

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4409035号  
(P4409035)

(45) 発行日 平成22年2月3日(2010.2.3)

(24) 登録日 平成21年11月20日(2009.11.20)

(51) Int. Cl. F I  
**GO6T 1/00 (2006.01)** GO6T 1/00 315  
**GO1B 11/30 (2006.01)** GO1B 11/30 W  
**GO6T 7/60 (2006.01)** GO6T 7/60 250Z

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2000-80935 (P2000-80935)	(73) 特許権者	000005326
(22) 出願日	平成12年3月22日 (2000. 3. 22)		本田技研工業株式会社
(65) 公開番号	特開2001-266123 (P2001-266123A)		東京都港区南青山二丁目1番1号
(43) 公開日	平成13年9月28日 (2001. 9. 28)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成18年12月1日 (2006. 12. 1)		弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578
			弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100101465
			弁理士 青山 正和
		(74) 代理人	100094400
			弁理士 鈴木 三義
		(74) 代理人	100107836
			弁理士 西 和哉
		(74) 代理人	100108453
			弁理士 村山 靖彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、特異箇所検出方法、及び特異箇所検出プログラムを記録した記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

距離センサの前方視野内の物体表面の各点の距離を測定して得られた物体表面の各点の3次元座標値に応じた距離情報を示す距離画像を得る距離画像取得手段と、

前記距離画像から得られる前記物体表面の3次元座標値から平面を検出する平面検出手段と、

前記距離画像によって示される前記物体表面との距離の変化量が、所定の値より大きな箇所を示す線分を示すエッジ情報を検出するエッジ検出手段と、

前記エッジ情報によって示される線分が、前記平面検出手段によって検出された平面に含まれるか否かを判定する特異箇所判定手段と、

前記特異箇所判定手段の結果に基づいて特異箇所を記憶する特異箇所マップ記憶手段と、

を備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】

請求項1に記載の画像処理装置を備えた車両走行制御装置であって、

前記車両走行制御装置は、

車両の走行の際に前記特異箇所マップを参照して、走行の制御を行う移動制御手段を備えたことを特徴とする車両走行制御装置。

【請求項3】

請求項1に記載の画像処理装置を備えた自律走行ロボットであって、

前記自律走行ロボットは、

ロボットの移動の際に前記特異箇所マップを参照して、走行の制御を行う移動制御手段を備えたことを特徴とする自律走行ロボット。

【請求項4】

距離センサの前方視野内の物体表面の各点の距離を測定して得られた物体表面の各点の3次元座標値に応じた距離情報を示す距離画像を得る距離画像取得処理と、

前記距離画像から得られる前記物体表面の3次元座標値から平面を検出する平面検出処理と、

前記距離画像によって示される前記物体表面との距離の変化量が、所定の値より大きな箇所を示す線分を示すエッジ情報を検出するエッジ検出処理と、

前記エッジ情報によって示される線分が、前記平面検出手段によって検出された平面に含まれるか否かを判定する特異箇所判定処理と、

を有することを特徴とする特異箇所検出方法。

【請求項5】

前方視野内の特異箇所を検出する特異箇所検出プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記特異箇所検出プログラムは、

距離センサの前方視野内の物体表面の各点の距離を測定して得られた物体表面の各点の3次元座標値に応じた距離情報を示す距離画像を得る距離画像取得処理と、

前記距離画像から得られる前記物体表面の3次元座標値から平面を検出する平面検出処理と、

前記距離画像によって示される前記物体表面との距離の変化量が、所定の値より大きな箇所を示す線分を示すエッジ情報を検出するエッジ検出処理と、

前記エッジ情報によって示される線分が、前記平面検出手段によって検出された平面に含まれるか否かを判定する特異箇所判定処理と、

をコンピュータに行わせることを特徴とする特異箇所検出プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、距離画像を用いてロボットや自動車が移動する際に必要な特異箇所の検出を行う画像処理装置、特異箇所検出方法、及び特異箇所検出プログラムを記録した記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】

自律ロボットや自動走行の自動車が安全に移動するには、交差点や下り階段等の特別な環境構造を検出する必要がある。そのため、ロボットや自動車にレーダ等を備え付けこのレーダによって得られる周囲環境の情報から行動の制御が行われることが多い。ところで、検出された情報から自己の行動の制御を行う場合には、検出される情報は正確であり、また、不要な情報が含まれないようにする必要がある。

しかしながら、ロボットや自動車が移動する際の周囲環境は複雑であるため、正確にかつ的確な情報のみを抽出するには、処理がたいへん複雑になったり、周囲環境を検出する手段を複数備えなければならないという問題がある。

【0003】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、ロボットや自動車が自律的に移動する際に、行動の制御を必要とする特異箇所の検出を行うことができる画像処理装置、特異箇所検出方法、及び特異箇所検出プログラムを記録した記録媒体を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

