

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6805904号
(P6805904)

(45) 発行日 令和2年12月23日(2020.12.23)

(24) 登録日 令和2年12月8日(2020.12.8)

(51) Int. Cl. F I
G O 1 B 11/25 (2006.01) G O 1 B 11/25 H
B 2 5 J 13/08 (2006.01) B 2 5 J 13/08 A

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2017-44398 (P2017-44398)	(73) 特許権者	000006747
(22) 出願日	平成29年3月8日(2017.3.8)		株式会社リコー
(65) 公開番号	特開2018-146521 (P2018-146521A)		東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(43) 公開日	平成30年9月20日(2018.9.20)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	令和2年1月9日(2020.1.9)		弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	三木 芳彦
			東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
			会社リコー内
		(72) 発明者	米田 和洋
			東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
			会社リコー内
		審査官	仲野 一秀

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 計測装置、計測方法およびロボット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定方向の3次元情報を計測する計測装置であって、
 前記計測装置から第1距離の領域を撮像して第1撮像画像を出力する第1撮像部と、
 前記計測装置から、前記第1距離とは異なる第2距離の領域を撮像して第2撮像画像を出力する第2撮像部と、
 前記第1距離の領域および前記第2距離の領域に平行光を光走査してパターン光を投影可能な投影部と、
 前記第1撮像画像および前記第2撮像画像の少なくとも一方の画像に基づき、前記所定方向の3次元情報を演算する演算処理部と、
 前記第1撮像部と前記第2撮像部と前記投影部とを制御する制御部と、
 を備え、
 前記制御部は、前記第1撮像部と前記第2撮像部とを同期して撮像制御可能な計測装置。

【請求項2】

前記制御部は、
 前記第1撮像部および前記第2撮像部の少なくとも一方に撮像命令信号を出力し、前記第1撮像部および前記第2撮像部のうち一方の撮像部の1フレームの露光時間以内に、他方の撮像部に撮像命令信号を出力する
 請求項1に記載の計測装置。

【請求項 3】

前記制御部は、

前記 3 次元情報に基づいて、前記第 1 撮像部と前記第 2 撮像部とを同期して撮像制御する同期撮像と、前記第 1 撮像部または前記第 2 撮像部の何れか一方による単独撮像と、を切り替える

請求項 1 または請求項 2 に記載の計測装置。

【請求項 4】

前記演算処理部は、

前記同期撮像された前記第 1 撮像画像と前記第 2 撮像画像とから 3 次元情報を演算する第 1 演算処理と、前記第 1 撮像画像または前記第 2 撮像画像のうち前記単独撮像された撮像画像から 3 次元情報を演算する第 2 演算処理と、を切り換える

請求項 3 に記載の計測装置。

10

【請求項 5】

前記第 1 演算処理は、前記同期撮像された 1 枚の前記第 1 撮像画像および 1 枚の前記第 2 撮像画像から 3 次元情報を演算する演算処理であり、
前記第 2 演算処理は、複数の前記第 1 撮像画像および複数の前記第 2 撮像画像から 3 次元情報を演算する演算処理である

請求項 4 に記載の計測装置。

【請求項 6】

前記第 2 演算処理は、使用する演算処理を優先度の異なる複数の演算処理から選択可能であり、

前記演算処理部は、

予め設定された前記優先度に基づいて演算を開始し、使用した演算処理では 3 次元情報を得られなかった場合に、演算方法を次に前記優先度が高い演算処理に切り換える

請求項 4 または請求項 5 に記載の計測装置。

20

【請求項 7】

前記第 1 演算処理は、ランダムドット法による演算処理であり、

前記第 2 演算処理は、ランダムドット法、光切断法および位相シフト法のうち何れか 1 つを前記第 1 演算処理で取得した 3 次元情報に基づいて選択する演算処理である

請求項 4 または請求項 5 に記載の計測装置。

30

【請求項 8】

前記制御部は、前記演算処理部の演算した 3 次元情報に基づき、投影するパターン光を変更する

請求項 1 乃至請求項 7 の何れか 1 項に記載の計測装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 8 の何れか 1 項に記載の計測装置と、

ロボットアームと、

前記計測装置により取得された前記 3 次元座標に基づき前記ロボットアームの動作を制御する動作制御部と

を備えるロボット。

40

【請求項 10】

所定方向の 3 次元情報を計測する計測装置に用いられる計測方法であって、

前記第 1 距離の領域および前記第 2 距離の領域に平行光を光走査してパターン光を投影する投影ステップと、

前記計測装置から第 1 距離の領域を撮像して第 1 撮像画像を出力する第 1 撮像ステップと、

前記計測装置から、前記第 1 距離とは異なる第 2 距離の領域を撮像して第 2 撮像画像を出力する第 2 撮像ステップと、

前記第 1 撮像画像および前記第 2 撮像画像の少なくとも一方の画像に基づき、前記所定方向の 3 次元情報を演算する演算処理ステップと、

50

を備え、

前記第2撮像ステップは、前記第1撮像ステップと略同時に行われる計測方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、計測装置、計測方法およびロボットに関する。

【背景技術】

【0002】

バラ積み部品のピッキングや自動組み立てなどの作業を、ロボットを用いて実施する際に、ロボットアームに3次元情報を取得可能な計測装置を組み合わせて用いることで、制御性能の向上が可能である。

10

【0003】

このような3次元情報を取得する計測装置として、投影部が計測対象までの距離に応じたパターン光を切り替えて光投射しながら撮像部で計測対象を撮像し、近傍と遠方において高精度に3次元情報を取得する技術が知られている（例えば特許文献1）。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、従来技術は、ロボットアームと計測装置が別体であることを前提としている。ロボットアームに計測装置を付随させる場合、計測装置も同時に動いてしまうために近傍と遠方を同時に撮像する必要がある。しかしながら、従来技術では、近傍と遠方を同時に撮像することができなかった。また、計測が可能な領域は、撮像部の焦点距離調節機能または被写界深度により限度が決まっているため、計測可能領域を大きくすることが難しかった。

20

【0005】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、所定方向の3次元情報を取得可能な計測装置において、近傍と遠方の3次元情報を同時に取得可能にし、さらに計測可能な領域を大きく設定することを可能にすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

30

【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、所定方向の3次元情報を計測する計測装置であって、計測装置から第1距離の領域を撮像して第1撮像画像を出力する第1撮像部と、計測装置から、第1距離とは異なる第2距離の領域を撮像して第2撮像画像を出力する第2撮像部と、第1距離の領域および第2距離の領域に平行光を光走査してパターン光を投影可能な投影部と、第1撮像画像および第2撮像画像の少なくとも一方の画像に基づき、所定方向の3次元情報を演算する演算処理部と、第1撮像部と第2撮像部と投影部とを制御する制御部と、を備え、制御部は、第1撮像部と第2撮像部とを同期して撮像制御する。

【発明の効果】

40

【0007】

本発明によれば、所定方向の3次元情報を取得可能な計測装置において、近傍と遠方の3次元情報を同時に取得可能にし、さらに計測可能な領域を大きく設定することを可能にするという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、第1の実施形態に係る計測装置の一例の構成を示す図である。

【図2】図2は、第1の実施形態に適用可能な投影部の一例の構成を示す図である。

【図3】図3は、第1の実施形態に適用可能な偏向素子の動作を説明するための図である。

50

【図 4】図 4 は、第 1 の実施形態に係る計測装置の機能を説明するための一例の機能ブロック図である。

【図 5】図 5 は、第 1 の実施形態に適用可能な計測装置における処理・制御部の一例のハードウェア構成を示すブロック図である。

【図 6】図 6 は、第 1 の実施形態に適用可能な位相シフト法で用いる投影パターンの例を示す図である。

【図 7】図 7 は、第 1 の実施形態に適用可能な光切断法で用いる投影パターンを説明するための図である。

【図 8】図 8 は、第 1 の実施形態に適用可能なランダムドット法で用いる投影パターンの例を示す図である。

10

【図 9】図 9 は、第 1 の実施形態に係る計測処理を示す一例のフローチャートである。

【図 10】図 10 は、第 2 の実施形態に係るロボットアームを概略的に示す図である。

【図 11】図 11 は、第 2 の実施形態に係るロボットアームの一例の構成を概略的に示すブロック図である。

【図 12】図 12 は、第 2 の実施形態に係るロボットアームの制御の例を示すフローチャートである。

【図 13】図 13 は、第 2 の実施形態の変形例に係るロボットアームの動作を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

