

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5348093号
(P5348093)

(45) 発行日 平成25年11月20日(2013.11.20)

(24) 登録日 平成25年8月30日(2013.8.30)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 C 21/16 (2006.01) GO 1 C 21/16
GO 1 S 5/14 (2006.01) GO 1 S 5/14

請求項の数 5 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2010-192237 (P2010-192237)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成22年8月30日(2010.8.30)		セイコーエプソン株式会社
(62) 分割の表示	特願2009-158105 (P2009-158105) の分割		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
原出願日	平成21年7月2日(2009.7.2)	(74) 代理人	100124682
(65) 公開番号	特開2011-13228 (P2011-13228A)		弁理士 黒田 泰
(43) 公開日	平成23年1月20日(2011.1.20)	(74) 代理人	100104710
審査請求日	平成24年7月2日(2012.7.2)		弁理士 竹腰 昇
		(74) 代理人	100090479
			弁理士 井上 一
		(72) 発明者	クマー アナン
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72) 発明者	水落 俊一
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置算出方法及び位置算出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

慣性計測ユニットを備え、更に、位置算出に利用可能な物理的事象を検出する少なくとも1つのセンサーユニットを組み込み可能に構成された位置算出装置が行う位置算出方法であって、

前記センサーユニットが組み込まれている場合に、

前記センサーユニットの種類を認識し、かつ当該センサーユニットの校正を行うときに用いる校正基準情報の種別を表す校正基準種別情報を取得することと、

前記校正基準種別情報と前記慣性計測ユニットの出力とに基づいて、前記校正基準情報を算出することと、

前記校正基準情報を用いて前記センサーユニットの校正を行うことと、

前記認識された前記センサーユニットの種類に応じて、前記センサーユニットの出力を用いて位置を算出することと、

前記慣性計測ユニットの出力を用いて位置を算出することと、

前記センサーユニットが組み込まれていない場合に、前記慣性計測ユニットの出力を用いて位置を算出することと、

を含む位置算出方法。

【請求項2】

前記センサーユニットが組み込まれている場合に、前記センサーユニットの出力を用いたフィルター処理によって位置を算出すること、

10

20

を更に含む請求項 1 に記載の位置算出方法。

【請求項 3】

前記センサーユニットは、位置算出用衛星からの衛星信号を用いて位置算出が可能な衛星位置算出ユニットであり、

前記フィルター処理によって位置を算出することは、

前記慣性計測ユニットの出力を用いて算出された前記位置を用いて位置を予測することと、

前記予測した位置を、前記衛星位置算出ユニットが算出する位置に基づいて補正することと、

を含む、

請求項 2 に記載の位置算出方法。

10

【請求項 4】

前記衛星位置算出ユニットが位置を算出する時間間隔を表す情報を取得することを更に含み、

前記予測することは、前記時間間隔の間に繰り返し位置を予測することを含み、

前記補正することは、前記予測した位置を前記時間間隔で補正することを含む、

請求項 3 に記載の位置算出方法。

【請求項 5】

慣性計測ユニットと、

位置算出に利用可能な物理的事象を検出するセンサーユニットを組み込み可能な組み込み部と、

20

前記センサーユニットが組み込まれた場合に、前記センサーユニットの種類および当該センサーユニットの較正を行うときに用いる較正基準情報の種別を表す較正基準種別情報を認識する認識部と、

前記センサーユニットが組み込まれていない場合には、前記慣性計測ユニットの出力を用いて位置を算出し、前記センサーユニットが組み込まれた場合には、前記認識された前記センサーユニットの種類に応じて、前記センサーユニットの出力と、前記慣性計測ユニットの出力とを用いて位置を算出する位置算出部と、

前記センサーユニットが組み込まれている場合に、前記較正基準種別情報と前記慣性計測ユニットの出力とに基づいて、前記較正基準情報を算出する較正基準情報算出部と、

30

前記較正基準情報を用いて前記センサーユニットの較正を行う較正部と、

を備えた位置算出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、位置算出方法及び位置算出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

測位用信号を利用した測位システムとしては、GPS (Global Positioning System) が広く知られており、携帯型電話機やカーナビゲーション装置等に内蔵された位置算出装置に利用されている。GPS では、複数の GPS 衛星の位置や各 GPS 衛星から位置算出装置までの擬似距離等の情報に基づいて位置算出装置の位置を示す 3 次元の座標値と時計誤差とを求める位置算出処理を行う。

40

【0003】

また、位置算出の正確性を向上させることを目的として、加速度センサーやジャイロセンサーといった慣性航法用のセンサーの計測結果を利用して GPS により算出された位置を補正して、位置算出を行う技術が考案されている (例えば、特許文献 1)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

50

【特許文献１】特表２００３－５０９６７１号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

しかし、従来の位置算出装置は、例えば特許文献１に開示されているように、ＧＰＳの受信回路と各種センサーとを搭載することが前提の装置であり、両者の計測結果を利用した予め定められた演算処理を行って位置算出を行うように構成されている。そのため、装置の拡張や変更等に融通が利かない固定的なシステムであった。

【０００６】

本発明は、上述した課題に鑑みて為されたものであり、その目的とするところは、装置の拡張や変更等に対して柔軟に対応可能な位置算出装置を実現するための手法を提案することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

以上の課題を解決するための第１の形態は、慣性計測ユニットを備え、更に、位置算出に利用可能な物理的事象を検出する少なくとも１つのセンサーユニットを組み込み可能に構成された位置算出装置が行う位置算出方法であって、前記センサーユニットが組み込まれている場合に、前記センサーユニットの種類を認識することと、前記センサーユニットが組み込まれていない場合に、前記慣性計測ユニットの出力を用いて位置を算出することと、前記センサーユニットが組み込まれている場合に、前記認識された前記センサーユニットの種類に応じて、前記センサーユニットの出力と前記慣性計測ユニットの出力とを用いて位置を算出することと、を含む位置算出方法である。

【０００８】

また、他の形態として、慣性計測ユニットと、位置算出に利用可能な物理的事象を検出するセンサーユニットを組み込み可能な組み込み部と、前記センサーユニットが組み込まれた場合に、前記センサーユニットの種類を認識する認識部と、前記センサーユニットが組み込まれていない場合には、前記慣性計測ユニットの出力を用いて位置を算出し、前記センサーユニットが組み込まれた場合には、前記認識された前記センサーユニットの種類に応じて、前記センサーユニットの出力と、前記慣性計測ユニットの出力とを用いて位置を算出する位置算出部と、を備えた位置算出装置を構成してもよい。

【０００９】

この第１の形態等によれば、位置算出に利用可能な物理的事象を検出する少なくとも１つのセンサーユニットが組み込まれた場合に、組み込まれたセンサーユニットの種類を認識する。そして、センサーユニットが組み込まれていない場合は、慣性計測ユニットの出力を用いて位置を算出し、センサーユニットが組み込まれた場合は、認識されたセンサーユニットの種類に応じて、当該センサーユニットの出力と、慣性計測ユニットの出力とを用いて位置を算出する。これにより、センサーユニットの組み込み有無に応じて適切な演算処理を行って位置算出を行うことが可能となり、装置の拡張や変更等に対して柔軟に対応することができる。

【００１０】

また、第２の形態として、第１の形態の位置算出方法であって、前記センサーユニットの較正を行うときに用いる較正基準情報の種別を表す較正基準種別情報を取得することを更に含み、前記センサーユニットが組み込まれている場合に、前記較正基準種別情報と前記慣性計測ユニットの出力とに基づいて、前記較正基準情報を算出することと、前記較正基準情報を用いて前記センサーユニットの較正を行うことと、を含む位置算出方法を構成してもよい。

【００１１】

この第２の形態によれば、センサーユニットの較正を行うときに用いる較正基準情報の種別を表す較正基準種別情報を取得する。そして、センサーユニットが組み込まれている場合に、取得した較正基準種別情報と慣性計測ユニットの出力とに基づいて較正基準情報

10

20

30

40

50

を算出し、当該校正基準情報を用いてセンサーユニットの校正を行う。センサーユニットが組み込まれている場合に、当該センサーユニットの校正を行うために必要な情報の種別を当該センサーユニットから取得し、取得した種別の情報を算出して校正に使用することで、組み込まれたセンサーユニットの校正を適切に行うことが可能となる。

【 0 0 1 2 】

また、第 3 の形態として、第 1 又は第 2 の形態の位置算出方法であって、前記センサーユニットが組み込まれた場合に、前記センサーユニットの出力を用いたフィルター処理によって位置を算出することを更に含む位置算出方法を構成してもよい。

【 0 0 1 3 】

この第 3 の形態によれば、センサーユニットが組み込まれた場合に、センサーユニットの出力を用いたフィルター処理によって位置を算出するため、より正確な位置を算出することが可能となる。

10

【 0 0 1 4 】

この場合、第 4 の形態として、第 3 の形態の位置算出方法であって、前記センサーユニットは、位置算出用衛星からの衛星信号を用いて位置算出が可能な衛星位置算出ユニットであり、前記フィルター処理によって位置を算出することは、前記衛星位置算出ユニットが算出する位置以外の値を用いて位置を予測することと、前記予測した位置を、前記衛星位置算出ユニットが算出する位置に基づいて補正することと、を含む位置算出方法を構成することも可能である。

【 0 0 1 5 】

20

この第 4 の形態によれば、センサーユニットとして衛星位置算出ユニットが組み込まれた場合に、フィルター処理として、衛星位置算出ユニットが算出する位置以外の値を用いて位置を予測し、予測した位置を、衛星位置算出ユニットが算出する位置に基づいて補正する。衛星位置算出ユニットの算出位置以外の値を用いて算出した予測位置を、衛星位置算出ユニットの算出位置に基づいて補正することで、より真位置に近い位置を算出することができる。

