

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6750107号
(P6750107)

(45) 発行日 令和2年9月2日(2020.9.2)

(24) 登録日 令和2年8月14日(2020.8.14)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 S 19/44 (2010.01) GO 1 S 19/44
GO 1 S 19/53 (2010.01) GO 1 S 19/53

請求項の数 14 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2019-515167 (P2019-515167)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成30年3月27日 (2018. 3. 27)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/JP2018/012369</p> <p>(87) 国際公開番号 W02018/198641</p> <p>(87) 国際公開日 平成30年11月1日 (2018. 11. 1)</p> <p>審査請求日 令和1年10月11日 (2019. 10. 11)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願2017-89603 (P2017-89603)</p> <p>(32) 優先日 平成29年4月28日 (2017. 4. 28)</p> <p>(33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国 (JP)</p>	<p>(73) 特許権者 000166247 古野電気株式会社 兵庫県西宮市芦原町9番52号</p> <p>(72) 発明者 戸田 裕行 兵庫県西宮市芦原町9番52号 古野電気株式会社内</p> <p>(72) 発明者 藤澤 奈緒美 兵庫県西宮市芦原町9番52号 古野電気株式会社内</p> <p>(72) 発明者 中村 拓 兵庫県西宮市芦原町9番52号 古野電気株式会社内</p> <p>審査官 渡辺 慶人</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 測位装置、測位システム、測位方法、および、測位プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1局の複数のアンテナで得られる搬送波位相と、前記第1局とは別に設けられた第2局の1以上のアンテナで得られる搬送波位相と、の搬送波位相差を用いて、前記第1局の姿勢情報を用いることなく、前記第2局に対する相対位置である特定位置のフロート解を算出するフロート解演算部と、

前記第1局の前記姿勢情報を取得する姿勢情報取得部と、

前記特定位置のフロート解と、前記第1局の姿勢情報とを用いて、前記搬送波位相の整数値バイアスを決定する整数値バイアス決定部と、

を備える、測位装置。

10

【請求項 2】

第1局の複数のアンテナで得られる搬送波位相を用いて、前記第1局の姿勢情報を用いることなく、前記第1局の絶対位置である特定位置のフロート解を算出するフロート解演算部と、

前記第1局の前記姿勢情報を取得する姿勢情報取得部と、

前記特定位置のフロート解と、前記第1局の姿勢情報とを用いて、前記搬送波位相の整数値バイアスを決定する整数値バイアス決定部と、

を備える、測位装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の測位装置であって、

20

前記特定位置のフロート解と、前記整数値バイアスと、を用いて、前記特定位置のフィックス解を算出する相対測位演算部を、備える、
測位装置。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の測位装置であって、
前記特定位置のフロート解と、前記整数値バイアスと、を用いて、前記特定位置のフィックス解を算出する単独測位演算部を、備える、
測位装置。

【請求項 5】

請求項 1 または請求項 3 に記載の測位装置であって、
前記第 1 局は、
前記第 2 局で得られる搬送波位相を含む第 2 局データを取得する取得部と、
前記フロート解演算部と、
前記整数値バイアス決定部と、を備える、
測位装置。

10

【請求項 6】

請求項 1、請求項 3、または、請求項 5 に記載の測位装置であって、
前記第 2 局には、複数のアンテナが配置されており、
前記フロート解演算部は、
前記第 2 局の複数のアンテナでそれぞれに得られる搬送波位相と、前記第 1 局の複数の
アンテナでそれぞれに得られる搬送波位相との搬送波位相差を用いて、前記フロート解を
演算する、
測位装置。

20

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかに記載の測位装置であって、
前記姿勢情報取得部は、
前記第 1 局で得られる前記複数のアンテナ毎の搬送波位相、前記第 1 局に配置された慣
性センサの出力、または、前記第 1 局に配置された地磁気センサを用いて、前記姿勢情報
を算出する、
測位装置。

30

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれかに記載の測位装置であって、
フロート解演算部は、
前記第 1 局の特定位置とともに、前記整数値バイアスのフロート解も算出する、
測位装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかに記載の測位装置であって、
前記第 1 局の特定位置は、前記第 1 局の前記複数のアンテナの位置と異なる位置であり
、前記第 1 局の前記複数のアンテナの位置の加重平均によって算出される位置である、
測位装置。

40

【請求項 10】

請求項 1 に記載の測位装置の構成を含み、
前記第 1 局は移動局であり、
前記第 2 局は基準局である、
測位システム

【請求項 11】

第 1 局の複数のアンテナで得られる搬送波位相と、前記第 1 局とは別に設けられた第 2
局の 1 以上のアンテナで得られる搬送波位相と、の搬送波位相差を用いて、前記第 1 局の
姿勢情報を用いることなく、前記第 2 局に対する相対位置である特定位置のフロート解を
算出し、

50

前記第 1 局の前記姿勢情報を取得し、
 前記特定位置のフロート解と、前記第 1 局の姿勢情報とを用いて、前記搬送波位相の整数値バイアスを決定する、
 測位方法。

【請求項 1 2】

第 1 局の複数のアンテナで得られる搬送波位相を用いて、前記第 1 局の姿勢情報を用いることなく、前記第 1 局の絶対位置である特定位置のフロート解を算出し、
 前記第 1 局の前記姿勢情報を取得し、
 前記特定位置のフロート解と、前記第 1 局の姿勢情報とを用いて、前記搬送波位相の整数値バイアスを決定する、
 測位方法。

10

【請求項 1 3】

第 1 局の複数のアンテナで得られる搬送波位相と、前記第 1 局とは別に設けられた第 2 局の 1 以上のアンテナで得られる搬送波位相と、の搬送波位相差を用いて、前記第 1 局の姿勢情報を用いることなく、前記第 2 局に対する相対位置である特定位置のフロート解を算出し、

前記第 1 局の前記姿勢情報を取得し、
 前記特定位置のフロート解と、前記第 1 局の姿勢情報とを用いて、前記搬送波位相の整数値バイアスを決定する、

処理を、演算処理装置に実行させる測位プログラム。

20

【請求項 1 4】

第 1 局の複数のアンテナで得られる搬送波位相を用いて、前記第 1 局の姿勢情報を用いることなく、前記第 1 局の絶対位置である特定位置のフロート解を算出し、

前記第 1 局の前記姿勢情報を取得し、

前記特定位置のフロート解と、前記第 1 局の姿勢情報とを用いて、前記搬送波位相の整数値バイアスを決定する、

処理を、演算処理装置に実行させる測位プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、測位信号の搬送波位相を用いて測位を行う測位装置、測位システム、測位方法、および、測位プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、相対測位は、高精度な測位方法として利用されている。相対測位は、複数のアンテナでそれぞれに受信した測位信号の搬送波位相差を用いて測位を行う。このような相対測位の一種として、RTK（リアルタイム・キネマティック）が実用化されている。

