

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-228318

(P2013-228318A)

(43) 公開日 平成25年11月7日(2013.11.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1S 19/54 (2010.01)	GO1S 19/54	2F129
GO1S 19/52 (2010.01)	GO1S 19/52	5J062
GO1C 21/28 (2006.01)	GO1C 21/00	D

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2012-101392 (P2012-101392)	(71) 出願人	000145806 株式会社小野測器 神奈川県横浜市港北区新横浜三丁目9番3号
(22) 出願日	平成24年4月26日 (2012. 4. 26)	(74) 代理人	100106002 弁理士 正林 真之
		(74) 代理人	100120891 弁理士 林 一好
		(72) 発明者	市川 和宏 神奈川県横浜市緑区白山一丁目16番1号 株式会社小野測器内
		(72) 発明者	五十嵐 英昭 神奈川県横浜市緑区白山一丁目16番1号 株式会社小野測器内

最終頁に続く

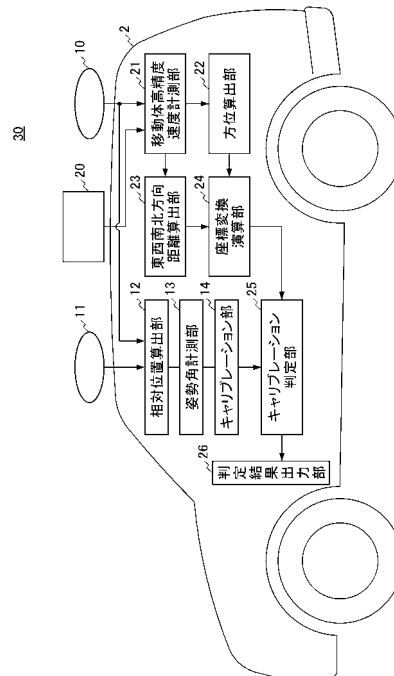
(54) 【発明の名称】 キャリブレーション良否判定装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 移動体の横速度や横滑り角を高精度に計測する計測装置のキャリブレーション工程において、キャリブレーションが正常に完了したことを判別するキャリブレーション良否判定装置及び方法を提供すること。

【解決手段】 キャリブレーション良否判定装置30は、GPSの第1のアンテナ及び第2のアンテナとモーションセンサ20とが所定の距離を置いて配置され、キャリブレーションを行い、キャリブレーション開始時の進行方向を算出し、移動体の速度のうち水平方向の速度を方位ごとに積算し、方位ごとの相対距離を算出し、算出した方位ごとの相対距離を、キャリブレーション開始時の方向を基準とした座標系の距離に変換し、変換した距離のうち、進行方向の距離が所定の距離に達した場合に、進行方向に直交する方向の距離によって示される横ぶれ量が閾値以下か否かを判定し、キャリブレーションの成功か否かを報知する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

移動体の進行方向の軸線上に、GPS衛星から出力される信号を受信する第1のアンテナと第2のアンテナとが所定の距離を置いて配置され、配置された前記第1のアンテナと前記第2のアンテナとの配置ずれを補正するためのキャリブレーションを行い、判定するキャリブレーション良否判定装置であって、

前記第1のアンテナ及び前記第2のアンテナにより受信した信号に基づいてそれぞれのアンテナ地点における搬送波位相を計測し、計測した搬送波位相に基づいて、前記第1のアンテナと前記第2のアンテナの相対位置を算出する相対位置算出部と、

前記相対位置算出部により算出した相対位置に基づいて、前記移動体の絶対姿勢角を計測する姿勢角計測部と、

前記キャリブレーションにより、前記姿勢角計測部で計測した絶対姿勢角と、前記移動体の進行方向とのずれ量を計算し、当該ずれ量に基づいて前記絶対姿勢角を調整するキャリブレーション部と、

前記キャリブレーション中に、前記第1のアンテナにより受信したGPS衛星からの信号と、前記第1のアンテナから所定の距離を置いて配置されているモーションセンサにより計測された3軸方向の加速度及び角速度とに基づいて、前記移動体の速度を計測する移動体高精度速度計測部と、

前記移動体高精度速度計測部により計測されたキャリブレーション開始時の速度から、キャリブレーション開始時の進行方向を算出する方位算出部と、

前記移動体高精度速度計測部により算出された前記移動体の速度のうち水平方向の速度を方位ごとに積算し、東西南北方向の相対距離を算出する東西南北方向距離算出部と、

前記東西南北方向距離算出部によって算出された方位ごとの相対距離を、前記方位算出部により算出されたキャリブレーション開始時の方向を基準とした座標系の距離に変換する座標変換演算部と、

前記座標変換演算部により変換された距離のうち、キャリブレーション開始時の進行方向の距離が所定の距離に達した場合に、キャリブレーション開始時の進行方向に直交する方向の距離によって示される横ぶれ量が閾値以下か否かを判定するキャリブレーション判定部と、

を備えるキャリブレーション良否判定装置。

【請求項 2】

前記キャリブレーション判定部によって判定された結果を出力する判定結果出力部をさらに備える請求項1に記載のキャリブレーション良否判定装置。

【請求項 3】

前記判定結果出力部は、前記キャリブレーション判定部によって前記キャリブレーションが正常に完了したと判定された場合、前記キャリブレーション部によって調整された前記絶対姿勢角をさらに出力する、請求項2に記載のキャリブレーション良否判定装置。

【請求項 4】

前記移動体高精度速度計測部は、

前記第1のアンテナにより受信した信号に基づいて、GPS衛星から出力される搬送波の周波数のドップラーシフト量から地球座標上における前記移動体の速度を算出する移動体速度計測部と、

前記第1のアンテナから所定の距離を置いて配置されているモーションセンサにより3軸方向の加速度と角速度を計測する加速度・角速度計測部と、

前記移動体速度計測部により算出された前記移動体の速度と、前記加速度・角速度計測部により計測された加速度及び角速度を利用して、ストラップダウン演算を行うことにより、リアルタイムな前記移動体の速度を算出する速度・姿勢角算出部と、

