(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年10月31日(31.10.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/207628 A1

(51) 国際特許分類:
G01S 5/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/016485

(22) 国際出願日： 2018年4月23日(23.04.2018)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人:三菱電機株式会社(**MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者:寺田 翼(**TERADA, Tsubasa**); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 大島 正資(**OSHIMA, Tadashi**); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 網嶋 武(**AMISHIMA, Takeshi**); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 鈴木 信弘(**SUZUKI, Nobuhiro**); 〒1008310 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 Tokyo (JP).

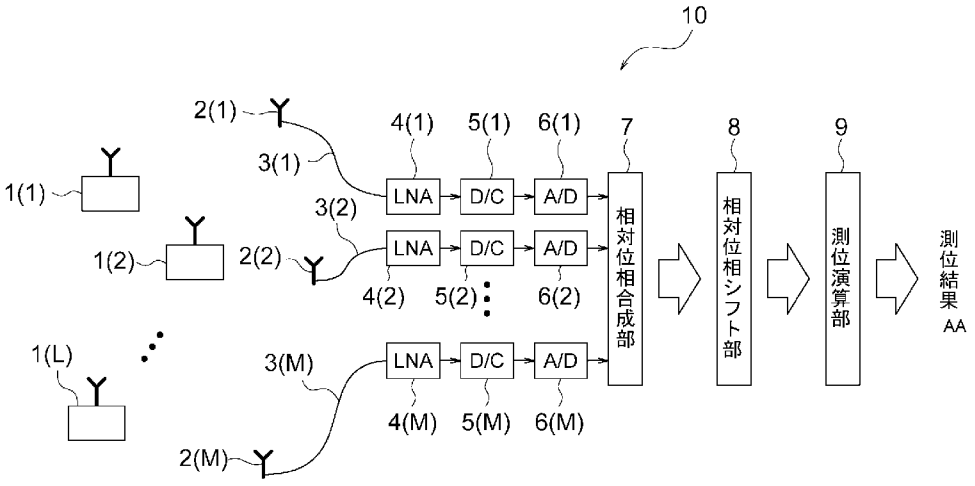
(74) 代理人:曾我 道治, 外(**SOGA, Michiharu** et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目1番1号 国際ビルディング8階 曾我特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

(54) **Title:** DISPLACEMENT MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称： 変位計測装置

[図1]



7 Relative phase combination unit
8 Relative phase shift unit
9 Positioning calculation unit
AA Positioning result

(57) **Abstract:** This displacement measurement device comprises a radio transmitter that is disposed at a measurement point and transmits radio waves of a plurality of frequencies from a transmission antenna and a radio receiver that is disposed at a fixed point and calculates a positioning value for the transmission antenna on the basis of the results of receiving the radio waves of a plurality of frequencies from the transmission antenna. The radio receiver comprises a plurality of reception antennas that output reception signals indicating the results of receiving the radio waves of a plurality of

WO 2019/207628 A1

[続葉有]

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

frequencies, a relative phase combination unit for combining relative phases between the plurality of reception antennas for each of the plurality of frequencies, a relative phase shift unit for shifting the relative phases between the plurality of frequencies combined by the relative phase combination unit, and a positioning calculation unit for calculating a positioning value for the transmission antenna on the basis of the relative phases after the shifting by the relative phase shift unit.

(57) 要約:変位計測装置は、計測点に設置されると共に、送信アンテナから複数周波数の電波を送信する電波発信機と、固定点に設置されると共に、送信アンテナからの複数周波数の電波を受信した結果に基づいて、送信アンテナの測位値を演算する電波受信機と、を備える。電波受信機は、複数周波数の電波を受信した結果を示す受信信号を出力する複数の受信アンテナと、複数の受信アンテナ間における相対位相を、複数周波数の分、合成する相対位相合成部と、相対位相合成部で合成された複数周波数の間の相対位相をシフトする相対位相シフト部と、相対位相シフト部によるシフトの後の相対位相に基づいて、送信アンテナの測位値を演算する測位演算部と、を備える。

明　細　書

発明の名称 ： 変位計測装置

技術分野

[0001] 本発明は、斜面、構造物等の被測定対象への変位・振動等の計測に好適な変位計測装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、電波を用いて被測定対象の震動による歪み、基準位置からの変位量を測定する技術として、例えば構造物の震動変位計測装置（例えば、特許文献１参照）が挙げられる。

[0003] この震動変位計測装置は、構造物の計測点毎に電波送信機を設置し、各電波送信機からの異なる送信タイミングの電波を、固定点に設置した複数の受信アンテナで受信する。そして、各受信アンテナに接続された電波受信機において、２つの受信アンテナ間の遅延時間差から構造物の各計測点の位置を同時に独立して推定する。但し、この震動変位計測装置では、電波発信機の送信アンテナと各受信アンテナとの周囲に、電波への反射源が無い理想的な使用環境が想定されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第３６０２４０３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述した特許文献１に係る技術では、電波への反射源が無い理想的な使用環境を想定している。このため、使用環境に反射源が存在する所謂マルチパス環境であれば、計測変位に誤差が生じてしまうという問題がある。その理由は、各受信アンテナに複数波が到来し、複数波の合成で位相が真値から回転するためである。この結果、計測変位に誤差が生じてしまう。因みに、反射源としては、例えば、草木等の植生、地面、建物、ポール等の構造物が挙

げられる。

[0006] そこで、こうした場合の解決策として、植生であれば、除去を行うことが考えられる。しかしながら、年単位の長期的な変位計測を行う場合には、植生の除去費用が膨大になってしまう。その他の解決策として、電波発信機の送信アンテナ、及び各受信アンテナに指向性を持たせる手法が考えられる。ところが、複数の電波発信機を用いて、例えば、地滑りの危険性がある斜面を広範囲に計測する場合には、指向性の制御が困難になってしまうばかりでなく、装置規模が大きくなってしまう。このため、指向性を持たせる手法は、解決策としては好ましくない。

[0007] 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、マルチパス環境でも計測変位の誤差を低減できる変位計測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

[0008] 上記目的を達成するために、本発明の変位計測装置は、計測点に設置される電波発信機と、固定点に設置される電波受信機と、を備えた構成であって、電波発信機は、送信アンテナを介して複数周波数の電波を送信し、電波受信機は、電波発信機の送信アンテナを介して、電波発信機から送信された複数周波数の電波の受信結果に基づいて、送信アンテナの測位値を演算し、電波受信機は、電波発信機から送信される複数周波数の電波の受信結果を示す受信信号を出力するＭ（但し、Ｍは２以上の正の整数とする）個の受信アンテナと、Ｍ個の受信アンテナ間における相対位相を、複数周波数の分、合成する相対位相合成部と、相対位相合成部で合成された相対位相を、Ｍ個の受信アンテナ間における観測位相差に基づいてシフトする相対位相シフト部と、相対位相シフト部によるシフト後の相対位相に基づいて、送信アンテナの測位値を演算する測位演算部と、を備える。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、上記構成により、マルチパス環境でも計測変位の誤差を低減できるようになる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の実施の形態１に係る変位計測装置の基本構成を示したブロック図である。

[図2]図１に示す変位計測装置に備えられる電波受信機の要部におけるハードウェア構成を示すブロック図である。

[図3]図１に示す変位計測装置に備えられる電波受信機の要部に含まれる相対位相合成部の細部構成を示したブロック図である。

[図4]図３に示した電波受信機の要部のＣＰＵによる相対位相演算から測位演算に至る動作処理を示したフローチャートである。

[図5]図１に示す変位計測装置による測位演算の実験検証結果をサンプル数に対する電波発信機のＸ軸方向での変位の関係で示した図である。

[図6]図５の実験の諸元のデータを例示した図である。

[図7]図５の実験における電波発信機と受信アンテナと位置関係を３次元座標で示した模式図である。

[図8]本発明の実施の形態２に係る変位計測装置に備えられる電波受信機の要部に含まれる相対位相合成部の細部構成を示したブロック図である。

[図9]本発明の実施の形態２に係る変位計測装置に備えられる電波受信機の要部のＣＰＵによる相関行列演算から測位演算に至る動作処理を示したフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の変位計測装置に係る幾つかの実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

[0012] 実施の形態１.

