

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5923112号

(P5923112)

(45) 発行日 平成28年5月24日 (2016. 5. 24)

(24) 登録日 平成28年4月22日 (2016. 4. 22)

(51) Int. Cl.

F 1

GO 1 S 19/37 (2010. 01)

GO 1 S 19/37

GO 1 S 19/22 (2010. 01)

GO 1 S 19/22

GO 1 S 19/30 (2010. 01)

GO 1 S 19/30

HO 4 B 1/709 (2011. 01)

HO 4 B 1/709

請求項の数 14 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2013-549002 (P2013-549002)
 (86) (22) 出願日 平成23年12月14日 (2011. 12. 14)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2011/078921
 (87) 国際公開番号 W02013/088529
 (87) 国際公開日 平成25年6月20日 (2013. 6. 20)
 審査請求日 平成26年10月16日 (2014. 10. 16)

(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
 (72) 発明者 長野健史
 兵庫県西宮市芦原町9番52号 古野電気
 株式会社内

審査官 目黒 大地

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 GNSS信号処理方法、測位方法、GNSS信号処理プログラム、測位プログラム、GNSS信号処理装置、測位装置、および、移動端末

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プロンプトレプリカ信号に対して第1コード位相進んだ第1アーリーレプリカ信号、前記プロンプトレプリカ信号に対して前記第1コード位相遅れた第1レイトレプリカ信号、前記プロンプトレプリカ信号に対して第2コード位相進んだ第2アーリーレプリカ信号、前記プロンプトレプリカ信号に対して第2コード位相遅れた第2レイトレプリカ信号のそれぞれと、前記GNSS信号とを相関処理する相関処理工程と、

前記GNSS信号と前記第1アーリーレプリカ信号との相関結果による第1アーリー相関値から前記GNSS信号と前記第1レイトレプリカ信号との相関結果による第1レイト相関値を減算してアーリーレイト差分値を算出し、前記第1アーリー相関値から前記GNSS信号と前記第2アーリーレプリカ信号との相関結果による第2アーリー相関値を減算してアーリー差分値を算出し、前記第1レイト相関値から前記GNSS信号と前記第2レイトレプリカ信号との相関結果による第2レイト相関値を減算してレイト差分値を算出する差分値算出工程と、

前記アーリーレイト差分値と前記アーリー差分値、または、前記アーリーレイト差分値と前記レイト差分値とに基づいて、誤差検出値が0でない値を取るコード位相範囲が広い第1算出式を用いた前記第1誤差検出方法と、前記誤差検出値が0でない値を取るコード位相範囲が狭い第2算出式を用いた第2誤差検出方法とのいずれかを選択し、選択した誤差検出方法を用いて前記誤差検出値を算出する誤差検出値算出工程と、

前記誤差検出値に基づいて前記プロンプトレプリカ信号のコード位相を制御するコード

10

20

位相制御工程と、を有するGNSS信号処理方法。

【請求項2】

請求項1に記載のGNSS信号処理方法であって、

前記差分値算出工程は、

前記プロンプトレプリカ信号と前記GNSS信号との相関値で、前記アーリーレイト差分値、前記アーリー差分値および前記レイト差分値を除算する、GNSS信号処理方法。

【請求項3】

請求項1または2に記載のGNSS信号処理方法であって、

前記誤差検出値算出工程は、

前記アーリーレイト差分値に対する正值の第1閾値および、負値の第2閾値を設定し、
前記アーリー差分値に対する負値の第3閾値を設定し、前記レイト差分値に対する負値の第4差分値を設定し、

前記アーリーレイト差分値が前記第1閾値よりも大きく前記アーリー差分値が前記第3閾値よりも小さい場合、または、前記アーリーレイト差分値が前記第2閾値よりも小さく前記レイト差分値が前記第4閾値よりも小さい場合に、前記第1誤差検出方法で前記誤差検出値を算出し、

前記アーリーレイト差分値、前記アーリー差分値、前記レイト差分値が上記の閾値条件を満たさない場合に、前記第2誤差検出方法で前記誤差検出値を算出する、GNSS信号処理方法。

【請求項4】

請求項3に記載のGNSS信号処理方法であって、

前記第1算出式は、前記第1アーリー相関値と前記第1レイト相関値とを用いるか、前記第2アーリー相関値と前記第2レイト相関値を用い、

前記第2算出式は、前記第1、第2アーリー相関値と前記第1、第2レイト相関値を用いる、GNSS信号処理方法。

【請求項5】

請求項1乃至請求項4のいずれかに記載のGNSS信号処理方法で追尾している前記プロンプトレプリカ信号とGNSS信号との相関値から航法メッセージを取得する工程と、

前記追尾しているGNSS信号に対する前記誤差検出値から擬似距離を算出する工程と、

前記航法メッセージと前記擬似距離とを用いて測位演算を行う工程と、を有する測位方法。

【請求項6】

受信したGNSS信号のコード位相を追尾する処理をコンピュータに実行させるGNSS信号処理プログラムであって、

前記コンピュータは、

プロンプトレプリカ信号に対して第1コード位相進んだ第1アーリーレプリカ信号、前記プロンプトレプリカ信号に対して前記第1コード位相遅れた第1レイトレプリカ信号、前記プロンプトレプリカ信号に対して第2コード位相進んだ第2アーリーレプリカ信号、前記プロンプトレプリカ信号に対して第2コード位相遅れた第2レイトレプリカ信号のそれぞれと、前記GNSS信号とを相関処理し、

前記GNSS信号と前記第1アーリーレプリカ信号との相関結果による第1アーリー相関値から前記GNSS信号と前記第1レイトレプリカ信号との相関結果による第1レイト相関値を減算してアーリーレイト差分値を算出し、

前記第1アーリー相関値から前記GNSS信号と前記第2アーリーレプリカ信号との相関結果による第2アーリー相関値を減算してアーリー差分値を算出し、

前記第1レイト相関値から前記GNSS信号と前記第2レイトレプリカ信号との相関結果による第2レイト相関値を減算してレイト差分値を算出し、

前記アーリーレイト差分値と前記アーリー差分値、または、前記アーリーレイト差分値と前記レイト差分値とに基づいて、誤差検出値が0でない値を取るコード位相範囲が広い

第1算出式を用いた前記第1誤差検出方法と、前記誤差検出値が0でない値を取るコード位相範囲が狭い第2算出式を用いた第2誤差検出方法とのいずれかを選択し、選択した誤差検出方法を用いて前記誤差検出値を算出し、

前記誤差検出値に基づいて前記プロンプトレプリカ信号のコード位相を制御する、GNSS信号処理プログラム。

【請求項7】

請求項6に記載のGNSS信号処理プログラムであって、

前記コンピュータは、

前記プロンプトレプリカ信号と前記GNSS信号との相関値で、前記アーリーレート差分値、前記アーリー差分値および前記レート差分値を除算する、GNSS信号処理プログラム。

10

【請求項8】

請求項6または7に記載のGNSS信号処理プログラムであって、

前記コンピュータは、

前記アーリーレート差分値に対する正值の第1閾値および、負値の第2閾値を設定し、前記アーリー差分値に対する負値の第3閾値を設定し、前記レート差分値に対する負値の第4差分値を設定し、

前記アーリーレート差分値が前記第1閾値よりも大きく前記アーリー差分値が前記第3閾値よりも小さい場合、または、前記アーリーレート差分値が前記第2閾値よりも小さく前記レート差分値が前記第4閾値よりも小さい場合に、前記第1誤差検出方法で前記誤差検出値を算出し、

20

前記アーリーレート差分値、前記アーリー差分値、前記レート差分値が上記の閾値条件を満たさない場合に、前記第2誤差検出方法で前記誤差検出値を算出する、GNSS信号処理プログラム。

【請求項9】

請求項7または請求項8に記載のGNSS信号処理プログラムを含み、追尾結果に基づいて前記コンピュータが測位演算を行う測位プログラムであって、

前記コンピュータは、

追尾しているGNSS信号と前記プロンプトレプリカ信号との相関結果から航法メッセージを取得し、

30

前記追尾しているGNSS信号に対する前記誤差検出値から擬似距離を算出し、

前記航法メッセージと前記擬似距離とを用いて測位演算を行う、測位プログラム。

【請求項10】

プロンプトレプリカ信号に対して第1コード位相進んだ第1アーリーレプリカ信号、前記プロンプトレプリカ信号に対して前記第1コード位相遅れた第1レートレプリカ信号、前記プロンプトレプリカ信号に対して第2コード位相進んだ第2アーリーレプリカ信号、前記プロンプトレプリカ信号に対して第2コード位相遅れた第2レートレプリカ信号のそれぞれと、前記GNSS信号との相関処理する相関処理部と、

前記GNSS信号と前記第1アーリーレプリカ信号との相関結果による第1アーリー相関値から前記GNSS信号と前記第1レートレプリカ信号との相関結果による第1レート相関値を減算してアーリーレート差分値を算出し、前記第1アーリー相関値から前記GNSS信号と前記第2アーリーレプリカ信号との相関結果による第2アーリー相関値を減算してアーリー差分値を算出し、前記第1レート相関値から前記GNSS信号と前記第2レートレプリカ信号との相関結果による第2レート相関値を減算してレート差分値を算出し、前記アーリーレート差分値と前記アーリー差分値、または、前記アーリーレート差分値と前記レート差分値とに基づいて、誤差検出値が0でない値を取るコード位相範囲が広い第1算出式を用いた前記第1誤差検出方法と、前記誤差検出値が0でない値を取るコード位相範囲が狭い第2算出式を用いた第2誤差検出方法とのいずれかを選択し、選択した誤差検出方法を用いて前記誤差検出値を算出し、前記誤差検出値に基づいて前記プロンプトレプリカ信号のコード位相を制御する演算部と、

40

50

を備えたGNSS信号処理装置。

【請求項11】

請求項10に記載のGNSS信号処理装置であって、

前記演算部は、

前記プロンプトレプリカ信号と前記GNSS信号との相関値で、前記アーリーレイト差分値、前記アーリー差分値および前記レイト差分値を除算する、GNSS信号処理装置。

【請求項12】

請求項10または11に記載のGNSS信号処理装置であって、

前記演算部は、

前記アーリーレイト差分値に対する正值の第1閾値および、負値の第2閾値を設定し、前記アーリー差分値に対する負値の第3閾値を設定し、前記レイト差分値に対する負値の第4差分値を設定し、

前記アーリーレイト差分値が前記第1閾値よりも大きく前記アーリー差分値が前記第3閾値よりも小さい場合、または、前記アーリーレイト差分値が前記第2閾値よりも小さく前記レイト差分値が前記第4閾値よりも小さい場合に、前記第1誤差検出方法で前記誤差検出値を算出し、

前記アーリーレイト差分値、前記アーリー差分値、前記レイト差分値が上記の閾値条件を満たさない場合に、前記第2誤差検出方法で前記誤差検出値を算出する、GNSS信号処理装置。

【請求項13】

請求項10乃至請求項12のいずれかに記載のGNSS信号処理装置を備え、追尾結果に基づいて測位演算を行う測位装置であって、

追尾しているGNSS信号と前記プロンプトレプリカ信号との相関結果から航法メッセージを取得する航法メッセージ解析部と、

前記追尾しているGNSS信号に対する前記誤差検出値から算出される擬似距離と前記航法メッセージとを用いて測位演算を行う測位演算部と、を有する測位装置。

【請求項14】

請求項13に記載の測位装置を備えるとともに、

前記測位演算部の測位演算結果を用いて所定のアプリケーションを実行するアプリケーション処理部を、備える移動端末。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、拡散コードでコード変調されたGNSS信号のコード位相をロックして追尾を行うGNSS信号処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、GPS (Global Positioning System) 信号等のGNSS (Global Navigation Satellite System) 信号を捕捉、追尾して、測位を行う装置が各種考案されている。GNSS信号は、所定周波数の搬送波を拡散コードでコード変調した信号である。拡散コードは、GNSS衛星 (GNSS信号) 毎に個別に設定されている。

【0003】

測位装置は、一般的に、次の方法でGNSS信号の追尾を行う。測位装置は、目的とするGNSS衛星に設定された拡散コードのレプリカコードを備えるレプリカ信号を生成する。測位装置は、受信したGNSS信号とレプリカ信号とを相関処理する。測位装置は、相関値から誤差検出値を算出する。測位装置は、誤差検出値を用いてレプリカ信号のコード位相を制御し、目的のGNSS信号のコード位相をロックすることで、当該目的のGNSS信号を追尾する。