を備える請求項1から3のいずれかに記載のキャリブレーション良否判定装置。

【請求項 5】

請求項1に記載のキャリブレーション良否判定装置が実行するキャリブレーション良否

10

20

30

40

50

判定方法であって、

前記相対位置算出部が、前記第1のアンテナ及び前記第2のアンテナにより受信した信号に基づいてそれぞれのアンテナ地点における搬送波位相を計測し、計測した搬送波位相に基づいて、前記第1のアンテナと前記第2のアンテナの相対位置を算出する相対位置算出工程と、

前記姿勢角計測部が、前記相対位置算出工程により算出した相対位置に基づいて、前記移動体の絶対姿勢角を計測する姿勢角計測工程と、

前記キャリブレーション部が、前記キャリブレーションにより、前記姿勢角計測工程で計測した絶対姿勢角と、前記移動体の進行方向とのずれ量を計算し、当該ずれ量に基づいて前記絶対姿勢角を調整するキャリブレーション工程と、

前記移動体高精度速度計測部が、前記キャリブレーション中に、前記第1のアンテナにより受信したGPS衛星からの信号と、前記第1のアンテナから所定の距離を置いて配置されているモーションセンサにより計測された3軸方向の加速度及び角速度とに基づいて、前記移動体の速度を計測する移動体高精度速度計測工程と、

前記方位算出部が、前記移動体高精度速度計測工程により計測されたキャリブレーション開始時の速度から、キャリブレーション開始時の進行方向を算出する方位算出工程と、

前記東西南北方向距離算出部が、前記移動体高精度速度計測工程により算出された前記移動体の速度のうち水平方向の速度を方位ごとに積算し、東西南北方向の相対距離を算出する東西南北方向距離算出工程と、

前記座標変換演算部が、前記東西南北方向距離算出工程によって算出された方位ごとの相対距離を、前記方位算出工程により算出されたキャリブレーション開始時の方向を基準とした座標系の距離に変換する座標変換演算工程と、

前記キャリブレーション判定部が、前記座標変換演算工程により変換された距離のうち、キャリブレーション開始時の進行方向の距離が所定の距離に達した場合に、キャリブレーション開始時の進行方向に直交する方向の距離によって示される横ぶれ量が閾値以下か否かを判定するキャリブレーション判定工程と、

を備えるキャリブレーション良否判定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、キャリブレーション良否判定装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、光学式センサを移動体の前進方向と横方向に2個取り付けて、移動体の横速度や横滑り角を検出する技術がある。また、慣性センサから得られる横滑り角速度とヨー角速度を加算した値の積分値とGPS受信機による相対方位角との差分から横滑り角を算出する技術も提案されている（例えば、特許文献1を参照）。さらに、2個のGPSアンテナと、1軸加速度センサと、1軸角速度センサを使用して横滑り角を測定する技術も提案されている（例えば、特許文献2を参照）。

【0003】

さらに、これらの従来技術よりも精度を格段に向上させた計測装置であって、GPS用の2個のアンテナとモーションセンサとを配置し、横速度や横滑り角をリアルタイムに計測することが可能な計測装置も提案されている（例えば、特許文献3）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2005-17191号公報

【特許文献2】特開2007-3461号公報

【特許文献3】特願2012-034438

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献3の計測装置は、キャリブレーション工程でユーザが正確に直進走行できなかった場合、直進走行しないで行ったキャリブレーションにより調整された絶対姿勢角を用いて計測をしてしまう。

【0006】

そこで、移動体の横速度や横滑り角を高精度に計測する計測装置のキャリブレーション工程において、キャリブレーションが正常に完了したことを判別する装置が求められている。

10

【0007】

本発明は、移動体の横速度や横滑り角を高精度に計測する計測装置のキャリブレーション工程において、キャリブレーションが正常に完了したことを判別するキャリブレーション良否判定装置及び方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明では、以下のような解決手段を提供する。

(1) 移動体の進行方向の軸線上に、GPS衛星から出力される信号を受信する第1のアンテナと第2のアンテナとが所定の距離を置いて配置され、配置された前記第1のアンテナと前記第2のアンテナとの配置ずれを補正するためのキャリブレーションを行い、判定するキャリブレーション良否判定装置であって、前記第1のアンテナ及び前記第2のアンテナにより受信した信号に基づいてそれぞれのアンテナ地点における搬送波位相を計測し、計測した搬送波位相に基づいて、前記第1のアンテナと前記第2のアンテナの相対位置を算出する相対位置算出部と、前記相対位置算出部により算出した相対位置に基づいて、前記移動体の絶対姿勢角を計測する姿勢角計測部と、前記キャリブレーションにより、前記姿勢角計測部で計測した絶対姿勢角と、前記移動体の進行方向とのずれ量を計算し、当該ずれ量に基づいて前記絶対姿勢角を調整するキャリブレーション部と、前記キャリブレーション中に、前記第1のアンテナにより受信したGPS衛星からの信号と、前記第1のアンテナから所定の距離を置いて配置されているモーションセンサにより計測された3軸方向の加速度及び角速度とに基づいて、前記移動体の速度を計測する移動体高精度速度計測部と、前記移動体高精度速度計測部により計測されたキャリブレーション開始時の速度から、キャリブレーション開始時の進行方向を算出する方位算出部と、前記移動体高精度速度計測部により算出された前記移動体の速度のうち水平方向の速度を方位ごとに積算し、東西南北方向の相対距離を算出する東西南北方向距離算出部と、前記東西南北方向距離算出部によって算出された方位ごとの相対距離を、前記方位算出部により算出されたキャリブレーション開始時の方向を基準とした座標系の距離に変換する座標変換演算部と、前記座標変換演算部により変換された距離のうち、キャリブレーション開始時の進行方向の距離が所定の距離に達した場合に、キャリブレーション開始時の進行方向に直交する方向の距離によって示される横ぶれ量が閾値以下か否かを判定するキャリブレーション判定部と、を備えるキャリブレーション良否判定装置。