図１は、本発明の実施の形態１に係る変位計測装置１０の基本構成を示したブロック図である。

[0013] 図１を参照すれば、変位計測装置１０は、計測点に設置される複数の電波発信機１（１）～１（Ｌ）と、固定点に設置される電波受信機と、を備える。但し、Ｌは、自然数とする。ここで、複数の電波発信機１（１）～１（Ｌ

）のそれぞれは、送信アンテナから複数周波数の電波を送信する。一方、電波受信機は、それぞれの送信アンテナからの複数周波数の電波を受信した結果に基づいて、それぞれの送信アンテナの測位値を演算する。

[0014] 電波受信機は、複数の受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）、複数の伝送用ケーブル３（１）～３（Ｍ）、複数の低雑音増幅器（Ｌｏｗ　Ｎｏｉｓｅ　Ａｍｐｌｉｅｒ：ＬＮＡ）４（１）～４（Ｍ）、複数の周波数変換器（Ｄ／Ｃ）５（１）～５（Ｍ）、及び複数のＡ／Ｄ変換器６（１）～６（Ｍ）を備え、図１に示すように、Ｍ系統の受信回路が構成されている。但し、Ｍは、２以上の正の整数とする。また、電波受信機は、複数のＡ／Ｄ変換器６（１）～６（Ｍ）の後段に、相対位相合成部７、相対位相シフト部８、及び測位演算部９を備えて構成される。

[0015] 受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）は、複数の電波発信機１（１）～１（Ｌ）の送信アンテナからの複数周波数の電波を受信した結果を示す複数系統の受信信号を、それぞれ伝送用ケーブル３（１）～３（Ｍ）へ出力する。例えば、受信アンテナ（Ｍ）は、電波発信機１（１）～１（Ｌ）の送信アンテナからの複数周波数の電波を受信した結果を示す複数系統の受信信号を伝送用ケーブル３（Ｍ）へ出力する。

[0016] 低雑音増幅器４（１）～４（Ｍ）は、伝送用ケーブル３（１）～３（Ｍ）に伝送された複数系統の受信信号を低雑音増幅して周波数変換器５（１）～５（Ｍ）へ引き渡す。例えば、低雑音増幅器４（Ｍ）は、伝送用ケーブル３（Ｍ）に伝送された複数系統の受信信号を低雑音増幅して周波数変換器５（Ｍ）へ引き渡す。

[0017] 周波数変換器５（１）～５（Ｍ）では、それぞれ複数系統の低雑音増幅された受信信号を、周波数変換する。例えば周波数変換器５（Ｍ）では、低雑音増幅器４（Ｍ）によって、複数系統の低雑音増幅された受信信号を、周波数変換する。

[0018] Ａ／Ｄ変換器６（１）～６（Ｍ）は、それぞれ複数系統の周波数変換された受信信号のアナログ信号を、デジタル信号に変換する。例えば、Ａ／Ｄ変

換器６（Ｍ）は、周波数変換器５（Ｍ）によって、複数系統の周波数変換された受信信号のアナログ信号を、デジタル信号に変換する。

[0019] また、相対位相合成部７は、入力されたそれぞれの複数系統のデジタル信号に対して、受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）間における相対位相を、複数周波数分、合成する。相対位相シフト部８は、合成された複数周波数の間の相対位相をシフトする。測位演算部９は、シフト後の相対位相に基づいて、送信アンテナの測位値を演算する。

[0020] 図２は、上述した変位計測装置１０に備えられる電波受信機の要部におけるハードウェア構成を示すブロック図である。

[0021] 図２を参照すれば、ここでの電波受信機は、Ａ／Ｄ変換器６（１）～６（Ｍ）の後段に該当する相対位相合成部７、相対位相シフト部８、及び測位演算部９の機能構成を、ハードウェア上で示したものである。

[0022] 具体的に云えば、電波受信機は、ハードウェア上において、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｕｎｉｔ）１０１、メモリ１０２、補助記憶装置１０３、表示装置１０４、及び入力インターフェース１０５が、データバスで接続されて構成される。入力インターフェース１０５は、Ａ／Ｄ変換器６（１）～６（Ｍ）で得られるそれぞれの複数系統の周波数変換された受信信号のデジタル信号を入力する。上述した相対位相合成部７、相対位相シフト部８、及び測位演算部９の機能処理は、メモリ１０２に記憶されたプログラム及びデータに従って、ＣＰＵ１０１の中央演算処理で実施される。ＣＰＵ１０１の中央演算処理で得られる測位結果は、補助記憶装置１０３に記憶蓄積されると共に、表示装置１０４に表示される。

[0023] 次に、図１に示す変位計測装置１０の動作処理について説明する。計測点に設置された電波発信機１（１）～１（Ｌ）は、計測時に送信アンテナから同時か、或いは、時分割で、複数周波数の電波を送信する。ここで、電波発信機１（１）～２（Ｌ）は、計測点として、例えば地滑りの危険性がある斜面、構造物等の変位が予想される場所に設置される。

[0024] 電波受信機では、それぞれの送信アンテナからの複数周波数の電波を複数

固定点に設置した受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）で、個別に受信する。受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）は、受信結果の受信信号を、個別に伝送用ケーブル３（１）～３（Ｍ）へ出力する。

[0025] 伝送用ケーブル３（１）～３（Ｍ）を通過した受信信号は、低雑音増幅器４（１）～４（Ｍ）で個別に増幅された後、周波数変換器５（１）～５（Ｍ）へ個別に出力される。因みに、伝送用ケーブル３（１）～３（Ｍ）での電力減衰が大きい場合には、受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）に低雑音増幅器を追加しても良い。

[0026] 周波数変換器５（１）～５（Ｍ）は、それぞれ増幅された受信信号を、それぞれ個別に所望の中間周波数に変換してから、Ａ／Ｄ変換器（１）～６（Ｍ）へ個別に出力する。Ａ／Ｄ変換器６（１）～６（Ｍ）では、それぞれの受信信号の中間周波数を、個別に受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）の周波数毎のデジタル信号に変換する。

[0027] 相対位相合成部７では、受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）の周波数毎のデジタル信号に基づいて、受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）間における相対位相を、複数周波数分、合成する。相対位相シフト部８では、相対位相合成部７で合成された相対位相に対して、位相のシフトを行う。測位演算部９では、相対位相シフト部８によるシフト後の相対位相を用いて、測位演算を行う。ここでの測位演算は、例えば、特許文献１等に記載された位相差測位手法を適用することができる。

[0028] 実施の形態１に係る変位計測装置１０は、測位演算部９から出力される測位結果を時系列で並べることによって、電波発信機１（１）～１（Ｌ）のそれぞれの変位を計測することができる。この結果、マルチパス環境でも計測変位の誤差を低減できるようになる。

[0029] 図３は、図１に示す変位計測装置に備えられる電波受信機に含まれる相対位相合成部７の細部構成を示したブロック図である。

[0030] 図３を参照すれば、相対位相合成部７は、複数周波数の毎に相対位相を演算する相対位相演算部７ａと、複数周波数における相対位相を平均化演算す

る相対位相平均部７ｂと、を備えて構成される。

[0031] 以下は、電波受信機の要部である相対位相合成部７、相対位相シフト部８、及び測位演算部９の処理動作について詳述する。ｎがサンプル数を表すものとして、周波数ｆｋ（ｋ＝１，２，・，Ｋ）における受信アンテナ素子数Ｍの要素を持つ受信信号ベクトルを$x_{fk}[n]$とする。ベクトルの各要素は、Ａ／Ｄ変換によって得られた受信アンテナ素子の受信信号であり、複素応答（即ち、伝播による位相回転と減衰）が乗算された送信信号に、受信機雑音が加算されたものである。