【 0 0 1 6 】

また、第 5 の形態として、第 4 の形態の位置算出方法であって、前記衛星位置算出ユニットが位置を算出する時間間隔を表す情報を取得することを更に含み、前記予測することは、前記時間間隔の間に繰り返し位置を予測することを含み、前記補正することは、前記予測した位置を前記時間間隔で補正することを含む位置算出方法を構成してもよい。

30

【 0 0 1 7 】

この第 5 の形態によれば、衛星位置算出ユニットが組み込まれている場合に、衛星位置算出ユニットが位置を算出する時間間隔を表す情報を取得する。そして、フィルター処理では、当該時間間隔の間に繰り返し位置を予測し、予測した位置を当該時間間隔で補正する。これにより、衛星位置算出ユニットが位置を 1 回取得する間に、衛星位置算出ユニットの算出位置以外の値を利用して位置の予測を複数回行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

【図 1】位置算出システムの構成を示すブロック図。

40

【図 2】認識処理の流れを示すフローチャート。

【図 3】位置算出処理の流れを示すフローチャート。

【図 4】位置算出処理の流れを示すフローチャート。

【図 5】観測値テーブルのテーブル構成の一例を示す図。

【図 6】G P A 位置統合処理の流れを示すフローチャート。

【図 7】G P A 予測処理の流れを示すフローチャート。

【図 8】G P A 補正処理の流れを示すフローチャート。

【図 9】慣性航法演算結果校正処理の流れを示すフローチャート。

【図 10】I M U 予測処理の流れを示すフローチャート。

【図 11】I M U 補正処理の流れを示すフローチャート。

50

【図１２】変形例における位置算出システムの構成を示すブロック図。

【図１３】変形例における観測値テーブルのテーブル構成の一例を示す図。

【図１４】変形例における観測値テーブルのテーブル構成の一例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【００１９】

以下、図面を参照して、本発明の好適な実施形態について説明する。尚、本発明を適用可能な実施形態が以下説明する実施形態に限定されるわけではないことは勿論である。

【００２０】

１．システム構成

図１は、本実施形態における位置算出システム１（位置算出装置）の機能構成を示す図である。位置算出システム１は、処理部１０と、入力部２０と、表示部３０と、通信部４０と、ＩＭＵ（Inertial Measurement Unit）５０と、第１スロット６０と、第２スロット７０とを備えて構成されるコンピュータシステムである。処理部１０と、入力部２０と、表示部３０と、通信部４０とは、第１データバス８０を介して接続されている。また、処理部１０と、ＩＭＵ５０と、第１スロット６０と、第２スロット７０とは、第２データバス９０を介して接続されている。

【００２１】

位置算出システム１は、位置算出装置の一種であり、例えばスマートフォンを含む携帯型電話機やノート型パソコン、ＰＤＡ（Personal Digital Assistant）、カーナビゲーション装置、携帯型ナビゲーション装置といったＧＰＳ（Global Positioning System）ユニットを搭載可能な各種の電子機器に適用されるシステム（装置）である。

【００２２】

処理部１０は、位置算出システム１を統括的に制御する制御装置であり、その機能部として、ＩＭＵ用位置算出部１１と、スロット用Ｉ／Ｆ（Inter Face）部１３と、スロット用制御部１５と、位置情報統合処理部（以下、「ＧＰＡ（Generic Position Algorithm）」と称す。）１７とを備えて構成されている。

【００２３】

ＩＭＵ用位置算出部１１は、ＩＭＵ５０から出力される加速度及び角速度のデータを利用して、慣性航法演算処理を行って位置や速度を算出する機能部である。この機能は、例えばＣＰＵ（Central Processing Unit）やＤＳＰ（Digital Signal Processor）等のプロセッサにより実現される。ＩＭＵ用位置算出部１１は、スロット用制御部１５との間で各種データのやり取りを行う。

【００２４】

スロット用Ｉ／Ｆ部１３は、第１スロット６０及び第２スロット７０に組み込まれたユニット（以下、「組込ユニット」と称す。）との間の入出力インターフェースを実現するための機能部である。データの流れとしては、スロット用Ｉ／Ｆ部１３は、組込ユニットとスロット用制御部１５との間を橋渡す役目を担う。

【００２５】

スロット用制御部１５は、スロット用Ｉ／Ｆ部１３を介して組込ユニットから出力情報を取得したり、ＩＭＵ用位置算出部１１が位置算出を行うための情報を算出してＩＭＵ用位置算出部１１に出力したり、ＩＭＵ用位置算出部１１からの出力情報やＧＰＡ１７からの出力情報を用いて、組込ユニットを較正するための基準となる情報（以下、「較正基準情報」と称す。）を算出したりする処理を行う機能部である。この機能は、例えばＣＰＵやＤＳＰ等のプロセッサにより実現される。

【００２６】

ＧＰＡ１７は、ＩＭＵ用位置算出部１１からの出力情報及びスロット用制御部１５からの出力情報を用いて、所定のフィルター処理を行って位置や速度を統合・算出する機能部である。この機能は、例えばＣＰＵやＤＳＰ等のプロセッサにより実現される。本実施形態では、ＧＰＡ１７は、フィルター処理の一例として、カルマンフィルターを利用した位置統合処理を行って位置を算出する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

入力部 2 0 は、例えばタッチパネルやボタンスイッチ等により構成される入力装置であり、押下されたキーやボタンの信号を処理部 1 0 に出力する。この入力部 2 0 からの操作入力により、位置算出要求等の各種指示入力となされる。

【 0 0 2 8 】

表示部 3 0 は、L C D (Liquid Crystal Display) 等により構成され、処理部 1 0 から入力される表示信号に基づいた各種表示を行う表示装置である。表示部 3 0 には、位置表示画面や時刻情報等が表示される。

【 0 0 2 9 】

通信部 4 0 は、処理部 1 0 の制御に従って、位置算出システム 1 が外部装置との間で通信を行うための通信装置である。この機能は、例えば、有線通信用のモジュールや、IEEE 802.11による無線LANやスペクトラム拡散方式による無線通信等の無線通信モジュール等により実現される。また、位置算出システム 1 を携帯型電話機に適用するケースでは、通信部 4 0 は携帯電話用の通信装置でもよい。

10

【 0 0 3 0 】

I M U 5 0 は、加速度センサー 5 1 及びジャイロセンサー 5 3 を備え、直交 3 軸それぞれの軸方向の加速度及び各軸の軸回りの角速度を検出可能に構成された慣性計測ユニットである。加速度センサー 5 1 及びジャイロセンサー 5 3 は、それぞれ加速度及び角速度を計測する。また、計測した加速度に含まれ得る誤差（以下、「加速度誤差」と称す。）及び角速度に含まれ得る誤差（以下、「角速度誤差」と称す。）を計測する、或いは、これらの値が予め設定・記憶されている。

20

【 0 0 3 1 】

I M U 5 0 は、加速度、角速度、加速度誤差及び角速度誤差と、これらの計測を行った時刻（計測時刻）とを、I M U 用位置算出部 1 1 に出力する。本実施形態では、I M U 5 0 は、「0.01秒」の時間間隔でデータを出力する。すなわち、I M U 5 0 のデータの出力時間間隔は「0.01秒」である。尚、加速度センサー 5 1 及びジャイロセンサー 5 3 は、それぞれが独立したセンサーであってもよいし、一体型のセンサーであってもよい。

【 0 0 3 2 】

第 1 スロット 6 0 及び第 2 スロット 7 0 は、位置算出用のユニットや、各種センサーユニットを組込可能に構成された一種のソケットとも言える。本実施形態では、これらのスロットには、位置算出に利用可能な物理的事象を検出するセンサーユニットの一例として、GPS ユニット 1 0 0 又は方位センサーユニット 1 1 0 が組み込まれる。

30

【 0 0 3 3 】

GPS ユニット 1 0 0 は、衛星位置算出ユニットの一種であり、位置算出用衛星の一種である GPS 衛星から発信されている GPS 衛星信号を利用して、所定の位置算出計算を行って位置を算出するユニットである。GPS ユニット 1 0 0 は、第 1 スロット 6 0 又は第 2 スロット 7 0 への組込時に、位置算出システム 1 との間でデータの授受を行う組込時処理部 1 0 1 を備えて構成される。

【 0 0 3 4 】

方位センサーユニット 1 1 0 は、例えば地磁気センサーを備えて構成され、地磁気を検出することによって磁方位を検出するように構成されたユニットである。方位センサーユニット 1 1 0 も、GPS ユニット 1 0 0 と同様、組込時処理部 1 1 1 を備えて構成されている。

40

【 0 0 3 5 】

2. 処理の流れ

図 2 は、位置算出システム 1 が行う組込ユニットの認識処理の流れを示すフローチャートである。ここでは、第 1 スロット 6 0 に GPS ユニット 1 0 0 が、第 2 スロット 7 0 に方位センサーユニット 1 1 0 がそれぞれ組み込まれた場合を例に挙げて説明する。図の左側にスロット用制御部 1 5 が行う処理の流れを、図の中央に GPS ユニット 1 0 0 の組込

50

時用処理部 101 が行う処理の流れを、図の右側に方位センサーユニット 110 の組込時
用処理部 111 が行う処理の流れをそれぞれ示している。

【0036】

まず、スロット用制御部 15 は、第 1 スロット 60 又は第 2 スロット 70 へのユニット
の組み込み有無を判定し（ステップ A1）、組み込まれていると判定した場合は（ステッ
プ A1；Yes）、当該スロットに組み込まれたユニットに対して、ユニット情報の問い
合わせを行う（ステップ A3）。第 1 スロット 60 及び第 2 スロット 70 へのユニット組
み込みを検出する方法は、例えば、ユニットが組み込まれることによる電氣的な接続を感
知する方法等により実現することができる。

