(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
2017 年 3 月 23 日(23.03.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/046914 A1

(51) 国際特許分類:
G01S 19/28 (2010.01) *G01S 19/07* (2010.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/076469

(22) 国際出願日: 2015 年 9 月 17 日(17.09.2015)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 佐藤　友紀(SATO, Yuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 宮　雅一(MIYA, Masakazu); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 溝井　章司(MIZOI, Shoji); 〒2470056 神奈川県鎌倉市大船二丁目１７番１０号　ＮＴＡ大船ビル３階　溝井国際特許事務所 Kanagawa (JP).

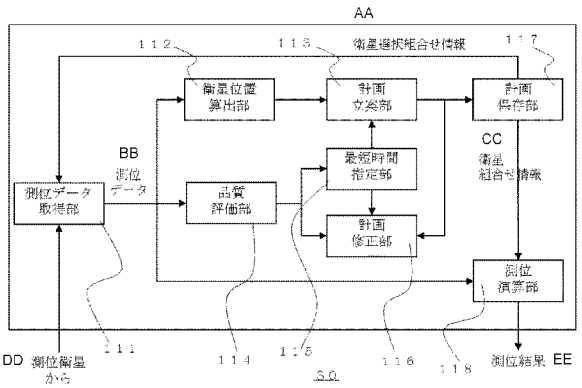
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）
— 補正された請求の範囲及び説明書（条約第 19 条(1)）

(54) **Title**: POSITIONING SATELLITE SELECTING DEVICE, POSITIONING DEVICE, POSITIONING SYSTEM, POSITIONING INFORMATION TRANSMITTING DEVICE AND POSITIONING TERMINAL

(54) 発明の名称 : 測位衛星選択装置、測位装置、測位システム、測位情報発信装置および測位端末



111 Positioning data acquisition unit
112 Satellite position calculating unit
113 Plan making unit
114 Quality evaluation unit
115 Shortest time designation unit
116 Plan correction unit
117 Plan preservation unit
118 Positioning calculation unit
AA Satellite selection combination information
BB Positioning data
CC Satellite combination information
DD From positioning satellite
EE Positioning result

(57) **Abstract**: This positioning satellite selecting device obtains, from signals transmitted from a plurality of positioning satellites, a selection combination of positioning satellites used for positioning at a position of a subject to be positioned. This positioning satellite selecting device is provided with: a positioning data acquisition unit (111) which acquires positioning data which are navigation information on a positioning satellite, a distance observation value, and an error correction value of the distance observation value; a satellite position calculating unit (112) which calculates a satellite position of the positioning satellite from the navigation information in the positioning data; a quality evaluation unit (114) which evaluates the quality of the positioning data; a shortest time designation unit (115) which sets the shortest selection time, which is the shortest time for selecting the positioning satellite, to a longer value as the quality becomes worse; a plan making unit (113) which obtains the selection combination under the condition that a time is selected to be longer than the shortest selection time when the positioning satellite is selected; and a plan preservation unit (117) which preserves a selection combination plan of the positioning satellite.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/046914 A1

複数の測位衛星から発信される信号から測位対象の位置での測位に用いる測位衛星の選択組合せを求める測位衛星選択装置において、測位衛星の航法情報、距離観測値およびこの距離観測値の誤差補正値である測位データを取得する測位データ取得部（１１１）と、測位データの航法情報から測位衛星の衛星位置を算出する衛星位置算出部（１１２）と、測位データの品質を評価する品質評価部（１１４）と、測位衛星を選択する最短時間である最短選択時間を品質が悪いほど長い値に設定する最短時間指定部（１１５）と、測位衛星を選択する場合には最短選択時間より長く選択することを条件として選択組合せを求める計画立案部（１１３）と、測位衛星の選択組合せの計画を保存する計画保存部（１１７）とを備える。

明　細　書

発明の名称 ：

測位衛星選択装置、測位装置、測位システム、測位情報発信装置および測位端末

技術分野

[0001] この発明は、全地球測位システム（GPS：Global Positioning System）等の測位衛星を利用した測位システム及び測位装置に関するものである。

背景技術

[0002] 測位衛星を用いた測位対象の位置の計測（測位）では、測位に使用する衛星の組み合わせを適切に決めることが重要である。測位対象の位置の正確度と精密度である位置の品質は、各衛星に対する距離観測値の品質に依存するため、観測誤差の大きな衛星は不使用とすることが望ましい。また、使用する衛星数が多いほど必要なチャンネル数と測位演算負荷が増加するため、端末の許容可能なチャンネル数や演算負荷に応じて衛星数の上限を決め、測位対象の位置の品質が最良になるような衛星の組み合わせを選択使用することが望ましい。

[0003] 2020年には、GPS（GPS：Global Positioning System）、日本の準天頂衛星、ロシアのGLONASS、中国のBeiDou、欧州のGalileoを合わせた100を越える測位衛星が地球を周回し、アジアオセアニアではそのうち30機程度が常時利用可能となると予想されている。一方、測位端末のチャンネル数はコストに応じて10程度から200以上まで幅が広く、特にチャンネル数の少ない端末にとっては、信号を受信する衛星の組み合わせを決めることが重要である。同様にディファレンシャルの誤差補正情報を生成してユーザに提供する測位サービスにおいても、誤差補正の対象とできる衛星数には回線容量に応じた制約があるため、ユーザ端末の位置の品質が最良になるよう、サービス提供側で衛星の組み合わせを決めることが望ましい。

[0004] 測位に使用する衛星の組み合わせの決定には、個々の衛星の観測値の品質

、仰角、可視時間や、衛星の組み合わせによる幾何学的配置から決まる精度劣化指数（DOP：Dilution of Precision）などが考慮される。これに関する従来技術として、例えば特許文献１では列車位置検知におけるマルチパス誤差の低減のため、基準局において算出した位置と予め定められた真位置との誤差が最小となる測位衛星の組み合わせを決定し、組み合わせ情報を列車に提供し、列車は受信した衛星信号から組み合わせ情報に含まれる衛星の信号を選択して測位を行う列車位置検知システムを提案している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０１０－１６３１１８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 従来の測位システムは、時刻毎の独立した評価に基づいて各時刻での衛星の組み合わせを決定するため、衛星の組み合わせに継続利用時間が短い衛星が選択され得る。端末側の測位フィルタで衛星を継続して利用できない衛星が選択されると、衛星の測位データの誤差の低減に必要な時間をとれず誤差が大きくなり、安定した測位ができない問題がある。

[0007] 本発明は、多数の測位衛星から使用する衛星を選択して測位を行う場合に、（衛星の測位データの誤差の低減に必要な時間をとり、）安定した測位を行うことを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の測位衛星選択装置は、複数の測位衛星から発信される信号から測位対象の位置での測位に用いる時刻ごとの測位衛星の選択組合せを求める測位衛星選択装置において、複数の測位衛星の航法情報および距離観測値を含む測位データを取得する測位データ取得部と、測位データの航法情報から測位衛星の時刻ごとの衛星位置を算出する衛星位置算出部と、測位データの品質を評価した品質評価値を求める品質評価部と、測位衛星を選択する最短時

間である最短選択時間を品質評価値が悪いほど長い値に設定する最短時間指定部と、複数の測位衛星の衛星位置から算出される天空上の時刻ごとの幾何学的配置から求めた精度劣化指数を評価基準に、最短選択時間より長く選択することを条件として時刻ごとの選択組合せを求める計画立案部と、測位衛星の時刻ごとの選択組合せの計画を保存する計画保存部とを備え、測位する装置に安定した測位を行わせる測位衛星の選択組合せを求めることができる測位衛星選択装置である。

[0009] 本発明の測位装置は、複数の測位衛星の航法情報および距離観測値を含む測位データを取得する測位データ取得部と、測位データの航法情報から測位衛星の時刻ごとの衛星位置を算出する衛星位置算出部と、測位データの品質を評価した品質評価値を求める品質評価部と、測位衛星を選択する最短時間である最短選択時間を前記品質評価値が悪いほど長い値に設定する最短時間指定部と、複数の測位衛星の衛星位置から算出される天空上の時刻ごとの幾何学的配置から求めた精度劣化指数を評価基準に、測位衛星の最短選択時間より長く選択することを条件として、測位で使用する測位衛星の時刻ごとの選択組合せを計画する計画立案部と、測位衛星の時刻ごとの選択組合せの計画を保存する計画保存部と、計画保存部から測位衛星の時刻ごとの選択組合せの計画を取得し、選択組合せに含まれる前記測位衛星の測位データを用いて位置の計測演算を行う測位演算部とを備え、安定した測位を行うことができる測位装置である。

[0010] 本発明の測位システムは、測位情報発信装置と測位端末とを備えた測位システムにおいて、複数の測位衛星から測位衛星の航法情報および距離観測値を含む測位データを取得する基準局から前記測位データを取得する測位データ取得部と、測位データに含まれる航法情報から測位衛星の時刻ごとの衛星位置を算出する衛星位置算出部と、測位衛星の測位データに含まれる誤差を補正する補正データを生成する補正データ生成部と、補正データの品質を評価した品質評価値を求める品質評価部と、測位衛星を選択する最短時間である最短選択時間を品質評価値が悪いほど長い値に設定する最短時間指定部と

、複数の測位衛星の衛星位置から算出される天空上の時刻ごとの幾何学的配置から求めた精度劣化指数を評価基準に、測位衛星の最短選択時間より長く選択することを条件として、測位で使用する測位衛星の時刻ごとの選択組合せを計画する計画立案部と、測位衛星の時刻ごとの選択組合せを保存する計画保存部と、時刻ごとの選択組合せに含まれる測位衛星およびこの測位衛星の補正データを出力する補正データ出力部とを有する測位情報発信装置、および測位端末にて測位衛星の距離観測値および航法情報を取得する端末測位データ取得部と、測位情報発信装置から測位衛星の補正データを取得する補正データ取得部と、測位衛星の補正データで補正した距離観測値を用いて位置を算出する測位演算部とを有する測位端末を備え、安定した測位を行うことができる測位システムである。

発明の効果

[0011] この発明によれば、チャンネル数や、測位演算負荷に制約があるような場合であっても、衛星の選択継続時間が、衛星の測位データの誤差の低減に必要な時間より長くなり、安定した測位を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の実施の形態１による測位システムの構成例を示す図である。

[図2]本発明の実施の形態１による測位装置の構成例を示すブロック図である。

[図3]本発明の実施の形態１による測位装置のハードウェア構成を示す図である。

[図4]本発明の実施の形態１による測位装置処理の一例を示すフローチャートである。

[図5]本発明の実施の形態１による計画立案処理の一例を示すフローチャートである。

[図6]本発明の実施の形態１による計画立案処理において、衛星を割り当てた時刻の周辺時刻に同じ衛星を割り当てる処理の一例を示すフローチャートである。

[図7]本発明の実施の形態１による計画修正処理の一例を示すフローチャートである。

[図8]本発明の実施の形態２による測位システムの構成例を示す図である。

[図9]本発明の実施の形態２による通信回線を用いた測位システムの構成例を示す図である。

[図10]本発明の実施の形態２による測位情報発信装置の構成例を示すブロック図である。

[図11]本発明の実施の形態２による測位端末の構成例を示すブロック図である。

[図12]本発明の実施の形態２による測位情報発信装置のハードウェア構成例を示す図である。

[図13]本発明の実施の形態２による測位端末のハードウェア構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 実施の形態１.

従来の測位システムは、時刻毎の独立した評価に基づいて各時刻での衛星の組み合わせを決定する。このため、評価の対象となる測位衛星の数に対して選択される衛星数が少ない場合には、組み合わせの時間的な変化が顕著になり、端末側の測位フィルタで個々の衛星を継続して利用できない。特に、搬送波位相観測量を用いたリアルタイムキネマティック測位（RTK：Real Time Kinematic）や精密単独測位（PPP：Precise Point Positioning）では、観測誤差の大きさに対して個々の衛星信号の継続利用時間が短い場合には、誤差のランダム成分のため搬送波位相アンビギュイティ（波長の整数倍の不定性）が決定できず、高精度な搬送波位相観測量を活かしたセンチメータ級測位を行うことができない。

[0014] 特に、搬送波位相観測量を用いたリアルタイムキネマティック測位（RTK：Real Time Kinematic）や、精密単独測位（PPP：Precise Point Positioning）などでは、誤差のランダム成分のため搬送波位相アンビギュイティが決定

できず、高精度な測位ができない問題がある。

[0015] この発明によれば、チャンネル数や、測位演算負荷に制約があるような場合であっても、一旦測位の使用に選択された衛星の選択継続時間が、衛星の測位データの誤差の低減に必要な時間より長くなり、安定した測位を行うことができる。搬送波位相観測量を用いた測位においては、衛星の測位データの品質に応じて搬送波位相アンビギュイティの決定に要する時間が確保でき、安定したセンチメータ級測位を行うことができる。

[0016] 本発明は、多数の測位衛星から使用する衛星を選択して測位を行う場合において、使用する衛星の組み合わせの時間的変化を小さくし、安定した測位を行うことを目的とする。

[0017] 搬送波位相観測量を用いた測位においては、衛星の測位データの品質に応じて搬送波位相アンビギュイティの決定に要する時間が確保でき、安定したセンチメータ級測位を行うことができる。

[0018] この発明によれば、チャンネル数や、測位演算負荷に制約があるような場合であっても、一旦測位の使用に選択された衛星の選択継続時間が、衛星の測位データの誤差の低減に必要な時間より長くなり、安定した測位を行うことができる。搬送波位相観測量を用いた測位においては、衛星の測位データの品質に応じて搬送波位相アンビギュイティの決定に要する時間が確保でき、安定したセンチメータ級測位を行うことができる、といった従来にない顕著な効果を奏するものである。

[0019] 図１は、本発明の実施の形態１による測位装置３０を含むシステム全体の構成例を示す図である。図に示すように、本実施の形態の測位装置３０は、測位衛星１０の信号を受信して測位対象２０の位置を測位する装置である。ここで、測位衛星１０は、天空に複数存在し、測位装置３０は、複数の測位衛星１０の中から、実際に測位に使用する複数の選択測位衛星１１を選択して測位対象２０の位置を測位する。測位対象２０は、例えば、自動車、オートバイ、列車、飛行機などの移動体である。

[0020] 図２は、本実施の形態による測位装置３０の構成を示すブロック図である

。測位装置３０は、測位衛星１０，１１からの測位データを取得する測位データ取得部１１１、測位データ取得部１１が取得した航法情報を用いて、任意の時刻の衛星の3次元位置を算出する衛星位置算出部１１２、測位データの品質を評価する品質評価部１１４、選択測位衛星１１の最短選択時間を設定する最短時間指定部１１５、衛星位置算出部１１２で求めた衛星の位置から求まる幾何学的配置による精度劣化指数を評価指標として、選択測位衛星１１を連続して選択する選択時間を最短選択時間よりも長く選択する条件で測位衛星の選択組合せを求める計画立案部１１３、選択組合せを選択組合せ情報として（記憶部に）記憶する計画保存部１１７、および選択組合せ情報に含まれる測位衛星１１の測位データを用いて位置の計測演算を行う測位演算部１１８を備える。

[0021] ここで、測位データは、測位衛星１０、１１から伝送される航法情報、距離観測値およびこの距離観測値の誤差補正値を含むデータである。最短時間指定部１１５は、測位衛星を選択する最短時間である最短選択時間を品質評価部１１４が評価した品質が良いほど短い値に設定する。具体的には、品質評価部１１４は、品質を評価した品質評価値を求め、最短時間指定部１１５は、品質評価値が良いほど短い値に、品質評価値が悪いほど長い値に設定する。

[0022] また、測位装置３０は、品質評価値に応じて現時刻から修正時間の間の計画を修正する計画修正部１１６を備え、修正された計画を計画保存部１１７に保存し、測位演算部１１９が、計画保存部１１７から衛星の選択組合せを取得して、組合せに含まれる測位衛星１１の測位データを用いて自己位置の計測演算を行うように構成しても良い。このように構成することで、計画立案部１１３にて選択組合せを求めた後も、計画修正部１１６にて計画を修正するから、継続的に安定した測位を行うことができる。

[0023] 以下、各ブロックについて説明を行う。

[0024] 測位データ取得部１１１は、測位衛星１０，１１が発信する測距信号を受信し、測位衛星１１に対する距離観測値と、測位生成１０、１１の航法情報

を取得する。この際、測位装置３０が保有する衛星の測位信号を受信するチャンネル数が、可視の衛星数に対して少ない場合には、計画保存部１１７から現在時刻の選択組合せを読出し、選択組合せに含まれる選択測位衛星１１の測距信号を優先的に受信する。また、測位装置の演算能力が、すべての対象信号を処理する能力より低い場合にも、同様に選択組合せに含まれる選択測位衛星１１の測距信号を優先的に受信する。

[0025] 距離観測値は、擬似距離観測値のみの場合と、擬似距離観測値と搬送波位相観測値の両方を含む場合がある。また、信号の周波数は、１周波のみの場合と、2周波以上の場合がある。

[0026] 航法情報は、高精度な位置および時計誤差を算出するための航法暦（Broadcast Ephemeris）のみの場合と、航法暦と衛星の概略位置を算出するためのアルマナック（Almanac）の両方を含む場合がある。また航法暦の代わりにIGS（International GNSS Service）等が提供する高精度軌道・時刻情報を用いても良い。

[0027] 衛星位置算出部１１２は、測位データ取得部１１１が取得した航法情報を用いて、計画する対象時間内の任意の時刻における衛星の天空上の3次元位置を算出する。航法情報に含まれるパラメータから測位衛星１０，１１の位置を算出する手法は、各測位衛星１０，１１を運用する機関が提供する仕様書に記載されている手順に従う。

[0028] 計画立案部１１３は、衛星位置算出部１１２で求められる各測位衛星の位置から算出される幾何学的配置から精度劣化指標を求める。求めた精度劣化指標を用いて、対象時間である開始時刻t_{start}から終了時刻t_{end}までの各時刻の精度劣化指数の最大値が最小になるように、各時刻での衛星の組み合わせの選択を計画する。

[0029] このとき、各測位衛星が時間的に連続して選択される最短時間が、最短時間指定部１１５が指定する時間$t_{shortest}$よりも長くすることを制約条件として、計画する。

