

(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2007-263637
(P2007-263637A)

(43) 公開日 平成19年10月11日(2007.10.11)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1S 5/14 (2006.01)	GO1S 5/14	2F129
GO1C 21/00 (2006.01)	GO1C 21/00 D	5H180
GO8G 1/0969 (2006.01)	GO8G 1/0969	5J062

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2006-86937 (P2006-86937)	(71) 出願人	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成18年3月28日 (2006.3.28)	(74) 代理人	100099461 弁理士 溝井 章司
		(72) 発明者	古川 敏雄 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
		Fターム(参考)	2F129 AA03 BB03 BB20 BB21 BB23 BB25 BB28 BB48 GG04 5H180 AA01 BB04 BB12 BB13 FF04 FF05 FF10 FF13 FF27 FF32 5J062 BB01 CC07 CC13 DD23 DD25 EE01

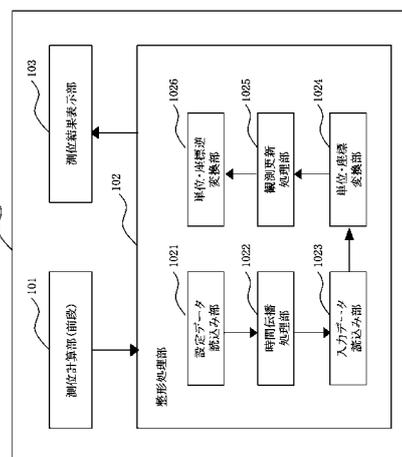
(54) 【発明の名称】 測位装置及び測位方法及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】 厳しい受信環境下での乱れた走行軌跡を滑らかにし、測位精度の劣化を抑える。

【解決手段】 測位装置100は、測位信号を送信する人工衛星から前記測位信号を受信して所定の情報を抽出し、前記所定の情報を使用して測位計算を行って緯度経度座標値を出力する測位計算部101と、初期値と初期誤差共分散行列と駆動雑音行列と観測雑音行列を読み込み、前記初期値と前記初期誤差共分散行列と前記駆動雑音行列と前記観測雑音行列を使用して時間外挿値と伝播誤差共分散行列を計算し、前記測位計算部101が出力した緯度経度座標値を読み込み、前記緯度経度座標値を地球楕円体面座標値に変換し、前記地球楕円体面座標値を使用して観測更新値と更新誤差共分散を計算し、前記地球楕円体面座標による観測更新値を緯度経度座標値に変換して出力する整形処理部102と、前記整形処理部102が出力した緯度経度座標値を表示する測位結果表示部103とを備える。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測位信号を送信する人工衛星から前記測位信号を受信し、受信した前記測位信号を用いて測位計算を行い、測位対象となる測位対象移動体の所在位置の測位座標値を出力する測位計算部と、

前記測位対象移動体の速さと方向を状態変数とし、単位時間前の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値を推定して、前記測位計算部からの測位対象移動体の所在位置の測位座標値を用いて、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値と、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差を用いて、前記状態変数の新たな推定値を算出して前記測位対象移動体の所在位置の座標値を推定し、前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を出力する整形処理部と、

10

前記整形処理部が出力した前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を表示する測位結果表示部とを備えたことを特徴とする測位装置。

【請求項 2】

前記整形処理部は、

前記測位対象移動体の所在位置の座標値を推定するとともに、単位時間前の前記測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差を用いて、前記測位対象移動体の状態変数の新たな推定値を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の測位装置。

20

【請求項 3】

前記整形処理部は、

単位時間前の前記測位対象移動体の状態変数の推定値と所定の状態遷移関数を用いて時間外挿値を算出し、

単位時間前の前記測位対象移動体の状態変数の推定誤差共分散行列と所定の駆動雑音共分散行列を用いて伝播誤差共分散行列を算出し、

前記時間外挿値と、前記伝播誤差共分散行列と、所定の観測雑音共分散行列と、前記測位計算部からの前記測位対象移動体の所在位置の測位座標値とを用いて、前記状態変数の新たな推定値を算出して前記測位対象移動体の所在位置の座標値を推定することを特徴とする請求項 1 に記載の測位装置。

30

【請求項 4】

前記整形処理部は、

前記測位対象移動体の所在位置の座標値を推定するとともに、前記伝播誤差共分散行列と、前記観測雑音共分散行列とを用いて、前記測位対象移動体の状態変数の新たな推定値を算出することを特徴とする請求項 3 に記載の測位装置。

【請求項 5】

前記測位計算部は、

前記測位対象移動体の所在位置の測位座標値を地球楕円体面座標値以外の座標値で出力し、

40

前記整形処理部は、

前記測位計算部から出力された前記測位対象移動体の所在位置の測位座標値を地球楕円体面座標値に変換し、単位時間前の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値を地球楕円体面座標値で推定して、地球楕円体面座標値での前記測位計算部からの測位対象移動体の所在位置の測位座標値を用いて、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の地球楕円体面座標値での推定誤差を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値と、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の地球楕円体面座標値での推定誤差を用いて、前記状態変数の新たな推定値を算出して前記測位対

50

象移動体の所在位置の座標値を地球楕円体面座標値で推定し、前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を前記地球楕円体面座標値以外の座標値に変換し、変換後の前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を前記測位結果表示部に出し、

前記測位結果表示部は、

前記整形処理部が出力した変換後の前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を表示することを特徴とする請求項 1 に記載の測位装置。

【請求項 6】

前記測位計算部は、

前記測位対象移動体の所在位置の測位座標値を緯度経度座標値で出力し、

前記整形処理部は、

前記測位計算部から出力された前記測位対象移動体の所在位置の測位座標値を地球楕円体面座標値に変換し、

前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を緯度経度座標値に変換し、変換後の前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を前記測位結果表示部に出し、

【請求項 7】

測位対象となる測位対象移動体の速さと方向を状態変数とし、人工衛星からの擬似距離信号を読み込み、単位時間前の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値を推定して、前記人工衛星からの擬似距離信号を用いて、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値と、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差を用いて、前記状態変数の新たな推定値を算出して前記測位対象移動体の所在位置の座標値を推定し、前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を出力する測位計算部と、

前記測位計算部が出力した前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を表示する測位結果表示部とを備えたことを特徴とする測位装置。

【請求項 8】

前記整形処理部は、

前記測位対象移動体の所在位置の座標値を推定するとともに、単位時間前の前記測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差を用いて、前記測位対象移動体の状態変数の新たな推定値を算出することを特徴とする請求項 7 に記載の測位装置。

【請求項 9】

前記測位計算部は、

単位時間前の前記測位対象移動体の状態変数の推定値と所定の状態遷移関数を用いて時間外挿値を算出し、

単位時間前の前記測位対象移動体の状態変数の推定誤差共分散行列と所定の駆動雑音共分散行列を用いて伝播誤差共分散行列を算出し、

前記時間外挿値と、前記伝播誤差共分散行列と、所定の観測雑音共分散行列と、前記人工衛星からの擬似距離信号とを用いて、前記状態変数の新たな推定値を算出して前記測位対象移動体の所在位置の座標値を推定することを特徴とする請求項 7 に記載の測位装置。

【請求項 10】

前記測位計算部は、

前記測位対象移動体の所在位置の座標値を推定するとともに、前記伝播誤差共分散行列と、前記観測雑音共分散行列とを用いて、前記測位対象移動体の状態変数の新たな推定値を算出することを特徴とする請求項 9 に記載の測位装置。

【請求項 11】

前記測位計算部は、

前記人工衛星からの擬似距離信号として、地球中心固定座標値での擬似距離信号を読み込み、

10

20

30

40

50

単位時間前の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値を地球中心固定座標値で推定して、地球中心固定座標値での前記人工衛星からの擬似距離信号を用いて、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の地球中心固定座標値での推定誤差を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値と、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の地球中心固定座標値での推定誤差を用いて、前記状態変数の新たな推定値を算出して前記測位対象移動体の所在位置の座標値を地球中心固定座標値で推定し、前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を地球中心固定座標値以外の座標値に変換し、変換後の前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を前記測位結果表示部 10

前記測位結果表示部は、

前記測位計算部が出力した変換後の前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を表示することを特徴とする請求項 7 に記載の測位装置。

【請求項 1 2】

前記測位計算部は、

前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を地球中心固定座標値から緯度経度座標値に変換し、変換後の前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を前記測位結果表示部に出力することを特徴とする請求項 1 1 に記載の測位装置。

【請求項 1 3】

測位信号を送信する人工衛星から前記測位信号を受信し、受信した前記測位信号を用いて測位計算を行い、測位対象となる測位対象移動体の所在位置の測位座標値を出力する測位計算ステップと、

前記測位対象移動体の速さと方向を状態変数とし、単位時間前の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値を推定して、前記測位計算ステップからの測位対象移動体の所在位置の測位座標値を用いて、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値と、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差を用いて、前記状態変数の新たな推定値を算出して前記測位対象移動体の所在位置の座標値を推定し、前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を出力する整形処理ステップと、

