



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))

レンズが汚れているときでも、撮像された画像の中から移動物体を確実に検出する。自車両(5)に設置されて、レンズ(12)を通して自車両(5)の周囲を観測し、観測された自車両(5)の周囲の光信号を画像信号に変換する撮像部(10)によって撮像された画像の中から、所定の検出感度で自車両(5)の周囲に存在する他車両(6)(移動物体)の検出を行う車両検出部(70)(画像認識アプリケーション実行部)の検出感度を、白濁度合Uの高さに応じて、検出感度を向上させる方向に調整する検出感度調整部(50)において、付着度合算出部(26)によって算出された、レンズ(12)への泥や水滴等の付着物の付着度合Mに基づいて補正する。

明 細 書

発明の名称：車載用画像認識装置

技術分野

[0001] 本発明は、車載されたカメラによって、他車両の位置やレーンマーカの位置などを検出する車載用画像認識装置に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、車両にカメラを搭載して、そのカメラで車両の周辺を観測し、観測された画像の中から、他車両の位置やレーンマーカの位置などを検出して、検出された他車両の位置やレーンマーカの位置に基づいて、他車両との接触の可能性や車線逸脱の可能性を判断して注意喚起を行う車載用画像認識装置が実用化されている。

[0003] このようなシステムでは、雨天時の走行場面にあつては、自車両が巻き上げた水分がカメラのレンズ表面に付着する場合がある。また、未舗装路の走行場面にあつては、自車両が巻き上げた埃がカメラのレンズ表面に付着する場合がある。さらに、融雪剤が散布された道路を走行する場面にあつては、自車両が巻き上げた融雪剤がカメラのレンズ表面に付着する場合がある。そして、これらの付着物が乾燥することによって、水分や埃や融雪剤の中に含まれていた不純物が析出してレンズ表面に堆積し、レンズ表面に白い汚れ（以下、白濁と呼ぶ）が生じる。

[0004] レンズ表面に白濁した部位（白濁部）が生じると、レンズに入射した光は白濁部において散乱するため、観測される画像の中に、ぼけや滲みが生じる。そして、このぼけや滲みによって、検出対象である他車両やレーンマーカの像のコントラストが減少するため、他車両やレーンマーカの未検出や誤検出が発生する可能性がある。そして、こうした未検出や誤検出の発生によって、他車両の位置やレーンマーカの位置に関する、的確な注意喚起を実行できなくなる恐れがある。

[0005] 特に、カメラで撮像した画像を、車両の乗員が目視確認できないシステム

にあっては、乗員はレンズが白濁していることを確認することができないため、前記した未検出や誤検出は、乗員に、システムに対する不信感を与えることになる。

[0006] このような未検出や誤検出を防止するために、例えば、車両用障害物検出装置が開示されている（例えば、特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献１：特開２０１２－３８０４８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 特許文献１に記載された車両用障害物検出装置では、カメラのレンズに付着した異物等を、時間的に位置が変化しない不動領域として検出し、こうして検出された不動領域を障害物の検出対象から除外することによって、障害物検出の精度を向上させていた。

[0009] しかしながら、レンズに付着する異物の中には、透光性が高い水滴のように、不動領域として検出するのが困難な物がある。

[0010] さらに、レンズに付着した異物の領域が広範囲になった場合には、障害物検出を実行できる領域が狭くなるため、障害物検出性能の劣化をきたす恐れがある。

[0011] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたもので、レンズが白濁した状態やレンズに付着物が付着した状態であっても、他車両の位置やレーンマーカの位置などを確実に検出することができる車載用画像認識装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明に係る車載用画像認識装置は、レンズに白濁が生じているとき、また、レンズに泥や水滴等の付着物が付着しているときであっても、他車両の位置やレーンマーカの位置を検出することができる車載用画像認識装置に関

するものである。

[0013] すなわち、本発明の請求項 1 に係る車載用画像認識装置は、自車両に設置されて、レンズを通して前記自車両の周囲を観測して、観測された前記自車両の周囲の光信号を画像信号に変換する撮像部と、前記撮像部で撮像された画像の中から、所定の検出感度をもって前記自車両の周囲に存在する移動物体の検出を行う画像認識アプリケーション実行部と、前記画像信号の中から、前記レンズの白濁度合を算出する白濁度合算出部と、前記レンズへの泥や水滴等の付着物の付着度合を算出する付着度合算出部と、前記白濁度合の高さに応じて前記検出感度を向上させる方向に調整する検出感度調整部と、を有し、前記検出感度調整部は、前記レンズへの泥や水滴等の付着物の付着度合に基づいて、前記検出感度を補正することを特徴とする。

[0014] このように構成された本発明の請求項 1 に係る車載用画像認識装置によれば、自車両に設置されて、レンズを通して自車両の周囲を観測し、観測された自車両の周囲の光信号を画像信号に変換する撮像部によって撮像された画像の中から、所定の検出感度で自車両の周囲に存在する移動物体の検出を行う画像認識アプリケーション実行部の検出感度を、白濁度合の高さに応じて検出感度を向上させる方向に調整する検出感度調整部において、付着度合算出部によって算出された、レンズへの泥や水滴等の付着物の付着度合に基づいて補正するようにしたため、レンズに泥や水滴等の付着物が付着している場合であっても、必要以上の検出感度の向上が抑制されるため、自車両の周囲に存在する移動物体を確実に検出することができる。

発明の効果

[0015] 本発明に係る車載用画像認識装置によれば、レンズの白濁度合や付着物の付着状態に関わらず、他車両の位置やレーンマーカの位置などを確実に検出することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明に係る車載用画像認識装置が実装された車載システムの一例である B S W (Blind Spot Warning) システムについて説明する図である。

[図2]本発明の実施例1に係る車載用画像認識装置の概略構成を示すブロック図である。

[図3]本発明の第1白濁度合算出部の詳細構成を示すブロック図である。

[図4]本発明の第2白濁度合算出部の詳細構成を示すブロック図である。

[図5]本発明の付着度合算出部の詳細構成を示すブロック図である。

[図6]本発明の接近車両検出部の詳細構成を示すブロック図である。

[図7]本発明の実施例1において実行されるメインルーチンのフローチャートである。

[図8]レンズの白濁の発生状況について説明する図であり、(a)は白濁のない状態で撮像された画像の例と、その画像の中の輝度分布の例を示す。(b)は白濁のある状態で撮像された画像の例と、その画像の中の輝度分布の例を示す。

[図9]本発明の実施例1において実行される輝度勾配に基づく白濁度合算出処理の流れを示すフローチャートである。

[図10]本発明の実施例1における光源領域検出処理の一例を示す図であり、(a)は撮像された画像を示す。(b)は撮像された画像を縮小した画像を示す。(c)は画像(b)を2値化し、ラベリング処理を行った画像を示す。(d)は画像(c)の中から条件を満たす光源領域を検出した結果を示す。

[図11]本発明の実施例1において、輝度勾配に基づいて白濁度合を算出するための光源領域検出処理を行う範囲について説明する図である。

[図12]本発明の実施例1において、白濁度合を算出するための光源領域検出処理によって検出する領域の形状について説明する図であり、(a)は検出対象となる光源領域の形状特徴を示す。(b)は検出対象とならない領域の例を示す。

[図13]本発明の実施例1において、白濁度合を算出するために輝度勾配を算出する所定ラインの一例と、輝度勾配の一例について説明する図である。

[図14]本発明の実施例1において、白濁度合の確信度の推移を表す状態遷移

について説明する図である。

[図15]本発明の実施例1において実行されるエッジ強度に基づく白濁度合算処理の流れを示すフローチャートである。

[図16]本発明の実施例1において実行される付着物検出処理の流れを示すフローチャートである。

[図17]本発明の実施例1において、撮像された画像の中にブロックを設定した例を示す図である。

[図18](a)は撮像された画像の例を示す図である。(b)はその画像の中から検出されたエッジ構成点の例を示す図である。

[図19]本発明の実施例1において、明るい周囲ブロックをカウントする工程を説明するための図である。

[図20]本発明の実施例1において実行される視点変換画像同士の位置合わせ処理の概要を説明する図であり、(a)は車両の移動状態を示す平面図である。(b)は位置合わせの概要を示す図である。

[図21]本発明の実施例1において視点変換画像の差分結果に基づいて差分波形を生成する様子を説明する図であり、(a)は視点変換画像の差分結果から差分波形を生成する方法を説明する図である。(b)は生成された差分波形の例を示す図である。

[図22]本発明の実施例1において、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23]本発明の実施例1において、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24]レンズの汚れ度合に応じて車両検出処理の閾値を補正する方法を示す図である。

[図25]本発明の実施例1において実行される差分演算に基づく車両検出処理の流れを示すフローチャートである。

[図26]エッジ情報による立体物検出について説明する図であり、(a)は検出領域等の位置関係を示す平面図である。(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27]輝度差算出部の動作を説明するための図であり、(a)は視点変換画像における注目線、参照線、注目点、および参照点の位置関係を示す図である。(b)は実空間における注目線、参照線、注目点、および参照点の位置関係を示す図である。

[図28]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)は視点変換画像における検出領域を示す図である。(b)は視点変換画像における注目線、参照線、注目点、および参照点の位置関係を示す図である。

[図29]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(車両)が存在している場合の輝度分布を示す図である。(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30]レンズの汚れ度合に応じて車両検出処理の閾値を補正する方法を示す別の図である。

[図31]本発明の実施例1において実行されるエッジ情報に基づく車両検出処理の流れ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

[0017] 以下、本発明に係る車載用画像認識装置の実施形態について、図面を参照して説明する。なお、以下の説明において、画像に格納された濃淡値を輝度値と呼ぶ。

実施例 1

[0018] 本実施例は、本発明の車載用画像認識装置を、走行中の自車両の後方を監視して、自車両後方の隣接車線に接近車両があるときに注意喚起や警報を行うBSWシステム(画像認識アプリケーション)が実装された車両に適用した例である。

[0019] まず、図1を用いてBSWシステムの動作を説明する。自車両5の後方を監視する撮像部10は、自車両5の後部に後ろ向きに取り付けられて、自車両5の後方の左右隣接車線を含む範囲 ω (道路2の車線 Y_1 , Y_2 , Y_3 を含む範囲)を撮像する。そして、撮像された画像の中から、画像処理によって隣

接する車線 Y_1 の検出領域 X_1 、および隣接する車線 Y_3 の検出領域 X_2 に存在する接近車両を検出する。

[0020] BSWシステムは、自車両5が所定車速以上で走行しているときに起動されて、撮像部10から所定の距離範囲内において、車線 Y_2 に隣接する車線 Y_1 、 Y_3 に他車両6が検出されて、検出された他車両6が自車両5に接近していることが確認されたときに、他車両6を接近車両として認識する。

[0021] 他車両6が自車両5に接近していることは、撮像部10で撮像した画像を時系列的に分析することによって判定される。詳しくは後述する。

[0022] そして、他車両6が接近していると認識されたときには、自車両5に備えられた、例えばインジケータを点灯させることによって、他車両6の存在を、視覚情報として運転者に伝達する（1次警報）。

[0023] さらに、運転者がこの視覚情報に気づかずに、他車両6が存在する車線 Y_1 側に方向指示器を出して車線変更を行おうとすると、インジケータの点滅と警報音の吹鳴を行って、運転者に対して、他車両6の存在をより明確に伝達して（2次警報）、車線変更動作の中断を促す。

[0024] 次に、図2を用いて、実施例1に係る車載用画像認識装置の構成を説明する。図2は、本実施例に係る車載用画像認識装置を、前記したBSWシステムが実装された自車両5に適用したときの構成図を示す。

[0025] 実施例1に係る車載用画像認識装置8は、図2に示すように、自車両5（図1に図示）の後部ライセンスプレート付近に設置されて、図1に示した範囲 ω を観測する撮像部10と、撮像部10で撮像された画像の中から、撮像部10の前方に装着されたレンズ12の白濁度合と、泥、水滴等の付着物の付着度合を検出するレンズ汚れ検出部20と、検出されたレンズ12の白濁度合と、泥、水滴等の付着物の付着度合に基づいて、レンズ12の汚れ度合を算出するレンズ汚れ度合算出部30と、後述する車両検出部70における他車両6の検出感度を調整する検出感度調整部50と、自車両5の車速を取得する車両情報取得部60と、自車両5の後方から接近する他車両6を検出する車両検出部70（画像認識アプリケーション実行部）を備えている。

[0026] そして、前記撮像部 10 と、前記検出感度調整部 50 と、前記車両情報取得部 60 と、前記車両検出部 70 とが、BSWシステム 9 を構成している。

[0027] 前記撮像部 10 は、さらに、レンズ 12 と、光信号を電気信号に光電変換する、例えばCMOS素子で構成された光電変換部 14 と、光電変換された電気信号のゲインを調整するゲイン調整部 16 を備えている。

[0028] 前記レンズ汚れ検出部 20 は、さらに、撮像部 10 で撮像された画像の中の輝度勾配に基づいてレンズ 12 の白濁度合を算出する第 1 白濁度合算出部 22 と、撮像部 10 で撮像された画像の中の輝度値の分散に基づいてレンズ 12 の白濁度合を算出する第 2 白濁度合算出部 24 からなる白濁度合算出部 25 と、レンズ 12 に付着した泥や水滴等の付着物を検出する付着度合算出部 26 を備えている。

[0029] また、前記車両検出部 70 は、撮像部 10 で撮像された画像の中から自車両 5 の後方の立体物を検出して、その立体物の移動距離と移動速度を算出し、接近車両として検出する接近車両検出部 72 と、接近車両検出部 72 で接近車両が検出されたときに、インジケータやブザーによって注意喚起する警報出力部 74 を備えている。

[0030] 次に、図 3 から図 5 を用いて、レンズ汚れ検出部 20 の詳細構成を説明する。

[0031] 白濁度合算出部 25 を構成する前記第 1 白濁度合算出部 22 は、図 3 に示すように、後続車両の前照灯の像を検出する領域検出部 22a と、領域検出部 22a で検出された領域の中の所定ライン上の輝度勾配を算出する輝度勾配算出部 22b と、異なる時間に領域検出部 22a で検出された領域が、同一光源による像であるか否かを判定する類似性算出部 22c と、算出された白濁度合の確信度を決定する確信度決定部 22d とから構成されている。

[0032] また、白濁度合算出部 25 を構成する前記第 2 白濁度合算出部 24 は、図 4 に示すように、撮像部 10 で撮像された画像の中のエッジ強度を算出するエッジ強度算出部 24a と、エッジ強度算出部 24a で算出されたエッジ強度から、画像の中のエッジ強度の分布を求めて、画面の中のエッジ強度の分

布に基づいてレンズ 1 2 の白濁度合を算出するエッジ強度分析部 2 4 b とから構成されている。

[0033] さらに、付着度合算出部 2 6 は、図 5 に示すように、撮像部 1 0 で撮像された画像の中に処理領域を設定して複数のブロックに分割する処理領域設定部 2 6 a と、前記画像の中からエッジ強度が弱い領域を検出するエッジ検出部 2 6 b と、エッジ強度の弱い領域とその周囲の領域の輝度値を取得して輝度分布を算出する輝度分布算出部 2 6 c と、時系列で蓄積された輝度値に基づいて輝度値の時系列変化を算出する輝度変化算出部 2 6 d と、エッジ検出部 2 6 b、輝度分布算出部 2 6 c、輝度変化算出部 2 6 d の処理結果に基づいてレンズ 1 2 の付着物の有無を判定する付着物判定部 2 6 e とから構成されている。

[0034] 次に、図 6 を用いて、車両検出部 7 0 を構成する接近車両検出部 7 2 の詳細構成を説明する。

[0035] 図 6 に示す接近車両検出部 7 2 は、差分波形情報を利用して接近車両（他車両 6）を検出する部位であり、視点変換部 7 2 a と、位置合わせ部 7 2 b と、立体物検出部 7 2 c と、を備える。

[0036] なお、本実施例 1 の接近車両検出部 7 2 は、エッジ情報を利用して接近車両（他車両 6）を検出する構成とすることもできる。この場合は、図 6 に示す構成のうち、位置合わせ部 7 2 b と、立体物検出部 7 2 c から構成される検出ブロック A 1 を、破線で囲んだ、輝度差算出部 7 2 g と、エッジ線検出部 7 2 h と、立体物検出部 7 2 i から構成される検出ブロック A 2 と置き換えて構成することができる。

[0037] もちろん、検出ブロック A 1、および検出ブロック A 2 の両方を備え、差分波形情報を利用して接近車両の検出を行うとともに、エッジ情報を利用した接近車両の検出も行いうようにすることができる。検出ブロック A 1 と検出ブロック A 2 をともに備える場合には、例えば、明るさなどの環境要因に応じて検出ブロック A 1、または検出ブロック A 2 のいずれかを動作させるようにしてもよい。

[0038] 次に、実施例 1 に係る車載用画像認識装置 8 の一連の動作の流れについて、図 7 のフローチャートを用いて説明する。

[0039] まず、ステップ S 1 において、前記車両情報取得部 6 0 によって、自車両 5 の車両情報として車速を取得する。

[0040] 次に、ステップ S 2 において、前記車両情報取得部 6 0 によって取得した車速信号の値が所定値（例えば 1 km/h ）以上であるか否かが判定される。そして、車速信号の値が所定値以上であるときは、ステップ S 3 に進んで、BSW システム 9 が起動される。一方、車速が所定値に満たないときは、ステップ S 1 に戻る。

[0041] 次に、ステップ S 4 において、前記撮像部 1 0 で自車両 5 の後方の画像を撮像する。そして、レンズ 1 2 を透過した光信号が、光電変換部 1 4 において電気信号に変換されて、さらに、ゲイン調整部 1 6 で増幅されて、画像信号 $I(x, y)$ が生成される。以後、こうして生成された画像信号 $I(x, y)$ を、単に画像 $I(x, y)$ と呼ぶ。

[0042] 前記ゲイン調整部 1 6 は、光電変換部 1 4 において変換された電気信号のレベルが所定のレベルになるように、適切なゲインを与えてこれを増幅し、画像 $I(x, y)$ としている。これによって、暗い環境であっても、適切なゲインを与えることによって S/N 比が高い画像 $I(x, y)$ が得られる。なお、このゲイン調整は、撮像とともに随時実行されて、ゲイン調整部 1 6 では、最新のゲインの値がモニタできる構成になっている。

[0043] 次に、ステップ S 5 では、前記第 1 白濁度合算出部 2 2 と前記第 2 白濁度合算出部 2 4 において、レンズ 1 2 の白濁度合が算出される。この処理の手順は図 8, 9 に示すが、その詳細については後述する。

[0044] そして、ステップ S 6 では、前記付着度合算出部 2 6 において、レンズ 1 2 に付着した泥や水滴等の付着物が検出される。この処理の手順は図 1 0 に示すが、その詳細については後述する。

[0045] 次に、ステップ S 7 では、前記レンズ汚れ度合算出部 3 0 において、レンズ 1 2 の汚れ度合が算出される。その詳細については後述する。

[0046] そして、ステップS 8では、前記第1白濁度合算出部2 2と前記第2白濁度合算出部2 4で算出されたレンズ1 2の白濁度合と、前記付着度合算出部2 6において算出されたレンズ1 2に付着した泥や水滴等の付着物の付着度合が、前記検出感度調整部5 0に通知されて、検出感度調整部5 0において、通知されたレンズ1 2の白濁度合と付着度合に基づいて車両検出感度が補正される。

[0047] 次に、ステップS 9では、前記接近車両検出部7 2において、撮像部1 0で撮像された画像の中から接近車両が検出される。この処理の手順は図2 5、図3 1に示すが、その詳細については後述する。

[0048] 次に、ステップS 1 0では、前記接近車両検出部7 2において検出された他車両6の有無、および他車両6の自車両5に対する相対速度に基づいて、警報を出力する必要性の有無が判定される。そして、警報を出力する必要性があるときはステップS 1 1に進み、警報を出力する必要性がないときはステップS 4に戻る。

[0049] そして、ステップS 1 1では、前記警報出力部7 4において、インジケータやブザーによって警報を出力し、自車両5の乗員に接近車両の存在を報知して注意喚起を行う。

[0050] 次に、図7のフローチャートの中で行われる個別の処理について、その詳細を順に説明する。

[0051] （輝度勾配に基づく白濁度合算出処理）

まず、図7のステップS 5で行われる白濁度合算出処理の詳細を、図8～図1 5を用いて説明する。白濁度合算出部2 5では、レンズ1 2の白濁度合が、撮像部1 0で撮像された画像の中の輝度勾配に基づく方法と、撮像部1 0で撮像された画像の中のエッジ強度の分布に基づく方法によって算出される。ここで、輝度勾配に基づいて算出されるレンズ1 2の白濁度合をU 1とし、エッジ強度の分布に基づいて算出されるレンズ1 2の白濁度合をU 2とする。

[0052] 第1白濁度合算出部2 2は、撮像部1 0が撮像した画像I (x, y) のなか

ら、後続車両の前照灯の像、もしくは太陽光の反射によって生じる像を検出し、こうして検出された像の中に所定ラインを設定し、この所定ライン上の輝度勾配に基づいてレンズの白濁度合 U_1 を算出する。

[0053] これは、前照灯や太陽のような強い光源の像は、レンズの白濁によって散乱し、なおかつ、レンズの白濁度合に応じて散乱の度合が変化して、白濁度合が高いほど、明るい領域がより広がった像として観測されることを利用するためである。

[0054] 図8(a), (b)は、車載用画像認識装置8の撮像部10で実際に観測された、自車両5と同一車線を走行している後続車両の前照灯を含む画像 $I(x, y)$ である。そして、図8(a)はレンズ12の表面が白濁していない場合の画像を示し、図8(b)は、レンズ12の表面が白濁している場合の画像を示している。

[0055] 図8(a), (b)の画像 $I(x, y)$ の下に示したグラフは、前照灯の像の中の探索開始点 O を始点として、左方向に延びる探索方向(ライン) OP 上の輝度値の分布(以後、輝度分布 L_d と呼ぶ)と、前照灯の像の中の探索開始点 O を始点として、右方向に延びるライン OQ 上の輝度分布 L_d を1枚のグラフに示したものである。

[0056] 図8(a)において、ライン OP 上の輝度分布 L_d が、閾値 A を下回ってから、閾値 A よりも小さい閾値 B を下回るまでの左右方向画素数を L_w 、また、ライン OQ 上の輝度分布 L_d が、閾値 A を下回ってから、閾値 A よりも小さい閾値 B を下回るまでの左右方向画素数を R_w としたときに、輝度勾配 g を、輝度差 $D_I (= A - B)$ を用いて、 D_I / L_w (ライン OP 上の輝度勾配)、および $-D_I / R_w$ (ライン OQ 上の輝度勾配)として算出すると、白濁のない図8(a)の場合は、輝度勾配 g の絶対値は大きな値となり、輝度分布 L_d の広がり狭く急峻になる。

[0057] 一方、白濁のある図8(b)の場合は、輝度勾配 g の絶対値は小さな値となり、輝度分布 L_d の広がり広くなる。

[0058] 第1白濁度合算出部22は、この輝度勾配 g の大きさを利用して、レンズ

12の白濁度合 U_1 を算出する。すなわち、輝度勾配 g の絶対値が小さいほど、白濁度合 U_1 が高いと算出される。なお、詳しくは後述するが、白濁度合算出の確実性を高めるために、輝度勾配 g が小さい状態が一定期間継続した場合に、白濁が発生していると判断している。

[0059] 以下、図9を用いて、第1白濁度合算部22で行われる白濁度合 U_1 の算出方法について詳細に説明する。

[0060] ステップS20では、前記撮像部10で撮像された画像 $I(x, y)$ （以後、単に画像 I と記載する）が所定の比率で縮小されて、縮小画像 $I'(x, y)$ （以後、単に縮小画像 I' と記載する）が生成される。このように画像を縮小するのは、画像のサイズを小さくして画像処理を行う際に要するメモリ量を削減し、なおかつ、処理速度を向上させるためである。なお、具体的な縮小率は、使用する計算機環境、および、画像の分解能等を勘案して決定される。

[0061] また、前記した画像の縮小は、画素の間引きによって行うが、これは近傍画素の輝度値の平均化を行って縮小してもよい。この処理によって、図10(a)に示す画像が、図10(b)に示す画像のように縮小される。

