(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
2014 年 1 月 30 日(30.01.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/017602 A1

(51) 国際特許分類:
G08G 1/16 (2006.01) *H04N 7/18* (2006.01)
B60R 21/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/070224

(22) 国際出願日: 2013 年 7 月 25 日(25.07.2013)

(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 2012-166520 2012 年 7 月 27 日(27.07.2012) JP

(71) 出願人: 日産自動車株式会社(NISSAN MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2210023 神奈川県横浜市神奈川区宝町２番地 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 早川　泰久(HAYAKAWA, Yasuhisa). 深田修(FUKATA, Osamu).

(74) 代理人: とこしえ特許業務法人(TOKOSHIE PATENT FIRM); 〒1600023 東京都新宿区西新宿７丁目２２番２７号　西新宿ＫＮビル Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

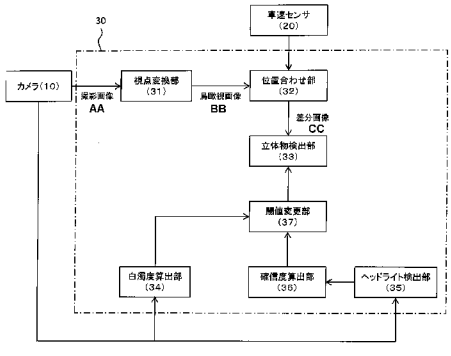
添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

WO 2014/017602 A1

(54) **Title**: THREE-DIMENSIONAL OBJECT DETECTION DEVICE, AND THREE-DIMENSIONAL OBJECT DETECTION METHOD

(54) 発明の名称 : 立体物検出装置および立体物検出方法

図 3



10 Camera
20 Vehicle speed sensor
31 Point-of-view switching unit
32 Position alignment unit
33 Three-dimensional object detection unit
34 Cloudiness calculation unit
35 Headlight detection unit
36 Certainty calculation unit
37 Threshold value modification unit
AA Captured image
BB Bird's-eye image
CC Differential image

(57) **Abstract**: A three-dimensional object detection device provided with a three-dimensional object detection means (33) for detecting a three-dimensional object on the basis of a captured image, a cloudiness calculation means (34) for calculating the cloudiness of a lens, a light source detection means (35) for detecting a light source at the rear, a certainty calculation means (36) for calculating the degree of certainty that the detected light source is the headlight of an adjacent vehicle, and a control means (37) for allowing the three-dimensional object detection means (33) to detect a three-dimensional object the higher the degree of certainty that the light source is the headlight of an adjacent vehicle is, wherein the control means (37) allows the certainty calculation means (36) to calculate a higher degree of certainty that the light source is the headlight of an adjacent vehicle the higher the cloudiness of the lens is.

(57) 要約:　撮像画像に基づいて立体物を検出する立体物検出手段３３と、レンズの白濁度を算出する白濁度算出手段３４と、後方に存在する光源を検出する光源検出手段３５と、検出された光源が、隣接車両のヘッドライトであることの確信度を算出する確信度算出手段３６と、隣接車両のヘッドライトの確信度が高いほど、立体物検出手段３３に立体物を検出させる制御手段３７とを備え、制御手段３７は、レンズの白濁度が高いほど、確信度算出手段３６に、隣接車両のヘッドライトの確信度を高く算出させることを特徴とする立体物検出装置。

明　細　書

発明の名称 ： 立体物検出装置および立体物検出方法

技術分野

[0001] 本発明は、立体物検出装置および立体物検出方法に関するものである。

本出願は、２０１２年７月２７日に出願された日本国特許出願の特願２０１２－１６６５２０に基づく優先権を主張するものであり、文献の参照による組み込みが認められる指定国については、上記の出願に記載された内容を参照により本出願に組み込み、本出願の記載の一部とする。

背景技術

[0002] 従来より、異なる時刻に撮像された２枚の撮像画像を鳥瞰視画像に変換し、変換した２枚の鳥瞰視画像の差分に基づいて、立体物を検出する技術が知られている（特許文献１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００８－２２７６４６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] カメラで撮像した撮像画像に基づいて、自車両の走行車線に隣接する隣接車線に存在する立体物を隣接車両として検出する際に、レンズに水垢などの異物が付着しており、レンズが白濁している（レンズ表面に白色の薄膜が形成されている）場合には、被写体からの光束の一部が、レンズに付着した異物により遮られ、または、乱反射してしまい、隣接車両の像を適切に撮像することができず、その結果、隣接車両を適切に検出することができない場合があった。

[0005] 本発明が解決しようとする課題は、レンズに水垢などの異物が付着し、レンズが白濁している場合でも、隣接車両を適切に検出できる立体物検出装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明は、自車両後方に存在する光源を検出し、検出された光源が隣接車両のヘッドライトであることの確信度を算出する。また、隣接車両のヘッドライトの確信度を算出する際に、撮像画像に基づいてレンズの白濁度を算出し、レンズの白濁度が高いほど隣接車両のヘッドライトの確信度を高く算出する。そして、隣接車両のヘッドライトの確信度が高いほど、立体物を検出することを促進することで、上記課題を解決する。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、レンズが白濁している場合に、検出された光源が隣接車両のヘッドライトであるとの確信度を高く算出することで、隣接車両のヘッドライトの確信度に基づいて、隣接車両のヘッドライトを適切に検出することができ、これにより、レンズが白濁している場合でも、隣接車両を適切に検出することできる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]立体物検出装置を搭載した車両の概略構成図である。

[図2]図１の車両の走行状態を示す平面図である。

[図3]計算機の詳細を示すブロック図である。

[図4]位置合わせ部の処理の概要を説明するための図であり、（ａ）は車両の移動状態を示す平面図、（ｂ）は位置合わせの概要を示す画像である。

[図5]立体物検出部による差分波形の生成の様子を示す概略図である。

[図6]差分波形および立体物を検出するための閾値αの一例を示す図である。

[図7]立体物検出部によって分割される小領域を示す図である。

[図8]立体物検出部により得られるヒストグラムの一例を示す図である。

[図9]立体物検出部による重み付けを示す図である。

[図10]立体物検出部により得られるヒストグラムの他の例を示す図である。

[図11]レンズの白濁度と画像の鮮鋭度との関係を説明するための図である。

[図12]画像の鮮鋭度を算出する方法の一例を説明するための図である。

[図13]隣接車両のヘッドライトの確信度と、差分閾値との関係を説明するた

めの図である。

[図14]第１実施形態に係る隣接車両検出処理を示すフローチャートである。

[図15]第１実施形態に係る閾値変更処理を示すフローチャートである。

[図16]第２実施形態に係る計算機の詳細を示すブロック図である。

[図17]車両の走行状態を示す図であり、（ａ）は検出領域等の位置関係を示す平面図、（ｂ）は実空間における検出領域等の位置関係を示す斜視図である。

[図18]第２実施形態に係る輝度差算出部の動作を説明するための図であり、（ａ）は鳥瞰視画像における注目線、参照線、注目点及び参照点の位置関係を示す図、（ｂ）は実空間における注目線、参照線、注目点及び参照点の位置関係を示す図である。

[図19]第２実施形態に係る輝度差算出部の詳細な動作を説明するための図であり、（ａ）は鳥瞰視画像における検出領域を示す図、（ｂ）は鳥瞰視画像における注目線、参照線、注目点及び参照点の位置関係を示す図である。

[図20]エッジ検出動作を説明するための画像例を示す図である。

[図21]エッジ線とエッジ線上の輝度分布を示す図であり、（ａ）は検出領域に立体物（隣接車両）が存在している場合の輝度分布を示す図、（ｂ）は検出領域に立体物が存在しない場合の輝度分布を示す図である。

[図22]第２実施形態に係る隣接車両検出方法を示すフローチャートである。

[図23]第２実施形態に係る閾値変更処理を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0009] ≪第１実施形態≫

図１は、本実施形態に係る立体物検出装置１を搭載した車両の概略構成図である。本実施形態に係る立体物検出装置１は、自車両Ｖ１が車線変更する際に接触の可能性がある隣接車線に存在する他車両（以下、隣接車両Ｖ２ともいう）を検出することを目的とする。本実施形態に係る立体物検出装置１は、図１に示すように、カメラ１０と、車速センサ２０と、計算機３０とを備える。

[0010] カメラ１０は、図１に示すように、自車両Ｖ１の後方における高さｈの箇所において、光軸が水平から下向きに角度θとなるように車両Ｖ１に取り付けられている。カメラ１０は、この位置から自車両Ｖ１の周囲環境のうちの所定領域を撮像する。車速センサ２０は、自車両Ｖ１の走行速度を検出するものであって、例えば車輪に回転数を検知する車輪速センサで検出した車輪速から車速度を算出する。計算機３０は、自車両後方の隣接車線に存在する隣接車両の検出を行う。

[0011] 図２は、図１の自車両Ｖ１の走行状態を示す平面図である。同図に示すように、カメラ１０は、所定の画角ａで車両後方を撮像する。このとき、カメラ１０の画角ａは、自車両Ｖ１が走行する車線に加えて、その左右の車線（隣接車線）についても撮像可能な画角に設定されている。撮像可能な領域には、自車両Ｖ１の後方であり、自車両Ｖ１の走行車線の左右隣の隣接車線上の検出対象領域Ａ１，Ａ２を含む。なお、本実施形態における車両後方には、車両の真後ろだけではなく、車両の後ろ側の側方をも含む。撮像される車両後方の領域は、カメラ１０の画角に応じて設定される。一例ではあるが、車長方向に沿う車両の真後ろをゼロ度とした場合に、真後ろ方向から左右０度～９０度、好ましくは０度～７０度等の領域を含むように設定できる。

[0012] 図３は、図１の計算機３０の詳細を示すブロック図である。なお、図３においては、接続関係を明確とするためにカメラ１０、車速センサ２０についても図示する。

[0013] 図３に示すように、計算機３０は、視点変換部３１と、位置合わせ部３２と、立体物検出部３３と、白濁度算出部３４と、ヘッドライト検出部３５と、確信度算出部３６と、閾値変更部３７とを備える。以下に、それぞれの構成について説明する。

[0014] 視点変換部３１は、カメラ１０による撮像にて得られた所定領域の撮像画像データを入力し、入力した撮像画像データを鳥瞰視される状態の鳥瞰画像データに視点変換する。鳥瞰視される状態とは、上空から例えば鉛直下向きに見下ろす仮想カメラの視点から見た状態である。この視点変換は、例えば

特開２００８－２１９０６３号公報に記載されるようにして実行することができる。撮像画像データを鳥瞰視画像データに視点変換するのは、立体物に特有の鉛直エッジは鳥瞰視画像データへの視点変換により特定の定点を通る直線群に変換されるという原理に基づき、これを利用すれば平面物と立体物とを識別できるからである。

[0015] 位置合わせ部３２は、視点変換部３１の視点変換により得られた鳥瞰視画像データを順次入力し、入力した異なる時刻の鳥瞰視画像データの位置を合わせる。図４は、位置合わせ部３２の処理の概要を説明するための図であり、（ａ）は自車両Ｖ１の移動状態を示す平面図、（ｂ）は位置合わせの概要を示す画像である。

[0016] 図４（ａ）に示すように、現時刻の自車両Ｖ１が$Ｐ_1$に位置し、一時刻前の自車両Ｖ１が$Ｐ_1$’に位置していたとする。また、自車両Ｖ１の後側方向に隣接車両Ｖ２が位置して自車両Ｖ１と並走状態にあり、現時刻の隣接車両Ｖ２が$Ｐ_2$に位置し、一時刻前の隣接車両Ｖ２が$Ｐ_2$’に位置していたとする。さらに、自車両Ｖ１は、一時刻で距離ｄ移動したものとする。なお、一時刻前とは、現時刻から予め定められた時間（例えば１制御周期）だけ過去の時刻であってもよいし、任意の時間だけ過去の時刻であってもよい。

[0017] このような状態において、現時刻における鳥瞰視画像$ＰＢ_t$は図４（ｂ）に示すようになる。この鳥瞰視画像$ＰＢ_t$では、路面上に描かれる白線については矩形状となり、比較的正確に平面視された状態となるが、隣接車両Ｖ２（位置$Ｐ_2$）については倒れ込みが発生する。また、一時刻前における鳥瞰視画像$ＰＢ_{t-1}$についても同様に、路面上に描かれる白線については矩形状となり、比較的正確に平面視された状態となるが、隣接車両Ｖ２（位置$Ｐ_2$’）については倒れ込みが発生する。既述したとおり、立体物の鉛直エッジ（厳密な意味の鉛直エッジ以外にも路面から三次元空間に立ち上がったエッジを含む）は、鳥瞰視画像データへの視点変換処理によって倒れ込み方向に沿った直線群として現れるのに対し、路面上の平面画像は鉛直エッジを含まないので、視点変換してもそのような倒れ込みが生じないからである。

[0018] 位置合わせ部３２は、上記のような鳥瞰視画像PB_t，PB_{t-1}の位置合わせをデータ上で実行する。この際、位置合わせ部３２は、一時刻前における鳥瞰画像PB_{t-1}をオフセットさせ、現時刻における鳥瞰視画像PB_tと位置を一致させる。図４（ｂ）の左側の画像と中央の画像は、移動距離ｄ’だけオフセットした状態を示す。このオフセット量ｄ’は、図４（ａ）に示した自車両Ｖ１の実際の移動距離ｄに対応する鳥瞰視画像データ上の移動量であり、車速センサ２０からの信号と一時刻前から現時刻までの時間に基づいて決定される。

[0019] なお、本実施形態において、位置合わせ部３２は、異なる時刻の鳥瞰視画像の位置を鳥瞰視上で位置合わせし、その位置合わせされた鳥瞰視画像を得るが、この「位置合わせ」処理は、検出対象の種別や要求される検出精度に応じた精度で行うことができる。たとえば、同一時刻及び同一位置を基準に位置を合わせるといった厳密な位置合わせ処理であってもよいし、各鳥瞰視画像の座標を把握するという程度の緩い位置合わせ処理であってもよい。

[0020] また、位置合わせ後において位置合わせ部３２は、鳥瞰視画像PB_t，PB_{t-1}の差分をとり、差分画像PD_tのデータを生成する。ここで、本実施形態において、位置合わせ部３２は、照度環境の変化に対応するために、鳥瞰視画像PB_t，PB_{t-1}の画素値の差を絶対値化し、当該絶対値が所定の差分閾値ｔｈ以上であるときに、差分画像PD_tの画素値を「１」とし、絶対値が所定の差分閾値ｔｈ未満であるときに、差分画像PD_tの画素値を「０」とすることで、図４（ｂ）の右側に示すような差分画像PD_tのデータを生成することができる。なお、本実施形態において、差分閾値ｔｈは、後述する閾値変更部３７により変更される場合があり、閾値変更部３７により差分閾値ｔｈが変更された場合には、閾値変更部３７により変更された差分閾値ｔｈを用いて、差分画像PD_tの画素値が検出される。

[0021] そして、立体物検出部３３は、図４（ｂ）に示す差分画像PD_tのデータに基づいて、差分波形を生成する。この際、立体物検出部３３は、実空間上における立体物の移動距離についても算出する。立体物の検出および移動距離

の算出にあたり、立体物検出部３３は、まず差分波形を生成する。

[0022] 差分波形の生成にあたって立体物検出部３３は、差分画像PD_tにおいて検出領域（検出枠）を設定する。本例の立体物検出装置１は、自車両Ｖ１が車線変更する際に接触の可能性がある隣接車両について移動距離を算出することを目的とするものである。このため、本例では、図２に示すように自車両Ｖ１の後側方に矩形状の検出領域（検出枠）Ａ１，Ａ２を設定する。なお、このような検出領域Ａ１，Ａ２は、自車両Ｖ１に対する相対位置から設定してもよいし、白線の位置を基準に設定してもよい。白線の位置を基準に設定する場合に、立体物検出装置１は、例えば既存の白線認識技術等を利用するとよい。

[0023] また、立体物検出部３３は、図２に示すように、設定した検出領域Ａ１，Ａ２の自車両Ｖ１側における辺（走行方向に沿う辺）を接地線Ｌ１，Ｌ２として認識する。一般に接地線は立体物が地面に接触する線を意味するが、本実施形態では地面に接触する線でなく上記の如くに設定される。なおこの場合であっても、経験上、本実施形態に係る接地線と、本来の隣接車両Ｖ２の位置から求められる接地線との差は大きくなり過ぎず、実用上は問題が無い。

[0024] 図５は、立体物検出部３３による差分波形の生成の様子を示す概略図である。図５に示すように、立体物検出部３３は、位置合わせ部３２で算出した差分画像PD_t（図４（ｂ）の右図）のうち検出領域Ａ１，Ａ２に相当する部分から、差分波形DW_tを生成する。この際、立体物検出部３３は、視点変換により立体物が倒れ込む方向に沿って、差分波形DW_tを生成する。なお、図５に示す例では、便宜上検出領域Ａ１のみを用いて説明するが、検出領域Ａ２についても同様の手順で差分波形DW_tを生成する。

[0025] 具体的に説明すると、まず立体物検出部３３は、差分画像PD_tのデータ上において立体物が倒れ込む方向上の線Ｌａを定義する。そして、立体物検出部３３は、線Ｌａ上において所定の差分を示す差分画素ＤＰの数をカウントする。本実施形態では、所定の差分を示す差分画素ＤＰは、差分画像PD_tの

画素値が「０」「１」で表現されており、「１」を示す画素が、差分画素ＤＰとしてカウントされる。

[0026] 立体物検出部３３は、差分画素ＤＰの数をカウントした後、線Ｌａと接地線Ｌ１との交点ＣＰを求める。そして、立体物検出部３３は、交点ＣＰとカウント数とを対応付け、交点ＣＰの位置に基づいて横軸位置、すなわち図５右図の上下方向軸における位置を決定するとともに、カウント数から縦軸位置、すなわち図５右図の左右方向軸における位置を決定し、交点ＣＰにおけるカウント数としてプロットする。

[0027] 以下同様に、立体物検出部３３は、立体物が倒れ込む方向上の線Ｌｂ，Ｌｃ…を定義して、差分画素ＤＰの数をカウントし、各交点ＣＰの位置に基づいて横軸位置を決定し、カウント数（差分画素ＤＰの数）から縦軸位置を決定しプロットする。立体物検出部３３は、上記を順次繰り返して度数分布化することで、図５右図に示すように差分波形$ＤＷ_t$を生成する。

[0028] ここで、差分画像$ＰＤ_t$のデータ上における差分画素ＰＤは、異なる時刻の画像において変化があった画素であり、言い換えれば立体物が存在した箇所であるといえる。このため、立体物が存在した箇所において、立体物が倒れ込む方向に沿って画素数をカウントして度数分布化することで差分波形$ＤＷ_t$を生成することとなる。特に、立体物が倒れ込む方向に沿って画素数をカウントすることから、立体物に対して高さ方向の情報から差分波形$ＤＷ_t$を生成することとなる。

[0029] なお、図５左図に示すように、立体物が倒れ込む方向上の線Ｌａと線Ｌｂとは検出領域Ａ１と重複する距離が異なっている。このため、検出領域Ａ１が差分画素ＤＰで満たされているとすると、線Ｌｂ上よりも線Ｌａ上の方が差分画素ＤＰの数が多くなる。このため、立体物検出部３３は、差分画素ＤＰのカウント数から縦軸位置を決定する場合に、立体物が倒れ込む方向上の線Ｌａ，Ｌｂと検出領域Ａ１とが重複する距離に基づいて正規化する。具体例を挙げると、図５左図において線Ｌａ上の差分画素ＤＰは６つあり、線Ｌｂ上の差分画素ＤＰは５つである。このため、図５においてカウント数から

縦軸位置を決定するにあたり、立体物検出部３３は、カウント数を重複距離で除算するなどして正規化する。これにより、差分波形DW_tに示すように、立体物が倒れ込む方向上の線Ｌａ，Ｌｂに対応する差分波形DW_tの値はほぼ同じとなっている。

[0030] 差分波形DW_tの生成後、立体物検出部３３は、生成した差分波形DW_tに基づいて、隣接車線に存在している隣接車両の検出を行う。ここで、図６は、立体物検出部３３による立体物の検出方法を説明するための図であり、差分波形DW_tおよび立体物を検出するための閾値αの一例を示している。立体物検出部３３は、図６に示すように、生成した差分波形DW_tのピークが、当該差分波形DW_tのピーク位置に対応する所定の閾値α以上であるか否かを判断することで、検出領域Ａ１，Ａ２に立体物が存在するか否かを判断する。そして、立体物検出部３３は、差分波形DW_tのピークが所定の閾値α未満である場合には、検出領域Ａ１，Ａ２に立体物が存在しないと判断し、一方、差分波形DW_tのピークが所定の閾値α以上である場合には、検出領域Ａ１，Ａ２に立体物が存在すると判断する。

[0031] さらに、立体物検出部３３は、現時刻における差分波形DW_tと一時刻前の差分波形DW_{t-1}との対比により、立体物の移動速度を算出する。すなわち、立体物検出部３３は、差分波形DW_t，DW_{t-1}の時間変化から、立体物の移動速度を算出する。