【0004】

ところで、GNSS衛星からのGNSS信号を測位装置で直接受信した直接波信号のみ

10

20

30

40

50

であれば、追尾が容易且つ正確に行える。GNSS信号が高層建築物等に反射してから測位装置で受信するマルチパス信号が含まれると、追尾精度が低下してしまうことがある。

【0005】

このマルチパス信号の影響を回避する方法として、非特許文献1および特許文献1では、特定のコード位相範囲で、相関値が「0」になるように、誤差検出値の算出式を設定している。具体的には、目的のGNSS信号のコード位相を基準の位相として、当該基準の位相から所定のコード位相分離間した所定のコード位相範囲で、相関値が「0」になる不感領域を設定している。この不感領域にマルチパス信号のコード位相が入れば、当該マルチパス信号の影響を受けずに、目的のGNSS信号のコード位相がロックされる。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平11-142502号公報

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】”A Practical Approach to the Reduction of Pseudorange Multipath Errors in a L1 GPS Receiver”、Bryan R. Townsend and Patrick C. Fenton、NovAtel CommunicationSLtd.、IONGPS-94、SaltLake City、September20-23、1994

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0008】

しかしながら、上述の特許文献1および非特許文献1に記載の方法では、目的とする直接波信号のGNSS信号のコード位相が不感領域に入ってしまうと、コード位相をロックできない。この場合、目的のGNSS信号を追尾できなくなり、擬似距離誤差や測位誤差が大きくなってしまう。

【0009】

例えば、目的のGNSS信号を追尾中に受信状態が悪化して、目的のGNSS信号に対するプロンプトレプリカ信号のコード位相差が大きくなることも考えられる。この場合、GNSS信号のコード位相が不感領域に入ってしまう、コード位相をロックすることができなくなってしまう。また、例えば目的のGNSS信号（直接波信号）の受信感度が低くマルチパス信号のみを捕捉追尾している時に、目的のGNSS信号（直接波信号）の信号強度が高くなる場合もある。この場合に、当該目的のGNSS信号（直接波信号）のコード位相が不感領域に入っていれば、マルチパス信号から目的のGNSS信号（直接波信号）へ追尾対象を移行する処理ができない。

30

【0010】

したがって、本発明の目的は、受信環境の変化の影響を受けにくく、目的のGNSS信号（直接波信号）を継続的に追尾することができるGNSS信号処理方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

40

この発明は、受信したGNSS信号のコード位相を追尾するGNSS信号処理方法に関する。GNSS信号処理方法は、相関処理工程と、差分値算出工程と、誤差検出値算出工程と、コード位相制御工程とを有する。

【0012】

相関処理工程では、プロンプトレプリカ信号に対して第1コード位相進んだ第1アーリーレプリカ信号、前記プロンプトレプリカ信号に対して前記第1コード位相遅れた第1レイトレプリカ信号、前記プロンプトレプリカ信号に対して第2コード位相進んだ第2アーリーレプリカ信号、前記プロンプトレプリカ信号に対して第2コード位相遅れた第2レイトレプリカ信号のそれぞれと、GNSS信号とを相関処理する。

【0013】

50

差分値算出工程では、第1アーリー相関値から第1レイト相関値を減算してアーリーレイト差分値を算出する。第1アーリー相関値は、GNSS信号と第1アーリーレプリカ信号との相関値である。第1レイト相関値は、GNSS信号と第1レイトレプリカ信号との相関値である。差分値算出工程では、第1アーリー相関値から第2アーリー相関値を減算してアーリー差分値を算出する。第2アーリー相関値は、GNSS信号と第2アーリーレプリカ信号との相関値である。差分値算出工程では、第1レイト相関値から第2レイト相関値を減算してレイト差分値を算出する。第2レイト相関値は、GNSS信号と第2レイトレプリカ信号との相関値である。

【0014】

誤差検出値算出工程は、アーリーレイト差分値とアーリー差分値、または、前記アーリーレイト差分値と前記レイト差分値とに基づいて誤差検出方法を選択し、選択した誤差検出方法を用いて誤差検出値を算出する。

10

【0015】

コード位相制御工程では、誤差検出値に基づいてプロンプトレプリカ信号のコード位相を制御し、GNSS信号のコード位相を追尾する。

【0016】

この方法では、アーリーレイト差分値、アーリー差分値、およびレイト差分値が、受信したGNSS信号のコード位相とプロンプトレプリカ信号のコード位相との位相差に応じて変化することを利用している。アーリーレイト差分値とアーリー差分値、または、アーリーレイト差分値とレイト差分値に応じて誤差検出方法を適切に選択することで、コード位相差に応じた適切なコード位相制御が可能になる。これにより、GNSS信号の追尾性能が向上する。

20

【0017】

また、この発明のGNSS信号処理方法では、差分値算出工程で、プロンプトレプリカ信号とGNSS信号との相関値で、アーリーレイト差分値、アーリー差分値およびレイト差分値を除算している。

【0018】

この方法では、アーリーレイト差分値、アーリー差分値およびレイト差分値が規格化される。

【0019】

30

また、この発明のGNSS信号処理方法の誤差検出値算出工程では、アーリーレイト差分値に対する正值の第1閾値および、負値の第2閾値を設定し、アーリー差分値に対する負値の第3閾値を設定し、レイト差分値に対する負値の第4閾値を設定する。誤差検出値算出工程では、アーリーレイト差分値が第1閾値よりも大きくアーリー差分値が第3閾値よりも小さい場合、または、アーリーレイト差分値が第2閾値よりも小さくレイト差分値が第4閾値よりも小さい場合に、第1誤差検出方法を用いる。第1誤差検出方法は、誤差検出値が0でない値を取るコード位相範囲が広がる第1算出式を用いて誤差検出値を算出する方法である。誤差検出値算出工程では、アーリーレイト差分値、アーリー差分値、レイト差分値が上記の閾値条件を満たさない場合に、第2誤差検出方法を用いる。第2誤差検出方法は、誤差検出値が0でない値を取るコード位相範囲が狭い第2算出式を用いて誤差検出値を算出する方法である。

40

【0020】

この方法では、選択する誤差検出方法の具体例を示している。アーリーレイト差分値が第1閾値よりも大きくアーリー差分値が第3閾値よりも小さい場合、または、アーリーレイト差分値が第2閾値よりも小さくレイト差分値が第4閾値よりも小さい場合には、後述する実施の形態に示すように、GNSS信号とプロンプトレプリカ信号とのコード位相差が大きい。したがって、誤差検出値が0にならないコード位相範囲が広い第1誤差検出方法を用いることで、GNSS信号をロストしにくく、確実な追尾が可能になる。アーリーレイト差分値、アーリー差分値、レイト差分値が上記の閾値条件を満たさない場合には、後述する実施の形態に示すように、GNSS信号とプロンプトレプリカ信号とのコード位

50

相差は小さい。したがって、誤差検出値が0でない値を取るコード位相範囲が狭い第2誤差検出方法を用いることで、マルチパスの影響を受けにくく、GNSS信号のコード位相を高精度にロックし続けることができ、マルチパスが存在しても継続的な追尾を実現することができる。

【0021】

また、この発明のGNSS信号処理方法では、第1算出式は、第1アーリー相関値と第1レイト相関値とを用いるか、第2アーリー相関値と前記第2レイト相関値を用いる。第2算出式は、第1、第2アーリー相関値と第1、第2レイト相関値を用いる。

【0022】

この方法では、第1算出式と第2算出式に用いる相関値の組合せを示している。具体的な算出式は後述の実施の形態に示すが、このような相関値の組合せを用いることで、上述のような誤差検出値の特性を容易に実現することができる。

10

【0023】

また、この発明の測位方法は、上述のいずれかに記載のGNSS信号処理方法で追尾しているGNSS信号とプロンプトレプリカ信号との相関結果から航法メッセージを取得する工程を有する。この測位方法は、追尾しているGNSS信号に対する誤差検出値から擬似距離を算出する工程を有する。この測位方法は、航法メッセージと擬似距離とを用いて測位演算を行う工程を有する。

【0024】

この方法では、上述のように确实且つ高精度に追尾されているGNSS信号を用いることで、航法メッセージの復調を确实に行え、且つ擬似距離を高精度に算出することができる。これにより、高精度な測位演算が可能になる。

20

【発明の効果】

【0025】

この発明によれば、受信環境の変化の影響を抑制し、目的のGNSS信号（直接波信号）を継続的に追尾することができる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の実施形態に係るGNSS信号処理方法のフローチャートである。

【図2】本発明の実施形態に係るGNSS信号処理方法における各レプリカ信号のコード位相タイミングの関係を示す図である。

30

【図3】第1誤差検出方法で算出した誤差検出値 $\Delta\tau_A$ のコード位相差に対する特性（900NW）を示す図である。

【図4】第2誤差検出方法で算出した誤差検出値 $\Delta\tau_B$ のコード位相差に対する特性（900ELS）を示す図である。

【図5】プロンプトレプリカ信号 S_{RP} が目的のGNSS信号に対してコード位相が遅れている第1の状況を示す図である。

【図6】プロンプトレプリカ信号 S_{RP} が目的のGNSS信号に対してコード位相が遅れている第2の状況を示す図である。

【図7】プロンプトレプリカ信号 S_{RP} が目的のGNSS信号に対してコード位相が遅れている第3の状況を示す図である。

40

【図8】プロンプトレプリカ信号 S_{RP} が目的のGNSS信号に対してコード位相が進んでいる第4の状況を示す図である。

【図9】プロンプトレプリカ信号 S_{RP} が目的のGNSS信号に対してコード位相が進んでいる第5の状況を示す図である。

【図10】プロンプトレプリカ信号 S_{RP} が目的のGNSS信号に対してコード位相が進んでいる第6の状況を示す図である。

【図11】プロンプトレプリカ信号 S_{RP} が目的のGNSS信号を追尾中に、マルチパス信号を受信した状況の相関値特性を示す図である。

【図12】目的のGNSS信号（直接波信号）のみを受信した状態から、目的のGNSS

50

信号に加えてマルチパス信号を受信する状態に移行する間のコード位相の追尾の遷移を示す図である。

【図13】プロンプトレプリカ信号 S_{RP} がマルチパス信号のコード位相に略一致している時に、目的のGNSS信号を受信した状況の相関値特性を示す図である。

【図14】マルチパス信号のある環境下で、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相が目的のGNSS信号に近接した状況の相関値特性を示す図である。

【図15】マルチパス信号しか受信できない状況から、マルチパス信号とは別に目的のGNSS信号を受信できる状況に移行する間のコード位相の追尾の遷移を示す図である。

【図16】本発明の実施形態に係る測位装置1の構成を示すブロック図である。

【図17】本発明の実施形態に係る測位装置1の復調部13の構成を示すブロック図である。

10

【図18】本発明の実施形態に係る測位方法のフローチャートである。

【図19】本発明の実施形態に係る測位装置1を備えた移動端末100の主要構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

本発明の実施形態に係るGNSS信号処理方法について、図を参照して説明する。図1は、本発明の実施形態に係るGNSS信号処理方法のフローチャートである。

【0028】

本実施形態のGNSS信号処理方法では、図1に示すフローを繰り返すことにより、目的のGNSS信号の追尾を継続する。

20

【0029】

GNSS信号と各レプリカ信号との相関処理を行い、各相関値を算出する(S101)。レプリカ信号とは、目的とするGNSS信号の拡散コード信号のレプリカコードを有する信号である。レプリカ信号としては、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} 、第1アーリーレプリカ信号 S_{RE} 、第2アーリーレプリカ信号 S_{RVE} 、第1レイトレプリカ信号 S_{RL} 、第2レイトレプリカ信号 S_{RVL} を用いる。これらのレプリカ信号のコード位相は、図2に示すように設定されている。図2は本発明の実施形態に係るGNSS信号処理方法における各レプリカ信号のコード位相タイミングの関係を示す図である。

【0030】

30

図2に示すように、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} は、前回算出された誤差検出値 $\Delta\tau$ に基づいて、受信したGNSS信号とコード位相が一致するように、レプリカコードのコード位相が設定された信号である。言い換えれば、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} は、GNSS信号との相関値が最大となるようにコード位相が設定された信号である。

【0031】

図2に示すように、第1アーリーレプリカ信号 S_{RE} は、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} に対して、コード位相差 $\tau_1/2$ だけ、コード位相が進んだ信号である。第2アーリーレプリカ信号 S_{RVE} は、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} に対して、コード位相差 $\tau_2/2$ だけ、コード位相が進んだ信号である。コード位相差 $\tau_2/2$ は、コード位相差 $\tau_1/2$ よりも大きく設定されている。例えば、コード位相差 $\tau_1/2$ は0.05チップであり、コード位相差 $\tau_2/2$ は0.075チップである。