[0062] 次に、ステップS21では、ステップS20で縮小した縮小画像 I' の中に、後続車の前照灯の像、もしくは太陽光の反射像を検出する領域を設定する。本実施例では、自車両5と同じ車線 Y_2 を走行する後続車の、前照灯の像が写る領域を設定して、この領域の中から、後続車の前照灯の像、もしくは太陽光の反射像を検出する。このように処理領域を制限することによって、計算機負荷を軽減させることができる。

[0063] こうして設定される処理エリアの例を図11に示す。図11に示すように、横方向画素数 n 、縦方向画素数 m の画像に対して、左上を (x_1, y_1) として、右下を (x_2, y_2) とする処理エリア E が設定される。

[0064] この処理エリア E の上下方向位置は、自車両5に対する、撮像部10の高さ方向の取り付け位置と上下方向の取り付け角度によって定まる、無限遠点に相当する消失点の上下方向座標 V_y （図11参照）の位置を基準にして設定

される。

[0065] また、この処理エリアEの左右方向位置は、自車両5に対する、撮像部10の左右方向の取り付け位置に応じて設定される。すなわち、撮像部10が自車両5の中央に設置されていれば、処理エリアEは、縮小画像1'の中に左右対称に設定される。図11は、撮像部10の自車両5への取り付け位置が左右にオフセットしている場合の例であり、左右非対称な位置に処理エリアEが設定される。

[0066] 次に、ステップS22では、ステップS21で設定した処理エリアEの内部に対して、縮小画像1'を所定の閾値で2値化して2値画像に変換し、さらに、2値画像を形成する領域の各々に番号を付けるラベリング処理を行う。ここで、所定の閾値には、予め実験等によって設定された、自車両5と同じ車線Y₂を走行する後続車の前照灯の像を検出できる値、および、太陽光の反射像を検出できる値が使用される。なお、この閾値は領域検出部22aに記憶されている。

[0067] そして、画像1が撮像された際に、画像1のゲインの値をゲイン調整部16から読み出して、読み出したゲインの値が所定値以上であるときは、画像1を撮像した環境が夜間であると判断して、後続車両の前照灯の像を検出する閾値を適用して画像1の2値化を行う。

[0068] 一方、画像1のゲインの値が所定値に満たないときは、画像1を撮像した環境が昼間であると判断して、太陽光の反射像を検出する閾値を適用して画像1の2値化を行う。

[0069] この2値化、ラベリング処理によって、図10(c)に示す画像が得られる。

[0070] 次に、ステップS23では、ステップS22でラベリング処理された画像の中に前照灯の像、もしくは太陽光の反射像があるか否かが判定される。ここで行われる処理について、図12(a), (b)を用いて説明する。

[0071] 前記撮像部10で撮像される、自車両5と同じ車線Y₂を走行する後続車の前照灯の像は、図12(a)に示す領域R₀のように略円形状になる。したが

って、ラベリング処理された各々の領域に対して、領域の面積が、その領域に外接する矩形領域（縦方向画素数 H_0 、横方向画素数 W_0 ）の面積 H_0W_0 に対し、所定の割合以上の占有率を有すること、および、領域に外接する四角形の幅と高さが所定割合以上異ならないこと、を判定して、前照灯の像であるか否かを判断することができる。

[0072] また、前記撮像部10で撮像される、太陽光の反射像も、領域 R_0 と同様に略円形状になるため、前照灯の像と同様にして、像の形状を表す占有率の閾値と外接四角形の縦横比率の閾値がそれぞれ数値化されて、実際に検出された領域が、その条件を満たすか否かが判定される。

[0073] この判定によって、例えば、図12（b）に示す領域 R_1 、 R_2 、 R_3 のような形状の領域は、前照灯の像、または太陽光の反射像ではないと判断されて棄却される。

[0074] この判定によって、図10（d）に示すように、条件を満足する領域が1つ選択される。なお、条件を満足する領域が複数見つかったときには、最も面積の大きい領域を1つ選択する。そして、条件を満たす領域が見つからなかったとき（ステップS23がNOのとき）は、メインルーチン（図7）へ戻る。

[0075] 次に、ステップS24では、ステップS23で選択された領域の重心位置 G が算出される。領域の重心位置 G の座標を $G(G_x, G_y)$ とすると、重心位置 G の左右方向位置 G_x は、領域を構成する全ての画素の左右方向座標の総和を領域の面積で除して算出され、重心位置 G の上下方向位置 G_y は、領域を構成する全ての画素の上下方向座標の総和を領域の面積で除して算出される。

[0076] 次に、ステップS25では、縮小画像 I' の中に、輝度勾配 g を算出するための探索開始点 O と、輝度勾配を算出するための探索方向（ライン）を設定する。この探索開始点 O 、およびラインは、自車両5が巻き上げるスプラッシュや、後続車両の前照灯の路面反射や、隣接する車線を走行している車両の前照灯などの影響を受けにくい位置、方向を、実験等によって決定して

、設定すればよい。

[0077] 本実施例では、図13に示すように、領域 R_0 の重心位置 G と、領域 R_0 の最上部の点 J の間に、輝度勾配 g を算出するための探索開始点 O を設定する。図13は、輝度勾配を算出するライン OP 、 OQ の設定例と、そのライン OP 、 OQ において算出される輝度勾配の一例について説明する図である。

[0078] すなわち、探索開始点 O の上下方向座標を O_y 、領域 R_0 の最上部の点 J の上下方向座標を J_y として、(式1)によって O_y を求める。

$$O_y = J_y + (G_y - J_y) / Th_y \quad (\text{式1})$$

ここで、閾値 Th_y には O より大きい値が設定される。なお、閾値 Th_y の値は、実験等に基づいて設定される。

[0079] そして、図13に示すように、探索開始点 O を通り、領域 R_0 の重心位置 G を通過する水平ラインと平行になるラインが、ライン OP 、ライン OQ として設定される。

[0080] 次に、ステップS26において、ライン OP 上で、探索開始点 O から点 P に向かって、縮小画像 I' に格納された輝度値を読み取って、輝度分布 L_d を算出し、さらに、ライン OQ 上で、縮小画像 I' に格納された輝度値を読み取って、輝度分布 L_d を算出する。

[0081] こうして算出された輝度分布 L_d は、図13に示すグラフのようになる。なお、このグラフは、説明をわかりやすくするために、ライン OP 上の輝度分布とライン OQ 上の輝度分布を1つのグラフに表している。

[0082] 次に、ステップS27では、輝度分布 L_d の左右の裾野の大きさを求める。ここでは、予め、輝度値の閾値 A と、 A よりも小さい輝度値の閾値 B を準備しておき、先に作成した輝度分布 L_d を、探索開始点 O から点 P に向かって左方向に探索して、図13に示すように、輝度値が閾値 A を下回る位置と、輝度値が閾値 B を下回る位置との間隔を、左右方向画素数 L_w として算出する。そして、探索開始点 O から点 Q に向かって右方向に探索して、輝度値が閾値 A を下回る位置と、輝度値が閾値 B を下回る位置との間隔を、左右方向画素数 R_w として算出する。

[0083] 次に、ステップS 2 8において輝度勾配 g を算出する。具体的には、前記した閾値 A と閾値 B の差分値である輝度差 $D_l (= A - B)$ を用いて、ライン OP 上の輝度勾配 g を D_l / Lw として算出し、ライン OQ 上の輝度勾配 g を $-D_l / Rw$ として算出する。

[0084] 次に、ステップS 2 9では、領域 R_0 の左右の輝度勾配 g である D_l / Lw と $-D_l / Rw$ に対称性があるか否かが判定される。この対称性は、(式2)によって算出される輝度勾配 g のギャップ G_l が、所定の閾値 Th_g 以下であるか否かを確認することによって行われる。

$$G_l = (|Lw| - |Rw|) / (|Lw| + |Rw|) \quad (\text{式2})$$

[0085] 複数の領域が左右方向に接続して出現した場合には、先に算出した輝度勾配 g の大きさが左右で異なるため、(式2)で算出されたギャップ G_l が閾値 Th_g よりも大きくなる。そして、その場合には白濁度合の算出は行わずに、ステップS 3 5に移行する。

[0086] 次に、ステップS 3 0では、レンズ1 2の白濁度合 U_1 が算出される。白濁度合 U_1 は、(式3)に示すように、先に算出した左右の輝度勾配 g である D_l / Lw と $-D_l / Rw$ の絶対値の平均値として算出される。

$$U_1 = \{ (Lw / D_l) + (Rw / D_l) \} / 2 \quad (\text{式3})$$

なお、(式3)において、輝度勾配 g の逆数を平均化しているが、これは、レンズ1 2の白濁度合が高いほど(汚れているほど)、 U_1 の値が大きくなるようにするためである。

[0087] 次に、ステップS 3 1では、先に検出した領域 R_0 が、その1回前の処理で検出した領域 R_0 と同一であるか否か、すなわち、同一の光源による像と考えられるか否かが判定される。

[0088] この判定は、過去の処理によって算出された白濁度合 U_1 の平均値 $Ave(U_1)$ と、(式3)で算出された最新の白濁度合 U_1 を比較することによって行われ、過去の白濁度合の平均値 $Ave(U_1)$ と、最新の白濁度合 U_1 との差が小さいときに、同一光源によって生じた像による領域であると判定される。

[0089] この処理は、前記類似性算出部 2 2 c において行われ、具体的には、（式 4）を満足するときに、同一の光源による像であると判定される。

$$T h_{LOW} < U 1 / A v e (U 1) < T h_{HIGH} \quad (式 4)$$

ここで、 $T h_{LOW}$ は、同一光源による像と判定する最低閾値であり、 $T h_{HIGH}$ は、同一光源による像と判定する最大閾値である。

[0090] ステップ S 3 1 において、同一光源による像であると判定されると、次に、ステップ S 3 2 において、同一光源によるとみなせる像が連続して検出されたことを示す通算回数 T がインクリメントされて、ステップ S 3 4 に進む。なお、ステップ S 3 2 以降の処理は、前記確信度決定部 2 2 d において行われ、ステップ S 3 2 でインクリメントされた通算回数 T の値は、随時、確信度決定部 2 2 d に記憶される。

[0091] 一方、ステップ S 3 1 において、同一光源による像でないと判定されると、次に、ステップ S 3 3 において、通算回数 T がデクリメントされて、ステップ S 3 5 に進む。なお、ステップ S 3 3 でデクリメントされた通算回数 T の値は、随時、確信度決定部 2 2 d に記憶される。

[0092] 次に、ステップ S 3 4 では、先にステップ S 3 0 で算出された白濁度合 U 1 が確信度決定部 2 2 d に記憶される。そして、過去の処理によって算出された白濁度合の平均値 $A v e (U 1)$ と先に算出された白濁度合 U 1 に基づいて、白濁度合の平均値 $A v e (U 1)$ が再計算されて更新される。更新された白濁度合の平均値 $A v e (U 1)$ の値は、確信度決定部 2 2 d に記憶される。

[0093] 次に、ステップ S 3 5 では、算出された白濁度合の確信度 F が判定されて更新される。確信度 F は、前記した通算回数 T の値によって表される。そして、T の値が大きいほど、すなわち、連続して検出された、同一光源によると考えられる像の輝度勾配に基づいて算出された白濁度合 U 1 ほど、確信度 F が高いと判定されて、確信度 F の値が更新される。

[0094] なお、本実施例では、図 1 4 に示すように、確信度 F を 4 つのレベル、すなわち、 $P h 0$ 、 $P h 1$ 、 $P h 2$ 、 $P h 3$ に分けて管理している。このうち

、 P_h3 が最も確信度が高い状態、すなわち、算出された白濁度合 U_1 が最も信頼できる状態であることを示す。そして、確信度 F のレベルは、 T の値に応じて遷移する。

[0095] すなわち、図 14 において、初期状態では、確信度 F のレベルは P_h0 であり、同一光源によるものとみなせる像が連続して検出されたことを示す通算回数 T の値が所定値 T_1 を越えると、確信度 F のレベルは P_h1 に移行する。その後、通算回数 T の値が所定値 T_2 を越えると確信度 F のレベルは P_h2 に移行し、さらに、通算回数 T の値が所定値 T_3 を越えると確信度 F のレベルは P_h3 に移行する。

[0096] 一方、確信度 F のレベルが P_h3 にあったとき、通算回数 T の値がデクリメントされて所定値 T_4 を下回ると確信度 F のレベルは P_h2 に移行し、その後、通算回数 T の値が所定値 T_5 を下回ると確信度 F のレベルは P_h1 に移行し、さらに、通算回数 T の値が所定値 T_6 を下回ると確信度 F のレベルは P_h0 に移行する。

[0097] 確信度 F が別のレベルに遷移した際には、すぐに元のレベルに戻ってしまうハンチングを防止するため、確信度 F が高いレベルに遷移したときには通算回数 T に所定値 T_{c1} を加算し、また、確信度 F が低いレベルに遷移したときには通算回数 T から所定値 T_{c2} を減算するようにしてもよい。そして、確信度 F の更新が実行されると、図 9 の処理を終了してメインルーチン（図 7）へ戻る。

[0098] （エッジ強度に基づく白濁度合算出処理）

第 2 白濁度合算出部 24 は、撮像部 10 が撮像した画像 1 の中から、エッジ強度の分布に基づいてレンズの白濁度合 U_2 を算出する。

[0099] レンズ 12 の表面に白濁が生じると、画像 1 が不鮮明になる。その不鮮明さの度合は、白濁度合が高くなるにつれて大きくなる。本実施例では、この不鮮明さの度合を、画像 1 の中のエッジ強度の分布に基づいて算出する。

[0100] 以下、白濁度合 U_2 の算出手順について、図 15 を用いて説明する。

[0101] まず、図 15 のステップ S40 では、前記エッジ強度算出部 24a におい

て、撮像部 10 で撮像された画像 1 の中に、エッジ検出を行う領域を設定する。エッジ検出を行う領域は、画像 1 全体としてもよいし、エッジが出現しやすい位置に限定してもよい。

[0102] すなわち、昼間であれば、自車両 5 の後方の地平線を含む領域を設定して、この領域の内部についてエッジ検出を行い、地平線によって形成されるエッジに基づいてエッジ強度を算出してもよい。夜間であれば、自車両 5 が走行している車線 Y_2 に隣接する車線 Y_1 , Y_3 を含む領域を設定して、この領域の内部についてエッジ検出を行い、隣接車線に存在する他車両 6 のエッジに基づいてエッジ強度を算出してもよい。ここで、昼間と夜間の識別は、前記したように、ゲイン調整部 16 において調整されたゲインの値に基づいて行うことができる。

[0103] 次に、ステップ S 41 では、前記エッジ強度算出部 24a において、ステップ S 40 で設定した領域の中にエッジ検出オペレータを作用させて、画像 1 の中の各画素に対してエッジ強度を求める。このとき用いられるエッジ検出フィルタの係数は特に制限されるものではない。

[0104] 次に、ステップ S 42 では、前記エッジ強度分析部 24b において、画像 1 の画素毎に算出されたエッジ強度の値を平均して平均エッジ強度を算出する。なお、平均エッジ強度は、エッジ検出を行った領域の面積で正規化しておく。こうして算出された平均エッジ強度が小さいほど、画像 1 の鮮明度が低い、すなわち白濁度合が高いと判断される。また、平均エッジ強度が大きいほど、画像 1 の鮮明度が高い、すなわち白濁度合が低いと判断される。

[0105] なお、平均エッジ強度は、1 枚の画像から算出するだけでなく、異なる時間に撮像された複数の画像の平均エッジ強度を平均化することによって算出してもよい。これによって、画像 1 の中に突発的なノイズの混入があった場合でも、画像 1 の鮮明度を安定して評価することができる。そして、このとき、所定時間に亘って平均エッジ強度の変化を求めて、平均エッジ強度の変化量が小さいときには、算出された平均エッジ強度、すなわち白濁度合の信頼性が高いものとして、先に説明した確信度 F を算出することができる。

[0106] そして、ステップS 4 3では、平均エッジ強度に基づいて、白濁度合U 2が算出される。具体的には、例えば、前記正規化された平均エッジ強度の逆数が白濁度合U 2として算出される。

[0107] (付着物検出処理)

次に、図7のステップS 6で行われる付着物検出処理の詳細を、図1 6～図1 9を用いて説明する。付着度合算出部2 6では、レンズ1 2に付着した泥や水滴等の付着物の付着度合が、画像1の中のエッジ強度と、輝度値の分布に基づいて算出される。ここで、付着度合算出部2 6で算出される付着物の付着度合をMとする。

[0108] 以下、図1 6を用いて、付着度合算出部2 6で行われる付着物の付着度合Mの算出方法について、泥の付着を検出する場合を例にあげて詳細に説明する。

[0109] まず、ステップS 5 0では、前記処理領域設定部2 6 aにおいて、撮像部1 0で撮像された画像1を所定の比率で縮小して縮小画像1'を得る。このように画像を縮小するのは、画像のサイズを小さくして画像処理を行う際に要するメモリ量を削減し、なおかつ、処理速度を向上させるためである。なお、具体的な縮小率は、使用する計算機環境、および、画像の分解能等を勘案して決定される。そして、縮小画像1'の中に、付着物検出を行う領域を設定する。

[0110] ここで生成する縮小画像1'は、先述した白濁度合を算出するために生成した縮小画像1'と同じ符号で記載しているが、それらの縮小率は同じ値にする必要はなく、それぞれの画像に応じた比率で縮小すればよい。

[0111] 付着物検出を行う領域は、縮小画像1'の全体を設定してもよいが、本実施例では、使用する画像認識アプリケーションであるBSWシステム9の車両検出領域を包含する領域を処理対象領域とする。処理対象領域をこのように設定することで、画像認識アプリケーションの精度を向上させることができるとともに、付着物検出処理の処理効率も向上する。

[0112] さらに、ステップS 5 0では、設定した処理対象領域を、図1 7に示すよ

うに複数のブロック201に分割する。そして、以降の処理はこのブロック単位で行う。本実施例では、各ブロック201のサイズは、検出する付着物の大きさ以下に設定している。このようなサイズに設定することで、泥汚れのみを確実に効率的に検出することができる。また、このように分割された各ブロック201の座標等の情報は、各ブロックに付与されたブロック番号と対応付けられて処理領域設定部26aに記憶される。

[0113] 次に、ステップS51では、前記エッジ検出部26bにおいて、エッジ検出処理と、エッジ検出結果に対するノイズ除去が行われる。エッジ検出処理は、ステップS50で生成した縮小画像I'に対して行われる。このエッジ検出は、従来公知の手法を用いて行えばよい。そして、エッジ検出の結果得られたエッジ強度に対する閾値処理を行って、必要なエッジ構成点のみを抽出する。すなわち、エッジ強度 ρ が、所定の範囲内の値を有するエッジ構成点（弱エッジ構成点）のみを有するエッジ画像E(x, y)を生成する。

[0114] 図18(b)に、こうして生成されたエッジ画像E(x, y)の一例を示す。図18(b)は、図18(a)に示す縮小画像I'から得られたエッジ画像E(x, y)であり、泥汚れ部分が弱いエッジとして検出される。

[0115] なお、同じ泥汚れでも、オフロードなどの路面状態の悪い道路を走行している場合の泥汚れと、舗装道路（オンロード）を走行している場合の泥汚れとでは、濃度や色合いなどが異なり、弱いエッジ強度の度合も異なることがある。また、付着物の種類によっても、エッジ強度が異なることもある。そのため、路面状態、その他走行状況、付着物の種類や付着状況等に応じて、エッジ強度 ρ に対する閾値を複数用意しておき、付着物検出処理を実行するときに、いずれの閾値を用いるか判断してもよい。

[0116] ステップS51では、さらに、生成されたエッジ画像E(x, y)の中に存在するノイズを除去するノイズ除去処理を行う。本実施例では、以下の条件を満たすエッジ構成点をノイズと定義する。

(a) 前回の処理で検出したエッジ画像E(x, y)の中のエッジ構成点が、今回のエッジ検出処理で同じ位置に検出されないとき

(b) 面積が所定値以下のエッジ構成点

[0117] まず、時刻 t で生成したエッジ画像 $E(x, y, t)$ と、その 1 回前のエッジ検出処理によって、時刻 $t - \Delta t$ で生成したエッジ画像 $E(x, y, t - \Delta t)$ との論理積をとって、前記 (a) の条件を満たすエッジ構成点をノイズとして除去する。これは、付着物検出処理で検出したいエッジ構成点は、レンズ 1 2 に付着している付着物のエッジであり、レンズ 1 2 に付着した付着物は、一定時間同じ場所に存在し続けると考えられるためである。

[0118] 次に、上記 (b) の条件を満たすエッジ構成点をノイズとして除去する。これは、レンズ 1 2 に付着した汚れのエッジは、ある程度塊になるため、独立した小さなエッジは汚れではないと考えられるためである。以上のようなノイズ除去を行うことで、レンズ付着物の検出を高精度に行うことができる。

[0119] 次に、ステップ S 5 2 では、前記輝度分布算出部 2 6 c において、輝度分布算出処理が行われる。ここでは、まず、ステップ S 5 0 で設定したブロック 2 0 1 毎に、各ブロック 2 0 1 内の画素の平均輝度値 $I_{ave}(u, v)$ を算出する。ここで、 u, v は、それぞれ、各ブロックの横方向位置、縦方向位置を表す。なお、平均輝度値 $I_{ave}(u, v)$ は、ブロック 2 0 1 毎に、ブロック 2 0 1 内部の画素の輝度値の総和を求めて、求められた輝度値の総和をブロック 2 0 1 の面積（画素数）で除算することによって算出される。

[0120] 次に、ステップ S 5 3 では、各ブロックの平均輝度値 $I_{ave}(u, v)$ に基づいて、注目ブロックと、その注目ブロックの周囲のブロック（以下、周囲ブロックと呼ぶ）とを設定する。図 1 9 に太線で示したブロックが注目ブロック 2 0 1 a である。この注目ブロック 2 0 1 a は、平均輝度値が低いブロックの中から選択される。すなわち、泥汚れが付着している領域の輝度値は、付着していない領域の平均輝度値より低くなる傾向があるためである。

[0121] また、周囲ブロック 2 0 1 b は、注目ブロック 2 0 1 a の外周の当該注目ブロック 2 0 1 a と隣接するブロック 2 0 1 の外周に位置するブロックが選択される。すなわち、泥汚れは一つのブロックだけでなく、その隣接するブ

ロックにも付着している場合が多いので、注目ブロック201aと、それと隣接するブロックとでは、平均輝度値 $I_{ave}(u, v)$ の差が小さいと考えられるためである。したがって、注目ブロック201aに隣接するブロックよりも外側のブロックを周囲ブロック201bとして選択している。

[0122] なお、周囲ブロック201bの設定方法は、これに限定されることはなく、付着物の付着面積が小さい場合等は、注目ブロック201aに隣接するブロック201を周囲ブロック201bとして設定してもよい。また、付着物の付着面積が大きい場合は、注目ブロック201aから数ブロック離れたブロックを周囲ブロック201bとして設定してもよい。

[0123] 次に、ステップS54において、注目ブロック201aの平均輝度値 $I_{ave}(u, v)$ よりも高い平均輝度値 $I_{ave}(u, v)$ をもつ周囲ブロック201b（明るい周囲ブロック）の数をカウントする。この場合も、2値化前の輝度値を使用してカウントする。次に、明るい周囲ブロック201bの割合（明るい周囲ブロック数／周囲ブロックの総数）を計算する。このとき、泥汚れが存在するブロック（注目ブロック201a）については、明るい周囲ブロック数の割合が高くなる。

[0124] 次に、ステップS55において、エッジ検出処理で検出されたエッジ画像 $E(x, y)$ の中から弱いエッジを構成する画素数をカウントする。この弱いエッジのカウントは、2値化後の画像を用いて行う。レンズ12に付着した泥汚れは、焦点が合わず輪郭がぼやけており、弱いエッジが塊となって存在する傾向にある。そのため、本実施例の付着物検出処理では、ブロック毎に弱いエッジ構成点の数をカウントし、カウント数を記憶する。

[0125] 一枚の縮小画像 I' に対して上記処理が終了した後、ステップS56では、処理時間判定処理が行われる。ステップS56では、一定時間を経過したか否かが判定されて、一定時間経過したときはステップS57に進み、一定時間を経過していない場合は、ステップS50に戻る。

