

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年10月3日(03.10.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/188802 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 7/497 (2006.01) *G01S 17/93* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/012133
- (22) 国際出願日: 2019年3月22日(22.03.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-063291 2018年3月28日(28.03.2018) JP
- (71) 出願人: パイオニア株式会社 (**PIONEER CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1130021 東京都文京区本駒込二丁目2番8号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 加藤 正浩 (**KATO, Masahiro**); 〒3508555 埼玉県川越市山田25番地1 パイオニア株式会社 川越事業所内 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 中村 聡延 (**NAKAMURA, Toshinobu**); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目16番

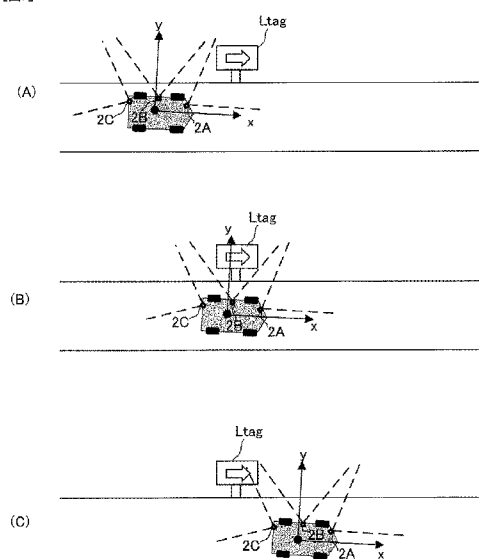
10号 オークビル京橋3階 東京セントラル特許事務所内 Tokyo (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,

(54) **Title:** INFORMATION PROCESSING DEVICE, CONTROL METHOD, PROGRAM, AND STORAGE MEDIUM

(54) 発明の名称: 情報処理装置、制御方法、プログラム及び記憶媒体

【図7】



(57) **Abstract:** An on-vehicle machine 1 acquires a measurement value by each one of at least three LIDARs 2 that are provided to a vehicle, to a target object Ltag which is a single object to be measured. Then, the on-vehicle machine 1 detects at least one LIDAR 2 in which misalignment has occurred with respect to the mounting position on the vehicle, on the basis of a plurality of measurement values acquired for each of the LIDARs 2.

(57) 要約: 車載機1は、車両に設けられた少なくとも3つのライダ2の各々により計測される同一の対象物である対象物Ltagまでの各ライダ2の計測値を取得する。そして、車載機1は、ライダ2ごとに取得された複数の計測値に基づいて、車両に対する取付位置の位置ずれが生じている少なくとも1つのライダ2を検出する。

LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称： 情報処理装置、制御方法、プログラム及び記憶媒体
技術分野

[0001] 本発明は、計測部の位置ずれを検出する技術に関する。

背景技術

[0002] 従来から、レーダやカメラなどの計測部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。

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] レーダやカメラなどの計測部から得られるデータは、計測部を基準とした座標系の値であり、車両に対する計測部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、計測部の姿勢にずれが生じた場合には、車両を基準とした座標系に変換した後の計測値に誤差が生じる可能性がある。

[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、対象物に対する距離を計測する計測部の移動体に対する位置ずれを好適に検出可能な情報処理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] 請求項に記載の発明は、情報処理装置であって、移動体に設けられた少なくとも3つの計測部の各々により計測される同一の対象物までの前記計測部

による計測距離を取得する計測距離取得部と、前記計測部ごとに取得された複数の計測距離に基づいて、前記移動体に対する取付位置の位置ずれが生じている少なくとも1つの計測部を前記少なくとも3つの計測部から検出する検出部と、を有する。

[0007] また、請求項に記載の発明は、情報処理装置が実行する制御方法であって、移動体に設けられた少なくとも3つの計測部の各々により計測される同一の対象物までの前記計測部による計測距離を取得する計測値取得工程と、前記計測部ごとに取得された複数の計測距離に基づいて、前記移動体に対する取付位置の位置ずれが生じている少なくとも1つの計測部を前記少なくとも3つの計測部から検出する検出工程と、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、移動体に設けられた少なくとも3つの計測部の各々により計測される同一の対象物までの前記計測部による計測距離を取得する計測距離取得部と、前記計測部ごとに取得された複数の計測距離に基づいて、前記移動体に対する取付位置の位置ずれが生じている少なくとも1つの計測部を前記少なくとも3つの計測部から検出する検出部として前記コンピュータを機能させる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]運転支援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]予測ステップと計測更新ステップとの概略的な関係を示す図である。

[図5]制御部の機能ブロックの一例を示す。

[図6]車両座標系とライダ座標系との関係を示す。

[図7]車両が走行中の道路に設けられた標識を3台のライダにより計測する様子を時系列により示した図である。

[図8]図7(A)～(C)の走行時にいずれも位置ずれが生じていないライダにより得られた計測値を時系列によりプロットした図である。

[図9] 1 台のライダに位置ずれが発生しているときに図 7 (A) ~ (C) の走行時に 3 台のライダにより得られた計測値を時系列によりプロットした図である。

[図10] ずれ発生ライダの検出と位置及び姿勢角の推定に関する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、情報処理装置は、移動体に設けられた少なくとも 3 つの計測部の各々により計測される同一の対象物までの前記計測部による計測距離を取得する計測距離取得部と、前記計測部ごとに取得された複数の計測距離に基づいて、前記移動体に対する取付位置の位置ずれが生じている少なくとも 1 つの計測部を前記少なくとも 3 つの計測部から検出する検出部と、を有する。ここで、「位置ずれ」は、計測部の移動体に対する重心位置のずれに限らず、重心位置のずれを伴わない向き（姿勢）のずれも含む。情報処理装置は、この態様により、3 つ以上の計測部の時系列の計測距離を比較し、位置ずれが発生している計測部を好適に検出することができる。

[0011] 上記情報処理装置の一態様では、情報処理装置は、前記複数の計測値が取得されたときの前記移動体の移動軌跡を算出する移動軌跡算出部をさらに備え、前記検出部は、前記移動軌跡と、前記計測部ごとの前記複数の計測値とに基づいて、前記位置ずれが生じている計測部を検出する。情報処理装置は、この態様により、複数の計測部で同一対象物を異なるタイミングで検出した場合であっても、移動軌跡に基づき 3 つ以上の計測部の時系列の計測距離を好適に比較し、位置ずれが発生している計測部を検出することができる。

[0012] 上記情報処理装置の他の一態様では、前記検出部は、前記複数の計測値が示す位置と前記移動軌跡との距離が他の計測部と所定値以上異なる計測部を、前記位置ずれが生じている計測部として検出する。この態様により、情報処理装置は、移動軌跡と各計測部の計測結果との比較により、位置ずれが発生している計測部を好適に検出することができる。

[0013] 上記情報処理装置の他の一態様では、情報処理装置は、前記位置ずれが生じている計測部以外の計測部の前記複数の計測値と、前記移動軌跡とに基づき、前記位置ずれが生じている計測部に位置ずれが生じていないと仮定したときの計測値の期待値である計測期待値を算出する計測期待値算出部と、複数の前記計測期待値と、前記位置ずれが生じている計測部の前記複数の計測値とに基づき、前記位置ずれが生じている計測部の位置を推定する推定部と、をさらに備える。ここで、推定部が推定する「位置」は、計測部の重心位置に限らず、計測部の向き（姿勢）を含んでもよい。この態様により、情報処理装置は、位置ずれが生じている計測部の位置（姿勢も含む）を好適に推定することができる。

[0014] 上記情報処理装置の他の一態様では、前記推定部は、推定した前記位置ずれが生じている計測部の位置と、記憶部に記憶された前記位置ずれが生じている計測部の位置とに基づき、前記位置ずれのずれ量を推定する。この態様により、情報処理装置は、位置ずれが発生した計測部の計測結果の補正などの処理を行い、当該計測部を用いた処理の精度低下を好適に抑制することができる。好適な例では、前記推定部は、前記ずれ量として、前記検出部が検出した計測部のピッチ方向、ヨー方向、若しくはロール方向のずれ量、又は、前記検出部が検出した計測部の3次元空間での重心位置のずれ量の少なくとも一方を算出するとよい。

[0015] 本発明の他の好適な実施形態によれば、情報処理装置が実行する制御方法であって、移動体に設けられた少なくとも3つの計測部の各々により計測される同一の対象物までの前記計測部による計測距離を取得する計測値取得工程と、前記計測部ごとに取得された複数の計測距離に基づいて、前記移動体に対する取付位置の位置ずれが生じている少なくとも1つの計測部を前記少なくとも3つの計測部から検出する検出工程と、を有する。情報処理装置は、この制御方法を用いることで、位置ずれが発生している計測部を好適に検出することができる。

[0016] 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、移動体に設けられた少なくとも3つの計測部の各々により計測される同一の対象物までの前記計測部による計測距離を取得する計測距離取得部と、前記計測部ごとに取得された複数の計測距離に基づいて、前記移動体に対する取付位置の位置ずれが生じている少なくとも1つの計測部を前記少なくとも3つの計測部から検出する検出部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、位置ずれが発生している計測部を好適に検出することができる。好適には、上記プログラムは、記憶媒体に記憶される。

実施例

[0017] 以下、図面を参照して本発明の好適な実施例について説明する。

[0018] [概略構成]

図1(A)は、本実施例に係る運転支援システムの概略構成図である。図1(A)に示す運転支援システムは、車両に搭載され、車両の運転支援に関する制御を行う車載機1と、複数のライダ(Lidar: Light Detection and Ranging、または、Laser Illuminated Detection And Ranging)2と、ジャイロセンサ3と、車速センサ4と、GPS受信機5とを有する。また、図1(B)は、ライダ2の配置例を示す車両の俯瞰図である。

[0019] 車載機1は、ライダ2、ジャイロセンサ3、車速センサ4、及びGPS受信機5と電氣的に接続し、これらの出力に基づき、車載機1が搭載される車両の位置(「自車位置」とも呼ぶ。)の推定を行う。そして、車載機1は、自車位置の推定結果に基づき、設定された目的地への経路に沿って走行するように、車両の自動運転制御などを行う。車載機1は、道路データ及び道路付近に設けられた目印となる地物(ランドマーク)に関する情報である地物情報などを記憶した地図データベース(DB: DataBase)10を記憶する。また、車載機1は、各ライダ2による地物の計測結果等に基づき、位置ずれ(姿勢ずれも含む)が生じているライダ2(「ずれ発生ライダ」とも呼ぶ。)を検出し、ずれ発生ライダの位置及び姿勢角を推定する。そして

、車載機 1 は、この推定結果に基づいて、ずれ発生ライダ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「情報処理装置」の一例である。

[0020] ライダ 2（2 A～2 F）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。本実施例では、図 1（B）に示すように、ライダ 2 A、2 D は、車両のフロント部分に設けられ、ライダ 2 C、2 F は、車両のリア部分に設けられている。また、ライダ 2 B は、車両の左側面部分に設けられ、ライダ 2 E は、車両の右側面に設けられている。ライダ 2 は、本発明における「計測部」の一例である。このように、本実施例に係るライダ 2 は、少なくとも 3 台設けられる。ライダ 2、ジャイロセンサ 3、車速センサ 4、GPS 受信機 5 は、それぞれ、出力データを車載機 1 へ供給する。

[0021] 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 1 1 と、記憶部 1 2 と、入力部 1 4 と、制御部 1 5 と、情報出力部 1 6 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。

[0022] インターフェース 1 1 は、ライダ 2、ジャイロセンサ 3、車速センサ 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 1 5 へ供給する。また、インターフェース 1 1 は、制御部 1 5 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。

[0023] 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 11 とを有する。ライダ設置情報 11 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位置ずれが生じていない時）に計測された各ライダ 2 の相対的な 3 次元位置と姿勢角に関する情報である。本実施例では、ライダ 2 等の姿勢角を、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。

[0024] 入力部 14 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 16 は、例えば、制御部 15 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。

[0025] 制御部 15 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 15 は、インターフェース 11 から供給される各センサの出力信号及び地図 DB 10 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 15 は、ライダ 2 の出力データを用いる場合には、ライダ 2 が出力する計測データを、ライダ設置情報 11 に記録されたライダ 2 の姿勢角及び位置を基準として、ライダ 2 を基準とした座標系から車両を基準とした座標系に変換する。さらに、本実施例では、制御部 15 は、位置ずれが生じているライダ 2 を検出し、当該ライダ 2 の位置及び姿勢角を推定する。制御部 15 は、本発明における「計測距離取得部」、「検出部」、「移動軌跡算出部」、「計測期待値算出部」、「推定部」及びプログラムを実行する「コンピュータ」の一例である。

[0026] [自車位置推定処理の具体例]

まず、制御部 15 による自車位置の推定処理の一例として、拡張カルマンフィルタを用いた自車位置推定について簡略的に説明する。なお、拡張カルマンフィルタを用いた自車位置推定に限らず、制御部 15 は、ライダ 2 の出

力を用いた種々の自車位置推定手法により自車位置推定を行ってもよい。

[0027] 拡張カルマンフィルタを用いた自車位置推定では、制御部15は、ランドマークに対するライダ2による距離及び角度の計測値と、地図DB10から抽出したランドマークの位置情報とに基づき、ジャイロセンサ3、車速センサ4、及び／又はGPS受信機5の出力データから推定した自車位置を補正する。ここでは、制御部15は、ジャイロセンサ3、車速センサ4等の出力データから自車位置を予測する予測ステップと、直前の予測ステップで算出した自車位置の予測値を補正する計測更新ステップとを交互に実行するものとする。

[0028] 図3は、状態変数ベクトル x を2次元直交座標で表した図である。図3に示すように、 x y の2次元直交座標上で定義された平面での自車位置は、座標「 (x, y) 」、自車の方位（ヨー角）「 ϕ 」により表される。ここでは、ヨー角 ϕ は、車の進行方向と x 軸とのなす角として定義されている。