請求項 1 に記載の発明は、距離センサの前方視野内の物体表面の各点の距離を測定して得られた物体表面の各点の 3 次元座標値に応じた距離情報を示す距離画像を得る距離画像取得手段（例えば、実施形態における距離画像取得部 1）と、前記距離画像から得られる前記物体表面の 3 次元座標値から平面を検出する平面検出手段（例えば、実施形態における平面検出部 3）と、前記距離画像によって示される前記物体表面との距離の変化量が、所定の値より大きな箇所を示す線分を示すエッジ情報を検出するエッジ検出手段（例えば、実施形態におけるエッジ検出部 4）と、前記エッジ情報によって示される線分が、前記平面検出手段によって検出された平面に含まれる否かを判定する特異箇所判定手段（例えば、実施形態における特異箇所判定部 5）と、前記特異箇所判定手段の結果に基づいて特異箇所を記憶する特異箇所マップ記憶手段（特異箇所マップ記憶部 7）とを備えたことを特徴とする。

10

**【 0 0 0 5 】**

請求項 1 に記載の発明によれば、距離画像に対してエッジ検出処理を施し、距離の急激変化を検出するようにしたため、交差点や下り階段などの特異箇所を高速で検出することが可能となる。また、エッジ検出によって検出されたエッジと、平面検出によって検出された平面とが所定の条件を満たしたときのみ、このエッジの箇所を特異箇所としたため、特異箇所の検出精度を向上させることができる。さらに、エッジ検出と平面検出を並行して処理するようにしたため、特異箇所の検出処理速度を向上することができるという効果が得られる。

**【 0 0 0 6 】**

20

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の画像処理装置を備えた車両走行制御装置であって、前記車両走行制御装置は、車両の走行の際に前記特異箇所マップを参照して、走行の制御を行う移動制御手段（例えば、実施形態における移動制御部 8）を備えたことを特徴とする。

**【 0 0 0 7 】**

請求項 2 に記載の発明によれば、特異箇所マップを参照しながら自動車の移動を制御するようにしたため、精度よく自動車の位置の制御を行うことができるとともに、特異箇所への接近に伴い必要な行動を起こす制御をすることが可能になるという効果が得られる。

**【 0 0 0 8 】**

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 に記載の画像処理装置を備えた自律走行ロボットであって、前記自律走行ロボットは、ロボットの移動の際に前記特異箇所マップを参照して、走行の制御を行う移動制御手段（例えば、実施形態における移動制御部 8）を備えたことを特徴とする。

30

**【 0 0 0 9 】**

請求項 3 に記載の発明によれば、特異箇所マップを参照しながらロボットの移動を制御するようにしたため、精度よくロボットの位置の制御を行うことができるとともに、特異箇所への接近に伴い必要な行動を起こす制御をすることが可能になるという効果が得られる。

**【 0 0 1 0 】**

請求項 4 に記載の発明は、距離センサの前方視野内の物体表面の各点の距離を測定して得られた物体表面の各点の 3 次元座標値に応じた距離情報を示す距離画像を得る距離画像取得処理と、前記距離画像から得られる前記物体表面の 3 次元座標値から平面を検出する平面検出処理（例えば、実施形態におけるステップ S 1）と、前記距離画像によって示される前記物体表面との距離の変化量が、所定の値より大きな箇所を示す線分を示すエッジ情報を検出するエッジ検出処理（例えば、実施形態におけるステップ S 2）と、前記エッジ情報によって示される線分が、前記平面検出手段によって検出された平面に含まれるか否かを判定する特異箇所判定処理（例えば、実施形態におけるステップ S 5）とを有することを特徴とする。

40

**【 0 0 1 1 】**

請求項 4 に記載の発明によれば、距離画像に対してエッジ検出処理を施し、距離の急激変

50

化を検出するようにしたため、交差点や下り階段などの特異箇所を高速で検出することが可能となる。また、エッジ検出によって検出されたエッジと、平面検出によって検出された平面とが所定の条件を満たしたときのみ、このエッジの箇所を特異箇所としたため、特異箇所の検出精度を向上させることができる。さらに、エッジ検出と平面検出を並行して処理するようにしたため、特異箇所の検出処理速度を向上することができるという効果が得られる。

#### 【0012】

請求項5に記載の発明は、前方視野内の特異箇所を検出する特異箇所検出プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、前記特異箇所検出プログラムは、距離センサの前方視野内の物体表面の各点の距離を測定して得られた物体表面の各点の3次元座標値に応じた距離情報を示す距離画像を得る距離画像取得処理と、前記距離画像から得られる前記物体表面の3次元座標値から平面を検出する平面検出処理（例えば、実施形態におけるステップS1）と、前記距離画像によって示される前記物体表面との距離の変化量が、所定の値より大きな箇所を示す線分を示すエッジ情報を検出するエッジ検出処理（例えば、実施形態におけるステップS2）と、前記エッジ情報によって示される線分が、前記平面検出手段によって検出された平面に含まれるか否かを判定する特異箇所判定処理（例えば、実施形態におけるステップS5）とをコンピュータに行わせることを特徴とする。

