

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6370478号
(P6370478)

(45) 発行日 平成30年8月8日 (2018.8.8)

(24) 登録日 平成30年7月20日 (2018.7.20)

(51) Int.Cl.

F I

GO 6 T 7/246 (2017.01)

GO 1 B 11/00 (2006.01)

GO 1 B 11/25 (2006.01)

GO 6 T 7/246

GO 1 B 11/00 H

GO 1 B 11/25 H

請求項の数 12 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2017-515654 (P2017-515654)	(73) 特許権者	506414749
(86) (22) 出願日	平成27年5月29日 (2015.5.29)		コー・ヤング・テクノロジー・インコーポ
(65) 公表番号	特表2017-522674 (P2017-522674A)		レーテッド
(43) 公表日	平成29年8月10日 (2017.8.10)		大韓民国、ソウル、クムチョング、カサ
(86) 国際出願番号	PCT/KR2015/005442		ンデジタル 2ーロ、53、F14ー15
(87) 国際公開番号	W02015/183049		(カサンードン、ハラ シグマ バレー
(87) 国際公開日	平成27年12月3日 (2015.12.3)		)
審査請求日	平成28年11月29日 (2016.11.29)	(73) 特許権者	512009953
(31) 優先権主張番号	10-2014-0065168		キュンボク ナショナル ユニバーシティ
(32) 優先日	平成26年5月29日 (2014.5.29)		インダストリーーアカデミック コーオ
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		ペレーション ファウンデーション
			大韓民国 702ー701 テグ プサー
			ク テハクーロ 80
		(74) 代理人	100079049
			弁理士 中島 淳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 オプティカルトラッキングシステム及びオプティカルトラッキングシステムのマーカ部

の姿勢算出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

特定情報を有するパターン(pattern)及び前記パターンから離隔されて配置され第1焦点距離を有する第1レンズを含むマーカ部(marker)部と、

第2焦点距離を有する第2レンズ及び前記第2レンズから離隔されて配置され、前記第1レンズと前記第2レンズによって前記パターンのイメージが結像される結像ユニットを含む結像部と、

前記パターンのパターン面上の座標と前記パターンのイメージ上のピクセル座標の間の座標変換式からマーカ部の姿勢を決定し、決定された前記マーカ部の姿勢を用いて前記マーカ部をトラッキングする処理部と

を含むオプティカルトラッキングシステム。

【請求項 2】

前記処理部は、前記パターンのパターン面上の座標に該当する第1座標を前記マーカ部の前記第1レンズに対する3次元的座標に該当する第2座標に変換する第1変換行列及び前記第2座標の前記第2レンズに対する3次元的座標に該当する第3座標を前記結像部の前記パターンのイメージ上のピクセル座標に該当する第4座標に変換する第2変換行列を取得し、

前記座標変換式は、前記第1変換行列及び前記第2変換行列を含んで前記第1座標を前記第4座標に変換するように定義され、

前記処理部は、前記座標変換式から前記マーカ部の姿勢を定義する姿勢定義行列を取

得することを特徴とする、請求項 1 に記載のオブティカルトラッキングシステム。

【請求項 3】

前記座標変換式は、下記の数式により定義されることを特徴とする、請求項 2 に記載のオブティカルトラッキングシステム。

$$s \begin{bmatrix} u' \\ v' \\ 1 \end{bmatrix} = [A][R][C] \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix}$$

10

((u,v)は前記第 1 座標、(u',v')は前記第 4 座標、[C]は前記第 1 変換行列、[A]は前記第 2 変換行列、[R]は前記姿勢定義行列、sは比例定数)

【請求項 4】

前記第 1 変換行列は、下記の数式により定義されることを特徴とする、請求項 3 に記載のオブティカルトラッキングシステム。

$$[C] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -u_c \\ 0 & 1 & -v_c \\ 0 & 0 & f_b \end{bmatrix}$$

20

((u_c,v_c)は前記パターンの中心の座標、f_bは前記第 1 焦点距離)

【請求項 5】

前記処理部は、少なくとも 3 つ以上の撮影イメージからu_c、v_c及びf_bのキャリブレーション値を取得することにより前記第 1 変換行列を取得することを特徴とする、請求項 4 に記載のオブティカルトラッキングシステム。

【請求項 6】

前記第 2 変換行列は、下記の数式により定義されることを特徴とする、請求項 3 に記載のオブティカルトラッキングシステム。

30

$$[A] = \begin{bmatrix} -\frac{f_c}{pw} & 0 & u'_c \\ 0 & -\frac{f_c}{ph} & v'_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

10

((u'_c, v'_c)は前記パターンの中心に対応する前記パターンのイメージ上のピクセル座標、 f_c は前記第2焦点距離、 pw は前記パターンのイメージのピクセルの幅、 ph は前記パターンのイメージのピクセルの高さ)

【請求項7】

前記処理部は、少なくとも3つ以上の撮影イメージから f_c 、 pw 、 ph のキャリブレーション値を取得することにより前記第2変換行列を取得することを特徴とする、請求項6に記載のオプティカルトラッキングシステム。

20

【請求項8】

前記処理部は、前記第1座標及び前記第4座標に対する複数のデータを取得し、前記取得された複数のデータが適用された下記の数式により前記姿勢定義行列を取得することを特徴とする、請求項3に記載のオプティカルトラッキングシステム。

$$[R] = [A]^{-1} \begin{bmatrix} H_1 & H_2 & H_3 \\ H_4 & H_5 & H_6 \\ H_7 & H_8 & H_9 \end{bmatrix} [C]^{-1}$$

30

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & u_1 & v_1 & -1 & u_1 v'_1 & v_1 v'_1 & v'_1 \\ u_1 & v_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & u_1 u'_1 & v_1 u'_1 & u'_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & u_n & v_n & -1 & u_n v'_n & v_n v'_n & v'_n \\ u_n & v_n & 1 & 0 & 0 & 0 & u_n u'_n & v_n u'_n & u'_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \\ H_4 \\ H_5 \\ H_6 \\ H_7 \\ H_8 \\ H_9 \end{bmatrix} = 0$$

40

((u_1, v_1), ..., (u_n, v_n)は前記第1座標のデータ、(u'_1, v'_1), ..., (u'_n, v'_n)は前記第4座標のデータ)

50

【請求項 9】

前記処理部は、前記第 1 座標及び前記第 4 座標に対する複数のデータを取得し、前記取得された複数のデータが適用された下記の数式により前記姿勢定義行列を取得することを特徴とする、請求項 3 に記載のオプティカルトラッキングシステム。

$$[R] = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix}$$

10

$$\begin{bmatrix} \frac{f_c}{pw} u_1 & \frac{f_c}{pw} v_1 & \frac{f_c}{pw} f_b & 0 & 0 & 0 & (u'_1 - u'_c)u_1 & (u'_1 - u'_c)v_1 & (u'_1 - u'_c)f_b \\ 0 & 0 & 0 & \frac{f_c}{ph} u_1 & \frac{f_c}{ph} v_1 & \frac{f_c}{ph} f_b & (v'_1 - v'_c)u_1 & (v'_1 - v'_c)v_1 & (v'_1 - v'_c)f_b \\ & & & & & \vdots & & & \\ \frac{f_c}{pw} u_n & \frac{f_c}{pw} v_n & \frac{f_c}{pw} f_b & 0 & 0 & 0 & (u'_n - u'_c)u_n & (u'_n - u'_c)v_n & (u'_n - u'_c)f_b \\ 0 & 0 & 0 & \frac{f_c}{ph} u_n & \frac{f_c}{ph} v_n & \frac{f_c}{ph} f_b & (v'_n - v'_c)u_n & (v'_n - v'_c)v_n & (v'_n - v'_c)f_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} \\ r_{12} \\ r_{13} \\ r_{21} \\ r_{22} \\ r_{23} \\ r_{31} \\ r_{32} \\ r_{33} \end{bmatrix} = 0$$