【0003】

一般的には、RTKでは、基地局と移動局でそれぞれにアンテナは 1 個であるが、特許文献 1 および特許文献 2 には、RTKにおいて、複数のアンテナを用いることが記載されている。

40

【0004】

特許文献 1、2 の相対測位装置は、基準局に少なくとも 2 個以上のアンテナ（基準局アンテナ）を配置し、移動局に少なくとも 3 個以上のアンテナ（移動局アンテナ）を配置している。特許文献 1、2 の相対測位装置は、各基準局アンテナに対する各移動局アンテナの位置を用いて、特定の移動局アンテナの位置または移動局の位置を測位している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】米国特許第 8 1 2 0 5 2 7 号明細書

50

【特許文献2】米国特許第9035826号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1、2に記載された複数の基準局アンテナおよび複数の移動局アンテナを用いる方法では、搬送波位相差による相対測位演算に必須の初期の整数値バイアスの決定に時間が掛かってしまうことがある。初期の整数値バイアスの決定に時間が掛かると、測位に時間が掛かってしまう。

【0007】

したがって、本発明の目的は、整数値バイアスの決定を高速に行うことである。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の測位装置は、フロート解演算部、姿勢情報取得部、および、整数値バイアス決定部を備える。フロート解演算部は、第1局の複数のアンテナで得られる搬送波位相と、第1局とは別に設けられた第2局の1以上のアンテナで得られる搬送波位相と、の搬送波位相差を用いて、第1局の姿勢情報を用いることなく、第2局に対する相対位置である特定位置のフロート解を算出する。姿勢情報取得部は、第1局の姿勢情報を取得する。整数値バイアス決定部は、特定位置のフロート解と、第1局の姿勢情報とを用いて、搬送波位相の整数値バイアスを決定する。

【0009】

20

また、本発明の測位装置は、フロート解演算部、姿勢情報取得部、および、整数値バイアス決定部を備える。フロート解演算部は、第1局の複数のアンテナで得られる搬送波位相を用いて、第1局の姿勢情報を用いることなく、第1局の絶対位置である特定位置のフロート解を算出する。姿勢情報取得部は、第1局の姿勢情報を取得する。整数値バイアス決定部は、特定位置のフロート解と、第1局の姿勢情報とを用いて、搬送波位相の整数値バイアスを決定する。

【0010】

これらの構成では、第1局の複数のアンテナの相対位置関係、すなわち、第1局の姿勢角が分からない状態であっても、フロート解が算出される。ここで、フロート解の算出において、搬送波位相差が整数であるという特性は必要が無い。したがって、相対位置関係が分からなくても、より収束したフロート解は得られる。

30

【発明の効果】

【0011】

この発明によれば、初期の整数値バイアスを高速に決定でき、搬送波位相差を用いた相対測位を高速化できる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】(A)は、本発明の第1の実施形態に係る相対測位装置の機能ブロック図であり、(B)は、(A)に示す演算部の機能ブロック図である。

【図2】(A)は、本発明の第1の実施形態に係る相対測位装置を含む相対測位システムにおける複数のアンテナと複数の測位衛星との位置関係の一例を示す図であり、(B)は、本発明の第1の実施形態に係る相対測位装置を含む相対測位システムにおける基線ベクトルを示す図である。

40

【図3】本発明の第1の実施形態に係る相対測位の処理を示すフローチャートである。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る相対測位における整数値バイアスの決定処理を示すフローチャートである。

【図5】本発明の第1の実施形態に係る相対測位におけるフロート解の算出処理を示すフローチャートである。

【図6】本発明の第1の実施形態に係る相対測位における整数値バイアスの決定処理を示すフローチャートである。

50

【図7】本発明の第1の実施形態に係る整数値バイアスの決定処理のさらに具体的な処理を示すフローチャートである。

【図8】本発明の第2の実施形態に係る相対測位の処理を示すフローチャートである。

【図9】(A)は、本発明の第3の実施形態に係る相対測位装置の第1態様の機能ブロック図であり、(B)は、本発明の第3の実施形態に係る相対測位装置の第2態様の機能ブロック図である。

【図10】本発明の実施形態に係る相対測位システムにおけるアンテナの配置に対する他の態様例を示す図である。

【図11】(A)は、本発明の第3の実施形態に係る相対測位装置の機能ブロック図であり、(B)は、(A)に示す演算部の機能ブロック図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明の第1の実施形態に係る相対測位装置、相対測位システム、相対測位方法、および、相対測位プログラムについて、図を参照して説明する。図1(A)は、本発明の第1の実施形態に係る相対測位装置の機能ブロック図である。図1(B)は、図1(A)に示す演算部の機能ブロック図である。図2(A)は、本発明の第1の実施形態に係る相対測位装置を含む相対測位システムにおける複数のアンテナと複数の測位衛星との位置関係の一例を示す図である。なお、図2(A)では、測位衛星SV2に対する搬送波位相を示す点線は、図示を省略している。図2(B)は、本発明の第1の実施形態に係る相対測位装置を含む相対測位システムにおける基線ベクトルを示す図である。

20

【0014】

図1(A)に示すように、測位装置10は、測位用のアンテナ21、22、受信部31、32、無線通信用のアンテナ40、通信部41、観測値生成部50、および、演算部60を備える。図1(B)に示すように、演算部60は、フロート解演算部61、整数値バイアス決定部62、および、相対測位演算部63を備える。受信部31、32、通信部41、観測値生成部50、および、演算部60は、それぞれ個別のハードウェアと、当該ハードウェアによって実行される各部の処理プログラムとによって実現されている。

【0015】

測位装置10は、相対測位システムの移動局として用いられる。当該相対測位システムは、移動局とは別に基地局を備える。移動局が本発明の「第1局」であり、基地局が本発明の「第2局」である。そして、相対測位システムには、例えば、RTK(リアルタイム・キネマティック)方式が採用され、測位装置10は、このRTK方式を用いて、相対測位を実行する。

