

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-187455

(P2007-187455A)

(43) 公開日 平成19年7月26日(2007.7.26)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード(参考)
GO1S 5/14 (2006.01)	GO1S 5/14	2F129
GO1C 21/00 (2006.01)	GO1C 21/00 D	5J062

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2006-3533 (P2006-3533)	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22) 出願日	平成18年1月11日(2006.1.11)	(74) 代理人	100096806 弁理士 岡▲崎▼ 信太郎
		(74) 代理人	100098796 弁理士 新井 全
		(74) 代理人	100127328 弁理士 八木沢 史彦
		(72) 発明者	丁 イメイ 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		Fターム(参考)	2F129 AA02 AA03 BB03 BB04 BB33 BB45 BB64 FF11 FF12 5J062 AA02 AA09 AA12 BB05 CC07 DD22 EE01

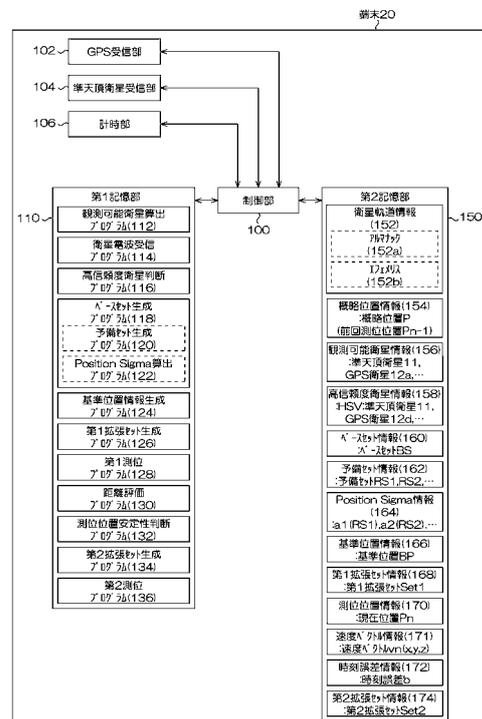
(54) 【発明の名称】 測位装置、測位装置の制御方法、測位装置の制御プログラム

(57) 【要約】

【課題】 前回の測位位置が現在位置と大きく異なる場合であっても、マルチパスを確実に排除することができる測位装置等を提供すること。

【解決手段】 高信頼度衛星HSVを含む基準衛星群BSを生成する基準衛星群情報生成手段と、基準衛星群BSを使用して基準位置BPを示す基準位置情報を生成する基準位置情報生成手段と、第1擬似距離と第1近似距離との差分である第1差分を算出する第1差分算出手段と、第1差分が、直接波に対応する範囲として予め規定した第1測位使用可能範囲内か否かを判断する第1測位使用可能性判断手段と、第1測位使用可能範囲内の第1差分に対応する通常衛星と高信頼度衛星を構成要素とする第1測位使用衛星群を生成する第1測位使用衛星群生成手段と、第1測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第1測位位置情報生成手段等を有する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の測位衛星からの衛星電波に乗せられている測位基礎符号を使用して、現在位置を測位する測位装置であって、

前記衛星電波を受信する衛星電波受信手段と、

前記衛星電波の受信強度及び前記測位衛星の仰角に基づいて前記衛星電波が直接波である信頼度が高いか否かを判断し、前記信頼度が高い前記衛星電波に対応する前記測位衛星である高信頼度衛星を示す高信頼度衛星情報を生成する高信頼度衛星情報生成手段と、

前記高信頼度衛星を構成要素とする基準衛星群を生成する基準衛星群生成手段と、

前記基準衛星群を使用して現在位置を予備測位して、出力用の測位に使用する前記測位衛星を選択するための基準位置を示す基準位置情報を生成する基準位置情報生成手段と、 10

前記高信頼度衛星以外の前記測位衛星である通常衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である第 1 擬似距離を算出する第 1 擬似距離算出手段と、

前記基準位置と、前記通常衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である第 1 近似距離を算出する第 1 近似距離算出手段と、

前記第 1 擬似距離と前記第 1 近似距離との差分である第 1 差分を算出する第 1 差分算出手段と、

前記第 1 差分が、直接波に対応する範囲として予め規定した第 1 測位使用可能範囲内か否かを判断する第 1 測位使用可能性判断手段と、 20

前記高信頼度衛星と前記第 1 測位使用可能範囲内の前記第 1 差分に対応する前記通常衛星とを構成要素とする第 1 測位使用衛星群を生成する第 1 測位使用衛星群生成手段と、

前記第 1 測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第 1 測位位置情報生成手段と、

を有することを特徴とする測位装置。

【請求項 2】

前記高信頼度衛星が 4 個未満である場合には、前記高信頼度衛星と前記通常衛星の合計数が 4 個である予備衛星群を示す予備衛星群情報を生成する予備衛星群情報生成手段と、

各前記予備衛星群を使用して測位計算を行って測位結果を算出し、前記測位結果の Position Sigma を算出する Position Sigma 算出手段を有し、 30

前記基準衛星群情報生成手段は、前記 Position Sigma が最小の前記予備衛星群を前記基準衛星群とする構成となっていることを特徴とする請求項 1 に記載の測位装置。

【請求項 3】

複数の測位衛星からの衛星電波に乗せられている測位基礎符号を使用して、現在位置を測位する測位装置であって、

前記衛星電波を受信する衛星電波受信手段と、

前記衛星電波の受信強度及び前記測位衛星の仰角に基づいて前記衛星電波が直接波である信頼度が高いか否かを判断し、前記信頼度が高い前記衛星電波に対応する前記測位衛星である高信頼度衛星を示す高信頼度衛星情報を生成する高信頼度衛星情報生成手段と、 40

前記高信頼度衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である高信頼度衛星擬似距離を算出する高信頼度衛星擬似距離算出手段と、

前回の前記測位位置と、前回の前記測位装置の速度ベクトル及び前回測位時から現在までの経過時間に基づいて、現在の予測位置を算出する予測位置算出手段と、

前記予測位置と、前記高信頼度衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である高信頼度衛星近似距離を算出する高信頼度衛星近似距離算出手段と、

前記高信頼度衛星擬似距離と前記高信頼度衛星近似距離との差分である高信頼度衛星差分を算出する高信頼度衛星差分算出手段と、

すべての前記高信頼度衛星差分の平均値である平均差分を算出する平均差分算出手段と 50

前記高信頼度衛星以外の前記測位衛星である通常衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である第2擬似距離を算出する第2擬似距離算出手段と、

前記予測位置と、前記通常衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である第2近似距離を算出する第2近似距離算出手段と、

前記第2擬似距離と前記第2近似距離との差分である第2差分を算出する第2差分算出手段と、

前記平均差分と前記第2差分との差分である測位使用可能性判定値を算出する測位使用可能性判定値算出手段と、

前記測位使用可能性判定値が、直接波に対応する範囲として予め規定した第2測位使用可能範囲内か否かを判断する第2測位使用可能性判断手段と、

前記高信頼度衛星と前記第2測位使用可能範囲内の前記測位使用可能性判定値に対応する前記通常衛星とを構成要素とする第2測位使用衛星群を生成する第2測位使用衛星群生成手段と、

前記第2測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第2測位位置情報生成手段と、

を有することを特徴とする測位装置。

【請求項4】

複数の測位衛星からの衛星電波に乗せられている測位基礎符号を使用して、現在位置を測位する測位装置であって、

前記衛星電波を受信する衛星電波受信手段と、

前記衛星電波の受信強度及び前記測位衛星の仰角に基づいて前記衛星電波が直接波である信頼度が高いか否かを判断し、前記信頼度が高い前記衛星電波に対応する前記測位衛星である高信頼度衛星を示す高信頼度衛星情報を生成する高信頼度衛星情報生成手段と、

前記高信頼度衛星を構成要素とする基準衛星群を生成する基準衛星群生成手段と、

前記基準衛星群を使用して現在位置を予備測位して、出力用の測位に使用する前記測位衛星を選択するための基準位置を示す基準位置情報を生成する基準位置情報生成手段と、

前記高信頼度衛星以外の前記測位衛星である通常衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である第1擬似距離を算出する第1擬似距離算出手段と、

前記基準位置と、前記通常衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である第1近似距離を算出する第1近似距離算出手段と、

前記第1擬似距離と前記第1近似距離との差分である第1差分を算出する第1差分算出手段と、

前記第1差分が、直接波に対応する範囲として予め規定した第1測位使用可能範囲内か否かを判断する第1測位使用可能性判断手段と、

前記高信頼度衛星と前記第1測位使用可能範囲内の前記第1差分に対応する前記通常衛星とを構成要素とする第1測位使用衛星群を生成する第1測位使用衛星群生成手段と、

前記第1測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第1測位位置情報生成手段と、

連続して出力される2つの前記測位位置の距離が、予め規定した安定距離範囲内であるか否かを判断する距離評価手段と、

連続して出力される2つの前記測位位置の距離が前記安定距離範囲内であるという判断が、前記測位位置の安定性を判断するために予め規定した回数又は時間において継続したか否かを判断する測位位置安定性判断手段と、

前記高信頼度衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である高信頼度衛星擬似距離を算出する高信頼度衛星擬似距離算出手段と、

前回の前記測位位置と、前回の前記測位装置の速度ベクトル及び前回測位時から現在ま

10

20

30

40

50

での経過時間に基づいて、現在の予測位置を算出する予測位置算出段と、

前記予測位置と、前記高信頼度衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である高信頼度衛星近似距離を算出する高信頼度衛星近似距離算出手段と、

前記高信頼度衛星擬似距離と前記高信頼度衛星近似距離との差分である高信頼度衛星差分を算出する高信頼度衛星差分算出手段と、

すべての前記高信頼度衛星差分の平均値である平均差分を算出する平均差分算出手段と

、
前記高信頼度衛星以外の前記測位衛星である通常衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である第2擬似距離を算出する第2擬似距離算出手段と、

10

前記予測位置と、前記通常衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である第2近似距離を算出する第2近似距離算出手段と、

前記第2擬似距離と前記第2近似距離との差分である第2差分を算出する第2差分算出手段と、

前記平均差分と前記第2差分との差分である測位使用可能性判定値を算出する測位使用可能性判定値算出手段と、

前記測位使用可能性判定値が、直接波に対応する範囲として予め規定した第2測位使用可能範囲内か否かを判断する第2測位使用可能性判断手段と、

前記高信頼度衛星と前記第2測位使用可能範囲内の前記測位使用可能性判定値に対応する前記通常衛星とを構成要素とする第2測位使用衛星群を生成する第2測位使用衛星群生成手段と、

20

前記第2測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第2測位位置情報生成手段と、

を有することを特徴とする測位装置。

【請求項5】

前記測位衛星は、準天頂衛星を含むことを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の測位装置。

【請求項6】

前記測位位置情報生成手段は、現在位置の緯度、経度、高度及び前記測位装置の時刻誤差を未知数とする方程式について、前記高信頼度衛星についての前記方程式の平均を使用することによって、未知数としての前記時刻誤差を消去することを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の測位装置。

30

【請求項7】

複数の測位衛星からの衛星電波に乗せられている測位基礎符号を使用して、現在位置を測位する測位装置が、前記衛星電波を受信する衛星電波受信ステップと、

前記測位装置が、前記衛星電波の受信強度及び前記測位衛星の仰角に基づいて前記衛星電波が直接波である信頼度が高いか否かを判断し、前記信頼度が高い前記衛星電波に対応する前記測位衛星である高信頼度衛星を示す高信頼度衛星情報を生成する高信頼度衛星情報生成ステップと、

前記測位装置が、前記高信頼度衛星を含む基準衛星群を示す基準衛星群情報を生成する基準衛星群情報生成ステップと、

40

前記測位装置が、前記基準衛星群を使用して現在位置を予備測位して、出力用の測位に使用する前記測位衛星を選択するための基準位置を示す基準位置情報を生成する基準位置情報生成ステップと、

前記測位装置が、前記基準衛星群に含まれない前記測位衛星である通常衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である第1擬似距離を算出する第1擬似距離算出ステップと、

前記測位装置が、前記基準位置と、前記基準衛星群に含まれない前記通常衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である第1近似距離を示す第1近似距離情報を算出する第1近似距離算出ステップと、

50

前記測位装置が、前記第 1 擬似距離と前記第 1 近似距離との差分である第 1 差分を算出する第 1 差分算出ステップと、

前記測位装置が、前記第 1 差分が、直接波に対応する範囲として予め規定した第 1 測位使用可能範囲内か否かを判断する第 1 測位使用可能性判断ステップと、

前記測位装置が、前記高信頼度衛星と前記第 1 測位使用可能範囲内の前記第 1 差分に対応する前記通常衛星とを構成要素とする第 1 測位使用衛星群を生成する第 1 測位使用衛星群生成ステップと、

前記測位装置が、前記第 1 測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第 1 測位位置情報生成ステップと、

前記測位装置が、連続して出力される 2 つの前記測位位置の距離が、予め規定した安定距離範囲内であるか否かを判断する距離評価ステップと、 10

前記測位装置が、連続して出力される 2 つの前記測位位置の距離が前記安定距離範囲内であるという判断が、前記測位位置の安定性を判断するために予め規定した回数又は時間において継続したか否かを判断する測位位置安定性判断ステップと、

前記測位装置が、前記高信頼度衛星についての前記擬似距離である高信頼度衛星擬似距離を算出する高信頼度衛星擬似距離算出ステップと、

前記測位装置が、前回の前記測位位置と、前回の前記測位装置の速度ベクトル及び前回測位時から現在までの経過時間に基づいて、現在の予測位置を算出する予測位置算出ステップと、

前記測位装置が、前記予測位置と、前記高信頼度衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である高信頼度衛星近似距離を算出する高信頼度衛星近似距離算出ステップと、 20

前記測位装置が、前記高信頼度衛星擬似距離と前記高信頼度衛星近似距離との差分である高信頼度衛星差分を算出する高信頼度衛星差分算出ステップと、

前記測位装置が、すべての前記高信頼度衛星差分の平均値である平均差分算出する平均差分算出ステップと、

前記測位装置が、前記通常衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である第 2 擬似距離を算出する第 2 擬似距離算出ステップと、

