

(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2004-271292
(P2004-271292A)

(43) 公開日 平成16年9月30日(2004.9.30)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO 1 B 11/00	GO 1 B 11/00	2 F O 6 5
GO 1 B 11/26	GO 1 B 11/26	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2003-60824 (P2003-60824)	(71) 出願人	000006105 株式会社明電舎
(22) 出願日	平成15年3月7日 (2003.3.7)		東京都品川区大崎2丁目1番17号
		(74) 代理人	100078499 弁理士 光石 俊郎
		(74) 代理人	100074480 弁理士 光石 忠敬
		(74) 代理人	100102945 弁理士 田中 康幸
		(74) 代理人	100120673 弁理士 松元 洋
		(72) 発明者	藤原 伸行 東京都品川区大崎二丁目1番17号 株式会社明電舎内

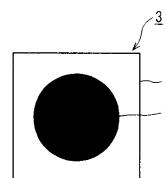
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 校正器及びステレオカメラ位置姿勢校正装置

(57) 【要約】

【課題】ステレオカメラの位置姿勢を、ステレオカメラの向きにかかわらず、画像処理により確実且つ容易に求めることができる校正器及びステレオカメラ位置姿勢校正装置を提供する。

【解決手段】校正器を、板1に丸2を描いた丸型ターゲット3を棒4 a, 4 b, 4 cで組み立てたラック4に複数枚固定してなる丸型ラック校正器5、球型ターゲットを棒で組み立てたラックに複数個固定してなる球型ラック校正器、丸型ターゲットを一本の棒に複数個固定してなる丸型ポール校正器、球型ターゲットを一本の棒に複数個固定してなる球型ポール校正器、又は、棒を組み合わせさせて立体の格子状に構成した櫓の各格子点に球型ターゲットを固定してなる球型格子校正器とする。球型ターゲットは棒に串刺状又は貼り付けように固定する。また、丸型ターゲットの丸部分又は球型ターゲットの中心位置は二値化処理及び重心計算、又は、円抽出によって求める。



【選択図】 図1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ステレオカメラの位置姿勢校正に使用される校正器であって、板に丸を描いた丸型ターゲットを、棒で組み立てたラックに複数枚固定してなり、前記ステレオカメラの位置姿勢校正を行うとき、前記丸型ターゲットの丸を水平方向に向けた状態で、直接又は設置台を介して、前記ステレオカメラで撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測を行う場所の所定位置に設置される丸型ラック校正器であることを特徴とする校正器。

【請求項 2】

ステレオカメラの位置姿勢校正に使用される校正器であって、球型ターゲットを、棒で組み立てたラックに複数個固定してなり、前記ステレオカメラの位置姿勢校正を行うとき、直接又は設置台を介して、前記ステレオカメラで撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測を行う場所の所定位置に設置される球型ラック校正器であることを特徴とする校正器。

10

【請求項 3】

ステレオカメラの位置姿勢校正に使用される校正器であって、板に丸を描いた丸型ターゲットを、一本の棒に複数個固定してなり、前記ステレオカメラの位置姿勢校正を行うとき、前記丸型ターゲットの丸を水平方向に向けた状態で、直接又は設置台を介して、前記ステレオカメラで撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測を行う場所の所定位置に設置される丸型ポール校正器であることを特徴とする校正器。

【請求項 4】

ステレオカメラの位置姿勢校正に使用される校正器であって、球型ターゲットを、一本の棒に複数個固定してなり、前記ステレオカメラの位置姿勢校正を行うとき、直接又は設置台を介して、前記ステレオカメラで撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測を行う場所の所定位置に設置される球型ポール校正器であることを特徴とする校正器。

20

【請求項 5】

請求項 2 又は 4 に記載の校正器において、前記球型ターゲットを、前記棒に串刺し状に固定したことを特徴とする校正器。

【請求項 6】

請求項 2 又は 4 に記載の校正器において、前記球型ターゲットを、前記棒に貼り付けるようにして固定することにより、前記球型ターゲット全体を前記ステレオカメラから見える方に露出させたことを特徴とする校正器。

30

【請求項 7】

ステレオカメラの位置姿勢校正に使用される校正器であって、棒を組み合わせて立体の格子状に構成した櫓の各格子点に球型ターゲットを固定してなり、前記ステレオカメラの位置姿勢校正を行うとき、直接又は設置台を介して、前記ステレオカメラで撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測を行う場所の所定位置に設置される球型格子校正器であることを特徴とする校正器。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 の何れか 1 項に記載の校正器と、
 前記ステレオカメラで撮影した前記丸型ターゲット又は球型ターゲットのステレオ画像を入力する画像入力手段と、
 前記校正器の設置位置データ、又は、前記校正器及び前記設置台の設置位置データを入力する設置位置データ入力手段と、
 前記校正器の設計データを入力する設計データ入力手段と、
 前記ステレオカメラの基礎データを入力するカメラ基礎データ入力手段と、
 前記ステレオカメラのカメラ設置位置データを入力するカメラ設置位置データ入力手段と、
 前記ステレオカメラのカメラ設置姿勢データを入力するカメラ設置姿勢データ入力手段と、
 前記設置位置データ及び前記設計データに基づいて、前記丸型ターゲット又は前記球型タ

40

50

ターゲットの三次元位置であるターゲット三次元位置データを計算するターゲット三次元位置計算手段と、

前記ターゲット三次元位置データ、前記カメラ基礎データ、前記カメラ設置位置データ及び前記カメラ設置姿勢データに基づいて、前記ステレオ画像上での前記丸型ターゲット又は前記球型ターゲットの位置であるターゲット画像上位置データを計算するターゲット画像上位置計算手段と、

前記ターゲット画像上位置データと、予め設定した検索範囲の許容値データとに基づき、前記ステレオ画像上において前記丸型ターゲット又は前記球型ターゲットを探索する範囲であるターゲット探索範囲データを設定するターゲット探索範囲設定手段と、

前記ターゲット探索範囲の中で、前記ステレオ画像を画像処理することにより、前記丸型ターゲットの丸部分又は前記球型ターゲットの中心位置であるターゲット中心位置データを求めるターゲット中心位置計算手段と、

前記カメラ基礎データ、前記カメラ設置位置データ、前記カメラ設置姿勢データ、前記ターゲット三次元位置データ及び前記ターゲット中心位置データに基づいて、前記ステレオカメラの位置と姿勢であるカメラ位置姿勢データを計算するカメラ位置姿勢計算手段と、前記設置位置データ、設計データ、カメラ基礎データ、カメラ設置位置データ、カメラ設置姿勢データ、前記ターゲット三次元位置データ、前記ターゲット画像上位置データ、前記ターゲット探索範囲データ、前記ターゲット中心位置データ及び前記カメラ位置姿勢データを記憶しておく記憶手段とを備えたことを特徴とするステレオカメラ位置姿勢校正装置。

10

20

【請求項 9】

請求項 8 に記載のステレオカメラ位置姿勢校正装置において、前記ターゲット中心位置計算手段では、前記ターゲット探索範囲の中で、二値化処理を行うことにより前記ステレオ画像上での前記丸型ターゲットの丸部分又は前記球型ターゲット部分を抽出し、更に前記ステレオ画像上の前記丸型ターゲットの丸部分又は前記球型ターゲット部分の重心計算をすることによって、前記ステレオ画像上における前記丸型ターゲットの丸部分又は前記球型ターゲットの中心位置であるターゲット中心位置データを求めることを特徴とするステレオカメラ位置姿勢校正装置。

【請求項 10】

請求項 8 に記載のステレオカメラ位置姿勢校正装置において、前記ターゲット中心位置計算手段では、前記ターゲット探索範囲の中で、エッジ抽出により前記球型ターゲットの前記ステレオ画像上での輪郭線を抽出し、この輪郭線の円近似を行い、この近似した円の中心位置を前記球型ターゲットの中心位置であるターゲット中心位置データとすることを特徴とするステレオカメラ位置姿勢校正装置。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はステレオ画像による計測対象物体の三次元計測に関するものであり、特にステレオ画像を撮影するステレオカメラの位置姿勢校正に使用される校正器及びステレオカメラ位置姿勢校正装置に関するものである。

40

【0002】

【従来技術】

ステレオ画像を基にしたステレオ視によって計測対象物体の三次元位置計測を行う場合、前記計測対象物体のステレオ画像を撮影するための 2 台のカメラ（ステレオカメラ）の位置と姿勢が正確に分かっていなければならない。

【0003】

しかしながら、実際にステレオカメラを設置する際には、カメラを設置する位置や姿勢が装置の設計値としては分かっているにもかかわらず、取り付けの際にカメラの位置や姿勢に微妙なズレが生じることが普通である。特にカメラの角度（姿勢）のズレに関しては、カメラ付近では小さなズレであっても、カメラから離れた計測対象物体の位置では大きなズレとなって

50

しまう。このような状況において、ステレオ画像を撮影した際のステレオカメラの位置姿勢を正確に得る方法としては、カメラを機械的に精度よく設置する方法と、画像処理によってカメラの位置姿勢を求める方法とがある。

