

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4960754号
(P4960754)

(45) 発行日 平成24年6月27日 (2012. 6. 27)

(24) 登録日 平成24年3月30日 (2012. 3. 30)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 B 11/00 (2006. 01)

G O 1 B 11/00 H

G O 6 T 1/00 (2006. 01)

G O 6 T 1/00 3 0 0

請求項の数 13 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2007-115987 (P2007-115987)
 (22) 出願日 平成19年4月25日 (2007. 4. 25)
 (65) 公開番号 特開2008-275340 (P2008-275340A)
 (43) 公開日 平成20年11月13日 (2008. 11. 13)
 審査請求日 平成22年4月20日 (2010. 4. 20)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康德
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (72) 発明者 佐藤 清秀
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 情報処理装置、情報処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

現実空間中に配されている複数の指標のそれぞれについて、当該指標の位置を示す配置情報と、当該配置情報の再校正が必要であるか否かを示す信頼度と、を保持する保持手段と、

前記現実空間を撮像する撮像装置から撮像画像を取得する取得手段と、

前記撮像画像から指標の画像座標を検出する検出手段と、

前記検出手段が検出した指標の画像座標と、当該指標について前記保持手段が保持している配置情報と、を用いて前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する算出手段と、

配置情報の再校正が必要であることを示す信頼度を有する無信頼指標の配置情報を再校正する再校正手段と、

前記無信頼指標について前記保持手段が保持している配置情報を、前記無信頼指標について前記再校正手段が再校正した配置情報に更新すると共に、前記無信頼指標について前記保持手段が保持している信頼度を、再校正の必要はないことを示す信頼度に更新する更新手段と

を備えることを特徴とする情報処理装置。

【請求項 2】

前記算出手段は、前記検出手段が検出した指標の画像座標のうち再校正の必要はないことを示す信頼度を有する信頼指標の画像座標と、当該信頼指標について前記保持手段が保持している配置情報と、を用いて、前記撮像装置の位置及び姿勢を算出することを特徴と

10

20

する請求項 1 に記載の情報処理装置。

【請求項 3】

更に、

前記算出手段による算出処理の過程で、当該算出処理で用いた指標についての信頼度を求める手段を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の情報処理装置。

【請求項 4】

現実空間中に配されている複数の指標のそれぞれについて、当該指標の位置を示す配置情報と、当該配置情報の再校正が必要であるか否かを示す信頼度と、を保持する保持手段と、

前記現実空間を撮像する撮像装置から撮像画像を取得する取得手段と、

前記撮像画像から指標の画像座標を検出する検出手段と、

前記検出手段が検出した指標の画像座標と、当該指標について前記保持手段が保持している配置情報と、を用いて前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する算出手段と、

配置情報の再校正が必要であることを示す信頼度を有する無信頼指標について、再校正が必要であることを示す情報を報知する報知手段と

を備えることを特徴とする情報処理装置。

【請求項 5】

前記報知手段は、前記撮像画像上における前記無信頼指標の画像座標近傍の位置に、前記無信頼指標の識別情報、配置情報の再校正が必要である旨を示すメッセージ、前記無信頼指標を強調する為のマーカ、の少なくとも何れかを表示することを特徴とする請求項 4 に記載の情報処理装置。

【請求項 6】

少なくとも前記無信頼指標について前記保持手段が保持している配置情報を前記撮像画像上に投影した画像座標を求める手段と、

前記投影した画像座標に、前記無信頼指標について再校正が必要であることを示す前記情報を表示することを特徴とする請求項 4 に記載の情報処理装置。

【請求項 7】

前記無信頼指標について再校正が必要であることを示す前記情報は、前記無信頼指標に対する信頼度に応じて異なることを特徴とする請求項 6 に記載の情報処理装置。

【請求項 8】

更に、

前記報知手段によって報知された指標のうち、配置情報の再校正を行う無信頼指標を選択する手段と、

前記選択が成された無信頼指標について前記保持手段が保持している配置情報を再校正する手段と

を備えることを特徴とする請求項 4 に記載の情報処理装置。

【請求項 9】

現実空間中に配されている複数の指標のそれぞれについて、当該指標の位置を示す配置情報と、当該配置情報の再校正が必要であるか否かを示す信頼度と、を保持する保持手段と、

前記現実空間を撮像する撮像装置から撮像画像を取得する取得手段と、

前記撮像画像から指標の画像座標を検出する検出手段と、

前記検出手段が検出した指標の画像座標のうち、再校正の必要はないことを示す信頼度を有する指標の画像座標と、当該指標について前記保持手段が保持する配置情報と、を用いて前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する算出手段と

を備えることを特徴とする情報処理装置。

【請求項 10】

現実空間中に配されている複数の指標のそれぞれについて、当該指標の位置を示す配置情報と、当該配置情報の再校正が必要であるか否かを示す信頼度と、を保持する保持手段を有する情報処理装置が行う情報処理方法であって、

前記情報処理装置の取得手段が、前記現実空間を撮像する撮像装置から撮像画像を取得する取得工程と、

前記情報処理装置の検出手段が、前記撮像画像から指標の画像座標を検出する検出工程と、

前記情報処理装置の算出手段が、前記検出工程で検出した指標の画像座標と、当該指標について前記保持手段が保持している配置情報と、を用いて前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する算出工程と、

前記情報処理装置の再校正手段が、配置情報の再校正が必要であることを示す信頼度を有する無信頼指標の配置情報を再校正する再校正工程と、

前記情報処理装置の更新手段が、前記無信頼指標について前記保持手段が保持している配置情報を、前記無信頼指標について前記再校正工程で再校正した配置情報に更新すると共に、前記無信頼指標について前記保持手段が保持している信頼度を、再校正の必要はないことを示す信頼度に更新する更新工程と

を備えることを特徴とする情報処理方法。

【請求項 1 1】

現実空間中に配されている複数の指標のそれぞれについて、当該指標の位置を示す配置情報と、当該配置情報の再校正が必要であるか否かを示す信頼度と、を保持する保持手段を有する情報処理装置が行う情報処理方法であって、

前記情報処理装置の取得手段が、前記現実空間を撮像する撮像装置から撮像画像を取得する取得工程と、

前記情報処理装置の検出手段が、前記撮像画像から指標の画像座標を検出する検出工程と、

前記情報処理装置の算出手段が、前記検出工程で検出した指標の画像座標と、当該指標について前記保持手段が保持している配置情報と、を用いて前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する算出工程と、

前記情報処理装置の報知手段が、配置情報の再校正が必要であることを示す信頼度を有する無信頼指標についての情報を報知する報知工程と

を備えることを特徴とする情報処理方法。

【請求項 1 2】

現実空間中に配されている複数の指標のそれぞれについて、当該指標の位置を示す配置情報と、当該配置情報の再校正が必要であるか否かを示す信頼度と、を保持する保持手段を有する情報処理装置が行う情報処理方法であって、

前記情報処理装置の取得手段が、前記現実空間を撮像する撮像装置から撮像画像を取得する取得工程と、

前記情報処理装置の検出手段が、前記撮像画像から指標の画像座標を検出する検出工程と、

前記情報処理装置の算出手段が、前記検出工程で検出した指標の画像座標のうち、再校正の必要はないことを示す信頼度を有する指標の画像座標と、当該指標について前記保持手段が保持する配置情報と、を用いて前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する算出工程と

を備えることを特徴とする情報処理方法。

【請求項 1 3】

コンピュータに請求項 1 0 乃至 1 2 の何れか 1 項に記載の情報処理方法の各工程を実行させるためのコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、撮像装置の位置姿勢を計測するための技術に関するものである。

【背景技術】

【0 0 0 2】

現実空間に対して文字や C G 映像を重畳して提示する複合現実感に関する研究が盛んに

10

20

30

40

50

行われている。複合現実感の提示を行う画像表示装置は、ビデオカメラ等の撮像装置で撮影した画像に、撮像装置の位置及び姿勢に応じて生成した画像を重畳描画し、これを表示する装置として実現できる。