【0037】

スロット用制御部 15 からの問い合わせを受けて、第 1 スロット 60 に組み込まれた G
PS ユニット 100 の組込時用処理部 101 は、識別コードと、出力仕様情報と、校正基
準種別情報と、タイミング情報とを、ユニット情報としてスロット用制御部 15 に通知す
る（ステップ B1～B7）。

【0038】

識別コードは、各ユニットの種類をユニークに識別するための識別情報であり、予めユ
ニットの種別に割り当てられている。出力仕様情報は、当該ユニットが出力可能なデー
タの種別を示す情報である。校正基準種別情報は、当該ユニットの校正（キャリブレー
ション）を行うために必要となるデータの種別を示す情報である。校正基準種別情報で表さ
れる種別のデータ（当該種別のパラメーター値）のことを「校正基準情報」と称し、校正
基準種別情報と区別する。また、タイミング情報は、当該ユニットがデータを出力する時
間間隔である出力時間間隔と、当該ユニットが校正を行う時間間隔である校正時間間隔と
を含む情報である。

【0039】

本実施形態において、GPS ユニット 100 の組込時用処理部 101 は、識別コードと
して「GPS」を通知する（ステップ B1）。また、GPS ユニット 100 の出力仕様情
報として「位置、速度、時刻、位置誤差、速度誤差」を通知する（ステップ B3）。すな
わち、GPS ユニット 100 が出力可能なデータの種別は、位置、速度、時刻、位置誤差
及び速度誤差である。

【0040】

また、GPS ユニット 100 の組込時用処理部 101 は、校正基準種別情報として「ド
ップラー速度、位置、速度、速度誤差」を通知する（ステップ B5）。すなわち、GPS
ユニット 100 がキャリブレーションのために必要なデータの種別は、ドップラー速度、
位置、速度及び速度誤差である。

【0041】

また、GPS ユニット 100 の組込時用処理部 101 は、タイミング情報として「出力
時間間隔：1 秒、校正時間間隔：0.1 秒」を通知する（ステップ B7）。すなわち、G
PS ユニット 100 は、データを 1 秒間隔で出力し、キャリブレーションを 0.1 秒間隔
で行うことになる。

【0042】

同様に、方位センサーユニット 110 の組込時用処理部 111 は、識別コードとして「
方位センサー」を通知する（ステップ C1）。また、方位センサーユニット 110 の出力
仕様情報として「方位」を通知し（ステップ C3）、校正基準種別情報として「位置」を
通知する（ステップ C5）。また、組込時用処理部 111 は、タイミング情報として「出
力時間間隔：0.01 秒、校正時間間隔：1 秒」を通知する（ステップ C7）。本実施形
態において特徴的であることの 1 つは、ユニット毎に出力時間間隔及び校正時間間隔を決
めることができる点である。

【0043】

各スロットに組み込まれたユニットからユニット情報の通知を受けると、スロット用制
御部 15 は、組込ユニットの認識が完了したか否かを判定し（ステップ A5）、まだ完了

10

20

30

40

50

していないと判定した場合は(ステップA5; No)、ステップA3に戻る。また、認識が完了したと判定した場合は(ステップA5; Yes)、認識処理を終了する。

【0044】

図3及び図4は、本実施形態における位置算出処理の流れを示すフローチャートである。ここでも、第1スロット60にGPSユニット100が、第2スロット70に方位センサーユニット110がそれぞれ組み込まれた場合を例に挙げて説明する。図の左側から右側に向かって、GPA17が行う処理の流れ、IMU用位置算出部11が行う処理の流れ、スロット用制御部15が行う処理の流れ、IMU50が行う処理の流れ、第1スロット60に組み込まれたGPSユニット100の組込時用処理部101が行う処理の流れ、第2スロット70に組み込まれた方位センサーユニット110の組込時用処理部111が行う処理の流れをそれぞれ示している。

10

【0045】

先ず、スロット用制御部15は、各組込ユニットから取得したユニット情報をGPA17に出力する(ステップF1)。GPA17は、スロット用制御部15からユニット情報を取得すると、当該ユニット情報を用いて観測値テーブルを生成する(ステップD1)。観測値テーブルは、GPA17が後述するGPA位置統合処理において、カルマンフィルターを利用した補正処理を行う際に観測値(外部観測量)として使用するパラメーターが設定されたテーブルである。

【0046】

図5は、観測値テーブルのテーブル構成の一例を示す図である。観測値テーブルには、観測値の候補となる複数のパラメーターの種別と対応付けて、ユニット毎に、当該パラメーターの観測値としての使用有無が設定されている。観測値として使用するパラメーターには「○」、観測値として使用しないパラメーターには「×」が設定されている。

20

【0047】

例えば、図5の観測値テーブルでは、GPSユニット100と対応付けられた位置及び速度に「○」が設定されており、GPSユニット100により計測された位置及び速度がGPA統合処理において観測値として使用されることを意味する。本実施形態では、GPSユニット100の計測結果を観測値として使用し、IMU50及び方位センサーユニット110の計測結果は観測値として使用しない。

【0048】

図3の説明に戻って、GPA17は、ステップD1で設定した観測値テーブルを用いて、補正タイミングを設定する(ステップD3)。具体的には、観測値テーブルにおいて、観測値に「○」が設定されているユニットを特定する。そして、特定したユニットからの計測結果を観測値として用いて補正処理を行うタイミングを、当該ユニットのデータ出力の時間間隔のタイミングに設定する。

30

【0049】

例えば、図5の観測値テーブルでは、GPSユニット100について、位置及び速度に「○」が設定されている。そのため、GPSユニット100からの計測結果を観測値として用いて補正処理を行うことになる。その補正処理のタイミングを、GPSユニット100のデータの出力時間間隔である「1秒」毎のタイミングに設定する。

40

【0050】

次いで、スロット用制御部15は、GPSユニット100の初期化用の情報であるGPS初期化情報をGPSユニット100に出力する(ステップF3)。具体的には、「初期位置、速度、時刻」の情報をGPS初期化情報としてGPSユニット100に出力する。GPSユニット100の組込時用処理部101は、スロット用制御部15からGPS初期化情報を取得すると、当該情報を用いてGPSユニット100を初期化する処理を行う(ステップH1)。

【0051】

また、スロット用制御部15は、方位センサーユニット110の初期化用の情報である方位センサー初期化情報を方位センサーユニット110に出力する(ステップF5)。具

50

体的には、「時刻」の情報を方位センサー初期化情報として方位センサーユニット 110 に出力する。方位センサーユニット 110 の組込時用処理部 111 は、スロット用制御部 15 から方位センサー初期化情報を取得すると、当該情報を用いて方位センサーユニット 110 を初期化する処理を行う（ステップ J1）。

【0052】

また、IMU 用位置算出部 11 は、IMU 50 の初期化用の情報である IMU 初期化情報を IMU 50 に出力する（ステップ E1）。具体的には、「時刻」の情報を IMU 初期化情報として IMU 50 に出力する。そして、IMU 50 の処理部は、IMU 50 を初期化する処理を行う（ステップ G1）。

【0053】

その後、方位センサーユニット 110 の組込時用処理部 111 は、方位センサーの計測結果である方位と計測時刻とを、方位センサー計測結果としてスロット用 I/F 部 13 を通じてスロット用制御部 15 に出力する（ステップ J3）。

【0054】

スロット用制御部 15 は、方位センサーユニット 110 から計測結果を取得すると、前回取得した方位と今回取得した方位とに基づいて角速度を算出する処理を行う（ステップ F7）。例えば、単位時間当たりの方位の変化量を求めるといった微分計算により角速度を算出する。そして、スロット用制御部 15 は、算出した角速度を IMU 用位置算出部 11 に出力する（ステップ F8）。一方、IMU 50 は、ジャイロセンサー 53 により計測された角速度を IMU 用位置算出部 11 に出力する（ステップ G2）。

【0055】

IMU 用位置算出部 11 は、IMU 50 とスロット用制御部 15 とからそれぞれ角速度を取得すると、取得した角速度を用いて、IMU 50 用の較正基準情報である IMU 較正基準情報を算出する（ステップ E3）。具体的には、スロット用制御部 15 から取得した角速度と、IMU 50 から取得した角速度の値とを用いて、公知の誤差算出演算を行って、ジャイロセンサー 53 の誤差パラメータの一種である角速度バイアス及び角速度スケールファクターを算出する。

【0056】

尚、センサーのバイアス及びスケールファクターについては公知であるため詳細な説明を省略するが、バイアスとは、ある動作条件（例えば静止時）におけるセンサーの出力値を意味し、スケールファクターとは、センサーの感度、すなわち計測しようとする物理量の入力変化に対する出力変化の比を意味する。

【0057】

その後、IMU 用位置算出部 11 は、算出した IMU 較正基準情報を IMU 50 に出力する（ステップ E5）。IMU 50 は、IMU 用位置算出部 11 から IMU 較正基準情報を取得すると、ジャイロセンサー 53 の較正処理を行う（ステップ G3）。

【0058】

具体的には、IMU 50 は、装置内部で記憶している角速度バイアスを、IMU 用位置算出部 11 から取得した角速度バイアスで更新する。また、記憶している角速度スケールファクターを、取得した角速度スケールファクターで更新する。これにより、ジャイロセンサー 53 により計測される角速度は、この更新された角速度バイアス及び角速度スケールファクターを用いて較正されることになる。

【0059】

IMU 50 は、その後、加速度センサー 51 及びジャイロセンサー 53 による計測結果である加速度、角速度、加速度誤差及び角速度誤差と、計測時刻とを、IMU 計測結果として IMU 用位置算出部 11 に出力する（ステップ G5）。IMU 用位置算出部 11 は、IMU 計測結果を取得すると、当該 IMU 計測結果を用いて公知の慣性航法演算処理を行って、位置及び速度と、これらに含まれ得る誤差とを算出する（ステップ E7）。そして、算出した位置及び速度と、位置誤差及び速度誤差と、算出時刻とを、IMU 演算結果として GPA17 及びスロット用制御部 15 に出力する（ステップ E9）。

