

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6381262号
(P6381262)

(45) 発行日 平成30年8月29日(2018.8.29)

(24) 登録日 平成30年8月10日(2018.8.10)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 B 11/25 (2006.01)

G O 1 B 11/25

H

請求項の数 16 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2014-82024 (P2014-82024)
 (22) 出願日 平成26年4月11日(2014.4.11)
 (65) 公開番号 特開2015-203597 (P2015-203597A)
 (43) 公開日 平成27年11月16日(2015.11.16)
 審査請求日 平成29年3月24日(2017.3.24)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 小竹 大輔
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
 ノン株式会社内
 (72) 発明者 鈴木 雅博
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
 ノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 情報処理装置、情報処理方法、プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

投影手段により投影されるパターンに関する情報を設定するパターン情報設定手段と、
 前記投影手段に、前記パターン情報設定手段により設定されたパターンに関する情報に
 基づくパターンを投影させる投影制御手段と、

前記投影手段によってパターンが投影された計測対象を、複数の撮像手段のうちの少な
 くとも一つの撮像手段により撮像した画像を入力する画像取得手段と、

前記投影手段により投影したパターンと、前記画像取得手段によって入力される画像と
 に基づいて、前記計測対象の三次元計測を行う計測手段と、

前記三次元計測の結果を前記少なくとも一つの撮像手段と関連付けて表示手段に表示さ
 せる表示制御手段と、

を備えることを特徴とする情報処理装置。

【請求項 2】

更に、複数の撮像手段のうちから少なくとも一つを選択する選択手段を備え、

前記少なくとも一つの撮像手段は、前記選択手段によって選択された撮像手段である
 ことを特徴とする請求項 1 に記載の情報処理装置。

【請求項 3】

前記パターン情報設定手段は、前記表示手段に表示された結果に基づいて、パターンに
 関する情報を設定することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 4】

10

20

更に、仮想的な視点を設定する設定手段を備え、

前記表示制御手段は、前記設定手段で設定した視点から観察した三次元計測の結果を前記表示手段に表示させることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 5】

前記表示制御手段は、更に、前記撮像手段によって撮影された画像をも前記表示手段に表示させることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 6】

更に、前記投影手段及び前記複数の撮像手段の配置情報をも前記表示手段に表示させる第 2 の表示制御手段を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

10

【請求項 7】

前記表示制御手段は、前記三次元計測の性能に関する情報をも前記表示手段に表示させることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 8】

更に、パターンの候補を少なくとも一つを前記表示手段に表示させる表示する第 3 の表示制御手段を備え、

前記パターン情報設定手段は、前記パターンの候補から一つ選択することにより、前記パターンに関する情報として設定することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

20

【請求項 9】

前記パターン情報設定手段は、ユーザによる操作を取得し、該取得したユーザによる操作に基づいてパターンに関する情報を設定することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 10】

前記投影手段と前記複数の撮像手段それぞれとの配置に関する情報が既知であり、

前記計測手段は、前記配置に関する情報と前記投影手段により投影したパターンと、前記画像取得手段によって取得される画像とに基づいて前記計測対象の三次元計測を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 11】

30

前記複数の撮像手段間の配置に関する情報が既知であり、

前記計測手段は、前記配置に関する情報と前記投影手段により投影したパターンと、前記画像取得手段によって取得される画像とに基づいて前記計測対象の三次元計測を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 12】

前記パターンは、所定の幅を有する複数の平行な線パターンであり、

前記パターンに関する情報は、前記複数の平行な線パターンの間隔と、前記複数の平行な線パターンそれぞれの幅のうち、少なくともいずれか一方であることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 13】

40

前記パターンに関する情報は、パターンの方向とパターンの色のうち、少なくともいずれか一方であることを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 14】

更に、投影手段と、複数の撮像手段とを備えることを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 15】

投影手段により投影されるパターンに関する情報を設定するパターン情報設定工程と、前記投影手段に、前記パターン情報設定工程で設定されたパターンに関する情報に基づくパターンを投影させる投影制御工程と、

50

前記投影手段によってパターンが投影された計測対象を、複数の撮像手段のうちの少なくとも一つの撮像手段により撮像した画像を入力する画像取得工程と、

前記投影手段により投影したパターンと、前記画像取得工程において入力される画像とに基づいて、前記計測対象の三次元計測を行う計測工程と、

前記三次元計測の結果を前記少なくとも一つの撮像手段と関連付けて表示手段に表示させる表示制御工程と、

を備えることを特徴とする情報処理方法。

【請求項 16】

コンピュータで実行されることにより、該コンピュータを請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置の各手段として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像を用いる三次元計測技術に関する。

【背景技術】

【0002】

画像を利用する三次元計測技術は、実物からの三次元モデル生成や物体の位置姿勢計測など様々な目的に利用することができる。代表的な方法の一つであるステレオ法では、相対的な位置及び姿勢が既知な二台のカメラ（ステレオカメラ）により撮影された画像から三角測量の原理に基づいて三次元計測を行う。ステレオカメラを利用する場合、画像上での輝度変化が少ない領域ではカメラ間で対応する点を探索するのが困難である。そのため、プロジェクタなどの照明装置によって計測対象にスリット光やパターン光を投影することで対応点探索を容易にすることが広く行われている。また、ステレオカメラの一方のカメラをプロジェクタなどの照明装置に置き換え、カメラと照明装置をステレオペアとして利用する三次元計測も広く行われている。

【0003】

金属などの鏡面反射成分が多い物体の三次元計測を行う場合、少ないカメラの台数ではプロジェクタの投影パターンの物体表面上での反射光を撮影することが困難である。これに対し、カメラの台数を増やし様々な方向から観察することで鏡面反射成分が多い物体の三次元計測を安定化することができる。ただし、投影パターンとカメラやプロジェクタの配置の組合せによっては高精度に計測を行うことができない場合がある。例えば、投影パターンが複数の平行な直線から構成されるパターンであり、ステレオペアを構成するカメラとプロジェクタ（またはカメラとカメラ）のエピポーラ線の方が投影パターンの方向に近い場合には計測精度が低下する。そのため、特許文献 1 では、1 台の照明装置と 3 台のカメラを用いる場合に、カメラの光軸と照明装置の光軸のずれとに応じてストライプ状の投影パターンの方向を切り替える方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 4 5 2 5 2 4 0 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献 1 に開示されている方法のように、カメラごとに、カメラの向きとプロジェクタの向きとを考慮して、エピポーラ線の方が投影パターンの方向に近くなるように設定することは簡便な作業ではなかった。

本発明は以上の課題に鑑みてなされたものであり、パターンを投影するプロジェクタと任意の台数の複数台のカメラによって構成される三次元計測装置において、精度よく計測可能なパターンをより簡便に設定することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明の情報処理装置は、投影手段により投影されるパターンに関する情報を設定するパターン情報設定手段と、前記投影手段に、前記パターン情報設定手段により設定されたパターンに関する情報に基づくパターンを投影させる投影制御手段と、前記投影手段によってパターンが投影された計測対象を、複数の撮像手段のうちの少なくとも一つの撮像手段により撮像した画像を入力する画像取得手段と、前記投影手段により投影したパターンと、前記画像取得手段によって入力される画像とに基づいて、前記計測対象の三次元計測を行う計測手段と、前記三次元計測の結果を前記少なくとも一つの撮像手段と関連付けて表示手段に表示させる表示制御手段とを備える。

【 発明の効果 】

10

【 0 0 0 7 】

本発明により、パターンを投影するプロジェクタと任意の台数の複数のカメラによって構成される三次元計測装置において、精度よく計測可能なパターンをより簡便に設定することを目的とする。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 8 】

【 図 1 】 第 1 の実施形態における情報処理装置 1 の構成を示す図である。

【 図 2 】 三次元計測装置を構成する投影部及び撮像部の実利用場面における配置を示す図である。

【 図 3 】 第 1 の実施形態に係る G U I について説明する図である。

20

【 図 4 】 第 1 の実施形態における投影パターン決定の処理手順を示すフローチャートである。

【 図 5 】 第 2 の実施形態に係る G U I について説明する図である。

【 図 6 】 第 3 の実施形態における投影パターン決定の処理手順を示すフローチャートである。

【 図 7 】 変形例 1 に係る G U I について説明する図である。

【 図 8 】 カメラプロジェクタの配置を確認する G U I を説明する図である。

【 図 9 】 変形例 4 に係る G U I について説明する図である。

【 図 1 0 】 変形例 5 に係る G U I について説明する図である。

【 図 1 1 】 第 4 の実施形態に係る G U I について説明する図である。

30

【 図 1 2 】 変形例 6 に係る G U I について説明する図である。

【 図 1 3 】 本発明の情報処理装置のハードウェア構成の例を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 0 9 】