20

30

40

【0009】

(1)の構成によれば、本発明に係るキャリブレーション良否判定装置は、キャリブレーション開始時の速度から、キャリブレーション開始時の進行方向を算出する。次に、移動体の速度のうち水平方向の速度を方位ごとに積算し、東西南北方向の相対距離を算出し、算出した方位ごとの相対距離を、キャリブレーション開始時の方向を基準とした座標系の距離に変換し、変換した距離のうち、キャリブレーション開始時の進行方向の距離が所定の距離に達した場合に、キャリブレーション開始時の進行方向に直交する方向の距離によって示される横ぶれ量が閾値以下か否かを判定する。

【0010】

すなわち、本発明に係るキャリブレーション良否判定装置は、所定の条件(例えば、時

50

速 30 km/h、200 m)で行われたキャリブレーションにおいて、GPS衛星からの信号とモーションセンサとを利用して計測した横ぶれ量が閾値(例えば、0.35 m)以下か否かを判定する。

したがって、本発明に係るキャリブレーション良否判定装置は、移動体の横速度や横滑り角を高精度に計測する計測装置のキャリブレーション工程において、キャリブレーションが正常に完了したことを判別することができる。

【0011】

(2) 前記キャリブレーション判定部によって判定された結果を出力する判定結果出力部をさらに備える(1)に記載のキャリブレーション良否判定装置。

【0012】

したがって、(2)に係るキャリブレーション良否判定装置は、キャリブレーションの成功か否かをユーザに分かりやすいように報知することができる。

【0013】

(3) 前記判定結果出力部は、前記キャリブレーション判定部によって前記キャリブレーションが正常に完了したと判定された場合、前記キャリブレーション部によって調整された前記絶対姿勢角をさらに出力する、(2)に記載のキャリブレーション良否判定装置。

【0014】

したがって、(3)に係るキャリブレーション良否判定装置は、キャリブレーションが正常に完了した場合、キャリブレーションによって計測されたアンテナの配置ずれを、例えば、移動体の横速度や横滑り角を高精度に計測する計測装置に、出力することによって、計測装置の精度を向上させることができる。

【0015】

(4) 前記移動体高精度速度計測部は、前記第1のアンテナにより受信した信号に基づいて、GPS衛星から出力される搬送波の周波数のドップラーシフト量から地球座標上における前記移動体の速度を算出する移動体速度計測部と、前記第1のアンテナから所定の距離を置いて配置されているモーションセンサにより3軸方向の加速度と角速度を計測する加速度・角速度計測部と、前記移動体速度計測部により算出された前記移動体の速度と、前記加速度・角速度計測部により計測された加速度及び角速度を利用して、ストラップダウン演算を行うことにより、リアルタイムな前記移動体の速度を算出する高精度速度算出部と、を備える(1)から(3)のいずれかに記載のキャリブレーション良否判定装置。

【0016】

したがって、(4)に係るキャリブレーション良否判定装置は、キャリブレーションにおいて、成功か否かの正確な判定や、高精度の配置ずれを出力することができる。

【0017】

(5) (1)に記載のキャリブレーション良否判定装置が実行するキャリブレーション良否判定方法であって、前記相対位置算出部が、前記第1のアンテナ及び前記第2のアンテナにより受信した信号に基づいてそれぞれのアンテナ地点における搬送波位相を計測し、計測した搬送波位相に基づいて、前記第1のアンテナと前記第2のアンテナの相対位置を算出する相対位置算出工程と、前記姿勢角計測部が、前記相対位置算出工程により算出した相対位置に基づいて、前記移動体の絶対姿勢角を計測する姿勢角計測工程と、前記キャリブレーション部が、前記キャリブレーションにより、前記姿勢角計測工程で計測した絶対姿勢角と、前記移動体の進行方向とのずれ量を計算し、当該ずれ量に基づいて前記絶対姿勢角を調整するキャリブレーション工程と、前記移動体高精度速度計測部が、前記キャリブレーション中に、前記第1のアンテナにより受信したGPS衛星からの信号と、前記第1のアンテナから所定の距離を置いて配置されているモーションセンサにより計測された3軸方向の加速度及び角速度とに基づいて、前記移動体の速度を計測する移動体高精度速度計測工程と、前記方位算出部が、前記移動体高精度速度計測工程により計測されたキャリブレーション開始時の速度から、キャリブレーション開始時の進行方向を算出す

10

20

30

40

50

る方位算出工程と、前記東西南北方向距離算出部が、前記移動体高精度速度計測工程により算出された前記移動体の速度のうち水平方向の速度を方位ごとに積算し、東西南北方向の相対距離を算出する東西南北方向距離算出工程と、前記座標変換演算部が、前記東西南北方向距離算出工程によって算出された方位ごとの相対距離を、前記方位算出工程により算出されたキャリブレーション開始時の方向を基準とした座標系の距離に変換する座標変換演算工程と、前記キャリブレーション判定部が、前記座標変換演算工程により変換された距離のうち、キャリブレーション開始時の進行方向の距離が所定の距離に達した場合に、キャリブレーション開始時の進行方向に直交する方向の距離によって示される横ぶれ量が閾値以下か否かを判定するキャリブレーション判定工程と、を備えるキャリブレーション良否判定方法。

10

【0018】

したがって、本発明に係るキャリブレーション良否判定方法は、移動体の横速度や横滑り角を高精度に計測する計測装置のキャリブレーション工程において、キャリブレーションが正常に完了したことを判別することができる。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、移動体の横速度や横滑り角を高精度に計測する計測装置のキャリブレーション工程において、キャリブレーションが正常に完了したことを判別することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0020】

【図1】本発明の一実施形態であるキャリブレーション良否判定装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施形態であるキャリブレーション良否判定装置の移動体高精度速度計測部の構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の一実施形態に係るキャリブレーション良否判定装置の処理内容を示すフローチャートである。

【図4】図3に続くフローチャートである。

【図5】本発明の一実施形態に係るキャリブレーション良否判定装置が判定する横ぶれ量と、キャリブレーション開始時の方向との関係を示す図である。

30

【図6】本発明の一実施形態に係るキャリブレーション部の具体的な処理についての説明に供する図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明の実施形態について図を参照しながら説明する。

