(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3569015号

(P3569015)

(45)発行日　平成16年9月22日(2004.9.22)　(24)登録日　平成16年6月25日(2004.6.25)

(51)Int.Cl.[7]	F I	
G01S 5/14	G01S 5/14	
G01C 19/00	G01C 19/00	Z
G01C 21/00	G01C 21/00	A
G08G 1/0969	G08G 1/0969	

請求項の数 4　(全 22 頁)

(21)出願番号　特願平6-297318
(22)出願日　平成6年11月30日(1994.11.30)
(65)公開番号　特開平8-160119
(43)公開日　平成8年6月21日(1996.6.21)
審査請求日　平成13年10月17日(2001.10.17)

(73)特許権者　000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目６番地
(73)特許権者　591132335
株式会社ザナヴィ・インフォマティクス
神奈川県座間市広野台二丁目６番３５号
(74)代理人　100084032
弁理士　三品　岩男
(72)発明者　郡司　康弘
茨城県日立市大みか町七丁目１番１号　株式会社　日立製作所　日立研究所内
(72)発明者　於保　茂
茨城県日立市大みか町七丁目１番１号　株式会社　日立製作所　日立研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ＧＰＳナビゲーション装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ＧＰＳ衛星からのＧＰＳ信号を受信し、受信可能なＧＰＳ衛星が所定数以上ある場合、通常測位により移動体の位置を決定するＧＰＳ受信機を有するＧＰＳナビゲーション装置において、

通常測位が可能かどうかを判定する受信状態判定手段と、

前記ＧＰＳ受信機で受信されたＧＰＳ信号から、ＧＰＳ衛星毎に疑似距離変化率を測定する疑似距離変化率計測手段と、

前記受信状態判定手段により通常測位が可能と判定された場合、通常測位によって決定される移動体の位置、及び、前記疑似距離変化率計測手段により計測される疑似距離変化率から、移動体の移動速度ベクトルを求める第１の速度ベクトル算出手段と、

移動体の回転角を測定する回転角測定手段と、

前記受信状態判定手段により通常測位が不可能と判断された場合、通常測位が可能であった時点に前記第１の速度ベクトル算出手段により算出された移動速度ベクトルと、前記移動速度ベクトルが算出された時点から現在までの前記回転角測定手段により測定された移動体の回転角の履歴とから、移動体の移動方位を算出する移動方位算出手段と、

前記ＧＰＳ受信機で受信されたＧＰＳ信号から、ＧＰＳ衛星毎に衛星情報を測定する衛星情報取得手段と、

前記受信状態判定手段により通常測位が不可能と判定され、かつ、１個以上のＧＰＳ衛星が受信可能な場合、ＧＰＳ衛星毎に、前記疑似距離計測手段により計測された疑似距離変

化率及び前記衛星情報取得手段により測定された衛星情報と、前記移動方位算出手段により算出された移動方位とから、移動体の移動速度ベクトルを求める第２の速度ベクトル算出手段と、
通常測位可能な場合には前記第１の速度ベクトル算出手段で求められた移動速度ベクトルから、通常測位不可能な場合には前記第２の速度ベクトル算出手段で求められた移動速度ベクトルから、移動体の位置を推定する位置推定手段とを有し、
前記第２の速度ベクトル算出手段は、通常測位が不可能と判定され、かつ、受信可能なＧＰＳ衛星が複数個ある場合、受信可能なＧＰＳ衛星のそれぞれについての前記衛星情報を用いて、前記移動体から各ＧＰＳ衛星に向かう視線方向単位ベクトルと、前記移動体の移動方位が示す単位ベクトルとの内積を演算し、その絶対値が最も大きいＧＰＳ衛星を選択し、選択されたＧＰＳ衛星の前記衛星情報及び疑似距離変化率を用いて前記移動速度ベクトルを求めることを特徴とするＧＰＳナビゲーション装置。

【請求項２】
ＧＰＳ衛星からのＧＰＳ信号を受信し、受信可能なＧＰＳ衛星が所定数以上ある場合、通常測位により移動体の位置を決定するＧＰＳ受信機を有するＧＰＳナビゲーション装置において、
通常測位が可能かどうかを判定する受信状態判定手段と、
前記ＧＰＳ受信機で受信されたＧＰＳ信号から、ＧＰＳ衛星毎に疑似距離変化率を測定する疑似距離変化率計測手段と、
前記受信状態判定手段により通常測位が可能と判定された場合、通常測位によって決定される移動体の位置、及び、前記疑似距離変化率計測手段により計測される疑似距離変化率から、移動体の移動速度ベクトルを求める第１の速度ベクトル算出手段と、
移動体の回転角を測定する回転角測定手段と、
前記受信状態判定手段により通常測位が不可能と判断された場合、通常測位が可能であった時点に前記第１の速度ベクトル算出手段により算出された移動速度ベクトルと、前記移動速度ベクトルが算出された時点から現在までの前記回転角測定手段により測定された移動体の回転角の履歴とから、移動体の移動方位を算出する移動方位算出手段と、
前記ＧＰＳ受信機で受信されたＧＰＳ信号から、ＧＰＳ衛星毎に衛星情報を測定する衛星情報取得手段と、
前記受信状態判定手段により通常測位が不可能と判定され、かつ、１個以上のＧＰＳ衛星が受信可能な場合、ＧＰＳ衛星毎に、前記疑似距離計測手段により計測された疑似距離変化率及び前記衛星情報取得手段により測定された衛星情報と、前記移動方位算出手段により算出された移動方位とから、移動体の移動速度ベクトルを求める第２の速度ベクトル算出手段と、
通常測位可能な場合には前記第１の速度ベクトル算出手段で求められた移動速度ベクトルから、通常測位不可能な場合には前記第２の速度ベクトル算出手段で求められた移動速度ベクトルから、移動体の位置を推定する位置推定手段とを有し、
前記第２の速度ベクトル算出手段は、通常測位が不可能と判定され、かつ、受信可能なＧＰＳ衛星が複数個ある場合、受信可能なＧＰＳ衛星のそれぞれについての前記衛星情報を用いて、各ＧＰＳ衛星の仰角を演算し、その値が最も小さいＧＰＳ衛星を選択し、選択されたＧＰＳ衛星からの前記衛星情報及び疑似距離変化率を用いて前記移動速度ベクトルを求めることを特徴とするＧＰＳナビゲーション装置。

【請求項３】
ＧＰＳ衛星からのＧＰＳ信号を受信し、受信可能なＧＰＳ衛星が所定数以上ある場合、通常測位により移動体の位置を決定するＧＰＳ受信機を有するＧＰＳナビゲーション装置において、
通常測位が可能かどうかを判定する受信状態判定手段と、
前記ＧＰＳ受信機で受信されたＧＰＳ信号から、ＧＰＳ衛星毎に疑似距離変化率を測定する疑似距離変化率計測手段と、
前記受信状態判定手段により通常測位が可能と判定された場合、通常測位によって決定

される移動体の位置、及び、前記疑似距離変化率計測手段により計測される疑似距離変化率から、移動体の移動速度ベクトルを求める第１の速度ベクトル算出手段と、
移動体の回転角を測定する回転角測定手段と、
前記受信状態判定手段により通常測位が不可能と判断された場合、通常測位が可能であった時点に前記第１の速度ベクトル算出手段により算出された移動速度ベクトルと、前記移動速度ベクトルが算出された時点から現在までの前記回転角測定手段により測定された移動体の回転角の履歴とから、移動体の移動方位を算出する移動方位算出手段と、
前記ＧＰＳ受信機で受信されたＧＰＳ信号から、ＧＰＳ衛星毎に衛星情報を測定する衛星情報取得手段と、
前記受信状態判定手段により通常測位が不可能と判定され、かつ、１個以上のＧＰＳ衛星が受信可能な場合、ＧＰＳ衛星毎に、前記疑似距離計測手段により計測された疑似距離変化率及び前記衛星情報取得手段により測定された衛星情報と、前記移動方位算出手段により算出された移動方位とから、移動体の移動速度ベクトルを求める第２の速度ベクトル算出手段と、
通常測位可能な場合には前記第１の速度ベクトル算出手段で求められた移動速度ベクトルから、通常測位不可能な場合には前記第２の速度ベクトル算出手段で求められた移動速度ベクトルから、移動体の位置を推定する位置推定手段とを有し、
前記第２の速度ベクトル算出手段は、通常測位が不可能と判定され、かつ、受信可能なＧＰＳ衛星が複数個ある場合、受信可能なＧＰＳ衛星についての前記衛星情報を用いて、各ＧＰＳ衛星の方位を演算し、その値と前記移動体の移動方位との差が最も小さいＧＰＳ衛星を選択し、選択されたＧＰＳ衛星からの前記衛星情報及び疑似距離変化率を用いて前記移動速度ベクトルを求めることを特徴とするＧＰＳナビゲーション装置。
【請求項４】
ＧＰＳ衛星からのＧＰＳ信号を受信し、受信可能なＧＰＳ衛星が所定数以上ある場合、通常測位により移動体の位置を決定するＧＰＳ受信機を有するＧＰＳナビゲーション装置において、
通常測位が可能かどうかを判定する受信状態判定手段と、
前記ＧＰＳ受信機で受信されたＧＰＳ信号から、ＧＰＳ衛星毎に疑似距離変化率を測定する疑似距離変化率計測手段と、
前記受信状態判定手段により通常測位が可能と判定された場合、通常測位によって決定される移動体の位置、及び、前記疑似距離変化率計測手段により計測される疑似距離変化率から、移動体の移動速度ベクトルを求める第１の速度ベクトル算出手段と、
移動体の回転角を測定する回転角測定手段と、
前記受信状態判定手段により通常測位が不可能と判断された場合、通常測位が可能であった時点に前記第１の速度ベクトル算出手段により算出された移動速度ベクトルと、前記移動速度ベクトルが算出された時点から現在までの前記回転角測定手段により測定された移動体の回転角の履歴とから、移動体の移動方位を算出する移動方位算出手段と、
前記ＧＰＳ受信機で受信されたＧＰＳ信号から、ＧＰＳ衛星毎に衛星情報を測定する衛星情報取得手段と、
前記受信状態判定手段により通常測位が不可能と判定され、かつ、１個以上のＧＰＳ衛星が受信可能な場合、ＧＰＳ衛星毎に、前記疑似距離計測手段により計測された疑似距離変化率及び前記衛星情報取得手段により測定された衛星情報と、前記移動方位算出手段により算出された移動方位とから、移動体の移動速度ベクトルを求める第２の速度ベクトル算出手段と、
通常測位可能な場合には前記第１の速度ベクトル算出手段で求められた移動速度ベクトルから、通常測位不可能な場合には前記第２の速度ベクトル算出手段で求められた移動速度ベクトルから、移動体の位置を推定する位置推定手段とを有し、
前記第２の速度ベクトル算出手段は、通常測位が不可能と判定され、かつ、受信可能なＧＰＳ衛星が複数個ある場合、受信可能なＧＰＳ衛星の前記衛星情報及び疑似距離変化率と前記移動体の移動方位とを、前記移動速度ベクトルの絶対量と関連づける式を、前記受

