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

特許第5855249号
(P5855249)

(45)発行日　平成28年2月9日(2016.2.9)　(24)登録日　平成27年12月18日(2015.12.18)

(51)Int.Cl.		F I	
G01S 19/22	(2010.01)	G01S	19/22
G01C 21/28	(2006.01)	G01C	21/28
G01S 19/23	(2010.01)	G01S	19/23
G01S 19/52	(2010.01)	G01S	19/52

請求項の数 9　(全 31 頁)

(21)出願番号　特願2014-522291 (P2014-522291)
(86)(22)出願日　平成24年6月27日(2012.6.27)
(86)国際出願番号　PCT/JP2012/066347
(87)国際公開番号　WO2014/002211
(87)国際公開日　平成26年1月3日(2014.1.3)
審査請求日　平成26年7月25日(2014.7.25)

(73)特許権者　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
(74)代理人　100088672
弁理士　吉竹　英俊
(74)代理人　100088845
弁理士　有田　貴弘
(72)発明者　石上　忠富
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
(72)発明者　前田　淳志
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】測位装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
複数のＧＰＳ衛星から送信された送信信号を受信し、当該送信信号に基づいて前記ＧＰＳ衛星との擬似距離およびドップラーシフトを取得し、取得した前記擬似距離および前記ドップラーシフトに基づいて移動体の位置である第１の移動体位置を算出する第１の移動体位置算出部と、
前記擬似距離に基づいて前記移動体の位置である第２の移動体位置を算出する第２の移動体位置算出部と、
前記第１の移動体位置算出部にて算出された前記第１の移動体位置と、前記第２の移動体位置算出部にて算出された前記第２の移動体位置との差異に基づいて、前記第１の移動体位置に対するマルチパスの影響を評価するマルチパス影響評価部と、
を備え、
前記擬似距離の時間差分をデルタレンジとして算出し、前記ドップラーシフトに基づいて第１のレンジレートを算出する算出部と、
前記デルタレンジと前記第１のレンジレートとの差異に基づいて、前記移動体側の内蔵時計の誤差を内蔵時計誤差として推定する内蔵時計誤差推定部と、
前記送信信号に基づく前記ＧＰＳ衛星の位置および速度並びに前記第２の移動体位置に基づいて、前記移動体が停止している場合の第２のレンジレートを推定するとともに、前記算出部で算出された前記第１のレンジレートを前記内蔵時計誤差に基づいて修正するレンジレート推定部と、

前記送信信号に基づく前記ＧＰＳ衛星の位置と前記第２の移動体位置とを含む航法行列と、前記レンジレート推定部にて推定された前記第２のレンジレートと、前記レンジレート推定部にて修正された前記第１のレンジレートとに基づいて、前記移動体の速度と、前記移動体の方位である第２の移動体方位とを算出する移動体速度方位算出部と、
をさらに備え、
前記マルチパス影響評価部は、前記第１の移動体位置の移動方向である第１の移動体方位と、前記第２の移動体方位との差異に基づいて、前記第１の移動体位置に対するマルチパスの影響を評価することを特徴とする、測位装置。

【請求項２】
前記マルチパス影響評価部は、前記評価されたマルチパスの影響が所定以下のときの前記擬似距離に前記第１のレンジレートを積算した擬似距離スムージング値を算出し、前記擬似距離と前記擬似距離スムージング値との差異である擬似距離誤差に基づいて、前記ＧＰＳ衛星ごとのマルチパスの影響を評価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３】
前記マルチパス影響評価部は、所定の時間経過後、前記評価されたマルチパスの影響が所定以下のときの前記擬似距離を選び直すことを特徴とする、請求項２に記載の測位装置。

【請求項４】
前記マルチパス影響評価部は、前記デルタレンジと前記第１のレンジレートとの差異を積算するとともに、前記差異の移動平均の所定の割合を減算して求めた前記擬似距離の誤差に基づいて、前記ＧＰＳ衛星ごとのマルチパスの影響を評価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５】
前記移動体の移動距離に応じたパルス信号を出力する速度センサと、
前記速度センサが出力する前記パルス信号に基づいて、少なくとも前記移動体の移動距離を計測する距離計測部と、
前記測位装置のヨーレートに応じた電圧を出力する角速度センサと、
前記角速度センサから出力された電圧に基づいてヨー角を計測するヨー角計測部と、
前記距離計測部にて計測された前記移動距離と、前記ヨー角計測部にて計測された前記ヨー角とに基づいて、前記移動体の位置である第３の移動体位置と、前記移動体の方位である第３の移動体方位とを算出する移動体位置方位算出部と、
前記マルチパス影響評価部によってマルチパスの影響が所定以下と評価されたときの前記第１の移動体位置および前記第２の移動体方位を基準として、前記第３の移動体位置および前記第３の移動体方位を修正する移動体位置方位修正部と、
をさらに備え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】
前記移動体位置方位修正部にて修正された前記第３の移動体位置を基準として、当該第３の移動体位置と前記第１の移動体位置との差異を第１の移動体位置誤差として算出するとともに、前記移動体位置方位修正部にて修正された前記第３の移動体方位を基準として、当該第３の移動体方位と前記第１の移動体方位との差異を第１の移動体方位誤差として算出する移動体位置方位誤差算出部をさらに備えることを特徴とする、請求項５に記載の測位装置。

【請求項７】
前記移動体位置方位修正部は、所定の距離または所定の角度以上を走行するまでに修正が行われなかった前記第３の移動体位置または前記第３の移動体方位を無効と判断し、所定の距離または所定の角度以上を走行するまでに修正が行われた前記第３の移動体位置または前記第３の移動体方位を有効と判断することを特徴とする、請求項５に記載の測位装置。

【請求項８】

前記距離計測部にて計測された前記移動距離と、前記ヨー角計測部にて計測された前記ヨー角とに基づいて、第４の移動体位置と第４の移動体方位とを更新するとともに、前記第３の移動体位置および前記第３の移動体方位が有効であるときの第１の移動体位置誤差および第１の移動体方位誤差と、前記第１の移動体位置および前記第１の移動体方位と、前記マルチパス影響評価部による前記評価とに基づいて、前記第４の移動体位置および前記第４の移動体方位を修正するハイブリッド位置方位算出部をさらに備え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】

前記ハイブリッド位置方位算出部にて算出された前記第４の移動体位置および前記第４の移動体方位に基づいて、地図における道路リンク上に前記移動体の位置を同定する道路照合部をさらに備えることを特徴とする、請求項８に記載の測位装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、移動体の測位装置に関し、特にＧＰＳ（Global Positioning System）衛星からの送信信号を用いる測位装置に関するものである。

【背景技術】

【０００２】

現在、自動車などの移動体のナビゲーション装置が知られている。このナビゲーション装置では、地図上に車両の位置を表示し、目的地までの道案内などを行う。地図の道路上に車両の位置を表示するにあたっては、ＧＰＳ衛星の測位結果を取得するＧＰＳ測位装置と、速度センサ、角速度センサおよび加速度センサなどの各種センサとを用いて、車両の運動を観測・計測し、その後にマップマッチングと呼ばれる処理を行うことにより、地図データの道路リンク上における車両の位置が同定される。

【０００３】

しかしながら、センサによって計測された車両の移動距離、ヨー角、あるいはピッチ角は計測誤差を有しているため、それらが示す移動ベクトルを積算した自立航法では誤差（計測誤差）が徐々に累積する。このように累積した誤差を修正するために、センサとは独立して設けられたＧＰＳ受信機によって観測されたＧＰＳ位置（ＧＰＳ受信機によって計算された車両の位置）およびＧＰＳ方位（ＧＰＳ受信機によって計算された車両の方位）を用いて適宜修正を行う。

【０００４】

ここで、ＧＰＳ測位原理について説明すると、ＧＰＳ測位は、三角測量の原理に基づいて、３つ以上のＧＰＳ衛星の位置（既知数）と、そのＧＰＳ衛星と車両との距離（既知数）とから、車両の位置（未知数）を３次元で計算する。各ＧＰＳ衛星と車両とはそれぞれ独立した運動を行うため、共通の時系（以下、GPS Timeとも称する）に時刻同期する必要がある。従って、３つのＧＰＳ衛星にもう１つのＧＰＳ衛星を追加した４つ以上のＧＰＳ衛星を用いて、車両の位置（ｘ，ｙ，ｚ）と内蔵時計誤差とを合わせた４つの未知数を求めている。時刻同期をすることによって、ＧＰＳ衛星から送信された電波が車両にて受信されるまでの電波伝搬時間から、ＧＰＳ衛星と車両との距離（擬似距離［ｍ］）を算出することができる。

【０００５】

また、ＧＰＳ衛星と車両との相対運動に基づいてＧＰＳ衛星から送信された電波の搬送波周波数がドップラーシフトすることから、ドップラーシフトした周波数偏移量（［Ｈｚ］）から車両の速度（v_{gx}，v_{gy}，v_{gz}）を３次元で求め、求めた車両の速度から車両の方位を算出する。ドップラーシフトした周波数偏移量を換算したレンジレート（［ｍ／ｓ］）は、擬似距離の時間変化量（デルタレンジ（［ｍ／ｓ］））を示すが、車両の速度を算出するためには、車両が停車中であると仮定したときのレンジレートを推定する必要がある。

【０００６】

上記のＧＰＳ位置およびＧＰＳ方位を用いて車両の位置および方位の修正を行うにあたっては、以下のＧＰＳ測位に関する問題を考慮する必要があった。

【０００７】

（１）車両（自車）上空におけるＧＰＳ衛星の電波が車両周辺の建築物などで遮蔽されて電波を受信可能なＧＰＳ衛星数が３つになると３つの未知数しか求めることができず、電波を受信可能なＧＰＳ衛星数が３つ未満になると車両の位置と速度とを観測することができなくなるという問題がある。

【０００８】

（２）ＧＰＳ衛星から送信され車両周辺の建築物などに反射した電波を受信すると、電波の伝搬時間（あるいは擬似距離）に誤差（マルチパス）が生じてしまい、ＧＰＳ測位の精度が低下する。具体的には、マルチパスが発生すると、ＧＰＳ衛星の軌跡形状が歪んだり、あるいは軌跡形状が良好であっても車両の位置ずれや方位ずれが一時的に発生する。

【０００９】

（３）ドップラーシフトによるレンジレートの計測値と、車両が停車中であると仮定したときのレンジレートの推定値との差異が小さくなる低速走行ほど、ＧＰＳ速度（ＧＰＳ受信機によって計算された車両の速度）に含まれる誤差の割合が大きくなる。ＧＰＳ速度の誤差が大きくなると、ＧＰＳ速度から算出されるＧＰＳ方位の誤差も大きくなる。

【００１０】

（４）ＧＰＳ衛星と車両とのそれぞれにおける時計がドリフト（ｎｓオーダーで変化）するため、それぞれの時計を修正する必要がある。ＧＰＳ衛星に搭載される時計にはドリフトが小さい高価な原子時計が使用されており、当該原子時計の誤差補正パラメータがＧＰＳ衛星から放送（送信）されているため、ＧＰＳ衛星から送信された電波を受信すれば、ＧＰＳ衛星に搭載される時計の誤差を車両側で修正することができる。一方、車両に搭載された時計（以下、内蔵時計とも称する）にはドリフトが大きい安価な水晶時計などが使用されており、誤差補正パラメータはない。そのため、ＧＰＳ測位の計算時に内蔵時計の誤差（以下、内蔵時計誤差とも称する）を求めて修正するが、修正後でも内蔵時計に１μｓｅｃ以下の誤差が残る。このような内蔵時計誤差は、全受信衛星に共通したレンジレートの計測誤差となる。

【００１１】

（５）ＧＰＳ受信機から測位誤差（位置誤差、速度誤差、方位誤差）を的確に示す指標が出力されない。

【００１２】

従来のナビゲーション装置では、自車位置の精度を向上させるために、ＧＰＳ測位精度の評価、および車両位置（自車位置）の修正の方法を工夫している（特許文献１，２参照）。

【００１３】

例えば、特許文献１では、所定時間あるいは所定距離ごとに自立位置（センサによって算出された車両の位置）を道路リンク上に修正しているが、自立航法によるマップマッチングが不可能である場合は、良好なＧＰＳ測位結果に基づいて自立位置を適切に修正している。具体的には、所定時間あるいは所定距離ごとに、ＧＰＳ位置と自立位置との直近の軌跡（位置、方位）を所定区間分だけ記憶し、それぞれの軌跡を構成する各位置間の移動ベクトルの合計の差に基づいてＧＰＳの信頼度を認定し、また、ＧＰＳ位置による自立位置の修正を行うためのしきい値（ＧＰＳ誤差円）を設定する。ＧＰＳ軌跡と自立軌跡とがほぼ一致すればそれぞれの軌跡を構成する各位置間の差は小さく、ＧＰＳ測位状態が悪いときはＧＰＳ軌跡と自立軌跡とが乖離してそれぞれの軌跡を構成する各位置間の差が大きくなる。このような特性に基づいて、ＧＰＳ測位結果の信頼度を判断している。信頼度が低いときはしきい値を大きく設定し、ＧＰＳ位置と自立位置との差がしきい値よりも大きくなればＧＰＳ位置によって自立位置の修正を行う。なお、上記の所定区間は直近の２００ｍとしてもよく、直近の１０秒から１５秒分としてもよい。

