

(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2012-123750
(P2012-123750A)

(43) 公開日 平成24年6月28日 (2012. 6. 28)

(51) Int. Cl.			F I			テーマコード (参考)
G06T	1/00	(2006.01)	G06T	1/00	330A	5B057
H04N	7/18	(2006.01)	H04N	7/18	K	5C054
G06T	7/20	(2006.01)	H04N	7/18	H	5H181
B60R	1/00	(2006.01)	G06T	7/20	200Z	5L096
G08G	1/16	(2006.01)	B60R	1/00	A	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-276270 (P2010-276270)
(22) 出願日 平成22年12月10日 (2010. 12. 10)

(71) 出願人 504113008
東芝アルパイン・オートモティブテクノロジー株式会社
福島県いわき市好間工業団地14番地の1

(74) 代理人 110001380
特許業務法人東京国際特許事務所

(72) 発明者 川井 清幸
福島県いわき市好間工業団地14番地の1
東芝アルパイン・オートモティブテクノロジー株式会社内

Fターム(参考) 5B057 AA16 BA02 CA08 CA12 CA16
CC01 CD03 CD14 DA07 DC01
DC36
5C054 CC02 FC12 FC13 FC14 FD03
GD05 GD06 HA30

最終頁に続く

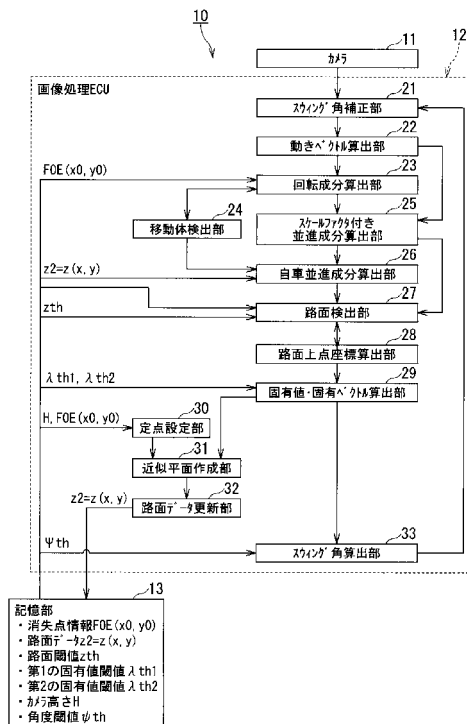
(54) 【発明の名称】 車両用画像処理装置および車両用画像処理方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】カメラにより取得された画像から路面の位置を求める。

【解決手段】車両用画像処理装置10は、記憶部13、路面検出部27、近似平面作成部31および路面データ更新部32を備える。記憶部13は、設定路面上の点についてカメラ座標系における画像上の座標値と光軸方向座標値とを関連付けた路面データを記憶する。路面検出部27は、スケールファクタつき相対並進成分と自車の並進成分とを用いてカメラ座標系における対象物の光軸方向座標値を算出するとともに、路面データにおいて対象物の画像上の座標値と関連付けられた光軸方向座標値を記憶部13から取得し、これらの光軸方向座標値の差が所定の路面閾値以下であると対象物を路面と判定する。近似平面作成部31は、複数の対象物のなす近似平面を表す式を立て、この近似平面上の点について近似平面データを求める。路面データ更新部32は、記憶部13の路面データを近似平面データで更新する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両に設けられ前記車両の周辺を撮像するカメラと、

前記カメラにより撮像された画像に含まれる対象物に対応する動きベクトルと前記車両の回転成分とにもとづいて、スケールファクタ付き相対並進成分を算出するスケールファクタ付き並進成分算出部と、

所定の設定路面上の点についてカメラ座標系における前記画像上の座標値と光軸方向座標値とを関連付けたデータである路面データを記憶する記憶部と、

前記スケールファクタ付き相対並進成分と自車の並進成分とを用いて前記カメラ座標系における前記対象物の光軸方向座標値を算出するとともに、前記路面データにおいて前記対象物の前記画像上の座標値と関連付けられた光軸方向座標値を前記記憶部から取得し、これらの光軸方向座標値の差が所定の路面閾値以下であると前記対象物を路面と判定する路面検出部と、

を備えた車両用画像処理装置。

【請求項 2】

前記路面と判定された複数の前記対象物の前記カメラ座標系における三次元座標値の共分散行列の固有ベクトルを用いて前記複数の対象物のなす近似平面を表す式を立てることにより、この近似路面上の点について前記カメラ座標系における前記画像上の座標値と光軸方向座標値とを関連付けた近似平面データを求める近似平面作成部と、

前記所定の設定路面を前記近似平面とするよう、前記記憶部の前記路面データを前記近似平面データで更新する路面データ更新部と、

をさらに備えた請求項 1 記載の車両用画像処理装置。

【請求項 3】

前記共分散行列は、

値が大きい順に第 1、第 2 および第 3 の固有値を有するとともに、各固有値にそれぞれ対応する第 1、第 2 および第 3 の固有ベクトルを有し、

前記近似平面作成部は、

前記共分散行列の前記第 1 および前記第 2 の固有値が第 1 の固有値閾値以上であり、かつ前記第 3 の固有値が第 2 の固有値閾値以下であると、前記近似平面を表す式として前記第 3 の固有値に対応する前記第 3 の固有ベクトルに直交する平面を表す式を立てる、

請求項 2 記載の車両用画像処理装置。

【請求項 4】

前記近似平面作成部は、

前記近似平面を表す式と、前記車両直下の路面からみた前記カメラが取り付けられた高さ、前記カメラの中心から下ろした鉛直線と前記車両直下の路面との交点と、を用いて前記近似平面データを求める、

請求項 3 記載の車両用画像処理装置。

【請求項 5】

前記記憶部に記憶された前記路面データから前記対象物の前記画像上の座標値と関連付けられた光軸方向座標値を取得し、この光軸方向座標値を前記スケールファクタ付き相対並進成分に乗ずることにより、前記画像にもとづいて前記自車の並進成分を算出して前記路面検出部に与える自車並進成分算出部、

をさらに備えた請求項 4 に記載の車両用画像処理装置。

【請求項 6】

前記自車の並進成分を検出して前記路面検出部に与える自車速度検出部と、

前記スケールファクタ付き相対並進成分と前記自車速度検出部により検出された前記自車の並進成分とを用いて算出された前記カメラ座標系における前記対象物の光軸方向座標値を前記路面検出部から取得するとともに、前記第 3 の固有ベクトルに直交する平面を表す式に対して前記カメラの中心から下ろした鉛直線と前記車両直下の路面との交点であって前記カメラ座標系における三次元座標値を前記車両直下の路面からみた前記カメラが取

10

20

30

40

50

り付けられた高さを未知数として表された交点の前記三次元座標値を代入した式を前記近似平面作成部から取得し、この式に対して前記複数の対象物の前記光軸方向座標値を代入することにより複数の前記未知数の値を求め、この求めた複数の値の平均を前記カメラが取り付けられた高さとする高さ校正部と、

をさらに備え、

前記近似平面作成部は、

前記近似平面を表す式と、前記高さ校正部により算出された前記カメラが取り付けられた高さ、前記カメラの中心から下ろした鉛直線と前記車両直下の平面との交点と、を用いて前記近似平面データを求める、

請求項 3 記載の車両用画像処理装置。

10

【請求項 7】

前記自車の並進成分を検出して前記路面検出部に与える自車速度検出部と、

前記路面と判定された複数の前記対象物間のベクトルと前記第 3 の固有ベクトルとの内積が所定の信頼性閾値以下である前記対象物を抽出する路面上点信頼性評価部と、

をさらに備え、

前記近似平面作成部は、

前記近似平面を表す式として前記第 3 の固有値に対応する前記第 3 の固有ベクトルに直交するとともに 1 つの未知定数を有する平面を表す式を立て、この式に対して前記路面上点信頼性評価部により抽出された複数の前記対象物の前記三次元座標値を代入して前記未知定数の値を求めることにより前記近似平面データを求める、

20

請求項 3 記載の車両用画像処理装置。

【請求項 8】

前記車両の前記回転成分で補正した前記対象物に対応する前記動きベクトルが前記画像上で消失点に向かう場合、前記対象物を静止物と判定する移動体検出部、

をさらに備え、

前記スケールファクタ付き並進成分算出部は、

前記移動体検出部により前記静止物と判定された前記対象物について前記スケールファクタ付き相対並進成分を算出し、

前記路面検出部は、

前記移動体検出部により前記静止物と判定された前記対象物について前記判定を行う、

30

請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の車両用画像処理装置。

【請求項 9】

前記カメラにより撮像された画像内に投影した前記第 3 の固有ベクトルの方向に応じて、前記カメラにより撮像された画像を回転補正するスウィング角補正部、

をさらに備えた請求項 3 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の車両用画像処理装置。

【請求項 10】

車両に設けられたカメラが前記車両の周辺を撮像するステップと、

前記カメラにより撮像された画像に含まれる対象物に対応する動きベクトルと前記車両の回転成分とにもとづいて、スケールファクタ付き相対並進成分を算出するステップと、

所定の設定路面上の点についてカメラ座標系における前記画像上の座標値と光軸方向座標値とを関連付けたデータである路面データを記憶部に記憶させるステップと、

40

前記スケールファクタ付き相対並進成分と自車の並進成分とを用いて前記カメラ座標系における前記対象物の光軸方向座標値を算出するとともに、前記路面データにおいて前記対象物の前記画像上の座標値と関連付けられた光軸方向座標値を前記記憶部から取得し、これらの光軸方向座標値の差が所定の路面閾値以下であると前記対象物を路面と判定するステップと、

