

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年2月28日(28.02.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/027628 A1

- (51) 国際特許分類:
G06T 19/00 (2011.01) G01B 11/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/070677
- (22) 国際出願日: 2012年8月14日(14.08.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-182693 2011年8月24日(24.08.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 多井 堅一郎 (OOI, Kenichirou) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 石渡 広行 (ISHIWATARI, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 亀谷 美明, 外 (KAMEYA, Yoshiaki et al.); 〒1600004 東京都新宿区四谷3-1-3 第一

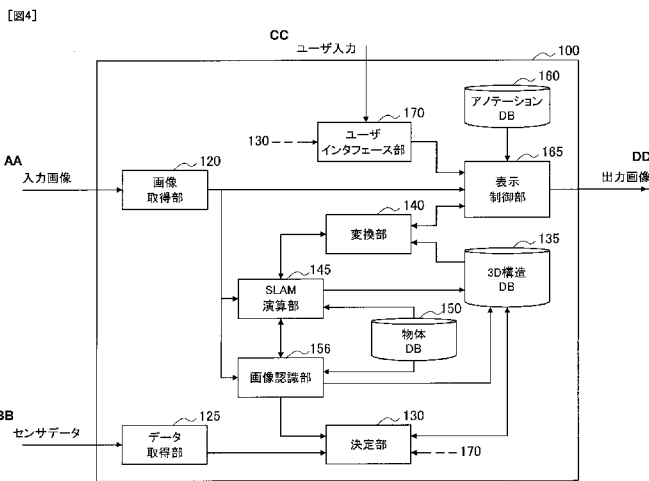
富澤ビル はづき国際特許事務所 四谷オフィス Tokyo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: INFORMATION PROCESSING DEVICE, INFORMATION PROCESSING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 情報処理装置、情報処理方法及びプログラム



- 120 IMAGE ACQUISITION UNIT
- 125 DATA ACQUISITION UNIT
- 130 DETERMINATION UNIT
- 135 3-D STRUCTURE DATABASE
- 140 CONVERSION UNIT
- 145 SLAM COMPUTATION UNIT
- 150 OBJECT DATABASE
- 156 IMAGE RECOGNITION UNIT
- 160 ANNOTATION DATABASE
- 165 DISPLAY CONTROL UNIT
- 170 USER INTERFACE UNIT
- AA INPUT IMAGE
- BB SENSOR DATA
- CC USER INPUT
- DD OUTPUT IMAGE

(57) Abstract: [Problem] To allow more accurately recognizing an attitude of a surface of an actual space and using the recognized attitude for AR technology. [Solution] Provided is an information processing device comprising: a data acquisition unit which acquires sensor data which denotes a direction of gravity which is applied to an image capture device which captures an image which depicts an actual space; a determination unit which determines, based on the sensor data, a relative attitude of a surface of the actual space in the image; and a conversion unit which uses the attitude which is determined by the determination unit to carry out a conversion between a three-dimensional location of a given point upon the surface and a corresponding two-dimensional location within the image.

(57) 要約: 【課題】 実空間の平面の姿勢をより正確に認識して、認識した姿勢をAR技術のために利用することを可能とすること。【解決手段】 実空間を映す画像を撮像する撮像装置に加わる重力の方向を示すセンサデータを取得するデータ取得部と、前記センサデータに基づいて、前記画像に対する前記実空間の平面の相対的な姿勢を決定する決定部と、前記平面上の所与の点の3次元位置と対応する前記画像内の2次元位置との間の変換を、前記決定部により決定される前記姿勢を用いて

行う変換部と、を備える情報処理装置を提供する。

WO 2013/027628 A1

明 細 書

発明の名称：情報処理装置、情報処理方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、情報処理装置、情報処理方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 近年、実空間に付加的な情報を重畳してユーザに呈示する拡張現実（AR：Augmented Reality）と呼ばれる技術が注目されている。AR技術においてユーザに呈示される情報は、アノテーションとも呼ばれ、テキスト、アイコン又はアニメーションなどの様々な形態の仮想的なオブジェクトを用いて可視化され得る。AR空間へのアノテーションの配置は、通常、画像に映る実空間の3次元構造の認識に基づいて行われる。実空間の3次元構造を認識するための手法としては、例えば、SfM（Structure from Motion）法及びSLAM（Simultaneous Localization And Mapping）法が知られている。SfM法では、視点を変えながら撮像される複数の画像から、それら画像に映る実空間の3次元構造が視差を利用して認識される。SLAM法についての説明は、下記非特許文献1においてなされている。下記特許文献1は、SLAM法において初期化の際に選択される特徴点の3次元位置をSfM法を用いて認識する手法を開示している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-237845号公報

非特許文献

[0004] 非特許文献1：Andrew J.Davison, “Real-Time Simultaneous Localization and Mapping with a Single Camera”, Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Computer Vision Volume 2, 2003, pp.1403-1410

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 実空間の3次元構造の認識においては、一般的に、画像の撮像面に対する実空間内に存在する物体（又は実空間そのもの）の位置及び姿勢が認識され得る。しかし、SfM法のような画像認識に基づく手法では、十分な認識精度を達成できない場合がある。特に、視差に起因する画像の変化が現れにくい2次元的な平面（例えば、地面、床面若しくは天井などの水平面、又は建物の壁面などの鉛直面）については、SfM法の認識精度は悪化し易い。しかしながら、ARアプリケーションの多くでアノテーションは平面に合わせて配置されるため、とりわけ平面の姿勢の認識の精度の向上がAR技術において強く求められている。

[0006] そこで、本開示において、少なくとも実空間の平面の姿勢をより正確に認識して、認識した姿勢をAR技術のために利用することを可能とする技術を提案する。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示によれば、実空間を映す画像を撮像する撮像装置に加わる重力の方向を示すセンサデータを取得するデータ取得部と、前記センサデータに基づいて、前記画像に対する前記実空間の平面の相対的な姿勢を決定する決定部と、前記平面上の所与の点の3次元位置と対応する前記画像内の2次元位置との間の変換を、前記決定部により決定される前記姿勢を用いて行う変換部と、を備える情報処理装置が提供される。

[0008] また、本開示によれば、情報処理装置を制御するコンピュータにおいて、実空間を映す画像を撮像する撮像装置に加わる重力の方向を示すセンサデータを取得することと、前記センサデータに基づいて、前記画像に対する前記実空間の平面の相対的な姿勢を決定することと、前記平面上の所与の点の3次元位置と対応する前記画像内の2次元位置との間の変換を、決定された前記姿勢を用いて行うことと、を含む情報処理方法が提供される。

[0009] また、本開示によれば、情報処理装置を制御するコンピュータを、実空間を映す画像を撮像する撮像装置に加わる重力の方向を示すセンサデータを取

得するデータ取得部と、前記センサデータに基づいて、前記画像に対する前記実空間の平面の相対的な姿勢を決定する決定部と、前記平面上の所与の点の3次元位置と対応する前記画像内の2次元位置との間の変換を、前記決定部により決定される前記姿勢を用いて行う変換部と、として機能させるためのプログラムが提供される。

発明の効果

[0010] 本開示によれば、実空間の平面の姿勢をより正確に認識して、認識した姿勢をAR技術のために利用することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]一実施形態に係る情報処理装置の概要について説明するための第1の説明図である。

[図2]一実施形態に係る情報処理装置の概要について説明するための第2の説明図である。

[図3]第1の実施形態に係る情報処理装置のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

[図4]第1の実施形態に係る情報処理装置の論理的機能の構成の一例を示すブロック図である。

[図5]撮像面、水平面及び重力方向の関係について説明するための説明図である。

[図6]水平面の3D構造に関連するパラメータについて説明するための説明図である。

[図7]図4に例示した決定部による平面決定処理の流れの第1の例を示すフローチャートである。

[図8]仰俯角及び方位角について説明するための説明図である。

[図9]鉛直面の姿勢を決定するための手法の一例について説明するための説明図である。

[図10]鉛直面をマップ上でユーザに指定させるためのユーザインタフェースの一例について説明するための説明図である。

[図11]図4に例示した決定部による平面決定処理の流れの第2の例を示すフローチャートである。

[図12A]任意平面の姿勢をユーザに指定させるためのユーザインタフェースの一例を示す説明図である。

[図12B]任意平面の姿勢をユーザに指定させるためのユーザインタフェースの他の例を示す説明図である。

[図13]図4に例示した決定部による平面決定処理の流れの第3の例を示すフローチャートである。

[図14]図4に例示したSLAM演算部によるSLAM演算処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図15]図14に例示したSLAM演算処理に含まれる初期化処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図16]実物体上に設定される特徴点について説明するための説明図である。

[図17]特徴点の追加について説明するための説明図である。

[図18]予測モデルの一例について説明するための説明図である。

[図19]特徴データの構成の一例について説明するための説明図である。

[図20]第1の実施形態に係る情報処理装置による全体的な処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図21]第2の実施形態に係る情報処理装置の論理的機能の構成の一例を示すブロック図である。

[図22]第2の実施形態に係る情報処理装置による全体的な処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図23]平面のスケールを調整するための第1の手法について説明するための説明図である。

[図24]平面のスケールを調整するための第2の手法について説明するための説明図である。

[図25]平面のスケールを調整するための第3の手法について説明するための第1の説明図である。

[図26]平面のスケールを調整するための第3の手法について説明するための第2の説明図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下に添付図面を参照しながら、本開示の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0013] また、以下の順序で説明を行う。

1. 装置の概要
2. 第1の実施形態の詳細
 - 2-1. ハードウェア構成
 - 2-2. 機能構成
 - 2-3. 処理の流れ
 - 2-4. 第1の実施形態のまとめ
3. 第2の実施形態の詳細
 - 3-1. 機能構成
 - 3-2. 処理の流れ
 - 3-3. 第2の実施形態のまとめ
4. スケールの調整
 - 4-1. 第1の手法
 - 4-2. 第2の手法
 - 4-3. 第3の手法
5. 総括

[0014] <1. 装置の概要>

まず、図1及び図2を用いて、本開示に係る情報処理装置の概要を説明する。

[0015] 図1は、一実施形態に係る情報処理装置100の概要について説明するための第1の説明図である。図1を参照すると、ユーザUaが有する情報処理

装置 100 が示されている。情報処理装置 100 は、実空間 10 に向けられた撮像部 102 と表示部 110 とを備える。図 1 の例において、実空間 10 には、道路 12、建物の壁面 13 a 及び建物の壁面 13 b が存在している。一例として、情報処理装置 100 は、ナビゲーション用の AR アプリケーションを有し、撮像部 102 により撮像される画像 1 m 0 1 にナビゲーションのためのアノテーション A 1 1 及び A 1 2 を重畳する。アノテーション A 1 は、ユーザ U a に道順を案内する矢印の形状をしたアノテーションであり、画像 1 m 0 1 に映る道路 12 に沿った水平面上に配置される。アノテーション A 1 2 は、ユーザ U a に何らかの案内メッセージを伝えるアノテーションであり、画像 1 m 0 1 に映る壁面 13 a に沿った鉛直面上に配置される。

[0016] 図 1 では、情報処理装置 100 の一例として携帯端末を示している。しかしながら、情報処理装置 100 は、かかる例に限定されない。情報処理装置 100 は、例えば、PC (Personal Computer)、PDA (Personal Digital Assistant)、スマートフォン、ゲーム端末、PND (Portable Navigation Device)、コンテンツプレーヤ又はデジタル家電機器などであってもよい。

[0017] 図 2 は、情報処理装置 100 の概要について説明するための第 2 の説明図である。図 2 を参照すると、情報処理装置 100 は、ユーザ U a が有する端末装置 20 と接続されるサーバ装置である。端末装置 20 は、実空間 10 に向けられた撮像部 22 と表示部 24 とを備える。図 2 の例において、実空間 10 にはテーブル 14 が存在している。情報処理装置 100 は、端末装置 20 により撮像される画像 1 m 0 2 にアノテーション A 2 を重畳する。アノテーション A 2 は、テーブル 14 の上を走る仮想的な自動車の形状をしたアノテーションであり、画像 1 m 0 2 に映るテーブル 14 の表面に沿った水平面上に配置される。

[0018] 図 1 及び図 2 に例示した AR アプリケーションにおいてアノテーションを適切に配置するには、入力画像に対する実空間の平面の相対的な姿勢を可能な限り正確に決定することが重要である。しかし、SfM法などの既存の画

像認識に基づく手法では、２次元的な平面について必ずしも十分な認識精度を達成できない。SLAM法においては、初期化の際の状態変数の選択がその後の実空間の３次元構造の認識を左右するが、初期化のために既存の画像認識に基づく手法が採用される場合には、やはり２次元的な平面についての同様の認識精度の問題が生じる。そこで、本開示では、次節より２つの実施形態を通じて詳細に説明するように、実空間の２次元的な平面の姿勢をより正確に認識して当該認識した平面の姿勢をAR技術のために利用することを可能とする。

[0019] < 2. 第 1 の実施形態の詳細 >

[2 - 1. ハードウェア構成]

図 3 は、第 1 の実施形態に係る情報処理装置 100 のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。図 3 を参照すると、情報処理装置 100 は、撮像部 102、センサ部 104、入力部 106、記憶部 108、表示部 110、通信部 112、バス 116 及び制御部 118 を備える。

[0020] (1) 撮像部

撮像部 102 は、画像を撮像するカメラモジュールである。撮像部 102 は、CCD (Charge Coupled Device) 又は CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) などの撮像素子を用いて実空間を撮像し、撮像画像を生成する。撮像部 102 により生成される撮像画像は、制御部 118 による画像処理の入力画像となる。なお、撮像部 102 は、必ずしも情報処理装置 100 の一部でなくてもよい。例えば、情報処理装置 100 と有線又は無線で接続される撮像装置が撮像部 102 として扱われてもよい。

[0021] (2) センサ部

センサ部 104 は、情報処理装置 100 による平面の姿勢の決定を支援するために利用される様々なセンサを含み得る。例えば、センサ部 104 は、撮像部 102 に加わる重力加速度を測定する 3 軸加速度センサを含む。3 軸加速度センサは、撮像部 102 に加わる重力加速度を測定し、重力加速度の大きさ及び方向を 3 次元的に表すセンサデータ (加速度データ) を生成する

。追加的に、センサ部104は、地磁気の方向を測定する地磁気センサを含んでもよい。地磁気センサは、撮像部102の座標系における地磁気の方角を表すセンサデータ（地磁気データ）を生成する。さらに、センサ部104は、情報処理装置100の位置を測定する測位センサ（例えば、GPS（Global Positioning System）センサ）を含んでもよい。測位センサは、実空間における情報処理装置100の緯度及び経度を表すセンサデータ（測位データ）を生成する。なお、センサ部104もまた、必ずしも情報処理装置100の一部でなくてもよい。

[0022] (3) 入力部

入力部106は、ユーザが情報処理装置100を操作し又は情報処理装置100へ情報を入力するために使用される入力デバイスである。入力部106は、例えば、表示部110の画面上へのユーザによるタッチを検出するタッチセンサを含んでもよい。その代わりに（又はそれに加えて）、入力部106は、マウス若しくはタッチパッドなどのポインティングデバイスを含んでもよい。さらに、入力部106は、キーボード、キーパッド、ボタン又はスイッチなどのその他の種類の入力デバイスを含んでもよい。

[0023] (4) 記憶部

記憶部108は、半導体メモリ又はハードディスクなどの記憶媒体により構成され、情報処理装置100による処理のためのプログラム及びデータを記憶する。記憶部108により記憶されるデータは、例えば、撮像画像データ、センサデータ及び後に説明する様々なデータベース（DB）内のデータを含み得る。なお、本明細書で説明するプログラム及びデータの一部は、記憶部108により記憶されることなく、外部のデータソース（例えば、データサーバ、ネットワークストレージ又は外付けメモリなど）から取得されてもよい。

[0024] (5) 表示部

表示部110は、LCD（Liquid Crystal Display）、OLED（Organic light-Emitting Diode）又はCRT（Cathode Ray Tube）などのディ

スプレイを含む表示モジュールである。表示部 110 は、例えば、情報処理装置 100 により生成される AR アプリケーションの画像を表示するために使用される。なお、表示部 110 もまた、必ずしも情報処理装置 100 の一部でなくてもよい。例えば、情報処理装置 100 と有線又は無線で接続される表示装置が表示部 110 として扱われてもよい。

[0025] (6) 通信部

通信部 112 は、情報処理装置 100 による他の装置との間の通信を仲介する通信インタフェースである。通信部 112 は、任意の無線通信プロトコル又は有線通信プロトコルをサポートし、他の装置との間の通信接続を確立する。

[0026] (7) バス

バス 116 は、撮像部 102、センサ部 104、入力部 106、記憶部 108、表示部 110、通信部 112 及び制御部 118 を相互に接続する。

[0027] (8) 制御部

制御部 118 は、CPU (Central Processing Unit) 又は DSP (Digital Signal Processor) などのプロセッサに相当する。制御部 118 は、記憶部 108 又は他の記憶媒体に記憶されるプログラムを実行することにより、後に説明する情報処理装置 100 の様々な機能を動作させる。

[0028] [2-2. 機能構成]

図 4 は、図 3 に示した情報処理装置 100 の記憶部 108 及び制御部 118 により実現される論理的機能の構成の一例を示すブロック図である。図 4 を参照すると、情報処理装置 100 は、画像取得部 120、データ取得部 125、決定部 130、3次元 (3D) 構造 DB 135、変換部 140、SLAM 演算部 145、物体 DB 150、画像認識部 156、アノテーション DB 160、表示制御部 165 及びユーザインタフェース部 170 を含む。

[0029] (1) 画像取得部

画像取得部 120 は、撮像部 102 により生成される撮像画像を入力画像として取得する。画像取得部 120 により取得される入力画像は、実空間を

映した画像である。当該入力画像は、静止画であってもよく、動画を構成する各フレームであってもよい。画像取得部120は、取得した入力画像を、SLAM演算部145、画像認識部156及び表示制御部165へ出力する。

[0030] (2) データ取得部

データ取得部125は、決定部130による平面決定処理のために使用されるデータを取得する。例えば、データ取得部125は、センサ部104により生成される、加速度データ、地磁気データ及び測位データの少なくとも1つを含み得るセンサデータを取得する。また、データ取得部125は、測位データにより示される位置の周辺地域についてのマップデータを、情報処理装置100により予め記憶されるデータベース又は外部のデータサーバから取得してもよい。そして、データ取得部125は、取得したデータを決定部130へ出力する。

[0031] (3) 決定部

決定部130は、データ取得部125により取得されるセンサデータに基づいて、入力画像の撮像面に対する実空間の平面の相対的な姿勢を決定する。ここでは、まず水平面の姿勢を決定するための手法について詳細に説明し、次に鉛直面及びその他の平面の姿勢の決定について説明する。

[0032] (3-1) 水平面の姿勢の決定

図5は、撮像面、水平面及び重力方向の関係について説明するための説明図である。図5を参照すると、入力画像の撮像面IP及び実空間の水平面HPが示されている。水平面HPは、実在する地面、床面又は天井などの平面であってもよく、又は架空の平面であってもよい。水平面HPは、重力方向と直交する。撮像面IPに対する水平面HPの姿勢（あるいは水平面HPに対する撮像面IPの姿勢）は、撮像部102の姿勢に依存して変化し得る。そこで、決定部130は、上述したセンサデータにより示される重力方向ベクトル V_g から、撮像面IPに対する水平面HPの相対的な姿勢を決定する。なお、決定部130は、センサデータの（3軸加速度センサの）3次元

座標系と撮像面（及びその奥行き）の3次元座標系とが一致しない場合には、重力方向ベクトル V_G について、座標系の差が吸収されるように回転変換及びスケール変換を行ってよい。

