

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7308115号
(P7308115)

(45)発行日 令和5年7月13日(2023.7.13)

(24)登録日 令和5年7月5日(2023.7.5)

(51)国際特許分類		F I		
G 0 6 T	7/00 (2017.01)	G 0 6 T	7/00	6 5 0 Z
G 0 6 T	7/593(2017.01)	G 0 6 T	7/593	
G 0 8 G	1/04 (2006.01)	G 0 8 G	1/04	C
G 0 8 G	1/16 (2006.01)	G 0 8 G	1/16	C

請求項の数 10 (全34頁)

(21)出願番号	特願2019-173341(P2019-173341)	(73)特許権者	000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(22)出願日	令和1年9月24日(2019.9.24)	(74)代理人	100147485 弁理士 杉村 憲司
(65)公開番号	特開2021-51476(P2021-51476A)	(74)代理人	230118913 弁護士 杉村 光嗣
(43)公開日	令和3年4月1日(2021.4.1)	(74)代理人	100139491 弁理士 河合 隆慶
審査請求日	令和4年3月11日(2022.3.11)	(74)代理人	100161148 弁理士 福尾 誠
		(72)発明者	河野 健治 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内
		(72)発明者	高 野 楓子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 物体検出装置、物体検出システム、移動体及び物体検出方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

路面を含む画像を撮像するステレオカメラの出力に基づき生成される第1視差マップであって、前記ステレオカメラの撮像画像の水平方向に対応する第1方向と、前記第1方向に交差する第2方向とから成る2次元座標に、前記ステレオカメラの出力から得られる視差が対応付けられた第1視差マップに基づき、実空間における路面の位置を推定する路面検出処理と、

前記第1視差マップの前記第1方向の座標範囲ごとの視差の出現数が前記視差に応じた所定の閾値を上回る場合、前記視差を物体視差として決定する物体視差決定処理と、

前記物体視差の情報を、ワールド座標系のx-z座標空間上の点群に変換し、各点は物体の有無を示しており、前記x-z座標空間上の点群からz方向に連続する点群を削除した後、点群の纏まりを抽出することにより物体を検出する物体検出処理と、
を実行するように構成されるプロセッサを備える物体検出装置。

10

【請求項2】

前記プロセッサは、前記物体検出処理において、前記x-z座標空間上の点群からx方向に連続する点群の纏まりを抽出することにより物体を検出するように構成される、請求項1に記載の物体検出装置。

【請求項3】

前記プロセッサは、前記物体検出処理において、前記物体を検出した後に、前記物体視差に基づいて前記ステレオカメラから該物体までの距離を決定するように構成される、請

20

求項 1 又は 2 に記載の物体検出装置。

【請求項 4】

前記プロセッサは、

前記物体視差決定処理において、決定された前記物体視差の前記第 1 視差マップ上の前記第 2 方向の分布と、推定された前記路面の位置とに基づいて、高さ情報を算出するように構成され、

前記物体検出処理において、前記物体を検出した後に、前記高さ情報に基づいて該物体の高さを決定するように構成される、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の物体検出装置。

【請求項 5】

前記プロセッサは、前記物体検出処理において、検出した物体の両端の高さの差が閾値を超える場合には、低いほうを前記物体の高さと決定するように構成される、請求項 4 に記載の物体検出装置。

【請求項 6】

前記プロセッサは、前記物体検出処理において、前記物体を検出した後に、前記点群の纏まりの x 方向の分布に基づいて、前記物体の幅を決定するように構成される、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の物体検出装置。

【請求項 7】

前記プロセッサは、

前記路面検出処理により推定された前記路面の前記位置に基づき、実空間における前記路面からの高さが所定の範囲に対応する前記視差を、前記第 1 視差マップから除去した第 2 視差マップを生成する不要視差除去処理を更に備え、

前記物体視差決定処理は、前記第 1 視差マップに代えて前記第 2 視差マップを用いるように構成される、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の物体検出装置。

【請求項 8】

互いに視差を有する複数の画像を撮像するステレオカメラと、

少なくとも 1 つのプロセッサを含む物体検出装置と、

を備え、

前記プロセッサは、路面を含む画像を撮像する前記ステレオカメラの出力に基づき、前記ステレオカメラの撮像画像の水平方向に対応する第 1 方向と、前記第 1 方向に交差する第 2 方向とから成る 2 次元座標に、前記ステレオカメラの出力から得られる視差が対応付けられた第 1 視差マップを生成するように構成され、

前記プロセッサは、さらに、

前記第 1 視差マップに基づき、実空間における路面の位置を推定する路面検出処理と、

前記第 1 視差マップの前記第 1 方向の座標範囲ごとの視差の出現数が前記視差に応じた所定の閾値を上回る場合、前記視差を物体視差として決定する物体視差決定処理と、

前記第 1 方向の前記座標範囲ごとの前記物体視差の情報を、ワールド座標系の x - z 座標空間上の点群に変換し、各点は物体の有無を示しており、前記 x - z 座標空間上の点群から z 方向に連続する点群を削除した後に、点群の纏まりを抽出することにより物体を検出する物体検出処理と、

を実行するように構成される物体検出システム。

【請求項 9】

互いに視差を有する複数の画像を撮像するステレオカメラ、及び、少なくとも 1 つのプロセッサを有する物体検出装置を含み、前記プロセッサは、路面を含む画像を撮像する前記ステレオカメラの出力に基づき、前記ステレオカメラの撮像画像の水平方向に対応する第 1 方向と、前記第 1 方向に交差する第 2 方向とから成る 2 次元座標に、前記ステレオカメラの出力から得られる視差が対応付けられた第 1 視差マップを生成するように構成され、前記プロセッサは、さらに、前記第 1 視差マップに基づき、実空間における路面の位置を推定する路面検出処理と、前記第 1 視差マップの前記第 1 方向の座標範囲ごとの視差の出現数が前記視差に応じた所定の閾値を上回る場合、前記視差を物体視差として決定する

10

20

30

40

50

物体視差決定処理と、前記物体視差の情報を、ワールド座標系の $x - z$ 座標空間上の点群に変換し、各点は物体の有無を示しており、前記 $x - z$ 座標空間上の点群から z 方向に連続する点群を削除した後に、点群の纏まりを抽出することにより物体を検出する物体検出処理と、を実行するように構成された物体検出システムを備えた移動体。

【請求項 10】

路面を含む画像を撮像するステレオカメラの出力に基づき生成される第1視差マップであって、前記ステレオカメラの撮像画像の水平方向に対応する第1方向と、前記第1方向に交差する第2方向とから成る2次元座標に、前記ステレオカメラの出力から得られる視差が対応付けられた第1視差マップを取得又は生成し、

前記第1視差マップに基づき、実空間における路面の位置を推定する路面検出処理を実行し、

前記第1視差マップの前記第1方向の座標範囲ごとの視差の出現数が前記視差に応じた所定の閾値を上回る場合、前記視差を物体視差として決定する物体視差決定処理を実行し、

前記第1方向の前記座標範囲ごとの前記物体視差の情報を、ワールド座標系の $x - z$ 座標空間上の点群に変換し、各点は物体の有無を示しており、前記 $x - z$ 座標空間上の点群から z 方向に連続する点群を削除した後に、点群の纏まりを抽出することにより物体を検出する物体検出処理を実行する、物体検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、物体検出装置、物体検出システム、移動体及び物体検出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、自動車等の移動体にステレオカメラを用いた物体検出装置が設けられ、物体の検出及び距離測定等に用いられている。このような物体検出装置では、複数のカメラから取得した複数の画像から、画像全体に渡って距離分布（又は、視差分布）を求め、この距離分布の情報から、障害物を判別している（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開平5 - 265547号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

物体検出装置は、道路の形状並びに道路上の構造物及び物体等の種々の要因によって、高い性能が得られないことがある。物体検出装置は、高い性能を有することが望ましい。

【0005】

したがって、これらの点に着目してなされた本発明の目的は、物体を検出する性能を向上させた、物体検出装置、物体検出システム、物体検出方法及び移動体を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の物体検出装置は、路面検出処理と、物体視差決定処理と、物体検出処理と、を実行するように構成されたプロセッサを備える。前記路面検出処理は、第1視差マップに基づき、実空間における路面の位置を推定する。前記第1視差マップは、路面を含む画像を撮像するステレオカメラの出力に基づき生成される。前記第1視差マップは、前記ステレオカメラの撮像画像の水平方向に対応する第1方向と、前記第1方向に交差する第2方向とから成る2次元座標に、前記ステレオカメラの出力から得られる視差が対応付けられる。前記物体視差決定処理は、前記第1視差マップの前記第1方向の座標範囲ごとの視差の出現数が前記視差に応じた所定の閾値を上回る場合、前記視差を物体視差として決定す

10

20

30

40

50

る。前記物体検出処理は、前記物体視差の情報を、ワールド座標系の $x - z$ 座標空間上の点群に変換し、各点は物体の有無を示しており、前記 $x - z$ 座標空間上の点群から z 方向に連続する点群を削除した後に、点群の纏まりを抽出することにより物体を検出する。

【0007】

本開示の物体検出システムは、互いに視差を有する複数の画像を撮像するステレオカメラと、少なくとも1つのプロセッサを含む物体検出装置とを備える。前記プロセッサは、路面を含む画像を撮像する前記ステレオカメラの出力に基づき、第1視差マップを生成するように構成される。前記第1視差マップは、前記ステレオカメラの撮像画像の水平方向に対応する第1方向と、前記第1方向に交差する第2方向とから成る2次元座標に、前記ステレオカメラの出力から得られる視差が対応付けられる。前記プロセッサは、さらに、路面検出処理と、物体視差決定処理と、物体検出処理と、を実行する。前記路面検出処理は、前記第1視差マップに基づき、実空間における路面の位置を推定する。前記物体視差決定処理は、前記第1視差マップの前記第1方向の座標範囲ごとの視差の出現数が前記視差に応じた所定の閾値を上回る場合、前記視差を物体視差として決定する。前記物体検出処理は、前記物体視差の情報を、ワールド座標系の $x - z$ 座標空間上の点群に変換し、各点は物体の有無を示しており、前記 $x - z$ 座標空間上の点群から z 方向に連続する点群を削除した後に、点群の纏まりを抽出することにより物体を検出する。

10

【0008】

本開示の移動体は、物体検出システムを備える。前記物体検出システムは、互いに視差を有する複数の画像を撮像するステレオカメラ、及び、少なくとも1つのプロセッサを有する物体検出装置を含む。前記プロセッサは、路面を含む画像を撮像する前記ステレオカメラの出力に基づき、第1視差マップを生成するように構成される。前記第1視差マップは、前記ステレオカメラの撮像画像の水平方向に対応する第1方向と、前記第1方向に交差する第2方向とから成る2次元座標に、前記ステレオカメラの出力から得られる視差が対応付けられる。前記プロセッサは、さらに、路面検出処理と、物体視差決定処理と、物体検出処理と、を実行する。前記路面検出処理は、前記第1視差マップに基づき、実空間における路面の位置を推定する。前記物体視差決定処理は、前記第1視差マップの前記第1方向の座標範囲ごとの視差の出現数が前記視差に応じた所定の閾値を上回る場合、前記視差を物体視差として決定する。前記物体検出処理は、前記物体視差の情報を、ワールド座標系の $x - z$ 座標空間上の点群に変換し、各点は物体の有無を示しており、前記 $x - z$ 座標空間上の点群から z 方向に連続する点群を削除した後に、点群の纏まりを抽出することにより物体を検出する。

20

30

【0009】

本開示の物体検出方法は、第1視差マップを取得又は生成することを含む。前記第1視差マップは、路面を含む画像を撮像するステレオカメラの出力に基づき生成される。前記第1視差マップは、前記ステレオカメラの撮像画像の水平方向に対応する第1方向と、前記第1方向に交差する第2方向とから成る2次元座標に、前記ステレオカメラの出力から得られる視差が対応付けられる。前記物体検出方法は、路面検出処理、物体視差決定処理及び物体検出処理を実行することを含む。物体視差決定処理は、前記第1視差マップに基づき、実空間における路面の位置を推定することを含む。前記物体視差決定処理は、前記第1視差マップの前記第1方向の座標範囲ごとの視差の出現数が前記視差に応じた所定の閾値を上回る場合、前記視差を物体視差として決定することを含む。前記物体検出処理は、前記物体視差の情報を、ワールド座標系の $x - z$ 座標空間上の点群に変換し、各点は物体の有無を示しており、前記 $x - z$ 座標空間上の点群から z 方向に連続する点群を削除した後に、点群の纏まりを抽出することにより物体を検出することを含む。

40

【発明の効果】

【0010】

本開示の実施形態に係る物体検出装置、物体検出システム、移動体及び物体検出方法によれば、物体を検出する性能を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 1 】

【図 1】本開示の一実施形態に係る物体検出システムの概略構成を示すブロック図である。

【図 2】図 1 の物体検出システムを搭載する移動体を模式的に示す側面図である。

【図 3】図 1 の物体検出システムを搭載する移動体を模式的に示す正面図である。

【図 4】本開示の他の一実施形態に係る物体検出システムの概略構成を示すブロック図である。

【図 5】図 1 の物体検出装置が実行する処理の一例を示すフローチャートである。

【図 6】物体検出装置が取得又は生成する第 1 視差画像の一例を説明する図である。

【図 7】路面位置の推定を行う処理の一例を示すフローチャートである。

【図 8】第 1 視差画像から路面候補視差を抽出する処理の一例を示すフローチャートである。

10

【図 9】路面とステレオカメラとの位置関係を説明する図である。

【図 10】路面候補視差の抽出手順を説明する図である。

【図 11】視差をヒストグラム化する路面上の範囲を示す図である。

【図 12】路面視差 d_r と縦方向の座標 (v 座標) との関係の一例を示す $d - v$ 相関図である。

【図 13】路面視差ではない物体が含まれるか否かを検知する方法を説明する図である。

【図 14】路面視差 d_r と画像の縦方向の座標 (v 座標) との関係を直線で近似する処理のフローチャートである。

【図 15】第 1 直線による路面視差 d_r の近似を説明する図である。

20

【図 16】第 2 直線の決定方法を説明する図である。

【図 17】路面視差 d_r と画像の縦方向の座標 (v 座標) との関係を直線で近似した結果の一例を示す図である。

【図 18】不要な視差を除去した第 2 視差画像の一例を説明する図である。

【図 19】第 2 視差画像の一例を示す図である。

【図 20】ヒストグラムを作成する第 2 視差画像上の領域の一つを示す図である。

【図 21】ヒストグラムによる物体視差の判別方法を説明する図である。

【図 22】物体視差の高さ情報を取得する方法を説明する図である。

【図 23】物体視差の高さ情報を取得する方法を説明する図である。

【図 24】物体視差を示す点群の $u - d$ 空間における分布の一例を示す図である。

30

【図 25】路面を高さ方向 (y 方向) から見た図である。

【図 26】物体を検出する処理の一例を示すフローチャートである。

【図 27】物体視差を実空間の $x - z$ 平面上の点群に変換した図である。

【図 28】 $x - z$ 平面上の点群から抽出された、 z 方向に連続して並ぶ点群の一例を示す図である。

【図 29】 z 方向に連続して並ぶ点群が削除された、 $x - z$ 平面上の点群の一例を示す図である。

【図 30】 $x - z$ 平面上の点群から生成された結合領域の一例を示す図である。

【図 31 A】 z 方向に連続して並ぶ点群の抽出の第 1 の例を説明する図である。

【図 31 B】 z 方向に連続して並ぶ点群の抽出の第 2 の例を説明する図である。

40

【図 32】高速道路を走行する他車両の一例を示す図である。

【図 33】物体の検出結果の出力方法の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下、本開示の実施の形態について、図面を参照して説明する。なお、以下の説明で用いられる図は模式的なものである。図面上の寸法、比率等は現実のものとは必ずしも一致していない。カメラによる撮像画像及び視差画像等を表す図は、説明のために作成されたものを含む。これらの画像は、実際に撮像され又は処理された画像とは異なる。また、以下の説明において、「被写体」はカメラに撮像される対象である。「被写体」は、物体、路面、空等を含む。「物体」は、空間内で具体的な位置及び大きさを有するものである。