前記路面と判定された複数の前記対象物の前記カメラ座標系における三次元座標値の共分散行列の固有ベクトルを用いて前記複数の対象物のなす近似平面を表す式を立てることにより、この近似平面上の点について前記カメラ座標系における前記画像上の座標値と光軸方向座標値とを関連付けた近似平面データを求めるステップと、

50

前記所定の設定路面を前記近似平面とするよう、前記記憶部の前記路面データを前記近似平面データで更新するステップと、

を有する車両用画像処理方法。

【請求項 11】

前記共分散行列は、

値が大きい順に第 1、第 2 および第 3 の固有値を有するとともに、各固有値にそれぞれ対応する第 1、第 2 および第 3 の固有ベクトルを有し、

前記近似平面データを求めるステップは、

前記共分散行列の前記第 1 および前記第 2 の固有値が第 1 の固有値閾値以上であり、かつ前記第 3 の固有値が第 2 の固有値閾値以下であると、前記近似平面を表す式として前記第 3 の固有値に対応する前記第 3 の固有ベクトルに直交する平面を表す式を立てるステップである、

請求項 10 記載の車両用画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、車両用画像処理装置および車両用画像処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

最近、自動車などの車両の運転を支援するための技術として、車両と対象物との衝突可能性を判定する技術の開発が望まれている。この種の技術には、たとえば、車両に搭載されたカメラにより撮像された画像にもとづいて車両と対象物との衝突可能性を判定する技術などがある。車両に搭載されたカメラにより撮像された画像を用いる場合、レーダを用いる場合に比べてデジタル化された画像データを利用することができることから、対象物の接近角度などの複雑な判断が可能である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2004 - 56763 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、カメラにより撮像された画像にもとづいて車両と対象物との衝突可能性を判定する従来の技術は、カメラにより撮像される路面が車両底面と平行であること（路面平面モデル）が前提となっており、カメラにより撮像される路面と車両底面とが平行でない場合を考慮していない。このため、カメラにより撮像される路面と車両底面とが平行でない場合には、画像から対象物との距離を求めることや移動体を特定することが難しい。

【0005】

カメラにより撮像される路面と車両底面とが平行でない状況としては、たとえば路面の勾配が変化しており車両直下の路面とカメラにより撮像される路面とで勾配の変化がある状況や、路面が平坦であっても車両積載荷重の多寡や乗車人員の変動による車両傾きがある状況などが挙げられる。これらの状況は、実際の車両の運転において遭遇する可能性が高いものと考えられる。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一実施形態に係る車両用画像処理装置は、上述した課題を解決するために、カメラと、スケールファクタ付き並進成分算出部と、記憶部と、路面検出部と、近似平面作成部と、路面データ更新部と、を備える。カメラは、車両に設けられ車両の周辺を撮像する。スケールファクタ付き並進成分算出部は、カメラにより撮像された画像に含まれる対象物に対応する動きベクトルと車両の回転成分とにもとづいて、スケールファクタ付き相

10

20

30

40

50

対並進成分を算出する。記憶部は、所定の設定路面上の点についてカメラ座標系における画像上の座標値と光軸方向座標値とを関連付けたデータである路面データを記憶する。路面検出部は、スケールファクタつき相対並進成分と自車の並進成分とを用いてカメラ座標系における対象物の光軸方向座標値を算出するとともに、路面データにおいて対象物の画像上の座標値と関連付けられた光軸方向座標値を記憶部から取得し、これらの光軸方向座標値の差が所定の路面閾値以下であると対象物を路面と判定する。近似平面作成部は、路面と判定された複数の対象物のカメラ座標系における三次元座標値の共分散行列の固有ベクトルを用いて複数の対象物のなす近似平面を表す式を立てることにより、この近似平面上の点についてカメラ座標系における画像上の座標値と光軸方向座標値とを関連付けた近似平面データを求める。路面データ更新部は、所定の設定路面を近似平面とするよう、記憶部の路面データを近似平面データで更新する。

10

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の第1実施形態に係る車両用画像処理装置の一例を示す全体構成図。

【図2】カメラ座標系におけるカメラ投影面と路面との関係を示す説明図。

【図3】第1実施形態に係る画像処理ECUのCPUが、カメラにより取得された画像からリアルタイムに路面の位置を求める際の手順を示すフローチャート。

【図4】本発明の第2実施形態に係る車両用画像処理装置の一例を示す全体構成図。

【図5】第2実施形態に係る画像処理ECUのCPUが、カメラにより取得された画像からリアルタイムに路面の位置を求める際の手順を示すフローチャート。

20

【図6】本発明の第3実施形態に係る車両用画像処理装置の一例を示す全体構成図。

【図7】第3実施形態に係る画像処理ECUのCPUが、カメラにより取得された画像からリアルタイムに路面の位置を求める際の手順を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0008】

本発明に係る車両用画像処理装置および車両用画像処理方法の実施の形態について、添付図面を参照して説明する。

(第1の実施形態)

【0009】

図1は、本発明の第1実施形態に係る車両用画像処理装置10の一例を示す全体構成図である。

30

【0010】

車両用画像処理装置10は、カメラ11、画像処理ECU(Electronic Control Unit)12および記憶部13を有する。

【0011】

カメラ11は、CCD(Charge Coupled Device)イメージセンサやCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)イメージセンサにより構成され、自家用自動車等の車両周囲の画像を取り込んで画像信号を生成して画像処理ECU12に与える。

【0012】

たとえば後方を監視する場合、カメラ11は車両後部のナンバープレート付近に路面と平行な線からやや下向きに配設される。カメラ11には、より広範な車両外画像が取得可能なように広角レンズや魚眼レンズが取り付けられてもよい。また、車両の側方を監視する場合、カメラ11はサイドミラー付近に配設される。もちろん、複数のカメラ11を用いることにより広範な車外周囲画像を取り込むようにしてもよい。

40

【0013】

画像処理ECU12は、CPU、RAMおよびROMなどの記憶媒体などにより構成される。画像処理ECU12のCPUは、ROMなどの記憶媒体に記憶された画像処理プログラムおよびこのプログラムの実行のために必要なデータをRAMへロードし、このプログラムに従って、カメラ11により取得された画像にもとづいて、カメラ11により取得された画像からリアルタイムに路面の位置を求める。

50

【 0 0 1 4 】

画像処理 ECU 1 2 の R A M は、 C P U が実行するプログラムおよびデータを一時的に格納するワークエリアを提供する。画像処理 ECU 1 2 の R O M などの記憶媒体は、画像処理プログラムや、これらのプログラムを実行するために必要な各種データを記憶する。

【 0 0 1 5 】

なお、 R O M をはじめとする記憶媒体は、磁気的もしくは光学的記録媒体または半導体メモリなどの、 C P U により読み取り可能な記録媒体を含んだ構成を有し、これら記憶媒体内のプログラムおよびデータの一部または全部は図示しないネットワーク接続部を介して電子ネットワークを介してダウンロードされるように構成してもよい。

【 0 0 1 6 】

なお、この場合、ネットワーク接続部は、ネットワークの形態に応じた種々の情報通信用プロトコルを実装し、この各種プロトコルに従って画像処理 ECU 1 2 と他の車両の ECU などの電気機器とを電子ネットワークを介して接続する。この接続には、電子ネットワークを介した電氣的な接続などを適用することができる。ここで電子ネットワークとは、電気通信技術を利用した情報通信網全般を意味し、無線 / 有線 L A N (Local Area Network) やインターネット網のほか、電話通信回線網、光ファイバ通信ネットワーク、ケーブル通信ネットワークおよび衛星通信ネットワークなどを含む。

【 0 0 1 7 】

記憶部 1 3 は、画像処理 ECU 1 2 によるデータの読み書きが可能な不揮発性のメモリであり、あらかじめ、消失点 (F O E : Focus of Expansion) の情報 F O E (x_0 、 y_0) および路面データ $z_2 = z(x, y)$ 、路面閾値 z_{th} 、第 1 の固有値閾値 th_1 、第 2 の固有値閾値 th_2 、カメラ高さ H および角度閾値 th を記憶している。これらの情報は、電子ネットワークを介してまたは光ディスクなどの可搬型記憶媒体を介して更新されてもよい。