40

【0032】

図2に示すように、第1レイトレプリカ信号 S_{RL} は、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} に対して、コード位相差 $\tau_1/2$ だけ、コード位相が遅れた信号である。第2レイトレプリカ信号 S_{RVL} は、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} に対して、コード位相差 $\tau_2/2$ だけ、コード位相が遅れた信号である。

【0033】

このようなコード位相の設定をすることで、第1アーリーレプリカ信号 S_{RE} と第1レイトレプリカ信号 S_{RL} とのコード位相差（スペーシング）は、 τ_1 となる。例えば、上述の例であれば、スペーシングは、0.1チップである。また、第2アーリーレプリカ信

50

号 S_{RVE} と第2レイトレプリカ信号 S_{RVL} とのコード位相差（スペーシング）は、 τ_2 となる。例えば、上述の例であれば、スペーシングは、0.15チップである。

【0034】

GNSS信号とプロンプトレプリカ信号 S_{RP} とを相関処理することで、プロンプト相関値 CV_P を算出する。GNSS信号と第1アーリーレプリカ信号 S_{RE} とを相関処理することで、第1アーリー相関値 CV_E を算出する。GNSS信号と第2アーリーレプリカ信号 S_{RVE} とを相関処理することで、第2アーリー相関値 CV_{VE} を算出する。GNSS信号と第1レイトレプリカ信号 S_{RL} とを相関処理することで、第1レイト相関値 CV_L を算出する。GNSS信号と第2レイトレプリカ信号 S_{RVL} とを相関処理することで、第2レイト相関値 CV_{VL} を算出する。

10

【0035】

次に、アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} 、アーリー差分値 ΔCV_E およびレイト差分値 ΔCV_L を算出する（S102）。アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} は、第1アーリー相関値 CV_E を第1レイト相関値 CV_L で減算し、プロンプト相関値 CV_P で除算（規格化）することによって算出される。具体的には、アーリーレイト差分値 $\Delta CV_{EL} = (CV_E - CV_L) / CV_P$ の計算式を用いて算出される。アーリー差分値 ΔCV_E は、第1アーリー相関値 CV_E を第2アーリー相関値 CV_{VE} で減算し、プロンプト相関値 CV_P で除算（規格化）することによって算出される。具体的には、アーリー差分値 $\Delta CV_E = (CV_E - CV_{VE}) / CV_P$ の計算式を用いて算出される。レイト差分値 ΔCV_L は、第1レイト相関値 CV_L を第2レイト相関値 CV_{VL} で減算し、プロンプト相関値 CV_P で除算（規格化）することによって算出される。具体的には、レイト差分値 $\Delta CV_L = (CV_L - CV_{VL}) / CV_P$ の計算式を用いて算出される。

20

【0036】

次に、アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} と第1閾値 $C1$ とを比較し、アーリー差分値 ΔCV_E と第3閾値 $C3$ とを比較する（S103）。これは、GNSS信号がレイト側の不感領域に入ったかどうかを判断する処理に対応する。

【0037】

第1閾値 $C1$ は正值である。第1閾値 $C1$ の絶対値は、GNSS信号がレイト側の不感領域に入るタイミングでのアーリーレイト差分値 $\Delta CV_{EL} = (CV_E - CV_L) / CV_P$ の絶対値に近く、当該アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} の絶対値よりも小さく設定されている。

30

【0038】

第3閾値 $C3$ は負値である。第3閾値 $C3$ の絶対値は、GNSS信号がレイト側の不感領域に入るタイミングでのアーリー差分値 $\Delta CV_E = (CV_E - CV_{VE}) / CV_P$ の絶対値に近く、当該アーリー差分値 ΔCV_E の絶対値よりも小さく設定されている。言い換えれば、第3閾値 $C3$ は、GNSS信号がレイト側の不感領域に入るタイミングでのアーリー差分値 $\Delta CV_E = (CV_E - CV_{VE}) / CV_P$ に近く、当該アーリー差分値 ΔCV_E のよりも大きく設定されている。

【0039】

第1の選択条件であるアーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} が第1閾値 $C1$ よりも大きく且つアーリー差分値 ΔCV_E が第3閾値 $C3$ よりも小さい条件を満たせば（S103：YES）、第1誤差検出方法によって誤差検出値 $\Delta \tau$ ($\Delta \tau_A$) を算出する（S105）。一方、第1の選択条件を満たさなければ（S103：NO）、第2の選択条件による選択処理（S104）に移行する。この処理は、第1の選択条件を満たせば、GNSS信号とレプリカ信号 S_{RP} とのコード位相が離れ、プロンプト信号がレイト側の不感領域に入っている、もしくは入ろうとしており、この場合には第1誤差検出方法を用いることを示している。そして、第1の選択条件を満たさなければ、GNSS信号とレプリカ信号 S_{RP} とのコード位相が近く、この場合には第2誤差検出方法を用いることを示している。

40

【0040】

次に、アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} と第2閾値 $C2$ とを比較し、レイト差分値 ΔC

50

V_L と第4閾値 C_4 とを比較する（S104）。これは、GNSS信号がアーリー側の不感領域に入ったかどうかを判断する処理に対応する。

【0041】

第2閾値 C_2 は負値である。第2閾値 C_2 の絶対値は、GNSS信号がアーリー側の不感領域に入るタイミングでのアーリーレイト差分値 $\Delta CV_{EL} = (CV_E - CV_L) / CV_P$ の絶対値に近く、当該アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} の絶対値よりも小さく設定されている。言い換えれば、第2閾値 C_2 は、GNSS信号がアーリー側の不感領域に入るタイミングでのアーリーレイト差分値 $\Delta CV_{EL} = (CV_E - CV_L) / CV_P$ に近く、当該アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} よりも大きく設定されている。

【0042】

第4閾値 C_4 は負値である。第4閾値 C_4 の絶対値は、GNSS信号がアーリー側の不感領域に入るタイミングでのレイト差分値 $\Delta CV_L = (CV_L - CV_{VL}) / CV_P$ の絶対値に近く、当該レイト差分値の絶対値よりも小さく設定されている。言い換えれば、第4閾値 C_4 は、GNSS信号がアーリー側の不感領域に入るタイミングでのレイト差分値 $\Delta CV_L = (CV_L - CV_{VL}) / CV_P$ に近く、当該レイト差分値 ΔCV_L のよりも大きく設定されている。

【0043】

第2の選択条件であるアーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} が第2閾値 C_2 よりも小さく且つレイト差分値 ΔCV_L が第4閾値 C_4 よりも小さい条件を満たせば（S104：YES）、第1誤差検出方法によって誤差検出値 $\Delta \tau$ （ $\Delta \tau_A$ ）を算出する（S105）。一方、第2の選択条件を満たさなければ（S103：NO）、第2誤差検出方法によって誤差検出値 $\Delta \tau$ （ $\Delta \tau_B$ ）を算出する（S106）。この処理は、第2の選択条件を満たせば、GNSS信号とレプリカ信号 S_{RP} とのコード位相が離れ、プロンプト信号がアーリー側の不感領域に入っている、もしくは入ろうとしており、この場合には第1誤差検出方法を用いることを示している。そして、第2の選択条件を満たさなければ、GNSS信号とレプリカ信号 S_{RP} とのコード位相が近く、この場合には第2誤差検出方法を用いることを示している。

【0044】

第1誤差検出方法では、第1アーリー相関値 CV_E と第1レイト相関値 CV_L とプロンプト相関値 CV_P とを、次の第1算出式に代入することで、誤差検出値 $\Delta \tau$ （ $\Delta \tau_A$ ）を算出する。

【0045】

【数1】

$$\Delta \tau_A = \frac{CV_E - CV_L}{2CV_P} \quad - \text{ (式1)}$$

【0046】

第2誤差検出方法では、第1、第2アーリー相関値 CV_E 、 CV_{VE} 、第1、第2レイト相関値 CV_L 、 CV_{VL} とプロンプト相関値 CV_P とを、次の第2算出式に代入することで、誤差検出値 $\Delta \tau$ （ $\Delta \tau_B$ ）を算出する。

【0047】

【数2】

$$\Delta \tau_B = \frac{\tau_2(CV_E - CV_L) - \tau_1(CV_{VE} - CV_{VL})}{2(\tau_2 - \tau_1)CV_P} \quad - \text{ (式2)}$$

【0048】

なお、式2において、 τ_1 は上述のように第1アーリーレプリカ信号 S_{RE} と第1レイトレプリカ信号 S_{RL} とのスペーシングであり、 τ_2 は上述のように第2アーリーレプリカ信号 S_{RVE} と第2レイトレプリカ信号 S_{RVL} とのスペーシングである。

【0049】

10

20

30

40

50

次に、算出された誤差検出値 $\Delta\tau$ ($\Delta\tau_A$ もしくは $\Delta\tau_B$)を用いて、レプリカ信号のコード位相制御を行う。この際、誤差検出値 $\Delta\tau$ が0になるように、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相を進ませたり、遅らせたりする。そして、このようにプロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相が設定されることで、上述のように、第1、第2アーリーレプリカ信号 S_{RE} 、 S_{RVE} 、第1、第2レイトレプリカ信号 S_{RL} 、 S_{RVL} のコード位相も設定される。

【0050】

このような誤差検出値 $\Delta\tau$ の算出およびコード位相制御を繰り返すことで、GNSS信号のコード位相をロックし、当該GNSS信号の追尾を行う。ここで、コード位相をロックするとは、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相とGNSS信号のコード位相とが継続的に略一致するようにコード位相制御を行うことを示している。

10

【0051】

そして、本発明では、上述のように、状況に応じて二種類の算出式を選択して、誤差検出値を算出している。次に、このような誤差検出値 $\Delta\tau$ の算出式を選択による作用効果を説明する。

【0052】

まず、第1誤差検出方法(式1)および第2誤差検出方法(式2)を用いた場合の、誤差検出値 $\Delta\tau$ のコード位相差特性について説明する。図3は第1誤差検出方法で算出した誤差検出値 $\Delta\tau_A$ のコード位相差に対する特性(900NW)を示す図である。図4は第2誤差検出方法で算出した誤差検出値 $\Delta\tau_B$ のコード位相差に対する特性(900ELS)を示す図である。なお、図3、図4は特性を分かりやすくするため、概略的に示している。

20

【0053】

第1誤差検出方法の第1算出式(式1)を用いた場合(図3のような特性の場合)、コード位相差の絶対値が1.0チップ分になるまでは、コード位相差が0の場合を除き、誤差検出値 $\Delta\tau$ ($\Delta\tau_A$)は0にはならない。したがって、コード位相差の広い範囲において、0でない誤差検出値 $\Delta\tau$ を得ることができる。これにより、目的のGNSS信号とプロンプトレプリカ信号 S_{RP} とのコード位相差が比較的大きくても、これらのコード位相が一致するように、確実にプロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相制御を行うことができる。

30

【0054】

このような特性から、第1誤差検出方法は、追尾中に受信環境が悪化し、プロンプトレプリカ信号とGNSS信号とのコード位相差が大きくなってしまった場合に有効である。これは、第1誤差検出方法は誤差検出値が0でなくなる範囲が広いからである。したがって、第1誤差検出方法では、受信環境の悪化等によって、プロンプトレプリカ信号とGNSS信号のコード位相差が大きくなって誤差検出値が0にならない。これにより、GNSS信号のコード位相にプロンプトレプリカ信号のコード位相が一致するように、レプリカ信号のコード位相制御を行える。一方、後述する第2誤差検出方法では、図4に示すように、コード位相差が ± 1.0 チップの範囲内に、誤差検出値が0となる不感領域が存在する。したがって、当該不感領域にGNSS信号のコード位相が入ってしまうと、真の追尾点、すなわちGNSS信号とプロンプトレプリカ信号とのコード位相が一致する点へコード位相制御することができなくなってしまう。

40

【0055】

なお、第1誤差検出方法は、捕捉から追尾に移行する場合に特に有効である。これは、通常、GNSS信号の捕捉処理では、所定のコード位相間隔で、複数のレプリカ信号を生成し、GNSS信号と相関処理している。そして、例えば、最も相関値が高いレプリカ信号のコード位相を、GNSS信号の追尾の初期コード位相としている。このため、捕捉時に利用するコード位相間隔や受信状況によって、追尾初期のコード位相がGNSS信号の真のコード位相から離れていることがあるからである。