20

以下に添付図面を参照して、計測装置、計測方法およびロボットの実施形態を詳細に説明する。

【0010】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、第 1 の実施形態に係る、3次元形状の計測を行う計測装置の一例の構成を示す。図 1 において、計測装置 1 は、処理・制御部 10 と、投影・撮像部 20 とを含む。処理・制御部 10 は、演算処理部 11 と、制御部 12 とを含む。投影・撮像部 20 は、第 1 の撮像部であるカメラ 21 a と、第 2 の撮像部であるカメラ 21 b と、投影部 30 とを含む。

【0011】

30

投影部 30 は、レーザ光を射出する光源と、光源から射出されたレーザ光を所定の方向に導出する光学系とを含む。投影部 30 は、投影制御部 12 の制御に従いレーザ光を 2 軸の各方向に偏向させて光走査を行い、計測対象に対して 2 次元のパターンを投影する。なお、投影部 30 が含む光源は、レーザ光を射出する光源に限定されない。すなわち、平行光を射出可能な光源であれば、投影部 30 の光源として適用可能である。

【0012】

第 1 撮像部であるカメラ 21 a は、第 1 の焦点距離を持つレンズ 22 a と、撮像素子 23 a とを含み、入射された光がレンズ 22 a を介して撮像素子 23 a に照射される。カメラ 21 a は、撮像素子 23 a が照射された光を変換した電気信号を画像信号に変換して出力する。カメラ 21 b も同様に、第 1 の焦点距離より長い第 2 の焦点距離を持つレンズ 22 b と、撮像素子 23 b とを含み、入射された光を画像信号に変換して出力する。撮像素子 23 a および 23 b は、CCD (Charge Coupled Device) や CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサといった一般的な撮像素子を用いることができる。また、カメラ 21 a および 21 b は、焦点距離 (レンズ 22 a および 22 b) を除き、共通の構成とすることができる。

40

【0013】

第 2 撮像部であるカメラ 21 b は、投影部 30 により投影される 2 次元パターンの中心である投影中心 300 を中心とした第 1 の計測領域 40 を撮像するように、位置および角度が固定される。これに対して、カメラ 21 a は、投影中心 300 を中心とし、投影部 30 から見た場合に第 1 の計測領域 40 よりも遠距離にある第 2 の計測領域 41 を撮像する

50

ように、位置および角度が固定される。換言すれば、第2の計測領域41は、投影部30から第1の計測領域40を介して2次元のパターンが投影される領域である。

【0014】

カメラ21aおよび21bは、例えば制御部12の制御に従い撮像を行う。カメラ21aから出力された画像信号(第1撮像画像)、および、カメラ21bから出力された画像信号(第2撮像画像)は、それぞれ演算処理部11に供給される。演算処理部11は、供給された画像信号に基づき3次元座標の算出を行い、3次元形状を取得する。3次元座標の算出については後述する。

【0015】

演算処理部11は、算出された3次元形状を示す3次元形状情報を計測装置1の外部に出力すると共に、制御部12に供給する。

10

【0016】

制御部12は、演算処理部11から供給された信号(例えば、3次元形状情報)に応じて、投影部30が投影するパターン光(例えば、2次元パターン光)を切り替えることができる。また、制御部12は、カメラ21aとカメラ21bとを同期させて撮像制御を行う。すなわち、カメラ21aとカメラ21bとが略同時に撮像可能になるように制御する。略同時とは、例えば、カメラの1フレーム分の露光時間以内である。

【0017】

このように、計測装置1は、カメラ21aおよび21bそれぞれについて、画像信号に基づき、3次元計測を実行することが可能な構成となっている。

20

【0018】

図2は、第1の実施形態に適用可能な投影部30の一例の構成を示す。図2において、投影部30は、レーザ光33を射出する、例えばレーザダイオードによる光源31と、照射された光を偏向させて反射させる偏向素子32を含む。光源31から出射されたレーザ光33は、例えばレンズ34およびアパーチャ35を介して固定ミラー36に照射される。レーザ光33が固定ミラー36に反射された反射光は、偏向素子32の偏向中心に照射される。

【0019】

偏向素子32は、照射されたレーザ光33を2軸の方向(図中に矢印Mで示す)に偏向させて2次元の投影パターン60を形成する。この投影パターン60は、例えば対象50を含む領域に照射され投影される。

30

【0020】

偏向素子32について、より具体的に説明する。例えば、偏向素子32は、図3に示すように、照射されたレーザ光33をライン方向(X軸方向)に偏向させ、さらに、Y軸方向に、すなわちライン順次に偏向させる。このような平行光による光走査をラスタスキャン方式とよぶ。これにより、2次元面上の一定の領域がレーザ光33により走査され、投影パターン60が形成される。このとき、例えば光源31の点灯および消灯(オン/オフ)を制御することで、所望の投影パターン60を対象に投影させることができる。

【0021】

偏向素子32としては、例えばMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)光スキャナを用いることができる。MEMS光スキャナは、表面をミラー状態とした可動板と、可動板を2軸方向に傾斜可能な梁と、梁を支持する支持部とを含む構造をMEMS技術により形成する。MEMS光スキャナは、可動板を電磁駆動や静電駆動により駆動することで、可動板に照射された光を2軸の各方向に偏向させて反射させ射出することができる。偏向素子32を、MEMS技術を用いて形成することで、投影部30を小型化することが可能となり、例えば当該計測装置1をロボットアームなどに搭載して用いる場合に、ロボットアームの可搬重量に対する制限を抑制することができる。

40

【0022】

投影部30から射出されたレーザ光33は、レーザ光33の直進性により第1の計測領域40および第2の計測領域41それぞれにおいて十分な解像度が得られる。したがって

50

、このようにレーザ光 3 3 を用いて走査を実施する投影部 3 0 は、カメラ 2 1 a および 2 1 b における焦点の調整が不要となる。したがって、平行光を光走査してパターン光を投影することにより、焦点の調整無しに、近傍と遠方に同時に適したパターン光を投影することができる。

【 0 0 2 3 】

図 4 は、第 1 の実施形態に係る計測装置 1 の機能を説明するための一例の機能ブロック図である。なお、図 4 において、上述した図 1 および図 2 と共通する部分には同一の符号を付して、詳細な説明を省略する。

【 0 0 2 4 】

演算処理部 1 1 は、カメラ 2 1 a および 2 1 b から出力された画像信号を解析する。演算処理部 1 1 は、画像信号の解析結果と、各カメラ 2 1 a および 2 1 b のキャリブレーション情報とを用いた演算処理により、3次元情報の復元処理を行い、これにより対象の3次元計測を実行する。演算処理部 1 1 は、復元された3次元情報を投影制御部 1 2 に供給する。

10

【 0 0 2 5 】

制御部 1 2 は、投影制御部 1 2 0 と、パターン記憶部 1 2 1 と、光源駆動部 1 2 2 と、偏向素子駆動部 1 2 3 と、撮像制御部 1 2 4 とを含む。偏向素子駆動部 1 2 3 は、投影制御部 1 2 0 の制御に従い偏向素子 3 2 を駆動する。投影制御部 1 2 0 は、偏向素子 3 2 の偏向中心に照射されたレーザ光 3 3 が対象をライン順次で走査するように（図 3 参照）、偏向素子駆動部 1 2 3 を制御する。撮像制御部 1 2 4 は、カメラ 2 1 a およびカメラ 2 1 b の撮像タイミングや露光量を制御する。また、撮像制御部 1 2 4 は、カメラ 2 1 a とカメラ 2 1 b との同期撮像が可能となるようにカメラ 2 1 a とカメラ 2 1 b とに撮像命令信号を略同時に出力する。

20

【 0 0 2 6 】

光源駆動部 1 2 2 は、投影制御部 1 2 0 の制御に従い光源 3 1 の点灯および消灯を制御する。パターン記憶部 1 2 1 は、例えば、計測装置 1 が含む不揮発性の記憶媒体に予め記憶される、光源 3 1 から出射され偏向素子 3 2 により偏向されたレーザ光 3 3 を対象に投影させる際の投影パターン 6 0 を形成するためのパターン情報を、投影制御部 1 2 0 からの指示に従い読み出して、投影制御部 1 2 0 に渡す。投影制御部 1 2 0 は、パターン記憶部 1 2 1 から渡されたパターン情報に基づき光源駆動部 1 2 2 を制御する。

