

(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
2017年4月6日(06.04.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/057041 A1

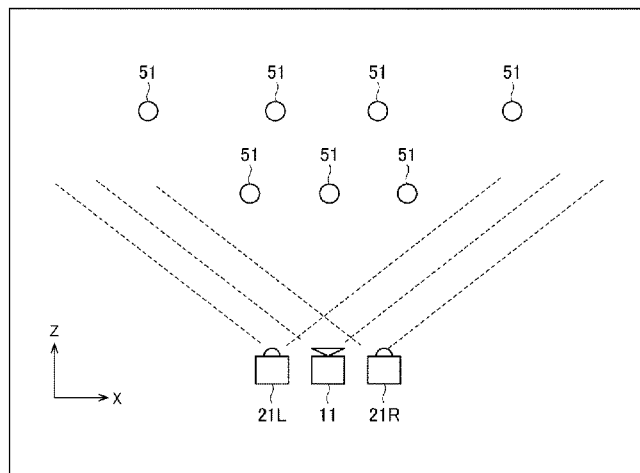
- (51) 国際特許分類:
G01S 13/86 (2006.01) B60R 21/00 (2006.01)
G01S 7/40 (2006.01) G08G 1/16 (2006.01)
G01S 13/93 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/077397
- (22) 国際出願日: 2016年9月16日(16.09.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-194134 2015年9月30日(30.09.2015) JP
- (71) 出願人: ソニー株式会社 (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: 元山 琢人 (MOTOYAMA Takuto); 〒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). 周藤 泰広 (SUTOU Yasuhiro); 〒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). 山崎 寿夫 (YAMAZAKI Toshio); 〒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). 小柳津 秀紀 (OYAIZU Hideki); 〒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.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿7丁目5番25号 西新宿木村屋ビルディング9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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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, 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: SIGNAL PROCESSING APPARATUS, SIGNAL PROCESSING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 信号処理装置、信号処理方法、およびプログラム

FIG. 3



(57) Abstract: This technology relates to a signal processing apparatus, a signal processing method, and a program that allow highly accurate calibration. The signal processing apparatus is provided with: a first position calculation unit that calculates the three-dimensional position of a target in a first coordinate system from a stereo image captured by a stereo camera; a second position calculation unit that calculates the three-dimensional position of the target in a second coordinate system from a sensor signal from a sensor that can acquire position information in at least one of a horizontal direction and a vertical direction, and position information in a depth direction; a correlation detection unit that detects the correlation between the target in the first coordinate system and the target in the second coordinate system; and a positional relationship information estimation unit that estimates positional relationship information between the first coordinate system and the second coordinate system on the basis of the detected correlation. This technology can be applied, for example, to a signal processing device for sensor fusion.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2017/057041 A1



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:

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).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本技術は、高精度にキャリブレーションすることができるようにする信号処理装置、信号処理方法、およびプログラムに関する。信号処理装置は、ステレオカメラにより撮像されたステレオ画像から、第1の座標系におけるターゲットの3次元位置を算出する第1位置算出部と、横方向または縦方向の少なくとも一方の位置情報と、奥行き方向の位置情報とを取得できるセンサのセンサ信号から、第2の座標系におけるターゲットの3次元位置を算出する第2位置算出部と、第1の座標系上のターゲットと、第2の座標系上のターゲットとの対応関係を検出する対応検出部と、検出された対応関係に基づいて、第1の座標系と第2の座標系の位置関係情報を推定する位置関係情報推定部とを備える。本技術は、例えば、センサフュージョンの信号処理装置等に適用できる。

明 細 書

発明の名称： 信号処理装置、信号処理方法、およびプログラム
技術分野

[0001] 本技術は、信号処理装置、信号処理方法、およびプログラムに関し、特に、高精度にキャリブレーションすることができるようにする信号処理装置、信号処理方法、およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 近年、自動車等の車両において、前方の車や歩行者を検知して自動でブレーキ制御等を行うことにより、衝突を回避する衝突回避システムの導入が進んでいる。

[0003] 前方の車や歩行者などの物体の検知には、ステレオカメラで撮像された画像の画像認識や、ミリ波レーダやレーザーレーダなどによるレーダ情報が用いられる。また、センサフュージョンと呼ばれる、ステレオカメラとレーダの両方を用いた物体検知システムの開発も進んでいる。

[0004] センサフュージョンでは、ステレオカメラで検出された物体と、レーダで検出された物体とのマッチングを取るため、ステレオカメラの座標系とレーダの座標系を校正する必要がある。例えば、特許文献1では、キャリブレーション専用のボード（反射板）を用いて、センサフュージョンのキャリブレーションを行う方法が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2007-218738号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1のような、キャリブレーション専用ボードを用いるキャリブレーション方法では、検出点がキャリブレーション専用ボードの配置に限定されるため、キャリブレーション精度に限界がある。

[0007] 本技術は、このような状況に鑑みてなされたものであり、高精度にキャリブレーション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

[0008] 本技術の一側面の信号処理装置は、ステレオカメラにより撮像されたステレオ画像から、第1の座標系におけるターゲットの3次元位置を算出する第1位置算出部と、横方向または縦方向の少なくとも一方の位置情報と、奥行き方向の位置情報とを取得できるセンサのセンサ信号から、第2の座標系における前記ターゲットの3次元位置を算出する第2位置算出部と、前記第1の座標系上の前記ターゲットと、前記第2の座標系上の前記ターゲットとの対応関係を検出する対応検出部と、検出された前記対応関係に基づいて、前記第1の座標系と前記第2の座標系の位置関係情報を推定する位置関係情報推定部とを備える。

[0009] 本技術の一側面の信号処理方法は、ステレオカメラにより撮像されたステレオ画像から、第1の座標系におけるターゲットの3次元位置を算出し、横方向または縦方向の少なくとも一方の位置情報と、奥行き方向の位置情報とを取得できるセンサのセンサ信号から、第2の座標系における前記ターゲットの3次元位置を算出し、前記第1の座標系上の前記ターゲットと、前記第2の座標系上の前記ターゲットとの対応関係を検出し、検出された前記対応関係に基づいて、前記第1の座標系と前記第2の座標系の位置関係情報を推定するステップを含む。

[0010] 本技術の一側面のプログラムは、コンピュータに、ステレオカメラにより撮像されたステレオ画像から、第1の座標系におけるターゲットの3次元位置を算出し、横方向または縦方向の少なくとも一方の位置情報と、奥行き方向の位置情報とを取得できるセンサのセンサ信号から、第2の座標系における前記ターゲットの3次元位置を算出し、前記第1の座標系上の前記ターゲットと、前記第2の座標系上の前記ターゲットとの対応関係を検出し、検出された前記対応関係に基づいて、前記第1の座標系と前記第2の座標系の位置関係情報を推定するステップを含む処理を実行させるためのものである。

[0011] 本技術の一側面においては、ステレオカメラにより撮像されたステレオ画像から、第1の座標系におけるターゲットの3次元位置が算出され、横方向または縦方向の少なくとも一方の位置情報と、奥行き方向の位置情報とを取得できるセンサのセンサ信号から、第2の座標系における前記ターゲットの3次元位置が算出され、前記第1の座標系上の前記ターゲットと、前記第2の座標系上の前記ターゲットとの対応関係が検出され、検出された前記対応関係に基づいて、前記第1の座標系と前記第2の座標系の位置関係情報が推定される。

[0012] なお、プログラムは、伝送媒体を介して伝送することにより、又は、記録媒体に記録して、提供することができる。

[0013] 信号処理装置は、独立した装置であっても良いし、1つの装置を構成している内部ブロックであっても良い。

発明の効果

[0014] 本技術の一側面によれば、高精度にキャリブレーションすることができる。

[0015] なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本開示中に記載されたいずれかの効果であってもよい。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]本技術を適用した物体検出システムの構成例を示すブロック図である。
[図2]出荷前キャリブレーション処理で用いられるターゲットの例を示す図である。
[図3]出荷前キャリブレーション処理におけるターゲットの配置例を示す図である。
[図4]出荷前キャリブレーション処理におけるターゲットの配置例を示す図である。
[図5]ターゲット検出部と3次元位置算出部について説明する図である。
[図6]ターゲット検出部、視差推定部、及び、3次元位置算出部について説明する図である。

[図7]対応検出部について説明する図である。

[図8]位置姿勢推定部について説明する図である。

[図9]第1の対応検出処理について説明する図である。

[図10]第1の対応検出処理について説明する図である。

[図11]第1の対応検出処理について説明する図である。

[図12]第1の対応検出処理について説明する図である。

[図13]第2の対応検出処理について説明する図である。

[図14]運用時キャリブレーション処理が実行されるターゲット検出部の詳細構成例を示すブロック図である。

[図15]運用時キャリブレーション処理が実行されるターゲット検出部の詳細構成例を示すブロック図である。

[図16]運用時キャリブレーション処理を具体的に説明する図である。

[図17]運用時キャリブレーション処理を具体的に説明する図である。

[図18]運用時キャリブレーション処理を具体的に説明する図である。

[図19]運用時キャリブレーション処理を具体的に説明する図である。

[図20]運用時キャリブレーション処理を具体的に説明する図である。

[図21]運用時キャリブレーション処理を具体的に説明する図である。

[図22]キャリブレーション処理を説明するフローチャートである。

[図23]図22の出荷時キャリブレーション処理を説明するフローチャートである。

[図24]図22の運用時キャリブレーション処理を説明するフローチャートである。

[図25]ターゲットのその他の例を示す図である。

[図26]ターゲットが球である場合の例を示す図である。

[図27]ターゲットがボール状の物体である場合のターゲット位置の検出方法について説明する図である。

[図28]本技術を適用したコンピュータの一実施の形態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

[0017] 以下、本技術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。

1. 物体検出システムの構成例
2. 対応検出処理の詳細説明
3. 運用時キャリブレーション処理
4. キャリブレーション処理の処理フロー
5. 出荷時キャリブレーション処理におけるターゲットの例
6. 運用時キャリブレーション処理におけるターゲットの例
7. コンピュータ構成例

[0018] < 1. 物体検出システムの構成例 >

図1は、本技術を適用した物体検出システムの構成例を示すブロック図である。

[0019] 図1の物体検出システム1は、ミリ波レーダ11、ステレオカメラ12、及び、信号処理装置13を有し、ミリ波レーダ11とステレオカメラ12のそれぞれを用いて、障害物となる物体を検出するシステムである。この物体検出システム1は、例えば、自動車やトラック等の車両に搭載される。

[0020] なお、本実施の形態では、ミリ波レーダ11とステレオカメラ12は、検出方向が車両の前方を向くように搭載され、車両の前方の物体を検出する場合について説明するが、物体の検出方向は、車両の前方に限られない。例えば、ミリ波レーダ11とステレオカメラ12が車両の後方を向くように搭載されている場合には、物体検出システム1は、車両の後方の物体を検出する。

[0021] ミリ波レーダ11は、所定の方向 θ にミリ波を照射し、所定の物体に衝突して返ってきた反射波を取得して、取得した反射波に応じた反射信号を信号処理装置13に供給する。ミリ波レーダ11は、車両の前方の所定の角度範囲内でミリ波を走査し、その結果得られる反射信号を、照射した方向 θ とともに、信号処理装置13に供給する。本実施の形態では、ミリ波レーダ11

における所定の角度範囲を1回走査する単位を1フレームと呼ぶ。

- [0022] ステレオカメラ12は、右カメラ21Rと左カメラ21Lで構成される。右カメラ21Rと左カメラ21Lは、同一の高さで、横方向に所定の間隔を空けて配置されており、車両前方の所定範囲の画像を撮像する。右カメラ21Rが撮像した画像（以下、右カメラ画像ともいう。）と、左カメラ21Lが撮像した画像（以下、左カメラ画像ともいう。）は、その配置位置の違いから、視差（横方向のずれ）を有する画像となっている。なお、右カメラ21Rと左カメラ21Lの位置関係は正確にキャリブレーションされている。以下において、右カメラ画像と左カメラ画像を特に区別しない場合、ステレオ画像とも称する。
- [0023] 信号処理装置13は、ミリ波レーダ11とステレオカメラ12のそれぞれのセンサから出力されるセンサ信号を信号処理する。ミリ波レーダ11とステレオカメラ12がセンシングを行う際の時間的な同期は、ある程度取れているものとする。
- [0024] 信号処理装置13は、ターゲット検出部31、3次元位置算出部32、ターゲット検出部33、視差推定部34、3次元位置算出部35、対応検出部36、位置姿勢推定部37、及び、記憶部38を有する。
- [0025] 物体検出システム1において、物体を正確に検出するためには、ミリ波レーダ11とステレオカメラ12のそれぞれで検出された物体の対応関係を特定する必要がある。すなわち、検出された物体は、ミリ波レーダ11とステレオカメラ12それぞれの異なる座標系で表されたものとなるが、同一の物体を検出した場合には、ミリ波レーダ11とステレオカメラ12で検出された物体の座標値が同一となるように所定の一つの座標系に変換する必要がある。
- [0026] 信号処理装置13は、ミリ波レーダ11の座標系とステレオカメラ12の座標系の対応関係を算出する処理を行う。換言すれば、信号処理装置13は、ミリ波レーダ11とステレオカメラ12の一方の位置に対する他方の位置（位置姿勢）の関係を算出する。

- [0027] 信号処理装置13が行う、ミリ波レーダ11とステレオカメラ12の位置関係を算出するキャリブレーション処理には、車両が出荷される前に実行される出荷前キャリブレーション処理と、出荷後に生じたずれを調整するための運用時キャリブレーション処理とがある。出荷後のずれは、例えば、経時変化や、熱、振動等によって発生することが考えられる。
- [0028] 出荷前キャリブレーション処理では、ミリ波レーダ11とステレオカメラ12が検出する物体がターゲットとして予め用意される。出荷前キャリブレーション処理におけるターゲットは、例えば、ステレオカメラ12で撮像されたステレオ画像において、一意に位置を特定可能なテクスチャ（模様）を有し、かつ、ミリ波を反射するポールなどとされる。
- [0029] 図2は、出荷前キャリブレーション処理で用いられるターゲットの例を示している。
- [0030] 図2に示されるターゲット51は、ミリ波を反射する材質で形成された円筒形状のポールであり、円筒形状の外周には、格子模様のテクスチャが形成されている。ターゲット検出部33がステレオ画像内のターゲット51の位置を算出する場合、例えば、格子模様の交点52の画素位置が、パターンマッチングや特徴抽出などによって算出される。
- [0031] 図3及び図4は、出荷前キャリブレーション処理におけるターゲット51の配置例を示している。
- [0032] 図3は、出荷前キャリブレーション処理におけるターゲット51を上面から見た、ターゲット51の配置図である。
- [0033] 図3においては、車両の前方方向（奥行方向）となる紙面縦方向がZ軸、車両の横方向（水平方向）となる紙面横方向がX軸、紙面に対して垂直な方向がY軸である。
- [0034] 出荷前キャリブレーション処理では、複数のターゲット51が、ステレオカメラ12で撮像したときに重ならない位置となるように配置される。そして、複数のターゲット51どうしは、図3に示されるように、X軸方向とZ軸方向のいずれか一方については、他のターゲット51の位置と同じ位置と

ならないように配置されることが望ましい。

[0035] 図4は、出荷前キャリブレーション処理におけるターゲット51を横方向から見た、ターゲット51の配置図である。

[0036] 図4においては、紙面横方向がZ軸、紙面縦方向がY軸、紙面に垂直な方向がX軸となる。

[0037] ミリ波レーダ11が、ミリ波を地面から高さhとなるXZ平面上を照射するように配置されているとすると、複数のターゲット51は、図4に示されるように、ターゲット51の交点52が、ミリ波の高さhとなるように配置される。換言すれば、ミリ波レーダ11が照射するミリ波の高さhに合わせて、ターゲット51の格子模様の交点52が形成されている。

[0038] なお、ステレオカメラ12の配置も、格子模様の交点52と同じ、地面から高さhの位置が撮像中心となるようにミリ波レーダ11の高さ位置に合わせてもよいが、必ずしもミリ波レーダ11の高さ位置に合わせなくてもよい。

[0039] 一方、運用時キャリブレーション処理では、ターゲットを所定の固定物体に特定することができないため、車両が通行する通路に存在する物体がターゲットとされる。例えば、歩行者や、標識や電柱などのポールなどが、運用時キャリブレーション処理におけるターゲットとされる。

[0040] なお、ミリ波レーダ11とステレオカメラ12の位置関係を算出するためには、異なる位置の複数のターゲットの位置情報が必要である。複数のターゲットの位置情報は、ミリ波レーダ11とステレオカメラ12それぞれ1フレームで複数のターゲットを検出して取得してもよいし、1個のターゲットを捉えたフレームを複数フレーム用意して取得してもよい。

[0041] 図5を参照しながら、ミリ波レーダ11側のターゲット検出部31と3次元位置算出部32について説明する。

[0042] ターゲット検出部31は、ミリ波レーダ11から供給される反射信号と照射方向 θ に基づいて、車両前方のターゲットの位置を検出する。より具体的には、ターゲット検出部31は、反射信号の強度と照射方向 θ とを対応付け

た反射強度マップに基づいて、反射信号強度が所定の強度以上となっているピーク位置をターゲット検出位置として検出する。ターゲット検出位置は、反射信号の強度に基づく距離 L と、照射方向 θ とからなる極座標系で表される。検出されたターゲット検出位置は、3次元位置算出部32に供給される。

[0043] 図5において、ミリ波レーダ11から拡がる黒色の三角形は、ミリ波の照射範囲を示しており、ターゲットが検出された位置が白色で示されている。反射信号の強度が大きいほど、白色で表現されている。

[0044] 3次元位置算出部32は、ターゲット検出部31から供給される、極座標系で表されたターゲット検出位置を、車両の前方方向（奥行方向）をZ軸、横方向（水平方向）をX軸、縦方向（垂直方向）をY軸とする3次元座標系上のターゲット検出位置に変換する。

[0045] 即ち、反射信号の強度に基づく距離 L と、照射方向 θ とからなる極座標系で表されたターゲット検出位置が、3次元位置算出部32によって直交座標系に変換処理され、3次元座標系のXZ平面上のターゲット検出位置に変換される。

[0046] ここで、算出されるターゲット検出位置は、ミリ波レーダ11を基準とする3次元座標系上の位置であり、このミリ波レーダ11を基準とする3次元座標系を、後述するステレオカメラ12を基準とする3次元座標系と区別するため、レーダ3次元座標系ともいう。

[0047] 3次元位置算出部32は、算出したレーダ3次元座標系で表されるターゲット検出位置を、対応検出部36に供給する。

[0048] 図6を参照しながら、ステレオカメラ12側のターゲット検出部33、視差推定部34、及び、3次元位置算出部35について説明する。

[0049] ターゲット検出部33は、右カメラ21Rと左カメラ21Lから供給されるステレオ画像に対して、予め登録されたパターン（形状またはテクスチャ）を用いたパターンマッチング（画像認識処理）や、ターゲットの画像の特徴を検出する特徴検出処理を行うことにより、X軸とY軸とからなる2次元座標

系上のターゲットの位置を検出する。

- [0050] ターゲット検出部33は、右カメラ21Rから供給される右カメラ画像と、左カメラ21Lから供給される左カメラ画像のうち、どちらか一方（本実施の形態では、左カメラ画像）を基準として、左カメラ画像におけるターゲット51の交点52の位置を画素単位の精度で検出し、3次元位置算出部35に供給する。
- [0051] 視差推定部34は、右カメラ21Rから供給される右カメラ画像と、左カメラ21Lから供給される左カメラ画像から、視差を算出し、算出結果を視差情報として3次元位置算出部35に供給する。
- [0052] 図6には、左カメラ画像を基準として、右カメラ画像と左カメラ画像から算出される視差が大きいほど、高い輝度値で表した視差画像が示されている。図6の視差画像では、輝度値が高いほど、ターゲット51までの距離が近いことを表す。
- [0053] 3次元位置算出部35は、視差推定部34から供給されるターゲットの視差情報から、車両の前方方向であるZ軸方向の位置（距離）を算出する。そして、3次元位置算出部35は、算出したターゲットのZ軸方向の位置と、ターゲット検出部33から供給された2次元座標系（XY平面）上のターゲットの位置から、車両の前方方向（奥行方向）をZ軸、横方向（水平方向）をX軸、縦方向（垂直方向）をY軸とする3次元座標系上のターゲット検出位置を算出する。ここで算出されるターゲット検出位置は、ステレオカメラ12を基準とする3次元座標系上の位置であり、レーダ3次元座標系とは軸方向は同じであるが原点が異なる。このステレオカメラ12を基準とする3次元座標系を、上述したレーダ3次元座標系と区別して、カメラ3次元座標系ともいう。また、レーダ3次元座標系とカメラ3次元座標系を特に区別する必要がない場合には、両者を総称して、センサ座標系ともいう。
- [0054] 3次元位置算出部35は、算出したカメラ3次元座標系で表されるターゲット検出位置を、対応検出部36に供給する。
- [0055] 対応検出部36は、レーダ3次元座標系で検出されたターゲットと、カメ

ラ 3次元座標系で検出されたターゲットの対応関係を検出する。換言すれば、対応検出部 36 は、レーダ 3次元座標系で検出されたターゲットが、カメラ 3次元座標系で検出されたどのターゲットと対応するかを検出する。

[0056] 予め用意されたターゲットを用いる出荷前キャリブレーション処理では、ターゲットの配置が事前に分かっている。その場合、対応検出部 36 は、ターゲットの事前配置情報を記憶部 38 から取得して、レーダ 3次元座標系で検出されたターゲット検出位置及びカメラ 3次元座標系で検出されたターゲット検出位置それぞれを、取得したターゲット事前配置情報と照合し、ターゲットを特定した上で、レーダ 3次元座標系で検出されたターゲットと、カメラ 3次元座標系で検出されたターゲットとの対応関係を検出する。