前記整形処理ステップから出力された前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を表示する測位結果表示ステップとを備えたことを特徴とする測位方法。

【請求項 1 4】

測位対象となる測位対象移動体の速さと方向を状態変数とし、人工衛星からの擬似距離信号を読み込み、単位時間前の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値を推定して、前記人工衛星からの擬似距離信号を用いて、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値と、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差を用いて、前記状態変数の新たな推定値を算出して前記測位対象移動体の所在位置の座標値を推定し、前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を出力する測位計算ステップと、

前記測位計算ステップから出力された前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を表示する測位結果表示ステップとを備えたことを特徴とする測位方法。

【請求項 1 5】

測位信号を送信する人工衛星から前記測位信号を受信し、受信した前記測位信号を用いて測位計算を行い、測位対象となる測位対象移動体の所在位置の測位座標値を出力する測位計算処理と、

前記測位対象移動体の速さと方向を状態変数とし、単位時間前の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値を推定して、前記測位計算処理からの測位対象移動体の所在位置の測位座標値を用いて、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値と、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差を用いて、前記状態変数の新たな推定値を算出して前記測位対象移動体の所在位置の座標値を推定し、前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を出力する整形処理と、

前記整形処理から出力された前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を表示する測位結果表示処理とをコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

10

【請求項 16】

測位対象となる測位対象移動体の速さと方向を状態変数とし、人工衛星からの擬似距離信号を読み込み、単位時間前の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値を推定して、前記人工衛星からの擬似距離信号を用いて、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値と、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差を用いて、前記状態変数の新たな推定値を算出して前記測位対象移動体の所在位置の座標値を推定し、

20

前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を出力する測位計算処理と、

前記測位計算処理から出力された前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を表示する測位結果表示処理とをコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、測位衛星から送信される測位信号を用いて車両等の移動体の位置を決定する測位技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の測位装置では、車両が都市部の高層建物街を走行中に衛星電波の遮蔽や多重伝搬等が生じ、著しい走行軌跡の乱れ、測位精度の劣化が生じていた。これは、単なるパラメータ調整によって解決するのは困難であり、測位計算の処理手順を見直す必要があった（例えば特許文献1）。

30

【特許文献1】特開平6-347531号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

上記のように、厳しい受信環境下では、走行軌跡の乱れが発生する。走行軌跡の乱れの問題点として、例えば、以下のものがある。

40

厳しい受信環境下では、車両等の移動体が徐行や停車中でも、マルチパス（多重伝搬）等によって、現実には有り得ない測位結果を示すことがある。

また、一時的に測位精度が大幅に劣化し、走行軌跡が車線を外れたり、道路の外に飛び出したりして、カーナビゲーション装置等の利用者に大きな混乱を招くことがある。

走行履歴を表示した場合、移動体の運動特性が考慮されていないため、走行軌跡が不自然なものとなることがある。

【0004】

一方、車両にジャイロや車速センサを搭載し、これらの機器からの出力を用いれば（INS（Inertial Navigation System））複合やDead Reckoning）、厳しい受信環境下にあっても、走行軌跡の乱れは低減される。

50

しかしながら、新たなセンサとそれに伴う周辺装置等が必要となるので端末価格が高価となる。

【0005】

また、従来、滑らかな走行軌跡を得る方法としては、過去のデータを用いて平均処理する移動平均による手法がある。

移動平均による手法では、以下の問題点があった。

現在から過去の一定期間のデータを用いて平均処理する方法は、必然的に時間遅れを伴うものであり、現時点での測位結果を十分に反映したものではない。

また、この方法は、移動体の運動特性を考慮したものではないので、例えば曲進等の移動体特有の走行軌跡を描くことは困難である。

【0006】

本発明では、車両にジャイロや車速センサを搭載することなく（INS複合することなく）、厳しい受信環境下でも、走行軌跡の乱れを低減し、滑らかな走行軌跡を得ることを主な目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る測位装置は、

測位信号を送信する人工衛星から前記測位信号を受信し、受信した前記測位信号を用いて測位計算を行い、測位対象となる測位対象移動体の所在位置の測位座標値を出力する測位計算部と、

前記測位対象移動体の速さと方向を状態変数とし、単位時間前の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の前記測位対象移動体の状態変数の推定値を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値を用いて、当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値を推定して、前記測位計算部からの測位対象移動体の所在位置の測位座標値を用いて、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差を算出して、前記当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値と、前記当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差を用いて、前記状態変数の新たな推定値を算出して前記測位対象移動体の所在位置の座標値を推定し、前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を出力する整形処理部と、

前記整形処理部が出力した前記測位対象移動体の所在位置の推定座標値を表示する測位結果表示部とを備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、衛星電波の遮蔽や多重伝搬等の厳しい受信環境下でも、車両にジャイロや車速センサを搭載することなく、フィルタ計算を行って走行軌跡を再計算することで、走行軌跡の乱れを低減し、滑らかな走行軌跡を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

実施の形態1.

図1～図7を使用して本実施の形態を説明する。

本実施の形態は、測位衛星から送信される測位信号を用いて車両等の移動体の位置を決定する衛星測位システムに関する。

【0010】

図1は、本実施の形態1に係る衛星測位システム300の構成を示す。

衛星測位システム300は、測位信号1を送信する測位衛星200a, 200b, 200c・・・200nと、測位信号1を受信し移動体（車両）の位置を決定する測位装置100とを備える。また、測位衛星は、測位衛星200a, 200b, 200c, 200nの4機のみ図示しているが、例示であり4機にかぎらない。

【0011】

本実施の形態に係る測位装置100の特徴の一つは、従来、車両の運動モデルとしては

10

20

30

40

50

、直進運動モデルを用いられていたのに対して、本実施の形態では、車両の速さと向きに着目したモデルを用いた点である。

図2は、従来装置の走行軌跡の例である。また図3は、図2の走行軌跡に対する速度ベクトルの時間的变化(時間は(1)から(2)の方向へ進行)である。

横軸は速度ベクトルの東方向成分、縦軸は速度ベクトルの北方向成分である。速度ベクトルとは、車両の速度の大きさと方向を示すものであり、図3は時間の経過に伴う速度ベクトルの変化の様子を描いたものである。

図3に示すように、滑らかでない走行軌跡に対する速度ベクトルの時間的变化を見ると、変化の仕方が急激であり実際の車両の走行に合致していないと考えられる。

そこで、本実施の形態では、速度ベクトルに着目して、速度ベクトルの大きさ(車速)と向き(ヘッドイング)を状態変数としたモデル(車速+ヨーレートモデル)を用いる。車速がアクセル/ブレーキ、ヨーレートがハンドル操作にそれぞれ対応するため、実際の車両走行特性の模擬であり、より良好な走行軌跡が見込まれる。

これは、以下の理由による。

【0012】

【数1】

下記の各変数、

x_1 : 東方向(easting) [m]

x_2 : 北方向(northing) [m]

x_3 : 速さ(speed) [m/s]

x_4 : ヘッドイング(heading) [rad]

とおくと、走行軌跡(s)と速度ベクトル(v)は、

$$s \equiv (x_1, x_2)$$

$$v \equiv (x_3 \cdot \cos(x_4), x_3 \cdot \sin(x_4))$$

であり、

$$s(t) = \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau$$

の関係がある。

【0013】

これより、走行軌跡は速度ベクトルを時間の経過に沿って積分したものであるから、車両の速度ベクトルの変化を緩やかにすれば、走行軌跡を滑らかにすることが出来ることが分る。

【0014】

図1を参照して、衛星測位システム300の概要を説明する。

(1) 測位衛星200a・・・200n等は測位信号1を送信する。

(2) 測位装置100は、この測位信号1を受信して所定の情報を抽出する。所定の情報

10

20

30

40

50

は、測位装置 100 と測位衛星 200 との間の擬似距離、ドプラ周波数、及び搬送波位相などを含む。

(3) 測位装置 100 は、抽出した情報に基づいて移動体の測位情報を作成する。測位情報は、移動体の位置、速度などを含む。

【0015】

図 4 は、測位装置 100 の構成を示す。

図 4 に示すように、測位装置 100 は、測位計算部 101、整形処理部 102、測位結果表示部 103 とを備える。

また、整形処理部 102 は、設定データ読み込み部 1021、時間伝播処理部 1022、入力データ読み込み部 1023、単位・座標変換部 1024、観測更新処理部 1025、単位・座標逆変換部 1026 とを備える。

整形処理部 102 は、測位計算部 101 の出力結果（緯度経度）を用いて、走行軌跡の再計算を行う。再計算とは、図 2 に示されている（滑らかでない）走行軌跡の計算のことである。本実施の形態に係る測位装置の目的は、測位計算部 101 で計算した走行軌跡を改善することである。本実施の形態に係る測位装置の整形処理部 102 は、測位計算部 101 で計算した走行軌跡結果を入力データとして、走行軌跡を計算し直して出力している。このようにして、測位計算部 101 の走行軌跡を滑らかにしている。

