

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4644792号
(P4644792)

(45) 発行日 平成23年3月2日(2011.3.2)

(24) 登録日 平成22年12月17日(2010.12.17)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 1 S 19/07 (2010.01)
G O 1 S 19/41 (2010.01)G O 1 S 5/14 5 2 4
G O 1 S 5/14 5 7 3

請求項の数 11 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2007-246609 (P2007-246609)
(22) 出願日	平成19年9月25日 (2007.9.25)
(65) 公開番号	特開2009-75035 (P2009-75035A)
(43) 公開日	平成21年4月9日 (2009.4.9)
審査請求日	平成19年12月4日 (2007.12.4)

(73) 特許権者	501152352 独立行政法人電子航法研究所 東京都調布市深大寺東町7丁目42番地2 3
(74) 代理人	100081042 弁理士 功力 妙子
(74) 代理人	100116425 弁理士 功力 栄治
(72) 発明者	坂井 丈泰 東京都調布市深大寺東町7-42-23 独立行政法人電子航法研究所内

審査官 戸次 一夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】衛星航法システムにおける電離層遅延量の補正方法及びその装置。

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

航法衛星からの測位信号により電離層遅延量およびその他の補正情報を作成するための複数のモニタ局を既知点にそれぞれ配置し、

前記モニタ局以外の地点に、前記航法衛星からの測位信号をそれぞれ受信してそれぞれ電離層遅延量を測定するための複数のGPS受信機を配置し、

電離層遅延量の推定値を、航法衛星からの測位信号により求めて送信する衛星航法システムにおける電離層遅延量の補正方法において、

前記航法衛星からの測位信号を受信して、互いに隣接して四角形を形成する4つのIGPにおける電離層遅延量をそれぞれ求め、

この互いに隣接する4つのIGPにおける電離層遅延量を補間して、4つのIGPに囲まれる領域内の地点における電離層遅延量を表す平面をそれぞれ求め、

前記GPS受信機により測定された電離層遅延量の測定値を、それぞれGPS受信機毎に求め、

前記4つのIGPに囲まれる領域内の地点における電離層遅延量を表す平面と、前記GPS受信機毎に求めた電離層遅延量の測定値との差を、前記GPS受信機毎にそれぞれ求め、

この差の最大値を、電離層遅延量の推定値に関する信頼区間の補正情報とすることを特徴とする衛星航法システムにおける電離層遅延量の補正方法。

【請求項 2】

10

20

既知点に配置した前記モニタ局は、S B A S のモニタ局を用いること
を特徴とする請求項 1 に記載の衛星航法システムにおける電離層遅延量の補正方法。

【請求項 3】

前記 G P S 受信機の代わりに、既存の G P S 観測網から得られる電離層遅延量の測定値
を用いること

を特徴とする請求項 1 に記載の衛星航法システムにおける電離層遅延量の補正方法。

【請求項 4】

前記既存の G P S 観測網として、G E O N E T における電子基準点の測定値を用いること

を特徴とする請求項 3 に記載の衛星航法システムにおける電離層遅延量の補正方法。 10

【請求項 5】

前記既存の G P S 観測網として、A W G S の G P S 受信機の測定値を用いること
を特徴とする請求項 3 に記載の衛星航法システムにおける電離層遅延量の補正方法。

【請求項 6】

複数の既知点にそれぞれ配置され、航法衛星からの測位信号により電離層遅延量およびそ
の他の補正情報を作成するためのモニタ局と、

前記モニタ局以外の地点に配置され、前記航法衛星からの測位信号を受信して、それぞ
れ電離層遅延量を測定するための複数の G P S 受信機と、

電離層遅延量の推定値を、航法衛星からの測位信号により求めて送信する統制局とから
なる衛星航法システムにおける電離層遅延量を補正する装置において、 20

前記統制局は、互いに隣接して四角形を形成する 4 つの I G P における電離層遅延量を
補間して 4 つの I G P に囲まれる領域内の地点における電離層遅延量を表す平面をそれぞ
れ求める機能と、前記 4 つの I G P に囲まれる領域内の地点における電離層遅延量を表す
平面と前記 G P S 受信機毎に求めた電離層遅延量の測定値との差をそれぞれ求める機能と
、求めた前記 G P S 受信機毎の差の中からその差が最大となる最大値を求める機能と、差
の最大値を電離層遅延量の推定値に関する信頼区間の補正情報として送信する機能とを有
すること

