

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-292610

(P2007-292610A)

(43) 公開日 平成19年11月8日(2007.11.8)

(51) Int. Cl.

G01S 5/14 (2006.01)

F I

G01S 5/14

テーマコード(参考)

5J062

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2006-121097(P2006-121097)
 (22) 出願日 平成18年4月25日(2006.4.25)

(71) 出願人 000166247
 古野電気株式会社
 兵庫県西宮市芦原町9番52号
 (74) 代理人 100130904
 弁理士 大洞 正嗣
 (72) 発明者 山田 勝雄
 兵庫県西宮市芦原町9番52号
 古野電気株式会社内
 (72) 発明者 馬山 貴峰
 兵庫県西宮市芦原町9番52号
 古野電気株式会社内
 (72) 発明者 荒井 修
 兵庫県西宮市芦原町9番52号
 古野電気株式会社内
 Fターム(参考) 5J062 CC07 CC13 DD03 DD05 DD14
 DD23 EE00 FF01

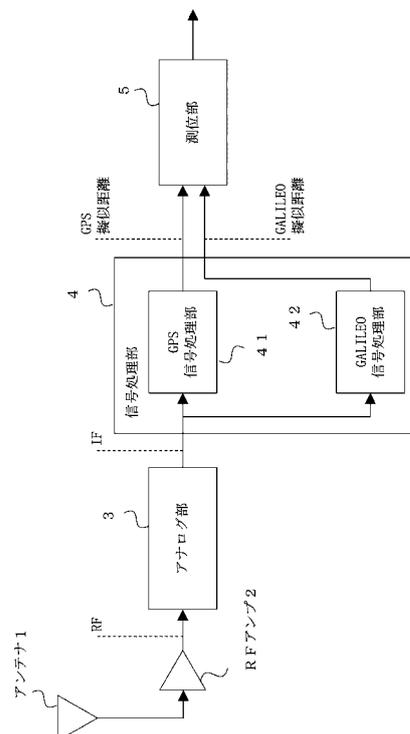
(54) 【発明の名称】 衛星航法受信機

(57) 【要約】

【課題】異なる信号を用いて測位演算を行う場合であっても、異なる信号毎に発生する擬似距離のバイアスの影響を受けずに正確な測位演算を行うことができる衛星航法受信機を提供することを目的とする。

【解決手段】衛星から、少なくとも2種以上の異なる信号を帯域制限フィルタを用いてフィルタリングし、フィルタリング後の信号から得られる擬似距離を使って測位演算を行う際に、前記異なる信号間の擬似距離バイアスの差分値である信号間バイアスを新たな未知数として、測位演算を行うことを特徴とする。また、本発明は、同じ種類の信号グループ毎にクロックオフセットをそれぞれ求め、その差から前記信号間バイアスを測定し、該測定した信号間バイアスで補正を行った擬似距離を用いて測位演算を行うようにしても良い。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

衛星から、少なくとも 2 種類以上の異なる信号を受信するアンテナと、
前記アンテナで受信した信号を帯域制限フィルタを用いてフィルタリングするアナログ部と、
前記アナログ部から出力される I F 信号を用いて擬似距離を求める信号処理部と、
前記異なる信号間の擬似距離バイアスの差分値である信号間バイアスを測位演算時の新たな未知数として、前記擬似距離を用いた測位演算を行う測位部とを備えることを特徴とする衛星航法受信機。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の衛星航法受信機において、
前記測位部は、 N (N は 2 以上の整数) 種類の異なる信号を統合して測位演算を行う際に、 $N - 1$ 個の前記信号間バイアスを未知数とし、前記異なる信号を送信する衛星をそれぞれ少なくとも 1 つずつ含む、少なくとも $N + 3$ 個の衛星を用いて測位演算を行うことを特徴とする衛星航法受信機。

【請求項 3】

衛星から、少なくとも 2 種類以上の異なる信号を受信するアンテナと、
前記アンテナで受信した信号を帯域制限フィルタを用いてフィルタリングするアナログ部と、
前記アナログ部から出力される I F 信号を用いて擬似距離を求める信号処理部と、
クロックオフセットを前記異なる信号毎にそれぞれ異なる未知数として、前記擬似距離を用いた測位演算を行う測位部とを備えることを特徴とする衛星航法受信機。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の衛星航法受信機において、
前記測位部は、 N (N は 2 以上の整数) 種類の異なる信号を統合して測位演算を行う際に、 N 個の前記クロックオフセットを未知数とし、前記異なる信号を送信する衛星をそれぞれ少なくとも 1 つずつ含む、少なくとも $N + 3$ 個の衛星を用いて測位演算を行うことを特徴とする衛星航法受信機。

【請求項 5】

衛星から、少なくとも 2 種以上の異なる信号を受信するアンテナと、
前記アンテナで受信した信号を帯域制限フィルタを用いてフィルタリングするアナログ部と、
前記アナログ部から出力される I F 信号を用いて擬似距離を求める信号処理部と、
前記 2 種以上の異なる信号のうち、同じ種類の信号グループ毎にそれぞれ測位演算を行い、各信号グループで算出したクロックオフセットの差から、信号間バイアスを測定する信号間バイアス測定部と、
前記信号間バイアス測定部で測定した信号間バイアスを用いて擬似距離を補正する信号間バイアス補正部と、
前記信号間バイアス補正後の擬似距離を用いて測位演算を行う測位部とを備えることを特徴とする衛星航法受信機。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 の何れかに記載の衛星航法受信機において、
前記異なる信号は、衛星から送信される信号の周波数或いはノ及び変調方式が異なる信号であることを特徴とする衛星航法受信機。

【請求項 7】

請求項 1 から 5 の何れかに記載の衛星航法受信機において、
前記異なる信号は、衛星が使用する帯域制限フィルタの使用帯域が異なる信号であることを特徴とする衛星航法受信機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【0001】

本発明は、衛星から送信された、少なくとも2種類以上の異なる信号を受信して測位を行う衛星航法受信機に関する。

【背景技術】

【0002】

米国のGPSやロシアのGLONASSをはじめとする衛星航法システムは、衛星から送信される信号の送信時刻と、その信号がユーザ受信機で受信される受信時刻との差から、衛星と受信機との間の距離を観測する。そして、同時に観測される複数個の衛星までの距離を基に、ユーザ受信機の位置を測位している。このとき、衛星時刻とユーザ時刻とは同期が取れていないため、お互いの時刻にはオフセットが生じている。従って算出された衛星と受信機間の距離には、この時刻のオフセットに相当する共通の距離誤差が含まれており、算出された距離は真の距離ではないことから擬似距離と呼ばれている。

10

【0003】

擬似距離は、擬似ランダム符号（PRNコード）でスペクトラム拡散されて送信される信号を逆拡散し、得られた相関がピークとなる位相を求めることによって得られる。この相関ピークとなる位相は、受信機クロックのズレによって発生する信号の周波数ズレや、衛星の移動或いは受信機が移動体で使用されることにより発生するドップラ周波数による周波数ズレによって変化する。この変化に追従するためにディレイロックループ（DLL）と呼ばれるコード追尾ループを用いて相関ピークとなる位相を追尾するのが一般的である。