50

「物体」は、「立体物」ともいう。

【0013】

図1に示すように、物体検出システム1は、ステレオカメラ10と物体検出装置20とを含む。ステレオカメラ10と物体検出装置20とは、有線又は無線通信により通信可能である。ステレオカメラ10と物体検出装置20とは、ネットワークを介して通信してよい。ネットワークは、例えば、有線又は無線のLAN(Local Area Network)、又はCAN(Controller Area Network)等を含んでよい。ステレオカメラ10と物体検出装置20とは、同一の筐体内に収納され一体的に構成されてよい。ステレオカメラ10及び物体検出装置20は、後述する移動体30内に位置し、移動体30内のECU(Electronic Control Unit)と通信可能に構成されてよい。

10

【0014】

「ステレオカメラ」とは、互いに視差を有し、互いに協働する複数のカメラである。ステレオカメラは、少なくとも2つ以上のカメラを含む。ステレオカメラでは、複数のカメラを協働させて、複数の方向から対象を撮像することが可能である。ステレオカメラは、1つの筐体に複数のカメラが含まれる機器であってよい。ステレオカメラは互いに独立し、且つ互いに離れて位置する2台以上のカメラを含む機器であってよい。ステレオカメラは、互いに独立した複数のカメラに限られない。本開示では、例えば、離れた2箇所に入射される光を1つの受光素子に導く光学機構を有するカメラをステレオカメラとして採用できる。本開示では、同じ被写体を異なる視点から撮像した複数の画像を「ステレオ画像」と呼ぶことがある。

20

【0015】

ステレオカメラ10は、第1カメラ11と第2カメラ12とを備える。第1カメラ11及び第2カメラ12は、それぞれ光軸OXを規定する光学系と撮像素子とを備える。第1カメラ11及び第2カメラ12はそれぞれ異なる光軸OXを有する。本明細書の説明では単一の符号OXのみで、第1カメラ11及び第2カメラ12双方の光軸OXをまとめて表す。撮像素子は、CCDイメージセンサ(Charge-Coupled Device Image Sensor)、及びCMOSイメージセンサ(Complementary MOS Image Sensor)を含む。第1カメラ11及び第2カメラ12がそれぞれ備える撮像素子は、それぞれのカメラの光軸OXに垂直な同一面内に存在してよい。第1カメラ11及び第2カメラ12は、撮像素子で結像された画像を表す画像信号を生成する。また、第1カメラ11及び第2カメラ12は、撮像した画像について、歪み補正、明度調整、コントラスト調整、ガンマ補正等の任意の処理を行ってよい。

30

【0016】

第1カメラ11及び第2カメラ12の光軸OXは、互いに同じ被写体を撮像可能な方向を向いている。第1カメラ11及び第2カメラ12は、撮像した画像に少なくとも同じ被写体が含まれるように、光軸OX及び位置が定められる。複数の実施形態の一つにおいて、第1カメラ11及び第2カメラ12の光軸OXは、互いに平行になるように向けられる。この平行は、厳密な平行に限られず、組み立てのずれ、取付けのずれ、及びこれらの経時によるずれを許容する。複数の実施形態の他の一つにおいて、第1カメラ11及び第2カメラ12の光軸OXは、平行に限られず、互いに異なる方向を向いてよい。第1カメラ11及び第2カメラ12の光軸OX互いに平行でない場合でも、ステレオカメラ10又は物体検出装置20内で、画像を変換することによりステレオ画像が生成されうる。ステレオカメラ10の第1カメラ11と第2カメラ12の光学中心の距離を基線長とよぶ。基線長は、第1カメラ11と第2カメラ12との間のレンズの中心の距離に相当する。ステレオカメラ10の第1カメラ11と第2カメラ12の光学中心を結ぶ方向を基線長方向とよぶ。

40

【0017】

第1カメラ11及び第2カメラ12は、光軸OXに交わる方向において離れて位置している。複数の実施形態のうちの1つにおいて、第1カメラ11及び第2カメラ12は、左右方向に沿って位置している。第1カメラ11は、前方を向いたときに第2カメラ12の

50

左側に位置する。第2カメラ12は、前方を向いたときに第1カメラ11の右側に位置する。第1カメラ11と第2カメラ12との位置の違いにより、各カメラで撮像した2つの画像において、互いに対応する被写体の位置は、異なる。第1カメラ11から出力される第1画像と、第2カメラ12から出力される第2画像とは、異なる視点から撮像したステレオ画像となる。第1カメラ11及び第2カメラ12は、所定のフレームレート（例えば30fps）で被写体を撮像する。

【0018】

図2及び図3に示すように、図1の物体検出システム1は、移動体30に搭載される。図2の側面図に示すように、第1カメラ11及び第2カメラ12は、移動体30の前方を撮像するように設置される。第1カメラ11及び第2カメラ12は、路面を含む画像を撮像するように設置される。すなわち、ステレオカメラ10は、路面を含む画像を撮像するように設置される。複数の実施形態の一つにおいて、第1カメラ11及び第2カメラ12の各光学系の光軸OXが移動体30の前方と略平行となるように配置される。

10

【0019】

本願において、移動体30の直進時の進行方向は、前方又はz方向とよばれる。前方の反対方向は後方とよばれる。移動体30の前方を向いた状態を基準として、左方向及び右方向が定義される。z方向に直交し、且つ、左方向から右方向へ向かう方向は、x方向とよばれる。x方向は、基線長方向に一致してよい。移動体30の近傍の路面に垂直で上向き方向は、高さ方向又はy方向とよばれる。y方向は、x方向及びz方向に対して直交してよい。x方向は、水平方向とも称する。y方向は、鉛直方向とも称する。z方向は、奥行き方向とも称する。

20

【0020】

本開示における「移動体」は、例えば車両、航空機を含んでよい。車両は、例えば自動車、産業車両、鉄道車両、生活車両、及び滑走路を走行する固定翼機等を含んでよい。自動車は、例えば乗用車、トラック、バス、二輪車、及びトロリーバス等を含んでよい。産業車両は、例えば農業及び建設向けの産業車両等を含んでよい。産業車両は、例えばフォークリフト及びゴルフカート等を含んでよい。農業向けの産業車両は、例えばトラクター、耕耘機、移植機、バインダー、コンバイン、及び芝刈り機等を含んでよい。建設向けの産業車両は、例えばブルドーザー、スクレーパー、ショベルカー、クレーン車、ダンプカー、及びロードローラー等を含んでよい。車両は、人力で走行するものを含んでよい。車両の分類は、上述した例に限られない。例えば、自動車は、道路を走行可能な産業車両を含んでよい。複数の分類に同じ車両が含まれてよい。航空機は、例えば固定翼機及び回転翼機等を含んでよい。

30

【0021】

本開示の移動体30は、道路又は滑走路等を含む走行路の上を走行する。移動体30が走行する走行路の表面を路面とよぶ。

【0022】

第1カメラ11及び第2カメラ12は、移動体30の種々の場所に搭載しうる。複数の実施形態のうちの一つにおいて、第1カメラ11及び第2カメラ12は、車両である移動体30の内部に搭載され、ウインドシールドを介して移動体30の外部を撮像できる。例えば、第1カメラ11及び第2カメラ12は、ルームミラーの前方、又はダッシュボード上に配置される。複数の実施形態の一つにおいて、第1カメラ11及び第2カメラ12は、車両のフロントバンパー、フェンダーグリル、サイドフェンダー、ライトモジュール、及びボンネットのいずれかに固定されていてよい。

40

【0023】

物体検出装置20は、取得部21と、画像処理部22（プロセッサ）と、メモリ23と、出力部24とを備える。物体検出装置20は、移動体30内において任意の位置に配置できる。例えば、物体検出装置20は、移動体30のダッシュボード内に配置できる。

【0024】

取得部21は、ステレオカメラ10及び他の装置から情報の入力を受ける、物体検出装

50

置 20 の入力インタフェースである。取得部 21 は、物理コネクタ、及び無線通信機が採用できる。物理コネクタは、電気信号による伝送に対応した電気コネクタ、光信号による伝送に対応した光コネクタ、及び電磁波による伝送に対応した電磁コネクタが含まれる。電気コネクタには、IEC 60603 に準拠するコネクタ、USB 規格に準拠するコネクタ、RCA 端子に対応するコネクタ、EIAJ CP-1211A に規定される S 端子に対応するコネクタ、EIAJ RC-5237 に規定される D 端子に対応するコネクタ、HDMI (登録商標) 規格に準拠するコネクタ、及び BNC を含む同軸ケーブルに対応するコネクタを含む。光コネクタは、IEC 61754 に準拠する種々のコネクタを含む。無線通信機は、Bluetooth (登録商標)、及び IEEE 802.11 を含む各規格に準拠する無線通信機を含む。無線通信機は、少なくとも 1 つのアンテナを含む。

10

【0025】

取得部 21 には、第 1 カメラ 11 及び第 2 カメラ 12 の各々が撮像した画像の画像データが入力される。取得部 21 は入力された画像データを画像処理部 22 に引き渡す。取得部 21 は、ステレオカメラ 10 の撮像信号の伝送方式に対応してよい。取得部 21 は、ネットワークを介してステレオカメラ 10 の出力インタフェースに接続されてよい。

【0026】

画像処理部 22 は、一つ又は複数のプロセッサを含む。プロセッサには、特定のプログラムを読み込ませて特定の機能を実行する汎用のプロセッサ、及び、特定の処理に特化した専用のプロセッサが含まれる。専用のプロセッサには、特定用途向け IC (ASIC; Application Specific Integrated Circuit) が含まれる。プロセッサには、プログラマブルロジックデバイス (PLD; Programmable Logic Device) が含まれる。PLD には、FPGA (Field-Programmable Gate Array) が含まれる。画像処理部 22 は、一つ又は複数のプロセッサが協働する SoC (System-on-a-Chip)、及び SiP (System In a Package) のいずれかであってよい。画像処理部 22 の実行する処理は、プロセッサが実行する処理と言い換えることができる。

20

【0027】

画像処理部 22 は、視差画像生成部 25、路面検出部 26、不要視差除去部 27、クラスタリング部 28、及び、グルーピング部 29 の各機能ブロックを含む。視差画像生成部 25 は、ステレオカメラ 10 から出力された第 1 画像及び第 2 画像に基づいて、第 1 視差画像を生成する。第 1 視差画像は、ステレオカメラ 10 の撮像画像の水平方向に対応する横方向と、横方向に交差する縦方向とから成る 2 次元平面上に視差を表す画素が配置された画像である。横方向は、第 1 方向である。縦方向は第 2 方向である。横方向と縦方向とは互いに直交してよい。横方向は、路面の幅方向に対応する。横方向は、ステレオカメラ 10 の撮像する画像が水平線を含むとき、水平線に平行な方向である。縦方向は、実空間における重力の加わる方向に対応する方向としうる。路面検出部 26、不要視差除去部 27、クラスタリング部 28、及び、グルーピング部 29 は、第 1 視差画像に基づいて物体を検出する一連の処理を実行する。

30

【0028】

画像処理部 22 内の情報処理において、第 1 視差画像は、横方向と縦方向とから成る 2 次元座標に、ステレオカメラ 10 の出力から得られる視差の情報が対応付けられた第 1 視差マップとして、種々の操作を受ける。種々の操作は、演算処理及びメモリ 23 への書き込み、読み出し等を含む。第 1 視差画像は、第 1 視差マップと言い換えることができる。以下の説明において、第 1 視差画像に対する処理は、第 1 視差マップに対する処理と言い換えることができる。

40

【0029】

画像処理部 22 の各機能ブロックは、ハードウェアモジュールであってよく、ソフトウェアモジュールであってよい。各機能ブロックが行う処理は、画像処理部 22 により実行されるものと言い換えてよい。画像処理部 22 は、各機能ブロックの全ての動作を実行してよい。画像処理部 22 が各機能ブロックのいずれかを使役して行う処理は、画像処理部 22 が自ら実行するものとしてよい。

50

【 0 0 3 0 】

メモリ 2 3 は、種々の処理のためのプログラム及び演算中の情報を記憶する。メモリ 2 3 は、揮発性メモリ及び不揮発性メモリが含まれる。メモリ 2 3 は、プロセッサと独立しているメモリ、及びプロセッサの内蔵メモリが含まれる。

【 0 0 3 1 】

出力部 2 4 は、物体検出装置 2 0 の処理結果を、移動体 3 0 内の他の装置又は他車両及び路側機等の移動体 3 0 外の装置に出力しうる、物体検出装置 2 0 の出力インタフェースである。物体検出装置 2 0 から受信した情報を適宜使用しうる他の装置は、オートクルーズコントロール等の走行支援装置、及び、自動ブレーキ装置等の安全装置を含む。出力部 2 4 は、取得部 2 1 と同様に、有線及び無線の通信に対応した種々のインタフェースを含む。例えば、出力部 2 4 は、CAN のインタフェースを有し、移動体 3 0 内の他の装置と通信を行う。