[0030] 衛星の選択組合せを決める時刻間隔は、衛星の幾何学的配置の変化を考慮し

て、例えば30秒とする。

[0031] 精度劣化指標は、例えば、ＰＤＯＰ（Position Dilution of Precision）を用いる。測位装置３０の位置におけるＰＤＯＰは、選択組合せに含まれる衛星iの位置から算出される測位装置３０に対する仰角el_iと方位角az_iを用いて以下のように表される。ただし、nは組み合わせに含まれる衛星数である。

[0032] [数1]

$$PDOP = \sqrt{q_{11} + q_{22} + q_{33}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式１）}$$

[0033] [数2]

$$Q = (H^T H)^{-1} = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} & q_{14} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} & q_{24} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} & q_{34} \\ q_{41} & q_{42} & q_{43} & q_{44} \end{bmatrix} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式２）}$$

[0034] [数3]

$$H = \begin{bmatrix} \sin(az_1)\cos(el_1) & \cos(az_1)\cos(el_1) & \sin(el_1) & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sin(az_i)\cos(el_i) & \cos(az_i)\cos(el_i) & \sin(el_i) & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sin(az_n)\cos(el_n) & \cos(az_n)\cos(el_n) & \sin(el_n) & 1 \end{bmatrix} \quad \cdots\cdots\cdots \text{（式３）}$$

[0035] ここで、Ｑは、観測行列Ｈから決まる共分散行列であり、ｑ１１、ｑ２２、ｑ３３はそれぞれ、水平方向（２軸）と垂直方向の位置推定値の分散である。Ｈを用いて表現すると、$(H^T H)^{-1}$であり、展開すると式２のようにｑ１１～ｑ４４の行列式で表される。衛星iの位置から算出される測位装置３０に対する仰角el_iと方位角az_iを用いると、Ｈは式（３）のように表わされる。Ｈ行列の各行ベクトル（１×４）は、各衛星に対する視線方向単位ベクトル（１×３）と、受信機時計誤差の推定に関する数値の１で構成される。

[0036] ＰＤＯＰの代わりに、水平方向の精度を優先する場合には、ＨＤＯＰ（Horizontal Dilution of Precision）を、垂直方向の精度を優先する場合には、ＶＤＯＰ（Vertical Dilution of Precision）を指標として用いることもできる。ＨＤＯＰおよびＶＤＯＰは次式で表わされる。

[0037] [数4]

$$HDOP = \sqrt{q_{11} + q_{22}}$$
$$VDOP = \sqrt{q_{33}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{(式4)}$$

[0038] すなはち、ＨＤＯＰは、ｑ１１とｑ２２の和の平方根、ＶＤＯＰは、ｑ３３の平方根で求められる。

[0039] また、選択組合せに含まれる測位衛星のうち、１機以上が実際には建物の陰に隠れる等により不可視となることを考慮して、選択組合せから１機以上の任意の衛星が不可視となった場合のＤＯＰ（ＰＤＯＰ，ＨＤＯＰ，ＶＤＯＰ）の最大値を精度劣化指標として用いることもできる。

[0040] 品質評価部１１４は、測位データ取得部１１１が取得した各測位衛星１０，１１の測位データの品質を評価し、各衛星の測位データの品質の指標値である品質評価値を求める。品質評価部１１４は、実際の測位演算に用いるための測位データ、距離観測値ではなく、測位データの品質を評価のための測位データ、距離観測値を一旦演算する。いわば品質評価用に距離観測値を求めるため、ここでは、品質評価部１１４で求める距離観測値を擬似距離観測値と呼ぶ。

[0041] ここで、擬似距離とは、衛星から発信された信号が受信機に到達するまでの伝播時間を、信号の搬送波に乗せられた測位用符号列（Ｃ／Ａコード、Ｐ２コードなど）の観測値と、受信機の時計を衛星の時計と同じ基準時刻に同期して生成した同じ測位用符号列の値、の位相差から計算し、光速を掛けることで求めた衛星一受信機間の距離である。受信機の時計および衛星の時計の基準時刻に対する同期には誤差があり、求めた距離には時計のずれによる誤差が含まれているため、“擬似”距離と呼ばれる。

[0042] 擬似距離観測値の評価指標としては、例えば、全測位衛星の擬似距離観測値を用いて、最小二乗法により測位を行ったときの最小二乗残差、すなわち全測位衛星の擬似距離観測値の最小二乗残差を用いることができる。全測位衛星の擬似距離観測値の最小二乗残差は、例えば、次式を用いることができる。

[0043] [数5]

$$\vec{v} = -(I - H(H^T R^{-1} H)^{-1} H^T R)\vec{y} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式５）}$$

[0044] ここで、ｙベクトルは、各測位衛星の擬似距離観測値で構成される列ベクトル、ｖベクトルは、各測位衛星の擬似距離観測値の最小二乗残差で構成される列ベクトル、Ｈは、式３と同様に各衛星の仰角と方位角から算出される行列、Ｒは、擬似距離観測値の誤差行列である。

[0045] 搬送波位相観測値の評価指標としては、例えば、カルマンフィルタにおける観測更新前残差を用いることで、アンビギュイティのFix（不定であった波長の整数倍の整数値が解け、固定値として使用できる状態）の有無に拘わらず、評価指標を算出することができる。

[0046] 搬送波位相観測値とは、擬似距離の測定に使用する測位用符号列の観測時に追尾した搬送波の位相と、受信機の時計を衛星の時計と同じ基準時刻に同期して生成した同じ搬送波信号との位相差である。位相差には２π×Ｎ（Ｎは波数で整数値）のあいまいさ（アンビギュイティ）がある。Ｌ１搬送波位相の観測更新前残差として、例えば、次式を用いることができる。

[0047] [数6]

$$\vec{v} = \vec{y} - h_{\Phi}(\vec{z}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式６）}$$

[0048] [数7]

$$h = \begin{bmatrix} \sqrt{(x^1 - x_r)^2 + (y^1 - y_r)^2 + (z^1 - z_r)^2} + \delta t_r + \lambda_{L1} N_r^1 \\ \sqrt{(x^i - x_r)^2 + (y^i - y_r)^2 + (z^i - z_r)^2} + \delta t_r + \lambda_{L1} N_r^2 \\ \sqrt{(x^n - x_r)^2 + (y^n - y_r)^2 + (z^n - z_r)^2} + \delta t_r + \lambda_{L1} N_r^n \end{bmatrix} \quad \cdots\cdots \text{（式７）}$$

[0049] [数8]

$$\vec{z} = \left[x_r, y_r, z_r, \delta t_r, N_r^1, \cdots, N_r^i, \cdots, N_r^n\right]^T \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式８）}$$

[0050] ここで、ｙベクトルは、各衛星のＬ１搬送波位相観測値で構成される列ベクトルで、ｚベクトルは、ｙベクトルによる観測更新前の状態推定値で構成される列ベクトルである。x^i、y^i、z^iは、ｉ番目の測位衛星ｉの位置を表し、

λ_{L1}は、Ｌ１搬送波の波長（０．１９０３〔ｍ〕）を示す。ｚベクトルには、測位装置３０の位置x_r、y_r、z_r、ｍ換算された時計誤差δt_r、ｉ番目の測位衛星ｉに対するアンビギュイティN_r^iが含まれる。なお、下付きｒは、それが受信機に関する項であることを表す。式６のh_Φは、観測モデルである。

[0051] 式（６）は観測更新前残差（実際の観測値と、観測更新前の状態推定値と観測モデルから算出した予測観測値の差分）、式（７）は観測モデル、式（８）は推定すべき状態量を示す。

[0052] なお、擬似距離観測値の評価指標としても、式６と同様のカルマンフィルタにおける観測更新前残差を用いても良い。観測更新前残差を用いることで、短い時間間隔での急な観測量の変化が検出できることから、使用する測位衛星１０，１１の数が少ない場合においても、強いマルチパス等の環境変化による品質劣化が検出できる。

[0053] また、アンビギュイティがFixした衛星については、搬送波位相観測量の評価指標としても式５の最小二乗残差を用いても良い。式５や式６の評価指標には、測位衛星１０，１１の位置が含まれているため、測位衛星１０，１１の位置を算出する航法情報の品質評価も、同時に行われていると見なせる。

[0054] また、上述の擬似距離観測値の最少二乗残差、Ｌ１搬送波位相の観測更新前残差などの観測残差の代わりに、一般のディファレンシャルＧＮＳＳ（Global Navigation Satellite System）サービスが提供する各測位衛星の測距精度情報（ＵＲＡ：User Range Accuracy）を品質の評価指標として用いても良い。ＵＲＡは、「RTCM STANDARD 10403.2 Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Services - Version 3, February 1, 2013.（１１、８１頁）」に定義されるメッセージから算出することができる。また、測位衛星１０，１１のクロック軌道成分、電離層、マルチパス、および対流圏の個々の誤差の統計値が得られている場合には、「宇宙航空研究開発機構, 準天頂衛星システム　ユーザインタフェース仕様書, 2014年11月28日.（１９７～１９９頁）」に定義されるように、上記誤差の統計値から算出した測距精度情報を用いても良い。

[0055] 最短時間指定部１１５は、計画立案部１１３において、各測位衛星１０，１１が時間的に連続して選択される最も短い時間である最短選択時間$t_{shortest}$を指定する。最短選択時間$t_{shortest}$は、品質評価部１１４が算出した各測位衛星の測位データの品質評価値に応じて、決定する。具体的には、例えば、次式のように、最短時間$t_{shortest}$は、観測残差が閾値以下の測位衛星１０，１１の観測残差の分散に対して比例係数ａを掛けて決定することができる。

[0056] [数9]

$$t_{shortest} = a \cdot \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(v_i - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}v_i)^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式９）}$$

[0057] ここで、ｖは、観測残差であり、ｎは観測残差が閾値以下の測位衛星１０，１１の数である。式９において、分散の代わりに、平均値を用いても良いし、二乗平均平方根（RMS：Root Mean Square）を用いても良いし、最大値を用いても良いし、その他の統計値を用いても良い。

[0058] 比例係数ａは、例えば、測位衛星１０，１１の観測値を連続的に処理することにより低減するランダム誤差のレベルの目標値をσ_{rand}[m]、サンプル間隔をΔｔとすると次式で与えられる。

[0059] [数10]

$$a = \frac{\Delta t}{\sigma_{rand}^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式１０）}$$

[0060] （式１０）は観測回数に反比例してランダム誤差のレベルが低減することを用いている。

[0061] また、観測残差の分散の計算においては、干渉測位での１つのデータ取得間隔である１エポックでの観測残差の評価値から、分散を計算しても良い。また、過去数秒から数時間の時間での評価値から、分散を計算しても良い。

[0062] また、評価値の閾値（観測残差が閾値以下の測位衛星の観測残差を求めるときの観測残差の閾値）としては、例えば、観測誤差行列から算出される単位重み当りの観測誤差標準偏差の3倍としても良いし、分散値から求めた標準偏差の3倍としても良い。単位重み当りの観測誤差標準偏差は、例えば、次式

で求められる。

[0063] [数11]

$$\sigma_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\sqrt{\lambda_i}}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式１１）}$$

[0064] ここで、λ_iはユニタリー変換により対角化した観測誤差行列Ｒの各固有値である。なお、最短選択時間は、各エポックの測位データの評価値とは独立に、経験に基づく値を与えても良い。

[0065] 品質の評価指標として、上述の測距精度情報を用いる場合には、例えば、測距精度が閾値以下の測位衛星の測距精度の最大値に対して、前記比例係数を掛けた値を最短時間とすることができる。最大値の他、平均値等の他の統計値を用いても良い。

[0066] 計画修正部１１６は、品質評価値に応じて、現時刻から修正時間t_{modify}の間の計画を修正する。現時刻での選択組合せの計画に含まれる測位衛星１１で、品質評価部１１４が出力する測位データの品質評価値が、閾値を越える（評価が悪い）測位衛星が含まれる場合、現時刻から修正時間t_{modify}の間、その測位衛星１１を組み合わせから外し、閾値を越えていない他の測位衛星１０で、選択組合せに含まれていない測位衛星１０を新たに組み合わせに追加する。なお、測位データの評価値が取得できていない場合は、閾値を越えた場合として取り扱う。ここで、修正時間t_{modify}とは現時刻から、計画の修正を行う終端時刻までの時間を指す。

[0067] 修正時間t_{modify}としては、追加された選択衛星１１の選択時間が、必ず最短選択時間より長くなるように、修正時間t_{modify}を最短選択時間$t_{shortest}$にして、修正時間t_{modify}の時間間隔で計画を修正するようにしても良い。

[0068] [数12]

$$t_{modify} = t_{shortest} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式１２）}$$

[0069] また、修正時間t_{modify}としては、現計画において、評価値が閾値を越える衛星が、現時刻から選択されなくなる直近の時刻までの時間である選択から除

外される時間としても良い。また、選択から除外される時間と、最短選択時間$t_{shortest}$とを比較して、最大値を修正時間t_{modify}としても良い。

[0070] 追加しようとする測位衛星１０の測位データの評価値が未取得の場合は、再度測位データ取得部１１１を実行して該当する測位衛星１０の測位データを取得し、再度品質評価部１１４を実行して測位データの品質評価を行う。計画の修正には、計画立案部１１３による計画の立案と同様に、個々の測位衛星１０の位置から算出される幾何学的配置による精度劣化指標を用い、各時刻の精度劣化指数の現時刻から修正時間t_{modify}の間の最大値が最小になるよう、各時刻での衛星の組み合わせを修正する。このとき、各衛星が時間的に連続して選択される最短時間が、最短時間指定部１５が指定する最短選択時間$t_{shortest}$よりも長くすることを制約条件とする。

[0071] 計画保存部１１７は、計画立案部１１３が立案した測位衛星１０，１１の選択組合せの選択計画を保存する。計画修正部１１６が、計画を修正した場合は、保存している選択組合せの計画を修正した計画で上書きする。測位衛星１０，１１の選択計画は、開始時刻t_{start}から終了時刻t_{end}の各時刻において選択される衛星が分かるデータ構造で保存する。例えば、各時刻の衛星リストを定義して保存しても良いし、全時刻数×全測位衛星１数の2次元配列を定義して、t番目の時刻にi番目の衛星が選択される場合は配列の[t,i]要素の値を１、選択されない場合は値を０として表現しても良い。

[0072] 測位演算部１１８は、計画保存部１１７から選択測位衛星１１の組み合わせを取得し、測位データ取得部１１１から取得した各衛星の測位データのうち、選択組合せに含まれる選択衛星１１の測位データを用いて、測位対象の位置の計測演算を行う。

[0073] 測位演算部１１８は、航法暦に含まれる衛星時計誤差の情報を用いて補正した、４機以上の測位衛星１１に対する擬似距離観測値や搬送波位相観測値を用いて、測位装置３０の乗る測位対象の位置を算出する。上述の擬似距離観測値や搬送波位相観測値などの観測値としては、準天頂衛星等が提供する外部から得られる誤差補正値を適用した観測値を用いても良い。

[0074] 誤差を補正する手順は、各測位衛星１０，１１や各サービスを運用する機関が提供する仕様書に記載されている手順に従う。例えば、１周波数の擬似距離観測値のみを用いる場合は、次の最小二乗法によって、測位装置３０の位置x_r、y_r、z_r、および時計誤差σt_rを推定する。ｙベクトルは、各衛星の擬似距離観測値で構成される列ベクトルで、ｚベクトルは、状態推定値で構成される列ベクトルである。

[0075] [数13]

$$\vec{z}=\left[x_r,y_r,z_r,\delta t\right]^t=(H^TR^{-1}H)^{-1}H^T\vec{y} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式１３）}$$

[0076] また、２周波の擬似距離観測値と２周波の搬送波位相観測値の両方を用いる場合は、次式の最小二乗法によって、測位装置３０の位置x_r、y_r、z_r、時計誤差σt_r、および各衛星に対するアンビギュイティ$N_{L1r}{}^i$、$N_{L2r}{}^i$を推定する。

[0077] [数14]

$$\vec{z}=\left[x_r,y_r,z_r,\delta t,N_{L1,r}^1,\cdots N_{L1,r}^n,N_{L2r}^1,\cdots N_{L2,r}^n\right]^t=(H_\Phi{}^TR^{-1}H_\Phi)^{-1}H_\Phi{}^T\vec{y} \quad \cdots \text{（式１４）}$$

[0078] [数15]

$$H_\Phi=\begin{bmatrix}H & O_{m\times n} & O_{m\times n}\\ H & O_{m\times n} & O_{m\times n}\\ H & \lambda_{L1}I_{m\times n} & O_{m\times n}\\ H & O_{m\times n} & \lambda_{L2}I_{m\times n}\end{bmatrix} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式１５）}$$

[0079] ここで、λ_{L1}，λ_{L2}は、それぞれＬ１搬送波（0.1903[m]）と、Ｌ２搬送波の波長（0.2442[m]）を示す。ｚベクトルには、測位装置３０の位置x_r、y_r、z_r、m換算された時計誤差σt_r、ｉ番目の測位衛星ｉに対するアンビギュイティ$N_r{}^i$が含まれる。

[0080] 推定したアンビギュイティは、LAMBDA（The Least Squares Ambiguity Decorrelation Adjustment）等の手法を適用して整数化することにより、センチメータ級で測位装置３の測位装置３を得ることができる。なお、状態量の推定にあたっては、上述同様の最小二乗の他、カルマンフィルタ等の推定フィルタを用いても良い。

[0081] 図３は、本実施の形態１による測位装置３０のハードウェア構成を示す図である。

図において、測位用アンテナ１５１は、測位衛星１０、１１の信号を受ける。受信データ復調部１５２は、測位用アンテナ１５１で受けた信号を増幅、周波数変換などを行いＡＤ変換してデジタル化し、コード復調等を行う。受信データ復調部１５２の信号を受けた演算処理部１５３は、航法情報の復調、衛星軌道演算、位置演算などの演算を行う。記憶部１５４は、演算を行う際の一時的なデータの保存、または選択組合せリストなどデータ保存を行う。出力部１５５は、演算処理部１５３で演算した結果、または記憶部１５４に保存されたデータを演算処理部１５３の指示によって、外部に出力する。この出力は、ディスプレイなどの表示装置への出力、信号としてインタフェースを介して外部機器へ情報を提供する。出力には、地図上への位置の表示も含まれる。