[0032] 位相差測位演算では、電波発信機１（１）～１（Ｌ）から受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）へ送信した信号の位相差（到達時間差）を用いて、電波発信機１（１）～１（Ｌ）のそれぞれの測位を行う。一般には、受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）のうちの特定の受信アンテナを基準としたときの、各受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）の受信位相差（相対位相）に基づいて測位が行われる。

[0033] 相対位相合成部７では、受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）の複数周波数毎のデジタル信号から受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）間における相対位相を複数周波数分、合成する。相対位相は、例えば、受信信号の相関行列から得られる固有ベクトルを用いることで算出できる。周波数ｆｋにおける受信信号の相関行列$R_{xx,fk}$は、下式（１）のように表わされる。

[0034] [数1]

$$\mathbf{R}_{xx,f_k} = \mathrm{E}\left[\mathbf{x}_{f_k}[n]\mathbf{x}_{f_k}^{H}[n]\right] \qquad (1)$$

[0035] 但し、上式（１）のＥ［］は、集合平均演算を表わし、x^{H}は、ベクトルｘのエルミート転置を表わす。厳密に云えば、相関行列$R_{xx,fk}$を正確に得ることは不可能である。このため、エルゴード性に基づくサンプル平均を用い、下式（２）のように表わされる相関行列推定を行う。

[0036]

[数2]

$$\hat{\mathbf{R}}_{\mathrm{xx},f_k} = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} \mathbf{x}_{f_k}[n]\mathbf{x}_{f_k}^{H}[n] \qquad (2)$$

[0037] 但し、上式（２）のＮは、サンプル数を表わす。相関行列推定の最大固有値をγ_{fk}、最大固有値γ_{fk}に対応する固有ベクトルをq_{fk}としたとき、下式（３）の関係が成り立つ。

[0038] [数3]

$$\hat{\mathbf{R}}_{\mathrm{xx},f_k}\mathbf{q}_{f_k} = \gamma_{f_k}\mathbf{q}_{f_k} \qquad (3)$$

[0039] 干渉波等が無い理想的な環境では、相関行列の固有値展開により得られた最大固有値に対応する固有ベクトルが、受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）の複素応答からなる複素応答ベクトルに対応する。よって、複数周波数の相対位相ベクトルp_{fk}は、下式（４）のように表わされる

[0040] [数4]

$$\mathbf{p}_{f_k} = \angle\mathbf{q}_{f_k} \qquad (4)$$

[0041] 但し、上式（４）の∠ｑを、ベクトルｑの位相角演算とする。

[0042] マルチパスが存在する環境での位相差測位では、電波発信機１（１）～１（Ｌ）と、受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）との間に複数の経路が存在することで、到来波が合成されてしまう。これにより、受信位相が、直接波のみからなる受信位相から回転してしまうため、測位結果に誤差が生じるリスクがある。加えて、到来波同士が打ち消しあい、信号対雑音比（ＳＮＲ）が低下するリスクもある。そこで、本実施の形態１では、周波数毎に算出された相対位相を平均化演算することにより、それらのリスクの低減化を図る。平均化演算後の相対位相をϕとすると、相対位相ϕは、下式（５）のように表わされる。

[0043] [数5]

$$\boldsymbol{\phi} = \langle \mathbf{p}_{f_k} \rangle_{k=1}^{K} \qquad (5)$$

[0044] 但し、上式（５）の記号〈〉における上付きＫ、及び下付きｋ＝１は、ｋ＝１，２，・，Ｋについての平均化演算を表わす。

[0045] 以下には、相対位相の複数周波数の平均化演算により、誤差が低減できる理由について説明する。独立で同一な分布をする確率変数U_1，U_2，・，U_Kの和をＺとすると、中心極限定理より、下式（６）の関係が成り立つ。

[0046] [数6]

$$Z \rightarrow \mathrm{N}(z|K\mu, K\sigma^2) \qquad (6)$$

[0047] 但し、上式（６）のＮ（ｚ｜μ，σ^2）は、和Ｚが平均μ分散σ^2の正規分布をするときの確率密度分布を表わす。→の記号は、Ｋが大きくなるに従い、和Ｚの分布がＮ（ｚ｜Ｋμ，Ｋσ^2）に漸近することを意味する。従って、相対位相が周波数間で独立かつ同一分布であるとみなせるとき、複数周波数の相対位相の和の標準偏差は、理想的には、１／$K^{0.5}$で減少する。例えば、平均化演算する周波数の数をＫ＝４としたとき、Ｋ＝１のときと比べ、誤差のばらつきは、半分に減少する。

[0048] また、電波発信機１（１）～１（Ｌ）から送信する信号の周波数と、その最大周波数幅とに対して、電波発信機１（１）～１（Ｌ）の変位が十分小さいとき、観測した相対位相の変位は、複数周波数間でほぼ同一とみなせる。

[0049] 例えば、電波発信機から９２２．５ＭＨｚと９２７．５ＭＨｚとの２周波数で信号を送信する場合を想定する。簡単のため、電波発信機１（１）～１（Ｌ）を挟むように２本の受信アンテナ２（１）、２（２）が設置され、電波発信機１（１）～１（Ｌ）と受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）とが直線状に並ぶ状況を仮定する。電波発信機１（１）～１（Ｌ）が直線に沿って１００ｍｍ変位したとき、複数周波数における位相差の変位前後の差を算出する。

[0050] 具体的に云えば、変位前の差は、１０・10^{-3}・２・［９２２．５・10^6／２９９７９２４５８］に３６０を乗じた２２．１６［ｄｅｇ］となる。また、変位後の差は、１０・10^{-3}・２・［９２７．５・10^6／２９９７９２４５

８］に３６０を乗じた２２．２８［ｄｅｇ］となる。これは、複数周波数間で０．１２［ｄｅｇ］、約０．１ｍｍのずれしか存在しないことを示す。このような場合では、周波数差による位相回転の差を特に考慮せずに平均化演算しても、周波数差に起因する誤差が無視できる程、小さい。

[0051] また、平均化演算の際に用いる複数周波数の相対位相は、時間軸に対して滑らかになるように、必要に応じてアンラップ処理を実施する。尚、上記した例では、受信信号の相関行列の固有ベクトルを用いて複数周波数の相対位相を算出する場合を説明した。これに代えて、或る基準とする受信アンテナの受信信号と受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）の受信信号との複素共役を乗算することにより、相対位相を算出しても良い。周波数ｆｋにおける受信信号ベクトルは、下式（７）のように表わされる。

[0052] [数7]

$$\mathbf{x}_{f_k}[n] = \left(x_{f_k,1}[n], x_{f_k,2}[n], \cdots, x_{f_k,M}[n]\right)^T \quad (7)$$

[0053] 但し、上式（７）の添え字Ｔは、行列の転置を表わす。また、基準となるアンテナm_{ref}に対する受信アンテナｍ（ｍ＝１，２，・，Ｍ）の相対位相は、下式（８）のように表わされる。

[0054] [数8]

$$p_{f_k,m} = \angle\left(\left\langle x_{f_k,m}[n] x^*_{f_k,m_{\mathrm{ref}}}[n]\right\rangle_{n=1}^{N}\right) \quad (8)$$

[0055] 上式（８）の＊は複素共役を表わし、p_{fk}＝（$p_{fk,1}$，$p_{fk,2}$，・，$p_{fk,M}$）^{T}である。相対位相合成部７で得られた相対位相には、平均化演算によるオフセットのずれが発生している。このオフセットのずれは、マルチパス・遮蔽等の周囲環境が変わらない理想状態において、時間変動せず、それぞれのチャネルで一定の値を持つという特徴がある。

[0056] 加えて、受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）から信号処理までの無線周波数回路における信号伝送時に、チャネル間で異なる位相遅延が発生する。精度の高い測位を行うためには、これらの位相オフセットを補正する必要がある