30

【 0 0 2 7 】

投影制御部 1 2 0 は、演算処理部 1 1 から供給された、復元された3次元情報に基づき、パターン記憶部 1 2 1 に対してパターン情報の読み出しを指示する。投影制御部 1 2 0 は、パターン記憶部 1 2 1 により読み出されたパターン情報に従い光源駆動部 1 2 2 を制御する。また、投影制御部 1 2 0 は、読み出したパターン情報に応じて演算処理部 1 1 に対して演算方法を指示する。

【 0 0 2 8 】

なお、図 4 において、演算処理部 1 1、投影制御部 1 2 0 および撮像制御部 1 2 4 は、CPU (Central Processing Unit) 上で動作する計測プログラムにより実現することができる。これに限らず、演算処理部 1 1、投影制御部 1 2 0 および撮像制御部 1 2 4 を、互いに協働して動作するハードウェア回路により構成してもよい。

40

【 0 0 2 9 】

図 5 は、第 1 の実施形態に適用可能な計測装置 1 における処理・制御部 1 0 の一例のハードウェア構成を示す。図 5 において、処理・制御部 1 0 は、CPU 1 0 0 と、ROM (Read Only Memory) 1 0 1 と、RAM (Random Access Memory) 1 0 2 と、ストレージ 1 0 3 と、制御 I / F (インタフェース) 1 0 4 および 1 0 5 と、データ I / F 1 0 6 と、通信 I / F 1 0 7 とを含み、これら各部がバス 1 1 0 により互いに通信可能に接続される。

【 0 0 3 0 】

ストレージ 1 0 3 は、データを不揮発に記憶する記憶媒体であって、ハードディスク

50

ライブやフラッシュメモリを適用できる。ストレージ103は、CPU100が動作するためのプログラムやデータが記憶される。また、ストレージ103は、複数のパターン情報が予め記憶される。パターン記憶部121は、投影制御部120に指定されたパターン情報を、ストレージ103から読み出す。なお、ROM101を書き換え可能なROMとし、ストレージ103の機能をROM101により実現してストレージ103を省略してもよい。

【0031】

CPU100は、例えば、ROM101やストレージ103に予め記憶されたプログラムに従い、RAM102をワークメモリとして用い、この処理・制御部10の全体の動作を制御する。制御I/F104および105は、それぞれ、光源31および偏光素子32を駆動するための駆動回路に対するインタフェースである。

10

【0032】

データI/F106は、外部の機器との間でデータの送受信を行う。通信I/F107は、通信ネットワークに対する通信を制御する。この計測装置1の外部と投影制御部120との間で、データI/F106または通信I/F107を介して通信を行うことで、外部からこの計測装置1の動作を制御することができる。なお、計測装置1の使用環境などによっては、データI/F106および通信I/F107のうち何れか一方を省略することができる。

なお、第1の実施形態に係る計測装置1で実行される計測プログラムは、ストレージ103やROM101などに予め記憶されて提供される。これに限らず、第1の実施形態に係る計測装置1で実行される計測プログラムは、インストール可能な形式または実行可能な形式のファイルでCD(Compact Disk)、フレキシブルディスク(FD)、DVD(Digital Versatile Disk)などのコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録して提供するように構成してもよい。

20

【0033】

さらに、第1の実施形態に係る計測装置1で実行される計測プログラムを、インターネットなどのネットワークに接続されたコンピュータ上に格納し、ネットワーク経由でダウンロードさせることにより提供するように構成しても良い。また、第1の実施形態に係る計測装置1で実行される計測プログラムをインターネットなどのネットワーク経由で提供または配布するように構成してもよい。

30

【0034】

第1の実施形態に係る計測装置1で実行される計測プログラムは、上述した演算処理部11および投影制御部120、撮像制御部124を含むモジュール構成となっている。実際のハードウェアとしては、CPU100が、ROM101またはストレージ103から計測プログラムを読み出して実行することにより、上述した各部がRAM102などの主記憶装置上にロードされ、演算処理部11および投影制御部120、撮像制御部124が主記憶装置上に生成されるようになっている。

【0035】

(第1の実施形態に適用可能な3次元計測について)

次に、第1の実施形態に適用可能な3次元計測について説明する。対象の形状および姿勢を3次元情報として取得する3次元計測を、対象に照射された光を観測することで行うための、幾つかの方法が知られている。第1の実施形態に係る計測装置1では、3次元計測を実行する方法として、(1)位相シフト法を用いた計測、(2)光切断法を用いた計測、および、(3)ランダムドット法を用いた計測、の3方法を採用する。なお、上述した3方法については、例えば、非特許文献1、非特許文献2に記載されている公知な方法を適用することができる。

40

【0036】

(1)の位相シフト法を用いた計測について、概略的に説明する。位相シフト法では、非特許文献1に記載されるように、図6(a)に例示される、それぞれ位相の異なる位相シフトパターンである複数の投影パターン60₁₀、60₁₁、60₁₂および60₁₃を用いた

50

位相解析により、3次元の形状および姿勢の復元を行う。このとき、図6(b)に例示される、それぞれ異なるグレイコードパターンである複数の投影パターン 60_{20} 、 60_{21} 、 60_{22} および 60_{23} を用いた空間コード化法を併用し、これら空間コード化法および位相シフト法の結果に基づき位相連結を行うことで、高精度に3次元の形状および姿勢の復元を行うことができる。

【0037】

このように、(1)の位相シフト法を用いた計測では、複数の投影パターン 60_{10} ～ 60_{13} 、 60_{20} ～ 60_{23} それぞれについて撮像を行う必要がある。

【0038】

(2)の光切断法を用いた計測について、概略的に説明する。光切断法は、非特許文献2に記載されるように、ライン光源により計測対象50に対して輝線を照射し、この輝線が照射された計測対象50を撮像し、輝線画像を得る。例えば図7に例示するように、偏向素子32によりレーザ光33を偏向させてライン方向に走査することで、ライン方向の輝線33bを形成することができる。この輝線画像に基づき、計測対象50の1ライン分の3次元形状が生成される。図7の投影パターン 60_3 に示すように、計測対象50に対して複数ラインについて走査を行うことで、計測対象50の全体の3次元形状を生成できる。このような光切断パターンを用いた光切断法は、計測対象50が光沢を有する場合に用いて好適である。

【0039】

(3)のランダムドット法を用いた計測について、概略的に説明する。図8は、ランダムドット法で用いる投影パターン 60_4 の例を示す。投影パターン 60_4 は、輝度値が2値で表現された各ドットがランダムに配置されたランダムドットパターンである。ランダムドット法では、投影に用いる投影パターン 60_4 と、投影パターン 60_4 が計測対象に反射された反射画像より得たパターンとの対応位置を求める。例えば、投影パターン 60_4 を複数のブロックに分割し、投影パターン 60_4 と反射画像による反射画像パターンとのパターンマッチングをブロック毎に行うことで、投影パターン 60_4 における各ドットに対する反射画像パターンにおける各ドットとの対応位置を求めることができる。

【0040】

ランダムドット法では、各ドットがランダムに配置された投影パターン 60_4 を用いるため、対応点を一意に求めることができる。すなわち、ランダムドット法は、1回の撮像により3次元計測を実行することが可能である。

【0041】

(第1の実施形態に係る3次元計測の具体例)

次に、第1の実施形態に係る3次元計測について、より具体的に説明する。図9は、第1の実施形態に係る3次元計測処理を示す一例のフローチャートである。

【0042】

なお、以下では、計測装置1は、計測対象50の3次元形状を、例えばCAD(Computer-Aided Design)データや実測値などにより予め取得しているものとする。この3次元形状は、計測対象50の3次元座標を含み、例えばストレージ103に記憶される。これに限らず、計測装置1は、計測対象50が載置される台座の3次元形状を予め取得しておき、計測した3次元形状と台座の3次元形状との差分を求めることで、計測対象の3次元形状を求めてもよい。また、計測装置1に用いられるカメラ21aおよび21bは、既知のカメラキャリブレーション、アクティブ・カメラキャリブレーションにより、キャリブレーション情報が予め取得されているものとする。

【0043】

図9に示されるように、第1の実施形態に係る3次元計測処理は、処理Aと処理Bとに大別できる。処理Aは、計測対象50を認識するための処理であって、より高速な処理が望まれる。処理Bは、計測対象の3次元形状を詳細に検出し、3次元座標を算出する処理である。

【0044】

10

20

30

40

50

処理 A について説明する。処理 A では、上述した (3) のランダムドット法を用いて 3 次元計測を行う。ステップ S 10 で、計測装置 1 は、第 1 の計測領域 40 および、第 2 の計測領域 41 について計測を実行する。