【0003】

係る技術を実現する為には、現実空間中に定義した基準座標系と、カメラ座標系と、の間の相対的な位置及び姿勢を、リアルタイムに計測する必要がある。例として、室内やテーブル上といった現実環境の所定位置に仮想物体を重畳表示する場合を考える。この場合、その環境の適切な場所（例えば部屋の床面やテーブル面）に基準座標系を定義し、基準座標系におけるカメラの位置及び姿勢を求めればよい。

【0004】

このような計測を実現するために、カメラが連続的に撮影する時系列画像を利用して、カメラの位置及び姿勢を逐次計測することが一般的に行われている（非特許文献1，非特許文献2，非特許文献3を参照）。例えば、以下の手順によって、基準座標系におけるカメラの位置及び姿勢を求めることができる。

【0005】

（1） 室内の床や壁、テーブル面等に、基準座標系における位置（基準座標）が既知である複数の指標を配置あるいは設定する。

【0006】

（2） カメラが撮影した撮像画像内における指標の画像座標を検出する。

【0007】

（3） 検出された指標の画像座標と、この指標の基準座標との対応関係に基づいて、カメラの位置及び姿勢を求める。

【0008】

ここで指標とは、計測のために意図的に設置された人為的なマーカであってもよいし、元来その環境に存在している特徴（自然特徴）などであってもよい。

【0009】

上記の手順でカメラの位置及び姿勢を求めるためには、その準備工程として、指標の配置情報を予め取得しておく必要がある。ここで指標の配置情報とは、基準座標系における指標の位置を表すものである。以下では、指標の配置情報を求める作業を、必要に応じて指標の校正と呼ぶ。

【0010】

指標の校正は、測量器や定規等を用いて手作業で行われることが多い。また、カメラによって前もって撮影した複数枚の画像に基づいて、指標の配置情報を推定する手法も利用されている（非特許文献4を参照）。また、カメラの位置及び姿勢の計測を逐次実行しながら、指標の校正を同時に行う手法も提案されている（非特許文献5を参照）。

【0011】

非特許文献5に開示の装置は、未知の指標を校正しながらカメラの位置と姿勢を計測するオートマッピングモードと、指標の配置情報は既知としてカメラの位置と姿勢のみを計測するトラッキングモードと、を有している。ユーザは必要に応じて、これらのモードを切り替えて使用する。

【非特許文献1】佐藤，内山，山本：UG+B法：主観及び客観視点カメラと姿勢センサを用いた位置合わせ手法，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，vol.10，no.3，pp.391-400，2005.

【非特許文献2】佐藤，内山，田村：複合現実感における位置合わせ手法，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，vol.8，no.2，pp.171-180，2003.

【非特許文献3】M. A. Fischler and R. C. Bolles (June 1981): Random Sample Consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography, Comm. of the ACM, vol.24, no.6, pp.381 - 395, 1981.

【非特許文献4】小竹，内山，山本：マーカー配置に関する先験的知識を利用したマーカーキャリブレーション手法，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，vol.10，no.3，pp.4

10

20

30

40

50

01-410, 2005

【非特許文献5】Leonid Naimark and Eric Foxlin: Circular data matrix fiducial system and robust image processing for a wearable vision-inertial self-tracker, Proc. 1st International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2002), pp. 27-36, 2002.

【非特許文献6】R. Hartley and A. Zisserman, Multiple view geometry in computer vision: Second Edition, Cambridge University Press.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

10

指標の配置情報を予め計測しておく場合、指標を校正した時点と現時点とで、指標が移動していないことが必要である。例えば、壁や床や天井のような固定構造物に貼り付けたマーカのみを用いるのであれば、この条件は概ね満たされる。

【0013】

しかし、配置が変化する指標が混在している状況では、予め計測した配置情報をそのまま使用すると、指標の配置が変化した場合にカメラの位置と姿勢を正確に計測できないといった問題が生じる。例えば、ウォールキャビネットの扉やキャスター付きの机のような可動物にマーカが配置されている場合、指標を校正した時点と現時点との間に状況の変化がないことを、ユーザが目視等で確認しなくてはならない。

【0014】

20

一方、非特許文献5に開示されているような、カメラ位置姿勢計測と同時に指標の配置情報を逐次更新する手法を用いると、原理的には指標の配置情報の変化に対応できる。しかし、固定として扱わない視野内の全指標の配置情報を常に更新し続けるので、計算負荷が大きいという課題がある。それゆえに、非特許文献5に開示の装置は、ユーザが必要と判断した時にのみオートマッピングモードを使用するという設計になっている。結局、指標の再校正の要否判断は、ユーザ自身が行わなくてはならない。

【0015】

すなわち、従来の技術には、指標の再校正を行うべきか否かを知る術が用意されていなかった。そのため、ユーザが自身の経験的知識によって再校正の実行を判断しなくてはならなかった。また、実際のシーンにおいては一部の指標だけが移動してしまうケースが多いにもかかわらず、従来は、再校正が必要な指標だけを校正する手段が用意されていなかった。

30

【0016】

本発明は、このような従来技術の課題に鑑みてなされたものである。すなわち、本発明は、指標の配置情報の適否や再校正の要否をユーザが自らの経験的知識に基づいて判断する必要のない、運用やメンテナンスの容易な、撮像装置の位置及び姿勢の計測技術を提供することを目的とする。

【0017】

また、本発明は、再校正が必要な指標だけを校正する為の技術も提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0018】

本発明の目的を達成するために、例えば、本発明の情報処理装置は以下の構成を備える。

【0019】

即ち、現実空間中に配されている複数の指標のそれぞれについて、配置情報と、当該配置情報の再校正が必要であるか否かを示す信頼度と、を保持する保持手段と、

前記現実空間を撮像する撮像装置から撮像画像を取得する取得手段と、

前記撮像画像から指標の画像座標を検出する検出手段と、

前記検出手段が検出した指標の画像座標と、当該指標について前記保持手段が保持して

50

いる配置情報と、を用いて前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する算出手段と、

配置情報の再校正が必要であることを示す信頼度を有する無信頼指標の配置情報を再校正する再校正手段と、

前記無信頼指標について前記保持手段が保持している配置情報を、前記無信頼指標について前記再校正手段が再校正した配置情報に更新すると共に、前記無信頼指標について前記保持手段が保持している信頼度を、再校正の必要はないことを示す信頼度に更新する更新手段と

を備えることを特徴とする。

【0020】

本発明の目的を達成するために、例えば、本発明の情報処理装置は以下の構成を備える。

10

【0021】

即ち、現実空間中に配されている複数の指標のそれぞれについて、配置情報と、当該配置情報の再校正が必要であるか否かを示す信頼度と、を保持する保持手段と、

前記現実空間を撮像する撮像装置から撮像画像を取得する取得手段と、

前記撮像画像から指標の画像座標を検出する検出手段と、

前記検出手段が検出した指標の画像座標と、当該指標について前記保持手段が保持している配置情報と、を用いて前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する算出手段と、

配置情報の再校正が必要であることを示す信頼度を有する無信頼指標についての情報を報知する報知手段と

20

を備えることを特徴とする。

【0022】

本発明の目的を達成するために、例えば、本発明の情報処理装置は以下の構成を備える。

【0023】

即ち、現実空間中に配されている複数の指標のそれぞれについて、配置情報と、当該配置情報の再校正が必要であるか否かを示す信頼度と、を保持する保持手段と、

前記現実空間を撮像する撮像装置から撮像画像を取得する取得手段と、

前記撮像画像から指標の画像座標を検出する検出手段と、

前記検出手段が検出した指標の画像座標のうち、再校正の必要はないことを示す信頼度を有する指標の画像座標と、当該指標について前記保持手段が保持する配置情報と、を用いて前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する算出手段と

30

を備えることを特徴とする。

【0024】

本発明の目的を達成するために、例えば、本発明の情報処理方法は以下の構成を備える。

【0025】

即ち、現実空間中に配されている複数の指標のそれぞれについて、配置情報と、当該配置情報の再校正が必要であるか否かを示す信頼度と、を保持する保持手段を有する情報処理装置が行う情報処理方法であって、

40

前記現実空間を撮像する撮像装置から撮像画像を取得する取得工程と、

前記撮像画像から指標の画像座標を検出する検出工程と、

前記検出工程で検出した指標の画像座標と、当該指標について前記保持手段が保持している配置情報と、を用いて前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する算出工程と、

