

(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2014-44191
(P2014-44191A)

(43) 公開日 平成26年3月13日(2014.3.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1S 19/25 (2010.01)	GO1S 19/25	2F129
GO1S 19/27 (2010.01)	GO1S 19/27	5J062
GO1C 21/28 (2006.01)	GO1C 21/00	D

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2012-257121 (P2012-257121)	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22) 出願日	平成24年11月26日(2012.11.26)	(74) 代理人	100124682 弁理士 黒田 泰
(31) 優先権主張番号	特願2012-169122 (P2012-169122)	(74) 代理人	100104710 弁理士 竹腰 昇
(32) 優先日	平成24年7月31日(2012.7.31)	(74) 代理人	100090479 弁理士 井上 一
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	村木 清孝 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
		Fターム(参考)	2F129 AA02 AA03 BB03 5J062 AA02 CC01 CC07

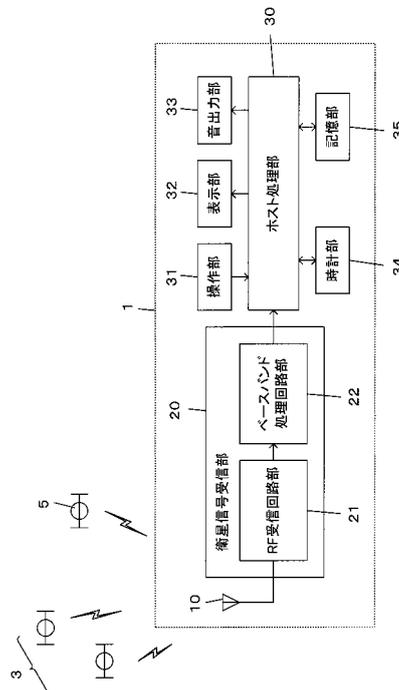
(54) 【発明の名称】 位置算出方法及び位置算出装置

(57) 【要約】

【課題】測位用衛星信号に基づく位置算出において、初期位置算出時間の短縮を図ること。

【解決手段】位置算出装置1は、エフェメリスを保有していない初回位置算出時には、準天頂衛星5が発信する準天頂衛星信号に重畳されている測位支援情報を受信し、この測位支援情報に含まれるGPS衛星3の位置及び速度をもとにGPS衛星3の衛星軌道を予測し、予測した衛星軌道から推定したエフェメリスを用いた位置算出を行う。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測位用衛星の位置及び速度の情報を少なくとも含む測位支援情報を発信する人工衛星から当該測位支援情報を受信することと、
前記測位支援情報を用いて前記測位用衛星の軌道情報を算出することと、
前記測位用衛星からの信号と前記軌道情報とを用いて受信装置の位置を算出することと、
を含む位置算出方法。

【請求項 2】

測位用衛星の位置及び速度の情報を少なくとも含む測位支援情報を送信する地上通信装置から当該測位支援情報を受信することと、
前記測位支援情報を用いて前記測位用衛星の軌道情報を算出することと、
前記測位用衛星からの信号と前記軌道情報とを用いて受信装置の位置を算出することと、
を含む位置算出方法。

10

【請求項 3】

前記測位支援情報に含まれる前記測位用衛星の位置及び速度の情報は、所与の 1 つの時刻における前記測位用衛星の位置及び速度の情報である、
請求項 1 又は 2 に記載の位置算出方法。

【請求項 4】

前記軌道情報を算出することは、地球を周回する衛星の運動を表わす運動方程式と、前記測位支援情報に含まれる前記測位用衛星の位置及び速度とを用いて、前記軌道情報を算出することである、
請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の位置算出方法。

20

【請求項 5】

前記測位支援情報には、地球姿勢情報が更に含まれており、
前記運動方程式は、地球中心を基準とする慣性座標系で定義されており、
前記測位支援情報に含まれる位置及び速度は、地球中心を基準とする固定座標系で定義されており、
前記軌道情報を算出することは、前記測位支援情報に含まれる地球姿勢情報を用いて、前記測位支援情報に含まれる位置及び速度を前記慣性座標系の位置及び速度に座標変換することを含む、
請求項 4 に記載の位置算出方法。

30

【請求項 6】

前記軌道情報を算出することは、前記測位用衛星のエフェメリスのパラメーターを求めることを含む、
請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載の位置算出方法。

【請求項 7】

測位用衛星の位置及び速度の情報を少なくとも含む測位支援情報を発信する人工衛星から当該測位支援情報を受信することと、
地球を周回する衛星の運動を表わす運動方程式と、前記測位支援情報に含まれる前記測位用衛星の位置及び速度とを用いて、前記測位用衛星の軌道関数を求めることと、
前記軌道関数を用いて前記測位用衛星の衛星位置を推定することと、
前記測位用衛星からの信号と前記推定された前記測位用衛星の衛星位置とを用いて受信装置の位置を算出することと、
を含む位置算出方法。

40

【請求項 8】

測位用衛星の位置及び速度の情報を少なくとも含む測位支援情報を送信する地上通信装置から当該測位支援情報を受信することと、
地球を周回する衛星の運動を表わす運動方程式と、前記測位支援情報に含まれる前記測

