

(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2019-102007
(P2019-102007A)

(43) 公開日 令和1年6月24日(2019.6.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G06T 7/70 (2017.01)	G06T 7/70 B	5H181
G06T 7/564 (2017.01)	G06T 7/564	5L096
G08G 1/16 (2006.01)	G08G 1/16 C	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2017-235717 (P2017-235717)	(71) 出願人	000003078
(22) 出願日	平成29年12月8日 (2017.12.8)		株式会社東芝
			東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(71) 出願人	317011920
			東芝デバイス&ストレージ株式会社
			東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(74) 代理人	110002147
			特許業務法人酒井国際特許事務所
		(72) 発明者	田崎 豪
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
			東芝内
		(72) 発明者	宮本 拓弥
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
			東芝内

最終頁に続く

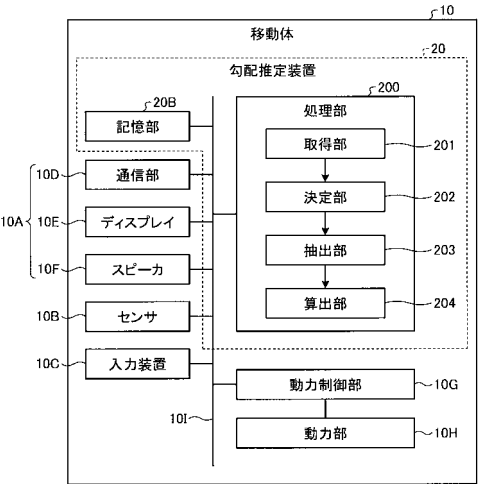
(54) 【発明の名称】 勾配推定装置、勾配推定方法、プログラムおよび制御システム

(57) 【要約】

【課題】 勾配の推定精度をより向上させる。

【解決手段】 勾配推定装置は、取得部と、抽出部と、算出部と、を備える。取得部は、平面を撮影した第1画像と第2画像とを取得する。抽出部は、第1画像から平面の勾配方向と異なる方向のオブジェクトの境界を示す第1画素を抽出し、第2画像から第1画素に対応する第2画素を抽出する。算出部は、第1画素と第2画素との一致度が大きくなるように第1画像および第2画像の少なくとも一方を変換することにより、平面の勾配の大きさを算出する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

平面を撮影した第 1 画像と第 2 画像とを取得する取得部と、

前記第 1 画像から前記平面の勾配方向と異なる方向のオブジェクトの境界を示す第 1 画素を抽出し、前記第 2 画像から前記第 1 画素に対応する第 2 画素を抽出する抽出部と、

前記第 1 画素と前記第 2 画素との一致度が大きくなるように前記第 1 画像および前記第 2 画像の少なくとも一方を変換することにより、前記平面の勾配の大きさを算出する算出部と、

を備える勾配推定装置。

【請求項 2】

前記抽出部は、前記勾配方向と異なる方向のエッジ上の画素を、前記第 1 画素として抽出する、

請求項 1 に記載の勾配推定装置。

【請求項 3】

前記算出部は、前記第 1 画素を含む領域の特徴量と前記第 2 画素を含む領域の特徴量との類似度に基づき、前記第 1 画素と前記第 2 画素の一致度を決定する、

請求項 1 に記載の勾配推定装置。

【請求項 4】

前記算出部は、前記類似度に基づいて、相互に類似する前記第 1 画素と前記第 2 画素とを対応づけ、対応づけた前記第 1 画素と前記第 2 画素の画像上での距離が小さいほど大きくなる前記一致度を決定する、

請求項 3 に記載の勾配推定装置。

【請求項 5】

前記算出部は、前記類似度が大きいほど大きい値となる前記一致度を決定する、

請求項 3 に記載の勾配推定装置。

【請求項 6】

前記算出部は、前記平面の勾配の大きさを示す複数の推定値を用いて前記第 1 画像を変換し、複数の前記推定値のうち、前記一致度が他の推定値より大きい推定値を、前記平面の勾配の大きさとして算出する、

請求項 1 に記載の勾配推定装置。

【請求項 7】

前記算出部は、前記第 1 画素と前記第 2 画素との一致度が大きくなるように前記第 1 画像を変換する変換パラメータを求め、前記変換パラメータから前記平面の勾配の大きさを算出する、

請求項 1 に記載の勾配推定装置。

【請求項 8】

画像内の領域を設定する設定部をさらに備え、

前記抽出部は、設定された前記領域に対応する前記第 1 画像の領域から前記第 1 画素を抽出し、設定された前記領域に対応する前記第 2 画像の領域から前記第 2 画素を抽出する、

請求項 1 に記載の勾配推定装置。

【請求項 9】

前記設定部は、前記勾配方向に並ぶ複数の領域を設定し、

前記算出部は、複数の前記領域それぞれについて勾配の大きさを算出し、複数の前記領域について算出した複数の勾配の大きさの変化をさらに算出する、

請求項 8 に記載の勾配推定装置。

【請求項 10】

前記平面の勾配方向を決定する決定部をさらに備え、

前記抽出部は、決定された勾配方向と異なる方向のオブジェクトの境界を示す前記第 1 画素を抽出する、

10

20

30

40

50

請求項 1 に記載の勾配推定装置。

【請求項 1 1】

平面を撮影した第 1 画像と第 2 画像とを取得する取得ステップと、

前記第 1 画像から前記平面の勾配方向と異なる方向のオブジェクトの境界を示す第 1 画素を抽出し、前記第 2 画像から前記第 1 画素に対応する第 2 画素を抽出する抽出ステップと、

前記第 1 画素と前記第 2 画素との一致度が大きくなるように前記第 1 画像および前記第 2 画像の少なくとも一方を変換することにより、前記平面の勾配の大きさを算出する算出ステップと、

を含む勾配推定方法。

10

【請求項 1 2】

コンピュータを、

平面を撮影した第 1 画像と第 2 画像とを取得する取得部と、

前記第 1 画像から前記平面の勾配方向と異なる方向のオブジェクトの境界を示す第 1 画素を抽出し、前記第 2 画像から前記第 1 画素に対応する第 2 画素を抽出する抽出部と、

前記第 1 画素と前記第 2 画素との一致度が大きくなるように前記第 1 画像および前記第 2 画像の少なくとも一方を変換することにより、前記平面の勾配の大きさを算出する算出部と、

として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、勾配推定装置、勾配推定方法およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

複数の画像を使用した路面などの平面の勾配を推定する技術が知られている。例えば、設定した路面候補領域における 2 枚の画像の輝度差がなくなるように、一方の画像を画像変換した変換パラメータから勾配を推定する技術が提案されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

30

【0003】

【非特許文献 1】杉本 茂樹他、“ステレオ画像を用いた高速な平面パラメータ推定法”、情報処理学会論文誌、Vol.48、No.SIG1、pp.24-34、2007年2月

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、従来技術では、勾配の推定精度が低下する場合があった。例えば、2 枚の画像を取得した撮影装置（カメラ）の位置および姿勢に誤差がある状況では、路面の勾配方向に伸びる白線の影響が強くなり、勾配の推定精度が大きく減少する場合があった。