前記測位装置が、前記予測位置と、前記通常衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である第 2 近似距離を算出する第 2 近似距離算出ステップと、 30

前記測位装置が、前記第 2 擬似距離と前記第 2 近似距離との差分である第 2 差分を算出する第 2 差分算出ステップと、

前記測位装置が、前記平均差分と前記第 2 差分との差分である測位使用可能性判定値を算出する測位使用判定値算出ステップと、

前記測位装置が、前記測位使用可能性判定値が、直接波に対応する範囲として予め規定した第 2 測位使用可能範囲内か否かを判断する第 2 測位使用可能性判断ステップと、

前記測位装置が、前記高信頼度衛星と前記第 2 測位使用可能範囲内の前記第 2 差分に対応する前記通常衛星とを構成要素とする第 2 測位使用衛星群を生成する第 2 測位使用衛星群生成ステップと、

前記測位装置が、前記第 2 測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第 2 測位位置情報生成ステップと、 40

を有することを特徴とする測位装置の制御方法。

【請求項 8】

コンピュータに、

複数の測位衛星からの衛星電波に乗せられている測位基礎符号を使用して、現在位置を測位する測位装置が、前記衛星電波を受信する衛星電波受信ステップと、

前記測位装置が、前記衛星電波の受信強度及び前記測位衛星の仰角に基づいて前記衛星電波が直接波である信頼度が高いか否かを判断し、前記信頼度が高い前記衛星電波に対応する前記測位衛星である高信頼度衛星を示す高信頼度衛星情報を生成する高信頼度衛星情報生成ステップと、

前記測位装置が、前記高信頼度衛星を含む基準衛星群を示す基準衛星群情報を生成する基準衛星群情報生成ステップと、

前記測位装置が、前記基準衛星群を使用して現在位置を予備測位して、出力用の測位に使用する前記測位衛星を選択するための基準位置を示す基準位置情報を生成する基準位置情報生成ステップと、

前記測位装置が、前記基準衛星群に含まれない前記測位衛星である通常衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である第1擬似距離を算出する第1擬似距離算出ステップと、

前記測位装置が、前記基準位置と、前記基準衛星群に含まれない前記通常衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である第1近似距離を示す第1近似距離情報を算出する第1近似距離算出ステップと、

前記測位装置が、前記第1擬似距離と前記第1近似距離との差分である第1差分を算出する第1差分算出ステップと、

前記測位装置が、前記第1差分が、直接波に対応する範囲として予め規定した第1測位使用可能範囲内か否かを判断する第1測位使用可能性判断ステップと、

前記測位装置が、前記高信頼度衛星と前記第1測位使用可能範囲内の前記第1差分に対応する前記通常衛星とを構成要素とする第1測位使用衛星群を生成する第1測位使用衛星群生成ステップと、

前記測位装置が、前記第1測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第1測位位置情報生成ステップと、

前記測位装置が、連続して出力される2つの前記測位位置の距離が、予め規定した安定距離範囲内であるか否かを判断する距離評価ステップと、

前記測位装置が、連続して出力される2つの前記測位位置の距離が前記安定距離範囲内であるという判断が、前記測位位置の安定性を判断するために予め規定した回数又は時間において継続したか否かを判断する測位位置安定性判断ステップと、

前記測位装置が、前記高信頼度衛星についての前記擬似距離である高信頼度衛星擬似距離を算出する高信頼度衛星擬似距離算出ステップと、

前記測位装置が、前回の前記測位位置と、前回の前記測位装置の速度ベクトル及び前回測位時から現在までの経過時間に基づいて、現在の予測位置を算出する予測位置算出ステップと、

前記測位装置が、前記予測位置と、前記高信頼度衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である高信頼度衛星近似距離を算出する高信頼度衛星近似距離算出ステップと、

前記測位装置が、前記高信頼度衛星擬似距離と前記高信頼度衛星近似距離との差分である高信頼度衛星差分を算出する高信頼度衛星差分算出ステップと、

前記測位装置が、すべての前記高信頼度衛星差分の平均値である平均差分算出する平均差分算出ステップと、

前記測位装置が、前記通常衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である第2擬似距離を算出する第2擬似距離算出ステップと、

前記測位装置が、前記予測位置と、前記通常衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である第2近似距離を算出する第2近似距離算出ステップと、

前記測位装置が、前記第2擬似距離と前記第2近似距離との差分である第2差分を算出する第2差分算出ステップと、

前記測位装置が、前記平均差分と前記第2差分との差分である測位使用可能性判定値を算出する測位使用判定値算出ステップと、

前記測位装置が、前記測位使用可能性判定値が、直接波に対応する範囲として予め規定した第2測位使用可能範囲内か否かを判断する第2測位使用可能性判断ステップと、

前記測位装置が、前記高信頼度衛星と前記第2測位使用可能範囲内の前記第2差分に対応する前記通常衛星とを構成要素とする第2測位使用衛星群を生成する第2測位使用衛星群生成ステップと、

10

20

30

40

50

前記測位装置が、前記第2測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第2測位位置情報生成ステップと、

を実行させることを特徴とする測位装置の制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、測位衛星からの電波を利用する測位装置、測位装置の制御方法、測位装置の制御プログラムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、衛星航法システムである例えば、GPS (Global Positioning System) を利用してGPS受信機の現在位置を測位する測位システムが実用化されている。

このGPS受信機は、GPS衛星の軌道等を示す航法メッセージ(概略衛星軌道情報: アルマナック、精密衛星軌道情報: エフェリス等を含む)に基づいて、GPS衛星からの電波(以後、衛星電波と呼ぶ)に乗せられている擬似雑音符号(以後、PN(Pseudo random noise code)符号と呼ぶ)の一つであるC/A(Clear and AcquisitionまたはCoarse and Access)コードを受信する。C/Aコードは、測位の基礎となる測位基礎符号である。

GPS受信機は、そのC/AコードがどのGPS衛星から発信されたものであるかを特定したうえで、そのC/Aコードの発信時刻と受信時刻に基づいて、GPS衛星とGPS受信機の距離(擬似距離)を算出する。そして、GPS受信機は、3個以上のGPS衛星についての擬似距離と、各GPS衛星の衛星軌道上の位置に基づいて、GPS受信機の位置を測位するようになっている(特開平10-339772号公報等参照)。

ここで、衛星電波はGPS受信機に直接波として到達する場合のほかに、建物等に反射して間接波(以下「マルチパス」と呼ぶ)として到達する場合がある。

マルチパスにおいては、C/Aコードの受信時刻が直接波に比べて遅れるため、擬似距離に誤差を生じる。この結果、測位精度が劣化するという問題がある。

これに対して、各GPS衛星について、擬似距離と、前回の測位位置とGPS衛星の衛星軌道上の現在位置との距離(近似距離)とを算出し、擬似距離と近似距離との差が予め定めた誤差許容範囲を越えた場合にマルチパスであると判断し、マルチパスを測位計算に使用しない技術が提案されている(例えば、特許文献1)。

【特許文献1】特開2003-57327号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、上述の技術においては、前回の測位位置を現在位置と擬制しているため、高速で移動している場合や衛星電波を長時間受信できない場合等、前回の測位位置が現在位置と大きく異なる場合には有効ではない。上述の技術は、例えば、衛星電波を長時間受信できない場合に上述の誤差許容範囲を大きくして対応しているが、誤差許容範囲を大きくするとマルチパスを排除できない場合があるという問題がある。

すなわち、前回の測位位置が現在位置と大きく異なる可能性がある場合に、誤差許容範囲を調整すると、その調整の仕方が不適切であれば、マルチパスを排除できない場合がある。

また、マルチパスと直接波を区別するために、GPS受信機の速度等に応じて誤差許容範囲を調整することは困難であり、上述の特許文献1にも誤差許容範囲の調整方法は具体的に開示されていない。

【0004】

そこで、本発明は、前回の測位位置が現在位置と大きく異なる場合であっても、マルチパスを確実に排除することができる測位装置、測位装置の制御方法、測位装置の制御プロ

10

20

30

40

50

グラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

前記目的は、第1の発明によれば、複数の測位衛星からの衛星電波に乗せられている測位基礎符号を使用して、現在位置を測位する測位装置であって、前記衛星電波を受信する衛星電波受信手段と、前記衛星電波の受信強度及び前記測位衛星の仰角に基づいて前記衛星電波が直接波である信頼度が高いか否かを判断し、前記信頼度が高い前記衛星電波に対応する前記測位衛星である高信頼度衛星を示す高信頼度衛星情報を生成する高信頼度衛星情報生成手段と、前記高信頼度衛星を構成要素とする基準衛星群を生成する基準衛星群生成手段と、前記基準衛星群を使用して現在位置を予備測位して、出力用の測位に使用する前記測位衛星を選択するための基準位置を示す基準位置情報を生成する基準位置情報生成手段と、前記高信頼度衛星以外の前記測位衛星である通常衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である第1擬似距離を算出する第1擬似距離算出手段と、前記基準位置と、前記通常衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である第1近似距離を算出する第1近似距離算出手段と、前記第1擬似距離と前記第1近似距離との差分である第1差分を算出する第1差分算出手段と、前記第1差分が、直接波に対応する範囲として予め規定した第1測位使用可能範囲内か否かを判断する第1測位使用可能性判断手段と、前記高信頼度衛星と前記第1測位使用可能範囲内の前記第1差分に対応する前記通常衛星とを構成要素とする第1測位使用衛星群を生成する第1測位使用衛星群生成手段と、前記第1測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第1測位位置情報生成手段と、を有することを特徴とする測位装置により達成される。

【0006】

第1の発明の構成によれば、前記測位装置は、前記基準衛星群情報生成手段を有するから、前記基準衛星群情報を生成することができる。前記基準衛星群は、前記高信頼度衛星を構成要素としている。すなわち、前記基準衛星群は直接波に対応する前記測位衛星のみを含み、マルチパスに対応する前記測位衛星を確実に排除して形成されている。

そして、前記測位装置は、前記基準位置情報生成手段を有するから、前記基準位置情報を生成することができる。前記基準位置は、前回の測位位置に基づいて予測した位置ではなくて、実際に現在位置を測位することによって算出された位置である。すなわち、前記基準位置は、現在位置そのものである。

しかも、前記基準位置は前記基準衛星群を使用して生成されているから、マルチパスを排除して算出されており、マルチパスの影響による測位精度の劣化はない。

そして、前記測位装置は、前記第1擬似距離算出手段によって前記第1擬似距離を算出することができる。前記第1近似距離算出手段によって前記第1近似距離を算出することができる。本明細書において「近似距離」は、基準となる地上の位置と測位衛星の現在時刻における衛星軌道上の座標（以後「現在座標」と呼ぶ）との距離を意味する。

ここで、前記第1近似距離は、前回の測位位置に基づいて予測した位置を基礎とするのではなくて、前記基準位置を基礎としているから精度が高い。

さらに、前記測位装置は、前記第1測位使用可能性判断手段によって、前記第1擬似距離と前記第1近似距離との差分である前記第1差分が、直接波に対応する範囲として予め規定した前記第1測位使用可能範囲内か否かを判断することができる。

そして、前記測位装置は、前記第1測位使用衛星群生成手段を有するから前記第1測位使用衛星群を生成することができる。

上述のように、前記基準位置は現在位置そのものであるから、前記測位装置の移動速度や前記衛星電波を受信することができなかつた時間によって、前記第1測位使用可能範囲を変更する必要はない。言い換えると、前記第1測位使用可能範囲を直接波に対応する範囲として予め規定すれば、前記測位装置の移動速度や前記衛星電波を受信することができなかつた時間にかかわらず、その前記第1測位使用可能範囲を使用することができる。

このため、前記測位装置は、マルチパスに対応する前記通常衛星だけを確実に排除し、

10

20

30

40

50

直接波に対応する前記測位衛星だけで前記第1測位使用衛星群を形成することができる。

そして、前記測位装置は、前記第1測位位置情報生成手段によって、前記第1測位使用衛星群を使用して前記測位位置情報を生成するから、マルチパスを排除して前記測位位置情報を生成することができる。

以上のように、前記測位装置は、前回の測位位置が現在位置と大きく異なる場合であっても、マルチパスを確実に排除することができる。

また、上述のように、前記測位装置は、前記基準衛星群情報を出力用の測位には使用せずに、前記基準位置情報を生成するために使用する。そして、前記測位装置は、前記第1測位使用衛星群を使用して、出力する前記測位位置情報を生成する。

前記基準衛星群は、マルチパスを送信する前記測位衛星を含まないが、仰角が高い前記測位衛星で構成されるため、天空における配置(PDOP等)が必ずしも良好ではない。 10

このため、前記測位装置は、前記第1測位使用衛星群を使用して、出力するための前記測位位置情報を生成する。前記第1測位使用可能範囲内の前記通常衛星は、前記高信頼度衛星以外の前記測位衛星であって、直接波に対応する衛星である。従って、前記第1測位使用衛星群を構成する衛星数は、前記基準衛星群を構成する衛星数以上である。これは、前記第1測位使用衛星群のPDOP等は、前記基準衛星群のPDOP等よりも良好である可能性が大きいことを意味する。

このため、前記測位装置は、前記第1測位使用衛星群を使用することによって、高精度の前記測位位置情報を生成することができる。

【0007】

20

第2の発明は、第1の発明の構成において、前記高信頼度衛星が4個未満である場合には、前記高信頼度衛星と前記通常衛星の合計数が4個である予備衛星群を示す予備衛星群情報を生成する予備衛星群情報生成手段と、各前記予備衛星群を使用して測位計算を行って測位結果を算出し、前記測位結果のPosition Sigmaを算出するPosition Sigma算出手段を有し、前記基準衛星群情報生成手段は、前記Position Sigmaが最小の前記予備衛星群を前記基準衛星群とする構成となっていることを特徴とする測位装置である。

【0008】

第2の発明の構成によれば、前記測位装置は、前記高信頼度衛星が4個未満である場合には、前記Position Sigmaが最小の前記予備衛星群を前記基準衛星群とすることができる。ここで、Position Sigmaとは、測位結果の標準偏差を意味する。従って、Position Sigmaが小さいほど、測位結果のばらつきは小さく、測位結果は安定している。このため、Position Sigmaが小さい前記予備衛星群を使用した測位結果ほど、信頼性が高い。 30