以下に、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態（実施形態）について説明する。

【 0 0 1 0 】

本発明にかかる各実施形態を説明するのに先立ち、各実施形態に示す情報処理装置が実装されるハードウェア構成について、図 1 3 を用いて説明する。

【 0 0 1 1 】

40

図 1 3 は、本実施形態における情報装置 1 のハードウェア構成図である。同図において、C P U 1 0 1 0 は、バス 1 0 0 0 を介して接続する各デバイスを統括的に制御する。C P U 1 0 1 0 は、読み出し専用メモリ（R O M）1 0 2 0 に記憶された処理ステップやプログラムを読み出して実行する。オペレーティングシステム（O S）をはじめ、本実施形態に係る各処理プログラム、デバイスドライバ等は R O M 1 0 2 0 に記憶されており、ランダムアクセスメモリ（R A M）1 0 3 0 に一時記憶され、C P U 1 0 1 0 によって適宜実行される。また、入力 I / F 1 0 4 0 は、外部の装置（表示装置や操作装置など）から情報処理装置 1 で処理可能な形式で入力信号として入力する。また、出力 I / F 1 0 5 0 は、外部の装置（表示装置）へ表示装置が処理可能な形式で出力信号として出力する。

【 0 0 1 2 】

50

これらの各機能部は、CPU 1010が、ROM 1020に格納されたプログラムをRAM 1030に展開し、後述する各フローチャートに従った処理を実行することで実現されている。また例えば、CPU 1010を用いたソフトウェア処理の代替としてハードウェアを構成する場合には、ここで説明する各機能部の処理に対応させた演算部や回路を構成すればよい。

【0013】

(第1の実施形態)

第1の実施形態では、プロジェクタと複数台のカメラによって構成される三次元計測装置のうち、カメラとプロジェクタをステレオペアとして三次元計測を行う三次元計測装置に本発明を適用した場合について説明する。三次元計測方法として、複数台のカメラの夫々についてカメラ毎に設定されたパターンをプロジェクタが投影し、選択されたカメラによって撮像された画像に基づいて三次元計測を行うことを逐次的に行う方法を想定する。本実施形態では、そのような三次元計測方法を実施する前に行うカメラ毎のパターンの設定方法について説明する。具体的には、カメラ毎に最も適したパターンの方向をユーザが選択する。

10

【0014】

図1は、本実施形態における情報処理装置1の構成を示す図である。本実施形態の情報処理装置1は、投影部10、パターン情報設定部30、パターン情報保持部40、撮像部50、画像取得部70、三次元計測部80、カメラ選択部90、ユーザ操作取得部110、を備えている。また、情報処理装置1は、外部の表示部100、操作部120に接続されている。なお、表示部100、操作部120を情報処理装置1の機能に集約し、一体として構成してもかまわない。

20

【0015】

図2は、三次元計測装置を構成する投影部及び撮像部の実利用場面における配置を示す図であり、カメラが4台から構成される場合を示している。図2において、カメラ1～カメラ4は撮像部、プロジェクタは投影部に相当する。以下、図2を参照しながら情報処理装置1を構成する各部について説明する。

【0016】

投影部10は、計測対象物に三次元計測用のパターン光を投影するプロジェクタであり、任意の2次元の画像をパターン光として投影可能であるものとする。図2に示すように、本実施形態では、投影部10(プロジェクタ)は複数の平行な直線が等間隔で配置されたマルチラインパターン(線パターン)を投影するものとする。マルチラインパターンとして、例えば以下の非特許文献に記載のDurdleのパターンを用いる。

30

N. G. Durdle, J. Thayoor, and V. J. Raso, "An improved structured light technique for surface reconstruction of the human trunk," IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering 1998, vol. 2, pp. 874 - 877, 1998.

【0017】

Durdleらのパターンは、撮像画像上で直線を同定するために各直線が複数の明るさの値のうちいずれかの値を有するように構成されるモノクロのパターンであり、1枚の撮影画像からの三次元計測が可能である。投影部10は、カメラ選択部90に選択されたカメラに対応するパターンを設定するために、ユーザは表示部100に設定されたグラフィカルユーザインタフェース(以下、GUIと省略する)を介してパターンに関する情報を入力する。そして入力されたパターン光に関する情報をもとに投影部10が投影する2次元パターン画像を決定し、決定した2次元パターン画像を投影する。投影部10の表示は、CPU 1010によって制御(投影制御)される。

40

【0018】

パターン情報設定部30は、セットアップの際に表示部100に設定されたGUIを介

50

してパターンに関する情報を投影部 10 に設定する。本実施形態では、パターンに関する情報は、プロジェクタが投影するパターンの向きであるとする。パターン情報設定部 30 は、パターン情報保持部 40 から 2 次元パターン画像を取得し、該パターン画像を設定されたパターンの向きに応じて回転したパターン画像を、投影部 10 に送出することにより、投影部 10 の投影制御を行う。

【0019】

パターン情報保持部 40 は、プロジェクタが投影するパターンに関する情報を保持する。本実施形態では、撮像部 50 を構成する複数のカメラの各カメラについて、プロジェクタが投影する 2 次元パターン画像を保持する。

【0020】

撮像部 50 は、複数カメラより構成されている。カメラはモノクロカメラでもよいしカラーカメラでもよい。本実施形態では、投影パターンがモノクロパターンであるためカメラはモノクロであるとする。図 2 に示すように、本実施形態では、撮像部 50 は 4 台のカメラによって構成されているものとする。撮像部 50 を構成する各カメラ及び投影部 10 であるプロジェクタの焦点距離や画像中心、レンズ歪みパラメータといった内部パラメータは予めキャリブレーションされているものとする。また、プロジェクタに対する各カメラの相対的な位置及び姿勢（外部パラメータ）も予めキャリブレーションされているものとする。

【0021】

画像取得部 70 は、カメラ選択部 90 によって選択されたカメラが撮像した画像を取得し、三次元計測部 80 に入力する。

【0022】

三次元計測部 80 は、画像取得部 70 から入力された画像のうち、カメラ選択部 90 において選択されたカメラが撮像した画像及びパターン情報保持部 40 に保持されているパターンの情報に基づいて、計測対象物の三次元計測を行う。三次元計測は、不図示の記憶装置に保持されているカメラ及びプロジェクタの内部パラメータ及び外部パラメータを利用して行う。三次元計測部 80 は、不図示のインターフェースを介して、外部の表示部 100 が表示可能な形式で、表示部に計測結果を送出する。なお、計測結果だけでなく、撮像部や投影部の配置情報や撮像部が撮像した画像なども合わせて送出してもよい。

【0023】

カメラ選択部 90 は、ユーザ操作取得部 110 からの信号を受信して、パターンを設定する対象のカメラの識別情報を撮像部 50 に入力する。識別情報は、各カメラに固有の番号であるとする。

【0024】

表示部 100 では、三次元計測部 80 において得られた計測対象物表面の三次元座標群を表示する。例えば、表示部 100 は液晶ディスプレイや CRT ディスプレイが用いられる。表示部 100 の表示は、CPU 1010 によって制御（表示制御）される。

【0025】

ユーザ操作取得部 110 は、外部の操作部 120 からの操作信号を受信するためのインターフェースとして機能する。取得した操作信号をパターン情報設定部 30 とカメラ選択部 90 にそれぞれが受信可能な形式で送出する。

【0026】

操作部 120 は、ユーザが UI を操作するためのマウスやキーボードである。また、表示部 100 がボタンや、タッチパネルを備える場合には、該ボタンやタッチパネルも操作部 120 に該当する。操作部 120 は、ユーザによって操作された信号をユーザ操作取得部 110 が受信可能な形式でユーザ操作取得部 110 に送出する。

【0027】

次に、図 3 を用いて本実施形態に係る GUI について説明する。GUI は不図示のモニタ上に表示されているものとする。

【0028】

カメラ選択UI (1 1 0 0) はカメラ選択部 9 0 に相当する。カメラ選択UI (1 1 0 0) にはカメラを識別するための情報が表示されている。ユーザはカメラ選択UI (1 1 0 0) を用いてカメラの選択を行う。ユーザはラジオボタンを操作部 1 2 0 であるマウスでクリックすることでカメラの選択を行う。このUI によって、ユーザはカメラ毎に相應しいパターンを設定することが可能になる。

【 0 0 2 9 】

情報表示UI (1 1 1 0) は表示部 1 0 0 に相当する。情報表示UI (1 1 1 0) は、三次元計測部 8 0 において得られた計測対象物表面の三次元座標群を、三次元空間に各計測点を分布させた様子の画像としてユーザに提示する。ユーザは、選択されたカメラと選択されたパターンを用いたときの三次元計測結果の計測性能が十分かどうかを、可視化された分布や精度や計測点数などから確認することで選択されたカメラに相應しいパターンを判定することが可能になる。このUI では、ユーザは操作部 1 2 0 であるマウス等により三次元点群を観察する視点位置・方向や画角などを自由に設定できるものとする。