。このため、相対位相シフト部８において、平均化演算及び無線周波数回路で発生するチャネル間の位相オフセットを、同時に補償する処理を行う。

[0057] 例えば、電波発信機ｌ（ｌ＝１，２，・，Ｌ）からの電波受信機ｍの観測位相は、下式（９）のように表わされる。

[0058] [数9]

$$\phi_{l,m} = \frac{2\pi}{\lambda}\left(r_{l,m} + s_l + u_m + a_m\right) + 2\pi N_{l,m} \qquad (9)$$

[0059] 但し、上式（９）のｓ$_{l}$は、電波送信機ｌの初期位相、ｕ$_{m}$は、電波受信機ｍの位相遅延量、ａ$_{m}$は、平均化演算による位相オフセット、Ｎ$_{l,m}$は、整数値バイアス、ｒ$_{l,m}$は、電波送受信機間の距離を表わす。また、電波送受信機間の距離ｒ$_{l,m}$は、電波送信機ｌの位置（ｘ$_{l}$，ｙ$_{l}$，ｚ$_{l}$）、既知の電波受信機ｍの位置（ｘ$_{m}$，ｙ$_{m}$，ｚ$_{m}$）を用いて、下式（１０）のように表わされる。

[0060] [数10]

$$r_{l,m} = \sqrt{(x_l - X_m)^2 + (y_l - Y_m)^2 + (z_l - Z_m)^2} \qquad (10)$$

[0061] 上式（１０）によれば、電波受信機ｍの位相遅延量ｕ$_{m}$と平均化演算による位相オフセットａ$_{m}$とについては、それぞれ電波受信機ｍにのみ依存する。このため、電波受信機ｍの位相遅延量ｕ$_{m}$がまだ求まっていない場合、逐次推定を行う場合等は、電波受信機ｍの位相遅延量ｕ$_{m}$と平均化演算による位相オフセットａ$_{m}$との和ｖｍとして、一括で推定して良い。この場合、観測位相は、下式（１１）のように書き換えられる。

[0062] [数11]

$$\phi_{l,m} = \frac{2\pi}{\lambda}\left(r_{l,m} + s_l + v_m\right) + 2\pi N_{l,m} \qquad (11)$$

[0063] また、電波送信機ｌの位置は、電波受信機ｍとして、２つの電波受信機ｍ１、ｍ２間における観測位相差を用い、下式（１２）の連立方程式を解くことで求められる。

[0064]

[数12]

$$(\phi_{l,m_1}-\phi_{l,m_2})-\theta_{m_1,m_2}=\frac{2\pi}{\lambda}(r_{l,m_1}-r_{l,m_2})+2\pi(N_{l,m_1}-N_{l,m_2}) \qquad (12)$$

[0065] 但し、上式（１２）では、位相シフト量$\theta_{m1,\ m2}$＝２π（$v_{m1}-v_{m2}$）／λとしている。上式（１２）のうち、整数値バイアスは、前回の測位値等の位置情報を用いて求めることができる。位相シフト量$\theta_{m1,\ m2}$の算出には、トータルステーション等のレーザを用いた測位、或いは、ＧＮＳＳ（Ｇｌｏｂａｌ Ｎａｖｉｇａｔｉｏｎ Ｓａｔｅｌｌｉｔｅ Ｓｙｓｔｅｍ）測位によって、その位置が既知である電波送信機ｌの座標を用いる。そして、電波送信機ｌと電波受信機m_1、m_2との観測位相の差分と、電波受信機m_1、m_2の配置より求めた位相差の差分とより求めることができる。位相シフト量$\theta_{m1,\ m2}\theta$は、下式（１３）のように表わされる。

[0066] [数13]

$$\theta_{m_1,m_2}=2\pi\cdot\mathrm{dec}\left[\frac{1}{2\pi}(\phi_{l,m_1}-\phi_{l,m_2})-\frac{1}{\lambda}(\tilde{r}_{l,m_1}-\tilde{r}_{l,m_2})\right] \qquad (13)$$

[0067] 但し、上式（１３）のｄｅｃ［ζ］は、ζに最も近い整数をζから減算する整数部除去演算を表わす。また、ｋを任意の電波受信機ｍの番号としたとき、電波送受信機間距離は、下式（１４）で表わされる。

[0068] [数14]

$$\tilde{r}_{l,k}=\sqrt{(\tilde{x}_l-X_k)^2+(\tilde{y}_l-Y_k)^2+(\tilde{z}_l-Z_k)^2} \qquad (14)$$

[0069] ところで、位置が既知の電波送信機lが複数ある場合には、電波送信機ｌについての平均化操作を行うことで、精度の向上が期待できる。平均化演算後の位相シフト量は、下式（１５）で表わされる。

[0070] [数15]

$$\bar{\theta}_{m_1,m_2}=2\pi\cdot\left\langle\mathrm{dec}\left[\frac{1}{2\pi}(\phi_{l,m_1}-\phi_{l,m_2})-\frac{1}{\lambda}(\tilde{r}_{l,m_1}-\tilde{r}_{l,m_2})\right]\right\rangle_{l=1}^{L} \qquad (15)$$

[0071] 以上、電波受信機ｍの位相遅延量u_mと、平均化演算による位相オフセット

a_mとの和v_mを一括で推定した場合について述べた。しかし、電波受信機mの位相遅延量u_mが測位前のキャリブレーション等により既知である場合、或いは、無視できる場合には、位相オフセットa_mのみを推定し、シフトを行えば良い。

[0072] 位相オフセットa_mは、基準周波数の相対位相の初期値と、平均化演算後の相対位相の初期値との差分で求めることができる。基準周波数をf_{ref}とした際の基準周波数の相対位相の初期値を$p_{fref,0}$、平均演算後の相対位相の初期値をϕ_0としたとき、シフト量のベクトル推定値は、下式（１６）で表わされる。

[0073] [数16]

$$\hat{\mathbf{a}} = \mathbf{p}_{f_{\mathrm{ref}},0} - \boldsymbol{\Phi}_0 \qquad (16)$$

[0074] 但し、上式（１６）の導出に関連するシフト量のベクトルaは、$a = (a_1, a_2, \cdots, a_M)^T$である。また、下式（１７）のように、平均化演算すると、シフト量の精度を向上することができる。

[0075] [数17]

$$\tilde{\mathbf{a}} = \langle \mathbf{p}_{f_{\mathrm{ref}},c} \rangle_{c=1}^{C} - \langle \boldsymbol{\Phi}_d \rangle_{d=1}^{D} \qquad (17)$$

[0076] 但し、上式（１７）の$p_{fref,C}$、ϕ_Dは、それぞれ、ｃ（ｃ＝１，２，・，Ｃ）番目における基準周波数の相対位相、ｄ（ｄ＝１，２，・，Ｄ）番目における平均後の相対位相を表わしている。

[0077] 要するに、相対位相シフト部８は、相対位相平均部７で平均化演算した後の相対位相を、電波発信機１（１）～２（Ｌ）と受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）との測位値より求めた相対位相の位置にシフトする機能を持つ。或いは、相対位相シフト部８は、相対位相平均部７で平均化演算した後の相対位相を、基準周波数f_{ref}の相対位相の初期値へシフトする機能を持つ。

[0078] 図４は、上述した電波受信機の要部であるＣＰＵ１０１による相対位相演算から測位演算に至る動作処理を示したフローチャートである。

[0079] 図４を参照すれば、ＣＰＵ１０１は、まずステップＳ３１において、入力

インターフェース１０５からＡ／Ｄ変換後の、複数周波数の受信信号に係るデジタル信号を取得する。これにより、Ａ／Ｄ信号取得が行われる。

[0080] 次に、ＣＰＵ１０１は、相対位相合成部７の機能により、ステップＳ３２において、取得した複数周波数f_1，・，f_Nのデジタル信号のそれぞれから相対位相を演算する。これにより、相対位相演算（f_1，・，f_N）が行われる。

[0081] 更に、ＣＰＵ１０１は、相対位相合成部７の機能により、ステップＳ３３において、複数周波数間で算出された相対位相を平均化演算する。これにより、相対位相平均化演算が行われる。