【課題を解決するための手段】

40

【0005】

実施形態の勾配推定装置は、取得部と、抽出部と、算出部と、を備える。取得部は、平面を撮影した第 1 画像と第 2 画像とを取得する。抽出部は、第 1 画像から平面の勾配方向と異なる方向のオブジェクトの境界を示す第 1 画素を抽出し、第 2 画像から第 1 画素に対応する第 2 画素を抽出する。算出部は、第 1 画素と第 2 画素との一致度が大きくなるように第 1 画像および第 2 画像の少なくとも一方を変換することにより、平面の勾配の大きさを算出する。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図 1】実施形態の移動体の例を示す図。

50

【図 2】第 1 の実施形態の移動体の機能構成の例を示す図。

【図 3】取得される画像の一例を示す図。

【図 4】平面の勾配方向の決定方法を説明するための図。

【図 5】平面の勾配方向の決定方法を説明するための図。

【図 6】平面の勾配方向の決定方法を説明するための図。

【図 7】抽出される画素の一例を示す図。

【図 8】画像変換の一例を示す図。

【図 9】画像変換の一例を示す図。

【図 10】第 1 の実施形態における勾配推定処理のフローチャート。

【図 11】第 2 の実施形態の移動体の機能構成の例を示す図。

【図 12】設定される候補領域の一例を示す図。

【図 13】設定される候補領域の一例を示す図。

【図 14】設定される候補領域の一例を示す図。

【図 15】設定される候補領域の一例を示す図。

【図 16】設定される候補領域の一例を示す図。

【図 17】複数の候補領域を設定した例を示す図。

【図 18】第 2 の実施形態における勾配推定処理のフローチャート。

【図 19】第 1 または第 2 の実施形態にかかる勾配推定装置のハードウェア構成図。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下に添付図面を参照して、この発明にかかる勾配推定装置の好適な実施形態を詳細に説明する。以下では、移動体が勾配推定装置を備える例を説明するが、適用可能な例はこれに限られない。

【0008】

(第 1 の実施形態)

第 1 の実施形態にかかる勾配推定装置は、平面を撮影した 2 つの画像から、平面の勾配方向と異なる方向に並ぶ画素を抽出し、抽出した画素がより一致するように画像を変換することにより、平面の勾配（勾配の大きさ）を推定する。これにより、例えば勾配方向に伸びる白線の影響を低減させ、勾配の推定精度をより向上させることが可能となる。

【0009】

図 1 は、本実施形態の移動体 10 の一例を示す図である。

【0010】

移動体 10 は、勾配推定装置 20 と、出力部 10A と、センサ 10B と、入力装置 10C と、動力制御部 10G と、動力部 10H と、を備える。

【0011】

勾配推定装置 20 は、画像内に撮影された平面の勾配を推定する。平面は、例えば移動体 10 の移動方向に存在する路面、地面、水面、床面、壁面、および、天井面などを含む。勾配推定装置 20 は、例えば、専用または汎用コンピュータである。本実施形態では、勾配推定装置 20 が、移動体 10 に搭載されている場合を一例として説明する。

【0012】

移動体 10 は、移動可能な物体である。移動体 10 は、例えば、車両（自動二輪車、自動四輪車、自転車）、台車、ロボット、船舶、飛行体（飛行機、無人航空機（UAV: Unmanned Aerial Vehicle）など）である。移動体 10 は、例えば、人による運転操作を介して走行する移動体や、人による運転操作を介さずに自動的に走行（自律走行）可能な移動体である。自動走行可能な移動体は、例えば、自動運転車両である。本実施形態の移動体 10 は、自律走行可能な車両である場合を一例として説明する。

【0013】

なお、勾配推定装置 20 は、移動体 10 に搭載された形態に限定されない。勾配推定装置 20 は、静止物に搭載されていてもよい。静止物は、移動不可能な物や、地面に対して

10

20

30

40

50

静止した状態の物である。静止物は、例えば、ガードレール、ポール、駐車車両、道路標識、などである。また、勾配推定装置 20 は、クラウド上で処理を実行するクラウドサーバに搭載されていてもよい。

【0014】

出力部 10A は、各種情報を出力する。例えば出力部 10A は、各種処理による出力情報を出力する。

【0015】

出力部 10A は、例えば、出力情報を送信する通信機能、出力情報を表示する表示機能、出力情報を示す音を出力する音出力機能、などを備える。例えば、出力部 10A は、通信部 10D と、ディスプレイ 10E と、スピーカ 10F と、を含む。

10

【0016】

通信部 10D は、外部装置と通信する。通信部 10D は、VICS（登録商標）通信回路やダイナミックマップ通信回路である。通信部 10D は、出力情報を外部装置へ送信する。また、通信部 10D は、道路情報などを外部装置から受信する。道路情報は、信号、標識、周囲の建物、各車線の道幅、レーン中心線などである。道路情報は、記憶部 20B に記憶されていてもよい。

【0017】

ディスプレイ 10E は、出力情報を表示する。ディスプレイ 10E は、例えば、公知の LCD (Liquid Crystal Display) や投影装置やライトなどである。スピーカ 10F は、出力情報を示す音を出力する。

20

【0018】

センサ 10B は、移動体 10 の走行環境を取得するセンサである。走行環境は、例えば、移動体 10 の観測情報や、移動体 10 の周辺情報である。センサ 10B は、例えば、外界センサや内界センサである。

【0019】

内界センサは、観測情報を観測するセンサである。観測情報は、例えば、移動体 10 の加速度、移動体 10 の速度、移動体 10 の角速度を含む。

【0020】

内界センサは、例えば、慣性計測装置 (IMU: Inertial Measurement Unit)、加速度センサ、速度センサ、ロータリエンコーダ、などである。IMU は、移動体 10 の三軸加速度および三軸角速度を含む観測情報を観測する。

30

【0021】

外界センサは、移動体 10 の周辺情報を観測する。外界センサは、移動体 10 に搭載されていてもよいし、該移動体 10 の外部（例えば、他の移動体や外部装置など）に搭載されていてもよい。

【0022】

周辺情報は、移動体 10 の周辺の状況を示す情報である。移動体 10 の周辺とは、該移動体 10 から予め定めた範囲内の領域である。この範囲は、外界センサの観測可能な範囲である。この範囲は、予め設定すればよい。

【0023】

周辺情報は、例えば、移動体 10 の周辺の撮影画像および距離情報などである。なお、周辺情報は、移動体 10 の位置情報を含んでいてもよい。撮影画像は、撮影によって得られる撮影画像データである（以下、単に、撮影画像と称する場合がある）。距離情報は、移動体 10 から対象までの距離を示す情報である。対象は、外界における、外界センサによって観測可能な箇所である。位置情報は、相対位置であってもよいし、絶対位置であってもよい。

40

【0024】

外界センサは、例えば、撮影によって撮影画像を得る撮影装置、距離センサ（ミリ波レーダ、レーザセンサ、距離画像センサ）、位置センサ（GNSS (Global Navigation Satellite System)、GPS (Global Pos