【 0 0 3 0 】

例えば、情報表示UI (1 1 1 0) 上でマウスを左クリックしながらドラッグすると観察方向が変わり、右クリックしながらドラッグすると平行移動がなされるような機能があってもよい。また、マウスのホイールを回転させることによりズームが可能であってもよい。

【 0 0 3 1 】

図 3 では二次元画像の表示 (c a m e r a v i e w) と三次元点群の表示 (v i r t u a l v i e w) を切り替えるラジオボタンが配置されている。エピポーララインの方向と投影パターンの方向とが平行に近いと高精度な三次元計測が行われないため、二次元画像上にカメラとプロジェクタの配置から決定されるエピポーララインを重畳表示し、パターンの方向の決定に際して利用することもできる。三次元点群の表示を行う際には、得られた三次元点群をすべて同一の色で提示したり、計測精度や計測安定性などによって点毎に色を変えて表示したりする。計測精度は、形状が既知の対象の撮像・三次元計測を行い、三次元計測結果と理想値との比較を行うことで求める。例えば、作業台の上に計測対象物を何も置かずに作業台 (平面) だけが撮影されるようにして、得られた三次元点群に平面フィッティングを行ったときの各点の平面からの距離に応じて色を変えて表示する。

【 0 0 3 2 】

パターン情報入力UI (1 1 2 0) はパターン情報設定部 3 0 に相当する。パターン情報入力UI (1 1 2 0) にはパターンの向きを識別するための情報が表示されている。パターン情報入力UI (1 1 2 0) を用いてユーザはパターンの選択を行う。図 3 に示すGUI では、ユーザは予め決まっている複数のパターンから一つのパターンを選択する。ユーザはラジオボタンを操作部 1 2 0 のマウスでクリックすることでパターンの選択を行う。しかしながら、パターンの選択方法はこれに限るものではなく、複数の選択可能なパターンから1つのパターンを選択する方法であればいかなる方法であってもよい。例えば、ラジオボタンではなくチェックボックスにより選択してもよいし、リストボックスやドロップダウンリストから選択してもよい。また図 3 に示すように各パターンを同時に提示してもよい。

【 0 0 3 3 】

プレビューボタン (1 1 3 0) をマウスでクリックすると、プロジェクタはパターン情報入力UI (1 1 2 0) を用いて選択されたパターンを投影し、カメラ選択UI (1 1 0 0) によって選択されたカメラが画像を撮影する。撮影された画像をもとに三次元計測部 8 0 が三次元計測を行い、情報表示UI (1 1 1 0) に提示する。選択したカメラについて、ユーザはパターンの設定とプレビューを繰り返すことで、パターンを変えた時の三次元計測結果を視覚的に確認し、選択すべきパターンを決定することができる。所望のパターンが設定されている場合に適用ボタン (1 1 4 0) をマウスでクリックすると、選択されたカメラで撮影を行う時に投影するパターンとしてパターン情報保持部 4 0 に登録する。

【 0 0 3 4 】

次に、三次元計測を行う前に実施する各カメラの投影パターンを決定する処理手順について説明する。図 4 は、第 1 の実施形態における投影パターン決定の処理手順を示すフローチャートである。

【 0 0 3 5 】

(ステップ S 1 0 0 0)

ステップ S 1 0 0 0 において、カメラ選択部 9 0 は、初期化を行う。初期化では、全てのカメラについて対応する投影パターンが未決定の状態にする。

【 0 0 3 6 】

(ステップ S 1 0 1 0)

ステップ S 1 0 1 0 において、カメラ選択部 9 0 は、カメラの選択を行う。具体的には、まず、ユーザ操作取得部 1 1 0 が操作部 1 2 0 からの操作信号を受信し、受信した信号をカメラ選択部 9 0 が受信可能な形式で送信する。そして、カメラ選択部 9 0 は、受信した信号に基づいて、パターンを設定する対象のカメラの識別情報を撮像部 5 0 に送出することにより、カメラの選択を行う。ユーザによる操作部 1 2 0 の操作（カメラの選択）は、図 3 のカメラ選択 UI (1 1 0 0) を操作部 1 2 0 で操作することにより行う。ユーザは、ランタイムの計測時に投影するパターンが決定されていないカメラを選択する。本実施形態では、カメラ選択 UI へのユーザ指示によりカメラの選択が行われるが、予めカメラ選択の順番を決めておき、その決められた順番で自動的に選択を行ってもよい。

【 0 0 3 7 】

(ステップ S 1 0 2 0)

ステップ S 1 0 2 0 では、パターン情報設定部 3 0 は、ステップ S 1 0 1 0 で選択したカメラに対してパターンを設定する。つまり、選択したカメラが撮像する際に投影部から投影するパターンをカメラごとに設定する。まず、ユーザ操作取得部 1 1 0 が操作部 1 2 0 からの操作信号を受信し、受信した信号をパターン情報設定部 3 0 が受信可能な形式で送信する。ユーザによる操作部 1 2 0 の操作（パターンの設定）は、図 3 のパターン情報設定 UI (1 1 2 0) を操作部 1 2 0 で操作することにより行う。パターン情報設定部 3 0 は、設定されたパターンの情報を、投影部 1 0 に送出する。

【 0 0 3 8 】

(ステップ S 1 0 3 0)

ステップ S 1 0 3 0 において、三次元計測部 8 0 は、三次元計測を行う。具体的には、まず、投影部 1 0 は、ステップ S 1 0 2 0 で設定されたパターンを投影する。そして、画像取得部 7 0 は、パターンが投影されたシーンを、ステップ S 1 0 1 0 で選択されたカメラで撮像した画像を入力する。そして、撮影された画像をもとに三次元計測を行う。三次元計測は次のように行う。

【 0 0 3 9 】

まず、入力された画像から線検出を行い、隣接する線の輝度値を用いて入力画像上の線に相当するパターン画像上の線を特定する対応付け処理を行う。次に前述の内部・外部パラメータを利用して、対応付けがなされた線を構成する入力画像上の各画素を三次元空間中の直線に、対応するパターン画像上の線を三次元空間中の平面に変換し、直線と平面の交点を求めることで注目画素の三次元座標を算出する。この処理を、画像上で検出された線及び線を構成する各画素について繰返すことで計測対象物表面の三次元点群を得る。

【 0 0 4 0 】

(ステップ S 1 0 4 0)

ステップ S 1 0 4 0 では、表示部 1 0 0 は、ステップ S 1 0 3 0 での三次元計測の結果を各カメラと関連付けて表示する。ユーザは表示部 1 0 0 中の図 3 の 3 次元点群表示 UI (1 1 1 0) に表示される三次元計測結果を確認して、選択されているパターンが妥当か否かの判定を行う。この判定は、前述したように、三次元計測結果が実際の値（実際の形状）とどれだけずれているかをユーザが判断して行う。そして、ユーザは選択されたパターンが妥当であると判断した場合には、操作装置 1 1 0 により妥当であることを示す信号

10

20

30

40

50

をユーザ操作取得部 110 に入力する。ユーザは視点位置や方向を変えて三次元点群を観察してもよい。また、ユーザは精度を示す色によって三次元計測が精度よく行われているかを確認してもよい。また、カメラ選択部 90 が、所定の値からのずれを自動的に判断してもよい。

【0041】

(ステップ S1050)

ステップ S1050 では、カメラ選択部 90 は、ユーザが現在選択されているカメラを用いる場合に現在選択されているパターンをランタイムの三次元計測時に投影するパターンとして採用する指示があったか否かを判定する。具体的には、ユーザ操作取得部 110 からの信号に基づいて判定する。現在設定されているパターンに決定する(処理を終了する)場合にはステップ S1060 に進み、そうでない場合にはステップ S1020 に戻って異なるパターンを選択する。なお、例えば、三次元計測の測定対象物の形状が既知であれば、測定した値と実際の値とのずれを評価し、評価値の高いパターンを、ユーザ指示を待たずに自動的に設定するようにしてもよい。

10

【0042】

(ステップ S1060)

ステップ S1060 において、ユーザ操作取得部 110 は、ユーザから終了指示があるかの判定を行う。全てのカメラについて決定している場合にはステップ S1070 に進み、そうでない場合にはステップ S1010 に戻りまだ決定していないカメラを選択する。なお、撮像部 50 を構成する全てのカメラについて投影パターンが決定されている場合にもステップ S1070 に進む。

20

【0043】

(ステップ S1070)

ステップ S1070 では、パターン情報保持部 40 は、撮像部 50 を構成する各カメラについて選択されたパターンの情報を、各カメラと関連づけて記憶する。この情報は、ランタイムの三次元計測を行う際に参照される。

【0044】

ランタイムの三次元計測時には、カメラを逐次的に切り替え、各カメラについて、上述した方法によって設定された投影パターンをプロジェクタによって投影し、撮影された画像に基づいて三次元計測を行う。三次元計測の方法はステップ S1030 の説明で述べたとおりである。

