(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3639646号
(P3639646)
(45)発行日　平成17年4月20日(2005.4.20)　(24)登録日　平成17年1月21日(2005.1.21)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G01S　5/14　G01S　5/14

請求項の数 1　(全 6 頁)

(21)出願番号　特願平7-236511
(22)出願日　平成7年9月14日(1995.9.14)
(65)公開番号　特開平9-80143
(43)公開日　平成9年3月28日(1997.3.28)
審査請求日　平成14年9月13日(2002.9.13)

前置審査

(73)特許権者　000148623
株式会社ソキア
神奈川県厚木市長谷２６０番地６３
(74)代理人　100087826
弁理士　八木　秀人
(72)発明者　石井　洋
神奈川県厚木市長谷字柳町２６０－６３
株式会社ソキア　厚木工場内

審査官　宮川　哲伸

最終頁に続く

(54)【発明の名称】測位干渉法における整数波位相の決定方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

既知の固定点（Ｆ）と未知地点（Ｒ）とに一対のＧＰＳアンテナ（１０，１２）を設置して、複数の衛星（Ｎｉ，Ｎｊ）から発信された電波信号を前記ＧＰＳアンテナで同時刻に受信して、前記固定点と前記未知地点との間の距離と方位とを求める測位干渉法において、

時刻（ｔ）において、前記一対のＧＰＳアンテナで前記複数の衛星（Ｎｉ，Ｎｊ）から発信された電波信号を受信し、一方の衛星（Ｎｉ）から発信された電波信号の位相差{ϕ^{F}_{i}（ｔ）－ϕ^{R}_{i}（ｔ）}と、他方の衛星（Ｎｊ）から発信された電波信号の位相差{ϕ^{F}_{j}（ｔ）－ϕ^{R}_{j}（ｔ）}とを求め、

また、僅かな時間後の時刻（ｔ’）において、未知点に設置された前記ＧＰＳアンテナを前記固定点に設置される前記ＧＰＳアンテナを中心として、等距離で、かつ、１８０°対向する位置に設置して、前記一対のＧＰＳアンテナで複数の衛星（Ｎｉ，Ｎｊ）から発信された電波信号を受信し、一方の衛星（Ｎｉ）から発信された電波信号の位相差{ϕ^{F}_{i}（ｔ’）－ϕ^{R}_{i}（ｔ’）}と、他方の衛星（Ｎｊ）から発信された電波信号の位相差{ϕ^{F}_{j}（ｔ’）－ϕ^{R}_{j}（ｔ’）}とを求め、

時刻（ｔ）における前記両位相差の二重差{$d\phi^{FR}_{ij}$（ｔ）}と、時刻（ｔ’）における前記両位相差の二重差{$d\phi^{FR}_{ij}$（ｔ’）}の和{$d\phi^{FR}_{ij}$（ｔ）＋$d\phi^{FR}_{ij}$（ｔ’）}を－２で除算して、整数波位相（Ｎｉｊ）を求めることを特徴とする測位干渉法における整数波位相の決定方法。」