【００１４】

また、特許文献２でも、自立位置の精度を向上させることを目的としている。ＧＰＳ軌跡（ＧＰＳ衛星から受信した情報に基づいて求められた車両の軌跡）とマッチング軌跡（マップマッチング処理によって求められた車両の軌跡）のうち、より信頼度の高い方の軌跡と自立軌跡（自立航法によって求められた車両の軌跡）との差異が減少するように自立軌跡を修正する。自立位置の修正を行う際に基準とする軌跡については、ＧＰＳ軌跡の信頼度が高く正確であればＧＰＳ軌跡を選び、ＧＰＳ軌跡の信頼度が規定値未満であればマッチング軌跡を選ぶ。ＧＰＳ軌跡の信頼度は、自立軌跡とＧＰＳ軌跡との比較結果から作成される。マップマッチングは、自立軌跡と道路リンク形状とが一致する道路リンク上に自車位置を同定するときに、マッチング軌跡と自立軌跡とを比較してマッチング信頼度を作成する。自車位置を同定した道路リンクの幅員が小さく、車両の方位変動が小さいほど、マッチング軌跡の信頼度を高くする。なお、自立方位の修正についても自立位置の修正方法と同様である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【００１５】

【特許文献１】特許第３９８４１１２号公報

【特許文献２】特開２０１２－７９３９号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１６】

ナビゲーション装置では、所定周期ごとに計測された車両（自車）の移動ベクトルを用いてマップマッチング処理を行い、道路リンク上で表示位置を更新する。また、車両の移動ベクトルと道路リンク形状とが一致すれば、たとえマップマッチング処理によって車両の表示位置が正しい道路リンク上に表示されない状態（誤マッチング状態）であったとしても、誤マッチング状態であることに気付かず表示上における迷走状態が続いてしまう。従って、ナビゲーション装置では、誤マッチング状態を早期に発見して、当該誤マッチング状態から正しい位置により早く復帰することが課題であった。このような課題に対して、従来では以下の問題があった。

【００１７】

（１）道路幅員内における車両の挙動が道路リンクと異なるとき（例えば、車線変更、前方車両の追い越し、路上駐車、Ｕターン、道路リンクの座標誤差、道路リンクの形状誤差）に自立位置を修正すると、自立位置を誤修正する可能性がある。

【００１８】

（２）直進走行時の距離誤差が大きくなった後で右左折すると並走道路に誤マッチングし、自立位置を誤修正する可能性がある。

【００１９】

（３）直線区間が長い道路が狭い範囲で平行（あるいは重層）して存在している場所では、表示位置の軌跡と自立軌跡とが一致するからといって、必ずしも表示位置が同定された道路リンクが正しいとはいえない。例えば、高架道路の真下に別の道路が存在している場所では、ナビゲーション装置では便宜上、高架道路と別の道路とを平行にして表示する場合がある。そのよう場合において、表示位置が同定された一方の道路リンクが必ずしも正しいとはいえず、他方の道路リンクの方が正しい場合があるため、自立位置を修正すると誤修正につながる可能性がある。

【００２０】

また、上述の通り、ＧＰＳ測位においてもいくつかの課題がある。従って、ＧＰＳ測位によって自立位置を修正する際には、以下の問題があった。

【００２１】

（４）マップマッチングが破綻する前後のＧＰＳ軌跡形状（例えば、特許文献１では直近の２００ｍ区間）がマルチパスの影響によって自立軌跡と形状が不一致になると自立位置を修正することができず迷走状態が続く。また、ビル街では、ＧＰＳ軌跡形状が良好な

道路は限定される。

【００２２】

（５）ＧＰＳ軌跡の信頼性をより正確に判断するために軌跡を比較する長さをより長くすると、マルチパス環境下において信頼性の高いＧＰＳ軌跡を抽出することができる機会が減少し、マルチパス環境下での自立位置の修正機会が減少する。

【００２３】

（６）ジャイロの温度ドリフトの補正が不十分となり、自立方位誤差が大きくなると自立軌跡形状が歪み、自立軌跡形状に基づく信頼性は低下する。

【００２４】

（７）マルチパス環境下のＧＰＳ位置の不要な変動を抑制して安定したＧＰＳ方位を出力するＧＰＳ受信機を使用した場合は、マルチパス環境下で直進走行した際に、ＧＰＳ位置およびＧＰＳ方位がずれたままで直進状態を示すＧＰＳ軌跡形状となることがある。これは、マルチパスの影響を直接受けないドップラーシフトを用いて計測したＧＰＳ速度（ＧＰＳ受信機によって計算された車両の速度）とＧＰＳ方位（ＧＰＳ受信機によって計算された車両の方位）とによって自立測位のようなＧＰＳ測位を行ったためである。このような場合に、ＧＰＳ軌跡と自立軌跡とが一致するからといって、必ずしもＧＰＳ位置が正しいとはいえず、自立位置を修正すると誤修正につながる。

【００２５】

また、マップマッチングあるいはＧＰＳ位置によって自立位置を誤修正すると以下の問題が生じるため、自立位置の修正を行うにあたり有効な解決策が要求される。

【００２６】

（８）マップマッチングが継続困難になる。

【００２７】

（９）道路リンク上の前後に表示位置を誤修正するため、その後のマップマッチングが継続困難になる。

【００２８】

（１０）表示位置が他の候補位置（例えば、誤った道路リンク上）に移って誤マッチングするため、自立位置をさらに誤修正してしまう。

【００２９】

（１１）道路沿いの駐車場などに進入する道路が車両付近に存在する場所を走行中の場合において、道路上を走行中であるにもかかわらず道路外（駐車場などに進入する道路）を走行中であると誤判断し、その後のマップマッチングが継続困難になる。

【００３０】

（１２）上記（１１）とは逆に、道路外走行中であるにもかかわらず道路上を走行中であると誤判断し、自立位置を誤修正してしまう。

【００３１】

本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであり、自車位置の修正を早期に、確実に、多く行うとともに、誤マッチング状態あるいは迷走状態を早期に、確実に検出して正しい位置に修正することが可能な測位装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００３２】

上記の課題を解決するために、本発明による測位装置は、複数のＧＰＳ衛星から送信された送信信号を受信し、当該送信信号に基づいてＧＰＳ衛星との擬似距離およびドップラーシフトを取得し、取得した擬似距離およびドップラーシフトに基づいて移動体の位置である第１の移動体位置を算出する第１の移動体位置算出部と、擬似距離に基づいて移動体の位置である第２の移動体位置を算出する第２の移動体位置算出部と、第１の移動体位置算出部にて算出された第１の移動体位置と、第２の移動体位置算出部にて算出された第２の移動体位置との差異に基づいて、第１の移動体位置に対するマルチパスの影響を評価するマルチパス影響評価部とを備え、擬似距離の時間差分をデルタレンジとして算出し、ドップラーシフトに基づいて第１のレンジレートを算出する算出部と、デルタレンジと第１

のレンジレートとの差異に基づいて、移動体側の内蔵時計の誤差を内蔵時計誤差として推定する内蔵時計誤差推定部と、送信信号に基づくＧＰＳ衛星の位置および速度並びに第２の移動体位置に基づいて、移動体が停止している場合の第２のレンジレートを推定するとともに、算出部で算出された第１のレンジレートを内蔵時計誤差に基づいて修正するレンジレート推定部と、送信信号に基づくＧＰＳ衛星の位置と第２の移動体位置とを含む航法行列と、レンジレート推定部にて推定された第２のレンジレートと、レンジレート推定部にて修正された第１のレンジレートとに基づいて、移動体の速度と、移動体の方位である第２の移動体方位とを算出する移動体速度方位算出部とをさらに備え、マルチパス影響評価部は、第１の移動体位置の移動方向である第１の移動体方位と、第２の移動体方位との差異に基づいて、第１の移動体位置に対するマルチパスの影響を評価することを特徴とする、測位装置。

【発明の効果】

【００３３】

本発明によると、複数のＧＰＳ衛星から送信された送信信号を受信し、当該送信信号に基づいてＧＰＳ衛星との擬似距離およびドップラーシフトを取得し、取得した擬似距離およびドップラーシフトに基づいて移動体の位置である第１の移動体位置を算出する第１の移動体位置算出部と、擬似距離に基づいて移動体の位置である第２の移動体位置を算出する第２の移動体位置算出部と、第１の移動体位置算出部にて算出された第１の移動体位置と、第２の移動体位置算出部にて算出された第２の移動体位置との差異に基づいて、第１の移動体位置に対するマルチパスの影響を評価するマルチパス影響評価部とを備え、擬似距離の時間差分をデルタレンジとして算出し、ドップラーシフトに基づいて第１のレンジレートを算出する算出部と、デルタレンジと第１のレンジレートとの差異に基づいて、移動体側の内蔵時計の誤差を内蔵時計誤差として推定する内蔵時計誤差推定部と、送信信号に基づくＧＰＳ衛星の位置および速度並びに第２の移動体位置に基づいて、移動体が停止している場合の第２のレンジレートを推定するとともに、算出部で算出された第１のレンジレートを内蔵時計誤差に基づいて修正するレンジレート推定部と、送信信号に基づくＧＰＳ衛星の位置と第２の移動体位置とを含む航法行列と、レンジレート推定部にて推定された第２のレンジレートと、レンジレート推定部にて修正された第１のレンジレートとに基づいて、移動体の速度と、移動体の方位である第２の移動体方位とを算出する移動体速度方位算出部とをさらに備え、マルチパス影響評価部は、第１の移動体位置の移動方向である第１の移動体方位と、第２の移動体方位との差異に基づいて、第１の移動体位置に対するマルチパスの影響を評価するため、自車位置の修正を早期に、確実に、多く行うとともに、誤マッチング状態あるいは迷走状態を早期に、確実に検出して正しい位置に修正することが可能となる。

【００３４】

この発明の目的、特徴、局面、および利点は、以下の詳細な説明と添付図面とによって、より明白となる。

【図面の簡単な説明】

【００３５】

【図１】本発明の実施の形態１によるナビゲーション装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図２】本発明の実施の形態１によるナビゲーション装置の動作の一例を示すフローチャートである。

【図３】デルタレンジ、算出レンジレートを示す図である。

【図４】内蔵時計誤差を示す図である。

【図５】停車レンジレート、修正レンジレート、デルタレンジを示す図である。

【図６】マルチパスを示す図である。

【図７】速度センサにより計測された自車の速度を示す図である。

【図８】マルチパスの影響の評価の一例を示す図である。

【図９】マルチパスの影響の評価の一例を示す図である。

【図１０】マルチパスの影響の一例を示す図である。
【図１１】マルチパスの影響の評価の一例を示す図である。
【図１２】マルチパスの影響の評価の一例を示す図である。
【図１３】本発明の実施の形態２によるナビゲーション装置の構成の一例を示すブロック図である。
【図１４】本発明の実施の形態２によるナビゲーション装置の動作の一例を示すフローチャートである。
【図１５】自立位置および自立方位の修正を説明するための図である。
【図１６】自立位置および自立方位の修正を説明するための図である。
【図１７】自立位置および自立方位の修正を説明するための図である。
【図１８】本発明の実施の形態３によるナビゲーション装置の構成の一例を示すブロック図である。
【図１９】本発明の実施の形態３によるナビゲーション装置の動作の一例を示すフローチャートである。
【図２０】本発明の実施の形態３によるナビゲーション装置の動作の一例を示すフローチャートである。
【図２１】ハイブリッド位置を説明するための図である。
【発明を実施するための形態】
【００３６】
本発明の実施の形態について、図面に基づいて以下に説明する。
【００３７】
＜実施の形態１＞
以下の説明では、自動車などの移動体の測位装置を備えるナビゲーション装置について説明する。図１は、本発明の実施の形態１によるナビゲーション装置の構成のうち、上記車両（以下、自車とも称する）の位置などを測位するために必要な構成の一例を示すブロック図である。
【００３８】
図１に示すように、本実施の形態１によるナビゲーション装置は、ＧＰＳ衛星（図示せず）からの送信信号を受信し、当該送信信号に基づいてＲａｗデータ（擬似距離、ドップラーシフト、航法メッセージ、ＧＰＳ－Ｔｉｍｅなど測位計算に必要なデータ）を取得するＧＰＳ受信機１１と、ＧＰＳ受信機１１で取得したＲａｗデータに基づいて、ＧＰＳ受信機１１にて計算されたＧＰＳ位置およびＧＰＳ方位がマルチパスの影響をどの程度受けているのかを評価する測位部１２とを備えている。なお、以下では、ＧＰＳ受信機１１が取得したＲａｗデータに基づいて計算した自車の位置、速度、方位を、それぞれＧＰＳ位置、ＧＰＳ速度、ＧＰＳ方位とも称する。
【００３９】
次に、ＧＰＳ受信機１１および測位部１２について詳細に説明する。
【００４０】
ＧＰＳ受信機１１（第１の移動体位置算出部）は、自車の上空に存在する複数のＧＰＳ衛星から送信される送信信号（電波）を受信するＧＰＳアンテナを備えている。ＧＰＳ受信機１１は、ＧＰＳアンテナで受信した各ＧＰＳ衛星からの送信信号に基づいて、Ｒａｗデータ（擬似距離、ドップラーシフト、航法メッセージ、ＧＰＳ－Ｔｉｍｅなど）を取得し、ＧＰＳ位置（第１の移動体位置）、ＧＰＳ速度、ＧＰＳ方位（第１の移動体方位）などを計算し、計算した測位結果とＲａｗデータとを測位部１２に出力する。
【００４１】
測位部１２は、ＧＰＳ出力データ算出部１２１（算出部）と、擬似距離修正部１２２と、内蔵時計誤差推定部１２３と、ＧＰＳ衛星挙動推定部１２４と、レンジレート推定部１２５と、ＧＰＳ位置算出部１２６（第２の移動体位置算出部）と、ＧＰＳ速度・方位算出部１２７と、マルチパス影響評価部１２８とを備えている。
【００４２】