【0004】

前者の機械的にカメラを精度よく設置する方法では、カメラを設置するカメラ台にカメラを移動するための移動機構や、カメラを計測対象物体へ向けるための回転機構を持ち、更にそれぞれのカメラの位置と角度を計測できる機能を持つ特別な装置を用いることで、カメラの位置姿勢を正確に得ることができる。

【0005】

後者の画像処理によってカメラの位置姿勢を求める方法では、ステレオカメラを設置した後、校正テーブルと呼ばれる板に高さの異なる丸棒を複数本立てた校正用の対象物を、ステレオカメラ正面に設置した後、ステレオカメラで校正テーブルのステレオ画像を撮影して、前記丸棒の先端部の実際の三次元位置と画像上の位置との関係からカメラの位置姿勢を計算することにより、カメラの位置姿勢を正確に得ることができる（特許文献1参照）

。

【0006】

【特許文献1】

特開平10-62145号公報

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前者の機械的にカメラを精度よく設置する方法は、カメラ台を調整してカメラを設置することによりカメラの位置姿勢を得ることができるが、カメラを移動、回転する機構を必要とするため、この機能を持たない装置にカメラを設置する場合には適用できない。また、測量のように計測を行う都度にカメラの位置姿勢を変更するような用途には、カメラを移動、回転する機構を持つことが有利であるが、工場内の位置決め装置や建造物の監視用固定カメラのように一度設置してしまえばカメラの位置姿勢を変更しない用途では、カメラを移動、回転する機構を持つ必要がなく、逆にコスト高となってしまう。

【0008】

後者の画像処理によってカメラの位置姿勢を求める方法では、校正テーブルを用いるため、その構造上から作業台のような水平な場所へ校正テーブルを設置しカメラが校正テーブルを上方から垂直下方へ見下ろすような場合には適用し易いが、車両の前方監視のようにカメラが水平方向に向いている場合には校正テーブルを立てる必要があり、校正テーブルの設置が容易ではない。カメラが水平方向へ向くように設置される用途は工場内での計測でも存在し、多少斜め上方からではあるが、建造物に設置される監視カメラの設置方法として水平方向付近に視線が向くようにカメラを設置する場合は多く存在する。

【0009】

また、この校正テーブルを用いる方法では、板の上に丸棒をどのように立てるかは作業者の判断に任されているため、様々な丸棒の配置形態があり、校正テーブルを設置する場所の環境条件に柔軟に対応できる利点は持っているが、その反面、校正テーブル上の丸棒先端部の位置が校正の都度異なるため、校正を行う毎に丸棒先端部の位置データを変更しなければならないという煩雑性がある。

【0010】

また、校正テーブルを用いる方法では、丸棒先端部の丸型部分の画像上の位置を画像の相関によって求めているため、画像上で自動的に丸棒先端部の位置を検出することができるが、これはカメラが校正テーブル正面付近から垂直に近い傾き角度で見下ろす場合に限定されており、カメラの傾きが大きくなると画像上の丸形状が歪んでしまうため、実際には丸型形状を想定した相関計算によって丸棒先端部を検出することは困難になる。

【0011】

従って、本発明は上記事情に鑑み、ステレオ画像を基に計測対象物体の三次元計測を行うためのステレオカメラの位置姿勢を、ステレオカメラの向きにかかわらず、画像処理により

确实且つ容易に求めることができる校正器及びステレオカメラ位置姿勢校正装置を提供することを課題とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決する第1発明の校正器は、ステレオカメラの位置姿勢校正に使用される校正器であって、板に丸を描いた丸型ターゲットを、棒で組み立てたラックに複数枚固定してなり、前記ステレオカメラの位置姿勢校正を行うとき、前記丸型ターゲットの丸を水平方向に向けた状態で、直接又は設置台を介して、前記ステレオカメラで撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測を行う場所の所定位置に設置される丸型ラック校正器であることを特徴とする。

10

【0013】

また、第2発明の校正器は、ステレオカメラの位置姿勢校正に使用される校正器であって、球型ターゲットを、棒で組み立てたラックに複数個固定してなり、前記ステレオカメラの位置姿勢校正を行うとき、直接又は設置台を介して、前記ステレオカメラで撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測を行う場所の所定位置に設置される球型ラック校正器であることを特徴とする。

【0014】

また、第3発明の校正器は、ステレオカメラの位置姿勢校正に使用される校正器であって、板に丸を描いた丸型ターゲットを、一本の棒に複数個固定してなり、前記ステレオカメラの位置姿勢校正を行うとき、前記丸型ターゲットの丸を水平方向に向けた状態で、直接又は設置台を介して、前記ステレオカメラで撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測を行う場所の所定位置に設置される丸型ポール校正器であることを特徴とする。

20

【0015】

また、第4発明の校正器は、ステレオカメラの位置姿勢校正に使用される校正器であって、球型ターゲットを、一本の棒に複数個固定してなり、前記ステレオカメラの位置姿勢校正を行うとき、直接又は設置台を介して、前記ステレオカメラで撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測を行う場所の所定位置に設置される球型ポール校正器であることを特徴とする。

【0016】

また、第5発明の校正器は、第2又は第4発明の校正器において、前記球型ターゲットを、前記棒に串刺し状に固定したことを特徴とする。

30

【0017】

また、第6発明の校正器は、第2又は第4発明の校正器において、前記球型ターゲットを、前記棒に貼り付けるようにして固定することにより、前記球型ターゲット全体を前記ステレオカメラから見える方に露出させたことを特徴とする。

【0018】

また、第7発明の校正器は、ステレオカメラの位置姿勢校正に使用される校正器であって、棒を組み合わせて立体の格子状に構成した櫓の各格子点に球型ターゲットを固定してなり、前記ステレオカメラの位置姿勢校正を行うとき、直接又は設置台を介して、前記ステレオカメラで撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測を行う場所の所定位置に設置される球型格子校正器であることを特徴とする。

40

【0019】

また、第8発明のステレオカメラ位置姿勢校正装置は、第1～第7発明の何れかの校正器と、

前記ステレオカメラで撮影した前記丸型ターゲット又は球型ターゲットのステレオ画像を入力する画像入力手段と、

前記校正器の設置位置データ、又は、前記校正器及び前記設置台の設置位置データを入力する設置位置データ入力手段と、

前記校正器の設計データを入力する設計データ入力手段と、

50

前記ステレオカメラの基礎データを入力するカメラ基礎データ入力手段と、
 前記ステレオカメラのカメラ設置位置データを入力するカメラ設置位置データ入力手段と、
 、
 前記ステレオカメラのカメラ設置姿勢データを入力するカメラ設置姿勢データ入力手段と、
 、
 前記設置位置データ及び前記設計データに基づいて、前記丸型ターゲット又は前記球型ターゲットの三次元位置であるターゲット三次元位置データを計算するターゲット三次元位置計算手段と、
 前記ターゲット三次元位置データ、前記カメラ基礎データ、前記カメラ設置位置データ及び前記カメラ設置姿勢データに基づいて、前記ステレオ画像上での前記丸型ターゲット又は前記球型ターゲットの位置であるターゲット画像上位置データを計算するターゲット画像上位置計算手段と、
 前記ターゲット画像上位置データと、予め設定した検索範囲の許容値データとに基づき、前記ステレオ画像上において前記丸型ターゲット又は前記球型ターゲットを探索する範囲であるターゲット探索範囲データを設定するターゲット探索範囲設定手段と、
 前記ターゲット探索範囲の中で、前記ステレオ画像を画像処理することにより、前記丸型ターゲットの丸部分又は前記球型ターゲットの中心位置であるターゲット中心位置データを求めるターゲット中心位置計算手段と、
 前記カメラ基礎データ、前記カメラ設置位置データ、前記カメラ設置姿勢データ、前記ターゲット三次元位置データ及び前記ターゲット中心位置データに基づいて、前記ステレオカメラの位置と姿勢であるカメラ位置姿勢データを計算するカメラ位置姿勢計算手段と、
 前記設置位置データ、設計データ、カメラ基礎データ、カメラ設置位置データ、カメラ設置姿勢データ、前記ターゲット三次元位置データ、前記ターゲット画像上位置データ、前記ターゲット探索範囲データ、前記ターゲット中心位置データ及び前記カメラ位置姿勢データを記憶しておく記憶手段とを備えたことを特徴とする。

10

20

30

40

50

【0020】

また、第9発明のステレオカメラ位置姿勢校正装置は、第8発明のステレオカメラ位置姿勢校正装置において、前記ターゲット中心位置計算手段では、前記ターゲット探索範囲の中で、二値化処理を行うことにより前記ステレオ画像上での前記丸型ターゲットの丸部分又は前記球型ターゲット部分を抽出し、更に前記ステレオ画像上の前記丸型ターゲットの丸部分又は前記球型ターゲット部分の重心計算をすることによって、前記ステレオ画像上における前記丸型ターゲットの丸部分又は前記球型ターゲットの中心位置であるターゲット中心位置データを求めることを特徴とする。