#### 【0013】

請求項5に記載の発明によれば、距離画像に対してエッジ検出処理を施し、距離の急激変化を検出するようにしたため、交差点や下り階段などの特異箇所を高速で検出することが可能となる。また、エッジ検出によって検出されたエッジと、平面検出によって検出された平面とが所定の条件を満たしたときのみ、このエッジの箇所を特異箇所としたため、特異箇所の検出精度を向上させることができる。さらに、エッジ検出と平面検出を並行して処理するようにしたため、特異箇所の検出処理速度を向上することができるという効果が得られる。

#### 【0014】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態による画像処理装置を図面を参照して説明する。図1は同実施形態の構成を示すブロック図である。この図において、符号1は、ロボットや自動車移動する際の移動方向の視野内に存在する物体の距離画像を取得する距離画像取得部である。この距離画像取得部1の距離センサは、2台のCCDカメラや電磁波を用いたレーダ等で構成される。符号2は、距離画像取得部1において得られた距離画像の1フレーム分を記憶する距離画像記憶部である。符号3は、距離画像記憶部2に記憶された距離画像を処理して平面を検出する平面検出部である。

#### 【0015】

符号4は、距離画像記憶部2に記憶された距離画像を処理してエッジ検出を行うエッジ検出部である。符号5は、平面検出部3及びエッジ検出部4の検出結果に基づいて特異箇所を判定する特異箇所判定部である。符号6は、平面検出結果を参照して、距離画像から特異箇所マップに使用する平面図へ変換する距離画像変換部である。符号7は、距離画像変換部6によって作成された平面図と特異箇所判定部5の判定結果に基づいて作成される特異箇所マップを記憶する特異箇所マップ記憶部である。符号8は、特異箇所マップを参照してロボットや自動車等の移動を制御する移動制御部である。

ここでは、図1に示す画像処理装置は屋内を移動する自律走行のロボットに備えられているものとして説明する。

#### 【0016】

ここで、以下の説明において用いる座標系を定義する。ロボットの前方の距離方向をX軸、ロボットの左右方向をY軸、鉛直方向をZ軸とし、これらの3軸は互いに直交している。また、以下でいう距離とは、距離画像取得部1から各物体までの直線距離である。したがって、距離画像データは、距離画像取得部1の測定視野における物体表面の測定点の3

10

20

30

40

50

次元座標値の集合である。

【 0 0 1 7 】

次に、図面を参照して、図 1 に示す画像処理装置の動作を説明する。図 2 は、図 1 に示す画像処理装置の動作を示すフローチャートである。

まず、距離画像取得部 1 は、距離画像を取得し、そのデータを A / D 変換して各測定点毎に距離画像記憶部 2 へ格納する。ここでは、一例として各測定点の距離を 8 ビット ( 2 5 6 階調 ) で表現するものとする。通常の画像の画素は、センサの視野内における物体表面の輝度を表現したものであるが、距離画像の画素は、センサの視野内における物体表面までの距離を 2 5 6 階調で表現したものである。

【 0 0 1 8 】

したがって、距離画像中の画素の位置によって、Y Z 平面上の 1 点を特定することができ、さらにこの画素がもつ距離の情報によって X 軸方向の位置を特定することができるため、3 次元空間に存在する物体の表面上の 1 点を特定することができる。なお、より精度が必要な場合には、レーダを併用するなどして精度を向上させることもできる。さらに、距離データを 2 5 6 階調で表現せずに、距離センサの出力値をそのまま使用するようにしてもよい。ここで、現時点におけるロボットの位置関係を定義するために、ロボットの前方視野の情景の一例を図 3 に示す。図 3 に示すように、ロボットは、廊下が T 字になるように交差している位置へ接近しているものとする。

【 0 0 1 9 】

次に、距離画像記憶部 2 に距離画像が格納された後に、平面検出部 3 は、距離画像記憶部 2 に記憶されている距離画像を読み取り、この距離画像を処理して平面の検出を行う ( ステップ S 1 ) 。この平面検出処理の詳細な説明は、後述するが、後述する検出処理に限らず周知の処理方法が利用できる。この平面検出処理によって、平面検出部 3 内には、図 4 に示す平面検出結果の画像が得られる。この処理によって検出された平面は式 ( 1 ) によって表される。

$$a_k x + b_k y + c_k z = d_k \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot ( 1 )$$