信可能なＧＰＳ衛星毎に設定し、連立方程式として解くことにより、前記移動速度ベクトルを求めることを特徴とするＧＰＳナビゲーション装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】

本発明は、移動体に備えられたＧＰＳ（Ｇｌｏｂａｌ　Ｐｏｓｉｔｉｏｎｉｎｇ　Ｓｙｓｔｅｍ）測位装置と種々のセンサとにより移動体の運動を検出し、それらの検出情報を組み合わせることにより、移動体の位置等の決定精度を向上させるナビゲーション装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】

ＧＰＳ測位装置は、複数個のＧＰＳ衛星から送信されるＧＰＳ信号を同時に受信し、各ＧＰＳ信号に含まれている、各ＧＰＳ衛星と当該ＧＰＳ測位装置が配置された受信点との間の実際の距離に対応する擬似距離データ、及び各ＧＰＳ衛星の軌道や位置データより、当該受信点の位置を計算し、それを表示するよう構成されている。なお、疑似距離には、各ＧＰＳ衛星において時刻を決定する時計と、当該ＧＰＳ測位装置の時計との間の時刻のずれに対応する、時刻オフセットによる影響が含まれている。

【０００３】

このようなＧＰＳ測位装置では、前記受信点での２次元または３次元位置の算出のためには、少なくとも３個以上のＧＰＳ衛星からのＧＰＳ信号をほぼ同時期に受信することが必要である。ところが、ＧＰＳ測位装置が、例えば移動体に搭載され、その移動体が市街地などを移動する場合には、市街地の建物等の遮蔽物の影響により、ＧＰＳ信号の受信が可能なＧＰＳ衛星の個数が３個に満たず、位置を決定することができないという問題があった。

【０００４】

この問題の解決策として、例えば３個以上のＧＰＳ衛星からの信号が受信できず、測位不可能の間は、方位センサ、距離センサからの方位データ、距離データを用いて移動体の位置を推測し、その推測位置を表示する方法がある。しかし、このような方法では、これらセンサ分のコストアップが避けられず、高価なシステムになるという問題がある。

【０００５】

特に、距離センサは、移動体が自動車の場合、通常、車体本体の距離センサ出力を取り出すことで代用するが、このためには、距離センサの取り付けに関し、専門的な知識を有するディーラーやカーショップ等で行う必要があり、その際の取り付け費用や手間などユーザの負担は多大なものとなっていた。

【０００６】

また、もう一つの解決策として、特開平６－１８６４６号公報記載の例（以下公知例と呼ぶ）がある。この例では、ＧＰＳ信号を受信可能な衛星数が減ったことによる情報の減少を、方位センサで補い演算するものである。ここで、方位センサで補える自由度は２である。

【０００７】

すなわち、移動体が移動している場合、方位センサは、移動速度ベクトルの方向、例えば単位ベクトルのように、任意の３次元座標において、方位角（水平面上での方位を示す角度）と、仰角（方位角が決定される水平面と直交する面上での角度）とを決定することができる。

【０００８】

このため、ＧＰＳ信号を受信可能な衛星が最低１個以上からのＧＰＳ信号に基づき、移動体の速度量を算出できれば、結果として移動体の速度ベクトルを求めることができる。この解決策によれば、距離センサを必要としないため、距離センサを購入する場合に発生する上記のようなユーザの負担増もない。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】
しかし、ＧＰＳ信号を受信可能な衛星数が減少する市街地等では、同時に建物の鉄骨構造により地球磁場が乱れている。また、送電線や電車の線路近傍などでも、地球磁場が乱されている場合が多い。このため、方位センサとして地球磁場を検知して方位を測定する地磁気センサなどを想定している、上記公知例では、検出される方位量に誤差が多く、結果として得られる移動速度ベクトルも不正確になるという問題があった。
【００１０】
また、この公知例のみならず、ＧＰＳ測位装置では一般に、ＧＰＳ信号が受信可能な衛星数が３個以上の状態、いわゆる通常測位が可能な状態において、自己位置を検出するが、この位置情報にはＳＡ（Ｓｅｌｅｃｔｉｖｅ　Ａｖａｉｌａｂｉｌｉｔｙ）と呼ばれる予測不可能な誤差が含まれているという問題もあった。
【００１１】
本発明は、上記の問題点を鑑みてなされたものであり、ＧＰＳ信号が受信可能なＧＰＳ衛星の個数が３個以上の場合（通常測位可能な場合）、あるいは３個未満の場合（通常測位不可能な場合）に依らず、最低１個以上受信できる状態であれば、そのＧＰＳ衛星からのＧＰＳ信号を用いて、途切れることなく高精度な現在位置を出力し続けることができるＧＰＳナビゲーション装置を提供することを目的とする。
【００１２】
【課題を解決するための手段】
上記目的は、ＧＰＳ衛星からのＧＰＳ信号を受信し、受信可能なＧＰＳ衛星が所定数以上ある場合、通常測位により移動体の位置を決定するＧＰＳ受信機を有するＧＰＳナビゲーション装置において、通常測位が可能かどうかを判定する受信状態判定手段と、前記ＧＰＳ受信機で受信されたＧＰＳ信号から、ＧＰＳ衛星毎に疑似距離変化率を測定する疑似距離変化率計測手段と、前記受信状態判定手段により通常測位が可能と判定された場合、通常測位によって決定される移動体の位置、及び、前記疑似距離変化率計測手段により計測される疑似距離変化率から、移動体の移動速度ベクトルを求める第１の速度ベクトル算出手段と、移動体の回転角を測定する回転角測定手段と、前記受信状態判定手段により通常測位が不可能と判断された場合、通常測位が可能であった時点に前記第１の速度ベクトル算出手段により算出された移動速度ベクトルと、前記移動速度ベクトルが算出された時点から現在までの前記回転角測定手段により測定された移動体の回転角の履歴とから、移動体の移動方位を算出する移動方位算出手段と、前記ＧＰＳ受信機で受信されたＧＰＳ信号から、ＧＰＳ衛星毎に衛星情報を測定する衛星情報取得手段と、前記受信状態判定手段により通常測位が不可能と判定され、かつ、１個以上のＧＰＳ衛星が受信可能な場合、ＧＰＳ衛星毎に、前記疑似距離計測手段により計測された疑似距離変化率及び前記衛星情報取得手段により測定された衛星情報と、前記移動方位算出手段により算出された移動方位とから、移動体の移動速度ベクトルを求める第２の速度ベクトル算出手段と、通常測位可能な場合には前記第１の速度ベクトル算出手段で求められた移動速度ベクトルから、通常測位不可能な場合には前記第２の速度ベクトル算出手段で求められた移動速度ベクトルから、移動体の位置を推定する位置推定手段とを有することを特徴とするＧＰＳナビゲーション装置により達成される。
【００１３】
上記目的は、また、ＧＰＳ衛星からのＧＰＳ信号を受信し、受信可能なＧＰＳ衛星が所定数以上ある場合、通常測位により移動体の位置を決定するＧＰＳナビゲーション方法において、通常測位が可能かどうかを判定し、通常測位が可能と判定された場合には、通常測位によって決定される移動体の位置、及び、受信可能なＧＰＳ衛星毎に計測される疑似距離変化率から、移動体の移動速度ベクトルを求め、通常測位が不可能と判断され、かつ、１個以上のＧＰＳ衛星が受信可能な場合には、通常測位が可能であった時点に算出された移動速度ベクトルと、前記移動速度ベクトルが算出された時点から現在までに測定された移動体の回転角の履歴とから、移動体の移動方位を算出し、ＧＰＳ衛星毎に計測された疑似距離変化率及び衛星情報と、前記算出された移動方位とから、移動体の移動速度ベクト

