

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-204805

(P2010-204805A)

(43) 公開日 平成22年9月16日(2010.9.16)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)
G08G 1/16 (2006.01)		G08G	1/16	C	5H180
G06T 7/20 (2006.01)		G06T	7/20	B	5H181
B60R 21/00 (2006.01)		B60R	21/00	624C	5L096
		B60R	21/00	626A	

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2009-47846 (P2009-47846)
 (22) 出願日 平成21年3月2日 (2009.3.2)

(71) 出願人 000001270
 コニカミノルタホールディングス株式会社
 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号
 (74) 代理人 100067828
 弁理士 小谷 悦司
 (74) 代理人 100115381
 弁理士 小谷 昌崇
 (74) 代理人 100111453
 弁理士 櫻井 智
 (72) 発明者 大和 宏
 東京都日野市さくら町1番地 コニカミノ
 ルタテクノロジーセンター株式会社内
 Fターム(参考) 5H180 AA01 CC04 CC12 CC14 LL01
 LL04

最終頁に続く

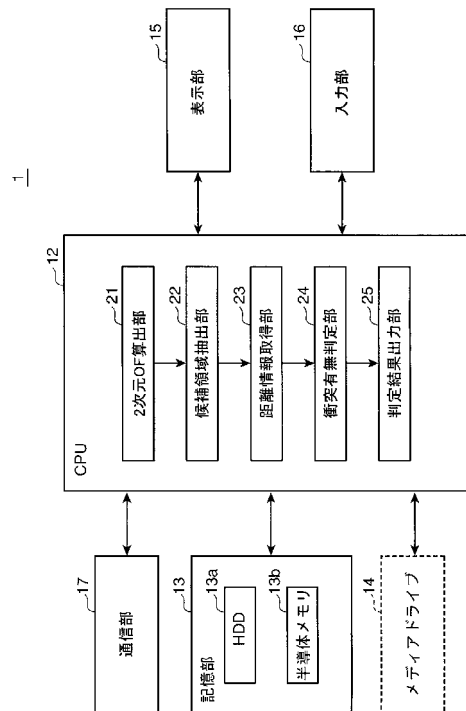
(54) 【発明の名称】 周辺監視装置および該方法

(57) 【要約】

【課題】本発明は、より短い情報処理時間で移動体の周辺状況を監視し得る周辺監視装置および該方法を提供する。

【解決手段】本発明の周辺監視装置1は、移動体周囲の時系列画像を取得する撮影カメラ2と、前記時系列画像に基づいて所定の点に対する2次元オプティカルフローを求める2次元オプティカルフロー算出部21と、この2次元オプティカルフローに基づいて、前記移動体と衝突する可能性のある画像内の点または領域を候補領域として抽出する候補領域抽出部22と、この候補領域に対し、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体までの距離を取得する距離情報取得部23と、この候補領域に対し、距離情報取得部23で取得した距離に基づいて、移動体と候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定する衝突有無判定部24とを備える。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

移動体における周囲の画像を時系列に時系列画像として取得する画像取得部と、

前記時系列画像における所定の第 1 時刻に取得された第 1 画像、および、前記時系列画像における前記所定の第 1 時刻と異なる第 2 時刻に取得された第 2 画像に基づいて、前記第 1 画像における所定の点に対する 2 次元オプティカルフローを求める 2 次元オプティカルフロー算出部と、

前記 2 次元オプティカルフロー算出部で求められた 2 次元オプティカルフローに基づいて、前記移動体と衝突する可能性のある前記第 1 画像内の点または領域を候補領域として抽出する候補領域抽出部と、

前記候補領域抽出部で抽出された候補領域に対し、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体までの距離を取得する距離情報取得部と、

前記候補領域抽出部で抽出された候補領域に対し、前記距離情報取得部で取得した距離に基づいて、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定する衝突有無判定部とを備えること

を特徴とする周辺監視装置。

【請求項 2】

前記候補領域抽出部は、第 1 画像内の所定の領域に対し、予め設定された所定値と現在の 2 次元オプティカルフローとの差を求め、この求めた差が所定の第 1 閾値以上である場合に、前記第 1 画像内の前記所定の領域を候補領域として抽出すること

を特徴とする請求項 1 に記載の周辺監視装置。

【請求項 3】

前記候補領域抽出部における前記予め設定された所定値は、過去の 2 次元オプティカルフローであること

を特徴とする請求項 2 に記載の周辺監視装置。

【請求項 4】

前記候補領域抽出部における前記予め設定された所定値は、前記時系列画像のいずれか 1 つの画像に写し出された道路面の 2 次元オプティカルフローであること

を特徴とする請求項 2 に記載の周辺監視装置。

【請求項 5】

前記道路面の 2 次元オプティカルフローは、前記画像取得部の設置条件を用いて求められたものであること

を特徴とする請求項 4 に記載の周辺監視装置。

【請求項 6】

前記候補領域抽出部は、前記第 1 画像の画素ごとに前記候補領域の抽出を行うこと

を特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載の周辺監視装置。

【請求項 7】

前記候補領域抽出部は、前記第 1 画像を複数の領域に分割領域として分割した場合における前記分割領域ごとに前記候補領域の抽出を行うこと

を特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載の周辺監視装置。

【請求項 8】

前記候補領域抽出部は、実空間において前記移動体の速度ベクトルと異なる速度ベクトルを持つ物体を写している領域を前記候補領域として抽出すること

を特徴とする請求項 1 に記載の周辺監視装置。

【請求項 9】

前記画像取得部は、ステレオカメラであり、

前記距離情報取得部は、前記画像取得部によって取得された 1 組のステレオ画像に基づいて、前記候補領域抽出部で抽出された候補領域における前記 1 組のステレオ画像間の対応点を対応点探索処理によって抽出することで、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体までの距離を取得すること

10

20

30

40

50

を特徴とする請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか 1 項に記載の周辺監視装置。

【請求項 10】

前記衝突有無判定部は、

前記候補領域抽出部で抽出された候補領域に対し、前記 2 次元オプティカルフロー算出部で算出された 2 次元オプティカルフローおよび前記距離情報取得部で取得した距離に基づいて、3 次元オプティカルフローを求める 3 次元オプティカルフロー算出部と、

前記候補領域抽出部で抽出された候補領域に対し、前記 3 次元オプティカルフロー算出部で求められた 3 次元オプティカルフローに基づいて、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定する判定部とを備えること

を特徴とする請求項 1 ないし請求項 9 のいずれか 1 項に記載の周辺監視装置。

10

【請求項 11】

前記衝突有無判定部の前記判定部は、前記移動体を含む立体を仮想した場合に、前記 3 次元オプティカルフロー算出部で求められた 3 次元オプティカルフローを含む線分と前記立体の境界面とが交差するか否かを判定することによって、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定すること

を特徴とする請求項 10 に記載の周辺監視装置。

【請求項 12】

前記衝突有無判定部の前記判定部は、前記候補領域抽出部で抽出された候補領域に対し、前記移動体の進行方向と前記 3 次元オプティカルフロー算出部で求められた 3 次元オプティカルフローとの成す角および前記距離情報取得部で取得した距離に基づいて、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定すること

を特徴とする請求項 10 に記載の周辺監視装置。

20

【請求項 13】

前記衝突有無判定部の前記判定部は、前記候補領域抽出部で抽出された候補領域に対し、前記距離情報取得部で取得した距離と予め設定された所定の第 2 閾値とを比較することによって、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定する場合に、前記移動体の速度に応じて前記所定の第 2 閾値を変更すること

を特徴とする請求項 10 ないし請求項 12 のいずれか 1 項に記載の周辺監視装置。

【請求項 14】

前記衝突有無判定部の前記判定部は、前記候補領域抽出部で抽出された候補領域に対し、前記距離情報取得部で取得した距離と予め設定された所定の第 2 閾値とを比較することによって、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定する場合に、前記移動体の制動距離に応じて前記所定の第 2 閾値を変更すること

を特徴とする請求項 10 ないし請求項 13 のいずれか 1 項に記載の周辺監視装置。

30

【請求項 15】

前記衝突有無判定部の判定結果を出力する判定結果出力部をさらに備えること

を特徴とする請求項 1 ないし請求項 14 のいずれか 1 項に記載の周辺監視装置。

【請求項 16】

音を出力する音出力部をさらに備え、

前記判定結果出力部は、前記衝突有無判定部によって前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突すると判定された場合に、前記音出力部から警告音を出力すること

を特徴とする請求項 15 に記載の周辺監視装置。

40

【請求項 17】

表示を行う表示部をさらに備え、

前記判定結果出力部は、前記衝突有無判定部によって前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突すると判定された場合に、前記表示部から警告表示を出力すること

を特徴とする請求項 15 に記載の周辺監視装置。

【請求項 18】

50

前記警告表示は、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体との距離を表す距離表示を含むこと

を特徴とする請求項 17 に記載の周辺監視装置。

【請求項 19】

前記警告表示は、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突するまでの衝突時間を表す衝突時間表示を含むこと

を特徴とする請求項 17 または請求項 18 に記載の周辺監視装置。

【請求項 20】

前記警告表示は、前記候補領域に写し出されている物体の大きさを表す大きさ表示を含むこと

を特徴とする請求項 17 ないし請求項 19 のいずれか 1 項に記載の周辺監視装置。

【請求項 21】

移動体における周囲の画像を時系列に時系列画像として取得する画像取得工程と、

前記時系列画像における所定の第 1 時刻に取得された第 1 画像、および、前記時系列画像における前記所定の第 1 時刻と異なる第 2 時刻に取得された第 2 画像に基づいて、前記第 1 画像における所定の点に対する 2 次元オプティカルフローを求める 2 次元オプティカルフロー算出工程と、

前記 2 次元オプティカルフロー算出工程で求められた 2 次元オプティカルフローに基づいて、前記移動体と衝突する可能性のある前記第 1 画像内の点または領域を候補領域として抽出する候補領域抽出工程と、

前記候補領域抽出工程で抽出された候補領域に対し、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体までの距離を取得する距離情報取得工程と、

前記候補領域抽出工程で抽出された候補領域に対し、前記距離情報取得工程で取得した距離に基づいて、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定する衝突有無判定工程とを備えること

を特徴とする周辺監視方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば車両等の移動体に好適に搭載され、周辺の状況を監視する周辺監視装置および周辺監視方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、例えば車両やロボット等のように、自走可能な移動体に搭載されたカメラによって、前記移動体の移動方向や側方に存在する物体の動きを解析し、前記移動体と前記物体との衝突可能性の有無を判定するシステムが研究、開発されている。

【0003】

このようなシステムにおいて、前記解析から判定までの過程において、時系列画像から算出された 2 次元オプティカルフローを用いるシステムが知られている（例えば特許文献 1 ないし特許文献 3）。このシステムでは、2 次元オプティカルフローを用いているので、例えば、前記物体の移動速度が比較的遅い場合や、前記物体が前記移動体から比較的遠くに存在する場合は、前記移動体と前記物体との衝突可能性の有無を精度よく判定することが困難となってしまう。また、2 次元オプティカルフローを用いているので、物体の移動方向を判定することも困難である。

【0004】

そのため、前記解析から判定までの過程において、2 次元オプティカルフローに代え、3 次元オプティカルフローを用いることが考えられる。3 次元オプティカルフローを用いる場合は、前記物体の 3 次元オプティカルフローから前記移動体の 3 次元オプティカルフローを除くことによって、3 次元の実空間における前記物体の移動ベクトルを求めることができ、前記物体の移動方向などをより正確に求めることが可能となる。

10

20

30

40

50

【0005】

このような3次元オプティカルフローを用いるシステムは、例えば、特許文献4に開示されている。この特許文献4に開示の移動体検出装置は、監視領域を含む景色を撮像し、一对の画像を時系列的に出力するステレオカメラと、前記一对の画像に基づいて、ステレオマッチングにより距離データを算出するステレオ画像処理部と、前記距離データに基づいて、前記監視領域内に存在する立体物を認識する認識部と、前記一对の画像のうち一方の画像を処理対象として、時系列的に並ぶ複数の画像および前記距離データに基づいてオプティカルフローを検出する検出部と、前記距離データと前記オプティカルフローとに基づいて、前記立体の三次元移動成分フローを算出する算出部と、前記三次元移動成分フローに基づいて移動物体と静止物体とを判定する判定部とを有している。特許文献4には、この構成によって、オプティカルフローを的確に立体物に関連付けることができ、立体物が地面に対して移動しているか否かを示す立体物の三次元移動成分フローを精度よく算出することが可能となり、監視領域の中から移動物体を的確に算出することが可能となる、と記載されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2006-099155号公報

【特許文献2】特開2006-107422号公報

【特許文献3】特開平10-160952号公報

【特許文献4】特開2006-134035号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、前記解析から判定までの過程において、2次元オプティカルフローに代え、3次元オプティカルフローを用いる手法では、その情報処理に時間がかかってしまう。特に、走行中に衝突を回避するためには、衝突の有無を迅速に判定する必要があるため、情報処理時間の長短は、重要な点である。前記特許文献4に開示の移動体検出装置も画像全体に対して三次元移動成分フローを算出しているため、上記と同様に、情報処理に時間がかかってしまう。