ただし、k は面毎に区別するためのインデックスである。

【 0 0 2 0 】

一方、平面検出部 3 の処理と並行して、エッジ検出部 4 は、平面検出部 3 が読み込んだ距離画像と同一の距離画像を読み取り、この距離画像を処理してエッジの検出を行う ( ステップ S 2 ) 。通常の輝度画像に対する画像処理においては、輝度変化が急激な箇所をエッジとして抽出する処理を行うが、距離画像に対するエッジ検出は、距離の変化が急激な箇所をエッジと抽出するものである。このエッジ検出処理には、輝度画像に対する周知の画像処理技術を用いることができ、例えば、距離画像に対して、S o b e l フィルタを用いてエッジ検出のための 2 値画像を生成し、この 2 値画像に対して、さらに H o u g h 変換を用いて線分を抽出すればよい。このエッジ検出処理によって、エッジ検出部 4 内には、図 5 に示すエッジ検出結果の画像が得られる。また、この処理によって、抽出線分の方向ベクトル  $n = ( x_j , y_j , z_j )$  と抽出線分上の任意の点  $P_{j0} = ( x_0 , y_0 , z_0 )$  が得られる。

【 0 0 2 1 】

次に、距離画像変換部 6 は、距離画像記憶部 2 に記憶されている距離画像と、平面検出部 3 における平面検出結果から平面図を生成する ( ステップ S 3 ) 。ここでいう平面図とは、ロボットの上方から見た位置関係を示す画像であり、X Y 平面に測定点を投影して生成される。この処理によって得られる平面図の画像の一例を図 6 に示す。この図に示すように、平面図画像は、廊下の配置関係と自己の位置を把握することができる画像となっている。

【 0 0 2 2 】

次に、特異箇所判定部 5 は、エッジ検出部 4 に保持されているエッジ情報を 1 つずつ読み出す ( ステップ S 4 ) 。そして、特異箇所判定部 5 は、この読み出したエッジに対応する平面が、平面検出部 3 内に保持されているか否かを判定する ( ステップ S 5 ) 。この判定

10

20

30

40

50

は、式(2)、(3)を満たすか否かによって判定される。

$$|a_k x_j + b_k y_j + c_k z_j| \leq v \dots \dots \dots (2)$$

$$|a_k x_0 + b_k y_0 + c_k z_0 - d_k| \leq p \dots \dots \dots (3)$$

ただし、 $v, p$ はしきい値であり、0に近い値である。

式(2)が満たされれば、抽出された線分方向ベクトルと平面の法線ベクトルが90度で直交していることを意味する。また、式(3)が満たされれば、抽出された線分上の各点が式(1)によって定義される面上に存在することを意味する。

【0023】

この判定の結果、対応する平面が存在しない場合、ステップS7へ進む。一方、対応する平面が存在した場合、特異箇所判定部5は、対応する平面とエッジの情報からその位置を求め、この求められた位置を特異箇所として距離画像変換部6が生成した特異箇所マップ上にマーキングすることによって特異箇所マップを更新する(ステップS6)。図6に特異箇所をマーキングした状態の特異箇所マップを示す。

10

【0024】

次に、特異箇所判定部5は、エッジ検出部4において検出されたエッジの全てについて処理を行ったか否かを判定し、行っていなければステップS4へ戻り処理を繰り返す。一方、全てのエッジについて処理を行った場合は特異箇所検出処理を終了する。距離画像取得部1は、1回の特異箇所検出処理が終了したのを受けて、新たな距離画像を取得して、その結果を距離画像記憶部2へ格納する。そして、前述したステップS1~S7の処理を再度実行する。これによって、ロボットの移動に伴い特異箇所マップが更新される。

20

【0025】

このように、距離画像に対してエッジ検出処理を施し、距離の急激変化を検出するようにしたため、交差点や下り階段などの特異箇所を高速で検出することが可能となる。また、エッジ検出によって検出されたエッジと、平面検出によって検出された平面とが所定の条件を満たしたときのみ、このエッジの箇所を特異箇所としたため、特異箇所の検出精度を向上させることができる。さらに、エッジ検出と平面検出を並行して処理するようにしたため、特異箇所の検出処理速度を向上することができる。

【0026】

一方、移動制御部8は、時々刻々更新される特異箇所マップ記憶部7の内容を参照しながら、特異箇所を認識することによって移動経路の設定を行うとともに、特異箇所に接近した時点で走行速度を小さくするなどのロボットの移動制御を行う。これによって交差点に接近したときに走行速度を小さくして出会い頭の衝突を回避する等の行動が起こりやすくなり、周囲の環境構造に応じて車速等を制御することができる。

30

【0027】

次に、平面検出部3が平面を検出する動作を説明する。図7は、平面検出部3が距離画像から壁に相当する垂直平面を抽出する動作を示すフローチャートである。

平面検出部3は、1フレーム分の距離データを読み出し、予め設定されているマスクによって画像上の着目画素(ここでは、P1と称する)と他の1点の画素(ここでは、P2と称する)を選択する(ステップS12)。図9(a)にステップS1において用いられるマスクの一例を示す。この図に示すように、垂直平面用マスクは5x5画素のものであり、中心の点がP1であり、4隅の点がP2となる。