を特徴とする衛星航法システムにおける電離層遅延量を補正する装置。

【請求項 7】

前記統制局は、前記モニタ局の機能も兼ね備えること

を特徴とする請求項 6 に記載の衛星航法システムにおける電離層遅延量を補正する装置
。 30

【請求項 8】

既知点に配置した前記モニタ局は、S B A S のモニタ局を用いること

を特徴とする請求項 6 ~ 請求項 7 にそれぞれ記載の衛星航法システムにおける電離層遅
延量を補正する装置。

【請求項 9】

前記 G P S 受信機の代わりに既存の G P S 観測網から得られる電離層遅延量の測定値を
受信する機能を有すること

を特徴とする請求項 6 ~ 請求項 8 にそれぞれに記載の衛星航法システムにおける電離層
遅延量を補正する装置。 40

【請求項 10】

前記既存の G P S 観測網として、G E O N E T の電子基準点における電離層遅延量の測
定値を受信する機能を有すること

を特徴とする請求項 9 に記載の衛星航法システムにおける電離層遅延量を補正する装置
。 40

【請求項 11】

前記既存の G P S 観測網として、A W G S の G P S 受信機の電離層遅延量の測定値を受
信する機能を有すること

を特徴とする請求項 9 に記載の衛星航法システムにおける電離層遅延量を補正する装置 50

。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、人工衛星からの電磁波が、電離層を通過する際に生じる電離層遅延量の補正方法及びその装置に関し、特に、静止衛星型衛星航法システム（S B A S）における電離層遅延量の補正方法及びその装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般に、人工衛星や天体から発せられる電磁波（以下、信号と記す）が、地上に到達するまでの間に、電離層及び対流圏を通過するが、それぞれの領域を信号が通過する際に遅延が生じ、それぞれ電離層遅延及び対流圏遅延と呼ばれている。従って、この信号を測位信号として用いる場合、これらの電離層遅延及び対流圏遅延が測位誤差源のひとつとなっている。

10

【0003】

測位誤差の原因のひとつである電離層遅延量の補正是勿論のこと、その他の補正情報（なお、すべての補正情報を包括して表現する場合、補強情報と記す。）を提供するために、世界的に実用化が進められているシステムとしては、静止衛星を使った補強情報を送信する衛星航法補強システム（Satellite Based Augmentation System：以下、S B A Sと記す。）がある。

20

【0004】

S B A Sは、日本では、図5に示すように、M S A S（M T S A T Satellite-based Augmentation System：以下M S A Sと記す。）として、正式運用に向けて整備されつつあり、太平洋上を含めて日本が受け持つ管制空域内の航空機を誘導するために使用されるシステムがあり、M S A Sで利用する人工衛星M T S A T - 1 R及びM T S A T - 2の打ち上げが成功し、すでに所定の静止軌道に投入されており、平成19年9月27日に試験信号から正式の信号への切換を行い、M S A Sの供用が開始される予定である。

【0005】

なお、北米地域には、2003年7月から正式運用を開始したW A A S（Wide Area Augmentation System：以下、W A A Sと記す。）があり、
欧洲地域には、E G N O S（European Geostationary Navigation Overlay Service：以下、E G N O Sと記す。）があり、
それぞれ整備が進められている。

30

【0006】

S B A Sでは、衛星軌道・衛星クロック、電離層遅延、対流圏遅延等の測位誤差源を、別々に高精度に補正することが目標とされており、これにより広い地理的範囲において有効なディファレンシャル補正が可能となる。そこで、S B A Sでは、既知点に設置された複数のモニタ局において、航法衛星からの測位信号により測定した当該航法衛星との距離と、航法衛星の位置情報と当該モニタ局の位置情報とから得られる距離との差から補強情報を作成して静止衛星へ伝送し、これら補強情報を静止衛星からユーザへ伝送している。ユーザは、この補強情報を受信するとともに、この補強情報により、衛星からの測位信号に含まれる誤差を補正し、測位精度を改善している。

40

【特許文献1】特開2003-114270号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

衛星軌道・衛星クロック、電離層遅延、対流圏遅延は、いずれも大きな測位誤差源となっている。そこで、発明者は他の発明者等と協働して、対流圏遅延を補正する方法等についての発明を先に出願した（特願2007-181270号）。