[0032] 詳細に説明すると、立体物検出部３３は、図７に示すように差分波形DW_tを複数の小領域DW_{t1}～DW_{tn}（ｎは２以上の任意の整数）に分割する。図７は、立体物検出部３３によって分割される小領域DW_{t1}～DW_{tn}を示す図である。小領域DW_{t1}～DW_{tn}は、例えば図７に示すように、互いに重複するようにして分割される。例えば小領域DW_{t1}と小領域DW_{t2}とは重複し、小領域DW_{t2}と小領域DW_{t3}とは重複する。

[0033] 次いで、立体物検出部３３は、小領域DW_{t1}～DW_{tn}毎にオフセット量（差分波形の横軸方向（図７の上下方向）の移動量）を求める。ここで、オフセット量は、一時刻前における差分波形DW_{t-1}と現時刻における差分波形Ｄ

DW_tとの差（横軸方向の距離）から求められる。この際、立体物検出部３３は、小領域DW_{t1}～DW_{tn}毎に、一時刻前における差分波形DW_{t-1}を横軸方向に移動させた際に、現時刻における差分波形DW_tとの誤差が最小となる位置（横軸方向の位置）を判定し、差分波形DW_{t-1}の元の位置と誤差が最小となる位置との横軸方向の移動量をオフセット量として求める。そして、立体物検出部３３は、小領域DW_{t1}～DW_{tn}毎に求めたオフセット量をカウントしてヒストグラム化する。

[0034] 図８は、立体物検出部３３により得られるヒストグラムの一例を示す図である。図８に示すように、各小領域DW_{t1}～DW_{tn}と一時刻前における差分波形DW_{t-1}との誤差が最小となる移動量であるオフセット量には、多少のバラつきが生じる。このため、立体物検出部３３は、バラつきを含んだオフセット量をヒストグラム化し、ヒストグラムから移動距離を算出する。この際、立体物検出部３３は、ヒストグラムの極大値から立体物（隣接車両Ｖ２）の移動距離を算出する。すなわち、図８に示す例において、立体物検出部３３は、ヒストグラムの極大値を示すオフセット量を移動距離τ^*と算出する。このように、本実施形態では、オフセット量にバラつきがあったとしても、その極大値から、より正確性の高い移動距離を算出することが可能となる。なお、移動距離τ^*は、自車両に対する立体物（隣接車両Ｖ２）の相対移動距離である。このため、立体物検出部３３は、絶対移動距離を算出する場合には、得られた移動距離τ^*と車速センサ２０からの信号とに基づいて、絶対移動距離を算出することとなる。

[0035] このように、本実施形態では、異なる時刻に生成された差分波形DW_tの誤差が最小となるときの差分波形DW_tのオフセット量から立体物（隣接車両Ｖ２）の移動距離を算出することで、波形という１次元の情報のオフセット量から移動距離を算出することとなり、移動距離の算出にあたり計算コストを抑制することができる。また、異なる時刻に生成された差分波形DW_tを複数の小領域DW_{t1}～DW_{tn}に分割することで、立体物のそれぞれの箇所を表わした波形を複数得ることができ、これにより、立体物のそれぞれの箇所毎に

オフセット量を求めることができ、複数のオフセット量から移動距離を求めることができるため、移動距離の算出精度を向上させることができる。また、本実施形態では、高さ方向の情報を含む差分波形DW_tの時間変化から立体物の移動距離を算出することで、単に１点の移動のみに着目するような場合と比較して、時間変化前の検出箇所と時間変化後の検出箇所とが高さ方向の情報を含んで特定されるため立体物において同じ箇所となり易く、同じ箇所の時間変化から移動距離を算出することとなり、移動距離の算出精度を向上させることができる。

[0036] なお、ヒストグラム化にあたり立体物検出部３３は、複数の小領域DW_{t1}～DW_{tn}毎に重み付けをし、小領域DW_{t1}～DW_{tn}毎に求めたオフセット量を重みに応じてカウントしてヒストグラム化してもよい。図９は、立体物検出部３３による重み付けを示す図である。

[0037] 図９に示すように、小領域DW_m（ｍは１以上ｎ－１以下の整数）は平坦となっている。すなわち、小領域DW_mは所定の差分を示す画素数のカウントの最大値と最小値との差が小さくなっている。立体物検出部３３は、このような小領域DW_mについて重みを小さくする。平坦な小領域DW_mについては、特徴がなくオフセット量の算出にあたり誤差が大きくなる可能性が高いからである。

[0038] 一方、小領域DW_{m+k}（ｋはｎ－ｍ以下の整数）は起伏に富んでいる。すなわち、小領域DW_mは所定の差分を示す画素数のカウントの最大値と最小値との差が大きくなっている。立体物検出部３３は、このような小領域DW_mについて重みを大きくする。起伏に富む小領域DW_{m+k}については、特徴的でありオフセット量の算出を正確に行える可能性が高いからである。このように重み付けすることにより、移動距離の算出精度を向上することができる。

[0039] なお、移動距離の算出精度を向上するために上記実施形態では差分波形DW_tを複数の小領域DW_{t1}～DW_{tn}に分割したが、移動距離の算出精度がさほど要求されない場合は小領域DW_{t1}～DW_{tn}に分割しなくてもよい。この場合に、立体物検出部３３は、差分波形DW_tと差分波形DW_{t-1}との誤差が最

小となるときの差分波形DW_tのオフセット量から移動距離を算出することとなる。すなわち、一時刻前における差分波形DW_{t-1}と現時刻における差分波形DW_tとのオフセット量を求める方法は上記内容に限定されない。

[0040] なお、本実施形態において立体物検出部３３は、自車両Ｖ１（カメラ１０）の移動速度を求め、求めた移動速度から静止物についてのオフセット量を求める。静止物のオフセット量を求めた後、立体物検出部３３は、ヒストグラムの極大値のうち静止物に該当するオフセット量を無視したうえで、立体物の移動距離を算出する。

[0041] 図１０は、立体物検出部３３により得られるヒストグラムの他の例を示す図である。カメラ１０の画角内に立体物の他に静止物が存在する場合に、得られるヒストグラムには２つの極大値τ１，τ２が現れる。この場合、２つの極大値τ１，τ２のうち、いずれか一方は静止物のオフセット量である。このため、立体物検出部３３は、移動速度から静止物についてのオフセット量を求め、そのオフセット量に該当する極大値について無視し、残り一方の極大値を採用して立体物の移動距離を算出する。これにより、静止物により立体物の移動距離の算出精度が低下してしまう事態を防止することができる。

[0042] なお、静止物に該当するオフセット量を無視したとしても、極大値が複数存在する場合、カメラ１０の画角内に立体物が複数台存在すると想定される。しかし、検出領域Ａ１，Ａ２内に複数の立体物が存在することは極めて稀である。このため、立体物検出部３３は、移動距離の算出を中止する。これにより、本実施形態では、極大値が複数あるような誤った移動距離を算出してしまう事態を防止することができる。

[0043] 白濁度算出部３４は、カメラ１０のレンズに水垢などの異物が付着することで、レンズが白濁している（レンズ表面に白色の薄膜が形成されている）度合いを、レンズの白濁度として算出する。なお、白濁度算出部３４により白濁度を算出する方法は、特に限定されず、たとえば、以下に説明するような方法を用いて、レンズの白濁度を算出することができる。

[0044] たとえば、白濁度算出部３４は、互いに隣接する画素間の輝度差が所定値以上である場合に、これら互いに隣接する画素間に被写体のエッジ（輪郭）が存在するものと判断し、このような輝度差を有する画素から被写体のエッジを検出する。この際、白濁度算出部３４は、画素間の輝度差が大きいほど、被写体のエッジの強度を高い値で検出し、検出されたエッジの強度が高いほど、撮像画像が鮮明であるものと判断し、画像の鮮鋭度を高い値で算出する。そして、白濁度算出部３４は、撮像画像が鮮明であり、画像の鮮鋭度が高いほど、レンズは白濁していないと判断し、レンズの白濁度を小さい値で算出することができる。

[0045] ここで、図１１は、レンズの白濁度と画像の鮮鋭度との関係を説明するための図である。なお、図１１においては、縦軸が輝度、横軸が画素の位置を示している。また、図１１においては、街灯や隣接車両のヘッドライトなどの高輝度の被写体を撮像している場面を例示している。図１１に示すように、レンズが白濁している場合には、レンズに付着した水垢などの異物により、被写体からレンズに入射される光の一部が遮られ、または、乱反射してしまい、レンズが白濁していない場合と比較して、輝度のピークの勾配は緩やかとなり、画像領域間の輝度差は小さくなる。そのため、レンズが白濁している場合には、撮像画像から検出されるエッジ強度は小さくなり、これにより、画像の鮮鋭度は低い値で算出されることとなる。一方、レンズが白濁していない場合には、図１１に示すように、輝度のピークの勾配が急峻となり、画像領域間の輝度差が大きくなる。そのため、レンズが白濁していない場合には、白濁度算出部３４により検出されるエッジ強度は大きくなり、これにより、画像の鮮鋭度が高い値で算出されることとなる。そのため、白濁度算出部３４は、撮像画像から検出したエッジの強度に基づいて、画像の鮮鋭度を算出し、その結果、画像の鮮鋭度が低いほど、レンズの白濁度を高く算出し、反対に、画像の鮮鋭度が高いほど、レンズの白濁度を低く算出する。

[0046] また、白濁度算出部３４は、所定値以上の輝度を有する高輝度領域の周辺における輝度の勾配に基づいて、画像の鮮鋭度を算出することで、レンズの

白濁度を算出することもできる。すなわち、図１１に示すように、レンズが白濁していない場合には、輝度の勾配は急峻となり、一方、レンズが白濁している場合には、輝度の勾配は緩やかとなる。そこで、白濁度算出部３４は、街灯やヘッドライトなどの光源の画像を含む画像領域において、街灯やヘッドライトなどの光源に対応する高輝度領域の外縁から外側に向かう輝度の勾配を検出し、急峻な輝度の勾配を検出した場合には、画像の鮮鋭度が高く、レンズは白濁していないものと判断し、レンズの白濁度を低い値で算出し、一方、緩やかな輝度の勾配を検出した場合には、画像の鮮鋭度が低く、レンズが白濁しているものと判断し、レンズの白濁度を高い値で算出する。

[0047] 加えて、白濁度算出部３４は、レンズの白濁度を、画像の周波数成分に基づいて検出することもできる。すなわち、画像信号から被写体の周波数成分を検出し、検出した周波数成分に対してローパスフィルター処理を施すことで高周波成分を除去する。そして、高周波成分を除去した後の周波数成分と、高周波成分を除去する前の周波数成分とを比較することで、被写体の高周波成分を検出し、検出した高周波成分を画像の鮮鋭度として算出することができる。たとえば、被写体の高周波成分はコントラストの高い領域から得られるため、高周波成分が多いほど画像は鮮明であり（高コントラストであり）、この場合、レンズの白濁度を低い値で算出することができる。

[0048] さらに、白濁度算出部３４は、撮像画像からエッジを検出するために用られる検出基準値の大きさに基づいて、画像の鮮鋭度を算出することで、レンズの白濁度を算出することもできる。ここで、図１２は、検出基準値に基づいて、画像の鮮鋭度を算出する方法を説明するための図である。たとえば、図１２に示す例において、白濁度算出部３４は、まず、隣接する画素間の輝度差が、予め設定されている検出基準値ｔｓ以上のエッジを検出し、所定量以上のエッジが検出できたか否かを判定する。そして、所定量以上のエッジを検出できない場合に、白濁度算出部３４は、検出基準値ｔｓを小さい値に変更し、隣接する画素間の輝度差が、変更した検出基準値以上のエッジを検出し、所定量以上のエッジが検出できたか否かを判定する。このように、白

濁度算出部３４は、検出基準値を小さい値に変更しながら、エッジの検出を繰り返し、所定量以上のエッジを検出できる検出基準値ｔｓ’（所定量以上のエッジを検出できる検出基準値のうち最も大きい検出基準値ｔｓ’）を特定する。ここで、同一の被写体を撮像した場合、図１２に示すように、レンズが白濁しており、画像が不鮮明になるほど、被写体の輪郭がぼやけ、検出される被写体のエッジの強度は小さくなる。そのため、図１２に示すように、レンズが白濁しており、画像が不鮮明である場合では、検出基準値をより小さい値に変更しなければ所定量以上のエッジを検出することができない。そこで、白濁度算出部３４は、所定量以上のエッジを検出できた検出基準値が小さいほど、レンズが白濁し、画像が不鮮明であると判断し、レンズの白濁度を高い値で算出することができる。

[0049] 図３に戻り、ヘッドライト検出部３５は、カメラ１０により撮像された撮像画像に基づいて、自車両Ｖ１の後方に存在する、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの候補となる光源を検出する。具体的には、ヘッドライト検出部３５は、周辺との明るさの差が所定値以上であり、かつ、所定面積以上の大きさである画像領域を、隣接車両Ｖ２のヘッドライトに対応する候補領域として検出することで、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの候補となる光源を検出する。

[0050] 確信度算出部３６は、ヘッドライト検出部３５により検出された光源が、隣接車両Ｖ２のヘッドライトであることの確信度を算出する。ここで、自車両Ｖ１の走行車線に隣接する隣接車線を走行する隣接車両Ｖ２のヘッドライトと比べて、自車両Ｖ１の走行車両の２つ隣の隣隣接車線を走行する隣隣接車両のヘッドライトや、路外に設置された街灯などの光源は、自車両Ｖ１から離れた位置で検出される。そのため、確信度算出部３６は、自車両Ｖ１から光源までの車幅方向における距離が短いほど、ヘッドライト検出部３５により検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度を高く算出することができる。また、ヘッドライト検出部３５により検出された光源の大きさが大きいほど、光源は自車両Ｖ１から近い位置に存在するものと判断できるため、確信度算出部３６は、ヘッドライト検出部３５により検出

された光源の大きさが大きいほど、ヘッドライト検出部３５により検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度を高く算出することができる。さらに、街灯などの光源は静止物であり移動しないのに対して、隣接車両Ｖ２は移動するものであり、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの移動速度は、街灯などの静止物の光源の移動速度よりも速くなる。また、隣接車両Ｖ２のヘッドライトよりも隣隣接車両のヘッドライトの方が自車両Ｖ１から離れた位置で検出されるため、隣隣接車両のヘッドライトの移動速度よりも、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの移動速度の方が速くなる傾向にある。そのため、確信度算出部３６は、ヘッドライト検出部３５により検出された光源の位置の変化に基づいて、光源の移動速度を算出し、光源の移動速度が速いほど、該光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度を高く算出することができる。

[0051] 閾値変更部３７は、確信度算出部３６により算出された隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度に基づいて、差分閾値ｔｈを変更する。ここで、図１３は、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度と差分閾値ｔｈとの関係を示すマップの一例である。閾値変更部３７は、図１３に示すように、ヘッドライト検出部３５により検出された光源が、隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度が高いほど、差分閾値ｔｈを低い値に変更する。すなわち、本実施形態では、検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度が高い場合には、隣接車両Ｖ２が存在する可能性が高いものと判断して、差分閾値ｔｈを低い値に変更し、隣接車線に存在する立体物（隣接車両Ｖ２）の検出を促進することで、レンズが白濁している場合でも、隣接車両Ｖ２を適切に検出することが可能となる。一方、検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトである確信度が低い場合には、隣接車両Ｖ２が存在しない可能性が高いものと判断して、差分閾値ｔｈを高い値に変更し、隣接車線に存在する立体物（隣接車両Ｖ２）の検出を抑制することで、レンズが白濁している場合に、レンズに付着している異物や、隣接車両Ｖ２以外の立体物を隣接車両Ｖ２として誤検出してしまうことを有効に防止することができる。

[0052] また、計算部３０は、図示しないメモリに、図１３に示すような差分閾値ｔｈと隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度との関係を示すマップを複数記憶しており、閾値変更部３７は、これら複数のマップの中から、レンズの白濁度に応じたマップを選択する。たとえば、図１３においては、レンズの白濁度が高い場合に選択される差分閾値ｔｈと隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度とのマップの一例を波線で示しており、レンズの白濁度が低い場合に選択される差分閾値ｔｈと隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度とのマップの一例を実線で示している。閾値変更部３７は、図１３に示すように、レンズの白濁度が高いほど、隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度が低い場合でも、差分閾値ｔｈが低い値に設定されるように、差分閾値ｔｈと隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度との関係を示すマップを選択する。

[0053] すなわち、図１３に示す例では、レンズの白濁度が高い場合には破線で表示したマップが選択され、レンズの白濁度が低い場合には実線で表示したマップが選択される。そのため、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度が、たとえば図１３に示すS_{c1}の場合、レンズの白濁度が低い場合には差分閾値は所定の値th_aに設定され、レンズの白濁度が高い場合には、レンズの白濁度が低い場合の差分閾値th_bよりも低い差分閾値th_bに設定される。このように、本実施形態では、レンズの白濁度が高いほど、検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライであるとの確信度は高いものと判断し、算出された隣接車両Ｖ２のヘッドライの確信度が同じ値であっても、差分閾値ｔｈが低い値に設定されるように、差分閾値ｔｈと隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度との関係を示すマップを選択する。

[0054] ここで、レンズが白濁している場合には、隣接車両Ｖ２のヘッドライトから受光される光束の一部が、レンズに付着した水垢などの異物により遮られ、または、乱反射してしまい、カメラ１０で受光される隣接車両Ｖ２のヘッドライトの光は減衰してしまう。特に、ヘッドライトの中心から離れるほど光量は少なくなるため、レンズが白濁している場合には、レンズに付着した水垢などの異物により、ヘッドライトの周縁部における光がカメラ１０で十

分に受光できず、レンズが白濁していない場合と比べて、撮像されるヘッドライトの光の像は小さくなってしまう場合がある。このような場合に、ヘッドライト検出部３５により検出された光源が実際に隣接車両Ｖ２のヘッドライトであっても、レンズが白濁している場合には、ヘッドライト検出部３５により検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度は低くなる。そこで、閾値変更部３７は、レンズが白濁している場合には、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度が低い場合でも、ヘッドライト検出部３５により検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度を高いものと判断し、差分閾値ｔｈが低く設定されるように、差分閾値ｔｈと隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度との関係を示すマップを変更する。これにより、レンズの白濁度が高く、隣接車両Ｖ２のヘッドライトを検出することが困難な場合でも、ヘッドライト検出部３５により検出された光源を隣接車両Ｖ２のヘッドライトであると適切に判断することができ、その結果、隣接車両Ｖ２を適切に検出することが可能となる。

[0055] なお、レンズの白濁度が高い場合には、隣接車両Ｖ２のヘッドライトよりも、隣隣接車両のヘッドライトや街灯などの光源は検出され難いため、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度に対して差分閾値ｔｈが低い値になるように、差分閾値ｔｈと隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度との関係を示すマップを変更した場合でも、隣隣接車両のヘッドライトや街灯などを、隣接車両Ｖ２として誤検出してしまうことを抑制することができる。

[0056] 次に、本実施形態に係る隣接車両検出処理について説明する。図１４は、第１実施形態の隣接車両検出処理を示すフローチャートである。図１４に示すように、まず、計算機３０により、カメラ１０から撮像画像のデータの取得が行われ（ステップＳ１０１）、視点変換部３１により、取得した撮像画像のデータに基づいて、鳥瞰視画像PB_tのデータが生成される（ステップＳ１０２）。

[0057] 次いで、位置合わせ部３２は、鳥瞰視画像PB_tのデータと、一時刻前の鳥瞰視画像PB_{t-1}のデータとを位置合わせをし、差分画像PD_tのデータを生

成する（ステップＳ１０３）。具体的には、位置合わせ部３２は、鳥瞰視画像PB_t，PB_{t-1}の画素値の差を絶対値化し、当該絶対値が所定の差分閾値ｔｈ以上であるときに、差分画像PD_tの画素値を「１」とし、絶対値が所定の差分閾値ｔｈ未満であるときに、差分画像PD_tの画素値を「０」とする。なお、差分画像PD_tの画素値を算出するための差分閾値ｔｈは、後述する閾値変更処理において変更される場合があり、差分閾値ｔｈが変更された場合には、変更された差分閾値ｔｈが、このステップＳ１０３で用いられることとなる。その後、立体物検出部３３は、差分画像PD_tのデータから、画素値が「１」の差分画素ＤＰの数をカウントして、差分波形DW_tを生成する（ステップＳ１０４）。

[0058] そして、立体物検出部３３は、差分波形DW_tのピークが所定の閾値α以上であるか否かを判断する（ステップＳ１０５）。差分波形DW_tのピークが閾値α以上でない場合、すなわち差分が殆どない場合には、撮像画像内には立体物が存在しないと考えられる。このため、差分波形DW_tのピークが閾値α以上でないと判断した場合には（ステップＳ１０５＝Ｎｏ）、立体物検出部３３は、立体物が存在せず隣接車両Ｖ２が存在しないと判断する（ステップＳ１１４）。そして、ステップＳ１０１に戻り、図１４に示す処理を繰り返す。

