

(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2004-233334  
(P2004-233334A)

(43) 公開日 平成16年8月19日(2004.8.19)

|                                |                     |             |
|--------------------------------|---------------------|-------------|
| (51) Int.Cl. <sup>7</sup>      | F I                 | テーマコード (参考) |
| GO 1 B 11/00                   | GO 1 B 11/00 H      | 2 F O 6 5   |
| GO 1 B 11/26                   | GO 1 B 11/26 H      | 5 B O 5 7   |
| GO 6 T 1/00                    | GO 6 T 1/00 3 1 5   | 5 L O 9 6   |
| GO 6 T 7/60                    | GO 6 T 7/60 1 5 O B |             |
|                                | GO 6 T 7/60 1 5 O P |             |
| 審査請求 未請求 請求項の数 23 O L (全 42 頁) |                     |             |

|              |                              |          |                                            |
|--------------|------------------------------|----------|--------------------------------------------|
| (21) 出願番号    | 特願2003-323101 (P2003-323101) | (71) 出願人 | 000001007<br>キヤノン株式会社<br>東京都大田区下丸子3丁目30番2号 |
| (22) 出願日     | 平成15年9月16日 (2003.9.16)       | (74) 代理人 | 100076428<br>弁理士 大塚 康德                     |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2003-4945 (P2003-4945)     | (74) 代理人 | 100112508<br>弁理士 高柳 司郎                     |
| (32) 優先日     | 平成15年1月10日 (2003.1.10)       | (74) 代理人 | 100115071<br>弁理士 大塚 康弘                     |
| (33) 優先権主張国  | 日本国 (JP)                     | (74) 代理人 | 100116894<br>弁理士 木村 秀二                     |
|              |                              | (72) 発明者 | 佐藤 清秀<br>東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ<br>ヤノン株式会社内   |
|              |                              | 最終頁に続く   |                                            |

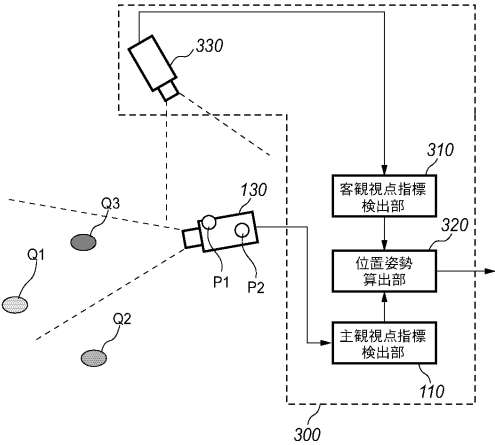
(54) 【発明の名称】 位置姿勢計測方法

(57) 【要約】

【課題】 対象物体の位置姿勢計測を、位置及び姿勢の何れについても高い精度で実現すること。

【解決手段】 第1の撮像手段が撮像する第1の画像上の現実空間に配置された第1の指標の画像座標と、従前に算出された位置姿勢パラメータに従った位置姿勢の第1の撮像手段と第1の指標との位置姿勢関係に応じて第1の画像上に位置すると推定される第1の指標の推定画像座標との第1の誤差座標を求める。一方、第1の撮像手段を含む第2の画像上の第1の撮像手段に配置された第2の指標の画像座標と、上記位置姿勢パラメータに従った位置姿勢の第1の撮像手段と第2の指標との位置姿勢関係に応じて第2の画像上に位置すると推定される第2の指標の推定画像座標との第2の誤差座標を求め、第1、2の誤差座標を用いて上記位置姿勢パラメータを補正する。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

対象物体の位置及び姿勢を算出する位置姿勢計測方法であって、

前記対象物体に装着した主観視点撮像手段によって情景を撮像する主観視点撮像工程と

、  
前記対象物体を客観視点撮像手段によって撮像する客観視点撮像工程と、

前記主観視点撮像工程で取得された第 1 の画像から、前記情景中に配置された第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する第 1 の検出工程と、

前記客観視点撮像工程で取得された第 2 の画像から、前記対象物体上または前記主観視点撮像手段上に配置された第 2 の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する第 2 の検出工程と、

前記第 1 の検出工程で検出した前記第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量と、前記第 2 の検出工程で検出した前記第 2 の指標の画像座標に関わる特徴量とを用いて、前記対象物体の位置及び姿勢を算出する位置姿勢算出工程と

を備えることを特徴とする位置姿勢計測方法。

**【請求項 2】**

情景を撮像する撮像装置を計測対象物体として、当該対象物体の位置及び姿勢を算出する位置姿勢計測方法であって、

前記撮像装置を客観視点撮像手段によって撮像する客観視点撮像工程と、

前記撮像装置によって取得された第 1 の画像から、前記情景中に配置された第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する第 1 の検出工程と、

前記客観視点撮像工程で取得された第 2 の画像から、前記撮像装置上に配置された第 2 の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する第 2 の検出工程と、

前記第 1 の検出工程で検出した前記第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量と、前記第 2 の検出工程で検出した前記第 2 の指標の画像座標に関わる特徴量とを用いて、前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する位置姿勢算出工程と

を備えることを特徴とする位置姿勢計測方法。

**【請求項 3】**

前記客観視点撮像手段は、前記情景中に固定されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の位置姿勢計測方法。

**【請求項 4】**

前記客観視点撮像手段は複数のカメラからなることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の位置姿勢計測方法。

**【請求項 5】**

前記位置姿勢算出工程は更に、

前記対象物体の位置及び姿勢の推定値に基づいて、前記第 1 の画像内における前記第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量と、前記第 2 の画像内における前記第 2 の指標の画像座標に関わる特徴量との各々を推定する推定工程と、

前記第 1 及び第 2 の検出工程で検出した前記第 1 及び第 2 の指標の画像座標に関わる特徴量と、前記推定工程で推定した該指標各々の画像座標に関わる特徴量との間の誤差を軽減させるように、前記対象物体の位置及び姿勢の推定値を補正する補正工程と

を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の位置姿勢計測方法。

**【請求項 6】**

前記第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量は前記第 1 の指標によって定まる 1 点または複数点の画像座標であり、前記第 2 の指標の画像座標に関わる特徴量は前記第 2 の指標によって定まる 1 点または複数点の画像座標であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の位置姿勢計測方法。

**【請求項 7】**

前記第 1 の指標と前記第 2 の指標として少なくとも各々 1 点以上の画像座標が検出可能な指標が設定されており、前記第 1 の検出工程と前記第 2 の検出工程で検出される画像座標

の総数が３点以上であることを特徴とする請求項６に記載の位置姿勢計測方法。

【請求項８】

前記位置姿勢算出工程は、

前記第２の検出工程で検出した前記第２の指標の画像座標を用いて前記対象物体の位置に関する情報を算出する位置算出工程と、

前記第１の検出工程で検出した前記第１の指標の画像座標を用いて前記対象物体の姿勢に関する情報を算出する姿勢算出工程と

を備えることを特徴とする請求項６に記載の位置姿勢計測方法。

【請求項９】

前記第２の指標として１点の指標が設定されており、前記第１の指標として少なくとも２点以上の画像座標が検出可能な指標が設定されていること特徴とする請求項８に記載の位置姿勢計測方法。 10

【請求項１０】

現実空間を撮像する第１の撮像手段の位置姿勢パラメータを算出する位置姿勢計測装置であって、

前記第１の撮像手段が撮像する第１の画像から、前記現実空間に配置された第１の指標の画像座標を検出する第１の画像座標検出工程と、

前記第１の撮像手段の位置及び姿勢が従前に算出された位置姿勢パラメータに従っているという仮定の基に、前記第１の撮像手段と前記第１の指標との位置姿勢関係に応じて、前記第１の指標の推定画像座標を求める第１の推定画像座標検出工程と、 20

前記第１の画像上における、前記第１の画像座標検出工程による画像座標と前記第１の推定画像座標検出工程による推定画像座標との第１の誤差座標を求める第１の誤差座標計算工程と、

前記第１の撮像手段を含む第２の画像を第２の撮像手段によって撮像する第２の撮像工程と、

前記第２の画像から、前記第１の撮像手段に配置された第２の指標の画像座標を検出する第２の画像座標検出工程と、

前記第１の撮像手段の位置及び姿勢が前記従前に算出された位置姿勢パラメータに従っているという仮定の基に、前記第１の撮像手段と前記第２の指標との位置姿勢関係に応じて、前記第２の指標の推定画像座標を求める第２の推定画像座標検出工程と、 30

前記第２の画像上における、前記第２の画像座標検出工程による画像座標と前記第２の推定画像座標検出工程による推定画像座標との第２の誤差座標を求める第２の誤差座標計算工程と、

前記第１の誤差座標と前記第２の誤差座標とを用いて、前記従前に算出された位置姿勢パラメータを補正するための補正值を求める補正值計算工程と、

前記補正值を用いて、前記従前に算出された位置姿勢パラメータを補正する補正工程とを備えることを特徴とする位置姿勢計測方法。

【請求項１１】

現実空間を撮像する第１の撮像手段に装着され、当該第１の撮像手段との位置姿勢関係が既知の対象物体の第１の位置姿勢パラメータを算出する位置姿勢計測方法であって、 40

前記第１の撮像手段が撮像する第１の画像から、前記現実空間に配置された第１の指標の画像座標を検出する第１の画像座標検出工程と、

前記第１の撮像手段の位置及び姿勢が従前に算出された第２の位置姿勢パラメータに従っているという仮定の基に、前記第１の撮像手段と前記第１の指標との位置姿勢関係に応じて、前記第１の指標の推定画像座標を求める第１の推定画像座標検出工程と、

前記第１の画像上における、前記第１の画像座標検出工程による画像座標と前記第１の推定画像座標検出工程による推定画像座標との第１の誤差座標を求める第１の誤差座標計算工程と、

前記対象物体を含む第２の画像を第２の撮像手段によって撮像する第２の撮像工程と、

前記第２の画像から、前記第１の撮像手段もしくは前記対象物体に配置された第２の指 50

標の画像座標を検出する第2の画像座標検出工程と、

前記第1の撮像手段の位置及び姿勢が前記従前に算出された第2の位置姿勢パラメータに従っているという仮定の基に、前記第1の撮像手段と前記第2の指標との位置姿勢関係に応じて、前記第2の指標の推定画像座標を求める第2の推定画像座標検出工程と、

前記第2の画像上における、前記第2の画像座標検出工程による画像座標と前記第2の推定画像座標検出工程による推定画像座標との第2の誤差座標を求める第2の誤差座標計算工程と、

前記第1の誤差座標と前記第2の誤差座標とを用いて、前記従前に算出された第2の位置姿勢パラメータを補正するための補正值を求める補正值計算工程と、

前記補正值を用いて、前記従前に算出された第2の位置姿勢パラメータを補正する補正工程と、 10

前記補正工程により補正された前記第2の位置姿勢パラメータを用いて、前記第1の撮像手段と既知の位置姿勢関係にある前記対象物体の前記第1の位置姿勢パラメータを求めるパラメータ計算工程と

を備えることを特徴とする位置姿勢計測方法。

#### 【請求項12】

前記第2の検出工程で検出する前記第2の指標の画像座標に関わる特徴量は、前記第2の指標の画像座標であり、

前記位置姿勢算出工程は、前記第2の検出工程で検出した前記第2の指標の画像座標、及び前記客観視点撮像手段の位置姿勢に基づいて、前記第2の指標の3次元空間中における位置を拘束する直線を求め、前記第2の指標が前記直線上に存在するという拘束の元に、前記第1の検出工程で検出した前記第1の指標の画像座標に関わる特徴量に基づいて、前記対象物体の位置及び姿勢を算出することを特徴とする請求項1乃至3の何れか1項に記載の位置姿勢計測方法。 20

#### 【請求項13】

前記位置姿勢算出工程は、前記直線上における前記第2の指標の位置を表す媒介変数と、前記対象物体の姿勢を表すパラメータを未知数として、前記第1の検出工程で検出した前記第1の指標の画像座標に関わる特徴量に基づいてこれらの未知数を求めることにより、前記対象物体の位置及び姿勢を算出することを特徴とする請求項12に記載の位置姿勢計測方法。 30

#### 【請求項14】

情景を撮像する撮像装置を計測対象物体として、当該対象物体の位置及び姿勢を算出する位置姿勢計測方法であって、

前記撮像装置によって取得された画像から、前記情景中に配置された第1の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する検出工程と、

前記撮像装置に配置された第2の指標の位置を計測する計測工程と、

前記検出工程で検出した前記第1の指標の画像座標に関わる特徴量と、前記計測工程で計測した前記第2の指標の位置とを用いて、前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する位置姿勢算出工程と

を備えることを特徴とする位置姿勢計測方法。 40

#### 【請求項15】

対象物体の位置及び姿勢を算出する位置姿勢計測装置であって、

前記対象物体に装着して情景を撮像する主観視点撮像手段と、

前記対象物体を撮像する客観視点撮像手段と、

前記主観視点撮像手段によって取得された第1の画像から、前記情景中に配置された第1の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する第1の検出手段と、

前記客観視点撮像手段によって取得された第2の画像から、前記対象物体上または前記主観視点撮像手段上に配置された第2の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する第2の検出手段と、

前記第1の検出手段が検出した前記第1の指標の画像座標に関わる特徴量と、前記第2 50

の検出手段が検出した前記第 2 の指標の画像座標に関わる特徴量とを用いて、前記対象物体の位置及び姿勢を算出する位置姿勢算出手段と

を備えることを特徴とする位置姿勢計測装置。

【請求項 16】

情景を撮像する撮像装置を計測対象物体として、当該対象物体の位置及び姿勢を算出する位置姿勢計測装置であって、

前記撮像装置を撮像する客観視点撮像手段と、

前記撮像装置によって取得された第 1 の画像から、前記情景中に配置された第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する第 1 の検出手段と、

前記客観視点撮像手段によって取得された第 2 の画像から、前記撮像装置上に配置された第 2 の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する第 2 の検出手段と、 10

前記第 1 の検出手段が検出した前記第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量と、前記第 2 の検出手段が検出した前記第 2 の指標の画像座標に関わる特徴量とを用いて、前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する位置姿勢算出手段と

を備えることを特徴とする位置姿勢計測装置。

【請求項 17】

現実空間を撮像する第 1 の撮像手段の位置姿勢パラメータを算出する位置姿勢計測装置であって、

前記第 1 の撮像手段が撮像する第 1 の画像から、前記現実空間に配置された第 1 の指標の画像座標を検出する第 1 の画像座標検出手段と、 20

前記第 1 の撮像手段の位置及び姿勢が従前に算出された位置姿勢パラメータに従っているという仮定の基に、前記第 1 の撮像手段と前記第 1 の指標との位置姿勢関係に応じて、前記第 1 の指標の推定画像座標を求める第 1 の推定画像座標検出手段と、

前記第 1 の画像上における、前記第 1 の画像座標検出手段による画像座標と前記第 1 の推定画像座標検出手段による推定画像座標との第 1 の誤差座標を求める第 1 の誤差座標計算手段と、

前記第 1 の撮像手段を含む第 2 の画像を撮像する第 2 の撮像手段と、

前記第 2 の画像から、前記第 1 の撮像手段に配置された第 2 の指標の画像座標を検出する第 2 の画像座標検出手段と、

前記第 1 の撮像手段の位置及び姿勢が前記従前に算出された位置姿勢パラメータに従っているという仮定の基に、前記第 1 の撮像手段と前記第 2 の指標との位置姿勢関係に応じて、前記第 2 の指標の推定画像座標を求める第 2 の推定画像座標検出手段と、 30

前記第 2 の画像上における、前記第 2 の画像座標検出手段による画像座標と前記第 2 の推定画像座標検出手段による推定画像座標との第 2 の誤差座標を求める第 2 の誤差座標計算手段と、

前記第 1 の誤差座標と前記第 2 の誤差座標とを用いて、前記従前に算出された位置姿勢パラメータを補正するための補正值を求める補正值計算手段と、

前記補正值を用いて、前記従前に算出された位置姿勢パラメータを補正する補正手段とを備えることを特徴とする位置姿勢計測装置。

【請求項 18】

現実空間を撮像する第 1 の撮像手段に装着され、当該第 1 の撮像手段との位置姿勢関係が既知の対象物体の第 1 の位置姿勢パラメータを算出する位置姿勢計測装置であって、

前記第 1 の撮像手段が撮像する第 1 の画像から、前記現実空間に配置された第 1 の指標の画像座標を検出する第 1 の画像座標検出手段と、

前記第 1 の撮像手段の位置及び姿勢が従前に算出された第 2 の位置姿勢パラメータに従っているという仮定の基に、前記第 1 の撮像手段と前記第 1 の指標との位置姿勢関係に応じて、前記第 1 の指標の推定画像座標を求める第 1 の推定画像座標検出手段と、

前記第 1 の画像上における、前記第 1 の画像座標検出手段による画像座標と前記第 1 の推定画像座標検出手段による推定画像座標との第 1 の誤差座標を求める第 1 の誤差座標計算手段と、 30

前記対象物体を含む第 2 の画像を撮像する第 2 の撮像手段と、

前記第 2 の画像から、前記第 1 の撮像手段もしくは前記対象物体に配置された第 2 の指標の画像座標を検出する第 2 の画像座標検出手段と、

前記第 1 の撮像手段の位置及び姿勢が前記従前に算出された第 2 の位置姿勢パラメータに従っているという仮定の基に、前記第 1 の撮像手段と前記第 2 の指標との位置姿勢関係に応じて、前記第 2 の指標の推定画像座標を求める第 2 の推定画像座標検出手段と、

