

(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
2020年12月10日(10.12.2020)

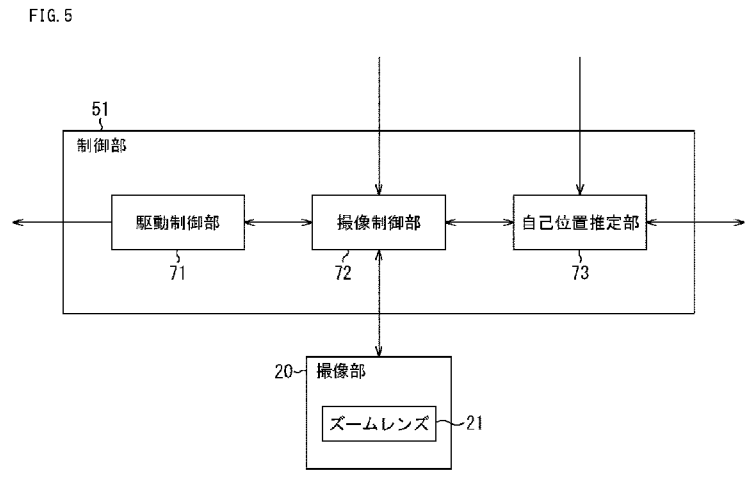


(10) 国際公開番号
WO 2020/246261 A1

- (51) 国際特許分類:
G05D 1/10 (2006.01) *G05D 1/02* (2020.01)
G01C 11/04 (2006.01) *G06T 7/70* (2017.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/020243
- (22) 国際出願日: 2020年5月22日(22.05.2020)
- (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 2019-105206 2019年6月5日(05.06.2019) JP
- (71) 出願人: 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: 山口 雄也 (YAMAGUCHI Yuya); 〒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). 徳永 誠 タニエル (TOKUNAGA Makoto Daniel); 〒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: 西川 孝, 外 (NISHIKAWA Takashi et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋3丁目9番10号 池袋FNビル4階 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: MOBILE BODY, POSITION ESTIMATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 移動体、位置推定方法、およびプログラム



20 Image-capturing unit
 21 Zoom lens
 51 Control unit
 71 Drive control unit
 72 Image-capturing control unit
 73 Localization unit

(57) Abstract: The present disclosure relates to a mobile body, a position estimation method, and a program, which enable highly precise localization. An image-capturing control unit sets a zoom parameter of an image-capturing unit that has a zoom lens, in accordance with at least one of altitude and traveling velocity of an own craft; and a localization unit estimates an own position on the basis of an image captured by the image-capturing unit of which the zoom parameter has been set. The feature according to the present disclosure is applicable to a mobile body such as a drone, for example.



WO 2020/246261 A1

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約 : 本開示は、自己位置推定の高精度化を実現することができるようにする移動体、位置推定方法、およびプログラムに関する。撮像制御部は、自機の高度および移動速度の少なくともいずれかに応じて、ズームレンズを有する撮像部のズームパラメータを設定し、自己位置推定部は、ズームパラメータが設定された撮像部により撮像された画像に基づいて、自己位置を推定する。本開示に係る技術は、例えば、ドローンなどの移動体に適用することができる。

明 細 書

発明の名称：移動体、位置推定方法、およびプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、移動体、位置推定方法、およびプログラムに関し、特に、自己位置推定の高精度化を実現することができるようにする移動体、位置推定方法、およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 近年、移動体において、カメラから得られる画像を用いて自己位置を推定するとともに、周囲の環境構造（マップ）を取得する Visual SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) と呼ばれる技術が知られている。

[0003] 例えば非特許文献1には、単眼カメラを用いたSLAM技術が開示されている。

[0004] 通常、自己位置推定を行うためには、カメラの移動前と移動後とで、カメラの画角内に共通の被写体が写っている必要がある。

先行技術文献

特許文献

[0005] 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

[0006] カメラの画角については、視野角と空間分解能（距離精度）とがトレードオフとなることが一般的に知られている。

[0007] 空中を飛行するドローンは、地上を移動する車両などと異なり、地表の近くから上空まであらゆる環境を移動することができる。そのため、ドローンにおいて自己位置推定を行う場合、被写体までの距離が遠くなることで空間

分解能（距離精度）が不足し、自己位置推定の精度が低下してしまう。

[0008] 本開示は、このような状況に鑑みてなされたものであり、自己位置推定の高精度化を実現することができるようにするものである。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示の移動体は、ズームレンズを有する撮像部と、自機の高度および移動速度の少なくともいずれかに応じて、前記撮像部のズームパラメータを設定する撮像制御部と、前記ズームパラメータが設定された前記撮像部により撮像された画像に基づいて、自己位置を推定する自己位置推定部とを備える移動体である。ズームパラメータには、ズームレンズのズーム倍率、撮像部のカメラパラメータが含まれる。

[0010] 本開示の位置推定方法は、ズームレンズを有する撮像部を備える移動体の高度および移動速度の少なくともいずれかに応じて、前記撮像部のズームパラメータを設定し、前記ズームパラメータが設定された前記撮像部により撮像された画像に基づいて、前記移動体の位置を推定する位置推定方法である。

[0011] 本開示のプログラムは、プロセッサに、ズームレンズを有する撮像部を備える移動体の高度および移動速度の少なくともいずれかに応じて、前記撮像部のズームパラメータを設定し、前記ズームパラメータが設定された前記撮像部により撮像された画像に基づいて、前記移動体の位置を推定する処理を実行させるためのプログラムである。

[0012] 本開示においては、ズームレンズを有する撮像部を備える移動体の高度および移動速度の少なくともいずれかに応じて、前記撮像部のズームパラメータが設定され、前記ズームパラメータが設定された前記撮像部により撮像された画像に基づいて、前記移動体の位置が推定される。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]移動体の外観を示す図である。

[図2]撮像部を備える移動体の構成について説明する図である。

[図3]ジンバル構造を有する撮像部の構成について説明する図である。

- [図4]移動体の構成例を示すブロック図である。
- [図5]制御部の機能構成例を示すブロック図である。
- [図6]撮像部の詳細な構成例を示すブロック図である。
- [図7]移動体の移動制御の流れについて説明するフローチャートである。
- [図8]ズーム制御処理の流れについて説明するフローチャートである。
- [図9]移動体の高度と視野角について説明する図である。
- [図10]移動体の高度と視野角について説明する図である。
- [図11]ズームレンズの駆動制御値とカメラパラメータの関係を示す図である。
- 。
- [図12]ズーム制御処理の流れについて説明するフローチャートである。
- [図13]移動体の移動速度と視野角について説明する図である。
- [図14]ズーム制御処理の流れについて説明するフローチャートである。
- [図15]ディスパリティの求め方について説明する図である。
- [図16]ズーム制御処理の流れについて説明するフローチャートである。
- [図17]オーバーラップ率について説明する図である。
- [図18]測距デバイスをさらに備える移動体の構成について説明する図である。
- 。
- [図19]自己位置推定が行われている間の処理の流れについて説明するフローチャートである。
- [図20]自己位置推定結果の統合について説明する図である。
- [図21]内部パラメータのキャリブレーションの流れについて説明するフローチャートである。
- [図22]キャリブレーション時の撮像部の姿勢を示す図である。
- [図23]外部パラメータのキャリブレーションの流れについて説明するフローチャートである。
- [図24]外部パラメータのキャリブレーションの流れについて説明するフローチャートである。
- [図25]移動体の制御システムの構成例を示す図である。

[図26]コンピュータの構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本開示を実施するための形態（以下、実施の形態という）について説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

- [0015] 1. Visual SLAMと本開示に係る技術の概要
2. 移動体の構成と移動制御
3. ズーム制御処理の流れ1（高度に応じたズームパラメータ設定）
4. ズーム制御処理の流れ2（移動速度に応じたズームパラメータ調整）
5. ズーム制御処理の流れ3（ディスパリティに応じたズームパラメータ調整）
6. ズーム制御処理の流れ4（オーバーラップ率に応じたズームパラメータ調整）
7. 測位デバイスを備える移動体の構成
8. キャリブレーションの流れ
9. 移動体の制御システムの構成

[0016] <1. Visual SLAMと本開示に係る技術の概要>

Visual SLAMは、カメラから得られる画像を用いて自己位置を推定するとともに、周囲の環境構造（マップ）を取得する技術である。

[0017] Visual SLAMにおいてステレオカメラを用いる場合、左右のステレオ画像に写った特徴点の視差から被写体までの距離と方向が推定され、それらの特徴点の時間的変動から、カメラの移動量が推定される。

[0018] Visual SLAMにおいて単眼カメラを用いる場合、単眼カメラ自身の移動量に基づいて、連続するフレーム間に写った特徴点の視差から被写体までの距離と方向が推定され、それらの特徴点の時間的変動から、カメラの移動量が推定される。

[0019] 単眼カメラを用いる場合、自身の移動量に基づいて視差を作り出す必要があるが、最初の移動量を推定するには、大きさが既知の被写体を撮像しながら移動を開始させたり、他の測距デバイスを用いて最初の移動量を決定した

りするなどの初期化が必要となる。

[0020] ステレオカメラを用いる場合であっても、単眼カメラを用いる場合であっても、自己位置推定を行うためには、カメラの移動前と移動後とで、カメラの画角内に共通の被写体が写っている必要がある。

[0021] カメラの画角については、視野角と空間分解能（距離精度）とがトレードオフとなることが一般的に知られている。

[0022] 空中を飛行するドローンは、地上を移動する車両などと異なり、地表の近くから上空まであらゆる環境を移動することができる。そのため、ドローンにおいて自己位置推定を行う場合、被写体までの距離が遠くなることで空間分解能（距離精度）が不足し、自己位置推定の精度が低下してしまう。

[0023] そこで、本開示に係る技術を適用した移動体は、高度に応じてズームレンズのズーム倍率を適切に制御することで、被写体までの距離を規定し難い環境下であっても、自己位置推定の高精度化を実現するように構成される。

[0024] <2. 移動体の構成と移動制御>

（移動体の外観）

図1は、本開示に係る技術（本技術）を適用した移動体の外観を示す図である。

[0025] 図1に示される移動体10はドローンとして構成される。移動体10は、例えば、あらかじめ設定された飛行経路に従って自律移動（自律飛行）する。移動体には、自律移動するドローンや車両、船舶、掃除機などの自律移動ロボットに加え、移動体に付属して移動する機器なども含まれる。以下においては、本開示に係る技術を、空中を飛行するドローンに適用した例について説明するが、本開示に係る技術は、ドローンの他、陸上を移動する自律走行車両、水上または水中を移動する自律航行船舶、屋内を移動する自律移動掃除機などの自律移動ロボットに適用することが可能である。

[0026] 移動体10には、自己位置推定を行うための画像を撮像する撮像部が搭載される。

[0027] 図2に示されるように、移動体10に搭載される撮像部20は、移動体1

0の機体底面に、電子駆動可能なアームCAを介して接続される。撮像部20は、アームCAの関節によって俯角方向にその光軸を制御できる機構を備えている。これにより、撮像部20の光軸は、少なくとも鉛直方向（俯角90°）から水平方向（俯角0°）の間に固定される。

[0028] 撮像部20は、ズームレンズ21を有している。詳細は後述するが、ズームレンズ21は、移動体10の高度に応じてそのズーム倍率が制御される。撮像部20は、単眼カメラで構成されてもよいしステレオカメラで構成されてもよい。

[0029] また、図3に示されるように、撮像部20は、移動体10の機体底面に、電子駆動可能なジンバルGBを介して接続されるようにしてもよい。図3の例では、ジンバルGBは3軸の回転軸を有し、撮像部20は、ジンバルGBによって俯角、方位角、および傾斜角の3方向に、その光軸を制御できる構成を備えている。ジンバルGBの回転軸は、必要に応じて、3軸のうちいずれかに制限されてもよい。

[0030] 撮像部20がジンバルGBを介して接続される構成により、移動体10の機体が傾いた場合であっても、撮像部20の姿勢を一定に保つことができる。

[0031] なお、一般的なドローンには、ジンバルを介して接続された空撮用カメラが搭載されることがある。この空撮用カメラが本技術の移動体10に搭載される場合には、撮像部20は、空撮用カメラに剛体接続されるようにしてもよい。

[0032] （移動体の構成ブロック）

図4は、移動体10の構成例を示すブロック図である。

[0033] 移動体10は、制御部51、測位センサ52、通信部53、駆動機構54、および記憶部55を備えている。

[0034] 制御部51は、CPU (Central Processing Unit) などのプロセッサやメモリなどで構成され、所定のプログラムを実行することにより、測位センサ52、通信部53、駆動機構54、および記憶部55を制御する。

- [0035] 測位センサ52は、自機（移動体10）の位置を取得可能なセンサであればよく、例えば、単焦点カメラや各種の測位デバイスなどとして構成される。また、測位センサ52は、ソナー、レーダやL i D E Rなどを含むようにして構成されてもよい。測位センサ52により収集された測位データは、例えば、移動体10の自己位置の補正に用いられる。測位センサ52は、必ずしも設けられなくともよい。
- [0036] 通信部53は、ネットワークインタフェースなどで構成され、移動体10を操縦するためのコントローラや、その他の任意の装置との間で、無線または有線による通信を行う。例えば、通信部53は、通信相手となる装置と、直接通信を行ってもよいし、W i - F i （登録商標）や4 G , 5 Gなどの基地局や中継器を介したネットワーク通信を行ってもよい。また、通信部53は、G P S （Global Positioning System）衛星から送信されてくるG P S情報を受信する。
- [0037] 駆動機構54は、移動体10を移動させるための機構である。この例では、移動体10はドローンとして構成され、駆動機構54は、飛行機構としてのモータやプロペラなどから構成される。
- [0038] 記憶部55は、フラッシュメモリなどの不揮発性メモリなどにより構成され、制御部51の制御に従い、各種の情報を記憶する。例えば、記憶部55は、V i s u a l S L A Mにより作成された環境構造（マップ）や過去に撮影した画像、画像上の特徴点の奥行き（3次元座標）を、自己位置情報と対応付けて記憶する。
- [0039] （制御部の機能構成ブロック）
図5は、制御部51の機能構成例を示すブロック図である。
- [0040] 図5に示される制御部51の機能ブロックは、制御部51を構成するプロセッサにより所定のプログラムが実行されることによって実現される。
- [0041] 制御部51は、駆動制御部71、撮像制御部72、および自己位置推定部73から構成される。
- [0042] 駆動制御部71は、駆動機構54を制御することで、移動体10の移動を

制御する。

[0043] 撮像制御部72は、ズームレンズ21を有する撮像部20を制御する。撮像部20により撮像された画像は、自己位置推定部73に供給される。

[0044] また、撮像制御部72は、移動体10の高度に応じて、撮像部20のズームパラメータを設定する。ズームパラメータは、ズームレンズ21のズーム倍率と、撮像部20のカメラパラメータを含むものとする。移動体10の高度は、自己位置推定部73の自己位置推定結果から取得されてもよいし、測位センサ52からの測位データから取得されてもよい。

[0045] 自己位置推定部73は、撮像部20からの画像に基づいて、Visual SLAMにより自己位置を推定する。また、自己位置推定部73は、通信部53により受信されたGPS情報に基づいて、自己位置を推定してもよい。推定された自己位置を示す自己位置情報は、Visual SLAMにより作成された環境構造（マップ）や過去に撮影した画像、画像上の特徴点の奥行き（3次元座標）と対応付けられて、記憶部55に記憶される。

[0046] （撮像部の構成ブロック）

図6は、撮像部20の詳細な構成例を示すブロック図である。

[0047] 図6に示される撮像部20は、ズームレンズ21に加え、イメージセンサ91、画像処理部92、およびズームレンズ制御部93を備えている。

[0048] イメージセンサ91は、例えばCMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサで構成される。イメージセンサ91は、ズームレンズ21を介して入射された被写体からの入射光（像光）を取り込み、撮像面上に結像された入射光の光量を電気信号に変換し、画像信号として画像処理部92に出力する。

[0049] 画像処理部92は、イメージセンサ91からの画像信号に対して、欠陥補正、収差補正、ノイズリダクションなどの画像補正処理を施す。さらに、画像処理部92は、ズームレンズ制御部93を制御することで、露光制御を行うためのAE（Automatic Exposure）処理や、ズームレンズ21のフォーカスを制御するためのコントラストAF処理を行う。

[0050] ズームレンズ制御部 93 は、撮像制御部 72 によって設定されたズームパラメータに基づいて、ズームレンズ 21 を制御する。

[0051] 具体的には、ズームレンズ制御部 93 は、ズームパラメータのうちのズーム倍率を、ズームレンズ 21 の駆動制御値に変換することで、ズームレンズ 21 を駆動するサーボを制御する。すなわち、ズームパラメータには、ズームレンズ 21 の駆動制御値が含まれるということもできる。

[0052] なお、ズームパラメータのうちのカメラパラメータは、画像処理部 92 が備える収差補正回路にも供給され、ズーム倍率に対応した収差補正が行われる。すなわち、ズーム倍率は、カメラパラメータによって所望の倍率に設定されということもできる。

[0053] (移動制御の流れ)

図 7 は、移動体 10 の移動制御の流れについて説明するフローチャートである。

[0054] ステップ S11 において、駆動制御部 71 は、駆動機構 54 を制御することで、移動体 10 の離陸、すなわち移動（飛行）の開始を制御する。

[0055] ステップ S12 において、撮像制御部 72 は、撮像部 20 のズームパラメータを設定するズーム制御処理を行う。

[0056] ステップ S13 において、駆動制御部 71 は、駆動機構 54 を制御することで、移動体 10 の着陸、すなわち移動（飛行）の終了を制御する。

[0057] なお、自己位置推定部 73 は、常に、ズームパラメータが設定された撮像部 20 により撮像された画像に基づいて、Visual SLAM により自己位置を推定する自己位置推定処理を行っている。