【0021】

また、第10発明のステレオカメラ位置姿勢校正装置は、第8発明のステレオカメラ位置姿勢校正装置において、前記ターゲット中心位置計算手段では、前記ターゲット探索範囲の中で、エッジ抽出により前記球型ターゲットの前記ステレオ画像上での輪郭線を抽出し、この輪郭線の円近似を行い、この近似した円の中心位置を前記球型ターゲットの中心位置であるターゲット中心位置データとすることを特徴とする。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態例を図面に基づき詳細に説明する。

【0023】

<実施の形態1>

図1は本発明の実施の形態1に係る丸型ラック校正器の丸型ターゲットの構成例を示す図、図2は前記丸型ラック校正器の構成例を示す図、図3は本発明の実施の形態1に係るステレオカメラ位置姿勢校正装置の構成例を示すブロック図、図4は前記ステレオカメラ位置姿勢校正装置によるターゲット検索範囲の設定例を示す図、図5は前記ステレオカメラ位置姿勢校正装置によるステレオカメラ位置姿勢計算のフローチャートである。また、図6及び図7は前記ステレオカメラ位置姿勢校正装置をカメラ校正データ取得装置とカメラ

位置姿勢計算装置とに分割した構成例を示すブロック図である。

【0024】

ステレオカメラの位置姿勢計算のために必要な点(基準点)を示すターゲットとして図1に示すように矩形の板1の中央部に丸2を描いた構成の丸型ターゲット3を用いる。

【0025】

そして、図2に示すように複数本の棒4a, 4b, 4cで組み立てたラック状の構造物(以降、これをラックと称する)4に複数枚の丸型ターゲット3を固定することにより、校正器(以降、これを丸型ラック校正器という)5を構成している。詳述すると、図示例では、1本の水平な棒4cに複数本(図示例では3本)の水平な棒4bを直交させて固定し、これらの棒4bの両端に複数本(図示例では6本)の鉛直に延びた棒4cを固定してラック4を構成し、このラック4を構成する棒4cのそれぞれに複数枚(図示例では4枚)ずつ丸型ターゲット3を固定することにより、丸型ラック校正器5を構成している。

10

【0026】

また、この丸型ラック校正器5を設置するための設置台7を用意する。設置台7としては、図示例のようなスタンド形状のものや三脚形状のものなど(図11参照)、適宜の形状のものを用いることができる。

【0027】

ステレオカメラの位置姿勢校正を行う際、屋外や工場内などのステレオカメラで撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測を行う場所の所定位置(路面や床面などの所定位置)へ設置台7を置き、この設置台7の所定位置に丸型ラック校正器5を取り付ける。このとき丸型ラック校正器5は各丸型ターゲット3の丸2を水平方向に向けた状態となる。

20

【0028】

図3に示すように、ステレオカメラ位置姿勢校正装置10は、ステレオ画像入力を行う画像入力部11と、各種データの入力を行うデータ入力部12と、各種データの計算を行うデータ計算部13と、各種データを記憶しておくメモリ部14の大きく4つの部分で構成されている。

【0029】

ステレオカメラである2台のCCDカメラ15R, 15Lは、屋外や工場内などのステレオカメラ15R, 15Lで撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測画を行う場所の所定位置(撮影位置)に所定の姿勢で設置される。このときカメラ15R, 15Lの向き(姿勢)は、水平方向に向けられる場合、斜め上方から見下ろす方向に向けられる場合、斜め下方から見上げる方向に向けられる場合などがある。

30

【0030】

画像入力手段としての画像入力部11では、このように設置されているカメラ15R, 15Lのそれぞれによって撮影される丸型ターゲット3(丸2)のステレオ画像(図5参照)をカメラ15R, 15Lから入力し、メモリ部14へ出力する。

【0031】

データ入力部12には、設置位置データ入力手段としての設置位置データ入力部16と、設計データ入力手段としての設計データ入力部17と、カメラ基礎データ入力手段としてのカメラ基礎データ入力部18と、カメラ設置位置データ入力手段としてのカメラ設置位置データ入力部19と、カメラ設置姿勢データ入力手段としてのカメラ設置姿勢データ入力部20とが設けられている。

40

【0032】

設置位置データ入力部16では、設置台7の設置位置データ及び丸型ラック校正器5の設置位置データを入力して、メモリ部14へ出力する。設計データ入力部17では、丸型ラック校正器5の設計データ(ラック4の寸法データや各丸型ターゲット3の固定位置データなど)を入力して、メモリ部14へ出力する。カメラ基礎データ18では、カメラ15R, 15LのCCDサイズやレンズ焦点距離などのカメラ基礎データを入力して、メモリ部14へ出力する。カメラ設置位置データ入力部19では、前記所定位置に設置されたカ

50

メラ15R, 15Lの設置位置データを入力して、メモリ部14へ出力する。カメラ設置姿勢データ入力部20では、前記所定位置に前記所定の姿勢で設置されたカメラ15R, 15Lの設置姿勢データを入力して、メモリ部14へ出力する。

【0033】

なお、上記の各入力部16, 17, 18, 19, 20に対する上記の各種データの inputs は、例えば作業者がキーボードなどを操作することによって行う。

【0034】

記憶手段としてのメモリ部14では、各入力部16, 17, 18, 19, 20から出力された前記設置位置データ、前記設計データ、前記カメラ基礎データ、前記カメラ設置位置データ及び前記カメラ設置姿勢データを入力して記憶しておく。

10

【0035】

また、データ計算部13には、ターゲット三次元位置計算手段としてのターゲット三次元位置計算部21と、ターゲット画像上位置計算手段としてのターゲット画像上位置計算部22と、ターゲット探索範囲設定手段としてのターゲット探索範囲設定部23と、ターゲット中心位置計算手段としてのターゲット中心位置計算部24と、カメラ位置姿勢計算手段としてのカメラ位置姿勢計算部25とが設けられている。

【0036】

ターゲット三次元位置計算部21では、メモリ部14に記憶された前記設置データ及び前記設計データに基づいて、ラック4に固定された丸型ターゲット3の三次元位置(ターゲット三次元位置データ)を計算し、このターゲット三次元位置データをメモリ部14へ出力する。メモリ部14では、前記ターゲット三次元位置データを記憶する。

20

【0037】

ターゲット画像上位置計算部22では、メモリ部14に記憶されている前記ターゲット三次元位置データ、前記カメラ基礎データ、前記カメラ設置位置データ及び前記カメラ位置姿勢データに基づいて、ステレオ画像上での丸型ターゲット3の位置(ターゲット画像上位置データ)を計算し、このターゲット画像上位置データをメモリ部14に出力する。メモリ部14では、前記ターゲット画像上位置データも記憶する。

【0038】

ターゲット探索範囲設定部23では、メモリ部14に記憶されている前記ターゲット画像上位置データと、予め設定してメモリ部14に記憶させておいた検索範囲の許容値データとに基づき、図5に例示するようなステレオ画像上、即ち、カメラ15Lで撮影された左画像上と、カメラ15Rで撮影された右画像上において、丸型ターゲット3(丸2)を探索する範囲(ターゲット探索範囲)26を設定し、このターゲット探索範囲のデータをメモリ部14に出力する。メモリ部14では、前記ターゲット探索範囲のデータも記憶する。

30

【0039】

ターゲット中心位置計算部24では、メモリ部14に記憶されている前記ターゲット探索範囲の中で、メモリ部14に記憶されている前記ステレオ画像に対する画像処理として、二値化処理を行うことにより前記ステレオ画像上での前記丸型ターゲット3の丸2部分を抽出し、更に前記ステレオ画像上の前記丸型ターゲットの丸2部分の重心計算を行うことによって前記ステレオ画像上における前記丸2部分の中心位置(ターゲット中心位置データ)を求め、このターゲット中心位置データをメモリ部14に出力する。メモリ部14では、前記ターゲット中心位置データも記憶する。

40

【0040】

そして、カメラ位置姿勢計算部25では、メモリ部14に記憶されている前記カメラ基礎データ、前記カメラ設置位置データ、前記カメラ設置姿勢データ、前記ターゲット三次元位置データ及び前記ターゲット中心位置データに基づいて、ステレオカメラ15R, 15Lの位置と姿勢(カメラ位置姿勢データ)を計算し、このカメラ位置姿勢データをメモリ部14に出力する。メモリ部14では、前記カメラ位置姿勢データも記憶する。なお、このカメラ位置姿勢データの具体的な計算方法については、後述する。

【0041】

50

次に、このステレオカメラ位置姿勢校正装置 10 によるステレオカメラ 15 R , 15 L の位置姿勢計算の手順を、図 5 のフローチャートに基づいて説明する。

【0042】

図 5 に示すように、まず、作業者が、設置台 7 を、ステレオカメラ 15 R , 15 L で撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測を行う場所の所定位置へ設置し（ステップ S 1 ）、この設置台 7 の所定位置に丸型ラック校正器 5 を取り付けることによって、丸型ラック校正器 5 を設置する（ステップ S 2 ）。丸型ラック校正器 5 を設置後、作業者は、ステレオカメラ 15 R , 15 L を操作し、ステレオカメラ 15 R , 15 L で丸型ラック校正器 5 のステレオ画像を撮影して、このステレオ画像中に丸型ラック校正器 5 の映像が入っているか否かを図示しないモニターで見て確認する（ステップ S 3 ）。その結果、丸型ラック校正器 5 の映像が前記ステレオ画像中に入っていないならば（ON の場合）、再度、設置台 7 を設置し直して丸型ラック校正器 5 を設置し直した後、ステレオカメラ 15 R , 15 L で丸型ラック校正器 5 のステレオ画像を撮影して、このステレオ画像中に丸型ラック校正器 5 の映像が入っているか否かをモニターで見て再度確認する（ステップ S 1 , S 2 , S 3 ）。