前記第 2 の画像上における、前記第 2 の画像座標検出手段による画像座標と前記第 2 の推定画像座標検出手段による推定画像座標との第 2 の誤差座標を求める第 2 の誤差座標計算手段と、

前記第 1 の誤差座標と前記第 2 の誤差座標とを用いて、前記従前に算出された第 2 の位置姿勢パラメータを補正するための補正值を求める補正值計算手段と、 10

前記補正值を用いて、前記従前に算出された第 2 の位置姿勢パラメータを補正する補正手段と、

前記補正手段により補正された前記第 2 の位置姿勢パラメータを用いて、前記第 1 の撮像手段と既知の位置姿勢関係にある前記対象物体の前記第 1 の位置姿勢パラメータを求めるパラメータ計算手段と

を備えることを特徴とする位置姿勢計測装置。

【請求項 19】

前記第 2 の検出手段が検出する前記第 2 の指標の画像座標に関わる特徴量は、前記第 2 の指標の画像座標であり、 20

前記位置姿勢算出手段は、前記第 2 の検出手段が検出した前記第 2 の指標の画像座標、及び前記客観視点撮像手段の位置姿勢に基づいて、前記第 2 の指標の 3 次元空間中における位置を拘束する直線を求め、前記第 2 の指標が前記直線上に存在するという拘束の元に、前記第 1 の検出手段が検出した前記第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量に基づいて、前記対象物体の位置及び姿勢を算出することを特徴とする請求項 15 又は 16 に記載の位置姿勢計測装置。

【請求項 20】

前記位置姿勢算出手段は、前記直線上における前記第 2 の指標の位置を表す媒介変数と、前記対象物体の姿勢を表すパラメータを未知数として、前記第 1 の検出手段が検出した前記第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量に基づいてこれらの未知数を求めることにより、 30  
前記対象物体の位置及び姿勢を算出することを特徴とする請求項 19 に記載の位置姿勢計測装置。

【請求項 21】

情景を撮像する撮像装置を計測対象物体として、当該対象物体の位置及び姿勢を算出する位置姿勢計測装置であって、

前記撮像装置によって取得された画像から、前記情景中に配置された第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する検出手段と、

前記撮像装置に配置された第 2 の指標の位置を計測する計測手段と、

前記検出手段が検出した前記第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量と、前記計測手段が計測した前記第 2 の指標の位置とを用いて、前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する位置 40  
姿勢算出手段と

を備えることを特徴とする位置姿勢計測装置。

【請求項 22】

コンピュータに請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の位置姿勢計測方法を実行させることを特徴とするプログラム。

【請求項 23】

請求項 22 に記載のプログラムを格納することを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

## 【0001】

本発明は、撮像装置あるいは撮像装置を装着した対象物体の位置及び姿勢を計測する技術に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、現実空間と仮想空間の繋ぎ目のない結合を目的とした、複合現実感に関する研究が盛んに行われている。複合現実感の提示を行う画像表示装置は、ビデオカメラなどの撮像装置によって撮影された現実空間の画像に、撮像装置の位置及び姿勢に応じて生成した仮想空間（たとえばコンピュータ・グラフィックスにより描画された仮想物体や文字情報など）の画像を重畳描画してそれを表示するビデオシースルー方式によって実現される。 10

## 【0003】

またその他にも、観察者の頭部に装着された光学シースルー型ディスプレイに、観察者の視点の位置及び姿勢に応じて生成した仮想空間の画像を表示する光学シースルー方式によって実現される。

## 【0004】

このような画像表示装置の応用としては、患者の体表面に体内の様子を重畳表示する手術支援や、現実空間に浮遊する仮想の敵と戦う複合現実感ゲームなど、今までのバーチャルリアリティとは異なった新たな分野が期待されている。

## 【0005】

これらの応用に対して共通に要求されるのは、現実空間と仮想空間の間の位置合わせをいかに正確に行うかということであり、従来から多くの取り組みが行われてきた。複合現実感における位置合わせの問題は、ビデオシースルー方式の場合は情景中における（すなわち、世界座標系における）撮像装置の位置及び姿勢を求める問題に帰結される。同様に、光学シースルー方式の場合は情景中における観察者の視点あるいはディスプレイの位置及び姿勢を求める問題に帰結される。 20

## 【0006】

前者の問題を解決する方法として、情景中に複数の指標を配置あるいは設定し、撮像装置が撮像した画像内における指標の投影像の座標を検出することで、情景中における該撮像装置の位置及び姿勢を求めることが一般的に行われている。また、後者の問題を解決する方法として、計測対象物（すなわち観察者の頭部あるいはディスプレイ）に撮像装置を装着し、前者と同様な方法によって該撮像装置の位置及び姿勢を求め、それに基づいて計測対象物の位置及び姿勢を求めることが一般的に行われている。 30

## 【0007】

図1を用いて、撮像装置が撮像した画像から指標を検出することで撮像装置の位置及び姿勢を計測する位置姿勢計測装置の従来例について説明する。図1は従来例の位置姿勢計測装置の構成を示す図である。同図に示したように、本従来例における位置姿勢計測装置100は、主観視点指標検出部110及び位置姿勢算出部120によって構成されており、撮像装置130に接続されている。

## 【0008】

また、現実空間中の複数の位置には、撮像装置130によって撮影するための指標（以下、主観視点指標）として、世界座標系（現実空間の1点を原点として定義し、更に互いに直交する3軸を夫々X軸、Y軸、Z軸として定義した座標系）における位置が既知である複数個の主観視点指標 $Q^k$ （ $k = 1, \dots, K_1$ ）が配置されている。主観視点指標 $Q^k$ は、位置及び姿勢を計測しようとする計測対象範囲内の各々の地点に撮像装置130を位置させた時に撮像装置130によって取得される画像上において、少なくとも3個以上の指標が常に観測されるように設置されていることが望ましい。図1の例は、4個の主観視点指標 $Q^1, Q^2, Q^3, Q^4$ が配置されており、そのうちの3個 $Q^1, Q^3, Q^4$ が撮像装置130の視野内に含まれている状況を示している。 40

## 【0009】

主観視点指標 $Q^k$ は、例えば、それぞれが異なる色を有する円形状のマーカーによって構 50

成してもよいし、それぞれが異なるテクスチャ特徴を有する自然特徴等の特徴点によって構成してもよい。撮影画像上における投影像の画像座標が検出可能であって、かついずれの指標であるかが何らかの方法で識別可能であるような指標であれば、何れの形態であってもよい。

#### 【0010】

撮像装置130が出力する画像（以下、これを主観視点画像と呼ぶ）は、位置姿勢計測装置100に入力される。

#### 【0011】

主観視点指標検出部110は、撮像装置130より主観視点画像を入力し、入力した画像中に撮影されている主観視点指標 $Q^k$ の画像座標を検出する。例えば、主観視点指標 $Q^k$ の各々が異なる色を有するマーカによって構成されている場合には、主観視点画像上から各々のマーカ色に対応する領域を検出し、その重心位置を指標の検出座標とする。また、主観視点指標 $Q^k$ の各々が異なるテクスチャ特徴を有する特徴点によって構成されている場合には、既知の情報として予め保持している各々の指標のテンプレート画像によるテンプレートマッチングを主観視点画像上に施すことにより、指標の位置を検出する。

#### 【0012】

さらに、主観視点指標検出部110は、検出された各々の主観視点指標 $Q^{k_n}$ の画像座標 $u^{Q^{k_n}}$ とその識別子 $k_n$ を位置姿勢算出部120へと出力する。ここで、 $n$  ( $n = 1, \dots, N$ ) は検出された指標夫々に対するインデックスであり、 $N$ は検出された指標の総数を表している。例えば図1の場合には、 $N = 3$ であり、識別子 $k_1 = 1$ 、 $k_2 = 3$ 、 $k_3 = 4$ とこれらに対応する画像座標 $u^{Q^{k_1}}$ 、 $u^{Q^{k_2}}$ 、 $u^{Q^{k_3}}$ が出力される。

#### 【0013】

位置姿勢算出部120は、検出された各々の主観視点指標 $Q^{k_n}$ の画像座標 $u^{Q^{k_n}}$ と、既知な情報として予め保持している指標の世界座標 $x_w^{Q^{k_n}}$ との対応関係に基づいて、撮像装置130の位置及び姿勢を算出する。

#### 【0014】

主観視点指標の世界座標と画像座標の組から撮像装置の位置及び姿勢を算出する方法は、写真測量等の分野において古くから提案されている（例えば、非特許文献1、非特許文献2を参照）。

#### 【0015】

図2のフローチャートを用いて、本従来例における位置姿勢算出部120が行う処理について説明する。本従来例において、撮像装置130の位置及び姿勢は、繰り返し演算による数値計算的手法によって算出される。

#### 【0016】

位置姿勢算出部120は、算出すべき撮像装置130の位置及び姿勢を、それぞれ3値ベクトル $[x \ y \ z]^T$ 及び $[\xi \ \psi \ \zeta]^T$ によって内部的に表現している。姿勢を3値によって表現する方法には様々なものが存在するが、ここでは、ベクトルの大きさによって回転角を、ベクトルの向きによって回転軸方向を定義するような3値のベクトルによって表現されているものとする。このとき、求めるべき未知パラメータは、6値の状態ベクトル $s = [x \ y \ z \ \xi \ \psi \ \zeta]^T$ と記述される。

#### 【0017】

ステップS2000において、位置姿勢算出部120は、状態ベクトル $s$ に適当な初期値（位置及び姿勢の推定値）を設定する。例えば、前フレーム（時刻 $t_{k-1}$ ）の処理において導出された $s$ を初期値としてもよいし、過去からの $s$ の導出値の変化に基づいた予測によって得た値を設定してもよい。

#### 【0018】

ステップS2010において、位置姿勢算出部120は、主観視点指標検出部110において検出された各々の主観視点指標 $Q^{k_n}$ の画像座標の実測値 $u^{Q^{k_n}}$ とその識別子 $k_n$ を入力する。

#### 【0019】

10

20

30

40

50

ステップ S 2 0 2 0 において、位置姿勢算出部 1 2 0 は、各々の主観視点指標  $Q^{k_n}$  に対して、その画像座標の推定値  $u^{Q^{k_n}*}$  を算出する。 $u^{Q^{k_n}*}$  の算出は、既知な情報として予め保持している指標  $Q^{k_n}$  各々の世界座標  $x_W^{Q^{k_n}}$  と現在の状態ベクトル  $s$  の関数：

【 0 0 2 0 】

【 数 1 】

$$u^{Q_{k_n}*} = F_C(x_W^{Q_{k_n}}, s)$$

10

【 0 0 2 1 】

に基づいて行われる。

具体的には、関数  $F_C()$  は、 $x_W^{Q^{k_n}}$  と  $s$  から当該指標のカメラ座標（カメラ上の 1 点を原点として定義し、更に互いに直交する 3 軸を夫々 X 軸、Y 軸、Z 軸として定義した座標系） $x_C^{Q^{k_n}}$  を求める次式、

【 0 0 2 2 】

【 数 2 】

$$x_C^{Q_{k_n}} = \begin{bmatrix} x_C^{Q_{k_n}} & y_C^{Q_{k_n}} & z_C^{Q_{k_n}} & 1 \end{bmatrix}^T = M_{WC}(s)^{-1} \cdot x_W^{Q_{k_n}}$$

20

【 0 0 2 3 】

及び、カメラ座標  $x_C^{Q^{k_n}}$  から画像座標  $u^{Q^{k_n}*}$  を求める次式、

【 0 0 2 4 】

【 数 3 】

$$u^{Q_{k_n}*} = \begin{bmatrix} u_x^{Q_{k_n}*} & u_y^{Q_{k_n}*} \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} -f_x^C \frac{x_C^{Q_{k_n}}}{z_C^{Q_{k_n}}} & -f_y^C \frac{y_C^{Q_{k_n}}}{z_C^{Q_{k_n}}} \end{bmatrix}^T$$

30

【 0 0 2 5 】

によって構成されている。ここで  $f_x^C$  及び  $f_y^C$  は、それぞれ x 軸方向及び y 軸方向における撮像装置 1 3 0 の焦点距離であり、既知の値として予め保持されているものとする。また、 $M_{WC}(s)$  は  $s$  によって定まるモデリング変換行列（すなわち、カメラ座標系における座標を世界座標系における座標に変換する行列）であり、次式によって定義される。

【 0 0 2 6 】

【 数 4 】

$$M_{WC}(s) = \begin{bmatrix} \frac{\xi^2}{\theta^2}(1-\cos\theta) + \cos\theta & \frac{\xi\psi}{\theta^2}(1-\cos\theta) - \frac{\xi}{\theta}\sin\theta & \frac{\xi\xi}{\theta^2}(1-\cos\theta) + \frac{\psi}{\theta}\sin\theta & x \\ \frac{\psi\xi}{\theta^2}(1-\cos\theta) + \frac{\xi}{\theta}\sin\theta & \frac{\psi^2}{\theta^2}(1-\cos\theta) + \cos\theta & \frac{\psi\xi}{\theta^2}(1-\cos\theta) - \frac{\xi}{\theta}\sin\theta & y \\ \frac{\xi\xi}{\theta^2}(1-\cos\theta) - \frac{\psi}{\theta}\sin\theta & \frac{\xi\psi}{\theta^2}(1-\cos\theta) + \frac{\xi}{\theta}\sin\theta & \frac{\xi^2}{\theta^2}(1-\cos\theta) + \cos\theta & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

40

ただし、 $\theta = \sqrt{\xi^2 + \psi^2 + \xi^2}$  である。

50

【 0 0 2 7 】

ステップ S 2 0 3 0 において、位置姿勢算出部 1 2 0 は、各々の主観視点指標  $Q^{k_n}$  に対して、画像座標の推定値  $u^{Q^{k_n}*}$  と実測値  $u^{Q^{k_n}}$  との誤差  $\Delta u^{Q^{k_n}}$  を、次式によって算出する。

【 0 0 2 8 】

【 数 5 】

$$\Delta u^{Q_{k_n}} = u^{Q_{k_n}} - u^{Q_{k_n}*}$$

10

【 0 0 2 9 】

ステップ S 2 0 4 0 において、位置姿勢算出部 1 2 0 は、各々の主観視点指標  $Q^{k_n}$  に対して、式 1 の関数  $F_c()$  を状態ベクトル  $s$  の各要素で偏微分した解を各要素に持つ 2 行 × 6 列のヤコビ行列  $J_{us}^{Q^{k_n}} (= \partial u / \partial s)$  を算出する。具体的には、式 3 の右边をカメラ座標  $x_c^{Q^{k_n}}$  の各要素で偏微分した解を各要素に持つ 2 行 × 3 列のヤコビ行列  $J_{ux}^{Q^{k_n}} (= \partial u / \partial x)$  と、式 2 の右边をベクトル  $s$  の各要素で偏微分した解を各要素に持つ 3 行 × 6 列のヤコビ行列  $J_{xs}^{Q^{k_n}} (= \partial x / \partial s)$  を算出し、次式によって  $J_{us}^{Q^{k_n}}$  を算出する。

【 0 0 3 0 】

【 数 6 】

$$J_{us}^{Q_{k_n}} = J_{ux}^{Q_{k_n}} \cdot J_{xs}^{Q_{k_n}}$$

20

【 0 0 3 1 】

ステップ S 2 0 5 0 において、位置姿勢算出部 1 2 0 は、ステップ S 2 0 3 0 及びステップ S 2 0 4 0 において算出した誤差  $\Delta u^{Q^{k_n}}$  及びヤコビ行列  $J_{us}^{Q^{k_n}}$  に基づいて、状態ベクトル  $s$  の補正值  $\Delta s$  を算出する。具体的には、誤差  $\Delta u^{Q^{k_n}}$  を垂直に並べた 2 N 次元の誤差ベクトル

30

【 0 0 3 2 】

【 数 7 】

$$U = \begin{bmatrix} \Delta u^{Q_{k_1}} \\ \vdots \\ \Delta u^{Q_{k_N}} \end{bmatrix}$$

40

【 0 0 3 3 】

及び、ヤコビ行列  $J_{us}^{Q^{k_n}}$  を垂直に並べた 2 N 行 × 6 列の行列

【 0 0 3 4 】

【数 8】

$$\Phi = \begin{bmatrix} \mathbf{J}_{\text{us}}^{Q_{k_1}} \\ \vdots \\ \mathbf{J}_{\text{us}}^{Q_{k_N}} \end{bmatrix}$$

【0035】

を作成し、 $\Phi$  の擬似逆行列  $\Phi'$  を用いて、

【0036】

【数 9】

$$\Delta \mathbf{S} = \Phi' \mathbf{U}$$

【0037】

として算出する。図 1 の例では  $N = 3$  であるので、 $\mathbf{U}$  は 6 次元ベクトル、 $\Phi$  は 6 行 × 6 列の行列となる。

ステップ S 2060 において、位置姿勢算出部 120 は、ステップ S 2050 において算出した補正值  $\Delta \mathbf{s}$  を用いて式 10 に従って状態ベクトル  $\mathbf{s}$  を補正し、得られた値を  $\mathbf{s}$  の新たな推定値とする。

【0038】

【数 10】

$$\mathbf{s} + \Delta \mathbf{s} \rightarrow \mathbf{s}$$

【0039】

ステップ S 2070 において、位置姿勢算出部 120 は、誤差ベクトル  $\mathbf{U}$  が予め定めた閾値より小さいかどうか、あるいは、補正值  $\Delta \mathbf{s}$  が予め定めた閾値より小さいかどうかといった何らかの判定基準を用いて、計算が収束しているか否かの判定を行う。収束していない場合には、補正後の状態ベクトル  $\mathbf{s}$  を用いて、再度ステップ S 2020 以降の処理を行う。

ステップ S 2080 において、位置姿勢算出部 120 は、得られた状態ベクトル  $\mathbf{s}$  を撮像装置 130 の位置及び姿勢の情報として出力する。位置及び姿勢の情報は、例えば、 $\mathbf{s}$  から算出したビューイング変換行列の形態によって出力する。

【0040】

以上の方法によって撮像装置 130 の位置及び姿勢を取得することが、従来からなされてきた。

【0041】

また、計測対象物体に複数の指標を設定し、外部に設置した客観視点カメラによって対象物体を撮影し、撮像した客観視点画像内における指標の投影像の画像座標を検出することで、対象物体の位置及び姿勢を求めることも行われている（例えば、非特許文献 2、特許文献 1 を参照）。

【非特許文献 1】R. M. Haralick, C. Lee, K. Ottenberg, and M. Nolle: Review and analysis of solutions of the three point perspective pose estimation problem, International Journal of Computer Vision, vol.13, no.3, pp.331 - 356, 1994.