[0058] 以上のようにして、移動体 10 は、空中を飛行しながら自己位置推定を行う。

[0059] 以下では、ステップ S12 のズーム制御処理の流れについて説明する。

[0060] <3. ズーム制御処理の流れ 1 >

図 8 は、高度に応じてズームパラメータを設定するズーム制御処理について説明するフローチャートである。

- [0061] ステップS 3 1において、撮像制御部7 2は、移動体1 0の高度に応じて、ズームパラメータを設定する。ズームパラメータは、ズームレンズ2 1のズーム倍率（ひいては、焦点距離や画角、ワイド端／テレ端）を決めるパラメータとされる。記憶部5 5には、高度に対応するズームパラメータの値が配列されたL U T（Lookup table）が記憶されており、撮像制御部7 2は、そのL U Tを参照することで、高度に応じたズームパラメータを設定する。
- [0062] 例えば、図9に示されるように、移動体1 0が高高度H 1を飛行する場合には、視野角が、面積Dの地表面が撮像される視野角 $\theta 1$ となるように、ズームパラメータが設定される。
- [0063] 一方、図1 0に示されるように、移動体1 0が低高度H 2を飛行する場合には、視野角が、図9と同じ面積Dの地表面が撮像される視野角 $\theta 2$ （ $\theta 2 > \theta 1$ ）となるように、ズームパラメータが設定される。
- [0064] このように、撮像制御部7 2は、移動体1 0の高度が高いほど視野角が小さくなるように、ズームパラメータを設定する。
- [0065] 移動体1 0の高度は、自己位置推定部7 3による自己位置推定結果に基づいて判定されてもよいし、測位センサ5 2により収集された測位データに基づいて判定されてもよい。
- [0066] ステップS 3 2において、撮像制御部7 2は、ズームレンズ2 1を制御することで、ズームパラメータが設定された値となるように、ズームパラメータを変化させる。
- [0067] ステップS 3 3において、撮像制御部7 2は、移動体1 0の高度が所定の高度になったか否かを判定する。所定の高度は、天候や風速といった気象条件などを鑑みて自動で設定された高度であってもよいし、あらかじめ設定された経路計画によって決められた高度であってもよい。
- [0068] ステップS 3 3において、移動体1 0の高度が所定の高度になったと判定されるまで、ステップS 3 1， S 3 2の処理、すなわち、高度に応じたズームパラメータの設定と、その値の制御が繰り返される。そして、ステップS 3 3において、移動体1 0の高度が所定の高度になったと判定されると、ス

ステップS34に進む。

[0069] ステップS34において、自己位置推定部73は、測位センサ52により収集された測位データに基づいて、推定した自己位置を補正する。

[0070] 例えば、自己位置推定部73は、画像と位置情報のペアをマップとして記憶部55にあらかじめ登録しておき、撮像部20により撮像された画像と似た画像に対応する位置情報を用いることで、自己位置を補正する。さらに、画像と位置情報のペアだけでなく、画像に写る特徴点の奥行き（3次元情報）を登録しておくようにしてもよい。この場合、自己位置推定部73は、登録されている画像と、現在撮影されている画像との間の対応関係（移動量）を導出し、その移動量と、登録されている位置情報を用いることで、より高精度に自己位置を補正することもできる。

[0071] また、自己位置推定部73は、通信部53により受信されたGPS情報を用いて、自己位置を補正してもよい。さらに、自己位置推定部73は、管制塔などの外部のサーバに、移動体10の機体IDや撮影されている画像を送信し、自機の位置の問い合わせを行うことで、自己位置を求めてもよい。

[0072] ステップS35において、撮像制御部72は、ズームパラメータを固定する。これにより、ズームレンズ21のズーム倍率が、適切なズーム倍率に設定される。

[0073] 以上の処理によれば、移動体10の高度に応じてズーム倍率が制御されることで、視野角と空間分解能のトレードオフが解消される。したがって、被写体までの距離を規定し難い環境下であっても、自己位置推定の高精度化を実現することが可能となる。

[0074] 例えば、単焦点カメラのみを搭載したドローンでは、高々10mから15m上空での自己位置すら推定できなかったが、本技術を適用したドローンでは、100mから200m上空での自己位置を推定することも可能となる。

[0075] （ズームパラメータの詳細）

ズームレンズ21のズーム倍率は、ズームレンズ21を駆動するサーボの駆動制御値を調整し、撮像部20のカメラパラメータを変化させることで所

望の倍率に設定される。

[0076] 撮像部20のカメラパラメータには、ズームレンズ21の光学中心、焦点距離、さらには歪み係数を含む内部パラメータと、移動体10本体と撮像部20との間の並進、回転を含む外部パラメータが含まれる。さらに、撮像部20がステレオカメラで構成される場合、撮像部20のカメラパラメータには、左右のカメラ間の並進、回転を含む外部パラメータが含まれる。

[0077] ズームレンズ21のレンズ鏡筒部の機械的なガタや、ズーム機構制御に係るシステム遅延などにより、ズームレンズ21制御中のズーム倍率を画像に同期して正確に設定することは難しい。そのため、工場などにおけるキャリブレーションによって、図11に示されるような、ズームレンズ21の駆動制御値とカメラパラメータとの対応関係を、あらかじめ取得しておく必要がある。

[0078] 上述したズーム制御処理においては、図11に示されるような対応関係に基づいて、ズームレンズ21制御中においても所望のズーム倍率の画像が得られるように、ズームレンズ21の駆動制御値が変化させられる。

[0079] このとき、ズームレンズ21の駆動制御値を高速に変化させると、被写体に動きボケが発生する可能性がある。そこで、被写体に動きボケが発生しない程度の速度で、ズームレンズ21の駆動制御値を変化させることが望ましい。

[0080] また、ズームレンズ21の駆動制御値とカメラパラメータとの対応関係において、調整可能なズームレンズ21の駆動制御値の全てに対応するカメラパラメータを取得することは容易ではない。そこで、限定された数のズームレンズ21の駆動制御値に対応するカメラパラメータを取得し、取得されたカメラパラメータ間の値は補間により求めるようにしてもよい。

[0081] 撮像部20のカメラパラメータは、自己位置推定に用いられる。

[0082] 具体的には、自己位置推定を行う際、前処理として歪み補正などを行う必要がある。そのため、自己位置推定を行う際には、設定されたズームレンズ21の駆動制御値に対応する内部パラメータ（歪み係数）に基づいて、歪み

補正が行われる。

[0083] また、Visual SLAMにおいては、画像上の3次元座標と2次元座標の関係から撮像部20の位置姿勢が求められる。

[0084] 3次元座標は、基準フレーム $f(t)$ において、視差から求められた奥行き、特徴点の2次元座標を、内部パラメータ（ズームレンズ21の光学中心、焦点距離）を用いて逆投影することで求められる。2次元座標は、現在フレーム $f(t+1)$ において、基準フレーム $f(t)$ と対応する特徴点を検出することで求められる。

[0085] このように、内部パラメータは、Visual SLAMにおいて3次元座標を求める際にも用いられる。

[0086] また、移動体10本体と撮像部20との間の外部パラメータは、特に、移動体10が、撮像部20に加えて測位デバイスが搭載される構成を採る場合の自己位置推定に用いられる。測位デバイスが搭載される移動体10の構成については後述する。

[0087] <4. ズーム制御処理の流れ2>

ところで、上述したズーム制御処理では、高度に応じてズームパラメータが設定されるものとしたが、さらに、移動体10の移動速度に応じてズームパラメータが調整されてもよい。

[0088] 図12は、移動速度に応じてズームパラメータを調整するズーム制御処理について説明するフローチャートである。

[0089] なお、図12のフローチャートのステップS41乃至S43、S45、S46の処理は、図8のフローチャートのステップS31乃至S35の処理とそれぞれ同様であるので、その説明は省略する。

[0090] すなわち、ステップS43において、移動体10の高度が所定の高度になったと判定されると、ステップS44において、撮像制御部72は、ズームレンズ21を制御することで、移動速度に応じてズームパラメータを調整する。ここでの移動速度は、天候や風速といった気象条件などを鑑みて自動で設定された最高速度、または、あらかじめ設定された経路計画によって決め

られた最高速度とされる。

- [0091] 例えば、図13のAに示されるように、移動体10が、地表面に平行な方向に比較的高い移動速度 v_1 で移動する場合には、視野角が大きくなるようにズームパラメータが調整される。これにより、時刻 $t-1$ におけるフレーム I_{t-1} の被写体と、時刻 t におけるフレーム I_t の被写体に重なる部分ができる。
- [0092] 一方、図13のBに示されるように、移動体10が、地表面に平行な方向に比較的低い移動速度 v_2 で移動する場合には、視野角が小さくなるようにズームパラメータが調整される。このように、移動速度がさほど高くない場合には、視野角が小さくても、時刻 $t-1$ におけるフレーム I_{t-1} の被写体と、時刻 t におけるフレーム I_t の被写体に重なる部分ができる。
- [0093] このように、撮像制御部72は、移動体10の移動速度が高いほど視野角が大きくなるように、ズームパラメータを調整する。
- [0094] これにより、移動体10が高速移動する場合であっても、フレーム間で被写体を追従することができるので、自己位置推定の精度を保つことが可能となる。
- [0095] 図11の処理においては、移動体10の最高速度に応じてズームパラメータが調整されるものとしたが、移動体10の移動中に実際の移動速度が検出され、その移動速度に応じて適応的にズームパラメータが調整されてもよい。
- [0096] なお、移動体10が速度を上げて移動する際、移動体10の機体が傾くことがある。撮像部20がジンバルGBを介して接続されている場合には、ジンバルGBを駆動することで、移動体10の機体の傾きをキャンセルし、撮像部20が地表面に対して一定の向きを保つように、撮像部20の位置姿勢が制御されてもよい。
- [0097] また、図11の処理では、移動体10の高度と移動速度の両方に応じてズームパラメータが調整されるものとしたが、移動体10の高度と移動速度のいずれか一方に応じてズームパラメータが調整されてもよい。

[0098] <5. ズーム制御処理の流れ3>

撮像部20により撮像された画像のディスパリティに応じて、ズームパラメータが調整されてもよい。

[0099] 図14は、画像のディスパリティに応じてズームパラメータを調整するズーム制御処理について説明するフローチャートである。

[0100] なお、図14のフローチャートのステップS51乃至S53, S56, S57の処理は、図8のフローチャートのステップS31乃至S35の処理とそれぞれ同様であるので、その説明は省略する。

[0101] すなわち、ステップS54において、撮像制御部72は、撮像部20により撮像された画像上の特徴点についてのディスパリティの指標値が、所定の範囲内の値であるか否かを判定する。

[0102] Visual SLAMにおいては、画像上の特徴点の奥行き（デプス）を精度良く求めることが重要であるが、特徴点についてのディスパリティとデプス分解能とは相関がある。

[0103] 具体的には、ズームレンズが広角になるほど、遠方にある特徴点のディスパリティが小さくなり、デプス分解能が低くなる。例えば、例えばディスパリティが0.5pix以下になると、デプスが画像のノイズに埋もれ、正確な測位ができなくなってしまう。

[0104] 一方、ディスパリティが大きくなると、特徴点の一致探索を行う処理コストが高くなってしまう。

[0105] そこで、まず、撮像制御部72は、画像全体の特徴点のディスパリティを求める。

[0106] 撮像部20が単眼カメラで構成される場合、図15のAに示されるように、時刻 $t-1$ におけるフレーム I_{t-1} における特徴点に対応する点を、時刻 t におけるフレーム I_t におけるエピポーラ線上で探索することで、特徴点のディスパリティが求められる。

[0107] 撮像部20がステレオカメラで構成される場合、図15のBに示されるように、ステレオ画像のうちの右眼画像 I_{right} における特徴点に対応する点を

、左眼画像 I_{left} におけるエピポーラ線上で探索することで、特徴点のディスパリティが求められる。

[0108] そして、撮像制御部 72 は、画像全体の特徴点のディスパリティの平均値が所定の範囲内の値であるか否かを判定する。

[0109] 画像全体の特徴点のディスパリティの平均値が所定の範囲内の値であると判定されなかった場合、ステップ S 55 に進み、撮像制御部 72 は、画像全体の特徴点のディスパリティの平均値が所定の範囲内の値に収まるように、ズームパラメータ（視野角）を調整する。その後、ステップ S 54 に戻り、画像全体の特徴点のディスパリティの平均値が所定の範囲内の値であると判定されるまで、ステップ S 55 は繰り返される。

[0110] なお、画像全体の特徴点のディスパリティの平均値に限らず、画像全体の特徴点のディスパリティの代表値が所定の範囲内の値に収まるように、視野角が制御されてもよい。また、ディスパリティの代表値は、画像において安定的に検出された特徴点のディスパリティであってもよいし、画面中央部の領域の特徴点のディスパリティであってもよい。さらに、画像の各特徴点に対して重みを付け、その重み付き平均を算出することにより、ディスパリティの代表値が求められてもよい。

[0111] そして、画像全体の特徴点のディスパリティの平均値が所定の範囲内の値であると判定されると、ステップ S 55 はスキップされ、ステップ S 56 に進む。

[0112] このように、撮像制御部 72 は、撮像部 20 により撮像された画像上の特徴点についてのディスパリティの指標値に応じて、ズームパラメータをさらに調整する。

[0113] これにより、画像上の特徴点のデプスを精度良く求めることができるので、自己位置推定の精度を保つことが可能となる。

[0114] なお、図 13 の処理においては、移動体 10 の高度変化後にディスパリティの指標値に基づいてズームパラメータが調整されるものとしたが、移動体 10 の移動中に求められたディスパリティの指標値に応じて適応的にズーム

パラメータが調整されてもよい。もちろん、移動体 10 の高度のみではなく、高度と移動速度の少なくともいずれかに応じてズームパラメータが調整された後に、ディスパリティの指標値に基づいてズームパラメータが調整されてもよい。

[0115] <6. ズーム制御処理の流れ4>

撮像部 20 により撮像された画像のフレーム間のオーバーラップ率に応じて、ズームパラメータが調整されてもよい。

[0116] 図 16 は、画像のフレーム間のオーバーラップ率に応じてズームパラメータを調整するズーム制御処理について説明するフローチャートである。

[0117] なお、図 16 のフローチャートのステップ S 61 乃至 S 63, S 66, S 67 の処理は、図 8 のフローチャートのステップ S 31 乃至 S 35 の処理とそれぞれ同様であるので、その説明は省略する。

[0118] すなわち、ステップ S 64 において、撮像制御部 72 は、撮像部 20 により撮像された画像のフレーム間のオーバーラップ率が、所定の閾値以下であるか否かを判定する。

[0119] 具体的には、まず、図 17 に示されるように、時刻 $t-1$ におけるフレーム I_{t-1} と、時刻 t におけるフレーム I_t との間のマッチングが行われる。

[0120] ここで、 $R(I_{t-1})$ を、フレーム I_{t-1} 上の特徴的なテクスチャ領域の画素数とし、 $R(I_t)$ を、フレーム I_t 上の特徴的なテクスチャ領域の画素数とすると、オーバーラップ率 OLR は、以下の式 (1) で表される。

[0121] [数1]

$$OLR = \frac{(R(I_{t-1}) \cap R(I_t))}{(R(I_{t-1}))} \dots (1)$$

[0122] 式 (1) における分母は、フレーム I_{t-1} 上のテクスチャ領域の画素数であり、式 (1) における分子は、図 17 中、フレーム I_{t-1} とフレーム I_t との間のマッチングにより一致したテクスチャ領域 100 の画素数である。

[0123] なお、オーバーラップ率 OLR は、フレーム I_{t-1} とフレーム I_t との間で

マッチングしたテクスチャ領域の画素数を用いて表される以外にも、フレーム I_{t-1} とフレーム I_t との間でマッチングした特徴点の数を用いて表されてもよい。

[0124] このようにして求められたオーバーラップ率が、所定の閾値以下であると判定された場合、ステップ S 6 5 に進み、撮像制御部 7 2 は、視野角が大きくなるように、ズームパラメータを調整する。その後、ステップ S 6 4 に戻り、オーバーラップ率が所定の閾値以下でないと判定されるまで、ステップ S 6 5 は繰り返される。

[0125] そして、オーバーラップ率が、所定の閾値以下でないと判定されると、ステップ S 6 5 はスキップされ、ステップ S 6 6 に進む。

[0126] このように、撮像制御部 7 2 は、撮像部 2 0 により撮像された画像のフレーム間のオーバーラップ率に応じて、ズームパラメータをさらに調整する。

[0127] これにより、フレーム間で共通の被写体を追従することができるので、自己位置推定の精度を保つことが可能となる。

[0128] なお、図 1 5 の処理においては、移動体 1 0 の高度変化後にオーバーラップ率に基づいてズームパラメータが調整されるものとしたが、移動体 1 0 の移動中に求められたオーバーラップ率に応じて適応的にズームパラメータが調整されてもよい。もちろん、移動体 1 0 の高度のみではなく、高度と移動速度の少なくともいずれかに応じてズームパラメータが調整された後に、オーバーラップ率に基づいてズームパラメータが調整されてもよい。

[0129] < 7. 測位デバイスを備える移動体の構成 >

図 1 8 に示されるように、移動体 1 0 には、撮像部 2 0 に加えて、測位デバイス 1 2 0 が搭載されてもよい。

[0130] 測位デバイス 1 2 0 は、図 4 の測位センサ 5 2 に対応し、例えば、単焦点カメラ、R T K (Real Time Kinematic) 測位デバイス、G P S 測位デバイス、I M U (Inertial Measurement Unit) などのデバイスのいずれか、または、これらの組み合わせにより構成される。

[0131] ズームレンズ 2 1 を有する撮像部 2 0 とは別に、測位デバイス 1 2 0 が設

けられることで、移動体10の離陸時および着陸時、高度変化に伴うズームパラメータの制御時にも、高精度な自己位置推定を行うことが可能となる。

[0132] (自己位置推定が行われている間の処理の流れ)

