次元位置(座標X, Y, Z)が算定される。サンプリング点はカメラ視線(サンプリング点と前側主点Hとを結ぶ直線)とスリット面(サンプリング点を照射するスリット光Uの光軸面)との交点である。

【0067】

図17において、まず3次元カメラ2から送られてきた x_i の総和 Σx_i が所定値を上回っているかどうかを判定する(#11)。 x_i が小さい場合、つまりスリット光成分の総和 Σx_i が所定の基準に満たない場合には誤差を多く含んでいるので、その画素については3次元位置の算出を実行しない。そして、その画素については「エラー」を示すデータを設定して記憶する(#17)。 x_i が所定値を上回っている場合には十分な精度が得られるので、3次元位置の算出を実行する。

30

【0068】

3次元位置の算出に先立って、スリット光Uの通過タイミングn o pを算出する(#12)。通過タイミングn o pは、 $i = 1 \sim 32$ について $(i \cdot x_i) / (\Sigma x_i)$ を計算して重心i p(時間重心N p e a k)を求め、これにライン番号を加算することによって算出される。

40

【0069】

すなわち、算出された重心i pは、その画素の出力が得られている32フレーム内のタイミングであるので、ライン番号を加えることによって走査開始からの通過タイミングn o pに変換する。具体的には、ライン番号は、最初に算出されるライン32の画素については「32」、次のライン33については「33」となる。注目画素gのラインが1つ進む毎にライン番号は1つ増大する。しかし、これらの値は他の適当な値とすることが可能である。その理由は、3次元位置を算出する際に、係数である後述の(3)式におけるX軸周りの回転角(th e 1)及びX軸周りの角速度(th e 4)などをキャリブレーションにより適切に設定することができるからである。

【0070】

そして3次元位置算出を行う(#13)。算出された3次元位置は、その画素に対応するメモリ領域に記憶し(#14)、次の画素について同様の処理を行う(#16)。全ての画素についての処理が終わると終了する(#15でイエス)。

50

【0071】

次に、3次元位置の算出方法について説明する。

カメラ視線方程式は次の(1)式及び(2)式である。

$$(u - u_0) = (x p) = (b / p u) \times [X / (Z - FH)] \dots (1)$$

$$(v - v_0) = (y p) = (b / p v) \times [Y / (Z - FH)] \dots (2)$$

b : 像距離

F H : 前側主点位置

p u : 撮像面における水平方向の画素ピッチ

p v : 撮像面における垂直方向の画素ピッチ

u : 撮像面における水平方向の画素位置

u 0 : 撮像面における水平方向の中心画素位置

v : 撮像面における垂直方向の画素位置

v 0 : 撮像面における垂直方向の中心画素位置

スリット面方程式は(3)式である。

【0072】

【数3】

$$\begin{bmatrix} \cos(\text{the3}) & -\sin(\text{the3}) & 0 \\ \sin(\text{the3}) & \cos(\text{the3}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(\text{the2}) & 0 & \sin(\text{the2}) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\text{the2}) & 0 & \cos(\text{the2}) \end{bmatrix}$$

$$\cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\text{the1} + \text{the4} \cdot \text{nop}) & -\sin(\text{the1} + \text{the4} \cdot \text{nop}) \\ 0 & \sin(\text{the1} + \text{the4} \cdot \text{nop}) & \cos(\text{the1} + \text{the4} \cdot \text{nop}) \end{bmatrix}$$

$$\cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X & Y - L & Z - s \end{bmatrix} = 0 \dots (3)$$

the1 : X軸周りの回転角

the2 : Y軸周りの傾き角

the3 : Z軸周りの傾き角

the4 : X軸周りの角速度

nop : 通過タイミング (=時間重心N peak + ライン番号)

L : 基線長

s : 起点Aのオフセット

【0073】

幾何収差は画角に依存する。歪はほぼ中心画素を中心として対象に生じる。したがって、歪み量は中心画素からの距離の関数で表される。ここでは、距離の3次関数で近似する。2次の補正係数をd1、3次の補正係数をd2とする。補正後の画素位置u'、v'は(4)式及び(5)式で与えられる。

