

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-293075

(P2005-293075A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005. 10. 20)

(51) Int. Cl.⁷

G06T 7/60

G01B 11/25

G06T 1/00

F I

G06T 7/60

G06T 7/60

G06T 1/00

G01B 11/24

150S

150B

315

E

テーマコード (参考)

2F065

5B057

5L096

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 40 頁)

(21) 出願番号 特願2004-105426 (P2004-105426)

(22) 出願日 平成16年3月31日 (2004. 3. 31)

(71) 出願人 000005267

ブラザー工業株式会社

愛知県名古屋市長区瑞穂区苗代町15番1号

(74) 代理人 100103045

弁理士 兼子 直久

(72) 発明者 佐々木 博幸

名古屋市瑞穂区苗代町15番1号

ブラザー工業株式会

社内

Fターム(参考) 2F065 AA53 BB05 FF01 FF07 FF09

GG07 GG15 HH07 HH12 JJ03

JJ08 JJ26 LL10 PP22 QQ03

QQ17 QQ23 QQ28 SS13 UU01

UU05

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元形状検出装置、3次元形状検出方法、3次元形状検出プログラム

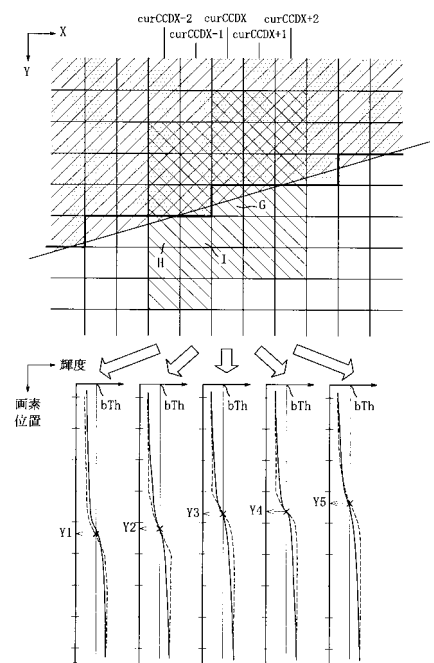
(57) 【要約】

【課題】 パターン光の撮像枚数を増加させることなく、高速にパターン光の境界をサブピクセル精度で検出することができる3次元形状検出装置、3次元形状検出方法および3次元形状検出プログラムを提供すること。

【解決手段】 輝度画像を利用して画素Iの位置を画素単位で検出し、その画素Iを含む所定範囲内で、図中の下側の左側のグラフに示すように、Y方向の画素位置と輝度とに関する近似式(図中実線で示す)を求め、その近似式における輝度閾値bThとの交点におけるY座標Y1を求めることで、明と暗との境界をサブピクセル精度で検出する。

【選択図】

図13



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

明と暗とを交互に並べてなる複数種類のパターン光の各々を時系列に被写体に投影する投影手段と、その投影手段から各パターン光が投影されている状態の被写体を撮像する撮像手段と、その撮像手段によって撮像される各撮像画像から各画素の輝度を算出した複数の輝度画像を生成する輝度画像生成手段と、その輝度画像生成手段によって生成される複数の輝度画像に対して所定の閾値による閾値処理を行った結果により、各画素毎に所定のコードを割り当てるコード画像を生成するコード画像生成手段と、そのコード画像生成手段によって生成されるコード画像を利用して被写体の 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 次元形状検出装置において、

10

前記コード画像における前記パターン光と交差する方向の検出位置において、着目コードを有する画素に隣接し、その着目コードとは異なるコードを有する第 1 画素を検出する第 1 画素検出手段と、

その第 1 画素検出手段で検出される第 1 画素と対応する位置において、明と暗との境界を有する輝度画像を前記複数の輝度画像の中から抽出する輝度画像抽出手段と、

前記第 1 画素に隣接する所定領域の画素からなる画素領域を特定する画素領域特定手段と、

その画素領域特定手段で特定される画素領域において前記抽出輝度画像における輝度の変化を表す近似式を算出する近似式算出手段と、

その近似式算出手段によって算出される近似式において輝度に関する所定の閾値を有する位置を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出する境界座標検出手段とを備え、

20

前記 3 次元形状算出手段は、前記コード画像を利用して前記境界座標検出手段で検出される境界座標に基づき、被写体の 3 次元形状を算出することを特徴とする 3 次元形状検出装置。

【請求項 2】

前記境界座標検出手段により検出される前記着目コードの境界座標は、前記撮像手段の分解能よりも高い分解能にて算出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。

【請求項 3】

30

前記画素領域特定手段は、前記コード画像を参照して前記第 1 画素を含む画素列とは別に、前記第 1 画素を含む画素列から連続して並ぶ少なくとも 1 列以上の画素列から前記画素領域を特定し、

前記近似式算出手段は、前記画素領域の画素列毎に前記近似式を算出し、前記境界座標検出手段は、その近似式毎に輝度に関する所定の閾値を有する位置を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の 3 次元形状検出装置。

【請求項 4】

前記輝度画像抽出手段は、前記抽出輝度画像を少なくとも 1 枚以上抽出し、前記画素領域特定手段は、各抽出輝度画像について前記コード画像を参照して前記画素領域を特定し、

40

前記近似式算出手段は、各抽出輝度画像から検出される前記画素領域内の画素列毎に前記近似式を算出し、

前記境界座標検出手段は、その近似式毎に輝度に関する所定の閾値を有する位置を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の 3 次元形状検出装置。

【請求項 5】

前記輝度画像抽出手段は、前記抽出輝度画像を少なくとも 1 枚以上抽出し、前記画素領域特定手段は、各抽出輝度画像について、前記コード画像を参照して前記第 1 画素を含む画素列とは別に、前記第 1 画素を含む画素列から連続して並ぶ少なくとも 1

50

列以上の画素列から前記画素領域を特定し、

前記近似式算出手段は、各抽出輝度画像について、前記画素領域内の画素列毎に前記近似式を算出し、

前記境界座標検出手段は、各抽出輝度画像について、その近似式毎に輝度に関する所定の閾値を有する位置を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の 3 次元形状検出装置。

【請求項 6】

前記境界座標検出手段は、前記近似式毎に算出される位置の加重平均値または中央値を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出することを特徴とする請求項 3 から 5 のいずれかに記載の 3 次元形状検出装置。

10

【請求項 7】

前記境界座標検出手段は、前記近似式毎に算出される位置の近似式を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出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。

【請求項 8】

前記境界座標検出手段は、抽出輝度画像単位で前記近似式毎に算出される位置の近似式を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を算出し、前記各抽出輝度画像単位で算出した前記着目コードの境界座標について、加重平均または中央値を算出し、その結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出す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。

20

【請求項 9】

明と暗とを交互に並べてなる複数種類のパターン光の各々を時系列に被写体に投影する投影工程と、その投影工程から各パターン光が投影されている状態の被写体を撮像する撮像工程と、その撮像工程によって撮像される各撮像画像から各画素の輝度を算出した複数の輝度画像を生成する輝度画像生成工程と、その輝度画像生成工程によって生成される複数の輝度画像に対して所定の閾値による閾値処理を行った結果により、各画素毎に所定のコードを割り当てるコード画像を生成するコード画像生成工程と、そのコード画像生成工程によって生成されるコード画像を利用して被写体の 3 次元形状を算出する 3 次元形状算出工程とを備えた 3 次元形状検出方法において、

前記コード画像生成工程の後に、前記コード画像における前記パターン光と交差する方向の検出位置において、着目コードを有する画素に隣接し、その着目コードとは異なるコードを有する第 1 画素を検出する第 1 画素検出工程と、

30

その第 1 画素検出工程で検出される第 1 画素と対応する位置において、明と暗との境界を有する輝度画像を前記複数の輝度画像の中から抽出する輝度画像抽出工程と、

前記第 1 画素に隣接する所定領域の画素からなる画素領域を特定する画素領域特定工程と、

その画素領域特定工程で特定される画素領域において前記抽出輝度画像における輝度の変化を表す近似式を算出する近似式算出工程と、

その近似式算出工程によって算出される近似式において輝度に関する所定の閾値を有する位置を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出する境界座標検出工程とを備え、

40

前記 3 次元形状算出工程は、前記コード画像を利用して前記境界座標検出工程で検出される境界座標に基づき、被写体の 3 次元形状を算出することを特徴とする 3 次元形状検出方法。

【請求項 10】

明と暗とを交互に並べてなる複数種類のパターン光の各々を時系列に被写体に投影する投影ステップと、その投影ステップから各パターン光が投影されている状態の被写体を撮像する撮像ステップと、その撮像ステップによって撮像される各撮像画像から各画素の輝度を算出した複数の輝度画像を生成する輝度画像生成ステップと、その輝度画像生成ステップによって生成される複数の輝度画像に対して所定の閾値による閾値処理を行った結果

50

により、各画素毎に所定のコードを割り当たコード画像を生成するコード画像生成ステップと、そのコード画像生成ステップによって生成されるコード画像を利用して被写体の3次元形状を算出する3次元形状算出ステップとを備えた3次元形状検出プログラムにおいて、

前記コード画像における前記パターン光と交差する方向の検出位置において、着目コードを有する画素に隣接し、その着目コードとは異なるコードを有する第1画素を検出する第1画素検出ステップと、

その第1画素検出ステップで検出される第1画素と対応する位置において、明と暗との境界を有する輝度画像を前記複数の輝度画像の内から抽出する輝度画像抽出ステップと、

前記第1画素に隣接する所定領域の画素からなる画素領域を特定する画素領域特定ステップと、 10

その画素領域特定ステップで特定される画素領域において前記抽出輝度画像における輝度の変化を表す近似式を算出する近似式算出ステップと、

その近似式算出ステップによって算出される近似式において輝度に関する所定の閾値を有する位置を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出する境界座標検出ステップとを備え、

前記3次元形状算出ステップは、前記コード画像を利用して前記境界座標検出ステップで検出される境界座標に基づき、被写体の3次元形状を算出することを特徴とする3次元形状検出プログラム。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、パターン光の撮像枚数を増加させることなく、高速にパターン光の境界をサブピクセル精度で検出することができる3次元形状検出装置、3次元形状検出方法、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、対象物体に1本のスリット光を順次投影し、各投影光の方向ごとに撮像手段によって画像を入力し、画像中のスリット光の軌跡から撮像手段から対象物体を見る方向を得ることで、対象物体の位置を検出するスリット光投影法を利用して対象物体の3次元形状を検出する3次元形状検出装置が知られている。 30

【0003】

しかし、このスリット光投影法では、分解能はスリットの本数によって決定され、1本のスリット像を得るのに1枚のビデオフレームを必要とするので、本数の多いスリット画像を得ようとすると長時間を要するという問題点があった。

【0004】

そこで、この問題を解決するべく、下記の非特許文献1には、所謂空間コード法が提案されている。空間コード法では、対象物体にn枚の縦縞状のパターン光を投影し、空間を 2^n 個の細い扇状領域に分割する。各領域にはnビットの2進コード(空間コード)を割り当てることができ、n回のパターン光の投影で、 2^n 本のスリット画像と同等な画像を得ることができるので、スリット光投影法に比べて高速な計測を行うことができる。 40

【0005】

しかしながら、パターン光の分割は有限である事や撮像素子の解像度との関係から検出されるパターン光の境界には誤差が含まれ、結果的に対象物体の3次元形状を高精度に検出することができないという問題点があった。

【0006】

そこで、かかる問題点を解決すべく、非特許文献2には、ポジ(陽画)のパターン光と、そのポジのパターン光と明暗を反転したネガ(陰画)のパターン光との2種類のパターン光を対象物体に投影し、その撮像画像の輝度分布から、パターン光の境界の内挿を行い、パターン光の境界をサブピクセル精度で検出することで、パターン光の境界座標に含ま 50

れる誤差を低減し、高精度に対象物体の３次元形状を検出する技術が開示されている。

【非特許文献１】佐藤宏介、他１名、「空間コード化による距離画像入力」、電子通信学会論文誌、８５／３Ｖｏｌ．Ｊ ６８－Ｄ Ｎｏ３ ｐ ３６９～３７５

【非特許文献２】佐藤宏介、他１名、「三次元画像計測」、株式会社昭晃堂、ｐ １０９～１１７

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

しかしながら、パターン光の境界をサブピクセル精度で検出すべく、上述した非特許文献２に記載された方法を利用した場合には、ポジ／ネガのパターン光投影画像２＊ｎ枚と非投影画像１枚とを撮像する必要がある、パターン光の投影回数、パターン光の撮像枚数が嵩み、計測に長時間を要するという問題点があった。 10

【０００８】

また、上述した空間コード法においては、コード化における誤差を軽減すべく、投影されるパターン光としては、純２進コードで明暗付けられたものではなく、グレイコード（交番２進コード）と呼ばれる特殊なパターン光を投影する必要がある。 10

【０００９】

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、パターン光の撮像枚数を増加させることなく、高速にパターン光の境界をサブピクセル精度で検出することができる３次元形状検出装置、３次元形状検出方法、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。 20

【課題を解決するための手段】

【００１０】

この目的を達成するために請求項１記載の３次元形状検出装置は、明と暗とを交互に並べてなる複数種類のパターン光の各々を時系列に被写体に投影する投影手段と、その投影手段から各パターン光が投影されている状態の被写体を撮像する撮像手段と、その撮像手段によって撮像される各撮像画像から各画素の輝度を算出した複数の輝度画像を生成する輝度画像生成手段と、その輝度画像生成手段によって生成される複数の輝度画像に対して所定の閾値による閾値処理を行った結果により、各画素毎に所定のコードを割り当てたコード画像を生成するコード画像生成手段と、そのコード画像生成手段によって生成されるコード画像を利用して被写体の３次元形状を算出する３次元形状算出手段と、前記コード画像における前記パターン光と交差する方向の検出位置において、着目コードを有する画素に隣接し、その着目コードとは異なるコードを有する第１画素を検出する第１画素検出手段と、その第１画素検出手段で検出される第１画素と対応する位置において、明と暗との境界を有する輝度画像を前記複数の輝度画像の中から抽出する輝度画像抽出手段と、前記第１画素に隣接する所定領域の画素からなる画素領域を特定する画素領域特定手段と、その画素領域特定手段で特定される画素領域において前記抽出輝度画像における輝度の変化を表す近似式を算出する近似式算出手段と、その近似式算出手段によって算出される近似式において輝度に関する所定の閾値を有する位置を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出する境界座標検出手段とを備え、前記３次元形状算出手段は、前記コード画像を利用して前記境界座標検出手段で検出される境界座標に基づき、被写体の３次元形状を算出する。 30 40

【００１１】

この請求項１記載の３次元形状検出装置によれば、着目コードに隣接し、その着目コードとは異なるコードを有する第１画素が、コード画像におけるパターンとは直交する方向の検出位置から第１画像検出手段によって画素単位で検出される。第１画素が検出されると、その第１画素と対応する位置において、明と暗との境界を有する輝度画像が、輝度画像抽出手段によって複数の輝度画像の中から抽出される。そして、画素領域特定手段で特定される画素領域において、抽出輝度画像における輝度の変化を表す近似式が近似式算出手段によって算出される。この近似式において輝度に関する所定の閾値を有する位置を境 50

界座標検出手段によって算出することで、検出位置におけるサブピクセル精度の境界位置が算出できる。即ち、検出位置の座標と、近似式において輝度に関する所定の閾値を有する位置の座標とからなる境界座標が算出され、この境界座標を利用して3次元形状算出手段によって被写体の3次元形状が算出される。

【0012】

請求項2記載の3次元形状検出装置は、請求項1記載の3次元形状検出装置において、前記境界座標検出手段により検出される前記着目コードの境界座標は、前記撮像手段の分解能よりも高い分解能にて算出される。

【0013】

請求項3記載の3次元形状検出装置は、請求項1又は2に記載の3次元形状検出装置において、前記画素領域特定手段は、前記コード画像を参照して前記第1画素を含む画素列とは別に、前記第1画素を含む画素列から連続して並ぶ少なくとも1列以上の画素列から前記画素領域を特定し、前記近似式算出手段は、前記画素領域の画素列毎に前記近似式を算出し、前記境界座標検出手段は、その近似式毎に輝度に関する所定の閾値を有する位置を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出する。

10

【0014】

請求項4記載の3次元形状検出装置は、請求項1又は2に記載の3次元形状検出装置において、前記輝度画像抽出手段は、前記抽出輝度画像を少なくとも1枚以上抽出し、前記画素領域特定手段は、各抽出輝度画像について前記コード画像を参照して前記画素領域を特定し、前記近似式算出手段は、各抽出輝度画像から検出される前記画素領域内の画素列毎に前記近似式を算出し、前記境界座標検出手段は、その近似式毎に輝度に関する所定の閾値を有する位置を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出する。

