

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

**特許第3801774号
(P3801774)**

(45) 発行日 平成18年7月26日(2006.7.26)

(24) 登録日 平成18年5月12日(2006.5.12)

(51) Int. Cl.

G O 1 S 5/14 (2006.01)

F I

G O 1 S 5/14

請求項の数 1 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願平10-81213	(73) 特許権者	000004330
(22) 出願日	平成10年3月27日(1998.3.27)		日本無線株式会社
(65) 公開番号	特開平11-281726		東京都三鷹市下連雀5丁目1番1号
(43) 公開日	平成11年10月15日(1999.10.15)	(74) 代理人	100077838
審査請求日	平成17年1月27日(2005.1.27)		弁理士 池田 憲保
		(72) 発明者	河島 茂男
			東京都三鷹市下連雀5丁目1番1号 日本無線株式会社内
		審査官	有家 秀郎

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】

位置の分かっている既知点で G L O N A S S 衛星からの衛星信号に含まれるキャリア・フェーズを受信して既知点キャリア・フェーズ信号を出力する既知点キャリア・フェーズ受信部と、位置を測定しようとしている未知点で前記 G L O N A S S 衛星からの衛星信号に含まれるキャリア・フェーズを受信して未知点キャリア・フェーズ信号を出力する未知点キャリア・フェーズ受信部と、前記既知点キャリア・フェーズ信号並びに前記未知点キャリア・フェーズ信号に基づいて前記 G L O N A S S 衛星のうちの前記既知点と前記未知点との両方で受信しているものから選択された特定な対の基準衛星との間で二重位相差を計算した結果を二重位相差信号として出力する二重位相差計算部と、前記二重位相差信号に示される二重位相差を用いて基線を計算する測位計算部とを備えた測位装置において、前記既知点キャリア・フェーズ信号並びに前記未知点キャリア・フェーズ信号に基づいて前記二重位相差を計算するときに前記特定な対の基準衛星を衛星間キャリア周波数差が小さくなるように前記 G L O N A S S 衛星のうちの前記既知点と前記未知点との両方で受信しているものから該二重位相差毎に可変させて選択した結果を衛星対選択信号として前記二重位相差計算部へ出力する衛星対選択部を備えたことを特徴とする測位装置。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、主としてmm～cmの測位精度を必要とする測量や土木工事等の分野で適用さ

20

れると共に、全地球的衛星航法システム (Global Navigation Satellite System / 以下、GNSSとする) 衛星のうちの移動衛星である GLONASS 衛星を用いた測位装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、既に普及している GPS (Global Positioning System) 衛星を用いた高精度な測位装置が開発されている。この GPS 衛星を用いた測位装置は、正確な位置が得られることにより、主にカーナビゲーションの分野で広く普及しているが、これ以外にもキャリア周波数の位相 (キャリア・フェーズと呼ばれる) を用いた干渉測位と呼ばれる方法を適用した場合には mm ~ cm の高精度が得られるため、こうした仕様の測位装置は測量や土木工事等の分野で必要とされる測位が可能になるため、急速に普及され始めている。

10

【0003】

干渉測位は、2つの地点として位置の分かっている点 (既知点と呼ばれる) と位置を測定しようとしている点 (未知点と呼ばれる) との距離 (基線と呼ばれる) を例えば X, Y, Z の3次元的に mm ~ cm の高精度で測定するもので、既知点及び未知点のそれぞれに GPS 受信機を置き、同時に衛星のキャリア・フェーズを測定する。

【0004】

各衛星について未知点及び既知点におけるキャリア・フェーズの差を取り、更に或る基準衛星を適当に選んでそのキャリア・フェーズ差を基準として他の衛星のキャリア・フェーズ差との差である二重位相差を取る。この二重位相差は、既知点・未知点間及び異なる衛星間の差を取るため、受信機及び衛星に依存する測位誤差の殆どをキャンセルすることができ、しかも基線情報を含むため、これを解くことによって高精度な基線が得られる。因みに、このような二重位相差による測位方法に関する詳細な技術は、例えば日本測地学会編著：新訂版 GPS - 人工衛星による精密測位システム - 、日本測量協会、1989年、第6章等の公知文献に記載されている。