[0082] 引き続き、ＣＰＵ１０１は、相対位相シフト部８の機能により、ステップＳ３４において、平均化演算によるオフセットずれ及び受信チャネル間の位相ずれを、シフト処理によって補正する。これにより、相対位相シフトが行われる。

[0083] 最後に、ＣＰＵ１０１は、測位演算部８の機能により、ステップＳ３５において、シフト処理後の相対位相を用いて、特許文献１記載の手法等により測位演算を行う。

[0084] 図５は、実施の形態１に係る変位計測装置１０による測位演算の実験検証結果を、サンプル数に対する電波発信機のＸ軸方向での変位の関係で示した図である。また、図６は、実験の諸元のデータを例示した図である。更に、図７は、実験における電波発信機と受信アンテナとの位置関係を３次元座標で示した模式図である。但し、図７中では、電波発信機がＴｘに対応し、複数の受信アンテナがＲｘに対応している。

[0085] この実験では、図７に示されるように、１台の電波発信機Ｔｘの位置を６本の受信アンテナＲｘを用いて測位し、計測の中間時点で電波発信機Ｔｘを Ｘ軸方向に１０ｍｍ変位させている。そして、各周波数単体での測位結果と、相対位相の平均化演算後の測位結果と、を比較した。

[0086] 具体的に云えば、図６中に示されるように、送信周波数は、９２２．５ＭＨｚ、９２５．１ＭＨｚ、９２７．５ＭＨｚである。測位回数（サンプル数）は、８回である。また、電波発信機Ｔｘを４サンプル目と５サンプル目と

の間でＸ軸方向に１０ｍｍ変位させている。更に、電波発信機Ｔｘにおける送信電力を２０ｍＷ、送信パルス長を１３０ｍｓとしている。その他、サンプリング周波数を２ＭＨｚとした。

[0087] 図５では、以下のような特性Ｃ１～Ｃ４、および理論特性C_{TV}を対比して示している。特性Ｃ１：平均化演算後の相対位相を用いた測位結果に係る特性であり、実線で示されている。特性Ｃ２～Ｃ４：各周波数単体での測位結果に係る特性であり、破線で示されている。理論特性C_{TV}：変位の真値に係る特性であり、点線で示されている。

[0088] 図５を参照すれば、９２７．５ＭＨｚの特性Ｃ３は、Ｘ軸方向での変位０ｍｍにあるサンプル数１からサンプル数４に至るまでの間、負の変位値を増大させた後、サンプル数５を超えると、正の変位値に移行している。また、９２２．５ＭＨｚの特性Ｃ４は、Ｘ軸方向での変位０ｍｍのサンプル数１からサンプル数２に至った時点で、Ｘ軸方向に沿った図示されない負の変位値に到達している。更に、９２５．１ＭＨｚの特性Ｃ２は、サンプル数２までは、Ｘ軸方向の正の変位値にあるが、サンプル数３で図示されないＸ軸方向の正の変位値に到達している。

[0089] 何れにしても、各周波数単体での測位結果によれば、特性Ｃ２、Ｃ３、Ｃ４では、ばらつきが大きくなっている。殊に、特性Ｃ２では、サンプル数３、特性Ｃ４では、サンプル数２に至った時点で、整数値バイアスを誤推定するサイクルスリップが発生している様子が判る。しかしながら、本実施の形態１のように、相対位相を複数周波数分、合成した後に観測位相差に基づいてシフトしてから測位演算を行うと、特性Ｃ１に示されるように、測位結果が真値の理論特性C_{TV}に近付き、測位精度が改善する。測位精度の改善には、相対位相を複数周波数分、合成する際、複数周波数のそれぞれにおける相対位相を平均化演算することが効果的である。即ち、実施の形態１に係る変位計測装置１０によれば、マルチパス環境でも計測変位の誤差を低減することができる。

[0090] 実施の形態２．

実施の形態２に係る変位計測装置は、基本構成上、図１の場合と同様であるが、細部の処理機能が相違する。

[0091] 図８は、本発明の実施の形態２に係る変位計測装置に備えられる電波受信機に含まれる相対位相合成部７０の細部構成を示したブロック図である。

[0092] 図８を参照すれば、ここでの相対位相合成部７０は、相関行列演算部７０ａ、相関行列平均部７０ｂ、最大固有ベクトル演算部７０ｃを備えて構成される。相関行列演算部７０ａは、受信アンテナ２（１）～２（Ｍ）毎の受信信号から複数周波数毎に相関行列を演算する。相関行列平均部７０ｂは、相関行列を複数周波数の間で平均化演算する。最大固有ベクトル演算部７０ｃは、相関行列平均部７０ｂで平均化した後の相関行列の最大固有値に対応する固有ベクトルから相対位相を算出して出力する。

[0093] 平均化演算後の相関行列は、下式（１８）のように表わされる。

[0094] [数18]

$$\bar{\mathbf{R}}_{\mathrm{xx}} = \left\langle \hat{\mathbf{R}}_{\mathrm{xx},f_k} \right\rangle_{k=1}^{K} \qquad (18)$$

[0095] また、平均化演算後の相関行列の最大固有値γの平均値、対応する固有ベクトルｑの平均値を用いると、平均化演算後の相関行列との関係は、下式（１９）のように表わされる。

[0096] [数19]

$$\bar{\mathbf{R}}_{\mathrm{xx}}\bar{\mathbf{q}} = \bar{\gamma}\bar{\mathbf{q}} \qquad (19)$$

[0097] これにより、実施の形態２に係る平均化演算後の相対位相φの平均値は、下式（２０）のように表わされる。

[0098] [数20]

$$\bar{\boldsymbol{\phi}} = \angle\bar{\mathbf{q}} \qquad (20)$$

[0099] 以降、平均化演算後の相対位相φの平均値を用いて、実施の形態１の場合と同様に測位演算を行う。

[0100] 図９は、実施の形態２に係る電波受信機の要部のＣＰＵ１０１による相関

行列演算から測位演算に至る動作処理を示したフローチャートである。

[0101] 図９を参照すれば、ＣＰＵ１０１は、まずステップＳ８１において、入力インターフェース１０５からＡ／Ｄ変換後の複数周波数の受信信号に係るデジタル信号を取得する。これにより、Ａ／Ｄ信号取得が行われる。

[0102] 次に、ＣＰＵ１０１は、相対位相合成部７０の相関行列演算部７０ａの機能により、ステップＳ８２において、取得した複数周波数f_1，・，f_Nのデジタル信号のそれぞれから相関行列を演算する。これにより、相関行列演算（f_1，・，f_N）が行われる。

[0103] 更に、ＣＰＵ１０１は、相対位相合成部７０の相関行列平均部７０ｂの機能により、ステップＳ８３において、複数周波数間で算出された相関行列を平均化演算する。これにより、相関行列平均化演算が行われる。

[0104] 引き続き、ＣＰＵ１０１は、相対位相合成部７０の最大固有ベクトル演算部７０ｃの機能により、ステップＳ８４において、平均化演算後の相関行列の最大固有値に対応する固有ベクトルを算出する。これにより、最大固有ベクトル演算が行われる。

[0105] この後は、ＣＰＵ１０１は、相対位相シフト部８の機能により、ステップＳ８５において、平均化演算によるオフセットずれ及び受信チャネル間の位相ずれをシフト処理によって補正する。これにより、相対位相シフトが行われる。

[0106] 最後に、ＣＰＵ１０１は、測位演算部８の機能により、ステップＳ８６において、シフト処理後の相対位相を用いて、特許文献１記載の手法等により測位演算を行う。

[0107] 以上に説明したように、本実施の形態２の手法によっても、測位誤差を低減することができる。因みに、先の実施の形態１に係る変位計測装置１０では、相対位相を平均するため、複数周波数で信号対雑音比が異なっていても、平均化時にその情報は考慮されない。これに対し、本実施の形態２では、複数周波数の振幅情報が含まれている相関行列を用いた平均化演算行うため、周波数毎の振幅に合わせた重み付き平均化を実行できるという効果が得ら