[0029] 図4は、予測ステップと計測更新ステップとの概略的な関係を示す図である。また、図5は、制御部15の機能ブロックの一例を示す。図4に示すように、予測ステップと計測更新ステップとを繰り返すことで、自車位置を示す状態変数ベクトル「 X 」の推定値の算出及び更新を逐次的に実行する。また、図5に示すように、制御部15は、予測ステップを実行する位置予測部21と、計測更新ステップを実行する位置推定部22とを有する。位置予測部21は、デッドレコニングブロック23及び位置予測ブロック24を含み、位置推定部22は、ランドマーク探索・抽出ブロック25及び位置補正ブロック26を含む。なお、図4では、計算対象となる基準時刻（即ち現在時刻）「 k 」の状態変数ベクトルを、「 $X^-(k)$ 」または「 $X^{\wedge}(k)$ 」と表記している。ここで、予測ステップで推定された暫定的な推定値（予測値）には当該予測値を表す文字の上に「 $-$ 」を付し、計測更新ステップで更新された、より精度の高い推定値には当該値を表す文字の上に「 $\wedge$ 」を付す。

[0030] 予測ステップでは、制御部15のデッドレコニングブロック23は、車両の移動速度「 v 」と角速度「 ω 」（これらをまとめて「制御値 $u(k) =$ （

$v(k)$ 、 $\omega(k)$ 」^Tと表記する。)を用い、前回時刻からの移動距離と方位変化を求める。制御部15の位置予測ブロック24は、直前の計測更新ステップで算出された時刻 $k-1$ の状態変数ベクトル $\hat{X}(k-1)$ に対し、求めた移動距離と方位変化を加えて、時刻 k の自車位置の予測値(「予測位置」とも呼ぶ。) $\hat{X}^-(k)$ を算出する。また、これと同時に、予測位置 $\hat{X}^-(k)$ の誤差分布に相当する共分散行列「 $P^-(k)$ 」を、直前の計測更新ステップで算出された時刻 $k-1$ での共分散行列「 $P^-(k-1)$ 」から算出する。

[0031] 計測更新ステップでは、制御部15のランドマーク探索・抽出ブロック25は、地図DB10に登録されたランドマークの位置ベクトルとライダ2のスキャンデータとの対応付けを行う。そして、制御部15のランドマーク探索・抽出ブロック25は、この対応付けができた場合に、対応付けができたランドマークのライダ2による計測値「 $Z(k)$ 」と、予測位置 $\hat{X}^-(k)$ 及び地図DB10に登録されたランドマークの位置ベクトルを用いてライダ2による計測処理をモデル化して求めたランドマークの計測値(「計測予測値」と呼ぶ。)「 $\hat{Z}^-(k)$ 」とをそれぞれ取得する。計測値 $Z(k)$ は、時刻 k にライダ2が計測したランドマークの距離及びスキャン角度から、車両の進行方向と横方向を軸とした成分に変換した車両の座標系(「車両座標系」とも呼ぶ。)におけるベクトル値である。そして、制御部15の位置補正ブロック26は、計測値 $Z(k)$ と計測予測値 $\hat{Z}^-(k)$ との差分値を算出する。

[0032] そして、制御部15の位置補正ブロック26は、以下の式(1)に示すように、計測値 $Z(k)$ と計測予測値 $\hat{Z}^-(k)$ との差分値にカルマンゲイン「 $K(k)$ 」を乗算し、これを予測位置 $\hat{X}^-(k)$ に加えることで、更新された状態変数ベクトル(「推定位置」とも呼ぶ。) $\hat{X}(k)$ を算出する。

[0033] [数1]

$$\hat{X}(k) = \hat{X}^-(k) + K(k)\{Z(k) - \hat{Z}^-(k)\} \quad (1)$$

また、計測更新ステップでは、制御部 15 の位置補正ブロック 26 は、予測ステップと同様、推定位置 $\hat{X}^-(k)$ の誤差分布に相当する共分散行列 $P^-(k)$ (単に $P(k)$ と表記する) を共分散行列 $P^-(k)$ から求める。カルマンゲイン $K(k)$ 等のパラメータについては、例えば拡張カルマンフィルタを用いた公知の自己位置推定技術と同様に算出することが可能である。

[0034] このように、予測ステップと計測更新ステップが繰り返し実施され、予測位置 $\hat{X}^-(k)$ と推定位置 $\hat{X}^-(k)$ が逐次的に計算されることにより、もっとも確からしい自車位置が計算される。

[0035] [座標系の変換]

ライダ 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 2 の位置及び姿勢を基準とした座標系(「ライダ座標系」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車両座標系に変換する必要がある。ここでは、ライダ座標系と車両座標系との変換について説明する。

[0036] 図 6 (A) は、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。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_v 」と車両の側面方向に沿った座標軸「 y_v 」を有する。また、ライダ座標系は、ライダ 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 2 の側面方向に沿った座標軸「 y_L 」を有する。

[0037] ここで、車両座標系に対するライダ 2 のヨー角を「 $L_{\phi 0}$ 」、ライダ 2 の位置を「 L_{x0} 、 L_{y0} 」 ^{T} とした場合、車両座標系から見た時刻「 k 」の計測点「 $x_v(k)$ 、 $y_v(k)$ 」 ^{T} は、回転行列「 $C_{\phi 0}$ 」を用いた以下の式(2)によりライダ座標系の座標「 $x_L(k)$ 、 $y_L(k)$ 」 ^{T} へ変換される。

[0038] [数2]

$$\begin{bmatrix} x_L(k) \\ y_L(k) \end{bmatrix} = C_{\psi_0} \begin{bmatrix} x_v(k) - L_{x0} \\ y_v(k) - L_{y0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos L_{\psi_0} & \sin L_{\psi_0} \\ -\sin L_{\psi_0} & \cos L_{\psi_0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_v(k) - L_{x0} \\ y_v(k) - L_{y0} \end{bmatrix} \quad (2)$$

一方、ライダ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（3）により車両座標系の座標 $[x_v(k), y_v(k)]^T$ に変換することが可能である。

[0039] [数3]

$$\begin{bmatrix} x_v(k) \\ y_v(k) \end{bmatrix} = \mathbf{C}_{\psi_0}^{-1} \begin{bmatrix} x_L(k) \\ y_L(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_{x0} \\ L_{y0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos L_{\psi_0} & -\sin L_{\psi_0} \\ \sin L_{\psi_0} & \cos L_{\psi_0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_L(k) \\ y_L(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_{x0} \\ L_{y0} \end{bmatrix} \quad (3)$$

図6（B）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_v 、 y_v に垂直な座標軸を「 z_v 」、座標軸 x_L 、 y_L に垂直な座標軸を「 z_L 」とする。

[0040] 車両座標系に対するライダ2のロール角を「 L_{ϕ_0} 」、ピッチ角を「 L_{θ_0} 」、ヨー角を「 L_{ψ_0} 」とし、ライダ2の座標軸 x_v における位置が「 L_{x0} 」、座標軸 y_v における位置が「 L_{y0} 」、座標軸 z_v における位置が「 L_{z0} 」とした場合、車両座標系から見た時刻「 k 」の計測点 $[x_{v0}(k), y_{v0}(k), z_{v0}(k)]^T$ は、ロール、ピッチ、ヨーに対応する各回転行列「 $\mathbf{C}_{\phi_0}$ 」、「 $\mathbf{C}_{\theta_0}$ 」、「 $\mathbf{C}_{\psi_0}$ 」により表される方向余弦行列「 $\mathbf{C}_0$ 」を用いた以下の式（4）により、ライダ座標系の座標 $[x_{L0}(k), y_{L0}(k), z_{L0}(k)]^T$ へ変換される。

[0041] [数4]

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} x_{L0}(k) \\ y_{L0}(k) \\ z_{L0}(k) \end{bmatrix} &= \mathbf{C}_0 \left\{ \begin{bmatrix} x_{v0}(k) \\ y_{v0}(k) \\ z_{v0}(k) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} L_{x0} \\ L_{y0} \\ L_{z0} \end{bmatrix} \right\} \\ &= \mathbf{C}_{\phi_0} \mathbf{C}_{\theta_0} \mathbf{C}_{\psi_0} \left\{ \begin{bmatrix} x_{v0}(k) \\ y_{v0}(k) \\ z_{v0}(k) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} L_{x0} \\ L_{y0} \\ L_{z0} \end{bmatrix} \right\} \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos L_{\phi_0} & \sin L_{\phi_0} \\ 0 & -\sin L_{\phi_0} & \cos L_{\phi_0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos L_{\psi_0} & 0 & -\sin L_{\psi_0} \\ -\sin L_{\psi_0} & \cos L_{\psi_0} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos L_{\theta_0} & \sin L_{\theta_0} & 0 \\ -\sin L_{\theta_0} & \cos L_{\theta_0} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \left\{ \begin{bmatrix} x_{v0}(k) \\ y_{v0}(k) \\ z_{v0}(k) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} L_{x0} \\ L_{y0} \\ L_{z0} \end{bmatrix} \right\} \\ &= \begin{bmatrix} \cos L_{\psi_0} \cos L_{\theta_0} & \cos L_{\psi_0} \sin L_{\theta_0} & -\sin L_{\psi_0} \\ \sin L_{\phi_0} \sin L_{\psi_0} \cos L_{\theta_0} - \cos L_{\phi_0} \sin L_{\psi_0} & \sin L_{\phi_0} \sin L_{\psi_0} \sin L_{\theta_0} + \cos L_{\phi_0} \cos L_{\psi_0} & \sin L_{\phi_0} \cos L_{\theta_0} \\ \cos L_{\phi_0} \sin L_{\psi_0} \cos L_{\theta_0} + \sin L_{\phi_0} \sin L_{\psi_0} & \cos L_{\phi_0} \sin L_{\psi_0} \sin L_{\theta_0} - \sin L_{\phi_0} \cos L_{\psi_0} & \cos L_{\phi_0} \cos L_{\theta_0} \end{bmatrix} \left\{ \begin{bmatrix} x_{v0}(k) \\ y_{v0}(k) \\ z_{v0}(k) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} L_{x0} \\ L_{y0} \\ L_{z0} \end{bmatrix} \right\} \quad (4) \end{aligned}$$

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 $[x_{L0}(k), y_{L0}(k), z_{L0}(k)]^T$ は、以下の式 (5) により車両座標系の座標 $[x_{v0}(k), y_{v0}(k), z_{v0}(k)]^T$ に変換することが可能である。

[0042] [数5]

$$\begin{bmatrix} x_{v0}(k) \\ y_{v0}(k) \\ z_{v0}(k) \end{bmatrix} = \mathbf{C}_0^{-1} \begin{bmatrix} x_{L0}(k) \\ y_{L0}(k) \\ z_{L0}(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_{x0} \\ L_{y0} \\ L_{z0} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$= \begin{bmatrix} \cos L_{\theta 0} \cos L_{\psi 0} & \sin L_{\phi 0} \sin L_{\theta 0} \cos L_{\psi 0} - \cos L_{\phi 0} \sin L_{\psi 0} & \cos L_{\phi 0} \sin L_{\theta 0} \cos L_{\psi 0} + \sin L_{\phi 0} \sin L_{\psi 0} \\ \cos L_{\theta 0} \sin L_{\psi 0} & \sin L_{\phi 0} \sin L_{\theta 0} \sin L_{\psi 0} + \cos L_{\phi 0} \cos L_{\psi 0} & \cos L_{\phi 0} \sin L_{\theta 0} \sin L_{\psi 0} - \sin L_{\phi 0} \cos L_{\psi 0} \\ -\sin L_{\theta 0} & \sin L_{\phi 0} \cos L_{\theta 0} & \cos L_{\phi 0} \cos L_{\theta 0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{L0}(k) \\ y_{L0}(k) \\ z_{L0}(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_{x0} \\ L_{y0} \\ L_{z0} \end{bmatrix}$$

[ずれ発生ライダの検出]

次に、ずれ発生ライダの検出方法について説明する。概略的には、制御部 15 は、同一の対象物 (「対象物 L t a g」とも呼ぶ。) を 3 個以上のライダ 2 により計測し、車両座標系に変換した各ライダ 2 の時系列での計測結果を比較する。そして、制御部 15 は、他のライダ 2 の計測結果とずれが大きいライダ 2 を、ずれ発生ライダとして検出する。このとき、制御部 15 は、各ライダ 2 の計測結果を、車両の移動軌跡を基準として比較することで、各ライダ 2 で対象物 L t a g の計測タイミングが異なる場合であっても、的確に上述の比較を行う。

[0043] 図 7 (A) ~ (C) は、車両が走行中の道路に設けられた標識を対象物 L t a g としてライダ 2 A ~ 2 C により計測する様子を時系列により示した図である。図 7 (A) ~ (C) の例では、車両は、車線内で若干右にずれながら、等速走行しているものとする。

[0044] 図 7 (A) では、対象物 L t a g である標識はライダ 2 A の計測対象範囲内に存在し、対象物 L t a g がライダ 2 A の計測対象範囲内に存在する期間の複数のタイミングにおいて、ライダ 2 A は、対象物 L t a g に対する計測値を出力する。また、図 7 (B) では、対象物 L t a g は、ライダ 2 A の計測対象範囲から外れ、ライダ 2 B の計測対象範囲内に存在している。この場合、ライダ 2 B は、対象物 L t a g がライダ 2 B の計測対象範囲内に存在す

る期間の複数のタイミングにおいて、対象物 $Ltag$ に対する計測値を出力する。同様に、図 7 (C) では、対象物 $Ltag$ は、ライダ 2 B の計測対象範囲から外れ、ライダ 2 C の計測対象範囲内に存在している。この場合、ライダ 2 C は、対象物 $Ltag$ がライダ 2 C の計測対象範囲内に存在する期間の複数のタイミングにおいて、対象物 $Ltag$ に対する計測値を出力する。