[0082] 図２の各部が図３のハードウェアのどの構成で行われるかを説明する。測位データ取得部１１１は、測位用アンテナ１１１、受信データ復調部１５２で実行される。最終的な航法情報、距離観測値の算出は演算処理部１５３を用いて行われる。衛星位置算出部１１２、品質評価部１１４、最短時間指定部１１５、計画立案部１１３、計画修正部１１６および測位演算部１１８は、主に演算処理部１５３で演算処理される。測位データ、品質評価値、最短選択時間、選択組合せ情報、測位演算結果など演算処理部１５３で演算処理された結果は、記憶部１５４に保存される。計画保存部１１７は、選択組合せの計画を記憶部１５４に保存する。

[0083] 図３の演算処理部１５３の処理は、記憶部１５４に記録されたプログラムを読みだして、衛星位置算出部１１２、品質評価部１１４、最短時間指定部１１５、計画立案部１１３、計画修正部１１６および測位演算部１１８の処理を行うようにしても良い。また、各部の処理を行う処理回路を専用のハードウェアで構成し、単一回路、複合回路、プログラム化したプロセッサー、並列プログラム化したプロセッサー、ＡＳＩＣ，ＦＰＧＡによって実現して

も良い。

[0084] また、記憶部１５４は、例えば、RAM、ROM、フラッシュメモリー、EPROM、EEPROM等の、不揮発性または揮発性の半導体メモリや、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、ＤＶＤ等が該当する。

[0085] 図４は、実施の形態１による測位装置３０の処理の一例を示すフローチャートである。図４の測位装置３処理は、例えば測位装置３に電源が投入されると開始する。

[0086] 測位データ取得部１１１は、測位衛星１０，１１から測位データを取得しない場合（ステップＳ１１；NO）、ステップＳ１１を繰り返し、測位データの取得を待機する。測位データを取得した場合（ステップＳ１１；YES）、測位データ取得部１１１は、複数の測位衛星１０，１１に対する距離観測値と、測位衛星１１０，１１の航法情報とを取得する。

[0087] 品質評価部１１４は、測位データ取得部１１１が取得した各測位衛星１の測位データの品質を評価する。評価の結果、現時刻での組み合わせ計画に含まれる衛星で品質の評価値が閾値を越える衛星が存在し、計画修正が必要と判定された場合（ステップＳ１２；YES）は、計画修正部１１６によって、現時刻から修正時間t_{modify}の間の衛星選択組合せの計画を修正する（ステップＳ１３）。

[0088] なお、測位装置３０の処理周期が早く（例えば、0.1秒周期）、計画修正処理が、割り当てられた時間（例えば、0.05秒）以内に完了できないような形態においては、計画修正処理をループとは独立なスレッド処理とし、現ループでは品質の評価値が閾値を越える衛星を選択組合せから除去する処理のみを行うこととしても良い。

[0089] 次に、現在時刻が、次の時間帯（計画終了時刻t_{end}以降）の計画を行う時刻である場合（ステップＳ１４；YES）、計画立案部１１３は、現在の計画終了時刻t_{end}から新しい計画終了時刻t_{end}’までの測位衛星の選択組合せの計画を立案する（ステップＳ１５）。

[0090] 計画には、衛星位置算出部１１２が算出する各衛星位置と、最短時間指定部１１５が測位データの品質から決定する最短選択時間とを用いる。計画立案の処理は、図４の測位装置３０の処理でのループとは独立に、スレッド処理として行われ、計画立案の処理が完了後、計画保存部１１７に選択組合せの計画を保存する。

[0091] 計画立案の処理がスレッド処理であること、立案した新しい選択組合せの計画に対して、計画修正が行われる可能性があることを考慮すると、次の時間帯（現在の計画終了時刻t_{end}以降）の計画を行う時刻としては、t_{end}から（$t_{planning}$＋t_{modify}）以上前の時刻とすることが望ましい。ここで、$t_{planning}$は、計画立案に要する時間である。また、現在の計画終了時刻t_{end}から、次の新しい計画終了時刻t_{end}’までの時間は、例えば１時間とすれば良い。

[0092] 次に、測位演算部１１８は、各衛星の測位データのうち、選択組合せに含まれる測位衛星１１の測位データを用いて、測位対象の位置の計測演算を行う（ステップS16）。測位対象の位置は、測位装置自体の位置であっても良い。

[0093] 電源が、ＯＦＦになっていなければ、処理はステップＳ１１に戻り、ステップＳ１１～ステップＳ１６を繰り返す。電源がＯＦＦになると、処理を終了する。

[0094] 図５は、実施の形態１による測位衛星の選択組合せの計画立案処理の一例を示すフローチャートである。図５の計画立案処理は、図４のステップＳ１５が実行されると開始される。

[0095] 衛星位置算出部１１２は、測位データに含まれる各測位衛星１０，１１の航法情報から、開始時刻t_{start}から終了時刻t_{end}までの衛星の3次元位置を算出し、測位装置３０の位置に対する仰角elと方位角azを算出する（ステップＳ２２）。

[0096] 以下の処理は、計画立案部１１３が行う処理である。計画立案部１１３は、幾何学的配置による精度劣化指数の大きい、すなわち精度が劣化する時刻から優先的に、幾何学的配置が良好な測位衛星１０を選択組合せに追加する

処理を行う。

[0097] 精度劣化指数の算出には、最少４機が必要であること、また、日本における高仰角の準天頂衛星等、組み合わせの基本構成要素になる測位衛星が存在する。このことから、まず、最終的な測位衛星１０の選択組合せの精度劣化指数は考慮せずに、各時刻に精度劣化指数が最少となる測位衛星１０を割り当てる（ステップＳ２３）。

[0098] 例えば、選択測位衛星１１の最少の数を４機とし、各時刻で仰角の高い順に測位衛星１０を割り当てれば良い。地域に応じて、選択する測位衛星１０の測位衛星システムの優先度を変え、例えば、日本、東アジア、オセアニアでは、高仰角の準天頂衛星とＧＰＳ衛星のみを、ヨーロッパの高緯度地域では、高仰角のGLONASS衛星のみを割り当てても良い。一般に、測位端末の環境に依らず高仰角の衛星からの信号は建物等に遮断されにくく、品質も良い。

[0099] また、最少の衛星の割り当て（ステップＳ２３）では、各測位衛星が、時間的に連続して選択される最短時間が、最短時間指定部１５が指定する最短選択時間$t_{shortest}$よりも長くするため、各高仰角順に衛星を割り当てた後で、周辺時刻の組み合わせに同じ衛星を割り当てる。

[0100] 図６は、実施の形態１の計画立案処理において、時刻ｔに１機の測位衛星ｐを割り当てたときに、同時に周辺時刻に同じ測位衛星ｐを割り当てる処理の一例を示すフローチャートである。ここでは、選択組合せに追加する測位衛星ｐを追加すると想定して、いかにして選択する測位衛星ｐを割当てる時刻の前後に隣接する時間帯（以下、周辺時刻とも呼ぶ）の選択組合せを決定するか（周辺時刻へ測位衛星を追加するか）について説明する。周辺時刻は、選択する測位衛星ｐを割当てる時刻の前後で、時間としては、最短選択時間$t_{shortest}$の時間間隔となる。

[0101] 時刻ｔは、測位衛星１０を割り当てようとしている時刻である。時刻ｔに対する時間差分を時間差分ｄｔとする。時間差分ｄｔは、計画立案で測位衛星の選択組合せを決める時刻間隔を１単位とする。

[0102] ステップＳ３１は、時間差分ｄｔ＝０として、周辺時刻への衛星割当て処

理を開始する。フローチャート上、ステップＳ３１の次のブロックのBreakとは、ループを終了し、上位の処理に戻ることを意味する。最初にこのブロックを通過する際は、Breakの判断をしていないため、そのままNOである下に進む。

[0103] 次に、ステップＳ３２は、ここでは、選択組合せリストに、測位衛星ｐを時刻ｔ＋ｄｔに追加する。周辺時刻への測位衛星の割り当ては、まず、時刻ｔよりも前の時刻に対して検討する。

[0104] 次に、ステップＳ３３は、

（１）測位衛星ｐを割当てた時刻ｔより時間間隔１単位前の時刻（ｔ＋ｄｔ－１）（単位は、選択組組合せを決める時間間隔を１とする単位）が、開始時刻より後であること

（２）時刻（ｔ＋ｄｔ－１）で測位衛星ｐが可視であること

（３）時刻ｔと時刻（ｔ＋ｄｔ－１）との差分ｄｔ－１が、最短選択時間$t_{shortest}$の半分以下であること

（４）時刻（ｔ＋ｄｔ－１）に、既に割り当てられた測位衛星数が、同時に選択する測位衛星数の上限未満であることのすべての条件を満たすか否かを判断する。

[0105] 上記（１）から（４）をすべて満たす場合（ステップＳ３３；YES）に、ステップＳ３３に処理が移り、時間差分ｄｔは、１単位だけ前にする。すると、検討する時刻は、ｄｔ＝ｄｔ－１として、時刻（ｔ＋ｄｔ）となる。上記（１）から（４）の条件が満たされる限り、ステップＳ３２～ステップＳ３４を繰り返す。すると、上記（１）から（４）の条件を満たす時刻の選択組合せリストに、測位衛星ｐが入ることになる。条件（１）（２）（４）が満たされていれば、測位衛星ｐを追加する時刻ｔの最短選択時間$t_{shortest}$の半分以下の時間前から、選択組合せに測位衛星ｐが計画されることになる。

[0106] ステップＳ３３で、上記（１）から（４）のいずれかを満たさない場合（ステップＳ３３；NO）、時刻ｔより前の時刻に対する衛星の割り当てを終了し、時刻tより後の時刻に対する衛星の割り当てを開始する。フローチャート

では、ステップＳ３３でBreakとしてBreak判断ブロックに戻り、Breakと判断して、ステップＳ３５に処理が移る。

[0107] ステップＳ３５は、割当ての最も前の時刻として、ｄｔ$_{begin}$に先のループの現在のｄｔの値を記録し、割当ての最も前の時間差分dt$_{begin}$と、最短選択時間t$_{shortest}$から、後ろの時刻の上限dt$_{upper}$を設定する。具体的には、dt$_{upper}$＝t$_{shortest}$＋dt$_{begin}$－１となる。また、最後に時間差分dt=0に戻す。

[0108] ステップＳ３６は、

（５）測位衛星を割り当てた時刻より1つ後ろの時刻（ｔ＋ｄｔ＋１）が終了時刻より前であること

（６）時刻（ｔ＋ｄｔ＋１）で、測位衛星ｐが可視であること

（７）時刻（ｔ＋ｄｔ＋１）で、既に割り当てられた測位衛星数が、同時に選択する測位衛星数の上限未満であることのすべての条件を満たすか否かを判断する。

[0109] 上記条件（５）から（７）をすべて満たす場合（ステップＳ３６；YES）に、ステップＳ３７に処理が移る。ステップＳ３７は、時刻（ｔ＋ｄｔ＋１）の選択組合せリストに測位衛星ｐを追加し、時間差分ｄｔを１単位後ろの時間にする。具体的には、時間差分ｄｔ＝ｄｔ＋１とする。上記条件（５）から（７）およびｄｔ＜ｄｔ$_{upper}$が満たされる限り、ステップＳ３６からステップＳ３７を繰り返す。

[0110] すると、上記（５）から（７）および時間差分ｄｔ＜ｄｔ$_{upper}$の条件を満たす時刻の選択組合せリストに、測位衛星ｐが入ることになる。もし条件（５）から（７）が満たされていれば、測位衛星ｐを追加される最もの前の時刻ｔ＋dt$_{begin}$から時刻ｔ＋ｄｔ$_{upper}$まで、選択組合せに測位衛星ｐが計画されることになる。

[0111] 上記（５）から（７）のいずれかの条件が満たされないか（ステップＳ３６；NO）、dt≧dt$_{upper}$となる場合には、時刻tより後ろの時刻に対する衛星の割り当てを終了し、ステップＳ３８に処理が移る。ステップＳ３８は、割り当てた最も後ろの時刻の時間差分として、この時点のｄｔをdt$_{end}$に記録する。フ

ローチャートでは、ステップＳ３６でBreakとなり、Break判断ブロックに戻り、Breakと判断して、ステップＳ３８に処理が移る。または、Break判断ブロックで時間差分が後ろの時刻の上限以上（$dt \geqq dt_{upper}$）であれば、ステップＳ３８に処理が移る。

[0112] 上記ステップＳ３３は、時刻ｔの時間差分ｄｔが、最短選択時間$t_{shortest}$の半分以下であることを条件として（条件（３））、時刻ｔ＋ｄｔの選択組合せリストに測位衛星ｐを追加する。時刻ｔの後の時刻を調べた結果、測位衛星ｐが不可視になるなどして、ステップＳ３８の時点で、割り当てた最も後ろの時刻の時間差分dt_{end}と最も前の時刻の時間差分dt_{begin}との差が、最短選択時間$t_{shortest}$より短くなっている場合がある。

[0113] そこで、ステップＳ３９は、割り当てた最も後ろの時刻と最も前の時刻の差が、最短選択時間$t_{shortest}$より短い場合は、最も前の時刻（ｔ＋dt_{begin}）より更に前の時刻に対して、測位衛星ｐを割当てるか否かを追加して判断する。このため、ステップＳ３１０へ処理を移す。また、ステップＳ３９は、割り当てた最も後ろの時刻と最も前の時刻の差が、最短選択時間$t_{shortest}$より長い場合は、周辺時刻への測位衛星の割当て処理を終了する。

[0114] 割り当てた最も後ろの時刻と最も前の時刻の差が、最短選択時間$t_{shortest}$より短い場合、ステップＳ３１０へ処理が移る。ステップＳ３１０は、割り当てた最も前の時刻ｔ＋dt_{begin}よりも更に前の時刻に対して、追加で衛星を割り当てる場合、$dt=dt_{begin}$とする。

[0115] 次に、ステップＳ３１１は、

（８）1つ前の時刻（ｔ＋ｄｔ－１）が開始時刻より後であること

（９）時刻（ｔ＋ｄｔ－１）で、測位衛星ｐが可視であること

（１０）時刻（ｔ＋ｄｔ－１）と割り当てた最も後ろの時刻t_{end}との差が、最短選択時間$t_{shortest}$以下であること

（１１）時刻（t+dt-1）既に割り当てられた測位衛星数が、同時に選択する測位衛星数の上限未満であることのすべての条件を満たすか否かを判断する。

[0116] 上記条件（８）から（１１）をすべて満たす場合（ステップＳ３１１；YES）に、ステップＳ３１２に処理が移る。ステップＳ３１２は、時刻（ｔ＋ｄｔ－１）の選択組合せリストに測位衛星ｐを追加し、時間差分ｄｔを１単位前の時間にする。すると、検討する時刻は、ｄｔ＝ｄｔ－１として、時刻（ｔ＋ｄｔ）となる。上記（８）から（１１）の条件が満たされる限り、ステップＳ３１１からステップＳ３１２を繰り返す。

[0117] すると、上記（８）から（１１）の条件を満たす時刻の選択組合せリストに、測位衛星ｐが入ることになる。

[0118] 上記（８）から（１１）のいずれかの条件が満たされない場合（ステップＳ３１１；NO）には、処理がステップＳ３１３に移る。ステップＳ３１３は、割当てられる最も前の時刻の時間差分dt_{begin}に新たな時間差分dtを代入して、本周辺時刻への測位衛星の割当て処理を終了する。

[0119] 以上のように図６に示した、周辺時刻への衛星割り当て処理により、時刻$t+dt_{begin}$から時刻$t+dt_{end}$までの間の選択組み合わせに、衛星pが追加される。

[0120] 次に、図５の計画立案処理における、最少の衛星の割り当て（ステップＳ２３）の後の処理（ステップＳ２４以降）を説明する。

[0121] ステップＳ２４は、

（１）選択衛星の割当てを求める開始時刻t_{start}から終了時刻t_{end}までの間に、選択された衛星数が上限未満の時刻があること

（２）上記（１）で選択された衛星の数が上限未満の時刻のうち、未選択の可視の衛星があること

の条件を満たす場合には、ステップＳ２５へ処理を移す。ステップＳ２４は、上記条件（１）（２）満たさない場合には、ステップＳ２６へ処理を移す。

[0122] ステップＳ２５は、上記（１）で選択された衛星の数が上限未満の時刻のうち、選択された測位衛星１１による幾何学的配置の劣化指数（ＤＯＰ）が最大となる時刻を選択する。さらに、幾何学的配置の劣化指数（ＤＯＰ）が最大となる時刻において、未選択かつ可視の測位衛星１０のうち、選択組合

せに追加することによって、劣化指数（ＤＯＰ）が最少となる測位衛星１０を求める。次に、追加することによって、劣化指数（ＤＯＰ）が最少となる測位衛星を劣化指数（ＤＯＰ）が最大となる時刻の選択組合せリストに追加する。

[0123] 次に、ステップＳ２６は、周辺時刻への測位衛星割り当て処理を用いて、測位衛星を追加時刻の周辺時刻での選択組合せリストに同じ測位衛星を割当てて追加する。

[0124] ステップＳ２４からステップＳ２６の処理は、開始時刻t_{start}から終了時刻t_{end}までの間に、選択された衛星数が上限未満の時刻がなくなるまで、または選択された衛星数が上限未満の時刻において、未選択で可視の測位衛星がなくなるまで、処理が繰り返される。ステップＳ２４は、全ての時刻において選択された測位衛星数が上限に達した、または選択された衛星数が上限未満の時刻において、未選択で可視の測位衛星がなくなった場合（ステップＳ２４；NO）には、ステップＳ２７に処理を移す。

[0125] ステップＳ２７は、選択組合せリストを計画保存部１１７に保存して計画立案処理を終了する。ステップＳ２７は、選択された測位衛星数が上限未満の時刻が存在しても、追加できる他の可視衛星がない場合は、衛星選択計画すなわち選択組合せリストを計画保存部１１７に上書きし、計画立案処理を終了する。以上が、計画立案部１１３が行う処理である。

[0126] 次に、実施の形態１による衛星組み合わせ選択の計画修正処理の一例を示すフローチャートを図７に示す。図７の計画修正処理は、図４のステップＳ１５が実行されると開始される。

[0127] まず、ステップＳ４２は、衛星位置算出部１１２を用いて、測位データに含まれる各測位衛星１１の航法情報から、現時刻から修正時間t_{modify}の間の時間の測位衛星の3次元位置を算出し、測位装置３０の位置に対する仰角elと方位角azを算出する。