50

【0008】

又、SBASでは、図3、図4に示すように、より高精度な測位精度を実現するために電離層遅延量を、より高精度に補正することが必要となっている。SBASにおける電離層遅延に関する補正手順は、規格によりすでに決まっており、SBASの性能は、電離層遅延量の推定方法により決まる。SBASでは、経緯度で5度毎に設定されたIGP(Ionospheric Grid Point : 以下、IGPと記す)における電離層遅延量の推定値と、この電離層遅延量の推定値に関する信頼区間の情報を送信し、ユーザ受信機側では、これらの情報を静止衛星を介して受信し、線形補間して必要な地点の電離層遅延量を求めている。なお、この電離層遅延量の推定値に関する信頼区間とは、どの程度の誤差範囲で有効であるかを示すものである。図4に示すように、IGPにおける電離層遅延量の推定値をユーザに送信する。A'はユーザが使用する電離層遅延量を示す平面、B'、C'は、¹⁰で示す測定点で測定した測定値における推定パラメータの不確実性を示す範囲である。

【0009】

このように、従来方法では、IGPにおける電離層遅延量を求める際に、電離層モデルに基づいてモデルパラメータを計算し、これによりIGPにおける電離層遅延量を推定してユーザに送信している。このようにして電離層遅延量を推定するとともに、電離層遅延量の推定値に関する信頼区間もモデルパラメータの共分散解析により理論的に計算している。このように電離層遅延量の推定値に関する信頼区間も計算されるため、推定対象のIGPから離れれば離れるほど誤差が大きくなる。従って、高い安全性を確保するためには、電離層遅延量の推定値に関する信頼区間も大きくなるという問題がある。²⁰

【0010】

即ち、IGPは5度毎に設定されているので、電離層遅延量の推定値に関する信頼区間が最大となるのは、IGPから2.5度離れた地点である。そこで、従来方法では、これらの地点における電離層遅延量の推定値に関する信頼区間を求め、そのうちの最大値を取り、ユーザが使用することが出来る電離層遅延量の推定値に関する信頼区間として、ユーザに向けて送信している。

【0011】

このような電離層モデルに基づいて電離層遅延量を推定する従来方法では、モデルパラメータの推定誤差、モデルそのものの現実の電離層への不適合性等の問題があるので、高い安全性を確保するためには、電離層遅延量の推定値に関する信頼区間には、比較的大きなマージンを与える必要がある。従って、実際にユーザに送信される電離層遅延量の推定値に関する信頼区間の値には、2~3倍の係数が乗じられなければならず、従って、その信頼区間は相当大きくなるという問題がある。³⁰

【0012】

SBASの場合には、図3に示すように、複数の既知点にモニタ局をそれぞれ配置して、GPS衛星(航法衛星)からの測位信号を受信し、電離層遅延量を測定している。しかしながら、モニタ局とモニタ局との間隔は、非常に広いため、その間の電離層遅延量に対する十分なサンプルが得られない。そのため、高い安全性を確保するためには、電離層遅延量の推定値に関する信頼区間には、前記の通り大きなマージンを持たせるより方法がなく、結果として利用率が低下するという問題がある。特に、現在のSBASによる補強情報では、垂直誘導航法には利用出来ず、利用率の低下の一因となっている。⁴⁰

【0013】

又、図5に示すように、目下、日本で正式運用に向けて準備中のMSASの場合には、電離層遅延量を測定するためのモニタ局は、日本国内に6箇所(札幌、東京、福岡、那覇には、監視局(GMS)、常陸太田、神戸には航法統制局(MCS))配置されている。さらに、2箇所のモニタ局(ハワイ、オーストラリアには、標定局(MRS))を増設して8箇所のモニタ局で運用する予定となっている。しかしながら、モニタ局とモニタ局との間隔は、500~1000kmと長く、この間の電離層遅延量が測定出来ず、十分なサンプルが得られないため、電離層遅延量の推定値に関する信頼区間には、大きなマージン⁵⁰

を持たせる必要がある。発明者の試算では、垂直方向において最大 30 m の誤差を含む可能性があり、運用開始した場合、利用率の低下は避けられないとの問題がある。

【0014】

この発明は、上記のような状況を改善するために、電離層遅延量の推定値に関する信頼区間を短縮することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