30

【0008】

本発明は、上述の事情に鑑みて為された発明であり、その目的は、より短い情報処理時間で移動体の周辺状況を監視することができる周辺監視装置および周辺監視方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明者は、種々検討した結果、上記目的は、以下の本発明により達成されることを見出した。すなわち、本発明の一態様にかかる周辺監視装置は、移動体における周囲の画像を時系列に時系列画像として取得する画像取得部と、前記時系列画像における所定の第1時刻に取得された第1画像、および、前記時系列画像における前記所定の第1時刻と異なる第2時刻に取得された第2画像に基づいて、前記第1画像における所定の点に対する2次元オプティカルフローを求める2次元オプティカルフロー算出部と、前記2次元オプティカルフロー算出部で求められた2次元オプティカルフローに基づいて、前記移動体と衝突する可能性のある前記第1画像内の点または領域を候補領域として抽出する候補領域抽出部と、前記候補領域抽出部で抽出された候補領域に対し、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体までの距離を取得する距離情報取得部と、前記候補領域抽出部で抽出された候補領域に対し、前記距離情報取得部で取得した距離に基づいて、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定する衝突有無判定部とを備えることを特徴とする。

40

【0010】

50

このような構成の周辺監視装置では、候補領域抽出部によって候補領域が抽出され、この候補領域に対し、衝突有無判定部によって、移動体と候補領域に写し出されている物体との衝突判定が実行される。したがって、この周辺監視装置では、画像全体の画素について衝突判定が実行されるものではなく、候補領域だけについて衝突判定が実行されるので、この周辺監視装置は、より短い情報処理時間で移動体の周辺状況を監視することができる。

【0011】

また、上述の周辺監視装置において、前記候補領域抽出部は、第1画像内の所定の領域に対し、予め設定された所定値と現在の2次元オプティカルフローとの差を求め、この求めた差が所定の第1閾値以上である場合に、前記第1画像内の前記所定の領域を候補領域として抽出することを特徴とする。

10

【0012】

2次元オプティカルフローは、画像中の注目点(所定の点)がどの方向にどれだけ移動しているかを表す速度ベクトルであるので、この構成によれば、第1画像内の所定の領域における2次元オプティカルフローを用いることによって、候補領域を抽出することができる。また、このような構成の周辺監視装置を提供することができる。

【0013】

また、上述の周辺監視装置において、前記候補領域抽出部における前記予め設定された所定値は、過去の2次元オプティカルフローであることを特徴とする。

【0014】

この構成によれば、第1画像内の所定の領域に対し、過去の2次元オプティカルフローと現在の2次元オプティカルフローとを比較することによって、候補領域を抽出ことができ、また、このような構成の周辺監視装置を提供することができる。

20

【0015】

また、上述の周辺監視装置において、前記候補領域抽出部における前記予め設定された所定値は、前記時系列画像のいずれか1つの画像に写し出された道路面の2次元オプティカルフローであることを特徴とする。

【0016】

道路面は、移動体と衝突の可能性のない物体であるので、この構成によれば、候補領域を漏れなく抽出することができる。

30

【0017】

また、上述の周辺監視装置において、前記道路面の2次元オプティカルフローは、前記画像取得部の設置条件を用いて求められたものであることを特徴とする。

【0018】

この構成によれば、道路面の2次元オプティカルフローが画像取得部の設置条件を用いて求められるので、より正確に道路面の2次元オプティカルフローを求めることができる。

【0019】

また、これら上述の周辺監視装置において、前記候補領域抽出部は、前記第1画像の画素ごとに前記候補領域の抽出を行うことを特徴とする。

40

【0020】

この構成によれば、第1画像の画素ごとに候補領域の抽出を行うので、より詳細に候補領域の抽出を行うことができる。

【0021】

また、これら上述の周辺監視装置において、前記候補領域抽出部は、前記第1画像を複数の領域に分割領域として分割した場合における前記分割領域ごとに前記候補領域の抽出を行うことを特徴とする。

【0022】

この構成によれば、分割領域ごとに候補領域の抽出を行うので、算出された2次元オプティカルフローに誤差を含む場合でも、候補領域の抽出判定における精度の低下を抑制す

50

ることができる。あるいは、この構成によれば、分割領域ごとに候補領域の抽出を行うので、演算処理時間を短縮することが可能となる。

【0023】

また、上述の周辺監視装置において、前記候補領域抽出部は、実空間において前記移動体の速度ベクトルと異なる速度ベクトルを持つ物体を写している領域を前記候補領域として抽出することを特徴とする。

【0024】

移動体の速度ベクトルと同じ速度ベクトルを持つ物体は、衝突する可能性が無いため、この構成によれば、候補領域を漏れなく抽出することができる。

【0025】

また、これら上述の周辺監視装置において、前記画像取得部は、ステレオカメラであり、前記距離情報取得部は、前記画像所得部によって取得された1組のステレオ画像に基づいて、前記候補領域抽出部で抽出された候補領域における前記1組のステレオ画像間の対応点を対応点探索処理によって抽出することで、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体までの距離を取得することを特徴とする。

【0026】

この構成によれば、物体までの距離を計測する距離計測器を別途に備えることなく、画像から、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体までの距離を取得することができ、また、このような構成の周辺監視装置を提供することができる。

【0027】

また、これら上述の周辺監視装置において、前記衝突有無判定部は、前記候補領域抽出部で抽出された候補領域に対し、前記2次元オプティカルフロー算出部で算出された2次元オプティカルフローおよび前記距離情報取得部で取得した距離に基づいて、3次元オプティカルフローを求める3次元オプティカルフロー算出部と、前記候補領域抽出部で抽出された候補領域に対し、前記3次元オプティカルフロー算出部で求められた3次元オプティカルフローに基づいて、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定する判定部とを備えることを特徴とする。

【0028】

衝突判定が3次元オプティカルフローによって行われるので、より正確に衝突判定を行うことができる。

【0029】

また、上述の周辺監視装置において、前記衝突有無判定部の前記判定部は、前記移動体を含む立体を仮想した場合に、前記3次元オプティカルフロー算出部で求められた3次元オプティカルフローを含む線分と前記立体の境界面とが交差するか否かを判定することによって、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定することを特徴とする。

【0030】

この構成によれば、3次元オプティカルフローを含む線分と立体の境界面とが交差するか否かという比較的簡易な情報処理で、衝突判定を行うことができる。

【0031】

また、上述の周辺監視装置において、前記衝突有無判定部の前記判定部は、前記候補領域抽出部で抽出された候補領域に対し、前記移動体の進行方向と前記3次元オプティカルフロー算出部で求められた3次元オプティカルフローとの成す角および前記距離情報取得部で取得した距離に基づいて、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定することを特徴とする。

【0032】

この構成によれば、移動体の進行方向と3次元オプティカルフローとの成す角および距離を用いた比較的簡易な情報処理で、衝突判定を行うことができる。

【0033】

また、これら上述の周辺監視装置において、前記衝突有無判定部の前記判定部は、前記

10

20

30

40

50

候補領域抽出部で抽出された候補領域に対し、前記距離情報取得部で取得した距離と予め設定された所定の第2閾値とを比較することによって、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定する場合に、前記移動体の速度に応じて前記所定の第2閾値を変更することを特徴とする。

【0034】

この構成によれば、移動体の速度に応じて所定の第2閾値を変更するので、移動体から比較的離れた物体を適切に衝突しない物体と判定することができる。

【0035】

また、これら上述の周辺監視装置において、前記衝突有無判定部の前記判定部は、前記候補領域抽出部で抽出された候補領域に対し、前記距離情報取得部で取得した距離と予め設定された所定の第2閾値とを比較することによって、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定する場合に、前記移動体の制動距離に応じて前記所定の第2閾値を変更することを特徴とする。

10

【0036】

この構成によれば、移動体の制動距離に応じて所定の第2閾値を変更するので、移動体から比較的離れた物体を適切に衝突しない物体と判定することができる。

【0037】

また、これら上述の周辺監視装置において、前記衝突有無判定部の判定結果を出力する判定結果出力部をさらに備えることを特徴とする。

【0038】

この構成によれば、判定結果出力部を備えるので、例えばドライバーなどのユーザに衝突の警告を行うことができ、ユーザに回避処置を取るよう促すことができる。

20

【0039】

また、上述の周辺監視装置において、音を出力する音出力部をさらに備え、前記判定結果出力部は、前記衝突有無判定部によって前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突すると判定された場合に、前記音出力部から警告音を出力することを特徴とする。

【0040】

この構成によれば、警告音によって、ユーザに衝突の警告を行うことができ、ユーザに回避処置を取るよう促すことができる。

30

【0041】

また、上述の周辺監視装置において、表示を行う表示部をさらに備え、前記判定結果出力部は、前記衝突有無判定部によって前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突すると判定された場合に、前記表示部から警告表示を出力することを特徴とする。

【0042】

この構成によれば、警告表示によって、ユーザに衝突の警告を行うことができ、ユーザに回避処置を取るよう促すことができる。

【0043】

また、上述の周辺監視装置において、前記警告表示は、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体との距離を表す距離表示を含むことを特徴とする。

40

【0044】

この構成によれば、衝突までの距離をユーザに知らせることができる。

【0045】

また、これら上述の周辺監視装置において、前記警告表示は、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突するまでの衝突時間を表す衝突時間表示を含むことを特徴とする。

【0046】

この構成によれば、衝突までの時間をユーザに知らせることができる。

【0047】

50

また、これら上述の周辺監視装置において、前記警告表示は、前記候補領域に写し出されている物体の大きさを表す大きさ表示を含むことを特徴とする。

【0048】

この構成によれば、物体の大きさをユーザに知らせることができる。

【0049】

そして、本発明の他の一態様にかかる周辺監視方法は、移動体における周囲の画像を時系列に時系列画像として取得する画像取得工程と、前記時系列画像における所定の第1時刻に取得された第1画像、および、前記時系列画像における前記所定の第1時刻と異なる第2時刻に取得された第2画像に基づいて、前記第1画像における所定の点に対する2次元オプティカルフローを求める2次元オプティカルフロー算出工程と、前記2次元オプティカルフロー算出工程で求められた2次元オプティカルフローに基づいて、前記移動体と衝突する可能性のある前記第1画像内の点または領域を候補領域として抽出する候補領域抽出工程と、前記候補領域抽出工程で抽出された候補領域に対し、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体までの距離を取得する距離情報取得工程と、前記候補領域抽出工程で抽出された候補領域に対し、前記距離情報取得工程で取得した距離に基づいて、前記移動体と前記候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定する衝突有無判定工程とを備えることを特徴とする。

10

【0050】

このような構成の周辺監視方法では、候補領域抽出工程によって候補領域が抽出され、この候補領域に対し、衝突有無判定工程によって、移動体と候補領域に写し出されている物体との衝突判定が実行される。したがって、この周辺監視方法では、画像全体の画素について衝突判定が実行されるものではなく、候補領域だけについて衝突判定が実行されるので、この周辺監視方法は、より短い情報処理時間で移動体の周辺状況を監視することができる。

20

【発明の効果】

【0051】

本発明にかかる周辺監視装置および周辺監視方法は、より短い情報処理時間で移動体の周辺状況を監視することができる。

【図面の簡単な説明】

【0052】

30

【図1】本発明の一実施形態における周辺監視システムの概略構成を示す図である。

【図2】本実施形態の周辺監視システムにおける周辺監視装置の構成を示すブロック図である。

【図3】本実施形態の周辺監視システムにおける周辺監視装置の動作を示すフローチャートである。

【図4】位相限定相関法のブロック図である。

【図5】POC値の一例を示すグラフである。

【図6】所定の基準面における2次元オプティカルフローを説明するための図である。

【図7】所定の基準面上に存在する物体における2次元オプティカルフローを説明するための図である。

40

【図8】領域分割を行って候補領域の抽出を実行する場合における領域分割の仕方を説明するための図である。

【図9】撮影カメラの位置と撮影条件との関係を説明するための図である。

【図10】TOF方式による距離計測器を説明するための図である。

【図11】距離計測器により計測される距離を説明するための図である。

【図12】3次元オプティカルフローの算出処理を説明するための図である。

【図13】第1の衝突有無判定処理を説明するための図である。

【図14】第2の衝突有無判定処理を説明するための図である。

【図15】本実施形態における変形形態としての多重解像度戦略を説明するための図である。

50

【発明を実施するための形態】**【0053】**

以下、本発明にかかる実施の一形態を図面に基づいて説明する。なお、各図において同一の符号を付した構成は、同一の構成であることを示し、その説明を省略する。

【0054】

図1は、本発明の一実施形態における周辺監視システムの概略構成を示す図である。図2は、本実施形態の周辺監視システムにおける周辺監視装置の構成を示すブロック図である。