図1は、本発明の一実施形態であるキャリブレーション良否判定装置30の構成を示すブロック図である。キャリブレーション良否判定装置30は、相対位置算出部12と、姿勢角計測部13と、キャリブレーション部14と、移動体高精度速度計測部21と、方位算出部22と、東西南北方向距離算出部23と、座標変換演算部24と、キャリブレーション判定部25と、判定結果出力部26とを備える。以下、各部ごとに説明する。

40

【0022】

相対位置算出部12は、移動体2の進行方向の軸線上に、GPS衛星から出力される信号を受信する第1のアンテナ10と第2のアンテナ11が所定の距離を置いて配置されており、第1のアンテナ10及び第2のアンテナ11により受信した信号に基づいてそれぞれのアンテナ地点における搬送波位相を計測し、計測した搬送波位相に基づいて、第1のアンテナ10と第2のアンテナ11の相対位置を算出する。なお、移動体2とは、例えば、車両のことである。

【0023】

具体的には、相対位置算出部12は、第1のアンテナ10及び第2のアンテナ11によってGPS衛星から出力される電波を受信し、搬送波位相をそれぞれ計測する。相対位置

50

算出部 1 2 は、計測したそれぞれの搬送波位相に基づいて、リアルタイムキネマティクス (R T K) 測位を実施する。これにより、相対位置算出部 1 2 は、第 1 のアンテナ 1 0 と第 2 のアンテナ 1 1 の間の相対位置関係を計測することができる。

【 0 0 2 4 】

また、本実施例では、第 1 のアンテナ 1 0 (マスター側アンテナ) は、移動体 2 の進行方向において、第 2 のアンテナ 1 1 (スレーブ側アンテナ) よりも後方に配置されているものとする。また、第 1 のアンテナ 1 0 と第 2 のアンテナ 1 1 は、移動体 2 の屋根の上等に配置されるものとするが、 G P S 衛星からの電波を受信できる位置であれば、外側に限られない。

【 0 0 2 5 】

姿勢角計測部 1 3 は、相対位置算出部 1 2 により算出した相対位置に基づいて、移動体 2 の絶対姿勢角を計測する。

【 0 0 2 6 】

【 数 1 】

また、姿勢角計測部 1 3 は、最終的に第 1 のアンテナ 1 0 と第 2 のアンテナ 1 1 との間の基線ベクトルが決まるので、地球座標系に対する姿勢角 $\hat{\varphi}_{nGPS}$ [r a d] を求めることができる。

【 0 0 2 7 】

姿勢角は、アンテナ間の距離を大きくとることで精度は向上する。参考値として、1 m で 0.15° R M S、2 m で 0.1° R M S の精度を得ることができる。姿勢角計測部 1 3 は、G P S 衛星の搬送波を使用して姿勢角を計測するため、後述する移動体速度計測部 1 5 と同期して、5 ~ 1 0 0 H z 程度のサンプリング周波数で計測する。

【 0 0 2 8 】

キャリブレーション部 1 4 は、姿勢角計測部 1 3 で計測した絶対姿勢角と、移動体 2 の進行方向とのずれ量を計算し、当該ずれ量に基づいて絶対姿勢角を調整する。

【 0 0 2 9 】

以下に、キャリブレーション部 1 4 の具体的な処理について図 6 を参照しながら説明する。

移動体 2 の正確な姿勢角を計測するためには、第 1 のアンテナ 1 0 と第 2 のアンテナ 1 1 を移動体 2 の車両センターラインにあわせること (軸あわせ) が必要である。

手作業であわせることが精度上難しいので、キャリブレーション部 1 4 により、以下の手順で、キャリブレーション (校正) を計測前に行って、軸あわせを行う。

【 0 0 3 0 】

10

20

30

【数 2】

1. 計測前に直進走行（例えば、時速30 km/h以上、200 m）を実施する。

2. アンテナ姿勢角 $\hat{\phi}_{nGPS}$ [rad]と移動体速度計測部15より得られるNED座標系方向の速度ベクトル V_{NED} [m/s]のN, E方向速度の逆正接をとることで、

算出される移動体2の進行方位角 ϕ [rad]の差分をとることで

推定取り付け誤差角 $\hat{\delta\theta}$ [rad]を計測する。

3. 推定取り付け誤差角 $\hat{\delta\theta}$ [rad]とN, E方向速度の三平方をとることで得られる

水平速度 v_{hspeed} [m/s]から横速度 $\hat{v}_{lateral}$ [m/s]を(1)式で算出する。

$$\hat{v}_{lateral} = v_{hspeed} \times \sin(\hat{\delta\theta}) \quad \dots (1)$$

4. 200 m走行完了時に(2)式により、平均取り付け角度誤差 $\overline{\delta\theta}$ [rad]を推定する。

$$\overline{\delta\theta} = \sin^{-1} \left(\frac{\int \hat{v}_{lateral} \cdot dt}{\int v_{hspeed} \cdot dt} \right) \quad \dots (2)$$

【0031】

このようにして、キャリブレーション部14は、平均取り付け角度誤差を使用することで、姿勢角を車両センターラインに合わせることができる。

【0032】

移動体高精度速度計測部21は、キャリブレーション中に、第1のアンテナ10により受信したGPS衛星からの信号と、第1のアンテナ10から所定の距離を置いて配置されているモーションセンサ20により計測された3軸方向の加速度及び角速度とに基づいて、移動体2の速度を計測する。移動体高精度速度計測部21の詳細については、図2によって後述する。

【0033】

方位算出部22は、移動体高精度速度計測部21により計測されたキャリブレーション開始時の速度から、キャリブレーション開始時の進行方向を算出する。具体的には、方位算出部22は、計測開始時のNED座標系の速度から式(3)を実行することで計測開始時の方向(rad)を算出する。ここで、VNは南北方向の速度、VEは東西方向の速度である。

$$= \tan^{-1}(VN/VE) \quad \dots (3)$$

【0034】

東西南北方向距離算出部23は、移動体高精度速度計測部21により算出された水平方向の速度を方位ごとに積算し、東西南北方向の相対距離を算出する。具体的には、東西南北方向距離算出部23は、移動体高精度速度計測部21より得られるNED座標系の速度情報を積算することで、計測開始からの方位ごとの相対距離を時系列に求めることができる。

