

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5251090号
(P5251090)

(45) 発行日 平成25年7月31日(2013.7.31)

(24) 登録日 平成25年4月26日(2013.4.26)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 S 19/48 (2010.01) GO 1 S 19/48

請求項の数 9 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2007-309995 (P2007-309995)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成19年11月30日(2007.11.30)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2009-133716 (P2009-133716A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成21年6月18日(2009.6.18)	(74) 代理人	100095728
審査請求日	平成22年9月13日(2010.9.13)		弁理士 上柳 雅誉
前置審査		(74) 代理人	100127661
			弁理士 宮坂 一彦
		(74) 代理人	100116665
			弁理士 渡辺 和昭
		(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
		(72) 発明者	村口 美幸
			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】 測位方法、プログラム及び測位装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

測位用信号に基づいて最小二乗法を用いた第1の測位処理と、前記測位用信号に基づいてカルマンフィルタを用いた第2の測位処理とを行う測位方法であって、

今回行った前記第1の測位処理の測位結果を基礎値として前記第2の測位処理を行う第1の測位モードと、前記第1の測位処理を行わず、前回行った前記第2の測位処理の測位結果を基礎値として前記第2の測位処理を行う第2の測位モードとのうち、今回の測位モードで行った前記第2の測位処理の測位結果の精度を判定することと、

前記判定により前記今回の測位モードで実行した第2の測位処理の測位結果の精度が良好である場合には、前記第2の測位モードで次回の測位処理を行うことと、
 を含む測位方法。

【請求項2】

前記第2の測位モードで次回の測位処理を行うこととは、今回の測位モードが前記第1の測位モードであり、且つ、前記判定により前記今回の測位モードで実行した第2の測位処理の測位結果の精度が良好である場合に、次回の測位モードを前記第1の測位モードから前記第2の測位モードに切り替えて、前記第2の測位モードで次回の測位処理を行うことである、請求項1に記載の測位方法。

【請求項3】

前回の測位モードで実行した前記第2の測位処理からの経過時間が所定の時間超過条件を満たしか否かを判定することを更に含み、

今回の測位モードが前記第2の測位モードであり、且つ、前記所定の時間超過条件を満たしたと判定された場合には、前記第2の測位処理の測位結果の精度を判定する処理を行わずに、次回の測位モードを前記第1の測位モードに切り替える、請求項1又は2に記載の測位方法。

【請求項4】

今回の測位モードが前記第1の測位モードである場合、前記第1の測位モードで実行した前記第2の測位処理の測位結果の精度が良好であれば、前記第1の測位モードで実行した前記第2の測位処理で求められた測位位置を現在位置の候補位置とし、前記第1の測位モードで実行した前記第2の測位処理の測位結果の精度が良好でなければ、前記第1の測位モードで実行した前記第1の測位処理で求められた測位位置を現在位置の候補位置とす

10

ることと、
前記現在位置の候補位置を用いて出力位置を決定し、出力することと、
を更に含む請求項1又は2に記載の測位方法。

【請求項5】

今回の測位モードが前記第2の測位モードであり、且つ、前記第2の測位モードで実行した前記第2の測位処理の測位結果の精度が良好である場合に、前記第2の測位モードで実行した前記第2の測位処理で求められた測位位置を現在位置の候補位置とすることと、

今回の測位モードが前記第2の測位モードであり、且つ、前記第2の測位モードで実行した前記第2の測位処理の測位結果の精度が良好でない場合に、前記第1の測位処理を実行し、当該第1の測位処理で求められた測位位置を現在位置の候補位置とすることと、

20

前記現在位置の候補位置を用いて出力位置を決定し、出力することと、
を更に含む請求項1、2又は4の何れか一項に記載の測位方法。

【請求項6】

今回の測位モードが前記第2の測位モードであり、且つ、前記第2の測位モードで実行した前記第2の測位処理の測位結果の精度が良好である場合に、前記第2の測位モードで実行した前記第2の測位処理で求められた測位位置を現在位置の候補位置とすることと、

今回の測位モードが前記第2の測位モードであり、且つ、前記第2の測位モードで実行した前記第2の測位処理の測位結果の精度が良好でない場合に、前記第2の測位モードで実行した前記第2の測位処理で使用された測位用信号のうち、所定の低精度要因条件を満たす測位用信号を除いた残余の測位用信号を用いて前記第1の測位処理を実行し、当該第1の測位処理で求められた測位位置を現在位置の候補位置とすることと、

30

前記現在位置の候補位置を用いて出力位置を決定し、出力することと、
を更に含む請求項1、2又は4の何れか一項に記載の測位方法。

【請求項7】

前記出力位置を決定することは、前記現在位置の候補位置が前記第1の測位処理及び第2の測位処理のうちの何れの測位処理で求められた測位位置であるかに応じて予め定められたフィルター処理を行うことで前記候補位置を補正して前記出力位置を決定することを含む、請求項4～6の何れか一項に記載の測位方法。

【請求項8】

請求項1～7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プログラム。

40

【請求項9】

測位用信号に基づいて最小二乗法を用いた第1の測位処理と、前記測位用信号に基づいてカルマンフィルタを用いた第2の測位処理とを行う測位装置であって、

今回行った前記第1の測位処理の測位結果を基礎値として前記第2の測位処理を行う第1の測位モードと、前記第1の測位処理を行わず、前回行った前記第2の測位処理の測位結果を基礎値として前記第2の測位処理を行う第2の測位モードとのうち、今回の測位モードで行った前記第2の測位処理の測位結果の精度を判定する判定部を含み、

前記判定により前記今回の測位モードで実行した第2の測位処理の測位結果の精度が良好である場合には、前記第2の測位モードで次回の測位処理を行う、

50

測位装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、測位方法、プログラム及び測位装置に関する。

【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。

10

【0003】

しかし、測位用衛星からの衛星信号を用いた測位では、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】

20

【0004】

測位処理としては、一般に、最小二乗法を用いた測位処理と、特許文献1に開示されているようなカルマンフィルタを用いた測位処理とが広く知られている。しかし、この2種類の測位処理を併用することはなく、何れか一方の処理のみを用いる場合が一般的であった。そこで、この2種類の測位処理を適切に併用することで測位結果の精度向上を図ることが本発明の第1の目的である。

【課題を解決するための手段】

【0005】

以上の課題を解決するための第1の発明は、測位用信号に基づいて最小二乗法を用いた第1の測位処理を行い、該測位結果を基礎値として前記測位用信号に基づいてカルマンフィルタを用いた第2の測位処理を行う第1の測位モードと、前回行った前記第2の測位処理の測位結果を基礎値として更に前記第2の測位処理を行う第2の測位モードとのうち、今回の測位モードで実行した前記第2の測位処理の測位結果の精度を判定することと、前記精度判定結果に応じて、次回以降の測位モードを前記第1の測位モード又は前記第2の測位モードに切り替えることと、を含む測位方法である。

30

【0006】

また、第9の発明として、測位用信号に基づいて最小二乗法を用いた第1の測位処理を行い、該測位結果を基礎値として前記測位用信号に基づいてカルマンフィルタを用いた第2の測位処理を行う第1の測位モードと、前回行った前記第2の測位処理の測位結果を基礎値として更に前記第2の測位処理を行う第2の測位モードとのうち、今回の測位モードで実行した前記第2の測位処理の測位結果の精度を判定する判定部と、前記判定部による判定結果に応じて、次回以降の測位モードを前記第1の測位モード又は前記第2の測位モードに切り替えるモード切替部と、を備え、前記モード切替部により切り替えられた測位モードに従って測位処理を実行する測位装置を構成してもよい。

40

【0007】

この第1の発明等によれば、第1の測位モードは、測位用信号に基づいて最小二乗法を用いた第1の測位処理を行い、該測位結果を基礎値として測位用信号に基づいてカルマンフィルタを用いた第2の測位処理を行うモードである。すなわち、第1の測位モードを実行した場合には、先ず最小二乗法を用いた第1の測位処理が行われ、その後カルマンフィルタを用いた第2の測位処理が行われる。

50

【 0 0 0 8 】

一方、第2の測位モードは、前回行った第2の測位処理の測位結果を基礎値として更に第2の測位処理を行うモードである。第1の測位モードと第2の測位モードとは、何れのモードにおいてもカルマンフィルタを用いた第2の測位処理を行う。従い、第2の測位モードは、前回の測位モードが第1の測位モードであれ、第2の測位モードであれ、何れの場合においてもカルマンフィルタを用いた第2の測位処理を継続的に行うモードであると言える。