50

位用衛星の位置及び速度とを用いて、前記測位用衛星の軌道関数を求めることと、
 前記軌道関数を用いて前記測位用衛星の衛星位置を推定することと、
 前記測位用衛星からの信号と前記推定された前記測位用衛星の衛星位置とを用いて受信装置の位置を算出することと、
 を含む位置算出方法。

【請求項 9】

測位用衛星の位置及び速度の情報を少なくとも含む測位支援情報を発信する人工衛星から当該測位支援情報を受信する受信部と、
 前記測位支援情報を用いて前記測位用衛星の軌道情報を算出する軌道情報算出部と、
 前記測位用衛星からの信号と前記軌道情報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。

10

【請求項 10】

測位用衛星の位置及び速度の情報を少なくとも含む測位支援情報を送信する地上通信装置から当該測位支援情報を受信する受信部と、
 前記測位支援情報を用いて前記測位用衛星の軌道情報を算出する軌道情報算出部と、
 前記測位用衛星からの信号と前記軌道情報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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、測位用衛星からの信号を用いて位置を算出する位置算出方法等に関する。

20

【背景技術】

【0002】

測位用衛星からの測位用信号を利用した位置算出システムとして、GPS (Global Positioning System) が広く知られており、携帯電話機やカーナビゲーション装置等に位置算出装置として内蔵されている。GPSでは、GPS衛星信号に重畳されている軌道情報(エフェメリスやアルマナック)を取得し、衛星の位置を特定した上で、擬似距離に基づいて自装置の位置を算出する。

【0003】

初回位置算出時には、エフェメリスを保有していないため、まずはエフェメリスを取得する必要があるが、これには数十秒程度の時間を要するため、初期位置算出時間(TTF: Time to First Fix)が増大する。

30

【0004】

なお、アルマナックを利用して衛星を捕捉する方法があるが、アルマナックを利用できるのは衛星の捕捉までであり、精度上の問題から測位には利用できない。とはいえ、アルマナックを早期取得できれば、衛星を早期に捕捉できる。そこで、非特許文献1には、準天頂衛星(QZS: Quasi-Zenith Satellites)のL1-SAIF信号を利用して、アルマナック情報を送信する技術が提案されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】坂井文泰、「GPS初期位置算出時間(TTF)短縮のための軌道情報伝送方法」、電子情報通信学会論文誌Vol. J91-B, No. 4, 電子情報通信学会、2008年4月、p. 479 - 486

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上述の非特許文献1の技術では、準天頂衛星から送信するデータ量を削減するため、アルマナックの差分情報を送信することになる。このため、差分の基本となる専用アルマナックを端末装置側に予め記憶させておくための仕組みが必要となる。また

50

、送信される軌道情報はアルマナックであるため、衛星の捕捉に要する時間を短縮できるに留まる。

【0007】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、測位用衛星からの信号に基づく位置算出において、初期位置算出時間の短縮を図ることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するための第1の発明は、測位用衛星の位置及び速度の情報を少なくとも含む測位支援情報を発信する人工衛星から当該測位支援情報を受信することと、前記測位支援情報を用いて前記測位用衛星の軌道情報を算出することと、前記測位用衛星からの信号と前記軌道情報とを用いて受信装置の位置を算出することと、を含む位置算出方法である。

10

【0009】

また、他の発明として、測位用衛星の位置及び速度の情報を少なくとも含む測位支援情報を発信する人工衛星から当該測位支援情報を受信する受信部と、前記測位支援情報を用いて前記測位用衛星の軌道情報を算出する軌道情報算出部と、前記測位用衛星からの信号と前記軌道情報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良い。

【0010】

また、第2の発明として、測位用衛星の位置及び速度の情報を少なくとも含む測位支援情報を送信する地上通信装置から当該測位支援情報を受信することと、前記測位支援情報を用いて前記測位用衛星の軌道情報を算出することと、前記測位用衛星からの信号と前記軌道情報とを用いて受信装置の位置を算出することと、を含む位置算出方法を構成しても良い。

20

【0011】

また、他の発明として、測位用衛星の位置及び速度の情報を少なくとも含む測位支援情報を送信する地上通信装置から当該測位支援情報を受信する受信部と、前記測位支援情報を用いて前記測位用衛星の軌道情報を算出する軌道情報算出部と、前記測位用衛星からの信号と前記軌道情報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。

30

【0012】

この第1の発明等によれば、人工衛星や地上通信装置から発信されている測位支援情報を受信し、受信した測位支援情報を用いて測位用衛星の軌道情報を算出し、測位用衛星からの信号と算出した測位用衛星の軌道情報とを用いて位置が算出される。つまり、測位用衛星とは別の人工衛星や地上通信装置からの測位支援情報によって測位用衛星の軌道情報が得られるため、初期位置算出に要する時間を短縮することが可能となる。

【0013】

また、第3の発明として、第1又は第2の発明の位置算出方法であって、前記測位支援情報に含まれる前記測位用衛星の位置及び速度の情報は、所与の1つの時刻における前記測位用衛星の位置及び速度の情報である、位置算出方法を構成しても良い。

