

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5228433号  
(P5228433)

(45) 発行日 平成25年7月3日(2013.7.3)

(24) 登録日 平成25年3月29日(2013.3.29)

(51) Int.Cl. F I  
GO 1 S 19/42 (2010.01) GO 1 S 19/42

請求項の数 8 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2007-267485 (P2007-267485)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成19年10月15日(2007.10.15)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2009-97897 (P2009-97897A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成21年5月7日(2009.5.7)	(74) 代理人	100095728
審査請求日	平成22年8月23日(2010.8.23)		弁理士 上柳 雅誉
		(74) 代理人	100107261
			弁理士 須澤 修
		(74) 代理人	100127661
			弁理士 宮坂 一彦
		(72) 発明者	渡辺 憲
			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	山下 雅人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 測位方法、プログラム、測位装置及び電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

測位装置が、

複数の測位用衛星から発信されている測位用信号を受信して最小二乗法を用いた第1の測位処理を行って現在位置を測位することと、

前記第1の測位処理の結果が、測位処理を移行する条件として予め定められた測位移行条件を満たすか否かを判定することと、

前記測位移行条件を満たすと判定された場合に、前記第1の測位処理を停止させ、複数の測位用衛星から発信されている測位用信号を受信してカルマンフィルタを用いた第2の測位処理を行って現在位置を測位することと、を含み、

前記第1の測位処理は、現在位置の測位の他に、前記測位装置の位置情報及び速度情報の誤差を算出する処理であり、

前記測位移行条件を満たすか否かの判定では、前記第1の測位処理において今回算出された誤差と前回算出された誤差とが所定の誤差同等条件を満たす場合に、前記測位移行条件を満たすと判定する測位方法。

【請求項2】

前記第2の測位処理は、現在位置の測位の他に、前記測位装置の位置情報及び速度情報の誤差の共分散を算出する処理であり、

前記誤差の共分散の初期値を、前記第1の測位処理において算出された誤差に基づいて設定することを更に含む、

10

20

請求項 1 に記載の測位方法。

【請求項 3】

前記第 2 の測位処理において算出された誤差の共分散が、所定の低誤差条件を満たすか否かを判定することと、

前記低誤差条件を満たさないと判定された場合に、前記第 2 の測位処理を停止させ、前記第 1 の測位処理を行うことと、

を更に含む請求項 2 に記載の測位方法。

【請求項 4】

前記第 2 の測位処理が最後に行われてからの経過時間が所定の測位移行時間に達したか否かを判定することと、

前記測位移行時間に達したと判定された場合に、前記第 2 の測位処理を停止させ、前記第 1 の測位処理を行うことと、

を更に含む請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の測位方法。

【請求項 5】

前記第 1 の測位処理から前記第 2 の測位処理へと測位処理が移行されて後、所定の安定条件が成立するまでの間は、時刻変化に伴う測位位置の変動が大きくなるように前記カルマンフィルタのフィルタ特性を変化させて前記第 2 の測位処理を行うことを更に含む請求項 1 ~ 4 の何れか一項に記載の測位方法。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載の測位方法を、測位装置に内蔵されたコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 7】

複数の測位用衛星から発信されている測位用信号を受信して最小二乗法を用いた第 1 の測位処理を行って現在位置を測位する第 1 の測位処理部と、

前記第 1 の測位処理の結果が、測位処理を移行する条件として予め定められた測位移行条件を満たすか否かを判定する測位移行条件判定部と、

前記測位移行条件を満たすと判定された場合に、前記第 1 の測位処理を停止させ、複数の測位用衛星から発信されている測位用信号を受信してカルマンフィルタを用いた第 2 の測位処理を行って現在位置を測位する第 2 の測位処理部と、を備え、

前記第 1 の測位処理部が、前記第 1 の測位処理において、現在位置の測位の他に、位置情報及び速度情報の誤差を算出し、

前記測位移行条件判定部が、前記測位移行条件を満たすか否かの判定では、前記第 1 の測位処理において今回算出された誤差と前回算出された誤差とが所定の誤差同等条件を満たす場合に、前記測位移行条件を満たすと判定する測位装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の測位装置を備えた電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、測位方法、プログラム、測位装置及び電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

人工衛星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測位装置に利用されている。GPS では、自機の位置を示す 3 次元の座標値と、時計誤差との 4 つのパラメータの値を、複数の GPS 衛星の位置や各 GPS 衛星から自機までの擬似距離等の情報に基づいて求める測位演算を行うことで、自機の現在位置を測位する。

【0003】

しかし、GPS による測位では、いわゆるマルチパスによる影響等、種々の誤差要因が存在しており、測位誤差の発生を回避することが困難であるため、測位誤差を低減させる

10

20

30

40

50

ための様々な技術が考案されている。その一例として、特許文献1には、カルマンフィルタを用いた測位処理に関する技術が開示されている。

【特許文献1】特開2001-337156号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

カルマンフィルタを用いた測位処理では、1時刻前の測位位置からの相対移動距離を推測して現在の測位位置を求める手順を繰り返して測位を行うが、最初に初期位置を設定する必要がある。特許文献1に開示されている技術では、例えば最小二乗法を用いた測位処理で得られた測位位置を初期位置として設定することにしている。

10

【0005】

しかし、最小二乗法を用いた測位処理で得られた測位位置が、測位装置の真位置から大きく離れているような場合、カルマンフィルタを用いた測位処理では、その大きく離れた位置からの相対移動距離を推測して測位位置を求めるため、測位精度が低下するという問題があった。

【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の発明は、測位装置が、複数の測位用衛星から発信されている測位用信号を受信して最小二乗法を用いた第1の測位処理を行って現在位置を測位することと、前記第1の測位処理の結果が、測位処理を移行する条件として予め定められた測位移行条件を満たすか否かを判定することと、前記測位移行条件を満たすと判定された場合に、前記第1の測位処理を停止させ、複数の測位用衛星から発信されている測位用信号を受信してカルマンフィルタを用いた第2の測位処理を行って現在位置を測位することを含む測位方法である。

20

【0008】

また、第9の発明として、複数の測位用衛星から発信されている測位用信号を受信して最小二乗法を用いた第1の測位処理を行って現在位置を測位する第1の測位処理部と、前記第1の測位処理の結果が、測位処理を移行する条件として予め定められた測位移行条件を満たすか否かを判定する測位移行条件判定部と、前記測位移行条件を満たすと判定された場合に、前記第1の測位処理を停止させ、複数の測位用衛星から発信されている測位用信号を受信してカルマンフィルタを用いた第2の測位処理を行って現在位置を測位する第2の測位処理部とを備えた測位装置を構成してもよい。

30

【0009】

この第1の発明等によれば、複数の測位用衛星から発信されている測位用信号を受信して最小二乗法を用いた第1の測位処理を行って現在位置が測位される。そして、第1の測位処理の結果が、測位処理を移行する条件として予め定められた測位移行条件を満たすか否かが判定され、満たすと判定された場合に、第1の測位処理を停止させ、複数の測位用衛星から発信されている測位用信号を受信してカルマンフィルタを用いた第2の測位処理を行って現在位置が測位される。

40

【0010】

第1の測位処理において信頼性の高い測位位置が得られた時点で、測位移行条件を満たしたものと判定して第2の測位処理へと移行することで、信頼性の低い測位位置が第2の測位処理に用いられることがなくなり、測位精度が低下することが防止される。

【0011】

第2の発明は、第1の発明の測位方法であって、前記測位移行条件を満たすかの判定では、前記第1の測位処理による現在位置の測位の連続回数が所定の測位移行回数に達した場合に、前記測位移行条件を満たしたと判定する測位方法である。

【0012】

50

また、第10の発明として、第9の発明の測位装置であって、前記測位移行条件判定部が、前記測位移行条件を満たすかの判定では、前記第1の測位処理による現在位置の測位の連続回数が所定の測位移行回数に達した場合に、前記測位移行条件を満たしたと判定する測位装置を構成してもよい。

【0013】

この第2の発明等によれば、第1の測位処理による現在位置の測位の連続回数が所定の測位移行回数に達した場合に、測位移行条件を満たしたと判定される。第1の測位処理をある程度の回数繰り返し実行することで、信頼性の高い測位位置が得られる可能性が高まる。