20

$((u_1, v_1), \dots, (u_n, v_n))$ は前記第 1 座標のデータ、 $((u'_1, v'_1), \dots, (u'_n, v'_n))$ は前記第 4 座標のデータ、 (u'_c, v'_c) は前記パターンの中心に対応する前記パターンのイメージ上のピクセル座標、 f_c は前記第 2 焦点距離、 pw は前記パターンのイメージのピクセルの幅、 ph は前記パターンのイメージのピクセルの高さ)

【請求項 10】

特定情報を有するパターン(pattern)及び前記パターンから離隔されて配置され第 1 焦点距離を有する第 1 レンズを含むマーカ(marker)部、及び第 2 焦点距離を有する第 2 レンズ及び前記第 2 レンズから離隔されて配置され前記第 1 レンズと前記第 2 レンズによって前記パターンのイメージが結像される結像ユニットを含む結像部を含み、マーカ部をトラッキングするように前記マーカ部の姿勢を算出するためのオプティカルトラッキングシステムのマーカ部の姿勢算出方法において、

30

前記パターンのパターン面上の座標に該当する第 1 座標を前記マーカ部の前記第 1 レンズに対する 3 次元的座標に該当する第 2 座標に変換する第 1 変換行列及び前記第 2 座標の前記第 2 レンズに対する 3 次元的座標に該当する第 3 座標を前記結像部のイメージ上のピクセル座標に該当する第 4 座標に変換する第 2 変換行列を取得する段階と、

前記第 1 変換行列及び前記第 2 変換行列を含み、前記第 1 座標を前記第 4 座標に変換する座標変換式から前記マーカ部の姿勢を定義する姿勢定義行列を取得する段階とを含むオプティカルトラッキングシステムのマーカ部の姿勢算出方法。

40

【請求項 11】

前記座標変換式は、下記の数式により定義されることを特徴とする、請求項 10 に記載のオプティカルトラッキングシステムのマーカ部の姿勢算出方法。

$$s \begin{bmatrix} u' \\ v' \\ 1 \end{bmatrix} = [A][R][C] \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix}$$

10

((u,v)は前記第1座標、(u',v')は前記第4座標、[C]は前記第1変換行列、[A]は前記第2変換行列、[R]は前記姿勢定義行列、sは比例定数)

【請求項12】

前記第1変換行列は、下記の数式により定義され、

$$[C] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -u_c \\ 0 & 1 & -v_c \\ 0 & 0 & f_b \end{bmatrix}$$

20

((u_c,v_c)は前記パターンの中心の座標、f_bは前記第1焦点距離)

前記第2変換行列は、下記の数式により定義されることを特徴とする、請求項11に記載のオブティカルトラッキングシステムのマーカー部の姿勢算出方法。

30

$$[A] = \begin{bmatrix} -\frac{f_c}{pw} & 0 & u'_c \\ 0 & -\frac{f_c}{ph} & v'_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

40

((u'_c,v'_c)は前記パターンの中心に対応する前記パターンのイメージ上のピクセル座標、f_cは前記第2焦点距離、pwは前記パターンのイメージのピクセルの幅、phは前記パターンのイメージのピクセルの高さ)

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、オプティカルトラッキングシステム及びオプティカルトラッキングシステムのマーカー部の姿勢算出方法に関し、詳しくは、パターン情報を用いたオプティカルトラッキングシステム及びオプティカルトラッキングシステムのマーカー部の姿勢算出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、所定の物体の位置を追跡するために、オプティカルトラッキングシステム(optical tracking system)が用いられる。例えば、前記オプティカルトラッキングシステムは、手術ロボットのような装備で目的物をリアルタイムで追跡するために活用され得る。

【0003】

前記オプティカルトラッキングシステムは、通常、目的物に取り付けられる複数のマーカーと前記マーカーによって放出される光を結像させる結像ユニットを含み、前記結像ユニットから取得された情報を数学的に計算して位置情報などを取得する。

【0004】

しかし、従来のオプティカルトラッキングシステムは、複数のマーカーを含むことにより装備の大きさが大きくなる欠点があり、これにより小型の精密性が求められるトラッキングの場合、不適切であり得る。

【0005】

よって、マーカーを単純化すると共に、正確且つ容易にトラッキングできるオプティカルトラッキングシステムが求められる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

よって、本発明が解決しようとする課題は、マーカーを単純化すると共に、正確且つ容易にトラッキングできるオプティカルトラッキングシステムを提供することにある。

【0007】

本発明が解決しようとする他の課題は、上記のオプティカルトラッキングシステムに適用可能なオプティカルトラッキングシステムのマーカー部の姿勢算出方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の例示的な一実施例によるオプティカルトラッキングシステムは、マーカー(marker)部、結像部及び処理部を含む。前記マーカー部は、特定情報を有するパターン(pattern)、及び前記パターンから離隔されて配置され、第1焦点距離を有する第1レンズを含む。前記結像部は、第2焦点距離を有する第2レンズ、及び前記第2レンズから離隔されて配置され、前記第1レンズと前記第2レンズによって前記パターンのイメージが結像される結像ユニットを含む。前記処理部は、前記パターンのパターン面上の座標と前記パターンのイメージ上のピクセル座標との間の座標変換式から前記マーカー部の姿勢を決定し、決定された前記マーカー部の姿勢を用いて前記マーカー部をトラッキングする。

【0009】

一実施例として、前記処理部は、前記パターンのパターン面上の実際座標に該当する第1座標を前記マーカー部の前記第1レンズに対する3次元のローカル座標に該当する第2座標に変換する第1変換行列、及び前記第2座標の前記第2レンズに対する3次元のローカル座標に該当する第3座標を前記結像部の前記パターンのイメージ上のピクセル座標に該当する第4座標に変換する第2変換行列を取得することができ、前記座標変換式は、前記第1変換行列及び前記第2変換行列を含んで前記第1座標を前記第4座標に変換するように定義され得、前記処理部は、前記座標変換式から前記マーカー部の姿勢を定義する姿勢定義行列を取得することができる。

【0010】

前記座標変換式は、下記の数式により定義され得る。

$$s \begin{bmatrix} u' \\ v' \\ 1 \end{bmatrix} = [A][R][C] \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix}$$

((u,v)は前記第1座標、(u',v')は前記第4座標、[C]は前記第1変換行列、[A]は前記第2変換行列、[R]は前記姿勢定義行列、sは比例定数)

【0011】

前記第1変換行列は、下記の数式により定義され得る。

10

$$[C] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -u_c \\ 0 & 1 & -v_c \\ 0 & 0 & f_b \end{bmatrix}$$

((u_c,v_c)は前記パターンの中心の実際座標、f_bは前記第1焦点距離)

【0012】

前記処理部は、少なくとも3つ以上の撮影イメージから前記第1座標及び前記第4座標のデータを取得することができ、前記取得されたデータを下記の数式に適用してu_c、v_c及びf_bのキャリブレーション値を取得することにより前記第1変換行列を取得することができる。

20

【0013】

前記第2変換行列は、下記の数式により定義され得る。

$$[A] = \begin{bmatrix} -\frac{f_c}{pw} & 0 & u'_c \\ 0 & -\frac{f_c}{ph} & v'_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

30

((u'_c,v'_c)は前記パターンの中心に対応する前記パターンのイメージ上のピクセル座標、f_cは前記第2焦点距離、pwは前記パターンのイメージのピクセルの幅、phは前記パターンのイメージのピクセルの高さ)

【0014】

前記処理部は、少なくとも3つ以上の撮影イメージから前記第1座標及び前記第4座標のデータを取得することができ、前記取得されたデータを下記の数式に適用してf_c、pw、phのキャリブレーション値を取得することにより前記第2変換行列を取得することができる。

