(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7585147号
(P7585147)

(45)発行日　令和6年11月18日(2024.11.18)

(24)登録日　令和6年11月8日(2024.11.8)

(51)国際特許分類

		FI		
G01C 3/06 (2006.01)		G01C	3/06	110V
G08G 1/16 (2006.01)		G01C	3/06	140
G06T 7/00 (2017.01)		G08G	1/16	C
G06T 7/593(2017.01)		G06T	7/00	650B
		G06T	7/00	300D

請求項の数　13　（全30頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2021-105309(P2021-105309)
(22)出願日　令和3年6月25日(2021.6.25)
(65)公開番号　特開2023-3924(P2023-3924A)
(43)公開日　令和5年1月17日(2023.1.17)
審査請求日　令和6年2月19日(2024.2.19)

(73)特許権者　509186579
日立Ａｓｔｅｍｏ株式会社
茨城県ひたちなか市高場２５２０番地
(74)代理人　110002365
弁理士法人サンネクスト国際特許事務所
(72)発明者　小林 正幸
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
株式会社日立製作所内
審査官　▲高▼場 正光

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　演算装置、速度算出方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

移動体に搭載される演算装置であって、

前記移動体の進行方向と検知物体の進行方向とが交差する角度である交差角度を特定する交差角度特定部と、

カメラが撮影して得られる撮影画像を少なくとも含むセンシング結果を取得するセンシング情報取得部と、

前記センシング結果に基づき第１時刻における前記検知物体との距離を算出する測距部と、

前記撮影画像に基づき第２時刻における前記移動体の進行方向に対する角度である画角を特定する画角特定部と、

前記交差角度、前記第１時刻における前記移動体との距離、前記第２時刻における前記移動体との角度、前記第１時刻と前記第２時刻の時間差、および前記移動体の速度に基づき、前記検知物体の速度を算出する速度算出部と、を備える演算装置。

【請求項２】

請求項１に記載の演算装置において、

前記撮影画像は、第１撮像部が撮像する第１画像と、第２撮像部が撮像する第２画像とを含み、

前記測距部は、前記第１画像または前記第２画像における前記検知物体の撮影位置に基づき前記検知物体との距離を算出する、または前記第１画像および前記第２画像における

前記検知物体の視差に基づき前記検知物体との距離を算出する、演算装置。
【請求項３】
請求項１に記載の演算装置において、
前記センシング結果は、撮像部が撮像する前記撮影画像と、距離センサが計測する距離情報とを含み、
前記測距部は、前記距離情報を前記検知物体との距離とする、演算装置。
【請求項４】
請求項１に記載の演算装置において、
前記交差角度特定部は、前記交差角度を９０度と仮定する、演算装置。
【請求項５】
請求項１に記載の演算装置において、
前記交差角度特定部は、前記移動体の位置情報と地図情報に基づき前記交差角度を算出する、演算装置。
【請求項６】
請求項１に記載の演算装置において、
前記画角特定部は、前記第１時刻における前記撮影画像から前記移動体の画像情報を取得し、前記第２時刻における前記撮影画像に撮影された前記移動体の位置から前記画角を特定する、演算装置。
【請求項７】
請求項６に記載の演算装置において、
前記第１時刻における前記撮影画像における前記移動体のピクセル数、および前記第２時刻における前記撮影画像に撮影されると想定される前記移動体のピクセル数のうち、少ない方のピクセル数に基づきマッチング用テンプレートを作成するテンプレート作成部をさらに備え、
前記画角特定部は、前記マッチング用テンプレートを用いて前記第２時刻における前記撮影画像を探索することで前記画角を特定する、演算装置。
【請求項８】
請求項１に記載の演算装置において、
前記画角特定部は、前記測距部が測距可能な領域である測距可能領域の外側に存在する前記検知物体が撮影された前記撮影画像に基づき前記画角を特定する、演算装置。
【請求項９】
請求項８に記載の演算装置において、
前記第１時刻は前記第２時刻よりも遅い時刻である、演算装置。
【請求項１０】
請求項８に記載の演算装置において、
前記第１時刻は前記第２時刻よりも早い時刻である、演算装置。
【請求項１１】
請求項８に記載の演算装置において、
前記撮影画像は、第１撮像部が撮像する第１画像と、第２撮像部が撮像する第２画像とを含み、
前記第１撮像部の視野、および前記第２撮像部の視野は、ステレオ視野において重複し、
前記測距部は、前記第１画像および前記第２画像における前記ステレオ視野に存在する前記検知物体の視差に基づき前記検知物体との距離を算出し、
前記画角特定部は、前記第１画像における前記ステレオ視野ではない領域に存在する前記検知物体に基づき前記画角を特定する、演算装置。
【請求項１２】
請求項１に記載の演算装置において、
前記撮影画像は、第１撮像部が撮像する第１画像を含み、
前記測距部は、前記第１画像における前記検知物体の撮影位置に基づき前記検知物体との距離を算出する、演算装置。

【請求項１３】
移動体に搭載される演算装置が実行する速度算出方法であって、
前記移動体の進行方向と検知物体の進行方向とが交差する角度である交差角度を特定することと、
カメラが撮影して得られる撮影画像を少なくとも含むセンシング結果を取得することと、
前記センシング結果に基づき第１時刻における前記検知物体との距離を算出することと、
前記撮影画像に基づき第２時刻における前記移動体の進行方向に対する角度である画角を特定することと、
前記交差角度、前記第１時刻における前記移動体との距離、前記第２時刻における前記移動体との角度、前記第１時刻と前記第２時刻の時間差、および前記移動体の速度に基づき、前記検知物体の速度を算出することと、を含む速度算出方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、演算装置、および速度算出方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
カメラによって撮像された画像等に基づき、画像中で移動する物体を検知するための様々な技術が知られている。特許文献１には、撮像手段により撮像した画像から物体領域を抽出する物体領域抽出手段と、前記撮像手段の撮像範囲外に照射した電磁波の反射波から前記撮像範囲外の物体までの距離情報を取得する距離情報取得手段と、前記距離情報取得手段が取得した距離情報を用いて、前記撮像範囲外の物体が前記撮像手段の撮像範囲内に入った際に前記物体領域抽出手段が該物体の物体領域を抽出するための予測領域情報を作成する情報作成手段と、を有することを特徴とする画像処理装置が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【文献】特開２０１５－１９５０１８号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
特許文献１に記載されている発明では、測定対象の速度を算出するためには異なる時刻における距離情報を取得する必要があり、距離情報が得られない状況では速度を算出できない。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
本発明の第１の態様による演算装置は、移動体に搭載される演算装置であって、前記移動体の進行方向と検知物体の進行方向とが交差する角度である交差角度を特定する交差角度特定部と、カメラが撮影して得られる撮影画像を少なくとも含むセンシング結果を取得するセンシング情報取得部と、前記センシング結果に基づき第１時刻における前記検知物体との距離を算出する測距部と、前記撮影画像に基づき第２時刻における前記移動体の進行方向に対する角度である画角を特定する画角特定部と、前記交差角度、前記第１時刻における前記移動体との距離、前記第２時刻における前記移動体との角度、前記第１時刻と前記第２時刻の時間差、および前記移動体の速度に基づき、前記検知物体の速度を算出する速度算出部と、を備える。
本発明の第２の態様による速度算出方法は、移動体に搭載される演算装置が実行する速度算出方法であって、前記移動体の進行方向と検知物体の進行方向とが交差する角度である交差角度を特定することと、カメラが撮影して得られる撮影画像を少なくとも含むセンシング結果を取得することと、前記センシング結果に基づき第１時刻における前記検知物体との距離を算出することと、前記撮影画像に基づき第２時刻における前記移動体の進行

方向に対する角度である画角を特定することと、前記交差角度、前記第１時刻における前記移動体との距離、前記第２時刻における前記移動体との角度、前記第１時刻と前記第２時刻の時間差、および前記移動体の速度に基づき、前記検知物体の速度を算出することと、を含む。

【発明の効果】

【０００６】

本発明によれば、距離情報が直接算出できない時刻のセンシング結果と、距離情報が直接算出できる時刻のセンシング結果とを用いて測定対象の速度を算出できる。上記した以外の課題、構成および効果は、以下の発明を実施するための形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【０００７】

【図１】視野画角と車両の位置関係を説明する図
【図２】視野の相関関係を示す図
【図３】第１の実施の形態に係るカメラシステムが有する機能を示す機能ブロック図
【図４】単眼検知部の動作を説明する概念図
【図５】ステレオマッチング部による視差画像生成を説明する概念図
【図６】ステレオ検知部による立体物の検知方法を説明する概念図
【図７】速度算出処理を示すフローチャート
【図８】図７のステップＳ７０５およびステップＳ７０６の詳細を示すフローチャート
【図９】図７のステップＳ７０８に示した速度算出処理の詳細を示すフローチャート
【図１０】第１の具体例を示す図
【図１１】図１０の例を自車両を中心とした相対的な位置に置き換えた図
【図１２】図１１における距離を説明する図
【図１３】第２の具体例を示す図
【図１４】図１３の例を自車両を中心とした相対的な位置に置き換えた図
【図１５】第３の具体例を示す図
【図１６】第４の具体例を示す図
【図１７】図８のステップＳ８０４に示すテンプレート選択処理の詳細を示すフローチャート
【図１８】テンプレートのサイズを説明する図
【図１９】変形例１におけるカメラシステムの機能構成図
【図２０】変形例２におけるカメラシステムの機能構成図
【図２１】第２の実施の形態に係るカメラシステムが有する機能を示す機能ブロック図
【図２２】速度算出部による速度の算出方法を示す図

【発明を実施するための形態】

【０００８】

以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。実施例は、本発明を説明するための例示であって、説明の明確化のため、適宜、省略および簡略化がなされている。本発明は、他の種々の形態でも実施することが可能である。特に限定しない限り、各構成要素は単数でも複数でも構わない。

【０００９】

同一あるいは同様の機能を有する構成要素が複数ある場合には、同一の符号に異なる添字を付して説明する場合がある。また、これらの複数の構成要素を区別する必要がない場合には、添字を省略して説明する場合がある。

【００１０】

実施例において、プログラムを実行して行う処理について説明する場合がある。ここで、計算機は、プロセッサ（例えばＣＰＵ、ＧＰＵ）によりプログラムを実行し、記憶資源（例えばメモリ）やインターフェースデバイス（例えば通信ポート）等を用いながら、プログラムで定められた処理を行う。そのため、プログラムを実行して行う処理の主体を、

プロセッサとしてもよい。同様に、プログラムを実行して行う処理の主体が、プロセッサを有するコントローラ、装置、システム、計算機、ノードであってもよい。プログラムを実行して行う処理の主体は、演算部であれば良く、特定の処理を行う専用回路を含んでいてもよい。ここで、専用回路とは、例えばＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）やＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）、ＣＰＬＤ（Complex Programmable Logic Device）等である。

【００１１】

プログラムは、プログラムソースから計算機にインストールされてもよい。プログラムソースは、例えば、プログラム配布サーバまたは計算機が読み取り可能な記憶メディアであってもよい。プログラムソースがプログラム配布サーバの場合、プログラム配布サーバはプロセッサと配布対象のプログラムを記憶する記憶資源を含み、プログラム配布サーバのプロセッサが配布対象のプログラムを他の計算機に配布してもよい。また、実施例において、２以上のプログラムが１つのプログラムとして実現されてもよいし、１つのプログラムが２以上のプログラムとして実現されてもよい。

【００１２】

―第１の実施の形態―

図１～図１８を参照して、演算装置の第１の実施の形態を説明する。本実施の形態に係る演算装置は、検知物体（以下では「測定対象」とも呼ぶ）が、特定可能な距離に存在している時刻の検知と測距結果と、その時刻以外のセンシング結果から特定したその物体の画角と、自車両の速度とを用いて、検知物体の速度を特定する。本実施の形態では、自車両の進路と検知物体の進路とが、略直交に交わると仮定する。検知物体の速度は、二つの時刻の間の検知物体の移動量から時刻差を割ることで求める。