【0055】

周辺監視システムSは、例えば車両やロボット等の自走可能な移動体に好適に搭載され、1または複数の撮影カメラ2によって、周辺の状況を監視するための装置である。周辺監視システムは、例えば、図1に示すように、1または複数の撮影カメラ2と、移動体の移動方向や側方等の移動体の周辺に存在する物体の動きを解析し、前記移動体と前記物体との衝突可能性の有無を判定する周辺監視装置1とを備えて構成される。図1に示す例では、周辺監視システムSは、1組(1対)の画像から成るステレオ画像を得るべく、1組(2台)の撮影カメラ2-1、2-2から成るステレオカメラを備えている。

10

【0056】

なお、本明細書において、総称する場合には添え字を省略した参照符号で示し、個別の構成を指す場合には添え字を付した参照符号で示す。

【0057】

20

撮影カメラ2は、周辺監視を行うために、移動体における周囲の画像を時系列に時系列画像として取得する装置である。例えば、図1に示すように、撮影カメラ2-1、2-2は、予め定める基線間隔だけ離間して、かつそれらの各光軸が互いに平行となるように、移動体に配設される。このように撮影カメラ2-1、2-2は、互いに異なる位置から周辺の物体Obを撮影できるように配置されている。なお、図1に示す例では、被写体である周辺物体Obとして、移動体Ob-1、Ob-2が図1に図示されている。

【0058】

撮影カメラ2は、周辺物体Obを撮影し、画像を取得すると、この撮影された画像(画像データ)を周辺監視装置1へ伝送路を介して送信する。なお、その通信方式は、有線方式であっても無線方式であってもよい。図1に示すように、撮影カメラ2がステレオカメラである場合には、撮影カメラ2-1、2-2は、周辺監視装置1の制御によって、あるいは、撮影カメラ2-1、2-2間の制御によって、周辺物体Obを同じタイミングで(同期して)撮影し、これら同じタイミングで撮影された左右一組(左右一対)の画像(ステレオ画像)を周辺監視装置1へ出力する。これら左右一組の画像に対し対応点探索を行う場合には、これら左右一組の画像のうち的一方が対応点探索を行うための基準画像とされ、他方がその参照画像とされる。例えば、撮影カメラ2-1で撮影された画像が基準画像とされ、撮影カメラ2-2で撮影された画像が参照画像とされる。また、撮影カメラ2は、所定の時間間隔(サンプリングレート)で画像を取得することによって時系列画像を生成することができるが、これら時系列画像に対し対応点探索を行う場合には、時系列画像における、或る時刻t(所定の第1時刻t)に撮影された画像が基準画像とされ、当該時刻tと異なる時刻t+t(第2時刻t+t)に撮影された画像が参照画像とされる。

30

40

【0059】

なお、撮影カメラ2は、3台以上であっても良く、また1台であっても良い。撮影カメラ2が3台以上である場合には、そのうちの1台の撮影カメラ2によって撮影された画像が基準画像とされ、他の撮影カメラ2によって撮影された画像が参照画像とされる。また撮影カメラ2が1台である場合には、その撮影カメラ2によって撮影された時系列画像のうち所定のタイミング(時点)で撮影された画像が基準画像とされ、前記所定のタイミングと異なるタイミングで撮影された画像が参照画像とされる。

【0060】

周辺監視装置1は、撮影カメラ2によって取得された時系列画像に基づいて、移動体の

50

周辺に存在する物体の動きを解析し、前記移動体と前記物体との衝突可能性の有無を判定する装置である。周辺監視装置 1 は、例えば、本実施形態では、図 2 に示すように、本発明の一実施形態にかかる周辺監視プログラムを実装することによってコンピュータ等の情報処理装置によって実現される。周辺監視プログラムは、本発明の一実施形態にかかる周辺監視方法をプログラミングすることによって作成される。なお、周辺監視装置 1 は、後述の諸機能を備えた、周辺監視システム S 用に製作された専用の装置であってもよい。周辺監視装置 1 は、図 2 に示すように、例えば、中央処理部 (CPU、Central Processing Unit) 12 と、記憶部 13 と、例えば液晶ディスプレイや有機 EL ディスプレイ等の表示部 15 と、例えば起動指示やデータ入力を行うための入力部 16 と、例えばインターフェースカード等の通信部 17 とを備えて構成される。

10

【0061】

記憶部 13 は、例えば、ハードディスクドライブ (HDD、Hard Disk Drive) 13a および RAM (Random Access Memory) や ROM (Read Only Memory) 等の半導体メモリ 13b 等の複数の記憶媒体を備えている。また、破線で示すように、周辺監視装置 1 は、必要に応じてメディアドライブ 14 を備えてもよい。メディアドライブ 14 は、例えば、CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory)、DVD (Digital Versatile Disk)、フレキシブルディスクおよびメモリカード等の可搬性の記録媒体からその中に記録されている情報 (データ) を読み出すことができる。なお、この周辺監視装置 1 に対して供給される情報 (周辺監視プログラムを含む) は、前記記録媒体を介して供給される場合に限定されず、ローカルエリアネットワーク (LAN、Local Area Network) やインターネット等のネットワークを介して供給されてもよい。

20

【0062】

図 1 および図 2 に示す例では、撮影カメラ 2 は、通信部 17 に通信可能に接続されており、撮影カメラ 2 で撮影された画像 (画像データ) は、通信部 17 を介して CPU 12 に入力される。

【0063】

CPU 12 は、これら記憶部 13、表示部 15、入力部 16 および通信部 17 を当該機能に応じて制御することによって、周辺監視装置 1 全体を制御するものである。CPU 12 は、図 2 に示すように、機能的に、2次元オブティカルフロー算出部 (以下、「2次元 OF 算出部」と略記する。) 21 と、候補領域抽出部 22 と、距離情報取得部 23 と、衝突有無判定部 24 と判定結果出力部 25 とを備えて構成される。

30

【0064】

2次元 OF 部 21 は、時系列画像における所定の第 1 時刻 t に取得された第 1 画像、および、前記時系列画像における所定の第 1 時刻 t と異なる第 2 時刻 $t + \Delta t$ に取得された第 2 画像に基づいて、前記第 1 画像における所定の点に対する 2次元オブティカルフローを求めるものである。

【0065】

候補領域抽出部 22 は、2次元 OF 算出部 21 で求められた 2次元オブティカルフローに基づいて、移動体と衝突する可能性のある第 1 画像内の点または領域を候補領域として抽出するものである。より具体的には、例えば、候補領域抽出部 22 は、第 1 画像内の所定の領域に対し、予め設定された所定値と現在の 2次元オブティカルフローとの差を求め、この求めた差が予め設定された所定の第 1 閾値以上である場合に、第 1 画像内の所定の領域を候補領域として抽出してよい。そして、この予め設定された所定値は、例えば、過去の 2次元オブティカルフローであってよい。また例えば、この予め設定された所定値は、時系列画像のいずれか 1 つの画像に写し出された道路面の 2次元オブティカルフローであってよい。そして、この道路面の 2次元オブティカルフローは、撮影カメラ 2 の設置条件を用いて求められたものであってよい。また例えば、候補領域抽出部 22 は、実空間において移動体の速度ベクトルと異なる速度ベクトルを持つ物体を写している領域を候補領域として抽出してもよい。また、候補領域抽出部 22 は、例えば、第 1 画像の画素ごとに候補領域の抽出を行ってもよく、また例えば、候補領域抽出部 22 は、第 1 画像を複数

40

50

の領域に分割領域として分割した場合におけるこれら分割領域ごとに候補領域の抽出を行ってもよい。

【0066】

距離情報取得部23は、候補領域抽出部22で抽出された候補領域に対し、移動体と候補領域に写し出されている物体までの距離を取得するものである。本実施形態では、撮影カメラ2として左右一対の撮影カメラ2-1、2-2から成るステレオカメラが用いられていることから、距離情報取得部23は、例えば、このステレオカメラ2-1、2-2によって取得された1組のステレオ画像に基づいて、候補領域抽出部22で抽出された候補領域における前記1組のステレオ画像間の対応点を対応点探索処理によって抽出することで、移動体と候補領域に写し出されている物体までの距離を取得する。

10

【0067】

衝突有無判定部24は、候補領域抽出部22で抽出された候補領域に対し、距離情報取得部23で取得した距離に基づいて、移動体と候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定するものである。衝突有無判定部24は、例えば、候補領域抽出部22で抽出された候補領域に対し、2次元オプティカルフロー算出部21で算出された2次元オプティカルフローおよび距離情報取得部22で取得した距離に基づいて、3次元オプティカルフローを求める図略の3次元オプティカルフロー算出部と、候補領域抽出部22で抽出された候補領域に対し、前記3次元オプティカルフロー算出部で求められた3次元オプティカルフローに基づいて、移動体と候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定する図略の判定部とを備えて構成される。この衝突有無判定部24の判定部は、例えば、移動体を含む立体を仮想した場合に、前記3次元オプティカルフロー算出部で求められた3次元オプティカルフローを含む線分と立体の境界面とが交差するか否かを判定することによって、移動体と候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定してよい。また例えば、この衝突有無判定部24の判定部は、候補領域抽出部22で抽出された候補領域に対し、移動体の進行方向と前記3次元オプティカルフロー算出部で求められた3次元オプティカルフローとの成す角および距離情報取得部23で取得した距離に基づいて、移動体と候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定してもよい。また例えば、この衝突有無判定部24の判定部は、候補領域抽出部22で抽出された候補領域に対し、距離情報取得部23で取得した距離と予め設定された所定の第2閾値とを比較することによって、移動体と候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定する場合に、移動体の速度に応じて前記所定の第2閾値を変更してもよい。また例えば、この衝突有無判定部24の判定部は、候補領域抽出部22で抽出された候補領域に対し、距離情報取得部23で取得した距離と予め設定された所定の第2閾値とを比較することによって、移動体と候補領域に写し出されている物体とが衝突するか否かを判定する場合に、移動体の制動距離に応じて前記所定の第2閾値を変更してもよい。

20

30

【0068】

判定結果出力部25は、衝突有無判定部24の判定結果を表示部15に出力するものである。判定結果出力部25は、例えば、衝突有無判定部24によって移動体と候補領域に写し出されている物体とが衝突すると判定された場合に、表示部15から警告表示を出力してよい。この警告表示は、ユーザに衝突の危険を知らせる表示であり、その旨を表すイラストやその旨を表すテキスト等である。また、この警告表示には、移動体と候補領域に写し出されている物体との距離を表す距離表示が含まれてもよい。あるいは、この警告表示には、移動体と候補領域に写し出されている物体とが衝突するまでの衝突時間を表す衝突時間表示が含まれてもよい。あるいは、警告表示には、候補領域に写し出されている物体の大きさを表す大きさ表示が含まれてもよい。

40

【0069】

なお、周辺監視装置1は、表示部15に代え、あるいは表示部15に加えて、音を出力する音出力部を備えてもよく、この場合に、判定結果出力部25は、衝突有無判定部24によって移動体と候補領域に写し出されている物体とが衝突すると判定された場合に、前記音出力部から警告音を出力してもよい。警告音は、ユーザに衝突の危険を知らせる表示

50

であり、その旨を表す連続音や断続音等や、その旨を表す音声等である。

【0070】

次に、本実施形態の動作について説明する。図3は、本実施形態の周辺監視システムにおける周辺監視装置の動作を示すフローチャートである。

【0071】

周辺監視システムSが起動され、その動作が開始されると、撮影カメラ2-1、2-2によってタイミングを合わせて（同期して）周辺物体Obが所定の時間間隔で順次にそれぞれ撮影される。したがって、撮影カメラ2-1は、所定のフレーム周期で順次に周辺を撮影し、これによって周辺物体Obの時系列画像（時系列画像データ）を取得すると共に、撮影カメラ2-2は、所定のフレーム周期で順次に周辺を撮影し、これによって周辺物体Obの時系列画像（時系列画像データ）を取得する。そして、それぞれ撮影された各画像（各画像データ）は、順次に、各撮影カメラ2-1、2-2から通信部17を介して周辺監視装置1に入力され、周辺監視装置1のCPU12に通知され、CPU12によって各画像間の周辺監視処理が開始される。

10

【0072】

この周辺監視処理において、まず、図3に示すように、ステップ（工程、処理）S11では、2次元OF部21は、撮影カメラ2によって取得された時間的に異なる少なくとも2つの時系列画像データ $I(t)$ 、 $I(t+t)$ に基づいて2次元オプティカルフロー $OF_{xy}(t+t)$ を算出し、この算出した2次元オプティカルフロー $OF_{xy}(t+t)$ を候補領域抽出部22および衝突有無判定部24へそれぞれ通知する。前記時系列画像データ $I(t)$ 、 $I(t+t)$ は、撮影カメラ2-1、2-2によって取得された時系列画像 $I^1(t)$ 、 $I^2(t)$ 、 $I^1(t+t)$ 、 $I^2(t+t)$ の何れであってもよい。すなわち、前記時系列画像データ $I(t)$ 、 $I(t+t)$ は、撮影カメラ2-1によって取得された時系列画像 $I^1(t)$ 、 $I^1(t+t)$ であってもよく、また、撮影カメラ2-2によって取得された時系列画像 $I^2(t)$ 、 $I^2(t+t)$ であってもよい。ここでは、撮影カメラ2-1によって取得された時系列画像 $I^1(t)$ 、 $I^1(t+t)$ が用いられる。なお、右上付き添え字の1は、撮影カメラ2-1を表し、右上付き添え字の2は、撮影カメラ2-2を表し、他の符号においても同様である。