【 0 0 0 9 】

今回の測位モードで実行した第2の測位処理の測位結果の精度が判定され、当該精度判定結果に応じて、次回以降の測位モードが第1の測位モード又は第2の測位モードに切り替えられる。第2の測位モードに切り替えられた場合には、カルマンフィルタを用いた第2の測位処理が継続的に行われることとなり、第1の測位モードに切り替えられた場合には、カルマンフィルタを用いた第2の測位処理の継続は中断される。すなわち、最小二乗法を用いた第1の測位処理が行われた後に、その測位結果を基礎値としてカルマンフィルタを用いた第2の測位処理が行われる。

【 0 0 1 0 】

よって、カルマンフィルタを用いた第2の測位処理の測位結果の精度に応じて、当該第2の測位処理を継続するか、一旦最小二乗法を用いた第1の測位処理を行うのかを適切に切り替えることが可能となり、ひいては、測位結果の精度を向上させることが可能となる。

【 0 0 1 1 】

また、第2の発明として、第1の発明の測位方法であって、前記切り替えることは、今回の測位モードが前記第1の測位モードであり、且つ、前記精度判定結果が所定の精度良好条件を満たす結果であった場合に、次回以降の測位モードを前記第2の測位モードに切り替えることを含む測位方法を構成してもよい。

【 0 0 1 2 】

この第2の発明によれば、今回の測位モードが第1の測位モードである場合に、第2の測位処理の測位結果の精度が良好であると判定された場合は、次回以降の測位モードを第2の測位モードに切り替える。

【 0 0 1 3 】

また、第3の発明として、第1又は第2の発明の測位方法であって、直前に行った前記第2の測位処理からの経過時間が所定の時間超過条件を満たしたか否かを判定することと、今回の測位モードが前記第2の測位モードであり、且つ、前記所定の時間超過条件を満たしたと判定された場合に、次回以降の測位モードを前記第1の測位モードに切り替えることと、を含む測位方法を構成してもよい。

【 0 0 1 4 】

この第3の発明によれば、今回の測位モードが第2の測位モードである場合に、直前に行われた第2の測位処理から長時間が経過したと判定された場合は、次回以降の測位モードを第1の測位モードに切り替える。

【 0 0 1 5 】

また、第4の発明として、第1～第3の何れかの発明の測位方法であって、今回の測位モードが前記第1の測位モードである場合、前記精度判定結果が所定の精度良好条件を満たす結果であれば、当該第1の測位モードにおける前記第2の測位処理で求められた測位位置を現在位置の候補位置とし、満たさない結果であれば、当該第1の測位モードにおける前記第1の測位処理で求められた測位位置を現在位置の候補位置とすることと、前記現在位置の候補位置を用いて出力位置を決定して出力することと、を含む測位方法を構成してもよい。

【 0 0 1 6 】

この第4の発明によれば、今回の測位モードが第1の測位モードであり、第2の測位処理の測位結果の精度が良好であると判定された場合は、当該第2の測位処理で求められた

10

20

30

40

50

測位位置が現在位置の候補位置とされる。また、第2の測位処理の測位結果の精度が良好ではないと判定された場合は、第1の測位処理で求められた測位位置が現在位置の候補位置とされる。このようにして決定した現在位置の候補位置を用いて出力位置を決定することで、信頼性の高い出力位置を提供することが可能となる。

【0017】

また、第5の発明として、第1～第4の何れかの発明の測位方法であって、今回の測位モードが前記第2の測位モードであり、且つ、前記精度判定結果が所定の精度良好条件を満たす結果である場合に、当該第2の測位モードにおける前記第2の測位処理で求められた測位位置を現在位置の候補位置とすることと、今回の測位モードが前記第2の測位モードであり、且つ、前記精度判定結果が所定の精度良好条件を満たさない結果である場合に、前記第1の測位処理を実行し、該第1の測位処理で求められた測位位置を現在位置の候補位置とすることと、前記現在位置の候補位置を用いて出力位置を決定して出力することと、を含む測位方法を構成してもよい。

10

【0018】

この第5の発明によれば、今回の測位モードが第2の測位モードであり、第2の測位処理の測位結果の精度が良好であると判定された場合は、当該第2の測位処理で求められた測位位置が現在位置の候補位置とされる。また、第2の測位処理の測位結果の精度が良好ではないと判定された場合は、第1の測位処理が実行されて、求められた測位位置が現在位置の候補位置とされる。このようにして決定した現在位置の候補位置を用いて出力位置を決定することで、信頼性の高い測位位置を提供することが可能となる。

20

【0019】

また、第6の発明として、第1～第4の何れかの発明の測位方法であって、今回の測位モードが前記第2の測位モードであり、且つ、前記精度判定結果が所定の精度良好条件を満たす結果である場合に、当該第2の測位モードにおける前記第2の測位処理で求められた測位位置を現在位置の候補位置とすることと、今回の測位モードが前記第2の測位モードであり、且つ、前記精度判定結果が所定の精度良好条件を満たさない結果である場合に、当該第2の測位モードにおける前記第2の測位処理で使用された測位用信号のうち、所定の低精度要因条件を満たす測位用信号を除いた残余の測位用信号を用いて前記第1の測位処理を実行し、該第1の測位処理で求められた測位位置を現在位置の候補位置とすることと、前記現在位置の候補位置を用いて出力位置を決定して出力することと、を含む測位方法を構成してもよい。

30

【0020】

この第6の発明によれば、今回の測位モードが第2の測位モードであり、第2の測位処理の測位結果の精度が良好であると判定された場合は、第2の測位処理で求められた測位位置が現在位置の候補位置とされる。また、第2の測位処理の測位結果の精度が良好ではないと判定された場合は、当該第2の測位処理で使用された測位用信号のうち、精度を低下させる要因となった測位用信号が除外されて、残余の測位用信号を用いて第1の測位処理が実行される。これにより、第2の測位処理の測位結果の精度が良好でない場合であっても、より確からしい現在位置の候補位置を求めることができる。

【0021】

また、第7の発明として、第4～第6の何れかの発明の測位方法であって、前記現在位置の候補位置が前記第1の測位処理及び第2の測位処理のうちの何れの測位処理で求められた測位位置であるかに応じて予め定められたフィルター処理を行うことで前記候補位置を補正して前記出力位置を決定することを含む測位方法を構成してもよい。

40

【0022】

この第7の発明によれば、現在位置の候補位置の種類に応じたフィルター処理を実行することで、当該候補位置の補正を適切に行うことができ、その結果、より信頼性の高い出力位置を提供することが可能となる。

【0023】

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

50

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。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

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。

【0025】

1. 原理

携帯型電話機1は、測位用衛星であるGPS衛星から発信（送出）されている測位用信号としてのGPS衛星信号を受信し、受信したGPS衛星信号に重畳されているGPS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、GPS衛星の位置、移動方向、速度等の衛星情報を算出する。GPS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 [GHz]を搬送波周波数とするL1帯の搬送波に重畳されている。

【0026】

尚、GPS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GPS衛星信号を発信したGPS衛星を、他のGPS衛星と区別するために「捕捉衛星」と称する。

【0027】

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GPS衛星信号の受信時刻と、当該受信したGPS衛星信号のGPS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。

【0028】

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。

【0029】

本実施形態では、捕捉したGPS衛星信号に基づいて最小二乗法を用いた第1の測位処理（以下、「LS測位処理」と称す。）を行い、該測位結果を基礎値として当該GPS衛星信号に基づいてカルマンフィルタを用いた第2の測位処理（以下「KF測位処理」と称す。）を行う第1の測位モードと、前回行ったKF測位処理の測位結果を基礎値として更にKF測位処理を行う第2の測位モードとの2種類の測位モードが予め定められている。

【0030】

そして、携帯型電話機1は、今回の測位モードで実行したKF測位処理の測位結果の精度を判定し、当該精度判定結果に応じて、次回以降の測位モードを第1の測位モード又は第2の測位モードに切り替える処理を行う。この測位モードの切り替えに係る処理は、本実施形態における最も特徴的な処理の1つであるため、詳細に後述する。また、LS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KF測位処理について詳細に説明する。