れる。

符号の説明

[0108] １（１）～１（Ｌ）　電波発信機、２（１）～２（Ｍ）　受信アンテナ、３（１）～３（Ｍ）　伝送用ケーブル、４（１）～４（Ｍ）　低雑音増幅器（ＬＮＡ）、５（１）～５（Ｍ）　周波数変換器（Ｄ／Ｃ）、６（１）～６（Ｍ）　Ａ／Ｄ変換器、７、７０　相対位相合成部、７ａ　相対位相演算部、７ｂ　相対位相平均部、８　相対位相シフト部、９　測位演算部、１０　変位計測装置、７０ａ　相関行列演算部、７０ｂ　相関行列平均部、７０ｃ　最大固有ベクトル演算部、１０１　ＣＰＵ、１０２　メモリ、１０３　補助記憶装置、１０４　表示装置、１０５　入力インターフェース。

請求の範囲

[請求項1] 計測点に設置される電波発信機と、固定点に設置される電波受信機と、を備えた変位計測装置であって、

前記電波発信機は、送信アンテナを介して複数周波数の電波を送信し、

前記電波受信機は、前記電波発信機の送信アンテナを介して、当該電波発信機から送信された前記複数周波数の電波の受信結果に基づいて、当該送信アンテナの測位値を演算し、

前記電波受信機は、

前記電波発信機から送信される前記複数周波数の電波の受信結果を示す受信信号を出力するＭ（但し、Ｍは２以上の正の整数とする）個の受信アンテナと、

前記Ｍ個の受信アンテナ間における相対位相を、前記複数周波数の分、合成する相対位相合成部と、

前記相対位相合成部で合成された相対位相を、前記Ｍ個の受信アンテナ間における観測位相差に基づいてシフトする相対位相シフト部と、

前記相対位相シフト部によるシフト後の相対位相に基づいて、前記送信アンテナの測位値を演算する測位演算部と、

を備える変位計測装置。

[請求項2] 前記相対位相合成部は、

前記相対位相を前記複数周波数のそれぞれについて演算する相対位相演算部と、

前記複数周波数のそれぞれにおける相対位相を平均化演算する相対位相平均部と、

を含む請求項１に記載の変位計測装置。

[請求項3] 前記相対位相合成部は、

前記Ｍ個の受信アンテナ毎の受信信号から相関行列を演算する相関

行列演算部と、

前記相関行列を前記複数周波数の間で平均化演算する相関行列平均部と、

前記相関行列平均部で平均化された後の相関行列の最大固有値に対応する固有ベクトルから、相対位相を算出する最大固有ベクトル演算部と、

を含む請求項１に記載の変位計測装置。

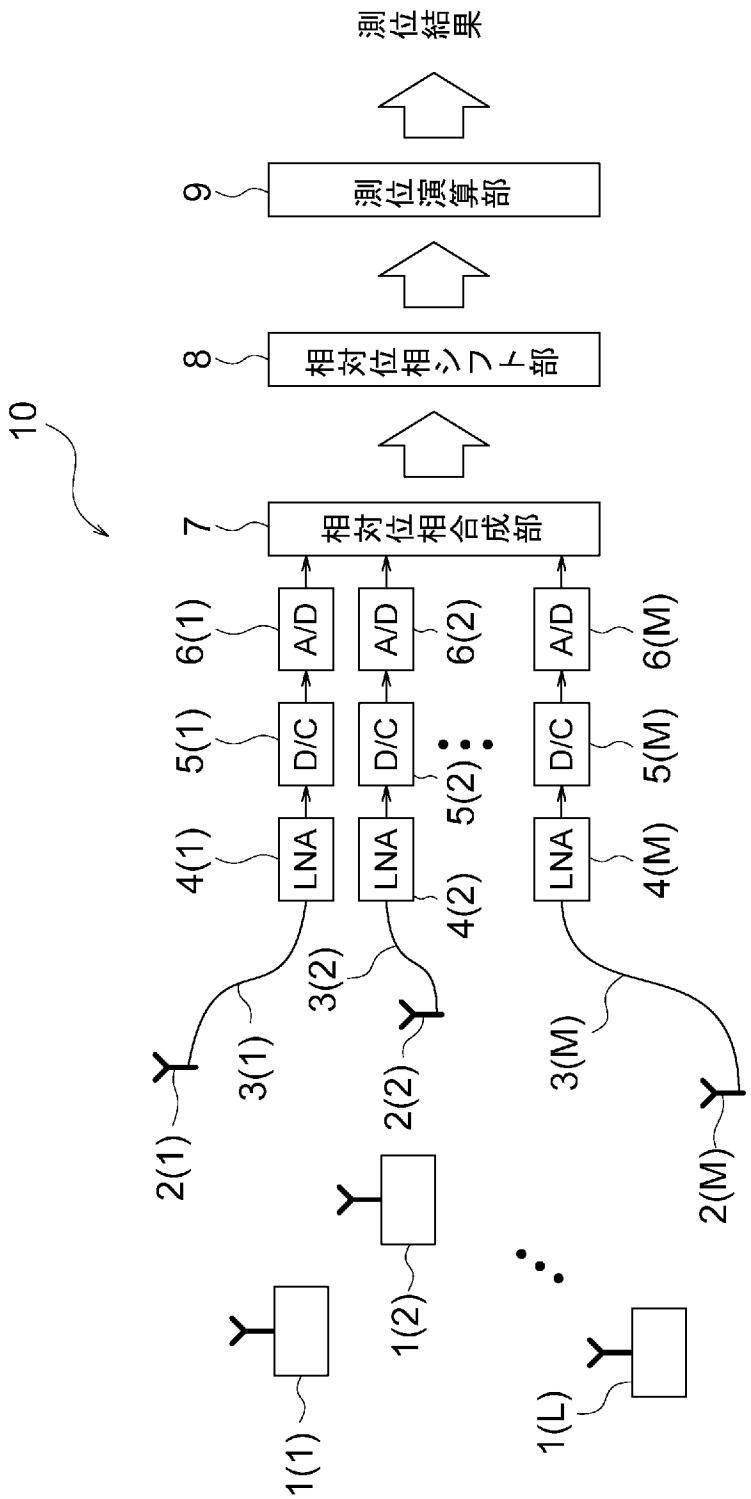
[請求項4] 前記相対位相シフト部は、前記相対位相平均部で平均化演算された後の相対位相を、前記電波発信機と前記Ｍ個の受信アンテナとの測位値より求めた相対位相の位置にシフトする