40

【0015】

前記処理部は、前記第1座標及び前記第4座標に対する複数のデータを取得し、前記取得された複数のデータが適用された下記の数式により前記姿勢定義行列を取得することができる。

$$[R] = [A]^{-1} \begin{bmatrix} H_1 & H_2 & H_3 \\ H_4 & H_5 & H_6 \\ H_7 & H_8 & H_9 \end{bmatrix} [C]^{-1}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & u_1 & v_1 & -1 & u_1 v'_1 & v_1 v'_1 & v'_1 \\ u_1 & v_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & u_1 u'_1 & v_1 u'_1 & u'_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & u_n & v_n & -1 & u_n v'_n & v_n v'_n & v'_n \\ u_n & v_n & 1 & 0 & 0 & 0 & u_n u'_n & v_n u'_n & u'_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \\ H_4 \\ H_5 \\ H_6 \\ H_7 \\ H_8 \\ H_9 \end{bmatrix} = 0 \quad 10$$

((u₁, v₁), ..., (u_n, v_n)は前記第1座標のデータ、(u'₁, v'₁), ..., (u'_n, v'_n)は前記第4座標のデータ)

【0016】

前記処理部は、前記第1座標及び前記第4座標に対する複数のデータを取得し、前記取得された複数のデータが適用された下記の数式により前記姿勢定義行列を取得することができる。

$$[R] = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{f_c}{pw} u_1 & \frac{f_c}{pw} v_1 & \frac{f_c}{pw} f_b & 0 & 0 & 0 & (u'_1 - u'_c) u_1 & (u'_1 - u'_c) v_1 & (u'_1 - u'_c) f_b \\ 0 & 0 & 0 & \frac{f_c}{ph} u_1 & \frac{f_c}{ph} v_1 & \frac{f_c}{ph} f_b & (v'_1 - v'_c) u_1 & (v'_1 - v'_c) v_1 & (v'_1 - v'_c) f_b \\ & & & & & \vdots & & & \\ \frac{f_c}{pw} u_n & \frac{f_c}{pw} v_n & \frac{f_c}{pw} f_b & 0 & 0 & 0 & (u'_n - u'_c) u_n & (u'_n - u'_c) v_n & (u'_n - u'_c) f_b \\ 0 & 0 & 0 & \frac{f_c}{ph} u_n & \frac{f_c}{ph} v_n & \frac{f_c}{ph} f_b & (v'_n - v'_c) u_n & (v'_n - v'_c) v_n & (v'_n - v'_c) f_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} \\ r_{12} \\ r_{13} \\ r_{21} \\ r_{22} \\ r_{23} \\ r_{31} \\ r_{32} \\ r_{33} \end{bmatrix} = 0 \quad 30$$

((u₁, v₁), ..., (u_n, v_n)は前記第1座標のデータ、(u'₁, v'₁), ..., (u'_n, v'_n)は前記第4座標のデータ、(u'_c, v'_c)は前記パターンに対応する前記パターンのイメージ上のピクセル座標、f_cは前記第2焦点距離、pwは前記パターンのイメージのピクセルの幅、phは前記パターンのイメージのピクセルの高さ)

【0017】

本発明の例示的な他の実施例によるオプティカルトラッキングシステムのマーカー部の姿勢算出方法は、特定情報を有するパターン(pattern)及び前記パターンから離隔されて配置され第1焦点距離を有する第1レンズを含むマーカー(marker)部、及び第2焦点距離を有する第2レンズ及び前記第2レンズから離隔されて配置され前記第1レンズと前記第2レンズによって前記パターンのイメージが結像される結像ユニットを含む結像部を含み、前記マーカー部をトラッキングするように前記マーカー部の姿勢を算出するために提供される。前記オプティカルトラッキングシステムのマーカー部の姿勢算出方法は、前記パターンのパターン面上の実際座標に該当する第1座標を前記マーカー部の前記第1レンズ

に対する３次元のローカル座標に該当する第２座標に変換する第１変換行列、及び前記第２座標の前記第２レンズに対する３次元のローカル座標に該当する第３座標を前記結像部のイメージ上のピクセル座標に該当する第４座標に変換する第２変換行列を取得する段階と、前記第１変換行列及び前記第２変換行列を含み、前記第１座標を前記第４座標に変換する座標変換式から前記マーカ部姿勢を定義する姿勢定義行列を取得する段階とを含む。

【００１８】

前記座標変換式は、下記の数式により定義され得る。

$$s \begin{bmatrix} u' \\ v' \\ 1 \end{bmatrix} = [A][R][C] \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} \quad 10$$

((u,v)は前記第１座標、(u',v')は前記第４座標、[C]は前記第１変換行列、[A]は前記第２変換行列、[R]は前記姿勢定義行列、sは比例定数)

【００１９】

前記第１変換行列は、下記の数式により定義され得、

$$[C] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -u_c \\ 0 & 1 & -v_c \\ 0 & 0 & f_b \end{bmatrix} \quad 20$$

((u_c,v_c)は前記パターンの中心の実際座標、f_bは前記第１焦点距離)

【００２０】

前記第２変換行列は、下記の数式により定義され得る。

$$[A] = \begin{bmatrix} -\frac{f_c}{pw} & 0 & u'_c \\ 0 & -\frac{f_c}{ph} & v'_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad 30$$

((u'_c,v'_c)は前記パターンの中心に対応する前記パターンのイメージ上のピクセル座標、f_cは前記第２焦点距離、pwは前記パターンのイメージのピクセルの幅、phは前記パターンのイメージのピクセルの高さ)

【発明の効果】

【００２１】

本発明によれば、マーカ部をトラッキングするオプティカルトラッキングシステムにおいて、トラッキングが可能のようにマーカ部が特定情報のパターンを含んでマーカ部を小型化することができ、前記マーカ部と前記結像部の光学系を座標変換式でモデリングすることにより前記マーカ部の姿勢を決定することができるため、さらに単純で且つ容易な方法で正確なマーカ部のトラッキングを可能にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【００２２】

【図１】本発明の一実施例によるオプティカルトラッキングシステムを示す概念図である。

【図２】図１のオプティカルトラッキングシステムの処理部がマーカ部の姿勢を決定す

るために必要な問題解決の過程を概略的に示すフローチャートである。

【図3】図2の問題解決の過程のうちシステムモデリングを行う過程を示すフローチャートである。

【図4】図3のシステムモデリングを行う過程を説明するための概念図である。

【図5】図2の問題解決の過程のうち第2変換行列をキャリブレーションする過程を示すフローチャートである。

【図6】図2の問題解決の過程のうち第1変換行列をキャリブレーションする過程を示すフローチャートである。

【図7】図2の問題解決の過程のうち姿勢定義行列を取得する過程の一例を示すフローチャートである。

10

【図8】図2の問題解決の過程のうち姿勢定義行列を取得する過程の他の例を示すフローチャートである。

【図9】本発明の一実施例によるオプティカルトラッキングシステムのマーカー部の姿勢算出方法を示すフローチャートである。

【発明の具体的な説明】

【0023】

本発明は、多様な変更を加えることができ、様々な形態を有することができる、特定の実施例を図面に例示して本文に詳細に説明する。しかし、これは本発明を特定の開示形態に対して限定しようとするものではなく、本発明の思想及び技術範囲に含まれる全ての変更、均等物ないし代替物を含むものとして理解されるべきである。

20

【0024】

第1、第2などの用語は多様な構成要素を説明するのに用いられるが、上記構成要素は上記用語によって限定されてはならない。上記用語は1つの構成要素を他の構成要素から区別する目的でのみ用いられる。例えば、本発明の権利範囲を逸脱しないと共に、第1構成要素は第2構成要素と名づけられ得、同様に第2構成要素も第1構成要素と名づけられ得る。

【0025】

本出願で用いた用語は、単に特定の実施例を説明するために用いられるものであり、本発明を限定しようとする意図ではない。単数の表現は文脈上明白に異なる意味ではない限り、複数の表現を含む。本出願で「含む」または「有する」などの用語は、明細書に記載された特徴、数、段階、動作、構成要素、部分品またはこれらを組み合わせたものが存在することを指定しようとするのであり、1つまたはそれ以上の他の特徴や数、段階、動作、構成要素、部分品またはこれらを組み合わせたもの等の存在または付加の可能性を予め排除しないものと理解されるべきである。

