

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2023-38220

(P2023-38220A)

(43)公開日 令和5年3月16日(2023.3.16)

(51)国際特許分類

F I

B 6 0 W 40/06 (2012.01)

B 6 0 W 40/06

B 6 0 W 40/114 (2012.01)

B 6 0 W 40/114

G 0 8 G 1/16 (2006.01)

G 0 8 G 1/16

C

G 0 5 D 1/02 (2020.01)

G 0 5 D 1/02

H

審査請求 有 請求項の数 1 O L (全21頁)

(21)出願番号 特願2022-209722(P2022-209722)
 (22)出願日 令和4年12月27日(2022.12.27)
 (62)分割の表示 特願2018-163738(P2018-163738)
)の分割
 原出願日 平成30年8月31日(2018.8.31)

(71)出願人 000005016
 パイオニア株式会社
 東京都文京区本駒込二丁目2番8号
 (74)代理人 100107331
 弁理士 中村 聡延
 (72)発明者 加藤 正浩
 埼玉県川越市山田2番地1 パイオニア株式会社 川越事業所内

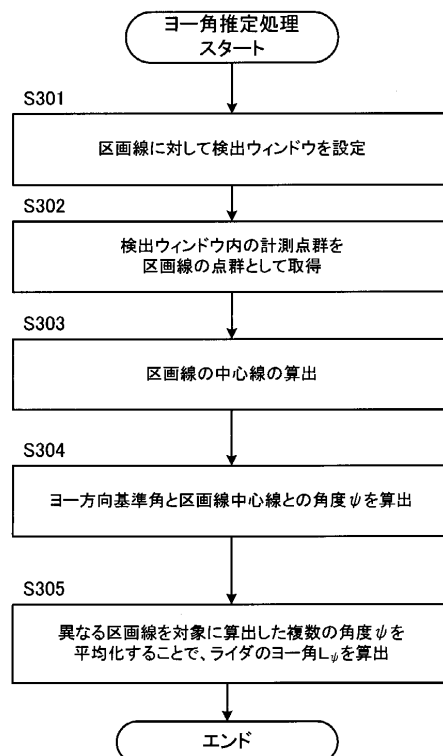
(54)【発明の名称】 姿勢推定装置、制御方法、プログラム及び記憶媒体

(57)【要約】

【課題】移動体に取り付けられた計測装置の移動体への取り付け姿勢を好適に推定可能な姿勢推定装置を提供する。

【解決手段】車載機1は、区画線を車両に取り付けられたライダ2により計測した計測点群を取得し、当該計測点群に基づき、車両の走行方向に沿った区画線の中心線を算出する。そして、車載機1は、ライダ2が基準とするヨー方向基準角に対する区画線の中心線に基づき、ライダ2の車両への取り付け姿勢を推定する。

【選択図】図15



10

20

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被計測面が移動体が走行する走行路面と平行であって前記走行路面に沿って形成された地物を、前記移動体に取り付けられた計測装置により計測した計測点群を取得する取得手段と、

前記計測点群に基づき、前記移動体の走行方向に沿った前記被計測面上の線を算出する算出手段と、

前記計測装置が基準とする方向に対する前記線の方向に基づき、前記計測装置の前記移動体への取り付け姿勢を推定する推定手段と、

を有する姿勢推定装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、計測装置の姿勢を推定する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、レーダやカメラなどの計測装置の計測データに基づいて、自車位置推定などを行う技術が知られている。例えば、特許文献1には、計測センサの出力と、予め地図上に登録された地物の位置情報とを照合させることで自己位置を推定する技術が開示されている。また、特許文献2には、カルマンフィルタを用いた自車位置推定技術が開示されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2013-257742号公報

【特許文献2】特開2017-72422号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

計測装置から得られるデータは、計測装置を基準とした座標系の値であり、車両に対する計測装置の姿勢等に依存したデータとなっているため、車両を基準とした座標系の値に変換する必要がある。従って、計測装置の姿勢にずれが生じた場合には、そのずれを的確に検知して計測装置のデータに反映させたり、計測装置の姿勢を修正したりする必要がある。

30

【0005】

本発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、移動体に取り付けられた計測装置の移動体への取り付け姿勢を好適に推定可能な姿勢推定装置を提供することを主な目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

40

請求項に記載の発明は、姿勢推定装置であって、被計測面が移動体が走行する走行路面と平行であって前記走行路面に沿って形成された地物を、前記移動体に取り付けられた計測装置により計測した計測点群を取得する取得手段と、前記計測点群に基づき、前記移動体の走行方向に沿った前記被計測面上の線を算出する算出手段と、前記計測装置が基準とする方向に対する前記線の方向に基づき、前記計測装置の前記移動体への取り付け姿勢を推定する推定手段と、を有する。

【0007】

また、請求項に記載の発明は、姿勢推定装置が実行する制御方法であって、被計測面が移動体が走行する走行路面と平行であって前記走行路面に沿って形成された地物を、前記移動体に取り付けられた計測装置により計測した計測点群を取得する取得工程と、前記計

50

測点群に基づき、前記移動体の走行方向に沿った前記被計測面上の線を算出する算出工程と、前記計測装置が基準とする方向に対する前記線の方向に基づき、前記計測装置の前記移動体への取り付け姿勢を推定する推定工程と、を有する。

【0008】

また、請求項に記載の発明は、コンピュータが実行するプログラムであって、被計測面が移動体が走行する走行路面と平行であって前記走行路面に沿って形成された地物を、前記移動体に取り付けられた計測装置により計測した計測点群を取得する取得手段と、前記計測点群に基づき、前記移動体の走行方向に沿った前記被計測面上の線を算出する算出手段と、前記計測装置が基準とする方向に対する前記線の方向に基づき、前記計測装置の前記移動体への取り付け姿勢を推定する推定手段として前記コンピュータを機能させる。

10

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】車両システムの概略構成図である。

【図2】車載機の機能的構成を示すブロック図である。

【図3】2次元座標により表された車両座標系とライダ座標系との関係を示す図である。

【図4】3次元座標により表された車両座標系とライダ座標系との関係を示す図である。

【図5】ライダのロール角を推定する際の検出対象地物となる道路標識付近に車両が走行する場合の車両周辺の俯瞰図を示す。

【図6】道路標識の被計測面を正面視した場合の道路標識と対象計測点群との位置関係を示す。

20

【図7】ライダ座標系における対象計測点群及び抽出された外縁点群を示す。

【図8】外縁点群が形成する四角形の各辺の近似直線を示す。

【図9】ロール角推定処理の手順を示すフローチャートである。

【図10】ライダのピッチ角を推定する際の検出対象地物となる道路標識付近に車両が走行する場合の車両周辺の俯瞰図を示す。

【図11】ピッチ角推定処理の手順を示すフローチャートである。

【図12】ライダのヨー角を推定する際の検出対象地物となる区画線に沿って車両が走行する場合の車両周辺の俯瞰図を示す。

【図13】検出ウィンドウにおける中心点を丸印により示した図である。

【図14】検出ウィンドウごとに算出した区画線の中心線とヨー方向基準角とがなす角度を示す。

30

【図15】ヨー角推定処理の手順を示すフローチャートである。

【図16】ロール角、ピッチ角及びヨー角の推定値に基づく処理の具体例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明の好適な実施形態によれば、姿勢推定装置は、被計測面が移動体が走行する走行路面と平行であって前記走行路面に沿って形成された地物を、前記移動体に取り付けられた計測装置により計測した計測点群を取得する取得手段と、前記計測点群に基づき、前記移動体の走行方向に沿った前記被計測面上の線を算出する算出手段と、前記計測装置が基準とする方向に対する前記線の方向に基づき、前記計測装置の前記移動体への取り付け姿勢を推定する推定手段と、を有する。姿勢推定装置は、この態様により、被計測面が移動体が走行する走行路面と平行であって走行路面に沿って形成された地物を基準として、計測装置の移動体への取り付け姿勢を好適に推定することができる。

40

【0011】

上記姿勢推定装置の一態様では、前記取得手段は、前記地物に関する地物情報に基づき前記地物の位置を認識することで、当該位置において前記計測装置が計測した計測点群を前記地物の計測点群として取得する。姿勢推定装置は、この態様により、移動体の走行路に沿った鉛直面又は走行路の幅方向に沿った鉛直面を有する地物の位置を把握して当該地物の計測点群を好適に取得することができる。

50

【 0 0 1 2 】

上記姿勢推定装置の他の一態様では、前記推定手段は、前記線と前記計測装置におけるヨー方向の基準線とのなす角に基づき、前記計測装置のヨー方向の姿勢を推定する。姿勢推定装置は、この態様により、計測装置のヨー方向の姿勢を好適に推定することができる。

【 0 0 1 3 】

上記姿勢推定装置の他の一態様では、前記推定手段は、異なる前記計測点群に基づき前記算出手段が算出した複数の前記線と前記基準線とのなす角を平均化することで、前記計測装置のヨー方向の姿勢を推定する。姿勢推定装置は、この態様により、計測装置のヨー方向の姿勢をよりの確に推定することができる。

10

【 0 0 1 4 】

上記姿勢推定装置の他の一態様では、前記算出手段は、前記計測点群に基づき、前記移動体の走行方向に沿った前記被計測面上の複数の点を算出し、当該複数の点から前記線を算出し、前記推定手段は、異なる前記計測点群に基づき前記算出手段が算出した複数の前記線と前記基準線とのなす角を、当該線の各々の算出に用いた前記点の数に基づき平均化することで、前記計測装置のヨー方向の姿勢を推定する。この態様では、姿勢推定装置は、算出した線の各々の精度を好適に考慮した重み付けにより、計測装置のヨー方向の姿勢をよりの確に推定することができる。

【 0 0 1 5 】

好適な例では、前記地物は、前記走行路に設けられた区画線又は縁石であるとよい。また、他の好適な例では、前記計測装置は、光を走査する光走査装置であるとよい。

20

【 0 0 1 6 】

上記姿勢推定装置の他の一態様では、前記基準とする方向は、前記取り付け姿勢のずれが生じていない場合に前記計測装置の座標系において前記移動体の走行方向とみなされる方向であり、前記取り付け姿勢のずれが生じた場合に、当該ずれに応じて前記移動体の走行方向と異なる方向を示す。姿勢推定装置は、この態様により、算出した被計測面上の線に対する基準とする方向のずれに基づき、計測装置の移動体への取り付け姿勢を好適に推定することができる。