【0031】

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。

【0032】

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 ）

10

20

30

40

50

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 × 8 の行列である。

【0033】

KF 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。

【0034】

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

まず、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】

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

【0035】

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、「 ϕ 」は、状態遷移行列と呼ばれる 8 × 8 の行列であり、「Q」は、プロセスノイズと呼ばれる 8 × 8 の行列である。状態遷移行列「 ϕ 」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。

【0036】

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

【数 3】

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

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。

【0037】

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 A 3)。

【0038】

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、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B3）。

【0039】

次いで、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B5）。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、受信周波数はドップラー周波数による偏移後の周波数である。

10

【0040】

また、当該捕捉衛星の衛星情報と自機情報とに基づいて、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B7）。そして、受信周波数に関して、ステップB5で取得したメジャメント実測値と、ステップB7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B9）。

20

【0041】

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。

【0042】

その後、ステップB9で算出した観測値「Z」の測定誤差を示す行列である測定誤差行列「R」を設定する（ステップB11）。そして、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B13）。

30

【数4】

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

【0043】

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「 ΔX 」を算出する（ステップB15）。

【数5】

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

40

【0044】

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B17）。

【数6】

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

但し、「I」は単位行列である。

【0045】

ステップB3～B17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「

50

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「 ΔX 」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B21)。

【数7】

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

【0046】

ステップB21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「 ΔX 」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)から算出される速度が、現在の時刻の携帯型電話機1の速度となる。

10

【0047】

図1のKF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A5)。具体的には、次式(8)に従って、速度補正処理で得られた状態ベクトル「X」の補正值に状態遷移行列「 ϕ 」を乗算することで、状態ベクトル「X」の予測値を算出する。

【数8】

$$X_i^- = \phi X_i^+ \cdots (8)$$

20

【0048】

式(3)からわかるように、状態遷移行列「 ϕ 」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「dt」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「 ϕ 」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A7)。

【0049】

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C5)、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C7)。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C9)。

30

【0050】

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り、当該GPS衛星と携帯型電話機1間の距離を示す距離相当値である。概念的には、GPS衛星と携帯型電話機1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。

40

【0051】

尚、コード位相は距離に換算して表すことも可能であるため、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観測値「Z」として位置補正処理を行うことは、捕捉衛星と携帯型電話機1間の距離(C/Aコードの長さの整数倍に端数部分を加えた長さ)の実測値と予測値との差を観測値「Z」として位置補正処理を行うことと等価

50

である。このため、コード位相は、捕捉衛星と携帯型電話機 1 間の距離に相当する値といえる。

【 0 0 5 2 】

G P S 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。

【 0 0 5 3 】

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) 。

10

【 0 0 5 4 】

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、G P S 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。

20

【 0 0 5 5 】

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、G P S アンテナ 1 0 と、G P S 受信部 2 0 と、T C X O (Temperature Compensated Crystal Oscillator) 4 0 と、ホスト C P U (Central Processing Unit) 5 0 と、操作部 6 0 と、表示部 7 0 と、携帯電話用アンテナ 8 0 と、携帯電話用無線通信回路部 9 0 と、R O M (Read Only Memory) 1 0 0 と、R A M (Random Access Memory) 1 1 0 とを備えて構成される。

【 0 0 5 6 】

G P S アンテナ 1 0 は、G P S 衛星から発信されている G P S 衛星信号を含む R F 信号を受信するアンテナであり、受信した信号を G P S 受信部 2 0 に出力する。

30

【 0 0 5 7 】

G P S 受信部 2 0 は、G P S アンテナ 1 0 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 G P S 受信機に相当する機能ブロックである。G P S 受信部 2 0 は、R F (Radio Frequency) 受信回路部 2 1 と、ベースバンド処理回路部 3 0 とを備えて構成される。尚、R F 受信回路部 2 1 と、ベースバンド処理回路部 3 0 とは、それぞれ別の L S I (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も可能である。

【 0 0 5 8 】

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。

40

【 0 0 5 9 】

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、

50

演算制御部 31 と、ROM 35 と、RAM 37 とを備えて構成される。また、演算制御部 31 は、メジャメント取得演算部 32 と、測位演算部 33 とを備えて構成される。

【0060】

尚、メジャメント取得演算部 32 と、測位演算部 33 とは、それぞれ別の LSI として製造することも、1 チップとして製造することも可能である。また、本実施形態においては現在位置の測位演算そのものは測位演算部 33 で実行することとして説明するが、測位演算部 33 で実行する処理の一部又は全部をホスト CPU 50 で実行することとしてもよいのは勿論である。

【0061】

メジャメント取得演算部 32 は、RF 受信回路部 21 から出力された受信信号 (IF 信号) から、GPS 衛星信号の捕捉・追尾を行う回路部であり、相関演算部 321 を備えて構成されている。メジャメント取得演算部 32 は、捕捉・追尾した GPS 衛星信号の受信周波数やコード位相等の情報を取得し、メジャメント実測値として測位演算部 33 に出力する。

10

【0062】

相関演算部 321 は、受信信号に含まれる C/A コードとレプリカコードとの相関を、例えば FFT 演算を用いて算出するコヒーレント処理 (相関処理) を行い、このコヒーレント処理の結果である相関値を所定秒数分 (例えば「1 秒分」) 積算して積算相関値を算出するインコヒーレント処理 (相関値積算処理) を行うことで、GPS 衛星信号を捕捉する。レプリカコードとは、擬似的に発生させた捕捉しようとする GPS 衛星信号に含まれる PRN (Pseudo Random Noise) コードの一種である C/A コードを模擬した信号である。C/A コードは、1023 チップで構成されている。

20

【0063】

捕捉しようとする GPS 衛星信号が間違いなければ、その GPS 衛星信号に含まれる C/A コードとレプリカコードとは一致し (捕捉成功)、間違っていれば一致しない (捕捉失敗)。そのため、算出された積算相関値のピークを判定することによって GPS 衛星信号の捕捉が成功したか否かを判定でき、レプリカコードを次々に変更して、同じ受信信号との相関演算を行うことで、GPS 衛星信号を捕捉することが可能となる。

【0064】

また、相関演算部 321 は、上述したコヒーレント処理を、レプリカコードの発生信号の周波数、及び、C/A コードとレプリカコードとを相関演算する際の位相を変更しつつ行っている。レプリカコードの発生信号の周波数と受信信号の周波数とが一致し、且つ、C/A コードとレプリカコードとの位相が一致した場合に、積算相関値が最大となる。

30

【0065】

より具体的には、捕捉対象の GPS 衛星信号に応じた所定の周波数及びコード位相の範囲をサーチ範囲として設定する。そして、このサーチ範囲内で、C/A コードの開始位置 (コード位相) を検出するための位相方向の相関演算と、周波数を検出するための周波数方向の相関演算とを行う。サーチ範囲は、周波数については GPS 衛星信号の搬送波周波数である 1.57542 [GHz] を中心とする所定の周波数掃引範囲、コード位相については C/A コードのチップ長である 1023 チップのコード位相範囲内に定められる。

40

【0066】

測位演算部 33 は、メジャメント取得演算部 32 から入力したメジャメント実測値に基づいて携帯型電話機 1 の現在位置を測位する測位演算を行う回路部である。特に、本実施形態では、測位演算部 33 は、第 1 の測位モードと第 2 の測位モードとの 2 種類の測位モードを相互に切り替えながら、携帯型電話機 1 の現在位置を測位する。

【0067】

図 5 は、ROM 35 に格納されたデータの一例を示す図である。ROM 35 には、測位演算部 33 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 351 が記憶されている。また、ベースバンド処理プログラム 351 には、GPS 測位処理 (図 10 及び図 11 参照) として実行される GPS 測位プログラム

50

3511と、LS測位処理として実行されるLS測位プログラム3513と、KF測位処理(図1~図3参照)として実行されるKF測位プログラム3515とがサブルーチンとして含まれている。

【0068】

ベースバンド処理とは、測位演算部33が、GPS測位処理を行って出力位置を決定し、当該出力位置をホストCPU50に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。

【0069】

GPS測位処理とは、測位演算部33が、第1の測位モードと第2の測位モードとの2種類の測位モードを相互に切り替えながら測位処理を行って出力候補位置を決定するとともに、フィルター処理の一種であるPVフィルター処理を行って当該出力候補位置を補正することで、出力位置を決定する処理である。GPS測位処理についても、フローチャートを用いて詳細に後述する。

10

【0070】

LS測位処理とは、測位演算部33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。LS測位処理については公知の処理内容であるため、詳細な説明を省略する。

