

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6782192号
(P6782192)

(45) 発行日 令和2年11月11日(2020.11.11)

(24) 登録日 令和2年10月21日(2020.10.21)

(51) Int. Cl.		F I			
G06T	7/00	(2017.01)	G06T	7/00	650A
G01B	11/00	(2006.01)	G01B	11/00	H
G08G	1/16	(2006.01)	G08G	1/16	C

請求項の数 11 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2017-98017 (P2017-98017)	(73) 特許権者	502324066 株式会社デンソーアイティラボラトリ 東京都渋谷区渋谷2-15-1 渋谷クロ スタワー28F
(22) 出願日	平成29年5月17日(2017.5.17)	(73) 特許権者	000004695 株式会社SOKEN 愛知県日進市米野木町南山500番地20
(65) 公開番号	特開2018-195050 (P2018-195050A)	(73) 特許権者	000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	平成30年12月6日(2018.12.6)	(74) 代理人	100113549 弁理士 鈴木 守
審査請求日	平成31年4月25日(2019.4.25)	(74) 代理人	100115808 弁理士 加藤 真司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物体検出装置、物体検出方法、及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

移動体に搭載されたカメラにて撮影された画像を入力する画像入力部と、
前記移動体の移動情報を取得する移動情報取得部と、
前記画像入力部にて入力された第1の画像の中から特徴点を抽出する特徴点抽出部と、
前記第1の画像とは異なる時刻に撮影された第2の画像において、前記特徴点に対応する候補となる複数の候補点を前記移動情報に基づいて求める候補点計算部であって、前記特徴点の高さとして複数の高さを仮定して、それぞれの高さに対応する複数の候補点を求める候補点計算部と、
前記特徴点と前記複数の候補点のそれぞれとの相関の大きさを計算し、前記相関の大きさに基づいて、前記候補点から前記特徴点に対応する対応点を検出する対応点検出部と、
前記対応点の高さが所定値よりも大きい場合に、前記特徴点の位置に物体を検出する物体検出部と、
を備えた物体検出装置。

10

【請求項2】

前記対応点検出部は、複数の候補点のうちで最大の相関を有する候補点の相関が所定の大きさ以上である場合に、前記候補点を前記特徴点に対応する対応点であると判定する請求項1に記載の物体検出装置。

【請求項3】

前記対応点の高さを物体の高さとして求める高さ計算部を備える請求項1または2に記載

20

載の物体検出装置。

【請求項 4】

前記候補点計算部は、仮定する高さの数およびその高さを、前記移動体の移動態様または前記移動体が置かれた環境に応じて変更して前記複数の候補点を求める請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の物体検出装置。

【請求項 5】

前記特徴点抽出部は、前記第 1 の画像を走査して特徴点を探索し、特徴点が発見された場合には、その特徴点を含む所定範囲の探索を省略する請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の物体検出装置。

【請求項 6】

前記特徴点抽出部は、1 画素おきに特徴点があるかを判定する請求項 5 に記載の物体検出装置。

【請求項 7】

前記候補点計算部は、前記特徴点の高さが 0 であると仮定して候補点を求め、前記特徴点と前記候補点との相関の大きさが所定の大きさ以上の場合には、当該特徴点を物体検出の対象から除外する請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の物体検出装置。

【請求項 8】

前記候補点計算部は、前記特徴点の高さが 0 であると仮定して候補点を求め、前記特徴点と前記候補点との相関の大きさが所定の大きさ以上の場合には、当該特徴点を路面上のエッジとして検出する請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の物体検出装置。

【請求項 9】

前記画像入力部は、前記移動体の移動に伴って撮影された第 1 の画像とそれに続く複数の第 2 の画像の入力を受け、

前記対応点抽出部は、

前記第 1 の画像に続く最初の前記第 2 の画像が入力されたときには、前記第 1 の画像の特徴点と前記第 2 の画像の複数の候補点のそれぞれとの相関の大きさを求め、これを記憶しておく、

新たな前記第 2 の画像が入力されたときは、前記第 1 の画像と新たな前記第 2 の画像の複数の候補点のそれぞれとの相関の大きさを求め、当該相関の大きさと記憶された相関の大きさに基づいて新しい相関の大きさを求め、これを記憶する処理を、新たな第 2 の画像の入力に伴って繰り返し行う、請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の物体検出装置。

【請求項 10】

移動体に搭載されたカメラにて撮影された画像および移動体の移動情報に基づいて、物体検出装置が物体を検出する方法であって、

前記物体検出装置が、カメラから入力された第 1 の画像の中から特徴点を抽出するステップと、

前記物体検出装置が、前記第 1 の画像とは異なる時刻に撮影された第 2 の画像において、前記特徴点に対応する候補となる複数の候補点を前記移動情報に基づいて求めるステップであって、前記特徴点の高さとして複数の高さを仮定して、それぞれの高さに対応する複数の候補点を求めるステップと、

前記物体検出装置が、前記特徴点と前記複数の候補点のそれぞれとの相関の大きさを計算し、当該相関の大きさに基づいて前記候補点から前記特徴点に対応する対応点を検出するステップと、

前記物体検出装置が、前記対応点の高さが所定の閾値よりも大きい場合に、前記特徴点の位置に物体を検出するステップと、

を備える物体検出方法。

【請求項 11】

移動体に搭載されたカメラにて撮影された画像および移動体の移動情報に基づいて、物体を検出するためのプログラムであって、コンピュータに、

カメラから入力された第 1 の画像の中から特徴点を抽出するステップと、

10

20

30

40

50

前記第1の画像とは異なる時刻に撮影された第2の画像において、前記特徴点に対応する候補となる複数の候補点を前記移動情報に基づいて求めるステップであって、前記特徴点の高さとして複数の高さを仮定して、それぞれの高さに対応する複数の候補点を求めるステップと、

前記特徴点と前記複数の候補点のそれぞれとの相関の大きさを計算し、当該相関の大きさに基づいて、前記候補点から前記特徴点に対応する対応点を検出するステップと、

前記対応点の高さが所定の閾値よりも大きい場合に、前記特徴点の位置に物体を検出するステップと、

を実行させるプログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物体検出装置、物体検出方法、及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