【 0 0 1 8 】

路面データ $z_2 = z(x, y)$ は、所定の設定路面上の点について、画像上の座標値と光軸方向座標値とを関連付けたデータをいうものとする。すなわち、画像処理 ECU 1 2 は、記憶部 1 3 に記憶された路面データを参照することにより、画像上の座標値 (x 、 y) に表示された対象物について、この対象物が所定の設定路面上にあるものと仮定した場合における光軸方向座標値 z_2 を取得することができる。

【 0 0 1 9 】

図 1 に示すように、画像処理 ECU 1 2 の C P U は、画像処理プログラムによって、少なくともスウィング角補正部 2 1、動きベクトル算出部 2 2、回転成分算出部 2 3、移動体検出部 2 4、スケールファクタ付き並進成分算出部 2 5、自車並進成分算出部 2 6、路面検出部 2 7、路面上点座標算出部 2 8、固有値・固有ベクトル算出部 2 9、定点設定部 3 0、近似平面作成部 3 1、路面データ更新部 3 2 およびスウィング角算出部 3 3 として機能する。この各部 2 1 ~ 3 3 は、 R A M の所要のワークエリアを、データの一時的な格納場所として利用する。なお、これらの機能実現部は、 C P U を用いることなく回路などのハードウェアロジックによって構成してもよい。

ここで、カメラ座標系について簡単に説明する。

【 0 0 2 0 】

図 2 は、カメラ座標系におけるカメラ投影面 4 1 と路面 4 2 との関係を示す説明図である。

【 0 0 2 1 】

本実施形態に係る車両用画像処理装置 1 0 は、カメラ座標系のみを用い、世界座標系を併用しないため、座標系の相互変換等の処理が不要である。

【 0 0 2 2 】

カメラ座標系 (x 、 y 、 z) は、カメラ 1 1 の中心を原点とする左手座標系である。カメラ座標系の z 軸は、カメラ 1 1 の光軸に一致するよう設定される。

【 0 0 2 3 】

10

20

30

40

50

カメラ投影面 4 1 は、カメラ座標系において $z = f$ の面である。 f はカメラ 1 1 の焦点距離である。カメラ 1 1 は、このカメラ投影面 4 1 に投影される車両周囲を撮像する。

【 0 0 2 4 】

対象物のある点 P のカメラ座標系の三次元座標を $P (X, Y, Z)$ とし、点 P のカメラ投影面 4 1 に投影された点 p の座標を $p (x, y, f)$ とする。このとき点 P の z 座標 (光軸方向座標) を z と定義すると $(Z = z)$ 、 $X = (z / f) \cdot x$ 、 $Y = (z / f) \cdot y$ 、 $Z = z$ と書ける。ここで、 x 、 y は投影面 4 1 上の $x y$ 座標値であり、 z は対象物の z 座標値であることに注意する。投影面 4 1 上の $x y$ 座標値は、カメラ 1 1 の画素と対応するものであるため、画像から容易に取得することができる。

【 0 0 2 5 】

カメラ高さ H は、タイヤが接地する車両直下の路面 (以下、車両直下平面という) 4 3 から見たカメラ 1 1 の中心の高さをいうものとする。

【 0 0 2 6 】

本実施形態では、カメラ 1 1 の中心から下ろした鉛直線と車両直下平面 4 3 との交点が定点 $P 0 (\quad, \quad)$ であるとともに、この $P 0$ から原点までの距離であるカメラ高さ H が定数であるものとする。また、本実施形態では、カメラ 1 1 により撮像される路面 4 2 は定点 $P 0$ を通るものとする。

【 0 0 2 7 】

スウィング角補正部 2 1 は、スウィング角算出部 3 3 から受けた角度ずれ を補正するよう、カメラ 1 1 により撮像された画像を z 軸を中心として回転補正する。この結果、カメラ 1 1 で撮像された画像はカメラ 1 1 の z 軸回りの取り付け角誤差を補正され、たとえば地平線が水平な位置に表示されるようになる。このスウィング角補正部 2 1 による回転補正は、たとえばカメラ 1 1 の取り付け時の初期設定において使用されてもよい。

【 0 0 2 8 】

動きベクトル算出部 2 2 は、ブロックマッチング法や勾配法などを用いて、カメラ 1 1 により撮像された複数の画像から画素ごとに動きベクトル (u, v) を算出する。

【 0 0 2 9 】

回転成分算出部 2 3 は、動きベクトル (u, v) および消失点情報 $F O E (x 0, y 0)$ にもとづいて回転成分 R_x, R_y, R_z を算出する。以下、より具体的に説明する。

【 0 0 3 0 】

カメラ投影面 4 1 上の動きベクトル (u, v) は、次のように書けることが知られている。

$$u = xy(1/f)R_x - (x^2+f^2)(1/f)R_y + yR_z - f(T_x/z) + x(T_z/z) \quad (1)$$

$$v = (y^2+f^2)(1/f)R_x - xy(1/f)R_y - xR_z - f(T_y/z) + y(T_z/z) \quad (2)$$

【 0 0 3 1 】

ここで、 x 、 y は投影面 4 1 上の $x y$ 座標値、 z は対象物の z 座標値をあらわす。また、 $R_x, R_y, R_z, T_x, T_y, T_z$ は運動パラメータであり、 R_x, R_y, R_z は車両の回転成分をあらわし、 T_x, T_y, T_z は自車と対象物との相対並進成分をあらわす。

【 0 0 3 2 】

車両の回転成分 R_x は x 軸中心の回転成分であり、自車のピッチング成分をあらわす。また、 R_y は y 軸中心の回転成分であり、自車のヨーイング成分をあらわす。ヨーイングは、主に舵角時 (自車の曲進時) に発生する。 R_z は z 軸中心の回転成分であり自車のローリング成分をあらわす。

【 0 0 3 3 】

対象物が静止物である場合には、回転成分で補正した対象物の動きベクトルの延長線が $F O E (x 0, y 0)$ に収束することが知られている (崎本隆志ら、火の国情報シンポジウム 2 0 0 3 講演論文集、「拡張焦点を用いた移動車両検出及び追跡に関する研究」 (2 0 0 3))。このため、次の式 (3) が導かれる。

$$[u - xy(1/f)R_x + (x^2+f^2)(1/f)R_y - yR_z] / [v - (y^2+f^2)(1/f)R_x + xy(1/f)R_y + xR_z]$$

10

20

30

40

50

$$= [x-x_0]/[y-y_0] \quad (3)$$

【0034】

したがって、 R_x 、 R_y 、 R_z を3つの未知数と考えれば、静止物に対応する少なくとも3つの画素の動きベクトルを得ることができれば R_x 、 R_y 、 R_z を算出できる。

【0035】

そこで、回転成分算出部23は、消失点情報FOE(x_0 、 y_0)を記憶部13から取得し、静止物に対応する3つ以上の画素の動きベクトル(u 、 v)についての式(3)にもとづいて回転成分 R_x 、 R_y 、 R_z を算出する。すなわち、回転成分算出部23は、カメラ11が取得した画像から回転成分を算出することができる。

【0036】

なお、回転成分は、車速データや舵角データなどの車両情報やジャイロセンサなどから求めることもできる。

【0037】

移動体検出部24は、消失点FOEに収束しない対象物については自車と異なる移動をしている移動体と判定するとともに、消失点FOEに収束する対象物については静止物と判定する。移動体検出部24は、静止物と判定した対象物の情報を回転成分算出部23および自車並進成分算出部26に与える。このため、回転成分算出部23は、静止物と判定された対象物に対応する3つ以上の画素の動きベクトル(u 、 v)についての式(3)にもとづいて回転成分 R_x 、 R_y 、 R_z を算出することができる。

【0038】

スケールファクタ付き並進成分算出部25は、画像に含まれる対象物に対応する動きベクトル(u 、 v)と車両の回転成分 R_x 、 R_y 、 R_z ともとづいて、対象物のスケールファクタ付きの相対並進成分(以下、スケールファクタ付き並進成分という) T_x/z 、 T_y/z 、 T_z/z を算出する。

【0039】

スケールファクタ付き並進成分 T_x/z 、 T_y/z 、 T_z/z は、対象物の相対並進成分 T_x 、 T_y 、 T_z を対象物の z 座標値で除したものである。このため、相対並進成分 T_x 、 T_y 、 T_z が同一であれば、遠くにある(z 座標値が大きい)ものほどスケールファクタ付き並進成分が小さくなる。対象物の点Pが静止しているか移動しているかによらず、点Pはスケールファクタ付き並進成分 T_x/z 、 T_y/z 、 T_z/z で運動していると画像上において観測される。以下、より具体的に説明する。