[0057] 具体的には、対応検出部 36 は、例えば、図 7 に示されるように、レーダ 3次元座標系で検出されたターゲット検出位置 a が、ターゲット事前配置情報のターゲット位置 1 に対応し、ターゲット検出位置 b がターゲット位置 2 に対応し、以下同様に、ターゲット検出位置 c 乃至 g がターゲット位置 3 乃至 7 にそれぞれ対応することを検出する。

[0058] また、対応検出部 36 は、カメラ 3次元座標系で検出されたターゲット検出位置 A が、ターゲット事前配置情報のターゲット位置 1 に対応し、ターゲット検出位置 B がターゲット位置 2 に対応し、以下同様に、ターゲット検出位置 C 乃至 G がターゲット位置 3 乃至 7 にそれぞれ対応することを検出する。

[0059] その結果、レーダ 3次元座標系で検出されたターゲット検出位置 a のターゲットと、カメラ 3次元座標系で検出されたターゲット検出位置 A のターゲットが対応することが、対応検出部 36 によって検出される。同様に、レーダ 3次元座標系で検出されたターゲット検出位置 b 乃至 g のターゲットと、カメラ 3次元座標系で検出されたターゲット検出位置 B 乃至 G のターゲットが、それぞれ、対応することが検出される。

[0060] 一方、ターゲットの配置情報が得られない運用時キャリブレーション処理では、対応検出部 36 は、以前に実行された出荷前キャリブレーション処理若しくは運用時キャリブレーション処理によって既に得られている位置関係

に基づいて、レーダ3次元座標系で検出されたターゲット検出位置と、カメラ3次元座標系で検出されたターゲット検出位置とを比較して、レーダ3次元座標系で検出されたターゲットと、カメラ3次元座標系で検出されたターゲットの対応関係を検出する。

[0061] 位置姿勢推定部37は、対応検出部36で対応関係が特定された複数のターゲットを用いて、ミリ波レーダ11とステレオカメラ12の位置関係を算出する。

[0062] 具体的には、図8に示されるように、対応検出部36で対応関係が特定されたK個のターゲットのうちの、k番目 ($0 < k < K + 1$) のターゲットの位置が、レーダ3次元座標系では、 $P_{MMW}(k) = [X_{MMW}(k) \quad Y_A \quad Z_{MMW}(k)]^T$ で表され、カメラ3次元座標系では、 $P_{cam}(k) = [X_{cam}(k) \quad Y_{cam}(k) \quad Z_{cam}(k)]^T$ で表される。ここで、Tは転置を表し、 Y_A は、所定の固定値を表す。

[0063] 位置姿勢推定部37は、K個のターゲットそれぞれについて、レーダ3次元座標系上のターゲット位置 $P_{MMW}(k)$ とカメラ3次元座標系上のターゲット位置 $P_{cam}(k)$ との位置関係を表す式(1)に代入し、最小二乗法などを用いて最適化問題を解くことにより、式(1)の回転行列Rと並進ベクトルVを算出する。

$$P_{cam}(k) = R \cdot P_{MMW}(k) + V \quad \dots \dots \dots (1)$$

[0064] 式(1)において、kは、複数(K個)のターゲットのうちの所定の1つを識別する変数 ($0 < k < K + 1$) であり、 $P_{cam}(k)$ は、カメラ3次元座標系で検出されたk番目のターゲットのターゲット検出位置、 $P_{MMW}(k)$ は、レーダ3次元座標系で検出されたk番目のターゲットのターゲット検出位置を表す。

[0065] 式(1)は、レーダ3次元座標系で検出されたk番目のターゲットのターゲット検出位置 $P_{MMW}(k)$ を、カメラ3次元座標系上のターゲット検出位置 $P_{cam}(k)$ に変換する式に相当する。回転行列Rは、ステレオカメラ12を基準にしたミリ波レーダ11の姿勢を表し、並進ベクトルVは、ステレオカメラ

1 2 を基準にしたミリ波レーダ 1 1 の位置を表す。

[0066] 回転行列 R の変数は 3 個、並進ベクトル V の変数は 3 個であるので、少なくとも 6 個のターゲット検出位置を取得することができれば、式 (1) の回転行列 R と並進ベクトル V は算出することができる。なお、回転行列 R は、最小二乗法を用いる他、四元数で表現して解くことも可能である。

[0067] 記憶部 3 8 は、位置姿勢推定部 3 7 により算出された、ミリ波レーダ 1 1 とステレオカメラ 1 2 の位置関係情報 (キャリブレーション情報) を記憶する。具体的には、式 (1) の回転行列 R と並進ベクトル V が、位置姿勢推定部 3 7 から記憶部 3 8 に供給され、記憶される。

[0068] 物体検出システム 1 は以上のように構成されている。

[0069] < 2. 対応検出処理の詳細説明 >

< 第 1 の対応検出処理 >

次に、対応検出部 3 6 が行う、ターゲットの事前配置情報を用いた第 1 の対応検出処理についてさらに詳しく説明する。

[0070] 図 9 に示されるように、k 番目のターゲットの位置が、ターゲットの事前配置情報では、所定の場所を原点とする世界座標系上の $P_{MAP}(k) = [X_{MAP}(k) \quad Y_{MAP}(k) \quad Z_{MAP}(k)]^T$ で表され、ミリ波レーダ 1 1 またはステレオカメラ 1 2 のセンサ座標系では、 $P_{Det}(k) = [X_{Det}(k) \quad Y_{Det}(k) \quad Z_{Det}(k)]^T$ で表されるとする。

[0071] なお、センサ座標系がレーダ 3 次元座標系である場合には、上述したように、 $Y_{Det}(k)$ は固定値となる。また、ターゲットは K 個であるが、ミリ波レーダ 1 1 またはステレオカメラ 1 2 のセンサ座標系では、外乱等の影響により、K 個以上のターゲットが検出される場合がある。図 9 の例では、事前配置情報では 5 個のターゲットであるのに対して、センサ座標系では、ターゲット位置 f が、例えば、ノイズによりターゲットとして検出されており、ターゲット検出位置 a 乃至 f の 6 個のターゲットが検出されている。

[0072] このように、世界座標系上の 5 個のターゲット位置 1 乃至 5 と、センサ座標系上の 6 個のターゲット検出位置 a 乃至 f との対応関係の検出は、異なる

座標系の3次元点が最も良く重なる対応関係を見つけるグラフマッチング問題とみなして解くことができる。

[0073] 世界座標系上の5個のターゲット位置1乃至5と、センサ座標系上の6個のターゲット検出位置a乃至fとの対応可能な組み合わせは、図10に示される場合だけ有り得る。

[0074] 世界座標系上の5個のターゲット位置1乃至5と、センサ座標系上の6個のターゲット検出位置a乃至fとの対応関係（接続）をM行N列の行列変数Xで表すと、以下の式（2）で表すことができる。

[数1]

$$X = \begin{bmatrix} x_{0,0} & \cdots & x_{0,N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{M,0} & \cdots & x_{M,N} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

$$x_{i,j} \in \{0,1\}, \sum_i^M x_{i,j} = 1$$

[0075] 式（2）において、Mは世界座標系上のターゲットの個数（図9の例ではM=5）、Nは、センサ座標系上のターゲットの個数（図9の例ではN=6）である。また、xの添え字iは、世界座標系上のターゲットを識別する変数（0<i<M+1）、xの添え字jは、センサ座標系上のターゲットを識別する変数（0<j<N+1）を表す。x_{i,j}は、世界座標系上のi番目のターゲットと、センサ座標系上のj番目のターゲットの接続の有無を表し、接続されているとき“1”、接続されていないとき“0”をとる変数である。

[0076] 例えば、図11において太実線で示されるように、世界座標系上のターゲット位置1とセンサ座標系上のターゲット検出位置a、世界座標系上のターゲット位置2とセンサ座標系上のターゲット検出位置b、世界座標系上のターゲット位置3とセンサ座標系上のターゲット検出位置c、世界座標系上のターゲット位置4とセンサ座標系上のターゲット検出位置d、及び、世界座標系上のターゲット位置5とセンサ座標系上のターゲット検出位置eが対応している場合には、対応関係を表す行列変数Xは、以下で表される。

[数2]

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

[0077] そして、対応検出部36は、式(2)で表される行列変数Xを用いたスコア関数score(X)を最大化するようなXを求める。スコア関数score(X)は、次式(3)で表される。

[数3]

$$\max \text{score}(X) = \sum_{i1,i2,j1,j2} S(l_{i1,i2},h_{j1,j2})x_{i1,j1} x_{i2,j2} \dots\dots\dots (3)$$

[0078] 式(3)において、i1及びi2は、世界座標系上のターゲットを識別する変数であり、j1及びj2は、センサ座標系上のターゲットを識別する変数である。l_{i1,i2}は、世界座標系上のP_{MAP}(i1)とP_{MAP}(i2)とを結ぶ線分の長さ、h_{j1,j2}は、センサ座標系上のP_{Det}(j1)とP_{Det}(j2)とを結ぶ線分の長さを表す。

[0079] S(l_{i1,i2}, h_{j1,j2})は、線分の長さl_{i1,i2}と線分の長さh_{j1,j2}の類似度を表し、線分の長さl_{i1,i2}と線分の長さh_{j1,j2}が近い値であるほど大きな値となる。類似度S(l_{i1,i2}, h_{j1,j2})は、例えば、線分の長さl_{i1,i2}と線分の長さh_{j1,j2}の差分d(l_{i1,i2}, h_{j1,j2})を用いた次式(4)を採用することができる。

[数4]

$$S(l_{i1,i2},h_{j1,j2}) = 2^{-|d(l_{i1,i2},h_{j1,j2})|} \dots\dots\dots (4)$$

[0080] 以上のようにして算出されるスコア関数score(X)は、図12に示されるように、例えば、世界座標系上のターゲット1と4の線分と、センサ座標系上のターゲットaとdの線分が対応するならば、両者の線分の長さl_{1,4}とl_{a,d}は、ほぼ等しくなり、差分d(l_{i1,i2}, h_{j1,j2}) = d(l_{1,4}, h_{a,d})は小さくなる、という考えに基づくものである。

[0081] <第2の対応検出処理>

上述した第1の対応検出処理は、ターゲットの事前配置情報を用いた検出方法であるが、ターゲットの事前配置情報を用いずに、レーダ3次元座標系で検出されたターゲットと、カメラ3次元座標系で検出されたターゲットとの対応関係を検出することもできる。

[0082] 例えば、対応検出部36は、図13に示されるように、レーダ3次元座標系上のターゲット位置 $P_{MMW}(k)$ とカメラ3次元座標系上のターゲット位置 $P_{cam}(k)$ の少なくとも一方を所定量スライドさせることで重畳させ、最近傍に配置されたターゲットどうしを対応させることができる。

[0083] <3. 運用時キャリブレーション処理>

次に、運用時キャリブレーション処理について説明する。

[0084] 図14は、運用時キャリブレーション処理が実行される場合のミリ波レーダ11側のターゲット検出部31の詳細構成例を示すブロック図である。

[0085] ターゲット検出部31は、動き検出部71、ピーク検出部72、及び、AND演算部73により構成される。

[0086] 動き検出部71は、少なくとも1つ前のフレームの反射信号を保持する記憶部を備え、ミリ波レーダ11から供給された現在のフレームの反射信号と、その1つ前に入力された前フレームの反射信号とを比較して、ピーク位置の動き検出を行う。動き検出部71は、動きが検出されたピーク位置をAND演算部73に供給する。

[0087] ピーク検出部72は、ミリ波レーダ11から供給された現在のフレームの反射信号から、反射信号強度が所定の強度以上となっているピーク位置を検出し、検出結果をAND演算部73に供給する。

[0088] AND演算部73は、動き検出部71から供給されるピーク位置と、ピーク検出部72から供給されるピーク位置のAND演算を行う。換言すれば、AND演算部73は、ピーク検出部72から供給されたピーク位置のうち、動き検出部71から供給されたピーク位置、即ち、動きが検出されたピーク位置のみを抽出し、抽出した結果をターゲット検出位置として、3次元位置算出部32に供給する。

- [0089] 図15は、運用時キャリブレーション処理が実行される場合のステレオカメラ12側のターゲット検出部33の詳細構成例を示すブロック図である。
- [0090] ターゲット検出部33は、動き領域検出部81、画像認識部82、AND演算部83、及び、中心位置算出部84により構成される。
- [0091] 動き領域検出部81は、少なくとも1つ前のフレームのステレオ画像を保持する記憶部を備え、ステレオカメラ12から供給された現在のフレームのステレオ画像と、その1つ前に入力された前フレームのステレオ画像とを比較して、ステレオ画像の動き領域を検出する。ステレオ画像の動き領域の検出は、動きベクトル推定やフレーム差分等を用いて行うことができる。動き領域検出部81は、検出された動き領域をAND演算部83に供給する。
- [0092] 画像認識部82は、ステレオカメラ12から供給された現在のフレームのステレオ画像に対して画像認識を行うことにより、ターゲット領域を検出する。例えば、ターゲットとして歩行者（人）を検出する場合には、人型（シルエット）や顔を認識する画像認識処理により、ターゲット領域を検出することができる。画像認識部82は、検出されたターゲット領域をAND演算部83に供給する。
- [0093] AND演算部83は、動き領域検出部81から供給される動き領域と、画像認識部82から供給されるターゲット領域のAND演算を行う。換言すれば、AND演算部83は、動き領域検出部81から供給された動き領域のうち、画像認識部82から供給されたターゲット領域、即ち、動きが検出されたターゲット領域のみを抽出し、抽出した結果を中心位置算出部84に供給する。
- [0094] 中心位置算出部84は、AND演算部83から供給されるターゲット領域の中心となる画素位置を算出し、算出した画素位置をターゲット検出位置として、3次元位置算出部32に供給する。
- [0095] <運用時キャリブレーション処理の具体例>
- 図16乃至図21を参照しながら、運用時キャリブレーション処理について具体的に説明する。
- [0096] 例えば、物体検出システム1が搭載されている車両が停車しているとき、

物体検出システム 1 が、図 1 6 に示される前方の歩行者 1 0 1 をターゲットとして検出して、運用時キャリブレーション処理を実行する場合について説明する。

- [0097] ミリ波レーダ 1 1 とステレオカメラ 1 2 の検出範囲には、歩行者 1 0 1 と、2 つの固定物体 1 0 2 - 1 及び 1 0 2 - 2 が含まれる。歩行者 1 0 1 は、図中、右方向に移動している途中であり、固定物体 1 0 2 - 1 及び 1 0 2 - 2 は移動しない物体である。
- [0098] ミリ波レーダ 1 1 側のターゲット検出部 3 1 では、ピーク検出部 7 2 が、図 1 7 に示されるように、ミリ波レーダ 1 1 から供給された現在のフレームの反射信号から、ピーク位置 1 1 1 乃至 1 1 3 を検出し、検出結果を AND 演算部 7 3 に供給する。ピーク位置 1 1 1 は、図 1 6 の歩行者 1 0 1 に対応し、ピーク位置 1 1 2 及び 1 1 3 は、固定物体 1 0 2 - 1 及び 1 0 2 - 2 に対応する。
- [0099] 一方、動き検出部 7 1 では、現在のフレームの反射信号と、その 1 つ前に入力された前フレームの反射信号とが比較されて、ピーク位置 1 1 1 のみが、動きが検出されたピーク位置として、AND 演算部 7 3 に供給される。
- [0100] AND 演算部 7 3 は、ピーク検出部 7 2 から供給されたピーク位置 1 1 1 乃至 1 1 3 のうち、動き検出部 7 1 から供給されたピーク位置 1 1 1 のみを、ターゲット検出位置として、3 次元位置算出部 3 2 に供給する。
- [0101] 一方、ステレオカメラ 1 2 側のターゲット検出部 3 3 では、画像認識部 8 2 が、図 1 8 に示されるように、現在のフレームのステレオ画像に対して、人型や顔を認識する画像認識処理を行うことにより、ターゲット領域 1 2 1 を検出する。ターゲット領域 1 2 1 は、図 1 6 の歩行者 1 0 1 に対応する。
- [0102] 動き領域検出部 8 1 は、ステレオカメラ 1 2 から供給された現在のフレームのステレオ画像と、その 1 つ前に入力された前フレームのステレオ画像とを比較して、ステレオ画像の動き領域 1 2 2 を検出する。ここで検出される動き領域 1 2 2 も、図 1 6 の歩行者 1 0 1 に対応する。
- [0103] なお、ターゲット検出部 3 3 が画像認識処理を行うステレオ画像と、動き

領域検出部 8 1 が動き領域を検出するステレオ画像には、視差画像と同じ左カメラ画像が用いられる。

- [0104] AND演算部 8 3 は、動き領域検出部 8 1 から供給された動き領域 1 2 2 と、画像認識部 8 2 から供給されたターゲット領域 1 2 1 のAND演算を行い、その結果として、ターゲット領域 1 2 1 を中心位置算出部 8 4 に供給する。
- [0105] 中心位置算出部 8 4 は、AND演算部 8 3 から供給されたターゲット領域 1 2 1 の中心画素位置 1 2 3 を算出し、算出した中心画素位置 1 2 3 をターゲット検出位置として、3次元位置算出部 3 2 に供給する。
- [0106] 次に、図 1 9 に示されるように、ステレオカメラ 1 2 側の3次元位置算出部 3 5 は、視差推定部 3 4 から供給される左カメラ画像基準の視差情報と、ターゲット検出部 3 3 の中心位置算出部 8 4 から供給されたターゲット検出位置 1 2 3 から、車両の前方方向をZ軸、横方向をX軸、縦方向をY軸とするカメラ3次元座標系上のターゲット検出位置 1 3 1 を算出し、対応検出部 3 6 に供給する。
- [0107] 一方、ミリ波レーダ 1 1 側の3次元位置算出部 3 2 は、ターゲット検出部 3 1 から供給された、極座標系で表されたターゲット検出位置 1 1 1 を、車両の前方方向をZ軸、横方向をX軸、縦方向をY軸とするレーダ3次元座標系上のターゲット検出位置 1 3 2 に変換し、対応検出部 3 6 に供給する。
- [0108] 対応検出部 3 6 は、出荷前キャリブレーション処理で算出されて、記憶部 3 8 に記憶されている、ミリ波レーダ 1 1 とステレオカメラ 1 2 の位置関係情報、具体的には、式 (1) の回転行列 R と並進ベクトル V を取得する。
- [0109] そして、対応検出部 3 6 は、現時点でのミリ波レーダ 1 1 とステレオカメラ 1 2 の位置関係情報を用いて、図 1 9 に示されるように、3次元位置算出部 3 2 から供給されたレーダ3次元座標系上のターゲット検出位置 1 3 2 を、カメラ3次元座標系上の位置に位置補正したターゲット検出位置 1 3 3 を算出する。
- [0110] 次に、対応検出部 3 6 は、ステレオカメラ 1 2 側の3次元位置算出部 3 5 から供給されたカメラ3次元座標系上のターゲット検出位置 1 3 1 と、カメ

ラ3次元座標系上に位置補正したミリ波レーダ11側のターゲット検出位置133とを比較し、ステレオカメラ12側で検出されたターゲットと、ミリ波レーダ11側で検出されたターゲットの対応関係を検出する。

[0111] 対応検出部36は、座標位置が最も近いターゲットどうしを、対応するターゲットであると認識する。図19の例では、検出されたターゲットの個数が1個であるが、複数のターゲットが検出された場合でも、出荷前キャリブレーション処理で算出された位置関係情報を用いて位置補正された検出位置を比較しているので、対応関係を容易に検出することができる。

[0112] 図17乃至図19を参照して説明した処理が、例えば、時刻 t における処理であるとする、信号処理装置13は、その処理を、図20に示されるように、複数フレーム(Nフレーム)で実行する。これにより、各フレームにおいて検出される対応点が1点である場合、Nフレームで、検出位置の異なるN点の対応点が検出され、記憶部38に蓄積される。

[0113] 上述したように、式(1)の回転行列 R と並進ベクトル V を算出するためには、少なくとも6個のターゲット検出位置が必要となる。この6個のターゲット検出位置を、各フレーム1点の合計6フレームで求めてもよいし、例えば、各フレーム2点の合計3フレームで求めてもよい。なお、キャリブレーション精度を向上させるためには、式(1)を解くための対応点の個数は多い方が望ましいので、フレーム数 N は6以上で、かつ、大きい値が望ましい。

[0114] また、運用時キャリブレーション処理において、図20に示した、式(1)を解くための N フレームの時刻 t 乃至 $t+N$ は、必ずしも時間的に連続しなくてもよい。例えば、所定の条件を満たした1日の10フレームで検出された対応点と、所定の条件を満たした別の日の20フレームで検出された対応点とを用いて、上述した運用時キャリブレーション処理を実行することも可能である。

[0115] また、信号処理装置13は、キャリブレーション精度を向上させるため、運用時キャリブレーション処理に用いるフレームを選択することができる。

- [0116] 具体的には、信号処理装置 13 は、検出されたターゲット検出位置から、予め決定した所定の範囲（距離）内に、他のターゲット検出位置が存在しないフレームを、運用時キャリブレーション処理に用いるフレームとして選択して、記憶部 38 に蓄積する。
- [0117] 例えば、図 21 の A のフレームでは、ターゲット検出位置 141 と 142 が検出されているが、ターゲット検出位置 141 から所定の範囲 143 の外に、他のターゲット検出位置 142 が存在している。このような場合、図 21 の A のフレームは、運用時キャリブレーション処理に用いるフレームとして選択される。
- [0118] 一方、図 21 の B のフレームでは、ターゲット検出位置 141 から所定の範囲 143 の中に、他のターゲット検出位置 142 が存在する。この場合、図 21 の B のフレームは、運用時キャリブレーション処理に用いるフレームから除外される。
- [0119] また、信号処理装置 13 は、図 21 の C のフレームのように、1 フレーム内に、所定個数以上のターゲットが検出された場合にも、そのフレームを、運用時キャリブレーション処理に用いるフレームから除外する。
- [0120] このように、運用時キャリブレーション処理においては、出荷前キャリブレーション処理と異なり、予め用意したターゲットを用いないため、より高い精度が得られるような対応点が検出されたフレーム（ターゲット）を選択して、ミリ波レーダ 11 とステレオカメラ 12 の位置関係情報が再計算される。なお、フレームの選択は、ターゲット検出部 31 または 33 が行ってもよいし、対応検出部 36 が行ってもよい。
- [0121] <4. キャリブレーション処理の処理フロー>
- 次に、図 22 のフローチャートを参照して、信号処理装置 13 により実行されるキャリブレーション処理について説明する。
- [0122] 初めに、ステップ S1 において、信号処理装置 13 は、出荷時キャリブレーション処理を実行する。この処理の詳細は、図 23 のフローチャートを参照して後述するが、この処理により、ミリ波レーダ 11 とステレオカメラ 1