ルを求め、通常測位可能な場合に求められた移動速度ベクトル、あるいは、通常測位不可能な場合に求められた移動速度ベクトルから、移動体の位置を推定することを特徴とするＧＰＳナビゲーション方法により達成される。

【００１４】

【作用】

本発明のＧＰＳナビゲーション装置において、前記受信状態判定手段により通常測位が可能と判定された場合、第１の速度ベクトル算出手段が、通常測位によって決定される移動体の位置、及び、計測される疑似距離変化率から、移動体の移動速度ベクトルを求め、通常測位が不可能と判断され、かつ、１個以上のＧＰＳ衛星が受信可能な場合、第２の速度ベクトル算出手段が、ＧＰＳ衛星毎に、前記疑似距離計測手段により計測された疑似距離変化率及び前記衛星情報取得手段により測定された衛星情報と、前記移動方位算出手段により算出された移動方位とから、移動体の移動速度ベクトルを求める。

【００１５】

また、前記移動体の移動方位は、移動方位算出手段が、通常測位が可能であった時点に前記第１の速度ベクトル算出手段により算出された移動速度ベクトル、及び、前記回転角測定手段により測定された移動体の回転角から算出する。

【００１６】

したがって、通常測位が可能かどうかに係らず、１個以上のＧＰＳ衛星が受信可能であれば、位置推定手段が、前記第１及び第２の速度ベクトル算出手段のいずれか一方で求められた移動速度ベクトルから移動体の位置を推定することができる。

【００１７】

【実施例】

以下、本発明を適用したＧＰＳナビゲーション装置の実施例を、図面を参照して説明する。なお、以下の実施例では、ＧＰＳナビゲーション装置は、自動車等の地表を移動する移動体に搭載されるものとする。

【００１８】

〔実施例１〕

本発明が適用されたＧＰＳナビゲーション装置の第１の例である実施例１は、ハードウエア構成として、例えば図２に示すように、ＧＰＳ衛星からのＧＰＳ電波信号を受信するアンテナを含むアンテナ部３０２、アンテナ部３０２から出力される受信信号から受信点（以下では移動体の現在位置あるいは位置と呼ぶ）の測位や疑似距離変化率計測等を行うＧＰＳ受信機３０４、及び、ＧＰＳ受信機３０４からの出力結果を使って移動体の移動速度ベクトルを算出し移動体の位置を推定すると共に周辺装置の制御等を行う、例えばマイクロコンピュータにより実現されるコントローラ３００を有する。

【００１９】

本実施例は、さらに、移動体の方位変化量（回転角速度）を検出するジャイロセンサ３１０、道路地図データをＣＤ－ＲＯＭ等を用いて記憶しておく地図メモリ３０６、及び、コントローラ３００で推定した移動体の現在位置を、地図メモリ３０６から読みだした周辺地図に重ねてユーザに対し表示する、ＣＲＴや液晶デイスプレイを備える表示装置３０８を有する。

【００２０】

ジャイロセンサ３１０は、地磁気の計測を行なうことなく、当該センサが取付けられる移動体の進路方向の変更などに伴い生じる回転運動の回転角速度を測定するものであり、例えば光ファイバジャイロや、レーザジャイロにより構成される。

【００２１】

次に、本実施例の構成要素の詳細説明を、図１を用いて行なう。

【００２２】

アンテナ部３０２は、図１に示すように、ＧＰＳ電波信号を受信するアンテナ４ａと、アンテナ４ａで受信された複数のＧＰＳ衛星からのＧＰＳ信号のうち、所定の信号強度以上のＧＰＳ信号だけを選択して出力する電波受信部４とを有する。

【００２３】
ＧＰＳ受信機３０４は、電波受信部４からの出力信号に基づいて、受信しているＧＰＳ信号を発信しているＧＰＳ衛星の個数をカウントする受信状態判定部６と、受信しているＧＰＳ信号に対応するＧＰＳ衛星と移動体との間の疑似距離の時間変化率に対応する疑似距離変化率を、それぞれＧＰＳ衛星について測定する疑似距離変化率計測部８とを有する。
【００２４】
疑似距離変化率測定部８は、例えば、ＧＰＳ衛星と移動体との相対速度に対応したドップラー効果により変化している、ＧＰＳ信号の搬送波のドップラー周波数を測定し、その測定値と、既知の当該搬送波の発信周波数とを比較することにより、疑似変化率を測定する。
【００２５】
ＧＰＳ受信機３０４は、さらに、周知のＧＰＳ測位装置と同様に、受信しているＧＰＳ信号に対応するＧＰＳ衛星の軌道等に関する衛星情報、及び、ＧＰＳ衛星と移動体との間の疑似距離（レンジ）情報をそれぞれ計測する衛星情報及び疑似距離計測部９と、当該計測部９で計測された結果から、通常測位可能な場合（例えば、受信可能なＧＰＳ衛星数が３個以上の場合）、周知のＧＰＳ測位を行ない移動体の現在位置を測定するＧＰＳ測位部７と、測位精度の指標となるＤＯＰ（Ｄｉｌｕｔｉｏｎ　ｏｆ　Ｐｒｅｃｉｓｉｏｎ）の測定部等（図示せず）とが含まれている。
【００２６】
なお、本実施例では、アンテナ部３０２の電波受信部４で、信号強度が所定値以上のＧＰＳ信号だけを選択して、その信号をＧＰＳ受信機３０４に含まれる各部６、７、８へ送る構成としているが、本発明のアンテナ部３０２及びＧＰＳ受信機３０４の構成は、これに限定されるものではない。
【００２７】
このような構成の代わりに、例えば、電波受信部４では受信信号をすべて増幅してＧＰＳ受信機３０４の受信状態判定部６へ送り、受信状態判定部６では、上記ＤＯＰ値を考慮することで、ＧＰＳ信号の受信状態を判断し、受信状態が良好と判断された衛星数をカウントすると共に、受信状態が良好と判断されたＧＰＳ信号を、疑似距離変化率計測部８および衛星情報及び疑似距離計測部９へ送る構成としても良い。
【００２８】
コントローラ３００は、受信状態判定部６の判定結果に応じて疑似距離変化率測定部８での測定結果の出力先を切り換える切換部１０、切換部１０を介して送られてくる疑似距離変化率測定結果から移動体の移動速度ベクトルを互いに異なる方法により算出する第１及び第２の移動体速度ベクトル算出部１２、１６、及び、第１または第２の移動体速度ベクトル算出部１２、１６で算出された移動体の速度ベクトルから移動体の位置を推定する移動体位置推定部１８を有する。
【００２９】
コントローラ３００は、さらに、第１の移動体速度ベクトル算出部１２及びジャイロセンサ３１０からの出力を受け入れて移動体の進行方位を算出し、算出結果を第２の移動体速度ベクトル算出部１６へ送る移動体方位算出部１４と、移動体位置算出部１８で推定された移動体位置及びそれを含む地図の表示を行うための画像データを生成して表示装置３０８へ送る表示処理部２２とを有する。
【００３０】
切換部１０は、疑似距離変化率測定部８での測定結果を受け入れ、その測定結果を、受信状態判定部６により受信可能な衛星数が３個以上であると判定された場合、第１の移動体速度ベクトル算出部１２へ、３個未満の場合、第２の移動体速度ベクトル算出部１６へ送る構成となっている。
【００３１】
第１の移動体速度ベクトル算出部１２は、ＧＰＳ測位部７で測位された移動体の現在位置に関する情報と、疑似距離変化率計測部８により測定された３個以上のＧＰＳ衛星の疑似

距離変化率とを用いて、後述する第１の速度ベクトル算出方法により移動体の速度ベクトルを算出する。

【００３２】

本実施例では、通常測位が可能な場合であっても、ＧＰＳ測位部７で得られた移動体の現在位置に関する情報をそのまま用いず、さらに、速度ベクトルに変換する。これは、位置の決定精度を高めるために行なわれるもので、詳細については後述する。

【００３３】

第２の移動体速度ベクトル算出部１６は、通常測位が不可能な場合で、かつ１個以上のＧＰＳ衛星が受信可能な場合において、疑似距離変化率計測部９により計測された受信可能なＧＰＳ衛星のそれぞれについての疑似距離変化率、衛星情報及び疑似距離計測部８により計測された受信可能なＧＰＳ衛星のそれぞれに関する衛星情報及び疑似距離、及び、移動体方位算出部１４で算出された移動体の進行方位から移動体の速度ベクトルを算出する。