ここで、図19のフローチャートを参照して、測位デバイス120を備える移動体10において自己位置推定が行われている間の処理の流れについて説明する。

[0133] ステップS71においては、撮像制御部72によるズーム制御処理が開始されたか否かが判定される。

[0134] ズーム制御処理が開始されたと判定されるまで、処理は進まず、ズーム制御処理が開始されたと判定されると、ステップS72に進む。

[0135] ステップS72において、自己位置推定部73は、撮像部20により撮像された画像であるズームカメラ画像を用いた自己位置推定の信頼度を下げる。

[0136] その後、ステップS73においては、撮像制御部72によるズーム制御処理が終了したか否かが判定される。

[0137] ズーム制御処理が終了されたと判定されるまで、ステップS73は繰り返される。すなわち、ズーム制御処理が終了し、ズームパラメータが固定されるまで、ズームカメラ画像を用いた自己位置推定の信頼度を下げた状態で、自己位置推定が行われる。

[0138] そして、ズーム制御処理が終了したと判定されると、ステップS75に進む。

[0139] ステップS74において、自己位置推定部73は、ズームカメラ画像を用いた自己位置推定の信頼度を元に戻す。

[0140] 以上の処理によれば、ズームパラメータが変化している最中は、ズームカメラ画像を用いた自己位置推定の信頼度を下げた状態で自己位置推定が行われるので、移動体10の高度が変化している間も、自己位置推定を精度良く行うことが可能となる。

[0141] (自己位置推定結果の統合)

図19の処理において、測位デバイス120が複数のデバイスから構成される場合、それぞれのデバイスの出力データを用いた自己位置推定結果を統合するようにしてもよい。

[0142] 図20は、複数のデバイスの出力データを用いた自己位置推定結果の統合について説明する図である。

[0143] 図20のAは、イメージセンサ（単焦点カメラ）からの画像を用いたVisual SLAMの結果と、IMUからの加速度・角速度に基づいてINS（Inertial Navigation System）により算出された位置・速度を統合する構成を示している。

[0144] 図20のAにおいては、Visual SLAMの結果である相対位置と、INSにより算出された位置・速度が、統合フィルタにより統合されることで、自己位置が推定される。統合フィルタには、例えばカルマンフィルタを用いることができる。

[0145] 図20のBは、2つのイメージセンサからの画像を用いたVisual SLAMの結果それぞれと、IMUからの加速度・角速度に基づいてINSにより算出された位置・速度を統合する構成を示している。

[0146] 図20のBにおいても、Visual SLAMの結果である相対位置それぞれと、INSにより算出された位置・速度が、統合フィルタにより統合されることで、自己位置が推定される。

[0147] 図20のCは、イメージセンサからの画像を用いたVisual SLAMの結果と、GPSセンサや高度計により測定された位置や高度を統合する構成を示している。

[0148] 図20のCにおいては、Visual SLAMの結果である相対位置と、GPSセンサや高度計により測定された位置や高度が、統合フィルタにより統合されることで、自己位置が推定される。

[0149] このようにして、複数のデバイスの出力データを用いた自己位置推定結果が統合されることで、自己位置が推定されてもよい。

[0150] また、撮像部20により撮像された画像を用いた（信頼度の低い）自己位

置推定結果と、測位デバイス 120 の出力データを用いた自己位置推定結果が統合されてもよい。

[0151] <8. キャリブレーションの流れ>

ズームレンズを備えるカメラにおいては、正確なズーム倍率の画像を得るためには、カメラパラメータのキャリブレーションが必要となる。内部パラメータと外部パラメータのキャリブレーションは、例えば、非特許文献の “A flexible new technique for camera calibration” に開示されている技術を用いて行うことができる。

[0152] 以下においては、移動体 10 に搭載された撮像部 20 のカメラパラメータのキャリブレーションの流れについて説明する。

[0153] (内部パラメータのキャリブレーション)

図 21 は、内部パラメータのキャリブレーションの流れについて説明するフローチャートである。図 21 の処理は、例えば、飛行中の移動体 10 が、あらかじめ決められた目的地の上空に到達した時に実行される。目的地の地表面には、例えば既知の様子が描かれた被写体（キャリブレーションボードなど）が配置されている。

[0154] 飛行中の移動体 10 が目的地の上空に到達すると、ステップ S81 において、駆動制御部 71 は、駆動機構 54 を制御することで、移動体 10 の下降を制御する。

[0155] このとき、図 22 に示されるように、撮像部 20 のズームレンズ 21 の光軸が鉛直方向（俯角 90° ）に固定されるように、アーム CA により撮像部 20 の姿勢が制御される。

[0156] ステップ S82 において、撮像制御部 72 は、ズームレンズ 21 を制御することで、ズーム倍率を、キャリブレーションを行いたいズーム倍率に変更する。

[0157] さらに、ステップ S83 において、撮像制御部 72 は、撮像部 20 を制御することで、地上の被写体を撮像する。

[0158] ステップ S84 においては、被写体が所定の位置・大きさに写るか否かが

判定される。

[0159] ステップS 8 4において、被写体が所定の位置・大きさに写ると判定されると、ステップS 8 5に進む。

[0160] ステップS 8 5においては、撮像部 2 0が、地上の被写体を所定回数撮像したか否かが判定される。

[0161] 一方、ステップS 8 4において、被写体が所定の位置・大きさに写らないと判定されるか、ステップS 8 5において、撮像部 2 0が所定回数撮像していないと判定された場合、ステップS 8 6に進み、撮影位置が調整される。

[0162] 例えば、被写体が所定の位置・大きさに写らない場合には、被写体が所定の位置・大きさに写るように、移動体 1 0の高度が変更される。

[0163] また例えば、撮像部 2 0が被写体を所定回数撮像していない場合には、移動体 1 0や撮像部 2 0の位置や姿勢が上下左右に変化されてもよい。

[0164] このようにして、被写体が所定の位置・大きさに写るようにして、撮像部 2 0により所定回数撮像されると、ステップS 8 6に進む。

[0165] ステップS 8 6において、撮像制御部 7 2は、所定回数の撮像により得られた複数枚の画像を用いて、内部パラメータのキャリブレーションを行う。

[0166] 以上の処理が、キャリブレーションを行いたいズーム倍率について実行される。したがって、キャリブレーションを行いたいズーム倍率が複数ある場合には、図 2 1の処理が、それぞれのズーム倍率について繰り返し実行される。

[0167] なお、図 2 1の処理は、飛行中の移動体 1 0が、あらかじめ決められた目的地の上空に到達した時に実行されるものとしたが、出発地の地表面に被写体を配置することで、移動体 1 0が、出発地を離陸する時に実行されてもよい。

[0168] (移動体本体と撮像部との間の外部パラメータのキャリブレーション)

図 2 3は、移動体 1 0本体と撮像部 2 0との間の外部パラメータのキャリブレーションの流れについて説明するフローチャートである。図 2 3の処理は、図 1 8を参照して説明した、測位デバイス 1 2 0を備える移動体 1 0が

、例えば離陸地点（出発地）または着陸地点（目的地）の上空を移動している状態で実行される。

[0169] また、図23の処理は、図21の内部パラメータのキャリブレーションと並行して実行されてもよいし、図21の内部パラメータのキャリブレーションとは別個に実行されてもよい。

[0170] なお、図23のステップS91乃至S96における処理は、図21のステップS81乃至S86における処理と基本的には同様であるので、その説明は省略する。

[0171] 撮像部20のズームレンズ21の光軸は鉛直方向（俯角 90° ）に固定されてもよいし、任意の方向に固定されてもよい。

[0172] 外部パラメータには、ズームレンズ21を含む撮像部20内部での光軸のずれと、アームCAの傾きのずれが含まれる。アームCAの傾きのずれが小さい場合には、アームCAによりズームレンズ21の光軸を鉛直方向（俯角 90° ）に固定し、経年劣化による撮像部20内部での光軸のずれのみのキャリブレーションを実行することができる。

[0173] すなわち、ステップS97において、撮像制御部72は、撮像部20により撮像されたズームカメラ画像と、測位デバイス120を構成する単焦点カメラにより撮像された単焦点カメラ画像とで共通する特徴点を用いて、外部パラメータのキャリブレーションを行う。

[0174] 外部パラメータのキャリブレーションは、図24に示されるフローチャートに従って行われてもよい。

[0175] 図24の処理もまた、測位デバイス120を備える移動体10が、離陸地点または着陸地点の上空を移動している状態で実行される。

[0176] ステップS101において、駆動制御部71は、駆動機構54を制御することで、あらかじめ登録された経路を移動する（外部パラメータのキャリブレーションを実行するために最適な動きをする）ように、移動体10の移動を制御する。

[0177] ステップS102において、自己位置推定部73は、撮像部20により撮

像されたズームカメラ画像を用いた自己位置推定を行う。

[0178] これと並行して、ステップS103において、自己位置推定部73は、測位デバイス120を構成する単焦点カメラにより撮像された単焦点カメラ画像を用いた自己位置推定を行う。

[0179] そして、ステップS104において、撮像制御部72は、ズームカメラ画像を用いた自己位置推定結果と、単焦点カメラ画像を用いた自己位置推定結果が一致するように、外部パラメータのキャリブレーションを行う。具体的には、撮像制御部72は、外部パラメータを変数とするような最適化問題を解くことにより、外部パラメータのキャリブレーションを行う。

[0180] なお、図3に示されるように、撮像部20が、ジンバルGBを介して移動体10と接続されている場合、撮像部20の姿勢は一定に保たれるため、ズームレンズ21と単焦点カメラ（測位デバイス120）との相対的な位置関係は一定に保たれない。この場合、移動体10の細かな姿勢変化については単焦点カメラで行われるものとし、その姿勢から随時撮像部20との相対的な姿勢が求められるようにする。

[0181] 特に、外部パラメータは、撮像部20により撮像されたズームカメラ画像を用いた自己位置推定結果と、単焦点カメラにより撮像された単焦点カメラ画像を用いた自己位置推定結果を統合した統合結果に影響を及ぼす。

[0182] 具体的には、撮像部20においてズームレンズ21のズーム倍率を変化させた場合、その光軸に、例えば0.01°などの微妙なずれが生じる可能性がある。この状態で、ズームカメラ画像を用いた自己位置推定結果と、単焦点カメラを用いた自己位置推定結果を統合した場合、例えば0.01°ずつ、推定された撮像部20の位置姿勢がずれてしまう。

[0183] これに対して、本技術の移動体10においては、外部パラメータのキャリブレーションが行われるので、カメラパラメータに変化が生じた場合でも、定期的にそのメンテナンスを行うことができ、高精度な自己位置推定を行う状態を維持することが可能となる。

[0184] <9. 移動体の制御システムの構成>

以上においては、移動体10の制御部51が、撮像部20のズームパラメータを制御し、自己位置推定を行うものとした。これに限らず、移動体10を制御する外部のコンピュータが、撮像部20のズームパラメータを制御し、移動体10の位置推定を行うようにしてもよい。

[0185] 図25は、移動体10の制御システムの構成例を示す図である。

[0186] 図25において、移動体10は、移動体10を操縦するためのコントローラ210や携帯端末220と無線通信を行う。

[0187] コントローラ210や携帯端末220は、制御部51と同様の機能を有する制御部を備えており、移動体10の高度および移動速度の少なくともいずれかに応じて、撮像部20のズームパラメータを設定したり、撮像部20からの画像に基づいて自己位置を推定したりする。

[0188] 図25は、コンピュータのハードウェアの構成例を示すブロック図である。

[0189] 上述したコントローラ210や携帯端末220は、図25に示す構成を有するコンピュータにより実現される。

[0190] CPU1001、ROM1002、RAM1003は、バス1004により相互に接続されている。

[0191] バス1004には、さらに、入出インタフェース1005が接続されている。入出インタフェース1005には、キーボード、マウスなどよりなる入力部1006、ディスプレイ、スピーカなどよりなる出力部1007が接続される。また、入出インタフェース1005には、ハードディスクや不揮発性のメモリなどよりなる記憶部1008、ネットワークインタフェースなどよりなる通信部1009、リムーバブルメディア1011を駆動するドライブ310が接続される。

[0192] 以上のように構成されるコンピュータでは、CPU1001が、例えば、記憶部1008に記憶されているプログラムを入出インタフェース1005およびバス1004を介してRAM1003にロードして実行することにより、上述した一連の処理が行われる。

[0193] CPU 1001が実行するプログラムは、例えばリムーバブルメディア311に記録して、あるいは、ローカルエリアネットワーク、インターネット、デジタル放送といった、有線または無線の伝送媒体を介して提供され、記憶部1008にインストールされる。

[0194] なお、コンピュータが実行するプログラムは、本明細書で説明する順序に沿って時系列に処理が行われるプログラムであっても良いし、並列に、あるいは呼び出しが行われたときなどの必要なタイミングで処理が行われるプログラムであっても良い。

[0195] なお、本開示に係る技術の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本開示に係る技術の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

[0196] また、本明細書に記載された効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、他の効果があってもよい。

[0197] さらに、本開示に係る技術は以下のような構成をとることができる。

(1)

ズームレンズを有する撮像部と、

自機の高度および移動速度の少なくともいずれかに応じて、前記撮像部のズームパラメータを設定する撮像制御部と、

前記ズームパラメータが設定された前記撮像部により撮像された画像に基づいて、自己位置を推定する自己位置推定部と

を備える移動体。

(2)

前記撮像制御部は、前記自機の高度が高いほど視野角が小さくなるように、前記ズームパラメータを変化させる

(1)に記載の移動体。

(3)

前記撮像制御部は、前記自機の移動速度が高いほど視野角が大きくなるように、前記ズームパラメータを調整する

(1)に記載の移動体。

(4)

前記撮像制御部は、前記撮像部により撮像された前記画像上の特徴点についてのディスパリティの指標値に応じて、前記ズームパラメータを調整する

(1)乃至(3)のいずれかに記載の移動体。

(5)

前記撮像制御部は、複数の前記特徴点についての前記ディスパリティの平均値が一定の範囲内の値となるように、前記ズームパラメータを調整する

(4)に記載の移動体。

(6)

前記撮像制御部は、複数の前記特徴点についての前記ディスパリティの代表値が一定の範囲内の値となるように、前記ズームパラメータを調整する

(4)に記載の移動体。

(7)

前記撮像部は、単眼カメラで構成され、

前記撮像制御部は、異なるフレーム間の前記指標値に応じて、前記ズームパラメータを調整する

(4)乃至(6)のいずれかに記載の移動体。

(8)

前記撮像部は、ステレオカメラで構成され、

前記撮像制御部は、ステレオ画像間の前記指標値に応じて、前記ズームパラメータを調整する

(4)乃至(6)のいずれかに記載の移動体。

(9)

前記撮像制御部は、前記撮像部により撮像された前記画像のフレーム間のオーバーラップ率に応じて、前記ズームパラメータを調整する

(1)乃至(3)のいずれかに記載の移動体。

(10)

前記撮像制御部は、前記オーバーラップ率が所定の閾値以下である場合、視野角が大きくなるように、前記ズームパラメータを調整する

(9)に記載の移動体。

(11)

前記オーバーラップ率は、前記フレーム間でマッチングしたテクスチャ領域の画素数を用いて表される

(9)または(10)に記載の移動体。

(12)

前記オーバーラップ率は、前記フレーム間でマッチングした特徴点の数を用いて表される

(9)または(10)に記載の移動体。

(13)

前記撮像部とは異なる測位デバイスをさらに備え、

前記自己位置推定部は、前記ズームパラメータが変化している最中、前記測位デバイスによる測位結果を用いて、前記自己位置を推定する

(1)乃至(12)のいずれかに記載の移動体。

(14)

前記自己位置推定部は、複数の前記測位デバイスによる前記測位結果を用いた自己位置推定結果を統合することで、前記自己位置を推定する

(13)に記載の移動体。

(15)

前記ズームパラメータは、前記ズームレンズの駆動制御値を含む

(1)乃至(14)に記載の移動体。

(16)

前記ズームパラメータは、前記撮像部の内部パラメータおよび外部パラメータを含む

(1)乃至(15)に記載の移動体。

(17)

前記内部パラメータは、前記ズームレンズの歪み係数を含む

(16)に記載の移動体。

(18)

ズームレンズを有する撮像部を備える移動体の高度および移動速度の少なくともいずれかに応じて、前記撮像部のズームパラメータを設定し、

前記ズームパラメータが設定された前記撮像部により撮像された画像に基づいて、前記移動体の位置を推定する

位置推定方法。

(19)

プロセッサに、

ズームレンズを有する撮像部を備える移動体の高度および移動速度の少なくともいずれかに応じて、前記撮像部のズームパラメータを設定し、

前記ズームパラメータが設定された前記撮像部により撮像された画像に基づいて、前記移動体の位置を推定する

処理を実行させるためのプログラム。

符号の説明

[0198] 10 移動体, 20 撮像部, 21 ズームレンズ, 51 制御部,
52 測位センサ, 53 通信部, 54 駆動機構, 55 記憶部,
71 駆動制御部, 72 撮像制御部, 73 自己位置推定部,
120 測位デバイス