2の位置関係情報である、式(1)の回転行列Rと並進ベクトルVが算出され、記憶部38に記憶される。

- [0123] ステップS1の出荷時キャリブレーション処理は、例えば、物体検出システム1が搭載された車両を製造している工場や、ディーラー等の販売店において、ユーザ(操作者)がキャリブレーションの開始を操作パネル等で指示した場合に実行される。あるいはまた、車両がキャリブレーション環境の整った場所に停車した(ことが検出された)場合などに自動で実行してもよい。出荷時キャリブレーション処理が終了後、車両が出荷され、所有者(ドライバ)に引き渡される。
- [0124] ステップS2において、信号処理装置13は、運用時キャリブレーション処理を開始するかを判定する。信号処理装置13は、例えば、前回の出荷時キャリブレーション処理または運用時キャリブレーション処理から一定以上の期間が経過した場合、図20で説明したように所定数以上の対応点が記憶部38に蓄積された場合、ミリ波レーダ11とステレオカメラ12の位置補正後の対応点のずれ量が常に(所定回数以上)所定値以上になった場合など、所定の開始条件を満たした場合に、運用時キャリブレーション処理を開始すると判定する。
- [0125] また、車両が路面と水平となっていない場合(傾いている場合)、車両が高速移動中である場合、一度に検出されたターゲットの個数が所定値以上である場合、悪天候や逆行、暗闇など、ステレオカメラ12で撮像されるステレオ画像の信頼度が低い環境条件である場合、ミリ波レーダ11のミリ波が多重反射を起こしやすい場所(例えば、トンネルなど)に車両があり、ミリ波レーダ11の信頼度が低い環境条件である場合などでは、信号処理装置13は、運用時キャリブレーション処理を開始しないと判定する。車両が多重反射を起こしやすい場所にいるか否かは、例えば、GPS受信信号に基づいて判断することができる。
- [0126] ステップS2で、運用時キャリブレーション処理を開始しないと判定された場合、処理はステップS2に戻り、次に運用時キャリブレーション処理を

開始すると判定されるまで、ステップS 2の処理が繰り返される。

- [0127] 一方、ステップS 2で、運用時キャリブレーション処理を開始すると判定された場合、処理はステップS 3に進み、信号処理装置1 3は、運用時キャリブレーション処理を実行する。この処理の詳細は、図2 4のフローチャートを参照して後述するが、この処理により、ミリ波レーダ1 1とステレオカメラ1 2の位置関係情報である、式(1)の回転行列Rと並進ベクトルVが再度算出され、記憶部3 8に上書き(更新)される。
- [0128] 図2 3は、上述したステップS 1における出荷時キャリブレーション処理の詳細を説明するフローチャートである。
- [0129] ステップS 2 1において、ミリ波レーダ1 1側のターゲット検出部3 1は、ミリ波レーダ1 1から供給された反射信号と照射方向 θ に基づいて、車両前方のターゲットの位置を検出する。ターゲット検出部3 1により検出されたターゲット検出位置は、反射信号の強度に基づく距離Lと、照射方向 θ とからなる極座標系で表され、3次元位置算出部3 2に供給される。
- [0130] ステップS 2 2において、ミリ波レーダ1 1側の3次元位置算出部3 2は、ターゲット検出部3 1から供給された、極座標系で表されたターゲット検出位置を、レーダ3次元座標系上のターゲット検出位置に変換する。
- [0131] ステップS 2 3において、ステレオカメラ1 2側のターゲット検出部3 3は、ステレオ画像に対してパターンマッチングや特徴検出処理等の画像処理を行うことにより、2次元座標系上のターゲットの位置を検出する。
- [0132] ステップS 2 4において、視差推定部3 4は、右カメラ2 1Rから供給された右カメラ画像と、左カメラ2 1Lから供給された左カメラ画像から、視差を算出し、視差情報として3次元位置算出部3 5に供給する。
- [0133] ステップS 2 5において、3次元位置算出部3 5は、視差推定部3 4から供給された視差情報と、ターゲット検出部3 3から供給された2次元座標系上のターゲット検出位置から、カメラ3次元座標系上のターゲット検出位置を算出する。
- [0134] なお、ステップS 2 1乃至S 2 5の処理は、上述したように順番に実行す

る他、ステップS 2 1 及びS 2 2 の処理とステップS 2 3 乃至S 2 5 の処理を並行して実行することができる。

[0135] ステップS 2 6 において、対応検出部 3 6 は、上述した第 1 の対応検出処理を実行することにより、レーダ 3 次元座標系で検出されたターゲットと、カメラ 3 次元座標系で検出されたターゲットの対応関係を検出する。具体的には、対応検出部 3 6 は、レーダ 3 次元座標系で検出されたターゲット検出位置を、ターゲット事前配置情報と照合し、ターゲットを識別する。また、対応検出部 3 6 は、カメラ 3 次元座標系で検出されたターゲット検出位置を、ターゲット事前配置情報と照合し、ターゲットを識別する。そして、対応検出部 3 6 は、ターゲット事前配置情報との照合結果に基づいて、レーダ 3 次元座標系で検出されたターゲットが、カメラ 3 次元座標系で検出されたどのターゲットと対応するかを検出する。

[0136] なお、ステップS 2 6 では、第 1 の対応検出処理に代えて、上述した第 2 の対応検出処理を実行してもよい。

[0137] ステップS 2 7 において、位置姿勢推定部 3 7 は、対応検出部 3 6 で対応関係が特定された複数のターゲットのターゲット検出位置を式 (1) に代入し、最小二乗法などを用いて解くことにより、ミリ波レーダ 1 1 とステレオカメラ 1 2 の位置関係を算出する。これにより、式 (1) の回転行列 R と並進ベクトル V が算出される。

[0138] ステップS 2 8 において、位置姿勢推定部 3 7 は、算出した回転行列 R と並進ベクトル V を記憶部 3 8 に記憶させる。

[0139] 以上で、ステップS 1 における出荷時キャリブレーション処理が終了する。

[0140] 次に、図 2 4 のフローチャートを参照して、上述したステップS 3 における運用時キャリブレーション処理の詳細について説明する。

[0141] ステップS 4 1 において、ミリ波レーダ 1 1 側のターゲット検出部 3 1 は、ミリ波レーダ 1 1 から供給された反射信号と照射方向 θ に基づいて、動きが検出されたターゲットの位置を検出する。

- [0142] より詳しくは、動き検出部 7 1 が、現在のフレームの反射信号と、その 1 つ前に入力された前フレームの反射信号とを比較して、ピーク位置の動き検出を行う。また、ピーク検出部 7 2 は、現在のフレームの反射信号からピーク位置を検出し、AND演算部 7 3 に供給する。そして、AND演算部 7 3 が、ピーク検出部 7 2 から供給されたピーク位置のうち、動き検出部 7 1 から供給されたピーク位置のみを抽出し、抽出した結果を、動きが検出されたターゲット検出位置として、3次元位置算出部 3 2 に供給する。
- [0143] ステップ S 4 2 において、ミリ波レーダ 1 1 側の 3次元位置算出部 3 2 は、ターゲット検出部 3 1 から供給された、極座標系で表されたターゲット検出位置を、レーダ 3次元座標系上のターゲット検出位置に変換する。
- [0144] ステップ S 4 3 において、ステレオカメラ 1 2 側のターゲット検出部 3 3 は、ステレオ画像に対してパターンマッチングや特徴検出処理等の画像処理を行うことにより、動きが検出されたターゲットの位置を検出する。
- [0145] より詳しくは、動き領域検出部 8 1 が、現在のステレオ画像と、その 1 つ前に入力された前フレームのステレオ画像とを比較して、ステレオ画像の動き領域を検出する。画像認識部 8 2 は、ステレオカメラ 1 2 から供給された現在のステレオ画像に対して画像認識を行うことにより、ターゲット領域を検出する。AND演算部 8 3 は、動き領域検出部 8 1 から供給された動き領域のうち、画像認識部 8 2 から供給されたターゲット領域を抽出し、抽出した結果を中心位置算出部 8 4 に供給する。中心位置算出部 8 4 は、AND演算部 8 3 から供給されたターゲット領域の中心画素位置を算出し、算出した中心画素位置を、動きが検出されたターゲット検出位置として、3次元位置算出部 3 2 に供給する。
- [0146] ステップ S 4 4 において、視差推定部 3 4 は、右カメラ 2 1 R から供給された右カメラ画像と、左カメラ 2 1 L から供給された左カメラ画像から、視差を算出し、視差情報として 3次元位置算出部 3 5 に供給する。
- [0147] ステップ S 4 5 において、ステレオカメラ 1 2 側の 3次元位置算出部 3 5 は、視差推定部 3 4 から供給された視差情報と、ターゲット検出部 3 3 から

供給された2次元座標系上のターゲット検出位置から、カメラ3次元座標系上のターゲット検出位置を算出する。

- [0148] ステップS46において、対応検出部36は、記憶部38に記憶されているミリ波レーダ11とステレオカメラ12の位置関係情報、具体的には、式(1)の回転行列Rと並進ベクトルVを取得する。ここで、記憶部38から取得される位置関係情報は、1回目の運用時キャリブレーション処理においては、出荷前キャリブレーション処理で算出されたデータとなるが、2回目以降の運用時キャリブレーション処理においては、1回前の運用時キャリブレーション処理で更新されたデータとなる。
- [0149] ステップS47において、対応検出部36は、取得した位置関係情報を用いて、3次元位置算出部32から供給されたレーダ3次元座標系上のターゲット検出位置132を、カメラ3次元座標系上の位置に位置補正したターゲット検出位置を算出する。
- [0150] ステップS48において、対応検出部36は、ステレオカメラ12側の3次元位置算出部35から供給されたカメラ3次元座標系上のターゲット検出位置と、カメラ3次元座標系上に位置補正したミリ波レーダ11側のターゲット検出位置とを比較し、ステレオカメラ12側で検出されたターゲットと、ミリ波レーダ11側で検出されたターゲットの対応関係を検出する。
- [0151] ステップS49において、位置姿勢推定部37は、ステップS48の処理で対応関係が特定された複数のターゲットのターゲット検出位置を式(1)に代入して解くことにより、ミリ波レーダ11とステレオカメラ12の位置関係を算出する。
- [0152] ステップS50において、位置姿勢推定部37は、記憶部38に記憶されている現在の位置関係情報と、ステップS49で新たに算出された位置関係情報とを比較して、新しい位置関係情報が、現在の位置関係情報の所定の範囲内であるかを判定する。
- [0153] ステップS50で、新しい位置関係情報が現在の位置関係情報の所定の範囲内であると判定された場合、処理はステップS51に進み、位置姿勢推定

部 37 は、記憶部 38 に記憶されている現在の位置関係情報に、新しい位置関係情報を上書き記憶させて、運用時キャリブレーション処理を終了する。

[0154] 一方、ステップ S50 で、新しい位置関係情報が現在の位置関係情報の所定の範囲内ではないと判定された場合、ステップ S51 の処理はスキップされ、運用時キャリブレーション処理が終了する。

[0155] ステップ S50 の処理によれば、新たに算出された位置関係情報が、これまでの位置関係情報と比較して大きく異なる値である場合には、位置姿勢推定部 37 は、算出された位置関係情報が何らかの誤差要因を含んだ信頼性の低い値であるとして更新しない。なお、ステップ S50 の処理を省略して、記憶部 38 に記憶されている情報を、新たに算出された位置関係情報で常に更新するようにしてもよい。

[0156] 出荷時キャリブレーション処理及び運用時キャリブレーション処理は以上のようにして実行される。

[0157] なお、上述した出荷時キャリブレーション処理及び運用時キャリブレーション処理では、ミリ波レーダ 11 とステレオカメラ 12 の位置関係を示すキャリブレーションデータを算出する処理を 1 回だけ行う例であるが、複数回行って、その平均値を最終的なキャリブレーションデータとして記憶部 38 に記憶させてもよい。また、複数回算出したキャリブレーションデータを用いる場合には、複数回のキャリブレーションデータのうち、他のキャリブレーションデータから大きく外れるデータを除外した上で、最終的なキャリブレーションデータを算出することができる。

[0158] <5. 出荷時キャリブレーション処理におけるターゲットの例>

図 25 は、出荷時キャリブレーション処理において用いることができるターゲットのその他の例を示している。

[0159] 出荷時キャリブレーション処理においては、例えば、図 25 に示されるように、ミリ波を反射する球 161 や、コーナーリフレクタ 162 を、ターゲットとして用いることができる。

[0160] ステレオ画像に基づいてターゲットの位置を検出するターゲット検出部 3

3は、キャリブレーション精度を上げるため、ターゲットの位置を画素レベルで検出することが望ましい。図2に示したターゲット51の例では、テクスチャの交点52を算出したが、ターゲットが球161である場合には、パターンマッチングや円形状の形状認識等によりステレオ画像内の球161を円として検出し、検出された球161の中心位置をターゲット検出位置として出力することができる。

[0161] また、ターゲットがコーナーリフレクタ162である場合には、予め登録しておいたコーナーリフレクタ162の登録パターンでパターンマッチングすることによりステレオ画像内のコーナーリフレクタ162を検出し、検出されたコーナーリフレクタ162の登録パターンの中心位置をターゲット検出位置として出力することができる。

[0162] 図26は、ターゲットが球161である場合の、ミリ波レーダ11の反射信号と、ステレオカメラ12によるステレオ画像から算出された視差画像の例を示している。

[0163] <6. 運用時キャリブレーション処理におけるターゲットの例>

次に、運用時キャリブレーション処理において用いることができるターゲットのその他の例について説明する。

[0164] 運用時キャリブレーション処理においては、ターゲットとして、上述した歩行者（人間）の他、交通環境に存在する一般的な物体、例えば、他車の一部（例えば、ナンバープレート）、自車の一部、看板、標識、信号機、電柱などを用いることができる。

[0165] 図27を参照して、ターゲットが、電柱等のポール状の物体である場合の、ターゲット位置の検出方法について説明する。

[0166] 初めに、ターゲット検出部33は、ステレオ画像から垂直な平行線を検出し、検出された平行線で囲まれた領域をポール領域として算出する。図27の例では、ステレオ画像内に1個のポール領域が検出されているが、複数のポール領域が検出される場合もある。

[0167] そして、ターゲット検出部33は、視差推定部34で算出されたステレオ

画像の視差情報に基づいて、検出されたポール領域に対して、水平方向と垂直方向のそれぞれでポール判定を行う。

[0168] 具体的には、ターゲット検出部 33 は、図 27 に示されるように、ポール領域において、水平方向で見たときの視差が上に凸の曲線を描くように推移している場合に、そのポール領域について、水平方向のポール判定結果を真と判定し、そうでない場合を偽と判定する。

[0169] また、ターゲット検出部 33 は、垂直方向で見たときの視差の変化が少ない（所定値以下である）場合に、そのポール領域について、垂直方向のポール判定結果を真と判定し、そうでない場合を偽と判定する。

[0170] 最後に、ターゲット検出部 33 は、水平方向のポール判定結果と、垂直方向のポール判定結果をAND演算する。即ち、ターゲット検出部 33 は、水平方向のポール判定結果と、垂直方向のポール判定結果のどちらの判定結果も真である場合に、そのポール領域の位置を、ターゲット検出位置として出力する。

[0171] 以上のように、ターゲットが、電柱等のポール状の物体である場合には、ターゲット検出部 33 は、視差推定部 34 で算出される視差情報も用いて、ターゲットを検出し、ターゲット検出位置を出力することができる。

[0172] 以上説明した物体検出システム 1 によれば、ミリ波レーダ 11 とステレオカメラ 12 の位置関係情報を、ステレオ画像の画素単位の精度で検出してキャリブレーションすることができ、高精度なキャリブレーションが実現できる。

[0173] また、標識、電柱等のポール状物体や歩行者など、交通環境に存在する一般的な物体を用いて、運用時キャリブレーションを実行するので、経年変化、振動、熱等の要因により、ミリ波レーダ 11 とステレオカメラ 12 の位置関係に変化が生じた場合であっても、任意のタイミングで（自動で）補正することができる。

[0174] 上述した例では、物体検出システム 1 が車両に搭載される例について説明したが、本技術は、車両の他、例えば、ロボット等のその他の陸上を移動す

る移動物体に搭載することも可能である。

[0175] また、上述した例では、第1の座標系におけるターゲットの3次元位置を算出する第1のセンサとしてミリ波レーダ11を採用し、第2の座標系におけるターゲットの3次元位置を算出する第2のセンサとして、ステレオカメラ12を採用した。第1のセンサとしては、ミリ波レーダ11の他、超音波を用いたレーダ、赤外線等のレーザレーダ、ライダーなど、その他のレーダ方式のセンサを用いてもよい。換言すれば、第1のセンサは、横方向（水平方向）または縦方向（垂直方向）の少なくとも一方の位置情報と、奥行き方向の位置情報とを取得できるセンサであればよい。

[0176] <7. コンピュータ構成例>

上述したキャリブレーション処理を含む一連の処理は、ハードウェアにより実行することもできるし、ソフトウェアにより実行することもできる。一連の処理をソフトウェアにより実行する場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、コンピュータにインストールされる。ここで、コンピュータには、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータや、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば汎用のパーソナルコンピュータなどが含まれる。

[0177] 図28は、上述した一連の処理をプログラムにより実行する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。

[0178] コンピュータにおいて、CPU (Central Processing Unit) 201, ROM (Read Only Memory) 202, RAM (Random Access Memory) 203は、バス204により相互に接続されている。

[0179] バス204には、さらに、入出力インタフェース205が接続されている。入出力インタフェース205には、入力部206、出力部207、記憶部208、通信部209、及びドライブ210が接続されている。

[0180] 入力部206は、キーボード、マウス、マイクロホンなどよりなる。出力部207は、ディスプレイ、スピーカなどよりなる。記憶部208は、ハードディスクや不揮発性のメモリなどよりなる。通信部209は、ネットワー

クインタフェースなどよりなる。ドライブ210は、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、或いは半導体メモリなどのリムーバブル記録媒体211を駆動する。

[0181] 以上のように構成されるコンピュータでは、CPU201が、例えば、記憶部208に記憶されているプログラムを、入出力インタフェース205及びバス204を介して、RAM203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。

[0182] コンピュータでは、プログラムは、リムーバブル記録媒体211をドライブ210に装着することにより、入出力インタフェース205を介して、記憶部208にインストールすることができる。また、プログラムは、ローカルエリアネットワーク、インターネット、デジタル衛星放送といった、有線または無線の伝送媒体を介して、通信部209で受信し、記憶部208にインストールすることができる。その他、プログラムは、ROM202や記憶部208に、あらかじめインストールしておくことができる。

[0183] 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等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。

[0184] フローチャートに記述されたステップは、記載された順序に沿って時系列的に行われる場合はもちろん、必ずしも時系列的に処理されなくとも、並列に、あるいは呼び出しが行われたとき等の必要なタイミングで実行されてもよい。

[0185] 本明細書において、システムとは、複数の構成要素（装置、モジュール（部品）等）の集合を意味し、すべての構成要素が同一筐体中にあるか否かは問わない。したがって、別個の筐体に収納され、ネットワークを介して接続されている複数の装置、及び、1つの筐体の中に複数のモジュールが収納されている1つの装置は、いずれも、システムである。

[0186] 本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。

[0187] 例えば、上述した複数の実施の形態の全てまたは一部を組み合わせた形態を採用することができる。

[0188] 例えば、本技術は、1つの機能をネットワークを介して複数の装置で分担、共同して処理するクラウドコンピューティングの構成をとることができる。

[0189] また、上述のフローチャートで説明した各ステップは、1つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。

[0190] さらに、1つのステップに複数の処理が含まれる場合には、その1つのステップに含まれる複数の処理は、1つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。

[0191] なお、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、本明細書に記載されたもの以外の効果があってもよい。

[0192] なお、本技術は以下のような構成も取ることができる。

(1)

ステレオカメラにより撮像されたステレオ画像から、第1の座標系におけるターゲットの3次元位置を算出する第1位置算出部と、

横方向または縦方向の少なくとも一方の位置情報と、奥行き方向の位置情報とを取得できるセンサのセンサ信号から、第2の座標系における前記ターゲットの3次元位置を算出する第2位置算出部と、

前記第1の座標系上の前記ターゲットと、前記第2の座標系上の前記ターゲットとの対応関係を検出する対応検出部と、

検出された前記対応関係に基づいて、前記第1の座標系と前記第2の座標系の位置関係情報を推定する位置関係情報推定部と

を備える信号処理装置。

(2)

前記対応検出部は、前記第1の座標系上の前記ターゲットと前記第2の座標系上の前記ターゲットのそれぞれを前記ターゲットの事前配置情報と照合

し、前記ターゲットを特定した上で、前記対応関係を検出する

前記（１）に記載の信号処理装置。

（３）

前記対応検出部は、前記第１の座標系上の前記ターゲットの３次元位置と前記第２の座標系上の前記ターゲットの３次元位置を重畳させ、最近傍に配置されたターゲットどうしを対応させ、前記対応関係を検出する