【００３４】

移動体方位算出部１４は、通常測位が可能な場合において第１の移動体速度ベクトル算出部１２により確定した最終方位（時間的に一番新しい方位）からの、移動体の回転角を、ジャイロセンサ１４で計測した角速度を時間積分することで求め、前記求められた回転角と前記最終方位とを加えることで、移動体の進行方位を算出する。

【００３５】

移動体位置推定部１８は、第１の移動体速度ベクトル算出部１２あるいは第２の移動体速度ベクトル算出部１６により得られた移動体速度ベクトルを、順次接続して時間積分することで、予め設定されている移動体の初期値から移動量及び方向を求め、移動体の現在位置を推定する。

【００３６】

表示処理部２２は、得られた移動体の現在位置の周辺地図情報を、地図メモリ３０６から読み出し、それらを合わせて表示するための画像データを生成して、表示装置３０８へ送る。

【００３７】

次に、第１の移動体速度ベクトル算出部１２及び第２の移動体速度ベクトル算出部１６で行なわれる、第１及び第２の速度ベクトル算出方法の原理について、図３を用いて説明する。

【００３８】

最初、第１の速度ベクトル算出方法について説明する。この方法は、通常測位可能な場合（本実施例では、ＧＰＳ信号が受信可能なＧＰＳ衛星が３個以上ある場合）に使用される。

【００３９】

通常、図３に示すような配置のＧＰＳ衛星２と移動体２１０の現在位置（受信点）との間の擬似距離（レンジ）ρは、次式で与えられる：

【００４０】

【数１】

数１

$$\rho = \sqrt{(U-x)^2+(V-y)^2+(W-z)^2}+B$$

【００４１】

ここで、ＢはＧＰＳ受信機３０４の時計とＧＰＳ衛星２の時計との時刻オフセット、ｘ，ｙ，ｚは移動体の現在位置（受信位置）を示す所定の座標系での座標値、Ｕ，Ｖ，Ｗは衛

星位置を示す前記座標系での座標値である。

【００４２】

通常測位においては、上記数１が受信可能なＧＰＳ衛星数と同じ数だけでき、Ｕ，Ｖ，Ｗは衛星信号自体に含まれる衛星情報（アルマナックデータまたはエフェメリスデータ）から既知でありため、疑似距離ρは、受信されたＧＰＳ信号電波の発信時と受信時の時間差から計測できる。

【００４３】

したがって、４個のＧＰＳ衛星からのＧＰＳ信号を受信し、それぞれのＧＰＳ信号について、上記数１を設定してできる４本の式を連立方程式として解くことにより、４つの未知数ｘ，ｙ，ｚ，Ｂを求めることができる（３次元の通常測位）。

【００４４】

また、前記座標系において、移動体の高さ方向の座標（例えばｚ）を地球表面上として既知とすれば、ＧＰＳ衛星３個の情報をもとに位置が特定できる（２次元の通常測位）。

【００４５】

次に、このようにして算出された移動体の位置をもとに、速度ベクトルを算出する方法を示す。

【００４６】

上記数１を時間微分した疑似距離変化率ρドット（以下では変数の時間微分を”ドット”と記述する）は、次式で与えられる：

【００４７】

【数２】

数２

$$\dot{\rho} = \frac{(U-x)\ (\dot{U}-\dot{x}) + (V-y)\ (\dot{V}-\dot{y}) + (W-z)\ (\dot{W}-\dot{z})}{\sqrt{(U-x)^2 + (V-y)^2 + (W-z)^2}} + \dot{B}$$

$$= \frac{(U-x)\ (\dot{U}-\dot{x}) + (V-y)\ (\dot{V}-\dot{y}) + (W-z)\ (\dot{W}-\dot{z})}{\rho - B} + \dot{B}$$

【００４８】

上記数２をＧＰＳ信号が受信可能なＧＰＳ衛星数だけ連立させ、ｘドット，ｙドット，ｚドット，Ｂドットを未知数として解く。この際、上記数２中のｘ，ｙ，ｚ，Ｂは、上記数１の解を代入する。また、Ｕドット，Ｖドット，Ｗドットは、ＧＰＳ信号に含まれる衛星情報から既知である。また、ρドットは、例えばＧＰＳ信号の発信電波のドップラー周波数を測定することにより得られる。

【００４９】

ここでも、移動体は地球上表面を移動するため、高さ方向の座標値は、変化しない（例えばｚドット＝０）として既知とすれば、ＧＰＳ衛星３個の情報をもとに、移動体の２次元の速度ベクトルが特定できる。

【００５０】

以上のように、受信可能なＧＰＳ衛星数が最低３個以上あれば、第１の移動体速度ベクトル１２により、周知のＧＰＳ測位により得られた移動体の現在位置に関する情報と疑似距離変化率とから、移動体の運動を表現するための移動体の速度ベクトルを求めることができる。

【００５１】

ところで、前述したように、上記数１に基づいて求めた移動体の位置情報にはＳＡ（Ｓｅ

ｌｅｃｔｉｖｅ　Ａｖａｉｌａｂｉｌｉｔｙ）と呼ばれる予測不可能な誤差が含まれている。この誤差については、計測自動制御学会論文集、Ｖｏｌ．２８，Ｎｏ．１，ｐｐ４０－４９，（１９９２）、「ＧＰＳにおけるセレクティブ・アベィラビリティ（選択利用性）の観測実験」において詳細に述べられている。また、この文献によると、上記数１から求めた位置情報よりも、上記数２による速度ベクトル情報の方が、このＳＡの影響が少ないことがわかっている。

【００５２】

本実施例においては、移動体の位置の決定において、上記のように３個以上のＧＰＳ衛星が受信可能な通常測位が可能な状態でも、ＧＰＳ信号から直接位置を求めるのではなく、速度ベクトルを介して位置を決定している。この理由の一つは、上記ＳＡの影響を考慮しているからであり、よって、本実施例によれば、より高精度に移動体の現在位置を決定することが可能となる。

【００５３】

さらに、本発明では、以上のようにして得られた誤差の影響が少ない速度ベクトルを用いて、移動体の進行方位（以下ではθｇｐｓとする）を高精度に算出し、この移動方位θｇｐｓを、以下に説明する、第２の移動体速度ベクトル算出部１６で用いることで、通常測位が不可能な状態での位置決定精度をより高めるものである。

【００５４】

次に、第２の移動体速度ベクトル算出部１６による、通常測位が不可能な場合、すなわち受信可能なＧＰＳ衛星数が１または２個の場合における、移動体速度ベクトル算出原理について説明する。

【００５５】

上記数２を変形すると、以下の数３が得られる：

【００５６】

【数３】

数３

$$\dot{\rho}-\dot{B}=Vs\cdot\cos\theta s-Vu\cdot\cos\theta u$$

【００５７】

ここで、図３に示すように、Ｖｓ２０２、Ｖｕ２１２は各々衛星２と移動体２１０の速度ベクトル、θｓ２０４、θｕ２１４は、それぞれ、移動体から衛星に向かう視線方向ベクトル２２０と移動速度ベクトルＶｓ２０２、Ｖｕ２１２とのなす角度を表す。なお、図３では、説明の都合上、両方の移動ベクトルとも紙面上に存在するように見えるが、両者の移動ベクトルに関して、そのような制限はなく任意の方向を向いたベクトルである。

【００５８】

（ρ－Ｂ）は、図３に示したように、また上記数１からも明らかなように、ＧＰＳ衛星２と受信点２１０（移動体）との間の実際の距離２２２であり、その時間微分である（ρドット－Ｂドット）は、ドップラー効果で言うところのドップラーシフト量に相当している。

【００５９】

すなわち、地球を周回しているＧＰＳ衛星２と移動体２１０との間の実際の距離の変化率は、両者の速度ベクトルの視線方向成分の差に等しいことを表している。上記数３をまた変形すると、次式が得られる：

【００６０】

【数４】

数４

$$Vu = \frac{Vs \cdot \cos\theta s - (\dot{\rho} - \dot{B})}{\cos\theta u} = \frac{Vs \cdot \cos\theta s - (\dot{\rho} - \dot{B})}{\cos\beta \cos(\alpha - \theta)}$$