20

【0015】

請求項5記載の3次元形状検出装置は、請求項1又は2に記載の3次元形状検出装置において、前記輝度画像抽出手段は、前記抽出輝度画像を少なくとも1枚以上抽出し、前記画素領域特定手段は、各抽出輝度画像について、前記コード画像を参照して前記第1画素を含む画素列とは別に、前記第1画素を含む画素列から連続して並ぶ少なくとも1列以上の画素列から前記画素領域を特定し、前記近似式算出手段は、各抽出輝度画像について、前記画素領域内の画素列毎に前記近似式を算出し、前記境界座標検出手段は、各抽出輝度画像について、その近似式毎に輝度に関する所定の閾値を有する位置を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出する。

30

【0016】

請求項6記載の3次元形状検出装置は、請求項3から5のいずれかに記載の3次元形状検出装置において、前記境界座標検出手段は、前記近似式毎に算出される位置の加重平均値または中央値を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出する。

【0017】

請求項7記載の3次元形状検出装置は、請求項3に記載の3次元形状検出装置において、前記境界座標検出手段は、前記近似式毎に算出される位置の近似式を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出する。

40

【0018】

請求項8記載の3次元形状検出装置は、請求項5に記載の3次元形状検出装置において、前記境界座標検出手段は、抽出輝度画像単位で前記近似式毎に算出される位置の近似式を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を算出し、前記各抽出輝度画像単位で算出した前記着目コードの境界座標について、加重平均または中央値を算出し、その結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出する。

【0019】

請求項9記載の3次元形状検出方法は、明と暗とを交互に並べてなる複数種類のパターン光の各々を時系列に被写体に投影する投影工程と、その投影工程から各パターン光が投

50

影されている状態の被写体を撮像する撮像工程と、その撮像工程によって撮像される各撮像画像から各画素の輝度を算出した複数の輝度画像を生成する輝度画像生成工程と、その輝度画像生成工程によって生成される複数の輝度画像に対して所定の閾値による閾値処理を行った結果により、各画素毎に所定のコードを割り当たコード画像を生成するコード画像生成工程と、そのコード画像生成工程によって生成されるコード画像を利用して被写体の3次元形状を算出する3次元形状算出工程と、前記コード画像生成工程の後に、前記コード画像における前記パターン光と交差する方向の検出位置において、着目コードを有する画素に隣接し、その着目コードとは異なるコードを有する第1画素を検出する第1画素検出工程と、その第1画素検出工程で検出される第1画素と対応する位置において、明と暗との境界を有する輝度画像を前記複数の輝度画像の内から抽出する輝度画像抽出工程と、前記第1画素に隣接する所定領域の画素からなる画素領域を特定する画素領域特定工程と、その画素領域特定工程で特定される画素領域において前記抽出輝度画像における輝度の変化を表す近似式を算出する近似式算出工程と、その近似式算出工程によって算出される近似式において輝度に関する所定の閾値を有する位置を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出する境界座標検出工程とを備え、前記3次元形状算出工程は、前記コード画像を利用して前記境界座標検出工程で検出される境界座標に基づき、被写体の3次元形状を算出する。

10

【0020】

この請求項9記載の3次元形状検出方法によれば、着目コードに隣接し、その着目コードとは異なるコードを有する第1画素が、コード画像におけるパターンとは直交する方向の検出位置から第1画像検出工程によって画素単位で検出される。第1画素が検出されると、その第1画素と対応する位置において、明と暗との境界を有する輝度画像が、輝度画像抽出工程によって複数の輝度画像の内から抽出される。そして、画素領域特定工程で特定される画素領域において、抽出輝度画像における輝度の変化を表す近似式が近似式算出工程によって算出される。この近似式において輝度に関する所定の閾値を有する位置を境界座標検出工程によって算出することで、検出位置におけるサブピクセル精度の境界位置が算出できる。即ち、検出位置の座標と、近似式において輝度に関する所定の閾値を有する位置の座標とからなる境界座標が算出され、この境界座標を利用して3次元形状算出工程によって被写体の3次元形状が算出される。

20

【0021】

請求項10記載の3次元形状検出プログラムは、明と暗とを交互に並べてなる複数種類のパターン光の各々を時系列に被写体に投影する投影ステップと、その投影ステップから各パターン光が投影されている状態の被写体を撮像する撮像ステップと、その撮像ステップによって撮像される各撮像画像から各画素の輝度を算出した複数の輝度画像を生成する輝度画像生成ステップと、その輝度画像生成ステップによって生成される複数の輝度画像に対して所定の閾値による閾値処理を行った結果により、各画素毎に所定のコードを割り当たコード画像を生成するコード画像生成ステップと、そのコード画像生成ステップによって生成されるコード画像を利用して被写体の3次元形状を算出する3次元形状算出ステップと、前記コード画像における前記パターン光と交差する方向の検出位置において、着目コードを有する画素に隣接し、その着目コードとは異なるコードを有する第1画素を検出する第1画素検出ステップと、その第1画素検出ステップで検出される第1画素と対応する位置において、明と暗との境界を有する輝度画像を前記複数の輝度画像の内から抽出する輝度画像抽出ステップと、前記第1画素に隣接する所定領域の画素からなる画素領域を特定する画素領域特定ステップと、その画素領域特定ステップで特定される画素領域において前記抽出輝度画像における輝度の変化を表す近似式を算出する近似式算出ステップと、その近似式算出ステップによって算出される近似式において輝度に関する所定の閾値を有する位置を算出し、その算出結果に基づいて前記着目コードの境界座標を検出する境界座標検出ステップとを備え、前記3次元形状算出ステップは、前記コード画像を利用して前記境界座標検出ステップで検出される境界座標に基づき、被写体の3次元形状を算出する。

30

40

50

【0022】

この請求項10記載の3次元形状検出プログラムによれば、着目コードに隣接し、その着目コードとは異なるコードを有する第1画素が、コード画像におけるパターンとは直交する方向の検出位置から第1画像検出ステップによって画素単位で検出される。第1画素が検出されると、その第1画素と対応する位置において、明と暗との境界を有する輝度画像が、輝度画像抽出ステップによって複数の輝度画像の中から抽出される。そして、画素領域特定ステップで特定される画素領域において、抽出輝度画像における輝度の変化を表す近似式が近似式算出ステップによって算出される。この近似式において輝度に関する所定の閾値を有する位置を境界座標検出ステップによって算出することで、検出位置におけるサブピクセル精度の境界位置が算出できる。即ち、検出位置の座標と、近似式において輝度に関する所定の閾値を有する位置の座標とからなる境界座標が算出され、この境界座標を利用して3次元形状算出工程によって被写体の3次元形状が算出される。

10

【発明の効果】

【0023】

請求項1記載の3次元形状検出装置によれば、所定の検出位置におけるパターン光の明と暗との境界座標は、その境界座標を含む所定の画素領域における輝度の変化を表す近似式が算出され、その近似式における輝度に関する所定の閾値を有する位置として検出されるので、検出位置における明と暗との境界をコード画像における明と暗との境界に比べて高い精度で算出することができる。よって、その結果を利用して3次元形状を算出すれば、高精度に被写体の3次元形状を算出することができるという効果がある。

20

【0024】

請求項2記載の3次元形状検出装置によれば、請求項1に記載の3次元形状検出装置の奏する効果に加え、境界座標検出手段または境界座標検出工程により検出される着目コードの境界座標は、撮像手段または撮像工程の分解能よりも高い分解能（サブピクセル精度）にて算出されるので、高精度に被写体の3次元形状を算出することができるという効果がある。

【0025】

請求項3記載の3次元形状検出装置によれば、請求項1又は2に記載の3次元形状検出装置の奏する効果に加え、境界座標は、少なくとも2列以上の画素列に基づいて算出される少なくとも2以上の近似式毎に所定の閾値を有する位置が算出されるので、1つの近似式を利用して境界座標を求める場合より、境界座標を検出する精度を向上させることができる。よって、一層高精度に被写体の3次元形状を算出することができるという効果がある。

30

【0026】

請求項4記載の3次元形状検出装置によれば、請求項1又は2に記載の3次元形状検出装置の奏する効果に加え、境界座標は、少なくとも2以上の抽出輝度画像に基づいて少なくとも2以上の近似式毎に所定の閾値を有する位置が算出されるので、1つの近似式を利用して境界座標を求める場合より、境界座標を検出する精度を向上させることができる。よって、一層高精度に被写体の3次元形状を算出することができるという効果がある。

【0027】

請求項5記載の3次元形状検出装置によれば、請求項1又は2に記載の3次元形状検出装置の奏する効果に加え、境界座標は、少なくとも2以上の抽出輝度画像の各々について、少なくとも2列以上の画素列に基づいて算出される少なくとも4以上の近似式毎に所定の閾値を有する位置が算出されるので、1つの近似式を利用して境界座標を求める場合より、境界座標を検出する精度を向上させることができる。よって、一層高精度に被写体の3次元形状を算出することができるという効果がある。

40

【0028】

請求項6記載の3次元形状検出装置によれば、請求項3から5に記載の3次元形状検出装置の奏する効果に加え、境界座標検出手段または境界座標検出工程は、近似式毎に算出される位置の加重平均値または中央値を算出し、その算出結果に基づいて着目コードの境

50

界座標を検出するので、簡単な計算付加ですみ演算装置に要する負担を軽減でき、処理の高速化を図ることができるという効果がある。

【0029】

請求項7記載の3次元形状検出装置によれば、請求項3に記載の3次元形状検出装置の奏する効果に加え、境界座標検出手段または境界座標検出工程は、近似式毎に算出される位置の近似式を算出し、その算出結果に基づいて着目コードの境界座標を検出するので、加重平均値または中央値を算出するのに比べて、高精度で3次元形状を算出することができるという効果がある。

【0030】

請求項8記載の3次元形状検出装置によれば、請求項5に記載の3次元形状検出装置の奏する効果に加え、境界座標検出手段は、抽出輝度画像単位で近似式毎に算出される位置の近似式を算出し、その算出結果に基づいて着目コードの境界座標を算出し、各抽出輝度画像単位で算出した着目コードの境界座標について、加重平均または中央値を算出し、その結果に基づいて着目コードの境界座標を検知するので、簡単な計算付加ですみ演算装置に要する負担を軽減でき、処理の高速化を図ることができるという効果がある。

【0031】

請求項9記載の3次元形状検出方法によれば、所定の検出位置におけるパターン光の明と暗との境界座標は、その境界座標を含む所定の画素領域における輝度の変化を表す近似式が算出され、その近似式における輝度に関する所定の閾値を有する位置として検出されるので、検出位置における明と暗との境界をコード画像における明と暗との境界に比べて高い精度で算出することができる。よって、その結果を利用して3次元形状を算出すれば、高精度に被写体の3次元形状を算出することができるという効果がある。

【0032】

請求項10記載の3次元形状検出プログラムによれば、所定の検出位置におけるパターン光の明と暗との境界座標は、その境界座標を含む所定の画素領域における輝度の変化を表す近似式が算出され、その近似式における輝度に関する所定の閾値を有する位置として検出されるので、検出位置における明と暗との境界をコード画像における明と暗との境界に比べて高い精度で算出することができる。よって、その結果を利用して3次元形状を算出すれば、高精度に被写体の3次元形状を算出することができるという効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

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は、画像入出力装置1の外観斜視図である。尚、本発明の投影装置および3次元形状検出装置は、この画像入出力装置1に含まれる装置である。

【0034】

画像入出力装置1は、デジタルカメラとして機能するデジカメモード、ウェブカメラとして機能するwebcamモード、3次元形状を検出して立体画像を取得するための立体画像モード、湾曲した原稿等を平面化した平面化画像を取得するための平面化画像モード等の種々のモードを備えた装置である。

【0035】

図1では、特に、立体画像モードや平面化画像モードにおいて、被写体としての原稿Pの3次元形状を検出するために、後述する画像投影部13から明暗を交互に並べてなる縞状のパターン光を投影している様子を図示している。

【0036】

画像入出力装置1は、略箱状に形成された撮像ヘッド2と、その撮像ヘッド2と一端が連結されたパイプ状のアーム部材3と、そのアーム部材3の他端と連結され、平面視略L型に形成されたベース4とを備えている。

【0037】

撮像ヘッド2は、その内部に後述する画像投影部13や画像撮像部14を内包するケースである。撮像ヘッド2の正面には、その中央部に筒状の鏡筒5と、鏡筒5の斜め上方に

10

20

30

40

50

ファインダ 6 と、そのファインダ 6 の反対側にフラッシュ 7 とが配置されている。また、ファインダ 6 とフラッシュ 7 との間に、後述する画像撮像部 1 4 の一部である撮像光学系 2 1 のレンズの一部が外面に露出しており、この露出部分から被写体の画像が入力される。

【 0 0 3 8 】

鏡筒 5 は、撮像ヘッド 2 の正面から突出し、その内部に画像投影部 1 3 の一部である投影光学系 2 0 を内包するカバーである。この鏡筒 5 によって、投影光学系 2 0 が保持され、全体を焦点調節のため移動可能とされ、且つ、傷つくのが防止されている。また、鏡筒 5 端面からは、画像投影部 1 3 の一部である投影光学系 2 0 のレンズの一部が外面に露出しており、この露出部分から投影面に向かって画像信号光が投影される。

10

【 0 0 3 9 】

ファインダ 6 は、撮像ヘッド 2 の背面から正面を通して配設される光学レンズで構成されている。撮像装置 1 の背面から使用者がのぞき込んだ時に、撮像光学系 2 1 が C C D 2 2 上に結像する範囲とほぼ一致する範囲が見えるようになっている。

【 0 0 4 0 】

フラッシュ 7 は、例えば、デジカメモードにおいて、必要な光量を補足するための光源であり、キセノンガスが充填された放電管で構成されている。よって、撮像ヘッド 2 に内蔵されているコンデンサ（図示せず）からの放電により繰り返し使用することができる。

【 0 0 4 1 】

また、撮像ヘッド 2 の上面には、手前側にリリースボタン 8 と、そのリリースボタン 8 の奥方にモード切替スイッチ 9 と、モード切替スイッチ 9 の反対側にモニタ L C D 1 0 とが配置されている。

20

【 0 0 4 2 】

リリースボタン 8 は、「半押し状態」と「全押し状態」との 2 種類の状態に設定可能な 2 段階の押しボタン式のスイッチで構成されている。リリースボタン 8 の状態は後述するプロセッサ 1 5 に管理されており、「半押し状態」で周知のオートフォーカス（A F）および自動露出（A F）機能が起動し、ピント、絞り、シャッタースピードが調節され、「全押し状態」で撮像等が行われる。

【 0 0 4 3 】

モード切替スイッチ 9 は、デジカメモード、webcam モード、立体画像モード、平面化画像モード、オフモード等の種々のモードに設定可能なスイッチである。モード切替スイッチ 9 の状態はプロセッサ 1 5 に管理されており、モード切替スイッチ 9 の状態がプロセッサ 1 5 によって検出されることで各モードの処理が実行される。

30

【 0 0 4 4 】

モニタ L C D 1 0 は、液晶ディスプレイ（Liquid Crystal Display）で構成されており、プロセッサ 1 5 からの画像信号を受けて画像を使用者に表示する。例えば、モニタ L C D 1 0 には、デジカメモードや webcam モードにおける撮像画像や、立体画像モードにおける 3 次元形状検出結果画像、平面化画像モードにおける平面化画像等が表示される。

【 0 0 4 5 】

更に、撮像ヘッド 2 の側面には、その上方に R F（無線）インターフェイスとしてのアンテナ 1 1 と、撮像ヘッド 2 とアーム部材 3 とを連結する連結部材 1 2 とが配置されている。

40

【 0 0 4 6 】

アンテナ 1 1 は、後述する R F ドライバ 2 4 を介してデジカメモードで取得した撮像画像データや立体画像モードで取得した立体画像データ等を外部インターフェイスに無線通信によって送信するものである。

【 0 0 4 7 】

連結部材 1 2 は、内周面に雌ねじが形成されたリング状に形成され、撮像ヘッド 2 の側面に回動可能に固定されている。また、アーム部材 3 の一端側には雄ねじが形成されてい

50

る。この雌ねじと雄ねじとを嵌合させることで、撮像ヘッド2とアーム部材3とを着脱自在に連結することができると共に、撮像ヘッド2を任意の角度で固定することができるようになっている。従って、撮像ヘッド2を取り外し、通常のデジカメ（デジタルカメラ）として使用できる。

【0048】

アーム部材3は、撮像ヘッド2を所定の撮像位置に変化可能に保持するためのものであり、任意の形状に屈曲可能な蛇腹状のパイプで構成されている。よって撮像ヘッド2を任意の位置に向けることができる。

【0049】

ベース4は、机上等の載置台に載置され、撮像ヘッド2とアーム部材3とを支持するものである。平面視略L字型に形成されているので、安定して撮像ヘッド2等を支持することができる。また、ベース4とアーム部材3とは着脱自在に連結されているので、持ち運びに便利であり、省スペースで収納することもできる。

【0050】

図2は、撮像ヘッド2の内部構成を模式的に示す図である。撮像ヘッド2の内部には、主に、画像投影部13と、画像撮像部14と、プロセッサ15とが内蔵されている。

【0051】

画像投影部13は、投影面に任意の投影画像を投影するためのユニットであり、投影方向に沿って、基板16と、複数個のLED17（その総称として以下「LEDアレイ17A」という）と、光源レンズ18と、投影LCD19と、投影光学系20とを備えている。尚、この画像投影部13については、図3において詳細に説明する。