30

【0016】

図2(A)、図2(B)に示すように、測位用のアンテナ21、22は、所定の位置関係で配置されている。測位用のアンテナ21は、測位衛星SV1、SV2からの測位信号を受波し、受信部31に出力する。測位用のアンテナ22は、測位衛星SV1、SV2からの測位信号を受信し、受信部32に出力する。測位用のアンテナ21、22は、測位衛星SV1、SV2を含む複数の測位衛星からの測位信号を受信している。この際、測位用のアンテナ21、22は、少なくとも4個の共通の測位衛星からの測位信号を受信していればよい。なお、基地局には、測位用のアンテナ90が備えられている。基地局の測位用のアンテナ90も、測位用のアンテナ21、22と共通で、少なくとも4個の測位衛星からの測位信号を受信している。

40

【0017】

受信部31は、アンテナ21で受信した複数の測位信号の搬送波位相をそれぞれに検出し、観測値生成部50に出力する。この際、受信部31は、アンテナ21で受信した複数の測位信号のそれぞれのコード擬似距離を検出し、搬送波位相とともに出力する。さらに、受信部31は、これらのコード擬似距離を用いて算出された単独測位結果(位置座標)を、搬送波位相とともに出力する。なお、受信部31は、コード擬似距離の検出と単独測位結果の算出のいずれか一方を出力してもよい。

50

【 0 0 1 8 】

受信部 3 2 は、アンテナ 2 2 で受信した複数の測位信号の搬送波位相をそれぞれに検出し、観測値生成部 5 0 に出力する。この際、受信部 3 2 は、アンテナ 2 2 で受信した複数の測位信号のそれぞれのコード擬似距離を検出し、搬送波位相とともに出力する。さらに、受信部 3 2 は、これらのコード擬似距離を用いて算出された単独測位結果（位置座標）を、搬送波位相とともに出力する。なお、受信部 3 2 は、コード擬似距離の検出と単独測位結果の算出のいずれか一方を出力してもよい。

【 0 0 1 9 】

無線通信用のアンテナ 4 0 は、基地局からの測位用データ信号を受信する。測位用データ信号には、基地局のアンテナ 9 0 における搬送波位相および位置座標が含まれている。10
なお、基地局が移動可能な局であれば、位置座標は、基地局における単独測位結果を用いればよい。

【 0 0 2 0 】

通信部 4 1 は、無線通信用のアンテナ 4 0 で受信した測位用データ信号を復調して、基地局のアンテナ 9 0 における搬送波位相および位置座標を、観測値生成部 5 0 に出力する。

【 0 0 2 1 】

観測値生成部 5 0 は、測位情報算出部 5 1 と姿勢情報取得部 5 2 とを備える。

【 0 0 2 2 】

測位情報算出部 5 1 は、アンテナ 2 1 の搬送波位相と、アンテナ 9 0 の搬送波位相とを用いて、測位衛星の組毎に、アンテナ 2 1 とアンテナ 3 0 との組に対応する二重位相差を算出する。すなわち、測位情報算出部 5 1 は、図 2 (A)、図 2 (B) に示す、アンテナ 9 0 の中心点 9 0 0 を始点としてアンテナ 2 1 を終点とする基線ベクトル $b b 0 1$ に対応する二重位相差を算出する。また、測位情報算出部 5 1 は、アンテナ 2 2 の搬送波位相と、アンテナ 9 0 の搬送波位相とを用いて、測位衛星の組毎に、アンテナ 2 2 とアンテナ 3 0 との組に対応する二重位相差を算出する。すなわち、測位情報算出部 5 1 は、図 2 (A)、図 2 (B) に示す、アンテナ 9 0 の中心点 9 0 0 を始点としてアンテナ 2 2 を終点とする基線ベクトル $b b 0 2$ に対応する二重位相差を算出する。測位情報算出部 5 1 は、これらの二重位相差を、演算部 6 0 に出力する。20

【 0 0 2 3 】

また、姿勢情報取得部 5 2 は、アンテナ 2 1、2 2 の搬送波位相差を用いて、アンテナ 2 1 とアンテナ 2 2 との相対位置関係すなわち姿勢角を、既知の方法を用いて算出する。姿勢情報取得部 5 2 は、姿勢角を演算部 6 0 に出力する。30

【 0 0 2 4 】

ここで、姿勢角の算出は、演算が二重位相差の算出よりも複雑であり、二重位相差の算出と比較して、時間が係る。したがって、あるタイミングの搬送波位相から姿勢角を算出して出力するタイミングは、同タイミングの搬送波位相から二重位相差を算出して出力するタイミングよりも遅くなる。

【 0 0 2 5 】

観測値生成部 5 0 は、二重位相差と姿勢角のそれぞれに対して、元となる搬送波位相の受信タイミングが分かる情報を関連付けして、演算部 6 0 に出力する。また、観測値生成部 5 0 は、この元となる搬送波位相の受信タイミングが分かる情報に関連付けして、上記のアンテナ 2 1 の単独測位結果およびアンテナ 2 2 の単独測位結果を、演算部 6 0 に出力する。40

【 0 0 2 6 】

演算部 6 0 は、アンテナ 2 1 とアンテナ 9 0 とに対する二重位相差、アンテナ 2 2 とアンテナ 9 0 とに対する二重位相差、アンテナ 2 1、2 2 の単独測位結果、および、アンテナ 2 1 とアンテナ 2 2 との姿勢角を用いて、アンテナ装置 2 0 の特定位置 2 0 0 に対する相対測位演算を実行する。特定位置 2 0 0 とは、アンテナ装置 2 0 を平面視して、アンテナ 2 1 の位置とアンテナ 2 2 の位置との中点位置である。なお、特定位置 2 0 0 は、こ50

れに限らず、アンテナ装置 20 における、アンテナ 21 の位置のアンテナ 22 の位置との加重平均によって算出可能な位置であればよい。

【0027】

より具体的には、図 1 (B) に示すように、演算部 60 のフロート解演算部 61 は、アンテナ 21 とアンテナ 90 とに対する二重位相差、アンテナ 22 とアンテナ 90 とに対する搬送波位相の二重位相差、および、アンテナ 21、22 の単独測位結果を用いて、特定位置 200 の位置座標および整数値バイアスのフロート解を算出する。

