(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2010 年 5 月 6 日(06.05.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/050433 A1

(51) 国際特許分類:
*G01S 19/37* (2010.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/068333

(22) 国際出願日: 2009 年 10 月 26 日(26.10.2009)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2008-276842 2008 年 10 月 28 日(28.10.2008) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 古野電気株式会社(**FURUNO ELECTRIC CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町９番５２号 Hyogo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 藤澤 奈緒美(**FUJISAWA Naomi**) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町９番５２号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP). 山田 勝雄(**YAMADA Katsuo**) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町９番５２号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP). 後藤 陽児(**GOTO Yoji**) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町９番５２号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP). 中村 拓(**NAKAMURA Hiraku**) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町９番５２号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

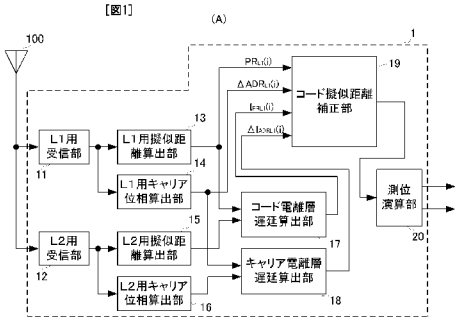
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア

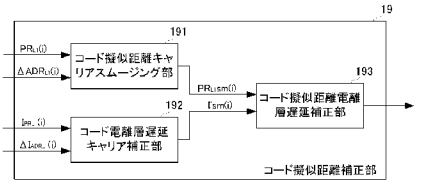
[続葉有]

(54) **Title**: SATELLITE NAVIGATION DEVICE

(54) 発明の名称 : 衛星航法装置

[図1]




11 L1 receiver
12 L2 receiver
13 L1 pseudorange calculator
14 L1 carrier phase calculator
15 L2 pseudorange calculator
16 L2 carrier phase calculator
17 Code ionospheric delay calculator
18 Carrier ionospheric delay calculator
19 Code pseudorange correction unit
20 Positioning arithmetic unit
191 Code pseudorange carrier smoothing unit
192 Code ionospheric delay carrier correction unit
193 Code pseudorange ionospheric delay correction unit

(57) **Abstract**: A pseudorange is corrected with high accuracy using a pseudorange correction method that incorporates carrier smoothing. A code pseudorange correction unit (19) performs carrier smoothing of an L1 code pseudorange ($PR_{L1}(i)$) by the temporal change ($\Delta ADR_{L1}(i)$) in an L1 carrier phase, and performs carrier correction of a code ionospheric delay ($I_{PRL1}(i)$) by the temporal change ($\Delta I_{ADRL1}(i)$) in a carrier ionospheric delay. The code pseudorange correction unit (19) performs ionospheric delay correction by subtracting the corrected ionospheric delay ($I'_{L1}sm(i)$) from the L1 code pseudorange ($PR_{L1}sm(i)$) after smoothing processing. At this time, the direction of the delay in the temporal change ($\Delta I_{ADRL1}(i)$) in the carrier ionospheric delay included in the temporal change ($\Delta ADR_{L1}(i)$) in the L1 carrier phase is matched with the direction of the delay the temporal change ($\Delta I_{ADRL1}(i)$) in the carrier ionospheric delay used to calculate the corrected ionospheric delay ($I'_{L1}sm(i)$).

(57) 要約: 【課題】キャリアスムージングを組み合わせた擬似距離の補正方法を用いて、擬似距離を高精度に補正する。【解決手段】 コード擬似距離補正部１９は、Ｌ１コード擬似距離ＰＲ$_{L1}$（ｉ）をＬ１キャリア位相の時間変化量ΔＡＤＲ$_{L1}$（ｉ）でキャリアスムージングするとともに、コード電離層遅延Ｉ$_{PRL1}$（ｉ）をキャリア電離層遅延の時間変化量ΔＩ$_{ADRL1}$（ｉ）でキャリア補正する。コード擬似距離補正部１９は、スムージング処理後Ｌ１コード擬似距離ＰＲ$_{L1}$ｓｍ（ｉ）から補正後電離層遅延Ｉ'$_{L1}$ｓｍ（ｉ）を減算することで、電離層遅延補正を行う。この際、Ｌ１キャリア位相の時間変化量ΔＡＤＲ$_{L1}$（ｉ）に含まれるキャリア電離層遅延の時間変化量ΔＩ$_{ADRL1}$（ｉ）の遅延方向と、補正後電離層遅延Ｉ'$_{L1}$ｓｍ（ｉ）の算出に用いるキャリア電離層遅延の時間変化量ΔＩ$_{ADRL1}$（ｉ）の遅延方向とを一致させる。

WO 2010/050433 A1

(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

# 明　細　書

## 発明の名称 ： 衛星航法装置

## 技術分野

[0001] この発明は、航法衛星からの衛星信号に基づいて測位および基準信号を行う衛星航法装置に関するものである。

## 背景技術

[0002] 現在、ＧＮＳＳ（Global Navigation Satellite System）を利用して、測位を行ったり、１ＰＰＳ等の基準信号の発生を行ったりする衛星航法装置が各種存在する。このような衛星航法装置では、複数の航法衛星からの航法信号に基づいて測位や基準信号の発生を行う。ここで、ＧＮＳＳには運営母体が異なる複数のシステムが存在するので、以下では、ＧＰＳ（Global Positioning System）の場合を例に説明する。

[0003] ＧＰＳでは、周波数の異なるＬ１波とＬ２波とを搬送波として、それぞれの搬送波に擬似雑音コードおよび航法メッセージを重畳することで、各ＧＰＳ衛星がＧＰＳ信号を生成する。なお、以下では、Ｌ１波を用いたＧＰＳ信号をＬ１信号、Ｌ２波を用いたＧＰＳ信号をＬ２信号と称する。各ＧＰＳ衛星は当該Ｌ１信号およびＬ２信号を同期して放送し、衛星航法装置が受信する。