配置情報の再校正が必要であることを示す信頼度を有する無信頼指標の配置情報を再校正する再校正工程と、

前記無信頼指標について前記保持手段が保持している配置情報を、前記無信頼指標について前記再校正工程で再校正した配置情報に更新すると共に、前記無信頼指標について前記保持手段が保持している信頼度を、再校正の必要はないことを示す信頼度に更新する更新工程と

50

を備えることを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

本発明の目的を達成するために、例えば、本発明の情報処理方法は以下の構成を備える。

【 0 0 2 7 】

即ち、現実空間中に配されている複数の指標のそれぞれについて、配置情報と、当該配置情報の再校正が必要であるか否かを示す信頼度と、を保持する保持手段を有する情報処理装置が行う情報処理方法であって、

前記現実空間を撮像する撮像装置から撮像画像を取得する取得工程と、

前記撮像画像から指標の画像座標を検出する検出工程と、

前記検出工程で検出した指標の画像座標と、当該指標について前記保持手段が保持している配置情報と、を用いて前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する算出工程と、

配置情報の再校正が必要であることを示す信頼度を有する無信頼指標についての情報を報知する報知工程と

を備えることを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

本発明の目的を達成するために、例えば、本発明の情報処理方法は以下の構成を備える。

【 0 0 2 9 】

即ち、現実空間中に配されている複数の指標のそれぞれについて、配置情報と、当該配置情報の再校正が必要であるか否かを示す信頼度と、を保持する保持手段を有する情報処理装置が行う情報処理方法であって、

前記現実空間を撮像する撮像装置から撮像画像を取得する取得工程と、

前記撮像画像から指標の画像座標を検出する検出工程と、

前記検出工程で検出した指標の画像座標のうち、再校正の必要はないことを示す信頼度を有する指標の画像座標と、当該指標について前記保持手段が保持する配置情報と、を用いて前記撮像装置の位置及び姿勢を算出する算出工程と

を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 3 0 】

本発明の構成によれば、指標の配置情報の再校正の必要性をユーザが容易に知ることができるので、装置の運用やメンテナンスが容易になる。また、指標の配置情報が不正確な場合に再校正の処理が実行されるので、必要以上の計算負荷が発生しない。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 3 1 】

以下、添付図面を参照し、本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。

【 0 0 3 2 】

[第 1 の実施形態]

本実施形態に係る情報処理装置は、撮像装置が撮像した画像を利用して、この撮像装置の位置及び姿勢の計測を行う。本実施形態に係る情報処理装置は、指標の配置情報が変化した場合に、再校正の必要性を判定し、必要であれば再校正に係る処理を実行する。以下、本実施形態に係る情報処理装置について説明する。

【 0 0 3 3 】

図 1 は、本実施形態に係る情報処理装置を適用した位置姿勢計測装置の機能構成を示すブロック図である。図 1 に示す如く、本実施形態に係る位置姿勢計測装置 1 0 0 は、画像入力部 1 5 0、指標検出部 1 1 0、位置姿勢算出部 1 2 0、指標配置情報保持部 1 4 0、指標配置情報更新部 1 6 0 によって構成されている。また、画像入力部 1 5 0 には、位置及び姿勢の計測対象である撮像装置 1 3 0 が接続されている。撮像装置 1 3 0 の位置及び姿勢が、本実施形態に係る位置姿勢計測装置 1 0 0 によって計測される。

【 0 0 3 4 】

また、現実空間中には、基準座標系（記号Wによって表現する）が定義されている。そして係る現実空間の複数の位置にはそれぞれ、指標180（180-1～180-9）が配されている。指標180は、撮像装置130の位置及び姿勢の計測可能な範囲内で撮像装置130が移動する場合に、常に何れかが撮像装置130によって撮像されるように配置されていることが好ましい。以下の説明では、k番目の指標180（180-k）を記号Qkで表す。ここで、k（k=1, 2, ..., K）は指標180の識別子（識別情報）を表している。また、Kは配置されている指標180の総数を表しており、図1ではK=9となる。

【0035】

指標180の夫々は、例えば、それぞれが異なる色を有する小領域からなるカラーマーカによって構成されても良いし、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されても良い。即ち、撮像装置130が撮像した画像からその画像座標が検出可能であって、且つ何れの指標であるかが何らかの方法で識別可能であれば、指標180として如何なるものを用いても良い。また、指標180は故意に（人為的に）設定されたものであってもよいし、机の角や壁の模様のような、現実空間中に元来存在する特徴を指標180として用いてもよい。また、ある程度の面積を有する単色の多角形領域によって形成される多角形マーカを指標180として用いてもよい。図2は、白色の四角形マーカ200の例を示す図である。この場合、多角形の各頂点を指標180として扱う。

【0036】

図1では、指標180として円形のカラーマーカ（180-1～180-9）が配置されている状況を示している。一部の指標（180-8, 180-9）は室内のテーブル170上に配されており、その他の指標（180-1～180-7）は部屋の壁面と床面に配置されている。

【0037】

次に、撮像装置130、位置姿勢計測装置100について説明する。

【0038】

撮像装置130は、現実空間の動画像を撮像するビデオカメラなどにより構成されており、撮像装置130が撮像した各フレームの画像（撮像画像、若しくは現実空間画像と呼称する）は、位置姿勢計測装置100が有する画像入力部150に入力される。撮像装置130に対しては予めカメラ座標系が定義されており、位置姿勢計測装置100は、基準座標系に対するこのカメラ座標系の位置と姿勢を、撮像装置130の位置と姿勢として計測する。ここでカメラ座標系とは、撮像装置130の視点位置を原点、視線方向を-Z軸と定義し、更に、Z軸に直交してかつ互いに直交する2軸をX軸、Y軸と定義した座標系である。また、撮像装置130の焦点距離などのカメラ内部パラメータは既知であるものとする。

【0039】

画像入力部150は、撮像装置130から送出された撮像画像をデジタルデータに変換し、変換後の撮像画像のデータを、後段の指標検出部110に送出する。図3は、撮像装置130によって撮像された撮像画像の一例を示す図である。図3において300は撮像画像であり、撮像画像300内には、テーブル170や、指標180（180-2, 180-4～180-9）が含まれている。

【0040】

指標検出部110は、画像入力部150から受けた撮像画像中に撮像されている指標180を検出/同定する。即ち、指標検出部110は、撮像画像中に撮像されている指標の識別情報（識別子、ID等）と、この指標の画像座標と、を検出する。

【0041】

ここで、指標180の検出については、使用する指標の種類に応じた方法で行われる。例えば、指標180の夫々が異なる色を有するカラーマーカによって構成されている場合には、撮像画像から各々のマーカ色に対応する領域を検出し、検出した領域の重心位置を

指標 180 の画像座標とする。また、指標 180 の夫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、テンプレート画像によるテンプレートマッチングによって指標 180 の画像座標を検出する。この場合、各々の指標のテンプレート画像は、既知の情報としてメモリに予め保持しておく。

【0042】

また、図 2 に示したような四角形マーカ 200 を用いる場合は、撮像画像に 2 値化処理及びラベリング処理を施し、4 つの直線によって形成されているラベル領域をマーカ候補として検出する。さらに、各マーカ候補の矩形領域の中に特定のパターンがあるか否かを判定することによって誤検出を排除する。また、矩形領域中のパターンによって、四角形マーカ 200 の識別子を取得する。最後に、矩形領域の 4 頂点の座標が、4 点の指標 180 の位置として出力される。

10

【0043】

以下の説明では、撮像画像から検出された指標 180 を「検出指標」と呼称する。また、以下の説明では、検出指標 Q_k の画像座標を u^{Q_k} と表記する。この場合、 k が検出指標の識別情報を表していることになる。

【0044】

そして、指標検出部 110 は、検出指標 Q_k 毎に識別情報 k と画像座標 u^{Q_k} のセットを後段の位置姿勢算出部 120 と、指標配置情報更新部 160 とに送出する。