50

itioning System)、無線通信装置) などである。

【0025】

撮影画像は、画素ごとに画素値を規定したデジタル画像データや、画素毎にセンサ10Bからの距離を規定したデプスマップなどである。レーザセンサは、例えば、水平面に対して平行に設置された二次元LIDAR(Laser Imaging Detection and Ranging)センサや、三次元LIDARセンサである。

【0026】

入力装置10Cは、ユーザからの各種指示や情報入力を受け付ける。入力装置10Cは、例えば、マウスやトラックボール等のポインティングデバイス、または、キーボード等の入力デバイスである。また、入力装置10Cは、ディスプレイ10Eと一体的に設けられたタッチパネルにおける入力機能であってもよい。

10

【0027】

動力制御部10Gは、動力部10Hを制御する。動力部10Hは、移動体10に搭載された、駆動するデバイスである。動力部10Hは、例えば、エンジン、モータ、車輪、などである。

【0028】

動力部10Hは、動力制御部10Gの制御によって駆動する。例えば、動力制御部10Gは、勾配推定装置20で生成された出力情報や、センサ10Bから得られた情報などに基づいて、周辺の状態を判断し、アクセル量、ブレーキ量、操舵角などの制御を行う。例えば、動力制御部10Gは、移動体10が所望の速度で移動するように、勾配推定装置20により推定された勾配の大きさに応じてアクセル量およびブレーキ量を調整する。

20

【0029】

次に、移動体10の電氣的構成について詳細に説明する。図2は、移動体10の構成の一例を示すブロック図である。

【0030】

移動体10は、勾配推定装置20と、出力部10Aと、センサ10Bと、入力装置10Cと、動力制御部10Gと、動力部10Hと、を備える。出力部10Aは、上述したように、通信部10Dと、ディスプレイ10Eと、スピーカ10Fと、を含む。

【0031】

勾配推定装置20、出力部10A、センサ10B、入力装置10C、および動力制御部10Gは、バス10Iを介して接続されている。動力部10Hは、動力制御部10Gに接続されている。

30

【0032】

勾配推定装置20は、記憶部20Bと、処理部200と、を有する。すなわち、出力部10A、センサ10B、入力装置10C、動力制御部10G、処理部200、および記憶部20Bは、バス10Iを介して接続されている。

【0033】

なお、記憶部20B、出力部10A(通信部10D、ディスプレイ10E、スピーカ10F)、センサ10B、入力装置10C、および動力制御部10G、の少なくとも1つは、有線または無線で処理部200に接続すればよい。また、記憶部20B、出力部10A(通信部10D、ディスプレイ10E、スピーカ10F)、センサ10B、入力装置10C、および動力制御部10Gの少なくとも1つと、処理部200と、をネットワークを介して接続してもよい。

40

【0034】

記憶部20Bは、各種データを記憶する。記憶部20Bは、例えば、RAM(Random Access Memory)、フラッシュメモリ等の半導体メモリ素子、ハードディスク、光ディスク等である。なお、記憶部20Bは、勾配推定装置20の外部に設けてもよい。また、記憶部20Bは、移動体10の外部に設けてもよい。例えば、記憶部20Bを、クラウド上に設置されたサーバ装置に配置してもよい。

【0035】

50

また、記憶部 20B は、記憶媒体であってもよい。具体的には、記憶媒体は、プログラムや各種情報を、LAN (Local Area Network) やインターネットなどを介してダウンロードして記憶または一時記憶したものであってもよい。また、記憶部 20B を、複数の記憶媒体から構成してもよい。

【0036】

処理部 200 は、取得部 201 と、決定部 202 と、抽出部 203 と、算出部 204 と、を有する。

【0037】

処理部 200 における各処理機能は、コンピュータによって実行可能なプログラムの形態で記憶部 20B へ記憶されている。処理部 200 は、プログラムを記憶部 20B から読出、実行することで、各プログラムに対応する機能部を実現するプロセッサである。

【0038】

各プログラムを読み出した状態の処理部 200 は、図 2 の処理部 200 内に示された各機能部を有することになる。図 2 においては単一の処理部 200 によって、取得部 201、決定部 202、抽出部 203、および、算出部 204 が実現されるものとして説明する。

【0039】

なお、各機能の各々を実現するための独立した複数のプロセッサを組み合わせることで処理部 200 を構成してもよい。この場合、各プロセッサがプログラムを実行することにより各機能を実現する。また、各処理機能がプログラムとして構成され、1 つの処理回路が各プログラムを実行する場合であってもよいし、特定の機能が専用の独立したプログラム実行回路に実装される場合であってもよい。

【0040】

なお、本実施形態および後述する実施形態において用いる「プロセッサ」との文言は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphical Processing Unit)、特定用途向け集積回路 (Application Specific Integrated Circuit: ASIC)、プログラマブル論理デバイス (例えば、単純プログラマブル論理デバイス (Simple Programmable Logic Device: SPLD)、複合プログラマブル論理デバイス (Complex Programmable Logic Device: CPLD)、および、フィールドプログラマブルゲートアレイ (Field Programmable Gate Array: FPGA)) の回路を意味する。

【0041】

プロセッサは、記憶部 20B に保存されたプログラムを読み出し実行することで機能を実現する。なお、記憶部 20B にプログラムを保存する代わりに、プロセッサの回路内にプログラムを直接組み込むよう構成しても構わない。この場合、プロセッサは回路内に組み込まれたプログラムを読み出し実行することで機能を実現する。

【0042】

取得部 201 は、平面を撮影した画像 (第 1 画像、第 2 画像) を取得する。例えば取得部 201 は、勾配を計測する領域の平面が撮影され、かつ、画像を撮影した撮影装置 (カメラ) の位置と姿勢が付与されている少なくとも 2 枚以上の画像を取得する。取得部 201 は、カメラが撮影した画像を当該カメラから直接取得してもよいし、記憶媒体等に保存された画像を取得してもよい。なお、例えば画像を解析することにより撮影装置の位置および姿勢を算出 (推定) できる場合には、取得部 201 は、撮影装置の位置および姿勢が付与されていない画像を取得してもよい。

【0043】

図 3 は、取得される画像の一例を示す図である。図 3 は、自動車 (移動体 10 の一例) のフロントガラスに前向きにカメラを設置し、勾配を推定する領域 421 を撮影した画像の例を示す。画像 411 は、例えば時刻 (t-1) の位置で自動車 401 から撮影した画像を表す。画像 412 は、例えば時刻 t の位置で自動車 402 から撮影した画像を表す。

自動車 4 0 2 は、例えば、大きさ 4 2 3 を有する勾配に移動した自動車 4 0 1 に相当する。画像 4 1 2 は、勾配を推定する領域 4 2 1 に対応する領域 4 2 2 を含む。

【0 0 4 4】

なお図 3 の例では、異なる時刻に撮影された 2 枚の画像を用いているが、処理対象となる 2 枚の画像はこれに限られるものではない。同じ平面を撮影した 2 枚の画像であれば、どのような画像であってもよい。例えば、ステレオカメラなどにより同時刻に撮影された 2 枚の画像を用いてもよい。