[0004] 衛星航法装置は、ＧＰＳ信号を受信すると、擬似雑音コードに基づいてＧＰＳ衛星毎に擬似距離Ｐを算出し、当該擬似距離Ｐに基づいて測位および受信機時間誤差を推定する。この推定演算では、擬似距離の精度が測位結果等の精度に影響するが、擬似距離は誤差を有するため、高精度な測位等を行うには当該擬似距離の補正処理が必要となる。そして、現在、擬似距離の補正処理は各種考案されており、擬似距離をキャリア位相でスムージングする方法や、擬似距離を電離層遅延で電離層遅延補正する方法等がある。

[0005] 例えば、特許文献１では、Ｌ１信号の擬似距離とＬ２信号の擬似距離とからＬ１信号の電離層遅延量を算出し、当該電離層遅延量を平滑化したのち、

Ｌ１信号の擬似距離から差分して電離層遅延補正を行っている。

[0006] また、特許文献２では、Ｌ１信号の擬似距離とＬ２信号の擬似距離とから電離層フリーのコード擬似距離を算出するとともに、Ｌ１信号のキャリア位相とＬ２信号のキャリア位相とから電離層フリーのキャリア位相を算出する。そして、電離層フリーのコード擬似距離から電離層フリーのキャリア位相を差分し、平滑化することで補正を行っている。

[0007] また、これらとは別の方法として、一般的なキャリアスムージングを用いた方法もある。この場合、キャリアスムージングした擬似距離から、キャリアスムージングした電離層遅延量を差分することで、擬似距離の電離層遅延補正を行う。

特許文献1：特開２００８－５１５６７号公報

特許文献2：特開２００７－２７８７０８号公報

## 発明の開示

## 発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、上述のキャリアスムージングを用いた方法では、以下に示すような潜在的な問題があり、算出される擬似距離を補正しているにも係わらず、後述する図３に示すように、算出値が徐々に真の擬似距離から離れていってしまう。

[0009] 一般的な一周波による擬似距離のキャリアスムージングは、今回のスムージング擬似距離をＰＲｓｍ（ｉ）とし、今回の観測擬似距離をＰＲ（ｉ）とし、前回のスムージング擬似距離をＰＲｓｍ（ｉ－１）とし、前回から今回までの観測キャリア位相の時間変化量をΔＡＤＲ（ｉ）とし、重み付け用の係数をｋとし、式（１）で表される演算を行う。

[0010] [数1]

$$PRsm(i) = \frac{1}{k} PR(i) + \frac{k-1}{k}\left(PRsm(i-1) + \Delta ADR(i)\right) \qquad \text{－式（１）}$$

また、一般的なコード電離層遅延のキャリアスムージング（キャリア補正

）は、今回のスムージング電離層遅延をＩｓｍ（ｉ）とし、今回の観測擬似距離による電離層遅延を$I_{PR}$（ｉ）とし、前回のスムージング電離層遅延をＩｓｍ（ｉ－１）とし、観測キャリア位相による電離層遅延量の前回から今回までの変化量を$\Delta I_{ADR}$（ｉ）とし、擬似距離と同様に重み付け用の係数をｋとし、式（２）で表される演算を行う。

[0011] [数2]

$$Ism(i)=\frac{1}{k}I_{PR}(i)+\frac{k-1}{k}\left(Ism(i-1)+\Delta I_{ADR}(i)\right) \qquad \text{－式（２）}$$

このようにコードに関する擬似距離と電離層遅延の両方をスムージングした後、スムージング擬似距離ＰＲｓｍ（ｉ）をスムージング電離層遅延Ｉｓｍ（ｉ）で減算することで、擬似距離を電離層遅延補正することになる。すなわち、式（１）－式（２）を実行して式（３）に示すような演算を行うことに相当する。

[0012] [数3]

$$PRsm(i)-Ism(i)=\frac{1}{k}\left(PR(i)-I_{PR}(i)\right)+\frac{k-1}{k}\left(PRsm(i-1)-Ism(i-1)+\Delta ADR(i)-\Delta I_{ADR}(i)\right)$$

－式（３）

ここで、キャリア位相に対する電離層の影響は、擬似距離が短く観測される方向に働くため、キャリア位相の時間変化量ΔＡＤＲ（ｉ）は、航法衛星と受信機（衛星航法装置）間の真の距離の時間変化量Δｒ（ｉ）と、電離層遅延量の時間変化量$\Delta I_{ADR}$（ｉ）から、式（４）で表される。

[0013] ΔＡＤＲ（ｉ）＝Δｒ（ｉ）－$\Delta I_{ADR}$（ｉ） －式（４）

式（４）を式（３）に代入すると、式（５）となる。

[0014] [数4]

$$PRsm(i)-Ism(i)=\frac{1}{k}\left(PR(i)-I_{PR}(i)\right)+\frac{k-1}{k}\left(PRsm(i-1)-Ism(i-1)+\Delta r(i)-2\cdot\Delta I_{ADR}(i)\right)$$

－式（５）

式（５）に示すように、ＰＲ（ｉ）－$I_{PR}$（ｉ）、ＰＲｓｍ（ｉ－１）－Ｉｓｍ（ｉ－１）は、電離層遅延の影響を含んだ擬似距離から電離層遅延を除去した項となる。また、Δｒ（ｉ）は電離層遅延を含まない衛星と受信機間の真の距離の時間変化量となる。このため、式（５）の右辺は、電離層遅延補正がされた｛ＰＲ（ｉ）－$I_{PR}$（ｉ）｝の項と、｛ＰＲｓｍ（ｉ－１）－Ｉｓｍ（ｉ－１）｝の項に｛－２・Δ$I_{ADR}$（ｉ）｝が加算されたものとなり、電離層遅延の影響を除去できていない。