【0074】

$$\begin{aligned} u' = & u + d1 \times t2^2 \times (u - u_0) / t2 \\ & + d2 \times t2^3 \times (u - u_0) / t2 \dots (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v' = & v + d1 \times t2^2 \times (v - v_0) / t2 \\ & + d2 \times t2^3 \times (v - v_0) / t2 \dots (5) \end{aligned}$$

$$t2 = (t1)^{-2}$$

$$t1 = (u - u_0)^2 + (v - v_0)^2$$

上述の(1)式及び(2)式において、uに代えてu'を代入し、vに代えてv'を代入

10

20

30

40

50

することにより、歪曲収差を考慮した3次元位置を求めることができる。なお、キャリブレーションについては、電子情報通信学会研究会資料PRU91-113[カメラの位置決めのいらない画像の幾何学的補正]小野寺・金谷、電子情報通信学会論文誌D-II vol. J74-D-11 No.9 pp.1227-1235, '91/9 [光学系の3次元モデルに基づくレンジファインダの高精度キャリブレーション法]植芝・吉見・大島、などに詳しい開示がある。

【0075】

図19は3次元カメラ2の制御の概略を示すフローチャートである。

システムコントローラ61は、電源投入時の初期化が終わると、シャッタボタン27がオンされるまで2次元の撮影とその撮影像の表示とを繰り返す(#21～#24)。そして、システムコントローラ61は、シャッタボタン27のオンに呼応して、予備測定(#25)、2次元画像入力(#26)、3次元測定(#27)、及び出力制御(#28)の各処理を順に実行する。出力制御ルーチンでは、ホスト3又は記録メディア4へのデータ出力、及び距離画像の表示の制御を行う。

【0076】

図20は2次元画像入力サブルーチンのフローチャートである。

カラー画像の撮像に適した絞り値を設定し、ドライバ56を制御してカラー画像を取得する(#221、#222)。

【0077】

図21は予備測定サブルーチンのフローチャートである。

このルーチンでは、まず上述した要領で絞り値Fsを決める(#251～#256)。すなわち、絞り75を開放して最小レーザ強度でスリット光を投射し、そのときのセンサ53の出力から仮の絞り値を設定する。そして、最大レーザ強度でスリット光を投射し、センサ53の出力が許容範囲になるまで仮の絞り値を変えてスリット光を投射する一連の処理を繰り返す。センサ53の出力が許容範囲になるれば、そのときの仮の絞り値を測定に用いる絞り値Fsとする。

【0078】

次に、フリッカ検出器77の出力に基づいて背景光の変動周期を検知する(#257)。例えばフリッカ検出器77が出力するパルスのエッジ間隔をカウントすればよい。通常、背景光の変動周波数は商用電源周波数(50/60Hz)であるので、予想される複数の周期のいずれであるかを判別する処理を行ってもよい。

【0079】

図22は3次元測定サブルーチンのフローチャートである。

予備測定で得られた情報に基づいて、絞り75、センサ53のフレーム周期、及び走査速度(スリット光Uの偏向速度)を設定し、その後に測定を行う(#271～#274)。絞り75の設定には予備測定処理で決めた絞り値Fsを適用し、フレーム周期の設定には背景光の変動周期の検知結果を適用する。走査速度はフレーム周期を短くするときには速く、逆に長くするときには遅くする。

【0080】

上述の実施形態によると、スリット光Uの通過タイミングnopを受光量のピークタイミングに基づいて検出するのではなく、有効受光領域Aeに入っている所定期間(本実施形態では32ライン分の期間)内における重心演算で算出される重心ipに基づいて検出するので、ノイズの影響を受け難い。また、予め決められた期間の出力を使用するので、ピーク検出回路が不要である。

【0081】

上述の実施形態においては、所定期間を有効受光領域Aeに入っている全期間である32ライン分としたので、計測可能距離範囲d'内にある物体Qに対して確実に時間重心Np_{eak}を算出することができる。しかし、例えば、受光量のピークの存在する前後における適当な期間、例えばピークの前後15ライン分、10ライン分、5ライン分などとすることも可能である。このように、所定期間をピークとの関連で定めることとすると、物体Qの表面からの正規の検出光以外の光による影響を少なくすることができる。