移動中の車両から異なる時刻に撮影を行うと、異なる視点からの画像が得られる。従来、車両に搭載されたカメラによって撮影した時系列の画像に基づいて、物体を検出する「Structure of Motion (SfM)」あるいは「移動ステレオ」と呼ばれる技術が知られている（非特許文献1）。

20

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

【非特許文献1】A.Thomas, V.Ferrari, B.Leibe, T.Tuytelaars, and L.VanGool., "Dynamic 3d scene analysis from a moving vehicle", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR '07), 2007.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記したSfMの技術による物体検出は、演算処理負荷が大きいという課題があった。本発明は、上記した背景に鑑み、演算処理負荷を軽減した物体検出装置、物体検出方法およびプログラムを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の物体検出装置は、移動体に搭載されたカメラにて撮影された画像を入力する画像入力部と、前記移動体の移動情報を取得する移動情報取得部と、前記画像入力部にて入力された第1の画像の中から特徴点を抽出する特徴点抽出部と、前記第1の画像とは異なる時刻に撮影された第2の画像において、前記特徴点に対応する候補となる複数の候補点を前記移動情報に基づいて求める候補点計算部であって、前記特徴点の高さとして複数の高さを仮定して、それぞれの高さに対応する複数の候補点を求める候補点計算部と、前記特徴点と前記複数の候補点のそれぞれとの相関の大きさを計算し、当該相関の大きさに基づいて、前記候補点から前記特徴点に対応する対応点を検出する対応点検出部と、前記対応点の高さが所定値よりも大きい場合に、前記特徴点の位置に物体を検出する物体検出部とを備える。

40

【0006】

この構成により、移動情報に基づいて特徴点に対応する複数の候補点を仮定するので、この候補点の中から対応点を検出すればよく、物体検出処理の計算処理負荷を軽減できる。

【0007】

本発明の物体検出装置において、前記対応点検出部は、複数の候補点のうちで最大の相

50

関を有する候補点の相関が所定の大きさ以上である場合に、前記候補点を前記特徴点に対応する対応点であると判定してもよい。この構成により、適切に対応点を求めることができる。

【0008】

本発明の物体検出装置は、前記対応点の高さを物体の高さとして求める高さ計算部を備えてもよい。この構成により、物体検出を行うのに用いた情報を利用して物体の高さを容易に求めることができる。

【0009】

本発明の物体検出装置において、前記候補点計算部は、仮定する高さの数およびその高さを、前記移動体の移動態様または前記移動体が置かれた環境に応じて変更して前記複数の候補点を求めてもよい。このように移動態様または環境に基づいて適切な高さを仮定することにより、的確に対応点を求めることができる。

10

【0010】

本発明の物体検出装置において、前記特徴点抽出部は、前記第1の画像を走査して特徴点を探索し、特徴点が検出された場合には、その特徴点を含む所定範囲の探索を省略してもよい。特徴点が検出された場合に、その周辺を探索範囲から省くことにより、特徴点を探索する計算処理を軽減することができる。

【0011】

本発明の物体検出装置において、前記特徴点抽出部は、1画素おきに特徴点か否かを判定してもよい。このように1画素おきに判定を行うことにより、特徴点の検出漏れを防ぐことができ、検出漏れを防止しつつ計算処理を軽減することができる。

20

【0012】

本発明の物体検出装置において、前記候補点計算部は、前記特徴点の高さが0であると仮定して候補点を求め、前記特徴点と前記候補点との相関の大きさが所定の大きさ以上の場合には、当該特徴点を物体検出の処理対象から除外してもよい。高さが0であった場合の候補点と特徴点の相関の大きさが所定の大きさ以上の場合には、当該特徴点は路面上の点であると理解され、物体が存在しない。このような点を物体検出の処理対象から外すことにより、計算処理を軽減できる。

【0013】

本発明の物体検出装置において、前記候補点計算部は、前記特徴点の高さが0であると仮定して候補点を求め、前記特徴点と前記候補点との相関の大きさが所定の大きさ以上の場合には、当該特徴点を路面上のエッジとして検出してもよい。この構成により、路面上のエッジを効率良く検出できる。

30

【0014】

本発明の物体検出装置において、前記画像入力部は、前記移動体の移動に伴って撮影された第1の画像とそれに続く複数の第2の画像の入力を受け、前記対応点検出部は、前記第1の画像に続く最初の前記第2の画像が入力されたときには、前記第1の画像の特徴点と前記第2の画像の複数の候補点のそれぞれとの相関の大きさを求め、これを記憶しておき、新たな前記第2の画像が入力されたときは、前記第1の画像と新たな前記第2の画像の複数の候補点のそれぞれとの相関の大きさを求め、当該相関の大きさと記憶された相関の大きさに基づいて新しい相関の大きさを求め、これを記憶する処理を、新たな第2の画像の入力に伴って繰り返し行ってもよい。このように相関の大きさを逐次更新していく構成により、新しい相関の大きさを求めて記憶した後は、第2の画像を削除することも可能なので、記憶容量を削減することができる。

40

【0015】

本発明の物体検出方法は、移動体に搭載されたカメラにて撮影された画像および移動体の移動情報に基づいて、物体検出装置が物体を検出する方法であって、前記物体検出装置が、カメラから入力された第1の画像の中から特徴点を抽出するステップと、前記物体検出装置が、前記第1の画像とは異なる時刻に撮影された第2の画像において、前記特徴点に対応する候補となる複数の候補点を前記移動情報に基づいて求めるステップであって、

50

前記特徴点の高さとして複数の高さを仮定して、それぞれの高さに対応する複数の候補点を求めるステップと、前記物体検出装置が、前記特徴点と前記複数の候補点のそれぞれとの相関の大きさを計算し、当該相関の大きさに基づいて、前記候補点から前記特徴点に対応する対応点を検出するステップと、前記物体検出装置が、前記対応点の高さが所定の閾値よりも大きい場合に、前記特徴点の位置に物体を検出するステップとを備える。