[0033] 図6は、水平面の3D構造に関連するパラメータについて説明するための説明図である。図6を参照すると、撮像部102の座標系において水平面の姿勢を表す法線ベクトル V_N が示されている。法線ベクトル V_N は、図5に示した重力方向ベクトル V_G から決定される。座標系の変換が行われない場合には、 $V_N = -V_G$ 又は $V_N = V_G$ であってよい。なお、重力方向ベクトル V_G の大きさは正規化されているものとする。例えば、撮像部102の光軸が下方を向いている場合には、 $V_N = -V_G$ が選択され得る。この場合の水平面HPは、撮像部102の焦点よりも下方にある地面又は床面などに相当し得る。一方、撮像部102の光軸が上方を向いている場合には、 $V_N = V_G$ が選択され得る。この場合の水平面HPは、撮像部102の焦点よりも上方にある天井面などに相当し得る。

[0034] 撮像部102の座標系 (x, y, z) において、法線ベクトル $V_N = (n_x, n_y, n_z)^t$ であるとする、原点から水平面HPまでの距離Dを用いて、水平面HPの平面方程式は、 $n_x x + n_y y + n_z z = D$ と表される。距離Dは、実空間内の水平面の位置に依存して変化する。また、距離Dが変化すると、入力画像内の水平面のスケールが変化する。本実施形態において、決定部130は、例えば距離Dを $D = 1$ と仮定し、センサデータに基づいて決定される姿勢 V_N と仮の位置とを有する仮想的な水平面を決定する。そして、決定部130は、水平面HPの3D構造として、上述したように決定した平面方程式 $n_x x + n_y y + n_z z = D$ を3D構造DB135に記憶させる。

[0035] 図7は、決定部130により実行される平面決定処理の流れの第1の例を示すフローチャートである。第1の例では、水平面の姿勢が決定される。図7を参照すると、まず、データ取得部125は、撮像部102に加わる重力の方向を示すセンサデータを取得する（ステップS1）。次に、決定部130は、データ取得部125により取得されたセンサデータに基づいて、水平

面の姿勢（上述した法線ベクトル V_N ）を決定する（ステップS2）。このとき、撮像部102が上方及び下方のいずれを向いているかに応じて水平面の向きが決定されてよい。次に、決定部130は、平面方程式の定数項として予め定義される仮の値（例えば $D=1$ ）を用いて、水平面の平面方程式 $n_x x + n_y y + n_z z = D$ を決定する（ステップS3）。

[0036] (3-2) 鉛直面の姿勢の決定

上述したように、水平面の姿勢は、重力の方向を示す加速度データのみを用いて決定され得る。これに対し、何らかの制約、追加的なセンサデータ又はユーザ入力を用いることで、鉛直面の姿勢を決定することもできる。一般的に、実空間の平面の姿勢は、仰俯角成分及び方位角成分からなる。仰俯角（Elevation）は、水平面を基準とした上下方向の角度であり、通常 $-90^\circ \sim 90^\circ$ の範囲内の値をとる（図8のベクトル V_0 の角度 θ ）。方位角（Azimuth）は、何らかの鉛直面を基準とした東西南北方向の角度であり、通常 $0^\circ \sim 360^\circ$ の範囲内の値をとる（図8のベクトル V_0 の角度 ϕ ）。このうち、仰俯角成分は、水平面の姿勢の決定と同様の手法で決定され得る。残りの方位角成分を決定するために、いくつかの手法が存在し得る。

[0037] 第1の手法において、決定部130は、加速度データ及び予め定義される方向の制約に基づいて、鉛直面の姿勢を決定する。予め定義される方向の制約とは、例えば、対象の鉛直面に撮像面が正対している（それらが正対するようにカメラが構えられている）、という制約であってよい。この場合、決定部130は、重力の方向に基づいて決定される水平面の法線ベクトルと直交する単位ベクトルのうち、カメラの光軸に最も近いベクトル（例えば、光軸の反対方向を向くベクトルとの内積が最も大きいベクトル）を、対象の鉛直面の法線ベクトルとして決定し得る。

[0038] 第2の手法において、決定部130は、加速度データと測位データとに基づいて、鉛直面の姿勢を決定する。より具体的には、決定部130は、測位データにより示される情報処理装置100の位置の周辺地域についてのマップデータを、データ取得部125を介して取得する（図9左上）。ここで取

得されるマップデータは、撮像部102と、情報処理装置100の周辺に位置する1つ以上の鉛直面との間の位置関係を示す。また、決定部130は、地磁気データに基づいて、撮像部102の光軸の方位を計算する（図9右上）。次に、決定部130は、撮像部102の画角に入る鉛直面（即ち、入力画像に映る鉛直面）を、マップデータ内の1つ以上の鉛直面の中から特定する。ここで特定される鉛直面は、測位データにより示される位置を起点として撮像部102の光軸方向に延びる線分がマップ上で初めて衝突する平面（建物の壁面など）であってよい（図9下）。決定部130は、実空間の座標系における特定した鉛直面の方位をマップデータから取得し、地磁気データにより示される地磁気の方角を用いて、特定した鉛直面の方位を撮像部102の座標系における方位に変換する。そして、決定部130は、水平面の法線ベクトルと直交する単位ベクトルのうち、変換後の鉛直面の方位に最も近いベクトルを、（撮像部102の座標系における）鉛直面の3次元的な法線ベクトルとして決定し得る。

[0039] 第2の手法の変形例として、決定部130は、地磁気データに基づいて計算される光軸の方位を用いて、入力画像に映る鉛直面をマップ上で特定する代わりに、入力画像に映る鉛直面をユーザに指定させてもよい。図10を参照すると、表示部110の画面上で、画像1m03にマップMPが重畳されている。マップMPは、測位データにより示される位置の周辺地域に存在する建物の壁面などの位置を示す。ユーザは、入力画像に映る鉛直面を、例えばマップMP上のタッチなどの操作により指定する。それにより、決定部130は、マップ上のいずれの鉛直面が入力画像に映っているかを認識することができる。また別の変形例として、決定部130は、既知の建物の画像と入力画像とをマッチングすることにより、マップ上のいずれの鉛直面が入力画像に映っているかを認識してもよい。

[0040] 図11は、決定部130により実行される平面決定処理の流れの第2の例を示すフローチャートである。第2の例では、鉛直面の姿勢が、上述した第2の手法に従って決定される。図11を参照すると、まず、データ取得部1

25は、加速度データ、測位データ及び地磁気データを含み得るセンサデータを取得する（ステップS1）。次に、決定部130は、重力の方向を示す加速度データに基づいて、水平面の法線ベクトルを決定する（ステップS2）。また、決定部130は、測位データにより示される位置の周辺地域のマップデータを取得する（ステップS4）。次に、決定部130は、例えば地磁気データを用いて、入力画像に映る鉛直面をマップ上で特定する（ステップS5）。ここで、地磁気データの代わりに、ユーザ入力又は画像マッチングが利用されてもよい。次に、決定部130は、ステップS2において決定した水平面の法線ベクトルに直交する、特定した鉛直面の法線ベクトルを決定する（ステップS6）。次に、決定部130は、平面方程式の定数項として予め定義される仮の値を用いて、特定した鉛直面の平面方程式を決定する（ステップS7）。

[0041] (3-3) その他の平面の姿勢の決定

水平面でも鉛直面でもない平面（以下、任意平面という）の姿勢は、重力の方向及びその他のセンサデータから直接的には決定されない。但し、上述した手法に従って決定される水平面又は鉛直面の姿勢を基準として、任意平面の姿勢をユーザに指定させるためのユーザインタフェースをAR空間内に配置することが可能である。

[0042] 図12Aは、任意平面の姿勢をユーザに指定させるためのユーザインタフェースの一例を示す説明図である。図12Aを参照すると、画像Im04に球状の外観を有するユーザインタフェースUI1が重畳されている。なお、図面の明瞭さのために図示していないものの、入力画像に映る任意平面もまた画像Im04に表示されているものとする。基準面RPは、ユーザインタフェースUI1の球の中心を通る水平な平面である。決定部130は、水平面の姿勢を決定するための上述した手法に従って、基準面RPの姿勢を決定する。そして、基準面RPの姿勢を基準として、後述するユーザインタフェース部170により、AR空間内にユーザインタフェースUI1が配置される。重力の方向が追跡されることにより、ユーザインタフェースUI1の配

置は、複数のフレームにわたってAR空間内で維持される。結果的に、ユーザインタフェースUI1は、画角が変化したとしてもあたかも実空間内で固定されているかのように表示される。

[0043] ユーザインタフェースUI1は、球の中心を通る円盤状の操作面OD1を有する。初期状態において、操作面OD1は、基準面RPと同様に水平に配置されてよい。操作面OD1と関連付けられる2つの軸AX1及びAX2は、互いに直角をなし、操作面OD1と平行な軸である。軸AX3は、軸AX1及びAX2と垂直な軸である。操作面OD1は、ユーザにより3次元的に回転操作可能である。例えば、ユーザが画面上で指を横方向にスライド（ドラッグ）させると、軸AX3の周りに操作面OD1が回転する。ユーザが画面上で指を縦方向にスライドさせると、軸AX2の周りに操作面OD1が回転する。このような操作を通じて、ユーザは、入力画像に映る任意平面と操作面OD1とが平行となるように、操作面OD1を3次元的に回転させる。そして、決定部130は、操作された操作面OD1の姿勢を用いて、任意平面の姿勢を決定する。任意平面の法線ベクトルは、操作後の軸AX3と同じ向きを有する。

[0044] なお、任意平面の姿勢を決定するためのユーザインタフェースは、図12Aの例に限定されない。例えば、当該ユーザインタフェースは球状以外の形状を有してもよく、操作面は円盤以外の形状を有してもよい。また、指をスライドさせる操作とは異なる種類の操作（例えば、所定のボタンのタップ、十字キーの押下など）に従って、操作面OD1が回転可能であってもよい。また、水平面の代わりに鉛直面が、ユーザインタフェースを配置するための基準面として利用されてもよい。

[0045] 図12Bは、任意平面の姿勢をユーザに指定させるためのユーザインタフェースの他の例を示す説明図である。図12Bを参照すると、画像Im05に動物のキャラクターの外観を有するユーザインタフェースUI2が重畳されている。ユーザインタフェースUI2は、平面の姿勢を決定するための専用のユーザインタフェースではなく、ARアプリケーションのためのアノテ

ーションの1つであってもよい。なお、図面の明瞭さのために図示していないものの、入力画像に映る任意平面もまた画像1m05に表示されているものとする。決定部130は、水平面の姿勢を決定するための上述した手法に従って、基準面RPの姿勢を決定する。そして、基準面RPの姿勢を基準として、AR空間内にユーザインタフェースUI2が配置される。ユーザインタフェースUI2は、初期状態において基準面RPと平行に配置される操作面OD2を有する。操作面OD2は、キャラクターの影のような外観を有する。ユーザインタフェースUI2（キャラクター及びその影）は、ユーザにより3次的に回転操作可能である。操作を通じて、ユーザは、入力画像に映る任意平面と操作面OD2とが平行となるように、ユーザインタフェースUI2を3次的に回転させる。そして、決定部130は、操作された操作面OD2の姿勢を用いて、任意平面の姿勢を決定する。

[0046] 図13は、決定部130により実行される平面決定処理の流れの第3の例を示すフローチャートである。第3の例では、任意平面の姿勢が、上述したユーザインタフェースを用いて決定される。図13を参照すると、まず、データ取得部125は、重力の方向を示すセンサデータを取得する（ステップS1）。次に、決定部130は、センサデータに基づいて、水平面に相当する基準面の姿勢を決定する（ステップS2）。次に、図12Aに例示したユーザインタフェースUI1（又は図12Bに例示したユーザインタフェースUI2）が、基準面の姿勢を基準としてAR空間内に配置され、画面上に表示される（ステップS8）。ユーザインタフェースの表示は、例えば操作終了を意味するユーザ入力が発見されるまで継続され得る。次に、決定部130は、操作されたユーザインタフェースの操作面の姿勢から、任意平面の法線ベクトルを決定し、さらに任意平面の平面方程式を決定する（ステップS9）。

[0047] (4) 3D構造DB

3D構造DB135は、撮像部102により撮像される実空間の3D構造を記憶するデータベースである。3D構造DB135は、例えば、決定部1

30により決定される平面の平面方程式を構成する定数項及び係数、即ち位置及び姿勢を記憶する。また、3D構造DB135は、SLAM演算部145により追加的に認識される、時間を追って変化し得る撮像部102の位置及び姿勢を記憶してもよい。さらに、3D構造DB135は、画像認識部156により認識され得る実物体の位置及び姿勢を記憶してもよい。後述する表示制御部165は、3D構造DB135により記憶される平面の位置及び姿勢、又は実物体の位置及び姿勢に応じて、AR空間内のアノテーションの配置を決定する。

[0048] (5) 変換部

変換部140は、平面上の所与の点の3次元位置と当該3次元位置に対応する画像内の（即ち、撮像面上の）2次元位置との間の変換を、決定部130により決定される平面の姿勢を用いて行う。変換部140による3次元位置と2次元位置との間の変換のための計算処理は、公知のピンホールカメラモデルに従って行われてよい。ピンホールカメラモデルに従って行われる変換部140による計算処理について、再び図6を参照しながら、水平面を例にとって説明する。

[0049] 撮像面上の任意の点 U_i の座標は、次のように表現され得る：

[0050] [数1]

$$U_i = \begin{pmatrix} u_i \\ v_i \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

[0051] 点 U_i は、カメラ内部パラメータ行列 A の逆行列 A^{-1} を用いて、次のように3次元空間内の点 Q_i に投影される：

[0052]

[数2]

$$Q_i = \mathbf{A}^{-1}U_i \quad (2)$$

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} f_x & 0 & C_x \\ 0 & f_y & C_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

[0053] ここで、 (f_x, f_y) は撮像面と実空間との間のスケール変化率を表す。

(C_x, C_y) は撮像面の中心位置である。水平面HP上の所与の点の3次元位置を $T_i (t_x, t_y, t_z)$ とすると、 T_i と Q_i との間に次式が成り立つ。

[0054] [数3]

$$T_i = r_i \cdot Q_i \quad (4)$$

[0055] ここで、式(4)のスケール r_i は、次式により導かれる。なお、上述したように、 D は予め定義される仮の値であってよい。

[0056] [数4]

$$r_i = \frac{D}{V_N^t Q_i} = \frac{D}{V_N^t (\mathbf{A}^{-1}U_i)} \quad (5)$$

[0057] 従って、水平面HP上の所与の点を撮像面上に投影した2次元位置 U_i が与えられた場合、当該点の3次元位置 T_i は、水平面HPの姿勢 V_N 及び位置 D を用いて、次の式(6)によって計算され得る。また、水平面HP上の所与の点の3次元位置 T_i が与えられた場合の当該点に対応する撮像面上の2次元位置 U_i の求め方も、同様のピンホールカメラモデルに従って導かれ得る。

[0058] [数5]

$$T_i = r_i \cdot Q_i = r_i \cdot \mathbf{A}^{-1}U_i = \frac{D}{V_N^t (\mathbf{A}^{-1}U_i)} \cdot \mathbf{A}^{-1}U_i \quad (6)$$

[0059] 本実施形態において、変換部140による計算処理の対象となる所与の点は、少なくとも次に説明するSLAM法の初期化の際に選択される特徴点を

含む。ARアプリケーションのためのアノテーションを構成する点もまた、変換部140による計算処理の対象となり得る。なお、水平面の代わりに鉛直面又は任意平面が用いられる場合にも、座標変換は、ここで説明した考え方と同様に行われ得る。

[0060] (6) SLAM演算部

SLAM演算部145は、SLAM法に従った演算を行うことにより、単眼カメラからの入力画像に映る実空間の3D構造と撮像部102の位置及び姿勢とを動的に認識する。

[0061] まず、図14を用いて、SLAM演算部145によるSLAM演算処理の全体的な流れについて説明する。次に、図15～図18を用いて、SLAM演算処理の詳細を説明する。

[0062] 図14は、SLAM演算部145によるSLAM演算処理の流れの一例を示すフローチャートである。図14において、SLAM演算処理が開始すると、SLAM演算部145は、まず、初期化処理を実行して状態変数を初期化する(ステップS10)。本実施形態において、状態変数とは、カメラの位置及び姿勢(回転角)、当該カメラの移動速度及び角速度、並びに1つ以上の特徴点の位置を要素として含むベクトルである。また、SLAM演算部145には、画像取得部120により取得される入力画像が順次入力される(ステップS20)。ステップ30からステップS50までの処理は、各入力画像について(即ち毎フレーム)繰り返され得る。

[0063] ステップS30では、SLAM演算部145は、入力画像に映る特徴点を追跡する。例えば、SLAM演算部145は、予め取得される特徴点ごとのパッチ(Patch)(例えば特徴点を中心とする $3 \times 3 = 9$ 画素の小画像)を新たな入力画像と照合する。そして、SLAM演算部145は、入力画像内のパッチの位置、即ち特徴点の位置を検出する。ここで検出される特徴点の位置は、後の状態変数の更新の際に用いられる。

[0064] ステップS40では、SLAM演算部145は、所定の予測モデルに基づいて、例えば1フレーム後の状態変数の予測値を生成する。また、ステップ

S 5 0では、S L A M演算部 1 4 5は、ステップS 4 0において生成した状態変数の予測値と、ステップS 3 0において検出した特徴点の位置に応じた観測値とを用いて、状態変数を更新する。S L A M演算部 1 4 5は、ステップS 4 0及びS 5 0における処理を、拡張カルマンフィルタの原理に基づいて実行する。

[0065] このような処理の結果として、毎フレーム更新される状態変数の値が出力される。以下、状態変数の初期化（ステップS 1 0）、特徴点の追跡（ステップS 3 0）、状態変数の予測（ステップS 4 0）、状態変数の更新（ステップS 5 0）の各処理の内容について、より具体的に説明する。

[0066] (6-1) 状態変数の初期化

S L A M演算部 1 4 5により使用される状態変数は、図 1 5 に例示する初期化処理を通じて初期化される。図 1 5 を参照すると、まず、決定部 1 3 0により平面決定処理が行われる（ステップS 1 1）。その結果、撮像面に対する実空間の平面の相対的な位置及び姿勢が決定される。次に、S L A M演算部 1 4 5は、入力画像から複数の特徴点を選択する（ステップS 1 2）。ここで選択される特徴点は、例えば、テクスチャのエッジ又はコーナーなどに該当する特徴的な画素位置の点であってよい。次に、変換部 1 4 0は、上述した式 (6) に従って、S L A M演算部 1 4 5により選択された各特徴点に対応する平面上の3次元位置を計算する（ステップS 1 3）。次に、S L A M演算部 1 4 5は、選択された各特徴点のパッチデータを入力画像から抽出する（ステップS 1 4）。ここで抽出されたパッチデータを用いて、図 1 4 のステップS 3 0における特徴点の追跡が行われ得る。

[0067] (6-2) 特徴点の追跡

特徴点の追跡は、実空間内に存在し得る物体（実物体）の外観に現れる1つ以上の特徴点についてのパッチデータを用いて行われる。図 1 6 には、実物体の2つの例として、タンス（図中左）及びカレンダー（図中右）が示されている。各実物体上には、1つ以上の特徴点（F P : Feature Point）が設定されている。例えば、特徴点F P 1はタンスに設定された特徴点であり

、特徴点 $FP1$ と関連付けてパッチ $Pth1$ が定義されている。また、特徴点 $FP2$ はカレンダーに設定された特徴点であり、特徴点 $FP2$ と関連付けてパッチ $Pth2$ が定義されている。

[0068] SLAM演算部145は、図15に例示した初期化処理において抽出された特徴点のパッチデータ、又はその後新たに設定される特徴点のパッチデータを、入力画像に含まれる部分画像と照合する。そして、SLAM演算部145は、照合の結果として、入力画像に含まれる特徴点の位置（例えば検出されたパッチの中心画素の位置）を特定する。