【非特許文献 2】D. G. Lowe: Fitting parameterized three - dimensional models to images, IEEE Transactions on PAMI, vol.13, no.5, pp.441 - 450, 1991.

【特許文献 1】特開平 09 - 323280 号公報

10

20

30

40

50

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0042】

しかし、計測対象である撮像装置から得た主観視点画像から情景中の指標を検出する前者の方法では、姿勢の変化に比べて位置の変化に対する画像上での指標の移動量が小さいために、位置計測の精度が十分に得られないという問題があった。また、広い範囲の見回しを実現しようとした場合、対応する広範囲の領域に多数の指標を設定しなくてはならないという問題があった。

## 【0043】

一方、客観視点カメラから得た客観視点画像から計測対象物上のマーカを検出する後者の方法では、位置の変化に比べて姿勢の変化に対する画像上での指標の移動量が小さいために、姿勢計測の精度が十分に得られないという問題があった。

## 【0044】

本発明は以上の問題に鑑みてなされたものであり、対象物体の位置姿勢及び姿勢の計測を、位置及び姿勢の何れについても高い精度で実現することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0045】

本発明の目的を達成する為に、例えば本発明の位置姿勢計測方法は以下の構成を備える。

## 【0046】

即ち、対象物体の位置及び姿勢を算出する位置姿勢計測方法であって、  
前記対象物体に装着した主観視点撮像手段によって情景を撮像する主観視点撮像工程と、

前記対象物体を客観視点撮像手段によって撮像する客観視点撮像工程と、

前記主観視点撮像工程で取得された第1の画像から、前記情景中に配置された第1の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する第1の検出工程と、

前記客観視点撮像工程で取得された第2の画像から、前記対象物体上または前記主観視点撮像手段上に配置された第2の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する第2の検出工程と、

前記第1の検出工程で検出した前記第1の指標の画像座標に関わる特徴量と、前記第2の検出工程で検出した前記第2の指標の画像座標に関わる特徴量とを用いて、前記対象物体の位置及び姿勢を算出する位置姿勢算出工程と  
を備えることを特徴とする。

## 【0047】

本発明の目的を達成する為に、例えば本発明の位置姿勢計測方法は以下の構成を備える。

## 【0048】

即ち、情景を撮像する撮像装置を計測対象物体として、当該対象物体の位置及び姿勢を算出する位置姿勢計測方法であって、

前記撮像装置を客観視点撮像手段によって撮像する客観視点撮像工程と、

前記撮像装置によって取得された第1の画像から、前記情景中に配置された第1の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する第1の検出工程と、

前記客観視点撮像工程で取得された第2の画像から、前記撮像装置上に配置された第2の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する第2の検出工程と、

前記第1の検出工程で検出した前記第1の指標の画像座標に関わる特徴量と、前記第2の検出工程で検出した前記第2の指標の画像座標に関わる特徴量とを用いて、前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する位置姿勢算出工程と  
を備えることを特徴とする。

## 【0049】

本発明の目的を達成する為に、例えば本発明の位置姿勢計測方法は以下の構成を備える

。

【0050】

即ち、現実空間を撮像する第1の撮像手段の位置姿勢パラメータを算出する位置姿勢計測装置であって、

前記第1の撮像手段が撮像する第1の画像から、前記現実空間に配置された第1の指標の画像座標を検出する第1の画像座標検出工程と、

前記第1の撮像手段の位置及び姿勢が従前に算出された位置姿勢パラメータに従っているという仮定の基に、前記第1の撮像手段と前記第1の指標との位置姿勢関係に応じて、前記第1の指標の推定画像座標を求める第1の推定画像座標検出工程と、

前記第1の画像上における、前記第1の画像座標検出工程による画像座標と前記第1の推定画像座標検出工程による推定画像座標との第1の誤差座標を求める第1の誤差座標計算工程と、 10

前記第1の撮像手段を含む第2の画像を第2の撮像手段によって撮像する第2の撮像工程と、

前記第2の画像から、前記第1の撮像手段に配置された第2の指標の画像座標を検出する第2の画像座標検出工程と、

前記第1の撮像手段の位置及び姿勢が前記従前に算出された位置姿勢パラメータに従っているという仮定の基に、前記第1の撮像手段と前記第2の指標との位置姿勢関係に応じて、前記第2の指標の推定画像座標を求める第2の推定画像座標検出工程と、

前記第2の画像上における、前記第2の画像座標検出工程による画像座標と前記第2の推定画像座標検出工程による推定画像座標との第2の誤差座標を求める第2の誤差座標計算工程と、 20

前記第1の誤差座標と前記第2の誤差座標とを用いて、前記従前に算出された位置姿勢パラメータを補正するための補正值を求める補正值計算工程と、

前記補正值を用いて、前記従前に算出された位置姿勢パラメータを補正する補正工程とを備えることを特徴とする。

【0051】

本発明の目的を達成する為に、例えば本発明の位置姿勢計測方法は以下の構成を備える。

。

【0052】

即ち、現実空間を撮像する第1の撮像手段に装着され、当該第1の撮像手段との位置姿勢関係が既知の対象物体の第1の位置姿勢パラメータを算出する位置姿勢計測方法であって、 30

前記第1の撮像手段が撮像する第1の画像から、前記現実空間に配置された第1の指標の画像座標を検出する第1の画像座標検出工程と、

前記第1の撮像手段の位置及び姿勢が従前に算出された第2の位置姿勢パラメータに従っているという仮定の基に、前記第1の撮像手段と前記第1の指標との位置姿勢関係に応じて、前記第1の指標の推定画像座標を求める第1の推定画像座標検出工程と、

前記第1の画像上における、前記第1の画像座標検出工程による画像座標と前記第1の推定画像座標検出工程による推定画像座標との第1の誤差座標を求める第1の誤差座標計算工程と、 40

前記対象物体を含む第2の画像を第2の撮像手段によって撮像する第2の撮像工程と、

前記第2の画像から、前記第1の撮像手段もしくは前記対象物体に配置された第2の指標の画像座標を検出する第2の画像座標検出工程と、

前記第1の撮像手段の位置及び姿勢が前記従前に算出された第2の位置姿勢パラメータに従っているという仮定の基に、前記第1の撮像手段と前記第2の指標との位置姿勢関係に応じて、前記第2の指標の推定画像座標を求める第2の推定画像座標検出工程と、

前記第2の画像上における、前記第2の画像座標検出工程による画像座標と前記第2の推定画像座標検出工程による推定画像座標との第2の誤差座標を求める第2の誤差座標計算工程と、 50

前記第 1 の誤差座標と前記第 2 の誤差座標とを用いて、前記従前に算出された第 2 の位置姿勢パラメータを補正するための補正值を求める補正值計算工程と、

前記補正值を用いて、前記従前に算出された第 2 の位置姿勢パラメータを補正する補正工程と、

前記補正工程により補正された前記第 2 の位置姿勢パラメータを用いて、前記第 1 の撮像手段と既知の位置姿勢関係にある前記対象物体の前記第 1 の位置姿勢パラメータを求めるパラメータ計算工程と

を備えることを特徴とする。

【0053】

本発明の目的を達成する為に、例えば本発明の位置姿勢計測方法は以下の構成を備える。 10

【0054】

即ち、情景を撮像する撮像装置を計測対象物体として、当該対象物体の位置及び姿勢を算出する位置姿勢計測方法であって、

前記撮像装置によって取得された画像から、前記情景中に配置された第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する検出工程と、

前記撮像装置に配置された第 2 の指標の位置を計測する計測工程と、

前記検出工程で検出した前記第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量と、前記計測工程で計測した前記第 2 の指標の位置とを用いて、前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する位置姿勢算出工程と 20

を備えることを特徴とする。

【0055】

本発明の目的を達成する為に、例えば本発明の位置姿勢計測装置は以下の構成を備える。

【0056】

即ち、対象物体の位置及び姿勢を算出する位置姿勢計測装置であって、

前記対象物体に装着して情景を撮像する主観視点撮像手段と、

前記対象物体を撮像する客観視点撮像手段と、

前記主観視点撮像手段によって取得された第 1 の画像から、前記情景中に配置された第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する第 1 の検出手段と、 30

前記客観視点撮像手段によって取得された第 2 の画像から、前記対象物体上または前記主観視点撮像手段上に配置された第 2 の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する第 2 の検出手段と、

前記第 1 の検出手段が検出した前記第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量と、前記第 2 の検出手段が検出した前記第 2 の指標の画像座標に関わる特徴量とを用いて、前記対象物体の位置及び姿勢を算出する位置姿勢算出手段と

を備えることを特徴とする。

【0057】

本発明の目的を達成する為に、例えば本発明の位置姿勢計測装置は以下の構成を備える。 40

【0058】

即ち、情景を撮像する撮像装置を計測対象物体として、当該対象物体の位置及び姿勢を算出する位置姿勢計測装置であって、

前記撮像装置を撮像する客観視点撮像手段と、

前記撮像装置によって取得された第 1 の画像から、前記情景中に配置された第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する第 1 の検出手段と、

前記客観視点撮像手段によって取得された第 2 の画像から、前記撮像装置上に配置された第 2 の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する第 2 の検出手段と、

前記第 1 の検出手段が検出した前記第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量と、前記第 2 の検出手段が検出した前記第 2 の指標の画像座標に関わる特徴量とを用いて、前記撮像装 50

置の位置及び姿勢を算出する位置姿勢算出手段と  
を備えることを特徴とする。

【0059】

本発明の目的を達成する為に、例えば本発明の位置姿勢計測装置は以下の構成を備える。

【0060】

即ち、現実空間を撮像する第1の撮像手段の位置姿勢パラメータを算出する位置姿勢計測装置であって、

前記第1の撮像手段が撮像する第1の画像から、前記現実空間に配置された第1の指標の画像座標を検出する第1の画像座標検出手段と、

10

前記第1の撮像手段の位置及び姿勢が従前に算出された位置姿勢パラメータに従っているという仮定の基に、前記第1の撮像手段と前記第1の指標との位置姿勢関係に応じて、前記第1の指標の推定画像座標を求める第1の推定画像座標検出手段と、

前記第1の画像上における、前記第1の画像座標検出手段による画像座標と前記第1の推定画像座標検出手段による推定画像座標との第1の誤差座標を求める第1の誤差座標計算手段と、

前記第1の撮像手段を含む第2の画像を撮像する第2の撮像手段と、

前記第2の画像から、前記第1の撮像手段に配置された第2の指標の画像座標を検出する第2の画像座標検出手段と、

前記第1の撮像手段の位置及び姿勢が前記従前に算出された位置姿勢パラメータに従っているという仮定の基に、前記第1の撮像手段と前記第2の指標との位置姿勢関係に応じて、前記第2の指標の推定画像座標を求める第2の推定画像座標検出手段と、

20

前記第2の画像上における、前記第2の画像座標検出手段による画像座標と前記第2の推定画像座標検出手段による推定画像座標との第2の誤差座標を求める第2の誤差座標計算手段と、

前記第1の誤差座標と前記第2の誤差座標とを用いて、前記従前に算出された位置姿勢パラメータを補正するための補正值を求める補正值計算手段と、

前記補正值を用いて、前記従前に算出された位置姿勢パラメータを補正する補正手段とを備えることを特徴とする。

【0061】

30

本発明の目的を達成する為に、例えば本発明の位置姿勢計測装置は以下の構成を備える。

【0062】

即ち、現実空間を撮像する第1の撮像手段に装着され、当該第1の撮像手段との位置姿勢関係が既知の対象物体の第1の位置姿勢パラメータを算出する位置姿勢計測装置であって、

前記第1の撮像手段が撮像する第1の画像から、前記現実空間に配置された第1の指標の画像座標を検出する第1の画像座標検出手段と、

前記第1の撮像手段の位置及び姿勢が従前に算出された第2の位置姿勢パラメータに従っているという仮定の基に、前記第1の撮像手段と前記第1の指標との位置姿勢関係に応じて、前記第1の指標の推定画像座標を求める第1の推定画像座標検出手段と、

40

前記第1の画像上における、前記第1の画像座標検出手段による画像座標と前記第1の推定画像座標検出手段による推定画像座標との第1の誤差座標を求める第1の誤差座標計算手段と、

前記対象物体を含む第2の画像を撮像する第2の撮像手段と、

前記第2の画像から、前記第1の撮像手段もしくは前記対象物体に配置された第2の指標の画像座標を検出する第2の画像座標検出手段と、

前記第1の撮像手段の位置及び姿勢が前記従前に算出された第2の位置姿勢パラメータに従っているという仮定の基に、前記第1の撮像手段と前記第2の指標との位置姿勢関係に応じて、前記第2の指標の推定画像座標を求める第2の推定画像座標検出手段と、

50

前記第 2 の画像上における、前記第 2 の画像座標検出手段による画像座標と前記第 2 の推定画像座標検出手段による推定画像座標との第 2 の誤差座標を求める第 2 の誤差座標計算手段と、

前記第 1 の誤差座標と前記第 2 の誤差座標とを用いて、前記従前に算出された第 2 の位置姿勢パラメータを補正するための補正值を求める補正值計算手段と、

前記補正值を用いて、前記従前に算出された第 2 の位置姿勢パラメータを補正する補正手段と、

前記補正手段により補正された前記第 2 の位置姿勢パラメータを用いて、前記第 1 の撮像手段と既知の位置姿勢関係にある前記対象物体の前記第 1 の位置姿勢パラメータを求めるパラメータ計算手段と

10

を備えることを特徴とする。

#### 【0063】

本発明の目的を達成する為に、例えば本発明の位置姿勢計測装置は以下の構成を備える。

#### 【0064】

即ち、情景を撮像する撮像装置を計測対象物体として、当該対象物体の位置及び姿勢を算出する位置姿勢計測装置であって、

前記撮像装置によって取得された画像から、前記情景中に配置された第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量を検出する検出手段と、

前記撮像装置に配置された第 2 の指標の位置を計測する計測手段と、

20

前記検出手段が検出した前記第 1 の指標の画像座標に関わる特徴量と、前記計測手段が計測した前記第 2 の指標の位置とを用いて、前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する位置姿勢算出手段と

を備えることを特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【0065】

本発明に係る構成により、対象物体の位置及び姿勢の計測を、位置及び姿勢の何れについても高い精度で実現することができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0066】

30

以下添付図面を参照して、本発明を好適な実施形態に従って詳細に説明する。

#### 【0067】

##### [ 第 1 の実施形態 ]

本実施形態に係る位置姿勢計測装置は、撮像装置の位置及び姿勢の計測を行う。以下、本実施形態に係る位置姿勢計測装置及び位置姿勢計測方法について説明する。

#### 【0068】

図 3 は、本実施形態に係る位置姿勢計測装置の概略構成を示す図である。なお図 1 と同じ部分については同じ番号、記号を付けており、その説明を省略する。図 3 に示したように、本実施形態に係る位置姿勢計測装置 300 は、主観視点指標検出部 110、客観視点指標検出部 310、位置姿勢算出部 320、及び客観視点カメラ 330 によって構成されており、計測対象である撮像装置 130 に接続されている。

40

#### 【0069】

客観視点カメラ 330 は、計測対象範囲内に撮像装置 130 が位置するときに、撮像装置 130 を撮像可能な位置に固定して配置されている。ここで、世界座標系における客観視点カメラ 330 の位置及び姿勢は、既知の値として予め客観視点指標検出部 310 に保持されているものとする。

#### 【0070】

現実空間中の複数の位置には、上記従来例と同様に、撮像装置 130 によって撮影するための指標として、世界座標系における位置が既知である主観視点指標  $Q_k$  が設定されている。また、撮像装置 130 上の複数の位置には、客観視点カメラ 330 によって撮影す