30

【0045】

以上述べたように、第 1 の実施形態では、プロジェクタと複数台のカメラから構成される三次元計測装置において、各カメラとプロジェクタをステレオペアとする場合に各カメラに適したパターンを選択する方法について説明した。

【0046】

(第 2 の実施形態)

第 2 の実施形態では、プロジェクタと複数台のカメラによって構成される三次元計測装置のうち、カメラとカメラをステレオペアとして三次元計測を行う三次元計測装置に本発明を適用した場合について説明する。本実施形態では、三次元計測として複数台のカメラのうち 2 台のカメラ(カメラペア)を選択し、選択されたカメラペアに適したパターンをプロジェクタが投影し、選択されたカメラペアによって撮像された複数の画像に基づいて三次元計測を行う方法を想定する。

40

【0047】

本実施形態における情報処理装置 2 の構成は第 1 の実施形態における情報処理装置 1 の構成と同一であるため図を省略する。以下、情報処理装置 2 を構成する各部について説明する。

【0048】

投影部 10、パターン情報設定部 30、撮像部 50、表示部 100、ユーザ操作取得部 110、操作部 120 は、第 1 の実施形態と同じであるため説明を省略する。なお第 2 の

50

実施形態ではプロジェクタの内部パラメータ及びプロジェクタとカメラの間の外部パラメータは不要である。

【 0 0 4 9 】

パターン情報保持部 4 0 は、プロジェクタが表示するパターンに関する情報を保持する。本実施形態では、撮像部 5 0 を構成する複数のカメラのうち 2 台のカメラを組み合わせ、複数のカメラペアを作成する。本実施形態では、図 2 におけるカメラ 1 とカメラ 3、カメラ 2 とカメラ 4 をカメラペアとする。本実施形態では、各カメラ間（撮像手段間）の配置（外部パラメータ）は既知であるが、カメラとプロジェクタ間の配置（外部パラメータ）は既知である必要はない。パターン情報保持部 4 0 は、各カメラペアについて、プロジェクタがどの 2 次元パターンを投影するかの情報を保持する。情報の保持方法は、パターンの向き（角度）の情報であってもよいし、パターンの向きに応じて回転された 2 次元パターン画像であってもよい。パターンの向き（角度）の情報である場合には、ランタイムの三次元計測を行う際に向きに応じたパターン画像を生成し照射する。

10

【 0 0 5 0 】

画像取得部 7 0 は、カメラ選択部 9 0 によって選択されたカメラペアを構成する 2 台のカメラが撮像した画像を三次元計測部 8 0 に入力する。

【 0 0 5 1 】

三次元計測部 8 0 は、画像取得部 7 0 から入力された画像及びパターン情報保持部 4 0 に保持されているパターンの情報及び不図示の記憶装置に保持されているカメラの内部パラメータ及びカメラ間の外部パラメータをもとに計測対象物の三次元計測を行う。

20

【 0 0 5 2 】

カメラ選択部 9 0 は、パターンを設定する対象のカメラペアを構成するカメラの識別情報をシステムに入力する。

【 0 0 5 3 】

次に、図 5 を用いて本実施形態に係る G U I について説明する。G U I は不図示のモニタ上に表示されているものとする。

【 0 0 5 4 】

カメラ選択 U I （ 2 1 0 0 ）はカメラ選択部 9 0 に相当する。この U I を用いてユーザはカメラペアの選択を行う。ユーザはラジオボタンを不図示のマウスでクリックすることでカメラの選択を行う。この U I によって、ユーザはカメラペア毎に相応しいパターンを設定することが可能になる。

30

【 0 0 5 5 】

情報表示 U I （ 2 1 1 0 ）は、表示部 1 0 0 に相当する。この U I は基本的には第 1 の実施形態の情報表示 U I （ 1 1 1 0 ）と同一である。ただし、第 1 の実施形態では一台のカメラの二次元画像と三次元点群の表示の切り替えが可能であったのに対し、本実施形態では選択されたカメラペアを構成する二台のカメラの二次元画像と三次元点群の表示の切り替えが可能である。さらにはカメラの二次元画像が表示されている場合に、カメラペアを構成するカメラの配置から決定されるエピポーララインを重畳表示し、プロジェクタが投影するパターンの方向とエピポーララインの方向の比較を行えるようにする。

40

【 0 0 5 6 】

パターン情報入力 U I （ 2 1 2 0 ）はパターン情報設定部 3 0 に相当する。この U I は基本的には第 1 の実施形態のパターン情報入力 U I （ 1 1 2 0 ）と同一である。プレビューボタン（ 2 1 3 0 ）をマウスでクリックすると、プロジェクタはパターン情報入力 U I （ 1 1 2 0 ）を用いて選択されたパターンを投影し、カメラ選択 U I （ 2 1 0 0 ）によって選択された 2 台のカメラが画像を撮影する。撮影された 2 枚の画像をもとに三次元計測部 8 0 が三次元計測を行いデータ表示 U I （ 2 1 1 0 ）に提示する。所望のパターンが選択されている場合に適用ボタン（ 1 1 4 0 ）をマウスでクリックすると、選択されたカメラペアで撮影を行う時に投影するパターンとしてパターン情報保持部 4 0 に登録する。

【 0 0 5 7 】

次に、三次元計測を行う前に実施する各カメラペアの投影パターンを決定する処理手順

50

について説明する。この処理手順は実施例 1 における処理手順とほぼ同じであるので図 4 のフローチャートを参照して説明する。なお、ステップ S 2 0 0 0 ~ S 2 0 9 0 は図 4 のステップ S 1 0 0 0 ~ S 1 0 9 0 に相当する。

【 0 0 5 8 】

(ステップ S 2 0 0 0)

ステップ S 2 0 0 0 において、カメラ選択部 9 0 は初期化を行う。初期化では、全てのカメラペアについて対応する投影パターンが未決定の状態にする。

【 0 0 5 9 】

(ステップ S 2 0 1 0)

ステップ S 2 0 1 0 において、カメラ選択部 9 0 は、カメラペアの選択を行う。カメラの選択は図 5 のカメラ選択 UI (2 1 0 0) を介して入力されるユーザの指示により行われる。ユーザは、ランタイムの計測時に投影するパターンが決定されていないカメラペアを、カメラ選択 UI (2 1 0 0) を通じて選択する。

10

【 0 0 6 0 】

(ステップ S 2 0 2 0)

ステップ S 2 0 2 0 において、パターン情報設定部 3 0 は、ステップ S 2 0 1 0 で選択したカメラペアに対する投影パターンを選択する。投影パターンの選択は図 5 のパターン情報入力 UI (2 1 2 0) を介して入力されるユーザの指示により行われる。

【 0 0 6 1 】

(ステップ S 2 0 3 0)

ステップ S 2 0 3 0 において、三次元計測部 8 0 は、三次元計測を行う。具体的には、まず、投影部 1 0 は、ステップ S 2 0 2 0 で選択されたパターンを投影する。そして、ステップ S 2 0 1 0 で選択されたカメラペアを構成する 2 台のカメラによってパターンが投影されたシーンを撮影する。そして、撮影された画像をもとに三次元計測を行う。三次元計測は次のように行う。

20

【 0 0 6 2 】

まず、カメラペアを構成するカメラのうち 1 台のカメラ (以下、カメラ A) に入力された画像から線検出を行い、隣接する線の輝度値を用いて入力画像上の線に相当するもう一方のカメラ (以下、カメラ B) の撮像画像上の線を特定する対応付け処理を行う。次に前述の内部・外部パラメータを利用して、対応付けがなされた線を構成するカメラ A の撮像画像上の各画素を三次元空間中の直線に変換する。そして、対応するカメラ B の撮像画像上の線を三次元空間中の平面に変換する。そして、それぞれ変換された直線と平面との交点を求めることで注目画素の三次元座標を算出する。この処理を、画像上で検出された線及び線を構成する各画素について繰返すことで計測対象物表面の三次元点群を得る。そして、得られた三次元点群の情報を表示部 1 0 0 に送出する。

30

【 0 0 6 3 】

(ステップ S 2 0 4 0)

ステップ S 2 0 4 0 において、表示部 1 0 0 は、ステップ S 2 0 3 0 での三次元計測の結果を表示する。ユーザは表示部中の情報表示 UI (2 1 1 0) (図 5) に表示される三次元計測結果を確認して、選択されているパターンが妥当か否かの判定を行う。この判定については、S 1 0 4 0 における処理と同様である。

40

【 0 0 6 4 】

(ステップ S 2 0 5 0)

ステップ S 2 0 5 0 では、カメラ選択部 9 0 は、ユーザは現在選択されているカメラペアを用いる場合に現在選択されているパターンを投影して三次元計測を行うかどうかを決定する。選択されているパターンに決定する場合にはステップ S 2 0 6 0 に進み、そうでない場合にはステップ S 2 0 2 0 に戻って異なるパターンを選択する。