【0071】

KF測位処理とは、測位演算部33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。KF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。

20

【0072】

図6は、RAM37に格納されるデータの一例を示す図である。RAM37には、KFパラメータデータ371と、捕捉衛星別メジャメントデータ373と、測位モード設定データ375と、計測履歴データ377と、前回KF測位時刻データ379とが記憶される。

【0073】

KFパラメータデータ371は、KF測位処理において用いられるカルマンフィルタの各種パラメータ(以下、「KFパラメータ」と称す。)の値が記憶されたデータであり、KF測位処理において測位演算部33により更新される。

30

【0074】

図7は、捕捉衛星別メジャメントデータ373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373には、捕捉衛星3731と、メジャメント実測値3733と、メジャメント予測値3735とが対応付けて記憶される。捕捉衛星3731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3733及びメジャメント予測値3735には、当該捕捉衛星から受信したGPS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。

【0075】

例えば、捕捉衛星「S1」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。KF測位処理では、測位演算部33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。

40

【0076】

測位モード設定データ375は、GPS測位処理において測位演算部33により次の時刻の測位モードとして設定された測位モードについてのデータであり、第1の測位モード及び第2の測位モードの何れかが記憶される。

【0077】

図8は、計測履歴データ377のデータ構成例を示す図である。計測履歴データ377には、各時刻3771毎に、測位モード3772と、推定誤差3773と、速度ベクトル

50

3774と、LS測位位置3775と、KF測位位置3776と、推測航法演算位置3777と、出力候補位置3778と、出力位置3779とが対応付けて記憶される。

【0078】

測位モード3772は、当該時刻において設定されていた測位モードである。また、推定誤差3773は、KF測位位置3776に含まれることが推定される誤差の値であり、次式(9)に従って算出される。

【数9】

$$\sigma = \sqrt{P_{xx} + P_{yy} + P_{zz}} \cdots (9)$$

但し、「 σ 」は推定誤差、「 P_{xx} 」、「 P_{yy} 」及び「 P_{zz} 」は、 8×8 の誤差共分散行列「 P 」の xx 成分、 yy 成分及び zz 成分をそれぞれ示している。

【0079】

速度ベクトル3774には、KF測位処理が行われた場合には、速度補正処理で求められた3次元の速度ベクトルが記憶され、KF測位処理が行われなかった場合には、LS測位処理において捕捉衛星から受信したGPS衛星信号のドップラー周波数の変化に基づいて計測された3次元の速度ベクトルが記憶される。速度ベクトル3774は、例えば地球基準座標系における3次元の単位ベクトルで表される。

【0080】

LS測位位置3775は、LS測位処理で求められた測位位置である。KF測位位置3776は、KF測位処理で求められた測位位置である。また、推測航法演算位置3777は、1時刻前の出力位置3779と現在の時刻の速度ベクトル3774とを用いた推測航法演算処理により求められた位置である。

【0081】

出力候補位置3778は、現在位置の候補位置として求められた位置であり、第1の測位モードではLS測位位置、第2の測位モードではLS測位位置又はKF測位位置とされる。また、出力位置3779は、ホストCPU50に出力する位置として求められた位置であり、PVフィルタ処理により出力候補位置3778を補正することで決定される。LS測位位置3775～出力位置3779は、例えば地球基準座標系における3次元の位置座標で表される。

【0082】

例えば、時刻「 t_1 」における測位モードは「第2の測位モード」であり、推定誤差は「 σ_1 」、速度ベクトルは「 (V_{X1}, V_{Y1}, V_{Z1}) 」である。また、LS測位位置は「- (無し)」、KF測位位置は「 (X_{K1}, Y_{K1}, Z_{K1}) 」、推測航法演算位置は「 (X_{E1}, Y_{E1}, Z_{E1}) 」である。そして、出力候補位置はKF測位位置の「 (X_{K1}, Y_{K1}, Z_{K1}) 」であり、出力位置は「 (X_1, Y_1, Z_1) 」である。計測履歴データ377は、GPS測位処理において、原則として1秒毎に測位演算部33により更新される。

【0083】

前回KF測位時刻データ379は、KF測位処理が最後に行われた時刻(以下、「前回KF測位時刻」と称す。)が記憶されたデータであり、GPS測位処理においてKF測位処理が行われる毎に測位演算部33により更新される。尚、以下の説明では、前回KF測位時刻において求められたKF測位位置のことを、「前回KF測位位置」と称する。

【0084】

TCXO40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RF受信回路部21及びベースバンド処理回路部30に出力する。

【0085】

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、測位演算部33から入力した出力位置をプロットしたナビゲーション画面を、

10

20

30

40

50

表示部 70 に表示させる。

【 0086 】

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 CPU 50 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が行なわれる。

【 0087 】

表示部 70 は、LCD (Liquid Crystal Display) 等により構成され、ホスト CPU 50 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。

【 0088 】

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。

【 0089 】

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。

【 0090 】

ROM 100 は、ホスト CPU 50 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。

【 0091 】

RAM 110 は、ホスト CPU 50 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。

【 0092 】

3. 処理の流れ

図 9 は、測位演算部 33 により ROM 35 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。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、測位演算部 33 が、操作部 60 に測位開始指示の操作が行なわ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。

【 0093 】

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。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、メジャメント取得演算部 32 によるメジャメント実測値の取得・算出等が随時行われている状態にあるものとする。

【 0094 】

まず、測位演算部 33 は、初期設定を行う (ステップ S1)。具体的には、KF パラメータを初期化し、RAM 37 の KF パラメータデータ 371 に記憶させる。また、測位モード設定を第 1 の測位モードとし、RAM 37 の測位モード設定データ 375 に記憶させる。次いで、測位演算部 33 は、ROM 35 に記憶されている GPS 測位プログラム 3511 を読み出して実行することで、GPS 測位処理を行う (ステップ S3)。

【 0095 】

図 10 及び図 11 は、GPS 測位処理の流れを示すフローチャートである。

まず、測位演算部 33 は、RAM 37 の測位モード設定データ 375 を参照し、現在設定されている測位モードを判定する (ステップ T1)。そして、第 1 の測位モードであると判定した場合は (ステップ T1 ; 第 1 の測位モード)、ROM 35 に記憶されている L

10

20

30

40

50

S 測位プログラム 3 5 1 3 を読み出して実行することで L S 測位処理を行う (ステップ T 3)。

【 0 0 9 6 】

具体的には、R A M 3 7 の捕捉衛星別メジャメントデータ 3 7 3 を参照し、複数の捕捉衛星についてのコード位相に関するメジャメント実測値 3 7 3 3 に基づいて、最小二乗法を用いた測位演算を行って L S 測位位置 3 7 7 5 を求める。また、受信周波数に関するメジャメント実測値 3 7 3 3 に基づいて速度ベクトル 3 7 7 4 を求める。そして、求めた L S 測位位置 3 7 7 5 及び速度ベクトル 3 7 7 4 を、R A M 3 7 の計測履歴データ 3 7 7 に記憶させる。

【 0 0 9 7 】

次いで、測位演算部 3 3 は、測位に成功したか否かを判定し (ステップ T 5)、失敗したと判定した場合は (ステップ T 5 ; N o)、出力位置を不定として (ステップ T 7)、G P S 測位処理を終了する。例えば、捕捉衛星数 (メジャメント実測値の数) が測位可能衛星数に満たなかった場合には、測位失敗となる。測位可能衛星数は、例えば現在位置の緯度・経度・高度を求める 3 次元測位では「4 個」、緯度・経度を求める 2 次元測位では「3 個」である。

【 0 0 9 8 】

一方、測位に成功したと判定した場合は (ステップ T 5 ; Y e s)、測位演算部 3 3 は、K F パラメータの初期化直後であるか否かを判定し (ステップ T 8)、初期化直後ではないと判定した場合は (ステップ T 8 ; N o)、K F 測位間隔不適条件が成立したか否かを判定する (ステップ T 9)。具体的には、R A M 3 7 の計測履歴データ 3 7 7 及び前回 K F 測位時刻データ 3 7 9 を参照し、(a) 前回 K F 測位時刻から「6 0 秒以上」が経過している、(b) 前回 K F 測位時刻から「5 秒以上」が経過しており、且つ、前回 K F 測位位置からの移動距離が「5 0 m 以上」である、の何れかの条件が成立した場合に、K F 測位間隔不適条件が成立したものと判定する。