ＧＰＳ出力データ算出部１２１（算出部）は、後で詳細に説明するが、ＧＰＳ受信機１１からの擬似距離$\rho_{C\tau}(t_i)$（実質的にはＧＰＳ衛星からの送信信号）に基づいて、擬似距離の時間差分値をデルタレンジ$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$として算出する。なお、t_iは、処理周期ΔＴで繰り返される測位部１２の測位処理の時刻を示し、添え字のｉは、処理周期ΔＴごとに１ずつ増加する番号を示す。

【００４３】

また、ＧＰＳ出力データ算出部１２１は、上記のデルタレンジの算出とともに、ＧＰＳ受信機１１からのドップラーシフト$f_{dop}(t_i)$（実質的にはＧＰＳ衛星からの送信信号のドップラーシフト）に基づいて、デルタレンジ$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$と同じ単位（［ｍ／ｓ］）を有するレンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$（第１のレンジレート）を算出する。ＧＰＳ出力データ算出部１２１は、デルタレンジ$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$およびレンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$を、ＧＰＳ受信機１１により送信信号が受信されたＧＰＳ衛星（以下、受信衛星とも称する）について算出する。

【００４４】

なお、以下の説明においては、複数種類のレンジレートが現れることから、便宜上、ＧＰＳ出力データ算出部１２１で算出されたレンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$を算出レンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$とも称する。

【００４５】

擬似距離修正部１２２は、ＧＰＳ受信機１１から出力された航法メッセージなどを用いて、ＧＰＳ受信機１１から出力された擬似距離$\rho_{C\tau}(t_i)$に含まれる衛星搭載時計誤差dT_{sat}、電離層電波伝播遅延誤差d_{iono}、対流圏電波伝播遅延誤差d_{trop}を計算し、それら誤差が除去されるように修正された擬似距離（以下、修正擬似距離$\rho_{C\tau}'(t_i)$とも称する）を算出する。

【００４６】

内蔵時計誤差推定部１２３には、ＧＰＳ出力データ算出部１２１にて算出された、全受信衛星についてのデルタレンジ$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$および算出レンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$が入力される。内蔵時計誤差推定部１２３は、デルタレンジ$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$と算出レンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$との差異（ここでは差分）に基づいて、自車側に設けられた内蔵時計の誤差を内蔵時計誤差$\varepsilon_{tcar}(t_i)$として推定する。

【００４７】

なお、内蔵時計誤差推定部１２３は、１つの受信衛星についてのデルタレンジ$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$および算出レンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$から、１つの内蔵時計誤差$\varepsilon_{tcar}(t_i)$を推定可能であるが、仮に複数の受信衛星についてのデルタレンジ$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$および算出レンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$が入力された場合には、それらから推定される複数の内蔵時計誤差$\varepsilon_{tcar}(t_i)$の平均値を、１つの内蔵時計誤差$\varepsilon_{tcar}(t_i)$として推定する。

【００４８】

ＧＰＳ衛星挙動推定部１２４は、ＧＰＳ受信機１１から出力された航法メッセージに基づいて、ＧＰＳ－ＴｉｍｅにおけるＧＰＳ衛星の位置P_sと速度V_sとを推定する。ＧＰＳ衛星挙動推定部１２４は、この位置P_sおよび速度V_sを、全受信衛星について測位部１２の処理周期ごとに推定する。

【００４９】

レンジレート推定部１２５には、ＧＰＳ出力データ算出部１２１からの算出レンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$と、内蔵時計誤差推定部１２３からの内蔵時計誤差$\varepsilon_{tcar}(t_i)$と、ＧＰＳ衛星挙動推定部１２４からの全受信衛星の位置P_sおよび速度V_sと、後述するＧＰＳ位置算出部１２６にて算出されたＧＰＳ再計算位置（自車位置P_o、第２の移動体位置）が入力される。

【００５０】

レンジレート推定部１２５は、全受信衛星の位置P_sおよび速度V_sと、ＧＰＳ再計算位置（自車位置P_o）とに基づいて、車両が停止していると仮定した場合のレンジレート

$\Delta\rho_{rate-s}(t_i)$（第２のレンジレート）を推定する。なお、以下の説明においては、レンジレート推定部１２５が推定する、車両が停止していると仮定した場合のレンジレート$\Delta\rho_{rate-s}(t_i)$を、停車レンジレート$\Delta\rho_{rate-s}(t_i)$とも称する。

【００５１】

また、レンジレート推定部１２５は、停車レンジレート$\Delta\rho_{rate-s}(t_i)$の推定とともに、ＧＰＳ出力データ算出部１２１にて算出された算出レンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$を、内蔵時計誤差推定部１２３にて推定された内蔵時計誤差$\varepsilon_{tcar}(t_i)$に基づいて修正する。

【００５２】

ＧＰＳ位置算出部１２６（第２の移動体位置算出部）は、擬似距離修正部１２２からの修正擬似距離$\rho_{C\tau}'(t_i)$と、ＧＰＳ衛星挙動推定部１２４からの全受信衛星の位置P_sおよび速度V_sとに基づいて数値計算を行うことにより、ＧＰＳ再計算位置（自車位置P_o、第２の移動体位置）を算出し、当該ＧＰＳ再計算位置をレンジレート推定部１２５およびマルチパス影響評価部１２８に出力する。また、ＧＰＳ位置算出部１２６は、ＧＰＳ衛星挙動推定部１２４からの全受信衛星の位置P_sと、自身が算出したＧＰＳ再計算位置とを含む航法行列Ａを生成し、当該航法行列ＡをＧＰＳ速度・方位算出部１２７に出力する。ここで、ＧＰＳ再計算位置とは、ＧＰＳ受信機１１から受信したＲａｗデータに基づいて測位部１２側（ＧＰＳ位置算出部１２６）で再計算（ＧＰＳ受信機１１にて計算されるＧＰＳ位置とを区別するために、ここでは便宜上再計算と呼んでいる）された自車位置のことをいう。

【００５３】

ＧＰＳ速度・方位算出部１２７は、ＧＰＳ位置算出部１２６からの航法行列Ａと、レンジレート推定部１２５にて推定された停車レンジレート$\Delta\rho_{rate-s}(t_i)$と、レンジレート推定部１２５にて修正された算出レンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$とに基づいて、ＥＮＵ座標系（東向きをｘ軸、北向きをｙ軸、鉛直方向をｚ軸、ｘｙ平面を水平面として規定された直交座標系）をなす３軸方向それぞれに関するＧＰＳ再計算速度（自車速度V_o）を算出する。また、ＧＰＳ速度・方位算出部１２７は、ＧＰＳ再計算速度に基づいてＧＰＳ再計算方位（自車方位、第２の移動体方位）を算出する。ここで、ＧＰＳ再計算速度とは、ＧＰＳ受信機１１から受信したＲａｗデータに基づいて測位部１２側（ＧＰＳ速度・方位算出部１２７）で再計算（ＧＰＳ受信機１１にて計算されるＧＰＳ速度とを区別するために、ここでは便宜上再計算と呼んでいる）された自車速度のことをいう。また、ＧＰＳ再計算方位についても同様である。

【００５４】

マルチパス影響評価部１２８は、レンジレート推定部１２５にて推定された停車レンジレート$\Delta\rho_{rate-s}(t_i)$と、レンジレート推定部１２５にて修正された算出レンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$と、ＧＰＳ位置算出部１２６にて算出されたＧＰＳ再計算位置と、ＧＰＳ速度・方位算出部１２７にて算出されたＧＰＳ再計算速度およびＧＰＳ再計算方位と、擬似距離修正部１２２にて算出された修正擬似距離$\rho_{C\tau}'(t_i)$とに基づいて、ＧＰＳ受信機１１にて計算されたＧＰＳ位置およびＧＰＳ方位に対するマルチパスの影響を評価する。

【００５５】

次に、測位部１２が処理周期ごとに行う測位処理を示す図２のフローチャートを参照しながら、図１のナビゲーション装置の動作について説明する。

【００５６】

まず、ステップＳ１において、ナビゲーション装置は、測位部１２の処理を初期化する。

【００５７】

ステップＳ２において、測位部１２は、受信衛星の数が１つ以上あるか否か、すなわち１つ以上のＧＰＳ衛星から送信された送信信号を受信したか否かを判断する。受信したと

判断した場合にはステップＳ３に移行し、受信しなかったと判断した場合には何もせず今回の測位処理を終了する。

【００５８】

ステップＳ３において、ＧＰＳ出力データ算出部１２１は、ＧＰＳ受信機１１から出力された前回の測位処理の擬似距離$\rho_{C\tau}(t_{i-1})$と、今回の測位処理の擬似距離$\rho_{C\tau}(t_i)$とを、次式（１）に適用することにより、それらの時間差分値をデルタレンジ$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$として算出する。

【００５９】

【数１】

$$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)=(\rho_{C\tau}(t_i)-\rho_{C\tau}(t_{i-1}))/\Delta t \quad \cdots(1)$$

ここで、

$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$：デルタレンジ [m/s]

$\rho_{C\tau}(t_i)$：今回の測位処理でGPS受信機から出力された擬似距離 [m]

$\rho_{C\tau}(t_{i-1})$：前回の測位処理でGPS受信機から出力された擬似距離 [m]

Δt：処理周期 [s]

【００６０】

また、同ステップＳ３において、ＧＰＳ出力データ算出部１２１は、ＧＰＳ受信機１１から出力されたドップラーシフト$f_{dop}(t_i)$を、次式（２）に適用することにより、算出レンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$を算出する。

【００６１】

【数２】

$$\Delta\rho_{rate}(t_i)=f_{dop}(t_i)\cdot C/f_{L1} \quad \cdots(2)$$

ここで、

$\Delta\rho_{rate}(t_i)$：算出レンジレート [m/s]

f_{L1}：衛星電波の搬送波周波数 [Hz]

C：光速 [m/s]

【００６２】

ステップＳ４において、擬似距離修正部１２２は、ＧＰＳ受信機１１からの航法メッセージに基づいて、擬似距離$\rho_{C\tau}(t_i)$に含まれる衛星搭載時計誤差dT_{sat}および電離層電波伝播遅延誤差d_{iono}を計算するとともに、誤差モデルに基づいて、擬似距離$\rho_{C\tau}(t_i)$に含まれる対流圏電波伝播遅延誤差d_{trop}を計算する。そして、擬似距離修正部１２２は、擬似距離$\rho_{C\tau}(t_i)$と、これら誤差とを次式（３）に適用して擬似距離$\rho_{C\tau}(t_i)$を修正することにより、修正擬似距離$\rho_{C\tau}'(t_i)$を算出する。

【００６３】

【数３】

$$\rho_{C\tau}'(t_i)=\rho_{C\tau}(t_i)+dT_{sat}-d_{iono}-d_{trop} \quad \cdots(3)$$

ここで、

$\rho_{C\tau}'(t_i)$：修正擬似距離 [m]

dT_{sat}：衛星搭載時計誤差 [m]

d_{iono}：電離層電波伝播遅延誤差 [m]

d_{trop}：対流圏電波伝播遅延誤差 [m]

【００６４】

ステップＳ５において、内蔵時計誤差推定部１２３は、ステップＳ３にて得られた全受

信衛星についてのデルタレンジ$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$および算出レンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$を、それらの差分が含まれる次式（４）に適用し、内蔵時計誤差$\varepsilon_{tcar}(t_i)$を推定する。全受信衛星が複数であった場合、すなわち複数の内蔵時計誤差$\varepsilon_{tcar}(t_i)$が得られた場合には、その平均値を１つの内蔵時計誤差$\varepsilon_{tcar}(t_i)$とする。

【００６５】

【数４】

$$\varepsilon_{tcar}(t_i)=(\Delta\rho_{rate}(t_i)-\Delta\rho_{C\tau}(t_i))\cdot\Delta t/C \quad \cdots(4)$$

ここで、

$\varepsilon_{tcar}(t_i)$ ：内蔵時計誤差 [s]