20

【0004】

以下に、一般的なGPS受信機について説明する。

図6は典型的なGPS L1C/A信号の受信機の構成を示すブロック図である。

【0005】

アンテナ100で受信した1.57542GHzのRF信号は、RFアンプ200で増幅された後、アナログ部300で適切な中間周波数（IF）信号へと変換される。アナログ部300は、図7に示すように、入力されたRF信号と局部発振器302で生成した局部信号とをミキサ301で周波数混合することにより、適切な中間周波数（IF）信号へと変換し、不要な信号や雑音を帯域制限フィルタ303によって排除する。

【0006】

IF信号は図8に示す信号処理部400のA/Dコンバータ401で同相成分（I）、直交成分（Q）に分けてサンプリング、A/D変換されてデジタル信号へと変換される。次に、キャリア追尾部413によって適切なドップラ周波数がキャリアNC0403に設定され、キャリア除去回路402で入力信号のドップラが除去される。

30

【0007】

次にコード追尾部414によって適切に制御されるコード位相がコードNC0404、コード発生部405へと入力されPRNコードが発生される。発生されたPRNコードはシフトレジスタ406へ入力され、図9に示す様に位相の異なる3つのPRNコード、Early(E)、Punctual(P)、Late(L)を出力する。この時、EとP、PとLの間の位相差は等しく設定される。

【0008】

P出力はP相関器407でキャリア除去回路402の出力信号と掛け合わされP積算器408に入力される。P積算器408は所定時間積算した結果をP相関結果として出力する。E出力、L出力もP出力と同様に処理され、それぞれE相関結果、L相関結果として出力される。

40

【0009】

P相関結果はキャリア追尾部413に入力される。図10に示すように、キャリア追尾部413では先ず誤差検出器1001で同相成分Piと直交成分Pqを元に位相誤差量が求められ、これに基づいてループフィルタ1002によって、入力信号に対するキャリア位相誤差を0にするようなドップラ周波数が生成される。生成されたドップラ周波数はキャリアNC0404へ入力されキャリア追尾ループと呼ばれるフィードバックループを形成する。

50

通常、GPSのL1C/A信号のように航法メッセージが重畳されているBPSK信号では一般にコストスループと呼ばれる方法でキャリアを追尾する。

【0010】

一方で、E相関結果及びL相関結果はコード追尾部413に入力される。図11に示すように、コード追尾部413では先ずコード誤差検出器2001によりE相関結果とL相関結果からコード位相誤差が求められる。図12にコード誤差検出器2001の特性を示す。コード誤差検出器2001はP相関結果がピーク値となる位相で値が0になる特性を持っている。コード位相誤差はループフィルタ2002に入力され、入力信号に対するコード位相誤差を0にするようなコード位相が出力される。一般にコード追尾部413はディレイロックループ(DLL)と呼ばれる方法でコード位相を追尾する。

10

【0011】

このコード位相は、衛星が信号を出力した時刻と受信機が信号を受信した時刻の時間差に相当する。時間差を距離に変換したものは擬似距離と呼ばれ、測位部500による測位演算によって受信機の位置を求めるために使用される。

【0012】

ところで、実際の受信機では、図7で示したように、受信信号に含まれる雑音や妨害・干渉波の除去を目的として、アナログ部300の帯域制限フィルタ303によって帯域制限を行っている。これにより、信号処理部400での信号処理時に、信号の相関結果が抑圧されてC/Nが劣化したり、相関カーブが歪んで観測する擬似距離の誤差が大きくなることを防いでいる。一般に帯域制限フィルタ303の信号の通過帯域幅は、GPS L1C/A受信機

20

【0013】

結果として、アナログ部300から出力されるIF信号は歪んだ状態となり、このIF信号に対して相関処理を行うと、相関波形に歪みが生じる。そして、フィルタによって歪んだ相関カーブは相関ピークとなる位相に対して、位相遅れの場合と位相進みの場合の波形が対象になっていない。そのため、このような歪んだ相関結果を用いてDLLを行うと、相関ピークに対してコード位相誤差検出器出力が0となるコード位相がずれて観測され、擬似距離にバイアスが生じてしまう。また、この群遅延による相関波形の歪みは受信機のフィルタのみならず、衛星の送信信号を帯域制限する送信フィルタによっても同様に起こりえる。

30

【0014】

ただし、図6で説明したようなGPS L1C/A信号のみを測位に使用するような受信機、すなわち1種類の信号のみを測位に使用する受信機の場合には、各衛星の擬似距離に含まれるバイアスがそれぞれ等しいものとなる。そのため、測位演算の結果、擬似距離のバイアスは、共通バイアスとしてクロックオフセットに含まれ、実際には位置の精度に影響を及ぼすことはなかった。

【特許文献1】特開平09-005420号公報

【特許文献2】特開平11-153661号公報

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

しかしながら、GLONASSのように、送信される信号の周波数が衛星毎に異なるシステムにおいては、各衛星からの信号の周波数帯が異なるため、信号毎にそれぞれ異なった群遅延による相関波形の歪みが生じる。相関波形のひずみ方が異なると、コード位相のずれ方も異なり、結果として、各衛星からの信号でそれぞれ異なった擬似距離のバイアスが発生することになる。そして、このような異なるバイアスを有する擬似距離を用いて測位演算を行った場合、擬似距離のバイアスを共通バイアスとして処理することができず、結果として正確な測位演算を行うことができないという問題が発生する。

50

【0016】

この問題を解決するために、例えば、特許文献1、2のような技術が開示されている。特許文献1はデジタルフィルタを用いてフィルタの群遅延特性を平坦にする技術を開示している。この特許文献1によればフィルタの群遅延特性による影響を解決することができるが、衛星から受信した信号をデジタルフィルタでフィルタリングするためには高性能なA/D変換器が必要となり、コスト面でのデメリットが大きという問題がある。

【0017】

また、特許文献2はダミー信号を用いて一旦特定周波数におけるフィルタの群遅延量を算出し、該算出した遅延量を用いてフィルタの群遅延量を補正する技術を開示している。しかしながら、この処理では測位に使用するすべての衛星毎にフィルタの群遅延量を算出する必要が生じる。また、アナログフィルタの群遅延周波数特性は温度によっても変化する為、事前に全ての衛星に対するフィルタの群遅延量を測定しておき、その値を特定周波数に対するフィルタの群遅延量として使用するといったこともできない。そのため、特許文献2では演算処理部への負荷が大きく、演算処理に時間がかかるといった問題を有していた。

10

【0018】

ところで、衛星航法システムには、前述したGPS、GLONASS以外にも、例えばGALILEO、準天頂(QZSS)、或いはこれらの測位システムを支援するためのSBAS等様々なシステムがある。これらの衛星航法システムで使用される衛星は、既に打ち上げられ、或いは今後その打ち上げが予定されており、これらの衛星から送信される信号を統合して測位演算を行える技術の確立が強く求められている。