このため、前記測位装置は、前記高信頼度衛星が4個未満であっても、信頼性が高い前記基準位置情報を生成することができる。

【0009】

前記目的は、第3の発明によれば、複数の測位衛星からの衛星電波に乗せられている測位基礎符号を使用して、現在位置を測位する測位装置であって、前記衛星電波を受信する衛星電波受信手段と、前記衛星電波の受信強度及び前記測位衛星の仰角に基づいて前記衛星電波が直接波である信頼度が高いか否かを判断し、前記信頼度が高い前記衛星電波に対応する前記測位衛星である高信頼度衛星を示す高信頼度衛星情報を生成する高信頼度衛星情報生成手段と、前記高信頼度衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である高信頼度衛星擬似距離を算出する高信頼度衛星擬似距離算出手段と、前回の前記測位位置と、前回の前記測位装置の速度ベクトル及び前回測位時から現在までの経過時間に基づいて、現在の予測位置を算出する予測位置算出手段と、前記予測位置と、前記高信頼度衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である高信頼度衛星近似距離を算出する高信頼度衛星近似距離算出手段と、前記高信頼度衛星擬似距離と前記高信頼度衛星近似距離との差分である高信頼度衛星差分を算出する高信頼度衛星差分算出手段と、すべての前記高信頼度衛星差分の平均 40 50

値である平均差分を算出する平均差分算出手段と、前記高信頼度衛星以外の前記測位衛星である通常衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である第2擬似距離を算出する第2擬似距離算出手段と、前記予測位置と、前記通常衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である第2近似距離を算出する第2近似距離算出手段と、前記第2擬似距離と前記第2近似距離との差分である第2差分を算出する第2差分算出手段と、前記平均差分と前記第2差分との差分である測位使用可能性判定値を算出する測位使用可能性判定値算出手段と、前記測位使用可能性判定値が、直接波に対応する範囲として予め規定した第2測位使用可能範囲内か否かを判断する第2測位使用可能性判断手段と、前記高信頼度衛星と前記第2測位使用可能範囲内の前記測位使用可能性判定値に対応する前記通常衛星とを構成要素とする第2測位使用衛星群を生成する第2測位使用衛星群生成手段と、前記第2測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第2測位位置情報生成手段と、を有することを特徴とする測位装置によって達成される。

10

【0010】

第3の発明の構成によれば、前記測位装置は、前記予測位置算出手段を有するから、前記予測位置を算出することができる。

前記予測位置は、前回の前記測位位置と、前回の前記測位装置の速度ベクトル及び前回測位時から現在までの経過時間に基づいて生成されているから、現在位置と擬制することができる。すなわち、前記予測位置は、前記測位装置の移動速度や、前記衛星電波を受信することができなかつた時間にかかわらず、現在位置と擬制することができる。これは、前記測位装置は、前回の前記測位位置を現在位置であると擬制するのではないことを意味する。

20

そして、前記測位装置は、前記平均差分算出手段によって、前記平均差分を算出することができる。前記平均差分は、前記高信頼度衛星差分の平均値であるから、直接波の擬似距離と近似距離の差分を正確に示している。このため、前記平均差分は、前記通常衛星からの前記衛星電波がマルチパスであるか否かを正確に判断するための基礎となる情報である。

そして、前記測位装置は、前記第2擬似距離算出手段によって、前記第2擬似距離を算出ことができ、前記第2近似距離算出手段によって、前記第2近似距離を算出することができる。前記第2近似距離は、前回の前記測位位置を基準にして生成したのではなくて、前記予測位置を基準に生成されているから精度が高い。

30

そして、前記測位装置は、前記第2差分算出手段によって、前記第2差分を算出ことができ、前記測位使用可能性判定値算出手段によって、前記測位使用可能性判定値を算出することができる。

そして、前記測位装置は、第2測位使用可能性判断手段を有するから、前記測位使用可能性判定値が、直接波に対応する範囲として予め規定した第2測位使用可能範囲内か否かを判断することができる。

すなわち、前記第2差分だけを基準にして直接波とマルチパスを区別するのではなくて、現時点において実際に算出した前記平均差分との差分である前記測位使用可能性判定値を使用して直接波とマルチパスを区別するから、前記衛星電波の受信状況に応じて、より確実に、直接波とマルチパスを区別することができる。

40

また、前記平均差分及び前記第2差分の基礎となる前記予測位置は、現在位置と擬制することができるから、前記測位装置の移動速度や前記衛星電波を受信することができなかつた時間にかかわらず、同一の前記第2測位使用可能範囲を使用することができる。このため、確実に前記マルチパスを排除することができる。

そして、前記測位装置は、前記第2測位使用衛星群生成手段によって、前記第2測位使用衛星群を生成することができる、前記第2測位位置情報生成手段によって、出力用の前記測位位置情報を生成することができる。

上述のように、前記測位装置は、前記第2測位使用衛星群を使用して、出力するための前記測位位置情報を生成する。前記第2測位使用衛星群を構成する衛星数は、前記高信頼

50

度衛星衛星数以上である。したがって、前記第2測位使用衛星群のPDOP等は、前記高信頼度衛星だけのPDOP等よりも良好である可能性が大きい。

このため、前記測位装置は、前記第2測位使用衛星群を使用することによって、高精度の前記測位位置情報を生成することができる。

【0011】

前記目的は、第4の発明によれば、複数の測位衛星からの衛星電波に乗せられている測位基礎符号を使用して、現在位置を測位する測位装置であって、前記衛星電波を受信する衛星電波受信手段と、前記衛星電波の受信強度及び前記測位衛星の仰角に基づいて前記衛星電波が直接波である信頼度が高いか否かを判断し、前記信頼度が高い前記衛星電波に対応する前記測位衛星である高信頼度衛星を示す高信頼度衛星情報を生成する高信頼度衛星情報生成手段と、前記高信頼度衛星を構成要素とする基準衛星群を生成する基準衛星群生成手段と、前記基準衛星群を使用して現在位置を予備測位して、出力用の測位に使用する前記測位衛星を選択するための基準位置を示す基準位置情報を生成する基準位置情報生成手段と、前記高信頼度衛星以外の前記測位衛星である通常衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である第1擬似距離を算出する第1擬似距離算出手段と、前記基準位置と、前記通常衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である第1近似距離を算出する第1近似距離算出手段と、前記第1擬似距離と前記第1近似距離との差分である第1差分を算出する第1差分算出手段と、前記第1差分が、直接波に対応する範囲として予め規定した第1測位使用可能範囲内か否かを判断する第1測位使用可能性判断手段と、前記高信頼度衛星と前記第1測位使用可能範囲内の前記第1差分に対応する前記通常衛星とを構成要素とする第1測位使用衛星群を生成する第1測位使用衛星群生成手段と、前記第1測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第1測位位置情報生成手段と、連続して出力される2つの前記測位位置の距離が、予め規定した安定距離範囲内であるか否かを判断する距離評価手段と、連続して出力される2つの前記測位位置の距離が前記安定距離範囲内であるという判断が、前記測位位置の安定性を判断するために予め規定した回数又は時間において継続したか否かを判断する測位位置安定性判断手段と、前記高信頼度衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である高信頼度衛星擬似距離を算出する高信頼度衛星擬似距離算出手段と、前回の前記測位位置と、前回の前記測位装置の速度ベクトル及び前回測位時から現在までの経過時間に基づいて、現在の予測位置を算出する予測位置算出手段と、前記予測位置と、前記高信頼度衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である高信頼度衛星近似距離を算出する高信頼度衛星近似距離算出手段と、前記高信頼度衛星擬似距離と前記高信頼度衛星近似距離との差分である高信頼度衛星差分を算出する高信頼度衛星差分算出手段と、すべての前記高信頼度衛星差分の平均値である平均差分を算出する平均差分算出手段と、前記高信頼度衛星以外の前記測位衛星である通常衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である第2擬似距離を算出する第2擬似距離算出手段と、前記予測位置と、前記通常衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である第2近似距離を算出する第2近似距離算出手段と、前記第2擬似距離と前記第2近似距離との差分である第2差分を算出する第2差分算出手段と、前記平均差分と前記第2差分との差分である測位使用可能性判定値を算出する測位使用可能性判定値算出手段と、前記測位使用可能性判定値が、直接波に対応する範囲として予め規定した第2測位使用可能範囲内か否かを判断する第2測位使用可能性判断手段と、前記高信頼度衛星と前記第2測位使用可能範囲内の前記測位使用可能性判定値に対応する前記通常衛星とを構成要素とする第2測位使用衛星群を生成する第2測位使用衛星群生成手段と、前記第2測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第2測位位置情報生成手段と、を有することを特徴とする測位装置によって達成される。

【0012】

第4の発明の構成によれば、前記測位装置は、前記測位位置安定性判断手段を有するか

ら、連続して出力される2つの前記測位位置の距離が前記安定距離範囲内であるという判断が、前記測位位置の安定性を判断するために予め規定した回数又は時間において継続したか否かを判断することができる。

すなわち、前記測位装置は、前記測位位置の安定性を判断することができる。

このため、前記測位装置は、例えば、前記測位位置が安定していない場合には、前記第1測位位置情報生成手段によって前記測位位置情報を生成し、前記測位位置が安定している場合には、前記第2測位位置情報生成手段によって前記測位位置情報を生成することができる。

前記第1測位位置情報生成手段による測位は、前記基準位置を予備測位を前提としているから、前記測位位置が安定していなくても、精度良く前記測位位置を算出することができる。

10

前記第2測位位置情報生成手段による測位において使用する前記予測位置情報は、前記測位装置の移動速度等にかかわらず、現在位置と擬制することができるのであるが、前記測位位置が安定している場合には、一層精度良く現在位置と擬制することができる。

このため、前記測位位置が安定していない場合には、前記第1測位位置情報生成手段によって測位を行い、前記測位位置が安定している場合には、前記第2測位位置情報生成手段によって測位を行うことによって、常に高精度の前記測位位置情報を生成することができる。

【0013】

第5の発明は、第1の発明乃至第4の発明のいずれかの構成において、前記測位衛星は、準天頂衛星を含むことを特徴とする測位装置である。

20

【0014】

第5の発明の構成によれば、前記測位衛星は前記準天頂衛星を含むから、少なくとも1つの前記高信頼度衛星からの前記衛星電波を確実に受信することができる。

【0015】

第6の発明は、第1の発明乃至第5の発明のいずれかの構成において、前記測位位置情報生成手段は、現在位置の緯度、経度、高度及び前記測位装置の時刻誤差を未知数とする方程式について、前記高信頼度衛星についての前記方程式の平均を使用することによって、未知数としての前記時刻誤差を消去することを特徴とする測位装置である。

【0016】

第6の発明の構成によれば、前記測位装置は、未知数としての前記時刻誤差を消去することができるから、測位計算の負荷が減少し、測位演算の速度を速くすることができる。

30

さらに、前記測位装置は、前記基準衛星群についての前記方程式の平均を使用することによって、測位精度を向上することができる。

【0017】

前記目的は、第7の発明によれば、複数の測位衛星からの衛星電波に乗せられている測位基礎符号を使用して、現在位置を測位する測位装置が、前記衛星電波を受信する衛星電波受信ステップと、前記測位装置が、前記衛星電波の受信強度及び前記測位衛星の仰角に基づいて前記衛星電波が直接波である信頼度が高いか否かを判断し、前記信頼度が高い前記衛星電波に対応する前記測位衛星である高信頼度衛星を示す高信頼度衛星情報を生成する高信頼度衛星情報生成ステップと、前記測位装置が、前記高信頼度衛星を含む基準衛星群を示す基準衛星群情報を生成する基準衛星群情報生成ステップと、前記測位装置が、前記基準衛星群を使用して現在位置を予備測位して、出力用の測位に使用する前記測位衛星を選択するための基準位置を示す基準位置情報を生成する基準位置情報生成ステップと、前記測位装置が、前記基準衛星群に含まれない前記測位衛星である通常衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である第1擬似距離を算出する第1擬似距離算出ステップと、前記測位装置が、前記基準位置と、前記基準衛星群に含まれない前記通常衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である第1近似距離を示す第1近似距離情報を算出する第1近似距離算出ステップと、前記測位装置が、前記第1擬似距離と前記第1近似距離との差分である

40

50

第1差分を算出する第1差分算出ステップと、前記測位装置が、前記第1差分が、直接波に対応する範囲として予め規定した第1測位使用可能範囲内か否かを判断する第1測位使用可能性判断ステップと、前記測位装置が、前記高信頼度衛星と前記第1測位使用可能範囲内の前記第1差分に対応する前記通常衛星とを構成要素とする第1測位使用衛星群を生成する第1測位使用衛星群生成ステップと、前記測位装置が、前記第1測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第1測位位置情報生成ステップと、前記測位装置が、連続して出力される2つの前記測位位置の距離が、予め規定した安定距離範囲内であるか否かを判断する距離評価ステップと、前記測位装置が、連続して出力される2つの前記測位位置の距離が前記安定距離範囲内であるという判断が、前記測位位置の安定性を判断するために予め規定した回数又は時間において継続したか否かを判断する測位位置安定性判断ステップと、前記測位装置が、前記高信頼度衛星についての前記擬似距離である高信頼度衛星擬似距離を算出する高信頼度衛星擬似距離算出ステップと、前記測位装置が、前回の前記測位位置と、前回の前記測位装置の速度ベクトル及び前回測位時から現在までの経過時間に基づいて、現在の予測位置を算出する予測位置算出ステップと、前記測位装置が、前記予測位置と、前記高信頼度衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である高信頼度衛星近似距離を算出する高信頼度衛星近似距離算出ステップと、前記測位装置が、前記高信頼度衛星擬似距離と前記高信頼度衛星近似距離との差分である高信頼度衛星差分を算出する高信頼度衛星差分算出ステップと、前記測位装置が、すべての前記高信頼度衛星差分の平均値である平均差分算出する平均差分算出ステップと、前記測位装置が、前記通常衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である第2擬似距離を算出する第2擬似距離算出ステップと、前記測位装置が、前記予測位置と、前記通常衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である第2近似距離を算出する第2近似距離算出ステップと、前記測位装置が、前記第2擬似距離と前記第2近似距離との差分である第2差分を算出する第2差分算出ステップと、前記測位装置が、前記平均差分と前記第2差分との差分である測位使用可能性判定値を算出する測位使用判定値算出ステップと、前記測位装置が、前記測位使用可能性判定値が、直接波に対応する範囲として予め規定した第2測位使用可能範囲内か否かを判断する第2測位使用可能性判断ステップと、前記測位装置が、前記高信頼度衛星と前記第2測位使用可能範囲内の前記第2差分に対応する前記通常衛星とを構成要素とする第2測位使用衛星群を生成する第2測位使用衛星群生成ステップと、前記測位装置が、前記第2測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第2測位位置情報生成ステップと、を有することを特徴とする測位装置の制御方法によって達成される。