【0014】

第3の発明は、第1又は第2の発明の測位方法であって、前記第1の測位処理は、現在位置の測位の他に、前記測位装置の位置情報及び速度情報の誤差を算出する処理であり、前記測位移行条件を満たすかの判定では、前記第1の測位処理において今回算出された誤差と前回算出された誤差とが所定の誤差同等条件を満足する場合に、前記測位移行条件を満たしたと判定する測位方法である。

【0015】

また、第11の発明として、第9又は第10の発明の測位装置であって、前記第1の測位処理部が、前記第1の測位処理において、現在位置の測位の他に、位置情報及び速度情報の誤差を算出し、前記測位移行条件判定部が、前記測位移行条件を満たすかの判定では、前記第1の測位処理において今回算出された誤差と前回算出された誤差とが所定の誤差同等条件を満足する場合に、前記測位移行条件を満たしたと判定する測位装置を構成してもよい。

【0016】

この第3の発明等によれば、第1の測位処理では、測位装置の位置情報及び速度情報の誤差が算出され、今回算出された誤差と前回算出された誤差とが所定の誤差同等条件を満たした場合に、測位移行条件を満たしたと判定される。位置情報及び速度情報の誤差が今回測位時と前回測位時とで同等であれば、今回の測位位置は信頼性の高いものである可能性が高い。

【0017】

第4の発明は、第3の発明の測位方法であって、前記第2の測位処理は、現在位置の測位の他に、前記測位装置の位置情報及び速度情報の誤差の共分散を算出する処理であり、前記誤差の共分散の初期値を、前記第1の測位処理において算出された誤差に基づいて設定することを更に含む測位方法である。

【0018】

また、第12の発明として、第11の発明の測位装置であって、前記第2の測位処理部が、前記第2の測位処理において、現在位置の測位の他に、位置情報及び速度情報の誤差の共分散を算出し、前記誤差の共分散の初期値を、前記第1の測位処理において算出された誤差に基づいて設定する誤差共分散初期値設定部を更に備えた測位装置を構成してもよい。

【0019】

この第4の発明等によれば、第2の測位処理では、測位装置の位置情報及び速度情報の誤差の共分散が算出されるが、この誤差の共分散の初期値が、第1の測位処理において算出された誤差に基づいて設定される。これにより、実環境に合った誤差の共分散の初期値が設定されることになり、第2の測位処理の測位精度が向上する。

【0020】

第5の発明は、第4の発明の測位方法であって、前記第2の測位処理において算出された誤差の共分散が、所定の低誤差条件を満たすか否かを判定することと、前記低誤差条件を満たさないと判定された場合に、前記第2の測位処理を停止させ、前記第1の測位処理を行うこととを更に含む測位方法である。

【0021】

10

20

30

40

50

また、第13の発明として、第12の発明の測位装置であって、前記第2の測位処理において算出された誤差の共分散が、所定の低誤差条件を満たすか否かを判定する低誤差条件判定部を備え、前記第1の測位処理部が、前記低誤差条件を満たさないと判定された場合に、前記第2の測位処理を停止させ、前記第1の測位処理を行う測位装置を構成してもよい。

【0022】

この第5の発明等によれば、第2の測位処理において算出された誤差の共分散が、所定の低誤差条件を満たすか否かが判定され、満たさないと判定された場合に、第2の測位処理を停止させ、第1の測位処理が行われる。従って、第2の測位処理で精度の低い測位位置が得られた時点で、第1の測位処理へと移行される。

10

【0023】

第6の発明は、第1～第5の何れかの発明の測位方法であって、前記第2の測位処理が最後に行われてからの経過時間が所定の測位移行時間に達したか否かを判定することと、前記測位移行時間に達したと判定された場合に、前記第2の測位処理を停止させ、前記第1の測位処理を行うこととを更に含む測位方法である。

【0024】

また、第14の発明として、第9～第13の何れかの発明の測位装置であって、前記第2の測位処理が最後に行われてからの経過時間が所定の測位移行時間に達したか否かを判定する測位移行時間判定部を備え、前記第1の測位処理部が、前記測位移行時間に達したと判定された場合に、前記第2の測位処理を停止させ、前記第1の測位処理を行う測位装置を構成してもよい。

20

【0025】

この第6の発明等によれば、第2の測位処理が最後に行われてからの経過時間が所定の測位移行時間に達したか否かが判定され、達したと判定された場合に、第2の測位処理を停止させ、第1の測位処理が行われる。従って、第2の測位処理が一定時間行われなかった場合に、第1の測位処理へと移行される。

【0026】

また、第7の発明として、第1～第6の何れかの発明の測位方法であって、前記第1の測位処理から前記第2の測位処理へと測位処理が移行されて後、所定の安定条件が成立するまでの間は、時刻変化に伴う測位位置の変動が大きくなるように前記カルマンフィルタのフィルタ特性を変化させて前記第2の測位処理を行うことを更に含む測位方法を構成してもよい。

30

【0027】

この第7の発明によれば、第1の測位処理から第2の測位処理へと測位処理が移行されて後、所定の安定条件が成立するまでの間は、時刻変化に伴う測位位置の変動が大きくなるようにカルマンフィルタのフィルタ特性を変化させる。第1の測位処理で得られた測位位置は精度が低い可能性があるため、第2の測位処理に移行してから暫くの間は、時刻変化に伴う測位位置の変動を大きくすることで、測位位置が真位置に近づき易くなるようにする。

【0028】

また、第8の発明として、第1～第7の何れかの発明の測位方法を、測位装置に内蔵されたコンピュータに実行させるためのプログラムを構成してもよいし、さらには、第15の発明として、第9～第14の何れかの発明の測位装置を備えた電子機器を構成してもよい。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

以下、図面を参照して、本発明に好適な実施形態の一例を説明する。尚、以下では、測位装置を備えた電子機器として携帯型電話機を例に挙げ、測位システムとしてGPSを用いた場合について説明するが、本発明を適用可能な実施形態がこれに限定されるわけではない。

50

## 【 0 0 3 0 】

## 1. 原理

携帯型電話機 1 は、測位用衛星である G P S 衛星から発信（送出）されている測位用信号としての G P S 衛星信号を受信し、受信した G P S 衛星信号に重畳されている G P S 衛星の軌道情報（エフェメリスデータやアルマナックデータ）等の航法メッセージに基づいて、G P S 衛星の位置、移動方向、速度等の衛星情報を算出する。G P S 衛星信号は、C / A（Coarse and Acquisition）コードと呼ばれるスペクトラム拡散変調された信号であり、1.57542 [ G H z ] を搬送波周波数とする L 1 帯の搬送波に重畳されている。

## 【 0 0 3 1 】

尚、G P S 衛星は、6 つの周回軌道面それぞれに 4 機ずつ配置され、原則、地球上のどこからでも常時 4 機以上の衛星が幾何学的配置のもとで観測できるように運用されている。以下では、捕捉した G P S 衛星信号を発信した G P S 衛星を、他の G P S 衛星と区別するために「捕捉衛星」と称する。

10

## 【 0 0 3 2 】

また、携帯型電話機 1 は、内蔵している水晶時計により特定される G P S 衛星信号の受信時刻と、当該受信した G P S 衛星信号の G P S 衛星からの送信時刻との差に基づいて、捕捉衛星から自機までの電波伝搬時間を計算する。そして、計算した電波伝搬時間に光速を乗算することで、捕捉衛星から自機までの距離（疑似距離）を計算する。

## 【 0 0 3 3 】

携帯型電話機 1 は、自機の位置を示す 3 次元の座標値と、時計誤差との 4 つのパラメータの値を、複数の捕捉衛星の衛星情報や各捕捉衛星から自機までの距離（疑似距離）等の情報に基づいて算出する測位演算を行うことで、自機の現在位置を測位する。

20

## 【 0 0 3 4 】

本実施形態では、携帯型電話機 1 は、最小二乗法を用いた測位処理（以下、「L S（Least Square）測位処理」と称す。）と、カルマンフィルタを用いた測位処理（以下、「K F（Kalman Filter）測位処理」と称す。）とを相互に切り替えながら、現在位置を測位する。L S 測位処理は周知の処理であるため説明を省略し、ここでは本実施形態における K F 測位処理について詳細に説明する。