【0035】

座標変換演算部24は、東西南北方向距離算出部23によって算出された方位ごとの相対距離を、方位算出部22により算出されたキャリブレーション開始時の方向を基準とした座標系の距離に変換する。具体的には、座標変換演算部24は、東西南北方向距離算出部23により算出された東西南北の方位の時系列ごとの距離を、式(4)を用いて計測開始時の方向を基準とした、座標系の距離に変換する。

【0036】

10

20

30

40

【数 3】

$$\begin{bmatrix} DN' \\ DE' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DN \\ DE \end{bmatrix} \cdot \dots \cdot (4)$$

DN : 南北の移動距離

DE : 東西の移動距離

DN' : 計測開始時の方向の距離

DE' : 計測開始時の方向に直交する方向の距離

すなわち、DE' (計測開始時の方向に直交する方向の移動距離) は、横ぶれ量である。

10

【0037】

キャリブレーション判定部 25 は、座標変換演算部 24 により変換された距離のうち、キャリブレーション開始時の進行方向の距離が所定の距離に達した場合に、キャリブレーション開始時の進行方向に直交する方向の距離によって示される横ぶれ量が閾値以下か否かを判定する。

【0038】

具体的には、キャリブレーション判定部 25 は、キャリブレーション開始時の進行方向の距離が、例えば、200m に達した場合に、横ぶれ量が閾値以下か否かを判定する。キャリブレーション判定部 25 は、要求精度によって、キャリブレーションの成否を判別する横ぶれ量の値を、選択する。例えば、キャリブレーションの精度を 0.1° 以内にする場合に許容できる横ぶれ量は、 $200\text{m} \times \sin(0.1^\circ) = 0.35\text{m}$ である。すなわち、キャリブレーション判定部は、進行方向の距離が 200m に達した場合、横ぶれ量が 0.35m 以内であれば、キャリブレーション成功と判定する。

20

また、キャリブレーション判定部 25 は、所定の距離に達するごとに、例えば、100m に達するごとに横ぶれ量が閾値以下か否かを判定するとしてもよい。例えば、キャリブレーション判定部 25 は、100m で横ぶれ量が 0.175m 以下、200m で 0.35m 以下か否かを判定し、100m と 200m とで閾値以下である場合に、キャリブレーション成功と判定する。

【0039】

判定結果出力部 26 は、キャリブレーション判定部 25 によって判定された結果を出力する。具体的には、判定結果出力部 26 は、キャリブレーション判定部 25 によって得られた成否結果を、ユーザにわかりやすいように、例えば、表示器の LED 等によって、キャリブレーション成功の場合、緑色の点灯で表わし、失敗の場合、赤色の点灯で表わす。

30

【0040】

さらに、判定結果出力部 26 は、キャリブレーション判定部 25 によってキャリブレーションが正常に完了したと判定された場合、キャリブレーション部 14 によって調整された絶対姿勢角を出力する。例えば、計測装置は、速度・姿勢角算出部 17 において、キャリブレーション部 14 により調整された絶対姿勢角を用いて、移動体の姿勢角及び速度を算出する。

【0041】

次に、移動体高精度速度計測部 21 について詳述する。図 2 は、本発明の一実施形態であるキャリブレーション良否判定装置 30 の移動体高精度速度計測部 21 の構成を示すブロック図である。移動体高精度速度計測部 21 は、移動体速度計測部 15 と、加速度・角速度計測部 16 と、速度・姿勢角算出部 17 とを備える。

40

【0042】

移動体速度計測部 15 は、第 1 のアンテナ 10 により受信した信号に基づいて、GPS 衛星から出力される搬送波の周波数のドップラーシフト量から地球座標上における移動体 2 の速度 (ドップラー速度) を算出する。具体的には、移動体速度計測部 15 は、第 1 のアンテナ 10 により受信した信号に基づいて、GPS 衛星からの搬送波のドップラーシフト周波数を使用して移動体 2 の速度 (NED 座標系速度: 北、東、下座標) を高精度に計

50

測する。また、移動体速度計測部 15 は、5 ~ 100 Hz 程度のサンプリング周波数で移動体 2 の速度を計測する。また、移動体速度計測部 15 は、緯度、経度、標高についても、5 ~ 100 Hz 程度のサンプリング周波数で同期して計測する。なお、第 1 のアンテナ 10 と GPS 衛星との距離が、遠ざかる又は近づくと、第 1 のアンテナ 10 が受信する搬送波の位相は、連続的に変化し、周波数が低くなったり高くなったりする。移動体速度計測部 15 は、この周波数の変化量から第 1 のアンテナ 10 が出力する速度を取得する。

【0043】

加速度・角速度計測部 16 は、第 1 のアンテナ 10 から所定の距離を置いて配置されているモーションセンサ 20 により 3 軸方向の加速度と角速度を計測する。また、加速度・角速度計測部 16 は、モーションセンサ 20 の設置地点の 3 軸方向の加速度・角速度を 1000 ~ 1 kHz 程度のサンプリング周波数で計測する。なお、モーションセンサ 20 は、例えば、3 軸方向の加速度及び角速度を計測することができる IMU (Inertial Measurement Unit: 慣性計測装置) により構成される。以下では、モーションセンサ 20 を IMU 20 という。

10

【0044】

また、IMU 20 は、図 1 に示すように、移動体 2 の進行方向に対して、第 2 のアンテナ 11 が配置されている方向に向けて、ルーフ上にマグネット等に取り付ける。また、第 1 のアンテナ 10 及び第 2 のアンテナ 11 も同様に、マグネット等でルーフ上に取り付ける。また、第 1 のアンテナ 10 と第 2 のアンテナ 11 間の距離を大きくするほど、精度は向上するが、運用上の観点から 1 m 又は 2 m 程度で使用するものとする。