10

【 0 0 3 2 】

物体検出装置 2 0 は、以下に説明する画像処理部 2 2 が行う処理を、非一時的なコンピュータ可読媒体に記録されたプログラムを読み込んで実装するように構成されてよい。非一時的なコンピュータ可読媒体は、磁気記憶媒体、光学記憶媒体、光磁気記憶媒体、半導体記憶媒体を含むがこれらに限られない。磁気記憶媒体は、磁気ディスク、ハードディスク、磁気テープを含む。光学記憶媒体は、CD (Compact Disc)、DVD、ブルーレイディスク (Blu-ray (登録商標) Disc) 等の光ディスクを含む。半導体記憶媒体は、ROM (Read Only Memory)、EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)、フラッシュメモリを含む。

20

【 0 0 3 3 】

図 4 に示すように、本開示の他の実施形態に係る物体検出システム 1 A において、視差画像生成部 2 5 は、物体検出装置 2 0 とは別体のハードウェア上に搭載されてよい。図 4 では図 1 と同一又は類似の構成要素に、図 1 と同一の符号を付している。図 4 の視差画像生成部 2 5 は、視差画像生成装置と言い換えることができる。図 4 の視差画像生成部 2 5 は、プロセッサを有する。図 4 の視差画像生成部 2 5 に含まれるプロセッサは、ステレオカメラ 1 0 の第 1 カメラ 1 1 及び第 2 カメラ 1 2 からそれぞれ出力された第 1 画像及び第 2 画像に基づいて、第 1 視差画像を生成する。図 4 の物体検出装置 2 0 に含まれる取得部 2 1 は、視差画像生成部 2 5 から、第 1 視差画像を取得する。図 4 の物体検出装置 2 0 と視差画像生成部 2 5 とは、纏めて 1 つの物体検出装置 2 0 とみなされうる。図 4 のように構成される物体検出装置 2 0 において、画像処理部 2 2 の路面検出部 2 6、不要視差除去部 2 7、クラスタリング部 2 8、及び、グルーピング部 2 9 は、図 1 の対応する機能ブロックと同じに機能する。

30

【 0 0 3 4 】

以下に、図 5 のフローチャートを参照して、画像処理部 2 2 の各機能ブロックが実行する処理をさらに説明する。図 5 は、物体検出装置 2 0 が実行する物体検出方法の処理の全体を説明するフローチャートである。

【 0 0 3 5 】

まず、図 5 のフローチャートの各ステップで行う処理の詳細な説明に先立ち、各ステップの処理の概要と目的が簡単に説明される。

40

【 0 0 3 6 】

ステップ S 1 0 1 は、後述する第 1 処理の前段において、物体検出の対象となる第 1 視差画像を取得又は生成するステップである。ステップ S 1 0 1 は、取得部 2 1 又は視差画像生成部 2 5 が行う。

【 0 0 3 7 】

ステップ S 1 0 2 は、路面の位置を推定するステップである。ステップ S 1 0 2 で行う処理は、第 1 処理 (路面検出処理) ともよばれる。ステップ S 1 0 2 は路面検出部 2 6 が行う。路面位置を推定することにより、第 1 視差画像上で、縦方向の座標に対する路面を表す視差が分かる。路面位置は、以下の処理において不要視差を除去し、及び / 又は、実

50

空間上での路面の高さ位置を知るために必要となる。

【0038】

ステップS103は、不要な視差を除去した第2視差画像を生成するステップである。ステップS103で行う処理は、第2処理（不要視差除去処理）ともよばれる。第2処理は、不要視差除去部27が行う。不要視差は、実空間における路面からの高さが所定の範囲に含まれる被写体に対応する画素が表す視差である。例えば、不要視差は、第1視差画像に含まれる路面の視差及び空中部分に含まれる構造物の視差等を含む。第1視差画像から不要視差を除くことによって、路面の白線及び道路上空に存在する構造物等を路面上の物体であると誤検出する可能性が低減される。これにより、物体検出の精度が向上する。ステップS103は、省略し得る。ステップS103を省略する場合には、画像処理部22は不要視差除去部27を備えなくてよい。以下の説明においても同様である。

10

【0039】

画像処理部22内での情報処理において、第2視差画像は、第1視差マップに含まれる視差の情報から、不要な視差の情報を除去した第2視差マップとして、種々の操作を受ける。第2視差画像は、第2視差マップと言い換えることができる。以下の説明において、第2視差画像に対する処理は、第2視差マップに対する処理と言い換えることができる。

【0040】

ステップS104は、第2視差画像に対して横方向の各座標について物体視差を決定するステップである。ステップS104は、クラスタリング部28が実行する。物体視差とは、所定の条件に基づいて、実空間の物体とみなせる領域の視差であると判定される視差である。ステップS103を省略する場合には、ステップS104は第2視差画像ではなく第1視差画像を用い、第1視差画像に対して横方向の各座標について物体視差を決定する。以下の説明においても同様である。

20

【0041】

ステップS105は、第2視差画像上の物体視差の分布と、ステップS102で推定した路面の位置とに基づいて、物体視差に関連付けられる高さ情報を算出するステップである。ステップS105はクラスタリング部28が実行する。ステップS104とS105とで行う処理は、第3処理（物体視差決定処理）ともよばれる。高さ情報を必要としない場合、ステップS105は省略しうる。

【0042】

ステップS106は、物体視差の情報を実空間の座標上に変換して、物体視差の纏まり（グループ）を抽出することにより、物体を検出するステップである。ステップS106で行う処理は、第4処理（物体検出処理）ともよばれる。第4処理は、グルーピング部29が行う。

30

【0043】

ステップS107は、検出された物体の情報を出力部24から出力するステップである。ステップS106の結果から、検出された物体の位置、及び、ステレオカメラ10側からみた幅の情報が得られる。ステップS105により得られた情報は、検出された物体の高さの情報を含む。これらの情報は、移動体30内の他の装置に提供されうる。

【0044】

次に、各ステップの詳細について説明する。

40

【0045】

まず、画像処理部22は第1視差画像を取得又は生成する（ステップS101）。図1に示した物体検出システム1では、画像処理部22は、取得部21で取得した第1画像及び第2画像に基づいて、第1視差画像を生成する。第1視差画像の生成は、視差画像生成部25が行う。図4に示した物体検出システム1Aでは、画像処理部22は、視差画像生成部25により生成された第1視差画像を、取得部21を介して取得する。画像処理部22は、以降の処理のため、第1視差画像をメモリ23に格納してよい。

【0046】

視差画像生成部25は、第1カメラ11から取得した第1画像及び第2カメラ12から

50

取得した第2画像の視差の分布を算出し、第1視差画像を生成する。第1視差画像の生成方法は、公知であるから、以下に簡単にのみ説明する。

【0047】

視差画像生成部25は、第1画像及び第2画像の一方の画像（例えば、第1画像）を多数の小領域に分割する。小領域は、縦横方向に複数の画素が配列された矩形の領域としうる。例えば、小領域は、縦方向3画素、横方向3画素で構成されうる。小領域の縦横方向に含まれる画素の数は、3に限られない。小領域の縦方向と横方向とに含まれる画素の数は、異なってよい。視差画像生成部25は、分割した複数の小領域の各々の画像と他方の画像（例えば、第2画像）とを、水平方向にずらしながらマッチングさせる。画像のマッチングには、SAD（Sum of Absolute Difference）関数を用いる方法が知られている。これは、小領域内の輝度値の差の絶対値の総和を表すものである。SAD関数が最小となると、両画像は最も類似すると判断される。ステレオ画像のマッチングは、SAD関数を用いる方法に限られず、他の方法を採用しうる。

10

【0048】

視差画像生成部25は、第1画像と第2画像とでマッチングした2つの領域の横方向における画素の位置の違いに基づいて、当該小領域ごとの視差を算出する。視差の大きさは、画素の横方向の幅を単位として表すことができる。補間処理をすることにより、視差の大きさは、1画素より小さい精度で算出することができる。視差の大きさはステレオカメラ10により撮像された被写体の、実空間におけるステレオカメラ10との間の距離に対応する。視差が大きければ距離が近く、視差が小さければ距離が遠いことを意味する。視差画像生成部25は、算出した視差の分布を示す第1視差画像を生成する。以下において、第1視差画像を構成する視差を表す画素を視差画素とよぶ。視差画像生成部25は、元の第1画像及び第2画像の画素と同じ精細度で視差画像を生成することができる。

20

【0049】

図6は、第1視差画像を説明する図である。図6において、移動体30の前方の路面41上には、他車両42が走行している。

【0050】

図6に示すように、第1視差画像には、ステレオカメラ10の横方向（第1方向）と横方向に直交する縦方向（第2方向）から成る2次元平面上に、視差を表す画素が位置している。横方向の位置を示す座標をu座標とよぶ。縦方向の位置を示す座標をv座標とよぶ。u座標及びv座標を画像座標とよぶ。本開示の画像を表す各図において、u座標は左から右に向かう座標とする。v座標は、上から下に向かう座標とする。u-v座標空間の原点は、第1視差画像の左上端とすることができる。u座標及びv座標は、画素を単位として表記することができる。

30

【0051】

視差画像生成部25は、視差の違いを画素の輝度又は色等の違いに置き換えて表示することができる。図6では、説明のため、視差を異なる網掛けにより表現している。図6では、網掛けが濃いほど視差が小さく、網掛けが薄いほど視差が大きい。図6において等しい網掛けの領域は、それぞれ所定の視差の範囲内に位置することを表す。実際の第1視差画像では、u-v座標空間上で視差が取得し易い部分と取得し難い部分がある。例えば、車両の窓等の空間的に均一な被写体の部分、太陽光の反射による白とびが発生している部分は、視差が取得し難い。第1視差画像では、物体及び構造物がある場合、それらはより遠くに位置する背景の視差と異なる輝度又は色で表示される。

40

【0052】

視差画像生成部25は、視差を算出した後に第1視差画像を画像として表示しなくてよい。視差画像生成部25は、第1視差画像の情報を画像処理部22の内部で第1視差マップとして生成して保持し、必要な処理を行えばよい。

【0053】

ステップS101の後、画像処理部22は、第1視差画像から路面41の位置を推定する第1処理を行う（ステップS102）。第1処理は、路面検出部26により行われる。

50

以下において、路面検出部 26 が行う路面位置の推定処理を、図 7、図 8 及び図 14 のフローチャートを用いて説明する。まず、路面検出部 26 は、第 1 視差画像から路面候補視差 d_c を抽出する（ステップ S201）。路面候補視差 d_c は、第 1 視差画像から収集される路面視差 d_r に該当する可能性が高い視差である。路面視差 d_r は、路面 41 領域の視差を意味する。路面視差 d_r は、路面 41 上の物体の視差を含まない。路面視差 d_r は、路面上の対応する箇所迄の距離を表す。路面視差 d_r は、同じ v 座標を有する位置で近い値を有するものとして収集される。

【0054】

路面候補視差 d_c の抽出処理の詳細は、図 8 のフローチャートに示される。図 8 に示すように、路面検出部 26 は、ステレオカメラ 10 の設置位置に基づいて、路面候補視差算出用の視差の初期値である路面候補視差初期値 d_0 を計算する（ステップ S301）。路面候補視差初期値 d_0 は、ステレオカメラ 10 から最も近い路面候補視差の抽出位置での路面候補視差の初期値である。ステレオカメラ 10 から最も近い路面候補視差の抽出位置は、例えば、ステレオカメラ 10 から、1m から 10m の範囲から設定することができる。

【0055】

図 9 に示すように、ステレオカメラ 10 において、路面高さ Y は、撮像される路面 41 からのステレオカメラ 10 の鉛直方向の高さである。また、路面高さ Y_0 は、ステレオカメラ 10 の設置位置における路面 41 からの高さである。道路の起伏により、路面高さ Y はステレオカメラ 10 からの距離により変化することがある。したがって、ステレオカメラ 10 から離れた位置での路面高さ Y は、ステレオカメラ 10 の設置位置での路面高さ Y_0 に一致しない。複数の実施形態の一つにおいて、ステレオカメラ 10 の第 1 カメラ 11 及び第 2 カメラ 12 は、光軸 Ox を互いに平行に前方に向けて設置されていると仮定される。図 9 において Z は特定の路面位置までの水平方向の距離を示す。ステレオカメラ 10 の基線長を B 、縦方向の画像サイズを $TOTALv$ とする。この場合、ある縦方向の座標（ v 座標）において撮像された路面 41 の路面視差 d_s と路面高さ Y との関係は、水平方向の距離 Z に依らず、次の数式で与えられる。

$$d_s = B / Y \times (v - TOTALv / 2) \quad (1)$$

数式 (1) により算出された路面視差 d_s は、「幾何推定路面視差」ともよばれる。以下において、幾何推定路面視差を符号 d_s で表記することがある。

【0056】

路面候補視差初期値 d_0 は、路面 41 が、ステレオカメラ 10 とステレオカメラ 10 の位置から最も近い路面候補視差 d_c の抽出位置との間で、第 1 カメラ 11 及び第 2 カメラ 12 の光軸 Ox に平行且つ平坦であるものと仮定して算出される。その場合、ステレオカメラ 10 の位置から最も近い路面候補視差の抽出位置の、第 1 視差画像上の v 座標が特定の座標 v_0 に定まる。座標 v_0 は、路面候補視差を抽出する v 座標の初期値である。座標 v_0 は、 $TOTALv / 2$ と $TOTALv$ との間に位置する。座標 v_0 は、視差算出が可能な画像座標の範囲内で最も下側（ v 座標の大きい側）に位置する。座標 v_0 は、第 1 視差画像の最も下の行に対応する $TOTALv$ としてよい。路面候補視差初期値 d_0 は、数式 (1) の v に v_0 を代入し、 Y に Y_0 を代入することにより決定することができる。

【0057】

路面検出部 26 は、路面候補視差初期値 d_0 に基づいて、縦方向の v 座標が v_0 である最初の行の視差収集閾値を計算する（ステップ S302）。行は、第 1 視差画像上で同じ v 座標を有する横方向に並ぶ画素の配列を意味する。視差収集閾値は、視差を収集する上限の閾値である上限閾値と、視差を収集する下限の閾値である下限閾値とを含む。視差収集閾値は、路面候補視差初期値 d_0 を含むように路面候補視差初期値 d_0 の上下に所定の規則に基づいて設定される。具体的には、路面候補視差初期値 d_0 を算出した状態から、予め定めた路面高さ変化量 ΔY だけ路面高さ Y が上下に変化した場合の路面視差が、視差収集閾値の上限閾値及び下限閾値として定められる。すなわち、視差収集閾値の下限閾値は、路面候補視差初期値 d_0 から路面高さ変化量 ΔY 分の視差を引いて得られる。視差収集閾値の上限閾値は、路面候補視差初期値 d_0 から路面高さ変化量 ΔY 分の視差を加えて