【0016】

ここで、本実施の形態に係る測位装置 100 の動作の概要を図 5 を参照して説明する。

測位計算部 101（前段）（測位計算ステップ）は、測位衛星 200 からの測位信号 1 を受信する。この測位信号は地球中心固定座標である。次に、測位計算部 101 は、直進運動モデルによる測位計算を行って、移動体の所在位置の座標値を算出する。次に、算出した移動体の座標値を地球中心固定座標から緯度経度座標に座標変換を行い、緯度経度座標の座標値を測位結果として整形処理部 102 に出力する。

整形処理部 102（整形処理ステップ）は、測位計算部 101 の出力結果（緯度経度）を用いて、走行軌跡の再計算を行う。なお、車両高度は、緯度経度に比較して変化量が小さいので考慮しないものとする。緯度経度座標は、基準座標（初期座標）を原点とする東方向と北方向の地球楕円体面座標に変換する（後述の数 12 の計算式を利用）。

この座標において、状態変数を、東方向変位 [m]、北方向変位 [m]、速さ [m/s]、ヘディング [rad]、アクセル [m/s²]、ヨーレート [rad/s] の 6 変数とする。また、観測値は、測位計算部 101 の出力結果である経度 [deg min]、緯度 [deg min] とする。状態遷移方程式は非線形系となるので、拡張カルマンフィルタを構成して、新たな走行軌跡を求める。つまり、速度、ヘディング、アクセル、ヨーレートを算出し、東方向と北方向の位置と、速度、ヘディング、アクセル、ヨーレートを状態変数としたカルマンフィルタのモデルを作成する。このモデルにより模擬的な INS 複合計算を行う（後述の数 7、8、13、15、17 の計算式を利用）。得られた結果は、地球楕円体面座標から緯度経度座標へ変換する（後述の数 18 の計算式を利用）。なお、具体的な計算式については、後述する。

測位結果表示部 103（測位結果表示ステップ）は、整形処理部 102 の測位結果を表示す。

なお、上記において、地球楕円体面座標とは、基準点を適宜設定して（ここでは車両の初期値）、この基準点を原点として、地球上の位置を、東方向と北方向で [m] 単位で示したものである。緯度経度座標の単位が [deg] であるのに対して、地球楕円体面座標の単位は [m] である。なお、上述したように、車両高度は、緯度経度に比較して変化量が小さいので考慮していない。

【0017】

従来 of 車速センサとジャイロを用いた複合方式では、速度とヨーレートを外部入力変数として用いてカルマンフィルタを構成している。

一方、本実施の形態では、外部入力変数は、緯度/経度情報のみであり、速度及びその時間変化率であるアクセル、ヨーレート及びその時間積分値であるヘディングを状態変

10

20

30

40

50

数として含むカルマンフィルタのモデルを作成している。

位置 x 、 y と速度 v とヘディング との関係は、以下の通りである。

位置 x : $x = v \times \cos$ [m]

位置 y : $y = v \times \sin$ [m]

また、緯度経度の単位系から、位置、速度、ヘディング、アクセル、ヨーレートの単位系へ変更するために、座標変換を行っている。

【0018】

図12は、本実施の形態及び以下に述べる実施の形態に示す。測位装置100のハードウェア資源の一例を示す図である。

図12において、測位装置100は、プログラムを実行するCPU911 (Central Processing Unit、中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、プロセッサともいう) を備えている。CPU911は、バス912を介して、例えば、ROM (Read Only Memory) 913、RAM (Random Access Memory) 914、通信ボード915、表示装置901、磁気ディスク装置920と接続され、これらのハードウェアデバイスを制御する。表示装置901は、タッチパネル式であってもよい。更に、CPU911は、キーボード902、マウス903、FDD904 (Flexible Disk Drive)、コンパクトディスク装置905 (CDD) と接続していてもよい。また、磁気ディスク装置920の代わりに、フラッシュメモリ、光ディスク装置、メモリカード読み書き装置などの記憶装置でもよい。

RAM914は、揮発性メモリの一例である。ROM913、FDD904、CDD905、磁気ディスク装置920の記憶媒体は、不揮発性メモリの一例である。これらは、記憶装置あるいは記憶部の一例である。

通信ボード915、キーボード902、FDD904などは、入力部、入力装置の一例である。

また、通信ボード915、表示装置901などは、出力部、出力装置の一例である。

【0019】

通信ボード915は、図1に示すように、測位衛星200からの測位信号1を受信可能なように構成されている。また、通信ボード915は、地上無線通信網と接続することも可能であり、地上無線通信網を通じて、インターネット、WAN (ワイドエリアネットワーク) などに接続されていても構わない。

磁気ディスク装置920には、オペレーティングシステム921 (OS)、ウィンドウシステム922、プログラム群923、ファイル群924が記憶されている。プログラム群923のプログラムは、CPU911、オペレーティングシステム921、ウィンドウシステム922により実行される。

【0020】

上記プログラム群923には、以下に述べる説明において「～部」、「～手段」として説明する機能を実行するプログラムが記憶されている。プログラムは、CPU911により読み出され実行される。

ファイル群924には、以下に述べる説明において、「～の判定結果」、「～の計算結果」、「～の処理結果」、「～の評価結果」等として説明する情報やデータや信号値や変数値やパラメータが、「～ファイル」や「～データベース」の各項目として記憶されている。「～ファイル」や「～データベース」は、ディスクやメモリなどの記録媒体に記憶される。ディスクやメモリになどの記憶媒体に記憶された情報やデータや信号値や変数値やパラメータは、読み書き回路を介してCPU911によりメインメモリやキャッシュメモリに読み出され、抽出・検索・参照・比較・演算・計算・処理・編集・出力・印刷・表示などのCPUの動作に用いられる。抽出・検索・参照・比較・演算・計算・処理・編集・出力・印刷・表示のCPUの動作の間、情報やデータや信号値や変数値やパラメータは、メインメモリ、レジスタ、キャッシュメモリ、バッファメモリ等に一時的に記憶される。

また、以下で説明するフローチャートの矢印の部分は主としてデータや信号の入出力を

10

20

30

40

50

示し、データや信号値は、RAM 914のメモリ、FDD 904のフレキシブルディスク、CDD 905のコンパクトディスク、磁気ディスク装置 920の磁気ディスク、その他光ディスク、ミニディスク、DVD等の記録媒体に記録される。また、データや信号は、バス 912や信号線やケーブルその他の伝送媒体によりオンライン伝送される。

【0021】

また、以下に述べる説明において「～部」、「～手段」として説明するものは、「～回路」、「～装置」、「～機器」、「手段」であってもよく、また、「～ステップ」、「～手順」、「～処理」であってもよい。すなわち、「～部」、「～手段」として説明するものは、ROM 913に記憶されたファームウェアで実現されていても構わない。或いは、ソフトウェアのみ、或いは、素子・デバイス・基板・配線などのハードウェアのみ、或いは、ソフトウェアとハードウェアとの組み合わせ、さらには、ファームウェアとの組み合わせで実施されても構わない。ファームウェアとソフトウェアは、プログラムとして、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、DVD等の記録媒体に記憶される。プログラムはCPU 911により読み出され、CPU 911により実行される。すなわち、プログラムは、以下に述べる「～部」、「～手段」としてコンピュータを機能させるものである。あるいは、以下に述べる「～部」、「～手段」の手順や方法をコンピュータに実行させるものである。

【0022】

このように、本実施の形態及び以下に述べる実施の形態に示す測位装置 100は、処理装置たるCPU、記憶装置たるメモリ、磁気ディスク等、入力装置たるタッチパネル、キーボード、マウス等、出力装置たる表示装置、通信ボード等を備えるコンピュータであり、上記したように「～部」、「～手段」として示された機能をこれら処理装置、記憶装置、入力装置、出力装置を用いて実現するものである。

【0023】

図6は、整形処理部 102と測位結果表示部 103の動作例を示すフローチャートである。図6を参照して、整形処理部 102と測位結果表示部 103の動作の概略を説明する。

【0024】

S11において、設定データ読み込み部 1021は初期値($x_s(0)$)や初期誤差共分散行列($S(0)$)、駆動雑音共分散行列(Q)、観測雑音共分散行列(R)を読み込む。

初期値($x_s(0)$)や初期誤差共分散行列($S(0)$)、駆動雑音共分散行列(Q)、観測雑音共分散行列(R)のデータは、測位装置 100のメモリに格納されている。設定データ読み込み部 1021は、このメモリからデータを読み込む。以下に、用語を説明する。