【0052】

画像撮像部14は、被写体としての原稿Pを撮像するためのユニットであり、光の入力方向に沿って、撮像光学系21と、CCD22とを備えている。

【0053】

撮像光学系21は、複数枚のレンズで構成され、周知の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して外部からの光をCCD22上に結像する。

【0054】

CCD22は、CCD（Charge Coupled Device）素子などの光電変換素子をマトリクス状に配列して構成され、撮像光学系21を介して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15に出力する。

【0055】

プロセッサ15には、フラッシュ7、リリースボタン8、モード切替スイッチ9、モニタLCDドライバ23を介してモニタLCD10、RFドライバ24を介してアンテナ11、電源インターフェイス25を介してバッテリー26、外部メモリ27、キャッシュメモリ28、光源ドライバ29を介してLEDアレイ17A、投影LCDドライバ30を介して投影LCD19、CCDインターフェイス31を介してCCD22の各々が電氣的に接続され、プロセッサ15によって管理されている。

【0056】

外部メモリ27は、着脱自在なフラッシュROMであり、デジカメモードやwebcamモード、そして立体画像モードにおいて撮像した撮像画像や3次元情報を記憶する。具体的には、SDカード、コンパクトフラッシュ（登録商標）カード等を使用することができる。

【0057】

キャッシュメモリ28は、高速な記憶装置である。例えば、デジカメモードにおいて撮像した撮像画像を高速でキャッシュメモリ28に転送し、プロセッサ15で画像処理を行ってから外部メモリ27に格納されるように使われる。具体的には、SDRAM、DDR RAM等を使用することができる。

【0058】

10

20

30

40

50

尚、電源インターフェイス 25 はバッテリー 26 を、光源ドライバ 29 は LED アレイ 17 A を、投影 LCD ドライバ 30 は投影 LED 19 を、CCD インターフェイス 31 は CCD 22 を各々制御する各種の IC (Integrated Circuit: 集積回路) によって構成されている。

【0059】

図 3 (a) は画像投影部 13 の拡大図であり、(b) は光源レンズ 18 の平面図であり、(c) は投影 LED 19 と CCD 22 との配置関係を示す図である。上述した通り、画像投影部 13 は、投影方向に沿って、基板 16 と、LED アレイ 17 A と、光源レンズ 18 と、投影 LED 19 と、投影光学系 20 とを備えている。

【0060】

基板 16 は、LED アレイ 17 A を実装すると共に、LED アレイ 17 A との電気的な配線をするためのものである。具体的には、アルミ製基板に絶縁樹脂を塗布してから無電解メッキにてパターンを形成したものやカラエポ基材をコアとする単層または多層構造の基板を使用することができる。

【0061】

LED アレイ 17 A は、投影 LED 19 に向けて放射状の光を発光する光源であり、基板 16 上に、複数の LED 17 (発光ダイオード) が千鳥状に配列され、銀ペーストを介して接着されている。また、ボンディングワイヤを介して電氣的に結線されている。

【0062】

このように光源として複数の LED 17 を使用することで、光源として白熱電球、ハロゲンランプ等を使用する場合に比べて、電気を光に変換する効率 (電気光変換効率) を高め、同時に赤外線や紫外線の発生を抑えることができる。よって、省電力で駆動でき、節電化、長寿命化を図ることができる。また、装置の温度上昇を低減させることができる。

【0063】

この様に、LED 17 はハロゲンランプ等に比べて熱線の発生が極めて低いので、後述する光源レンズ 18 や投影光学系 20 として、樹脂製のレンズを採用することができる。よって、ガラス製のレンズを採用する場合に比べて、各レンズ 18, 20 を安価で軽量に構成することができる。

【0064】

また、LED アレイ 17 A を構成する各 LED 17 は、各々同じ発光色を発光するもので、材料に Al、In、Ga、P の 4 元素を用いたアンバー色を発光するもので構成されている。よって、複数の発光色を発光させる場合に生ずる色収差の補正を考慮する必要はなく、色収差を補正するために投影光学系 20 として色消しレンズを採用する必要はないので、投影光学系 20 の設計の自由度を向上させることができる。

【0065】

また、他の発光色に比べて電気光変換率が約 80 lumen/W と高い 4 元素材料のアンバー色 LED を採用することで、一層、高輝度、節電、長寿命化を図ることができる。尚、各 LED 17 を千鳥状に配置する事に関する効果については、図 4 を参照して説明する。

【0066】

具体的には、LED アレイ 17 A は 59 個の LED 17 からなり、各 LED 17 は 50 mW (20 mA, 2.5 V) で駆動され、結局、全 59 個の LED 17 は略 3 W の消費電力で駆動される。また、各 LED 17 から発光される光が、光源レンズ 18、投影 LED 19 を通過して投影光学系 20 から照射される場合の光束値としての明るさは、全面照射の場合であっても 25 ANSI ルーメン程度に設定されている。

【0067】

この明るさを採用することで、例えば、立体画像モードにおいて、人や動物の顔面等の被写体の 3 次元形状を検出する場合に、人や動物に眩しさを与えず、人や動物が目をつぶっていない状態の 3 次元形状を検出することができる。

10

20

30

40

50

【0068】

光源レンズ18は、LEDアレイ17Aから放射状に発光される光を集光するレンズであり、その材質はアクリルに代表される光学樹脂で構成されている。

【0069】

具体的には、光源レンズ18は、LEDアレイ17Aの各LED17に対向する位置に投影LED19側に向けて凸設された凸状のレンズ部18aと、そのレンズ部18aを支持するベース部18bと、そのベース部18bの内部空間であってLEDアレイ17Aを内包する開口に充填されるLED17の封止および基板16と光源レンズ18との接着を目的としたエポキシ封止材18cと、ベース部18bから基板16側に突設され、光源レンズ18と基板16とを接続する位置決めピン18dとを備えている。

10

【0070】

光源レンズ18は、開口の内部にLEDアレイ17Aを内包させつつ、基板16に穿設されている長孔16に位置決めピン18dを差込み、基板16上に固定される。

【0071】

よって、省スペースで光源レンズ18を配置することができる。また、基板16にLEDアレイ17Aを実装するという機能の他に、光源レンズ18を支持するという機能を兼任させることで、光源レンズ18を支持する部品を別途必要とせず、部品の点数を削減することができる。

【0072】

また、各レンズ部18aは、LEDアレイ17Aの各LED17と1対1の関係で対向する位置に配置されている。

20

【0073】

よって、各LED17から発光される放射状の光は、各LED17に対向する各レンズ部18によって効率良く集光され、図に示すような指向性の高い放射光として投影LED19に照射される。この様に指向性を高めたのは、投影LCD19に略垂直に光を入射することによって、面内の透過率ムラが抑制され得るためである。また同時に、投影光学系20は、テレセントリック特性を持ち、その入射NAが0.1程度であるため、垂直±5°以内の光のみが内部の絞りを通過できるように規制されているためである。従って、LED17からの光を出射角度を垂直に揃え、且つ、±5°にほとんどの光束を入れることが画質向上の要点となる。

30

【0074】

投影LCD19は、光源レンズ18を通過して集光された光に空間変調を施して、投影光学系20に向けて画像信号光を出力する空間変調素子であって、具体的には、縦横の比率の異なる板状の液晶ディスプレイ(Liquid Crystal Display)で構成されている。

【0075】

また、(C)に示すように、この投影LCD19を構成する各画素は、その液晶ディスプレイの長手方向に沿って一直線状に並べられた1の画素列と、その1の画素列とは液晶ディスプレイの長手方向に所定間隔ずれた他の画素列とを交互に並列に並べて配置されている。

40

【0076】

尚、(C)は紙面手前側に撮像ヘッド2の正面を向け、紙面裏側から光が投影LCD19に向けて照射され、紙面手間側からCCD22に被写体像が結像される状態であるとする。

【0077】

このように、投影LCD19を構成する画素を長手方向に千鳥状に配置することで、長手方向と直交する方向(短手方向)において、投影LCD19によって空間変調が施される光を1/2ピッチで制御することができる。従って、細かいピッチで投影パターンを制御でき、分解能を上げて高精度に3次元の形状を検出することができる。

【0078】

50

特に、後述する立体画像モードや平面化画像モードにおいて、被写体の3次元形状を検出べく、被写体に向けて明暗を交互に並べてなる縞状のパターン光を投光する場合に、その縞方向を投影LCD19の短手方向に一致させることで、明暗の境界を1/2ピッチで制御することができるので、同様に高精度に3次元の形状を検出することができる。

【0079】

また、撮像ヘッド2の内部において、投影LCD19とCCD22とは、(C)に示すような関係で配置される。具体的には、投影LCD19の幅広面とCCD22の幅広面とは略同一の方向に向いて配置されているので、投影LCD19から投影面に投影されている画像をCCD22に結像させる場合に、投影画像をハーフミラー等で屈曲させることなく、そのままの状態での投影画像を結像させることができる。

10

【0080】

また、CCD22は、投影LCD19の長手方向側(画素列が延びる方向側)に配置されている。よって、特に、立体画像モードや平面化画像モードにおいて、三角測量の原理を利用して被写体の3次元形状を検出する場合には、CCD22と被写体とのなす傾きを1/2ピッチで制御することができるので、同様に高精度に3次元の形状を検出することができる。

【0081】

投影光学系20は、投影LED19を通過した画像信号光を投影面に向けて投影する複数のレンズであり、ガラス及び樹脂の組み合わせからなるテレセントリックレンズで構成されている。テレセントリックとは、投影光学系20を通過する主光線は、入射側の空間では光軸に平行になり、射出瞳の位置は無限になる構成をいう。このようにテレセントリックにすることで、前述のように投影LCD19を垂直±5°で通過する光のみを投影し得るので、画質を向上させることができる。

20

【0082】

図4は、LEDアレイ17Aの配列に関する説明をするための図である。(a)は光源レンズ18を通過した光の照度分布を示す図であり、(b)はLEDアレイ17Aの配列状態を示す平面図であり、(c)は投影LCD19面における合成照度分布を示す図である。

【0083】

(a)に示すように、光源レンズ18を通過した光は、半値拡がり半角(=略5°)で、(a)左側に図示するような照度分布を有する光として投影LCD19の表面に到達するように設計されている。

30

【0084】

また、(b)に示すように、複数のLED17は基板上16に千鳥状に配列されている。具体的には、複数のLED17をdピッチで直列に並べたLED列を、3/2dピッチで並列に並べ、更に、そのLED列を1列おきに同じ方向に1/2d移動させた状態になるように配置されている。

【0085】

換言すれば、1のLED17と、その1のLED17の周辺のLCD17との間隔はdになるように設定されている(三角格子配列)。

40

【0086】

そして、このdの長さは、LED17の1つから出射された光によって投影LCD19において形成される照度分布の半値全幅(FWHM(Full Width Half Maximun))以下となる様に決定されている。

【0087】

よって、光源レンズ18を通過して投影LCD19の表面に到達する光の合成照度分布は、(c)に示すように小さなリップルを含んだ略直線状になり、投影LCD19の面に略均一に光を照射することができる。従って、投影LCD19における照度ムラを抑制することができるので、結果的に、高品質な画像を投影することができる。

【0088】

50

図5は、画像入出力装置1の電氣的なブロック図である。尚、既に上述した構成については、その説明を省略する。プロセッサ15は、CPU35と、ROM36と、RAM37とを備えている。

【0089】

CPU35は、ROM36に記憶されたプログラムによる処理に応じて、RAM37を利用して、リリースボタン8の押下げ操作の検知、CCD22から画像データの取り込み、その画像データの転送、格納、モード切替スイッチ9の状態の検出等の各種処理を行う。

【0090】

ROM36には、カメラ制御プログラム36aと、パターン光撮影プログラム36bと、輝度画像生成プログラム36cと、コード画像生成プログラム36dと、コード境界抽出プログラム36eと、レンズ収差補正プログラム36fと、三角測量演算プログラム36gと、原稿姿勢演算プログラム36hと、平面変換プログラム36iとが格納されている。

10

【0091】

カメラ制御プログラム36aは、図6に示すメイン処理を含む撮像装置1全体の制御に関するプログラムである。

【0092】

パターン光撮影プログラム36bは、原稿Pの3次元形状を検出するために被写体にパターン光を投影した状態と、投影していない状態とを撮像するプログラムである。

20

【0093】

輝度画像生成プログラム36cは、パターン光撮影プログラム36bによってパターン光を投影した状態を撮像したパターン光有画像と、パターン光を投影していない状態を撮像したパターン光無画像との差分をとり、投影されたパターン光の輝度画像を生成するプログラムである。

【0094】

また、パターン光は複数種類のものが時系列に投影され各パターン光毎に撮像され、撮像された複数枚のパターン光有画像の各々とパターン光無画像との差分がとられ、複数種類の輝度画像が生成される。

【0095】

コード画像生成プログラム36dは、輝度画像生成プログラム36cによって生成される複数枚の輝度画像を重ね合わせ、各画素毎に所定のコードを割り当てたコード画像を生成するプログラムである。

30

【0096】

コード境界抽出プログラム36eは、コード画像生成プログラム36dによって生成されるコード画像と、輝度画像生成プログラム36cによって生成される輝度画像とを利用して、コードの境界座標をサブピクセル精度で求めるプログラムである。

【0097】

レンズ収差補正プログラム36fは、コード境界抽出プログラム36eによってサブピクセル精度で求められているコードの境界座標に対して、撮像光学系20の収差補正を行うプログラムである。

40

【0098】

三角測量演算プログラム36gは、レンズ収差補正プログラム36fによって収差補正がなされたコードの境界座標から、その境界座標に関する実空間の3次元座標を演算するプログラムである。

【0099】

原稿姿勢演算プログラム36hは、三角測量演算プログラム36gで演算された3次元座標から原稿Pの3次元形状を推定して求めるプログラムである。

【0100】

平面変換プログラム36iは、原稿姿勢演算プログラム36hで演算される原稿Pの3

50

次元形状に基づき、原稿 P の正面から撮像したような平面化画像を生成するプログラムである。

【0101】

R A M 3 7 には、パターン光有画像格納部 3 7 a と、パターン光無画像格納部 3 7 b と、輝度画像格納部 3 7 c と、コード画像格納部 3 7 d と、コード境界座標格納部 3 7 e と、I D 格納部 3 7 f と、収差補正座標格納部 3 7 g と、3 次元座標格納部 3 7 h と、原稿姿勢演算結果格納部 3 7 i と、平面変換結果格納部 3 7 j と、投影画像格納部 3 7 k と、ワーキングエリア 3 7 l とが記憶領域として割り当てられている。

【0102】

パターン光有画像格納部 3 7 a は、パターン光撮影プログラム 3 6 b によって原稿 P にパターン光を投影した状態を撮像したパターン光有画像を格納する。パターン光無画像格納部 3 7 b は、パターン光撮影プログラム 3 6 b によって原稿 P にパターン光を投影していない状態を撮像したパターン光無画像を格納する。

【0103】

輝度画像格納部 3 7 c は、輝度画像生成プログラム 3 6 c によって生成される輝度画像を格納する。コード画像格納部 3 7 d は、コード画像生成プログラム 3 6 d によって生成されるコード画像を格納する。コード境界座標格納部 3 7 e は、コード境界抽出プログラム 3 6 e によって、抽出されるサブピクセル精度で求められた各コードの境界座標を格納する。I D 格納部 3 7 f は、境界を有する画素位置において明暗の変化を有する輝度画像に割り当てられる I D 等を格納する。収差補正座標格納部 3 7 g は、レンズ収差補正プログラム 3 6 f によって収差補正がなされたコードの境界座標を格納する。3 次元形状座標格納部 3 7 h は、三角測量演算プログラム 3 6 g によって演算される実空間の 3 次元座標を格納する。

【0104】

原稿姿勢演算結果格納部 3 7 i は、原稿姿勢演算プログラム 3 6 h によって演算される原稿 P の 3 次元形状に関するパラメータを格納する。平面変換結果格納部 3 7 j は、平面変換プログラム 3 6 i によって生成される平面変換結果を格納する。投影画像格納部 3 7 k は、画像投影部 1 3 から投影する画像情報を格納する。ワーキングエリア 3 7 l は、C P U 1 5 での演算のために一時的に使用するデータを格納する。

【0105】

図 6 は、メイン処理のフローチャートである。尚、このメイン処理におけるデジカメ処理 (S 6 0 5)、w e b c a m 処理 (S 6 0 7)、立体画像処理 (S 6 0 7)、平面化画像処理 (S 6 1 1) の各処理についての詳細は後述する。

【0106】

メイン処理では、まず、電源が起動されると (S 6 0 1)、プロセッサ 1 5 やその他のインターフェイス等が初期化される (S 6 0 2)。

【0107】

そして、モード切替スイッチ 9 の状態を判別するキースキャンが行われ (S 6 0 3)、モード切替スイッチ 9 の設定がデジカメモードか否かが判断され (S 6 0 4)、デジカメモードであれば (S 6 0 4 : Y e s)、後述するデジカメ処理に移行する (S 6 0 5)。