【0045】

より具体的には、計測装置 1 において、投影制御部 120 は、パターン記憶部 121 に対して、ランダムドット法による投影パターン 60₄ のパターン情報を指定し、指定されたパターン情報を読み出すように指示する。投影制御部 120 は、パターン記憶部 121 が読み出した投影パターン 60₄ のパターン情報に従い光源駆動部 122 および偏向素子駆動部 123 を制御して、図 8 に例示したような投影パターン 60₄ の投影を行う。また、投影制御部 120 は、読み出したパターン情報を演算処理部 11 に出力する。

10

【0046】

投影制御部 120 は、投影パターン 60₄ の投影と同期して、撮像制御部 124 に対して、カメラ 21a による第 1 の計測領域 40 の撮像と、カメラ 21b による第 2 の計測領域 41 の撮像と、を実行させるための実行信号を出力する。撮像制御部 124 は、投影部制御部 120 から出力された実行信号を受けて、カメラ 21a (第 1 撮像部) およびカメラ 21b (第 2 撮像部) に略同時に撮像命令信号を出力する。カメラ 21a およびカメラ 21b は、それぞれ撮像して生成した画像信号 (第 1 撮像画像、第 2 撮像画像) を演算処理部 11 に出力する。演算処理部 11 は、カメラ 21a およびカメラ 21b から取得した各画像信号と、投影制御部 120 から渡されたパターン情報とに基づきパターンマッチングを行って第 1 の計測領域 40 および第 2 の計測領域 41 における 3 次元座標をそれぞれ算出し、3 次元形状を求める。

20

【0047】

次のステップ S 11 で、計測装置 1 において、演算処理部 11 は、ステップ S 10 で求めた 3 次元形状に基づき、第 1 の計測領域 40 に計測対象 50 が存在するか否かを判定する。例えば、演算処理部 11 は、ストレージ 103 に記憶される計測対象 50 の 3 次元形状と、ステップ S 10 で算出された 3 次元形状とを比較し、比較結果に基づき第 1 の計測領域 40 において計測対象 50 が認識されたか否かを判定する。演算処理部 11 は、第 1 の計測領域 40 内に計測対象 50 が認識されたと判定した場合 (ステップ S 11、「有り」)、処理を、処理 B 内のステップ S 20 に移行させる。一方、演算処理部 11 は、第 1 の計測領域 40 内に計測対象 50 が認識されないと判定した場合 (ステップ S 11、「無し」)、処理をステップ S 12 に移行させる。

30

【0048】

ステップ S 12 で、演算処理部 11 は、上述したステップ S 11 と同様にして、ステップ S 10 で求めた 3 次元形状に基づき、第 2 の計測領域 41 において計測対象 50 が認識されたか否かを判定する。演算処理部 11 は、第 2 の計測領域 41 内に計測対象 50 が認識されたと判定した場合 (ステップ S 12、「有り」)、処理を、処理 B 内のステップ S 20 に移行させる。

【0049】

一方、演算処理部 11 は、第 2 の計測領域 41 内に計測対象 50 が認識されないと判定した場合 (ステップ S 12、「無し」)、処理をステップ S 14 に移行させる。この場合、第 1 の計測領域 40 および第 2 の計測領域 41 の両方において計測対象 50 が認識されていないことになる。計測装置 1 は、ステップ S 14 で、エラー処理を行い、図 9 のフローチャートによる一連の処理が終了される。エラー処理は、例えば計測装置 1 の上位装置に対してエラーを返す処理が考えられる。

40

【0050】

次に、処理 B について説明する。処理 B では、ステップ S 10 またはステップ S 12 で計測され認識された 3 次元形状に対して、さらに詳細な計測を実行する。また、処理 B では、第 1 の計測領域 40 および第 2 の計測領域 41 のうち、上述の処理 A において計測対象 50 が認識された計測領域を指定された計測領域として、この指定された計測領域について計測を行う。

50

【 0 0 5 1 】

処理 B において、ステップ S 2 0 で、例えば演算処理部 1 1 は、計測方法を選択する。ここでは、上述した (1) の位相シフト法を用いた計測方法 (第 1 の計測方法とする) と、(2) の光切断法を用いた計測方法 (第 2 の計測方法とする) と、(3) のランダムドット法を用いた計測方法 (第 3 の計測方法とする) とから、計測方法を選択する。また、この例では、処理 B においては、第 1 ~ 第 3 の計測方法は、第 1 の計測方法が最も優先度が高く、第 3 の計測方法が最も優先度が低いものとしている。優先度は、各計測方法の精度や速度から任意に設定可能である。

【 0 0 5 2 】

演算処理部 1 1 は、ステップ S 2 0 で第 1 の計測方法を選択すると、選択した計測方法を投影制御部 1 2 0 に伝え、処理をステップ S 2 1 a に移行させる。ステップ S 2 1 a ~ ステップ S 2 3 a の処理は、第 1 の計測方法すなわち位相シフト法を用いた計測方法により 3 次元計測を行う処理である。ステップ S 2 1 a で、投影制御部 1 2 0 は、演算処理部 1 1 から伝えられた計測方法に従い、位相シフトパターンおよびグレイコードパターンによる投影を行うように制御する。また、投影制御部 1 2 0 は、撮像制御部 1 2 4 に対して、ステップ S 1 1 で第 1 の計測領域 4 0 に計測対象 5 0 が有ると判定した場合は、カメラ 2 1 a に対して、第 1 計測領域 4 0 の撮像の実行命令を出力する。また、投影制御部 1 2 0 は、ステップ S 1 2 で第 2 計測領域 4 1 に計測対象 5 0 が有ると判定した場合は、カメラ 2 1 b に対して、第 2 計測領域 4 1 の撮像の実行信号を出力する。投影部制御部 1 2 0 の実行信号を受けて、撮像制御部 1 2 4 は、カメラ 2 1 a またはカメラ 2 1 b に対して撮像命令信号を出力する。

【 0 0 5 3 】

より具体的には、投影制御部 1 2 0 は、位相シフトパターンによる投影パターン 6 0₁₀ ~ 6 0₁₃ の投影を順次実行するように、パターン記憶部 1 2 1 に対して読み出す各パターン情報を指定し、指定された各パターン情報を読み出すように指示する。投影制御部 1 2 0 は、指示に従いパターン記憶部 1 2 1 により読み出されたパターン情報に従い光源駆動部 1 2 2 および偏向素子駆動部 1 2 3 をそれぞれ制御する。また、投影制御部 1 2 0 は、各投影パターン 6 0₁₀ ~ 6 0₁₃ の投影に同期して、指定された計測領域に対応するカメラによる撮像を実行するように、撮像制御部 1 2 4 に指示する。演算処理部 1 1 は、各投影パターン 6 0₁₀ ~ 6 0₁₃ の投影に同期して撮像して得た各画像信号を、例えば R A M 1 0 2 に記憶する。

【 0 0 5 4 】

投影制御部 1 2 0 は、さらに、グレイコードパターンによる投影パターン 6 0₂₀ ~ 6 0₂₃ の投影を順次実行するように、パターン記憶部 1 2 1 に対して読み出す各パターン情報を指定し、指定された各パターン情報を読み出すように指示する。投影制御部 1 2 0 は、指示に従いパターン記憶部 1 2 1 により読み出されたパターン情報に従い光源駆動部 1 2 2 および偏向素子駆動部 1 2 3 をそれぞれ制御する。また、投影制御部 1 2 0 は、各投影パターン 6 0₂₀ ~ 6 0₂₃ の投影に同期して、指定された計測領域に対応するカメラによる撮像を実行するように、撮像制御部 1 2 4 に指示する。演算処理部 1 1 は、各投影パターン 6 0₂₀ ~ 6 0₂₃ の投影に同期して撮像して得た各画像信号を、例えば R A M 1 0 2 に記憶する。

【 0 0 5 5 】

図 6 (a) および図 6 (b) の投影パターン 6 0₁₀ ~ 6 0₁₃、6 0₂₀ ~ 6 0₂₃ を用いる場合、演算処理部 1 1 は、ステップ S 2 1 a において撮像動作を 8 回、実行することになる。

【 0 0 5 6 】

次のステップ S 2 2 a で、演算処理部 1 1 は、ステップ S 2 1 a で撮像して得た各画像信号に基づき、解析処理を実行する。より具体的には、演算処理部 1 1 は、位相シフトパターンによる投影パターン 6 0₁₀ ~ 6 0₁₃ を撮像して得た各画像信号に基づき位相解析を行う。また、演算処理部 1 1 は、グレイコードパターンによる投影パターン 6 0₂₀ ~ 6 0