[0126] このようにして、ステップS50からステップS55を、所定の時間内で複数回繰り返すことによって、平均輝度値、明るい周囲ブロックの割合、弱

いエッジのカウント数などの情報が時系列で記憶される。なお、この所定の時間は、付着物の種類や、車速等の車両情報等に応じて任意に設定することができる。例えば、雨天時やオフロード走行中では、泥汚れが頻繁に付着するため、短時間で泥汚れの検出を行う必要があるとともに、迅速な警告が必要となる。そのため、所定の時間を短く設定するのが好ましい。

[0127] これに対して、晴天時やオンロード走行中では、泥汚れが付着しにくいいため、高精度な検出を可能とするためには、長時間、情報を蓄積するのが好ましく、そのため、所定の時間を長く設定するのが好ましい。

[0128] 次に、ステップS 5 7では、前記輝度変化算出部2 6 dにおいて、輝度変化抽出処理を行う。レンズ1 2に付着した泥汚れは、時間が経過しても動きづらく、透過性が低いため、その領域内の時間方向における輝度値は変動が小さくなる。このような時間方向における輝度値の変化を調べるために、同じブロックの平均輝度値 $I_{ave}(u, v)$ の時間方向の平均値と分散を算出する。

[0129] ステップS 5 7では、まず、同じブロックの平均輝度値 $I_{ave}(u, v)$ を時間方向について平均化することにより、ブロック毎の時間平均輝度値 E_0 を算出する。

[0130] 次に、算出されたブロック毎の時間平均輝度値 E_0 に基づいて、ブロック毎に時間方向の平均輝度値 $I_{ave}(u, v)$ の分散 V を算出する。

[0131] 続いて、ステップS 5 8では、前記付着物判定部2 6 eにおいて、泥汚れ判定を行う。

[0132] 泥汚れ判定は、以下に説明する情報に基づいて、ブロック2 0 1毎に、泥らしさを表すスコアを算出することによって行われる。

[0133] すなわち、弱いエッジのカウント数が閾値より少ないブロック2 0 1では、泥の付着率は低く、泥らしさを表すスコアは低いと考えられる。また、周囲ブロック2 0 1 bにおける明るいブロック数の割合が閾値よりも高い場合は、ブロック2 0 1の泥らしさを表すスコアは高いと考えられる。そして、さらに、泥らしさを表すスコアが高いブロック2 0 1の平均輝度値の分散が

所定の閾値以下であれば、ブロック 201 に泥が付着している可能性が高いと考えられる。

[0134] こうして算出された泥らしさを表すスコアに基づいて、ブロック 201 の泥らしさスコアが閾値以上であり、なおかつ、ブロック 201 の時間平均輝度値 E_0 の分散 V が所定の閾値以下であるときは、ブロック 201 に泥汚れがあると判断する。そして、泥らしさを表すスコアに応じた付着度合 M が算出される。

[0135] なお、上記例では泥汚れの判定を行う場合について説明したが、付着物が泥に限定されることはなく、水滴が付着した場合であっても、同様にしてその付着度合 M を算出することができる。そして、ステップ S58 を終了すると、メインルーチン（図 7）へ戻る。

[0136] （レンズ汚れ度合算出処理）

次に、図 7 のステップ S7 で行われるレンズ汚れ度合算出処理の詳細について説明する。

[0137] ここでは、先に算出した第 1 白濁度合 U_1 、第 2 白濁度合 U_2 、付着度合 M に基づいて、レンズ 12 の汚れ度合が定量化される。

[0138] 具体的には、まず、第 1 白濁度合 U_1 、もしくは、第 2 白濁度合 U_2 の値に基づいて、レンズ 12 の白濁度合 U を算出する。このとき、第 1 白濁度合 U_1 のみに基づいて白濁度合 U を算出してもよいし、第 2 白濁度合 U_2 のみに基づいて白濁度合 U を算出してもよい、また、第 1 白濁度合 U_1 と第 2 白濁度合 U_2 を両方用いて白濁度合 U を算出してもよい。

[0139] そして、第 1 白濁度合 U_1 、第 2 白濁度合 U_2 のいずれを用いるかは、それらの値を算出した環境や、第 1 白濁度合 U_1 、第 2 白濁度合 U_2 の確信度に基づいて決定すればよい。

[0140] すなわち、例えば、ゲイン調整部 16 で調整されたゲインの値をモニタして、ゲインの大きさが所定値以上であるとき、すなわち夜間であるときは、自車両 5 の後続車両の前照灯が鮮明に画像化されるため、そこから算出した第 1 白濁度合 U_1 の値を用いて白濁度合 U の値を算出すればよい。

[0141] しかし、夜間であっても、後続車両が存在しないときには、前照灯の像に基づいて第1白濁度合 U_1 を算出することができないため、前照灯の像が検出されないときには、第2白濁度合 U_2 の値を用いて白濁度合 U の値を算出すればよい。

[0142] 一方、ゲインの大きさが所定値に満たないとき、すなわち昼間であるときには、太陽光の反射像が鮮明に画像化されるため、そこから算出した第1白濁度合 U_1 の値を用いて白濁度合 U の値を算出すればよい。

[0143] しかし、昼間であっても、太陽光の反射像が存在しないときには、太陽光の反射像に基づいて第1白濁度合 U_1 を算出することができないため、太陽光の反射像が検出されないときには、第2白濁度合 U_2 の値を用いて白濁度合 U の値を算出すればよい。

[0144] そして、こうして算出された白濁度合 U の値と、先に算出した付着度合 M の値が、検出感度調整部50に通知される。

[0145] (車両検出閾値の補正処理)

次に、図7のステップS8において、車両検出部70で他車両6の検出を行う際の車両検出感度の補正が行われる。この処理は、前記検出感度調整部50で行われる。

[0146] 検出感度調整部50では、白濁度合 U の値と付着度合 M の値に応じて、車両検出部70で行う車両検出の際に使用する各種閾値の値を補正する。具体的な閾値の内容については、後述する。

[0147] このように閾値の値を補正するのは、白濁度合 U の値が大きいとき、すなわち、レンズ12の表面が白濁しているときは、撮像部10で撮像される画像1の鮮明度が低下するため、例えばエッジ検出を行う際に、エッジ検出の閾値を、白濁していないときに比べて小さい値に補正しないと、車両を検出することができないためである。

[0148] しかし、実際は、白濁度合 U の値のみに基づいて各種閾値を補正したのでは不十分である。すなわち、レンズ12の表面が白濁した上で、さらに泥や水滴が付着しているときには、白濁度合自体は同じであっても、前記第1白

濁度合算出部 22 において、より一層白濁が進んでいるものと判断されて、実際よりも高い白濁度合 U が算出される。

[0149] そして、こうして算出された、より高い白濁度合 U に基づいて各種閾値を補正してしまうと、車両の検出感度が高くなりすぎてしまい、不要なノイズを検出しやすくなってしまうことによって、逆に車両の検出が困難になってしまうためである。

[0150] そのため、検出感度調整部 50 は、白濁度合 U の値のみならず、付着度合 M の値も加味して、白濁度合 U の値が大きい（白濁度合が高い）ときであっても、付着度合 M の値が大きいときには、各種閾値の補正量を抑制する。なお、閾値の具体的な補正方法については後述する。

[0151] （車両検出処理）

次に、図 7 のステップ S 9 で行われる車両検出処理の詳細を、図 25 を用いて説明する。

[0152] 《差分波形情報による立体物の検出》

まず、ステップ S 60 では、前記検出感度調整部 50 において、レンズ 12 の汚れ度合（白濁度合 U と付着度合 M）に基づいて補正された各種閾値の値が、接近車両検出部 72 に設定される。この処理の詳細については後述する。

[0153] 次に、ステップ S 61 では、前記視点変換部 72 a において、撮像部 10 によって撮像された画像 I を、上空から鉛直下向きに見下ろした仮想画像に変換する。以後、この変換を視点変換と呼び、視点変換によって生成された仮想画像を視点変換画像と呼ぶ。

[0154] この視点変換は、路面との相対関係が既知の位置に設置されたカメラで撮像した、路面を含む画像 I に対して、画像 I の全体に路面が映っていると仮定して、その路面を真上から見下ろすように座標変換することによって行われる。撮像された画像 I を視点変換画像に変換するのは、立体物に特有の鉛直エッジは、視点変換によって特定の定点を通る直線群に変換されるという原理を利用して、平面物と立体物とを識別するためである。なお、視点変換

によって変換された視点変換画像は、後述するエッジ情報による立体物の検出においても利用される。

[0155] 次に、ステップS 6 2では、視点変換部7 2 aにおいて得られた視点変換画像を、順次、前記位置合わせ部7 2 bに入力して、入力された異なる時刻の視点変換画像同士の位置合わせを行う。

[0156] 図2 0は、位置合わせ部7 2 bで行われる処理の概要を説明する図であり、図2 0 (a)は自車両5の移動状態を示す平面図、図2 0 (b)は位置合わせの概要を示している。

[0157] 図2 0 (a)に示すように、現時刻において自車両5が位置V 1にあり、一時刻前に、自車両5が位置V 2にあったとする。また、自車両5が走行している車線に隣接する車線の後方に、他車両6が位置して、現時刻において他車両6が位置V 3にあり、一時刻前に、他車両6が位置V 4にあったとする。さらに、自車両5は、一時刻で移動距離dだけ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。

[0158] このような状態において、現時刻の視点変換画像 $P B_t$ は図2 0 (b)に示すようになる。この視点変換画像 $P B_t$ では、路面上に描かれる白線は矩形状となるが、位置V 3にある他車両6の領域では倒れ込みが発生する。また、一時刻前の視点変換画像 $P B_{t-1}$ についても同様に、路面上に描かれる白線は矩形状となるが、位置V 4にある他車両6の領域では倒れ込みが発生する。

[0159] これは、立体物の鉛直エッジは、視点変換によって倒れ込み方向に沿った直線群に変換されるのに対し、白線のような路面上に描かれた模様は、鉛直エッジを含まないため、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。

[0160] 位置合わせ部7 2 bは、上記のようにして生成された視点変換画像 $P B_t$ と視点変換画像 $P B_{t-1}$ の位置合わせを行う。この際、位置合わせ部7 2 bは、一時刻前の視点変換画像 $P B_{t-1}$ を、一時刻の間に自車両5が移動した距離に

対応する量だけオフセットさせて、現時刻の視点変換画像 $P B_t$ と位置を一致させる。

[0161] 図 20 (b) の左側の視点変換画像 $P B_t$ と中央の視点変換画像 $P B_{t-1}$ は、オフセット量 d' だけずらした状態を示す。このオフセット量 d' は、図 20 (a) に示した自車両 5 の実際の移動距離 d に対応する視点変換画像上の移動量であり、車両情報取得部 60 から得られる自車両 5 の車速と、一時刻前から現時刻までの時間に基づいて決定される。

[0162] 次に、ステップ S 63 では、視点変換画像 $P B_t$ 、 $P B_{t-1}$ の位置合わせを行った後で差分をとり、差分画像 $P D_t$ を生成する。ここで、差分画像 $P D_t$ に格納される輝度値は、視点変換画像 $P B_t$ 、 $P B_{t-1}$ の対応する画素の輝度値の差の絶対値でもよいし、照度環境の変化に対応するために当該絶対値が第 1 閾値 p を超えたときに「1」とし、超えないときに「0」としてもよい。

[0163] 図 20 (b) の右側の画像が、差分画像 $P D_t$ である。なお、前記第 1 閾値 p は、予め、検出感度調整部 50 において補正された後、ステップ S 60 において接近車両検出部 72 に設定された値である。その補正方法は後述する。

[0164] 次に、ステップ S 64 以降では、前記立体物検出部 72 c において、図 20 (b) に示す差分画像 $P D_t$ に基づいて立体物を検出する。このとき、立体物検出部 72 c は、立体物の移動距離も合わせて算出する。

[0165] 立体物の検出、および移動距離の算出にあたり、まず、ステップ S 64 において、前記立体物検出部 72 c は、差分画像 $P D_t$ に基づいて算出される差分波形 $D W_t$ を生成する。

[0166] 差分波形 $D W_t$ の生成にあたって、立体物検出部 72 c は、まず、差分画像 $P D_t$ の内部に、立体物の検出領域を設定する。

[0167] 前記接近車両検出部 72 は、自車両 5 が車線変更する際に接触の可能性がある、自車両 5 が走行する車線に隣接する車線を走行する他車両 6 を検出する。

[0168] このため、撮像部 10 により得られた画像 1 の中に、自車両 5 の右側、および左側に二つの検出領域を設定する。本実施例では、図 1 に示すように自車両 5 の後方の右側、および左側に、それぞれ矩形状の検出領域 X_1 、 X_2 を設定する。そして、この検出領域 X_1 、 X_2 の内部で検出された他車両 6 が、接近車両として検出される。なお、このような検出領域 X_1 、 X_2 は、自車両 5 に対する相対位置から設定してもよいし、道路上の白線の位置を基準に設定してもよい。道路上の白線の位置を基準に設定する場合には、例えば既存の白線認識技術等を利用して検出された白線の位置が基準にされる。

[0169] また、立体物検出部 72c は、検出領域 X_1 、 X_2 の自車両 5 側における辺（自車両 5 の走行方向に沿う辺）を、図 1 に示す接地線 L_1 、 L_2 として認識する。

[0170] 図 21 は、前記立体物検出部 72c による差分波形の生成の様子を示す概略図である。図 21 に示すように、立体物検出部 72c は、位置合わせ部 72b で算出した差分画像 PD_t （図 20（b）の右図）のうち検出領域 X_1 、 X_2 の内部に相当する部分から、差分波形 DW_t を生成する。このとき、視点変換によって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 21 に示す例では、便宜上、検出領域 X_1 のみを用いて説明するが、検出領域 X_2 についても同様の手順で差分波形 DW_t を生成する。

[0171] 以下、差分波形 DW_t の生成方法を具体的に説明する。立体物検出部 72c は、まず、差分画像 PD_t において、図 21（a）に示す、立体物が倒れ込む方向に沿う線 L_a を設定する。そして、設定した線 L_a 上において所定値以上の差分値を有する画素 DP の数をカウントする。ここで、所定値以上の差分値を有する画素 DP （以下、単に画素 DP と呼ぶ）とは、差分画像 PD_t の輝度値（画素値）が視点変換画像 PB_t 、 PB_{t-1} の輝度値の差を絶対値化したものであるときは、第 1 閾値 p を超える画素であり、差分画像 PD_t の輝度値が「0」、「1」で表現されている場合は、「1」を示す画素である。

[0172] 立体物検出部 72c は、第 1 閾値 p 以上の差分値を有する画素 DP の数をカウントした後、線 L_a と接地線 L_1 との交点 CP を求める。そして、交点

C Pと画素D Pのカウント数とを対応付け、交点C Pの位置に基づいて、横軸位置、すなわち図2 1（b）の上下方向軸上の位置を決定するとともに、画素D Pのカウント数から縦軸位置、すなわち図2 1（b）の左右方向軸上の位置を決定し、こうして決定した横軸位置、縦軸位置の交点にプロットを行う。

[0173] 以下同様に、立体物検出部7 2 cは、立体物が倒れ込む方向に沿う線L b， L c…を設定して、画素D Pの数をカウントし、各交点C Pの位置に基づいて、図2 1（b）の対応する横軸位置を決定し、画素D Pのカウント数から縦軸位置を決定して、その位置にプロットを行う。こうして、図2 1（b）に示す差分波形DW_tを生成する。

[0174] なお、図2 1（a）に示すように、立体物が倒れ込む方向に沿う線L aと線L bとは検出領域X 1を横切る距離が異なっている。このため、検出領域X 1が画素D Pで満たされているとすると、線L b上よりも線L a上の方が画素D Pのカウント数が多くなる。このため、立体物検出部7 2 cは、画素D Pのカウント数から縦軸位置を決定するときに、画素D Pのカウント数を、立体物が倒れ込む方向に沿う線L a， L bが検出領域X 1を横切る距離に基づいて正規化する。

[0175] 例えば、図2 1（a）において線L a上の画素D Pのカウント数は6であり、線L b上の画素D Pのカウント数は5である。このため、図2 1（a）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7 2 cは、カウント数を前記横切る距離で除算して正規化を行う。

[0176] その後、ステップS 6 5では、立体物検出部7 2 cにおいて、ステップS 6 4で生成された差分波形DW_tのピークが第2 閾値 α 以上であるか否かを判断する。この第2 閾値 α は、予め、検出感度調整部5 0において補正された後、ステップS 6 0において接近車両検出部7 2に設定された値である。その補正方法は後述する。

[0177] ここで、差分波形DW_tのピークが第2 閾値 α 以上でない場合、すなわち差分値が殆どない場合には、撮像された画像Iの中には立体物が存在しないと

判断される。このため、差分波形 DW_t のピークが第2閾値 α 以上でないと判断されたとき（ステップS65がNOのとき）にはステップS74に進み、ステップS74では、立体物、すなわち他車両6が存在しないと判断して、図25の車両検出処理を終了し、その後、メインルーチン（図7）へ戻る。

[0178] 一方、差分波形 DW_t のピークが第2閾値 α 以上であると判断されたとき（ステップS65がYESのとき）には、立体物検出部72cは、立体物が存在すると判断し、現時刻の差分波形 DW_t と一時刻前の差分波形 DW_{t-1} との対比を行って、立体物の移動距離を算出する。

[0179] そのために、まずステップS66では、立体物検出部72cにおいて、図22に示すように、差分波形 DW_t が複数の小領域 $DW_{t1} \sim DW_{tn}$ （ n は2以上の任意の整数）に分割される。このとき、小領域 $DW_{t1} \sim DW_{tn}$ は、図22に示すように、互いに重複するようにして分割される。すなわち、図22において、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。

[0180] 次に、ステップS68では、立体物検出部72cは、分割された小領域 $DW_{t1} \sim DW_{tn}$ 毎にオフセット量（差分波形の横軸方向（図21（b）の上下方向）の移動量）を求める。このオフセット量は、一時刻前の差分波形 DW_{t-1} と現時刻の差分波形 DW_t との差（横軸方向の距離）から求められる。

[0181] 具体的には、小領域 $DW_{t1} \sim DW_{tn}$ 毎に、一時刻前の差分波形 DW_{t-1} を横軸方向（図21（b）の上下方向）に移動させたときに、現時刻の差分波形 DW_t との誤差が最小となる位置を判定し、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。

[0182] そして、ステップS69では、立体物検出部72cは、小領域 $DW_{t1} \sim DW_{tn}$ 毎に求めたオフセット量をカウントしてヒストグラムを生成する。なお、このとき、複数の小領域 $DW_{t1} \sim DW_{tn}$ 毎に予め重み付けをしておき、小領域 $DW_{t1} \sim DW_{tn}$ 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。

[0183] 例えば、小領域 DW_{ti} が平坦となっているとき、すなわち、画素DPのカ

ウント数の最大値と最小値との差が小さくなっているときは、重み付けを小さくする。これは、平坦な小領域 DW_{t_i} では、特徴がないため、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。

一方、小領域 DW_{t_i} が起伏に富んでいるとき、すなわち、画素 DP のカウント数の最大値と最小値との差が大きくなっているときは、重み付けを大きくする。これは、起伏に富む小領域 DW_{t_i} では、特徴があるため、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。

[0184] 図 23 は、ステップ S 69 において生成されたヒストグラムの一例を示す図である。図 23 に示すように、各小領域 $DW_{t_1} \sim DW_{t_n}$ と一時刻前の差分波形 DW_{t-1} との誤差が最小となるオフセット量には、多少のばらつきが生じる。

[0185] 次に、ステップ S 70 では、立体物検出部 72c において、ヒストグラムの極大値を与える位置に基づいて、立体物の移動距離である相対移動距離 τ^* を算出する。

[0186] すなわち、図 23 に示すヒストグラムの例では、ヒストグラムの極大値を示すオフセット量を相対移動距離 τ^* として算出する。この相対移動距離 τ^* は、自車両 5 に対する他車両 6 の相対移動距離である。

[0187] 次に、ステップ S 71 では、立体物検出部 72c において、相対移動距離から立体物の絶対移動速度が算出される。ここでは、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共に、車両情報取得部 60 で取得された自車速を加算して、絶対移動速度を算出する。

[0188] なお、移動距離の算出精度を向上するために、上記したように差分波形 DW_t を複数の小領域 $DW_{t_1} \sim DW_{t_n}$ 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 $DW_{t_1} \sim DW_{t_n}$ に分割しなくてもよい。この場合に、立体物検出部 72c 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、一時刻前の差分波形 DW_{t-1} と現時刻の差分波形 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るものではない。

[0189] 次に、ステップS 7 2では、立体物検出部 7 2 cにおいて、立体物の絶対移動速度が所定の速度範囲内に入っているか否かが判定される。所定の速度範囲は予め設定された値が用いられる。そして、立体物の絶対移動速度が所定の速度範囲内にあるとき（ステップS 7 2がY E Sのとき）は、ステップS 7 3に進んで、ステップS 7 3において、立体物が他車両6であると判断し、その後、メインルーチン（図7）へ戻る。

[0190] 一方、立体物の絶対移動速度が所定の速度範囲内でないとき（ステップS 7 2がN Oのとき）は、ステップS 7 4に進んで、ステップS 7 4において、立体物、すなわち他車両6が存在しないと判断されて、図25の車両検出処理を終了し、その後、メインルーチン（図7）へ戻る。

[0191] ここで、第1閾値 p と第2閾値 α の補正方法について、図24を用いて説明する。図24（a）は、レンズ12の汚れ度合に応じた第1閾値 p の補正方法について説明する図であり、図24（b）は、レンズ12の汚れ度合に応じた第2閾値 α の補正方法について説明する図である。

[0192] まず、図24（a）を用いて、第1閾値 p の補正方法について説明する。レンズ12の汚れがないとき、第1閾値 p は、検出感度調整部50において所定値 p_0 に設定される。図24（a）の横軸は、白濁度合算出部25で算出されたレンズ12の白濁度合 U を示しており、右に行くほど白濁度合 U が高いことを表している。

[0193] そして、第1閾値 p は、白濁度合 U が高くなるほど小さくなるように補正される。第1閾値 p を小さく補正することによって、車両の検出感度が向上する。そして、このとき、第1閾値 p は、さらに、付着度合算出部26で算出されたレンズ12への泥や水滴等の付着物の付着度合 M に応じて、小さくなる度合が抑制されるように補正される。

[0194] すなわち、図24（a）に示すように、付着物があるとき（点線）は、付着物がないとき（実線）に比べて、レンズ12の白濁度合が高くなっても、第1閾値 p の値の低減量を小さくしている。

- [0195] こうして補正された第1閾値 p の値が接近車両検出部 72 に設定されて、車両検出処理に用いられる。そして、車両検出処理において、レンズ 12 の白濁度合 U が高いときには、検出感度を上げて、差分画像 PD_t に小さな差分値が検出されると、その点を立体物（他車両）の候補として検出するが、レンズ 12 に付着物があるときには、検出感度の向上を抑制して、差分画像 PD_t の中に、先ほどよりも大きな差分値が検出されないと、立体物の候補として検出されないようにする。
- [0196] そして、第2閾値 α も、第1閾値 p と同じ考え方によって補正される。すなわち、レンズ 12 の汚れがないとき所定値 α_0 に設定された第2閾値 α が、図 24 (b) に示すように、付着度合算出部 26 で算出されたレンズ 12 への泥や水滴等の付着物の付着度合 M に応じて補正されて、レンズ 12 の白濁度合 U が高いときには、検出感度を上げて、差分波形 DW_t の中に小さなピークが検出されると、その点を立体物（他車両）の候補として検出するが、レンズ 12 に付着物があるときには、検出感度の向上を抑制して、差分波形 DW_t の中に、先ほどよりも大きなピークが検出されないと、立体物の候補として検出されないようにする。
- [0197] なお、図 24 (a), (b) では、白濁度合 U の高さに応じて、第1閾値 p , 第2閾値 α をそれぞれリニアに補正する例を示したが、第1閾値 p , 第2閾値 α の補正方法は、これに限定されるものではない。すなわち、例えば、白濁度合 U の高さに応じて、第1閾値 p , 第2閾値 α を階段状（ステップ状）に補正してもよい。
- [0198] また、夜間と昼間で、車両検出感度（第1閾値 p と第2閾値 α ）の補正方法を設定するようにしてもよい。すなわち、夜間は昼間に対して、レンズ 12 の白濁度合 U に応じた車両検出感度（第1閾値 p と第2閾値 α ）の抑制量を低減して、接近車両をより一層確実に検出することもできる。なお、夜間と昼間の判定は、前記したように、ゲイン調整部 16 において調整されたゲインの値に基づいて、ゲインの値が所定値以上のときは夜間と判定し、それ以外のときは昼間と判定することができる。