【0 0 4 5】

図 2 に戻り、決定部 2 0 2 は、取得した画像上での平面の勾配方向を決定する。図 4 は、平面の勾配方向の決定方法を説明するための図である。例えば決定部 2 0 2 は、図 4 に示すように、実世界の三次元空間上での画像取得位置から勾配を推定する領域 4 2 1 に向かう直線 5 0 1 を画像上に投影した方向 5 0 2 を、画像上での平面の勾配方向として決定する。

【0 0 4 6】

平面の勾配方向の決定方法はこれに限られるものではなく、どのような方法を用いてもよい。例えば決定部 2 0 2 は、図 5 に示すように、画像の隅（例えば画像の下端部）から消失点 6 0 1 へ向かう方向 6 0 2 を平面の勾配方向と決定してもよい。決定部 2 0 2 は、図 6 に示すように、画像上での移動体 1 0 の進行方向を平面の勾配方向と決定してもよい。カメラの設置する向きが予めわかっている場合は、平面の勾配方向を予め固定して設定しておくこともできる。例えば、撮影方向が平面と平行で移動体 1 0 の移動方向となるようにカメラが設置されている場合は、決定部 2 0 2 は、画像の下から上へ向かう方向を勾配方向であると予め設定することができる。

【0 0 4 7】

抽出部 2 0 3 は、決定した勾配方向と異なる方向の画素（画素列）を画像から抽出する。例えば抽出部 2 0 3 は、2 枚の画像のうち一方（第 1 画像）から、この画像内に撮影されたオブジェクトの境界のうち、平面の勾配方向と異なる方向の境界を示す画素（第 1 画素）を抽出する。また抽出部 2 0 3 は、2 枚の画像のうち他方（第 2 画像）から、第 1 画素に対応する画素（第 2 画素）を抽出する。例えば抽出部 2 0 3 は、第 2 画像から、この画像内に撮影されたオブジェクトの境界のうち、平面の勾配方向と異なる方向の境界を示す画素（第 2 画素）を抽出してもよい。

【0 0 4 8】

抽出部 2 0 3 は、第 1 画素の座標と同じ座標にある、第 2 画像の座標上の画素を第 3 画素として抽出し、第 3 画素周辺を探索することで、第 1 画素と一致する第 2 画素に対応する画素として抽出してもよい。具体的には、第 1 画素周囲の画素を使用してブロックマッチングなどの手法で探索できる。そのほか、抽出部 2 0 3 は、第 2 画像上で、輝度変化が大きい点を特徴点として抽出し、第 1 画素周囲の特徴量と最も類似する特徴点の中心画素を、第 1 画素と対応する第 2 画素として抽出してもよい。

【0 0 4 9】

勾配方向と異なる方向は、例えば、勾配の推定精度に影響する画素を排除できる範囲の方向として予め定めておけばよい。例えば、勾配方向に垂直な方向から予め定められた範囲内の方向を、勾配方向と異なる方向とすることができる。これにより、例えば路面上に路面の進行方向に引かれた白線などの、勾配方向（または勾配方向に近い方向）に延びる境界を排除することができる。また、排除ではなく、影響を少なくするため、垂直に近いほど後述する一致度に対する影響が強くなるように重みを付けることもできる。例えば、重みの最大値と最小値を設定しておき、勾配方向と垂直な場合に最大値、勾配方向と平行な場合に最小値を与え、角度に応じて線形に重みを付けるということもできる。

【0 0 5 0】

勾配方向と異なる方向のオブジェクトの境界は、例えば、路面上に生じた割れ目、進行方向を示す線以外の線（停止線など）、および、進行方向に引かれた破線（破線のセンターラインなど）などのオブジェクトの境界のうち、進行方向と異なる方向の境界である。

【0051】

オブジェクトの境界は、例えば、エッジ検出処理により検出することができる。すなわち抽出部203は、勾配方向と異なる方向のエッジ上の画素を、勾配方向と異なる方向の画素として抽出する。エッジ検出処理により、勾配方向に強い輝度変化がある画素が抽出できる。

【0052】

図7は、抽出される画素の一例を示す図である。図7は、勾配方向が画像の上下方向である場合に抽出された、輝度変化が強い画素（エッジ）801～804の例を示す。画素801および802は、破線のセンターラインに相当するオブジェクトの境界として抽出される画素の例である。画素803および804は、路面上に生じた割れ目に相当するオブジェクトの境界として抽出される画素の例である。このように、抽出する画素（画素列）は複数であってもよいし、1つであってもよい。

10

【0053】

勾配方向が画像の上下方向である場合は、上下方向に対して垂直である左右方向のエッジ上の画素が、より強い輝度変化がある画素となる。上下方向が勾配方向である場合、抽出部203は、例えば水平方向のエッジを検出するソーベルフィルタなどのエッジ検出フィルタを用いて、閾値より大きくなる水平方向エッジを検出し、エッジ上の画素を勾配方向と異なる方向の画素として抽出する。

【0054】

なお勾配方向と異なる方向の画素の抽出方法はこれに限られるものではない。例えば車線検出機能（レーン検出機能）が備えられている場合であれば、抽出部203は、画像から検出されるエッジのうち、車線検出機能で検出された車線に対応する白線以外のエッジを、勾配方向と異なる方向の画素として抽出してもよい。また、入力された画像から勾配方向と異なる方向の画素を抽出して出力するように事前に学習された学習モデルを用いて、取得された画像から、勾配方向と異なる方向の画素を求めるように構成してもよい。学習モデルは、ニューラルネットワークモデルなどの、どのような形式のモデルであってもよい。

20

【0055】

図2に戻り、算出部204は、抽出された画素を用いて、平面の勾配の大きさ（勾配の角度）を算出する。例えば算出部204は、2枚の画像のうち一方（第1画像）から抽出された画素（第1画素）と、他方（第2画像）から抽出された画素（第2画素）と、の一致度が、変換前より大きくなるように2枚の画像の少なくとも一方を変換する。算出部204は、一致度がより大きくなるときの平面の勾配の大きさを、勾配の大きさの推定値として出力する。

30

【0056】

以下に、勾配の大きさの推定方法（算出方法）の具体例について説明する。以下では、2枚の画像のうち一方の画像を変換し、他方の画像との一致度を判定する場合を例に説明する。

【0057】

算出部204は、ある勾配角度 p と、画像間の相対位置変化を示す並進ベクトル T と、姿勢変化を示す回転行列 R と、から算出できるホモグラフィ行列 $H(p)$ を用いて、2枚の画像のうち一方を変換する。算出部204は、変換した画像と、他方の画像との一致度がより大きくなるような勾配角度 p を、勾配角度（勾配の大きさ）として推定する。

40

【0058】

ホモグラフィ行列 $H(p)$ は、例えば、非特許文献1の射影変換行列 $P((1))$ 式と同様に表すことができる。非特許文献1の平面の法線ベクトル n 、回転行列 R 、および、平行移動ベクトル t が、本実施形態の勾配角度 p 、回転行列 R 、および、並進ベクトル T に対応する。回転行列 R および並進ベクトル T は、例えば、画像に付与された撮影装置の位置および姿勢から求めることができる。平面までの距離は、例えば、撮影装置の設置高さに応じた固定値とすることができる。