40

【0028】

次に、平面検出部3は、このマスクによって選択された2点P1(x1, y1, z1)、P2(x2, y2, z2)から式(4)、(5)によって、Hough空間上のパラメータ、を求める(ステップS12)。

$$= -\tan^{-1} [(x_1 - x_2) / (y_1 - y_2)] \dots \dots \dots (4)$$

$$= x_1 \cos + y_2 \sin \dots \dots \dots (5)$$

式(4)、(5)に示すように、パラメータ、は、Z成分を用いずにX成分及びY成分のみによって算出される。図7に示す処理は、壁等の垂直平面を抽出する処理であるため、Z成分を無視することができる。特に屋内においては、垂直平面がほとんどであるた

50

め、Z成分を無視しても平面抽出の処理結果に及ぼす影響は小さくすることができる。したがって、3次元座標値を有する物体表面上の測定点をXY平面に投影し、その投影された点からXY平面上の直線を抽出すれば3次元空間上の垂直平面を抽出することができる。ここで、式(4)、(5)によって算出されるパラメータは、抽出しようとする直線が鉛直軸周りになす回転角度であり、パラメータは、この直線と原点との距離を表している。

#### 【0029】

次に、平面検出部3は、ステップS12において求めたパラメータ、を3次元ヒストグラムへ投票する(ステップS13)。続いて、平面検出部3は、同一のP1に対して、他の3つのP2(図9(a)における斜線の位置)についてステップS11~S13の処理を行う(ステップS14)。さらに、平面検出部3は、図9(a)に示すマスクを使用して、図10に示すように、距離画像の左上の位置から右下の位置まで距離画像全体に対してP1の位置を1画素分ずつ移し、ステップS11~S13の処理を繰り返す(ステップS15)。この処理によって、3次元ヒストグラムが生成される。

10

#### 【0030】

次に、平面検出部3は、3次元ヒストグラムを参照して、度数のすべての極大値を抽出する(ステップS16)。そして、抽出した極大値を持つパラメータ、を求め、この、によって、XY平面上の直線を特定する。したがって、ここで特定される直線の数は、極大値の数と同数となる。

なお、極大値の抽出において、ある大きさ以上の極大値のみを抽出するようにしてもよい。

20

#### 【0031】

次に、平面検出部3は、3次元座標値を持つ測定点をXY平面に投影した点が、先に特定された直線上の点となるか否かによってこの測定点が平面上の点であるか否かを判定する。そして、この判定を特定された直線毎に行うことによって、距離画像上の垂直平面を抽出し、この結果から平面抽出画像を生成する(ステップS17)。この平面抽出画像は、同一の直線上に存在する測定点を、特定された直線毎に色分けするなどして生成すればよい。この処理によって、垂直平面のみが色付けされて抽出され、垂直平面でない部分は色付けがされていない状態の平面抽出画像が得られる。

#### 【0032】

次に、図8を参照して、平面検出部3が床等に相当する水平平面を抽出する動作を説明する。図8は、平面検出部3が水平平面を抽出する動作を示すフローチャートである。ここでいう水平平面とは、床面や道路面のことであり、現実的なスロープの角度(例えば最大で10度)を有する床面や道路面が含まれる。

30

まず、距離画像記憶部2に距離画像が格納された後に平面検出部3は、1フレーム分の距離データを読み出し、予め設定されているマスクによって画像上の着目画素(ここでは、P1と称する)と他の2点の画素(ここでは、P2、P3と称する)を選択する(ステップS21)。図9(b)にステップS21において用いられるマスクの一例を示す。この図に示すように、水平平面用マスクは9×9画素のものであり、中心の5×5画素の部分は、図9(a)に示す垂直平面用マスクと同等であり、さらにこのマスクは、9×9画素の4隅がP3となっている。

40

#### 【0033】

次に、平面検出部3は、このマスクによって選択された3点P1( $x_1, y_1, z_1$ )、P2( $x_2, y_2, z_2$ )、P3( $x_3, y_3, z_3$ )から式(6)、(7)によって、単位外積ベクトルnを求める(ステップS22)。以下の式の説明において、ベクトルの表現を「ベクトルn」という表現を用いる。