前記（１）または（２）に記載の信号処理装置。

（４）

前記第１位置算出部は、動きが検出された前記ターゲットの３次元位置を算出し、

前記第２位置算出部は、動きが検出された前記ターゲットの３次元位置を算出する

前記（１）乃至（３）のいずれかに記載の信号処理装置。

（５）

前記第１位置算出部は、１フレーム以上のステレオ画像から複数の前記ターゲットの３次元位置を算出し、

前記第２位置算出部は、１フレーム以上のセンサ信号から複数の前記ターゲットの３次元位置を算出し、

前記対応検出部は、複数の前記ターゲットについて対応関係を検出する

前記（１）乃至（４）のいずれかに記載の信号処理装置。

（６）

前記第１位置算出部は、１フレームのステレオ画像から複数の前記ターゲットの３次元位置を算出し、

前記第２位置算出部は、１フレームのセンサ信号から複数の前記ターゲットの３次元位置を算出する

前記（５）に記載の信号処理装置。

（７）

前記第１位置算出部及び前記第２位置算出部により算出された前記ターゲ

ットの3次元位置を記憶する記憶部をさらに備え、

前記対応検出部は、所定数以上の前記ターゲットの3次元位置が前記記憶部に蓄積された場合に、前記対応関係の検出を開始する

前記(1)乃至(6)のいずれかに記載の信号処理装置。

(8)

前記ターゲットは、前記奥行き方向の位置が異なる位置に複数配置される

前記(1)乃至(7)のいずれかに記載の信号処理装置。

(9)

前記ターゲットは、前記横方向の位置が異なる位置に複数配置される

前記(1)乃至(8)のいずれかに記載の信号処理装置。

(10)

前記ターゲットは、同じ高さ位置に複数配置される

前記(1)乃至(9)のいずれかに記載の信号処理装置。

(11)

前記ターゲットは、前記ステレオカメラから見て、重ならない位置に複数配置される

前記(1)乃至(10)のいずれかに記載の信号処理装置。

(12)

前記ターゲットは、人である

前記(1)乃至(10)のいずれかに記載の信号処理装置。

(13)

前記ターゲットは、所定のテクスチャを有する物体である

前記(1)乃至(10)のいずれかに記載の信号処理装置。

(14)

前記ターゲットは、ボール状の物体である

前記(1)乃至(10)のいずれかに記載の信号処理装置。

(15)

前記第1の座標系と前記第2の座標系の位置関係情報は、回転行列と並進

ベクトルである

前記（１）乃至（１４）のいずれかに記載の信号処理装置。

（１６）

前記センサは、ミリ波レーダである

前記（１）乃至（１５）のいずれかに記載の信号処理装置。

（１７）

ステレオカメラにより撮像されたステレオ画像から、第１の座標系におけるターゲットの３次元位置を算出し、

横方向または縦方向の少なくとも一方の位置情報と、奥行き方向の位置情報とを取得できるセンサのセンサ信号から、第２の座標系における前記ターゲットの３次元位置を算出し、

前記第１の座標系上の前記ターゲットと、前記第２の座標系上の前記ターゲットとの対応関係を検出し、

検出された前記対応関係に基づいて、前記第１の座標系と前記第２の座標系の位置関係情報を推定する

ステップを含む信号処理方法。

（１８）

コンピュータに、

ステレオカメラにより撮像されたステレオ画像から、第１の座標系におけるターゲットの３次元位置を算出し、

横方向または縦方向の少なくとも一方の位置情報と、奥行き方向の位置情報とを取得できるセンサのセンサ信号から、第２の座標系における前記ターゲットの３次元位置を算出し、

前記第１の座標系上の前記ターゲットと、前記第２の座標系上の前記ターゲットとの対応関係を検出し、

検出された前記対応関係に基づいて、前記第１の座標系と前記第２の座標系の位置関係情報を推定する

ステップを含む処理を実行させるためのプログラム。

符号の説明

[0193] 1 物体検出システム, 11 ミリ波レーダ, 12 ステレオカメラ, 13 信号処理装置, 21L 左カメラ, 21R 右カメラ, 31 ターゲット検出部, 32 3次元位置算出部, 33 ターゲット検出部, 34 視差推定部, 35 3次元位置算出部, 36 対応検出部, 37 位置姿勢推定部, 38 記憶部, 51 ターゲット, 71 動き検出部, 72 ピーク検出部, 73 AND演算部, 81 動き領域検出部, 82 画像認識部, 83 AND演算部, 84 中心位置算出部, 201 CPU, 202 ROM, 203 RAM, 206 入力部, 207 出力部, 208 記憶部, 209 通信部, 210 ドライブ

請求の範囲

- [請求項1] ステレオカメラにより撮像されたステレオ画像から、第1の座標系におけるターゲットの3次元位置を算出する第1位置算出部と、
- 横方向または縦方向の少なくとも一方の位置情報と、奥行き方向の位置情報とを取得できるセンサのセンサ信号から、第2の座標系における前記ターゲットの3次元位置を算出する第2位置算出部と、
- 前記第1の座標系上の前記ターゲットと、前記第2の座標系上の前記ターゲットとの対応関係を検出する対応検出部と、
- 検出された前記対応関係に基づいて、前記第1の座標系と前記第2の座標系の位置関係情報を推定する位置関係情報推定部と
- を備える信号処理装置。
- [請求項2] 前記対応検出部は、前記第1の座標系上の前記ターゲットと前記第2の座標系上の前記ターゲットのそれぞれを前記ターゲットの事前配置情報と照合し、前記ターゲットを特定した上で、前記対応関係を検出する
- 請求項1に記載の信号処理装置。
- [請求項3] 前記対応検出部は、前記第1の座標系上の前記ターゲットの3次元位置と前記第2の座標系上の前記ターゲットの3次元位置を重畳させ、最近傍に配置されたターゲットどうしを対応させ、前記対応関係を検出する
- 請求項1に記載の信号処理装置。
- [請求項4] 前記第1位置算出部は、動きが検出された前記ターゲットの3次元位置を算出し、
- 前記第2位置算出部は、動きが検出された前記ターゲットの3次元位置を算出する
- 請求項1に記載の信号処理装置。
- [請求項5] 前記第1位置算出部は、1フレーム以上のステレオ画像から複数の前記ターゲットの3次元位置を算出し、

前記第2位置算出部は、1フレーム以上のセンサ信号から複数の前記ターゲットの3次元位置を算出し、

前記対応検出部は、複数の前記ターゲットについて対応関係を検出する

請求項1に記載の信号処理装置。

[請求項6] 前記第1位置算出部は、1フレームのステレオ画像から複数の前記ターゲットの3次元位置を算出し、

前記第2位置算出部は、1フレームのセンサ信号から複数の前記ターゲットの3次元位置を算出する

請求項5に記載の信号処理装置。

[請求項7] 前記第1位置算出部及び前記第2位置算出部により算出された前記ターゲットの3次元位置を記憶する記憶部をさらに備え、

前記対応検出部は、所定数以上の前記ターゲットの3次元位置が前記記憶部に蓄積された場合に、前記対応関係の検出を開始する

請求項1に記載の信号処理装置。

[請求項8] 前記ターゲットは、前記奥行き方向の位置が異なる位置に複数配置される

請求項1に記載の信号処理装置。

[請求項9] 前記ターゲットは、前記横方向の位置が異なる位置に複数配置される

請求項1に記載の信号処理装置。

[請求項10] 前記ターゲットは、同じ高さ位置に複数配置される

請求項1に記載の信号処理装置。

[請求項11] 前記ターゲットは、前記ステレオカメラから見て、重ならない位置に複数配置される

請求項1に記載の信号処理装置。

[請求項12] 前記ターゲットは、人である

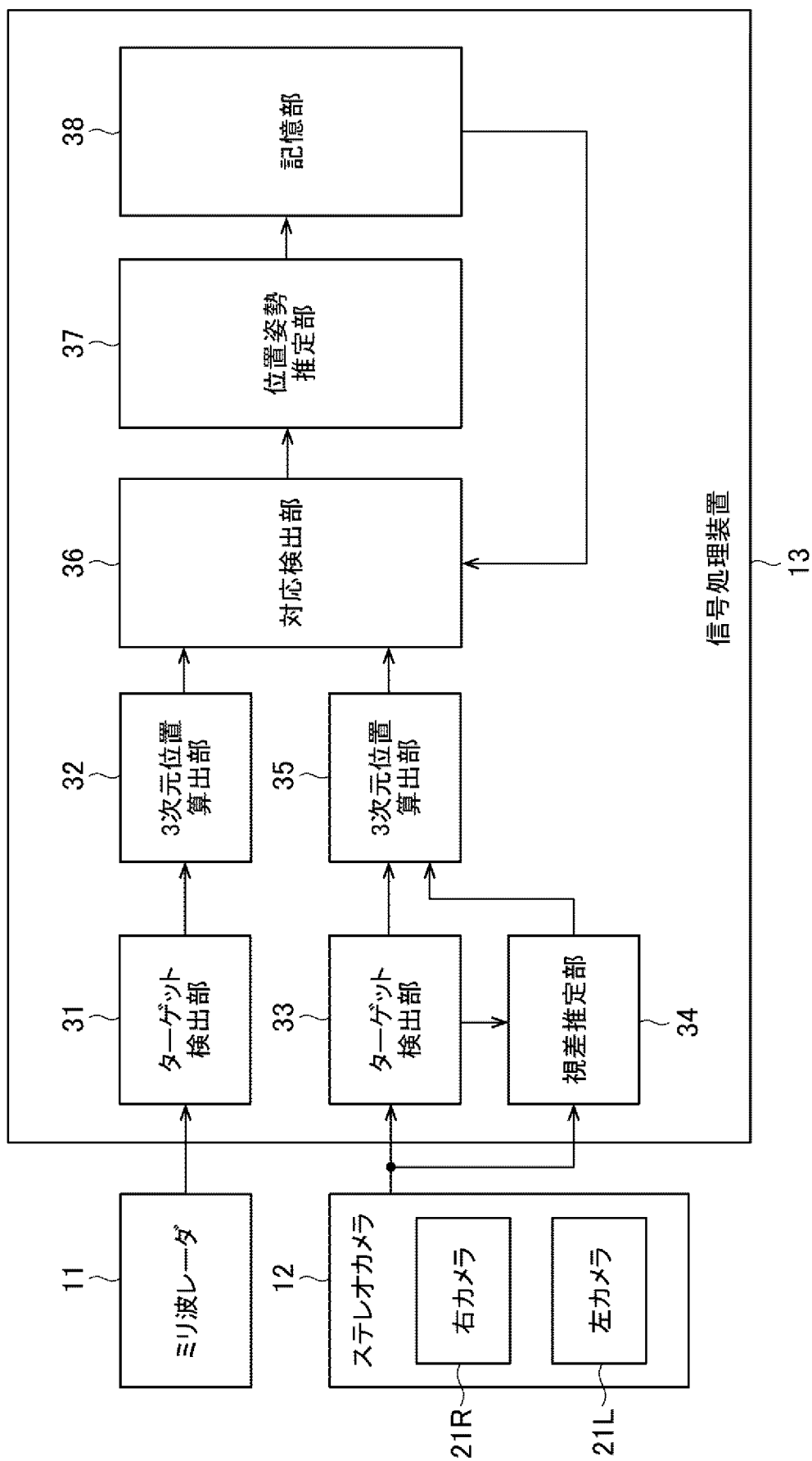
請求項1に記載の信号処理装置。

- [請求項13] 前記ターゲットは、所定のテクスチャを有する物体である
請求項1に記載の信号処理装置。
- [請求項14] 前記ターゲットは、ポール状の物体である
請求項1に記載の信号処理装置。
- [請求項15] 前記第1の座標系と前記第2の座標系の位置関係情報は、回転行列と並進ベクトルである
請求項1に記載の信号処理装置。
- [請求項16] 前記センサは、ミリ波レーダである
請求項1に記載の信号処理装置。
- [請求項17] ステレオカメラにより撮像されたステレオ画像から、第1の座標系におけるターゲットの3次元位置を算出し、
横方向または縦方向の少なくとも一方の位置情報と、奥行き方向の位置情報とを取得できるセンサのセンサ信号から、第2の座標系における前記ターゲットの3次元位置を算出し、
前記第1の座標系上の前記ターゲットと、前記第2の座標系上の前記ターゲットとの対応関係を検出し、
検出された前記対応関係に基づいて、前記第1の座標系と前記第2の座標系の位置関係情報を推定する
ステップを含む信号処理方法。
- [請求項18] コンピュータに、
ステレオカメラにより撮像されたステレオ画像から、第1の座標系におけるターゲットの3次元位置を算出し、
横方向または縦方向の少なくとも一方の位置情報と、奥行き方向の位置情報とを取得できるセンサのセンサ信号から、第2の座標系における前記ターゲットの3次元位置を算出し、
前記第1の座標系上の前記ターゲットと、前記第2の座標系上の前記ターゲットとの対応関係を検出し、
検出された前記対応関係に基づいて、前記第1の座標系と前記第2

の座標系の位置関係情報を推定する
ステップを含む処理を実行させるためのプログラム。

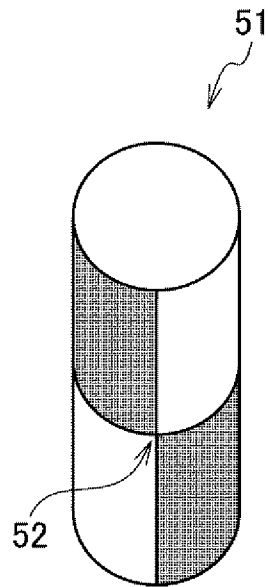
[図1]
FIG. 1

1



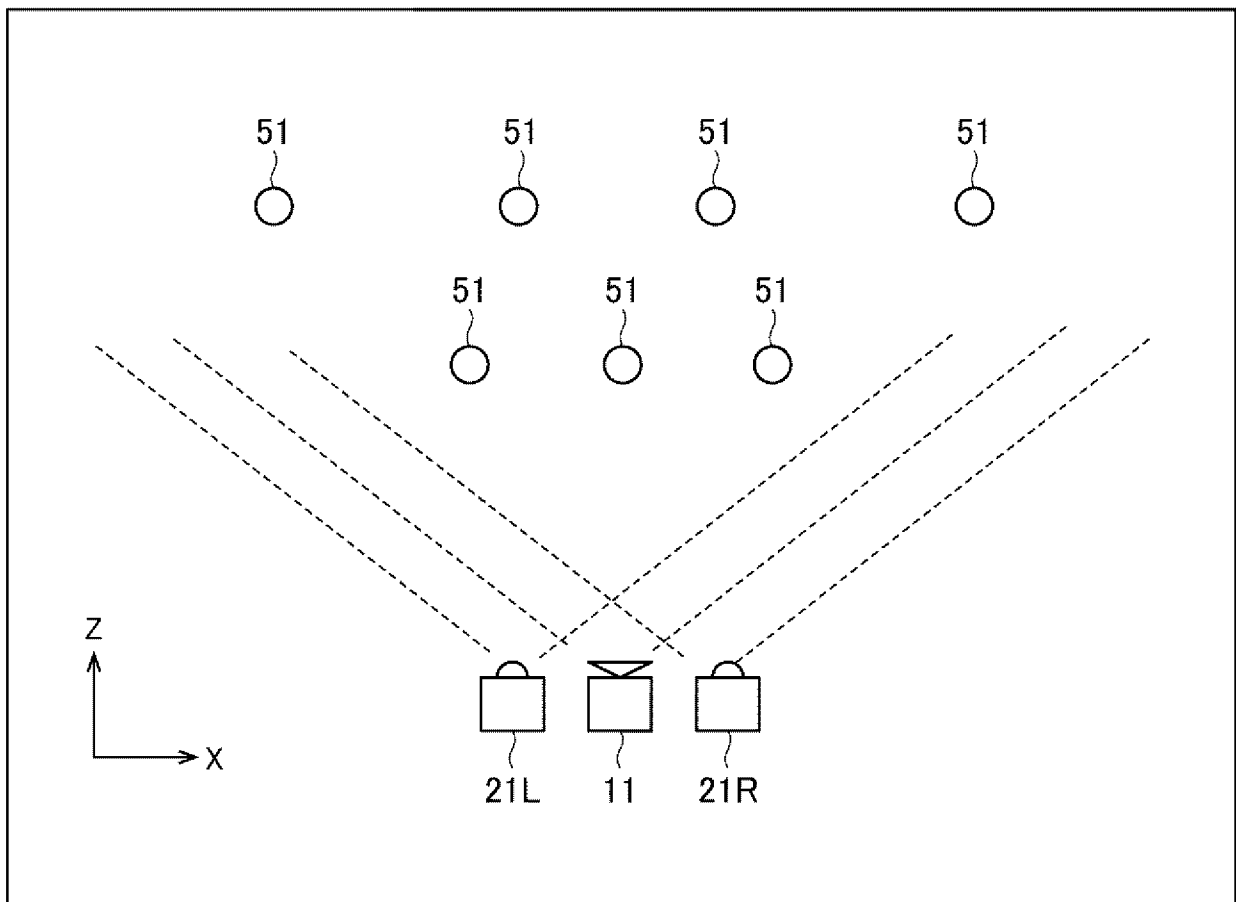
[図2]

FIG. 2



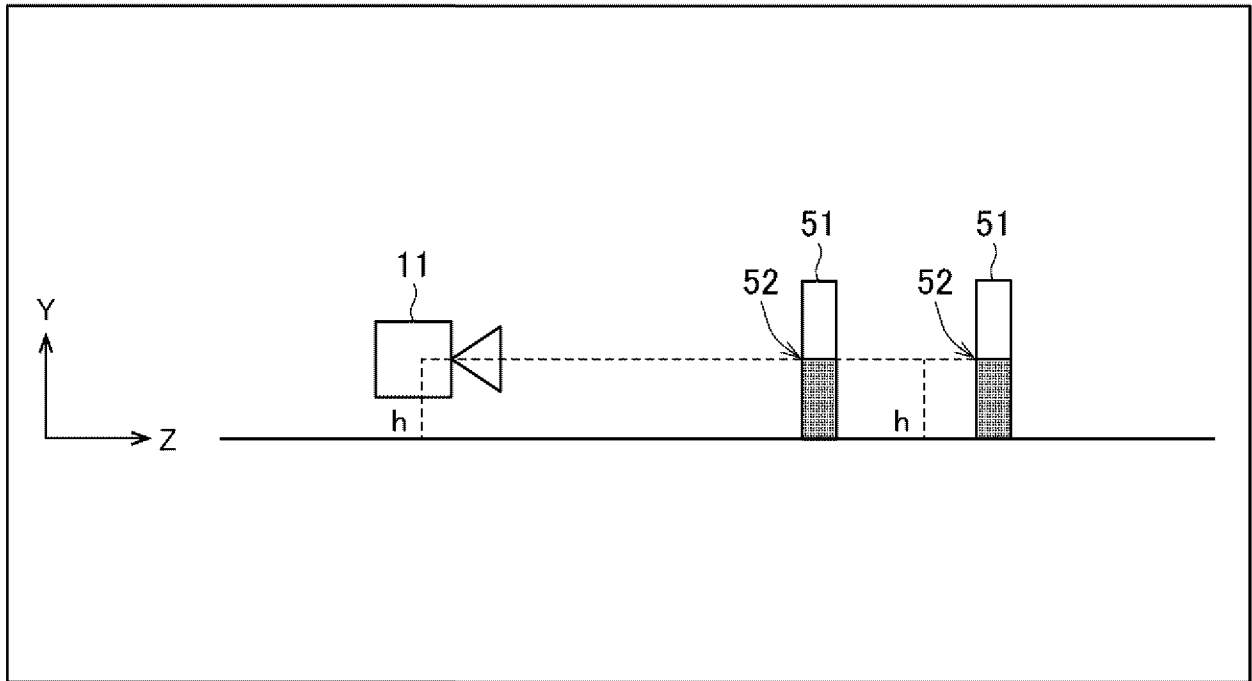
[図3]

FIG. 3



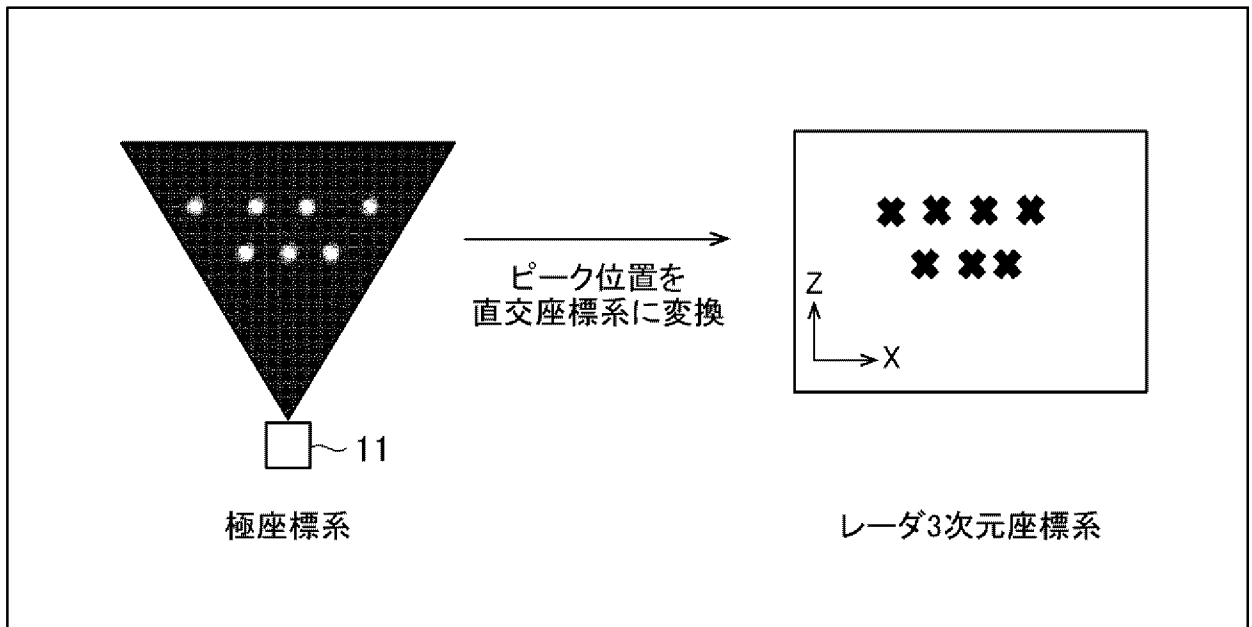
[図4]