20

【0073】

続いて、ステップS12では、候補領域抽出部22は、2次元OF部21によって算出された2次元オプティカルフロー $OF_{xy}(t+t)$ に基づいて、衝突有無判定部24によって衝突の可能性の有無を判定すべき点または領域を候補領域（衝突有無判定候補領域） $DA_b(t+t)$ として抽出し、この抽出した候補領域 $DA_b(t+t)$ を距離情報取得部23および衝突有無判定部24へそれぞれ通知する。

30

【0074】

続いて、ステップS13では、距離情報取得部23は、候補領域抽出部22によって抽出された候補領域 $DA_b(t+t)$ に対し、撮影カメラ2（すなわち、撮影カメラ2を搭載した移動体）から候補領域 $DA_b(t+t)$ に撮像されている物体までの距離を距離情報 $D(t)$ として時刻 t について取得し（S131）、そして、時刻 $t+t$ について距離情報 $D(t+t)$ 取得し（S132）、これら距離情報 $D(t)$ 、 $D(t+t)$ を衝突有無判定部24へ通知する。

40

【0075】

続いて、ステップS14では、衝突有無判定部24は、候補領域抽出部22によって抽出された候補領域 $DA_b(t+t)$ に対し、2次元OF算出部21によって算出された2次元オプティカルフロー $OF_{xy}(t+t)$ および距離情報取得部23によって取得された距離情報 $D(t)$ 、 $D(t+t)$ に基づいて、3次元オプティカルフロー $OF_{xyz}(t+t)$ を算出する。

【0076】

続いて、ステップS15では、衝突有無判定部24は、候補領域抽出部22によって抽出された候補領域 $DA_b(t+t)$ に対し、この算出した3次元オプティカルフロー

50

$O F_{x y z}(t + t)$ に基づいて衝突の可能性があるか否かを判定する。

【0077】

そして、前記判定の結果、衝突の可能性があると判定された場合には、衝突有無判定部 24 は、その旨を判定結果出力部 25 へ通知し、判定結果出力部 25 は、衝突の可能性がある旨を表示部 15 へ出力する。ここで、表示部 15 には、衝突の可能性のある物体までの距離、その大きさおよび衝突までの時間等が表示される。なお、判定結果出力部 25 は、ブザー等によって警笛を鳴らせてもよい。

【0078】

次に、上記各ステップをより具体的に説明する。

(ステップ S11; 2次元オプティカルフローの算出処理)

2次元OF部21は、撮影カメラ2によって取得された時間的に異なる少なくとも2つの時系列画像データ $I(t)$ 、 $I(t + t)$ に基づいて、例えば、勾配法 (gradient-based method) によって2次元オプティカルフロー $O F_{x y}(t + t)$ を算出する。

【0079】

勾配法は、物体上の点の明るさが移動後も変化しないという仮定から、画像の時空間微分の拘束方程式を求め、この拘束方程式から2次元オプティカルフローを求める手法である。

【0080】

画像上の点 $r(x, y)$ の時刻 t における輝度 (輝度値) を $I(x, y, t)$ とし、時刻 $t + t$ において対象物体が $u = (x, y)^T$ だけ移動したとすると、微小時間 t では、前記仮定から次の式1が成り立つ。

$$I(x, y, t) = I(x + x, y + y, t + t) \quad \dots (1)$$

この式1の右辺をテイラー展開 (Taylor展開) し、高次の項を無視し、両辺を t で割って $t \rightarrow 0$ とすることによって、式1から、拘束方程式と呼ばれる次の式2が求まる。

$$(I_x)^T u + I_t = 0 \quad \dots (2)$$

ここで、 $I = (dI/dx, dI/dy)^T$ であり、 $I_t = dI/dt$ である。

【0081】

そして、この拘束方程式は、一画素につき1つの方程式しか得られないので、一意に2次元オプティカルフローを求めることができない。そのため、さらに付加条件を設けることによって、拘束方程式から2次元オプティカルフローが求められ、勾配法には、この付加条件の付け方によってローカル法とグローバル法とがある。

【0082】

前記ローカル法では、“或る注目画素の近傍では動きは滑らかである”という付加条件が設けられ、注目画素近傍の拘束方程式からその最小2乗法の解を求めることによって2次元オプティカルフローが求められる。すなわち、式3によって表される2乗誤差 E を局所領域で最小とする u を重回帰分析によって求めることによって2次元オプティカルフローが求められる。

$$E = \sum ((I_x)^T u + I_t)^2 \quad \dots (3)$$

ここで、 \sum は、局所領域内の点について和を求める。

【0083】

また、前記グローバル法では、“物体内の動きは滑らかに変化する”という条件が設けられ、発生するオプティカルフローの画像上での全変化量を最小にする拘束条件の繰り返し計算によって、2次元オプティカルフローが求められる。

【0084】

この勾配法を用いた2次元オプティカルフローの算出方法では、このような技術的に確立された一般的な手法を用いることで、比較的精度よく、より確実に対応点を求めることができる。また、この勾配法を用いた2次元オプティカルフローの算出方法では、次に示す手法のように、対応点探索を行う必要がなく、情報処理時間をより短くすることができる。

【0085】

10

20

30

40

50

また、2次元OF部21は、撮影カメラ2によって取得された時間的に異なる少なくとも2つの時系列画像データI(t)、I(t+t)において、1または複数の画素P_i(x(t)、y(t))に対し、対応点探索処理によって対応点P_i(x(t+t)、y(t+t))を探索し、式4のように対応点同士の差P_i(x、y)を求めることによって、2次元オプティカルフローOF_{x y}(t+t)(=P_i(x、y))を算出してもよい。

$$P_i(x, y) = P_i(x(t+t) - x(t), y(t+t) - y(t)) \dots (4)$$

ここで、iは、対応点探索を行う個数を示し、例えば、仕様等に基づき適宜に設定される。例えば、画像の全画素に対して対応点探索が行われてもよいし、数画素ごとの画素に対して対応点探索が行われてもよい。また、画素P_i(x(t)、y(t))およびこの対応点P_i(x(t+t)、y(t+t))は、それらの差分を求める前に、例えば公知の手法によって、撮影カメラ2の光学系における収差を補正する収差補正処理が施されてもよい。

10

【0086】

そして、基準画像I1の注目点に対応する参照画像I2の対応点の対応点探索は、次のように実行される。まず、基準画像I1で、注目点を中心とする縦横方向にそれぞれP画素×Q画素の大きさを持つテンプレートTPが設定され、同様に、参照画像I2にも同じ大きさを持つウィンドウWDが設定される。この場合に、ウィンドウWDは、参照画像I2において、基準画像I1におけるテンプレートTPと同じ位置から始めて、所定の方向(例えばステレオ画像では基線長方向(エピポーラ線方向)に或る範囲(0 < p < p_{max}))で位置を変えながら、それぞれの位置において相関演算が行われる。その相関演算には、例えば、SAD、SSDおよびNCC等を用いることができる。そして、相関演算の結果から類似度への変換は、パターン間距離に近いほど類似度が高いので、例えば、(類似度) = 1 / ((相関演算の結果) + 1)の変換式が用いられる。なお、一般に、基準画像I1に設定されるテンプレートTPもウィンドウと呼ばれることがあるが、ここでは、対応点探索を実行すべく、基準画像I1に設定される演算領域をテンプレートTPと呼び、参照画像I2に設定される演算領域をウィンドウWDと呼ぶこととする。

20

【0087】

SAD(Sum of Absolute Difference)は、式5に示すように、基準画像I1のテンプレートTPにおける画素の輝度値と、前記テンプレートTPの画素位置に対応する位置の、参照画像I2のウィンドウWDにおける画素の輝度値と、の差の絶対値を求めることによって、相関演算を行う手法である。SADは、式5に示すように、テンプレートTPとウィンドウWDとで同じ位置に対応する画素同士における各輝度値の差の絶対値をそれぞれ求めてそれがウィンドウWD内の全画素に亘って加算されることで求められるので、その演算量が少なく、したがって、短時間で対応点探索を行うことができる。

30

【0088】

【数1】

$$SAD_{(x,y)} = \sum_{i=0}^Q \sum_{j=0}^P |M_L(i,j) - M_R(i+x,j+y)| \dots (5)$$

40

【0089】

ここで、M_L(i, j)は、基準画像I1のテンプレートTPにおける画素位置(i, j)の輝度値であり、M_R(i, j)は、参照画像I2のウィンドウWDにおける画素位置(i, j)の輝度値である。PおよびQは、テンプレートTPおよびウィンドウWDのサイズ(領域の大きさ)を表し、Pは、縦の画素数であり、Qは、横の画素数である。

【0090】

そして、このような処理が1画素ずつずらしながら行われ、最も類似度の高いウィンド

50

ウ位置にテンプレートTPと等しい画像があると判断される。

【0091】

また、SSD (Sum of Squared intensity Difference、2乗残差法)は、式6に示すように、基準画像I1のテンプレートTPにおける画素の輝度値と、前記テンプレートTPの画素位置に対応する位置の、参照画像I2のウィンドウWDにおける画素の輝度値と、の差の2乗を求めることによって、相関演算を行う手法である。SSDは、上述のように画素間の輝度値の差を2乗しているため、比較的サイズの小さいテンプレートTPおよびウィンドウWDを用いる場合でも、テンプレートTPとウィンドウWDとの相関をより明確に表すことができる。

【0092】

【数2】

$$SSD_{(x,y)} = \sum_{i=0}^Q \sum_{j=0}^P (M_L(i,j) - M_R(i+x,j+y))^2 \quad \dots(6)$$

【0093】

また、NCC (Normalized Cross Correlation、正規化相互相関法)は、式7に示すように、基準画像I1のテンプレートTPおよび参照画像I2のウィンドウWDのそれぞれにおいて、各点の輝度値から輝度値の平均値を減算し、分散値の類似度で相関演算を行う手法である。NCCでは、線形な明るさの変化の影響、すなわち、画像の輝度値およびコントラストの線形変化とノイズの影響が低減される。相関値は、-1~+1の範囲の値であり、その値が大きい程、テンプレートTPとウィンドウWDとが類似していることを表している。このため、NCCでは、式7の最大値を求める処理となる。

【0094】

【数3】

$$NCC_{(x,y)} = \frac{1}{Q \times P} \frac{\sum_i^Q \sum_j^P (M_L(i,j) - \mu M_L) \cdot \sum_i^Q \sum_j^P (M_R(i+x, j+y) - \mu M_R)}{\sqrt{\sum_i^Q \sum_j^P (M_L(i,j) - \mu M_L)^2} \sqrt{\sum_i^Q \sum_j^P (M_R(i+x, j+y) - \mu M_R)^2}} \quad \dots(7)$$

【0095】

ここで、 μM_L は、基準画像I1のテンプレートTPにおける平均値であり、 μM_R は、参照画像I2のウィンドウWDにおける平均値である。

【0096】

また、ロバストな対応点探索手法として、振幅成分を抑制した相関法が知られている。この相関法は、基準画像I1および参照画像I2にそれぞれ設定したテンプレートTPおよびウィンドウWD内のパターンを周波数分解し、その周波数分解信号から振幅成分を抑制した位相成分のみの信号を用いて類似度演算を行う手法である。このため、この対応点探索手法は、輝度変動やノイズの影響を受け難く、高精度に画像間の対応点を探索することができる。

【0097】

このパターンの周波数分解信号を算出する手法として、高速フーリエ変換(FFT)、離散フーリエ変換(DFT)、離散コサイン変換(DCT)、離散サイン変換(DST)、ウェーブレット変換およびアダマル変換等が一般的に広く用いられる。これら手法は、既に確立されているので、確実に周波数分解を行うことができ、好適である。これらのうちで、変換にフーリエ変換を用いた位相限定相関法(POC)は、フーリエ級数の振幅成分を抑制した位相成分のみの相関演算を行う。また、DCT符号限定相関法では、変換

10

20

30

40

50

に離散コサイン変換を用い、コサイン変換結果の振幅成分を抑制した符合成分のみの相関演算を行う。

【 0 0 9 8 】

以下に、位相限定相関法を例に詳細を説明する。図 4 は、位相限定相関法のブロック図である。この位相限定相関法では、まず、基準画像 I 1 と参照画像 I 2 とに、テンプレート TP とウィンドウ WD とのペア (組、対) が設定され、それらの間の相関が計算され、その類似度から、正しい領域ペアであるか否かが判定される。図 4 において、位相限定相関法によって対応点探索を行う装置は、画像に対しフーリエ変換を行うフーリエ変換部 3 1、3 2 と、フーリエ変換部 3 1、3 2 で得られたフーリエ級数の振幅成分について規格化を行う規格化部 3 3、3 4 と、各規格化部 3 3、3 4 で得られた各規格結果について合成を行う合成部 3 5 と、合成部 3 5 で得られた合成結果について逆フーリエ変換を行う逆フーリエ変換部 3 6 とを備えて構成される。このような構成の装置において、基準画像 I 1 のテンプレート TP および参照画像 I 2 のウィンドウ WD は、フーリエ変換部 3 1 およびフーリエ変換部 3 2 にそれぞれ入力され、それぞれフーリエ変換される。これらフーリエ変換された基準画像 I 1 のテンプレート TP および参照画像 I 2 のウィンドウ WD は、規格化部 3 3 および規格化部 3 4 にそれぞれ入力され、それぞれ規格化される。これら規格化された基準画像 I 1 のテンプレート TP および参照画像 I 2 のウィンドウ WD は、それぞれ合成部 3 5 に入力され、合成され、逆フーリエ変換部 3 6 において逆フーリエ変換される。数式で表すと、以下のとおりである。