【0040】

式(1)および式(2)は、それぞれ次のように変形できる。

$$u - xy(1/f)R_x + (x^2 + f^2)(1/f)R_y - yR_z = -f(T_x/z) + x(T_z/z) \quad (4)$$

$$v - (y^2 + f^2)(1/f)R_x + xy(1/f)R_y + xR_z = -f(T_y/z) + y(T_z/z) \quad (5)$$

【0041】

式(4)および式(5)において、左辺は動きベクトル(u 、 v)を回転成分で補正したものである。

【0042】

式(4)および式(5)から、画像に含まれる対象物に対応する動きベクトル(u 、 v)と車両の回転成分 R_x 、 R_y 、 R_z ともとづいて、対象物のスケールファクタ付き並進成分 T_x/z 、 T_y/z 、 T_z/z を算出することができる。

【0043】

また、自車回転成分で補正した静止物(自車と平行移動する移動体を含む)の動きベクトルの傾きは、画素(x 、 y)からFOEへ向かうベクトルの傾きに等しくなる。この関係から、次式(6) - (9)が導かれる。

$$(x - x_0)/(y - y_0) = \{ -f(T_x/z) + x(T_z/z) \} / \{ -f(T_y/z) + y(T_z/z) \}$$

$$= (x - fT_x/T_z) / (y - fT_y/T_z) \quad (6)$$

$$x_0/f = T_x/T_z \quad (7)$$

$$y_0/f = T_y/T_z \quad (8)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

式 (7) および式 (8) を用いて T_x および T_y を T_z に置換することにより、式 (4) および式 (5) はそれぞれ次のように変形できる。

$$\{u - xy(1/f)R_x + (x^2+f^2)(1/f)R_y - yR_z\} = (-x0+x)(T_z/z) \quad (9)$$

$$\{v - (y^2+f^2)(1/f)R_x + xy(1/f)R_y + xR_z\} = (-y0+y)(T_z/z) \quad (10)$$

【 0 0 4 5 】

したがって、スケールファクタ付き並進成分算出部 25 は、式 (9) および式 (10) にもとづいてスケールファクタ付き並進成分 T_z / z を算出することができる。

【 0 0 4 6 】

自車並進成分算出部 26 は、記憶部 13 に記憶された路面データから画像上の座標値 (x 、 y) に表示された対象物 n (ただし、 n は対象物を識別するための添え字であるものとする) が所定の設定路面上にあるものと仮定した場合における光軸方向座標値 z_{2n} を取得し、対象物 n のスケールファクタ付き並進成分 (T_z / z) n に対して z_{2n} を乗じることにより自車並進成分 T_z を算出する。

【 0 0 4 7 】

対象物 n が静止物である場合、(T_z / z) $n \cdot z_{2n}$ を算出すれば、見かけ上の自車並進成分になる。 m 個の自車並進成分の平均を $T_{z\text{ave}}$ とすると $T_{z\text{ave}}$ は次の式から求めることができる。

$$T_{z\text{ave}} = (1/m) \sum_{n=1,2,\dots,m-1,m} (T_z/z)_n \cdot z_{2n} \quad (11)$$

【 0 0 4 8 】

路面検出部 27 は、自車並進成分の平均 $T_{z\text{ave}}$ と、対象物 n のスケールファクタ付き並進成分 (T_z / z) n とから次式を用いて対象物 n の光軸方向座標値 z_{1n} を算出する。

$$z_{1n} = (z/T_z)_n \cdot T_{z\text{ave}} \quad (12)$$

【 0 0 4 9 】

また、路面検出部 27 は、式 (12) を用いて求めた対象物 n の光軸方向座標値 z_{1n} と、記憶部 13 に記憶された路面データにおいて対象物 n の画像上の座標値 (x_n 、 y_n) に関連付けられた光軸方向座標値 $z_{2n} = z(x_n, y_n)$ と、を比較し、両者の差の絶対値が所定の路面閾値 z_{th} 以下であると、対象物 n を路面と判定し、この対象物 n の情報を路面上点座標算出部 28 に与える。

【 0 0 5 0 】

路面上点座標算出部 28 は、路面検出部 27 により路面と判定された対象物 n の画像上の座標値 (x_n 、 y_n) と光軸方向座標値 z_{1n} とを用いて、対象物 n のカメラ座標系における三次元座標値を求める。

【 0 0 5 1 】

対象物 n に対応する点 P_n の三次元座標値 $P_n (X_n, Y_n, Z_n)$ は、 x_n 、 y_n 、 z_{1n} と次の関係を満たす。

$$X_n = (z_{1n}/f) \cdot x_n \quad (13)$$

$$Y_n = (z_{1n}/f) \cdot y_n \quad (14)$$

$$Z = z_{1n} \quad (15)$$

【 0 0 5 2 】

路面上点座標算出部 28 は、この式 (13) - (15) を用いて点 P_n のカメラ座標系における三次元座標値を求める。

【 0 0 5 3 】

ここで、 z_{1n} はスケールファクタ付き並進成分 T_z / z と画像から推定した自車並進成分の平均 $T_{z\text{ave}}$ から求められており、 $T_{z\text{ave}}$ はスケールファクタ付き並進成分 T_z / z と過去の路面データ $z_2 = z(x, y)$ から求められているため、何らかの誤差を持っている。しかしながら、この誤差は式 (13) - (15) から明らかのように X_n 、 Y_n 、 Z_n に対して同じだけ影響を及ぼす。したがって、複数の点 P が乗る面として導出される平面の傾きには影響しない。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

固有値・固有ベクトル算出部 2 9 は、 $P_n (X_n, Y_n, Z_n)$ から次の共分散行列 S を作成する。

$$S=(1/N) (X_n, Y_n, Z_n)^T (X_n, Y_n, Z_n) \tag{ 1 6 }$$

ただし、 N は対象物の総数を表し、 \sum は複数画素 N 個についての総和を表す。

【 0 0 5 5 】

また、固有値・固有ベクトル算出部 2 9 は、共分散行列 S の固有値 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 、固有ベクトル $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \mathbf{v}_3$ を求める。ただし、固有値の大きい順に $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ とし、各固有値に対応する固有ベクトルをそれぞれ $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \mathbf{v}_3$ とする。

【 0 0 5 6 】

複数の点の分布を平面近似した場合、 $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2$ の張る平面は最小 2 乗最適解を与えることが知られている。また、共分散行列 S の固有値 λ_1, λ_2 が大きいほど、 $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2$ の張る平面方向に多数の点が分散していると考えられる。また、 λ_3 が小さいほど、 $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2$ の張る平面に直交する方向には点の分散が小さいと考えられる。

【 0 0 5 7 】

そこで、固有値・固有ベクトル算出部 2 9 は、固有値 λ_1, λ_2 が第 1 の固有値閾値 t_{h1} 以上であり、かつ固有値 λ_3 が第 2 の固有値閾値 t_{h2} 以下である場合に、現在画像内に存在している路面 4 2 を $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2$ の張る平面で近似できると判定し、固有値 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 、固有ベクトル $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \mathbf{v}_3$ の情報を近似平面作成部 3 1 に与える。一方、固有値・固有ベクトル算出部 2 9 は、固有値 λ_1, λ_2 が第 1 の固有値閾値 t_{h1} より小さいか、固有値 λ_3 が第 2 の固有値閾値 t_{h2} より大きい場合には、得られたデータが路面 4 2 を近似する平面を求めるには不十分と判定して廃棄する。

【 0 0 5 8 】

定点設定部 3 0 は、カメラ高さ H および消失点 $F O E$ の情報を用いて定点 P_0 を次のように設定する。なお、本実施形態において、カメラ高さ H および消失点 $F O E$ はあらかじめ記憶部 1 3 に記憶された既知の定数である。

$$x_0 = 0 \tag{ 1 7 }$$

$$y_0 = - Hf / (f^2 + y_0^2) \tag{ 1 8 }$$

$$z_0 = Hy_0 / (f^2 + y_0^2) \tag{ 1 9 }$$

【 0 0 5 9 】

近似平面作成部 3 1 は、共分散行列 S の固有ベクトルを用いて路面検出部 2 7 により路面と判定された対象物 n のなす近似平面を表す式を立てる。

【 0 0 6 0 】

具体的には、近似平面を表す式は、次の 2 つの方法で立てることができる。なお、以下の説明では、 $\mathbf{v}_1 = (v_{11}, v_{12}, v_{13})$ 、 $\mathbf{v}_2 = (v_{21}, v_{22}, v_{23})$ 、 $\mathbf{v}_3 = (v_{31}, v_{32}, v_{33})$ であるものとする。