#### 【0034】

単位外積ベクトルnは、式(6)によって、まず外積ベクトル $n_{tmp}$ を求め、さらにこれを式(7)によって正規化することによって求められる。

外積ベクトル $n_{tmp} = ((y_2 - y_1)(z_3 - z_1) - (z_2 - z_1)(y_3 - y_1),$

50

$$(z_2 - z_1)(x_3 - x_1) - (x_2 - x_1)(z_3 - z_1),$$

$$(y_2 - y_1)(z_3 - z_1) - (z_2 - z_1)(y_3 - y_1) \dots (6)$$

$$\text{単位外積ベクトル } n = \text{ベクトル } n_{tmp} / |\text{ベクトル } n_{tmp}| \dots (7)$$

式(7)によって正規化された大きさ1の単位外積ベクトルnは、  
 単位外積ベクトルn = (n<sub>x</sub>, n<sub>y</sub>, n<sub>z</sub>)となり、このベクトルが先に選択した3点で張る面の垂直ベクトルとなる。

【0035】

次に、平面検出部3は、求めた単位外積ベクトルnから式(8)、(9)、(10)、(11)によって、パラメータ、x、y、zを求める(ステップS23)。

$$= n_x x_1 + n_y y_1 + n_z z_1 \dots (8)$$

$$x = \cos^{-1} n_x \dots (9)$$

$$y = \cos^{-1} n_y \dots (10)$$

$$z = \cos^{-1} n_z \dots (11)$$

ここで、パラメータは、抽出しようとする平面に原点からの距離を表し、パラメータx、y、zは、それぞれ垂直ベクトルの各成分に対する方向余弦に対する角度を表している。

【0036】

次に、平面検出部3は、垂直ベクトルのZ成分の方向余弦に対する角度zが、|z| Thを満たすか否かを判定する(ステップS24)。ここで、Thはしきい値であり、床面や道路面のスロープの最大角度である。通常、屋内における床面はスロープを考慮しても最大で10度程度であるので、このThは10度を設定することが望ましい。

【0037】

次に、平面検出部3は、ステップS24において、|z| Thを満たしていれば、ステップS23において求めたパラメータ、x、y、zを4次元ヒストグラムへ投票する(ステップS25)。一方、|z| Thを満たしていなければ、ステップS26へ進む。

【0038】

続いて、平面検出部3は、同一のP1に対して、他の3つのP2及び他の3つのP3(図9(b)における斜線の位置)についてステップS21~S25の処理を行う(ステップS26)。さらに、平面検出部3は、図9(b)に示すマスクを使用して、図10に示すように、距離画像の左上の位置から右下の位置まで距離画像全体に対してP1の位置を1画素分ずつ移し、ステップS21~S25の処理を繰り返す(ステップS27)。この処理によって、4次元ヒストグラムが生成される。

ただし、投票されるのは、|z| Thが満たされたときのみである。

【0039】

次に、平面検出部3は、4次元ヒストグラムを参照して、度数のすべての極大値を抽出する(ステップS28)。そして、抽出した極大値を持つパラメータ、x、y、zを求め、このx、y、zによって、3次元空間上の平面を特定する。したがって、ここで特定される平面の数は、極大値の数と同数となる。

なお、極大値の抽出において、ある大きさ以上の極大値のみを抽出するようにしてもよい。

【0040】

次に、平面検出部3は、特定された水平平面から平面抽出画像を生成する(ステップS29)。この平面抽出画像は、特定された平面上に存在する測定点を、特定された平面毎に色分けするなどして生成すればよい。この処理によって、水平平面のみが色付けされて抽出され、水平平面でない部分は色付けがされていない状態の平面抽出画像が得られる。

【0041】

なお、図7に示す垂直平面抽出処理と図8に示す水平平面抽出処理は、同時に動作し、その結果を合成して、垂直平面と水平平面とが色分けされた平面抽出画像を生成するように

10

20

30

40

50

してもよい。また、距離画像取得部 1 は、平面検出部 3 および平面検出部 3 が、距離画像記憶部 2 に記憶されている距離データの読み出しが終了した時点で、新たな距離画像を取得し、距離画像記憶部 2 を更新するようにする。そして、前述した処理を繰り返すことによって、平面検出画像を更新する。図 1 1 に平面検出画像の一例を示す。

#### 【 0 0 4 2 】

このように、垂直平面の検出の際に Z 成分を用いずに X、Y 成分のみによって演算を行い、3次元のヒストグラムを使用して X Y 平面の直線を特定することによって壁に相当する垂直平面を抽出するようにしたため、使用するメモリ量を削減することができ、さらに処理時間も短縮することができる。また、床面や道路面に相当する水平平面の検出の際に、検出しようとする平面の候補に対して、垂直ベクトルの角度が所定の範囲内である候補のみを使用して 4 次元ヒストグラムの投票を行うようにしたため、使用するメモリ量を削減することができ、さらに処理時間も短縮することができる。また、垂直平面と水平平面の検出処理を分けて、並行して同時に動作するようにしたため、さらに処理効率を向上させることが可能となる。さらに平面検出画像と距離画像を参照しながらロボットの移動を制御するようにしたため、精度よくロボットの位置の制御を行うことができるとともに、処理時間を短縮することが可能となるためにロボット内における経路選定処理の負荷を低減することが可能となる。また、マスクを用いて投票範囲を制限したので、処理時間を短縮できるとともに平面の検出精度が向上する。