【0018】

前記目的は、第8の発明によれば、コンピュータに、複数の測位衛星からの衛星電波に乗せられている測位基礎符号を使用して、現在位置を測位する測位装置が、前記衛星電波を受信する衛星電波受信ステップと、前記測位装置が、前記衛星電波の受信強度及び前記測位衛星の仰角に基づいて前記衛星電波が直接波である信頼度が高いか否かを判断し、前記信頼度が高い前記衛星電波に対応する前記測位衛星である高信頼度衛星を示す高信頼度衛星情報を生成する高信頼度衛星情報生成ステップと、前記測位装置が、前記高信頼度衛星を含む基準衛星群を示す基準衛星群情報を生成する基準衛星群情報生成ステップと、前記測位装置が、前記基準衛星群を使用して現在位置を予備測位して、出力用の測位に使用する前記測位衛星を選択するための基準位置を示す基準位置情報を生成する基準位置情報生成ステップと、前記測位装置が、前記基準衛星群に含まれない前記測位衛星である通常衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である第1擬似距離を算出する第1擬似距離算出ステップと、前記測位装置が、前記基準位置と、前記基準衛星群に含まれない前記通常衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である第1近似距離を示す第1近似距離情報を算出する第1近似距離算出ステップと、前記測位装置が、前記第1擬似距離と前記第1近似距離との差分である第1差分を算出する第1差分算出ステップと、前記測位装置が、前記第

1 差分が、直接波に対応する範囲として予め規定した第 1 測位使用可能範囲内か否かを判断する第 1 測位使用可能性判断ステップと、前記測位装置が、前記高信頼度衛星と前記第 1 測位使用可能範囲内の前記第 1 差分に対応する前記通常衛星とを構成要素とする第 1 測位使用衛星群を生成する第 1 測位使用衛星群生成ステップと、前記測位装置が、前記第 1 測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第 1 測位位置情報生成ステップと、前記測位装置が、連続して出力される 2 つの前記測位位置の距離が、予め規定した安定距離範囲内であるか否かを判断する距離評価ステップと、前記測位装置が、連続して出力される 2 つの前記測位位置の距離が前記安定距離範囲内であるという判断が、前記測位位置の安定性を判断するために予め規定した回数又は時間において継続したか否かを判断する測位位置安定性判断ステップと、前記測位装置が、前記高信頼度衛星についての前記擬似距離である高信頼度衛星擬似距離を算出する高信頼度衛星擬似距離算出ステップと、前記測位装置が、前回の前記測位位置と、前回の前記測位装置の速度ベクトル及び前回測位時から現在までの経過時間に基づいて、現在の予測位置を算出する予測位置算出ステップと、前記測位装置が、前記予測位置と、前記高信頼度衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である高信頼度衛星近似距離を算出する高信頼度衛星近似距離算出ステップと、前記測位装置が、前記高信頼度衛星擬似距離と前記高信頼度衛星近似距離との差分である高信頼度衛星差分を算出する高信頼度衛星差分算出ステップと、前記測位装置が、すべての前記高信頼度衛星差分の平均値である平均差分算出する平均差分算出ステップと、前記測位装置が、前記通常衛星の前記測位基礎符号の送信時刻と受信時刻に基づいて、前記衛星電波が前記送信時刻と前記受信時刻との間に伝播する擬似距離である第 2 擬似距離を算出する第 2 擬似距離算出ステップと、前記測位装置が、前記予測位置と、前記通常衛星の衛星軌道上の現在座標との距離である第 2 近似距離を算出する第 2 近似距離算出ステップと、前記測位装置が、前記第 2 擬似距離と前記第 2 近似距離との差分である第 2 差分を算出する第 2 差分算出ステップと、前記測位装置が、前記平均差分と前記第 2 差分との差分である測位使用可能性判定値を算出する測位使用判定値算出ステップと、前記測位装置が、前記測位使用可能性判定値が、直接波に対応する範囲として予め規定した第 2 測位使用可能範囲内か否かを判断する第 2 測位使用可能性判断ステップと、前記測位装置が、前記高信頼度衛星と前記第 2 測位使用可能範囲内の前記第 2 差分に対応する前記通常衛星とを構成要素とする第 2 測位使用衛星群を生成する第 2 測位使用衛星群生成ステップと、前記測位装置が、前記第 2 測位使用衛星群を使用して測位を行い、出力用の測位位置を示す測位位置情報を生成する第 2 測位位置情報生成ステップと、を実行させることを特徴とする測位装置の制御プログラムによって達成される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、この発明の好適な実施の形態を添付図面等を参照しながら、詳細に説明する。

尚、以下に述べる実施の形態は、本発明の好適な具体例であるから、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、本発明の範囲は、以下の説明において特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの態様に限られるものではない。

【0020】

図 1 は、本発明の実施の形態の測位システム 10 を示す概略図である。

図 1 に示すように、測位システム 10 は、端末 20 等を有する。

端末 20 は、準天頂衛星 11 から電波 S 1 を受信することができる。また、端末 20 は、GPS 衛星 12 a, 12 b, 12 c, 12 d, 12 e, 12 f, 12 g, 12 h 及び 12 i から、電波 G 1, G 2, G 3, G 4, G 5, G 6, G 7, G 8 及び G 9 を受信することができる。端末 20 は測位装置の一例である。準天頂衛星 11 及び GPS 衛星 12 a 等は複数の測位衛星の一例である。電波 S 1 及び電波 G 1 等は衛星電波の一例である。

電波 S 1 及び電波 G 1 等には各種のコード（符号）が乗せられている。そのうちのひとつが C/A コードである。この C/A コードは、1,023 チップ（chip）から構成されている。そして、この C/A コードは、1.023 Mbps のビット率、1,023 bit (= 1 msec) のビット長の信号である。この C/A コードは、測位基礎符号の一

10

20

30

40

50

例である。

以後、準天頂衛星 1 1 と GPS 衛星 1 2 a 等を総称して「衛星」と呼ぶ。

【 0 0 2 1 】

ここで、準天頂衛星とは、地球の自転（23時間56分）と同期して3機の衛星が異なる軌道面を周回し、日本の天頂付近に、3機のうち少なくとも1機が必ず存在するように配置する衛星システムにおいて使用される衛星である。準天頂衛星は、日本周辺から常に70度以上の仰角で見通すことが可能である。

【 0 0 2 2 】

端末 2 0 は、例えば、3個以上の異なる衛星からの C / A コードを受信して、現在位置を測位することができるようになっている。

端末 2 0 は、まず、受信した C / A コードがどの衛星に対応するものかを特定する。次に、端末 2 0 は、相関処理によって、受信した C / A コードの位相（以下「コードフェーズ」と呼ぶ）を算出する。続いて、端末 2 0 は、そのコードフェーズを使用して、C / A コードの送信時刻と受信時刻を算出し、さらに、各衛星と端末 2 0 との距離（以後、擬似距離と呼ぶ）を算出する。続いて、現在時刻における各衛星の衛星軌道上の位置と、上述の擬似距離に基づいて、現在位置の測位演算を行うことができるように構成されている。

【 0 0 2 3 】

ここで、端末 2 0 が受信する電波 S 1 等は、直接波の場合とマルチパスの場合がある。

図 1 に示すように、端末 2 0 の現在位置 P_n において仰角が高い衛星である準天頂衛星 1 1、GPS 衛星 1 2 d 及び 1 2 e からの電波 S 1、G 4 及び G 5 は、それぞれ矢印 A 1、A 2 及び A 3 に示すように直接波として端末 2 0 に到達する。

ところが、仰角が低い GPS 衛星 1 2 i からの電波 G 9 は建物 1 3 B に遮断されて直接波としては端末 2 0 に到達せず、矢印 A 4 に示すように、建物 1 3 A に反射してマルチパスとして端末 2 0 に到達する。

マルチパスは測位精度を劣化させるから、測位から排除する必要がある。

また、P D O P 等の指標に示される天空における衛星の配置は測位精度に影響を与えるから、できるだけ多くの直接波を使用する必要がある。

すなわち、端末 2 0 が精度よく現在位置を測位するためには、直接波とマルチパスを確実に区別して、マルチパスを排除して、直接波だけを使用する必要がある。

この点、端末 2 0 は、以下に説明するように、その移動速度や電波 S 1 等を受信することができなかつた時間にかかわらず、直接波とマルチパスを確実に区別することができるように構成されている。

【 0 0 2 4 】

端末 2 0 は例えば、携帯電話機、PHS (Personal Handy - phone System)、PDA (Personal Digital Assistance) 等であるが、これらに限らない。

また、準天頂衛星 1 1 及び GPS 衛星 1 2 a 等は 1 0 個に限らず、9 個以下でもよいし、1 1 個以上でもよい。

【 0 0 2 5 】

(端末 2 0 の主なハードウェア構成について)

図 2 は、端末 2 0 の主なハードウェア構成を示す概略図である。

図 2 に示すように、端末 2 0 は、コンピュータを有し、コンピュータは、バス 2 2 を有する。バス 2 2 には、CPU (Central Processing Unit) 2 4、記憶装置 2 6 等が接続されている。記憶装置 2 6 は、例えば、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory) 等である。

また、バス 2 2 には、入力装置 2 8、GPS 受信装置 3 0、準天頂衛星受信装置 3 2 が接続されている。GPS 受信装置 3 0 は、GPS 衛星 1 2 a 等 (図 1 参照) からの電波 G 1 等を受信するための受信装置である。準天頂衛星受信装置 3 2 は、準天頂衛星 1 1 (図 1 参照) からの電波 S 1 を受信するための受信装置である。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

G P S 受信装置 3 0 は、G P S 衛星 1 2 a 等からの電波 G 1 等を受信して、電波 G 1 等の増幅、所望の周波数の抽出、ダウンコンバート（周波数変換）及びデジタル化を行う。

そして、G P S 受信装置 3 0 は、電波 G 1 等に乗っている C / A コードと G P S 受信装置 3 4 が発生したレプリカ C / A コードとの相関処理を行って、C / A コードの位相を判断するように構成されている。また、G P S 受信装置 3 4 は、電波 G 1 等に乗っている後述のエフェメリスやアルマナック等を取得する。

準天頂衛星受信装置 3 2 は、準天頂衛星 1 1 からの電波 S 1 を受信するが、その構成は上述の G P S 受信装置 3 0 と同様である。

【 0 0 2 7 】

また、バス 2 2 には、各種情報等を表示するための表示装置 3 4、及び、時計 3 6 が接続されている。

【 0 0 2 8 】

端末 2 0 は、G P S 受信装置 3 0 及び準天頂衛星受信装置 3 2 によって取得した相関結果及びエフェメリス等のデータを使用して測位演算を行うようになっている。

【 0 0 2 9 】

（端末 2 0 の主なソフトウェア構成について）

図 3 は、端末 2 0 の主なソフトウェア構成を示す概略図である。

図 3 に示すように、端末 2 0 は、各部を制御する制御部 1 0 0、図 2 の G P S 装置 3 0 に対応する G P S 受信部 1 0 2、準天頂衛星受信装置 3 2 に対応する準天頂衛星受信部 1 0 4、時計 3 6 に対応する計時部 1 0 6、各種プログラムを格納する第 1 記憶部 1 1 0、各種情報を格納する第 2 記憶部 1 5 0 を有する。

【 0 0 3 0 】

図 3 に示すように、端末 2 0 は、第 2 記憶部 1 5 0 に、衛星軌道情報 1 5 2 を格納している。衛星軌道情報 1 5 2 は、アルマナック 1 5 2 a 及びエフェメリス 1 5 2 b を含む。アルマナック 1 5 2 a は、準天頂衛星 1 1 及びすべての G P S 衛星 1 2 a 等の概略の軌道を示す情報である。エフェメリス 1 5 2 b は、準天頂衛星 1 1 及び各 G P S 衛星 1 2 a 等の精密な軌道を示す情報である。

端末 2 0 は、アルマナック 1 5 2 a 及びエフェメリス 1 5 2 b を、測位のために使用する。

【 0 0 3 1 】

図 3 に示すように、端末 2 0 は、第 2 記憶部 1 5 0 に、概略位置情報 1 5 4 を格納している。概略位置情報 1 5 4 は、端末 2 0 の現在の概略位置 P を示す情報である。概略位置 P は、例えば、前回測位時の測位位置（前回測位位置 P_{n-1} ）である。

【 0 0 3 2 】

図 3 に示すように、端末 2 0 は、第 1 記憶部 1 1 0 に、観測可能衛星算出プログラム 1 1 2 を格納している。観測可能衛星算出プログラム 1 1 2 は、制御部 1 0 0 が、アルマナック 1 5 2 a を参照して、計時部 1 0 6 によって計測した現在時刻において概略位置 P から観測可能な衛星を示す観測可能衛星情報 1 5 6 を生成するためのプログラムである。

制御部 1 0 0 は、生成した観測可能衛星情報 1 5 6 を第 2 記憶部 1 5 0 に格納する。

観測可能衛星情報 1 5 6 には、例えば、準天頂衛星 1 1、G P S 衛星 1 2 a 乃至 1 2 i が示されている。

【 0 0 3 3 】

図 3 に示すように、端末 2 0 は、第 1 記憶部 1 1 0 に、衛星電波受信プログラム 1 1 4 を格納している。衛星電波受信プログラム 1 1 4 は、制御部 1 0 0 が G P S 受信部 1 0 2 及び準天頂衛星受信部 1 0 4 によって、準天頂衛星 1 1 からの電波 S 1 や G P S 衛星 1 2 a 等からの電波 G 1 等を受信するためのプログラムである。衛星電波受信プログラム 1 1 4 と制御部 1 0 0、G P S 受信部 1 0 2 及び準天頂衛星受信部 1 0 4 は、衛星電波受信手段の一例である。