【0056】

50

第2誤差検出方法の第2算出式(式2)を用いた場合(図4のような特性の場合)、コード位相差の絶対値が1.0チップ分になるまでに、コード位相差が0の場合以外に、誤差検出値 $\Delta\tau$ ($\Delta\tau_B$)が0になるコード位相範囲が存在する。この特性を、より具体的に表現すれば、図4に示すように、コード位相差が-1.0チップよりもコード位相差が0.0側の所定チップ(負値)から+1.0チップよりもコード位相差が0.0側の所定チップ(正值)まで、コード位相差が0の場合を除き、誤差検出値 $\Delta\tau$ ($\Delta\tau_B$)は0にはならない。そして、このような誤差検出値 $\Delta\tau$ が0にならない範囲よりもコード位相差が0.0から離れる側のコード位相差において、所定のコード位相範囲に亘り、誤差検出値 $\Delta\tau$ ($\Delta\tau_B$)が0になる不感領域が設けられる。これにより、マルチパス信号を受信したとしても、マルチパス信号のコード位相が不感領域に係りやすくなる。マルチパス信号のコード位相が不感領域に入ることによって、当該マルチパス信号による影響を受けず、正確なコード位相制御を行うことができる。

10

【0057】

このような特性から、第2誤差検出方法は、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} とGNSS信号とのコード位相が略一致している状態、すなわちコード位相をロックできている場合に、特に有効である。この場合、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} とGNSS信号とのコード位相差が0になるようにコード位相を制御していて、マルチパス信号を受信したとしても、誤差検出値 $\Delta\tau$ ($\Delta\tau_B$)にマルチパス信号の影響が現れない。したがって、コード位相を正確に制御することができる。

20

【0058】

このように、目的のGNSS信号のコード位相を継続的にロックできている場合には、第2誤差検出方法を用いて誤差検出値 $\Delta\tau$ を算出し、GNSS信号とプロンプトレプリカ信号のコード位相差が大きくなってしまった場合には第1誤差検出方法を用いて誤差検出値 $\Delta\tau$ を算出する。これにより、コード位相のロック時にはマルチパス信号の影響を受けることなく高精度にGNSS信号を追跡し続け、何らかの理由によってGNSS信号とプロンプトレプリカ信号のコード位相差が大きくなってGNSS信号とプロンプトレプリカ信号とコード位相が一致するようにコード位相制御を行うことができる。

【0059】

次に、第1誤差検出方法と第2誤差検出方法とを選択するための判断方法について、より具体的に説明する。

30

【0060】

図5はプロンプトレプリカ信号 S_{RP} が目的のGNSS信号に対してコード位相が遅れている第1の状況を示す図である。図6はプロンプトレプリカ信号 S_{RP} が目的のGNSS信号に対してコード位相が遅れている第2の状況を示す図である。図7はプロンプトレプリカ信号 S_{RP} が目的のGNSS信号に対してコード位相が遅れている第3の状況を示す図である。

【0061】

第1の状況は、第2の状況よりもプロンプトレプリカ信号 S_{RP} と目的のGNSS信号とのコード位相差が小さい。第2の状況は、第3の状況よりもプロンプトレプリカ信号 S_{RP} と目的のGNSS信号とのコード位相差が小さい。コード位相差(第1の状況)<コード位相差(第2の状況)<コード位相差(第3の状況)の関係となる。

40

【0062】

図8はプロンプトレプリカ信号 S_{RP} が目的のGNSS信号に対してコード位相が進んでいる第4の状況を示す図である。図9はプロンプトレプリカ信号 S_{RP} が目的のGNSS信号に対してコード位相が進んでいる第5の状況を示す図である。図10はプロンプトレプリカ信号 S_{RP} が目的のGNSS信号に対してコード位相が進んでいる第6の状況を示す図である。

【0063】

第4の状況は、第5の状況よりもプロンプトレプリカ信号 S_{RP} と目的のGNSS信号とのコード位相差が小さい。第5の状況は、第6の状況よりもプロンプトレプリカ信号 S

50

S_{RP} と目的のGNSS信号とのコード位相差が小さい。コード位相差（第4の状況）＜コード位相差（第5の状況）＜コード位相差（第6の状況）の関係となる。

【0064】

図5－図10において、(A)はレプリカ信号とGNSS信号とのコード位相差に応じた相関値特性を示し、900Pは相関カーブを示す。(B)は第2誤差検出方法を用いた場合の誤差検出値のコード位相差特性を示し、900ELSは、第2誤差検出値特性カーブを示す。(C)は第1誤差検出方法を用いた場合の誤差検出値のコード位相差特性を示し、900NWは、第2誤差検出値特性カーブを示す。

【0065】

(1) プロンプトレプリカ信号 S_{RP} が目的のGNSS信号に対してコード位相が遅れている場合

この場合、目的のGNSS信号のコード位相は、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相よりも進んでいることになる。

【0066】

第1の状況として、図5に示すように、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} と目的のGNSS信号とのコード位相が略同じであり、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相が少し遅れている場合、第1、第2レイト相関値 CV_L 、 CV_{VL} とプロンプト相関値 CV_P は、コード位相差が正值の範囲（レイト側）において相関カーブ900P上に並んで現れる。第1、第2アーリー相関値 CV_E 、 CV_{VE} は、コード位相差が負値の範囲（アーリー側）において相関カーブ900P上に現れる。

【0067】

この状況では、第1アーリー相関値 CV_E のコード位相は、第1レイト相関値 CV_L のコード位相よりも、GNSS信号のコード位相に近くなる。したがって、第1アーリー相関値 CV_E は第1レイト相関値 CV_L よりも大きくなる。このため、アーリーレイト差分値 $\Delta CV_{EL} = (CV_E - CV_L) / CV_P$ は正值になるが、GNSS信号とプロンプトレプリカ信号 S_{RP} とのコード位相差によって決まる0以上となる。また、アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} は、第1アーリーレプリカ信号 S_{RE} とGNSS信号のコード位相が一致した時のアーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} よりも小さくなる。すなわち、アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} は、0に近い正值となる。したがって、アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} は、GNSS信号とプロンプトレプリカ信号 S_{RP} とのコード位相差によって、正值である第1閾値C1よりも大きくなるかどうかは、GNSS信号とプロンプトレプリカ信号 S_{RP} とのコード位相差によって異なり、不明である。

【0068】

しかしながら、この状況では、第1アーリー相関値 CV_E のコード位相は、第2アーリー相関値 CV_{VE} のコード位相よりも、GNSS信号のコード位相に近くなる。したがって、第1アーリー相関値 CV_E は第2アーリー相関値 CV_{VE} よりも大きくなる。このため、アーリー差分値 $\Delta CV_E = (CV_E - CV_{VE}) / CV_P$ は正值になり、負値である第3閾値C3よりも必ず大きくなる。

【0069】

以上のように、第1の状況では第1の選択基準を満たしていないので、第2誤差検出方法が選択される。

【0070】

この状況では、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相の位置はA1点となり、図5(B)，(C)に示すように、第2誤差検出方法で得られる誤差検出値 $\Delta \tau_B$ および第1誤差検出方法で得られる誤差検出値 $\Delta \tau_A$ の双方が正值となる。したがって、第2誤差検出方法でも第1誤差検出方法でもコード位相制御が可能である。しかしながら、上述のように第1誤差検出方法ではマルチパス信号の影響を受けやすいので、第2誤差検出方法を用いることが有効である。

【0071】

したがって、上述のように第1の選択基準にしたがって、プロンプトレプリカ信号 S_R

P と GNSS 信号とのコード位相差が極小さく、コード位相をロックできている状況では、第2誤差検出方法を用いることで、マルチパス信号の影響を受けることなく、目的の GNSS 信号のコード位相を継続的にロックできるように、正確にコード位相制御を行うことができる。

【0072】

第2の状況として、図6に示すように、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} と目的の GNSS 信号とのコード位相が、或程度のコード位相差範囲内（実際には第2誤差検出方法での不感領域に入らない程度のコード位相差範囲）で離間しており、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相が少し遅れている場合、第1、第2レイト相関値 CV_L 、 CV_{VL} とプロンプト相関値 CV_P 、第1アーリー相関値 CV_E は、コード位相差が正值の範囲（レイト側）において相関カーブ 900P 上に並んで現れる。第2アーリー相関値 CV_{VE} は、コード位相差が負値の範囲（アーリー側）において相関カーブ 900P 上に現れる。

10

【0073】

この状況では、第1アーリー相関値 CV_E のコード位相と第2アーリー相関値 CV_{VE} のコード位相との間に、GNSS 信号のコード位相が存在する。この場合、アーリー差分値 ΔCV_E は、第1アーリー相関値 CV_E のコード位相が第2アーリー相関値 CV_{VE} のコード位相よりも GNSS 信号のコード位相に近ければ正值となり、第2アーリー相関値 CV_{VE} のコード位相が第1アーリー相関値 CV_E のコード位相よりも GNSS 信号のコード位相に近ければ負値となる。したがって、第2アーリー相関値 CV_{VE} のコード位相の方が GNSS 信号のコード位相に近い範囲において或コード位相差以上、プロンプトレプリカ信号 CV_P が GNSS 信号から遅れると、アーリー差分値 ΔCV_E は第3閾値 $C3$ 未満になり、遅れがこの或コード位相差になるまではアーリー差分値 ΔCV_E は第3閾値 $C3$ 以上となる。

20

【0074】

したがって、アーリー差分値 ΔCV_E が第3閾値 $C3$ 以上の範囲では、第1の選択基準を満たしていないので第2誤差検出方法が選択され、アーリー差分値 ΔCV_E が第3閾値 $C3$ 未満の範囲になると、第1の選択基準が満たされて、第1誤差検出方法が選択される。

【0075】

この状況では、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相の位置は図6（B）、（C）のA2点に示すように、コード位相差が正值側（レイト側）のピークと不感領域になる端部との間に現れる。より具体的には、アーリー差分値 ΔCV_E が第3閾値 $C3$ 以上の範囲ではピーク側にA2点が現れ、アーリー差分値 ΔCV_E が第3閾値 $C3$ 未満の範囲では不感領域側にA2点が現れる。ピーク側とは、コード位相差の正值側（レイト側）における誤差検出値のピークと不感領域になる端部との間におけるピークに近い側の領域を意味する。この場合、第2誤差検出方法で得られる誤差検出値 $\Delta \tau_B$ および第1誤差検出方法で得られる誤差検出値 $\Delta \tau_A$ の双方が正值となる。したがって、第2誤差検出方法でも第1誤差検出方法でもコード位相制御が可能である。上述のように第1誤差検出方法ではマルチパス信号の影響を受けやすいので、第2誤差検出方法を用いる方がよい。すなわち、第1の選択基準を満たしていない範囲では、第2誤差検出方法を用いる方がよい。

30

40

【0076】

しかしながら、受信環境による誤差等を考慮すると、不感領域に近い側のコード位相差範囲では、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} とのコード位相が、不感領域内に入ってしまうことが考えられる。逆に、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相を基準として、GNSS 信号のコード位相が不感領域内に入ってしまうことが考えられる。したがって、このアーリー差分値 ΔCV_E が第3閾値 $C3$ 未満の範囲では第1誤差検出方法を用いる方がよく、不感領域の問題も生じることがない。すなわち、第1の選択基準を満たしている範囲では、第1誤差検出方法を用いる方がよい。

【0077】

このように、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} と GNSS 信号のコード位相差が或程度あ

50

っても第1の選択基準を満たしていない範囲では、第2誤差検出方法を用いることで、マルチパス信号の影響を受けることなく、目的のGNSS信号のコード位相を継続的にロックできるように正確にコード位相制御を行うことができる。一方、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} とGNSS信号のコード位相差が大きくなり、第1の選択基準を満たした場合には、第1誤差検出方法を用いることで、GNSS信号の追尾を逸脱することなく、継続することができる。

【0078】

第3の状況として、図7に示すように、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} と目的のGNSS信号とのコード位相差が大きく、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相が大きく遅れている場合、第1、第2レイト相関値 CV_L 、 CV_{VL} とプロンプト相関値 CV_P 、第1、第2アーリー相関値 CV_E 、 CV_{VE} は、コード位相差が正值の範囲（レイト側）において相関カーブ900P上に並んで現れる。

10

【0079】

この状況では、第1、第2レイト相関値 CV_L 、 CV_{VL} 、プロンプト相関値 CV_P 、第1、第2アーリー相関値 CV_E 、 CV_{VE} のコード位相よりも、GNSS信号のコード位相が進んでいる。この場合、第1アーリー相関値 CV_E は第1レイト相関値 CV_L よりも大きく、アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} は確実に第1閾値 $C1$ 以上となる。第1アーリー相関値 CV_E は第2アーリー相関値 CV_{VE} よりも小さく、アーリー差分値 ΔCV_E は確実に第3閾値 $C3$ 未満となる。すなわち、第1の選択基準を満たし、第1誤差検出方法が選択される。