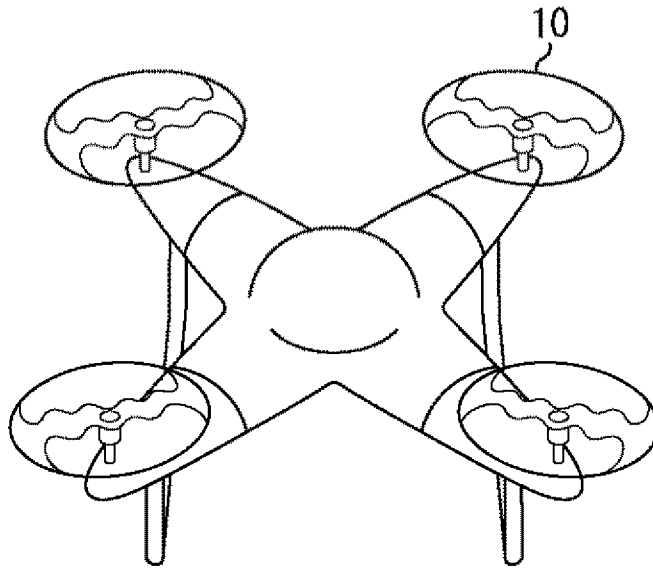
請求の範囲

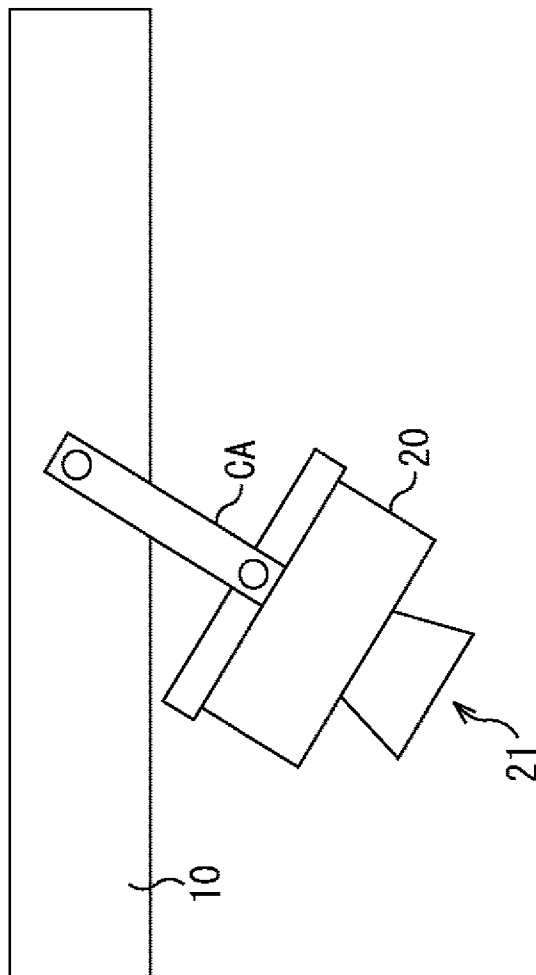
- [請求項1] ズームレンズを有する撮像部と、
 自機の高度および移動速度の少なくともいずれかに応じて、前記撮像部のズームパラメータを設定する撮像制御部と、
 前記ズームパラメータが設定された前記撮像部により撮像された画像に基づいて、自己位置を推定する自己位置推定部と
 を備える移動体。
- [請求項2] 前記撮像制御部は、前記自機の高度が高いほど視野角が小さくなるように、前記ズームパラメータを変化させる
 請求項1に記載の移動体。
- [請求項3] 前記撮像制御部は、前記自機の移動速度が高いほど視野角が大きくなるように、前記ズームパラメータを調整する
 請求項1に記載の移動体。
- [請求項4] 前記撮像制御部は、前記撮像部により撮像された前記画像上の特徴点についてのディスパリティの指標値に応じて、前記ズームパラメータを調整する
 請求項1に記載の移動体。
- [請求項5] 前記撮像制御部は、複数の前記特徴点についての前記ディスパリティの平均値が一定の範囲内の値となるように、前記ズームパラメータを調整する
 請求項4に記載の移動体。
- [請求項6] 前記撮像制御部は、複数の前記特徴点についての前記ディスパリティの代表値が一定の範囲内の値となるように、前記ズームパラメータを調整する
 請求項4に記載の移動体。
- [請求項7] 前記撮像部は、単眼カメラで構成され、
 前記撮像制御部は、異なるフレーム間の前記指標値に応じて、前記ズームパラメータを調整する

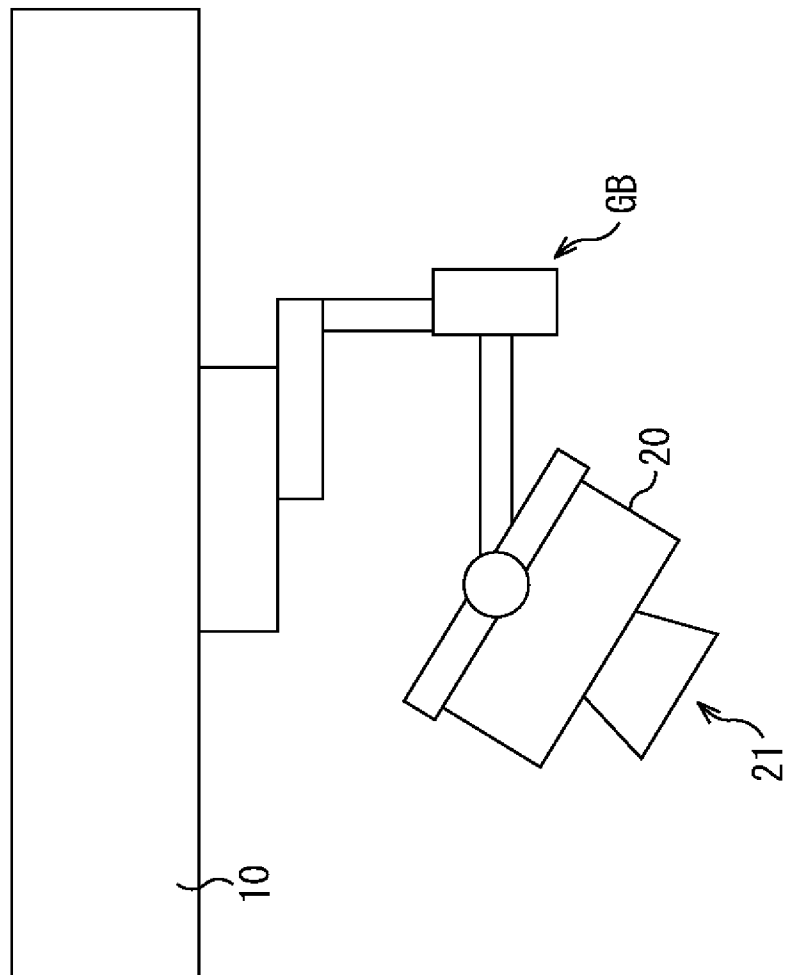
- 請求項 4 に記載の移動体。
- [請求項8] 前記撮像部は、ステレオカメラで構成され、
前記撮像制御部は、ステレオ画像間の前記指標値に応じて、前記ズームパラメータを調整する
請求項 4 に記載の移動体。
- [請求項9] 前記撮像制御部は、前記撮像部により撮像された前記画像のフレーム間のオーバーラップ率に応じて、前記ズームパラメータを調整する
請求項 1 に記載の移動体。
- [請求項10] 前記撮像制御部は、前記オーバーラップ率が所定の閾値以下である場合、視野角が大きくなるように、前記ズームパラメータを調整する
請求項 9 に記載の移動体。
- [請求項11] 前記オーバーラップ率は、前記フレーム間でマッチングしたテクスチャ領域の画素数を用いて表される
請求項 9 に記載の移動体。
- [請求項12] 前記オーバーラップ率は、前記フレーム間でマッチングした特徴点の数を用いて表される
請求項 9 に記載の移動体。
- [請求項13] 前記撮像部とは異なる測位デバイスをさらに備え、
前記自己位置推定部は、前記ズームパラメータが変化している最中、前記測位デバイスによる測位結果を用いて、前記自己位置を推定する
請求項 1 に記載の移動体。
- [請求項14] 前記自己位置推定部は、複数の前記測位デバイスによる前記測位結果を用いた自己位置推定結果を統合することで、前記自己位置を推定する
請求項 1 3 に記載の移動体。
- [請求項15] 前記ズームパラメータは、前記ズームレンズの駆動制御値を含む
請求項 1 に記載の移動体。

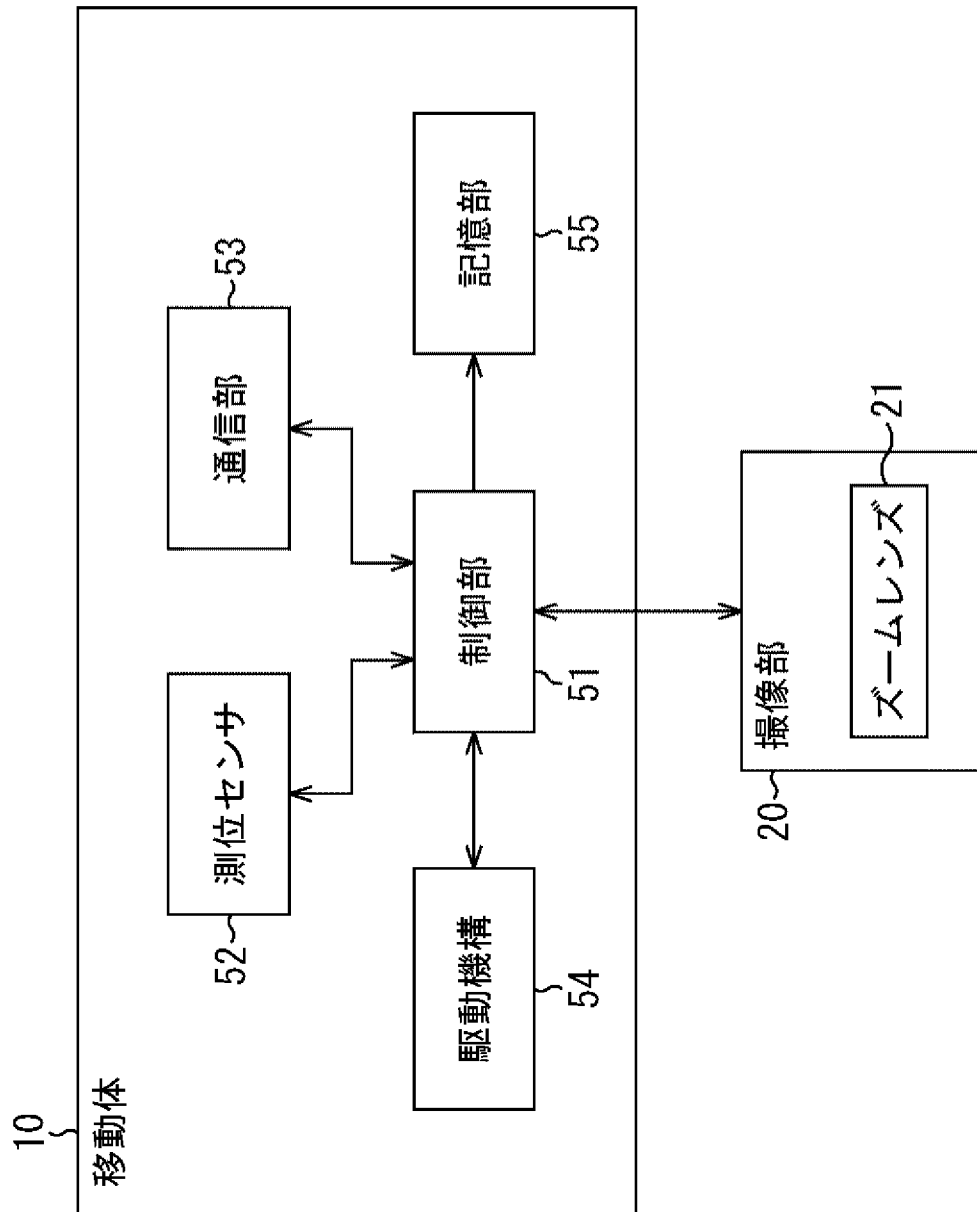
- [請求項16] 前記ズームパラメータは、前記撮像部の内部パラメータおよび外部パラメータを含む
請求項1に記載の移動体。
- [請求項17] 前記内部パラメータは、前記ズームレンズの歪み係数を含む
請求項16に記載の移動体。
- [請求項18] ズームレンズを有する撮像部を備える移動体の高度および移動速度の少なくともいずれかに応じて、前記撮像部のズームパラメータを設定し、
前記ズームパラメータが設定された前記撮像部により撮像された画像に基づいて、前記移動体の位置を推定する
位置推定方法。
- [請求項19] プロセッサに、
ズームレンズを有する撮像部を備える移動体の高度および移動速度の少なくともいずれかに応じて、前記撮像部のズームパラメータを設定し、
前記ズームパラメータが設定された前記撮像部により撮像された画像に基づいて、前記移動体の位置を推定する
処理を実行させるためのプログラム。