20

【0005】

ところで、GPS 衛星を用いた測位装置の場合、衛星を利用して測位精度を保証するために直接波を受信する必要があるが、例えば建物や樹木に挟まれた場所では一部の衛星からの信号が遮蔽されて測位に必要な衛星数からの受信を行うことができなくなることがあり、利用範囲に大きな制限を受けている。

30

【0006】

そこで、米国の運用する GPS 衛星以外にもこれと類似するシステムとして知られるロシアが運用する GLONASS 衛星が有るが、これらの GPS 衛星及び GLONASS 衛星の両方を用いれば受信可能な衛星数が増えて利用範囲が拡大する上、片方のシステムに障害が発生しても他方のシステムで測位できる可能性が増えることになる。こうした事情により、測量や土木工事等の分野で適用される測位装置では、GLONASS 衛星及び GPS 衛星の共用利用の検討が極めて盛んになっている。尚、GLONASS 衛星は GPS 衛星と類似したシステムで、GPS 衛星と同様の方法で干渉測位を行うことができる。

【0007】

40

図2は、GLONASS 衛星を用いた従来の測位装置の基本構成を示したブロック図である。この測位装置は、既知点で GLONASS 衛星からの衛星信号に含まれるキャリア・フェーズを受信して既知点キャリア・フェーズ信号を出力する既知点キャリア・フェーズ受信部1と、未知点で GLONASS 衛星からの衛星信号に含まれるキャリア・フェーズを受信して未知点キャリア・フェーズ信号を出力する未知点キャリア・フェーズ受信部2と、既知点キャリア・フェーズ信号並びに未知点キャリア・フェーズ信号に基づいて二重位相差を計算するとき GLONASS 衛星のうちの既知点と未知点との両方で受信しているものから特定な対の基準衛星を選択した結果を衛星選択信号として出力する基準衛星選択部5と、既知点キャリア・フェーズ信号並びに未知点キャリア・フェーズ信号に基づいて GLONASS 衛星のうちの既知点と未知点との両方で受信しているものに関して衛星

50

選択信号に示される基準衛星との間で二重位相差を計算して二重位相差信号を出力する二重位相差計算部3と、二重位相差信号に示される二重位相差を用いて基線を計算して基線信号を出力する測位計算部4とを備えている。

【0008】

このうち、既知点キャリア・フェーズ受信部1は、既知点キャリア・フェーズ信号を二重位相差計算部3及び基準衛星選択部5へ出力するもので、空中線（アンテナ）を含むGLONASS衛星用受信機そのもので構成しても良いし、既知点に設置したGLONASS衛星用受信機からの既知点キャリア・フェーズ信号を通信回線を経由して受信するタイプの通信用受信機で構成しても良い。

【0009】

同様に、未知点キャリア・フェーズ受信部2は、未知点キャリア・フェーズ信号を二重位相差計算部3及び基準衛星選択部5へ出力するもので、空中線を含むGLONASS衛星用受信機そのもので構成しても良いし、未知点に設置したGLONASS衛星用受信機からの未知点キャリア・フェーズ信号を通信回線を経由して受信するタイプの通信用受信機で構成しても良い。

【0010】

基準衛星選択部5は、GLONASS衛星のうちの既知点と未知点との両方で受信しているものから基準となるキャリア・フェーズ差を持つ特定な対の基準衛星を選択した結果を衛星選択信号として二重位相差計算部3へ出力するものであるが、通常基準衛星としては連続的に受信可能であり、しかもC/Nが比較的良くて安定した受信できるように、変更されることが少なく、且つその結果として変更に伴う計算の煩雑さが少ない高仰角衛星を用いるようにし、衛星選択信号のデータには衛星名を用いる。