【 0 0 6 0 】

スロット用制御部 1 5 は、I M U 用位置算出部 1 1 から I M U 演算結果を取得すると、当該 I M U 演算結果を用いて G P S 較正基準情報を算出する G P S 較正基準情報算出処理を行う（ステップ F 9）。具体的には、I M U 演算結果に含まれる位置及び速度と、G P S 衛星の衛星位置及び衛星速度とを用いて、位置算出システム 1 と G P S 衛星との相対速度であるドップラー速度を算出する。

【 0 0 6 1 】

尚、衛星位置及び衛星速度は、予め取得した衛星軌道情報（アルマナックやエフェメリス）と現在時刻とを用いて算出することができる。そして、スロット用制御部 1 5 は、算出したドップラー速度と、I M U 演算結果に含まれる位置、速度及び速度誤差とを、G P S 較正基準情報として G P S ユニット 1 0 0 に出力する（ステップ F 1 1）。

10

【 0 0 6 2 】

G P S ユニット 1 0 0 の組込時用処理部 1 0 1 は、スロット用制御部 1 5 から G P S 較正基準情報を取得すると、当該 G P S 較正基準情報を用いて衛星捕捉処理を行う（ステップ H 3）。具体的には、G P S 較正基準情報に含まれるドップラー速度を用いて、G P S 衛星信号のサーチ中心周波数を決定するとともに、周波数のサーチ範囲を決定する。

【 0 0 6 3 】

詳細に説明すると、G P S 衛星信号の搬送波周波数である 1.57542 [G H z] にドップラー速度分の周波数誤差を加味した周波数を、サーチ中心周波数に決定する。これにより、位置算出システム 1 の移動に伴うドップラー速度を加味したより正確なサーチ中心周波数を設定することが可能となり、G P S 衛星信号の捕捉に要する時間を短縮することができる。

20

【 0 0 6 4 】

さらに、G P S 較正基準情報に含まれる速度及び速度誤差を用いて、G P S 衛星信号の周波数のサーチ範囲を決定する。G P S 衛星信号を捕捉する場合は、G P S 衛星信号のサーチ周波数を変化させながら、レプリカコードと G P S 衛星信号との相関演算を行って相関値のピーク値を算出する演算を行う。従って、G P S 較正基準情報に含まれる位置算出システム 1 の速度及び速度誤差を加味して周波数のサーチ幅を算出し、サーチ中心周波数を中心とし、算出したサーチ幅だけの幅を有する周波数範囲を、周波数のサーチ範囲に決定する。

30

【 0 0 6 5 】

次いで、G P S ユニット 1 0 0 の組込時用処理部 1 0 1 は、G P S 位置算出処理を行う（ステップ H 5）。具体的には、G P S 較正基準情報に含まれる位置を初期位置として、擬似距離を用いた公知の位置算出計算（位置収束演算）を行って位置を算出する。この際、衛星軌道情報を用いて算出した G P S 衛星の衛星位置と、G P S 較正基準情報に含まれる位置算出システム 1 の位置間の距離を求め、求めた距離を光速で除算することで、擬似距離の整数部分を算出する。そして、G P S 衛星信号とレプリカコードとの相関演算を行うことで得られたコード位相から擬似距離の端数部分を求め、整数部分と端数部分とを加算して擬似距離を算出する。

【 0 0 6 6 】

40

I M U 用位置算出部 1 1 が慣性航法演算処理を行うことで取得した位置を初期位置として位置算出計算を行うとともに、当該位置を用いて擬似距離の整数部分を算出するようにしたことで、位置収束演算における収束性が向上するとともに、算出される位置もより正確なものとなる。尚、詳細な説明は省略するが、G P S 位置算出処理では、ドップラー周波数の時間変化を利用した公知の速度算出計算を行って位置算出システム 1 の速度を算出する。また、公知の誤差算出計算を行って、算出した位置及び速度に含まれ得る誤差を算出する。

【 0 0 6 7 】

G P S 位置算出処理を行った後、G P S ユニット 1 0 0 の組込時用処理部 1 0 1 は、算出した位置、速度、位置誤差、速度誤差及び時刻を、G P S 演算結果としてスロット用制

50

御部 15 に出力する（ステップ H7）。そして、スロット用制御部 15 は、GPS ユニット 100 から取得した GPS 演算結果を GPA 17 に出力する（ステップ F13）。

【0068】

GPA 17 は、スロット用制御部 15 から GPS 演算結果を取得すると、GPA 位置統合処理を行う（ステップ D5）。GPA 位置統合処理は、カルマンフィルターを利用して、IMU 位置算出部 11 により算出された位置及び速度と、GPS ユニット 100 により算出された位置及び速度とを統合する処理である。

【0069】

尚、図 3 及び図 4 は、図 2 の処理に続く各機能部の処理フローである。従って、図 3 及び図 4 は、位置算出システム 1 に GPS ユニット 100 が組み込まれた場合の処理の流れである。もし、位置算出システム 1 に GPS ユニット 100 が組み込まれていない場合は、GPS ユニット 100 から位置及び速度の情報が GPA 17 に出力されず、IMU 用位置算出部 11 が慣性航法演算処理を行うことで算出した位置及び速度のみが GPA 17 に出力されることになる。この場合は、GPA 17 は、位置統合処理を行わずに、IMU 用位置算出部 11 の出力を用いて位置及び速度を算出する。例えば、IMU 用位置算出部 11 から出力された位置及び速度をそのまま最終的な算出結果としてもよいし、IMU 用位置算出部 11 から出力された位置及び速度を、過去の位置及び速度の算出結果の履歴に基づいて補正して、最終的な算出結果としてもよい。

【0070】

図 6 は、GPA 位置統合処理の流れを示すフローチャートである。

先ず、GPA 17 は、位置の変化量及び速度を成分とする次式（1）で表される状態ベクトル「 X_1 」を設定する（ステップ K1）。

【数 1】

$$X_1 = \begin{bmatrix} \Delta p_{east} \\ \Delta p_{north} \\ \Delta p_{up} \\ v_{east} \\ v_{north} \\ v_{up} \end{bmatrix} \dots (1)$$

式（1）において、「 p_{east} 」、「 p_{north} 」及び「 p_{up} 」は、それぞれ東西方向、南北方向及び天頂方向の位置の変化量を示している。また、「 v_{east} 」、「 v_{north} 」及び「 v_{up} 」は、それぞれ東西方向、南北方向及び天頂方向の速度を示している。

【0071】

次いで、GPA 17 は、式（2）で表される状態遷移行列「 A_1 」を設定する（ステップ K3）。状態遷移行列「 A_1 」は、状態ベクトル「 X 」に含まれる各成分の遷移を表す行列である。

【数 2】

$$\phi_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \Delta t & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \Delta t & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \Delta t \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdots (2)$$

10

式(2)において、「 Δt 」は、IMU50からのデータの出力時間間隔である。

【0072】

そして、GPA17は、カルマンフィルタを利用した予測演算を行う処理であるGPA予測処理を行う(ステップK5)。

【0073】

図7は、GPA予測処理の流れを示すフローチャートである。

まず、GPA17は、IMU用位置算出部11から今回取得したIMU演算結果に含まれる速度と、IMU用位置算出部11から前回取得したIMU演算結果に含まれる速度との差を、速度の変化量「 Δv_1 」として算出する(ステップL1)。

20

【0074】

そして、GPA17は、現在の状態ベクトル「 X_1 」と、ステップK3で設定した状態遷移行列「 ϕ_1 」と、ステップL1で算出した速度の変化量「 Δv_1 」とを用いて、次式(3)に従って状態ベクトルの予測値「 X_{t+1} 」を算出する(ステップL3)。

【数 3】

$$X_{t+1}^- = \phi_1 X_t^- + X_t^{IMU}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta p_{east} \\ \Delta p_{north} \\ \Delta p_{up} \\ v_{east} \\ v_{north} \\ v_{up} \end{bmatrix}_{t+1}^- = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \Delta t & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \Delta t & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \Delta t \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta p_{east} \\ \Delta p_{north} \\ \Delta p_{up} \\ v_{east} \\ v_{north} \\ v_{up} \end{bmatrix}_t + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \Delta v_{east}^{IMU} \\ \Delta v_{north}^{IMU} \\ \Delta v_{up}^{IMU} \end{bmatrix}_t \cdots (3)$$

30

【0075】

式(3)において、上付きの「 $-$ 」は予測値であることを示している。下付きの「 t 」は時刻であり、IMU50からのデータの出力時間間隔毎の時刻を示している。また、「 X^{IMU} 」は、IMUの演算結果を用いて設定される状態ベクトルのバイアスを示している。「 X^{IMU} 」に含まれる「 Δv_{east}^{IMU} 」、「 Δv_{north}^{IMU} 」及び「 Δv_{up}^{IMU} 」は、それぞれ東西方向、南北方向、天頂方向の速度の変化量(「 Δv_1 」の各成分)を示している。また、「 X^{IMU} 」では、東西方向、南北方向、天頂方向の位置成分を全て「0」としている。すなわち、位置変化がないものと仮定して予測演算を行うことにしている。

40

【0076】

また、GPA17は、カルマンフィルタの理論に基づいて誤差共分散行列「 P_1 」を予測する演算を行う(ステップL5)。そして、GPA17は、GPA予測処理を終了する。

【0077】

50

図 6 の説明に戻って、G P A 予測処理を行った後、G P A 1 7 は、補正タイミングであるか否かを判定する（ステップ K 7）。すなわち、ステップ D 3 で設定した補正タイミングが到来したか否かを判定する。そして、まだ補正タイミングではないと判定した場合は（ステップ K 7 ; N o）、ステップ K 5 に戻り、再び G P A 予測処理を行う。