50

【0059】

図8および図9は、画像変換の一例を示す図である。図8は、図3の画像411および画像412のうち、画像411を変換して画像912を生成する場合の例を示す。また図8は、並進ベクトルT、および、回転行列Rに誤差がなく、推定する勾配角度pが真値と等しい場合の例を示す。位置および姿勢（並進ベクトルT、回転行列R）と、推定した平面の勾配角度に誤差がない場合は、推定する平面領域の画像（例えば、画像412内の領域422と、変換後の画像912内の領域922）は一致する。

【0060】

図9は、並進ベクトルT、および、回転行列Rに誤差があり、推定する勾配角度pが真値と等しくない場合の例を示す。画像1012-1の実線部は、勾配角度pの真値と異なるp1から算出されるホモグラフィ行列H(p1)で変換した画像を示す。破線部は、対応付け結果を見やすくするために表示している画像412である。なお図9には、比較対象とする画像412も重ねて表示されている。矢印1021-1は、画像1012-1内の勾配方向と異なる方向の画素と、画像412内の勾配方向と異なる方向の画素と、の対応づけ結果を示す。画像1012-2は、勾配角度pの真値に近いp2から算出されるホモグラフィ行列H(p2)で変換した画像を示す。矢印1021-2は、画像1012-2内の勾配方向と異なる方向の画素と、画像412内の勾配方向と異なる方向の画素と、の対応づけ結果を示す。

【0061】

このように、算出部204は、一致度を算出するために、勾配方向と異なる方向の画素を画像間で対応づける。例えば、算出部204は、画素周囲の特徴量が類似する領域を画像上で対応づける。画素周囲とは、例えば、画素を含む所定範囲の領域である。

【0062】

特徴量は、画像の輝度そのものでもよいし、画素周囲の輝度の配置から計算される正規化相互相関（ZNCC：Zero-mean Normalized Cross-Correlation）、および、AKAZE（Accelerated KAZE）などの特徴量でもよい。

【0063】

図9に示すように、通常は、並進ベクトルTと回転行列Rに誤差が生じるため、勾配角度pをp1、p2のように変化させても、画素が完全に一致することはない。算出部204は、例えば勾配角度pを変化させ、対応づけた画素の画像上での距離の合計が最も短くなる勾配角度pによって変換した画像を、最も一致度が大きい画像とする。算出部204は、最も一致度が大きい画像に変換する勾配角度pを、勾配の大きさの推定値として出力する。このように、算出部204は、勾配角度（勾配の大きさ）を示す複数の推定値を用いて一方の画像を変換し、他方の画像との一致度を算出する。算出部204は、複数の推定値のうち、一致度が他の推定値より大きい推定値を出力する。

【0064】

勾配の大きさの推定方法はこれに限られるものではない。変換した画像と比較対象の画像との一致度がより大きくなるような勾配の大きさを算出可能な方法であればどのような方法を適用してもよい。

【0065】

例えば算出部204は、画像上での距離の合計を出す際に、対応づけの際の特徴量の距離が短い（特徴量間の類似度が大きい）ほど、距離が短くなるように、距離に重み係数をかけてもよい。算出部204は、対応づけた画素の特徴量の類似度が大きいほど大きい値となる一致度を用いてもよい。算出部204は、非特許文献1に記載されているように、画像変換の変換パラメータ（ホモグラフィ行列H(p)）を求めた後に変換パラメータを分解することにより平面パラメータを算出する方法を用いてもよい。

【0066】

図9の例では、勾配角度p1を推定値とした場合、特徴量の距離、および、画像上での対応位置の距離（矢印1021-1の長さ）が長くなる。一方、勾配角度p2を推定値と

10

20

30

40

50

した場合、特徴量の距離、および、画像上での対応位置の距離（矢印1021-2の長さ）が、勾配角度p1を推定値とした場合より短くなる。例えば算出部204は、一致度がより大きくなる勾配角度p2を、勾配の大きさの推定値として出力する。

【0067】

次に、このように構成された第1の実施形態にかかる勾配推定装置20による勾配推定処理について図10を用いて説明する。図10は、第1の実施形態における勾配推定処理の一例を示すフローチャートである。

【0068】

まず取得部201は、平面を撮影した2枚の画像を取得する（ステップS101）。決定部202は、取得した画像上での平面の勾配方向を決定する（ステップS102）。抽出部203は、決定された勾配方向と異なる方向の画素を、2枚の画像それぞれから抽出する（ステップS103）。例えば抽出部203は、画像内の勾配方向と異なる方向に延びるエッジを抽出する。算出部204は、2枚の画像のうち少なくとも一方を変換する（ステップS104）。算出部204は、他方の画像に対する一致度がより大きくなる画像に基づき、勾配の大きさを算出する（ステップS105）。

【0069】

推定された勾配の大きさは、例えば、移動体10の移動の制御に用いられてもよい。例えば動力制御部10Gは、勾配の大きさに応じて移動体10の加速度などを制御する。撮影画像に基づく他の機能が備えられている場合に、推定された勾配の大きさに応じて、この機能の動作を制御するように構成してもよい。例えば、平面上の障害物を検出する機能（障害物検出機能）が備えられている場合は、推定された勾配の大きさに応じて、障害物検出機能の適用可否を判断してもよい。

【0070】

このように、第1の実施形態にかかる勾配推定装置では、平面の勾配方向と異なる方向に並ぶ画素の一致度を判定することにより、平面の勾配の大きさを推定する。これにより、例えば勾配方向に伸びる白線の影響を低減させ、勾配の推定精度をより向上させることが可能となる。

【0071】

（第2の実施形態）

第2の実施形態にかかる勾配推定装置は、勾配の大きさを推定するために用いる画像内の領域を設定可能とする。

【0072】

図11は、第2の実施形態の移動体10-2の構成の一例を示すブロック図である。移動体10-2は、勾配推定装置20-2と、出力部10Aと、センサ10Bと、入力装置10Cと、動力制御部10Gと、動力部10Hと、を備える。勾配推定装置20-2は、記憶部20Bと、処理部200-2と、を有する。

【0073】

第2の実施形態では、処理部200-2内に設定部205-2を追加したこと、および、抽出部203-2の機能が第1の実施形態と異なっている。その他の構成および機能は、第1の実施形態にかかる勾配推定装置20のブロック図である図1と同様であるので、同一符号を付し、ここでの説明は省略する。

【0074】

設定部205-2は、画像内の領域を設定する。設定する領域は、例えば平面を含む領域の候補となる候補領域である。設定する候補領域は1つでもよいし、複数であってもよい。例えば設定部205-2は、勾配方向に並ぶ複数の領域を候補領域に設定してもよい。設定部205-2は、設定した候補領域を抽出部203-2に出力する。

【0075】

設定部205-2は、画像上の予め設定された領域を候補領域としてもよいし、求めたい平面の候補位置が変化した場合に、変化後の候補位置に候補領域を設定してもよい。例えば、移動体10-2が移動する速度に応じて、勾配を求めたい位置までの距離を変更する