【００１３】

検知物体の移動量のうち、演算装置から見て奥行方向の移動量を自車の移動量と断定する。前述の一方の時刻の距離と移動量から、他方の時刻の奥行距離を特定し、該もう一方の時刻の物体の画角から、横方向の距離を特定することで、横方向の移動量も特定する。前述の直交に近い移動方向への特定は、物体の種別識別において行う。識別器で物体の種別を識別する際に、物体の向いている向きを識別し、その画角において該向きが直交に近い移動方向かを特定する。

【００１４】

本実施の形態に係る画像処理システムは、カメラが撮影して得られる画像（以下では「撮影画像」と呼ぶ）から対象となる物体を検知する。対象となる物体は、たとえば移動体や立体物、特定の物体などである。この「移動体」とは、背景に対して動いているものを指す。ただし、「背景」とは、撮影画像中で変化しない画素からなる領域に限らない。たとえば、走行する車両に搭載されるカメラの撮影画像の場合には、車両の走行に伴い撮像位置が変化する路面も背景であり、路面に対して移動を行う歩行者や車両が移動体である。またたとえば、固定された監視カメラであれば、カメラ画像内で動く人物や動物、動かされる物、などが移動体である。

【００１５】

「立体物」は、たとえば、路面に対して高さのある物体で、車両や歩行者、二輪車、電柱などである。「特定の物体」は、たとえば、車両や歩行者、二輪車などの設計者が意図的に検知したいと定めた特定の物体を指す。特定の物体は、テンプレートやパターンや機械学習の辞書などを予め用意して、テンプレートやパターンや機械学習の辞書との類似度が高いものを検知する。画像処理システムはこの検知を行うとともに、カメラから一定の範囲の物体を検知し、物体の距離と速度を算出する。

【００１６】

図１は視野画角と車両の位置関係を説明する図である。車両１００は、カメラシステム１０１と、左撮像部１０２と、右撮像部１０３とを備える。左撮像部１０２は車両１００の左側に配された撮像部であり、光軸１０２Ａｘは車両１００の前方に向き、車両１００の中心軸に対して図示右側に広い視野である右視野１０２１を有する。右撮像部１０３は

車両１００の右側に配された撮像部であり、光軸１０３Ａｘは車両１００の前方に向き、車両１００の中心軸に対して図示左側に広い視野である左視野１０３１を有する。車両１００は車両速度センサと、舵角センサまたはヨーレートセンサの少なくとも１つを備える。以下では、右撮像部１０３の撮影画像を右画像２０３と呼び、左撮像部１０２の撮影画像を左画像２０２と呼ぶ。

【００１７】

図１に示すように、右視野１０２１と左視野１０３１は車両１００の前方では重複している。この重複する視野を以下では「ステレオ視野」と呼び、右視野１０２１からステレオ視野を除いた視野を「右単眼視野」と呼び、左視野１０３１からステレオ視野を除いた視野を「左単眼視野」と呼ぶ。

【００１８】

図２は、視野の相関関係を示す図である。図示上断は左撮像部１０２の撮影画像である左画像２０２、図示中断は右撮像部１０３の撮影画像である右画像２０３、図示下段は左画像２０２および右画像２０３を用いて作成された合成画像２０４である。合成画像２０４は、右単眼領域２０４Ｒと、ステレオ領域２０４Ｓと、左単眼領域２０４Ｌとに分けられる。

【００１９】

右単眼領域２０４Ｒは、図１を参照して説明した右単眼視野の領域に相当する。ステレオ領域２０４Ｓは、図１を参照して説明したステレオ視野の領域に相当する。左単眼領域２０４Ｌは、図１を参照して説明した左単眼視野の領域に相当する。

【００２０】

図３は、第１の実施の形態に係るカメラシステム１０１が有する機能を示す機能ブロック図である。カメラシステム１０１は、１つのハードウェアである演算装置として実現されてもよいし、複数のハードウェア装置により実現されてもよい。カメラシステム１０１は、左撮像部１０２と、右撮像部１０３と、ステレオマッチング部３０１と、単眼検知部３０２と、単眼測距部３０３と、テンプレート作成部３０４と、画像保持部３０５と、類似箇所探索部３０６と、画角特定部３０７と、ステレオ検知部３０８と、速度算出部３０９と、車両速度入力部３１０と、車両舵角入力部３１１と、ヨーレート入力部３１２と、交差角度特定部１９０１Ｚとを備える。カメラシステム１０１は、車両１００に搭載される車両速度センサ３１３と、車両舵角センサ３１４と、ヨーレートセンサ３１５とに接続される。

【００２１】

交差角度特定部１９０１Ｚは、車両１００の進行方向と他の車両の進行方向とが交差する角度である交差角度を特定するが、本実施の形態では交差角度は常に９０度と仮定している。そのため本実施の形態における交差角度特定部１９０１Ｚは特段の演算を行わず、交差角度の値が「９０」度であることを保持する構成を備えればよい。たとえば交差角度特定部１９０１Ｚは、不揮発性記憶装置により実現できる。

【００２２】

左撮像部１０２および右撮像部１０３は撮像センサを含み、たとえば公知のカメラとして構成される。撮像センサにはレンズが取り付けられ、装置の外界を撮像する。撮像センサは、例えばＣＭＯＳ（Ｃｏｍｐｌｅｍｅｎｔａｒｙ Ｍｅｔａｌ Ｏｘｉｄｅ Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ）を備え、光を電気信号に変換する。

【００２３】

左撮像部１０２および右撮像部１０３の撮像センサで電気信号に変換された情報は、さらに左撮像部１０２および右撮像部１０３内で、撮影画像を表す画像データに変換される。画像データは画素の輝度値を含む。輝度値は、たとえばデジタル値として表現することができ、ＲＧＢ（Ｒｅｄ Ｇｒｅｅｎ Ｂｌｕｅ）やＲＣ（Ｒｅｄ Ｃｌｅａｒ）等の色毎の輝度値や、モノクロの輝度値として表される。左撮像部１０２および右撮像部１０３は、画像データをステレオマッチング部３０１、単眼検知部３０２、単眼測距部３０３、テンプレート作成部３０４、画像保持部３０５、類似箇所探索部３０６、および画角特定部

３０７に送信する。左撮像部１０２および右撮像部１０３は、所定の周期、たとえば１７ミリ秒ごとに画像データを送信する。

【００２４】

左撮像部１０２および右撮像部１０３は、撮像センサの露光条件を変更する機能を備える。たとえば、撮像センサにグローバルシャッタまたはローリングシャッタ等の電子シャッタが備わっており、露光時間を任意の時間に設定して撮影することができる。受光素子として、受光すると電荷が蓄積されるフォトダイオードを用いる場合には、露光時間は、フォトダイオードの蓄積電荷をリセットしてから、輝度値に係る情報を読み出すために電荷を取り出すまでの時間を指す。

【００２５】

露光時間を長くすると電荷が多く蓄積されるので、読み出される輝度値が高くなる。一方で露光時間を短くすると蓄えられる電荷が少なくなるので、読み出される輝度が低くなる。そのため、露光時間に相関して、撮像センサから得られる画像の明るさが変化する。

【００２６】

左撮像部１０２および右撮像部１０３は、フォトダイオードから取り出される電荷量を電圧に変換し、Ａ／Ｄ（Ａｎａｌｏｇ　Ｄｉｇｉｔａｌ）変換を行ってデジタル値を取得する。左撮像部１０２および右撮像部１０３はＡ／Ｄ変換に用いる増幅器を備えており、露光条件の一部として増幅器のゲインが変更できるように構成される場合がある。その場合には、増幅器のゲイン設定に応じて読み出される輝度値が変化する。ゲインを高くすれば輝度値は高く、ゲインを低くすれば輝度値は低くなる。

【００２７】

ここで、一般的に、露光条件（上記の例では露光時間およびゲイン）の変化により輝度値が低くなると、暗い対象物の輝度値が０になったり、コントラスト比が低い対象物の輝度値が一様になったりし、輪郭や濃淡等が判別できなくなる場合がある。この問題は輝度値をデジタル値として表現する場合に顕著であるが、アナログ値として表現する場合にも同質の問題が発生し得る。同様に、露光条件の変化により輝度値が高くなると、明るい対象物の輝度値が最大値となり、対象物の輪郭や対象物の濃淡が判別できなくなる場合がある。従って、撮影する対象物の明るさに応じて露光条件を設定する必要がある。

【００２８】

左撮像部１０２および右撮像部１０３は、時系列的に繰り返し電子シャッタを切り、シャッタ毎の画像データを取得することにより動画を撮影することができる。単位時間あたりの電子シャッタを切り画像データを出力する回数をフレームレートと呼び、１秒あたりのフレームレートをＦＰＳ（Ｆｒａｍｅ　Ｐｅｒ　Ｓｅｃｏｎｄ）の単位で表す。

【００２９】

左撮像部１０２および右撮像部１０３が取得する撮影画像は、撮像素子がセンシングして得られた結果なので、以下では撮影画像を「センシング結果」とも呼ぶ。また、左撮像部１０２および右撮像部１０３は、センシング情報を取得するので、「センシング情報取得部」と呼ぶことができる。また以下では、左撮像部１０２と右撮像部１０３とを区別するために、前者を「第１撮像部」、後者を「第２撮像部」と呼ぶことがある。ただしこの呼び分けは便宜的であり、入れ替え可能な呼称である。

【００３０】

ステレオマッチング部３０１は、左撮像部１０２および右撮像部１０３から画像データを含むデータを受信し、これを処理することにより視差を演算する。視差とは、複数の撮像部の位置の違いから生じる、同一物体の写る画像座標の差である。視差は、近距離のものは大きく、遠距離のものは小さくなり、視差から距離を算出することが可能である。

【００３１】

ステレオマッチング部３０１では、左画像２０２および右画像２０３の画像データの歪みを補正する。たとえば、中心射影や透視投影モデルと言われる、同一の高さで同一の奥行距離の物体が、画像座標の水平に並ぶように画像データの歪を補正する。なお、水平方向に並ぶように補正するのは、左撮像部１０２と右撮像部１０３が左右方向に並んで配さ

れているためである。補正された左画像２０２および右画像２０３を用いて、これらの一方を基準となる基準画像データとし、他方を比較対象とする比較画像データとして視差を求める。

【００３２】

なお上述した説明では中心射影を用いる例を記載したが、画角が広い場合は画像データのサイズを抑制するために、たとえば円筒や球面に射影してもよい。その際のマッチングを行う際には、投影面上同一距離の物体が並ぶ探索線でマッチングをとる必要がある。

【００３３】

視差を求める際は、まず前述の基準画像データと、比較画像データの消失点の垂直座標を合わせる。そして、基準画像データの各座標に対して、比較画像データの同一垂直座標のどの水平座標が同一物体を映しているのかを、たとえばＳＳＤ（Ｓｕｍ ｏｆ Ｓｑｕａｒｅｄ Ｄｉｆｆｅｒｅｎｃｅ）やＳＡＤ（Ｓｕｍ ｏｆ Ａｂｓｏｌｕｔｅ Ｄｉｆｆｅｒｅｎｃｅ）などの手法で検査する。

【００３４】

ただしＳＳＤやＳＡＤに限定されず、そのほかの手法でもよい、たとえばコーナー特徴点抽出を行い、同一特徴点かを検査する、ＦＡＳＴ（Ｆｅａｔｕｒｅｓ ｆｒｏｍ Ａｃｃｅｌｅｒａｔｅｄ Ｓｅｇｍｅｎｔ Ｔｅｓｔ）やＢＲＩＥＦ（Ｂｉｎａｒｙ Ｒｏｂｕｓｔ Ｉｎｄｅｐｅｎｄｅｎｔ Ｅｌｅｍｅｎｔａｒｙ Ｆｅａｔｕｒｅｓ）などの手法を組み合わせて同一物体のマッチングを行ってもよい。

【００３５】

単眼検知部３０２は、左画像２０２または右画像２０３に映る特定の物体を検知する。特定の物体とは、立体物や移動体であり、具体的には歩行者、車両、自転車などである。検知はカメラから一定の範囲内の特定の物体を検知する。検知された結果は、検知された物体の写る左画像２０２または右画像２０３の画像座標の情報を保持する。たとえば、検知物体を囲む長方形の枠（以下、「単眼検知枠」と呼ぶ）の左上と左下の垂直水平の画像座標として保持する。