40

【0014】

この第3の発明によれば、受信した測位支援情報に含まれる情報は、1つの位置及び速度の情報である。このため、例えば測位用衛星から軌道情報（エフェメリス等）を受信する場合に比較して、受信した情報を記憶するためのメモリ量を削減できる。

【0015】

また、第4の発明として、第1～第3の何れかの発明の位置算出方法であって、前記軌道情報を算出することは、地球を周回する衛星の運動を表わす運動方程式と、前記測位支援情報に含まれる前記測位用衛星の位置及び速度とを用いて、前記軌道情報を算出することである、位置算出方法を構成しても良い。

50

【0016】

この第4の発明によれば、測位用衛星の軌道情報は、地球を周回する衛星の運動を表す運動方程式と、測位支援情報に含まれる測位用衛星の位置及び速度を用いて算出される。

【0017】

また、第5の発明として、第4の発明の位置算出方法であって、前記測位支援情報には、地球姿勢情報が更に含まれており、前記運動方程式は、地球中心を基準とする慣性座標系で定義されており、前記測位支援情報に含まれる位置及び速度は、地球中心を基準とする固定座標系で定義されており、前記軌道情報を算出することは、前記測位支援情報に含まれる地球姿勢情報を用いて、前記測位支援情報に含まれる位置及び速度を前記慣性座標系の位置及び速度に座標変換することを含む、位置算出方法を構成しても良い。

10

【0018】

この第5の発明によれば、地球近傍の衛星運動を表す運動方程式は、地球中心を基準とする慣性座標系で定義され、測位支援情報に含まれる位置及び速度は、地球中心を基準とする固定座標系で定義されている。また、人工衛星或いは地上通信装置は、地球姿勢情報を測位支援情報に含めて発信している。このため、測位用衛星の軌道情報の算出は、測位支援情報に含まれる地球姿勢情報を用いて、測位支援情報に含まれる測位用衛星の位置及び速度を慣性座標系の位置及び速度に座標変換した上で行う。

【0019】

また、第6の発明として、第1～第5の何れかの発明の位置算出方法であって、前記軌道情報を算出することは、前記測位用衛星のエフェメリスのパラメータを求めることを含む、位置算出方法を構成しても良い。

20

【0020】

この第6の発明によれば、軌道情報として、測位用衛星のエフェメリスのパラメータが求められる。

【0021】

また、第7の発明として、測位用衛星の位置及び速度の情報を少なくとも含む測位支援情報を発信する人工衛星から当該測位支援情報を受信することと、地球を周回する衛星の運動を表わす運動方程式と、前記測位支援情報に含まれる前記測位用衛星の位置及び速度とを用いて、前記測位用衛星の軌道関数を求めることと、前記軌道関数を用いて前記測位用衛星の衛星位置を推定することと、前記測位用衛星からの信号と前記推定された前記測位用衛星の衛星位置とを用いて受信装置の位置を算出することと、を含む位置算出方法を構成しても良い。

30

【0022】

また、第8の発明として、測位用衛星の位置及び速度の情報を少なくとも含む測位支援情報を送信する地上通信装置から当該測位支援情報を受信することと、地球を周回する衛星の運動を表わす運動方程式と、前記測位支援情報に含まれる前記測位用衛星の位置及び速度とを用いて、前記測位用衛星の軌道関数を求めることと、前記軌道関数を用いて前記測位用衛星の衛星位置を推定することと、前記測位用衛星からの信号と前記推定された前記測位用衛星の衛星位置とを用いて受信装置の位置を算出することと、を含む位置算出方法を構成しても良い。

40

【0023】

この第7、第8の発明によれば、人工衛星或いは地上通信装置から発信されている測位支援情報を受信し、地球近傍の衛星運動を表す運動方程式と、受信した測位支援情報に含まれる測位用衛星の位置及び速度とを用いて軌道関数を求め、求めた軌道関数を用いて測位用衛星の位置を推定し、測位用衛星からの信号と推定した測位用衛星の衛星位置とを用いて位置を算出する。つまり、人工衛星や地上通信装置からの測位支援情報によって測位用衛星の衛星位置が得られるため、初期位置算出に要する時間を短縮することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

50

【図 1】位置算出装置の構成図。

【図 2】ベースバンド処理回路部の機能構成図。

【図 3】ベースバンド処理のフローチャート。

【図 4】変形例におけるベースバンド処理のフローチャート。

【図 5】位置算出装置が地上通信装置から測位支援情報を受信する場合の変形例を示す図

。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。但し、本発明の適用可能な実施形態がこれに限定されるものではない。

10

【0026】

[概要]

図 1 は、本実施形態の位置算出装置 1 の構成図である。位置算出装置 1 は、GPS 衛星 3 及び準天頂衛星 5 からの衛星信号を受信する受信装置であり、受信した衛星信号に基づき当該装置の位置を算出する。

【0027】

本実施形態において、人工衛星である準天頂衛星 5 は、日本の衛星測位システムとして知られる準天頂衛星システム計画の衛星を用いるものとする。また、本実施形態において、準天頂衛星 5 は、サブメータ級補強信号である L1-SAIF 信号に重畳されるメッセージの一つとして、GPS 測位を支援するための情報である測位支援情報を発信するものとする。この測位支援情報は、衛星位置速度情報と、地球姿勢パラメータ (Earth Orientation Parameter: EOP) とを含む。衛星位置速度情報は、GPS 衛星 3 それぞれの、ある時刻 t_0 における位置 r_0 及び速度 v_0 と、クロック誤差とを含んでいる。地球姿勢情報である地球姿勢パラメータは、UT1-UTC と、日長 (Length of Day: LOD) と、X 極運動と、X 極運動速度と、Y 極運動と、Y 極運動速度とを含んでいる。