【0108】

一方、デジカメモードでなければ (S 6 0 4 : N o)、モード切替スイッチ 9 の設定が w e b c a m モードか否かが判断され (S 6 0 6)、w e b c a m モードであれば (S 6 0 6 : Y e s)、後述する w e b c a m 処理に移行する (S 6 0 7)。

【0109】

一方、w e b c a m モードでなければ (S 6 0 5 : N o)、モード切替スイッチ 9 の設定が立体画像モードか否かが判断され (S 6 0 8)、立体画像モードであれば (S 6 0 8 : Y e s)、後述する立体画像処理に移行する (S 6 0 9)。

【0110】

一方、立体画像モードでなければ (S 6 0 8 : N o)、モード切替スイッチ 9 の設定が

10

20

30

40

50

平面化画像モードか否かが判断され (S 6 1 0)、平面化画像モードであれば (S 6 1 0 : Y e s)、後述する平面化画像処理に移行する (S 6 1 1)。

【0 1 1 1】

一方、平面化画像モードでなければ (S 6 1 0 : N o)、モード切替スイッチ 9 がオフモードか否かが判断され (S 6 1 2)、オフモードでなければ (S 6 1 2 : N o)、S 6 0 3 からの処理を繰り返し、オフモードであれば (S 6 1 2 : Y e s)、当該処理を終了する。

【0 1 1 2】

図 7 は、デジカメ処理 (図 6 の S 6 0 5) のフローチャートである。デジカメ処理は、画像撮像部 1 4 によって撮像した画像を取得する処理である。

10

【0 1 1 3】

この処理では、まず、CCD 2 2 に高解像度設定信号を送信する (S 7 0 1)。これにより高品質の撮像画像を使用者に提供することができる。

【0 1 1 4】

次に、モニタ LCD 1 0 にファインダ画像 (ファインダ 6 を介して見える範囲の画像) を表示する (S 7 0 2)。よって、使用者は、ファインダ 6 を覗き込むことなく、モニタ LCD 1 0 に表示された画像によって実際の撮像の前に、撮像画像 (撮像範囲) を確認することができる。

【0 1 1 5】

次に、リリースボタン 8 をスキャンし (S 7 0 3 a)、リリースボタン 8 が半押しされたか否かを判断する (S 7 0 3 b)。半押しされていれば (S 7 0 3 b : Y e s)、オートフォーカス (A F) および自動露出 (A E) 機能を起動し、ピント、絞り、シャッタースピードを調節する (S 7 0 3 c)。尚、半押しされていなければ (S 7 0 3 b : N o)、S 7 0 3 a からの処理を繰り返す。

20

【0 1 1 6】

次に、再び、リリースボタン 8 をスキャンし (S 7 0 3 d)、リリースボタン 8 が全押しされたか否かを判断する (S 7 0 3 e)。全押しされていれば (S 7 0 3 e : Y e s)、フラッシュモードか否かを判断する (S 7 0 4)。

【0 1 1 7】

その結果、フラッシュモードであれば (S 7 0 4 : Y e s)、フラッシュ 7 を投光して (S 7 0 5)、撮影し (S 7 0 6)、フラッシュモードでなければ (S 7 0 4 : N o)、フラッシュ 7 を投光することなく撮影する (S 7 0 6)。尚、S 7 0 3 e の判断において、全押しされていなければ (S 7 0 3 e : N o)、S 7 0 3 a からの処理を繰り返す。

30

【0 1 1 8】

次に、撮影した撮像画像を CCD 2 2 からキャッシュメモリ 2 8 に転送し (S 7 0 7)、キャッシュメモリ 2 8 に記憶された撮像画像をモニタ LCD 1 0 に表示する (S 7 0 8)。このように、撮像画像をキャッシュメモリ 2 8 に転送することでメインメモリに転送する場合に比較して、撮像画像を高速にモニタ LCD 1 0 に表示させることができる。そして、その撮像画像を外部メモリ 2 7 に格納する (S 7 0 9)。

【0 1 1 9】

最後に、モード切替スイッチ 9 に変化が無いかが否かを判断し (S 7 1 0)、そ変化が無ければ (S 7 1 0 : Y e s)、S 7 0 2 からの処理を繰り返し、変化があれば (S 7 1 0 : N o)、当該処理を終了する。

40

【0 1 2 0】

図 8 は、webcam 処理 (図 6 の S 6 0 7) のフローチャートである。webcam 処理は、画像撮像部 1 4 で撮像した撮像画像 (静止画および動画を含む) を外部ネットワークに送信する処理である。尚、本実施例では、撮像画像として動画を外部ネットワークに送信する場合を想定している。

【0 1 2 1】

この処理では、まず、CCD 2 2 に低解像度設定信号を送信し (S 8 0 1)、周知のオ

50

ートフォーカス及び自動露出機能を起動して、ピント、絞り、シャッター速度を調節した後に (S 8 0 2)、撮影を開始する (S 8 0 3)。

【 0 1 2 2 】

そして、撮影された撮像画像をモニタ L C D 1 0 に表示し (S 8 0 4)、ファインダ画像を投影画像格納部 3 7 k に格納し (S 8 0 5)、後述する投影処理を行い (S 8 0 6)、投影画像格納部 3 7 k に格納されている画像を投影面に投影する。

【 0 1 2 3 】

また、撮像画像を C C D 2 2 からキャッシュメモリ 2 8 に転送し (S 8 0 7)、キャッシュメモリ 2 8 に転送された撮像画像を R F インターフェイスを介して外部ネットワークに送信する (S 8 0 8)。

10

【 0 1 2 4 】

そして、最後に、モード切替スイッチ 9 に変化が無いかなかを判断し (S 8 0 9)、変化が無ければ (S 8 0 9 : Y e s)、S 8 0 2 からの処理を繰り返し、変化があれば (S 8 0 9 : N o)、当該処理を終了する。

【 0 1 2 5 】

図 9 は投影処理 (図 8 の S 8 0 6) のフローチャートである。この処理は、投画像投影部 1 3 から影画像格納部 3 7 k に格納されている画像を投影面に投影する処理である。この処理では、まず、投影画像格納部 3 7 k に画像が格納されているかなを確認する (S 9 0 1)。格納されていれば (S 9 0 1 : Y e s)、投影画像格納部 3 7 k に格納されている画像を投影 L C D ドライバ 3 0 に転送し (S 9 0 2)、投影 L C D ドライバ 3 0 から、その画像に応じた画像信号を投影 L C D 1 9 に送り、投影 L C D に画像を表示する (S 9 0 3)。

20

【 0 1 2 6 】

次に、光源ドライバ 2 9 を駆動し (S 9 0 4)、その光源ドライバ 2 9 からの電気信号によって L E D アレイ 1 7 A を点灯し (S 9 0 5)、当該処理を終了する。

【 0 1 2 7 】

こうして、L E D アレイ 1 7 A が点灯すると、L E D アレイ 1 7 A から発光する光は、光源レンズ 1 8 を介して投影 L C D 1 9 に到達し、投影 L C D 1 9 において、投影 L C D ドライバ 3 0 から送信される画像信号に応じた空間変調が施され、画像信号光として出力される。そして、その投影 L C D 1 9 から出力される画像信号光は、投影光学系 2 0 を介して投影面に投影画像として投影される。

30

【 0 1 2 8 】

図 1 0 は立体画像処理 (図 6 の S 6 0 9) のフローチャートである。立体画像処理は、被写体の 3 次元形状を検出し、その立体画像としての 3 次元形状検出結果画像を取得、表示、投影する処理である。

【 0 1 2 9 】

この処理では、まず、C C D 2 2 に高解像度設定信号を送信し (S 1 0 0 1)、モニタ L C D 1 0 にファインダ画像を表示する (S 1 0 0 2)。

【 0 1 3 0 】

次に、リリースボタン 8 をスキャンし (S 1 0 0 3 a)、リリースボタン 8 が半押しされたかなかを判断する (S 1 0 0 3 b)。半押しされていれば (S 1 0 0 3 b : Y e s)、オートフォーカス (A F) および自動露出 (A E) 機能を起動し、ピント、絞り、シャッタースピードを調節する (S 1 0 0 3 c)。尚、半押しされていなければ (S 1 0 0 3 b : N o)、S 1 0 0 3 a からの処理を繰り返す。

40

【 0 1 3 1 】

次に、再び、リリースボタン 8 をスキャンし (S 1 0 0 3 d)、リリースボタン 8 が全押しされたかなかを判断する (S 1 0 0 3 e)。全押しされていれば (S 1 0 0 3 e : Y e s)、フラッシュモードかなかを判断する (S 1 0 0 3 f)。

【 0 1 3 2 】

その結果、フラッシュモードであれば (S 1 0 0 3 f : Y e s)、フラッシュ 7 を投光

50

して (S 1 0 0 3 g)、撮影し (S 1 0 0 3 h)、フラッシュモードでなければ (S 1 0 0 3 f : N o)、フラッシュ 7 を投光することなく撮影する (S 1 0 0 3 h)。尚、S 1 0 0 3 e の判断において、全押しされていなければ (S 1 0 0 3 e : N o)、S 1 0 0 3 a からの処理を繰り返す。

【 0 1 3 3 】

次に、後述する 3 次元形状検出処理を行い、被写体の 3 次元形状を検出する (S 1 0 0 6)。

【 0 1 3 4 】

次に、3 次元形状検出処理 (S 1 0 0 6) における 3 次元形状検出結果を外部メモリ 2 7 に格納し (S 1 0 0 7)、3 次元形状検出結果をモニタ L C D 1 0 に表示する (S 1 0 0 8)。尚、この 3 次元形状検出結果とは、各計測頂点の実空間における 3 次元座標 (X Y Z) の集合体として表示する。

【 0 1 3 5 】

次に、3 次元形状検出結果としての計測頂点をポリゴンで結んでそのサーフェスを表示した立体画像 (3 D の C G 画像) としての 3 次元形状検出結果画像を投影画像格納部 3 7 k に格納し (S 1 0 0 9)、図 8 の S 8 0 6 の投影処理と同様な投影処理を行う (S 1 0 1 0)。尚、この場合には、図 1 8 において説明する投影 L C D 1 9 上の座標を 3 次元空間座標に変換する式の逆関数を利用して、求められた 3 次元座標に対する投影 L C D 1 9 上の座標を求めることで、3 次元形状結果座標を投影面に投影させることができる。

【 0 1 3 6 】

そして、モード切替スイッチ 9 に変化が無いかなかを判断し (S 1 0 1 1)、変化が無ければ (S 1 0 1 1 : Y e s)、S 7 0 2 からの処理を繰り返し、変化があれば (S 1 0 1 1 : N o)、当該処理を終了する。

【 0 1 3 7 】

図 1 1 (a) は、上述した 3 次元形状検出処理 (図 1 0 の S 1 0 0 6) において、3 次元形状を検出するために利用する空間コード法の原理を説明するための図であり、(b) は (a) とは異なるパターン光を示す図である。パターン光にはこれら (a) または (b) のいずれを用いても良く、更には、多階調コードであるグレイレベルコードを用いても良い。

【 0 1 3 8 】

尚、この空間コード法についての詳細は、佐藤宏介、他 1 名、「空間コード化による距離画像入力」、電子通信学会論文誌、8 5 / 3 V o l . J 6 8 - D N o 3 p 3 6 9 ~ 3 7 5 に詳細に開示されている。

【 0 1 3 9 】

空間コード法は、投影光と観測画像間の三角測量に基づいて被写体の 3 次元形状を検出する方法の 1 種であり、(a) に示すように、投影光源 L と観測器 O とを距離 D だけ離して設置し、空間を細長い扇状領域に分割しコード化することの特徴とする。

【 0 1 4 0 】

図中の 3 枚のマスクパターン A , B , C を M S B から順番に投影すると、各扇状領域はマスクによって明「 1 」と暗「 0 」とにコード化される。例えば、点 P を含む領域は、マスク A , B では光が当たらず、マスク C では明になるので、0 0 1 (A = 0 、 B = 0 、 C = 1) とコード化される。

【 0 1 4 1 】

各扇状の領域には、その方向 に相当するコードが割り当てられ、それぞれを 1 本のスリット光線とみなすことができる。そこで各マスクごとに情景を観測機器としてのカメラで撮影し、明暗パターンを 2 値化してメモリの各ビットプレーンを構成していく。

【 0 1 4 2 】

こうして、得られた多重ビットプレーン画像の横方向の位置 (アドレス) は、観測方向に相当し、このアドレスのメモリの内容は投影光コード、即ち、 を与える。この とから注目点の座標を決定する。

10

20

30

40

50

【 0 1 4 3 】

また、この方法で使用するマスクパターンとしては、(a) ではマスクパターン A , B , C のような純 2 進コードを用いる場合を図示しているが、マスクの位置ズレが起こると領域の境界で大きな誤差が生ずる危険性がある。

【 0 1 4 4 】

例えば、(a) の点 Q は領域 3 (0 1 1) と領域 4 (1 0 0) の境界を示しているが、もしマスク A の 1 がずれ込むと領域 7 (1 1 1) のコードが生ずる可能性がある。換言すれば、隣接する領域間でハミング距離が 2 以上のところで、大きな誤差が発生する可能性がある。

【 0 1 4 5 】

そこで、この方法で使用するマスクパターンとしては、(b) に示すように、隣接する領域間でハミング距離が常に 1 であるコードを使うことで、上述したようなコード化誤差を避けることができるとされている。

【 0 1 4 6 】

図 1 2 (a) は、3 次元形状検出処理 (図 1 0 の S 1 0 0 6) のフローチャートである。この処理では、まず、撮像処理を行う (S 1 2 1 0)。この撮像処理は、図 1 1 (a) に示す複数枚の純 2 進コードのマスクパターンを利用して画像投影部 1 3 から、明暗を交互に並べてなる縞状のパターン光 (図 1 参照) を時系列的に被写体に投影し、各パターン光が投影されている状態を撮像したパターン光有画像と、パターン光が投影されていない状態を撮像したパターン光無画像とを取得する処理である。

【 0 1 4 7 】

撮像処理を終了すると (S 1 2 1 0)、3 次元計測処理を行う (S 1 2 2 0)。3 次元計測処理は、撮像処理によって取得したパターン光有画像とパターン光無画像とを利用して、実際に被写体の 3 次元形状を計測する処理である。こうして、3 次元計測処理を終了すると (S 1 2 2 0)、当該処理を終了する。

【 0 1 4 8 】

図 1 2 (b) は、撮像処理 (図 1 2 (a) の S 1 2 1 0) のフローチャートである。この処理は、パターン光撮影プログラム 3 6 a に基づき実行され、まず、画像投影部 1 3 からパターン光を投影することなく、画像撮像部 1 4 によって被写体を撮像することで、パターン光無画像を取得する (S 1 2 1 1)。尚、取得したパターン光無画像はパターン光無画像格納部 3 7 b に格納される。

【 0 1 4 9 】

次に、カウンタ i を初期化し (S 1 2 1 2)、そのカウンタ i の値が最大値 i m a x か否かを判断する (S 1 2 1 3)。尚、最大値 i m a x は使用するマスクパターンの数によって決定される。例えば、8 種類のマスクパターンを使用する場合には、最大 i m a x (= 8) となる。

【 0 1 5 0 】

そして、判断の結果、カウンタ i の値が最大値 i m a x より小さい場合には (S 1 2 1 3 : Y e s)、使用するマスクパターンの内、i 番のマスクパターンを投影 L C D 1 9 に表示し、その i 番のマスクパターンによって投影される i 番のパターン光を投影面に投影し (S 1 2 1 4)、そのパターン光が投影されている状態を画像撮像部 1 4 によって撮影する (S 1 2 1 5)。

【 0 1 5 1 】

こうして、被写体に i 番のパターン光が投影された状態を撮像したパターン光有画像を取得する。尚、取得したパターン光有画像は、パターン光有画像格納部 3 7 a に格納される。

【 0 1 5 2 】

撮影を終了すると、i 番のパターン光の投影を終了し (S 1 2 1 6)、次のパターン光を投影すべく、カウンタ i に「 1 」を加算して (S 1 2 1 7)、S 1 2 1 3 からの処理を繰り返す。

10

20

30

40

50

【0153】

そして、カウンタ i の値が最大値 i_{max} より大きいと判断すると (S1213: No)、当該処理を終了する。即ち、この撮像処理においては、1枚のパターン光無画像と、最大値 i_{max} 枚のパターン光有画像とを取得することになる。

【0154】

図12(c)は、3次元計測処理(図12(a)のS1220)のフローチャートである。この処理は、輝度画像生成プログラム36cに基づき実行され、まず、輝度画像を生成する(S1221)。ここで、輝度は、YCbCr空間におけるY値であり、各画素のRGB値より $Y = 0.2989 \cdot R + 0.5866 \cdot G + 0.1145 \cdot B$ から計算される値である。各画素についてY値を求めることにより、各パターン光有及び無し画像に関する輝度画像を生成する。生成した輝度画像は、輝度画像格納部37cに格納される。また、パターン光の番号に対応した番号を各輝度画像に割り付けておく。