【0011】

このような測位装置では、既知点キャリア・フェーズ受信部1及び未知点キャリア・フェーズ受信部2で受信した既知点及び未知点のキャリア・フェーズに基づいて基準衛星選択部5が基準衛星を選択した衛星選択信号を二重位相差計算部3へ送出し、二重位相差計算部3により既知点及び未知点のキャリア・フェーズに基づいて既知点と未知点との両方で受信しているGLONASS衛星に関して衛星選択信号に示される基準衛星との間で二重位相差を計算した結果を二重位相差信号として測位計算部4へ出力し、測位計算部4において二重位相差を用いて基線を計算した結果を基線信号として出力する。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

上述した測位装置の場合、機能上はGLONASS衛星を用いてもGPS衛星を用いた場合と同様に干渉測位を行うことができるが、一般にGPS衛星がCDMA(Code Division Multiple Access)方式であるのに対し、GLONASS衛星はFDMA(Frequency Division Multiple Access)方式であるため、受信機内部におけるフィルタ等の時間遅延により生じた時刻誤差が二重位相差を取ってもキャンセルできない程度の誤差となってしまうため、高精度測位を行う際の大きな問題となり、現状では測量や土木工事等の分野での適用が困難になっている。

【0013】

例えば公知文献として、D. Walsh and P. Daly: GPS and GLONASS Carrier Phase Ambiguity Resolution, Proceedings of the 9th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GPS-96, pp899~907の記載によれば、GLONASSにおける誤差の要因の一つとして、 f^i を衛星名*i*のキャリア周波数[Hz]、 f^j を衛星名*j*のキャリア周波数[Hz]、 dt_B を未知点GLONASS衛星用受信機の時刻誤差[s]、 dt_A を既知点GLONASS衛星用受信機の時刻誤差[s]とした場合、 $(f^i - f^j)(dt_B - dt_A)$

10

20

30

40

50

t_A) なる関係で示されるものがあり、これが極めて大きな影響を与えるとされている。因みに、GPSであれば全ての衛星のキャリア周波数は同じなので、衛星間キャリア周波数差 $f^i - f^j = 0$ となり、このような誤差は生じない。

【0014】

又、他の公知文献として、S. A. Gourevitch, S. S. Novitsky and F. V. Diggelen: The GG24 Combined GPS + GLONASS Receiver, Proceedings of the 9th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GPS-96, pp141~145の記載によれば、 $dt_B - dt_A$ が $10[\text{ns}]$ 、 $f^i - f^j = 20[\text{MHz}]$ のときに3センチメートルの測位誤差を生ずることが開示されているが、これから解るように、 $\text{mm} \sim \text{cm}$ の精度で測位しようとするときには3センチメートルの測位誤差は極めて大きな問題であるといえる。

10

【0015】

このような測位誤差を抑える方法の一つとして、フィルタ等の時間遅延の受信機間のばらつきを抑えること(特に温度特性を改善すること)が挙げられるが、実際には価格上の制約や大きさの制限がある上、温度特性の改善が技術的に困難であるため、実現化されていない。一部の特殊な観測用GLONASS衛星用受信機の研究開発では、価格を省みずに受信機のみならず空中線までを温度特性の制御を行って性能を改善する提案もなされているが、こうした構成では汎用化が見込まれない。

20

【0016】

そこで、別の方法としてGPS衛星及びGLONASS衛星の共用受信機において、GPS衛星とGLONASS衛星とを同等に扱わず、GLONASS衛星を軽視した処理を行ってGLONASS衛星による悪影響を軽減しているが、こうした場合にはGLONASS衛星からの受信を行うにも拘らず有効利用していない点が問題である。

【0017】

本発明は、このような問題点を解決すべくなされたもので、その技術的課題は、測位誤差を十分に抑制できて高精度な測位が可能なGLONASS衛星を用いた測位装置を提供することにある。