20

【0028】

位置算出装置 1 は、初回位置算出 (初回測位) の際には、準天頂衛星 5 から受信した測位支援情報を用いて、GPS 衛星 3 のエフェメリス (軌道情報) を推定し、この推定したエフェメリスを用いて位置算出 (測位) を行う。初回位置算出後、継続して GPS 衛星 3 から GPS 衛星信号を受信し、GPS 衛星信号に含まれるエフェメリスの取得が完了すると、以降は、この取得したエフェメリスを用いた位置算出に切り替える。このように、準天頂衛星 5 からの測位支援情報を用いることで、TTFF の短縮が実現されている。

30

【0029】

[原理]

準天頂衛星 5 から受信した測位支援情報に基づく、GPS 衛星 3 のエフェメリスの推定について説明する。

【0030】

まず、GPS 衛星 3 について、次式 (1) の運動方程式が成立する。

【数 1】

$$\ddot{r} = \frac{F}{m} = a(t, r)$$

40

式 (1) において、 m は GPS 衛星 3 の質量、 F は GPS 衛星 3 に作用する力、 r は時刻 t における GPS 衛星 3 の位置、である。また、 a は、GPS 衛星 3 に作用する加速力であり、次式 (2) で与えられる。

【数 2】

$$a(t, r) = a_g + a_{\text{moon}} + a_{\text{sun}} + a_{\text{srg}}$$

上式 (2) において、 a_g は重力加速度、 a_{moon} は月の引力、 a_{sun} は太陽の引力、 a_{srg} は太陽輻射圧、である。すなわち、式 (1) と式 (2) により、宇宙空間に

50

おける地球を周回する衛星の運動を表わす運動方程式が決まる。

【0031】

そして、式(1)の運動方程式について、時刻 t_0 における位置 $r(t_0) = r_0$ 、及び、速度 $v(t_0) = v_0$ 、を初期値とした数値積分を行うことで、時刻 t におけるGPS衛星3の位置 $r(t)$ 、すなわち衛星軌道を示す軌道関数が、次式(3)のように求められる。

【数3】

$$r(t) = r_0 + \int_{t_0}^t \left(v_0 + \int_{t_0}^t a(t, r) dt \right) dt$$

10

ここで与える初期値を、測位支援情報に含まれる、時刻 t_0 におけるGPS衛星3の位置 r_0 及び速度 v_0 とする。衛星軌道が求められると、この衛星軌道に適合するエフェメリスを推定することができる。

【0032】

ところで、衛星の運動を表す上述の運動方程式(式(1))は地球中心を基準とする慣性座標系である地球中心慣性(Earth Centered Inertial: ECI)座標系において定義される。一方、位置算出装置1において算出される位置や、準天頂衛星5が発信する測位支援情報に含まれるGPS衛星3の位置及び速度は、地球中心を基準とし、地球に固定した座標系である地球中心地球固定(Earth Centered Earth Fixed: ECEF)座標系において定義される。

20

【0033】

このため、衛星軌道の推定には、地球中心慣性(ECI)座標系と、地球中心地球固定(ECEF)座標系との間の座標変換が必要である。地球中心慣性(ECI)座標系と、地球中心地球固定(ECEF)座標系との座標変換行列 Q は、公知のように、次式(4)で与えられる。

【数4】

$$R_{ECEF} = Q R_{ECI}$$

$$Q = [A][B][C][D]$$

30

式(4)において、 A は極運動の回転行列、 B は恒星時の回転行列、 C は章動の回転行列、 D は歳差の回転行列、を表す。これらの行列 A 、 B 、 C 、 D は、時刻 t と、測位支援情報に含まれる地球姿勢パラメータ(EOP)とによって決まる。換言すると、地球姿勢パラメータによってこれらの行列 A 、 B 、 C 、 D が示され、座標変換行列 Q が決まるとも言える。

【0034】

[測位装置の構成]

位置算出装置1は、衛星受信アンテナ10と、衛星信号受信部20と、ホスト処理部30と、操作部31と、表示部32と、音出力部33と、時計部34と、記憶部35とを備えて構成される。

40

【0035】

衛星受信アンテナ10は、GPS衛星3から発信されているGPS衛星信号や、準天頂衛星5から発信されている準天頂衛星信号(QZS衛星信号)を含むRF(Radio Frequency)信号を受信するアンテナである。

【0036】

衛星信号受信部20は、RF受信回路部21と、ベースバンド処理回路部22とを有し、衛星受信アンテナ10にて受信された衛星信号に基づいて、位置算出装置1の位置を算出する。なお、RF受信回路部21とベースバンド処理回路部22とは、それぞれ別のLSI(Large Scale Integration)として製造することも、1チップとして製造すること