FIG. 4

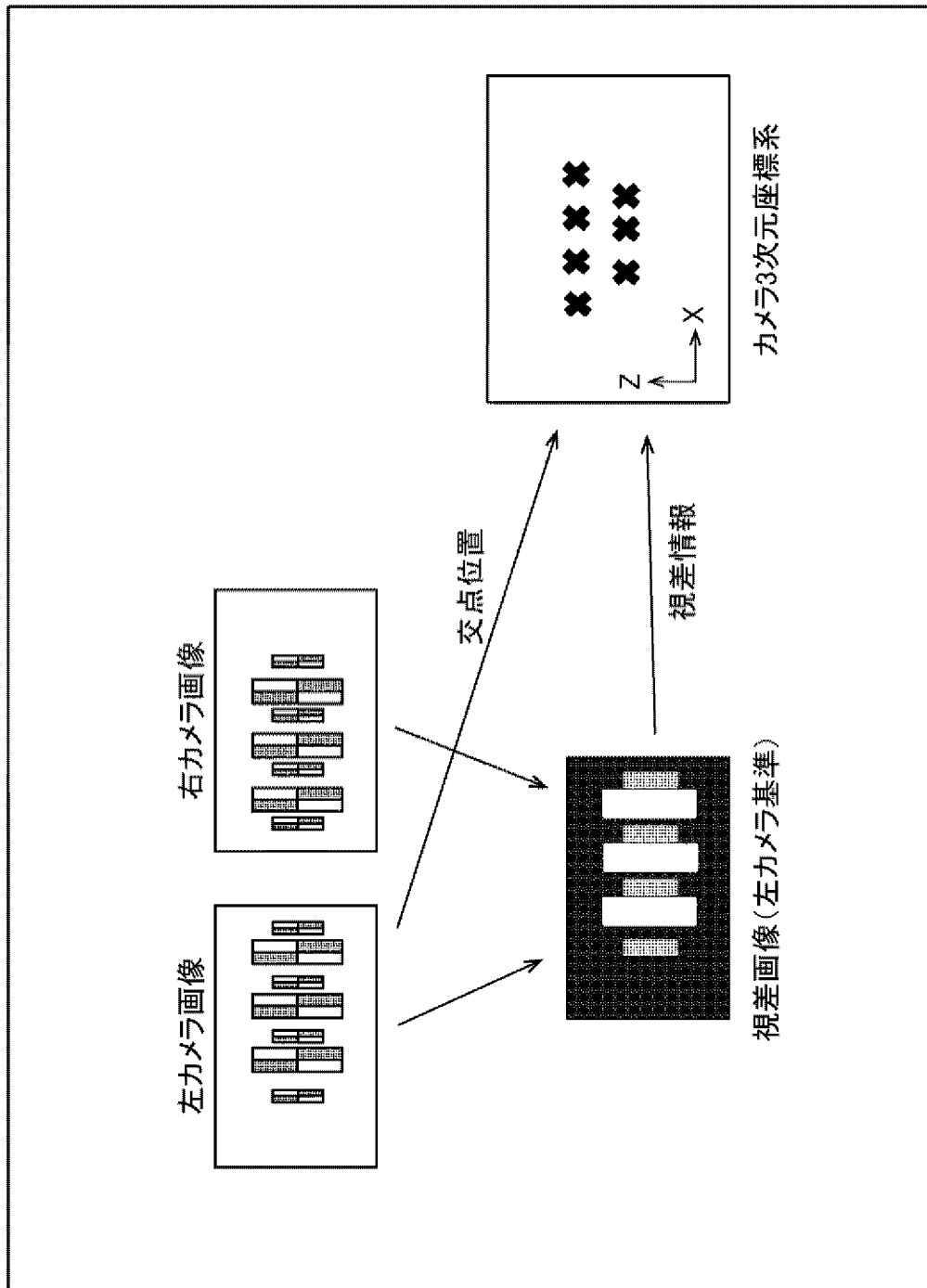


[図5]

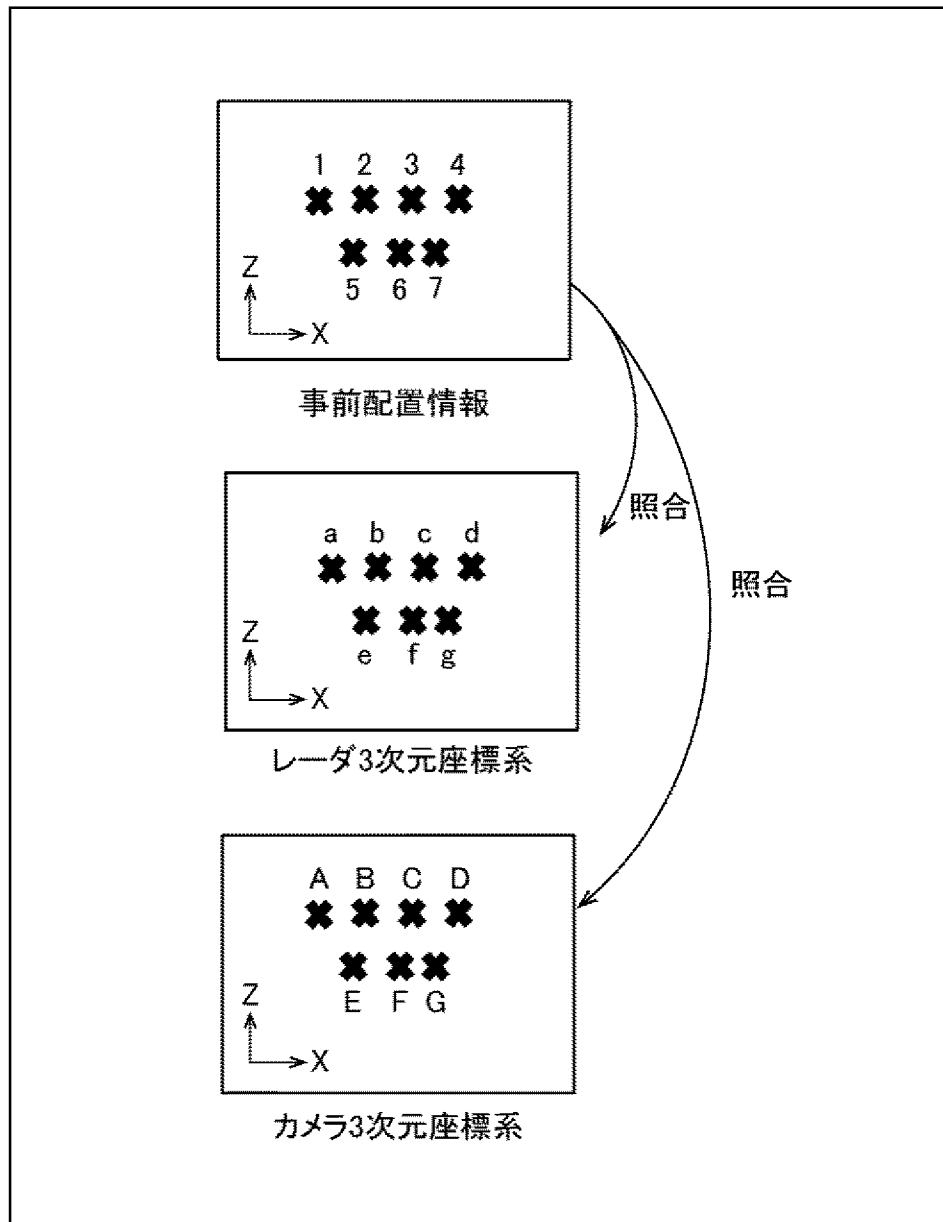
FIG. 5



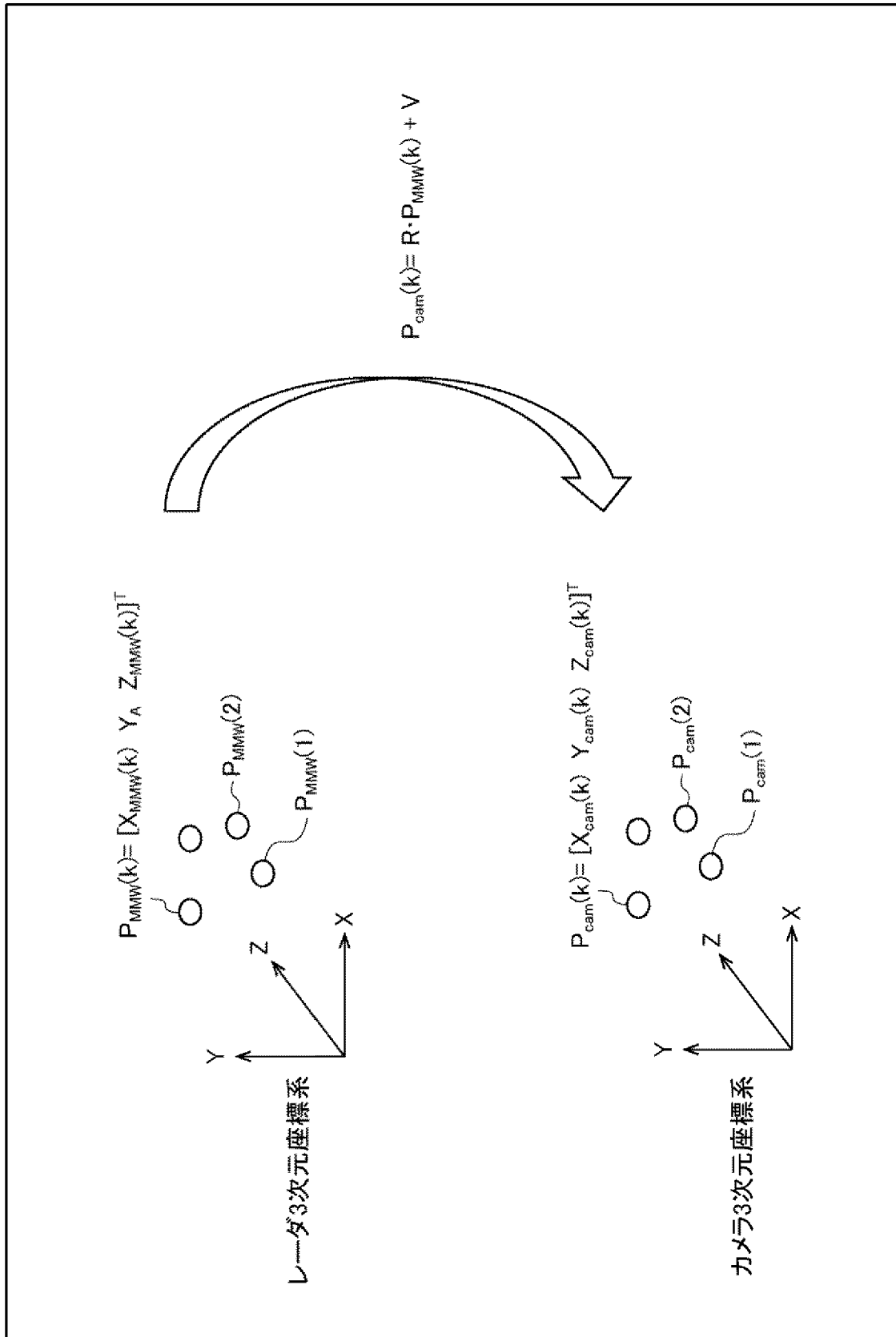
[図6]
FIG. 6



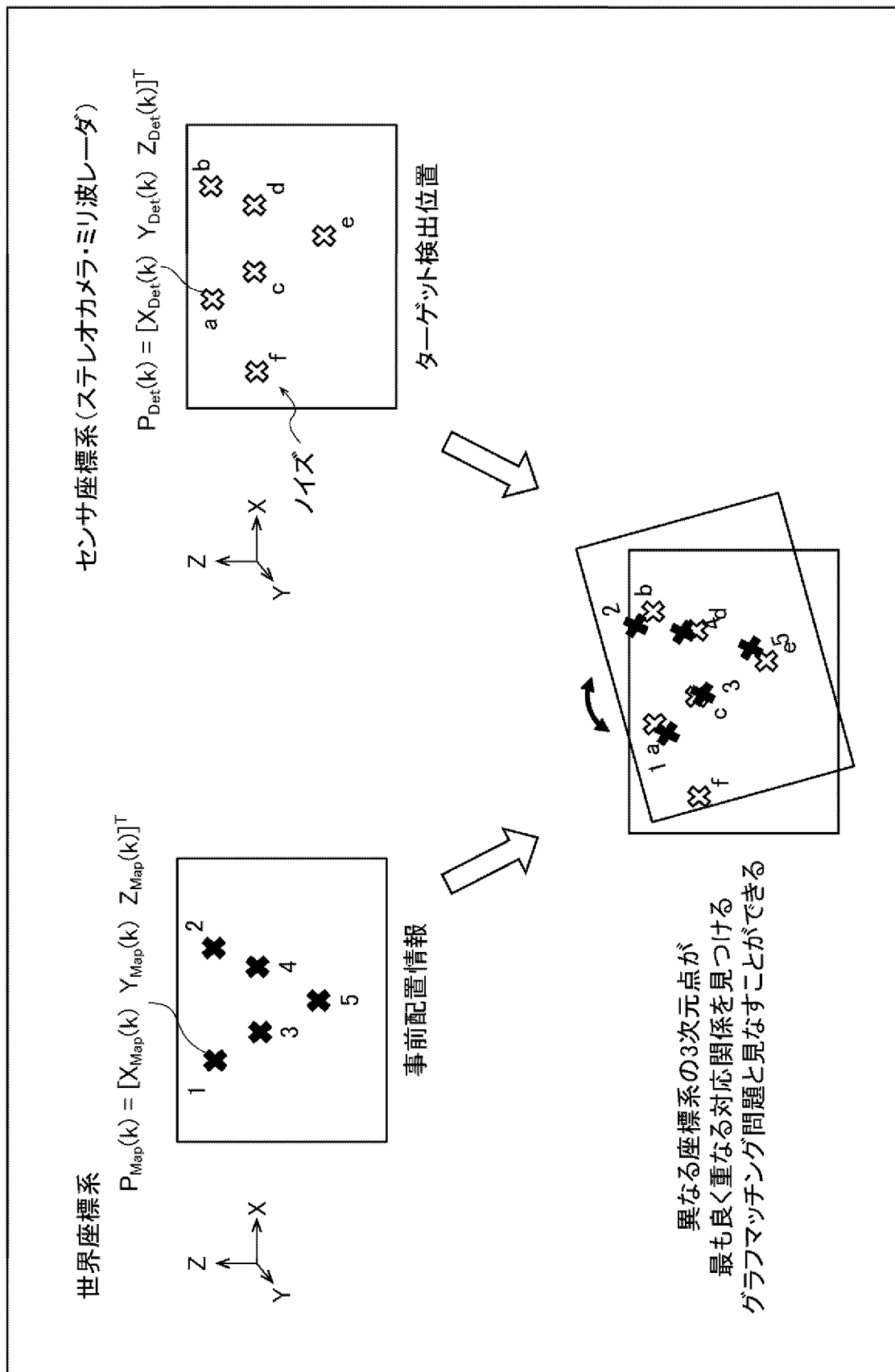
[図7]
FIG. 7



[図8]
FIG. 8

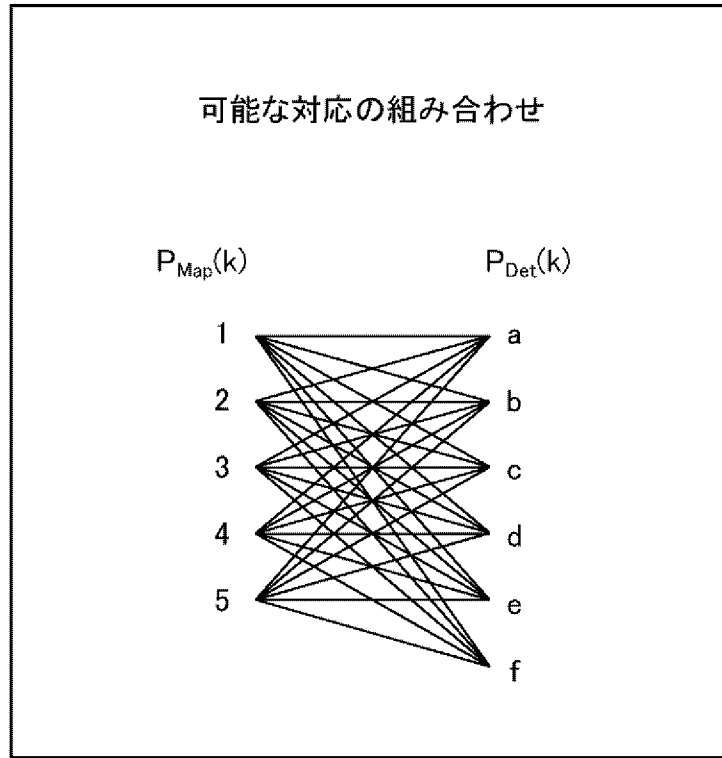


[図9]
FIG. 9



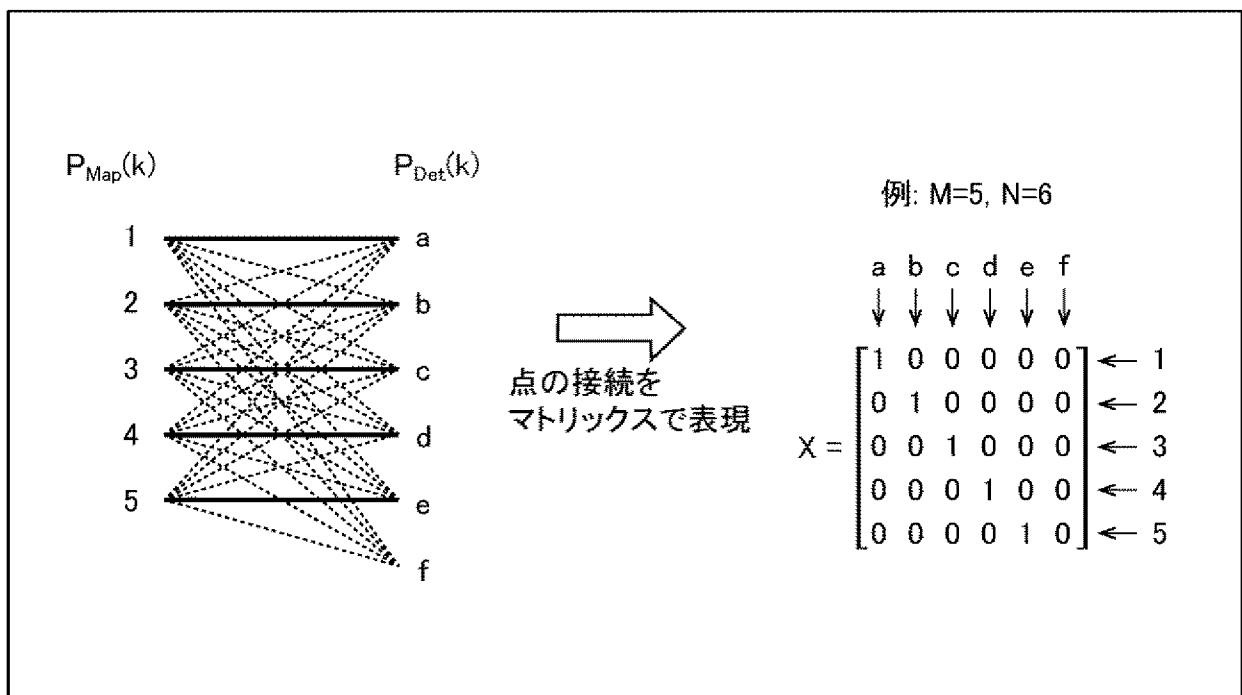
[図10]