[0069] SLAM法の特色の1つは、追跡される特徴点が時間を追って動的に変化し得る点である。例えば、図17の例では、時刻 $T = t - 1$ において、6つの特徴点が入力画像内で検出されている。次に、時刻 $T = t$ においてカメラの位置又は姿勢が変化すると、時刻 $T = t - 1$ において入力画像に映っていた6つの特徴点のうち2つのみが入力画像内に映っている。この場合に、SLAM演算部145は、入力画像内で特徴的な画素のパターンを有する位置に新たに特徴点を設定し、その新たな特徴点を後のフレームにおけるSLAM演算処理に用いてよい。例えば、図17の例では、時刻 $T = t$ において、4つの新たな特徴点が実物体上に設定されている。かかる特色により、SLAM法では、特徴点の事前設定に要するコストを削減できると共に、追加される多数の特徴点を用いて認識の精度が高められる。

[0070] (6-3) 状態変数の予測

本実施形態において、SLAM演算部145は、拡張カルマンフィルタを適用すべき状態変数として、次式に示す状態変数 X を用いる。

[0071]

[数6]

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} \mathbf{x} \\ \boldsymbol{\omega} \\ \dot{\mathbf{x}} \\ \dot{\boldsymbol{\omega}} \\ \mathbf{p}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{p}_N \end{pmatrix} \quad (7)$$

[0072] 式(7)における状態変数 \mathbf{X} の第1の要素は、次式の通り、実空間内のカメラの3次元位置を表す。

[0073] [数7]

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{pmatrix} \quad (8)$$

[0074] また、状態変数の第2の要素は、カメラの姿勢を表す回転行列に対応する四元数(クォータニオン)を要素として有する4次元ベクトル $\boldsymbol{\omega}$ である。なお、四元数の代わりにオイラー角を用いてカメラの姿勢が表されてもよい。また、状態変数の第3及び第4の要素は、カメラの移動速度及び角速度をそれぞれ表す。

[0075] さらに、状態変数の第5及びそれ以降の要素は、特徴点 $F P_i$ ($i = 1 \dots N$)の3次元位置 \mathbf{p}_i をそれぞれ表す。なお、上述したように、特徴点の数 N は、処理の間変化し得る。

[0076] [数8]

$$\mathbf{p}_i = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} \quad (9)$$

[0077] SLAM演算部145は、ステップS10において初期化された状態変数

Xの値、又は前フレームにおいて更新された状態変数Xの値に基づいて、最新のフレームについての状態変数の予測値を生成する。状態変数の予測値は、次式に示す多次元正規分布に従った拡張カルマンフィルタの状態方程式に従って生成される。

[0078] [数9]

$$\text{予測される状態変数 } \hat{\mathbf{X}} = F(\mathbf{X}, a) + \mathbf{w} \quad (10)$$

[0079] ここで、Fはシステムの状態遷移に関する予測モデル、aは予測条件である。また、wはガウシアンノイズであり、例えばモデル近似誤差や観測誤差等を含み得る。一般的に、ガウシアンノイズwの平均はゼロとなる。

[0080] 図18は、本実施形態に係る予測モデルの一例について説明するための説明図である。図18を参照すると、本実施形態に係る予測モデルにおける2つの予測条件が示されている。まず、第1の条件として、特徴点の3次元位置は変化しないものとする。即ち、時刻Tにおける特徴点FP1の3次元位置を p_T とすると、次式の関係が成立する。

[0081] [数10]

$$\mathbf{p}_t = \mathbf{p}_{t-1} \quad (11)$$

[0082] 次に、第2の条件として、カメラの運動は等速運動であるものとする。即ち、時刻 $T = t - 1$ から時刻 $T = t$ にかけてのカメラの速度及び角速度について、次式の関係が成立する。

[0083] [数11]

$$\dot{\mathbf{x}}_t = \dot{\mathbf{x}}_{t-1} \quad (12)$$

$$\dot{\boldsymbol{\omega}}_t = \dot{\boldsymbol{\omega}}_{t-1} \quad (13)$$

[0084] このような予測モデル及び式(10)に示した状態方程式に基づいて、SLAM演算部145は、最新のフレームについての状態変数の予測値を生成する。

[0085] (6-4) 状態変数の更新

そして、SLAM演算部145は、観測方程式を用いて、例えば状態変数の予測値から予測される観測情報と、特徴点の追跡結果として得られる実際の観測情報との誤差を評価する。なお、式(14)における v がその誤差である。

[0086] [数12]

$$\text{観測情報 } \mathbf{s} = H(\hat{\mathbf{X}}) + \mathbf{v} \quad (14)$$

$$\text{予測される観測情報 } \hat{\mathbf{s}} = H(\hat{\mathbf{X}}) \quad (15)$$

[0087] ここで、 H は観測モデルを表す。例えば、特徴点 FP_i の撮像面($u-v$ 平面)上の位置を、次式のように定義する。

[0088] [数13]

$$FP_i \text{ の撮像面上の位置 } \tilde{\mathbf{p}}_i = \begin{pmatrix} u_i \\ v_i \\ 1 \end{pmatrix} \quad (16)$$

[0089] ここで、カメラの位置 \mathbf{x} 、カメラの姿勢 ω 、及び特徴点 FP_i の3次元位置 \mathbf{p}_i は、いずれも状態変数 X の要素として与えられる。そうすると、ピンホールカメラモデルに従い、特徴点 FP_i の撮像面上の位置は次式を用いて導かれる。なお、 λ は正規化のためのパラメータ、 A はカメラ内部パラメータ行列、 R_ω は状態変数 X に含まれるカメラの姿勢を表す四元数 ω に対応する回転行列である。

[0090] [数14]

$$\lambda \tilde{\mathbf{p}}_i = \mathbf{A} \mathbf{R}_\omega (\mathbf{p}_i - \mathbf{x}) \quad (17)$$

[0091] 従って、式(17)を用いて導かれる予測される観測情報、即ち各特徴点の撮像面上の位置と、図14のステップS30における特徴点の追跡結果との間の誤差を最小にする状態変数 X を探索することにより、尤もらしい最新の状態変数 X を得ることができる。

[0092] [数15]

$$\text{最新の状態変数 } \mathbf{X} \leftarrow \hat{\mathbf{X}} + \text{Innov}(\mathbf{s} - \hat{\mathbf{s}}) \quad (18)$$

[0093] SLAM演算部145は、このようにSLAM法に従って動的に更新される状態変数 \mathbf{X} に含まれる各パラメータの値を、3D構造DB135に記憶させる。

[0094] (7) 物体DB

物体DB150は、実物体の特徴を表す特徴データを予め記憶しているデータベースである。物体DB150により記憶される特徴データは、後述する画像認識部156による画像認識処理において使用される。図19は、特徴データの構成の一例について説明するための説明図である。

[0095] 図19を参照すると、実物体Obj1についての一例としての特徴データ151が示されている。特徴データ151は、物体ID152、6方向から撮像した画像データ153、パッチデータ154及び3次元形状データ155を含む。

[0096] 物体ID152は、実物体Obj1を一意に識別するための識別子である。画像データ153は、実物体Obj1を前・後・左・右・上・下の6方向からそれぞれ撮像した6つの画像データを含む。パッチデータ154は、実物体に設定される特徴点ごとの、各特徴点を中心とする小画像の集合である。3次元形状データ155は、実物体Obj1のローカル座標系における各特徴点の3次元位置（即ち、実物体Obj1内にローカルに定義される原点からの相対的な各特徴点の位置）を表す位置情報を含む。

[0097] (8) 画像認識部

画像認識部156は、物体DB150により記憶されている上述した特徴データを用いて、入力画像にどの実物体が映っているかを認識する。より具体的には、例えば、画像認識部156は、画像取得部120により取得される入力画像に含まれる部分画像と、特徴データに含まれる各特徴点のパッチとを照合し、入力画像に含まれる特徴点を検出する。画像認識部156は、

S L A M演算部 1 4 5 による特徴点の追跡結果を再利用してもよい。次に、画像認識部 1 5 6 は、画像内のある領域に 1 つの実物体に属する特徴点が高い密度で検出された場合には、当該領域にその実物体が映っていると認識し得る。画像認識部 1 5 6 は、検出された特徴点の間の位置関係と図 1 9 に例示した 3 次元形状データとに基づいて、認識された実物体の位置及び姿勢をさらに認識し得る。画像認識部 1 5 6 により認識される実物体の位置及び姿勢と、S L A M演算部 1 4 5 により認識される撮像部 1 0 2 の位置及び姿勢とに基づいて、S L A M法の初期化後の実物体の位置及び姿勢の追跡が実現される。追跡される実物体の位置及び姿勢は、3 D構造 D B 1 3 5 により記憶される。

[0098] (9) アノテーション D B

アノテーション D B 1 6 0 は、A Rアプリケーションにおいて入力画像に重畳されるアノテーションに関するアノテーションデータを予め記憶しているデータベースである。アノテーションデータとは、例えば、図 1 及び図 2 に例示したアノテーション A 1 1、A 1 2 及び A 2 を含む様々なアノテーションについての識別子、形状データ、動きデータ並びに関連する実物体の物体 I D などを含んでよい。

[0099] (10) 表示制御部

表示制御部 1 6 5 は、表示部 1 1 0 を用いた A Rアプリケーションの表示を制御する。例えば、表示制御部 1 6 5 は、A Rアプリケーションの目的に応じてアノテーション D B 1 6 0 から選択されるアノテーションを、入力画像に映る実空間に対応する A R空間内に配置する。アノテーションの配置は、例えば、決定部 1 3 0 により決定された平面の位置及び姿勢に応じて決定されてよい。変換部 1 4 0 は、A R空間内に配置されたアノテーションを構成する特徴点（又はポリゴンの頂点など）に対応する撮像面上の 2 次元位置を、アノテーションを配置すべき平面の位置及び姿勢を用いて計算する。表示制御部 1 6 5 は、このような変換部 1 4 0 による計算結果に応じて、選択されたアノテーションを入力画像に重畳する。アノテーションが重畳された

画像は、表示部 110 のディスプレイを用いて表示される。

[0100] (11) ユーザインタフェース部

ユーザインタフェース部 170 は、図 3 に示した入力部 106 及び表示部 110 を用いて、情報処理装置 100 のユーザにユーザインタフェースを提供する。例えば、ユーザインタフェース部 170 は、AR アプリケーションをユーザに操作させるための操作画面を表示部 110 に表示させ、当該操作画面を通じてユーザ入力を検出する。例えば、アノテーションの選択、変更又は移動などがユーザインタフェース部 170 を介して行われてもよい。また、ユーザインタフェース部 170 は、図 10 を用いて説明したような、入力画像に映る鉛直面をマップ上でユーザに指定させるためのユーザインタフェースを入力画像に重畳してもよい。また、ユーザインタフェース部 170 は、図 12A を用いて説明したような、任意平面の姿勢をユーザに指定させるためのユーザインタフェースを、当該任意平面が映る入力画像に重畳してもよい。

[0101] [2-3. 処理の流れ]

図 20 は、本実施形態に係る情報処理装置 100 による全体的な処理の流れの一例を示すフローチャートである。図 20 を参照すると、まず、表示制御部 165 により（又はユーザインタフェース部 170 を介してユーザにより）表示すべきアノテーションが選択される（ステップ S110）。次に、表示制御部 165 は、SLAM 演算に基づいて認識される実空間の 3D 構造（例えば、選択されたアノテーションと関連付けられている実物体又は平面の位置及び姿勢）を、3D 構造 DB 135 から取得する（ステップ S120）。次に、表示制御部 165 は、選択されたアノテーションを実空間の 3D 構造に応じて AR 空間内に配置する（ステップ S130）。次に、変換部 140 は、AR 空間内に配置されたアノテーションの表示位置を、上述したピンホールカメラモデルに従って計算する（ステップ S140）。そして、表示制御部 165 は、変換部 140 による計算結果に応じて、選択されたアノテーションを入力画像に重畳する（ステップ S150）。このような表示制

御処理の結果、図1及び図2に例示したようなARアプリケーションの表示が実現され得る。

[0102] [2-4. 第1の実施形態のまとめ]

本実施形態によれば、撮像装置に加わる重力の方向を示すセンサデータに基づいて実空間の水平面の法線ベクトルが認識され、認識された法線ベクトルを用いて、水平面又は鉛直面などの平面の撮像面に対する相対的な姿勢が決定される。そして、決定された平面の姿勢を用いた座標変換により、SLAM法の状態変数が初期化される。一般的に、画像認識に基づく水平面の認識よりも、3軸加速度センサによる鉛直方向の認識の方が高い認識精度が得られる。従って、画像認識に基づく手法を用いて状態変数が初期化される場合と比較して、より高い精度で状態変数を初期化することができる。特に、SLAM法の初期化の際の認識精度は、その後の実空間の3D構造の追跡の精度を左右する。そのため、状態変数をより高い精度で初期化することで、その後の実空間の3D構造の追跡をも正確に行うことが可能となる。

[0103] また、本実施形態によれば、平面の相対的な位置は、仮の位置として簡易に決定される。そのため、アノテーションは、実空間の地面又は床面などに完全に一致するようには配置されない。しかし、本実施形態では、姿勢の精度が少なくとも高い精度で確保されるため、平面に沿って配置され又は平面上で移動するようなアノテーションを自然な形で画像に重畳することができる。特に、アノテーションのスケールが重視されないアプリケーションにおいては、平面の相対的な位置を正確に決定しなくても、当該平面の姿勢を正確に決定できれば、アプリケーションの目的は十分に達成され得る。

[0104] また、本実施形態によれば、平面の姿勢を決定するにあたり、SfM法のように視差が用いられることがない。そのため、撮像装置を移動させることなく又は撮像装置が固定されている状況においても、平面の姿勢を決定することができる。

[0105] また、本実施形態によれば、3軸加速度センサからのセンサデータのみを用いて、水平面の姿勢を簡易且つ正確に決定することができる。さらに、予

め定義される方向の制約、追加的なセンサデータ又はユーザ入力を利用することにより、鉛直面の姿勢をも正確に決定することができる。ユーザインタフェースを介して任意平面の姿勢を決定することもできる。従って、ARアプリケーションが利用される多くの場面において、入力画像に映る様々な平面を用いて、高い精度でSLAM法を初期化することが可能となる。

[0106] <3. 第2の実施形態の詳細>

本開示に係る技術の採用は、SLAM法を利用しないARアプリケーションにとっても有益である。そこで、第2の実施形態として、SLAM法を利用しないARアプリケーションを実装する情報処理装置200について説明する。なお、本実施形態に係る情報処理装置200は、第1の実施形態に係る情報処理装置100と同様、図1に例示したような端末装置であってもよく、図2に例示したようなサーバ装置であってもよい。情報処理装置200が端末装置である場合には、情報処理装置200は、図3に例示したようなハードウェア構成を有し得る。

[0107] [3-1. 機能構成]

図21は、第2の実施形態に係る情報処理装置200の論理的機能の構成の一例を示すブロック図である。図21を参照すると、情報処理装置200は、画像取得部120、データ取得部125、決定部130、3D構造DB135、変換部140、物体DB150、画像認識部156、アノテーションDB160、ユーザインタフェース部170及び表示制御部265を含む。

[0108] 本実施形態においても、決定部130は、データ取得部125により取得されるセンサデータに基づいて、撮像面に対する実空間の平面（水平面、鉛直面又は任意平面）の相対的な姿勢を決定する。そして、決定部130は、決定した姿勢を有する平面の3D構造を3D構造DB135に記憶させる。変換部140は、平面上の所与の点の3次元位置に対応する画像内の（即ち、撮像面上の）2次元位置を、決定部130により決定された平面の姿勢を用いて計算する。本実施形態において、変換部140による計算処理の対象

となる所与の点は、ARアプリケーションのためのアノテーションを構成する点である。画像認識部156は、物体DB150により記憶されている特徴データを用いて、入力画像内のどこにどの実物体が映っているかを認識する。画像認識部156による認識の結果は、表示制御部265によるアノテーションの選択及び配置の際に利用されてよい。

[0109] 表示制御部265は、ディスプレイを用いたARアプリケーションの表示を制御する。例えば、表示制御部265は、ARアプリケーションの目的に応じてアノテーションDB160から選択されるアノテーションを、入力画像に映る実空間に対応するAR空間内に配置する。アノテーションの配置は、画像認識部156による実物体の認識結果に応じて決定されてもよい。その代わりに、アノテーションは、決定部130により決定された平面に載置され又は貼付され若しくは掲示されるように配置されてもよい。変換部140は、AR空間内に配置されたアノテーションを構成する特徴点（又はポリゴンの頂点など）に対応する撮像面上の2次元位置を、実物体又は平面の位置及び姿勢を用いて計算する。表示制御部265は、このような変換部140による計算結果に応じて、選択されたアノテーションを入力画像に重畳する。

[0110] [3-2. 処理の流れ]

図22は、本実施形態に係る情報処理装置100による全体的な処理の流れの一例を示すフローチャートである。図22を参照すると、まず、決定部130により平面決定処理が行われる（ステップS200）。次に、表示制御部265により表示すべきアノテーションが選択される（ステップS210）。次に、表示制御部265は、選択されたアノテーションをAR空間内に配置する（ステップS230）。一例として、アノテーションは、平面上に載置されるように配置され得る。次に、変換部140は、AR空間内に配置されたアノテーションの表示位置を、上述したピンホールカメラモデルに従って計算する（ステップS240）。そして、表示制御部265は、変換部140による計算結果に応じて、選択されたアノテーションを入力画像に

重畳する（ステップS250）。このような表示制御処理の結果、図1及び図2に例示したようなARアプリケーションの表示が実現され得る。

[0111] [3-3. 第2の実施形態のまとめ]

本実施形態によれば、撮像装置に加わる重力の方向を示すセンサデータに基づいて、実空間の水平面の法線ベクトルが認識され、認識された法線ベクトルを用いて、水平面又は鉛直面などの平面の撮像面に対する相対的な姿勢が決定される。そして、決定された平面と関連付けて配置されるアノテーションの表示位置が、当該平面の姿勢を用いて簡易に計算される。上述したように、一般的に、画像認識に基づく水平面の認識よりも、3軸加速度センサによる鉛直方向の認識の方が高い認識精度が得られる。従って、画像認識に基づく手法を用いて認識される平面と関連付けてアノテーションが配置される場合と比較して、ARアプリケーションにおいてより自然なアノテーションの表示を実現することができる。

[0112] また、本実施形態によれば、3軸加速度センサからのセンサデータのみを用いて、水平面の姿勢を簡易且つ正確に決定することができる。さらに、予め定義される方向の制約、追加的なセンサデータ又はユーザ入力を利用することにより、鉛直面の姿勢をも正確に決定することができる。ユーザインタフェースを介して任意平面の姿勢を決定することもできる。従って、ARアプリケーションが利用される多くの場面において、入力画像に映る様々な平面と関連付けて、アノテーションを自然に表示することが可能となる。

[0113] <4. スケールの調整>

第1及び第2の実施形態では、決定部130により決定される平面は、仮想的なスケールを有する。即ち、当該平面の平面方程式の定数項Dの値は、仮の値である。決定部130は、かかる定数項Dの値を調整し、平面の位置を地面、床面、天井面又は実物体の表面（例えば、建物の壁面）などに一致させてもよい。また、決定部130は、ARアプリケーションの要件に応じて定数項Dの値を調整してもよい。本節では、水平面を例にとって、平面のスケールを調整するための3つの手法を説明する。

[0114] [4-1. 第1の手法]

第1の手法では、入力画像に映る実物体の既知のサイズが利用される。例えば、物体DB150により記憶される特徴データに含まれる3次元形状データ（図19参照）における1つの実物体に属する2つの特徴点の位置の差を、実物体の既知のサイズとして扱うことができる。