#### 【 0 0 4 3 】

なお、図 2、7、8 における処理部の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより特箇所検出処理を行ってもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OS や周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータシステム」は、WWWシステムを利用している場合であれば、ホームページ提供環境（あるいは表示環境）も含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フロッピーディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリ（RAM）のように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。

#### 【 0 0 4 4 】

また、上記プログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピュータシステムから、伝送媒体を介して、あるいは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピュータシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク（通信網）や電話回線等の通信回線（通信線）のように情報を伝送する機能を有する媒体のことをいう。また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。さらに、前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

#### 【 0 0 4 5 】

##### 【 発明の効果 】

以上説明したように、請求項 1、4、5 に記載の発明によれば、距離画像に対してエッジ検出処理を施し、距離の急激変化を検出するようにしたため、交差点や下り階段などの特異箇所を高速で検出することが可能となる。また、エッジ検出によって検出されたエッジと、平面検出によって検出された平面とが所定の条件を満たしたときのみ、このエッジの箇所を特異箇所としたため、特異箇所の検出精度を向上させることができる。さらに、エッジ検出と平面検出を並行して処理するようにしたため、特異箇所の検出処理速度を向上することができるという効果が得られる。

#### 【 0 0 4 6 】

また、請求項 2 に記載の発明によれば、特異箇所マップを参照しながら自動車の移動を制御するようにしたため、精度よく自動車の位置の制御を行うことができるとともに、特異箇所への接近に伴い必要な行動を起こす制御をすることが可能になるという効果が得られる。

【 0 0 4 7 】

また、請求項 3 に記載の発明によれば、特異箇所マップを参照しながらロボットの移動を制御するようにしたため、精度よくロボットの位置の制御を行うことができるとともに、特異箇所への接近に伴い必要な行動を起こす制御をすることが可能になるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施形態の構成を示すブロック図である。

【図 2】 図 1 に示す画像処理装置の動作を示すフローチャートである。

【図 3】 ロボットの前方視野の情景の一例を示す説明図である。

【図 4】 図 1 に示す平面検出部 3 によって生成された平面検出画像の一例を示す説明図である。

【図 5】 図 1 に示すエッジ検出部 4 によって生成されたエッジ検出画像の一例を示す説明図である。

【図 6】 図 1 に示す特異箇所マップ記憶部 7 に記憶される特異箇所マップの一例を示す説明図である。

【図 7】 図 1 に示す平面検出部 3 の動作を示すフローチャートである。

【図 8】 図 1 に示す平面検出部 3 の動作を示すフローチャートである。

【図 9】 図 1 に示す平面検出部 3 において用いられるマスクの一例を示す説明図である。

【図 10】 図 1 に示す平面検出部 3 の処理において、距離画像の走査方向の一例を示す説明図である。

【図 11】 図 1 に示す平面検出部 3 によって生成された平面検出画像の一例を示す説明図である。

【符号の説明】

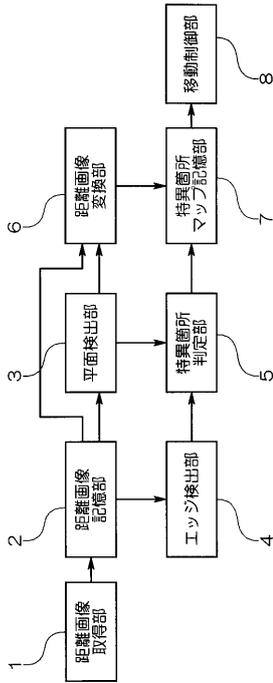
- 1・・・距離画像取得部、
- 2・・・距離画像記憶部、
- 3・・・平面検出部、
- 4・・・エッジ検出部、
- 5・・・特異箇所判定部、
- 6・・・距離画像変換部、
- 7・・・特異箇所マップ記憶部、
- 8・・・移動制御部。