【 0 0 6 5 】

(ステップ S 2 0 6 0)

ステップ S 2 0 6 0 において、カメラ選択部 9 0 は、予め決められた全てのカメラペア

50

について投影パターンが決定されているか判定を行う。そして、全てのカメラペアについて決定している場合にはステップS 2 0 7 0に進み、そうでない場合にはステップS 2 0 1 0に戻りまだ決定していないカメラペアを選択する。

【 0 0 6 6 】

(ステップS 2 0 7 0)

ステップS 2 0 7 0において、パターン情報保持部40は、ステップS 2 0 1 0～ステップS 2 0 6 0を繰り返すことにより、予め決められた全てのカメラペアについて選択されたパターンの情報を保存する。この情報は、ランタイムの三次元計測を行う際に参照される。

【 0 0 6 7 】

ランタイムの三次元計測時には、カメラペアを逐次的に切り替え、各カメラペアについて、上述した方法によって設定された投影パターンをプロジェクタによって投影し、撮影された画像に基づいて三次元計測を行う。三次元計測の方法はステップS 2 0 3 0の説明で述べたとおりである。

【 0 0 6 8 】

以上述べたように、第2の実施形態では、プロジェクタと複数台のカメラから構成される三次元計測装置において、カメラとカメラをステレオペアとする場合に各ペアに適したパターンを選択する方法について説明した。

【 0 0 6 9 】

なお、本実施形態において三次元計測は2台のカメラが撮像する画像を用いて行うことを想定してプロジェクタが投影するパターンの決定を行った。しかしながら、カメラの台数は2台に限るものではなく、2台以上のカメラであってもよい。また、本実施形態ではカメラペアはあらかじめ決められていることを前提としていた。しかしながらカメラペアはパターン選択の際にユーザが決定してもよい。

【 0 0 7 0 】

(第3の実施形態)

第1及び第2の実施形態では、選択したカメラまたはカメラペアについてユーザが投影するパターンを選択し、三次元計測の結果を見て判断を行っていた。第3の実施形態では、カメラとプロジェクタの配置に基づいて、適した投影するパターンを自動的に算出してユーザに提示する。第3の実施形態では第1の実施形態と同様にカメラとプロジェクタのペアから三次元計測を行う場合について説明する。

【 0 0 7 1 】

第3の実施形態における情報処理装置3の構成とGUIは第1の実施形態と同一であるので図を省略する。

【 0 0 7 2 】

次に、三次元計測を行う前に実施する各カメラの投影パターンを決定する処理手順について説明する。図6は、第3の実施形態における投影パターン決定の処理手順を示すフローチャートである。

【 0 0 7 3 】

(ステップS 3 0 1 0)

ステップS 3 0 1 0において、カメラ選択部90は、カメラの選択を行う。カメラの選択は図3のカメラ選択UI(1 1 0 0)を介してユーザが行う。ユーザは、ランタイムの計測時に投影するパターンが決定されていないカメラを選択する。

【 0 0 7 4 】

(ステップS 3 0 2 5)

ステップS 3 0 2 5では、パターン情報設定部90は、ステップS 3 0 1 0で選択したカメラに対する最適な投影パターンの算出を行う。最適な投影パターンの算出は、カメラとプロジェクタの内部パラメータ及びカメラ - プロジェクタ間の外部パラメータに基づいて行う。ここで、投影するパターンの候補としては、プロジェクタ画像の垂直方向に平行なマルチラインパターンとプロジェクタ画像の水平方向に平行なマルチラインパターンが

10

20

30

40

50

あるものとする。具体的には、3次元空間においてプロジェクタのレンズ中心からカメラのレンズ中心に向かうベクトルをプロジェクタ画像上に投影したときの画像上の方向を算出する。そして、算出された方向とプロジェクタ画像の水平方向とのなす角が45度以下の場合には、プロジェクタ画像の垂直方向に平行なマルチラインパターンを選択し、45度より大きい場合にはプロジェクタ画像の水平方向に平行なマルチラインパターンを選択する。

【0075】

(ステップS3030)

ステップS3030では、三次元計測部80は、三次元計測を行う。具体的には、まず、ステップS3025またはS3020で選択されたパターンをプロジェクタ(投影部)が投影する。そして、ステップS3010で選択されたカメラ(撮像部)によってパターンが投影されたシーン(計測対象)を撮影し、撮影された画像をもとに三次元計測を行う。三次元計測部80は、三次元計測結果を表示部100に送出する。

10

【0076】

(ステップS3040)

ステップS3040において、表示部100は、ステップS3030での三次元計測の結果を表示する。図3のデータ表示UI(1110)は表示部100による表示結果の例である。ユーザは図3のUIに表示される三次元計測結果を確認して、選択されているパターンが妥当か否かの判定を行い、操作部120で判定結果を情報処理装置3に送出する。前述したように、ユーザは視点位置や方向を変えて三次元点群を観察してもよい。また、ユーザは精度を示す色によって三次元計測が正常に行われているかを確認してもよい。

20

【0077】

(ステップS3050)

ステップS3050において、パターン情報設定部30は、ユーザは現在選択されているカメラを用いる場合に現在選択されているパターンを投影して三次元計測を行うかどうかを決定する。選択されているパターンに決定する場合にはステップS3060に進み、そうでない場合にはステップS3020に進んで異なるパターンを選択する。

【0078】

(ステップS3020)

ステップS3020において、パターン情報設定部30は、ステップS3010で選択したカメラに対する投影パターンの設定を行う。投影パターンの選択は図3のパターン情報入力UI(1120)を介してユーザが行う。

30

【0079】

(ステップS3060)

ステップS3060において、カメラ選択部90は、ユーザにより終了指示が入力されているか判定を行う。そして、入力されている場合にはステップS3070に進み、そうでない場合にはステップS3010に戻りまだ決定していないカメラを選択する。撮像部50を構成する全てのカメラについて投影パターンが決定されている場合にもステップS3070に進む。

【0080】

(ステップS3070)

ステップS3070において、パターン情報保持部40は、撮像部50を構成する各カメラについて選択されたパターンの情報をパターン情報保持手段40に保存する。この情報は、ランタイムの三次元計測を行う際に参照される。

40

【0081】

本実施形態におけるランタイムの三次元計測の処理手順は第1の実施形態と同じであるので説明を省略する。

【0082】

第3の実施形態では、カメラとプロジェクタとの既知の配置情報に基づいて、最適なパターンを決定する方法について述べた。しかし、ステレオペアはこれに限るものではなく

50

、カメラとカメラをステレオペアとする場合に最適なパターンを決定して三次元計測を行い、ユーザに三次元計測結果を提示してもよい。

【 0 0 8 3 】

（ 第 4 の実施形態 ）

第 4 の実施形態では、カメラもしくはカメラペアごとに投影パターンの色を変える場合について説明する。本実施形態では第 2 の実施形態と同様に、カメラペアを選択して各カメラペアに最適なパターンを設定するものとする。

【 0 0 8 4 】

図 1 1 は本実施形態における G U I を説明する図である。図 1 1 の G U I には図 5 の G U I に色指定部 4 1 5 0 が追加されている。本実施形態における投影パターン決定の処理手順は基本的に第 2 の実施形態と同様であるため、処理が異なるステップ S 2 0 2 0 のみ説明する。第 2 の実施形態において、ステップ S 2 0 2 0 ではパターンの選択のみを行っていた。しかし本実施形態では、色指定部 4 1 5 0 を用いて選択されたカメラペアについて投影するパターンの色も決定する。例えば、図 2 において、カメラ 1 とカメラ 3 のカメラペアはモノクロのマルチラインパターン、カメラ 2 とカメラ 4 はカラーパターン（前述の B o y e r のマルチラインパターン）といった選択を行うことができる。なお、モノクロパターンとカラーパターンのパターンの形状は同じにする必要はない。また、G U I 上で選択するカメラがカラーカメラかモノクロカメラかがわかるように表示しておき、最適なパターンが選択できるようにしておいてもよい。例えば、カメラ選択 U I において、カラーカメラとモノクロカメラの表示を変えるなどして、ユーザがパターンの色を判定しやすいようにしておいてもよい。さらに、カメラの種類（モノクロ／カラー）に応じて利用できないパターンは選択できないようにしてもよい。

【 0 0 8 5 】

なお、本実施形態ではカメラペアごとに投影パターンの色を変えていたが、これに限るものではない。第 1 の実施形態と同様に、カメラごとに投影パターンを設定する場合に、投影パターンの色を変えてもよい。

【 0 0 8 6 】

第 4 の実施形態では、カメラとカメラをステレオペアとする場合について述べた。しかし、ステレオペアはこれに限るものではなく、カメラとプロジェクタをステレオペアとしてもよい。