【0028】

アンテナ 90 とアンテナ 21 とに対する二重位相差を、 ϕ_{91} とし、アンテナ 90 とアンテナ 22 とに対する二重位相差を、 ϕ_{92} とする。また、単独測位によるアンテナ 21 の位置を b_1 とし、単独測位によるアンテナ 22 の位置を b_2 とする。なお、この位置 b_1 、 b_2 は、それぞれにアンテナ 90 の中心点 900 を基準点とした相対位置である。また、方向余弦差行列を H とする。方向余弦差行列 H は、単独測位によるアンテナ 21、22 の位置、アンテナ 90 の位置、および、測位衛星 SV_1 、 SV_2 の位置によって既知の方法で算出される。なお、アンテナ 21 に対する方向余弦差行列とアンテナ 22 に対する方向余弦差行列は、アンテナ 90 とアンテナ 21、22 との距離が、アンテナ 90 およびアンテナ 21、22 と測位衛星 SV_1 、 SV_2 との距離と比較して十分に短いので、同じ行列で設定可能である。

【0029】

この場合、アンテナ 90 とアンテナ 21 とを結ぶ基線ベクトル b_{b01} に対して、以下の関係式が成り立つ。

【0030】

$$\phi_{91} = H \cdot b_1 + N_1 - (\text{式 1})$$

(式 1) において、 λ は搬送波の波長であり、 N_1 は、基線ベクトル b_{b01} に対する整数値バイアス、すなわち、アンテナ 90 とアンテナ 21 との組に対する整数値バイアスである。

【0031】

同様に、アンテナ 90 とアンテナ 22 とを結ぶ基線ベクトル b_{b02} に対して、以下の関係式が成り立つ。

【0032】

$$\phi_{92} = H \cdot b_2 + N_2 - (\text{式 2})$$

(式 2) のにおいて、 λ は搬送波の波長であり、 N_2 は、基線ベクトル b_{b02} に対する整数値バイアス、すなわち、アンテナ 90 とアンテナ 22 との組に対する整数値バイアスである。

【0033】

ここで、上述のように、アンテナ装置 20 の特定位置 200 は、アンテナ 21 の位置とアンテナ 22 の位置の midpoint である。したがって、アンテナ 90 の中心点 900 を基準にした特定位置 200 の位置 b_0 は、次式で定義される。

【0034】

$$b_0 = (b_1 + b_2) / 2 - (\text{式 3})$$

また、アンテナ 90 の中心点 900 とアンテナ装置 20 の特定位置 200 とを結ぶ基線ベクトル b_{b0} に対する整数値バイアス a_0 は、次式で定義される。

【0035】

$$a_0 = (N_1 + N_2) / 2 - (\text{式 4})$$

したがって、(式 1)、(式 2)、(式 3)、(式 4) から、次式が成り立つ。

【0036】

$$(\phi_{91} + \phi_{92}) / 2 = H \cdot b_0 + a_0 - (\text{式 5})$$

この式にカルマンフィルタを適用することによって、特定位置 200 の位置 b_0 のフロート解、および、整数値バイアス a_0 のフロート解が推定算出される。なお、推定手法は、カルマンフィルタに限るものではなく、他の推定手法を用いてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

ここで、整数値バイアス a_0 のフロート解は、整数であるという制限を受けない。したがって、アンテナ 2 1 とアンテナ 2 2 との相対位置関係、すなわち、姿勢角が分かっているなくても、各フロート解（特定位置 2 0 0 の位置 b_0 のフロート解、および、整数値バイアス a_0 のフロート解）を、より确实且つ正確な値に収束させることができる。そして、姿勢角を必要としないので、フロート解の推定算出が高速になる。

【 0 0 3 8 】

演算部 6 0 の整数値バイアス決定部 6 2 は、姿勢情報取得部 5 2 からの姿勢角と、上述のフロート解 b_0 と、各二重位相差 θ_{91} 、 θ_{92} と、を用いて、整数値バイアス N_1 、 N_2 とを決定する。

10

【 0 0 3 9 】

ボディ座標系におけるアンテナ 2 1 を基準としたアンテナ 2 2 の相対位置を L_b とし、航法座標系におけるアンテナ 2 1 を基準としたアンテナ 2 2 の相対位置を L_n とする。また、ボディ座標系から航法座標系への座標変換行列を C_{nb} とする。

【 0 0 4 0 】

この場合、次式が成り立つ。

【 0 0 4 1 】

$$L_n = C_{nb} \cdot L_b \quad - \text{(式 6)}$$

(式 1)、(式 6) より、次式が成り立つ。

【 0 0 4 2 】

$$\theta_{91} = H \cdot (b_0 - L_n / 2) + \theta_{91} + N_1 \quad - \text{(式 7)}$$

N_1 は、アンテナ 9 0 とアンテナ 2 1 との組に対する整数バイアスである。

20

【 0 0 4 3 】

(式 7) を変形すると、(式 8) となる。

【 0 0 4 4 】

$$\theta_{91} + H \cdot L_n / 2 = H \cdot b_0 + \theta_{91} + N_1 \quad - \text{(式 8)}$$

また、(式 2)、(式 6) より、次式が成り立つ。

【 0 0 4 5 】

$$\theta_{92} = H \cdot (b_0 + L_n / 2) + \theta_{92} + N_2 \quad - \text{(式 9)}$$

N_2 は、アンテナ 9 0 とアンテナ 2 2 との組に対する整数バイアスである。

30

【 0 0 4 6 】

(式 9) を変形すると、(式 10) となる。

【 0 0 4 7 】

$$\theta_{92} - H \cdot L_n / 2 = H \cdot b_0 + \theta_{92} + N_2 \quad - \text{(式 10)}$$

演算部 6 0 の整数値バイアス決定部 6 2 は、(式 8)、(式 10) に対して $LAMBDA$ 法を用いて、既知の方法によって、整数値バイアス N_1 、 N_2 を決定する。すなわち、演算部 6 0 の整数値バイアス決定部 6 2 は、整数値バイアス N_1 、 N_2 のフィックス解を算出する。なお、演算部 6 0 の整数値バイアス決定部 6 2 は、上述(式 6) では姿勢角を取得することでボディ座標系の相対位置 L_b から航法座標系の相対位置 L_n を計算しているが、姿勢角を用いずに、搬送波位相差から得られる航法座標系の相対位置 L_n を用いてもよい。