【 0 0 1 7 】

本発明の他の好適な実施形態によれば、姿勢推定装置が実行する制御方法であって、被計測面が移動体が走行する走行路面と平行であって前記走行路面に沿って形成された地物を、前記移動体に取り付けられた計測装置により計測した計測点群を取得する取得工程と、前記計測点群に基づき、前記移動体の走行方向に沿った前記被計測面上の線を算出する算出工程と、前記計測装置が基準とする方向に対する前記線の方向に基づき、前記計測装置の前記移動体への取り付け姿勢を推定する推定工程と、を有する。姿勢推定装置は、この制御方法を実行することで、計測装置の移動体への取り付け姿勢を好適に推定することができる。

30

【 0 0 1 8 】

本発明の他の好適な実施形態によれば、コンピュータが実行するプログラムであって、被計測面が移動体が走行する走行路面と平行であって前記走行路面に沿って形成された地物を、前記移動体に取り付けられた計測装置により計測した計測点群を取得する取得手段と、前記計測点群に基づき、前記移動体の走行方向に沿った前記被計測面上の線を算出する算出手段と、前記計測装置が基準とする方向に対する前記線の方向に基づき、前記計測装置の前記移動体への取り付け姿勢を推定する推定手段として前記コンピュータを機能させる。コンピュータは、このプログラムを実行することで、計測装置の移動体への取り付け姿勢を好適に推定することができる。好適には、上記プログラムは、記憶媒体に記憶される。

40

【 実施例 】

【 0 0 1 9 】

以下、図面を参照して本発明の好適な各実施例について説明する。

50

【 0 0 2 0 】

〔 概略構成 〕

図 1 は、本実施例に係る車両システムの概略構成図である。図 1 に示す車両システムは、車両の運転支援に関する制御を行う車載機 1 と、ライダ (Lidar : Light Detection and Ranging、または、Laser Illuminated Detection And Ranging) 2、ジャイロセンサ 3、加速度センサ 4、及び GPS 受信機 5 などのセンサ群とを有する。

【 0 0 2 1 】

車載機 1 は、ライダ 2、ジャイロセンサ 3、加速度センサ 4、及び GPS 受信機 5 などのセンサ群と電氣的に接続し、これらの出力データを取得する。また、道路データ及び道路付近に設けられた地物に関する地物情報などを記憶した地図データベース (DB : Data Base) 10 を記憶している。そして、車載機 1 は、上述の出力データ及び地図 DB 10 に基づき、車両の位置の推定を行い、位置推定結果に基づいた自動運転制御などの車両の運転支援に関する制御などを行う。また、車載機 1 は、ライダ 2 の出力などに基づいて、ライダ 2 の姿勢の推定を行う。そして、車載機 1 は、この推定結果に基づいて、ライダ 2 が出力する点群データの各計測値を補正する処理などを行う。車載機 1 は、本発明における「姿勢推定装置」の一例である。

【 0 0 2 2 】

ライダ 2 は、水平方向および垂直方向の所定の角度範囲に対してパルスレーザを出射することで、外界に存在する物体までの距離を離散的に測定し、当該物体の位置を示す 3 次元の点群情報を生成する。この場合、ライダ 2 は、照射方向を変えながらレーザ光を照射する照射部と、照射したレーザ光の反射光 (散乱光) を受光する受光部と、受光部が出力する受光信号に基づくスキャンデータを出力する出力部とを有する。スキャンデータは、受光部が受光したレーザ光に対応する照射方向と、上述の受光信号に基づき特定される当該レーザ光のその照射方向での物体までの距離とに基づき生成され、車載機 1 へ供給される。ライダ 2 は、本発明における「計測装置」の一例である。

【 0 0 2 3 】

図 2 は、車載機 1 の機能的構成を示すブロック図である。車載機 1 は、主に、インターフェース 11 と、記憶部 12 と、入力部 14 と、制御部 15 と、情報出力部 16 と、を有する。これらの各要素は、バスラインを介して相互に接続されている。

【 0 0 2 4 】

インターフェース 11 は、ライダ 2、ジャイロセンサ 3、加速度センサ 4、及び GPS 受信機 5 などのセンサから出力データを取得し、制御部 15 へ供給する。また、インターフェース 11 は、制御部 15 が生成した車両の走行制御に関する信号を車両の電子制御装置 (ECU : Electronic Control Unit) へ供給する。

【 0 0 2 5 】

記憶部 12 は、制御部 15 が実行するプログラムや、制御部 15 が所定の処理を実行するのに必要な情報を記憶する。本実施例では、記憶部 12 は、地図 DB 10 と、ライダ設置情報 IL とを有する。地図 DB 10 は、例えば、道路データ、施設データ、及び、道路周辺の地物データなどを含むデータベースである。道路データには、経路探索用の車線ネットワークデータ、道路形状データ、交通法規データなどが含まれる。地物データは、道路標識等の看板や停止線等の道路標示、白線等の道路区画線や道路沿いの構造物等の情報 (例えば位置情報及び種別情報) を含む。また、地物データは、自車位置推定に用いるための地物の高精度な点群情報などを含んでもよい。その他、地図 DB には、位置推定に必要な種々のデータが記憶されてもよい。

【 0 0 2 6 】

ライダ設置情報 IL は、ある基準時 (例えばライダ 2 のアライメント調整直後などの姿勢ずれが生じていない時) におけるライダ 2 の車両に対する相対的な姿勢及び位置に関する情報である。本実施例では、ライダ 2 等の姿勢を、ロール角、ピッチ角、ヨー角 (即ちオイラー角) により表すものとする。ライダ設置情報 IL は、後述するライダ 2 の姿勢の

10

20

30

40

50

推定処理が実行された場合に、推定結果に基づき更新されてもよい。

【 0 0 2 7 】

入力部 1 4 は、ユーザが操作するためのボタン、タッチパネル、リモートコントローラ、音声入力装置等であり、経路探索のための目的地を指定する入力、自動運転のオン及びオフを指定する入力などを受け付ける。情報出力部 1 6 は、例えば、制御部 1 5 の制御に基づき出力を行うディスプレイやスピーカ等である。

【 0 0 2 8 】

制御部 1 5 は、プログラムを実行する CPU などを含み、車載機 1 の全体を制御する。制御部 1 5 は、インターフェース 1 1 から供給される各センサの出力信号及び地図 DB 1 0 に基づき、自車位置の推定を行い、自車位置の推定結果に基づいて自動運転制御を含む車両の運転支援に関する制御などを行う。このとき、制御部 1 5 は、ライダー 2 の出力データを用いる場合には、ライダー 2 が出力する計測データを、ライダー設置情報 IL に記録されたライダー 2 の設置情報に含まれる姿勢及び位置を基準として、ライダー 2 を基準とした座標系から車両を基準とした座標系（以下「基準座標系」）に変換する。さらに、本実施例では、制御部 1 5 は、車両に対するライダー 2 の現在（即ち処理基準時）の姿勢を推定することで、ライダー設置情報 IL に記録された姿勢に対する変化量を算出し、当該変化量に基づきライダー 2 が出力する計測データを補正する。これにより、制御部 1 5 は、ライダー 2 の姿勢にずれが生じた場合であっても、当該ずれの影響を受けないようにライダー 2 が出力する計測データを補正する。制御部 1 5 は、本発明におけるプログラムを実行する「コンピュータ」の一例である。

【 0 0 2 9 】

[座標系の変換]

ライダー 2 により取得される 3 次元点群データの各計測点が示す 3 次元座標は、ライダー 2 の位置及び姿勢を基準とした座標系（「ライダー座標系」とも呼ぶ。）で表されており、車両の位置及び姿勢を基準とした座標系（「車両座標系」とも呼ぶ。）に変換する必要がある。ここでは、ライダー座標系と車両座標系との変換について説明する。

【 0 0 3 0 】

図 3 は、2 次元座標により表された車両座標系とライダー座標系との関係を示す図である。ここでは、車両座標系は、車両の中心を原点とし、車両の進行方向に沿った座標軸「 x_b 」と車両の側面方向に沿った座標軸「 y_b 」を有する。また、ライダー座標系は、ライダー 2 の正面方向（矢印 A 2 参照）に沿った座標軸「 x_L 」とライダー 2 の側面方向に沿った座標軸「 y_L 」を有する。

【 0 0 3 1 】

ここで、車両座標系に対するライダー 2 のヨー角を「 L 」、ライダー 2 の位置を「 $[L_x, L_y]^T$ 」とした場合、車両座標系から見た時刻「 k 」の計測点「 $[x_b(k), y_b(k)]^T$ 」は、回転行列「 C 」を用いた以下の式（1）によりライダー座標系の座標「 $[x_L(k), y_L(k)]^T$ 」へ変換される。

【 0 0 3 2 】

【 数 1 】

$$\begin{bmatrix} x_L(k) \\ y_L(k) \end{bmatrix} = C_\psi \begin{bmatrix} x_b(k) - L_x \\ y_b(k) - L_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos L_\psi & \sin L_\psi \\ -\sin L_\psi & \cos L_\psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_b(k) - L_x \\ y_b(k) - L_y \end{bmatrix} \quad (1)$$

一方、ライダー座標系から車両座標系への変換は、回転行列の逆行列（転置行列）を用いればよい。よって、ライダー座標系で取得した時刻 k の計測点「 $[x_L(k), y_L(k)]^T$ 」は、以下の式（2）により車両座標系の座標「 $[x_b(k), y_b(k)]^T$ 」に変換することが可能である。

【 0 0 3 3 】

【数 2】

$$\begin{bmatrix} x_b(k) \\ y_b(k) \end{bmatrix} = \mathbf{C}_\psi^{-1} \begin{bmatrix} x_L(k) \\ y_L(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_x \\ L_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos L_\psi & -\sin L_\psi \\ \sin L_\psi & \cos L_\psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_L(k) \\ y_L(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_x \\ L_y \end{bmatrix} \quad (2)$$

図 4 は、3次元座標により表された車両座標系とライダ座標系との関係を示す図である。ここでは、座標軸 x_b 、 y_b に垂直な座標軸を「 z_b 」、座標軸 x_L 、 y_L に垂直な座標軸を「 z_L 」とする。

【0034】

10

車両座標系に対するライダ 2 のロール角を「 L_θ 」、ピッチ角を「 L_ϕ 」、ヨー角を「 L_ψ 」とし、ライダ 2 の座標軸 x_b における位置が「 L_x 」、座標軸 y_b における位置が「 L_y 」、座標軸 z_b における位置が「 L_z 」とした場合、車両座標系から見た時刻「 k 」の計測点 $[x_b(k), y_b(k), z_b(k)]^T$ は、ロール、ピッチ、ヨーに対応する各回転行列「 \mathbf{C}_θ 」、「 \mathbf{C}_ϕ 」、「 \mathbf{C}_ψ 」により表される方向余弦行列「 \mathbf{C} 」を用いた以下の式 (3) により、ライダ座標系の座標 $[x_L(k), y_L(k), z_L(k)]^T$ へ変換される。