[0045] 図 8 (A) ~ (C) は、図 7 (A) ~ (C) の走行時にいずれも位置ずれが生じていないライダ 2 A ~ 2 C により得られた計測値を時系列によりプロットした図である。ここで、図 8 (A) は、車両座標系の x 方向（即ち車両の進行方向）に対する計測値の時系列のプロット図である。また、図 8 (B) は、車両座標系の y 方向（車両の側面方向）に対する計測値の時系列のプロット図であり、図 8 (C) は、車両座標系の z 方向（車両の高さ方向）に対する計測値の時系列のプロット図である。

[0046] ここで、点列 $6ax$ 、 $6ay$ 、 $6az$ は、ライダ 2 A の時系列の計測値を表す点列であり、点列 $6bx$ 、 $6by$ 、 $6bz$ は、ライダ 2 B の時系列の計測値を表す点列であり、点列 $6cx$ 、 $6cy$ 、 $6cz$ は、ライダ 2 C の時系列の計測値を表す点列である。なお、これらの点列の各点は、例えば、各時点においてライダ 2 から得られる点群データが示す対象物 $Ltag$ の点群の重心位置を示す。破線 31 ~ 33 は、車両の移動軌跡を示し、破線 31a ~ 33a は、破線 31 ~ 33 に示される車両の移動軌跡を、各ライダ 2 A ~ 2 C の時系列の計測値の点列に合わせて平行移動させた線（「移動軌跡平行線」とも呼ぶ。）を示す。なお、破線 31 ~ 33 に示される移動軌跡は、例えば、ある時点での車両の車両座標系を基準とした車両の移動軌跡であり、ジャイロセンサ 3 及び車速センサ 4 の出力に基づき算出される。

[0047] 図 8 (A) ~ (C) に示すように、いずれも位置ずれが生じていないライダ 2 A ~ 2 C により同一の対象物 $Ltag$ を計測した場合、ライダ 2 A ~ 2 C の計測値は、ライダ設置情報 IL に記録された位置及び姿勢角の初期値に基づき、いずれも適切に車両座標系に変換される。従って、ライダ 2 A の計測結果を示す点列 $6ax$ 、 $6ay$ 、 $6az$ は車両の移動軌跡（破線 31 ~ 3

3参照)と平行となる破線31a~33a上に並び、さらにこれらの点列を通る破線31a~33a上にライダ2Bの計測結果を示す点列6bx、6by、6bzが並ぶ。同様に、ライダ2Cの計測結果を示す点列6cx、6cy、6czは、車両の移動軌跡と平行であって、ライダ2A、2Bの計測結果を示す点列を通る破線31a~33a上に並ぶ。

[0048] このように、位置ずれがない複数のライダ2の時系列での計測結果を車両座標系に変換してプロットした場合、プロットされた点列は、算出された移動軌跡から所定距離だけ平行移動させた移動軌跡平行線(図8では破線31a~33a)上に並ぶ。言い換えると、ライダ2に位置ずれがない場合、プロットされた点列の各々は、算出された移動軌跡からの距離が一定距離となる。よって、制御部15は、例えば、位置ずれがない複数のライダ2の時系列での計測結果を車両座標系に変換してプロットした場合に、プロットした点列の位置に基づいて移動軌跡を所定距離だけ平行移動させた移動軌跡平行線を設定し、移動軌跡平行線と所定距離以上離れた点を含む点列が存在する場合、当該点列に対応するライダ2を位置ずれ発生ライダとみなす。上述の所定距離は、例えば、プロットした点列の各点と移動軌跡平行線との距離の総和(好ましくは所定個数分の外れ値を除外した総和)が最小となるような距離に設定される。

[0049] 図9(A)~(C)は、ライダ2Bに位置ずれが発生しているときに図7(A)~(C)の走行時にライダ2A~2Cにより得られた計測値を時系列によりプロットした図である。ここで、図9(A)は、車両座標系のx方向に対する計測値の時系列のプロット図であり、図9(B)は、車両座標系のy方向に対する計測値の時系列のプロット図であり、図9(C)は、車両座標系のz方向に対する計測値の時系列のプロット図である。また、破線31~33は算出された移動軌跡を示し、破線31a~33aは移動軌跡平行線を示す。また、点列7bx、7by、7bzは、ライダ2Bに位置ずれが生じていなかったと仮定した場合に期待されるライダ2Bの計測値(「計測期待値」とも呼ぶ。)を示す。

[0050] 図9 (A) ~ (C) に示すように、この場合、算出された移動軌跡を平行移動させた移動軌跡平行線（破線31a~33a参照）からライダ2Bの計測結果を示す点列6bx、6by、6bzがそれぞれ所定距離以上離れている。よって、この場合、制御部15は、ライダ2Bをずれ発生ライダとして認識する。なお、制御部15は、ライダ2の車両座標系の各方向での計測結果を示す点列の少なくともいずれかの点列が移動軌跡平行線と所定距離以上離れた場合に、当該ライダ2をずれ発生ライダとして認識してもよい。ここで、制御部15は、車両座標系の各方向での計測結果を示す点列と移動軌跡平行線との距離として、例えば、対象の点列のうち最も移動軌跡平行線と離れた点の距離を算出してもよく、対象の点列の各点と移動軌跡平行線との距離の平均を算出してもよい。

[0051] このように、制御部15は、3台以上の各ライダ2から得られる時系列の計測結果を車両座標系に変換し、移動軌跡に基づいてライダ2ごとの計測結果の比較を行うことで、好適に位置ずれ発生ライダを検出することができる。なお、車両の移動軌跡は、ジャイロセンサ3及び車速センサ4の出力に基づいて算出すると前述したが、制御部15の位置推定処理の各時刻の計算結果から算出することも可能である。しかし、ずれ発生ライダが存在する場合に、その位置や姿勢が補正されずに自車位置推定処理が行われると、計算した推定自車位置がずれてしまい、結果として車両の移動軌跡も不正確になる可能性がある。不正確度合いが大きいと、ずれ発生ライダが検出しにくくなるという問題が生じる。

[0052] なお、点列7bx、7by、7bzが示すライダ2Bの計測期待値は、ライダ2Bの実際の時系列での計測値を示す点列を、設定された移動軌跡平行線上に移動させた値であり、後述するように、位置ずれ発生ライダであるライダ2Bの姿勢角及び位置の推定に好適に用いられる。

[0053] [姿勢角及び位置の推定]

次に、ずれ発生ライダの姿勢角及び位置の推定方法について説明する。制御部15は、移動軌跡平行線に基づきずれ発生ライダの計測期待値を算出し

、算出した計測期待値とずれ発生ライダの実際の計測値の組に基づき、ニュートン法を用いた最小2乗法を行い、ずれ発生ライダの姿勢角及び位置を推定する。

[0054] まず、ずれ発生ライダの計測期待値について引き続き図9 (A) ~ (C) を参照して説明する。位置ずれ発生ライダであるライダ2 Bの計測結果に対し、位置ずれ後の正確な位置及び姿勢角に基づき車両座標系に変換した場合、点列7 b x、7 b y、7 b zが示す計測期待値に相当する計測値が得られるはずである。以上を勘案し、制御部15は、設定した移動軌跡平行線に基づき、位置ずれ発生ライダであるライダ2 Bの各計測値を示す点列6 b x、6 b y、6 b zから、移動軌跡平行線上の点列7 b x、7 b y、7 b zが示す計測値を、計測期待値として算出する。そして、制御部15は、算出した計測期待値が得られるようなライダ2 Bの位置及び姿勢角を推定する。

[0055] 以下では、ニュートン法を用いた最小2乗法により、ずれ発生ライダのロール角「 L_ϕ 」、ピッチ角「 L_θ 」、ヨー角「 L_ψ 」、x方向における位置「 L_x 」、y方向における位置「 L_y 」、z方向における位置「 L_z 」を推定する方法について説明する。

[0056] ずれ発生ライダによる時刻kのランドマークの計測値を「 $x_L(k)$ 、 $y_L(k)$ 、 $z_L(k)$ 」 ^{T} とすると、計測値「 $x_L(k)$ 、 $y_L(k)$ 、 $z_L(k)$ 」 ^{T} は、車両座標系 x_v 、 y_v 、 z_v で表した計測期待値「 $x_b(k)$ 、 $y_b(k)$ 、 $z_b(k)$ 」 ^{T} と、姿勢角 L_ϕ 、 L_θ 、 L_ψ 、及び位置 L_x 、 L_y 、 L_z を用いて以下の式(6)により表される。

[0057] [数6]

$$\begin{bmatrix} x_L(k) \\ y_L(k) \\ z_L(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos L_\theta \cos L_\psi & \cos L_\theta \sin L_\psi & -\sin L_\theta \\ \sin L_\phi \sin L_\theta \cos L_\psi - \cos L_\phi \sin L_\psi & \sin L_\phi \sin L_\theta \sin L_\psi + \cos L_\phi \cos L_\psi & \sin L_\phi \cos L_\theta \\ \cos L_\phi \sin L_\theta \cos L_\psi + \sin L_\phi \sin L_\psi & \cos L_\phi \sin L_\theta \sin L_\psi - \sin L_\phi \cos L_\psi & \cos L_\phi \cos L_\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_b(k) - L_x \\ y_b(k) - L_y \\ z_b(k) - L_z \end{bmatrix} \quad (6)$$

また、以下の式(7)は、式(6)と等価な式となる。

[0058]

[数7]

$$\begin{cases} x_L(k) = \{x_b(k) - L_x\} \cos L_\theta \cos L_\psi + \{y_b(k) - L_y\} \cos L_\theta \sin L_\psi - \{z_b(k) - L_z\} \sin L_\theta \\ y_L(k) = \{x_b(k) - L_x\} \sin L_\theta \sin L_\psi - \cos L_\theta \sin L_\psi + \{y_b(k) - L_y\} \sin L_\theta \sin L_\psi + \cos L_\theta \cos L_\psi + \{z_b(k) - L_z\} \sin L_\theta \cos L_\psi \\ z_L(k) = \{x_b(k) - L_x\} \cos L_\theta \sin L_\psi + \sin L_\theta \sin L_\psi + \{y_b(k) - L_y\} \cos L_\theta \sin L_\psi - \sin L_\theta \cos L_\psi + \{z_b(k) - L_z\} \cos L_\theta \cos L_\psi \end{cases} \quad (7)$$

一般的に、6個の変数（姿勢角 L_ϕ 、 L_θ 、 L_ψ 、及び位置 L_x 、 L_y 、 L_z ）を求めるには、最低でも6個の式が必要である。よって、少なくとも2回以上の計測結果と計測期待値を用いて式（7）に代入することでこれらの6個の変数の解が求まる。なお、使用する計測値及び計測期待値の個数が多いほど、最小2乗法による解の正確性を向上させることができるため、好適には、得られた全ての計測値と計測期待値を用いるとよい。

[0059] また、式（7）に示される $x_L(k)$ 、 $y_L(k)$ 、 $z_L(k)$ の関数は、非線形関数のため、解析的に解を求めることができない。よって、本実施例では、初期値の周りで線形化し、ニュートン法を用いた逐次計算によって解を求めることにする。そのため、以下の式（8）を作成する。

[0060] [数8]

$$\begin{aligned} f(L_x, L_y, L_z, L_\phi, L_\theta, L_\psi) = & \frac{\partial f}{\partial L_x} \Big|_{L_{x0}, L_{y0}, L_{z0}, L_{\phi0}, L_{\theta0}, L_{\psi0}} (L_x - L_{x0}) + \frac{\partial f}{\partial L_y} \Big|_{L_{x0}, L_{y0}, L_{z0}, L_{\phi0}, L_{\theta0}, L_{\psi0}} (L_y - L_{y0}) + \frac{\partial f}{\partial L_z} \Big|_{L_{x0}, L_{y0}, L_{z0}, L_{\phi0}, L_{\theta0}, L_{\psi0}} (L_z - L_{z0}) \\ & + \frac{\partial f}{\partial L_\phi} \Big|_{L_{x0}, L_{y0}, L_{z0}, L_{\phi0}, L_{\theta0}, L_{\psi0}} (L_\phi - L_{\phi0}) + \frac{\partial f}{\partial L_\theta} \Big|_{L_{x0}, L_{y0}, L_{z0}, L_{\phi0}, L_{\theta0}, L_{\psi0}} (L_\theta - L_{\theta0}) + \frac{\partial f}{\partial L_\psi} \Big|_{L_{x0}, L_{y0}, L_{z0}, L_{\phi0}, L_{\theta0}, L_{\psi0}} (L_\psi - L_{\psi0}) + f(L_{x0}, L_{y0}, L_{z0}, L_{\phi0}, L_{\theta0}, L_{\psi0}) \end{aligned} \quad (8)$$

ここで、 $x_L(k)$ に対する偏微分の式は、以下の式（9）により表される

。

[0061] [数9]

$$\begin{cases} \frac{\partial x_L(k)}{\partial L_x} = -\cos L_\theta \cos L_\psi & \frac{\partial x_L(k)}{\partial L_y} = -\cos L_\theta \sin L_\psi & \frac{\partial x_L(k)}{\partial L_z} = \sin L_\theta \\ \frac{\partial x_L(k)}{\partial L_\phi} = 0 \\ \frac{\partial x_L(k)}{\partial L_\theta} = -\{x_b(k) - L_x\} \sin L_\theta \cos L_\psi - \{y_b(k) - L_y\} \sin L_\theta \sin L_\psi - \{z_b(k) - L_z\} \cos L_\theta \\ \frac{\partial x_L(k)}{\partial L_\psi} = -\{x_b(k) - L_x\} \cos L_\theta \sin L_\psi + \{y_b(k) - L_y\} \cos L_\theta \cos L_\psi \end{cases} \quad (9)$$