制御部 1 0 0 は、例えば、概略位置 P とアルマナック 1 5 2 a に基づいて、ドップラー

10

20

30

40

50

偏移を算出し、受信する電波 S 1 等の周波数を予測する。そして、制御部 1 0 0 は、電波 S 1 等の予測周波数を含む一定範囲の周波数をサーチすることによって、電波 S 1 等を受信する。

【0034】

図 3 に示すように、端末 2 0 は、第 1 記憶部 1 1 0 に、高信頼度衛星判断プログラム 1 1 6 を格納している。高信頼度衛星判断プログラム 1 1 6 は、制御部 1 0 0 が、電波 S 1 等の受信強度及び衛星の仰角に基づいて、電波 S 1 等が直接波である信頼度が高いか否かを判断し、直接波である信頼度が高い電波 S 1 等に対応する衛星である H S V を示す高信頼度衛星情報 1 5 8 を生成するためのプログラムである。H S V は、高信頼度衛星の一例である。N S V は通常衛星の一例である。そして、高信頼度衛星判断プログラム 1 1 6 と制御部 1 0 0 は、高信頼度衛星情報生成手段の一例である。

10

観測可能衛星情報 1 5 6 に示される衛星であって、H S V 以外の衛星を N S V と呼ぶ。

【0035】

図 4 は、高信頼度衛星判断プログラム 1 1 6 の説明図である。

図 4 (a) に示すように、制御部 1 0 0 は、各衛星について、受信した C / A コードと、端末 2 0 が発生するレプリカ C / A コードの相関処理を行って、相関結果を得る。相関結果から、No i s e F l o o r の部分に対応する相関値 P 1 と、相関ピーク値 P 2 を読み取ることができる。

そして、制御部 1 0 0 は、相関ピーク値 P 2 と相関値 P 1 との差分が相関値 P 1 の 2 倍以上であることを示す図 4 (b) の式 1 と、仰角が 5 0 度以上であることを示す式 2 の双方を満たす場合に、その衛星が H S V であると判断する。式 2 の 5 0 度は、仰角閾値である。相関ピーク値 P 2 と相関値 P 1 との差分は、衛星電波の受信強度の一例である。

20

端末 2 0 は、準天頂衛星 1 1 からの電波 S1 を受信することができるから、少なくとも 1 個の H S V からの電波を受信することができる。

なお、本実施の形態とは異なり、受信強度としては、S N R (S i g n a o t o N o i s e R a t i o) を使用してもよい。

また、本実施の形態とは異なり、式 2 の仰角閾値は、5 0 度以上 7 0 度以下のいずれかの角度として規定してもよい。

【0036】

仰角が 5 0 度以上であれば、その衛星からの電波は直接波である可能性が大きい。

30

しかし、ノイズが大きい場合には、仰角が高くてもマルチパスである可能性が大きい。

さらに、仰角が大きくても、ノイズが大きい場合には、その衛星からの電波を使用すると測位精度が劣化するから、後述の基準位置 B P を算出するために使用するには不適當である。

このため、端末 2 0 は、受信強度と仰角の双方に基づいて、H S V を判断するようになっている。

【0037】

図 3 に示すように、端末 2 0 は、第 1 記憶部 1 1 0 に、ベースセット生成プログラム 1 1 8 を格納している。ベースセット生成プログラム 1 1 8 は、制御部 1 0 0 が、H S V を構成要素とするベースセット B S を示すベースセット情報 1 6 0 を生成するためのプログラムである。ベースセット B S は基準衛星群の一例であり、ベースセット情報 1 6 0 は基準衛星群情報の一例である。そして、ベースセット生成プログラム 1 1 8 と制御部 1 0 0 は、基準衛星群情報生成手段の一例である。

40

【0038】

図 5 は、ベースセット設定プログラム 1 1 8 の説明図である。

図 5 に示すように、制御部 1 0 0 は、H S V が 4 個以上であることを示す式 3 の条件を満たす場合には、H S V だけでベースセット B S を形成する。

そして、制御部 1 0 0 は、ベースセット B S を示すベースセット情報 1 6 0 を第 2 記憶部 1 5 0 に格納する。

これに対して、制御部 1 0 0 は、式 3 の条件を満たさない場合には、後述の予備セット

50

生成プログラム120及びPosition Sigma算出プログラム122を起動する。

【0039】

図3に示すように、ベースセット生成プログラム118は、予備セット生成プログラム120を含む。予備セット生成プログラム120は、制御部100が、HSVが4個未満である場合に、NSVとHSVの合計数が4個である予備セットRS1等を示す予備セット情報162を生成するためのプログラムである。予備セットRS1等は予備衛星群の一例であり、予備セット情報162は予備衛星群情報の一例である。そして、予備セット生成プログラム120と制御部100は、予備衛星群情報生成手段の一例である。

【0040】

制御部100は、例えば、HSVが図1の準天頂衛星11、GPS衛星12d及び12eの3個であれば、さらにGPS衛星12aを加えた予備セットRS1を生成する。また、HSVにGPS衛星12bを加えた予備セットRS2を生成するというように、NSVとHSVとの合計が4個になるすべての組み合わせを生成する。

制御部100は、生成した予備セット情報162を第2記憶部150に格納する。

【0041】

図3に示すように、ベースセット生成プログラム118は、Position Sigma算出プログラム122を含む。Position Sigma算出プログラム122は、制御部100が、各予備セットRS1等のPosition Sigmaを示すPosition Sigma情報164を生成するためのプログラムである。このPosition Sigma算出プログラム122と制御部100は、Position Sigma算出手段の一例である。

制御部100は、各予備セットRS1等を使用して、それぞれ複数回の測位を行い、その測位結果のPosition Sigmaを算出する。上述のように、Position Sigmaは、測位結果の標準偏差である。制御部100は、例えば、予備セットRS1に対応するPosition Sigmaがa1であり、予備セットRS2に対応するPosition Sigmaがa2であるというように、すべての予備セットRS1等についてPosition Sigmaを算出する。

制御部100は、生成したPosition Sigma情報164を第2記憶部150に格納する。

なお、本実施の形態とは異なり、制御部100は、各予備セットRS1等の各GPS衛星12a等の擬似距離又はコードフェーズの分散に基づいて、Position Sigmaを推定するようにしてもよい。

【0042】

制御部100は、ベースセット生成プログラム118によって、HSVが4個未満の場合には、予備セットRS1等のうち、Position Sigmaが最小のものをベースセットBSとするようになっている。

Position Sigmaは、測位結果の標準偏差であるから、Position Sigmaが小さいほど、測位結果のばらつきは小さく、測位結果は安定している。このため、Position Sigmaが小さい予備セットを使用した測位結果ほど、測位結果の信頼性が高い。

このため、端末20は、HSVが4個未満の場合であっても、信頼性が高い測位結果を算出可能なベースセットBSを生成することができる。

なお、本実施の形態とは異なり、端末20は、擬似距離と近似距離の差分の分散値の小さな予備セットRS1等をベースセットBSとするようにしてもよい。この場合、近似距離の基礎となる位置は、概略位置Pとする。

【0043】

図3に示すように、端末20は、第1記憶部110に、基準位置情報生成プログラム124を格納している。基準位置情報生成プログラム124は、制御部100が、ベースセットBSを使用して現在位置を予備測位して、出力用の測位に使用する衛星を選択するた

10

20

30

40

50

めの基準位置BPを示す基準位置情報166を生成するためのプログラムである。基準位置BPは基準位置の一例であり、基準位置情報166は基準位置情報の一例である。そして、基準位置情報生成プログラム124と制御部100は、基準位置情報生成手段の一例である。

制御部100は、ベースセットBSを構成する衛星から電波S1等を受信し、電波S1等に乗せられているC/Aコードの送信時刻と受信時刻に基づいて擬似距離を算出する。そして、エフェメリス152bによって現在時刻における各衛星の衛星軌道上の座標を算出する。

制御部100は、各衛星についての擬似距離と衛星軌道上の座標を使用して、基準位置BPを算出する。

制御部100は、生成した基準位置情報166を第2記憶部150に格納する。

制御部100は、基準位置BPを表示装置34(図2参照)に表示する等によって、外部に出力することはしない。基準位置BPは、後述の第1拡張セットSet1を生成するためにのみ使用する。

なお、本実施の形態とは異なり、後述の測位位置情報170を生成するまでの間は、基準位置BPを表示装置34に表示することにしてもよい。

【0044】

図3に示すように、端末20は、第1記憶部110に、第1拡張セット生成プログラム126を格納している。第1拡張セット生成プログラム126は、制御部100が、第1拡張セットSet1を示す第1拡張セット情報168を生成するためのプログラムである。

【0045】

図6は、第1拡張セット生成プログラム126の説明図である。

図6(a)に示すように、制御部100は、各NSVについて、C/Aコードの送信時刻 t_1 と受信時刻 t_2 との間の時間 dt に光速 c を乗じる式4によって、擬似距離 d_1 を算出する。擬似距離 d_1 は擬似距離の一例である。そして、第1拡張セット生成プログラム126と制御部100は、第1擬似距離算出プログラムの一例である。

【0046】

また、制御部100は、図6(b)に示すように、各NSVについて、近似距離 d_2 を算出する。近似距離 d_2 は、基準位置BPと、NSVの衛星軌道上の現在座標との距離である。この近似距離 d_2 は第1近似距離の一例である。そして、第1拡張セット生成プログラム126と制御部100は第1近似距離算出手段の一例でもある。

制御部100は、基準位置BP(x_0, y_0, z_0)と通常衛星の衛星軌道上の位置である衛星位置 $P_{sv}(X, Y, Z)$ の間の距離を求める式5によって、近似距離 d_2 を算出する。

【0047】

続いて、制御部100は、各NSVについて、図6(c)に示すように、擬似距離 d_1 と近似距離 d_2 の差分 d_3 を算出する。差分 d_3 は第1差分の一例である。そして、第1拡張セット生成プログラム126と制御部100は第1差分算出手段の一例でもある。

なお、本実施の形態においては、差分 d_3 等、複数の差分を算出するが、これらは、その絶対値を意味する。このため、2つの値を使用して、いずれからいずれを減じても、計算結果は同じである。

【0048】

続いて、制御部100は、差分 d_3 が予め規定した閾値 θ 以下であることを示す式6を満たすか否かを判断する。閾値 θ 以下の範囲は、直接波に対応する範囲として予め規定された範囲である。閾値 θ は、例えば、50メートル(m)である。閾値 θ 以下の範囲は、第1測位使用可能範囲内の一例である。そして、第1拡張セット生成プログラム126と制御部100は第1測位使用可能性判断手段の一例でもある。

制御部は、差分 d_3 が予め規定した閾値 θ 以下であることを示す式6を満たすか否かを判断することによって、直接波とマルチパスを区別している。

10

20

30

40

50

【0049】

続いて、制御部100は、HSVと、式6を満たす差分 d_3 に対応するNSVとを構成要素とする第1拡張セットSet1を示す第1拡張セット情報168を生成する。第1拡張セットSet1は第1測位使用衛星群の一例である。そして、第1拡張セット生成プログラム126と制御部100は第1測位使用衛星群生成手段の一例でもある。

制御部100は、生成した第1拡張セット情報168を第2記憶部150に格納する。

【0050】

図3に示すように、端末20は、第1記憶部110に、第1測位プログラム128を格納している。第1測位プログラム128は、制御部100が、第1拡張セットSet1を使用して測位を行い、出力用の測位位置情報170を生成するためのプログラムである。測位位置情報170は測位位置情報の一例である。そして、第1測位プログラム128と制御部100は、第1測位位置情報生成手段の一例である。

【0051】

図7は、測位プログラム128の説明図である。

図7(a)は測位原理を示す図である。

図7(a)の式7は、図6(a)の式4及び図6(b)の式5を使用して、テラー展開したものである。ここで、 d_1 及び d_2 は既知である。 (h_1, h_2, h_3) は、端末20から各衛星への方向ベクトル(視線ベクトル)であり、周知の方法で計算することができる。したがって、未知数は d_x, d_y, d_z, d_t の4個であるから、4個の衛星について式7を生成することによって、解を求めることができる。式7においては、基準位置BPを仮の現在位置(以下「仮現在位置preP」と呼ぶ)としている。

第1回で得られた d_x, d_y, d_z を仮現在位置prePに加えて新たな仮現在位置prePとし、これをもとに再度計算して、解が収束するまで繰り返し、端末20の現在位置 $P_n(x, y, z)$ を計算する。解が収束したときの仮現在位置prePが、端末20の現在位置 P_n である。

【0052】

図7(b)は、上述の測位原理の改良を示す説明図である。

図7(b)は、式7を簡略化して表現したものである。さらに、カッコ内の式は、ベクトルを使用して、さらに簡単に表現した式である。カッコ内の式については、図7(c)乃至図7(f)においても同様である。

図7(b)の式において、 y_i は各衛星の擬似距離 d_1 と近似距離 d_2 の差分である。 H_i は方向ベクトル (h_1, h_2, h_3) を示す行列である。 X は、求めたい現在位置 P_n の誤差 (d_x, d_y, d_z) を示す行列である。 b は、端末の時刻誤差 d_t と光速 c との積 $c d_t$ (以下「誤差b」と呼ぶ)である。

【0053】

図7(b)の式9は、すべての衛星についての式8の平均をとったものである。

図7(d)の式10は、式8から式9を減じて得た式である。式10において、式8と式9に共通に含まれる誤差bが消去される。これは、時刻誤差 d_t が消去されることを意味する。

これにより、計算量を削減することができる。

【0054】

端末20は、上述の式10をさらに改良して使用する。

図7(e)の式11は、HSVについての式8の平均をとったものである。

そして、図7(f)の式12は、式8から式11を減じて得た式である。

HSVは、受信強度が大きく、かつ、仰角が大きい衛星であるから、その方向ベクトル (h_1, h_2, h_3) も精度よく算出することができる。

このため、端末20は、測位計算においては、図7(g)の式13に示すように、各衛星ごとの式12を行列として計算するのであるが、式12によって、行列の次元数を減らすことができることに加えて、測位精度も確保することができる。