【0016】

本発明のプログラムは、移動体に搭載されたカメラにて撮影された画像および移動体の移動情報に基づいて、物体を検出するためのプログラムであって、コンピュータに、カメラから入力された第1の画像の中から特徴点を抽出するステップと、前記第1の画像とは異なる時刻に撮影された第2の画像において、前記特徴点に対応する候補となる複数の候補点を前記移動情報に基づいて求めるステップであって、前記特徴点の高さとして複数の高さを仮定して、それぞれの高さに対応する複数の候補点を求めるステップと、前記特徴点と前記複数の候補点のそれぞれとの相関の大きさを計算し、当該相関の大きさに基づいて、前記候補点から前記特徴点に対応する対応点を検出するステップと、前記対応点の高さが所定の閾値よりも大きい場合に、前記特徴点の位置に物体を検出するステップとを実行させる。

10

【発明の効果】

【0017】

本発明は、画像から物体を検出する計算処理負荷を軽減できる。

【図面の簡単な説明】

20

【0018】

【図1】実施の形態の物体検出装置の構成を示す図である。

【図2】(a)カメラを搭載した車両が左折する様子を示す図である。(b)移動情報の計算例を示す図である。

【図3】(a)エッジ抽出部により、画像の走査を行う例を示す図である。(b)非探索範囲を設定しない探索の例を示す図である。

【図4】時刻 t_0 の画像内のエッジに対応する、時刻 t_1 の画像中の対応点を求める処理について説明する図である。

【図5】候補点を計算する処理を示すフローチャートである。

【図6】エッジ K 及び候補点 P_{40} を含む十字領域を示す図である。

30

【図7】相関指標値の更新処理について示す図である。

【図8】路面エッジを検出する処理を示す図である。

【図9】物体検出装置1の動作を示すフローチャートである。

【図10】物体検出装置1の動作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】

【0019】

以下、本発明の実施の形態の物体検出装置および物体検出方法について、図面を参照して説明する。

【0020】

図1は、実施の形態の物体検出装置1の構成を示す図である。物体検出装置1は、車両に搭載して用いられる装置である。物体検出装置1は、車両に設置されたカメラ30及び車載LAN31に接続されている。物体検出装置1は、地面からカメラ30までの高さやカメラ30の向き等のカメラ30の設定に関する情報を記憶している。物体検出装置1は、車載LAN31から車両の移動に関する車載機器の情報を受信する。移動に関する車載機器の情報とは、例えば、タイヤ切れ角、車輪移動量平均値等である。

40

【0021】

物体検出装置1は、カメラ30にて撮影した時系列の画像(複数フレームの画像)に基づいて静止物体を検出する機能を有する。物体検出装置1は、カメラ30から画像を受信する画像受信部10と、車載LAN31から車載機器情報を受信する車載機器情報受信部11と、物体検出の演算を行う演算処理部12と、検出結果を出力する出力部20とを有

50

している。なお、物体検出装置 1 は、ハードウェアとしては、電子制御ユニット (E C U) によって構成される。このような E C U を制御して、以下に説明するような機能および動作を実現するためのプログラムも本発明の範囲に含まれる。

【 0 0 2 2 】

画像受信部 1 0 は、撮影された画像と共に各フレームの撮影時刻の情報も受信する。これにより、画像と移動情報とを関連付けることができる。すなわち、カメラ 3 0 から取得した時系列の画像において、ある画像が撮影されたときから次の画像が撮影されたときまでに車両がどのように移動したかを把握することができる。

【 0 0 2 3 】

演算処理部 1 2 は、移動量計算部 1 3 と、歪み除去部 1 4 と、エッジ抽出部 1 5 と、候補点計算部 1 6 と、対応点検出部 1 7 と、路面エッジ除去部 1 8 と、高さ計算部 1 9 とを有している。以下、各構成について説明する。

【 0 0 2 4 】

移動量計算部 1 3 は、車載機器情報受信部 1 1 にて受信した車載機器の情報に基づいて、車両の移動情報、ひいては車両に設置されたカメラ 3 0 の移動情報を計算する機能を有している。

【 0 0 2 5 】

図 2 (a) は、車両後方を撮影するリアカメラ 3 0 を搭載した車両が右にハンドル切った状態で後退する様子を示す図であり、図 2 (b) はこのときの移動情報の計算例を示す図である。この例では、車載機器情報として受信したタイヤ角 θ と車輪移動量平均 D からカメラ 3 0 の移動量を計算している。なお、カメラ 3 0 の移動量とは、フレーム間のカメラ 3 0 の並進移動量 ($d X$ 、 $d Y$) とカメラ回転角 d である。

【 0 0 2 6 】

図 2 (b) に示すように、タイヤの切れ角 θ [$r a d$] と、車両のホイールベース長 W から回転半径 R を求め、回転半径 R と車輪移動量平均 D からカメラ 3 0 の回転角 d を計算する。そして、アッカーマンモデルによりカメラ 3 0 の並進移動量 ($d X$ 、 $d Y$) を計算する。ここでは、リアカメラ 3 0 にて後方を撮影した画像から、カメラ 3 0 の回転角 d と並進移動量 ($d X$ 、 $d Y$) を計算する例を挙げて説明したが、フロントカメラやサイドカメラ等のリア以外のカメラによって撮影した画像を用いても、図 2 で説明したのと同様に、カメラ 3 0 の回転角 d と並進移動量 ($d X$ 、 $d Y$) を計算することが可能である。

【 0 0 2 7 】

歪み除去部 1 4 は、カメラ画像の特に周辺において生じる歪みを除去する機能を有する。本実施の形態では、歪み除去後の画像における画像座標と歪み除去前の画像における画像座標とを対応付けたテーブルを有しており、このテーブルを用いて歪み除去前の画像を歪み除去後の画像に変換する。なお、歪み除去を行う方法は、上記方法に限らず、他の公知の方法を用いてもよい。また、歪み補正を行わずに処理を行ってもよい。