[0059] 一方、差分波形DW_tのピークが閾値α以上であると判断した場合には（ステップＳ１０５＝Ｙｅｓ）、立体物検出部３３により、隣接車線に立体物が存在すると判断され、ステップＳ１０６に進み、立体物検出部３３により、差分波形DW_tが、複数の小領域DW_{t1}～DW_{tn}に分割される。次いで、立体物検出部３３は、小領域DW_{t1}～DW_{tn}毎に重み付けを行い（ステップＳ１０７）、小領域DW_{t1}～DW_{tn}毎のオフセット量を算出し（ステップＳ１０８）、重みを加味してヒストグラムを生成する（ステップＳ１０９）。

[0060] そして、立体物検出部３３は、ヒストグラムに基づいて自車両Ｖ１に対する立体物の移動距離である相対移動距離を算出する（ステップＳ１１０）。次に、立体物検出部３３は、相対移動距離から立体物の絶対移動速度を算出

する（ステップＳ１１１）。このとき、立体物検出部３３は、相対移動距離を時間微分して相対移動速度を算出するとともに、車速センサ２０で検出された自車速を加算して、絶対移動速度を算出する。

[0061] その後、立体物検出部３３は、立体物の絶対移動速度が１０ｋｍ／ｈ以上、且つ、自車両Ｖ１に対する立体物の相対移動速度が＋６０ｋｍ／ｈ以下であるか否かを判断する（ステップＳ１１２）。双方を満たす場合には（ステップＳ１１２＝Ｙｅｓ）、立体物検出部３３は、検出した立体物は隣接車線に存在する隣接車両Ｖ２であり、隣接車線に隣接車両Ｖ２が存在すると判断する（ステップＳ１１３）。そして、図１４に示す処理を終了する。一方、いずれか一方でも満たさない場合には（ステップＳ１１２＝Ｎｏ）、立体物検出部３３は、隣接車線に隣接車両Ｖ２が存在しないと判断する（ステップＳ１１４）。そして、ステップＳ１０１に戻り、図１４に示す処理を繰り返す。

[0062] なお、本実施形態では自車両Ｖ１の左右後方を検出領域Ａ１，Ａ２とし、自車両Ｖ１が車線変更した場合に接触する可能性があるか否かに重点を置いている。このため、ステップＳ１１２の処理が実行されている。すなわち、本実施形態にけるシステムを高速道路で作動させることを前提とすると、隣接車両Ｖ２の速度が１０ｋｍ／ｈ未満である場合、たとえ隣接車両Ｖ２が存在したとしても、車線変更する際には自車両Ｖ１の遠く後方に位置するため問題となることが少ない。同様に、隣接車両Ｖ２の自車両Ｖ１に対する相対移動速度が＋６０ｋｍ／ｈを超える場合（すなわち、隣接車両Ｖ２が自車両Ｖ１の速度よりも６０ｋｍ／ｈより大きな速度で移動している場合）、車線変更する際には自車両Ｖ１の前方に移動しているため問題となることが少ない。このため、ステップＳ１１２では車線変更の際に問題となる隣接車両Ｖ２を判断しているともいえる。

[0063] また、ステップＳ１１２において隣接車両Ｖ２の絶対移動速度が１０ｋｍ／ｈ以上、且つ、隣接車両Ｖ２の自車両Ｖ１に対する相対移動速度が＋６０ｋｍ／ｈ以下であるかを判断することにより、以下の効果がある。例えば、

カメラ１０の取り付け誤差によっては、静止物の絶対移動速度を数ｋｍ／ｈであると検出してしまう場合があり得る。よって、１０ｋｍ／ｈ以上であるかを判断することにより、静止物を隣接車両Ｖ２であると判断してしまう可能性を低減することができる。また、ノイズによっては隣接車両Ｖ２の自車両Ｖ１に対する相対速度を＋６０ｋｍ／ｈを超える速度に検出してしまうことがあり得る。よって、相対速度が＋６０ｋｍ／ｈ以下であるかを判断することにより、ノイズによる誤検出の可能性を低減できる。

[0064] さらに、ステップＳ１１２の処理に代えて、隣接車両Ｖ２の絶対移動速度がマイナスでないことや、０ｋｍ／ｈでないことを判断してもよい。また、本実施形態では自車両Ｖ１が車線変更した場合に接触する可能性がある否かに重点を置いているため、ステップＳ１１３において隣接車両Ｖ２が検出された場合に、自車両の運転者に警告音を発したり、所定の表示装置により警告相当の表示を行ったりしてもよい。

[0065] 次に、第１実施形態に係る閾値変更処理について説明する。図１５は、第１実施形態に係る閾値変更処理を示すフローチャートである。なお、以下に説明する閾値変更処理は、図１４に示す隣接車両検出処理と並行して行われ、この閾値変更処理により設定された差分閾値ｔｈが、図１４に示す隣接車両検出処理における差分閾値ｔｈとして適用されることとなる。

[0066] 図１５に示すように、まず、ステップＳ２０１では、ヘッドライト検出部３５により、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの候補となる光源の検出が行われる。具体的には、ヘッドライト検出部３５は、周辺との明るさの差が所定値以上であり、かつ、所定以上の大きさである画像領域を、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの光源に対応する候補領域として検出することで、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの候補となる光源を検出する。

[0067] ステップＳ２０２では、ヘッドライト検出部３５により、ステップＳ２０１での検出結果に基づいて、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの候補となる光源が検出されたか否かの判断が行われる。隣接車両Ｖ２のヘッドライトの候補となる光源が検出された場合には、ステップＳ２０３に進み、一方、隣接車

両Ｖ２のヘッドライトの候補となる光源が検出されなかった場合には、ステップＳ２０１に戻り、隣接車両Ｖ２のヘッドライトとなる光源の検出が繰り返し行われる。

[0068] ステップＳ２０３では、確信度算出部３６により、ステップＳ２０１で検出された光源が、隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度の算出が行われる。具体的には、確信度算出部３６は、ステップＳ２０１で検出された光源の移動速度が速いほど、検出された光源の大きさが大きいほど、検出された光源から自車両Ｖ１までの車幅方向における距離が短いほど、検出された光源が、隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度を高い値で算出する。

[0069] ステップＳ２０４では、白濁度算出部３４により、レンズが白濁している度合いを示す白濁度の算出が行われる。たとえば、白濁度算出部３４は、図１１に示すように、撮像画像から検出したエッジの強度に基づいて、画像の鮮鋭度を算出することで、レンズの白濁度を算出することができる。この場合、白濁度算出部３４は、撮像画像から検出したエッジの強度が強い（画素間の輝度差が大きい）ほど、画像が鮮明であり、レンズは白濁していないものと判断して、レンズの白濁度を小さく算出することができる。

[0070] ステップＳ２０５では、閾値変更部３７により、ステップＳ２０４で算出されたレンズの白濁度に基づいて、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度と差分閾値ｔｈとの関係を示すマップの選択が行われる。具体的には、閾値変更部３７は、図１３に示すように、レンズの白濁度が高いほど、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度が低い場合でも、差分閾値ｔｈが低く設定されるマップを選択する。

[0071] ステップＳ２０６では、閾値変更部３７により、ステップＳ２０３で算出された隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度と、ステップＳ２０５で選択されたマップと基づいて、差分閾値ｔｈの変更が行われる。具体的には、閾値変更部３７は、ステップＳ２０５で選択されたマップに従って、検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度が高いほど、差分閾値

ｔｈを低い値に変更する。これにより、レンズが白濁している場合でも、ステップＳ２０１で検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度が高く、隣接車線に隣接車両Ｖ２が存在すると判断できる場合には、立体物（隣接車両Ｖ２）を検出するための差分閾値ｔｈが低い値に変更され、その結果、隣接車線に存在する隣接車両Ｖ２を適切に検出することが可能となる。そして、ステップＳ２０６で差分閾値ｔｈが変更された後は、ステップＳ２０１に戻り、上述した閾値変更処理が繰り返し行われる。

[0072] 以上のように、第１実施形態では、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの検出を行い、検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度を算出する。そして、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度が高いほど、差分閾値ｔｈを低い値に変更する。これにより、検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度が高く、隣接車線に隣接車両Ｖ２が存在すると判断できる場合には、立体物を検出するための差分閾値ｔｈが低い値に変更され、隣接車線に存在する立体物（隣接車両Ｖ２）が検出され易くなるため、たとえレンズに水垢などの異物が付着しており、レンズが白濁している場合でも、隣接車線に存在する隣接車両Ｖ２を適切に検出することが可能となる。

[0073] また、本実施形態では、レンズが白濁している度合いをレンズの白濁度として算出し、レンズの白濁度が高いほど、検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度が高くなるように、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度と差分閾値ｔｈとのマップを変更する。これにより、たとえば、検出された光源が実際には隣接車両Ｖ２のヘッドライトである場合でも、隣接車両Ｖ２のヘッドライトからの光束の一部がレンズに付着している水垢などの異物によって遮られ、カメラ１０に受光される隣接車両Ｖ２のヘッドライトの光の像が小さくなるために、検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度が低くなってしまう場合でも、検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであると適切に判断することができ、これにより、隣接車両Ｖ２を適切に検出することが可能となる。

[0074] 《第２実施形態》

続いて、第２実施形態に係る立体物検出装置１ａについて説明する。第２実施形態に係る立体物検出装置１ａは、図１６に示すように、第１実施形態の計算機３０に代えて、計算機３０ａを備えており、以下に説明するように動作すること以外は、第１実施形態と同様である。ここで、図１６は、第２実施形態に係る計算機３０ａの詳細を示すブロック図である。

[0075] 第２実施形態にかかる立体物検出装置１ａは、図１６に示すように、カメラ１０と計算機３０ａとを備えており、計算機３０ａは、視点変換部３１、輝度差算出部３８、エッジ線検出部３９、立体物検出部３３ａ、白濁度算出部３４、ヘッドライト検出部３５、確信度算出部３６、および閾値変更部３７ａから構成されている。以下に、第２実施形態に係る立体物検出装置１ａの各構成について説明する。なお、視点変換部３１、白濁度算出部３４、ヘッドライト検出部３５、および、確信度算出部３６については、第１実施形態と同様の構成であるため、その説明は省略する。

[0076] 図１７は、図１６のカメラ１０の撮像範囲等を示す図であり、図１７（ａ）は平面図、図１７（ｂ）は、自車両Ｖ１から後側方における実空間上の斜視図を示す。図１７（ａ）に示すように、カメラ１０は所定の画角ａとされ、この所定の画角ａに含まれる自車両Ｖ１から後側方を撮像する。カメラ１０の画角ａは、図２に示す場合と同様に、カメラ１０の撮像範囲に自車両Ｖ１が走行する車線に加えて、隣接する車線も含まれるように設定されている。

[0077] 本例の検出領域Ａ１，Ａ２は、平面視（鳥瞰視された状態）において台形状とされ、これら検出領域Ａ１，Ａ２の位置、大きさ及び形状は、距離d_1～d_4に基づいて決定される。なお、同図に示す例の検出領域Ａ１，Ａ２は台形状に限らず、図２に示すように鳥瞰視された状態で矩形など他の形状であってもよい。

[0078] ここで、距離ｄ１は、自車両Ｖ１から接地線Ｌ１，Ｌ２までの距離である。接地線Ｌ１，Ｌ２は、自車両Ｖ１が走行する車線に隣接する車線に存在す

る立体物が地面に接触する線を意味する。本実施形態においては、自車両Ｖ１の後側方において自車両Ｖ１の車線に隣接する左右の車線を走行する隣接車両Ｖ２等（２輪車等を含む)を検出することが目的である。このため、自車両Ｖ１から白線Ｗまでの距離ｄ１１及び白線Ｗから隣接車両Ｖ２が走行すると予測される位置までの距離ｄ１２から、隣接車両Ｖ２の接地線Ｌ１，Ｌ２となる位置である距離ｄ１を略固定的に決定しておくことができる。

[0079] また、距離ｄ１については、固定的に決定されている場合に限らず、可変としてもよい。この場合に、計算機３０ａは、白線認識等の技術により自車両Ｖ１に対する白線Ｗの位置を認識し、認識した白線Ｗの位置に基づいて距離ｄ１１を決定する。これにより、距離ｄ１は、決定された距離ｄ１１を用いて可変的に設定される。以下の本実施形態においては、隣接車両Ｖ２が走行する位置（白線Ｗからの距離ｄ１２）及び自車両Ｖ１が走行する位置（白線Ｗからの距離ｄ１１）は大凡決まっていることから、距離ｄ１は固定的に決定されているものとする。

[0080] 距離ｄ２は、自車両Ｖ１の後端部から車両進行方向に伸びる距離である。この距離ｄ２は、検出領域Ａ１，Ａ２が少なくともカメラ１０の画角ａ内に収まるように決定されている。特に本実施形態において、距離ｄ２は、画角ａに区分される範囲に接するよう設定されている。距離ｄ３は、検出領域Ａ１，Ａ２の車両進行方向における長さを示す距離である。この距離ｄ３は、検出対象となる立体物の大きさに基づいて決定される。本実施形態においては、検出対象が隣接車両Ｖ２等であるため、距離ｄ３は、隣接車両Ｖ２を含む長さに設定される。

[0081] 距離ｄ４は、図１７（ｂ）に示すように、実空間において隣接車両Ｖ２等のタイヤを含むように設定された高さを示す距離である。距離ｄ４は、鳥瞰視画像においては図１７（ａ）に示す長さとされる。なお、距離ｄ４は、鳥瞰視画像において左右の隣接車線よりも更に隣接する車線（すなわち２車線隣りの隣隣接車線）を含まない長さとすることもできる。自車両Ｖ１の車線から２車線隣の車線を含んでしまうと、自車両Ｖ１が走行している車線であ

る自車線の左右の隣接車線に隣接車両Ｖ２が存在するのか、２車線隣りの隣隣接車線に隣隣接車両が存在するのかについて、区別が付かなくなってしまうためである。

[0082] 以上のように、距離ｄ１～距離ｄ４が決定され、これにより検出領域Ａ１，Ａ２の位置、大きさ及び形状が決定される。具体的に説明すると、距離ｄ１により、台形をなす検出領域Ａ１，Ａ２の上辺ｂ１の位置が決定される。距離ｄ２により、上辺ｂ１の始点位置Ｃ１が決定される。距離ｄ３により、上辺ｂ１の終点位置Ｃ２が決定される。カメラ１０から始点位置Ｃ１に向かって伸びる直線Ｌ３により、台形をなす検出領域Ａ１，Ａ２の側辺ｂ２が決定される。同様に、カメラ１０から終点位置Ｃ２に向かって伸びる直線Ｌ４により、台形をなす検出領域Ａ１，Ａ２の側辺ｂ３が決定される。距離ｄ４により、台形をなす検出領域Ａ１，Ａ２の下辺ｂ４の位置が決定される。このように、各辺ｂ１～ｂ４により囲まれる領域が検出領域Ａ１，Ａ２とされる。この検出領域Ａ１，Ａ２は、図１７（ｂ）に示すように、自車両Ｖ１から後側方における実空間上では真四角（長方形）となる。

[0083] 図１６に戻り、視点変換部３１は、カメラ１０による撮像にて得られた所定領域の撮像画像データを入力する。視点変換部３１は、入力した撮像画像データに対して、鳥瞰視される状態の鳥瞰画像データに視点変換処理を行う。鳥瞰視される状態とは、上空から例えば鉛直下向き(又は、やや斜め下向き)に見下ろす仮想カメラの視点から見た状態である。この視点変換処理は、例えば特開２００８－２１９０６３号公報に記載された技術によって実現することができる。

[0084] 輝度差算出部３８は、鳥瞰視画像に含まれる立体物のエッジを検出するために、視点変換部３１により視点変換された鳥瞰視画像データに対して、輝度差の算出を行う。輝度差算出部３８は、実空間における鉛直方向に伸びる鉛直仮想線に沿った複数の位置ごとに、当該各位置の近傍の２つの画素間の輝度差を算出する。輝度差算出部３８は、実空間における鉛直方向に伸びる鉛直仮想線を１本だけ設定する手法と、鉛直仮想線を２本設定する手法との

何れかによって輝度差を算出することができる。

[0085] ここでは、鉛直仮想線を２本設定する具体的な手法について説明する。輝度差算出部３８は、視点変換された鳥瞰視画像に対して、実空間で鉛直方向に伸びる線分に該当する第１鉛直仮想線と、第１鉛直仮想線と異なり実空間で鉛直方向に伸びる線分に該当する第２鉛直仮想線とを設定する。輝度差算出部３８は、第１鉛直仮想線上の点と第２鉛直仮想線上の点との輝度差を、第１鉛直仮想線及び第２鉛直仮想線に沿って連続的に求める。以下、この輝度差算出部３８の動作について詳細に説明する。

[0086] 輝度差算出部３８は、図１８（ａ）に示すように、実空間で鉛直方向に伸びる線分に該当し、且つ、検出領域Ａ１を通過する第１鉛直仮想線Ｌａ（以下、注目線Ｌａという）を設定する。また輝度差算出部３８は、注目線Ｌａと異なり、実空間で鉛直方向に伸びる線分に該当し、且つ、検出領域Ａ１を通過する第２鉛直仮想線Ｌｒ（以下、参照線Ｌｒという）を設定する。ここで参照線Ｌｒは、実空間における所定距離だけ注目線Ｌａから離間する位置に設定される。なお、実空間で鉛直方向に伸びる線分に該当する線とは、鳥瞰視画像においてはカメラ１０の位置Ｐｓから放射状に広がる線となる。この放射状に広がる線は、鳥瞰視に変換した際に立体物が倒れ込む方向に沿う線である。

[0087] 輝度差算出部３８は、注目線Ｌａ上に注目点Ｐａ（第１鉛直仮想線上の点）を設定する。また輝度差算出部３８は、参照線Ｌｒ上に参照点Ｐｒ（第２鉛直板想線上の点）を設定する。これら注目線Ｌａ、注目点Ｐａ、参照線Ｌｒ、参照点Ｐｒは、実空間上において図１８（ｂ）に示す関係となる。図１８（ｂ）から明らかなように、注目線Ｌａ及び参照線Ｌｒは、実空間上において鉛直方向に伸びた線であり、注目点Ｐａと参照点Ｐｒとは、実空間上において略同じ高さに設定される点である。なお、注目点Ｐａと参照点Ｐｒとは必ずしも厳密に同じ高さである必要はなく、注目点Ｐａと参照点Ｐｒとが同じ高さとみなせる程度の誤差は許容される。

[0088] 輝度差算出部３８は、注目点Ｐａと参照点Ｐｒとの輝度差を求める。仮に

、注目点Ｐａと参照点Ｐｒとの輝度差が大きいと、注目点Ｐａと参照点Ｐｒとの間にエッジが存在すると考えられる。特に、第２実施形態では、検出領域Ａ１，Ａ２に存在する立体物を検出するために、鳥瞰視画像に対して実空間において鉛直方向に伸びる線分として鉛直仮想線を設定しているため、注目線Ｌａと参照線Ｌｒとの輝度差が高い場合には、注目線Ｌａの設定箇所に立体物のエッジがある可能性が高い。このため、図１６に示すエッジ線検出部３９は、注目点Ｐａと参照点Ｐｒとの輝度差に基づいてエッジ線を検出する。

[0089] この点をより詳細に説明する。図１９は、輝度差算出部３８の詳細動作を示す図であり、図１９（ａ）は鳥瞰視された状態の鳥瞰視画像を示し、図１９（ｂ）は、図１９（ａ）に示した鳥瞰視画像の一部Ｂ１を拡大した図である。なお図１９についても検出領域Ａ１のみを図示して説明するが、検出領域Ａ２についても同様の手順で輝度差を算出する。

[0090] カメラ１０が撮像した撮像画像内に隣接車両Ｖ２が映っていた場合に、図１９（ａ）に示すように、鳥瞰視画像内の検出領域Ａ１に隣接車両Ｖ２が現れる。図１９（ｂ）に図１９（ａ）中の領域Ｂ１の拡大図を示すように、鳥瞰視画像上において、隣接車両Ｖ２のタイヤのゴム部分上に注目線Ｌａが設定されていたとする。この状態において、輝度差算出部３８は、先ず参照線Ｌｒを設定する。参照線Ｌｒは、注目線Ｌａから実空間上において所定の距離だけ離れた位置に、鉛直方向に沿って設定される。具体的には、本実施形態に係る立体物検出装置１ａにおいて、参照線Ｌｒは、注目線Ｌａから実空間上において１０ｃｍだけ離れた位置に設定される。これにより、参照線Ｌｒは、鳥瞰視画像上において、例えば隣接車両Ｖ２のタイヤのゴムから１０ｃｍ相当だけ離れた隣接車両Ｖ２のタイヤのホイール上に設定される。

[0091] 次に、輝度差算出部３８は、注目線Ｌａ上に複数の注目点Ｐａ１～ＰａＮを設定する。図１９（ｂ）においては、説明の便宜上、６つの注目点Ｐａ１～Ｐａ６（以下、任意の点を示す場合には単に注目点Ｐａｉという）を設定している。なお、注目線Ｌａ上に設定する注目点Ｐａの数は任意でよい。以