20

【0019】

しかしながら、これらの衛星測位システムでは、予め決められた取り決めに基づき、特定の周波数或いはノ及び変調方式の信号が各衛星から送信されており、その信号の種類は様々である。

【0020】

使用周波数でいえば、例えばGPSのGPS L1C/A信号とGPS L2C信号のように、異なる周波数の信号が同じ衛星航法システムの衛星から送信されている。また、GLONASSのように衛星毎に異なる周波数の信号を送信するものもある。

【0021】

また、変調方式についていえば、GPS L1C/A信号やGPS L2C信号等で使用されるBPSK(1)信号、GPS P(Y)信号等で使用されるBPSK(10)信号、或いはGPS L1C信号やGALILEOのL1F信号等で使用されるBOC(1,1)信号等様々な変調方式が使用されている。

30

【0022】

さらに、送信機(衛星)側で使用されている帯域制限フィルタも、衛星航法システム毎にまちまちであり、GPSとWAAS(SBAS)の例では、衛星に使用されている帯域制限フィルタの帯域幅はGPSが20MHzであるのに対し、WAAS(SBAS)は2MHzとなっている。そのため、衛星から送信される信号には、異なる帯域の帯域制限フィルタの使用によって生じる、異なった歪みが発生していることとなる。

【0023】

そして、これらの衛星から送信される信号を統合して正確な測位演算を行う場合、各衛星からの信号を統一的に扱えることが必須であるが、前述のように異なる信号を用いて擬似距離を観測すると、異なる信号毎に異なった擬似距離のバイアスが発生してしまい、正確な測位が困難であった。

40

【0024】

本発明は、前記問題点に鑑みてなされたものであり、複数或いは同じ衛星航法システムから送信される、異なる信号を用いて測位演算を行う場合であっても、異なる信号毎に発生する擬似距離のバイアスの影響を受けずに正確な測位演算を行うことができる衛星航法受信機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】

50

【0025】

前記課題を解決するために、本発明に係る衛星航法受信機は、衛星から、少なくとも2種類以上の異なる信号を受信するアンテナと、前記アンテナで受信した信号を帯域制限フィルタを用いてフィルタリングするアナログ部と、前記アナログ部から出力されるIF信号を用いて擬似距離を求める信号処理部と、前記異なる信号間の擬似距離バイアスの差分値である信号間バイアスを測位演算時の新たな未知数として、前記擬似距離を用いた測位演算を行う測位部とを備えることを特徴とする。

【0026】

測位部では、原則として、緯度、経度、高さの観測位置とクロックオフセットの4つの未知数に加え、 N (N は2以上の整数)種類の異なる信号を統合して測位演算を行う際に発生する $N - 1$ 個の信号間バイアスを新たな未知数として測位演算を行う。この時使用する衛星は、前記異なる信号を送信する衛星をそれぞれ少なくとも1つずつ含む、少なくとも $N + 3$ 個以上の衛星であり、衛星数が多ければ多いほど高精度に測位を行うことが可能になる。なお、前記緯度、経度、高さの観測位置のうち、何れかが既知である場合には、既知情報の数に応じて、上記衛星数よりも少ない衛星数での測位を行うことも可能である。

10

【0027】

また、本発明に係る衛星航法受信機は、衛星から、少なくとも2種類以上の異なる信号を受信するアンテナと、前記アンテナで受信した信号を帯域制限フィルタを用いてフィルタリングするアナログ部と、前記アナログ部から出力されるIF信号を用いて擬似距離を求める信号処理部と、クロックオフセットを前記異なる信号毎にそれぞれ異なる未知数として、前記擬似距離を用いた測位演算を行う測位部とを備えることを特徴とする。

20

【0028】

測位部では、異なる信号毎に、異なるバイアスがクロックオフセットに含まれていると考えて、原則として、緯度、経度、高さの観測位置の3つの未知数に加え、異なる信号数、 N (N は2以上の整数)個分のクロックオフセットを未知数として測位演算を行う。この時使用する衛星は、前記異なる信号を送信する衛星をそれぞれ少なくとも1つずつ含む、少なくとも $N + 3$ 個以上の衛星であり、衛星数が多ければ多いほど高精度に測位を行うことが可能になる。なお、前記緯度、経度、高さの観測位置のうち、何れかが既知である場合には、既知情報の数に応じて、上記衛星数よりも少ない衛星数での測位を行うことも可能である。

30

【0029】

また、本発明に係る衛星航法受信機は、衛星から、少なくとも2種以上の異なる信号を受信するアンテナと、前記アンテナで受信した信号を帯域制限フィルタを用いてフィルタリングするアナログ部と、前記アナログ部から出力されるIF信号を用いて擬似距離を求める信号処理部と、前記2種類以上の異なる信号のうち、同じ種類の信号グループ毎にそれぞれ測位演算を行い、信号グループ毎に算出したクロックオフセットの差から、前記異なる信号間で生じる擬似距離バイアスの差分値である信号間バイアスを測定する信号間バイアス測定部と、前記信号間バイアス測定部で測定した信号間バイアスを用いて擬似距離を補正する信号間バイアス補正部と、前記信号間バイアス補正後の擬似距離を用いて測位演算を行う測位部とを備えることを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、信号間バイアスの影響を除去した測位演算を行うことが可能となり、異なる信号を用いて統合測位を行う場合であっても、正確な測位を行うことが可能になる。また、信号の種類を選ばずに測位を行うことができるため、測位に使用できる衛星数が格段に増加し、より高精度な測位を実現することができる。

【0031】

また、本発明によれば、リアルタイムに信号間バイアスを算出することができるため、帯域制限フィルタの群遅延の変化を知るための外部センサーや事前の信号間バイアス測定を必要とせずに、リアルタイムに信号間バイアスの影響を除去した正確な測位を行うことが

50

可能になる。

【0032】

また、本発明によれば、帯域制限フィルタの群遅延周波数特性を平坦にする必要がなくなるため、帯域制限フィルタの狭帯域化が可能になり、妨害波特性を劣化させることなく、正確な測位を行うことができる衛星航法受信機を提供することが可能になる。また、例えばGPS L1C/A信号とGALILEO L1F信号のように同じ周波数の信号を処理する場合には、アナログ部を共用することができ、安価にGPS+GALILEOのハイブリッド受信機を実現することが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

以下、本発明にかかる衛星航法受信機について図面を用いて説明する。

(実施の形態1)

【0034】

複数或いは同じ衛星航法システムから送信される信号は、信号の送信周波数の相違や変調方式の相違或いは送信機で使用する帯域制限フィルタの相違により、それぞれ異なった信号となる。このような信号を帯域制限フィルタを用いて処理した場合には、フィルタの群遅延の影響によって観測される擬似距離に異なったバイアスが含まれることとなる。

【0035】

1. GPS L1C/A信号+GALILEO L1F信号

以下、その一例として、GPS L1C/A信号とGALILEO L1F信号を統合して測位を行う場合について説明する。なお、GPS L1C/A信号とGALILEO L1F信号とは、衛星から送信される信号の周波数は同じであるが、その変調方式が異なっている。