40

【 0 0 4 8 】

そして、演算部 6 0 の相対測位演算部 6 3 は、この整数値バイアス N_1 、 N_2 と、上記姿勢角に基づくアンテナ 2 1、2 2 と特定位置 2 0 0 との上述の相対位置関係を用いて、特定位置 2 0 0 のフィックス解を算出する。

【 0 0 4 9 】

このように、本実施形態の構成および処理を用いることによって、整数値バイアスの決定を高速化でき、整数値バイアスを确实且つ正確に決定できる。特に、本実施形態の構成では、整数値バイアスの決定が必要な測位位置がアンテナの位置と異なっているにもかかわらず、整数値バイアスの決定を高速化でき、整数値バイアスを确实且つ正確に決定できる。すなわち

50

、従来の場合、フロート解の算出にも、整数値バイアスが整数であるという制限が必要であった。この場合、フロート解の算出前に姿勢角を算出しなければならず、演算に時間のかかる姿勢角の算出を待つ分、フロート解の算出時間が遅くなり、ひいては整数値バイアスの決定時間が遅くなった。しかしながら、本実施形態の構成および処理では、フロート解の算出時に姿勢角が分かっているなくても、フロート解を算出でき、フロート解の算出、および、整数値バイアスの決定を高速化できる。

【 0 0 5 0 】

なお、上述の説明では、整数値バイアスの決定および相対測位演算の各処理を、それぞれ個別の機能部で実行する態様を示した。しかしながら、上述の整数値バイアスの決定および相対測位演算の各処理をプログラム化して記憶しておき、演算処理装置で当該プログラムを読み出して実行してもよい。この場合は、演算処理装置は、二重位相差が入力される毎に、次の各フローに示す処理を実行する。

【 0 0 5 1 】

図 3 は、本発明の第 1 の実施形態に係る相対測位の処理を示すフローチャートである。

【 0 0 5 2 】

図 3 に示すように、まず、演算処理装置は、上述の二重位相差等の観測値を取得する (S 1 0 1)。演算処理装置は、整数値バイアスが既に決定されていれば (S 1 0 2 : Y E S)、当該整数値バイアスを用いて、アンテナ装置 2 0 の特定位置 2 0 0 の相対測位、すなわち、特定位置 2 0 0 のフィックス解を算出する (S 1 0 4)。

【 0 0 5 3 】

一方、演算処理装置は、初期の整数値バイアスの決定等のように、整数値バイアスが決まっていなければ (S 1 0 2 : N O)、整数値バイアスの決定処理を実行する (S 1 0 3)。そして、演算処理装置は、決定した整数値バイアスを用いて、特定位置 2 0 0 のフィックス解を算出する (S 1 0 4)。

【 0 0 5 4 】

次に、図 3 の整数値バイアスの決定処理について説明する。図 4 は、本発明の第 1 の実施形態に係る相対測位における整数値バイアスの決定処理を示すフローチャートである。

【 0 0 5 5 】

図 4 に示すように、演算処理装置は、上述のように、姿勢角を用いずにフロート解を算出する (S 2 0 1)。演算処理装置は、姿勢角を算出する (S 2 0 2)。演算処理装置は、当該姿勢角を用いて、上述のように、整数値バイアスを決定する (S 2 0 3)。なお、演算処理装置は、姿勢角が有効であるか否かを判定し、姿勢角が有効である場合に整数値バイアスを決定してもよい。姿勢角の有効か否かの判定は、算出された姿勢角に対する既知の各種の統計的な検定によって実現できる。演算処理装置は、姿勢角が有効でなければ、整数値バイアスの決定を実行しない。

【 0 0 5 6 】

次に、図 4 のフロート解の算出処理について説明する。図 5 は、本発明の第 1 の実施形態に係る相対測位におけるフロート解の算出処理を示すフローチャートである。

【 0 0 5 7 】

図 5 に示すように、演算処理装置は、測位装置 1 0 (移動局) の複数のアンテナ 2 1、2 2 に対する二重位相差を算出する (S 3 0 1)。ここでの二重位相差は、基準局のアンテナ 9 0 とアンテナ 2 1 との二重位相差、および、基準局のアンテナ 9 0 とアンテナ 2 2 との二重位相差を意味する。

【 0 0 5 8 】

演算処理装置は、これらの二重位相差を用いて、基準局のアンテナ 9 0 と移動局のアンテナ装置 2 0 の特定位置 2 0 0 との二重位相差を算出する (S 3 0 2)。また、演算処理装置は、アンテナ 2 1、2 2 の単独測位結果、アンテナ 9 0 の位置、および、測位衛星 S V 1、S V 2 の位置から方向余弦差行列を算出する (S 3 0 3)。

【 0 0 5 9 】

演算処理装置は、上述のように、二重位相差および方向余弦差行列を用いた方程式に力

10

20

30

40

50

ルマンフィルタを適用し、特定位置に対するフロート解を推定算出する（S304）。

【0060】

次に、図4の整数値バイアスの決定処理のより具体的な処理について説明する。図6は、本発明の第1の実施形態に係る相対測位における整数値バイアスの決定処理を示すフローチャートである。

【0061】

図6に示すように、演算処理装置は、測位装置10（移動局）の複数のアンテナ21、22間の二重位相差を算出する（S401）。ここで二重位相差は、基準局のアンテナ90は関係なく、移動局のアンテナ21、22のいずれかを基準とした、これらアンテナ21、22間の二重位相差を意味する。

10

【0062】

演算処理装置は、アンテナ21、22の姿勢角を、上述の方法を用いて算出する（S402）。演算処理装置は、この姿勢角を用いて、アンテナ21、22に対する特定位置200の相対位置を算出する（S403）。

【0063】

演算処理装置は、この相対位置、上述の基準局のアンテナ90と移動局のアンテナ21との間の二重位相差、基準局のアンテナ90と移動局のアンテナ22との間の二重位相差、およびフロート解を用いて設定される上述の方程式に対してLAMBDA法を適用することで、整数値バイアスを決定する（S404）。

【0064】

この整数値バイアスの決定は、次に示す処理で実行される。図7は、本発明の第1の実施形態に係る整数値バイアスの決定処理のさらに具体的な処理を示すフローチャートである。

20

【0065】

演算処理装置は、特定位置200の二重位相差に対応した整数値バイアスのフロート解と共分散行列を算出する（S441）。演算処理装置は、これら整数値バイアスのフロート解と共分散行列を用いて、LAMBDA法によって、整数値バイアスの候補点を作成する（S442）。