【 0 0 7 8 】

本実施形態では、G P S ユニット 1 0 0 のデータの出力時間間隔である「 1 秒」毎のタイミングを補正タイミングとしている。一方、I M U 用位置算出部 1 1 からは、「 0 . 0 1 秒」の時間間隔で I M U 演算結果が出力される。従って、I M U 用位置算出部 1 1 から 0 . 0 1 秒の時間間隔で出力される I M U 演算結果を用いて、1 秒間に 1 0 0 回の予測演算を行うことが可能である。そのため、本実施形態では、1 回の補正タイミングが到来するまでの間に、G P A 予測処理を 1 0 0 回繰り返し実行する。

10

【 0 0 7 9 】

一方、ステップ K 7 において補正タイミングであると判定した場合は（ステップ K 7 ; Y e s）、G P A 1 7 は、G P A 補正処理を行う（ステップ K 9）。

【 0 0 8 0 】

図 8 は、G P A 補正処理の流れを示すフローチャートである。

先ず、G P A 1 7 は、ステップ D 1 で設定した観測値テーブルを参照し、当該補正タイミングにおいて観測値とするパラメータの値が設定された観測ベクトル「 Z_1 」を生成する（ステップ M 1）。本実施形態では、G P S ユニット 1 0 0 により算出された位置及び速度を用いて、次式（ 4 ）に示すような観測ベクトル「 Z_1 」を生成する。

20

【 数 4 】

$$Z_1 = \begin{bmatrix} \Delta p_{east}^{GPS} \\ \Delta p_{north}^{GPS} \\ \Delta p_{up}^{GPS} \\ v_{east}^{GPS} \\ v_{north}^{GPS} \\ v_{up}^{GPS} \end{bmatrix} \dots (4)$$

30

【 0 0 8 1 】

但し、「 p_{east}^{GPS} 」、「 p_{north}^{GPS} 」及び「 p_{up}^{GPS} 」は、G P S ユニット 1 0 0 により算出された東西方向、南北方向及び天頂方向の位置の変化量をそれぞれ示している。また、「 v_{east}^{GPS} 」、「 v_{north}^{GPS} 」及び「 v_{up}^{GPS} 」は、G P S ユニット 1 0 0 により算出された東西方向、南北方向及び天頂方向の速度をそれぞれ示している。

【 0 0 8 2 】

次いで、G P A 1 7 は、次式（ 5 ）に示すような観測行列「 H_1 」を設定する（ステップ M 3）。

40

【数 5】

$$H_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdots (5)$$

10

【0083】

観測行列「 H 」は、状態ベクトルの予測値「 X^- 」に作用させることで、観測ベクトル「 Z 」に含まれる各成分、すなわち各観測値の予測値を算出するための行列である。本実施形態では、式(5)に示すように、対角成分が全て「1」であり、その他の成分が「0」であるような観測行列「 H_1 」を用いて計算を行う。

【0084】

次いで、GPA17は、次式(6)に従ってカルマンゲイン「 K_1 」を算出する(ステップM5)。

【数 6】

$$K_1 = P_1^- H_1^T [H_1 P_1^- H_1^T + R_1]^{-1} \cdots (6)$$

20

但し、「 R_1 」は、観測ベクトル「 Z_1 」の各成分、すなわち各観測値に含まれ得る誤差の大きさを示す測定誤差行列である。

【0085】

その後、GPA17は、GPA予測処理で算出された状態ベクトルの予測値「 X_1^- 」に、ステップM3で設定した観測行列「 H_1 」を作用させることで、予測された観測ベクトルである予測観測ベクトル「 $H_1 X_1^-$ 」を算出する(ステップM7)。

【0086】

そして、GPA17は、次式(7)に従って状態ベクトルの予測値「 X_1^- 」を補正するとともに(ステップM9)、次式(8)に従って誤差共分散行列の予測値「 P_1^- 」を補正する(ステップM11)。そして、GPA17は、GPA補正処理を終了する。

30

【数 7】

$$X_1^+ = X_1^- + K_1 V_1 = X_1^- + K_1 [Z_1 - H_1 X_1^-] \cdots (7)$$

【数 8】

$$P_1^+ = [I - K_1 H_1] P_1^- \cdots (8)$$

但し、上付きの「+」は補正值であることを示している。また、「 I 」は単位行列である。

40

【0087】

図6の説明に戻って、GPA補正処理を行った後、GPA17は、状態ベクトル「 X_1 」の補正值「 X_1^+ 」に含まれる位置の変化量「 p 」をIMU用位置算出部11から取得したIMU演算結果に含まれる位置に加算して、位置の算出結果とする(ステップK11)。また、GPA17は、状態ベクトル「 X_1 」の補正值「 X_1^+ 」に含まれる速度「 v 」を、速度の算出結果とする(ステップK13)。そして、GPA17は、GPA位置統合処理を終了する。

【0088】

図4の位置算出処理に戻って、GPA位置統合処理を行った後、GPA17は、GPA位置統合処理の演算結果を、GPA演算結果としてIMU用位置算出部11及び方位セン

50

サーユニット 1 1 0 に出力する（ステップ D 7）。

【 0 0 8 9 】

I M U 用位置算出部 1 1 は、G P A 1 7 から G P A 演算結果を取得すると、慣性航法演算結果較正処理を行う（ステップ E 1 1）。慣性航法演算結果較正処理は、G P A 1 7 が位置統合処理を行うことで算出した位置及び速度を用いて、ステップ E 7 の慣性航法演算処理を行うことで算出した位置及び速度を較正する処理である。

【 0 0 9 0 】

図 9 は、慣性航法演算結果較正処理の流れを示すフローチャートである。

まず、I M U 用位置算出部 1 1 は、慣性航法演算処理で得られた位置及び速度を成分とする状態ベクトル「 X_2 」を設定する（ステップ N 1）。すなわち、次式（9）に示すような状態ベクトル「 X_2 」を設定する。

10

【数 9】

$$X_2 = \begin{bmatrix} v_{east} \\ v_{north} \\ v_{up} \\ p_{east} \\ p_{north} \\ p_{up} \end{bmatrix} \dots (9)$$

20

その後、I M U 用位置算出部 1 1 は、I M U 予測処理を行う（ステップ N 3）。

【 0 0 9 1 】

図 1 0 は、I M U 予測処理の流れを示すフローチャートである。

まず、I M U 用位置算出部 1 1 は、I M U 5 0 から取得した角速度を時間積分して姿勢角を算出する（ステップ P 1）。

【 0 0 9 2 】

次いで、I M U 用位置算出部 1 1 は、算出した姿勢角を用いて、I M U 5 0 から取得したローカル座標系における加速度を、E N U 座標系（東北上座標系）における加速度に変換する（ステップ P 3）。この加速度の変換は、方位センサーユニット 1 1 0 により検出された方位を用いて、公知の座標変換演算によって実現することができる。

30

【 0 0 9 3 】

その後、I M U 用位置算出部 1 1 は、ステップ P 3 において変換された加速度に対して時間積分を行って速度を算出する（ステップ P 5）。そして、I M U 用位置算出部 1 1 は、算出した速度を時間積分して位置を算出する（ステップ P 7）。

【 0 0 9 4 】

その後、I M U 用位置算出部 1 1 は、ステップ P 5 で算出された位置及び速度を状態ベクトルの予測値「 X_2 」とする（ステップ P 9）。また、I M U 用位置算出部 1 1 は、カルマンフィルターの理論に基づく予測演算を行って誤差共分散行列の予測値「 P_2 」を算出する（ステップ P 1 1）。そして、I M U 用位置算出部 1 1 は、I M U 予測処理を終了する。

40

【 0 0 9 5 】

図 9 の説明に戻って、I M U 予測処理を行った後、I M U 用位置算出部 1 1 は、I M U 補正処理を行う（ステップ N 5）。

【 0 0 9 6 】

図 1 1 は、I M U 補正処理の流れを示すフローチャートである。

まず、I M U 用位置算出部 1 1 は、G P A 1 7 から取得した G P A 演算結果に含まれる位置及び速度と、I M U 予測処理のステップ P 9 で予測された状態ベクトルに含まれる位置及び速度の予測値「 X_2 」との差分をそれぞれ算出して、観測ベクトル「 Z_2 」を生成

50

する（ステップＱ１）。すなわち、次式（１０）に示すような観測ベクトル「 Z_2 」を生成する。

【数１０】

$$Z_2 = \begin{bmatrix} v_{east}^{IMU} - v_{east}^{GPA} \\ v_{north}^{IMU} - v_{north}^{GPA} \\ v_{up}^{IMU} - v_{up}^{GPA} \\ p_{east}^{IMU} - p_{east}^{GPA} \\ p_{north}^{IMU} - p_{north}^{GPA} \\ p_{up}^{IMU} - p_{up}^{GPA} \end{bmatrix} \cdots (10)$$

10

但し、上付きの添え字の「IMU」はIMU予測処理で予測した値、「GPA」はGPA演算結果に含まれる値であることをそれぞれ示している。

【００９７】

次いで、IMU用位置算出部１１は、次式（１１）に示すような観測行列「 H_2 」を設定する（ステップＱ３）。

20

【数１１】

$$H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdots (11)$$

30

【００９８】

そして、IMU用位置算出部１１は、次式（１２）に従ってカルマンゲイン「 K_2 」を算出する（ステップＱ５）。

【数１２】

$$K_2 = P_2^- H_2^T [H_2 P_2^- H_2^T + R_2]^{-1} \cdots (12)$$

【００９９】

次いで、IMU用位置算出部１１は、次式（１３）に示すように、ステップＱ５で設定したカルマンゲイン「 K_2 」を、ステップＱ１で生成した観測ベクトル「 Z_2 」に作用させることで、状態ベクトルの修正量「 x_2 」を算出する（ステップＱ７）。