初期値($x_s(0)$)とは、初期時刻(計算開始時刻)における各状態変数の値(設定値)である。

初期誤差共分散行列($S(0)$)とは、各状態変数の初期値の誤差に関する共分散行列(自己分散値と相互分散値を要素とする行列)である。

駆動雑音共分散行列(Q)とは、各状態変数に関して時間刻み Δt の間に变化する程度を示す統計量である。

観測雑音共分散行列(R)とは、観測値の誤差に関する共分散行列(自己分散値と相互分散値を要素とする行列)である。

ここで、状態変数は、東方向変位[m]、北方向変位[m]、速さ[m/s]、ヘディング[rad]、アクセル[m/s²]、ヨーレート[rad/s]の6変数である。

【0025】

S12において、状態変数の時間伝播処理部 1022は初期値($x_s(0)$)や初期誤差共分散行列($S(0)$)、駆動雑音共分散行列(Q)、観測雑音共分散行列(R)を用いて、時間外挿値($x_p(t)$)と伝播誤差共分散行列($P(t)$)を計算する。

時間外挿値($x_p(t)$)とは、時間 t 経過後の各状態変数の推定値である。

10

20

30

40

50

伝播誤差共分散行列 ($P(t)$) とは、時間 経過後の各状態変数の推定誤差の共分散行列である。

【 0 0 2 6 】

S 1 3 において、入力データ読み込み部 1 0 2 3 は測位計算部 1 0 1 の出力結果である緯度、経度を読み込む。

【 0 0 2 7 】

S 1 4 において、単位・座標変換部 1 0 2 4 は入力データ読み込み部 1 0 2 3 が読み込んだ緯度経度座標を、地球楕円体面座標に変換する。

【 0 0 2 8 】

S 1 5 において、状態変数の観測更新処理部 1 0 2 5 は単位・座標変換部 1 0 2 4 が計算した地球楕円体面座標を用いて、観測更新値 ($x_s(t)$) と更新誤差共分散 ($S(t)$) を計算する。 10

観測更新値 ($x_s(t)$) とは、観測値 (緯度経度情報) を得ることによって推定した各状態変数の値である。

更新誤差共分散 ($S(t)$) とは、観測値 (緯度経度情報) を得ることによる各状態変数の推定誤差の共分散行列である。

【 0 0 2 9 】

S 1 6 において、単位・座標逆変換部 1 0 2 6 は観測更新処理部 1 0 2 5 が計算した地球楕円体面座標を、緯度経度座標へ変換する。

【 0 0 3 0 】

S 1 7 において、測位結果表示部 1 0 3 は単位・座標変換部 1 0 2 4 が計算した緯度経度座標 (測位情報) を表示す。 20

【 0 0 3 1 】

このように、整形処理部 1 0 2 は、状態変数に測位移動体の速さと方向を含み、初期値と初期誤差共分散行列と駆動雑音行列と観測雑音行列を読み込み、前記初期値と前記初期誤差共分散行列と前記駆動雑音行列と前記観測雑音行列を使用して前記状態変数の時間外挿値と伝播誤差共分散行列を計算し、前記測位計算部が出力した緯度経度座標値を読み込み、前記緯度経度座標値を地球楕円体面座標値に変換し、前記地球楕円体面座標値を使用して前記状態変数の観測更新値と更新誤差共分散を計算し、前記地球楕円体面座標による観測更新値を緯度経度座標値に変換して出力する。 30

【 0 0 3 2 】

(拡張カルマンフィルタによる実時間推定)

次に、整形処理部 1 0 2 による処理内容の詳細について以下に説明する。

地球楕円体面座標系における東方向変位 [m]、北方向変位 [m]、速さ [m / s]、ヘディング [rad]、アクセル [m / s ^ 2]、ヨーレート [rad / s] の各変数は、以下の拡張カルマンフィルタを用いて実時間推定する。

【 0 0 3 3 】

(1) 対象システムの状態方程式の記述

【 0 0 3 4 】

【 数 2 】

$$\dot{x}(t) = f(x(t)) + \xi(t)$$

【 0 0 3 5 】

ここで、 t は時刻、 $x(t)$ は状態変数、 $f(x(t))$ は状態遷移関数、 $\xi(t)$ はシステム雑音である。また、状態変数と状態遷移関数の内容は以下の通りである。

【 0 0 3 6 】

10

20

30

40

【数 3】

状態変数、

$$\mathbf{x}(t) = [x_1(t), x_2(t), x_3(t), x_4(t), x_5(t), x_6(t)]^T$$

 x_1 : 東方向 (easting) [m]

 x_2 : 北方向 (northing) [m]

 x_3 : 速度 (speed) [m/s]

 x_4 : ヘッディング (heading) [rad]

 x_5 : アクセル (acceleration) [m/s²]

 x_6 : ヨーレート (yaw_rate) [rad/s]

10

状態遷移関数、

$$\mathbf{f}(\mathbf{x}) = [x_3 \cdot \cos(x_4), x_3 \cdot \sin(x_4), x_5, x_6, 0, 0]^T$$

20

【0037】

(2) 対象システムの観測方程式の記述

【0038】

【数 4】

$$\mathbf{m}(t) = \mathbf{g}(\mathbf{x}(t)) + \zeta(t)$$

30

【0039】

ここで、 $\mathbf{m}(t)$ は観測量、 $\mathbf{g}(\mathbf{x}(t))$ は観測関数、 $\zeta(t)$ は観測雑音である。また、観測量の内容は本実施の形態の処理を付加する前の測位結果であり、以下の通りである。

【0040】

【数 5】

$$\mathbf{g}(\mathbf{x}) = [x_1, x_2]^T$$

40

【0041】

上記の非線形対象系と線形観測系に対する拡張カルマンフィルタと単位・座標変換等の処理を、下記のように構成する。

【0042】

(3) 初期設定データ読み込み

【0043】

下記の初期値、設定値を読み込む。

【0044】

50

【数 6】

 $x_s(0)$: 初期平滑値 $S(0)$: 初期平滑誤差共分散行列 Q : 駆動雑音共分散行列 R : 観測雑音共分散行列

10

 τ : 時間刻み [s]

【0045】

(4) 時間外挿計算

【0046】

時間外挿値 $x_p(t)$ は以下のように求める。

【0047】

【数 7】

20

$$x_p(t) = x_s(t - \tau) + f(x_s(t - \tau)) \cdot \tau$$

【0048】

ここで、 $x_s(t)$ は観測更新値、 τ は外挿時間である。

初めて時間外挿値 $x_p(t)$ を求める場合は、読み込んだ初期平滑値 $x_s(0)$ を用いて、 $x_p(t) = x_s(0) + f(x_s(0)) \cdot \tau$ として時間外挿値 $x_p(t)$ を求める。

既に、現在時刻から τ [s] 前に観測更新値 $x_s(t - \tau)$ を算出している場合は、この $x_s(t - \tau)$ を数 7 に適用して時間外挿値 $x_p(t)$ を求める。

30

【0049】

(5) 誤差共分散伝播計算

【0050】

伝播誤差共分散 $P(t)$ は以下のように求める。

【0051】

【数 8】

$$P(t) = A(t - \tau) \cdot S(t - \tau) \cdot A^T(t - \tau) + Q$$

【0052】

ここで、 $S(t)$ は更新誤差共分散である。また、 $A(t)$ 及び $F(t)$ の内容は以下の通りである。 Q は、数 6 に示すように、駆動雑音共分散行列である。

40

【0053】

【数 9】

$$A(t-\tau) \equiv I + F(t-\tau) \cdot \tau$$

$$F(t-\tau) \equiv \frac{\partial f(x_s(t-\tau))}{\partial x}$$

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \cos(x_4) & -x_3 \cdot \sin(x_4) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sin(x_4) & x_3 \cdot \cos(x_4) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

10

20

【0054】

(6) 入力データ読み込み

【0055】

下記の入力データを読み込む。

【0056】

【数10】

入力変数、

$$\mathbf{m} = [m_1, m_2]$$

 m_1 : 経度(longtitude) [deg]

 m_2 : 緯度(latitude) [deg]

30

【0057】

(7) 単位変換

【0058】

下記の手順で、緯度経度座標 [deg] から地球楕円体面座標 [m] への変換を行う。

【0059】

まず、緯度経度初期値 (0 , 0) [deg] を、基準座標値 (原点) とする。

【0060】

40

【数 1 1】

$$m(1) \leftarrow m(1) - \lambda_0$$

$$m(2) \leftarrow m(2) - \varphi_0$$

【0 0 6 1】

次に、緯度経度座標系から地球楕円体面座標系へ変換を行い、単位を [deg] から [m] に直す。

10

【0 0 6 2】

【数 1 2】

$$\varphi_0 \leftarrow \varphi_0 \cdot \pi/180 : \text{単位変換 [deg] } \rightarrow \text{[rad]}$$

$$m(1) \leftarrow \frac{\pi}{180} \cdot \frac{a \cdot \cos(\varphi_0)}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 \varphi_0}} \cdot m(1)$$

20

$$m(2) \leftarrow \frac{\pi}{180} \cdot \frac{a \cdot (1 - e^2)}{(1 - e^2 \cdot \sin^2 \varphi_0)^{3/2}} \cdot m(2)$$