23を撮像して得た各画像信号に基づきグレイコード解析を行う。さらに、演算処理部11は、位相解析を行った結果と、グレイコード解析を行った結果に基づき位相連結の演算を行う。

【0057】

次のステップS23aで、演算処理部11は、ステップS22aによる位相連結の演算結果により取得した三角測量で用いる対応位置と、ステップS21aで投影制御部120から渡された各投影パターン60₁₀~60₁₃、60₂₀~60₂₃のパターン情報と、指定された計測領域に対応するカメラのキャリブレーション情報とを用いて、既知の手法により、計測対象の3次元座標を算出し、3次元形状を求める。

【0058】

演算処理部11は、ステップS23aで3次元形状を求めると、処理をステップS24に移行させる。ステップS24で、演算処理部11は、ステップS23aで求めた3次元形状の可否を判定する。例えば、演算処理部11は、ステップS23aで求めた3次元形状と、計測対象について予め取得される3次元形状との差分を求め、差分が閾値未満の場合に、十分な3次元形状が得られたと判定する。演算処理部11は、十分な3次元形状が得られたと判定した場合(ステップS24、「OK」)、処理をステップS25に移行させ、算出された3次元形状を示す形状情報を、例えば計測装置1の外部に出力する。

【0059】

一方、演算処理部11は、ステップS24で十分な3次元形状が得られなかったと判定した場合(ステップS24、「NG」)、処理をステップS20に戻す。このとき、演算処理部11は、直前の3次元計測で用いた計測方法の次に優先度が高い計測方法を選択する。上述の例では、直前の3次元計測では第1の計測方法(位相シフト法を用いた計測方法)が用いられているため、第1の計測方法の次に優先度が高い第2の計測方法(この例では光切断法を用いた計測方法)を選択する。

【0060】

演算処理部11は、ステップS20で第2の計測方法を選択すると、選択した計測方法を投影制御部120に伝え、処理をステップS21bに移行させる。ステップS21b~ステップS23bの処理は、第2の計測方法すなわち光切断法を用いた計測方法により3次元計測を行う処理である。ステップS21bで、投影制御部120は、演算処理部11から伝えられた計測方法に従い、光切断パターンによる投影を行うように制御すると共に、撮像制御部124に対して、指定された計測領域に対応するカメラにより当該計測領域の撮像を行うよう指示する。

【0061】

より具体的には、投影制御部120は、光切断パターンによる投影パターン60₃の投影を実行するように、パターン記憶部121に対して読み出すパターン情報を指定し、指定されたパターン情報を読み出すように指示する。投影制御部120は、指示に従いパターン記憶部121により読み出されたパターン情報に従い光源駆動部122および偏向素子駆動部123をそれぞれ制御する。また、投影制御部120は、投影パターン60₃の投影に同期して、指定された計測領域に対応するカメラによる撮像を実行するように、撮像制御部124に指示する。演算処理部11は、投影パターン60₃の投影に同期して撮像して得た各輝線画像の画像信号を、例えばRAM102に記憶する。

【0062】

次のステップS22bで、演算処理部11は、ステップS21bで取得した各輝線画像の画像信号に基づき輝度値の重心を検出する。次のステップS23bで、演算処理部11は、ステップS22bで検出した重心と、輝線画像と、投影パターン60₃のパターン情報と、指定された計測領域に対応するカメラのキャリブレーション情報とに基づき計測対象50の3次元座標を算出し、3次元形状を求める。

【0063】

演算処理部11は、ステップS23bで3次元形状を求めると、処理をステップS24に移行させて、上述したようにして、求めた3次元形状の可否を判定する。演算処理部1

10

20

30

40

50

1 は、十分な 3 次元形状が得られたと判定した場合（ステップ S 2 4、「OK」）、処理をステップ S 2 5 に移行させ、算出された 3 次元形状を示す形状情報を、例えば計測装置 1 の外部に出力する。

【0064】

一方、演算処理部 1 1 は、ステップ S 2 4 で十分な 3 次元形状が得られなかったと判定した場合（ステップ S 2 4、「NG」）、処理をステップ S 2 0 に戻し、直前の 3 次元計測で用いた計測方法の次に優先度が高い計測方法を選択する。この場合には、直前の 3 次元計測では第 2 の計測方法（光切断法を用いた計測方法）が用いられているため、第 2 の計測方法の次に優先度が高い第 3 の計測方法（この例ではランダムドット法を用いた計測方法）を選択する。

10

【0065】

演算処理部 1 1 は、ステップ S 2 0 で第 3 の計測方法を選択すると、選択した計測方法を投影制御部 1 2 0 に伝え、処理をステップ S 2 1 c に移行させる。ステップ S 2 1 c ~ ステップ S 2 3 c の処理は、第 3 の計測方法すなわちランダムドット法を用いた計測方法により 3 次元計測を行う処理である。ステップ S 2 1 c で、投影制御部 1 2 0 は、演算処理部 1 1 から伝えられた計測方法に従い、ランダムドットパターンによる投影を行うように制御すると共に、撮像制御部 1 2 4 に対して、指定された計測領域に対応するカメラにより当該計測領域の撮像を行うよう指示する。

【0066】

より具体的には、投影制御部 1 2 0 は、ランダムドットパターンによる投影パターン 6 0₄ の投影を実行するように、パターン記憶部 1 2 1 に対して読み出すパターン情報を指定し、指定されたパターン情報を読み出すように指示する。投影制御部 1 2 0 は、指示に従いパターン記憶部 1 2 1 により読み出されたパターン情報を演算処理部 1 1 に渡すと共に、当該パターン情報に従い光源駆動部 1 2 2 および偏向素子駆動部 1 2 3 をそれぞれ制御する。また、投影制御部 1 2 0 は、投影パターン 6 0₄ の投影に同期して指定された計測領域に対応するカメラによる撮像を実行するように、撮像制御部 1 2 4 に指示する。演算処理部 1 1 は、投影パターン 6 0₄ の投影に同期して撮像して得た画像信号を、例えば RAM 1 0 2 に記憶する。

20

【0067】

次のステップ S 2 2 c で、演算処理部 1 1 は、ステップ S 2 1 c で取得した画像信号に基づき、投影制御部 1 2 0 から渡されたランダムドットパターンによるパターン情報とのパターンマッチングを行う。演算処理部 1 1 は、このパターンマッチングにより、投影制御部 1 2 0 から渡されたランダムドットパターンに含まれる各ドットに対する、画像信号に含まれるランダムドットパターンの各ドットの対応位置を求める。次のステップ S 2 3 c で、演算処理部 1 1 は、ステップ S 2 2 c で求めた対応位置と、カメラ 2 1 a のキャリブレーション情報とに基づき、計測対象の 3 次元座標を算出し、3 次元形状を求める。

30

【0068】

演算処理部 1 1 は、ステップ S 2 3 c で 3 次元形状を求めると、処理をステップ S 2 4 に移行させて、上述したようにして、求めた 3 次元形状の可否を判定する。演算処理部 1 1 は、十分な 3 次元形状が得られたと判定した場合（ステップ S 2 4、「OK」）、処理をステップ S 2 5 に移行させ、求めた 3 次元形状を示す形状情報を、例えば計測装置 1 の外部に出力する。

40

【0069】

一方、演算処理部 1 1 がステップ S 2 4 で十分な 3 次元形状が得られなかったと判定した場合（ステップ S 2 4、「NG」）、第 1 の計測方法、第 2 の計測方法および第 3 の計測方法の何れを用いても 3 次元形状が算出できなかったことになる。この場合、例えば、処理をステップ S 1 4 に移行させてエラー処理を行い、図 9 のフローチャートによる一連の処理を終了させることができる。

【0070】

このように、第 1 の実施形態に係る計測装置 1 は、計測対象 5 0 の近傍と遠方をまず 1

50

回の撮像にて3次元形状の算出が可能な計測方法を用いて計測対象50を認識する(図9のフローチャートにおける処理A)。また、計測装置1は、処理Aによる計測対象50の認識後は、複数回の撮像が必要である一方で、より高精度に3次元形状を算出可能な計測方法を用いて、処理Aで計測対象があると判定した領域に対して計測対象の3次元計測を実行する(図9のフローチャートにおける処理B)。また、処理Bにおいては、複数の計測方法を順次実行させることもできる。なお、第1撮像画像から得た3次元情報と第2撮像画像から得た3次元情報とを繋ぐ処理を行ってもよい。また、処理Bの処理方法の選択は、処理Aで得た3次元情報に基づいて行ってもよい。例えば、処理Aから物体のサイズが小さいことは判明した場合はより精度が高い方法を、物体のサイズが大きいことが判明した場合はより高速性の高い方法を選択するようにしてもよい。