## 【 0 0 3 5 】

カルマンフィルタは、誤差を含む観測値を利用して、時々刻々と変化する状態量を推定する確率理論に基づく推定方法である。本実施形態では、携帯型電話機 1 の状態を状態ベクトル「X」で表し、状態ベクトル「X」と真値との誤差の共分散を誤差共分散行列「P」で表す。

30

## 【 0 0 3 6 】

状態ベクトル「X」は、携帯型電話機 1 の 3 次元の位置ベクトル（ $x, y, z$ ）、クロックバイアス（ $b$ ）、3 次元の速度ベクトル（ $u, v, w$ ）及びクロックドリフト（ $d$ ）を成分とする 8 次元のベクトルである。また、誤差共分散行列「P」は、状態ベクトル「X」の各成分の誤差の共分散を示す  $8 \times 8$  の行列である。

## 【 0 0 3 7 】

K F 測位処理では、状態ベクトル「X」及び誤差共分散行列「P」の予測処理（Prediction）及び補正処理（Correction）を行う。以下説明においては、この計算処理上の時間経過（計算処理上の所定時間間隔）を表す単位を「1 時刻」と称し、時刻 1 つ 1 つを進めながら、各時刻毎に携帯型電話機 1 の現在位置を測位する。

40

## 【 0 0 3 8 】

図 1 は、本実施形態における K F 測位処理の流れを示すフローチャートである。

先ず、携帯型電話機 1 の速度を予測する速度予測処理を行う（ステップ A 1）。具体的には、式（1）及び式（2）に従って、現在の状態ベクトル「X」及び誤差共分散行列「P」の予測値を算出する。

【数 1】

$$X_t^- = X_{t-1}^+ \cdots (1)$$

【数 2】

$$P_t^- = \phi_t P_{t-1}^+ \phi_t^T + Q_{t-1} \cdots (2)$$

【0039】

ここで、各式における下付きの添え字「t」は時刻を示しており、上付きの添え字「-」は予測値、「+」は補正值、「T」は転置行列をそれぞれ示している。また、「 $\phi$ 」は状態遷移行列と呼ばれる $8 \times 8$ の行列であり、「Q」は、プロセスノイズと呼ばれる $8 \times 8$ の行列である。状態遷移行列「 $\phi$ 」及びプロセスノイズ「Q」の行と列の並びは、状態ベクトル「X」の8次元の成分(x, y, z, b, u, v, w, d)にそれぞれ対応している。

10

【0040】

本実施形態では、次式(3)で表される状態遷移行列「 $\phi$ 」を用いて計算を行う。

【数 3】

$$\phi = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & dt & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & dt & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & dt & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & dt \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdots (3)$$

20

30

但し、「dt」は、前回のKF測位処理時の時刻と現在(今回)の時刻との時刻差である。

【0041】

式(1)からわかるように、速度予測処理では、1時刻前の状態ベクトル「X」の補正值を現在の状態ベクトル「X」の予測値とする。すなわち、携帯型電話機1の現在の速度が、1時刻前に求められた速度と同一であると予測する。速度予測処理を行った後、予測速度を補正する速度補正処理を行う(ステップA3)。

40

【0042】

図2は、速度補正処理の流れを示すフローチャートである。

速度補正処理では、各捕捉衛星について、ループAの処理を繰り返し実行する(ステップB1~B19)。ループAでは、先ず当該捕捉衛星からのGPS衛星信号を受信した受信周波数を取得して、受信周波数に関する実測値(以下、受信したGPS衛星信号に関する実測値のことを「メジャメント実測値」と称す。)とする(ステップB3)。

【0043】

GPS衛星信号の周波数は、1.57542 [GHz]に規定されているが、GPS衛星と携帯型電話機1との相対的な移動方向・移動速度の変化に応じて携帯型電話機1での受信周波数が変化する。この周波数偏移がいわゆるドップラー周波数であり、受信周波数

50

はドップラー周波数による偏移後の周波数である。

【 0 0 4 4 】

また、当該捕捉衛星の位置、移動方向及び速度の情報（衛星情報）と、状態ベクトル「 $X$ 」の予測値から得られる携帯型電話機 1 の位置、移動方向及び速度の情報（以下、包括的に「自機情報」と称す。）とに基づいて、当該 GPS 衛星信号の受信周波数を予測して、受信周波数に関する予測値（以下、メジャメント実測値を予測した値のことを「メジャメント予測値」と称す。）とする（ステップ B 5）。

【 0 0 4 5 】

次いで、当該捕捉衛星の衛星情報と自機情報とに基づいて、携帯型電話機 1 から当該捕捉衛星への視線方向を示す視線方向行列「 $H$ 」を算出する（ステップ B 7）。また、カルマンフィルタの入力値とする観測値「 $Z$ 」の測定誤差を示す行列として、所定の測定誤差行列「 $R$ 」を設定する（ステップ B 9）。そして、受信周波数に関して、ステップ B 3 で取得したメジャメント実測値と、ステップ B 5 で算出したメジャメント予測値との差を算出して、当該捕捉衛星の観測値「 $Z$ 」とする（ステップ B 1 1）。

10

【 0 0 4 6 】

GPS 衛星信号の受信周波数の実測値と予測値との差をカルマンフィルタの入力値とすることで、状態ベクトル「 $X$ 」の 3 次元の速度ベクトル（ $u, v, w$ ）及びクロックドリフト（ $d$ ）の変化量を求めることができる。尚、この場合、状態ベクトル「 $X$ 」の 3 次元の位置ベクトル（ $x, y, z$ ）及びクロックバイアス（ $b$ ）の変化量は「0」である。

【 0 0 4 7 】

次いで、速度予測処理で算出された誤差共分散行列「 $P$ 」の予測値と、視線方向行列「 $H$ 」と、測定誤差行列「 $R$ 」とを用いて、次式（4）に従ってカルマンゲイン「 $K$ 」を算出する（ステップ B 1 3）。

20

【数 4】

$$K_t = P_t^- H_t^T (H_t P_t^- H_t^T + R_t)^{-1} \cdots (4)$$

【 0 0 4 8 】

そして、カルマンゲイン「 $K$ 」と、観測値「 $Z$ 」と、視線方向行列「 $H$ 」とを用いて、次式（5）に従って状態ベクトルの差分「 $\Delta X$ 」を算出する（ステップ B 1 5）。

30

【数 5】

$$\Delta X_t = \Delta X_t + K_t (Z_t - H_t \Delta X_t) \cdots (5)$$

【 0 0 4 9 】

また、カルマンゲイン「 $K$ 」と、視線方向行列「 $H$ 」と、誤差共分散行列「 $P$ 」の予測値とを用いて、次式（6）に従って誤差共分散行列「 $P$ 」を補正する（ステップ B 1 7）。

【数 6】

$$P_t^+ = (I - K_t H_t) P_t^- \cdots (6)$$

40

但し、「 $I$ 」は単位行列である。

【 0 0 5 0 】

ステップ B 3 ~ B 1 7 の処理を全捕捉衛星について順次行い、状態ベクトルの差分「 $\Delta X$ 」及び誤差共分散行列「 $P$ 」を更新していく。そして、次式（7）に従って、速度予測処理で算出された状態ベクトル「 $X$ 」の予測値に、状態ベクトルの差分「 $\Delta X$ 」を加算して状態ベクトル「 $X$ 」を補正することで、携帯型電話機 1 の速度を決定する（ステップ B 2 1）。

【数 7】

$$X_t^+ = X_t^- + \Delta X_t \cdots (7)$$

50

## 【 0 0 5 1 】

ステップ B 2 1 で得られた状態ベクトル「 X 」は、3次元の速度ベクトル ( u , v , w ) 及びクロックドリフト ( d ) が、それぞれ予測値から補正されたものとなっている。これは、上述したように、GPS衛星信号の受信周波数に関するメジャメント実測値とメジャメント予測値との差を観測値「 Z 」として、状態ベクトルの差分「 X 」を算出したことによるものである。補正後の状態ベクトル「 X 」の3次元の速度ベクトル ( u , v , w ) で表される速度が、現在の時刻の速度となる。

## 【 0 0 5 2 】

図 1 の K F 測位処理に戻って、速度補正処理を行った後、携帯型電話機 1 の位置を予測する位置予測処理を行う ( ステップ A 5 ) 。具体的には、次式 ( 8 ) に従って、速度補正処理で求められた状態ベクトル「 X 」の補正值に状態遷移行列「  $\phi$  」を乗算することで、状態ベクトル「 X 」の予測値を算出する。