50

るための指標（以下、客観視点指標）として、主観視点カメラ座標系（撮像装置 130 上の 1 点を原点として定義し、更に互いに直交する 3 軸を夫々 X 軸、Y 軸、Z 軸として定義した座標系）上における位置が既知である客観視点指標  $P_k$  ( $k = 1, \dots, K$ ) が設定されている。

#### 【0071】

これらの指標は、位置及び姿勢を計測しようとする計測対象範囲内の各々の地点に撮像装置 130 を位置させた時に、撮像装置 130 によって取得される画像上において観測される主観視点指標と、客観視点カメラ 330 によって取得される画像上において観測される客観視点指標の総数が常に少なくとも 3 個以上となるように設置されていることが望ましい。図 3 の例は、3 個の主観視点指標  $Q_1, Q_2, Q_3$  と 2 個の客観視点指標  $P_1, P_2$  が設定されており、そのうちの 2 個の主観視点指標  $Q_1, Q_3$  が撮像装置 130 の視野内に含まれており、2 個の客観視点指標  $P_1, P_2$  が客観視点カメラ 330 の視野内に含まれている状況を示している。

10

#### 【0072】

なお、客観視点指標  $P_k$  は、主観視点指標  $Q_k$  と同様に、撮影画像上における投影像の画像座標が検出可能であって、かついずれの指標であるかが識別可能であるような指標であれば、何れの形態であってもよい。また主観視点指標、客観視点指標は共に、故意に設定されたものであっても良いし、故意に設定されたものではない、例えば、上述の通り、自然形状のものを用いても良い。

#### 【0073】

主観視点指標検出部 110 は、上記従来例と同様に、撮像装置 130 が撮影した主観視点画像を入力し、画像中に撮影されている主観視点指標  $Q_k$  の画像座標を検出し、検出された主観視点指標  $Q_k$  の画像座標  $u^{Q_k}$  とその識別子  $k$  を位置姿勢算出部 320 へと出力する。例えば図 3 の場合には、 $N = 2$  であり、識別子  $k_1 = 1, k_2 = 3$  とこれらに対応する画像座標  $u^{Q_{k_1}}, u^{Q_{k_2}}$  が出力される。

20

#### 【0074】

客観視点指標検出部 310 は、客観視点カメラ 330 が撮影した画像（以下、客観視点画像）を入力し、主観視点指標検出部 110 と同様な処理によって画像中に撮影されている客観視点指標  $P_k$  の画像座標を検出し、検出された客観視点指標  $P_k$  の画像座標  $u^{P_k}$  とその識別子  $k$  を位置姿勢算出部 320 へと出力する。ここで、 $m$  ( $m = 1, \dots, M$ ) は検出された指標夫々に付けられたインデックスであり、 $M$  は検出された指標の総数を表している。例えば図 3 の場合には、 $M = 2$  であり、識別子  $k_1 = 1, k_2 = 2$  とこれらに対応する画像座標  $u^{P_{k_1}}, u^{P_{k_2}}$  が出力される。

30

#### 【0075】

位置姿勢算出部 320 は、検出された各々の主観視点指標  $Q_k$  の画像座標  $u^{Q_k}$  と、既知な情報として予め保持している指標の世界座標  $x_w^{Q_k}$  との対応関係と、検出された各々の客観視点指標  $P_k$  の画像座標  $u^{P_k}$  と、既知な情報として予め保持している主観視点カメラ座標系上における指標の位置  $x_c^{P_k}$  との対応関係に基づいて、撮像装置 130 の位置及び姿勢を示すパラメータを算出する。これにより、撮像装置 130 の位置及び姿勢の計測を行うことができる。

40

#### 【0076】

なお、図 3 に示した客観視点指標検出部 310、位置姿勢算出部 320、主観視点指標検出部 110 の夫々は独立した装置として扱っても良いし、夫々ソフトウェアとして 1 つもしくは複数のコンピュータにインストールし、夫々のコンピュータの CPU により実行することで、その機能を実現するようにしても良い。本実施形態では、各部（客観視点指標検出部 310、位置姿勢算出部 320、主観視点指標検出部 110）は 1 台のコンピュータ内で実行対象となるソフトウェアとして扱う。

#### 【0077】

図 10 は客観視点指標検出部 310、位置姿勢算出部 320、主観視点指標検出部 110 の夫々をソフトウェアとして実行するコンピュータの基本構成を示す図である。

50

## 【0078】

1001はCPUで、RAM1002やROM1003に格納されたプログラムやデータを用いてコンピュータ全体の制御を行うと共に、客観視点指標検出部310、位置姿勢算出部320、主観視点指標検出部110の夫々のソフトウェアの実行を制御して、各部の機能を実現する。

## 【0079】

1002はRAMで、外部記憶装置1007や記憶媒体ドライブ1008からロードされたプログラムやデータを一時的に記憶するエリアを備えると共に、CPU1001が各種の処理を行うために必要とするワークエリアを備える。

## 【0080】

1003はROMで、一般にコンピュータの記憶プログラムや設定データなどが格納されている。1004、1005は夫々キーボード、マウスで、操作者は夫々を用いて、各種の指示をCPU1001に入力することができる。

## 【0081】

1006は表示部で、CRTや液晶画面などにより構成されており、例えば、撮像装置130の位置姿勢計測のために表示すべきメッセージ等を表示することができる。

## 【0082】

1007は外部記憶装置で、ハードディスクなどの大容量情報記憶装置として機能する装置であって、ここにOS（オペレーティングシステム）や、客観視点指標検出部310、位置姿勢算出部320、主観視点指標検出部110の夫々として機能するソフトウェアのプログラム等を保存する。また本実施形態の説明において、既知であると説明する情報もここに保存する。

## 【0083】

1008は記憶媒体ドライブで、CD-ROMやDVD-ROMなどの記憶媒体に記憶されているプログラムやデータをCPU1001からの指示に従って読み出して、RAM1002や外部記憶装置1007に出力する。

## 【0084】

1009はI/Fで、撮像装置130、客観視点カメラ330を接続するためのものであって、夫々が撮像した画像はI/F1009を介してRAM1002に取り込まれる。1010は上述の各部を繋ぐバスである。

## 【0085】

図4は、CPU1001が位置姿勢算出部320のソフトウェアのプログラムを実行することで行われる、撮像装置130の位置及び姿勢を示すパラメータを算出する処理のフローチャートである。なお、以下の処理を行う前段で、客観視点指標検出部310、位置姿勢算出部320、主観視点指標検出部110の夫々のソフトウェアのプログラムはRAM1002に既にロードされているものとする。

## 【0086】

位置姿勢算出部320では、上記従来例における位置姿勢算出部120と同様に、算出すべき撮像装置130の位置及び姿勢を、それぞれ3値ベクトル $[x \ y \ z]^T$ 及び $[\xi \ \psi \ \zeta]^T$ として扱っている。このとき、求めるべき未知パラメータは、6値の状態ベクトル $s = [x \ y \ z \ \xi \ \psi \ \zeta]^T$ と記述される。

## 【0087】

ステップS4000において、位置姿勢算出部320は、状態ベクトル $s$ に適当な初期値（位置及び姿勢の推定値）を設定する。例えば、前フレーム（時刻 $t_{k-1}$ ）の処理において導出された $s$ を初期値としてもよいし、過去からの $s$ の導出値の変化に基づいた予測によって得た値を設定してもよい。

## 【0088】

ステップS4010において、位置姿勢算出部320は、主観視点指標検出部110において検出された各々の主観視点指標 $Q^{k_n}$ の画像座標 $u^{Q^{k_n}}$ とその識別子 $k_n$ を入力する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 9 】

ステップ S 4 0 2 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 は、客観視点指標検出部 3 1 0 において検出された各々の客観視点指標  $P^{k m}$  の画像座標  $u^{P^{k m}}$  とその識別子  $k_m$  を入力する。

## 【 0 0 9 0 】

ステップ S 4 0 3 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 は、入力された指標の総数（すなわち  $N + M$ ）が 3 以上であるかどうかの判定を行う。指標の総数が 3 に満たない場合には、ステップ S 4 0 4 0 からステップ S 4 1 2 0 によって実現される  $s$  の更新処理を行わずにステップ S 4 1 3 0 へと進む。

## 【 0 0 9 1 】

ステップ S 4 0 4 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 は、各々の主観視点指標  $Q^{k n}$  に対して、その画像座標の推定値  $u^{Q^{k n} *}$  を式 1 ~ 式 4 に基づいて算出する。すなわち、撮像装置 1 3 0 の位置及び姿勢が従前に求めた状態ベクトル  $s$  に従っていると仮定して、撮像装置 1 3 0 と主観視点指標との位置姿勢関係に応じて、各々の主観視点指標の画像座標の推定値を求める。

## 【 0 0 9 2 】

ステップ S 4 0 5 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 は、各々の主観視点指標  $Q^{k n}$  に対して、画像座標の推定値  $u^{Q^{k n} *}$  と実測値  $u^{Q^{k n}}$  との誤差  $\Delta u^{Q^{k n}}$  を、式 5 に基づいて算出する。

## 【 0 0 9 3 】

ステップ S 4 0 6 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 は、各々の主観視点指標  $Q^{k n}$  に対して、式 1 の関数  $F_c()$  を状態ベクトル  $s$  の各要素で偏微分した解を各要素に持つ 2 行 × 6 列のヤコビ行列  $J_{u_s}^{Q^{k n}} (= \partial u / \partial s)$  を、式 6 に基づいて算出する。

## 【 0 0 9 4 】

ステップ S 4 0 7 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 は、各々の客観視点指標  $P^{k m}$  に対して、その画像座標の推定値  $u^{P^{k m} *}$  を算出する。すなわち、撮像装置 1 3 0 の位置及び姿勢が従前に求めた状態ベクトル  $s$  に従っていると仮定して、撮像装置 1 3 0 と客観視点指標との位置姿勢関係に応じて、各々の客観視点指標の画像座標の推定値を求める。

## 【 0 0 9 5 】

$u^{P^{k m} *}$  の算出は、既知な情報として予め保持している指標  $P^{k m}$  各々のカメラ座標（カメラ座標系における座標値） $x_C^{P^{k m}}$  と、現在の状態ベクトル  $s$  の関数

## 【 0 0 9 6 】

## 【 数 1 1 】

$$u^{P_{k_m} *} = F_B \left( x_C^{P_{k_m}}, s \right)$$

## 【 0 0 9 7 】

に基づいて行われる。

具体的には、関数  $F_B()$  は、客観視点カメラ座標系（客観視点カメラ 3 3 0 上の 1 点を原点として定義し、更に互いに直交する 3 軸を夫々 X 軸、Y 軸、Z 軸として定義した座標系）上における当該指標の座標  $x_B^{P^{k m}}$  を、 $x_C^{P^{k m}}$  と  $s$  から求める次式、

## 【 0 0 9 8 】

10

20

30

40

【数 1 2】

$$\mathbf{x}_B^{P_{km}} = \begin{bmatrix} x_B^{P_{km}} & y_B^{P_{km}} & z_B^{P_{km}} & 1 \end{bmatrix}^T = \mathbf{M}_{WB}^{-1} \cdot \mathbf{M}_{WC}(\mathbf{s}) \cdot \mathbf{x}_C^{P_{km}}$$

【0 0 9 9】

及び、カメラ座標  $x_B^{P_{km}}$  から画像座標  $u^{P_{km}*}$  を求める次式、

【0 1 0 0】

【数 1 3】

$$\mathbf{u}^{P_{km}*} = \begin{bmatrix} u_x^{P_{km}*} & u_y^{P_{km}*} \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} -f_x^B \frac{x_B^{P_{km}}}{z_B^{P_{km}}} & -f_y^B \frac{y_B^{P_{km}}}{z_B^{P_{km}}} \end{bmatrix}^T$$

10

【0 1 0 1】

によって構成されている。ここで  $f_x^B$  及び  $f_y^B$  は、それぞれ  $x$  軸方向及び  $y$  軸方向における客観視点カメラ 330 の焦点距離であり、既知の値として予め保持されているものとする。また、 $\mathbf{M}_{WB}$  は客観視点カメラ座標系における座標を世界座標に変換する変換行列であり、既知の値として予め保持されている世界座標系における客観視点カメラ 330 の位置及び姿勢に基づいて、予め算出されているものとする。

20

ステップ S4080 において、位置姿勢算出部 320 は、各々の主観視点指標  $P_{km}$  に対して、画像座標の推定値  $u^{P_{km}*}$  と実測値  $u^{P_{km}}$  との誤差  $\Delta u^{P_{km}}$  を、次式によって算出する。

【0 1 0 2】

【数 1 4】

$$\Delta u^{P_{km}} = u^{P_{km}} - u^{P_{km}*}$$

30

【0 1 0 3】

ステップ S4090 において、位置姿勢算出部 320 は、各々の主観視点指標  $P_{km}$  に対して、式 11 の関数  $F_B(\cdot)$  を状態ベクトル  $\mathbf{s}$  の各要素で偏微分した解を各要素に持つ 2 行 × 6 列のヤコビ行列  $\mathbf{J}_{us}^{P_{km}} (= \partial \mathbf{u} / \partial \mathbf{s})$  を算出する。具体的には、式 13 の右辺をカメラ座標  $x_B^{P_{km}}$  の各要素で偏微分した解を各要素に持つ 2 行 × 3 列のヤコビ行列  $\mathbf{J}_{ux}^{P_{km}} (= \partial \mathbf{u} / \partial \mathbf{x})$  と、式 12 の右辺をベクトル  $\mathbf{s}$  の各要素で偏微分した解を各要素に持つ 3 行 × 6 列のヤコビ行列  $\mathbf{J}_{xs}^{P_{km}} (= \partial \mathbf{x} / \partial \mathbf{s})$  を算出し、次式によって  $\mathbf{J}_{us}^{P_{km}}$  を算出する。

【0 1 0 4】

【数 1 5】

$$\mathbf{J}_{us}^{P_{km}} = \mathbf{J}_{ux}^{P_{km}} \cdot \mathbf{J}_{xs}^{P_{km}}$$

40

【0 1 0 5】

ステップ S4100 において、位置姿勢算出部 320 は、以上のステップで算出した誤差  $\Delta u^{Q_{kn}}$ 、ヤコビ行列  $\mathbf{J}_{us}^{Q_{kn}}$ 、誤差  $\Delta u^{P_{km}}$ 、及びヤコビ行列  $\mathbf{J}_{us}^{P_{km}}$  に基づいて、誤差ベクトル  $\mathbf{U}$  及び行列  $\Phi$  を定め、式 9 によって状態ベクトル  $\mathbf{s}$  の補正值  $\Delta$

50

s を算出する。このとき、誤差ベクトル U は、誤差  $\Delta u^{Q_{k_n}}$  及び  $\Delta u^{P_{k_m}}$  を垂直に並べた  $2(N + M)$  次元のベクトル

【 0 1 0 6 】

【 数 1 6 】

$$U = \begin{bmatrix} \Delta u^{Q_{k_1}} \\ \vdots \\ \Delta u^{Q_{k_N}} \\ \Delta u^{P_{k_1}} \\ \vdots \\ \Delta u^{P_{k_M}} \end{bmatrix}$$

10

【 0 1 0 7 】

20

として、また、行列  $\Phi$  は、ヤコビ行列  $J_{us}^{Q_{k_n}}$  及び  $J_{us}^{P_{k_m}}$  を垂直に並べた  $2(N + M)$  行  $\times$  6 列の行列

【 0 1 0 8 】

【 数 1 7 】

$$\Phi = \begin{bmatrix} J_{us}^{Q_{k_1}} \\ \vdots \\ J_{us}^{Q_{k_N}} \\ J_{us}^{P_{k_1}} \\ \vdots \\ J_{us}^{P_{k_M}} \end{bmatrix}$$

30

【 0 1 0 9 】

40

として設定する。図 3 の例では、 $M = 2$  ,  $N = 2$  であるので、U は 8 次元ベクトル、 $\Phi$  は 8 行  $\times$  6 列の行列となる。

ステップ S 4 1 1 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 は、ステップ S 4 1 0 0 において算出した補正值  $\Delta s$  を用いて式 1 0 によって状態ベクトル s、すなわち撮像装置 1 3 0 の位置及び姿勢を示すパラメータを補正し、得られた値を s の新たな推定値とする。

【 0 1 1 0 】

ステップ S 4 1 2 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 は、誤差ベクトル U が予め定めた閾値より小さいかどうか、あるいは、補正值  $\Delta s$  が予め定めた閾値より小さいかどうかといった何らかの判定基準を用いて、計算が収束しているか否かの判定を行う。収束していない場合には、補正後の状態ベクトル s を用いて、再度ステップ S 4 0 4 0 以降の処理を行

50

う。

【0111】

ステップS4120において計算が収束したと判定されると、ステップS4130において、位置姿勢算出部320は、得られた状態ベクトル $s$ を撮像装置130の位置及び姿勢を示すパラメータとして出力する。なお、出力の形態は $s$ のうちの姿勢成分をオイラー角に変換したものでよいし、 $s$ から算出したビューイング変換行列であってもよいし、他のいずれの位置姿勢記述方法によるものでよい。