【0066】

演算処理装置は、各整数値バイアスの候補点から、アンテナ90に対する特定位置200の相対位置を算出する（S443）。例えば、演算処理装置は、最小ノルムとなる整数値バイアスの候補点を用いて、特定位置200の相対位置を算出する。

30

【0067】

演算処理装置は、各候補点から得られた特定位置200の相対位置のそれぞれに対して、検定を実行する（S444）。検定としては、例えば、残差二乗和による検定、または、ノルムの比に基づいた検定を用いることができる。残差二乗和による検定は、残差二乗和が閾値未満であることによって、検定の合格を判定する。ノルムの比に基づいた検定は、2番目に小さいノルムを最小ノルムで割った比が閾値以上であることによって、検定の合格を判定する。また、演算処理装置は、これら複数の検定を行い、全ての検定に合格した場合に、当該候補点による特定位置200の相対位置を採用してもよい。

40

【0068】

次に、本発明の第2の実施形態に係る相対測位装置、相対測位システム、相対測位方法、および、相対測位プログラムについて、図を参照して説明する。

【0069】

第2の実施形態に係る相対測位装置、相対測位システム、相対測位方法、および、相対測位プログラムでは、フィックス解が有効でない、すなわち、検定に合格していない場合等には、相対測位の算出結果を出力しない。しかしながら、第2の実施形態に係る方法を用いることによって、フィックス解が有効でない場合であっても、代わりにフロート解を出力することが可能になる。

【0070】

50

第2の実施形態に係る相対測位装置および相対測位システムの構成は、第1の実施形態に係る相対測位装置および相対測位システムの構成と同様であり、処理のみが異なる。したがって、以下では、第1の実施形態と異なる処理の箇所のみを具体的に説明する。

【0071】

図8は、本発明の第2の実施形態に係る相対測位の処理を示すフローチャートである。

【0072】

図8に示すように、まず、演算処理装置は、上述の二重位相差等の観測値を取得する(S501)。演算処理装置は、整数値バイアスが既に決定されていれば(S502: YES)、当該整数値バイアスを用いて、アンテナ装置20の特定位置200の相対測位、すなわち、特定位置200のフィックス解を算出する(S506)。

10

【0073】

演算処理装置は、初期の整数値バイアスの決定等のように、整数値バイアスが決まっていなければ(S502: NO)、フロート解を算出する(S503)。

【0074】

演算処理装置は、姿勢角を取得し、姿勢角が有効であれば(S504: YES)、整数値バイアスの決定処理を実行する(S505)。そして、演算処理装置は、当該整数値バイアスを用いて、特定位置200のフィックス解を算出する(S506)。

【0075】

演算処理装置は、上述の検定を用いて、フィックス解が有効か否かを判定する(S507)。演算処理装置は、フィックス解が有効であれば(S507: YES)、フィックス解を出力する(S508)。

20

【0076】

演算処理装置は、フィックス解が有効でない(S507: NO)、または、姿勢角が有効でなければ(S505: NO)、フロート解の有効性を判定する(S509)。演算処理装置は、フィックス解が有効でなく、フロート解が有効であれば(S509: YES)、フロート解を出力する(S510)。演算処理装置は、フロート解が有効でなければ(S509: NO)、相対測位結果の無効を通知する無効フラグを出力する(S511)。

【0077】

このような処理を行うことによって、測位衛星の配置、測位信号の受信状態等によって、フィックス解が出力できない場合でも、フロート解が有効であれば、フロート解を出力できる。

30

【0078】

次に、本発明の第3の実施形態に係る相対測位装置、相対測位システム、相対測位方法、および、相対測位プログラムについて、図を参照して説明する。図9(A)は、本発明の第3の実施形態に係る相対測位装置の第1態様の機能ブロック図である。図9(B)は、本発明の第3の実施形態に係る相対測位装置の第2態様の機能ブロック図である。

【0079】

図9(A)に示すように、第3の実施形態に係る測位装置10A、10Bは、第1の実施形態に係る測位装置10に対して、慣性センサ70を追加した点、これに応じた処理の変更点において異なる。測位装置10A、10Bの他の構成は、測位装置10と同様であり、同様の箇所の説明は省略する。

40

【0080】

図9(A)、図9(B)における慣性センサ70は、例えば、角速度センサを備える。

【0081】

図9(A)の測位装置10Aでは、慣性センサ70は、角速度を観測値生成部50に出力する。観測値生成部50は、この角速度と、測位信号の搬送波位相とを用いて、統合姿勢角を算出する。統合姿勢角とは、例えば、慣性センサ70の角速度を、搬送波位相または搬送波位相を用いた角速度で補正して算出する姿勢角である。観測値生成部50は、この姿勢角を演算部60に出力し、演算部60は、この姿勢角を用いて整数値バイアスの決定処理および相対測位を実行する。

50

【 0 0 8 2 】

図 9 (B) の測位装置 1 0 B では、慣性センサ 7 0 は、角速度を演算部 6 0 に出力する。演算部 6 0 は、当該角速度から姿勢角を算出し、この姿勢角を用いて整数値バイアスの決定処理および相対測位を実行する。

【 0 0 8 3 】

このように、慣性センサ 7 0 から出力を用いて、姿勢角を算出してもよい。そして、図 9 (A) の測位装置 1 0 A では、高精度な姿勢角が得られるため、整数値バイアスの決定処理の精度、相対測位の精度がさらに向上する。また、図 9 (B) の測位装置 1 0 B では、姿勢角を高速に取得できるため、整数値バイアス決定処理への移行を確実に速くできる。

10

【 0 0 8 4 】

なお、上述の説明では、慣性センサ 7 0 を用いる態様を示したが、慣性センサ 7 0 に代えて、地磁気センサを用いてもよい。

【 0 0 8 5 】

なお、上述の説明では、基地局のアンテナが 1 個、移動局のアンテナが 2 個の場合を示したが、各局のアンテナ数はこれに限るものではない。図 1 0 は、本発明の実施形態に係る相対測位システムにおけるアンテナの配置に対する他の態様例を示す図である。