【 0 0 2 8 】

エッジ抽出部 1 5 は、歪み除去後のカメラ画像からエッジを抽出する機能を有する。エッジとは、周辺で画素値が変化しているような点であり、例えば、物体の輪郭やコーナー点である。

【 0 0 2 9 】

図 3 (a) は、エッジ抽出部 1 5 により、画像の走査を行う例を示す図である。図においては、ハッチングを施した箇所はエッジであることを示す。エッジ抽出部 1 5 は、R G B 画像のうち G 画像のみを入力とする。エッジ抽出部 1 5 は、 3×3 画素の走査ウィンドウを用いて 1 画素おきに走査を行う。つまり、走査のスキップ幅を 2 画素とする。スキップ幅が 2 画素なので、エッジの検出漏れが起きない。例えば、画素を A、B、C、D、... とすると、例えば、A を走査して A B 間のエッジの検出を行った後、2 画素飛ばして D を走査すると、C D 間のエッジの検出を行えるが、B C 間のエッジの検出が漏れる。本実施の形態では、1 画素おきに走査するので、A を走査して A B 間がエッジであるかどうか

10

20

30

40

50

を確認し、次にCを走査してBC間、CD間がエッジであるかを確認する。したがって、検出漏れが生じない。エッジ抽出部15は、選択された画素とその周囲の4点との比を計算し、閾値以上の比を有する点の組み合わせにより、コーナー点、水平線、垂直線の3つのエッジを分離抽出する。

【0030】

エッジ抽出部15は、エッジを検出したときには、当該画素を含む所定の範囲を非探索範囲とし、走査の対象から除外する。図3(a)に示す例では、エッジとして検出された画素を中心とする5×5画素の範囲を非探索範囲としている。検出されたエッジの周辺に存在するエッジは、検出されたエッジに係る物体と同じ物体によるものと考えられるので、非探索範囲を設定しても物体の検出漏れは起きない。

10

【0031】

以上の構成により、エッジ抽出部15は、スキップ幅を2画素とすることで検出されるべき物体のエッジが未検出となることを防ぎつつ、エッジ数と演算量が大きくならないようにできる。図3(b)は、非探索範囲を設定しない探索の例を示す図であるが、この場合には、図3(a)では非探索範囲に含まれる画素G1～G4についてもエッジが否かの判定を行う必要があり、また、画素G3がエッジとして検出されることになる。

【0032】

次に、候補点計算部16について説明する。候補点計算部16の説明に先立って、物体検出の概要について説明する。本実施の形態の物体検出装置1では、時刻 t_0 、 t_1 、 t_2 ・・・という時系列で撮影した画像から物体を検出する。具体的には、時刻 t_0 の画像(「第1の画像」に対応)にあるエッジと、時刻 t_1 以降に撮影した画像(「第2の画像」に対応)にあるエッジとを対応付け、この対応関係に基づいて物体を検出する。

20

【0033】

図4は、時刻 t_0 の画像内のエッジに対応する、時刻 t_1 の画像中の対応点を求める処理について説明する図である。物体検出装置1は、時刻 t_0 の画像内のエッジに対応する時刻 t_1 以降の画像のエッジから探索する際に、時刻 t_0 から時刻 t_1 の間のカメラ30の移動量の情報を用いる。カメラ30の移動量に加えて、エッジの路面からの高さが分かれば、時刻 t_0 の画像内のエッジが時刻 t_1 の画像においてどこに存在するかを特定することができるが、1枚の画像だけでは二次元情報しか得られないので、エッジの高さは特定できない。

30

【0034】

本実施の形態では、時刻 t_0 の画像内のエッジKの路面からの高さとして複数の高さを仮定する(例えば、0cm、20cm、40cm、60cm、80cm)。そして、エッジKの高さが仮定した各高さであるとした場合に、時刻 t_1 の画像においてどの位置に移動するかを求め、これを候補点 P_{00} 、 P_{20} 、 P_{40} 、 P_{60} 、 P_{80} とする。そして、時刻 t_0 の画像内のエッジKとの相関が最も大きい候補点を、時刻 t_0 のエッジKの対応点として求める。以上の処理により、エッジKの対応点が求まると同時に、エッジK及び対応点の高さも分かる。エッジKの高さが所定値より大きい、例えば、0より大きい場合には、物体検出装置1は、そのエッジK及び対応点の位置に物体があると判定する。ここで、高さが所定値よりも大きいかどうかを判断しているのは、高さが所定値以下であるという事は、路面上のエッジであって物体ではないと判断されるからである。

40

【0035】

候補点計算部16の処理について説明する。図5は、候補点を計算する処理を示すフローチャートである。候補点計算部16は、対応点を求める処理対象のエッジの画素Kを選択する(S10)。次に、エッジの高さ h を仮定し(S11)、画素Kのカメラ座標をXYZ座標に逆投影する(S12)。続いて、候補点計算部16は、カメラ30の移動量に基づいて、画素KのXYZ座標を移動させ、移動後の点のXYZ座標を計算する(S13)。その後、移動後の点のXYZ座標をカメラ座標に投影し(S14)、時刻 t_1 の画像において対応する点を候補点として求める。候補点計算部16は、処理を終了するかどうかを判定する(S15)。別の高さ h を仮定して候補点を求める場合には、処理を終了し

50

ないで続行すると判定し (S 1 5 で N O)、高さ h を仮定するステップに戻る (S 1 1)。仮定する高さやカメラの位置姿勢が時間変化しない場合は、ステップ S 1 2 とステップ S 1 4 での計算は、高さごとの変換テーブルを事前に計算しておくことで高速に行える。

【 0 0 3 6 】

対応点検出部 1 7 は、時刻 t_1 の画像内にある複数の候補点のうち、エッジ K との相関が最も大きい候補点を対応点として検出する。ここで、相関の大きさは、エッジ K と候補点とが類似する度合いである。本実施の形態において、相関の大きさは、エッジ K 及び候補点を含む十字領域の画素の絶対差分の総和を相関指標値として用いる。