10

【0155】

次に、コード画像生成プログラム36dにより、上述した空間コード法を利用して、生成した輝度画像を組み合わせることで、各画素毎にコード化されたコード画像を生成する(S1222)。

【0156】

このコード画像は、輝度画像格納部37cに格納したパターン光有画像に関する輝度画像の各画素について、あらかじめ設定した輝度閾値と比較し、その結果を結合させることで生成することができる。生成されたコード画像はコード画像格納部37dに格納される。

20

【0157】

次に、コード境界抽出プログラム36eにより、後述するコード境界座標検出処理を行い(S1223)、各画素毎に割り当てられたコードの境界座標をサブピクセル精度で検出する。

【0158】

次に、レンズ収差補正プログラム36fにより、レンズ収差補正処理を行う(S1224)。この処理によって、撮像光学系21の歪みなどの影響で誤差を含んでいるS1223で検出されるコード境界座標の誤差を補正することができる。

【0159】

次に、三角測量演算プログラム36gにより、三角測量原理による実空間変換処理を行う(S1225)。この処理によって収差補正が施された後のCCD空間上のコード境界座標は、実空間における3次元座標に変換され、3次元形状検出結果としての3次元座標が求められる。

30

【0160】

図13は、コード境界座標検出処理(図12のS1223)の概略を説明するための図である。上側の図は、CCD空間において実際のパターン光の明暗の境界を境界線Kで示し、そのパターン光を上述した空間コード法でコード化し、1のコードと他のコードとの境界を図中太線で示した図である。

【0161】

即ち、上述した空間コード法におけるコード化は、各画素単位で行われるため、実際のパターン光の境界線Kと、コード化された境界(図中太線)とではサブピクセル精度の誤差が生ずる。そこで、このコード境界座標検出処理は、コードの境界座標をサブピクセル精度で検出することを目的とする。

40

【0162】

この処理では、まず、ある検出位置(以下「 $curCCDX$ 」と称す)において、ある着目コード(以下「 $curCode$ 」という)から他のコードに変化する第1画素Gを検出する(第1画素検出工程)。

【0163】

例えば、 $curCCDX$ において、上から順番に各画素を検出すると、境界(太線)ま

50

では $curCode$ を有する画素であるが、境界の次の画素、即ち、第 1 画素 G において、 $curCode$ は変化しているので、これを第 1 画素 G として検出する。

【0164】

次に、その第 1 画素 G の画素位置において、図 12 の $S1221$ において輝度画像格納部 37c に格納された輝度画像の内から、明暗の変化を持つ輝度画像の全部を抽出する（輝度画像抽出工程）。

【0165】

次に、近似に利用するための画素領域を特定するために検出位置を「2」左側に移動させ、検出位置 $curCCDX - 2$ の位置において、コード画像を参照して、着目コード（ $curCode$ ）から他のコードに変化する画素（境界画素（ $curCCDX - 2$ の検出位置では画素 H ））を探し、その画素を中心に予め定めた範囲（本実施例の場合 Y 軸方向に -3 画素と $+2$ 画素の範囲）の画素範囲を特定する（画素領域特定手段の一部）。

【0166】

次に、その予め定めた範囲内において、図中の下側の左側のグラフに示すように、 Y 方向の画素位置と輝度とに関する近似式（図中実線で示す）を求め、その近似式における輝度閾値 bTh との交点における Y 座標 $Y1$ を求める（境界座標検出工程の一部）。

【0167】

尚、輝度閾値 bTh は、予め定められた範囲内から算出（例えば、各画素の輝度の平均の 2 分の 1）しても良く、予め与えられた固定値であっても良い。これにより、明と暗との境界をサブピクセル精度で検出することができる。

【0168】

次に、検出位置を $curCCDX - 2$ から「1」右側に移動させ、 $curCCDX - 1$ において上述したのと同様な処理を行い、 $curCCDX - 1$ における代表値を求める（境界座標検出工程の一部）。

【0169】

このように、境界画素を中心に Y 軸方向に予め定めた範囲と、 X 軸方向における $curCCDX - 2$ から $curCCDX + 2$ の範囲とで構成される画素領域（図中右下がり斜線部参照）において、各検出位置における代表値を求める。

【0170】

これまでの処理を $curCode$ から他のコードへ変化する画素を持つ輝度画像の全てに行い、各輝度画像についての代表値の加重平均値を最終的に $curCode$ における境界座標として採用する（境界座標検出工程の一部）。

【0171】

これにより、コードの境界座標を高精度にサブピクセル精度で検出することができ、この境界座標を利用して上述した三角測量原理による実空間変換処理（図 12 の $S1225$ ）を行うことで、高精度に被写体の 3 次元形状を検出することができる。

【0172】

また、このように輝度画像に基づき算出される近似式を利用して境界座標をサブピクセル精度で検出することができるため、従来のように撮像枚数を増加させることもなく、また、純 2 進コードで明暗付けられたパターン光であっても良く、特殊なパターン光であるグレイコードを用いる必要はない。

【0173】

尚、本実施例では、各検出位置において境界画素を中心に Y 軸方向に「 -3 」から「 $+2$ 」の範囲と、 X 軸方向における検出位置としての $curCCDX - 2$ から $curCCDX + 2$ の範囲とで構成される領域を、近似を求めるための画素領域として説明したが、この画素領域の Y 軸、 X 軸の範囲はこれらに限定されるものではない。例えば、 $curCCDX$ の検出位置における境界画素を中心とした Y 軸方向への所定範囲だけを画素領域としても良い。

【0174】

図 14 は、コード境界座標検出処理（図 12 の $S1223$ ）のフローチャートである。

10

20

30

40

50

この処理は、コード境界抽出プログラム36eに基づき実行され、まず、CCD空間におけるコード境界座標列の各要素を初期化し(S1401)、curCCDXを開始座標に設定する(S1402)。

【0175】

次に、curCCDXが終了座標以下か否かを判断し(S1403)、終了座標以下であれば(S1403:Yes)、curCodeを「0」に設定する(S1404)。即ち、curCodeは当初、最小値に設定される。

【0176】

次に、curCodeが最大コードより小さいか否かを判断する(S1405)。curCodeが最大コードより小さければ(S1405:Yes)、curCCDXにおいてコード画像を参照して、curCodeの画素を探し(S1406)、curCodeの画素が存在するか否かを判断する(S1407)。

【0177】

その結果、curCodeの画素が存在していれば(S1407:Yes)、curCCDXにおいて、そのcurCodeよりも大きなCodeの画素をコード画像を参照して探し(S1408)、そのcurCodeよりも大きなcurCodeの画素が存在するか否かを判断する(S1409)。

【0178】

その結果、curCodeよりも大きなCodeの画素が存在していれば(S1409:Yes)、後述する境界をサブピクセル精度で求める処理を行う(S1410)。そして、次のcurCodeについて境界座標を求めるべく、curCodeに「1」を加算して(S1411)、S1405からの処理を繰り返す。

【0179】

即ち、境界は、curCodeを有する画素の画素位置またはcurCodeよりも大きなCodeの画素の画素位置に存在しているため、本実施例では、暫定的に境界は、curCodeより大きなcurCodeの画素の画素位置にあると仮定して処理を進めるものである。

【0180】

また、curCodeが存在していない場合や(S1407:No)、curCodeよりも大きなCodeの画素が存在していない場合には(S1409:No)、次のcurCodeについて境界座標を求めるべく、curCodeに「1」を加算して(S1411)、S1405からの処理を繰り返す。

【0181】

こうして、0から最大コードまでのcurCodeについて、S1405からS1411までの処理を繰り返し、curCodeが最大コードより大きくなると(S1405:No)、検出位置を変更すべく、curCCDXに「dCCDX」を加算し(S1412)、新たな検出位置において、上述したのと同様にS1403からの処理を繰り返す。

【0182】

そして、curCCDXを変更してゆき、最終的にcurCCDXが終了座標より大きくなると(S1403)、即ち、開始座標から終了座標までの検出が終了すると、当該処理を終了する。

【0183】

図15は、コード境界座標をサブピクセル精度で求める処理(図14のS1410)のフローチャートである。

【0184】

この処理では、まず、図12のS1221において輝度画像格納部37cに格納された輝度画像の内から、図14のS1409において検出されたcurCodeよりも大きなCodeを有する画素の画素位置において、明暗の変化を持つ輝度画像の全部を抽出する(S1501)。

【0185】

そして、その抽出した輝度画像のマスクパターン番号を配列 $PatID[]$ へ格納し、その抽出した輝度画像の画像数を $noPatID$ へ格納する (S1502)。尚、配列 $PatID[]$ と $noPatID$ とは ID 格納部 37f に格納される。

【0186】

次に、カウンタ i を初期化し (S1503)、カウンタ i の値が $noPatID$ より小さいか否かを判断する (S1504)。その結果、小さいと判断されれば (S1504: Yes)、カウンタ i に対応する $PatID[i]$ のマスクパターン番号を持つ輝度画像について、境界の $CCDY$ 値を求め、その値を $fCCDY[i]$ へ格納する (S1505)。

【0187】

この S1505 の処理を終了すると、カウンタ i に「1」を加算し (S1506)、S1504 からの処理を繰り返す。そして、S1504 において、カウンタ i の値が $noPatID$ より大きいと判断されると (S1504: No)、即ち、S1501 で抽出された全部の輝度画像について S1505 の処理が終了すると、S1505 の処理で求めた $fCCDY[i]$ の加重平均値を計算し、その結果を境界値とする (S1507)。

【0188】

尚、加重平均値に代えて、S1505 の処理で求めた $fCCDY[i]$ の中央値を計算し、その結果を境界値としたり、統計的な計算により境界値を計算したりすることもできる。

【0189】

即ち、境界座標は、 $curCCDX$ の座標と、S1507 で求められる加重平均値とで表現され、この境界座標をコード境界座標格納部 37e に格納して、当該処理を終了する。

【0190】

図16は、 $PatID[i]$ のマスクパターン番号を持つ輝度画像について、境界の $CCDY$ 値を求める処理 (図15の S1505) のフローチャートである。

【0191】

この処理では、まず、「 $curCCDX - dx$ 」と「0」との内、大きい値を $ccdX$ として設定する「 $ccdX = MAX(curCCDX - dx, 0)$ 」で表される処理を行うと共に、カウンタ j を初期化する (S1601)。

【0192】

具体的には、S1601 でいう「0」は $CCDX$ 値の最小値を意味し、例えば、今、検出位置としての $curCCDX$ 値が「1」で、予め設定されている dx 値が「2」であったとすると、「 $curCCDX - dx$ 」は「-1」となり、 $CCDX$ 値の最小値である「0」よりも小さくなるため、「-1」における以降の処理は、「 $ccdX = 0$ 」として設定する処理を行う。

【0193】

即ち、 $CCDX$ 値の最小値よりも小さい位置については、以降の処理を除外する処理を行う。

【0194】

尚、この「 dx 」の値は、予め「0」を含む適当な整数に設定することができ、図13で説明した例では、この「 dx 」は「2」に設定されており、図13の例に従えば、この $ccdX$ は「 $curCCDX - 2$ 」に設定されることになる。

【0195】

次に、 $ccdX \leq MIN(curCCDX + dx, ccdW - 1)$ であるか否かを判断する (S1602)。つまり、左辺の「 $MIN(curCCDX + dx, ccdW - 1)$ 」は、「 $curCCDX + dx$ 」と、 $CCDX$ 値の最大値「 $ccdW$ 」から「1」を減算した「 $ccdW - 1$ 」との内、小さい値であることを意味しているため、その値と「 $ccdX$ 」値との大小を比較する。

【0196】

10

20

30

40

50

即ち、 $CCDX$ 値の最大値よりも大きい位置については、以降の処理を除外する処理を行う。

【0197】

そして、判断の結果、 ccd_x が $MIN(curCCDX + dx, ccdW - 1)$ よりも小さければ (S1602: Yes)、コード画像と $PatID[i]$ が割り当てられた輝度画像とを参照して、境界の存在する画素の画素位置の $eCCDY$ 値を求める (S1603)。

【0198】

例えば、検出位置を図13に示す $curCCDX - 1$ であるとする、画素 I を境界が存在する画素候補として検出し、画素 I の位置において $eCCDY$ 値を求める。

10

【0199】

次に、 $PatID[i]$ のマスクパターン番号を持つ輝度画像から、 $MAX(eCCDY - dy, 0) \leq ccd_y \leq MIN(eCCDY + dy - 1, ccdH - 1)$ の範囲で、 ccd_y 方向における輝度に関する近似多項式 $Bt = fb(ccd_y)$ を求める (S1604)。

【0200】

次に、その近似多項式 Bt と輝度閾値 bTh との交差する ccd_y 値を求め、その値を $efCCDY[j]$ へ格納する (S1605)。この S1604 と S1605 とによって、サブピクセル精度の境界座標の検出をすることができる。

【0201】

次に、 ccd_x とカウンタ j とに各々「1」を加算し (S1605)、S1602からの処理を繰り返す。即ち、 $curCCDX$ を中心とした左右の所定範囲内における各検出位置において、サブピクセル精度の境界を検出するのである。

20

【0202】

そして、S1602において、「 ccd_x 」が「 $MIN(curCCDX + dx, ccdW - 1)$ 」より大きいと判断されると (S1602: No)、 $curCCDX - dx$ から $curCCDX + dx$ の範囲で計算された $efCCDY[j]$ について、 $ccd_y = fy(ccd_x)$ の近似多項式を求める (S1606)。この処理によって S1605 において検出された各値を用いるので、1つの検出位置において境界座標を検出しようとする場合に比べて、境界座標の検出精度を向上させることができる。

30

【0203】

こうして得られた近似多項式と $curCCDX$ との交点を、 $PatID[i]$ のマスクパターン番号を持つ輝度画像についての境界の $CCDY$ 値として (S1607)、当該処理を終了する。ここまでの処理を図15のフローチャートに示すように、抽出した全部の輝度画像の1枚、1枚に実行し、求められた境界座標について加重平均値を計算して、その結果を最終的な境界座標としているので (S1507)、更に、境界座標の検出精度を向上させることができる。

【0204】

図17は、レンズ収差補正処理 (図12の S1224) を説明するための図である。レンズ収差補正処理は、図17(a)に示すように、撮像光学系21の収差により、入射した光束が理想レンズにより結像すべき位置からずれてしまうことに対して、撮像された画素の位置を本来結像すべき位置へ補正する処理である。

40

【0205】

この収差補正は、例えば、図17(b)に示すように、撮像光学系21の撮像範囲において、入射光の角度である半画角 hfa をパラメータとして光学系の収差を計算して求めたデータを基に補正する。

【0206】

この収差補正処理では、レンズ収差補正プログラム36fに基づき実行され、コード境界座標格納部37eに格納されているコード境界座標について行なわれ、収差補正処理がなされたデータは、収差補正座標格納部37gに格納される。

50

【0207】

具体的には、実画像における任意点座標 (ccdx、ccdy) を理想カメラ画像での座標 (ccd cx、ccd cy) に変換する次の (1) から (3) のカメラキャリブレーション (近似式) を用いて補正する。

【0208】

本実施例では、収差量 dist (%) は、半画角 hfa (deg) を用いて $dist = f(hfa)$ と記述する。また、撮像光学系 21 の焦点距離を focallength (mm)、ccd 画素長 pixel length (mm)、CCD 22 におけるレンズの中心座標を (Centx、Centy) とする。

【0209】

10

$$(1) \text{ccdcx} = (\text{ccdx} - \text{Centx}) / (1 + \text{dist} / 100) + \text{Centx}$$

$$(2) \text{ccd cy} = (\text{ccdy} - \text{Centy}) / (1 + \text{dist} / 100) + \text{Centy}$$

$$(3) hfa = \arctan [((\text{ccdx} - \text{Centx})^2 + (\text{ccdy} - \text{Centy})^2)^{0.5} \times \text{pixel length} / \text{focallength}]$$

図 18 は、三角測量原理による実空間変換処理 (図 12 の S1225) において、CCD 空間における座標から、3次元空間における3次元座標を算出する方法を説明するための図である。

【0210】

20

三角測量原理による実空間変換処理では、三角測量演算プログラム 36g によって、収差補正座標格納部 37g に格納されている収差補正がなされたコード境界座標についての3次元空間における3次元座標が算出される。こうして算出される3次元座標は、3次元座標格納部 37h に格納される。

【0211】

本実施例では、撮像される横方向に湾曲した原稿 P に対する画像入力出力装置 1 の座標系として、撮像光学系 21 の光軸方向を Z 軸、その Z 軸に沿って撮像レ光学系 21 の主点位置から VPZ 離れた地点を原点、画像入出力装置 1 に対して水平方向を X 軸、垂直方向を Y 軸とする。