【 0 0 8 7 】

< その他の実施例 >

（ 変形例 1 ）

以上述べた実施形態では、画像に撮像される領域のうち特定の領域に限定することなく三次元計測に最適なパターンの選択を行っていた。しかしながら、パターンの選択方法はこれに限るものではなく、特定の領域内の三次元計測結果を見てユーザが選択したパターンの利用を判断してもよい。図 7 を用いて本変形例に係る G U I について説明する。図 7 は第 1 の実施形態における G U I のデータ表示 U I (1 1 1 0) である。三次元計測の対象物体 1 1 6 0 の画像内での大きさが画像サイズより小さい場合、ユーザは操作部 1 2 0 であるマウスによりマウスカーソル 1 1 7 0 を操作して画像内で矩形領域 1 1 6 0 を指定する。三次元計測手段 8 0 は、矩形領域 1 1 6 0 で指定された領域内の三次元点群のみを算出する。ユーザは指定された領域内の三次元計測結果を見てパターンの採否を判断する。これによって、計測対象以外の領域の三次元計測結果に影響されることなく、計測対象に最も適したパターンを選択することができる。

【 0 0 8 8 】

なお、本変形例では第 1 の実施形態と同様にカメラとプロジェクタをステレオペアとする場合について述べた。しかし、ステレオペアはこれに限るものではなく、第 2 の実施形態と同様にカメラとカメラのステレオペアであってもよい。この場合、どちらか一方のカメラが撮像する画像において領域を指定してもよいし、双方のカメラで領域を指定してもよい。2 台のカメラの観察領域は一致しないため、一方のカメラで指定した領域内の三次

元計測を行った結果を既知の内部・外部パラメータを利用して他方の画像上に投影し、指定した領域内にある三次元点群のみデータ表示UI (1 1 1 0) に表示してもよい。

【 0 0 8 9 】

また、画像内で指定する領域は必ずしも矩形領域でなくてもよい。例えば、任意の形状の多角形領域であってもよいし、楕円や円などの曲線で囲まれた領域であってもよい。すなわち、マウスなどのユーザインタフェースによって指定される画像上の閉領域であればどのような領域であってもよい。

【 0 0 9 0 】

(変形例 2)

以上述べた実施形態では、カメラまたはカメラペアごとに異なるパターンの切り替え・投影・撮像を逐次的に行っていた。しかしながら、異なるカメラまたはカメラペアで共通のパターンが投影される場合には、パターンを切り替えることなく撮影を行ってもよい。例えば、図 2 においてカメラ 1 とカメラ 3 のカメラペア、及びカメラ 2 とカメラ 4 のカメラペアに対して共通のパターンが設定される場合は以下のようにする。すなわち、カメラ 1 とカメラ 3 用のパターンを投影してカメラ 1 とカメラ 3 で撮影を行った後、パターンを切り替えてカメラ 2 とカメラ 4 で撮影を行う。つまり、パターンが共通の場合に切り替えを行わないようにすることで、撮影にかかる時間を短縮することが可能になる。

【 0 0 9 1 】

また、例えば 2 台のカメラに最適なパターンの向きの差の絶対値が所定の閾値を下回る場合には、それぞれのカメラに最適なパターンを選択するのではなく、どちらか一方のパターンのみを用いることにして撮影に係る時間を短縮してもよい。

【 0 0 9 2 】

なお、本変形例では第 2 の実施形態と同様にカメラとカメラをステレオペアとする場合について述べた。しかし、ステレオペアはこれに限るものではなく、第 1 の実施形態と同様にカメラとプロジェクタのステレオペアであってもよい。

【 0 0 9 3 】

(変形例 3)

以上の実施形態で説明した図 3 や図 5 に示す GUI では、カメラを選択するための UI、パターンに関する情報を入力するための UI、選択したカメラとパターンで計測された三次元計測結果を表示するデータ表示 UI から構成されていた。

【 0 0 9 4 】

しかしながら GUI の構成要素はこれに限るものではない。例えば、図 8 に示すように、予めキャリブレーションされたカメラとプロジェクタの外部パラメータをもとに仮想空間内で定義される世界座標系にカメラとプロジェクタを配置する。そして、別途設定される仮想的な視点における画像をコンピュータグラフィクスにより生成し GUI 上に配置してもよい。この画面において、選択されたカメラを他のカメラと色を変えるなど区別して表示することで、どのカメラのパターンを選択しているかをユーザが容易に把握することが可能になる。また、パターンを選択済みのカメラと未選択のカメラで表示方法を変えて、ユーザが未選択のカメラを選択しやすいようにしてもよい。さらには、カメラとプロジェクタだけでなく、選択されたカメラに設定されたパターンが仮想空間内に投影された様子も表示してもよい。

【 0 0 9 5 】

本変形例は、第 1 の実施形態のようにカメラとプロジェクタをステレオペアとする場合、第 1 の実施形態のようにカメラとカメラをステレオペアとするいずれの場合であっても適用することが可能である。

【 0 0 9 6 】

(変形例 4)

以上述べた各実施形態では、離散的に設定された投影するパターンの方向をユーザが選択していた。しかしながら、ユーザが設定するパターンに関する情報はこれに限るものではない。パターンの方向は離散的ではなく、スライダなどを利用して連続値として設定し

10

20

30

40

50

てもよい。また、例えば、図9に示すようなGUIを介してマルチラインパターン（線パターン）の線の間隔や幅をユーザが決定してもよい。線の間隔は、計測したい対象の形状の細かさに応じ決定する必要がある。細かい形状を計測したい場合には線間隔を狭める必要があり、大まかな形状を計測するのであれば線間隔を広げてよい。また、線間隔が狭い場合には、ボケの影響や動的な環境を計測する場合にはモーションブラーによって線が広がり異なる線が画像上で重なる場合があり、計測精度が低下する。ユーザはGUIを介して三次元計測結果を観察することで、ボケやモーションブラーなどの影響も考慮しながら最適な線間隔を決定することができる。また、線の幅に関しては、カメラとプロジェクタの解像度の比に基づいて決定する必要がある。カメラ側の1画素より線幅が狭い場合には線を十分な精度で検出することができないため、線幅を広くする必要がある。線間隔と同様にユーザはGUIを介して三次元計測結果を参照しながら最適な線幅を決定することができる。

10

【0097】

本変形例は、第1の実施形態のようにカメラとプロジェクタをステレオペアとする場合、第2の実施形態のようにカメラとカメラをステレオペアとするいずれの場合であっても適用することが可能である。

【0098】

（変形例5）

以上述べた各実施形態では、ユーザはパターン選択GUI上に提示されたパターンを区別なく選択していた。しかし、例えばカメラとプロジェクタ（もしくはカメラとカメラ）のエピポーラライン方向とカメラが撮影する投影パターンの画像上での方向が近い場合は高精度に計測することが困難になるため、ユーザはそのようなパターンを選択するべきではない。そこで、エピポーラライン方向とカメラが撮影する投影パターンの画像上での方向を算出し、図10に示すように方向の差の絶対値が所定の閾値以上のパターンとそれ以外のパターンの表示方法を変えて、ユーザが誤った選択をしないようにしてもよい。図10では、選択すべきではないパターンは選択できないようにグレースアウト（図中では破線で表示）されている。

20

【0099】

本変形例は、第1の実施形態のようにカメラとプロジェクタをステレオペアとする場合、第2の実施形態のようにカメラとカメラをステレオペアとするいずれの場合であっても適用することが可能である。

30

【0100】

（変形例6）

以上述べた実施形態では、三次元計測結果を精度によって色を変えてユーザに提示していた。しかしながら、三次元計測結果の提示方法はこれに限るものではない。例えば、図12に示すように、精度や計測点数を数値として提示してもよい。三次元計測は計測に失敗する場合もあるため、計測点数を三次元計測の安定性を示す指標として用いる。このときの精度は、例えば平面を計測対象としたときに、計測された3次元点群に平面フィッティングしたときのRMS（Root Mean Squared）誤差を用いる。また、平面以外で形状既知な物体を計測し、該物体の3次元モデルを3次元点群にフィッティングしたときのRMS誤差を表示してもよい。さらには、ユーザが目標精度を入力するフィールドをGUI内に設けて、目標精度を達成するようなパターンを自動的に選択しユーザに提示してもよい。

40

【0101】

本変形例は、第1の実施形態のようにカメラとプロジェクタをステレオペアとする場合、第2の実施形態のようにカメラとカメラをステレオペアとするいずれの場合であっても適用することが可能である。

【0102】

（変形例7）

以上述べた実施形態では、基本的にユーザが選択するパターンの表示は同一であった。

50

しかしながら、パターンの表示を同一にする必要は必ずしもなく、カメラとプロジェクタの配置に応じて、ユーザが選択すべきパターンがわかるように表示していてもよい。すなわち、カメラとプロジェクタの配置から決定されるエピポーラ線の方角と画像上での投影パターンの線の方角のなす角度が最も大きいパターンの画像の外枠を太くして表示して、ユーザに選択すべきパターンをわかりやすくしてもよい。