[0015] したがって、一般的なキャリアスムージングを組み合わせた方法の場合、電離層遅延の補正を行ったにも係わらず、擬似距離のみの項とはならず、常に－２Δ$I_{ADR}$（ｉ）の項が加算されて、真の擬似距離からずれた値となってしまう。そして、このような項が擬似距離の算出毎に加算されるため、補正されたはずの擬似距離がさらに真の擬似距離から離れてしまう。

[0016] このような問題に対して、本発明は、キャリアスムージングを組み合わせた擬似距離の補正方法を用いても、擬似距離を高精度に補正できる衛星航法装置を実現することにある。

## 課題を解決するための手段

[0017] この発明は、航法衛星からの航法信号に基づいてコード擬似距離を算出する衛星航法装置に関するものである。この衛星航法装置は、キャリア位相に基づいてスムージングしたコード擬似距離を、コード電離層遅延で電離層遅延補正することで、コード擬似距離の補正を行う擬似距離補正手段を備える。そして、この擬似距離補正手段は、キャリア位相に含まれるキャリア電離層遅延と、コード電離層遅延の遅延方向を一致させて、コード擬似距離の補正を行う。

[0018] また、この発明の衛星航法装置の擬似距離補正手段は、具体的に、スムージングに用いるキャリア位相に含まれる第１のキャリア電離層遅延によるキャリア位相のズレ方向と、電離層遅延に用いるコード電離層遅延をキャリア補正する第２のキャリア電離層遅延の補正方向とを一致させることで、キャリア位相に含まれるキャリア電離層遅延と、コード電離層遅延の遅延方向を

一致させる。

[0019] この構成では、コード擬似距離をキャリア位相でスムージングする際に当該キャリア位相に含まれる第１のキャリア電離層遅延によるキャリア位相のズレ方向と、コード電離層遅延をキャリア補正する第２のキャリア電離層遅延の補正方向とが一致することで、数学的にはこれら第１のキャリア電離層遅延と第２のキャリア電離層遅延の演算式中の符号が一致する。したがって、キャリア位相でスムージングしたコード擬似距離から、キャリア電離層遅延でキャリア補正したコード電離層遅延を減算して電離層遅延補正を行う際に、スムージング用のキャリア位相に含まれる第１のキャリア電離層遅延と、コード電離層遅延をキャリア補正する第２のキャリア電離層遅延とが相殺される。これにより、擬似距離補正手段による補正後のコード擬似距離は電離層遅延の影響が除去される。

[0020] また、この発明の衛星航法装置は、擬似距離補正手段により補正されたコード擬似距離を用いて測位演算を行う測位演算手段を備える。

[0021] この構成では、上述のように高精度に補正されたコード擬似距離を用いることで、高精度な測位結果を得ることができる。

[0022] また、この発明の衛星航法装置は、測位演算により得られるクロックオフセットを用いて基準クロック信号を発生する基準信号発生手段を備える。

[0023] この構成では、上述のような高精度な測位演算が行われることで、高精度なクロックオフセットを得ることができ、高精度な基準信号を発生することができる。

## 発明の効果

[0024] この発明によれば、電離層遅延の影響を除去した高精度なコード擬似距離を取得することができる。

## 発明を実施するための最良の形態

[0025] 本実施形態の衛星航法装置について図を参照して説明する。なお、以下の説明では、ＧＰＳを例に説明するが、他のＧＮＳＳに対しても以下の構成および処理を適用することができる。

図１（Ａ）は本実施形態の衛星航法装置１の主要構成を示すブロック図であり、図１（Ｂ）は図１（Ａ）に示すコード擬似距離補正部１９の主要構成を示すブロック図である。

図１に示すように、本実施形態の衛星航法装置１は、Ｌ１用受信部１１、Ｌ２用受信部１２、Ｌ１用擬似距離算出部１３、Ｌ１用キャリア位相算出部１４、Ｌ２用擬似距離算出部１５、Ｌ２用キャリア位相算出部１６、コード電離層遅延算出部１７、キャリア電離層遅延算出部１８、コード擬似距離補正部１９、および測位演算部２０を備える。

[0026] Ｌ１用受信部１１は、アンテナ１００で受信した航法衛星からの航法信号を受信して復調し、航法メッセージ等をＬ１用擬似距離算出部１３へ出力し、キャリア位相情報をＬ１用キャリア位相算出部１４へ出力する。Ｌ２用受信部１２は、アンテナ１００で受信した測位衛星からの航法信号を受信して復調し、航法メッセージ等をＬ２用擬似距離算出部１５へ出力し、キャリア位相情報をＬ２用キャリア位相算出部１６へ出力する。

[0027] Ｌ１用擬似距離算出部１３は、航法メッセージ等に基づいて所定タイミング毎にＬ１コード擬似距離$PR_{L1}$（ｉ）を算出する。Ｌ１コード擬似距離$PR_{L1}$（ｉ）は、コード電離層遅延算出部１７およびコード擬似距離補正部１９へ出力される。

[0028] Ｌ２用擬似距離算出部１５は、航法メッセージ等に基づいて前記Ｌ１の各情報と同じタイミングで、Ｌ２コード擬似距離$PR_{L2}$（ｉ）を算出する。Ｌ２コード擬似距離$PR_{L2}$（ｉ）は、コード電離層遅延算出部１７へ出力される。

[0029] Ｌ１用キャリア位相算出部１４は、Ｌ１信号のキャリア位相情報に基づいて、前記コード擬似距離$PR_{L1}$（ｉ）と同じタイミングで、Ｌ１キャリア位相$ADR_{L1}$（ｉ）を算出する。Ｌ１キャリア位相$ADR_{L1}$（ｉ）は、キャリア電離層遅延算出部１８およびコード擬似距離補正部１９へ出力される。