10

20

30

40

50

【0082】

上述の実施形態では、データD62に基づいて3次元位置を算出したが、重心演算回路73で求めた重心ipのデータに基づいて3次元位置を算出してもよい。また、3次元位置を算出する演算をホスト3が担うものであるが、3次元カメラ2に3次元位置を算出する演算機能を設けてもよい。3次元位置をルックアップテーブル方式で算定することも可能である。受光側の光学系50において、ズームユニット51に代えて交換レンズによって撮像倍率を変更してもよい。その他、3次元カメラ2、ホスト3、又は計測システム1の全体又は各部の構成、処理内容又は順序、処理タイミングなどは、本発明の主旨に沿って適宜変更することができる。

【0083】

10

【発明の効果】

請求項1ないし請求項4の発明によれば、3次元計測と2次元撮影とをそれぞれに適した露出及び被写界深度で行うことができ、出力データの品質を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る計測システムの構成図である。

【図2】3次元カメラの外観を示す図である。

【図3】3次元カメラの機能構成を示すブロック図である。

【図4】投光レンズ系の構成を示す模式図である。

【図5】計測システムにおける3次元位置の算出の原理図である。

【図6】センサの読み出し範囲を示す図である。

20

【図7】センサの撮像面におけるラインとフレームとの関係を示す図である。

【図8】各フレームの受光データの記憶状態を示す図である。

【図9】各フレームの受光データの記憶状態を示す図である。

【図10】各フレームの受光データの記憶状態を示す図である。

【図11】時間重心の概念を示す図である。

【図12】重心演算回路の構成を示すブロック図である。

【図13】データ転送のタイミングの概念を示す図である。

【図14】背景光の変動の影響を説明するための図である。

【図15】背景光の変動による重心ipのずれの防止方法を説明するための図である。

【図16】3次元カメラにおけるデータの流れを示す図である。

30

【図17】ホストにおける3次元位置演算の処理手順を示すフローチャートである。

【図18】光学系の各点と物体との関係を示す図である。

【図19】3次元カメラの制御の概略を示すフローチャートである。

【図20】2次元画像入力サブルーチンのフローチャートである。

【図21】予備測定サブルーチンのフローチャートである。

【図22】3次元測定サブルーチンのフローチャートである。

【符号の説明】

2 3次元カメラ(3次元入力装置)

40 40 光学系(投光手段)

50 50 光学系(撮影手段)

40

51 51 ズームユニット(結像レンズ系)

52 52 ビームスプリッタ(光学部材)

53 53 センサ(受光デバイス)

54 54 カラーセンサ(受光デバイス)

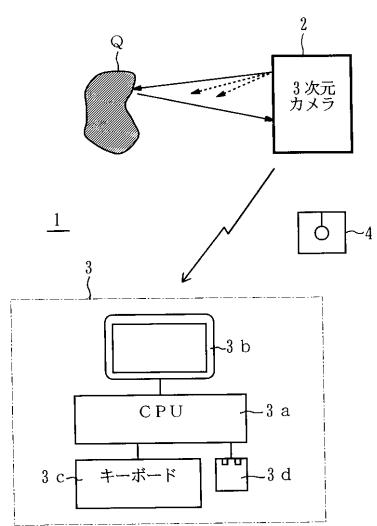
61 61 システムコントローラ(制御手段)

75 75 絞り

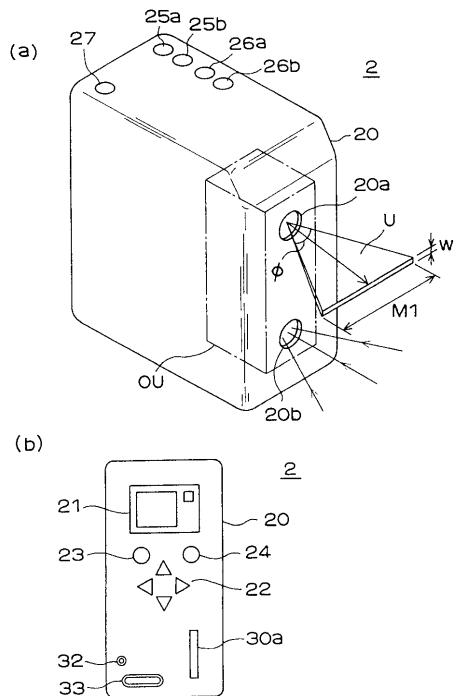
U スリット光(参照光)