10

【0071】

第1の実施形態に係る計測装置1によれば、近傍と遠方とを略同時に撮像が可能である。また、カメラ21aとカメラ21bの焦点距離や測定領域は自由に設定が可能であるため、測定可能な近傍と遠方の距離を自由に設定することが可能となる。

【0072】

従来技術では、近傍と遠方とを同時に撮像することができなかった。これは、投影部が光走査型ではなく光投射型であったため、照射距離に合わせて焦点距離やパターン光を変える必要があり、近傍と遠方とに同時に適したパターン光を投射することができず、近傍と遠方の撮像を切り換える必要があったためである。また、撮像部が1つ(ステレオカメラ)であったため、近傍と遠方とを同時に適切に撮像することができず、さらに、近傍と遠方との適切な撮像は、焦点距離調節機能または被写界深度に依存するため、近傍と遠方との間の距離(計測可能領域幅)を広げることが難しかった。

20

【0073】

近傍と遠方とを略同時に撮像する必要性について説明する。例えば、安価なロボットアームに計測装置を付随させた場合、ロボットアームのモータの挙動精度が低いため、ロボットアームの動きは予想が難しい。そのため、ロボットアームを動かしながら計測装置で計測して挙動の微調整を行う必要がある。しかしながら、ロボットアームを動かしながら近傍と遠方とを撮像したとき、撮像時間に差があると、その間にロボットアームが動いているため、近傍と遠方との距離を一定に保つことができない。そのため、遠方計測により遠方に存在していた物体にロボットアームを近づけながら、近傍計測に切り替えたときに、対象物までの距離に誤差が生じる。また、近傍で得た3次元情報と遠方で得た3次元情報とを繋ぐことが困難となる。

30

【0074】

ロボットアームを撮像の度に止める場合、スムーズな挙動ができず、より挙動精度が下がってしまう。また、モータの回転数等でロボットアームの挙動を把握しようにも、モータの精度自体が低い場合には困難である。

【0075】

そこで、第1の実施形態に係る計測装置1によれば、平行光を光走査する光走査型の投影部と、計測領域の異なる第1撮像部、第2撮像部の複数の撮像部とを用いて、近傍と遠方とを同期して撮像可能にする。これにより、近傍と遠方とを略同時に撮像可能となり、さらに計測可能領域幅を大きくすることが容易になる効果を奏する。

40

【0076】

さらに、高速に3次元情報取得可能な処理Aと、より高精度に3次元情報取得可能な処理Bと、を切り替えて使用することにより、高速性と精度とを向上させることができる。

【0077】

また、近傍に障害物が存在している場合は、近傍を計測して障害物を避けながら遠方にロボットアームを近づけることが可能となる。

【0078】

なお、図9のフローチャートにおける処理Aにおいて、位相シフトパターンを高速に切り替えて処理を高速化させた位相シフト法を用いて計測を行うことも考えられる。この場

50

合、位相シフトパターンの高速切替に追従するように、カメラ 2 1 a および 2 1 b において高速撮像を行う必要がある。撮像の高速化は、露光時間の減少につながり十分な S / N を確保することが困難となる。また、S / N の確保のために、光源 3 1 から射出されるレーザ光 3 3 の光量を増加させることも考えられる。しかしながら、レーザ光の光量を増加させる場合、安全面を考慮する必要がある、また、カメラ 2 1 a および 2 1 b が大型化し高価になってしまうという課題があり、上述したランダムドット法を用いる方法に比べ、不利である。

【 0 0 7 9 】

(第 2 の実施形態)

次に、第 2 の実施形態について説明する。第 2 の実施形態は、第 1 の実施形態に係る計測装置 1 を、ロボットアームと組み合わせて用いる例である。

10

【 0 0 8 0 】

図 1 0 (a) および図 1 0 (b) は、第 2 の実施形態に適用可能なロボットアーム 7 0 の例を概略的に示す。図 1 0 (a) および図 1 0 (b) に示されるロボットアーム 7 0 は、対象物をピックアップするためのハンド部 7 1 を備え、第 1 の実施形態に係る計測装置 1 が搭載されている。ロボットアーム 7 0 は、それぞれ屈曲可能な複数の可動部を備え、ハンド部 7 1 の位置および向きを、制御に従い各可動部の可動範囲内で自在に移動および変更させることができる。

【 0 0 8 1 】

この例では、計測装置 1 は、ロボットアーム 7 0 の先端部分に搭載されている。これに限らず、計測装置 1 は、投影・撮像部 2 0 をロボットアーム 7 0 の先端部に搭載し、処理・制御部 1 0 を例えばロボットアーム 7 0 の外部に設置してもよい。また、計測装置 1 は、投影中心 3 0 0 がハンド部 7 1 の向く方向に一致するように設けられ、ハンド部 7 1 のピックアップ対象を計測対象 5 0 として計測可能になっている。このとき、投影・撮像部 2 0 に含まれる投影部 3 0、ならびに、カメラ 2 1 a および 2 1 b は、ハンド部 7 1 によるピックアップにより計測範囲が遮られない位置に固定すると、好ましい。

20

【 0 0 8 2 】

図 1 0 (a) は、カメラ 2 1 b を用いて第 2 の計測領域 4 1 に対する計測を行う場合の例を示す。計測装置 1 の投影部 3 0 から射出されるレーザ光 3 3 により、第 2 の計測領域 4 1 内の面に対して投影パターン 6 0 a が投影される。計測装置 1 は、この投影パターン 6 0 a の計測対象 5 0 からの反射光を用いて、当該計測対象 5 0 の 3 次元座標を算出し、3 次元形状を求める。図 1 0 (b) は、カメラ 2 1 a を用いて第 1 の計測領域 4 0 に対する計測を行う場合の例を示す。投影部 3 0 は、第 1 の計測領域 4 0 内の面に投影パターン 6 0 b を投影する。第 1 の計測領域 4 0 は、第 2 の計測領域 4 1 に対して投影部 3 0 からの距離が近いので、投影パターン 6 0 b は、投影パターン 6 0 a よりも小さくなる。

30

【 0 0 8 3 】

このように、第 2 の実施形態では、計測装置 1 をロボットアーム 7 0 に搭載することで、計測装置 1 と計測対象 5 0 との距離を容易に変更できる。そのため、計測装置 1 は、計測領域を、第 1 の計測領域 4 0 と第 2 の計測領域とで容易に切り替えることが可能となる。

40

【 0 0 8 4 】

図 1 1 は、第 2 の実施形態に係るロボットアーム 7 0 の一例の構成を概略的に示す。ロボットアーム 7 0 は、アーム駆動部 7 0 0 と、複数のモータ 7 0 1₁、7 0 1₂、... を含む。モータ 7 0 1₁、7 0 1₂、... は、アーム駆動部 7 0 0 の制御に従い、ハンド部 7 1 を含むロボットアーム 7 0 の各可動部を駆動する。

【 0 0 8 5 】

アーム駆動部 7 0 0 は、計測装置 1 の計測結果に基づき、各モータ 7 0 1₁、7 0 1₂、... を駆動する。また、アーム駆動部 7 0 0 は、計測装置 1 に対して、カメラ 2 1 a を用いた第 1 の計測領域 4 0 に対する計測と、カメラ 2 1 b を用いて第 2 の計測領域 4 1 に対する計測とを、適宜要求する。すなわち、アーム駆動部 7 0 0 は、計測装置 1 の計測結果に

50

基づきロボットアーム 70 の動作を制御する動作制御部として機能する。

【0086】

なお、ここでは、ロボットアーム 70 の各可動部を駆動するアクチュエータとしてモータ 70 1₁、70 1₂、...を用いるように説明したが、これはこの例に限られない。ロボットアーム 70 の各可動部は、油圧式、空圧式など他の方式のアクチュエータを用いて駆動してもよい。

【0087】

図 12 は、第 2 の実施形態に係るロボットアーム 70 の制御の例を示すフローチャートである。ステップ S 30 で、ロボットアーム 70 は、図 10 (a) に示したように、第 2 の計測領域 41 内に計測対象 50 が位置するように、予め設定された初期化情報に従いハンド部 71 の位置を初期化する。