30

【0026】

異なって定義されない限り、技術的または科学的な用語を含み、ここで用いられる全ての用語は、本発明の属する技術分野における通常の知識を有する者により一般的に理解されるのと同じの意味を有する。

【0027】

一般に用いられる予め定義されているような用語は、関連技術の文脈上の意味と一致する意味を有すると解釈されるべきであり、本出願で明白に定義しない限り、理想的であったり過度に形式的な意味として解釈されない。

40

【0028】

以下、添付の図面を参照して、本発明の望ましい実施例をさらに詳細に説明する。

【0029】

図1は、本発明の一実施例によるオプティカルトラッキングシステムを示す概念図である。

【0030】

図1を参照すると、本発明の例示的な一実施例によるオプティカルトラッキングシステム100は、マーカー(marker)部110、結像部120及び処理部130を含む。

50

【 0 0 3 1 】

前記マーカ部 1 1 0 は、パターン(pattern) 1 1 2 及び第 1 レンズ 1 1 4 を含む。

【 0 0 3 2 】

前記パターン 1 1 2 は、特定情報を有する。例えば、前記特定情報は、前記パターンは後述する結像部 1 2 0 でトラッキングのために認識できる情報であって、バーコード(bar code)と類似の 1 次元的パターン、Q R コードと類似の 2 次元的パターンなどを含むことができる。

【 0 0 3 3 】

前記第 1 レンズ 1 1 4 は、前記パターン 1 1 2 から離隔されて配置され、第 1 焦点距離を有する。例えば、前記第 1 レンズ 1 1 4 と前記パターン 1 1 2 との間の離隔距離は、後述する結像部 1 2 0 が遠距離においても前記パターン 1 1 2 を結像してトラッキングできるように、前記第 1 レンズ 1 1 4 の第 1 焦点距離と同一であり得る。この場合、前記第 1 レンズ 1 1 4 を通過する前記パターン 1 1 2 に対する光束(bundle of rays)は平行をなし得る。前記第 1 レンズ 1 1 4 は、例えば、顕微鏡の対物レンズと類似の機能を行うことができる。

10

【 0 0 3 4 】

前記マーカ部 1 1 0 は、光源を含めないことがあり、この場合、前記マーカ部 1 1 0 は外部に位置する照明を用いるパッシブマーカ(passive marker)として活用され得る。これとは異なって、前記マーカ部 1 1 0 は、光源を含むこともでき、この場合、前記マーカ部 1 1 0 は自らの照明を用いるアクティブマーカ(active marker)として活用され得る。

20

【 0 0 3 5 】

前記結像部 1 2 0 は、第 2 レンズ 1 2 2 及び結像ユニット 1 2 4 を含む。

【 0 0 3 6 】

前記第 2 レンズ 1 2 2 は、第 2 焦点距離を有する。前記第 2 レンズ 1 2 2 は、例えば、顕微鏡の接眼レンズと類似の機能を行うことができる。

【 0 0 3 7 】

前記結像ユニット 1 2 4 は、前記第 2 レンズ 1 2 2 から離隔されて配置され、前記第 1 レンズ 1 1 4 と前記第 2 レンズ 1 2 2 によって前記パターン 1 1 2 のイメージが結像される。例えば、前記結像ユニット 1 2 4 と前記第 2 レンズ 1 2 2 との間の離隔距離は、前記第 1 レンズ 1 1 4 を通過して平行をなす前記パターン 1 1 2 に対する光束を結像することができるように、前記第 2 レンズ 1 2 2 の第 2 焦点距離と同一であり得る。例えば、前記結像ユニット 1 2 4 は、C C D(charge coupled device)、C M O S(complementary metal-oxide semiconductor)などのようなイメージセンサを含むことができる。

30

【 0 0 3 8 】

前記処理部 1 3 0 は、前記パターン 1 1 2 のパターン面上の座標と前記パターン 1 1 2 のイメージ上のピクセル座標の間の座標変換式から前記マーカ部 1 1 0 の姿勢を決定する。前記処理部 1 3 0 は、決定された前記マーカ部 1 1 0 の姿勢を用いて前記マーカ部 1 1 0 をトラッキングする。前記処理部 1 3 0 は、例えば、コンピュータまたはさらに具体的に中央処理装置(CPU)を含むことができる。

40

【 0 0 3 9 】

以下、前記処理部 1 3 0 の機能の根拠になるシステムモデリングの過程及びこれにより前記マーカ部 1 1 0 の姿勢を決定する過程を図面を参照してさらに詳細に説明する。

【 0 0 4 0 】

図 2 は、図 1 のオプティカルトラッキングシステムの処理部がマーカ部の姿勢を決定するために必要な問題解決の過程を概略的に示すフローチャートである。

【 0 0 4 1 】

図 2 を参照すると、まずは上述した構成を有する前記オプティカルトラッキングシステム 1 0 0 に対してシステムモデリングを行う(S100)。

【 0 0 4 2 】

50

図1に示すようなオプティカルトラッキングシステム100において、前記パターン112のパターン面上の座標と前記パターン112のイメージ上のピクセル座標との間の座標変換は、前記オプティカルトラッキングシステム100の光学系により行われるため、前記オプティカルトラッキングシステム100の光学系による座標変換をモデリングすることにより前記座標変換式を設定することができる。このとき、前記オプティカルトラッキングシステム100の光学系による座標変換は、前記マーカ一部110及び前記結像部120のそれぞれの光学系、及びこれらの間の関係によってモデリングされ得る。

【0043】

続いて、システムモデリングの結果として取得された座標変換式のうち後述する第1及び第2変換行列をキャリブレーション(calibration)する(S200)。

10

【0044】

図1に示す前記パターン112のパターン面上の座標を第1座標、前記第1座標の前記第1レンズ114に対する3次元座標を第2座標、前記第2座標の前記第2レンズ122に対する3次元座標を第3座標、そして前記結像部120の前記パターン112のイメージ上のピクセル座標を第4座標とそれぞれ定義するとき、前記第1変換行列は、前記第1座標を前記第2座標に変換する行列であり、前記第2変換行列は、前記第3座標を前記第4座標に変換する行列である。

【0045】

前記システムモデリングの結果として取得された座標変換式は、図1に示す前記マーカ一部110及び前記結像部120の光学系の各種のパラメータに対する式で定められるが、前記パラメータを正確に取得できなかつたり機構的な配置状態などによって値が変わることがあるため、前記第1及び第2変換行列をキャリブレーションすることにより正確なシステムモデリングを可能にすることができる。

20

【0046】

次に、キャリブレーションの結果を用いて姿勢定義行列を取得する(S300)。

【0047】

ここで、姿勢は、前記マーカ一部110が向かっている方向を意味し、前記姿勢定義行列は、前記マーカ一部110の姿勢に関する情報を提供する行列であって、前記姿勢定義行列から前記マーカ一部110のロール(roll)、ピッチ(pitch)、ヨー(yaw)などを把握することができる。

30

【0048】

以下、図2に示す各段階について図面を参照してさらに具体的に説明する。

【0049】

図3は、図2の問題解決の過程のうちシステムモデリングを行う過程を示すフローチャートであり、図4は、図3のシステムモデリングを行う過程を説明するための概念図である。

【0050】

図3及び図4を参照すると、まず前記マーカ一部110と前記結像部120との間の光経路による3つの直線の方程式を取得する(S110)。

【0051】

40

具体的には、前記第1レンズ114の中心点を第1中心点A、前記第2レンズ122の中心点を第2中心点Oとし、前記パターン112上の任意の点をBとする。前記任意の点Bに対する光が前記第1レンズ114の第1中心点Aを通過する光は直進し、前記第1中心点Aを通過した光が前記第2レンズ122と会う点をDとし、前記D点で前記第2レンズ122により屈折されて前記結像ユニット124に結像される点をEとする。また、前記第1レンズ114の第1中心点Aを経て前記第2レンズ122の第2中心点Oを通過する光は直進し、この光が線分DEの延長線と会う点をCとする。