下の説明では、Ｎ個の注目点Ｐａが注目線Ｌａ上に設定されたものとして説明する。

[0092] 次に、輝度差算出部３８は、実空間上において各注目点Ｐａ１～ＰａＮと同じ高さとなるように各参照点Ｐｒ１～ＰｒＮを設定する。そして、輝度差算出部３８は、同じ高さ同士の注目点Ｐａと参照点Ｐｒとの輝度差を算出する。これにより、輝度差算出部３８は、実空間における鉛直方向に伸びる鉛直仮想線に沿った複数の位置（１～Ｎ）ごとに、２つの画素の輝度差を算出する。輝度差算出部３８は、例えば第１注目点Ｐａ１とは、第１参照点Ｐｒ１との間で輝度差を算出し、第２注目点Ｐａ２とは、第２参照点Ｐｒ２との間で輝度差を算出することとなる。これにより、輝度差算出部３８は、注目線Ｌａ及び参照線Ｌｒに沿って、連続的に輝度差を求める。すなわち、輝度差算出部３８は、第３～第Ｎ注目点Ｐａ３～ＰａＮと第３～第Ｎ参照点Ｐｒ３～ＰｒＮとの輝度差を順次求めていくこととなる。

[0093] 輝度差算出部３８は、検出領域Ａ１内において注目線Ｌａをずらしながら、上記の参照線Ｌｒの設定、注目点Ｐａ及び参照点Ｐｒの設定、輝度差の算出といった処理を繰り返し実行する。すなわち、輝度差算出部３８は、注目線Ｌａ及び参照線Ｌｒのそれぞれを、実空間上において接地線Ｌ１の延在方向に同一距離だけ位置を変えながら上記の処理を繰り返し実行する。輝度差算出部３８は、例えば、前回処理において参照線Ｌｒとなっていた線を注目線Ｌａに設定し、この注目線Ｌａに対して参照線Ｌｒを設定して、順次輝度差を求めていくことになる。

[0094] このように、第２実施形態では、実空間上で略同じ高さとなる注目線Ｌａ上の注目点Ｐａと参照線Ｌｒ上の参照点Ｐｒとから輝度差を求めることで、鉛直方向に伸びるエッジが存在する場合における輝度差を明確に検出することができる。また、実空間において鉛直方向に伸びる鉛直仮想線同士の輝度比較を行うために、鳥瞰視画像に変換することによって立体物が路面からの高さに応じて引き伸ばされてしまっても、立体物の検出処理が影響されることはなく、立体物の検出精度を向上させることができる。

[0095] 図１６に戻り、エッジ線検出部３９は、輝度差算出部３８により算出された連続的な輝度差から、エッジ線を検出する。例えば、図１９（ｂ）に示す場合、第１注目点Ｐａ１と第１参照点Ｐｒ１とは、同じタイヤ部分に位置するために、輝度差は、小さい。一方、第２～第６注目点Ｐａ２～Ｐａ６はタイヤのゴム部分に位置し、第２～第６参照点Ｐｒ２～Ｐｒ６はタイヤのホイール部分に位置する。したがって、第２～第６注目点Ｐａ２～Ｐａ６と第２～第６参照点Ｐｒ２～Ｐｒ６との輝度差は大きくなる。このため、エッジ線検出部３９は、輝度差が大きい第２～第６注目点Ｐａ２～Ｐａ６と第２～第６参照点Ｐｒ２～Ｐｒ６との間にエッジ線が存在することを検出することができる。

[0096] 具体的には、エッジ線検出部３９は、エッジ線を検出するにあたり、先ず下記式１に従って、ｉ番目の注目点Ｐａｉ（座標（ｘｉ，ｙｉ））とｉ番目の参照点Ｐｒｉ（座標（ｘｉ’，ｙｉ’））との輝度差から、ｉ番目の注目点Ｐａｉに属性付けを行う。

［式１］

Ｉ（ｘｉ，ｙｉ）＞Ｉ（ｘｉ’，ｙｉ’）＋ｔのとき

ｓ（ｘｉ，ｙｉ）＝１

Ｉ（ｘｉ，ｙｉ）＜Ｉ（ｘｉ’，ｙｉ’）－ｔのとき

ｓ（ｘｉ，ｙｉ）＝－１

上記以外のとき

ｓ（ｘｉ，ｙｉ）＝０

[0097] 上記式１において、ｔはエッジ閾値を示し、Ｉ（ｘｉ，ｙｉ）はｉ番目の注目点Ｐａｉの輝度値を示し、Ｉ（ｘｉ’，ｙｉ’）はｉ番目の参照点Ｐｒｉの輝度値を示す。上記式１によれば、注目点Ｐａｉの輝度値が、参照点Ｐｒｉに閾値ｔを加えた輝度値よりも高い場合には、当該注目点Ｐａｉの属性ｓ（ｘｉ，ｙｉ）は‘１’となる。一方、注目点Ｐａｉの輝度値が、参照点Ｐｒｉからエッジ閾値ｔを減じた輝度値よりも低い場合には、当該注目点Ｐａｉの属性ｓ（ｘｉ，ｙｉ）は‘－１’となる。注目点Ｐａｉの輝度値と参

照点Ｐｒｉの輝度値とがそれ以外の関係である場合には、注目点Ｐａｉの属性ｓ（ｘｉ，ｙｉ）は‘０’となる。なお、本実施形態において、エッジ閾値ｔは、後述する閾値変更部３７ａにより変更される場合があり、閾値変更部３７ａによりエッジ閾値ｔが変更された場合には、閾値変更部３７ａにより変更されたエッジ閾値ｔを用いて、注目点Ｐａｉの属性ｓ（ｘｉ，ｙｉ）が検出される。

[0098] 次にエッジ線検出部３９は、下記式２に基づいて、注目線Ｌａに沿った属性ｓの連続性ｃ（ｘｉ，ｙｉ）から、注目線Ｌａがエッジ線であるか否かを判定する。

［式２］

ｓ（ｘｉ，ｙｉ）＝ｓ（ｘｉ＋１，ｙｉ＋１）のとき（且つ０＝０を除く）、

ｃ（ｘｉ，ｙｉ）＝１

上記以外のとき、

ｃ（ｘｉ，ｙｉ）＝０

[0099] 注目点Ｐａｉの属性ｓ（ｘｉ，ｙｉ）と隣接する注目点Ｐａｉ＋１の属性ｓ（ｘｉ＋１，ｙｉ＋１）とが同じである場合には、連続性ｃ（ｘｉ，ｙｉ）は‘１’となる。注目点Ｐａｉの属性ｓ（ｘｉ，ｙｉ）と隣接する注目点Ｐａｉ＋１の属性ｓ（ｘｉ＋１，ｙｉ＋１）とが同じではない場合には、連続性ｃ（ｘｉ，ｙｉ）は‘０’となる。

[0100] 次にエッジ線検出部３９は、注目線Ｌａ上の全ての注目点Ｐａの連続性ｃについて総和を求める。エッジ線検出部３９は、求めた連続性ｃの総和を注目点Ｐａの数Ｎで割ることにより、連続性ｃを正規化する。そして、エッジ線検出部３９は、正規化した値が閾値θを超えた場合に、注目線Ｌａをエッジ線と判断する。なお、閾値θは、予め実験等によって設定された値である。

[0101] すなわち、エッジ線検出部３９は、下記式３に基づいて注目線Ｌａがエッジ線であるか否かを判断する。そして、エッジ線検出部３９は、検出領域Ａ

１上に描かれた注目線Ｌａの全てについてエッジ線であるか否かを判断する。

［式３］

Σｃ（ｘｉ，ｙｉ）／Ｎ＞θ

[0102] このように、第２実施形態では、注目線Ｌａ上の注目点Ｐａと参照線Ｌｒ上の参照点Ｐｒとの輝度差に基づいて注目点Ｐａに属性付けを行い、注目線Ｌａに沿った属性の連続性ｃに基づいて当該注目線Ｌａがエッジ線であるかを判断するので、輝度の高い領域と輝度の低い領域との境界をエッジ線として検出し、人間の自然な感覚に沿ったエッジ検出を行うことができる。この効果について詳細に説明する。図２０は、エッジ線検出部３９の処理を説明する画像例を示す図である。この画像例は、輝度の高い領域と輝度の低い領域とが繰り返される縞模様を示す第１縞模様１０１と、輝度の低い領域と輝度の高い領域とが繰り返される縞模様を示す第２縞模様１０２とが隣接した画像である。また、この画像例は、第１縞模様１０１の輝度が高い領域と第２縞模様１０２の輝度の低い領域とが隣接すると共に、第１縞模様１０１の輝度が低い領域と第２縞模様１０２の輝度が高い領域とが隣接している。この第１縞模様１０１と第２縞模様１０２との境界に位置する部位１０３は、人間の感覚によってはエッジとは知覚されない傾向にある。

[0103] これに対し、輝度の低い領域と輝度が高い領域とが隣接しているために、輝度差のみでエッジを検出すると、当該部位１０３はエッジとして認識されてしまう。しかし、エッジ線検出部３９は、部位１０３における輝度差に加えて、当該輝度差の属性に連続性がある場合にのみ部位１０３をエッジ線として判定するので、エッジ線検出部３９は、人間の感覚としてエッジ線として認識しない部位１０３をエッジ線として認識してしまう誤判定を抑制でき、人間の感覚に沿ったエッジ検出を行うことができる。

[0104] 図１６に戻り、立体物検出部３３ａは、エッジ線検出部３９により検出されたエッジ線の量に基づいて立体物を検出する。上述したように、本実施形態に係る立体物検出装置１ａは、実空間上において鉛直方向に伸びるエッジ

線を検出する。鉛直方向に伸びるエッジ線が多く検出されるということは、検出領域Ａ１，Ａ２に立体物が存在する可能性が高いということである。このため、立体物検出部３３ａは、エッジ線検出部３９により検出されたエッジ線の量に基づいて立体物を検出する。具体的には、立体物検出部３３ａは、エッジ線検出部３９により検出されたエッジ線の量が、所定の閾値β以上であるか否かを判断し、エッジ線の量が所定の閾値β以上である場合には、エッジ線検出部３９により検出されたエッジ線は、立体物のエッジ線であるものと判断する。

[0105] さらに、立体物検出部３３ａは、立体物を検出するに先立って、エッジ線検出部３９により検出されたエッジ線が正しいものであるか否かを判定する。立体物検出部３３ａは、エッジ線上の鳥瞰視画像のエッジ線に沿った輝度変化が所定の閾値ｔｂ以上である否かを判定する。エッジ線上の鳥瞰視画像の輝度変化が閾値ｔｂ以上である場合には、当該エッジ線が誤判定により検出されたものと判断する。一方、エッジ線上の鳥瞰視画像の輝度変化が閾値ｔｂ未満である場合には、当該エッジ線が正しいものと判定する。なお、この閾値ｔｂは、実験等により予め設定された値である。

[0106] 図２１は、エッジ線の輝度分布を示す図であり、図２１（ａ）は検出領域Ａ１に立体物としての隣接車両Ｖ２が存在した場合のエッジ線及び輝度分布を示し、図２１（ｂ）は検出領域Ａ１に立体物が存在しない場合のエッジ線及び輝度分布を示す。

[0107] 図２１（ａ）に示すように、鳥瞰視画像において隣接車両Ｖ２のタイヤゴム部分に設定された注目線Ｌａがエッジ線であると判断されていたとする。この場合、注目線Ｌａ上の鳥瞰視画像の輝度変化はなだらかなものとなる。これは、カメラ１０により撮像された画像が鳥瞰視画像に視点変換されたことにより、隣接車両のタイヤが鳥瞰視画像内で引き延ばされたことによる。一方、図２１（ｂ）に示すように、鳥瞰視画像において路面に描かれた「５０」という白色文字部分に設定された注目線Ｌａがエッジ線であると誤判定されていたとする。この場合、注目線Ｌａ上の鳥瞰視画像の輝度変化は起伏

の大きいものとなる。これは、エッジ線上に、白色文字における輝度が高い部分と、路面等の輝度が低い部分とが混在しているからである。

[0108] 以上のような注目線Ｌａ上の輝度分布の相違に基づいて、立体物検出部３３ａは、エッジ線が誤判定により検出されたものか否かを判定する。たとえば、カメラ１０により取得された撮像画像を鳥瞰視画像に変換した場合、当該撮像画像に含まれる立体物は、引き伸ばされた状態で鳥瞰視画像に現れる傾向がある。上述したように、隣接車両Ｖ２のタイヤが引き伸ばされた場合に、タイヤという１つの部位が引き伸ばされるため、引き伸ばされた方向における鳥瞰視画像の輝度変化は小さい傾向となる。これに対し、路面に描かれた文字等をエッジ線として誤判定した場合に、鳥瞰視画像には、文字部分といった輝度が高い領域と路面部分といった輝度が低い領域とが混合されて含まれる。この場合に、鳥瞰視画像において、引き伸ばされた方向の輝度変化は大きくなる傾向がある。そのため、立体物検出部３３ａは、エッジ線に沿った輝度変化が所定の閾値ｔｂ以上である場合には、当該エッジ線が誤判定により検出されたものであり、当該エッジ線は、立体物に起因するものではないと判断する。これにより、路面上の「５０」といった白色文字や路肩の雑草等がエッジ線として判定されてしまい、立体物の検出精度が低下することを抑制する。一方、立体物検出部３３ａは、エッジ線に沿った輝度変化が所定の閾値ｔｂ未満である場合には、当該エッジ線は、立体物のエッジ線であると判断し、立体物が存在するものと判断する。

[0109] 具体的には、立体物検出部３３ａは、下記式４，５の何れかにより、エッジ線の輝度変化を算出する。このエッジ線の輝度変化は、実空間上における鉛直方向の評価値に相当する。下記式４は、注目線Ｌａ上のｉ番目の輝度値Ｉ（ｘｉ，ｙｉ）と、隣接するｉ＋１番目の輝度値Ｉ（ｘｉ＋１，ｙｉ＋１）との差分の二乗の合計値によって輝度分布を評価する。下記式５は、注目線Ｌａ上のｉ番目の輝度値Ｉ（ｘｉ，ｙｉ）と、隣接するｉ＋１番目の輝度値Ｉ（ｘｉ＋１，ｙｉ＋１）との差分の絶対値の合計値よって輝度分布を評価する。

［式４］

鉛直相当方向の評価値＝Σ［｛Ｉ（ｘｉ，ｙｉ）－Ｉ（ｘｉ＋１，ｙｉ＋１）｝^{2}］

［式５］

鉛直相当方向の評価値＝Σ｜Ｉ（ｘｉ，ｙｉ）－Ｉ（ｘｉ＋１，ｙｉ＋１）｜

[0110] なお、上記式５に限らず、下記式６のように、閾値ｔ２を用いて隣接する輝度値の属性ｂを二値化して、当該二値化した属性ｂを全ての注目点Ｐａについて総和してもよい。

［式６］

鉛直相当方向の評価値＝Σｂ（ｘｉ，ｙｉ）

但し、｜Ｉ（ｘｉ，ｙｉ）－Ｉ（ｘｉ＋１，ｙｉ＋１）｜＞ｔ２のとき、

ｂ（ｘｉ，ｙｉ）＝１

上記以外のとき、

ｂ（ｘｉ，ｙｉ）＝０

[0111] 注目点Ｐａｉの輝度値と参照点Ｐｒｉの輝度値との輝度差の絶対値が閾値ｔ２よりも大きい場合、当該注目点Ｐａ（ｘｉ，ｙｉ）の属性ｂ（ｘｉ，ｙｉ）は‘１’となる。それ以外の関係である場合には、注目点Ｐａｉの属性ｂ（ｘｉ，ｙｉ）は‘０’となる。この閾値ｔ２は、注目線Ｌａが同じ立体物上にないことを判定するために実験等によって予め設定されている。そして、立体物検出部３３ａは、注目線Ｌａ上の全注目点Ｐａについての属性ｂを総和して、鉛直相当方向の評価値を求めることで、エッジ線が立体物に起因するものであり、立体物が存在するか否かを判定する。

[0112] 図１６に戻り、閾値変更部３７ａは、白濁度算出部３４により算出されたレンズの白濁度と、確信度算出部３６により算出された隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度とに基づいて、撮像画像から立体物のエッジを検出するためのエッジ閾値ｔを変更する。具体的には、第１実施形態と同様に、閾値変更部３７ａは、ヘッドライト検出部３５により検出された光源が、隣接車両

Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度が高いほど、隣接車線に隣接車両Ｖ２が存在するものと判断し、隣接車線に存在する立体物（隣接車両Ｖ２）が検出され易くなるように、エッジ閾値ｔを低い値に変更する。また、閾値変更部３７ａは、レンズの白濁度が高いほど、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度に対して差分閾値ｔｈが低くなるように、差分閾値ｔｈと隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度との関係を示すマップを変更する。これにより、レンズが白濁しており、検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度が低くなってしまう場合でも、ヘッドライト検出部３５により検出された光源が、隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるか否かを適切に判断することができ、その結果、隣接車両Ｖ２を適切に検出することができる。

[0113] 次に、第２実施形態に係る隣接車両検出方法について説明する。図２２は、第２実施形態に係る隣接車両検出方法の詳細を示すフローチャートである。なお、図２２においては、便宜上、検出領域Ａ１を対象とする処理について説明するが、検出領域Ａ２についても同様の処理が実行される。

[0114] ステップＳ３０１では、カメラ１０により、画角ａ及び取付位置によって特定された所定領域の撮像が行われ、計算機３０ａにより、カメラ１０により撮像された撮像画像Ｐの画像データが取得される。次に視点変換部３１は、ステップＳ３０２において、取得した画像データについて視点変換を行い、鳥瞰視画像データを生成する。

[0115] 次に輝度差算出部３８は、ステップＳ３０３において、検出領域Ａ１上に注目線Ｌａを設定する。このとき、輝度差算出部３８は、実空間上において鉛直方向に伸びる線に相当する線を注目線Ｌａとして設定する。次に輝度差算出部３８は、ステップＳ３０４において、検出領域Ａ１上に参照線Ｌｒを設定する。このとき、輝度差算出部３８は、実空間上において鉛直方向に伸びる線分に該当し、且つ、注目線Ｌａと実空間上において所定距離離れた線を参照線Ｌｒとして設定する。

[0116] 次に輝度差算出部３８は、ステップＳ３０５において、注目線Ｌａ上に複数の注目点Ｐａを設定する。この際に、輝度差算出部３８は、エッジ線検出

部３９によるエッジ検出時に問題とならない程度の数の注目点Ｐａを設定する。また、輝度差算出部３８は、ステップＳ３０６において、実空間上において注目点Ｐａと参照点Ｐｒとが略同じ高さとなるように、参照点Ｐｒを設定する。これにより、注目点Ｐａと参照点Ｐｒとが略水平方向に並ぶこととなり、実空間上において鉛直方向に伸びるエッジ線を検出しやすくなる。

[0117] 次に輝度差算出部３８は、ステップＳ３０７において、実空間上において同じ高さとなる注目点Ｐａと参照点Ｐｒとの輝度差を算出する。そして、エッジ線検出部３９は、輝度差算出部３８により算出された輝度差に基づいて、上記式１に従って、各注目点Ｐａの属性ｓを算出する。なお、本実施形態では、隣接車両Ｖ２のエッジを検出するためのエッジ閾値ｔを用いて、各注目点Ｐａの属性ｓが算出される。このエッジ閾値ｔは、後述する閾値変更処理において変更される場合があり、エッジ閾値ｔが変更された場合には、変更されたエッジ閾値ｔが、このステップＳ３０７で用いられることとなる。

[0118] 次にエッジ線検出部３９は、ステップＳ３０８において、上記式２に従って、各注目点Ｐａの属性ｓの連続性ｃを算出する。そして、エッジ線検出部３９は、ステップＳ３０９において、上記式３に従って、連続性ｃの総和を正規化した値が閾値θより大きいか否かを判定する。そして、正規化した値が閾値θよりも大きいと判断した場合（ステップＳ３０９＝Ｙｅｓ）、エッジ線検出部３９は、ステップＳ３１０において、当該注目線Ｌａをエッジ線として検出する。そして、処理はステップＳ３１１に移行する。正規化した値が閾値θより大きくないと判断した場合（ステップＳ３０９＝Ｎｏ）、エッジ線検出部３９は、当該注目線Ｌａをエッジ線として検出せず、処理はステップＳ３１１に移行する。

[0119] ステップＳ３１１において、計算機３０ａは、検出領域Ａ１上に設定可能な注目線Ｌａの全てについて上記のステップＳ３０３～ステップＳ３１０の処理を実行したか否かを判断する。全ての注目線Ｌａについて上記処理をしていないと判断した場合（ステップＳ３１１＝Ｎｏ）、ステップＳ３０３に処理を戻して、新たに注目線Ｌａを設定して、ステップＳ３１１までの処理