また、 $y_L(k)$ に対する偏微分の式は、以下の式 (10) により表される。

[0062] [数10]

$$\begin{cases} \frac{\partial y_L(k)}{\partial L_x} = -(\sin L_\theta \sin L_\phi \cos L_\psi - \cos L_\theta \sin L_\psi) & \frac{\partial y_L(k)}{\partial L_y} = -(\sin L_\theta \sin L_\phi \sin L_\psi + \cos L_\theta \cos L_\psi) & \frac{\partial y_L(k)}{\partial L_z} = -\sin L_\theta \cos L_\phi \\ \frac{\partial y_L(k)}{\partial L_\theta} = \{x_b(k) - L_x\}(\cos L_\theta \sin L_\phi \cos L_\psi + \sin L_\theta \sin L_\psi) + \{y_b(k) - L_y\}(\cos L_\theta \sin L_\phi \sin L_\psi - \sin L_\theta \cos L_\psi) + \{z_b(k) - L_z\} \cos L_\theta \cos L_\phi \\ \frac{\partial y_L(k)}{\partial L_\phi} = \{x_b(k) - L_x\}(\sin L_\theta \cos L_\phi \cos L_\psi) + \{y_b(k) - L_y\}(\sin L_\theta \cos L_\phi \sin L_\psi) - \{z_b(k) - L_z\} \sin L_\theta \sin L_\phi \\ \frac{\partial y_L(k)}{\partial L_\psi} = \{x_b(k) - L_x\}(-\sin L_\theta \sin L_\phi \sin L_\psi - \cos L_\theta \cos L_\psi) + \{y_b(k) - L_y\}(\sin L_\theta \sin L_\phi \cos L_\psi - \cos L_\theta \sin L_\psi) \end{cases} \quad (10)$$

さらに、 $z_L(k)$ に対する偏微分の式は、以下の式 (11) により表される。

[0063] [数11]

$$\begin{cases} \frac{\partial z_L(k)}{\partial L_x} = -(\cos L_\theta \sin L_\phi \cos L_\psi + \sin L_\theta \sin L_\psi) & \frac{\partial z_L(k)}{\partial L_y} = -(\cos L_\theta \sin L_\phi \sin L_\psi - \sin L_\theta \cos L_\psi) & \frac{\partial z_L(k)}{\partial L_z} = -\cos L_\theta \cos L_\phi \\ \frac{\partial z_L(k)}{\partial L_\theta} = \{x_b(k) - L_x\}(-\sin L_\theta \sin L_\phi \cos L_\psi + \cos L_\theta \sin L_\psi) + \{y_b(k) - L_y\}(-\sin L_\theta \sin L_\phi \sin L_\psi - \cos L_\theta \cos L_\psi) - \{z_b(k) - L_z\} \sin L_\theta \cos L_\phi \\ \frac{\partial z_L(k)}{\partial L_\phi} = \{x_b(k) - L_x\} \cos L_\theta \cos L_\phi \cos L_\psi + \{y_b(k) - L_y\} \cos L_\theta \cos L_\phi \sin L_\psi - \{z_b(k) - L_z\} \cos L_\theta \sin L_\phi \\ \frac{\partial z_L(k)}{\partial L_\psi} = \{x_b(k) - L_x\}(-\cos L_\theta \sin L_\phi \sin L_\psi + \sin L_\theta \cos L_\psi) + \{y_b(k) - L_y\}(\cos L_\theta \sin L_\phi \cos L_\psi + \sin L_\theta \sin L_\psi) \end{cases} \quad (11)$$

ここで、ライダ設置情報 L に記憶されている (即ちずれが発生していない) 姿勢角及び位置の初期値をそれぞれ「 $L_{\phi 0}$ 」、「 $L_{\theta 0}$ 」、「 $L_{\phi 0}$ 」、「 $L_{x 0}$ 」、「 $L_{y 0}$ 」、「 $L_{z 0}$ 」とすると、式 (7) と同様の以下の式 (12) が成立する。

[0064] [数12]

$$\begin{cases} x_{L0}(k) = \{x_b(k) - L_{x0}\} \cos L_{\theta 0} \cos L_{\phi 0} + \{y_b(k) - L_{y0}\} \cos L_{\theta 0} \sin L_{\phi 0} - \{z_b(k) - L_{z0}\} \sin L_{\theta 0} \\ y_{L0}(k) = \{x_b(k) - L_{x0}\}(\sin L_{\theta 0} \sin L_{\phi 0} \cos L_{\psi 0} - \cos L_{\theta 0} \sin L_{\psi 0}) + \{y_b(k) - L_{y0}\}(\sin L_{\theta 0} \sin L_{\phi 0} \sin L_{\psi 0} + \cos L_{\theta 0} \cos L_{\psi 0}) + \{z_b(k) - L_{z0}\} \sin L_{\theta 0} \cos L_{\phi 0} \\ z_{L0}(k) = \{x_b(k) - L_{x0}\}(\cos L_{\theta 0} \sin L_{\phi 0} \cos L_{\psi 0} + \sin L_{\theta 0} \sin L_{\psi 0}) + \{y_b(k) - L_{y0}\}(\cos L_{\theta 0} \sin L_{\phi 0} \sin L_{\psi 0} - \sin L_{\theta 0} \cos L_{\psi 0}) + \{z_b(k) - L_{z0}\} \cos L_{\theta 0} \cos L_{\phi 0} \end{cases} \quad (12)$$

そして、3回分の計測値と計測期待値の組 $\{[x_{L1}(k), y_{L1}(k), z_{L1}(k)]^T, [x_{b1}(k), y_{b1}(k), z_{b1}(k)]^T\}$ 、 $\{[x_{L2}(k), y_{L2}(k), z_{L2}(k)]^T, [x_{b2}(k), y_{b2}(k), z_{b2}(k)]^T\}$ 、

$k)]^T \}$ 、 $\{ [x_{L3}(k), y_{L3}(k), z_{L3}(k)]^T, [x_{b3}(k), y_{b3}(k), z_{b3}(k)]^T \}$ を用いると、以下の式(13)に示すような線形式が成立する。

[0065] [数13]

$$\begin{bmatrix} x_{L1} \\ y_{L1} \\ z_{L1} \\ x_{L2} \\ y_{L2} \\ z_{L2} \\ x_{L3} \\ y_{L3} \\ z_{L3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial x_{L1}}{\partial L_x} & \frac{\partial x_{L1}}{\partial L_y} & \frac{\partial x_{L1}}{\partial L_z} & \frac{\partial x_{L1}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial x_{L1}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial x_{L1}}{\partial L_\psi} \\ \frac{\partial y_{L1}}{\partial L_x} & \frac{\partial y_{L1}}{\partial L_y} & \frac{\partial y_{L1}}{\partial L_z} & \frac{\partial y_{L1}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial y_{L1}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial y_{L1}}{\partial L_\psi} \\ \frac{\partial z_{L1}}{\partial L_x} & \frac{\partial z_{L1}}{\partial L_y} & \frac{\partial z_{L1}}{\partial L_z} & \frac{\partial z_{L1}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial z_{L1}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial z_{L1}}{\partial L_\psi} \\ \frac{\partial x_{L2}}{\partial L_x} & \frac{\partial x_{L2}}{\partial L_y} & \frac{\partial x_{L2}}{\partial L_z} & \frac{\partial x_{L2}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial x_{L2}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial x_{L2}}{\partial L_\psi} \\ \frac{\partial y_{L2}}{\partial L_x} & \frac{\partial y_{L2}}{\partial L_y} & \frac{\partial y_{L2}}{\partial L_z} & \frac{\partial y_{L2}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial y_{L2}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial y_{L2}}{\partial L_\psi} \\ \frac{\partial z_{L2}}{\partial L_x} & \frac{\partial z_{L2}}{\partial L_y} & \frac{\partial z_{L2}}{\partial L_z} & \frac{\partial z_{L2}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial z_{L2}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial z_{L2}}{\partial L_\psi} \\ \frac{\partial x_{L3}}{\partial L_x} & \frac{\partial x_{L3}}{\partial L_y} & \frac{\partial x_{L3}}{\partial L_z} & \frac{\partial x_{L3}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial x_{L3}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial x_{L3}}{\partial L_\psi} \\ \frac{\partial y_{L3}}{\partial L_x} & \frac{\partial y_{L3}}{\partial L_y} & \frac{\partial y_{L3}}{\partial L_z} & \frac{\partial y_{L3}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial y_{L3}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial y_{L3}}{\partial L_\psi} \\ \frac{\partial z_{L3}}{\partial L_x} & \frac{\partial z_{L3}}{\partial L_y} & \frac{\partial z_{L3}}{\partial L_z} & \frac{\partial z_{L3}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial z_{L3}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial z_{L3}}{\partial L_\psi} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_x - L_{x0} \\ L_y - L_{y0} \\ L_z - L_{z0} \\ L_\phi - L_{\phi0} \\ L_\theta - L_{\theta0} \\ L_\psi - L_{\psi0} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_{L0} \\ y_{L0} \\ z_{L0} \\ x_{L0} \\ y_{L0} \\ z_{L0} \\ x_{L0} \\ y_{L0} \\ z_{L0} \end{bmatrix} \quad (13)$$

以後では、式(13)において、3回分の計測値からなる9行1列の行列(即ち左辺)を「z」、9行6列のヤコビ行列を「C」、姿勢角及び位置の初期値と現在値との差分を示す6行1列の行列を「Δx」、式(12)により求まる初期計測値 x_{L0} 、 y_{L0} 、 z_{L0} に関する9行1列の行列を「d」とする。この場合、式(13)は、以下の式により表される。

$$z = C \Delta x + d$$

[0066] ここで、線形化した式「 $z = C \Delta x + d$ 」で計算されるzと、実際に計測される計測値「 z_{ob} 」の間には、誤差「v」が存在すると考えると、

$$z_{ob} = z + v$$

が成立する。よって、

$$v = -C \Delta x - d + z_{ob}$$

が成立する。

[0067] ここで、 $\Delta z = z_{ob} - d$ とおくと、誤差の2乗和「 $v^T v$ 」は、以下の式(

14) により表される。

[0068] [数14]

$$\begin{aligned} \mathbf{v}^T \mathbf{v} &= (-\mathbf{C}\Delta\mathbf{x} + \Delta\mathbf{z})^T (-\mathbf{C}\Delta\mathbf{x} + \Delta\mathbf{z}) \\ &= (-\Delta\mathbf{x}^T \mathbf{C}^T + \Delta\mathbf{z}^T) (-\mathbf{C}\Delta\mathbf{x} + \Delta\mathbf{z}) \\ &= \Delta\mathbf{x}^T \mathbf{C}^T \mathbf{C} \Delta\mathbf{x} - \Delta\mathbf{x}^T \mathbf{C}^T \Delta\mathbf{z} - \Delta\mathbf{z}^T \mathbf{C} \Delta\mathbf{x} + \Delta\mathbf{z}^T \Delta\mathbf{z} \end{aligned} \quad (14)$$

従って、式(14)の右辺が最小となるときの $\Delta\mathbf{x}$ が求めたい解となる。

[0069] ここで、誤差の2乗和「 $\mathbf{v}^T \mathbf{v}$ 」が最小となるときは、偏微分したものが0であるため、以下の式(15)に示す関係が成立する。

[0070] [数15]

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathbf{v}^T \mathbf{v}}{\partial \Delta\mathbf{x}} &= 2\Delta\mathbf{x}^T \mathbf{C}^T \mathbf{C} - (\mathbf{C}^T \Delta\mathbf{z})^T - \Delta\mathbf{z}^T \mathbf{C} \\ &= 2\Delta\mathbf{x}^T \mathbf{C}^T \mathbf{C} - \Delta\mathbf{z}^T \mathbf{C} - \Delta\mathbf{z}^T \mathbf{C} \\ &= 2\Delta\mathbf{x}^T \mathbf{C}^T \mathbf{C} - 2\Delta\mathbf{z}^T \mathbf{C} = 0 \end{aligned} \quad (15)$$

そして、式(15)に基づき、以下の式(16)が成立する。

[0071] [数16]

$$\Delta\mathbf{x}^T \mathbf{C}^T \mathbf{C} = \Delta\mathbf{z}^T \mathbf{C} \quad (16)$$

そして、式(16)の両辺を転置にすると、正規方程式に相当する以下の式(17)が得られる。

[0072] [数17]

$$\mathbf{C}^T \mathbf{C} \Delta\mathbf{x} = \mathbf{C}^T \Delta\mathbf{z} \quad (17)$$

よって、 $\Delta\mathbf{x}$ は、以下の式(18)により表される。

[0073] [数18]

$$\Delta\mathbf{x} = (\mathbf{C}^T \mathbf{C})^{-1} \mathbf{C}^T \Delta\mathbf{z} \quad (18)$$

そして、式(18)で求められた $\Delta\mathbf{x}$ を「 $\mathbf{x} = \Delta\mathbf{x} + \mathbf{x}_0$ 」の式に代入する

ことで、最小2乗解が求まる。この x を新たな x_0 として漸化式計算を繰り返し、 x の変化が極小になれば、それが最終的なずれ発生ライダの位置姿勢となる。

[0074] 以上を勘案し、制御部15は、以下の第1ステップ～第5ステップを行うことで、ずれ発生ライダの姿勢角及び位置を好適に推定することができる。

[0075] まず、第1ステップでは、制御部15は、ライダ設置情報1Lに記憶された初期の位置 L_{x0} 、 L_{y0} 、 L_{z0} 及び姿勢角 $L_{\phi0}$ 、 $L_{\theta0}$ 、 $L_{\psi0}$ と、複数の計測期待値とに基づき、ヤコビ行列Cと、式(12)に基づく初期計測値 $[x_L, y_L, z_L]^T$ とを算出する。そして、第2ステップでは、制御部15は、複数の計測値から上述の行列「 z_{ob} 」を生成し、初期計測値から構成した上述の行列「 d 」を減算することで、 $\Delta z (= z_{ob} - d)$ を算出する。