【００６１】
ここで、上記数４の右辺のβは、ＧＰＳ衛星２の高さ方向の角度である仰角、α、θは、各々衛星２と移動体２１０の地球表面上での方位角を表すもので、例えば図４に示すような、移動体２１０を原点に置き、東方向－北方向をそれぞれＸ、Ｙ軸方向、高さ方向をＺ軸方向とした３次元座標系で定義される。以下では、移動体の位置を決定する際には、図４の座標系を用いるものとして説明する。
【００６２】
上記数４において、ＧＰＳ衛星２のの速度ベクトルの視線方向成分Ｖｓ・ｃｏｓθｓ、当該衛星２の仰角β、方位角αは、それぞれ、現時点で受信可能なＧＰＳ衛星２について得られた衛星情報と、現時点ですでに得られている最新の移動体の位置とから導きだすことができるため、既知となる。
【００６３】
ここで、移動体の位置は、所定の位置決定周期で推定されるものであり、現時点で得られている最新の移動体位置としては、前回の位置決定時に受信可能なＧＰＳ衛星数が３個以上の場合に、上述した第１の移動体速度ベクトル算出方法により得られた速度ベクトルから推定された位置が、また、前回の位置決定時に受信可能なＧＰＳ衛星数が１または２個の場合に、本算出方法により算出した移動体速度ベクトルから推定された位置が用いられる。
【００６４】
また、Ｂドット（時刻オフセットの変化率）を一定と仮定（実際短い時間においては十分成り立つ）し、受信可能なＧＰＳ衛星数が３個以上のときに算出したＢドットの値を用いれば、これも既知にできる。
【００６５】
また、移動体の進行方位角θは、第１の移動体速度ベクトル算出部１２で求めておいた方位角θｇｐｓに、ジャイロセンサ１４で計測した移動体の回転角速度を時間積分して順次加えることによって、最新の移動体の進行方位として算出できる。
【００６６】
以上総合すると、通常測位が不可能な場合であっても、１または２個のＧＰＳ衛星からのＧＰＳ信号を受信し、疑似距離変化率ρドットを測定すれば、上記数４から移動体の速度Ｖｕが算出できることになる。この移動体速度Ｖｕと上記移動体の進行方位θとにより、移動体の速度ベクトルを求めることができる。
【００６７】
次に、本実施例のＧＰＳナビゲーション装置の処理手順を、図５～７のフローチャートを用いて説明する。
【００６８】
本実施例での主処理手順は、所定の時間周期で繰り返されるもので、例えば図５に示されているゼネラルフローに示されているように、最初、本実施例のＧＰＳナビゲーション装置の電源ＯＮ（ステップ４０）後、予め定められた所定の初期処理（ステップ４２）が行われる。この初期処理の際、ＧＰＳ測位部７での初期測位も行われ、ＧＰＳ衛星２の軌道情報（アルマナックデータ等）を含む衛星情報も取得される。
【００６９】
以下の実施例では、ＧＰＳ受信機３０４の初期測位時には、３個以上のＧＰＳ衛星が受信

可能であり、通常測位が可能であるものする。また、ＧＰＳ受信機３０４の初期測位の際に、通常測位が可能でない場合には、手動でユーザが現在位置を入力する構成としても良い。

【００７０】

ステップ４４では、前回の本処理で移動体位置推定部１８により得られた位置、あるいは前回の位置が無ければ、上記ＧＰＳ測位部７での初期測位結果を用いて、現在位置を自動設定する。

【００７１】

ステップ４６では、表示処理部２２が、上記で設定された現在位置を含む地図データを地図メモリ３０６から読み込み、さらに、当該地図データの示す地図上に、移動体の現在位置を示す所定のマークを重畳させて表示するように、画像データを生成し、表示装置３０８へ送る。

【００７２】

その後、ステップ４８では、以下の割り込み処理５０、７０を許可する。移動体方位算出割込処理５０は、一定時間Δｔ毎に入る処理であり、移動体の方位を、ジャイロセンサ３１０により得られたデータから、移動体方位算出部１４により算出する。

【００７３】

移動体位置推定割込処理７０では、移動体方位算出割込処理５０での算出結果と、ＧＰＳ受信機３０４からの疑似距離変化率等に関するデータ等とから、当該データがＧＰＳ受信機３０４で取得され出力される毎に、受信可能なＧＰＳ衛星数に応じて、第１の移動体速度ベクトル算出部１２及び第２の移動体速度ベクトル算出部１６のうちいずれか一方が選択され、その選択された算出部からの速度ベクトルを用いて、移動体位置推定部１８が移動体の現在位置を推定する。

【００７４】

ステップ５２では、移動体位置推定部１８が、さらに、移動体位置推定割込処理７０で推定された移動体位置と、ステップ４４で設定された移動体の位置とを比較して、移動体の現在位置が移動しているかどうかの判定を行う。その結果、移動していれば（ステップ５２でＹｅｓ）、ステップ５４で、表示処理部２２は、現在位置の表示を変更し、それに伴い地図の更新が必要であれば更新する。また、移動していなければ（ステップ５２でＮｏ）、ステップ５０以下の処理を繰り返す。

【００７５】

次に、移動体方位算出部１４により一定時間Δｔ毎に実行される、移動体方位算出割込処理５０の処理手順を説明する。

【００７６】

本処理では、図６に示すように、最初にステップ６２で、受信可能なＧＰＳ衛星数が３個以上の場合には、後述する移動体位置推定割込処理７０のステップ８０により算出されたＧＰＳ方位θｇｐｓと、ジャイロセンサ３１０により計測した回転角速度ω（＝ｄθ／ｄｔ）とを取得する。また、受信可能なＧＰＳ衛星数が３個未満の場合には、移動体位置推定割込処理７０で得られたＧＰＳ方位の代わりに、後述するステップ６６の、前回処理で求められたＧＰＳ方位θｇｐｓを用いる。

【００７７】

ステップ６４では、ＧＰＳデータの時間遅れに対応するための、計測された回転角速度ωを所定時間だけ保持するバッファリング処理が施される。これは、ジャイロセンサ３１０からの直接出力される計測データに比較して、ＧＰＳ方位θｇｐｓは、ＧＰＳ信号を受信し、その後所定の演算処理が施されてから出力されためである。

【００７８】

ステップ６６では、ＧＰＳ方位θｇｐｓに、図中に示すような、予め定めた補正係数ａ、ｂを含む数式により、回転角速度ωを時間積分して足し込む。なお、補正係数ａ，ｂは、使用するジャイロセンサ３１０に応じて設定されるものであり、例えばジャイロ誤差の補正を全く必要がない場合は、ａ＝１、ｂ＝０と設定しても良い。

【００７９】
次に、移動体位置推定割込処理７０の処理手順について、図７を用いて説明する。なお、本割込処理は、例えば、ＧＰＳ受信機３０４でのデータが取得されるΔｔｇｐｓ毎に実行されるものである。
【００８０】
最初、ステップ７２で、受信したＧＰＳ信号からＧＰＳ衛星２に関する衛星情報と疑似距離変化率とを取得し、ステップ７４で、ＧＰＳ方位θｇｐｓ（図６のステップ６６で算出）を取得する。
【００８１】
ステップ７６では、受信状態判定部６が、受信可能なＧＰＳ衛星数が３個以上か否かを判定することで、通常測位が可能かどうかを判断すると共に、切換部１０の出力先を切り換える。
【００８２】
受信可能なＧＰＳ衛星数が３個以上の場合（ステップ７６でＹｅｓ）、ステップ７８に進み、上述した第１の移動体速度ベクトル算出部１２により、速度ベクトルの３次元成分Ｖｘ（＝ｘドット）、Ｖｙ（＝ｙドット）及びＶｚ（＝ｚドット）、または、２次元成分Ｖｘ、Ｖｙを出力する。
【００８３】
ステップ８０では、上記速度ベクトル成分中の水平面（図４参照）成分を表すＶｘ、Ｖｙを用いて、以下の式により、ＧＰＳ方位θｇｐｓを再設定する：
$\theta gps = tan^{-1}(Vx/Vy)$
次に、移動体方位算出部１４が、ステップ１００では、所定のジャイロバイアス誤差補正処理により、補正係数ｂ（図６のステップ６６）の値を設定し、ステップ１２０では、所定のジャイロスケール誤差補正処理により、補正係数ａの値を設定する。なお、ステップ１００、１２０の処理は、ジャイロセンサ３１０の精度によっては、毎回行なわなくても良い。また、ジャイロバイアス誤差補正処理およびジャイロスケール誤差補正処理の具体例については、以下の実施例２、３で説明する。
【００８４】
ステップ８２では、本処理の処理周期Δｔｇｐｓ中での、移動体の運動による２つの水平成分の移動距離ΔＸ、ΔＹを、ステップ７８で得られたＶｘ、Ｖｙを用いて、以下の式により算出する。
【００８５】
ΔＸ＝Ｖｘ・Δｔｇｐｓ
ΔＹ＝Ｖｙ・Δｔｇｐｓ
受信可能なＧＰＳ衛星数が１または２個の場合（ステップ７６でＮｏ）は、ステップ１４０へ進み、２個のＧＰＳ衛星が受信可能な場合、そのうちの１個のＧＰＳ衛星を所定の衛星選択処理により選択し、選択したＧＰＳ衛星に対応するＧＰＳ信号を後述するステップで用いる。なお、衛星選択処理の具体例については、以下の実施例４で説明する。
【００８６】
ステップ８４では、先のステップ７４で取得された移動体の進行方位θｇｐｓから、第２の移動体速度ベクトル算出部１６により、移動体の速度Ｖｕを算出し、移動体の速度ベクトル（θｇｐｓ、Ｖｕ）を決定する。
【００８７】
ここで、上記数４の方位θに相当するのが進行方位θｇｐｓである。この進行方位θｇｐｓは、以前の処理周期で、通常測位が可能な場合に本処理（図７）のステップ８０で設定され、その後図６のステップ６６で加算、算出されたものを、今回の処理のステップ７４（図７）で読み込み、ステップ８４の処理で使用するものである。
【００８８】
ステップ８６では、以下の式により、移動体の水平面での移動距離成分ΔＸ、ΔＹを算出する。