10

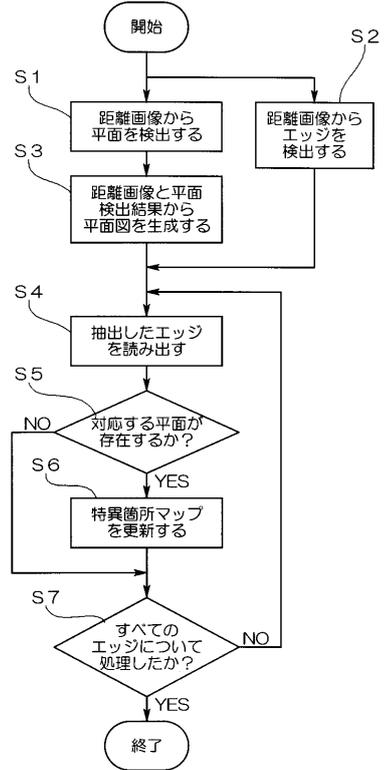
20

30

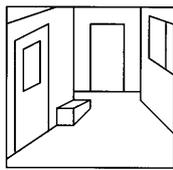
【図1】



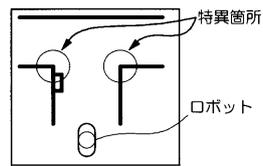
【図2】



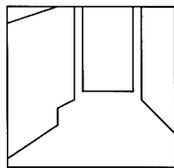
【図3】



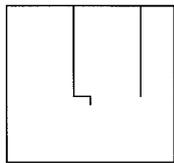
【図6】



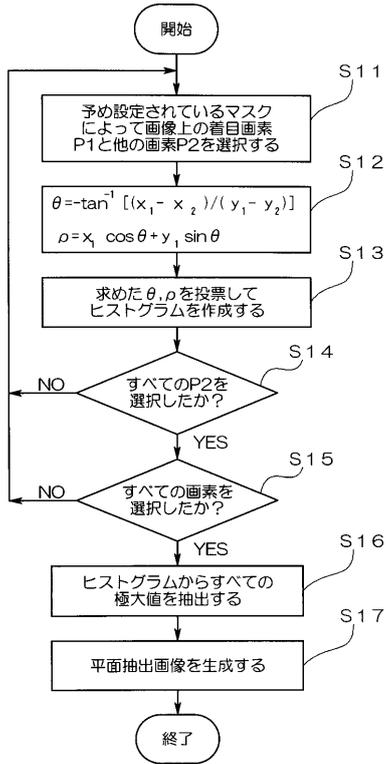
【図4】



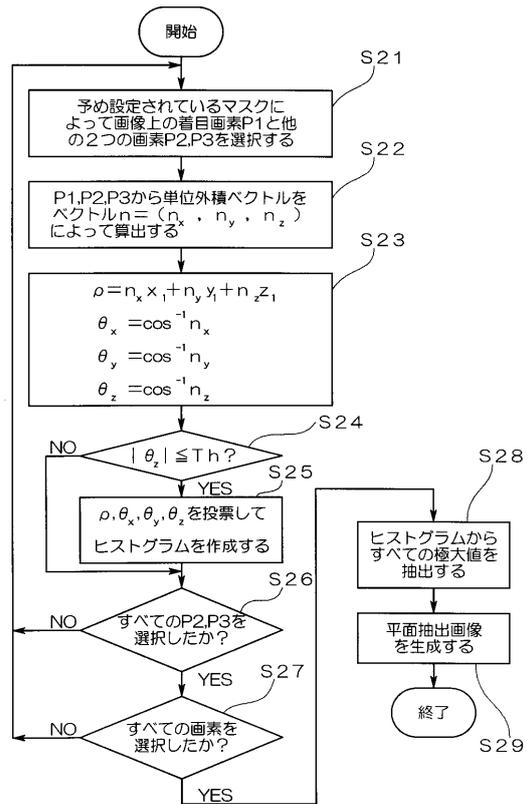
【図5】



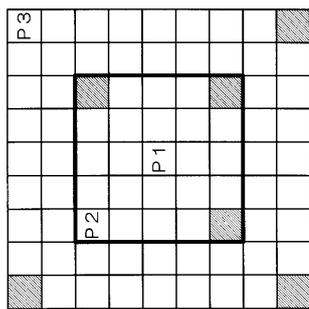
【図7】



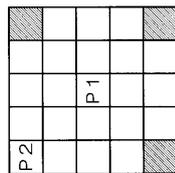
【図8】



【図9】

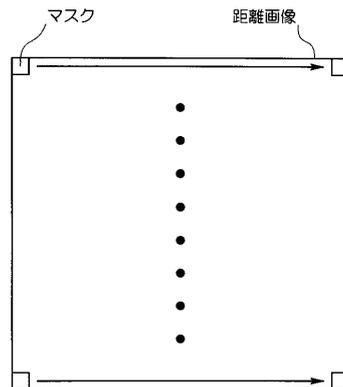


(b) 水平平面用マスク

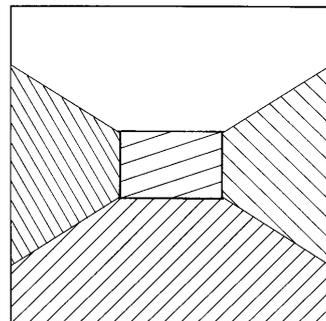


(a) 垂直平面用マスク

【図10】



【図11】



---

フロントページの続き

(72)発明者 松永 慎一  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

審査官 岡本 俊威

(56)参考文献 特公平07-066445(JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 1/00-7/60

G01B 11/00-11/30