[0076] 次に、第3ステップでは、制御部15は、式(18)に基づき、 Δx を算出する。そして、第4ステップでは、制御部15は、「 $x = \Delta x + x_0$ 」の式に基づき、最小二乗解を求める。そして、第5ステップでは、制御部15は、 Δx が所定値より大きければ、 x を位置 L_{x0} 、 L_{y0} 、 L_{z0} 及び姿勢角 $L_{\phi0}$ 、 $L_{\theta0}$ 、 $L_{\psi0}$ に設定し、再び第1ステップに戻る。一方、制御部15は、 Δx が所定値以下の場合には、第4ステップで求めた x を最終的な解とみなし、当該 x が示す位置 L_x 、 L_y 、 L_z 及び姿勢角 L_ϕ 、 L_θ 、 L_ψ をずれ発生ライダの現在の位置及び姿勢角とみなす。

[0077] [処理フロー]

図10は、ずれ発生ライダの検出と位置及び姿勢角の推定に関するフローチャートの一例である。制御部15は、図10のフローチャートの処理を繰り返し実行する。

[0078] まず、制御部15は、車両の走行中に、3個以上のライダ2により同一の対象物 L_{tag} を計測する(ステップS101)。そして、制御部15は、各ライダ2により得られた対象物 L_{tag} に対する時系列の計測値を、車両座標系に変換し、車両座標系に変換されたライダ2ごとの計測値をプロットする(ステップS102)。この場合、制御部15は、各ライダ2の初期の

位置及び姿勢角の情報をライダ設置情報 I L から抽出することで、式 (5) に基づき、各ライダ 2 により得られた対象物 L t a g に対する時系列の計測値の各々を車両座標系に変換する。

[0079] そして、制御部 15 は、車両の移動軌跡を算出する (ステップ S 103) 。例えば、この場合、制御部 15 は、ジャイロセンサ 3 及び車速センサ 4 の出力に基づき、所定の時点での車両座標系を基準として上述の移動軌跡を算出する。

[0080] 次に、制御部 15 は、プロットされた計測点の点列に合わせて、算出した移動軌跡を平行移動させる (ステップ S 104) 。これにより、制御部 15 は、算出した移動軌跡を平行移動させた移動軌跡平行線を設定する。そして、制御部 15 は、設定した移動軌跡平行線から所定距離以上離れている計測点の点列があるか否か判定する (ステップ S 105) 。そして、制御部 15 は、移動軌跡平行線から所定距離以上離れている計測点の点列がある場合 (ステップ S 105 ; Y e s) 、当該点列に対応するライダ 2 をずれ発生ライダとして検出する (ステップ S 106) 。一方、制御部 15 は、移動軌跡平行線から所定距離以上離れている計測点の点列がない場合 (ステップ S 105 ; N o) 、ずれ発生ライダは存在しないと判断し、再びステップ S 101 へ処理を戻す。

[0081] そして、制御部 15 は、ずれ発生ライダを検出した場合、移動軌跡平行線に基づきずれ発生ライダの計測期待値を決定する (ステップ S 107) 。この場合、制御部 15 は、ずれ発生ライダに対する複数の計測値の各々に対する計測期待値を決定することで、ずれ発生ライダの計測値及び計測期待値を複数組取得する。

[0082] 次に、制御部 15 は、複数の計測期待値及び計測値の組に基づき、ニュートン法を用いた最小 2 乗法を行い、ずれ発生ライダの姿勢角及び位置を推定する (ステップ S 108) 。

[0083] ここで、位置ずれ発生ライダの推定した位置及び姿勢角の用途の具体例について補足説明する。

[0084] 例えば、制御部15は、ライダ設置情報1Lに記録されたずれ発生前の位置ずれ発生ライダの姿勢角及び位置に対し、推定した位置ずれ発生ライダの姿勢角及び位置の変化量を算出し、当該変化量に基づき、位置ずれ発生ライダが出力する点群データの各計測値を補正する。この場合、制御部15は、例えば、各変化量の大きさごとの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。なお、制御部15は、上記変化量が所定の閾値以上となる位置又は姿勢角のずれを検出した場合には、位置ずれ発生ライダの使用を中止し、所定の警告を情報出力部16により出力してもよい。

[0085] 他の例では、制御部15は、算出したロール角 L_ϕ 、ピッチ角 L_θ 、ヨー角 L_ψ 、x方向位置 L_x 、y方向位置 L_y 、z方向位置 L_z を用いて、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、自転車位置推定や自動運転制御などを実行してもよい。これにより、ずれが発生した後のライダ2の姿勢角及び位置に基づいて適切にライダ2の計測値を車両座標系に変換することができる。

[0086] さらに別の例では、車載機1は、各ライダ2の姿勢角及び位置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、推定結果に基づきライダ2の姿勢角及び位置を修正してもよい。この場合、車載機1は、ライダ設置情報1Lに記録された姿勢角及び位置を基準として、推定した姿勢角及び位置の変化量を算出し、当該変化量の分だけライダ2の姿勢角及び位置を修正するように調整機構を駆動させる制御を行う。

[0087] 以上説明したように、本実施例における車載機1は、車両に設けられた少なくとも3つのライダ2の各々により計測される同一の対象物である対象物 L_{tag} までの各ライダ2の複数の計測値を取得する。そして、車載機1は、ライダ2ごとに取得された複数の計測値に基づいて、車両に対する取付位置の位置ずれが生じている少なくとも1つのライダ2を検出する。これにより、車載機1は、位置ずれが生じているライダ2を的確に検出することがで

きる。

[0088] [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。

[0089] (変形例1)

[姿勢角及び位置の推定]のセクションでは、計測値 $[x_L(k), y_L(k), z_L(k)]^T$ を求める式(7)に基づき、初期値の周りで線形化し、ニュートン法を用いた逐次計算によって解を求めた。これに代えて、計測期待値 $[x_b(k), y_b(k), z_b(k)]^T$ を求める以下の式(19)に基づき、ニュートン法を用いた逐次計算によって解を求めてもよい。

[0090] [数19]

$$\begin{bmatrix} x_b(k) \\ y_b(k) \\ z_b(k) \end{bmatrix} = \mathbf{C}^{-1} \begin{bmatrix} x_L(k) \\ y_L(k) \\ z_L(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_x \\ L_y \\ L_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos L_\theta \cos L_\psi & \sin L_\theta \sin L_\psi \cos L_\varphi - \cos L_\theta \sin L_\varphi & \cos L_\theta \sin L_\psi \sin L_\varphi + \sin L_\theta \cos L_\varphi \\ \cos L_\theta \sin L_\psi & \sin L_\theta \sin L_\psi \sin L_\varphi + \cos L_\theta \cos L_\varphi & \cos L_\theta \sin L_\psi \cos L_\varphi - \sin L_\theta \cos L_\varphi \\ -\sin L_\theta & \sin L_\theta \cos L_\varphi & \cos L_\theta \cos L_\varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_L(k) \\ y_L(k) \\ z_L(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_x \\ L_y \\ L_z \end{bmatrix} \quad (19)$$

この場合、以下の式(20)は、式(19)と等価な式となる。

[0091] [数20]

$$\begin{cases} x_b(k) = x_L(k) \cos L_\theta \cos L_\psi + y_L(k) \{ \sin L_\theta \sin L_\psi \cos L_\varphi - \cos L_\theta \sin L_\varphi \} + z_L(k) \{ \cos L_\theta \sin L_\psi \sin L_\varphi + \sin L_\theta \cos L_\varphi \} + L_x \\ y_b(k) = x_L(k) \cos L_\theta \sin L_\psi + y_L(k) \{ \sin L_\theta \sin L_\psi \sin L_\varphi + \cos L_\theta \cos L_\varphi \} + z_L(k) \{ \cos L_\theta \sin L_\psi \cos L_\varphi - \sin L_\theta \cos L_\varphi \} + L_y \\ z_b(k) = -x_L(k) \sin L_\theta + y_L(k) \sin L_\theta \cos L_\varphi + z_L(k) \cos L_\theta \cos L_\varphi + L_z \end{cases} \quad (20)$$

式(20)に示される $x_b(k)$ 、 $y_b(k)$ 、 $z_b(k)$ の関数は、非線形関数のため、解析的に解を求めることができない。よって、初期値の周りで線形化し、ニュートン法を用いた逐次計算によって解を求めるため、実施例と同様、上述した式(8)を作成する。

ここで、 $x_b(k)$ に対する偏微分の式は、以下の式(21)により表される。

[0092]

[数21]

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial x_b(k)}{\partial L_x} = 1 \quad \frac{\partial x_b(k)}{\partial L_y} = 0 \quad \frac{\partial x_b(k)}{\partial L_z} = 0 \\ \frac{\partial x_b(k)}{\partial L_\phi} = y_L(k) \{ \cos L_\phi \sin L_\theta \cos L_\psi + \sin L_\phi \sin L_\psi \} + z_L(k) \{ -\sin L_\phi \sin L_\theta \cos L_\psi + \cos L_\phi \sin L_\psi \} \\ \frac{\partial x_b(k)}{\partial L_\theta} = -x_L(k) \sin L_\theta \cos L_\psi + y_L(k) \sin L_\theta \cos L_\theta \cos L_\psi + z_L(k) \cos L_\phi \cos L_\theta \cos L_\psi \\ \frac{\partial x_b(k)}{\partial L_\psi} = -x_L(k) \cos L_\theta \sin L_\psi + y_L(k) \{ -\sin L_\phi \sin L_\theta \sin L_\psi - \cos L_\phi \cos L_\psi \} + z_L(k) \{ -\cos L_\phi \sin L_\theta \sin L_\psi + \sin L_\phi \cos L_\psi \} \end{array} \right. \quad (21)$$

また、 $y_b(k)$ に対する偏微分の式は、以下の式(22)により表される。

[0093] [数22]

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial y_b(k)}{\partial L_x} = 0 \quad \frac{\partial y_b(k)}{\partial L_y} = 1 \quad \frac{\partial y_b(k)}{\partial L_z} = 0 \\ \frac{\partial y_b(k)}{\partial L_\phi} = y_L(k) \{ \cos L_\phi \sin L_\theta \sin L_\psi - \sin L_\phi \cos L_\psi \} + z_L(k) \{ -\sin L_\phi \sin L_\theta \sin L_\psi - \cos L_\phi \cos L_\psi \} \\ \frac{\partial y_b(k)}{\partial L_\theta} = -x_L(k) \sin L_\theta \sin L_\psi + y_L(k) \sin L_\theta \cos L_\theta \sin L_\psi + z_L(k) \cos L_\phi \cos L_\theta \sin L_\psi \\ \frac{\partial y_b(k)}{\partial L_\psi} = x_L(k) \cos L_\theta \cos L_\psi + y_L(k) \{ \sin L_\phi \sin L_\theta \cos L_\psi - \cos L_\phi \sin L_\psi \} + z_L(k) \{ \cos L_\phi \sin L_\theta \cos L_\psi + \sin L_\phi \sin L_\psi \} \end{array} \right. \quad (22)$$

さらに、 $z_b(k)$ に対する偏微分の式は、以下の式(23)により表される。

[0094] [数23]

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial z_b(k)}{\partial L_x} = 0 \quad \frac{\partial z_b(k)}{\partial L_y} = 0 \quad \frac{\partial z_b(k)}{\partial L_z} = 1 \\ \frac{\partial z_b(k)}{\partial L_\phi} = y_L(k) \cos L_\phi \cos L_\theta - z_L(k) \sin L_\phi \cos L_\theta \\ \frac{\partial z_b(k)}{\partial L_\theta} = -x_L(k) \cos L_\theta - y_L(k) \sin L_\phi \sin L_\theta - z_L(k) \cos L_\phi \sin L_\theta \\ \frac{\partial z_b(k)}{\partial L_\psi} = 0 \end{array} \right. \quad (23)$$

ここで、ライダ設置情報 l に記憶されている(即ちずれが発生していない)姿勢角及び位置の初期値をそれぞれ「 $L_{\phi 0}$ 」、「 $L_{\theta 0}$ 」、「 $L_{\phi 0}$ 」、「

L_{x0} 」、「 L_{y0} 」、「 L_{z0} 」とすると、以下の式（24）が成立する。

[0095] [数24]

$$\begin{cases} x_{b0}(k) = x_L(k) \cos L_{\theta 0} \cos L_{\varphi 0} + y_L(k) \{ \sin L_{\theta 0} \sin L_{\varphi 0} \cos L_{\psi 0} - \cos L_{\theta 0} \sin L_{\psi 0} \} + z_L(k) \{ \cos L_{\theta 0} \sin L_{\varphi 0} \cos L_{\psi 0} + \sin L_{\theta 0} \sin L_{\psi 0} \} + L_{x0} \\ y_{b0}(k) = x_L(k) \cos L_{\theta 0} \sin L_{\varphi 0} + y_L(k) \{ \sin L_{\theta 0} \sin L_{\varphi 0} \sin L_{\psi 0} + \cos L_{\theta 0} \cos L_{\psi 0} \} + z_L(k) \{ \cos L_{\theta 0} \sin L_{\varphi 0} \sin L_{\psi 0} - \sin L_{\theta 0} \cos L_{\psi 0} \} + L_{y0} \\ z_{b0}(k) = -x_L(k) \sin L_{\theta 0} + y_L(k) \sin L_{\theta 0} \cos L_{\varphi 0} + z_L(k) \cos L_{\theta 0} \cos L_{\varphi 0} + L_{z0} \end{cases} \quad (24)$$

そして、3回分の計測値と計測期待値の組 $\{ [x_{L1}(k), y_{L1}(k), z_{L1}(k)]^T, [x_{b1}(k), y_{b1}(k), z_{b1}(k)]^T \}$ 、 $\{ [x_{L2}(k), y_{L2}(k), z_{L2}(k)]^T, [x_{b2}(k), y_{b2}(k), z_{b2}(k)]^T \}$ 、 $\{ [x_{L3}(k), y_{L3}(k), z_{L3}(k)]^T, [x_{b3}(k), y_{b3}(k), z_{b3}(k)]^T \}$ を用いると、以下の式（25）に示すような線形式が成立する。