請求項 1 に係る発明は、航法衛星からの測位信号により電離層遅延量およびその他の補正情報を作成するための複数のモニタ局を既知点にそれぞれ配置し、モニタ局以外の地点に、航法衛星からの測位信号をそれぞれ受信してそれぞれ電離層遅延量を測定するための複数の GPS 受信機を配置し、電離層遅延量の推定値を、航法衛星からの測位信号により求めて送信する衛星航法システムにおける電離層遅延量の補正方法において、航法衛星からの測位信号を受信して、互いに隣接して四角形を形成する 4 つの IGP における電離層遅延量をそれぞれ求め、この互いに隣接する 4 つの IGP における電離層遅延量を補間して、4 つの IGP に囲まれる領域内の地点における電離層遅延量を表す平面をそれぞれ求め、GPS 受信機により測定された電離層遅延量の測定値を、それぞれ GPS 受信機毎に求める、4 つの IGP に囲まれる領域内の地点における電離層遅延量を表す平面と、GPS 受信機毎に求めた電離層遅延量の測定値との差を、GPS 受信機毎にそれぞれ求め、この差の最大値を、電離層遅延量の推定値に関する信頼区間の補正情報とすることを特徴とする衛星航法システムにおける電離層遅延量の補正方法である。

10

20

【0016】

請求項 2 に係る発明は、請求項 1 に係る発明において、既知点に配置したモニタ局は、SBAS のモニタ局を用いることを特徴とする衛星航法システムにおける電離層遅延量の補正方法である。

【0017】

請求項 3 に係る発明は、請求項 1 に係る発明において、GPS 受信機の代わりに、既存の GPS 観測網から得られる電離層遅延量の測定値を用いることを特徴とする衛星航法システムにおける電離層遅延量の補正方法である。

【0018】

請求項 4 に係る発明は、請求項 3 に係る発明において、既存の GPS 観測網として、GEONET における電子基準点の測定値を用いることを特徴とする衛星航法システムにおける電離層遅延量の補正方法である。

30

【0019】

請求項 5 に係る発明は、請求項 3 に係る発明において、既存の GPS 観測網として、AWGS の GPS 受信機の測定値を用いることを特徴とする衛星航法システムにおける電離層遅延量の補正方法である。

【0020】

請求項 6 に係る発明は、複数の既知点にそれぞれ配置され、航法衛星からの測位信号により電離層遅延量およびその他の補正情報を作成するためのモニタ局と、モニタ局以外の地点に配置され、航法衛星からの測位信号を受信して、それぞれ電離層遅延量を測定するための複数の GPS 受信機と、電離層遅延量の推定値を、航法衛星からの測位信号により求めて送信する統制局とからなる衛星航法システムにおける電離層遅延量を補正する装置において、統制局は、互いに隣接して四角形を形成する 4 つの IGP における電離層遅延量を補間して 4 つの IGP に囲まれる領域内の地点における電離層遅延量を表す平面をそれぞれ求める機能と、4 つの IGP に囲まれる領域内の地点における電離層遅延量を表す平面と GPS 受信機毎に求めた電離層遅延量の測定値との差をそれぞれ求める機能と、求めた GPS 受信機毎の差の中からその差が最大となる最大値を求める機能と、差の最大値を電離層遅延量の推定値に関する信頼区間の補正情報として送信する機能とを有することを特徴とする衛星航法システムにおける電離層遅延量を補正する装置である。

40

【0021】

50

請求項 7 に係る発明は、請求項 6 に係る発明において、統制局は、モニタ局の機能も兼ね備えることを特徴とする衛星航法システムにおける電離層遅延量を補正する装置である。

【 0 0 2 2 】

請求項 8 に係る発明は、請求項 6 ~ 請求項 7 に係る発明において、既知点に配置したモニタ局は、S B A S のモニタ局を用いることを特徴とする衛星航法システムにおける電離層遅延量を補正する装置である。

【 0 0 2 3 】

請求項 9 に係る発明は、請求項 6 ~ 請求項 8 に係る発明において、G P S 受信機の代わりに既存の G P S 観測網から得られる電離層遅延量の測定値を受信する機能を有することを特徴とする衛星航法システムにおける電離層遅延量を補正する装置である。 10

【 0 0 2 4 】

請求項 10 に係る発明は、請求項 9 に係る発明において、既存の G P S 観測網として、G E O N E T の電子基準点における電離層遅延量の測定値を受信する機能を有することを特徴とする衛星航法システムにおける電離層遅延量を補正する装置である。

【 0 0 2 5 】

請求項 11 に係る発明は、請求項 9 に係る発明において、既存の G P S 観測網として、A W G S の G P S 受信機の電離層遅延量の測定値を受信する機能を有することを特徴とする衛星航法システムにおける電離層遅延量を補正する装置である。 20