10

【0043】

丸型ラック校正器 5 の映像が前記ステレオ画像中に入っていることを確認したら（OK の場合）、当該ステレオ画像をステレオカメラ 15 R , 15 L に保存する（ステップ S 4 ）。また、このとき、作業者は、設置台 7 の設置位置データと、丸型ラック校正器 5 の設置位置データとを記録する（ステップ S 5 ）。

20

【0044】

次に、ステレオカメラ 15 R , 15 L に保存されている前記ステレオ画像を、画像入力部 11 によりステレオカメラ 15 R , 15 L から読み込み（ステップ S 6 ）、メモリ部 14 に記憶する。続いて、設置台 7 の設置位置データ及び丸型ラック校正器 5 の設置位置データ、丸型ラック校正器 5 の設計データ、ステレオカメラ 15 R , 15 L のカメラ基礎データ、ステレオカメラ 15 R , 15 L のカメラ設置位置データ、及び、ステレオカメラ 15 R , 15 L のカメラ設置姿勢データを、設置位置データ入力部 16 、設計データ入力部 17 、カメラ基礎データ入力部 18 、カメラ設置位置データ入力部 19 、及び、カメラ設置姿勢データ 20 により、それぞれ入力して（ステップ S 7 , S 8 , S 9 , S 10 , S 11 ）、メモリ部 14 に記憶する。

30

【0045】

その後、ターゲット三次元位置計算部 21 において、前記設置位置データ及び前記設計データに基づき、ターゲット三次元位置データを算出し（ステップ S 12 ）、ターゲット画像上位置計算部 22 において、前記ターゲット三次元位置データ、前記カメラ基礎データ、前記カメラ設置位置データ及び前記カメラ設置姿勢データに基づき、ターゲット画像上位置データを計算する（ステップ S 13 ）。また、ターゲット探索範囲設定部 23 において、前記ターゲット画像上位置データ及び前記許容値データに基づき、ターゲット探索範囲データを設定し（ステップ S 14 ）、ターゲット中心位置計算部 24 において、前記ステレオ画像及び前記ターゲット探索範囲データに基づき、ターゲット中心位置データを計算する（ステップ S 15 ）。そして、カメラ位置姿勢計算部 25 において、前記カメラ基礎データ、前記カメラ設置位置データ、前記カメラ設置姿勢データ、前記ターゲット三次元位置データ及び前記ターゲット中心位置データに基づき、カメラ位置姿勢データを計算する（ステップ S 16 ）。

40

【0046】

なお、図 3 に示すステレオカメラ位置姿勢校正装置 10 の各構成部は一体的に設けてもよく、適宜に分割してもよい。ステレオカメラ位置姿勢校正装置 10 の分割例としては、例えば、主に丸型ターゲット 3 のステレオ画像や設置位置データを取得する機能を受け持つ図 6 のカメラ校正データ取得装置 10 A と、主にカメラ位置姿勢を計算する機能を受け持つ図 7 のカメラ位置姿勢計算装置 10 B とに分割することができる。

【0047】

50

図 6 に示すように、カメラ校正データ取得装置 10 A は、画像入力部 11 と、データ入力部のうちの設置位置データ入力部 16 と、メモリ部 14 A と、データ送信部 27 とを備えている。画像入力部 11 で入力したステレオ画像及び設置位置データ入力部 16 で入力した設置位置データはメモリ部 14 に記憶される。データ送信部 27 では、これらの取得したステレオ画像及びデータ計算部をカメラ位置姿勢計算装置 10 B へ送信する。

【0048】

図 7 に示すように、カメラ位置姿勢計算装置 10 B は、データ入力部のうちの設計データ入力部 17、カメラ基礎データ入力部 18、カメラ設置位置データ入力部 19 及びカメラ設置位置データ入力部 20 と、データ計算部のターゲット三次元位置計算部 21、ターゲット画像上位置計算部 22、ターゲット探索範囲設定部 23、ターゲット中心位置計算手段 24 及びカメラ位置姿勢計算部 25 と、メモリ部 14 B と、データ受信部 28 とを備えている。データ受信部 28 ではカメラ校正データ取得装置 10 A のデータ送信部 27 から送信された前記ステレオ画像及び設置位置データを受信し、メモリ部 10 B に出力して記憶させる。また、メモリ部 10 B では、設計データ入力部 17 で入力した設計データ、カメラ基礎データ入力部 18 で入力したカメラ基礎データ、カメラ設置位置データ入力部 19 で入力したカメラ設置位置データ、カメラ設置姿勢データ入力部 20 で入力したカメラ設置姿勢データ、ターゲット三次元位置計算部 21 で計算したターゲット三次元位置データ、ターゲット画像上位置計算部 22 で計算したターゲット画像上位置データ、ターゲット探索範囲設定部 23 で設定したターゲット探索範囲データ、ターゲット中心位置計算部 24 で計算したターゲット中心位置データ、及び、カメラ位置姿勢計算部 25 で計算したカメラ位置姿勢データも記憶する。

10

20

【0049】

以上のように、本実施の形態 1 によれば、丸型ラック校正器 5 をステレオカメラ 15 R, 15 L で撮影したステレオ画像に基づいてカメラ位置姿勢データを計算するため、従来の機械的な方法のように移動機構や回転機構によってステレオカメラ 15 R, 15 L を精密に設置する必要がなく、また、ステレオカメラ 15 R, 15 L を設置するために移動機構や回転機構などの装置を装備する必要もない。

【0050】

また、本実施の形態 1 の丸型ラック校正器 5 は、ステレオカメラ 15 R, 15 L が、図 2 に示す矢印 A のように水平に向く場合、矢印 B のように斜め上方から見下ろす場合、矢印 C のように斜め下方から見上げる場合などの広範囲なカメラ設置状態に対応することができる。更に、丸型ラック校正器 5 はその形状やターゲット位置が丸型ラック校正器 5 を設計した時点で決まっているためターゲットの配置を自由に選ぶことができない反面、ターゲット配置が決まっていることでラック 4 上のターゲット位置を計算により求めることができ、実際には設置台 7 の設置位置及び丸型ラック校正器 5 の設置位置が分かれば、これらの設置位置データと丸型ラック校正器 5 の設計データとを合わせて、全ての丸型ターゲット 3 (丸 2) の三次元位置を計算により自動的に求めることができる。

30

【0051】

また、本実施の形態 1 では、丸型ラック校正器 5 に対してステレオカメラ 15 R, 15 L が正面付近に設置されていない(例えば丸型ラック校正器 5 の斜め上方や斜め下方に設置されている)ために丸型ターゲット 3 の丸 2 部分の映像が楕円状に歪んでしまった場合でも、この丸 2 部分の中心位置を二値化処理と重心計算によって求めるため、問題なく丸 2 部分の中心位置データを得ることができる。更に、ステレオ画像や各種データを入力してしまえば、その後の丸型ターゲット 3 (丸 2) をステレオ画像で検出してステレオカメラ 15 R, 15 L の位置姿勢データを計算するまでの一連の処理を自動的に計算処理によって行うことができ、作業者の負担を軽減することができる。

40

【0052】

<実施の形態 2 >

図 8 は本発明の実施の形態 2 に係る球型ラック校正器の構成例を一部省略して示す図、図 9 は本発明の実施の形態 2 に係る球型ラック校正器の他の構成例を一部省略して示す図で

50

ある。

【0053】

図8及び図9に示すように、本実施の形態2の球型ラック校正器31は、実施の形態1の丸型ターゲット3に代わりに球形状の球型ターゲット33を用い、この球型ターゲット33を複数個ラック4に固定した構成となっている。図8及び図9では図示を一部省略しているが、ラック4は図2に示すラック4と同様の構成であり、このラック4を構成する鉛直な棒4cのそれぞれに複数個(図示例では4個)ずつ球型ターゲット33を固定することにより、丸型ラック校正器31を構成している。

【0054】

丸型ターゲット33のラック4への固定方法としては、図8に示すようにラック4を構成する棒4cに丸型ターゲット33を串刺し状に固定するタイプと、図9に示すようにラック4を構成する棒4cに球型ターゲット33を、例えば接着やネジ止めなどの固定手段によって、貼り付けるようにして固定することにより、球型ターゲット33全体をステレオカメラ15R, 15Lから見える方(図示例では棒4cの図中右側)に露出させるタイプとがある。