ここで、

a : 地球赤道半径, 6, 378, 136 [m]

e^2 : 地球離心率の二乗, 0. 00669447

30

【0 0 6 3】

(8) 観測更新計算

【0 0 6 4】

観測更新値 $x_s(t)$ は以下のように求める。

【0 0 6 5】

【数 1 3】

$$x_s(t) = x_p(t) + K(t) \cdot \{m(t) - g(x_p(t))\}$$

40

【0 0 6 6】

ここで、 $m(t)$ 及び $g(x_p(t))$ は以下の通りである。

【0 0 6 7】

【数 1 4】

$$m = [m_1, m_2]^T$$

$$g(x_p) = [x_p, x_p]^T$$

50

【 0 0 6 8 】

また、 $K(t)$ はカルマンゲインである。カルマンゲイン $K(t)$ は以下のように求める。

【 0 0 6 9 】

【 数 1 5 】

$$K(t) = P(t) \cdot C(t) \cdot N^{-1}(t)$$

【 0 0 7 0 】

なお、 $C(t)$ 及び $N(t)$ は以下の通りである。

10

【 0 0 7 1 】

【 数 1 6 】

$$C^T(t) \equiv \frac{\partial g(x_p(t))}{\partial x}$$

$$C(t) \equiv \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^T$$

20

$$N(t) \equiv C^T(t) \cdot P(t) \cdot c(t) + R$$

【 0 0 7 2 】

(9) 誤差共分散更新計算

【 0 0 7 3 】

更新誤差共分散 $S(t)$ は以下のように求める。

【 0 0 7 4 】

【 数 1 7 】

30

$$S(t) = P(t) - K(t) \cdot C^T(t) \cdot P(t)$$

【 0 0 7 5 】

(1 0) 単位変換

下記の手順で、地球楕円体面座標 [m] から緯度経度座標 [d e g] への変換を行う。

【 0 0 7 6 】

まず、地球楕円体面座標系から緯度経度座標系へ変換を行い、単位を [m] から [d e g] に直す。

【 0 0 7 7 】

40

【数 18】

$$\lambda \leftarrow x_s(1) / \left(\frac{\pi}{180} \cdot \frac{a \cdot \cos(\varphi_0)}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 \varphi_0}} \right)$$

$$\varphi \leftarrow x_s(2) / \left(\frac{\pi}{180} \cdot \frac{a \cdot (1 - e^2)}{(1 - e^2 \cdot \sin^2 \varphi_0)^{3/2}} \right)$$

10

【0078】

次に、基準座標値 (0 , 0) [deg] を加えて、元の緯度経度座標値 [deg] を求める。

【0079】

【数 19】

$$\lambda \leftarrow \lambda + \lambda_0$$

$$\varphi \leftarrow \varphi + \varphi_0$$

20

【0080】

(11) 結果表示

下記の計算結果を書き出す。

: 経度 (longitude) [deg]

: 緯度 (latitude) [deg]

【0081】

図 2 に示した従来装置の測位結果に対して本実施の形態に係る整形処理部 102 の整形処理を適用した場合の走行軌跡を図 7 に示す。

30

また図 8 は、図 7 の走行軌跡に対する速度ベクトルの時間的变化 (時間は (1) から (2) の方向へ進行) である。

従来装置の速度ベクトルの時間的变化は、図 3 に示したように急激であったが、本実施の形態に係る整形処理部 102 の整形処理を適用した結果、速度ベクトルの時間的变化は緩やかに変化し、それに対応して走行軌跡が滑らかになったことが図 7 よりわかる。

【0082】

このように、本実施の形態では、測位計算部 101 が、人工衛星から測位信号を受信し、受信した測位信号を用いて測位計算を行い、測位対象となる測位対象移動体の所在位置の測位座標値を出力する。

そして、整形処理部 102 が、測位対象移動体の速さと方向を状態変数とし ($x(t)$ (数 3))、単位時間 前の測位対象移動体の状態変数の推定値 (時間前の更新観測値 : $x_s(t -)$) 又は初期平滑値 : $x_s(0)$) を用いて、当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値 (時間外挿値 : $x_p(t)$ (数 7)) を算出する。

40

更に、整形処理部 102 は、当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値 (時間外挿値 : $x_p(t)$) を用いて、当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値 (伝播誤差共分散 : $P(t)$ (数 8)) を推定して、測位計算部 101 からの測位対象移動体の所在位置の測位座標値 ($m(t)$ (数 4))、 m_1 : 緯度、 m_2 : 経度 (数 10)) を用いて、当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差 (更新誤差共分散 : $S(t)$ (数 17)) を算出する。

また、整形処理部 102 は、当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値 (時間外挿

50

値： $x_p(t)$ ）と、当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差（更新誤差共分散： $S(t)$ ）を用いて、状態変数の新たな推定値（観測更新値 $x_s(t)$ （数13））を算出して測位対象移動体の所在位置の座標値を推定し、測位対象移動体の所在位置の推定座標値を測位結果表示部103に出力する。

測位結果表示部103は、整形処理部102が出力した測位対象移動体の所在位置の推定座標値を表示す。

【0083】

以上のように本実施の形態に係る測位装置は、厳しい受信環境下においても測位精度の劣化を抑えることができ、滑らかな走行軌跡が得られる。

特に、ジャイロや車速センサを搭載することなく、模擬的なINS複合計算を行う（データ処理のみでINS複合を模擬的に実現する）ことにより、安価で、時間遅れなく、曲進等の移動体特有の走行軌跡を得ることができる。

【0084】

また、以上のように本実施の形態に係る測位装置は、従来の測位装置の後段に整形処理部102を付加するのみで、衛星電波の遮蔽や多重伝搬等による精度の劣化を抑えた測位装置を得ることができる。

【0085】

以上のように本実施の形態に係る測位方法は、衛星電波の遮蔽や多重伝搬等によって乱れた走行軌跡を、フィルタ計算を行って走行軌跡を再計算した結果、軌跡は滑らかになり、測位精度の劣化を抑えることができる。また、走行軌跡の最適化や微調整は、フィルタ処理における初期値や初期誤差共分散行列、駆動雑音行列、観測雑音行列等のパラメータの調整のみで行うことができる。

【0086】

また、図4の構成に加え、測位計算部101の測位のための補正データを受信する補正データ受信部を追加し、測位計算部101は、測位衛星200からの測位信号1とともに補正データ受信部が受信した補正データを使用して測位計算を行って緯度経度座標値を出力するようにしてもよい。

【0087】

このように、本実施の形態では、測位信号を送信する人工衛星から前記測位信号を受信して所定の情報を抽出し、前記所定の情報を使用して測位計算を行って緯度経度座標値を出力する測位計算部と、状態変数に測位移動体の速さと方向を含み、初期値と初期誤差共分散行列と駆動雑音行列と観測雑音行列を読み込み、前記初期値と前記初期誤差共分散行列と前記駆動雑音行列と前記観測雑音行列を使用して前記状態変数の時間外挿値と伝播誤差共分散行列を計算し、前記測位計算部が出力した緯度経度座標値を読み込み、前記緯度経度座標値を地球楕円体面座標値に変換し、前記地球楕円体面座標値を使用して前記状態変数の観測更新値と更新誤差共分散を計算し、前記地球楕円体面座標による観測更新値を緯度経度座標値に変換して出力する整形処理部と、前記整形処理部が出力した緯度経度座標値を表示する測位結果表示部とを備えた測位装置について説明した。

【0088】

また、本実施の形態では、前記測位計算部の測位のための補正データを受信する補正データ受信部を備え、前記測位計算部が、測位信号を送信する人工衛星から前記測位信号を受信して所定の情報を抽出し、前記所定の情報を使用するとともに、前記補正データ受信部で受信した補正データを使用して測位計算を行って緯度経度座標値を出力する測位装置について説明した。

【0089】

実施の形態2.