【0035】

【数 3】

20

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} x_L(k) \\ y_L(k) \\ z_L(k) \end{bmatrix} &= \mathbf{C} \left\{ \begin{bmatrix} x_b(k) \\ y_b(k) \\ z_b(k) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} L_x \\ L_y \\ L_z \end{bmatrix} \right\} \\ &= \mathbf{C}_\phi \mathbf{C}_\theta \mathbf{C}_\psi \left\{ \begin{bmatrix} x_b(k) \\ y_b(k) \\ z_b(k) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} L_x \\ L_y \\ L_z \end{bmatrix} \right\} \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos L_\phi & \sin L_\phi \\ 0 & -\sin L_\phi & \cos L_\phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos L_\theta & 0 & -\sin L_\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin L_\theta & 0 & \cos L_\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos L_\psi & \sin L_\psi & 0 \\ -\sin L_\psi & \cos L_\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \left\{ \begin{bmatrix} x_b(k) \\ y_b(k) \\ z_b(k) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} L_x \\ L_y \\ L_z \end{bmatrix} \right\} \\ &= \begin{bmatrix} \cos L_\theta \cos L_\psi & \cos L_\theta \sin L_\psi & -\sin L_\theta \\ \sin L_\phi \sin L_\theta \cos L_\psi - \cos L_\phi \sin L_\psi & \sin L_\phi \sin L_\theta \sin L_\psi + \cos L_\phi \cos L_\psi & \sin L_\phi \cos L_\theta \\ \cos L_\phi \sin L_\theta \cos L_\psi + \sin L_\phi \sin L_\psi & \cos L_\phi \sin L_\theta \sin L_\psi - \sin L_\phi \cos L_\psi & \cos L_\phi \cos L_\theta \end{bmatrix} \left\{ \begin{bmatrix} x_b(k) \\ y_b(k) \\ z_b(k) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} L_x \\ L_y \\ L_z \end{bmatrix} \right\} \end{aligned} \quad (3)$$

30

一方、ライダ座標系から車両座標系への変換は、方向余弦行列の逆行列（転置行列）を用いればよい。よって、ライダ座標系で取得した時刻 k の計測点 $[x_L(k), y_L(k), z_L(k)]^T$ は、以下の式 (4) により車両座標系の座標 $[x_b(k), y_b(k), z_b(k)]^T$ に変換することが可能である。

【0036】

【数 4】

40

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} x_b(k) \\ y_b(k) \\ z_b(k) \end{bmatrix} &= \mathbf{C}^{-1} \begin{bmatrix} x_L(k) \\ y_L(k) \\ z_L(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_x \\ L_y \\ L_z \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \cos L_\theta \cos L_\psi & \sin L_\phi \sin L_\theta \cos L_\psi - \cos L_\phi \sin L_\psi & \cos L_\phi \sin L_\theta \cos L_\psi + \sin L_\phi \sin L_\psi \\ \cos L_\theta \sin L_\psi & \sin L_\phi \sin L_\theta \sin L_\psi + \cos L_\phi \cos L_\psi & \cos L_\phi \sin L_\theta \sin L_\psi - \sin L_\phi \cos L_\psi \\ -\sin L_\theta & \sin L_\phi \cos L_\theta & \cos L_\phi \cos L_\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_L(k) \\ y_L(k) \\ z_L(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_x \\ L_y \\ L_z \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (4)$$

以下では、ライダ座標系から車両座標系へ変換するための式 (4) に用いられるロール角 L_θ 、ピッチ角 L_ϕ 、ヨー角 L_ψ の各推定方法について順に説明する。

【0037】

[ロール角の推定]

50

まず、ライダ 2 のロール角 L の推定方法について説明する。車載機 1 は、走行路の進行方向に対して垂直面（即ち走行路に対して正面）を有する方形（矩形）状の道路標識を、ライダ 2 により検出すべき対象となる地物（「検出対象地物 $F t a g$ 」とも呼ぶ。）とみなし、当該道路標識の傾きをライダ 2 が計測する計測点群に基づき算出することで、ライダ 2 のロール角 L を推定する。

【 0 0 3 8 】

図 5 は、ライダ 2 のロール角を推定する際の検出対象地物 $F t a g$ となる道路標識 2 2 付近に車両が走行する場合の車両周辺の俯瞰図を示す。図 5 において、破線円 2 0 は、ライダ 2 により地物を検出可能な範囲（「ライダ検出範囲」とも呼ぶ。）を示し、破線枠 2 1 は、検出対象地物 $F t a g$ である道路標識 2 2 を検出するための検出ウィンドウを示す。

10

【 0 0 3 9 】

この場合、車載機 1 は、地図 $D B 1 0$ を参照することで、走行路の進行方向に対して垂直面を有する方形状の道路標識 2 2 がライダ検出範囲内に存在することを認識し、当該道路標識 2 2 に関する地物データに基づき破線枠 2 1 に示す検出ウィンドウを設定する。この場合、車載機 1 は、例えば、検出対象地物 $F t a g$ となる道路標識の種別情報などを予め記憶しておき、当該種別情報が示す種別の道路標識がライダ検出範囲内に存在するか否かを地図 $D B 1 0$ の地物データを参照して判定する。なお、地図 $D B 1 0$ の地物データに地物の大きさ又は / 及び形状の情報が含まれている場合には、車載機 1 は、検出対象地物 $F t a g$ となる道路標識 2 2 の大きさ又は / 及び形状の情報に基づき検出ウィンドウの大きさ又は / 及び形状を決定してもよい。そして、車載機 1 は、ライダ 2 が計測する計測点群のうち、設定した検出ウィンドウ内に存在する計測点群（「対象計測点群 $P t a g$ 」とも呼ぶ。）を、道路標識 2 2 の計測点群として抽出する。

20

【 0 0 4 0 】

図 6 (A) ~ (C) は、道路標識 2 2 の被計測面を正面視した場合の対象計測点群 $P t a g$ とライダ 2 によるレーザ光の走査線 2 3（即ち、レーザ光の被照射点を時系列に結ぶ線）との位置関係を示す。なお、説明を容易にするため、ライダ 2 の初期姿勢角 L , L , L が 0 度である場合を例にとっている。ここで、図 6 (A) は、ライダ 2 にロール方向のずれが生じていない場合の対象計測点群 $P t a g$ とライダ 2 の走査線 2 3 との関係を示し、図 6 (B)、(C) は、ロール方向のずれ L が生じている場合の対象計測点群 $P t a g$ とライダ 2 の走査線 2 3 との関係を示す。ここで、図 6 (B) は、車両座標系の $y_b - z_b$ 平面内における対象計測点群 $P t a g$ とライダ 2 の走査線 2 3 との関係を示し、図 6 (C) は、基準座標系の $y_b' - z_b'$ 平面内における対象計測点群 $P t a g$ とライダ 2 の走査線 2 3 との関係を示す。なお、ここでは、説明便宜上、ライダ 2 の姿勢ずれが生じていないときには、道路標識 2 2 の長手方向は y_b 軸と平行であるものとし、車両は平坦な道路上に存在しているものとする。

30

【 0 0 4 1 】

図 6 (A) に示すように、ライダ 2 のロール角にずれが生じていない場合には、ライダ 2 は、道路標識 2 2 の横方向（即ち水平方向又は長手方向）と平行にスキャンを行う。そして、この場合、対象計測点群 $P t a g$ の縦方向における点群の数は、横方向における位置に関わらず同じ数（図 6 (A) では 6 個）となる。

40

【 0 0 4 2 】

一方、ライダ 2 のロール角にずれが生じている場合には、道路標識 2 2 に対して走査線が斜めに傾いている。ここで、道路標識 2 2 の長手方向は車両に対して傾いておらず、ライダ 2 の走査線が車両に対して傾いているため、車両座標系で観察した場合には、図 6 (B) に示すように、 y_b 軸と道路標識 2 2 の長手方向とが平行となり、ライダ 2 の走査線が y_b 軸に対して傾く。一方、基準座標系で観察した場合には、図 6 (C) に示すように、 y_b' 軸とライダ 2 の走査線とが平行となり、道路標識 2 2 の長手方向が y_b' 軸に対して傾く。

【 0 0 4 3 】

50

次に、対象計測点群 P t a g の抽出後の処理について説明する。まず、車載機 1 は、対象計測点群 P t a g の各計測点に対する受光強度を所定の閾値により判定することで、所定の閾値以下となる受光強度に対応する計測点を対象計測点群 P t a g から除外する。そして、車載機 1 は、受光強度に基づく除外処理後の対象計測点群 P t a g から、外縁を構成する点群（「外縁点群 P o u t」とも呼ぶ。）を抽出する。例えば、車載機 1 は、上下左右の少なくとも一方向において、隣接する計測点が存在しない対象計測点群 P t a g の計測点を、外縁点群 P o u t として抽出する。

【 0 0 4 4 】

図 7 (A) は、ライダ座標系における対象計測点群 P t a g を示し、図 7 (B) は、所定の閾値以下となる受光強度に対応する計測点を除外した後の対象計測点群 P t a g を示す。また、図 7 (C) は、図 7 (B) に示す対象計測点群 P t a g から抽出した外縁点群 P o u t を示す。図 7 (A)、(B) に示すように、図 7 (A) に示す計測点のうち、レーザ光の一部のみが反射したことにより一部が欠けている計測点については、受光強度が所定の閾値以下となり、対象計測点群 P t a g から除外されている。また、図 7 (B)、(C) に示すように、上下左右の少なくとも一方向において隣接する計測点が存在しない計測点が外縁点群 P o u t として抽出されている。

10

【 0 0 4 5 】

次に、車載機 1 は、外縁点群 P o u t から道路標識 2 2 の長手方向の傾きを算出する。ここで、外縁点群 P o u t は四角形を形成することから、この四角形のそれぞれの辺ごとに外縁点群 P o u t を分類し、辺ごとに分類した外縁点群 P o u t から、最小二乗法などの回帰分析手法により各辺の近似直線の傾きを算出する。