【0052】

このとき、線分AO(または線分AC)に対する直線の方程式、線分ADに対する直線の方程式、及び線分DCに対する直線の方程式を図4に示すようにそれぞれL1、L2及びL3と定義す

50

る。

【 0 0 5 3 】

ワールド座標系(world coordinate system)において、前記第 1 中心点Aの座標は(X,Y,Z)、前記第 2 中心点Oの座標は原点である(0,0,0)と設定する。前記第 2 レンズ 1 2 2 の第 2 中心点Oの座標を原点と設定するため、前記第 2 レンズ 1 2 2 に対する 3 次元のローカル座標系は、前記ワールド座標系と同一である。

【 0 0 5 4 】

また、前記パターン 1 1 2 上の任意の点(B点に対応)の座標を(u,v)、前記パターン 1 1 2 の中心点の座標を(u_c, v_c)、前記結像ユニット 1 2 4 に結像される前記パターン 1 1 2 のイメージのピクセル(E点に対応)の座標を(u', v')と定める。前記座標(u,v)、(u_c, v_c)は、一例として前記パターン 1 1 2 の左上側を基準に設定され得、前記座標(u', v')は一例として前記パターン 1 1 2 のイメージの左上側を基準に設定され得る。

10

【 0 0 5 5 】

一方、前記結像ユニット 1 2 4 を前記第 2 レンズ 1 2 2 の焦点距離 f_c に位置させると、前記結像ユニット 1 2 4 のz軸座標は $-f_c$ になる。

【 0 0 5 6 】

以上の情報を用いて前記 3 つの直線の方程式を順に取得する。

【 0 0 5 7 】

直線L1の方程式は線分AOから求め、ここでC点の位置を取得する。直線L2の方程式は線分ABから求め、ここでD点の位置を取得する。直線L3の方程式は、線分DCから求める。このとき、A点とO点のワールド座標が分かるので、B点のワールド座標のみ分かれば、前記 3 つの直線の方程式が分かる。

20

【 0 0 5 8 】

前記マーカー部 1 1 0 の姿勢を定義する姿勢定義行列を3*3行列[R]と定義し、行列[R]の各成分をそれぞれ r_{11} 、 r_{12} 、 r_{13} 、 r_{21} 、 r_{22} 、 r_{23} 、 r_{31} 、 r_{32} 、 r_{33} と定義すれば、B点のワールド座標はB点のパターン上座標(u,v)を行列[R]と前記第 1 レンズ 1 1 4 の焦点距離 f_b に基づいて変換した($r_{11}u+r_{12}v+r_{13}f_b+X$, $r_{21}u+r_{22}v+r_{23}f_b+Y$, $r_{31}u+r_{32}v+r_{33}f_b+Z$)と定めることができる。

【 0 0 5 9 】

よって、A点、O点及びB点のワールド座標から 3 つの直線の方程式を取得することができる。

30

【 0 0 6 0 】

続いて、前記取得された 3 つの直線の方程式から前記パターン 1 1 2 及びパターンのイメージの間の関係式を誘導する(S120)。

【 0 0 6 1 】

先に求めた直線L3の方程式でE点の位置(E点のワールド座標)を取得することができるため、これからE点のピクセル座標(u', v')が分かる。

【 0 0 6 2 】

これにより、E点のピクセル座標(u', v')をB点のパターン上座標(u,v)で示すことができるため、B点に対応する前記パターン 1 1 2 及びE点に対応するパターンのイメージの間の関係式を定めることができる。

40

【 0 0 6 3 】

次に、前記関係式を行列方程式で表して前記座標変換式として設定する(S130)。

【 0 0 6 4 】

前記関係式は、下記の数式 1 のような行列方程式で表すことができ、このような座標変換に関する行列方程式を前記座標変換式に設定することができる。

【 0 0 6 5 】

【数 1】

$$s \begin{bmatrix} u'_i \\ v'_i \\ 1 \end{bmatrix} = [A][R][C] \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -\frac{f_c}{pw.} & 0 & u'_c \\ 0 & -\frac{f_c}{ph.} & v'_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -u_c \\ 0 & 1 & -v_c \\ 0 & 0 & f_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$(s = r_{31}u_i + r_{32}v_i + r_{33}f_b)$$

10

ここで、 (u, v) は前記第 1 座標、 (u', v') は前記第 4 座標、 $[C]$ は前記第 1 変換行列、 $[A]$ は前記第 2 変換行列、そして $[R]$ は前記姿勢定義行列を意味する。また、 (u_c, v_c) は前記パターンの中心のパターン面上の座標、 f_b は前記第 1 焦点距離、 f_c は前記第 2 焦点距離、 pw は前記パターンのイメージのピクセルの幅、 ph は前記パターンのイメージのピクセルの高さである。また、 (u_i, v_i) 、 (u'_i, v'_i) において i は所定の i 番目のパターンであることを意味する。

【0066】

20

前記座標変換式は、図1で説明した前記第 1 及び第 2 変換行列及び前記姿勢定義行列の積でなされていることが分かる。

【0067】

具体的には、前記座標変換式を概念的に詳察すると、図1で説明した通り、前記パターン 112 のパターン面上の実際座標を第 1 座標 $((u, v))$ 、前記第 1 座標の前記第 1 レンズ 114 に対する 3 次元のローカル座標を第 2 座標、前記第 2 座標の前記第 2 レンズ 122 に対する 3 次元のローカル座標(ワールド座標と同一)を第 3 座標、そして前記結像部 120 の前記パターン 112 のイメージ上のピクセル座標を第 4 座標 $((u', v'))$ とそれぞれ定義するとき、前記座標変換式は、前記第 1 座標を前記第 2 座標に変換する第 1 変換行列 $[C]$ 、前記第 2 座標を前記第 3 座標に変換する姿勢定義行列 $[R]$ 、及び前記第 3 座標を前記第 4 座標に変換する第 2 変換行列 $[A]$ の積である $[A][R][C]$ で示されることが分かる。

30

【0068】

次に、前記システムモデリングの結果として取得された座標変換式のうち、前記第 1 及び第 2 変換行列をキャリブレーションする過程(S200)を図面を参照してさらに詳細に説明する。

【0069】

前記キャリブレーションは、前記第 2 変換行列に対してまず行って、続いて前記第 1 変換行列に対して行う。

【0070】

図 5 は、図 2 の問題解決の過程のうち第 2 変換行列をキャリブレーションする過程を示すフローチャートである。

40

【0071】

図 5 を参照すると、まずキャリブレーションのための数学的な解析が容易であるように、行列 $[B]$ と行列 $[H]$ を定義する(S210)。

【0072】

具体的には、前記第 2 変換行列 $[A]$ を用いて行列 $[B]$ を定義すれば、数式 2 の通りであり、前記第 1 変換行列 $[C]$ 、前記第 2 変換行列 $[A]$ 及び前記姿勢定義行列 $[R]$ を用いて行列 $[H]$ を定義すれば、数式 3 の通りである。

【0073】

【数 2】

$$[B]=[A]^{-T}*[A]^{-1}$$

【 0 0 7 4 】

【数 3】

$$[H]=[A][R][C]$$

ここで、各行列[A]、[B]、[C]、[H]、[R]は全て3*3の形態を有し、[H]=[h1, h2, h3]、
[R]=[r1, r2, r3]で示すことができる。