を繰り返す。一方、全ての注目線Ｌａについて上記処理をしたと判断した場合（ステップＳ３１１＝Ｙｅｓ）、処理はステップＳ３１２に移行する。

[0120] ステップＳ３１２において、立体物検出部３３ａは、ステップＳ３１０において検出された各エッジ線について、当該エッジ線に沿った輝度変化を算出する。立体物検出部３３ａは、上記式４，５，６の何れかの式に従って、エッジ線の輝度変化を算出する。次に立体物検出部３３ａは、ステップＳ３１３において、エッジ線のうち、輝度変化が所定の閾値ｔｂ以上のエッジ線を除外する。すなわち、輝度変化の大きいエッジ線は正しいエッジ線ではないと判定し、エッジ線を立体物の検出には使用しない。これは、上述したように、検出領域Ａ１に含まれる路面上の文字や路肩の雑草等がエッジ線として検出されてしまうことを抑制するためである。したがって、所定の閾値ｔｂとは、予め実験等によって求められた、路面上の文字や路肩の雑草等によって発生する輝度変化に基づいて設定された値となる。一方、立体物検出部３３ａは、エッジ線のうち、輝度変化が所定の閾値ｔｂ未満であるエッジ線を、立体物のエッジ線と判断し、これにより、隣接車両に存在する立体物を検出する。

[0121] 次いで、ステップＳ３１４では、立体物検出部３３ａにより、エッジ線の量が、所定の閾値β以上であるか否かの判断が行われる。ここで、閾値βは、予め実験等によって求めておいて設定された値であり、たとえば、検出対象の立体物として四輪車を設定した場合に、当該閾値βは、予め実験等によって検出領域Ａ１内において出現した四輪車のエッジ線の数に基づいて設定される。エッジ線の量が閾値β以上であると判定された場合（ステップＳ３１４＝Ｙｅｓ）、立体物検出部３３ａは、検出領域Ａ１内に立体物が存在するものと判断し、ステップＳ３１５に進み、隣接車両が存在すると判定される。一方、エッジ線の量が閾値β以上ではないと判定された場合（ステップＳ３１４＝Ｎｏ）、立体物検出部３３ａは、検出領域Ａ１内に立体物が存在しないものと判断し、ステップＳ３１６に進み、検出領域Ａ１内に隣接車両が存在しないと判定される。

[0122] 続いて、図２３を参照して、第２実施形態に係る閾値変更処理について説明する。なお、第２実施形態に係る閾値変更処理も、第１実施形態と同様に、図２２に示す隣接車両検出処理と並行して行われる。また、第２実施形態に係る閾値変更処理は、レンズに水垢などの異物が付着しており、レンズが白濁している場合でも、隣接車両Ｖ２を適切に検出することができるように、立体物を検出するためのエッジ閾値ｔを変更するものである。そのため、この閾値変更処理において変更されたエッジ閾値ｔは、図２２に示す隣接車両検出処理のステップＳ３０７において、隣接車線に存在する立体物（隣接車両Ｖ２）のエッジを検出する際に用いられることとなる。なお、図２３は、第２実施形態に係る閾値変更処理を説明するための図である。

[0123] 第２実施形態に係る閾値変更処理のステップＳ４０１～Ｓ４０４では、第１実施形態のステップＳ２０１～Ｓ２０４と同様に、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの候補となる光源の検出が行われ（ステップＳ４０１）、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの候補となる光源が検出された場合には（ステップＳ４０２＝Ｙｅｓ）、検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度の算出が行われ（ステップＳ４０３）、続いて、レンズの白濁度の算出が行われる（ステップＳ４０４）。一方、隣接車両Ｖ２のヘッドライトが検出されない場合には（ステップＳ４０２＝Ｎｏ）、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの検出が繰り返し行われる。

[0124] そして、ステップＳ４０５では、閾値変更部３７ａにより、ステップＳ４０４で算出されたレンズの白濁度に基づいて、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度と、エッジ閾値ｔとの関係を示すマップの選択が行われる。具体的には、閾値変更部３７ａは、第１実施形態と同様に、レンズの白濁度が高いほど、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度が低い場合でも、エッジ閾値ｔｈが低く設定されるようなマップを選択する。

[0125] ステップＳ４０６では、閾値変更部３７ａにより、ステップＳ４０３で算出された隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度と、ステップＳ４０５で選択されたマップと基づいて、エッジ閾値ｔの変更が行われる。具体的には、閾

値変更部３７ａは、ステップＳ４０５で選択されたマップに従って、検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度が高いほど、エッジ閾値ｔｈを低い値に変更する。これにより、第２実施形態においても、レンズが白濁している場合でも、光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度が高く、隣接車両Ｖ２が存在すると判断できる場合には、隣接車線に存在する立体物（隣接車両Ｖ２）を検出するためのエッジ閾値ｔが低い値に変更され、その結果、隣接車線に存在する隣接車両Ｖ２を適切に検出することが可能となる。そして、ステップＳ４０６でエッジ閾値ｔが変更された後は、ステップＳ４０１に戻り、上述した閾値変更処理が繰り返し行われる。

[0126] 以上のように、第２実施形態では、隣接車線に存在する立体物のエッジに基づいて隣接車両Ｖ２を検出する際に、検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度が高いほど、エッジ閾値ｔを低い値に変更する。これにより、検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度が高く、隣接車両Ｖ２が存在するものと判断できる場合には、隣接車線に存在する立体物（隣接車両Ｖ２）が検出され易くなり、たとえレンズに水垢などの異物が付着しており、レンズが白濁している場合でも、隣接車両Ｖ２を適切に検出することが可能となる。また、第２実施形態では、レンズが白濁している度合いを白濁度として算出し、レンズの白濁度が高いほど、検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度が高くなるように、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度とエッジ閾値ｔとのマップを変更することで、レンズが白濁しており、検出された光源が隣接車両Ｖ２のヘッドライトであるとの確信度が低くなってしまう場合でも、隣接車両Ｖ２のヘッドライトを適切に検出することが可能となり、その結果、隣接車両Ｖ２を適切に検出することが可能となる。

[0127] なお、以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするために記載されたものであって、本発明を限定するために記載されたものではない。したがって、上記の実施形態に開示された各要素は、本発明の技術的範囲に属す

る全ての設計変更や均等物をも含む趣旨である。

[0128] たとえば、上述した実施形態においては、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度が高いほど、差分閾値ｔｈまたはエッジ閾値ｔを低い値に変更する構成を例示したが、この構成に限定されず、たとえば、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度が高いほど、立体物を検出するための閾値α、閾値βを低い値に変更する構成としてもよし、エッジ線を検出するための閾値θ、閾値ｔ２を低い値に変更する構成としてもよい。これにより、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度が高いほど、隣接車両Ｖ２が検出され易くなるため、レンズが白濁している場合でも隣接車線に存在する隣接車両Ｖ２を適切に検出することが可能となる。また、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度に基づいて、カメラ１０から出力される画素値（または輝度値）を高くする構成としてもよい。この場合、差分閾値ｔｈやエッジ閾値ｔを変更しない場合でも、差分画素ＤＰやエッジが検出され易くなり、立体物（隣接車両Ｖ２）が検出され易くなるため、レンズが白濁している場合でも隣接車線に存在する隣接車両Ｖ２を適切に検出することが可能となる。

[0129] さらに、上述した実施形態では、立体物の移動速度が所定の条件を満たす場合に、該立体物を隣接車両Ｖ２として検出する構成を例示したが、この構成に限定されず、たとえば、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度に基づいて上記の条件を変更することで、隣接車両Ｖ２の検出を促進する構成としてもよい。たとえば、上述した実施形態では、立体物の絶対移動速度が１０ｋｍ／ｈ以上、かつ、自車両Ｖ１に対する立体物の相対移動速度が＋６０ｋｍ／ｈ以下である場合に、立体物を隣接車両Ｖ２と判断しているが、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度が高い場合には、たとえば、立体物の絶対移動速度が５ｋｍ／ｈ以上、かつ、自車両Ｖ１に対する立体物の相対移動速度が＋７０ｋｍ／ｈ以下である場合に、立体物は隣接車両Ｖ２であると判断することができる。

[0130] また、上述した実施形態では、白濁度算出部３４により算出されたレンズの白濁度に応じて、差分閾値ｔｈまたはエッジ閾値ｔと、隣接車両Ｖ２のヘ

ッドライトの確信度との関係を示すマップを変更する構成を例示したが、この構成に限定されず、たとえば、レンズの白濁度が高いほど、確信度算出部３６が算出するヘッドライトの確信度を高く算出する構成としてもよい。特に、ヘッドライト検出部３５により検出された光源の大きさが小さい場合でも、検出された光源を隣接車両Ｖ２のヘッドライトとして判断することができるように、レンズの白濁度が高いほど、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度を高く算出する構成とすることができる。

[0131] さらに、上述した実施形態では、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度が高いほど、また、レンズの白濁度が高いほど、隣接車線に存在する立体物（隣接車両Ｖ２）が検出され易くなるように、差分閾値ｔｈまたはエッジ閾値ｔを変更する構成を例示したが、この構成に限定されず、たとえば、レンズの白濁度が所定値以上であり、かつ、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度が所定値以上である場合には、検出した光源は隣接車両Ｖ２のヘッドライトであり、隣接車線に隣接車両Ｖ２が存在するものと判断する構成としてもよい。すなわち、上述した実施形態とは異なり、差分波形などを考慮することなく、隣接車両Ｖ２のヘッドライトを検出した場合には、隣接車両Ｖ２が存在するものと判断し、隣接車両Ｖ２を検出する構成とすることができる。

[0132] また、上述した実施形態では、画像の鮮鋭度を算出することで、レンズの白濁度を算出する構成を例示したが、この構成に限定されず、たとえば、以下のように、レンズの白濁度を算出する構成としてもよい。すなわち、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの候補となる光源が検出された場合に、撮像画像から隣接車線に存在する立体物のエッジ線を検出し、所定時間内において検出されたエッジ線の本数に基づいて、レンズの白濁度を算出する構成としてもよい。たとえば、レンズが白濁していない場合に、隣接車両Ｖ２のヘッドライトが検出された際には、隣接車両Ｖ２に対応するエッジ線を検出することができるが、レンズの白濁度が高い場合には、隣接車両Ｖ２の像がぼやけてしまい、隣接車両Ｖ２に対応するエッジ線を検出できない場合がある。そのため、隣接車両Ｖ２のヘッドライトを検出した後に、所定時間内において検

出されたエッジ線の本数が少ない場合には、レンズが白濁しているものと判断することができる。

[0133] さらに、上述した実施形態に加えて、図１４に示す差分波形DW_tに基づく隣接車両検出処理と、図２２に示すエッジに基づく隣接車両検出処理とを並行して行う構成としてもよい。この場合、白濁度算出部３４により検出されたレンズの白濁度と、隣接車両Ｖ２のヘッドライトの確信度とに基づいて、差分閾値ｔｈおよびエッジ閾値ｔを変更する際に、まず、エッジ閾値ｔを一定値まで変更した後に、続いて、差分閾値ｔｈを変更する構成とすることができる。レンズに水垢などの異物が付着しており、レンズが白濁している場合には、エッジ閾値ｔを低くしても、隣隣接車両を隣接車両Ｖ２として誤検出する可能性は低い。そこで、まず、エッジ閾値ｔを一定値まで変更した後に、続いて、差分閾値ｔｈを変更することで、隣隣接車両を隣接車両Ｖ２として誤検出してしまうことを有効に防止することができる。

[0134] なお、上述した実施形態のカメラ１０は本発明の撮像手段に相当し、視点変換部３１は本発明の画像変換手段に相当し、位置合わせ部３２、立体物検出部３３，３３ａ、輝度差算出部３８、およびエッジ線検出部３９は本発明の立体物検出手段に相当し、白濁度算出部３４は本発明の白濁度算出手段に相当し、ヘッドライト検出部３５は本発明の光源検出手段に相当し、確信度算出部３６は本発明の確信度算出手段に相当し、閾値変更部３７，３７ａは本発明の制御手段に相当する。

符号の説明

[0135] １，１ａ…立体物検出装置

１０…カメラ

２０…車速センサ

３０，３０ａ…計算機

３１…視点変換部

３２…位置合わせ部

３３…立体物検出部

３４…白濁度算出部

３５…ヘッドライト検出部

３６…確信度算出部

３７，３７ａ…閾値変更部

３８…輝度差算出部

３９…エッジ線検出部

ａ…画角

Ａ１，Ａ２…検出領域

ＣＰ…交点

ＤＰ…差分画素

DW_t，DW_t'…差分波形

DW_{t1}～DW_m，DW_{m+k}～DW_{tn}…小領域

Ｌ１，Ｌ２…接地線

Ｌａ，Ｌｂ…立体物が倒れ込む方向上の線

Ｐ…撮像画像

PB_t…鳥瞰視画像

PD_t…差分画像

Ｖ１…自車両

Ｖ２…隣接車両

請求の範囲

[請求項1] 自車両後方の映像を結像させるレンズを備えた撮像手段と、

前記撮像手段により得られた撮像画像に基づいて、立体物を検出する立体物検出手段と、

前記撮像画像に基づいて、前記レンズが白濁している度合いを白濁度として算出する白濁度算出手段と、

前記撮像画像に基づいて、自車両後方に存在する光源を検出する光源検出手段と、

前記光源検出手段により検出された前記光源の態様に基づいて、前記光源が、前記隣接車両のヘッドライトである確信度を算出する確信度算出手段と、

前記隣接車両のヘッドライトの確信度が高いほど、前記立体物検出手段に、前記立体物を検出させる制御手段と、を備え、

前記制御手段は、前記レンズの白濁度が高いほど、前記確信度算出手段に、前記隣接車両のヘッドライトの確信度を高く算出させることを特徴とする立体物検出装置。

[請求項2] 請求項１に記載の立体物検出装置であって、

前記立体物検出手段は、

前記撮像手段により得られた前記撮像画像を鳥瞰視画像に視点変換する画像変換手段を有し、

前記画像変換手段により得られた異なる時刻の鳥瞰視画像の位置を鳥瞰視上で位置合わせし、当該位置合わせされた鳥瞰視画像の差分画像上で所定の差分を示す画素数をカウントして度数分布化することで差分波形情報を生成し、該差分波形情報に基づいて、前記立体物を検出することを特徴とする立体物検出装置。

[請求項3] 請求項２に記載の立体物検出装置であって、

前記立体物検出手段は、前記差分画像上で所定の第１閾値以上の差分を示す画素数をカウントして度数分布化することで前記差分波形情

報を生成し、前記差分波形情報のピークの値が所定の第２閾値以上である場合に、前記差分波形情報に基づいて前記立体物を検出し、

前記制御手段は、前記隣接車両のヘッドライトの確信度が高いほど、前記第１閾値または前記第２閾値を低い値に変更することで、前記差分波形情報に基づいて前記立体物を検出することを促進することを特徴とする立体物検出装置。

[請求項4] 請求項２または３に記載の立体物検出装置であって、

前記制御手段は、前記立体物検出手段が前記差分波形情報を生成する際に、前記立体物検出手段に、前記差分画像上で所定の差分を示す画素数をカウントして度数分布化した値を高く出力させることで、前記差分波形情報に基づいて前記立体物を検出することを促進することを特徴とする立体物検出装置。

[請求項5] 請求項１に記載の立体物検出装置であって、

前記立体物検出手段は、

前記撮像手段により得られた前記撮像画像を鳥瞰視画像に視点変換する画像変換手段を有し、

前記画像変換手段により得られた鳥瞰視画像に基づいてエッジ情報を検出し、該エッジ情報に基づいて、前記立体物を検出することを特徴とする立体物検出装置。

[請求項6] 請求項５に記載の立体物検出装置であって、

前記立体物検出手段は、前記鳥瞰視画像から、隣接する画素領域の輝度差が所定の第１閾値以上であるエッジ成分を検出し、該エッジ成分に基づく前記エッジ情報の量が所定の第２閾値以上である場合に、前記エッジ情報に基づいて前記立体物を検出し、

前記制御手段は、前記隣接車両のヘッドライトの確信度が高いほど、前記第１閾値または前記第２閾値を低い値に変更することで、前記エッジ情報に基づいて前記立体物を検出することを促進することを特徴とする立体物検出装置。

[請求項7] 請求項５または６に記載の立体物検出装置であって、

前記制御手段は、前記立体物検出手段が前記エッジ情報を検出する際に、前記立体物検出手段に前記エッジ情報を高く出力させることで、前記エッジ情報に基づいて前記立体物を検出することを促進することを特徴とする立体物検出装置。

[請求項8] 請求項１～７のいずれかに記載の立体物検出装置であって、

前記確信度算出手段は、前記光源検出手段により検出された前記光源の大きさを前記光源の態様として特定し、特定した前記光源の大きさが大きいほど、前記隣接車両のヘッドライトの確信度を高く算出することを特徴とする立体物検出装置。

[請求項9] 請求項１～８のいずれかに記載の立体物検出装置であって、

前記確信度算出手段は、前記光源検出手段により検出された前記光源の位置の時間変化を前記光源の態様として特定し、特定した前記光源の位置の時間変化に基づいて、前記光源の移動速度を算出し、前記光源の移動速度が速いほど、前記隣接車両のヘッドライトの確信度を高く算出することを特徴とする立体物検出装置。

[請求項10] 請求項１～９のいずれかに記載の立体物検出装置であって、

前記確信度算出手段は、前記光源検出手段により検出された前記光源の位置を前記光源の態様として特定し、特定した前記光源から自車両までの車幅方向における距離が短いほど、前記隣接車両のヘッドライトの確信度を高く算出することを特徴とする立体物検出装置。

[請求項11] 請求項１～１０のいずれかに記載の立体物検出装置であって、

前記白濁度算出手段は、自車両後方に存在する光源の輝度勾配に基づいて、前記レンズの白濁度を算出することを特徴とする立体物検出装置。

[請求項12] 請求項１～１１のいずれかに記載の立体物検出装置であって、

前記白濁度算出手段は、前記撮像画像から得られる特定の周波数成分に基づいて、前記レンズの白濁度を算出することを特徴とする立体

物検出装置。

[請求項13] 請求項１～１２のいずれかに記載の立体物検出装置であって、

前記白濁度算出手段は、前記撮像画像から検出されるエッジ情報の強度に基づいて、前記レンズの白濁度を算出することを特徴とする立体物検出装置。

[請求項14] 自車両後方を撮像した撮像画像を鳥瞰視画像に視点変換し、異なる時刻の前記鳥瞰視画像の差分画像から差分波形情報を生成し、該差分波形情報に基づいて立体物を検出し、該立体物が他車両であるか否かを判断する立体物検出方法であって、

前記撮像画像に基づいて自車両後方に存在する光源を検出し、検出された前記光源の態様に基づいて、前記光源が前記他車両のヘッドライトである確信度を算出するとともに、前記撮像画像に基づいて前記レンズが白濁している度合いを白濁度として算出し、前記確信度を算出する際に、前記レンズの白濁度が高いほど前記他車両のヘッドライトの確信度を高く算出し、前記他車両のヘッドライトの確信度が高いほど、前記差分波形情報に基づいて前記立体物を検出すること、または、前記立体物を前記他車両であると判断することを促進することを特徴とする立体物検出方法。

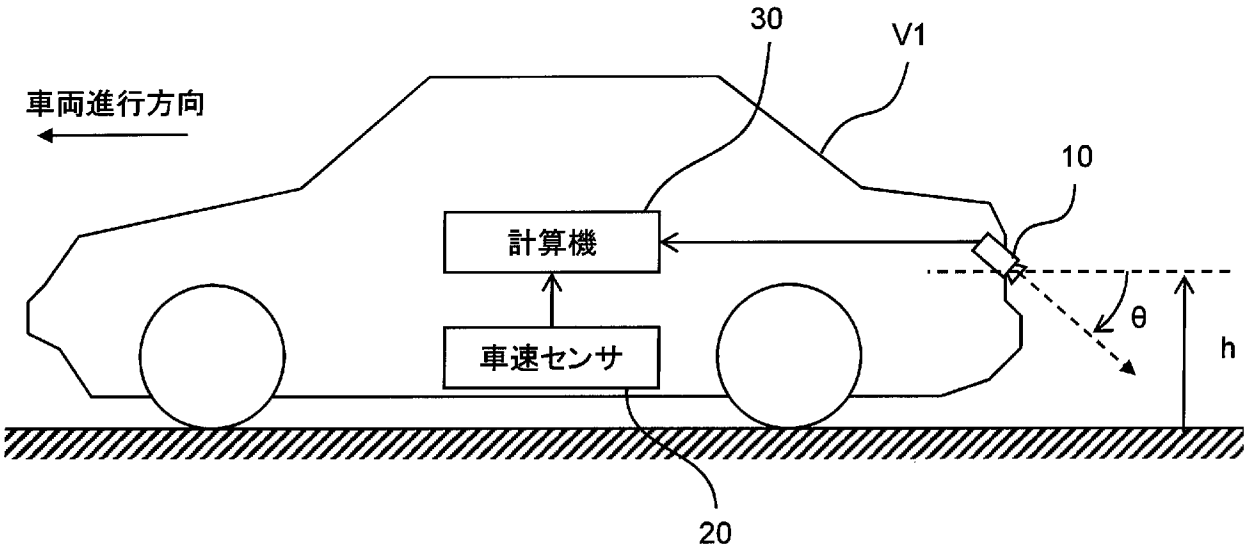
[請求項15] 自車両後方を撮像した撮像画像を鳥瞰視画像に視点変換し、該鳥瞰視画像に基づいてエッジ情報を検出し、該エッジ情報に基づいて立体物を検出し、該立体物が他車両であるか否かを判断する立体物検出方法であって、