[0115] 図23は、平面のスケールを決定するための第1の手法について説明するための説明図である。図23には、水平面HP上の2つの特徴点 T_1 及び T_2 が示されている。特徴点 T_1 は撮像面IP上の位置 U_1 に対応し、特徴点 T_2 は撮像面IP上の位置 U_2 に対応する。これら特徴点 T_1 及び T_2 は、1つの実物体に属するものとする。画像認識部156は、入力画像からこれら特徴点 T_1 及び T_2 を含む実物体を認識する。決定部130は、認識された実物体についての特徴データに含まれる3次元形状データから、特徴点 T_1 及び T_2 の間の距離 d_{HP} を計算する。そして、決定部130は、平面方程式の定数項Dを未知の変数とし、特徴点 T_1 及び T_2 の間の距離が d_{HP} となるDの値を導出する。

[0116] [4-2. 第2の手法]

第2の手法では、入力画像に映る平面と撮像装置との間の距離に関連するデータが利用される。例えば、入力画像に映る平面が地面又は床面などの水平面である場合には、撮像装置のこれら水平面からの高さに関連するデータが利用され得る。また、例えば、入力画像に映る平面が建物の壁面などの鉛直面である場合には、マップデータから計算される当該壁面と撮像装置との間の距離が利用され得る。

[0117] 図24は、平面のスケールを決定するための第2の手法について説明するための説明図である。図24には、水平面HP上に立っているユーザ U_a 及びユーザ U_a が携帯している情報処理装置100が示されている。ここで、例えばユーザ U_a の身長が、既知のデータとして予め記憶されており、又はユーザ U_a により情報処理装置100へ入力されるものとする。決定部130は、ユーザ U_a の身長に一定の割合を乗じることにより、情報処理装置1

00の撮像部102の高さ H_a を推定する。決定部130は、このように推定した高さ H_a を、平面方程式の定数項 D として用いることができる。

[0118] [4-3. 第3の手法]

第3の手法では、入力画像に重畳して表示されるアノテーションについての表示サイズが利用される。例えば、アノテーションDB160において、3次元のAR空間内でのアノテーションのサイズが定義されているものとする。この場合、平面上に配置されるアノテーションの撮像面上でのサイズ、即ち表示サイズがさらに特定されれば、これら2つのサイズから平面のスケールを決定することができる。

[0119] 図25は、平面のスケールを決定するための第3の手法について説明するための第1の説明図である。図25には、実空間内に存在するテーブル14を映した画像 $Im11$ が示されている。アノテーションA2は、テーブル14の表面に載置されているかのように画像 $Im11$ に重畳されている。ここで、ARアプリケーションは、固定的に定義される表示サイズ d_{disp} でアノテーションA2を表示するものとする。この場合、決定部130は、AR空間内に配置されるアノテーションA2が撮像面上で表示サイズ d_{disp} を有するように、平面の平面方程式の定数項 D を決定する。その結果、当該平面上に配置されるアノテーションA2の表示サイズが所定の表示サイズ d_{disp} となる。

[0120] 図26は、平面のスケールを決定するための第3の手法について説明するための第2の説明図である。図26には、テーブルの表面に載置されているかのようにアノテーションA2が重畳された画像 $Im12$ が示されている。アノテーションA2の表示サイズ d_{disp} は、ユーザインタフェース部170を介してユーザにより指定される。この場合にも、決定部130は、AR空間内に配置されるアノテーションA2が撮像面上で表示サイズ d_{disp} を有するように、平面の平面方程式の定数項 D を決定する。その結果、当該平面上に配置されるアノテーションA2の表示サイズが指定された表示サイズ d_{disp} となる。

[0121] 上述した第1の手法又は第2の手法によれば、入力画像に映る実在する地面、床面、天井面又は実物体の表面などに、平面の位置を一致させることができる。それにより、これら実在する平面と関連付けられるアノテーションの表示はより自然になる。上述した第3の手法によれば、平面のスケールが調整されることにより、所望の表示サイズでアノテーションを表示することが可能となる。

[0122] <5. 総括>

ここまで、図1～図26を用いて、本開示に係る技術の2つの実施形態について詳細に説明した。これら実施形態によれば、画像認識に基づく手法が利用される場合と比較して、実空間の平面の姿勢をより正確に認識して当該平面の姿勢をAR技術のために利用することができる。

[0123] なお、本開示に係る技術は、ARアプリケーションに関連する用途以外にも、例えば撮像装置の位置決めの際の水平面及び鉛直面の表示、又は記録される画像への水平面又は鉛直面を表す標識の付加など、様々な用途に応用されてよい。

[0124] また、上述した情報処理装置100又は200の論理的機能の一部は、これら装置上に実装される代わりに、クラウドコンピューティング環境内に存在する装置上に実装されてもよい。その場合には、論理的機能の間でやり取りされる情報が、図3に例示した通信部112を介して装置間で送信され又は受信され得る。

[0125] 本明細書において説明した各装置による一連の処理は、ソフトウェア、ハードウェア、及びソフトウェアとハードウェアとの組合せのいずれを用いて実現されてもよい。ソフトウェアを構成するプログラムは、例えば、各装置の内部又は外部に設けられる記憶媒体に予め格納される。そして、各プログラムは、例えば、実行時にRAM(Random Access Memory)に読み込まれ、CPUなどのプロセッサにより実行される。

[0126] 以上、添付図面を参照しながら本開示の好適な実施形態について詳細に説明したが、本開示の技術的範囲はかかる例に限定されない。本開示の技術分

野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

[0127] なお、以下のような構成も本開示の技術的範囲に属する。

(1)

実空間を映す画像を撮像する撮像装置に加わる重力の方向を示すセンサデータを取得するデータ取得部と、

前記センサデータに基づいて、前記画像に対する前記実空間の平面の相対的な姿勢を決定する決定部と、

前記平面上の所与の点の3次元位置と対応する前記画像内の2次元位置との変換を、前記決定部により決定される前記姿勢を用いて行う変換部と

、

を備える情報処理装置。

(2)

前記平面上の前記所与の点は、S L A M (Simultaneous Localization And Mapping) 法の初期化の際に選択される特徴点である、前記(1)に記載の情報処理装置。

(3)

前記平面上の前記所与の点は、拡張現実のためのアノテーションを構成する点である、前記(1)に記載の情報処理装置。

(4)

前記決定部は、前記センサデータに基づいて決定される前記姿勢と仮の位置とを有する仮想的な平面を決定し、

前記情報処理装置は、前記アノテーションを前記画像に重畳する表示制御部、をさらに備え、

前記アノテーションは、前記仮想的な平面上の3次元位置から前記変換部により変換される前記画像内の2次元位置に重畳される、

前記（３）に記載の情報処理装置。

（５）

前記情報処理装置は、前記画像に映る物体を認識する認識部、をさらに備え、

前記決定部は、前記認識部により認識される物体の実サイズについての既知のデータを用いて、前記画像に映る前記平面の位置をさらに決定する、

前記（２）又は前記（３）に記載の情報処理装置。

（６）

前記決定部は、前記画像に映る前記平面と前記撮像装置との間の距離に関連するデータを用いて、前記平面の位置をさらに決定する、前記（１）～（３）のいずれか１項に記載の情報処理装置。

（７）

前記決定部は、表示される前記アノテーションについての表示サイズを用いて、前記アノテーションが配置される前記平面の位置をさらに決定する、前記（３）に記載の情報処理装置。

（８）

前記情報処理装置は、前記表示サイズをユーザに指定させるユーザインタフェース部、をさらに備える、前記（７）に記載の情報処理装置。

（９）

前記平面は、水平面であり、

前記決定部は、前記撮像装置が上方及び下方のいずれを向いているかを前記センサデータに基づいて判定し、当該判定の結果に応じて前記水平面の前記姿勢を決定する、

前記（１）～（８）のいずれか１項に記載の情報処理装置。

（１０）

前記平面は、鉛直面であり、

前記決定部は、重力の方向を示す前記センサデータと予め定義される方向の制約とに基づいて、前記鉛直面の姿勢を決定する、

前記（１）～（８）のいずれか１項に記載の情報処理装置。

（１１）

前記平面は、鉛直面であり、

前記決定部は、重力の方向を示す前記センサデータと前記撮像装置及び前記鉛直面の位置関係を示すマップデータとに基づいて、前記鉛直面の姿勢を決定する、

前記（１）～（８）のいずれか１項に記載の情報処理装置。

（１２）

前記決定部は、前記マップデータに含まれる１つ以上の鉛直面の候補から、地磁気の方角を示すセンサデータを用いて前記画像に映る鉛直面を推定し、推定した前記鉛直面の姿勢を、前記マップデータと重力の方角とに基づいて決定する、前記（１１）に記載の情報処理装置。

（１３）

前記決定部は、前記マップデータに含まれる１つ以上の鉛直面の候補からユーザにより指定される鉛直面の姿勢を、前記マップデータと重力の方角とに基づいて決定する、前記（１１）に記載の情報処理装置。

（１４）

前記情報処理装置は、

前記センサデータに基づいて決定される水平面又は鉛直面の姿勢を基準として、前記平面の姿勢をユーザに指定させるためのユーザインタフェースを拡張現実空間内に配置するユーザインタフェース部、

をさらに備える、前記（１）～（８）のいずれか１項に記載の情報処理装置。

（１５）

前記ユーザインタフェースの配置は、複数のフレームにわたって前記拡張現実空間内で維持される、前記（１４）に記載の情報処理装置。

（１６）

前記ユーザインタフェースは、３次的に回転操作可能な操作面を有し、

前記決定部は、前記平面と平行となるようにユーザにより操作された前記操作面の姿勢を用いて、前記平面の姿勢を決定する、

前記（１５）に記載の情報処理装置。

（１７）

前記情報処理装置は、前記撮像装置と前記センサデータを出力するセンサとをさらに備える端末装置である、前記（１）～（１６）のいずれか１項に記載の情報処理装置。

（１８）

前記データ取得部、前記決定部及び前記変換部のうち少なくとも１つが前記情報処理装置の代わりにクラウドコンピューティング環境内に存在する装置上に実装される、前記（１）～（１７）のいずれか１項に記載の情報処理装置。

（１９）

情報処理装置を制御するコンピュータにおいて、

実空間を映す画像を撮像する撮像装置に加わる重力の方向を示すセンサデータを取得することと、

前記センサデータに基づいて、前記画像に対する前記実空間の平面の相対的な姿勢を決定することと、

前記平面上の所与の点の３次元位置と対応する前記画像内の２次元位置との間の変換を、決定された前記姿勢を用いて行うことと、

を含む情報処理方法。

（２０）

情報処理装置を制御するコンピュータを、

実空間を映す画像を撮像する撮像装置に加わる重力の方向を示すセンサデータを取得するデータ取得部と、

前記センサデータに基づいて、前記画像に対する前記実空間の平面の相対的な姿勢を決定する決定部と、

前記平面上の所与の点の３次元位置と対応する前記画像内の２次元位置と

の間の変換を、前記決定部により決定される前記姿勢を用いて行う変換部と

、

として機能させるためのプログラム。

符号の説明

[0128]	100, 200	情報処理装置
	102	撮像部
	104	センサ部
	125	データ取得部
	130	決定部
	140	変換部
	156	認識部
	165, 265	表示制御部
	170	ユーザインタフェース部
	HP	水平面
	IP	撮像面

請求の範囲

- [請求項1] 実空間を映す画像を撮像する撮像装置に加わる重力の方向を示すセンサデータを取得するデータ取得部と、
前記センサデータに基づいて、前記画像に対する前記実空間の平面の相対的な姿勢を決定する決定部と、
前記平面上の所与の点の3次元位置と対応する前記画像内の2次元位置との間の変換を、前記決定部により決定される前記姿勢を用いて行う変換部と、
を備える情報処理装置。
- [請求項2] 前記平面上の前記所与の点は、SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) 法の初期化の際に選択される特徴点である、請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項3] 前記平面上の前記所与の点は、拡張現実のためのアノテーションを構成する点である、請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項4] 前記決定部は、前記センサデータに基づいて決定される前記姿勢と仮の位置とを有する仮想的な平面を決定し、
前記情報処理装置は、前記アノテーションを前記画像に重畳する表示制御部、をさらに備え、
前記アノテーションは、前記仮想的な平面上の3次元位置から前記変換部により変換される前記画像内の2次元位置に重畳される、
請求項3に記載の情報処理装置。
- [請求項5] 前記情報処理装置は、前記画像に映る物体を認識する認識部、をさらに備え、
前記決定部は、前記認識部により認識される物体の実サイズについての既知のデータを用いて、前記画像に映る前記平面の位置をさらに決定する、
請求項2に記載の情報処理装置。
- [請求項6] 前記決定部は、前記画像に映る前記平面と前記撮像装置との間の距

離に関連するデータを用いて、前記平面の位置をさらに決定する、請求項 1 に記載の情報処理装置。

[請求項7] 前記決定部は、表示される前記アノテーションについての表示サイズを用いて、前記アノテーションが配置される前記平面の位置をさらに決定する、請求項 3 に記載の情報処理装置。

[請求項8] 前記情報処理装置は、前記表示サイズをユーザに指定させるユーザインタフェース部、をさらに備える、請求項 7 に記載の情報処理装置。

[請求項9] 前記平面は、水平面であり、
前記決定部は、前記撮像装置が上方及び下方のいずれを向いているかを前記センサデータに基づいて判定し、当該判定の結果に応じて前記水平面の前記姿勢を決定する、
請求項 1 に記載の情報処理装置。

[請求項10] 前記平面は、鉛直面であり、
前記決定部は、重力の方向を示す前記センサデータと予め定義される方向の制約とに基づいて、前記鉛直面の姿勢を決定する、
請求項 1 に記載の情報処理装置。

[請求項11] 前記平面は、鉛直面であり、
前記決定部は、重力の方向を示す前記センサデータと前記撮像装置及び前記鉛直面の位置関係を示すマップデータとに基づいて、前記鉛直面の姿勢を決定する、
請求項 1 に記載の情報処理装置。

[請求項12] 前記決定部は、前記マップデータに含まれる 1 つ以上の鉛直面の候補から、地磁気の方角を示すセンサデータを用いて前記画像に映る鉛直面を推定し、推定した前記鉛直面の姿勢を、前記マップデータと重力の方角とに基づいて決定する、請求項 11 に記載の情報処理装置。

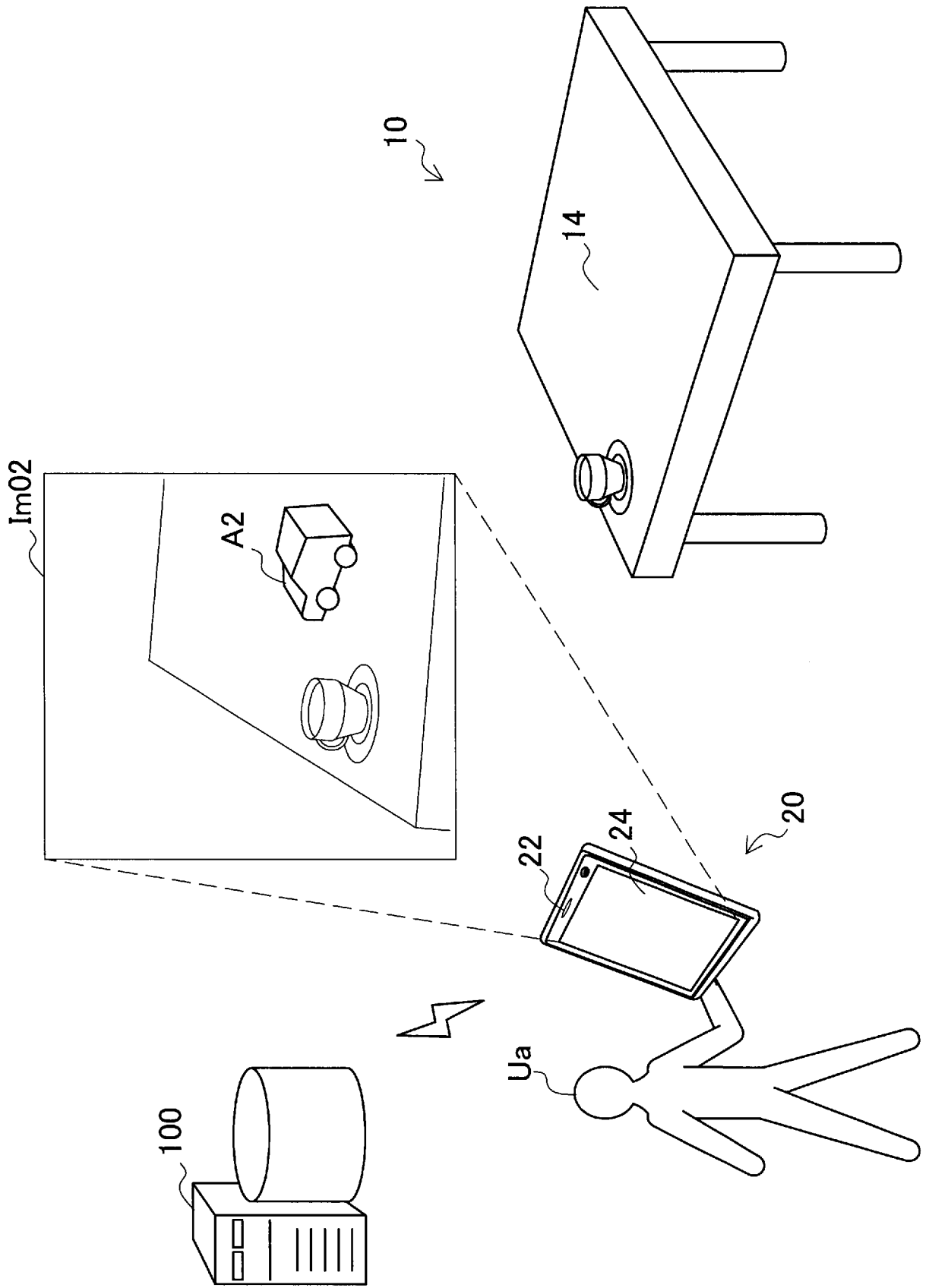
[請求項13] 前記決定部は、前記マップデータに含まれる 1 つ以上の鉛直面の候補からユーザにより指定される鉛直面の姿勢を、前記マップデータと