【0055】

なお、校正器を丸型ラック校正器5から球型ラック校正器31に代える他は、上記実施の形態1と同様の構成である(図3、図6、図7参照)。

【0056】

即ち、画像入力部11では、ステレオカメラ15R, 15Lのそれぞれによって撮影される球型ターゲット33のステレオ画像をカメラ15R, 15Lから入力し、メモリ部14(14A)へ出力する。設置位置データ入力部16では、設置台7の設置位置データ及び球型ラック校正器31の設置位置データを入力して、メモリ部14(14A)へ出力する。設計データ入力部17では、球型ラック校正器の設計データ(ラック4の寸法データや各球型ターゲット33の固定位置データなど)を入力して、メモリ部14(14B)へ出力する。カメラ基礎データ18では、カメラ15R, 15LのCCDサイズやレンズ焦点距離などのカメラ基礎データを入力して、メモリ部14(14B)へ出力する。カメラ設置位置データ入力部19では、前記所定位置に設置されたカメラ15R, 15Lの設置位置データを入力して、メモリ部14(14B)へ出力する。カメラ設置姿勢データ入力部20では、前記所定位置に前記所定の姿勢で設置されたカメラ15R, 15Lの設置姿勢データを

【0057】

入力して、メモリ部14(14B)へ出力する。メモリ部14(14A、14B)では、各入力部16, 17, 18, 19, 20から出力された前記設置位置データ、前記設計データ、前記カメラ基礎データ、前記カメラ設置位置データ及び前記カメラ設置姿勢データを入力して記憶しておく。

【0058】

ターゲット三次元位置計算部21では、メモリ部14(14B)に記憶された前記設置データ及び前記設計データに基づいて、ラック4に固定された球型ターゲット33の三次元位置(ターゲット三次元位置データ)を計算し、このターゲット三次元位置データをメモリ部14(14B)へ出力する。メモリ部14(14B)では、前記ターゲット三次元位置データを記憶する。

【0059】

ターゲット画像上位置計算部22では、メモリ部14(14B)に記憶されている前記ターゲット三次元位置データ、前記カメラ基礎データ、前記カメラ設置位置データ及び前記カメラ位置姿勢データに基づいて、ステレオ画像上での球型ターゲット33の位置(ターゲット画像上位置データ)を計算し、このターゲット画像上位置データをメモリ部14(14B)へ出力する。メモリ部14(14B)では、前記ターゲット画像上位置データも記憶する。

【0060】

ターゲット探索範囲設定部23では、メモリ部14(14B)に記憶されている前記ター

10

20

30

40

50

ゲット画像上位置データと、予め設定してメモリ部14(14B)に記憶させておいた検索範囲の許容値データとに基づき、ステレオ画像上、即ち、カメラ15Lで撮影された左画像上と、カメラ15Rで撮影された右画像上において、球型ターゲット33を探索する範囲(ターゲット探索範囲データ)26を設定し、このターゲット探索範囲データをメモリ部14(14B)に出力する。メモリ部14(14B)では、前記ターゲット探索範囲データも記憶する。

【0061】

ターゲット中心位置計算部24では、メモリ部14(14B)に記憶されている前記ターゲット探索範囲の中で、前記ステレオ画像に対して二値化処理を行うことにより、前記ステレオ画像上での前記球型ターゲット33部分を抽出し、更に前記ステレオ画像上の重心計算を行うことによって、前記ステレオ画像上における前記球型ターゲット33部分の中心位置(ターゲット中心位置データ)を求め、このターゲット中心位置データをメモリ部14(14B)に出力する。メモリ部14(14B)では前記ターゲット中心位置データも記憶する。

10

【0062】

或いは、どの方向から見ても円形状に見えるという球型ターゲット33の性質を生かして、ターゲット中心位置計算部24では上記のような二値化処理と重心計算による方法の代わりに円抽出による方法により、ターゲット中心位置データを求めてもよい。即ち、ターゲット中心位置計算部24では、まず、前記ターゲット探索範囲の中で、エッジ抽出により球型ターゲット33の前記ステレオ画像上での輪郭線を抽出する。そして、ターゲット中心位置計算部24では、球型ターゲット33はどの方向から見ても円形状に見えるという性質を利用し、前記輪郭線の円近似を行い、この近似した円の中心位置を球型ターゲット33の中心位置(ターゲット中心位置データ)とする。

20

【0063】

カメラ位置姿勢計算部25では、メモリ部14(14B)に記憶されている前記カメラ基礎データ、前記カメラ設置位置データ、前記カメラ設置姿勢データ、前記ターゲット三次元位置データ及び前記ターゲット中心位置データに基づいて、ステレオカメラ15R, 15Lの位置と姿勢(カメラ位置姿勢データ)を計算し、このカメラ位置姿勢データをメモリ部14(14B)に出力する。メモリ部14(14B)では、前記カメラ位置姿勢データも記憶する。

30

【0064】

ステレオカメラ15R, 15Lの位置姿勢計算の手順については、上記実施の形態2と同様であり、ここでの説明は省略する(図5参照)。

【0065】

以上のように、本実施の形態2によれば、球型ラック校正器31を使用しており、この球型ラック校正器31の球型ターゲット33はどの方向からみても円形状に見えるため、球型ラック校正器31の正面付近にステレオカメラ15R, 15Lが設置されていない場合(例えば球型ラック校正器31の斜め上方や斜め下方に設置されている場合)でも、ステレオ画像上での球型ターゲット33の形状が楕円状に歪むことなく円形状のままである。このため、ステレオ画像上での球型ターゲット33の中心位置を二値化処理と重心計算によって、より精度よく求めることができる。

40

【0066】

また、図8のように球型ターゲット33を、ラック4を構成する棒4cに串刺し状に固定した場合には、構造的に頑丈であり、しかも、ラック4の棒4cが球型ターゲット33の中心軸を通るように球型ターゲット33を取り付けるため、球型ターゲット33をラック4(棒4c)に固定する際の球型ターゲット33の1つ1つの位置のバラツキが少ない。

【0067】

また、図9のように球型ターゲット33を、ラック4を構成する棒4cに球型ターゲット33を貼り付けるようにして固定することにより、球型ターゲット33全体をステレオカメラ15R, 15Lから見える方に露出させた場合には、球型ターゲット33がある側に

50

ステレオカメラ 15 R, 15 L を設置する限り、ステレオカメラ 15 R, 15 L から見て、球型ターゲット 33 の一部が球型ターゲット 33 を固定しているラック 4 の棒 4 c に隠れることがなく、ステレオ画像上で常に球型ターゲット 33 の円形状全体を得ることができるため、画像処理（二値化処理や重心計算、或いは、後述する円抽出など）により球型ターゲット 33 の中心位置を求める場合にデータの欠落がなく、より精度よくターゲット中心位置データを求めることができる。

【0068】

また、円抽出による方法で球型ターゲット 33 の中心位置（ターゲット中心位置データ）を求める場合には、球型ターゲット 33 の輪郭線をエッジ抽出と円近似により求めるため、背景ノイズに強く、様々な不要物体がステレオ画像内に入った場合でも球型ターゲット 33 の中心位置を正確に求めることができるため、屋外や工場内のような煩雑な状況においても適用が可能である。

10

【0069】

<実施の形態 3>

上記実施の形態 1, 2 では丸型ターゲット 3 もしくは球型ターゲット 33 をラック 4 に固定した丸型ラック校正器 5 もしくは球型ラック校正器 31 を使用し、これらの校正器 5 又は 31 をステレオカメラで撮影したステレオ画像を基にステレオカメラの位置姿勢データを計算したが、かかる計算のために用いる校正器としては、ラックを使用するもの以外にも、例えば図 10、図 11 及び図 12 に示すような幾つかの構成のものが考えられる。

【0070】

図 10 の (a) 及び (b) は本発明の実施の形態 3 に係る丸型ポール校正器の構成例を示す図、図 11 の (a) 及び (b) は本発明の実施の形態 3 に係る球型ポール校正器の構成例を示す図、図 12 は本発明の実施の形態 3 に係る球型格子校正器の構成例を示す図である。

20

【0071】

図 10 (a) 及び (b) に示すように丸型ポール校正器 41 は、丸型ターゲット 3 を、1 本の鉛直に延びた棒（ポール）42 に複数枚（図示例では 3 枚）固定してなるものである。

【0072】

ステレオカメラの位置姿勢校正を行うためにこの丸型ポール校正器 41 を設置する際には、例えば図 10 (a) に示すような三脚形状の設置台 43 又は図 10 (b) に示すようなスタンド形状の設置台 44 を用意し、これらの設置台 43 又は 44 を、屋外や工場内などのステレオカメラで撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測を行う場所の所定位置へ置く。そして、この設置台 43 又は 44 の所定位置に丸型ポール校正器 41 を取り付け、この丸型ポール校正器 41 をステレオカメラで撮影して校正用のステレオ画像を取得する。このとき丸型ポール校正器 41 は各丸型ターゲット 3 の丸 2 を水平方向に向けた状態となる。なお、この場合も、各丸型ポール校正器 41 の丸型ターゲット 3 の三次元位置データは、設置台 43 又は 44 の設置位置のデータ、設置台 43 又は 44 上に丸型ポール校正器 41 を設置した位置のデータ、丸型ポール校正器 41 の設計データ（棒 42 の寸法データや各丸型ターゲット 3 の固定位置データなど）に基づいて計算することができる。