図9は、本実施の形態に係る測位装置104の構成を示す。

図9に示すように、測位装置104は、測位計算部105、測位結果表示部103とを備える。

測位計算部105は、設定データ読み込み部1021、時間伝播処理部1022、入力デ

ータ読み込み部 1027、観測更新処理部 1025、座標変換部 1028 とを備える。

【0090】

ここで、本実施の形態に係る測位装置 104 の動作の概要を図 10 を参照して説明する。

測位計算部 105 (測位計算ステップ) は、走行軌跡の計算を行う。

状態変数は、地球中心固定座標において、x 方向 [m]、y 方向 [m]、z 方向 [m]、受信機クロック [m]、速さ [m/s]、エレベーション [rad]、ヘッドイング [rad]、クロックドリフト [m/s]、アクセル [m/s²]、ピッチレート [rad/s]、ヨーレート [rad/s]、クロックドリフトレート [m/s²] の 9 変数とする。

また、観測値は、測位衛星 200 からの測位信号 1 に含まれる測位衛星 200 との間の擬似距離 [m] である。測位計算部 105 が受信する測位信号は地球中心固定座標である。状態方程式と観測方程式は非線形系となるので、拡張カルマンフィルタを構成する。

得られた結果は、地球中心固定座標から緯度経度高度座標へ変換する。

測位結果表示部 103 (測位結果表示ステップ) は、測位計算部 105 の測位結果を表示する。

【0091】

図 11 は、測位計算部 105 と測位結果表示部 103 の動作を示すフローチャートである。図 11 を参照して、測位計算部 105 と測位結果表示部 103 の動作の概略を説明する。

【0092】

S11 において、設定データ読み込み部 1021 は初期値 ($x_s(0)$) や初期誤差共分散行列 ($S(0)$)、駆動雑音共分散行列 (Q)、観測雑音共分散行列 (R) を読み込む。

【0093】

S12 において、時間伝播処理部 1022 は初期値 ($x_s(0)$) や初期誤差共分散行列 ($S(0)$)、駆動雑音共分散行列 (Q)、観測雑音共分散行列 (R) を用いて、時間外挿値 ($x_p(t)$) と伝播誤差共分散行列 ($P(t)$) を計算する。

【0094】

S18 において、入力データ読み込み部 1027 は人工衛星からの擬似距離信号を読み込む。

【0095】

S15 において、観測更新処理部 1025 は入力データ読み込み部 1027 が読み込んだ擬似距離信号を用いて、観測更新値 ($x_s(t)$) と更新誤差共分散 ($S(t)$) を計算する。

【0096】

S19 において、座標変換部 1028 は観測更新処理部 1023 が計算した地球中心固定座標を、緯度経度高度座標へ変換する。

【0097】

S17 において、測位結果表示部 103 は座標変換部 1028 が計算した緯度経度高度座標 (測位情報) を表示する。

【0098】

以上の動作により、本実施の形態においても、図 7 及び図 8 と同様に、速度ベクトルの時間的变化が緩やかに変化する、滑らかな走行軌跡を表示することができる。

【0099】

(拡張カルマンフィルタによる実時間推定)

次に測位計算部 105 による処理内容の詳細について以下に説明する。

地球中心固定座標における x 方向 [m]、y 方向 [m]、z 方向 [m]、受信機クロック [m]、速さ [m/s]、エレベーション [rad]、ヘッドイング [rad]、クロックドリフト [m/s]、アクセル [m/s²]、ピッチレート [rad/s]、ヨーレート [rad/s]、クロックドリフトレート [m/s²] の各変数は、以下の拡張

10

20

30

40

50

カルマンフィルタを用いて実時間推定する。

【 0 1 0 0 】

(1) 対象システムの状態方程式の記述

【 0 1 0 1 】

【 数 2 0 】

$$\dot{x}(t) = f(x(t)) + \xi(t)$$

【 0 1 0 2 】

ここで、 t は時刻、 $x(t)$ は状態変数、 $f(x(t))$ は状態遷移関数、 $\xi(t)$ は 10
駆動雑音である。また、状態変数と状態遷移関数の内容は以下の通りである。

【 0 1 0 3 】

【数 2 1】

状態変数、

$$\mathbf{x}(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_{12}(t)]^T$$

 x_1 : x 方向 [m]

 x_2 : y 方向 [m]

 x_3 : z 方向 [m]

 x_4 : 受信機クロック [m]

10

 x_5 : 速さ (speed) [m/s]

 x_6 : エレベーション (elevation) [rad]

 x_7 : ヘッディング (heading) [rad]

 x_8 : クロックドリフト [m/s]

 x_9 : アクセル (acceleration) [m/s²]

 x_{10} : ピッチレート (pitch_rate) [rad/s]

20

 x_{11} : ヨーレート (yaw_rate) [rad/s]

 x_{12} : クロックドリフトレート [m/s²]
状態遷移関数 $f(\mathbf{x})$ の各要素は、以下の通りである。

$$f_1(\mathbf{x}) = x_5 \cdot \cos(x_6) \cdot \cos(x_7)$$

$$f_2(\mathbf{x}) = x_5 \cdot \cos(x_6) \cdot \sin(x_7)$$

$$f_3(\mathbf{x}) = x_5 \cdot \sin(x_6)$$

$$f_4(\mathbf{x}) = x_8$$

30

$$f_5(\mathbf{x}) = x_9$$

$$f_6(\mathbf{x}) = x_{10}$$

$$f_7(\mathbf{x}) = x_{11}$$

$$f_8(\mathbf{x}) = x_{12}$$

$$f_9(\mathbf{x}) = 0$$

$$f_{10}(\mathbf{x}) = 0$$

$$f_{11}(\mathbf{x}) = 0$$

$$f_{12}(\mathbf{x}) = 0$$

40

【 0 1 0 4 】

(2) 対象システムの観測方程式の記述

【 0 1 0 5 】

【数 2 2】

$$m(t) = g(x(t)) + \zeta(t)$$

【0 1 0 6】

ここで、 $m(t)$ は観測量、 $g(x(t))$ は観測関数、 $\zeta(t)$ は観測雑音である。
観測量の内容は人工衛星からの擬似距離であり、以下の通りである。

【0 1 0 7】

【数 2 3】

$$g(x) = \sqrt{(x_1 - x_1^S)^2 + (x_2 - x_2^S)^2 + (x_3 - x_3^S)^2 + (x_4 - x_4^S)^2}$$

10

ここで、

x_1^S : 衛星位置の x 方向成分 [m]

x_2^S : 衛星位置の x 方向成分 [m]

x_3^S : 衛星位置の x 方向成分 [m]

20

x_4^S : 衛星クロック [m]

【0 1 0 8】

上記の非線形対象系と線形観測系に対する拡張カルマンフィルタと座標変換の処理を、
下記のように構成する。

【0 1 0 9】

(3) 初期設定データ読み込み

【0 1 1 0】

下記の初期値、設定値を読み込む。

30

【0 1 1 1】

【数 2 4】

$x_s(0)$: 初期平滑値

$S(0)$: 初期平滑誤差共分散行列

Q : 駆動雑音共分散行列

40

R : 観測雑音共分散行列

τ : 時間刻み [s]

【0 1 1 2】

(4) 時間外挿計算

【0 1 1 3】

時間外挿値 $x_p(t)$ は以下のように求める。

【0 1 1 4】

50

【数 2 5】

$$x_p(t) = x_s(t - \tau) + f(x_s(t - \tau)) \cdot \tau$$

【0 1 1 5】

ここで、 $x_s(t)$ は観測更新値、 τ は外挿時間である。

【0 1 1 6】

(5) 誤差共分散伝播計算

【0 1 1 7】

伝播誤差共分散 $P(t)$ は以下のように求める。

【0 1 1 8】

【数 2 6】

$$P(t) = A(t - \tau) \cdot S(t - \tau) \cdot A^T(t - \tau) + Q$$

【0 1 1 9】

ここで、 $S(t)$ は更新誤差共分散である。また、 $A(t)$ 及び $F(t)$ の内容は以下の通りである。 Q は、数 2 4 に示すように、駆動雑音共分散行列である。

【0 1 2 0】

【数 2 7】

$$A(t - \tau) \equiv I + F(t - \tau) \cdot \tau$$

$$F(t - \tau) \equiv \frac{\partial f(x_s(t - \tau))}{\partial x}$$

$$F_{15} = \cos(x_6) \cdot \cos(x_7)$$

$$F_{16} = -x_5 \cdot \sin(x_6) \cdot \cos(x_7)$$

10

$$F_{17} = -x_5 \cdot \cos(x_6) \cdot \sin(x_7)$$

$$F_{25} = \cos(x_6) \cdot \sin(x_7)$$

$$F_{26} = -x_5 \cdot \sin(x_6) \cdot \sin(x_7)$$

$$F_{27} = x_5 \cdot \cos(x_6) \cdot \cos(x_7)$$

$$F_{35} = \sin(x_6)$$

20

$$F_{36} = -x_5 \cdot \cos(x_6)$$

$$F_{48} = 1$$

$$F_{59} = 1$$

$$F_{6,10} = 1$$

$$F_{7,11} = 1$$

30

その他のFの要素は、0。

【0 1 2 1】

(6) 入力データ読み

【0 1 2 2】

下記の入力データを読み込む。

【0 1 2 3】

【数 2 8】

入力変数、

40

$$m = [m_1]$$

m_1 : 人工衛星からの擬似距離 [m]

【0 1 2 4】

(8) 観測更新計算

【0 1 2 5】

観測更新値 $x_s(t)$ は以下のように求める。

50

【 0 1 2 6 】

【 数 2 9 】

$$\mathbf{x}_s(t) = \mathbf{x}_p(t) + \mathbf{K}(t) \cdot \{m(t) - g(\mathbf{x}_p(t))\}$$

【 0 1 2 7 】

ここで、 $m(t)$ 及び $g(\mathbf{x}_p(t))$ は以下の通りである。

【 0 1 2 8 】

【 数 3 0 】

10

$$\mathbf{m} = [m_1]$$

$$g(\mathbf{x}_p) = \sqrt{(x_{p1} - x_1^S)^2 + (x_{p2} - x_2^S)^2 + (x_{p3} - x_3^S)^2 + (x_{p4} - x_4^S)^2}$$