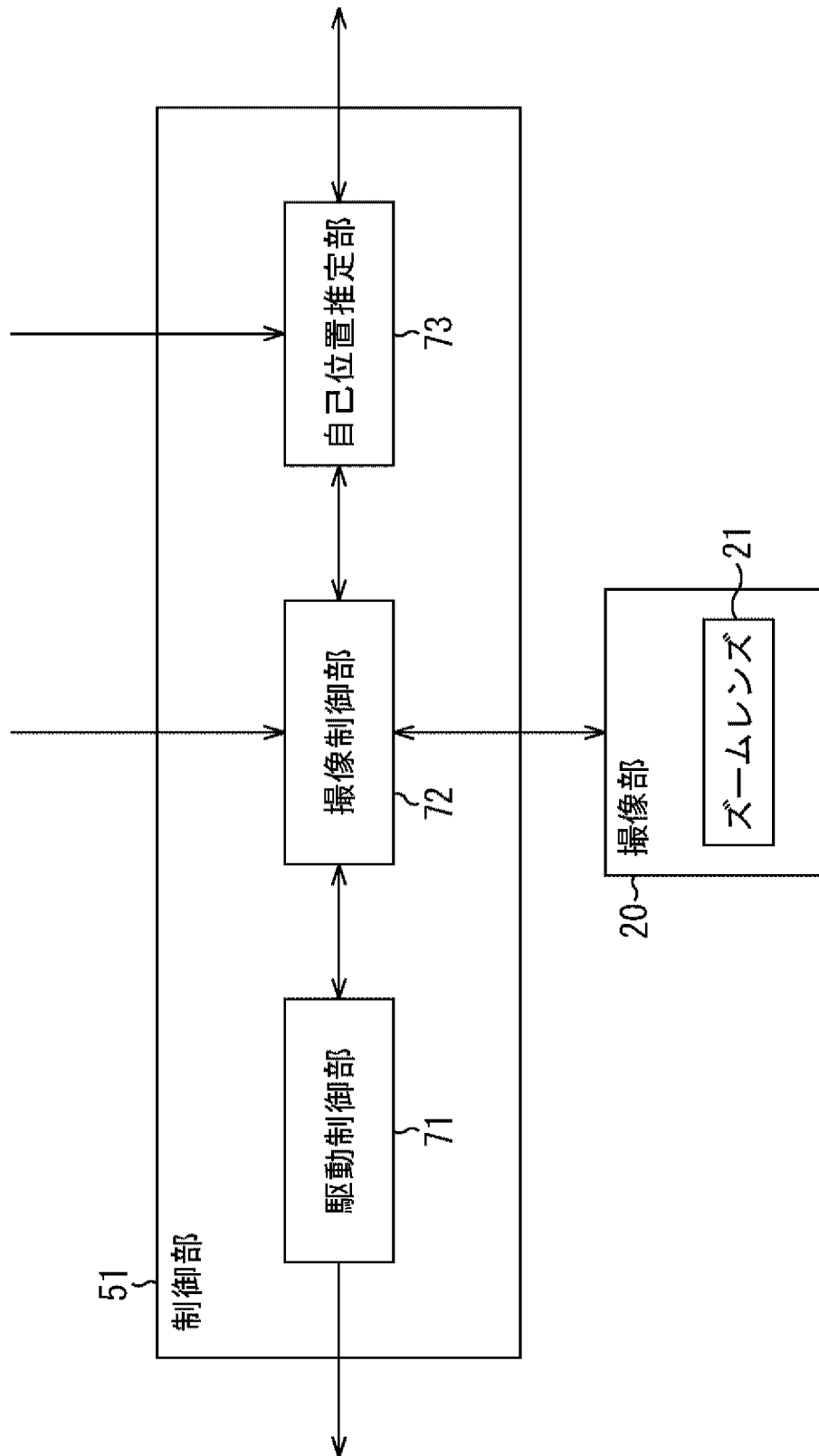
[]1]
FIG. 1

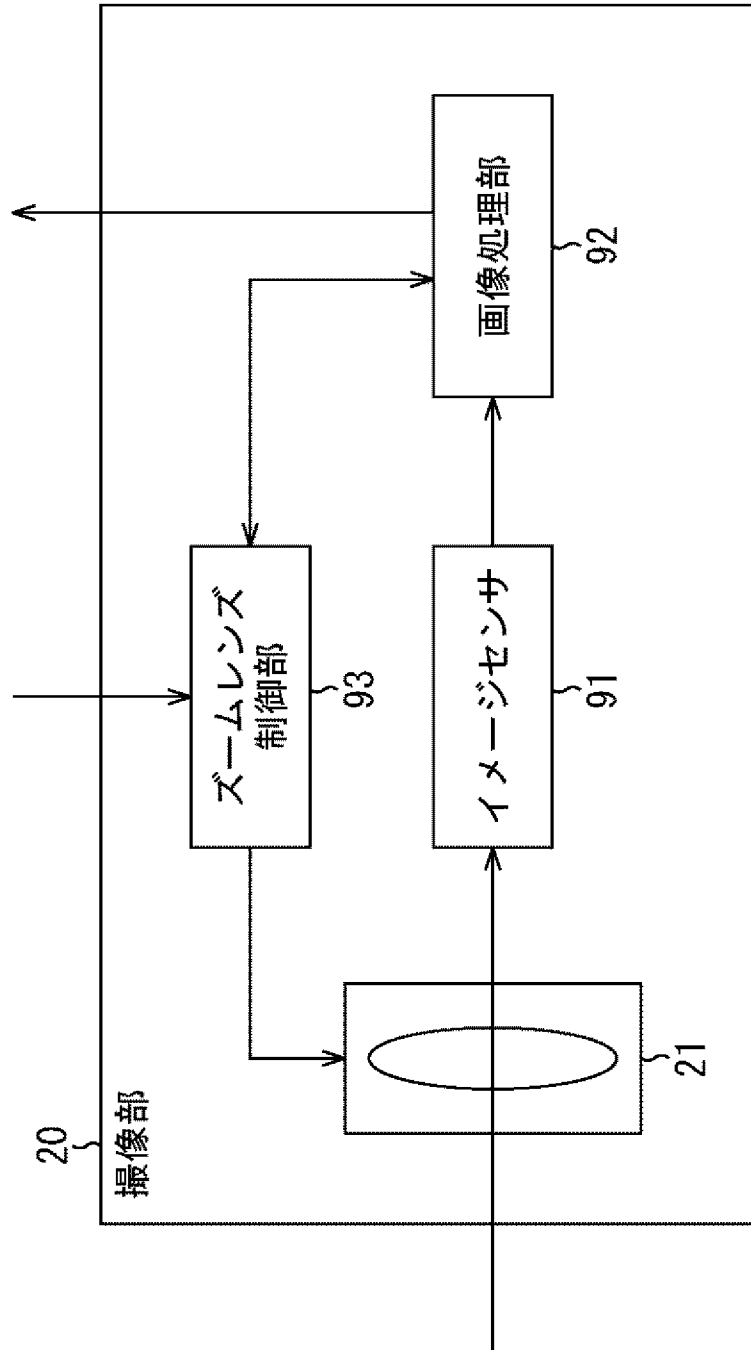


[図2]
FIG. 2

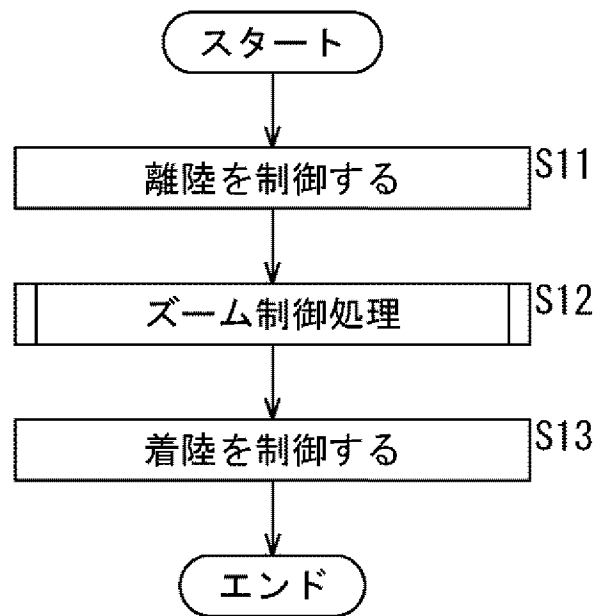
[図3]
FIG. 3

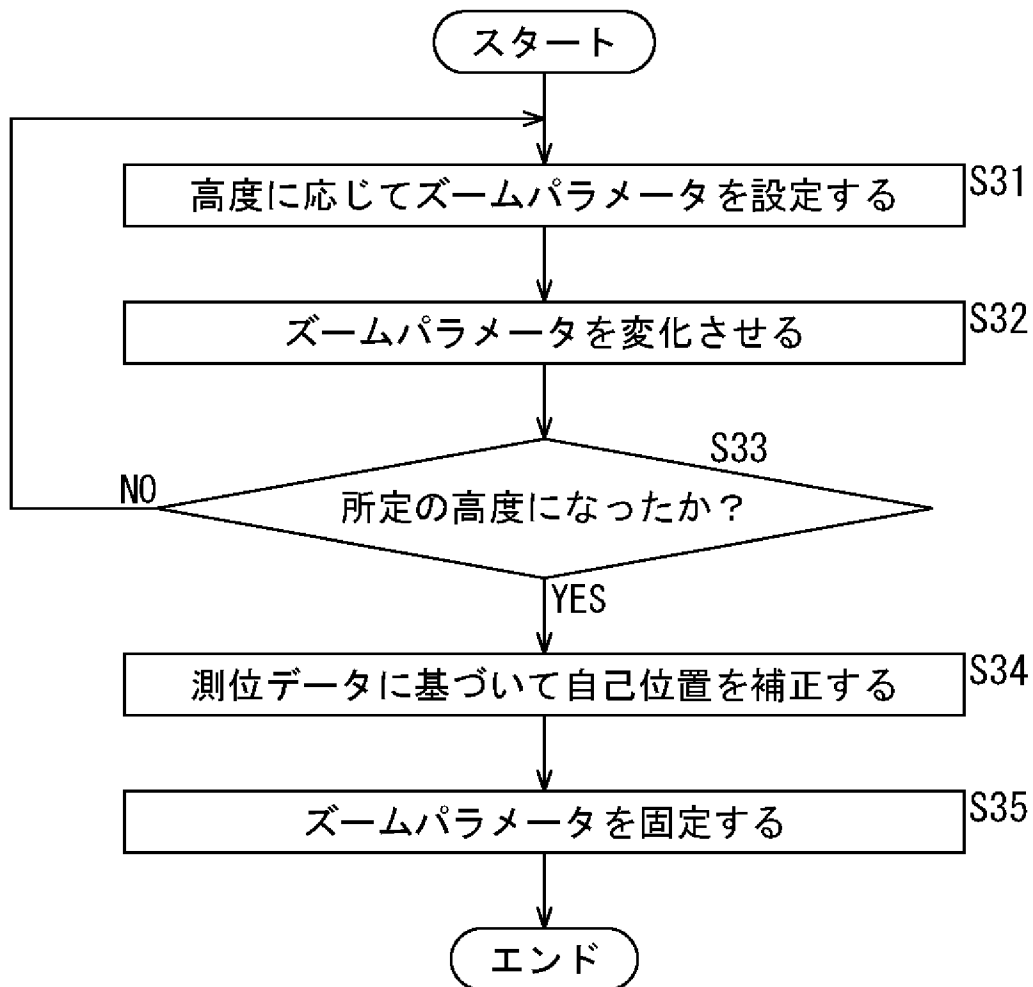
[図4]
FIG. 4

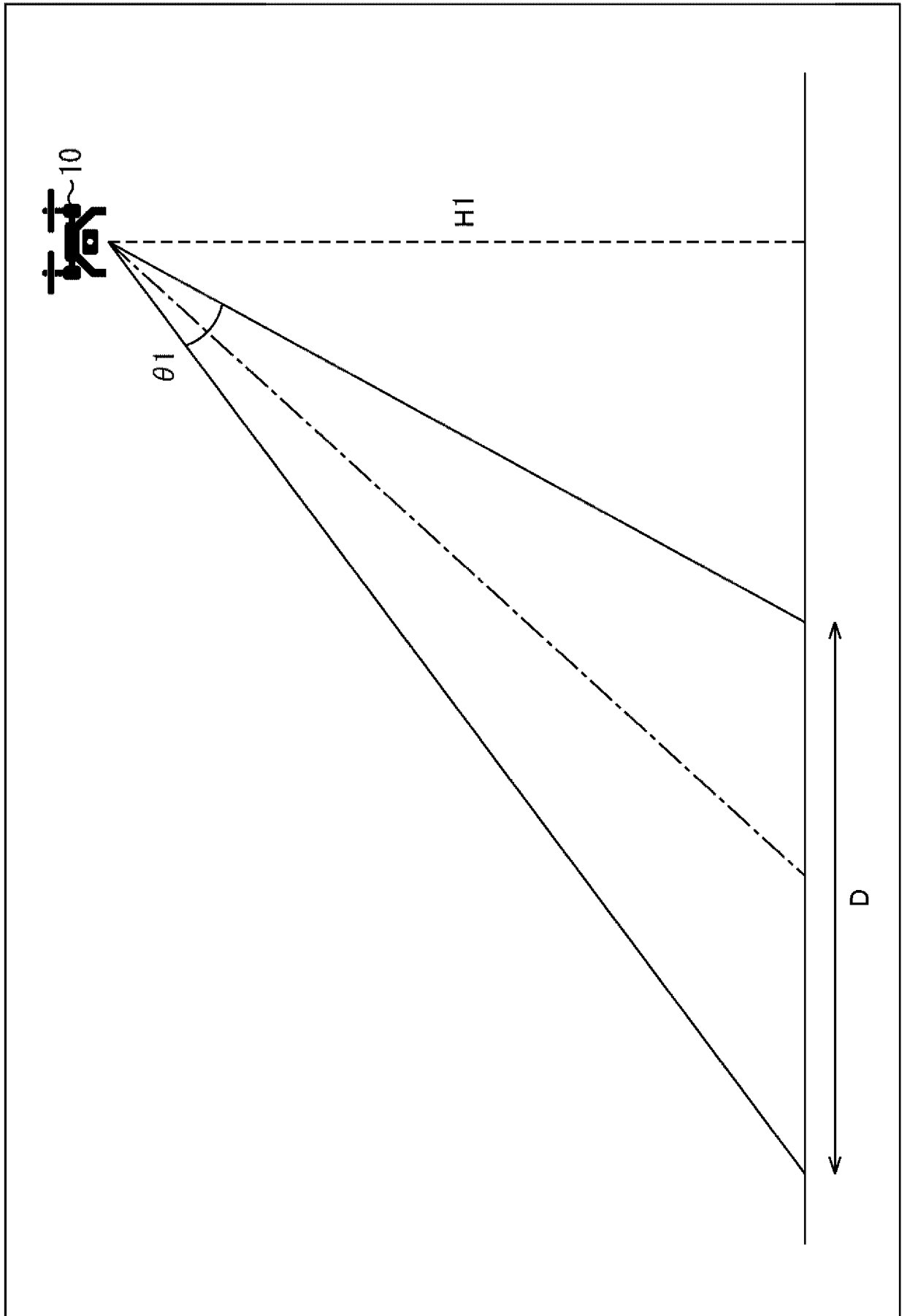
[図5]
FIG. 5

[図6]
FIG. 6

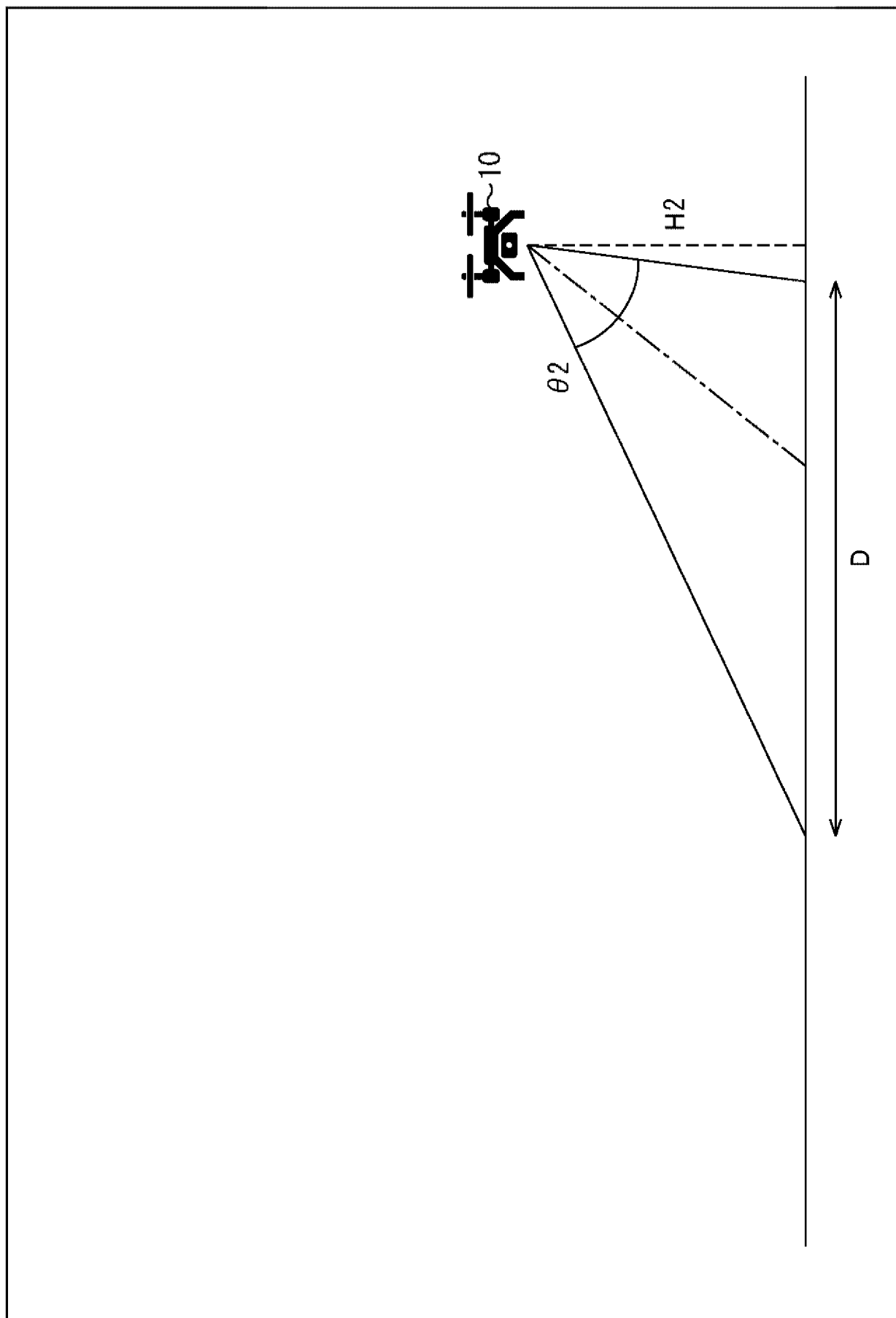
[図7]
FIG. 7

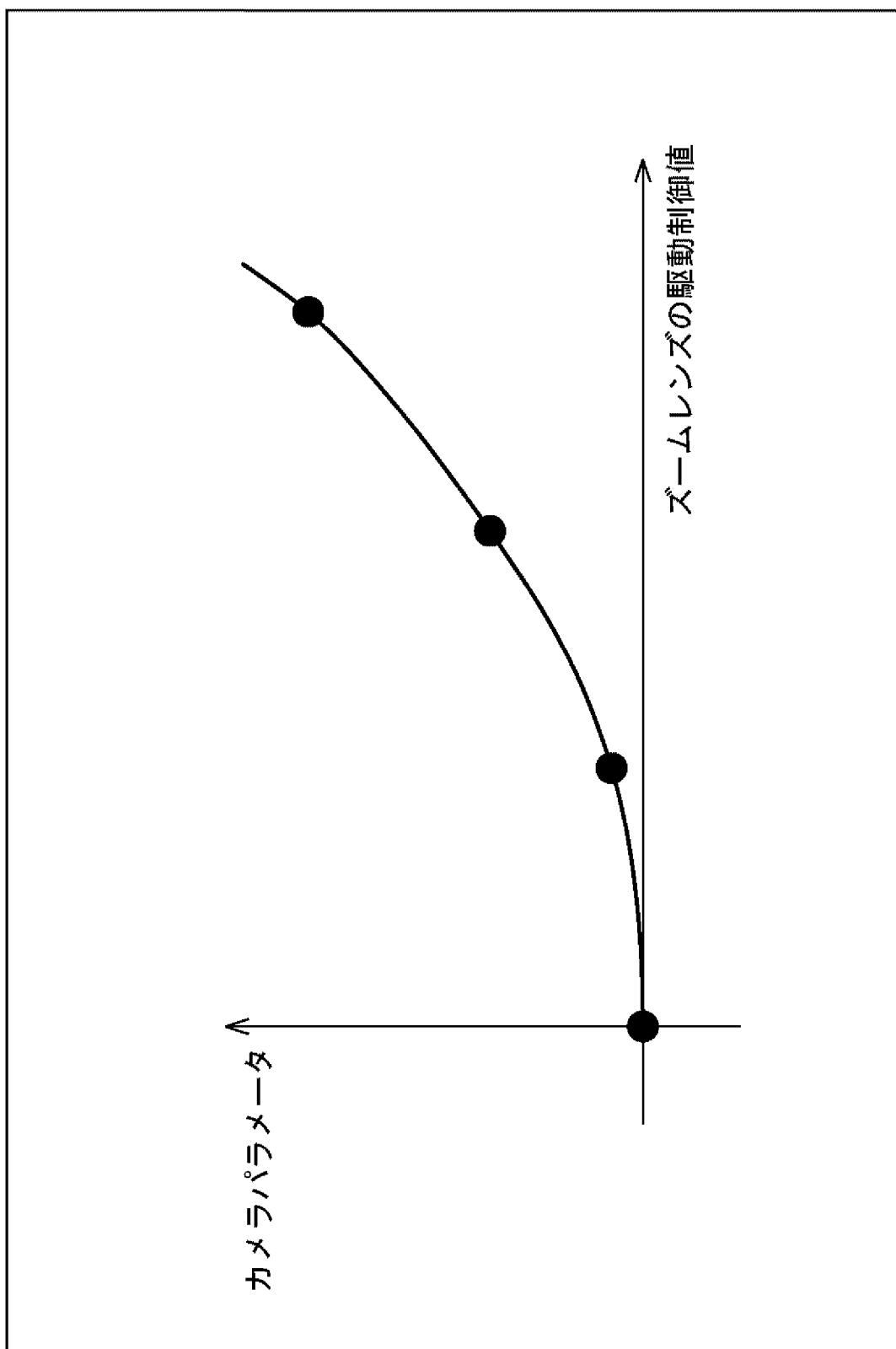


[図8]
FIG. 8

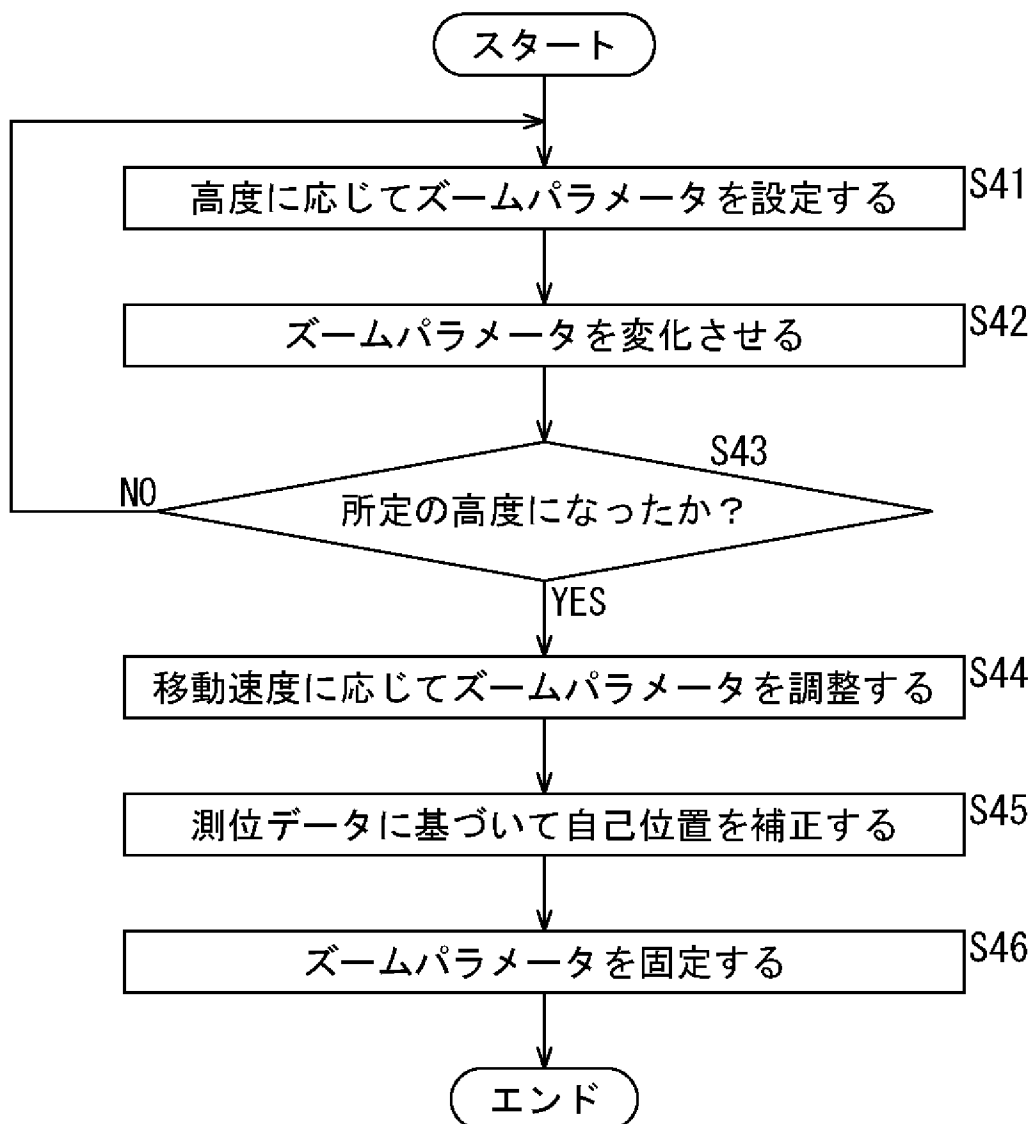
[図9]
FIG. 9

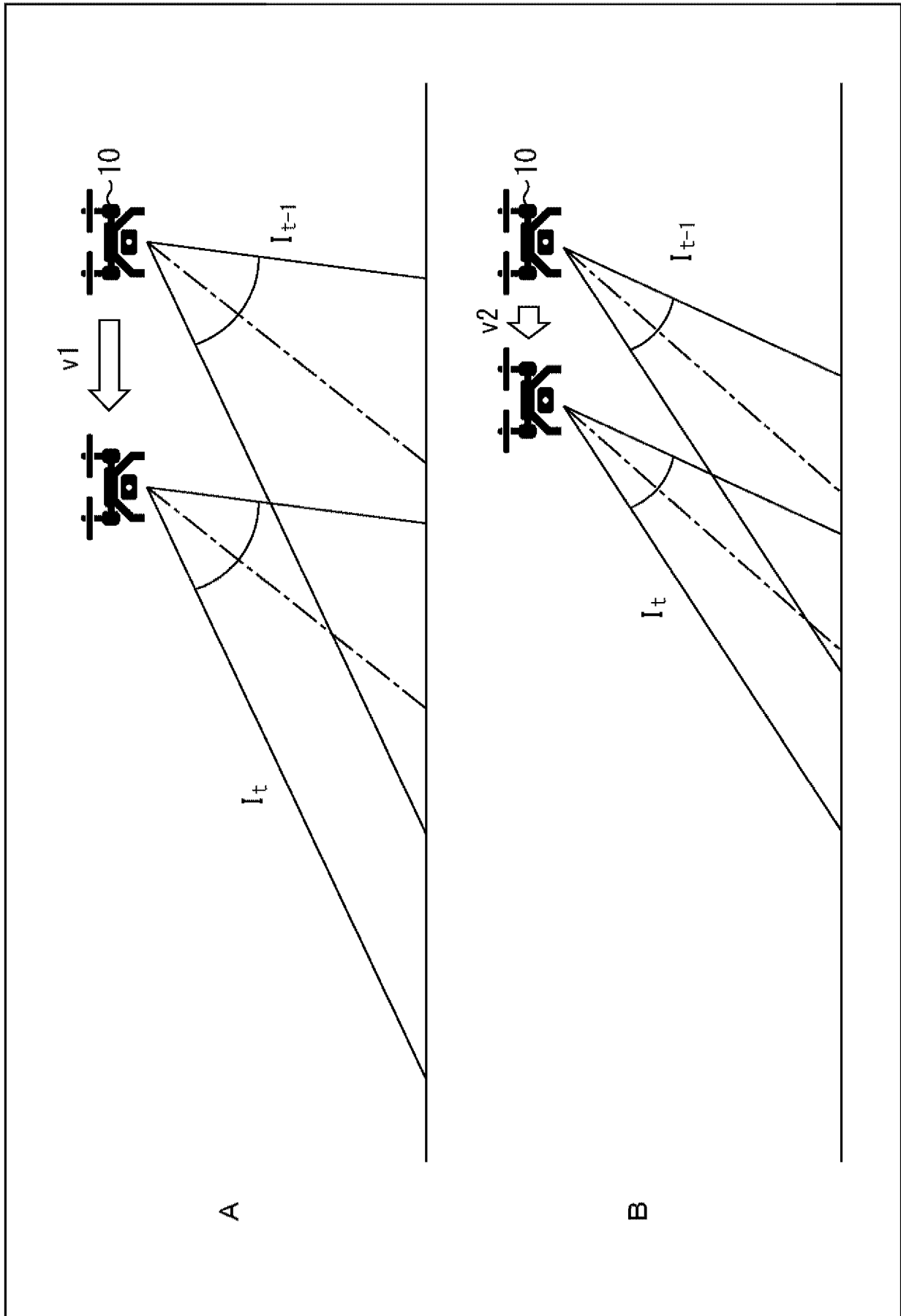
[図10]
FIG. 10

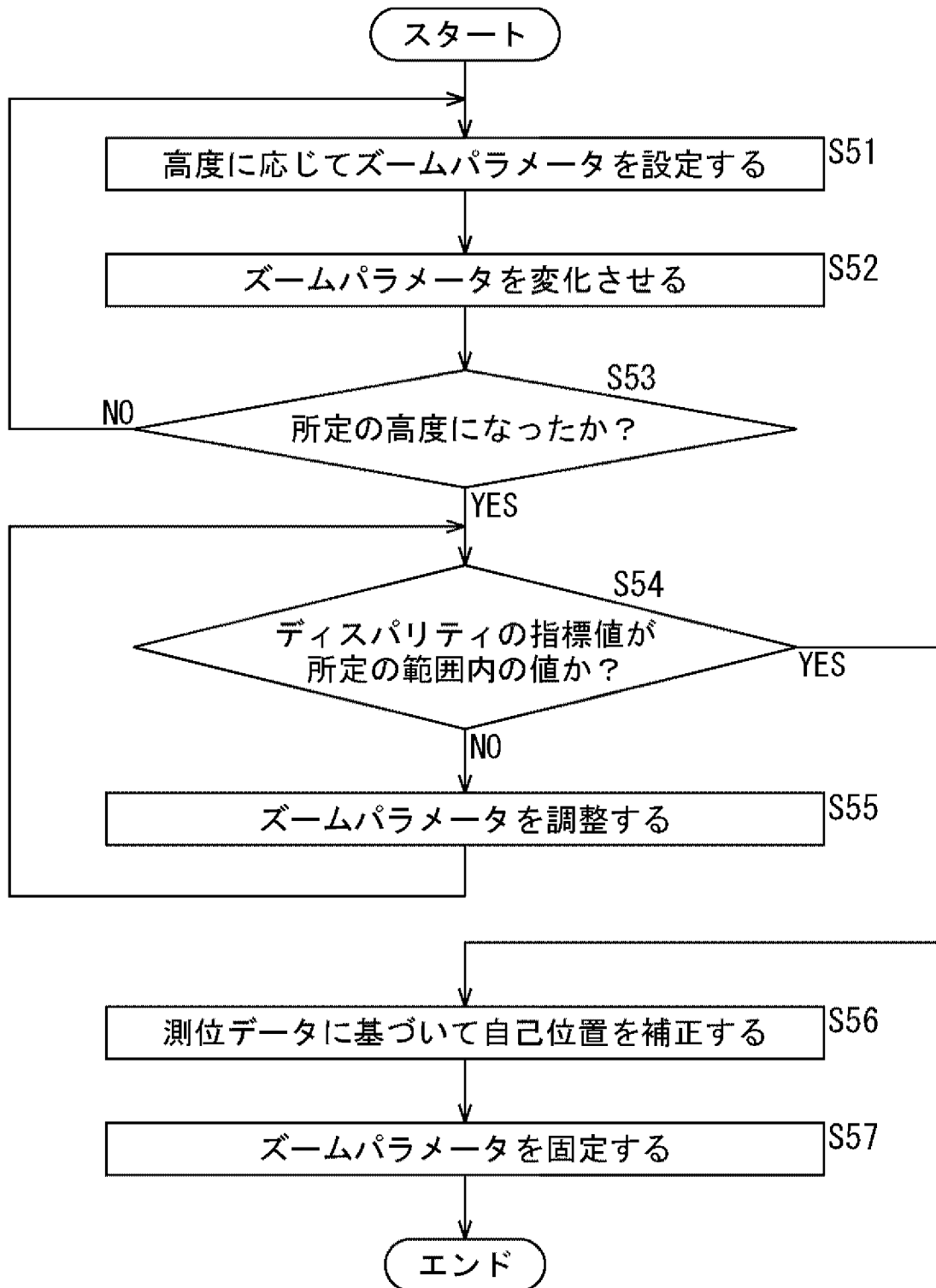


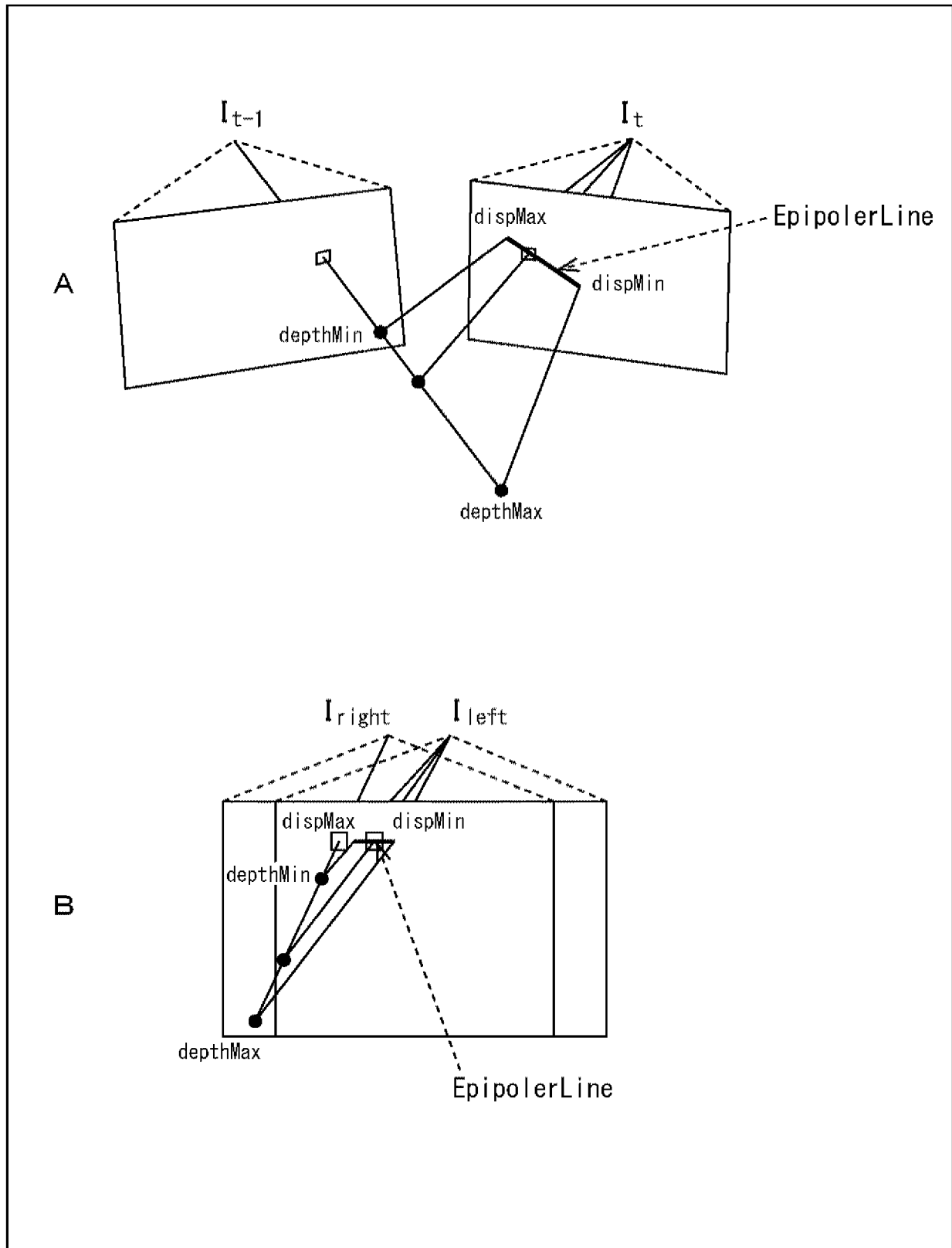
[図11]
FIG. 11

[図12]
FIG. 12

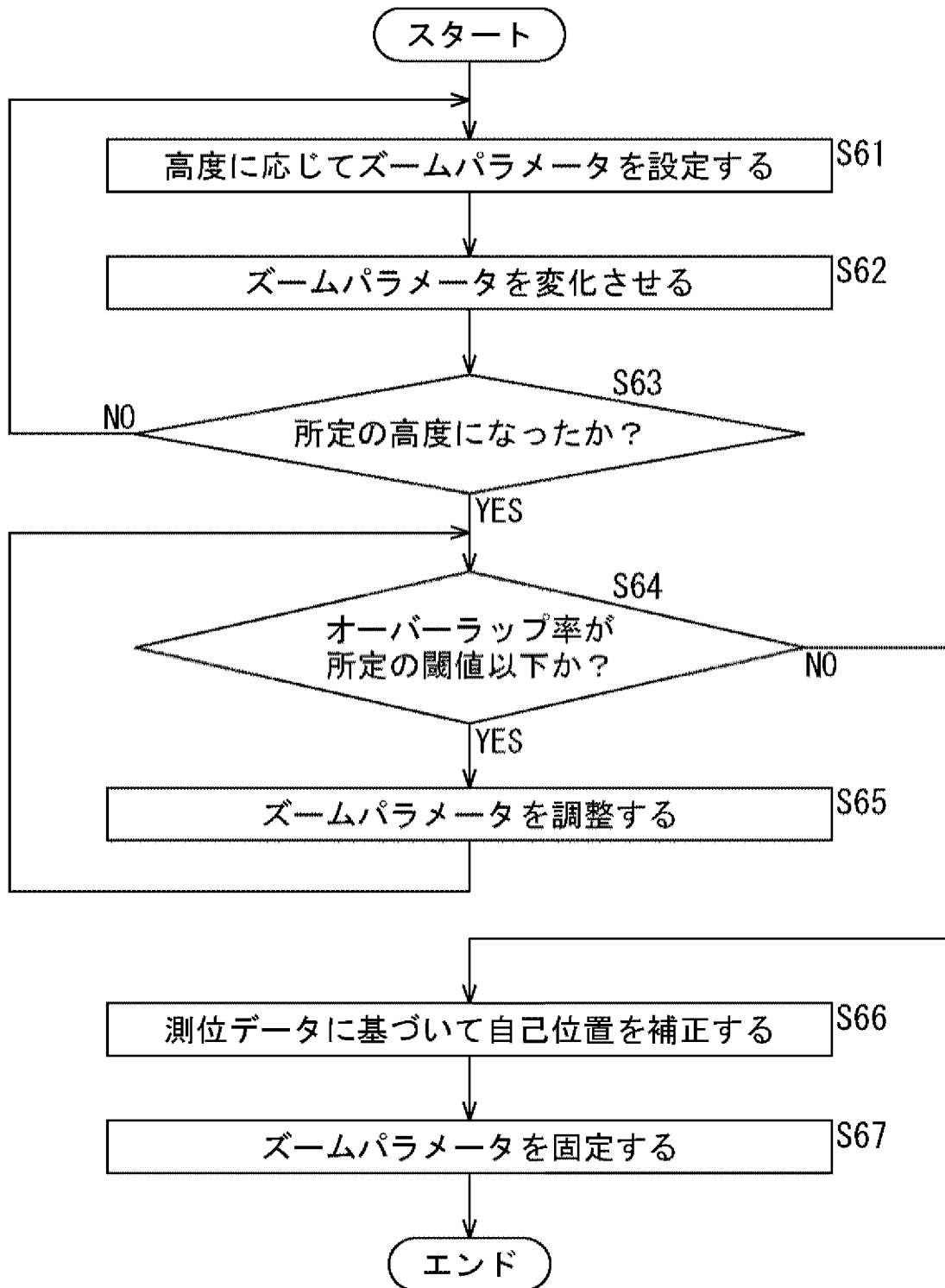


[図13]
FIG. 13

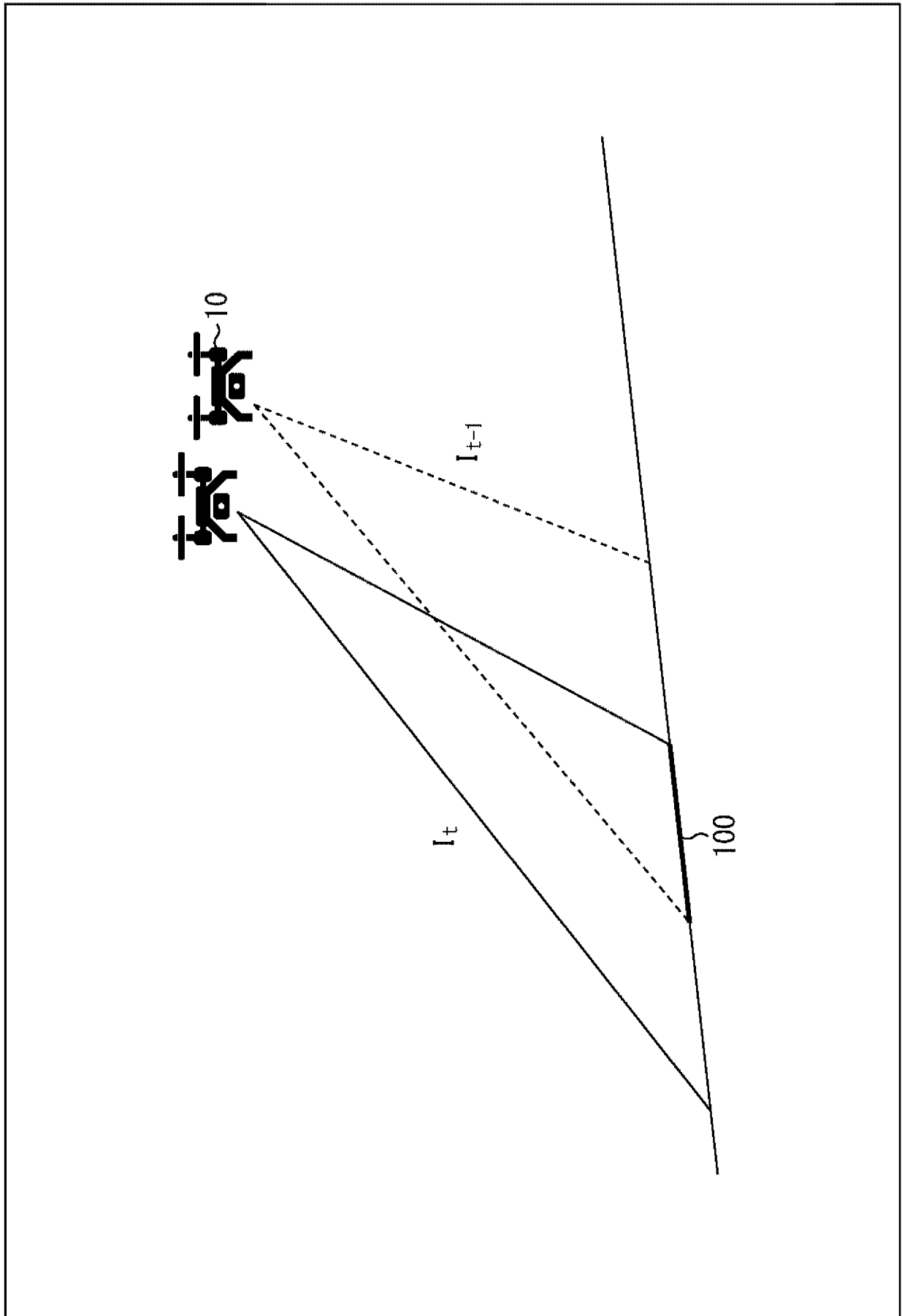
[図14]
FIG. 14

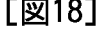
[図15]
FIG. 15

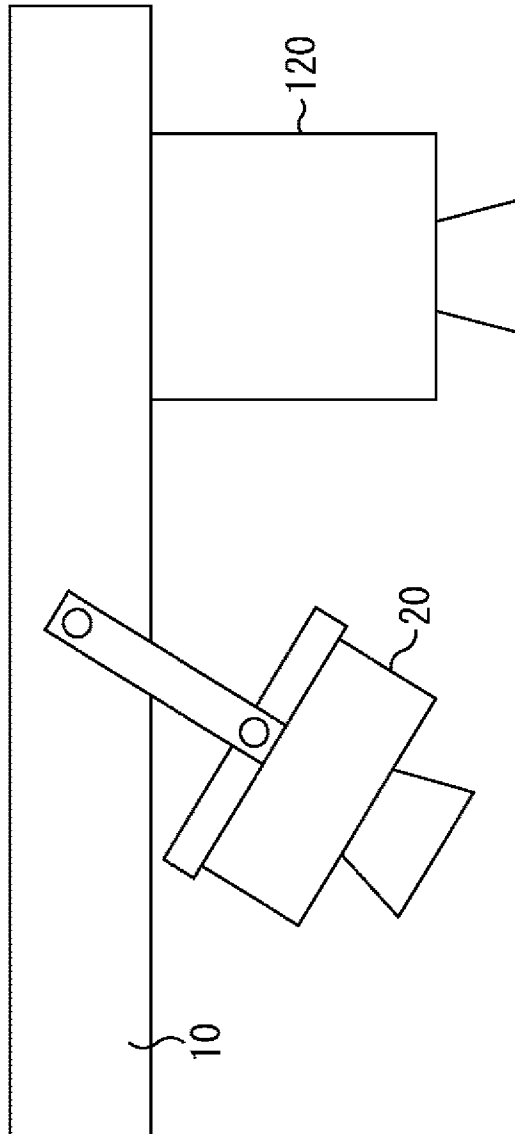
[図16]
FIG. 16



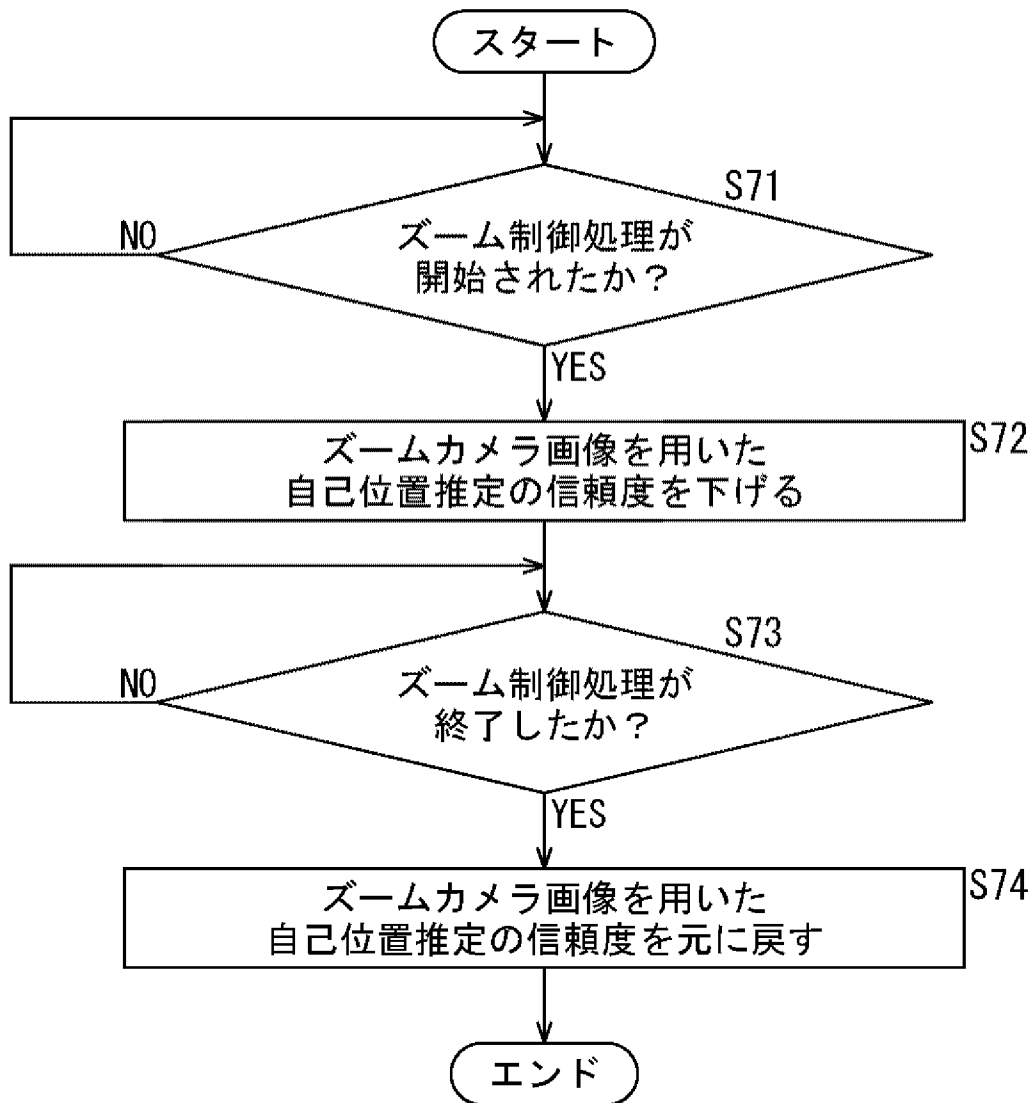
[図17]
FIG. 17

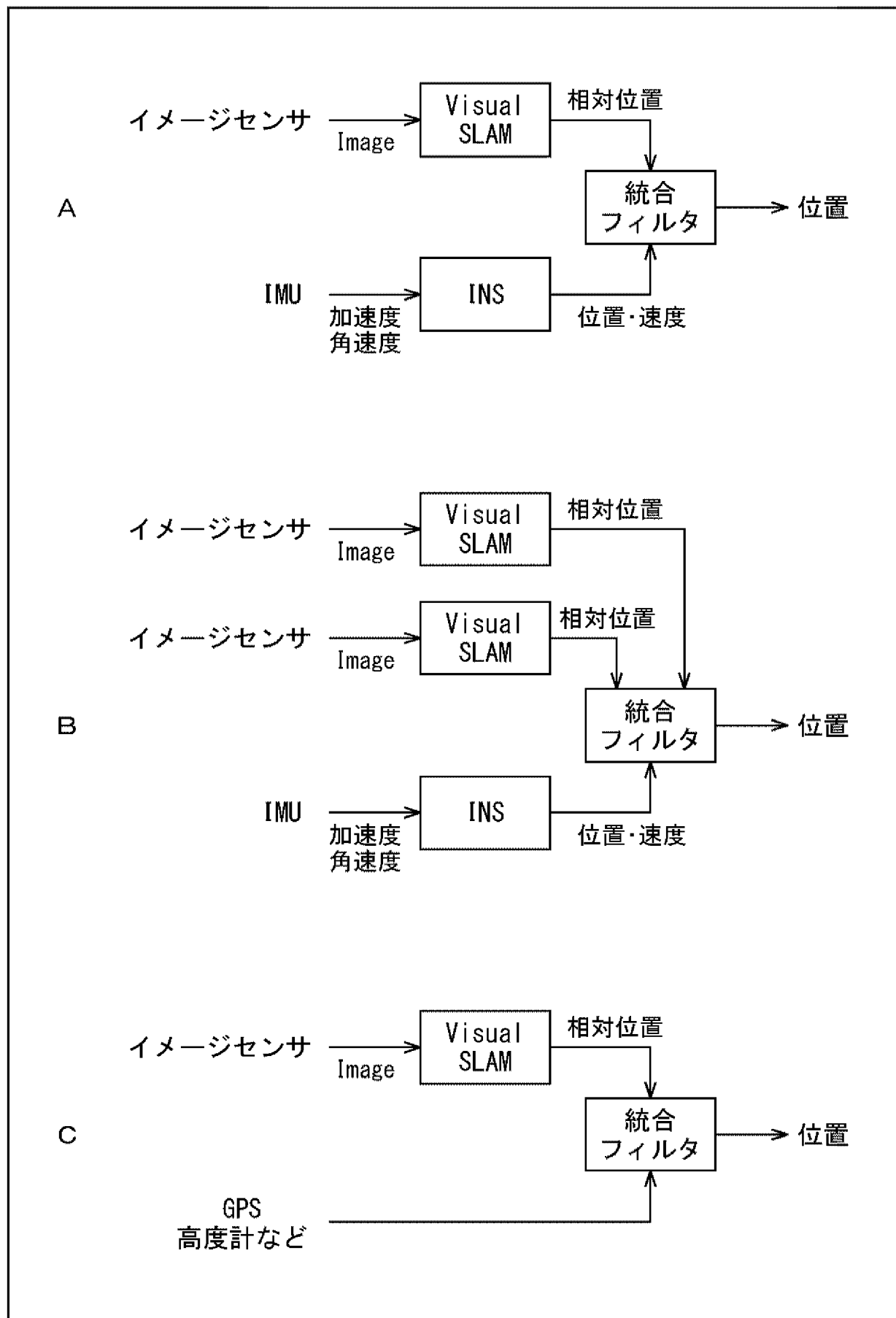


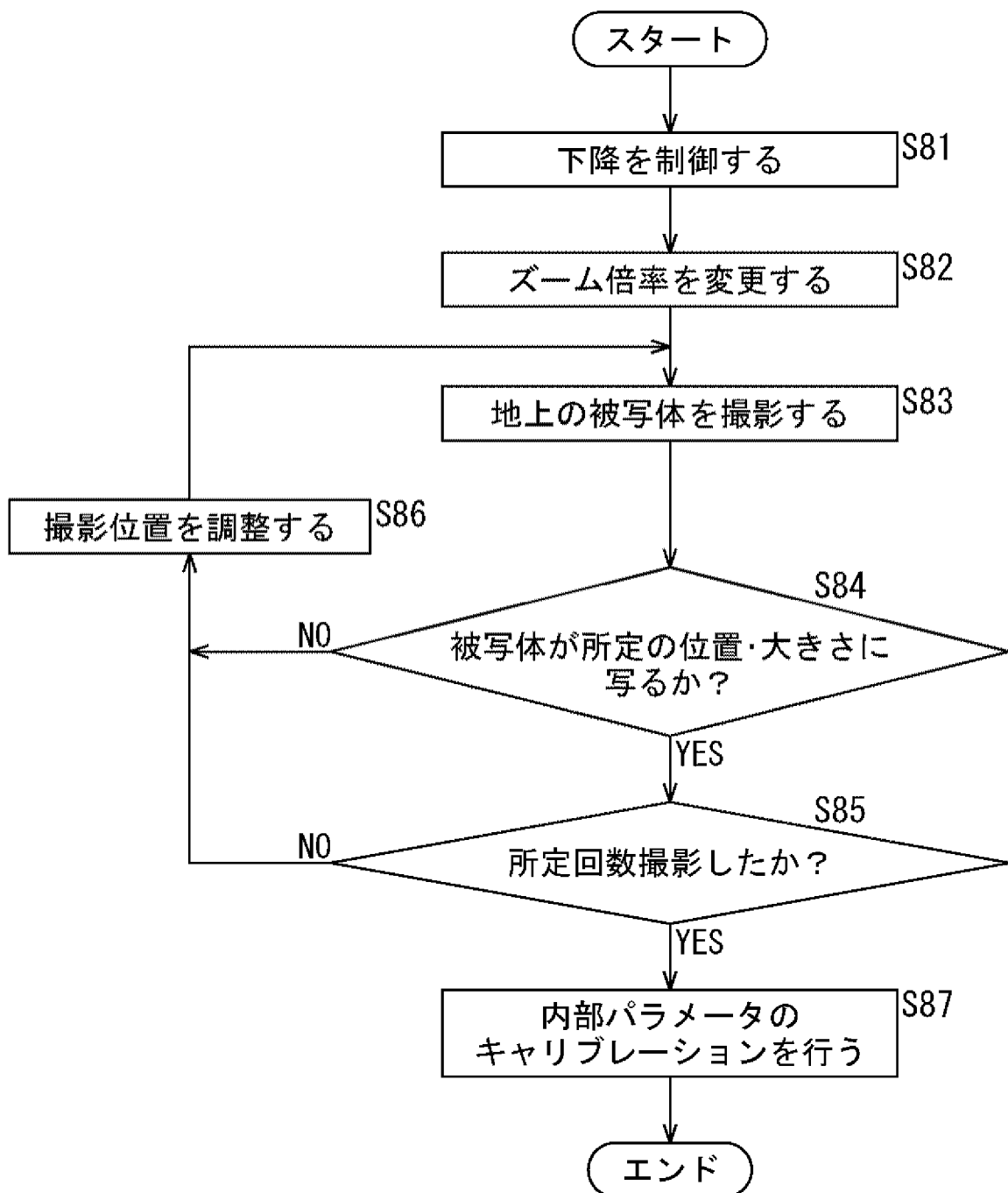
[18]
FIG. 18

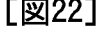


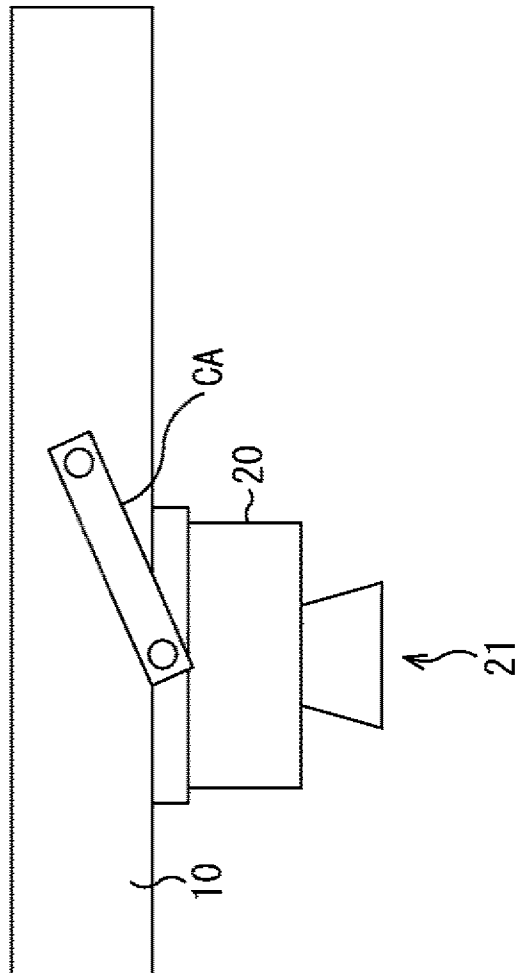
[図19]
FIG. 19

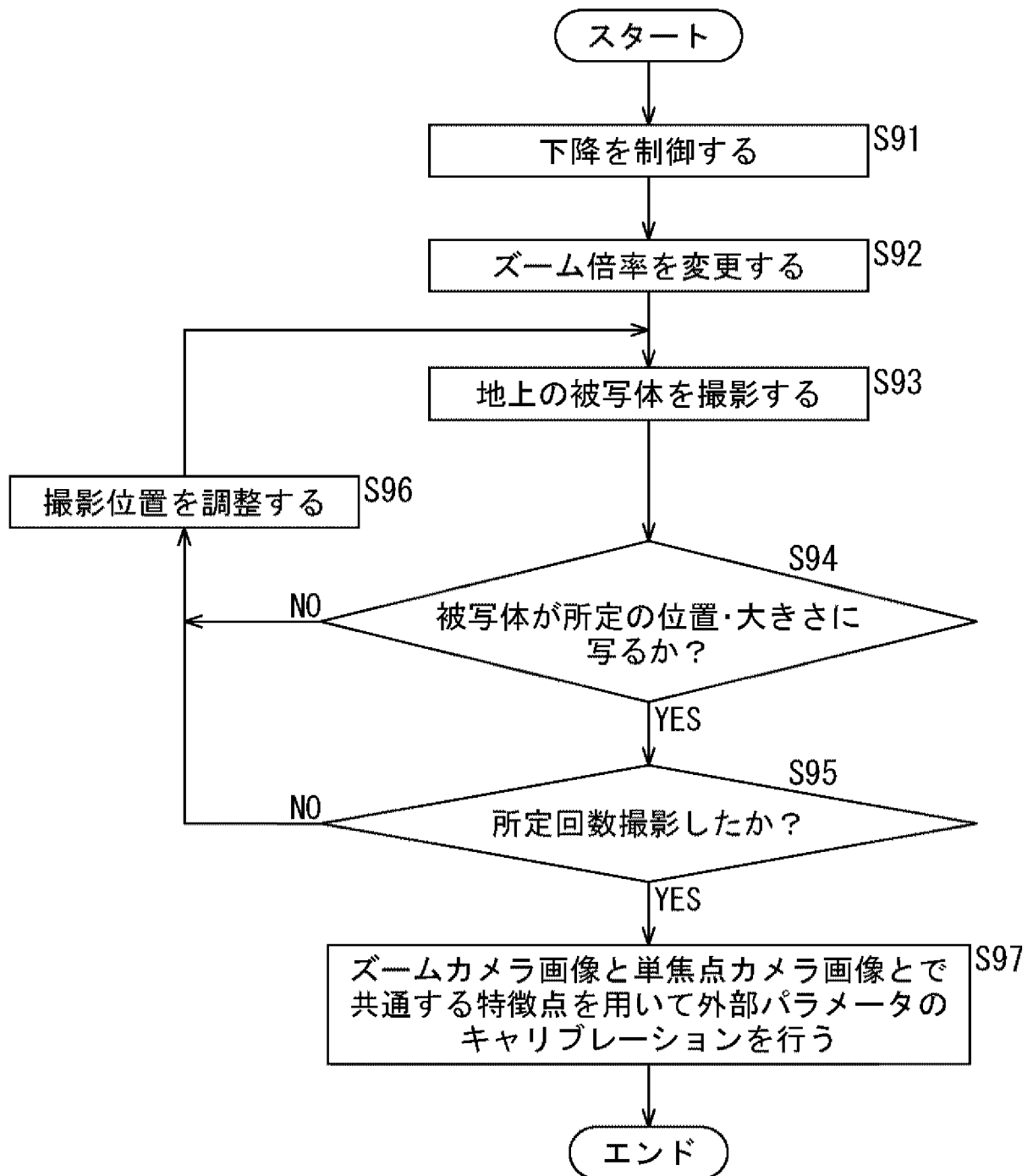


[図20]
FIG. 20

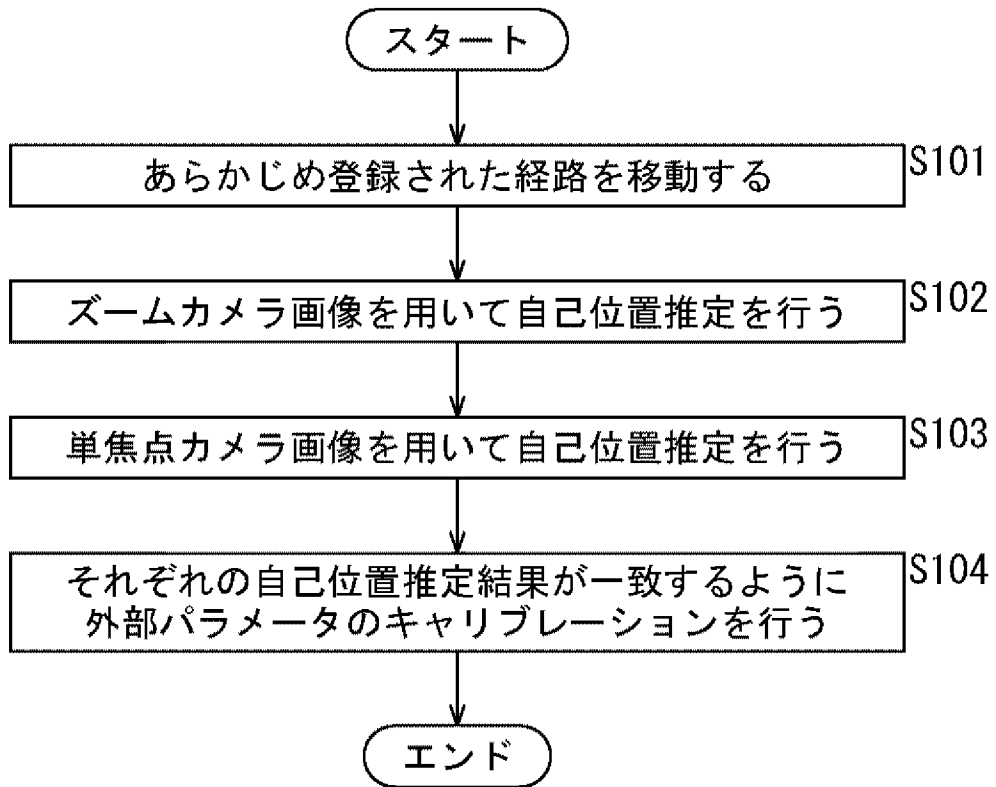
[図21]
FIG. 21

[22]
FIG. 22

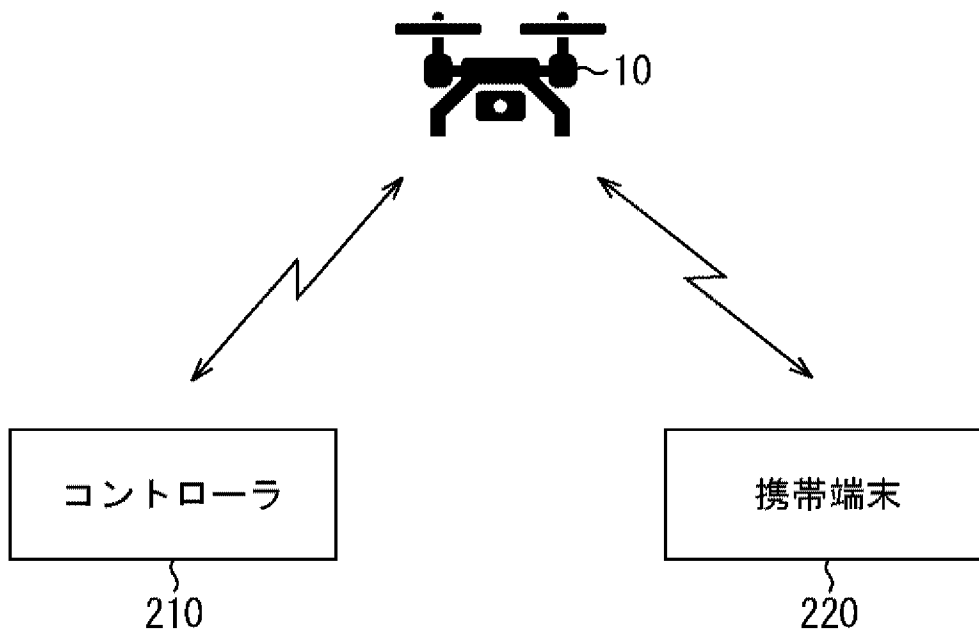


[図23]
FIG. 23

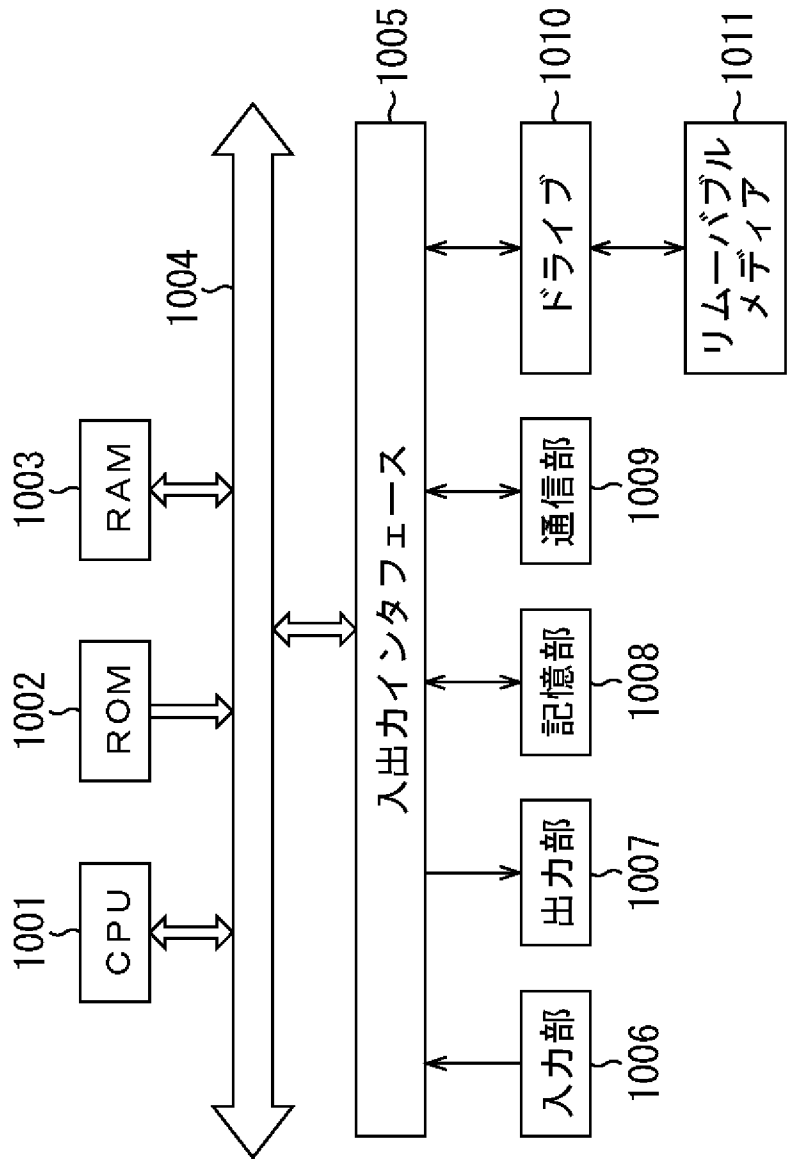
[図24]
FIG. 24



[図25]
FIG. 25



[図26]
FIG. 26



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/020243

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. G05D1/10(2006.01)i, G01C11/04(2006.01)i, G05D1/02(2020.01)i, G06T7/70(2017.01)i FI: G05D1/10, G01C11/04, G06T7/70A, G05D1/02H According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>																				
<p>B. FIELDS SEARCHED</p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. G05D1/10, G01C11/04, G05D1/02, G06T7/70</p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:80%;">Published examined utility model applications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1922-1996</td> </tr> <tr> <td>Published unexamined utility model