$\Delta\rho_{rate}(t_i)$：算出レンジレート [m/s]

$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$：デルタレンジ [m/s]

Δt ：処理周期 [s]

C ：光速 [m/s]

【００６６】

図３は、デルタレンジ$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$および算出レンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$の実際の算出結果を示す図である。図３では、デルタレンジ$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$が実線、算出レンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$が破線で示されている。

【００６７】

図４は、図３に示した算出結果を式（４）に適用して得られた内蔵時計誤差$\varepsilon_{tcar}(t_i)$を示す図である。図４に示されるように、内蔵時計誤差$\varepsilon_{tcar}(t_i)$、すなわち内蔵時計のドリフトは線形式で表すことができないことから、内蔵時計誤差$\varepsilon_{tcar}(t_i)$を推定する頻度はなるべく多いことが好ましい。

【００６８】

図２に戻ってステップＳ５の後、測位部１２は、一回の測位処理において以下のステップＳ６～ステップＳ１１のループ処理を行うことにより、Ｒａｗデータ（すなわち、ＧＰＳ衛星からの送信信号）に基づいて、ＧＰＳ再計算位置（自車位置P_o）の収束計算を行う。例えば、測位部１２は、前回のループ処理で得られたＧＰＳ再計算位置と、今回のループ処理で得られたＧＰＳ再計算位置との差が規定値以下となった場合にループ処理を終了し、この場合に得られたＧＰＳ再計算位置を今回の測位処理で得られたＧＰＳ再計算位置（自車位置）とし、マルチパス影響評価部１２８における評価に用いる。

【００６９】

次に、ステップＳ６からステップＳ１１までの各ステップの動作について詳細に説明する。

【００７０】

ステップＳ６において、ＧＰＳ衛星挙動推定部１２４は、ＧＰＳ受信機１１からの航法メッセージに含まれるエフェメリスを用いて、ＧＰＳ－Ｔｉｍｅにおける全受信衛星の位置$P_s(x_s, y_s, z_s)$および速度$V_s(V_{sx}, V_{sy}, V_{sz})$を推定する。ＧＰＳ－ＴｉｍｅはＧＰＳ受信機１１からのＧＰＳ－Ｔｉｍｅで初期化された後は、収束計算中に値が変わるので、それに伴って衛星軌道上のＧＰＳ衛星の位置P_sおよび速度V_sも変わることになる。

【００７１】

ステップＳ７において、レンジレート推定部１２５は、全受信衛星について、ＧＰＳ衛星挙動推定部１２４が推定したＧＰＳ衛星の位置$P_s(x_s, y_s, z_s)$および速度$V_s(V_{sx}, V_{sy}, V_{sz})$と、ＧＰＳ位置算出部１２６が推定したＧＰＳ再計算位置である自車位置$P_o(x_o, y_o, z_o)$とを次式（５）に適用することにより、停車レンジレート$\Delta\rho_{rate-s}(t_i)$を推定する。なお、ここでの自車位置P_oには、前

回の処理（前回のループ処理あるいは前回の測位処理）のうちステップＳ９で算出されたＧＰＳ再計算位置（自車位置Ｐ$_o$）を用いる。

【００７２】

【数５】

$$\Delta\rho_{rate\text{-}s}(t_i) = LOS_x \cdot v_{sx} + LOS_y \cdot v_{sy} + LOS_z \cdot v_{sz} \quad \cdots (5)$$

但し、

$$LOS_x = (x_o - x_s) / \| P_s - P_o \|$$

$$LOS_y = (y_o - y_s) / \| P_s - P_o \|$$

$$LOS_z = (z_o - z_s) / \| P_s - P_o \|$$

$$\| P_s - P_o \| = \sqrt{(x_s - x_o)^2 + (y_s - y_o)^2 + (z_s - z_o)^2}$$

ここで、

$\Delta\rho_{rate\text{-}s}(t_i)$：停車レンジレート [m/s]

P_s：航法メッセージから算出されるGPS衛星の位置(x_s, y_s, z_s) [m]

V_s：航法メッセージから算出されるGPS衛星の速度(v_{sx}, v_{sy}, v_{sz}) [m/s]

P_o：自車位置 (x_o, y_o, z_o) [m]

$\| P_s - P_o \|$：GPS衛星位置と自車位置の間の距離 [m]

LOS：自車からGPS衛星を見る視線方向ベクトル（line of site vector）

【００７３】

また、停車レンジレートの推定とは別に、レンジレート推定部１２５は、ＧＰＳ出力データ算出部１２１がステップＳ３で算出した算出レンジレートΔρ$_{rate}$（ｔ$_i$）と、内蔵時計誤差推定部１２３がステップＳ５で推定した内蔵時計誤差ε$_{tcar}$（ｔ$_i$）とを次式（６）に適用する。すなわち、レンジレート推定部１２５は、内蔵時計誤差ε$_{tcar}$（ｔ$_i$）に基づいて算出レンジレートΔρ$_{rate}$（ｔ$_i$）を修正する。なお、以下の説明においては、レンジレート推定部１２５において修正されたレンジレートを修正レンジレートΔρ$_{rate}$’（ｔ$_i$）とも称する。

【００７４】

【数６】

$$\Delta\rho_{rate}'(t_i) = \Delta\rho_{rate}(t_i) - \varepsilon_{tcar}(t_i)/\Delta t \cdot C \quad \cdots (6)$$

ここで、

$\Delta\rho_{rate}'(t_i)$：修正レンジレート [m/s]

$\Delta\rho_{rate}(t_i)$：算出レンジレート [m/s]

$\varepsilon_{tcar}(t_i)$：内蔵時計誤差 [s]

Δt：処理周期 [s]

C：光速 [m/s]

【００７５】

ここで、式（５）により得られる停車レンジレートΔρ$_{rate-s}$（ｔ$_i$）と、式（６）により得られる修正レンジレートΔρ$_{rate}$’（ｔ$_i$）と、式（１）により得られるデルタレンジΔρ$_{Cτ}$（ｔ$_i$）との関係を理解しやすくするために、図３に示したデータから得られたこれらの時間推移を図５に示す。なお、図５においては、停車レンジレートΔρ$_{rate-s}$（ｔ$_i$）は破線、修正レンジレートΔρ$_{rate}$’（ｔ$_i$）は太い実線、デルタレンジΔρ$_{Cτ}$（ｔ$_i$）は細い実線で示されている。

【００７６】

図６は、建物等により反射されたＧＰＳ衛星電波（反射波）と、反射されなかったＧＰＳ衛星電波（直接波）とのパスが混在するマルチパスを示す図である。図５に細い実線で示されるデルタレンジ$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$に現れている突発的な変化は、マルチパスの影響を示している。なお、図５には、周囲に建物等が少ない開けた駐車場から出庫した場合に得られたデータ結果を示したが、このような場合であっても、デルタレンジ$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$には、マルチパスの影響が小さいながらも一時的に生じていることが分かる。

【００７７】

一方、図５に示されるように、上式（６）で得られる修正レンジレート$\Delta\rho_{rate}'(t_i)$は、デルタレンジ$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$と異なりマルチパスの影響（突発的な変化）が抑制されているが、このことを除けば、デルタレンジ$\Delta\rho_{C\tau}(t_i)$とほぼ一致している。そして、この修正レンジレート$\Delta\rho_{rate}'(t_i)$は、停車時においては、停車レンジレート$\Delta\rho_{rate-s}(t_i)$とほぼ一致している。

【００７８】

ここで、図７に、図５と同じ状況下で速度センサ（図１では図示せず）により計測された自車速度を示す。図５に示される修正レンジレート$\Delta\rho_{rate}'(t_i)$と、停車レンジレート$\Delta\rho_{rate-s}(t_i)$との差は、図７に示される速度センサにより計測された自車速度に関係していることが分かる。このように、修正レンジレート$\Delta\rho_{rate}'(t_i)$と、停車レンジレート$\Delta\rho_{rate-s}(t_i)$との差分を求めれば自車速度を求めることが可能となっている。従って、内蔵時計誤差$\varepsilon_{tcar}(t_i)$に基づいて算出レンジレート$\Delta\rho_{rate}(t_i)$を修正すること、すなわち修正レンジレート$\Delta\rho_{rate}'(t_i)$を求めることが重要であることが分かる。

【００７９】

図２に戻ってステップＳ８において、測位部１２は、測位計算可能なＧＰＳ衛星、すなわち全受信衛星の数が３つ以上であるか否かを確認する。全受信衛星の数が３つ以上であれば、次のステップＳ９に移行し、全受信衛星の数が３つ未満であれば、今回の測位処理を終了する。

【００８０】

ステップＳ９において、ＧＰＳ位置算出部１２６は、ステップＳ４で算出された修正擬似距離$\rho_{C\tau}'(t_i)$と、ステップＳ６で推定された全受信衛星の位置P_sおよび速度V_sと、ＧＰＳ位置算出部１２６が前回の処理（前回のループ処理あるいは前回の測位処理）で算出した自車位置P_o（ＧＰＳ再計算位置）とを次式（７）の右辺に適用し、今回のループ処理の自車位置P_o（ＧＰＳ再計算位置）を算出する。この際、ＧＰＳ位置算出部１２６は、ステップＳ６で推定された全受信衛星の位置P_sと、自身が算出した自車位置P_oとを含む航法行列Ａを生成する。

【００８１】

【数７】

$$Po = Po + \delta Po \qquad \cdots (7)$$

但し、

$$\delta Po = (A^T W A)^{-1} (A^T W) \times \begin{vmatrix} \rho_{c\tau'_1} - R_1 \\ \rho_{c\tau'_2} - R_2 \\ \vdots \\ \rho_{c\tau'_n} - R_n \end{vmatrix}$$

$$R = \sqrt{(x_s - x_o)^2 + (y_s - y_o)^2 + (z_s - z_o)^2}$$

$$W = \begin{vmatrix} 1/(\sigma_{\delta\rho 1})^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/(\sigma_{\delta\rho 2})^2 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 1/(\sigma_{\delta\rho n})^2 \end{vmatrix}$$

$$A = \begin{vmatrix} LOS_{1x} & LOS_{1y} & LOS_{1z} & 1 \\ LOS_{2x} & LOS_{2y} & LOS_{2z} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ LOS_{nx} & LOS_{ny} & LOS_{nz} & 1 \end{vmatrix}$$

ここで、

Po	：自車位置（x_o, y_o, z_o）	[m]
δPo	：自車位置の変化量（$\delta x_o, \delta y_o, \delta z_o$）	[m]
A	：航法行列	
W	：重み付き行列	
n	：全受信衛星の数	
$\sigma_{\delta\rho}$	：擬似距離の誤差に関する標準偏差	[m]

【００８２】

なお、式（７）中の擬似距離の誤差の標準偏差$\sigma_{\delta\rho}$は、受信衛星ごとにあるもので、処理周期ごとの履歴から計算する。また、式（７）においては、便宜上「（t_i）」の記載は省略している。

【００８３】

ステップＳ１０において、ＧＰＳ速度・方位算出部１２７は、ＧＰＳ位置算出部１２６からの航法行列Ａと、レンジレート推定部１２５にて推定された停車レンジレート$\Delta\rho_{rate-s}(t_i)$と、修正レンジレート$\Delta\rho_{rate}'(t_i)$とを次式（８）に適用して、ＥＮＵ座標系をなす３軸方向それぞれに関する自車速度V_o（V_{ox}，V_{oy}，V

$_{oz}$）を算出する。この式（８）に含まれている、停車レンジレート$\Delta\rho_{rate-s}$（t_i）と、修正レンジレート$\Delta\rho_{rate}'$（t_i）との差分が、自車速度（ＧＰＳ再計算速度）に相当することは、図５および図７を用いて説明した通りである。なお、式（８）においても、式（７）と同様に、便宜上、「（t_i）」の記載は省略している。

【００８４】

【数８】

$$V_o=(A^TWA)^{-1}(A^TW)\times\begin{vmatrix}\Delta\rho_{rate}'_1-\Delta\rho_{rate\text{-}s1}\\ \Delta\rho_{rate}'_2-\Delta\rho_{rate\text{-}s2}\\ \vdots\\ \Delta\rho_{rate}'_n-\Delta\rho_{rate\text{-}sn}\end{vmatrix}\quad\cdots(8)$$

ここで、

V_o：自車速度（V_{ox}, V_{oy}, V_{oz}）　[m/s]

【００８５】

ステップＳ１１において、測位部１２は、今回の測位処理にて自車位置Ｐ$_o$（ＧＰＳ再計算位置）が収束したか否かを判断する。具体的には、上式（７）における自車位置Ｐ$_o$の変化量δＰ$_o$が規定値未満である場合には自車位置Ｐ$_o$が収束したと判断して、ステップＳ１２に移行する。

【００８６】

一方、変化量δＰ$_o$が規定値以上であり、かつ、自車位置Ｐ$_o$の算出回数が所定回数未満である場合には、自車位置Ｐ$_o$は収束していないと判断してステップＳ６に戻り、再び収束計算を行う。また、変化量δＰ$_o$が規定値以上であり、かつ、自車位置Ｐ$_o$の算出回数が所定回数である場合には、収束不可能であると判断して測位部１２の処理を異常終了してもよい。