【００３６】

種別識別部３１７は、単眼検知部３０２やステレオ検知部３０８により検知された物体の種別を識別する。物体の種別は、横断動作を行うことが想定される物体である、四輪車、二輪車、歩行者は、移動方向となる物体の前面の向きが、何れの向きなのかも特定する。これらの移動体の前面の向きは、カメラシステム１０１に対しての物体の前面の向きである。本実施例では、直交に近い移動方向に限定して動作する。直交に近い移動方向かは、画角とカメラシステム１０１に対する物体の前面の向きにより判断する。例えばカメラシステム１０１の右側に写る物体の場合、物体の進行する向きの面と側面とが写る。４５°の角度の場合は、前面と側面が４５°の向きで見える場合に直交に近い移動方向の物体と分かる。種別識別部３１７は、直交に近い移動方向の物体か否かの判断結果を、速度算出部３０９に伝達する。

【００３７】

単眼測距部３０３は、単眼検知部３０２で検知された特定の物体の位置を特定し、左撮像部１０２または右撮像部１０３からの距離と方向を求める。たとえば、特定された距離と方向は、車両１００前方の奥行距離と横方向の横距離の平面上の位置を特定できる座標系で表す。ただし、カメラからの距離であるユーグリッド距離と方向で表す極座標系で表した情報を保持してもよく、奥行と横の２軸との相互変換は三角関数を用いればよい。単眼測距部３０３は、左画像２０２、右画像２０３、および合成画像２０４を路面に射影した俯瞰画像を用いて、俯瞰画像の垂直座標と水平座標と、実際の路面に対する俯瞰画像の垂直と水平方向の縮尺から位置を特定する。

【００３８】

ただし位置の特定に俯瞰画像を用いることは必須の構成ではない。カメラの位置と姿勢の外部パラメータと、焦点距離・撮像素子の画素ピッチと光学系の歪の情報を用いて、幾何計算を行うことで特定してもよい。

【００３９】
テンプレート作成部３０４は、撮影画像の１つを選択し、この撮影画像（以下、「検知画像」と呼ぶ）から特定の領域を切り抜いてテンプレートとする。具体的にはテンプレート作成部３０４は、単眼検知部３０２で検知された物体の単眼検知枠の内部および周辺の画素情報から、類似箇所を探すためのテンプレートを作成する。このテンプレートは、あらかじめ定められた画像サイズに拡大縮小される。テンプレートを拡大縮小する際は、縦横の比率を維持するか、大きく変えないこととする。拡大縮小処理の後に、画素の輝度値自体か、縮小画像内を複数の小領域（以下、「カーネル」とも呼ぶ）に分割し、カーネル内の輝度値の関係を、その画像の特徴として記憶する。画像の特徴は様々な形で抽出され、カーネル内の左右や上下の平均輝度差や、周辺と中央の平均輝度差、輝度の平均や分散など、様々な特徴量が存在するが、本実施の形態ではいずれを用いてもよい。
【００４０】
画像保持部３０５は、左画像２０２および右画像２０３を一定時間、または異なる時刻の左画像２０２および右画像２０３が一定枚数蓄積されるまで保持する。この保持には記憶装置、たとえばＤＲＡＭ（Ｄｙｎａｍｉｃ　Ｒａｎｄｏｍ Ａｃｃｅｓｓ Ｍｅｍｏｒｙ）などが用いられる。保持する記憶装置内の番地と範囲は、あらかじめ複数定めておき、撮像画像毎に転送先の番地を順に変えていき、一巡後は古い画像が記憶された領域を上書きしていくとよい。予め番地が定められているため、保持された画像を読み出す際に番地を通知する必要がない。
【００４１】
類似箇所探索部３０６は、テンプレート作成部３０４で作成されたテンプレートに類似する箇所を、画像保持部３０５に格納される画像の中から探し出す。以下では、類似箇所探索部３０６がテンプレートとの類似箇所を探索する画像を「探索対象画像」と呼ぶ。探索対象画像は、単眼検知部３０２で検知された時刻の画像とは異なる画像である。どの時刻の画像を選択するかは、検知された時刻の画像のひとつ前の時刻に撮影された画像を選ぶことを基本とする。類似箇所は検知された時刻の単眼検知枠座標の近くに存在する可能性が高く、またテンプレートに対して、検知物体の向きの変化や、露光変化などによる輝度変化も少ないことが期待されるので、高精度な探索が可能である。
【００４２】
ただし、撮像間隔が短い場合は、２つ以上前の時刻の画像を探索対象画像に選択してもよい。また、車速に応じて選択する画像を変えてもよい。たとえば、車速が閾値以上の場合は、検知された画像の撮像時刻に対して、近い時刻の古い画像を選び、車速が前述の閾値よりも遅い場合は、前述の近い時刻の古い画像よりも更に古い画像を選んでもよい。車両速度が速い場合は、検知された時刻に対して近い時刻の画像であれば、テンプレートに対して大きく見え方が変わらず、探索の精度が確保しやすい。また、車速が遅い場合は、検知された時刻に対して、類似箇所を探す画像での検知物体の位置変化が大きくなり、算出速度の精度を向上できる。
【００４３】
画角特定部３０７は、類似箇所探索部３０６が特定した類似箇所に写る特定の物体の、カメラの水平画角を特定する。ただし位置とともに高さも特定する場合は、垂直画像も特定する。また、カメラがロール回転する可能性がある場合も、水平と垂直の両方の画角を特定することで、速度を高精度に算出できる。水平画角は、奥行距離と横距離の比率から三角関数で求めればよい。
【００４４】
ステレオ検知部３０８は、ステレオマッチング部３０１で作成した視差画から、同一距離で一定のサイズの範囲の箇所を立体物として検知する。検知された物体は視差画座標情報を保持する。たとえば、検知物体を囲む長方形の枠（以下、「ステレオ検知枠」と呼ぶ）の左上と左下の垂直水平の画像座標として保持する。
【００４５】
ステレオ測距部３１６は、ステレオ検知部３０８により検知された物体の位置を特定し

て距離と方向を特定する。たとえば、特定された距離と方向は、車両１００前方の奥行距離と横方向の横距離の平面上の位置を特定できる座標系で表す。ただし、カメラからの距離であるユーグリッド距離と方向で表す極座標系で表した情報を保持してもよく、奥行と横の２軸との相互変換は三角関数を用いればよい。

【００４６】

ステレオ測距部３１６は、物体の視差から奥行方向の距離を算出する。ステレオ測距部３１６は、算出した物体の視差にばらつきがある場合は、平均や最頻値を用いる。視差のばらつきが大きい際は、特定の外れ値をとる手法を用いてもよい。横距離は、ステレオ検知部３０８の検知枠の水平画角と奥行距離から、三角関数を用いて求める。

【００４７】

速度算出部３０９は、単眼測距部３０３またはステレオ測距部３１６から測距結果を受け取り、画角特定部３０７から類似箇所の画角を受け取り、車両速度入力部３１０と車両舵角入力部３１１とヨーレート入力部３１２から車両挙動情報を受け取り、検知された特定の物体の速度を算出する。ただし速度算出部３０９は、車両速度入力部３１０から車両速度を受け取る代わりに、算出した相対的な奥行距離の微分値を車両速度として用いてもよい。これは、奥行距離は精度が良く測距でき、横距離は精度が悪く測距される場合に有用である。また奥行速度を車両速度の代わりに用いると、直交しない横断車両との衝突予測も精度よくできる。

【００４８】

車両速度入力部３１０は、車両速度センサ３１３から車両の速度情報が入力される。車両舵角入力部３１１は、車両舵角センサ３１４から車両の舵角情報が入力される。ヨーレート入力部３１２は、ヨーレートセンサ３１５から車両の旋回速度が入力される。

【００４９】

車両速度センサ３１３は、車両１００に搭載された車両の速度を測定する装置である。車両速度センサ３１３はたとえば、車輪の回転速度と車輪の外周長から車両の速度を測定する。車両舵角センサ３１４は、車両１００に搭載された、操舵輪の舵角を測定する装置である。車両舵角センサ３１４はたとえば、車両１００に搭載されるステアリングの回転角度センサである。ヨーレートセンサ３１５は、車両１００の旋回速度を測定する装置である。ヨーレートセンサ３１５はたとえば、車両１００の重心付近や、複数個所に装着された慣性センサである。

【００５０】

ステレオマッチング部３０１、単眼検知部３０２、単眼測距部３０３、テンプレート作成部３０４、類似箇所探索部３０６、画角特定部３０７、ステレオ検知部３０８、および速度算出部３０９は、次のように実現されてもよい。すなわちこれらの機能ブロックは、不図示の中央演算装置であるＣＰＵ、不図示の読み出し専用の記憶装置であるＲＯＭ、および不図示の読み書き可能な記憶装置であるＲＡＭを用いて、ＣＰＵがＲＯＭに格納されるプログラムをＲＡＭに展開して実行することで実現されてもよい。

【００５１】

ただしこれらの機能ブロックは、ＣＰＵ、ＲＯＭ、およびＲＡＭの組み合わせの代わりに書き換え可能な論理回路であるＦＰＧＡや特定用途向け集積回路であるＡＳＩＣにより実現されてもよい。またこれらの機能ブロックは、ＣＰＵ、ＲＯＭ、およびＲＡＭの組み合わせの代わりに、異なる構成の組み合わせ、たとえばＣＰＵ、ＲＯＭ、ＲＡＭとＦＰＧＡの組み合わせにより実現されてもよい。

【００５２】

車両速度入力部３１０、車両舵角入力部３１１、およびヨーレート入力部３１２は、通信ポート、たとえばＩＥＥＥ８０２．３に対応する通信モジュールにより実現されてもよいし、電圧や電流を読み込み可能なＡＤコンバータにより実現されてもよい。

【００５３】

図４は単眼検知部３０２の動作を説明する概念図である。図４の上段左に示す第１右画像２０３－１は、時刻ｔ１に撮影された右画像２０３である。図４の上段右に示す第１射

影画像４０１は、第１右画像２０３－１を路面に射影変換して得られる。この射影変換では、１画素が路面の奥行と横の一定距離に相当するように変換される。変換のためには、カメラの姿勢であるカメラの路面からの高さと路面に対するカメラの光軸の向きを、チルト回転、パン回転、ロール回転の情報からカメラ幾何計算を行い、路面の一定距離間隔が第１右画像２０３－１のどこに対応するのか求めることで、変換用のアフィンテーブルを作成する。このアフィンテーブルを用いてアフィン変換を行い、第１右画像２０３－１を路面に射影した第１射影画像４０１を得る。

【００５４】

図４の中段左に示す第２右画像２０３－２は、時刻ｔ２に撮影された右画像２０３である。時刻ｔ２は、前述の時刻ｔ１よりも後の時刻である。図４の中段右に示す第２射影画像４０２は、第２右画像２０３－２を路面に射影変換して得られる。図４の下段に示す差分画像４０４は、第１射影画像４０１と第２射影画像４０２とを用いて以下のように作成される。

【００５５】

差分画像４０４は、時刻ｔ１と時刻ｔ２との間に車両１００が移動した分だけ、この移動を打ち消す方向に第２射影画像４０２を並進移動させ、第１射影画像４０１と重ねて差異を抽出して得られる。この差異は、第１射影画像４０１と第２射影画像４０２の輝度を比較するだけではなく、各画像のエッジの強度と方向を比較して差異を抽出することで、撮像された画角により立体物が映り込む角度が変わることを差分として取得できる。このようにして生成された差分画像４０４を用いることで立体物の検知が可能となる。

【００５６】

図５はステレオマッチング部３０１による視差画像生成を説明する概念図である。図５の下部に示す視差画像５００は、右画像２０３を基準画像とし、左画像２０２との視差を算出して得られた画像である。視差とは、複数の撮像部の位置の違いから生じる、同一物体の写る画像座標の差である。視差は、近距離のものは大きく、遠距離のものは小さくなり、視差から距離を算出することが可能である。