【 0 0 9 9 】

【 数 4 】

入力画像 : $f(n_1, n_2)$ 、サイズ $N_1 \times N_2$ 、 $n_1 = -M_1, \dots, M_1$ …(8-1)

$g(n_1, n_2)$ 、サイズ $N_1 \times N_2$ 、 $n_2 = -M_2, \dots, M_2$ …(8-2)

$$2D-DFT: F(k_1, k_2) = \sum_{n_1, n_2} f(n_1, n_2) W_{N_1}^{k_1 n_1} W_{N_2}^{k_2 n_2} \quad W_P = \text{EXP}(-j \frac{2}{P}) \quad \dots(8-3)$$

$$G(k_1, k_2) = \sum_{n_1, n_2} g(n_1, n_2) W_{N_1}^{k_1 n_1} W_{N_2}^{k_2 n_2} \quad k_s = -M_s, \dots, M_s \quad \dots(8-4)$$

$$\text{規格化 : } F'(k_1, k_2) = \frac{F(k_1, k_2)}{|F(k_1, k_2)|} \quad \dots(8-5)$$

$$G'(k_1, k_2) = \frac{G(k_1, k_2)}{|G(k_1, k_2)|} \quad \dots(8-6)$$

$$\text{合成 : } R(k_1, k_2) = F'(k_1, k_2) \overline{G'(k_1, k_2)} \quad \dots(8-7)$$

$$2D-IDFT: r(k_1, k_2) = \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{k_1, k_2} R(k_1, k_2) W_{N_1}^{-k_1 n_1} W_{N_2}^{-k_2 n_2} \quad \dots(8-8)$$

【 0 1 0 0 】

このように位相限定相関法は、2つのフーリエ変換された画像をスペクトルごとに規格化してから合成し、逆フーリエ変換する手法である。

【0101】

この位相限定相関法で得られるPOC値は、図5に示すように、画像間（基準画像I1のテンプレートTPと参照画像I2のウィンドウWD）の移動量の座標に急峻な類似度ピークを持つことが知られており、画像マッチングにおけるロバスト性が高い。このため、より精度よく対応点探索を行うことが可能となる。

【0102】

このような対応点探索によって求められた対応点から2次元オプティカルフローを求める手法では、輝度値の比較的急激に変化する所でも誤差が少なく、ノイズにも強い。

10

（ステップS12；衝突有無判定候補領域の抽出処理）

図6は、所定の基準面における2次元オプティカルフローを説明するための図である。図6(A)は、2次元オプティカルフローを示し、図6(B)は、前記基準面上の点Aおよび点Bについて、進行方向zにおける時刻tの位置を示し、図6(C)は、前記基準面上の点Aおよび点Bについて、進行方向zにおける時刻t + tの位置を示す。図7は、所定の基準面上に存在する物体における2次元オプティカルフローを説明するための図である。図7(A)は、2次元オプティカルフローを示し、図7(B)は、前記物体上の点A'および点B'について、進行方向zにおける時刻tの位置を示し、図7(C)は、前記物体上の点A'および点B'について、進行方向zにおける時刻t + tの位置を示す。図8は、領域分割を行って候補領域の抽出を実行する場合における領域分割の仕方を説明するための図である。図8(A)は、等面積で分割する場合における各領域を示し、図8(B)は、不等面積で分割する場合における各領域を示す。

20

【0103】

一般に、移動体が移動方向を変えずに移動した場合（例えば、直進移動した場合）、静止物体の2次元オプティカルフローは、所定の消失点に向かうが、高さが異なる2点では、その向かう消失点が互いにずれる（異なる）。このため、例えば、図6に示す点A、B、C、Dは、共通な所定の平面（例えば、道路面）上にある点であるため、それら各A、B、C、Dの点2次元オプティカルフローは、図6に示すように、互いに共通な1つの消失点NP1に向かい、この消失点NP1から放射状に延びる。一方、前記所定の平面（この例では道路面）上に存在する物体上における前記所定の平面から或る高さにある点、例えば、図7に示す点A'および点C'は、高さが異なって、高さ方向Yの成分があり、これら点A'および点C'の各2次元オプティカルフローは、図7に示すように、前記所定の平面上の点の2次元オプティカルフローにおける消失点NP1と異なる消失点（図略）に向かい、この消失点NP1とずれる。

30

【0104】

したがって、候補領域抽出部22は、予め設定された所定の基準面における2次元オプティカルフローと前記基準面上に存在する物体における2次元オプティカルフローとが互いに異なることから、2次元OF部21によって算出された2次元オプティカルフローOF_{x y}(t + t)に基づいて、候補領域DA_{o b}(t + t)を抽出することができる。

40

【0105】

より具体的には、前記所定の基準面として道路面が用いられ、微小時間tの間において移動体の速度がほぼ変化しないと仮定した場合、図6(B)および図6(C)に示すように、基準面（道路面）上の点の2次元オプティカルフローは、同じ移動量を持つとして算出されるが（OF_{x y}(t + t) - OF_{x y}(t) = 0）、基準面（道路面）上に無い物体上の点の2次元オプティカルフローは、図7(B)および図7(C)に示すように、同じ移動量を持つとして算出されない（OF_{x y}(t + t) - OF_{x y}(t) ≠ 0）。

【0106】

このため、候補領域抽出部22は、予め設定された所定の画素に対し、時刻t - tの

50

画像データと時刻 t の画像データから 2 次元オプティカルフロー $OF_{x,y}(t)$ を求めると共に、時刻 t の画像データと時刻 $t + \Delta t$ の画像データから 2 次元オプティカルフロー $OF_{x,y}(t + \Delta t)$ を求め、これら 2 次元オプティカルフローの差 ($OF_{x,y}(t + \Delta t) - OF_{x,y}(t)$) を求め、この結果の絶対値が予め設定された所定の閾値 Th_1 以下であるか否かを判定することによって、候補領域 $DA_{o,b}(t + \Delta t)$ を抽出することができる。前記結果の絶対値が所定の閾値 Th_1 以下である場合には、その画素は、候補領域 $DA_{o,b}(t + \Delta t)$ 内の画素ではないと判定され、前記結果の絶対値が所定の閾値 Th_1 を超える場合には、その画素は、候補領域 $DA_{o,b}(t + \Delta t)$ 内の画素であると判定される。

【0107】

すなわち、候補領域抽出部 22 は、第 1 画像内の所定の領域に対し、過去の 2 次元オプティカルフローと現在の 2 次元オプティカルフローとの差を求め、この求めた差の絶対値が所定の閾値 Th_1 以上であるか否かを判定することによって、候補領域 $DA_{o,b}(t + \Delta t)$ を抽出することができる。

【0108】

ここで、前記所定の閾値 Th_1 は、画像上の領域ごとに変更してもよい。画像の上部領域は、移動体から比較的遠い位置にある物体の画像であり、画像の下部領域は、移動体から比較的近い位置にある物体の画像である。このため、前記所定の閾値 Th_1 は、画像の下部領域から上部領域に行くに従って小さくてもよい。このように前記所定の閾値 Th_1 を変更することによって、計測誤差に強く、ロバスト性が向上する。

【0109】

また、候補領域抽出部 22 によって候補領域 $DA_{o,b}(t + \Delta t)$ 内の画素であるか否かが判定される前記所定の画素は、画像データの全画素（計測点）であってもよく、また、図 8 に示すように、画像データを複数の画素を持った領域に分割し、各領域内の各画素（局所領域の計測点）であってもよい。すなわち、前記所定の画素は、所定の間隔で間引かれた画素であってもよい。図 8 には、各領域が矩形である場合が示されている。そして、この領域は、図 8 (A) に示すように、互いに等面積であってもよいが、図 8 (B) に示すように、互いに異なる面積であってもよい。この場合において、各分割領域（局所領域）の面積は、画像の下部領域から上部領域に行くに従って狭くてもよい。このように分割領域（局所領域）の面積を変更することによって、計測誤差に強く、ロバスト性が向上する。

【0110】

なお、この判定手法によれば、判定対象の画素が、移動体の進行方向と同じ方向に進行しており等速運動している物体上の画素である場合や、遠距離に存在しており消失点付近に存在している画素である場合は、 $OF_{x,y}(t + \Delta t) = 0$ 、 $OF_{x,y}(t) = 0$ となることから、衝突有無判定候補領域 $DA_{o,b}(t + \Delta t)$ として抽出されないが、この画素は、衝突の可能性のない物体を捉えた画素であるため、衝突有無判定候補領域 $DA_{o,b}(t + \Delta t)$ として抽出されなくても問題とならない。

【0111】

また、候補領域抽出部 22 は、2 次元 OF 部 21 によって算出された 2 次元オプティカルフロー $OF_{x,y}(t + \Delta t)$ が道路面の 2 次元オプティカルフローであるか否かを判定することによって、衝突有無判定候補領域 $DA_{o,b}(t + \Delta t)$ を抽出してもよい。より具体的には、候補領域抽出部 22 は、2 次元 OF 部 21 によって算出された 2 次元オプティカルフロー $OF_{x,y}(t + \Delta t)$ と道路面の 2 次元オプティカルフローとの差を求め、この結果の絶対値が予め設定された所定の閾値 Th_2 以下であるか否かを判定することによって、候補領域 $DA_{o,b}(t + \Delta t)$ を抽出することができる。この判定の結果、2 次元 OF 部 21 によって算出された 2 次元オプティカルフロー $OF_{x,y}(t + \Delta t)$ が道路面の 2 次元オプティカルフローである場合は、2 次元 OF 部 21 によって算出された 2 次元オプティカルフロー $OF_{x,y}(t + \Delta t)$ が候補領域 $DA_{o,b}(t + \Delta t)$ 内にないと判定され、2 次元 OF 部 21 によって算出された 2 次元オプティカルフロー $OF_{x,y}(t$

10

20

30

40

50

+ t) が道路面の 2 次元オプティカルフローではない場合は、2 次元 OF 部 2 1 によって算出された 2 次元オプティカルフロー OF_{x y} (t + t) が候補領域 DA_{o b} (t + t) 内にあると判定される。

【0112】

なお、前記所定の閾値 Th 2 は、上述の所定の閾値 Th 1 と同様に变化されてもよく、また、候補領域抽出部 2 2 によって候補領域 DA_{o b} (t + t) 内の画素であるか否かが判定される前記所定の画素は、上述と同様に、画像データの全画素(計測点)であってもよく、また、画像データを複数の領域に分割し、各領域内の各画素(局所領域の計測点)であってもよい。

【0113】

また、道路面の 2 次元オプティカルフローは、実際に道路面を予め計測しておきデータとして保持しておいてもよいが、例えば、次のように撮影カメラ 2 の設置条件から求めることもできる。

【0114】

図 9 は、撮影カメラの位置と撮影条件との関係を示すための図である。図 9 に示すように、焦点距離 f で画角 θ である撮影カメラ 2 が、路面から高さ h の位置に、前進方向 Z に対しピッチ方向の傾き α で移動体に取り付けられ、パン方向およびロール方向の傾きが実質的に 0 であるとする。このような場合では、画像上の座標 y と道路面までの距離 D との関係は、式 9 のように表され、したがって、2 次元オプティカルフローの垂直成分 y は、式 10 のように表され、そして、2 次元オプティカルフローの水平成分 x は、式 11 のように表される。

$$h / D = \tan(\tan^{-1}(y / f) + \alpha) \dots (9)$$

$$OF_y(t + t) = (h / (D - v t) - h / D) \dots (10)$$

$$OF_x(t + t) = (x_t / y_t + \dots) OF_y(t + t) \dots (11)$$

ここで、v は、移動体の速度であり、t は、2 つの画像間の撮影時間間隔であり、y は、撮影カメラ 2 から Z 方向に離れた路面上の点 A を表す画像上の点の垂直成分であり、x は、撮影カメラ 2 から Z 方向に離れた路面上の点 A を表す画像上の点の水平成分であり、 θ は、画素ピッチを p とし画素数を N とすると、 $\theta = f / p = N / (2 \dots)$ である。

【0115】

この速度情報 v は、移動体に取り付けられた移動体の速度を検出する速度センサによって取得されてもよく、また、後述の 3 次元オプティカルフローから算出されてもよい。(ステップ S 13 ; 距離情報の取得処理)

距離情報取得部 2 3 は、撮影カメラ 2 (すなわち、撮影カメラ 2 を搭載した移動体) から候補領域 DA_{o b} (t + t) に撮像されている物体までの距離を、例えば、画像と外部の距離計測器とによって測定する。