[0128] 次に、ステップＳ４３は、品質評価部１１４が出力する測位データの評価値が、閾値を超えて測位データの品質が悪い測位衛星１０を現計画での現在時

刻から修正時間t_{modify}の間、各時刻における衛星を組み合わせから外す。

[0129] 次に、ステップＳ４４は、

（１）選択衛星の割当てを求める現時刻から修正時間t_{modify}までの間に、選択された衛星数が上限未満の時刻があること

（２）上記（１）で選択された衛星の数が上限未満の時刻のうち、未選択の可視の衛星があること

の条件を満たす場合（ステップＳ４４；YES）には、ステップＳ４５へ処理を移す。ステップＳ４４は、上記条件（１）（２）満たさない場合には、ステップＳ４６へ処理を移す。

[0130] ステップＳ４５は、上記（１）で選択された衛星の数が上限未満の時刻のうち、選択された測位衛星１１による幾何学的配置の劣化指数（ＤＯＰ）が最大となる時刻を選択する。さらに、幾何学的配置の劣化指数（ＤＯＰ）が最大となる時刻において、未選択かつ可視の測位衛星１０のうち、選択組合せに追加することによって、劣化指数（ＤＯＰ）が最少となる測位衛星１０を求める。次に、追加することによって、劣化指数（ＤＯＰ）が最少となる測位衛星を劣化指数（ＤＯＰ）が最大となる時刻の選択組合せリストに追加する。ただし、ここでは、ステップＳ４３で組合せから除いた測位衛星は追加の対象外とする。

[0131] 次に、ステップＳ４６は、周辺時刻への衛星割り当て処理（図６）を用い、衛星を追加した時刻の周辺の時刻での選択組合せリストに同じ衛星を割り当てる。

[0132] ステップＳ４４からステップＳ４６の処理は、現時刻から修正時間t_{modify}までの間に、選択された衛星数が上限未満の時刻がなくなるまで、または選択された衛星数が上限未満の時刻において、未選択で可視の測位衛星がなくなるまで、処理が繰り返される。ステップＳ４４は、全ての時刻において選択された測位衛星数が上限に達した、または選択された衛星数が上限未満の時刻において、未選択で可視の測位衛星がなくなった場合（ステップＳ４４；N0）には、ステップＳ４７に処理を移す。

[0133] ステップＳ４７は、選択組合せリストを計画保存部１１７に保存して計画立案処理を終了する。ステップＳ２７は、選択された測位衛星数が上限未満の時刻が存在しても、追加できる他の可視衛星がない場合は、衛星選択計画すなわち選択組合せリストを計画保存部１１７に上書きし、計画立案処理を終了する。以上が、計画修正部１１４が行う処理である。なお、ステップＳ４４からステップＳ４７の処理は、図５の計画立案部１１３のステップＳ２４からステップＳ２７の処理と、対象時間がことなるが同様の処理となる。

[0134] 以上は、測位装置３０として説明したが、上記の構成要素を用いて、数の測位衛星から発信される信号から位置での測位に用いる時刻ごとの前記測位衛星の選択組合せを求める測位衛星選択装置３１として構成することもできる。

[0135] 測位衛星選択装置３１は、複数の測位衛星１０、１１の航法情報、距離観測値およびこの距離観測値の誤差補正値を含む測位データを取得する測位データ取得部１１１、測位データの品質を評価する品質評価部１１４、測位衛星１１を選択する最短時間である最短選択時間を品質が悪いほど長い値に設定する最短時間指定部１１５、測位衛星を選択する場合には最短選択時間より長く選択することを条件として時刻ごとの選択組合せを求める計画立案部１１３、並びに測位衛星の時刻ごとの前記選択組合せの計画を保存する計画保存部を備える。測位衛星選択装置３１は、測位衛星３０の構成のうち、測位演算部１１８を除いたものと考えることができる。

[0136] さらに、測位衛星選択装置３１は、衛星位置算出部１１２、計画修正部１１６を設けることができる。

[0137] 上記に説明した実施の形態１の測位装置３０を含むシステム全体の構成によれば、チャンネル数や、測位演算負荷などに制約があるような場合であっても、一旦測位の使用に選択された衛星の選択継続時間が、衛星の測位データの品質に応じた最短必要時間より長くなり、安定した測位を行うことができる。

[0138] 特に、搬送波位相観測量を用いた測位においては、衛星の測位データの品

質に応じて搬送波位相アンビギュイティの決定に要する時間が確保でき、安定したセンチメータ級測位を行うことができる。

[0139] 実施の形態２．

上記実施の形態１は、測位装置３０が、測位衛星１１の選択組合せを求めて、測位対象２０の位置を測位する。これに対して、本実施の形態２は、測位衛星からの測位データを受信して受信情報を発信する正確な位置が判明している基準局からの情報を用いて、測位対象の位置を安定して測位する測位システムについて述べる。

[0140] また、基準局からの情報を用いて測位端末で使用される測位情報を求めて発信する測位情報発信装置と、この測位情報発信装置からの情報を受けて測位対象の位置を測位する測位端末で構成される測位システムについて述べる。

[0141] 図８は、本実施の形態２の測位システム２００の構成を示す図である。図において、測位衛星１０、１１は、実施の形態１の測位衛星１０、１１と同じである。基準局４０は、正確な座標位置が既知であり、測位衛星１０、１１の測位データを受信してこの測位データを発信する。測位システム２００は、基準局４０が受信した測位データを取得して、測位で使用する測位衛星１１を選択する選択組合せおよび補正データを求める測位情報発信装置５０と、測位対象２０の位置で受信した測位データ、（選択組合せ）および補正データから測位対象２０の位置を測位する測位端末６０とから構成される。

[0142] また、測位情報発信装置５０は、測位対象２０と独立に存在し、移動可能な測位対象２０に測位端末６０が搭載されるように構成することができる。

[0143] また、測位情報発信装置５０から測位端末６０への補正データの伝送は、多機能測位衛星１７を介して伝送することができる。多機能測位衛星１７は、高高度から情報を一律に配信することができるから、広範囲に存在する測位端末６０へ補正データ等を伝送できる。また、測位対象２０が、広範囲に移動しても、測位対象に搭載される測位端末６０は、補正データを受信できる。多機能測位衛星１７は、測位衛星１０，１１よりも高い高度の軌道にあ

る。例えば、多機能測位衛星１７は、日本の天頂（真上）を通る軌道を持ついわゆる準天頂衛星とすることができる。

[0144] 図９は、図８の多機能測位衛星１７とは別の手段で、測位情報発信装置５０から測位端末６０に補正データを伝送する場合の構成例を示す。図９の測位衛星１０，１１、基準局４０、測位情報発信装置５０、測位対象２０、測位端末６０は、図８と同様である。図９において、測位情報発信装置５０は、多機能測位衛星１７を介して、補正データを測位端末６０に伝送するのではなく、インターネット、公衆回線などの有線、無線の通信回線８０を用いて伝送しても良い。準天頂衛星などの多機能測位衛星１７が無い地域では、補正データを伝送するのに好適である。また、多機能測位衛星１７を介して補正データを送受信できない場合に、図８から図９の構成に切り替えるように測位情報発信装置５０および測位端末６０を構成するようにしても良い。

[0145] 図１０は、本実施の形態２による測位情報発信装置５０の構成例を示すブロック図である。測位情報発信装置５０は、複数の測位衛星１０，１１から航法情報および誤差情報を含む測位データを取得する基準局４０から測位データを取得する測位データ取得部１１１と、測位データに含まれる航法情報から測位衛星１０，１１の時刻ごとの測位衛星位置を算出する衛星位置算出部１１２と、測位衛星１０，１１の測位データに含まれる誤差を補正する補正データを生成する補正データ生成部１２０と、補正データの品質を評価した品質評価値を求める品質評価部１１４と、測位に使用する測位衛星１１を選択する最短時間である最短選択時間を品質評価値が良いほど短い値に設定する最短時間指定部１１５と、複数の測位衛星１０，１１の衛星位置から算出される天空上の時刻ごとの幾何学的配置から求めた精度劣化指数を評価基準に、測位衛星１０，１１の最短選択時間より長く選択することを条件として、測位で使用する測位衛星１１の時刻ごとの選択組合せを計画する計画立案部１１３と、測位衛星１１の時刻ごとの選択組合せを保存する計画保存部１１７と、選択組合せに含まれる測位衛星１１の補正データを出力する補正データ出力部１２１とを備える。

[0146] また、測位情報発信装置５０は、実施の形態１の測位装置３０から測位演算部１１８を除いた構成に加え、補正データ生成部１２０と補正データ出力部１２１を備える。

[0147] また、測位端末６０は、端末測位データ取得部１３１と、補正データ取得部１２２と、測位演算部１１８とを備える。

[0148] 測位情報発信装置５０は、基準局４０から取得した測位データを用い、測位端末６０が測位衛星１１から取得した測位データに含まれる誤差を補正する補正データを生成し、多機能測位衛星１７等の配信手段を用いて、測位端末６０に補正データを提供する。

[0149] 測位端末６０は、測位端末６０にて測位衛星１１から取得した測位データと、多機能測位衛星１７等の配信手段を介して測位情報発信装置５０から取得した補正データを用いて、測位対象の計測演算を行う。

[0150] 測位端末６０は、測位情報発信装置５０から発信される補正データを取得する補正データ取得部１２２と、測位衛星１１の距離観測値および航法情報を取得する測位データ取得部１１１と、補正データで補正した距離観測値を用いて位置を算出する測位演算部１１８を備える。

[0151] 本発明の実施の形態１の測位装置３０は、各測位衛星１０，１１の幾何学的配置と測位データの品質に応じて、測位データ取得部１１１で測位データを取得する測位衛星１０と、測位演算部１８で測位演算に用いる測位衛星１１の組み合わせを決定する。一方、本実施の形態２の測位システム２００は、同様の各測位衛星１０，１１の幾何学的配置と測位データの品質に応じた処理によって、補正データにより補正の対象とする衛星の組み合わせを決定する。

[0152] 以下、各部について説明する。

測位データ取得部１１１は、基準局４０から、各測位衛星１０，１１の測位データを取得する。測位データの取得には、インターネット等の回線を使用すれば良い。取得する測位データは、本実施の形態１と同様に、各測位衛星１０，１１に対する距離観測値と測位衛星１０，１１の航法情報である。

ただし、測位データは、広いエリアで補正データを有効とするため、複数の基準局４０から取得しても良い。例えば、日本であれば、基準局４０は、全国約１３００点存在するから、これらの基準局から取得しても良い。

[0153] 衛星位置算出部１１２は、本実施の形態１の測位装置３０の衛星位置算出部１１２の動作と同じである。衛星位置算出部１１２は、測位データ取得部１１１が取得した航法情報を用いて、計画する対象時間内の任意の時刻における衛星の天空上の３次元位置を算出する。

[0154] 計画立案部１１３は、本実施の形態１の測位装置３０の計画立案部１１３と同様に、個々の衛星の位置から算出される幾何学的配置による精度劣化指標を用い、各時刻の精度劣化指数の開始時刻t_{start}から終了時刻t_{end}までの最大値が最小になるよう、各時刻での衛星の組み合わせの選択を計画する。

[0155] このとき、各衛星が時間的に連続して選択される最短時間が、最短時間指定部１１５が指定する最短選択時間$t_{shortest}$よりも長くすることを制約条件として、計画する。ただし、ＤＯＰの算出に用いる衛星iの仰角el_iと方位角az_iの計算に用いる位置は、補正データを利用する測位対象２０または測位端末６０の位置とする。測位対象２０の位置が不明な場合や、補正データを利用する測位対象２０が複数存在する場合は、基準局４の位置や、複数の測位対象２０の位置の平均値を用いてもよい。また、広いエリアで補正データを有効とするため複数の基準局４０の測位データを用いている場合は、それら基準局４の位置の平均値等、対象エリアの代表地点の位置を用いても良い。

[0156] さらに、補正データを提供するエリアが広く（例えば日本全国）、幾何学的配置による精度劣化指標の値や、各衛星の可視状況が場所により著しくことなる場合には、エリアを複数のサブエリアし、サブエリア毎に代表地点を定め、サブエリア毎に衛星選択の計画を立案しても良い。例えば、日本全国を１０のサブエリアに分割することができる。

[0157] 補正データ生成部１２０は、基準局４０から取得した測位衛星１０、１１の測位データと、既知である基準局４０の正確な位置座標値から、各衛星の測位データに含まれる誤差を補正する補正データを生成する。

[0158] 例えば、次式によって、測位衛星１１についての擬似距離観測値を補正する擬似距離補正値と、搬送波位相観測値を補正する搬送波位相補正値とを計算し、擬似距離補正値と搬送波位相補正値とを補正データとする。基準局４０の位置座標値は、別途静止測量等で求めた座標値や、国土地理院等の機関が提供する電子基準点の日々の座標値を用いても良い。

[0159] [数16]

$$PRC_r^i = P_r^i - \sqrt{(x^i - x_r)^2 + (y^i - y_r)^2 + (z^i - z_r)^2}$$
$$CPC_r^i = \Phi_r^i - \sqrt{(x^i - x_r)^2 + (y^i - y_r)^2 + (z^i - z_r)^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式１６）}$$

[0160] ここで、x^i、y^i、z^iは、測位データに含まれる航法情報から算出した衛星ｉの3次元位置であり、x_r、y_r、z_rは、基準局４０の3次元位置である。また、P_r^i、Φ_r^iは、それぞれ航法情報のうち、航法暦に含まれる衛星時計誤差の情報を用いて補正した、ｉ番目の測位衛星１１に対するｒ番目の基準局４０で取得した擬似距離観測値または搬送波位相観測値である。PRC_r^i、CPC_r^iは、それぞれｉ番目の測位衛星１１に対する擬似距離補正値と搬送波位相補正値とである。

[0161] 航法情報から衛星位置を算出する方法および衛星時計誤差を補正する手順は、各測位衛星１０，１１または各サービスを運用する機関が提供する仕様書に記載されている手順に従う。

[0162] また、複数の基準局４０の測位データを用いる場合は、複数の基準局４０で算出した個々の補正値を補正データとしても良い。さらに、面補正パラメータ（FKP：Flachen Korrektur Parameter）方式を用いて求めた面補正パラメータ等を補正データに加えても良い。

[0163] また、複数の基準局４０の測位データを用いる場合には、「Wubbena, G., A. Bagge, M. Shcmitz (2001). RTK Network based on Geo++ GNSMART - Concepts, Implementation, Results. Presented at the International Technical Meeting, ION GPS-01, Salt Lake City, Utah.（２～９頁）」に記載の方法等を用いて、測位データから、精密衛星時計、精密軌道、電離層遅延量、対流圏遅延量等の個々の状態量を推定し、それら状態量を補正データとし

ても良い。ここで、精密衛星時計とは、航法暦に含まれる衛星時計誤差の情報よりも高精度な時計誤差情報による時計であり、精密軌道とは、航法暦から算出する衛星位置よりも高精度な衛星位置情報による軌道である。

[0164] また、測位情報発信装置６０にて相対測位を行う場合には、基準局４０から取得した擬似距離観測値または搬送波位相観測値そのものを補正データとしても良い。

[0165] また、補正データは、仮想基準点（VRS：Virtual Reference Station）方式を用いて求めた、仮想的な基準点における擬似距離観測値や搬送波位相観測値そのものを補正データとしても良い。

[0166] 品質評価部１１４は、補正データの品質を評価し、各測位衛星１０，１１の補正データの品質の指標値を求める。擬似距離補正値および搬送波位相補正値の評価指標は、それぞれ、例えば、次式に示すように、過去の数エポック（例えば５分間）で求めた補正値のエポック間の差分の分散

[0167] [数17]

$$PRC\sigma_r^{p^2} \quad CPC\sigma_r^{p^2} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式１７）}$$

[0168] を用いれば良い。一般に、測位データが電離層の擾乱、強いマルチパス等の影響を受けると、補正データの時間差分の分散が大きくなるため、分散を指標とした品質評価ができる。

[0169] [数18]

$$PRC\sigma_r^{i^2}(t) = val\left[\bigcup_{k=0}^{N}\{PRC_r^i(t-\Delta t\times k) - PRC_r^i(t-(\Delta t+1)\times k)\}\right]$$
$$CPC\sigma_r^{i^2}(t) = val\left[\bigcup_{k=0}^{N}\{CPC_r^i(t-\Delta t\times k) - CPC_r^i(t-(\Delta t+1)\times k)\}\right] \qquad \cdots\cdots \text{（式１８）}$$

[0170] ここで、ｖａｌは、Ｕに含まれる値の分散を示す。Ｎはエポック数、Δｔはエポックの時間間隔である。また、ＰＲＣは擬似距離補正量、ＣＰＣは搬送波位相補正量であり、ｉは、それが衛星にかかる項であること、ｒは、それが受信機にかかる項であることを表す。

[0171] 複数の基準局４０の測位データを用いる場合は、個々の基準局４０で算出

した補正値の、近接する基準局４０（例えば、距離が１０ｋｍ以内の複数の基準局）での差分量の二乗平均平方根（RMS：Root Mean Square）を用いれば良い。評価値として分散を用いても良いし、その他の統計値を用いても良い。

[0172] [数19]

$$PRCrms^{i}(t) = rms\left[\bigcup_{r1,r2}(PRC^{i}_{r1} - PRC^{i}_{r2})\right]$$
$$CPCrms^{i}(t) = rms\left[\bigcup_{r1,r2}(CPC^{i}_{r1} - CPC^{i}_{r2})\right] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式１９）}$$

[0173] ここで、ｉは、測位衛星１０，１１の番号、ｔは、時刻、ｒ１、ｒ２は、基準局１、２を表す。ｒｍｓは、Ｕに含まれる値の二乗平均平方根を示す。

[0174] 最短時間指定部１１５は、本実施の形態１の測位装置３０の最短時間指定部１１５と同様に、計画立案部１１３において測位衛星１１が時間的に連続して選択される最短選択時間$t_{shortest}$を指定する。最短選択時間$t_{shortest}$は、品質評価部１１４が算出した測位衛星１０，１１の補正データの品質評価値に応じて、決定する。具体的には、品質評価値が悪いほど長い値に設定する。ここで、例えば、測位衛星の種類（グループ）によって、最短選択時間$t_{shortest}$を変え、測位衛星の種類ごとの品質評価値が悪いほど長い値に設定しても良い。また、測位衛星１０，１１の過去の品質評価値が悪いほど長い値に設定しても良い。