【 0 0 8 6 】

図 1 0 では、基地局のアンテナ装置 9 0 C は、4 個のアンテナ 9 1、9 2、9 3、9 4 を備える。アンテナ 9 1、9 2、9 3、9 4 は、アンテナ装置 9 0 C を平面視して、正方形の 4 つの角にそれぞれ配置されている。移動局のアンテナ装置 2 0 C は、4 個のアンテナ 2 1、2 2、2 3、2 4 を備える。アンテナ 2 1、2 2、2 3、2 4 は、アンテナ装置 2 0 C を平面視して、正方形の 4 つの角にそれぞれ配置されている。

20

【 0 0 8 7 】

このような構成において、基地局のアンテナ装置 9 0 C の中心点 9 0 0 C に対する、移動局のアンテナ装置 2 0 C の中心点 2 0 0 C の相対測位を行う。中心点 9 0 0 C は、アンテナ 9 1、9 2、9 3、9 4 から等距離にあり、中心点 9 0 0 C の位置は、アンテナ 9 1、9 2、9 3、9 4 の位置の平均値で定義できる。同様に、中心点 2 0 0 C は、アンテナ 2 1、2 2、2 3、2 4 から等距離にあり、中心点 2 0 0 C の位置は、アンテナ 2 1、2 2、2 3、2 4 の位置の平均値で定義できる。したがって、上述の処理を適用することが可能であり、姿勢角を用いることなくフロート解を算出し、このフロート解と姿勢角を用いて整数値バイアスを決定できる。そして、このように、測位信号を受信するアンテナ数を多くすることによって、観測値を多くでき、整数値バイアスの決定精度が向上する。なお、基地局のアンテナ数と移動局のアンテナ数は同じでなくてもよい。また、整数値バイアスを決定する基線ベクトルの始点および終点となる点（基準点）は、複数のアンテナの配置の中心点でなくてもよい。この場合、基準点は、複数のアンテナの位置の加重平均によって定義すればよい。

30

【 0 0 8 8 】

次に、本発明の第 3 の実施形態に係る測位装置、測位方法、および、測位プログラムについて、図を参照して説明する。図 1 1 (A) は、本発明の第 3 の実施形態に係る相対測位装置の機能ブロック図であり、図 1 1 (B) は、図 1 1 (A) に示す演算部の機能ブロック図である。

40

【 0 0 8 9 】

上述の第 1、第 2 の実施形態では、基地局の搬送波位相と移動局の搬送波位相との差（搬送波位相差）を用いた R T K について説明した。しかしながら、移動局の搬送波位相のみを用いた P P P（精密単独測位）に対しても、上述の処理を適用できる。P P P を用いる場合、図 1 1 (A)、図 1 1 (B) に示す構成を適用すればよい。なお、図 1 1 (A)、図 1 1 (B) に示す構成において、図 1 (A)、図 1 (B) と同じ構成には、図 1 (A)、図 1 (B) と同じ記号を付しており、当該箇所の説明は省略する。

【 0 0 9 0 】

50

図 1 1 (A) に示すように、測位装置 1 0 C は、測位用のアンテナ 2 1、2 2、受信部 3 1、3 2、観測値生成部 5 0 C、および、演算部 6 0 C を備える。観測値生成部 5 0 C は、測位情報算出部 5 1 C と姿勢情報取得部 5 2 を備える。図 1 (B) に示すように、演算部 6 0 C は、フロート解演算部 6 1 C、整数値バイアス決定部 6 2、および、単独測位演算部 6 4 を備える。受信部 3 1、3 2、通信部 4 1、観測値生成部 5 0 C、および、演算部 6 0 C は、それぞれ個別のハードウェアもしくは 1 個のハードウェアと、当該ハードウェアによって実行される各部の処理プログラムとによって実現されている。

【 0 0 9 1 】

測位情報算出部 5 1 C は、アンテナ 2 1、2 2 に対する搬送波位相および方向余弦を算出する。測位情報算出部 5 1 C は、搬送波位相および方向余弦を演算部 6 0 C に出力する。

10

【 0 0 9 2 】

フロート解演算部 6 1 C は、搬送波位相および方向余弦を用いて、アンテナ 2 1、2 2 と異なる特定位置 2 0 0 (図 2 の移動局を参照) の単独測位のフロート解を算出する。この際、フロート解演算部 6 1 C は、第 1 の実施形態における搬送波位相差および方向余弦差を、搬送波位相および方向余弦に置き換えた処理によって、単独測位のフロート解を算出する。

【 0 0 9 3 】

整数値バイアス決定部 6 2 は、このフロート解と姿勢角とを用いて、整数値バイアスを決定する。単独測位演算部 6 4 は、この整数値バイアスと、上記姿勢角に基づくアンテナ 2 1、2 2 と特定位置 2 0 0 との相対位置関係を用いて、特定位置 2 0 0 のフィックス解を算出する。

20

【 0 0 9 4 】

このような構成によって、搬送波位相を用いた単独測位において、整数値バイアスのフロート解の推定算出が高速になる。

【 0 0 9 5 】

なお、本実施形態の単独測位に用いる処理は、上述の第 1 の実施形態に示した処理における搬送波位相差を搬送波位相に置き換え、方向余弦差を方向余弦に置き換えることによって実現できる。