applications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1971-2020</td> </tr> <tr> <td>Registered utility model specifications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1996-2020</td> </tr> <tr> <td>Published registered utility model applications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1994-2020</td> </tr> </table> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>			Published examined utility model applications of Japan	1922-1996	Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020	Registered utility model specifications of Japan	1996-2020	Published registered utility model applications of Japan	1994-2020										
Published examined utility model applications of Japan	1922-1996																			
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020																			
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020																			
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020																			
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">Category*</th> <th style="width:70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width:20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X Y</td> <td>US 2018/0095464 A1 (X DEVELOPMENT LLC) 05.04.2018 (2018-04-05), particularly, paragraphs [0068], [0135], [0140]</td> <td>1-2, 18-19 1-19</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2017-56904 A (AISIN AW CO., LTD.) 23.03.2017 (2017-03-23), particularly, paragraph [0073]</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 10-122838 A (NEC CORPORATION) 15.05.1998 (1998-05-15), particularly, paragraph [0010]</td> <td>4-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2017-144986 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY CORPORATION OF AMERICA) 24.08.2017 (2017-08-24), entire text, all drawings</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2017-138947 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY CORPORATION OF AMERICA) 10.08.2017 (2017-08-10), entire text, all drawings</td> <td>1-19</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X Y	US 2018/0095464 A1 (X DEVELOPMENT LLC) 05.04.2018 (2018-04-05), particularly, paragraphs [0068], [0135], [0140]	1-2, 18-19 1-19	Y	JP 2017-56904 A (AISIN AW CO., LTD.) 23.03.2017 (2017-03-23), particularly, paragraph [0073]	1-19	Y	JP 10-122838 A (NEC CORPORATION) 15.05.1998 (1998-05-15), particularly, paragraph [0010]	4-8	A	JP 2017-144986 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY CORPORATION OF AMERICA) 24.08.2017 (2017-08-24), entire text, all drawings	1-19	A	JP 2017-138947 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY CORPORATION OF AMERICA) 10.08.2017 (2017-08-10), entire text, all drawings	1-19
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																		
X Y	US 2018/0095464 A1 (X DEVELOPMENT LLC) 05.04.2018 (2018-04-05), particularly, paragraphs [0068], [0135], [0140]	1-2, 18-19 1-19																		
Y	JP 2017-56904 A (AISIN AW CO., LTD.) 23.03.2017 (2017-03-23), particularly, paragraph [0073]	1-19																		
Y	JP 10-122838 A (NEC CORPORATION) 15.05.1998 (1998-05-15), particularly, paragraph [0010]	4-8																		
A	JP 2017-144986 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY CORPORATION OF AMERICA) 24.08.2017 (2017-08-24), entire text, all drawings	1-19																		
A	JP 2017-138947 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY CORPORATION OF AMERICA) 10.08.2017 (2017-08-10), entire text, all drawings	1-19																		
<p><input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.</p>																				
<p>* Special categories of cited documents:</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>																
<p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>																			
<p>Date of the actual completion of the international search 15.07.2020</p>		<p>Date of mailing of the international search report 28.07.2020</p>																		
<p>Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan</p>		<p>Authorized officer</p> <p>Telephone No.</p>																		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/020243