得られる。具体的な視差収集閾値の下限閾値及び上限閾値は、数式(1)のYの値を変更することにより求められる。

【0058】

以下において、路面検出部26は、ステップS303とステップS307との間の処理を繰り返す。まず、路面検出部26は、第1視差画像の最も下側に位置するv座標がv₀である行についての処理を行う(ステップS303)。

【0059】

路面検出部26は、視差収集閾値を用いて視差を収集する(ステップS304)。路面検出部26は、第1視差画像に含まれるv座標がv₀の横方向に並んで位置する各視差画素について、視差収集閾値の下限閾値と上限閾値との間の視差を有する視差画素を路面候補視差d_cとして収集する。すなわち、路面検出部26は、数式(1)を用いて算出された路面候補視差初期値d₀を基準とする所定のマージンの範囲に入る視差を有する視差画素を、路面41の正しい視差を表す視差画素の候補であると判定する。路面検出部26は、路面41の正しい視差を表す視差画素の候補であると判定された視差画素の視差を路面候補視差d_cとする。このようにすることによって、路面検出部26は、路面41上の物体及び構造物等の路面41以外の視差を路面41の視差として誤判定する可能性を低減できる。これにより、路面41検出の精度が向上する。

【0060】

ステップS304で、v座標がv₀の全ての視差画素の判定が終了すると、路面検出部26は、収集した路面候補視差d_cを平均化して路面候補視差d_cの平均値である平均路面候補視差d_{av}を算出する(ステップS305)。路面検出部26は、それぞれの路面候補視差d_c及びそのu-v座標、並びに、v座標がv₀における平均路面候補視差d_{av}を、メモリ23に記憶してよい。

【0061】

ステップS305の後、路面検出部26は、ステップS305で算出したv座標がv₀の平均路面候補視差d_{av}から、1行上の行、すなわち、v座標がv = v₀ - 1の行の各視差画素について、視差収集閾値を算出する(ステップS306)。路面検出部26は、ステップS304で算出したv座標がv₀のときの平均路面候補視差d_{av}に対して、数式(1)が成立するように路面高さYを変更する。路面検出部26は、路面高さYを変更した数式(1)のv₀に代えて、v₀ - 1を代入することにより、v座標がv₀ - 1のときの幾何推定路面視差d_sを算出する。路面検出部26は、ステップS302と類似に、幾何推定路面視差d_sから所定の路面高さ変化量Y分の視差を引いた視差を視差収集閾値の下限閾値とすることができる。路面検出部26は、幾何推定路面視差d_sに所定の路面高さ変化量Y分の視差を加えた視差を視差収集閾値の上限閾値とすることができる。

【0062】

ステップS306の後、路面検出部26は、数式(1)により算出された幾何推定路面視差d_sが所定値より大きいか否かを判定する。所定値は、例えば、1画素である。路面検出部26は、幾何推定路面視差d_sが1よりも大きいとき、ステップS303の処理に戻る(ステップS307)。ステップS303において、路面検出部26は、路面候補視差d_cの抽出の対象を、1画素上の行に移動させる。すなわち、路面候補視差d_cの抽出の対象が、v座標がv₀の行であったとき、路面検出部26は、路面検出の対象の行のv座標を、v₀ - 1に変更する。また、図10に示すように、路面候補視差d_cの算出の対象が、n番目の行であったとき、路面検出部26は、路面検出の対象の行を、n + 1番目の行に変更する。図10は、説明のため各行の縦方向の幅を広くしている。実際の各行は、1画素の高さである。この場合、n + 1番目の行v座標は、n番目の行のv座標よりも1小さい。

【0063】

それぞれ、n + 1番目の行を対象とするステップS304 ~ S306の処理は、v座標がv₀の行の処理と同様に行われる。ステップS304において、路面検出部26は、n番目の行に対するステップS306において算出した視差収集閾値を用いて、路面候補視

10

20

30

40

50

差 d_c を収集する。ステップ S 3 0 5 において、路面検出部 2 6 は、収集した路面候補視差 d_c を平均化して平均路面候補視差 d_{av} を算出する。ステップ S 3 0 6 において、路面検出部 2 6 は、平均路面候補視差 d_{av} を用いて、数式 (1) の路面高さ Y を変更する。路面検出部 2 6 は、路面高さ Y を変更した数式 (1) を用いて、幾何推定路面視差 d_s を算出する。さらに路面検出部 2 6 は、 $n + 2$ 番目の行の路面候補視差 d_c の抽出のために、幾何推定路面視差 d_s に路面高さ変化量 Y を考慮して、視差収集閾値を算出する。

【 0 0 6 4 】

路面検出部 2 6 は、路面候補視差 d_c の抽出対象を、ステレオカメラ 1 0 から最も近い路面候補視差 d_c の抽出位置に対応する行から、順次上方向 (v 座標の負の方向) にシフトさせながら、当該 v 座標に対応する路面候補視差 d_c を抽出する。路面検出部 2 6 は、抽出した路面候補視差 d_c を、対応する u 座標及び v 座標及び v 座標に対応する平均路面候補視差 d_{av} と共にメモリ 2 3 に格納してよい。

10

【 0 0 6 5 】

路面検出部 2 6 は、ステップ S 3 0 7 において、数式 (1) により算出された幾何推定路面視差 d_s が上述の所定の値以下となったとき、路面候補視差 d_c の抽出処理を終了して、図 7 のフローチャートのステップ S 2 0 1 に戻る。所定の値は、例えば、1 画素とすることができる。

【 0 0 6 6 】

このように、図 8 のフローチャートでは、路面候補視差 d_c を抽出する v 座標の初期値をステレオカメラ 1 0 から見て近距離側の位置に対応する v_0 に設定し、順次遠距離側の路面候補視差 d_c を抽出する。ステレオカメラ 1 0 は、一般的に遠距離側よりも近距離側の方が、視差の検出精度が高い。このため、近距離側から遠距離側に順次路面候補視差 d_c を抽出することにより、検出される路面候補視差 d_c の精度を高めることができる。

20

【 0 0 6 7 】

上記路面候補視差 d_c を抽出する図 8 のフローチャートでは、縦方向の 1 つの座標ごとに路面候補視差 d_c を算出した。言い換えると、上記路面候補視差 d_c を抽出するフローチャートでは、縦方向に 1 画素の行ごとに路面候補視差 d_c を算出した。路面候補視差の算出の単位は、これに限られない。縦方向に複数の座標を纏めて路面候補視差 d_c を算出することも可能である。

【 0 0 6 8 】

ステップ S 3 0 1 ~ S 3 0 7 の路面候補視差 d_c の抽出処理に続いて、路面検出部 2 6 は、図 7 のフローチャートのステップ S 2 0 2 に進む。路面検出部 2 6 は、近距離側から遠距離側へ順次路面視差 d_r を推定する際に、路面視差 d_r に順次カルマンフィルタを適用する。そのため、始めに、路面検出部 2 6 は、カルマンフィルタの初期化を行う (ステップ S 2 0 2)。カルマンフィルタの初期値として、ステップ S 3 0 5 で算出した、路面視差 d_r の推定を行う行のうち最も下の行 (v 座標の値が v_0 の行) に対応する平均路面候補視差 d_{av} の値を利用することができる。

30

【 0 0 6 9 】

路面検出部 2 6 は、以下のステップ S 2 0 3 ~ S 2 1 0 の処理を、路面 4 1 の近距離側から遠距離側へ対象とする行を変えながら順次実行する (ステップ S 2 0 3)。

40

【 0 0 7 0 】

まず、路面検出部 2 6 は、第 1 視差画像内の対象とする行について、実空間における一定幅の範囲内に位置する路面候補視差 d_c から、路面視差 d_r の値ごとの頻度を表すヒストグラムを生成する (ステップ S 2 0 4)。実空間における一定幅の範囲とは、道路の走行車線の幅を考慮した範囲である。一定幅は、例えば、2.5 m 又は 3.5 m 等の値に設定できる。視差を取得する範囲は、例えば、図 1 1 において実線の枠線 5 0 により囲まれた範囲に初期設定される。一定幅は、予め物体検出装置 2 0 のメモリ 2 3 等に記憶される。視差を取得する範囲を、この範囲に限定することにより、路面検出部 2 6 が路面 4 1 以外の物体又は防音壁等の構造物を路面 4 1 と誤認して抽出する可能性が低減される。これにより、路面検出の精度を向上することができる。図 1 1 に実線で示した視差を取得する

50

範囲は、後述するように、前方の道路上の状況に応じて初期設定された枠線 50 から順次変更されうる。

【0071】

路面検出部 26 は、カルマンフィルタによる路面視差 d_r の予測値に基づいて、対象とする行について路面視差 d_r の取得範囲を設定する。路面視差 d_r の取得範囲は、カルマンフィルタが次の行の路面視差 d_r を予測する際に算出する信頼度に基づいて決定される範囲である。信頼度は、ガウス分布の分散 σ^2 (σ は路面視差 d_r の標準偏差) で表現される。路面検出部 26 は、予測値 $\pm 2\sigma$ 等により路面視差 d_r の取得範囲を求めることができる。路面検出部 26 は、ステップ S 204 で生成した路面候補視差 d_c のヒストグラムから、カルマンフィルタに基づいて設定された路面視差 d_r の取得範囲内で、頻度が最大となる路面視差 d_r を抽出する。路面検出部 26 は、抽出した路面視差 d_r を、対象とする行の路面視差 d_r の観測値とする (ステップ S 205)。

10

【0072】

次に、路面検出部 26 は、ステップ S 205 で決定した路面視差 d_r が、物体の視差等を含まず、正しい路面視差 d_r であることを確認する (ステップ S 206)。路面検出部 26 は、現在処理中の行までの各行で検出された全ての路面視差 d_r について、路面視差 d_r と v 座標とを座標軸とする $d-v$ 座標空間上にマップした $d-v$ 相関図を生成する。正しく路面 41 が検出されている場合、 $d-v$ 相関図は、図 12 に破線で示すように v 座標の値が小さくなるにつれて、路面視差 d_r も直線的に小さくなる。

20

【0073】

一方、物体の視差を路面 41 として誤認識している場合、図 13 に示すように、 $d-v$ 相関図は、物体を表す視差の部分で、縦方向の座標 (v 座標) の変化に関わらず視差 d が略一定となる。一般に、物体は、路面 41 に対して垂直な部分を含むので、第 1 視差画像上では等距離の視差を多く含むように表示される。図 13 において、第 1 部分 R_1 は、 v 座標の値の変化とともに視差 d が減少している。第 1 部分 R_1 は、路面 41 を正しく検出している部分である。第 2 部分 R_2 は、 v 座標が変化しても視差 d は一定である。第 2 部分 R_2 は、物体を誤検出した部分と考えられる。路面検出部 26 は、視差 d が略等しい値の行が所定数続いたとき、物体を誤認識していると判断することができる。

【0074】

ステップ S 206 で視差が正しい路面視差 d_r ではないと判断されると (ステップ S 206: No)、路面検出部 26 は、物体が誤検出されたと判断される行から、路面視差 d_r を再探索する (ステップ S 207)。ステップ S 207 において、路面検出部 26 は、 v 座標の値が変化しても視差 d が変化しない行の領域で、路面視差ヒストグラムを再探索する。この領域で、ステップ S 205 で決定された視差 d よりも小さい視差の部分に、頻度が高い視差がある場合、路面検出部 26 は、この視差を正しい路面視差 d_r の観測値であると判断することができる。

30

【0075】

ステップ S 206 において路面視差 d_r が正しいと判断されたとき (ステップ S 206: Yes)、及び、ステップ S 207 において、路面視差 d_r の再探索が終了したとき、路面検出部 26 は、ステップ S 208 に進む。ステップ S 208 において、路面検出部 26 は、縦方向に 1 画素ずらした次の行のヒストグラムを生成する対象となる第 1 視差画像上の路面 41 の横方向の範囲を決定する。例えば、図 11 に示すように、路面 41 上に他車両 42 がある場合、路面検出部 26 は、他車両と重複する部分の路面 41 の正しい路面視差 d_r を取得できない。路面視差 d_r を取得できる路面 41 の範囲が狭くなると、路面検出部 26 は、正確な路面視差 d_r を取得し難くなる。このため、路面検出部 26 は、図 11 に破線で示したように路面候補視差 d_c を取得する範囲を順次横方向に変化させる。具体的には、路面検出部 26 は、ステップ S 206 で物体が含まれていると判断した場合、物体の横方向の何れの側に正しい路面視差 d_r を表す路面候補視差 d_c が多いか検出する。次の行において、横方向のより多くの正しい路面視差 d_r を表す路面候補視差 d_c が含まれる側 (図 11 において右側) に視差を取得する範囲を順次ずらす。

40

50

【 0 0 7 6 】

次に、路面検出部 2 6 は、ステップ S 2 0 5 又は S 2 0 7 で決定した現在の行の路面視差 d_r を用いて、カルマンフィルタを更新する（ステップ S 2 0 9）。すなわち、カルマンフィルタは、現在の行の路面視差 d_r の観測値に基づいて、路面視差 d_r の推定値を算出する。現在の行の推定値が算出されると、路面検出部 2 6 は、現在の行の路面視差 d_r の推定値を過去のデータの一部として加え、次の行の路面視差 d_r の推定値を算出する処理に用いる。路面 4 1 の高さは、ステレオカメラ 1 0 からの水平方向の距離 Z に対して、急に上下に変化しないと考えられる。このため、本実施形態のカルマンフィルタを用いる推定では、現在の行の路面視差 d_r の近くに次の行の路面視差 d_r が存在すると推定される。このように、路面検出部 2 6 が現在の行の路面視差 d_r の近くに次の行のヒストグラムを生成する視差の範囲を限定することにより、路面 4 1 以外の物体を誤検出する可能性が低減される。また、路面検出部 2 6 が実行する演算の量を減らして、処理を高速化することができる。

10

【 0 0 7 7 】

ステップ S 2 0 9 でカルマンフィルタにより推定された路面視差 d_r が所定値より大きい場合、路面検出部 2 6 は、ステップ S 2 0 3 に戻り、ステップ S 2 0 3 ~ S 2 0 9 の処理を繰り返す。カルマンフィルタにより推定された路面視差 d_r が所定値以下の場合（ステップ S 2 1 0）、路面検出部 2 6 は、次の処理（ステップ S 2 1 1）に進む。所定値は、例えば、1 画素とすることができる。

20

【 0 0 7 8 】

ステップ S 2 1 1 において、路面検出部 2 6 は、 $d - v$ 相関図上で、縦方向の画像座標 v と推定された路面視差 d_r との関係を、2 本の直線で近似する。路面視差 d_r は、ステレオカメラ 1 0 からの距離 Z に関係する。 v 座標の値は、ステレオカメラ 1 0 からの距離 Z 及び路面高さ Y に関連する。したがって、 v 座標と路面視差 d_r との関係を 2 本の直線で近似することは、ステレオカメラ 1 0 からの距離と路面 4 1 の高さとの関係を、2 本の直線で近似したものである。ステップ S 2 1 1 の処理は、図 1 4 のフローチャートに詳しく説明される。