30

40

【0073】

この丸型ポール校正器 41 を用いる場合にも、校正器を丸型ラック校正器 5 から丸型ポール校正器 41 に代える他は、上記実施の形態 1 と同様であり（図 3、図 5、図 6、図 7 参照）、ここでの説明は省略する。

【0074】

また、図 11 (a) 及び (b) に示すように球型ポール校正器 51 は、球型ターゲット 33 を、1 本の鉛直に延びた棒（ポール）42 に複数個（図示例では 3 個）固定してなるものである。この場合も、球型ターゲット 33 の固定方法としては、上記実施の形態 2 と同様（図 8、図 9 参照）、棒 42 に丸型ターゲット 33 を串刺し状に固定するタイプと、棒

50

4 2 に球型ターゲット 3 3 を貼り付けるようにして固定することにより、球型ターゲット 3 3 全体をステレオカメラから見える方に露出させるタイプとがある。

【0075】

ステレオカメラの位置姿勢校正を行うためにこの球型ポール校正器 5 1 を設置する際には、例えば図 1 1 (a) 示すような三脚形状の設置台 4 3 又は図 1 1 (b) に示すようなスタンド形状の設置台 4 4 を用意し、これらの設置台 4 3 又は 4 4 を、屋外や工場内などのステレオカメラで撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測を行う場所の所定位置へ置く。そして、この設置台 4 3 又は 4 4 の所定位置に球型ポール校正器 5 1 を取り付け、この球型ポール校正器 5 1 をステレオカメラで撮影して校正用のステレオ画像を取得する。なお、この場合も、各丸型ポール校正器 5 1 の球型ターゲット 3 3 の三次元位置データは、設置台 4 3 又は 4 4 の設置位置のデータ、設置台 4 3 又は 4 4 上に球型ラック校正器 1 を設置した位置のデータ、球型ラック校正器 5 1 の設計データ (棒 4 2 の寸法データや球型ターゲット 3 3 の固定位置データなど) に基づいて計算することができる。

10

【0076】

この球型ポール校正器 5 1 を用いる場合にも、校正器を球型ラック校正器 3 1 5 から球型ポール校正器 5 1 に代える他は、上記実施の形態 2 と同様であり (図 3 、 図 5 、 図 6 、 図 7 参照) 、ここでの説明は省略する。

【0077】

また、図 1 2 に示すように、球型格子校正器 6 1 は、複数の棒 6 2 a を組み合わせて立体 (図示例では立方体) の格子状に構成した立体格子である櫓 6 2 の各格子点に球型ターゲット 3 3 を固定してなるものである。

20

【0078】

ステレオカメラの位置姿勢校正を行うためにこの球型格子校正器 6 1 を設置する際には、例えば図示のようなスタンド形状の設置台 4 4 を、屋外や工場内などのステレオカメラで撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測を行う場所の所定位置へ置き、この設置台 4 4 の所定位置に球型格子校正器 6 1 を取り付け、この球型格子校正器 6 1 をステレオカメラで撮影して校正用のステレオ画像を取得する。なお、この場合も、球型ラック校正器 6 1 の球型ターゲット 3 3 の三次元位置データは、設置台 4 4 の設置位置のデータ、設置台 4 4 上に球型格子校正器 6 1 を設置した位置のデータ、球型格子校正器 6 1 の設計データ (立体格子 6 2 の寸法データや球型ターゲット 3 3 の固定位置データなど) に

30

【0079】

この球型格子校正器 6 1 を用いる場合にも、校正器を球型ラック校正器 3 1 から球型格子校正器 6 1 に代える他は、上記実施の形態 2 と同様であり (図 3 、 図 5 、 図 5 、 図 6 、 図 7 参照) 、ここでの説明は省略する。

【0080】

本実施の形態 3 によれば、丸型ポール校正器 4 1 を用いる場合には、丸型ポール校正器 4 1 を複数個使用して適宜に設置することができるため、丸型ラック校正器に比べてターゲットの配置形態に自由度がある。

【0081】

また、球型ラック校正器 5 1 を用いる場合には、上記のような丸型ポール校正器 4 1 の持つ効果に加えて、ステレオカメラの設置場所が球型ポール校正器 5 1 の正面付近でなくてもステレオ画像上の球型ターゲット 3 3 の形状が円形状のまま変化しないため、球型ターゲット 3 3 のステレオ画像上の位置をより精度よく検出することができるという効果がある。

40

【0082】

また、球型格子校正器 6 1 を用いる場合には、球型格子校正器 6 1 を設置した路面や床面などからの撮影以外は、どの方向からでも球型ターゲット 3 3 を撮影することができるため、様々なステレオカメラの設置状況に対応できる。

【0083】

50

ところで、上記では丸型ラック校正器 5、球型ラック校正器 3 1、丸型ポール校正器 4 1、球型ポール校正器 5 1、球型格子校正器 6 1 を、設置台 7、4 3、4 4 を介して路面や床面などに設置しているが、これに限定するものではなく、校正器に路面や床面などに設置可能な部分（例えば脚部など）を一体的に形成することなどにより、校正器を直接路面や床面などに設置してもよい。この場合には、設置位置データとして、校正器の設置位置データを入力すればよい。特に、図 1 2 の球型格子校正器 6 1 は設置台 4 4 を用いずにそのまま路面や床面に直接設置することもでき、この場合には設置位置データとして球型ラック校正器 6 1 の設置位置データを入力すればよい。

【 0 0 8 4 】

なお、ここでカメラ位置姿勢データの具体的な計算方法について説明する。

10

【 0 0 8 5 】

図 1 3 に示すように、カメラを x 軸まわりに、y 軸まわりに、z 軸まわりに回転させたとする。ここで、の順に回転させると、カメラの姿勢は次のように表される。

【 0 0 8 6 】

【数 1】

$$R = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

20

$$R = R_{\omega} R_{\phi} R_{\kappa} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & -\sin \omega \\ 0 & \sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \kappa & -\sin \kappa & 0 \\ \sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{array}{lll} a_{11} = \cos \phi \cos \kappa & a_{12} = -\cos \phi \sin \kappa & a_{13} = \sin \phi \\ a_{21} = \cos \omega \sin \kappa + \sin \omega \sin \phi \cos \kappa & a_{22} = \cos \omega \cos \kappa - \sin \omega \sin \phi \sin \kappa & a_{23} = -\sin \omega \cos \phi \\ a_{31} = \sin \omega \sin \kappa - \cos \omega \sin \phi \cos \kappa & a_{32} = \sin \omega \cos \kappa + \cos \omega \sin \phi \sin \kappa & a_{33} = \cos \omega \cos \phi \end{array}$$

30

【 0 0 8 7 】

図 1 4 に示すように、カメラ位置 (X₀, Y₀, Z₀) とレンズ焦点距離 c より、三次元空間上の点 (X, Y, Z) は CCD 上の点 (X_p, Y_p, Z_p) へ写像される。

【 0 0 8 8 】

【数 2】

$$\begin{pmatrix} X_p - X_0 \\ Y_p - Y_0 \\ Z_p - Z_0 \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} x \\ y \\ -c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}x + a_{12}y - a_{13}c \\ a_{21}x + a_{22}y - a_{23}c \\ a_{31}x + a_{32}y - a_{33}c \end{pmatrix}$$

40

【 0 0 8 9 】

カメラ位置、CCD 上の点、三次元空間上の点は一直線上になければならないので共線条件が成立する。

【 0 0 9 0 】

【数 3】

$$\frac{X - X_0}{X_p - X_0} = \frac{Y - Y_0}{Y_p - Y_0} = \frac{Z - Z_0}{Z_p - Z_0}$$

50

【 0 0 9 1 】

これに上の式を代入すると、

【 0 0 9 2 】

【 数 4 】

$$\left. \begin{aligned} X-X_0 &= (Z-Z_0) \frac{a_{11}X+a_{12}Y-a_{13}C}{a_{31}X+a_{32}Y-a_{33}C} \\ Y-Y_0 &= (Z-Z_0) \frac{a_{21}X+a_{22}Y-a_{23}C}{a_{31}X+a_{32}Y-a_{33}C} \end{aligned} \right\}$$

10

【 0 0 9 3 】

ここまでは基準座標系で考えたが、次にこれをカメラ座標系で考える。カメラ座標における三次元空間上の点を (x_p, y_p, z_p) とすると、

【 0 0 9 4 】

【 数 5 】

$$\begin{pmatrix} X-X_0 \\ Y-Y_0 \\ Z-Z_0 \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix}$$

20

の逆変換

$$\begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix} = R^{-1} \begin{pmatrix} X-X_0 \\ Y-Y_0 \\ Z-Z_0 \end{pmatrix}$$

【 0 0 9 5 】

ここで回転行列 R は直交行列なので、その逆行列は転置行列 R^t と同じになる。

【 0 0 9 6 】

【 数 6 】

$$R^{-1}=R^t = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} \\ a_{12} & a_{22} & a_{32} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{pmatrix}$$