【0036】

GPSのL1C/A信号はBPSK(1)信号であり、GALILEOのL1F信号はBOC(1,1)信号である。GPS L1C/A信号とGALILEO L1F信号が同じ帯域制限フィルタを通過した場合、BPSK(1)信号とBOC(1,1)信号とでは、入力信号の波形が異なることから、図1に示すように、群遅延による波形の歪みかたも異なることとなる。このような相関結果を用いてDLLを行って擬似距離を観測するとGALILEO L1F信号で観測される擬似距離にはGPS L1C/A信号で観測される擬似距離とは異なるバイアスが生じる。そして、異なるバイアスを持つ擬似距離を用いて測位演算を行った場合、擬似距離のバイアスを共通バイアスとして処理できない為、測位演算の結果求まる位置に誤差が生じてしまう。

【0037】

そこで、本発明の実施形態1では、異なる信号からそれぞれ得られた擬似距離に含まれるバイアスの差分値、すなわちGPS L1C/A信号を用いて観測した擬似距離に含まれるバイアスとGALILEO L1F信号を用いて観測した擬似距離に含まれるバイアスとの差(これを「信号間バイアス」という。)を未知数と考えて測位演算を行い、前記信号間バイアスの影響を除去した測位演算を実現している。

【0038】

図2は、本発明の実施の形態1の衛星航法受信機の構成の一例を示すブロック図であり、GPS L1C/A信号とGALILEO L1F信号とを統合して測位を行う衛星航法受信機の例を示している。

図2に示すように、本発明の衛星航法受信機は、アンテナ1と、RFアンプ2と、アナログ部3と、信号処理部4と、測位部5とからなる。

【0039】

アンテナ1で受信した1.57542GHzのGPS L1C/A信号及びGALILEO L1F信号は、RFアンプで増幅された後、アナログ部3で適切な中間周波数(IF)信号へと変換される。このときGPS L1C/A信号及びGALILEO L1F信号は帯域制限フィルタを通過し、受信信号に含まれる不要な信号や雑音が排除される。GPS L1C/A信号とGALILEO L1F信号とは同じ周波数帯の信号であるため、狭帯域化した帯域制限フィルタを共用することができる。

【0040】

10

20

30

40

50

信号処理部 4 はアナログ部 3 から出力されたフィルタ後の IF 信号を用いて、異なる信号毎に衛星と受信機間の距離である擬似距離を算出する。ここでは GPS L1C/A 信号と GALILEO L1F 信号とを統合して測位を行うため、図 2 に示すように、信号処理部 4 は、GPS 信号処理部 4 1 と GALILEO 信号処理部 4 2 とから構成される。GPS 信号処理部 4 1 では、GPS L1C/A 信号を捕捉・追尾し、GPS L1C/A 信号の擬似距離を算出する。また、GALILEO 信号処理部 4 2 では、GALILEO L1F 信号を捕捉・追尾し、GALILEO L1F 信号の擬似距離を算出する。なお、GPS 信号処理部 4 1 及び GALILEO 信号処理部 4 2 の具体的な処理内容については、図 8 を用いて前述した信号処理部 4 0 0 のものと同様であるため、ここでは説明を省略する。

【0041】

10

測位部 5 は、GPS L1C/A 信号と GALILEO L1F 信号を用いて統合測位を行う。この演算処理を以下詳細に説明する。

【0042】

GPS と GALILEO のシステム基準時刻については相互運用性の合意がなされており、各々のシステム基準時刻は相互のクロックオフセットが $2 < 5$ ns になるよう維持される。なお、は標準偏差である。このシステム基準時刻の誤差値は他の誤差要因に比べて小さい為、GPS と GALILEO のシステム基準時刻は同一であると見做すことができる。

【0043】

そのため、 i 番目の衛星位置を (x_i, y_i, z_i) 、観測位置を (x_u, y_u, z_u) 、クロックオフセットを t 、GPS L1C/A 信号の擬似距離バイアスと GALILEO L1F 信号の擬似距離バイアスとの差である信号間バイアスを t_{ISB} とすると、GPS 衛星の擬似距離 PR_{GPS} と GALILEO 衛星の擬似距離 $PR_{GALILEO}$ はそれぞれ数式 1 のように表される。

20

【数 1】

$$pr_{i,GPS} = \sqrt{(x_i - x_u)^2 + (y_i - y_u)^2 + (z_i - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{j,GALILEO} = \sqrt{(x_j - x_u)^2 + (y_j - y_u)^2 + (z_j - z_u)^2} + c \cdot t + c \cdot t_{ISB}$$

数式 1

30

【0044】

そのため、GPS 衛星と GALILEO 衛星をあわせて、少なくとも 5 衛星の擬似距離が観測できれば、数式 2 のような観測方程式が成立する。この時、GPS 衛星と GALILEO 衛星はそれぞれ少なくとも 1 つずつ含まれていればよい。

【数 2】

$$pr_{1,GPS} = \sqrt{(x_1 - x_u)^2 + (y_1 - y_u)^2 + (z_1 - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{2,GPS} = \sqrt{(x_2 - x_u)^2 + (y_2 - y_u)^2 + (z_2 - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{3,GPS} = \sqrt{(x_3 - x_u)^2 + (y_3 - y_u)^2 + (z_3 - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{4,GPS} = \sqrt{(x_4 - x_u)^2 + (y_4 - y_u)^2 + (z_4 - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{5,GALILEO} = \sqrt{(x_5 - x_u)^2 + (y_5 - y_u)^2 + (z_5 - z_u)^2} + c \cdot t + c \cdot t_{ISB}$$

40

数式 2

【0045】

そして、上記数式 2 から、通常の GPS 測位と同様に最小自乗法などで 5 つの未知数、すな

50

わち観測位置 (x_u, y_u, z_u) 、クロックオフセット t 、信号間バイアス t_{ISB} を求めることにより、信号間バイアス t_{ISB} の影響を除去した観測位置 (x_u, y_u, z_u) を求めることができる。また、この測位演算により求まるクロックオフセット t は、信号間バイアス t_{ISB} 分の誤差が除去されているため、従来に比べて正確な時刻を得ることができる。

【0046】

なお、数式1で示した擬似距離を求める式、及び数式2で示した観測方程式の作り方は、もちろんこれに限られたものではなく、種々の演算式から信号間バイアス t_{ISB} の影響を除去した測位演算を行うことができる。

【0047】

その一例として、GPSのシステム基準時刻とGALILEOのシステム基準時刻の差に信号間バイアスが含まれていると考えるとGPSクロックオフセット t_{GPS} とGALILEOクロックオフセット $t_{GALILEO}$ を未知数と置くこともできる。この観測方程式を用いて観測位置 (x_u, y_u, z_u) 、GPSクロックオフセット t_{GPS} 、GALILEOクロックオフセット $t_{GALILEO}$ の5つの未知数を求めることにより、信号間バイアスを共通バイアスとしてクロックオフセットに含めることができ、正確な観測位置を求めることが可能になる。また、このように、異なる信号毎に、異なるバイアスがクロックオフセットに含まれていると考えると、異なる信号数分のクロックオフセットを未知数とする場合には、衛星航法システムのシステム基準時刻が同じである必要はなく、システム基準時刻が相違し且つその差分量が分からないような衛星航法システム間においても本発明を適用することが可能になる。なお、この具体例については、「3. GPS L1C/A信号+ GLONASS L1信号」の例を用いて後述する。