【００５７】

図６はステレオ検知部３０８による立体物の検知方法を説明する概念図である。短冊視差画像６００は、視差画像５００を縦長の短冊状に、換言すると図示左右方向に並ぶ縦長の複数の領域６０１に分割したものである。ステレオ検知部３０８は、分割された領域毎に、距離または視差が同一である存在の頻度を示すヒストグラムを作成して評価をする。このヒストグラムは、たとえば距離の逆数などの、路面のみが写る領域では頻度が一定となる横軸を設定する。符号６０３で示す短冊領域は路面しか映らないので、符号６０３１のヒストグラムに示すように頻度が一定となる。

【００５８】

立体物を含む領域６０２のヒストグラム６０２１は、立体物の存在する距離までの路面の視差が頻度一定に存在し、立体物が存在する距離Ｚ０の頻度にピークが生じる。このように立体物がある場合、ヒストグラム中の最頻値に一定以上の高さの立体物の距離にピークが生じるので、最頻値から立体物の距離を特定できる。

【００５９】

ステレオ検知部３０８は、立体物の距離が特定できたら、視差画像の中の立体物の位置を特定する。符号６０４は、視差画像５００上に立体物の検知結果を表示した例である。矩形６０２２は、立体物を検知した範囲を示している。ステレオ検知部３０８は、ヒストグラムで特定した立体物の水平座標の範囲で、特定した距離の視差の座標の集合を特定するラベリング処理およびクラスタリング処理を行う。なお無効視差や視差誤差等で立体物の視差の中に視差の無効値が含まれる場合や視差誤差が多い場合は、たとえばＭｅａｎ－Ｓｈｉｆｔを用いたクラスタリング処理などのように、分散離散した座標の視差から、一定距離の視差の集合を抽出できる手法を用いるとよい。

【００６０】

図７は速度算出処理を示すフローチャートである。まずステップＳ７０１ではステレオ

マッチング部３０１がステレオマッチングを行う。ステレオマッチングでは、視差画像５００を生成する。続くステップＳ７０２では、単眼検知部３０２またはステレオ検知部３０８が特定の物体や立体物や移動体を抽出して、画像座標上のいずれかの物体の座標を出力する物体検知処理を行う。

【００６１】

続くステップＳ７０３では速度算出部３０９は、直前のステップＳ７０２において検知された物体の距離を算出する。続くステップＳ７０４では速度算出部３０９は、テンプレート作成部３０４で検知された物体の特徴をテンプレートとして抽出する。物体検知は、単眼検知部３０２またはステレオ検知部３０８で行った結果を用いる。続くステップＳ７０５の探索範囲設定処理と、Ｓ７０６の類似箇所特定処理は、いずれも類似箇所探索部３０６が実行する。ここではステップＳ７０５およびＳ７０６の概要を説明し、詳細は図８を参照して後に説明する。

【００６２】

ステップＳ７０５では、類似箇所を探索する画像上の座標の範囲を設定する。この設定ではさらに、探索する際のテンプレートと照会するテンプレートの代表点、たとえば下端中央の範囲や、テンプレートと照会する際の画像を切り抜く範囲である幅と高さ、さらには、幅と高さを決める縮尺も決定する。この設定ではさらに、類似箇所との照会方法によって、探索範囲の中の照会処理を行う点の間隔も設定する。代表点は、ステップＳ７０３において測距された距離に対して、車両の挙動情報から、類似箇所を探索する画像と、物体検知Ｓ７０２と物体測距Ｓ７０３を行った画像の撮像時刻の時間で、物体が静止していた場合にどの程度接近や離間したのかを想定した位置を中心に設定する。

【００６３】

ステップＳ７０６では、Ｓ７０５で設定された探索範囲を対象として、Ｓ７０４で作成したテンプレートとの類似箇所を探索する。探索処理の対象となる画像は、Ｓ７０２とＳ７０３で検知や測距された画像とは異なる時刻に撮像された画像である。速度算出部３０９は、探索して最も類似した箇所の画像座標を出力する。さらに、最も類似した箇所において、識別器を用いて物体の種別を識別し、検知した物体の種別と一致しているか、または回帰推定を行い、検知された物体種別の座標を推定し座標が一致していることの検算も行う。この検算を行うことで、類似箇所の特定精度を上げることができる。また、この検算により、類似箇所を探索する画像において、遮蔽物や光の加減や露光の問題で、検知物体がカメラ画像上で見えない状態で、実際の物体の速度とは異なる速度を算出することを防ぐ。

【００６４】

ステップＳ７０７では画角特定部３０７は、ステップＳ７０６で特定された類似箇所の画角を特定する。このステップＳ７０７では、類似箇所の画像座標から、カメラ幾何等を用いて、物体のカメラかの位置を特定し、奥行距離と横距離の比率から三角関数で画角を特定する。なお、カメラの姿勢変化や高さの変化の特定が困難で、カメラ幾何の誤差が懸念される場合には、光軸からの類似箇所の座標の距離から、画角を算出することで、カメラの姿勢変化や高さ変化を特定せずに画角を特定してもよい。ただし、カメラの姿勢変化や高さの変化を特定し算出した方がカメラ幾何計算による速度算出の精度が高まるので、カメラの姿勢や高さ変化の特定を行い、これらの特定に失敗する場合のみ光軸からの類似箇所の座標の距離からの画角算出を行い、この場合には速度の信頼度が下がったことをあわせて出力する。

【００６５】

続くステップＳ７０８では、速度算出部３０９が速度算出処理を行う。速度算出部３０９は、ステップＳ７０７において特定した画角と、ステップＳ７０３における物体測距と車両挙動の情報から速度を算出する。車両挙動は、車両速度入力部３１０、車両舵角入力部３１１、およびヨーレート入力部３１２が取得する車両速度、車両舵角、およびヨーレートの情報を用いる。

【００６６】

図８は、図７のステップＳ７０５およびステップＳ７０６の詳細を示すフローチャートである。まずステップＳ８０１では速度算出部３０９は、車両挙動情報を用いてフレーム間の移動量を特定する。具体的には速度算出部３０９は、テンプレートを作成した検知画像の撮影時刻と、類似箇所を探索する画像の撮像時刻との差を算出し、車両挙動情報に含まれる車両の速度との乗算により移動量を算出する。続くステップＳ８０２では速度算出部３０９は、検知画像上の、検知物体の高さ幅のピクセル数を特定する。

【００６７】

続くステップＳ８０３では速度算出部３０９は、探索対象画像における検知画像上の物体の大きさ、すなわちピクセル数を推定する。ステップＳ８０３における処理の詳細は次のとおりである。ステップＳ８０３ではまず、カメラ幾何を用いて、検知画像上の物体の実サイズを特定する。次に、検知画像上の検知物体の距離に対して、ステップＳ８０１において特定したフレーム間の移動量だけ動いた物体の位置を特定し、この物体が静止していた場合の探索対象画像上の物体位置を特定する。物体が移動している場合については後述する。次に、特定した実サイズを有する物体が、探索画像上の特定した物体位置に存在する場合の、画像上の高さおよび幅のピクセル数を、カメラ幾何等を用い特定する。以上のとおりステップＳ８０３では、探索画像上の物体の高さおよび幅のピクセル数を推定する。

【００６８】

特定した物体が静止していない場合は次のように処理する。検知時点で判明している物体の種別と向きの情報から、移動速度を仮定して、等速直線運動している物体としてもよい。仮定する移動速度は、衝突事故の頻度が高い、たとえば四輪車両であれば３０～８０ｋｍ／ｈ程度、自転車であれば１０～２０ｋｍ／ｈ程度、歩行者であれば５～８ｋｍ／ｈ程度の速度を仮定してもよい。速度を仮定することで、衝突確率の高い物体の類似箇所を短時間で探索できる可能性を向上させ、事故回避の成功率を高めることができる。

【００６９】

また、検知した物体の方向から、物体の移動速度を仮定して、等速直線運動の物体を想定してもよい。その場合は、例えば８方向を特定して、左右方向、前後方向、そしてその間の斜め方向に応じて、奥行と横の距離の特定処理に、物体の奥行または横速度を仮定する。前後方向では、物体の想定する速度をすべて奥行方向であると想定し、向きに応じて速度値の符号を決定する。

【００７０】

左右方向では物体の速度をすべて左右方向であると想定し、向きに応じて速度値の符号を決定する。斜め方向では、速度の１／√２倍の速度を奥行と横速度の大きさとして、向きに応じて速度値の符号を決定する。種別と向きから物体の速度を仮定することで、探索時間の短縮を行うことができる。また、物体の速度の仮定は、速度算出においても考慮することで、算出速度の精度を改善することができる。以上がステップＳ８０３の説明である。

【００７１】

続くステップＳ８０４ではテンプレート作成部３０４は、テンプレートサイズを決定する。テンプレートサイズは、テンプレートとして特徴を抽出する際の、画像を拡大縮小するサイズである。テンプレート作成時と探索時に過度な拡大をしてしまうと、探索精度が落ちる恐れがあるため、テンプレートサイズは、ステップＳ８０２で特定したピクセル数とステップＳ８０３で推定したピクセル数に応じて、そして予め探索処理で設計したテンプレートサイズのバリエーションの中から決定する。

【００７２】

具体的にはテンプレート作成部３０４は、ステップＳ８０２で特定したピクセル数と、ステップＳ８０３において推定したピクセル数のうち、少ないピクセル数に対して、あらかじめ用意したテンプレートサイズのバリエーションの近いものを選択する。一般的に車両１００の前方に向けて取り付けられたカメラシステムでは、前進している際に衝突する事故の回避を行う目的で取り付けられている。前進している際は、ステップＳ８０３にお

いて用いられる探索対象画像は、ステップＳ８０２において用いられる検知画像よりも過去の画像である。そのため、探索対象画像の方が距離が遠くピクセル数が少ないため、ステップＳ８０３で推定したピクセル数を用いてテンプレートサイズを決定する。

【００７３】

ステップＳ８０５ではテンプレート作成部は検知画像における検知枠の周辺を切り抜く。具体的にはテンプレート作成部は、ステップＳ８０４において決定したテンプレートサイズの縦横比に合わせて、高さまたは幅を広げ、また予め探索処理で用いる処理で想定される、物体の周辺の余白サイズに応じて広げた範囲を切り抜く。

【００７４】

続くステップＳ８０６ではテンプレート作成部は、ステップＳ８０５において切り抜かれた画像を、ステップＳ８０４において決定したテンプレートサイズに拡大または縮小する。拡大縮小する際は、縦横の比率を維持するか、大きく変えずに処理する。続くステップＳ８０７ではテンプレート作成部は、ステップＳ８０４において拡大縮小された画像の明るさの調整やノイズ除去処理等の前処理を行う。続くステップＳ８０８ではテンプレート作成部は、ステップＳ８０７において前処理が施された画像から、テンプレートとする特徴量を抽出し、図８に示す処理を終了する。

【００７５】

図９は図７のステップＳ７０８に示した速度算出処理の詳細を示すフローチャートである。まずステップＳ９０１では速度算出部３０９は、ステップＳ８０１において特定した移動量を用いて、ステップＳ８０３と同様に、検知された物体が探索対象画像における奥行距離を特定する。具体的には、ステップＳ８０１において特定したフレーム間の奥行方向の移動量を用いて、検知画像上の検知物体の奥行距離に対して、Ｓ８０１の移動量だけ動いた物体の位置を特定し、この物体が静止していた場合の探索対象画像の撮像時刻の物体奥行距離を特定する。

【００７６】

ステップＳ９０２では速度算出部３０９は、ステップＳ９０１において特定した奥行距離と、ステップＳ７０７において特定した画角とを用いて、探索対象画像の類似箇所の横距離を特定する。具体的には、奥行距離をＺとして、画角をθとすると、横距離Ｘは次の式１により算出される。

【００７７】

$$X = Z \cdot \mathrm{Tan}(\theta) \quad \cdots \text{（式１）}$$

【００７８】

続くステップＳ９０３では速度算出部３０９は、ステップＳ７０３で測距した奥行距離および横距離から、ステップＳ９０１～Ｓ９０２で特定した奥行距離と横距離をそれぞれ減算する。この演算により、検知画像の撮影時刻と探索対象画像の撮影時刻との間に移動した移動量を算出する。