20

【0045】

速度・姿勢角算出部 17 は、キャリブレーション中において、移動体速度計測部 15 により算出された移動体 2 の速度と、加速度・角速度計測部 16 により計測された加速度及び角速度を利用して、ストラップダウン演算を行うことにより、リアルタイムな移動体 2 の速度を算出する。なお、速度・姿勢角算出部 17 は、キャリブレーションの成功後において、キャリブレーション部 14 により調整された絶対姿勢角と、移動体速度計測部 15 により算出された移動体 2 の速度と、加速度・角速度計測部 16 により計測された加速度及び角速度とを利用して、ストラップダウン演算を行うことにより、リアルタイムな移動体 2 の姿勢角及び速度を算出する。

【0046】

速度・姿勢角算出部 17 は、図 2 に示すように、ストラップダウンナビゲータ部 100 と、良否判定部 101 と、同期化処理部 102 と、乗算部 103 と、状態推定部 104 と、遅延処理部 105 を備え、リアルタイムな高精度の速度と姿勢角を演算する。

30

【0047】

ストラップダウンナビゲータ部 100 (自律航法アルゴリズム) は、加速度・角速度計測部 16 により計測された加速度及び角速度に基づいて、ストラップダウン演算を行い、算出値として補正速度 (NED 方向)、補正位置 (緯度、経度、標高)、補正姿勢角、補正 3 軸加速度及び補正 3 軸角速度を算出する。詳細には、ストラップダウンナビゲータ部 100 は、加速度・角速度計測部 16 により計測された加速度及び角速度に対してストラップダウン演算を行い位置、速度、姿勢角等を算出し、さらに状態推定部 104 によって推定演算された調整量でストラップダウン演算によって得られた位置、速度、姿勢角等を補正して出力する。

40

【0048】

良否判定部 101 は、移動体速度計測部 15 により算出された移動体 2 の速度に基づく加速度と、加速度・角速度計測部 16 により計測された加速度との差分を算出し、当該差分に基づく係数を算出する。

【0049】

ここで、良否判定部 101 の詳細について説明する。良否判定部 101 は、移動体速度計測部 15 によって測定されたドップラー速度から算出した加速度と、加速度・角速度計測部 16 によって計測された加速度との差分を算出し、算出した差分に基づいて係数を

50

算出する。

【0050】

例えば、良否判定部101は、ドップラー速度を微分した加速度と、IMU20が計測した加速度との差分を算出し、算出した差分を二乗し、二乗した差分についてエンベロープ処理を行う。そして、良否判定部101は、エンベロープ処理を行った後の差分を示す関数の逆関数を求め、求めた逆関数に基づいて、係数を算出する。

【0051】

すなわち、良否判定部101は、求めた逆関数に基づいて、ドップラー速度がノイズを含んでいないと判断した場合に良判定を行い、ノイズを含んでいると判断した場合に否判定を行って、それぞれの判定を数値化した係数を算出する。

10

【0052】

また、良否判定部101は、姿勢角計測部13より計測された(絶対)姿勢角と、ストラップダウンナビゲータ部100により演算される補正姿勢角の差分を算出し、上述した良否判定方法を適用することにより、姿勢角計測部13より計測された姿勢角の良否をリアルタイムに良否判定することができる。

【0053】

同期化処理部102は、ストラップダウンナビゲータ部100によるストラップダウン演算により得られた補正速度(リアルタイム補間速度)、補正位置、補正姿勢角と、移動体速度計測部15から得られたNED方向の速度(ドップラー速度)、位置(緯度、経度、標高)、キャリブレーション部14から得られた姿勢角の同期化処理を行うために、一定時間分これらを遅延させる。

20

【0054】

遅延処理部105は、移動体速度計測部15により算出されたGPS衛星のドップラー速度、位置及びキャリブレーション部14により調整された絶対姿勢角を遅延処理する。

具体的には、遅延処理部105は、良否判定部101によって係数が算出されるための時間だけ、移動体速度計測部15から得られたNED方向の速度(ドップラー速度)、位置(緯度、経度、標高)、キャリブレーション部14から得られた絶対姿勢角を良否判定演算に用いる時間分だけ遅延させる。

【0055】

減算部108は、遅延処理部105で遅延させた移動体2の速度、姿勢角、位置と、同期化処理部102で遅延させたリアルタイム補間速度、補正位置、補正姿勢角とを減算して誤差量 x を求める。

30

乗算部103は、良否判定部101により算出された係数と、減算部108により遅延処理部105と同期化処理部102とを減算して得られた誤差量 x を乗算する。

【0056】

状態推定部104は、乗算部103によって係数が乗算された誤差量 x から補正速度、補正位置、補正姿勢角、補正3軸加速度、補正3軸角速度に対する調整量を推定演算する。詳細には、状態推定部104は、乗算部103によって係数が乗算された誤差量 x から補正速度、補正位置、補正姿勢角、補正3軸加速度、補正3軸角速度に対する調整量を正確に推定演算する。

40

【0057】

図3、図4は、本発明の一実施形態に係るキャリブレーション良否判定装置30の処理内容を示すフローチャートである。キャリブレーション良否判定装置30は、コンピュータ及びその周辺装置が備えるハードウェア並びに該ハードウェアを制御するソフトウェアによって構成され、以下の処理は、キャリブレーション良否判定装置30の制御部(例えば、CPU)が所定のソフトウェアに従い実行する処理である。

【0058】

ステップS101において、CPUは、ストラップダウンナビゲータ部100の初期設定(初期速度、初期位置、初期姿勢角)、状態推定部104の初期設定(誤差共分散行列の初期化)を行う。その後、CPUは、処理をステップS102に移す。

50

【 0 0 5 9 】

ステップ S 1 0 2 において、CPU (移動体高精度速度計測部 2 1) は、移動体高精度速度計測処理を行う。その後、CPU は、処理をステップ S 1 0 3 に移す。

【 0 0 6 0 】

ステップ S 1 0 3 において、CPU (方位算出部 2 2) は、キャリブレーション開始か否かを判断する。より具体的には、CPU は、キャリブレーションを開始する開始指令を受け付けた直後か否かを判断する。この判断が Y E S の場合、CPU は、処理をステップ S 1 0 4 に移し、この判断が N O の場合、CPU は、処理をステップ S 1 0 5 に移す。