US 2018/0095464 A1	05.04.2018	(Family: none)
JP 2017-56904 A	23.03.2017	(Family: none)
JP 10-122838 A	15.05.1998	US 6049625 A column 2, lines 18-25
JP 2017-144986 A	24.08.2017	US 2017/0106976 A1 entire text, all drawings CN 106598063 A
JP 2017-138947 A	10.08.2017	US 2017/0217589 A1 entire text, all drawings CN 107065894 A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G05D 1/10(2006.01)i; G01C 11/04(2006.01)i; G05D 1/02(2020.01)i; G06T 7/70(2017.01)i FI: G05D1/10; G01C11/04; G06T7/70 A; G05D1/02 H		
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）） G05D1/10; G01C11/04; G05D1/02; G06T7/70 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 - 2020年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2020年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2020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	US 2018/0095464 A1 (X DEVELOPMENT LLC) 05.04.2018 (2018 - 04 - 05) 特に、段落 [0068]、[0135]、[0140]	1-2, 18-19
Y		1-19
Y	JP 2017-56904 A (アイシン・エイ・ダブリュ株式会社) 23.03.2017 (2017 - 03 - 23) 特に、段落 [0073]	1-19
Y	JP 10-122838 A (日本電気株式会社) 15.05.1998 (1998 - 05 - 15) 特に、段落 [0010]	4-8
A	JP 2017-144986 A (パナソニック インテレクトチュアル プロパティ コーポレーショ ン オブ アメリカ) 24.08.2017 (2017 - 08 - 24) 全文、全図	1-19
A	JP 2017-138947 A (パナソニック インテレクトチュアル プロパティ コーポレーショ ン オブ アメリカ) 10.08.2017 (2017 - 08 - 10) 全文、全図	1-19
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、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	
“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の日の後に公表された文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
15.07.2020	28.07.2020	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 藤崎 詔夫 3U 5075 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/020243

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
US 2018/0095464 A1	05.04.2018	(ファミリーなし)	
JP 2017-56904 A	23.03.2017	(ファミリーなし)	
JP 10-122838 A	15.05.1998	US 6049625 A 第2欄第18行-第25行	
JP 2017-144986 A	24.08.2017	US 2017/0106976 A1 全文、全図 CN 106598063 A	
JP 2017-138947 A	10.08.2017	US 2017/0217589 A1 全文、全図 CN 107065894 A	