20

【0080】

この状況では、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相の位置は図7（B）、（C）のA3点に示すように、コード位相差が正值側（レイト側）の不感領域内に現れる。逆に、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相を基準として、GNSS信号のコード位相が不感領域内に入ってしまう。この場合、第2誤差検出方法で得られる誤差検出値 $\Delta \tau_B$ は0になり、第1誤差検出方法で得られる誤差検出値 $\Delta \tau_A$ は正值となる。したがって、第2誤差検出方法ではコード位相制御が不可能であり、第1誤差検出方法ではコード位相制御が可能である。したがって、第1誤差検出方法を選択しなければ、コード追尾を継続することができない。

【0081】

30

このように、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} とGNSS信号のコード位相差が大きくなり、第1の選択基準を満たした場合には、第1誤差検出方法を用いることで、GNSS信号の追尾を逸脱することなく、継続することができる。

【0082】

（2）プロンプトレプリカ信号 S_{RP} が目的のGNSS信号に対してコード位相が進んでいる場合

この場合、目的のGNSS信号のコード位相は、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相よりも遅れていることになる。

【0083】

第4の状況として、図8に示すように、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} と目的のGNSS信号とのコード位相が略同じであり、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相が少し進んでいる場合、第1、第2アーリー相関値 CV_E 、 CV_{VE} とプロンプト相関値 CV_P は、コード位相差が負値の範囲（アーリー側）において相関カーブ900P上に現れる。第1、第2レイト相関値 CV_L 、 CV_{VL} は、コード位相差が正值の範囲（レイト側）において相関カーブ900P上に並んで現れる。

40

【0084】

この状況では、第1レイト相関値 CV_L のコード位相は、第1アーリー相関値 CV_E のコード位相よりも、GNSS信号のコード位相に近くなる。したがって、第1アーリー相関値 CV_E は第1レイト相関値 CV_L よりも小さくなる。このため、アーリーレイト差分値 $\Delta CV_{EL} = (CV_E - CV_L) / CV_P$ は負値になるが、GNSS信号とプロンプト

50

レプリカ信号 S_{RP} とのコード位相差によって決まる 0 以下となる。また、アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} は、第 1 レイトレプリカ信号 S_{RL} と GNSS 信号のコード位相が一致した時のアーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} よりも大きくなる。すなわち、アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} は、0 に近い負値となる。したがって、アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} は、GNSS 信号とプロンプトレプリカ信号 S_{RP} とのコード位相差によって、負値である第 2 閾値 C_2 よりも小さくなるかどうかは、GNSS 信号とプロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相差によって異なり、不明である。

【0085】

しかしながら、この状況では、第 1 レイト相関値 CV_L のコード位相は、第 2 レイト相関値 CV_{VL} のコード位相よりも、GNSS 信号のコード位相に近くなる。したがって、第 1 レイト相関値 CV_L は第 2 レイト相関値 CV_{VL} よりも大きくなる。このため、レイト差分値 $\Delta CV_L = (CV_L - CV_{VL}) / CV_P$ は正値になり、負値である第 4 閾値 C_4 よりも必ず大きくなる。

【0086】

以上のように、第 4 の状況では第 2 の選択基準を満たしていないので、第 2 誤差検出方法が選択される。

【0087】

この状況では、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相の位置は B 1 点となり、図 8 (B), (C) に示すように、第 2 誤差検出方法で得られる誤差検出値 $\Delta \tau_B$ および第 1 誤差検出方法で得られる誤差検出値 $\Delta \tau_A$ の双方が負値となる。したがって、第 2 誤差検出方法でも第 1 誤差検出方法でもコード位相制御が可能である。しかしながら、上述のように第 1 誤差検出方法ではマルチパス信号の影響を受けやすいので、第 2 誤差検出方法を用いることが有効である。

【0088】

したがって、上述のように第 2 の選択基準にしたがって、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} と GNSS 信号とのコード位相差が極小さく、コード位相をロックできている状況では、第 2 誤差検出方法を用いることで、マルチパス信号の影響を受けることなく、目的の GNSS 信号のコード位相を継続的にロックできるように、正確にコード位相制御を行うことができる。

【0089】

第 5 の状況として、図 9 に示すように、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} と目的の GNSS 信号とのコード位相が、或程度のコード位相差範囲内（実際には第 2 誤差検出方法での不感領域に入らない程度のコード位相差範囲）で離間しており、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相が少し進んでいる場合、第 1、第 2 アーリー相関値 CV_E , CV_{VE} とプロンプト相関値 CV_P と第 1 レイト相関値 CV_L は、コード位相差が負値の範囲（アーリー側）において相関カーブ 900 P 上に並んで現れる。第 2 レイト相関値 CV_{VL} は、コード位相差が正値の範囲（レイト側）において相関カーブ 900 P 上に現れる。

【0090】

この状況では、第 1 レイト相関値 CV_L のコード位相と第 2 レイト相関値 CV_{VL} のコード位相との間に、GNSS 信号のコード位相が存在する。この場合、レイト差分値 ΔCV_L は、第 1 レイト相関値 CV_L のコード位相が第 2 レイト相関値 CV_{VL} のコード位相よりも GNSS 信号のコード位相に近ければ正値となり、第 2 レイト相関値 CV_{VL} のコード位相が第 1 レイト相関値 CV_L のコード位相よりも GNSS 信号のコード位相に近ければ負値となる。したがって、第 2 レイト相関値 CV_{VL} のコード位相の方が GNSS 信号のコード位相に近い範囲において或コード位相差以上、プロンプトレプリカ信号 CV_P が GNSS 信号から遅れると、レイト差分値 ΔCV_L は第 4 閾値 C_4 未満になり、遅れがこの或コード位相差になるまではレイト差分値 ΔCV_L は第 4 閾値 C_4 以上となる。

【0091】

したがって、レイト差分値 ΔCV_L が第 4 閾値 C_4 以上の範囲では、第 2 の選択基準を満たしていないので第 2 誤差検出方法が選択され、レイト差分値 ΔCV_L が第 4 閾値 C_4

10

20

30

40

50

未満の範囲になると、第3の選択基準が満たされて、第1誤差検出方法が選択される。

【0092】

この状況では、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相の位置は図9 (B), (C) のB2点に示すように、コード位相差が負値側（アーリー側）のピークと不感領域になる端部との間に現れる。より具体的には、レイト差分値 ΔCV_L が第4閾値 C_4 以上の範囲ではピーク側にB2点が現れ、レイト差分値 ΔCV_L が第4閾値 C_4 未満の範囲では不感領域側にB2点が現れる。この場合、第2誤差検出方法で得られる誤差検出値 $\Delta \tau_B$ および第1誤差検出方法で得られる誤差検出値 $\Delta \tau_A$ の双方が負値となる。したがって、第2誤差検出方法でも第1誤差検出方法でもコード位相制御が可能である。上述のように第1誤差検出方法ではマルチパス信号の影響を受けやすいので、第2誤差検出方法を用いる方がよい。すなわち、第2の選択基準を満たしていない範囲では、第2誤差検出方法を用いる方がよい。

10

【0093】

しかしながら、受信環境による誤差等を考慮すると、不感領域に近い側のコード位相差範囲では、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} とのコード位相が、不感領域内に入ってしまうことが考えられる。逆に、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相を基準として、GNSS信号のコード位相が不感領域内に入ってしまうことが考えられる。したがって、このレイト差分値 ΔCV_L が第4閾値 C_4 未満の範囲では第1誤差検出方法を用いる方がよく、不感領域の問題も生じることがない。すなわち、第2の選択基準を満たしている範囲では、第1誤差検出方法を用いる方がよい。

20

【0094】

このように、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} とGNSS信号のコード位相差が或程度あっても第2の選択基準を満たしていない範囲では、第2誤差検出方法を用いることで、マルチパス信号の影響を受けることなく、目的のGNSS信号のコード位相を継続的にロックできるように正確にコード位相制御を行うことができる。一方、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} とGNSS信号のコード位相差が大きくなり、第2の選択基準を満たした場合には、第1誤差検出方法を用いることで、GNSS信号の追尾を逸脱することなく、継続することができる。

【0095】

第6の状況として、図10に示すように、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} と目的のGNSS信号とのコード位相差が大きく、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相が大きく進んでいる場合、第1、第2アーリー相関値 CV_E , CV_{VE} 、プロンプト相関値 CV_P 、第1、第2レイト相関値 CV_L , CV_{VL} は、コード位相差が負値の範囲（アーリー側）において相関カーブ $900P$ 上に並んで現れる。

30

【0096】

この状況では、第1、第2アーリー相関値 CV_E , CV_{VE} 、プロンプト相関値 CV_P 、第1、第2レイト相関値 CV_L , CV_{VL} のコード位相よりも、GNSS信号のコード位相が遅れる。この場合、第1アーリー相関値 CV_E は第1レイト相関値 CV_L よりも小さく、アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} は確実に第2閾値 C_2 未満となる。第1レイト相関値 CV_L は第2レイト相関値 CV_{VL} よりも小さく、レイト差分値 ΔCV_L は確実に第4閾値 C_4 未満となる。すなわち、第2の選択基準を満たし、第1誤差検出方法が選択される。

40

【0097】

この状況では、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相の位置は図10 (B), (C) のB3点に示すように、コード位相差が負値側（アーリー側）の不感領域内に現れる。逆に、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相を基準として、GNSS信号のコード位相が不感領域内に入ってしまう。この場合、第2誤差検出方法で得られる誤差検出値 $\Delta \tau_B$ は0になり、第1誤差検出方法で得られる誤差検出値 $\Delta \tau_A$ は負値となる。したがって、第2誤差検出方法ではコード位相制御が不可能であり、第1誤差検出方法ではコード位相制御が可能である。したがって、第1誤差検出方法を選択しなければ、コード追尾

50

を継続することができない。

【0098】

このように、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} と GNSS 信号のコード位相差が大きくなり、第2の選択基準を満たした場合には、第1誤差検出方法を用いることで、GNSS 信号の追尾を逸脱することなく、継続することができる。

【0099】

次に、目的のGNSS信号を追尾中に、当該目的のGNSS信号よりも受信強度の強いマルチパス信号を受信した場合の追尾動作を説明する。図11は、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} が目的のGNSS信号を追尾中に、マルチパス信号を受信した状況の相関値特性を示す図である。図11において、900Dが目的のGNSS信号の相関カーブであり、900MPがマルチパス信号の相関カーブである。900CN1が目的のGNSS信号とマルチパス信号を合成した相関カーブである。

【0100】

マルチパス信号は、通常、目的のGNSS信号よりも遅れて受信される。これは、マルチパス信号が、GNSS衛星で放送された信号を直接受信したものではなく、一旦高層建築物等に反射してから受信したものだからである。このため、マルチパス信号の相関カーブ900MPは、GNSS信号の相関カーブ900Dよりも所定コード位相分、レイト側に存在する。したがって、合成相関カーブ900CN1は、GNSS信号の相関ピークとマルチパス信号の相関ピークの双方に極点を有する。合成相関カーブ900CN1においては、マルチパス信号の相関ピークはGNSS信号の相関ピークよりも高い。したがって、合成相関カーブ900CN1では、マルチパス信号の相関ピークが、当該合成相関カーブ900CN1の相関ピークとなる。

【0101】

GNSS信号のコードをロックして追尾中、すなわちプロンプトレプリカ信号 S_{RP} とGNSS信号のコード位相が一致している場合、上述のように第2誤差検出方法が用いられている。この場合、第2誤差検出方法を用いるため、不感領域に存在するマルチパス信号の影響が誤差検出値には現れないが、相関カーブ上は影響を受け、不容易に第2誤差検出方法から第1誤差検出方法へ移行すると、当該マルチパス信号の影響を受け、当該マルチパス信号へ追尾が移行してしまう可能性がある。以下では、このような場合について説明する。

【0102】

目的のGNSS信号を受信中に、当該GNSS信号よりも受信強度が強いマルチパス信号を受信すると、合成相関カーブ900CN1は、上述のように図13のような形状となる。このため、第1、第2アーリー相関値 CV_{EA} 、 CV_{VEA} 、プロンプト相関値 CV_{PA} 、第1、第2レイト相関値 CV_{LA} 、 CV_{VLA} は、合成相関カーブ900CN1の相関ピークのコード位相よりもアーリー側において合成相関カーブ900CN1上に並んで現れる。