[0096] [数25]

$$\begin{bmatrix} x_{b1} \\ y_{b1} \\ z_{b1} \\ \vdots \\ x_{b2} \\ y_{b2} \\ z_{b2} \\ \vdots \\ x_{b3} \\ y_{b3} \\ z_{b3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial x_{b1}}{\partial L_x} & \frac{\partial x_{b1}}{\partial L_y} & \frac{\partial x_{b1}}{\partial L_z} & \frac{\partial x_{b1}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial x_{b1}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial x_{b1}}{\partial L_\psi} \\ \frac{\partial y_{b1}}{\partial L_x} & \frac{\partial y_{b1}}{\partial L_y} & \frac{\partial y_{b1}}{\partial L_z} & \frac{\partial y_{b1}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial y_{b1}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial y_{b1}}{\partial L_\psi} \\ \frac{\partial z_{b1}}{\partial L_x} & \frac{\partial z_{b1}}{\partial L_y} & \frac{\partial z_{b1}}{\partial L_z} & \frac{\partial z_{b1}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial z_{b1}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial z_{b1}}{\partial L_\psi} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial x_{b2}}{\partial L_x} & \frac{\partial x_{b2}}{\partial L_y} & \frac{\partial x_{b2}}{\partial L_z} & \frac{\partial x_{b2}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial x_{b2}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial x_{b2}}{\partial L_\psi} \\ \frac{\partial y_{b2}}{\partial L_x} & \frac{\partial y_{b2}}{\partial L_y} & \frac{\partial y_{b2}}{\partial L_z} & \frac{\partial y_{b2}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial y_{b2}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial y_{b2}}{\partial L_\psi} \\ \frac{\partial z_{b2}}{\partial L_x} & \frac{\partial z_{b2}}{\partial L_y} & \frac{\partial z_{b2}}{\partial L_z} & \frac{\partial z_{b2}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial z_{b2}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial z_{b2}}{\partial L_\psi} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial x_{b3}}{\partial L_x} & \frac{\partial x_{b3}}{\partial L_y} & \frac{\partial x_{b3}}{\partial L_z} & \frac{\partial x_{b3}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial x_{b3}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial x_{b3}}{\partial L_\psi} \\ \frac{\partial y_{b3}}{\partial L_x} & \frac{\partial y_{b3}}{\partial L_y} & \frac{\partial y_{b3}}{\partial L_z} & \frac{\partial y_{b3}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial y_{b3}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial y_{b3}}{\partial L_\psi} \\ \frac{\partial z_{b3}}{\partial L_x} & \frac{\partial z_{b3}}{\partial L_y} & \frac{\partial z_{b3}}{\partial L_z} & \frac{\partial z_{b3}}{\partial L_\phi} & \frac{\partial z_{b3}}{\partial L_\theta} & \frac{\partial z_{b3}}{\partial L_\psi} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_x - L_{x0} \\ L_y - L_{y0} \\ L_z - L_{z0} \\ L_\phi - L_{\phi 0} \\ L_\theta - L_{\theta 0} \\ L_\psi - L_{\psi 0} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_{b0} \\ y_{b0} \\ z_{b0} \\ \vdots \\ x_{b0} \\ y_{b0} \\ z_{b0} \end{bmatrix} \quad (25)$$

ここで、式（25）において、3回分の計測期待値からなる9行1列の行列（即ち左辺）を「 z 」、9行6列のヤコビ行列を「 C 」、姿勢角及び位置の初期値と現在値との差分を示す6行1列の行列を「 Δx 」、式（24）に

より求まる初期計測期待値 x_{b0} 、 y_{b0} 、 z_{b0} に関する9行1列の行列を「 d 」とする。この場合、式(25)は、以下の式により表される。

$$z = C \Delta x + d$$

よって、制御部15は、 Δx を、実施例と同様、式(18)に基づき算出し、 Δx を「 $x = \Delta x + x_0$ 」の式に代入することで、最小2乗解を求めることができる。この x を新たな x_0 として漸化式計算を繰り返し、 x の変化が極小になれば、それが最終的なずれ発生ライダの位置姿勢となる。この場合、制御部15は、車両座標系で示した計測期待値の行列から、式(24)により求まる初期計測期待値の行列を減算することで、式(18)の Δz を算出する。

[0097] このように、本変形例によっても、制御部15は、ずれ発生ライダの位置及び姿勢角を好適に推定することができる。

[0098] (変形例2)

図1に示す運転支援システムの構成は一例であり、本発明が適用可能な運転支援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、運転支援システムは、車載機1を有する代わりに、車両の電子制御装置が図10等 to 示す処理を実行してもよい。この場合、ライダ設置情報1L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。

符号の説明

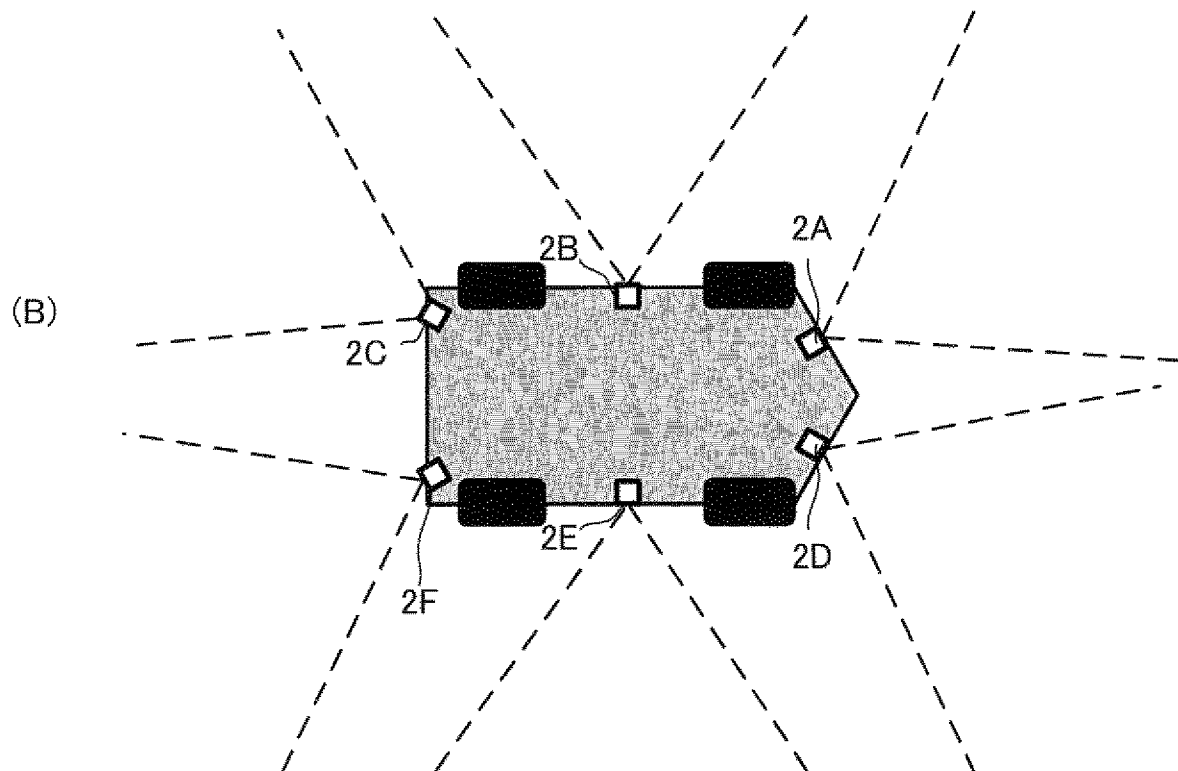
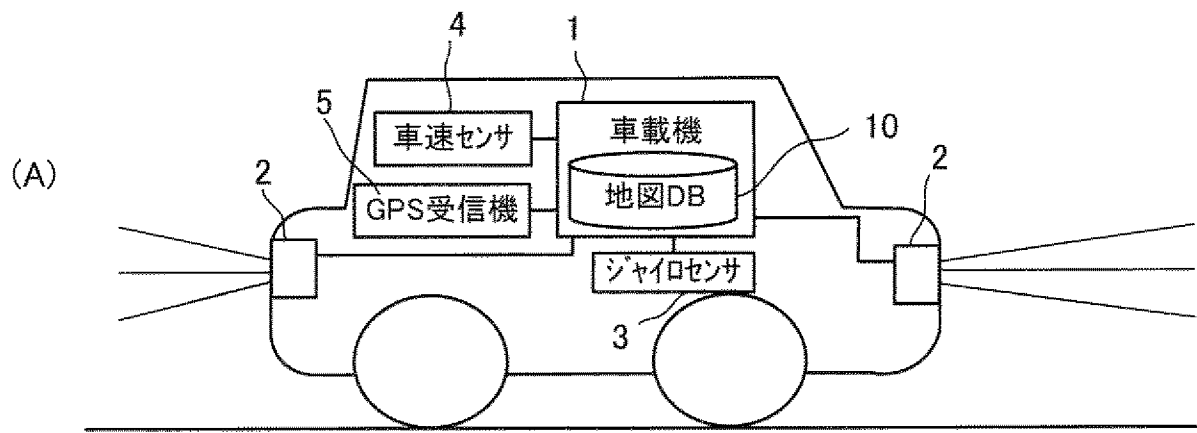
- [0099]
- 1 車載機
 - 2 ライダ
 - 3 ジャイロセンサ
 - 4 車速センサ
 - 5 GPS受信機
 - 10 地図DB

請求の範囲

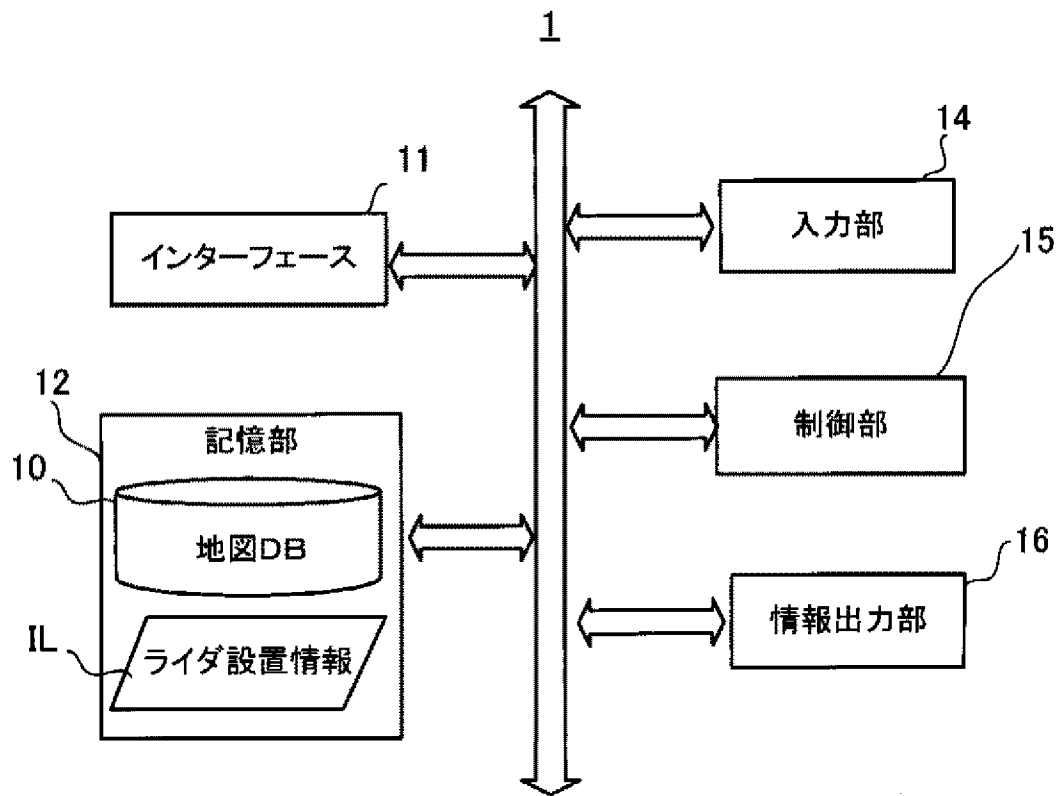
- [請求項1] 移動体に設けられた少なくとも3つの計測部の各々により計測される同一の対象物までの前記計測部による計測距離を取得する計測距離取得部と、
- 前記計測部ごとに取得された複数の計測距離に基づいて、前記移動体に対する取付位置の位置ずれが生じている少なくとも1つの計測部を前記少なくとも3つの計測部から検出する検出部と、
- を有する情報処理装置。
- [請求項2] 前記複数の計測値が取得されたときの前記移動体の移動軌跡を算出する移動軌跡算出部をさらに備え、
- 前記検出部は、前記移動軌跡と、前記計測部ごとの前記複数の計測値とに基づいて、前記位置ずれが生じている計測部を検出する請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項3] 前記検出部は、前記複数の計測値が示す位置と前記移動軌跡との距離が他の計測部と所定値以上異なる計測部を、前記位置ずれが生じている計測部として検出する請求項2に記載の情報処理装置。
- [請求項4] 前記位置ずれが生じている計測部以外の計測部の前記複数の計測値と、前記移動軌跡とに基づき、前記位置ずれが生じている計測部に位置ずれが生じていないと仮定したときの計測値の期待値である計測期待値を算出する計測期待値算出部と、
- 複数の前記計測期待値と、前記位置ずれが生じている計測部の前記複数の計測値とに基づき、前記位置ずれが生じている計測部の位置を推定する推定部と、
- をさらに備える請求項2または3に記載の情報処理装置。
- [請求項5] 前記推定部は、推定した前記位置ずれが生じている計測部の位置と、記憶部に記憶された前記位置ずれが生じている計測部の位置とに基づき、前記位置ずれのずれ量を推定する請求項4に記載の情報処理装置。