【 0 1 2 9 】

また、 $\mathbf{K}(t)$ はカルマンゲインである。カルマンゲイン $\mathbf{K}(t)$ は以下のように求める。

【 0 1 3 0 】

20

【 数 3 1 】

$$\mathbf{K}(t) = \mathbf{P}(t) \cdot \mathbf{C}(t) \cdot \mathbf{N}^{-1}(t)$$

【 0 1 3 1 】

なお、 $\mathbf{C}(t)$ 及び $\mathbf{N}(t)$ は以下の通りである。

【 0 1 3 2 】

【数 3 2】

$$\mathbf{C}^T(t) \equiv \frac{\partial \mathbf{g}(\mathbf{x}_p(t))}{\partial \mathbf{x}}$$

$$\mathbf{C}(t) \equiv [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3 \quad 1 \quad 0 \quad 0]^T$$

ここで、

$$\alpha_1 = \frac{x_{p1} - x_1^S}{\sqrt{(x_{p1} - x_1^S)^2 + (x_{p2} - x_2^S)^2 + (x_{p3} - x_3^S)^2}}$$

$$\alpha_2 = \frac{x_{p2} - x_2^S}{\sqrt{(x_{p1} - x_1^S)^2 + (x_{p2} - x_2^S)^2 + (x_{p3} - x_3^S)^2}}$$

$$\alpha_3 = \frac{x_{p3} - x_3^S}{\sqrt{(x_{p1} - x_1^S)^2 + (x_{p2} - x_2^S)^2 + (x_{p3} - x_3^S)^2}}$$

$$\mathbf{N}(t) \equiv \mathbf{C}^T(t) \cdot \mathbf{P}(t) \cdot \mathbf{c}(t) + \mathbf{R}$$

【0 1 3 3】

(9) 誤差共分散更新計算

【0 1 3 4】

更新誤差共分散 $S(t)$ は以下のように求める。

【0 1 3 5】

【数 3 3】

$$\mathbf{S}(t) = \mathbf{P}(t) - \mathbf{K}(t) \cdot \mathbf{C}^T(t) \cdot \mathbf{P}(t)$$

【0 1 3 6】

(10) 座標変換

地球中心固定座標から緯度経度高度座標への変換を行う。

【0 1 3 7】

(11) 結果表示

下記の計算結果を書き出す。

: 経度 (longitude) [deg]

: 緯度 (latitude) [deg]

h : 高度 [m]

【0 1 3 8】

このように、本実施の形態では、測位計算部 105 が、測位対象となる測位対象移動体の速さと方向を状態変数とし ($x(t)$ (数 21))、人工衛星からの擬似距離信号を読み込み ($m(t)$ (数 22))、 m_1 : 人工衛星からの擬似距離 (数 28))、単位時間前の測位対象移動体の状態変数の推定値 (時間前の更新観測値: $x_s(t - \quad)$) 又は初期平滑値: $x_s(0)$) を用いて、当該時刻の前記測位対象移動体の状態変数の推定値 (

10

20

30

40

50

時間外挿値： $x_p(t)$ （数25））を算出する。

更に、測位計算部105は、当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値（時間外挿値： $x_p(t)$ ）を用いて、当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値（伝播誤差共分散： $P(t)$ （数26））を推定して、人工衛星からの擬似距離信号を用いて、当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差（更新誤差共分散： $S(t)$ （数33））を算出する。

また、測位計算部105は、当該時刻の測位対象移動体の状態変数の推定値（時間外挿値： $x_p(t)$ ）と、当該時刻の測位対象移動体の所在位置の測位座標値の推定誤差（更新誤差共分散： $S(t)$ ）を用いて、状態変数の新たな推定値（観測更新値 $x_s(t)$ （数29））を算出して測位対象移動体の所在位置の座標値を推定し、測位対象移動体の所在位置の推定座標値を測位結果表示部103に出力する。

測位結果表示部103は、測位計算部105が出力した測位対象移動体の所在位置の推定座標値を表示する。

【0139】

本実施の形態に係る測位装置によれば、厳しい受信環境下においても測位精度の劣化を抑えることができ、滑らかな走行軌跡が得られる。

特に、ジャイロや車速センサを搭載することなく、模擬的なINS複合計算を行う（データ処理のみでINS複合を模擬的に実現する）ことにより、安価で、時間遅れなく、曲進等の移動体特有の走行軌跡を得ることができる。

また、実施の形態1では、前段の測位計算部101が計算した走行軌跡（緯度経度座標値）を用いて、整形処理部102が、再度測位計算を行って滑らかな走行軌跡を求めるものであった。一方、実施の形態2では、人工衛星が送信する測位信号を直接用いて、1回の測位計算で滑らかな走行軌跡を求める。このため、実施の形態1に比べて装置構成をシンプルにすることができ、また、走行軌跡計算に要する時間を短縮することができる。

【0140】

また、図9の構成に加え、測位計算部105の測位のための補正データを受信する補正データ受信部を追加し、測位計算部105は、測位衛星200からの測位信号1とともに補正データ受信部が受信した補正データを使用して測位計算を行って緯度経度座標値を出力するようにしてもよい。

【0141】

このように、本実施の形態では、測位信号を送信する人工衛星から前記測位信号を受信して所定の情報を抽出し、前記所定の情報を地球中心固定座標値として読み込み、状態変数に測位移動体の速さと方向を含み、初期値と初期誤差共分散行列と駆動雑音行列と観測雑音行列を読み込み、前記初期値と前記初期誤差共分散行列と前記駆動雑音行列と前記観測雑音行列を使用して前記状態変数の時間外挿値と伝播誤差共分散行列を計算し、前記所定の情報を使用して前記状態変数の観測更新値と更新誤差共分散を計算し、前記地球中心固定座標による観測更新値を緯度経度高度座標値に変換して出力する測位計算部と、前記測位計算部が出力した緯度経度座標値を表示する測位結果表示部とを備えた測位装置について説明した。

【0142】

また、本実施の形態では、前記測位計算部が測位のための補正データを受信する補正データ受信部を備え、前記測位計算部が、測位信号を送信する人工衛星から前記測位信号を受信して所定の情報を抽出し、前記所定の情報を使用するとともに、前記補正データ受信部で受信した補正データを使用して測位計算を行って緯度経度座標値を出力する測位装置について説明した。

【図面の簡単な説明】

【0143】

【図1】実施の形態1及び2における衛星測位システムの構成例を示す図。

【図2】従来装置の走行軌跡の例を示す図。

【図3】従来装置の走行軌跡に対する速度ベクトルの時間的変化を示す図。

10

20

30

40

50

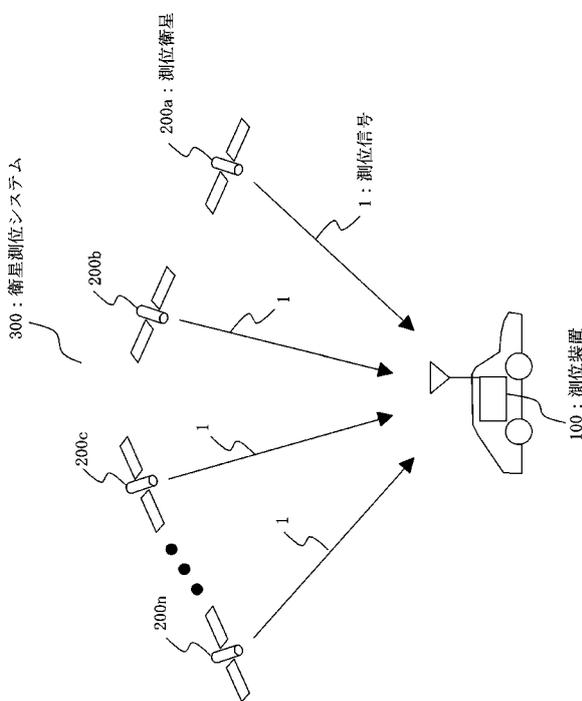
- 【図4】実施の形態1における測位装置の構成例を示す図。
- 【図5】実施の形態1における測位装置の動作の概略を説明する図。
- 【図6】実施の形態1における整形処理部と測位結果表示部の動作を示すフローチャートである。
- 【図7】実施の形態1における測位装置を適用した場合の走行軌跡を示す図。
- 【図8】実施の形態1における測位装置を適用した場合の走行軌跡に対する速度ベクトルの時間的变化を示す図。
- 【図9】実施の形態2における測位装置の構成例を示す図。
- 【図10】実施の形態2における測位装置の動作の概略を説明する図。
- 【図11】実施の形態2における整形処理部と測位結果表示部の動作を示すフローチャートである。
- 【図12】実施の形態1及び2における測位装置のハードウェア構成例を示す図。