FIG. 10



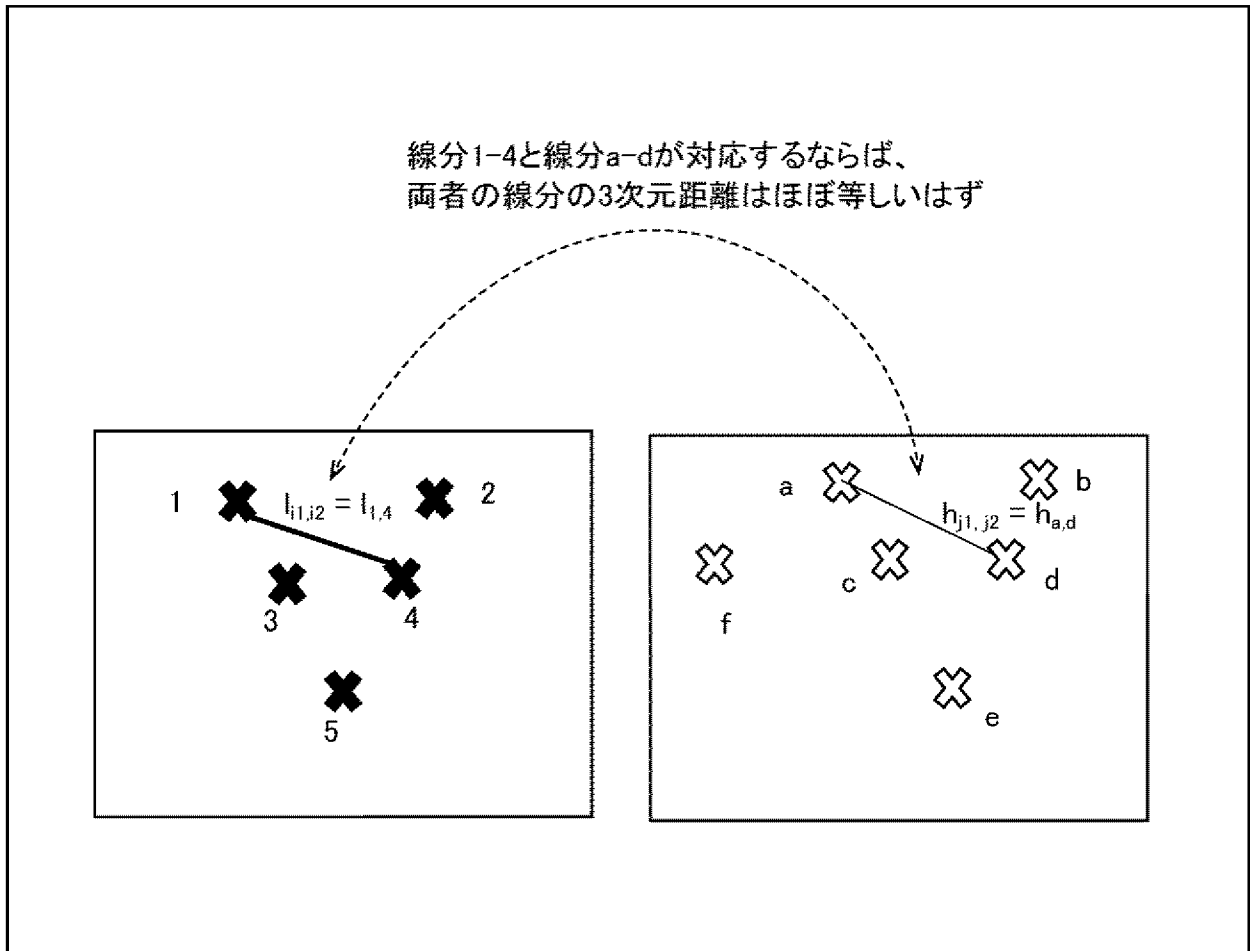
[図11]

FIG. 11

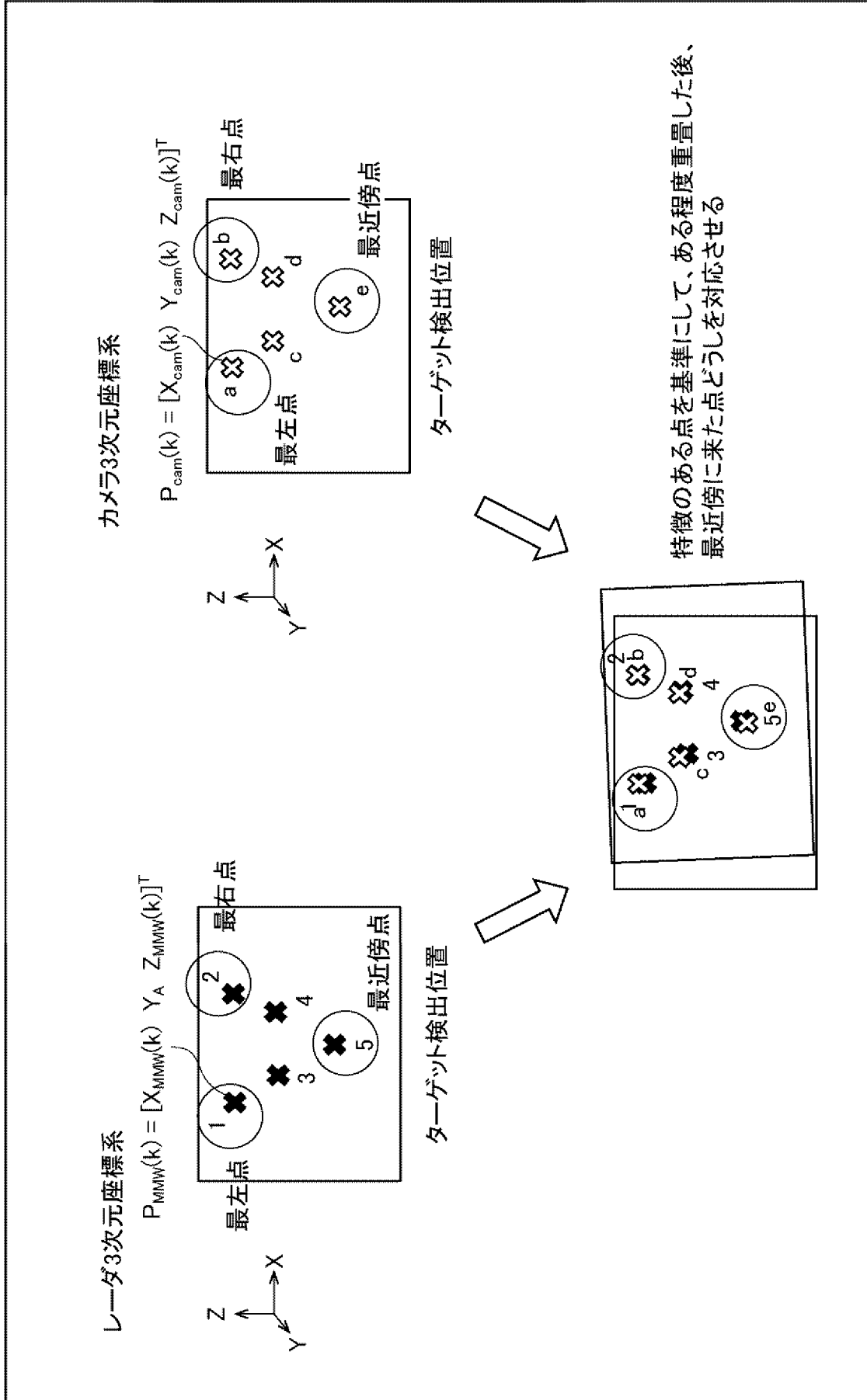


[図12]