【0112】

以上の処理によって、主観視点画像上における指標間の誤差を極小化するだけでなく、客観視点画像上における指標間の誤差をも極小化するような、撮像装置130の位置及び姿勢を得ることができる。これにより、主観視点画像、客観視点画像の何れかの画像のみを用いている場合よりも、撮像装置130の位置及び姿勢をより高い精度で計測し、そのパラメータを算出することができる。

10

【0113】

以上によって、撮像装置の位置及び姿勢の計測が、位置と姿勢のいずれにおいても高い精度で実現される。

【0114】

また、本実施形態では、主観視点画像と客観視点画像の双方を利用しているので、主観視点画像のみを用いる従来手法と比べて、情景中に配置する主観視点指標の総数を減少させることができる。

20

【0115】

[第2の実施形態]

本実施形態に係る位置姿勢計測装置は、ステレオビデオシースルーHMD (Head Mount Display) に搭載された2台のカメラの位置及び姿勢の計測を行う。以下、本実施形態に係る位置姿勢計測装置及び位置姿勢計測方法について説明する。

【0116】

図5は、本実施形態に係る位置姿勢計測装置の概略構成を示す図である。なお、図1、3と同じ部分については同じ番号、記号を付けている。図5に示したように、本実施形態に係る位置姿勢計測装置500は、主観視点指標検出部110L、110R、客観視点指標検出部310、位置姿勢算出部520、及び客観視点カメラ330によって構成されている。

30

【0117】

なお、主観視点指標検出部110L、110Rは夫々、図1に示した主観視点指標検出部110と同じものを左用、右用としたものである。主観視点指標検出部110L、110Rについての詳細は後述する。

【0118】

主観視点指標 $Q^k$ は第1の実施形態と同様に配置されており、また、客観視点カメラ330及び客観視点指標検出部310の機能は第1の実施形態と同様であるので、これらに関する詳細な説明は省略する。

【0119】

HMD540には、観察者の左右の視点に対応する現実空間の映像を撮影するために、2台のカメラ550L、550Rが内蔵されている。ここで、左カメラ座標系(カメラ550L上の1点を原点として定義し、更に互いに直交する3軸を夫々X軸、Y軸、Z軸として定義した座標系)におけるカメラ550Rの位置及び姿勢は既知であるとする。また、HMD540上の複数の位置には、左カメラ座標系における位置が既知である客観視点指標 $P^k$  ( $k=1, \dots, K_2$ )が設定されている。

40

【0120】

カメラ550L、550Rによって撮影された左右の主観視点画像は、各々主観視点指標検出部110L、110Rへと入力される。

【0121】

50

主観視点指標検出部 110L 及び 110R は、第 1 の実施形態における主観視点指標検出部 110 と同様な処理によって、各々が入力する左右の主観視点画像に対して主観視点指標の検出処理を行い、検出された指標の画像座標とその識別子を位置姿勢算出部 520 へと出力する。以下では、主観視点指標検出部 110L 及び 110R によって検出された指標の画像座標を各々  $u_L^{Q k L n}$  及び  $u_R^{Q k R n}$  と表記する。また、検出された指標の総数を各々  $N_L$  及び  $N_R$  と表記する。

#### 【0122】

図 5 の例では、3 個の主観視点指標  $Q^1$ 、 $Q^2$ 、 $Q^3$  が配置されており、そのうちの 2 個の主観視点指標  $Q^1$ 、 $Q^2$  がカメラ 550L の視野内に、2 個の主観視点指標  $Q^1$ 、 $Q^3$  がカメラ 550L の視野内に含まれている状況を示している。このとき、 $N_L = 2$  であり、主観視点指標検出部 110L は、識別子  $k_{L1} = 1$ 、 $k_{L2} = 2$  とこれらに対応する画像座標  $u_L^{Q k L 1}$ 、 $u_L^{Q k L 2}$  を出力する。同様に、 $N_R = 2$  であり、主観視点指標検出部 110R は、識別子  $k_{R1} = 1$ 、 $k_{R2} = 3$  とこれらに対応する画像座標  $u_R^{Q k R 1}$ 、 $u_R^{Q k R 2}$  を出力する。

10

#### 【0123】

位置姿勢算出部 520 は、検出された主観視点指標  $Q^{k n}$  の画像座標  $u_L^{Q k L n}$  及び  $u_R^{Q k R n}$  と客観視点指標  $P^{k m}$  の画像座標  $u_P^{k m}$  に基づいて、2 台のカメラ 550L、550R の位置及び姿勢を算出する。

#### 【0124】

なお、図 5 に示した客観視点指標検出部 310、位置姿勢算出部 520、主観視点指標検出部 110R、110L の夫々は独立した装置として扱っても良いし、夫々ソフトウェアとして 1 つもしくは複数のコンピュータにインストールし、夫々のコンピュータの CPU により実行することで、その機能を実現するようにしても良い。本実施形態では、各部（客観視点指標検出部 310、位置姿勢算出部 520、主観視点指標検出部 110R、110L）は 1 台のコンピュータ内で実行対象となるソフトウェアとして扱う。またこのコンピュータの基本構成は図 10 に示した構成とする。

20

#### 【0125】

また本実施形態に関する説明において、既知の情報は全て外部記憶装置 1007 に保存されているものとする。

#### 【0126】

位置姿勢算出部 520 の処理工程は第 1 の実施形態における位置姿勢算出部 320 と同様であり、カメラ 550L の位置及び姿勢を未知パラメータとして、6 値の状態ベクトル  $s = [x \ y \ z \ \xi \ \psi \ \zeta]^T$  を算出する。ただし、左右双方の主観視点指標の検出結果を用いるため、以下の点で第 1 の実施形態とは処理が異なっている。

30

#### 【0127】

すなわち、誤差ベクトル  $U$  を、誤差  $\Delta u_L^{Q k L n}$ 、 $\Delta u_R^{Q k R n}$ 、及び  $\Delta u_P^{k m}$  を垂直に並べた  $2(N_L + N_R + M)$  次元のベクトルとして設定する。また、行列  $\Phi$  を、ヤコビ行列  $J_{u_L s}^{Q k L n}$ 、 $J_{u_R s}^{Q k R n}$ 、及び  $J_{u_P s}^{P k m}$  を垂直に並べた  $2(N_L + N_R + M)$  行  $\times$  6 列の行列として設定する。図 5 の例では、 $M = 2$ 、 $N_L = 2$ 、 $N_R = 2$  であるので、 $U$  は 12 次元ベクトル、 $\Phi$  は 12 行  $\times$  6 列の行列となる。

40

#### 【0128】

ここで、主観視点指標に関する誤差及びヤコビ行列の算出は、カメラ 550L、550R の各々の固有パラメータ（焦点距離）に基づいて、第 1 の実施形態における主観視点指標に関する誤差及びヤコビ行列の算出（ステップ S4040 ~ S4060）と同様の処理によって行う。ただし、カメラ 550R に関しては、右カメラ座標系（カメラ 550R 上の 1 点を原点として定義し、更に互いに直交する 3 軸を夫々 X 軸、Y 軸、Z 軸として定義した座標系）における指標の座標  $x_{C_R}^{Q k R n}$  を  $s$  から求める式として、式 2 の代わりに次式を使用する。

#### 【0129】

【数 18】

$$\mathbf{x}_{C_R}^{Q_{kR_n}} = \mathbf{M}_{C_L C_R}^{-1} \cdot \mathbf{M}_{WC_L}(s)^{-1} \cdot \mathbf{x}_W^{Q_{kR_n}}$$

【0130】

ここで、 $\mathbf{M}_{C_L C_R}$  は右カメラ座標系から左カメラ座標系への変換行列であり、既知の値として予め保持されている左カメラ座標系におけるカメラ 550 R の位置及び姿勢に基づいて、予め算出されているものとする。

以上によって  $s$  が求まれば、カメラ 550 R の位置及び姿勢は、 $s$  及び既知の値である  $\mathbf{M}_{C_L C_R}$  を用いることで、容易に算出できる。 10

【0131】

本実施形態における位置姿勢計測装置 500 の出力は、カメラ 550 L 及び 550 R それぞれの位置及び姿勢を表すビューイング変換行列であってもよいし、カメラ 550 L 及び 550 R それぞれの位置及び姿勢を表す 2 つの 6 次元ベクトルであってもよい。また、位置姿勢計測装置 500 の出力を使用する装置（本実施形態の場合は、不図示の画像生成装置）がカメラ 550 L とカメラ 550 R の位置関係（例えば前述の行列  $\mathbf{M}_{C_L C_R}$ ）を保持している場合には、一方のカメラの位置及び姿勢を表すデータのみを出力してもよい。

【0132】

以上によって、ステレオビデオシースルー HMD に搭載された 2 台のカメラの位置及び姿勢の計測が、位置と姿勢のいずれにおいても高い精度で実現される。 20

【0133】

〔第 3 の実施形態〕

第 1 の実施形態は 1 台の客観視点カメラを使用していたが、客観視点カメラの台数は 1 台に限定されるものではない。複数台の客観視点カメラを用いて位置姿勢計測装置を構成することによって、計測範囲の拡大や計測の安定性向上が期待できる。

【0134】

図 6 は、本実施形態に係る位置姿勢計測装置の概略構成を示す図である。なお、図 1、3 と同じ部分については同じ番号、記号を付けている。図 6 に示したように、本実施形態に係る位置姿勢計測装置 600 は、客観視点カメラ 330 a ~ 330 d、客観視点指標検出部 310 a ~ 310 d、主観視点指標検出部 110、及び位置姿勢算出部 620 によって構成されている。 30

【0135】

なお、主観視点指標 Q 及び客観視点指標 P は第 1 の実施形態と同様に配置されており、撮像装置 130 が撮影した主観視点映像が、主観視点指標検出部 110 に入力される。主観視点指標検出部 110 の機能は第 1 の実施形態と同様であるので、説明は省略する。

【0136】

客観視点カメラ 330 a ~ 330 d は、計測対象範囲内に撮像装置 130 が位置するときに撮像装置 130 を撮像可能な位置に固定して配置されている。客観視点カメラ 330 a ~ 330 d の配置は、隠蔽に対する安定性を向上させることを目的として、客観視点指標 P が同時に複数の客観視点カメラによって観察されるように、それぞれがオーバーラップする領域を撮影するように設定してもよいし、計測対象範囲の拡大を目的として、互いに異なる領域を撮影するように設定してもよい。尚、世界座標系における客観視点カメラ 330 a ~ 330 d の各々の位置及び姿勢は、既知の値として予め保持されているものとする。 40

【0137】

客観視点指標検出部 310 a ~ 310 d の各々は、第 1 の実施形態における客観視点指標検出部 310 と同様な処理によって、客観視点カメラ 330 a ~ 330 d が撮影した夫々の客観視点画像を入力し、客観視点指標の検出処理を行い、検出された指標の画像座標 50

とその識別子を位置姿勢算出部 6 2 0 へと出力する。以下では、客観視点指標検出部 3 1 0 a ~ 3 1 0 d によって検出された指標の画像座標を各々  $u_a^{P k a n}$ ,  $u_b^{P k b n}$ ,  $u_c^{P k c n}$ ,  $u_d^{P k d n}$  と表記する。また、検出された指標の総数を各々  $M_a$ ,  $M_b$ ,  $M_c$ ,  $M_d$  と表記する。

#### 【0 1 3 8】

位置姿勢算出部 6 2 0 は、検出された各々の主観視点指標の画像座標とこの指標の世界座標との対応関係と、客観視点指標検出部 3 1 0 a ~ 3 1 0 d の各々によって検出された各々の客観視点指標の画像座標と主観視点カメラ座標系上における指標の位置との対応関係に基づいて、撮像装置 1 3 0 の位置及び姿勢を算出する。

#### 【0 1 3 9】

なお、図 6 に示した客観視点指標検出部 3 1 0 a ~ 3 1 0 d、主観視点指標検出部 1 1 0、及び位置姿勢算出部 6 2 0 の夫々は独立した装置として扱っても良いし、夫々ソフトウェアとして1つもしくは複数のコンピュータにインストールし、夫々のコンピュータの CPU により実行することで、その機能を実現するようにしても良い。本実施形態では、各部（客観視点指標検出部 3 1 0 a ~ 3 1 0 d、主観視点指標検出部 1 1 0、及び位置姿勢算出部 6 2 0）は1台のコンピュータ内で実行対象となるソフトウェアとして扱う。またこのコンピュータの基本構成は図 1 0 に示した構成とする。

#### 【0 1 4 0】

また本実施形態に関する説明において、既知の情報は全て外部記憶装置 1 0 0 7 に保存されているものとする。

#### 【0 1 4 1】

位置姿勢算出部 6 2 0 の処理工程は第 1 の実施形態における位置姿勢算出部 3 2 0 と同様であり、撮像装置 1 3 0 の位置及び姿勢を未知パラメータとして、6 値の状態ベクトル  $s = [x \ y \ z \ \xi \ \psi \ \zeta]^T$  を算出する。ただし、複数台の客観視点カメラを用いるために、以下の点で第 1 の実施形態とは処理が異なっている。

#### 【0 1 4 2】

すなわち、誤差ベクトル  $U$  を、誤差  $\Delta u^{Q k n}$  及び  $\Delta u_a^{P k a m}$ ,  $\Delta u_b^{P k b m}$ ,  $\Delta u_c^{P k c m}$ ,  $\Delta u_d^{P k d m}$  を垂直に並べた  $2(N + M_a + M_b + M_c + M_d)$  次元のベクトルとして設定する。また、行列  $\Phi$  を、ヤコビ行列  $J_{u_s}^{Q k n}$  及び、 $J_{u_a s}^{P k a m}$ ,  $J_{u_b s}^{P k b m}$ ,  $J_{u_c s}^{P k c m}$ ,  $J_{u_d s}^{P k d m}$  を垂直に並べた  $2(N + M_a + M_b + M_c + M_d)$  行  $\times$  6 列の行列として設定する。ここで、客観視点指標に関する誤差及びヤコビ行列の算出は、客観視点カメラ 3 3 0 a ~ 3 3 0 d の各々の固有パラメータ（世界座標系における位置や焦点距離）に基づいて、第 1 の実施形態における客観視点指標に関する誤差及びヤコビ行列の算出（ステップ S 4 0 7 0 ~ S 4 0 9 0）と同様の処理によって行う。

#### 【0 1 4 3】

以上のように、複数の客観視点カメラを用いることで、撮像装置が広い範囲を移動した場合や、いずれかの客観視点カメラに対して撮像装置が隠蔽されるような状況下においても、位置及び姿勢を算出するのに十分なデータを得ることが可能となり、移動可能範囲の拡大あるいは隠蔽等に対する安定性の向上が実現される。

#### 【0 1 4 4】

なお、本実施形態における位置姿勢計測装置は4台の客観視点カメラを用いていたが、客観視点カメラの台数はこれに限定されるものではなく、何れの台数であってもよいことはいうまでもない。

#### 【0 1 4 5】

#### [第 4 の実施形態]

第 1 乃至第 3 の実施形態は、空間中を移動する撮像手段自体の位置及び姿勢を計測することを目的としていた。本実施形態に係る位置姿勢計測装置は、任意の対象物体の位置及び姿勢を計測することを目的とした位置姿勢計測装置であって、第 1 の実施形態の位置姿勢計測装置に主観視点画像を撮像するカメラを追加した構成となっている。以下、本実施

10

20

30

40

50

形態に係る位置姿勢計測装置及び位置姿勢計測方法について説明する。

【0146】

図7は、本実施形態に係る位置姿勢計測装置の構成を示す図である。図1, 3と同じ部分については同じ番号を付けており、その説明を省略する。図7に示したように、本実施形態に係る位置姿勢計測装置700は、主観視点指標検出部110、客観視点指標検出部310、位置姿勢算出部720、客観視点カメラ330、及び主観視点カメラ730によって構成されている。

【0147】

主観視点カメラ730は、計測対象物体710に固定して装着されている。ここで、主観視点カメラ座標系（主観視点カメラ730上の1点を原点として定義し、更に互いに直交する3軸を夫々X軸、Y軸、Z軸として定義した座標系）における計測対象物体710の位置及び姿勢は既知であるとする。

【0148】

現実空間中の複数の位置には、主観視点カメラ730によって撮影するための指標として、世界座標系における位置が既知である主観視点指標 $Q^k$  ( $k = 1, \dots, K_1$ )が配置されている。また、主観視点カメラ730上の複数の位置には、主観視点カメラ座標系上における位置が既知である客観視点指標 $P^k$  ( $k = 1, \dots, K_2$ )が配置されている。

【0149】

これらの指標は、位置及び姿勢を計測しようとする計測対象範囲内の各々の地点に計測対象物体710を位置させた時に、主観視点カメラ730によって取得される画像上において観測される主観視点指標と、客観視点カメラ330によって取得される画像上において観測される客観視点指標の総数が常に少なくとも3個以上となるように設置されていることが望ましい。

【0150】

客観視点カメラ330、主観視点指標検出部110、及び客観視点指標検出部310の機能は第1の実施形態と同様であるので、詳細な説明は省略する。ただし、主観視点カメラ730によって取得された画像が主観視点画像として主観視点指標検出部110に入力されるという点が、第1の実施形態とは異なっている。

【0151】

位置姿勢算出部720は、世界座標系における主観視点カメラ730の位置及び姿勢を未知のベクトル $s$ として、図4で示した第1の実施形態における位置姿勢算出部320と同様な処理により、 $s$ を算出する。