【0103】

本変形例は、第1の実施形態のようにカメラとプロジェクタをステレオペアとする場合、第2の実施形態のようにカメラとカメラをステレオペアとするいずれの場合であっても適用することが可能である。

【0104】

(その他の実施形態)

また、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア(プログラム)を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ(またはCPUやMPU等)がプログラムを読み出して実行する処理である。

【0105】

<各実施形態の効果>

第1の実施形態により、実際に三次元計測を行った結果をユーザに提示することで、カメラとプロジェクタをステレオペアとして三次元計測を行う三次元計測装置において各カメラについてプロジェクタが投影する適切なパターンを決定することができる。また、事前に設定したカメラ毎の投影パターンの情報を保存しておくことで、ランタイムの計測時に同様の作業が不要になる。また、計測した三次元点群の計測結果のみを表示するだけでなく、精度などの計測性能に関する情報を付与して表示することで、ユーザが選択したパターンの妥当性を容易に判断することができる。三次元点群を観察する位置や方向をユーザが自由に変更できることで、固定された視点では判断しにくい精度なども判断できるようになる。さらに、選択したカメラの2次元画像を表示し、エピポーララインを重畳表示して投影パターンに対する向きを観察可能にすることで適切なパターンを決定することができる。

【0106】

第2の実施形態により、カメラとプロジェクタをステレオペアとして三次元計測を行う三次元計測装置において各カメラについてプロジェクタが投影する適切なパターンを決定することができる。また、GUIを介してユーザがカメラペア及びパターンの選択を行い、選択したカメラペアとパターンの組合せによって実際に三次元計測を行った結果をユーザに提示する。これにより、カメラペアの数が任意であってもユーザは各カメラペアについて適切なパターンを選択することができる。

【0107】

第3の実施形態により、装置側が最適と判断されるパターン候補を提示するため、ユーザが全てのパターンを選択して三次元計測結果を確認する作業が不要となりユーザの利便性が向上する。

【0108】

<定義>

第1の実施形態における撮像部を構成するカメラとしてモノクロカメラを用いた。しかしながら、カメラはこれに限るものではなく、カラーカメラであってもよいし、赤外カメラなどの可視光以外の波長の光を撮影するカメラであってもよい。カラーカメラを用いる場合には、投影するパターンはモノクロのパターンに限らず、カラーのパターンであってもよい。カラーのパターンとしては、例えば、以下の非特許文献に開示されるBoyerらの色でインデックス付けされたマルチラインパターンを用いてもよい。また、赤外カメラを用いる場合には、赤外光源を用いてモノクロのマルチラインパターンを照射してもよい。

K. L. Boyer and A. C. Kak, "Color - encode

10

20

30

40

50

d structured light for rapid active ranging," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 9, no. 1, pp. 14 - 28, 1987.

第1の実施形態における投影部が照射する三次元計測用のパターンとして各線の明るさが同一でないDurdleのマルチラインパターンを用いた。しかしながら、三次元計測用のパターンはこれに限るものではなく、画像上で検出される線と投影パターン上の線との対応付けが可能であれば他のマルチラインパターンであってもよい。例えば以下の非特許文献で開示される、Maruyamaらの線が複数の線分に分割されたパターンを用いてもよい。

M. Maruyama and S. Abe, "Range sensing by projecting multiple slits with random cuts," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 15, no. 6, pp. 647 - 651, 1993.

さらには、三次元計測は一枚のパターンを照射・撮影して行う方法だけでなく、複数のパターンを照射・撮影してもよい。例えば線幅の異なる複数のバイナリパターンを照射・撮像した画像をもとに三次元計測を行う空間コード化法によって行ってもよい。また、複数のサイン波パターンを照射・撮像する位相シフト法によって行ってもよいし、空間コード化法と位相シフト法を組み合わせてもよい。以上述べたパターンは複数の平行な直線によって構成されるパターンである。これ以外にも、複数の平行な波線によって構成されるパターンなど直線以外でも方向性を有するパターンであれば他のパターンであってもよい。

【0109】

第1の実施形態においてユーザがカメラやパターンを選択する際にはGUI上のラジオボタンにより行っていた。しかしながら、カメラやパターンの選択方法はこれに限るものではなく、複数の候補の中から1つを選択する方法であればいかなる方法であってもよい。例えば、ラジオボタンではなくチェックボックスにより選択してもよいし、リストボックスやドロップダウンリストから選択してもよい。また図3に示すように、カメラを選択するUIと一緒に各カメラが撮像する画像を同時に提示してもよい。さらには、すでにパターンが設定済みのカメラと未設定のカメラが区別できるように表示されていてもよい。例えば、カメラの撮像画像が半透明になっていたり、ラジオボタンで選択不可能になっていたたりしてもよい。

【0110】

第1の実施形態ではパターン情報保持部40が保持する情報は、プロジェクタが投影する2次元パターン画像であるとした。しかしながら、情報の保持方法はこれに限るものではなく、最終的に2次元パターン画像に変換できるものであればいかなる情報であってもよい。例えば、パターンの向き(角度)の情報であってもよい。パターンの向き(角度)の情報である場合には、ランタイムの三次元計測を行う際に向きに応じたパターン画像を生成し投影する。

【0111】

第1の実施形態では、プロジェクタに対する各カメラの相対位置姿勢が予めキャリブレーションされているとした。しかしながら、プロジェクタに対する各カメラの相対位置姿勢としではなく、プロジェクタに対する各カメラの相対位置姿勢を決定できれば他の方法によってキャリブレーション情報を保持しておいてもよい。例えば、1台のカメラとプロジェクタの相対的な位置及び姿勢と各カメラ間の相対的な位置及び姿勢という情報として保持しておいてもよい。

【0112】

第1の実施形態では、画像取得部70は、カメラ選択部90によって選択されたカメラが撮像した画像を三次元計測部80に入力するものとした。しかしながら、カメラ選択部

10

20

30

40

50

90によって選択されたカメラ以外のカメラが撮像した画像を入力してもよい。その場合には、三次元計測部80において選択されたカメラが撮像した画像のみを使うようにする。

【0113】

第1の実施形態では、カメラの識別情報は各カメラに固有の番号であるとした。しかしながら、各カメラの名前を表す文字列などカメラを一意に識別するための情報であればいかなる情報であってもよい。

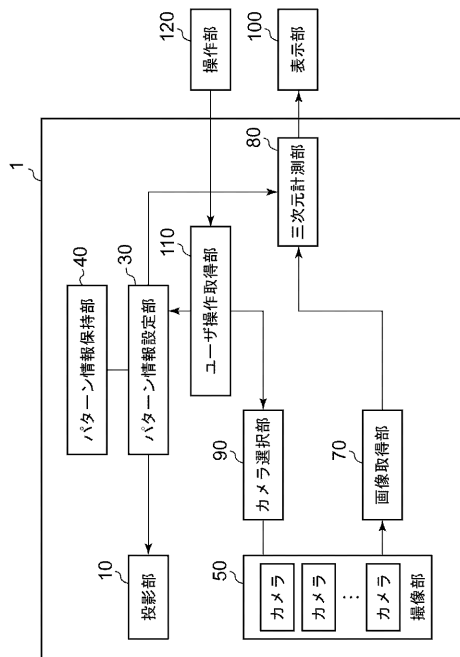
【符号の説明】

【0114】

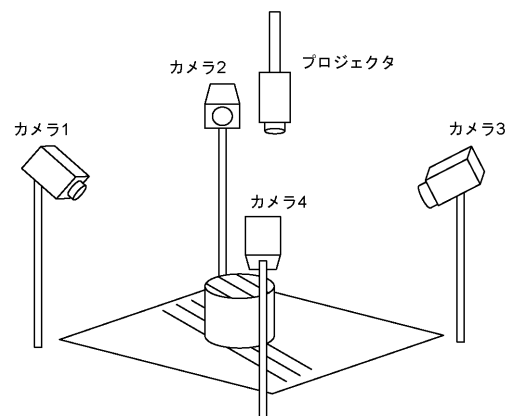
- 10 投影部
- 30 パターン情報設定部
- 40 パターン情報保持部
- 50 撮像部
- 70 画像取得部
- 80 三次元計測部
- 90 カメラ選択部
- 100 表示部
- 110 ユーザ操作取得部
- 120 操作部