【００７９】

続くステップＳ９０４では速度算出部３０９は、ステップＳ９０３において算出された移動量を、検知画像と探索対象画像の時刻差である時間で微分することで速度を算出して図９に示す処理を終了する。なおフローチャートには記載していないが、算出された速度が検知された物体の種別に応じて、種別の想定される速度域の範囲に入っているか否かの検算を行い、大きく乖離がある場合は、速度の信頼度が低いことを出力してもよい。信頼度が低い場合は、車両制御を保留したり、制御量や制御の種類を限定することで、誤制御による弊害を抑制できる。

【００８０】

図１０～図１６を参照して４つの具体例を説明する。まず、図１０～図１２を参照して第１の具体例を説明する。図１０は、車両１００（以下では「自車両」とも呼ぶ）と被衝突車両の衝突の様子を示す図である。図１０では、車両１００が図示下部から上部に向かって走行し、被衝突車両が図示右から左に走行する。

【００８１】

符号１０００は時刻Ｔ０の自車両、符号１００１は時刻Ｔ１の自車両、符号１００２はＴ２の自車両、符号１０１０は時刻Ｔ０の被衝突車両、符号１０１１は時刻Ｔ１の被衝突車両、符号１０１２はＴ２の被衝突車両である。図１０では時刻Ｔ２において両車両が衝突する。自車両および被衝突車両は、おおよそ等速直進運動をしており、加減速や旋回をしていない。

【００８２】

図１１は図１０の例を、自車両の位置を中心に、相対的な位置で被衝突車両の見た位置に置き換えた、自車中心の相対位置の図である。本実施の形態では、自車両の進行方向に対する被衝突車両の位置をカメラの画角と同様に「画角」と呼ぶ。画角１１２０は、自車両と時刻Ｔ０の被衝突車両１０１０とを結ぶ直線が、自車両の進行方向となす角度である。画角１１２１は、自車両と時刻Ｔ１の被衝突車両１０１１とを結ぶ直線が、自車両の進行方向となす角度である。画角１１２２は、自車両と時刻Ｔ２の被衝突車両１０１２とを結ぶ直線が、自車両の進行方向となす角度である。本実施の形態では、自車両と被衝突車両の走行軌跡が直交する前提なので、被衝突車両の横位置は、画角と奥行距離を用いて推定できる。

【００８３】

図１２は、図１１における距離を説明する図である。図１２における各車両の位置は図１１と同様である。ただし時刻Ｔ２における被衝突車両は作図の都合により省略している。奥行距離Ｚ１は、時刻Ｔ１における被衝突車両１０１１の、自車両から奥行き方向の距離である。横距離Ｘ１は、時刻Ｔ１における被衝突車両１０１１の、自車両から横方向の距離である。奥行距離Ｚ０は、時刻Ｔ０における被衝突車両１０１０の、自車両から奥行き方向の距離である。横距離Ｘ０は、時刻Ｔ０における被衝突車両１０１０の、自車両から横方向の距離である。奥行差分距離Ｚ１０は、奥行距離Ｚ０と奥行距離Ｚ１の差分である。

【００８４】

横距離Ｘ１、および奥行距離Ｚ０は、ステップＳ７０３の処理で算出される。奥行差分距離Ｚ１０は、自車挙動から算出され、時刻Ｔ１とＴ０の時間がＴ１０で、自車速度がＶ０の場合には、次の式２により算出される。

【００８５】

$$Z10 = V0 \cdot T10 \quad \cdots \text{（式２）}$$

【００８６】

横距離Ｘ０は、時刻Ｔ０の被衝突車両の角度１２２０を「θ０」とおくと、次の式３により算出される。

【００８７】

$$X0 = Z0 \cdot \mathrm{Tan}(\theta 0) = (Z1 + Z10) \cdot \mathrm{Tan}(\theta 0) \cdots \text{（式３）}$$

【００８８】

図１３～図１４を参照して第２の具体例を説明する。第２の具体例では、自車両と横断車両が衝突しない。図１３は、直進する自車両と、自車両の前を横切る横断車両の走行軌跡を示す図である。１３００は時刻Ｔ０の自車両、１３０１は時刻Ｔ１の自車両、１３０２はＴ２の自車両、１３１０は時刻Ｔ０の横断車両、１３１１は時刻Ｔ１の横断車両、１３１２はＴ２の横断車両である。横断車両は、自車両が交差点へ到達するよりも前に交差点を横断するため、横断車両は自車両に衝突しない。

【００８９】

図１４は、図１３に示した例を、自車両の位置を中心に、相対的な位置で横断車両の見た位置に置き換えた、自車中心の相対位置の図である。画角１４２０は、自車両と時刻Ｔ０の横断車両１３１０とを結ぶ直線が、自車両の進行方向となす角度である。画角１４２１は、自車両と時刻Ｔ１の横断車両１３１１とを結ぶ直線が、自車両の進行方向となす角度である。

【００９０】

奥行距離Ｚ４１は、時刻Ｔ１における横断車両１３１１の、自車両から奥行き方向の距

離である。横距離Ｘ４１は、時刻Ｔ１における横断車両１３１１の、自車両から横方向の距離である。奥行距離Ｚ４０は、時刻Ｔ０における横断車両１３１０の、自車両から奥行き方向の距離である。横距離Ｘ４０は、時刻Ｔ０における横断車両１３１０の、自車両から横方向の距離である。奥行差分距離Ｚ４１０は、奥行距離Ｚ０と奥行距離Ｚ１の差分である。

【００９１】

横距離Ｘ４１、および奥行距離Ｚ４０は、ステップＳ７０３の処理で算出される。奥行差分距離Ｚ４１０は、自車挙動から算出され、時刻Ｔ４１とＴ４０の時間がＴ４０で、自車速度がＶ４の場合には、次の式４により算出される。

【００９２】

Ｚ４１０＝Ｖ４・Ｔ４０　・・・（式４）

【００９３】

横距離Ｘ４０は、時刻Ｔ０の被衝突車両の角度１２２０を「θ４」とおくと、次の式５により算出される。

【００９４】

Ｘ４０＝Ｚ４０・Ｔａｎ（θ４）＝（Ｚ４１＋Ｚ４１０）・Ｔａｎ（θ４）・・・（式５）

【００９５】

図１５を参照して第３の具体例を説明する。この第３の具体例では、算出速度の精度の改善、または短時間で速度を算出する効果を奏する状況を説明する。図１５は、図１１や図１４のように、自車両１００の位置を中心として、他の車両との相対的な位置関係を示している。符号１５１０は時刻Ｔ０における横断車両の相対位置であり、符号１５１１は時刻Ｔ１における横断車両の相対位置である。距離１５２１は、自車両のカメラシステム１０１における測距の上限の奥行距離である。

【００９６】

時刻Ｔ１における横断車両１５１１は、カメラシステム１０１が測距可能な奥行き距離１５２１よりも手前に存在しているので、カメラシステム１０１は測距結果とともに速度も算出する。時刻Ｔ０における横断車両１５１０の奥行き距離は、前述の距離１５２１よりも若干遠いので測定可能であっても精度が低く、横断車両１５１０の位置の測距結果を用いて速度を算出すると、速度の精度が低く、誤ったブレーキ制御になる可能性がある。

【００９７】

本実施の形態では、時刻Ｔ１における横断車両１５１１の測距結果と、自車挙動情報と、時刻Ｔ０における横断車両１５１０の画角の情報と、を用いて速度を算出することで、速度の算出精度を高めることができる。本実施の形態の利点は、溶断車両１５１１よりも近い位置に来てから速度を算出するよりも、速度算出の時刻を早めることができる点にあるともいえる。

【００９８】

撮像画像の透視射影を奥行距離一定の面に対して行う場合は、同様に奥行距離一定の位置に平面上のキャリブレーションチャートを配置してキャリブレーションされる。この場合は、撮像画像の歪み補正の精度は奥行距離ごとにほぼ同じとなることが多い。画素の幾何精度が奥行距離毎にほぼ同じである場合に、本実施の形態におけるいずれの測距手段も原理上奥行距離が遠方になればなるほど、測距精度も悪くなる。

【００９９】

なお図１５における前述の説明では、測距の奥行距離は符号１５２１で示す距離で一定としたが、キャリブレーション方法、光学系、測距原理によって、異なる測距の範囲や、上限距離を定めてもよい。たとえば３６０°の周囲を撮像し、円筒や球面に射影した画像で処理する場合は、カメラからのユーグリッド距離で測距精度が変わるため、カメラからのユークリッド距離で測距上限を設定した方がよい場合がある。

【０１００】

符号１５２２は、近傍側の測距限界距離を示す。単眼測距部３０３は物体と路面の接地

点の画像座標とカメラ幾何で距離を算出するが、近傍は垂直画角の制約で、一定よりも近い距離では接地点が撮影画像に写らず測距できない。そのため、一定距離以内となると測距ができなくなる。符号１５２０は、カメラシステム１０１が測距可能な範囲を示す。範囲１５２０は遠方側の測距上限距離１５２１と、近傍側の測距の限界距離１５２２と、センサの画角上限に挟まれた領域である。

【０１０１】

カメラシステム１０１は、測定対象が範囲１５２０から出る際と、入る際のどちらかにおいて、範囲１５２０内のにおける測定対象の測距結果と、範囲１５２０外の測定対象の画角を用いて速度を算出することで、従来技術では速度算出ができなかった際の速度を算出することができる。また、測定対象が範囲１５２０から出る場合には、速度だけでなく、範囲１５２０内の測距結果と速度算出の際に算出した移動量とを足し合わせて、範囲１５２０外の時刻における測定対象の距離を算出してもよい。

【０１０２】

図１６を参照して第４の具体例を説明する。第４の具体例では、第３の具体例と同様に、算出速度の精度の改善、または短時間で速度を算出する効果を奏する状況を説明する。図１６は、図１５などと同様に、自車両１００の位置を中心として、他の車両との相対的な位置関係を示している。符号１６１０は時刻Ｔ０における横断車両の相対位置であり、符号１６１１は時刻Ｔ１における横断車両の相対位置である。符号１６２０は、少なくとも１つの撮像部で撮影可能な画角である、単眼視視野の画角を示す。符号１６２１は、左撮像部１０２および右撮像部１０３の視野が重なり、ステレオマッチングやステレオ検知を行う、ステレオ視の画角を示す。

【０１０３】

カメラシステム１０１は、ステレオ視画角１６２１の範囲内だけでなく、単眼視画角１６２０の範囲内でも測距可能である。しかし、単眼視画角１６２０の範囲内よりもステレオ視画角１６２１の範囲内の方が測距精度が高い。そのためカメラシステム１０１は、単眼視画角１６２０における測距結果をあえて使わずに、範囲が狭いステレオ視画角１６２１の測距結果を用いて速度算出をすることで、速度の精度を上げることができる。具体的には、ステレオ視の測距結果の位置１６１１と単眼視の検知結果の位置１６１０の画角と自車挙動を用いて速度を算出することで精度を改善することができる。

【０１０４】

測距の誤差には、偶発的に正にも負にも値が分散する偶然誤差と、系統的に正または負に平均値がオフセットする系統誤差とがある。系統誤差は、測距手段、センサ、および撮像部などが切り替わる際に傾向が変化する場合がある。これはセンサ間や撮像部間で、アライメントがとれていない場合に生じることがある。センサや撮像部が切り替わる際に、異なるセンサや撮像部の測距結果の差分から移動量を求めて速度を算出すると精度が悪くなる恐れがある。本実施の形態では、左撮像部１０２および右撮像部１０３のいずれか一方のみを用いた測距結果と画角とを用いて速度を算出することで、精度を改善することができる。

【０１０５】

図１７は、図８のステップＳ８０４であるテンプレート選択処理の詳細を示すフローチャートである。まずステップＳ１７０１ではテンプレート作成部３０４は、ステップＳ８０２とＳ８０３とで算出された、検知画像のピクセル数と探索対象画像のピクセル数とのうち小さい方を選択し、このピクセル数を「基準ピクセル数」として決定する。続くステップＳ１７０２ではテンプレート作成部３０４は、基準ピクセル数が、あらかじめ定められた閾値である基準Ａを超えるかを否かを判断し、超えると判断する場合はステップＳ１７０３に進み、超えないと判断する場合はステップＳ１７０４に進む。ステップＳ１７０３ではテンプレート作成部３０４は、１番目のテンプレートサイズであるテンプレートサイズ１をテンプレートサイズと決定する。