【００８７】

ステップＳ１２において、マルチパス影響評価部１２８は、レンジレート推定部１２５にて推定された停車レンジレート$\Delta\rho_{rate-s}$（t_i）と、レンジレート推定部１２５にて修正された算出レンジレート$\Delta\rho_{rate}$（t_i）と、ＧＰＳ位置算出部１２６にて算出されたＧＰＳ再計算位置と、ＧＰＳ速度・方位算出部１２７にて算出されたＧＰＳ再計算速度およびＧＰＳ再計算方位と、擬似距離修正部１２２にて算出された修正擬似距離$\rho_{C\tau}'$（t_i）とに基づいて、ＧＰＳ受信機１１にて計算されたＧＰＳ位置およびＧＰＳ方位に対するマルチパスの影響を評価する。マルチパス影響評価部１２８では、４つの傾向（傾向Ａ～Ｄ）に基づいてＧＰＳ位置およびＧＰＳ方位に対するマルチパスの影響の評価を行う。以下、マルチパス影響評価部１２８にて用いられる４つの傾向Ａ～Ｄについて順に説明する。

【００８８】

まず、傾向Ａについて説明する。

【００８９】

図８は、ＧＰＳ受信機１１が計算したＧＰＳ位置と、ＧＰＳ位置算出部１２６が図２のステップＳ９にて算出したＧＰＳ再計算位置とを地図上に表示したときの一例を示す図である。なお、図８において、３Ｄ測位によるＧＰＳ位置は丸印、２Ｄ測位によるＧＰＳ位置は三角印、ＧＰＳ再計算位置はバツ印で示されている。また、図中のＡ～Ｄは自車の停車箇所を示している。ここで、３Ｄ測位とは、４つ以上の衛星による測位のことをいう。また、２Ｄ測位とは、３つの衛星による測位のことをいう。

【００９０】

ＧＰＳ受信機１１は、マルチパス環境下であってもスムーズなＧＰＳ軌跡を得るために

、マルチパスの影響を直接的に受けないドップラーシフトを用いてＧＰＳ位置を計算している。一方、ＧＰＳ位置算出部１２６は、マルチパスの影響を直接的に受けた擬似距離を用いてＧＰＳ再計算位置を算出している。

【００９１】

図８に示すように、停車箇所Ｄ～Ｅの区間ではマルチパスの影響が大きく、その他の区間ではマルチパスの影響が小さい（あるいは影響がない）。すなわち、マルチパスの影響が大きい停車箇所Ｄ～Ｅの区間ではＧＰＳ位置とＧＰＳ再計算位置とが不一致となり、マルチパスの影響が小さい（あるいは受けていない）その他の場所ではＧＰＳ位置とＧＰＳ再計算位置とが一致する傾向がある。このように、ＧＰＳ位置とＧＰＳ再計算位置とは、マルチパスの影響が小さい（あるいは影響がない）場所では一致するが、マルチパスの影響が大きい場所では不一致となる傾向がある（傾向Ａ）。

【００９２】

マルチパス影響評価部１２８では、ＧＰＳ受信機１１が受信した全受信衛星に対して、上記の傾向Ａに基づいてＧＰＳ位置がマルチパスの影響をどの程度受けているのかを評価している。具体的には、ＧＰＳ位置とＧＰＳ再計算位置との２点間の距離に基づいて、当該距離が所定値より大きければマルチパスの影響が大きいと判断し、所定値より小さければマルチパスの影響が小さい（あるいは影響がない）と判断する。なお、マルチパス影響評価部１２８における傾向Ａに基づく判断は、所定時間ごとに行われる。

【００９３】

次に、傾向Ｂについて説明する。

【００９４】

図９は、自車が移動中における、ＧＰＳ受信機１１が計算したＧＰＳ位置の移動方向であるＧＰＳ方位と、ＧＰＳ速度・方位算出部１２７が図２のステップＳ１０にて算出したＧＰＳ再計算方位との比較の一例を示す図であり、図８と同じ環境下（図８と同一データ）で算出している。なお、図９において、ＧＰＳ方位は破線、ＧＰＳ再計算方位は実線で示されている。また、図９に示すＡ～Ｄは図８の停車箇所Ａ～Ｄに対応しているが、自車が停車中ではＧＰＳ方位およびＧＰＳ再計算方位ともにばらつき（変動）が大きいため、停車箇所Ａ～ＤにおけるＧＰＳ方位およびＧＰＳ再計算方位の図示を省略している。

【００９５】

図９に示すように、ＧＰＳ再計算方位は、マルチパスの影響を受けにくく変動が小さいことが分かる。一方、ＧＰＳ方位は、マルチパスの影響を受けやすく変動が大きいことが分かる。また、停車箇所Ｅ以降において、ＧＰＳ方位およびＧＰＳ再計算位置の変動が小さく一致している場所があるが、当該場所はマルチパスの影響が小さい場所であることが分かる。このように、ＧＰＳ方位とＧＰＳ再計算方位とは、マルチパスの影響が小さい（あるいは影響がない）場所で速度が大きいほど一致するが、マルチパスの影響が大きい場所および速度が小さいほど不一致となる傾向がある（傾向Ｂ）。

【００９６】

マルチパス影響評価部１２８では、ＧＰＳ受信機１１が受信した全受信衛星に対して、上記の傾向Ｂに基づいてＧＰＳ方位がマルチパスの影響をどの程度受けているのかを評価している。具体的には、ＧＰＳ方位とＧＰＳ再計算方位との方位差に基づいて、当該方位差が所定値より大きければマルチパスの影響が大きいと判断し、所定値より小さければマルチパスの影響が小さい（あるいは影響がない）と判断する。なお、マルチパス影響評価部１２８における傾向Ｂに基づく判断は、所定時間ごとに行われる。

【００９７】

次に、傾向Ｃ，Ｄについて説明する。

【００９８】

図１０は、ＧＰＳ受信機１１が受信した１つの衛星に対するデルタレンジ、修正レンジレート、および停車レンジレートの時間推移を示す図であり、図８と同じ環境下（図８と同一データ）で算出したものである。なお、図１０において、デルタレンジは細い実線、修正レンジレートは太い実線、停車レンジレートは破線で示されている。

【００９９】
図１０に示すように、横軸の１１５［ｓｅｃ］付近（図８の停車箇所Ｄ）で過大なマルチパスａが発生している。
【０１００】
図１０に示す状態において、所定時間前にマルチパス影響評価部１２８にて評価されたマルチパスの影響が所定以下のときの擬似距離に修正レンジレート（修正した第１のレンジレート）を積算した擬似距離スムージング値を算出し、前記擬似距離と擬似距離スムージング値との差異（絶対値）を擬似距離誤差の推定値として求めた結果を図１１に示す。図１１に示すマルチパスａ～ｃは、図１０に示すマルチパスａ～ｃに対応している。なお、図１１では、所定時間前の擬似距離に対して修正レンジレートを積算しているが、積算誤差が生じないように所定時間前の擬似距離を時間経過とともにシフトしている。すなわち、マルチパス影響評価部１２８は、所定時間経過後、評価されたマルチパスの影響が所定以下のときの擬似距離を選び直している。
【０１０１】
また、図１０に示す状態において、次式（９）を適用する。すなわち所定時間前に推定した擬似距離誤差に対してデルタレンジとレンジレートとの差異$\delta\Delta\rho_{C\tau}$（ｔｉ）を積算するとともに、所定時間分の差異の平均値（移動平均）$\delta\Delta\rho_{C\tau-ave}$（ｔｉ）の所定割合ｋを減算した値を擬似距離誤差の推定値として求めた結果を図１２に示す。図１２に示すマルチパスａ～ｃは、図１０に示すマルチパスａ～ｃに対応している。
【０１０２】
【数９】

$$\delta\rho_{C\tau}(t_i) = \delta\rho_{C\tau}(t_{i-1}) + (\delta\Delta\rho_{C\tau}(t_i) - \delta\Delta\rho_{C\tau\text{-}ave}(t_i)\cdot k)\Delta t \quad \cdots(9)$$

但し、

$$\delta\Delta\rho_{C\tau}(t_i) = \Delta\rho_{C\tau}(t_i) - \Delta\rho_{rate}(t_i) \qquad [m/s]$$

ここで、

$\delta\Delta\rho_{C\tau\text{-}ave}(t_i)$ ：ﾃﾞﾙﾀﾚﾝｼﾞとﾚﾝｼﾞﾚｰﾄの差異の所定時間分の平均値 [m/s]

k ：所定割合

【０１０３】
図１０に示すように、一定の大きさのマルチパスがしばらくの間発生した場合は、マルチパスが発生したときと解消したときとにおいて、デルタレンジとレンジレートとの差異が大きく発生するが、その間（マルチパスが発生したときと解消したときとの間）における差異は小さいことが分かる（例えば、マルチパスａ参照）。
【０１０４】
このようなマルチパスの発生に対して、図１１に示すように、マルチパスの影響を直接的に受けないレンジレートを積算した擬似距離スムージング値と、電波伝搬時間から算出した擬似距離との差異（擬似距離誤差）は、マルチパスの影響を受けると大きくなる傾向がある（傾向Ｃ）。
【０１０５】
また、図１２に示すように、デルタレンジとレンジレートとの差異（擬似距離誤差）の積算値は、マルチパスの影響を受けると大きくなる傾向がある（傾向Ｄ）。
【０１０６】
マルチパス影響評価部１２８では、ＧＰＳ受信機１１が受信した受信衛星ごとに対して、上記の傾向Ｃ，Ｄに基づいてＧＰＳ位置がマルチパスの影響をどの程度受けているのかを評価している。具体的には、上記の擬似距離誤差が所定値より大きければマルチパスの影響が大きいと判断し、所定値より小さければマルチパスの影響が小さい（あるいは影響がない）と判断する。
【０１０７】
上記より、マルチパス影響評価部１２８では、上記の傾向Ａ～Ｄのいずれかが規定値より大きい場合に、マルチパスの影響がある（マルチパスの影響が大きい）と評価する。す

なわち、マルチパス影響評価部１２８では、ＧＰＳ受信機１１が算出したＧＰＳ位置およびＧＰＳ方位に対するマルチパスの影響の大きさを評価し、当該評価に対応する指標を出している。指標の具体例としては、マルチパスの影響の有無を示す、マルチパスの影響をレベル別（段階別）で示す、２点間の距離に基づいて定量的に何メートルの誤差があるか（例えば、図８参照）、同様に何度の誤差があるか（例えば、図９参照）、衛星ごとにマルチパスの影響が何メートル分ぐらいあるのかといったものがある。

【０１０８】

図２に戻ってステップＳ１２において、マルチパス影響評価部１２８でマルチパスの影響の評価を行った後、測位部１２の処理を終了する。

【０１０９】

以上のことから、本実施の形態１によるナビゲーション装置によれば、マルチパスの影響を直接受けないＧＰＳ位置（第１の移動体位置）と、マルチパスの影響を直接受ける擬似距離に基づいて算出したＧＰＳ再計算位置（第２の移動体位置算出部）との差異に応じてマルチパスの影響の大きさを評価することができ、例えばマルチパスの影響を受けてＧＰＳ位置が変動しているのか、あるいはマルチパスの影響を受けずにＧＰＳ位置が良好に求められているのかを判断することができる。

【０１１０】

また、ＧＰＳ受信機１１内で行われたＧＰＳ測位計算時の内蔵時計誤差修正が不十分であっても、受信衛星が１つ以上あれば、ナビゲーション装置側で算出レンジレートに含まれる内蔵時計誤差分をさらに修正することができるため、低速走行時のＧＰＳ再計算速度（移動体の速度）の精度を改善することができ、低速走行時のＧＰＳ再計算方位（移動体の方位）についても精度を改善することができる。また、ＧＰＳ位置の移動方向（第１の移動方位）とＧＰＳ再計算方位との比較によりマルチパスの影響を推定することができる。

【０１１１】

また、マルチパスの影響を直接受けないレンジレートを用いてスムージングした擬似距離と、マルチパスの影響を直接受ける擬似距離との差異に基づいて受信衛星ごとのマルチパスの影響の大きさを推定することができ、一定の大きさのマルチパスがしばらく発生する場所でも擬似距離誤差を推定することができる。また、積算誤差を修正することができるようにデルタレンジとレンジレートとの差異を積算したので、一定の大きさのマルチパスがしばらく発生する場所でも擬似距離誤差を推定することができる。

【０１１２】

例えば、ＧＰＳ位置が停車中に徐々にずれ始め、発車後にずれた位置から良好な軌跡形状で更新されることがあるが、このような場合であってもＧＰＳ位置がマルチパスの影響を受けていることを判断することができる。また、広範囲でマルチパスの影響を受けやすいビル街において、上空の視界が開けた狭い場所のみはマルチパスの影響がないことがあるが、このような場合であってもＧＰＳ位置がマルチパスの影響を受けていないことを判断することができる。