10

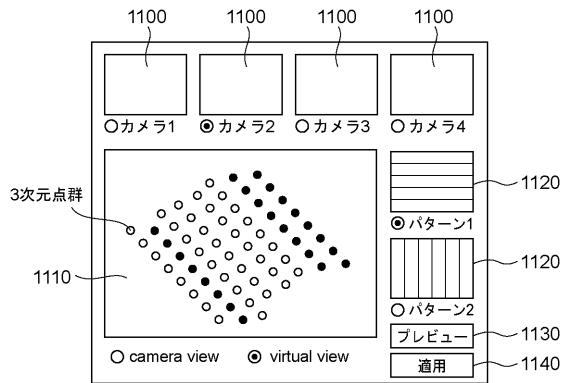
【図1】



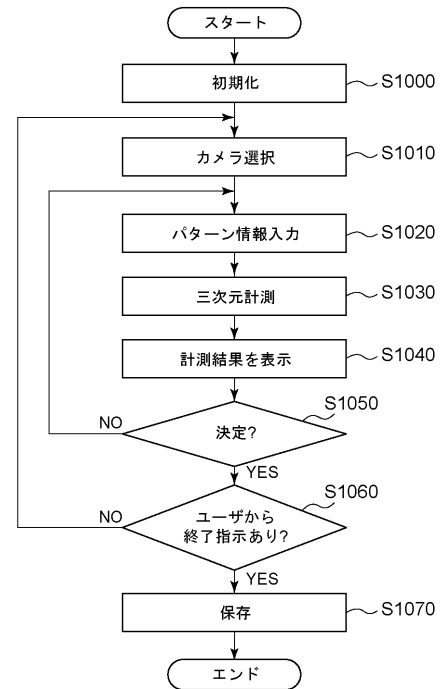
【図2】



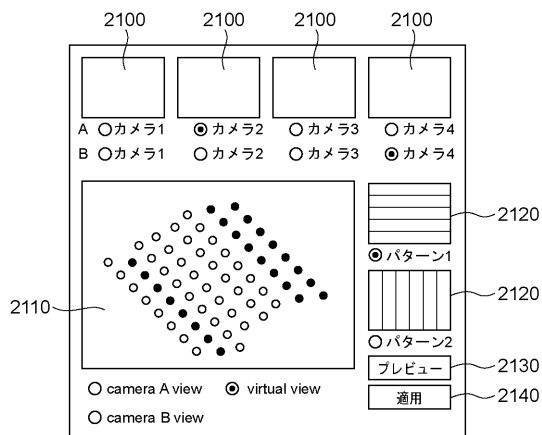
【図 3】



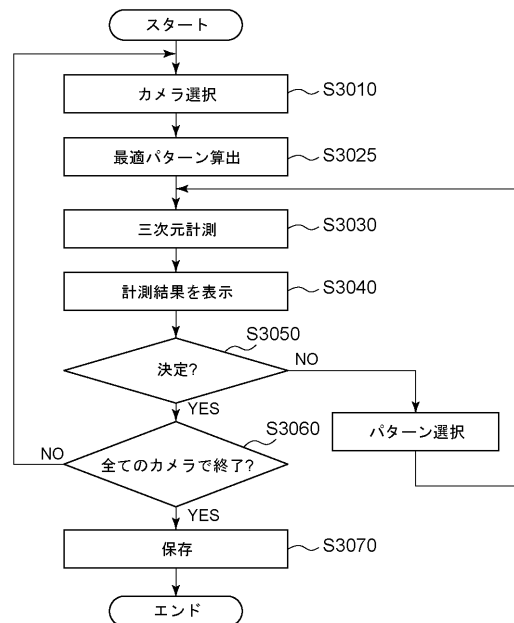
【図 4】



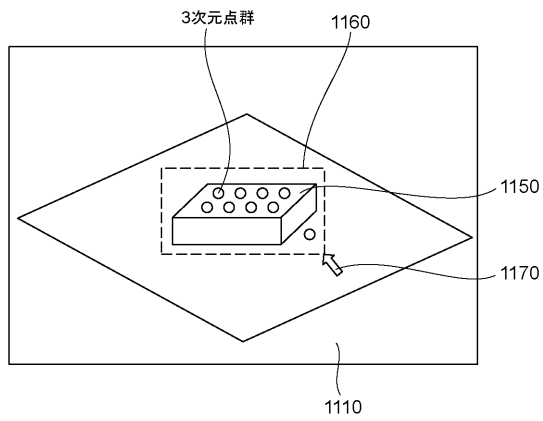
【図 5】



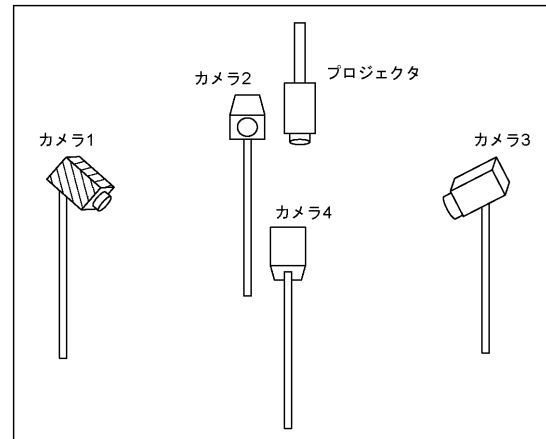
【図 6】



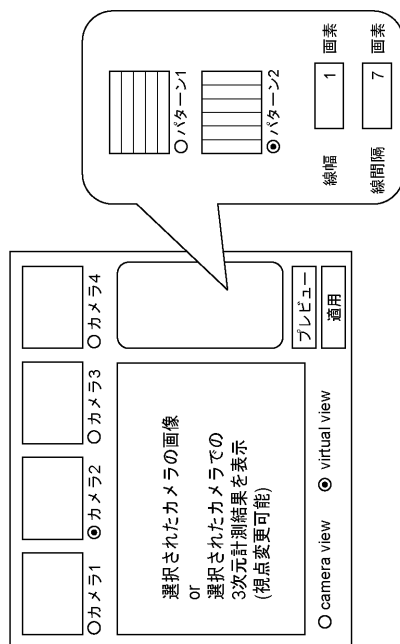
【図 7】



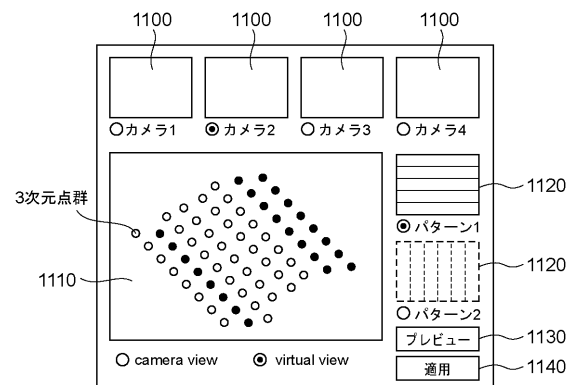
【図 8】



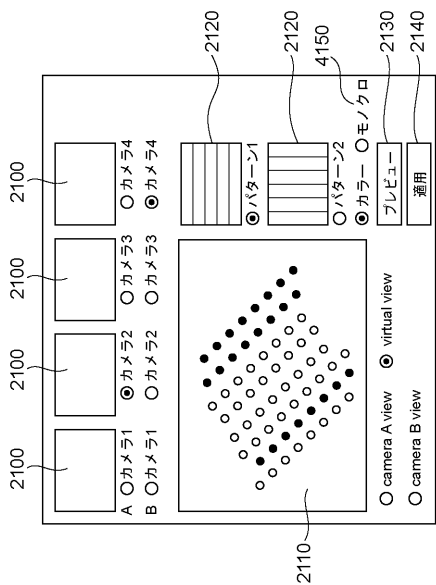
【図 9】



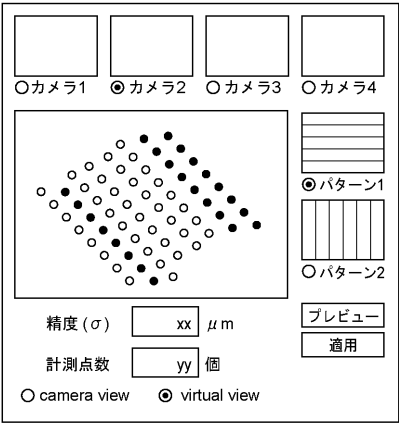
【図 10】



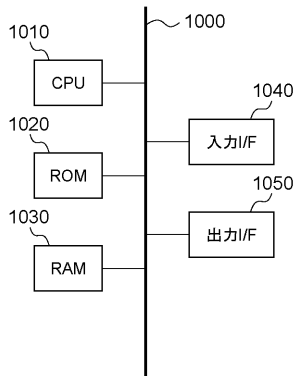
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

- (72)発明者 小林 一彦
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
- (72)発明者 三瓶 修一
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
- (72)発明者 片山 昭宏
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

審査官 梶田 真也

- (56)参考文献 特開2006-058215(JP,A)
特開2014-006176(JP,A)
特開2003-097918(JP,A)
米国特許出願公開第2008/0050042(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01B 11/00 - 11/30