【 0 0 6 1 】

第 1 の方法は、固有ベクトル \mathbf{v}_3 を用いて近似平面を表す式を作成する方法である。固有ベクトル \mathbf{v}_3 は、近似平面の法線ベクトルである（近似平面は固有ベクトル \mathbf{v}_3 に直交する）。この場合、近似平面が定点 $P_0 (x_0, y_0, z_0)$ を通るとすれば、近似平面を表す式は次のように書ける。

$$v_{31} (X - x_0) + v_{32} (Y - y_0) + v_{33} (Z - z_0) = 0 \tag{ 2 0 }$$

【 0 0 6 2 】

式 (1 7) - (1 9) を式 (2 0) に代入することにより、次の式が得られる。

$$v_{31} (xz - x_0 z_0) + v_{32} (yz - y_0 z_0) + v_{33} (fz - f z_0) = 0 \tag{ 2 1 }$$

【 0 0 6 3 】

ここで、 (x, y) は近似平面上の点 $P (X, Y, Z)$ の画像上の座標値であり、 z は近似平面上の点 $P (X, Y, Z)$ の光軸方向座標値である。このため、式 (2 1) を次のように変形することにより、画像上の座標値 (x, y) に表示された対象物について、この対象物が近似平面上にある場合における光軸方向座標値 z と画像上の座標値 (x, y)

10

20

30

40

50

とを関連付けることができる。

$$z = f(31 + 32 + 33) / (31x + 32y + 33f) \\ = Hf(-32f + 33y_0) / \{(31x + 32y + 33f)(f^2 + y_0^2)\} \quad (22)$$

【0064】

第2の方法は、固有ベクトル 1×2 を用いて近似平面を表す式を作成する方法である。この場合、近似平面が定点 $P_0(x_0, y_0, z_0)$ を通るとすれば、近似平面を表す式は次のように書ける。

$$(13 \ 22 \ - \ 23 \ 12)(X - x_0) + (11 \ 23 \ - \ 13 \ 21)(Y - y_0) \\ + (21, \ 12 \ - \ 11, \ 22)(Z - z_0) = 0 \quad (23)$$

【0065】

したがって、第1の方法と同様に、式(23)を次のように変形することにより、画像上の座標値 (x, y) に表示された対象物について、この対象物が近似平面上にある場合における光軸方向座標値 z と画像上の座標値 (x, y) とを関連付けることができる。

$$z = f \{ (13 \ 22 \ - \ 23 \ 12) + (11 \ 23 \ - \ 13 \ 21) + 33 \} \\ / \{ (13 \ 22 \ - \ 23 \ 12)x + (11 \ 23 \ - \ 13 \ 21)y + (21 \ 12 \ - \ 11 \ 22)f \} \quad (24)$$

【0066】

式(22)や式(24)により関連付けられた光軸方向座標値 z と画像上の座標値 (x, y) のデータ(以下、近似平面データという)は、記憶部13に記憶された路面データに比べ現在カメラ11が撮像する画像に含まれる路面により近いデータであるといえる。

【0067】

なお、このとき、原点から近似平面上の点 P までの距離 r は次式で与えられる

$$r^2 = X^2 + Y^2 + Z^2 = (x^2 + y^2 + f^2)(z^2 / f^2) \quad (25)$$

【0068】

したがって、画像上の座標値 (x, y) が得られれば、この座標値 (x, y) に表示された対象物が近似平面上にあるものと仮定した場合における三次元座標値を式(22)や式(24)から求めることができるとともに、距離 r を式(25)から一義的に求めることができる。

【0069】

路面データ更新部32は、近似平面作成部31から近似平面データを受け、記憶部13の路面データを近似平面データで更新する。

【0070】

スウィング角算出部33は、近似平面の法線ベクトル 3 を基準として画像上(投影面41上の) x, y 軸との角度 θ を求める。具体的には、スウィング角算出部33は、投影面41に投影した法線ベクトル 3 の方向と x 軸(または y 軸)との角度を算出し、この角度の0度(または90度)からのずれ θ を求める。また、スウィング角算出部33は、角度 θ が角度閾値 θ_{th} 以下であるとこの角度 θ の情報をスウィング角補正部21に与える。

【0071】

この角度 θ は、本実施形態における立体物と路面との判定には直接影響しない。しかし、撮像画像の地平線が水平になるようにカメラ11を車両に取り付けるのは手間がかかるため、カメラ11の画像は取り付け時の z 軸回りの回転誤差を含んでしまう場合がある。スウィング角算出部33によれば、容易に角度 θ の情報を取得することができ、スウィング角補正部21によって撮像画像の回転誤差をソフトウェア的に容易に補正することができる。

【0072】

次に、本実施形態に係る車両用画像処理装置10の動作の一例について説明する。

【0073】

図3は、第1実施形態に係る画像処理ECU12のCPUが、カメラ11により取得された画像からリアルタイムに路面の位置を求める際の手順を示すフローチャートである。

10

20

30

40

50

図 3 において、S に数字を付した符号はフローチャートの各ステップを示す。

【0074】

まず、ステップ S T 1 において、スウィング角補正部 2 1 は、カメラ 1 1 から撮像画像の画像データを取得する。

【0075】

次に、ステップ S T 2 において、スウィング角補正部 2 1 は、スウィング角算出部 3 3 から受けた角度ずれを補正するよう、カメラ 1 1 により撮像された画像を z 軸を中心として回転補正する。

【0076】

次に、ステップ S T 3 において、動きベクトル算出部 2 2 は、取得した画像データにもとづき、カメラ 1 1 により撮像された複数の画像間の動きベクトル (u 、 v) を画素ごとに求める。

10

【0077】

次に、ステップ S T 4 において、回転成分算出部 2 3 は、消失点情報 F O E (x 0 、 y 0) を記憶部 1 3 から取得し、静止物に対応する 3 つ以上の動きベクトル (u 、 v) についての式 (3) にもとづいて回転成分 R_x 、 R_y 、 R_z を算出する。

【0078】

次に、ステップ S T 5 において、移動体検出部 2 4 は、消失点 F O E に収束しない対象物については自車と異なる移動をしている移動体と判定するとともに、消失点 F O E に収束する対象物については静止物と判定する。なお、ステップ S T 4 および S T 5 は所定回数繰り返し行われてもよい。この場合、移動体検出部 2 4 により抽出された静止物の情報にもとづいて、回転成分算出部 2 3 は、ステップ S T 4 において回転成分 R_x 、 R_y 、 R_z を算出する。

20

【0079】

次に、ステップ S T 6 において、スケールファクタ付き並進成分算出部 2 5 は、車両の回転成分 R_x 、 R_y 、 R_z と、対象物の動きベクトル (u 、 v) と、にもとづいて式 (4) および式 (5) から対象物のスケールファクタ付き並進成分 T_x / z 、 T_y / z 、 T_z / z を算出する。また、スケールファクタ付き並進成分算出部 2 5 は、式 (9) および式 (10) にもとづいてスケールファクタ付き並進成分 T_z / z を算出する。

【0080】

30

次に、ステップ S T 7 において、自車並進成分算出部 2 6 は、記憶部 1 3 に記憶された路面データから画像上の座標値 (x 、 y) に表示された対象物 n が所定の設定路面上にあるものと仮定した場合における光軸方向座標値 z_{2n} を取得する。

【0081】

次に、ステップ S T 8 において、自車並進成分算出部 2 6 は、複数個の対象物についてスケールファクタ付き並進成分 (T_z / z) に対して z_2 を乗じることにより、複数の自車並進成分 T_z を算出して、これらの平均 $T_z \text{ a v e}$ を算出する。

【0082】

次に、ステップ S T 9 において、路面検出部 2 7 は、自車並進成分の平均 $T_z \text{ a v e}$ と、対象物 n のスケールファクタ付き並進成分 (T_z / z) n とから、式 (12) を用いて対象物 n の光軸方向座標値 z_{1n} を算出する。

40

【0083】

次に、ステップ S T 10 において、路面検出部 2 7 は、対象物 n の光軸方向座標値 z_{1n} と、記憶部 1 3 に記憶された路面データにおいて対象物 n の画像上の座標値 (x n 、 y n) に関連付けられた光軸方向座標値 $z_{2n} = z (x n 、 y n)$ との差の絶対値 $| z_{1n} - z_{2n} |$ が所定の路面閾値 z_{th} 以下であるか否かを判定する。 $| z_{1n} - z_{2n} |$ が z_{th} 以下である場合は、対象物 n が路面であると判定し、この対象物 n の情報を路面上点座標算出部 2 8 に与えてステップ S 11 に進む。一方、 $| z_{1n} - z_{2n} |$ が z_{th} より大きい場合は、対象物 n は路面ではなく立体物であると判定し、他の対象物についてこのステップ S T 10 を繰り返す。

50

【0084】

次に、ステップST11において、路面上点座標算出部28は、路面検出部27により路面と判定された対象物nの画像上の座標値 (x_n, y_n) と光軸方向座標値 z_{1n} とを用いて、式(13) - (15)にもとづき対象物nのカメラ座標系における三次元座標値 $P_n(X_n, Y_n, Z_n)$ を求める。