30

【 0 0 9 7 】

カメラ座標系におけるカメラ位置 $(0, 0, 0)$ 、CCD上の点 $(x, y, -c)$ 、三次元空間上の点 (x_p, y_p, z_p) の共線条件式は、

【 0 0 9 8 】

【 数 7 】

$$\frac{x}{x_p} = \frac{y}{y_p} = \frac{-c}{z_p}$$

40

【 0 0 9 9 】

これに今までの式を代入すると、

【 0 1 0 0 】

【 数 8 】

$$\begin{aligned}
 x &= -c \frac{a_{11}(X-X_0) + a_{21}(Y-Y_0) + a_{31}(Z-Z_0)}{a_{13}(X-X_0) + a_{23}(Y-Y_0) + a_{33}(Z-Z_0)} \\
 y &= -c \frac{a_{12}(X-X_0) + a_{22}(Y-Y_0) + a_{32}(Z-Z_0)}{a_{13}(X-X_0) + a_{23}(Y-Y_0) + a_{33}(Z-Z_0)}
 \end{aligned}$$

【0101】

これは対象物の三次元空間上の点 (X , Y , Z) が CCD 上の点 (x , y) へうつされる式で計測の基本式になる。この基本式についてカメラ姿勢の係数 a_{ij} とカメラ位置 (X_0 , Y_0 , Z_0) を最小二乗法により求める。 10

【0102】

【発明の効果】

以上、発明の実施の形態とともに具体的に説明したように、第1発明の校正器によれば、板に丸を描いた丸型ターゲットを、棒で組み立てたラックに複数枚固定してなり、前記ステレオカメラの位置姿勢校正を行うとき、前記丸型ターゲットの丸を水平方向に向けた状態で、直接又は設置台を介して、前記ステレオカメラで撮影するステレオ画像により計測対象物体の三次元計測を行う場所の所定位置に設置される丸型ラック校正器であるため、ステレオカメラが、水平に向く場合、斜め上方から見下ろす場合、斜め下方から見上げる場合などの広範囲なカメラ設置状態に対応することができる。更に、丸型ラック校正器はその形状やターゲット位置が丸型ラック校正器を設計した時点で決まっているためターゲットの配置を自由に選ぶことができない反面、ターゲット配置が決まっていることでラック4上のターゲット位置を計算により求めることができ、実際には丸型ラック校正器の設置位置、又は、丸型ラック校正器及び設置台の設置位置が分かれば、これらの設置位置データと丸型ラック校正器の設計データとを合わせて、全ての丸型ターゲット(丸)の三次元位置を計算により自動的に求めることができる。 20

【0103】

また、第2発明の校正器によれば、球型ターゲットを棒で組み立てたラックに複数個固定してなり球型ラック校正器であり、この球型ラック校正器の球型ターゲットはどの方向からみても円形状に見えるため、球型ラック校正器の正面付近にステレオカメラが設置されていない場合でも、ステレオ画像上での球型ターゲットの形状が楕円状に歪むことなく円形状のままである。このため、ステレオ画像上での球型ターゲットの中心位置を画像処理によって、より精度よく求めることができる。 30

【0104】

また、第3発明の校正器によれば、板に丸を描いた丸型ターゲットを一本の棒に複数個固定してなる丸型ポール校正器であり、これを複数個使用して適宜に設置することができるため、丸型ラック校正器に比べてターゲットの配置形態に自由度がある。

【0105】

また、第4発明の校正器によれば、球型ターゲットを一本の棒に複数個固定してなる球型ポール校正器であるため、上記のような丸型ポール校正器の持つ効果に加えて、ステレオカメラの設置場所が球型ポール校正器の正面付近でなくてもステレオ画像上の球型ターゲットの形状が円形状のまま変化しないため、球型ターゲットのステレオ画像上の位置をより精度よく検出することができるという効果がある。 40

【0106】

また、第5発明の校正器によれば、前記球型ターゲットを前記棒に串刺し状に固定したため、構造的に頑丈であり、しかも、棒が球型ターゲットの中心軸を通るように球型ターゲットを取り付けるため、球型ターゲットを棒に固定する際の球型ターゲットの1つ1つの位置のバラツキが少ない。

【0107】

また、第6発明の校正器によれば、球型ターゲットを、棒に球型ターゲットを貼り付けるようにして固定することにより、球型ターゲット全体をステレオカメラから見える方に露出させたため、球型ターゲットがある側にステレオカメラを設置する限り、ステレオカメラから見て、球型ターゲットの一部が球型ターゲットを固定している棒に隠れることがなく、ステレオ画像上で常に球型ターゲットの円形状全体を得ることができるため、画像処理により球型ターゲットの中心位置を求める場合にデータの欠落がなく、より精度よくターゲット中心位置データを求めることができる。

【0108】

また、第7発明の校正器によれば、棒を組み合わせて立体の格子状に構成した櫓の各格子点に球型ターゲットを固定してなる球型格子校正器であるため、球型格子校正器を設置した路面や床面などからの撮影以外は、どの方向からでも球型ターゲットを撮影することができ、様々なステレオカメラの設置状況に対応できる。

10

【0109】

また、第8発明のステレオカメラ位置姿勢校正装置によれば、丸型ラック校正器、球型ラック校正器、丸型ポール校正器、球型ポール校正器又は球型格子校正器をステレオカメラで撮影したステレオ画像に基づいてカメラ位置姿勢データを計算するため、従来の機械的な方法のように移動機構や回転機構によってステレオカメラを精密に設置する必要がなく、また、ステレオカメラを設置するために移動機構や回転機構などの装置を装備する必要もない。更に、ステレオ画像や各種データを入力してしまえば、その後の丸型ターゲット(丸)又は球型ターゲットをステレオ画像で検出してステレオカメラの位置姿勢データを計算するまでの一連の処理を自動的に計算処理によって行うことができ、作業者の負担を軽減することができる。

20

【0110】

また、第9発明のステレオカメラ位置姿勢校正装置によれば、丸型ラック校正器や丸型ポール校正器に対してステレオカメラが正面付近に設置されていないために丸型ターゲットの丸部分の映像が楕円状に歪んでしまった場合でも、この丸部分の中心位置を二値化処理と重心計算によって求めるため、問題なく丸部分の中心位置データを求めることができる。

【0111】

また、第10発明のステレオカメラ位置姿勢校正装置によれば、円抽出による方法で球型ターゲットの中心位置(ターゲット中心位置データ)を求めるため、即ち、球型ターゲットの輪郭線をエッジ抽出と円近似により求めるため、背景ノイズに強く、様々な不要物体がステレオ画像内に入った場合でも球型ターゲットの中心位置を正確に求めることができるため、屋外や工場内のような煩雑な状況においても適用が可能である。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係る丸型ラック校正器の丸型ターゲットの構成例を示す図である。

【図2】前記丸型ラック校正器の構成例を示す図である。

【図3】本発明の実施の形態1に係るステレオカメラ位置姿勢校正装置の構成例を示すブロック図である。

【図4】前記ステレオカメラ位置姿勢校正装置によるターゲット検索範囲の設定例を示す図である。

40

【図5】前記ステレオカメラ位置姿勢校正装置によるステレオカメラ位置姿勢計算のフローチャートである。

【図6】カメラ校正データ取得装置の構成例を示すブロック図である。

【図7】カメラ位置姿勢計算装置の構成例を示すブロック図である。

【図8】本発明の実施の形態2に係る球型ラック校正器の構成例を一部省略して示す図である。

【図9】本発明の実施の形態2に係る球型ラック校正器の他の構成例を一部省略して示す図である。

【図10】本発明の実施の形態3に係る丸型ポール校正器の構成例を示す図である。

50

【図 1 1】本発明の実施の形態 3 に係る球型ボール校正器の構成例を示す図である。

【図 1 2】本発明の実施の形態 3 に係る球型格子校正器の構成例を示す図である。

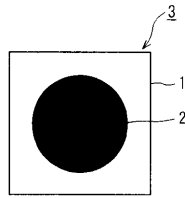
【図 1 3】カメラ位置姿勢データの計算方法を説明するための図である。

【図 1 4】カメラ位置姿勢データの計算方法を説明するための図である。

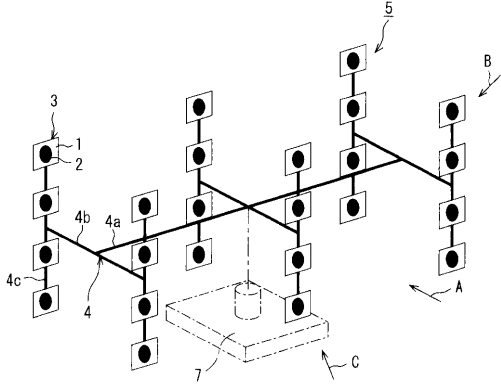
【符号の説明】

1	板	
2	丸	
3	丸型ターゲット	
4	ラック	
4 a , 4 b , 4 c	棒	10
5	丸型ラック校正器	
7	設置台	
1 0	ステレオカメラ位置姿勢校正装置	
1 0 A	カメラ校正データ取得装置	
1 0 B	カメラ位置姿勢計算装置	
1 1	画像入力部	
1 2	データ入力部	
1 3	データ計算部	
1 4 , 1 4 A , 1 4 B	メモリ部	
1 5 L , 1 5 R	ステレオカメラ	20
1 6	設置位置データ入力部	
1 7	設計データ入力部	
1 8	カメラ基礎データ入力部	
1 9	カメラ設置位置データ入力部	
2 0	カメラ設置姿勢データ入力部	
2 1	ターゲット三次元位置計算部	
2 2	ターゲット画像上位置計算部	
2 3	ターゲット探索範囲設定部	
2 4	ターゲット中心位置計算部	
2 5	カメラ位置姿勢計算部	30
2 6	ターゲット探索範囲	
2 7	データ送信部	
2 8	データ受信部	
3 1	球型ラック校正器	
3 3	球型ターゲット	
4 1	丸型ボール校正器	
4 2	棒	
4 3 , 4 4	設置台	
6 1	球型格子校正器	
6 2	櫓	40
6 2 a	棒	