10

20

30

40

50

とともに、候補領域の画像上での位置を上下方向に移動させてもよい。図12および図13は、設定される候補領域の一例を示す図である。図12は、移動体10-2により近い位置の勾配を推定するために、候補領域1201が画像の下部に設定された例を示している。図13は、図12より遠い位置の勾配を推定するために、候補領域1301が画像の上方向に移動された例を示している。

【0076】

設定部205-2は、候補領域を拡大または縮小して設定してもよい。図14は、縮小して設定された候補領域1401の一例を示す図である。図14に示すように、設定部205-2は、勾配の上方向に移動する場合に候補領域を縮小して設定してもよい。

【0077】

設定部205-2は、路面のパターンと照合する方法などにより画像から路面を検出し、検出した路面内に限定して候補領域を設定してもよい。図15および図16は、路面内に設定される候補領域の一例を示す図である。図15の候補領域1501は、移動体10-2により近い位置の勾配を推定するために、画像の下部に、路面の形状に沿って台形状に設定された候補領域の例を示す。図16の候補領域1601は、図15より遠い位置の勾配を推定するために、画像の上方向に移動され、路面の形状に沿って台形状に設定された候補領域の例を示す。

【0078】

図17は、複数の候補領域を設定した例を示す図である。図17では、2つの候補領域1701、1702が設定された例が示されている。

【0079】

図11に戻り、抽出部203-2は、各画像について、設定部205-2により設定された領域から、勾配方向と異なる方向の画素を抽出する点が、第1の実施形態の抽出部203と異なる。

【0080】

次に、このように構成された第2の実施形態にかかる勾配推定装置20-2による勾配推定処理について図18を用いて説明する。図18は、第2の実施形態における勾配推定処理の一例を示すフローチャートである。

【0081】

ステップS201からステップS202は、第1の実施形態にかかる勾配推定装置20におけるステップS101からステップS102までと同様の処理なので、その説明を省略する。

【0082】

設定部205-2は、取得された画像内に、平面の候補領域を設定する（ステップS203）。抽出部203-2は、設定された候補領域を対象として、エッジの抽出処理を実行する（ステップS204）。

【0083】

ステップS205からステップS206は、第1の実施形態にかかる勾配推定装置20におけるステップS104からステップS105までと同様の処理なので、その説明を省略する。

【0084】

なお、複数の候補領域が設定された場合は、算出部204は、各領域について勾配の大きさを推定し、推定値を出力する。例えば算出部204は、各領域に対して推定された勾配の大きさをそのまま出力する。算出部204は、各領域の勾配の大きさの差（勾配の大きさの変化）を算出し、差が閾値と比べて大きい場合に、勾配の大きさの変化点が存在することを示す出力情報を出力してもよい。また、変化点が存在した領域の画像上での位置から、変化点までの距離を出力してもよい。

【0085】

このように、第2の実施形態にかかる勾配推定装置では、勾配の大きさを推定するために用いる画像内の領域を設定する。これにより、平面の勾配の大きさの推定精度をさらに

10

20

30

40

50

向上させることができる。

【0086】

なお、上記各実施形態では、カメラが平面に対して水平前向きに設置されていることを仮定して説明した。カメラの設置方向が異なる場合は、設置方向に合わせて水平、垂直、上下、および、左右の向きを変更すればよい。

【0087】

以上説明したとおり、第1から第2の実施形態によれば、平面の勾配方向と異なる方向の画素に対応づける画像変換結果を利用することで、勾配方向に特徴的な部位を一致させることができる。この結果、平面の勾配の大きさの推定の精度を向上させること、および、勾配の推定を頑健に実行すること、が可能となる。

10

【0088】

次に、第1または第2の実施形態にかかる勾配推定装置のハードウェア構成について図19を用いて説明する。図19は、第1または第2の実施形態にかかる勾配推定装置のハードウェア構成例を示す説明図である。

【0089】

第1または第2の実施形態にかかる勾配推定装置は、CPU (Central Processing Unit) 51などの制御装置と、ROM (Read Only Memory) 52やRAM (Random Access Memory) 53などの記憶装置と、ネットワークに接続して通信を行う通信I/F 54と、各部を接続するバス61を備えている。

【0090】

第1または第2の実施形態にかかる勾配推定装置で実行されるプログラムは、ROM 52等に予め組み込まれて提供される。

20

【0091】

第1または第2の実施形態にかかる勾配推定装置で実行されるプログラムは、インストール可能な形式又は実行可能な形式のファイルでCD-ROM (Compact Disk Read Only Memory)、フレキシブルディスク (FD)、CD-R (Compact Disk Recordable)、DVD (Digital Versatile Disk) 等のコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録してコンピュータプログラムプロダクトとして提供されるように構成してもよい。

【0092】

さらに、第1または第2の実施形態にかかる勾配推定装置で実行されるプログラムを、インターネット等のネットワークに接続されたコンピュータ上に格納し、ネットワーク経由でダウンロードさせることにより提供するように構成してもよい。また、第1または第2の実施形態にかかる勾配推定装置で実行されるプログラムをインターネット等のネットワーク経由で提供または配布するように構成してもよい。

30

【0093】

第1または第2の実施形態にかかる勾配推定装置で実行されるプログラムは、コンピュータを上述した勾配推定装置の各部として機能させる。このコンピュータは、CPU 51がコンピュータ読取可能な記憶媒体からプログラムを主記憶装置上に読み出して実行することができる。

【0094】

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。

40

【符号の説明】

【0095】

10、10-2 移動体

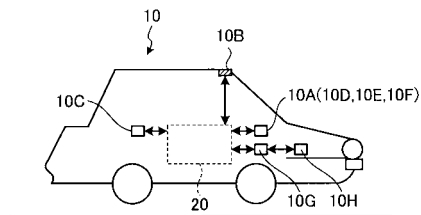
10A 出力部

50

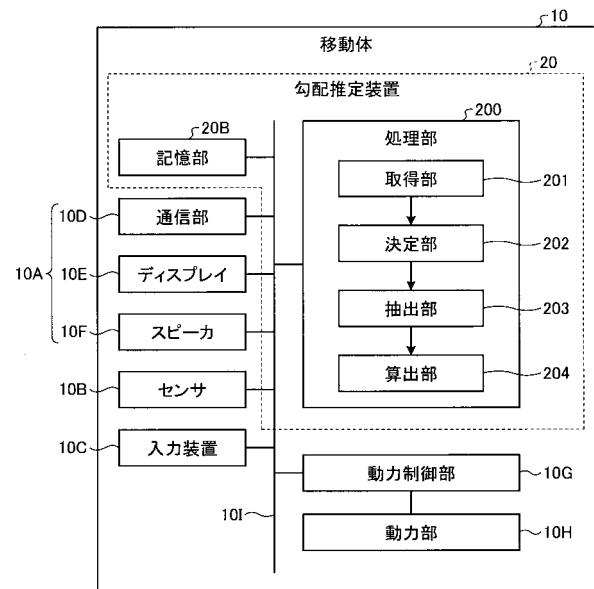
- 10B センサ
- 10C 入力装置
- 10D 通信部
- 10E ディスプレイ
- 10F スピーカ
- 10G 動力制御部
- 10H 動力部
- 10I バス
- 20、20-2 勾配推定装置
- 20B 記憶部
- 200、200-2 処理部
- 201 取得部
- 202 決定部
- 203、203-2 抽出部
- 204 算出部
- 205-2 設定部