【０１０６】

続くステップＳ１７０４ではテンプレート作成部３０４は、基準ピクセル数が、あらか

じめ定められた閾値である基準Ｂを超えるかを否かを判断し、超えると判断する場合はステップＳ１７０５に進み、超えないと判断する場合はステップＳ１７０６に進む。ステップＳ１７０５ではテンプレート作成部３０４は、２番目のテンプレートサイズであるテンプレートサイズ２をテンプレートサイズと決定する。ステップＳ１７０６ではテンプレート作成部３０４は、３番目のテンプレートサイズであるテンプレートサイズ３をテンプレートサイズと決定する。

【０１０７】

基準Ａは基準Ｂよりも大きい。第１テンプレートサイズは第２テンプレートサイズよりも大きく、第２テンプレートサイズは第３テンプレートサイズよりも大きい。第１テンプレートサイズと基準Ａは、同一または近い値である。第２テンプレートサイズと基準Ｂは、同一または近い値である。

【０１０８】

図１８は、テンプレートのサイズを説明する図である。図１８は第１の具体例に連動しており、時刻Ｔ０よりも時刻Ｔ１の方が自車両と他の車両の距離が近く、撮影画像には他車両が大きく撮影される。符号１８０１は、時刻Ｔ０に撮影された撮影画像における車両の検知箇所の画像である。符号１８０２は、時刻Ｔ１に撮影された撮影画像における車両の検知箇所の画像である。符号１８１１は、時刻Ｔ０に撮影された撮影画像において、類似箇所を探す際に参照される画像である。符号１８１２は、時刻Ｔ１に撮影された撮影画像において、テンプレートを作成する際の画像のピクセル数の例である。

【０１０９】

図１８に示す例では、テンプレートの作成対象となる撮影画像１８１２における車両のピクセル数と、類似箇所を探索する対象となる撮影画像１８１１における車両のピクセル数のうち、前者のピクセル数が少ない。そのため、撮影画像１８１２における車両のピクセル数に近い予め定められたテンプレートサイズに合わせてテンプレートを作り、探索時の照会も行う。

【０１１０】

上述した第１の実施の形態によれば、次の作用効果が得られる。

（１）カメラシステム１０１は、自車両１００に搭載される。カメラシステム１０１は、移動体の進行方向と検知物体の進行方向とが交差する角度である交差角度を９０度であると仮定する交差角度特定部１９０１Ｚと、カメラが撮影して得られる撮影画像を少なくとも含むセンシング結果を取得するセンシング情報取得部を含む左撮像部１０２および右撮像部１０３と、センシング結果に基づき第１時刻における検知物体との距離を算出する測距部である単眼測距部３０３およびステレオ測距部３１６と、を備える。カメラシステム１０１はさらに、撮影画像に基づき第１時刻とは異なる時刻である第２時刻における移動体の進行方向に対する検知物体の角度である画角を特定する画角特定部３０７と、交差角度、第１時刻における移動体との距離、第２時刻における移動体との角度、第１時刻と第２時刻の時間差、および移動体の速度に基づき、検知物体の速度を算出する速度算出部３０９と、を備える。そのため、距離情報が直接算出できない第２時刻のセンシング結果と、距離情報が直接算出できる第１時刻のセンシング結果とを用いて測定対象の速度を算出できる。

【０１１１】

たとえば、本実施の形態の構成によらず、たとえばステレオ測距部３１６が測定する異なる時刻の距離情報を用いて、測定対象の速度を算出することも可能である。しかしこの場合は、測定対象がステレオ視野に入った後に２回の測定周期を経なければ、２回の距離測定ができない。これに対して本実施の形態の構成によれば、測定対象がステレオ視野に入る前に画角を測定し、ステレオ視野に入った直後に１回だけ距離を測定できれば速度を算出できるため、早いタイミングで速度を算出できる。

【０１１２】

（２）撮影画像には、左撮像部１０２が撮影する左画像２０２と、右撮像部１０３が撮影する右画像２０３とを含む。測距部は単眼測距部３０３とステレオ測距部３１６とから構

成される。単眼測距部３０３は、左画像２０２または右画像２０３における検知物体の撮影位置に基づき検知物体との距離を算出する。ステレオ測距部３１６は、左画像２０２および右画像２０３における検知物体の視差に基づき検知物体との距離を算出する。そのため、距離情報が直接算出できない撮影画像における測定対象の情報も用いて、測定対象の速度を算出できる。

【０１１３】

（３）交差角度特定部１９０１Ｚは、交差角度を９０度と仮定する。２本の道路が交差する十字路では、道路同士が９０度で直交することが多い。そのため、発生頻度が高い交差角度が９０度のケースに限定することで、交差角度を特定する処理を省いて処理を高速化できる。

【０１１４】

（４）画角特定部３０７は、ある時刻における撮影画像から移動体の画像情報を取得し、別な時刻における撮影画像に撮影された移動体の位置から画角を特定する。そのため、ミリ波センサなどの距離を直接に測定できるセンサのセンシング結果を用いることなく、測定対象の速度を算出できる。

【０１１５】

（５）カメラシステム１０１は、図８や図１７を参照して説明したように、ある時刻における撮影画像における移動体のピクセル数、および別の時刻における撮影画像に撮影されると想定される移動体のピクセル数のうち、少ない方のピクセル数に基づきマッチング用テンプレートを作成するテンプレート作成部３０４を備える。画角特定部３０７は、テンプレート作成部３０４が作成したテンプレートを用いて撮影画像を探索することで画角を特定する。そのため、テンプレートマッチングにおける誤マッチングを減らすことができる。

【０１１６】

（６）画角特定部３０７は、測距部であるステレオ測距部３１６が測距可能な領域である測距可能領域の外側に存在する検知物体が撮影された撮影画像に基づき画角を特定する。そのため、ステレオ測距部３１６が使用する、ある時刻における左画像２０２および右画像２０３に加えて、距離測定が不可能な別時刻に撮影された左画像２０２または右画像２０３を利用して、測定対象の速度を算出できる。

【０１１７】

（７）第１時刻は第２時刻よりも遅い時刻である。そのため、測定対象が無限遠から車両１００に近づいてくる場合のように、遠くて正確な距離が測定できない状態が続く場合には、先に画角を測定し、その後に測定対象がより近づいてから距離を測定することで、高精度にかつ早いタイミングで速度を算出できる。

【０１１８】

（８）第１時刻は第２時刻よりも早い時刻である。そのため、測定対象が車両１００から遠ざかる場合のように、先に距離を測定し、その後に画角を測定することで、第２時刻やそれ以降では距離情報が得られないにもかかわらず、測定対象の速度を算出できる。

【０１１９】

（９）撮影画像は、左撮像部１０２が撮像する左画像２０２と、右撮像部１０３が撮像する右画像２０３とを含む。図１を参照して説明したように、左撮像部１０２の視野、および右撮像部１０３の視野は、ステレオ視野において重複する。ステレオ測距部３１６は、左画像２０２および右画像２０３におけるステレオ視野に存在する検知物体の視差に基づき検知物体との距離を算出する。画角特定部３０７は、左画像２０２または右画像２０３におけるステレオ視野ではない領域、すなわち図２の左単眼領域２０４Ｌや右単眼領域２０４Ｒに存在する検知物体に基づき画角を特定する。そのため、ステレオ領域２０４Ｓで高精度に距離を測定し、単眼領域で画角を算出することで、高精度に早いタイミングで速度を算出できる。

【０１２０】

（１０）撮影画像は、左撮像部１０２が撮像する第１画像であり、ステレオ測距部３１６

は、第１画像における検知物体の撮影位置に基づき検知物体との距離を算出する。
【０１２１】
（変形例１）
上述した第１の実施の形態におけるカメラシステム１０１は、左撮像部１０２および右撮像部１０３を備えた。しかしカメラシステム１０１は撮像部を有さず、カメラシステム１０１の外部に存在する撮像部から撮影画像を取得するセンシング結果取得部を備えてもよい。
【０１２２】
図１９は、変形例１におけるカメラシステム１０１Ａの機能構成図である。図３との相違点は、左撮像部１０２および右撮像部１０３の代わりにセンシング結果取得部１１０を備える点である。センシング結果取得部１１０は、左撮像部１０２および右撮像部１０３からセンシング結果である左画像２０２および右画像２０３を取得し、カメラシステム１０１Ａが備える他の機能ブロックに出力する。なお第１の実施の形態では、センシング結果取得部１１０の機能は左撮像部１０２および右撮像部１０３に含まれていた。この変形例１によれば、カメラシステム１０１Ａが撮像部を含まないため、任意の様々な撮像装置と組み合わせて使用できる。
【０１２３】
（変形例２）
上述した第１の実施の形態におけるカメラシステム１０１は、左撮像部１０２および右撮像部１０３を備えたが、一方の撮像部をミリ波センサと入れ替えてもよい。この場合は、ミリ波センサによる測距結果と、単眼カメラにおける類似箇所の探索および画角の特定とを用いて、対象物の速度を算出する。その際に、単眼カメラとミリ波センサの車両１００への取り付け位置を考慮する必要があり、画角を算出する単眼カメラを基点として、測距結果から単眼カメラからミリ波センサの距離を差し引くことで変換する。なお本変形例は、前述の変形例１と組み合わせてもよい。
【０１２４】
図２０は、変形例２におけるカメラシステム１０１Ｂの機能構成図である。図３との相違点は、左撮像部１０２および右撮像部１０３の代わりにセンシング結果取得部１１０を備える点である。なお本変形例ではカメラシステム１０１Ｂは、ステレオマッチング部３０１、テンプレート作成部３０４、ステレオ検知部３０８、およびステレオ測距部３１６を備えなくてもよいが、図２０ではカメラシステム１０１Ｂに２台のカメラが接続された場合を考慮してこれらの構成を残している。本変形例では、ミリ波センサ１０３Ｒのセンシング結果から移動体と想定される物体を検出し、車両１００と物体の位置関係に基づき撮影画像においてマッチングを行う。
【０１２５】
本変形例によれば、次の作用効果が得られる。
（１１）センシング結果は、撮像部が撮像する撮影画像と、距離センサが計測する距離情報とを含む。測距部は、距離情報を検知物体との距離とする。そのため、ミリ波センサとカメラの組合せに対しても、第１の実施の形態において説明したた手法を組み合わせることができる。この組み合わせは、ミリ波センサによる測定が不可能な範囲をカメラで撮影可能な場合に効果がある。
【０１２６】
（変形例３）
上述した第１の実施の形態におけるカメラシステム１０１は、左撮像部１０２および右撮像部１０３の２つの撮像部を有したが、１つの撮像部のみを備えてもよい。この場合はカメラシステム１０１は、ステレオマッチング部３０１、ステレオ検知部３０８、およびステレオ測距部３１６を備えなくてもよく、単眼測距部３０３が測距する。
【０１２７】
この変形例３によれば、次の作用効果が得られる。
（１２）撮影画像は、左撮像部１０２が撮像する第１画像である。単眼測距部３０３は、

第１画像における検知物体の撮影位置に基づき検知物体との距離を算出する。そのため、１台のカメラが撮影する異なる時刻の撮影画像を用いて、距離情報が直接算出できない第２時刻のセンシング結果と、距離情報が直接算出できる第１時刻のセンシング結果とを用いて測定対象の速度を算出できる。換言すると、センシング情報が１台のカメラが撮影する複数の撮影画像であっても、早期に測定対象の速度を算出できる。

【０１２８】

―第２の実施の形態―

図２１～図２２を参照して、演算装置の第２の実施の形態を説明する。以下の説明では、第１の実施の形態と同じ構成要素には同じ符号を付して相違点を主に説明する。特に説明しない点については、第１の実施の形態と同じである。本実施の形態では、主に、自車と横断車両の進行路が直交しない場合を考慮する点で、第１の実施の形態と異なる。