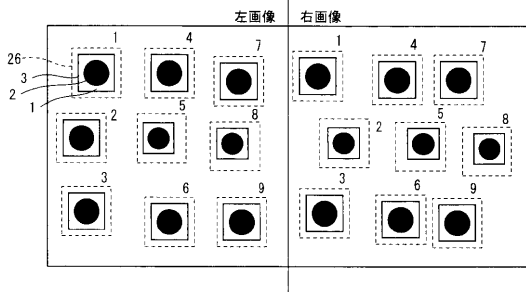
【図 1】



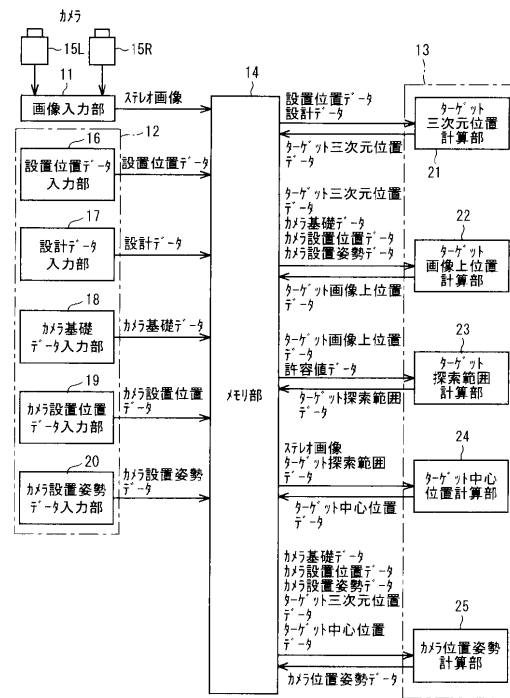
【図 2】



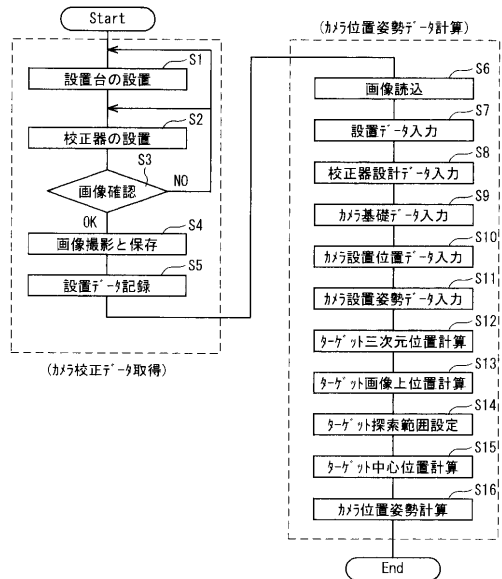
【図 4】



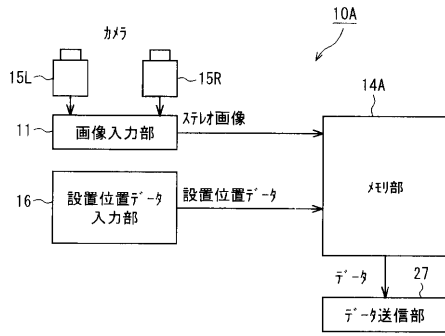
【図 3】



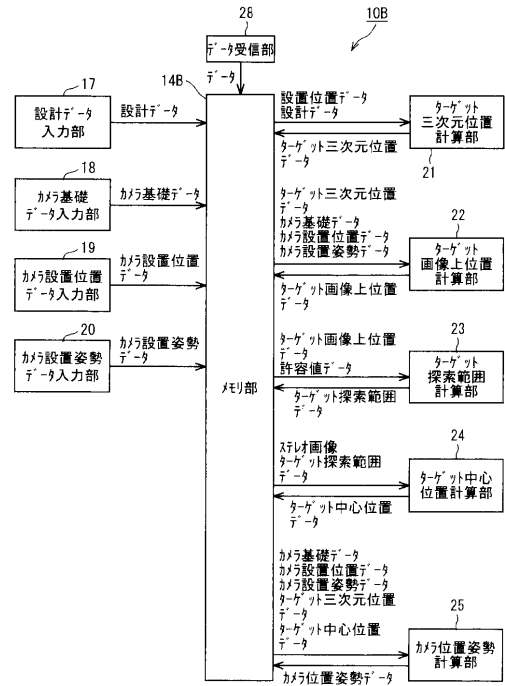
【図 5】



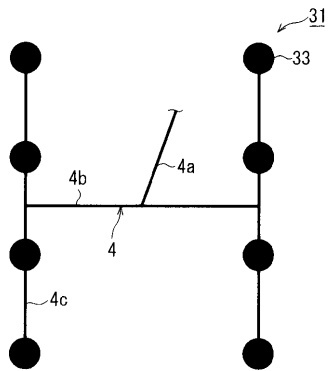
【 図 6 】



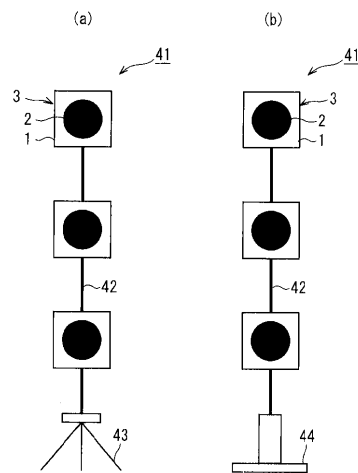
【 図 7 】



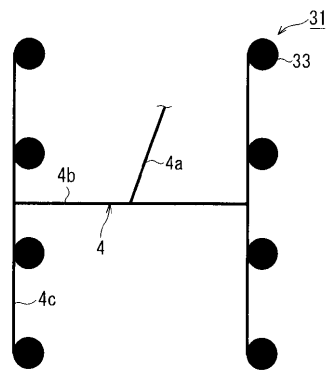
【 図 8 】



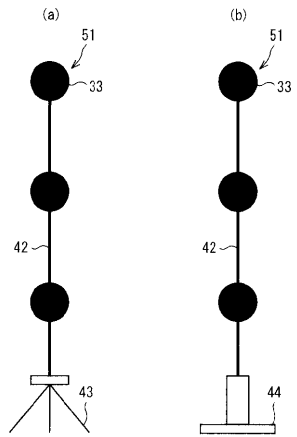
【 図 10 】



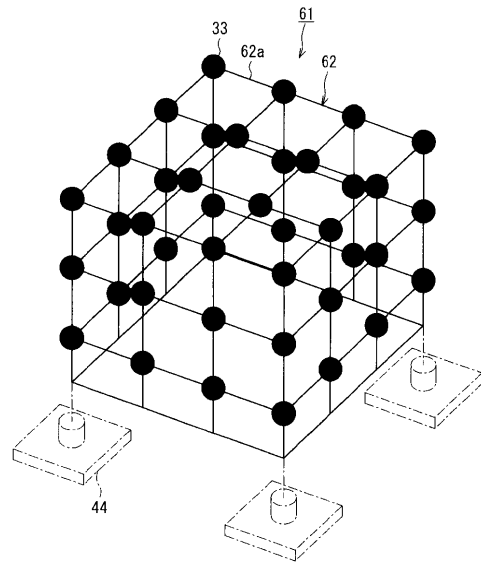
【 図 9 】



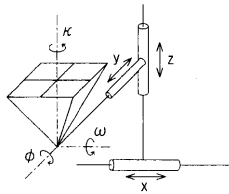
【 図 1 1 】



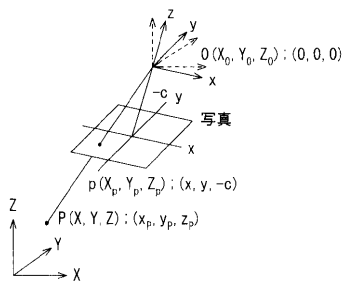
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 庭川 誠

東京都品川区大崎二丁目1番17号 株式会社明電舎内

(72)発明者 恩田 寿和

東京都品川区大崎二丁目1番17号 株式会社明電舎内

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA17 AA37 BB06 BB07 BB28 CC00 EE00 FF05 FF61
JJ03 JJ05 JJ26 QQ00 QQ23 QQ24 QQ26 QQ28