50

も可能である。

【0037】

R F 受信回路部 2 1 は、R F 信号の受信回路である。回路構成としては、例えば、衛星受信アンテナ 1 0 にて受信された R F 信号を A / D 変換器でデジタル信号に変換し、デジタル信号を処理する受信回路としても良いし、衛星受信アンテナ 1 0 にて受信された R F 信号をアナログ信号のまま信号処理し、最終的に A / D 変換することでデジタル信号をベースバンド処理回路部 2 2 に出力する構成としても良い。

【0038】

後者の場合には、例えば、次のように R F 受信回路部 2 1 を構成することができる。すなわち、所定の発振信号を分周或いは逡倍することで、R F 信号乗算用の発振信号を生成する。そして、生成した発振信号を、衛星受信アンテナ 1 0 から出力された R F 信号に乗算することで、R F 信号を中間周波数の信号（以下、I F (Intermediate Frequency) 信号）にダウンコンバートし、I F 信号を増幅等した後、A / D 変換器でデジタル信号に変換してベースバンド処理回路部 2 2 に出力する。

10

【0039】

ベースバンド処理回路部 2 2 は、R F 受信回路部 2 1 にて受信された信号に対してキャリア除去や相関処理等を行って、G P S 衛星信号や準天頂衛星信号を捕捉する。そして、捕捉した G P S 衛星信号から取り出したエフェメリスや、捕捉した準天頂衛星信号から取り出した測位支援情報に基づく所定の位置算出を行って、位置算出装置 1 の位置（位置座標）や時計誤差を算出する。

20

【0040】

ホスト処理部 3 0 は、例えば、C P U 等の演算装置で実現され、記憶部 3 5 に記憶されているシステムプログラム等の各種プログラムに従って、位置算出装置 1 の各部を統括的に制御する。例えば、ベースバンド処理回路部 2 2 から取得した位置座標をもとに、表示部 3 2 に現在位置を指し示した地図を表示させたり、その位置座標を各種のアプリケーション処理に利用する。

【0041】

操作部 3 1 は、例えばタッチパネルやボタンスイッチ等の入力装置であり、なされた操作に応じた操作信号を、ホスト処理部 3 0 に出力する。

この操作部 3 1 の操作により、位置算出要求等の各種指示入力となされる。

30

【0042】

表示部 3 2 は、例えば L C D 等の表示装置であり、ホスト処理部 3 0 から入力される表示信号に基づく各種表示を行う。音出力部 3 3 は、例えばスピーカーなどの音出力装置であり、ホスト処理部 3 0 から入力される音声信号に基づく各種音出力を行う。時計部 3 4 は、内部時計であり、水晶発振器等の発振回路を備えて構成される。

【0043】

記憶部 3 5 は、例えば R O M や R A M 等の記憶装置で実現され、ホスト処理部 3 0 が位置算出装置 1 を統括的に制御するためのシステムプログラムや、各種アプリケーション処理を実行するための各種プログラムやデータ等を記憶する。

【0044】

図 2 は、ベースバンド処理回路部 2 2 の機能構成図である。ベースバンド処理回路部 2 2 は、処理部 1 0 0 と、記憶部 2 0 0 とを有している。

40

【0045】

処理部 1 0 0 は、例えば C P U や D S P 等の演算装置で実現され、記憶部 2 0 0 に記憶されたプログラムやデータ等に基づいて、ベースバンド処理回路部 2 2 の全体制御を行う。また、処理部 1 0 0 は、G P S 衛星捕捉部 1 1 0 と、準天頂衛星捕捉部 1 2 0 と、座標変換行列生成部 1 3 0 と、エフェメリス推定部 1 4 0 と、位置算出部 1 5 0 とを有する。

【0046】

G P S 衛星捕捉部 1 1 0 は、G P S 衛星信号の捕捉を行う。まず、捕捉対象とする G P S 衛星（捕捉対象衛星）の選定を行う。具体的には、時計部 3 4 で計時されている現在時

50

刻において、所与の基準位置の天空に位置するGPS衛星を、予め取得したアルマナックや長期予測軌道データ等を用いて判定し、捕捉対象衛星とする。基準位置は、例えば電源投入後の初回の位置算出の場合には、サーバアシストによって取得した位置とし、2回目以降の位置算出の場合には、最新の算出位置とする。

【0047】

次いで、捕捉対象衛星それぞれについて、GPS衛星信号の捕捉を行う。すなわち、RF受信回路部21から出力されている受信信号に対して、当該捕捉対象衛星に対応するレプリカC/Aコードを用いた相関演算を行うことで、当該捕捉対象衛星を捕捉する。次いで、捕捉したGPS衛星信号に対するキャリア除去を行い、当該GPS衛星信号に含まれる航法メッセージの復号を行い、航法メッセージに含まれるエフェメリスを取得する。取得したエフェメリスは、当該GPS衛星の受信エフェメリス情報232として記憶部200に記憶される。

10

【0048】

準天頂衛星捕捉部120は、準天頂衛星信号の捕捉を行う。すなわち、GPS衛星捕捉部110によるGPS衛星の捕捉と同様に、RF受信回路部21から出力されている受信信号に対して、捕捉対象の準天頂衛星に対応するレプリカC/Aコードを用いた相関演算を行うことで、当該準天頂衛星を捕捉する。そして、捕捉した準天頂衛星信号に対するキャリア除去を行い、当該準天頂衛星信号に含まれる測位支援情報の復号を行う。取得した測位支援情報は、測位支援情報220として記憶部200に記憶される。