【0045】

指標配置情報保持部 140 は、指標 Q_k 毎に、識別情報、配置情報（基準座標系における指標 180 の位置）、信頼度、のセットを保持している。信頼度について詳しくは後述するが、信頼度とは、この信頼度とセットになっている配置情報の再校正が必要であるか否かを示すものであり、係る配置情報に対する信頼度を示すものである。そして指標配置情報保持部 140 は、係る信頼度に応じて、対応する配置情報についての再校正を行うべきか否かを判断する。そして再校正が必要と判断した場合には、位置姿勢計測装置 100 の動作モードを「配置情報更新モード」に設定する。再校正は必要ないと判断した場合には、位置姿勢計測装置 100 の動作モードを「位置姿勢算出モード」に設定する。

20

【0046】

なお、以下の説明では、指標 Q_k の配置情報、即ち、基準座標系における指標 Q_k の位置を基準座標と呼称し、 $x_w^{Q_k}$ と表記する。

30

【0047】

ここで、指標配置情報保持部 140 は上述のように、それぞれの指標 Q_k の配置情報 $x_w^{Q_k}$ を保持しているのであるが、全ての指標 Q_k の位置が常に現実空間中で固定されているわけではない。従って、現実空間中の指標 Q_k の位置が変更されてしまうと、実際の配置情報と指標配置情報保持部 140 が保持する配置情報とが異なってしまう。例えば、図 3 において、指標 180 の配置情報を計測した時点からテーブル 170 が移動してしまった場合、指標配置情報保持部 140 が保持する指標 180 - 8, 180 - 9 の配置情報は、実際の配置情報とは異なった値となる。本実施形態に係る位置姿勢計測装置 100 は、以下に説明するように、係る状況が発生した場合に対処するための構成を有する。

【0048】

40

位置姿勢算出部 120 は、位置姿勢計測装置 100 の動作モードが「位置姿勢算出モード」に設定された場合にのみ動作する。「位置姿勢算出モード」が設定されると、位置姿勢算出部 120 は、指標検出部 110 から、撮像画像から検出された指標 Q_k 毎に、識別情報 k と画像座標 u^{Q_k} のセットを取得する。一方、位置姿勢算出部 120 は、この取得したそれぞれのセット中の識別情報 k とセットになって指標配置情報保持部 140 に保持されている識別情報 k 、配置情報 $x_w^{Q_k}$ を取得する。即ち、位置姿勢算出部 120 は、撮像画像から取得した指標 Q_k 毎に、画像座標 u^{Q_k} と配置情報 $x_w^{Q_k}$ とのセットを、指標検出部 110、指標配置情報保持部 140 から取得する。

【0049】

そして位置姿勢算出部 120 は、指標 Q_k 毎の画像座標 u^{Q_k} と配置情報 $x_w^{Q_k}$ との

50

セットを用いて、撮像装置 130 の位置及び姿勢を算出する（算出処理）。係る算出のための技術については周知の技術である。そして算出した位置及び姿勢を示すデータを外部に出力する。

【0050】

また、位置姿勢算出部 120 は、撮像装置 130 の位置及び姿勢を求める上記算出の処理の過程で、指標 Q k 毎の信頼度を算出する。そして算出したそれぞれの指標 Q k の信頼度のデータを、識別情報 k とセットにして指標配置情報保持部 140 に送出する。

【0051】

指標配置情報保持部 140 は、位置姿勢算出部 120 から受けた識別情報 k とセットにして保持している信頼度を、位置姿勢算出部 120 から識別情報 k とセットにして送出された信頼度に更新する処理を行う。

10

【0052】

これにより、指標配置情報保持部 140 には、「位置姿勢算出モード」が設定されている場合には、指標 Q k の信頼度が登録されることになり、指標配置情報保持部 140 は常に各指標 Q k について最新の信頼度が登録されていることになる。

【0053】

なお本実施形態では、位置姿勢算出部 120 は、指標検出部 110 から受けた全ての識別情報 k に対応する指標 Q k について求めた信頼度を指標配置情報保持部 140 に送出している。しかし、閾値以下の信頼度のみを、識別情報 k と共に指標配置情報保持部 140 に送出するようにしても良い。

20

【0054】

指標配置情報更新部 160 は、位置姿勢計測装置 100 の動作モードが「配置情報更新モード」に設定された場合にのみ動作する。「配置情報更新モード」が設定されると、指標配置情報保持部 140 は、自身が保持する各セットのうち、「再校正は必要ないことを示す」信頼度を含むセットを特定する。そして、特定したセット中の識別情報 k、配置情報 x_w^{Qk} を指標配置情報更新部 160 に送出する。

【0055】

指標配置情報更新部 160 は、指標配置情報保持部 140 から受けた配置情報 x_w^{Qk} と、係る配置情報とセットになっている識別情報 k とセットになって指標検出部 110 から受けた画像座標 u^{Qk} と、を用いて、撮像装置 130 の位置及び姿勢を算出する。即ち、指標配置情報更新部 160 は、再校正の必要のない、信頼度の高い指標（信頼指標）の配置情報と画像座標とを用いて撮像装置 130 の位置及び姿勢を算出する。

30

【0056】

その後、指標配置情報保持部 140 は、自身が保持する各セットのうち、「再校正する必要があることを示す」信頼度を含むセットを特定し、特定したセット中の識別情報 k（ $= k'$ ）を指標配置情報更新部 160 に送出する。

【0057】

指標配置情報更新部 160 は、指標配置情報保持部 140 から受けた識別情報 k' とセットになって指標検出部 110 から受けた画像座標 $u^{Qk'}$ と、過去に求めた撮像装置 130 の位置及び姿勢とを用いて、配置情報 $x_w^{Qk'}$ を再校正する。即ち、指標配置情報更新部 160 は、再校正の必要がある、信頼度の低い指標（無信頼指標）の配置情報を再校正することになる。

40

【0058】

そして、再校正した無信頼指標の配置情報 $x_w^{Qk'}$ と、無信頼指標の識別情報 k' とをセットにして指標配置情報保持部 140 に送出する。指標配置情報保持部 140 は、係るセットを受けると、受けたセット中の識別情報 k' とセットにして保持している配置情報 $x_w^{Qk'}$ を、受けたセット中の再校正済みの配置情報 $x_w^{Qk'}$ に更新する。そして更に、受けたセット中の識別情報 k' とセットにして保持している信頼度を「再校正の必要はないことを示す」信頼度に更新する。

【0059】

50

例えば、図3に示す撮像画像において、指標180-8, 180-9の信頼度が「再校正する必要があることを示す」場合には、これらの指標の配置情報を再校正し、再校正後の配置情報に更新する。

【0060】

位置姿勢算出部120、指標配置情報保持部140、指標配置情報更新部160が行う処理の詳細については、図5のフローチャートを用いて後述する。

【0061】

図5は、位置姿勢算出部120、指標配置情報保持部140、指標配置情報更新部160が行う処理の詳細を示すフローチャートである。なお図5のフローチャートは、1フレーム分の撮像画像が撮像装置130から画像入力部150を介して位置姿勢計測装置100に入力された場合に、位置姿勢算出部120、指標配置情報保持部140、指標配置情報更新部160が行う処理を示すものである。従って、図5のフローチャートは、撮像装置130から各フレームの撮像画像が位置姿勢計測装置100に入力される毎に、行われる処理である。

【0062】

まずステップS5000の前段で、画像入力部150を介して撮像装置130からは撮像画像が指標検出部110に入力される。指標検出部110は、係る撮像画像中に撮像されている指標 Q_k 毎に、識別情報 k と画像座標 u^{Q_k} のセットを検出する。そして指標 Q_k 毎に検出したこのセットを位置姿勢算出部120、指標配置情報更新部160に送出する。

【0063】

まず、現在設定されている位置姿勢計測装置100の動作モードが「位置姿勢算出モード」である場合には処理はステップS5000を介してステップS5010に進む。一方、現在設定されている位置姿勢計測装置100の動作モードが「位置姿勢算出モード」ではない場合には処理はステップS5000を介してステップS5100に進む。

【0064】

ステップS5010において、位置姿勢算出部120は、指標検出部110から送出された指標 Q_k 毎の、識別情報 k と画像座標 u^{Q_k} のセットを取得する。

【0065】

ステップS5020において、位置姿勢算出部120は、ステップS5010で取得したそれぞれのセット中の識別情報 k とセットになって指標配置情報保持部140に保持されている識別情報 k 、配置情報 $x_w^{Q_k}$ を取得する。