[0175] 例えば、最短選択時間$t_{shortest}$を決めるのに、測位衛星１０，１１の擬似距離補正値の品質の評価値として、補正値のエポック間の差分の分散を用いることを考える。品質評価値が閾値以下の測位衛星１０，１１の評価値の最大値（大きいほど評価が悪いとして）に比例係数を掛けて決定する。なお、擬似距離補正値の品質の評価値の閾値は、例えば、一般的な擬似距離観測値の観測誤差のランダム成分の３倍の１．５ｍとすれば良い。

[0176] [数20]

$$t_{shortest} = a \cdot \max_{i} PRC\sigma_{r}^{i}(t)^{2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式２０）}$$

[0177]　ここで、ａは、係数、iは、i番目の測位衛星１０，１１を表す。ｒはそれが受信機にかかる項であることを、ｔは時刻を表す。

[0178]　式２０の比例係数ａは、例えば、測位衛星１０，１１の観測値を連続的に処理することにより低減するランダム誤差のレベルの目標値をσ_{rand}[m]、サンプル間隔をΔtとすると次式で与えられる。

[0179] [数21]

$$a = \frac{\Delta t}{\sigma_{rand}^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (式２１)$$

[0180] 測位端末６０で搬送波位相観測値を用いた測位を行う場合には、同様に搬送波位相補正値の評価値を適用すれば良い。搬送波位相補正値の評価値の閾値としては、例えば搬送波の４分の１波長（Ｌ１搬送波の場合は0.048 [m]、Ｌ２搬送波の場合は0.061[m]）とすれば良い。

[0181] 計画修正部１１６は、本実施の形態１の測位装置３０の計画修正部１１６と同様に、品質評価値に応じて現時刻から修正時間t_{modify}の間の計画を修正する。現時刻での組み合わせ計画に含まれる衛星で、品質評価部１１４が出力する補正データの評価値が閾値を越える衛星が含まれる場合、現時刻から修正時間t_{modify}の間、その衛星を組み合わせから外し、閾値を越えていない他の衛星で組み合わせに含まれていない衛星を新たに組み合わせに追加する。補正データの評価値が取得できていない場合は、閾値を越えた場合として取り扱う。

[0182] 計画保存部１１７の動作は、本発明の実施の形態１の測位装置３０の計画保存部１１７の動作と同じである。

[0183] 補正データ出力部１２１は、計画保存部１１７から測位衛星１１の選択組合せを取得し、補正データ生成部１２０から取得した各衛星の補正データのうち選択組合せに含まれる測位衛星１１の補正データを出力する。補正データ出力部１２１が出力した補正データは、多機能測位衛星１７等の配信手段を介して測位端末６０に提供する。

[0184]　図１１は、本実施の形態２の測位システム２００の測位端末６０の構成例

を示すブロック図である。測位端末６０は、端末測位データ取得部１３１、補正データ取得部１２２、測位演算部１１８を備える。

[0185] 端末測位データ取得部１３１は、測位衛星１１が発信する測距信号を受信し、測位衛星１１に対する距離観測値と測位衛星１１の航法情報を取得する。

[0186] 補正データ取得部１２２は、多機能測位衛星１７を介して測位情報発信装置５０から提供される補正データを取得する。補正データ取得部１２２は、多機能測位衛星１７に代えて、インターネットを介して、無線通信、無線ＬＡＮなどによって測位情報発信装置５０から提供される補正データを取得するように構成しても良い。特に多機能測位衛星１７と通信できないエリアでは有効である。

[0187] 測位演算部１１８は、補正データが補正対象とする測位衛星１１について、端末測位データ取得部１３１で取得した距離観測値を補正データ取得部１２２で取得した補正データで補正し、補正データで補正した距離観測値を用いて測位端末６０または測位対象２０の位置を算出する。補正した距離観測値を用いた位置の算出には、実施の形態１の測位装置３０の測位演算部１１８と同様の計算を用いる。

[0188] 図１２は、本実施の形態の測位情報発信装置５０のハードウェア構成を示す図である。図において、データ受信部１６２は、インターネット、公衆回線、専用回線などの通信回線１６１から情報の受信を行う。演算処理部１６３は、データ受信部１６２で受信したデータ、および記憶部１６４に保存されているデータから演算を行う。記憶部１６４は、予め入力された情報を保持し、演算処理部１６３で行う処理の一時的なデータ、結果となるデータを保持する。情報発信部１６５は、演算処理部１６３の指示によって、記憶部１６４に保存された演算結果等を外部に情報発信する。情報発信部１６５は、多機能測位衛星１７へ情報発信するように構成する。または、情報発信部１６５は、インターネット、公衆回線、専用回線などの通信回線を介して情報発信するように構成しても良い。さらに多機能測位衛星１７、通信回線の

両方または一方を切替えて発信するようにしても良い。

[0189] 図１０に説明された測位情報発信装置５０の各部が、どのハードウェア構成で行われるかを説明する。測位データ取得部１１１は、通信回線１６１およびデータ受信部１６２で実行される。衛星位置算出部１１２、補正データ生成部１２０、品質評価部１１４、最短時間指定部１１５、計画立案部１１３、計画修正部１１６は、演算処理部１６３によって実行される。演算処理部１６３で扱われる測位データ、補正データ、品質評価値、選択組合せリスト等の情報は、記憶部１６４に保持され、読みだされる。計画保存部１１７は、組合せリストおよび補正データを記憶部１６４に記憶させ、読みだす。また、補正データ出力部１２１は、演算処理部１６３の指示によって、記憶部１６４に保持される組合せリスト及び補正データを情報発信部１６５によって外部に情報発信する。情報発信部１６５は、多機能測位衛星１７、通信回線を介して情報発信する。

[0190] 図１２の演算処理部１６３の処理は、記憶部１６４に記録されたプログラムを読みだして、衛星位置算出部１１２、補正データ生成部１２０、品質評価部１１４、最短時間指定部１１５、計画立案部１１３、計画修正部１１６の処理を行うようにしても良い。また、各部の処理を行う処理回路を専用のハードウェアで構成し、単一回路、複合回路、プログラム化したプロセッサー、並列プログラム化したプロセッサー、ＡＳＩＣ，ＦＰＧＡによって実現しても良い。

[0191] また、記憶部１６４は、例えば、RAM、ROM、フラッシュメモリー、EPROM、EEPROM等の、不揮発性または揮発性の半導体メモリや、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、ＤＶＤ等が該当する。

[0192] 図１３は、本実施の形態の測位端末６０のハードウェア構成を示す図である。図において、測位用アンテナ１５１は、測位衛星１０、１１の信号を受ける。受信データ復調部１５２は、測位用アンテナ１５１で受けた信号を増幅、周波数変換などを行いＡＤ変換してデジタル化し、コード復調等を行う

。情報受信部１７１は、外部から情報を受信する。情報受信部１７１の情報の受信に、多機能測位衛星１７から情報を受信するように構成しても良い。また、情報受信部１７１の情報の受信は、インターネット、公衆回線、専用回線などの通信回線から行うように構成しても良い。さらに、多機能測位衛星１７からと通信回線からとの両方を用意し、切り替えて受信するようにしても良い。

[0193] 受信データ復調部１５２の信号および情報受信部１７１の情報を受ける演算処理部１７３は、航法情報の復調、衛星軌道演算、位置演算などの演算を行うほか、各種演算を行う。記憶部１７４は、演算を行う際の一時的なデータの保存、または選択組合せリストなどデータ保存を行う。出力部１７５は、演算処理部１７３で演算した結果、または記憶部１７４に保存されたデータを演算処理部１７３の指示によって、出力部１７５が、外部に出力する。この出力は、ディスプレイなどの表示装置への出力、信号としてインタフェースを介して外部機器へ情報を提供する。出力には、地図上への位置の表示も含まれる。

[0194] 次に、図１１の各部が図１３のハードウェアの構成で行われるかを説明する。測位データ取得部１３１は、測位用アンテナ１５１、受信データ復調部１５２で実行される。最終的な航法情報、距離観測値の算出は演算処理部１７３を用いて行われる。補正データ取得部１２２は、情報受信部１７１で行われる。測位演算部１１８は、主に演算処理部１７３で演算処理される。測位データ、選択組合せ情報、測位演算結果など演算処理部１７３で演算処理された結果は、記憶部１７４に保存される。測位演算部１１８で演算された測位結果は、出力部１７５によって、ディスプレイなどの表示装置へ出力され、表示される。表示には地図上への位置の表示も含まれる。また別のシステムへ測位結果を出力することも含まれる。

[0195] 図１３の演算処理部１７３の処理は、記憶部１７４に記録されたプログラムを読みだして、測位演算部１１８の処理を行うようにしても良い。また、各部の処理を行う処理回路を専用のハードウェアで構成し、単一回路、複合

回路、プログラム化したプロセッサー、並列プログラム化したプロセッサー、ＡＳＩＣ，ＦＰＧＡによって実現しても良い。

[0196] また、記憶部１７４は、例えば、RAM、ROM、フラッシュメモリー、EPROM、EEPROM等の、不揮発性または揮発性の半導体メモリや、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、ＤＶＤ等が該当する。

[0197] 上記で補正データ取得部１２２は、測位情報発信装置５０から発信されるデータを取得するとしたが、別のデータをも取得するように構成しても良い。たとえば、測位衛星１０，１１の最短選択時間より長く選択することを条件とせず、幾何学的配置から求めた精度劣化指数を評価基準にして求めた測位衛星１１の時刻ごとの別の選択組合せを求める他のシステムも存在する。この他のシステムの幾何学的配置から求めた精度劣化指数を評価基準にして求めた測位衛星の時刻ごとの別の選択組合せの測位衛星およびこの測位衛星の補正データを取得するように構成しても良い。

[0198] 上述の別の選択組合せの測位衛星およびこの測位衛星の補正データの取得には、上記と同様に、多機能測位衛星１７、通信回線を介して受信するように構成する。

[0199] 補正データ取得部１２２は、測位情報発信装置５０から発信される選択組合せの測位衛星１１およびこの測位衛星の補正データを用いるか、別のシステムで最短選択時間より長く選択することを条件とせず、幾何学的配置から求めた精度劣化指数を評価基準にして求めた別の選択組合せの測位衛星およびこの測位衛星の補正データを用いるかを切替えるようにしても良い。

[0200] また、補正データ取得部１２２は、測位情報発信装置５０から発信される信号が受信不可、または測位情報発信装置５０から発信されておらず、現在時刻が既に取得した選択組合せの前記測位衛星の対象時刻を過ぎる場合に、上述の別の選択組合せの測位衛星およびこの別測位衛星の補正データを用いるように切替えるようにしても良い。何らかの理由で測位情報発信装置５０から発信される信号できないときに有効である。

[0201] また、端末測位データ取得部１３１の測位データの品質を評価した品質評価値を求める端末品質評価部１３２を設け、補正データ取得部１２２は、上述の別の選択組合せのすべての別測位衛星の測位データの前記品質評価値が閾値より良い場合に、上述の別の選択組合せの測位衛星およびこの測位衛星の補正データを用いるように切替えるように構成しても良い。逆に補正データ取得部１２２は、上述の別の選択組合せの別測位衛星の測位データの前記品質評価値が１つでも閾値より悪い場合に、測位情報発信装置５０から発信される選択組合せの測位衛星１１およびこの測位衛星の補正データを用いるように構成しても良い。

[0202] 以上説明した本実施の形態２の測位システム２００によれば、ディファレンシャルの誤差補正情報を生成してユーザに提供する測位サービスで、一旦補正の対象に選択された測位衛星１１の選択継続時間が、衛星の補正データの品質に応じた最短選択時間より長くなり、測位端末６０で安定した測位を行うことができる。これは、特に誤差補正の対象とできる衛星数に回線容量に応じた制約がある場合において、有効である。

[0203] 特に、本実施の形態２の測位システム２００は、搬送波位相観測量を用いた測位において、衛星の測位データの品質に応じて搬送波位相アンビギュイティの決定に要する時間が確保でき、安定したセンチメータ級測位を行うことができる。

符号の説明

[0204] １０　測位衛星、１１　選択測位衛星、１７　多機能測位衛星、２０　測位対象、３０　測位装置、３１　測位衛星選択装置、４０　基準局、５０　測位情報発信装置、６０　端末側測位装置、１１１　測位データ取得部、１１２　衛星位置算出部、１１３　計画立案部、１１４　品質評価部、１１５　最短時間指定部、１１６　計画修正部、１１７　計画保存部、１１８　測位演算部、１２０　補正データ生成部、１２１　補正データ出力部、１２２　補正データ取得部、１３１　端末測位データ取得部、２００　測位システム。

請求の範囲

[請求項1] 複数の測位衛星から発信される信号から測位対象の位置での測位に用いる時刻ごとの前記測位衛星の選択組合せを求める測位衛星選択装置において、

複数の前記測位衛星の航法情報および距離観測値を含む測位データを取得する測位データ取得部と、

前記測位データの前記航法情報から前記測位衛星の時刻ごとの衛星位置を算出する衛星位置算出部と、

前記測位データの品質を評価した品質評価値を求める品質評価部と、

前記測位衛星を選択する最短時間である最短選択時間を前記品質評価値が悪いほど長い値に設定する最短時間指定部と、

複数の前記測位衛星の前記衛星位置から算出される天空上の時刻ごとの幾何学的配置から求めた精度劣化指数を評価基準に、前記最短選択時間より長く選択することを条件として時刻ごとの前記選択組合せを求める計画立案部と、

前記測位衛星の時刻ごとの前記選択組合せの計画を保存する計画保存部とを備えた測位衛星選択装置。

[請求項2] 前記計画立案部で計画された前記選択組合せに対して、現在時刻における前記品質評価値に基づき前記選択組合せの測位衛星を変更し、前記最短選択時間より長く選択することを条件として、測位で使用する前記測位衛星の時刻ごとの選択組合せを修正する計画修正部を備えたことを特徴とする請求項１に記載の測位衛星選択装置。

[請求項3] 複数の測位衛星の航法情報および距離観測値を含む測位データを取得する測位データ取得部と、

前記測位データの前記航法情報から前記測位衛星の時刻ごとの衛星位置を算出する衛星位置算出部と、

前記測位データの品質を評価した品質評価値を求める品質評価部と

、

前記測位衛星を選択する最短時間である最短選択時間を前記品質評価値が悪いほど長い値に設定する最短時間指定部と、

複数の前記測位衛星の前記衛星位置から算出される天空上の時刻ごとの幾何学的配置から求めた精度劣化指数を評価基準に、前記測位衛星の前記最短選択時間より長く選択することを条件として、測位で使用する前記測位衛星の時刻ごとの選択組合せを計画する計画立案部と、

前記測位衛星の時刻ごとの前記選択組合せの計画を保存する計画保存部と、

前記計画保存部から前記測位衛星の時刻ごとの前記選択組合せの計画を取得し、前記選択組合せに含まれる前記測位衛星の測位データを用いて位置の計測演算を行う測位演算部とを備える測位装置。

[請求項4] 前記計画立案部で計画された前記選択組合せに対して、現在時刻における前記品質評価値に基づき前記選択組合せの測位衛星を変更し、前記最短選択時間より長く選択することを条件として、測位で使用する前記測位衛星の時刻ごとの選択組合せを修正する計画修正部を備えたことを特徴とする請求項３に記載の測位装置。

[請求項5] 前記品質評価部は、前記測位衛星の観測値を用いて測位を行ったときの観測残差を用いて前記品質評価値を求め、

前記最短時間指定部は、全衛星の観測残差の統計値に比例係数を掛けた値を前記最短選択時間とすることを特徴とする請求項３に記載の測位装置。

[請求項6] 前記品質評価部は、前記測位衛星の測距精度情報を用いて前記品質評価値を求め、

前記最短時間指定部は、全ての前記測位衛星の測距精度の統計値に比例係数を掛けた値を前記最短選択時間とすることを特徴とする請求項３に記載の測位装置。

[請求項7] 前記品質評価部は、前記測位衛星の誤差補正値の１エポック間の差分の標準偏差を用いて前記品質評価値を求め、

前記最短時間指定部は、全ての前記測位衛星の前記標準偏差の統計値に比例係数を掛けた値を前記最短選択時間とすることを特徴とする請求項３に記載の測位装置。

[請求項8] 前記計画立案部は、エポックのループとは独立のスレッド処理として実行され、既存の前記計画の計画終了時刻に対して所定時間前に処理を開始することを特徴とする請求項３に記載の測位装置。

[請求項9] 測位情報発信装置と測位端末とを備えた測位システムにおいて、

複数の測位衛星から前記測位衛星の航法情報および距離観測値を含む測位データを取得する基準局から前記測位データを取得する測位データ取得部と、

前記測位データに含まれる航法情報から前記測位衛星の時刻ごとの衛星位置を算出する衛星位置算出部と、

前記測位衛星の前記測位データに含まれる誤差を補正する補正データを生成する補正データ生成部と、

前記補正データの品質を評価した品質評価値を求める品質評価部と、

前記測位衛星を選択する最短時間である最短選択時間を前記品質評価値が悪いほど長い値に設定する最短時間指定部と、

複数の前記測位衛星の前記衛星位置から算出される天空上の時刻ごとの幾何学的配置から求めた精度劣化指数を評価基準に、前記測位衛星の前記最短選択時間より長く選択することを条件として、測位で使用する前記測位衛星の時刻ごとの選択組合せを計画する計画立案部と、

前記測位衛星の時刻ごとの前記選択組合せを保存する計画保存部と、

時刻ごとの前記選択組合せに含まれる前記測位衛星およびこの測位衛星の前記補正データを出力する補正データ出力部とを有する測位情報

発信装置、および

前記測位端末にて前記測位衛星の距離観測値および航法情報を取得する端末測位データ取得部と、

前記測位情報発信装置から前記測位衛星の前記補正データを取得する補正データ取得部と、

前記測位衛星の補正データで補正した距離観測値を用いて位置を算出する測位演算部とを有する測位端末を備えた測位システム。

[請求項10] 前記補正データ出力部は、多機能測位衛星を介してデータを出力し、

前記補正データ取得部は、前記多機能測位衛星を介してデータを取得することを特徴とする請求項９に記載の測位システム。

[請求項11] 複数の測位衛星から前記測位衛星の航法情報および距離観測値を含む測位データを取得する基準局から前記測位データを取得する測位データ取得部と、

前記測位データに含まれる航法情報から前記測位衛星の時刻ごとの衛星位置を算出する衛星位置算出部と、

前記測位衛星の前記測位データに含まれる誤差を補正する補正データを生成する補正データ生成部と、

前記補正データの品質を評価した品質評価値を求める品質評価部と、

前記測位衛星を選択する最短時間である最短選択時間を前記品質評価値が悪いほど長い値に設定する最短時間指定部と、

複数の前記測位衛星の前記衛星位置から算出される天空上の時刻ごとの幾何学的配置から求めた精度劣化指数を評価基準に、前記測位衛星の前記最短選択時間より長く選択することを条件として、測位で使用する前記測位衛星の時刻ごとの選択組合せを計画する計画立案部と、