[0030] Ｌ２用キャリア位相算出部１６は、Ｌ２信号のキャリア位相情報に基づいて、前記コード擬似距離$PR_{L2}$（ｉ）と同じタイミングで、Ｌ２キャリア位相$ADR_{L2}$（ｉ）を算出する。Ｌ２キャリア位相$ADR_{L2}$（ｉ）は、キャリア電

離層遅延算出部１８へ出力される。

[0031] コード電離層遅延算出部１７は、次の式（６）を用いて、各タイミングでＬ１コード電離層遅延$I_{PRL1}$（ｉ）を算出する。

[0032] [数5]

$$I_{PRL1}(i)=\frac{f_{L2}^2}{f_{L1}^2-f_{L2}^2}\left(PR_{L2}(i)-PR_{L1}(i)\right) \qquad \text{－式（６）}$$

キャリア電離層遅延算出部１８は、次の式（７）を用いて、各タイミングでキャリア電離層遅延の時間変化量Δ$I_{ADRL1}$（ｉ）を算出する。

[0033] [数6]

$$\Delta I_{ADRL1}(i)=\frac{f_{L2}^2}{f_{L1}^2-f_{L2}^2}\left(\lambda_{L1}\cdot\Delta ADR_{L1}(i)-\lambda_{L2}\cdot\Delta ADR_{L2}(i)\right) \qquad \text{－式（７）}$$

なお、ここで、$\lambda_{L1}$および$\lambda_{L2}$は、それぞれＬ１信号の波長及びＬ２信号の波長である。また、ΔＡＤ$R_{L1}$（ｉ）はＬ１キャリア位相Ａ$DR_{L1}$（ｉ）の前回から今回までの時間変化量を表し、ΔＡＤ$R_{L2}$（ｉ）はＬ２キャリア位相Ａ$DR_{L2}$（ｉ）の前回から今回までの時間変化量を表す。

[0034] コード電離層遅延算出部１７で算出されたコード電離層遅延$I_{PRL1}$（ｉ）およびキャリア電離層遅延算出部１８で算出されたキャリア電離層遅延の時間変化量Δ$I_{ADRL1}$（ｉ）は、コード擬似距離補正部１９へ出力される。

[0035] コード擬似距離補正部１９は、コード擬似距離キャリアスムージング部１９１、コード電離層遅延キャリア補正部１９２、およびコード擬似距離電離層補正部１９３を備え、Ｌ１コード擬似距離Ｐ$R_{L1}$（ｉ）を、次の原理を用いて補正し、測位演算部２０へ出力する。

[0036] コード擬似距離キャリアスムージング部１９１は、Ｌ１コード擬似距離Ｐ$R_{L1}$（ｉ）を、上述の式（１）により表される重み付け平均を用いることでキャリアスムージングする。すなわち、コード擬似距離キャリアスムージング部１９１は、次の式（８）を用いて、スムージング処理後Ｌ１コード擬似距離Ｐ$R_{L1}$ｓｍ（ｉ）を算出する。

[0037] [数7]

$$PR_{L1}sm(i)=\frac{1}{k}PR_{L1}(i)+\frac{k-1}{k}\left(PR_{L1}sm(i-1)+\Delta ADR_{L1}(i)\right) \qquad \text{－式（８）}$$

ここで、ＰＲ$_{L1}$ｓｍ（ｉ）は今回のタイミングでのスムージング処理後Ｌ１コード擬似距離であり、ＰＲ$_{L1}$ｓｍ（ｉ－１）は前回のタイミングでのスムージング処理後Ｌ１コード擬似距離であり、ｋは重み付けを決定する定数であり、仕様に応じて変更することができる。

[0038] コード電離層遅延キャリア補正部１９２は、コード電離層遅延Ｉ$_{PRL1}$（ｉ）を、次の式（９）を用いてキャリア補正する。すなわち、コード電離層遅延キャリア補正部１９２は、式（９）を用いて、キャリア補正後コード電離層遅延Ｉ'$_{L1}$ｓｍ（ｉ）を算出する。

[0039] [数8]

$$I'_{L1}sm(i)=\frac{1}{k}I_{PRL1}(i)+\frac{k-1}{k}\left(I'_{L1}sm(i-1)-\Delta I_{ADRL1}(i)\right) \qquad \text{－式（９）}$$

ここで、式（９）に示すように、本願発明では、上述の式（２）に示した一般的なコード電離層遅延のキャリアスムージングとは、異なる演算でキャリア補正を行う。具体的には、コード電離層遅延の補正の際に、前回のキャリア補正後コード電離層遅延Ｉ'$_{L1}$ｓｍ（ｉ－１）に対して、キャリア電離層遅延の時間変化量ΔＩ$_{ADRL1}$（ｉ）を加算するのではなく（一般的手法）、キャリア電離層遅延の時間変化量ΔＩ$_{ADRL1}$（ｉ）を減算する演算を行う。

[0040] この処理は、コード電離層遅延とキャリア電離層遅延との遅延方向が異なることに基づくものである。すなわち、コード電離層遅延は擬似距離が長くなる方向に作用し、キャリア電離層遅延は擬似距離が短くなる方向に作用することに着目し、これらの方向が一致するように、キャリア補正後コード電離層遅延Ｉ'$_{L1}$ｓｍ（ｉ）の算出式におけるキャリア電離層遅延の時間変化量ΔＩ$_{ADRL1}$（ｉ）の符号を反転させたものである。