【 発明の効果 】

【 0 0 2 6 】

請求項 1 及び請求項 6 に係る発明は、上記のように構成したので、従来のように、モデルパラメータの推定によらず、実際の測定値から電離層遅延量の推定値に関する信頼区間を定めているので、推定に起因して必要となるマージンを抑制することが出来、その結果、電離層遅延量の推定値に関する信頼区間の値を大幅に縮小することができる。さらに、モニタ局数を多く配置すれば、それだけモニタ局とモニタ局との間隔が短くなるので、この間に設置する G P S 受信機数量を同じとするならば、G P S 受信機の設置密度は高くなり、それだけ得られる測定値数の密度も高くなり、その結果、電離層遅延量の推定値に関する信頼区間の値をさらに大幅に縮小することができる。 30

【 0 0 2 7 】

請求項 2 及び請求項 8 に係る発明は、上記のように構成したので、請求項 1 及び請求項 6 に係る発明の効果に加えて、S B A S のモニタ局を利用出来るので、設備投資を大幅に削減出来るとともに、S B A S による垂直誘導付航法モードの利用率を高めることができる。

【 0 0 2 8 】

請求項 3 及び請求項 9 に係る発明は、上記のように構成したので、請求項 1 及び請求項 6 に係る発明の効果に加えて、利用する G P S 観測網によっては、さらに電離層遅延量の推定値に関する信頼区間の値を大幅に縮小することができる。又、多数の G P S 受信機を設置することによる設備投資のコストを抑えることができる。 40

【 0 0 2 9 】

請求項 4 及び請求項 10 に係る発明は、上記のように構成したので、請求項 3 及び請求項 9 に係る発明の効果に加えて、多数設置されている電子基準点の測定値を利用出来るので、電離層遅延量の推定値に関する信頼区間の値を大幅に縮小することができる。

【 0 0 3 0 】

請求項 5 及び請求項 11 に係る発明は、上記のように構成したので、請求項 3 及び請求項 9 に係る発明の効果に加えて、測定値を得るために G P S 受信機の設置は必要ないので、全体として大幅にコストを抑制することが出来る。さらに、広域補強システムにおいて、空港付近では垂直方向の誘導の際に問題となる電離層遅延量の推定値に関する信頼区間を大幅に短縮可能であるから、A W G S が設置されている空港では、垂直誘導付航法モードを実用化可能である。 50

【0031】

請求項7に係る発明は、上記のように構成したので、請求項1及び請求項6に係る発明の効果に加えて、統制局をモニタ局として利用出来るので、設備投資を大幅に削減出来ることが出来る。

【発明を実施するための最良の形態】**【0032】**

航法衛星からの測位信号により電離層遅延量およびその他の補正情報を作成するための複数のモニタ局を既知点に配置し、モニタ局以外の地点に、航法衛星からの測位信号をそれぞれ受信してそれぞれ電離層遅延量を測定するための複数のGPS受信機を配置し、互いに隣接して四角形を形成する4つのIGPにおける電離層遅延量をそれぞれ求め、この互いに隣接する4つのIGPにおける電離層遅延量の測定値を補間して、4つのIGPに囲まれる領域内の地点における電離層遅延量を表す平面をそれぞれ求め、GPS受信機により測定された電離層遅延量の測定値を、それぞれGPS受信機毎に求め、4つのIGPに囲まれる領域内の地点における電離層遅延量を表す平面と、GPS受信機毎に求めた電離層遅延量の測定値との差を、GPS受信機毎にそれぞれ求め、この差の最大値を、電離層遅延量の推定値に関する信頼区間の補正情報とする。GPS受信機を配置する代わりに、GEONETの電子基準点における測定値を用いる。

10

【実施例1】**【0033】**

この発明の第1の実施例を、図1～図2及び図5に基づいて詳細に説明する。

20

図1～図2は、この発明の第1の実施例を示すもので、図1は本願の電離層遅延量の補正方法を説明するための模式図、図2は本願の電離層遅延量の補正值に関する信頼区間を求める方法を説明するための模式図である。

【0034】

図1において、1(1a、1b・・・)はモニタ局で、GPS衛星2からの測位信号による測位精度を向上させる目的で、事業者により複数箇所の既知点にそれぞれ設置される。これらのモニタ局は、電離層遅延量及びその他のすべての補正情報、即ち、補強情報を作成する機能を備えている。互いに隣接する2つのモニタ局1(1a、1b)の間には、電離層遅延量を測定するためのGPS受信機3(3a、3b、3c・・・)が複数設置され、GPS衛星2の測位信号や静止衛星(図示せず)から信号を受信し、電離層遅延量の測定を行う。