【0018】

30

【課題を解決するための手段】

本発明によれば、位置の分かっている既知点でGLONASS衛星からの衛星信号に含まれるキャリア・フェーズを受信して既知点キャリア・フェーズ信号を出力する既知点キャリア・フェーズ受信部と、位置を測定しようとしている未知点でGLONASS衛星からの衛星信号に含まれるキャリア・フェーズを受信して未知点キャリア・フェーズ信号を出力する未知点キャリア・フェーズ受信部と、既知点キャリア・フェーズ信号並びに未知点キャリア・フェーズ信号に基づいてGLONASS衛星のうちの既知点と未知点との両方で受信しているものから選択された特定な対の基準衛星との間で二重位相差を計算した結果を二重位相差信号として出力する二重位相差計算部と、二重位相差信号に示される二重位相差を用いて基線を計算する測位計算部とを備えた測位装置において、既知点キャリア・フェーズ信号並びに未知点キャリア・フェーズ信号に基づいて二重位相差を計算するときに特定な対の基準衛星を衛星間キャリア周波数差が小さくなるようにGLONASS衛星のうちの既知点と未知点との両方で受信しているものから該二重位相差毎に可変させて選択した結果を衛星対選択信号として二重位相差計算部へ出力する衛星対選択部を備えた測位装置が得られる。

40

【0019】

【発明の実施の形態】

以下に実施例を挙げ、本発明の測位装置について、図面を参照して詳細に説明する。

【0020】

図1は、本発明の一実施例に係る測位装置の基本構成を示したブロック図である。この測

50

位装置も、図2に示した従来装置と同様に、既知点でGLONASS衛星からの衛星信号に含まれるキャリア・フェーズを受信して既知点キャリア・フェーズ信号を出力する既知点キャリア・フェーズ受信部1と、位置を測定しようとしている未知点でGLONASS衛星からの衛星信号に含まれるキャリア・フェーズを受信して未知点キャリア・フェーズ信号を出力する未知点キャリア・フェーズ受信部2と、既知点キャリア・フェーズ信号並びに未知点キャリア・フェーズ信号に基づいてGLONASS衛星のうちの既知点と未知点との両方で受信しているものから選択された特定な対の基準衛星との間で二重位相差を計算した結果を二重位相差信号として出力する二重位相差計算部3と、二重位相差信号に示される二重位相差を用いて基線を計算する測位計算部4とを備えているが、ここでは図2に示した基準衛星選択部5に代え、特定な対の基準衛星を衛星間キャリア周波数差（即ち、上述した $f^i - f^j$ ）が小さくなるようにGLONASS衛星のうちの既知点と未知点との両方で受信しているものから二重位相差毎に可変させて選択した結果を衛星対選択信号として二重位相差計算部3へ出力する衛星対選択部6を備えている。

10

【0021】

即ち、ここでの衛星対選択部6は、基準衛星を二重位相差毎に変える機能を有している。具体的に云えば、既知点と未知点との両方で受信しているGLONASS衛星をキャリア周波数の小さい順に並べ、例えば最初の衛星対を1番目及び2番目の衛星、次の衛星対を2番目及び3番目の衛星という具合に順次衛星対を決め、それらの衛星対の衛星名を衛星対選択信号のデータとして二重位相差計算部3へ出力する。

【0022】

20

そこで、二重位相差計算部3では、既知点キャリア・フェーズ受信部1からの既知点キャリア・フェーズ信号と未知点キャリア・フェーズ受信部2からの未知点キャリア・フェーズ信号とに基づいて衛星対選択部6からの衛星対選択信号に示される衛星対である特定な対の基準衛星との間で二重位相差を計算し、その結果の二重位相差信号を測位計算部4へ出力する。この二重位相差信号は基線の情報を含むため、測位計算部4でこれを解くことにより高精度な基線の計算結果を示す基線信号が得られる。

【0023】

GLONASS衛星の場合、完成時は24個の衛星が運用されて平均8衛星の受信が可能である。8衛星が24衛星中から均等に受信できると仮定すれば、24衛星で20[MHz]の周波数差なので、8衛星の隣り同士の周波数差は平均 $20 / 8 = 2.5$ [MHz]となる。20[MHz]で3センチメートルの測位誤差を生ずるとすれば、2.5[MHz]では $3 \cdot 2.5 / 20 = 0.4$ センチメートルとなり、測位誤差を従来の約1/10に抑えることができる。