【 0 0 9 9 】

初回の測位では、K F 測位処理がまだ 1 回も行われておらず、前回 K F 測位時刻及び前回 K F 測位位置が存在しないため、上記 (a) 及び (b) の条件を判定することができない。そこで、前回の K F 測位情報が存在する場合、すなわち K F パラメータの初期化直後ではない場合に限り (ステップ T 8 ; N o)、K F 測位間隔不適条件の成否を判定することとしている (ステップ T 9)。

【 0 1 0 0 】

そして、K F 測位間隔不適条件が成立したと判定した場合は (ステップ T 9 ; Y e s)、測位演算部 3 3 は、R A M 3 7 の K F パラメータデータ 3 7 1 に記憶されている K F パラメータを初期化した後 (ステップ T 1 0)、ステップ T 1 9 へと処理を移行する。また、K F 測位間隔不適条件が成立しなかったと判定した場合は (ステップ T 9 ; N o)、ステップ T 1 3 へと処理を移行する。

【 0 1 0 1 】

一方、ステップ T 8 において K F パラメータの初期化直後であると判定した場合は (ステップ T 8 ; Y e s)、測位演算部 3 3 は、K F 初期設定を行う (ステップ T 1 1)。具体的には、ステップ T 3 の L S 測位処理で求めた L S 測位位置 3 7 7 5 及び速度ベクトル 3 7 7 4 を、状態ベクトル「X」の位置成分及び速度成分にそれぞれ設定して基礎値とする。また、状態ベクトル「X」の他の成分に所定値を設定するとともに、誤差共分散行列「P」の各成分に所定値を設定して、R A M 3 7 の K F パラメータデータ 3 7 1 に記憶させる。

【 0 1 0 2 】

そして、測位演算部 3 3 は、R O M 3 5 に記憶されている K F 測位プログラム 3 5 1 5 を読み出して実行することで、K F 測位処理を行う (ステップ T 1 3)。そして、求めた K F 測位位置 3 7 7 6 及び速度ベクトル 3 7 7 4 を R A M 3 7 の計測履歴データ 3 7 7 に記憶させるとともに、現在の時刻を前回 K F 測位時刻データ 3 7 9 に記憶させる。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 3 】

次いで、測位演算部 33 は、K F 測位結果精度良好条件が成立したか否かを判定する（ステップ T 15）。具体的には、RAM 37 の捕捉衛星別メジャメントデータ 373 及び計測履歴データ 377 を参照し、（1）メジャメント実測値 3733 の数が「4 個以上」である、（2）現在の時刻の推定誤差 3773 と 1 時刻前の推定誤差 3773 との差が「10 以下」である、（3）第 1 の測位モードで過去に「2 回以上」測位を行っている、の条件が全て成立した場合に、K F 測位結果精度良好条件が成立したものと判定する。

【 0 1 0 4 】

そして、K F 測位結果精度良好条件が成立しなかったと判定した場合は（ステップ T 15；No）、測位演算部 33 は、ステップ T 19 へと処理を移行する。また、K F 測位結果精度良好条件が成立したと判定した場合は（ステップ T 15；Yes）、測位モード設定を第 2 の測位モードに切り替えて（ステップ T 17）、RAM 37 の測位モード設定データ 375 を更新する。

10

【 0 1 0 5 】

次いで、測位演算部 33 は、RAM 37 の計測履歴データ 377 に記憶されている現在の時刻の L S 測位位置 3775 を出力候補位置 3778 に決定し（ステップ T 19）、計測履歴データ 377 に記憶させる。そして、推測航法演算処理を行う（ステップ T 21）。具体的には、計測履歴データ 377 に記憶されている 1 時刻前の出力位置 3779 に現在の時刻の速度ベクトル 3774 を加算することで推測航法演算位置 3777 を求め、計測履歴データ 377 に記憶させる。

20

【 0 1 0 6 】

その後、測位演算部 33 は、RAM 37 の計測履歴データ 377 に記憶されている現在の時刻の出力候補位置 3778 を判定し、出力候補位置 3778 が L S 測位位置 3775 であると判定した場合は（ステップ T 23；L S 測位位置）、P V フィルター処理の重み「 w 」を「0.8」とする（ステップ T 25）。また、出力候補位置 3778 が K F 測位位置 3776 であると判定した場合は（ステップ T 23；K F 測位位置）、K F 測位処理の結果に基づいて算出される推定誤差「 e 」の値を判定する（ステップ T 27）。

【 0 1 0 7 】

そして、推定誤差「 e 」が「200 以上」である場合は（ステップ T 27；200）、測位演算部 33 は、P V フィルター処理の重み「 w 」を「0.5」とする（ステップ T 29）。また、推定誤差「 e 」が「10 以上 200 未満」である場合は（ステップ T 27； $10 < e < 200$ ）、重み「 w 」を「0.2」とする（ステップ T 31）。

30

【 0 1 0 8 】

そして、ステップ T 25、T 29 及び T 31 の何れかにおいて重み「 w 」を設定した後、測位演算部 33 は、P V フィルター処理を行って出力候補位置 3778 を補正して出力位置 3779 を決定する（ステップ T 33）。具体的には、RAM 37 の計測履歴データ 377 に記憶されている現在の時刻の出力候補位置 3778 及び推測航法演算位置 3777 と、設定した重み「 w 」とを用いて、次式（10）に従って出力位置 3779 を算出する。

【 数 1 0 】

$$p = (1 - \alpha)p_C + \alpha p_E \quad \dots (10)$$

但し、「 p 」は出力位置、「 p_C 」は出力候補位置、「 p_E 」は推測航法演算位置である。

40

【 0 1 0 9 】

式（10）によれば、重み「 w 」が大きいほど、推測航法演算位置が重視され、重み「 w 」が小さいほど、出力候補位置が重視されることがわかる。従って、出力候補位置が L S 測位位置である場合には、出力候補位置よりも推測航法演算位置を重視し、出力候補位置が K F 測位位置であり、且つ、当該 K F 測位位置の推定誤差「 e 」が比較的小さい場合には、推測航法演算位置よりも出力候補位置を重視することになる。測位演算部 33 は、

50

決定した出力位置 3779 を計測履歴データ 377 に記憶させた後、GPS 測位処理を終了する。

【0110】

また、ステップ T27 において推定誤差「 σ 」が「10未満」であると判定した場合は（ステップ T27； $\sigma < 10$ ）、測位演算部 33 は、計測履歴データ 377 に記憶されている現在の時刻の出力候補位置 3778 を出力位置 3779 に決定して（ステップ T35）、計測履歴データ 377 に記憶させる。そして、測位演算部 33 は、GPS 測位処理を終了する。

【0111】

出力候補位置が KF 測位位置であり、且つ、当該 KF 測位位置の推定誤差「 σ 」が極めて小さい場合には、出力候補位置を信頼することにして、PV フィルター処理を行わずに当該出力候補位置を出力位置に決定することにしてている。

10

【0112】

一方、ステップ T1 において測位モードが「第 2 の測位モード」であると判定した場合は（ステップ T1；第 2 の測位モード）、測位演算部 33 は、KF 測位間隔不適条件が成立したか否かを判定する（ステップ T37）。この KF 測位間隔不適条件の判定は、ステップ T9 における判定と同一である。

【0113】

そして、KF 測位間隔不適条件が成立したと判定した場合は（ステップ T37；Yes）、測位演算部 33 は、RAM 37 の KF パラメータデータ 371 に記憶されている KF パラメータを初期化する（ステップ T39）。その後、RAM 37 の測位モード設定データ 375 に記憶されている測位モード設定を、第 1 の測位モードに切り替える（ステップ T41）。

20

【0114】

次いで、測位演算部 33 は、ROM 35 に記憶されている LS 測位プログラム 3513 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 T43）。そして、求めた LS 測位位置 3775 及び速度ベクトル 3774 を、RAM 37 の計測履歴データ 377 に記憶させる。

【0115】

その後、測位演算部 33 は、測位に成功したか否かを判定し（ステップ T45）、失敗したと判定した場合は（ステップ T45；No）、ステップ T7 へと処理を移行する。また、測位に成功したと判定した場合は（ステップ T45；Yes）、ステップ T43 の LS 測位処理で求めた LS 測位位置 3775 を出力候補位置 3778 に決定して（ステップ T47）、RAM 37 の計測履歴データ 377 に記憶させた後、ステップ T21 へと処理を移行する。