20

【 0 0 4 6 】

図 8 (A) は、四角形の上辺を形成する外縁点群 P o u t を抽出し、最小 2 乗法で直線を引いた図を示す。図 8 (B) は、四角形の底辺を形成する外縁点群 P o u t を抽出し、最小 2 乗法で直線を引いた図を示す。図 8 (C) は、四角形の左辺を形成する外縁点群 P o u t を抽出し、最小 2 乗法で直線を引いた図を示す。図 8 (D) は、四角形の右辺を形成する外縁点群 P o u t を抽出し、最小 2 乗法で直線を引いた図を示す。

【 0 0 4 7 】

この場合、車載機 1 は、図 8 (A) ~ (D) に示される各直線を算出し、各直線の y b ' 軸に対する傾き「 ϕ_1 」~「 ϕ_4 」を算出する。そして、車載機 1 は、以下の式 (5) に示すように、これらの傾き「 ϕ_1 」~「 ϕ_4 」の平均を、道路標識 2 2 の傾き「 ϕ 」として算出する。

30

【 0 0 4 8 】

【数 5】

$$\phi = \frac{\phi_1 + \phi_2 + \left(\phi_3 + \frac{\pi}{2} \right) + \left(\phi_4 + \frac{\pi}{2} \right)}{4} \quad (5)$$

ここで、四角形の左辺及び右辺は、上辺及び底辺に対して約 90°ずれているため、式 (5) では、四角形の左辺及び右辺を構成する外縁点群 P o u t から求めた直線の傾き ϕ_3 及び ϕ_4 に対して「 $\phi / 2$ 」だけ補正している。

40

【 0 0 4 9 】

なお、好適には、車載機 1 は、傾き ϕ を求める場合、四角形の各辺を構成する外縁点群 P o u t の数に基づき、各傾き ϕ_1 ~ ϕ_4 に重み付けをしてもよい。この場合、四角形の上辺を形成する外縁点群 P o u t の数を「 n_1 」、四角形の底辺を形成する外縁点群 P o u t の数を「 n_2 」、四角形の左辺を形成する外縁点群 P o u t の数を「 n_3 」、四角形の右辺を形成する外縁点群 P o u t の数を「 n_4 」とすると、車載機 1 は、以下の式 (6) に基づき重み付け平均を行うことで、傾き ϕ を算出する。

【 0 0 5 0 】

50

【数 6】

$$\phi = \frac{n_1\phi_1 + n_2\phi_2 + n_3\left(\phi_3 + \frac{\pi}{2}\right) + n_4\left(\phi_4 + \frac{\pi}{2}\right)}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4} \quad (6)$$

他の好適な例では、車載機 1 は、傾き を求める場合、ライダ 2 の水平方向の対象計測点群 P t a g の間隔「 I_H 」と垂直方向の対象計測点群 P t a g の間隔「 I_V 」とに基づいて、各傾き $\phi_1 \sim \phi_4$ に重み付けをしてもよい。ここで、水平間隔 I_H 及び垂直間隔 I_V は、それぞれ図 7 (B) に示される間隔となる。この場合、車載機 1 は、垂直間隔 I_V が長いほど、四角形の上辺及び底辺の傾き ϕ_1 及び ϕ_2 の精度が低くなり、水平間隔 I_H が長いほど、四角形の左辺及び右辺の傾き ϕ_3 及び ϕ_4 の精度が低くなるとみなし、以下の式 (7) に示すように、水平間隔 I_H 及び垂直間隔 I_V の逆数を用いて重み付け平均を行うことで、傾き を算出する。

10

【 0 0 5 1】

【数 7】

$$\phi = \frac{\frac{1}{I_V}\phi_1 + \frac{1}{I_V}\phi_2 + \frac{1}{I_H}\left(\phi_3 + \frac{\pi}{2}\right) + \frac{1}{I_H}\left(\phi_4 + \frac{\pi}{2}\right)}{\frac{1}{I_V} + \frac{1}{I_V} + \frac{1}{I_H} + \frac{1}{I_H}} \quad (7)$$

20

また、車載機 1 は、四角形の各辺を構成する点群の数 $n_1 \sim n_4$ 及び垂直間隔 I_V 及び水平間隔 I_H の両方を加味した重み付け平均により傾き を算出してもよい。この場合、車載機 1 は、以下の式 (8) に基づき重み付け平均を行うことで、傾き を算出する。

【 0 0 5 2】

【数 8】

$$\phi = \frac{\frac{n_1}{I_V}\phi_1 + \frac{n_2}{I_V}\phi_2 + \frac{n_3}{I_H}\left(\phi_3 + \frac{\pi}{2}\right) + \frac{n_4}{I_H}\left(\phi_4 + \frac{\pi}{2}\right)}{\frac{n_1}{I_V} + \frac{n_2}{I_V} + \frac{n_3}{I_H} + \frac{n_4}{I_H}} \quad (8)$$

30

また、車載機 1 は、ジャイロセンサ 3 及び加速度センサ 4 の出力に基づき車体のロール角「 ϕ_0 」を算出し、式 (5) ~ (8) のいずれかにより算出した傾き との差分をとることで、ライダ 2 のロール角 L_ϕ を算出する。この場合、車載機 1 は、以下の式 (9) に基づきライダ 2 のロール角 L_ϕ を算出する。

【 0 0 5 3】

【数 9】

$$L_\phi = \phi - \phi_0 \quad (9)$$

40

これにより、車載機 1 は、車両の傾きの影響を排除したライダ 2 のロール角 L_ϕ を好適に算出することができる。

【 0 0 5 4】

好適には、検出対象地物 F t a g である道路標識 2 2 が水平方向に対して傾いている可能性や計測誤差等を勘案し、車載機 1 は、上記のライダ 2 のロール角 L_ϕ の算出を、検出

50

対象地物 F t a g となる多くの道路標識に対して実施し、それらを平均化するとよい。これにより、車載機 1 は、確からしいライダ 2 のロール方向の傾き L を好適に算出することができる。

【 0 0 5 5 】

また、車体のロール角 θ_0 は平均すると 0° と見なせるため、上述の平均化の時間を長くすることにより、車体のロール角度 θ_0 を取得する必要がなくなる。例えば、十分大きい N 個分の傾き ϕ を取得した場合、車載機 1 は、ライダ 2 のロール角 L を、以下の式 (1 0) により定めてもよい。

【 0 0 5 6 】

【 数 1 0 】

10

$$L_\phi = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \phi(k) \quad (10)$$

上述の N は、車体ロール角 θ_0 の平均が略 0° とみなすことができるサンプル数であり、例えば実験等に基づき予め定められる。

【 0 0 5 7 】

図 9 は、ロール角推定処理の手順を示すフローチャートである。

【 0 0 5 8 】

20

まず、車載機 1 は、地図 DB 1 0 を参照し、車両周辺の検出対象地物 F t a g に対して検出ウィンドウを設定する (ステップ S 1 0 1)。この場合、車載機 1 は、検出対象地物 F t a g として、走行路の進行方向に対して垂直面を有する方形の道路標識を選定し、現在位置から所定距離以内に存在する上述の道路標識を地図 DB 1 0 から特定する。そして、車載機 1 は、特定した道路標識に関する位置情報等を地図 DB 1 0 から取得することで、検出ウィンドウを設定する。

【 0 0 5 9 】

次に、車載機 1 は、ステップ S 1 0 1 で設定した検出ウィンドウ内のライダ 2 の計測点群を、検出対象地物 F t a g の点群 (即ち対象計測点群 P t a g) として取得する (ステップ S 1 0 2)。そして、車載機 1 は、ステップ S 1 0 2 で取得した対象計測点群 P t a g から、これらの点群の外縁を形成する外縁点群 P o u t を抽出する (ステップ S 1 0 3)。

30

【 0 0 6 0 】

そして、車載機 1 は、ステップ S 1 0 3 で抽出した外縁点群 P o u t の横方向の傾きを算出する (ステップ S 1 0 4)。この場合、車載機 1 は、図 8 (A) ~ (D) において説明したように、外縁点群 P o u t が形成する四角形の各辺に該当する点群から各辺に対応する直線の傾き $\phi_1 \sim \phi_4$ を求め、式 (5) ~ (8) のいずれかの式を採用して傾きを算出する。

【 0 0 6 1 】

その後、車載機 1 は、傾き ϕ の平均化処理又は ϕ 及び車体のロール角 θ_0 との差分処理により、ライダ 2 のロール角 L を算出する (ステップ S 1 0 5)。上述の平均化処理では、車載機 1 は、ステップ S 1 0 1 ~ S 1 0 4 の処理を複数の検出対象地物 F t a g に対して実行することで複数の傾き ϕ を取得し、取得した複数の傾き ϕ の平均値を、傾き L として算出する。

40

【 0 0 6 2 】

[ピッチ角の推定]

次に、ライダ 2 のピッチ角 L の推定方法について説明する。車載機 1 は、走行路の幅方向に対して垂直面 (即ち走行路に対して横向きの面) を有する方形の道路標識を検出対象地物 F t a g とみなし、当該道路標識の傾きをライダ 2 が出力する計測点群にもとづき算出することで、ライダ 2 のピッチ角を推定する。

50

【 0 0 6 3 】

図 1 0 は、ライダ 2 のピッチ角を推定する際の検出対象地物 F t a g となる道路標識 2 4 付近に車両が走行する場合の車両周辺の俯瞰図を示す。図 1 0 において、破線円 2 0 は、ライダ 2 により地物を検出可能なライダ検出範囲を示し、破線枠 2 1 は、検出対象地物 F t a g である道路標識 2 4 に対して設定した検出ウィンドウを示す。

【 0 0 6 4 】

この場合、車載機 1 は、地図 D B 1 0 を参照することで、走行路の幅方向に対して垂直面を有する方形状の道路標識 2 4 が破線円 2 0 に示されるライダ検出範囲内に存在することを認識し、当該道路標識 2 4 に関する位置情報等に基づき破線枠 2 1 に示す検出ウィンドウを設定する。この場合、車載機 1 は、例えば、検出対象地物 F t a g となる道路標識の種別情報などを予め記憶しておき、当該種別情報が示す種別の道路標識がライダ検出範囲内に存在するか否かを地図 D B 1 0 の地物データを参照して判定する。そして、車載機 1 は、ライダ 2 が出力する計測点群のうち、設定した検出ウィンドウ内に存在する計測点群を、対象計測点群 P t a g として抽出する。