【 0 0 3 7 】

図 6 は、エッジ K 及び候補点 P_{40} を含む十字領域を示す図である。十字領域内の同じ位置にある画素の差分の絶対値の総和を求めて相関指標値とする。したがって、相関指標値が小さいほど、相関が大きいことを意味する。ここでは、相関の大きさを見るために、絶対差分の総和を用いているが、正規化相関などの別の方法を用いることとしてもよい。対応点検出部 1 7 は、複数の候補点の中で、相関指標値が最小となる候補点を対応点として検出する。

【 0 0 3 8 】

ここでは、簡単のため、対応点を求める際に用いる画像として時刻 t_1 の画像のみを用いて説明したが、対応点検出の精度を高めるために、対応点検出部 1 7 は、図 7 に示すように、時刻 t_1 以降に撮影された複数の画像 (時刻 $t_1 \sim t_n$ の画像) における各候補点との相関指標値 R_1, R_2, \dots, R_n を平均した相関指標値 R を用いる。なお、複数の相関指標値 R_1, R_2, \dots, R_n を総合的に考慮する方法は、平均をとる方法に限られず、例えば、最新の画像の相関指標値に、古い画像の相関指標値よりも大きい重み付けをつけて算出する等の方法も考えられる。

【 0 0 3 9 】

路面エッジ除去部 1 8 は、時刻 t_0 の画像から抽出されたエッジのうち、高さが 0 のエッジは、路面上のエッジ (「路面エッジ」という。) であるとして除去する機能を有する。路面エッジ除去部 1 8 は、エッジの高さが 0 であると仮定して、時刻 t_1 の画像において対応する点を求める。その結果、対応する点との相関の大きさが所定の閾値よりも大きいときに高さが 0 であると判定して、別の高さを仮定して候補点を求めることなく、処理の対象から除外する。

【 0 0 4 0 】

ここで、本実施の形態の物体検出装置 1 が路面エッジを検出するために用いる閾値について説明する。図 8 は、路面エッジを検出する処理を示す図である。図 8 では、時刻 t_0 の画像中のエッジ K が路面エッジであるか否かを判定する例を示している。路面エッジ除去部 1 8 は、エッジ K が高さ 0 であると仮定して、時刻 t_1 の画像における対応点 K_p を求める。そして、エッジ K とその対応点 K_p との相関指標値 S_{inter} を求める。また、時刻 t_0 の画像の中で、エッジ K を 1 画素 (ランダムな値でもよい) シフトしたエッジ K_s を求め、エッジ K_s とエッジ K との相関指標値 S_{intra} を求める。この相関指標値 S_{intra} に対して定数 C を乗じて閾値を生成する。

【 0 0 4 1 】

路面エッジ除去部 1 8 は、相関指標値 S_{inter} と閾値 $S_{intra} \times C$ とを比較して、相関指標値 S_{inter} が閾値以下のとき、つまり、エッジ K と対応点 K_p との相関の大きさが所定の大きさよりも大きいときには、エッジ K は路面上のエッジであると判定し、物体検出の処理対象から除去する。対応点 K_p の相関が、1 画素 (ランダムな値でもよい) だけずらしたエッジ K_s との相関よりも大きいということは、高さ 0 という仮定が正しいためと考えられるからである。路面エッジであると判定されたエッジ K については、対応点検出部 1 7 にて複数の高さを仮定して候補点を求める処理等を行わない。

【 0 0 4 2 】

高さ計算部 1 9 は、対応点検出部 1 7 にて検出された相関の最も大きかった対応点の高さを求める。物体検出装置 1 は、高さ計算部 1 9 にて、高さが 0 ではない対応点について

10

20

30

40

50

は、エッジが物体の一部を示すものであるとして、物体検出を行う。

【 0 0 4 3 】

(物体検出装置の動作)

図 9 及び図 10 は、物体検出装置 1 の動作を示すフローチャートである。物体検出装置 1 は、車載 L A N 3 1 から移動に関する車載機器の情報を受信して入力する (S 2 0) と共に、カメラ 3 0 から画像を受信して入力する (S 2 1)。ここで入力される画像を「第 1 の画像」という。次に、物体検出装置 1 は、入力された第 1 の画像中にあるエッジを抽出し (S 2 2)、エッジの情報と移動に関する車載機器の情報を記憶する (S 2 3)。

【 0 0 4 4 】

次に、物体検出装置 1 は、車載 L A N 3 1 から移動に関する車載機器の情報を受信して入力する (S 3 0) と共に、カメラ 3 0 から画像を受信して入力する (S 3 1)。物体検出装置 1 は、第 1 の画像から抽出されたエッジの中から、対応点を求める処理対象となるエッジを選択する (S 3 2)。選択したエッジの高さを 0 と仮定したときの第 2 の画像中における対応点を、時刻 t_0 から時刻 t_1 におけるカメラ 3 0 の移動情報を用いて求める (S 3 3)。

【 0 0 4 5 】

次に、物体検出装置 1 は、エッジと対応点の相関指標値 (絶対差分の総和) を求め、相関指標値が閾値以下であるか否かを判定する (S 3 4)。ここでは、図 8 を用いて説明した閾値を用いる。相関指標値が閾値以下である場合 (S 3 4 で Y E S)、すなわち、エッジと対応点の相関が所定の大きさより大きい場合には、当該エッジを路面エッジであると判定して、物体検出の処理から除外する。

【 0 0 4 6 】

相関指標値が閾値以下ではない場合 (S 3 4 で N O)、つまり、エッジが路面エッジではない場合には、物体検出装置 1 は、エッジの高さとして 0 以外の他の高さを仮定して、第 2 の画像中において対応する点を候補点として求め (S 3 5)、エッジと各候補点との相関指標値を計算する (S 3 6)。