30

【0116】

また、ステップ T37 において KF 測位間隔不適条件が成立しなかったと判定した場合は（ステップ T37；No）、測位演算部 33 は、ROM 35 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 T49）。そして、求めた KF 測位位置 3776 及び速度ベクトル 3774 を RAM 37 の計測履歴データ 377 に記憶させるとともに、現在の時刻を前回 KF 測位時刻データ 379 に記憶させる。

40

【0117】

ステップ T49 の KF 測位処理では、測位演算部 33 は、RAM 37 の計測履歴データ 377 に記憶されている前回 KF 測位位置及び前回 KF 測位時刻の速度ベクトルを状態ベクトル「X」の位置成分及び速度成分の基礎値として測位演算を行う。尚、前回 KF 測位位置ではなく、1 時刻前の出力位置を基礎値として測位演算を行うこととしてもよいし、前回 KF 測位時刻の速度ベクトルではなく、1 時刻前の速度ベクトルを基礎値として測位演算を行うこととしてもよい。

【0118】

50

次いで、測位演算部 33 は、KF 測位結果精度良好条件が成立したか否かを判定する（ステップ T51）。この KF 測位結果精度良好条件の判定は、ステップ T15 における判定と同一である。そして、KF 測位結果精度良好条件が成立しなかったと判定した場合は（ステップ T51；No）、ステップ T43 へと処理を移行する。

【0119】

また、KF 測位結果精度良好条件が成立したと判定した場合は（ステップ T51；Yes）、測位演算部 33 は、ステップ T49 の KF 測位処理で求めた KF 測位位置 3776 を出力候補位置 3778 に決定して（ステップ T53）、RAM 37 の計測履歴データ 377 に記憶させた後、ステップ T21 へと処理を移行する。

【0120】

図 9 のベースバンド処理に戻って、GPS 測位処理を行った後、測位演算部 33 は、出力位置 3779 を決定したか否かを判定し（ステップ S5）、出力位置 3779 が不定であったと判定した場合は（ステップ S5；No）、ステップ S9 へと処理を移行する。また、出力位置 3779 を決定したと判定した場合は（ステップ S5；Yes）、RAM 37 の計測履歴データ 377 に記憶されている現在の時刻の出力位置 3779 をホスト CPU 50 に出力する（ステップ S7）。

【0121】

そして、測位演算部 33 は、操作部 60 に対してユーザにより測位終了指示がなされたか否かを判定し（ステップ S9）、なされなかったと判定した場合は（ステップ S9；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 S9；Yes）、ベースバンド処理を終了する。

【0122】

4. 実験結果

図 12 は、LS 測位処理のみを行った場合の従来の実験結果の一例を示す図である。携帯型電話機 1 を携行したユーザが、点線の矢印で示した軌跡に従って道路上を走行した場合の各時刻における出力位置の軌跡を示している。この結果を見ると、一点鎖線で示した部分 P1～P3 において位置飛びが発生しており、特に部分 P2 では、真の軌跡から大きくかけ離れた位置まで位置飛びが発生していることがわかる。

【0123】

図 13 は、KF 測位処理のみを行った場合の従来の実験結果の一例を示す図である。この結果を見ると、一点鎖線で示した部分 P4 及び P5 において、出力位置が真位置から外れていることがわかる。KF 測位処理では、出力位置が一旦真位置から外れると、信頼性の高いメジャメント実測値が得られるまでの間、出力位置が真位置から外れ続ける傾向がある。

【0124】

図 14 は、本実施形態の処理を行った場合の実験結果の一例を示す図である。図 12 の結果と比べると、位置飛びの発生が抑えられていることがわかる。また、図 13 の結果と比べても、真位置からの出力位置のずれが小さくなっており、測位結果の精度が大幅に改善されていることが確認できる。

【0125】

5. 作用効果

本実施形態によれば、第 1 の測位モードは、LS 測位処理を行ってその測位結果を基礎値として KF 測位処理を行うモードである。一方、第 2 の測位モードは、前回行った KF 測位処理の測位結果を基礎値として更に KF 測位処理を行うモードである。第 1 の測位モードと第 2 の測位モードとは、何れのモードにおいても KF 測位処理を行う。従い、第 2 の測位モードは、1 時刻前（前回）の測位モードが第 1 の測位モードであれ、第 2 の測位モードであれ、何れの場合においても KF 測位処理を継続的に行うモードであると言える。

【0126】

第 1 の測位モードと第 2 の測位モードとのうち、現在の時刻（今回）の測位モードで実

10

20

30

40

50

行した K F 測位処理の測位結果の精度に応じて、次の時刻（次回）以降の測位モードが第 1 の測位モード又は第 2 の測位モードに切り替えられる。第 2 の測位モードに切り替えられた場合には、K F 測位処理が継続的に行われることとなり、第 1 の測位モードに切り替えられた場合には、K F 測位処理の継続は中断されて、一旦 L S 測位処理が行われた後に、その測位結果を基礎値とした K F 測位処理が行われる。

【 0 1 2 7 】

よって、K F 測位処理の測位結果の精度に応じて、K F 測位処理を継続するか、一旦 L S 測位処理を行うのかを適切に切り替えることが可能となり、ひいては、測位結果の精度を向上させることが可能となる。

【 0 1 2 8 】

6 . 変形例

6 - 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 9 】

6 - 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 (G L O b a l N A V i g a t i o n S a t e l l i t e S y s t e m)、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。

【 0 1 3 0 】

6 - 3 . 処理の分化

測位演算部 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 が測位モードの判定や切り替えを行い、測位演算部 3 3 が、L S 測位処理や K F 測位処理を行うこととしてもよい。また、L S 測位処理及び K F 測位処理も含めて、測位演算部 3 3 が実行する処理の全てをホスト C P U 5 0 が実行することにしてもよい。

【 0 1 3 1 】

6 - 4 . 第 1 の測位モードにおける出力候補位置の決定

上述した実施形態では、第 1 の測位モードでは、必ず L S 測位位置を出力候補位置に決定するものとして説明したが、K F 測位処理の測位結果の精度が良好である場合は、K F 測位位置を出力候補位置に決定することとしてもよい。この場合に測位演算部 3 3 が行う第 2 の G P S 測位処理の流れを示すフローチャートを、図 1 5 に示す。尚、図 1 0 の G P S 測位処理と同一のステップについては同一の符号を付して説明を省略し、図 1 0 の G P S 測位処理とは異なる部分を中心に説明する。

【 0 1 3 2 】

第 2 の G P S 測位処理では、測位演算部 3 3 は、ステップ T 1 0 において K F パラメータを初期化した後、又は、ステップ T 1 5 において K F 測位結果精度良好条件が成立しなかったと判定した場合に（ステップ T 1 5 ; N o)、L S 測位位置を出力候補位置に決定する（ステップ U 1)。そして、ステップ T 2 1 の推測航法演算処理へと移行する。

【 0 1 3 3 】

また、ステップ T 1 5 において K F 測位結果精度良好条件が成立したと判定した場合は（ステップ T 1 5 ; Y e s)、測位演算部 3 3 は、測位モード設定を第 2 の測位モードに切り替えた後（ステップ T 1 7)、K F 測位位置を出力候補位置に決定する（ステップ U 3)。そして、ステップ T 2 1 の推測航法演算処理へと移行する。

【 0 1 3 4 】

6 - 5 . 第 2 の測位モードにおける L S 測位処理

上述した実施形態では、第 2 の測位モードにおいて、K F 測位処理の測位結果の精度が良好でない場合は、L S 測位処理を行い、求めた L S 測位位置を出力候補位置に決定する

10

20

30

40

50

ものとして説明した。しかし、KF測位処理の測位結果の精度が良好でないということは、KF測位処理で使用したメジャメント実測値の中に、信頼性の低いメジャメント実測値が含まれていることが想定される。

【0135】

そこで、KF測位処理の測位結果の精度が良好でない場合には、信頼性の低いメジャメント実測値 (= 信頼性の低いGPS衛星信号) を除外して、LS測位処理を行うことにしてもよい。この場合に測位演算部33が行う第3のGPS測位処理のうち、図11に対応する部分を図16に示す。尚、図11のGPS測位処理と同一のステップについては同一の符号を付して説明を省略し、図11のGPS測位処理とは異なる部分を中心に説明する。