10

【 0 0 6 5 】

次に、車載機 1 は、抽出した対象計測点群 P t a g に対して、ロール角の推定方法と同様の処理を実行することで、ライダ 2 のピッチ角を推定する。

【 0 0 6 6 】

具体的には、まず、車載機 1 は、対象計測点群 P t a g の各計測点に対する受光強度を所定の閾値により判定することで、所定の閾値以下となる受光強度に対応する計測点を対象計測点群 P t a g から除外する。そして、車載機 1 は、受光強度に基づく除外処理後の対象計測点群 P t a g から、外縁を構成する外縁点群 P o u t を抽出する。次に、車載機 1 は、外縁点群 P o u t が構成する四角形の各辺の近似直線の傾き「 θ_1 」～「 θ_4 」を最小二乗法などの回帰分析手法により算出する。そして、車載機 1 は、傾き θ_1 ～ θ_4 に基づく平均化処理を行うことで、道路標識 2 2 の傾き「 θ 」を算出する。なお、車載機 1 は、式 (6) ~ (8) と同様、四角形の各辺を構成する点群の数 n_1 ~ n_4 と、垂直間隔 I_V 及び水平間隔 I_H との少なくとも一方を加味した重み付け平均により傾き θ を算出してもよい。

20

【 0 0 6 7 】

また、車載機 1 は、ジャイロセンサ 3 及び加速度センサ 4 の出力に基づき車体のピッチ角「 θ_0 」を算出し、傾き θ との差分をとることで、ライダ 2 のピッチ角 L_θ を算出する。この場合、車載機 1 は、以下の式 (1 1) に基づきライダ 2 のピッチ方向の傾き L_θ を算出する。

30

【 0 0 6 8 】

【 数 1 1 】

$$L_\theta = \theta - \theta_0 \quad (11)$$

これにより、車載機 1 は、車両の傾きの影響を排除したライダ 2 のピッチ角 L_θ を好適に算出することができる。また、好適には、検出対象地物 F t a g である道路標識 2 4 が水平方向に対して傾いている可能性や計測誤差等を勘案し、車載機 1 は、上記のライダ 2 のピッチ角 L_θ の算出を、検出対象地物 F t a g となる多くの道路標識に対して実施し、それらを平均化するとよい。これにより、車載機 1 は、確からしいライダ 2 のピッチ角 L_θ を好適に算出することができる。ここで、車体のピッチ角 θ_0 は平均すると 0° と見なせるため、上述の平均化の時間を長くすることにより、車体のピッチ角度 θ_0 を取得する必要がなくなる。例えば、N 個分の傾き θ を取得した場合、ライダ 2 のピッチ角 L_θ は、以下の式 (1 2) により表される。

40

【 0 0 6 9 】

【 数 1 2 】

50

$$L_{\theta} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \theta(k) \quad (12)$$

【 0 0 7 0 】

図 1 1 は、ピッチ角推定処理の手順を示すフローチャートである。

【 0 0 7 1 】

まず、車載機 1 は、地図 DB 1 0 を参照し、車両周辺の検出対象地物 F t a g に対して検出ウィンドウを設定する（ステップ S 2 0 1）。この場合、車載機 1 は、検出対象地物 F t a g として、走行路の幅方向に対して垂直面を有する方形の道路標識を選定し、現在位置から所定距離以内に存在する上述の道路標識を地図 DB 1 0 から特定する。そして、車載機 1 は、特定した道路標識に関する位置情報等を地図 DB 1 0 から取得することで、検出ウィンドウを設定する。

【 0 0 7 2 】

次に、車載機 1 は、ステップ S 2 0 1 で設定した検出ウィンドウ内のライダ 2 の計測点群を、検出対象地物 F t a g の点群（即ち対象計測点群 P t a g）として取得する（ステップ S 2 0 2）。そして、車載機 1 は、ステップ S 2 0 2 で取得した検出対象地物 F t a g の点群から、これらの点群の外縁を形成する外縁点群 P o u t を抽出する（ステップ S 2 0 3）。

【 0 0 7 3 】

そして、車載機 1 は、ステップ S 2 0 3 で抽出した外縁点群 P o u t の長手方向の傾きを算出する（ステップ S 2 0 4）。その後、車載機 1 は、傾きの平均化処理又は / 及び車体のピッチ角 θ_0 との差分処理により、ライダ 2 のピッチ方向の傾き L を算出する（ステップ S 2 0 5）。上述の平均化処理では、車載機 1 は、ステップ S 2 0 1 ~ S 2 0 4 の処理を複数の対象計測点群 P t a g に対して実行することで複数の傾きを算出し、これらの平均値を傾き L として算出する。

【 0 0 7 4 】

[ヨー角の推定]

次に、ライダ 2 のヨー角 L の推定方法について説明する。車載機 1 は、白線などの区画線を検出対象地物 F t a g とみなし、区画線の中心線方向をライダ 2 が計測する計測点群に基づき算出することで、ライダ 2 のヨー角 L を推定する。

【 0 0 7 5 】

図 1 2 は、ライダ 2 のヨー角を推定する際の検出対象地物 F t a g となる区画線に沿って車両が走行する場合の車両周辺の俯瞰図を示す。この例では、車両の左側に連続する区画線である連続線 3 0 が存在し、車両の右側に断続的に存在する区画線である破線 3 1 が存在している。また、矢印 2 5 は、ライダ 2 にヨー方向のずれが生じていない場合のヨー方向の基準方向を示し、ライダ 2 の座標軸「 x_L 」をライダ 2 のヨー角 L だけ回転させた向きであり、車両の進行方向に沿った座標軸「 x_b 」と一致する。すなわち、ライダ 2 のヨー角 L は、ずれが生じていなければ、車両の走行方向であるとみなすヨー角（「ヨー方向基準角」とも呼ぶ。）を示す。一方、矢印 2 6 は、ライダ 2 にヨー方向のずれが L 生じた場合のヨー方向基準角を示しており、ヨー方向基準角を修正しないと、車両の走行方向と一致しなくなる。ヨー方向基準角は、例えば予め記憶部 1 2 等に記憶されている。

【 0 0 7 6 】

この場合、例えば、地図 DB 1 0 内には、連続線 3 0 の離散的な座標位置及び破線 3 1 の離散的な座標位置を示す区画線情報が含まれている。そして、車載機 1 は、この区画線情報を参照し、車両の左前方、左後方、右前方、右後方の各方向において、車両から所定距離（例えば 5 m）離れた位置から最も近い座標位置を抽出し、抽出した座標位置を中心として矩形領域を、破線枠 2 1 A ~ 2 1 D に示される検出ウィンドウとして設定する。

【 0 0 7 7 】

次に、車載機 1 は、ライダ 2 が計測する計測点群から、検出ウィンドウ内において、路面上かつ、所定の閾値以上の反射強度なる点群を、対象計測点群 P t a g として抽出する。そして、車載機 1 は、走査線ごとの対象計測点群 P t a g の中心点を求め、検出ウィンドウごとにこれらの中心点を通る直線（矢印 2 7 A ~ 2 7 D 参照）を、区画線の中心線として算出する。

【 0 0 7 8 】

図 1 3 (A) は、破線枠 2 1 A の検出ウィンドウにおける中心点を丸印により示した図であり、図 1 3 (B) は、破線枠 2 1 B の検出ウィンドウにおける中心点を丸印により示した図である。また、図 1 3 (A)、(B) では、ライダ 2 によるレーザ光の走査線 2 8 が明示されている。なお、区画線に入射するライダ 2 のレーザ光は下斜め方向に射出されているため、走査線は、車両に近づくほど間隔が短くなっている。

10

【 0 0 7 9 】

図 1 3 (A)、(B) に示すように、車載機 1 は、各走査線 2 8 に対して中心点を算出する。中心点は、計測点が示す座標位置を走査線 2 8 ごとに平均した位置であってもよく、各走査線 2 8 上の左端及び右端の計測点の中間点であってもよく、各走査線 2 8 上の中間に存在する計測点であってもよい。そして、車載機 1 は、算出した中心点から、最小二乗法などの回帰分析手法により区画線の中心線（矢印 2 7 A、2 7 B 参照）を検出ウィンドウごとに算出する。

【 0 0 8 0 】

そして、車載機 1 は、検出ウィンドウごとに算出した区画線の中心線とヨー方向基準角（図 1 2 の矢印 2 6 参照）とがなす角を、傾き「 ψ_1 」~「 ψ_4 」として算出する。図 1 4 (A) ~ (D) は、傾き ψ_1 ~ ψ_4 をそれぞれ示した図である。図 1 4 (A) ~ (D) に示すように、傾き ψ_1 ~ ψ_4 は、区画線の中心線を指し示す矢印 2 7 A ~ 2 7 D と、ヨー方向基準角を指し示す矢印 2 6 とがなす角に相当する。

20

【 0 0 8 1 】

そして、車載機 1 は、以下の式 (1 3) に示されるように、傾き ψ_1 ~ ψ_4 を平均化することで、傾き ψ を算出する。

【 0 0 8 2 】

【 数 1 3 】

$$\psi = \frac{\psi_1 + \psi_2 + \psi_3 + \psi_4}{4} \quad (13)$$

30

また、車載機 1 は、区画線の中心線の算出に用いた中心点の数に基づき傾き ψ_1 ~ ψ_4 を重み付けしてもよい。この場合、傾き ψ_1 となる区画線の中心線の算出に用いた中心点の数を「 n_1 」、傾き ψ_2 となる区画線の中心線の算出に用いた中心点の数を「 n_2 」、傾き ψ_3 となる区画線の中心線の算出に用いた中心点の数を「 n_3 」、傾き ψ_4 となる区画線の中心線の算出に用いた中心点の数を「 n_4 」とすると、車載機 1 は、以下の式 (1 4) に基づき傾き ψ を算出する。

40

【 0 0 8 3 】

【 数 1 4 】

$$\psi = \frac{n_1\psi_1 + n_2\psi_2 + n_3\psi_3 + n_4\psi_4}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4} \quad (14)$$

これにより、車載機 1 は、少ない中心点により算出した区画線（図 1 2 では破線 3 1）の中心線の傾きの重みを相対的に低くし、傾き ψ を的確に求めることができる。よって、図 1 3 (A) の検出状況に対して、図 1 3 (B) の検出状況では重みが低くなる。なお、

50

図 1 2 ~ 図 1 4 の説明では、同時に 4 箇所の区画線に対する傾き $\psi_1 \sim \psi_4$ を算出する例について示したが、少なくとも 1 箇所の区画線に対する傾きを算出すればよい。