【0212】

30

また、3次元空間 (X, Y, Z) への画像投影部 13 からの投影角度 p、撮像レンズ光学系 20 の光軸と画像投影部 13 の光軸との距離を D、撮像光学系 21 の Y 方向の視野を Yftop から Yfbottom、X 方向の視野を Xfstart から Xfend、CCD 22 の Y 軸方向の長さ (高さ) を Hc、X 軸方向の長さ (幅) を Wc とする。尚、投影角度 p は、各画素毎に割り当てられたコードに基づき与えられる。

【0213】

この場合、CCD 22 の任意座標 (ccdx, ccdy) に対応する3次元空間位置 (X, Y, Z) は、CCD 22 の結像面上の点と、パターン光の投影点と、X-Y 平面に交差する点とで形成される三角形について5つの式を解くことで得ることができる。

$$(1) Y = -(\tan p) Z + PPZ + \tan p - D + \text{cmp}(X \text{target}) \quad 40$$

$$(2) Y = -(Y \text{target} / VPZ) Z + Y \text{target}$$

$$(3) X = -(X \text{target} / VP) Z + X \text{target}$$

$$(4) Y \text{target} = Y \text{ftop} - (\text{ccd cy} / Hc) \times (Y \text{ftop} - Y \text{fbottom})$$

$$(5) X \text{target} = X \text{fstart} + (\text{ccdcx} / Wc) \times (X \text{fend} - X \text{fstart})$$

尚、(1) における $\text{cmp}(X \text{target})$ は、撮像光学系 20 と画像投影部 13 とのズレを補正する関数であり、ズレが無い理想的な場合には $\text{cmp}(X \text{target}) = 0$ とみなすことができる。

【0214】

50

一方、上述したのと同様に、画像投影部 13 に含まれる投影 LCD 19 上の任意座標 ($l c d c x$ 、 $l c d c y$) と 3 次元空間中の 3 次元座標 (X 、 Y 、 Z) との関係は次の (1) から (4) の式で表せる。

【0215】

尚、本実施例では、画像投影部 13 の主点位置 (0 、 0 、 PPZ)、画像投影部 13 の Y 方向の視野を $Y p f t o p$ から $Y p f b o t t o m$ 、X 方向の視野を $X p f s t a r t$ から $X p f e n d$ 、投影 LED 19 の Y 軸方向の長さ (高さ) を $H p$ 、X 軸方向の長さ (幅) $W p$ とする。

$$(1) Y = - (Y p t a r g e t / P P Z) Z + Y p t a r g e t$$

$$(2) X = - (X p t a r g e t / P P Z) Z + X p t a r g e t$$

$$(3) Y p t a r g e t = Y p f t o p - (l c d c y / H p) \times (X p f t o p - X p f b o t t o m)$$

$$(4) X p t a r g e t = X p f s t a r t + (l c d c x / W p) \times (X p f e n d - X p f s t a r t)$$

10

この関係式を利用することで、3 次元空間座標 (X 、 Y 、 Z) を上記 (1) から (4) の式に与えることで、LCD 空間座標を ($l c d c x$ 、 $l c d c y$) を算出することができる。よって、例えば、3 次元空間に任意の形状、文字を投影するための LCD 素子パターンを算出することができる。

【0216】

図 19 は、平面化画像処理 (図 6 の S 6 1 1) のフローチャートである。平面化画像処理は、例えば、図 1 に示すような湾曲した状態の原稿 P を撮像した場合や矩形状の原稿を斜め方向から撮像した場合 (撮像された画像は台形状になる) であっても、その原稿が湾曲していない状態や鉛直方向から撮像したような状態に平面化された平面化画像を取得、表示する処理である。

20

【0217】

この処理では、まず、CCD 22 に高解像度設定信号を送信し (S 1 9 0 1)、モニタ LCD 10 にファインダ画像を表示する (S 1 9 0 2)。

【0218】

次に、リリースボタン 8 をスキャンし (S 1 9 0 3 a)、リリースボタン 8 が半押しされたか否かを判断する (S 1 9 0 3 b)。半押しされていれば (S 1 9 0 3 b : Y e s)、オートフォーカス (A F) および自動露出 (A E) 機能を起動し、ピント、絞り、シャッタースピードを調節する (S 1 9 0 3 c)。尚、半押しされていなければ (S 1 9 0 3 b : N o)、S 1 9 0 3 a からの処理を繰り返す。

30

【0219】

次に、再び、リリースボタン 8 をスキャンし (S 1 9 0 3 d)、リリースボタン 8 が全押しされたか否かを判断する (S 1 9 0 3 e)。全押しされていれば (S 1 9 0 3 e : Y e s)、フラッシュモードか否かを判断する (S 1 9 0 3 f)。

【0220】

その結果、フラッシュモードであれば (S 1 9 0 3 f : Y e s)、フラッシュ 7 を投光して (S 1 9 0 3 g)、撮影し (S 1 9 0 3 h)、フラッシュモードでなければ (S 1 9 0 3 f : N o)、フラッシュ 7 を投光することなく撮影する (S 1 9 0 3 h)。尚、S 1 9 0 3 e の判断において、全押しされていなければ (S 1 9 0 3 e : N o)、S 1 9 0 3 a からの処理を繰り返す。

40

【0221】

次に、上述した 3 次元形状検出処理 (図 10 の S 1 0 0 6) と同一の処理である 3 次元形状検出処理を行い、被写体の 3 次元形状を検出する (S 1 9 0 6)。

【0222】

次に、3 次元形状検出処理 (S 1 9 0 6) によって得られた 3 次元形状検出結果に基づき、原稿 P の姿勢を演算する原稿姿勢演算処理を行う (S 1 9 0 7)。この処理によって原稿 P の姿勢パラメータとして、原稿 P の画像入力装置 1 に対する位置 L や角度、湾曲

50

(x) が演算される。

【0223】

次に、その演算結果に基づき、後述する平面変換処理を行い (S1908)、たとえ、原稿 P が湾曲していたとしても湾曲していない状態に平面化された平面化画像を生成する。

【0224】

次に、平面変化処理 (S1908) によって得られた平面化画像を外部メモリ 27 に格納し (S1909)、平面化画像をモニタ LCD10 に表示する (S1910)。

【0225】

そして、モード切替スイッチ 9 に変化が無いかなかを判断し (S1911)、その結果、変化が無ければ (S1911: Yes)、再び、S702 からの処理を繰り返し、変化があれば (S1911: No)、当該処理を終了する。 10

【0226】

図 20 は、原稿姿勢演算処理 (図 19 の S1907) を説明するための図である。尚、本等の原稿の仮定条件として、原稿 P の湾曲は y 方向に一樣であるとする。この原稿姿勢演算処理では、まず、図 20 (a) に示すように、3 次元座標格納部 37h に格納されているコード境界に関する座標データから 3 次元空間位置において 2 列に並ぶ点を回帰曲線近似した 2 本の曲線を求める。

【0227】

例えば、パターン光を投影した範囲の上下それぞれ 4 分の 1 の位置情報 (コード 63 とコード 64 の境界と、コード 191 とコード 192 との境界とに関する境界) から求めることができる。 20

【0228】

その 2 本の曲線の X 軸方向の位置が「0」における点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) とし、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 とする。

【0229】

次に、図 20 (b) に示すように、原稿 P を、先に求めた X 軸まわりの傾き 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想定する。

【0230】

そして、図 20 (c) に示すように、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 X の関数として湾曲 (x) で表すことができる。こうして、原稿姿勢パラメータとして、原稿 P の位置 L や角度、湾曲 (x) が演算され、当該処理を終了する。 30

【0231】

図 21 は、平面変換処理 (図 19 の S1908) のフローチャートである。この処理は、まず、RAM37 のワーキングエリア 37l 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 の変数を初期値 ($b = 0$) に設定する (S2101)。

【0232】

次に、原稿姿勢演算プログラム 36h での演算結果による原稿 P の位置 L と、傾き と、湾曲 (x) とに基づき、パターン光無画像格納部 37b に格納されたパターン光無画像の 4 隅の点を、それぞれ、Z 方向に - L 移動し、X 軸方向に - 回転し、更に (x) にする湾曲の逆変換 (後述する「湾曲処理」と同等な処理) により求められる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 (S2102)。 40

【0233】

次に、設定された矩形領域を構成する各画素に対応するパターン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、平面化画像の各画素の画素情報を設定する。

【0234】

つまり、まず、カウンタ b が画素数 a に到達したか否かを判断する (S 2 1 0 3)。カウンタ b が画素数 a に到達していなければ (S 2 1 0 3 : No)、矩形領域を構成する 1 つの画素について、Y 軸を中心に湾曲 (x) 回転移動させる湾曲計算処理を行い (S 2 1 0 4)、X 軸を中心に傾き 回転移動させ (S 2 1 0 5)、Z 軸方向に距離 L だけシフトさせる (S 2 1 0 6)。

【0 2 3 5】

次に、求められた 3 次元空間位置を、先の 3 角測定の逆関数により理想カメラで写された CCD 画像上の座標 (ccd x, ccd y) を求め (S 2 1 0 7)、使用している撮像光学系 2 0 の収差特性に従って、先のカメラキャリブレーションの逆関数により、実際のカメラで写された CCD 画像上の座標 (ccd x, ccd y) を求め (S 2 1 0 8)、この位置に対応するパターン光無画像の画素の状態を求めて、RAM 3 7 のワーキングエリア 3 7 1 に格納する (S 2 1 0 9)。

10

【0 2 3 6】

そして、次の画素について上述した S 2 1 0 3 から S 2 1 0 9 までの処理を実行すべく、カウンタ b に「1」を加算する (S 2 1 1 0)。

【0 2 3 7】

こうして、S 2 1 0 4 から S 2 1 1 0 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 (S 2 1 0 3 : Yes)、S 2 1 0 1 において、当該処理を実行するためにワーキングエリア 3 7 1 に割り当てた処理領域を開放して (S 2 1 1 1)、当該処理を終了する。

20

【0 2 3 8】

図 2 2 (a) は、湾曲処理 (図 2 1 の S 2 1 0 4) についての概略を説明するための図であり、(b) は平面変換処理 (図 1 9 の S 1 9 0 8) によって平面化された原稿 P を示している。尚、この湾曲処理についての詳細については、電子情報通信学会論文誌 D I I V o l . J 8 6 - D 2 N o . 3 p 4 0 9 「アイスキャナによる湾曲ドキュメント撮影」に詳細に開示されている。

【0 2 3 9】

湾曲 $Z = (x)$ は、求められたコード境界座標列 (実空間) で構成される 3 次元形状を、任意の Y 値における XZ 平面に平行な平面切断された断面形状を、最小 2 乗法により多項式で近似した式で表現される。

30

【0 2 4 0】

湾曲する曲面を平面化する場合、(a) に示すように、 $Z = (x)$ 上の点に対応する平面化された点は、 $Z = (0)$ から $Z = (x)$ までの曲線の長さによって対応付けられることになる。

【0 2 4 1】

こうした湾曲処理を含む平面変換処理によって、例えば、図 1 のように湾曲している状態の原稿 P を撮像した場合であっても、図 2 2 (b) に示すように、平面化された平面画像を取得することができ、このように平面化された画像を用いれば OCR 処理の精度を高めることができるため、その画像によって、原稿に記載された文字や図形等を明確に認識することができる。

40

【0 2 4 2】

図 2 3 は、上述した第 1 実施例の光源レンズ 1 8 に関する第 2 実施例の光源レンズ 6 0 を説明するための図であり、(a) は第 2 実施例の光源レンズ 6 0 を示す側面図であり、(b) は第 2 実施例の光源レンズ 6 0 を示す平面図である。尚、上述したのと同様な部材には、同一の符号を付し、その説明は省略する。

【0 2 4 3】

第 1 実施例における光源レンズ 1 8 は、各 LED 1 7 に対応する凸状の非球面形状からレンズ部 1 8 a をベース 1 8 b 上に一体的に並べて配置して構成されているのに対し、この第 2 実施例の光源レンズ 5 0 は、LED 1 7 の各々を内包する砲弾型に形成された樹脂製レンズを各々別体に構成したものである。

50

【 0 2 4 4 】

このように、各 L E D 1 7 を内包する光源レンズ 5 0 を各々別体に構成することで、各々の L E D 1 7 とそれに対応する各々の光学レンズ 5 0 との位置が 1 対 1 で決められるので、相対的な位置精度を高めることができ、光の出射方向が揃うという効果がある。

【 0 2 4 5 】

これに対し、基板 1 6 上にレンズアレイをまとめて位置合わせをすると、各々の L E D 1 7 がダイボンディングされる際の位置決め誤差やレンズアレイと基板の線膨張係数の違いから、光の出射方向がバラバラになってしまう恐れがある。

【 0 2 4 6 】

従って、投影 L C D 1 9 の面には、L E D 1 7 からの光の入射方向が投影 L C D 1 9 の面に垂直にそった光が照射され、投影光学系 2 0 の絞りを均一に通過できるようになるため、投影画像の照度ムラを抑えることができ、結果的に高品質な画像を投影することができる。尚、光源レンズ 5 0 に内包されている L E D 1 7 はリードおよびリフレクタからなる電極 5 1 を介して基板 1 6 に実装されている。

10

【 0 2 4 7 】

また、この第 2 実施例における 1 群の光源レンズ 5 0 の外周面には、各光源レンズ 5 0 を束ねて所定の方向に規制する枠状の弾性を有する固定部材 5 2 が配置されている。この固定部材 5 2 は、ゴム、プラスチック等の樹脂製材料で構成されている。

【 0 2 4 8 】

第 2 実施例の光源レンズ 5 0 は各 L E D 1 7 に対して各々別体に構成されているので、各光源レンズ 5 0 の凸状の先端部が形成する光軸の角度を正しく揃えて投影 L C D 1 9 と対向するように設置することが困難である。

20

【 0 2 4 9 】

そこで、この固定部材 5 2 によって 1 群の光源レンズ 5 0 を取り囲み、各光源レンズ 5 0 の外周面同士を接触させ、各光源レンズ 5 0 の光軸が投影 L C D 1 9 と正しい角度で対向するように各光源レンズ 5 0 の位置を規制することで、各光源レンズ 5 0 から投影 L C D 1 9 に向けて光を略垂直に照射させることができる。よって、投影 L C D 1 9 の面に垂直にそった光が照射され、投影レンズの絞りを均一に通過できるようになるため、投影画像の照度ムラを抑えることができる。従って、一層、高品質な画像を投影することができる。

30

【 0 2 5 0 】

尚、この固定部材 5 2 は、予め所定の大きさに規定された剛性を有するものであっても良く、弾性力を有する材料で構成してその弾性力によって各光源レンズ 5 0 の位置を所定の位置に規制するようにしても良い。

【 0 2 5 1 】

図 2 4 は、図 2 3 で説明した光源レンズ 5 0 を所定位置に規制する固定部材 5 2 に関する第 2 実施例を説明するための図であり、(a) は光源レンズ 5 0 を固定した状態を示す斜視図であり、(b) はその部分的な断面図である。尚、上述したのと同じの部材には、同一の符号を付し、その説明は省略する。

【 0 2 5 2 】

この第 2 実施例の固定部材 6 0 は、各光源レンズ 5 0 の外周面に沿った断面を有する断面視円錐形状の貫通孔 6 0 a が穿設された板状に形成されている。各光源レンズ 5 0 は、この各貫通孔 6 0 a に差し込まれて固定される。

40

【 0 2 5 3 】

また、この固定部材 6 0 と基板 1 6 との間には弾性を有する付勢プレート 6 1 が介装されており、更に、この付勢プレート 6 1 と各光源レンズ 5 0 の下面の間には、電極 5 1 を囲むように弾性を有する環状の O リング 6 2 が配置されている。

【 0 2 5 4 】

尚、光源レンズ 5 0 に内包される L E D 1 7 は、付勢プレート 6 1、基板 1 6 に穿設されたスルーホールを貫通する電極 5 1 を介して基板 1 6 に実装されている。

50

【0255】

上述した固定部材60によれば、各光源レンズ50を、その光源レンズの外周面に沿った断面を有する各貫通孔60aに各々貫通させて固定するので、上述した固定部材50よりも、一層確実に光源レンズ50の光軸を正しい角度で投影LCD19に向くように固定することができる。

【0256】

また、組立時に、リング62の付勢力によってLED17を正しい位置に付勢して固定することができる。

【0257】

また、本装置1を運搬する場合等に生ずる可能性のある衝撃力を、リング62の弾性力によって吸収することができ、その衝撃の影響で光源レンズ50の位置がずれてしまい、光源レンズ50から垂直に投影LCD19に向けて光を照射できないという不都合を防止することができる。

【0258】

上記実施例において、請求項1記載に撮像手段、請求項9記載の撮像工程、請求項10記載の撮像ステップとしては、図12(b)のS1211、S1215の処理が該当する。請求項1記載に輝度画像生成手段、請求項9記載の輝度画像生成工程、請求項10記載の輝度画像生成ステップとしては、図12(c)のS1221の処理が該当する。請求項1記載のコード画像生成手段、請求項9記載のコード画像生成工程、請求項10記載のコード画像生成ステップとしては図12(c)のS1222の処理が該当する。請求項1記載の3次元形状算出手段、請求項9記載の3次元形状算出工程、請求項10記載の3次元形状算出ステップとしては、図10のS1006の処理が該当する。