【0049】

座標変換行列生成部130は、測位支援情報220に含まれる地球姿勢パラメータ(EOP)を用いて、上式(4)のように定義される地球中心慣性(ECI)座標系と、地球中心地球固定(ECEF)座標系との座標変換行列Qを算出する。

20

【0050】

エフェメリス推定部140は、測位支援情報220をもとに、各GPS衛星3のエフェメリスを推定する。具体的には、測位支援情報220に含まれるGPS衛星の位置 r_0 及び速度 v_0 を、座標変換行列生成部130によって生成された座標変換行列Qを用いて、地球中心地球固定(ECEF)座標系から地球中心慣性(ECI)座標系に変換する。次いで、上式(3)の軌道関数 $r(t)$ に対して、座標変換後の位置 r_0 及び速度 v_0 を初期値とした数値積分を行って、衛星軌道を表す軌道関数 $r(t)$ を求める、そして、この軌道関数 $r(t)$ で表される衛星軌道に適合するエフェメリスを算出する。エフェメリスの算出は、例えば、規定のエフェメリスのパラメータ値に基づく衛星軌道と、軌道関数 $r(t)$ で表わされる衛星軌道との差を最小化させる数値計算(例えば、最小二乗法)によって求めることができる。但し、これ以外の方法であってもよいことは勿論である。そして、算出したエフェメリスは、該当するGPS衛星の推定エフェメリス情報233として記憶部200に記憶される。

30

【0051】

位置算出部150は、位置算出装置1の位置を算出する。具体的には、電源投入後は、初回位置算出として、捕捉対象のGPS衛星3それぞれの推定エフェメリス情報233を用いた位置算出を行う。その後、GPS衛星信号を継続して受信することで捕捉対象のGPS衛星それぞれのエフェメリスが完全に取得されると、それ以降は、受信エフェメリス情報232を用いた位置算出を行う。算出した位置は、例えば算出時刻と対応付けて、算出位置データ240として記憶部35に蓄積記憶される。

40

【0052】

記憶部200は、ROMやRAM等の記憶装置で実現され、処理部100がベースバンド処理回路部22を統合的に制御するためのシステムプログラムや、各種機能を実現するためのプログラムやデータ等を記憶しているとともに、処理部100の作業領域として用いられ、処理部100が各種プログラムに従って実行した演算結果が一時的に格納される。本実施形態では、ベースバンド処理プログラム210と、測位支援情報220と、個別衛星情報230と、算出位置データ240とが記憶される。

50

【 0 0 5 3 】

個別衛星情報 2 3 0 は、GPS 衛星 3 毎に生成され、該当する GPS 衛星 3 を識別する衛星 ID 2 3 1 と、受信エフェメリス情報 2 3 2 と、推定エフェメリス情報 2 3 3 と、メジャメント情報 2 3 4 とが含まれる。

【 0 0 5 4 】

[処理の流れ]

図 3 は、ベースバンド処理の流れを説明するフローチャートである。この処理は、処理部 1 0 0 が、ベースバンド処理プログラム 2 1 0 を実行することで実現される処理である。

【 0 0 5 5 】

まず、準天頂衛星捕捉部 1 2 0 が、準天頂衛星信号を捕捉し、捕捉した準天頂衛星信号に含まれる測位支援情報を取得する（ステップ A 1）。次いで、座標変換行列生成部 1 3 0 が、取得した地球姿勢パラメータ（EOP）を用いて、地球中心慣性（ECI）座標系と地球中心地球固定（ECF）座標系との座標変換行列 Q を生成する（ステップ A 3）。続いて、GPS 衛星捕捉部 1 1 0 が、捕捉対象とする GPS 衛星を選定する（ステップ A 5）。

【 0 0 5 6 】

そして、エフェメリス推定部 1 4 0 が、選定された捕捉対象衛星それぞれを対象とした軌道推定処理を並列的に行う。軌道推定処理では、まず、取得された捕捉支援情報に含まれる、該当する GPS 衛星の位置 r_0 及び速度 v_0 を、座標変換行列 Q を用いて座標変換する（ステップ A 7）。次いで、当該 GPS 衛星についての運動方程式を生成し（ステップ A 9）、この運動方程式に対して座標変換後の位置 r_0 及び速度 v_0 を初期値とした数値積分を行うことで、当該 GPS 衛星の予測される衛星軌道を算出する（ステップ A 11）。そして、予測した衛星軌道から推定エフェメリスを算出する（ステップ A 13）。

【 0 0 5 7 】

全ての捕捉対象衛星について、推定エフェメリスの算出を完了したならば（ステップ A 15：YES）、これらの推定エフェメリスを用いた位置算出を行って、位置算出装置 1 の位置を算出する（ステップ A 17）。具体的には、推定エフェメリスを用いて捕捉対象の GPS 衛星 3 の位置を特定し、この衛星位置と、受信した GPS 衛星信号に基づく擬似距離とから、位置算出装置 1 の現在位置を算出する。そして、算出した位置を、例えば表示部 3 2 に表示出力させる（ステップ A 19）。