【0103】

この場合、第1アーリー相関値 CV_{EA} は第1レイト相関値 CV_{LA} よりも小さく、アーリーレイト差分値 $\Delta CV_{ELA} = (CV_{EA} - CV_{LA}) / CV_{PA}$ は負値となる。ここで、第1レイト相関値 CV_{LA} が存在するGNSS信号のコード位相とマルチパス信号のコード位相との間の相関カーブの変化率は、第1アーリー相関値 CV_{EA} が存在するGNSS信号のコード位相よりもアーリー側の相関カーブの変化率よりも低い。したがって、この場合のアーリーレイト差分値 ΔCV_{ELA} は、上述の第6の状況におけるアーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} よりも0に近くなる。

【0104】

また、第1レイト相関値 CV_{LA} は、第2レイト相関値 CV_{VLA} よりも小さく、レイト差分値 $\Delta CV_L = (CV_{LA} - CV_{VLA}) / CV_{PA}$ も負値となる。ここで、第1、第2レイト相関値 CV_{LA} 、 CV_{VLA} が存在するGNSS信号のコード位相とマルチパス信号のコード位相との間の相関カーブの変化率は、プロンプト相関値 CV_{PA} や第1、

第2アーリー相関値 CV_{EA} 、 CV_{VEA} が存在するGNSS信号のコード位相よりもアーリー側の相関カーブの変化率よりも低い。したがって、この場合のレイト差分値 ΔCV_{LA} は、上述の第6の状況におけるレイト差分値 ΔCV_L よりも0に近くなる。

【0105】

このような特性を利用し、第2閾値 C_2 および第4閾値 C_4 の絶対値を大きく設定する。例えば、図10に示した、第1、第2アーリー相関値 CV_E 、 CV_{VE} 、プロンプト相関値 CV_P 、第1、第2レイト相関値 CV_L 、 CV_{VL} は、コード位相差が負値の範囲（アーリー側）において相関カーブ900P上に並んで現れるような状態におけるアーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} やレイト差分値 ΔCV_L の絶対値に近くなるように設定する。

【0106】

このように、第2閾値 C_2 および第4閾値 C_4 を設定することで、図11に示すような状況では、アーリーレイト差分値 ΔCV_{ELA} が第2閾値 C_2 未満になりにくくなり、レイト差分値 ΔCV_{LA} が第4閾値 C_4 未満になりにくくなる。したがって、第2誤差検出方法から第1誤差検出方法に切り替わりやすく、第2誤差検出方法を継続的に用いることができる。これにより、目的のGNSS信号を追尾中にマルチパス信号を受信しても、当該マルチパス信号へ追尾が移行することなく、目的のGNSS信号を継続して追尾することができる。

【0107】

図12は、目的のGNSS信号（直接波信号）のみを受信した状態から、目的のGNSS信号に加えてマルチパス信号を受信する状態に移行する間のコード位相の追尾の遷移を示す図である。図12（A）は目的のGNSS信号のみを受信し受信強度が高い状態を示し、図12（B）は目的のGNSS信号のみを受信し受信強度が低い状態を示し、図12（C）はマルチパス信号が追加されたタイミングでの状態を示す。図12（D）、（E）はマルチパス信号が追加されてから所定時間経過後の状態を示し、図12（D）、（E）では異なる経過時間の状態を示している。

【0108】

図12（A）に示すように、目的のGNSS信号（直接波信号）のみを受信している状況では、第2誤差検出方法によってコードの追尾が行われている。ここで、図12（B）に示すように、GNSS信号（直接波信号）の受信強度が低下しても、当該GNSS信号（直接波信号）のみを受信していれば、第1、第2の選択基準を満たすことはなく、継続的に第2誤差検出方法が用いられる。

【0109】

次に、GNSS信号（直接波信号）よりも受信強度が強いマルチパス信号を受信すると、図12（C）に示すように、相関カーブが変化して相関カーブのピークがマルチパス信号のコード位相となる。しかしながら、上述のように第2閾値 C_2 と第4閾値 C_4 を設定しておくことで、第2の選択基準は満たされず、コード追尾点（プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相）は、目的のGNSS信号（直接波信号）のコード位相に略一致したままとなる。さらに、図12（D）、図12（E）に示すように時刻が経過しても、合成相関カーブの形状は殆ど変化しないので、図12（C）の状態と同様に、第2の選択基準は満たされない。したがって、コード追尾点（プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相）は、目的のGNSS信号（直接波信号）のコード位相に略一致したままとなる。

【0110】

以上のように、第2閾値 C_2 および第4閾値 C_4 を適宜設定することで、目的のGNSS信号（直接波信号）を追尾中にマルチパス信号を受信しても、当該マルチパス信号へ追尾が移行することなく、目的のGNSS信号を継続して追尾することができる。

【0111】

次に、マルチパス信号しか受信できていない時に、より受信強度が強い目的のGNSS信号（直接波信号）を受信した場合の追尾動作を説明する。図13は、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} がマルチパス信号のコード位相に略一致している時に、目的のGNSS信号を受信した状況の相関値特性を示す図である。図13において、900Dが目的のGNSS

10

20

30

40

50

S 信号の相関カーブであり、900MP がマルチパス信号の相関カーブである。900CN2 が目的のGNSS 信号とマルチパス信号を合成した相関カーブである。

【0112】

マルチパス信号は、上述のように、目的のGNSS 信号よりも遅れて受信される。このため、GNSS 信号の相関カーブ900D は、マルチパス信号の相関カーブ900MP よりも所定コード位相分、アーリー側に存在する。したがって、合成相関カーブ900CN2 は、GNSS 信号の相関ピークとマルチパス信号の相関ピークの双方に極点を有する。合成相関カーブ900CN2 においては、GNSS 信号の相関ピークはマルチパス信号の相関ピークよりも高い。したがって、合成相関カーブ900CN2 では、GNSS 信号の相関ピークが、当該合成相関カーブ900CN2 の相関ピークとなる。

10

【0113】

マルチパス信号しか受信できず、当該マルチパス信号のコード位相とプロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相が略一致している場合、上述のように第2 誤差検出方法が用いられている。この場合、第2 誤差検出方法を用いるため、不感領域に現れる目的のGNSS 信号の影響は、直接誤差検出値には現れないが、相関カーブ上は影響を受ける。この場合には、マルチパス信号から目的のGNSS 信号へ追尾が移行することが望ましい。以下では、このような場合について説明する。

【0114】

マルチパス信号のみを受信中に、当該マルチパス信号よりも受信強度が強いGNSS 信号を受信すると、合成相関カーブ900CN2 は、上述のように、図13 のような形状となる。このため、第1、第2 アーリー相関値 CV_{EB} 、 CV_{VEB} 、プロンプト相関値 CV_{PB} 、第1、第2 レイト相関値 CV_{LB} 、 CV_{VLB} は、合成相関カーブ900CN2 の相関ピークのコード位相よりもレイト側において合成相関カーブ900CN2 上に並んで現れる。

20

【0115】

この場合、上述の第3 の状況と同様に、第1 アーリー相関値 CV_{EB} は第1 レイト相関値 CV_{LB} よりも大きく、アーリーレイト差分値 $\Delta CV_{ELB} = (CV_{EB} - CV_{LB}) / CV_{PB}$ は正值となる。また、第1 アーリー相関値 CV_{EB} は、第2 アーリー相関値 CV_{VEB} よりも小さく、アーリー差分値 ΔCV_{EB} は負値となる。

【0116】

このような特性を利用し、第1 閾値 $C1$ および第3 閾値 $C3$ の絶対値を小さく設定する。例えば、絶対値が0 に極近接するように設定する。いいかえれば、第1 閾値 $C1$ の絶対値を第2 閾値 $C2$ の絶対値よりも小さくする。第3 閾値 $C3$ の絶対値を第4 閾値 $C4$ の絶対値よりも小さくする。

30

【0117】

このように、第1 閾値 $C1$ および第3 閾値 $C3$ を設定することで、図13 に示すような状況では、アーリーレイト差分値 ΔCV_{ELB} が第2 閾値 $C1$ より大きくなりやすく、アーリー差分値 ΔCV_{EB} が第3 閾値 $C3$ 未満になりやすくなる。したがって、第1 の選択基準を満たしやすく、第2 誤差検出方法から第1 誤差検出方法に切り替わり易くすることができる。これにより、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相がGNSS 信号と離れていても、当該GNSS 信号を追尾するようにコード位相制御を行うことができる。この結果、マルチパス信号しか受信できなかった状況で、目的のGNSS 信号を受信した場合に、当該GNSS 信号へ追尾を移行することができる。

40

【0118】

次に、図13 の状況からレプリカ信号のコード位相を制御していき、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相がGNSS 信号のコード位相に近接した場合について説明する。図14 は、マルチパス信号のある環境下で、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相が目的のGNSS 信号に近接した状況の相関値特性を示す図である。なお、図14 の各相関カーブは、図13 の各相関カーブと同じであるので説明は省略する。

【0119】

50

この状況では、第1アーリー相関値 CV_{ET} 、プロンプト相関値 CV_{PT} 、第1、第2レイト相関値 CV_{LT} 、 CV_{VL} は、合成相関カーブ900CN2の相関ピークのコード位相よりもレイト側において合成相関カーブ900CN2上に並んで現れる。第2アーリー相関値 CV_{VE} は、合成相関カーブ900CN2の相関ピークのコード位相よりもアーリー側において合成相関カーブ900CN2上に現れる。

【0120】

この場合、第1アーリー相関値 CV_{ET} は第1レイト相関値 CV_{LT} よりも大きく、アーリーレイト差分値 $\Delta CV_{ELT} = (CV_{ET} - CV_{LT}) / CV_{PT}$ は正值となる。また、第1アーリー相関値 CV_{ET} は、第2アーリー相関値 CV_{VE} よりも合成相関カーブ900CN2の相関ピークのコード位相に近い。したがって、第1アーリー相関値 CV_{ET} は、第2アーリー相関値 CV_{VE} よりも大きく、アーリー差分値 ΔCV_{ET} は正值となる。

10

【0121】

これにより、第1の選択基準を満たせなくなり、第1誤差検出方法から第2誤差検出方法へ切り替わる。以降は、第2誤差検出方法によってプロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相がGNSS信号のコード位相に略一致するようにコード位相制御される。すなわち、マルチパス信号があっても、GNSS信号のコード位相が正確にロックされ、継続的にGNSS信号を追尾することができる。

【0122】

図15は、マルチパス信号しか受信できない状況から、マルチパス信号とは別に目的のGNSS信号を受信できる状況に移行する間のコード位相の追尾の遷移を示す図である。図15(A)はマルチパス信号のみを受信した状況を示す。図15(B)、(C)、(D)、(E)は、マルチパス信号に加えて目的のGNSS信号の受信した状況を示す。図15(B)、図15(C)、図15(D)、図15(E)の順で、時間が経過している。図15(F)はマルチパス信号がなくなり、GNSS信号のみを受信した状況を示す。

20

【0123】

図15(A)に示すように、マルチパス信号のみしか受信できない状況では、第2誤差検出方法によってマルチパス信号のコード位相にプロンプトレプリカ信号 S_{RP} のコード位相がロックされる。

【0124】

次に、マルチ波信号よりも受信強度が強いGNSS信号（直接波信号）を受信すると、図15(B)に示すように、相関カーブが変化して相関カーブのピークがGNSS信号のコード位相となる。これにより、上述のように、第1、第2アーリー相関値 CV_E 、 CV_{VE} 、プロンプト相関値 CV_P 、第1、第2レイト相関値 CV_L 、 CV_{VL} は、相関カーブのレイト側の傾斜上に現れる。したがって、アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} は正值となり、アーリー差分値 ΔCV_E は負値となる。ここで、第1閾値C1と第3閾値C3の絶対値が小さく設定されているので、アーリーレイト差分値 ΔCV_{EL} は第1閾値C1よりも大きくなり、アーリー差分値 ΔCV_E は第3閾値C3未満となる。したがって、第1の選択基準が満たされ、第2誤差検出方法から第1誤差検出方法へ切り替わる。

30

【0125】

このように第1誤差検出方法が用いられることで、図15(C)、(D)に示すように、コード追尾点がGNSS信号のコード位相に移る。

40

【0126】

そして、図15(D)に示す状態では、第1、第2アーリー相関値 CV_E 、 CV_{VE} が相関カーブのアーリー側の傾斜上に現れ、第1、第2レイト相関値 CV_L 、 CV_{VL} は、相関カーブのレイト側の傾斜上に現れる。したがって、第1の選択基準は満たされず、第1誤差検出方法から第2誤差検出方法に切り替わる。さらに、図15(E)に示すように、相関カーブの形状は殆ど変化しないまま時間が経過しても、第1、第2の選択基準は満たされないままなので、コード追尾点は、GNSS信号のコード位相に維持される。さらに、図15(E)の状況からマルチパス信号がなくなり、図15(F)の状況になると