【 0 0 7 9 】

まず、図 7 のステップ S 2 1 0 までの処理により、路面視差 d_r と v 座標との相関関係が得られる。例えば、 v 座標と路面視差 d_r との相関関係は、図 1 5 の破線のグラフ 5 1 のように $d - v$ 座標空間で示される。実空間において、路面 4 1 が平坦で傾斜変化が無い場合、グラフ 5 1 は直線になる。しかしながら、現実の路面 4 1 は上り下り等の起伏の変化により、路面 4 1 の傾斜が変化する。路面 4 1 の傾斜が変化する場合、 $d - v$ 座標空間のグラフ 5 1 は、直線で表現できない。路面 4 1 の傾斜の変化を 3 本以上の直線又は曲線で近似しようとすると、物体検出装置 2 0 の処理負荷が大きくなる。そこで、本願では 2 本の直線によりグラフ 5 1 を近似する。

30

【 0 0 8 0 】

図 1 5 に示すように、路面検出部 2 6 は、 $d - v$ 座標空間における下側（近距離側）の推定された路面視差 d_r を、第 1 直線 5 2 により最小二乗法により近似する（ステップ S 4 0 1）。第 1 直線 5 2 による近似は、物体検出装置 2 0 が物体検出の対象とする距離範囲の中で、所定の距離に対応する路面視差 d_r までの範囲で行うことができる。所定の距離は、物体検出装置 2 0 が物体検出の対象とする距離範囲の半分の距離とすることができる。例えば、物体検出装置 2 0 が、1 0 0 m 先までの物体を検出するように設計される場合、第 1 直線 5 2 はステレオカメラ 1 0 が測定可能な最も近い距離から 5 0 m 先までの範囲で、最小二乗法によりグラフ 5 1 に最も近づくように決定されてよい。

40

【 0 0 8 1 】

次に、路面検出部 2 6 は、ステップ S 4 0 1 で近似した第 1 直線 5 2 の表す路面 4 1 の傾斜が、路面 4 1 としてあり得る傾斜か否かを判定する（ステップ S 4 0 2）。第 1 直線 5 2 の傾斜角度は、実空間に変換すると平面になる。第 1 直線 5 2 の傾斜は、ステレオカメラ 1 0 の設置位置の路面高さ Y_0 及び基線長 B 等の条件に応じて定まる路面 4 1 の yz

50

平面内の傾斜角度に対応する。路面検出部 26 は、第 1 直線 52 に対応する実空間の路面 41 の傾斜が、実空間における水平面を基準とする所定角度の範囲内にあるとき、あり得る傾斜であると判定することができる。路面検出部 26 は、第 1 直線 52 に対応する実空間の路面 41 の傾斜が、実空間における水平面を基準とする所定角度の範囲外にあるとき、あり得ない傾斜であると判定することができる。所定角度は、移動体 30 の走行環境を考慮して適宜設定することができる。

【0082】

ステップ S402 において、第 1 直線 52 の傾斜が路面 41 としてあり得ない傾斜であると判定した場合（ステップ S402：No）、路面検出部 26 は、路面 41 が平坦であることを仮定した理論路面に基づき第 1 直線 52 を決定する（ステップ S403）。理論路面は、ステレオカメラ 10 の設置位置の路面高さ Y_0 、設置角度、及び基線長 B 等の設置条件に基づいて算出することができる。路面検出部 26 は、画像から算出した路面視差 d_r が信用できないとき、理論路面の路面視差を採用する。例えば、路面検出部 26 は、路面 41 以外の物体又は構造物の視差を誤って路面視差 d_r として抽出した場合、路面 41 を非現実的な傾斜を有するものと判断して、誤りを排除できることがある。これにより、路面 41 以外の物体又は構造物の視差を路面視差 d_r であると誤判定する可能性を低減することができる。

【0083】

ステップ S402 において、路面検出部 26 が、第 1 直線 52 の傾斜が路面 41 としてあり得る傾斜であると判定した場合（ステップ S402：Yes）、及び、ステップ 403 の後、路面検出部 26 はステップ S404 の処理に進む。ステップ S404 において、路面検出部 26 は、第 2 直線 55 の近似を開始する近似開始点 53 を決定する。路面検出部 26 は、第 1 直線 52 の v 座標の最も小さい側（遠距離側）から大きい側（近距離側）へ、グラフ 51 との近似誤差を算出し、近似誤差が連続して所定値より小さくなる第 1 直線 52 上の座標を、近似開始点 53 とすることができる。あるいは、近似開始点 53 は、第 1 直線 52 の v 座標の最も大きい側（近距離画側）から小さい側（遠距離側）へ、グラフ 51 との近似誤差を算出し、近似誤差が所定値より大きくなったときの第 1 直線 52 上の座標として決定してよい。近似開始点 53 の v 座標は特定の値に固定されない。近似開始点 53 は、第 1 直線 52 上で物体検出装置 20 が物体検出の対象とする距離範囲の半分の距離よりも、ステレオカメラ 10 側に近い位置に相当する v 座標の位置に設定されてよい。例えば、第 1 直線 52 が、測定可能な最も近い距離から 50 m 先までの範囲で路面 41 を近似した場合、近似開始点 53 は、50 m よりも手前の 40 m に相当する v 座標の位置に設定されてよい。

【0084】

ステップ S404 の後、路面検出部 26 は、ステップ S405 ~ S407 を繰り返し実行する。図 16 に示すように、路面検出部 26 は、第 1 直線 52 との角度差を所定の角度範囲から選択された角度として、近似開始点 53 を起点とする第 2 直線 55 の候補である候補直線 54 を順次選択する（ステップ S405）。所定の角度範囲は、測定対象の距離範囲内で道路の勾配が変化する角度として設定される。所定の角度範囲は、例えば ± 3 度とすることができる。例えば、路面検出部 26 は、候補直線 54 の角度を、第 1 直線 52 の角度 - 3 度から開始して、第 1 直線 52 の角度 + 3 度まで、順次、0.001 度ずつ加えた角度に変えることができる。

【0085】

選択した候補直線 54 について、路面検出部 26 は、 $d-v$ 座標空間においてグラフ 51 の近似開始点 53 よりも上側（遠距離側）の部分との誤差を計算する（ステップ S406）。誤差の計算は、 v 座標に対する視差 d の平均二乗誤差により計算できる。路面検出部 26 は、候補直線 54 ごとに計算した誤差を、メモリ 23 に格納してよい。

【0086】

路面検出部 26 は、角度範囲の全ての候補直線 54 について誤差の計算が終了すると（ステップ S407）、メモリ 23 に格納された誤差の中から最小の誤差を探索する。図 1

10

20

30

40

50

7に示すように、路面検出部26は、最小の誤差を有する候補直線54を第2直線55として選択する(ステップS408)。

【0087】

ステップS408で第2直線55が決定されると、路面検出部26は、第2直線55のグラフ51との誤差が所定値以内か否かを判定する(ステップS409)。所定値は、所望の路面推定の精度を得るために、適宜設定される。

【0088】

ステップS409で、誤差が所定値以内の場合(ステップS409:Yes)、路面視差 d_r は、第1直線52及び第2直線55を用いて近似される。

【0089】

ステップS409で、誤差が所定値を超える場合(ステップS409:No)、路面検出部26は、第1直線52を上側(遠距離側)に延長して、近似結果を上書きする(ステップS410)。以上のようにして、路面視差 d_r が2本の直線により近似される。

【0090】

v 座標に対する路面視差 d_r が、2本の直線で近似されることにより、路面位置が、2本の直線で近似される。これによって、路面位置を曲線又は3本以上の直線で近似する場合に比べて、以降の計算に係る負荷が低減され、且つ、物体検出の処理が高速化される。また、路面を1本の直線で近似する場合に比べて、実際の路面との誤差が小さい。さらに、第2直線55の近似開始点53の v 座標を所定の座標に固定しないことにより、近似開始点53の座標を予め固定した場合と比較して、実際の路面との近似の精度を向上することができる。

【0091】

ステップS409で、誤差が所定値以内の場合(ステップS409:Yes)及びステップS410の後、路面視差 d_r を直線近似する処理は終了し、図7のステップS212に戻る。

【0092】

ステップS212において、第1視差画像から除去する路面視差 d_r の閾値が決定される(ステップS212)。第1視差画像から除去する路面視差 d_r の閾値は、後述する第1高さに相当する。第1高さは、次のステップS103の処理で路面視差 d_r が除去されるように算出される。

【0093】

次に、画像処理部22の処理は、図5のフローチャートに戻る。画像処理部22の不要視差除去部27は、路面検出部26から、 $d-v$ 座標空間における v 座標と路面視差 d_r との関係を2本の直線で近似した近似式を取得する。 $d-v$ 座標空間における v 座標と路面視差 d_r との関係を表す近似式から、実空間におけるステレオカメラ10の前方の距離 Z と路面高さ Y との関係が得られる。不要視差除去部27は、近似式に基づいて、(第2処理)を実行する(ステップS103)。第2処理は、実空間における路面41からの高さが第1高さ以下の被写体に対応する視差画素と、路面41からの高さが第2高さ以上の被写体に対応する視差画素とを第1視差画像から除去する処理である。これにより、不要視差除去部27は、図6に示した第1視差画像から、図18に示すような第2視差画像を生成する。図18は説明のために作図された図である。ステレオカメラ10から取得した画像に基づく実際の第2視差画像は、例えば、図19のようになる。図19では、黒白の濃淡により視差の大きさを表現している。

【0094】

第1高さは、例えば15cmより大きく50cmよりも小さい値に設定しうる。第1高さを、15cmより小さい値に設定すると、不要視差除去部27は、路面41上の凹凸及びノ又は近似式の誤差等に起因する、道路上の物体以外の被写体を検出し易くなる。その結果、検出誤り又は検出速度の低下が生じうる。また、第1高さを50cmよりも大きくすると、不要視差除去部27は、路面41上の子供及びノ又は大きな障害物等を検出し損なう虞がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 5 】

第2高さは、道路上を走行可能な車両の高さの上限値に基づいて設定されうる。道路上を走行可能な車両の高さは、交通法規等により規定される。例えば、日本の道路交通法では、トラックの高さは原則3.8m以下である。第2高さは、例えば、4mとしうる。第2高さを4m以上とすると、信号機及び情報表示板等を含む空中の構造物等の検出不要な物体を検出することがある。

【 0 0 9 6 】

不要視差を除去することにより、以下の物体を検出する物体検出処理（第3処理及び第4処理）に先立ち、不要視差除去部27は、路面41及び道路上の物体以外の被写体の視差を予め除去できる。これによって、物体を検出する精度が高くなる。また、不要な視差が除去されるので、道路上の物体に関連しない視差に関する演算量を低減できるので、処理速度を高速化することができる。したがって、本開示の物体検出装置20は、物体を検出する処理の性能を向上させることができる。

10

【 0 0 9 7 】

不要視差除去部27は、第2視差画像をクラスタリング部28に引き渡す。クラスタリング部28は、第2視差画像及び路面検出部26により算出された路面41の位置の近似式に基づいて、横方向の各u座標又はu座標の範囲について、物体に関連する物体視差を決定する処理（第3処理）を行う（ステップS104）。具体的には、クラスタリング部28は、第2視差画像の横方向のu座標の範囲ごとに、それぞれの視差に対する画素の数を表すヒストグラムを生成する。u座標の範囲は、横方向の画素の1つ又は複数を含む範囲である。

20

【 0 0 9 8 】

図20に示すように、クラスタリング部28は、第2視差画像から1つ又は複数の横方向の画素の幅uを有する縦長の領域を抽出する。縦長の領域は、その領域に物体に関連する物体視差が存在するか否かを判定し、且つ、物体視差に対応する距離情報を取得するために使用される。したがって、縦長の領域の横方向の幅uを細かくすれば、横方向の物体を検出する分解能が高くなる。図20では、説明のためにuの幅を広く表示しているが、uは1画素から数画素の幅とすることができる。縦長の領域を、第2視差画像の横方向の一方の端から他方の端に向けて順次取得して、以下で述べる処理を行うことにより、第2視差画像の横方向全体に渡り、物体視差の検出が行われる。

30

【 0 0 9 9 】

図21は、ヒストグラムの一例を示す図である。図21の横軸は、画素を単位として表される視差dである。視差dは、横軸の左側が大きく、右側に行くに従い小さくなる。視差dの最小値は、例えば1画素、又は、1画素より小さい値であってよい。視差が大きいほど、距離の分解能が細かく、視差が小さいほど距離の分解能が粗くなる。このため、図21のヒストグラムの横軸は、視差が大きい側で、より多くの視差dを纏めている。図21のヒストグラムの縦軸は、横軸の視差dを有する視差画素の出現数を表している。

【 0 1 0 0 】

図21には、さらに、各視差dが物体視差であるか否かを判定するための閾値を表す閾値曲線が示されている。視差dは、幅を有する視差の区間の代表値とすることができる。各視差dの画素の出現数が、閾値曲線を上回る場合、幅uの縦長の領域内に、同じ距離を表す視差画素が閾値曲線で規定される所定数以上含まれていることを意味する。図21において、斜線が付されたピン（柱状部）は、閾値曲線を上回っている。閾値曲線は、各視差dに対して、実空間におけるy方向の所定の高さに相当する出現数（画素数）に設定することができる。例えば、所定の高さは、50cmとすることができる。遠距離にあり視差が小さいとき、画像上で表示される物体は近距離にある物体に比べて小さく表示される。このため閾値曲線の縦軸の出現数の値は、視差dが小さいほど小さくなっている。クラスタリング部28は、出現数が視差dに応じた所定の閾値を上回る場合、当該画素に対応する視差dを物体視差 d_e として決定する。

40

【 0 1 0 1 】

50

次に、クラスタリング部 28 は、第 2 視差画像上の物体視差 d_e の分布と、ステップ S 102 で推定した路面 41 の位置に基づいて、物体視差 d_e に関連付けられる高さ情報を算出する (ステップ S 105)。ステップ S 105 の処理は、第 3 処理に含まれてよい。

【0102】

具体的には、第 1 カメラ 11 又は第 2 カメラ 12 で取得される画像が図 22 のような部分を含む場合を想定する。第 2 視差画像中の他車両 42 の枠線 61 で囲まれた部分に対応する部分が図 23 に拡大して示される。