10

## 【 数 8 】

$$X_t^- = \phi X_t^+ \dots (8)$$

## 【 0 0 5 3 】

式 ( 3 ) からわかるように、状態遷移行列「  $\phi$  」のうち、3次元の速度ベクトル ( u , v , w ) に対応する 3 × 3 の行列部分の対角成分は、前回の時刻と現在の時刻との時刻差「 d t 」となっている。従って、状態ベクトル「 X 」の補正值に状態遷移行列「  $\phi$  」を乗算した場合、その位置成分に着目すると、1時刻前の測位位置に予測移動距離が加算されることになり、携帯型電話機 1 の現在の予測位置が算出される。位置予測処理を行った後、予測位置を補正する位置補正処理を行う ( ステップ A 7 ) 。

20

## 【 0 0 5 4 】

図 3 は、位置補正処理の流れを示すフローチャートである。

位置補正処理の流れは速度補正処理の流れとほぼ同一であるため、異なる部分を中心に説明する。位置補正処理では、当該捕捉衛星から受信した GPS 衛星信号のコード位相を取得してコード位相に関するメジャメント実測値とし ( ステップ C 3 ) 、当該 GPS 衛星信号のコード位相を予測してコード位相に関するメジャメント予測値とする ( ステップ C 5 ) 。そして、このコード位相に関するメジャメント実測値とメジャメント予測値との差を算出して、カルマンフィルタの入力値である観測値「 Z 」とする ( ステップ C 1 1 ) 。

30

## 【 0 0 5 5 】

ここで、コード位相とは、GPS衛星信号に変調されている C / A コードの位相のことである。観念的には、GPS衛星と携帯型電話機 1 との間には、C / A コードが連続的に並んでいると考えることができるが、GPS衛星から携帯型電話機 1 までの距離が C / A コードの長さの整数倍になるとは限らない。この場合、C / A コードの長さの整数倍に端数部分を加えた長さが GPS 衛星と携帯型電話機 1 間の距離になるが、この端数部分に相当する位相がコード位相である。

## 【 0 0 5 6 】

GPS衛星信号のコード位相に関するメジャメント実測値とメジャメント予測値との差をカルマンフィルタの入力値とすることで、状態ベクトル「 X 」の3次元の位置ベクトル ( x , y , z ) 及びクロックバイアス ( b ) の変化量を求めることができる。尚、この場合、3次元の速度ベクトル ( u , v , w ) 及びクロックドリフト ( d ) の変化量は「 0 」である。

40

## 【 0 0 5 7 】

ステップ C 3 ~ C 1 7 の処理を全捕捉衛星について順次行い、状態ベクトルの差分「 X 」及び誤差共分散行列「 P 」を更新していく。そして、式 ( 7 ) に従って、位置予測処理で算出された状態ベクトル「 X 」の予測値に、状態ベクトルの差分「 X 」を加算して状態ベクトル「 X 」を補正することで、携帯型電話機 1 の測位位置を決定する ( ステップ C 2 1 ) 。

50

## 【 0 0 5 8 】

ステップ C 2 1 で得られた状態ベクトル「 X 」は、3次元の位置ベクトル ( x , y , z ) 及びクロックバイアス ( b ) が、それぞれ予測値から補正されたものとなっている。これは、上述したように、GPS 衛星信号のコード位相の実測値と予測値との差を観測値「 Z 」として、状態ベクトルの差分「 X 」を算出したことによるものである。補正後の状態ベクトル「 X 」の3次元の位置ベクトル ( x , y , z ) で表される位置が、最終的に求めた現在の時刻における測位位置となる。

## 【 0 0 5 9 】

次に、LS 測位処理とKF 測位処理とを切り替える原理について説明する。本実施形態では、測位処理において、携帯型電話機 1 の位置、クロックバイアス、速度及びクロックドリフトのそれぞれの誤差を示す値 ( 以下、それぞれ「位置 値」、「クロックバイアス 値」、「速度 値」及び「クロックドリフト 値」と称し、これらを包括して「 値」と称す。 ) を算出し、当該 値に基づいて測位処理を切り替える。

10

## 【 0 0 6 0 】

値の算出方法について説明する。携帯型電話機 1 の3次元の位置ベクトル ( x , y , z ) 及びクロックバイアス ( b ) の視線方向行列「 H 」に、小さな変動「 r 」があった時、位置及びクロックバイアスを成分とするベクトル ( x , y , z , s ) に与える影響「 X 」と、視線方向行列「 H 」と、変動「 r 」との間には、次式 ( 9 ) のような関係が成立する。

## 【 数 9 】

$$H\delta X = \delta r \quad \dots (9)$$

20

## 【 0 0 6 1 】

視線方向行列「 H 」の逆行列を用いて式 ( 9 ) から「 X 」を求めると、次式 ( 1 0 ) のようになる。

## 【 数 1 0 】

$$\delta X = H^{-1} \delta r \quad \dots (10)$$

## 【 0 0 6 2 】

このとき、誤差伝播の法則を用いて「 X 」の共分散行列「 cov ( X ) 」を求めると、次式 ( 1 1 ) のようになる。

## 【 数 1 1 】

$$\text{cov}(\delta X) = H^{-1} \text{cov}(\delta r)(H^{-1})^T \quad \dots (11)$$

30

## 【 0 0 6 3 】

ここで、「 r 」の各成分の間に相関がなく、測定誤差の分散が「  $\sigma^2$  」と表されるものとする、次式 ( 1 2 ) が成立する。

## 【 数 1 2 】

$$\text{cov}(\delta r) = \sigma^2 I \quad \dots (12)$$

40

## 【 0 0 6 4 】

従って、式 ( 1 2 ) を式 ( 1 1 ) に代入することで、次式 ( 1 3 ) を得ることができる。

。

【数 1 3】

$$\begin{aligned} \text{cov}(\delta X) &= H^{-1} \sigma^2 I (H^{-1})^T \\ &= \sigma^2 (H^T H)^{-1} \\ &= \begin{bmatrix} \sigma_{xx}^2 & \sigma_{xy}^2 & \sigma_{xz}^2 & \sigma_{xs}^2 \\ \sigma_{yx}^2 & \sigma_{yy}^2 & \sigma_{yz}^2 & \sigma_{ys}^2 \\ \sigma_{zx}^2 & \sigma_{zy}^2 & \sigma_{zz}^2 & \sigma_{zs}^2 \\ \sigma_{sx}^2 & \sigma_{sy}^2 & \sigma_{sz}^2 & \sigma_{ss}^2 \end{bmatrix} \cdots (13) \end{aligned}$$

10

【0065】

このとき、位置値「 $P$ 」及びクロックバイアス値「 $B$ 」は、共分散行列「 $\text{cov}(X)$ 」の成分を用いて、次式(14)、(15)に従ってそれぞれ算出することができる。

【数 1 4】

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 + \sigma_{zz}^2} \cdots (14)$$

20

【数 1 5】

$$\sigma_B = \sqrt{\sigma_{ss}^2} \cdots (15)$$

【0066】

速度値及びクロックドリフト値についても、同様にして算出することができる。すなわち、携帯電話機1の3次元の速度ベクトル( $u, v, w$ )及びクロックドリフト( $d$ )の視線方向行列「 $H$ 」を用いて上記と同様の計算を行い、小さな変動「 $r$ 」が、速度及びクロックドリフトを成分とするベクトル( $u, v, w, d$ )に与える影響「 $X$ 」の共分散行列「 $\text{cov}(X)$ 」を求めると、次式(16)のようになる。

30

【数 1 6】

$$\begin{aligned} \text{cov}(\delta X) &= H^{-1} \sigma^2 I (H^{-1})^T \\ &= \sigma^2 (H^T H)^{-1} \\ &= \begin{bmatrix} \sigma_{uu}^2 & \sigma_{uv}^2 & \sigma_{uw}^2 & \sigma_{ud}^2 \\ \sigma_{vu}^2 & \sigma_{vv}^2 & \sigma_{vw}^2 & \sigma_{vd}^2 \\ \sigma_{wu}^2 & \sigma_{wv}^2 & \sigma_{ww}^2 & \sigma_{wd}^2 \\ \sigma_{du}^2 & \sigma_{dv}^2 & \sigma_{dw}^2 & \sigma_{dd}^2 \end{bmatrix} \cdots (16) \end{aligned}$$