Q 物体

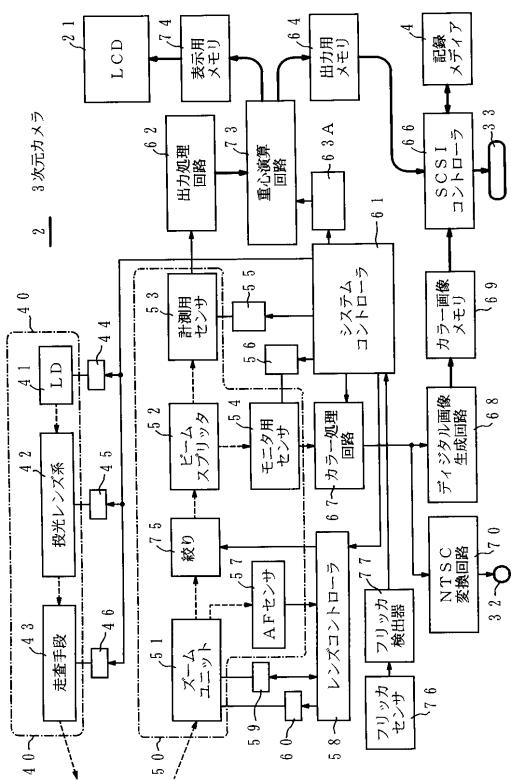
【図1】



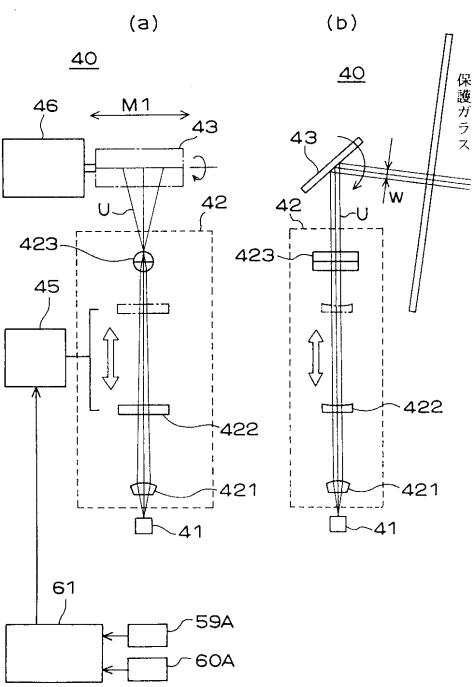
【図2】



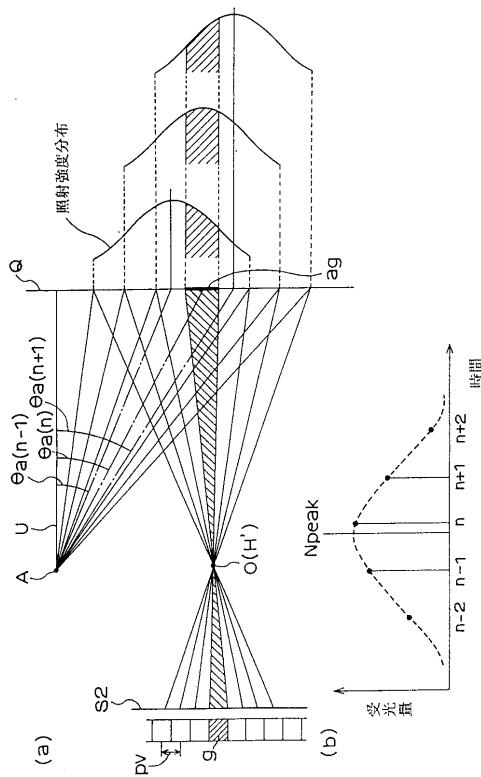
【図3】



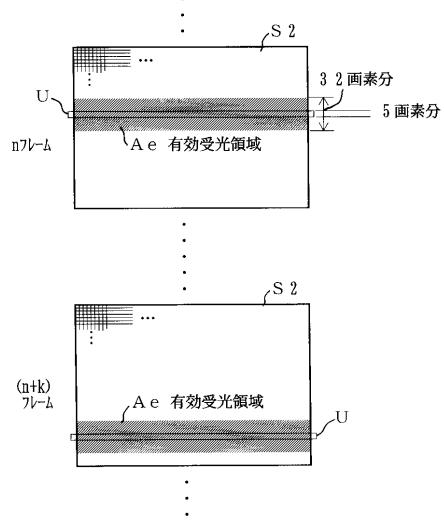
【図4】



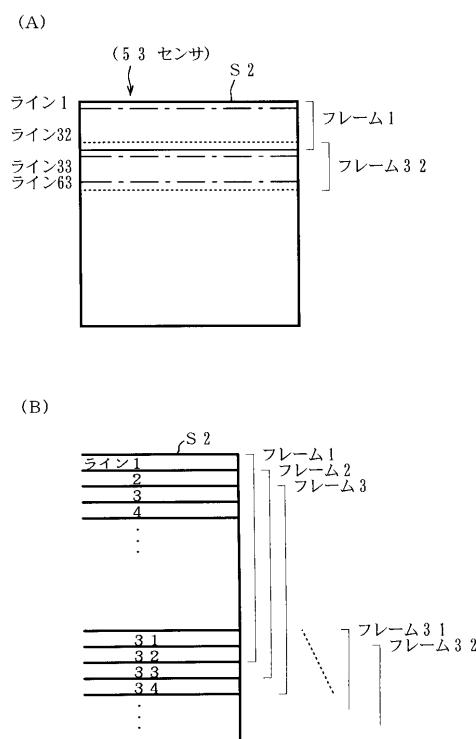
【図5】



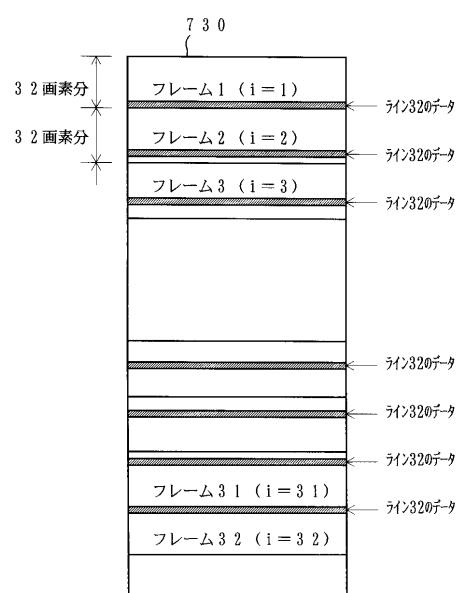
【図6】



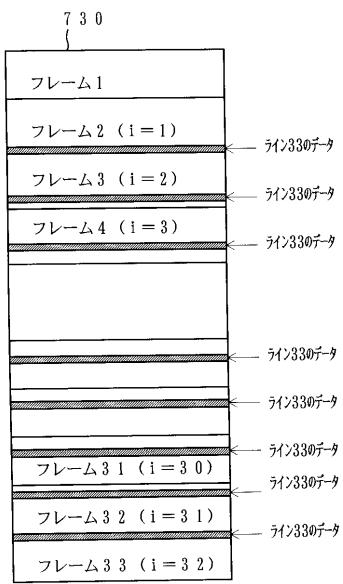