【0116】

図 10 は、TOF 方式による距離計測器を説明するための図である。図 10 に示す距離計測器 4 0 は、例えば近赤外線を発光ダイオード等の発光部 4 1 から照射し、それが物体で反射した反射光を発光部 4 1 の近傍に配設された例えば CMOS センサ等の受光部 4 2 で受光し、この発光部 4 1 で近赤外線を照射してから受光部 4 2 でその反射光を受光するまでの時間をタイマ部 4 3 で計測し、この時間(TOF, time of flight)から物体までの距離を計測する装置である。距離計測器 4 0 は、例えば、Canesta 社のレーザレンジファインダを挙げることができる。

【0117】

このような距離計測器 4 0 を用いることで、距離情報取得部 2 3 は、候補領域抽出部 2 2 によって抽出された候補領域 DA_{o b} (t + t) に対し、撮影カメラ 2 (すなわち、撮影カメラ 2 を搭載した移動体) から候補領域 DA_{o b} (t + t) に撮像されている物体までの距離情報 D(t)、距離情報 D(t + t) を TOF 方式の距離計測器 4 0 によって取得することができる。

【0118】

10

20

30

40

50

図 1 1 は、距離計測器により計測される距離を説明するための図である。図 1 1 (A) は、移動体の上方からの図であり、図 1 1 (B) は、距離とミリ波の検知角度との関係を示すグラフであり、図 1 1 (C) は、3次元オプティカルフローを示す図である。また、図 1 1 (A) に示すように、例えばミリ波レーダ等の距離計測器の検知角度 θ_1 と、撮影カメラ 2 の画角 θ_2 との関係を予め取得しておくことにより、距離計測器によって得られた各位置と撮影カメラ 2 によって撮影された画像内の各位置との対応関係を特定することができる。このため、距離情報取得部 2 3 は、候補領域抽出部 2 2 によって抽出された候補領域 $DA_{ob}(t + t)$ に対し、撮影カメラ 2 (すなわち、撮影カメラ 2 を搭載した移動体) から候補領域 $DA_{ob}(t + t)$ に撮像されている物体までの距離情報 $D(t)$ 、距離情報 $D(t + t)$ をレーダ装置の距離計測器によって取得することができる。なお、これによって図 1 1 (C) に示すように 3次元オプティカルフローも求めることができる。

10

【0119】

また、距離情報取得部 2 3 は、候補領域抽出部 2 2 によって抽出された候補領域 $DA_{ob}(t + t)$ に対し、撮影カメラ 2 (すなわち、撮影カメラ 2 を搭載した移動体) から候補領域 $DA_{ob}(t + t)$ に撮像されている物体までの距離情報 $D(t)$ 、距離情報 $D(t + t)$ をステレオカメラによるステレオ画像によって取得することができる。

【0120】

すなわち、ステレオ画像から候補領域 $DA_{ob}(t + t)$ およびこれに対応する時刻 t の領域の対応点がそれぞれ対応点探索処理によって探索され、これら探索された対応点の視差から距離情報 $D(t + t)$ および距離情報 $D(t)$ が求められる。ステレオカメラ (一对の撮影カメラ 2 - 1、2 - 2) の中央位置から物体までの距離と視差とは、三角測量の原理に基づいて一義的に対応付けられる。なお、対応点探索を行うに当たって、収差補正および平均化処理が実行されてもよい。この平均化処理は、各カメラの光軸方向および光軸周りの回転角および視点の高さを揃えた画像に変換する処理である。

20

(ステップ S 1 4 ; 3次元オプティカルフローの算出処理)

衝突有無判定部 2 4 は、候補領域抽出部 2 2 によって抽出された衝突有無判定候補領域 $DA_{ob}(t + t)$ に対し、2次元 OF 算出部 2 1 によって算出された 2次元オプティカルフロー $OF_{xy}(t + t)$ および距離情報取得部 2 3 によって取得された距離情報 $D(t)$ 、 $D(t + t)$ に基づいて、3次元オプティカルフロー $OF_{xyz}(t + t)$ を算出する。

30

【0121】

2次元オプティカルフローは、画像中の注目点 (所定の点) が 2次元画像上でどの方向にどれだけ移動しているかを表す速度ベクトルであるが、3次元オプティカルフローは、画像に奥行き方向 (移動体の進行方向) の成分を加えた実空間上での速度ベクトルである。

【0122】

図 1 2 は、3次元オプティカルフローの算出処理を説明するための図である。候補領域抽出部 2 2 によって抽出された候補領域 $DA_{ob}(t + t)$ 内における所定の画素 (計測点) に対し、次の処理が実行され、3次元オプティカルフロー $OF_{xyz}(t + t)$ が算出される。

40

【0123】

図 1 2 に示すように、まず、時刻 t における基準画像 I_1 の点 $P_{BASE, t}(x^1(t), y^1(t))$ に対応する、時刻 $t + t$ における基準画像 I_1 の点 $P_{BASE, t + t}(x^1(t + t), y^1(t + t))$ が求められ、時刻 t における基準画像 I_1 の点 $P_{BASE, t}(x^1(t), y^1(t))$ に対応する、時刻 t における参照画像 I_2 の点 $P_{REF, t}(x^2(t), y^2(t))$ が求められる。次に、時刻 $t + t$ における基準画像 I_1 の点 $P_{BASE, t + t}(x^1(t + t), y^1(t + t))$ に対応する、時刻 $t + t$ における参照画像 I_2 の点 $P_{REF, t + t}(x^2(t + t), y^2(t + t))$ が求められる。

50

【0124】

ここで、各対応点の探索において、ピクセルレベル（画素レベル）で対応点が存在しない場合がある。このような場合では、ピクセルレベルで対応点を含む画素が4点探索され、これら4点の画素の画素値と対応点の画素値との比率に応じてこれら4点の画素から対応点までの距離を決定する補間処理を行うことによって、対応点の位置がサブピクセルレベルで探索される。

【0125】

次に、時刻 t における基準画像 I_1 の点 $P_{BASE, t}(x^1(t), y^1(t))$ と、これに対応する、時刻 t における参照画像 I_2 の点 $P_{REF, t}(x^2(t), y^2(t))$ とから、3次元再構成によって、計測点に対する時刻 t の実空間における位置 $(X(t), Y(t), Z(t))$ が求められ、時刻 $t + \Delta t$ における基準画像 I_1 の点 $P_{BASE, t + \Delta t}(x^1(t + \Delta t), y^1(t + \Delta t))$ と、これに対応する、時刻 $t + \Delta t$ における参照画像 I_2 の点 $P_{REF, t + \Delta t}(x^2(t + \Delta t), y^2(t + \Delta t))$ とから、3次元再構成によって、計測点に対する時刻 $t + \Delta t$ の実空間におけるステレオカメラを基準とした3次元位置 $(X(t + \Delta t), Y(t + \Delta t), Z(t + \Delta t))$ が求められる。

【0126】

この3次元再構成は、例えば、いわゆるピンホールカメラモデルが用いられ、3次元空間上と2次元画像上の対応する点を行列で結びつけるキャリブレーションにより各カメラにおける射影行列 P_1, P_2 を求め、注目点の左右画像上の座標から最小二乗法を用いて算出することができる ($\tilde{m}_1 = P_1 \cdot \tilde{M}, \tilde{m}_2 = P_2 \cdot \tilde{M}$ 、ここで、 $\tilde{m}_1 = P_{BASE, t}(x^1(t), y^1(t)), \tilde{m}_2 = P_{REF, t}(x^2(t), y^2(t))$ 、ワールド座標 $\tilde{M}(X, Y, Z)$)。なお、この3次元再構成は、いわゆる平行化を利用することにより直接演算によって行ってもよい。

【0127】

そして、これら差 $(X(t) - X(t + \Delta t), Y(t) - Y(t + \Delta t), Z(t) - Z(t + \Delta t))$ として、3次元オプティカルフロー $OF_{xyz}(t + \Delta t)$ が算出される。

【0128】

また、衝突有無判定部 24 は、次の処理によって、3次元オプティカルフロー $OF_{xyz}(t + \Delta t)$ を算出してもよい。2次元オプティカルフロー $OF_{xy}(t + \Delta t)$ は、時刻 t のタイミングで撮影された画像上の計測点 $(x(t), y(t))$ が時刻 $t + \Delta t$ のタイミングで撮影された画像上の対応点 $(x(t + \Delta t), y(t + \Delta t))$ に移動していることを示している。一方、計測点 $(x(t), y(t))$ と対応点 $(x(t + \Delta t), y(t + \Delta t))$ との実空間における各位置 $(X(t), Y(t), Z(t)), (X(t + \Delta t), Y(t + \Delta t), Z(t + \Delta t))$ は、距離計測器から特定することができる。このため、計測点 $(x(t), y(t))$ の位置 $(X(t), Y(t), Z(t))$ と対応点 $(x(t + \Delta t), y(t + \Delta t))$ の位置 $(X(t + \Delta t), Y(t + \Delta t), Z(t + \Delta t))$ との差分ベクトルを求めることで、3次元オプティカルフロー $OF_{xyz}(t + \Delta t)$ が算出される。

(ステップ S15 ; 衝突有無の判定処理)

衝突有無判定部 24 は、候補領域抽出部 22 によって抽出された候補領域 $DA_{ob}(t + \Delta t)$ に対し、この算出した3次元オプティカルフロー $OF_{xyz}(t + \Delta t)$ に基づいて衝突の可能性があるか否かを判定する。

【0129】

図13は、第1の衝突有無判定処理を説明するための図である。図13において、移動体を含む立体、ここでは、移動体を囲む立方体が仮想され、まず、この立方体を構成する各平面（立体の境界面）に対し、3次元オプティカルフロー $OF_{xyz}(t + \Delta t)$ を含む線分が交差する交点 $P_{CROSS}(X, Y, Z)$ がそれぞれ求められ、各平面の各交点に対し、所定の範囲に含まれる平面があるか否かが判定される。この判定の結果、所定の

範囲に含まれる平面が1つでも存在する場合には、候補領域抽出部22によって抽出された候補領域 $DA_{ob}(t+t)$ は、衝突の可能性のある物体を撮影している領域であると判定される。

【0130】

前記所定の範囲は、撮影カメラ2の位置、すなわち、移動体の位置を座標原点(0, 0, 0)として、X方向判定が $-(W + AREA_{A1})/2 - PCROSS(X) - (W + AREA_{A2})/2$ であり、Y方向判定が $-h + h_1 - PCROSS(Y) - (H - h) + AREA_{A2}$ であり、そして、Z方向判定が $F + B - PCROSS(Z) - AREA_{A3}$ である。ここで、Wは、移動体の幅であり、 $AREA_{A1}$ は、衝突をより確実に回避すべく移動体の幅Wに多少余裕を持たせた領域(危険判定領域)であり、Hは、移動体の高さであり、 h_1 は、道路面からの車輪の高さであり、 $AREA_{A2}$ は、衝突をより確実に回避すべく移動体の高さHに多少余裕を持たせた領域(危険判定領域)であり、hは、撮影カメラ2の設置高さであり、Fは、カメラ設置位置を基準としてフロント側(前方側)における移動体の長さであり、Bは、カメラ設置位置を基準としてリア側(後方側)における移動体の長さであり、そして、 $AREA_{A3}$ は、衝突をより確実に回避すべく移動体の長さF、Bに多少余裕を持たせた領域(危険判定領域)である。

10

【0131】

図14は、第2の衝突有無判定処理を説明するための図である。図14(A)は、時刻tにおける衝突の可能性のある領域を示し、図14(B)は、時刻 $t+t$ における衝突の可能性のある領域を示す。衝突の可能性のある領域は、移動体の速度および物体の速度が変化しない場合では、図14に示すように、移動体の進行方向と移動体から物体へ向かう方向、すなわち、物体の3次元オプティカルフロー $OF_{xyz}(t+t)$ とのなす角は、一定であり、変化しない。このため、衝突有無判定部24は、候補領域抽出部22によって抽出された候補領域 $DA_{ob}(t+t)$ に対し、移動体の進行方向と物体の3次元オプティカルフロー $OF_{xyz}(t+t)$ とから角を求め、この角を各フレーム間で比較することで、衝突の有無を判定してもよい。

20

【0132】

また、衝突有無判定部24は、第1の衝突有無判定処理で衝突の可能性があると判定された場合または第2の衝突有無判定処理で衝突の可能性があると判定された場合に加えて、物体と移動体との距離が所定の基準距離(所定の第2閾値)より短い場合に、この物体が衝突物体であると判定し、具体的には、移動体の速度を基に移動体の停止距離を算出し、得られた停止距離を基に基準距離を変更してもよい。

30

【0133】

停止距離は、空走距離Eと制動距離Bとによって算出することができる。空走距離は、 $E = VT$ により算出することができる。ここで、Tは、反応時間であり、Vは、移動体の速度である。

【0134】

制動距離は、 $B = V^2 / 2u \cdot g$ により算出することができる。ここで、uは、制動時の摩擦係数であり、gは重力加速度である。そして、これらの合計値($S = E + B$)により停止距離Sを算出することができる。