【0259】

請求項1記載の第1画素検出手段、請求項9記載の第1画素検出工程、請求項10記載の第1画素検出ステップとしては、図14のS1408の処理が該当する。請求項1記載の輝度画像抽出手段、請求項9記載の輝度画像抽出工程、請求項10記載の輝度画像抽出ステップとしては、図15のS1501の処理が該当する。請求項1記載の画素領域特定手段、請求項9記載の画素領域特定工程、請求項10記載の画素領域特定ステップとしては、図16のS1603、S1604の一部の処理が該当する。請求項1記載の近似式算出手段、請求項9記載の近似式算出工程、請求項10記載の近似式算出ステップとしては、図16のS1604一部の処理が該当する。請求項1記載の境界座標算出手段、請求項9記載の境界座標算出工程、請求項10記載の境界座標算出ステップとしては、図15のS1505、S1507の処理が該当する。

【0260】

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。

【0261】

例えば、上記実施例では、平面化画像モードとして、平面化された画像を取得、表示する処理を説明したが、周知のOCR機能を搭載させ、平面化された平面画像をこのOCR機能によって読み取らせるように構成しても良い。かかる場合には、OCR機能によって湾曲した状態の原稿を読み取る場合に比べて高精度に原稿に記載された文章を読み取ることができる。

【0262】

また、上記実施例における図15のS1501においては、明暗の変化を持つ輝度画像の全部を抽出し、その全部について暫定的なCCDY値を求める場合について説明したが、抽出する輝度画像としては、全部である必要はなく、1枚以上であれば、その枚数に限定されることはない。抽出する枚数を減らすことで境界座標を高速に求めることができる。

【0263】

また、上記実施例における図15のS1507では、 $fCCDY[i]$ を加重平均し、図16のS1607では $efCCDY[j]$ を近似多項式として、各値を平均化する場合について説明したが、各値を平均化する方法としては、これらに限定されるものではなく、例えば、各値の単純平均値を採る方法、各値の中央値を採用する方法、各値の近似式を算出し、その近似式における検出位置を境界座標とする方法、統計的な演算により求める方法等であっても良い。

【0264】

また、例えば、上記実施例における平面化画像モードにおける3次元形状検出処理においては、原稿Pの3次元形状を検出するために、複数種類の明暗を交互に並べてなる縞状のパターン光を投影する場合について説明したが、3次元形状を検出するための光は、かかるパターン光に限定されるものではない。

10

【0265】

例えば、図25に示すように、湾曲原稿の3次元形状の検出を簡便に行う場合には、画像投影部13から2本の帯状のスリット光70, 71を投影するようにしても良い。この場合には、8枚のパターン光を投影する場合に比べ、僅か2枚の撮像画像から高速に3次元形状の検出をすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0266】

【図1】画像入出力装置の外観斜視図である。

【図2】撮像ヘッドの内部構成を示す図である。

20

【図3】(a)は画像投影部の拡大図であり、(b)は光源レンズの平面図であり、(c)は投影LCD19の正面図である。

【図4】LEDアレイの配列に関する説明をするための図である。

【図5】画像入出力装置の電氣的なブロック図である。

【図6】メイン処理のフローチャートである。

【図7】デジカメ処理のフローチャートである。

【図8】webcam処理のフローチャートである。

【図9】投影処理のフローチャートである。

【図10】立体画像処理のフローチャートである。

【図11】(a)は、空間コード法の原理を説明するための図であり、(b)は(a)とは異なるマスクパターン(グレイコード)を示す図である。

30

【図12】(a)は3次元形状検出処理のフローチャートである。(b)は撮像処理のフローチャートである。(c)は3次元計測処理のフローチャートである。

【図13】コード境界座標検出処理の概略を説明するための図である。

【図14】コード境界座標検出処理のフローチャートである。

【図15】コード境界座標をサブピクセル精度で求める処理のフローチャートである。

【図16】 $PatID[i]$ のマスクパターン番号を持つ輝度画像について、境界のCCDY値を求める処理のフローチャートである。

【図17】レンズ収差補正処理を説明するための図である。

【図18】CCD空間における座標から3次元空間における3次元座標を算出する方法を説明するための図である。

40

【図19】平面化画像処理のフローチャートである。

【図20】原稿姿勢演算処理を説明するための図である。

【図21】平面変換処理のフローチャートである。

【図22】(a)は、湾曲計算処理についての大略を説明するための図であり、(b)は平面変換処理によって平面化された平面化画像を示す図である。

【図23】(a)は第2実施例の光源レンズ60を示す側面図であり、(b)は第2実施例の光源レンズ60を示す平面図である。

【図24】(a)は、光源レンズ50を固定した状態を示す斜視図であり、(b)はその部分的な断面図である。

50

【図 2 5】被写体に投影するパターン光としての他の例を示す図である。

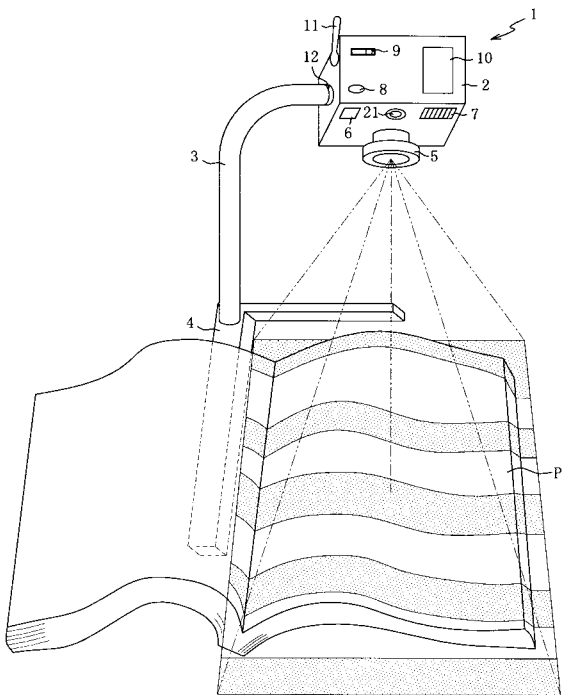
【符号の説明】

【 0 2 6 7 】

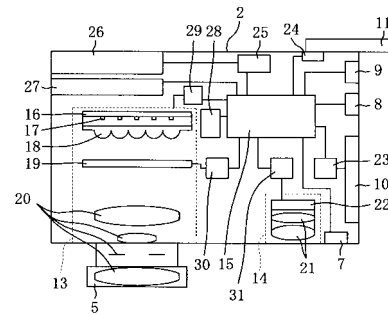
- 1 画像入出力装置（ 3 次元形状検出装置を含む ）
- 1 3 画像投影部（ 投影手段 ）
- 1 4 画像撮像部（ 撮像手段の一部 ）
- 1 8 , 5 0 光源レンズ（ 投影手段の一部 ）
- 1 9 投影 L C D（ 投影手段の一部 ）
- 2 0 投影光学系（ 投影手段 ）
- 2 1 撮像光学系（ 撮像手段の一部 ）
- 2 2 C C D（ 撮像手段の一部 ）