【図7】



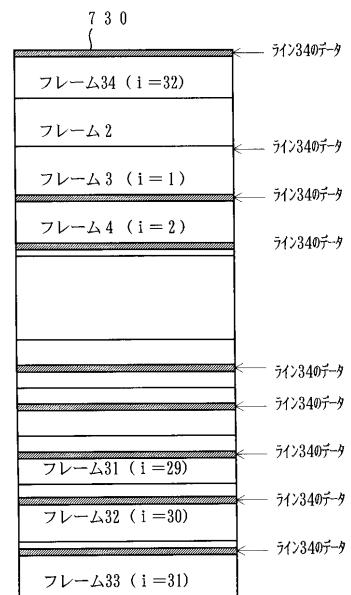
【図8】



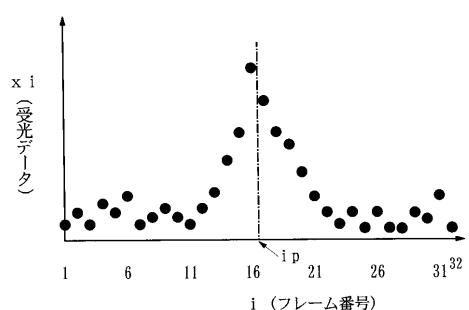
【図 9】



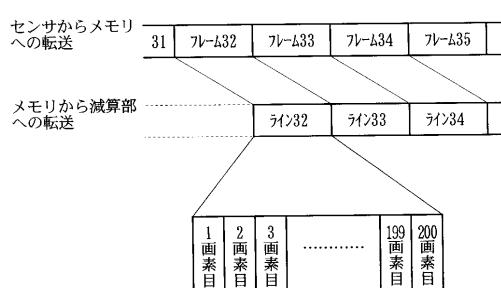
【図 10】



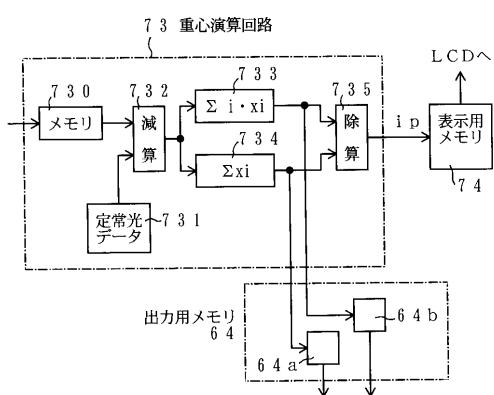
【図 11】



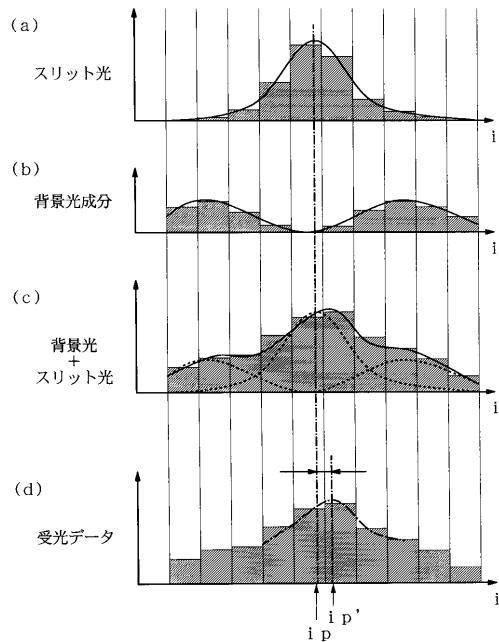
【図 13】



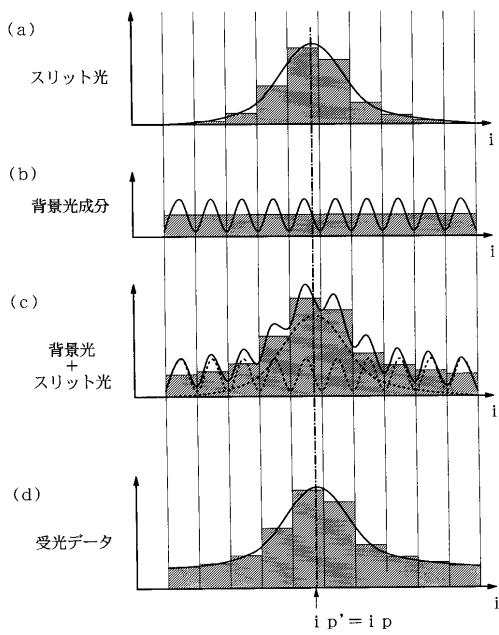
【図 12】