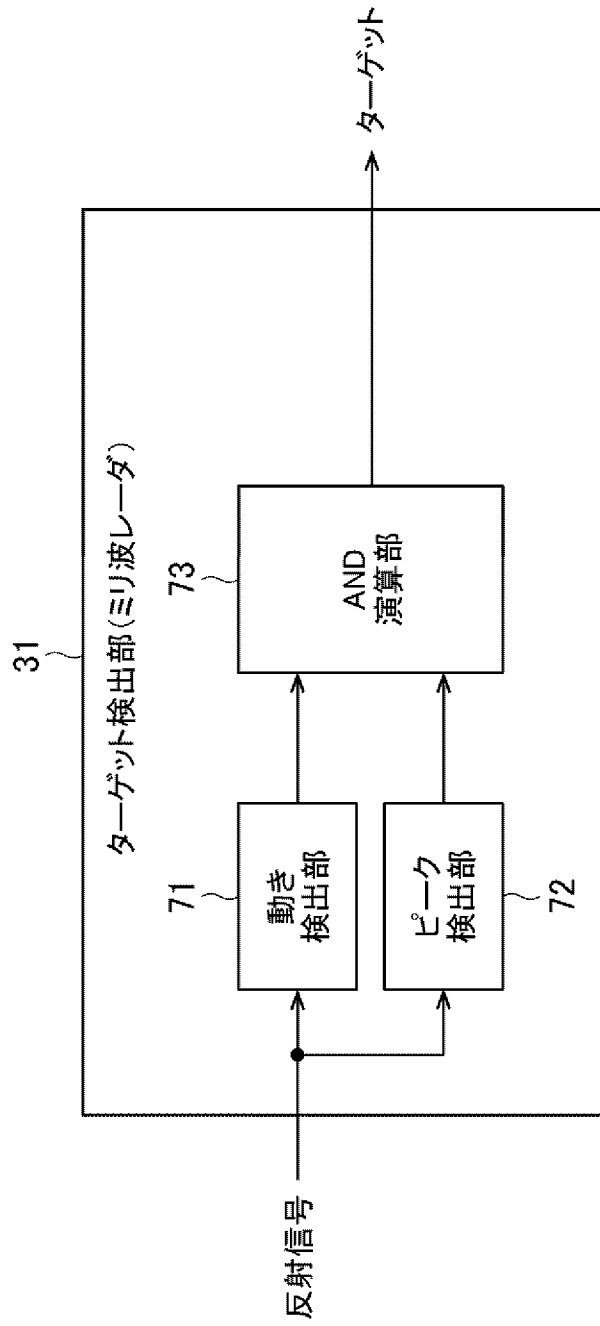
FIG. 12



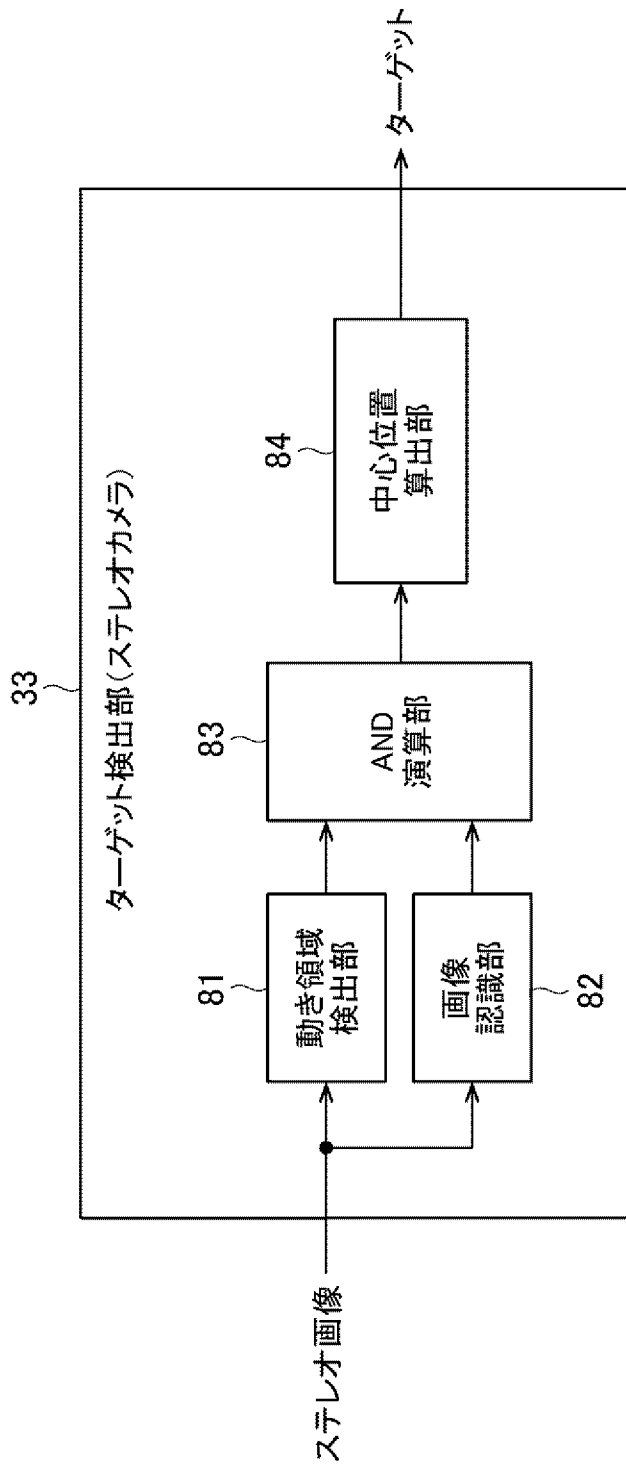
[図13]
FIG. 13




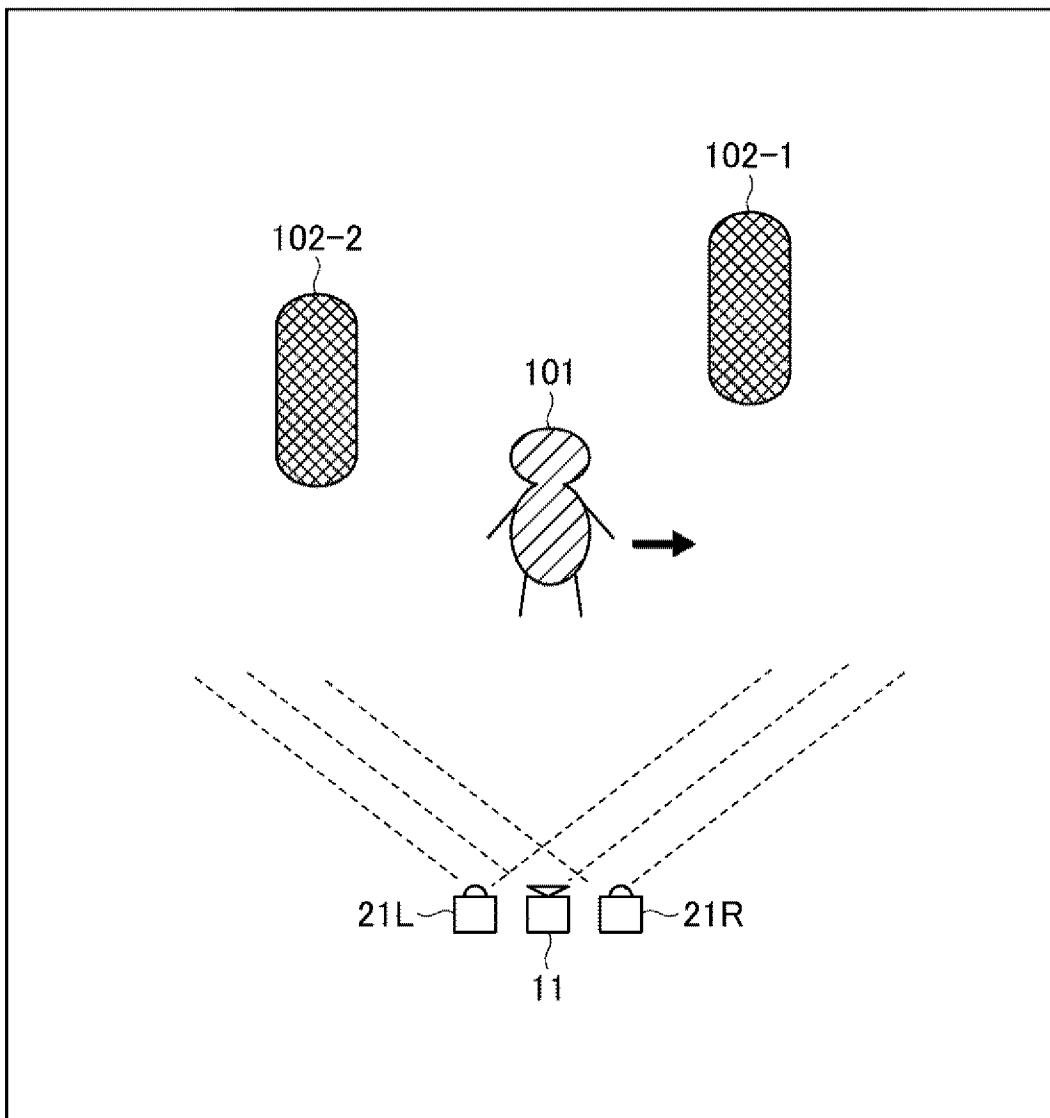
[図14]
FIG. 14



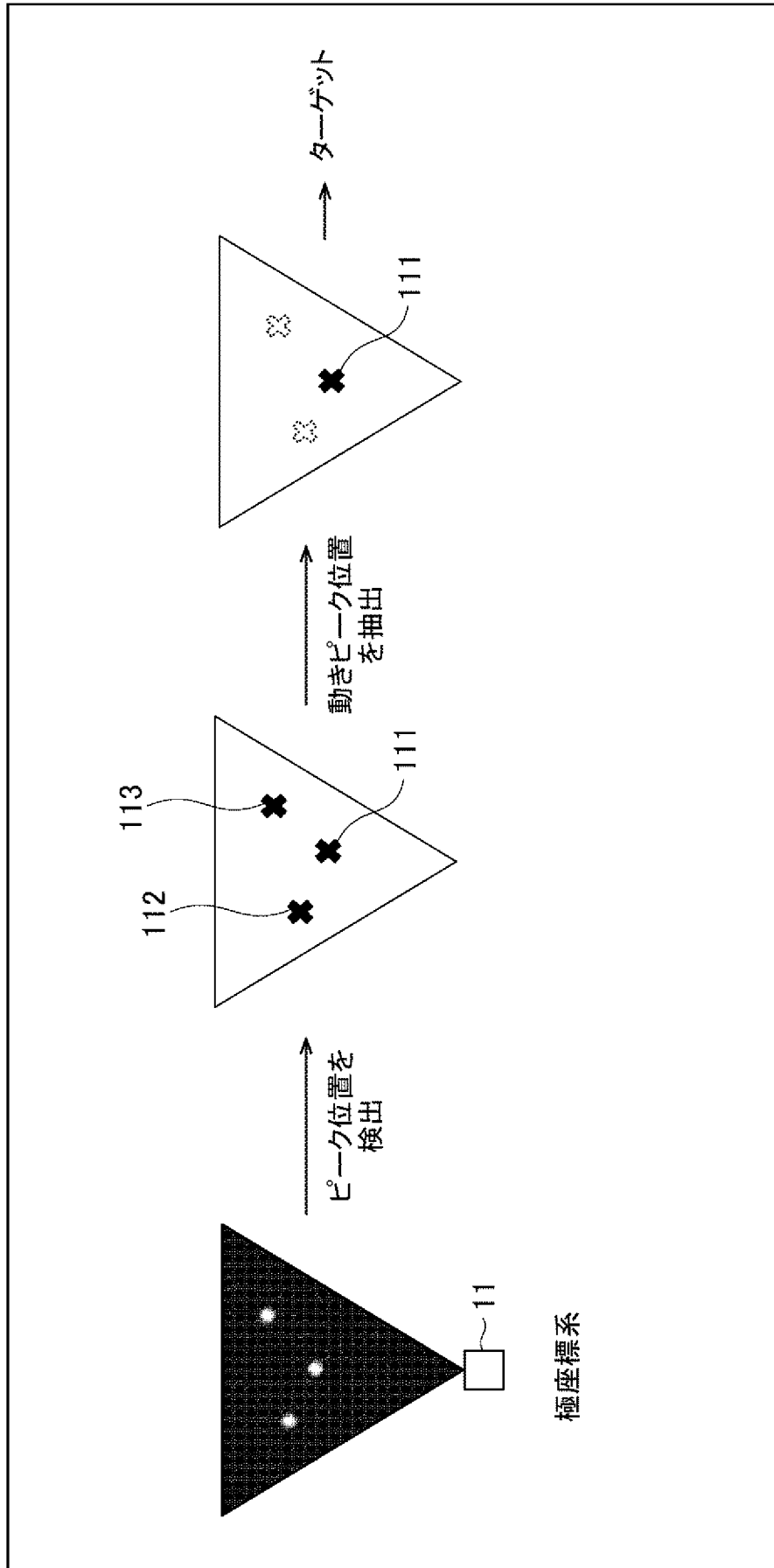
[図15]
FIG. 15



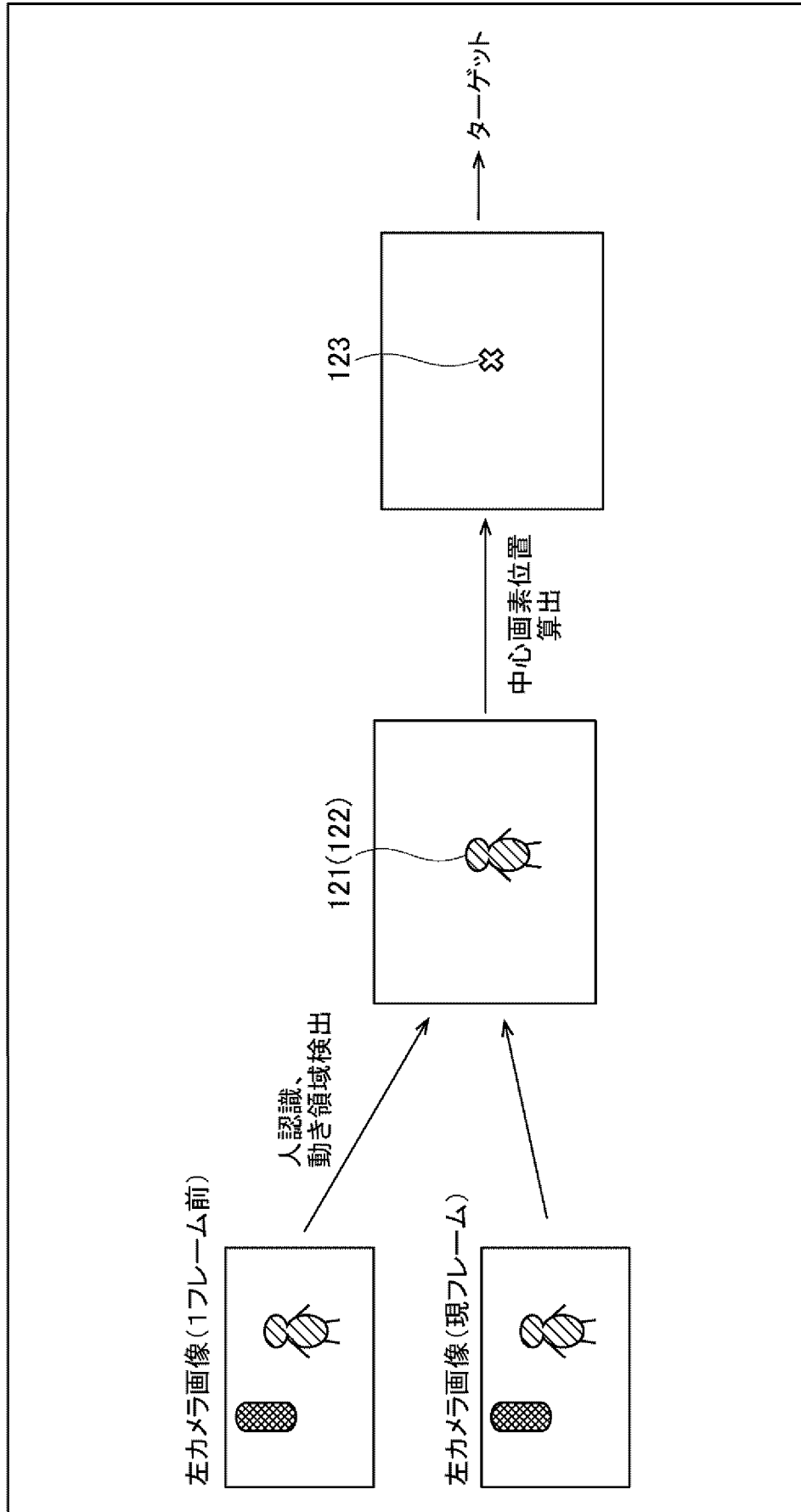
[16]
FIG. 16



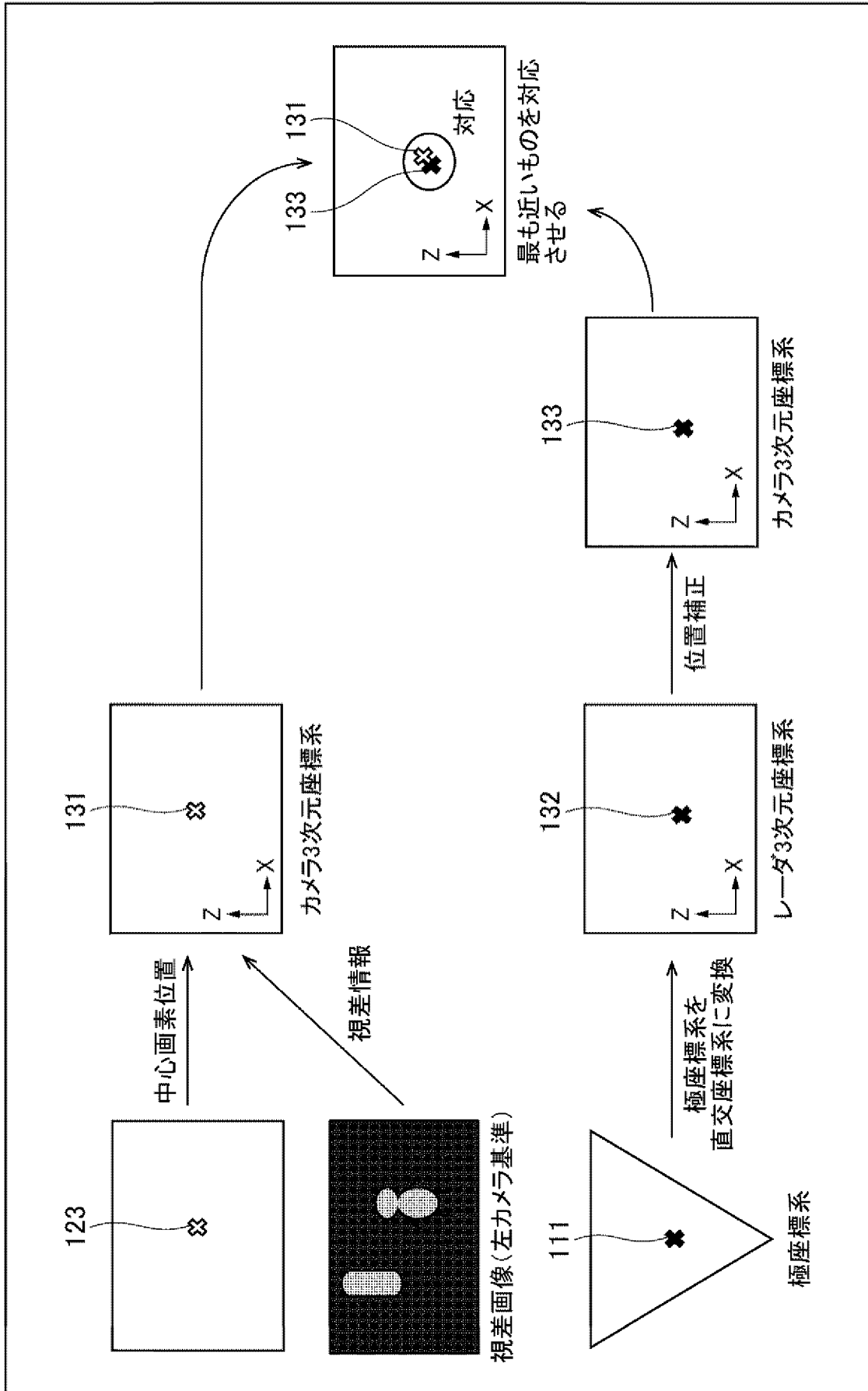
[図17]
FIG. 17



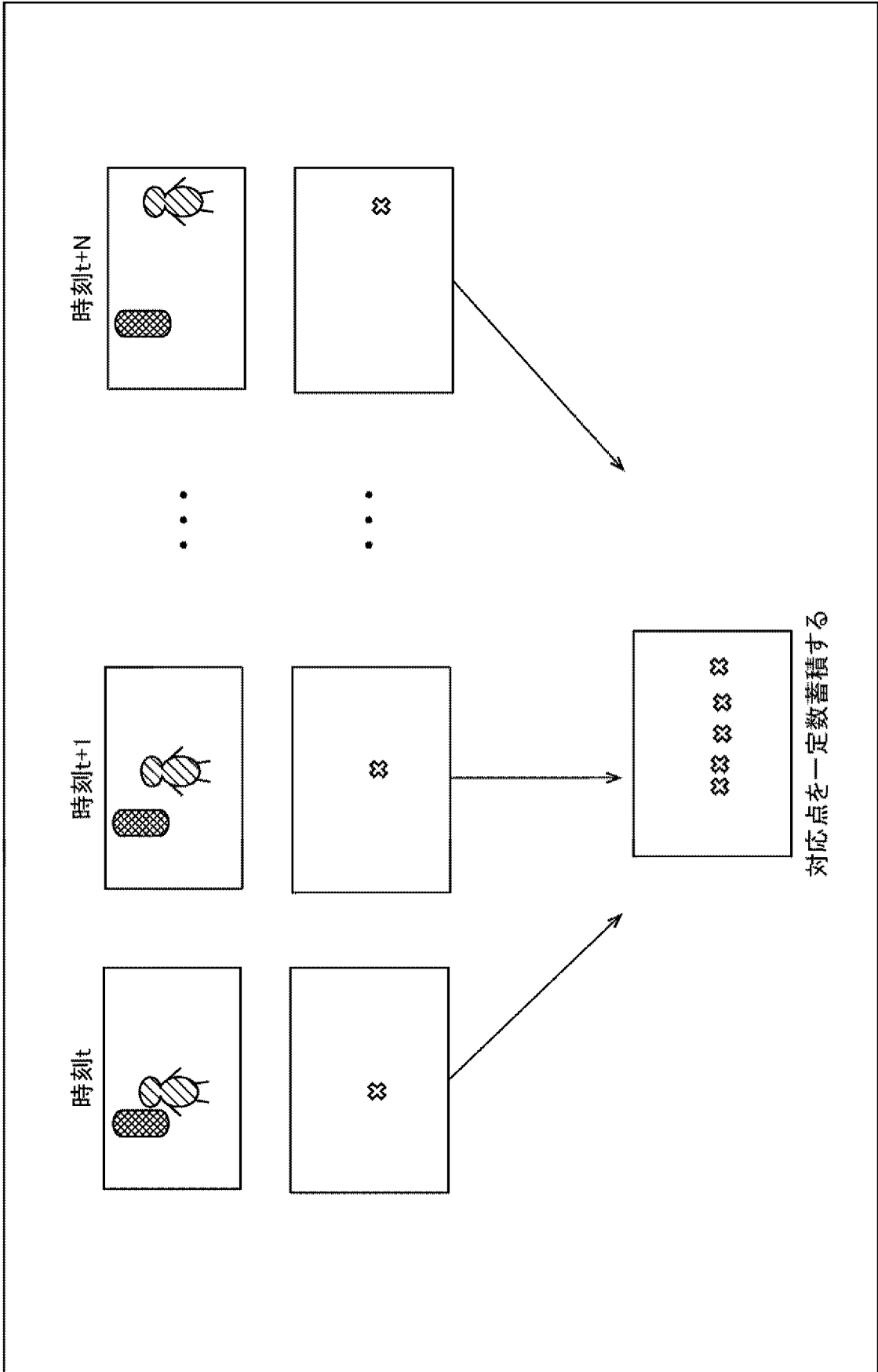
[図18]
FIG. 18

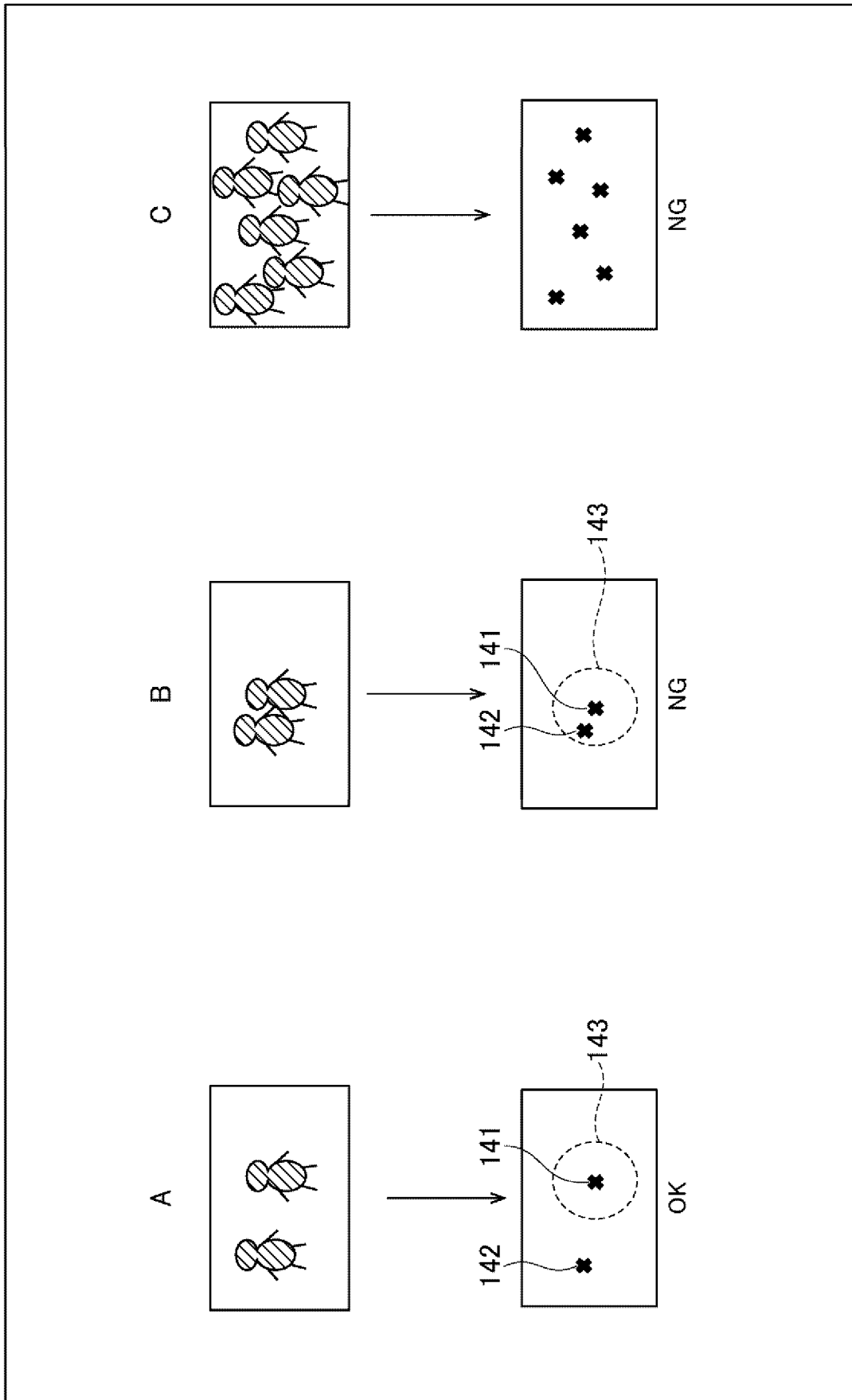


[図19]
FIG. 19



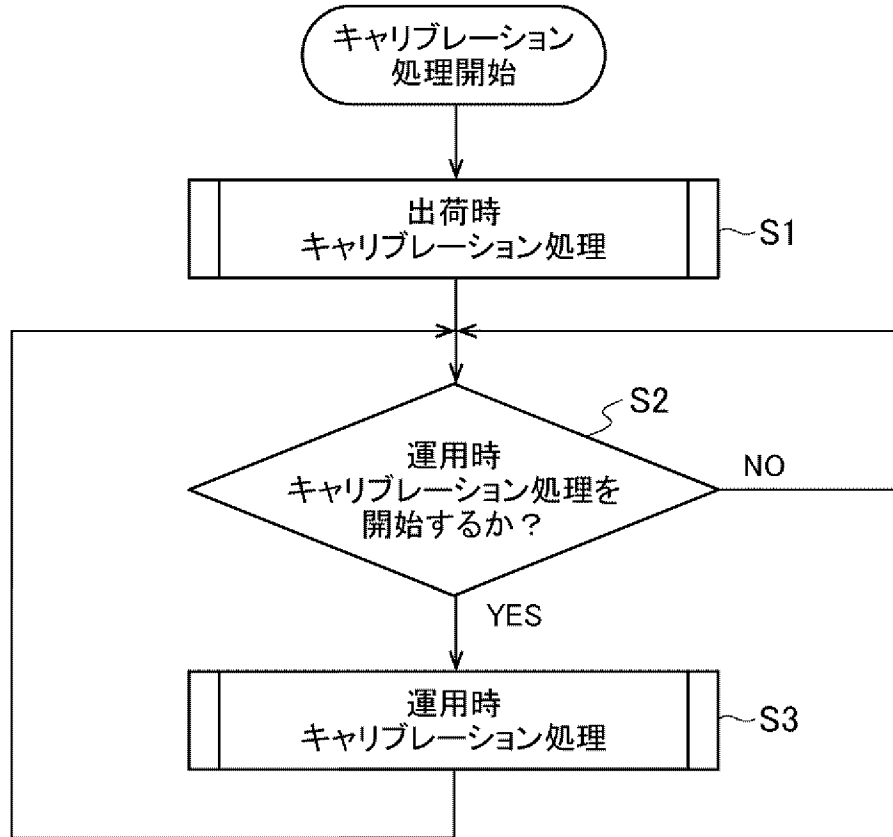
[図20]
FIG. 20



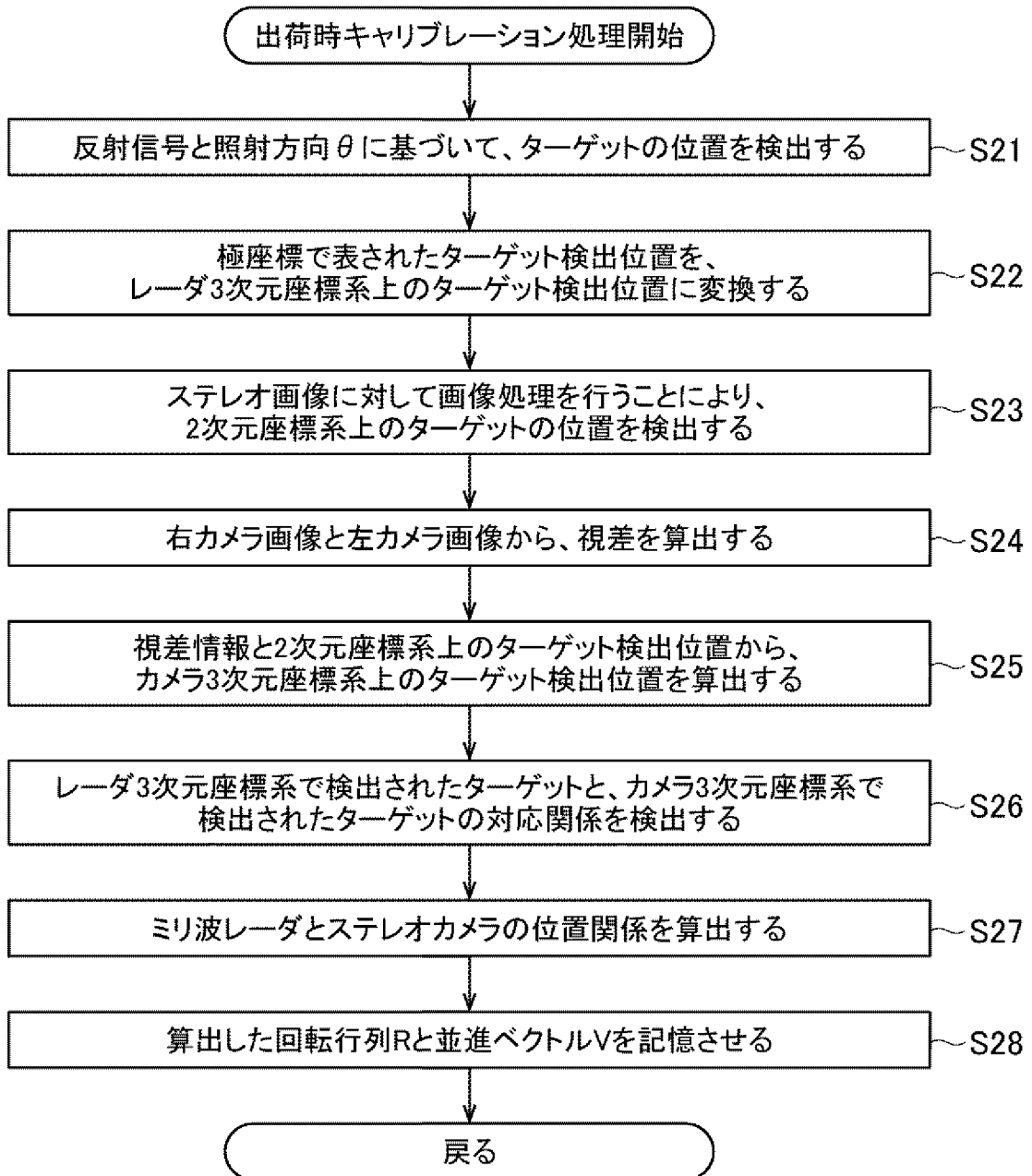
[図21]
FIG. 21

[図22]