10

【0088】

次のステップ S 31 で、ロボットアーム 70 は、初期化位置において計測対象 50 が検出されたか否かを判定する。ロボットアーム 70 は、計測対象 50 が検出されないと判定した場合 (ステップ S 31、「No」)、処理をステップ S 30 に戻す。一方、ロボットアーム 70 は、計測対象 50 が検出されたと判定した場合 (ステップ S 31、「Yes」)、処理をステップ S 32 に移行させる。

【0089】

ステップ S 31 では、例えばロボットアーム 70 は、計測対象 50 を検出するための所定のセンサ (光センサ、接触センサなど) を用いて計測対象 50 の検出を行う。これに限らず、ロボットアーム 70 を操作するユーザによるユーザ指示に応じて、検出されたか否かを判定してもよい。さらに、ロボットアーム 70 は、計測装置 1 を用いて第 2 の計測領域 41 を計測することで、計測対象 50 の検出の判定を行ってもよい。

20

【0090】

ステップ S 32 で、計測装置 1 は、例えばロボットアーム 70 の要求に応じて、図 9 のフローチャートにおける処理 A、すなわち、ランダムドット法を用いた 3 次元計測を行う。次のステップ S 33 で、計測装置 1 は、ステップ S 32 での 3 次元計測の結果に基づき、ハンド部 71 と計測対象 50 との距離を推定する。計測装置 1 は、3 次元計測の結果に基づき計測対象 50 の凡その位置および姿勢をさらに認識してもよい。

【0091】

次のステップ S 34 で、ロボットアーム 70 は、ステップ S 33 で計測装置 1 により推定された計測対象 50 までの距離に基づき、ハンド部 71 を、第 1 の計測領域 40 内に計測対象 50 が位置するように移動させる。このとき、ロボットアーム 70 は、計測装置 1 により認識された計測対象 50 の凡その位置をさらに用いてハンド部 71 を移動させてもよい。さらに、ロボットアーム 70 は、計測装置 1 に、第 1 の計測領域 40 に対して複数回の 3 次元計測を要求し、各 3 次元計測の結果に基づきハンド部 71 の位置を微調整してもよい。

30

【0092】

次のステップ S 35 で、計測装置 1 は、例えばロボットアーム 70 の要求に応じて、図 9 のフローチャートにおける処理 B の、ステップ S 21 a ~ ステップ S 23 a の処理に従い、位相シフトパターンおよびグレイコードパターンにより、位相シフト法を用いた 3 次元計測を行う。次のステップ S 36 で、計測装置 1 は、ステップ S 35 で計測された 3 次元形状に基づき、計測対象 50 の位置および姿勢を推定する。ここでは、位相シフト法を用いて計測された 3 次元計測を用いるため、ステップ S 32 およびステップ S 33 によるランダムドット法を用いた場合よりも、計測対象 50 の位置および姿勢をより高精度に推定することが可能である。

40

【0093】

なお、第 2 の実施形態においても、位相シフト法を用いた計測方法により十分な 3 次元形状が得られない場合、上述したように、計測方法の優先度に従い、第 2 の計測方法、第 3 の計測方法を順次実行することができる。

50

【 0 0 9 4 】

ロボットアーム 7 0 は、ステップ S 3 6 で推定された計測対象 5 0 の位置および姿勢に基づきハンド部 7 1 の位置および向きなどを制御して、計測対象 5 0 をピックアップする。

【 0 0 9 5 】

これに限らず、ステップ S 3 5 の 3 次元計測により得られる 3 次元形状と、計測対象 5 0 の既知の 3 次元形状とに基づき、計測された計測対象 5 0 に対する不良品判別、異物判別などの検査を実行することも可能である。

【 0 0 9 6 】

このように、第 2 の実施形態に係るロボットアーム 7 0 は、計測装置 1 により、1 回の撮像処理で 3 次元計測が可能なランダムドット法を用いた計測を行い、計測対象 5 0 までの距離を推定してハンド部 7 1 を移動させる。ハンド部 7 1 の移動後、複数回の撮像処理が必要な一方でより高精度な 3 次元計測が可能な位相シフト法を用いた計測により、計測対象 5 0 の位置および姿勢を推定する。そのため、第 2 の実施形態によっても、ロボットアーム 7 0 によるピックアップ動作を、高価、大型である高速撮像が可能なカメラを用いること無く、より高速および高精度に実行することが可能である。

10

【 0 0 9 7 】

例えば、上述の各実施形態では、第 1 撮像画像により得た 3 次元情報と第 2 撮像画像により得た 3 次元情報と、において、対象物の有無によって処理の切り替えを行っているが、第 1 撮像部とおよび第 2 撮像部が、焦点距離は異なるものの共通の計測領域を有する場合、第 1 撮像画像および第 2 撮像画像の両方に対象物が存在しているときは、対象物に焦点距離が近い方の 3 次元情報を優先する構成にしても良い。

20

【 0 0 9 8 】

(第 2 の実施形態の変形例)

次に、第 2 の実施形態の変形例について説明する。図 1 3 は、第 2 の実施形態の変形例に係るロボットアームの動作を説明するための図である。なお、図 1 3 において、上述した図 1 0 と共通する部分には同一の符号を付して、詳細な説明を省略する。また、第 2 の実施形態の変形例では、第 1 の実施形態で説明した計測装置 1 の構成をそのまま適用できる。

【 0 0 9 9 】

対象物体として、開口部 5 2 を有する第 1 の対象物体 5 1 と、開口部 5 2 に接続可能な接続部を有する第 2 の対象物体 5 3 と、を考える。計測装置 1 は、第 1 の対象物体 5 1 および第 2 の対象物体 5 3 を、近傍計測領域 (第 1 の計測領域 4 0 に相当) を撮像する第 1 撮像部 (例えばカメラ 2 1 a) と、遠方計測領域 (第 2 の計測領域 4 1 に相当) を撮像する第 2 撮像部 (例えばカメラ 2 1 b) とで同時に撮像し、高速処理が可能な処理 A で第 1 の対象物体 5 1 と第 2 の対象物体 5 3 の一致を確認する。ここでは、第 1 の対象物体 5 1 と第 2 の対象物体 5 3 と、の組み合わせが、予め決められた組み合わせである場合に、第 1 の対象物体 5 1 と第 2 の対象物体 5 3 とが一致すると判定する。

30

【 0 1 0 0 】

第 1 の対象物体 5 1 と第 2 の対象物体 5 3 とが一致すると判定されると、ロボットアーム 7 0 によるピックアップ動作が開始される。ロボットアーム 7 0 は、計測装置 1 により遠方と近傍とを同時撮像して処理 A を継続しながら、対象物体 5 3 にハンド部 7 1 を近づける。ロボットアーム 7 0 は、第 2 の対象物体 5 3 が近傍計測領域に含まれたときに、撮像を第 1 撮像部のみの撮像に切り替え、処理を図 9 のフローチャートにおける処理 B に切り替える。その上で、ロボットアーム 7 0 は、第 2 の対象物体 5 3 にハンド部 7 1 を精度良く近づけて第 2 の対象物体 5 3 をピックアップする。

40

【 0 1 0 1 】

ロボットアーム 7 0 は、第 2 の対象物体 5 3 のピックアップ後、撮像を第 1 撮像部および第 2 撮像部による撮像に切り替え、処理を図 9 のフローチャートにおける処理 A に切り替える。その上で、ロボットアーム 7 0 は、ハンド部 7 1 を第 1 の対象物体 5 1 の開口部 5 2 に近づけ、第 1 の対象物体 5 1 が近傍計測領域に含まれたときに、撮像を第 1 撮像部の

50

みの撮像に切り替え、処理を図9のフローチャートにおける処理Bに切り替える。その上で、ロボットアーム70は、開口部52に第2の対象物体53の接続部を接続するようにハンド部71の動作を制御する。

【0102】

これにより、第2の実施形態の変形例では、近傍と遠方に置かれた2つの物体を同時に素早く補足し、精度良く2つの物体を接続可能にする効果を奏する。

【0103】

なお、上述の各実施形態は、本発明の好適な実施の例ではあるがこれに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変形による実施が可能である。

【符号の説明】

【0104】

- 1 3次元計測装置
- 10 処理・制御部
- 11 演算処理部
- 12 投影制御部
- 20 投影・撮像部
- 21 a, 21 b カメラ
- 22 a, 22 b レンズ
- 23 a, 23 b 撮像素子
- 30 投影部
- 31 光源
- 32 偏向素子
- 33 レーザ光
- 40 第1の計測領域
- 41 第2の計測領域
- 50 計測対象
- 60, 60₁₀, 60₁₁, 60₁₂, 60₁₃, 60₂₀, 60₂₁, 60₂₂, 60₂₃, 60₃, 60₄ 投影パターン
- 70 ロボットアーム
- 71 ハンド部
- 120 制御部
- 121 パターン記憶部