10

【 0 0 7 5 】

数式 3 の両辺に A^{-1} を乗じれば、数式 4 が取得される。

【 0 0 7 6 】

【数 4】

$$A^{-1}[h_1 h_2 h_3] = [r_1 r_2 T]$$

【 0 0 7 7 】

続いて、行列[R]の正規直交性(orthonormality)を用いて[H]と[B]の成分からなる方程式を設定する(S220)。

20

【 0 0 7 8 】

具体的には、回転行列(rotation matrix)に該当する姿勢定義行列[R]の正規直交性を用いれば、行列[B]を数式 5 のように定義することができる。

【 0 0 7 9 】

【数 5】

$$[B] = \begin{bmatrix} \frac{1}{\alpha^2} & 0 & -\frac{u'_c}{\alpha^2} \\ 0 & \frac{1}{\beta^2} & -\frac{v'_c}{\beta^2} \\ -\frac{u'_c}{\alpha^2} & -\frac{v'_c}{\beta^2} & \frac{u'^2_c}{\alpha^2} + \frac{v'^2_c}{\beta^2} + 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{11} & 0 & B_{13} \\ 0 & B_{22} & B_{23} \\ B_{13} & B_{23} & B_{33} \end{bmatrix}$$

30

ここで、 $\alpha = -f_c/pw$ 、 $\beta = -f_c/ph$ であり、 f_c は前記結像部 1 2 0 の第 2 レンズ 1 2 2 の焦点距離、pwとphはそれぞれピクセルの幅と高さを意味する。

【 0 0 8 0 】

行列[B]の0でない成分を用いて、列ベクトルbと v_{ij} を数式 6 のように定義する。

【 0 0 8 1 】

【数 6】

$$b = [B_{11} \ B_{22} \ B_{13} \ B_{23} \ B_{33}]^T$$

40

$$v_{ij} = [h_{i1}h_{j1}, h_{i2}h_{j2}, h_{i3}h_{j1} + h_{i1}h_{j3}, h_{i3}h_{j2} + h_{i2}h_{j3}, h_{i3}h_{j3}]^T$$

【 0 0 8 2 】

数式 6 に行列[R]の正規直交性を用いれば、数式 7 を得ることができる。

【 0 0 8 3 】

【数 7】

$$\begin{bmatrix} v_{12}^T \\ (v_{11} - v_{22})^T \end{bmatrix} b = 0$$

$$\begin{bmatrix} h_{11}h_{21}, h_{12}h_{22}, h_{13}h_{21} + h_{11}h_{23}, h_{13}h_{22} + h_{12}h_{23}, h_{13}h_{23} \\ h_{11}h_{11} - h_{21}h_{21}, h_{12}h_{12} - h_{22}h_{22}, h_{13}h_{11} + h_{11}h_{13} - (h_{23}h_{21} + h_{21}h_{23}), h_{13}h_{12} + h_{12}h_{13} - (h_{23}h_{22} + h_{22}h_{23}), h_{13}h_{13} - h_{23}h_{23} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_{11} \\ B_{22} \\ B_{13} \\ B_{23} \\ B_{33} \end{bmatrix} = 0 \quad 10$$

【0 0 8 4】

次に、3枚以上の映像データを[H]に適用して[B]の解を求める(S230)。

【0 0 8 5】

具体的には、少なくとも3枚以上の映像を数式7に適用した後、一例として特異値分解(singular value decomposition、SVD)のような方法を用いて列ベクトルbを求めることができる。列ベクトルbを求めれば、行列[B]の全ての成分が分かる。

【0 0 8 6】

続いて、最終的にキャリブレーションされた[A]を取得する(S240)。

【0 0 8 7】

具体的には、行列[B]の全ての成分が分かれば、下記の数式8を通じて v'_c 、 α 、 β 、 u'_c を求めることができる(λ 、 γ をパラメータで表す)。

【0 0 8 8】

【数 8】

$$v'_c = \frac{B_{12}B_{13} - B_{11}B_{23}}{B_{11}B_{22} - B_{12}^2}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\lambda}{B_{11}}}, \beta = \sqrt{\frac{\lambda B_{11}}{B_{11}B_{22} - B_{12}^2}} \quad 30$$

$$u'_c = \frac{\gamma v'_c}{\beta} - \frac{B_{13}\alpha^2}{\lambda}$$

$$\lambda = B_{33} - \frac{[B_{13}^2 + v'_c(B_{12}B_{13} - B_{11}B_{23})]}{B_{11}}$$

$$\gamma = -B_{12}\alpha^2\beta/\lambda \quad 40$$

【0 0 8 9】

よって、数式9から行列[A]の全ての成分が分かる。

【0 0 9 0】

【数 9】

$$[A] = \begin{bmatrix} \alpha & 0 & u'_c \\ 0 & \beta & v'_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; (\alpha = -\frac{f_c}{pw}, \beta = -\frac{f_c}{ph})$$

【 0 0 9 1 】

次に、先にキャリブレーションした第 2 変換行列[A]を用いて第 1 変換行列[C]をキャリブレーションする。

【 0 0 9 2 】

図 6 は、図 2 の問題解決の過程のうち第 1 変換行列をキャリブレーションする過程を示すフローチャートである。

【 0 0 9 3 】

図 6 を参照すると、まずキャリブレーションされた行列[A]を行列[H]に代入し、整理して行列[R]を取得する(S250)。

【 0 0 9 4 】

具体的には、数式 9 の前記第 2 変換行列[A]を数式 3 に代入し、数式1の[R][C]を整理して数式 10 を取得する。

【 0 0 9 5 】

【数 1 0 】

$$[H] = [A][R][C] = [A][RC]$$

$$= \begin{bmatrix} \alpha & 0 & u'_c \\ 0 & \beta & v'_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & -u_c r_{11} - v_c - u_c r_{12} + f_b r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & -u_c r_{21} - v_c - u_c r_{22} + f_b r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & -u_c r_{31} - v_c - u_c r_{32} + f_b r_{33} \end{bmatrix}$$

$$= [h_1 \quad h_2 \quad h_3]$$

【 0 0 9 6 】

数式 10 において、行列[R]を[R]=[r₁ r₂ r₃]と置けば、[R]は数式 11 で列ベクトル成分別に取得することができる。

【 0 0 9 7 】

【数 1 1 】

$$r_1 = [A]^{-1}h_1, \quad r_2 = [A]^{-1}h_2, \quad r_3 = r_1 \times r_2$$

【 0 0 9 8 】

続いて、行列[HK]を[HK]=[A][R]と定義して前記座標変換式に代入して整理する(S260)。

【 0 0 9 9 】

具体的には、行列[A]と行列[R]の積を行列[HK]として定義して数式1の座標変換式に代入して行列[HK]と行列[C]の成分からなるように整理する。

【 0 1 0 0 】

このとき、数式 9 で求めた行列[A]と数式 11 で求めた行列[R]を用いて行列[HK]を求めることができ、これを数式1の座標変換式に適用すれば、行列[HK]と行列[C]の成分からなる数式 12 が得られる。

【 0 1 0 1 】

【数 1 2 】

$$s \begin{bmatrix} u' \\ v' \\ 1 \end{bmatrix} = [A][R][C] \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = [HK][C] \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = [HK] \begin{bmatrix} 1 & 0 & -u_c \\ 0 & 1 & -v_c \\ 0 & 0 & f_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix}$$

【 0 1 0 2 】

次に、整理された式を[AA][CC]=[BB]の形態に変形する(S270)。

【 0 1 0 3 】

具体的には、整理された式で行列[C]の成分のみからなる行列を[CC]と定義して分離した後、整理された式を[AA][CC]=[BB]の形態に変形する。このとき、行列[HK]を知っているため、行列[HK]を用いて行列[AA]、行列[BB]及び行列[CC]を数式 13 のように定義することができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 4 】

【 数 1 3 】

$$\begin{aligned}
[AA] &= \begin{bmatrix} HK(2,1) - HK(3,1)v'_i & HK(2,2) - HK(3,2)v'_i & -HK(2,3) + HK(3,3)v'_i \\ -HK(1,1) + HK(3,1)u'_i & -HK(1,2) + HK(3,2)u'_i & HK(1,3) - HK(3,3)u'_i \end{bmatrix} \\
[BB] &= \begin{bmatrix} HK(2,1)u_i + HK(2,2)v_i - HK(3,1)v'_i u_i - HK(3,2)v'_i v_i \\ -HK(1,1)u_i - HK(1,2)v_i + HK(3,1)u'_i u_i + HK(3,2)u'_i v_i \end{bmatrix} \\
[CC] &= \begin{bmatrix} u_c \\ v_c \\ f_b \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