なお、本実施の形態とは異なり、図7(f)の式12において、式8から式11を減じ

10

20

30

40

50

るのではなくて、準天頂衛星 11 についての式 8 を減じるようにしてもよい。

【0055】

端末 20 は、式 13 によって、現在位置 P_n を算出すると、図 7 (h) の式 14 によって誤差 b を算出する。誤差 b を算出すれば、誤差 b は光速 c と時刻誤差 d_t との積であるから、時刻誤差 d_t も算出することができる。

端末 20 は、時刻誤差 d_t を、次回測位時に使用する。これにより、測位精度を向上させることができる。

【0056】

制御部 100 は、生成した測位位置情報 170 及び時刻誤差情報 172 を第 2 記憶部 150 に格納する。制御部 100 は、1 秒 (s) ごとに測位位置情報 170 及び時刻誤差情報 172 を生成するようになっている。 10

制御部 100 は、測位位置情報 170 を、表示装置 34 (図 2) に表示することによって出力する。

また、制御部 100 は、測位位置情報 170 を新たな概略位置情報 154 として第 2 記憶部 150 に格納する。

また、制御部 100 は、測位位置情報 170 の生成時に、速度ベクトル v_n を示す速度ベクトル情報 171 を生成し、第 2 記憶部 150 に格納する。4 個以上の衛星から電波 S1 等を受信して測位位置 P_n が求めれば、電波 S1 等のドップラー偏移によって各衛星との相対速度がわかる。また、各衛星の速度ベクトルはエフェメリス 152 b から算出できるから、端末 20 の速度ベクトルも算出することができる。 20

【0057】

図 3 に示すように、端末 20 は、第 1 記憶部 110 に、距離評価プログラム 130 を格納している。距離評価プログラム 130 は、制御部 100 が、連続して出力される 2 つの測位位置 P_{n-1} 及び P_n との距離 d_4 が、閾値 θ_2 以下か否かを判断するためのプログラムである。閾値 θ_2 は予め規定されており、閾値 θ_2 以下の距離は安定距離範囲内の距離の一例である。そして、距離評価プログラム 130 と制御部 100 は、距離評価手段の一例である。

【0058】

図 8 は、距離評価プログラム 130 の説明図である。

図 8 に示すように、制御部 100 は、距離 d_4 が閾値 θ_2 以下であることを示す式 15 を満たすか否かを判断する。 30

上述のように距離 d_4 は、前回位置 P_{n-1} と現在位置 P_n との距離差分である。閾値 θ_2 は、例えば、10 メートル (m) である。

【0059】

図 3 に示すように、端末 20 は、第 1 記憶部 110 に、測位位置安定性判断プログラム 132 を格納している。測位位置安定性判断プログラム 132 は、制御部 100 が、上述の距離評価プログラム 130 による式 15 を満たすという判断が、5 回連続したか否かを判断するためのプログラムである。この 5 回という回数は、測位位置 P_n の安定性を判断するために予め規定した回数 of 一例である。そして、測位位置安定性判断プログラム 132 と制御部 100 は、測位位置安定性判断手段の一例である。 40

制御部 100 は、式 15 を満たすという判断が、5 回連続した場合には、測位位置 P_n が安定していると判断する。ここで、式 15 を満たすという判断が 5 回連続したということは、前回測位位置 P_{n-1} と現在位置 P_n が大きく乖離しない状態が、継続していることを意味する。

なお、本実施の形態とは異なり、測位位置安定性判断プログラム 132 は、制御部 100 が、上述の距離評価プログラム 130 による式 15 を満たすという判断が、5 秒 (s) 以上連続した場合に、測位位置 P_n が安定していると判断することにしてもよい。5 秒以上という時間は、予め規定した時間の一例である。

【0060】

図 3 に示すように、端末 20 は、第 1 記憶部 110 に、第 2 拡張セット生成プログラム 50

134を格納している。第2拡張セット生成プログラム134は、制御部100が、第2拡張セットSet2を示す第2拡張セット情報174を生成するためのプログラムである。

第2拡張セット生成プログラム134は、上述の測位位置安定性判断プログラム132によって制御部100が、測位位置 P_n が安定していると判断した場合に、起動する。

【0061】

図9は、第2拡張セット生成プログラム134の説明図である。

制御部100は、図9(a)に示す各HSVについての擬似距離 d_5 を算出する。擬似距離 d_5 は高信頼度衛星擬似距離の一例である。そして、第2拡張セット生成プログラム134と制御部100は、高信頼度衛星擬似距離算出手段の一例である。

10

【0062】

また、制御部100は、図9(b)に示す端末20の予測位置 P_f を算出する。制御部100は、図9(b)に示すように、前回の測位位置 $P(x_{t-1}, y_{t-1}, z_{t-1})$ と、前回の端末20の速度ベクトル $(v_{x_{t-1}}, v_{y_{t-1}}, v_{z_{t-1}})$ 及び前回測位位置から現在までの経過時間 d_t に基づいて、現在の予測位置 P_f を算出する。前回の測位位置 P は、概略位置情報154に示されている。前回の速度ベクトルは、前回測位時に生成した速度ベクトル情報171に示される速度ベクトルを使用する。

予測位置 P_f は予測位置の一例である。そして、第2拡張セット生成プログラム134と制御部100は、予測位置算出手段の一例でもある。

【0063】

続いて、制御部100は、図9(c)に示す近似距離 d_6 を算出する。近似距離 d_6 は、予測位置 P_f と各HSVの衛星軌道上の現在座標との距離である。

20

この近似距離 d_6 は高信頼度衛星近似距離の一例である。そして、第2拡張セット生成プログラム134と制御部100は、高信頼度衛星近似距離算出手段の一例でもある。

【0064】

続いて、制御部100は、図9(d)に示すように、擬似距離 d_5 と近似距離 d_6 との差分 d_7 を算出する。差分 d_7 は高信頼度衛星差分の一例である。そして、第2拡張セット生成プログラム134と制御部100は、高信頼度衛星差分算出手段の一例でもある。

【0065】

続いて、制御部100は、図9(e)に示すように、差分 d_7 の平均値である平均差分 d_{7av} を算出する。平均差分 d_{7av} は平均差分の一例である。そして、第2拡張セット生成プログラム134と制御部100は、平均差分算出手段の一例でもある。

30

【0066】

続いて、制御部100は、図9(f)に示すように、NSVの擬似距離 d_8 を算出する。擬似距離 d_8 は、第2擬似距離の一例である。そして、第2拡張セット生成プログラム134と制御部100は、第2擬似距離算出手段の一例でもある。

【0067】

続いて、制御部100は、図9(g)に示すように、予測位置 P_f と、NSVの衛星軌道上の現在座標との距離である近似距離 d_9 を算出する。近似距離 d_9 は第2近似距離の一例である。そして、第2拡張セット生成プログラム134と制御部100は、第2近似距離算出手段の一例でもある。

40

【0068】

続いて、制御部100は、図9(h)に示すように、擬似距離 d_8 と近似距離 d_9 との差分 d_{10} を算出する。差分 d_{10} は第2差分の一例である。そして、第2拡張セット生成プログラム134と制御部100は、第2差分算出手段の一例でもある。

【0069】

続いて、制御部100は、図9(i)に示すように、平均差分 d_{7av} と差分 d_{10} との差分である判定値 d_{11} を算出する。判定値 d_{11} は測位使用可能性判定値の一例である。

続いて、制御部100は、判定値 d_{11} が誤差閾値 w 以下であることを示す図9(j)

50

の式 16 を満たすか否かを判断する。誤差閾値 w は、直接波に対応する範囲として予め規定されている。誤差閾値 w は、例えば、50メートル (m) である。誤差閾値 w 以下の範囲は第 2 測位使用可能範囲内の一例である。そして、第 2 拡張セット生成プログラム 134 と制御部 100 は、第 2 測位使用可能性判断手段の一例でもある。

【0070】

そして、制御部 100 は、HSV と式 16 を満たす NSV を構成要素とする第 2 拡張セット Set 2 を形成する。第 2 拡張セット Set 2 は第 2 測位使用衛星群の一例である。そして、第 2 拡張セット生成プログラム 134 と制御部 100 は、第 2 測位使用衛星群生成手段の一例でもある。

【0071】

図 3 に示すように、端末 20 は、第 1 記憶部 110 に、第 2 測位プログラム 136 を格納している。第 2 測位プログラム 136 は、制御部 100 が、第 2 拡張セット Set 2 を使用して測位を行い、測位位置情報 170 を生成するためのプログラムである。この第 2 測位プログラム 136 と制御部 100 は、第 2 測位位置情報生成手段の一例である。

第 2 測位プログラム 136 に基づく測位方法 (以下「第 2 測位方法」と呼ぶ) は、図 7 で説明した第 1 測位プログラム 128 に基づく測位方法 (以下「第 1 測位方法」と呼ぶ) と同様であるが、第 2 拡張セット Set 2 を使用する点が異なる。

また、第 1 測位方法は、基準位置 BP の測位を経てから測位位置 P_n を測位する必要があり、測位位置 P_n を算出するまでに 2 回測位演算を行う必要があるのに対して、第 2 測位方法においては、測位演算は測位位置 P_n を算出するときの一度で足りる。

制御部 100 は、測位位置情報 170 の生成時に、速度ベクトル v_n を示す速度ベクトル情報 171 を生成し、第 2 記憶部 150 に格納する。

【0072】

端末 20 は上述のように構成されている。

上述のように、端末 20 は、ベースセット情報 160 (図 3 参照) を生成することができる。ベースセット BS は、HSV を構成要素としている。すなわち、ベースセット BS は直接波に対応する衛星のみを含み、マルチパスに対応する衛星を確実に排除して形成されている。

そして、端末 20 は、基準位置情報 166 (図 3 参照) を生成することができる。基準位置 BP は、前回の測位位置に基づいて予測した位置ではなくて、実際に現在位置を測位することによって算出された位置である。すなわち、基準位置 BP は、現在位置そのものである。

しかも、基準位置 BP はベースセット BS を使用して生成されているから、マルチパスを排除して算出されており、マルチパスによる精度劣化はない。

さらに、端末 20 は、ベースセット生成プログラム 118 によって、HSV が 4 個未満の場合には、予備セット RS1 等のうち、Position Sigma が最小のものをベースセット BS とするようになっている。このため、端末 20 は、HSV が 4 個未満の場合であっても、信頼性が高い基準位置 BP を算出することができる。

【0073】

そして、端末 20 は、擬似距離 d_1 及び近似距離 d_2 (図 6 参照) を算出することができる。

ここで、近似距離 d_2 は、前回の測位位置に基づいて予測した位置を基礎とするのではなくて、基準位置 BP を基礎としているから精度が高い。

さらに、端末 20 は、擬似距離 d_1 と近似距離 d_2 との差分 d_3 (図 6 参照) が、直接波に対応する範囲として予め規定した閾値 1 以下か否かを判断することができる。

そして、端末 20 は、第 1 拡張セット情報 168 を生成することができる。

上述のように、基準位置 BP は現在位置そのものであるから、端末 20 の移動速度や衛星電波を受信することができなかつた時間によって、閾値 1 を変更する必要はない。言い換えると、閾値 1 以下の範囲を直接波に対応する範囲として予め規定すれば、端末 20 の移動速度や衛星電波を受信することができなかつた時間にかかわらず、その閾値 1

10

20

30

40

50

によって規定される範囲を使用することができる。

このため、端末 20 は、マルチパスに対応する衛星だけを確実に排除し、直接波に対応する衛星だけで第 1 拡張セット Set 1 (図 3 参照) を形成することができる。

そして、端末 20 は、第 1 拡張セット Set 1 を使用して測位位置情報 170 (図 3 参照) を生成するから、マルチパスを排除して測位位置情報 170 を生成することができる。

【0074】

以上のように、端末 20 は、前回の測位位置が現在位置と大きく異なる場合であっても、マルチパスを確実に排除することができる。

また、上述のように、端末 20 は、ベースセット BS を出力用の測位には使用せずに、基準位置 BP を測位するために使用する。そして、端末 20 は、第 1 拡張セット Set 1 を使用して、出力する測位位置情報 170 を生成する。

ベースセット BS は、マルチパスを送信する衛星を含まないが、仰角が高い衛星で構成されるため、天空における配置 (PDOP 等) が必ずしも良好ではない。

このため、端末 20 は、ベースセット BS を基準位置 BP の測位にのみ使用し、出力するための測位位置情報 170 を生成するためには使用しない。

端末 20 は、第 1 拡張セット Set 1 を使用して、出力するための測位位置情報 170 を生成する。第 1 拡張セット Set 1 内の衛星は、HSV 以外の衛星であって、直接波に対応する衛星である。このため、第 1 拡張セット Set 1 を構成する衛星数は、ベースセット BS を構成する衛星数以上である。

したがって、第 1 拡張セット Set 1 の PDOP 等は、ベースセット BS の PDOP 等よりも良好である可能性が大きい。

このため、端末 20 は、第 1 拡張セット Set 1 を使用することによって、高精度の測位位置情報 170 を生成することができる。

【0075】

さらに、端末 20 は、測位位置安定性判断プログラム 132 (図 3 参照) によって、測位位置 P_n の安定性を判断することができる。

【0076】

そして、端末 20 は、予測位置 Pf (図 9 参照) を算出することができる。すなわち、端末 20 は、前回の測位位置 P を現在位置であると擬制するのではない。

予測位置 Pf は、前回の測位位置 P と、前回の端末 20 の速度ベクトル及び前回測位時から現在までの経過時間 dt に基づいて生成されているから、現在位置と擬制することができる。すなわち、予測位置 Pf は、端末 20 の移動速度や、衛星電波を受信することができなかつた時間にかかわらず、現在位置と擬制することができる。

そして、端末 20 は、平均差分 d_{7av} (図 9 参照) を算出することができる。平均差分 d_{7av} は、HSV についての擬似距離 d_5 と近似距離 d_6 の差分 d_7 (図 9 参照) の平均値であるから、直接波の擬似距離と近似距離の差分を正確に示している。このため、平均差分 d_{7av} は、衛星電波がマルチパスであるか否かを正確に判断するための基礎となる情報である。