【0066】

ステップS5030において、位置姿勢算出部120は、指標 Q_k 毎の画像座標 u^{Q_k} と配置情報 $x_w^{Q_k}$ とのセットを用いて、撮像装置130の位置及び姿勢を算出する。係る算出には、 n 個の指標の配置情報(3次元座標)とその画像座標との対応を用いて、外れ値除去を行いながら撮像装置130の位置及び姿勢を求める公知のロバスト推定手法を利用する。例えば、ランダムに選択した複数点を用いた位置姿勢推定とその解の妥当性の検証を繰り返すことで外れ値を除去する手法であるRANSACアルゴリズムを利用する(詳細は非特許文献2を参照)。

【0067】

一般的には、RANSAC等のロバスト推定手法による外れ値の除去は、指標の検出ミスの影響を排除するために利用される。すなわち、指標とは異なる領域が指標として検出されてしまった場合や、ある指標が他の指標に誤同定されてしまった場合に、それらのデータが外れ値として排除される。一方、本実施形態に係る指標検出部110においては、指標の検出及び同定は正しく行われているとする。この場合、指標の配置情報が異なっていると、そのデータが外れ値として排除される。

【0068】

ステップS5040において、位置姿勢算出部120は、ステップS5030で求めた撮像装置130の位置及び姿勢を示すデータを外部に出力する。

【 0 0 6 9 】

ステップ S 5 0 5 0 において、位置姿勢算出部 1 2 0 は、ステップ S 5 0 3 0 における処理の過程で、指標 Q k 毎の信頼度を算出する。具体的には、ステップ S 5 0 3 0 で外れ値と判断された指標 Q k の信頼度を 0、外れ値と判断されなかった指標の信頼度を 1 とする。信頼度が「0」の場合には、「配置情報を再校正する必要がある」信頼度であり、信頼度が「1」であれば、「再校正の必要はない」信頼度である。なお、信頼度は、撮像画像上での残差の大きさに基づいて定めてもよい。

【 0 0 7 0 】

そして、算出したそれぞれの指標 Q k の信頼度のデータを、識別情報 k とセットにして指標配置情報保持部 1 4 0 に送出する。指標配置情報保持部 1 4 0 は、位置姿勢算出部 1 2 0 から受けた識別情報 k とセットにして保持している信頼度を、位置姿勢算出部 1 2 0 から識別情報 k とセットにして送出された信頼度に更新する処理を行う。

10

【 0 0 7 1 】

ステップ S 5 0 6 0 において、指標配置情報保持部 1 4 0 は、保持している各セット内の信頼度を参照し、配置情報の再校正を行うか否かを判断する。例えば、ある指標の信頼度が一度でも閾値以下になれば、その指標の配置情報の再校正が必要と判断する。あるいは、過去のフレームにおける信頼度の履歴を保持しておき、信頼度の変遷に応じて再校正の要否を判定しても良い。例えば、ある指標の信頼度が一定期間の間連続して閾値以下となった場合に、その指標の再校正を行うように判断する。あるいは、信頼度が閾値以下となったフレーム数を指標ごとにカウントし、その値が閾値を超えたときに再校正が必要と判断する。

20

【 0 0 7 2 】

ステップ S 5 0 7 0 において、指標配置情報保持部 1 4 0 は、配置情報を再校正する必要がある指標が一つでも存在すると判断した場合には、位置姿勢計測装置 1 0 0 の動作モードを「配置情報更新モード」に設定する。なお、この判定の基準は、再校正の必要な指標が一定個数以上になったときとしてもよい。

【 0 0 7 3 】

次に、現在設定されている位置姿勢計測装置 1 0 0 の動作モードが「配置情報更新モード」である場合には処理はステップ S 5 1 0 0 を介してステップ S 5 1 1 0 に進む。一方、現在設定されている位置姿勢計測装置 1 0 0 の動作モードが「配置情報更新モード」ではない場合には処理はステップ S 5 1 0 0 を介して本処理を終了し、次のフレームの撮像画像についてステップ S 5 0 0 0 以降の処理を行う。

30

【 0 0 7 4 】

ステップ S 5 1 1 0 において、指標配置情報更新部 1 6 0 は、指標検出部 1 1 0 から送出された指標 Q k 毎の、識別情報 k と画像座標 u^{Qk} のセットを取得する。

【 0 0 7 5 】

ステップ S 5 1 2 0 において、指標配置情報保持部 1 4 0 は、自身が保持する各セットのうち、信頼度「1」を含むセットを特定する。そして、特定したセット中の識別情報 k、配置情報 x_w^{Qk} を指標配置情報更新部 1 6 0 に送出するので、指標配置情報更新部 1 6 0 は、指標配置情報保持部 1 4 0 から送出されたセットを受ける。

40

【 0 0 7 6 】

ステップ S 5 1 3 0 において、指標配置情報更新部 1 6 0 は、ステップ S 5 1 2 0 で受けた配置情報 x_w^{Qk} と、ステップ S 5 1 1 0 で受けた画像座標 u^{Qk} のうちステップ S 5 1 2 0 で受けた識別情報 k に対応する画像座標 u^{Qk} と、を用いて、撮像装置 1 3 0 の位置及び姿勢を算出する。n 個の指標 Q k の配置情報（3 次元座標）とその画像座標との対応を用いて撮像装置 1 3 0 の位置及び姿勢を求める手法は公知であるので、説明は省略する（例えば、非特許文献 2 参照）。

【 0 0 7 7 】

ステップ S 5 1 4 0 において、指標配置情報更新部 1 6 0 はステップ S 5 1 3 0 で求めた撮像装置 1 3 0 の位置及び姿勢を示すデータを外部に送出する。

50

【 0 0 7 8 】

ステップ S 5 1 5 0 において、指標配置情報保持部 1 4 0 は、自身が保持する各セットのうち、信頼度「 0 」を含むセットを特定し、特定したセット中の識別情報 k ($= k'$) を指標配置情報更新部 1 6 0 に送出する。

【 0 0 7 9 】

指標配置情報更新部 1 6 0 は、指標配置情報保持部 1 4 0 から受けた識別情報 k' とセットになって指標検出部 1 1 0 から受けた画像座標 $u^{Q k'}$ と、過去に求めた撮像装置 1 3 0 の位置及び姿勢とを用いて、配置情報 $x_w^{Q k'}$ を再校正する。係る再校正の処理は、例えば、過去のデータの中から、撮像装置 1 3 0 の位置が十分に異なる 2 フレームのデータを選択し、三角測量の原理によって指標 $Q k$ の配置情報を算出する。使用する画像数は 3 枚以上であってもよく、この場合は最小二乗法によって解を求めることができる。

10

【 0 0 8 0 】

ステップ S 5 1 6 0 において、指標配置情報更新部 1 6 0 は、ステップ S 5 1 5 0 にて再校正した無信頼指標の配置情報 $x_w^{Q k'}$ と、無信頼指標の識別情報 k' とをセットにして指標配置情報保持部 1 4 0 に送出する。指標配置情報保持部 1 4 0 は、係るセットを受けると、受けたセット中の識別情報 k' とセットにして保持している配置情報 $x_w^{Q k'}$ を、受けたセット中の再校正済みの配置情報 $x_w^{Q k'}$ に更新する。そして更に、受けたセット中の識別情報 k' とセットにして保持している信頼度を「再校正の必要はないことを示す」信頼度に更新する。

【 0 0 8 1 】

20

ステップ S 5 1 7 0 において、指標配置情報保持部 1 4 0 は、指標配置情報更新部 1 6 0 に対してステップ S 5 1 5 0 で送出した全ての識別情報 k' に対応する配置情報の再校正が終了するまで待機する。そして、終了した場合には、位置姿勢計測装置 1 0 0 の動作モードを「位置姿勢算出モード」に設定する。

【 0 0 8 2 】

そしてその後は、本処理を終了し、次のフレームの撮像画像についてステップ S 5 0 0 以降の処理を行う。

【 0 0 8 3 】

以上の説明により、本実施形態によれば、配置情報の信頼度が低い指標のみについて、その配置情報の再校正を、ユーザの介入無しに行うことができる。これにより、指標の位置が変化してしまうような状況に対応することができる。また、常に指標の配置情報を算出し続ける従来の手法と比べ、計算機への処理負荷を軽減することができる。