50

、第1、第2の選択基準はさらに満たされ難くなり、コード追尾点は、GNSS信号のコード位相に正確に維持される。

【0127】

このように、第1閾値C1および第3閾値C3を適宜設定することで、マルチパス信号しか受信できない状況から目的のGNSS信号（直接波信号）の受信が復帰した場合に、GNSS信号へ追尾が移行し、コード追尾点の移動後はGNSS信号を継続して追尾することができる。

【0128】

以上のように、本実施形態のGNSS信号処理方法を用いれば、マルチパス信号の受信等から生じる受信環境の変化の影響を抑制し、目的のGNSS信号（直接波信号）を継続的に追尾することができる。

10

【0129】

なお、GNSS信号の追尾の際には、具体的に上述の処理を、次に示すような方法で利用することができる。GNSS信号の追尾を開始する時、GNSS信号とプロンプトレプリカ信号 S_{RP} とのコード位相が近いとは限らない。したがって、GNSS信号の追尾開始の時点では、第1誤差検出方法を用いて、GNSS信号とプロンプトレプリカ信号 S_{RP} とのコード位相を一致させるように、コード位相制御を行う。そして、例えば、上述アーリー差分値 ΔCV_E やレイト差分値 ΔCV_L の符号に基づいて、GNSS信号とプロンプトレプリカ信号 S_{RP} とのコード位相が近接したことを検出すると、第2誤差検出方法に切り替えて、GNSS信号の追尾を継続する。

20

【0130】

第2誤差検出方法にてGNSS信号を追尾中は、上述の第1の選択基準および第2の選択基準を用いて、GNSS信号とプロンプトレプリカ信号 S_{RP} とのコード位相差を監視する。第1の選択基準および第2の選択基準を満たしたことを検出すると、すなわちGNSS信号とプロンプトレプリカ信号 S_{RP} とのコード位相差が所定値よりも大きくなったと判断すると、第1誤差検出方法に切り替えてGNSS信号の追尾を継続する。

【0131】

このような本実施形態のGNSS信号処理方法は、次に示す機能部の構成によって実現することが可能である。図16は本発明の実施形態に係る測位装置1の構成を示すブロック図である。図17は復調部13の構成を示すブロック図である。

30

【0132】

測位装置1は、GNSS受信アンテナ11、RF処理部12、本発明のGNSS信号処理装置に相当する復調部13、航法メッセージ解析部14、および測位演算部15を備える。

【0133】

GNSS受信アンテナ11は、GNSS衛星（GPS衛星等）から送信されるGNSS信号を受信し、ダウンコンバータ12へ出力する。ダウンコンバータ12は、GNSS信号を所定の中間周波数信号（以下、IF信号と称する）に変換し、復調部13へ出力する。

【0134】

復調部13は、具体的な構成は図17を用いて後述するが、IF信号の捕捉を行うとともに、上述のような誤差検出値 $\Delta\tau$ によるレプリカ信号のコード位相制御を行って、IF信号からなるGNSS信号の追尾を行う。復調部13は、GNSS信号のコード位相をロックし、追尾に成功すると、GNSS信号とプロンプトレプリカ信号 S_{RP} との相関値（プロンプト相関値 CV_p ）を航法メッセージ解析部14へ出力する。また、復調部13は、追尾状態において、誤差検出値 $\Delta\tau$ を所定時間積算することで擬似距離を算出し、測位演算部15へ出力する。

40

【0135】

航法メッセージ解析部14は、復調部13からのプロンプト相関値 CV_p から航法メッセージを復調して解析し、その内容を測位演算部15に与える。測位演算部15は、航法

50

メッセージ解析部 14 からの航法メッセージの内容と、復調部 13 からの擬似距離に基づいて測位演算を行い、測位装置 1 の位置を推定演算する。

【0136】

復調部 13 は、図 11 に示すように、レプリカ信号発生部 31、相関部 32P、32VE、32E、32L、32VL、演算部 33 を備える。

【0137】

レプリカコード生成部 31 は、演算部 33 から与えられたコード位相制御信号に基づいて、上述のプロンプトレプリカ信号 S_{RP} 、第 1 アーリーレプリカ信号 S_{RE} 、第 2 アーリーレプリカ信号 S_{RVE} 、第 1 レイトレプリカ信号 S_{RL} 、第 2 レイトレプリカ信号 S_{RVL} を生成する。レプリカコード生成部 31 は、プロンプトレプリカ信号 S_{RP} を相関部 32P へ出力する。レプリカコード生成部 31 は、第 1 アーリーレプリカ信号 S_{RE} を相関部 32E へ出力する。レプリカコード生成部 31 は、第 2 アーリーレプリカ信号 S_{RVE} を相関部 32VE へ出力する。レプリカコード生成部 31 は、第 1 レイトレプリカ信号 S_{RL} を相関部 32L へ出力する。レプリカコード生成部 31 は、第 2 レイトレプリカ信号 S_{RVL} を相関部 32VL へ出力する。

10

【0138】

相関部 32P は、GNSS 信号とプロンプトレプリカ信号 S_{RP} とを相関処理し、プロンプト相関値 CV_P を出力する。プロンプト相関値 CV_P は、演算部 33 に出力されるとともに、航法メッセージ解析部 14 にも出力される。相関部 32E は、GNSS 信号と第 1 アーリーレプリカ信号 S_{RE} とを相関処理し、第 1 アーリー相関値 CV_E を出力する。第 1 アーリー相関値 CV_E は、演算部 33 に出力される。相関部 32VE は、GNSS 信号と第 2 アーリーレプリカ信号 S_{RVE} とを相関処理し、第 2 アーリー相関値 CV_{VE} を出力する。第 2 アーリー相関値 CV_{VE} は、演算部 33 に出力される。相関部 32L は、GNSS 信号と第 1 レイトレプリカ信号 S_{RL} とを相関処理し、第 1 レイト相関値 CV_L を出力する。第 1 レイト相関値 CV_L は、演算部 33 に出力される。相関部 32VL は、GNSS 信号と第 2 レイトレプリカ信号 S_{RVL} とを相関処理し、第 2 レイト相関値 CV_{VL} を出力する。第 2 レイト相関値 CV_{VL} は、演算部 33 に出力される。

20

【0139】

演算部 33 は、CPU 等によって構成される。演算部 33 には、上述の誤差検出値算出演算およびコード位相制御を実現するプログラムが記憶されており、当該プログラムを読み出して、実行する。

30

【0140】

演算部 33 は、プロンプト相関値 CV_P 、第 1 アーリー相関値 CV_E 、第 2 アーリー相関値 CV_{VE} 、第 1 レイト相関値 CV_L 、第 2 レイト相関値 CV_{VL} を用いて、上述のように誤差検出方法を選択する。演算部 33 は、選択した誤差検出方法によって誤差検出値 $\Delta\tau$ を算出する。演算部 33 は、算出した誤差検出値 $\Delta\tau$ に基づいて、プロンプトレプリカ信号と GNSS 信号のコード位相差が 0 に近づくようにコード位相制御信号を生成する。演算部 33 は、コード位相制御信号をレプリカ信号生成部 31 に与える。

【0141】

このような構成を用いることで、上述のように、GNSS 信号を确实且つ正確に追尾することができる。そして、正確な追尾が行えることで、GNSS 信号のコード位相を高精度に取得でき、航法メッセージの復調および擬似距離の算出を高精度に行うことができる。これにより、高精度な測位を行うことができる。

40

【0142】

なお、上述の説明では、測位装置 1 を、各機能部に分けて測位処理を行う例を示したが、RF 処理部 12、復調部 13、航法メッセージ解析部 14、および測位演算部 15 を、コンピュータ等の情報処理装置で一体化してもよい。この場合、具体的には上述の各処理を含む図 18 に示す測位処理のフローチャートをプログラム化して記憶しておく。そして、当該測位のプログラムを情報処理装置で読み出して実行する。図 18 は、本発明の実施形態に係る測位方法のフローチャートである。

50

【0143】

GNSS信号を受信して、捕捉を行う（S201）。捕捉方法としては、上述のように、所定のコード位相間隔で、複数のレプリカ信号を生成する。複数のレプリカ信号のそれぞれとGNSS信号とを相関処理する。最も相関値の高いレプリカ信号のコード位相を、GNSS信号のコード位相として設定する。

【0144】

捕捉によって設定したコード位相を初期位相として、追尾を開始する（S202）。この際、アーリーレート差分値 ΔCV_{EL} が第1閾値 $C1$ （正值）よりも大きい且つアーリー差分値 ΔCV_E が第3閾値 $C3$ （負値）未満である第1の選択基準と、アーリーレート差分値 ΔCV_{EL} が第2閾値 $C2$ （負値）未満且つレート差分値 ΔCV_L が第4閾値 $C4$ （負値）未満である第2の選択基準とにしたがって、誤差検出値 $\Delta \tau$ の算出方法を選択しながら、GNSS信号の追尾を行う。

10

【0145】

誤差検出値 $\Delta \tau$ を所定時間毎に積算して、擬似距離を算出する（S203）。プロンプト相関値 CV_P を積算することで、航法メッセージを復調して取得する（S204）。なお、擬似距離の算出処理と航法メッセージを復調、取得処理とは、特に順序をこれに限るものではなく、同時並行に行ってもよい。

【0146】

取得した擬似距離と航法メッセージとを用いて測位演算を行う（S205）。

【0147】

20

このような測位装置1や測位機能は、図19に示すような移動端末100に利用される。図19は、本発明の実施形態に係る測位装置1を備えた移動端末100の主要構成を示すブロック図である。

【0148】

図19に示すような移動端末100は、例えば携帯電話機、カーナビゲーション装置、PND、カメラ、時計等であり、GNSS受信アンテナ11、RF処理部12、復調部13、航法メッセージ解析部14、測位演算部15、アプリケーション処理部120を備える。GNSS受信アンテナ11、RF処理部12、復調部13、航法メッセージ解析部14、測位演算部15は、上述の構成のものであり、これらにより上述のように測位装置1が構成されている。

30

【0149】

アプリケーション処理部120は、測位装置1から出力された測位結果に基づいて、自装置位置や自装置速度を表示したり、ナビゲーション等に利用するための処理を実行する。

【0150】

このような構成において、上述の高精度な測位結果を得られることで、高精度な位置表示やナビゲーション等を実現することができる。

【0151】

なお、上述の説明では、第1誤差検出方法として、第1アーリー相関値 CV_E と第1レート相関値 CV_L から誤差検出値 $\Delta \tau_A$ を算出した。第1誤差検出方法として、第2アーリー相関値 CV_{VE} と第1レート相関値 CV_{VL} から誤差検出値 $\Delta \tau_{AA}$ を算出してもよい。

40

【0152】

この場合には、次式を用いればよい。

【0153】

【数3】

$$\Delta \tau_{AA} = \frac{CV_{VE} - CV_{VL}}{2CV_P} \quad - (式3)$$

【0154】

50

また、アーリー差分値 $\Delta C V_E$ やレイト差分値 $\Delta C V_L$ の算出用のスペーシングと、誤差検出値の算出用のスペーシングを異ならせてもよい。

【0155】

また、第1閾値 $C1$ 、第2閾値 $C2$ 、第3閾値 $C3$ 、第4閾値 $C4$ は、誤差検出方法を切り替えやすくするかどうか等の仕様に応じて、適宜設定すればよい。この際、上述のように、第1閾値 $C1$ の絶対値が第2閾値 $C2$ の絶対値よりも小さく、第3閾値 $C3$ の絶対値が第4閾値 $C4$ の絶対値よりも小さくなるように設定すればよい。

【0156】

また、上述の説明では、(A) アーリーレイト差分値 $\Delta C V_{EL}$ と第1閾値 $C1$ との大小関係、アーリー差分値 $\Delta C V_E$ と第3閾値 $C3$ との大小関係と、(B) アーリーレイト差分値 $\Delta C V_{EL}$ と第2閾値 $C2$ との大小関係、レイト差分値 $\Delta C V_L$ と第4閾値 $C4$ との大小関係の双方 ((A) and (B)) で、第1誤差検出方法と第2誤差検出方法を切り替える例を示した。ここで、レイト方向のみもしくはアーリー方向のみの誤差検出方法の切り替えであれば、(A) アーリーレイト差分値 $\Delta C V_{EL}$ と第1閾値 $C1$ との大小関係、アーリー差分値 $\Delta C V_E$ と第3閾値 $C3$ との大小関係と、(B) アーリーレイト差分値 $\Delta C V_{EL}$ と第2閾値 $C2$ との大小関係、レイト差分値 $\Delta C V_L$ と第4閾値 $C4$ との大小関係のいずれかのみ ((A) or (B)) で、第1誤差検出方法と第2誤差検出方法を切り替えるようにすることも可能である。