重力の方向とに基づいて決定する、請求項 1 1 に記載の情報処理装置。

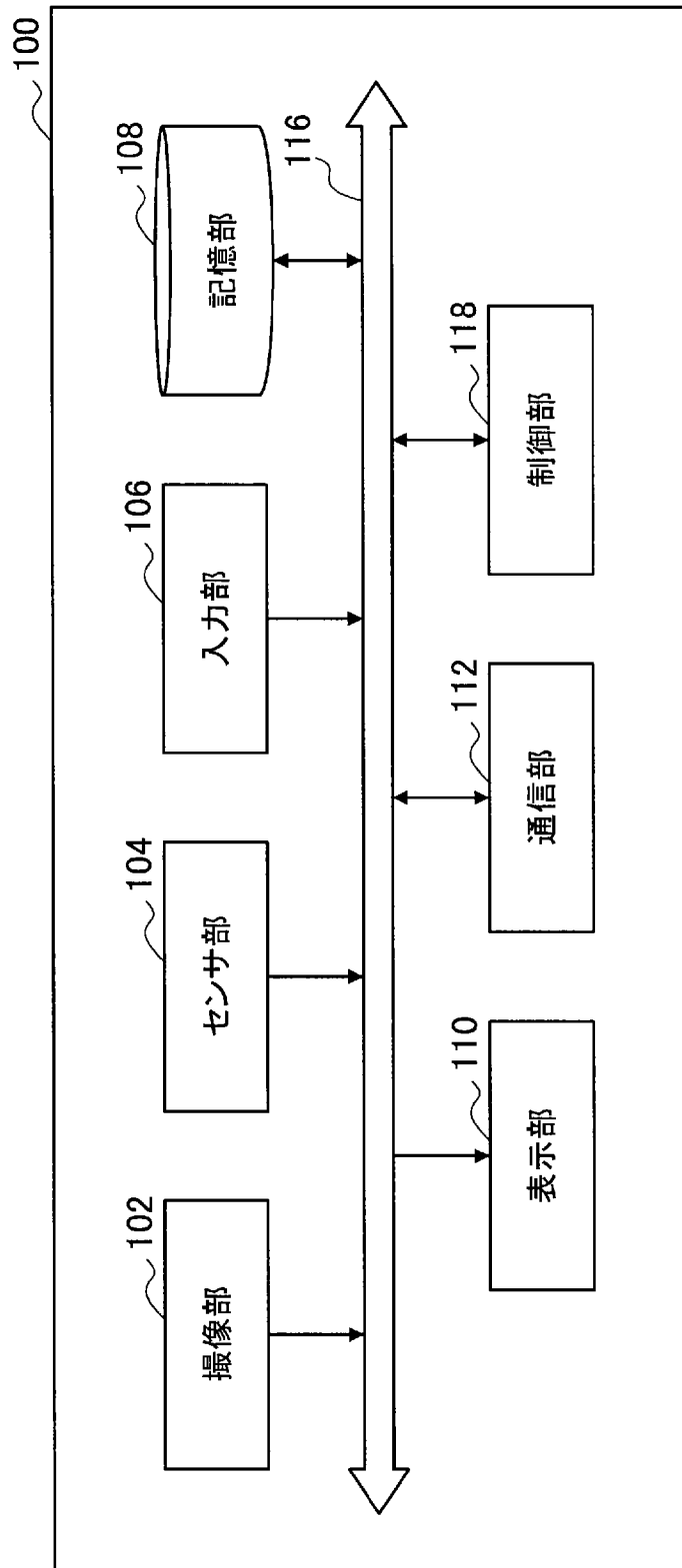
- [請求項14] 前記情報処理装置は、
前記センサデータに基づいて決定される水平面又は鉛直面の姿勢を基準として、前記平面の姿勢をユーザに指定させるためのユーザインタフェースを拡張現実空間内に配置するユーザインタフェース部、
をさらに備える、請求項 1 に記載の情報処理装置。
- [請求項15] 前記ユーザインタフェースの配置は、複数のフレームにわたって前記拡張現実空間内で維持される、請求項 1 4 に記載の情報処理装置。
- [請求項16] 前記ユーザインタフェースは、3次元的に回転操作可能な操作面を有し、
前記決定部は、前記平面と平行となるようにユーザにより操作された前記操作面の姿勢を用いて、前記平面の姿勢を決定する、
請求項 1 5 に記載の情報処理装置。
- [請求項17] 前記情報処理装置は、前記撮像装置と前記センサデータを出力するセンサとをさらに備える端末装置である、請求項 1 に記載の情報処理装置。
- [請求項18] 前記データ取得部、前記決定部及び前記変換部のうち少なくとも 1 つが前記情報処理装置の代わりにクラウドコンピューティング環境内に存在する装置上に実装される、請求項 1 に記載の情報処理装置。
- [請求項19] 情報処理装置を制御するコンピュータにおいて、
実空間を映す画像を撮像する撮像装置に加わる重力の方向を示すセンサデータを取得することと、
前記センサデータに基づいて、前記画像に対する前記実空間の平面の相対的な姿勢を決定することと、
前記平面上の所与の点の 3次元位置と対応する前記画像内の 2次元位置との間の変換を、決定された前記姿勢を用いて行うことと、
を含む情報処理方法。

[請求項20] 情報処理装置を制御するコンピュータを、
 実空間を映す画像を撮像する撮像装置に加わる重力の方向を示すセンサデータを取得するデータ取得部と、
 前記センサデータに基づいて、前記画像に対する前記実空間の平面の相対的な姿勢を決定する決定部と、
 前記平面上の所与の点の3次元位置と対応する前記画像内の2次元位置との間の変換を、前記決定部により決定される前記姿勢を用いて行う変換部と、
 として機能させるためのプログラム。

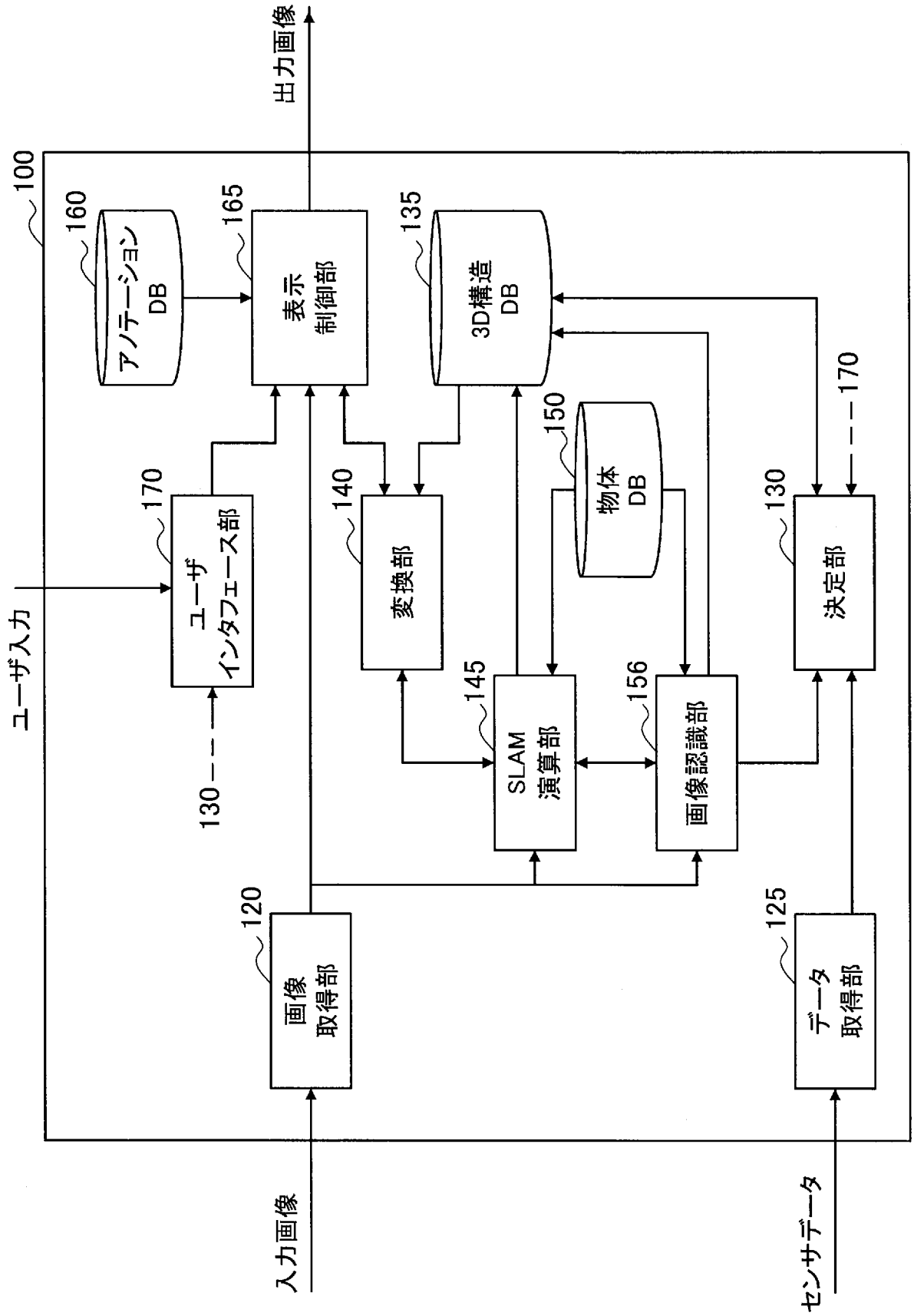
[図2]



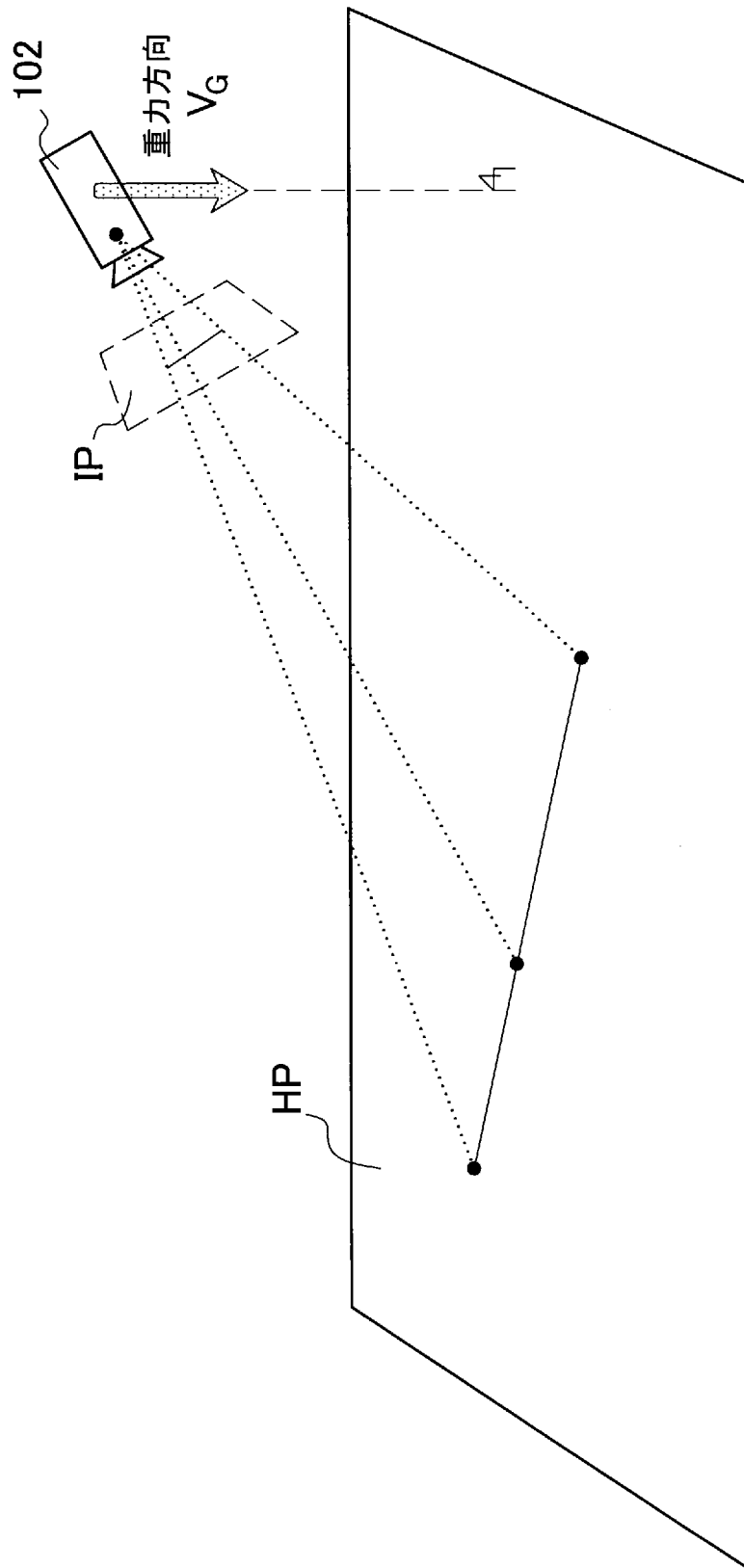
[図3]



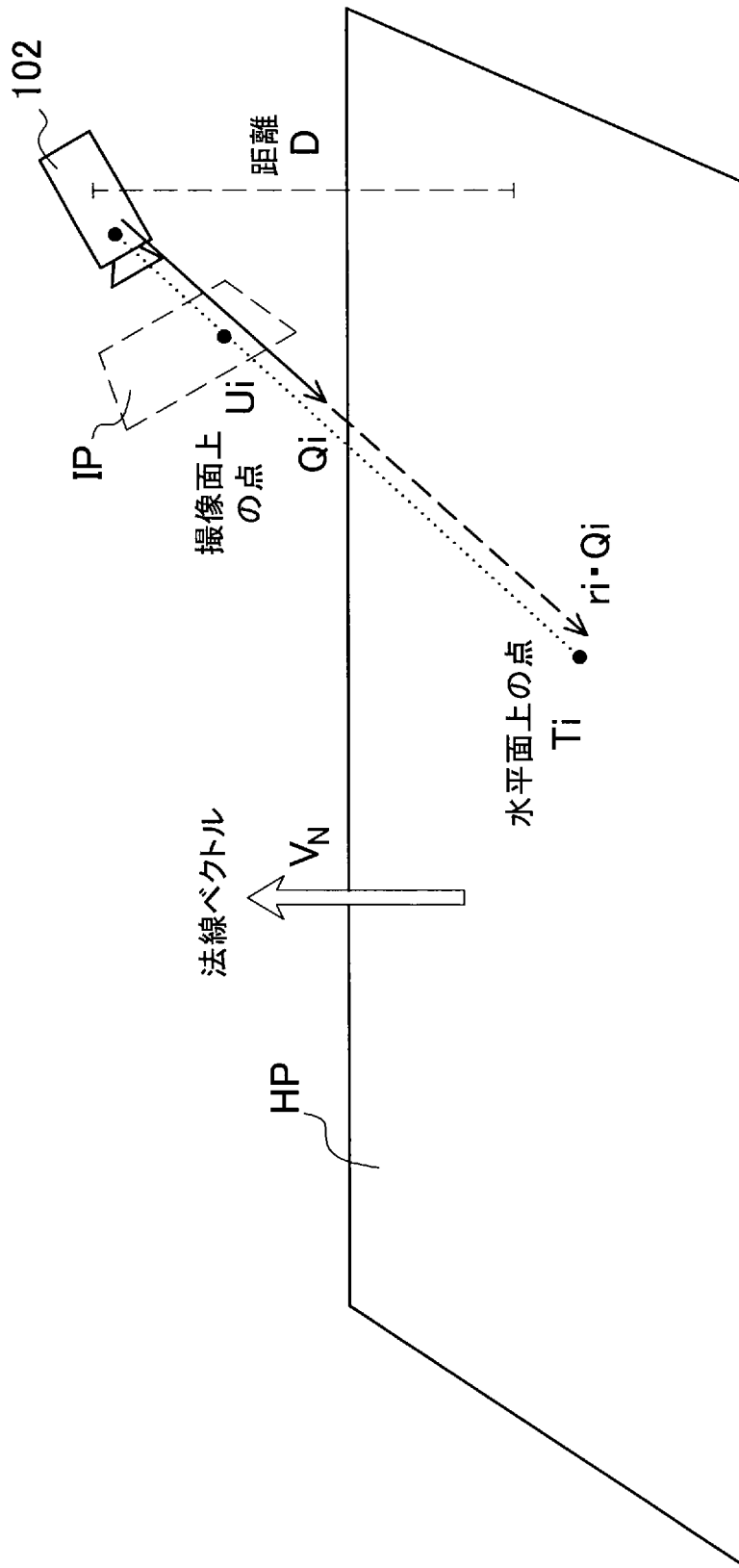
[図4]



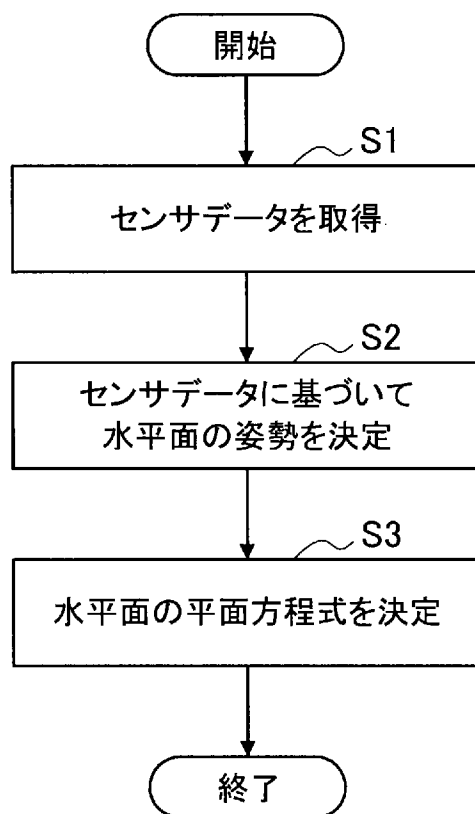
[図5]



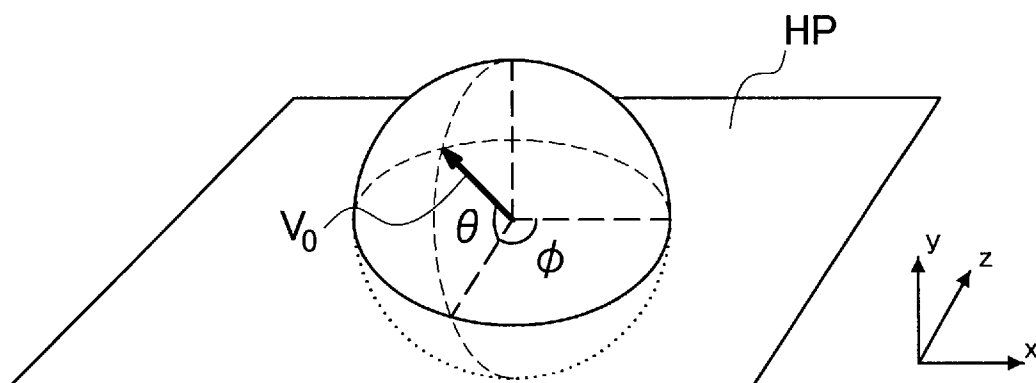
[図6]



[図7]