40

【数 1 3】

$$\Delta X_2 = \begin{bmatrix} \Delta v_{east} \\ \Delta v_{north} \\ \Delta v_{up} \\ \Delta p_{east} \\ \Delta p_{north} \\ \Delta p_{up} \end{bmatrix} = K_2 Z_2 = K_2 \begin{bmatrix} v_{east}^{IMU} - v_{east}^{GPA} \\ v_{north}^{IMU} - v_{north}^{GPA} \\ v_{up}^{IMU} - v_{up}^{GPA} \\ p_{east}^{IMU} - p_{east}^{GPA} \\ p_{north}^{IMU} - p_{north}^{GPA} \\ p_{up}^{IMU} - p_{up}^{GPA} \end{bmatrix} \dots (13)$$

10

【 0 1 0 0】

そして、IMU用位置算出部11は、ステップQ7で算出した状態ベクトルの修正量「 X_2 」を用いて、次式(14)に従って状態ベクトル「 X_2 」を補正する(ステップQ9)。そして、IMU用位置算出部11は、IMU補正処理を終了する。

【数 1 4】

$$X_2^+ = X_2^- - \Delta X_2$$

$$\begin{bmatrix} v_{east} \\ v_{north} \\ v_{up} \\ p_{east} \\ p_{north} \\ p_{up} \end{bmatrix}^+ = \begin{bmatrix} v_{east} \\ v_{north} \\ v_{up} \\ p_{east} \\ p_{north} \\ p_{up} \end{bmatrix}^- - \begin{bmatrix} \Delta v_{east} \\ \Delta v_{north} \\ \Delta v_{up} \\ \Delta p_{east} \\ \Delta p_{north} \\ \Delta p_{up} \end{bmatrix} \dots (14)$$

20

【 0 1 0 1】

図9の説明に戻って、IMU補正処理を行った後、IMU用位置算出部11は、状態ベクトル「 X_2 」の補正值「 X_2^+ 」に含まれる位置「 p 」及び速度「 v 」を、位置及び速度の較正結果とする(ステップN7)。そして、IMU用位置算出部11は、慣性航法演算結果較正処理を終了する。

30

【 0 1 0 2】

図4の位置算出処理に戻って、慣性航法演算結果較正処理を行った後、IMU用位置算出部11は、IMU較正基準情報算出処理を行って、IMU50を較正するための情報を算出する処理を行う(ステップE13)。具体的には、GPA17から前回取得した速度と今回取得した速度とに基づいて加速度を算出する処理を行う。例えば、単位時間当たりの速度の変化量を求めるといった微分計算により加速度を算出する。そして、算出した加速度と、IMU50から取得した加速度とを用いて、加速度センサー51の誤差パラメータの一種である加速度バイアス及び加速度スケールファクターを算出して、IMU較正基準情報とする。

40

【 0 1 0 3】

次いで、IMU用位置算出部11は、ステップE13で算出したIMU較正基準情報をIMU50に出力する(ステップE15)。IMU50は、IMU用位置算出部11からIMU較正基準情報を取得すると、加速度センサー51の較正処理を行う(ステップG7)。

【 0 1 0 4】

具体的には、IMU50は、内部で記憶している加速度バイアスを、取得したIMU較

50

正基準情報に含まれる加速度バイアスで更新する。また、内部で記憶している加速度スケールファクターを、取得したIMU較正基準情報に含まれる加速度スケールファクターで更新する。これにより、加速度センサー51により計測される加速度は、この更新された加速度バイアス及び加速度スケールファクターにより較正されることになる。

【0105】

また、スロット用制御部15は、GPA17からGPA演算結果を取得すると、当該GPA演算結果に含まれる位置を、方位センサー較正基準情報として方位センサーユニット110に出力する(ステップF15)。方位センサーユニット110の組込時用処理部111は、スロット用制御部15から方位センサー較正基準情報を取得すると、これを用いて方位センサー較正処理を行う(ステップJ5)。

10

【0106】

方位センサーの較正は、例えば特開2001-91257号公報に開示されている技術を適用することができる。すなわち、予め記憶された地磁気モデルの偏差分布式に、方位センサー較正基準情報に含まれる位置を代入して、当該位置における磁気偏差を算出する。そして、方位センサーにより検出される磁方位と算出した磁気偏差とを用いて真北方位を算出し、方位センサーにより検出される磁方位を、算出した真北方位に基づいて修正する。

【0107】

これらの一連の処理を行った後、GPA17は、ステップD5に戻り、IMU用位置算出部11は、ステップE3に戻り、スロット用制御部15は、ステップF7に戻る。また、IMU50は、ステップG3に戻り、GPSユニット100はステップH3に戻り、方位センサーユニット110は、ステップJ3に戻る。

20

【0108】

3. 作用効果

位置算出装置の一種である位置算出システム1には、加速度センサー51及びジャイロセンサー53を具備したIMU50が備えられている。また、位置算出システム1には、ユニット組み込み部である第1スロット60及び第2スロット70が備えられており、位置算出に利用可能な物理的事象を検出するセンサーユニットの一種として、GPSユニット100又は方位センサーユニット110が組み込み可能に構成されている。

【0109】

2つのスロットの何れかにセンサーユニットが組み込まれたことを検出すると、スロット用制御部15は、認識処理を行って組込ユニットを判定する。具体的には、組み込まれたセンサーユニットに対してユニット情報の問い合わせを行い、組込ユニットから、識別コードと、出力仕様情報と、較正基準種別情報と、タイミング情報とを取得する。スロット用制御部15は、取得した識別コードに応じて、組み込まれたセンサーユニットの種類を識別する。

30

【0110】

GPSユニット100及び方位センサーユニット110の両方が組み込まれたことを検出した場合は、IMU用位置算出部11は、方位センサーユニット110により検出された方位の時間変化に基づいて角速度を算出する。そして、IMU50のジャイロセンサー53により検出される角速度と比較し、ジャイロセンサー53の較正に使用する誤差パラメーターとして、角速度バイアス及び角速度スケールファクターを算出して、IMU50に出力する。ジャイロセンサー53は、IMU用位置算出部11から取得した角速度バイアス及び角速度スケールファクターを用いて計測結果を較正する。

40

【0111】

IMU用位置算出部11は、IMU50から取得した加速度及び角速度の計測結果を用いて、公知の慣性航法演算処理を行って位置、速度及びこれらに含まれ得る誤差を演算する。そして、演算結果をスロット用制御部15に出力するとともに、GPA17に出力する。スロット用制御部15は、IMU演算結果を用いて、GPSユニット100のキャリブレーション用の較正基準情報であるGPS較正基準情報を算出し、GPSユニット10

50

0に出力する。そして、GPSユニット100は、当該GPS較正基準情報を用いて、衛星捕捉処理及び位置算出処理を行う。

【0112】

GPSユニット100は、位置算出処理で求めた位置及び速度の演算結果を、スロット用制御部15を通じてGPA17に出力する。そして、GPA17は、IMU用位置算出部11の演算結果及びGPSユニット100の演算結果を用いて、フィルター処理の一種であるカルマンフィルターを利用した位置統合処理を行って位置を算出・統合する。この際、GPSユニット100からデータが出力されるまでの間、IMU用位置算出部11により算出された速度の変化量を用いて、IMU用位置算出部11により算出された位置及び速度を予測する予測処理を繰り返し実行する。そして、GPSユニット100からのデータの出力タイミングにおいて、GPSユニット100から取得した位置及び速度を観測値として、予測位置及び予測速度を補正する補正処理を行う。

10

【0113】

一方、位置算出システム1にGPSユニット100が組み込まれていない場合は、GPSユニット100から位置及び速度の情報がGPA17に出力されず、IMU用位置算出部11が慣性航法演算処理を行うことで算出した位置及び速度のみがGPA17に出力される。従って、この場合は、GPA17は、位置統合処理を行わずに、IMU用位置算出部11の出力を用いて位置及び速度を算出する。

【0114】

このように、スロットにGPSユニット100が組み込まれていない場合は、IMU50の計測結果を利用して慣性航法演算処理を行って位置を算出する。他方、GPSユニット100が組み込まれている場合は、認識処理で認識されたGPSユニット100の識別コードに応じて、GPSユニット100の計測結果とIMU50の計測結果とを用いて位置を算出する。これにより、ユニットの組み込み有無に応じた適切な演算処理を行って位置算出を行うことが可能となり、システム（装置）の拡張や変更等に対して柔軟に対応することができる。

20

【0115】

また、GPA17が、カルマンフィルターを利用した位置統合処理を行うようにし、IMU50の計測結果に基づいて予測した位置を、GPSユニット100の計測結果を用いて補正するようにした。このように、予め搭載されたユニットの計測結果を用いて予測した位置を、新たに組み込まれたユニットの計測結果を用いてカルマンフィルターにより補正することで、位置算出の正確性を向上させ、より真位置に近い位置を求めることが可能となる。

30

【0116】

さらに、方位センサーユニット110の計測結果を利用して算出した角速度バイアス及び角速度スケールファクターを用いてIMU50のジャイロセンサー53の較正を行うとともに、GPA17の演算結果を利用して算出した加速度バイアス及び加速度スケールファクターを用いてIMU50の加速度センサー51の較正を行うようにした。これにより、組み込まれたセンサーユニットの計測結果や、位置統合処理を行うことで得られた信頼性の高い演算結果を利用してIMU50の較正を行うことが可能となる。

40

【0117】

4．変形例

4-1．組込ユニットの組合せ

上述した実施形態では、第1スロット60にGPSユニット100が、第2スロット70に方位センサーユニット110がそれぞれ組み込まれた場合を例に挙げて説明した。しかし、GPSユニット100のみが組み込まれた場合や、方位センサーユニット110のみが組み込まれた場合についても同様に処理を行うことができる。以下、それぞれの場合について具体的に説明する。

【0118】

(1) GPSユニットのみが組み込まれた場合

50

(A) 認識処理

図2の認識処理において、スロット用制御部15は、第1スロット60又は第2スロット70にユニットが組み込まれたことを検出すると、当該スロットにユニット情報の問い合わせを行う。そして、GPSユニット100からのユニット情報の通知を受けて、組込ユニットがGPSユニット100であることを認識する。