10

【0136】

第3のGPS測位処理では、ステップT51においてKF測位結果精度良好条件が成立しないと判定した場合に(ステップT51; No)、測位演算部33は、コード位相に関する観測値「Z」が所定の閾値を超えた捕捉衛星3731を判別する(ステップV1)。次いで、RAM37の捕捉衛星別メジャメントデータ373に記憶されているメジャメント実測値3733のうち、判別した捕捉衛星3731のメジャメント実測値3733を削除する(ステップV3)。そして、残余のメジャメント実測値3733を用いてLS測位処理を行う(ステップT43)。

【0137】

観測値「Z」は、メジャメント実測値とメジャメント予測値との差であるため、観測値「Z」が大きいほど、メジャメント実測値はメジャメント予測値と乖離しており、当該メジャメント実測値は信頼性の低いものである可能性が高い。従って、観測値「Z」が所定の閾値を超えた捕捉衛星のメジャメント実測値を除外して、残余のメジャメント実測値を用いてLS測位処理を行うことで、LS測位処理の測位結果の精度を向上させることができ、その結果、より信頼性の高い出力位置を提供することが可能となる。

20

【0138】

6-6. 推測航法演算処理

上述した実施形態では、推測航法演算処理において、1時刻前の出力位置に現在の時刻の速度ベクトルを加算することで推測航法演算位置を求めるものとして説明したが、1時刻前の出力位置に1時刻前の速度ベクトルを加算することで推測航法演算位置を求めることにしてもよい。また、1時刻前の出力位置に、1時刻前の速度ベクトルと現在の時刻の速度ベクトルとを平均した速度ベクトルを加算することで推測航法演算位置を求めることにしてもよい。

30

【0139】

また、KF測位処理では、位置予測処理(図1のステップA5)を行って予測位置を算出することとしている。そこで、KF測位処理を行った場合には推測航法演算処理を行わずに、位置予測処理で求めた予測位置と出力候補位置とを用いてPVフィルター処理を行って、出力位置を決定することとしてもよい。

【0140】

6-7. フィルター処理

上述した実施形態では、フィルター処理の一例としてPVフィルター処理を例に挙げて説明したが、フィルター処理は他にも適宜選択可能である。例えば、現在の時刻の出力候補位置と1時刻前の出力位置との2値平滑化を行う2値平滑化フィルター処理を行って出力位置を決定することにしてもよいし、現在の時刻の出力候補位置と過去所定期間分(例えば「10秒分」)の出力位置とを用いた多値回帰推定を行う多値回帰推定フィルター処理を行って出力位置を決定することにしてもよい。

40

【0141】

6-8. KF測位間隔不適条件

上述した実施形態では、(a)前回KF測位時刻から「60秒以上」が経過している、(b)前回KF測位時刻から「5秒以上」が経過しており、且つ、前回KF測位位置から

50

の移動距離が「50 m以上」である、の何れかの条件が成立した場合に、KF測位間隔不適条件が成立したと判定するものとして説明したが、(a)及び(b)の両方の条件が成立した場合に、KF測位間隔不適条件が成立したと判定することにしてもよい。すなわち、前回KF測位時刻から「60秒以上」が経過しており、且つ、前回KF測位位置からの移動距離が「50 m以上」である場合に、KF測位間隔不適条件が成立したものと判定する。また、「60秒」や「5秒」、「50 m」といった数値は一例であり、適宜に設定してよい。

【0142】

6-9. KF測位結果精度良好条件

また、上述した実施形態では、(1)メジャメント実測値の数が「4個以上」である、(2)現在の時刻の推定誤差と1時刻前の推定誤差との差が「10以下」である、(3)第1の測位モードで過去に「2回以上」測位を行っている、の条件が全て成立した場合に、KF測位結果精度良好条件が成立したと判定するものとして説明したが、(1)~(3)の何れかの条件が成立した場合に、KF測位結果精度良好条件が成立したと判定することにしてもよい。

10

【0143】

また、KF測位結果精度良好条件としては、他にも様々なものが考えられる。例えば、(4)GPS衛星信号の受信環境が、強信号を受信可能な環境である「強電界環境」であること、(5)捕捉衛星のGPS衛星信号の信号強度の平均値が所定値以上であること、(6)捕捉衛星の天空配置の指標値であるPDOP(Position Dilution Of Precision)値が所定値未満であること、等をKF測位結果精度良好条件として判定を行うことにしてもよい。

20

【図面の簡単な説明】

【0144】

【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。

30

【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】計測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】GPS測位処理の流れを示すフローチャート。