40

【0067】

このとき、速度値「 $V$ 」及びクロックドリフト値「 $D$ 」は、共分散行列「 $\text{cov}(X)$ 」の成分を用いて、次式(17)、(18)に従ってそれぞれ算出することがで

50

きる。

【数 17】

$$\sigma_V = \sqrt{\sigma_{uu}^2 + \sigma_{vv}^2 + \sigma_{ww}^2} \cdots (17)$$

【数 18】

$$\sigma_D = \sqrt{\sigma_{dd}^2} \cdots (18)$$

【0068】

本実施形態では、LS測位処理による現在位置の測位の連続回数が所定回数（例えば「20回」）に達しており、且つ、LS測位処理において今回算出された値と前回算出された値とが所定の誤差同等条件を満たす場合に、LS測位処理からKF測位処理へと処理を移行する。

10

【0069】

具体的には、位置値、クロックバイアス値、速度値及びクロックドリフト値のそれぞれについて、今回のLS測位処理で算出された値と、前回のLS測位処理で算出された値との差分を算出する。そして、算出した値の差分を、4種類の値それぞれについて予め定められた閾値と比較し、全ての値の差分が閾値を超えなかった場合に（閾値を超えた値の差分が1つも存在しなかった場合に）、誤差同等条件を満たすものと判定する。

20

【0070】

前回と今回のLS測位処理における位置、クロックバイアス、速度及びクロックドリフトのそれぞれの誤差が同等であれば、今回のLS測位処理で得られた測位位置は信頼性の高いものである可能性が高い。そこで、LS測位処理をある程度の回数連続して実行した後、誤差同等条件が満たされた時点で、KF測位処理へと移行することになっている。

【0071】

KF測位処理へと移行した後、KF測位処理で得られた誤差共分散行列「P」が所定の低誤差条件を満たしている間は、KF測位処理を続行する。具体的には、誤差共分散行列「P」のうち、3次元の位置ベクトル（x, y, z）に対応する3×3の行列部分の各成分が、それぞれ所定の閾値を超えていない場合は、低誤差条件を満たすものと判定する。一方、閾値を超えた成分が1つでも存在する場合は、低誤差条件を満たさないものと判定して、LS測位処理へと処理を移行する。

30

【0072】

## 2. 機能構成

図4は、携帯型電話機1の機能構成を示すブロック図である。携帯型電話機1は、GPSアンテナ10と、GPS受信部20と、TCXO（Temperature Compensated Crystal Oscillator）40と、ホストCPU（Central Processing Unit）50と、操作部60と、表示部70と、携帯電話用アンテナ80と、携帯電話用無線通信回路部90と、ROM（Read Only Memory）100と、RAM（Random Access Memory）110とを備えて構成される。

40

【0073】

GPSアンテナ10は、GPS衛星から発信されているGPS衛星信号を含むRF信号を受信するアンテナであり、受信した信号をGPS受信部20に出力する。

【0074】

GPS受信部20は、GPSアンテナ10から出力された信号に基づいて携帯型電話機1の現在位置を測位する測位部であり、いわゆるGPS受信機に相当する機能ブロックである。GPS受信部20は、RF（Radio Frequency）受信回路部21と、ベースバンド処理回路部30とを備えて構成される。尚、RF受信回路部21と、ベースバンド処理回路部30とは、それぞれ別のLSI（Large Scale Integration）として製造することも

50

、 1チップとして製造することも可能である。

【 0 0 7 5 】

R F 受信回路部 2 1 は、高周波信号 ( R F 信号 ) の回路ブロックであり、 T C X O 4 0 により生成された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、 G P S 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」と称す。 ) 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 3 0 に出力する。

【 0 0 7 6 】

ベースバンド処理回路部 3 0 は、 R F 受信回路部 2 1 から出力された I F 信号に対して 10  
 相関処理等を行って G P S 衛星信号を捕捉・抽出し、データを復号して航法メッセージや時刻情報等を取り出して測位演算を行う回路部である。ベースバンド処理回路部 3 0 は、衛星捕捉・追尾部 3 1 と、プロセッサとしての C P U 3 3 と、メモリとしての R O M 3 5 及び R A M 3 7 とを備えて構成される。尚、本実施形態においては現在位置の測位演算そのものは C P U 3 3 で実行することとして説明するが、 C P U 3 3 で実行する処理全てをホスト C P U 5 0 で実行することとしてもよいのは勿論である。

【 0 0 7 7 】

衛星捕捉・追尾部 3 1 は、 R F 受信回路部 2 1 から出力された I F 信号から、 G P S 衛星信号の捕捉・追尾を行う回路部であり、 G P S 衛星信号の捕捉・追尾により得られた受信周波数やコード位相に関する情報を、メジャメント実測値として C P U 3 3 に出力する 20  
 。

【 0 0 7 8 】

G P S 衛星信号の捕捉は、擬似的に発生させた拡散符合 ( レプリカ C / A コード ) と I F 信号との相関値を算出し、最も振幅が大きい周波数成分及び位相成分を抽出する相関処理によって実現する。また、 G P S 衛星信号の追尾は、例えば遅延ロックループ ( D L L ( Delay Locked Loop ) ) として知られるコードループや、位相ロックループ ( P L L ( Phase Locked Loop ) ) として知られるキャリアループ等の回路によって、 G P S 衛星信号に含まれる C / A コード及び搬送波の位相を追尾することで実現する。

【 0 0 7 9 】

図 5 は、 R O M 3 5 に格納されたデータの一例を示す図である。 R O M 3 5 には、 C P 30  
 U 3 3 により読み出され、ベースバンド処理 ( 図 9 参照 ) として実行されるベースバンド処理プログラム 3 5 1 が記憶されている。また、ベースバンド処理プログラム 3 5 1 には、 L S 測位処理として実行される L S 測位プログラム 3 5 1 1 と、 K F 測位移行判定処理 ( 図 1 0 参照 ) として実行される K F 測位移行判定プログラム 3 5 1 3 と、 K F 測位処理 ( 図 1 ~ 3 参照 ) として実行される K F 測位プログラム 3 5 1 5 とがサブルーチンとして含まれている。

【 0 0 8 0 】

ベースバンド処理とは、 C P U 3 3 が、 L S 測位処理と K F 測位処理とを切り替えながら、携帯型電話機 1 の現在位置を測位して出力する処理である。ベースバンド処理については、フローチャートを用いて詳細に後述する。 40

【 0 0 8 1 】

L S 測位処理とは、 C P U 3 3 が、複数の捕捉衛星について最小二乗法を用いた測位演算を行うことで、携帯型電話機 1 の現在位置を測位する処理である。 L S 測位処理については周知の処理内容であるため、詳細な説明を省略する。

【 0 0 8 2 】

K F 測位移行判定処理とは、 C P U 3 3 が、 L S 測位処理を連続して実行した回数が所定回数に達しているか否かを判定し、所定回数に達していると判定した場合であって、所定の誤差同等条件が成立する場合に、 K F 測位処理への移行が可能であると判定する処理である。 K F 測位移行判定処理については、フローチャートを用いて詳細に後述する。

【 0 0 8 3 】

K F 測位処理とは、C P U 3 3 が、複数の捕捉衛星についてカルマンフィルタを用いた測位演算を行うことで、携帯型電話機 1 の現在位置を測位する処理である。K F 測位処理については、図 1 ~ 図 3 を参照して説明した通りである。

【 0 0 8 4 】

図 6 は、R A M 3 7 に格納されるデータの一例を示す図である。R A M 3 7 には、L S 測位カウンタデータ 3 7 1 と、K F 測位カウンタデータ 3 7 3 と、K F 測位フラグデータ 3 7 5 と、捕捉衛星別メジャメントデータ 3 7 7 と、測位履歴データ 3 7 9 とが記憶される。

【 0 0 8 5 】

L S 測位カウンタデータ 3 7 1 は、L S 測位処理の連続実行回数をカウントするための L S 測位カウンタが記憶されたデータであり、ベースバンド処理において C P U 3 3 により更新される。

10

【 0 0 8 6 】

K F 測位カウンタデータ 3 7 3 は、K F 測位処理の連続実行回数をカウントするための K F 測位カウンタが記憶されたデータであり、ベースバンド処理において C P U 3 3 により更新される。