前記測位衛星の時刻ごとの前記選択組合せを保存する計画保存部と、

時刻ごとの前記選択組合せに含まれる前記測位衛星およびこの測位衛星の前記補正データを出力する補正データ出力部とを備えた測位情報発信装置。

[請求項12] 前記品質評価部は、前記測位衛星の観測値を用いて測位を行ったときの観測残差を用いて前記品質評価値を求め、

前記最短時間指定部は、全衛星の観測残差の統計値に比例係数を掛けた値を前記最短選択時間とすることを特徴とする請求項１１に記載の測位情報発信装置。

[請求項13] 前記品質評価部は、前記測位衛星の測距精度情報を用いて前記品質評価値を求め、

前記最短時間指定部は、全ての前記測位衛星の測距精度の統計値に比例係数を掛けた値を前記最短選択時間とすることを特徴とする請求項１１に記載の測位情報発信装置。

[請求項14] 前記品質評価部は、前記測位衛星の誤差補正値の１エポック間の差分の標準偏差を用いて前記品質評価値を求め、

前記最短時間指定部は、全ての前記測位衛星の前記標準偏差の統計値に比例係数を掛けた値を前記最短選択時間とすることを特徴とする請求項１１に記載の測位情報発信装置。

[請求項15] 請求項１１から１４のいずれか１項に記載の測位情報発信装置から発信される時刻ごとの前記選択組合せに含まれる前記測位衛星およびこの測位衛星の前記補正データを取得する補正データ取得部と、

前記測位衛星の前記距離観測値を含む測位データを取得する端末測位データ取得部と、

前記補正データ取得部で取得した前記測位衛星の補正データで前記測位衛星の前記距離観測値を補正した前記距離観測値を用いて位置を算出する測位演算部とを備えた測位端末。

補正された請求の範囲
[2017年2月22日(22.02.2017)国際事務局受理]

［請求項１］（補正後）

複数の測位衛星から発信される信号から測位対象の位置での測位に用いる時刻ごとの前記測位衛星の選択組合せを求める測位衛星選択装置において、

複数の前記測位衛星の航法情報および距離観測値を含む測位データを取得する測位データ取得部と、

前記測位データの前記航法情報から前記測位衛星の時刻ごとの衛星位置を算出する衛星位置算出部と、

前記測位データの品質を評価した品質評価値を求める品質評価部と、

前記測位衛星が時間的に連続して選択される最短時間である最短選択時間を前記品質評価値が悪いほど長い値に設定する最短時間指定部と、

複数の前記測位衛星の前記位置から算出される天空上の時刻ごとの幾何学的配置から求めた精度劣化指数を評価基準に、前記最短選択時間より長く選択することを条件として時刻ごとの前記測位衛星の選択組合せを求め、選択された衛星数が上限未満で前記精度劣化指数が最も劣化する時刻にて前記精度劣化指数が最良となる未選択の測位衛星を選択して追加し、さらに当該時刻の前または後に隣接する周辺時刻で当該測位衛星が可視であれば当該測位衛星を選択し当該測位衛星を前記最短選択時間より長く選択する計画立案部と

を備えた測位衛星選択装置。

［請求項２］（補正後）

前記計画立案部は、既に割り当てた最も後ろの時刻から最も前の時刻までの間の時間が前記最短選択時間より短い前記測位衛星を前記間の時間より前の時間に前記測位衛星を追加選択する請求項１に記載の測位衛星選択装置。

[請求項３]（削除）

[請求項４]（削除）

[請求項５]（削除）

[請求項６]（削除）

[請求項７]（削除）

[請求項８]（削除）

[請求項９]（削除）

[請求項10]（削除）

[請求項11]（削除）

[請求項12]（削除）

[請求項13]（削除）

[請求項14]（削除）

[請求項15]（削除）

[請求項16]（追加）

複数の測位衛星から発信される信号から測位対象の位置での測位に用いる時刻ごとの前記測位衛星の選択組合せを求める測位衛星選択装置において、

複数の前記測位衛星の航法情報および距離観測値を含む測位データを取得する測位データ取得部と、

前記測位データの前記航法情報から前記測位衛星の時刻ごとの衛星位置を算出する衛星位置算出部と、

前記測位データの品質を評価した品質評価値を求める品質評価部と、

前記測位衛星が時間的に連続して選択される最短時間である最短選択時間を前記品質評価値が悪いほど長い値に設定する最短時間指定部と、

複数の前記測位衛星の前記衛星位置から算出される天空上の時刻ごとの幾何学的配置から求めた精度劣化指数を評価基準に、時刻ごとの前記測位衛星の選択組合せを求める計画立案部と、

前記品質評価値に基づき前記選択組合せから所定の測位衛星を削除し、または前記精度劣化指数に基づき可視となる前記測位衛星を前記選択組合せに追加する計画修正部と
を備えた測位衛星選択装置。

[請求項17] （追加）

前記品質評価部は、前記測位衛星の観測値を用いて測位を行ったときの観測残差、前記測位衛星の測距精度情報、または前記測位衛星の誤差補正値の１エポック間の差分の標準偏差を用いて前記品質評価値を求め、

前記最短時間指定部は、前記最短選択時間を誤差レベル目標値及びサンプル間隔から求めた比例係数を掛けた値に設定する請求項１から２及び１６のいずれか１項に記載の測位衛星選択装置。

[請求項18] （追加）

前記最短時間指定部の前記比例係数は、サンプル間隔を誤差レベル目標値の二乗で除した値である請求項１７に記載の測位衛星選択装置。

[請求項19] （追加）

前記計画立案部は、高仰角の衛星から順に可視となる測位衛星を４つ以上選択し、測位衛星の選択組合せリストを生成する請求項１から２及び１６のいずれか１項に記載の測位衛星選択装置。

[請求項20] （追加）

前記計画立案部は、エポックのループとは独立のスレッド処理として実行され、既存の前記計画の計画終了時刻に対して所定時間前に処理を開始する請求項１から２及び１６のいずれか１項に記載の測位衛星選択装置。

[請求項21] （追加）

前記測位衛星の選択組合せに含まれる前記測位衛星の測位データを用いて位置の計測演算を行う測位演算部を備えた、請求項１から２及

び１６から２０のいずれか１項に記載の測位衛星選択装置。

[請求項22]（追加）

複数の測位衛星から前記測位衛星の航法情報および距離観測値を含む測位データを取得する基準局から前記測位データを取得する測位データ取得部と、

前記測位データに含まれる航法情報から前記測位衛星の時刻ごとの衛星位置を算出する衛星位置算出部と、

前記測位衛星の前記測位データに含まれる誤差を補正する補正データを生成する補正データ生成部と、

前記補正データの品質を評価した品質評価値を求める品質評価部と、

前記測位衛星が時間的に連続して選択される最短時間である最短選択時間を前記品質評価値が悪いほど長い値に設定する最短時間指定部と、

複数の前記測位衛星の前記衛星位置から算出される天空上の時刻ごとの幾何学的配置から求めた精度劣化指数を評価基準に、前記測位衛星の前記最短選択時間より長く選択することを条件として、測位で使用する前記測位衛星の時刻ごとの前記測位衛星の選択組合せを求め、選択された衛星数が上限未満で前記精度劣化指数が最も劣化する時刻にて前記精度劣化指数が最良となる未選択の測位衛星を選択し、当該時刻の前または後に隣接する周辺時刻で当該測位衛星が可視であれば当該測位衛星の選択を行い前記最短選択時間より長く選択する計画立案部と、

時刻ごとの前記選択組合せに含まれる前記測位衛星およびこの測位衛星の前記補正データを出力する補正データ出力部と

を備えた測位情報発信装置。

[請求項23]（追加）

前記計画立案部は、既に割り当てた最も後ろの時刻から最も前の時

刻までの間の時間が前記最短選択時間より短い前記測位衛星を前記間の時間の時刻に前記測位衛星を追加選択する請求項２２に記載の測位情報発信装置。

[請求項24] （追加）

複数の測位衛星から前記測位衛星の航法情報および距離観測値を含む測位データを取得する基準局から前記測位データを取得する測位データ取得部と、

前記測位データに含まれる航法情報から前記測位衛星の時刻ごとの衛星位置を算出する衛星位置算出部と、

前記測位衛星の前記測位データに含まれる誤差を補正する補正データを生成する補正データ生成部と、

前記補正データの品質を評価した品質評価値を求める品質評価部と、

前記測位衛星が時間的に連続して選択される最短時間である最短選択時間を前記品質評価値が悪いほど長い値に設定する最短時間指定部と、

複数の前記測位衛星の前記衛星位置から算出される天空上の時刻ごとの幾何学的配置から求めた精度劣化指数を評価基準に、測位で使用する前記測位衛星の時刻ごとの選択組合せを計画する計画立案部と、

前記品質評価値に基づき前記選択組合せから所定の測位衛星を削除し、または前記精度劣化指数に基づき可視となる前記測位衛星を前記選択組合せに追加する計画修正部と、

時刻ごとの前記選択組合せに含まれる前記測位衛星およびこの測位衛星の前記補正データを出力する補正データ出力部と

を備えた測位情報発信装置。

[請求項25] （追加）

前記品質評価部は、前記測位衛星の観測値を用いて測位を行ったときの観測残差、前記測位衛星の測距精度情報、または前記測位衛星の

誤差補正値の１エポック間の差分の標準偏差のいずれかを用いて前記品質評価値を求め、

前記最短時間指定部は、前記最短選択時間を誤差レベル目標値及びサンプル間隔から求めた比例係数を掛けた値に設定する請求項２２から２４のいずれか１項に記載の測位情報発信装置。

[請求項26]（追加）

前記最短時間指定部の前記比例係数は、サンプル間隔を誤差レベル目標値の二乗で除した値である請求項２５に記載の測位情報発信装置。

[請求項27]（追加）

前記計画立案部は、高仰角の衛星から順に可視となる測位衛星を４つ以上選択し、測位衛星の選択組合せリストを生成する請求項２２から２４のいずれか１項に記載の測位情報発信装置。

[請求項28]（追加）

前記計画立案部は、エポックのループとは独立のスレッド処理として実行され、既存の前記計画の計画終了時刻に対して所定時間前に処理を開始する請求項２２から２４いずれか１項に記載の測位情報発信装置。

[請求項29]（追加）

前記補正データ出力部は、多機能測位衛星を介して測位端末に対してデータを出力する請求項２２から２８のいずれか１項に記載の測位情報発信装置。

[請求項30]（追加）

時刻ごとの測位衛星の選択組合せに含まれる前記測位衛星および前記測位衛星の測位データに含まれる誤差を補正する補正データを出力する請求項２２から２９のいずれか１項に記載の測位情報発信装置と、

測位対象の位置での測位に用いる時刻ごとの測位衛星の選択組合せに含まれる前記測位衛星およびこの測位衛星の測位データに含まれる

誤差を補正する補正データを取得する補正データ取得部と、前記測位衛星の距離観測値を含む測位データを取得する端末測位データ取得部と、前記補正データ取得部で取得した前記測位衛星の補正データで前記測位衛星の前記距離観測値を補正した前記距離観測値を用いて位置を算出する測位演算部とを備えた測位端末と
を備えた測位システム。

条約第19条（1）に基づく説明書

請求の範囲第１項の補正は、出願時の請求の範囲第１項、明細書の段落［００２９］，［００９４］から［００９９］、及び図５に基づく。

請求の範囲第２項の補正は、出願時の請求の範囲第２項、及び明細書の段落［０１１３］から［０１１８］に基づく。

出願時の請求の範囲第３項から第１５項は削除した。

請求の範囲第１６項の補正は、出願時の請求の範囲第１項、及び明細書の段落［００２９］，［００６６］から［００７０］，［０１２６］から［０１３３］に基づく。

請求の範囲第１７項の補正は、出願時の請求の範囲第７項、及び明細書の段落［００５５］，［００５８］に基づく。

請求の範囲第１８項の補正は、出願時の明細書の段落［００５５］から［００６０］，［０１７５］から［０１７９］に基づく。

請求の範囲第１９項の補正は、出願時の明細書の段落［００９８］に基づく。

請求の範囲第２０項の補正は、出願時の請求の範囲第８項に基づく。

請求の範囲第２１項の補正は、出願時の請求の範囲第３項に基づく。

請求の範囲第２２項の補正は、出願時の請求の範囲第１項、明細書の段落［００２９］，［００９４］から［００９９］、及び図５に基づく。

請求の範囲第２３項の補正は、出願時の請求の範囲第２項、及び明細書の段落［０１１３］から［０１１８］に基づく。

請求の範囲第２４項の補正は、出願時の請求の範囲第１項、及び明細書の段落［００２９］，［００６６］から［００７０］，［０１２６］から［０１３３］に基づく。

請求の範囲第２５項の補正は、出願時の請求の範囲第７項、及び明細書の段落［００５５］，［００５８］に基づく。

請求の範囲第２６項の補正は、出願時の明細書の段落［００５５］から［００６０］，［０１７５］から［０１７９］に基づく。

請求の範囲第２７項の補正は、出願時の明細書の段落［００９８］に基づく。

請求の範囲第２８項の補正は、出願時の請求の範囲第８項に基づく。

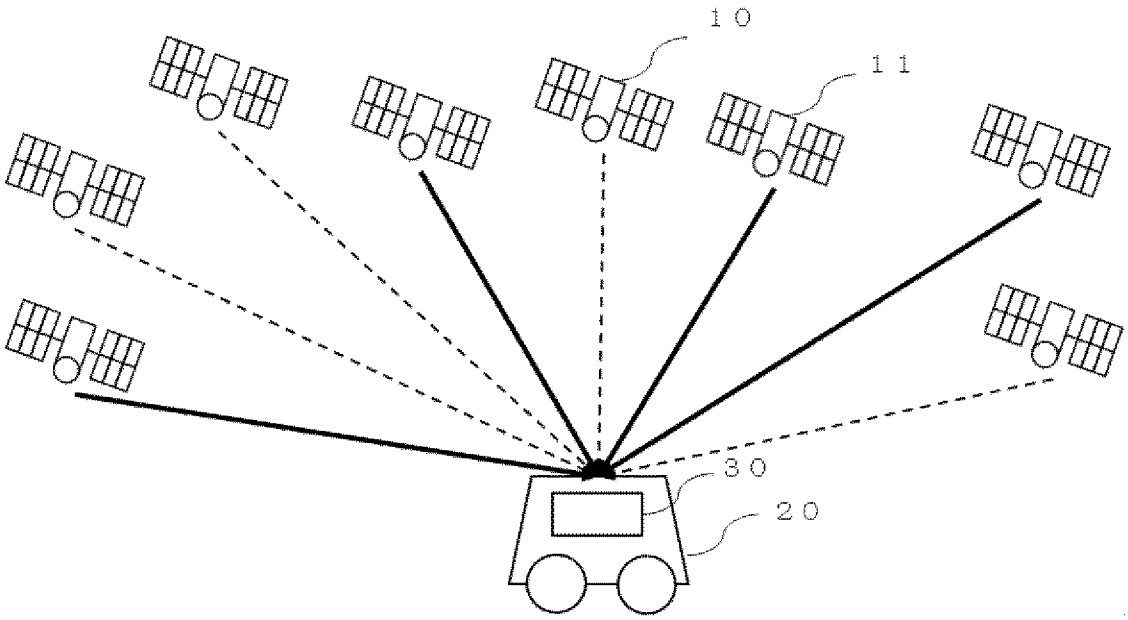
請求の範囲第２９項の補正は、出願時の請求の範囲第３項に基づく。

請求の範囲第３０項の補正は、出願時の請求の範囲第９項及び第１０項に基づく。

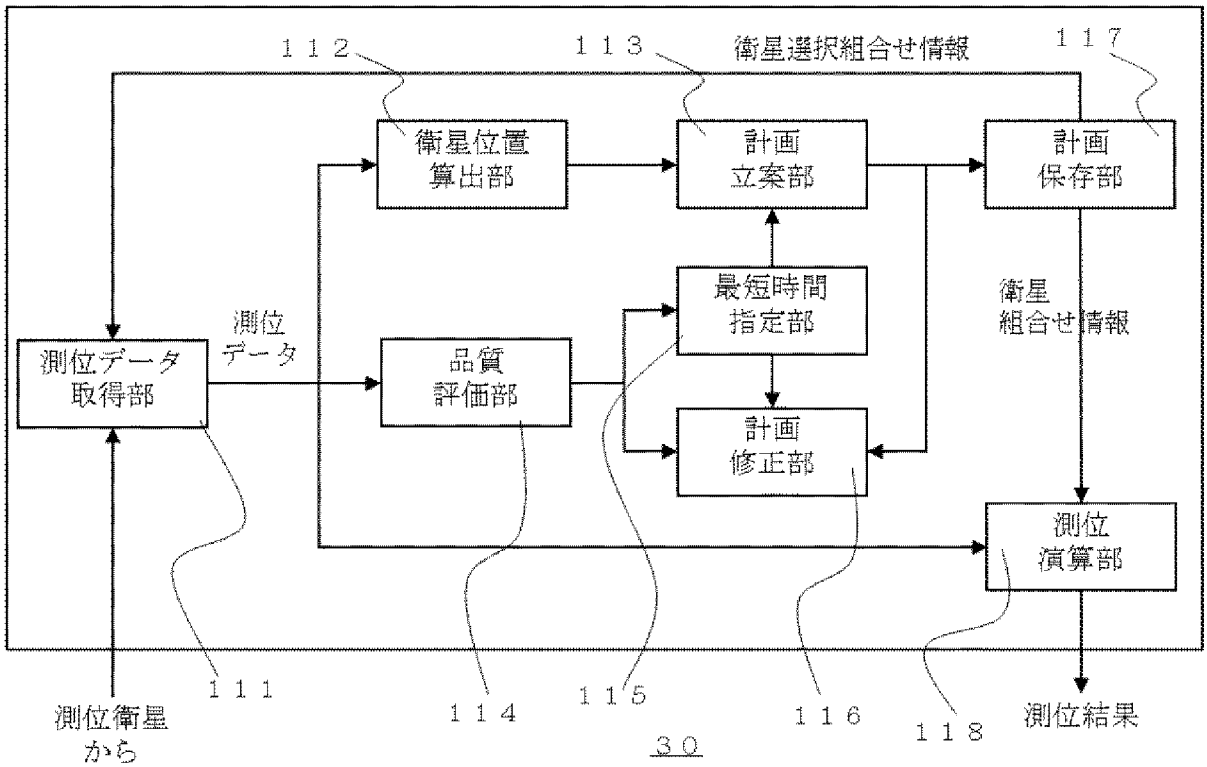
補正後の請求の範囲第１項から第２項、及び、第１６項から第３０項は、国際調査報告に挙げられた文献に対して進歩性を有する。