【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、測位干渉法における整数波位相の決定方法に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
ＧＰＳシステムを利用する測量が知られており、この種の測量では、複数（４個以上）の衛星から発信される電波を同一時刻に複数のＧＰＳ受信機で受信して、ＧＰＳ受信機間で受信された電波の位相差を演算処理することにより求め、地球上の地点間の距離や方位を測定する測位干渉法がある。
【０００３】
ところで、測位干渉法による測量においては、未知地点の位置座標を求める際に、未知数として解く必要があるのは、未知地点の座標値以外に、ＧＰＳ衛星の搬送波位相の二重差に含まれる整数波位相を何らかの方法により決定しなければならない。
そこで、従来は、▲１▼既知地点と未知地点とにそれぞれＧＰＳ受信機を設置し、１時間程度衛星からの電波信号を受信し、この受信によれ得られた情報から整数波位相を決定する方法、▲２▼ＧＰＳ受信機のＧＰＳアンテナをそっくりそのまま交換して、衛星からの電波信号を受信し、この受信によって得られた情報から整数波位相を決定する、いわゆる、アンテナスワッピングと呼ばれる方法のいずれかが採用されていた。
【０００４】
しかしながら、このような従来の整数波位相の決定方法には、以下に説明する技術的な課題があった。
【０００５】
【発明が解決しようとする課題】
すなわち、前述した従来の２つの整数波位相の決定方法では、衛星の動きを利用するため、長時間のデータ収集が必要になったり、あるいは、アンテナをそっくり取り替えるといった面倒な操作を行う必要があった。
本発明は、このような従来の問題点に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、長時間のデータ収集や面倒な操作を行うことなく整数波位相を決定することができる測位干渉法を提供することにある。
【０００６】
【課題を解決するための手段】
上記目的を達成するために、本発明は、既知の固定点（Ｆ）と未知地点（Ｒ）とに一対のＧＰＳアンテナ（１０，１２）を設置して、複数の衛星（Ｎｉ，Ｎｊ）から発信された電波信号を前記ＧＰＳアンテナで同時刻に受信して、前記固定点と前記未知地点との間の距離と方位とを求める測位干渉法において、時刻（ｔ）において、前記一対のＧＰＳアンテナで前記複数の衛星（Ｎｉ，Ｎｊ）から発信された電波信号を受信し、一方の衛星（Ｎｉ）から発信された電波信号の位相差$\{\phi^{F}_{i}(t)-\phi^{R}_{i}(t)\}$と、他方の衛星（Ｎｊ）から発信された電波信号の位相差$\{\phi^{F}_{j}(t)-\phi^{R}_{j}(t)\}$とを求め、また、僅かな時間後の時刻（ｔ’）において、未知点に設置された前記ＧＰＳアンテナを前記固定点に設置される前記ＧＰＳアンテナを中心として、等距離で、かつ、１８０°対向する位置に設置して、前記一対のＧＰＳアンテナで複数の衛星（Ｎｉ，Ｎｊ）から発信された電波信号を受信し、一方の衛星（Ｎｉ）から発信された電波信号の位相差$\{\phi^{F}_{i}(t')-\phi^{R}_{i}(t')\}$と、他方の衛星（Ｎｊ）から発信された電波信号の位相差$\{\phi^{F}_{j}(t')-\phi^{R}_{j}(t')\}$とを求め、時刻（ｔ）における前記両位相差の二重差$\{d\phi^{FR}_{ij}(t)\}$と、時刻（ｔ’）における前記両位相差の二重差$\{d\phi^{FR}_{ij}(t')\}$の和$\{d\phi^{FR}_{ij}(t)+d\phi^{FR}_{ij}(t')\}$を－２で除算して、整数波位相（Ｎｉｊ）を求めることを特徴とする。
既知地点（Ｆ）に設置されるＧＰＳアンテナの一方を中心として、等距離で、かつ、１８０°対向する２つの位置に、ＧＰＳアンテナの他方を順次設置すると、既知地点のアン

テナから他方のアンテナに向かうベクトルは、２つの位置で正反対になる。
このような正反対の位置で得られた搬送波位相の二重差{$d\phi^{FR}_{ij}$（ｔ）、$d\phi^{FR}_{ij}$（ｔ’）}には、その間衛星からの電波信号が途切れていなければ、同じ整数波位相（Ｎｉｊ）が含まれており、２つの位置での二重差の和をとれば、整数波位相の２倍の量が残り、これを－２で割り、これに最も近い整数値を求めて、整数波位相を決定することができる。

【０００７】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の好ましい実施の形態について添付図面を参照して説明する。図１は、本発明にかかる測位干渉法における整数波位相の決定方法の一実施例を示している。この種の測位では、通常、４つの衛星から発信される電波信号を受信して測量が行われるが、同図では、便宜上１つの衛星から電波信号を受信している状態が示されている。