[0041] コード擬似距離電離層遅延補正部１９３は、式（８）で算出されたスムー

ジング処理後Ｌ１コード擬似距離ＰＲ$_{L1}$ｓｍ（ｉ）を、式（９）で算出されたキャリア補正後コード電離層遅延Ｉ'$_{L1}$ｓｍ（ｉ）で減算する。

[0042] [数9]

$$PR_{L1}sm(i) - I'_{L1}sm(i) = \frac{1}{k}\left(PR_{L1}(i) - I_{PRL1}(i)\right) + \frac{k-1}{k}\left(PR_{L1}sm(i-1) - I'_{L1}sm(i-1) + \Delta ADR_{L1}(i) + \Delta I_{ADRL1}(i)\right)$$

－式（１０）

これは、スムージング処理済Ｌ１コード擬似距離ＰＲ$_{L1}$ｓｍ（ｉ）を、キャリア補正後の電離層遅延Ｉ'$_{L1}$ｓｍ（ｉ）で電離層遅延補正したことに相当する。

[0043] ここで、キャリア位相に対する電離層遅延の影響は、擬似距離が短く観測される方向に働くため、Ｌ１キャリア位相の時間変化量ΔＡＤＲ$_{L1}$（ｉ）は、衛星と受信機間の真の距離の時間変化量Δｒ（ｉ）と、電離層遅延の時間変化量Δ$I_{ADRL1}$（ｉ）を用いて、

ΔＡＤＲ$_{L1}$（ｉ）＝Δｒ（ｉ）－Δ$I_{ADRL1}$（ｉ） －式（１１）

で表される。

[0044] したがって、式（１０）に式（１１）を代入することで、Ｌ１コード擬似距離をコード電離層遅延で電離層遅延補正することを意味する次式（式（１２））が得られる。

[0045] [数10]

$$PR_{L1}sm(i) - I'_{L1}sm(i) = \frac{1}{k}\left(PR_{L1}(i) - I_{PRL1}(i)\right) + \frac{k-1}{k}\left(PR_{L1}sm(i-1) - I'_{L1}sm(i-1) + \Delta r(i)\right)$$

－式（１２）

すなわち、本発明の第１のキャリア電離層遅延に相当するＬ１キャリア位相の時間変化量ΔＡＤＲ$_{L1}$（ｉ）に含まれるキャリア電離層遅延の時間変化量Δ$I_{ADRL1}$（ｉ）が、本発明の第２のキャリア電離層遅延に相当するコード電離層遅延Ｉ$_{PRL1}$（ｉ）のキャリア補正の式に含まれるキャリア電離層遅延の時間

変化量$\Delta I_{ADRL1}$（ｉ）で相殺される。

[0046] ここで、式（１２）の右辺の（１／ｋ）・（$PR_{L1}$（ｉ）－$I_{PRL1}$（ｉ））の項は、今回のＬ１コード擬似距離$PR_{L1}$（ｉ）を今回のコード電離層遅延$I_{PRL1}$（ｉ）で電離層遅延補正したものに相当する。同様に、（（ｋ－１）／ｋ）・（$PR_{L1}sm$（ｉ－１）－$I'_{L1}sm$（ｉ－１））の項は、前回のスムージング処理後Ｌ１コード擬似距離$PR_{L1}sm$（ｉ－１）を、前回のキャリア補正後電離層遅延$I'_{L1}sm$（ｉ－１）で補正したことに相当する。

[0047] このように、式（１２）に示すような演算を行うことで、Ｌ１コード擬似距離をキャリアスムージングした後に、キャリア補正した電離層遅延で電離層遅延補正しても、従来の式（５）に示すようにキャリア電離層遅延の時間変化量$\Delta I_{ADRL1}$（ｉ）の影響が残らず、補正後のＬ１コード擬似距離に対するキャリア電離層遅延の時間変化量$\Delta I_{ADRL1}$（ｉ）の影響を除去することができる。

[0048] なお、上述の説明では、コード擬似距離補正部１９をコード擬似距離キャリアスムージング部１９１、コード電離層遅延伽裏補正部１９２、およびコード擬似距離電離層遅延補正部１９３とし、Ｌ１用擬似距離算出部１３、Ｌ１用キャリア位相算出部１４、Ｌ２用擬似距離算出部１５、Ｌ２用キャリア位相算出部１６、コード電離層遅延算出部１７、キャリア電離層遅延算出部１８を個別の機能部とした例を示したが、これらを一つのコード擬似距離生成部として、次に示すフローによりコード擬似距離の補正を行ってもよい。

[0049] 図２は本実施形態の衛星航法装置１のコード擬似距離の補正処理フローを示すフローチャートである。

[0050] まず、コード擬似距離生成部は、航法メッセージ等に基づいて所定タイミング毎にＬ１コード擬似距離$PR_{L1}$（ｉ）およびＬ２コード擬似距離$PR_{L2}$（ｉ）を算出する（Ｓ１０１）。

[0051] コード擬似距離生成部は、Ｌ１信号のキャリア位相情報に基づいてＬ１キャリア位相$ADR_{L1}$（ｉ）を算出するとともに、Ｌ２信号のキャリア位相情報に基づいてＬ２キャリア位相$ADR_{L2}$（ｉ）を算出する（Ｓ１０２）。

[0052] コード擬似距離生成部は、上述の式（６）を用いて、各タイミングでＬ１コード電離層遅延$I_{PRL1}$（ｉ）を算出する（Ｓ１０３）。また、コード擬似距離生成部は、上述の式（７）を用いて、各タイミングでキャリア電離層遅延の時間変化量$\Delta I_{ADRL1}$（ｉ）を算出する（Ｓ１０４）。

[0053] そして、コード擬似距離生成部は、上述の式（８）、式（９）および式（１０）を用いて、キャリア位相の時間変化量$\Delta ADR_{L1}$、コード電離層遅延$I_{PRL1}$、キャリア電離層遅延の時間変化量$\Delta I_{ADRL1}$を用いて、キャリアスムージングしたＬ１コード擬似距離$PR_{L1}$の電離層遅延補正を行う（Ｓ１０５）。