【 0 0 5 8 】

続いて、捕捉対象衛星それぞれを対象とした捕捉処理を並列的に行う。捕捉処理では、該当する GPS 衛星信号を捕捉する（ステップ A 21）。次いで、捕捉した GPS 衛星のメジャメント情報（コード位相及び受信周波数）を取得し（ステップ A 23）、続いて、航法メッセージの復号を行う（ステップ A 25）。

【 0 0 5 9 】

捕捉対象衛星について航法メッセージの取得を完了したならば（ステップ A 27：YES）、これらの取得した航法メッセージに含まれるエフェメリスを用いた位置算出を行って、位置算出装置 1 の位置を算出する（ステップ A 29）。一方、航法メッセージの取得が未完了ならば（ステップ A 27：NO）、推定エフェメリスを用いた位置算出を行う（ステップ A 31）。そして、算出した位置を、例えば表示部 3 2 に表示出力させる（ステップ A 33）。

【 0 0 6 0 】

その後、処理部 1 0 0 は、処理を終了するか否かを判断し、終了しないならば（ステップ A 35：NO）、ステップ A 21 に戻る。処理を終了するならば（ステップ A 35：YES）、ベースバンド処理を終了する。

【 0 0 6 1 】

[作用効果]

このように、本実施形態の位置算出装置 1 は、エフェメリスを保有していない初回位置

10

20

30

40

50

算出時には、準天頂衛星 5 が発信する準天頂衛星信号に重畳されている測位支援情報を受信し、この測位支援情報に含まれる GPS 衛星 3 の位置及び速度をもとに GPS 衛星 3 の衛星軌道を予測し、予測した衛星軌道から推定したエフェメリスを用いた位置算出を行う。これにより、GPS 衛星 3 が発信する GPS 衛星信号からのエフェメリスの取得を待つことなく、準天頂衛星 5 から受信した測位支援情報を用いた位置算出を行うことができるため、初期位置算出時間 (TTFF) の短縮を図ることができる。

【0062】

[変形例]

なお、本発明の適用可能な実施形態は上述の実施形態に限定されることなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能なのは勿論である。

10

【0063】

(A) GPS 衛星の位置算出

上述の実施形態では、測位支援情報から GPS 衛星の衛星軌道 (軌道関数 $r(t)$) を求め、この衛星軌道を表すエフェメリスを推定することにした。しかし、衛星軌道 (軌道関数 $r(t)$) から GPS 衛星 3 の位置を直接求め、この衛星位置を用いて位置算出を行うことにしても良い。

【0064】

具体的には、図 4 のように、捕捉対象衛星について、予測される衛星軌道 (すなわち、衛星軌道を表す軌道関数 $r(t)$) を算出すると (ステップ A 1 1)、この予測軌道から、所与の時刻 t における当該 GPS 衛星の位置を算出する (ステップ B 1 3)。全ての捕捉対象衛星について衛星位置を算出したならば (ステップ B 1 5: YES)、これらの衛星位置を用いた位置算出を行って、所与の時刻 t における位置算出装置 1 の位置を算出する (ステップ B 1 7)。そして、算出した位置を、例えば表示部 3 2 に表示出力させる (ステップ B 1 9)。その後、処理部 1 0 0 は、処理を終了するか否かを判断し、終了しないならば (ステップ A 3 5: NO)、ステップ B 1 3 に戻る。処理を終了するならば (ステップ A 3 5: YES)、ベースバンド処理を終了する。

20

【0065】

この変形例によれば、予測軌道から推定エフェメリスを算出したり、GPS 衛星信号を継続受信してエフェメリスを取得する必要が無くなる。

【0066】

(B) 測位支援情報

また、上述の実施形態では、測位支援情報には、ある時刻 t_0 における位置 r_0 及び速度 v_0 という 1 つの位置情報と 1 つの速度情報とが含まれる例を挙げて説明したが、複数の時刻における位置情報及び速度情報を含んでいても良い。

30

【0067】

(C) 衛星測位システム

また、上述の実施形態では、GPS 衛星のエフェメリスを取得して位置算出を行う位置算出装置を例に挙げて説明したが、W A A S (Wide Area Augmentation System)、G L O N A S S (GLObal NAVigation Satellite System)、G A L I L E O 等の他の衛星測位システムとしても良い。

40

【0068】

(D) 人工衛星

また、上述の実施形態では、人工衛星を準天頂衛星としたが、静止衛星としてもよい。位置算出装置 1 の使用地域が赤道近傍の地域である場合には静止衛星が好適である。また、受信範囲が限られてしまうが、地球上 (地上) の装置で代用することとしても良いことは勿論である。例えば、図 5 に示すように、I M E S (Indoor MESSaging System) や、内部或いは外部に送信機能を備えたサーバー装置、携帯電話やデータ通信の基地局、等の地上通信装置 6 としてもよい。その場合、地上通信装置 6 は、上述の人工衛星と同一の送信方式 (送信プロトコルや送信周波数、変調方式など) で送信するように構成すれば好適である。異なる送信方式で送信する場合には、位置算出装置 1 に、当該送信方式に対応