以上

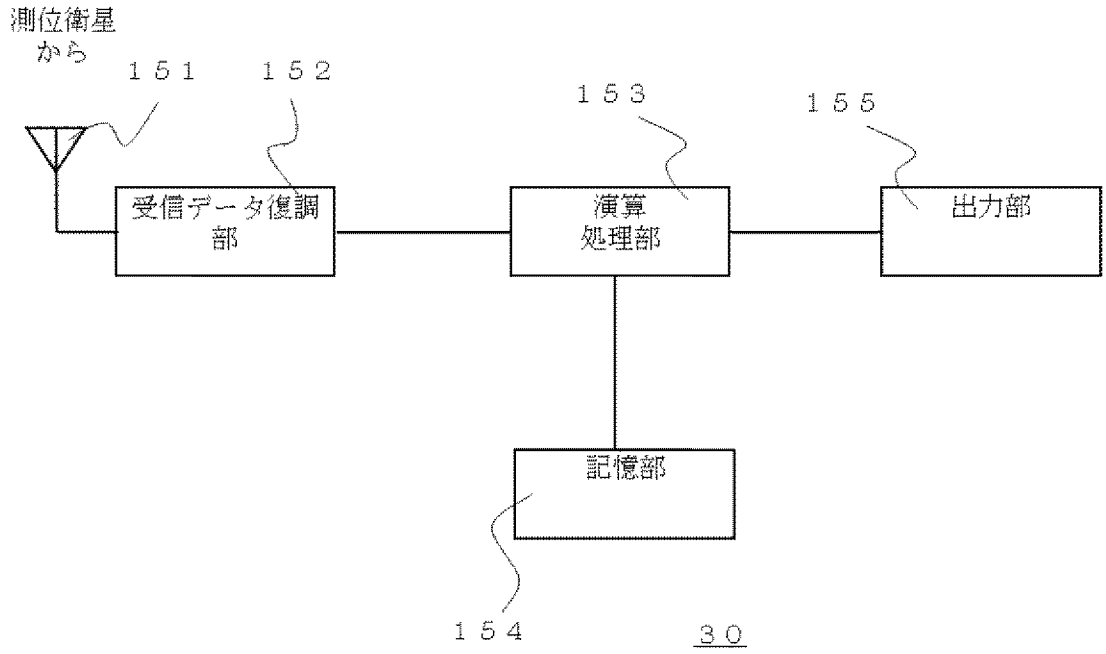
[図1]


10
11
30
20

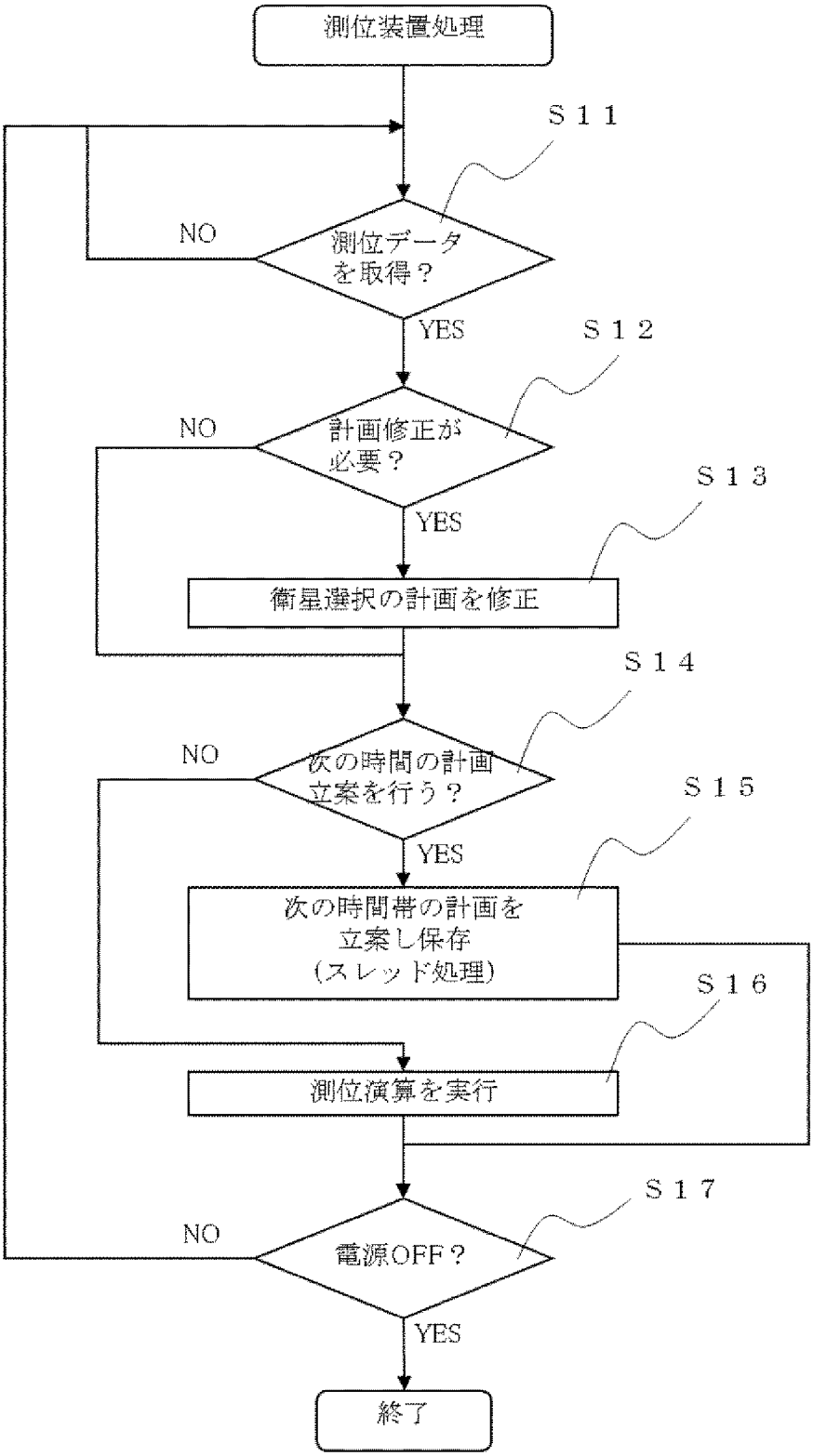
[図2]


112
113
衛星選択組合せ情報
117
衛星位置
算出部
計画
立案部
計画
保存部
最短時間
指定部
衛星
組合せ情報
測位
データ
測位データ
取得部
品質
評価部
計画
修正部
測位
演算部
111
114
115
116
118
測位結果
測位衛星
から
30

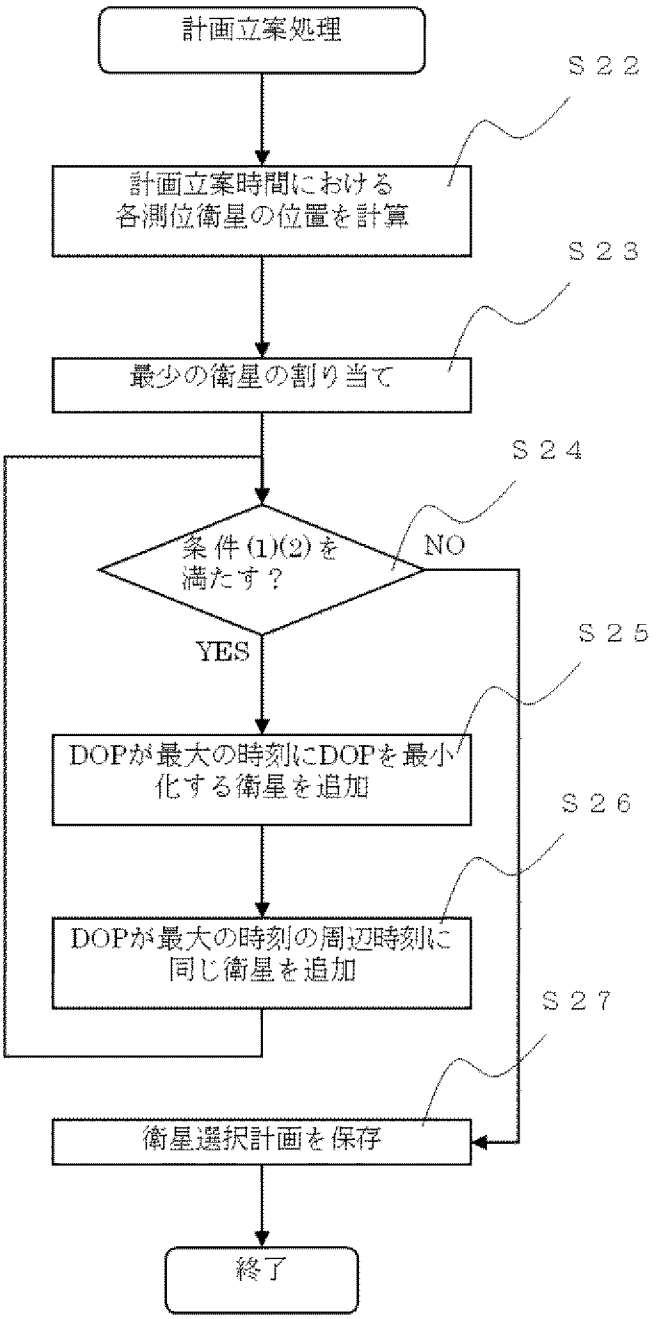
[図3]



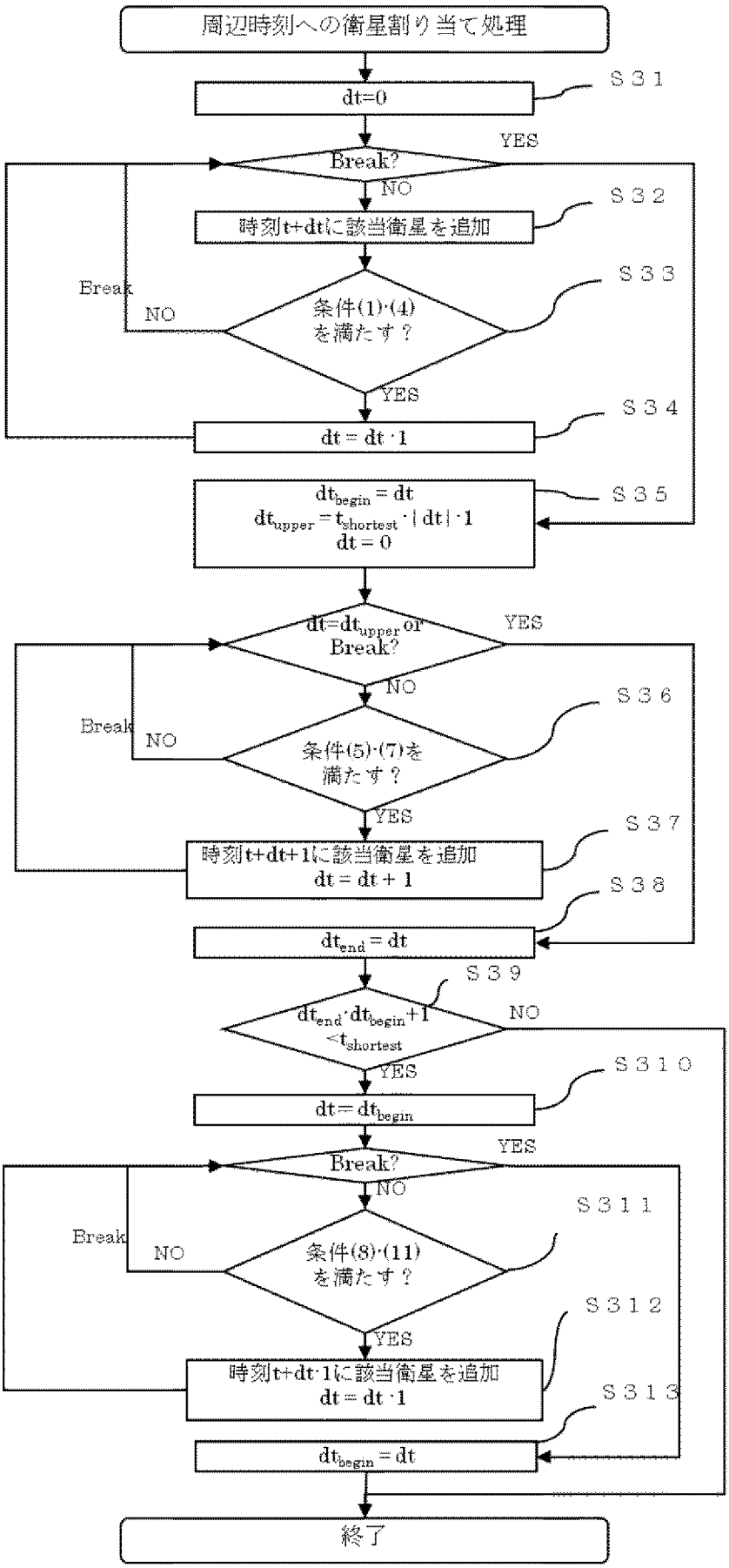
[図4]


測位装置処理
S11
測位データを取得？
NO
YES
S12
計画修正が必要？
NO
YES
S13
衛星選択の計画を修正
S14
次の時間の計画立案を行う？
NO
YES
S15
次の時間帯の計画を立案し保存(スレッド処理)
S16
測位演算を実行
S17
電源OFF？
NO
YES
終了

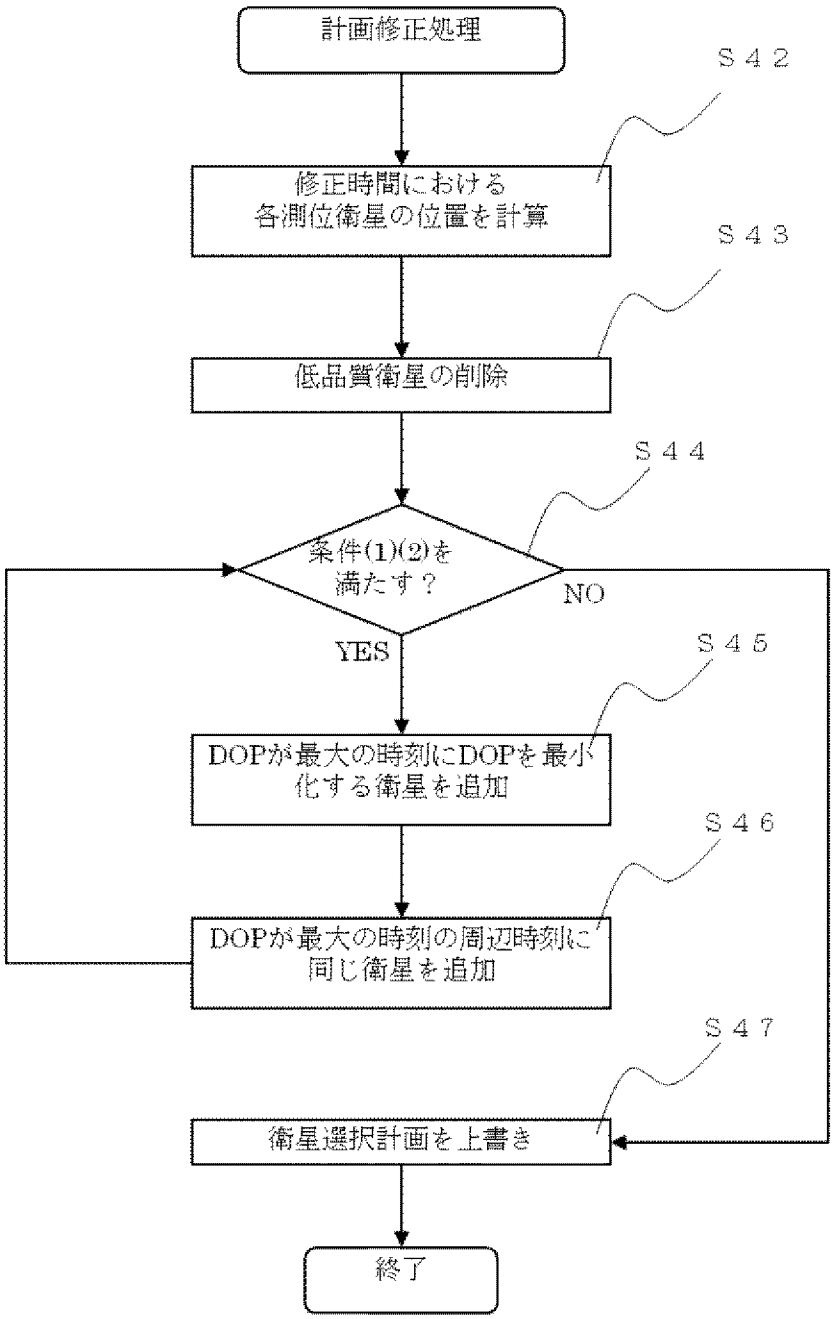
[図5]


計画立案処理
S22
計画立案時間における
各測位衛星の位置を計算
S23
最少の衛星の割り当て
S24
条件(1)(2)を
満たす？
NO
YES
S25
DOPが最大の時刻にDOPを最小
化する衛星を追加
S26
DOPが最大の時刻の周辺時刻に
同じ衛星を追加
S27
衛星選択計画を保存
終了