[0054] このような処理であっても、キャリアスムージングしたＬ１コード擬似距離を、キャリア補正したコード電離層遅延で電離層遅延補正しても、キャリア電離層遅延の時間変化量$\Delta I_{ADRL1}$（ｉ）の影響を除去することができる。

[0055] 図３は、本実施形態の手法を用いた場合、従来の手法を用いた場合、およびキャリアスムージングを行わない場合のＬ１コード擬似距離の値を示したグラフである。図３において横軸が経過時間を表し、縦軸が真の擬似距離から擬似距離誤差を表す。

図３に示すように、本実施形態の手法を用いることで、キャリアスムージングおよびキャリア補正後の電離層遅延による補正を行ったコード擬似距離は、時間が経過しても、値がバラつくことなく真のコード擬似距離に略一致する。

[0056] このように、本実施形態の構成及び手法を用いることで、高精度なコード擬似距離を算出することができる。

[0057] このよう算出されたコード擬似距離は、測位演算部２０へ与えられる。測位演算部２０は、このコード擬似距離を用いて、既知の手法により自装置（受信機）の測位を行う。これにより、高精度な測位を行うことができる。また、測位演算部２０に基準信号発生回路を備えることで、１ＰＰＳ等の基準信号を出力することもできる。この際、高精度なコード擬似距離が得られることで、自装置（受信機）のクロックオフセットを高精度に取得することができるので、高精度な基準信号を発生することができる。

[0058] なお、本実施形態の構成および処理では電離層遅延を含んだ状態のコード擬似距離を高精度に補正することができるので、電離層フリー結合を用いる必要もない。これにより、ディファレンシャル測位システムを併用するような衛星航法装置に対して、有効なコード擬似距離の補正を行うことができる。すなわち、ディファレンシャル情報が利用できる範囲では、当該コード擬似距離のキャリアスムージングを行った後に、ディファレンシャル情報により得られる電離層遅延情報で電離層遅延補正を行うことができ、ディファレンシャル情報が利用できない範囲になったとしても、上述の方法を用いてコード擬似距離を高精度に補正することができる。

[0059] また、上述の説明では、Ｌ１コード擬似距離を補正する場合を示したが、Ｌ２コード擬似距離についても同様に補正を行うことができる。

## 図面の簡単な説明

[0060] [図1]本実施形態の衛星航法装置１の主要構成を示すブロック図、および、コード擬似距離補正部１９の主要構成を示すブロック図である。

[図2]本発明の実施形態の衛星航法装置１のコード擬似距離の補正処理フローを示すフローチャートである。

[図3]本発明の実施形態の手法を用いた場合、従来の手法を用いた場合、およびキャリアスムージングを行わない場合のＬ１コード擬似距離の値を示したグラフである。

## 符号の説明

[0061] １－衛星航法装置、１１－Ｌ１用受信部、１２－Ｌ２用受信部、１３－Ｌ１用擬似距離算出部、１４－Ｌ１用キャリア位相算出部、１５－Ｌ２用擬似距離算出部、１６－Ｌ２用キャリア位相算出部、１７－コード電離層遅延算出部、１３－キャリア電離層遅延算出部、１９－コード擬似距離補正部、１９１－コード擬似距離キャリアスムージング部、１９２－コード電離層遅延キャリア補正部、１９３－コード擬似距離電離層遅延補正部、２０－測位演算部、１００－アンテナ

# 請求の範囲

[請求項1] 航法衛星からの航法信号に基づいてコード擬似距離を算出する衛星航法装置であって、

キャリア位相に基づいてスムージングしたコード擬似距離を、コード電離層遅延で電離層遅延補正することで、コード擬似距離の補正を行う擬似距離補正手段を備え、

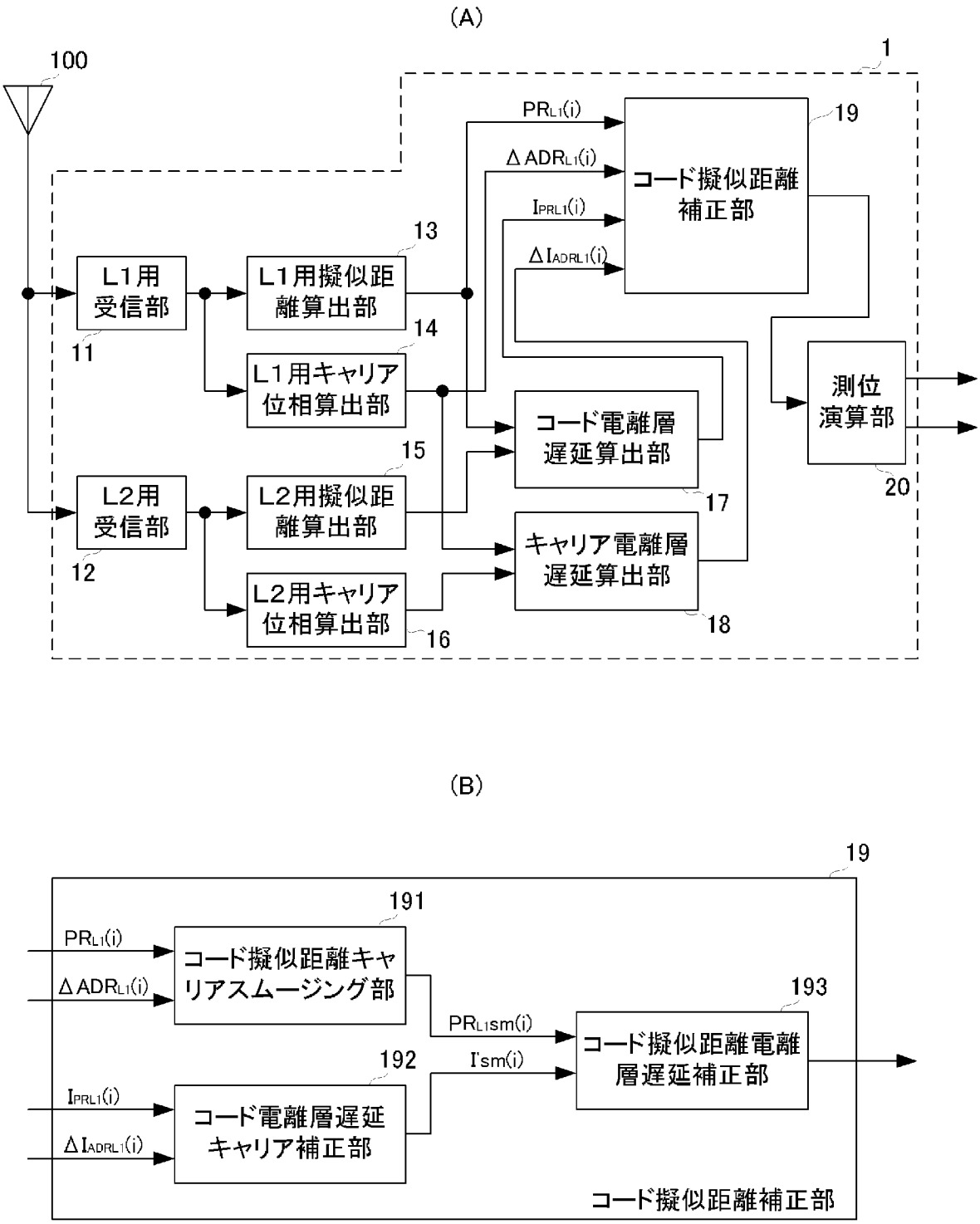
該擬似距離補正手段は、前記キャリア位相に含まれるキャリア電離層遅延と、前記コード電離層遅延の遅延方向を一致させて、前記コード擬似距離の補正を行う、衛星航法装置。