[0199] さらに、検出した立体物（接近車両）の絶対移動速度と自車両5の車速に基づいて接近車両の相対速度を算出し、こうして算出した相対速度の大きさに応じて、車両検出感度（第1閾値 p と第2閾値 α ）の補正方法を設定するようにしてもよい。すなわち、算出された相対速度が所定値以上の正の値を有しているとき、すなわち、自車両5が接近車両に後方から追い抜かれるときには、レンズ12の白濁度 U に応じた車両検出感度（第1閾値 p と第2閾値 α ）の抑制量を低減して、接近車両をより一層確実に検出することもできる。

[0200] 《エッジ情報による立体物の検出》

次に、図6に示す検出ブロックA1に代えて動作させることが可能である、輝度差算出部72g、エッジ線検出部72h、および立体物検出部72iで構成されるエッジ情報を利用した立体物の検出ブロックA2について説明する。

[0201] 図26は、前記撮像部10の撮像範囲等を示す図であり、図26(a)は平面図、図26(b)は、自車両5の後側方における実空間上の斜視図を示す。図26(a)に示すように、撮像部10は自車両5の後側方の所定の範囲 ω を撮像する。

[0202] 本実施例の検出領域 $X1$ 、 $X2$ は、視点変換画像の中において台形状とされ、これらの検出領域 $X1$ 、 $X2$ の位置、大きさ、および形状は、距離 $d1 \sim d4$ に基づいて決定される。なお、検出領域 $X1$ 、 $X2$ は台形状に限らず、視点変換画像の中で矩形など他の形状であってもよい。

[0203] ここで、距離 $d1$ は、自車両5から接地線 $L1$ 、 $L2$ までの距離である。接地線 $L1$ 、 $L2$ は、自車両5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。本実施例においては、自車両5の後側方において自車両5の車線に隣接する車線を走行する他車両6を検出することが目的である。このため、自車両5から白線 W までの距離 $d11$ 、および白線 W から他車両6が走行すると予測される位置までの距離 $d12$ から、他車両6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。

[0204] 距離 d_2 は、自車両 5 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 d_2 は、検出領域 X_1 、 X_2 が少なくとも撮像部 10 の撮影範囲に収まるように決定されている。距離 d_3 は、検出領域 X_1 、 X_2 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 d_3 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。本実施例においては、検出対象が他車両 6 であるため、距離 d_3 は、他車両 6 を含む長さに設定される。

[0205] 距離 d_4 は、図 26 (b) に示すように、実空間において他車両 6 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 d_4 は、視点変換画像においては図 26 (a) に示す部位の長さとなる。なお、距離 d_4 は、視点変換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 車線隣の車線）を含まない長さとすることもできる。

[0206] 以上のように、距離 d_1 ～距離 d_4 が決定され、これにより検出領域 X_1 、 X_2 の位置、大きさ、および形状が決定される。具体的に説明すると、距離 d_1 により、台形をなす検出領域 X_1 、 X_2 の上方の辺 b_1 の位置が決定される。距離 d_2 により、上方の辺 b_1 の始点位置 C_1 が決定される。距離 d_3 により、上方の辺 b_1 の終点位置 C_2 が決定される。撮像部 10 から始点位置 C_1 に向かって伸びる直線 L_3 により、台形をなす検出領域 X_1 、 X_2 の側方の辺 b_2 が決定される。同様に、撮像部 10 から終点位置 C_2 に向かって伸びる直線 L_4 により、台形をなす検出領域 X_1 、 X_2 の側方の辺 b_3 が決定される。また、距離 d_4 により、台形をなす検出領域 X_1 、 X_2 の下方の辺 b_4 の位置が決定される。

[0207] このように、各辺 b_1 ～ b_4 により囲まれる領域が検出領域 X_1 とされる。この検出領域 X_1 は、図 26 (b) に示すように、自車両 5 から後側方における実空間上では真四角（長方形）となる。なお、図 26 (b) には記載しないが、検出領域 X_2 についても同様である。

[0208] 図 6 に示す輝度差算出部 72 g は、視点変換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 72 a により視点変換された視点変換画像

に対して、輝度差の算出を行う。輝度差算出部 72 g 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毎に、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 72 g 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。

[0209] 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 72 g は、視点変換画像に対して、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 72 g 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、および第 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 72 g の動作について詳細に説明する。

[0210] 輝度差算出部 72 g は、図 27 (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 X 1 を通過する第 1 鉛直仮想線 L e (以下、注目線 L e という) を設定する。また輝度差算出部 72 g は、注目線 L e 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 X 1 を通過する第 2 鉛直仮想線 L r (以下、参照線 L r という) を設定する。ここで参照線 L r は、実空間における所定距離だけ注目線 L e 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、視点変換画像においては撮像部 10 の位置 P s から放射状に広がる線となる。

[0211] 輝度差算出部 72 g は、注目線 L e 上に注目点 P e (第 1 鉛直仮想線上の点) を設定する。また輝度差算出部 72 g は、参照線 L r 上に参照点 P r (第 2 鉛直仮想線上の点) を設定する。これら注目線 L e、注目点 P e、参照線 L r、参照点 P r は、実空間上において図 27 (b) に示す関係となる。すなわち、注目線 L e、および参照線 L r は、実空間上において鉛直方向に伸びた線であり、注目点 P e と参照点 P r とは、実空間上において略同じ高さにある点である。

- [0212] 輝度差算出部 72 g は、注目点 P_e と参照点 P_r との輝度差を求める。仮に、注目点 P_e と参照点 P_r との輝度差が大きいと、注目点 P_e と参照点 P_r との間にエッジが存在すると考えられる。このため、図 6 のエッジ線検出部 72 h は、注目点 P_e と参照点 P_r との輝度差に基づいてエッジ線を検出する。
- [0213] この点をより詳細に説明する。図 28 は、輝度差算出部 72 g の詳細動作を示す図であり、図 28 (a) は視点変換画像を示し、図 28 (b) は、図 28 (a) の視点変換画像の一部分 B1 を拡大した図である。なお、図 28 では、検出領域 X1 のみを図示して説明するが、検出領域 X2 についても同様の手順で輝度差を算出する。
- [0214] 撮像部 10 が撮像した画像 I 内に他車両 6 が映っていた場合には、図 28 (a) に示すように、視点変換画像の検出領域 X1 に他車両 6 が現れる。そして、図 28 (b) に示すように、視点変換画像上において、他車両 6 のタイヤのゴム部分上に注目線 L_e 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 72 g は、まず参照線 L_r を設定する。参照線 L_r は、注目線 L_e 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。
- [0215] 具体的には、接近車両検出部 72 において、参照線 L_r は、注目線 L_e から実空間上において、例えば 10 cm だけ離れた位置に設定される。これにより、参照線 L_r は、視点変換画像上において、例えば、他車両 6 のタイヤのゴムから 10 cm 相当だけ離れた他車両 6 のタイヤのホイール上に設定される。
- [0216] 次に、輝度差算出部 72 g は、注目線 L_e 上に複数の注目点 $P_{e1} \sim P_{eN}$ を設定する。図 28 (b) においては、説明の便宜上、6 つの注目点 $P_{e1} \sim P_{e6}$ (以下、任意の点を示す場合には単に注目点 P_{ei} という) を設定している。なお、注目線 L_e 上に設定する注目点 P_e の数は任意でよい。以下の説明では、総数 N 個の注目点 P_e が注目線 L_e 上に設定されたものとして説明する。

- [0217] 次に、輝度差算出部72gは、実空間上において各注目点 $P_{e1} \sim P_{eN}$ と同じ高さとなるように各参照点 $P_{r1} \sim P_{rN}$ を設定する。そして、輝度差算出部72gは、同じ高さ同士の注目点 P_e と参照点 P_r との輝度差を算出する。これにより、輝度差算出部72g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毎に、2つの画素の輝度差を算出する。
- [0218] すなわち、輝度差算出部72gは、例えば第1注目点 P_{e1} と第1参照点 P_{r1} との間で輝度差を算出し、第2注目点 P_{e2} と第2参照点 P_{r2} 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72gは、注目線 L_e 、および参照線 L_r に沿って、連続的に輝度差を求める。
- [0219] 輝度差算出部72gは、検出領域 X_1 内において注目線 L_e をずらしながら、参照線 L_r の設定、注目点 P_e 、および参照点 P_r の設定、輝度差の算出をそれぞれ繰り返し実行する。すなわち、輝度差算出部72gは、注目線 L_e 、および参照線 L_r のそれぞれを、実空間上において接地線 L_1 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。そして、輝度差算出部72gは、例えば、前回処理において参照線 L_r となっていた線を注目線 L_e に設定し、この注目線 L_e に対して参照線 L_r を設定して、順次輝度差を求めていくことになる。
- [0220] 図6に戻り、エッジ線検出部72hは、輝度差算出部72g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28(b)の場合、第1注目点 P_{e1} と第1参照点 P_{r1} 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 $P_{e2} \sim P_{e6}$ はタイヤのゴム部分に位置し、第2～第6参照点 $P_{r2} \sim P_{r6}$ 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 $P_{e2} \sim P_{e6}$ と第2～第6参照点 $P_{r2} \sim P_{r6}$ との輝度差は大きくなる。このため、エッジ線検出部72hは、輝度差が大きい第2～第6注目点 $P_{e2} \sim P_{e6}$ と第2～第6参照点 $P_{r2} \sim P_{r6}$ 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。
- [0221] 具体的には、エッジ線検出部72hは、エッジ線を検出するにあたり、ま

ず（式5）に示す3つの規則に従って、 i 番目の注目点 P_{ei} （座標（ x_i ， y_i ））と i 番目の参照点 P_{ri} （座標（ $x_{i'}$ ， $y_{i'}$ ））との輝度差から、 i 番目の注目点 P_{ei} に属性 s を付与する。すなわち、

$$I(x_i, y_i) > I(x_{i'}, y_{i'}) + w \text{ のとき } s(x_i, y_i) = 1$$

$$I(x_i, y_i) < I(x_{i'}, y_{i'}) - w \text{ のとき } s(x_i, y_i) = -1$$

$$\text{上記以外のとき } s(x_i, y_i) = 0$$

（式5）

[0222] （式5）において、 w は第3閾値を示し、 $I(x_i, y_i)$ は i 番目の注目点 P_{ei} の輝度値を示し、 $I(x_{i'}, y_{i'})$ は i 番目の参照点 P_{ri} の輝度値を示す。前記（式5）によれば、注目点 P_{ei} の輝度値が、参照点 P_{ri} に第3閾値 w を加えた輝度値よりも高い場合には、当該注目点 P_{ei} の属性 $s(x_i, y_i)$ は「1」となる。一方、注目点 P_{ei} の輝度値が、参照点 P_{ri} から第3閾値 w を減じた輝度値よりも低い場合には、当該注目点 P_{ei} の属性 $s(x_i, y_i)$ は「-1」となる。注目点 P_{ei} の輝度値と参照点 P_{ri} の輝度値とがそれ以外の関係である場合には、注目点 P_{ei} の属性 $s(x_i, y_i)$ は「0」となる。この第3閾値 w は、予め、検出感度調整部50において補正された後、接近車両検出部72に設定された値である。その補正方法は後述する。

[0223] 次にエッジ線検出部72hは、（式6）に示す2つの規則に基づいて、注目線 L_e に沿った属性 s の連続性 $c(x_i, y_i)$ を算出する。

$$s(x_i, y_i) = s(x_{i+1}, y_{i+1}) \text{ のとき } c(x_i, y_i) = 1$$

$$\text{上記以外のとき } c(x_i, y_i) = 0$$

（式6）

[0224] 注目点 P_{ei} の属性 $s(x_i, y_i)$ と隣接する注目点 P_{ei+1} の属性 $s(x_{i+1}, y_{i+1})$ とが同じである場合には、連続性 $c(x_i, y_i)$

)は「1」となる。注目点 $P_{e i}$ の属性 $s(x_i, y_i)$ と隣接する注目点 $P_{e i+1}$ の属性 $s(x_{i+1}, y_{i+1})$ とが同じではない場合には、連続性 $c(x_i, y_i)$ は「0」となる。

[0225] 次にエッジ線検出部72hは、注目線 L_e 上の全ての注目点 P_e の連続性 c の総和を求める。エッジ線検出部72hは、求めた連続性 c の総和を注目点 P_e の総数 N で割ることにより、連続性 c を正規化する。エッジ線検出部72hは、正規化した連続性 c が第4閾値 θ を超えた場合に、注目線 L_e をエッジ線と判断する。なお、第4閾値 θ は、予め、検出感度調整部50において補正された後、接近車両検出部72に設定された値である。その補正方法は後述する。

[0226] すなわち、エッジ線検出部72hは、(式7)に基づいて注目線 L_e 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72hは、検出領域 X_1 上に描かれた注目線 L_e の全てについてエッジ線であるか否かを判断する。

$$\sum c(x_i, y_i) / N > \theta \quad (\text{式7})$$

[0227] 図6に戻り、立体物検出部72iは、エッジ線検出部72h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、接近車両検出部72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 X_1 、 X_2 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72iは、エッジ線検出部72hにより検出されたエッジの量に基づいて立体物を検出する。さらに、立体物検出部72iは、立体物を検出するのに先立って、エッジ線検出部72h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72iは、エッジ線上の視点変換画像のエッジ線に沿った輝度変化が所定の閾値よりも大きいか否かを判定する。エッジ線上の視点変換画像の輝度変化が所定の閾値よりも大きい場合には、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、エッジ線上の視点変換画像の輝度変化が所定の閾値よりも大きくない場合には、当該

エッジ線が正しいものと判定する。なお、この所定の閾値は、実験等により予め設定された値である。

[0228] 図29は、エッジ線の輝度分布を示す図であり、図29(a)は検出領域X1に立体物としての他車両6が存在した場合のエッジ線、および輝度分布を示し、図29(b)は検出領域X1に立体物が存在しない場合のエッジ線、および輝度分布を示す。

[0229] 図29(a)に示すように、視点変換画像において他車両6のタイヤゴム部分に設定された注目線 L_e 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 L_e 上の視点変換画像の輝度変化はなだらかなものとなる。これは、撮像部10により撮像された画像Iが視点変換されたことにより、他車両6のタイヤが視点変換画像内で引き延ばされたことによる。

[0230] 一方、図30(b)に示すように、視点変換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 L_e 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 L_e 上の視点変換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。

[0231] 以上のような注目線 L_e 上の輝度分布の相違に基づいて、立体物検出部72i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。立体物検出部72iは、エッジ線に沿った輝度変化が所定の閾値よりも大きい場合には、当該エッジ線が誤判定により検出されたものであると判定する。そして、当該エッジ線は、立体物の検出には使用しない。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うことによる、立体物の検出精度の低下を抑制する。

[0232] 具体的には、立体物検出部72iは、下記(式8)、(式9)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8)は、注目線 L_e 上のi番目の輝度値 $I(x_i, y_i)$ と、隣接する $i+1$ 番目の輝度値 $I(x_{i+1}, y_{i+1})$ 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9)は、注目線 L_e 上の i 番目の輝度値 $I(x_i, y_i)$ と、隣接する $i+1$ 番目の輝度値 $I(x_{i+1}, y_{i+1})$ との差分の絶対値の合計値によって輝度分布を評価する。

$$\text{鉛直相当方向の評価値} = \sum [\{I(x_i, y_i) - I(x_{i+1}, y_{i+1})\}^2] \quad (\text{式8})$$

$$\text{鉛直相当方向の評価値} = \sum |I(x_i, y_i) - I(x_{i+1}, y_{i+1})| \quad (\text{式9})$$

[0233] なお、(式8)、(式9)に限らず、(式10)のように、閾値 t_2 を用いて隣接する輝度値の属性 b を2値化して、当該2値化した属性 b を全ての注目点 P_e について総和してもよい。

$$\text{鉛直相当方向の評価値} = \sum b(x_i, y_i)$$

但し、 $|I(x_i, y_i) - I(x_{i+1}, y_{i+1})| > t_2$ のとき

$$b(x_i, y_i) = 1$$

上記以外するとき $b(x_i, y_i) = 0$

$$(\text{式10})$$

[0234] 注目点 P_{e_i} の輝度値と参照点 P_{r_i} の輝度値の輝度差の絶対値が閾値 t_2 よりも大きい場合、当該注目点 $P_e(x_i, y_i)$ の属性 $b(x_i, y_i)$ は「1」となる。それ以外の関係である場合には、注目点 P_{e_i} の属性 $b(x_i, y_i)$ は「0」となる。この閾値 t_2 は、注目線 L_e 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72iは、注目線 L_e 上の全注目点 P_e 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て、エッジ線が正しいものかを判定する。

[0235] ここで、第3閾値 w と第4閾値 θ の補正方法について、図30を用いて説明する。図30(a)は、レンズ12の汚れ度合に応じた第3閾値 w の補正方法について説明する図であり、図30(b)は、レンズ12の汚れ度合に応じた第4閾値 θ の補正方法について説明する図である。

[0236] まず、図30(a)を用いて、第3閾値 w の補正方法について説明する。

レンズ 1 2 の汚れがないとき、第 3 閾値 w は、検出感度調整部 5 0 において所定値 w_0 に設定される。図 3 0 (a) の横軸は、白濁度合算部 2 5 で算出されたレンズ 1 2 の白濁度合 U を示しており、右に行くほど白濁度合 U が高いことを表している。

[0237] そして、第 3 閾値 w は、白濁度合 U が高くなるほど小さくなるように補正される。第 3 閾値 w を小さく補正することによって、車両の検出感度が向上する。そして、このとき、第 3 閾値 w は、さらに、付着度合算部 2 6 で算出されたレンズ 1 2 への泥や水滴等の付着物の付着度合 M に応じて、小さくなる度合が抑制されるように補正される。

[0238] すなわち、図 3 0 (a) に示すように、付着物があるとき（点線）は、付着物がないとき（実線）に比べて、レンズ 1 2 の白濁度合が高くなっても、第 3 閾値 w の値の低減量を小さくしている。

[0239] こうして補正された第 3 閾値 w の値が接近車両検出部 7 2 に設定されて、車両検出処理に用いられる。そして、車両検出処理において、レンズ 1 2 の白濁度合 U が高いときには、検出感度を上げて、視点変換画像の中に設定した注目線 L_e と参照線 L_r の間に輝度差が検出されると、その点を立体物（他車両）の候補として検出するが、レンズ 1 2 に付着物があるときには、検出感度の向上を抑制して、注目線 L_e と参照線 L_r の間に、先ほどよりも大きな輝度差が検出されないと、立体物の候補として検出されないようにする。

[0240] そして、第 4 閾値 θ も、第 3 閾値 w と同じ考え方によって補正される。すなわち、レンズ 1 2 の汚れがないとき所定値 θ_0 に設定された第 4 閾値 θ が、図 3 0 (b) に示すように、付着度合算部 2 6 で算出されたレンズ 1 2 への泥や水滴等の付着物の付着度合 M に応じて補正されて、レンズ 1 2 の白濁度合 U が高いときには、検出感度を上げて、視点変換画像の中に設定した注目線 L_e 上における、属性 s が $s = 1$ である画素の連続性 c が高いときに、その注目線 L_e をエッジ線と判断するが、レンズ 1 2 に付着物があるときには、検出感度の向上を抑制して、注目線 L_e 上における、属性 s が $s = 1$ で

ある画素の連続性 c が、先ほどよりも高い値にならないと、エッジ線として検出されないようにする。

[0241] なお、図30(a), (b)では、白濁度合 U の高さに応じて、第3閾値 w 、第4閾値 θ をそれぞれリニアに補正する例を示したが、第3閾値 w 、第4閾値 θ の補正方法は、これに限定されるものではない。すなわち、例えば、白濁度合 U の高さに応じて、第3閾値 w 、第4閾値 θ を階段状（ステップ状）に補正してもよい。

[0242] 次に、本実施形態に係るエッジ情報を利用した立体物検出方法について説明する。図31は、本実施形態に係る立体物検出方法の詳細を示すフローチャートである。なお、図31においては、便宜上、検出領域 $X1$ を対象とする処理について説明するが、検出領域 $X2$ についても同様の処理が実行される。

[0243] 図31に示すように、まずステップS80では、前記検出感度調整部50において、レンズ12の汚れ度合（白濁度合 U と付着度合 M ）に基づいて補正された第3閾値 w と第4閾値 θ の値が、接近車両検出部72に設定される。

[0244] 次に、ステップS81では、前記視点変換部72aにおいて、撮像部10によって撮像された画像 I を、上空から鉛直下向きに見下ろした視点変換画像に変換する。

[0245] さらに、ステップS82では、輝度差算出部72gが、検出領域 $X1$ の内部に、注目線 L_e を設定する。このとき、輝度差算出部72g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 L_e として設定する。

[0246] そして、ステップS83では、輝度差算出部72gが、検出領域 $X1$ の内部に、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 L_e と実空間上において所定距離離れた線を、参照線 L_r として設定する。

[0247] 次に、ステップS84では、輝度差算出部72gが、注目線 L_e 上に複数の注目点 P_e を設定する。このとき、輝度差算出部72gは、エッジ線検出部72h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 P_e を設定

する。また、輝度差算出部 7 2 g は、ステップ S 8 5 において、実空間上で、注目点 P_e と参照点 P_r とが略同じ高さとなるように、参照点 P_r を設定する。これにより、注目点 P_e と参照点 P_r 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。

[0248] そして、ステップ S 8 6 では、輝度差算出部 7 2 g が、実空間上において同じ高さとなる注目点 P_e と参照点 P_r との輝度差を算出する。そして、エッジ線検出部 7 2 h は、前記（式 5）に従って、各注目点 P_e の属性 s を算出する。

[0249] さらに、ステップ S 8 7 では、エッジ線検出部 7 2 h が、前記（式 6）に従って、各注目点 P_e の属性 s の連続性 c を算出する。

[0250] 次に、ステップ S 8 8 では、エッジ線検出部 7 2 h が、前記（式 7）に従って、連続性 c の総和を正規化した値が第 4 閾値 θ より大きいかな否かを判定する。正規化した値が第 4 閾値 θ よりも大きいと判断したとき（ステップ S 8 8 が Y E S のとき）は、エッジ線検出部 7 2 h は、ステップ S 8 9 において、当該注目線 L_e をエッジ線として検出する。そして、処理はステップ S 9 0 に移行する。一方、ステップ S 8 8 において、正規化した値が第 4 閾値 θ より大きくないと判断したとき（ステップ S 8 8 が N O のとき）は、エッジ線検出部 7 2 h は、当該注目線 L_e をエッジ線として検出せず、処理はステップ S 9 0 に移行する。

[0251] そして、ステップ S 9 0 では、接近車両検出部 7 2 が、検出領域 X_1 上に設定可能な注目線 L_e の全てについて上記のステップ S 8 2 ～ステップ S 8 9 の処理を実行したかな否かを判断する。全ての注目線 L_e について上記処理をしていないと判断したとき（ステップ S 9 0 が N O のとき）は、ステップ S 8 2 に戻り、新たに注目線 L_e を設定して、ステップ S 8 9 までの処理を繰り返す。一方、全ての注目線 L_e について上記処理をしたと判断したとき（ステップ S 9 0 が Y E S のとき）は、ステップ S 9 1 に移行する。

[0252] 次に、ステップ S 9 1 では、立体物検出部 7 2 i が、ステップ S 8 9 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 72 i は、前記（式 8）、（式 9）、（式 10）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 72 i は、ステップ S 92 において、エッジ線のうち、輝度変化が所定の閾値よりも大きい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 X 1 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。