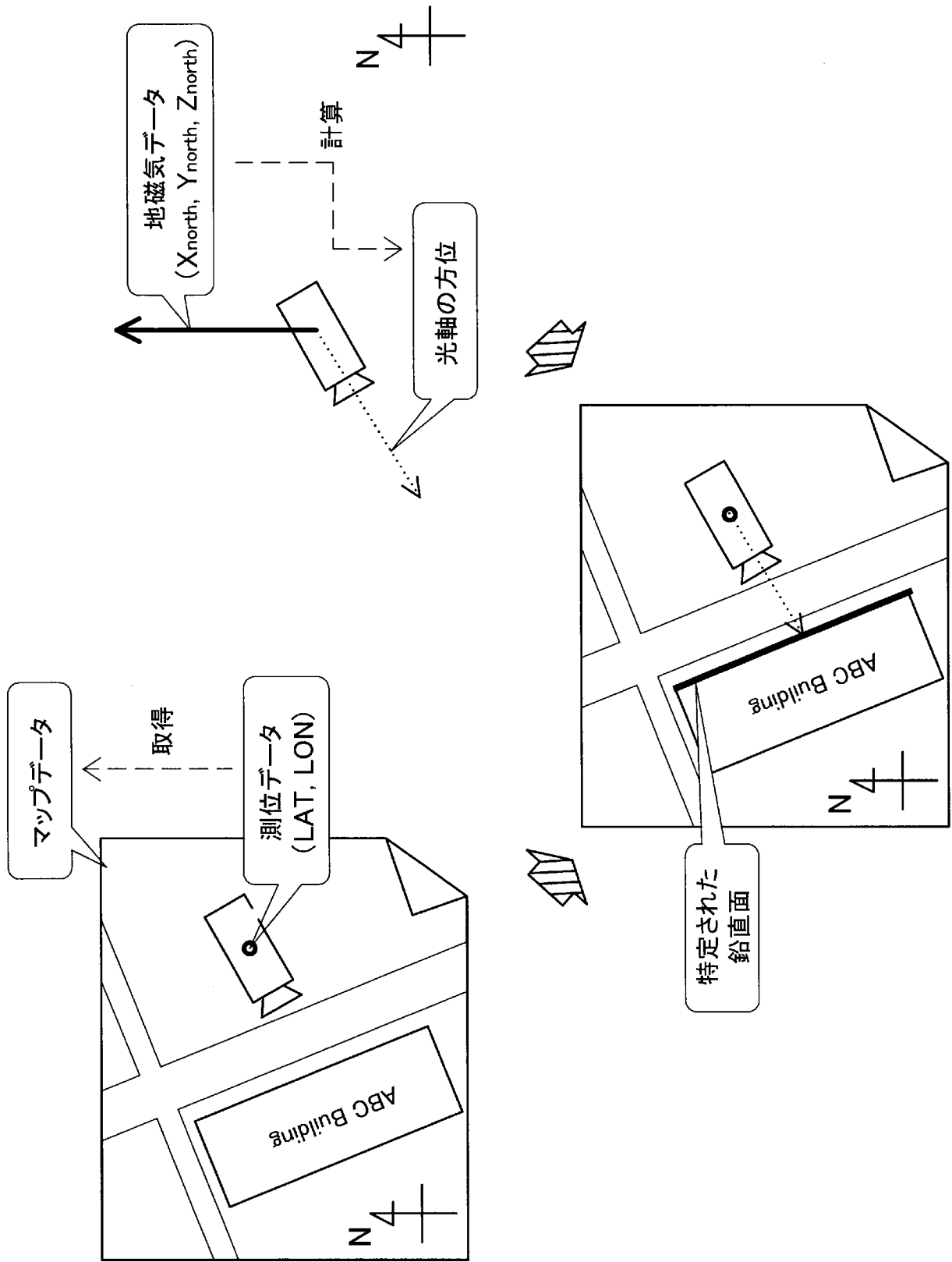
[図8]



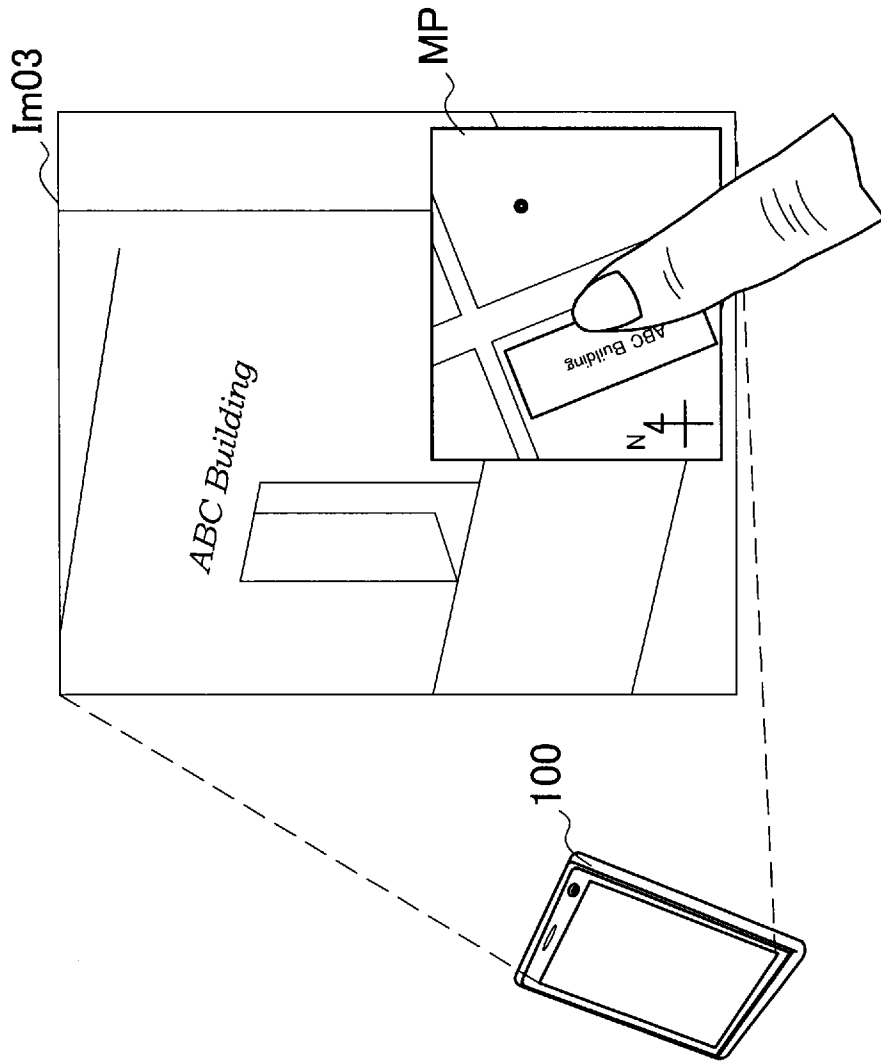
θ : Elevation

ϕ : Azimuth

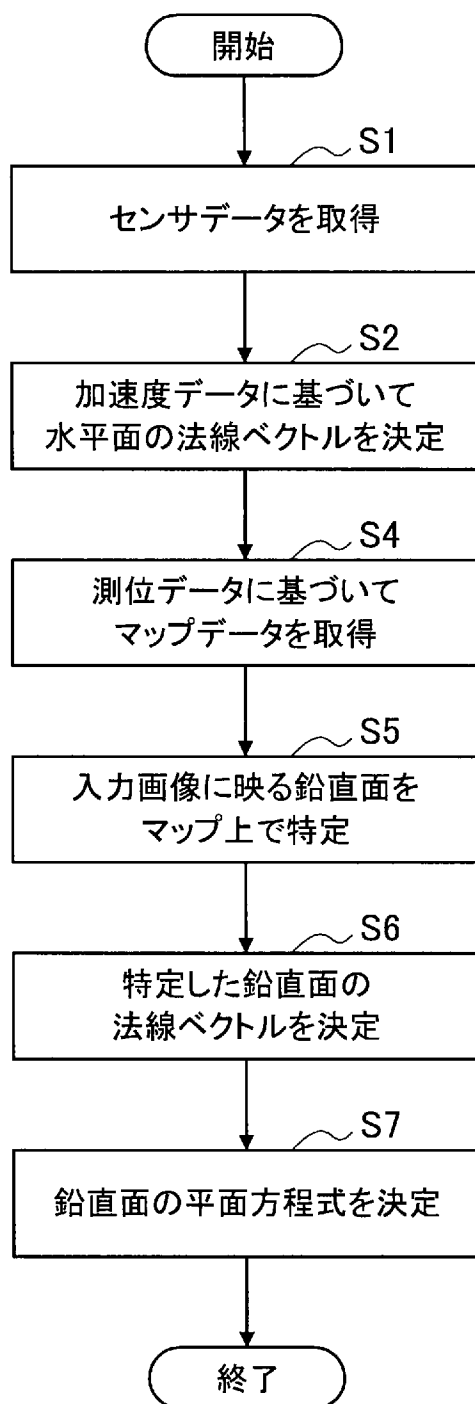
[図9]



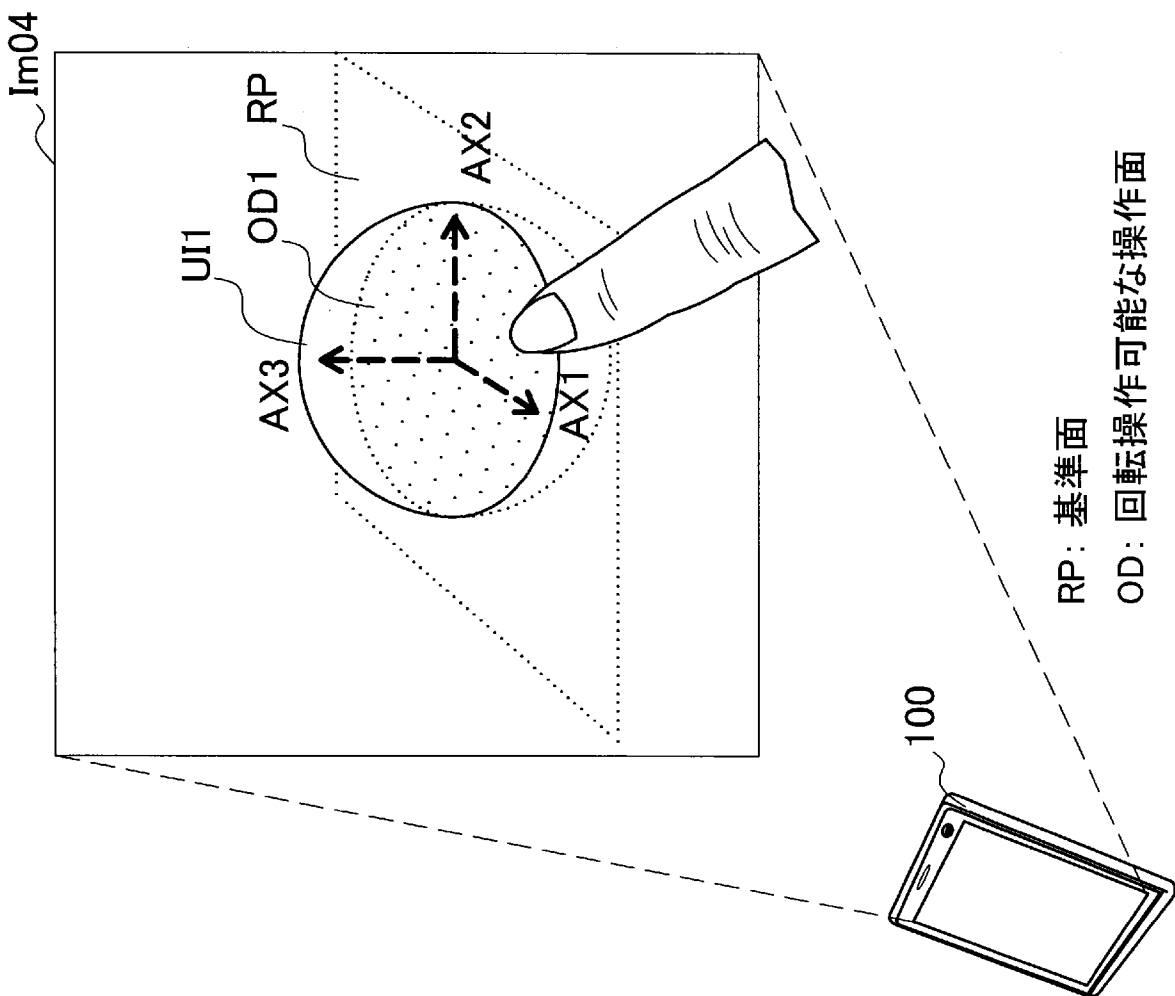
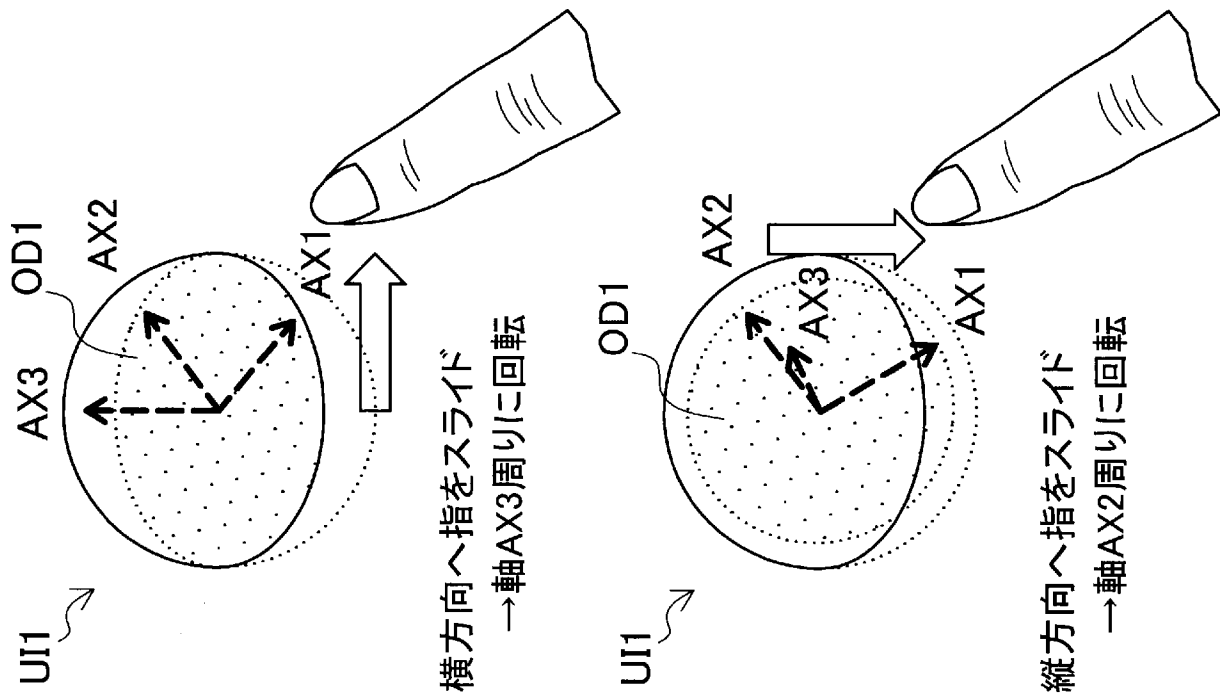
[図10]



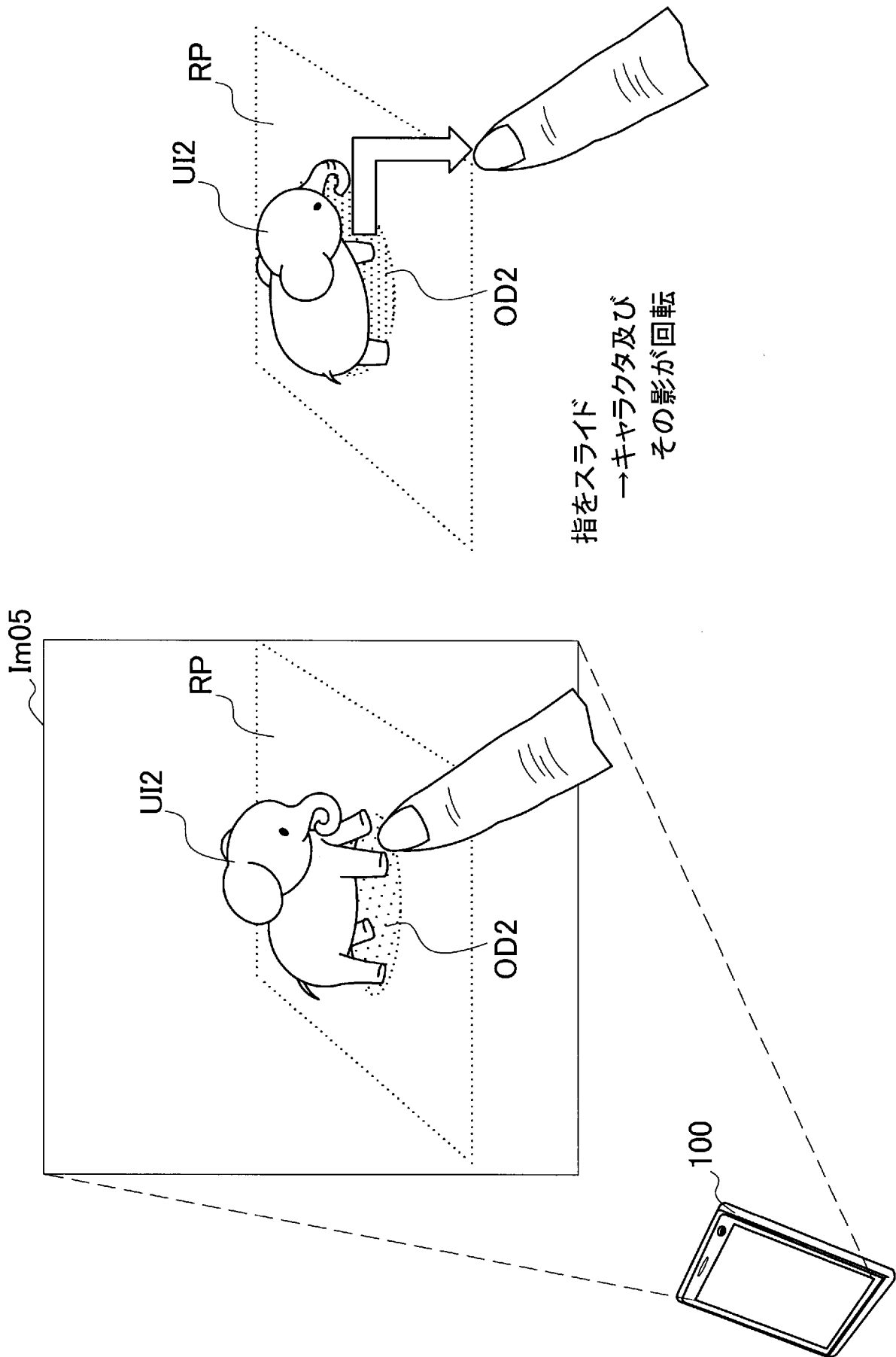
[図11]



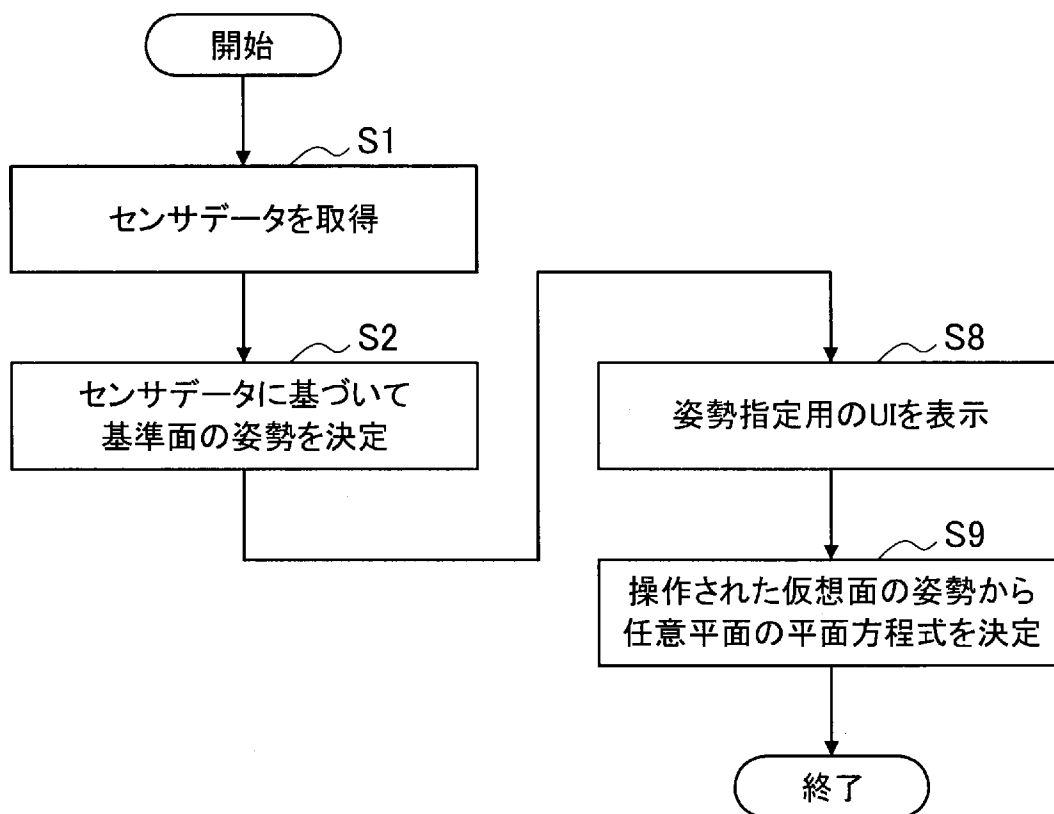
[図12A]