30

【 0 0 8 4 】

[第 2 の実施形態]

本実施形態に係る位置姿勢計測装置も第 1 の実施形態と同様に、撮像装置が撮像した画像を利用して、この撮像装置の位置及び姿勢の計測を行うのであるが、次の点が異なる。即ち、本実施形態に係る位置姿勢計測装置は、指標の配置情報が変化した場合に、再校正の必要性を判定し、必要であれば再校正に係る情報をユーザに報知（通知）する。以下、本実施形態に係る位置姿勢計測装置について説明する。

【 0 0 8 5 】

40

図 6 は、本実施形態に係る位置姿勢計測装置の機能構成を示すブロック図である。尚、図 6 において、図 1 に示したものと同一のものについては同じ番号を付けており、その説明は省略する。

【 0 0 8 6 】

図 6 に示す如く、位置姿勢計測装置 6 0 0 は、画像入力部 1 5 0、指標検出部 1 1 0、位置姿勢算出部 6 2 0、指標配置情報保持部 6 4 0、通知部 6 6 0、により構成されている。

【 0 0 8 7 】

以下では、本実施形態に係る位置姿勢計測装置 6 0 0 が、図 1 に示した位置姿勢計測装置 1 0 0 と異なる部分、即ち、位置姿勢算出部 6 2 0、指標配置情報保持部 6 4 0、通知

50

部 6 6 0、について説明する。

【 0 0 8 8 】

指標配置情報保持部 6 4 0 は、図 1 に示した指標配置情報保持部 1 4 0 と同様の情報を保持しており、位置姿勢算出部 6 2 0 との間では、指標配置情報保持部 1 4 0 と位置姿勢算出部 1 2 0 との間で行うデータのやり取りと同様の事を行っている。なお、指標配置情報保持部 6 4 0 は、位置姿勢計測装置 6 0 0 の動作モードの設定は行わない。

【 0 0 8 9 】

位置姿勢算出部 6 2 0 は、図 1 に示した位置姿勢算出部 1 2 0 と同様の処理を行う。位置姿勢計測装置 6 0 0 については上述のように、動作モードの設定というものがないので、位置姿勢算出部 6 2 0 は、位置姿勢算出部 1 2 0 とは異なり、常に動作している点が、第 1 の実施形態とは異なっている。即ち、位置姿勢算出部 6 2 0 は、図 5 のフローチャートにおけるステップ S 5 0 1 0 からステップ S 5 0 5 0 の処理を実行する。

10

【 0 0 9 0 】

通知部 6 6 0 は、信頼度が低い指標についての情報を外部に出力することで、係る情報をユーザに通知する。例えば、図 3 に例示した撮像画像 3 0 0 において、指標 1 8 0 - 8、1 8 0 - 9 の配置情報の再校正が必要と判断された場合には、図 7 に例示するような表示画面のデータを、外部の表示装置（不図示）に対して送出する。

【 0 0 9 1 】

図 7 は、通知部 6 6 0 が行う通知例を示す図である。図 7 (A) では、撮像画像上で、指標 1 8 0 - 8、1 8 0 - 9 の画像座標近傍に、再校正が必要である旨を記したメッセージと識別情報とのセット 4 0 0 a、4 0 0 b を表示している。係る表示を実現するためには、位置姿勢計測装置 6 0 0 は以下のような処理を行う。

20

【 0 0 9 2 】

指標配置情報保持部 6 4 0 は、自身が保持する各セットのうち、信頼度「 0 」を含むセットを特定し、特定したセット中の識別情報 k ($= k'$) を通知部 6 6 0 に送出する。

【 0 0 9 3 】

通知部 6 6 0 は、指標検出部 1 1 0 から、撮像画像から検出した各指標 Q_k 毎に、識別情報 k と画像座標 u^{Q_k} のセットを受けるのであるが、そのうち、指標配置情報保持部 6 4 0 から受けた識別情報 k' とセットになっている画像座標 $u^{Q_{k'}}$ を特定する。そして、通知部 6 6 0 は、画像座標 $u^{Q_{k'}}$ の近傍座標位置に上記メッセージと識別情報 k' とを表示する。

30

【 0 0 9 4 】

また、通知部 6 6 0 は次のような通知方法を採用しても良い。即ち、再校正が必要である旨を示すメッセージ 4 0 0 e を撮像画像上の適当な位置に表示し、各指標 1 8 0 - 8、1 8 0 - 9 を特定（強調）するための適当な形状のマーカ 4 1 0 c、4 1 0 d を各指標 1 8 0 - 8、1 8 0 - 9 の画像座標近傍に表示する。係る表示を実現するためには、位置姿勢計測装置 6 0 0 は以下のような処理を行う。

【 0 0 9 5 】

指標配置情報保持部 6 4 0 は、自身が保持する各セットのうち、信頼度「 0 」を含むセットを特定し、特定したセット中の識別情報 k ($= k'$) を通知部 6 6 0 に送出する。

40

【 0 0 9 6 】

通知部 6 6 0 は、指標検出部 1 1 0 から、撮像画像から検出した各指標 Q_k 毎に、識別情報 k と画像座標 u^{Q_k} のセットを受けるのであるが、そのうち、指標配置情報保持部 6 4 0 から受けた識別情報 k' とセットになっている画像座標 $u^{Q_{k'}}$ を特定する。そして、通知部 6 6 0 は、画像座標 $u^{Q_{k'}}$ に、マーカを表示する。また、撮像画像上の適当な位置（表示したマーカが隠れない位置）にメッセージ 4 0 0 e を表示する。

【 0 0 9 7 】

なお、メッセージの表示位置は、撮像画像上でなくても良い。また、識別情報、メッセージ、マーカの何れをどのように組み合わせで表示しても良い。また、通知の形態については表示に限定するものではなく、音声や振動でもって行うようにしてもよい。また、表

50

示とその他の通知形態を併用しても良いし、1つの通知形態のみを採用しても良い。

【0098】

また、配置情報の再校正が必要と判断された指標（無信頼指標）について現在保持している配置情報を撮像画像上に投影し、撮像画像上で係る無信頼指標の画像座標と投影像とを観察者に提示させるようにしても良い。

【0099】

係る投影は、位置姿勢算出部620によって得られた撮像装置130の位置及び姿勢と、指標配置情報保持部640が保持する無信頼指標の配置情報 $x_w^{Q_k}$ と、に基づいて、次の観測方程式Fによって算出できる。

【0100】

【数1】

$$u^{Q_k*} = F(M, x_w^{Q_k}) \quad \dots \text{式(1)}$$

【0101】

ここでMは、撮像装置130の位置及び姿勢を表す 4×4 の座標変換行列を示す。観測方程式Fは、Mに基づいて基準座標をカメラ座標に変換するビューイング変換と、カメラ座標を画像座標に変換する透視変換と、によって構成される。以下では、式(1)によ

って得られる無信頼指標の撮像画像上の座標を投影座標と呼ぶ。

【0102】

例えば図7(C)に示すように、指標がずれている旨を示すメッセージ400fと共に、無信頼指標180-8、180-9の配置情報を撮像画像上に投影した位置（投影座標）には、x印420a、420bを表示する。あるいは、全ての指標について同様に配置情報を撮像画像上に投影した位置にx印を表示しても良い。そして、係るx印の色やサイズを、信頼度の値に応じて異ならせるようにしても良い。

【0103】

また、図7(C)に示すように、無信頼指標の画像座標 u^{Q_k} と、式(1)で得た投影座標 u^{Q_k*} とを結び付ける矢印430a、430bを表示してもよい。なお、矢印430a、430bの方向は、画像座標から投影指標に向いていてもよいし、その逆であってもよい。

【0104】

以上の説明したように、本実施形態によれば、撮像装置130の位置及び姿勢を計測する工程において、配置情報の信頼度が低い指標に係る様々な情報をユーザに通知することができる。これにより、ユーザは、配置情報の再校正を実行するか、あるいは、指標の物理的配置をしかるべき位置に戻すかを判断することができ、これにより、位置及び姿勢の正しい計測を維持することができる。