【0152】

位置姿勢算出部720はさらに、上記によって算出した世界座標系における主観視点カメラ730の位置及び姿勢と、既知の値である主観視点カメラ座標系における計測対象物体710の位置及び姿勢に基づいて、座標変換行列の積により世界座標系における計測対象物体710の位置及び姿勢を算出し、これを出力する。

【0153】

以上によって、任意の計測対象物体の位置及び姿勢の計測が、位置と姿勢のいずれにおいても高い精度で実現される。

【0154】

なお、図7に示した主観視点指標検出部110、客観視点指標検出部310、位置姿勢算出部720の夫々は独立した装置として扱っても良いし、夫々ソフトウェアとして1つもしくは複数のコンピュータにインストールし、夫々のコンピュータのCPUにより実行することで、その機能を実現するようにしても良い。本実施形態では、各部（主観視点指標検出部110、客観視点指標検出部310、位置姿勢算出部720）は1台のコンピュータ内で実行対象となるソフトウェアとして扱う。またこのコンピュータの基本構成は図10に示した構成とする。

【0155】

また本実施形態に関する説明において、既知の情報は全て外部記憶装置1007に保存

されているものとする。

【 0 1 5 6 】

なお、本実施形態における位置姿勢算出部 7 2 0 は主観視点カメラ 7 3 0 の位置及び姿勢を状態ベクトル  $s$  としていたが、計測対象物体 7 1 0 の位置及び姿勢を状態ベクトル  $s$  として直接求めてもよい。この場合、 $s$  から主観視点指標の主観視点カメラ座標  $x_C^{Qk}$  を求める式 2 と、客観視点指標の客観視点カメラ座標系における座標  $x_B^{Pkm}$  を求める式 1 2 を、それぞれ、

【 0 1 5 7 】

【 数 1 9 】

$$x_C^{Qk_n} = M_{CO} \cdot M_{WO}(s)^{-1} \cdot x_W^{Qk_n}$$

10

【 0 1 5 8 】

【 数 2 0 】

$$x_B^{Pkm} = M_{WB}^{-1} \cdot M_{WO}(s) \cdot M_{CO}^{-1} \cdot x_C^{Pkm}$$

20

【 0 1 5 9 】

に置き換えればよい。ここで、 $M_{CO}$  は計測物体座標系（計測対象物体 7 1 0 上の 1 点を原点として定義し、更に互いに直交する 3 軸を夫々 X 軸、Y 軸、Z 軸として定義した座標系）から主観視点カメラ座標系への変換行列であり、既知の値として予め保持されている主観視点カメラ座標系における計測対象物体 7 1 0 の位置及び姿勢に基づいて、予め算出されているものとする。一方、 $M_{WO}(s)$  は  $s$  によって定まるモデリング変換行列（すなわち、物体座標系における座標を世界座標系における座標に変換する行列）であり、式 4 と同様に  $s$  によって定義される。

30

〔 第 5 の実施形態 〕

第 1 乃至第 4 の実施形態において、位置姿勢算出部 3 2 0 , 5 2 0 , 6 2 0 , 7 2 0 は、いずれも、位置と姿勢を表す 6 値の状態ベクトル  $s$  を未知数として、主観視点指標および客観視点指標の検出座標と、それらの点の計算値との間の誤差の総和を最小化するような  $s$  を求めていた。しかし、主観視点画像と客観視点画像の双方から得られる幾何的な拘束条件を併用することで計測対象物体の位置及び姿勢を取得する方法はこれに限定されるものではない。本実施形態に係る位置姿勢計測装置は、全体の誤差を最小化する手法とは異なる手法を用いた位置姿勢算出部をその構成要素として有していることを特徴とする。

【 0 1 6 0 】

本実施形態に係る位置姿勢計測装置の構成は基本的には第 1 の実施形態と同様であるが、位置姿勢算出部 3 2 0 が第 1 の実施形態のそれとは異なる位置姿勢算出部 3 2 0 ' に置換された構成となっている。以下、本実施形態に係る位置姿勢計測装置及び位置姿勢計測方法について説明する。

40

【 0 1 6 1 】

本実施形態では、各部（客観視点指標検出部 3 1 0、位置姿勢算出部 3 2 0 '、主観視点指標検出部 1 1 0）は 1 台のコンピュータ内で実行対象となるソフトウェアとして扱う。またこのコンピュータの基本構成は図 1 0 に示した構成とする。また本実施形態に関する説明において、既知の情報は全て外部記憶装置 1 0 0 7 に保存されているものとする。

【 0 1 6 2 】

図 1 1 は、CPU 1 0 0 1 が位置姿勢算出部 3 2 0 ' のソフトウェアのプログラムを実

50

行することで行われる、撮像装置 1 3 0 の位置及び姿勢を示すパラメータを算出する処理のフローチャートである。なお、以下の処理を行う前段で、客観視点指標検出部 3 1 0、位置姿勢算出部 3 2 0'、主観視点指標検出部 1 1 0 の夫々のソフトウェアのプログラムは R A M 1 0 0 2 に既にロードされているものとする。

【 0 1 6 3 】

ステップ S 1 1 0 0 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0' は、客観視点指標検出部 3 1 0 において検出された客観視点指標 P の画像座標  $u^P_a$  ,  $u^P_b$  を入力する。本実施形態では、以降の処理に使用される客観視点指標は 1 点のみである。

【 0 1 6 4 】

また、複数の客観視点指標の画像座標が入力された場合（すなわち、撮像装置 1 3 0 上に 2 点以上の客観視点指標が設定されていて、かつ、それらのうちの複数の客観視点指標検出部 3 1 0 によって検出された場合）には、位置姿勢算出部 3 2 0' は、適当な 1 点を客観視点指標 P の画像座標  $u^P$  として選択する。 10

【 0 1 6 5 】

ステップ S 1 1 0 1 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0' は、画像座標  $u^P$  に基づいて、世界座標系における客観視点指標 P の位置を拘束する一本の直線を表すパラメータを算出する。すなわち、世界座標系における直線の傾き（方向ベクトル） $h_x$  ,  $h_y$  ,  $h_z$  を、

【 0 1 6 6 】

【数 2 1】

20

$$\begin{bmatrix} h_x \\ h_y \\ h_z \\ 0 \end{bmatrix} = \mathbf{M}_{WB} \cdot \begin{bmatrix} u_x^P / f_x^B \\ u_y^P / f_y^B \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

【 0 1 6 7 】

によって画像座標  $u^P$  に基づいて算出し、算出したこの  $h_x$  ,  $h_y$  ,  $h_z$  を直線のパラメータとする。ここで、 $f_x^B$  及び  $f_y^B$  は、それぞれ x 軸方向及び y 軸方向における客観視点カメラ 3 3 0 の焦点距離であって、既知の値として予め外部記憶装置 1 0 0 7 に保持されているものとする。このとき、世界座標系における直線上の点は、媒介変数  $\tau$  の関数として 30

【 0 1 6 8 】

【数 2 2】

$$l_w(\tau) = \begin{bmatrix} h_x \tau + x_{WB} \\ h_y \tau + y_{WB} \\ h_z \tau + z_{WB} \\ 1 \end{bmatrix}$$

40

【 0 1 6 9 】

のように表すことができる。ここで、 $x_{WB}$  ,  $y_{WB}$  ,  $z_{WB}$  は世界座標系における客観視点カメラ 3 3 0 の位置であって、既知の値として予め外部記憶装置 1 0 0 7 に保持されているものとする。

従って式 2 2 で表される直線は、世界座標系における客観視点カメラ 3 3 0 の位置と世界座標系における客観視点指標 P の位置とを通る直線であって、世界座標系における客観 50

視点指標 P の位置は、上記媒介変数  $\tau$  が適当な値を取ることにより得られるものである。

【 0 1 7 0 】

以下、求めるべき未知パラメータを、世界座標系における客観視点指標 P の位置を定める媒介変数  $\tau$  と、撮像装置 1 3 0 の姿勢を表す 3 値 ( $\xi$ ,  $\psi$ ,  $\zeta$ ) をあわせた 4 値の状態ベクトル  $s = [\tau \quad \xi \quad \psi \quad \zeta]^T$  によって記述する。

【 0 1 7 1 】

ステップ S 1 1 0 2 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 ' は、状態ベクトル  $s$  に適当な初期値を設定する。 $s$  の初期値としては、例えば、前フレーム (時刻  $t_{k-1}$ ) の処理において導出された  $s$  を用いてもよいし、過去からの  $s$  の導出値の変化に基づいた予測によって得た値を設定してもよい。

10

【 0 1 7 2 】

ステップ S 1 1 0 3 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 ' は、主観視点指標検出部 1 1 0 において検出された各々の主観視点指標  $Q^{k_n}$  の画像座標  $u^{Q^{k_n}}$  とその識別子  $k_n$  を入力する。

【 0 1 7 3 】

ステップ S 1 1 0 4 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 ' は、入力された主観視点指標数が 2 以上であるかどうかの判定を行う。指標の総数  $N$  が 2 に満たない場合には、ステップ S 1 1 0 5 0 からステップ S 1 1 1 0 0 によって実現される  $s$  の更新処理を行わずにステップ S 1 1 1 1 0 へと進む。

【 0 1 7 4 】

ステップ S 1 1 0 5 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 ' は、各々の主観視点指標  $Q^{k_n}$  に対して、その画像座標の推定値  $u^{Q^{k_n}*}$  を式 1 ~ 式 4 に基づいて算出する。ただし、本実施形態では、式 4 における  $x$ ,  $y$ ,  $z$  (世界座標系における撮像装置 1 3 0 の位置を表している) が  $s$  の構成要素として含まれていないので、次式により、 $s$  に基づいてこれらの値を算出する。

20

【 0 1 7 5 】

【数 2 3】

$$[x \quad y \quad z \quad 1]^T = l_w(\tau) - R_{wc}(s) \cdot x_c^P$$

30

【 0 1 7 6 】

ここで、 $x_c^P$  は、主観視点カメラ座標系における指標 P の座標値であり、既知な情報として予め外部記憶装置 1 0 0 7 に保持されている。また、 $R_{wc}(s)$  は世界座標系における撮像装置 1 3 0 の姿勢を表す回転行列であり、 $s$  によって次式のように定義される。

【 0 1 7 7 】

【数 2 4】

$$R_{wc}(s) = \begin{bmatrix} \frac{\xi^2}{\theta^2}(1 - \cos \theta) + \cos \theta & \frac{\xi\psi}{\theta^2}(1 - \cos \theta) - \frac{\zeta}{\theta} \sin \theta & \frac{\xi\zeta}{\theta^2}(1 - \cos \theta) + \frac{\psi}{\theta} \sin \theta & 0 \\ \frac{\psi\xi}{\theta^2}(1 - \cos \theta) + \frac{\zeta}{\theta} \sin \theta & \frac{\psi^2}{\theta^2}(1 - \cos \theta) + \cos \theta & \frac{\psi\zeta}{\theta^2}(1 - \cos \theta) - \frac{\xi}{\theta} \sin \theta & 0 \\ \frac{\zeta\xi}{\theta^2}(1 - \cos \theta) - \frac{\psi}{\theta} \sin \theta & \frac{\zeta\psi}{\theta^2}(1 - \cos \theta) + \frac{\xi}{\theta} \sin \theta & \frac{\zeta^2}{\theta^2}(1 - \cos \theta) + \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

40

【 0 1 7 8 】

すなわちステップ S 1 1 0 5 0 では、撮像装置 1 3 0 の位置及び姿勢が従前に求めた状態ベクトル  $s$  に従っていると仮定して、撮像装置 1 3 0 と主観視点指標との位置姿勢関係に応じて、各々の主観視点指標の画像座標の推定値を求める。

次に、ステップ S 1 1 0 6 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 ' は、各々の主観視点指

50

標  $Q^{k n}$  に対して、画像座標の推定値  $u^{Q^{k n} *}$  と実測値  $u^{Q^{k n}}$  との誤差  $\Delta u^{Q^{k n}}$  を、式 5 に基づいて算出する。

#### 【 0 1 7 9 】

ステップ S 1 1 0 7 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 ' は、各々の主観視点指標  $Q^{k n}$  に対して、式 1 の関数  $F_c()$  を  $s$  の各要素で偏微分した解を各要素に持つ 2 行 × 3 列のヤコビ行列  $J_{u s}^{Q^{k n}} (= \partial u / \partial s)$  を算出する。具体的には、式 2 の右辺をベクトル  $s$  の各要素で偏微分した解を各要素に持つ 3 行 × 4 列のヤコビ行列  $J_{x s}^{Q^{k n}} (= \partial x / \partial s)$  と、式 3 の右辺をカメラ座標  $x_c^{Q^{k n}}$  の各要素で偏微分した解を各要素に持つ 2 行 × 3 列のヤコビ行列  $J_{u x}^{Q^{k n}} (= \partial u / \partial x)$  とを算出し、式 6 によって  $J_{u s}^{Q^{k n}}$  を算出する。

10

#### 【 0 1 8 0 】

ステップ S 1 1 0 8 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 ' は、式 7 によって 2 N 次元の誤差ベクトル  $U$  を、式 8 によって行列  $\Phi$  ( 2 N 行 × 4 列 ) を定め、式 9 によって状態ベクトル  $s$  の補正值  $\Delta s$  を算出する。

#### 【 0 1 8 1 】

ステップ S 1 1 0 9 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 ' は、ステップ S 1 1 0 8 0 において算出した補正值  $\Delta s$  を用いて式 1 0 によって状態ベクトル  $s$  を補正し、得られた値を  $s$  の新たな推定値とする。

#### 【 0 1 8 2 】

ステップ S 1 1 1 0 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 ' は、誤差ベクトル  $U$  が予め定めた閾値より小さいかどうか、あるいは、補正值  $\Delta s$  が予め定めた閾値より小さいかどうかといった何らかの判定基準を用いて、計算が収束しているか否かの判定を行う。収束していない場合には、補正後の状態ベクトル  $s$  を用いて、再度ステップ S 1 1 0 5 0 以降の処理を行う。

20

#### 【 0 1 8 3 】

ステップ S 1 1 1 1 0 において、位置姿勢算出部 3 2 0 ' は、撮像装置 1 3 0 の位置及び姿勢の情報を出力する。位置及び姿勢の情報は、例えば、 $s$  から算出したモデリング変換行列の形態によって出力する。なお、得られた  $s$  から、世界座標系における撮像装置 1 3 0 の位置を式 2 3 に基づいて算出し、 $s$  に含まれる姿勢を表す 3 値と共に位置および姿勢を表す 6 値のデータとして出力してもよいし、姿勢をオイラー角に変換した後に出力してもよいし、他のいずれの位置姿勢記述方法によって記述した位置及び姿勢の情報を出力してもよい。

30

#### 【 0 1 8 4 】

以上の処理によって、客観視点カメラ 3 3 0 から得られる客観視点指標が存在すべき直線を拘束条件として、その拘束条件のもとで、主観視点画像上における主観視点指標の誤差を最小とするような撮像装置 1 3 0 の位置及び姿勢を得ることができる。

#### 【 0 1 8 5 】

なお、本実施形態による位置及び姿勢の計測結果は、第 1 の実施形態による位置及び姿勢の計測結果と比較して、客観視点カメラ 3 3 0 から得られる情報を優先的に信頼したものとなる。したがって、客観視点カメラ 3 3 0 から得られる情報の信頼性が撮像装置 1 3 0 から得られる情報より相対的に勝っている状況、例えば、高解像度の客観視点カメラを利用可能な場合や、検出精度の非常に高いマーカを客観視点指標としてのみ利用可能な場合等において、本実施形態に係る位置姿勢計測装置は、第 1 の実施形態と比して有効に機能する。

40

#### 【 0 1 8 6 】

##### [ 第 6 の実施形態 ]

本実施形態に係る位置姿勢計測装置は、第 5 の実施形態の位置姿勢計測装置にさらにもう 1 台の客観視点カメラを追加し、且つ位置姿勢算出部 3 2 0 ' の代わりに、位置姿勢算出部 3 2 0 ' とは異なる動作により撮像装置 1 3 0 の位置及び姿勢の情報を出力する位置姿勢算出部 8 2 0 を用いた構成を有するものである。

50

## 【0187】

以下、本実施形態に係る位置姿勢計測装置及び位置姿勢計測方法について説明する。

## 【0188】

図8は、本実施形態に係る位置姿勢計測装置の構成を示す図である。なお、図1, 3と同じ部分については同じ番号、記号を付けており、その説明を省略する。図8に示したように、本実施形態における位置姿勢計測装置800は、客観視点カメラ330a, 330b、主観視点指標検出部110、客観視点指標検出部310a, 310b、及び位置姿勢算出部820によって構成されており、計測対象である撮像装置130に接続されている。

## 【0189】

撮像装置130上には、主観視点カメラ座標系上における位置が既知である客観視点指標Pが配置されている。この指標は、位置及び姿勢を計測しようとする計測対象範囲内の各々の地点に撮像装置130を位置させた時に、客観視点カメラ330a, 330bの各々によって取得される画像上において常に観測されるように設置されていることが望ましい。

## 【0190】

客観視点カメラ330a, 330bは、計測対象範囲内に撮像装置130が位置するときに客観視点指標Pを常に撮像可能な位置に、固定して配置されている。ここで、世界座標系における客観視点カメラ330a及び330bの位置及び姿勢は、既知の値として予め保持されているものとする。