【 0 1 0 5 】

10

続いて、 $[CC]=[AA]^{-1}[BB]$ から $[CC]$ を求めてキャリブレーションされた行列 $[C]$ を取得する (S280)。

【 0 1 0 6 】

具体的には、式 $[AA][CC]=[BB]$ を変形した $[CC]=[AA]^{-1}[BB]$ から $[CC]$ の成分を取得して最終的にキャリブレーションされた前記第 1 変換行列 $[C]$ を取得する。

【 0 1 0 7 】

次に、前記キャリブレーションされた第 1 及び第 2 変換行列を用いて前記姿勢定義行列を取得する過程 (S300) を図面を参照してさらに詳細に説明する。

【 0 1 0 8 】

図 7 は、図 2 の問題解決の過程のうち姿勢定義行列を取得する過程の一例を示すフローチャートである。

20

【 0 1 0 9 】

図 7 を参照すると、前記姿勢定義行列 $[R]$ を取得する一例として、まず両辺に自らを外積した方程式を設定する (S310)。

【 0 1 1 0 】

具体的には、前記数式 1 の両辺に自らを外積すれば 0 になるので、これを方程式に設定すると、数式 1 4 を得ることができる。

【 0 1 1 1 】

【 数 1 4 】

$$\begin{bmatrix} u'_i \\ v'_i \\ 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} u'_i \\ v'_i \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & v'_i \\ 1 & 0 & -u'_i \\ -v'_i & u'_i & 0 \end{bmatrix} [A][R][C] \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ 1 \end{bmatrix} = 0$$

30

【 0 1 1 2 】

続いて、行列 $[H]$ を、一例として特異値分解 (SVD) のような方法を用いて取得する (S320a)。

【 0 1 1 3 】

具体的には、数式 1 4 に数式 3 の $[H]=[A][R][C]$ を適用した後、行列 $[H]$ の各成分 ($H_1, H_2, \dots, H_9$) に関する方程式で整理して数式 1 5 を取得する。

40

【 0 1 1 4 】

【数 1 5】

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & u_1 & v_1 & -1 & u_1 v'_1 & v_1 v'_1 & v'_1 \\ u_1 & v_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & u_1 u'_1 & v_1 u'_1 & u'_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & u_n & v_n & -1 & u_n v'_n & v_n v'_n & v'_n \\ u_n & v_n & 1 & 0 & 0 & 0 & u_n u'_n & v_n u'_n & u'_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \\ H_4 \\ H_5 \\ H_6 \\ H_7 \\ H_8 \\ H_9 \end{bmatrix} = 0 \quad 10$$

【0 1 1 5】

数式 1 5 の2n個の式を一例として特異値分解(SVD)のような方法を用いて取得する。

【0 1 1 6】

次に、 $[R]=[A]^{-1}[H][C]^{-1}$ から[R]を取得する(S330a)。

【0 1 1 7】

具体的には、数式 3 の $[H]=[A][R][C]$ を変形した $[R]=[A]^{-1}[H][C]^{-1}$ から[R]を取得する。

【0 1 1 8】

前記姿勢定義行列は、他の方法で取得されることもできる。

20

【0 1 1 9】

図 8 は、図 2 の問題解決の過程のうち姿勢定義行列を取得する過程の他の例を示すフローチャートである。

【0 1 2 0】

図 8 を参照すると、前記姿勢定義行列[R]を取得する他の例として、まず両辺に自らを外積した方程式を設定する(S310)。本過程は図 7 の過程と同一であるため、重複する説明は省略する。

【0 1 2 1】

続いて、 $r_{11} \sim r_{33}$ に対する方程式で整理する(S320b)。

【0 1 2 2】

具体的には、数式 1 4 から前記姿勢定義行列[R]の各成分 r_{11} 、 r_{12} 、 r_{13} 、 r_{21} 、 r_{22} 、 r_{23} 、 r_{31} 、 r_{32} 、 r_{33} に対する方程式で整理して数式 1 6 を取得する。

30

【0 1 2 3】

【数 1 6】

$$\begin{bmatrix} \frac{f_c}{pw} u_1 & \frac{f_c}{pw} v_1 & \frac{f_c}{pw} f_b & 0 & 0 & 0 & (u'_1 - u'_c)u_1 & (u'_1 - u'_c)v_1 & (u'_1 - u'_c)f_b \\ 0 & 0 & 0 & \frac{f_c}{ph} u_1 & \frac{f_c}{ph} v_1 & \frac{f_c}{ph} f_b & (v'_1 - v'_c)u_1 & (v'_1 - v'_c)v_1 & (v'_1 - v'_c)f_b \\ & & & & & \vdots & & & \\ \frac{f_c}{pw} u_n & \frac{f_c}{pw} v_n & \frac{f_c}{pw} f_b & 0 & 0 & 0 & (u'_n - u'_c)u_n & (u'_n - u'_c)v_n & (u'_n - u'_c)f_b \\ 0 & 0 & 0 & \frac{f_c}{ph} u_n & \frac{f_c}{ph} v_n & \frac{f_c}{ph} f_b & (v'_n - v'_c)u_n & (v'_n - v'_c)v_n & (v'_n - v'_c)f_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} \\ r_{12} \\ r_{13} \\ r_{21} \\ r_{22} \\ r_{23} \\ r_{31} \\ r_{32} \\ r_{33} \end{bmatrix} = 0 \quad 40$$

【0 1 2 4】

次に、行列[R]を、一例として特異値分解(SVD)のような方法を用いて取得する(S330b)。

【0 1 2 5】

具体的には、数式 1 6 の2n個の式を特異値分解(SVD)のような方法を用いて取得する。

【0 1 2 6】

このように最終的に前記姿勢定義行列[R]を取得することができる。

【0 1 2 7】

50

前記のようなシステムモデリングの過程及び姿勢定義行列[R]の取得方法を図1に示す前記オプティカルトラッキングシステム100に適用して前記マーカ一部110の姿勢を算出することができる。

【0128】

以下、前記処理部130で前記マーカ一部110の姿勢を算出する方法を図面を参照してさらに詳細に説明する。

【0129】

図9は、本発明の一実施例によるオプティカルトラッキングシステムのマーカ一部の姿勢算出方法を示すフローチャートである。

【0130】

図9を参照すると、まず前記処理部130で少なくとも3つの映像から第1及び第2変換行列をキャリブレーションする(S510)。

【0131】

前記キャリブレーションは、図2で説明された段階S200と、図5及び図6で具体的に説明された段階S210ないし段階S280の過程と実質的に同一であり、前記処理部130では前記過程のうち段階S230と段階S280のようにキャリブレーションのための最終方程式のみを用いて前記第1及び第2変換行列をキャリブレーションすることができる。

【0132】

次に、前記第1及び第2変換行列を含む座標変換式から姿勢定義行列を取得する(S520)。

【0133】

前記姿勢定義行列の取得は、図2で説明された段階S300と、図7及び図8で具体的に説明された段階S310ないし段階S330a、及び段階S310ないし段階S330bの過程と実質的に同一であり、前記処理部130では前記過程のうち段階S320aとS320a、または、段階S320bのように前記姿勢定義行列の取得のための最終方程式のみを用いて前記姿勢定義行列を取得することができる。

【0134】

よって、前記処理部130は、前記第1座標を前記第2座標に変換する第1変換行列及び前記第3座標を前記第4座標に変換する第2変換行列を予めキャリブレーションして予め取得した後、前記座標変換式から前記マーカ一部110の姿勢を定義する姿勢定義行列を取得することができる。