【 0 0 8 7 】

K F 測位フラグデータ 3 7 5 は、L S 測位処理から K F 測位処理への移行が可能であると判定された場合に「O N」に設定される K F 測位フラグが記憶されたデータであり、ベースバンド処理において C P U 3 3 により更新される。

20

【 0 0 8 8 】

図 7 は、捕捉衛星別メジャメントデータ 3 7 7 のデータ構成例を示す図である。捕捉衛星別メジャメントデータ 3 7 7 には、捕捉衛星 3 7 7 1 と、メジャメント実測値 3 7 7 3 と、メジャメント予測値 3 7 7 5 とが対応付けて記憶される。捕捉衛星 3 7 7 1 には、当該捕捉衛星の番号が記憶され、メジャメント実測値 3 7 7 3 及びメジャメント予測値 3 7 7 5 には、当該捕捉衛星から受信した G P S 衛星信号の受信周波数やコード位相の実測値及び予測値がそれぞれ記憶される。

【 0 0 8 9 】

例えば、捕捉衛星「S 1」についてのメジャメント実測値は、受信周波数が「S F r e q 1」、コード位相が「S C P 1」であり、メジャメント予測値は、受信周波数が「E F r e q 1」、コード位相が「E C P 1」である。K F 測位処理では、C P U 3 3 は、メジャメント実測値とメジャメント予測値との差を観測値「Z」として、速度補正処理及び位置補正処理を行う。

30

【 0 0 9 0 】

図 8 は、測位履歴データ 3 7 9 のデータ構成例を示す図である。測位履歴データ 3 7 9 には、測位位置が決定された時刻 3 7 9 1 と、その測位位置 3 7 9 3 と、値 3 7 9 5 とが対応付けて新しい順に記憶されていく。測位履歴データ 3 7 9 のうち、最も新しい 1 レコード分の時刻 3 7 9 1、測位位置 3 7 9 3 及び値 3 7 9 5 の組合せを「最新測位情報」、次に新しい 1 レコード分の時刻 3 7 9 1、測位位置 3 7 9 3 及び値 3 7 9 5 の組合せを「前回測位情報」と称する。また、最新測位情報に含まれる測位位置 3 7 9 3 を「最新測位位置」と称する。

40

【 0 0 9 1 】

例えば、時刻「t 1」における測位位置は ( X 1 , Y 1 , Z 1 ) であり、値は、位置値が「P 1」、クロックバイアス値が「B 1」、速度値が「V 1」、クロックドリフト値が「D 1」である。測位履歴データ 3 7 9 は、L S 測位処理及び K F 測位処理において C P U 3 3 により更新される。

【 0 0 9 2 】

T C X O 4 0 は、所定の発振周波数で発振信号を生成する温度補償型水晶発振器であり、生成した発振信号を R F 受信回路部 2 1 及びベースバンド処理回路部 3 0 に出力する。

【 0 0 9 3 】

50

ホストCPU50は、ROM100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携帯型電話機1の各部を統括的に制御するプロセッサである。ホストCPU50は、ベースバンド処理回路部30のCPU33から入力した最新測位位置をプロットしたナビゲーション画面を、表示部70に表示させる。

【0094】

操作部60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ホストCPU50に出力する。この操作部60の操作により、通話要求やメールの送受信要求等の各種指示入力となされる。

【0095】

表示部70は、LCD(Liquid Crystal Display)等により構成され、ホストCPU50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70には、ナビゲーション画面や時刻情報等が表示される。

10

【0096】

携帯電話用アンテナ80は、携帯型電話機1の通信サービス事業者が設置した無線基地局との間で携帯電話用無線信号の送受信を行うアンテナである。

【0097】

携帯電話用無線通信回路部90は、RF変換回路、ベースバンド処理回路等によって構成される携帯電話の通信回路部であり、携帯電話用無線信号の変調・復調等を行うことで、通話やメールの送受信等を実現する。

【0098】

20

ROM100は、ホストCPU50が携帯型電話機1を制御するためのシステムプログラムや、ナビゲーション機能を実現するための各種プログラムやデータ等を記憶している。

【0099】

RAM110は、ホストCPU50により実行されるシステムプログラム、各種処理プログラム、各種処理の処理中データ、処理結果などを一時的に記憶するワークエリアを形成している。

【0100】

### 3. 処理の流れ

図9は、CPU33によりROM35に記憶されているベースバンド処理プログラム351が読み出されて実行されることで、携帯型電話機1において実行されるベースバンド処理の流れを示すフローチャートである。

30

【0101】

ベースバンド処理は、RF受信回路部21によるGPS衛星信号の受信と併せて、CPU33が、操作部60に測位開始指示の操作がなされたことを検出した場合に実行を開始する処理であり、各種アプリケーションの実行といった各種の処理と並行して行われる処理である。尚、携帯型電話機1の電源のON/OFFとGPSの起動/停止とを連動させ、携帯型電話機1の電源投入操作を検出した場合に処理の実行を開始させることにしてもよい。原則として、測位演算は「1秒」毎に行われるものとする。

【0102】

40

また、特に説明しないが、以下のベースバンド処理の実行中は、GPSアンテナ10によるRF信号の受信や、RF受信回路部21によるIF信号へのダウンコンバート、衛星捕捉・追尾部31によるGPS衛星信号の捕捉・追尾等が随時行われている状態にあるものとする。

【0103】

先ず、CPU33は、初期設定を行う(ステップS1)。具体的には、LS測位カウンタ及びKF測位カウンタを「0」に設定し、RAM37のLS測位カウンタデータ371及びKF測位カウンタデータ373にそれぞれ記憶させる。また、KF測位フラグを「OFF」に設定し、RAM37のKF測位フラグデータ375に記憶させる。

【0104】

50

次いで、CPU 33は、RAM 37のKF測位フラグデータ375に記憶されているKF測位フラグが「OFF」であるか否かを判定し(ステップS3)、「OFF」であると判定した場合は(ステップS3; Yes)、ROM 35に記憶されているLS測位プログラム3511を読み出して実行することで、LS測位処理を行う(ステップS5)。

【0105】

LS測位処理では、複数の捕捉衛星について最小二乗法を用いた測位演算を行うことで、携帯型電話機1の現在位置を測位する。また、式(9)~式(18)に従って位置値、クロックバイアス値、速度値及びクロックドリフト値を算出し、時刻3791と、測位位置3793と、値3795とを対応付けて、RAM 37の測位履歴データ379に記憶させる。

10

【0106】

次いで、CPU 33は、RAM 37のLS測位カウンタデータ371に記憶されているLS測位カウンタをインクリメントする(ステップS7)。そして、ROM 35に記憶されているKF測位移行判定プログラム3513を読み出して実行することで、KF測位移行判定処理を行う(ステップS9)。

【0107】

図10は、KF測位移行判定処理の流れを示すフローチャートである。

先ず、CPU 33は、RAM 37のLS測位カウンタデータ371に記憶されているLS測位カウンタが「20」未満であるか否かを判定し(ステップT1)、「20」未満であると判定した場合は(ステップT1; Yes)、KF測位移行不可と判定して(ステップT3)、KF測位移行判定処理を終了する。

20

【0108】

一方、LS測位カウンタが「20」以上であると判定した場合は(ステップT1; No)、CPU 33は、RAM 37の測位履歴データ379に記憶されている各値3795それぞれについて、最新測位情報に含まれる値と、前回測位情報に含まれる値との差分を算出する(ステップT5)。

【0109】

次いで、CPU 33は、誤差同等条件が成立したか否かを判定する(ステップT7)。具体的には、ステップT5で算出した各値の差分が、各値それぞれについて予め定められた閾値未満であるか否かを判定し、全ての値の差分が閾値未満である場合に、誤差同等条件が成立したものと判定する。一方、閾値以上となった値が1つでも存在した場合は、誤差同等条件が成立しなかったものと判定する。

30

【0110】

ステップT7において誤差同等条件が成立しなかったものと判定した場合は(ステップT7; No)、CPU 33は、ステップT3へと処理を移行する。一方、誤差同等条件が成立したと判定した場合は(ステップT7; Yes)、測位移行条件を満たし、KF測位移行可と判定して(ステップT9)、KF測位移行判定処理を終了する。