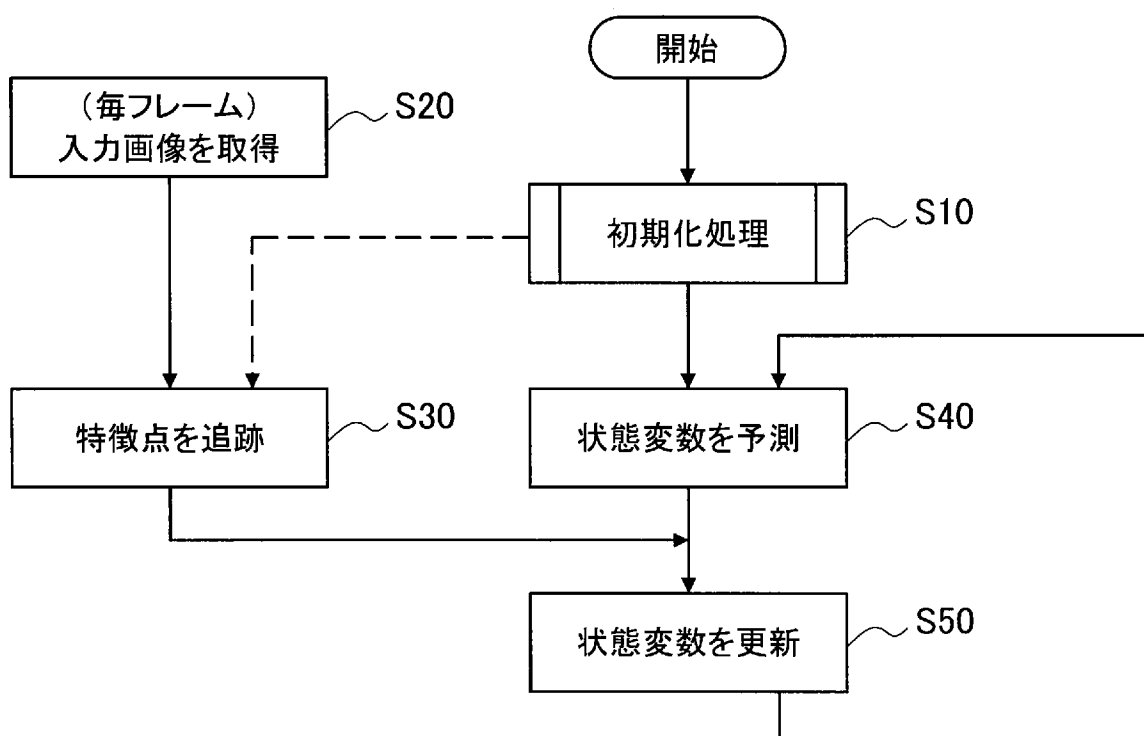
[図12B]



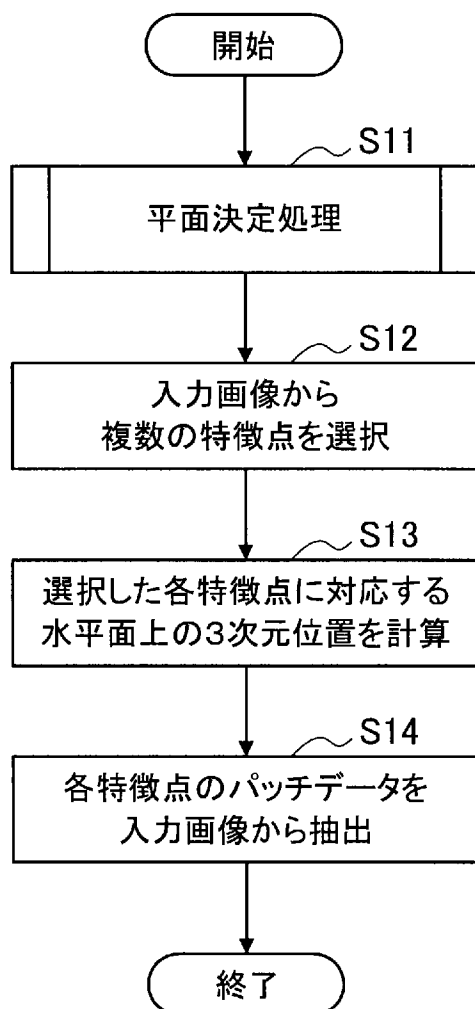
[図13]



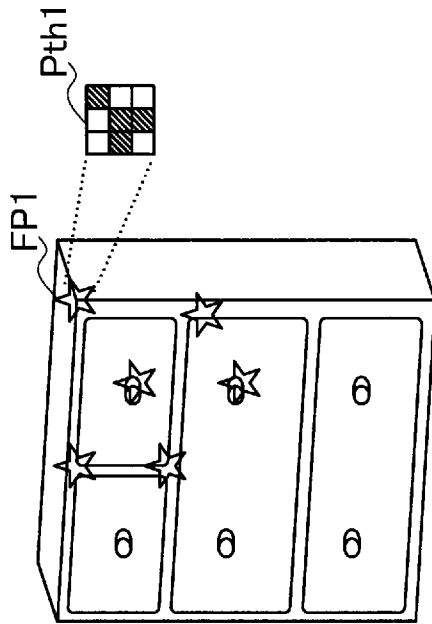
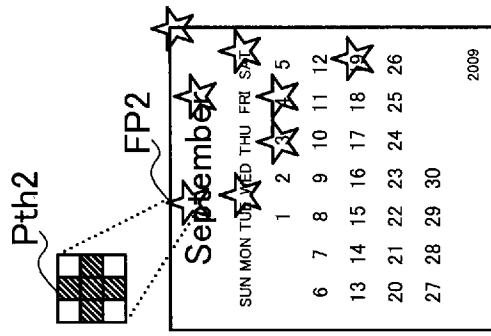
[図14]



[図15]

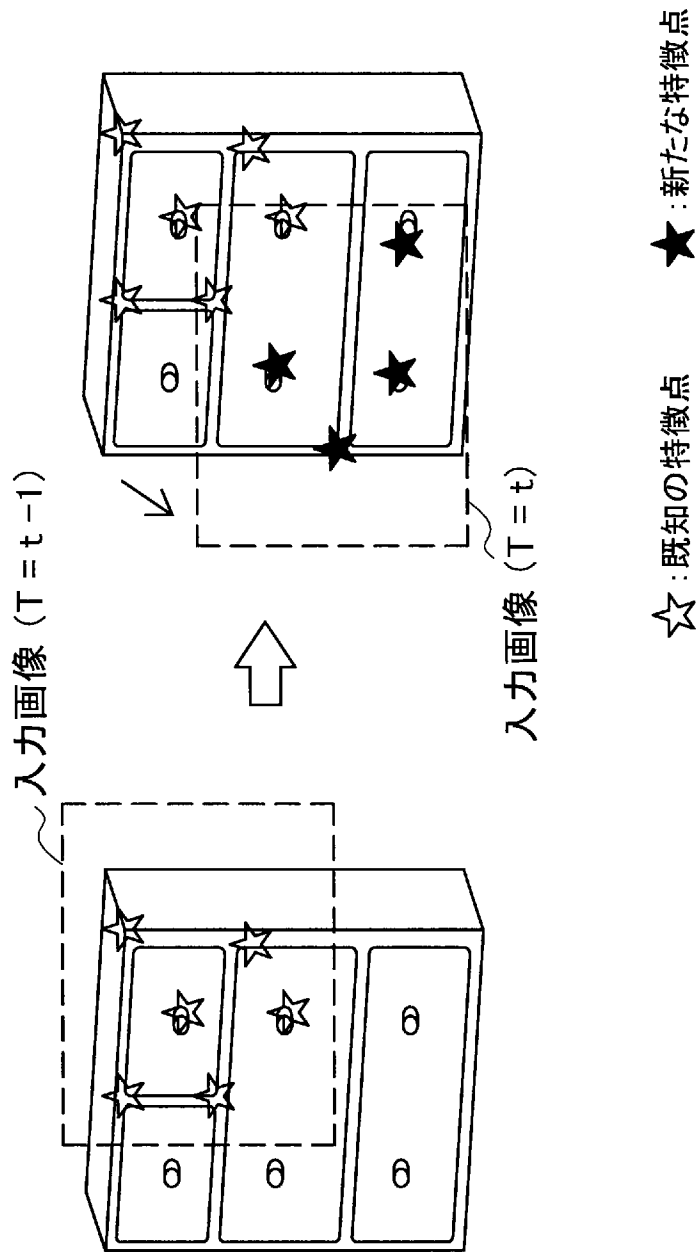


[図16]

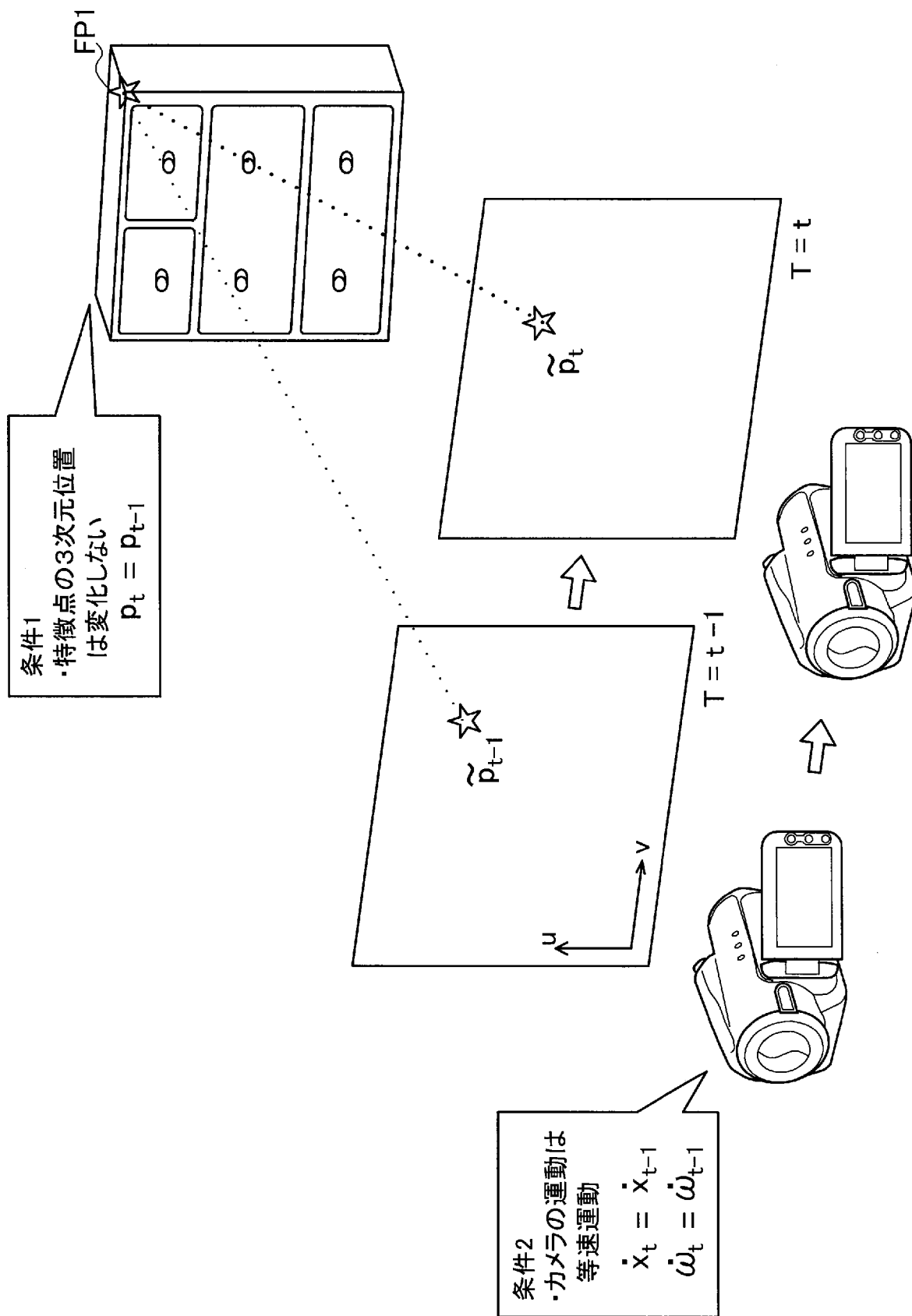


☆ : 特徴点 (FP)

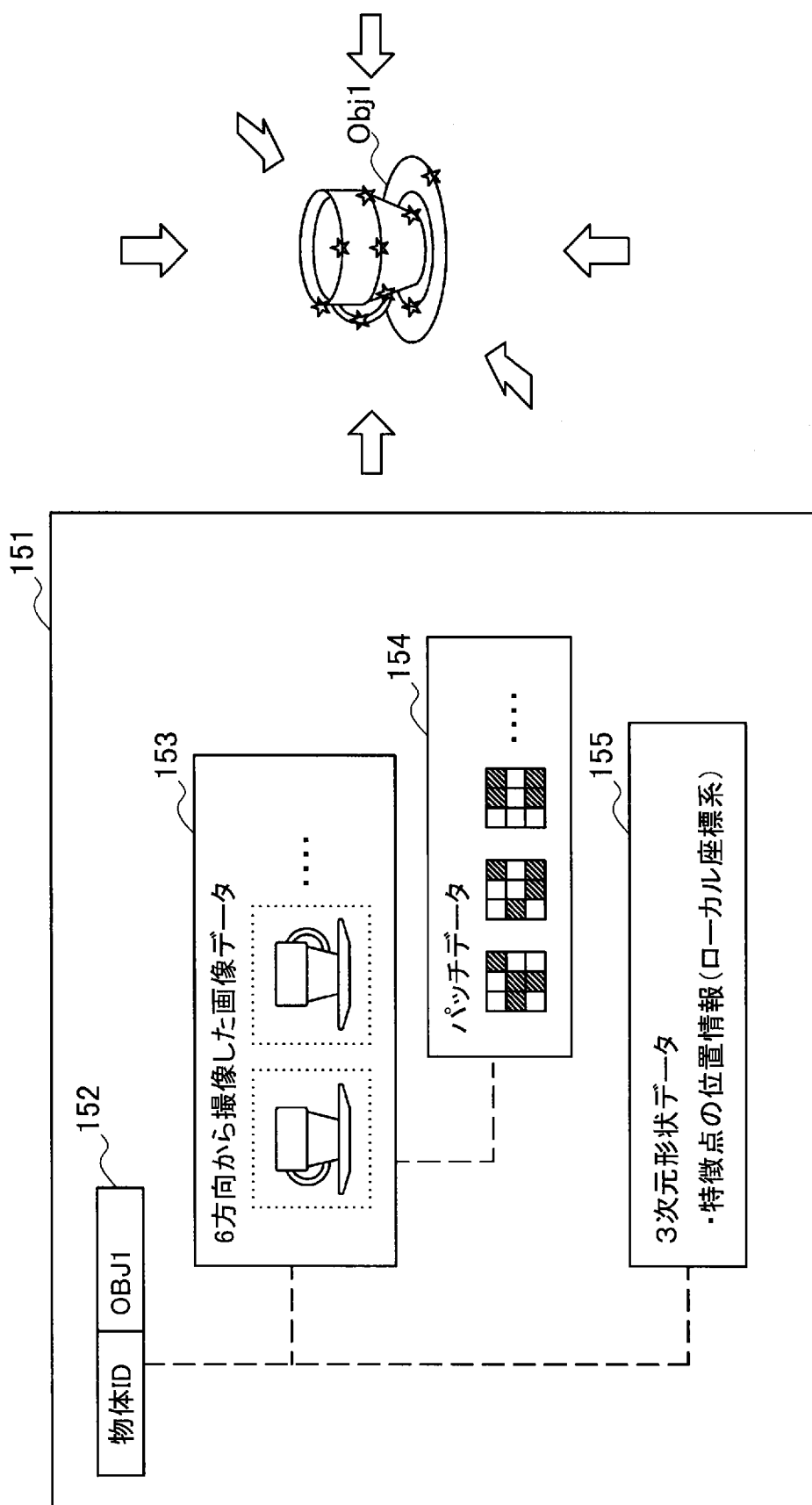
[図17]



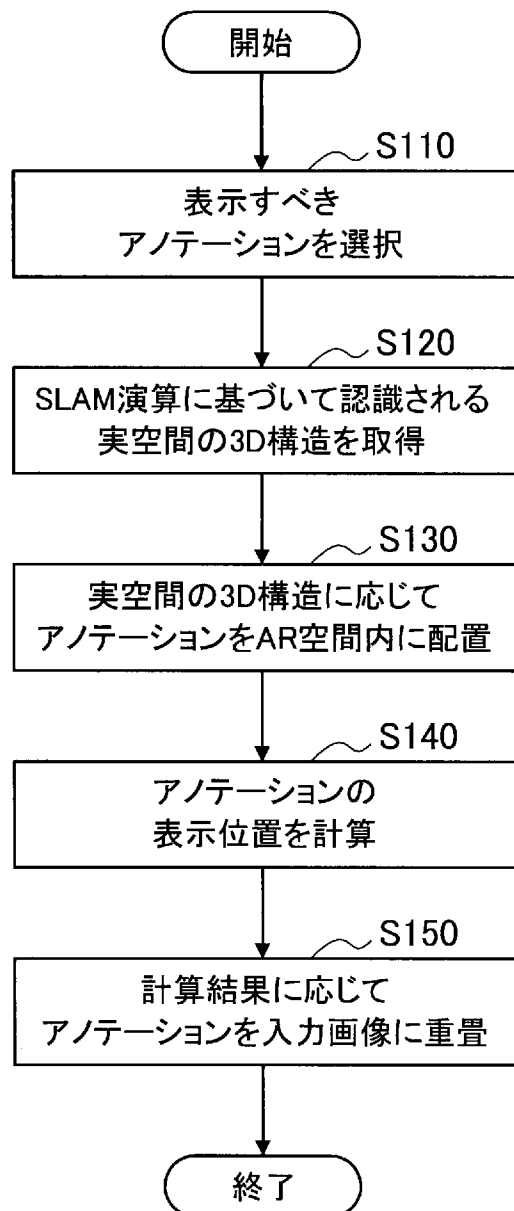
[図18]