10

20

【0048】

また、海上などの高さを略0と見做せるような環境でのみ測位を行う場合や、予め電子地図などにより正確な緯度、経度情報が得られているような場合には、これらの値を既知情報として予め与えておくことも可能であり、この場合、測位に必要な衛星数を減らすことが可能になる。

【0049】

また、ここでは、2種類の異なる信号を統合して測位演算を行うものについて説明したが、例えば、 N (N は2以上の整数)個の異なる信号を統合して測位演算を行う場合には、 $N - 1$ 個の信号間バイアスを未知数とし、異なる信号を送信する衛星をそれぞれ少なくとも1つずつ含む、少なくとも $N + 3$ 個の衛星を用いて測位演算を行うようにすればよい。なお、観測位置の何れかを既知情報として用いる場合には、前述のように既知情報の数に応じて必要な衛星数を減少させることができる。

30

【0050】

2. GPS L1C/A信号+GPS L2C信号+GPS L5信号

以下、3種類の異なる信号を統合して測位演算を行うものの一例として、GPS L1C/A信号、GPS L2C信号、GPS L5信号を統合して測位を行う場合について説明する。

【0051】

GPS L1C/A信号、GPS L2C信号、GPS L5信号は、同じ衛星航法システムの信号であるが、それぞれ使用する周波数が異なっている。そのため、このような信号を帯域制限フィルタを用いて処理した場合には、フィルタの群遅延の影響によって観測される擬似距離に異なったバイアスが含まれることとなる。

40

【0052】

そこで、 i 番目の衛星位置を (x_i, y_i, z_i) 、観測位置を (x_u, y_u, z_u) 、クロックオフセットを t 、GPS L1C/A信号の擬似距離バイアスとGPS L2C信号の擬似距離バイアスとの差である信号間バイアスを $t_{ISB(L1-L2)}$ 、GPS L1C/A信号の擬似距離バイアスとGPS L5信号の擬似距離バイアスとの差である信号間バイアスを $t_{ISB(L1-L5)}$ とすると、GPS L1C/A信号を送信するGPS衛星の擬似距離 $PR_{GPS(L1)}$ とGPS L2C信号を送信するGPS衛星の擬似距離 $PR_{GPS(L2)}$ とGPS L5信号を送信するGPS衛星の擬似距離 $PR_{GPS(L5)}$ とはそれぞれ数式3のように表される。

50

【数 3】

$$pr_{i,GPS(L1)} = \sqrt{(x_i - x_u)^2 + (y_i - y_u)^2 + (z_i - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{i,GPS(L2)} = \sqrt{(x_i - x_u)^2 + (y_i - y_u)^2 + (z_i - z_u)^2} + c \cdot t + c \cdot t_{ISB(L1-L2)}$$

$$pr_{i,GPS(L5)} = \sqrt{(x_i - x_u)^2 + (y_i - y_u)^2 + (z_i - z_u)^2} + c \cdot t + c \cdot t_{ISB(L1-L5)}$$

数式 3

10

【0053】

そのため、GPS L1C/A信号を送信するGPS衛星とGPS L2C信号を送信するGPS衛星とGPS L5信号を送信するGPS衛星とを含み、且つ少なくとも6種類の擬似距離が観測できれば、数式4のような観測方程式が成立する。

【数 4】

$$pr_{1,GPS(L1)} = \sqrt{(x_1 - x_u)^2 + (y_1 - y_u)^2 + (z_1 - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{2,GPS(L1)} = \sqrt{(x_2 - x_u)^2 + (y_2 - y_u)^2 + (z_2 - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{3,GPS(L1)} = \sqrt{(x_3 - x_u)^2 + (y_3 - y_u)^2 + (z_3 - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{4,GPS(L1)} = \sqrt{(x_4 - x_u)^2 + (y_4 - y_u)^2 + (z_4 - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{4,GPS(L2)} = \sqrt{(x_4 - x_u)^2 + (y_4 - y_u)^2 + (z_4 - z_u)^2} + c \cdot t + c \cdot t_{ISB(L1-L2)}$$

$$pr_{4,GPS(L5)} = \sqrt{(x_4 - x_u)^2 + (y_4 - y_u)^2 + (z_4 - z_u)^2} + c \cdot t + c \cdot t_{ISB(L1-L5)}$$

20

30

数式 4

【0054】

なお、数式4は4番目の衛星からGPS L1C/A信号、GPS L2C信号、GPS L5信号の全てが得られる場合の例であるが、下記数式5のように6衛星以上の擬似距離を観測することにより観測方程式を作ることが好ましい。

【数 5】

$$pr_{1,GPS(L1)} = \sqrt{(x_1 - x_u)^2 + (y_1 - y_u)^2 + (z_1 - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{2,GPS(L1)} = \sqrt{(x_2 - x_u)^2 + (y_2 - y_u)^2 + (z_2 - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{3,GPS(L1)} = \sqrt{(x_3 - x_u)^2 + (y_3 - y_u)^2 + (z_3 - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{4,GPS(L1)} = \sqrt{(x_4 - x_u)^2 + (y_4 - y_u)^2 + (z_4 - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{5,GPS(L2)} = \sqrt{(x_5 - x_u)^2 + (y_5 - y_u)^2 + (z_5 - z_u)^2} + c \cdot t + c \cdot t_{ISB(L1-L2)}$$

$$pr_{6,GPS(L5)} = \sqrt{(x_6 - x_u)^2 + (y_6 - y_u)^2 + (z_6 - z_u)^2} + c \cdot t + c \cdot t_{ISB(L1-L5)}$$

10

数式 5

【0055】

そして、上記数式 4、及び数式 5 の観測方程式から、通常の GPS 測位と同様に最小自乗法などで 6 つの未知数、すなわち観測位置 (x_u, y_u, z_u) 、クロックオフセット t 、信号間バイアス $t_{ISB(L1-L2)}$ 、及び $t_{ISB(L1-L5)}$ を求めることにより、信号間バイアス t_{ISB} の影響を除去した観測位置 (x_u, y_u, z_u) を求めることができる。また、この測位演算により求まるクロックオフセット t は、信号間バイアス t_{ISB} 分の誤差が除去されているため、従来に比べて正確な時刻を得ることができる。

20

【0056】

なお、数式 3 で示した擬似距離を求める式、及び数式 4、数式 5 で示した観測方程式の作り方は、これに限られたものではなく、「1. GPS L1C/A信号 + GALILEO L1F信号」で前述したように、種々の演算式から信号間バイアス t_{ISB} の影響を除去した測位演算を行うことができる。