【0119】

(B) 位置算出処理

図3及び図4の位置算出処理において、GPSユニット100のみが組み込まれた場合は、スロット用制御部15は、ステップF5～F8の処理を行わない。すなわち、方位センサーユニット110が組み込まれておらず、方位情報を取得することができないため、方位センサー初期化情報出力、角速度算出処理及び角速度出力の各ステップは実行しない。これに伴い、IMU用位置算出部11は、ステップE3及びE5の処理を行わず、IMU50も、ステップG3の処理を行わない。また、この場合は、方位センサーの較正に係る処理(ステップF15、ステップJ5)も実行しない。

【0120】

(2) 方位センサーユニットのみが組み込まれた場合

(A) 認識処理

図2の認識処理において、スロット用制御部15は、第1スロット60又は第2スロット70にユニットが組み込まれたことを検出すると、当該スロットにユニット情報の問い合わせを行う。そして、方位センサーユニット110からのユニット情報の通知を受けて、組込ユニットが方位センサーユニット110であることを認識する。

【0121】

(B) 位置算出処理

図3及び図4の位置算出処理において、方位センサーユニット110のみが組み込まれた場合は、スロット用制御部15は、ステップF3、F9、F11の処理を行わない。すなわち、GPSユニット100が組み込まれていないため、GPSユニット100の初期化情報出力、GPSユニット100の較正基準情報の算出及び出力は行わない。また、この場合は、GPSユニット100から位置及び速度の演算結果を取得することができない。そのため、GPA17は、IMU位置算出部11から取得したIMU演算結果を用いて位置及び速度を算出する。

【0122】

4 - 2 . 組込ユニットの種類

また、各スロットに組み込み可能なユニットは、これらのユニットに限られるわけではない。例えば、位置算出に利用可能な物理的事象を検出可能なセンサーユニットとして、速度センサーユニットや加速度センサーユニット、ジャイロセンサーユニット等のセンサーユニットを組み込むことも可能である。また、RFID(Radio Frequency Identification)を用いて位置を検出するユニット(位置検出ユニット)を組み込むことも可能である。

【0123】

さらには、第1スロット60及び第2スロット70それぞれに同種のユニット(例えばGPSユニット)を組み込むことも可能である。例えば、第1及び第2GPSユニットの2つのGPSユニットを組み込むことが考えられる。この場合は、スロット用制御部15は、第1及び第2GPSユニットそれぞれについて、当該GPSユニットが衛星捕捉処理及び位置算出処理を行うために必要な情報を算出し、GPS較正基準情報として当該GPSユニットに出力する。そして、第1及び第2GPSユニットは、それぞれスロット用制御部15から取得したGPS較正基準情報を利用して、衛星捕捉処理及び位置算出処理を行う。

【0124】

また、GPA17は、第1及び第2GPSユニットそれぞれから演算結果を取得する。そして、IMU用位置算出部11から取得したIMU演算結果と、第1GPSユニットか

10

20

30

40

50

ら取得した第1GPS演算結果と、第2GPSユニットから取得した第2GPS演算結果とを用いて、カルマンフィルターを利用した位置統合処理を行って位置を統合する。この場合の具体的処理については後述する。

【0125】

また、上述した実施形態では、慣性計測ユニット(IMU)を位置算出システム1に搭載しておくものとして説明したが、IMU50の計測結果を利用して慣性航法演算を行って位置及び速度を算出する慣性航法装置(INS(Inertial Navigation System))を搭載しておくことにしてもよい。

【0126】

図12は、この場合における位置算出システム2の構成の一例を示すブロック図である。尚、図12において、先に説明した実施形態と同様の構成部分については、先に説明した図1と同様の符号を付して、その詳細な説明を省略する。位置算出システム2では、IMU50の代わりに、IMU50を有するINS200が具備されている。また、処理部10には、INS200へのデータの入出力を制御する機能部として、IMU用位置算出部11の代わりにINS用制御部19が具備されている。位置算出システム2では、INS200が慣性航法演算処理を行って位置及び速度を算出して、INS用制御部19に出力する。

【0127】

INS用制御部19は、INS200から取得した計測結果をGPA17に出力する。そして、GPA17は、スロット用制御部15を介して取得したGPSユニット100の計測結果と、INS用制御部19を介してINS200から取得した計測結果とを用いて、図6で説明したGPA位置統合処理を行って位置及び速度を算出する。

【0128】

また、GPA17は、位置統合処理を行うことで算出した位置及び速度をINS用制御部19に出力する。INS用制御部19は、GPA17から位置及び速度の演算結果を取得すると、当該演算結果をINS200に出力する。そして、INS200は、図9で説明した慣性航法演算結果較正処理を行って、慣性航法演算で求めた位置及び速度を較正する。

【0129】

4-3. GPA位置統合処理

上述した実施形態では、GPA17が実行するGPA位置統合処理において、IMU50の計測結果を利用して位置及び速度を予測し、GPSユニット100の計測結果を観測値として利用して予測値を補正するものとして説明した。この関係を逆転させて、例えば、GPSユニット100の計測結果を利用して位置及び速度を予測し、IMU50の計測結果を観測値として利用して予測値を補正することとしてもよい。

【0130】

また、GPSユニット100の計測結果を観測値として利用するのみならず、他のセンサーユニットの計測結果を観測値として利用してGPA補正処理を行うことにしてもよい。例えば、位置算出システムにGPSユニットと速度センサーユニットとが組み込まれた場合は、GPSユニット100の計測結果を観測値として予測値を補正する第1GPA補正処理を行うとともに、速度センサーユニットの計測結果を観測値として予測値を補正する第2GPA補正処理を行う。

【0131】

より具体的には、GPA17は、図3の位置算出処理のステップD1において、例えば図13に示すような観測値テーブルを生成する。すなわち、GPSユニット100については位置及び速度に「 」が設定され、速度センサーユニットについては速度に「 」が設定された観測値テーブルを生成する。また、GPA17は、位置算出処理のステップD3において、第1GPA補正処理の実行タイミング(以下、「第1補正タイミング」と称す。)として、GPSユニット100のデータの出力時間間隔毎のタイミングを設定し、第2GPA補正処理の実行タイミング(以下、「第2補正タイミング」と称す。)として

10

20

30

40

50

、速度センサーユニットのデータの出力時間間隔毎のタイミングを設定する。

【 0 1 3 2 】

そして、図 6 の G P A 位置統合処理のステップ K 7 において、ステップ D 3 で設定した第 1 補正タイミング又は第 2 補正タイミングが到来したか否かを判定し、第 1 補正タイミングが到来したと判定した場合は第 1 G P A 補正処理を、第 2 補正タイミングが到来したと判定した場合は第 2 G P A 補正処理をそれぞれ実行する。第 1 G P A 補正処理では、図 1 3 の観測値テーブルに従って、G P S ユニット 1 0 0 から取得した位置及び速度を成分とする観測ベクトルを用いて補正演算を行う。また、第 2 G P A 補正処理では、速度センサーユニットから取得した速度を観測値として用いて補正演算を行う。

【 0 1 3 3 】

また、同種のセンサーユニットからの計測結果をそれぞれ観測値として利用して、G P A 補正処理を行うことも可能である。例えば、各スロットに第 1 G P S ユニットと第 2 G P S ユニットとが組み込まれた場合は、第 1 G P S ユニットの計測結果を観測値として予測位置及び予測速度を補正する第 1 G P A 補正処理を行うとともに、第 2 G P S ユニットの計測結果を観測値として予測位置及び予測速度を補正する第 2 G P A 補正処理を行う。

【 0 1 3 4 】

例えば、第 1 G P S ユニットが、位置及び速度を出力可能に構成されたユニットであり、第 2 G P S ユニットが、位置のみを出力可能に構成されたユニットであるとする。この場合、G P A 1 7 は、図 3 の位置算出処理のステップ D 1 において、図 1 4 に示すような観測値テーブルを生成する。すなわち、第 1 G P S ユニットについては位置及び速度に「 」が設定され、第 2 G P S ユニットについては位置に「 」が設定された観測値テーブルを生成する。また、G P A 1 7 は、位置算出処理のステップ D 3 において、第 1 補正タイミングとして第 1 G P S ユニットのデータの出力時間間隔のタイミングを設定し、第 2 補正タイミングとして第 2 G P S ユニットのデータの出力時間間隔のタイミングを設定する。

【 0 1 3 5 】

そして、図 6 の G P A 位置統合処理のステップ K 7 において、ステップ D 3 で設定した第 1 補正タイミング又は第 2 補正タイミングが到来したか否かを判定し、第 1 補正タイミングが到来したと判定した場合は第 1 G P A 補正処理を、第 2 補正タイミングが到来したと判定した場合は第 2 G P A 補正処理をそれぞれ実行する。第 1 G P A 補正処理では、図 1 4 の観測値テーブルに従って、第 1 G P S ユニットから取得した位置及び速度を成分とする観測ベクトルを用いて補正演算を行う。また、第 2 G P A 補正処理では、第 2 G P S ユニットから取得した位置を観測値として用いて補正演算を行う。

【 0 1 3 6 】

4 - 4 . I M U の較正処理

上述した実施形態では、I M U 5 0 内部で記憶しているバイアス及びスケールファクターを、I M U 用位置算出部 1 1 により算出されたバイアス及びスケールファクターに更新することで、I M U 5 0 の較正を行うものとして説明したが、この処理を次のようにしてもよい。

【 0 1 3 7 】

すなわち、I M U 位置算出部 1 1 から取得したバイアス及びスケールファクターの履歴を蓄積記憶しておき、公知の線形補間演算を行って、現在のバイアス及びスケールファクターの値を推定する。そして、内部で記憶しているバイアス及びスケールファクターの値を、推定したバイアス及びスケールファクターの値に変更することで、I M U 5 0 の較正を行う。