前記撮像画像に基づいて自車両後方に存在する光源を検出し、検出された前記光源の態様に基づいて、前記光源が前記他車両のヘッドライトである確信度を算出するとともに、前記撮像画像に基づいて前記レンズが白濁している度合いを白濁度として算出し、前記確信度を算出する際に、前記レンズの白濁度が高いほど前記他車両のヘッドライトの確信度を高く算出し、前記他車両のヘッドライトの確信度が高い

ほど、前記エッジ情報に基づいて前記立体物を検出すること、または、前記立体物を前記他車両であると判断することを促進することを特徴とする立体物検出方法。

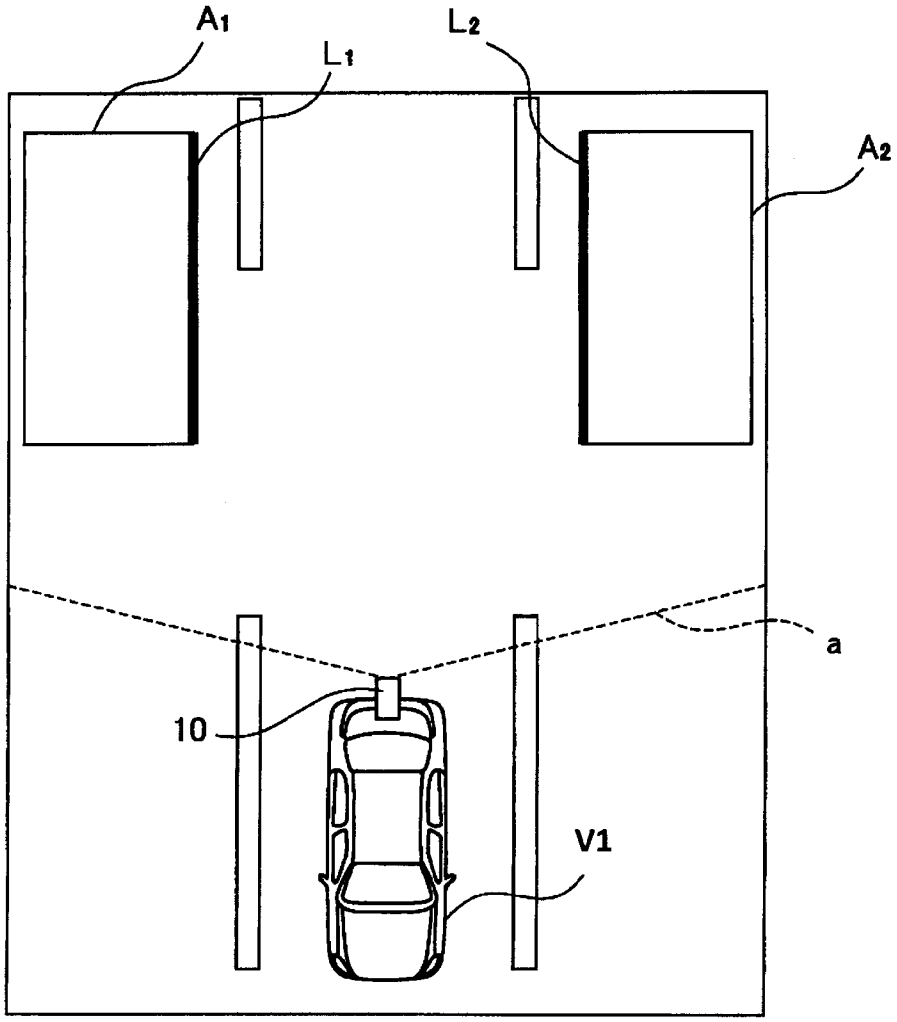
[図1]

図 1



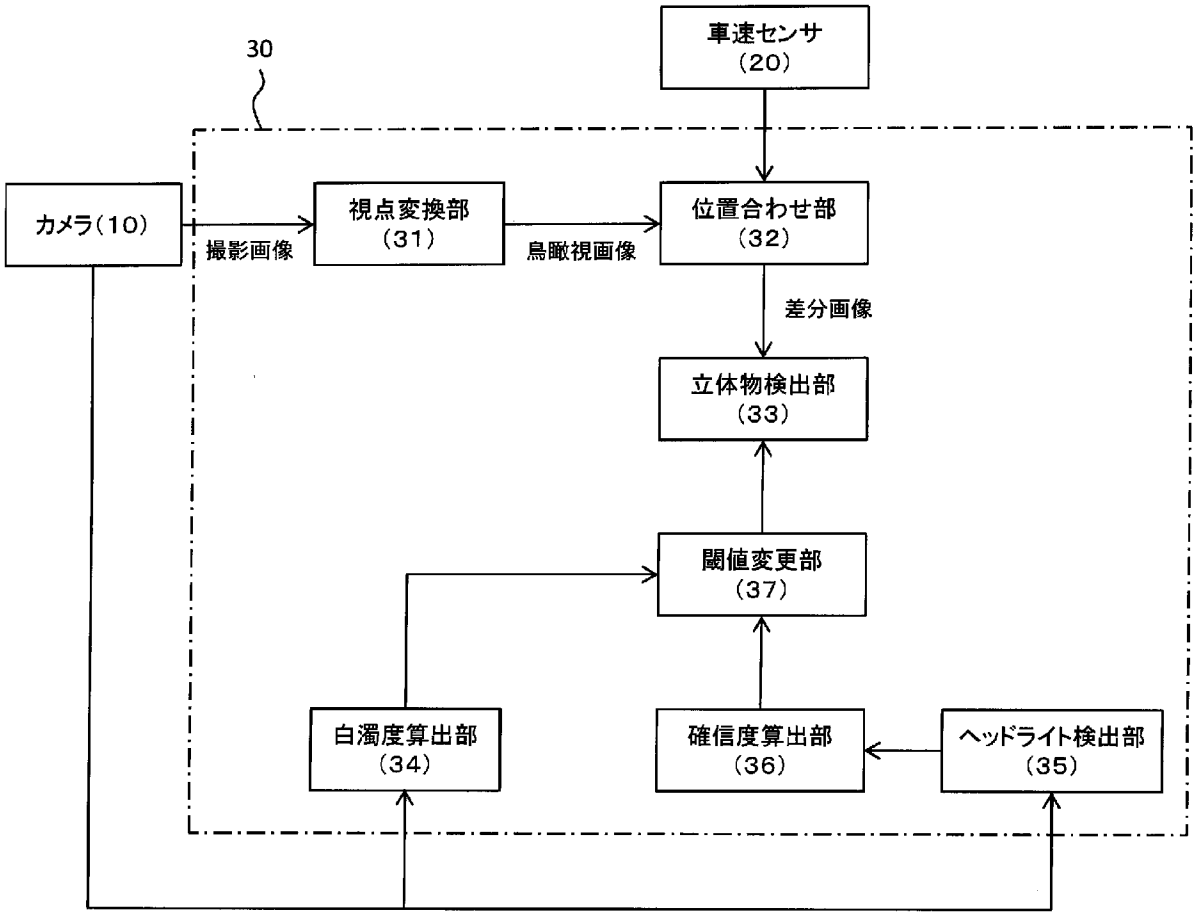
[図2]

図 2



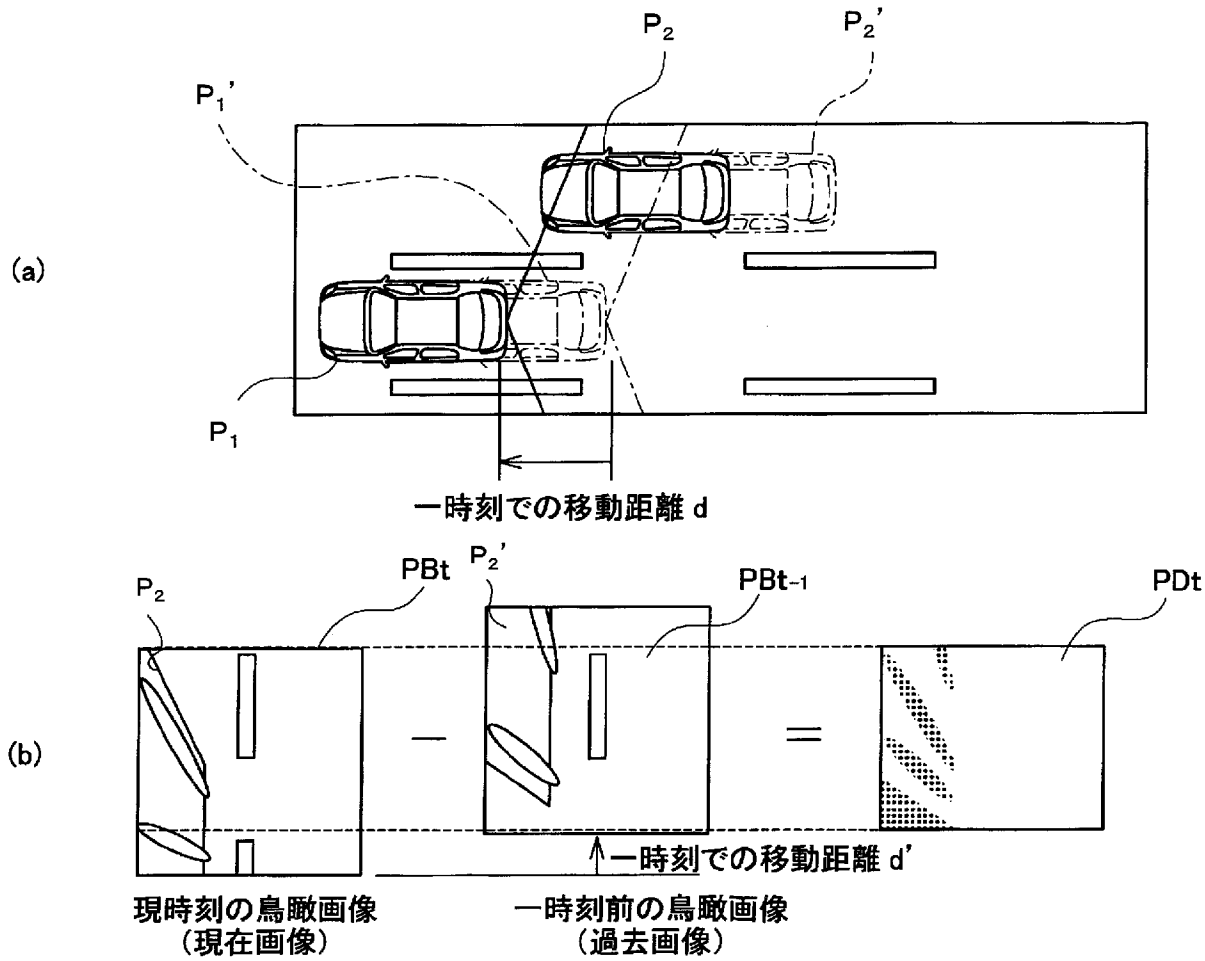
[図3]

図 3


30
車速センサ
(20)
カメラ(10)
撮影画像
視点変換部
(31)
鳥瞰視画像
位置合わせ部
(32)
差分画像
立体物検出部
(33)
閾値変更部
(37)
白濁度算出部
(34)
確信度算出部
(36)
ヘッドライト検出部
(35)

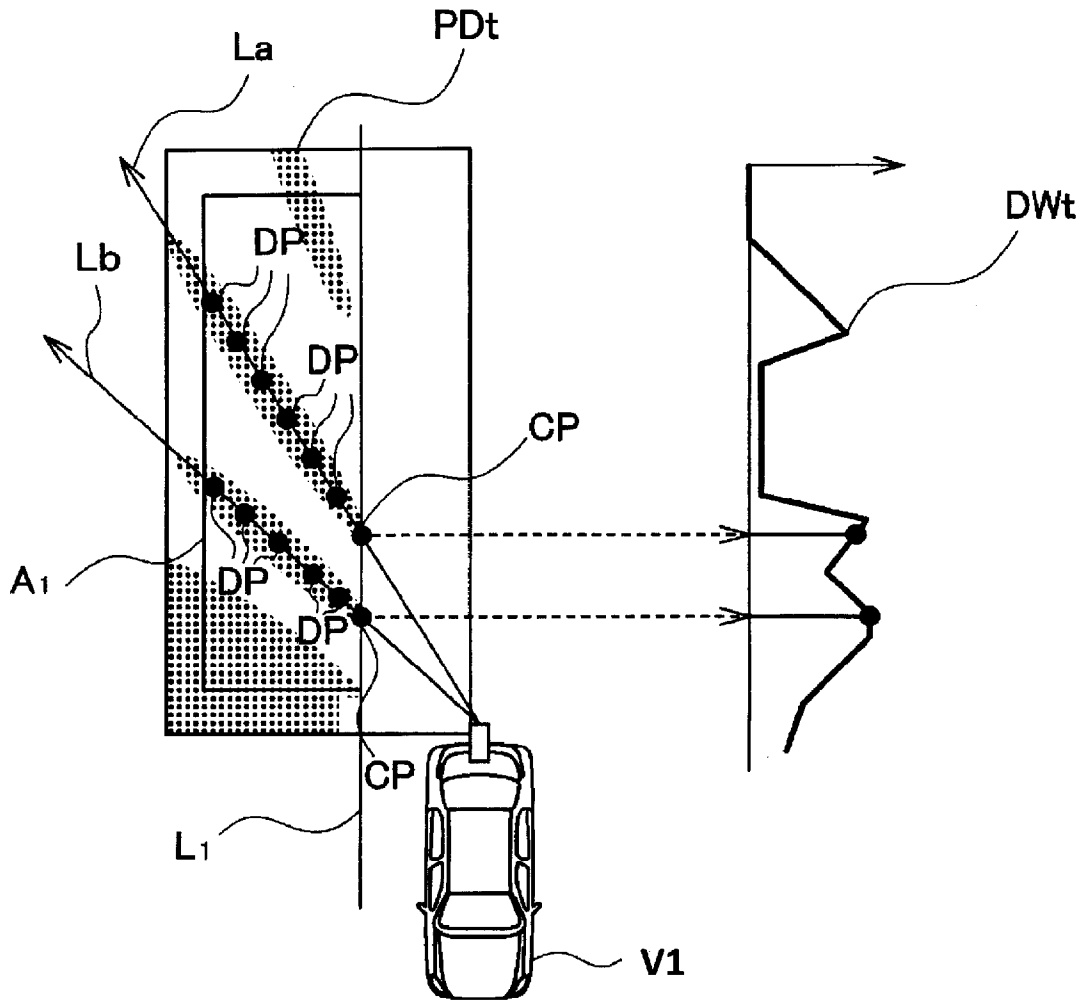
[図4]

図 4


(a)
P2
P2'
P1'
P1
一時刻での移動距離 d
(b)
P2
PBt
P2'
PBt-1
PDt
一時刻での移動距離 d'
現時刻の鳥瞰画像
（現在画像）
一時刻前の鳥瞰画像
（過去画像）

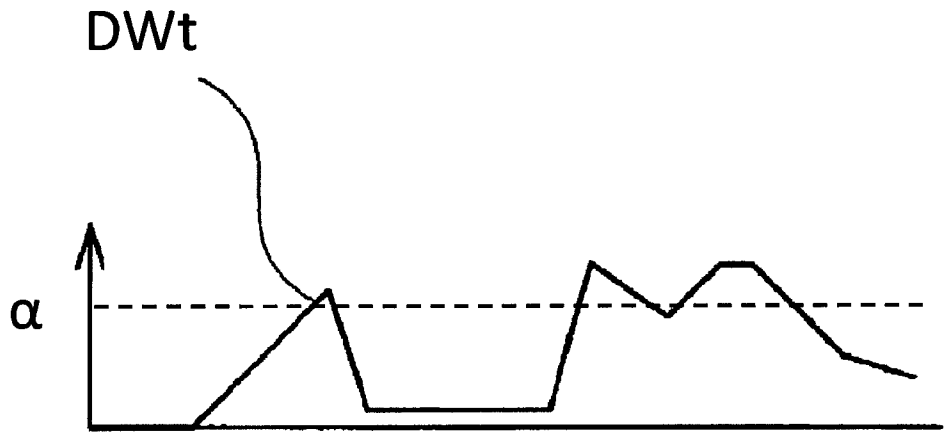
[図5]

図 5



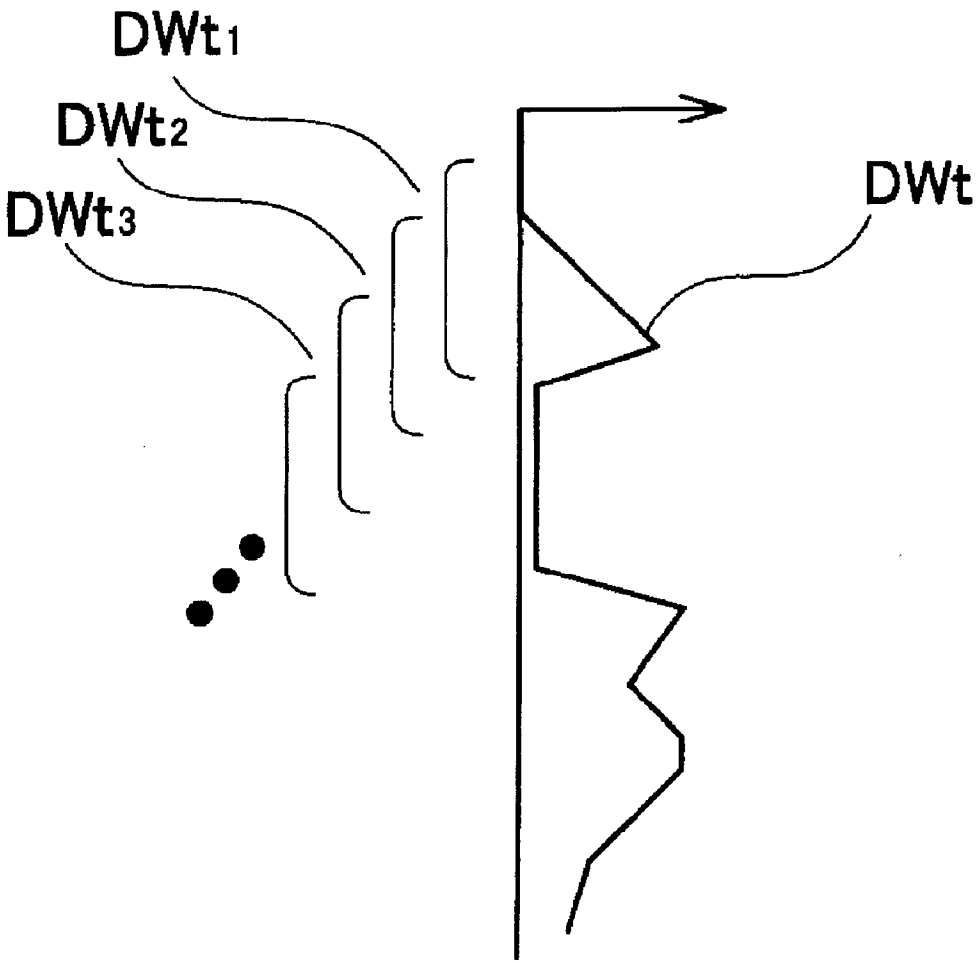
[図6]

図 6



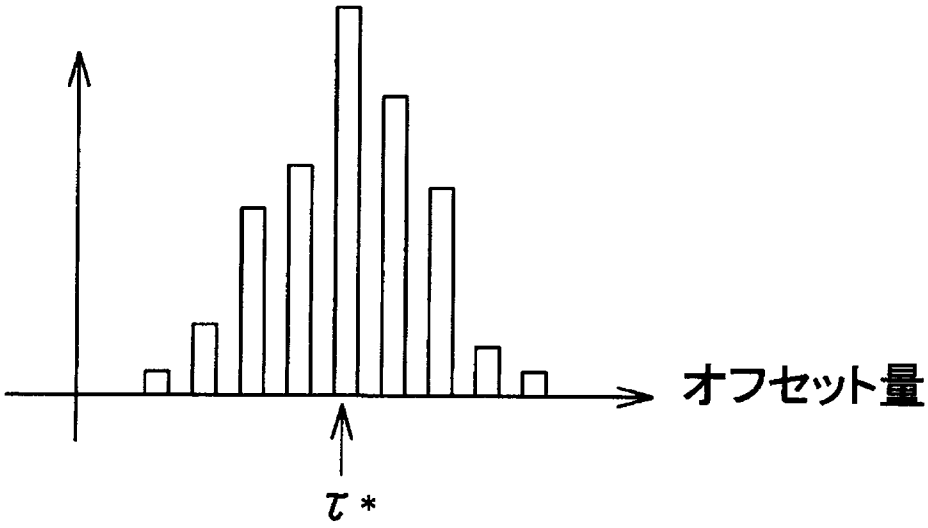
[図7]