- [請求項6] 前記推定部は、前記ずれ量として、前記検出部が検出した計測部のピッチ方向、ヨー方向、若しくはロール方向のずれ量、又は、前記検出部が検出した計測部の3次元空間での重心位置のずれ量の少なくとも一方を推定する請求項5に記載の情報処理装置。
- [請求項7] 情報処理装置が実行する制御方法であって、
移動体に設けられた少なくとも3つの計測部の各々により計測される同一の対象物までの前記計測部による計測距離を取得する計測値取得工程と、
前記計測部ごとに取得された複数の計測距離に基づいて、前記移動体に対する取付位置の位置ずれが生じている少なくとも1つの計測部を前記少なくとも3つの計測部から検出する検出工程と、
を有する制御方法。
- [請求項8] コンピュータが実行するプログラムであって、
移動体に設けられた少なくとも3つの計測部の各々により計測される同一の対象物までの前記計測部による計測距離を取得する計測距離取得部と、
前記計測部ごとに取得された複数の計測距離に基づいて、前記移動体に対する取付位置の位置ずれが生じている少なくとも1つの計測部を前記少なくとも3つの計測部から検出する検出部
として前記コンピュータを機能させるプログラム。
- [請求項9] 請求項8に記載のプログラムを記憶した記憶媒体。

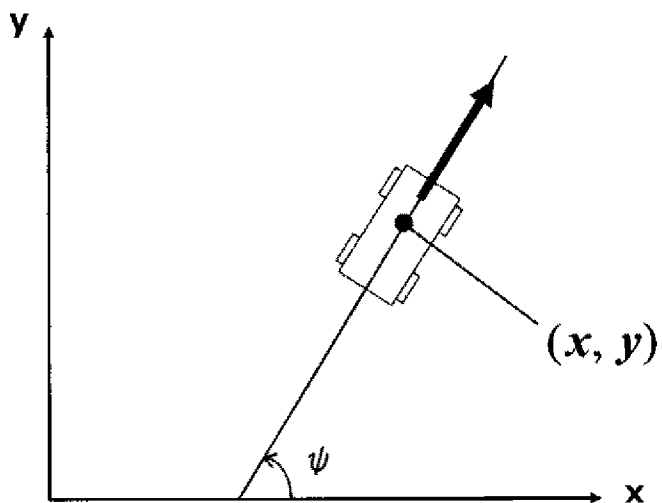
[図1]



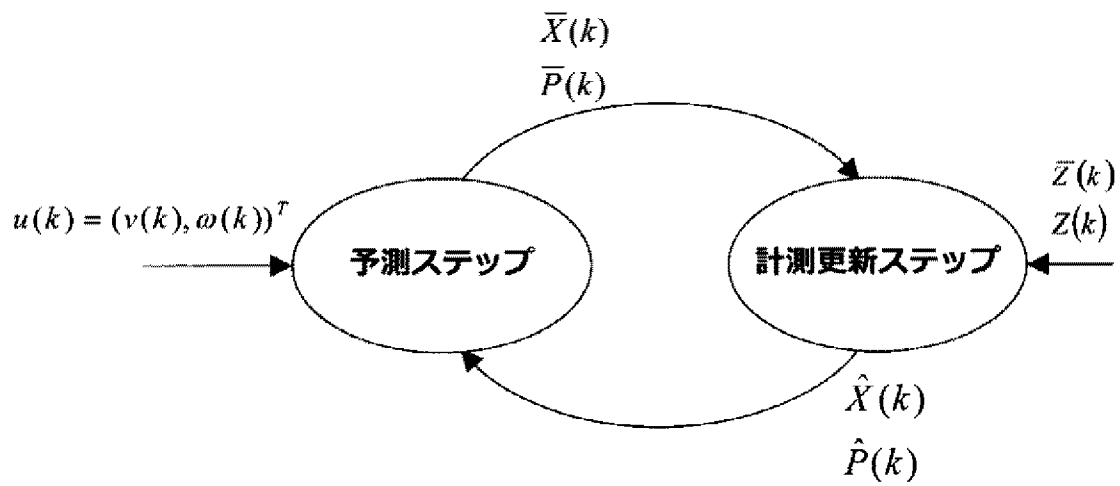
[図2]



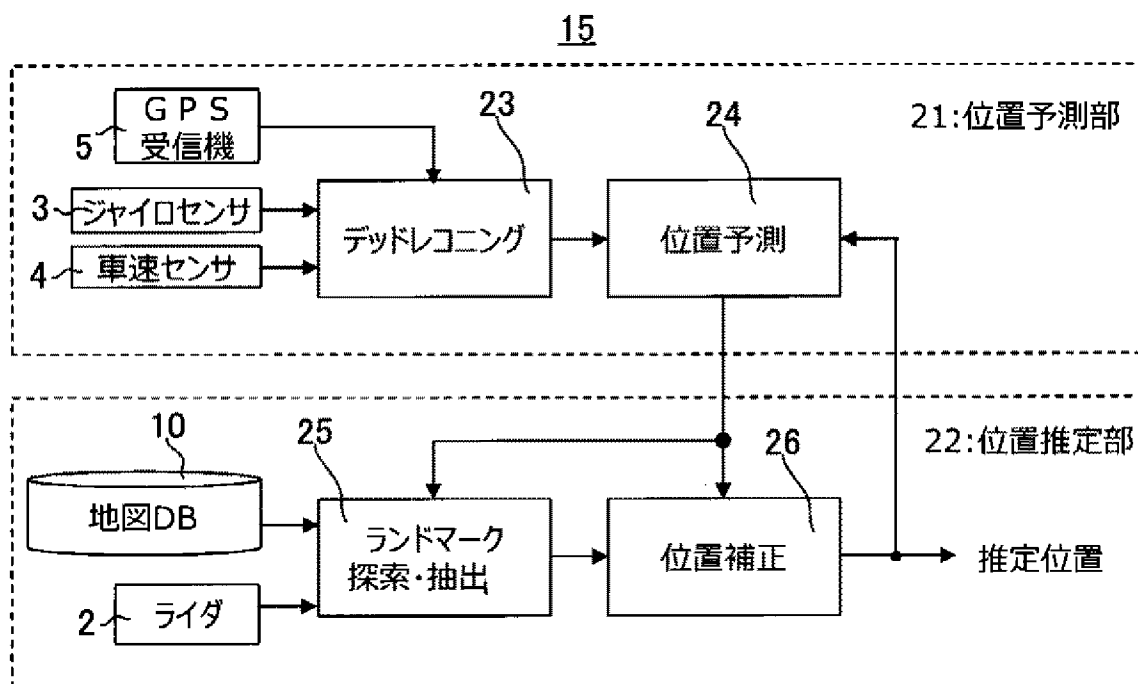
[図3]



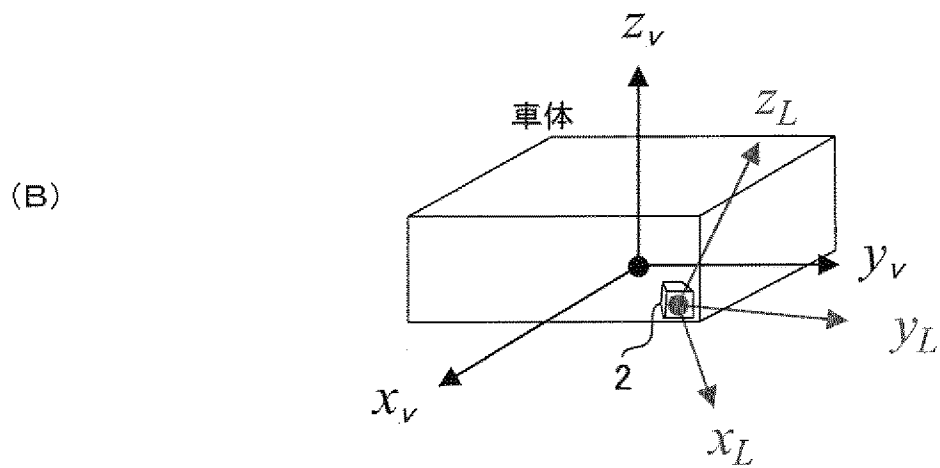
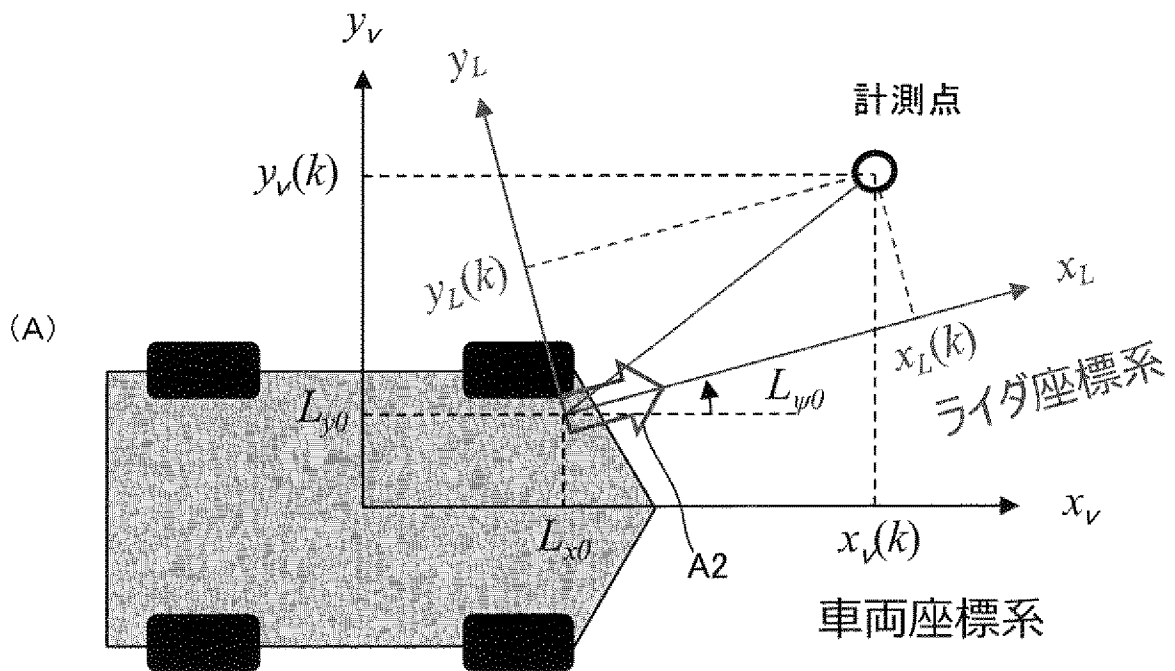
[図4]



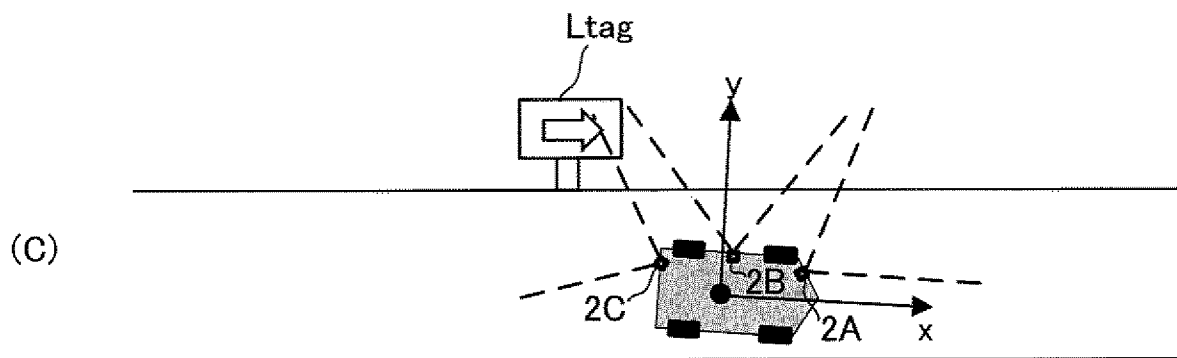
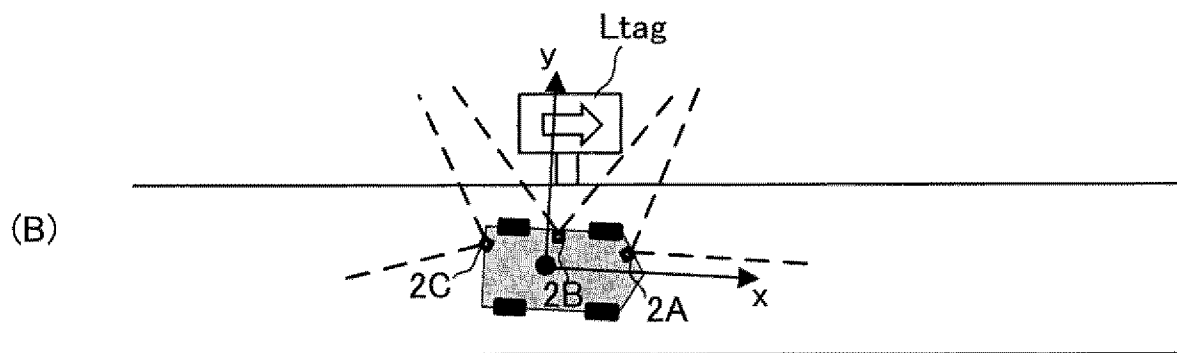
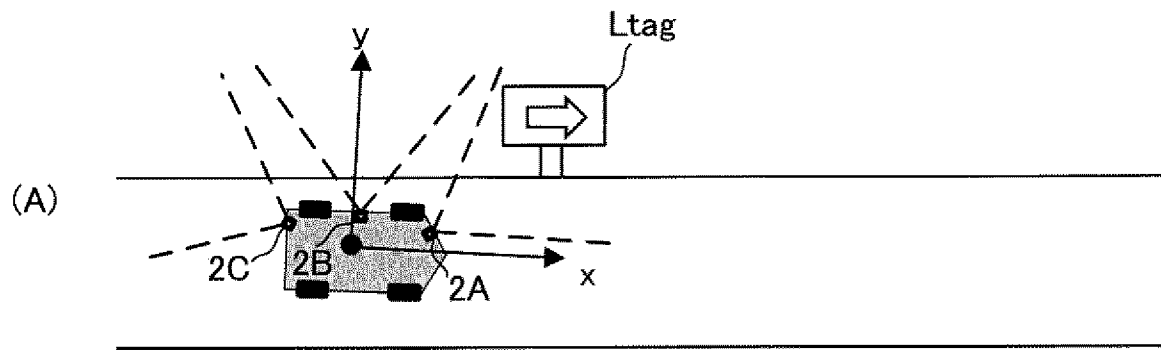
[図5]