【０１２９】

図２１は、第２の実施の形態に係るカメラシステム１０１Ａが有する機能を示す機能ブロック図である。第１の実施の形態におけるカメラシステム１０１との相違点は、種別識別部３１７の代わりに交差角度特定部１９０１を備える点である。車両１００には、ＧＰＳ１９０３と地図情報１９０４も搭載され、位置特定装置１９０３および地図情報１９０４は交差角度特定部１９０１に接続される。

【０１３０】

位置特定装置１９０３は、衛星航法システムを構成する複数の衛星から電波を受信し、その電波に含まれる信号を解析することで車両１００の位置、すなわち緯度と経度を算出する。位置特定装置１９０３は、算出した緯度と経度を交差角度特定部１９０１に出力する。

【０１３１】

地図情報１９０４は、道路の沿線方向を算出可能な情報を含む地図データベースである。地図情報１９０４はたとえば、交差点や道路の端点を示すノードと、ノード同士を接続するリンクの情報を含む。ノードの情報には、その緯度と経度の組合せの情報を含む。リンクの情報には、接続対象となる２つのノードの識別情報を含み、さらに屈曲点や通過点を示す緯度と経度の情報を複数含んでもよい。リンクの情報には、リンクの沿線方向を示す情報、たとえば北を０度とする０～１８０度の情報が含まれてもよい。

【０１３２】

交差角度特定部１９０１は、自車両１００の進行方向と周辺を走行する車両の進行方向とが交差する角度である交差角度φを特定する。ただし交差角度φは、直交からのずれ分を示す値であり、２つの車両の進行方向が直交する場合には交差角度φはゼロである。交差角度特定部１９０１はたとえば、まず位置特定装置１９０３から取得する位置情報を用いて、最新の車両１００の位置情報と、位置情報の微分から進行方向の情報とを得る。次に交差角度特定部１９０１は、地図情報１９０４を参照して車両１００の進行方向に存在する交差点において、車両１００が走行するリンクと他のリンクとが交わる角度を特定する。

【０１３３】

速度算出部１９０４は、交差角度特定部１９０１が特定する交差角度と、単眼測距部３０３またはステレオ測距部３１６が特定する距離と、自車の車速、操舵角、およびヨーレートとから、速度を算出する。詳しくは後述する。

【０１３４】

図２２は、速度算出部１９０４による速度の算出方法を示す図である。符号２０００は時刻Ｔ０における自車両１００を示し、符号２００１は時刻Ｔ１における自車両１００を示す。符号２０１０は時刻Ｔ０における横断車両を示し、符号２０１１は時刻Ｔ１における横断車両を示す。画角θは、自車両１００と時刻Ｔ０の被衝突車両２０１０とを結ぶ直線が、自車両の進行方向となす角度である。この画角の定義は第１の実施の形態と同様である。角度φは、自車両１００と横断車両が交差する角度である。なお角度φは、第１の実施の形態ではゼロ度に固定されていた。

【０１３５】
奥行距離ｚ９は、時刻Ｔ０から時刻Ｔ１に自車両１００が走行した距離である。奥行距離ｚ８は、時刻Ｔ１における自車両２００１から交差点までの距離である。なお、奥行距離ｚ９と奥行距離ｚ８との和を「奥行距離ｚ９８」と呼ぶ。奥行距離ｚ５は、時刻Ｔ０における自車両１００から横断車両２０１０までの奥行距離である。横距離ｘ５は、時刻Ｔ０における自車両１００と横断車両２０１０との図示横方向の距離である。横距離ｘ５は次の式６を用いて算出され、奥行距離ｚ５は次の式７を用いて算出される。
【０１３６】

$$x_5 = \frac{z_{98}}{tan\theta\prime - tan\,\phi} \qquad \cdots \text{（式６）}$$

【０１３７】

$$z_5 = \frac{z_{98} tan\theta\prime}{tan\theta\prime - tan\,\phi} \qquad \cdots \text{（式７）}$$

【０１３８】
ただし式６および式７における「θ’」は、前述のθと次に示す数８の関係にある。
【０１３９】
θ’＝９０－θ　・・・（式８）
【０１４０】
奥行距離ｚ９は、自車両１００の奥行方向の速度と、時刻Ｔ０から時刻Ｔ１までの時間差の積で求まる。自車両１００の奥行方向の速度は、自車速度と舵角とヨーレートより求められる。舵角とヨーレートが０で直進している場合は、自車速度が奥行方向の速度である。奥行距離Ｚ８は、単眼測距部３０３またはステレオ測距部３１６で特定した距離の奥行成分である。角度θは、画角特定部３０７において特定された時刻Ｔ０の自車両のカメラからみた横断車両の画角である。式６と式７を用いることで、時刻Ｔ０の距離を直接観測せずに特定し、移動量から速度を算出することができる。
【０１４１】
上述した第２の実施の形態によれば、次の作用効果が得られる。
（１３）交差角度特定部１９０１は、位置特定装置１９０３が取得する移動体の位置情報と、地図情報１９０４に基づき交差角度を算出する。そのため、車両１００の位置や進行方向に基づき、より確かな交差角度を算出できる。
【０１４２】
（第２の実施の形態の変形例）
交差角度特定部１９０１は、検知された部分の物体の識別結果や、ステレオマッチング部３０１の三次元点群情報から、横断する車両の向きを特定することで交差角を算出してもよい。交差角度特定部１９０１はたとえば、識別器と横断車両の写る画像上の画角から、交差角度を特定する。仮に直交に近い角度で交差する場合は、横断車両の写る角度に応じて、車両の斜め前を角度が写る。例えば４５°であれば、前面と側面がそれぞれ３１５°と４５°の角度で写る。識別器で識別された車両の向きが、画角により直交に近い角度で交差する場合の向きに対して、どの程度角度差があるかが、自車と横断車両の交差する角度となる。また例えば、ステレオマッチングにより得られた視差は三次元点群となり、横断車両の前面と側面も、点群が面として検出できる。この面の向きより車両の進行方向を特定し、自車と横断車両の交差する交差角度を算出してもよい。
【０１４３】
なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。

例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【０１４４】

また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、ＳＳＤ（Ｓｏｌｉｄ　Ｓｔａｔｅ　Ｄｒｉｖｅ）等の記録装置、または、ＩＣカード、ＳＤカード等の記録媒体に置くことができる。

【０１４５】

また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

【０１４６】

上述した各実施の形態および変形例において、機能ブロックの構成は一例に過ぎない。別々の機能ブロックとして示したいくつかの機能構成を一体に構成してもよいし、１つの機能ブロック図で表した構成を２以上の機能に分割してもよい。また各機能ブロックが有する機能の一部を他の機能ブロックが備える構成としてもよい。

【０１４７】

上述した各実施の形態および変形例は、それぞれ組み合わせてもよい。上記では、種々の実施の形態および変形例を説明したが、本発明はこれらの内容に限定されるものではない。本発明の技術的思想の範囲内で考えられるその他の態様も本発明の範囲内に含まれる。

【符号の説明】

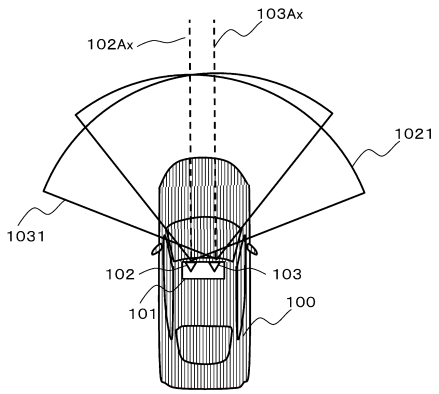
【０１４８】

１０１、１０１Ａ…カメラシステム
１０２…左撮像部
１０３…右撮像部
３０１…ステレオマッチング部
３０２…単眼検知部
３０３…単眼測距部
３０４…テンプレート作成部
３０６…類似箇所探索部
３０７…画角特定部
３０８…ステレオ検知部
３０９、１９０４…速度算出部
１９０１、１９０１Ｚ…交差角度特定部
１９０４…地図情報