図 7



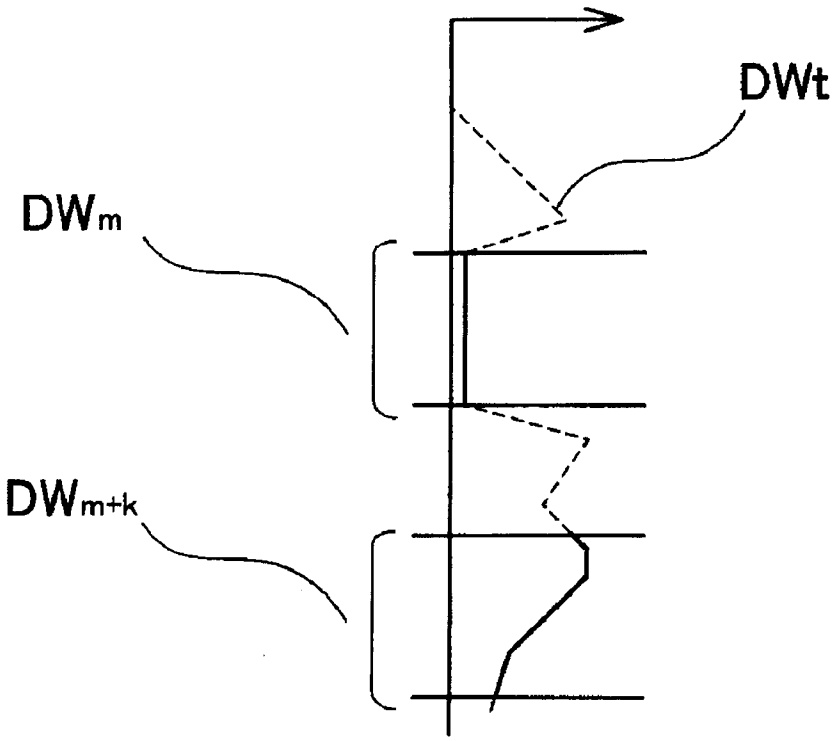
[図8]

図 8



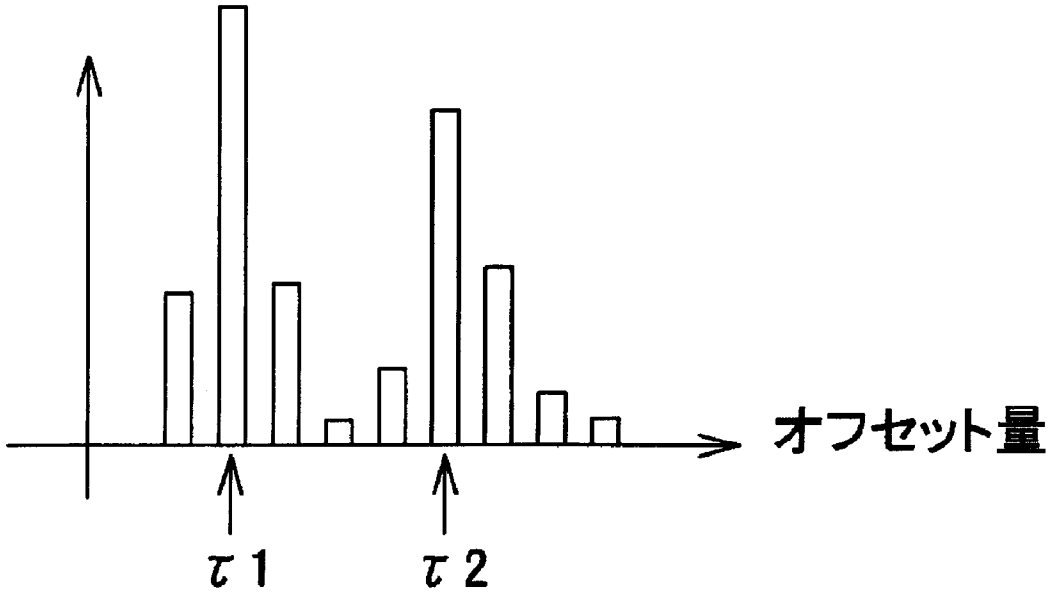
[図9]

図 9



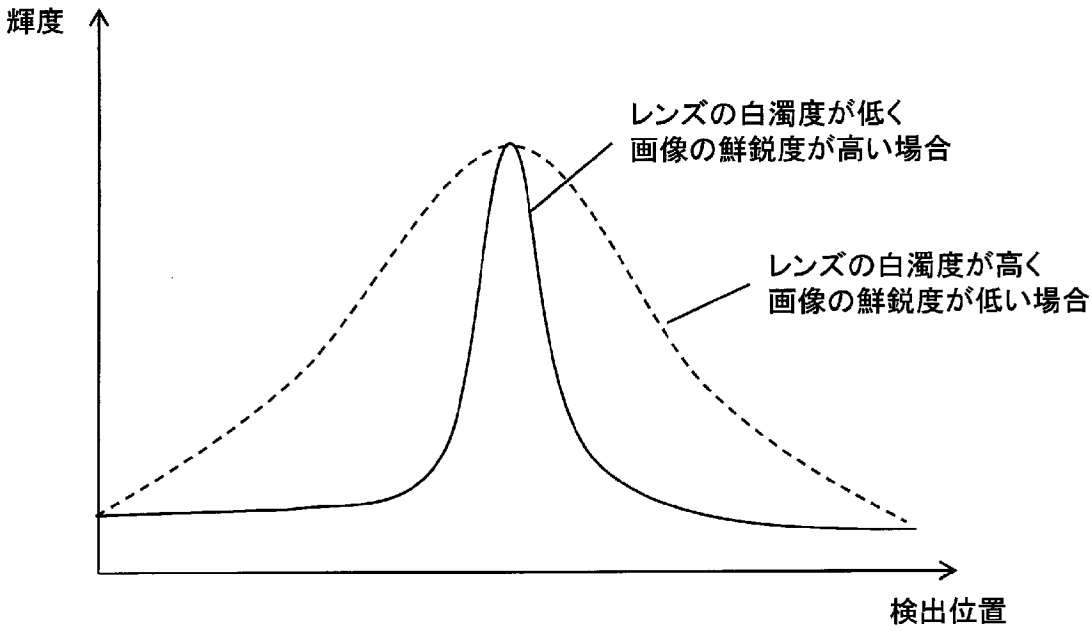
[図10]

図 １０



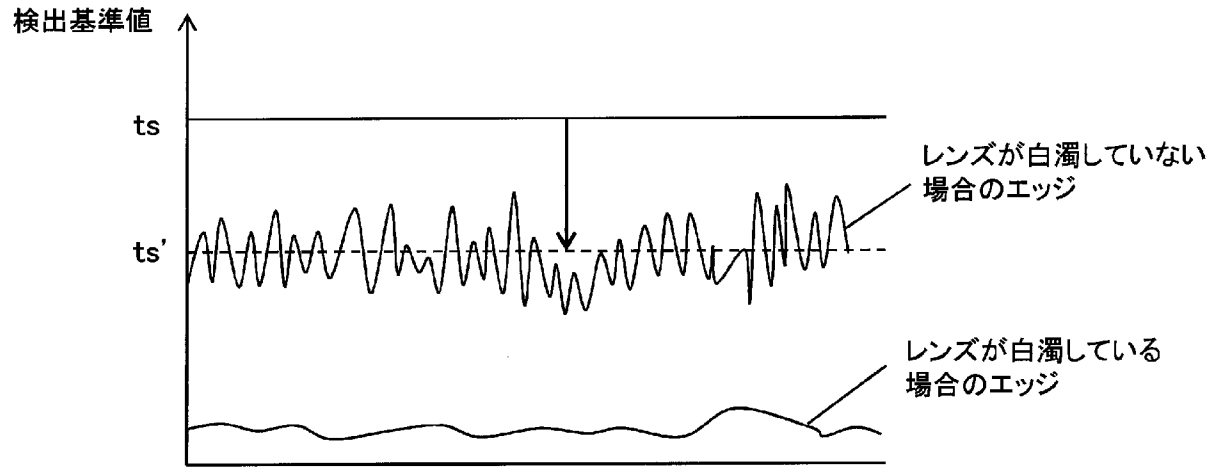
[図11]

図 １１



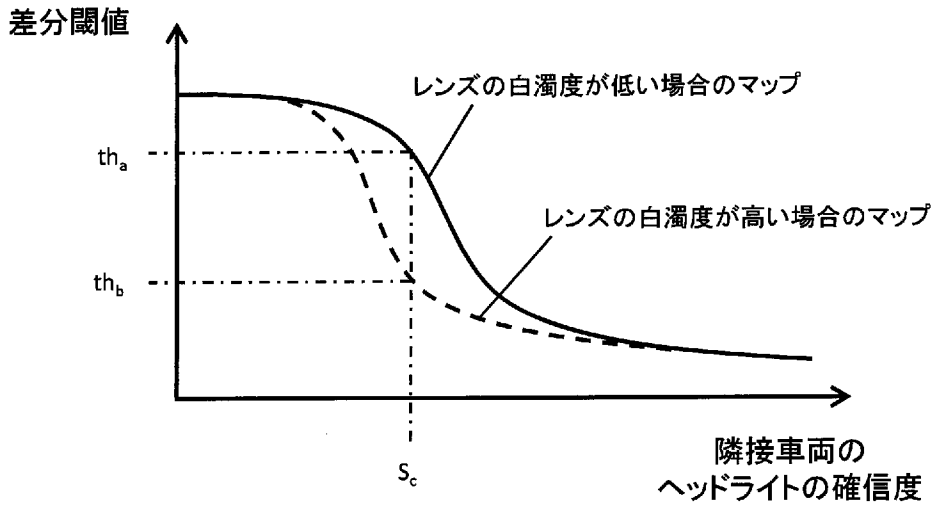
[図12]

図 １２



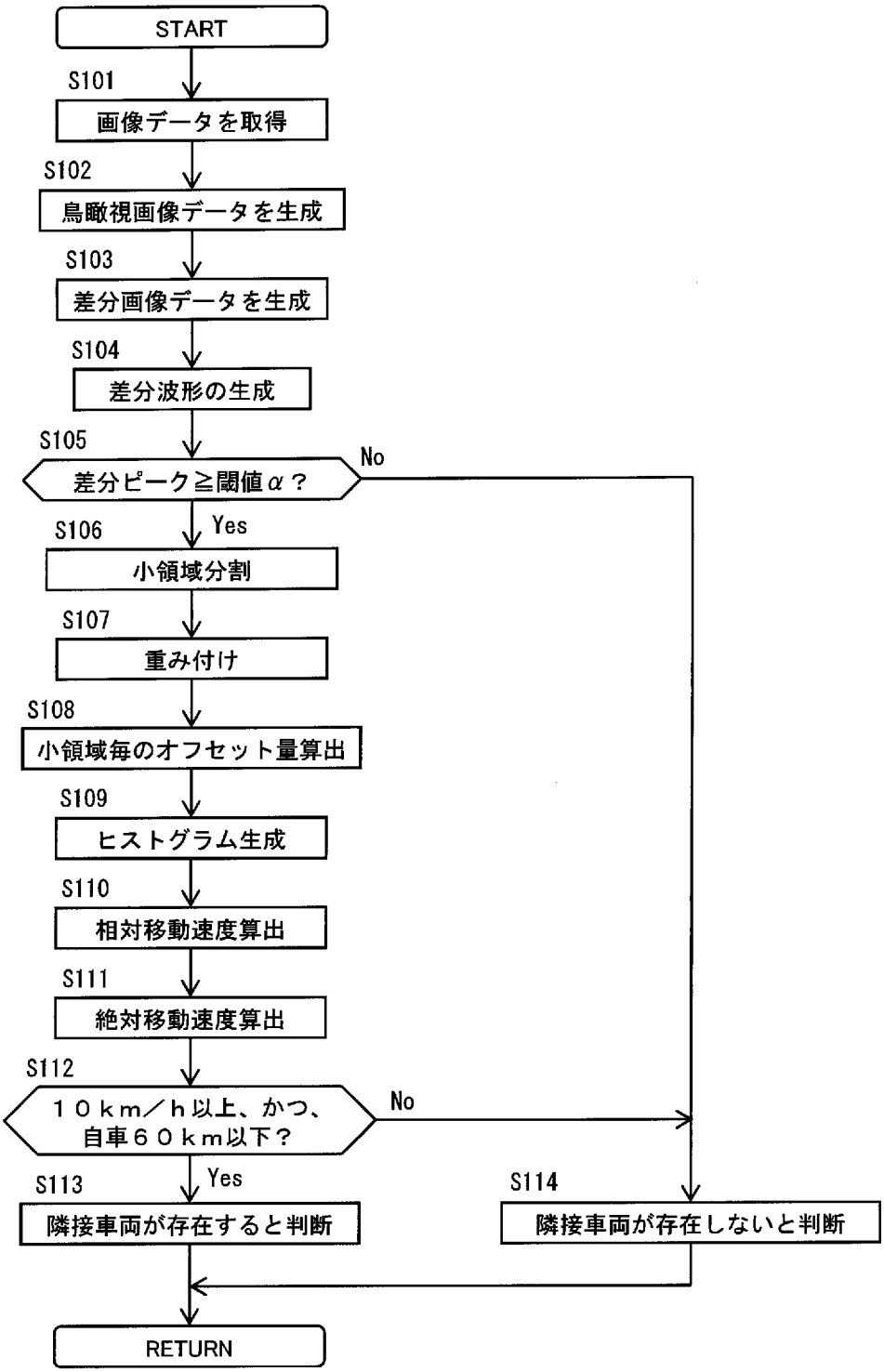
[図13]

図 １３


差分閾値
レンズの白濁度が低い場合のマップ
th_a
レンズの白濁度が高い場合のマップ
th_b
S_c
隣接車両の
ヘッドライトの確信度

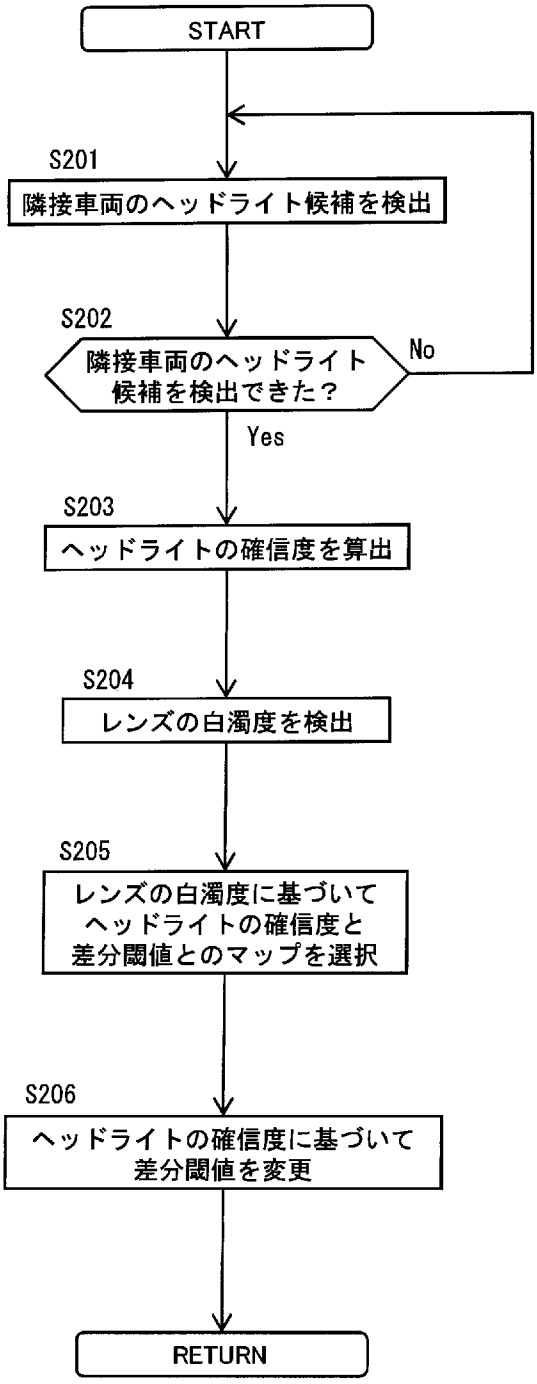
[図14]

図 １４


START
S101
画像データを取得
S102
鳥瞰視画像データを生成
S103
差分画像データを生成
S104
差分波形の生成
S105
差分ピーク≧閾値α？
No
Yes
S106
小領域分割
S107
重み付け
S108
小領域毎のオフセット量算出
S109
ヒストグラム生成
S110
相対移動速度算出
S111
絶対移動速度算出
S112
１０ｋｍ／ｈ以上、かつ、
自車６０ｋｍ以下？
No
Yes
S113
隣接車両が存在すると判断
S114
隣接車両が存在しないと判断
RETURN

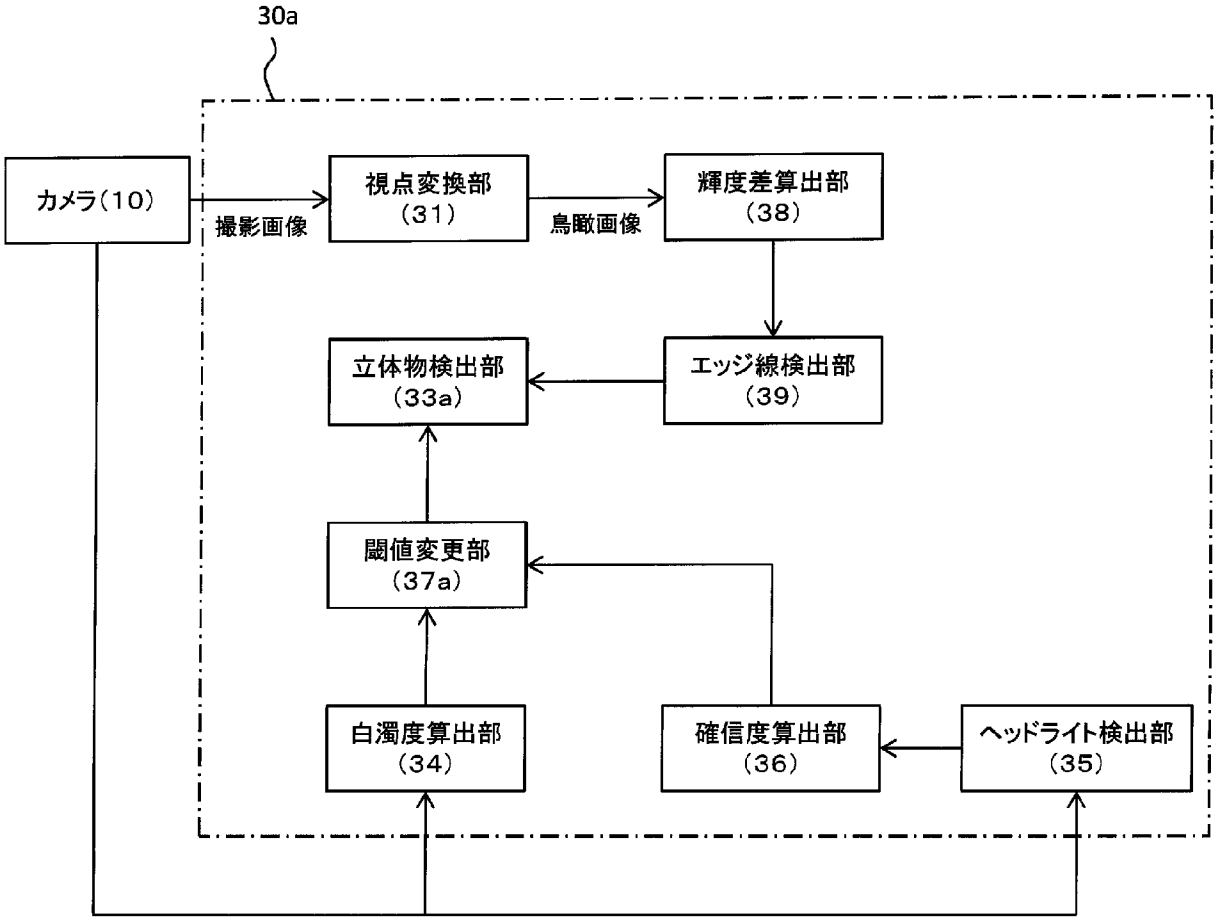
[図15]

図 １５


START
S201
隣接車両のヘッドライト候補を検出
S202
隣接車両のヘッドライト候補を検出できた？
No
Yes
S203
ヘッドライトの確信度を算出
S204
レンズの白濁度を検出
S205
レンズの白濁度に基づいて
ヘッドライトの確信度と
差分閾値とのマップを選択
S206
ヘッドライトの確信度に基づいて
差分閾値を変更
RETURN