30

【0035】

すべてのモニタ局を統括する統制局(図示せず)は、互いに隣接して四角形を形成する4つのIGPにおける電離層遅延量の推定値を求める機能と、4つのIGPにおける電離層遅延量の推定値をそれぞれ補間して4つのIGPにおける電離層遅延量の推定値を表す平面をそれぞれ求める機能と、4つのIGPの間の電離層遅延量を表す平面とGPS受信機毎に求めた電離層遅延量の測定値との差をそれぞれ求める機能と、求めたGPS受信機毎の差の中からその差が最大となる最大値を求める機能と、差の最大値を電離層遅延量の推定値に関する信頼区間の補正情報として送信する機能とを少なくとも有している。なお、統括局の代わりに、モニタ局の一つに統制局の機能を持たせても良い。

40

【0036】

GPS受信機3の設置数は、多ければ多いほど電離層遅延量の推定値に関する信頼区間を短縮することができるるので、互いに隣接する2つのモニタ局の間の距離に応じて設置数が決定される。4は電離層である。

【0037】

図2において、X軸は位置(km)、Y軸は電離層遅延量を示す。5(5a、5b・・・)はIGPである。Aはユーザが使用する電離層遅延量の補正值を表す平面である。B、CはIGP5aとIGP5bとの間に配置されたGPS受信機3(3a、3b、3c・・・)でそれぞれ測定した測定値と平面Aとの差の上限及び下限を示す範囲で、最大誤差の範囲を示している。実際は、互いに隣接して四角形を形成する4つのIGPにおける平

50

面で、4つのIGP間に配置されたGPS受信機3(3a、3b、3c・・・)の測定値を使用する。なお、図2は、互いに隣接して四角形を形成する4つのIGPにおける平面を横から見た図として表示されている。

【0038】

次に、作用動作について、図1～図2、図5に基づいて説明する。

【0039】

まず、事業者は、IGPにおける電離層遅延量の推定値を求める。この実施例では、各モニタ局1(1a、1b・・・)において、GPS衛星2からの衛星測位信号や準天頂衛星などの静止衛星からの信号を受信し、解析することにより行っている。事業者の配置したモニタ局1(1a、1b、1c・・・)は、IGP5(5a、5b・・・)には配置されていないので、電離層モデルに基づいてモデルパラメータを計算し、これにより各IGPにおける電離層遅延量の推定値を算出する。10

【0040】

また、事業者は、各IGP5(5a、5b・・・)間に分布している全てのGPS受信機3(3a、3b、3c・・・)によりそれぞれ電離層遅延量を測定する。ユーザは通常、自身の測位のための電離層遅延量の補正を行うために、ユーザに隣接する4つのIGP5(5a、5b・・・)間の電離層遅延量の補正值に関する平面Aを用いている。この電離層遅延量の補正值に関する平面Aは、従来方式と同様に線形補間して求める。

【0041】

図2において、事業者は、この平面Aと4つのIGP5(5a、5b・・・)間に分布している全てのGPS受信機3(3a、3b、3c・・・)により測定された電離層遅延量の測定値との差を、全てのGPS受信機3(3a、3b、3c・・・)について求める。この測定値と平面Aとの差が、電離層遅延量の誤差となる。20

【0042】

次いで、それぞれ求めた差(誤差)の最大値を求める。事業者は、この誤差の最大値をもって、各IGP5(5a、5b・・・)における電離層遅延量の補正值に関する信頼区間と定める。このように、モデルパラメータの推定によらず、実際の測定値から電離層遅延量の推定値に関する信頼区間を定めているので、この信頼区間を縮小することが出来るとともに、マージンを抑制し、その結果、電離層遅延量の推定値に関する信頼区間の値を大幅に縮小することができる。30

【0043】

事業者は、最終的に、上記のようにして求めた誤差の最大値を各IGP5(5a、5b・・・)における信頼区間として、準天頂衛星を介してユーザに補正情報として送信する。ユーザは、ユーザ受信機において、これを線形補間して、自身の測位に必要な地点の電離層遅延量を求める。

【実施例2】

【0044】

この発明の第2の実施例は、第1の実施例において、GPS受信機3(3a、3b、3c・・・)を事業者自身が配置する代わりに、既存のGPS観測網を利用する場合の実施例である。なお、第1の実施例と同じ部分については、同一名称、同一番号を用い、その説明を省略する。40