【符号の説明】

【0157】

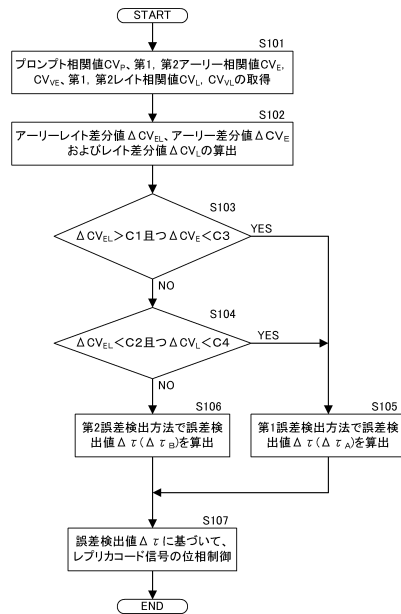
- 1：測位装置、
- 11：GNSS受信アンテナ11、
- 12：RF処理部、
- 13：復調部、
- 14：航法メッセージ解析部、
- 15：測位演算部、
- 31：レプリカ信号発生部、
- 32P, 32VE, 32E, 32L, 32VL：相関部、
- 33：演算部
- 100：移動端末、
- 120：アプリケーション処理部

10

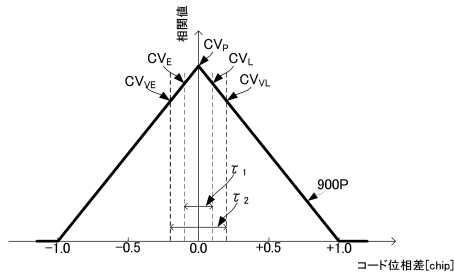
20

30

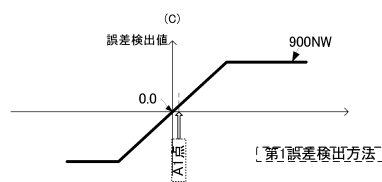
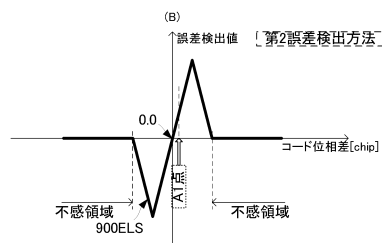
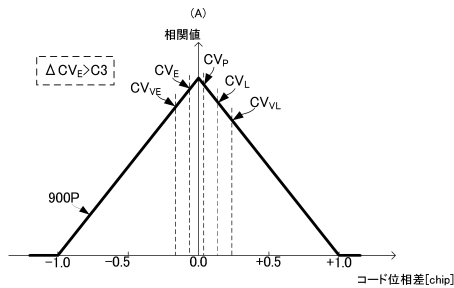
【図 1】



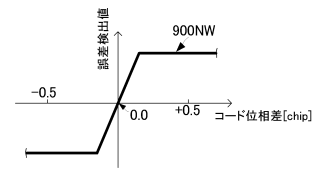
【図 2】



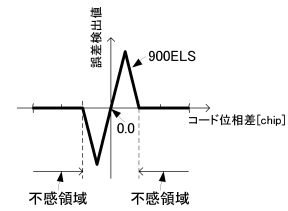
【図 5】



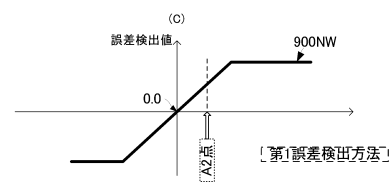
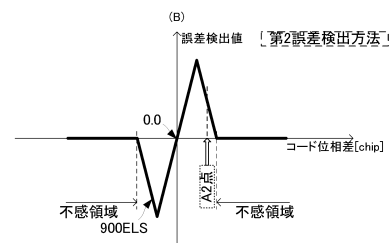
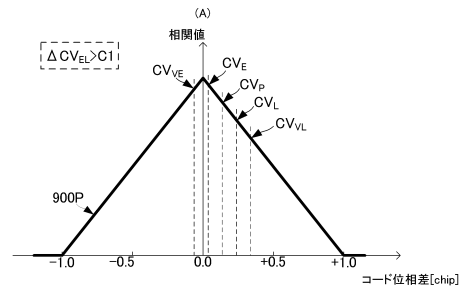
【図 3】



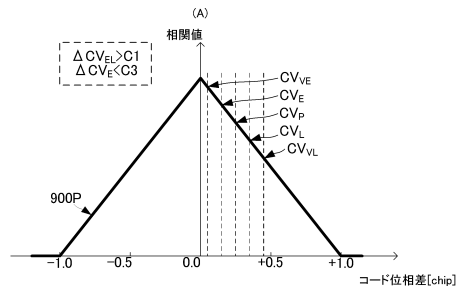
【図 4】



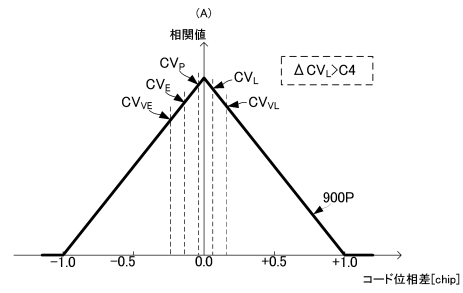
【図 6】



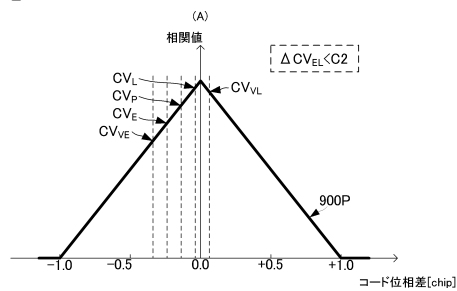
【図 7】



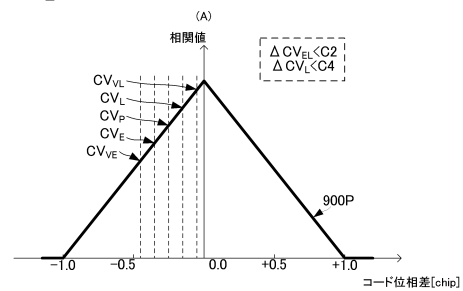
【図 8】



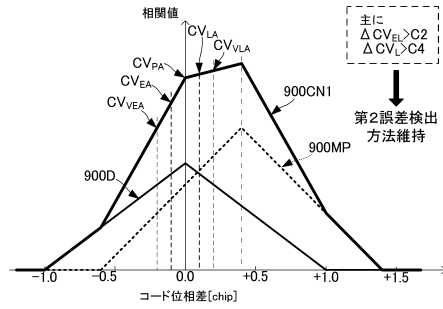
【図 9】



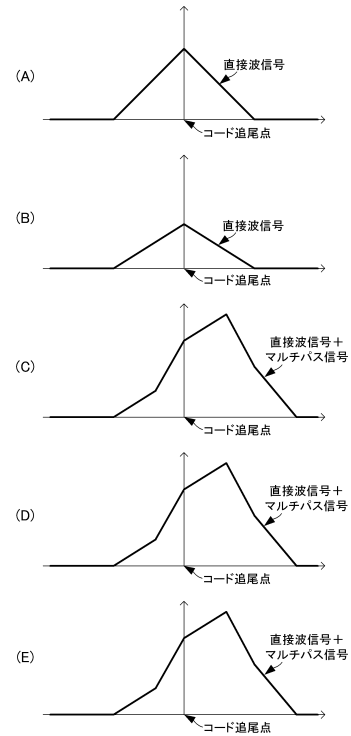
【図 10】



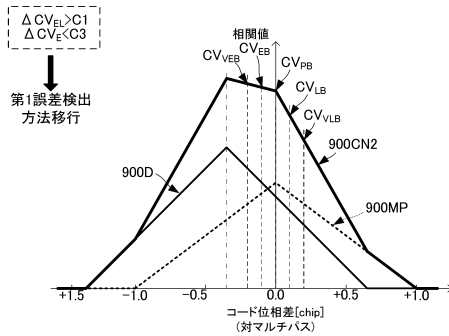
【図 1 1】



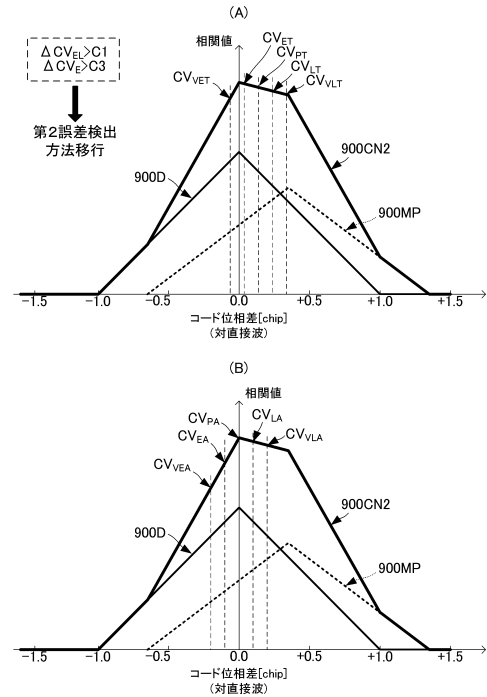
【図 1 2】



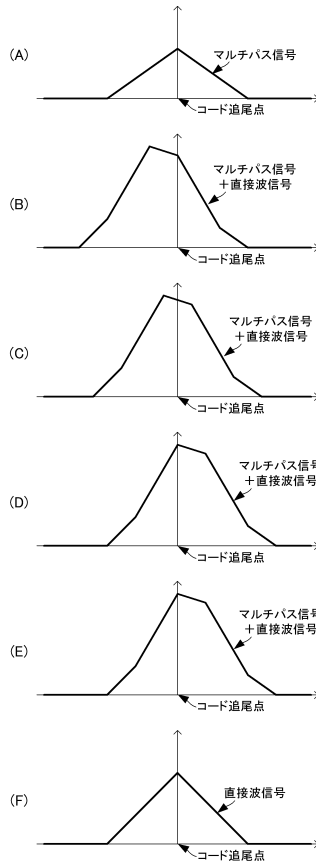
【図 1 3】



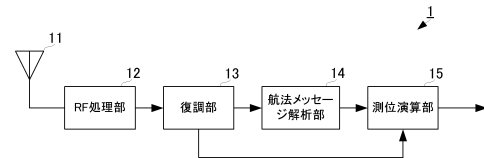
【図 1 4】



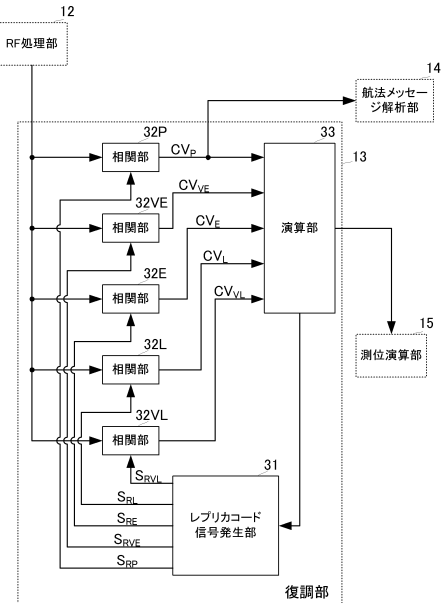
【図 15】



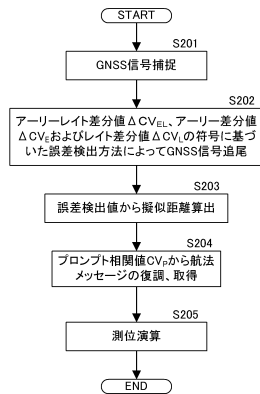
【図 16】



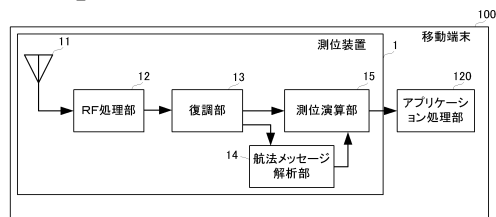
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-326588 (JP, A)
特開2001-036429 (JP, A)
特表2004-513370 (JP, A)
特開平10-056402 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01S5/00-5/14
19/00-19/55