【0135】

前記姿勢定義行列を取得すれば、前記マーカ一部110の姿勢が分かる。例えば、前記姿勢定義行列から前記マーカ一部110のロール(roll)、ピッチ(pitch)、ヨー(yaw)などを把握することができる。

【0136】

前記のようなオプティカルトラッキングシステムによれば、マーカ部分をトラッキングするオプティカルトラッキングシステムにおいて、トラッキングが可能のようにマーカ部分が特定情報のパターンを含んでマーカ部分を小型化することができ、前記マーカ部分と前記結像部の光学系を座標変換式でモデリングすることにより前記マーカ部分の姿勢を決定することができるため、さらに単純で且つ容易な方法で正確なマーカ部分のトラッキングを可能にすることができる。

【0137】

上述した本発明の詳細な説明では、本発明の望ましい実施例を参照して説明したが、該当技術分野の熟練した当業者または該当技術分野における通常の知識を有する者であれば、後述する特許請求の範囲に記載された本発明の思想及び技術領域から逸脱しない範囲内で本発明を多様に修正及び変更させられるであろう。よって、上述した説明及び下の図面は本発明の技術思想を限定するのではなく、本発明を例示するものと解釈されなければならない。

【0138】

10

20

30

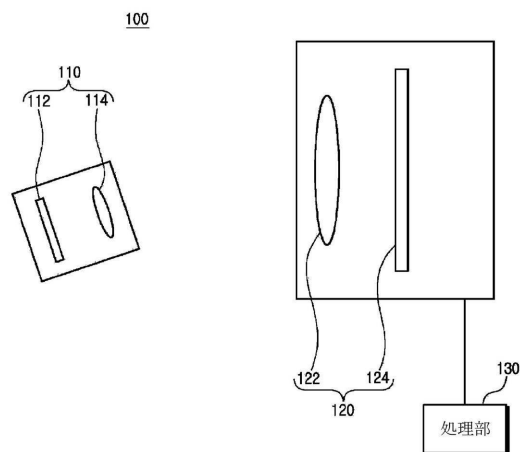
40

50

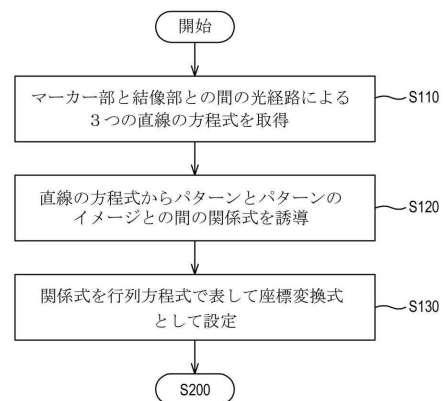
(符号の説明)

100 : オプティカルトラッキングシステム 110 : マーカー部
 112 : パターン 114 : 第1レンズ
 120 : 結像部 112 : 第2レンズ
 124 : 結像ユニット 130 : 処理部?

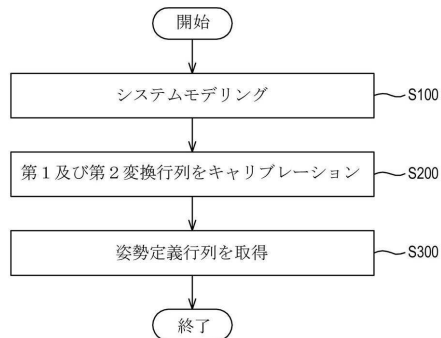
【図1】



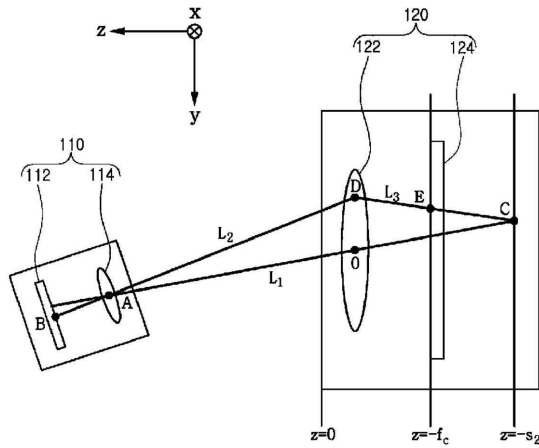
【図3】



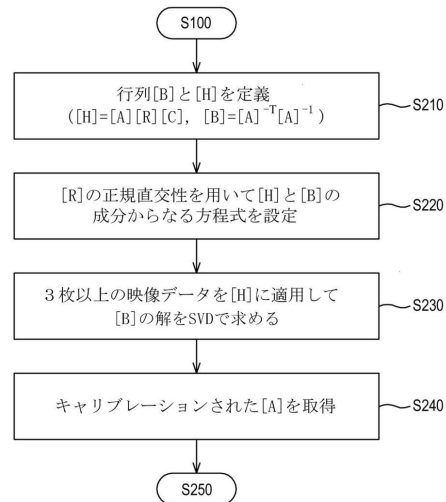
【図2】



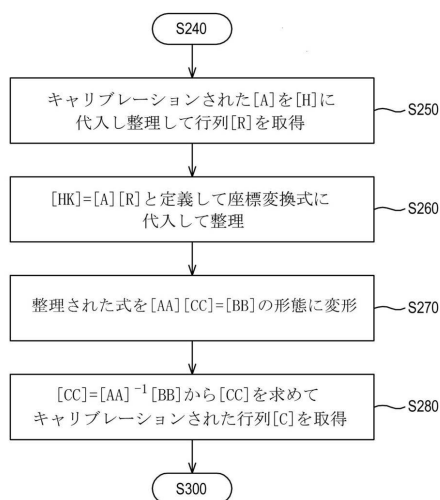
【図4】



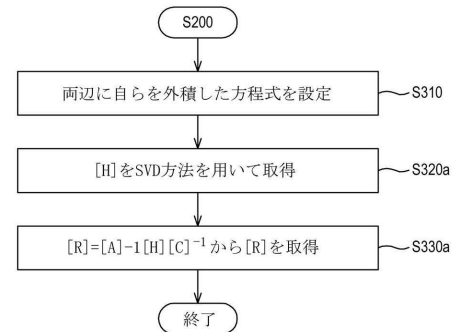
【図5】



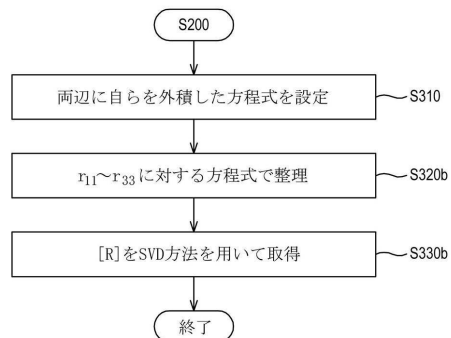
【図6】



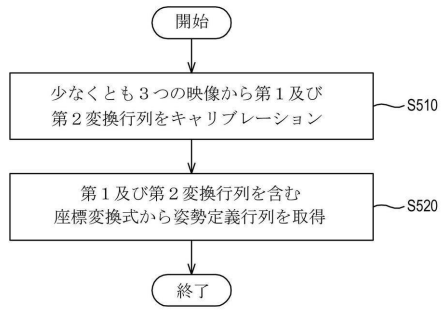
【図7】



【図8】



【図 9】



フロントページの続き

(74)代理人 100084995

弁理士 加藤 和詳

(72)発明者 イ ヒョンキ

大韓民国 706-760 大邱広域市 寿城区 教学路 111 #103-707

(72)発明者 チェ ユソン

大韓民国 700-412 大邱広域市 中区 東徳路109 #203

(72)発明者 キム ミンヨン

大韓民国 700-412 大邱広域市 寿城区 ▲青▼湖路 426 #102-505

審査官 平野 崇

(56)参考文献 米国特許出願公開第2011/0017826(US,A1)

特開2007-090448(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 7/246

G01B 11/00

G01B 11/25