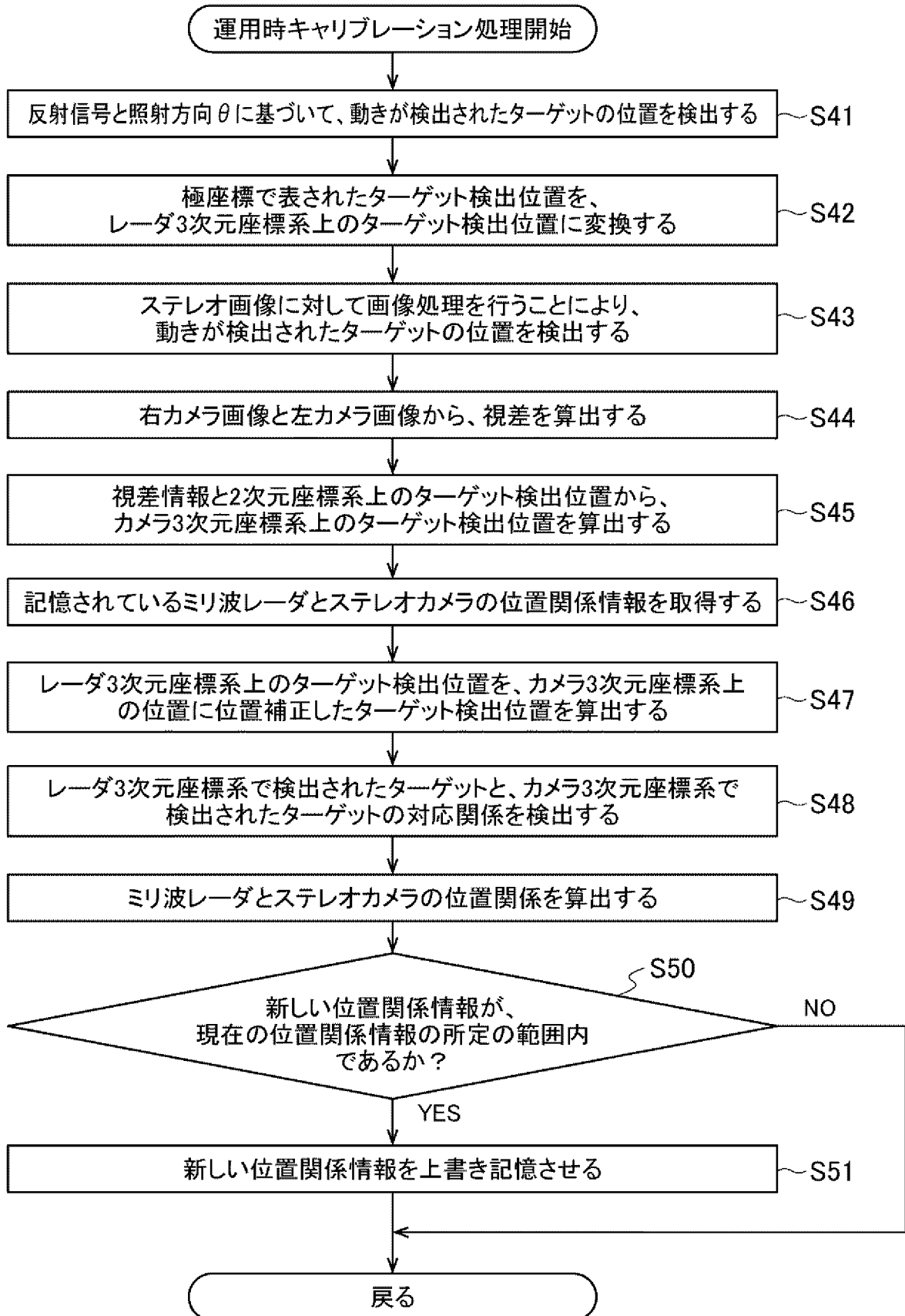
FIG. 22



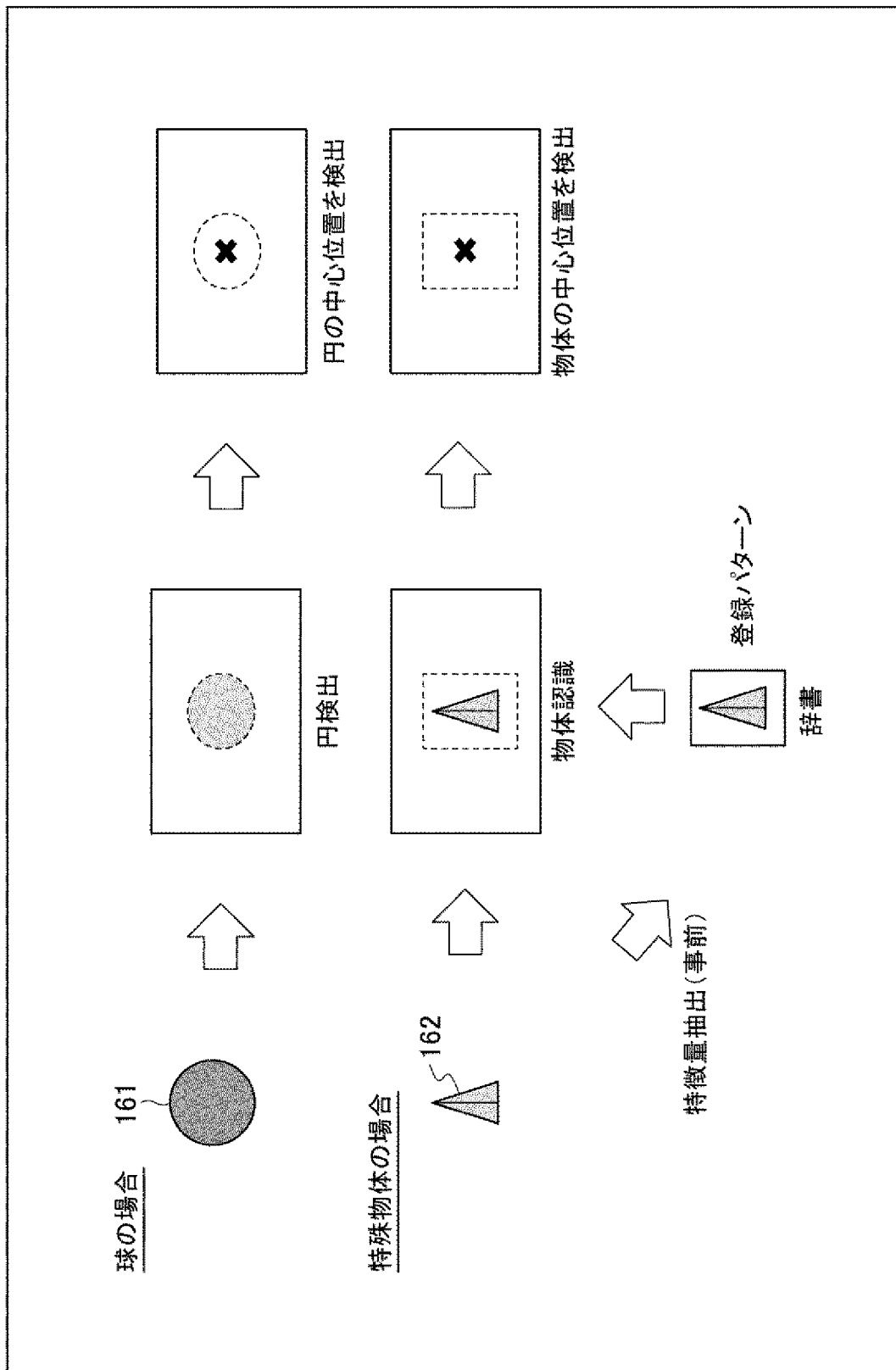
[図23]
FIG. 23



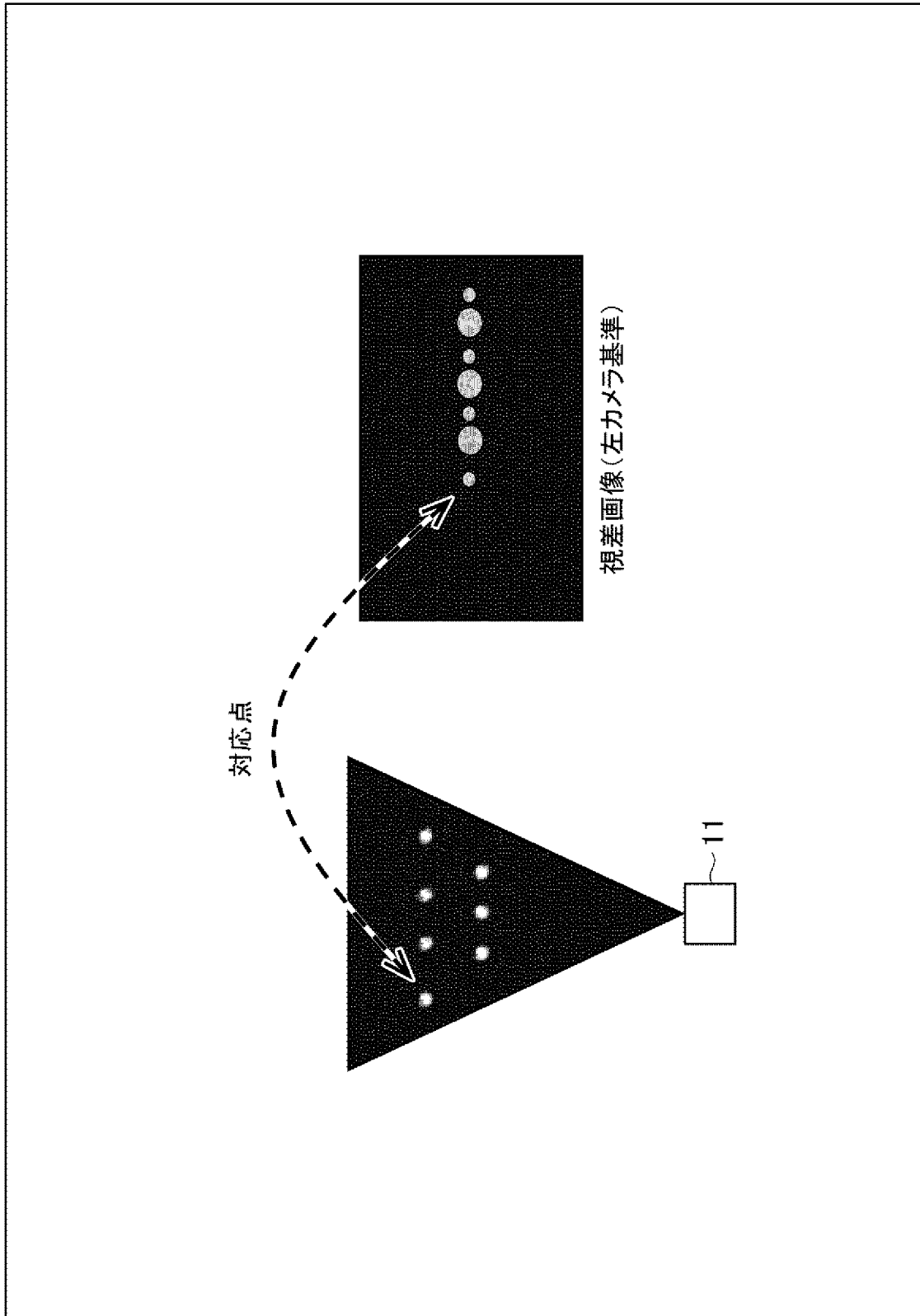
[図24]
FIG. 24



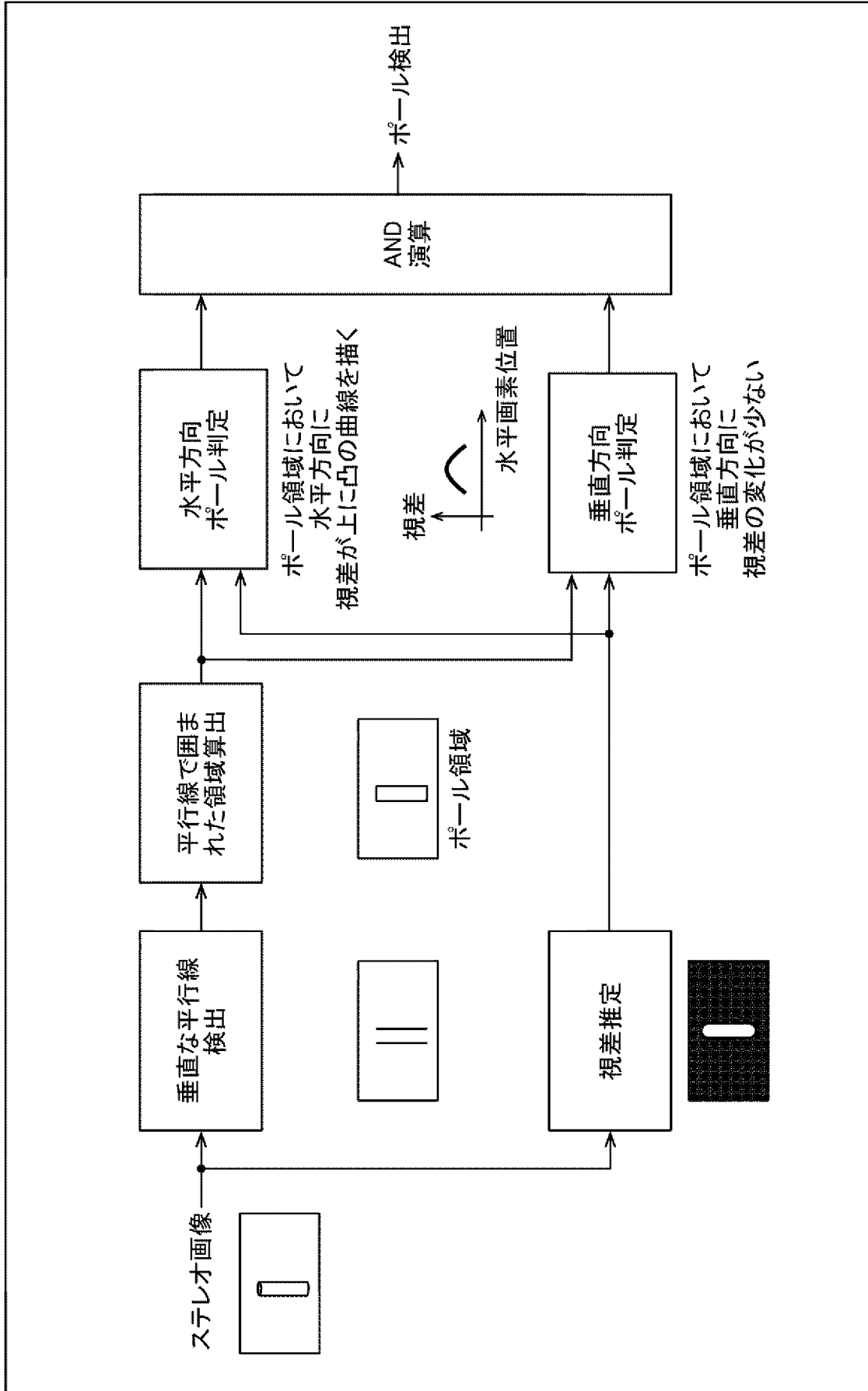
[図25]
FIG. 25



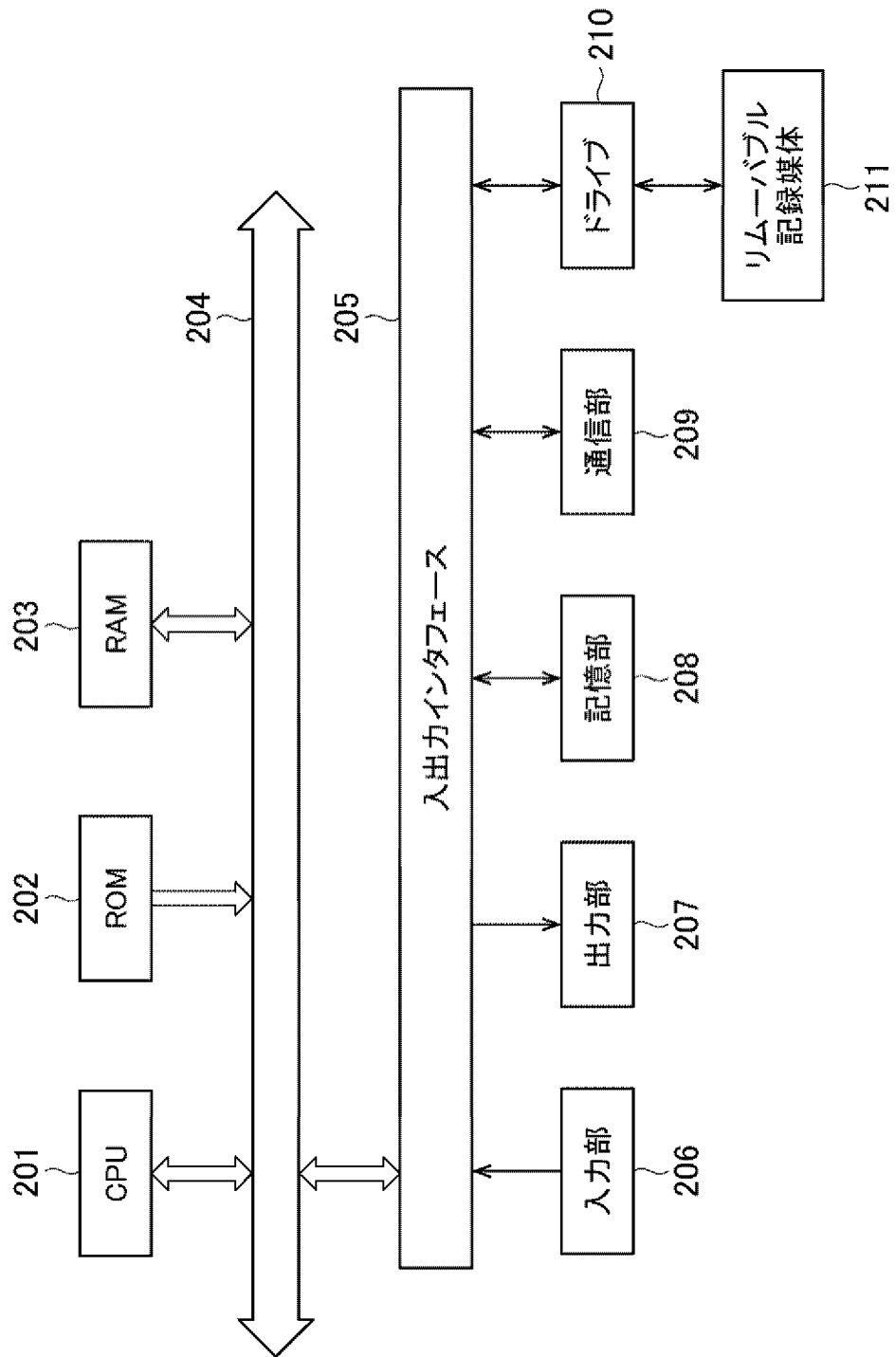
[図26]
FIG. 26



[図27]
FIG. 27



[図28]
FIG. 28



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/077397

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01S13/86(2006.01)i, G01S7/40(2006.01)i, G01S13/93(2006.01)i, B60R21/00
(2006.01)n, G08G1/16(2006.01)n

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)
G01S7/00-G01S7/42, G01S13/00-G01S13/95, G06T7/00-G06T7/60

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 2007-218738 A (National University Corporation Kumamoto University), 30 August 2007 (30.08.2007), paragraphs [0015] to [0055], [0072]; fig. 3	<u>1-2, 5-7,</u> <u>9-11, 13,</u> <u>15-18</u>
Y		3-4, 8, 12, 14
Y	JP 2014-153211 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 25 August 2014 (25.08.2014), paragraphs [0001] to [0002], [0034] to [0035], [0039] to [0040], [0050] to [0051]	3-4, 8, 12
Y	JP 2010-151682 A (Topcon Corp.), 08 July 2010 (08.07.2010), fig. 8	14

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 04 November 2016 (04.11.16)	Date of mailing of the international search report 15 November 2016 (15.11.16)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/077397

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2011/0122257 A1 (KIRK, J.C.), 26 May 2011 (26.05.2011), fig. 1	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2016/077397

JP 2007-218738 A	2007.08.30	JP 4918676 B2	2012.04.18
JP 2014-153211 A	2014.08.25	(Family: none)	
JP 2010-151682 A	2010.07.08	JP 5688876 B2	2015.03.25
		US 2010/0256940 A1	2010.10.07
		fig. 8	
		US 2012/0218546 A1	2012.08.30
US 2011/0122257 A1	2011.05.26	(Family: none)	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>Int.Cl. G01S13/86(2006.01)i, G01S7/40(2006.01)i, G01S13/93(2006.01)i, B60R21/00(2006.01)n, G08G1/16(2006.01)n</p>																	
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>Int.Cl. G01S 7/00 - G01S 7/42, G01S 13/00 - G01S 13/95, G06T 7/00 - G06T 7/60</p>																	
<p>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</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:30%;">日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2016年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2016年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2016年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2016年	日本国実用新案登録公報	1996-2016年	日本国登録実用新案公報	1994-2016年							
日本国実用新案公報	1922-1996年																
日本国公開実用新案公報	1971-2016年																
日本国実用新案登録公報	1996-2016年																
日本国登録実用新案公報	1994-2016年																
<p>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）</p>																	
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">引用文献の カテゴリー*</th> <th style="width:70%;">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</th> <th style="width:20%;">関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align:center;">X</td> <td>JP 2007-218738 A (国立大学法人 熊本大学) 2007.08.30 * [0015]-[0055], [0072], 図3 *</td> <td style="text-align:center;">1-2, 5-7, 9-11, 13, 15-18</td> </tr> <tr> <td style="text-align:center;">Y</td> <td></td> <td style="text-align:center;">3-4, 8, 12, 14</td> </tr> <tr> <td style="text-align:center;">Y</td> <td>JP 2014-153211 A (古河電気工業株式会社) 2014.08.25 * [0001]-[0002], [0034]-[0035], [0039]-[0040], [0050]-[0051] *</td> <td style="text-align:center;">3-4, 8, 12</td> </tr> <tr> <td style="text-align:center;">Y</td> <td>JP 2010-151682 A (株式会社トプコン) 2010.07.08 * 図8 *</td> <td style="text-align:center;">14</td> </tr> </tbody> </table>			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 2007-218738 A (国立大学法人 熊本大学) 2007.08.30 * [0015]-[0055], [0072], 図3 *	1-2, 5-7, 9-11, 13, 15-18	Y		3-4, 8, 12, 14	Y	JP 2014-153211 A (古河電気工業株式会社) 2014.08.25 * [0001]-[0002], [0034]-[0035], [0039]-[0040], [0050]-[0051] *	3-4, 8, 12	Y	JP 2010-151682 A (株式会社トプコン) 2010.07.08 * 図8 *	14
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 2007-218738 A (国立大学法人 熊本大学) 2007.08.30 * [0015]-[0055], [0072], 図3 *	1-2, 5-7, 9-11, 13, 15-18															
Y		3-4, 8, 12, 14															
Y	JP 2014-153211 A (古河電気工業株式会社) 2014.08.25 * [0001]-[0002], [0034]-[0035], [0039]-[0040], [0050]-[0051] *	3-4, 8, 12															
Y	JP 2010-151682 A (株式会社トプコン) 2010.07.08 * 図8 *	14															
<p><input checked="" 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。</p>																	
<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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）</p> <p>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「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> </td> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>の日の後に公表された文献</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「&」同一パテントファミリー文献</p> </td> </tr> </table>			<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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）</p> <p>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「&」同一パテントファミリー文献</p>													
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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）</p> <p>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「&」同一パテントファミリー文献</p>																
<p>国際調査を完了した日</p> <p style="text-align:center;">04.11.2016</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p style="text-align:center;">15.11.2016</p>																
<p>国際調査機関の名称及びあて先</p> <p style="text-align:center;">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</p>	<p>特許庁審査官（権限のある職員）</p> <p style="text-align:center;">高場 正光</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3216</p>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:50%;">2S</td> <td style="width:50%;">2910</td> </tr> </table>	2S	2910													
2S	2910																

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
A	US 2011/0122257 A1 (KIRK, J. C.) 2011.05.26 * Figure 1 *	1-18

JP 2007-218738 A	2007. 08. 30	JP 4918676 B2	2012. 04. 18
-----	-----	-----	-----
JP 2014-153211 A	2014. 08. 25	(ファミリーなし)	
-----	-----	-----	-----
JP 2010-151682 A	2010. 07. 08	JP 5688876 B2	2015. 03. 25
		US 2010/0256940 A1	2010. 10. 07
		* Figure 8 *	
		US 2012/0218546 A1	2012. 08. 30
-----	-----	-----	-----
US 2011/0122257 A1	2011. 05. 26	(ファミリーなし)	
-----	-----	-----	-----