[0253] 次に立体物検出部 72 i は、ステップ S 93 において、エッジ線の量が第 5 閾値 β 以上であるか否かを判断する。なお、この第 5 閾値 β は、予め実験等によって求めておいて設定される。例えば、検出対象として四輪車を設定した場合、当該第 5 閾値 β は、予め実験等によって検出領域 X 1 内に出現した四輪車のエッジ線の数に基づいて設定される。エッジ線の量が第 5 閾値 β 以上であると判定したとき（ステップ S 93 が YES のとき）は、立体物検出部 72 i は、ステップ S 94 において、検出領域 X 1 内に立体物が存在すると判断する。

[0254] 一方、エッジ線の量が第 5 閾値 β 以上ではないと判定した場合（ステップ S 93 が NO のとき）、立体物検出部 72 i は、検出領域 X 1 内に立体物が存在しないと判断する。その後、図 31 に示す処理を終了して、メインルーチン（図 7）へ戻る。

[0255] なお、検出された立体物は、自車両 5 が走行する車線の隣の隣接車線を走行する他車両 6 であると判断してもよいし、検出した立体物の自車両 5 に対する相対速度を考慮して隣接車線を走行する他車両 6 であるか否かを判断してもよい。

[0256] なお、実施例 1 においては、差分波形情報を用いて立体物（接近車両）を検出する方法と、エッジ情報を用いて立体物（接近車両）を検出する方法を説明したが、接近車両を検出する方法は、それに限定されるものではない。

すなわち、例えば、実施例１で説明した視点変換を行わずに、撮像部１０で撮像された画像１に対して、オプティカルフローを算出する等の画像処理を行うことによって立体物（接近車両）を検出することもできる。そして、そのときも、検出感度調整部５０において、時系列画像の中から特徴点を検出するための閾値や、特徴点同士を対応付けたときに対応付いたと判定する閾値を、レンズ１２の白濁度合Ｕや付着物の付着度合Ｍに応じて、補正することによって、他車両６を確実に検出することができる。

[0257] 以上説明したように、このように構成された本発明の一実施形態の車載用画像認識装置８によれば、自車両５に設置されて、レンズ１２を通して自車両５の周囲を観測し、観測された自車両５の周囲の光信号を画像信号に変換する撮像部１０によって撮像された画像の中から、所定の検出感度で自車両５の周囲に存在する移動物体、例えば他車両６の検出を行う画像認識アプリケーション実行部、例えば車両検出部７０の検出感度を、白濁度合Ｕの高さに応じて検出感度を向上させる方向に調整する検出感度調整部５０において、付着度合算出部２６によって算出された、レンズ１２への泥や水滴等の付着物の付着度合Ｍに基づいて補正するようにしたため、レンズ１２に泥や水滴等の付着物が付着している場合であっても、必要以上の検出感度の向上が抑制されるため、レンズ１２の白濁度合Ｕや付着物の付着度合Ｍに関わらず、他車両６の位置を確実に検出することができる。

[0258] また、本発明の一実施形態の車載用画像認識装置８によれば、白濁度合算出部２２が、撮像部１０で撮像された画像１の輝度勾配とエッジ強度分布の少なくとも一方によってレンズ１２の白濁度合Ｕを算出したため、自車両５の外部の明るさによらずに、レンズ１２の白濁度合Ｕを安定して確実に算出することができる。

[0259] そして、本発明の一実施形態の車載用画像認識装置８によれば、付着度合算出部２６によって算出されたレンズ１２への泥や水滴等の付着度合Ｍが高いときほど、検出感度調整部５０において他車両６の検出感度の向上を抑制するため、付着度合Ｍが高いことに伴って白濁度合Ｕが高いと判定されたと

きであっても、他車両 6 の検出感度の向上を抑制することができ、これによって、画像認識アプリケーション実行部、例えば車両検出部 70 において、他車両 6 を確実に検出することができる。

[0260] さらに、本発明の一実施形態の車載用画像認識装置 8 によれば、検出感度調整部 50 が、撮像部 10 で撮像された 1 枚の画像 1 の中から輝度差を有する画素を検出する第 1 閾値 p 、撮像部 10 で異なる時刻に撮像された時系列画像の中から輝度変化を有する画素を検出する第 2 閾値 α 、もしくは、撮像部 10 で異なる時刻に撮像された時系列画像の中から検出した輝度変化を有する画素同士を対応付けるときに、対応付いたと判断する閾値、のうち少なくとも 1 つの閾値を補正するため、レンズ 12 が汚れているときであっても、画像認識アプリケーション実行部、例えば車両検出部 70 において、他車両 6 をより一層確実に検出することができる。

[0261] また、本発明の一実施形態の車載用画像認識装置 8 によれば、検出感度調整部 50 が、レンズ 12 の白濁度合 U とレンズ 12 への泥や水滴等の付着物の付着度合 M が高いときほど、前記閾値のうち少なくとも 1 つの閾値を補正して、夜間は昼間よりも検出感度の向上を抑制するため、夜間は昼間に対して、レンズ 12 の白濁度合 U に応じた車両検出感度（例えば、第 1 閾値 p と第 2 閾値 α ）の抑制量を低減して、他車両 6 をより一層確実に検出することができる。

[0262] そして、本発明の一実施形態の車載用画像認識装置 8 によれば、画像認識アプリケーション実行部、例えば車両検出部 70 が、自車両 5 の後方において、自車両 5 に接近している他車両 6 を検出するため、自車両 5 が車線変更を行う際に、後方の安全確認を確実に行うことができる。

[0263] さらに、本発明の一実施形態の車載用画像認識装置 8 によれば、検出感度調整部 50 が、レンズ 12 の白濁度合 U とレンズ 12 への泥や水滴等の付着物の付着度合 M が高いときには、他車両 6 が、所定の正の相対速度をもって自車両 5 に接近しているときほど、検出感度の向上を抑制するため、例えば、相対速度が所定値以上の正の値を有しているとき、すなわち、自車両 5 が

接近車両に後方から追い抜かれるときには、レンズ12の白濁度合Uに応じた車両検出感度（例えば、第1閾値 p と第2閾値 α ）の抑制量を低減して、接近車両をより一層確実に検出することができる。

[0264] なお、車載用画像認識装置8と同時に作動する画像認識アプリケーションは、BSWシステム9に限定されるものではない。すなわち、撮像部10で撮像された画像1の中から、自車両5の走行位置に応じて移動する白線等のレーンマーカの位置を検出して、こうして検出されたレーンマーカの位置に基づいて、車線の逸脱を事前に検出してこれを報知する、LDW (Lane Departure Warning) システムや、その他のシステムに適用することも可能である。

[0265] 以上、本発明の実施例を図面により詳述したが、実施例は本発明の例示にしか過ぎないものであるため、本発明は実施例の構成にのみ限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計の変更等があっても、本発明に含まれることは勿論である。

関連出願への相互参照

[0266] 本出願は、2012年7月27日に日本国特許庁に出願された特願2012-167702に基づいて優先権を主張し、その全ての開示は完全に本明細書で参照により組み込まれる。

符号の説明

- [0267] 8 車載用画像認識装置
9 BSWシステム
10 撮像部
12 レンズ
14 光電変換部
16 ゲイン調整部
20 レンズ汚れ検出部
22 第1白濁度合算出部
24 第2白濁度合算出部

- 2 5 白濁度合算出部
- 2 6 付着度合算出部
- 3 0 レンズ汚れ度合算出部
- 5 0 検出感度調整部
- 6 0 車両情報取得部
- 7 0 車両検出部
- 7 2 接近車両検出部
- 7 4 警報出力部

請求の範囲

- [請求項1] 自車両に設置されて、レンズを通して前記自車両の周囲を観測して、観測された前記自車両の周囲の光信号を画像信号に変換する撮像部と、
- 前記撮像部で撮像された画像の中から、所定の検出感度をもって前記自車両の周囲に存在する移動物体の検出を行う画像認識アプリケーション実行部と、
- 前記画像信号の中から、前記レンズの白濁度合を算出する白濁度合算出部と、
- 前記レンズへの泥や水滴等の付着物の付着度合を算出する付着度合算出部と、
- 前記白濁度合の高さに応じて、前記検出感度を向上させる方向に調整する検出感度調整部と、
- を有し、前記検出感度調整部は、前記レンズへの泥や水滴等の付着物の付着度合に基づいて、前記検出感度を補正することを特徴とする車載用画像認識装置。
- [請求項2] 前記白濁度合算出部は、前記撮像部で撮像された画像の輝度勾配とエッジ強度分布の少なくとも一方によって前記レンズの白濁度合を算出するものであることを特徴とする請求項1に記載の車載用画像認識装置。
- [請求項3] 前記検出感度調整部は、前記付着度合算出部によって算出された前記レンズへの泥や水滴等の付着度合が高いときほど、前記検出感度の向上を抑制することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の車載用画像認識装置。
- [請求項4] 前記検出感度調整部は、前記撮像部で撮像された1枚の画像の中から輝度差を有する画素を検出する閾値、前記撮像部で異なる時刻に撮像された時系列画像の中から輝度変化を有する画素を検出する閾値、もしくは、前記撮像部で異なる時刻に撮像された時系列画像の中から

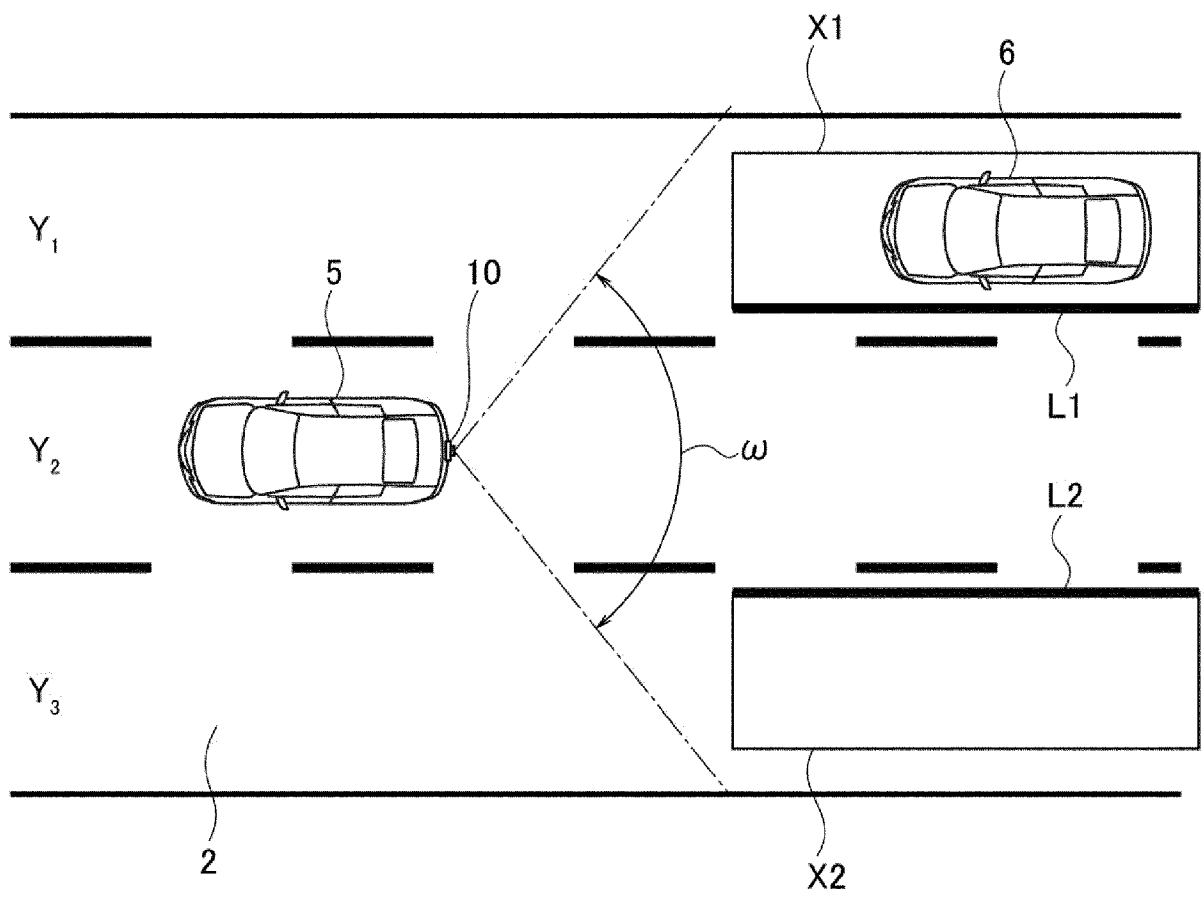
検出した輝度変化を有する画素同士を対応付けるときに、対応付いたと判断する閾値、のうち少なくとも1つの閾値を補正することを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の車載用画像認識装置。

[請求項5] 前記検出感度調整部は、前記レンズの白濁度合と前記レンズへの泥や水滴等の付着物の付着度合が高いときほど、前記閾値のうち少なくとも1つを補正して、夜間は昼間よりも前記検出感度の向上を抑制することを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の車載用画像認識装置。

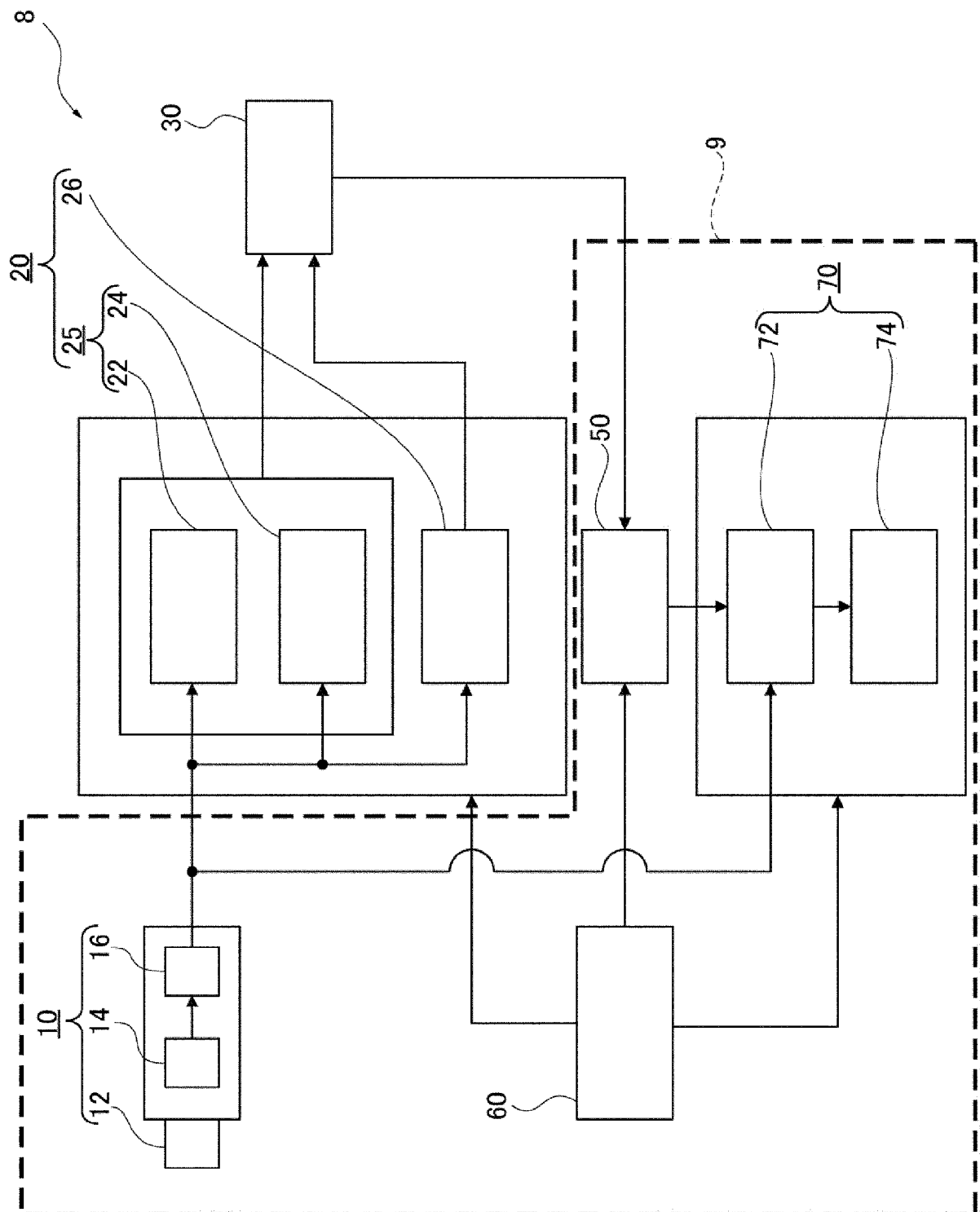
[請求項6] 前記画像認識アプリケーション実行部は、前記自車両の後方において、前記自車両に接近している他車両を検出するものであることを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の車載用画像認識装置。

[請求項7] 前記検出感度調整部は、前記レンズの白濁度合と前記レンズへの泥や水滴等の付着物の付着度合が高いときには、前記他車両が、所定の正の相対速度をもって前記自車両に接近しているときほど、前記検出感度の向上を抑制することを特徴とする請求項6に記載の車載用画像認識装置。

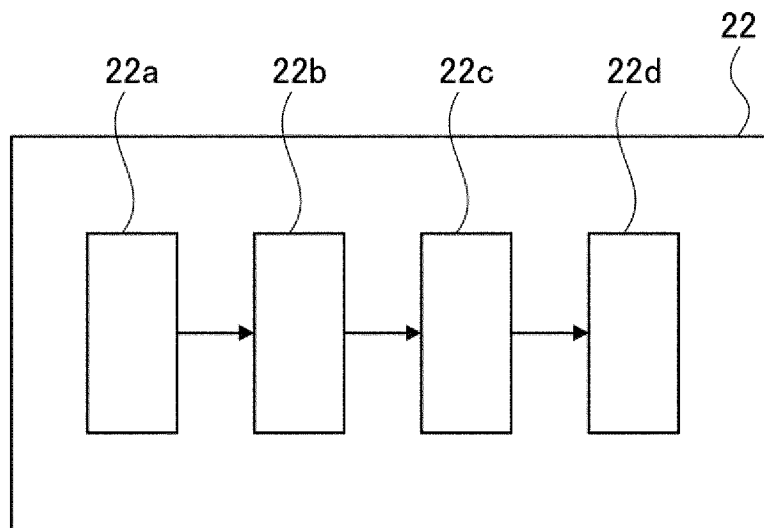
[図1]



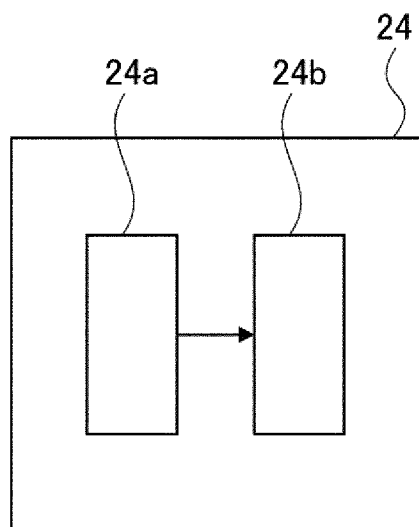
[図2]



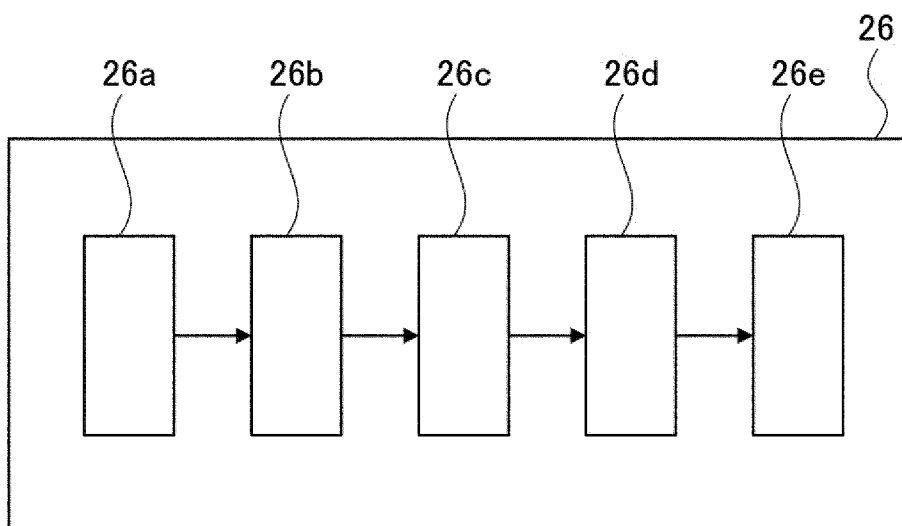
[図3]



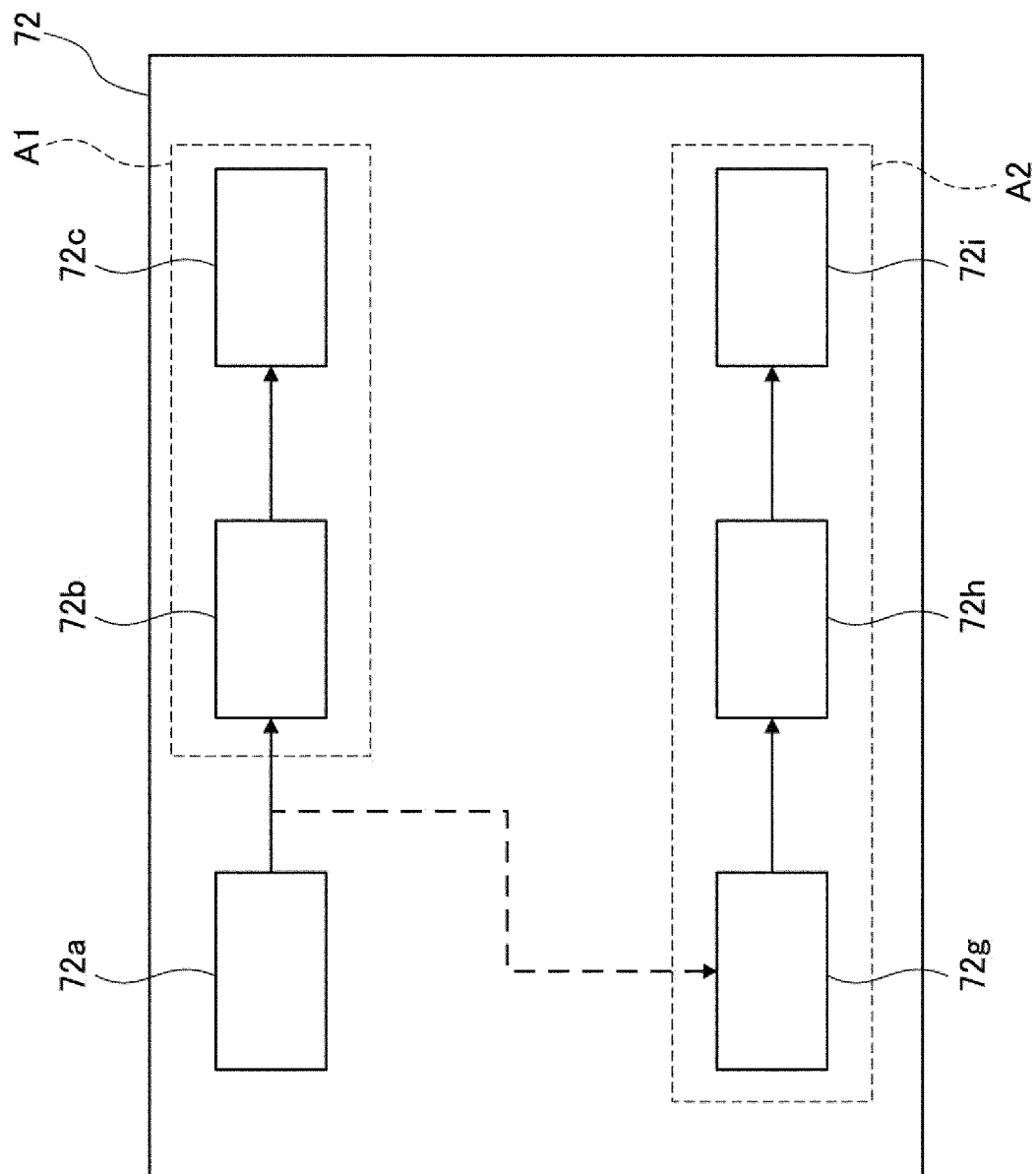
[図4]