【0103】

クラスタリング部 28 は、物体視差 d_e が存在する u 座標について、物体視差 d_e の有する距離情報と、ステップ S 102 で推定された路面位置とに基づいて、物体視差 d_e が表す物体の距離に対応する路面推定位置を算出する。路面 41 上に物体が存在する場合、第 2 視差画像上でこの路面推定位置の上側に、物体視差 d_e を有する視差画素が並ぶ。クラスタリング部 28 は、第 2 視差画像の視差画素を u 座標の路面位置から、上方向に走査して、物体視差 d_e を有する視差画素の縦方向 (v 座標方向) の分布を検出する。クラスタリング部 28 は、同じ物体視差 d_e の視差画素が並んでいる数又は分布に基づいて、第 2 視差画像上の高さ情報を決定する。クラスタリング部 28 は、物体視差 d_e の視差画素が縦方向において部分的に途切れている場合も、所定の判定基準に従い高さ情報を判定することができる。

【0104】

クラスタリング部 28 は、1 つ又は複数の座標を含む横方向の座標 (u 座標) の範囲ごとに、物体視差 d_e 及び高さ情報を関連付けて、メモリ 23 に記憶することができる。クラスタリング部 28 は、図 24 に一例を示すように、メモリ 23 に記憶された複数の物体視差 d_e を、 u 座標及び視差 d をそれぞれ横軸及び縦軸とする 2 次元空間 ($u - d$ 座標空間) 上の点群の分布として表現しうる。クラスタリング部 28 は、 u 座標ごとの物体視差 d_e の情報を、グルーピング部 29 に引き渡す。

【0105】

グルーピング部 29 は、 $u - d$ 座標空間の物体視差 d_e の情報をワールド座標系の $x - z$ 座標空間 (実空間) 上の点群に変換し、点群の纏まり (グループ) を抽出することにより、物体を検出する処理 (第 4 処理) を実行する (ステップ S 106)。グルーピング部 29 は、所定の条件に従い近接する複数の点を纏めて点群の纏まりとして抽出する。図 25 から図 32 を用いて、グルーピング部 29 が実行する処理の一例を説明する。

【0106】

図 25 は、道路の路面 41 上を走行する物体検出システム 1 を搭載した移動体 30 と、他車両 42, 43, 44 と、側壁 45 と、道路照明灯 46 とを含む。図 25 において、移動体 30 は、車両である。

【0107】

図 26 は、グルーピング部 29 の動作を示すフローチャートである。ステップ S 501 では、移動体 30 に搭載された物体検出装置 20 のグルーピング部 29 は、図 24 に示すような $u - d$ 座標空間の複数の物体視差 d_e を、図 27 に示すような実空間 ($x - z$ 座標空間) の点群に変換する。図 27 では、 $x - z$ 座標空間上の各点は物体の有無を示している。すなわち、点有りが物体有りを意味し、点無しが物体無しを意味する。図 27 は図 25 に対応しており、他車両 42, 43, 44 と、側壁 45 と、道路照明灯 46 とが点群として示されている。グルーピング部 29 は、点ごとに、クラスタリング部 28 で求めた物体視差 d_e の情報及び高さの情報を紐付けて記憶する。ワールド座標系の x 方向は移動体 30 の進行方向に垂直な方向である。ワールド座標系の z 方向は、移動体 30 の進行方向に水平な方向である。

【0108】

ステップ S 502 では、グルーピング部 29 は、 $x - z$ 座標空間上の点群から、 z 方向に連続して並ぶ点群を抽出する。例えば、グルーピング部 29 は、 z 方向の点が所定の数以上 (実空間で所定の長さ以上) 連続する場合に、該点群を抽出する。そして、グルーピ

10

20

30

40

50

ング部 29 は、抽出した点群を $x - z$ 座標空間上の点群から削除する。図 28 は、グルーピング部 29 により抽出された、 z 方向に連続して並ぶ点群 71 及び点群 72 の一例を示している。図 29 は、グルーピング部 29 が $x - z$ 座標空間から z 方向に連続して並ぶ点群 71 及び点群 72 を削除した後の、 $x - z$ 座標空間上の点群の一例を示している。

【0109】

z 方向に連続して並ぶ点群は、移動体 30 の進行方向に平行と推測される物体の存在を示している。移動体 30 の進行方向に平行な物体とは、ガードレール及び側壁等の道路端の構造物、並びに他車両の車体の側面等である。図 28 の点群 71 は、図 25 における他車両 44 の車体の側面を示している。図 28 の点群 72 は、図 25 における側壁 45 の一部を示している。グルーピング部 29 は、ステップ S502 の処理を行うことにより、進行方向に平行な物体の検出率を低くすることができる。

10

【0110】

ステップ S503 では、グルーピング部 29 は、 $x - z$ 座標空間上の点群から、 x 方向に連続して並ぶ点群を抽出し、結合する。例えば、グルーピング部 29 は、 x 方向の点が所定の数以上（実空間で所定の長さ以上）連続する場合に、 x 方向に連続する点群を抽出する。そして、グルーピング部 29 は、 x 方向に連続する点群を z 方向に結合し、一纏まりの点群を含む四角形の領域（結合領域）を決定する。図 30 は、グルーピング部 29 により決定された結合領域の一例を示している。なお、グルーピング部 29 は、結合領域の x 方向の幅が閾値を超える場合には、結合領域を分割してよい。

【0111】

結合領域は、移動体 30 の進行方向に垂直と推測される物体の存在を示している。移動体 30 の進行方向に垂直な物体とは、道路照明灯等の道路上の構造物、及び他車両の車体の後面等である。図 30 の結合領域 73 - 1 ~ 73 - 4 は、図 25 における側壁 45 の一部を示している。図 30 の結合領域 74 は、図 25 における他車両 42 の車体の後面を示している。図 30 の結合領域 75 は、図 25 における他車両 43 の車体の後面を示している。ただし、結合領域 75 は、移動体 30 から見て、他車両 43 の車体の後面のうち、他車両 42 によって隠されていない部分のみを示している。図 30 の結合領域 76 は、図 25 における他車両 44 の車体の後面を示している。図 30 の結合領域 77 は、図 25 における道路照明灯 46 を示している。このように、グルーピング部 29 は、ステップ S501 から S503 の処理により、物体を検出することができる。

20

30

【0112】

なお、 z 方向に連続して並ぶ点群の抽出及び x 方向に連続して並ぶ点群の抽出は、任意の方法で行うことができる。図 31 を参照して、 z 方向に連続して並ぶ点群の抽出の一例を説明する。図中の 1 マスは $x - z$ 座標空間の量子化の単位である。ここでは、 x 方向のウィンドウサイズを 3 マスとする。グルーピング部 29 は、ウィンドウサイズ内に点が存在したらカウントを開始し、例えば図 31 A に示すように連続して i マス以上点が存在する場合に、 z 方向に連続して並ぶ点群であると判定する。また、グルーピング部 29 は、図 31 B に示すように、カウント開始後に点の存在しないウィンドウがあっても、点の存在しないウィンドウが z 方向に連続して j マス以内であれば、点は連続しているものとみなしてよい。この場合には、グルーピング部 29 は、例えば z 方向に連続して k マス以上点が連続しているとみなした場合に、 z 方向に連続して並ぶ点群であると判定する。

40

【0113】

ステップ S504 では、グルーピング部 29 は、 $x - z$ 座標空間上の各点に紐付けられた物体視差 d_e に基づいて、移動体 30 に搭載されたステレオカメラ 10 から、移動体 30 の進行方向に垂直な物体（ステップ S501 から S503 の処理により検出された物体）までの距離を決定する。例えばグルーピング部 29 は、ステレオカメラ 10 から、結合領域に含まれる一纏まりの点群のうちの x 方向に最も長く連続する点群の各点までの距離の平均値を、移動体 30 の進行方向に垂直な物体までの距離として算出する。

【0114】

また、ステップ S504 では、グルーピング部 29 は、 $x - z$ 座標空間上の各点に紐付

50

けられた高さ情報に基づいて、移動体 30 の進行方向に垂直な物体の高さを決定する。x - z 座標空間上の点群のうち、高さ情報の示す高さが高い点は、空中物体等を示している可能性、又はノイズである可能性がある。そこで、グルーピング部 29 は、x - z 座標空間上の点群のうち、高さ情報の示す高さが高い点を、物体の高さ判定に用いないようにしてよい。例えばグルーピング部 29 は、結合領域に含まれる一纏まりの点群の各点の高さを高さ順に並び替えて、所定番目の高さを移動体 30 の進行方向に垂直な物体の高さとしてよい。これにより、グルーピング部 29 は、移動体よりも高い空中物体等の物体を除いて、物体の高さを決定することができる。また、ノイズの影響を低減し、物体の高さを精度良く求めることができる。

【0115】

また、グルーピング部 29 は、点群の纏まりの x 方向の分布に基づいて、物体の横幅を決定してよい。すなわち、グルーピング部 29 は、結合領域の x 方向の幅に基づいて、物体の横幅を決定してよい。したがって、グルーピング部 29 は、認識した物体の x - z 座標空間上での位置、横幅、及び高さを認識することができる。

【0116】

ステップ S503 で決定した結合領域が示す物体には、移動体と、該移動体よりも高い側壁等の静止物体とが含まれる場合がある。例えば図 32 に示すように、他車両 47 が高速道路を走行している場合には、他車両 47 と高速道路の防音壁 48 の双方が 1 つの結合領域として示される可能性がある。1 つの結合領域が他車両 47 と高速道路の防音壁 48 の双方を示している場合には、x - z 座標空間上の結合領域の x 方向両端に対応する高さを比較すると、一方は他車両 47 の高さとなり、他方は防音壁 48 の高さとなる。そこで、ステップ S504 において、グルーピング部 29 は、結合領域の x 方向両端からそれぞれ所定の割合（例えば、30%）に含まれる点群に紐付けられた高さの平均値を算出し、両端の高さの平均値の差が閾値（例えば、数 m）を超える場合には、低いほうの値を物体の高さと決定してよい。すなわち、グルーピング部 29 は、検出した物体の両端の高さの差が閾値を超える場合には、低いほうを物体の高さと決定してよい。これにより、グルーピング部 29 は、移動体と、該移動体よりも高い静止物体とを、纏めて 1 つの物体として検出した場合であっても、移動体の高さを決定することができる。

【0117】

画像処理部 22 は、グルーピング部 29 で認識した物体の位置、横幅及び高さの情報を、出力部 24 を介して、移動体 30 内の他の装置に出力することができる（ステップ S107）。例えば、画像処理部 22 は、移動体 30 内の表示装置にこれらの情報を出力することができる。移動体 30 内の表示装置は、図 33 に示すように、第 1 カメラ 11 又は第 2 カメラ 12 の画像に、物体検出装置 20 から取得した情報に基づいて、他の車両 42 の画像を囲む枠線を表示してよい。図 33 において、枠線は、検出された物体の位置及び画像内に占める範囲を示す。

【0118】

以上のように、本開示の物体検出装置 20 は、速い処理速度と高い精度の物体検出を可能にする。すなわち、本開示の物体検出装置 20 は、物体を検出する性能を向上することができる。また、物体検出装置 20 は、検出する対象の物体を特定の種類の物体に限定しない。物体検出装置 20 は、路面上に存在するあらゆる物体を検出することができる。物体検出装置 20 の画像処理部 22 は、第 1 処理、第 2 処理、第 3 処理及び第 4 処理を、第 1 視差画像以外の前記ステレオカメラ 10 により撮像された画像の情報を用いずに行うことができる。このため、物体検出装置 20 は、第 1 視差画像及び第 2 視差画像の処理に加えて、撮像した画像から別途物体を認識する処理を行わなくてよい。したがって、本開示の物体検出装置 20 は、物体認識に係る画像処理部 22 の処理負荷を低減することができる。このことは、本開示の物体検出装置 20 が、第 1 カメラ 11 又は第 2 カメラ 12 から直接得られた画像に対する画像処理と組み合わせることを排除しない。物体検出装置 20 は、テンプレートマッチング等の画像処理技術と組み合わせることも可能である。

【0119】

10

20

30

40

50

上述の画像処理部 2 2 の実行する処理の説明において、本開示の理解を助けるため、種々の画像を用いた判定及び操作等を含む処理が説明された。これらの画像を用いた処理は、実際に画像を描画する処理を含まなくてよい。これらの画像を用いた処理と実質的に同じ内容の処理が、画像処理部 2 2 の内部の情報処理で実行される。

【 0 1 2 0 】

本開示に係る実施形態について、諸図面及び実施例に基づき説明してきたが、当業者であれば本開示に基づき種々の変形又は修正を行うことが容易であることに注意されたい。したがって、これらの変形又は修正は本開示の範囲に含まれることに留意されたい。例えば、各構成部又は各ステップ等に含まれる機能等は論理的に矛盾しないように再配置可能であり、複数の構成部又はステップ等を 1 つに組み合わせたり、あるいは分割したりすることが可能である。本開示に係る実施形態について装置を中心に説明してきたが、本開示に係る実施形態は装置の各構成部が実行するステップを含む方法としても実現し得るものである。本開示に係る実施形態は装置が備えるプロセッサにより実行される方法、プログラム、又はプログラムを記録した記憶媒体としても実現し得るものである。本開示の範囲にはこれらも包含されるものと理解されたい。

10

【 0 1 2 1 】

本開示において「第 1 」及び「第 2 」等の記載は、当該構成を区別するための識別子である。本開示における「第 1 」及び「第 2 」等の記載で区別された構成は、当該構成における番号を交換することができる。例えば、第 1 レンズは、第 2 レンズと識別子である「第 1 」と「第 2 」とを交換することができる。識別子の交換は同時に行われる。識別子の交換後も当該構成は区別される。識別子は削除してよい。識別子を削除した構成は、符号で区別される。本開示における「第 1 」及び「第 2 」等の識別子の記載のみに基づいて、当該構成の順序の解釈、小さい番号の識別子が存在することの根拠に利用してはならない。

20

【 0 1 2 2 】

本開示において、x 方向、y 方向、及び、z 方向は、説明の便宜上設けられたものであり、互いに入れ替えられてよい。本開示に係る構成は、x 方向、y 方向、及び、z 方向を各軸方向とする直交座標系を用いて説明されてきた。本開示に係る各構成の位置関係は、直交関係にあると限定されるものではない。画像の座標を示す u 座標及び v 座標は、説明の便宜上設けられたものであり、互いに入れ替えられてよい。u 座標及び v 座標の原点及び方向は、本開示のものに限定されない。