【０１１３】

なお、本実施の形態１では、重み付き最小２乗法を用いて自車の位置（ＧＰＳ再計算位置）および自車の速度（ＧＰＳ再計算速度）を計算する場合について説明したが、逐次計算やカルマンフィルタを用いて計算してもよい。

【０１１４】

また、スムージングした擬似距離の計算においては、所定時間前の擬似距離に対してそれ以降のレンジレートを積算する場合について説明したが、所定時間前の擬似距離がマルチパスの影響を大きく受けていると判断された場合にはそのときの擬似距離を使用せずに、よりマルチパスの影響の小さい擬似距離を使用するように前記所定時間を変更することができるようにしてもよい。

【０１１５】

また、レンジレートを積算する擬似距離が所定時間以上経過して古くなった受信衛星に

ついては、スムージングした擬似距離の誤差によってマルチパスの影響の判断を正しく行えない可能性があるため、このような所定時間以上経過した受信衛星によるマルチパスの影響の判断を行わないようにしてもよい。また、同一の受信衛星について、スムージングした擬似距離を複数作成するようにしてもよい。

【０１１６】

また、上述の式（９）において、デルタレンジとレンジレートとの差異について所定時間分の平均値を求めるよう説明したが、所定距離分の平均値としてもよく、あるいは平均値の代わりにローパスフィルタなどを用いてもよい。

【０１１７】

また、マルチパス影響評価部１２８にて行われるマルチパスの影響の評価のうち、上述の傾向Ｃ，Ｄに基づく評価は、図２のステップＳ１０とステップＳ１１との間で行うようにしてもよい。

【０１１８】

＜実施の形態２＞

図１３は、本発明の実施の形態２によるナビゲーション装置の構成のうち、自車の位置などを測位するために必要な構成を示すブロック図である。本実施の形態２は、実施の形態１を拡張したものなので、実施の形態１と同一部分については説明を省略し、異なる部分について主に説明する。

【０１１９】

図１３に示すナビゲーション装置は、図１に示したナビゲーション装置の測位部１２の外部に速度センサ１３および角速度センサ１４を加え、測位部１２の内部に距離計測部１２９、ヨー角計測部１３０、自立位置・方位算出部１３１、自立位置・方位修正部１３２、およびＧＰＳ測位誤差評価部１３３を加えて構成されている。

【０１２０】

速度センサ１３は、車両の移動距離に応じたパルス信号を出力する。

【０１２１】

距離計測部１２９は、所定タイミングごとに計測された速度センサ１３からのパルス信号のパルス数に基づいて、自車の進行方向に沿った移動距離、速度を計測する。

【０１２２】

角速度センサ１４は、ナビゲーション装置のヨーレート（ヨー角速度）に応じた電圧を出力する。

【０１２３】

ヨー角計測部１３０は、所定タイミングごとに計測された角速度センサ１４から出力された電圧（出力電圧）に基づいて、ヨー角（例えば、自車の進行方向を基準とした左右方向への回転角）を計測する。

【０１２４】

自立位置・方位算出部１３１（移動体位置方位算出部）は、距離計測部１２９にて計測された移動距離と、ヨー角計測部１３０にて計測されたヨー角とに基づいて、自立位置（第３の移動体位置）および自立方位（第３の移動体方位）を算出する。ここで、自立位置とは、センサの計測結果に基づいて算出された自車（移動体）の位置のことをいう。また、自立方位とは、センサの計測結果に基づいて算出された自車（移動体）の方位のことをいう。

【０１２５】

自立位置・方位修正部１３２（移動体位置方位修正部）は、マルチパス影響評価部１２８によってマルチパスの影響が小さい（所定以下）と評価されたときのＧＰＳ位置（第１の移動体位置）およびＧＰＳ再計算方位（第２の移動体方位）を基準として、自立位置および自立方位を修正する。

【０１２６】

ＧＰＳ測位誤差評価部１３３（移動体位置方位誤差算出部）は、自立位置を基準として、当該自立位置とＧＰＳ位置との差異をＧＰＳ位置誤差（第１の移動体位置誤差）として

算出するとともに、自立方位を基準として、当該自立方位とＧＰＳ方位との差異をＧＰＳ方位誤差（第１の移動体方位誤差）として算出する。

【０１２７】

次に、測位部１２が処理周期ごとに行う測位処理を示す図１４のフローチャートを参照しながら、図１３のナビゲーション装置の動作について説明する。なお、以下の動作の説明においては、実施の形態１と同一部分については詳細な説明を省略し、異なる部分について説明する。

【０１２８】

ステップＳ２１において、ナビゲーション装置は、前回の測位処理によって得られた情報のうち、今回の測位処理で初期化が必要な情報について初期化を行う。なお、この初期化は、電源起動直後など初期化が必要な場合に適宜行ってもよい。

【０１２９】

ステップＳ２２において、距離計測部１２９は、所定タイミングごとに計測された速度センサ１３のパルス数に距離係数を乗算して、移動距離を所定タイミングごとに計測する。また、距離計測部１２９は、所定タイミングごとのパルス数をローパスフィルタに通し、それによって得られた値を用いて、自車の進行方向に沿った速度を所定タイミングごとに計測する。

【０１３０】

ステップＳ２３において、ヨー角計測部１３０は、所定タイミングごとに計測された角速度センサ１４の出力電圧から零点電圧を減算した値に感度を乗算してヨー角を計算（計測）する。

【０１３１】

ステップＳ２４において、自立位置・方位算出部１３１は、ステップＳ２２にて距離計測部１２９で計測された移動距離と、ステップＳ２３にてヨー角計測部１３０にて計測されたヨー角とに基づいて、水平方向（ｘｙ平面上の方向）における自車の移動量（自車の位置（方位）の変化量）を求める。そして、自立位置・方位算出部１３１は、上記の移動量を、前回の測位処理で求めた自立位置（自立方位）に加算して、今回の測位処理による自立位置（自立方位）として算出する。

【０１３２】

ステップＳ２４の後、ステップＳ２５～ステップＳ３５において、上述のステップＳ２～ステップＳ１２（図２参照）と同様の動作が行われる。

【０１３３】

ステップＳ３５の後、ステップＳ３６において、自立位置・方位修正部１３２は、マルチパス影響評価部１２８にて評価されたマルチパスの影響の大きさに応じて自立位置の誤差を検出する範囲を決め、当該範囲においてＧＰＳ位置とＧＰＳ再計算方位とを基準として自立位置および自立方位の誤差（緯度、経度、方位）を算出する。そして、算出した規定値以上の誤差となったときに自立位置および自立方位を修正する。ここで、自立位置・方位修正部１３２がＧＰＳ方位ではなくＧＰＳ再計算方位を基準として用いる理由としては、ＧＰＳ再計算方位の方が低速時においてより正確な方位が求まるからであり、自車が低速走行時の場合に早く方位を修正することができるためである。また、ここではＧＰＳ位置を基準としているが、マルチパス影響評価部１２８にてマルチパスの影響が小さいと判断された場合には、ＧＰＳ位置あるいはＧＰＳ再計算位置のいずれを基準としてもよい。

【０１３４】

また、自立位置・方位修正部１３２は、所定の距離または所定の角度以上を走行するまでに修正が行われなかった自立位置または自立方位を無効と判断し、所定の距離または所定の角度以上を走行するまでに修正が行われた自立位置または自立方位を有効と判断する。以下、自立位置および自立方位の誤差を検出して修正する処理について、図１５～図１７を用いて説明する。

【０１３５】

図１５において、Ｐｓは走行開始地点を示し、Ｐａ，Ｐｂは任意の地点を示している。また、走行開始地点Ｐｓから地点Ｐａに向かう実線は、実際に自車が走行するコースを示しており、走行開始地点Ｐｓから地点Ｐｂに向かう破線は、速度センサ１３および角速度センサ１４の計測結果に基づいて算出された自立位置および自立方位の更新結果である自立軌跡を示している。

【０１３６】

図１５に示すように、ナビゲーション装置の電源起動時において、本来は走行開始地点Ｐｓから地点Ｐａに向かって走行するところを、自立方位が１８０度ずれた状態で走行開始地点Ｐｓから地点Ｐｂに向かって自立位置が計算されている。このように、走行開始時に自立方位が１８０度ずれたまま走行すると、そのまま誤った状態で自立位置および自立方位が更新された自立軌跡（迷走状態）となってしまう。このような現象は、例えば立体駐車場で生じ得る。以下、マルチパスの影響に基づいて、誤って更新された自立軌跡を正しい自車の軌跡を示すＧＰＳ軌跡に修正する具体的な処理について説明する。

【０１３７】

図１６において、Ｐｓは走行開始地点を示し、Ｐａ，Ｐｂは任意の地点を示している。また、走行開始地点Ｐｓから地点Ｐａに向かう太い破線は、マルチパス影響評価部１２８にてマルチパスの影響がないと判断されたときのＧＰＳ位置およびＧＰＳ再計算方位に基づくＧＰＳ軌跡を示しており、走行開始地点Ｐｓから地点Ｐｂに向かう細い破線は、誤って更新された自立軌跡を示している。また、破線で描かれた円は、自立位置の誤差の検出範囲を示している。自立位置の誤差の検出範囲（円の大きさ）は、マルチパス影響評価部１２８にて評価されたマルチパスの影響の大きさに応じて設定する。すなわち、マルチパス影響評価部１２８にてマルチパスの影響が小さい（あるいは影響がない）と評価（判断）された場合は検出範囲が狭く（円が小さく）、マルチパスの影響が大きいと評価された場合は検出範囲が大きくなるよう設定する。

【０１３８】

図１６に示すように、マルチパス影響評価部１２８にて走行開始地点Ｐｓ付近のマルチパスの影響がないと評価された場合は、走行開始直後における自立位置の誤差の検出範囲を小さく設定する。そして、検出範囲において誤差が規定以上になった場合は、自立軌跡上の自立位置をＧＰＳ軌跡上に修正する。このように、走行開始時にマルチパスの影響がない場合には、走行開始直後に自立位置を修正することができる。

【０１３９】

また、図１７において、Ｐｓは走行開始地点を示し、Ｐａ，Ｐｂは任意の地点を示している。また、走行開始地点Ｐｓから地点Ｐａに向かう太い破線は、マルチパス影響評価部１２８にてマルチパスの影響が小さいと判断されたときのＧＰＳ位置およびＧＰＳ再計算方位に基づくＧＰＳ軌跡を示しており、走行開始地点Ｐｓから地点Ｐｂに向かう細い破線は、誤って更新された自立軌跡を示している。また、破線で描かれた円は、自立位置の誤差の検出範囲を示している。

【０１４０】

図１７に示すように、走行開始地点Ｐｓ付近では、マルチパスの影響が大きいため自立位置を修正することができない。しかし、走行開始地点Ｐｓから地点Ｐａに向かう途中において、マルチパス影響評価部１２８によってマルチパスの影響が小さいと判断されたため図示の検出範囲を設定している。そして、当該検出範囲において誤差が規定以上になった場合は、自立軌跡上の自立位置をＧＰＳ軌跡上に修正する。このように、走行開始時にマルチパスの影響が大きい場合であっても、後に影響が小さくなったときに自立位置を修正することができる。

【０１４１】

なお、上記の図１６および図１７では、自立位置の修正について説明したが、自立方位についても同様に修正することができる。

【０１４２】

また、上記では、自立位置・方位修正部１３２において自立位置および自立方位の修正

を行うことについて説明したが、図１３に示すように、自立位置・方位修正部１３２において自立位置誤差および自立方位誤差を検出して当該誤差を自立位置・方位算出部１３１にフィードバックし、自立位置・方位算出部１３１において誤差に基づく自立位置および自立方位を修正するようにしてもよい。

【０１４３】

図１４に戻ってステップＳ３７において、ＧＰＳ測位誤差評価部１３３は、修正された自立位置が有効である場合は、当該修正された自立位置とＧＰＳ位置との差異をＧＰＳ位置誤差として算出する。また、修正された自立方位が有効である場合も同様に、当該修正された自立方位とＧＰＳ方位との差異をＧＰＳ方位誤差として算出する。

【０１４４】

ステップＳ３７の後、測位部１２の処理を終了する。

【０１４５】

以上のことから、本実施の形態２によるナビゲーション装置によれば、マルチパスの影響の程度に応じて自立位置および自立方位の誤差を求める範囲を変えることによって、自立位置および自立方位の誤差を早期に確実に検出して修正することができる。

【０１４６】

また、修正した自立位置および自立方位を基準として、ＧＰＳ位置およびＧＰＳ方位の誤差を定量的かつリアルタイムで推定することができる。

【０１４７】

また、自立位置または自立方位の有効性を判断することができるため、信頼性の高いＧＰＳ位置誤差またはＧＰＳ方位誤差を得ることができるとともに、信頼性の低いＧＰＳ位置誤差またはＧＰＳ方位誤差は使用しないようにすることができる。

【０１４８】

なお、本実施の形態２では、マルチパスの影響に応じて、自立位置の誤差を検出する範囲を設定し、当該範囲においてＧＰＳ位置およびＧＰＳ再計算方位を基準として自立位置および自立方位の誤差を算出することについて説明したが、マルチパスの影響が規定値より大きい場合は自立位置および自立方位の誤差を算出しないようにしてもよく、また、マルチパスの影響がなくても規定値以下の速度であれば自立位置および自立方位の誤差を算出しないようにしてもよい。