30

【0024】

従って、この測位装置によりGLONASS衛星を用いて測位（基線の計算）を行えば、二重位相差計算部3において二重位相差計算時に用いられる特定な対の基準衛星を衛星対選択部6によって衛星間キャリア周波数差が小さくなるように二重位相差毎に変えて選択した上で二重位相差の計算が行われるため、測位計算部4で二重位相差を用いて基線を計算する際にキャリア周波数差により生ずる測位誤差を大幅に小さくできるため、結果としてmm～cmの要求精度に対して充分に応えられるものとなる。

40

【0025】

尚、このような特定な対の基準衛星を二重位相差毎に変える機能は、従来装置における特定な対の基準衛星を選択する機能を二重位相差毎に変えて行うように変更すれば良いため、ソフトウェアの変更のみで簡単に済ませられ、これによる計算の複雑さも現在のパソコンに見られるようにIC技術の発達による高性能CPUの出現で問題無く対応することができる。

【0026】

【発明の効果】

以上に述べた通り、本発明のGLONASS衛星を用いた測位装置によれば、二重位相差計算時に用いられる特定な対の基準衛星を衛星間キャリア周波数差が小さくなるように二

50

重位相差毎に変えて選択した上で測位（基線の計算）を行うようにしているので、キャリア周波数差により生ずる測位誤差を大幅に小さくすることができてmm～cmの要求精度に対して充分に応えられ、GPS衛星を用いた場合と同程度の高測位精度を維持できるようになる。又、この特定な対の基準衛星を二重位相差毎に変える機能は、従来装置における特定な対の基準衛星を選択する機能を二重位相差毎に変えて行うようにソフトウェアによる変更のみで実施できるため、価格や装置の大きさ、或いは利用者への使用方法等に全く悪影響を与えずに具現できるという利点がある。この結果、この測位装置はその高精度な測位の性能から年間百万台に達しようとするカーナビゲーション程ではないといえ、従来に無く測量や土木工事等の分野への適用が有効になる他、こうした分野以外の様々な分野への普及も期待できる。特に受信環境が厳しくGPS衛星だけでは測位に必要な衛星数を受信できないような条件下でGLONASS衛星無しでは使用できないような場合に充分に効力を発揮できるため、こうした場合には極めて利用価値が高いものとなる。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る測位装置の基本構成を示したブロック図である。

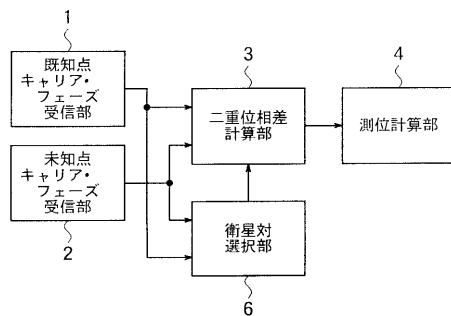
【図2】従来の測位装置の基本構成を示したブロック図である。

【符号の説明】

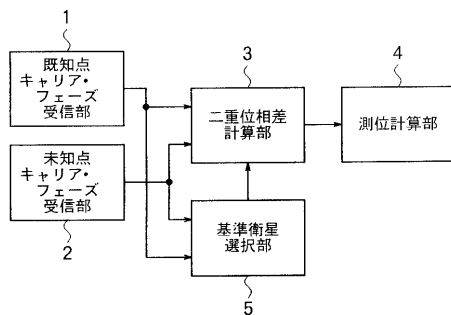
- 1 既知点キャリア・フェーズ受信部
- 2 未知点キャリア・フェーズ受信部
- 3 二重位相差計算部
- 4 測位計算部
- 5 基準衛星選択部
- 6 衛星対選択部

20

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭63-314482(JP,A)

特開平06-160509(JP,A)

特開平09-005420(JP,A)

特開平06-265623(JP,A)

Povaliaev, "Using Single Differences for Relative Positioning in GLONASS", ION GPS 97, 1997年, pages 929-934

Leick, "Processing GLONASS Carrier Phase Observations - Theory and First Experience", ION GPS 95, 1995年, pages 1041-1047

Cooper, "Pre-processing of GNSS Signals Subject to Interference", ION GPS 97, 1997年, pages 1437-1446