【0085】

次に、ステップST12において、固有値・固有ベクトル算出部29は、 $P_n(X_n, Y_n, Z_n)$ から共分散行列Sを作成する(式(16)参照)。

【0086】

次に、ステップST13において、固有値・固有ベクトル算出部29は、共分散行列Sの固有値 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 、固有ベクトル v_1, v_2, v_3 を求める。ただし、固有値の大きい順に $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ とし、各固有値に対応する固有ベクトルをそれぞれ v_1, v_2, v_3 とする。

10

【0087】

次に、ステップS14において、固有値・固有ベクトル算出部29は、固有値 λ_1, λ_2 が第1の固有値閾値 th_1 以上であり、かつ固有値 λ_3 が第2の固有値閾値 th_2 以下であると、現在画像内に存在している路面42を v_1, v_2 の張る平面で近似できると判定し、固有値 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 、固有ベクトル v_1, v_2, v_3 の情報を近似平面作成部31に与えてステップST15に進む。一方、固有値 λ_1, λ_2 が第1の固有値閾値 th_1 より小さいか、固有値 λ_3 が第2の固有値閾値 th_2 より大きいと、固有値・固有ベクトル算出部29は、得られたデータが路面42を近似する平面を求めるには不十分と判定して廃棄し、一連の手順は終了となる。

20

【0088】

次に、ステップST15において、定点設定部30は、カメラ高さHおよび消失点FOEの情報をを用いて定点 $P_0(x_0, y_0, z_0)$ を式(17) - (19)を用いて設定する。なお、本実施形態において、カメラ高さHおよび消失点FOEはあらかじめ記憶部13に記憶された既知の定数である。

【0089】

次に、ステップST16において、近似平面作成部31は、共分散行列Sの固有ベクトルを用いて路面検出部27により路面と判定された対象物nのなす近似平面を表す式(21)または式(23)を立て、式(22)または式(24)を導く。

30

【0090】

次に、ステップST17において、路面データ更新部32は、近似平面作成部31から式(22)または式(24)で定義される近似平面データを受け、記憶部13の路面データをこの近似平面データで更新する。

【0091】

次に、ステップST18において、スウィング角算出部33は、近似平面の法線ベクトル n_3 を基準として画像上(投影面41上の)xy軸との角度ずれ θ を求め、角度ずれが角度閾値 th 以下であるときの角度ずれ θ の情報をスウィング角補正部21に与える。

40

【0092】

以上の手順により、カメラ11により取得された画像からリアルタイムに路面の位置を求めることができる。

【0093】

本実施形態に係る車両用画像処理装置10は、カメラ11により取得された画像からリアルタイムに路面の位置を求めることができる。このため、カメラ11により撮像される路面と車両底面とが平行でない場合にも、容易に画像から対象物との距離を求めることができるとともに、移動体を特定することができる。

【0094】

したがって、本実施形態に係る車両用画像処理装置10によれば、たとえば路面の勾配

50

が変化しており車両直下の路面とカメラにより撮像される路面とで勾配の変化がある場合や、路面が平坦であっても車両積載荷重の多寡や乗車人員の変動による車両傾きがある場合にも、容易に画像から路面との距離を求めることができるとともに、移動体を特定することができる。

【0095】

また、本実施形態に係る車両用画像処理装置10は、リアルタイムに取得した路面の法線ベクトルの情報を用いることにより、容易にカメラ11のz軸回りの取り付け角誤差をソフトウェア的に補正することができる。

【0096】

また、本実施形態に係る車両用画像処理装置10は、カメラ11により撮像された画像データのみに用いて記憶部13の路面データを更新することができる。

10

(第2の実施形態)

【0097】

次に、本発明に係る車両用画像処理装置および車両用画像処理方法の第2実施形態について説明する。

【0098】

図4は、本発明の第2実施形態に係る車両用画像処理装置10Aの一例を示す全体構成図である。

【0099】

この第2実施形態に示す車両用画像処理装置10Aは、車速パルスや加速度センサの出力を取得することで自車の速度を検出する自車速度検出部51とカメラ高さHを校正するためのカメラ高さ校正部52を備え、記憶部13にカメラ高さHがあらかじめ記憶されなくてもよい点で第1実施形態に示す車両用画像処理装置10と異なる。他の構成および作用については図1に示す車両用画像処理装置10と実質的に異なるため、同じ構成には同一符号を付して説明を省略する。

20

【0100】

自車速度検出部51は、車速パルスや加速度センサの出力を取得することにより、自車の速度を検出し、自車並進成分 T_z を取得する。この自車並進速度 T_z は、画像とは独立して得られる情報である。自車並進成分 T_z は、第1実施形態における自車並進成分の平均 $T_z \text{ ave}$ にかえて路面検出部27に用いられる。なお、自車速度検出部51は、自車速度の所定期間の平均から自車並進成分 T_z を算出してもよい。

30

【0101】

カメラ高さ校正部52は、スケールファクタつき相対並進成分 T_x/z 、 T_y/z 、 T_z/z と自車速度検出部51により検出された自車並進成分 T_z とを用いて路面検出部27により算出されたカメラ座標系における対象物nの光軸方向座標値 z_{1n} を取得する。また、カメラ高さ校正部52は、式(22)に対して定点 $P_0(x_0, y_0, z_0)$ の式(17) - (19)を代入した式を近似平面作成部31から取得する。ここで、本実施形態において、定点 $P_0(x_0, y_0, z_0)$ の式(17) - (19)におけるカメラ高さHは未知数として扱われる。

【0102】

40

そして、カメラ高さ校正部52は、式(22)に対して定点 $P_0(x_0, y_0, z_0)$ の式(17) - (19)を代入した式に対して、複数の対象物の光軸方向座標値 z_1 を代入することにより、複数のHの値を求め、この求めた複数のHの値の平均をカメラが取り付けられた高さHとし、記憶部13に記憶させる。

【0103】

次に、本実施形態に係る車両用画像処理装置10Aの動作の一例について説明する。

【0104】

図5は、第2実施形態に係る画像処理ECU12のCPUが、カメラ11により取得された画像からリアルタイムに路面の位置を求める際の手順を示すフローチャートである。図5において、Sに数字を付した符号はフローチャートの各ステップを示す。図3と同等

50

のステップには同一符号を付し、重複する説明を省略する。

【0105】

ステップS21において、自転車速度検出部51は、車速パルスや加速度センサの出力を取得することにより、自転車の速度を検出し、自転車並進成分 T_z を取得する。

【0106】

ステップS22において、カメラ高さ校正部52は、路面検出部27から対象物nの光軸方向座標値 z_{1n} を、近似平面作成部31から式(22)に対して定点 P_0 (\quad 、 \quad 、 \quad)の式(17) - (19)を代入した式を、それぞれ取得する。カメラ高さ校正部52は、式(22)に対して定点 P_0 (\quad 、 \quad 、 \quad)の式(17) - (19)を代入した式に対して、複数の対象物の光軸方向座標値 z_1 を代入することにより、複数のHの値を求め、そして、カメラ高さ校正部52は、求めた複数のHの値の平均をカメラが取り付けられた高さHとし、記憶部13に記憶させる。

10

【0107】

本実施形態に係る車両用画像処理装置10Aもまた、カメラ11により取得された画像からリアルタイムに路面の位置を求めることができる。このため、カメラ11により撮像される路面と車両底面とが平行でない場合にも、容易に画像から対象物との距離を求めることができるとともに、移動体を特定することができる。

【0108】

したがって、本実施形態に係る車両用画像処理装置10Aによれば、たとえば路面の勾配が変化しており車両直下の路面とカメラにより撮像される路面とで勾配の変化がある場合や、路面が平坦であっても車両積載荷重の多寡や乗車人員の変動による車両傾きがある場合にも、容易に画像から路面との距離を求めることができるとともに、移動体を特定することができる。

20

【0109】

また、本実施形態に係る車両用画像処理装置10Aは、リアルタイムに取得した路面の法線ベクトルの情報を用いることにより、容易にカメラ11のz軸回りの取り付け角誤差をソフトウェア的に補正することができる。

【0110】

また、本実施形態に係る車両用画像処理装置10Aは、自転車速度検出部51を備え、自転車並進速度 T_z として正確な値を用いることができる。このため、この正確な自転車並進速度 T_z を用いてカメラ11の取り付け高さHを校正することができる。

30

(第3の実施形態)

【0111】

次に、本発明に係る車両用画像処理装置および車両用画像処理方法の第3実施形態について説明する。

【0112】

図6は、本発明の第3実施形態に係る車両用画像処理装置10Bの一例を示す全体構成図である。

【0113】

この第2実施形態に示す車両用画像処理装置10Bは、車速パルスや加速度センサの出力を取得することで自転車の速度を検出する自転車速度検出部51と、路面検出部27により路面上の点と判定された点について別の条件を用いて路面上の点であるか否かを判定する路面上点信頼性評価部61を備え、記憶部13に信頼性閾値 R_{th} がさらにあらかじめ記憶されており、近似平面が定点 P_0 を通る必要がない点で第1実施形態に示す車両用画像処理装置10と異なる。他の構成および作用については図1に示す車両用画像処理装置10と実質的に異ならないため、同じ構成には同一符号を付して説明を省略する。また、自転車速度検出部51は第2実施形態に示す車両用画像処理装置10Aと実質的に異ならないため、同一符号を付して説明を省略する。