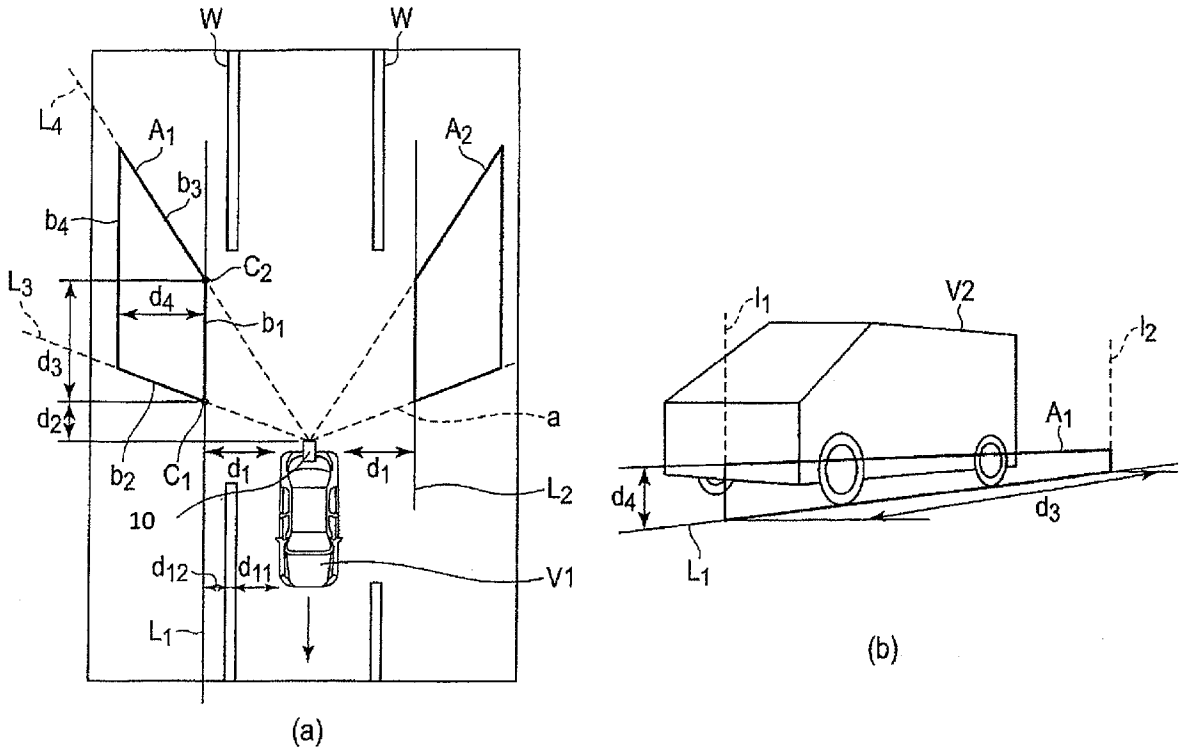
[図16]

図 １６


30a
カメラ(10)
撮影画像
視点変換部
(31)
鳥瞰画像
輝度差算出部
(38)
エッジ線検出部
(39)
立体物検出部
(33a)
閾値変更部
(37a)
白濁度算出部
(34)
確信度算出部
(36)
ヘッドライト検出部
(35)

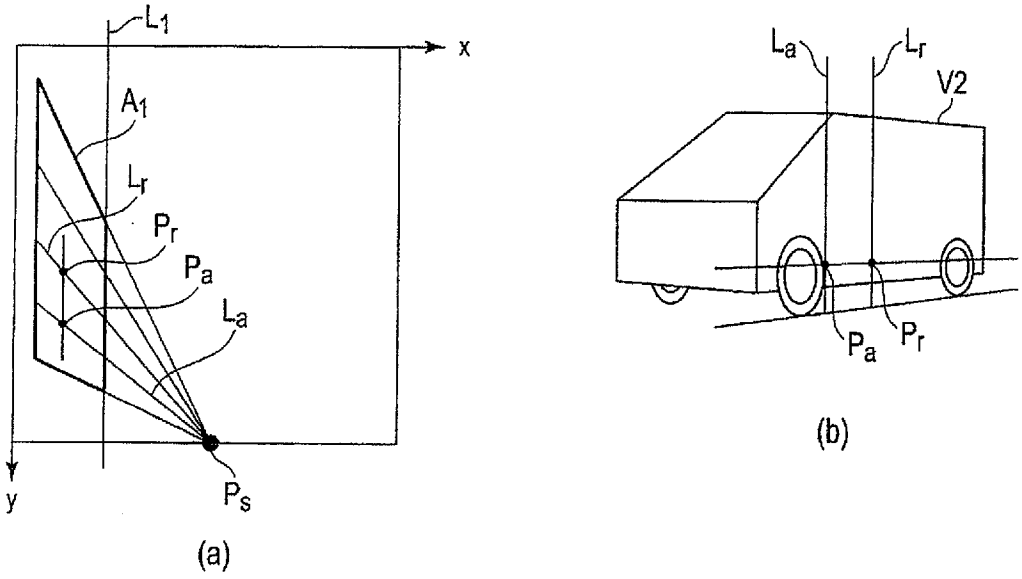
[図17]

図 17


W
W
L4
A1
A2
b3
b4
C2
L3
d4
b1
d3
d2
a
b2
C1
d1
d1
L2
10
d12
d11
V1
L1
(a)
l1
V2
l2
A1
d4
d3
L1
(b)

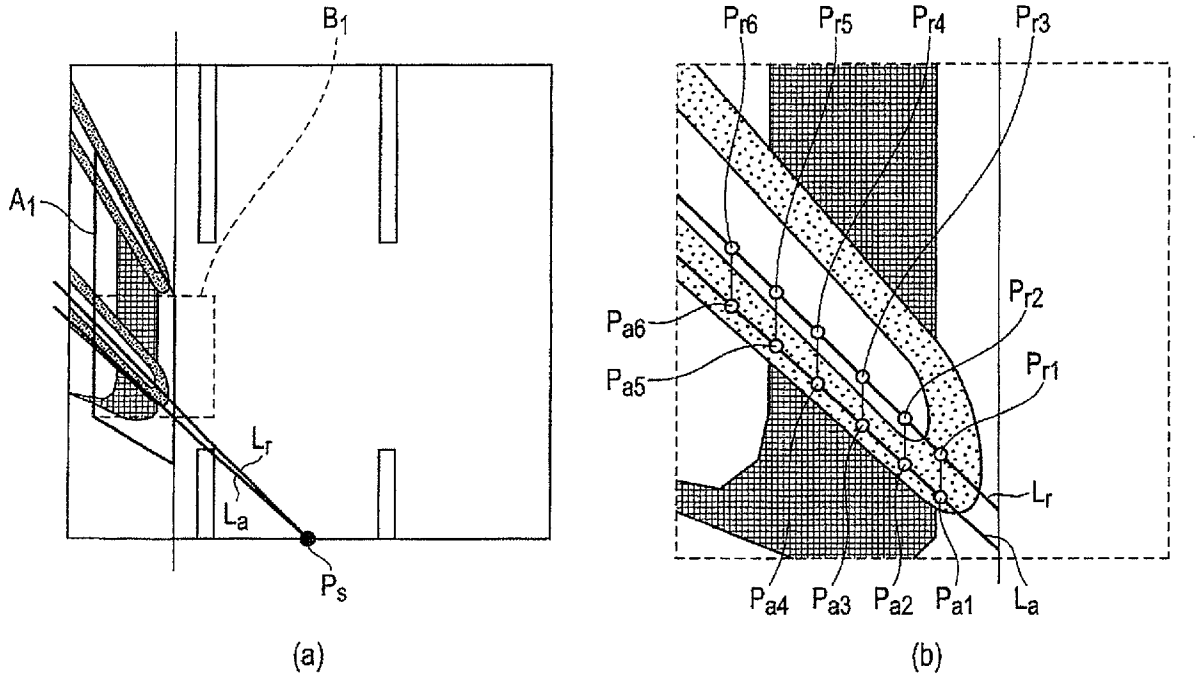
[図18]

図 18



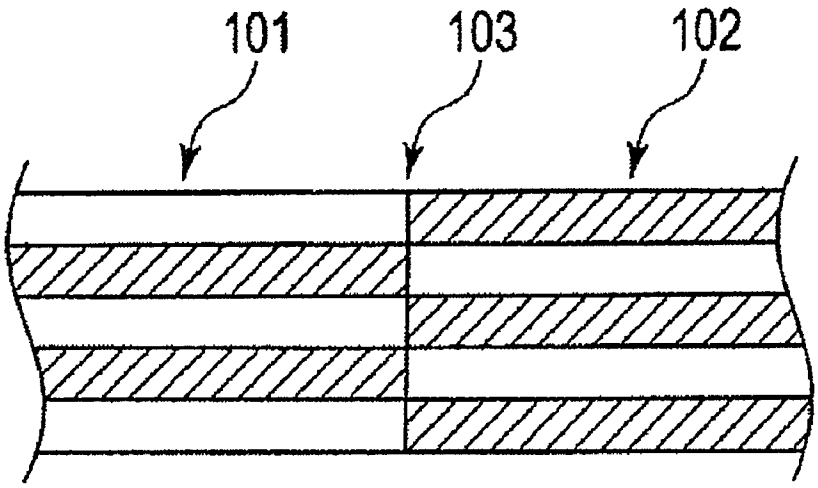
[図19]

図 19


B1
A1
Lr
La
Ps
(a)
Pr6
Pr5
Pr4
Pr3
Pr2
Pr1
Pa6
Pa5
Lr
Pa4
Pa3
Pa2
Pa1
La
(b)

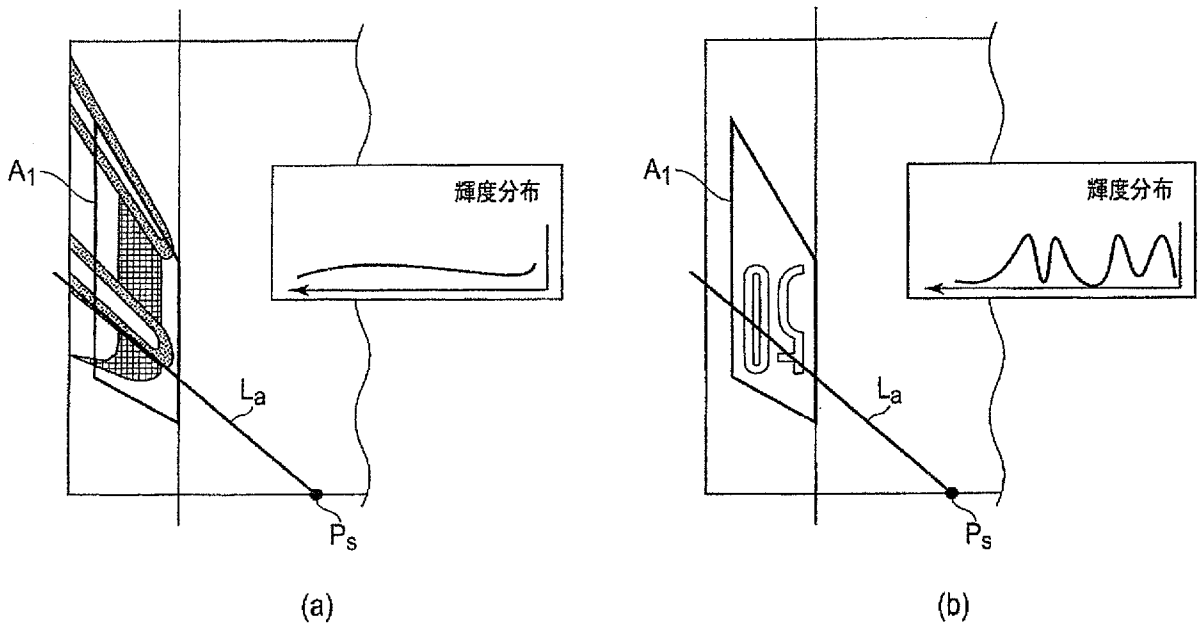
[図20]

図 20



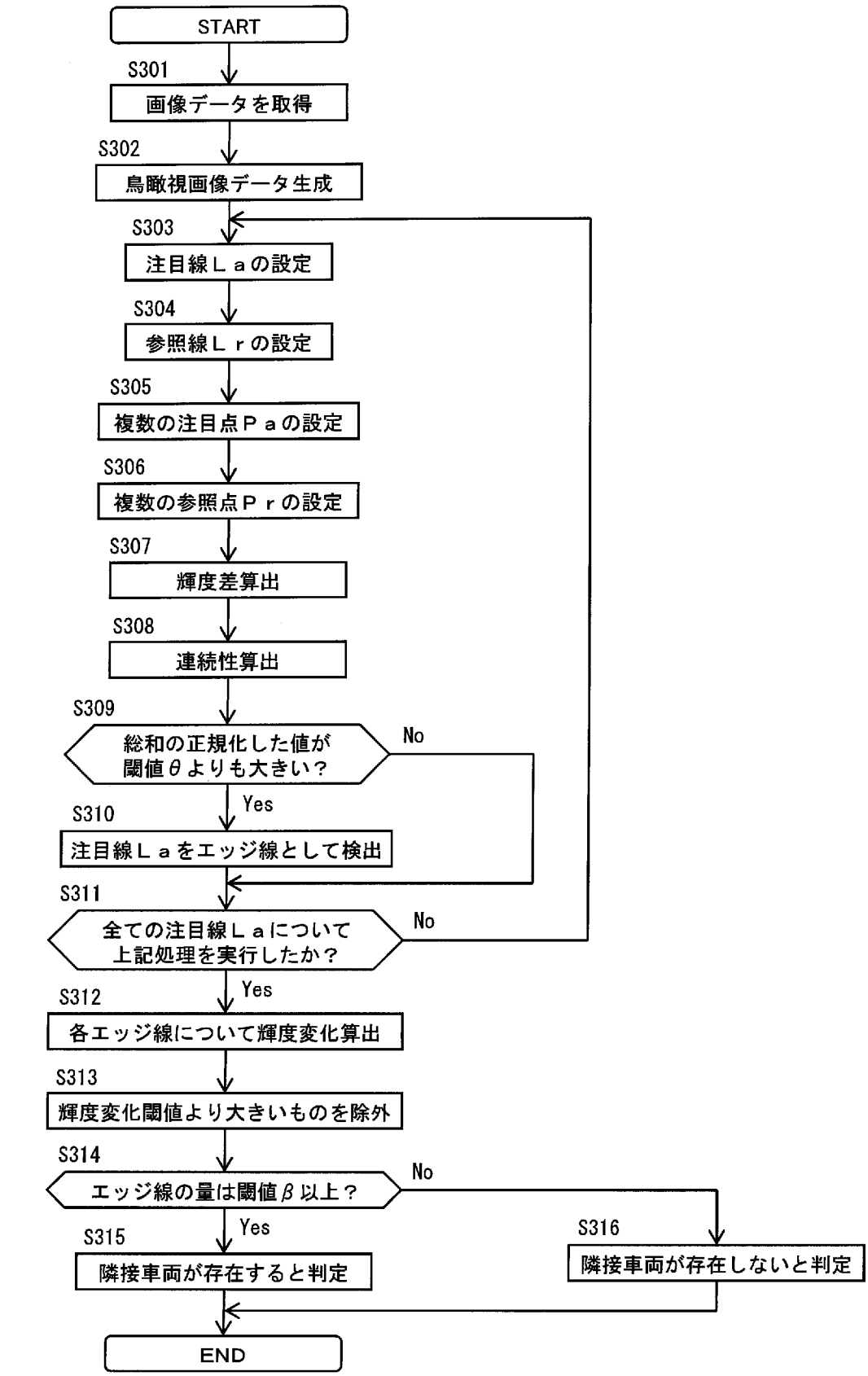
[図21]

図 21



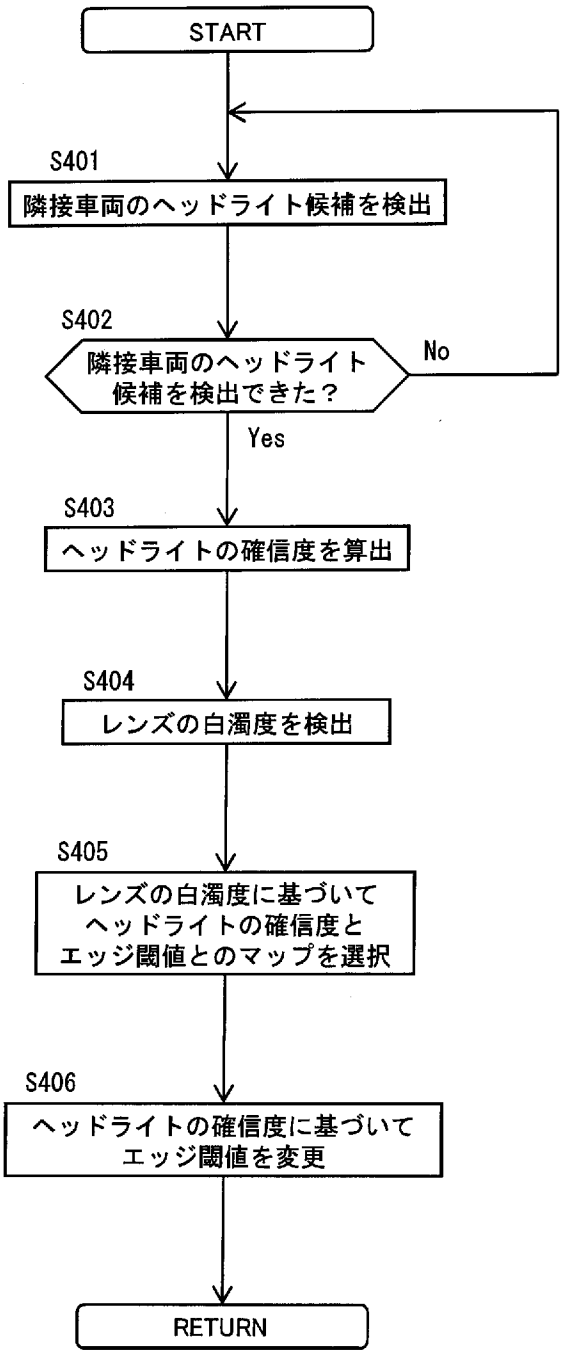
[図22]

図 ２２


START
S301
画像データを取得
S302
鳥瞰視画像データ生成
S303
注目線Ｌａの設定
S304
参照線Ｌｒの設定
S305
複数の注目点Ｐａの設定
S306
複数の参照点Ｐｒの設定
S307
輝度差算出
S308
連続性算出
S309
総和の正規化した値が
閾値θよりも大きい？
No
Yes
S310
注目線Ｌａをエッジ線として検出
S311
全ての注目線Ｌａについて
上記処理を実行したか？
No
Yes
S312
各エッジ線について輝度変化算出
S313
輝度変化閾値より大きいものを除外
S314
エッジ線の量は閾値β以上？
No
Yes
S315
隣接車両が存在すると判定
S316
隣接車両が存在しないと判定
END

[図23]

図 23


START
S401
隣接車両のヘッドライト候補を検出
S402
隣接車両のヘッドライト候補を検出できた？
No
Yes
S403
ヘッドライトの確信度を算出
S404
レンズの白濁度を検出
S405
レンズの白濁度に基づいて
ヘッドライトの確信度と
エッジ閾値とのマップを選択
S406
ヘッドライトの確信度に基づいて
エッジ閾値を変更
RETURN

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/070224

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G08G1/16(2006.01)i, *B60R21/00*(2006.01)i, *H04N7/18*(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G08G1/16, B60R21/00, H04N7/18

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
A	JP 2012-3662 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 05 January 2012 (05.01.2012), entire text; all drawings & US 2011/0310245 A1 & EP 2400315 A1 & CN 102288165 A	1-4,8-14
A	WO 2012/023412 A1 (Nissan Motor Co., Ltd.), 23 February 2012 (23.02.2012), entire text; all drawings & US 2013/0141542 A1	1,5-13,15
A	JP 2008-52320 A (Alpine Electronics, Inc.), 06 March 2008 (06.03.2008), paragraph [0019] (Family: none)	1-15

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 September, 2013 (17.09.13)	01 October, 2013 (01.10.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/070224

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-94249 A (Denso Corp.), 24 April 2008 (24.04.2008), paragraphs [0071] to [0074] & US 2008/0088481 A1 & DE 102007048508 A1	1-15

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０７０２２４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G08G1/16(2006.01)i, B60R21/00(2006.01)i, H04N7/18(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G08G1/16, B60R21/00, H04N7/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１３年

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

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2012-3662 A (日産自動車株式会社) 2012.01.05, 全文,全図 & US 2011/0310245 A1 & EP 2400315 A1 & CN 102288165 A	1-4,8-14
A	WO 2012/023412 A1 (日産自動車株式会社) 2012.02.23, 全文,全図 & US 2013/0141542 A1	1,5-13,15
A	JP 2008-52320 A (アルパイン株式会社) 2008.03.06, 【0019】 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2008-94249 A (株式会社デンソー) 2008.04.24, 【0071】-【0074】 & US 2008/0088481 A1 & DE 102007048508 A1	1-15

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１７．０９．２０１３	０１．１０．２０１３

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｈ　４０２２
近藤　利充
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３１６