10

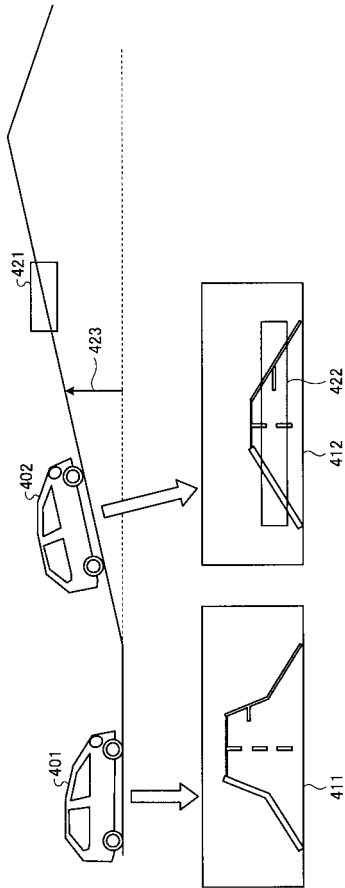
【図 1】



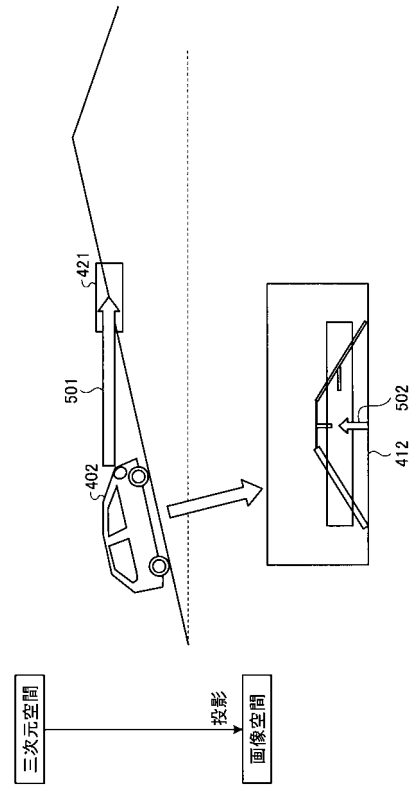
【図 2】



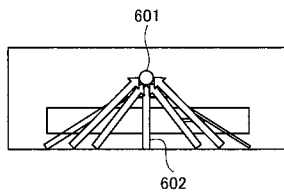
【図 3】



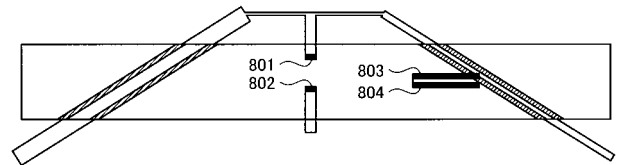
【図 4】



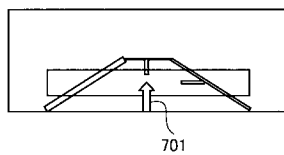
【図 5】



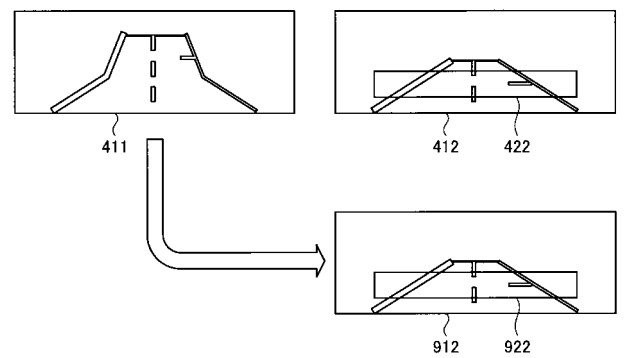
【図 7】



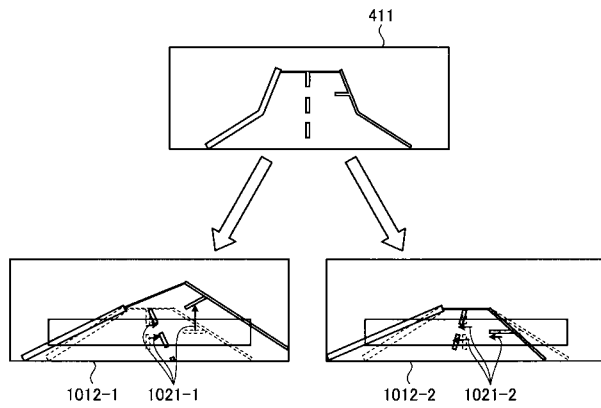
【図 6】



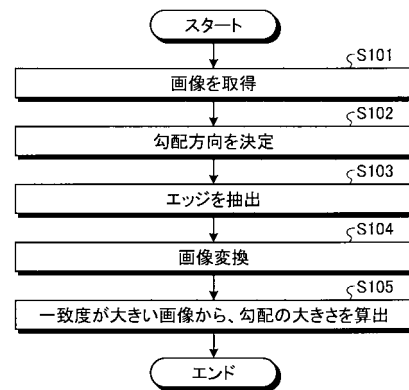
【図 8】



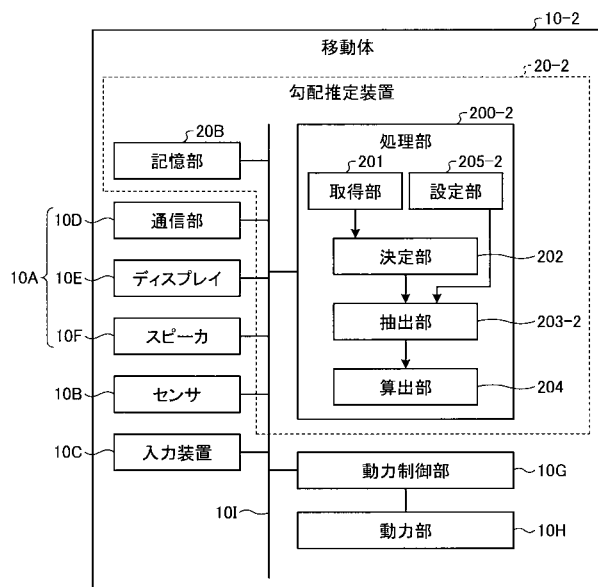
【図 9】



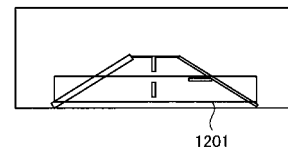
【図 10】



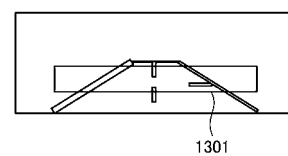
【図 11】



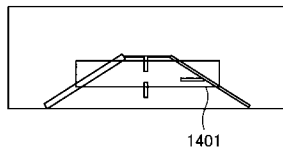
【図 12】



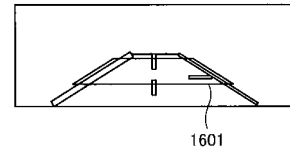
【図 13】



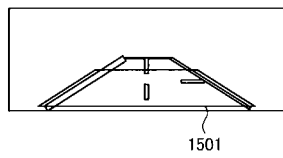
【図 1 4】



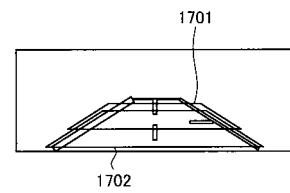
【図 1 6】



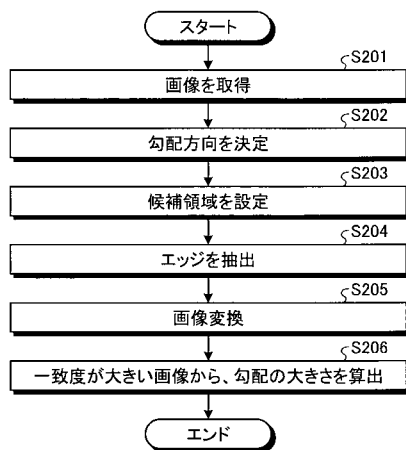
【図 1 5】



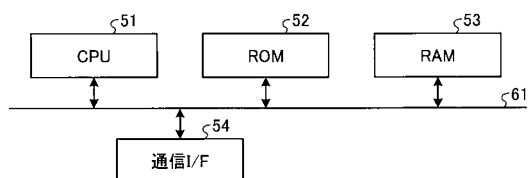
【図 1 7】



【図 1 8】



【図 1 9】



【手続補正書】

【提出日】平成30年9月18日(2018.9.18)

【手続補正 2】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体の表面を撮影した第 1 画像と第 2 画像とを取得する取得部と、

前記第 1 画像から前記表面の勾配方向と異なる方向のオブジェクトの境界を示す第 1 画素を抽出し、前記第 2 画像から前記第 1 画素に対応する第 2 画素を抽出する抽出部と、

前記第 1 画素と前記第 2 画素との一致度が大きくなるように前記第 1 画像および前記第 2 画像の少なくとも一方を変換することにより、前記表面の勾配の大きさを算出する算出部と、

を備える勾配推定装置。

【請求項 2】

前記抽出部は、前記勾配方向と異なる方向のエッジ上の画素を、前記第 1 画素として抽出する、

請求項 1 に記載の勾配推定装置。

【請求項 3】

前記算出部は、前記第 1 画素を含む領域の特徴量と前記第 2 画素を含む領域の特徴量との類似度に基づき、前記第 1 画素と前記第 2 画素の一致度を決定する、

請求項 1 に記載の勾配推定装置。

【請求項 4】

前記算出部は、前記類似度に基づいて、相互に類似する前記第 1 画素と前記第 2 画素とを対応づけ、対応づけた前記第 1 画素と前記第 2 画素の画像上での距離が小さいほど大きくなる前記一致度を決定する、

請求項 3 に記載の勾配推定装置。

【請求項 5】

前記算出部は、前記類似度が大きいほど大きい値となる前記一致度を決定する、

請求項 3 に記載の勾配推定装置。

【請求項 6】