[請求項2] 前記擬似距離補正手段は、前記コード擬似距離のスムージングに用いるキャリア位相に含まれる第１のキャリア電離層遅延による前記キャリア位相のズレ方向と、前記電離層遅延に用いるコード電離層遅延をキャリア補正する第２のキャリア電離層遅延の補正方向とを一致させることで、前記キャリア位相に含まれるキャリア電離層遅延と、前記コード電離層遅延の遅延方向を一致させる、請求項１に記載の衛星航法装置。

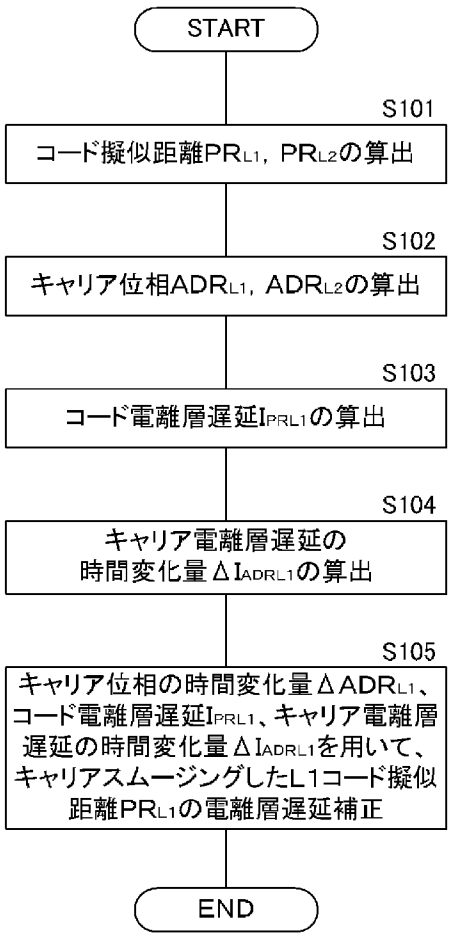
[請求項3] 前記擬似距離補正手段により補正されたコード擬似距離を用いて測位演算を行う測位演算手段を備えた、請求項１または請求項２に記載の衛星航法装置。

[請求項4] 前記測位演算により得られるクロックオフセットを用いて基準クロック信号を発生する基準信号発生手段を備えた、請求項３に記載の衛星航法装置。

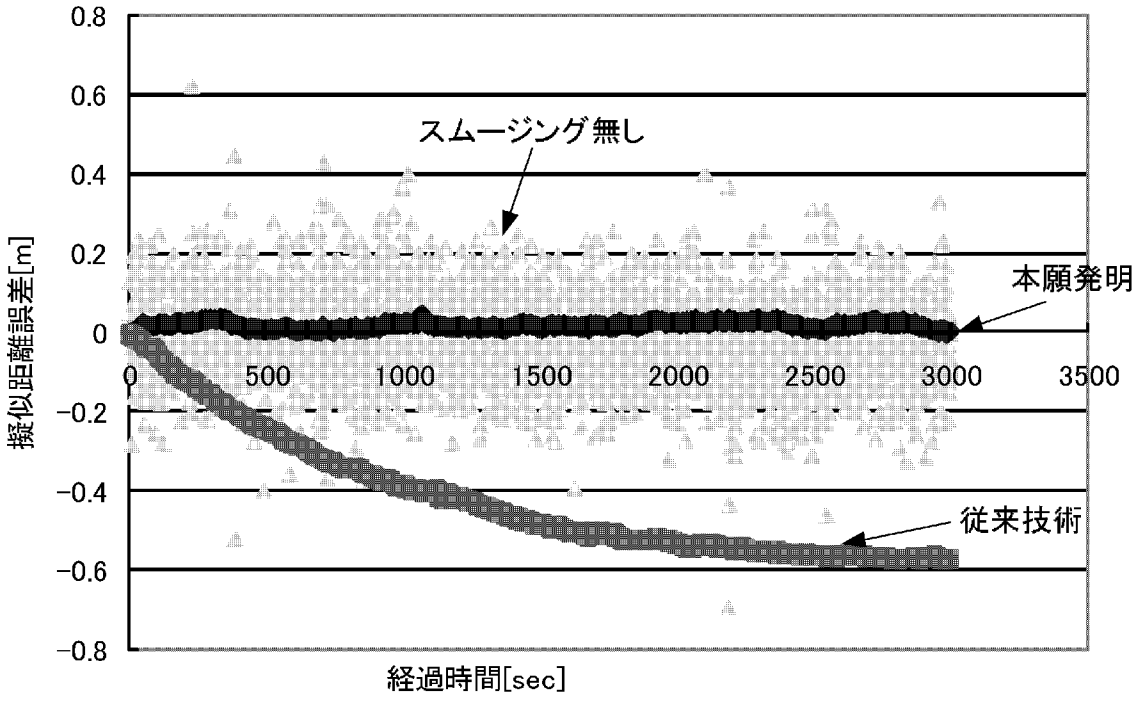
[図1]