## 【0191】

現実空間中の複数の位置には、第1の実施形態と同様に主観視点指標 $Q^k$ が配置されている。これらの指標は、位置及び姿勢を計測しようとする計測対象範囲内の各々の地点に撮像装置130を位置させた時に、撮像装置130によって取得される画像上において観測される総数Nが常に少なくとも2個以上となるように設置されていることが望ましい。図8の例は、3個の主観視点指標 $Q^1$ ,  $Q^2$ ,  $Q^3$ が配置されており、そのうちの2個の主観視点指標 $Q^1$ ,  $Q^3$ が撮像装置130の視野内に含まれている状況を示している。

## 【0192】

客観視点指標検出部310aは、客観視点カメラ330aが撮影した客観視点画像を入力し、上記従来例と同様の処理によって客観視点指標Pの画像座標を検出し、その画像座標 $u^{P^a}$ を位置姿勢算出部820へと出力する。同様に、客観視点指標検出部310bは、客観視点カメラ330bが撮影した客観視点画像を入力し、上記従来例と同様の処理によって客観視点指標Pの画像座標を検出し、その画像座標 $u^{P^b}$ を位置姿勢算出部820へと出力する。

## 【0193】

位置姿勢算出部820は、主観視点指標 $Q^{k^n}$ の画像座標 $u^{Q^{k^n}}$ と、客観視点指標Pの画像座標 $u^{P^a}$ 及び $u^{P^b}$ を入力として、撮像装置130の位置及び姿勢を算出し、これを出力する。

## 【0194】

なお、図8に示した主観視点指標検出部110、客観視点指標検出部310a, 310b、及び位置姿勢算出部820の夫々は独立した装置として扱っても良いし、夫々ソフトウェアとして1つもしくは複数のコンピュータにインストールし、夫々のコンピュータのCPUにより実行することで、その機能を実現するようにしても良い。本実施形態では、各部（主観視点指標検出部110、客観視点指標検出部310a, 310b、及び位置姿勢算出部820）は1台のコンピュータ内で実行対象となるソフトウェアとして扱う。またこのコンピュータの基本構成は図10に示した構成とする。

## 【0195】

また本実施形態に関する説明において、既知の情報は全て外部記憶装置1007に保存されているものとする。

## 【0196】

10

20

30

40

50

図9は、CPU1001が位置姿勢算出部820のソフトウェアのプログラムを実行することで行われる、撮像装置130の位置及び姿勢を示すパラメータを算出する処理のフローチャートである。なお、以下の処理を行う前段で、主観視点指標検出部110、客観視点指標検出部310a、310b、及び位置姿勢算出部820の夫々のソフトウェアのプログラムはRAM1002に既にロードされているものとする。

【0197】

ステップS9000において、位置姿勢算出部820は、客観視点指標検出部310a及び310bにおいて検出された客観視点指標Pの画像座標 $u^{P^a}$ 、 $u^{P^b}$ を入力する。

【0198】

ステップS9010において、位置姿勢算出部820は、三角測量の原理に基づいて、画像座標 $u^{P^a}$ 及び $u^{P^b}$ を用いて、世界座標系における客観視点指標Pの位置 $x_w^P$ を算出する。 10

【0199】

以下、求めるべき未知パラメータを、算出すべき撮像装置130の姿勢を表す3値の状態ベクトル $s = [\xi \quad \psi \quad \zeta]^T$ によって記述する。

【0200】

ステップS9020において、位置姿勢算出部820は、状態ベクトル $s$ に適当な初期値（姿勢の推定値）を設定する。 $s$ の初期値としては、例えば、前フレーム（時刻 $t_{k-1}$ ）の処理において導出された $s$ を用いてもよいし、過去からの $s$ の導出値の変化に基づいた予測によって得た値を設定してもよい。 20

【0201】

ステップS9030において、位置姿勢算出部820は、主観視点指標検出部110において検出された各々の主観視点指標 $Q^{k_n}$ の画像座標 $u^{Q^{k_n}}$ とその識別子 $k_n$ を入力する。

【0202】

ステップS9040において、位置姿勢算出部820は、入力された主観視点指標数が2以上であるかどうかの判定を行う。指標の総数 $N$ が2に満たない場合には、ステップS9050からステップS9100によって実現される $s$ の更新処理を行わずにステップS9110へと進む。 30

【0203】

ステップS9050において、位置姿勢算出部820は、各々の主観視点指標 $Q^{k_n}$ に対して、その画像座標の推定値 $u^{Q^{k_n}*}$ を式1～式4に基づいて算出する。ただし、本実施形態では、式4における $x$ 、 $y$ 、 $z$ （世界座標系における撮像装置130の位置を表している）が $s$ の構成要素として含まれていないので、次式により、 $s$ に基づいてこれらの値を算出する。

【0204】

【数25】

$$[x \quad y \quad z \quad 1]^T = x_w^P - R_{wc}(s) \cdot x_c^P$$

【0205】

ここで、 $x_w^P$ はステップS9010において算出された世界座標系における客観視点指標Pの位置、 $x_c^P$ は既知の値である主観視点カメラ座標系における客観視点指標Pの位置を表している。また、 $R_{wc}(s)$ は世界座標系における撮像装置130の姿勢を表す回転行列であり、式24によって定義される。 40

ステップS9060において、位置姿勢算出部820は、各々の主観視点指標 $Q^{k_n}$ に対して、画像座標の推定値 $u^{Q^{k_n}*}$ と実測値 $u^{Q^{k_n}}$ との誤差 $\Delta u^{Q^{k_n}}$ を、式5に基づいて算出する。

【0206】

ステップS9070において、位置姿勢算出部820は、各々の主観視点指標 $Q^{k_n}$ に対して、式1の関数 $F_c()$ を状態ベクトル $s$ の各要素で偏微分した解を各要素に持つ2 50

行×3列のヤコビ行列  $J_{u_s}^{Q_k n} (= \partial u / \partial s)$  を算出する。具体的には、式3の右辺をカメラ座標  $x_c^{Q_k n}$  の各要素で偏微分した解を各要素に持つ2行×3列のヤコビ行列  $J_{u_x}^{Q_k n} (= \partial u / \partial x)$  と、式2の右辺をベクトル  $s$  の各要素で偏微分した解を各要素に持つ3行×3列のヤコビ行列  $J_{x_s}^{Q_k n} (= \partial x / \partial s)$  を算出し、式6によって  $J_{u_s}^{Q_k n}$  を算出する。

#### 【0207】

ステップS9080において、位置姿勢算出部820は、式7によって2N次元の誤差ベクトル  $U$  を、式8によって行列  $\Phi$  (2N行×3列) を定め、式9によって状態ベクトル  $s$  の補正值  $\Delta s$  を算出する。

#### 【0208】

ステップS9090において、位置姿勢算出部820は、ステップS9080において算出した補正值  $\Delta s$  を用いて式10によって状態ベクトル  $s$  を補正し、得られた値を  $s$  の新たな推定値とする。

#### 【0209】

ステップS9100において、位置姿勢算出部820は、誤差ベクトル  $U$  が予め定めた閾値より小さいかどうか、あるいは、補正值  $\Delta s$  が予め定めた閾値より小さいかどうかといった何らかの判定基準を用いて、計算が収束しているか否かの判定を行う。収束していない場合には、補正後の状態ベクトル  $s$  を用いて、再度ステップS9050以降の処理を行う。

#### 【0210】

ステップS9110において、位置姿勢算出部820は、撮像装置130の位置及び姿勢の情報を出力する。位置及び姿勢の情報は、例えば、 $s$  から算出したモデリング変換行列の形態によって出力する。なお、得られた  $s$  から式25に基づいて世界座標系における撮像装置130の位置を算出して、姿勢を表す  $s$  そのものと共に6値のデータとして出力してもよいし、姿勢をオイラー角に変換した後に出力してもよいし、他のいずれの位置姿勢記述方法によって記述した位置及び姿勢の情報を出力してもよい。

#### 【0211】

以上の処理によって、客観視点カメラ330を用いて求めた客観視点指標の位置を拘束条件として、その拘束条件のもとで、主観視点画像上における主観視点指標の誤差を最小とするような撮像装置130の位置及び姿勢を得ることができる。したがって、第5の実施形態と同様に、客観視点カメラ330から得られる情報の信頼性が撮像装置130から得られる情報より相対的に勝っている状況、例えば、高解像度の客観視点カメラを利用可能な場合や、検出精度の非常に高いマーカを客観視点指標としてのみ利用可能な場合等において、本実施形態に係る位置姿勢計測装置は、第1の実施形態と比して有効に機能する。

#### 【0212】

##### [ 第7の実施形態 ]

第6の実施形態では、2台の客観視点カメラによって、客観視点指標  $P$  の世界座標  $x_w^P$  を算出していたが、ある測点の3次元位置を計測可能な手段であれば、何れの手段であっても、第6の実施形態における客観視点カメラの代わりに用いることができる。以下、本実施形態に係る位置姿勢計測装置及び位置姿勢計測方法について説明する。

#### 【0213】

図12は、本実施形態に係る位置姿勢計測装置の構成を示す図である。図8と同じ部分については同じ番号、記号を付けており、その説明を省略する。図12に示したように、本実施形態における位置姿勢計測装置1200は、主観視点指標検出部110、位置センサ1230、測点1240、位置入力部1210、及び位置姿勢算出部820'によって構成されており、計測対象である撮像装置130に接続されている。

#### 【0214】

位置センサ1230は、所定の測点の3次元位置を計測するセンサであり、例えば、光学式の3次元位置センサである Northern Digital Inc. の OPTOT

10

20

30

40

50

R A Kによって構成されている。

【0215】

測点1240は位置センサ1230によって計測される対象となる点であり、OPTOTRAKの場合、位置センサ1230からの制御信号に応じて点滅する赤外LEDによって構成されている。測点1240は、第6の実施形態における客観視点指標Pの代わりに、撮像装置130に装着されている。測点1240は、位置及び姿勢を計測しようとする計測対象範囲内の各々の地点に撮像装置130を位置させた時に、位置センサ1230の計測範囲に常に含まれるように設置されていることが望ましい。また、主観視点カメラ座標系における測点1240の位置は既知であるものとして外部記憶装置1007にデータとして記憶されており、必要に応じてRAM1002に読み出されて用いられるものである。 10

【0216】

位置入力部1210は、位置センサ1230が出力する測点1240の3次元座標を入力し、これを位置姿勢算出部820'へと出力する。なお、位置センサ1230が出力する測点1240の3次元座標が、位置センサ1230自身が定義するセンサ座標系における座標である場合には、位置入力部1210は、これを世界座標系における座標に変換した後に位置姿勢算出部820'へと出力する。センサ座標系から世界座標系への座標変換は、世界座標系における位置センサ1230の位置及び姿勢が既知の情報として与えられている場合に、公知の方法によって行うことができる。世界座標系における位置センサ1230の位置及び姿勢は既知の情報として外部記憶装置1007にデータとして記憶されており、必要に応じてRAM1002に読み出されて用いられる。 20

【0217】

位置姿勢算出部820'は、位置入力部1210から入力される測点1240の3次元座標と、主観視点指標検出部110から入力される主観視点指標 $Q^{k,n}$ の画像座標 $u^{Q,k,n}$ を用いて撮像装置130の位置及び姿勢を算出し、これを出力する。

【0218】

なお、位置姿勢算出部820'の動作は、第6の実施形態における位置姿勢算出部820とほぼ同様である。ただし、客観視点指標Pの画像座標 $u^{P,a}$ 、 $u^{P,b}$ を入力し、世界座標系における客観視点指標Pの位置 $x_w^P$ を算出するという位置姿勢算出部820の工程(ステップS9000, S9010)の代わりに、位置姿勢算出部820'は、世界座標系における測点1240の位置 $x_w^P$ を位置入力部1210から入力するという工程を有している。また、式25における $x_w^P$ として、世界座標系における測点1240の位置を用いる点が第6の実施形態とは異なっている。 30

【0219】

以上の処理によって、位置センサ1230を用いて求めた測点1240の位置を拘束条件として、その拘束条件のもとで、主観視点画像上における主観視点指標の誤差を最小とするような撮像装置130の位置及び姿勢を得ることができる。これにより、位置センサの利用によって得られる位置精度の安定性と、主観視点画像の利用によって得られる画像上での位置合わせ精度の安定性を両立した、撮像装置130の位置及び姿勢の計測が実現される。 40

【0220】

なお、位置センサ1230として用いるセンサは、測点の3次元位置を計測できるものであれば何れのセンサを用いても良い。例えば、超音波ビーコンの3次元位置を測定する超音波センサ(例えば、InterSense社のIS-600)を位置センサ1230として用いても良い。この場合、測点1240として、超音波ビーコンが撮像装置130に装着されることになる。

【0221】

なお、本実施形態は、測点を装着した計測対象物体に撮像装置130を装着し、この計測対象物体、もしくは撮像装置130の位置姿勢を計測する場合にも適用可能であることは明らかである。なお、撮像装置130の位置姿勢を求める場合には、撮像装置130と 50

計測対象物体との位置姿勢関係は予め測定しておき、メモリに保持させておくことが必要となる。

#### 【0222】

##### [第8の実施形態]

第7の実施形態では、位置センサとして光学センサや超音波センサを用いていたが、屋外での利用を目的とする場合には、GPS (Global Positioning System) を位置センサとして用いることが可能である。以下、本実施形態に係る位置姿勢計測装置及び位置姿勢計測方法について説明する。

#### 【0223】

図13は、本実施形態に係る位置姿勢計測装置の構成を示す図である。図12と同じ部分については同じ番号、記号を付けており、その説明を省略する。図13に示したように、本実施形態における位置姿勢計測装置1300は、主観視点指標検出部110、GPS受信機1330、位置入力部1310、及び位置姿勢算出部1320によって構成されており、計測対象である撮像装置130に接続されている。 10

#### 【0224】

GPS受信機1330は、撮像装置130に装着されており、GPS衛星1340a～1340dからの信号を受信することで地球上における自己の位置(緯度、経度、高度)を計測し、位置入力部1310へと出力する。ただし、十分な数のGPS衛星が捕捉できない状況下では緯度と経度のみの計測値が得られる場合があるので、この場合には、緯度と経度のみを出力する。なお、主観視点カメラ座標系におけるGPS受信機1330の位置は既知であるものとする。 20

#### 【0225】

位置入力部1310は、GPS受信機1330が出力する緯度、経度、及び高度を入力し、これを周知のマトリクス変換処理によって世界座標系における3次元座標( $x^P$ ,  $y^P$ ,  $z^P$ )あるいは2次元座標( $x^P$ ,  $y^P$ )に変換した後に、位置姿勢算出部1320へと出力する。

#### 【0226】

位置姿勢算出部1320は、位置入力部1310から入力されるGPS受信機1330の3次元座標あるいは2次元座標と、主観視点指標検出部110から入力される主観視点指標 $Q^{kn}$ の画像座標 $u^{Q^{kn}}$ を用いて撮像装置130の位置及び姿勢を算出し、これを出力する。 30

#### 【0227】

位置姿勢算出部1320は、GPS受信機1330の3次元座標が得られている場合には、第6の実施形態における位置姿勢算出部820'と同様な工程によって撮像装置130の位置及び姿勢を導出しこれを出力する。また、GPS受信機1330の2次元座標のみが計測されている場合には、第5の実施形態における位置姿勢算出部820と同様な工程、すなわち、測点(本実施形態の場合はGPS受信機1330)の世界座標系における位置を拘束する直線を表す媒介変数 $\tau$ と、撮像装置130の姿勢を表す3値( $\xi$ ,  $\psi$ ,  $\zeta$ )をあわせた4値の状態ベクトル $s = [\tau \ \xi \ \psi \ \zeta]^T$ を未知パラメータとしてそれを求める工程によって、撮像装置130の位置及び姿勢を導出しこれを出力する。なお、本実施形態の場合には、直線の拘束式(第5の実施形態における式22に対応する式)を、次式のように構成すればよい。 40

#### 【0228】

【数 2 6】

$$l_w(\tau) = \begin{bmatrix} x^P \\ y^P \\ \tau \\ 1 \end{bmatrix}$$

【0 2 2 9】

以上の処理によって、GPS受信機1330によって得られる位置を拘束条件として、  
その拘束条件のもとで、主観視点画像上における主観視点指標の誤差を最小とするような  
撮像装置130の位置及び姿勢を得ることができる。 10

なお、常にGPS受信機1330が3次元座標を出力可能な状態が期待できる場合には、  
2次元座標のみが得られた場合の処理分岐を有さない構成をとることができることはい  
うまでもない。また、撮影装置130の高さが常に一定と仮定できる場合（例えば、撮像  
装置130がHMDの内蔵カメラであって、その高さが装着者の視点の高さと仮定できる  
場合等）には、GPS受信機1330から得られる高度の情報をを用いずに、高さ方向の位  
置として固定値を用いても良い。

【0 2 3 0】

&lt;変形例1&gt;

上記の実施形態の各々において、誤差ベクトルUと行列Φに基づく状態ベクトルの補正  
値Δsの算出に式9で表現される最急降下法を用いているが、補正值Δsの算出は必ずし  
も最急降下法によって行わなくてもよい。例えば公知の数値計算手法であるLM法（L  
e v e n b e r g - M a r q u a r d t法）を用いて求めてもよいし、他の何れの数値計算  
手法を適用しても本発明の本質が損なわれないことは言うまでもない。 20