【０００８】

衛星から発信される電波信号を受ける受信機は、２個準備され、一方のＧＰＳアンテナ１０が既知の固定点（Ｆ）に設置され、他方のＧＰＳアンテナ１２が，距離ｒだけ離れた未知地点（Ｒ）にそれぞれ設置される。ここで、測位干渉法における衛星からアンテナ１０，１２までの距離（ρ）は、以下の一般式式で求められる。

$\rho = N \cdot \lambda + (\phi + \Delta)$ …（ａ）

ここで、Ｎは、ＧＰＳ受信機で観測される搬送波の数、λは、同搬送波の波長、φは、同搬送波の位相差、Δは、受信機の誤差や、電波が空気中を伝播する際の電離層の誤差，さらには、ＧＰＳ衛星の搬送波位相の二重差に含まれる整数波位相が含まれている。

【０００９】

いまここで、図１（Ａ）に示すように、衛星N_1とN_jとから時間ｔにおいて、固定側のアンテナ１０（Ｆ）および未知アンテナ１２（Ｒ）で同時に電波信号を受信していたとすると、固定アンテナ１０（Ｆ）側では、

$\rho^F_i(t) = N_i \cdot \lambda + \{\phi^F_i(t) + \Delta\}$ …（ｂ）

$\rho^F_j(t) = N_j \cdot \lambda + \{\phi^F_j(t) + \Delta\}$ …（ｃ）

式が成立する。

【００１０】

また、未知アンテナ１２（Ｒ）側では、

$\rho^R_i(t) = N_i \cdot \lambda + \{\phi^R_i(t) + \Delta\}$ …（ｄ）

$\rho^R_j(t) = N_j \cdot \lambda + \{\phi^R_j(t) + \Delta\}$ …（ｅ）

式が成立する。

これらの（ｂ）～（ｅ）の式においては、受信機の誤差や、電波が空気中を伝播する際の電離層の誤差が含まれているので、（ｂ）式から（ｃ）式を減算し、また、（ｄ）式から（ｅ）式を減算すると、これらの誤差が相殺されて、Δ中には、ＧＰＳ衛星の搬送波位相の二重差に含まれる整数波位相だけが残り、さらに、（（ｂ）－（ｃ））－（（ｄ）－（ｅ））を求めると、以下の内容になる。

$\rho^F_i(t) - \rho^R_i(t) - \rho^F_j(t) + \rho^R_j(t) = \phi^F_i(t) - \phi^R_i(t) - \phi^F_j(t) + \phi^R_j(t) + N_{ij}$ …（ｆ）

ここでN_{ij}は、搬送波位相の二重差に含まれる整数波位相量とする。

【００１１】

一方、図１（Ａ）に示した状態から、同図（Ｂ）に示すように、未知地点のアンテナ１２を、アンテナ１０から距離ｒだけ離れ、かつ、図１（Ａ）に示した位置と１８０°回転させた、対向する位置に設置して同じ衛星から電波信号を時刻ｔ’において受信した場合には、上記と同様に以下の式が成立する。

$\rho Fi(t') - \rho Ri(t') - \rho Fj(t') + \rho Rj(t') = \phi Fi(t') - \phi Ri(t') - \phi Fj(t') + \phi Rj(t') + Nij$…（ｇ）

ここで、衛星の高度角をθとすると、

$\rho Ri(t) = \rho Fi(t) - r\cos\theta i(t)$ …（ｈ）

$\rho R_j(t) = \rho F_j(t) - r\cos\theta_j(t)$ …（ｉ）
$\rho R_i(t') = \rho F_i(t') + r\cos\theta_i(t')$ …（ｊ）
$\rho R_j(t') = \rho F_j(t') + r\cos\theta_j(t')$ …（ｋ）
が成立する。