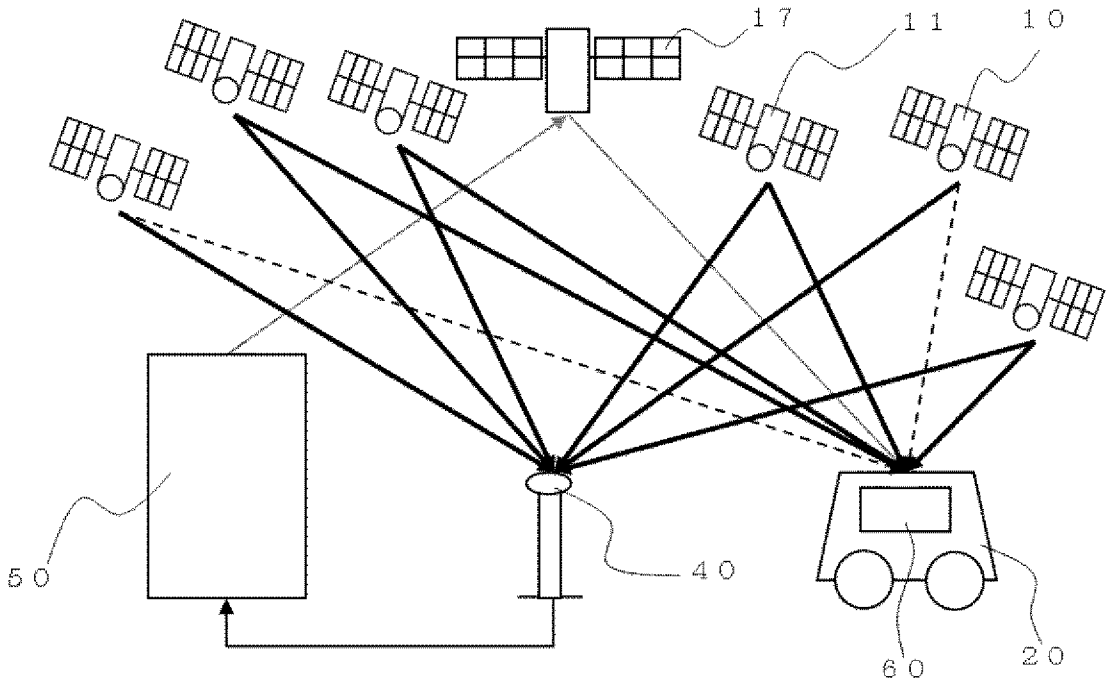
[図6]


周辺時刻への衛星割り当て処理
dt=0
S31
Break?
YES
NO
時刻t+dtに該当衛星を追加
S32
条件(1)･(4)を満たす？
S33
Break
NO
YES
dt = dt ･1
S34
dt_begin = dt
dt_upper = t_shortest ･| dt | ･1
dt = 0
S35
dt=dt_upper or Break?
YES
NO
条件(5)･(7)を満たす？
S36
Break
NO
YES
時刻t+dt+1に該当衛星を追加
dt = dt + 1
S37
dt_end = dt
S38
dt_end ･dt_begin+1 <t_shortest
S39
NO
YES
dt = dt_begin
S310
Break?
YES
NO
条件(8)･(11)を満たす？
S311
Break
NO
YES
時刻t+dt･1に該当衛星を追加
dt = dt ･1
S312
dt_begin = dt
S313
終了

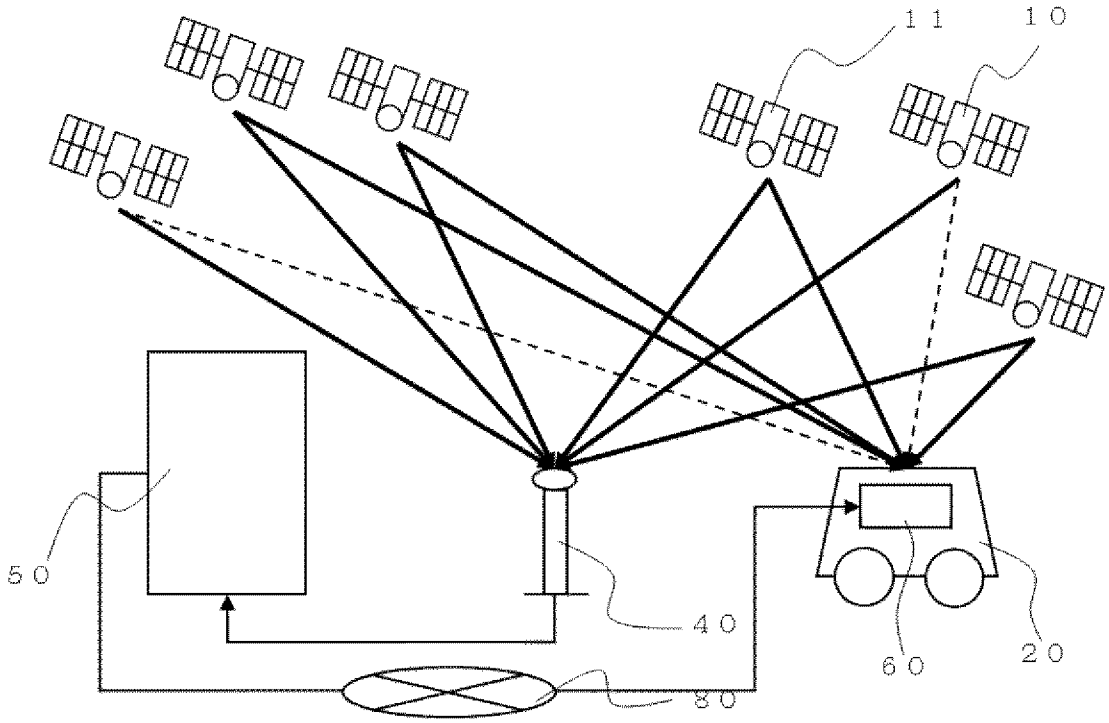
[図7]


計画修正処理
S42
修正時間における
各測位衛星の位置を計算
S43
低品質衛星の削除
S44
条件(1)(2)を
満たす？
NO
YES
S45
DOPが最大の時刻にDOPを最小
化する衛星を追加
S46
DOPが最大の時刻の周辺時刻に
同じ衛星を追加
S47
衛星選択計画を上書き
終了

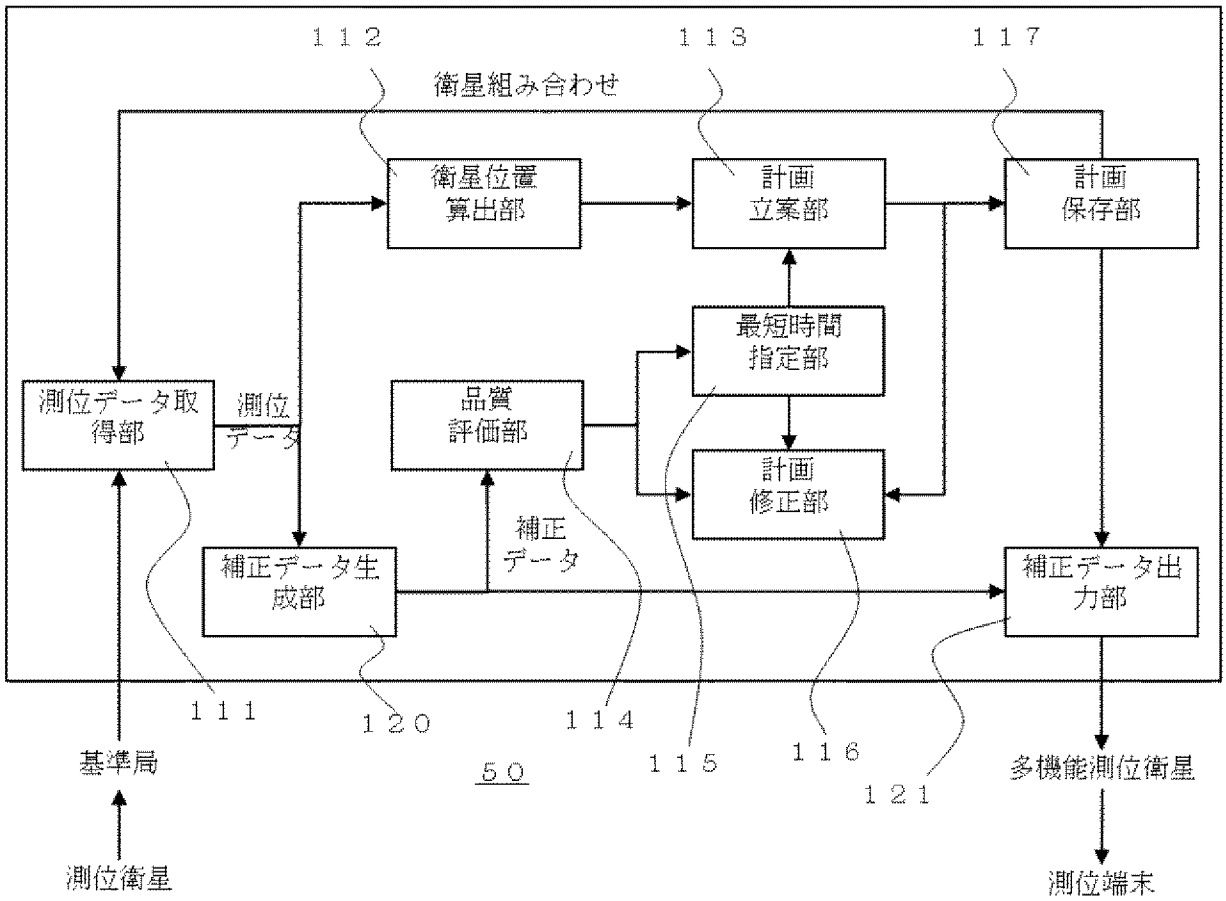
[図8]



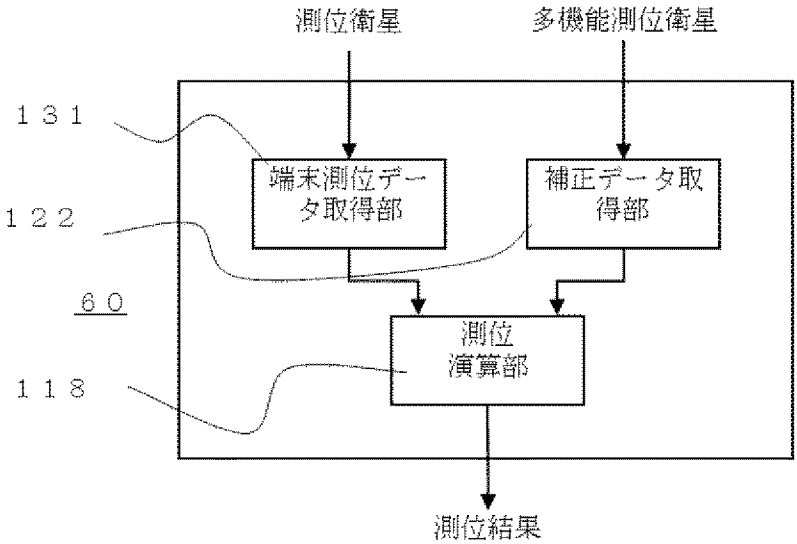
[図9]



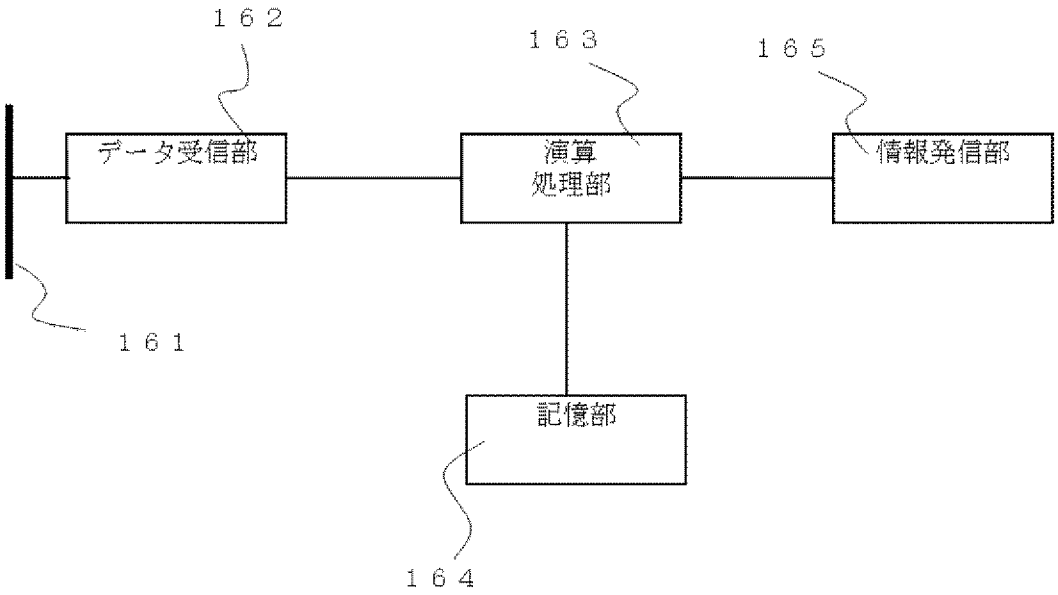
[図10]


112
113
117
衛星組み合わせ
衛星位置算出部
計画立案部
計画保存部
最短時間指定部
測位データ取得部
測位データ
品質評価部
計画修正部
補正データ
補正データ生成部
補正データ出力部
111
120
114
115
116
121
基準局
50
多機能測位衛星
測位衛星
測位端末

[図11]

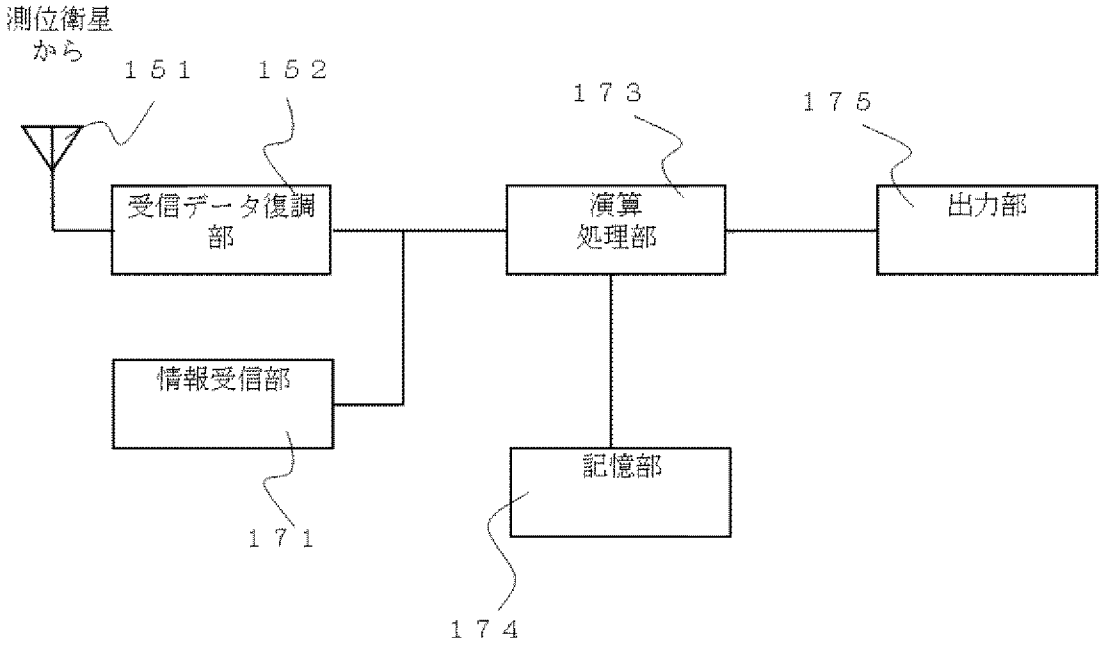

測位衛星
多機能測位衛星
131
端末測位データ取得部
補正データ取得部
122
60
測位演算部
118
測位結果

[図12]


１６２
１６３
１６５
データ受信部
演算
処理部
情報発信部
１６１
記憶部
１６４

５０

[図13]


測位衛星
から
１５１
１５２
１７３
１７５
受信データ復調
部
演算
処理部
出力部
情報受信部
記憶部
１７１
１７４

６０

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/076469

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01S19/28(2010.01)i, *G01S19/07*(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)
G01S19/28, G01S19/07

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 1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015

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.
Y	JP 1-320485 A (Hitachi, Ltd.), 26 December 1989 (26.12.1989), page 2, upper left column, line 16 to page 4, upper right column, line 8; fig. 1 to 5 & US 4928107 A column 2, line 3 to column 9, line 42; fig. 1 to 5b & EP 353849 A1	1-15
Y	JP 2006-504097 A (Qualcomm Inc.), 02 February 2006 (02.02.2006), paragraphs [0008] to [0012], [0024] to [0032] & WO 2004/038451 A1 paragraphs [0009] to [0015], [0044] to [0054] & US 2004/0078140 A1 & CA 2499419 A1 & KR 10-2005-0055030 A & CN 1705895 A	1-15

☒ 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
14 December 2015 (14.12.15)	22 December 2015 (22.12.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/076469

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-276198 A (Panasonic Corp.), 26 November 2009 (26.11.2009), paragraphs [0022], [0043] (Family: none)	1-15
Y	JP 2014-153087 A (Mitsubishi Electric Corp.), 25 August 2014 (25.08.2014), paragraphs [0006] to [0012], [0043] (Family: none)	9-15

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０７６４６９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01S19/28(2010.01)i, G01S19/07(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.　G01S19/28, G01S19/07

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	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５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
Y	JP 1-320485 A (株式会社日立製作所) 1989.12.26, 第2頁左上欄第16行-第4頁右上欄第8行, 第1-5図 & US 4928107 A, 第2欄第3行-第9欄第42行, 第1-5b図 & EP 353849 A1	1-15

☑　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
１４．１２．２０１５	２２．１２．２０１５

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｓ　３２０６
中村　説志
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５８

C（続き）．　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
Y	JP 2006-504097 A（クゥアルコム・インコーポレイテッド） 2006.02.02, 段落 0008-0012,0024-0032 & WO 2004/038451 A1,段落 0009-0015,0044-0054 & US 2004/0078140 A1 & CA 2499419 A1 & KR 10-2005-0055030 A & CN 1705895 A	1-15
Y	JP 2009-276198 A（パナソニック株式会社）2009.11.26, 段落 0022,0043（ファミリーなし）	1-15
Y	JP 2014-153087 A（三菱電機株式会社）2014.08.25, 段落 0006-0012,0043（ファミリーなし）	9-15