【0045】

この実施例では、既存の観測網として、国土地理院が運用しているGEO NET(登録商標、GPS Earth Observation Network: GPS連続観測システム)と呼ばれる高密度なGPS観測網を利用する。また、米国においては、GEO NETと同様の、CORS(Continuously Operating Reference Stations)と呼ばれる高密度なGPS観測網が利用可能である。なお、将来的に設置される外部のGPS観測網も利用出来る事は勿論である。

【0046】

現在、日本国内には、MSASのモニタ局が6局(札幌、常陸太田、東京、神戸、福岡50

、那覇）配置されている。前述のとおり、この現行のモニタ局密度（500km間隔程度）では、垂直方向で最大30mの誤差を含む可能性があるため、電離層遅延量の推定値に関する信頼区間には、大きなマージンを必要としている。

【0047】

発明者の試算によれば、このような影響は、モニタ局を100局配置すると7m、200局で5m程度に抑えることができる。しかしながら、モニタ局をさらに多数配置するの10はコスト面においても非現実的であるのに加え、現行システム（日本のMSASの場合）においては、8局のモニタ局での運用しか想定されていないため、そのような多数のモニタ局の観測データを処理することができない。また、現行システムが採用している従来方式のアルゴリズムでは、そのような多数のモニタ局のデータを処理する場合には、その処理のプロセスに最小二乗法を含むために時間がかかりすぎて現実的ではない。

【0048】

国土地理院が運用しているGEONETは、GPS受信機のネットワークであり、現在では日本全国に約1200カ所、20~30kmの間隔でGPS受信機が配置され、リアルタイムでその観測データが取得可能である。本願発明によるGPS受信機3（3a、3b、3c・・・）を事業者自身が配置して電離層遅延量を測定する代わりに、このGEONETの観測データを利用することで、第1の実施例の効果に加えて、さらに多数のGPS受信機3（3a、3b、3c・・・）を設置することによる設備投資のコストを抑えることができる。

【0049】

なお、統制局あるいはモニタ局は、4つのIGP5（5a、5b・・・）の間、あるいは、4つのモニタ局の間に位置する既存のGPS観測網から得られる電離層遅延量の測定値を受信する機能、GPS受信機の代わりに用いるGEONETの電子基準点における電離層遅延量の測定値を受信する機能を有している。

【実施例3】

【0050】

この発明の第3の実施例は、第2の実施例と同様、第1の実施例において、GPS受信機3（3a、3b、3c・・・）を事業者自身が配置する代わりに、既存の外部の観測網を利用する場合の実施例である。なお、第1の実施例と同じ部分については、同一名称、同一番号を用い、その説明を省略する。

【0051】

この実施例では、既存の外部の観測網として、航空局が運用し、全国各地の空港に設置されているAWGS（Airport World Geodetic System：空港座標管理システム）と呼ばれるGPS基準点ネットワークを利用する。

【0052】

このように、GPS受信機3（3a、3b、3c・・・）を事業者自身が配置して電離層遅延量を測定する代わりに、このAWGSの観測データを利用することで、第2の実施例と同様、第1の実施例の効果に加えて、さらにGPS受信機3（3a、3b、3c・・・）を設置することによる設備投資のコストを抑えることができる。

【0053】

広域補強システムにおいて、空港付近では垂直方向の誘導の際に問題となる電離層遅延量の推定値に関する信頼区間を大幅に短縮可能であるから、AWGSが設置されている空港では、垂直誘導付航法モードを実用化可能である。

【0054】

なお、統制局あるいはモニタ局は、4つのIGPの間、あるいは、4つのモニタ局の間に位置する既存のGPS観測網から得られる電離層遅延量の測定値を受信する機能、GPS受信機の代わりに用いるAWGSのGPS基準点における電離層遅延量の測定値を受信する機能を有している。

【産業上の利用可能性】

【0055】

10

20

30

40

50

この発明による電離層遅延量の補正方法は、移動体の測位システム、誘導システム等に利用可能である。電離層遅延量の推定値に関する信頼区間を大幅に短縮可能であるから、垂直方向の測位精度が増し、垂直誘導付航法モードの利用率を改善可能である。この垂直誘導付航法モードの利用率改善により、SBAS(日本ではMSAS)をCAT-I相当の進入に利用可能となり、SBAS(日本ではMSAS)の普及が期待できる。また、一部の研究開発機関が開発を進めている準天頂衛星システムにおいても応用が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0056】