【0111】

図9のベースバンド処理に戻って、KF測位移行判定処理を行った後、CPU 33は、KF測位移行不可である場合は(ステップS11; No)、ステップS21へと処理を移行する。また、KF測位移行可である場合は(ステップS11; Yes)、LS測位処理で求められた測位位置を、カルマンフィルタの状態ベクトル「X」の位置成分に設定する(ステップS13)。

40

【0112】

また、CPU 33は、式(13)及び(16)に従って算出された「X」の共分散行列「cov(X)」の各成分を、カルマンフィルタの誤差共分散行列「P」の各成分に対応付けて設定する(ステップS15)。これにより、実環境に合った誤差共分散行列「P」の初期値が設定されることになり、KF測位処理の測位精度が向上する。

【0113】

次いで、CPU 33は、RAM 37のKF測位フラグデータ375に記憶されているK

50

F 測位フラグを「ON」に設定する（ステップS17）。また、RAM37のLS測位カウンタデータ371に記憶されているLS測位カウンタをリセットする（ステップS19）。

【0114】

その後、CPU33は、RAM37の測位履歴データ379に記憶されている最新測位位置をホストCPU50に出力する（ステップS21）。そして、CPU33は、操作部60に対してユーザによる測位終了指示がなされたか否かを判定し（ステップS23）、なされなかったと判定した場合は（ステップS23; No）、ステップS3に戻る。また、測位終了指示がなされたと判定した場合は（ステップS23; Yes）、ベースバンド処理を終了する。

10

【0115】

一方、ステップS3においてKF測位フラグが「ON」であると判定した場合は（ステップS3; No）、CPU33は、RAM37の測位履歴データ379に記憶されている最新測位位置の決定時刻からの経過時間が「30秒」以上であるか否かを判定する（ステップS25）。

【0116】

そして、経過時間が「30秒」以上であると判定した場合は（ステップS25; Yes）、CPU33は、ステップS5へと処理を移行する。携帯型電話機1がトンネル内に位置している場合等、GPS衛星からGPS衛星信号を受信することができず、長時間に亘ってKF測位処理を実行することができないと、最後に得られた測位位置が携帯型電話機1の真位置から大きく外れることにより、現在位置が正しく推定されなくなるおそれがある。そこで、最新測位位置の決定時刻から所定時間が経過している場合は、KF測位処理を停止して、LS測位処理へと移行することになっている。

20

【0117】

一方、ステップS25において経過時間が「30秒」未満であると判定した場合は（ステップS25; No）、CPU33は、RAM37のKF測位カウンタデータ373に記憶されているKF測位カウンタが「10」以下であるか否かを判定する（ステップS27）。

【0118】

そして、KF測位カウンタが「10」よりも大きいと判定した場合は（ステップS27; No）、CPU33は、ステップS31へと処理を移行し、「10」以下であると判定した場合は（ステップS27; Yes）、カルマンフィルタのパラメータであるプロセスノイズ「Q」の各成分に既定値を設定する（ステップS29）。

30

【0119】

本実施形態では、LS測位処理で求められた測位位置をKF測位処理の初期位置としているが（ステップS13）、このLS測位処理で求められた測位位置は、携帯型電話機1の真位置から離れている可能性がある。

【0120】

そこで、KF測位処理に移行してから所定回数は、時刻変化に伴う測位位置の変動を大きくし、測位位置が真位置に近づき易くなるようにするため、 $8 \times 8$ の行列で表されるプロセスノイズ「Q」のうち、3次元の位置ベクトル $(x, y, z)$ に対応する $3 \times 3$ の行列部分の各成分に大きな値（具体的な数値としては、例えば「5.65m」）を設定し、それ以外の成分には「0」を設定する。

40

【0121】

ステップS29においてプロセスノイズ「Q」を設定した後、CPU33は、ROM35に記憶されているKF測位プログラム3515を読み出して実行することで、KF測位処理を行う（ステップS31）。KF測位処理では、CPU33は、図1～図3のフローチャートに従って処理を実行する。

【0122】

次いで、CPU33は、RAM37のKF測位カウンタデータ373に記憶されている

50

K F 測位カウンタをインクリメントする (ステップ S 3 3 )。そして、C P U 3 3 は低誤差条件が成立したか否かを判定する (ステップ S 3 5 )。具体的には、K F 測位処理により求められた誤差共分散行列「P」のうち、3次元の位置ベクトル ( x , y , z ) に対応する 3 × 3 の行列部分の各成分が、それぞれ所定の閾値未満であるか否かを判定し、閾値未満であると判定した場合に、低誤差条件を満たすものと判定する。

#### 【 0 1 2 3 】

そして、低誤差条件を満たすと判定した場合は (ステップ S 3 5 ; Y e s )、C P U 3 3 は、ステップ S 2 1 へと処理を移行し、低誤差条件を満たさないと判定した場合は (ステップ S 3 5 ; N o )、R A M 3 7 の K F 測位フラグデータ 3 7 5 に記憶されている K F 測位フラグを「O F F」に設定する (ステップ S 3 7 )。そして、C P U 3 3 は、R A M 3 7 の K F 測位カウンタデータ 3 7 3 に記憶されている K F 測位カウンタをリセットして (ステップ S 3 9 )、ステップ S 5 へと処理を移行する。

10

#### 【 0 1 2 4 】

##### 4 . 作用効果

本実施形態によれば、複数の G P S 衛星から発信されている G P S 衛星信号を受信して最小二乗法を用いた L S 測位処理を行って現在位置が測位される。そして、L S 測位処理の結果が、測位処理を移行する条件として予め定められた測位移行条件を満たすか否かが判定され、満たすと判定された場合に、L S 測位処理を停止させ、複数の G P S 衛星から発信されている G P S 衛星信号を受信してカルマンフィルタを用いた K F 測位処理が行われて、現在位置が測位される。

20

#### 【 0 1 2 5 】

L S 測位処理による現在位置の測位の連続回数が所定回数 (例えば「20回」) に達しており、且つ、L S 測位処理において今回算出された 値と前回算出された 値とが誤差同等条件を満たす場合に、測位移行条件を満たし、K F 測位処理への移行が可能であると判定することになっているため、信頼性の低い測位位置が K F 測位処理に用いられることがなくなり、測位精度が低下することが防止される。

#### 【 0 1 2 6 】

また、K F 測位処理で算出された誤差共分散行列「P」が所定の低誤差条件を満たさないと判定された場合や、K F 測位処理が最後に行われてからの経過時間が所定時間に達したと判定された場合には、K F 測位処理を停止して、L S 測位処理へと移行される。従って、K F 測位処理で精度の低い測位位置が得られた場合や、携帯型電話機 1 がトンネル内に位置しているために K F 測位処理を一定時間行うことができない場合等に、L S 測位処理へと移行されることになる。

30

#### 【 0 1 2 7 】

##### 5 . 変形例

##### 5 - 1 . 電子機器

本発明は、測位装置を備えた電子機器であれば何れの電子機器にも適用可能である。例えば、ノート型パソコンや P D A (Personal Digital Assistant)、カーナビゲーション装置等についても同様に適用可能である。

#### 【 0 1 2 8 】

##### 5 - 2 . 衛星測位システム

上述した実施形態では、衛星測位システムとして G P S 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 等の他の衛星測位システムであってもよい。

40

#### 【 0 1 2 9 】

##### 5 - 3 . 処理の分化

C P U 3 3 が実行する処理の一部又は全部を、ホスト C P U 5 0 が実行することにしてもよい。例えば、ホスト C P U 5 0 が K F 測位移行判定処理を実行することとし、その判定結果に基づいて、C P U 3 3 が測位処理を切り替えるようにする。また、L S 測位処理

50

及びKF測位処理も含めて、CPU33が実行する処理全てをホストCPU50が実行することにしてもよい。

【0130】

5-4. 測位移行条件

上述した実施形態では、LS測位処理による現在位置の測位の連続回数が所定回数（例えば「20回」）に達しており、且つ、LS測位処理において今回算出された値と前回算出された値とが誤差同等条件を満たす場合に、KF測位処理への移行が可能であると判定するものとして説明したが、何れか一方の条件が成立した場合に、KF測位処理への移行が可能であると判定することにしてもよい。