50

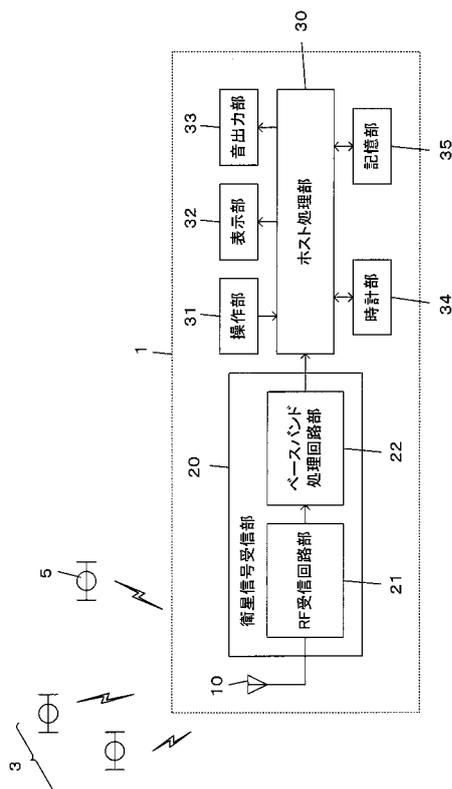
した受信機能を具備させる必要がある。

【符号の説明】

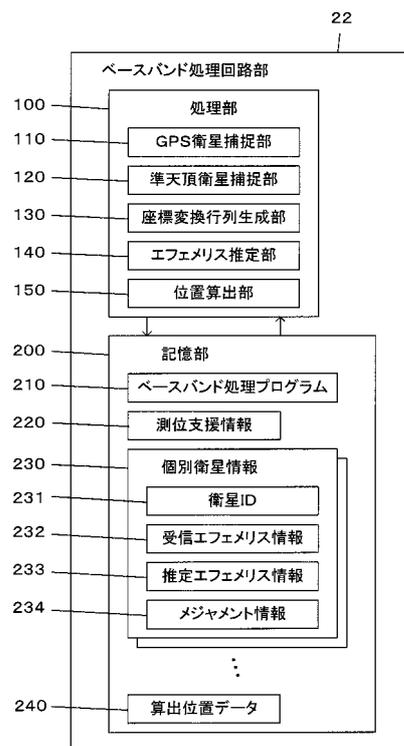
【0069】

- 1 位置算出装置、3 GPS衛星、5 準天頂衛星、10 衛星受信アンテナ、
- 20 衛星信号受信部、30 ホスト処理部、31 操作部、32 表示部、
- 33 音出力部、34 時計部、35 記憶部

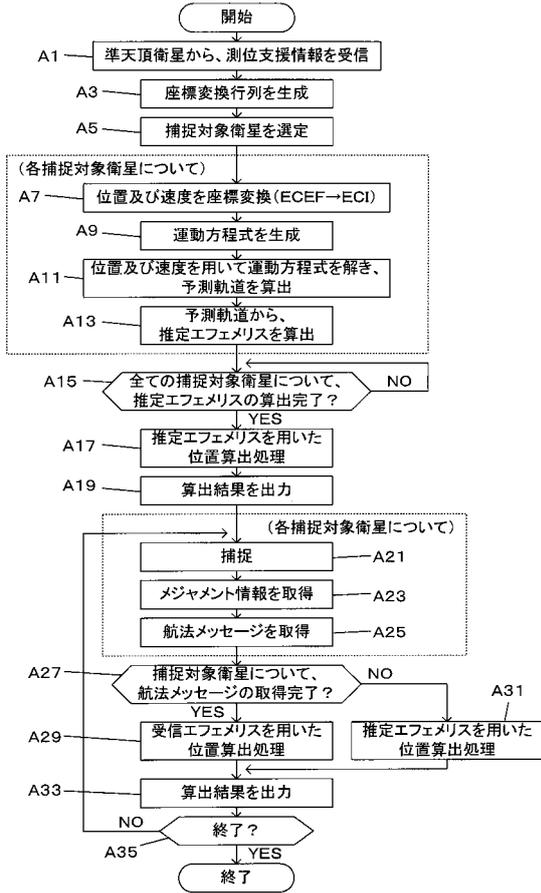
【図1】



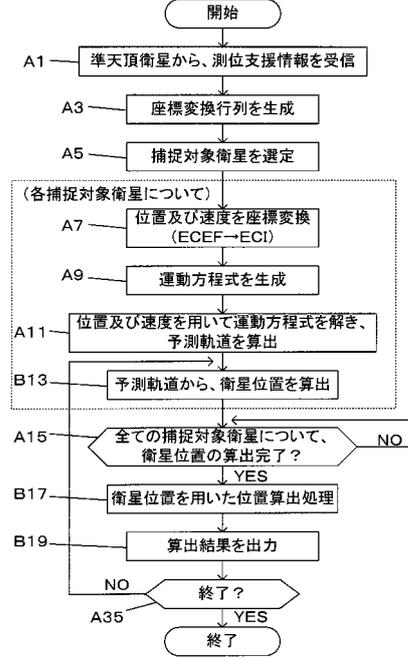
【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