【 0 0 8 4 】

次に、傾き ψ からライダ 2 のヨー角 L_ψ を算出する方法について説明する。白線などの区画線は、道路に沿って描かれているため、車体のヨー角はほぼ一定（即ち走行路と平行）とみなすことができる。よって、車載機 1 は、ロール角やピッチ角の推定方法と異なり、傾き ψ を、ライダ 2 のヨー角のずれ L_ψ （即ち「 $L_\psi = \psi$ 」）として算出する。ただし、通常の走行では、車線変更や、車線内での車体のふらつきが存在する。よって、車載機 1 は、多くの区画線に対して中心線の傾きを算出する処理を実行し、それを平均化するとよい。これにより、車載機 1 は、確からしいライダ 2 のヨー角のずれ L_ψ を好適に算出することができる。例えば、 N 個分の傾き ψ を取得した場合、ライダ 2 のヨー角 L_ψ は、以下の式（15）により表される。

10

【 0 0 8 5 】

【 数 1 5 】

$$L_\psi = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \psi(k) + L_{\psi 0} \quad (15)$$

ここで、「 $L_{\psi 0}$ 」は、ヨー角にずれが生じていないときのヨー角 L_ψ （即ちヨー方向基準角）を示す。

20

【 0 0 8 6 】

図 1 5 は、ヨー角推定処理の手順を示すフローチャートである。

【 0 0 8 7 】

まず、車載機 1 は、地図 DB 1 0 を参照し、区画線に対して 1 個以上の検出ウィンドウを設定する（ステップ S 3 0 1）。そして、車載機 1 は、ステップ S 3 0 1 で設定した検出ウィンドウ内のライダ 2 の計測点群を、区画線の点群（即ち対象計測点群 P_{tag} ）として取得する（ステップ S 3 0 2）。

【 0 0 8 8 】

そして、車載機 1 は、設定した各検出ウィンドウ内の区画線の中心線を算出する（ステップ S 3 0 3）。この場合、車載機 1 は、ライダ 2 の走査線ごとに対象計測点群 P_{tag} の中心点を求め、中心点から最小二乗法等に基づき検出ウィンドウごとに区画線の中心線を算出する。そして、車載機 1 は、予め記憶部 1 2 等に記憶したヨー角基準角と、区画線の中心線との角度 θ を算出する（ステップ S 3 0 4）。この場合、車載機 1 は、ステップ S 3 0 1 において 2 つ以上の検出ウィンドウを設定した場合には、検出ウィンドウごとにヨー角基準角と区画線の中心線との角度を求め、これらの角度を平均化又は中心点の数により重み付け平均化することで、上述の角度 θ を算出する。

30

【 0 0 8 9 】

そして、車載機 1 は、異なる区画線を対象にステップ S 3 0 1 ~ S 3 0 4 を実行することで算出した複数の角度 θ を平均化し、式（15）に基づき、ライダ 2 のヨー角 L_ψ を算出する（ステップ S 3 0 5）。

40

【 0 0 9 0 】

ここで、以上説明したロール角、ピッチ角及びヨー角の推定値に基づく処理の具体例について説明する。図 1 6 は、ロール角、ピッチ角及びヨー角の推定値に基づく処理の具体例を示すフローチャートである。

【 0 0 9 1 】

まず、車載機 1 は、図 9、図 1 1、又は図 1 5 のフローチャートの処理を実行することで、ライダ 2 のロール角 L_r 、ピッチ角 L_p 、又はヨー角 L_y のいずれかを算出したか否かを判定する（ステップ S 4 0 1）。そして、車載機 1 は、ライダ 2 のロール角 L_r 、ピッチ角 L_p 、又はヨー角 L_y のいずれかを算出した場合（ステップ S 4 0 1 ; Yes）、算

50

出した角度がライダ設置情報 I L に記録された角度から所定角度以上変化しているか否かを判定する(ステップ S 4 0 2)。上述の閾値は、後述するステップ S 4 0 4 でのライダ 2 の計測データの補正処理を行うことで引き続きライダ 2 の計測データを使用できるか否かを判定するための閾値であり、例えば予め実験等に基づき設定される。

【 0 0 9 2 】

そして、車載機 1 は、算出した角度がライダ設置情報 I L に記録された角度から所定角度以上変化している場合(ステップ S 4 0 2 ; Y e s)、対象のライダ 2 の出力データの使用(即ち障害物検知や自車位置推定等への利用)を中止し、対象のライダ 2 について再度のアライメント調整を行う必要がある旨の警告を情報出力部 1 6 により出力する(ステップ S 4 0 3)。これにより、事故等により著しく姿勢・位置のずれが生じたライダ 2 の計測データを用いることによる安全性低下等を確実に抑制する。

10

【 0 0 9 3 】

一方、車載機 1 は、算出した角度がライダ設置情報 I L に記録された角度から所定角度以上変化していない場合(ステップ S 4 0 2 ; N o)、ライダ設置情報 I L に記録された角度からの算出した角度の変化量に基づき、ライダ 2 が出力する点群データの各計測値を補正する(ステップ S 4 0 4)。この場合、車載機 1 は、例えば、上述の変化量に対する計測値の補正量を示すマップ等を記憶しておき、当該マップ等を参照することで、上述の計測値を補正する。また、変化量の所定の割合の値を計測値の補正量として計測値を補正してもよい。

【 0 0 9 4 】

以上説明したように、本実施例における車載機 1 は、車両の走行路の進行方向に対して垂直面又は走行路の幅方向に対して垂直面を有する道路標識を、車両に取り付けられたライダ 2 により計測した対象計測点群 P t a g を取得する。そして、車載機 1 は、対象計測点群 P t a g から算出される、ライダ 2 の設置情報に基づく座標系を基準とした道路標識の長手方向の傾きに基づいて、ライダ 2 の車両への取り付け姿勢を推定する。これにより、車載機 1 は、ロール方向及びピッチ方向におけるライダ 2 の車両への取り付け姿勢を的確に推定することができる。

20

【 0 0 9 5 】

また、以上説明したように、本実施例における車載機 1 は、区画線を車両に取り付けられたライダ 2 により計測した計測点群を取得し、当該計測点群に基づき、車両の走行方向に沿った区画線の中心線を算出する。そして、車載機 1 は、ライダ 2 が基準とするヨー方向基準角に対する区画線の中心線に基づき、ライダ 2 の車両への取り付け姿勢を推定する。これにより、車載機 1 は、ヨー方向におけるライダ 2 の車両の取り付け姿勢を好適に推定することができる。

30

【 0 0 9 6 】

[変形例]

以下、実施例に好適な変形例について説明する。以下の変形例は、組み合わせて実施例に適用してもよい。

【 0 0 9 7 】

(変形例 1)

図 1 3 及び図 1 5 のステップ S 3 0 3 の説明では、車載機 1 は、検出ウィンドウ内における区画線の幅方向における中心点を算出することで区画線の中心線を算出した。これに代えて、車載機 1 は、検出ウィンドウ内における走査線の右端点又は左端点を抽出し、区画線の右端又は左端を通る直線を算出してもよい。これによっても、車載機 1 は、走行路と平行となる線を好適に特定して角度 を算出することができる。

40

【 0 0 9 8 】

(変形例 2)

図 1 2 ~ 図 1 5 で説明したヨー角の推定処理では、車載機 1 は区画線を検出対象地物 F t a g とみなした。これに代えて、又はこれに加えて、車載機 1 は、縁石などを検出対象地物 F t a g とみなしてもよい。このように、車載機 1 は、区画線に限らず、被計測面が

50

走行路面と平行であって走行路面に沿って形成された任意の地物を検出対象地物 $F t a g$ とみなして図 1 2 ~ 図 1 5 で説明したヨー角の推定処理を実行してもよい。

【 0 0 9 9 】

(変形例 3)

図 1 6 のステップ S 4 0 4 において、車載機 1 は、ライダ 2 が出力する点群データの各計測値を補正する代わりに、図 9、図 1 1、又は図 1 5 のフローチャートの処理により算出したロール角、ピッチ角、ヨー角に基づき、ライダ 2 が出力する点群データの各計測値を車両座標系に変換してもよい。

【 0 1 0 0 】

この場合、車載機 1 は、算出したロール角 L_r 、ピッチ角 L_p 、ヨー角 L_y を用いて、式 (4) に基づき、ライダ 2 が出力する点群データの各計測値をライダ座標系から車体座標系に変換し、変換後のデータに基づいて、自車位置推定や自動運転制御などを実行してもよい。

【 0 1 0 1 】

他の例では、車載機 1 は、各ライダ 2 の姿勢を修正するためのアクチュエータなどの調整機構が各ライダ 2 に備わっている場合には、図 1 6 のステップ S 4 0 4 の処理に代えて、ライダ設置情報 $I L$ に記録された角度からのずれ分だけライダ 2 の姿勢を修正するように調整機構を駆動させる制御を行ってもよい。

【 0 1 0 2 】

(変形例 4)

図 1 に示す車両システムの構成は一例であり、本発明が適用可能な車両システムの構成は図 1 に示す構成に限定されない。例えば、車両システムは、車載機 1 を有する代わりに、車両の電子制御装置が図 9、図 1 1、図 1 5、図 1 6 等に示す処理を実行してもよい。この場合、ライダ設置情報 $I L$ は、例えば車両内の記憶部に記憶され、車両の電子制御装置は、ライダ 2 などの各種センサの出力データを受信可能に構成される。

【 0 1 0 3 】

(変形例 5)

車両システムは、ライダ 2 を複数台備えてもよい。この場合、車載機 1 は、それぞれのライダ 2 に対して図 9、図 1 1、及び図 1 5 のフローチャートの処理を実行することで、各ライダ 2 のロール角、ピッチ角、及びヨー角を推定する。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 4 】