【0105】

<変形例1>

上記実施形態におけるロバスト推定処理には、RANSACアルゴリズム以外のものを用いても良い。例えば、公知の技術であるM推定によって、外れ値の影響を除外した位置姿勢推定を行ってもよい（例えば、非特許文献6の付録A6.8参照）。M推定を用いる場合、その計算の過程で各検出指標が解に寄与する重みが算出されるので、この重みを各指標の信頼度として用いてもよい。

【0106】

<変形例2>

第1の実施形態において、指標配置情報更新部160が行っていた配置情報の再校正に係る計算は、他の方法によっても実現できる。例えば、非特許文献5に開示されているような、拡張カルマンフィルタを用いて配置情報を逐次更新する方法を用いてもよい。この

10

20

30

40

50

場合、撮像装置 1 3 0 の位置及び姿勢と、再校正対象である夫々の指標 1 8 0 の位置を状態ベクトルとし、指標の検出座標を入力としてこれらの状態ベクトルの更新を行えばよい。また、フィルタリングの処理工程で夫々の状態ベクトルの確からしさが算出されるので、この値に基づいて処理の終了を判定すればよい。

【 0 1 0 7 】

< 変形例 3 >

四角形マーカ 2 0 0 の頂点のように、指標の性質として、複数の指標 1 8 0 同士の相対位置関係は固定の場合がある。このような指標を用いる場合であっても、上記実施形態では、指標 1 8 0 ごとに再校正の要否判定を行っていた。しかし、例えば四角形マーカ 2 0 0 の頂点を用いる場合には、四角形マーカ 2 0 0 毎に再校正の要否判定を行うべきである。この場合、信頼度は頂点ごとに得られるので、4 頂点の信頼度の代表値を算出し、これを四角形マーカ 2 0 0 の配置情報の信頼度とする。信頼度の代表値は、例えば、4 頂点の信頼度の最小値によって定義する。そして、得られた信頼度に基づいて、四角形マーカ 2 0 0 毎に再校正の要否を判定する。

【 0 1 0 8 】

四角形マーカ 2 0 0 の再校正が必要と判定されると、指標配置情報更新部 1 6 0 は、四角形マーカ 2 0 0 の 4 頂点である指標 1 8 0 の位置を全て更新する。なお、通知部 6 6 0 では、再校正の必要性を示す表示を、指標 1 8 0 毎ではなく四角形マーカ 2 0 0 毎に行ってもよい。

【 0 1 0 9 】

なお、四角形マーカ 2 0 0 の配置情報は、指標上に定義された指標座標系の、基準座標系における位置と姿勢で記述 / 管理されることがある（非特許文献 4 を参照）。この場合は、各頂点の 3 次元位置を個別に推定した後に、指標のサイズや形状の情報に従って、位置と姿勢による表現に配置情報を変換すればよい。あるいは、位置と姿勢のパラメータを未知パラメータとして直接推定してもよい。

【 0 1 1 0 】

< 変形例 4 >

第 1 の実施形態と第 2 の実施形態の機能を兼ね備えた位置姿勢計測装置を構成することもできる。単純な構成としては、通知部 6 6 0 によって再校正の必要性を通知した上で、指標配置情報更新部 1 6 0 によって再校正を実施することができる。

【 0 1 1 1 】

また、対話的処理によってより柔軟な対応をさせることもできる。まず、第 2 の実施形態と同様に、通知部 6 6 0 によって再校正の必要性をユーザに通知する。そして、どのような対応策を実行するかというユーザの判断を、不図示の UI（ユーザインターフェース）を介して入力する。「再校正の実行」をユーザが選択した場合には、第 1 の実施形態における指標配置情報更新部 1 6 0 の処理を実行し、指標の配置情報を更新する。また、「指標の除外」をユーザが選択した場合には、以降の処理にこの指標を使用しない（無視する）ように設定する。また、指標の物理的配置をユーザが元に戻す場合には、「何もしない」という選択を行えるようにしてもよい。また、上記の処理を指標ごとに指定できるようにしてもよい。

【 0 1 1 2 】

< 変形例 4 >

なお、指標としては上記のもの以外にも、例えば、エッジを用いるようにしても良い。即ち、撮像画像上に写っている机の辺や角部などを指標として用いても良い。なお、指標としてエッジを用いることで上記各種の実施形態を適宜変形させることについては、当業者であれば容易なことである。

【 0 1 1 3 】

[第 3 の実施形態]

上記各実施形態（変形例も含む）では、図 1 に示した位置姿勢計測装置 1 0 0、図 6 に示した位置姿勢計測装置 6 0 0 を構成する各部は、ハードウェアをもって構成されている

10

20

30

40

50

ものとして説明した。しかし、指標配置情報保持部 140、指標配置情報保持部 640 についてはメモリで構成し、画像入力部 150 については I/F（インターフェース）ユニットで構成し、その他の各部の一部若しくは全部をコンピュータプログラムでもって構成しても良い。この場合、一般の PC（パーソナルコンピュータ）が有するメモリを指標配置情報保持部 140、指標配置情報保持部 640 として用いると共に、係るメモリには、係るコンピュータプログラムを格納する。そして係る PC が有する CPU がこのコンピュータプログラムを実行することで、この PC は、位置姿勢計測装置 100、位置姿勢計測装置 600 として機能することになる。即ち、係る PC は、位置姿勢計測装置 100、位置姿勢計測装置 600 に適用することができる。

【0114】

10

図 4 は、位置姿勢計測装置 100、位置姿勢計測装置 600 に適用可能なコンピュータのハードウェア構成を示すブロック図である。

【0115】

CPU 1001 は、RAM 1002 や ROM 1003 に格納されたコンピュータ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。係るコンピュータプログラムには、図 1、図 6 に示した各部のうち、指標配置情報保持部 140、指標配置情報保持部 640、画像入力部 150、を除く他の各部の機能を CPU 1001 に実行させるためのコンピュータプログラムも含まれている。また、係るデータには、上記各実施形態で説明した各種のデータ（既知の情報も含む）が含まれている。従って、CPU 1001 は係るコンピュータプログラムやデータを用いて処理を実行することで、位置姿勢計測装置 100 や位置姿勢計測装置 600 が行う上記各動作を行うことができる。

20

【0116】

RAM 1002 は、外部記憶装置 1007 や記憶媒体ドライブ 1008 からロードされたコンピュータプログラムやデータを一時的に記憶する為のエリアを備える。また、CPU 1001 が各種の処理を実行するために用いるワークエリアを備える。即ち、RAM 1002 は、各種のエリアを適宜提供することができる。

【0117】

ROM 1003 は、一般にコンピュータのブートプログラムや設定データ等を格納する。

【0118】

30

キーボード 1004、マウス 1005 は、コンピュータの操作者が操作する入力デバイスの一例であり、操作者はこれら进行操作することで、各種の指示を CPU 1001 に対して入力することができる。

【0119】

表示部 1006 は、CRT や液晶ディスプレイなどにより構成されており、CPU 1001 による処理結果を画像や文字などでもって表示することができる。例えば、上記各実施形態で操作者に通知すべき各種のメッセージなどを表示することができる。もちろん、係る表示部 1006 に、音声を出力することができる機構を加えても良く、この場合、CPU 1001 による処理結果を音声にて操作者に通知することができる。

【0120】

40

外部記憶装置 1007 は、ハードディスクドライブ装置に代表される大容量情報記憶装置として機能する装置である。外部記憶装置 1007 には、OS（オペレーティングシステム）や、上記各コンピュータプログラムやデータが保存されている。また、外部記憶装置 1007 には、I/F（インターフェース）1009 を介して撮像装置 130 から送出される各フレームの撮像画像のデータを保存することもできる。なお、撮像装置 130 から送出された撮像画像のデータの一部を RAM 1002 に記憶させるようにしても良い。外部記憶装置 1007 に保存されているコンピュータプログラムやデータは、CPU 1001 による制御に従って適宜 RAM 1002 にロードされ、CPU 1001 による処理対象となる。