【図面】

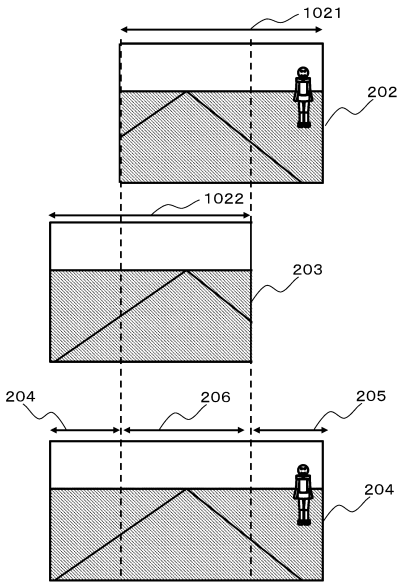
【図１】

図1



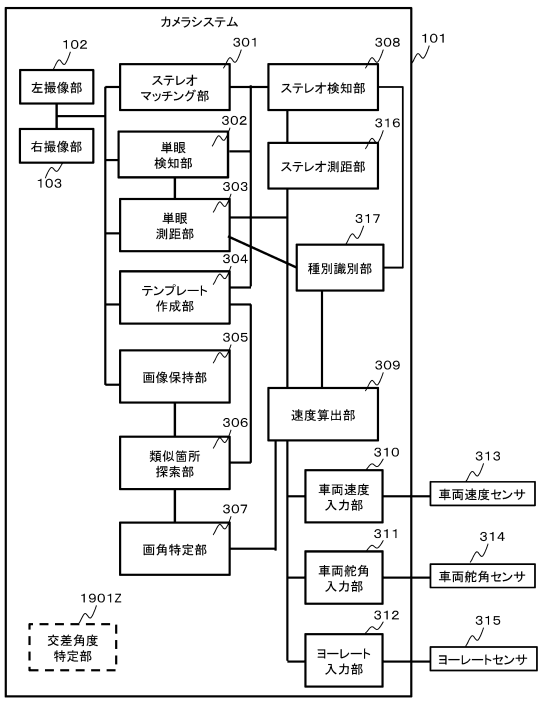
【図２】

図2



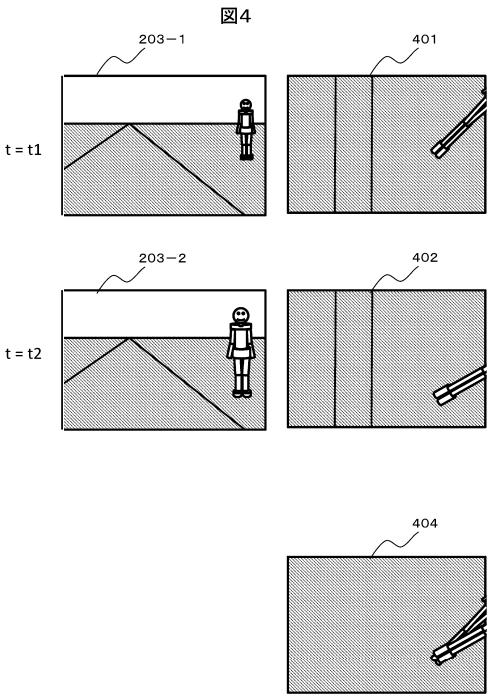
【図３】

図3



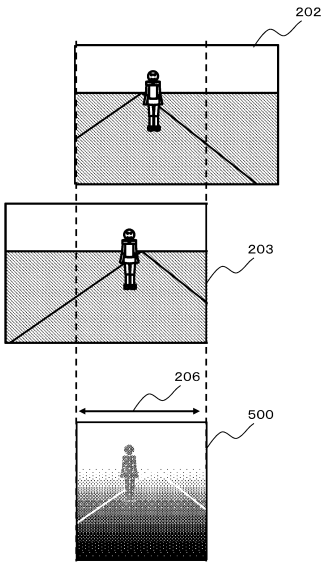
【図４】

図4



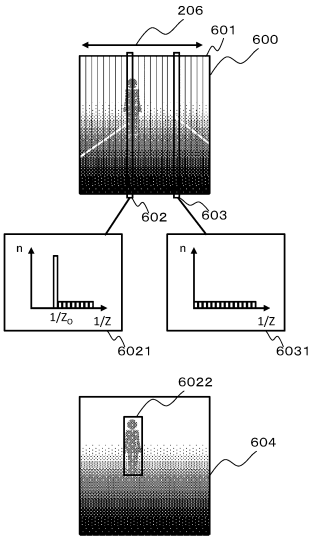
【図５】

図5



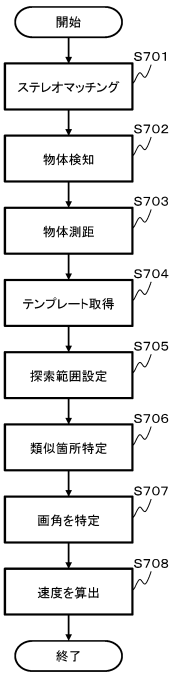
【図６】

図6



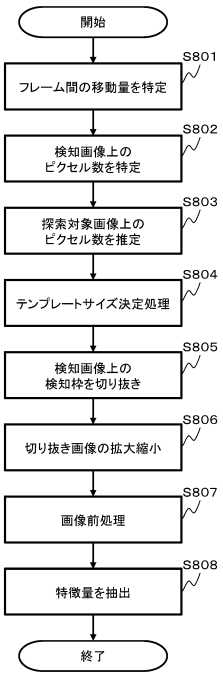
【図７】

図7



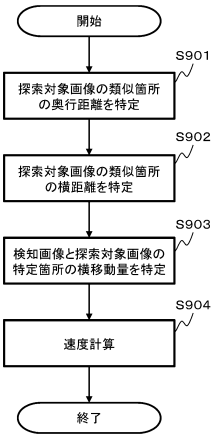
【図８】

図8



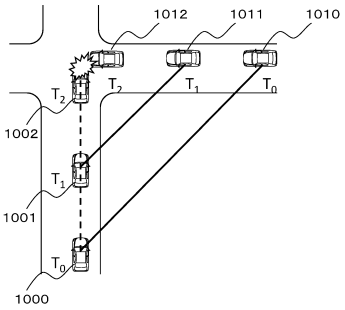
【図９】

図9



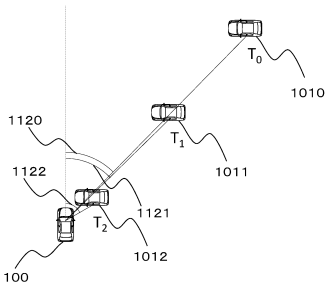
【図１０】

図10



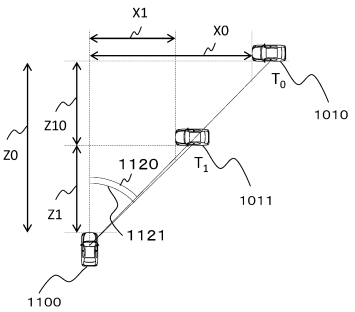
【図１１】

図11



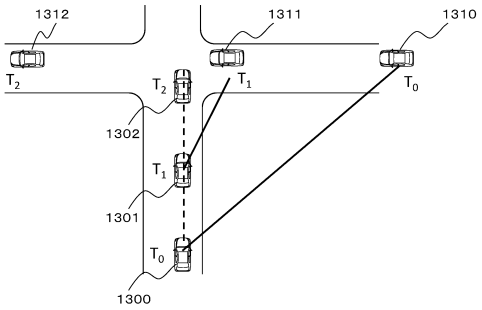
【図１２】

図12



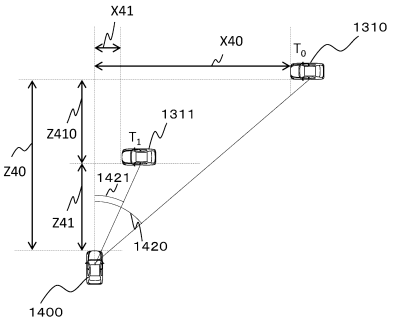
【図１３】

図13



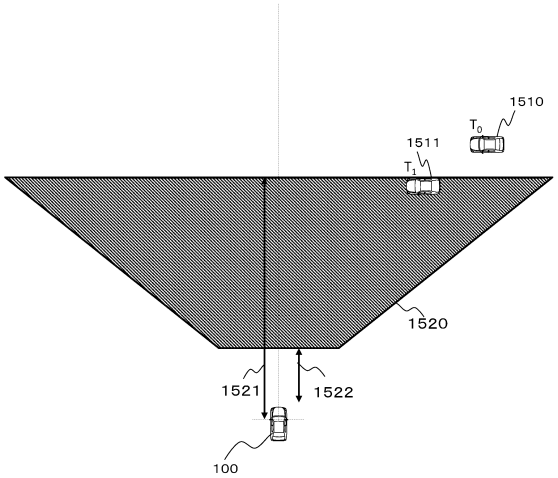
【図１４】

図14



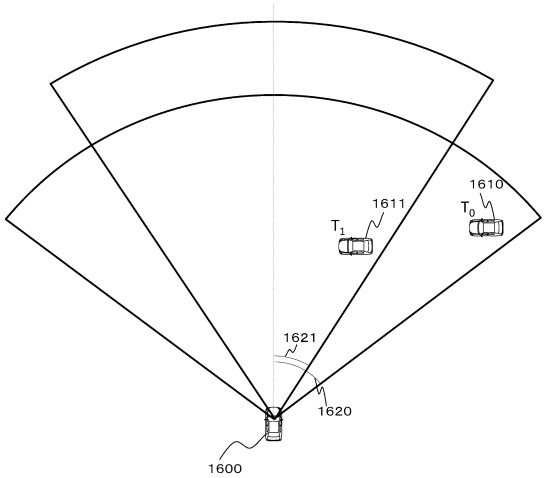
【図１５】

図15



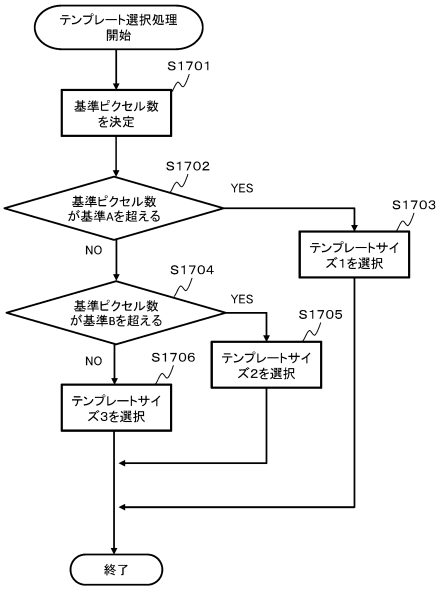
【図１６】

図16



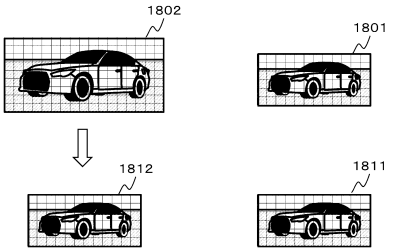
【図１７】

図17



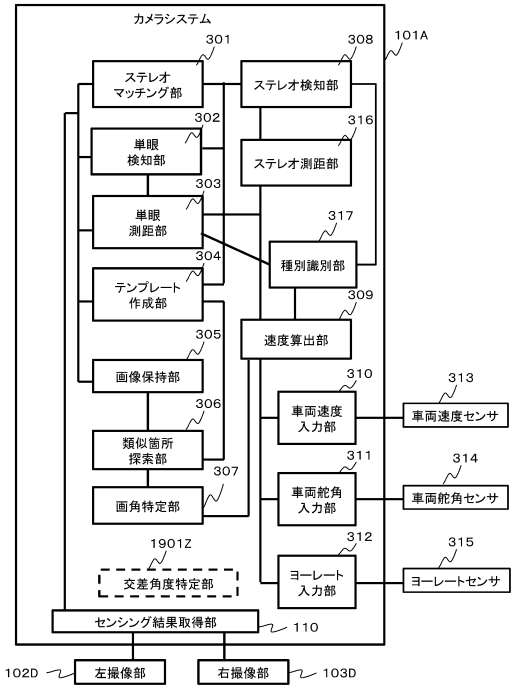
【図１８】

図18



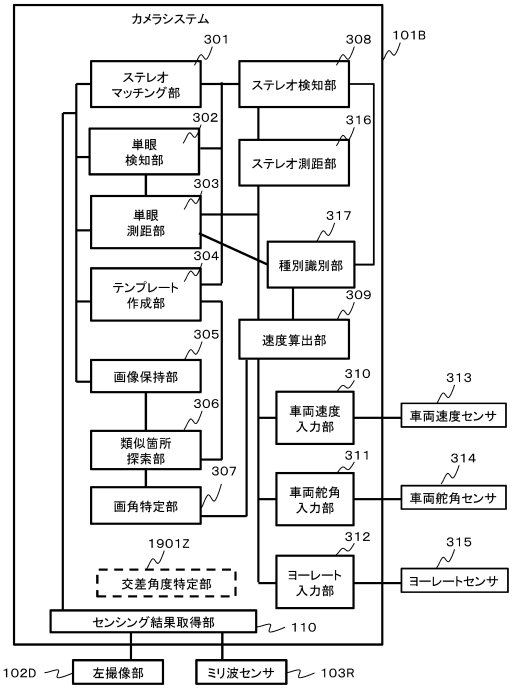
【図１９】

図19



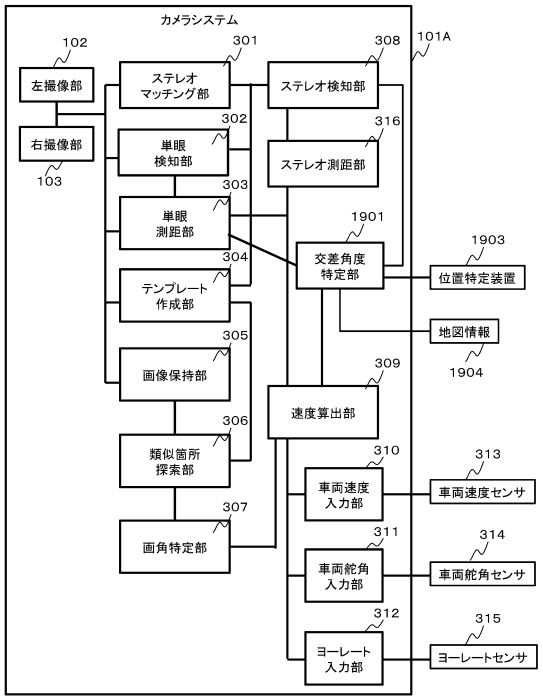
【図２０】

図20



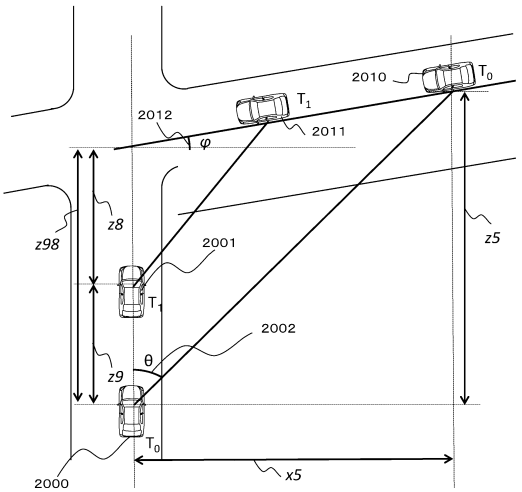
【図２１】

図21



【図２２】

図22



フロントページの続き

(51)国際特許分類　　ＦＩ
　　Ｇ０６Ｔ　　7/593

(56)参考文献　　特開２００９－１５０８６２（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１８７９７４（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１０／００６６５８８（ＵＳ，Ａ１）
中国特許出願公開第１１０５５６００３（ＣＮ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｐ　３／００　－　Ｇ０１Ｐ　３／８０
Ｇ０１Ｂ　１１／００　－　Ｇ０１Ｂ　１１／３０
Ｇ０１Ｃ　３／０６
Ｇ０６Ｔ　７／００　－　Ｇ０６Ｔ　７／９０
Ｇ０８Ｇ　１／００　－　Ｇ０８Ｇ　９９／００