【００８９】
ΔＸ＝Ｖｕ・Δｔｇｐｓ・ｃｏｓ（θｇｐｓ）
ΔＹ＝Ｖｕ・Δｔｇｐｓ・ｓｉｎ（θｇｐｓ）
最後に、ステップ８８では、以上のステップ８２またはステップ８６の方法により求めた移動距離成分ΔＸ、ΔＹを、前回の処理で求められている現在位置座標Ｘ、Ｙに各々足し込み、新たな位置Ｘ、Ｙを求める。
【００９０】
本実施例によれば、受信可能なＧＰＳ衛星数が３個未満になり、通常測位が不可能な、ＧＰＳ衛星の視野条件の悪く、磁気的な環境が乱れている市街地においても、通常測位が可能な場合に得られた最新の移動体の進行方位と、ジャイロセンサ３１０により精度良く計測された移動体の回転角速度とから、現時点での移動体の進行方位を算出することができるため、その進行方位から算出される移動速度ベクトルも高精度に決定することができる。この結果、通常測位が不可能な場合でも、最低１個以上のＧＰＳ衛星が受信できる状態であれば、途切れることなく高精度な現在位置を出力し続けることが可能になる。
【００９１】
さらに、本実施例によれば、受信可能なＧＰＳ衛星数が３個以上の、通常測位可能な場合でも、移動体の位置を直接測位するのではなく、ＳＡの誤差影響が少ない移動速度ベクトルを算出し、それを用いて移動体の位置を決定するため、高精度な位置決定が可能になる。
【００９２】
さらに、本実施例によれば、自動車用のナビゲーションシステムにおいて、距離センサを新たに取り付けなくとも、トンネル等の衛星電波が完全に遮断される場合以外は、距離センサを取付けたナビゲーションシステムとほぼ同様のロケーション性能が実現できるようになり、距離センサの取り付けの際にユーザが被っていた費用や手間等の負担は一切無くすことができる。
【００９３】
なお、第１及び第２の移動体速度ベクトル算出部１４、１６の切換部１０の判定基準を受信可能なＧＰＳ衛星数が３個以上か否か、すなわち２次元の通常測位が可能か否かとしていたが、本発明での判定基準は、これに制限されるものではない。例えば、３次元での通常測位を基準として、受信可能なＧＰＳ衛星数が４個以上か否かとしてもよい。
【００９４】
また、受信可能なＧＰＳ衛星数が３個または４個の場合でも、衛星配置条件により、測位精度が悪化する場合があるため、その条件を考慮するために、ＧＰＳで用いられているＤＯＰ指標を、上記判定基準に付加してもよい。
【００９５】
また、本実施例では、移動体が自動車である場合を例にとって説明したが、本発明を搭載することができる移動体は、これに限定されるものではなく、その他の海上や空中を移動する移動体にも同様に搭載することができる。
【００９６】
〔実施例２〕
本実施例は、上記実施例１と同じ構成において、移動体方位算出部１４が、過去複数回の処理周期にわたって得た複数の進行方位データを用いて、ジャイロセンサ３１０のバイアス誤差を補正するものである。本実施例のバイアス誤差の補正は、図７のステップ１００で行なわれるものであり、例えば図８に示すような処理により実行される。
【００９７】
本実施例のジャイロバイアス誤差補正処理は、受信可能なＧＰＳ衛星数が３個以上の、通常測位可能な場合にのみ行う処理であり、図８に示すように、最初、ステップ１０２において、通常測位可能な状態で図７のステップ８０で設定または再設定された移動体の進行方位θｇｐｓを取得し、この値を基準にしてジャイロセンサ３１０の出力中のバイアス誤差成分を推定する。このため、進行方位θｇｐｓの過去のデータもバッファリングしてお

くものとする。なお、進行方位の最新の値を（θｇｐｓ）ｉとする。
【００９８】
ステップ１０４では、ジャイロセンサ３１０からの角速度出力ωを、上記方位量と比較できるように、時間積分して角度量Δθｇｙｒｏに変換しておく。なお、積分する時間間隔は、後述するステップ１０８で用いられる最新の方位（θｇｐｓ）ｉから、比較の対象となる過去の方位（θｇｐｓ）ｉ－ｎまでの時間間隔と同じものとする。
【００９９】
ステップ１０６では、最新の方位（θｇｐｓ）ｉと、当該方位（θｇｐｓ）ｉから所定時間だけさかのぼった過去の方位（θｇｐｓ）ｉ－ｎとの差が、所定の値（本実施例では１０度）より小さいかどうかという判定を行ない、差が小さい場合には（ステップ１０６でＹｅｓ）、移動体がほぼ直線方向に移動しており、ジャイロセンサ３１０の角度誤差原因としてバイアス誤差が支配的であると判断して、ステップ１０８へ進み、バイアス誤差量ｂ（図６のステップ６６参照）を計算する。
【０１００】
ここで、最新の方位（θｇｐｓ）ｉと過去の方位（θｇｐｓ）ｉ－ｎとの間の時間間隔は、移動体が近似的に直線方向に移動していることを示すのに充分な長さであれば、限定されるものではない。
【０１０１】
また、本実施例では、最新の方位と過去の方位との差の判定に用いるしきい値を１０度としているが、本発明ではこの値に限定されるものではない。また、本複数の方位データの分散幅を算出し、それが所定の値以内であれば、移動体がほぼ直線移動していると判定する構成でも良い。
【０１０２】
ステップ１０８では、図中に示す式により、バイアス誤差量ｂを算出する。ここで、Δｔｎは、過去の方位（θｇｐｓ）ｉ－ｎから最新の方位（θｇｐｓ）ｉへの経過時間を表す。算出したバイアス誤差ｂを用いることで、図６のステップ６６にてジャイロセンサ３１０からの出力角速度ωに対し補正を実行することができる。
【０１０３】
〔実施例３〕
本実施例は、上記実施例１と同じ構成において、移動体方位算出部１４が、過去複数回の処理周期にわたって得た複数の進行方位データを用いて、ジャイロセンサ３１０のスケール誤差を補正するものである。本実施例のスケール誤差の補正は、図７のステップ１２０で行なわれるものであり、例えば図９に示すような処理により実行される。
【０１０４】
本実施例のジャイロスケール誤差補正処理は、上記実施例２と同様に、受信可能なＧＰＳ衛星数が３個以上の、通常測位可能な場合にのみ行う処理であり、図９に示すように、最初のステップ１０２、１０４は、上記実施例２の図８のステップ１０２、１０４と同じ処理である。
【０１０５】
最後のステップ１２２では、上記実施例２の図８のステップ１０６とは反対の処理となる。すなわち、本ステップでは、最新の方位（θｇｐｓ）ｉと過去の方位（θｇｐｓ）ｉ－ｎとの差が所定の角度（本実施例では７０度）以上かどうかという判定を行ない、差が大きい場合は、移動体が交差点の角等を曲がっており、ジャイロセンサ３１０の角度誤差原因としてスケール誤差が支配的であると判断して、ステップ１２４へ進み、スケール誤差補正係数ａ（図６のステップ６６参照）を、図中に示す式により計算する。
【０１０６】
なお、本実施例及び上記実施例２において、過去の方位（θｇｐｓ）ｉ－ｎを選択する場合、どの程度過去のデータにするかが問題となる。定性的には、上記実施例２のジャイロバイアス誤差を算出する場合は長時間の角度変化を対象とする必要があるため、過去の方位（θｇｐｓ）ｉ－ｎはかなり古いデータ、例えば２０～３０秒前のデータを用いる。ま

た、本実施例のスケール誤差の場合は、反対に回転時に瞬間的に発生するものであるため、過去の方位（θｇｐｓ）ｉ－ｎは比較的新しいデータ、例えば３～４秒前のデータを採用する。

【０１０７】

以上実施例２及び３で示したように、受信可能なＧＰＳ衛星数が３個以上の、ＧＰＳ通常測位が可能なときに、移動体速度ベクトル、特に進行方位を求めておくことにより、上記実施例２及び３のようなバイアス誤差及びスケール誤差の自動補正が図６のステップ６６で可能になり、ジャイロセンサ３１０による方位算出の精度を向上させることができる。

【０１０８】

さらに、上記実施例２及び３によれば、受信可能なＧＰＳ衛星数が３個未満の場合も、上記補正処理の後に算出された方位量をもとに移動体の速度ベクトルを算出するため、通常測位可能な場合と同様に、より高精度に移動体の位置決定することができる。

【０１０９】

また、図６のステップ６６でジャイロセンサ３１０からの出力角速度ωに対し、バイアス誤差量ｂとスケール誤差補正係数ａは、別々に適用され補正される。このため、上記実施例２と３は、同時に実施する構成としても良い。