前記算出部は、前記表面の勾配の大きさを示す複数の推定値を用いて前記第 1 画像を変換し、複数の前記推定値のうち、前記一致度が他の推定値より大きい推定値を、前記表面の勾配の大きさとして算出する、

請求項 1 に記載の勾配推定装置。

【請求項 7】

前記算出部は、前記第 1 画素と前記第 2 画素との一致度が大きくなるように前記第 1 画像を変換する変換パラメータを求め、前記変換パラメータから前記表面の勾配の大きさを算出する、

請求項 1 に記載の勾配推定装置。

【請求項 8】

画像内の領域を設定する設定部をさらに備え、

前記抽出部は、設定された前記領域に対応する前記第 1 画像の領域から前記第 1 画素を抽出し、設定された前記領域に対応する前記第 2 画像の領域から前記第 2 画素を抽出する、

請求項 1 に記載の勾配推定装置。

【請求項 9】

前記設定部は、前記勾配方向に並ぶ複数の領域を設定し、

前記算出部は、複数の前記領域それぞれについて勾配の大きさを算出し、複数の前記領域について算出した複数の勾配の大きさの変化をさらに算出する、

請求項 8 に記載の勾配推定装置。

【請求項 10】

前記表面の勾配方向を決定する決定部をさらに備え、

前記抽出部は、決定された勾配方向と異なる方向のオブジェクトの境界を示す前記第 1 画素を抽出する、

請求項 1 に記載の勾配推定装置。

【請求項 11】

物体の表面を撮影した第 1 画像と第 2 画像とを取得する取得ステップと、

前記第 1 画像から前記表面の勾配方向と異なる方向のオブジェクトの境界を示す第 1 画素を抽出し、前記第 2 画像から前記第 1 画素に対応する第 2 画素を抽出する抽出ステップと、

前記第 1 画素と前記第 2 画素との一致度が大きくなるように前記第 1 画像および前記第 2 画像の少なくとも一方を変換することにより、前記表面の勾配の大きさを算出する算出ステップと、

を含む勾配推定方法。

【請求項 12】

コンピュータを、

物体の表面を撮影した第 1 画像と第 2 画像とを取得する取得部と、

前記第 1 画像から前記表面の勾配方向と異なる方向のオブジェクトの境界を示す第 1 画素を抽出し、前記第 2 画像から前記第 1 画素に対応する第 2 画素を抽出する抽出部と、

前記第 1 画素と前記第 2 画素との一致度が大きくなるように前記第 1 画像および前記第 2 画像の少なくとも一方を変換することにより、前記表面の勾配の大きさを算出する算出部と、

として機能させるためのプログラム。

【請求項 13】

物体の表面を撮影した第 1 画像と第 2 画像とを取得する取得部と、

前記第 1 画像から前記表面の勾配方向と異なる方向のオブジェクトの境界を示す第 1 画素を抽出し、前記第 2 画像から前記第 1 画素に対応する第 2 画素を抽出する抽出部と、

前記第 1 画素と前記第 2 画素との一致度が大きくなるように前記第 1 画像および前記第 2 画像の少なくとも一方を変換することにより、前記表面の勾配の大きさを算出する算出部と、

前記勾配の大きさに基づいて移動体の移動を制御する制御部と、

を備える制御システム。

フロントページの続き

(72)発明者 杉浦 貴行

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

Fターム(参考) 5H181 AA01 AA05 AA25 AA26 AA27 BB04 CC03 CC04 CC12 CC14

CC24 FF04 FF05 FF25 FF27 FF33

5L096 AA09 BA04 FA06 FA26 FA66 FA67 FA69 GA02 GA41 GA51