- 1 車載機
- 2 ライダ
- 3 ジャイロセンサ
- 4 加速度センサ
- 5 GPS 受信機
- 1 0 地図 DB

10

20

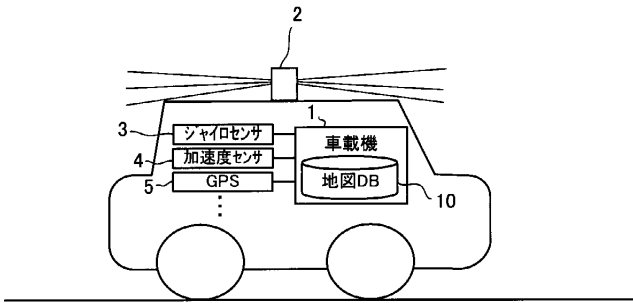
30

40

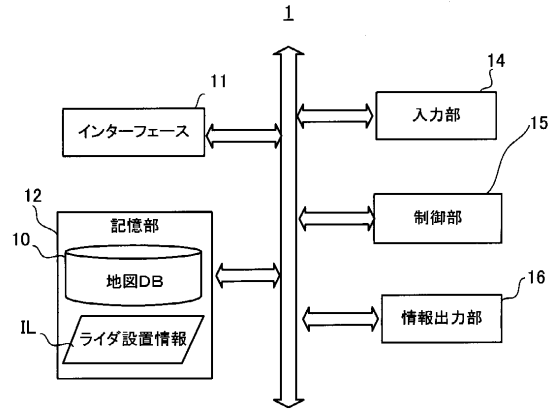
50

【 図 面 】

【 図 1 】



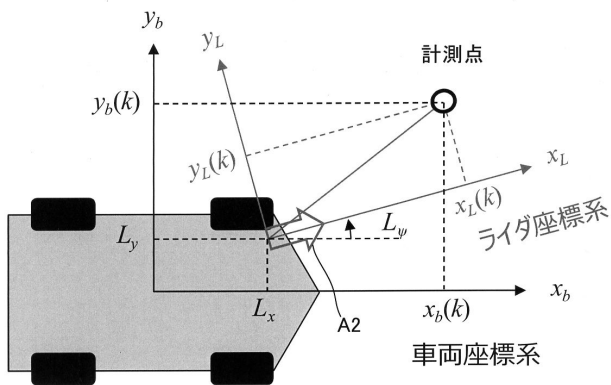
【 図 2 】



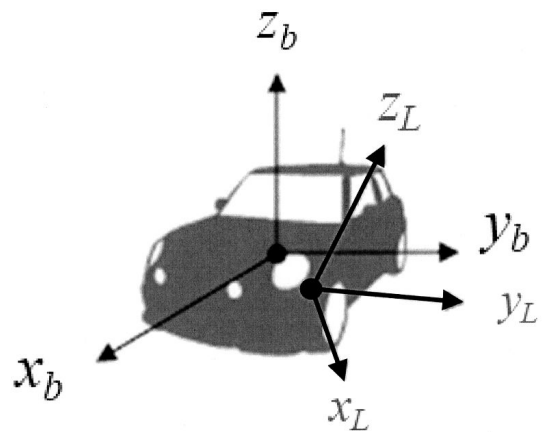
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

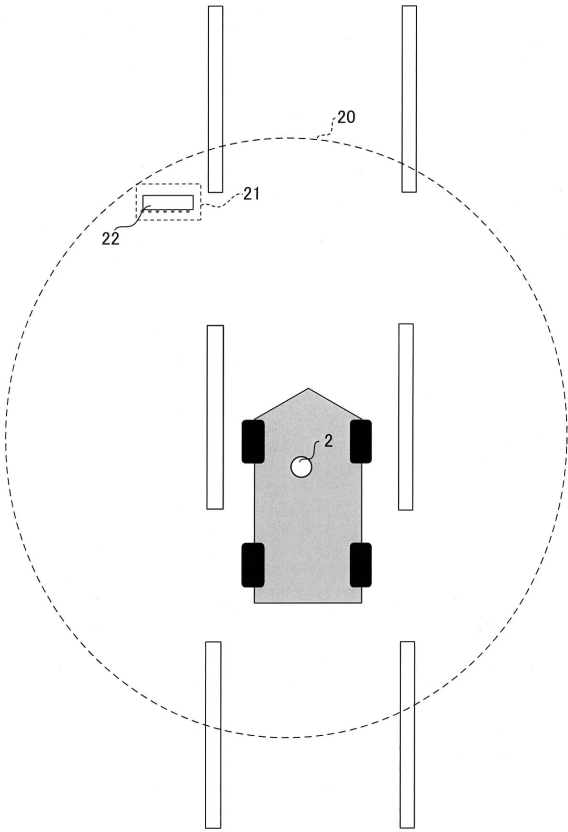


30

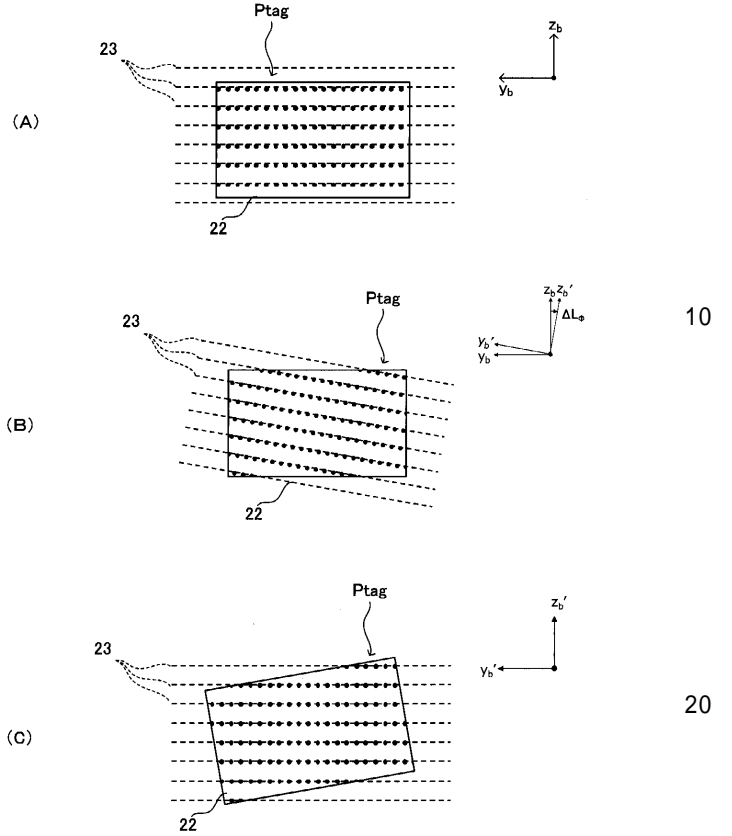
40

50

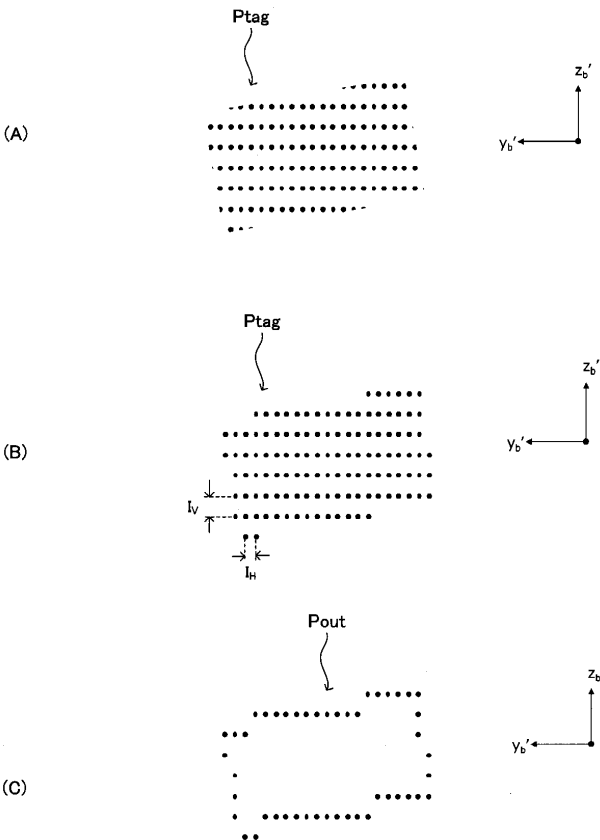
【 図 5 】



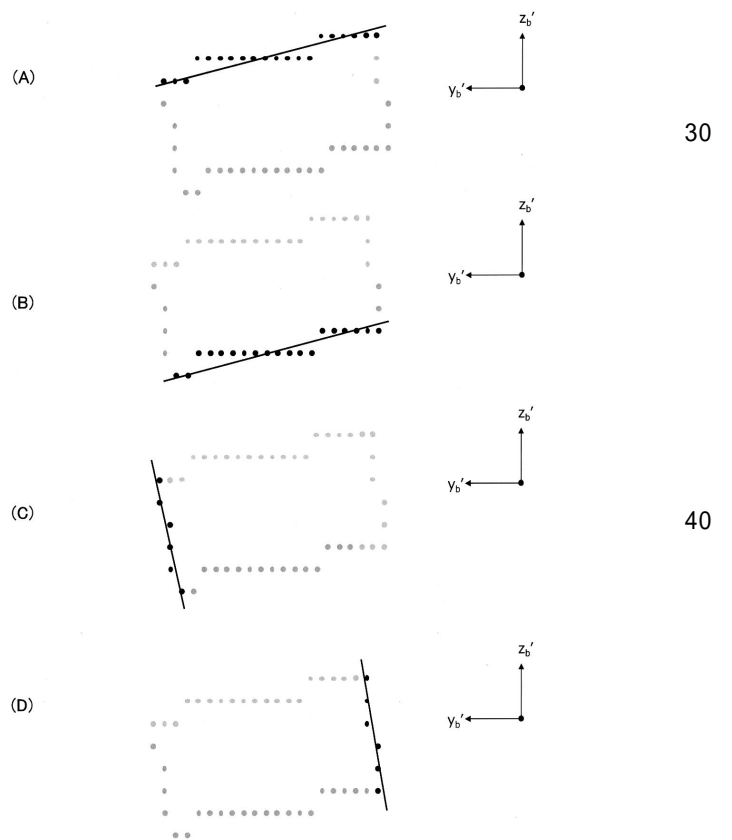
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