【０１１０】

また、上記実施例２及び３での補正処理は、すべてＧＰＳ方位θｇｐｓが正しいことを前提にしているため、この前提が崩れた場合には補正が不正確になる。このような場合に備えるために、ＧＰＳ方位の誤差成分をモデリングし、カルマンフィルタ等のフィルタリング処理によりＧＰＳ及びジャイロの誤差を相互に補正する手段をさらに設ける構成としても良い。

【０１１１】

〔実施例４〕

本実施例は、上記実施例１の衛星選択処理（図７のステップ１４０）の詳細を除いては、上記実施例１と同じ構成及び作用効果を有する。以下では、この衛星選択処理のいくつかの具体例を、図１０、１１、１２を用いて説明する。

【０１１２】

衛星選択処理の第１の例１４０－１は、図１０に示すように、受信可能なＧＰＳ衛星数が３個未満の通常測位不可能な場合において、受信可能な状態で残ったＧＰＳ衛星が複数個、すなわち２個ある場合、どちらの衛星を選択するかを決める処理である。

【０１１３】

最初、図７のステップ７４で求めたＧＰＳ方位θｇｐｓから、移動体２の移動方向単位ベクトルＥｕを求める（ステップ１４４）。次に、受信しているＧＰＳ衛星２の衛星情報に含まれる軌道情報と、前回の処理ですでに決定されている移動体２１０の位置とから、移動体２１０からＧＰＳ衛星２に向かう視線方向単位ベクトルＥｕ－ｓを算出する（ステップ１４２）。

【０１１４】

次に、視線方向単位ベクトルＥｕ－ｓと、移動体２の移動方向単位ベクトルＥｕとの内積の絶対値が最も大きいかどうかを判断し（ステップ１４６）、その絶対値が今までで最大である場合には（ステップ１４６でＹｅｓ）、そのＧＰＳ衛星を特定するための衛星番号等を記憶する（ステップ１４８）。

【０１１５】

絶対値が最大でない場合には、ステップ１５０へ進み、受信可能な２つのＧＰＳ衛星の両者に対して上記ステップ１４２、１４６を繰り返す（ステップ１５０）。

【０１１６】

本処理例では、以上のようにして、視線方向単位ベクトルＥｕ－ｓと、移動体２の移動方向単位ベクトルＥｕとの内積の絶対値とが最も大きいＧＰＳ衛星を選択する。このようにして選択されたＧＰＳ衛星を対象に、図７の移動体位置推定処理では、第２の移動体速度ベクトル算出処理（図７のステップ８４）以降のステップを遂行する。

【０１１７】
上記衛星選択基準の根拠を次に示す。上述のように、図７の第２の移動体速度ベクトル算出処理（ステップ８４）では、上記数４により移動体２のＸ－Ｙ平面（水平面）上の移動速度Ｖｕ（図４参照）を算出する。上記数４では、分母がｃｏｓθｕであり、これが零で特異点となる。上記内積演算（図１０のステップ１４６）は、このｃｏｓθｕを求めており、この値の絶対値が大きい程、特異点から離れることになり、ジャイロセンサ３１０により求める方位θ（ここでは、進行方位θｇｐｓ）の誤差の影響も小さくすることができる。

【０１１８】
衛星選択処理の第２の例１４０－２は、図１１に示すように、受信可能なＧＰＳ衛星の仰角βを、当該ＧＰＳ衛星の軌道情報等を含む衛星情報と、前回の処理等で求められた移動体の概略の位置とから求め（ステップ１６０）、それが小さいＧＰＳ衛星を選択する（ステップ１６２、１４８、１５０）。

【０１１９】
本例での衛星選択基準も、上記第１の例と同様に、上記数４の右側の式で分母ｃｏｓβを大きくすることになり、移動体２の移動速度Ｖｕの決定精度の向上が可能となる。

【０１２０】
衛星選択処理の第３の例１４０－３は、図１２に示すように、上記２つの例と同様、２個の受信可能なＧＰＳ衛星のうち、上記数４の分母ｃｏｓ（α－θ）を大きくするようなＧＰＳ衛星、すなわち、｜α－θ｜が小さいものを、図７のステップ７４で求めたＧＰＳ方位θｇｐｓと、ＧＰＳ信号を受信しているＧＰＳ衛星の方位角αとを取得して、選択を行なう処理（ステップ１６０、１６２、１４８、１５０）である。

【０１２１】
本実施例の衛星選択処理１４０－１、１４０－２、１４０－３によれば、通常測位が不可能な状態で、かつ、受信可能なＧＰＳ衛星が２個だけの場合に、移動体の移動速度Ｖｕをより精度良く決定することができる一方のＧＰＳ衛星を、合理的かつ自動的に選択することが可能となる。

【０１２２】
本実施例では、通常測位にはＧＰＳ衛星が３個必要で、通常測位不可能な場合には２個のＧＰＳ衛星を受信するものと想定しているが、本発明の衛星選択処理は、このＧＰＳ衛星数に限定されるものではない。

【０１２３】
本実施例及び上記実施例１、２、３において、上記数４の第２の移動体速度ベクトル算出処理では、その原理説明で述べたように、時刻オフセットの変化率Ｂドットは、一定と仮定し、第１の移動体速度ベクトル算出処理で求めたＢドットの値を用いることにより既知としていた。

【０１２４】
したがって、速度ベクトルを決定精度をさらに高めようとするには、もしくは長い時間、第２の移動体速度ベクトル算出処理による計測が連続している場合は、このＢドットも未知数とし、移動体の移動速度Ｖｕと合わせ、未知数２の連立方程式として解く。この場合、受信可能なＧＰＳ衛星は２個必要となり、上記のような衛星選択処理を行う必要はなくなる。

【０１２５】
また、高さ方向の変化率ｚドットについても、上記と同様のことが言え、Ｂドットの代わりにｚドットを未知数にしてもよい。

【０１２６】
【発明の効果】
本発明によれば、通常測位可能な場合、あるいは通常測位不可能な場合に依らず、最低１個以上のＧＰＳ衛星が受信できる状態であれば、そのＧＰＳ衛星からのＧＰＳ信号を用いて、途切れることなく高精度な現在位置を出力し続けることができるＧＰＳナビゲーショ

ン装置を提供することができる。

【０１２７】

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明のＧＰＳナビゲーション装置の一実施例の構成を示すブロック図。

【図２】本発明のＧＰＳナビゲーション装置のハード構成例を示すブロック図。

【図３】図１の実施例における第２の移動体速度ベクトル算出方法の原理についての説明図。

【図４】図１の実施例における第２の移動体速度ベクトル算出方法で用いる座標系の一例、及びその座標系内での移動体速度ベクトルを示した説明図。

【図５】本発明のＧＰＳナビゲーション装置のゼネラルフローを示すフローチャート。

【図６】図５中の移動体方位算出割込処理のフローチャート。

【図７】図５中の移動体位置推定割込処理のフローチャート。

【図８】実施例２でのジャイロバイアス誤差補正処理のフローチャート。

【図９】実施例３でのジャイロスケール誤差補正処理のフローチャート。

【図１０】実施例４での衛星選択処理の一例を示すフローチャート。

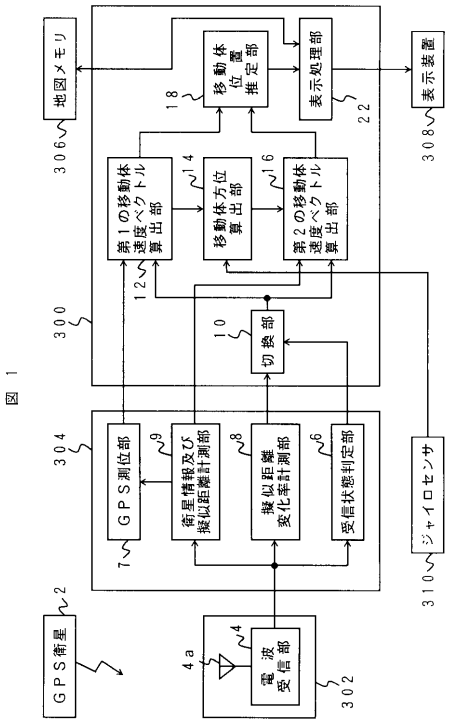
【図１１】実施例４での衛星選択処理の他の例を示すフローチャート。

【図１２】実施例４での衛星選択処理の他の例を示すフローチャート。

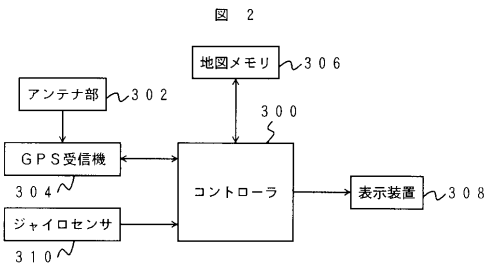
【符号の説明】

２…ＧＰＳ衛星、４…電波受信部、６…受信状態判定部、７…ＧＰＳ測位部、８…疑似距離変化率計測部、９…衛星情報及び疑似距離計測部、１０…切換部、１２…第１の移動体速度ベクトル算出部、１４…移動体方位算出部、１６…第２の移動体速度ベクトル算出部、１８…移動体位置推定部、２２…表示処理部、３００…コントローラ、３０２…アンテナ部、３０４…ＧＰＳ受信機、３０６…地図メモリ、３０８…表示装置、３１０…ジャイロセンサ。