40

【0114】

路面上点信頼性評価部61は、路面検出部27により路面と判定された複数の対象物間

50

のベクトルと固有ベクトル 3 との内積が所定の信頼性閾値 R_{th} 以下である対象物を抽出し、抽出した対象物の情報を近似平面作成部 3 1 に与える。

【0115】

ここで、複数の対象物間のベクトルと固有ベクトル 3 との内積を算出することは、KL 変換の 3 の係数算出と同様の意味を持つ。すなわち、この内積は、複数の対象物間のベクトルの 3 成分の大きさを表しており、1、2 の張る平面との差異を示しているといえる。したがって、この内積が大きな値をとるものは平面との差異が大きいと判断できる。理想的に平面上に位置すればこの内積はゼロになる。

【0116】

近似平面作成部 3 1 は、固有値・固有ベクトル算出部 2 9 から法線ベクトル 3 (または 1×2) を受けて、未知定数 d を用いて 3 に直交する次の近似平面式を定義する。

$$31X + 32Y + 33Z = d \quad (26)$$

【0117】

また、近似平面作成部 3 1 は、路面上点信頼性評価部 6 1 から受けた対象物の三次元座標値 $P_n(X_n, Y_n, Z_n)$ を式 (26) に代入することにより、未知定数 d の値を求める。このとき、可能な限り多数の対象物を用いて d の平均値 d_{ave} を算出するとよい。この d_{ave} を用いることにより、式 (26) は次のように書ける。

$$31X + 32Y + 33Z = d_{ave} \quad (27)$$

【0118】

そして、近似平面作成部 3 1 は、式 (13) - (15) を用いて式 (27) を整理し、 $z = z_2$ として、近似平面データをあらわす次の式 (28) を得る。

$$z_2 = f_{d_{ave}} / (31x + 32y + 33f) \quad (28)$$

【0119】

路面データ更新部 3 2 は、近似平面作成部 3 1 から式 (28) で表される近似平面データを受け、記憶部 1 3 の路面データをこの近似平面データで更新する。

【0120】

次に、本実施形態に係る車両用画像処理装置 1 0 B の動作の一例について説明する。

【0121】

図 7 は、第 3 実施形態に係る画像処理 ECU 1 2 の CPU が、カメラ 1 1 により取得された画像からリアルタイムに路面の位置を求める際の手順を示すフローチャートである。図 7 において、S に数字を付した符号はフローチャートの各ステップを示す。図 3 および図 5 と同等のステップには同一符号を付し、重複する説明を省略する。

【0122】

ステップ S T 3 1 において、近似平面作成部 3 1 は、未知定数 d を用いて 3 に直交する近似平面を表す式 (26) を立てる。

【0123】

次に、ステップ S T 3 2 において、路面上点信頼性評価部 6 1 は、路面検出部 2 7 により路面と判定された複数の対象物間のベクトルと固有ベクトル 3 との内積が所定の信頼性閾値 R_{th} 以下である対象物を抽出し、抽出した対象物の情報を近似平面作成部 3 1 に与える。

【0124】

次に、ステップ S T 3 3 において、近似平面作成部 3 1 は、路面上点信頼性評価部 6 1 から受けた対象物の三次元座標値 $P_n(X_n, Y_n, Z_n)$ を式 (26) に代入することにより、未知定数 d の値を求める。そして、近似平面作成部 3 1 は、式 (13) - (15) を用いて式 (27) を整理し、近似平面データをあらわす式 (28) を立てる。

【0125】

次に、ステップ S T 3 4 において、路面データ更新部 3 2 は、近似平面作成部 3 1 から式 (28) で表される近似平面データを受け、記憶部 1 3 の路面データをこの近似平面データで更新する。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 6 】

本実施形態に係る車両用画像処理装置 1 0 B もまた、カメラ 1 1 により取得された画像からリアルタイムに路面の位置を求めることができる。このため、カメラ 1 1 により撮像される路面と車両底面とが平行でない場合にも、容易に画像から対象物との距離を求めることができるとともに、移動体を特定することができる。

【 0 1 2 7 】

したがって、本実施形態に係る車両用画像処理装置 1 0 B によれば、たとえば路面の勾配が変化しており車両直下の路面とカメラにより撮像される路面とで勾配の変化がある場合や、路面が平坦であっても車両積載荷重の多寡や乗車人員の変動による車両傾きがある場合にも、容易に画像から対象物との距離を求めることができるとともに、移動体を特定することができる。

10

【 0 1 2 8 】

また、本実施形態に係る車両用画像処理装置 1 0 B は、リアルタイムに取得した路面の法線ベクトルの情報を用いることにより、容易にカメラ 1 1 の z 軸回りの取り付け角誤差をソフトウェア的に補正することができる。

【 0 1 2 9 】

また、本実施形態に係る車両用画像処理装置 1 0 B は、路面上点信頼性評価部 6 1 を備え、路面検出部 2 7 により路面と判定された対象物をさらに選定する。このため、より実際の路面に近い近似平面を表す式を立てることができる。

【 0 1 3 0 】

また、近似平面作成部 3 1 により立てられる近似平面を表す式には、定点 P 0 の情報が含まれていない。このため、カメラ 1 1 からみた斜面の開始位置によらず、カメラ 1 1 に撮像される路面が定点 P 0 を通らない平面である場合にも、正確に路面を近似した平面を表す式を立てることができる。また、記憶部 1 3 に記憶された路面データをこの路面に対応する路面データ（近似平面データ）で更新することができる。したがって、第 1 実施形態および第 2 実施形態に係る車両用画像装置 1 0 および 1 0 A に比べ、より正確に路面との距離を求めることができるとともに、より正確に移動体、立体物、路面の特定を行うことができる。

20

【 0 1 3 1 】

なお、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

30

【 0 1 3 2 】

また、本発明の実施形態では、フローチャートの各ステップは、記載された順序に沿って時系列的に行われる処理の例を示したが、必ずしも時系列的に処理されなくとも、並列的あるいは個別実行される処理をも含むものである。

【 符号の説明 】

40

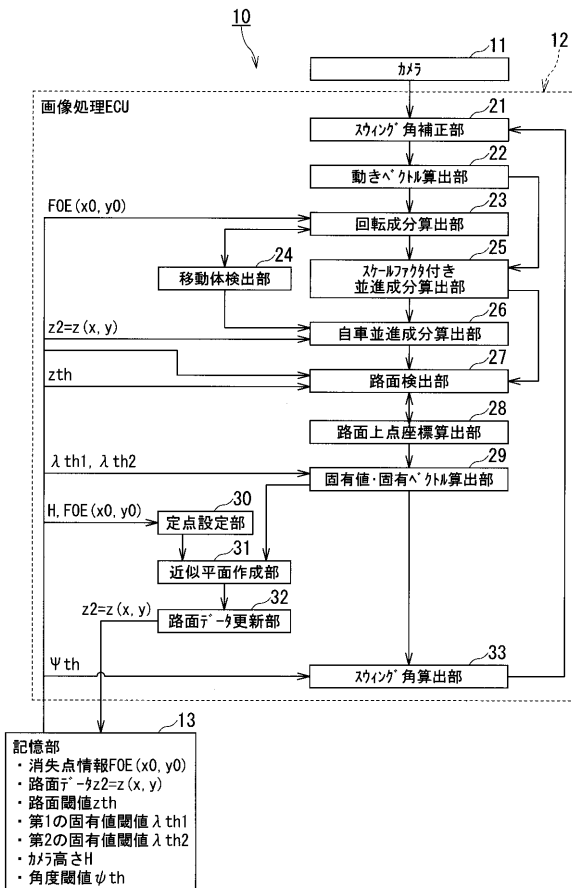
【 0 1 3 3 】

- 1 0 車両用画像処理装置
- 1 1 カメラ
- 1 2 画像処理 E C U
- 1 3 記憶部
- 2 1 スウィング角補正部
- 2 2 動きベクトル算出部
- 2 3 回転成分算出部
- 2 4 移動体検出部
- 2 5 スケールファクタ付き並進成分算出部