10

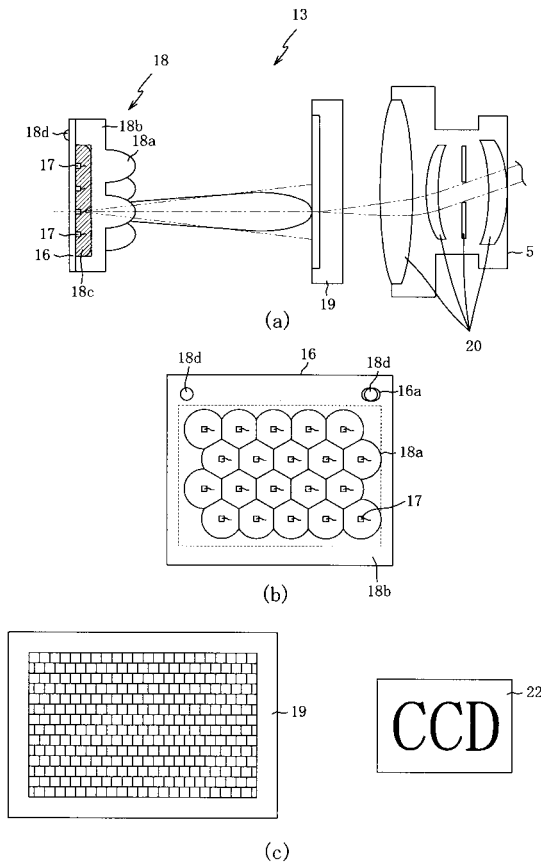
【 図 1 】



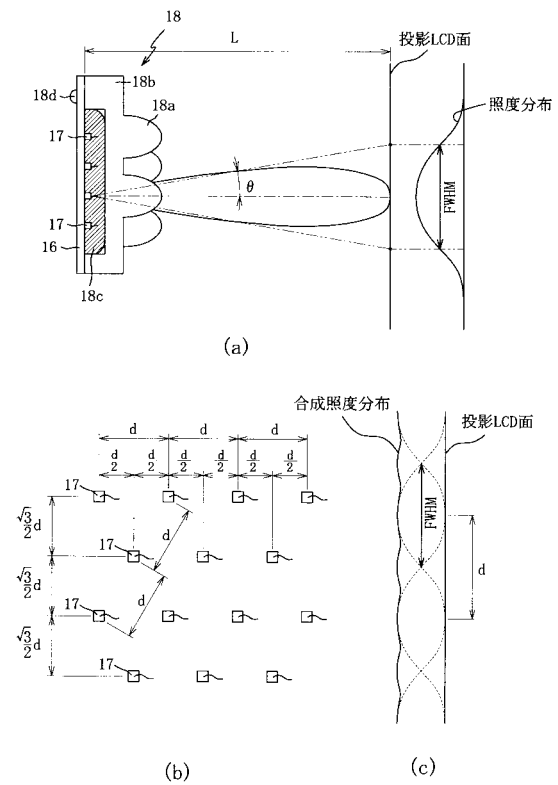
【 図 2 】



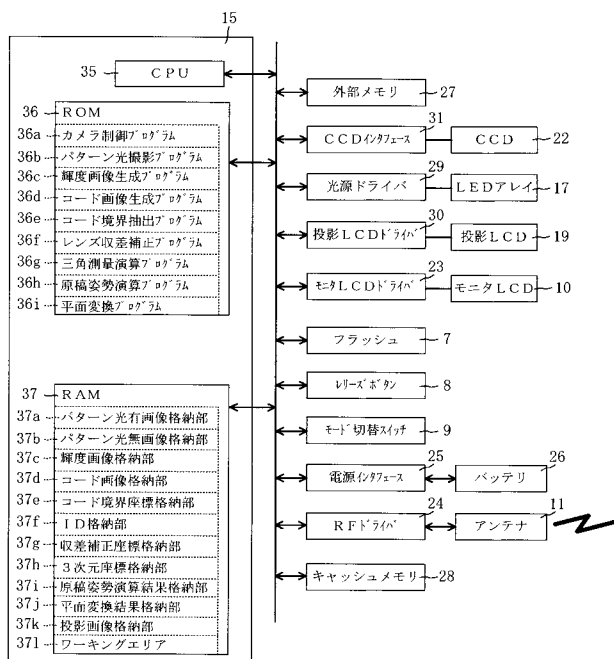
【図 3】



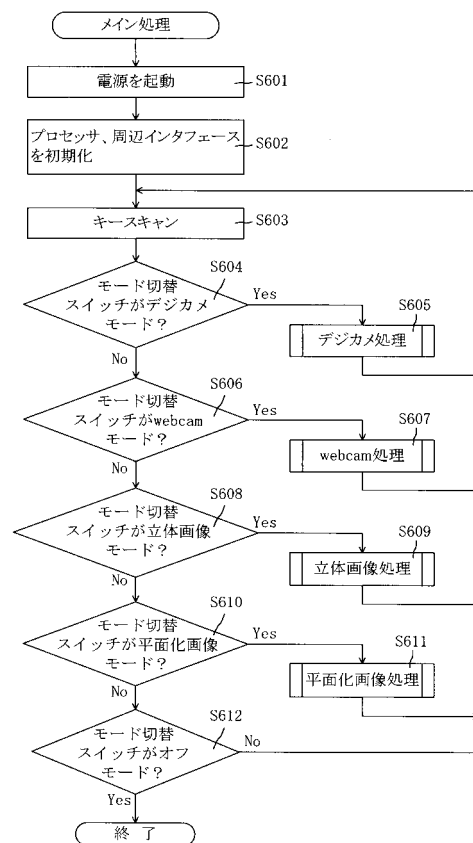
【図 4】



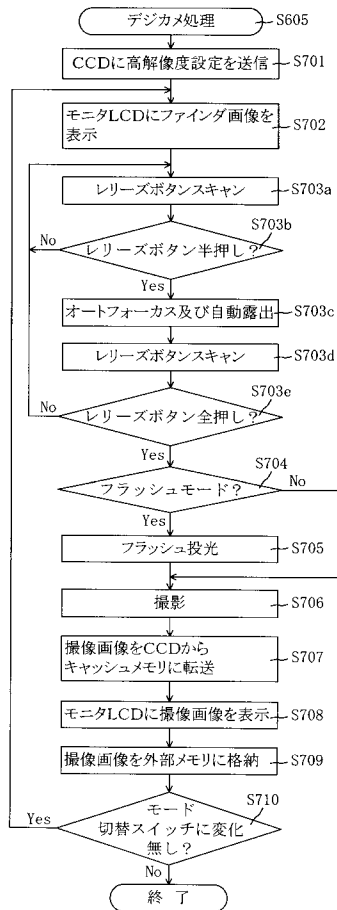
【図 5】



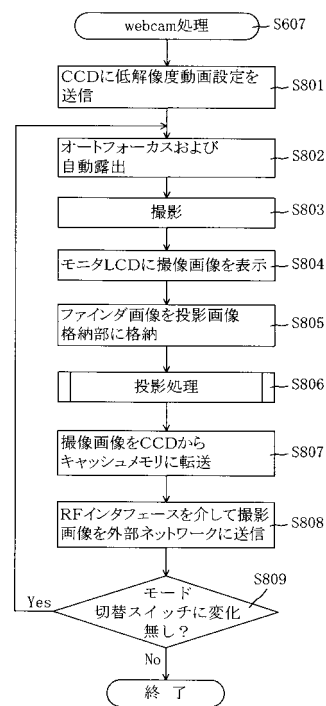
【図 6】



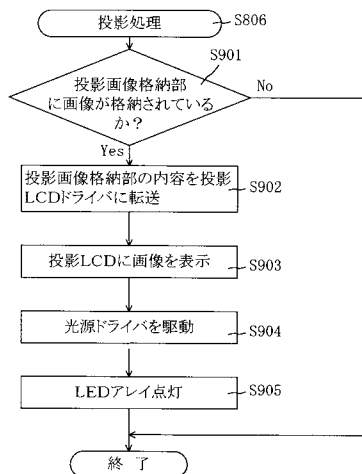
【図 7】



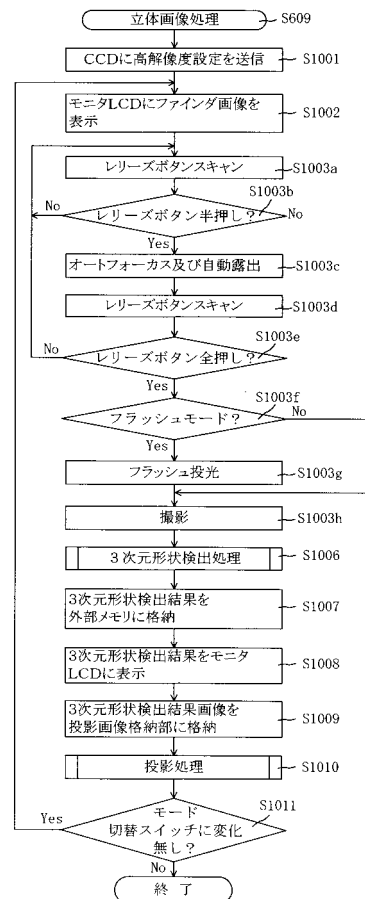
【図 8】



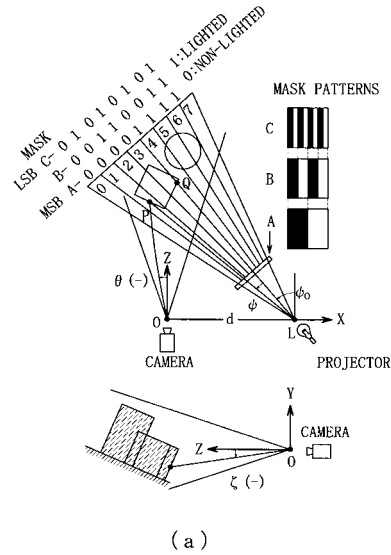
【図 9】



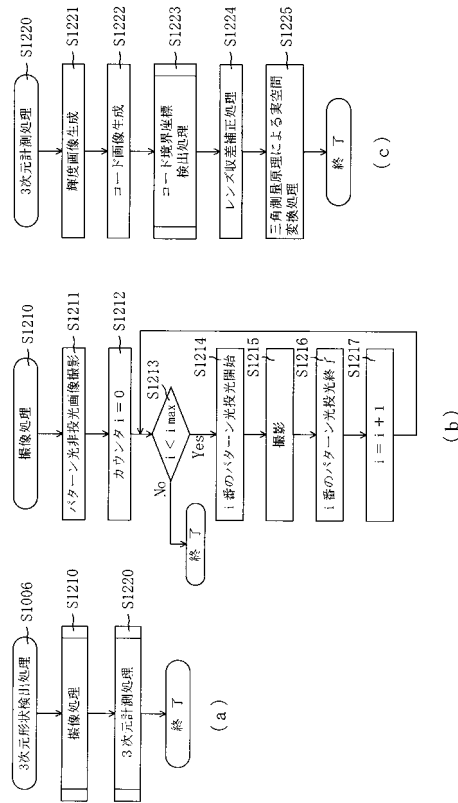
【図 10】



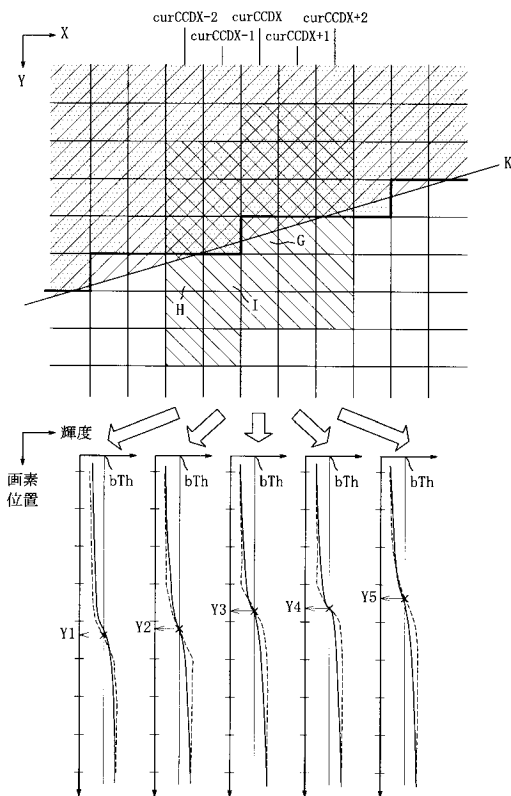
【図 1 1】



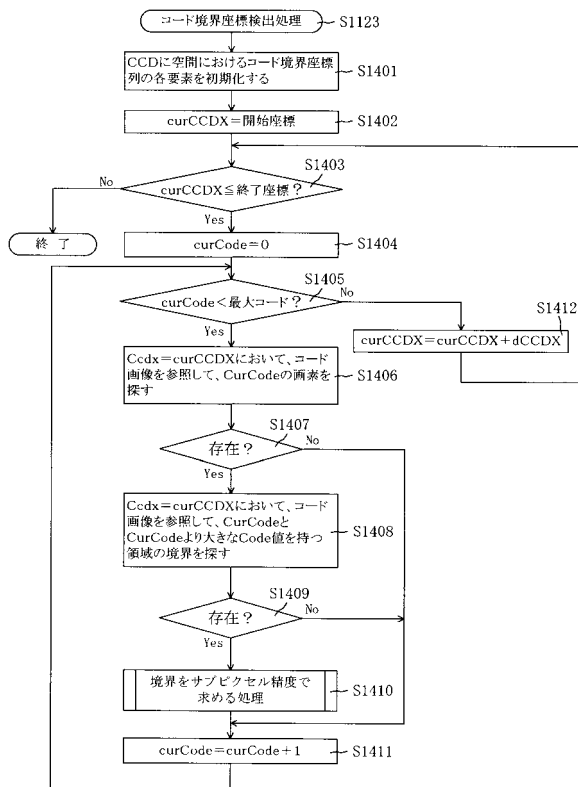
【図 1 2】



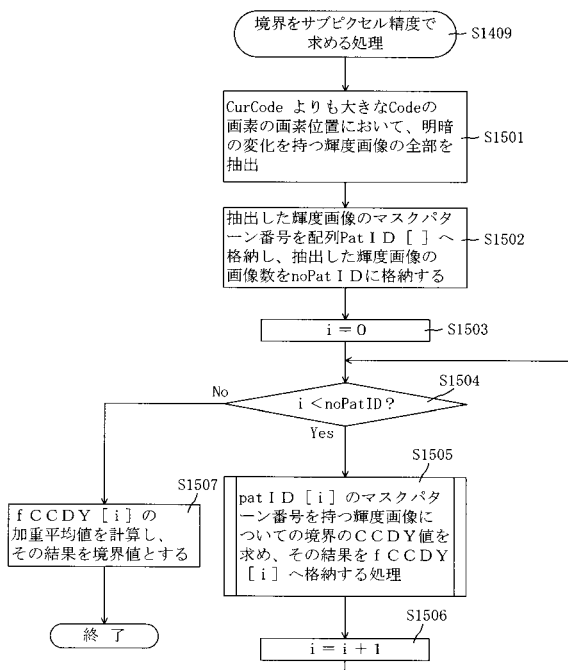
【図 1 3】



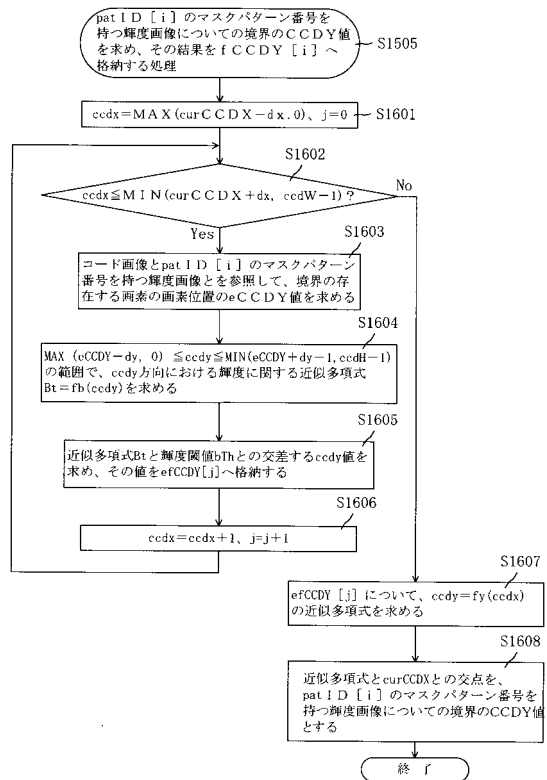
【図 1 4】



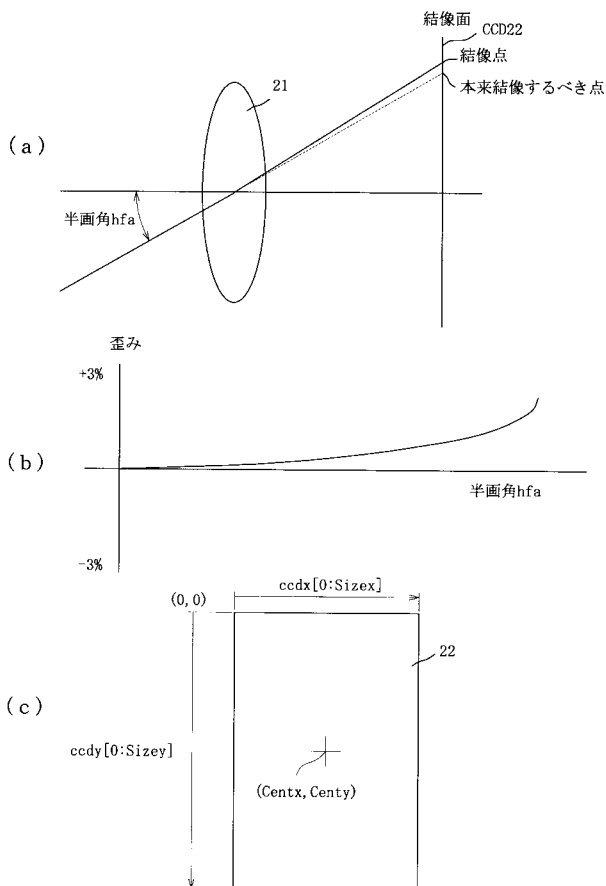
【図 15】



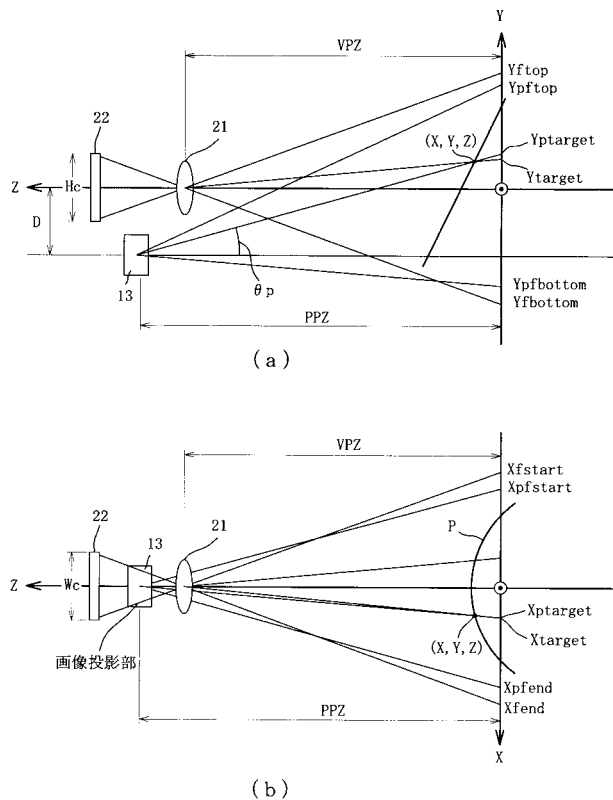
【図 16】



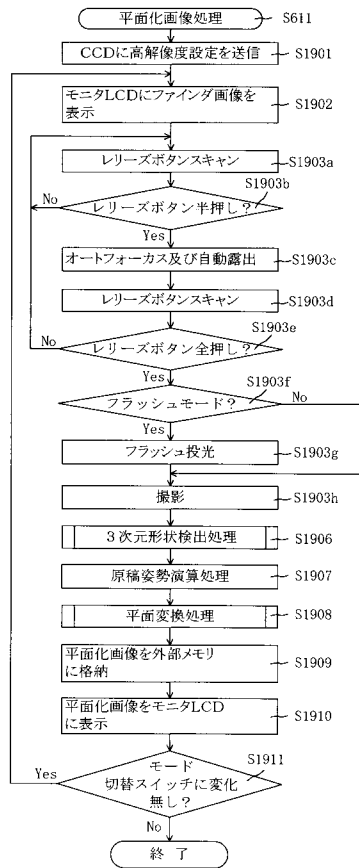
【図 17】



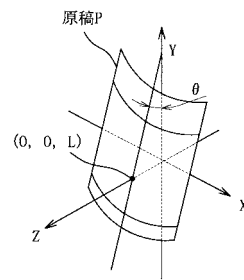
【図 18】



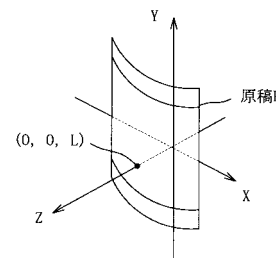
【図 19】



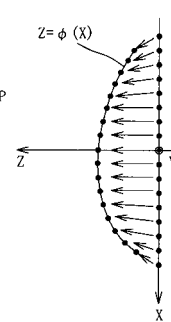
【図 20】



(a)

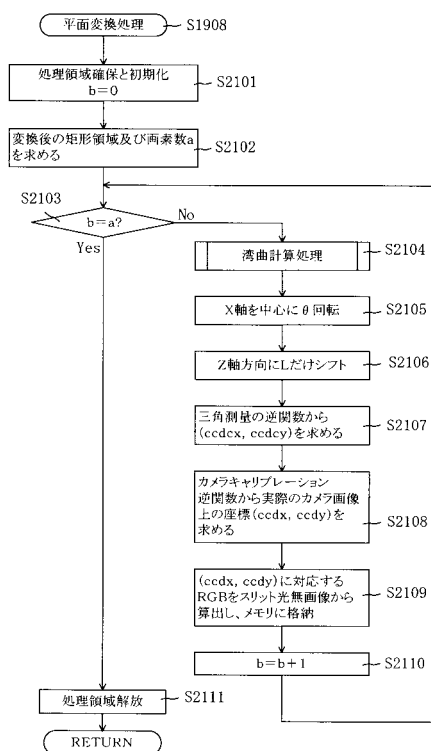


(b)

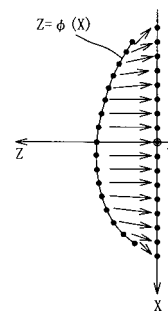


(c)

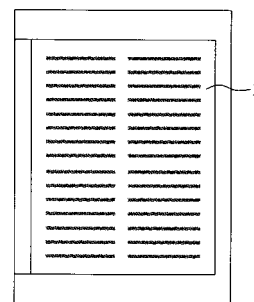
【図 21】



【図 22】

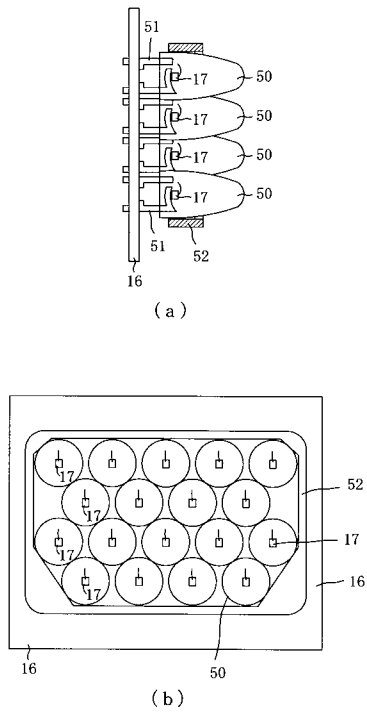


(a)

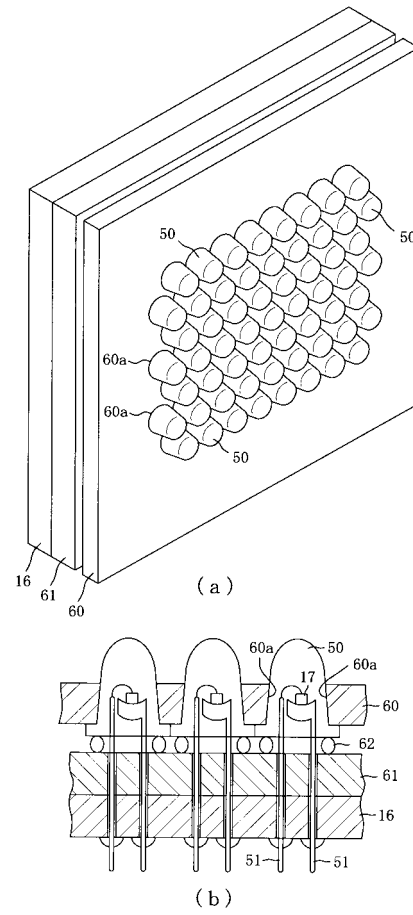


(b)

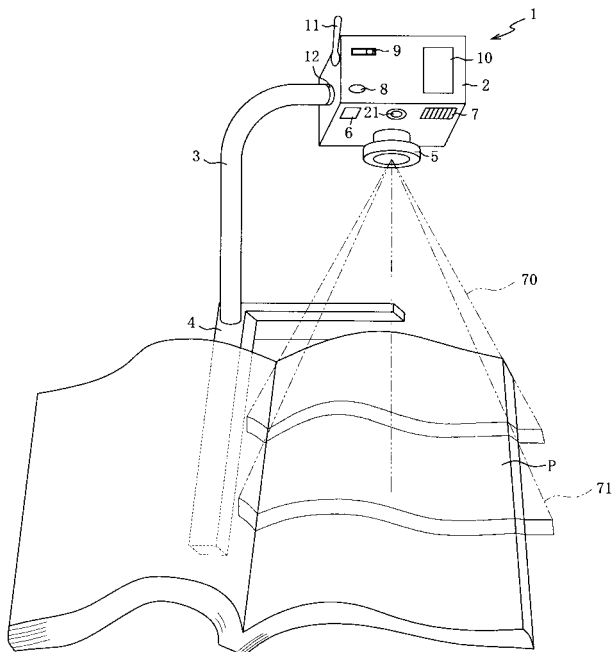
【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5B057 AA20 BA02 BA15 CA06 CA12 CB06 CB13 CC02 CD14 CE12
CF05 DA07 DB02 DB08 DC09 DC16
5L096 AA06 AA09 CA02 CA14 CA17 EA27 EA31 FA02 FA06 FA69
GA51