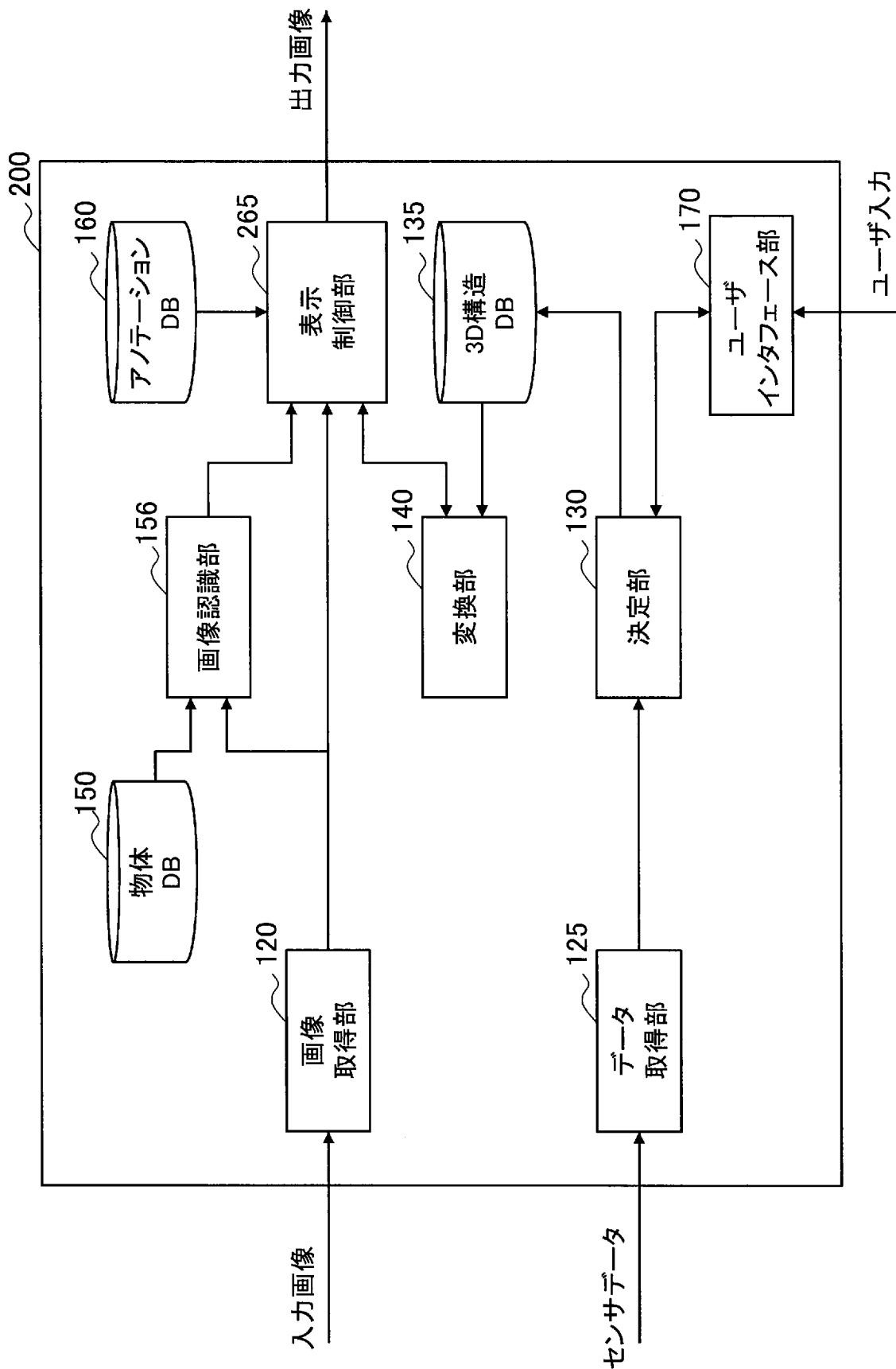
[図19]



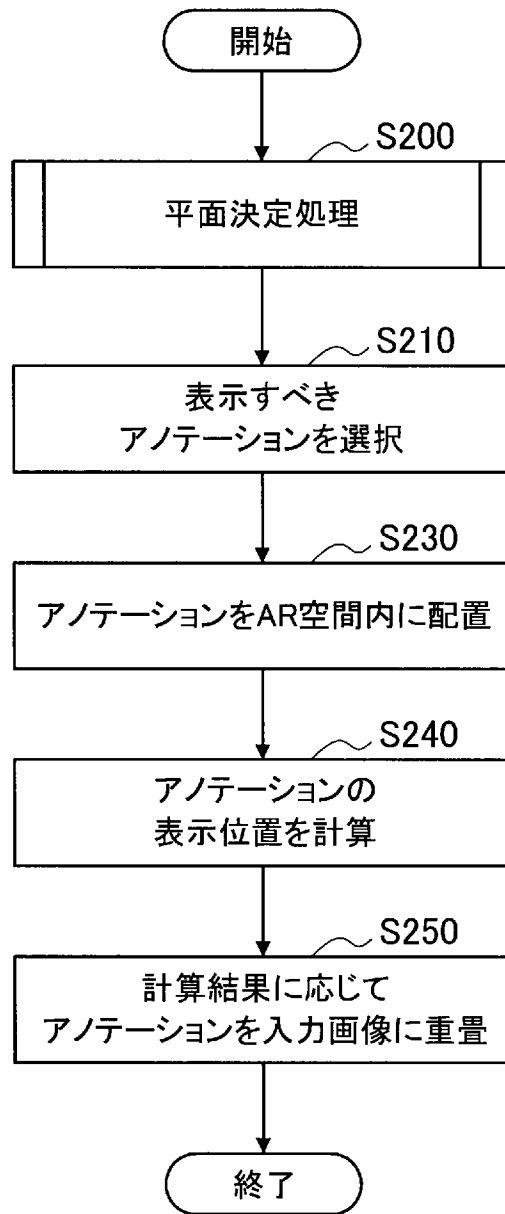
[図20]



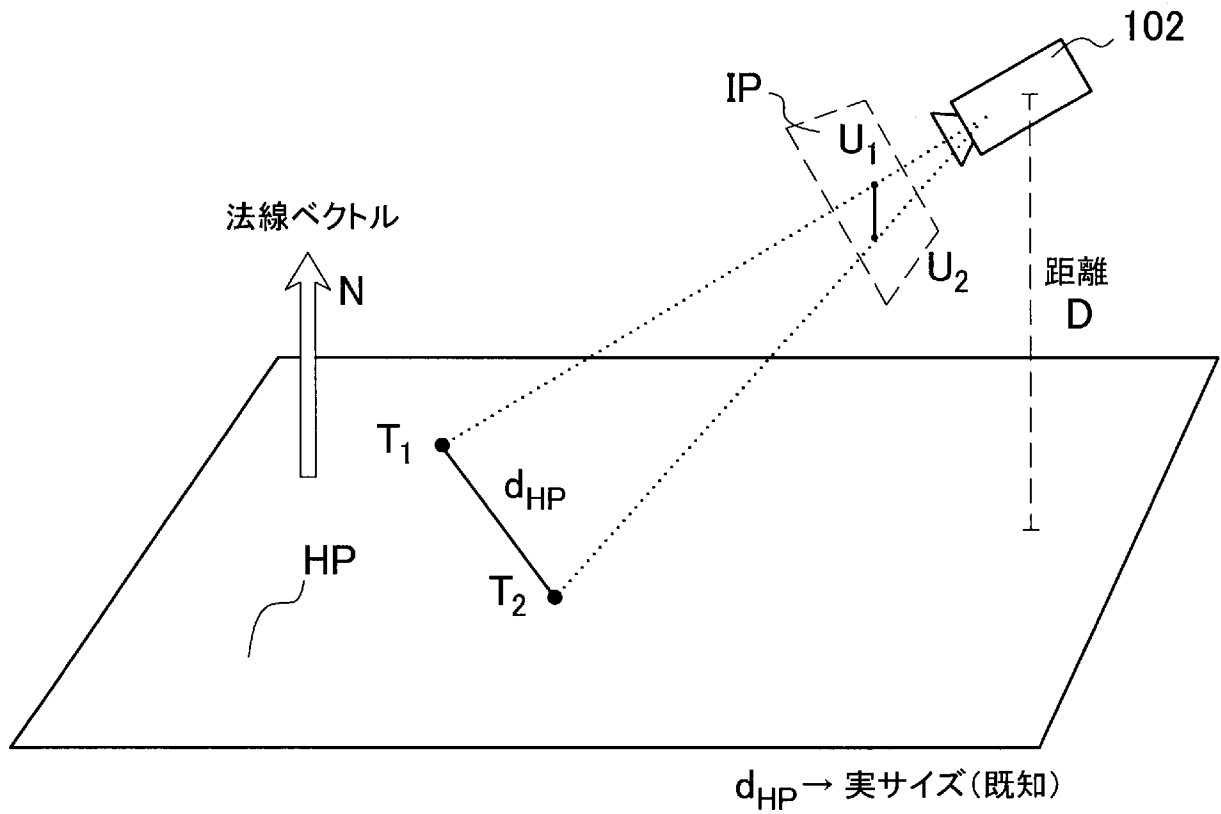
[図21]



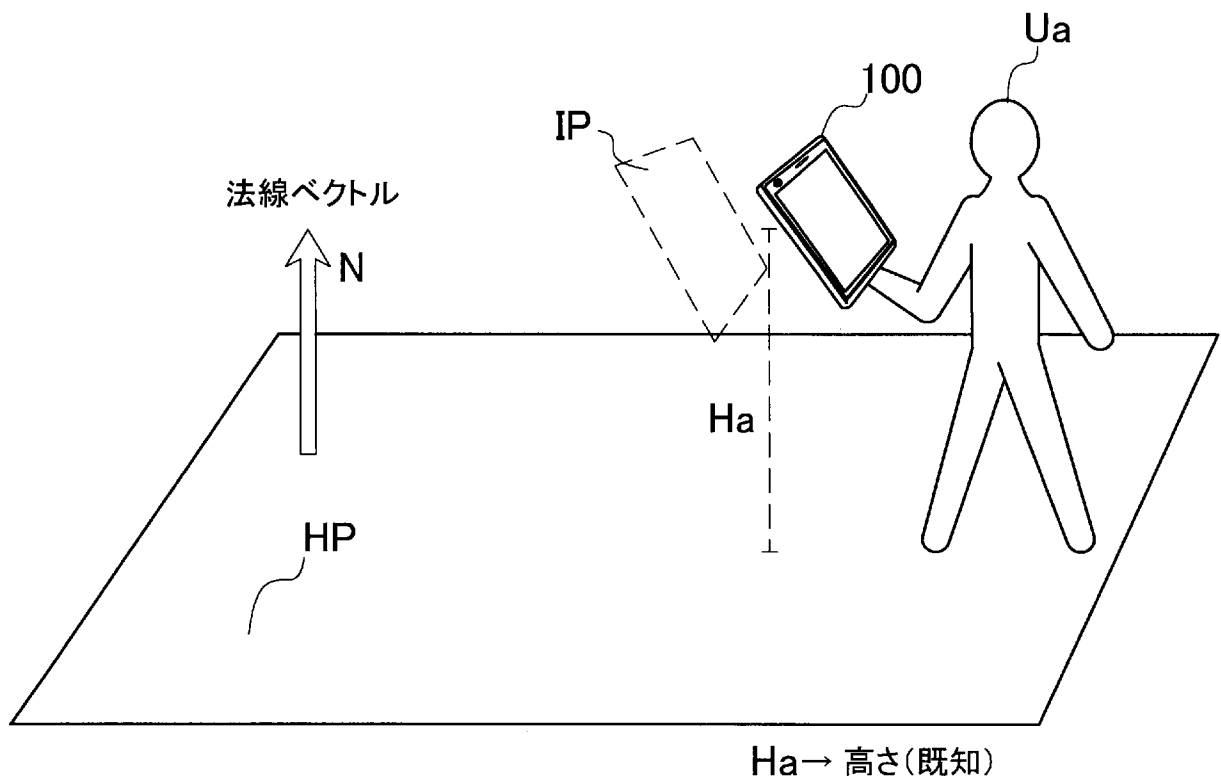
[図22]



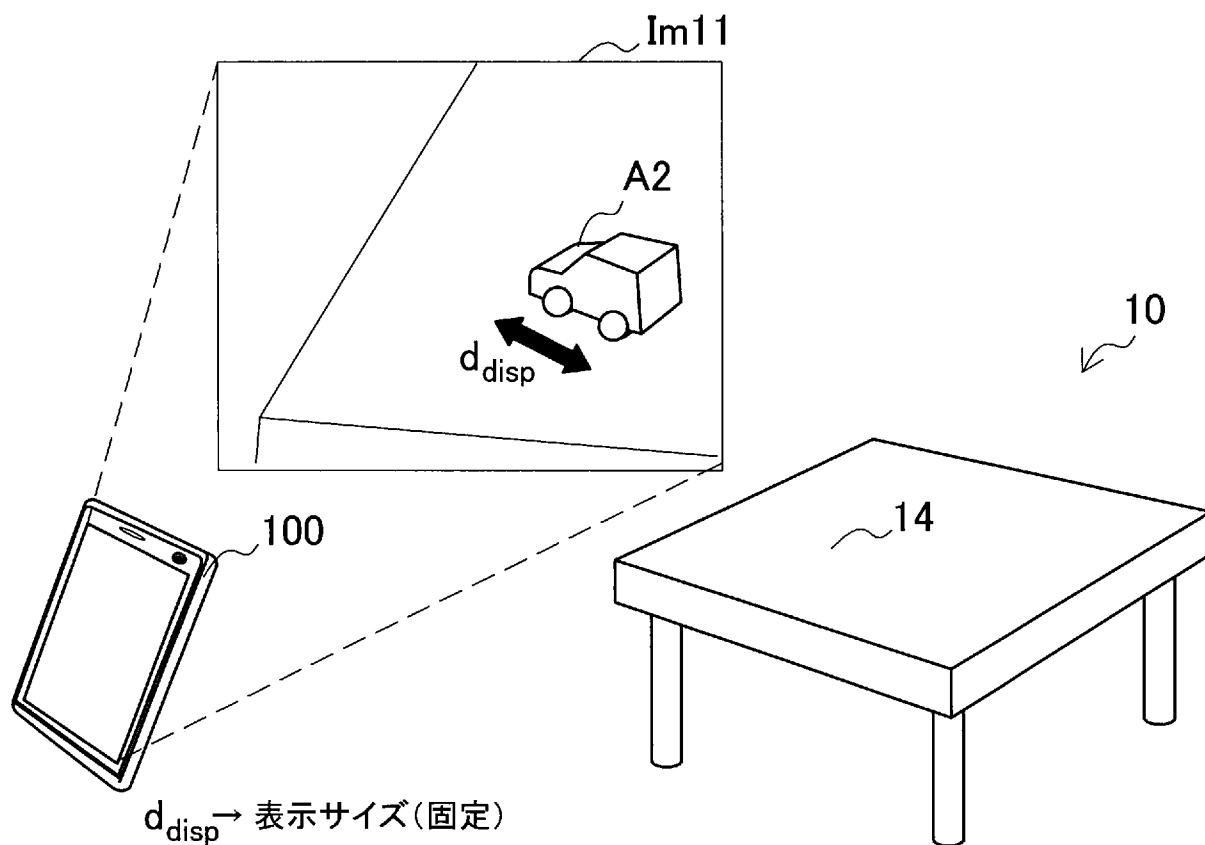
[図23]



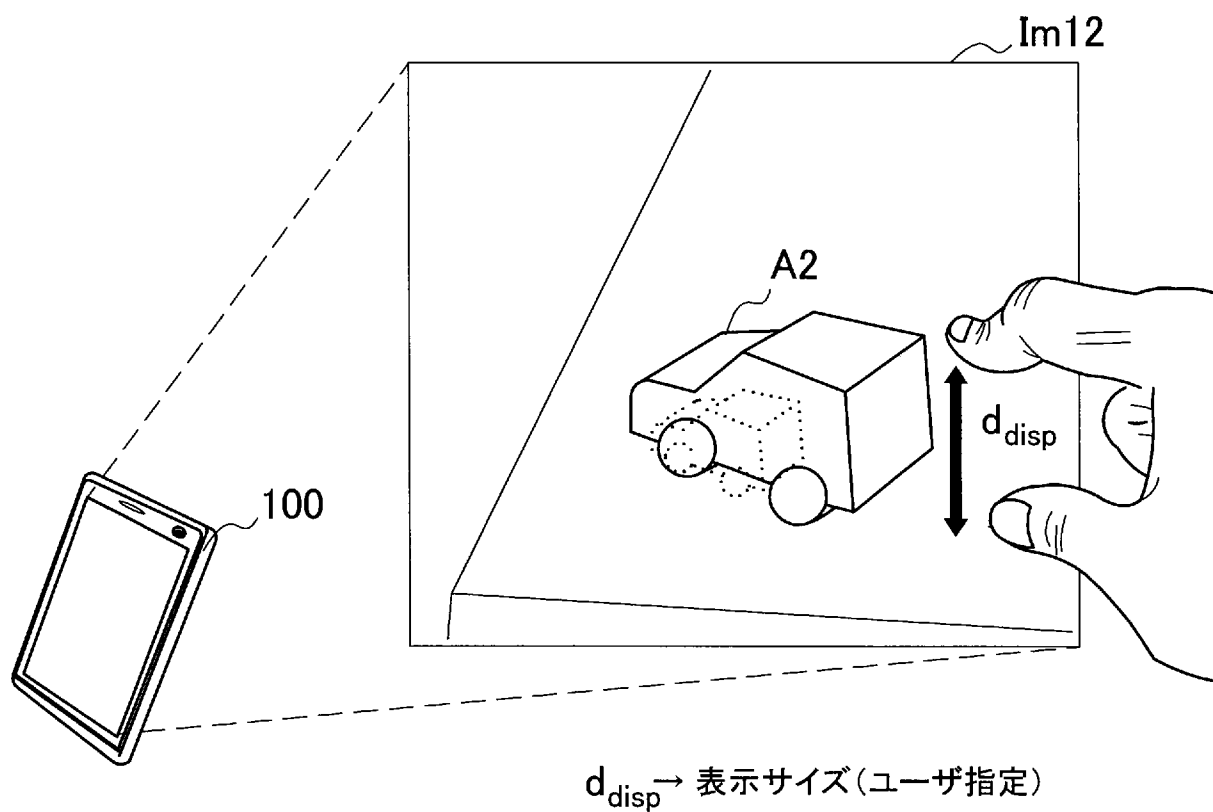
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/070677

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T19/00(2011.01)i, G01B11/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T19/00, G01B11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2006-292417 A (Canon Inc.), 26 October 2006 (26.10.2006), paragraphs [0001] to [0111]; fig. 1 to 3	1, 3, 4, 6, 9, 17-20
Y	& US 2006/0227211 A1 & EP 1710750 A2 & CN 1847789 A	2, 5, 10, 14-16 7, 8, 11-13
Y	JP 2009-237845 A (Sony Corp.), 15 October 2009 (15.10.2009), paragraphs [0001] to [0146]; all drawings (Family: none)	2, 5
Y	JP 2005-107248 A (Canon Inc.), 21 April 2005 (21.04.2005), paragraphs [0040] to [0104]; all drawings & US 2005/0068293 A1 & EP 1521165 A2 & CN 1604015 A	14-16

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
31 August, 2012 (31.08.12)Date of mailing of the international search report
11 September, 2012 (11.09.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/070677

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-271563 A (Canon Inc.), 18 October 2007 (18.10.2007), paragraphs [0011] to [0108]; all drawings & US 2009/0245681 A1 & WO 2007/114313 A1	10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. G06T19/00(2011.01)i, G01B11/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. G06T19/00, G01B11/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2012年
 日本国実用新案登録公報 1996-2012年
 日本国登録実用新案公報 1994-2012年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2006-292417 A (キヤノン株式会社) 2006. 10. 26, 段落【0001】 - 【0111】, 【図1】 - 【図3】 & US 2006/0227211 A1 & EP 1710750 A2 & CN 1847789 A	1, 3, 4, 6, 9, 17-20
Y		2, 5, 10, 14-16
A		7, 8, 11-13

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

<p>* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献</p>
---	---

国際調査を完了した日 31.08.2012	国際調査報告の発送日 11.09.2012
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 岡本 俊威 電話番号 03-3581-1101 内線 3531

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-237845 A (ソニー株式会社) 2009.10.15, 【0001】 - 【0146】, 全図 (ファミリーなし)	2,5
Y	JP 2005-107248 A (キヤノン株式会社) 2005.04.21, 段落【0040】 - 【0104】, 全図 & US 2005/0068293 A1 & EP 1521165 A2 & CN 1604015 A	14-16
Y	JP 2007-271563 A (キヤノン株式会社) 2007.10.18, 段落【0011】 - 【0108】, 全図 & US 2009/0245681 A1 & WO 2007/114313 A1	10