【0 2 3 1】

&lt;変形例2&gt;

上記の実施形態の各々において、指標の画像座標に関わる特徴量として、点特徴、すな  
わち、指標の投影像を代表する1点の画像座標を用いていた。また、指標QおよびPとし  
て、このような点特徴を抽出可能な指標（以下、これを点指標と呼ぶ）を用いていた。し  
かし上記実施形態は、指標の種類や指標の画像座標に関わる特徴量の種類に限定されるも  
のではない。 30

【0 2 3 2】

例えば、公知の位置姿勢計測装置（例えば、高橋，石井，牧野，中静：VRインターフ  
ェースのための単眼による長方形マーカ位置・姿勢の高精度実時間推定法，3次元画像コ  
ンファレンス'96公演論文集，pp. 167 - 172，1996．を参照）に用いられて  
いるような、特定の幾何形状をもつマーカを主観視点指標及び／あるいは客観視点指標  
として用いることも出来る。四角形のマーカを指標として用いる場合、四角形の各頂点の  
世界座標を既知の値として保持しておき、指標の画像座標に関わる特徴量として、画像か  
ら各頂点の画像座標を検出することで、上記実施形態における指標と同様の効果を得るこ  
とができる。 40

【0 2 3 3】

また、別の公知の位置姿勢計測装置（例えば、非特許文献2を参照）に用いられている  
ような線特徴を指標の画像座標に関わる特徴量として用いて、線特徴を抽出可能な指標（  
以下、これを線指標と呼ぶ）を主観視点指標及び／あるいは客観視点指標として用いても  
よい。例えば、直線の原点からの距離を誤差評価のための基準として、画像からの検出値  
dと状態ベクトルsからの推定値d\*から算出する誤差Δdによって誤差ベクトルUを構  
成し、d\*の算出式を状態ベクトルsの各要素で偏微分した解を各要素に持つ1行×6列  
のヤコビ行列J<sub>d s</sub>（=∂d/∂s）によって行列Φを構成することで、上記実施形態と  
同様な枠組みによって位置及び姿勢の計測を行うことが出来る。もちろん、線指標と点指 50

標を併用してもよい。

【 0 2 3 4 】

< 変形例 3 >

第 3 乃至第 8 の実施形態において、撮像装置 1 3 0 あるいは主観視点カメラ 7 3 0 は 1 台であったが、第 2 の実施形態と同様に、複数台の撮像装置あるいは主観視点カメラを用いることも可能である。

【 0 2 3 5 】

< 変形例 4 >

第 4 の実施形態において、客観視点指標 P は主観視点カメラ 7 3 0 上に配置されていたが、客観視点指標 P の配置位置はこれに限定されるものではなく、計測対象物体 7 1 0 に配置しても同様の効果が得られることはいうまでもない。 10

【 0 2 3 6 】

< 変形例 5 >

第 5 乃至第 8 の実施形態は、主観視点カメラ座標系における客観視点指標、測点、GPS 受信機の各々の位置を既知とし、計測対象である撮影装置 1 3 0 の位置との相違を考慮した構成となっていたが、これらを同一と近似する簡略化した構成を取ることも可能である。

【 0 2 3 7 】

なお、主観視点画像と客観視点画像の双方から得られる幾何的な拘束条件を併用することで計測対象物体の位置及び姿勢を計測することこそが本質的な特徴であり、適用範囲は、指標の種類、拘束条件の利用方法、解の算出方法に限定されるものではない。 20

【 0 2 3 8 】

[ 他の実施形態 ]

本発明の目的は、前述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体（または記録媒体）を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置のコンピュータ（または CPU や MPU）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成されることは言うまでもない。この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、前述した実施形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼働しているオペレーティングシステム（OS）などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。 30

【 0 2 3 9 】

さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張カードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張カードや機能拡張ユニットに備わる CPU などを実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。 40

【 0 2 4 0 】

本発明を上記記憶媒体に適用する場合、その記憶媒体には先に説明した（図 4、及び / 又は図 9、及び / 又は図 1 1 に示す）フローチャートに対応するプログラムコードが格納されることになる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 2 4 1 】

【 図 1 】 従来 の 位置姿勢計測装置の構成を示す図である。

【 図 2 】 従来例における位置姿勢算出部 1 2 0 が行う処理のフローチャートである。

【 図 3 】 本発明の第 1 の実施形態に係る位置姿勢計測装置の概略構成を示す図である。

【 図 4 】 CPU 1 0 0 1 が位置姿勢算出部 3 2 0 のソフトウェアのプログラムを実行する 50

ことで行われる、撮像装置 130 の位置及び姿勢を示すパラメータを算出する処理のフローチャートである。

【図 5】本発明の第 2 の実施形態に係る位置姿勢計測装置の概略構成を示す図である。

【図 6】本発明の第 3 の実施形態に係る位置姿勢計測装置の概略構成を示す図である。

【図 7】本発明の第 4 の実施形態に係る位置姿勢計測装置の概略構成を示す図である。

【図 8】本発明の第 6 の実施形態に係る位置姿勢計測装置の概略構成を示す図である。

【図 9】CPU 1001 が位置姿勢算出部 820 のソフトウェアのプログラムを実行することで行われる、撮像装置 130 の位置及び姿勢を示すパラメータを算出する処理のフローチャートである。

【図 10】コンピュータの基本構成を示す図である。

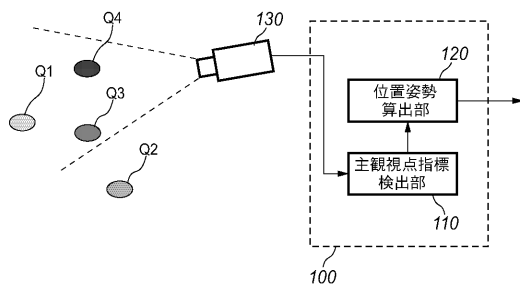
10

【図 11】CPU 1001 が位置姿勢算出部 320 のソフトウェアのプログラムを実行することで行われる、撮像装置 130 の位置及び姿勢を示すパラメータを算出する処理のフローチャートである。

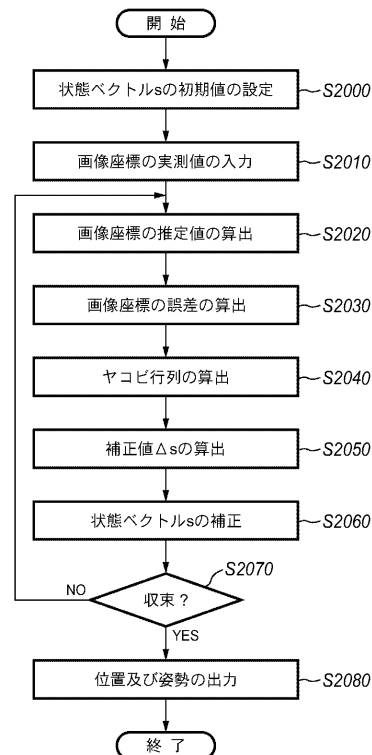
【図 12】本発明の第 7 の実施形態に係る位置姿勢計測装置の概略構成を示す図である。

【図 13】本発明の第 8 の実施形態に係る位置姿勢計測装置の概略構成を示す図である。

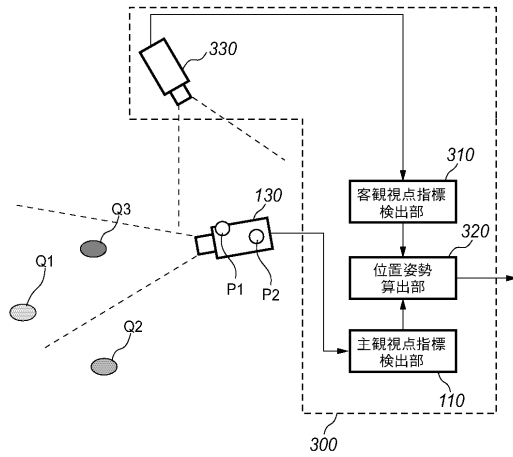
【図 1】



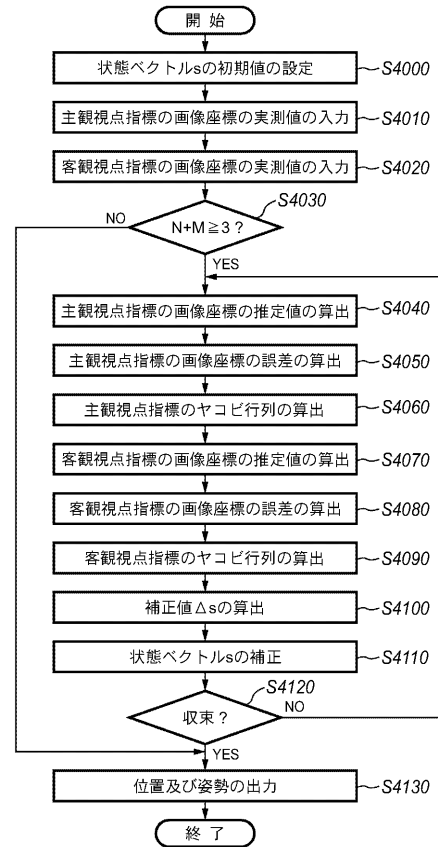
【図 2】



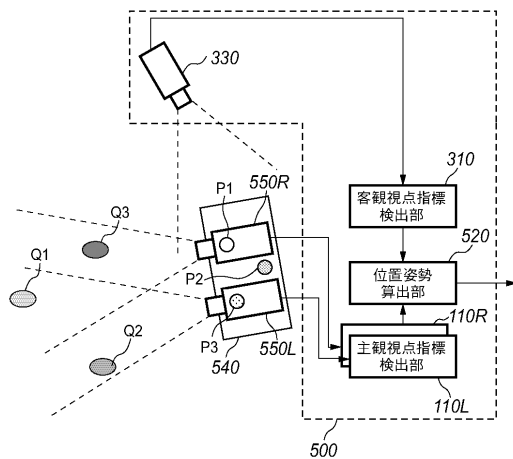
【図 3】



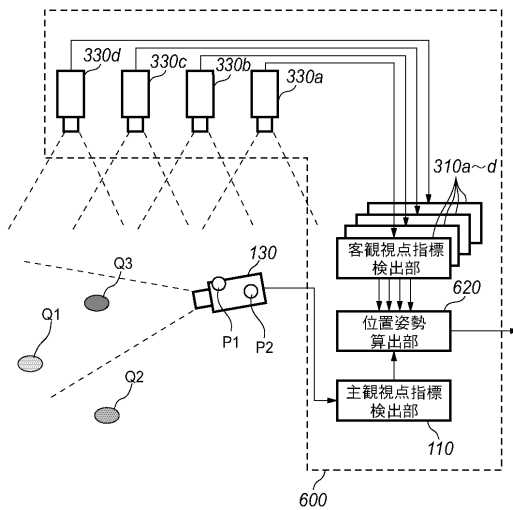
【図 4】



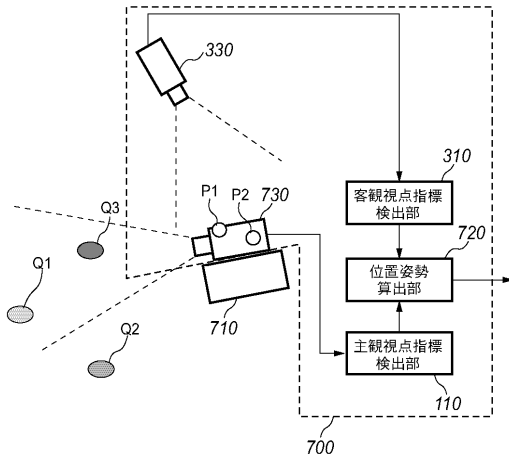
【図 5】



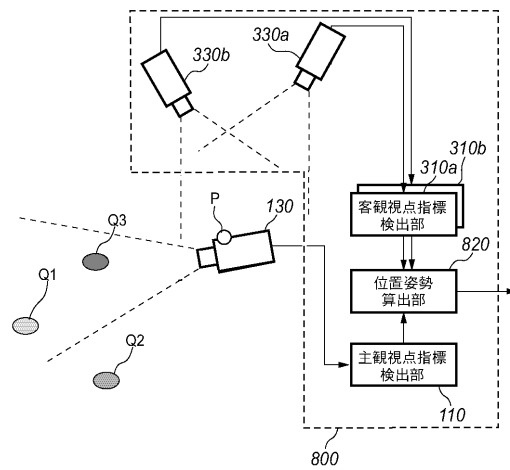
【図 6】



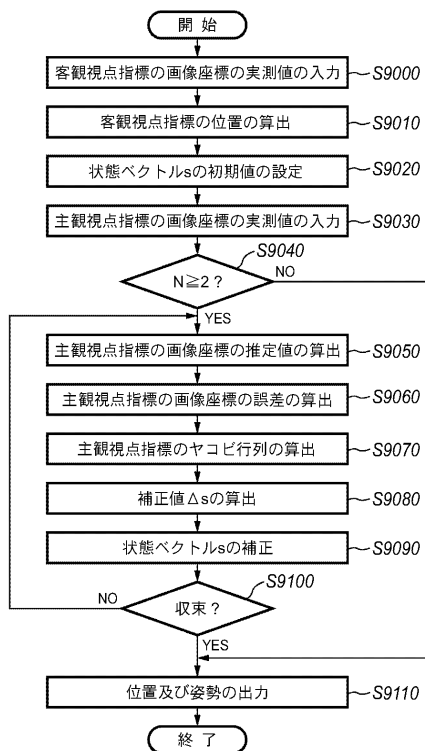
【図 7】



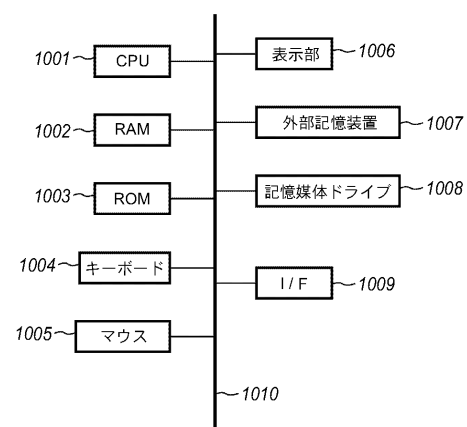
【図 8】



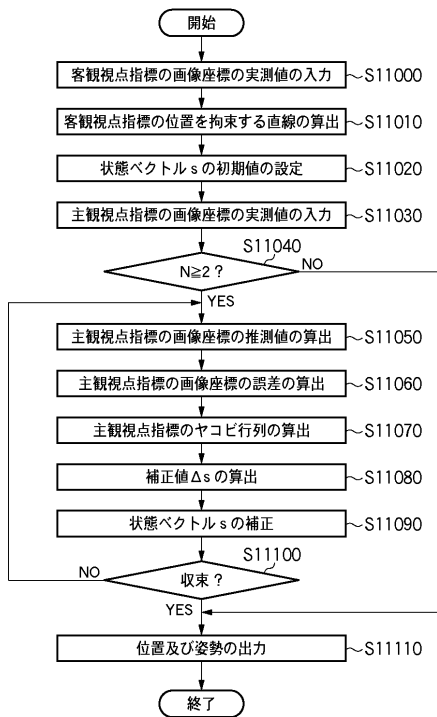
【図 9】



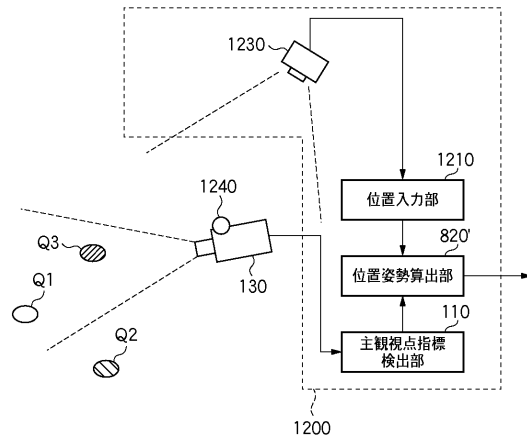
【図 10】



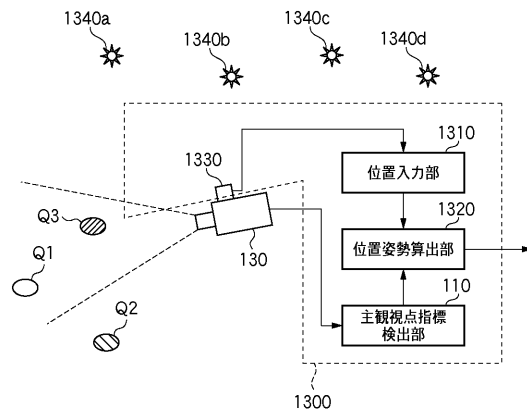
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



---

フロントページの続き

(72)発明者 内山 晋二

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 穴吹 まほろ

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

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA37 DD00 FF04 FF61 JJ03 JJ05 JJ26 QQ13 RR06

UU05

5B057 AA20 CA12 CB13 CD14 CH01 DA07 DB03 DC08

5L096 AA09 BA20 CA05 FA67 FA69