【符号の説明】

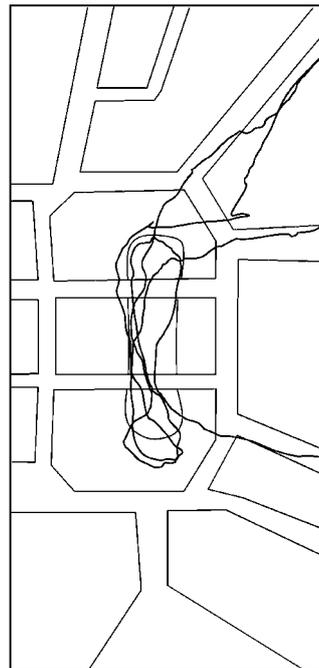
【0144】

1 測位信号、100 測位装置、101 測位計算部、102 整形処理部、103 測位結果表示部、104 測位装置、105 測位計算部、200 測位衛星、300 衛星測位システム。

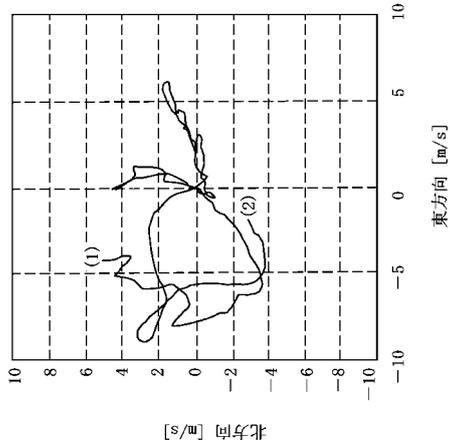
【図1】



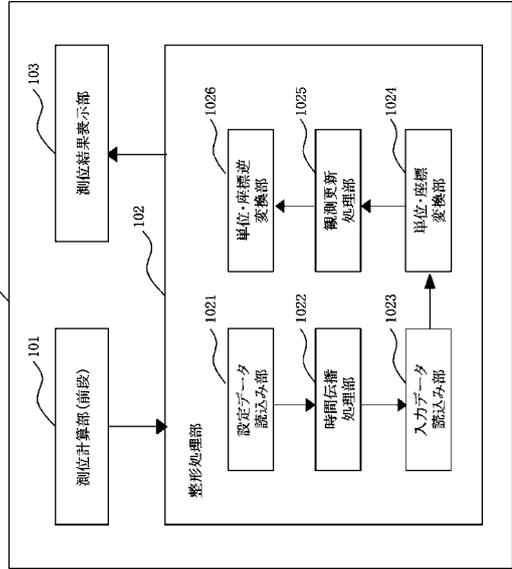
【図2】



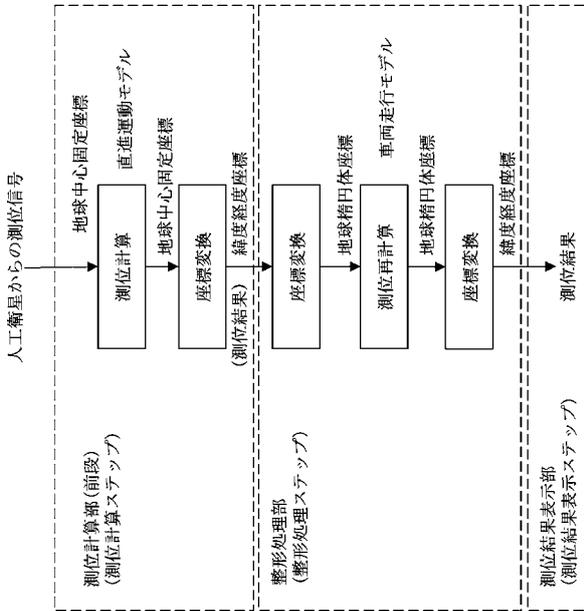
【 図 3 】



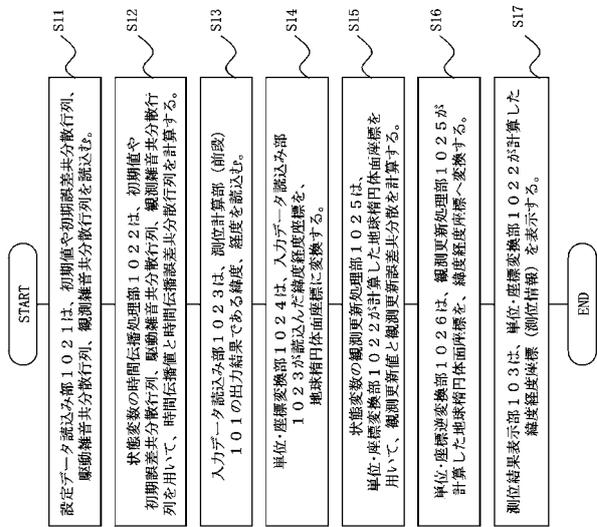
【 図 4 】



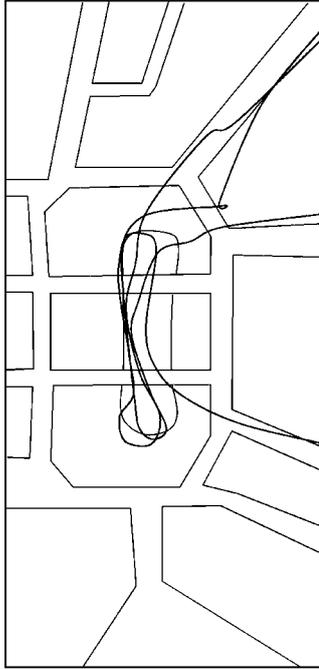
【 図 5 】



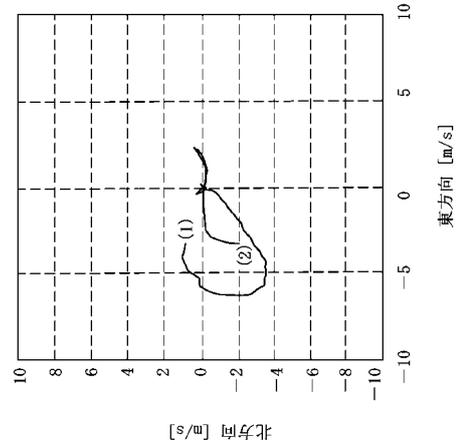
【 図 6 】



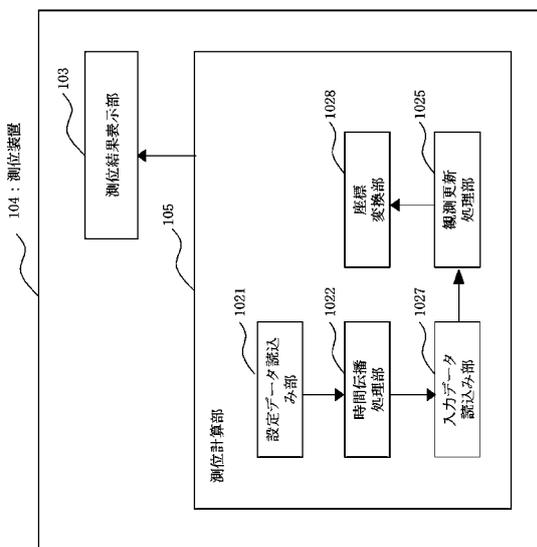
【 図 7 】



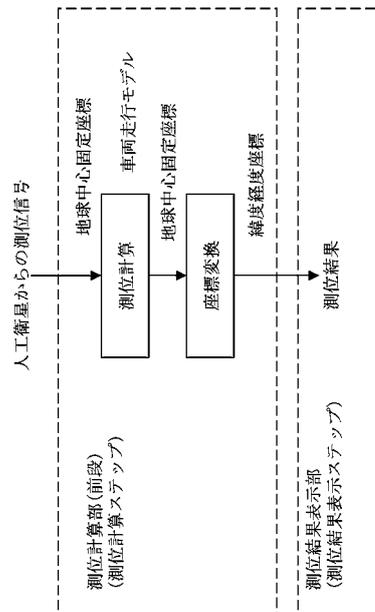
【 図 8 】



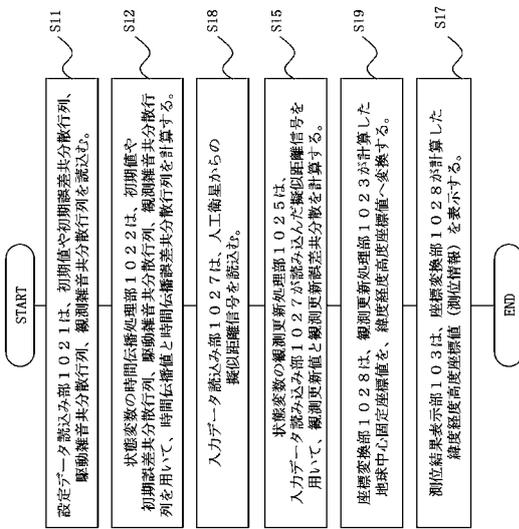
【 図 9 】



【 図 10 】



【図 1 1】



【図 1 2】