30

【 0 1 2 3 】

上記実施形態において、ステレオカメラ 1 0 の第 1 カメラ 1 1 及び第 2 カメラ 1 2 は、x 方向に並んで位置していた。第 1 カメラ 1 1 及び第 2 カメラ 1 2 の配置はこれに限られない。第 1 カメラ 1 1 及び第 2 カメラ 1 2 は、路面に垂直な方向 (y 方向) 又は路面 4 1 に対して傾いた方向に並んで位置してよい。ステレオカメラ 1 0 を構成するカメラの数は 2 つに限られない。ステレオカメラ 1 0 は、3 つ以上のカメラを含んでよい。例えば、路面に水平方向に並ぶ 2 台のカメラ及び垂直方向に並ぶ 2 台のカメラの合計 4 台のカメラを用いて、より精度の高い距離情報を得ることも可能である。

【 0 1 2 4 】

上記実施形態において、ステレオカメラ 1 0 及び物体検出装置 2 0 は、移動体 3 0 に搭載されていた。ステレオカメラ 1 0 及び物体検出装置 2 0 は、移動体 3 0 に搭載されるものに限られない。例えば、ステレオカメラ 1 0 及び物体検出装置 2 0 は、交差点等に設置される路側機に搭載され路面を含む画像を撮像するように配置されてよい。例えば、路側機は、交差点で交差する道路の一方から接近する第 1 の車両を検出し、他方の道路上を走行して接近する第 2 の車両に対して第 1 の車両の接近を知らせる情報提供をすることができる。

40

【符号の説明】

【 0 1 2 5 】

- 1 物体検出システム
- 1 0 ステレオカメラ

50

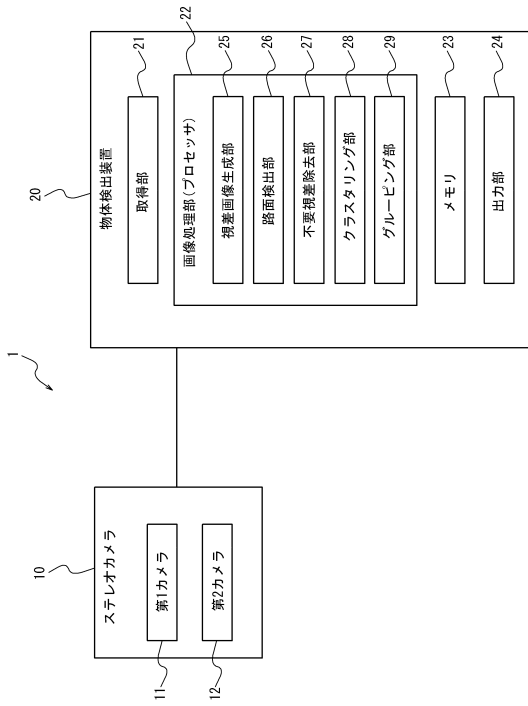
1 1	第 1 カメラ	
1 2	第 2 カメラ	
2 0	物体検出装置	
2 1	取得部	
2 2	画像処理部 (プロセッサ)	
2 3	メモリ	
2 4	出力部	
2 5	視差画像生成部	
2 6	路面検出部	
2 7	不要視差除去部	10
2 8	クラスタリング部	
2 9	グループピング部	
3 0	移動体	
4 1	路面	
4 2 , 4 3 , 4 4 , 4 7	他車両 (物体)	
4 5	側壁	
4 6	道路照明灯	
4 8	防音壁	
5 0 , 6 1	枠線	
5 1	グラフ	20
5 2	第 1 直線	
5 3	近似開始点	
5 4	候補直線	
5 5	第 2 直線	
7 1 , 7 2	点群	
7 3 - 1 , 7 3 - 2 , 7 3 - 3 , 7 3 - 4 , 7 4 , 7 5 , 7 6 , 7 7	結合領域	
R 1	第 1 部分	
R 2	第 2 部分	