10

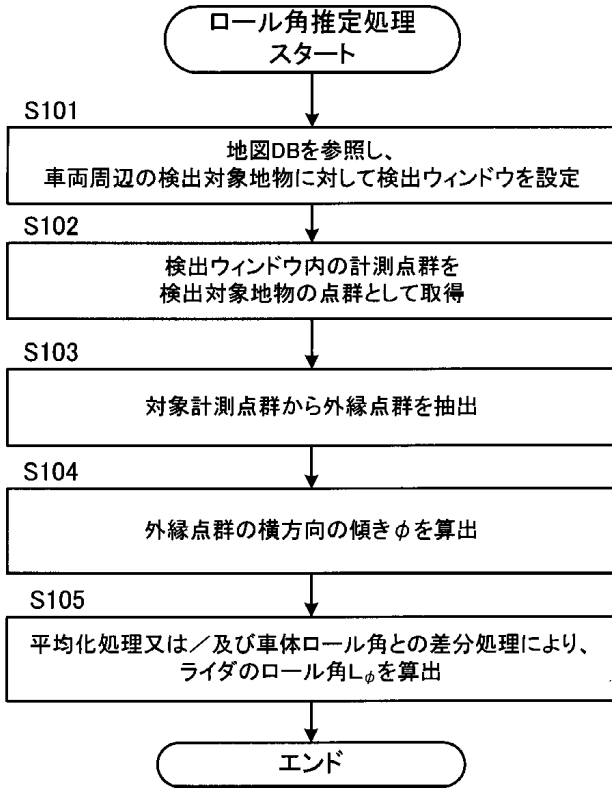
20

30

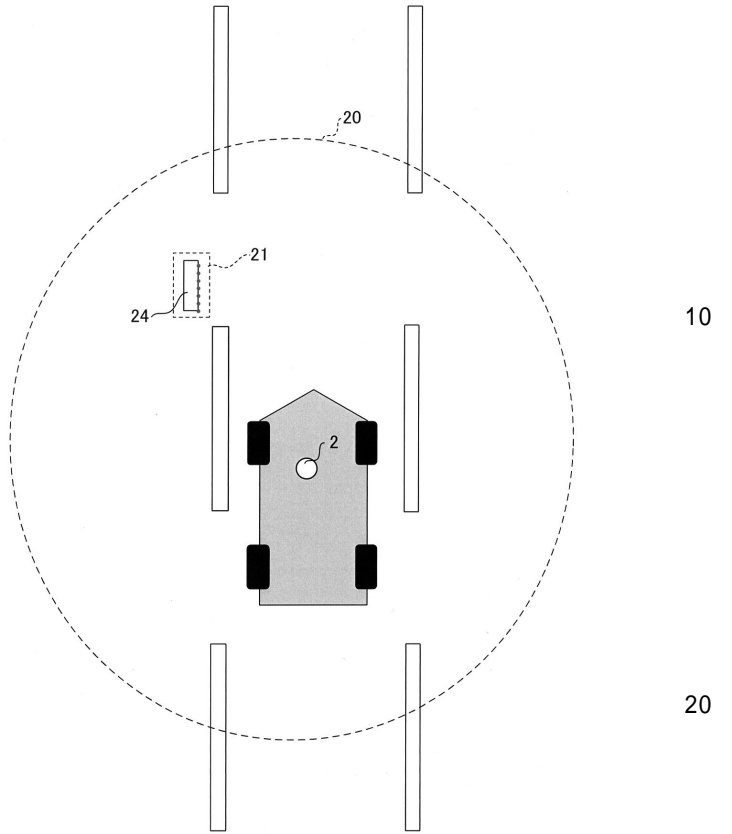
40

50

【 図 9 】



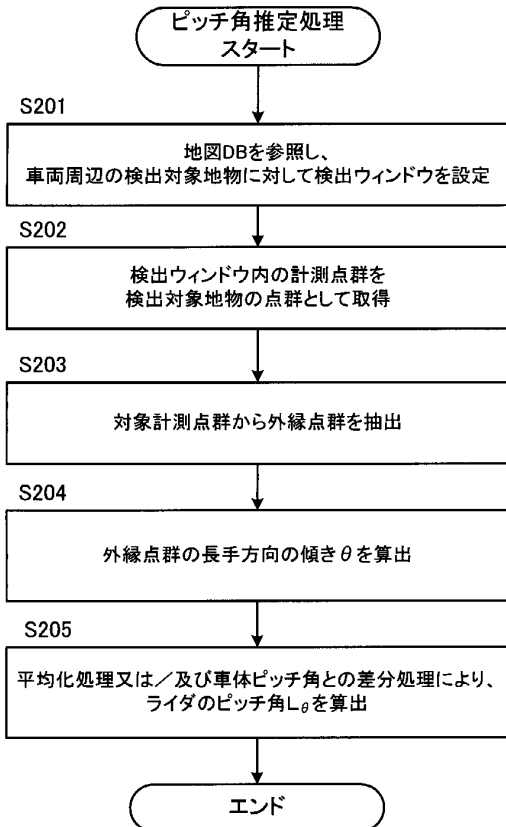
【 図 1 0 】



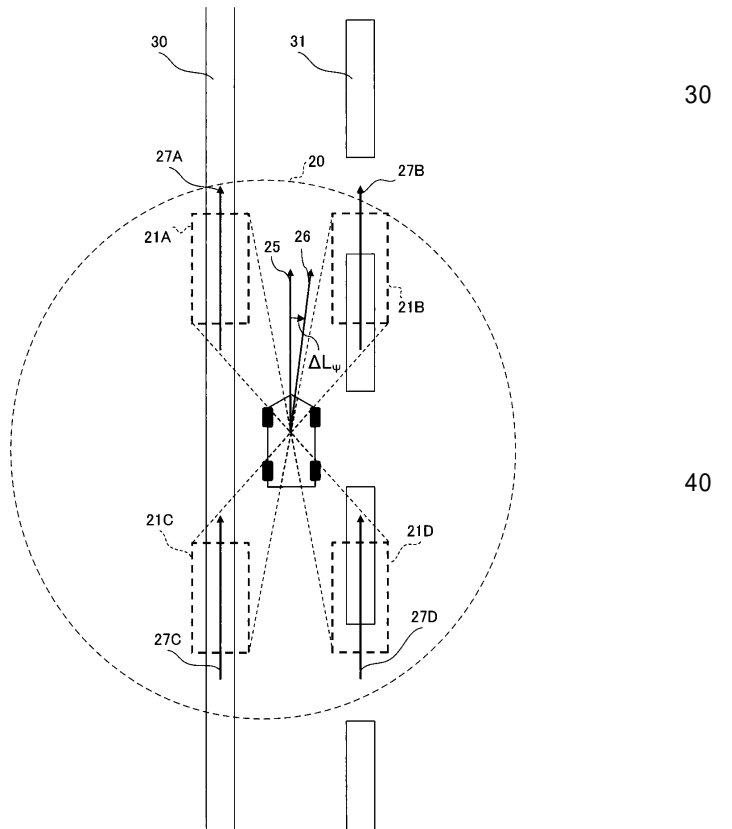
10

20

【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

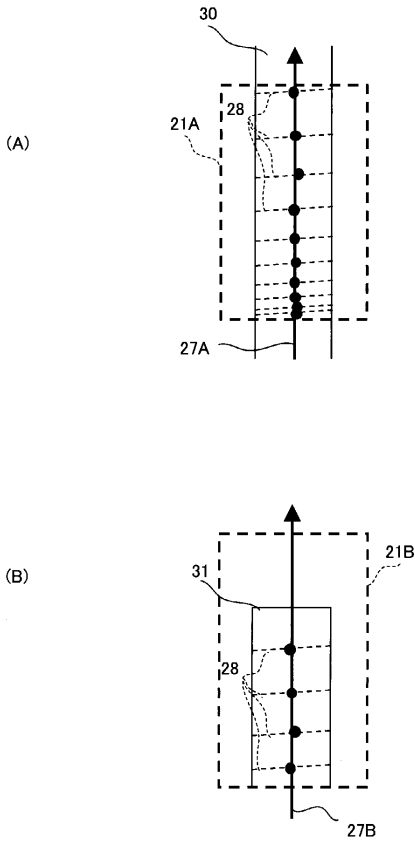


30

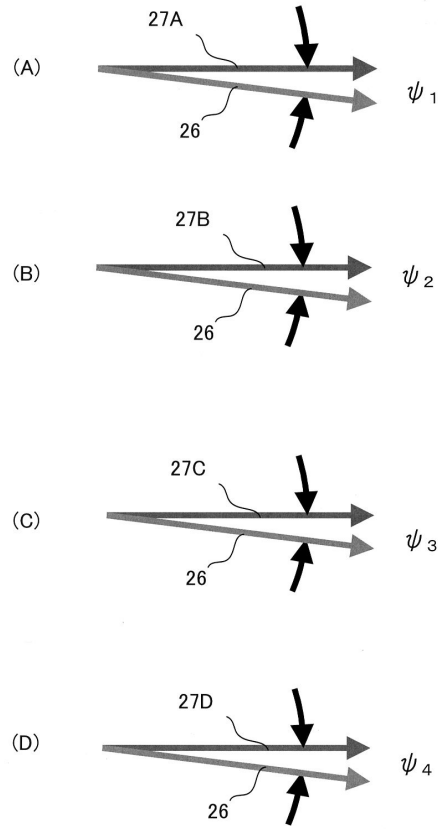
40

50

【 図 1 3 】



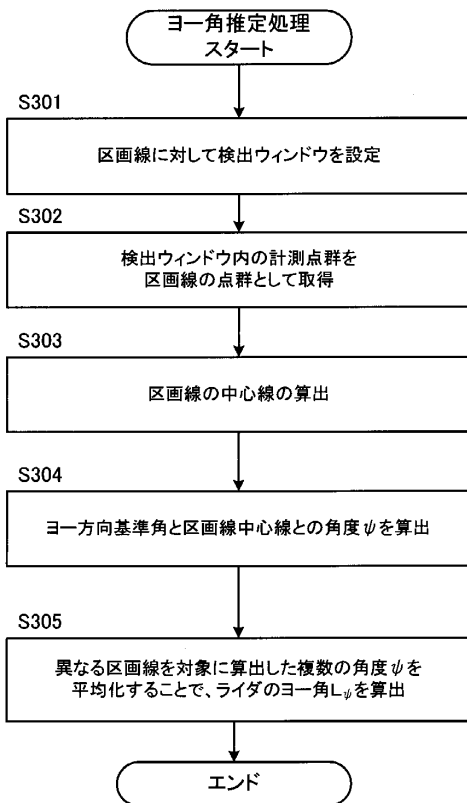
【 図 1 4 】



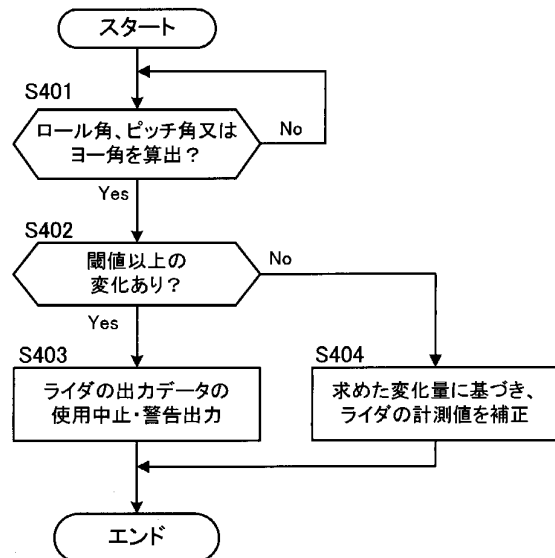
10

20

【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



30

40

50