【００１２】
式（ｆ）および（ｇ）に式（ｈ）～（ｋ）を代入すると、
$r\cos\theta_i(t) - r\cos\theta_j(t) = d\phi^{FR}_{ij}(t) + N_{ij}$ …（ｌ）
$-r\cos\theta_i(t') + r\cos\theta_j(t') = d\phi^{FR}_{ij}(t') + N_{ij}$ …（ｍ）
が得られる。ここで、$d\phi^{FR}_{ij}(t) = \phi^{F}_{i}(t) - \phi^{R}_{i}(t) - \phi^{F}_{j}(t) + \phi^{R}_{j}(t)$，$d\phi^{FR}_{ij}(t') = \phi^{F}_{i}(t') - \phi^{R}_{i}(t') - \phi^{F}_{j}(t') + \phi^{R}_{j}(t')$とする。

【００１３】
いまここで、ｔ時間からｔ’時間までが僅かな時間差であるならば、
$\cos\theta_i(t) \fallingdotseq \cos\theta_i(t')$，$\cos\theta_j(t) \fallingdotseq \cos\theta_j(t')$と近似することができる。
そこで、式（ｌ）＋式（ｍ）を求め、上記近似を適用すると、
$d\phi^{FR}_{ij}(t) + N_{ij} + d\phi^{FR}_{ij}(t') + N_{ij} = 0$となり、これを変形すると、
$N_{ij} = -1/2\{d\phi^{FR}_{ij}(t) + d\phi^{FR}_{ij}(t')\}$となり、$d\phi^{FR}_{ij}(t)$および$d\phi^{FR}_{ij}(t')$は、ＧＰＳアンテナ１０，１２の観測により求められ、整数波位相量N_{ij}は、整数であることが判っているので、観測により求めた値から、最も近い整数値を求めると整数波位相量N_{ij}を決定することができる。

【００１４】
さて、以上のような方法で整数波位相量N_{ij}を決定すると、従来の決定方法のように、長時間のデータ収集の必要がなく、面倒なアンテナ交換をする必要もなくなる。
なお、上記実施例では、未知地点のＧＰＳアンテナ１２を距離ｒだけ既知地点のＧＰＳアンテナ１０から離して整数波位相を決定する場合を示したが、この距離ｒは、等しければその長さは問わないので、例えば、ＧＰＳアンテナが円形の場合には、アンテナ１２をＧＰＳアンテナ１０に対し、これを１８０°反転させた位置に置けば、ｒの値はアンテナ１０の直径となり、これを予め求めておくと、距離ｒの測定を行うことなく、等距離の対向位置が特定され、整数波位相を決定することができる。

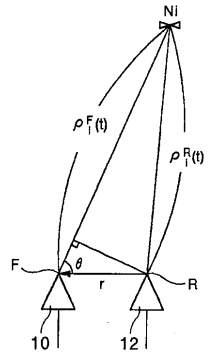
【００１５】
【発明の効果】
以上説明したように、本発明に係る測位干渉法における整数波位相の決定方法によれば、面倒な操作や特定の観測個所を選択することなく、簡単に整数波位相を決定することができる。

【図面の簡単な説明】
【図１】本発明にかかる測位干渉計における整数波位相の決定方法の原理説明図である。

【符号の説明】
１０　ＧＰＳアンテナ（既知固定点）
１２　ＧＰＳアンテナ（未知地点）

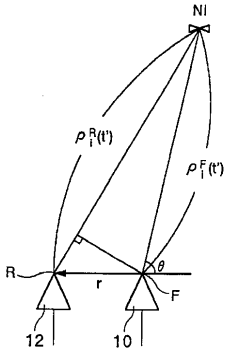
【図１】

(A)



時間tでの正の位置

(B)



時間t'での反の位置

フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許第５３５９３３２（ＵＳ，Ａ）
特開平７－８６８１７（ＪＰ，Ａ）
特開平９－１９６６７０（ＪＰ，Ａ）
特開平９－２８８１５９（ＪＰ，Ａ）
特開平９－２１８０３８（ＪＰ，Ａ）
土屋　淳　外，ＧＰＳ測量と基線解析の手引，日本，社団法人　日本測量協会，１９９２年１０月２６日，P.32-41

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
G01S 5/00 ～ 5/14