【0121】

50

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

【０１２２】

Ｉ／Ｆ１００９は、以下の複数種のポートによって構成されている。画像入力部１５０の機能の一部は、アナログビデオポートあるいはＩＥＥＥ１３９４等のデジタル入出力ポートによって実現される。撮像装置１３０から送出される各フレームの撮像画像のデータは、Ｉ／Ｆ１００９を介してＲＡＭ１００２に取り込まれる。また、位置姿勢算出部１２０及び指標配置情報更新部１６０が算出した位置及び姿勢のデータは、イーサネット（登録商標）ポート等によって外部へ出力される。

10

【０１２３】

上述した各構成要素は、バス１０１０によって相互に接続される。

【０１２４】

〔その他の実施形態〕

また、本発明の目的は、以下のようにすることによって達成されることはいうまでもない。即ち、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録媒体（または記憶媒体）を、システムあるいは装置に供給する。係る記憶媒体は言うまでもなく、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体である。そして、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）が記録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。この場合、記録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録した記録媒体は本発明を構成することになる。

20

【０１２５】

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、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う。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。

【０１２６】

さらに、記録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とする。その後、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

【０１２７】

本発明を上記記録媒体に適用する場合、その記録媒体には、先に説明した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】

【０１２８】

【図１】本発明の第１の実施形態に係る情報処理装置を適用した位置姿勢計測装置の機能構成を示すブロック図である。

40

【図２】白色の四角形マーカ２００の例を示す図である。

【図３】撮像装置１３０によって撮像された撮像画像の一例を示す図である。

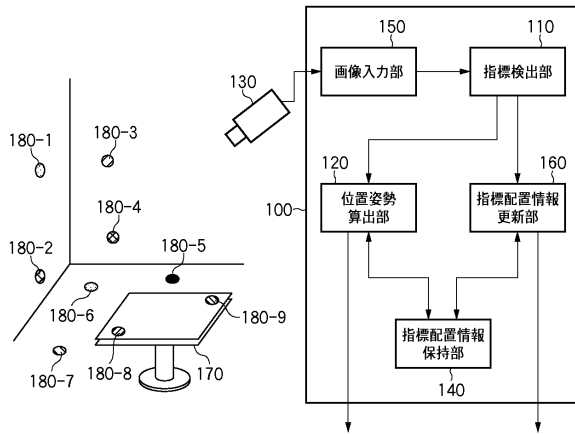
【図４】位置姿勢計測装置１００、位置姿勢計測装置６００に適用可能なコンピュータのハードウェア構成を示すブロック図である。

【図５】位置姿勢算出部１２０、指標配置情報保持部１４０、指標配置情報更新部１６０が行う処理の詳細を示すフローチャートである。

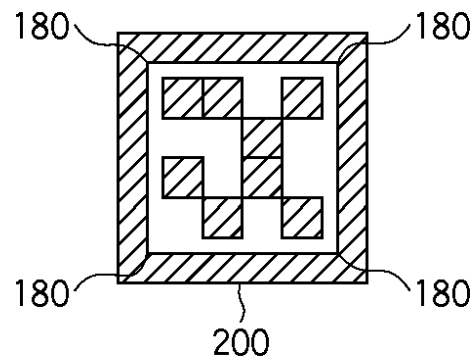
【図６】本発明の第２の実施形態に係る位置姿勢計測装置の機能構成を示すブロック図である。

【図７】通知部６６０が行う通知例を示す図である。

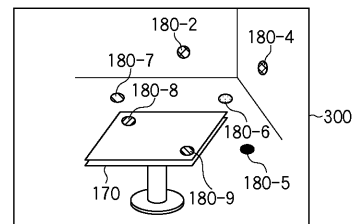
【図 1】



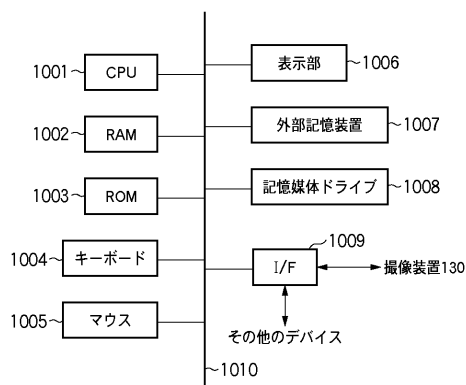
【図 2】



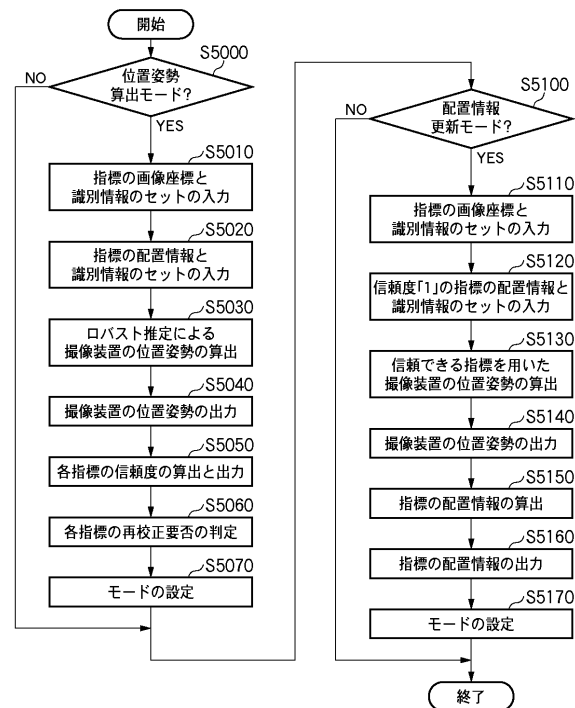
【図 3】



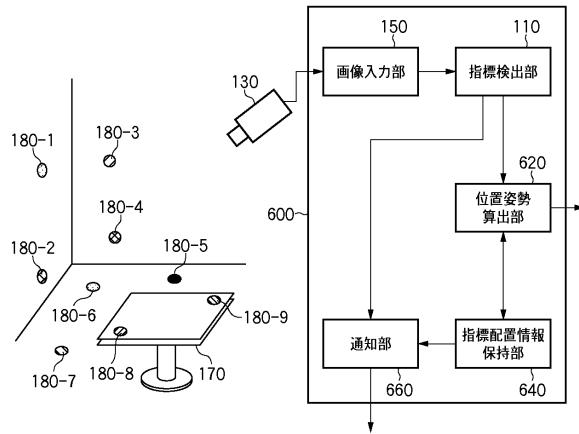
【図 4】



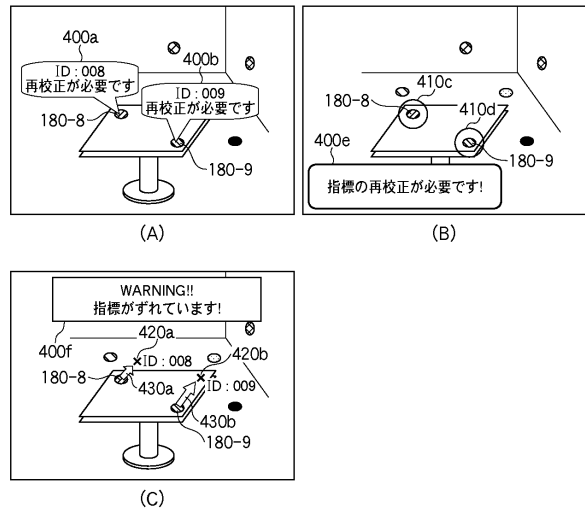
【図 5】



【図 6】



【図 7】



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

審査官 中川 康文

(56)参考文献 特開平04-015883(JP,A)
特開平10-253322(JP,A)
特開平11-231933(JP,A)
特開2000-227309(JP,A)
特開2001-141418(JP,A)
特開2002-048520(JP,A)
特開2002-048521(JP,A)
特開2002-259984(JP,A)
特開2002-314994(JP,A)
特開2004-279049(JP,A)
特開2005-147894(JP,A)
国際公開第2005/124687(WO,A1)
特開2006-153848(JP,A)
特開2007-048068(JP,A)
特開2007-064807(JP,A)
特開2008-116373(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00~11/30
G06T 1/00; 1・00~1/40; 3/00~5/50;
9/00~9/40;