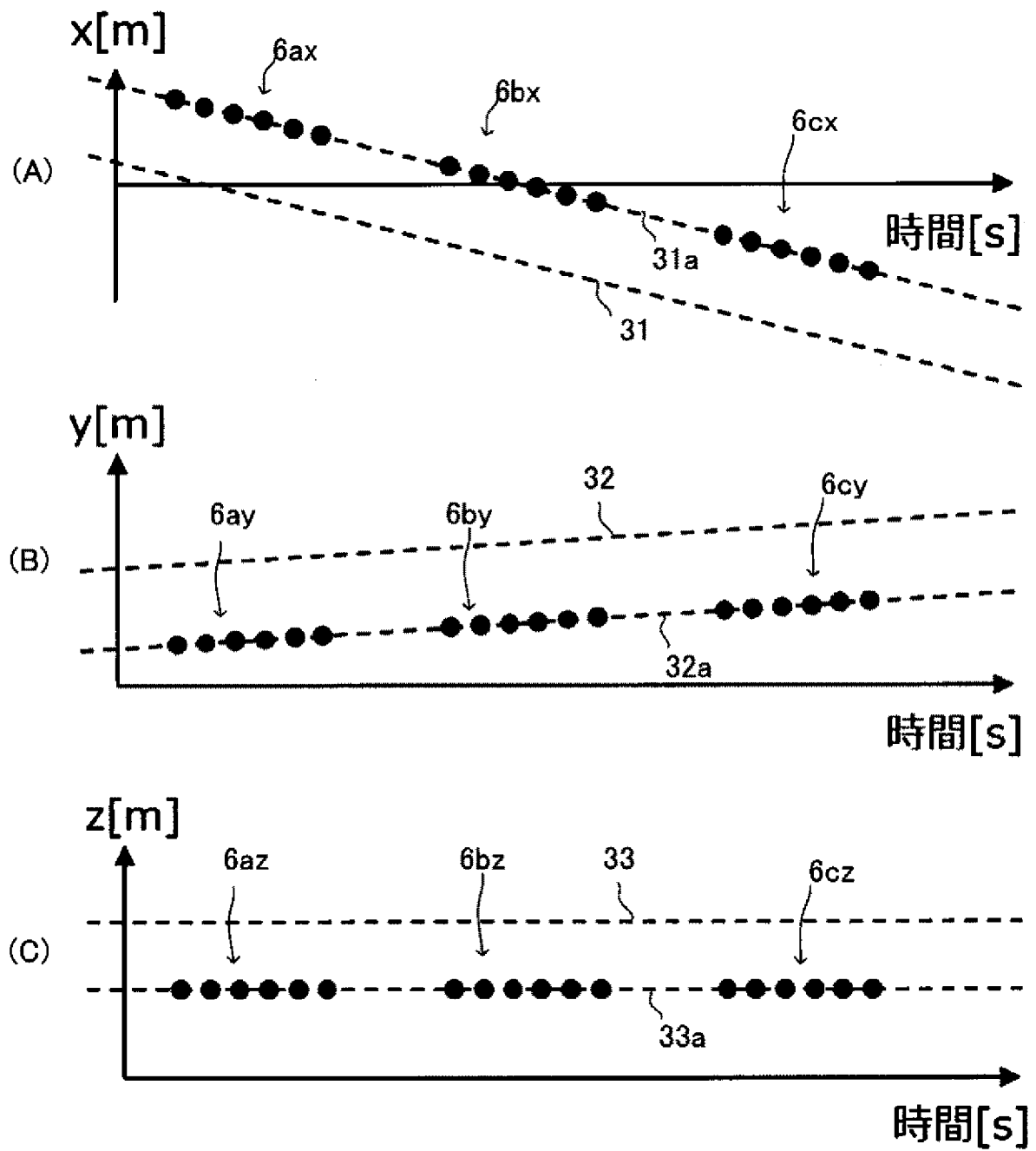
[図6]



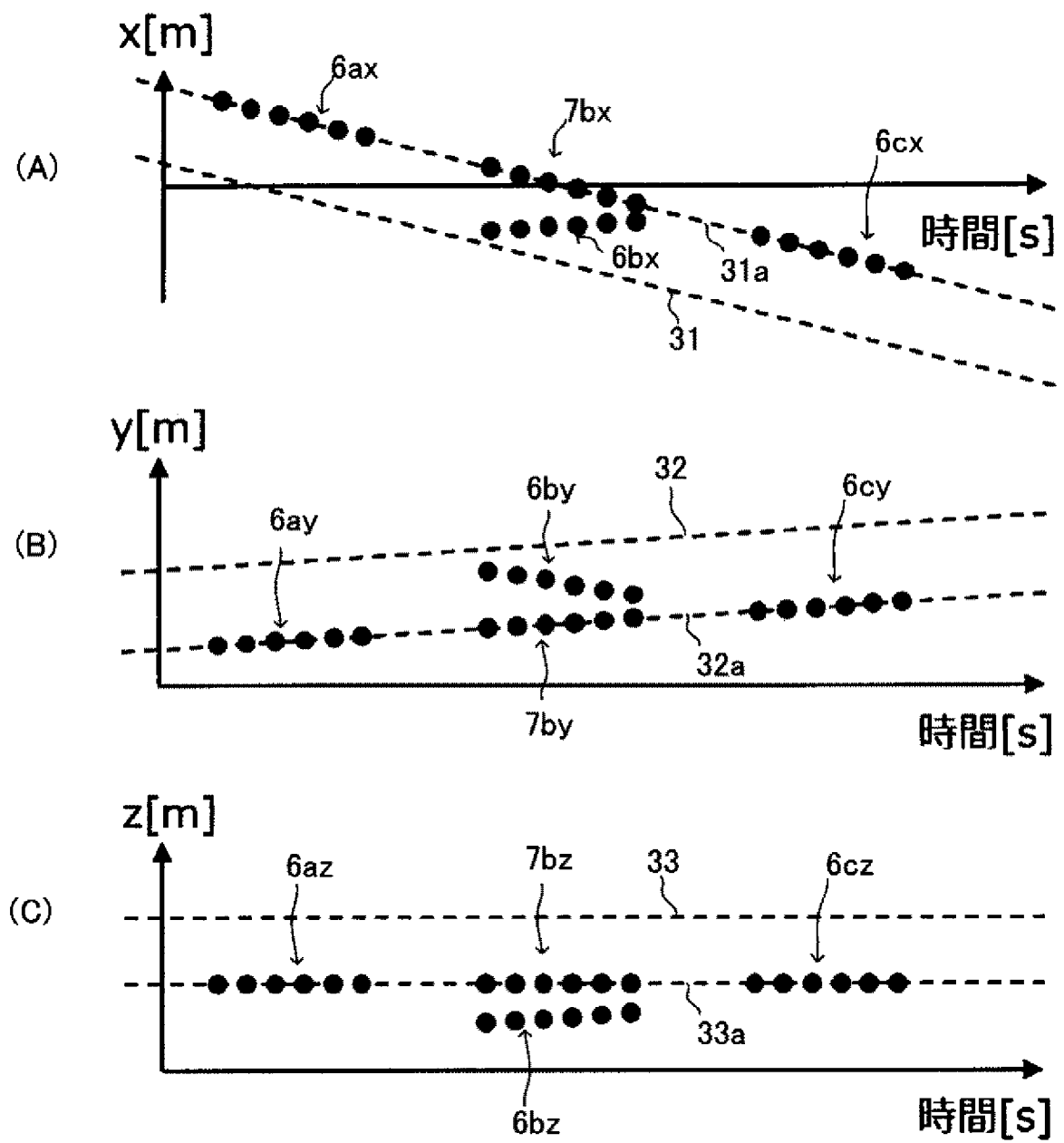
[図7]



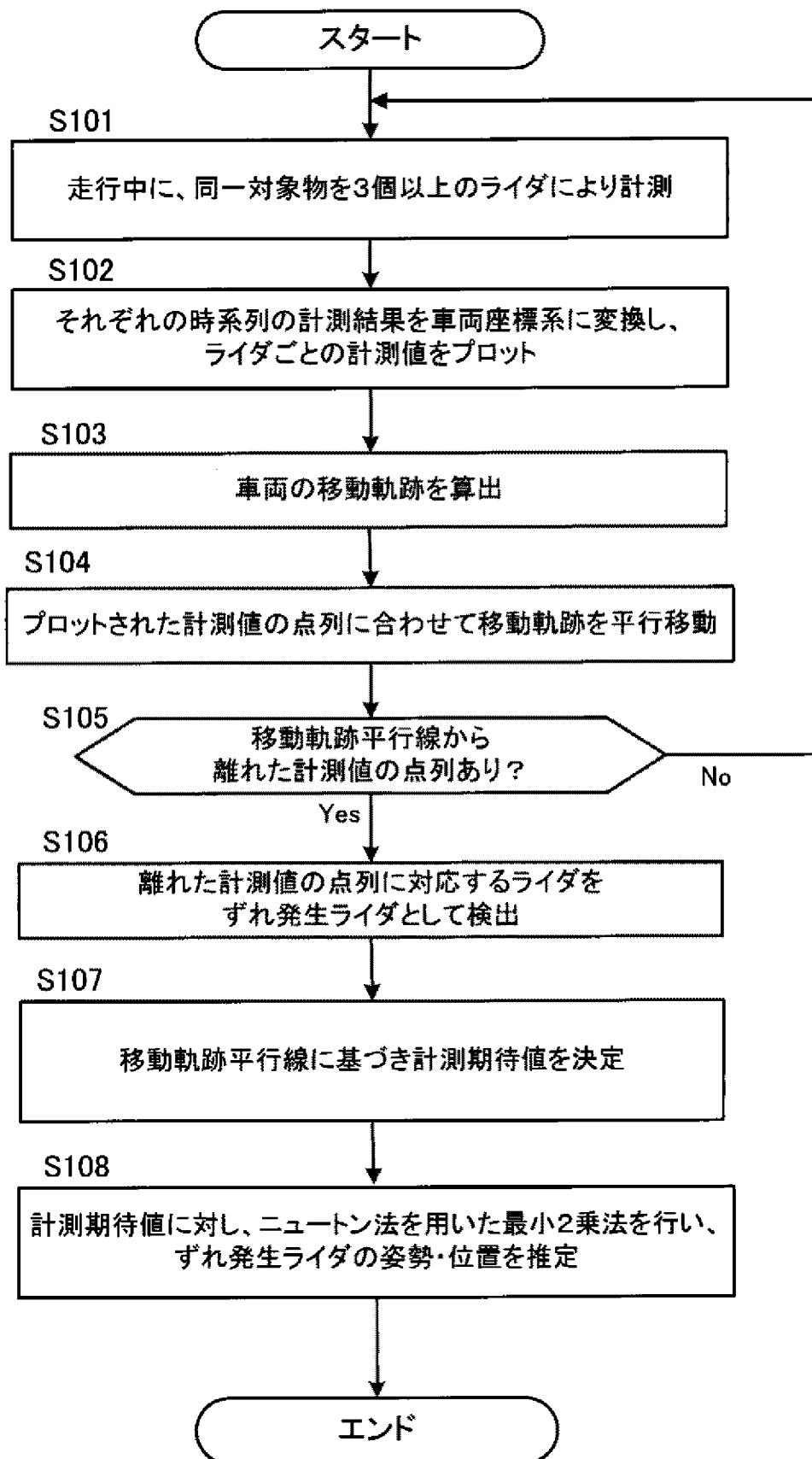
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/012133

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01S7/497(2006.01)i, G01S17/93(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G01S7/00-G01S7/64, G01S13/00-G01S17/95

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2010/0076709 A1 (HUKKERI, R. R.) 25 March 2010 * paragraphs [0017]-[0020], [0023]-[0026], [0029], fig. 1, 3-4 *	1-9
X	WO 2018/020950 A1 (KOBE STEEL, LTD.) 01 February 2018 * paragraphs [0010], [0019], [0037], [0051]- [0052], [0060]-[0067], fig. 5-6 *	1, 7-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 May 2019 (22.05.2019)

Date of mailing of the international search report

04 June 2019 (04.06.2019)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/012133

US 2010/0076709 A1 25 March 2010

US 8918302 B2

23 December 2014

WO 2018/020950 A1 01 February 2018

JP 2018-017617 A

01 February 2018

CN 109477709 A

15 March 2019

* paragraphs [0023],

[0032], [0050],

[0064]-[0065],

[0073]-[0081],

fig. 5-6 *

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01S7/497(2006.01)i, G01S17/93(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01S 7/00 - G01S 7/64, G01S 13/00 - G01S 17/95

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	US 2010/0076709 A1 (HUKKERI, R. R.) 2010.03.25 * [0017]-[0020], [0023]-[0026], [0029], 図1, 3-4 *	1-9
X	WO 2018/020950 A1 (株式会社神戸製鋼所) 2018.02.01 * [0010], [0019], [0037], [0051]-[0052], [0060]-[0067], 図5-6 *	1, 7-9

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22.05.2019

国際調査報告の発送日

04.06.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

高場 正光

2S

2910

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

US 2010/0076709 A1	2010.03.25	US 8918302 B2	2014.12.23
WO 2018/020950 A1	2018.02.01	JP 2018-017617 A	2018.02.01
		CN 109477709 A	2019.03.15
		* [0023], [0032], [0050], [0064]-[0065], [0073]-[0081], 図 5-6 *	