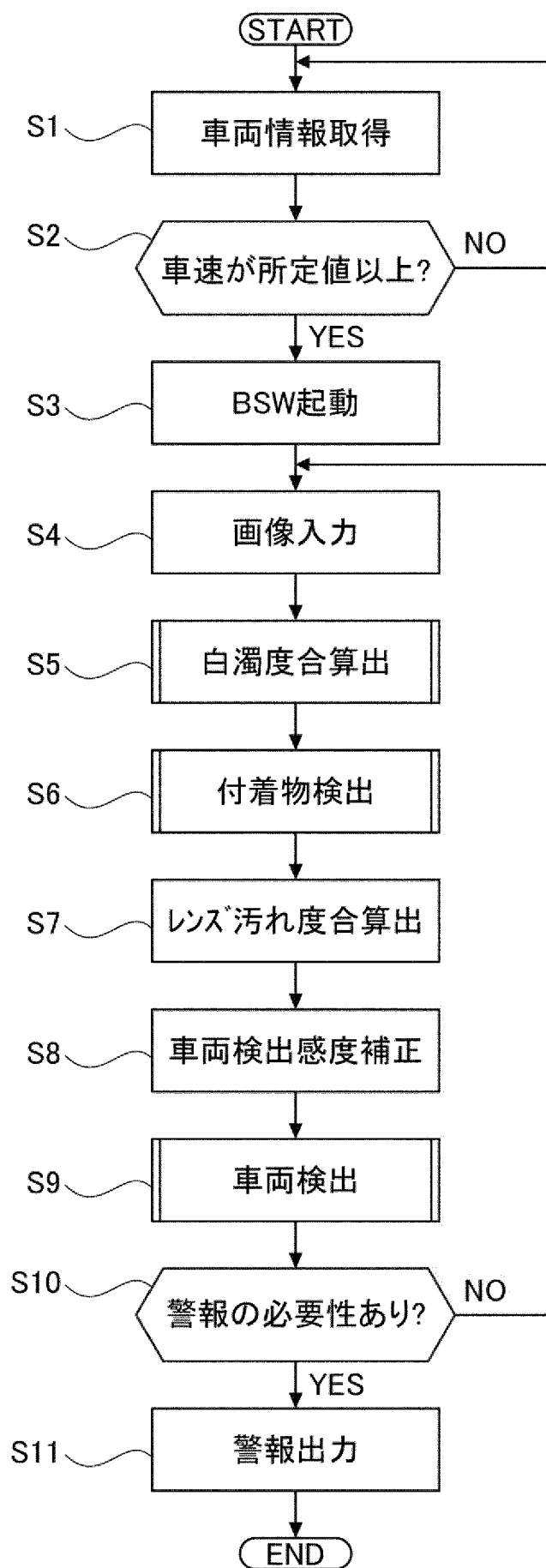
[図5]



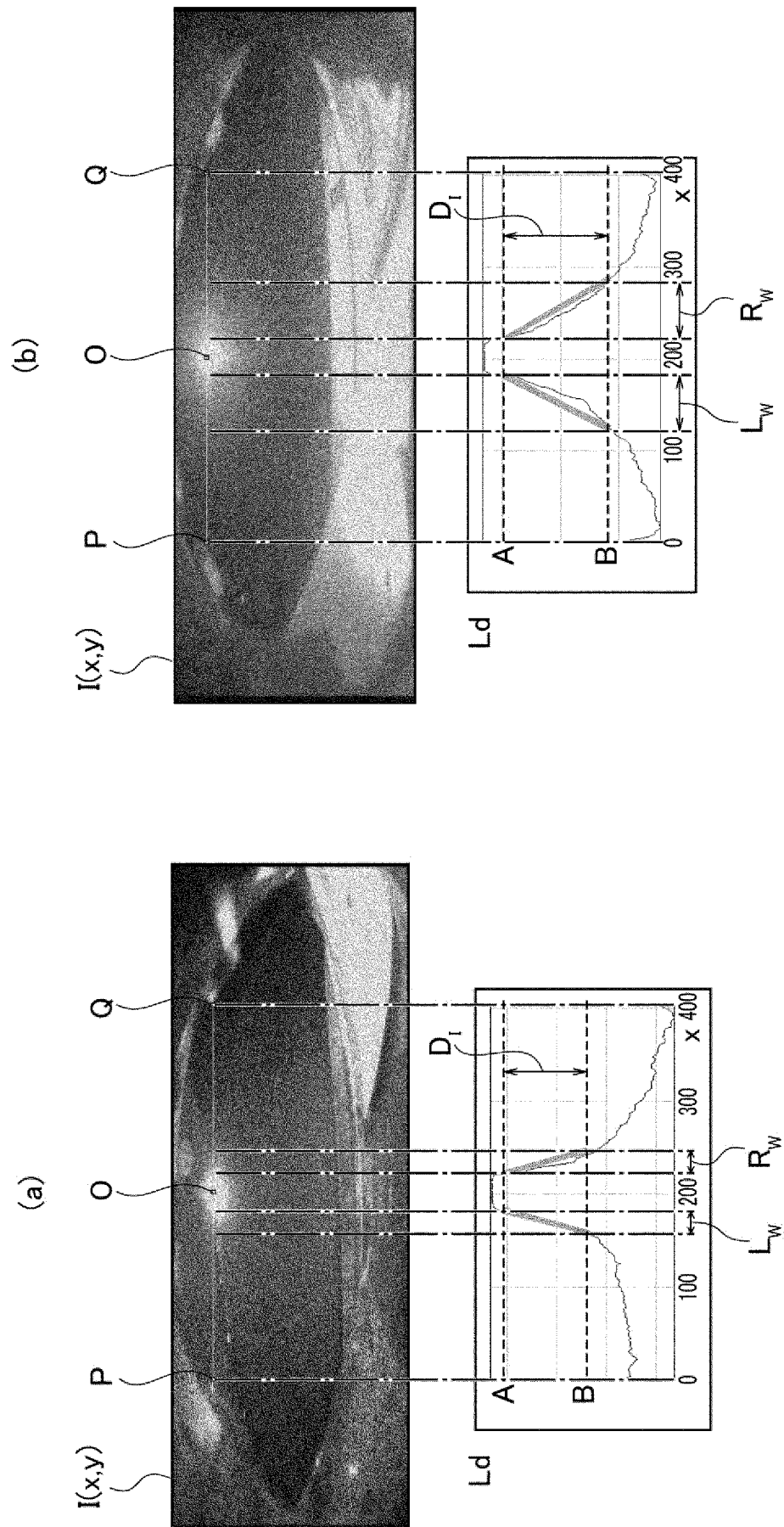
[図6]



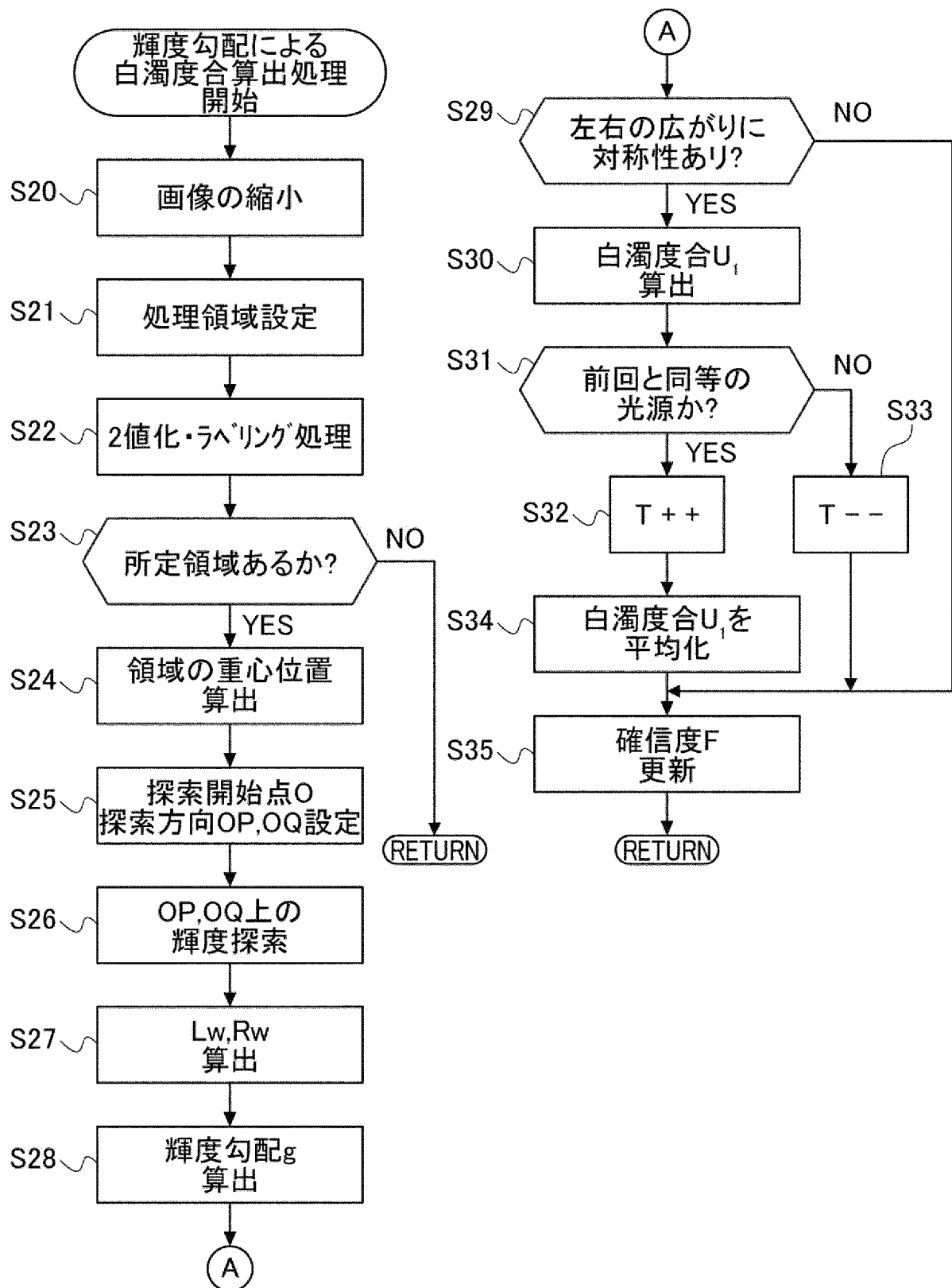
[図7]



[図8]

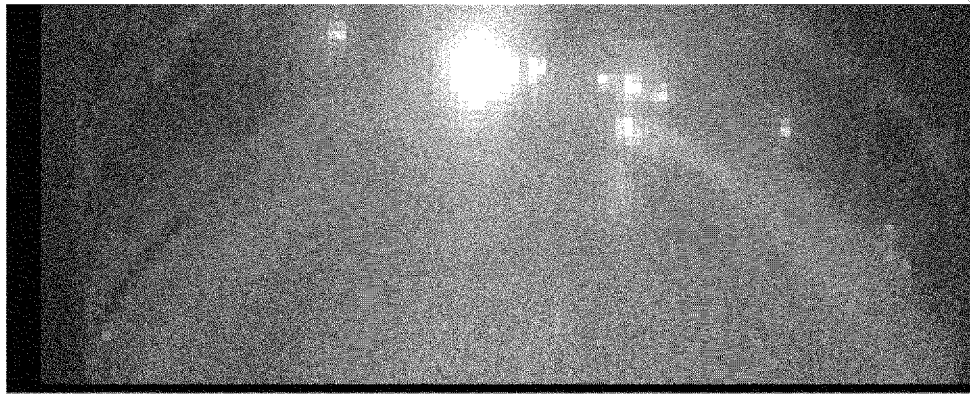


[図9]

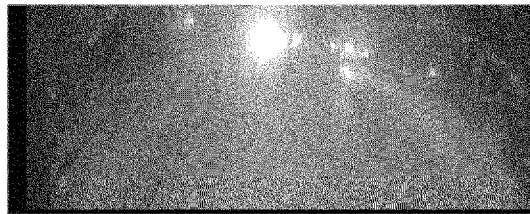


[図10]

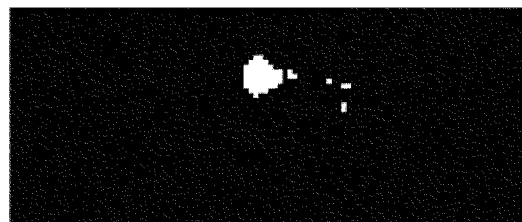
(a)



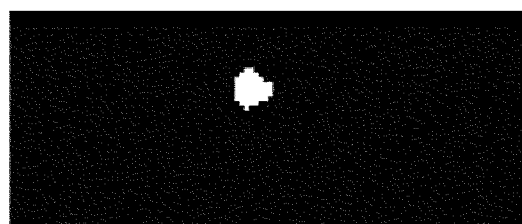
(b)



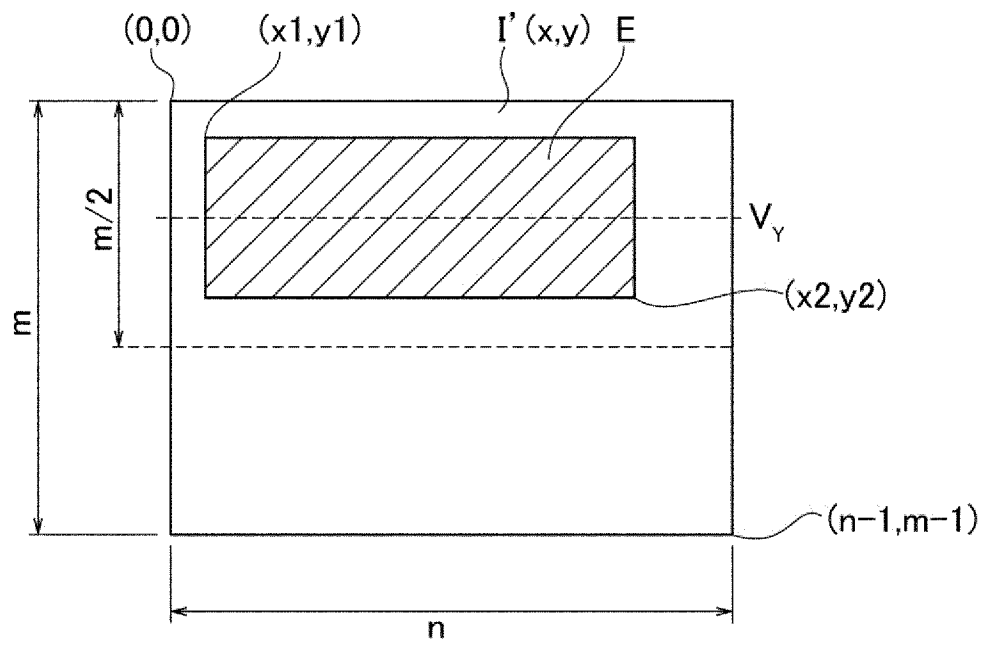
(c)



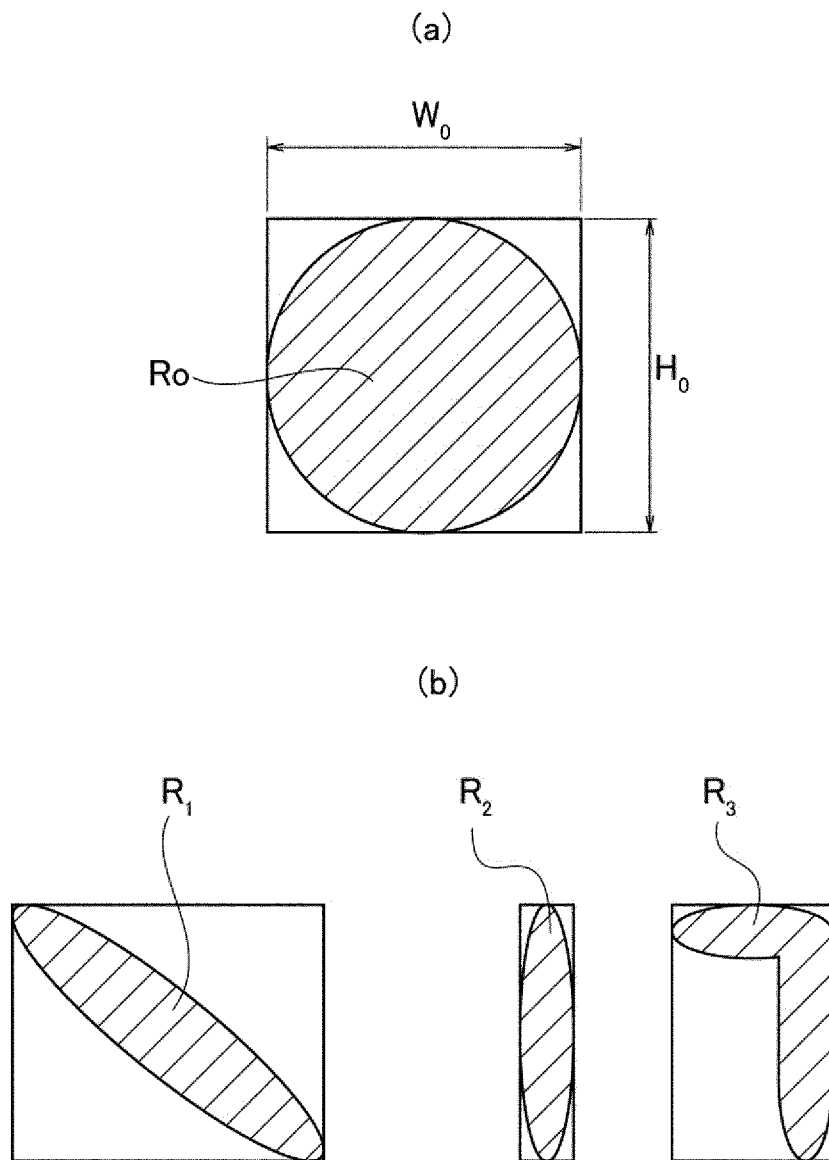
(d)



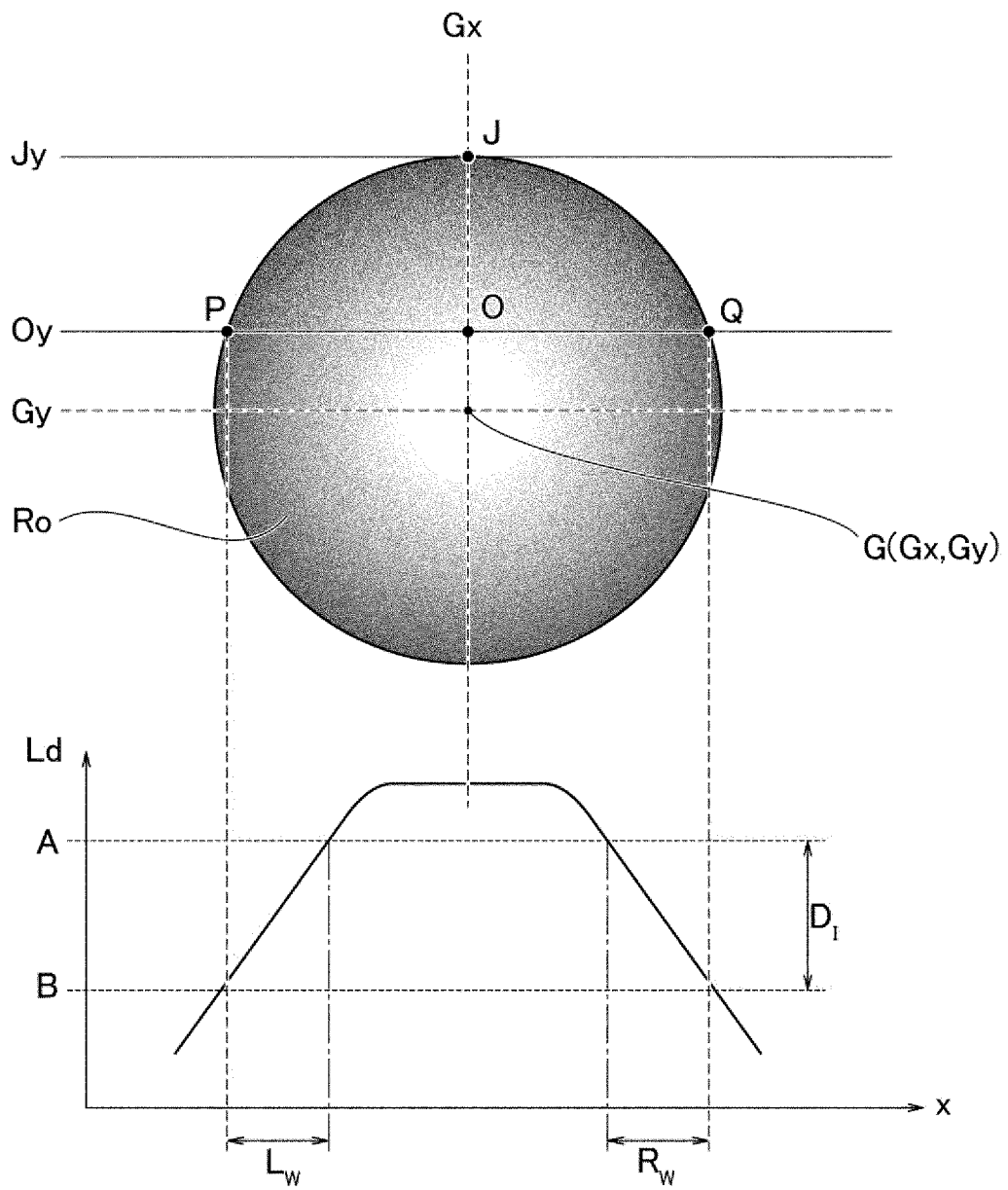
[図11]



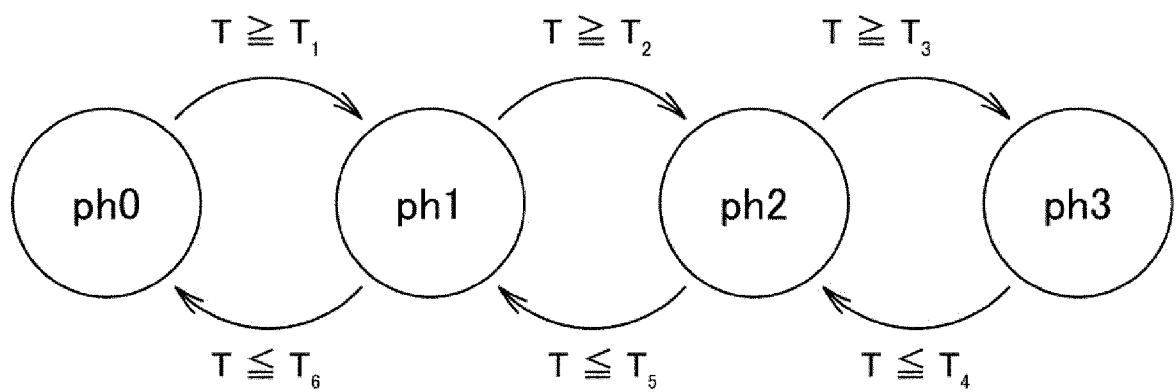
[図12]



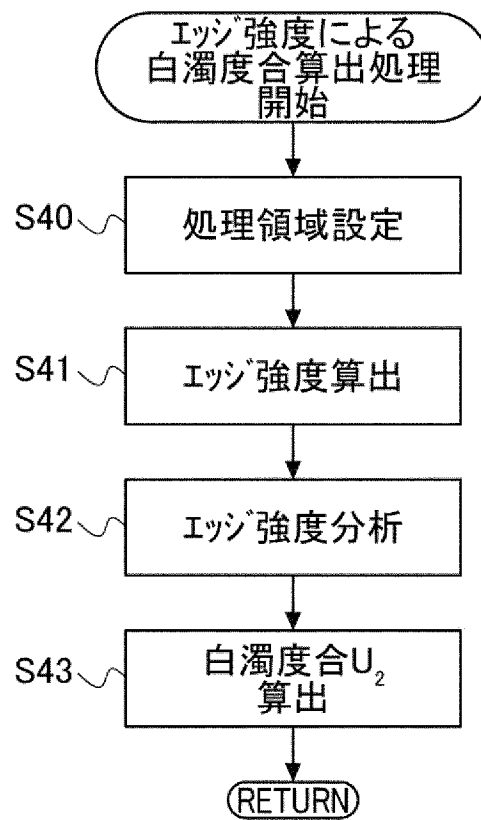
[図13]