【 0 0 4 7 】

続いて、物体検出装置 1 は、エッジに対する相関指標値を更新する (S 3 7)。ここでの処理は、複数の第 2 の画像内における同じ高さの候補点との相関指標値の平均をとることである。物体検出装置 1 は、新たな第 2 の画像の相関指標値が求められたときに、その時点までに得られた第 2 の画像に基づいて計算済みの相関指標値の平均値を用いて相関指標値を更新する。例えば、時刻 t_1 、時刻 t_2 、 \dots 、時刻 t_m の画像まで処理済みで、相関指標値 R が、各画像との相関指標値 R_1 、 R_2 、 \dots 、 R_m を用いて、相関指標値 $R = (R_1 + R_2 + \dots + R_m) / m$ と計算され、記憶部に記憶されているとする。ここに、新たな画像を受信して、相関指標値 R_{m+1} が計算されたとすると、物体検出装置 1 は、新しい相関指標値 R_{new} を、記憶された相関指標値 R_{old} を用いて、 $R_{new} = (R_{m+1} + m \times R_{old}) / (m + 1)$ により求める。

【 0 0 4 8 】

物体検出装置 1 は、第 1 の画像から抽出された全てのエッジについて処理を行ったか否かを判定し (S 3 8)、全エッジについての処理を完了していないと判定された場合には (S 3 8 で N O)、処理対象となる次のエッジを選択する (S 3 2)。全エッジについての処理を完了したと判定された場合には (S 3 8 で Y E S)、次の画像の入力を待つか否かを判定する (S 3 9)。次の画像入力を待つ場合には (S 3 9 で Y E S)、車載機器情報の入力のステップ S 3 0 に戻る。物体検出を行うのに次の画像が必要なければ (S 3 9 で N O)、物体検出装置 1 は、各エッジの候補点の相関指標値に基づいて、物体検出およびその高さの検出を行う (S 4 0)。具体的には、物体検出装置 1 は、エッジの候補点の相関指標値のうち、最小の相関指標値を有する候補点を特定し、当該候補点の相関指標値が所定の閾値以下である場合に、当該エッジの位置に物体を検出する。また、物体検出装置 1 は、物体が検出された候補点の高さを物体の高さとして求める。

【 0 0 4 9 】

10

20

30

40

50

以上、本発明の実施の形態の物体検出装置 1 及び物体検出方法について説明した。本実施の形態の物体検出装置 1 は、エッジに対応する対応点を求める際に、エッジの高さとして複数の高さを仮定する。そして、仮定した複数の高さに対応する候補点との相関指標値を求め、相関指標値に基づいて対応点を検出するので、候補点について相関指標値の計算を行えばよく、計算処理負荷を軽減できる。

【 0 0 5 0 】

以上、本発明の実施の形態の物体検出装置について説明したが、本発明の物体検出装置は上記した実施の形態に限定されるものではない。上記した実施の形態において、エッジの高さとして仮定する数およびその高さを、車両の移動速度、加速度、舵角等の移動態様や、天候、昼夜の別、道路の種類等の環境等に応じて、変更してもよい。例えば、車両の速度が大きい場合には、仮定する高さの数を増やし、候補点を細分化することで、対応点を適切に求めることができる。また、逆に、車両の速度が大きい場合に、仮定する高さを減らし、その中で候補点を細分化することで、処理の高速化を図ってもよい。

10

【 0 0 5 1 】

また、これらの処理で検出した物体の情報を別のアプリケーションに適用してもよい。プリクラッシュセーフティシステム（PCS）に適用することで、検出された静止物体との衝突の可能性が高いとシステムが判断したときに、警報やブレーキ力制御により運転者の衝突回避操作を補助することができる。また、交通標識認識（TSR）に適用することで、検出された静止物体から交通標識を抽出する処理に用いることができる。また、走行レーン逸脱防止システム（LKA）に適用することで、例えば、ガードレール等の静止物体から道路端を検出し、その道路端に対して警報やステアリング制御を行うことができる。

20

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 2 】

本発明は、車両等の移動体に搭載されたカメラの画像から物体を検出する装置として有用である。

【符号の説明】

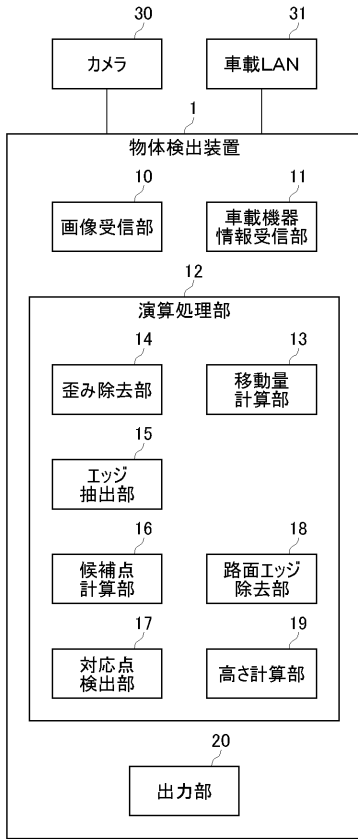
【 0 0 5 3 】

- 1 物体検出装置
- 1 0 画像受信部
- 1 1 車載機器情報受信部
- 1 2 演算処理部
- 1 3 移動量計算部
- 1 4 歪み除去部
- 1 5 エッジ抽出部
- 1 6 候補点計算部
- 1 7 対応点検出部
- 1 8 路面エッジ除去部
- 1 9 高さ計算部
- 2 0 出力部
- 3 0 カメラ
- 3 1 車載 L A N