40

【0135】

すなわち、基準距離は、移動体の速度に応じて変更されてもよく、また、移動体の制動距離に応じて変更されてもよく。

【0136】

また、衝突有無判定部24は、物体の3次元オプティカルフローの大きさと、物体までの距離との比率を基に基準距離を変更してもよい。

【0137】

例えば、移動体から停止距離以上に距離が離れていても、移動体に急速に向かってくるような物体は、停止距離S内に入った時点で判定するのでは衝突する可能性が高くなる。そこで、衝突有無判定部24は、物体の計測点までの距離と、3次元オプティカルフロー

50

の大きさとの比率 R （具体的には物体までの X ， Z 成分の距離と、3次元オブティカルフローの X ， Z 成分の大きさとの比率）を求め、この比率 R が予め定められた閾値以内の物体を衝突物体として判定する。

【0138】

また、上記判定方法だけでなく、物体の大きさにより基準距離を変更しても良い。例えば、移動体は、小さい物体に対して回避行動を行うことは可能であるが、大きな物体に対しては回避行動を行うことが難しい。そこで、大きい物体に関しては、小さい物体よりも基準距離を長く設定する。ここで、物体の大きさは、3次元実空間上での物体までの距離と、当該物体の画像上での面積とを求め、これらの情報から算出すればよい。また、衝突有無判定部 24 は、或る閾値を設け、この閾値よりも大きな物体に関しては予め定められた大きな物体用の基準距離を設定して衝突判定処理を行い、この閾値よりも小さな物体に関しては予め定められた小さな物体用の基準距離を設定して衝突判定処理を行っても良い。また、物体の大きさが大きくなるにつれて基準距離が大きくなるように連続的、または段階的に基準距離を設定してもよい。

10

【0139】

また、衝突有無判定部 24 は、衝突判定処理を時系列的に複数回実行することで得られた処理結果と、移動体の速度とを基に、物体の速度が、衝突を回避するように変化したか否かを判定し、得られた判定結果を基に物体が衝突物体であるか否かを判定してもよい。

【0140】

例えば、衝突判定処理の結果から衝突の可能性があると判断された場合であって、物体の速度が変化しない場合、当該物体の搭乗者は、移動体の存在に気付いてない恐れがある。一方、物体の速度が減速した場合、当該物体の搭乗者は、移動体の存在に気付いていると考えられる。

20

【0141】

そこで、衝突有無判定部 24 は、複数フレーム期間毎に衝突判定処理を実行するものとし、複数フレーム期間において各物体の衝突判定処理の処理結果を保持しておき、一定回数以上衝突すると判定された物体の速度変化を求めると共に、移動体の速度変化を求め、両変化の比率 R_k （=物体の速度変化/移動体の速度変化）が所定の閾値よりも大きい場合、当該物体の搭乗者は、移動体の存在に気づいていると判定し、比率 R_k が所定の閾値より小さい場合、当該物体の搭乗者は、移動体の存在に気づいていないと判定すればよい。なお、物体の速度変化は、当該物体の3次元オブティカルフローから求めればよい。

30

【0142】

このように周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、候補領域抽出部 22 によって候補領域 DA_b が抽出され、この候補領域 DA_b に対し、衝突有無判定部 24 によって、移動体と候補領域 DA_b に写し出されている物体との衝突判定が実行される。したがって、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、画像全体の画素について衝突判定が実行されるものではなく、候補領域 DA_b だけについて衝突判定が実行されるので、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 は、より短い情報処理時間で移動体の周辺状況を監視することができる。

【0143】

また、上述の周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、候補領域抽出部 22 は、上述したように、予め設定された所定値と現在の2次元オブティカルフローとの差を求めることによって、候補領域 DA_b を抽出している。したがって、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、所定の領域における2次元オブティカルフローを用いることによって、候補領域 DA_b を抽出することができ、また、このような構成の周辺監視システム S および周辺監視装置 1 が提供される。

40

【0144】

ここで、前記予め設定された所定値は、過去の2次元オブティカルフローであってよく、過去の2次元オブティカルフローと現在の2次元オブティカルフローとを比較することによって、候補領域 DA_b を抽出することができ、また、このような構成の周辺監視シ

50

システム S および周辺監視装置 1 が提供される。あるいは、前記予め設定された所定値は、時系列画像のいずれか 1 つの画像に写し出された道路面の 2 次元オプティカルフローであってよく、道路面が移動体と衝突の可能性のない物体であるので、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、候補領域 $DA_{a,b}$ を漏れなく抽出することができる。

【0145】

また、この道路面の 2 次元オプティカルフローは、撮影カメラ 2 の設置条件を用いて求められてよく、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、より正確に道路面の 2 次元オプティカルフローを求めることができる。

【0146】

また、候補領域抽出部 22 は、画素ごとに候補領域 $DA_{a,b}$ の抽出を行ってよく、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、画素ごとに候補領域 $DA_{a,b}$ の抽出を行うので、より詳細に候補領域 $DA_{a,b}$ の抽出を行うことができる。あるいは、候補領域抽出部 22 は、分割領域ごとに候補領域 $DA_{a,b}$ の抽出を行ってよく、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、分割領域ごとに候補領域 $DA_{a,b}$ の抽出を行うので、算出された 2 次元オプティカルフローに誤差を含む場合でも、候補領域 $DA_{a,b}$ の抽出判定における精度の低下を抑制することができる。あるいは、この場合では、分割領域ごとに候補領域 $DA_{a,b}$ の抽出を行うので、演算処理時間を短縮することが可能となる。

【0147】

また、候補領域抽出部 22 は、実空間において移動体の速度ベクトルと異なる速度ベクトルを持つ物体を写している領域を候補領域 $DA_{a,b}$ として抽出してよく、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、移動体の速度ベクトルと同じ速度ベクトルを持つ物体は衝突する可能性が無いため、候補領域 $DA_{a,b}$ を漏れなく抽出することができる。

【0148】

また、距離情報取得部 23 は、1 組のステレオ画像間の対応点を対応点探索処理によって抽出することで、移動体と候補領域 $DA_{a,b}$ に写し出されている物体までの距離を取得してよく、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、物体までの距離を計測する距離計測器を別途に備えることなく、画像から、移動体と候補領域に写し出されている物体までの距離を取得することができ、また、このような構成の周辺監視システム S および周辺監視装置 1 が提供される。

【0149】

また、上述の周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、衝突有無判定部 24 の衝突判定が 3 次元オプティカルフローによって行われるので、より正確に衝突判定を行うことができる。

【0150】

また、衝突有無判定部 24 の衝突判定は、移動体を含む仮想的な立体の境界面と 3 次元オプティカルフローを含む線分とが交差するか否かによって行われてよく、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、3 次元オプティカルフローを含む線分と立体の境界面とが交差するか否かという比較的簡易な情報処理で、衝突判定を行うことができる。

【0151】

また、衝突有無判定部 24 の衝突判定は、移動体の進行方向と 3 次元オプティカルフローとの成す角 および距離情報に基づいて行われてよく、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、移動体の進行方向と 3 次元オプティカルフローとの成す角 および距離情報を用いた比較的簡易な情報処理で、衝突判定を行うことができる。

【0152】

また、衝突有無判定部 24 の衝突判定は、距離情報と所定の第 2 閾値とを比較することによって行われる場合に、移動体の速度に応じて前記所定の第 2 閾値が変更されてよく、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、移動体の速度に応じて前記所定の第 2 閾値を変更するので、移動体から比較的離れた物体を適切に衝突しない物体と判定することができる。

【0153】

10

20

30

40

50

また、衝突有無判定部 2 4 の衝突判定は、距離情報と所定の第 2 閾値とを比較することによって行われる場合に、移動体の制動距離に応じて前記所定の第 2 閾値が変更されてよく、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、移動体の制動距離に応じて前記所定の第 2 閾値を変更するので、移動体から比較的離れた物体を適切に衝突しない物体と判定することができる。

【 0 1 5 4 】

また、上述の周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、判定結果出力部 2 5 を備えているので、例えばドライバーなどのユーザに衝突の警告を行うことができ、ユーザに回避処置を取るよう促すことができる。

【 0 1 5 5 】

また、上述の周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、表示部 1 5 を備えており、判定結果出力部 2 5 は、衝突判定された場合に、表示部 1 5 から警告表示を出力しているので、この警告表示によって、ユーザに衝突の警告を行うことができ、ユーザに回避処置を取るよう促すことができる。

【 0 1 5 6 】

ここで、前記警告表示は、移動体と候補領域に写し出されている物体との距離を表す距離表示を含んでよく、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、衝突までの距離をユーザに知らせることができる。前記警告表示は、移動体と候補領域に写し出されている物体とが衝突するまでの衝突時間を表す衝突時間表示を含んでよく、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、衝突までの時間をユーザに知らせることができる。前記警告表示は、候補領域に写し出されている物体の大きさを表す大きさ表示を含んでよく、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、物体の大きさをユーザに知らせることができる。

【 0 1 5 7 】

また、上述の周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、音出力部をさらに備えてよく、そして、判定結果出力部 2 5 は、衝突判定された場合に、前記音出力部から警告音を出力してよく、この周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、警告音によって、ユーザに衝突の警告を行うことができ、ユーザに回避処置を取るよう促すことができる。

【 0 1 5 8 】

図 1 5 は、本実施形態における変形形態としての多重解像度戦略を説明するための図である。なお、上述の実施形態において、対応点探索を実行する場合に、多重解像度戦略が用いられても良い。多重解像度戦略を用いた対応点探索は、図 1 5 に示すように、基準画像 I 1 および参照画像 I 2 の解像度を低解像度化し、この低解像度の基準画像 I 1 および参照画像 I 2 を用いて対応点探索を行い、その解（対応点探索結果）を伝播させながら解像度を元の解像度まで順次に上げる手法である。より具体的には、まず、第 1 処理として、例えば画素を間引く間引き処理によって基準画像 I 1 および参照画像 I 2 の各縮小画像が作成される（低解像度化）。次に、第 2 処理として、これら基準画像 I 1 および参照画像 I 2 の各縮小画像を用いて対応点探索が行われる。次に、第 3 処理として、この対応点探索によって探索された対応点を含む所定の範囲で参照画像 I 2 の縮小画像が所定の倍率で拡大されると共に、注目点を含む前記所定の範囲で基準画像 I 1 の縮小画像が所定の倍率で拡大される（解の伝播）。次に、第 4 処理として、この拡大された基準画像 I 1 および参照画像 I 2 を用いて対応点探索が行われる。次に、第 5 処理として、元の大きさ（サイズ、解像度）となるまで、第 3 処理および第 4 処理を繰り返す。

【 0 1 5 9 】

このような構成の周辺監視システム S および周辺監視装置 1 では、多重解像度戦略による対応点探索を行う場合に、より精度よく対応点探索を行うことができる。

【 0 1 6 0 】

本発明を表現するために、上述において図面を参照しながら実施形態を通して本発明を適切且つ十分に説明したが、当業者であれば上述の実施形態を変更および/または改良す

10

20

30

40

50

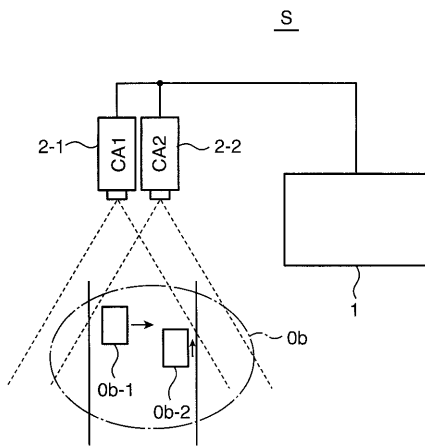
ることは容易に為し得ることであると認識すべきである。したがって、当業者が実施する変更形態または改良形態が、請求の範囲に記載された請求項の権利範囲を離脱するレベルのものでない限り、当該変更形態または当該改良形態は、当該請求項の権利範囲に包括されると解釈される。

【符号の説明】

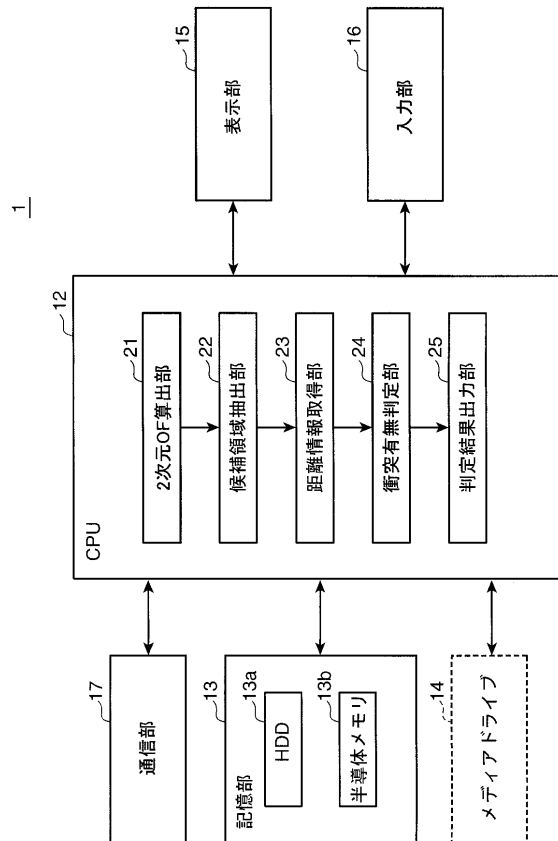
【0161】

- S 周辺監視システム
- 1 周辺監視装置
- 2 撮影カメラ
- 12 CPU
- 15 表示部
- 21 2次元オブティカルフロー算出部
- 22 候補領域抽出部
- 23 距離情報取得部
- 24 衝突有無判定部
- 25 判定結果出力部