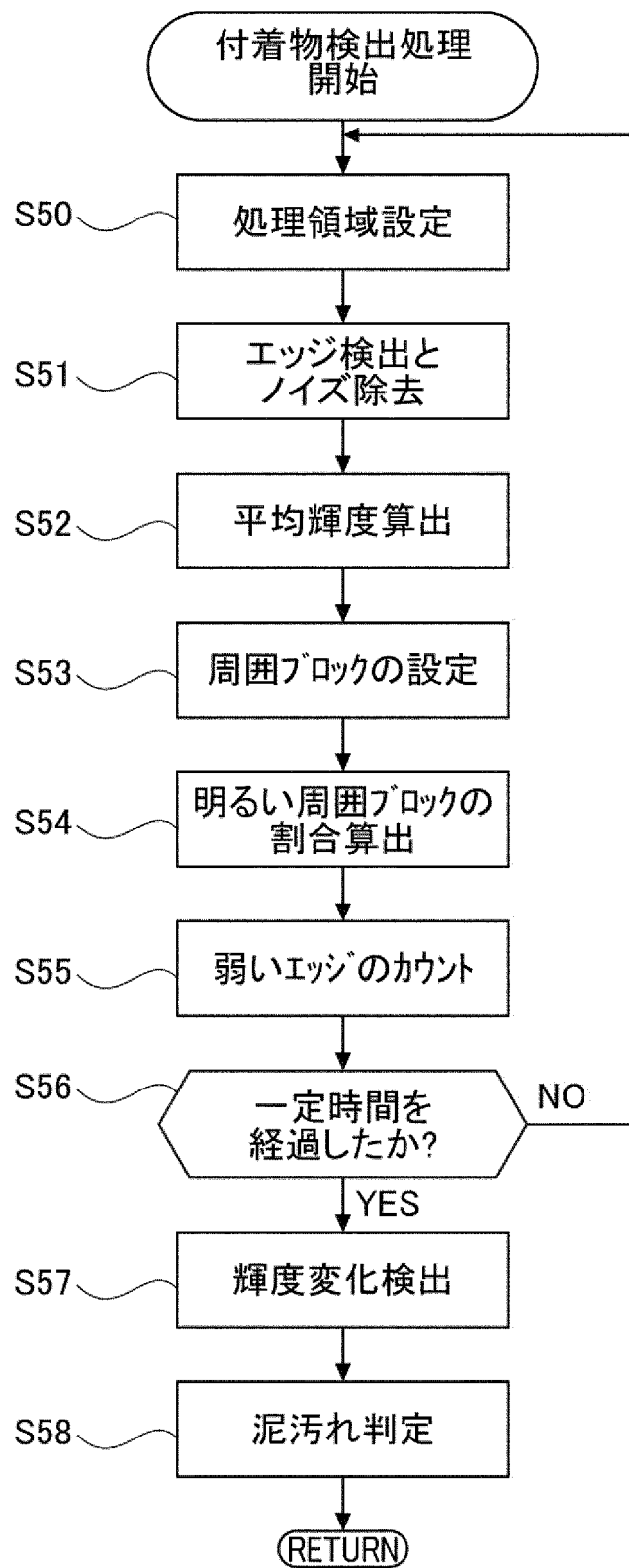
[図14]



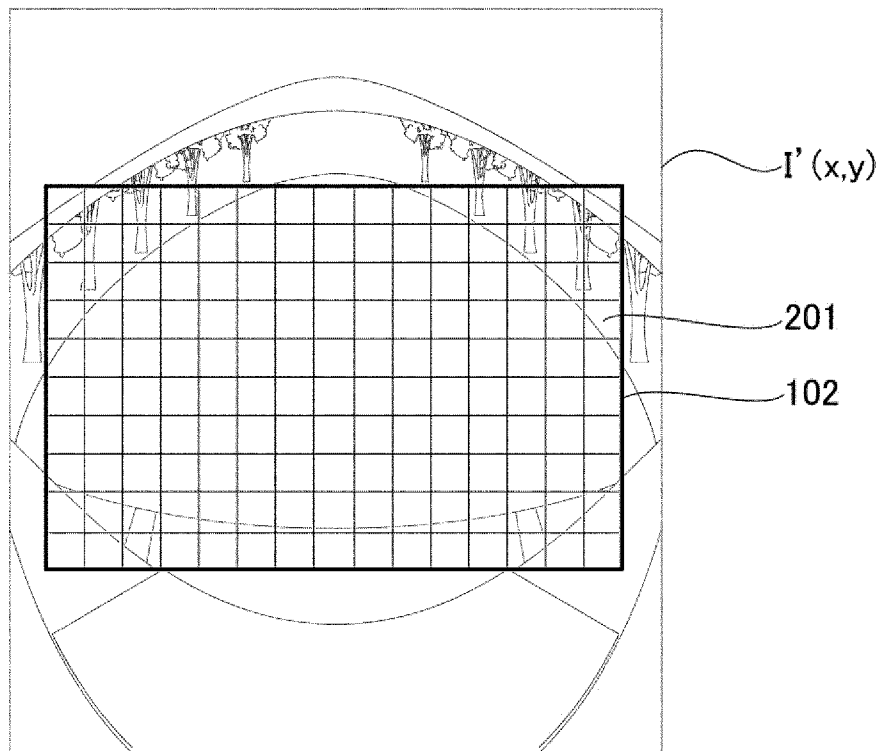
[図15]



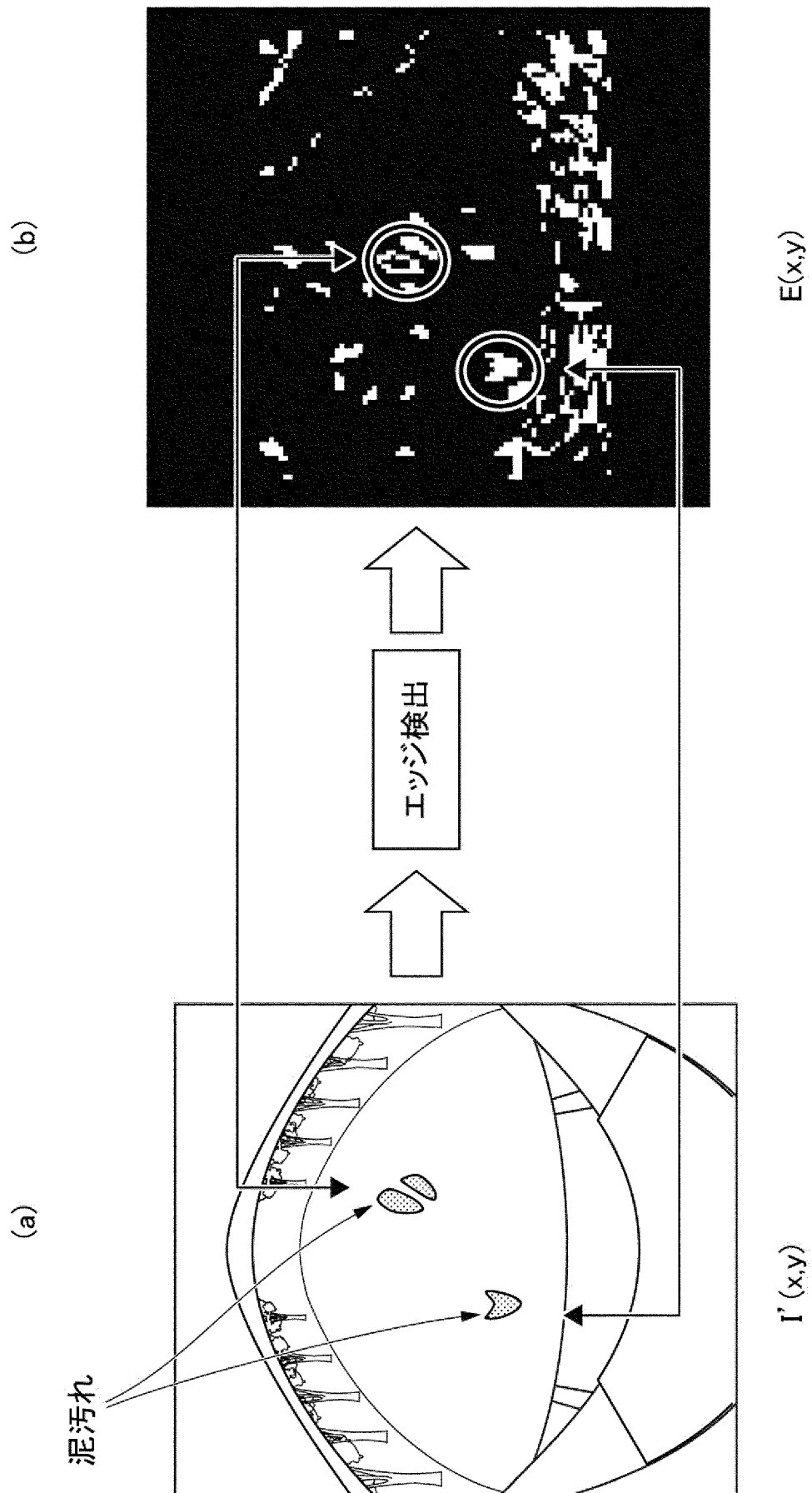
[図16]



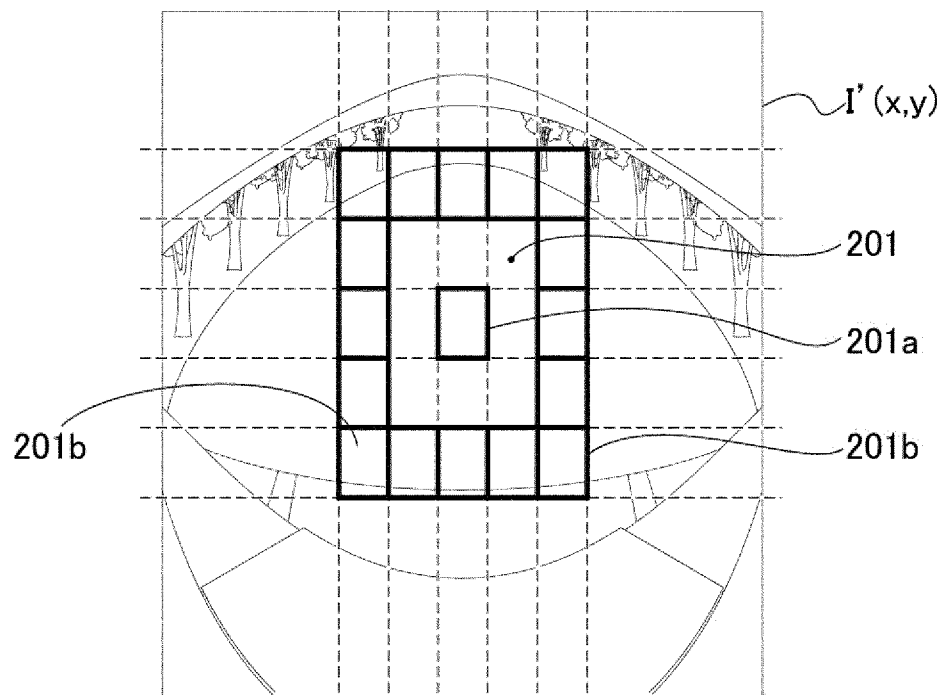
[図17]



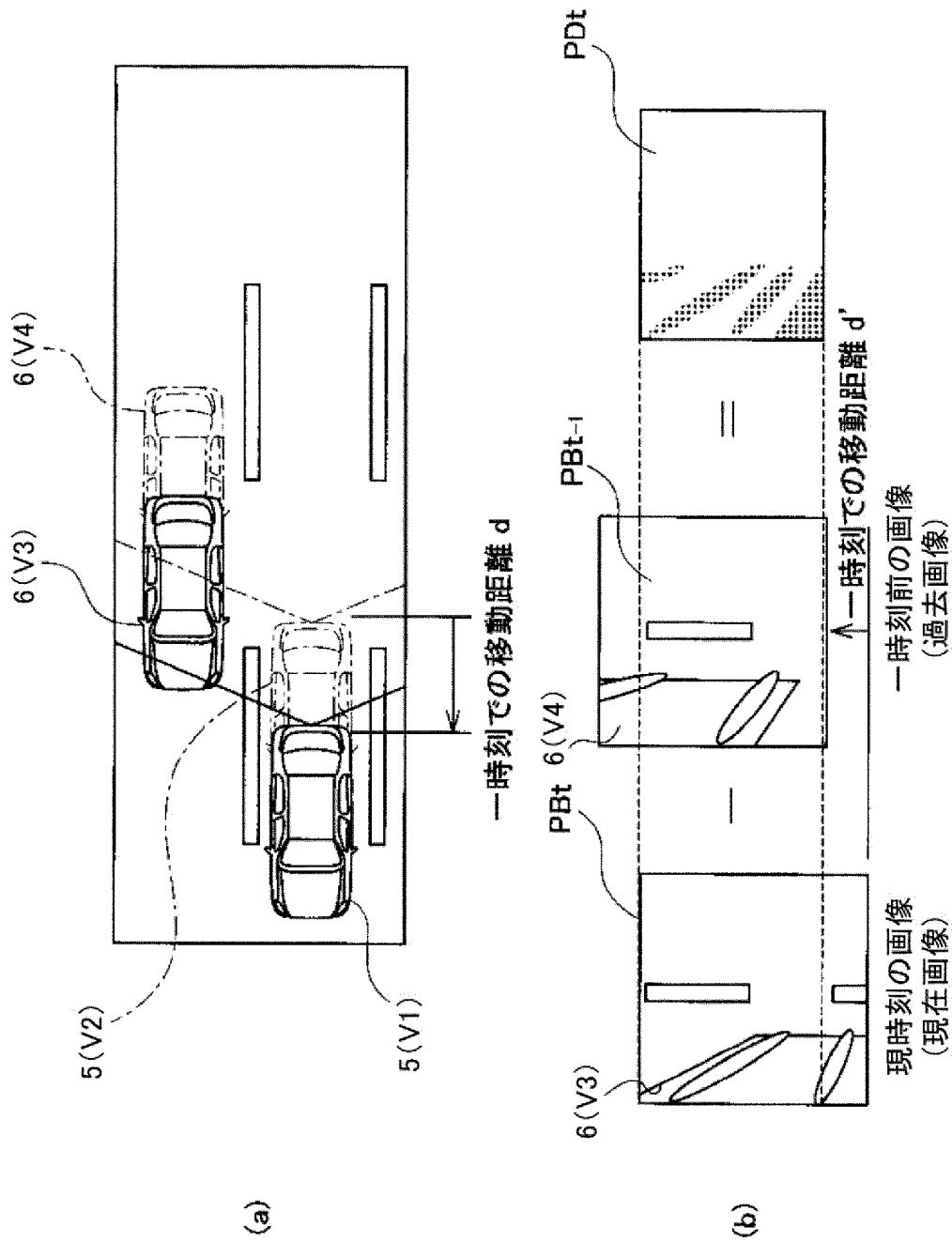
[図18]



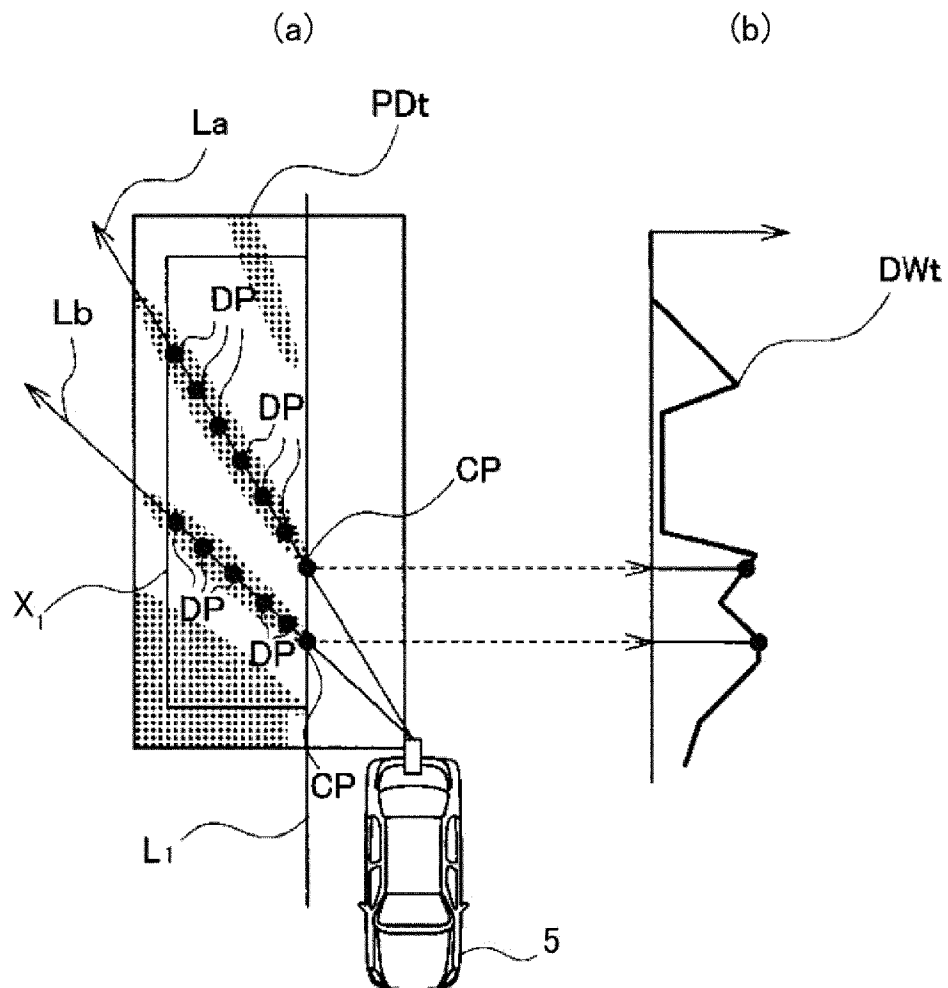
[図19]



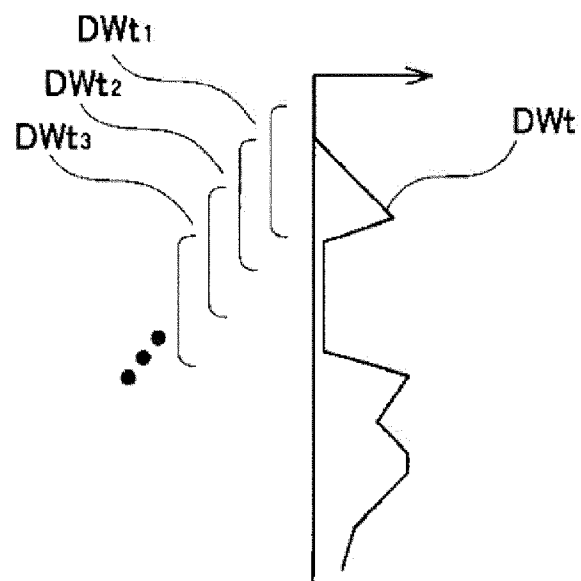
[図20]



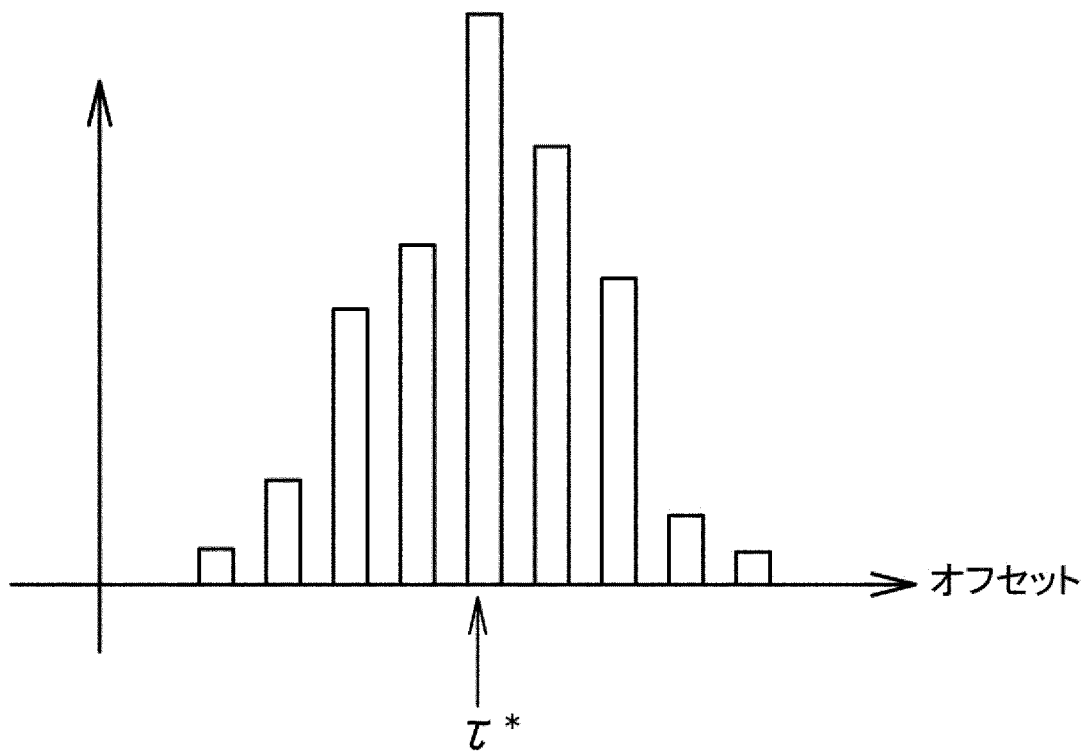
[図21]



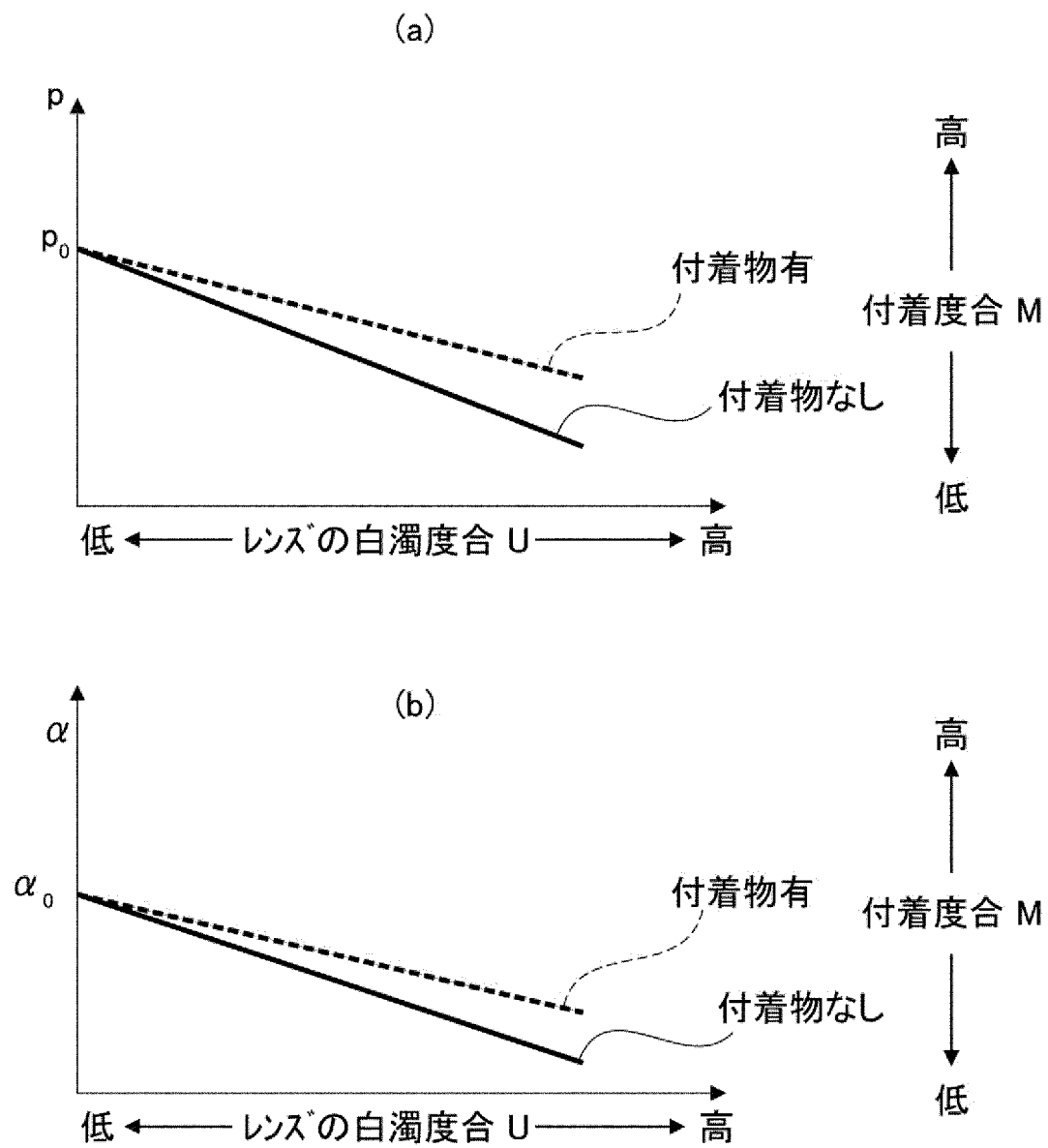
[図22]