【0057】

3. GPS L1C/A信号 + GLONASS L1信号

次に、GPS L1C/A信号と GLONASS L1信号を用いて測位を行う場合について説明する。

30

【0058】

GLONASS は衛星毎に送信周波数がそれぞれ異なるため、衛星からの信号毎にそれぞれ異なる擬似距離のバイアスが含まれることとなる。そのため、GLONASS のような衛星毎に送信周波数が異なる信号を統合測位に使用する場合、測位に使用する GLONASS 衛星が増える毎に、未知数を 1 つずつ増やす必要がある。

【0059】

また、GPS と GLONASS とではシステム基準時刻の誤差が異なる。そのため、ここでは GPS のシステム基準時刻と GLONASS のシステム基準時刻の差に信号間バイアスが含まれていると

40

【0060】

例えば、 M (M は 1 以上の整数) 個の GLONASS 衛星を使用する場合には、 i 番目の衛星位置を (x_i, y_i, z_i) 、観測位置を (x_u, y_u, z_u) 、GPS クロックオフセットを t_{GPS} とし、GPS の擬似距離バイアスと GLONASS の衛星毎の擬似距離バイアスとの差である信号間バイアス $t_{ISB(j)}$ がそれぞれ含まれる GLONASS クロックオフセットを $t_{GLONASS(j)}$ とすると、GPS 衛星の擬似距離 PR_{GPS} と GLONASS 衛星の擬似距離 $PR_{GLONASS}$ はそれぞれ数式 6 のように表される。なお、 j は GLONASS 衛星の数である。

【数 6】

$$pr_{i,GPS} = \sqrt{(x_i - x_u)^2 + (y_i - y_u)^2 + (z_i - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{j,GLONASS} = \sqrt{(x_j - x_u)^2 + (y_j - y_u)^2 + (z_j - z_u)^2} + c \cdot t_{GLONASS(j)}$$

数式 6

【0061】

そのため、GLONASS衛星に加えて、GPS衛星の擬似距離が少なくとも4衛星以上観測できれば、未知数分の観測式を得ることができる。この観測方程式は、例えば数式7のように表すことができる。なお、数式7はM - 4個のGLONASS衛星を観測した際の例である。

【数 7】

$$pr_{1,GPS(L1)} = \sqrt{(x_1 - x_u)^2 + (y_1 - y_u)^2 + (z_1 - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{2,GPS(L1)} = \sqrt{(x_2 - x_u)^2 + (y_2 - y_u)^2 + (z_2 - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{3,GPS(L1)} = \sqrt{(x_3 - x_u)^2 + (y_3 - y_u)^2 + (z_3 - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{4,GPS(L1)} = \sqrt{(x_4 - x_u)^2 + (y_4 - y_u)^2 + (z_4 - z_u)^2} + c \cdot t$$

$$pr_{5,GLONASS} = \sqrt{(x_5 - x_u)^2 + (y_5 - y_u)^2 + (z_5 - z_u)^2} + c \cdot t_{GLONASS(5)}$$

$$pr_{6,GLONASS} = \sqrt{(x_6 - x_u)^2 + (y_6 - y_u)^2 + (z_6 - z_u)^2} + c \cdot t_{GLONASS(6)}$$

■
■
■

$$pr_{M,GLONASS} = \sqrt{(x_M - x_u)^2 + (y_M - y_u)^2 + (z_M - z_u)^2} + c \cdot t_{GLONASS(M)}$$

数式 7

【0062】

そして、上記数式7から、通常のGPS測位と同様に最小自乗法などですべての未知数、すなわち観測位置 (x_u 、 y_u 、 z_u)、GPSクロックオフセット t_{GPS} 、及び GLONASSクロックオフセット $t_{GLONASS(5)}$ 、 \dots 、 $t_{GLONASS(M)}$ を求めることができる。

【0063】

なお、数式6で示した擬似距離を求める式、及び数式7で示した観測方程式の作り方は、これに限られたものではなく、種々の演算式から信号間バイアス t_{ISB} の影響を除去した測位演算を行うことができる。

【0064】

また、ここでは、GPS L1C/A信号+ GLONASS L1信号を統合して測位演算を行うものについて説明したが、GLONASSと他の信号を組合せて統合測位演算を行う場合であっても同様に適用可能である。

【0065】

以上のように本発明の実施の形態1による衛星航法受信機によれば、異なる信号間で生じる信号間バイアスを除去した測位演算を行うことにより、異なる信号を用いて統合測位を

行う場合であっても、正確な測位を行うことが可能になる。

【0066】

なお、「2. GPS L1C/A信号+GPS L2C信号+GPS L5信号」及び「3. GPS L1C/A信号+GLONASS L1信号」では、測位部以外の構成要素について特に触れなかったが、統合測位を行う信号の周波数が異なる場合、アナログ部で使用する帯域制限フィルタは、各信号の周波数帯域に対応する別個の狭帯域のフィルタを設けることが望ましい。また、低コスト化を目的として、近い周波数の信号を幾つか纏めて処理できる帯域制限フィルタを用いるようにしても良い。

【0067】

また、本発明の実施の形態1で説明した測位演算処理は、衛星から送信される全ての異なった信号に対して適用可能であり、例えば、送信周波数が相違する信号や変調方式が相違する信号、或いは送信機で異なる帯域制限フィルタを使って生成された信号を受信する場合であっても同様に適用可能である。

【0068】

(実施の形態2)

次に、本発明の実施の形態2による衛星航法受信機について説明する。

本発明の実施の形態2による衛星航法受信機は、同じ種類の信号グループ毎に演算処理を行ってそれぞれのクロックオフセットを求め、その差をとることにより群遅延特性の影響により発生する信号間バイアスを測定し、該測定した信号間バイアスで補正を行った擬似距離を用いて測位演算を行うものである。

【0069】

以下、その一例として、衛星から送信される信号の使用周波数は同じであるが、その変調方式が異なるGPS L1C/A信号とGALILEO L1F信号を統合して測位を行う場合について説明する。

【0070】

図3は、本発明の実施の形態2の衛星航法受信機の構成の一例を示すブロック図である。図3に示すように、本発明の衛星航法受信機は、アンテナ1と、RFアンプ2と、アナログ部3と、信号処理部6と、信号間バイアス測定部7と、信号間バイアス補正部8と、測位部9とからなる。

【0071】

アンテナ1で受信した1.57542GHzのGPS L1C/A信号及びGALILEO L1F信号は、RFアンプで増幅された後、アナログ部3で適切な中間周波数(IF)信号へと変換される。このときGPS L1C/A信号及びGALILEO L1F信号は帯域制限フィルタを通過し、受信信号に含まれる不要な信号や雑音が排除される。その後、信号処理部6はアナログ部3から出力されたフィルタ後のIF信号を用いて、衛星と受信機の距離である擬似距離を算出する。

【0072】

この信号処理部6は、GPS信号処理部61とGALILEO信号処理部62とから構成されており、GPS信号処理部61では、GPS L1C/A信号を捕捉・追尾し、GPS L1C/A信号の擬似距離を算出する。また、GALILEO信号処理部62では、GALILEO L1F信号を捕捉・追尾し、GALILEO L1F信号の擬似距離を算出する。そして、信号処理部6で算出されたGALILEO L1F信号の擬似距離とGALILEO L1F信号の擬似距離は、信号間バイアス測定部7に入力される。なお、GPS信号処理部61及びGALILEO信号処理部62における具体的な処理内容については、図8を用いて前述した信号処理部400のものと同様であるため、ここでは説明を省略する。