30

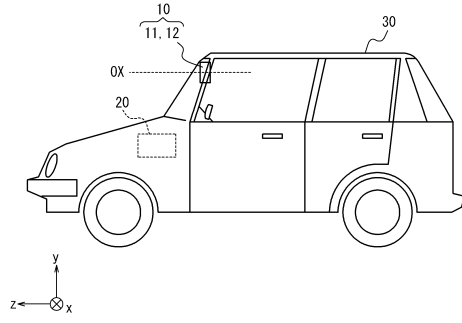
40

50

【図面】
【図 1】



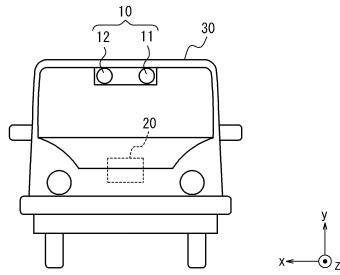
【図 2】



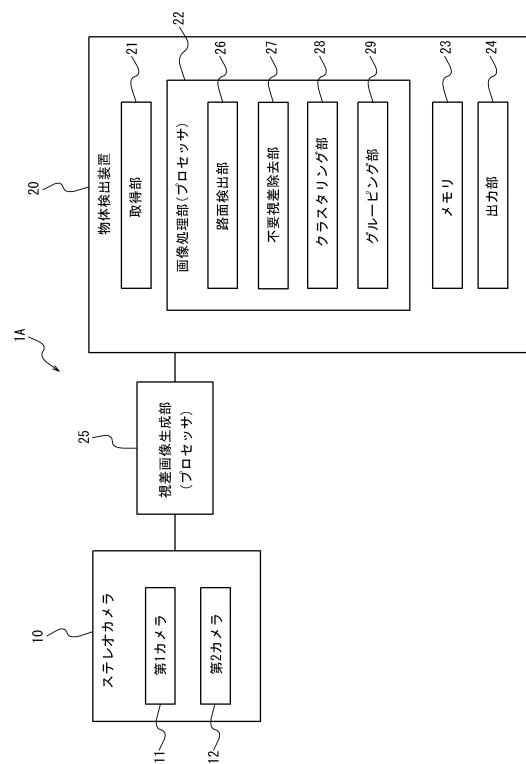
10

20

【図 3】



【図 4】

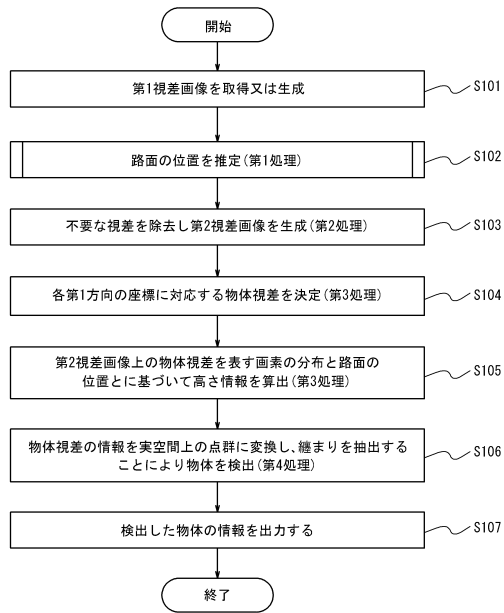


30

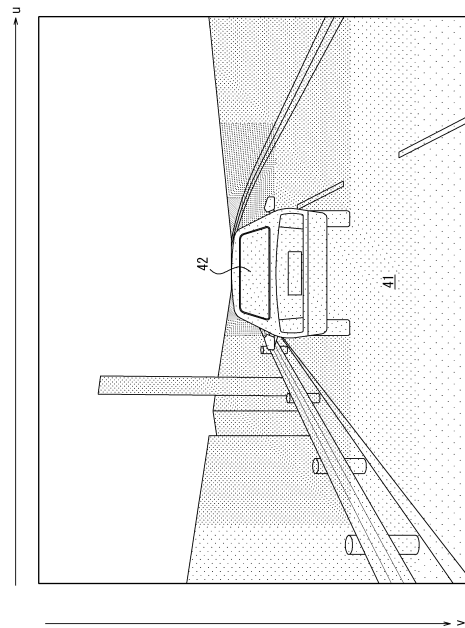
40

50

【図5】



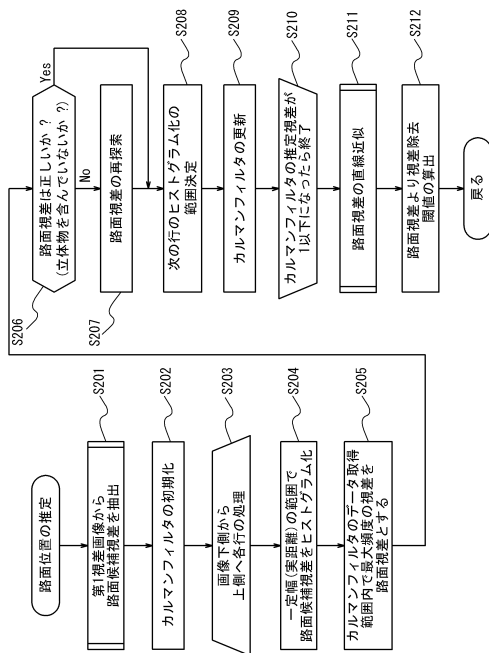
【図6】



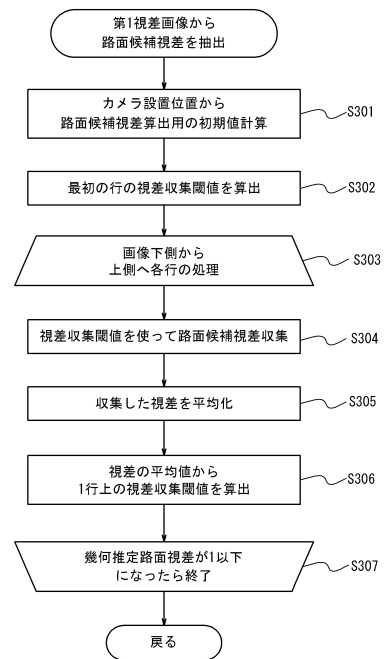
10

20

【図7】



【図8】

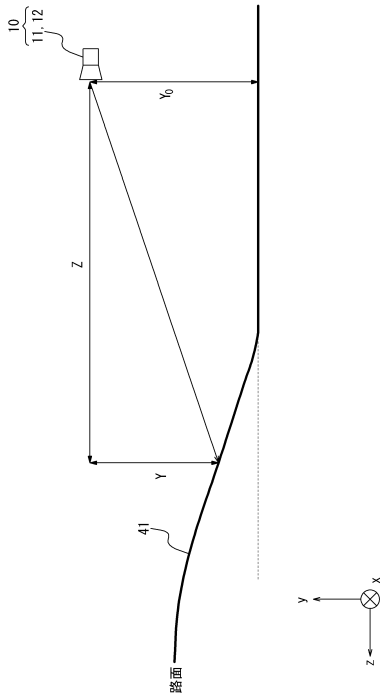


30

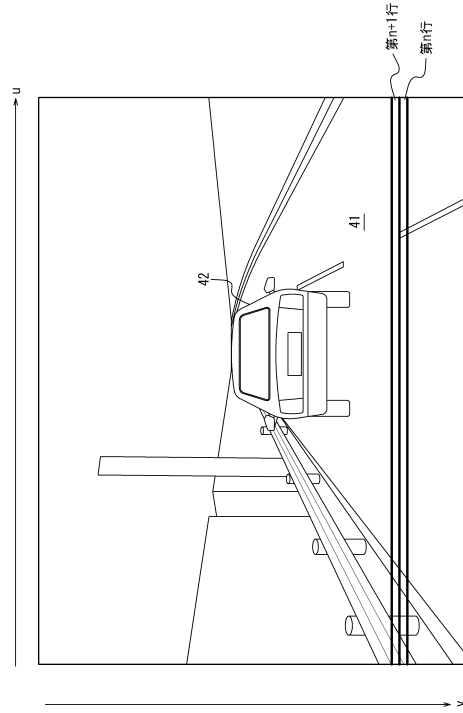
40

50

【 図 9 】



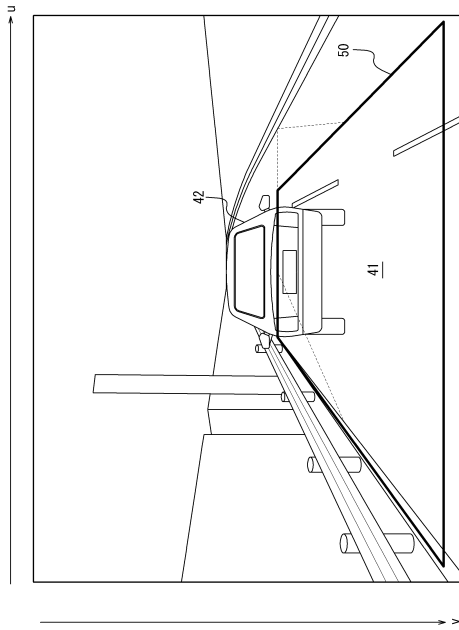
【 図 10 】



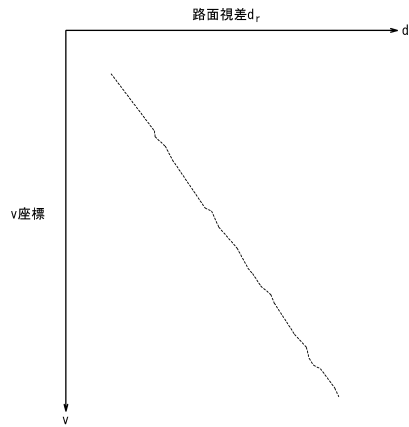
10

20

【 図 11 】



【 図 12 】

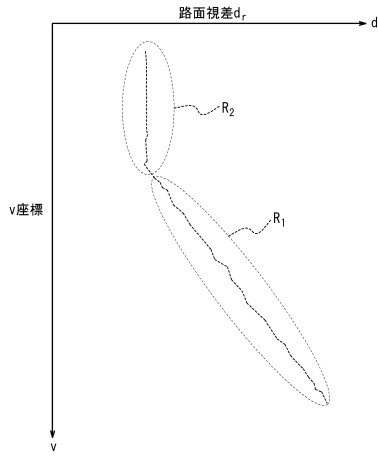


30

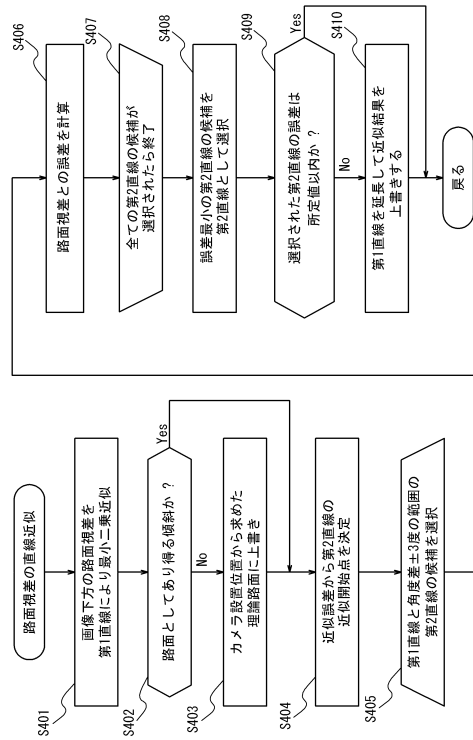
40

50

【図 13】



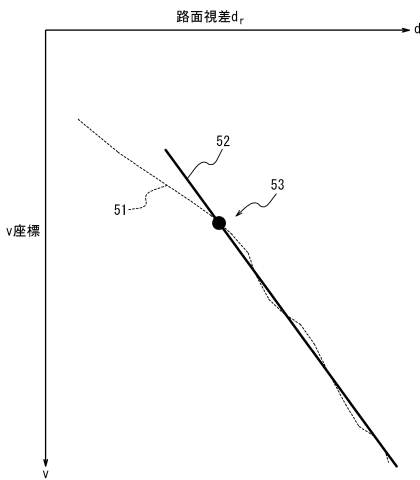
【図 14】



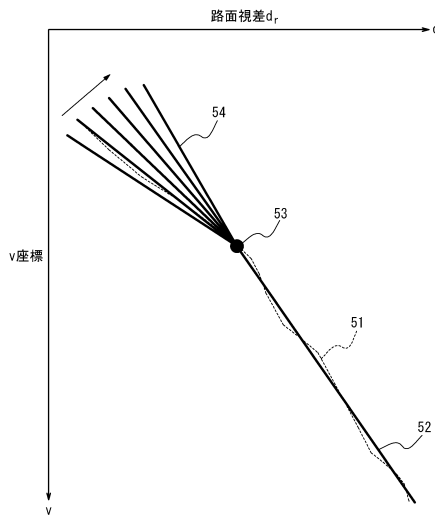
10

20

【図 15】



【図 16】

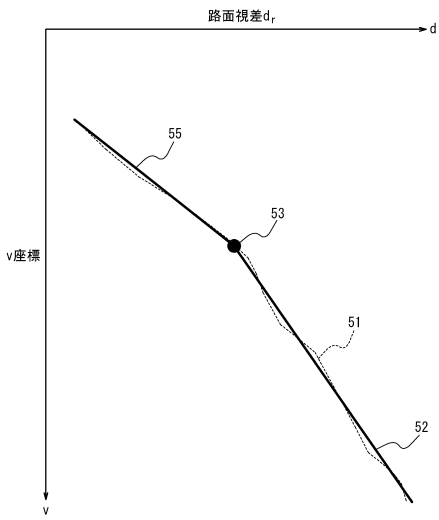


30

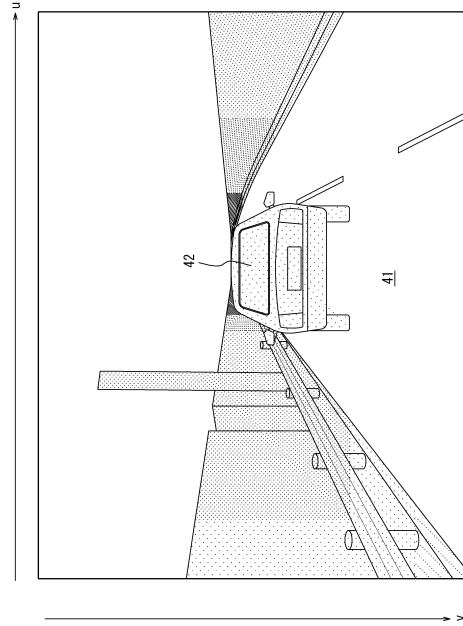
40

50

【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



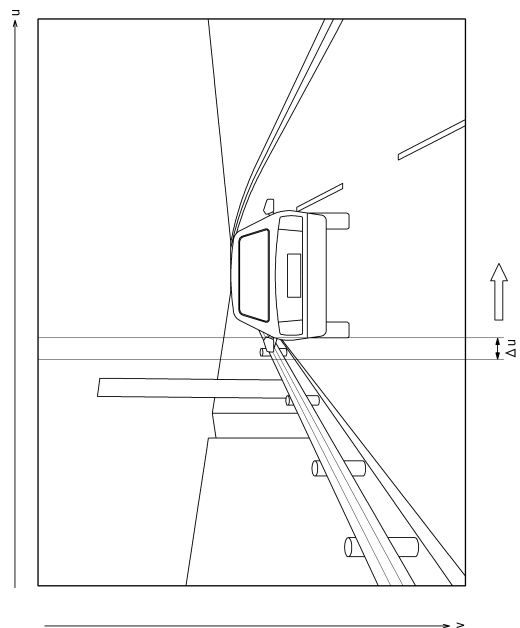
10

20

【 図 1 9 】



【 図 2 0 】

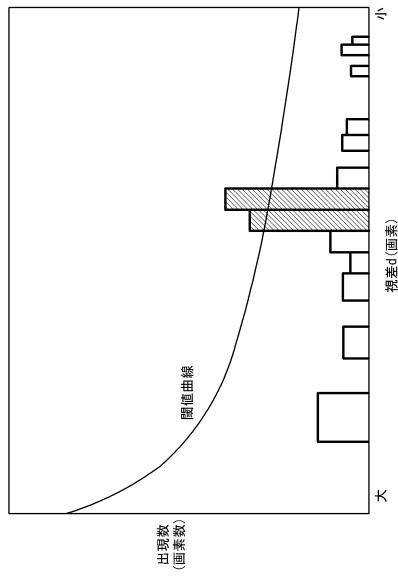


30

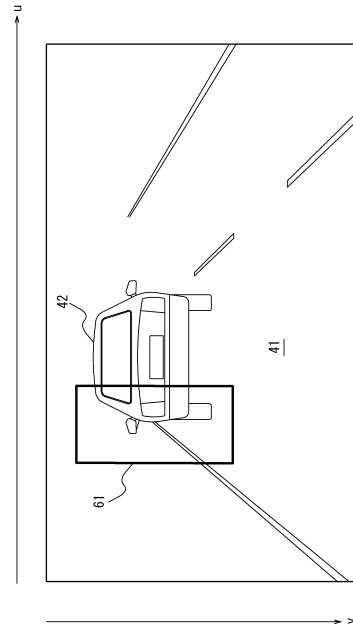
40

50

【図 2 1】



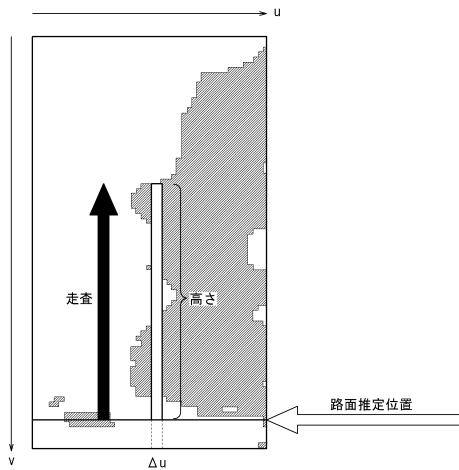
【図 2 2】



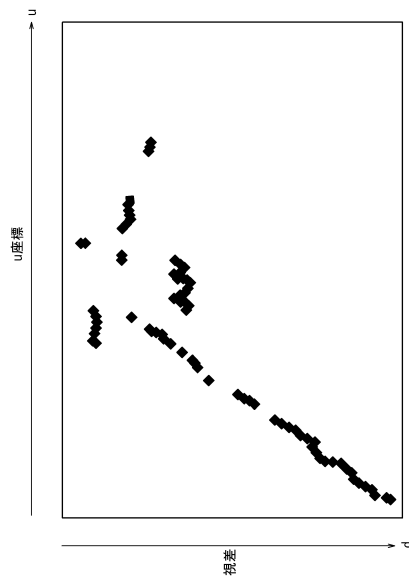
10

20

【図 2 3】



【図 2 4】

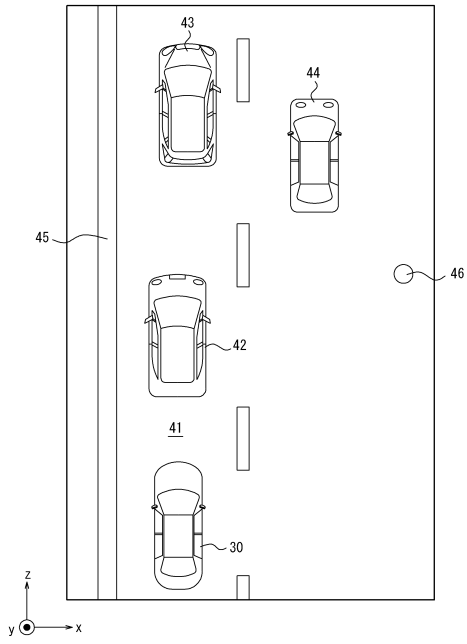


30

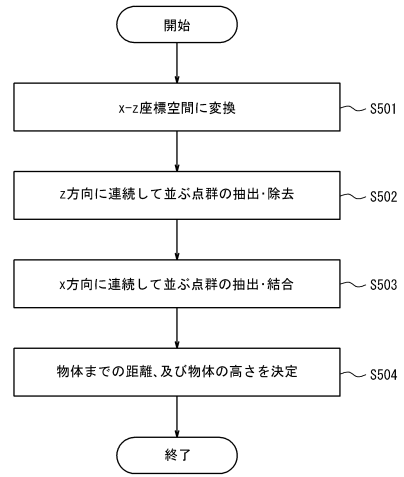
40

50

【図 2 5】



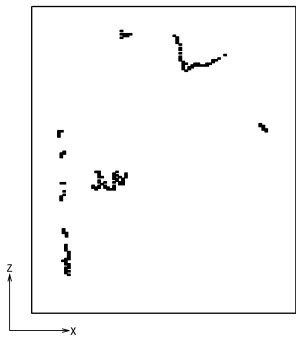
【図 2 6】



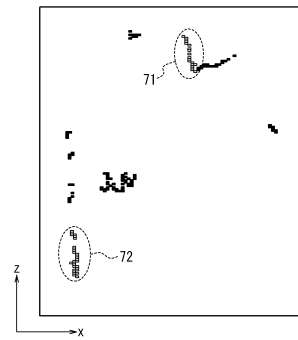
10

20

【図 2 7】



【図 2 8】

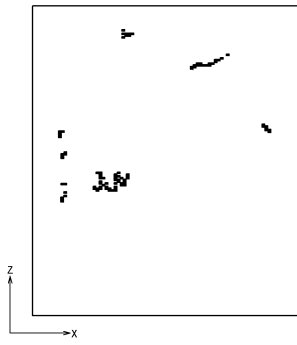


30

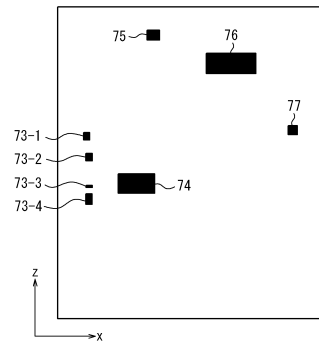
40

50

【図 29】

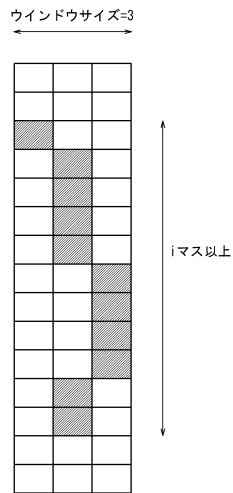


【図 30】

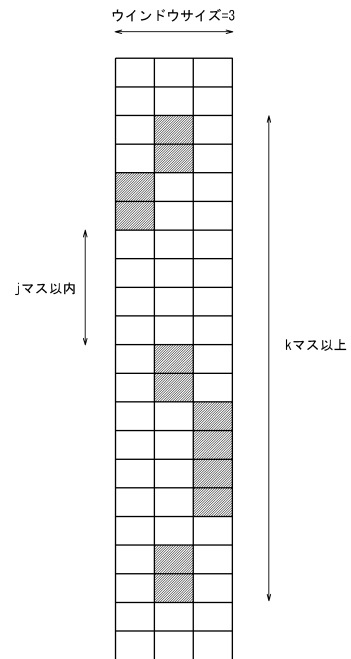


10

【図 31 A】



【図 31 B】



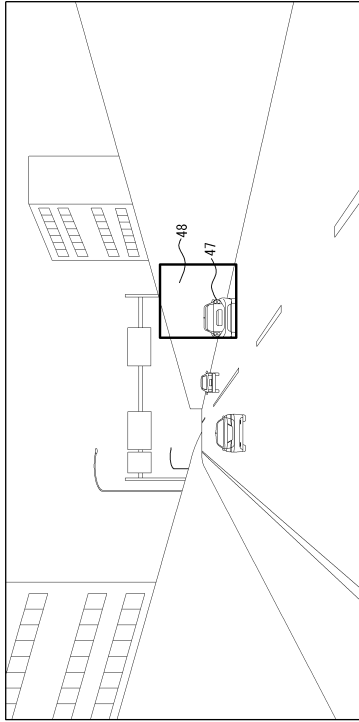
20

30

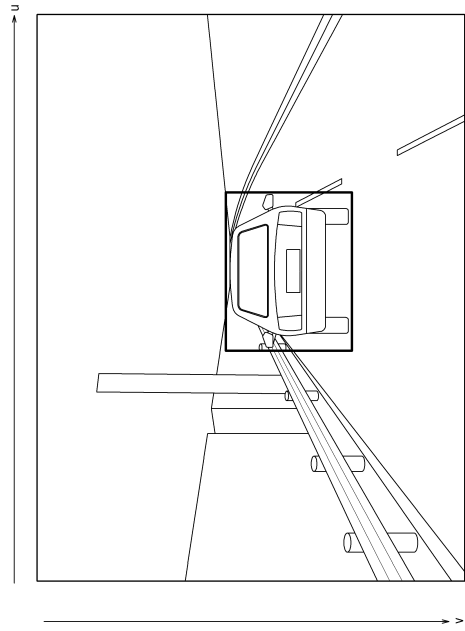
40

50

【 3 2 】



【 3 3 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内

審査官 田中 純一

- (56)参考文献 国際公開第2017/090326(WO, A1)
特開2016-206801(JP, A)
国際公開第2017/145600(WO, A1)
国際公開第2017/145605(WO, A1)
特開2013-161241(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- | | | | |
|------|-------|---|-------|
| G08G | 1/00 | - | 99/00 |
| G01B | 11/00 | - | 11/30 |
| G01C | 1/00 | - | 1/14 |
| G01C | 5/00 | - | 15/14 |
| G06T | 1/00 | - | 1/40 |
| G06T | 3/00 | - | 5/50 |
| G06T | 7/00 | - | 7/90 |
| G06T | 9/00 | - | 9/40 |