【 符号の説明 】

30

【 0 0 9 6 】

1 0、1 0 A、1 0 B、1 0 C : 測位装置

2 0、2 0 C : アンテナ装置

2 1、2 2 : アンテナ

3 0 : アンテナ

3 1、3 2 : 受信部

4 0 : アンテナ

4 1 : 通信部

5 0、5 0 C : 観測値生成部

6 0、6 0 C : 演算部

6 1、6 1 C : フロート解演算部

6 2 : 整数値バイアス決定部

6 3 : 相対測位演算部

6 4 : 単独測位演算部

7 0 : 慣性センサ

9 0 : アンテナ

9 0 C : アンテナ装置

9 1 : アンテナ

2 0 0 : 特定位置

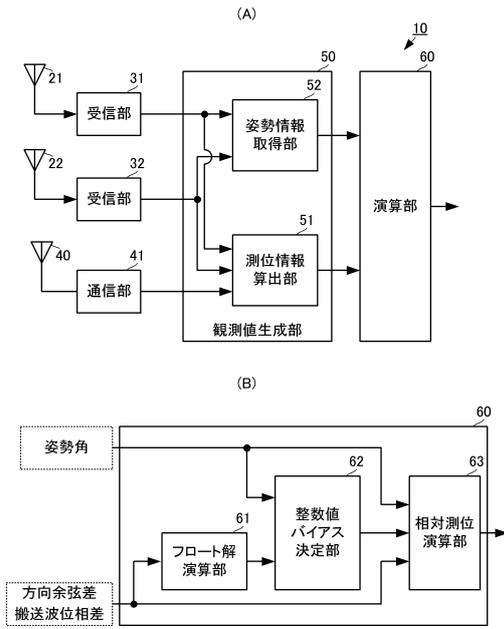
2 0 0 C : 中心点

40

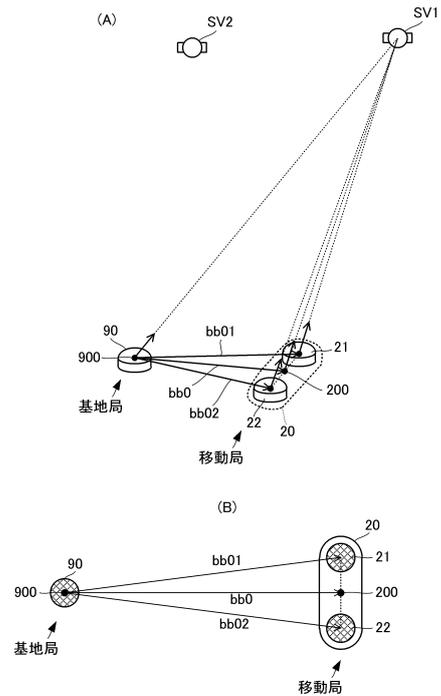
50

900、900C：中心点
bb0：基線ベクトル
bb01：基線ベクトル
bb02：基線ベクトル
SV1：測位衛星
SV2：測位衛星

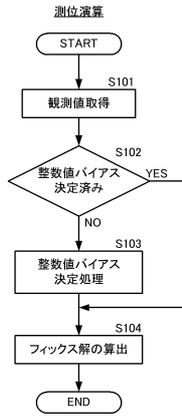
【図1】



【図2】



【図3】



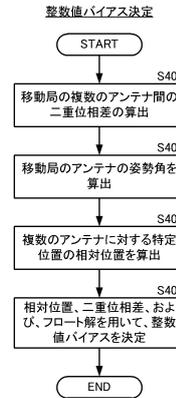
【図5】



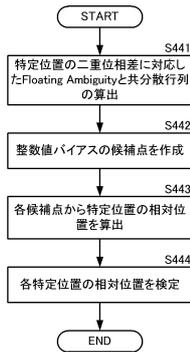
【図4】



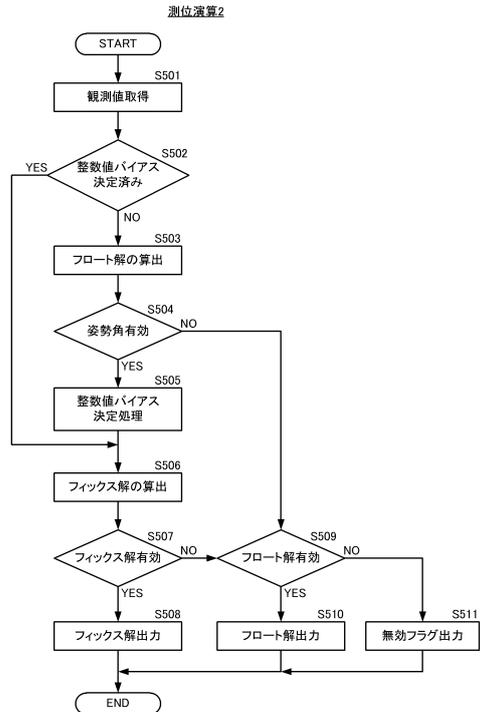
【図6】



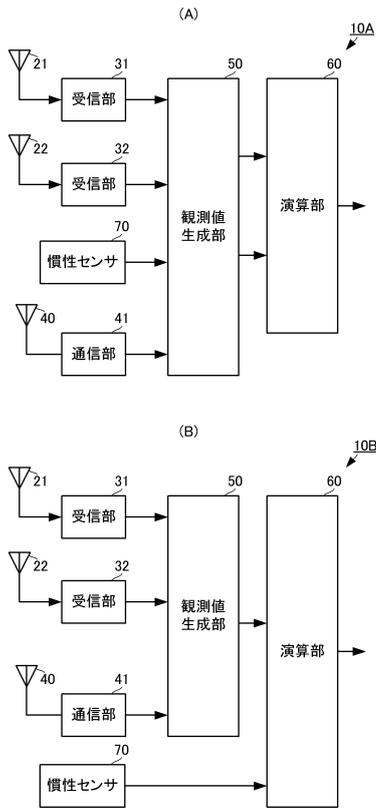
【図7】



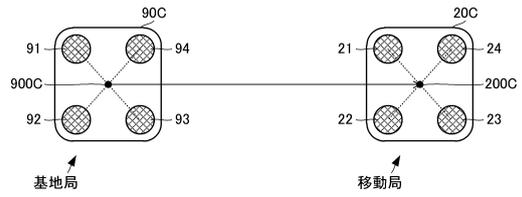
【図8】



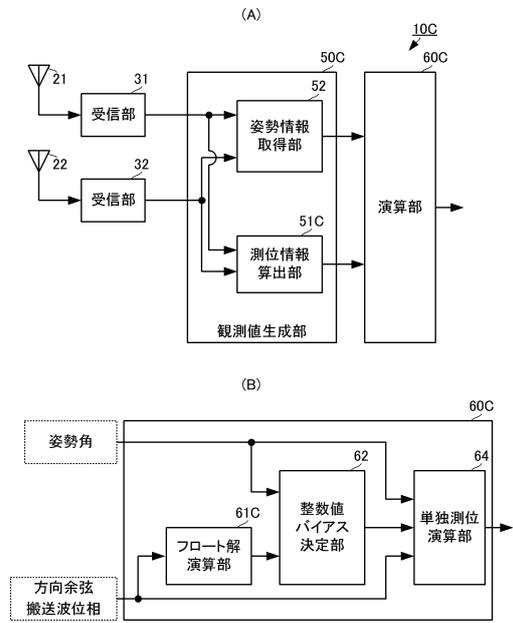
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-071868(JP,A)
特開2002-040124(JP,A)
特開2007-101484(JP,A)
特開2010-197353(JP,A)
特開2001-281317(JP,A)
特開2013-228237(JP,A)
米国特許第06259398(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 5/00 - 5/14
19/00 - 19/55