【図１】

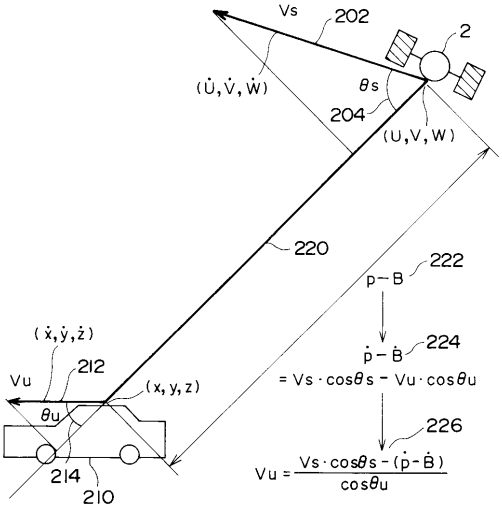


【図２】



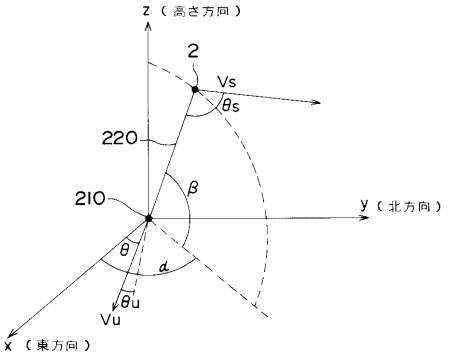
【図３】

図 3



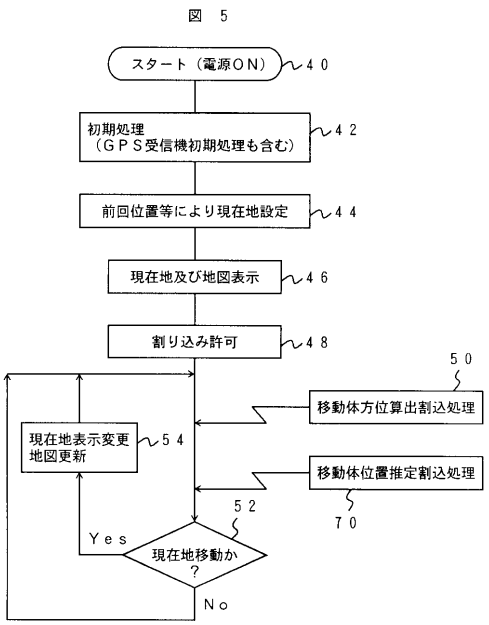
【図４】

図 4



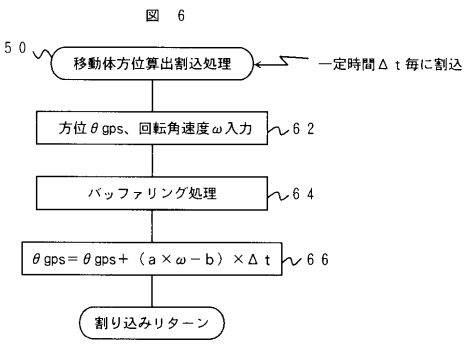
【図５】

図 5



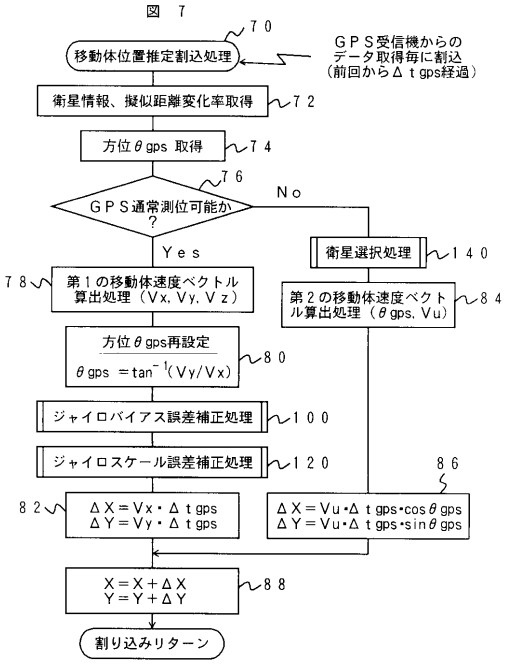
【図６】

図 6



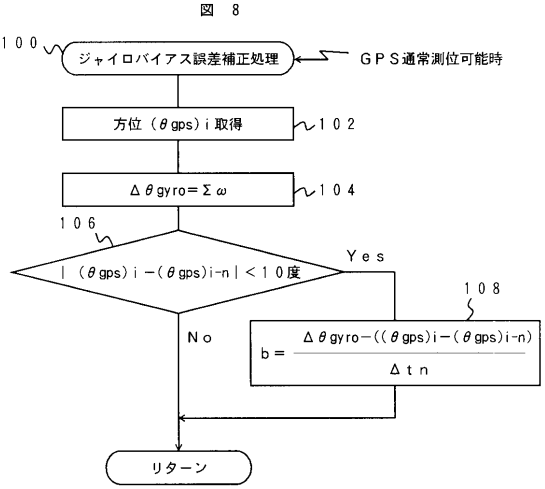
【図７】

図 7



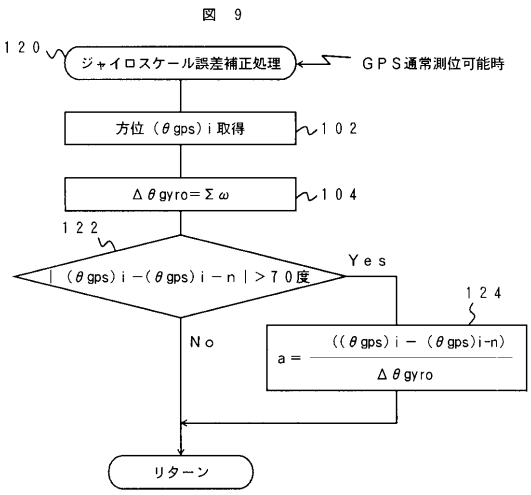
【図８】

図 8



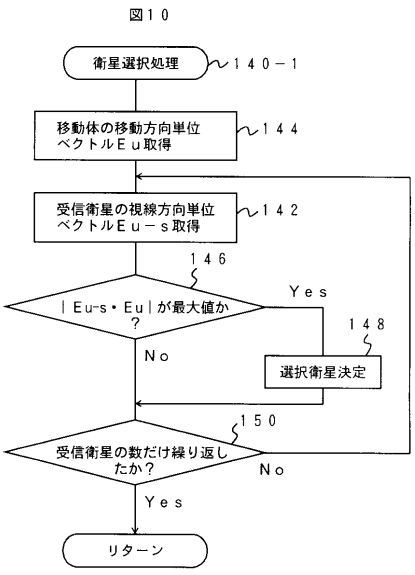
【図９】

図 9



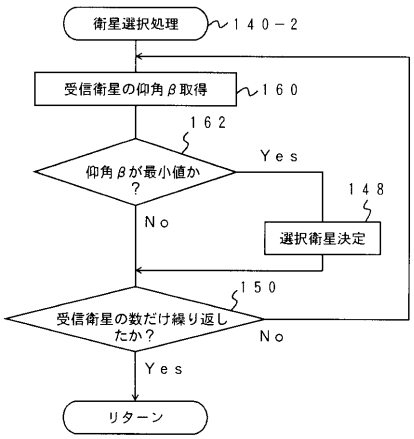
【図１０】

図10



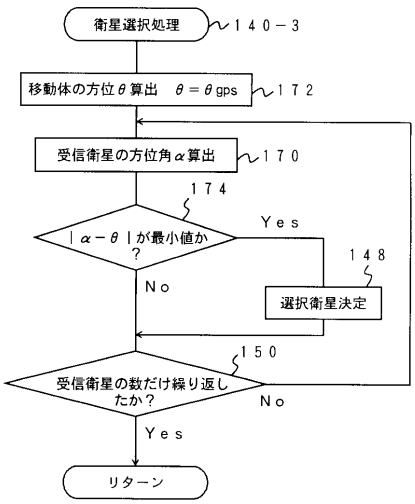
【図１１】

図１１



【図１２】

図１２



フロントページの続き

(72)発明者　星野　雅俊
茨城県日立市大みか町七丁目１番１号　株式会社　日立製作所　日立研究所内
(72)発明者　黒田　浩司
茨城県日立市大みか町七丁目１番１号　株式会社　日立製作所　日立研究所内

審査官　宮川　哲伸

(56)参考文献　特開平６－２７３５０９（ＪＰ，Ａ）
特開平８－７５４７９（ＪＰ，Ａ）
特開平６－３４１８４７（ＪＰ，Ａ）
特開平４－１２１６１８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G01S　5/00 ～ 5/14
G01C 19/00
G01C 21/00
G08G　1/0969