【0073】

図4は、信号間バイアス測定部7の構成を示すブロック図である。

GPS測位部71ではGPS L1C/A信号の擬似距離のみを用いて測位演算が行われ、GPS L1C/A信号のみから得られる位置とGPSクロックオフセットが出力される。同様にGALILEO測位部72ではGALILEO L1F信号の擬似距離のみを用いて測位演算が行われ、GALILEO L1F信号のみから得られる位置とGALILEOクロックオフセットが出力される。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 4 】

差分部 7 3 では、同じ時刻にサンプリングされた GPS L1C/A 信号の擬似距離と GALILEO L1F 信号の擬似距離を使って、それぞれ求められた GPS クロックオフセットと GALILEO クロックオフセットの差を測定する。この差は信号間バイアスに相当する。こうして求められた信号間バイアスは図 4 に示す信号間バイアス補正部 8 に入力され、図 5 に示す差分部 8 1 で GALILEO L1F 信号の擬似距離からこの信号間バイアスを差し引くことにより信号間バイアス補正済みの GALILEO L1F 信号の擬似距離が得られる。

【 0 0 7 5 】

その後、信号間バイアス補正済みの GALILEO L1F 信号の擬似距離は、GPS 擬似距離と共に測位部 9 に入力され、GPS、GALILEO を意識することなく両方が混在する統合擬似距離として測位演算が行われ、その結果として統合位置及び時刻が求められる。

10

【 0 0 7 6 】

以上のように本発明の実施の形態 2 による衛星航法受信機によれば、同じ種類の信号グループ毎に演算処理を行ってそれぞれのクロックオフセットを求め、その差をとることにより群遅延特性の影響により生じる信号間バイアスを測定し、該測定した信号間バイアスを用いて補正した擬似距離を使って測位演算を行うことにより、信号間バイアスの影響を除去した測位演算を行うことができ、異なる信号を用いて統合測位を行う場合であっても、正確な測位を行うことが可能になる。

【 0 0 7 7 】

なお、本発明の実施の形態 2 で説明した測位演算処理は、GLONASS のように衛星毎に送信周波数が異なる衛星航法システムを除く、他の全ての異なる信号に適用可能であり、例えば、送信周波数が相違する信号や変調方式が相違する信号、或いは送信機で異なる帯域制限フィルタを使って生成された信号を受信する場合であっても同様に適用可能である。

20

【 0 0 7 8 】

また、本発明の実施の形態 2 による衛星航法受信機では、2 種類の異なる信号を統合して測位演算を行うものについて説明したが、2 種類以上の異なる信号を統合して測位演算を行う場合であっても、本発明を同様に適用可能である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 9 】

【 図 1 】 BPSK (1) 信号と BOC (1 , 1) 信号の群遅延による波形の歪みを表す図。

30

【 図 2 】 本発明の実施の形態 1 による衛星航法受信装置の構成を示すブロック図。

【 図 3 】 本発明の実施の形態 2 による衛星航法受信装置の構成を示すブロック図。

【 図 4 】 本発明の実施の形態 2 による衛星航法受信装置の信号間バイアス測定部の構成を示すブロック図。

【 図 5 】 本発明の実施の形態 2 による衛星航法受信装置の信号間バイアス補正部の構成を示すブロック図。

【 図 6 】 従来の典型的な GPS L1C/A 信号の受信機の構成を示すブロック図。

【 図 7 】 従来の GPS 受信機のアナログ部の構成を示す図。

【 図 8 】 従来の GPS 受信機の信号処理部の構成を示す図。

【 図 9 】 従来の GPS 受信機の信号処理部におけるシフトレジスタが生成する信号を説明するための説明図。

40

【 図 1 0 】 従来の GPS 受信機の信号処理部におけるキャリア追尾部の構成を示す図。

【 図 1 1 】 従来の GPS 受信機の信号処理部におけるコード追尾部の構成を示す図。

【 図 1 2 】 従来の GPS 受信機の信号処理部におけるコード誤差検出器を説明するための説明図。

【 符号の説明 】

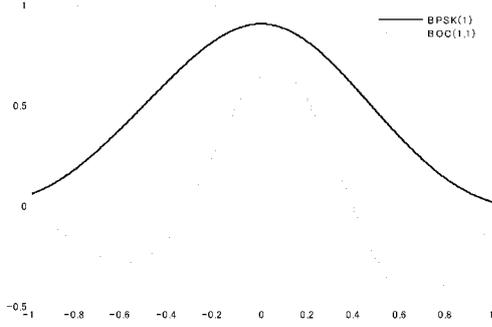
【 0 0 8 0 】

- 1、1 0 0 アンテナ
- 2、2 0 0 R F アンプ
- 3、3 0 0 アナログ部

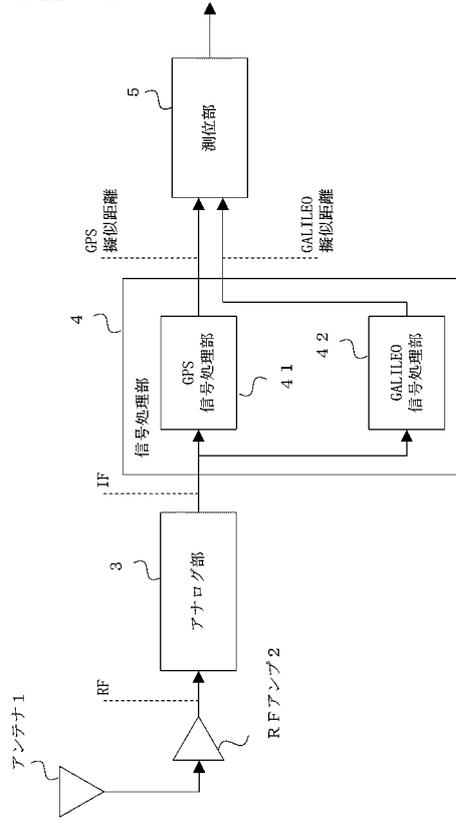
50

4、6、400	信号処理部	
5、9	測位部	
7	信号間バイアス測定部	
8	信号間バイアス補正部	
61	GPS信号処理部	
62	GALILEO信号処理部	
71	GPS測位部	
72	GALILEO測位部	
73、81	差分部	
301	ミキサ	10
302	局部発振器	
303	帯域制限フィルタ	
401	A/Dコンバータ	
402	キャリア除去回路	
403	キャリアNCO	
404	コードNCO	
405	コード発生部	
406	シフトレジスタ	
407	P 相関器	
408	P 積算器	20
409	E 相関器	
410	E 積算器	
411	L 相関器	
412	L 積算器	
413	キャリア追尾部	
414	コード追尾部	
500	測位部	
1001	誤差検出器	
1002、2002	ループフィルタ	
2001	コード誤差検出器	30