【 0 0 6 1 】

ステップ S 1 0 4 において、CPU (方位算出部 2 2) は、キャリブレーション開始時の方向を算出する。より具体的には、CPU は、N E D 座標系の速度から上述の式 (3) を実行し、キャリブレーション開始時の方向 (r a d) を算出する。その後、CPU は、処理をステップ S 1 0 5 に移す。

10

【 0 0 6 2 】

ステップ S 1 0 5 において、CPU (東西南北方向距離算出部 2 3) は、南北方向の速度を積算する。より具体的には、CPU は、ステップ S 1 0 2 において算出された速度のうち N 値を積算し、南北方向の相対距離を算出する。その後、CPU は、処理をステップ S 1 0 6 に移す。

【 0 0 6 3 】

ステップ S 1 0 6 において、CPU (東西南北方向距離算出部 2 3) は、東西方向の速度を積算する。より具体的には、CPU は、ステップ S 1 0 2 において算出された速度のうち E 値を積算し、東西方向の相対距離を算出する。その後、CPU は、処理をステップ S 1 0 7 に移す。

20

【 0 0 6 4 】

ステップ S 1 0 7 において、CPU (座標変換演算部 2 4) は、方位を基準とする座標を、キャリブレーション開始時の方向を基準とする座標に変換する。より具体的には、CPU は、ステップ S 1 0 5 及びステップ S 1 0 6 において算出された方位ごとの相対距離を、ステップ S 1 0 4 において算出されたキャリブレーション開始時の方向を基準とした座標系の距離に変換する。その後、CPU は、処理をステップ S 1 0 8 に移す。

【 0 0 6 5 】

ステップ S 1 0 8 において、CPU (キャリブレーション判定部 2 5) は、所定の距離に達したか否かを判断する。より具体的には、CPU は、キャリブレーション開始時の方向を基準とした座標系のうち進行方向の距離が、所定の距離に達したか否かを判断する。この判断が Y E S の場合、CPU は、処理をステップ S 1 0 9 に移し、この判断が N O の場合、CPU は、処理をステップ S 1 0 2 に移す。

30

【 0 0 6 6 】

ステップ S 1 0 9 において、CPU (キャリブレーション判定部 2 5) は、横ぶれ量が閾値以下か否かを判断する。より具体的には、CPU は、キャリブレーション開始時の方向を基準とした座標系のうち進行方向に直交する方向の距離が、閾値以下か否かを判断する。この判断が Y E S の場合、CPU は、処理をステップ S 1 1 0 に移し、この判断が N O の場合、CPU は、処理をステップ S 1 1 1 に移す。

40

【 0 0 6 7 】

ステップ S 1 1 0 において、CPU (判定結果出力部 2 6) は、キャリブレーションの成功を報知する。より具体的には、CPU は、表示器の緑色の L E D を点灯させる。その後、CPU は、処理を終了する。

【 0 0 6 8 】

ステップ S 1 1 1 において、CPU (判定結果出力部 2 6) は、キャリブレーションの失敗を報知する。より具体的には、CPU は、表示器の赤色の L E D を点灯させる。その後、CPU は、処理を終了する。

【 0 0 6 9 】

50

図5は、本発明の一実施形態に係るキャリブレーション良否判定装置30が判定する横ぶれ量と、キャリブレーション開始時の方向との関係を示す図である。図5において、移動体2が計測開始地点 P_S から P_1 に移動した場合、東西南北の方位を基準とすると、 P_1 の座標は、 (P_E, P_N) になる。座標 P_E は、移動体高精度速度計測部21により算出された水平方向の速度のうちE値(東西の速度)を積算して算出した東西方向の走行距離である。同様に、 P_N は、移動体高精度速度計測部21により算出された水平方向の速度のうちN値(南北の速度)を積算して算出した南北方向の走行距離である。この座標を計測開始時の方向を基準とした座標 (P_X, P_Y) に変換すると、 P_Y は、横ぶれ量を示す。

【0070】

本実施形態によれば、キャリブレーション良否判定装置30は、キャリブレーション開始時の速度から、キャリブレーション開始時の進行方向を算出する。次に、移動体の速度のうち水平方向の速度を方位ごとに積算し、東西南北方向の相対距離を算出し、算出した方位ごとの相対距離を、キャリブレーション開始時の方向を基準とした座標系の距離に変換し、変換した距離のうち、キャリブレーション開始時の進行方向の距離が所定の距離に達した場合に、キャリブレーション開始時の進行方向に直交する方向の距離によって示される横ぶれ量が閾値以下か否かを判定し、キャリブレーションの成功か否かをユーザに分かりやすいように報知する。

したがって、キャリブレーション良否判定装置30は、移動体の横速度や横滑り角を高精度に計測する計測装置のキャリブレーション工程において、ユーザにキャリブレーションを成功させて、キャリブレーションにより調整された絶対姿勢角を用いた高精度な計測を計測装置にさせることができる。

【0071】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述した実施形態に限るものではない。また、本発明の実施形態に記載された効果は、本発明から生じる最も好適な効果を列挙したに過ぎず、本発明による効果は、本発明の実施形態に記載されたものに限定されるものではない。

【符号の説明】

【0072】

- 10 第1のアンテナ
- 11 第2のアンテナ
- 12 相対位置算出部
- 13 姿勢角計測部
- 14 キャリブレーション部
- 15 移動体速度計測部
- 16 加速度・角速度計測部
- 17 速度・姿勢角算出部
- 21 移動体高精度速度計測部
- 22 方位算出部
- 23 東西南北方向距離算出部
- 24 座標変換演算部
- 25 キャリブレーション判定部
- 26 判定結果出力部
- 30 キャリブレーション良否判定装置
- 100 ストラップダウンナビゲータ部
- 101 良否判定部
- 102 同期化処理部
- 103 乗算部
- 104 状態推定部
- 105 遅延処理部