【０１４９】

自立位置の誤差を検出する範囲は、時間あるいは距離で設定してもよい。また、自立位置および自立方位の有効性を考慮して、有効な場合は検出する範囲をより広い範囲とし、無効な場合は検出する範囲をより狭い範囲としてもよい。

【０１５０】

上記の図１６および図１７では、自立位置の修正について説明したが、自立方位についても同様に修正することができる。

【０１５１】

上記では、自立位置・方位修正部１３２において自立位置および自立方位の修正を行うことについて説明したが、図１３に示すように、自立位置・方位修正部１３２において自立位置誤差および自立方位誤差を検出し、自立位置・方位算出部１３１において誤差に基づく自立位置および自立方位を修正するようにしてもよい。

【０１５２】

ＧＰＳ測位誤差評価部１３３において、角速度センサ１４の温度ドリフトにより方位ずれが発生したときにＧＰＳ位置およびＧＰＳ方位によって修正することができない状態が所定の条件以上続くと、自立位置および自立方位の誤差が徐々に大きくなるが、このときの自立位置および自立方位を無効にするようにしてもよい。このようにすることによって、不確かなＧＰＳ位置誤差およびＧＰＳ方位誤差を算出しなくてもよい。

【０１５３】

＜実施の形態３＞

図１８は、本発明の実施の形態３によるナビゲーション装置の構成のうち、自車の位置

などを測位するために必要な構成を示すブロック図である。本実施の形態３は、実施の形態２を拡張したものなので、実施の形態２と同一部分については説明を省略し、異なる部分について主に説明する。

【０１５４】

図１８に示すナビゲーション装置は、図１３に示したナビゲーション装置の測位部１２の外部に地図データ記憶部１５および道路照合部１６を加え、測位部１２の内部にハイブリッド（Hybrid）位置・方位算出部１３４を加えて構成されている。

【０１５５】

ハイブリッド位置・方位算出部１３４は、距離計測部１２９にて計測された移動距離と、ヨー角計測部１３０にて計測されたヨー角とに基づいて、ハイブリッド位置およびハイブリッド方位を更新するとともに、ＧＰＳ位置およびＧＰＳ再計算方位を基準としてハイブリッド位置およびハイブリッド方位を修正している。

【０１５６】

ここで、ハイブリッド位置（第４の移動体位置）とは、自立位置を、ＧＰＳ位置（ＧＰＳ再計算位置でもよい）を基準として適時修正している位置のことをいう。また、ハイブリッド方位（第４の移動体方位）とは、自立方位を、ＧＰＳ再計算方位（ＧＰＳ方位でもよい）を基準として適時修正している方位のことをいう。

【０１５７】

地図データ記憶部１５は、線形状を示すデータおよび座標点で表現される道路リンクなどを含む地図データを記憶する。

【０１５８】

道路照合部１６は、測位部１２で測位された自車のハイブリッド位置およびハイブリッド方位に基づいて、地図データ記憶部１５から道路リンクを読み出し、当該道路リンク上における自車の位置を同定（マップマッチング）する。ハイブリッド測位およびハイブリッド位置に基づいたマップマッチングの処理の詳細については、例えば、特許第３７４５１６５号公報、あるいは特許第４７９５２０６号公報に記載されており、これを本発明に用いてもよい。

【０１５９】

次に、測位部１２が処理周期ごとに行う測位処理を示す図１９および図２０のフローチャートを参照しながら、図１８のナビゲーション装置の動作について説明する。なお、以下の動作の説明においては、実施の形態２と同一部分については詳細な説明を省略し、異なる部分について主に説明する。

【０１６０】

ステップＳ４１～ステップＳ４４において、上述のステップＳ２１～ステップＳ２４（図１４参照）と同様の動作が行われる。

【０１６１】

ステップＳ４４の後、ステップＳ４５において、ハイブリッド位置・方位算出部１３４は、所定タイミングごとに計測された距離計測部１２９の移動距離と、ヨー角計測部１３０のヨー角とに基づいて自立位置および自立方位の移動量を求め、前回の測位処理で求めたハイブリッド位置およびハイブリッド方位に加算し、新たなハイブリッド位置およびハイブリッド方位として更新する。

【０１６２】

ステップＳ４５の後、ステップＳ４６～ステップＳ５８において、上述のステップＳ２５～ステップＳ３７（図１４参照）と同様の動作が行われる。

【０１６３】

ステップＳ５８の後、ステップＳ５９において、ハイブリッド位置・方位算出部１３４は、自立位置および自立方位が有効であるときのＧＰＳ位置誤差およびＧＰＳ方位誤差と、ＧＰＳ位置およびＧＰＳ再計算方位（あるいはＧＰＳ方位）と、マルチパス影響評価部１２８による評価とに基づいて、ハイブリッド位置およびハイブリッド方位を修正する。

【０１６４】

ステップＳ５９の後、測位部１２の処理を終了する。

【０１６５】

以下、自立位置とハイブリッド位置との違いについて、図２１を用いて説明する。

【０１６６】

図２１において、ＧＰＳ位置を更新したときの軌跡を破線で示し、自立位置を更新したときの軌跡を細い実線で示し、ハイブリッド位置を更新したときの軌跡を太い実線で示している。

【０１６７】

図２１に示すように、トンネルなどＧＰＳ測位ができない場所において、自立位置とハイブリッド位置とは、同一の移動距離およびヨー角に基づいてそれぞれ位置更新される。なお、図中の自立位置が「有効」である状態とは、実施の形態２にて説明したように、自立位置の修正が行われる状態を示し、自立位置が「無効」である状態とは、自立位置の修正が行われない状態を示している。

【０１６８】

トンネルを通過した直後の直進区間は、マルチパスの影響がない環境下（オープンスカイの環境下）を想定しており、このような場所ではＧＰＳ位置が正確であるため、自立位置およびハイブリッド位置はＧＰＳ位置に基づいて修正される。

【０１６９】

直進区間の後では、右折後に緩やかな湾曲道路があり、右折時にＧＰＳ位置が前方（紙面上方向）に位置ずれを生じている。このとき、自立位置とＧＰＳ位置との誤差（ＧＰＳ位置誤差）が算出されると、自立位置は、ＧＰＳ位置が示す座標（位置）に一致するように直ちに修正されるが、ハイブリッド位置は、ＧＰＳ位置誤差とセンサ誤差（移動距離、ヨー角）に応じた量だけＧＰＳ位置に徐々に漸近するように計算される。なお、ハイブリッド位置が迷走状態（本来とは異なる位置、方向に走行している状態）であれば、自立位置の修正と同時に、ハイブリッド位置も修正する。ここで、上記のセンサ誤差は、ハイブリッド位置・方位算出部１３４で求められる。すなわち、センサ誤差は、距離計測部１２９およびヨー角計測部１３０のそれぞれから入力された移動距離およびヨー角のうちの所定の割合を誤差として扱われており、ＧＰＳ測位誤差評価部１３３から出力されたＧＰＳ位置誤差およびＧＰＳ方位誤差によって補正されている。

【０１７０】

湾曲道路の後半部分はマルチパスの影響がある環境下を想定しており、ＧＰＳ位置は、マルチパスの影響を受けて自車の本来の挙動とは異なる軌跡を示す。このとき、マルチパス影響評価部１２８がマルチパスの影響を大きく受けていると評価した場合には、自立位置の修正に用いるＧＰＳ位置がないため、ＧＰＳ測位中であってもトンネル走行時と同様に、移動距離およびヨー角に基づいて自立位置を更新する。このとき、角速度センサ１４に温度ドリフトが発生して補正処理（図示せず）が不十分になると、自立方位の誤差が徐々に大きくなる。一方、ハイブリッド位置は、センサ誤差とＧＰＳ誤差に応じた分だけＧＰＳ位置に向かって修正される。

【０１７１】

湾曲道路の後に左折する場所でマルチパスの影響がなくなると、自立位置およびハイブリッド位置はＧＰＳ位置で修正される。

【０１７２】

上記より、自立位置は、センサによって位置更新されており、マルチパスの影響が小さいときはＧＰＳ位置で修正することができるが、マルチパスの影響が大きいときはＧＰＳ位置で修正することができない。また、角速度センサに温度ドリフトが発生した状態が続くと、自立位置を基準としたＧＰＳ位置誤差が不正確となる。従って、自立位置はマルチパスの影響下では不十分であり、このような問題に対応するためにハイブリッド位置が用いられている。

【０１７３】

ハイブリッド位置は、自立位置を、ＧＰＳ位置を基準として適時修正しており、ＧＰＳ

位置誤差およびセンサ誤差に応じてＧＰＳ位置側に徐々に近づくよう修正される。このように、ハイブリッド位置は、自立位置およびＧＰＳ位置よりも精度が高いといえる。従って、マルチパスの影響がある環境下においてＧＰＳ位置の精度は落ちるが、それを補うためにＧＰＳ位置に代わってハイブリッド位置を用いることができる。

【０１７４】

以上のことから、本実施の形態３によるナビゲーション装置によれば、ＧＰＳ位置、ＧＰＳ再計算方位、移動距離、およびヨー角と、それらの誤差とに基づいて、最適に計算したハイブリッド位置を得ることができる。また、自立位置の信頼性を通じて、ハイブリッド位置の信頼性を判断することができる。また、自立位置が有効な場合において、マップマッチングとは独立した信頼できるハイブリッド位置およびハイブリッド方位と、それらの誤差とに基づいて表示位置と表示候補位置とをより的確に修正することができるため、自車の位置精度が向上するだけでなく、誤マッチング（マップマッチングの誤り）の早期発見・修正を行うことができる。

【０１７５】

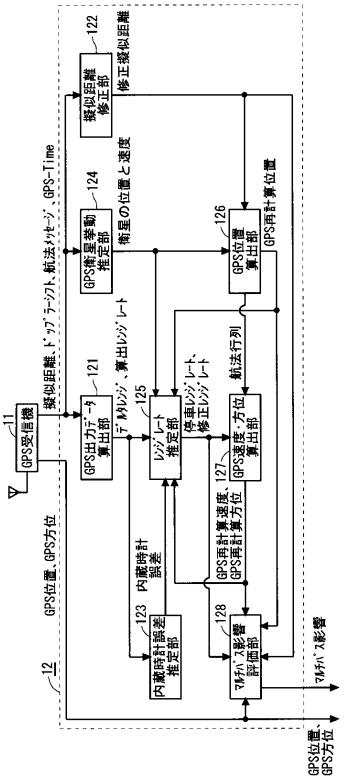
なお、本発明は、その発明の範囲内において、各実施の形態を自由に組み合わせたり、各実施の形態を適宜、変形、省略することが可能である。

【符号の説明】

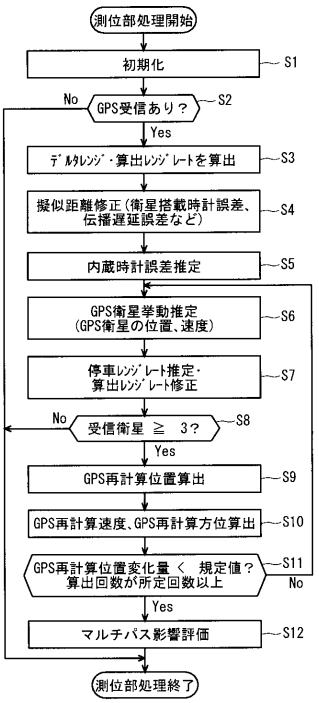
【０１７６】

１１　ＧＰＳ受信機、１２　測位部、１３　速度センサ、１４　角速度センサ、１５　地図データ記憶部、１６　道路照合部、１２１　ＧＰＳ出力データ算出部、１２２　擬似距離修正部、１２３　内蔵時計誤差推定部、１２４　ＧＰＳ衛星挙動推定部、１２５　レンジレート推定部、１２６　ＧＰＳ位置算出部、１２７　ＧＰＳ速度・方位算出部、１２８　マルチパス影響評価部、１２９　距離計測部、１３０　ヨー角計測部、１３１　自立位置・方位算出部、１３２　自立位置・方位修正部、１３３　ＧＰＳ測位誤差評価部、１３４　ハイブリッド位置・方位算出部。