【先行技術文献】

【特許文献】

【0105】

【特許文献1】特開2016-169989号公報

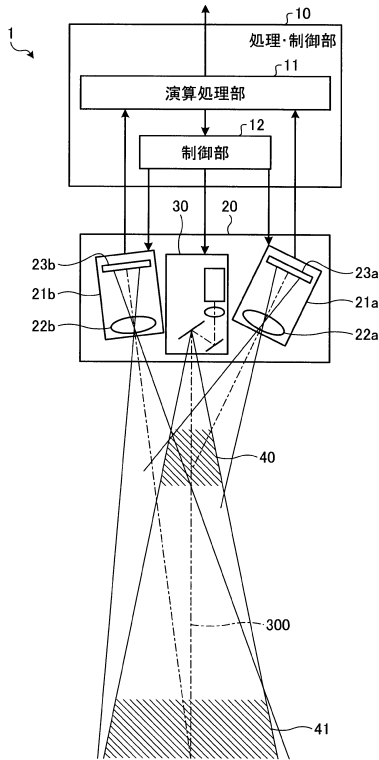
【非特許文献】

【0106】

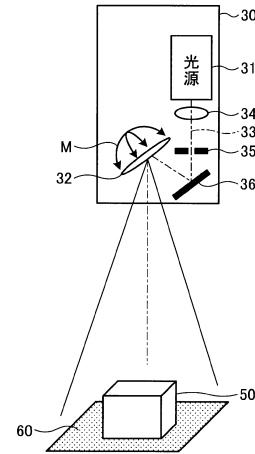
【非特許文献1】プロジェクタ・カメラシステムのレスポンス関数を用いた位相シフト法によるアクティブ・ステレオの精度向上「画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2009)」2009年7月

【非特許文献2】「光切断法による3次元画像を用いた外観検査技術」RICOH TECHNICAL REPORT、No. 39, 2013、2014年1月28日発行

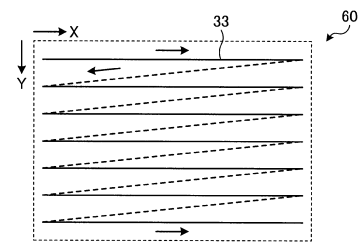
【図1】



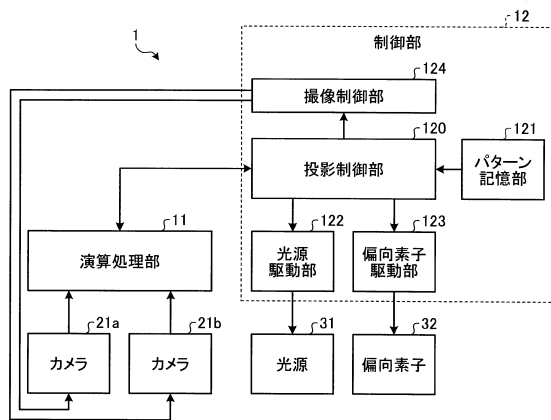
【図2】



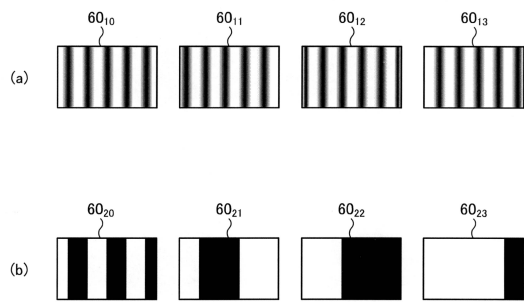
【図3】



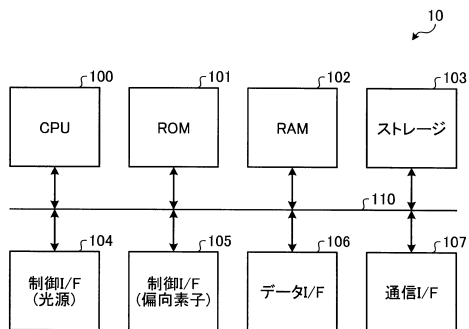
【図4】



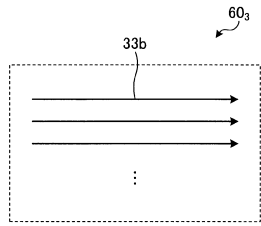
【図6】



【図5】



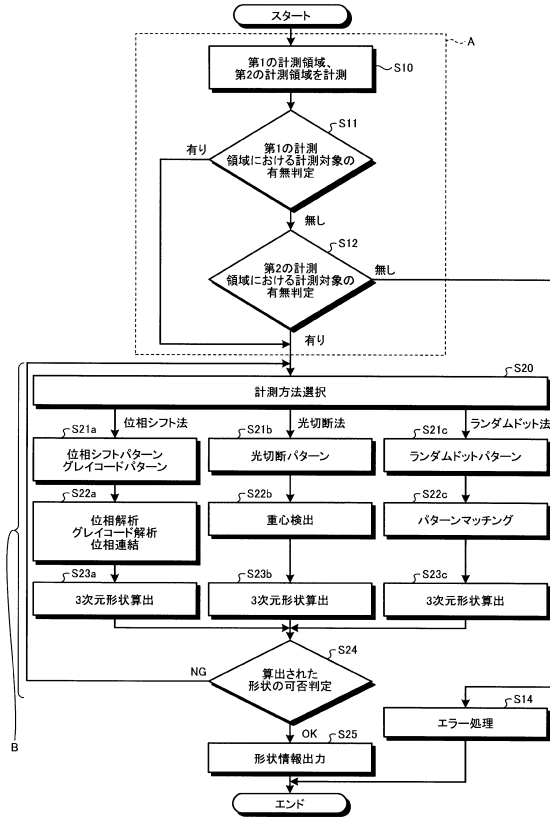
【図7】



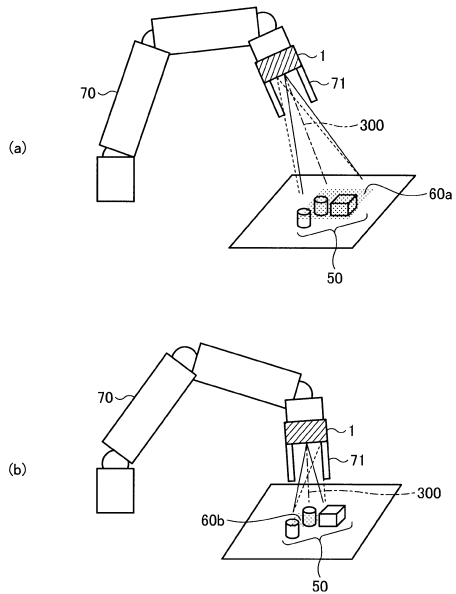
【図8】



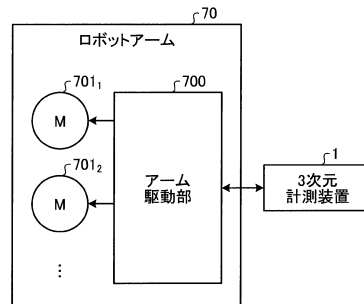
【図9】



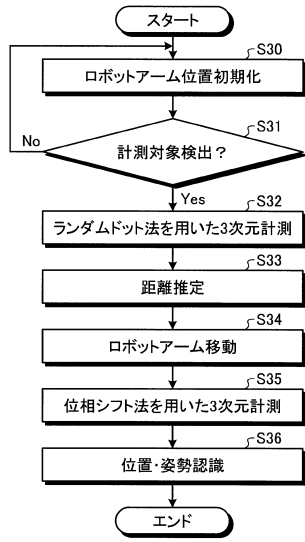
【図10】



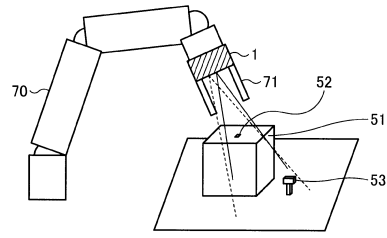
【図11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2015-132546(JP,A)
特開2000-213931(JP,A)
特開平7-98429(JP,A)
特開2013-104784(JP,A)
特開2012-21958(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00 - 11/30

G01C 3/00 - 3/32