【0077】

そして、端末 20 は、NSV についての近似距離 d_9 (図 9 参照) を算出することができる。近似距離 d_9 は、前回の測位位置 P を基準にして生成したのではなくて、予測位置 Pf を基準に生成されているから精度が高い。

そして、端末 20 は、NSV の擬似距離 d_8 と近似距離 d_9 の差分 d_{10} (図 9 参照) を算出することができる。

そして、端末 20 は、平均差分 d_{7av} と差分 d_{10} との差分である判定値 d_{11} (図 9 参照) が、直接波に対応する範囲として予め規定した誤差閾値 w 以下か否かを判断することができる。すなわち、NSV についての差分 d_{10} だけを基準にして直接波とマルチパスを区別するのではなくて、現時点において実際に算出した平均差分 d_{7av} との差分である判定値 d_{11} を使用して直接波とマルチパスを区別するから、衛星電波の受信状況

10

20

30

40

50

に応じて、より確実に、直接波とマルチパスを区別することができる。

【0078】

また、平均差分 d_{7av} 及び差分 d_{10} の基礎となる予測位置 P_f は、現在位置と擬制することができるから、端末 20 の移動速度や衛星電波を受信することができなかった時間にかかわらず、同一の閾値 w を使用することができる。このため、確実にマルチパスを排除することができる。

そして、端末 20 は、第 2 拡張セット Set_2 を生成することができ、その第 2 拡張セットを使用して測位位置情報 170 (図 3 参照) を生成することができる。

上述のように、端末 20 は、HSV のみを出力用の測位には使用するのではなくて、第 2 拡張セット Set_2 を使用して、測位位置情報 170 を生成する。

第 2 拡張セット Set_2 を構成する衛星数は、HSV の数以上である。したがって、第 2 拡張セット Set_2 の PDOP 等は、HSV だけで構成される衛星群の PDOP 等よりも良好である可能性が大きい。

このように、第 2 拡張セット Set_2 を使用することによって、高精度の測位位置情報 170 を生成することができる。

【0079】

しかも、端末 20 は、測位位置 P_n の安定性を判断することができ、測位位置 P_n の変化が大きい場合には、第 1 測位方法によって測位位置情報 170 を生成し、測位位置 P_n の変化が小さい場合には、第 2 測位方法によって測位位置情報 170 を生成することができる。

予測位置 P_f は、端末 20 の移動速度等にかかわらず、現在位置と擬制することができるのであるが、端末 20 の位置の変化が小さい場合には、前回位置 P_{n-1} と真の現在位置との乖離が小さいから、一層精度良く現在位置と擬制することができる。この結果、第 2 測位法におけるマルチパスと直接波の区別が一層確実になる。

【0080】

以上が本実施の形態に係る端末 20 の構成であるが、以下、その動作例を主に図 10、図 11、図 12、図 13、図 14 及び図 15 を使用して説明する。

図 10 乃至図 15 は、端末 20 の動作例を示す概略フローチャートである。

【0081】

図 10 は、端末 20 の全体の動作例を示している。

まず、端末 20 は、第 1 測位法で測位する (図 10 のステップ ST1)。

続いて、端末 20 は、測位位置 P_n の安定性を判断する (ステップ ST2)。

端末 20 は、ステップ ST2 における判断結果を評価し (ステップ ST3)、測位位置 P_n が安定していないと判断した場合には、ステップ ST1 に戻る。

これに対して、端末 20 が、ステップ ST2 における判断結果を評価し (ステップ ST3)、測位位置 P_n が安定していると判断した場合には、第 2 測位法で測位する (ステップ ST4)。

続いて、端末 20 は、測位終了か否かを判断し (ステップ ST5)、測位終了ではない場合には、ステップ ST2 に戻る。

ステップ ST5 において、端末 20 が、測位終了であると判断した場合には、測位を終了する。

【0082】

次に、主に図 11 を使用して、ステップ ST1 (図 10 参照) の第 1 測位法を実施するときの詳細な動作例を説明する。

まず、端末 20 は、概略位置情報 154 に示される概略位置 P (図 3 参照) から観測可能な衛星を選択する (図 11 のステップ ST11)。

続いて、端末 20 は、観測可能な衛星から電波 S_1 等 (図 1 参照) を受信する (ステップ ST12)。このステップ ST12 は、衛星電波受信ステップの一例である。

【0083】

続いて、端末 20 は、電波 S_1 等の受信強度及び仰角に基づいて、HSV を判断する (

10

20

30

40

50

ステップ S T 1 3)。このステップ S T 1 3 は、高信頼度衛星情報生成ステップの一例である。

なお、ステップ S T 1 2 及びステップ S T 1 3 は、端末 2 0 が測位を行っている間、継続する。すなわち、ステップ S T 1 2 及びステップ S T 1 3 は、第 1 測位法による測位時だけでなく、第 2 測位法による測位時にも継続している。

【 0 0 8 4 】

続いて、端末 2 0 は、H S V が 4 個以上か否かを判断する (ステップ S T 1 4)。

ステップ S T 1 4 において、端末 2 0 が、H S V が 4 個以上であると判断した場合には、H S V だけでベースセット B S (図 3 参照) を生成する (ステップ S T 1 5)。ステップ S T 1 4 及びステップ S T 1 5 は、基準衛星群情報生成ステップの一例である。

10

【 0 0 8 5 】

ステップ S T 1 4 において、端末 2 0 が、H S V が 4 個以上ではないと判断した場合には、H S V と N S V とで 4 個の衛星から構成される予備セット R S 1 等 (図 3 参照) を生成する (ステップ S T 1 5 A)。

続いて、端末 2 0 は、各予備セット R S 1 等について、測位計算を行い、P o s i t i o n S i g m a を算出する (ステップ S T 1 5 B)。

続いて、端末 2 0 は、すべての予備セット R S 1 等のうち、P o s i t i o n S i g m a が最小のものをベースセット B S とする (ステップ S T 1 5 C)。

上述の、ステップ S T 1 4 , ステップ S T 1 5 A , ステップ S T 1 5 B 及びステップ S T 1 5 C もまた、基準衛星群情報生成ステップの一例である。

20

【 0 0 8 6 】

ステップ S T 1 5 又はステップ S T 1 5 C に続いて、端末 2 0 は、ベースセット B S を使用して、基準位置 B P を算出する (ステップ S T 1 6)。このステップ S T 1 6 は、基準位置情報生成ステップの一例である。

【 0 0 8 7 】

続いて、端末 2 0 は、N S V について、擬似距離 d_1 (図 6 参照) を算出する (ステップ S T 1 7)。このステップ S T 1 7 は、第 1 擬似距離算出ステップの一例である。

続いて、端末 2 0 は、各 N S V について、基準位置 B P と現在時刻における衛星軌道上の現在座標から近似距離 d_2 (図 6 参照) を算出する (図 1 2 のステップ S T 1 8)。このステップ S T 1 8 は、第 1 近似距離算出ステップの一例である。

30

【 0 0 8 8 】

続いて、端末 2 0 は、各 N S V について、擬似距離 d_1 と近似距離 d_2 との差分 d_3 (図 6 参照) を算出する (ステップ S T 1 9)。このステップ S T 1 9 は、第 1 差分算出ステップの一例である。

続いて、端末 2 0 は、差分 d_3 が閾値 1 (図 6 参照) 以下の衛星をベースセット B S に追加し、第 1 拡張セット S e t 1 (図 3 参照) を生成する (ステップ S T 2 0)。このステップ S T 1 9 は、第 1 測位使用可能性判断ステップの一例であり、第 1 測位使用衛星群情報生成ステップの一例でもある。

【 0 0 8 9 】

続いて、端末 2 0 は、第 1 拡張セット S e t 1 を使用して測位を行い、現在位置 P_n を算出する (ステップ S T 2 1)。このステップ S T 2 1 は、第 1 測位位置情報生成ステップの一例である。

40

【 0 0 9 0 】

続いて、端末 2 0 は、現在位置 P_n を示す測位位置情報 1 7 0 (図 3 参照) を表示装置 3 4 (図 2 参照) に表示する (ステップ S T 2 2)。

以上が、第 1 測位法を実施するときの、端末 2 0 の動作例である。

【 0 0 9 1 】

続いて、端末 2 0 が、図 1 0 のステップ S T 2 において、測位位置 P_n の安定性を判断するときの動作例を主に図 1 3 を使用して説明する。

まず、端末 2 0 は、前回測位した前回位置 P_{n-1} と現在位置 P_n との距離差分 d_4 (

50

図 8 参照) を算出する (図 1 3 のステップ S T 3 1) 。

続いて、端末 2 0 は、距離差分 d_4 が閾値 2 (1 0 メートル (m)) 以下か否かを判断する (ステップ S T 3 2) 。このステップ S T 3 2 は、距離評価ステップの一例である。

【 0 0 9 2 】

端末 2 0 は、ステップ S T 3 2 において、距離差分 d_4 が閾値 2 以下であるという判断が、5 回連続したか否かを判断する (ステップ S T 3 3) 。

端末 2 0 は、ステップ S T 3 3 において、距離差分 d_4 が閾値 2 以下であるという判断が、5 回連続したか否かを判断した場合には、測位位置 P_n は安定していると判断する (ステップ S T 3 4) 。

上述のステップ S T 3 2 , ステップ S T 3 3 及びステップ S T 3 4 は、測位位置安定性判断ステップの一例である。

【 0 0 9 3 】

端末 2 0 は、上述のステップ S T 3 2 において、距離差分 d_4 が閾値 2 以下ではないと判断した場合には、測位位置 P_n が安定していないと判断する (ステップ S T 3 4 A) 。

また、端末 2 0 は、上述のステップ S T 3 3 において、距離差分 d_4 が閾値 2 以下であるという判断が、5 回連続していないと判断した場合には、測位位置 P_n が安定していないと判断する (ステップ S T 3 4 A) 。

以上が、測位位置 P_n の安定性を判断するときの端末 2 0 の動作例である。

【 0 0 9 4 】

次に、図 1 0 のステップ S T 4 における第 2 測位法を実施するときの端末 2 0 の動作例を主に図 1 4 及び図 1 5 を使用して説明する。

まず、端末 2 0 は、H S V について、擬似距離 d_5 (図 9 参照) を算出する (図 1 4 のステップ S T 4 1) 。このステップ S T 4 1 は、高信頼度衛星擬似距離算出ステップの一例である。

【 0 0 9 5 】

続いて、端末 2 0 は、前回位置 P_{n-1} と前回の速度ベクトルに基づいて、予測位置 P_f (図 9 参照) を算出する (ステップ S T 4 2) 。このステップ S T 4 2 は、予測位置算出ステップの一例である。

【 0 0 9 6 】

続いて、端末 2 0 は、各 H S V について、予測位置 P_f と現在時刻における衛星軌道上の座標 (現在座標) に基づいて、近似距離 d_6 (図 9 参照) を算出する (ステップ S T 4 3) 。このステップ S T 4 3 は、高信頼度衛星近似距離算出ステップの一例である。

【 0 0 9 7 】

続いて、端末 2 0 は、各 H S V について、擬似距離 d_5 と近似距離 d_6 との差分 d_7 を算出する (ステップ S T 4 4) 。このステップ S T 4 4 は、高信頼度衛星差分算出ステップの一例である。

【 0 0 9 8 】

続いて、端末 2 0 は、差分 d_7 を平均し、平均差分 d_{7av} (図 9 参照) を算出する (ステップ S T 4 5) 。このステップ S T 4 5 は、平均差分算出ステップの一例である。

【 0 0 9 9 】

続いて、端末 2 0 は、各 N S V について、擬似距離 d_8 を算出する (ステップ S T 4 6)) 。ステップ S T 4 6 は、第 2 擬似距離算出ステップの一例である。

続いて、端末 2 0 は、各 N S V について、予測位置 P_f と衛星軌道上の現在座標に基づいて、近似距離 d_9 (図 9 参照) を算出する (ステップ S T 4 7) 。このステップ S T 4 7 は、第 2 近似距離算出ステップの一例である。

【 0 1 0 0 】

続いて、端末 2 0 は、各 N S V について、擬似距離 d_8 と近似距離 d_9 との差分 d_{10} (図 9 参照) を算出する (図 1 5 のステップ S T 4 8) 。このステップ S T 4 8 は、第 2

10

20

30

40

50

差分算出ステップの一例である。

【0101】

続いて、端末20は、平均差分 d_{7av} と差分 d_{10} の差分である判定値 d_{11} （図9参照）を算出する（ステップST49）。このステップST49は、測位使用可能性判定値算出ステップの一例である。

続いて、端末20は、HSVと判定値 d_{11} が誤差閾値 w 以下のNSVとで第2拡張セットSet2（図3参照）を生成する（ステップST50）。このステップST50は、第2測位使用可能性判断ステップの一例であり、第2測位使用衛星群生成ステップの一例でもある。

【0102】

続いて、端末20は、第2拡張セットSet2を使用して測位を行い、現在位置 P_n を算出する（ステップST51）。このステップST51は、第2測位位置情報生成ステップの一例である。

続いて、端末20は、現在位置 P_n を示す現在位置情報170（図3参照）を表示装置34（図2参照）に表示する（ステップST52）。

以上が、第2測位法を実施するときの端末20の動作例である。

【0103】

以上で説明したように、端末20は、測位位置 P_n の安定性を判断することができ、測位位置 P_n の変化が大きい場合には、第1測位方法によって測位位置情報170を生成し、測位位置 P_n の変化が小さい場合には、第2測位方法によって測位位置情報170を生成することができる。

第2測位法における予測位置 P_f は、端末20の移動速度等にかかわらず、現在位置と擬制することができるのであるが、端末20の位置の変化が小さい場合には、前回位置 P_{n-1} と真の現在位置との乖離が小さいから、一層精度良く現在位置と擬制することができる。

【0104】

本発明は、上述の各実施の形態に限定されない。さらに、上述の各実施の形態は、相互に組み合わせて構成するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0105】