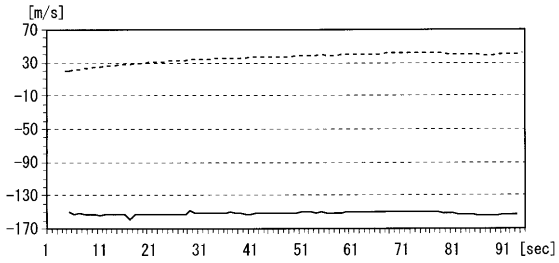
【図１】



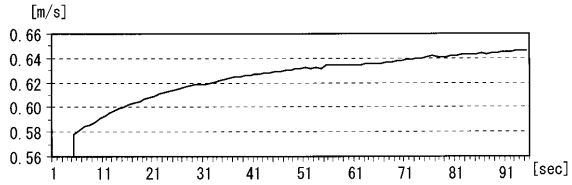
【図２】



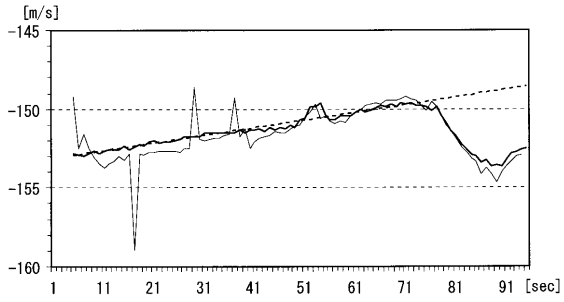
【図３】



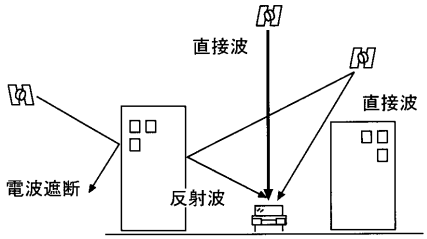
【図４】



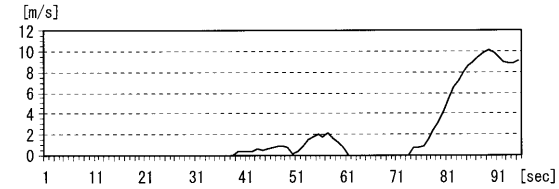
【図５】



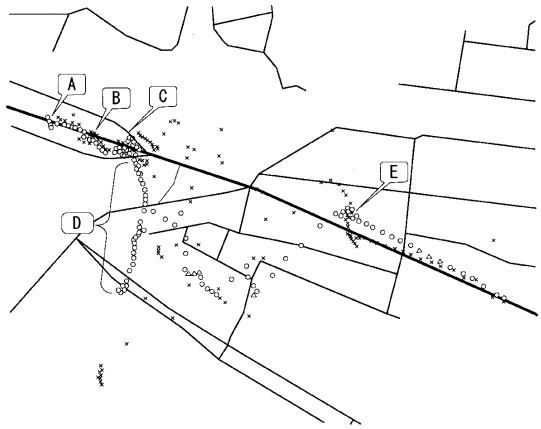
【図６】



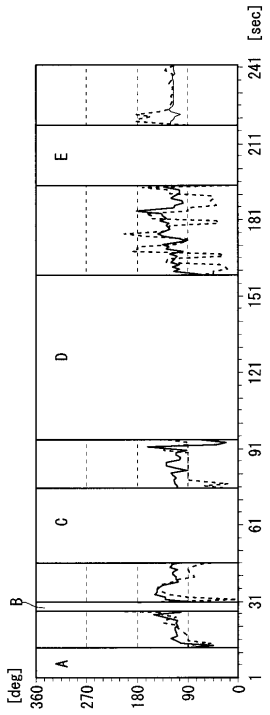
【図７】



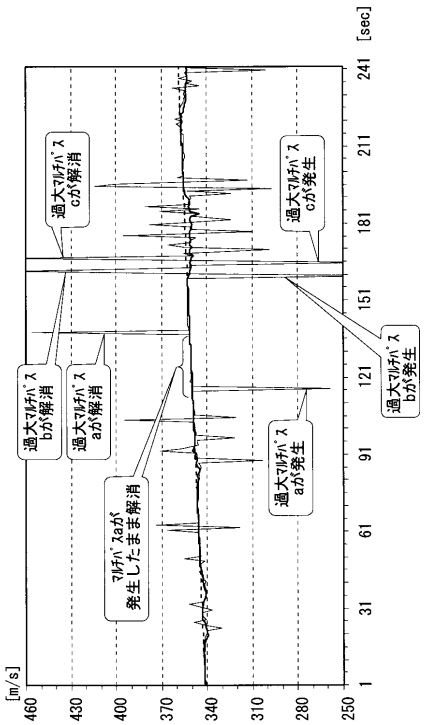
【図８】



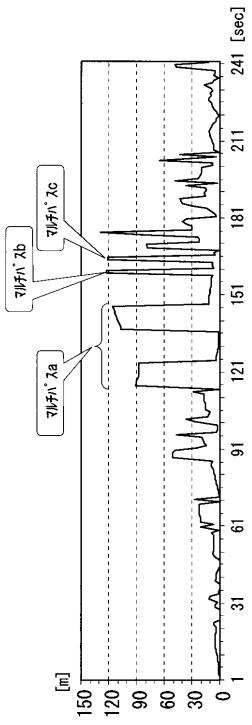
【図９】



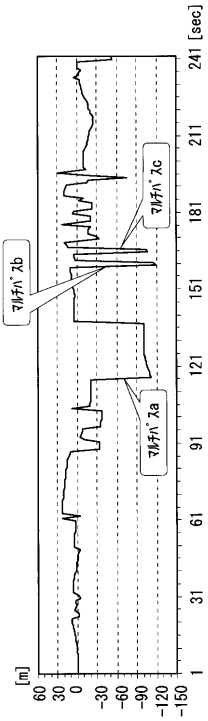
【図１０】



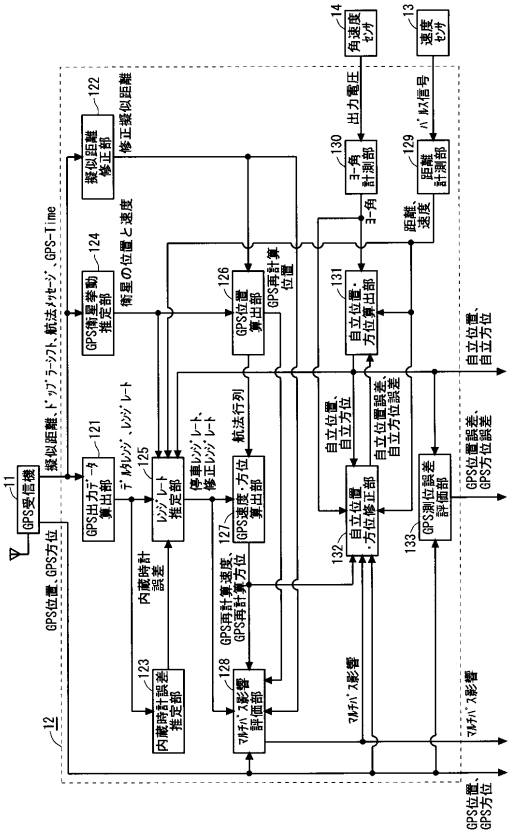
【図１１】



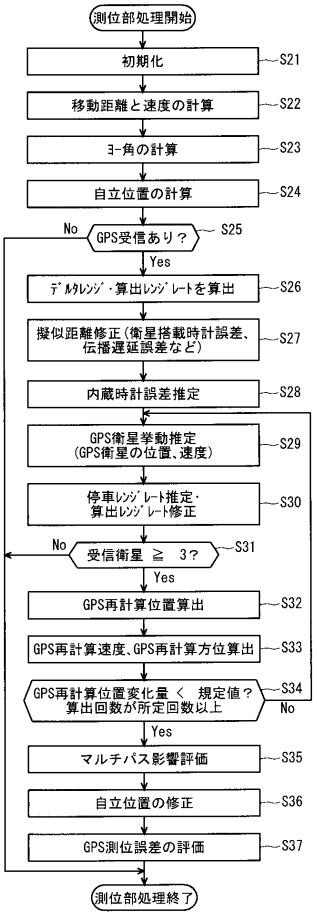
【図１２】



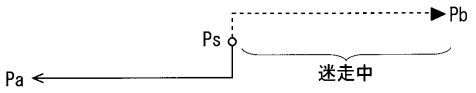
【図１３】



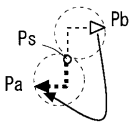
【図１４】



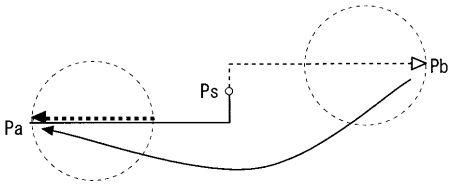
【図１５】



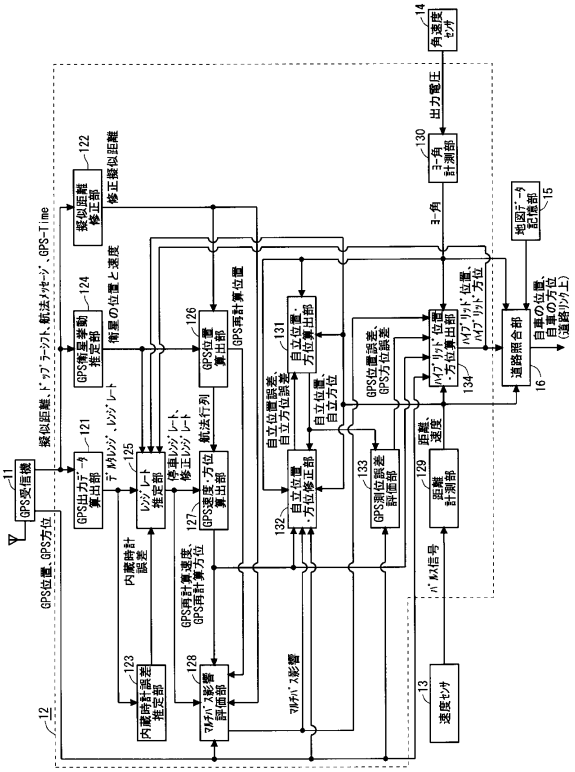
【図１６】



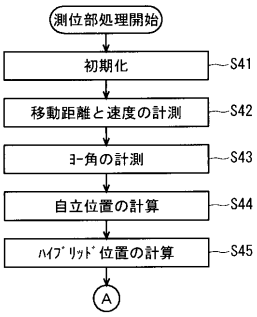
【図１７】



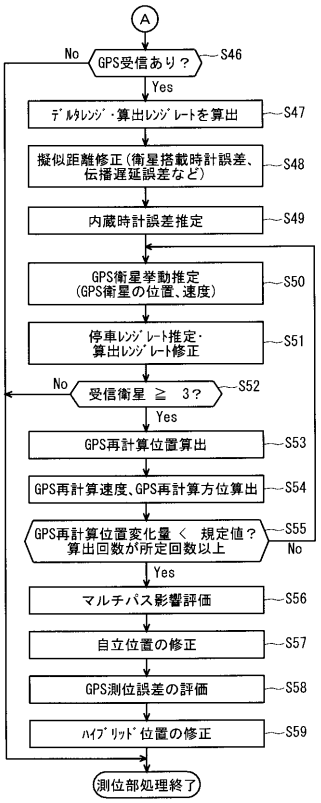
【図１８】



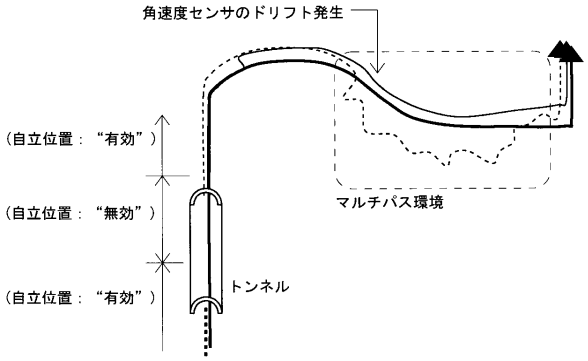
【図１９】



【図２０】


A
No
GPS受信あり？
S46
Yes
ﾃﾞﾙﾀﾚﾝｼﾞ・算出ﾚﾝｼﾞﾚｰﾄを算出
S47
擬似距離修正(衛星搭載時計誤差、伝播遅延誤差など)
S48
内蔵時計誤差推定
S49
GPS衛星挙動推定(GPS衛星の位置、速度)
S50
停車ﾚﾝｼﾞﾚｰﾄ推定・算出ﾚﾝｼﾞﾚｰﾄ修正
S51
No
受信衛星 ≧ 3？
S52
Yes
GPS再計算位置算出
S53
GPS再計算速度、GPS再計算方位算出
S54
GPS再計算位置変化量 ＜ 規定値？ 算出回数が所定回数以上
S55
No
Yes
マルチパス影響評価
S56
自立位置の修正
S57
GPS測位誤差の評価
S58
ﾊｲﾌﾞﾘｯﾄﾞ位置の修正
S59
測位部処理終了

【図２１】


角速度センサのドリフト発生
（自立位置：“有効”）
（自立位置：“無効”）
（自立位置：“有効”）
トンネル
マルチパス環境

フロントページの続き

(72)発明者　藤井　将智
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
(72)発明者　千代延　宏和
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
(72)発明者　藤本　浩平
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

審査官　三田村　陽平

(56)参考文献　特開平１１－２２３６７０（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１５１７２５（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－１２４８４０（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－３１１７６８（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－０７７３１８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１６４４９６（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００９／０３４６７１（WO，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｓ　１９／００－１９／５５
Ｇ０１Ｃ　２１／００－２１／３６