【 0 1 3 8 】

4 - 5 . フィルター処理

上述した実施形態では、カルマンフィルター処理によって位置を算出する例を説明したが、使用するフィルターとして、P a r t i c l e フィルター（粒子フィルター）、S i g m a ポイントフィルター（シグマポイントフィルター）、最小二乗法によるフィルター

10

20

30

40

50

等を採用し、これらのフィルターを用いたフィルター処理を行って位置を算出することにしてもよい。

【0139】

4 - 6 . 衛星位置算出ユニット

また、上述した実施形態では、衛星位置算出ユニットとしてGPSユニットを例に挙げて説明したが、W A A S (Wide Area Augmentation System)、Q Z S S (Quasi Zenith Satellite System)、G L O N A S S (GLObal NAVigation Satellite System)、G A L I L E O等の他の衛星位置算出システムを利用した衛星位置算出ユニットであってもよい。

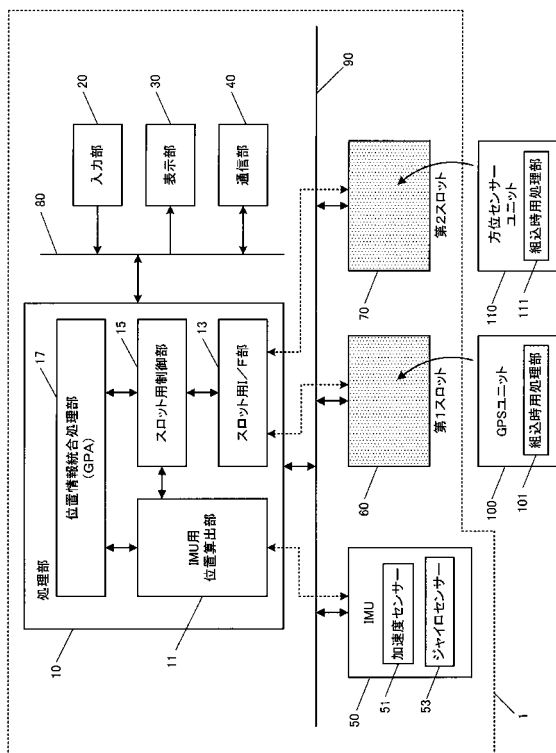
【符号の説明】

10

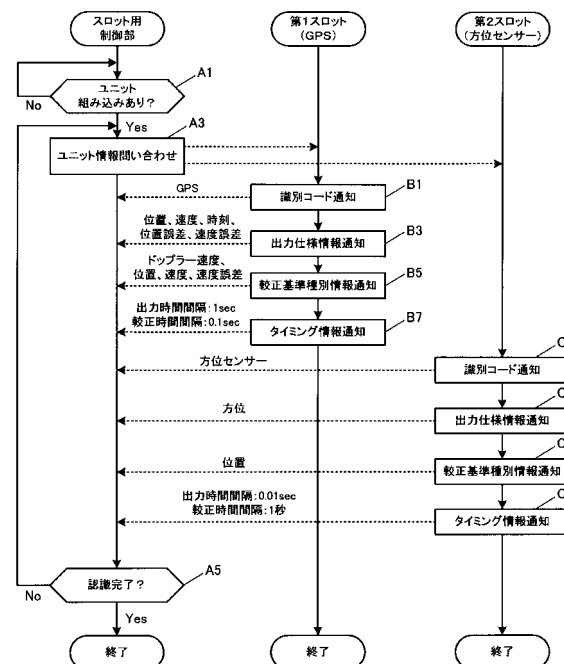
【0140】

1 位置算出システム、 10 処理部、 11 IMU用位置算出部、
13 スロット用I/F部、 15 スロット用制御部、
17 位置情報統合処理部(GPA)、 20 入力部、 30 表示部、
40 通信部、 50 IMU、 60 第1スロット、 70 第2スロット、
80 第1バス、 90 第2バス、 100 GPSユニット、
110 方位センサーユニット

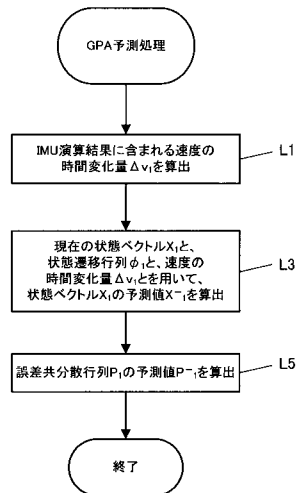
【図1】



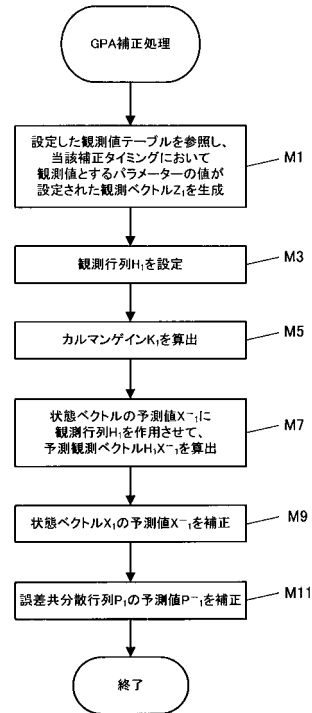
【図2】



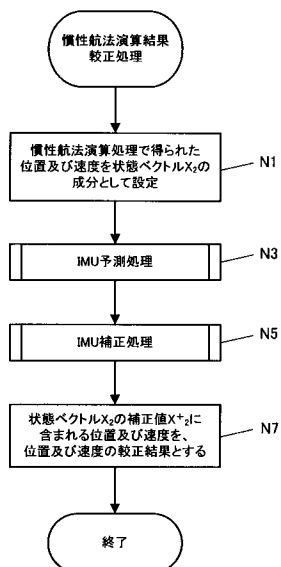
【図 7】



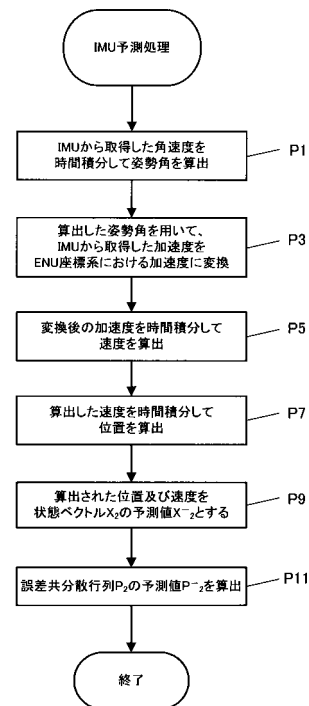
【図 8】



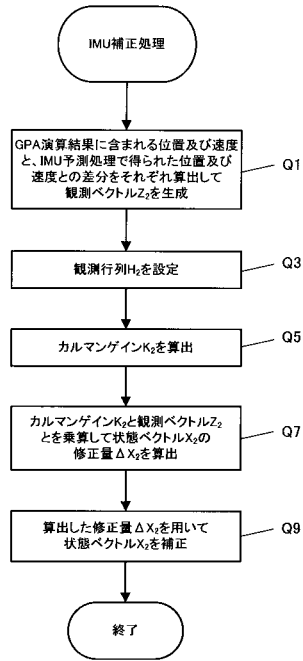
【図 9】



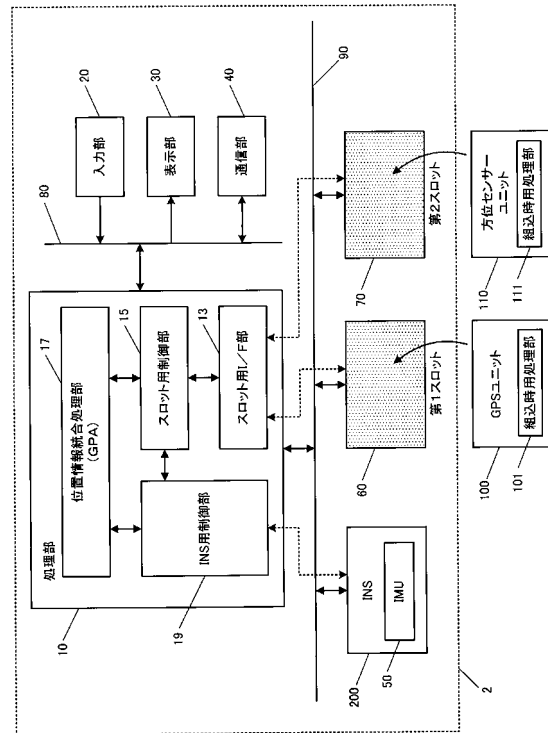
【図 10】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 圖 1 3 】

観測値	ユニット		
	IMU	GPS	速度センサー
位置	×	○	×
速度	×	○	○
姿勢角	×	×	×
方位	×	×	×
・	・	・	・
・	・	・	・
・	・	・	・

【 図 1 4 】

観測値	ユニット		
	IMU	第1GPS	第2GPS
位置	×	○	○
速度	×	○	×
姿勢角	×	×	×
方位	×	×	×
・	・	・	・
・	・	・	・
・	・	・	・

フロントページの続き

- (72)発明者 内田 周志
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
- (72)発明者 杉本 拓也
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
- (72)発明者 恩田 健至
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
- (72)発明者 ラマ サンジャイ
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 相羽 昌孝

- (56)参考文献 特開2004-272276(JP,A)
特開2001-159525(JP,A)
特開2000-311297(JP,A)
特開平9-15320(JP,A)
特開2008-215917(JP,A)
特開平7-253327(JP,A)
特開平10-281801(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 21/00 - 21/24
G01C 23/00 - 25/00
G08G 1/00 - 99/00
G09B 23/00 - 29/14
G01S 5/00 - 5/14