請求項２に記載の変位計測装置。

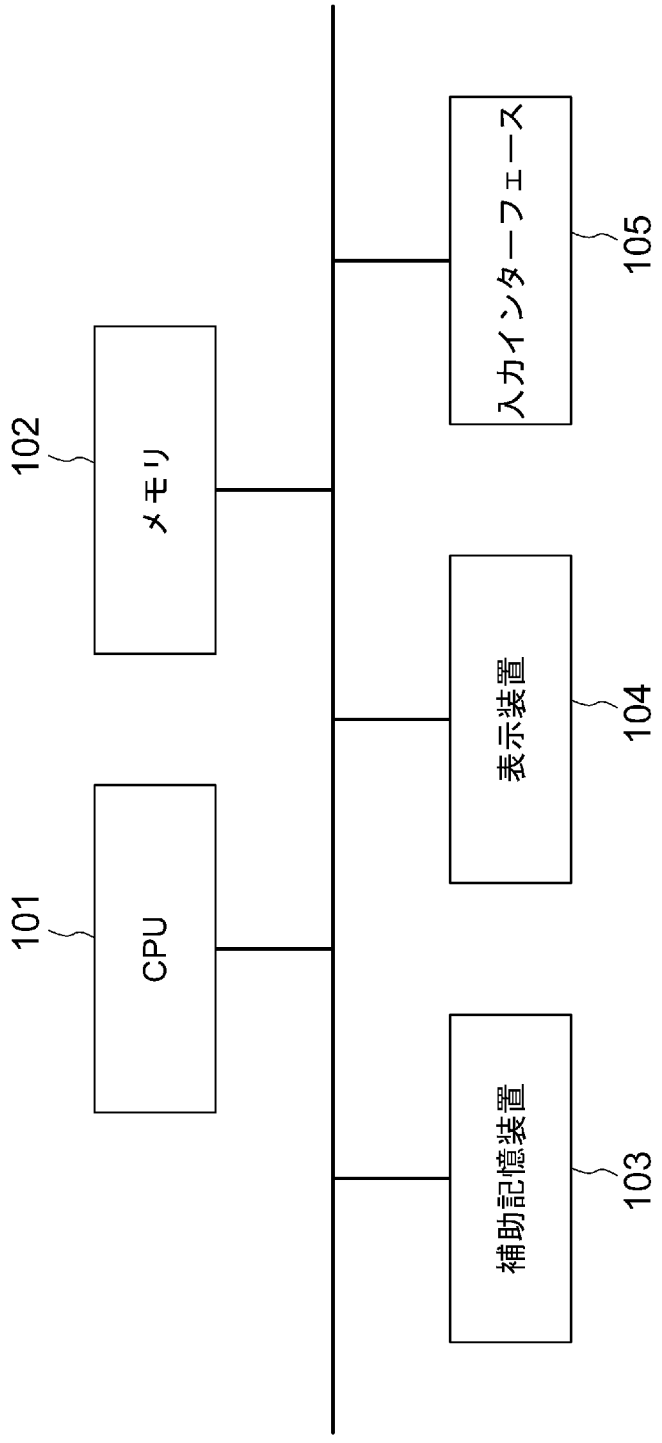
[請求項5] 前記相対位相シフト部は、前記相対位相平均部で平均化演算された後の相対位相を、基準周波数の相対位相の初期値へシフトする

請求項２に記載の変位計測装置。

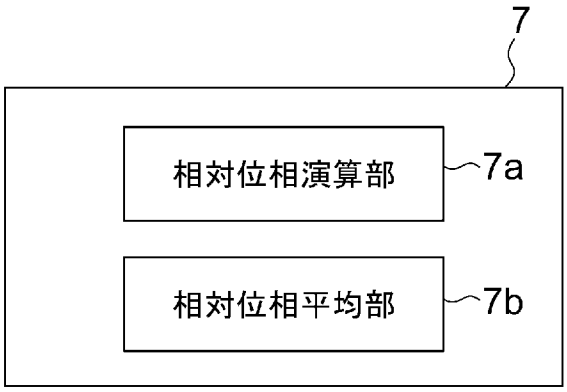
[図1]


測位結果
9
測位演算部
8
相対位相シフト部
10
7
相対位相合成部
6(1)
A/D
6(2)
A/D
6(M)
A/D
5(1)
D/C
5(2)
D/C
5(M)
D/C
4(1)
LNA
4(2)
LNA
4(M)
LNA
3(1)
3(2)
3(M)
2(1)
2(2)
2(M)
1(1)
1(2)
1(L)

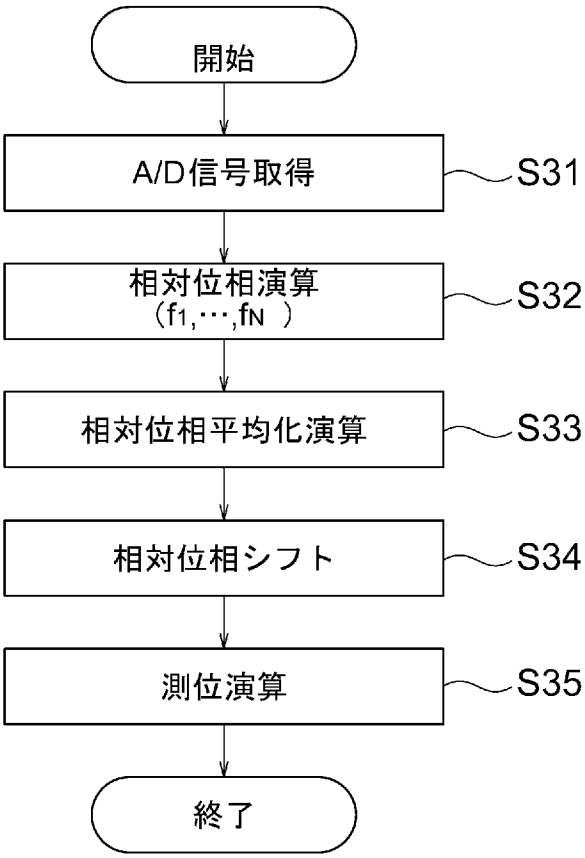
[図2]



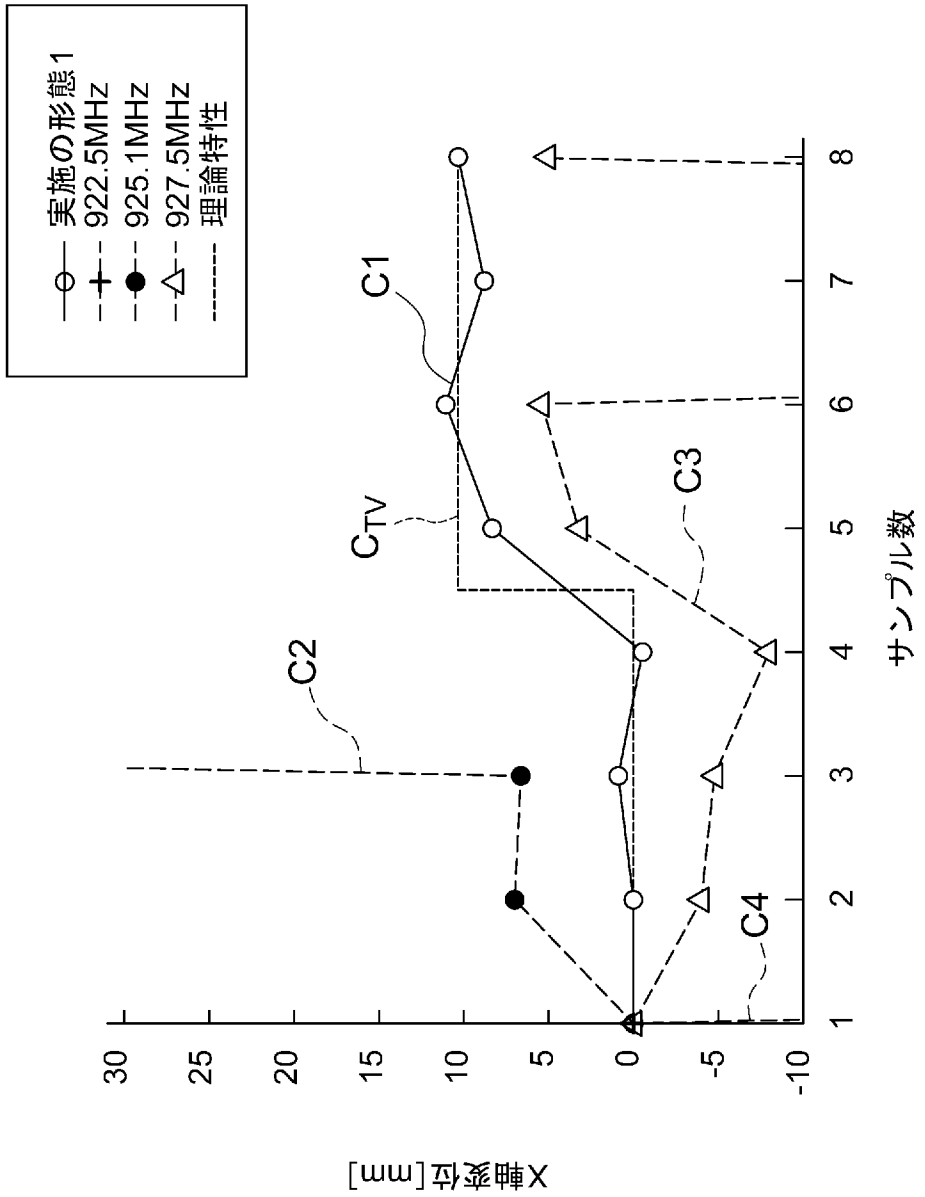
[図3]