【図1】本発明の実施の形態の測位システムを示す概略図である。

【図2】端末の主なハードウェア構成を示す概略図である。

【図3】端末の主なソフトウェア構成を示す概略図である。

【図4】高信頼度衛星判断プログラムの説明図である。

【図5】ベースセット生成プログラムの説明図である。

【図6】第1拡張セット生成プログラムの説明図である。

【図7】第1測位プログラムの説明図である。

【図8】距離評価プログラムの説明図である。

【図9】第2拡張セット生成プログラムの説明図である。

【図10】端末の動作例を示す概略フローチャートである。

【図11】端末の動作例を示す概略フローチャートである。

【図12】端末の動作例を示す概略フローチャートである。

【図13】端末の動作例を示す概略フローチャートである。

【図14】端末の動作例を示す概略フローチャートである。

【図15】端末の動作例を示す概略フローチャートである。

【符号の説明】

【0106】

11・・・準天頂衛星、12a, 12b, 12c, 12d, 12e, 12f, 12g, 12h, 12i・・・GPS衛星、20・・・端末、30・・・GPS受信装置、32・・・準天頂衛星受信装置、112・・・観測可能衛星算出プログラム、114・・・衛星

10

20

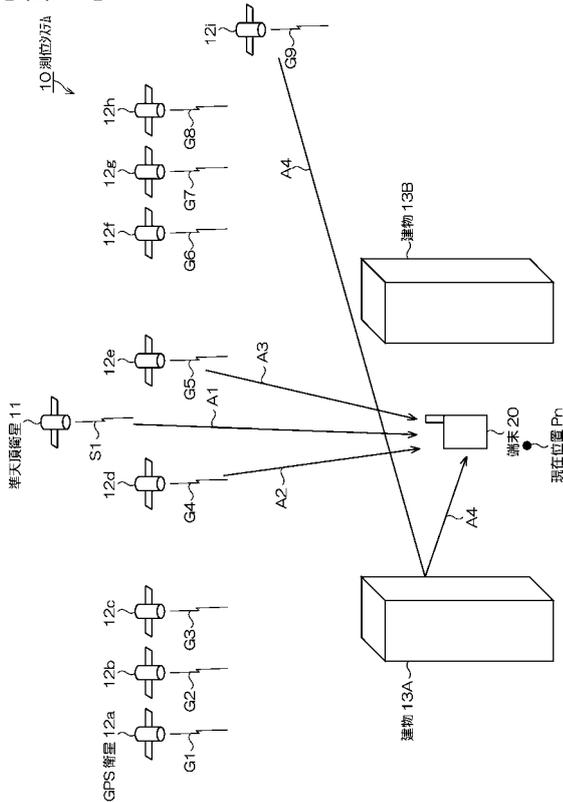
30

40

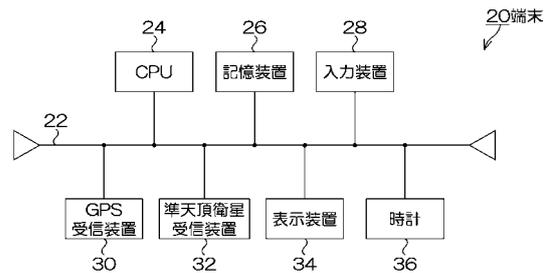
50

電波受信プログラム、116・・・高信頼度衛星判断プログラム、118・・・ベースセット生成プログラム、120・・・予備セット生成プログラム、122・・・Position Sigma算出プログラム、124・・・基準位置情報生成プログラム、126・・・第1拡張セット生成プログラム、128・・・第1測位プログラム、130・・・距離評価プログラム、132・・・測位位置安定性判断プログラム、134・・・第2拡張セット生成プログラム、136・・・第2測位プログラム

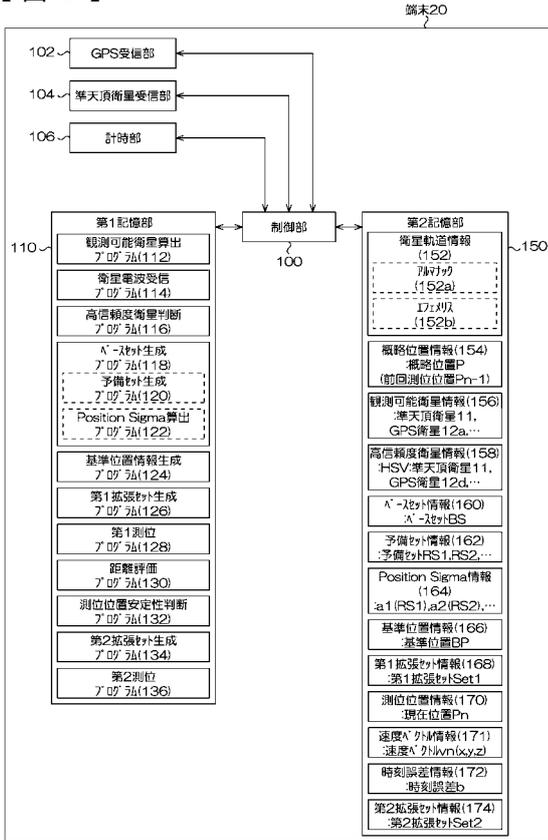
【図1】



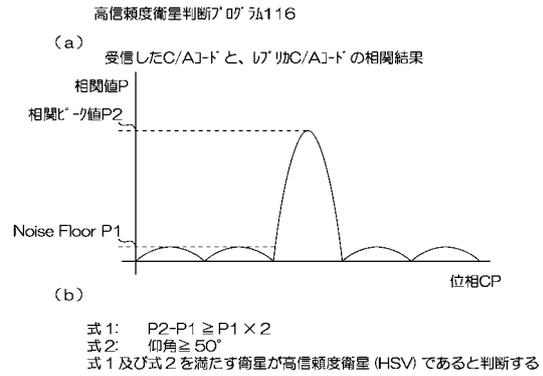
【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

λ-セット生成 図 5a118

式 3: HSV ≥ 4 個

式 3 を満たす場合、HSV だけで λ-セットを構成する

式 3 を満たさない場合、予備セット生成 図 5a120 及び Position Sigma 算出 図 5a122 を起動する

【 図 6 】

第 1 拡張セット生成 図 6a126

(a) 擬似距離 d1 の算出

式 4: $d1 = c \times dt$

d1 = 擬似距離
dt = C/A 1-D の送信時刻 t1 と受信時刻 t2 との間の時間
c = 光速

(b) 近似距離 d2 の算出

式 5: $d2 = \sqrt{(X-x0)^2 + (Y-y0)^2 + (Z-z0)^2}$

基準位置 BP = (x0, y0, z0)
衛星位置 Psv = (X, Y, Z)

(c) 第 1 拡張セットの生成

式 6: $d3 \leq \alpha \times 1$

差分 d3 = d1 - d2
閾値 α 1 = 50m

【 図 7 】

第 1 測位 図 7a128

(a) 式 7: $d1 - d2 = h1 dx + h2 dy + h3 dz + cdt$

(h1, h2, h3): 端末から各衛星への視線ベクトル (単位ベクトル)
(dx, dy, dz): 端末の仮現在位置 preP (基準位置 BP) の誤差
c: 光速
dt: 端末の時刻誤差

↓
未知数は dx, dy, dz, dt の 4 個

↓
4 個の衛星を使用して、4 個の式 7 を得る

↓
第 1 回の解を仮現在位置 preP1 = BP(x0, y0, z0) に加えて新たな仮現在位置 preP2 を生成する

↓
解が収斂するまで、式 7 の計算を繰り返して実施することで、現在位置 Pn(x, y, z) を計算する

(b) 式 8: $y_i = h1 dx + h2 dy + h3 dz + b$
($y_i = H_i \cdot X + b$)

(c) 式 9: $\bar{y} = \bar{h}1 dx + \bar{h}2 dy + \bar{h}3 dz + b$
($\bar{y} = \bar{H} \cdot X + b$) ※ $\bar{H} = H$ の平均

(d) 式 10 = 式 8 - 式 9
($y_i - \bar{y} = (H_i - \bar{H}) \cdot X$)

(e) 式 11: $\bar{y}_h = \bar{H}_h \cdot X + b$ ※ $\bar{H}_h = HSV$ の H の平均

(f) 式 12 = 式 8 - 式 11
 $y_i - \bar{y}_h = (H_i - \bar{H}_h) \cdot X$

(g) 式 13:

$$\begin{pmatrix} y1 \\ y2 \\ \vdots \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h11 & h12 & h13 \\ h21 & h22 & h23 \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dx \\ dy \\ dz \end{pmatrix}$$

↓
Y = H · X

↓
X = (H⁻¹ · H) · Y

(h) 式 14: $b = \bar{y}_h - \bar{H}_h \cdot X$

【 図 8 】

距離評価アルゴリズム130

式 15: $d4 \leq \alpha \cdot 2$

差分 d4: 前回位置 Pn-1 と現在位置 Pn との距離差分
閾値 $\alpha \cdot 2 = 10m$

式 15 を 5 回連続満たせば、測位位置が安定していると判断する

【 図 9 】

第2拡張セット生成アルゴリズム134

- (a) d5: A'-セットの各衛星についての疑似距離
- (b) Pf: 端末の予測位置

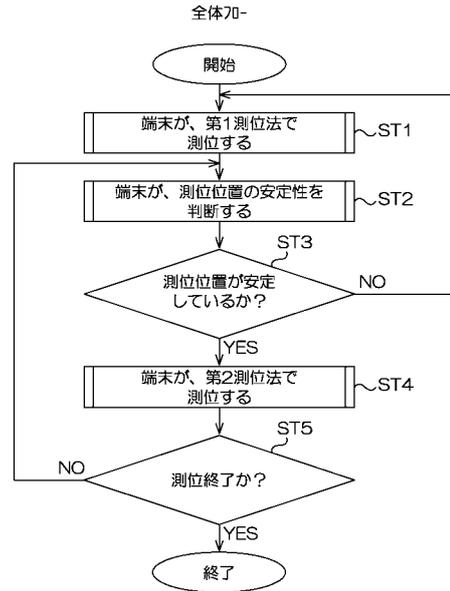
$$x_t = x_{t-1} + v_{x,t-1} \cdot dt$$

$$y_t = y_{t-1} + v_{y,t-1} \cdot dt$$

$$z_t = z_{t-1} + v_{z,t-1} \cdot dt$$
- (c) d6: 近似距離 (端末予測位置 Pf と HSV の衛星軌道上の現在座標との距離)
- (d) d7: d5-d6
- (e) d7av: d7 の平均値
- (f) d8: NSV の疑似距離
- (g) d9: 近似距離 (端末予測位置 Pf と各 NSV の衛星軌道上の現在座標との距離)
- (h) d10: d8-d9
- (i) d11: d7av-d10
- (j) d16: $d11 \leq w$

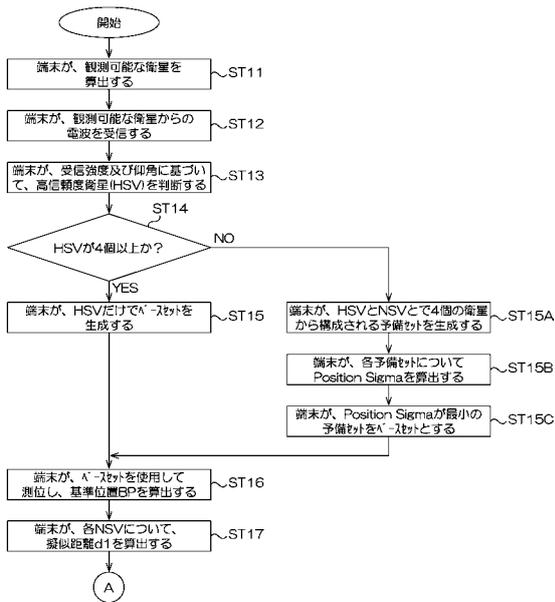
d11 = 判定値
w: 誤差閾値
↓
式 16 を満たす NSV と HSV とで
第 2 拡張セット set2 を生成する

【 図 10 】

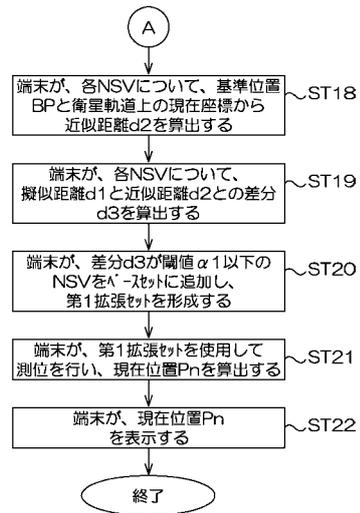


【 図 11 】

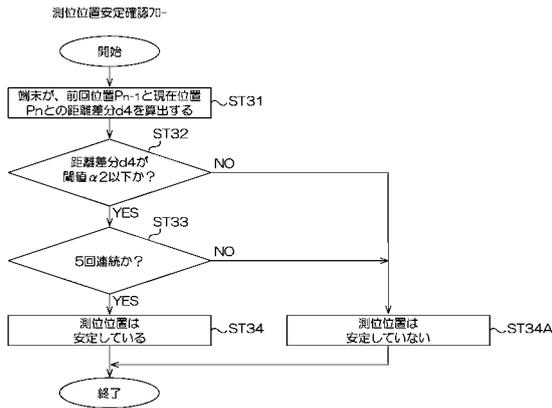
第1測位法



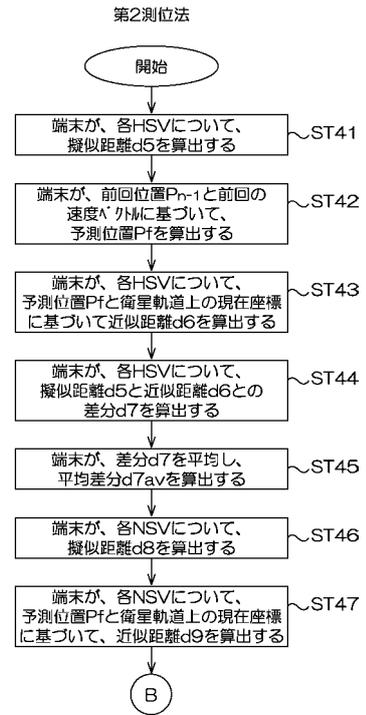
【 図 12 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】