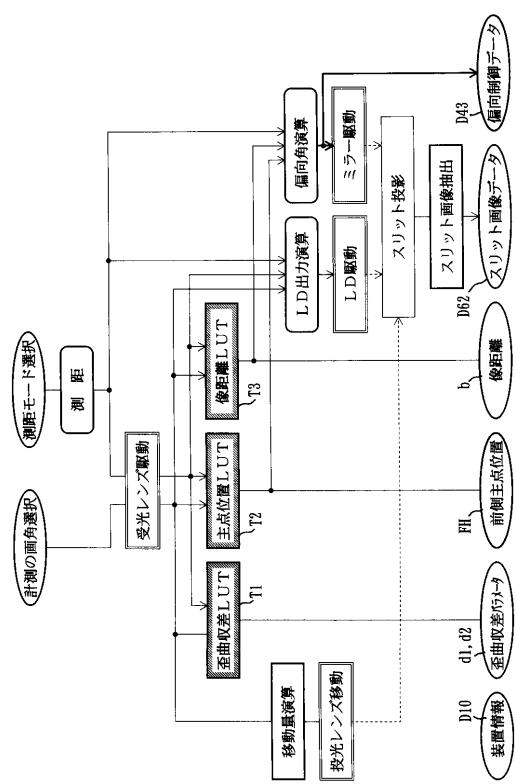
【図14】



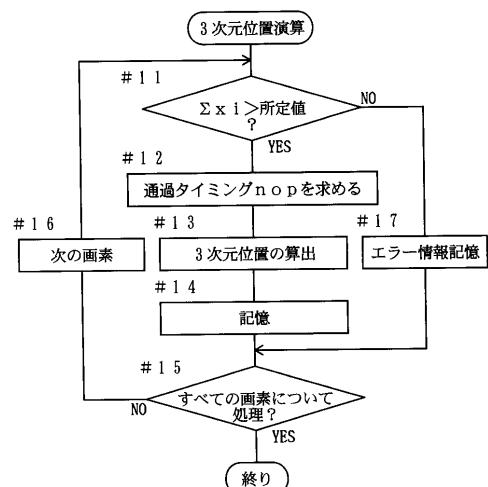
【図15】



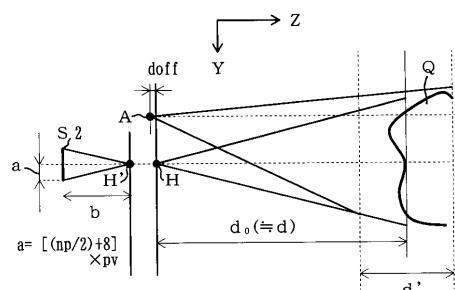
【図16】



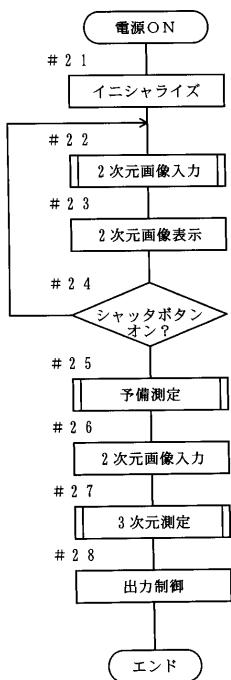
【図17】



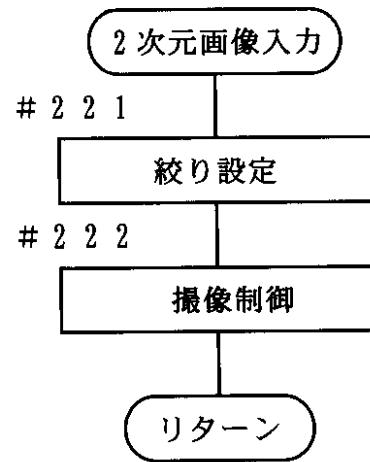
【図18】



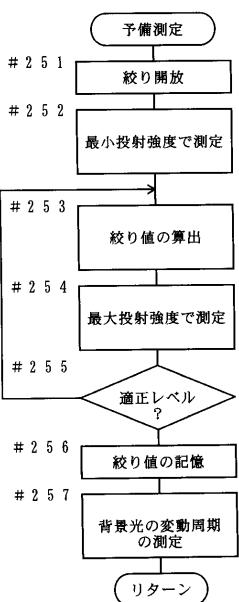
【図19】



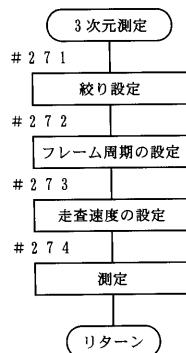
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(72)発明者 掃部 幸一

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(72)発明者 糊田 寿夫

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

合議体

審判長 杉野 裕幸

審判官 岡田 卓弥

審判官 上原 徹

(56)参考文献 特開平6-194143 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B11/00-11/30