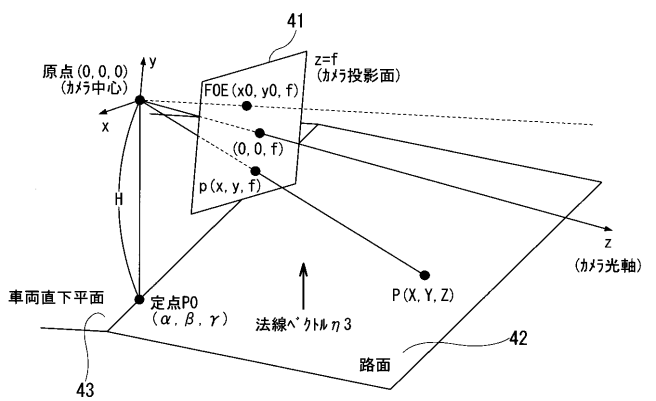
50

- 2 6 自車並進成分算出部
- 2 7 路面検出部
- 2 8 路面上点座標算出部
- 2 9 固有値・固有ベクトル算出部
- 3 0 定点設定部
- 3 1 近似平面作成部
- 3 2 路面データ更新部
- 3 3 スウィング角算出部
- 4 1 カメラ投影面
- 4 2 路面
- 4 3 車両直下平面
- 5 1 自車速度検出部
- 5 2 カメラ高さ校正部
- 6 1 路面上点信頼性評価部

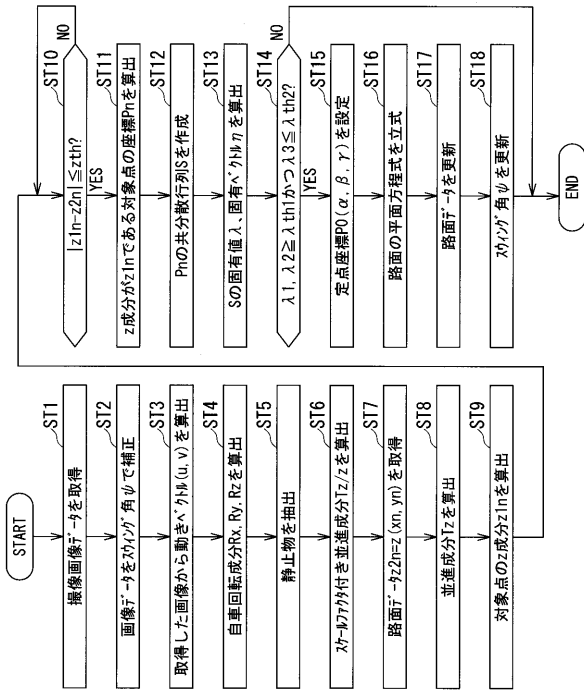
【 図 1 】



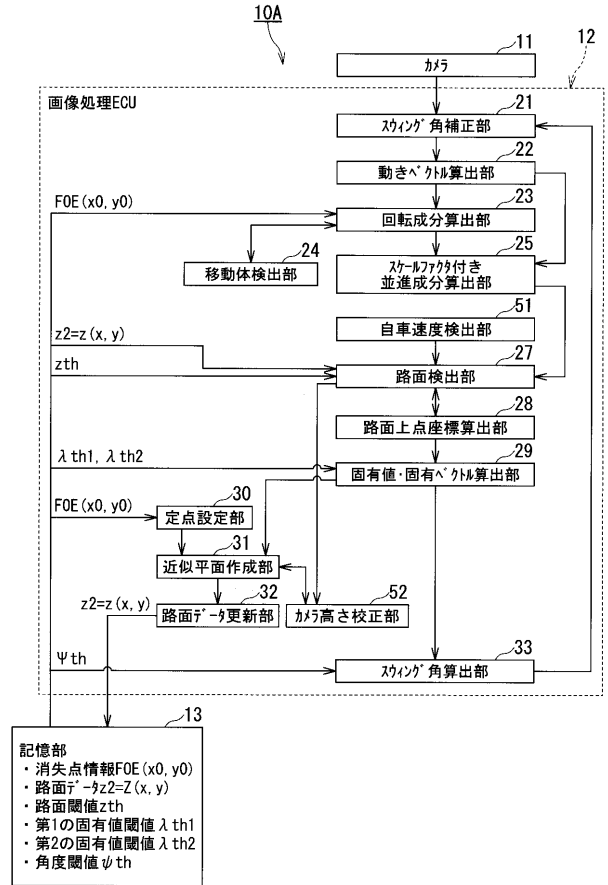
【 図 2 】



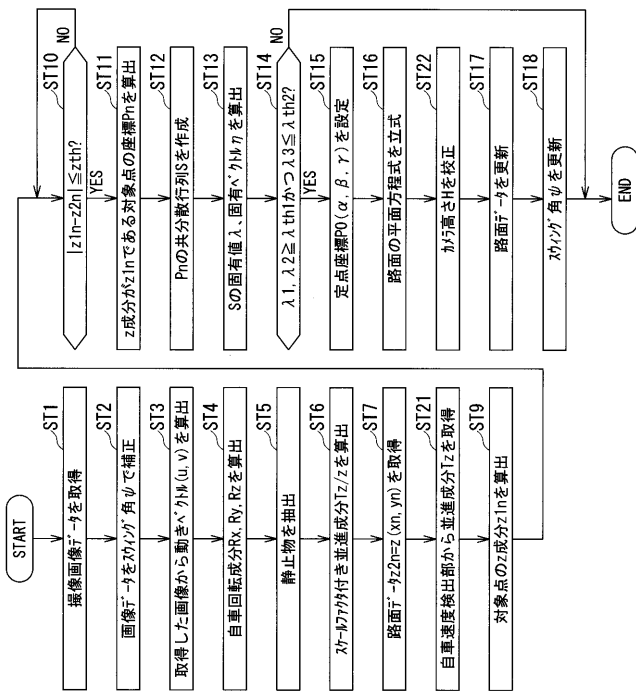
【図3】



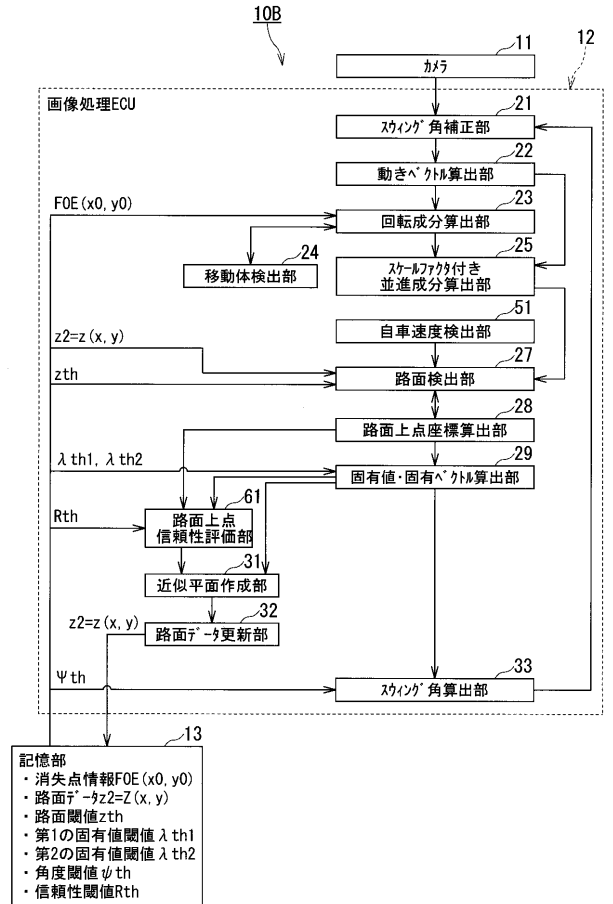
【図4】



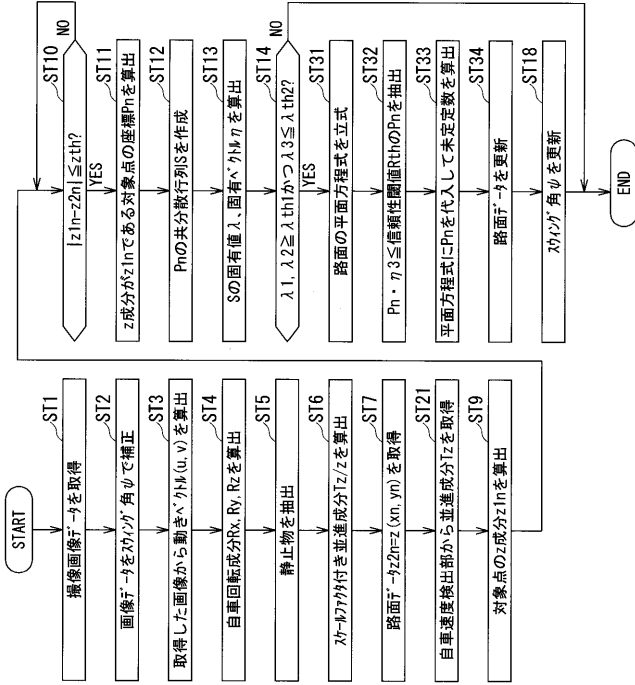
【図5】



【図6】



【 図 7 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

G 0 8 G 1/16

C

Fターム(参考) 5H181 AA01 CC04 CC24 FF27 LL04
5L096 BA02 BA04 CA04 FA03 HA04