【図1】この発明の実施例を説明するための図で、電離層遅延量の補正方法を説明する為の模式図である。10

【図2】この発明の実施例を説明するための図で、電離層遅延量の推定値に関する信頼区間を求める方法を説明する為の模式図である。

【図3】従来の電離層遅延量の推定値の算出方法を説明する為の模式図である。

【図4】従来の電離層遅延量の推定値に関する信頼区間を求める方法を説明する為の模式図である。

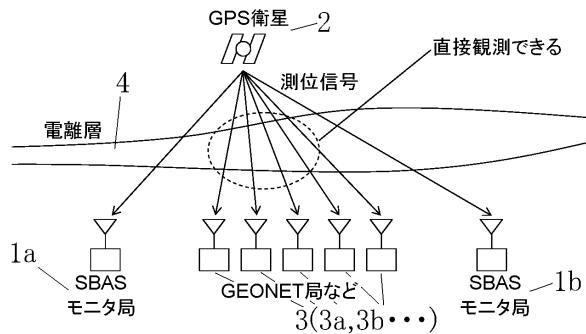
【図5】日本のMSASの構成図である。

【符号の説明】

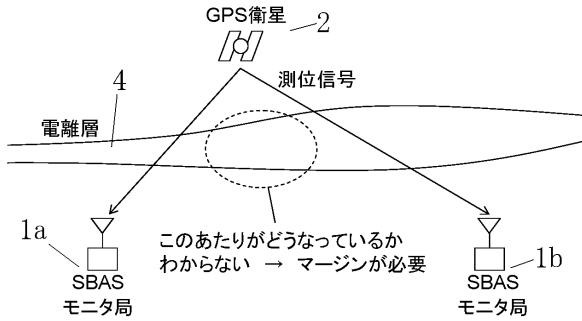
【0057】

1 (1 a、 1 b . . .)	モニタ局	20
2	GPS衛星	
3 (3 a、 3 b、 3 c . . .)	GPS受信機	
4	電離層	
5 (5 a、 5 b . . .)	IGP	
A	ユーザが使用する電離層遅延量の推定値を表す平面	
B、 C	IGP5a及びIGP5bとの間に配置されたGPS受信機3(3a、3b、3c . . .)でそれぞれ測定した測定値と平面Aとの差の上限及び下限を示す範囲で、最大誤差の範囲	

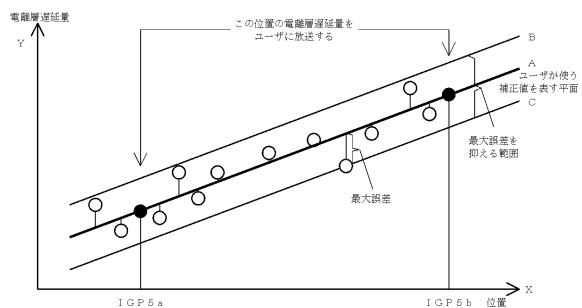
【図1】



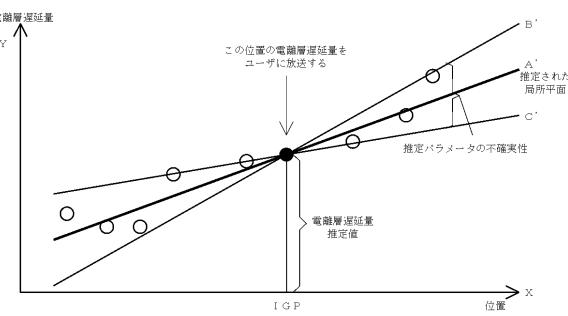
【図3】



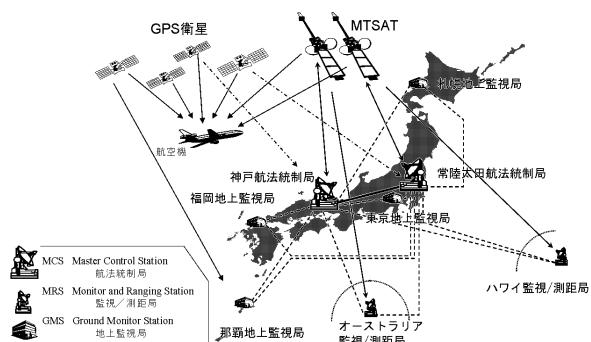
【図2】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-018061(JP,A)
特開2007-187597(JP,A)
特開2007-127502(JP,A)
特開2007-171082(JP,A)
特開平09-171071(JP,A)
特開2000-214244(JP,A)
特開2005-121394(JP,A)
特開2004-198291(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 5/00 - 5/14、
19/00 - 19/55