【図11】GPS測位処理の流れを示すフローチャート。

【図12】LS測位処理のみを行った場合の実験結果の一例を示す図。

【図13】KF測位処理のみを行った場合の実験結果の一例を示す図。

【図14】本実施形態の処理を行った場合の実験結果の一例を示す図。

【図15】第2GPS測位処理の流れを示すフローチャート。

【図16】第3GPS測位処理の流れを示すフローチャート。

40

【符号の説明】

【0145】

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 演算制御部、

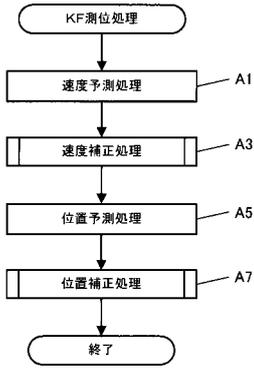
32 メジャメント取得演算部、 33 測位演算部、 35 ROM、

37 RAM、 40 TCXO、 50 ホストCPU、 60 操作部、

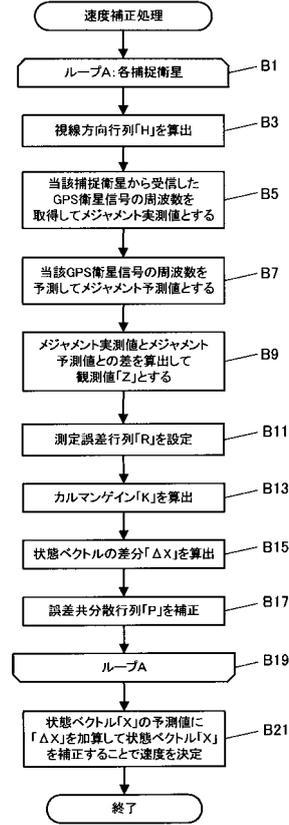
70 表示部、 80 携帯電話用アンテナ、 90 携帯電話用無線通信回路部、

100 ROM、 110 RAM

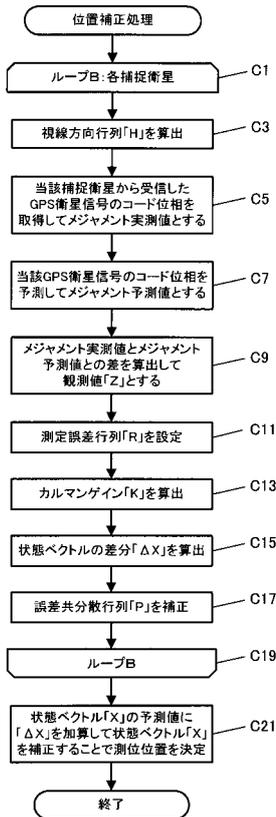
【図1】



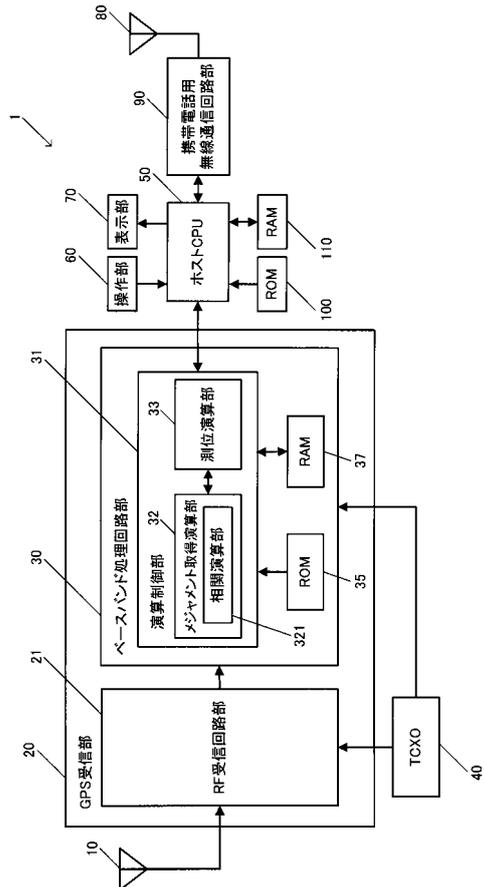
【図2】



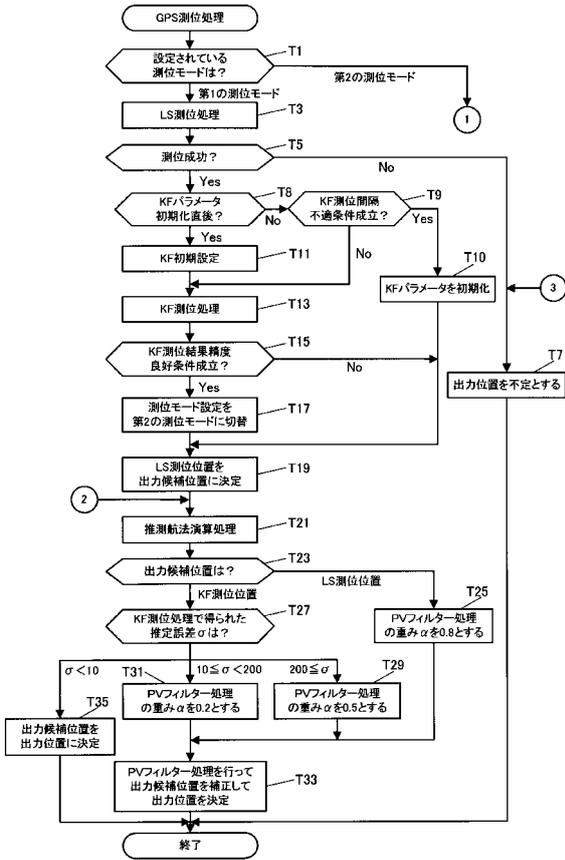
【図3】



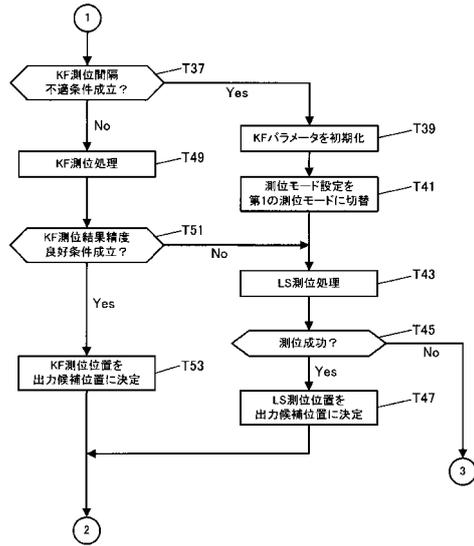
【図4】



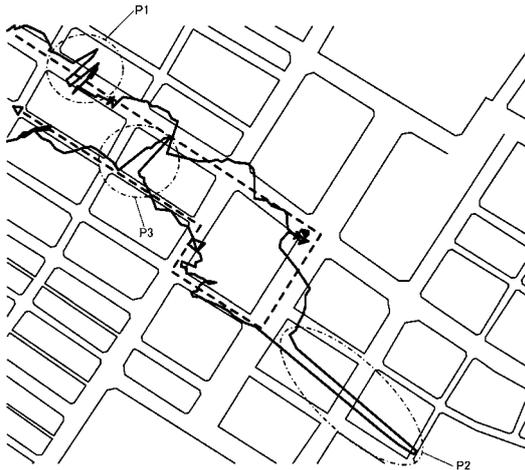
【図10】



【図11】

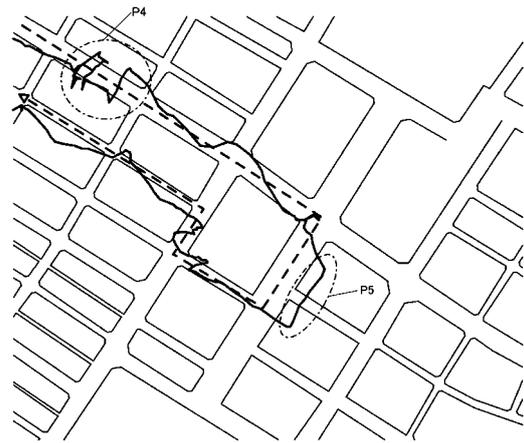


【図12】



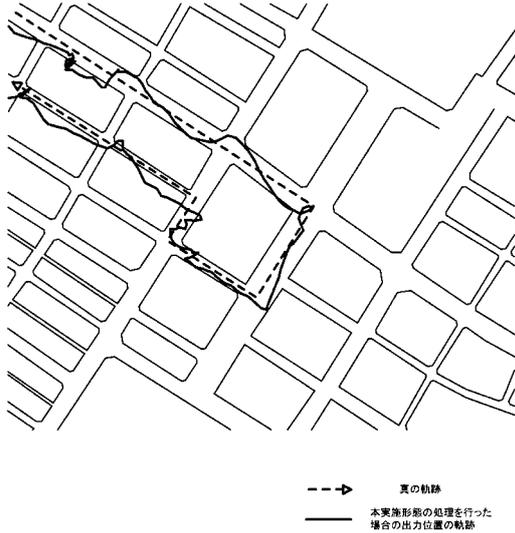
- - -> 真の軌跡
 ——— LS測位処理のみを行った場合の出力位置の軌跡

【図13】

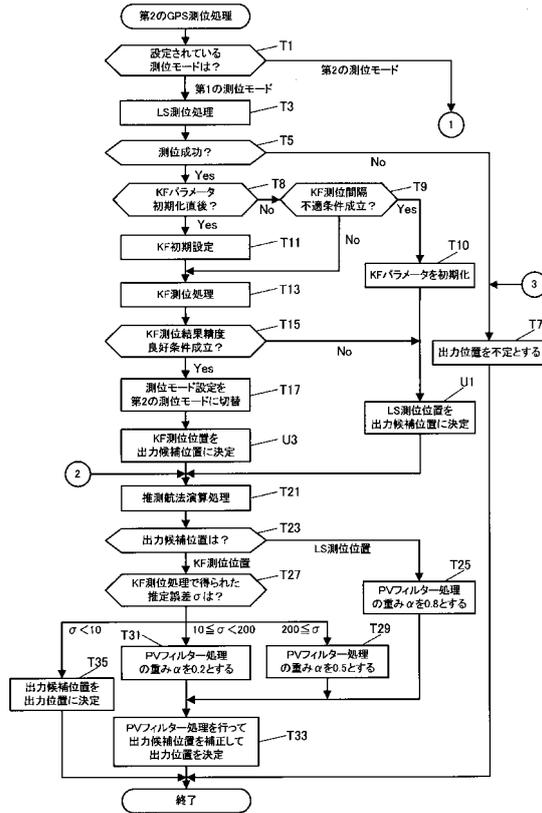


- - -> 真の軌跡
 ——— KF測位処理のみを行った場合の出力位置の軌跡

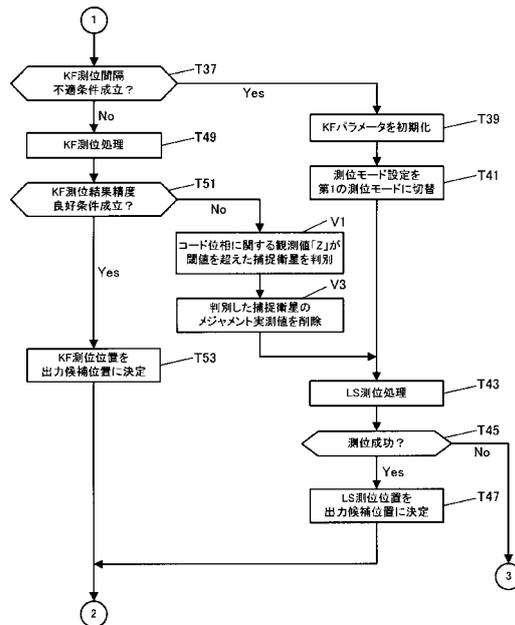
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 矢野 浩一郎

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 神谷 健一

(56)参考文献 特開平05 - 099684 (JP, A)
特開2005 - 221374 (JP, A)
特開2005 - 077318 (JP, A)
特開2005 - 024535 (JP, A)
特開2001 - 337156 (JP, A)
特開2007 - 225459 (JP, A)
特開平06 - 224697 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 5/00 - 5/14

G01S 19/00 - 19/55