(A)
100
1
19
$PR_{L1}(i)$
$\Delta ADR_{L1}(i)$
$I_{PRL1}(i)$
$\Delta I_{ADRL1}(i)$
コード擬似距離補正部
13
L1用受信部
11
L1用擬似距離算出部
14
L1用キャリア位相算出部
コード電離層遅延算出部
17
測位演算部
20
15
L2用受信部
12
L2用擬似距離算出部
キャリア電離層遅延算出部
18
L2用キャリア位相算出部
16
(B)
19
191
$PR_{L1}(i)$
$\Delta ADR_{L1}(i)$
コード擬似距離キャリアスムージング部
193
$PR_{L1sm}(i)$
コード擬似距離電離層遅延補正部
192
$I'sm(i)$
$I_{PRL1}(i)$
$\Delta I_{ADRL1}(i)$
コード電離層遅延キャリア補正部
コード擬似距離補正部

[図2]


START
S101
コード擬似距離PRL1，PRL2の算出
S102
キャリア位相ADRL1，ADRL2の算出
S103
コード電離層遅延IPRL1の算出
S104
キャリア電離層遅延の
時間変化量ΔIADRL1の算出
S105
キャリア位相の時間変化量ΔADRL1、
コード電離層遅延IPRL1、キャリア電離層
遅延の時間変化量ΔIADRL1を用いて、
キャリアスムージングしたL1コード擬似
距離PRL1の電離層遅延補正
END

[図3]


0.8
0.6
0.4
0.2
0
−0.2
−0.4
−0.6
−0.8
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
スムージング無し
本願発明
従来技術
擬似距離誤差[m]
経過時間[sec]

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.
PCT/JP2009/068333

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
*G01S19/37*(2010.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01S19/00-19/55

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---|---|---|---|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2010 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2010 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2010 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| X<br>A | JP 2006-10573 A (Furuno Electric Co., Ltd.),<br>12 January 2006 (12.01.2006),<br>claim 1; paragraphs [0005] to [0006], [0029] to [0032]; fig. 3, 4<br>(Family: none) | 1,3,4<br>2 |
| A | JP 6-289116 A (Magnavox Electronic Systems Co.),<br>18 October 1994 (18.10.1994),<br>paragraphs [0009] to [0010], [0040] to [0056]; fig. 1 to 4<br>& US 5471217 A & EP 609935 A3<br>& EP 609935 A2 & DE 69424890 D<br>& DE 69424890 T & DK 609935 T | 1-4 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

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

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 18 January, 2010 (18.01.10) | 26 January, 2010 (26.01.10) |
| Name and mailing address of the ISA/<br>Japanese Patent Office<br><br>Facsimile No. | Authorized officer<br><br>Telephone No. |

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2007)

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.
PCT/JP2009/068333

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| A | JP 2002-196060 A (Furuno Electric Co., Ltd.), 10 July 2002 (10.07.2002), paragraphs [0005], [0008] to [0020]; fig. 3, 4 (Family: none) | 1-4 |

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／０６８３３３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01S19/37(2010.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01S19/00-19/55

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|---|---|
| 日本国実用新案公報 | １９２２－１９９６年 |
| 日本国公開実用新案公報 | １９７１－２０１０年 |
| 日本国実用新案登録公報 | １９９６－２０１０年 |
| 日本国登録実用新案公報 | １９９４－２０１０年 |

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

Ｃ．　関連すると認められる文献

| 引用文献のカテゴリー＊ | 引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する請求項の番号 |
|---|---|---|
| X<br>A | JP 2006-10573 A (古野電気株式会社) 2006.01.12, 請求項1, 段落0005-0006,0029-0032, 図3, 図4 (ファミリーなし) | 1,3,4<br>2 |
| A | JP 6-289116 A (マグナボックス　エレクトロニック　システムズ　カンパニー) 1994.10.18, 段落0009-0010,0040-0056, 図1-4 & US 5471217 A & EP 609935 A3 & EP 609935 A2 & DE 69424890 D & DE 69424890 T & DK 609935 T | 1-4 |
| A | JP 2002-196060 A (古野電気株式会社) 2002.07.10, 段落0005,0008-0020,図3,図4 (ファミリーなし) | 1-4 |

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

| 国際調査を完了した日 | 国際調査報告の発送日 |
|---|---|
| １８．０１．２０１０ | ２６．０１．２０１０ |

| 国際調査機関の名称及びあて先 | 特許庁審査官（権限のある職員） | |
|---|---|---|
| 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）<br>郵便番号１００－８９１５<br>東京都千代田区霞が関三丁目４番３号 | 山下　雅人 | ２Ｓ　９３０３ |
| | 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５８ | |