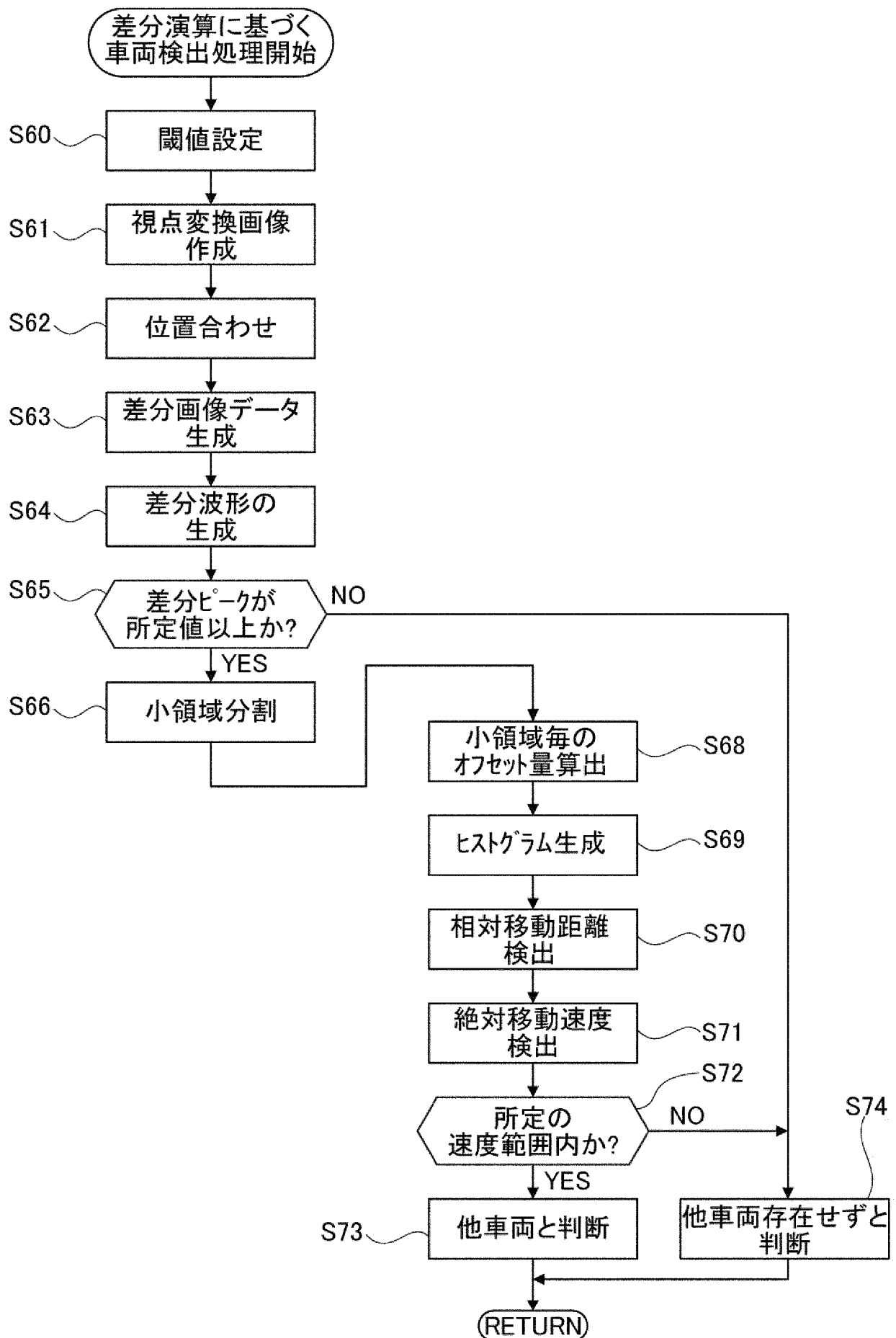
[図23]



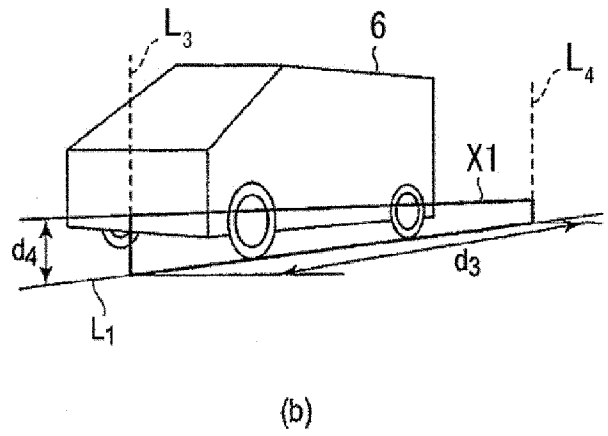
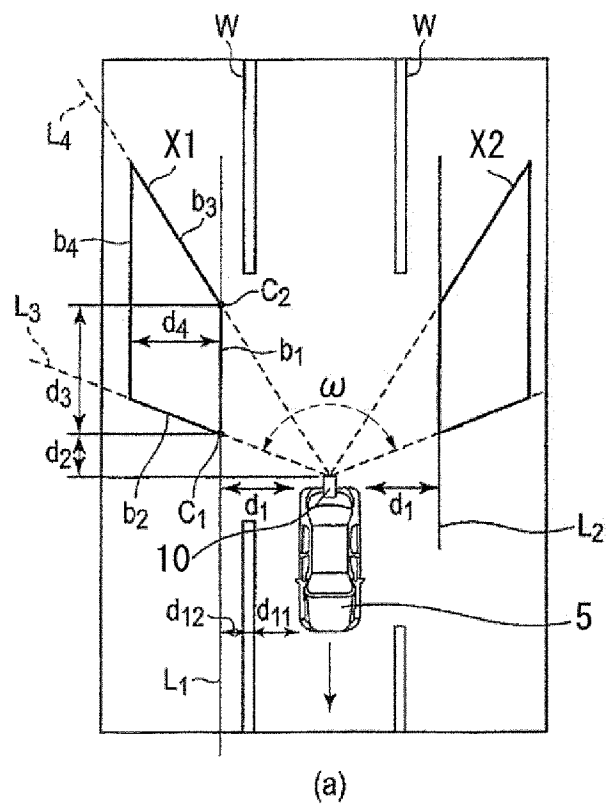
[図24]



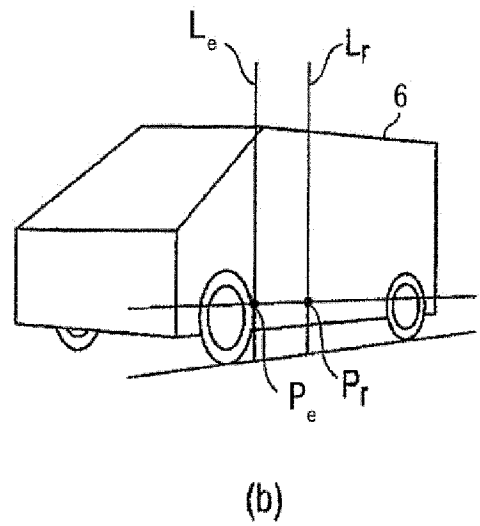
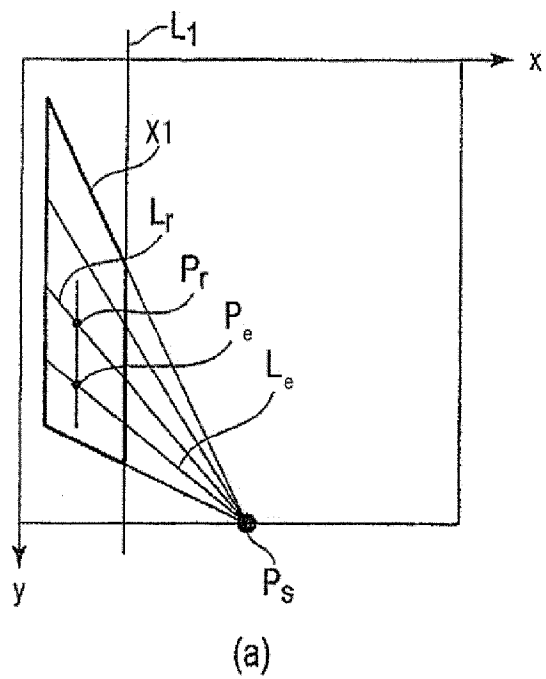
[図25]



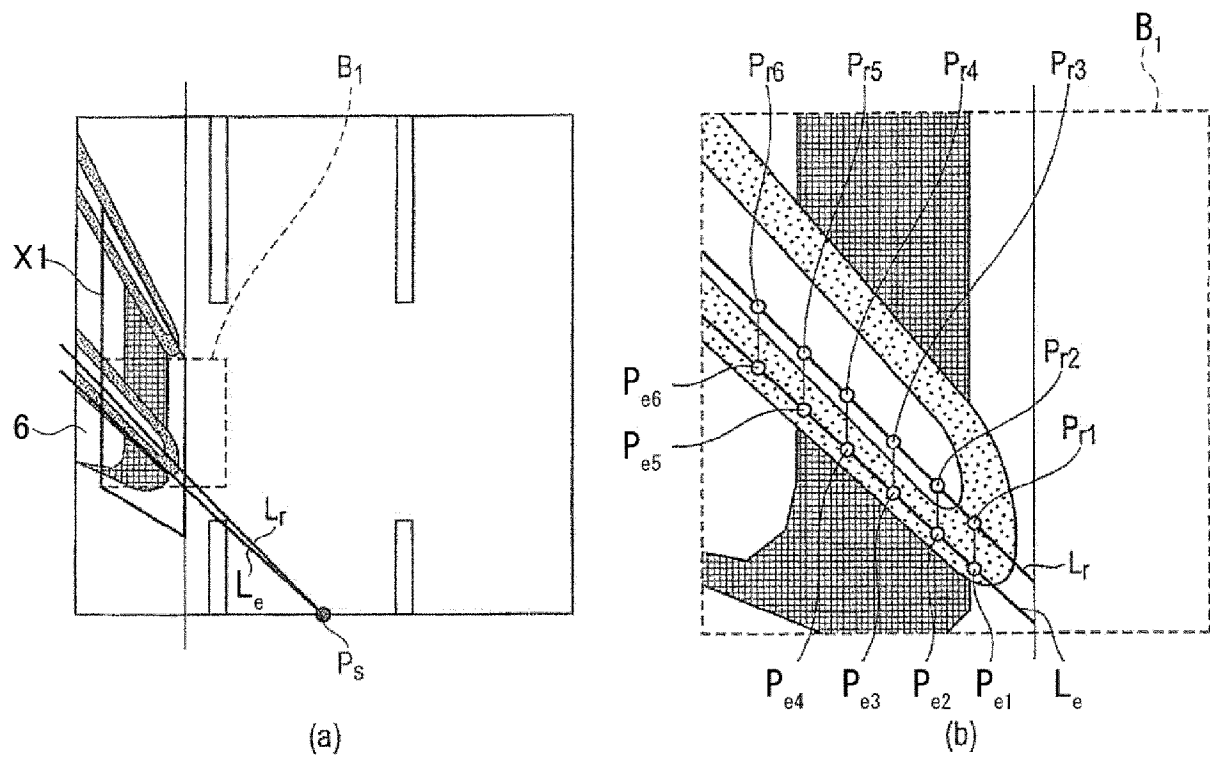
[図26]



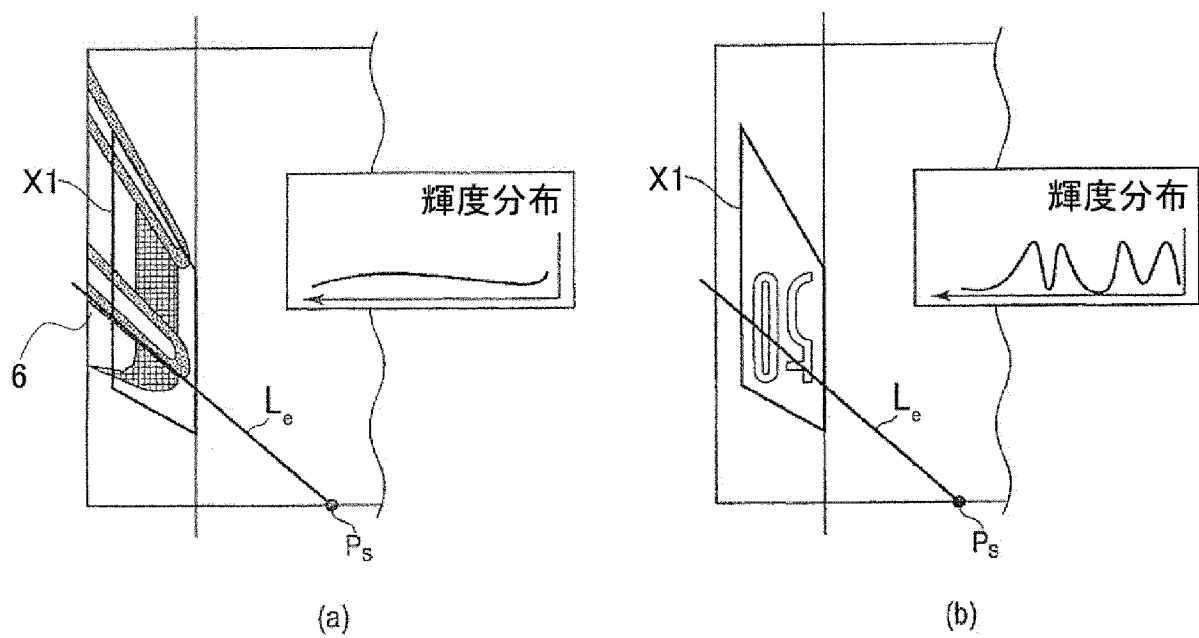
[図27]



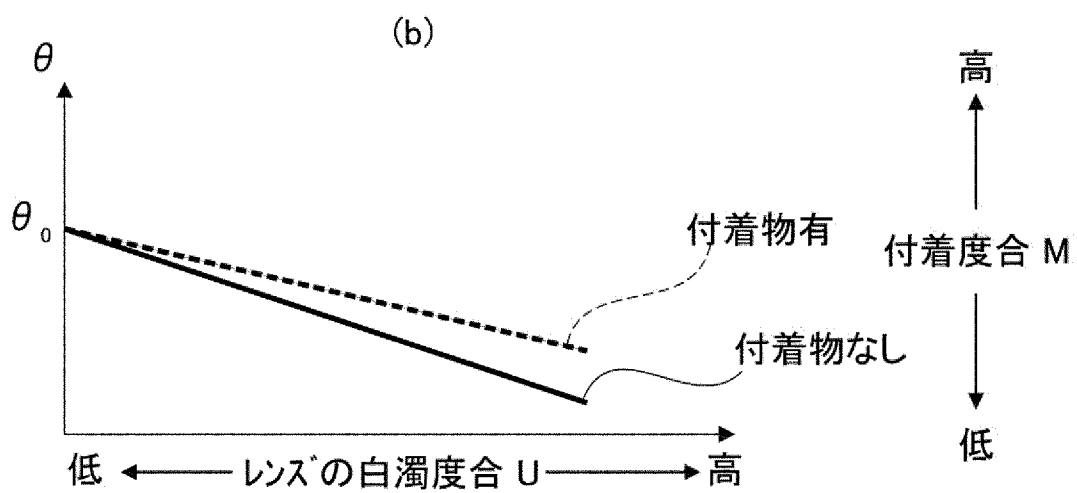
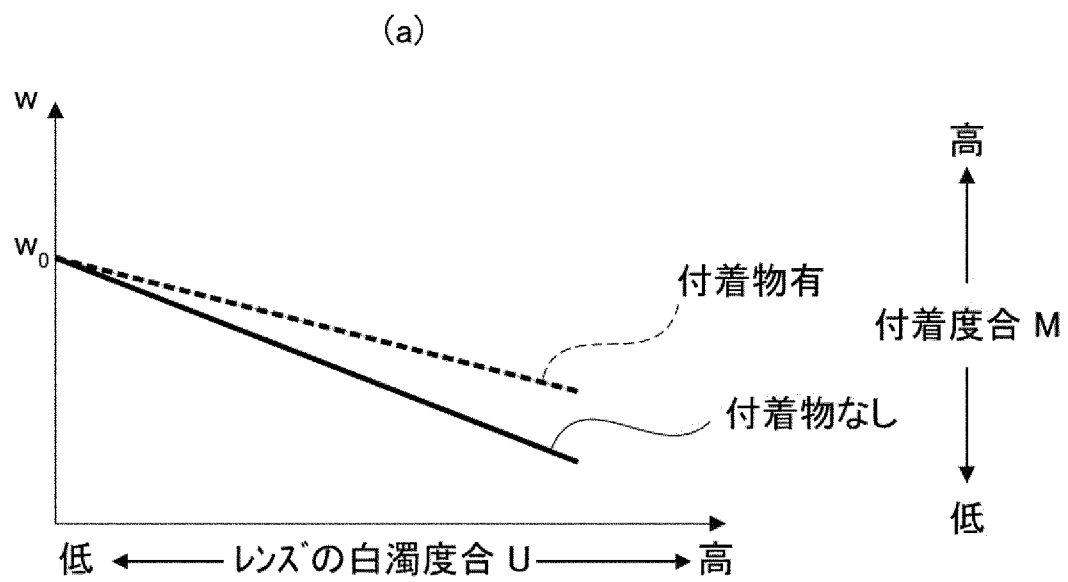
[図28]



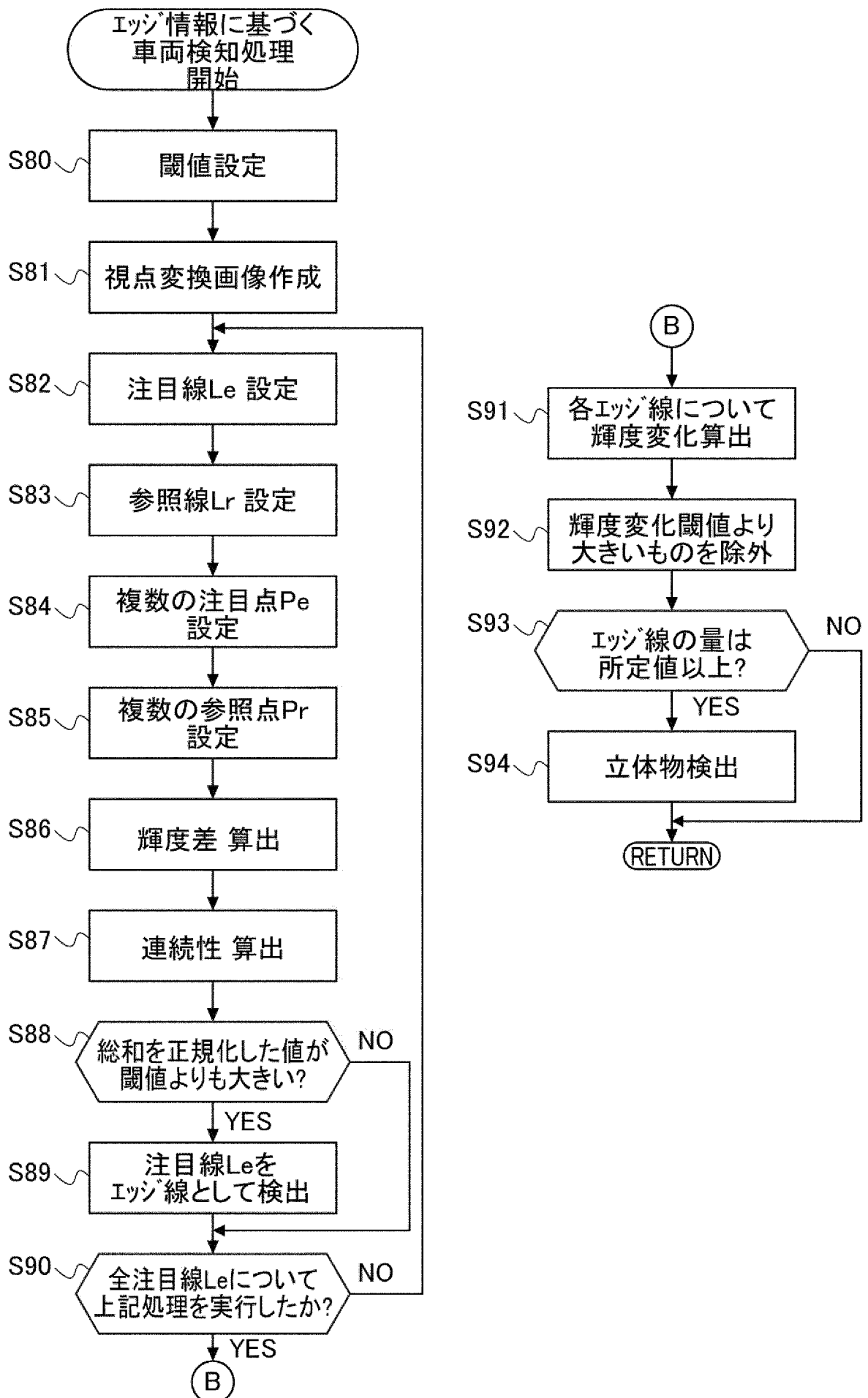
[図29]



[図30]



[図31]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/069667

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N5/225(2006.01)i, B60R1/00(2006.01)i, G06T1/00(2006.01)i, G08G1/16
(2006.01)i, H04N5/232(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)

H04N5/225, B60R1/00, G06T1/00, G08G1/16, H04N5/232

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 2003-044863 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 14 February 2003 (14.02.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2001-052185 A (Mitsubishi Precision Co., Ltd.), 23 February 2001 (23.02.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2007-318355 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 06 December 2007 (06.12.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-7



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
15 August, 2013 (15.08.13)

Date of mailing of the international search report
27 August, 2013 (27.08.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/069667

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 2004-153422 A (Toshiba Corp.), 27 May 2004 (27.05.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H04N5/225(2006.01)i, B60R1/00(2006.01)i, G06T1/00(2006.01)i, G08G1/16(2006.01)i,
H04N5/232(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 (I P C))

Int.Cl. H04N5/225, B60R1/00, G06T1/00, G08G1/16, H04N5/232

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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 2003-044863 A (日産自動車株式会社) 2003.02.14, 全文全図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2001-052185 A (三菱プレシジョン株式会社) 2001.02.23, 全文全図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2007-318355 A (松下電器産業株式会社) 2007.12.06, 全文全図 (ファミリーなし)	1-7

☒ 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

1 5 . 0 8 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 7 . 0 8 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

藤原 敬利

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 8 1

5 P

3 3 5 4

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2004-153422 A (株式会社東芝) 2004.05.27, 全文全図 (ファミリーなし)	1-7