7
相対位相演算部
7a
相対位相平均部
7b

[図4]


開始
A/D信号取得
S31
相対位相演算
(f1,⋯,fN)
S32
相対位相平均化演算
S33
相対位相シフト
S34
測位演算
S35
終了

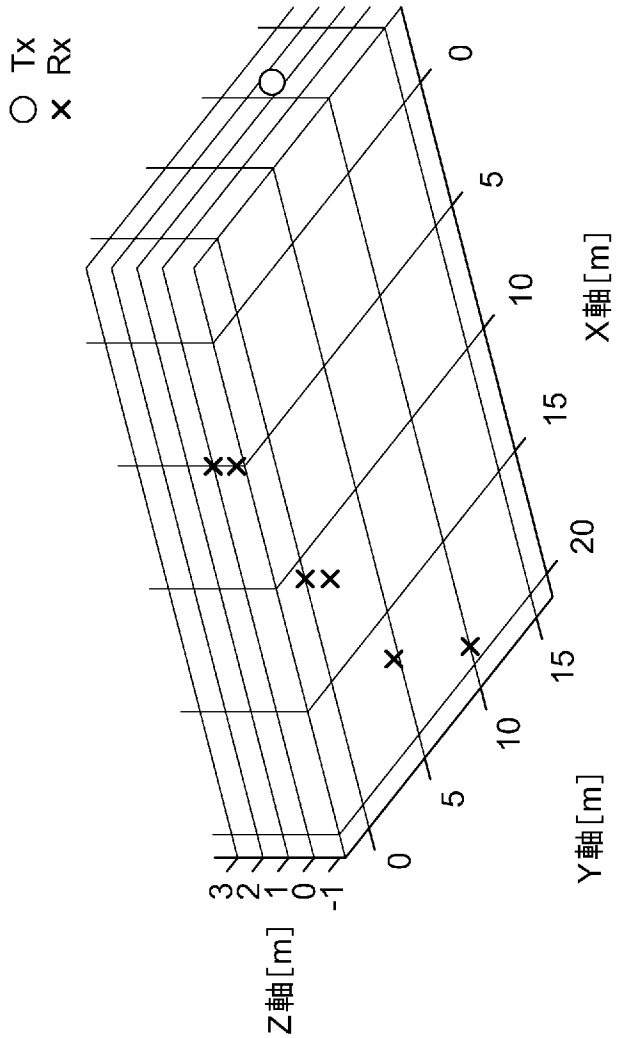
[図5]


実施の形態1
922.5MHz
925.1MHz
927.5MHz
理論特性
C1
C2
C3
C4
C_{TV}
30
25
20
15
10
5
0
-5
-10
1
2
3
4
5
6
7
8
X軸変位[mm]
サンプル数

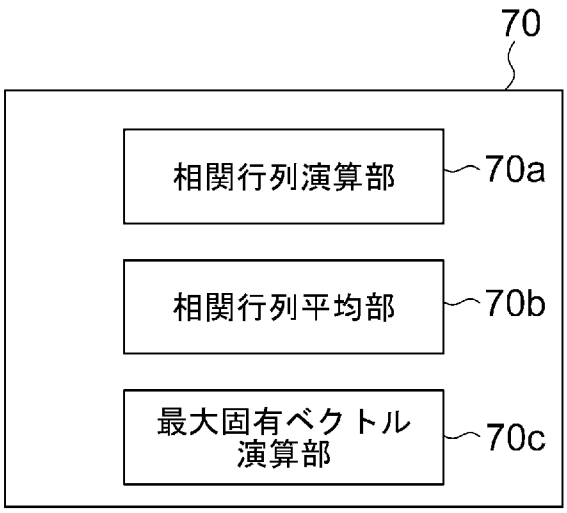
[図6]

電波発信機数	1
受信アンテナ数	6
送信周波数	922.5MHz 925.1MHz 927.5MHz
測位回数	8回
電波発信機変位諸元	4サンプル目と5サンプル目の間に X軸に沿って10mm変位
電波発信機送信電力	20mW
電波発信機送信パルス長	130ms
サンプリング周波数	2MHz

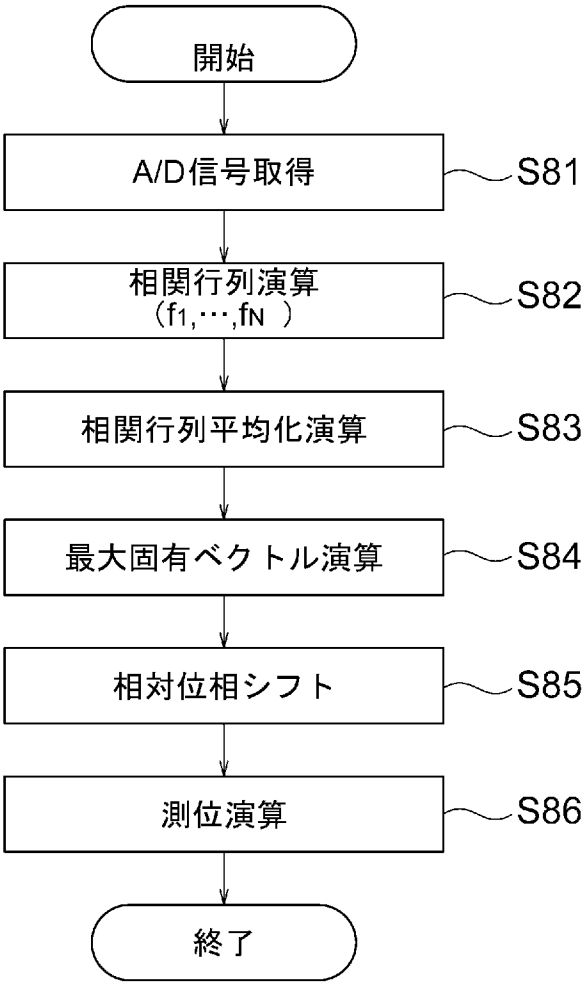
[図7]


○ Tx
× Rx
0
5
10
15
20
X軸[m]
0
5
10
15
Y軸[m]
3
2
1
0
-1
Z軸[m]

[図8]


70
相関行列演算部
70a
相関行列平均部
70b
最大固有ベクトル
演算部
70c

[図9]


開始
A/D信号取得
S81
相関行列演算
(f1,⋯,fN)
S82
相関行列平均化演算
S83
最大固有ベクトル演算
S84
相対位相シフト
S85
測位演算
S86
終了

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/016485

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. G01S5/06(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int. Cl. G01S5/00-5/14, 7/00-7/42, 13/00-13/95

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018
Registered utility model specifications of Japan 1996-2018
Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-53023 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 12 March 2009, entire text, all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 3602403 B2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 15 December 2004, entire text, all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2015-201783 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 12 November 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2007-24642 A (NTT DOCOMO INC.) 01 February 2007, entire text, all drawings (Family: none)	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
02.07.2018	10.07.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０１６４８５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01S5/06(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01S5/00-5/14, 7/00-7/42, 13/00-13/95

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580（JDreamIII）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2009-53023 A（三菱電機株式会社）2009.03.12, 全文、全図（ファミリーなし）	1-5
A	JP 3602403 B2（三菱電機株式会社）2004.12.15, 全文、全図（ファミリーなし）	1-5
A	JP 2015-201783 A（住友電気工業株式会社）2015.11.12, 全文、全図（ファミリーなし）	1-5

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０２．０７．２０１８	１０．０７．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｓ　３８０８
大▲瀬▼　裕久
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２１６

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2007-24642 A (株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ) 2007.02.01, 全文、全図（ファミリーなし）	1-5