10

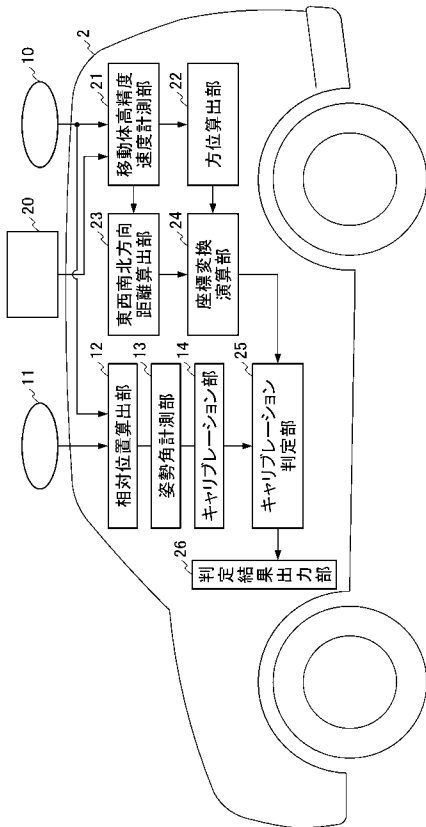
20

30

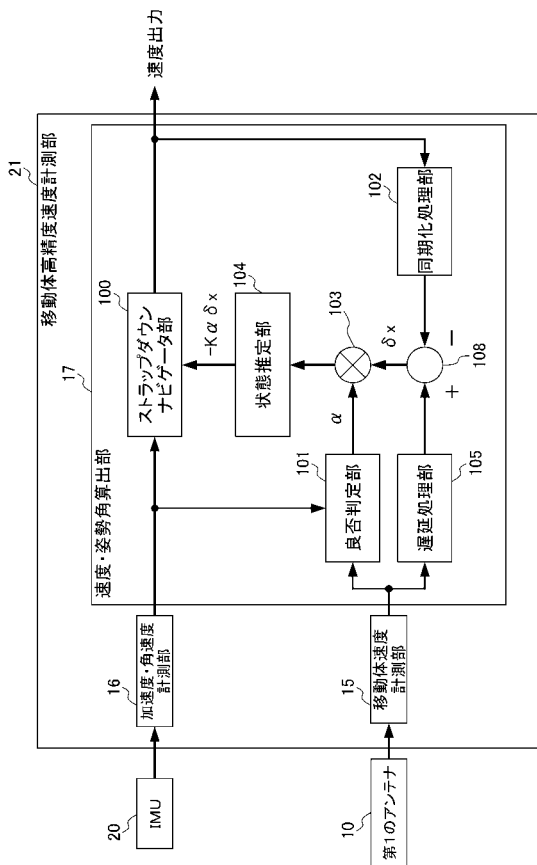
40

50

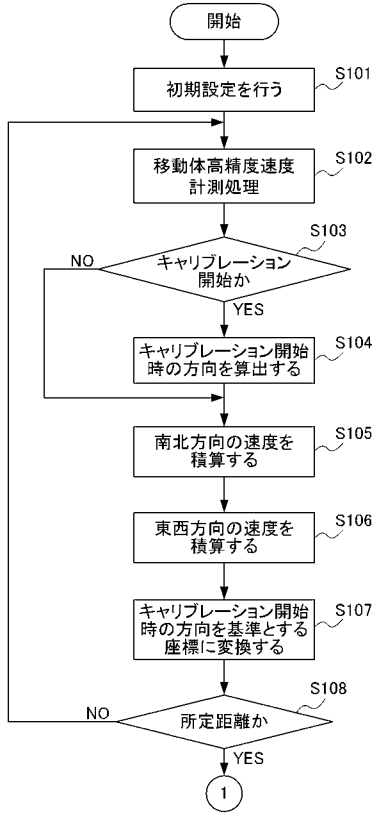
【図1】



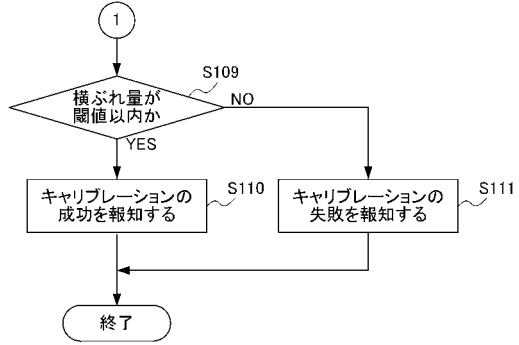
【図2】



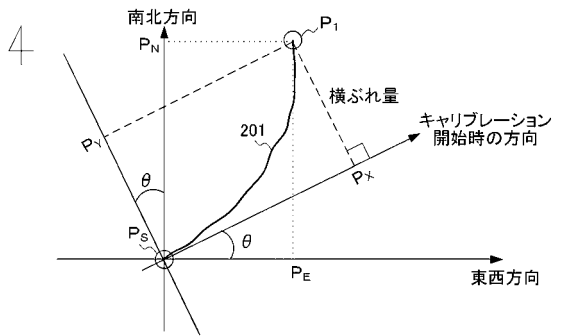
【 図 3 】



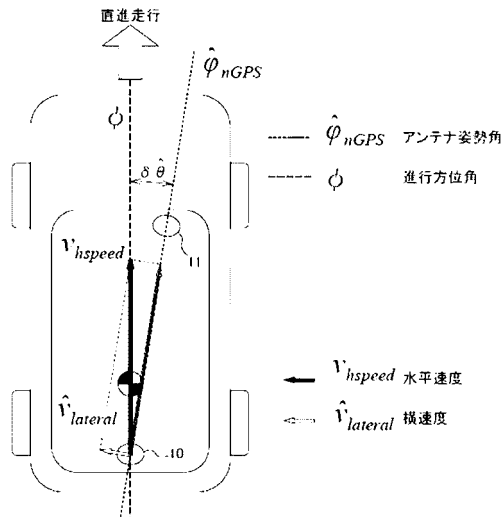
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F129 AA03 BB03 BB23 BB24 BB25 BB27 BB28 BB29 BB33
5J062 AA09 AA11 BB01 CC07 DD23 EE03 FF01 FF04 GG02