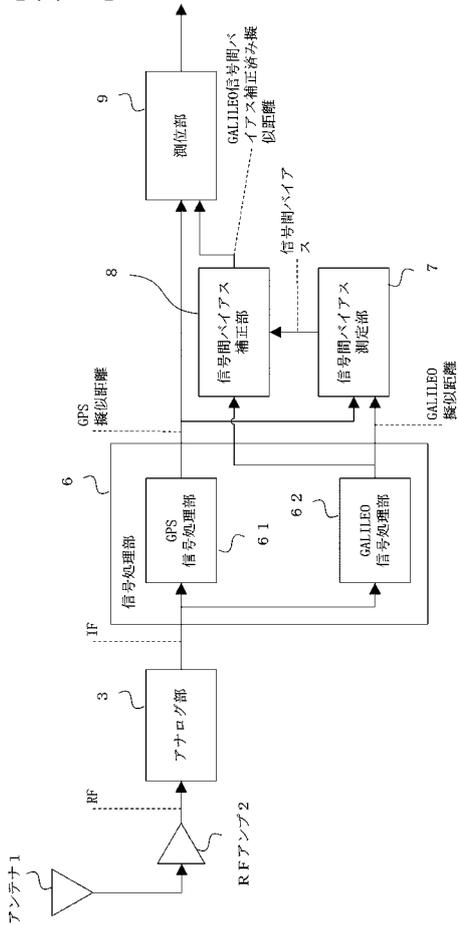
【図1】



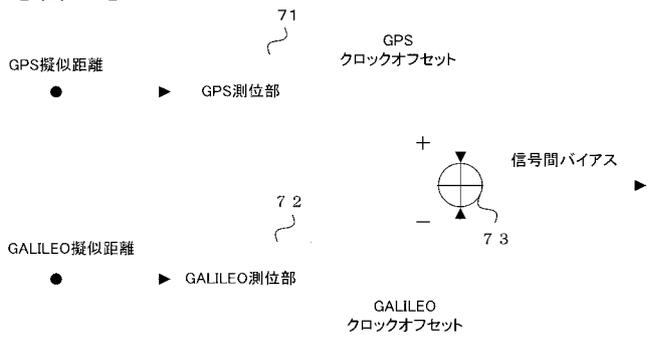
【図2】



【図3】



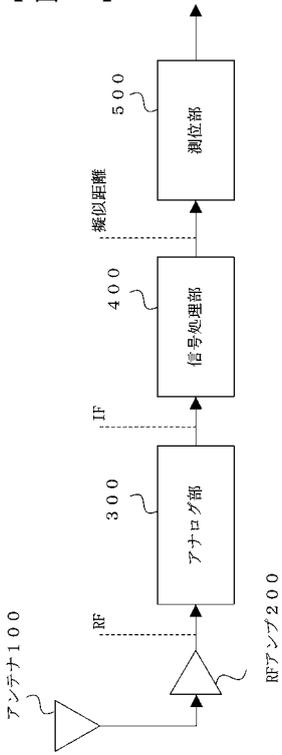
【図4】



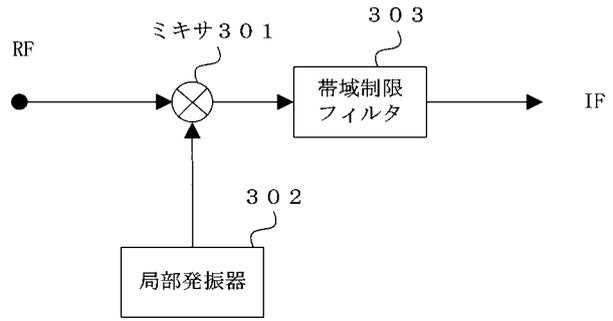
【図5】



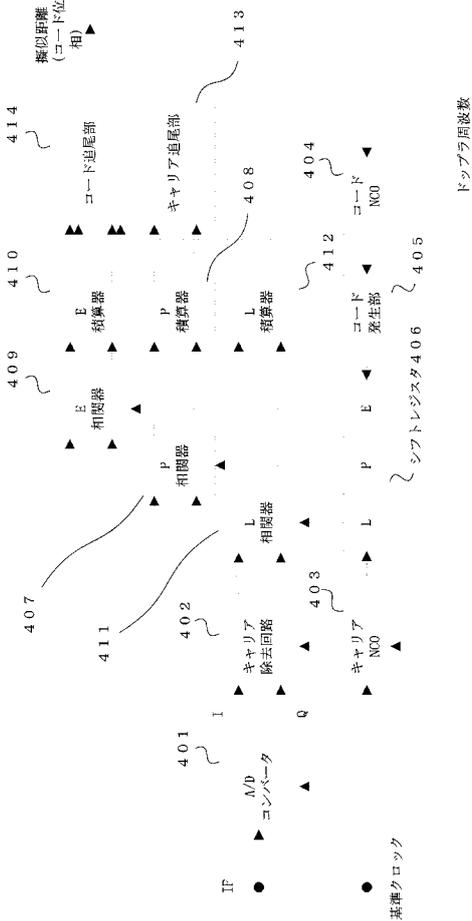
【図6】



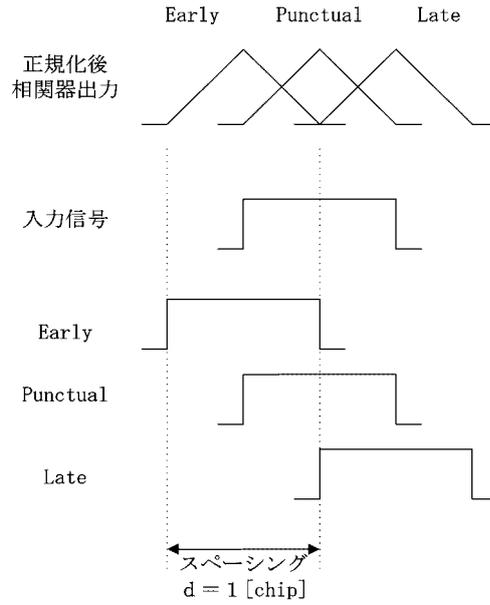
【図7】



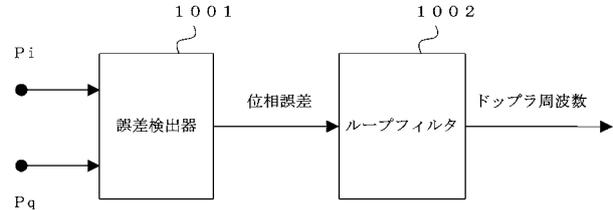
【図8】



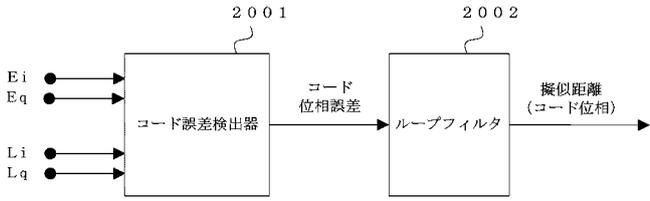
【図9】



【図10】



【図 1 1】



【図 1 2】