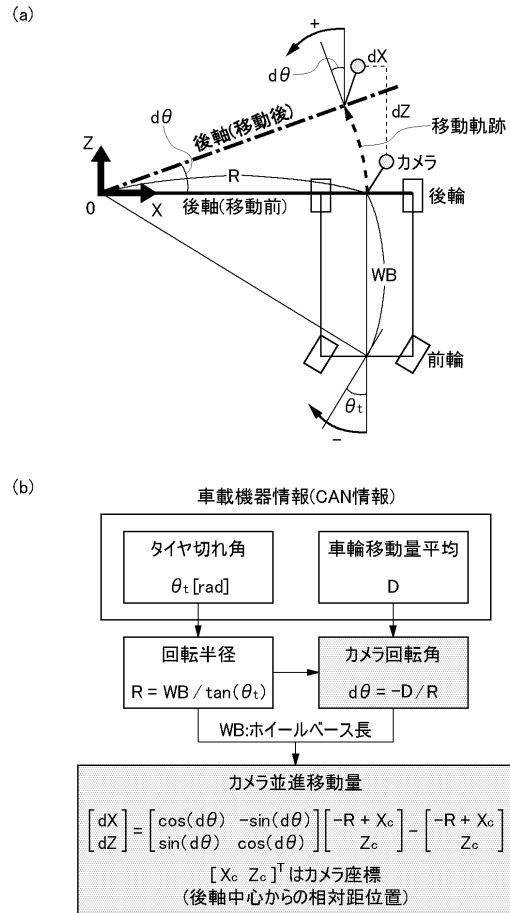
30

40

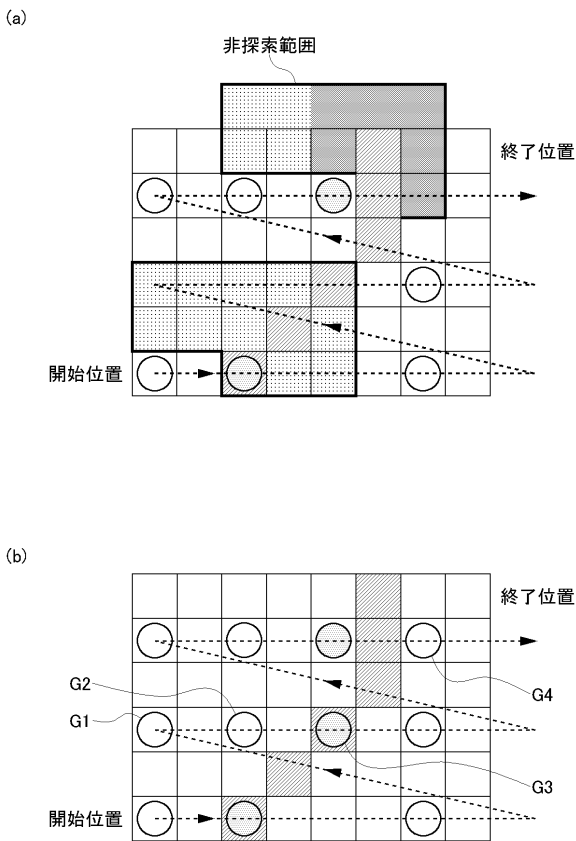
【図1】



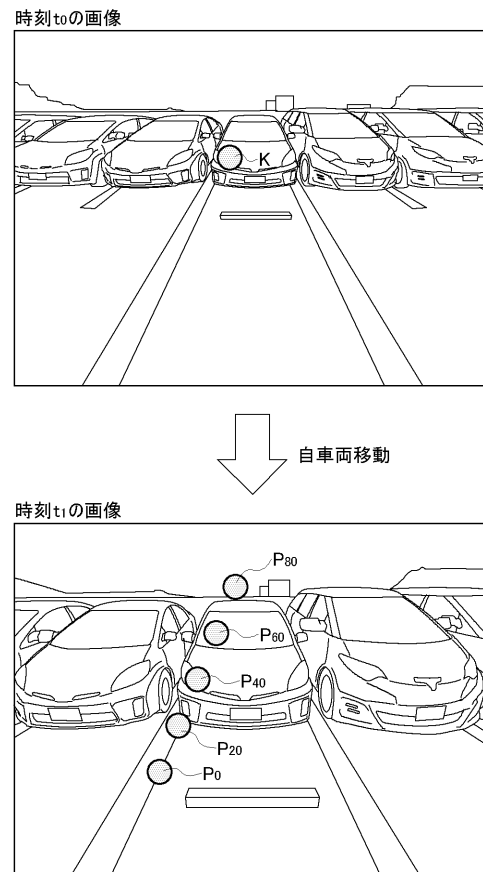
【図2】



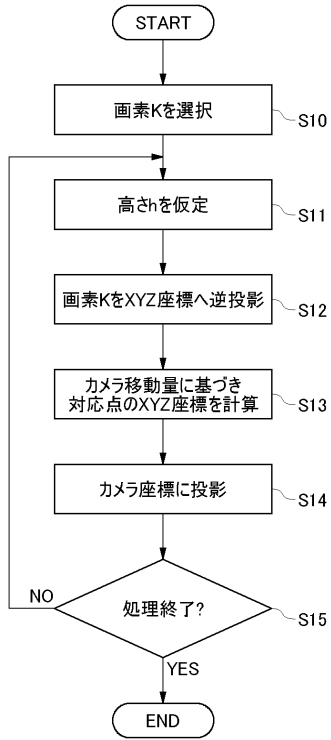
【図3】



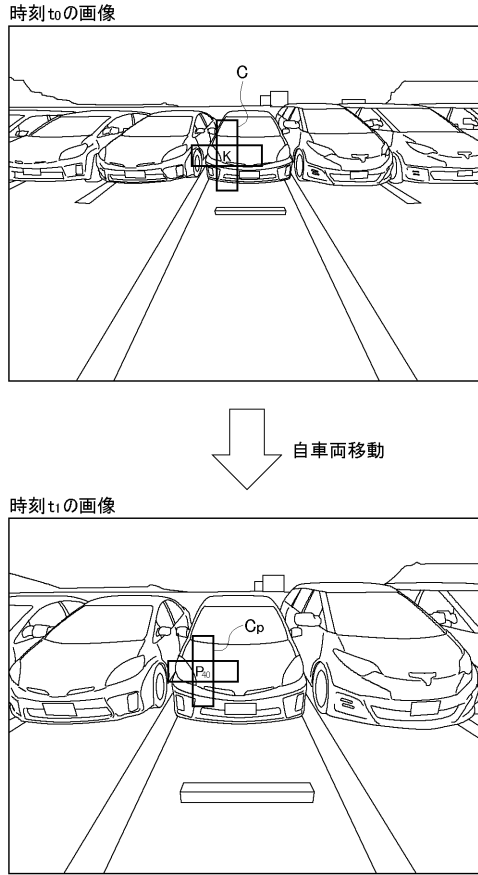
【図4】



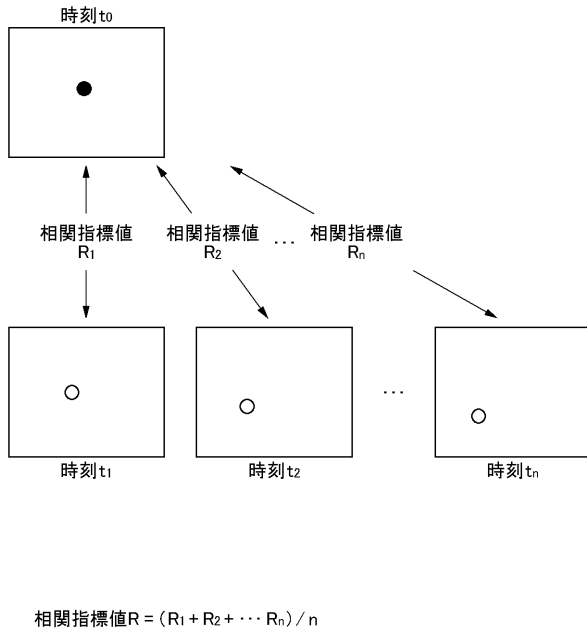
【図5】



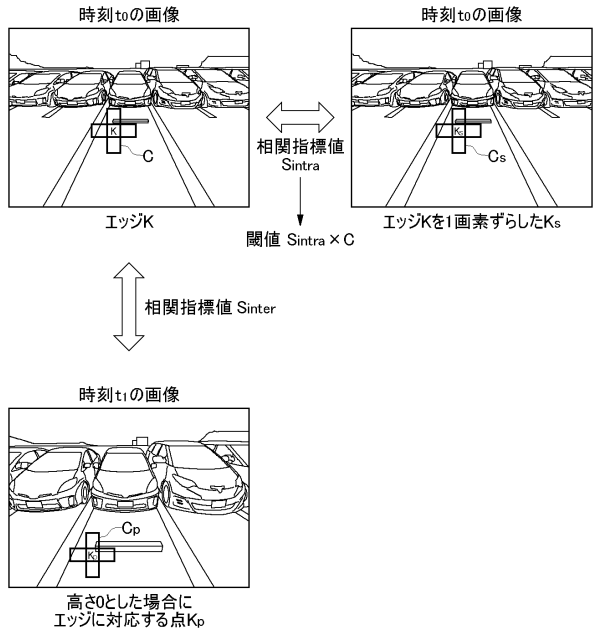
【図6】



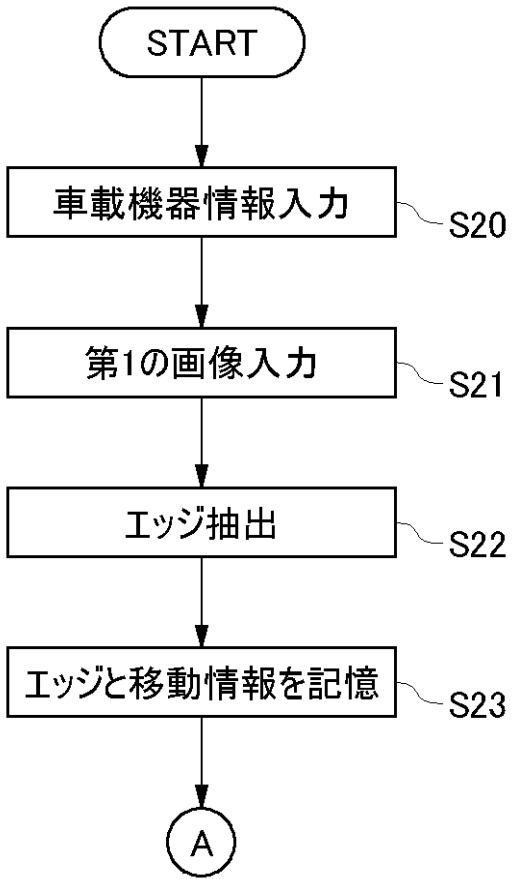
【図7】



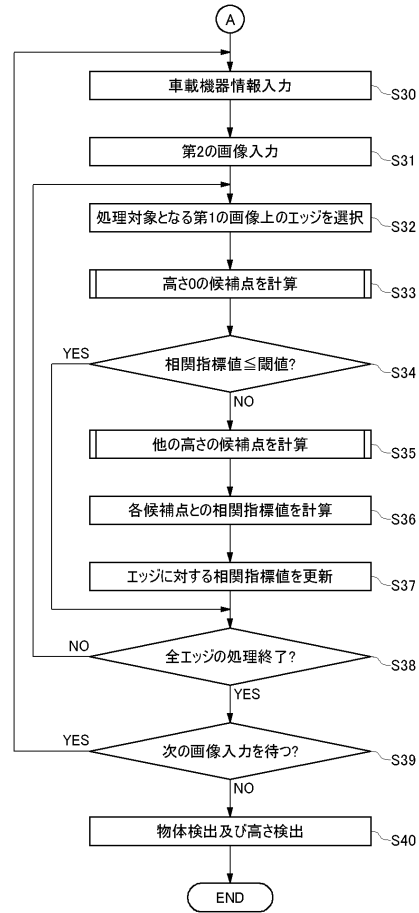
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(74)代理人 230121430

弁護士 安井 友章

(72)発明者 白井 英樹

東京都渋谷区渋谷二丁目15番1号 渋谷クロスタワー28F 株式会社デンソーアイティ-ラボ
ラトリ内

(72)発明者 今西 勝之

愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社SOKEN内

(72)発明者 柳川 博彦

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 村松 貴士

(56)参考文献 特開平10-222679(JP,A)

特開2008-099136(JP,A)

特開2007-087236(JP,A)

特開2007-267343(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 1/00

G06T 7/00 - 7/90

G08G 1/16

G01B 11/00 - 11/30

B60R 21/0134