【0131】

5-5. 測定誤差行列「R」の設定

上述した実施形態では、LS測位処理からKF測位処理に切り替えた後、所定回数は、プロセスノイズ「Q」の位置成分に大きな値を設定することで、時刻変化に伴う測位位置の変動を大きくし、測位位置が真位置に近づき易くなるようにするものとして説明した。これを、カルマンフィルタの他のパラメータである測定誤差行列「R」の位置成分に小さな値を設定することによって実現することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0132】

【図1】KF測位処理の流れを示すフローチャート。

【図2】速度補正処理の流れを示すフローチャート。

【図3】位置補正処理の流れを示すフローチャート。

【図4】携帯型電話機の機能構成を示すブロック図。

【図5】ROMに格納されたデータの一例を示す図。

【図6】RAMに格納されたデータの一例を示す図。

【図7】捕捉衛星別メジャメントデータのデータ構成例を示す図。

【図8】測位履歴データのデータ構成例を示す図。

【図9】ベースバンド処理の流れを示すフローチャート。

【図10】KF測位移行判定処理の流れを示すフローチャート。

【符号の説明】

【0133】

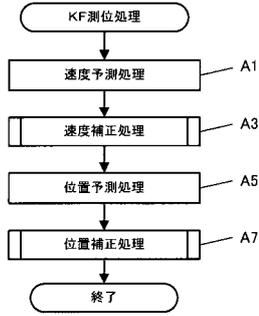
- 1 携帯型電話機、 10 GPSアンテナ、 20 GPS受信部、  
 21 RF受信回路部、 30 ベースバンド処理回路部、 31 衛星捕捉・追尾部、  
 33 CPU、 35 ROM、 37 RAM、 40 TCXO、  
 50 ホストCPU、 60 操作部、 70 表示部、 80 携帯電話用アンテナ、  
 90 携帯電話用無線通信回路部、 100 ROM、 110 RAM

10

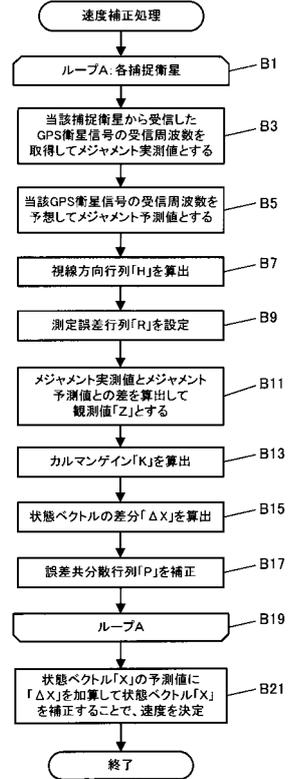
20

30

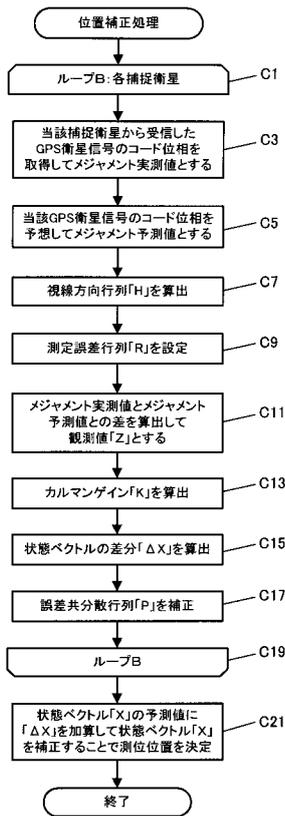
【図1】



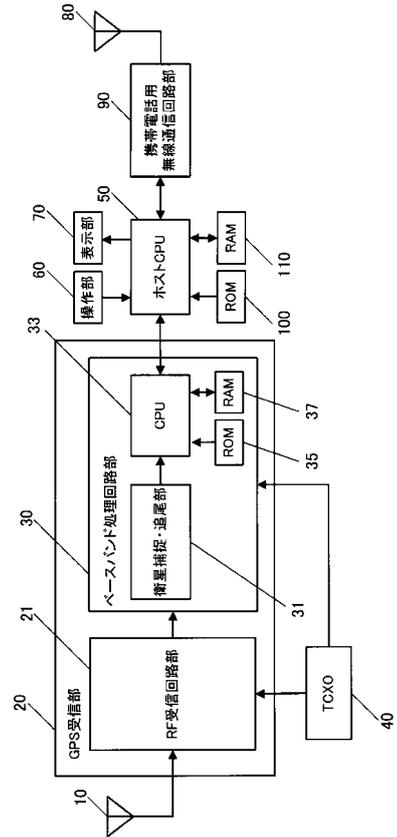
【図2】



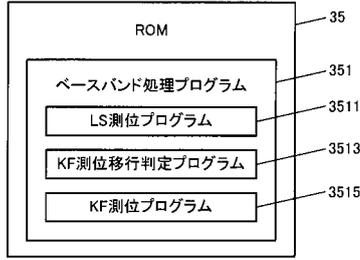
【図3】



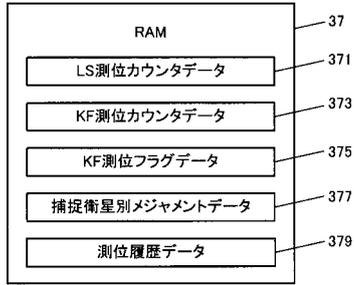
【図4】



【図5】



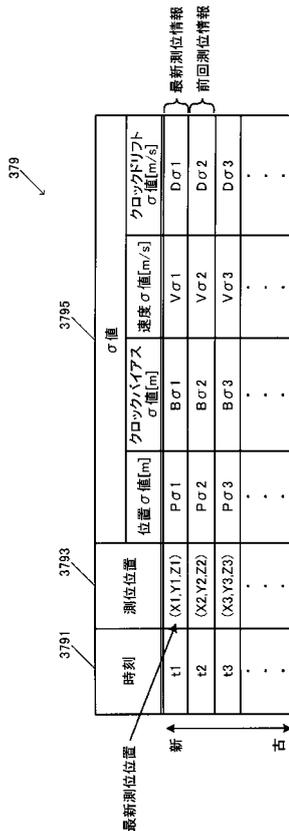
【図6】



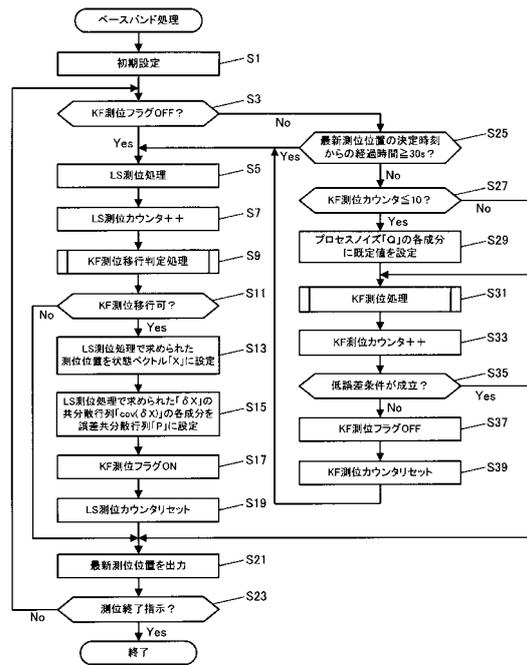
【図7】

3771	3773	3775
捕捉衛星	メジャメント実測値	メジャメント予測値
S1	(SFreq1,SCP1)	(EFreq1,ECP1)
S2	(SFreq2,SCP2)	(EFreq2,ECP2)
S3	(SFreq3,SCP3)	(EFreq3,ECP3)
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮

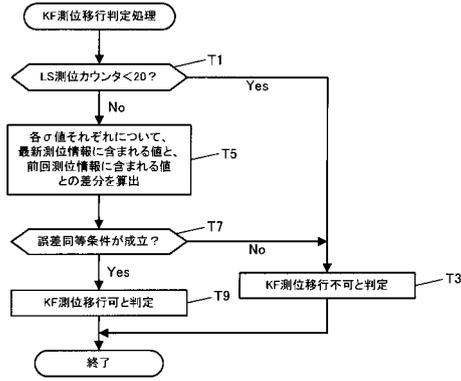
【図8】



【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-024535(JP,A)  
特開2001-337156(JP,A)  
特開2007-225459(JP,A)  
特開2004-144566(JP,A)  
特開2008-175721(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 19/00 - 19/55  
G01S 5/00 - 5/14  
G01C 21/00 - 25/04