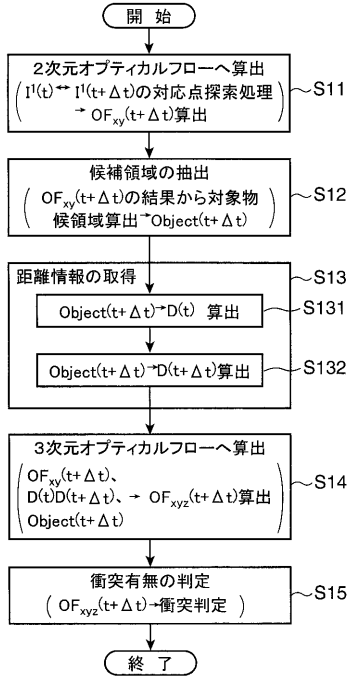
【図1】



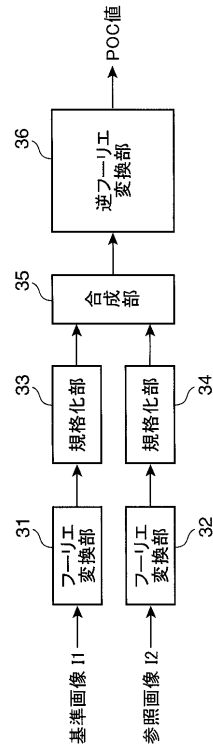
【図2】



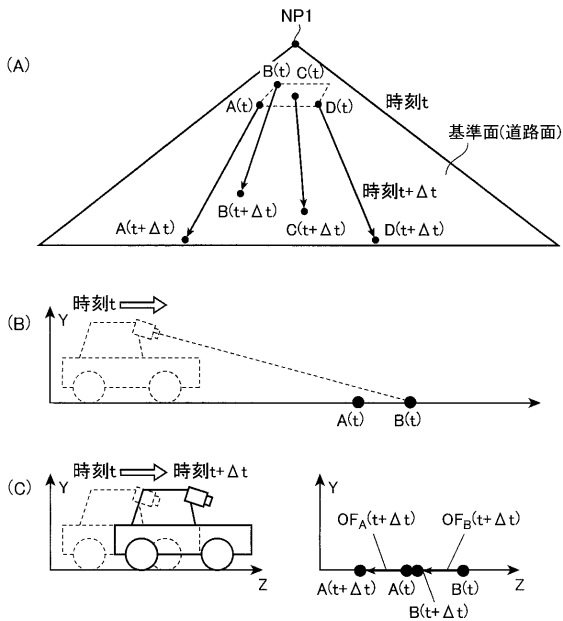
【 図 3 】



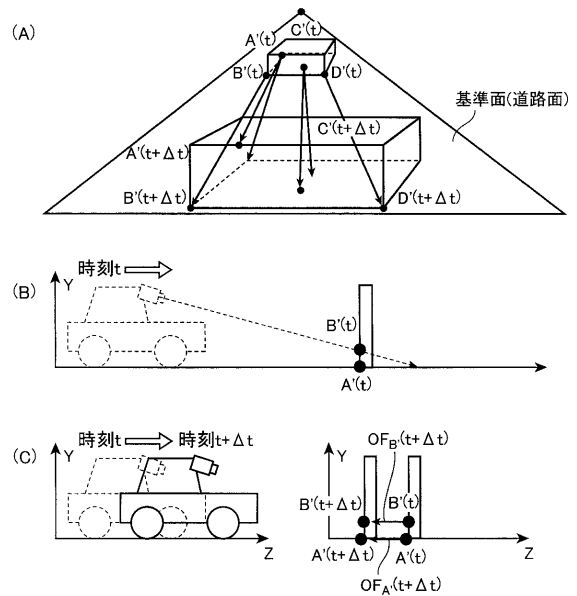
【 図 4 】



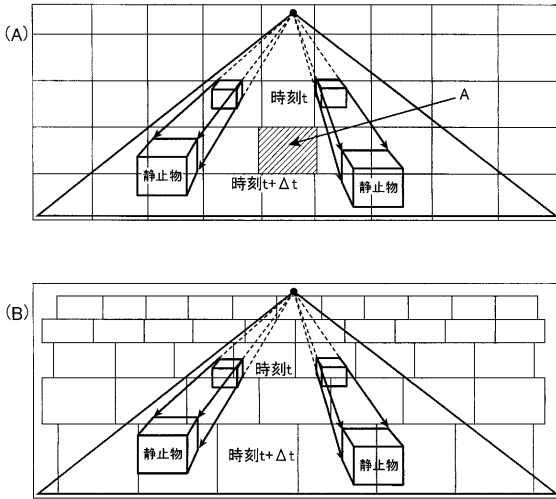
【 図 6 】



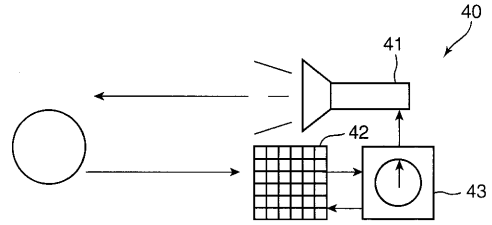
【 図 7 】



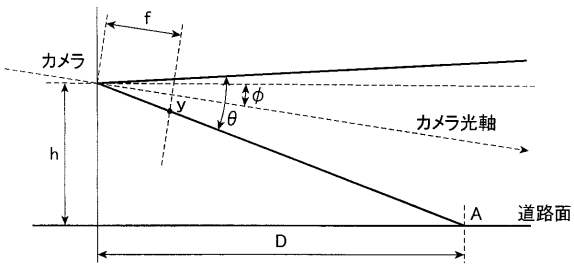
【 図 8 】



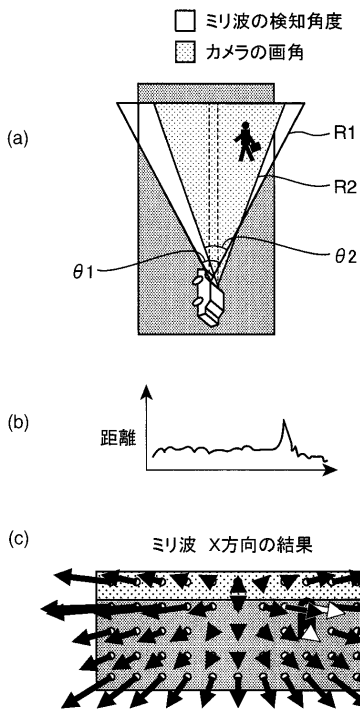
【 図 1 0 】



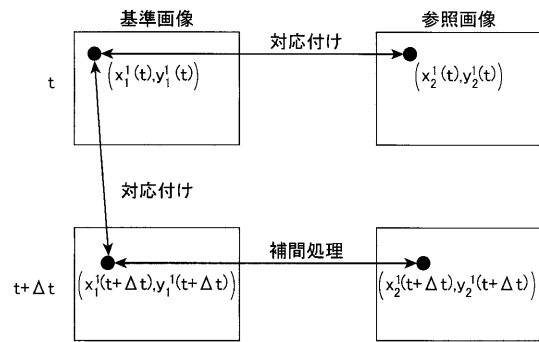
【 図 9 】



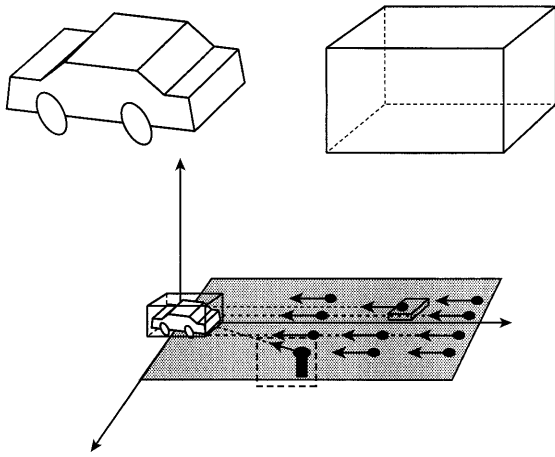
【 図 1 1 】



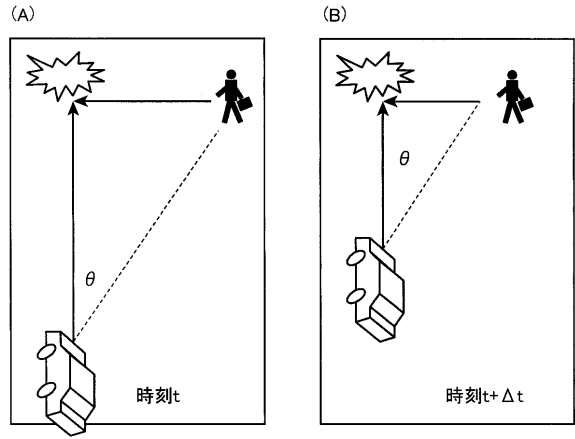
【 図 1 2 】



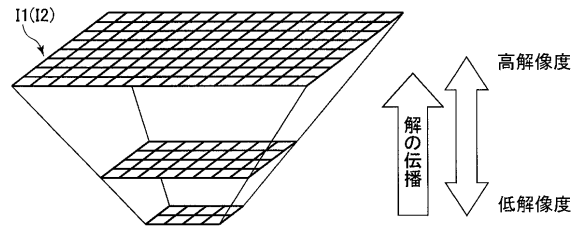
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

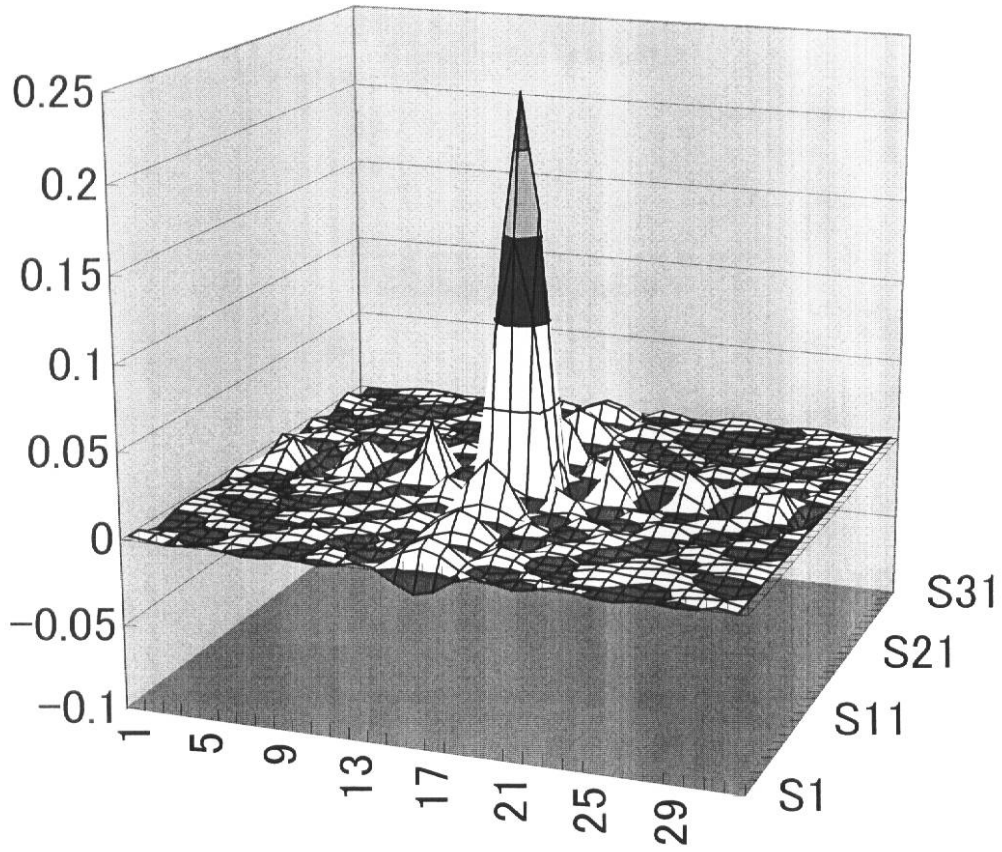


【 図 1 5 】



【 図 5 】

POC値



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H181 AA01 CC04 CC12 CC14 LL01 LL04
5L096 AA06 BA04 CA02 CA05 DA01 DA02 DA03 FA02 FA23 FA34
FA66 FA67 FA69 GA51 HA04