

(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2010-71977

(P2010-71977A)

(43) 公開日 平成22年4月2日 (2010. 4. 2)

(51) Int. Cl.
G 0 1 S 19/06 (2010.01)F I
G O 1 S 5/14 5 2 3テーマコード (参考)
5 J 0 6 2

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2009-171887 (P2009-171887)
 (22) 出願日 平成21年7月23日 (2009. 7. 23)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-211481 (P2008-211481)
 (32) 優先日 平成20年8月20日 (2008. 8. 20)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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
 (74) 代理人 100095728
 弁理士 上柳 雅誉
 (74) 代理人 100107261
 弁理士 須澤 修
 (74) 代理人 100127661
 弁理士 宮坂 一彦
 (72) 発明者 前澤 秀和
 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
 (72) 発明者 村木 清孝
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 初期位置決定方法、測位方法及び測位装置

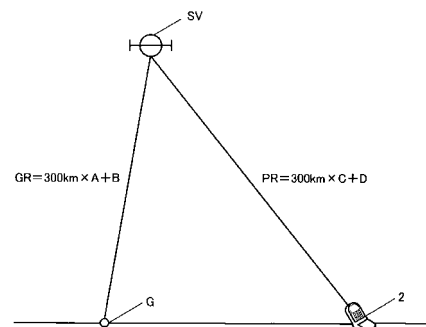
(57) 【要約】

【課題】測位演算をする際の初期位置を決定するための新たな手法を提案すること。

【解決手段】地球上に、携帯型電話機 2 の所在地を含むと想定される位置範囲であるフレームを設定し、当該フレーム内にグリッドと呼ばれる候補位置を格子状に配設する。そして、複数のグリッドそれぞれについて、GPS 衛星との間の幾何学的距離の端数部分と、観測された擬似距離の端数部分との差を第 1 APR 値として算出し、第 1 APR 値が小さい順に N 個のグリッドに絞り込む。その後、絞り込んだ N 個のグリッドを仮の初期位置として GPS 衛星信号に基づく位置収束演算を行うことで、グリッドをさらに M (< N) 個に絞り込む。そして、絞り込んだ M 個のグリッドそれぞれについて、GPS 衛星との間の幾何学的距離と、観測された擬似距離との差を第 2 APR 値として算出し、第 2 APR 値が最も小さいグリッドを測位演算に用いる初期位置として選定する。

。

【選択図】 図 4



(1) 全てのグリッドについて、幾何学的距離「GR」の端数部分「B」と擬似距離「PR」の端数部分「D」との差を算出し、小さい順にグリッドを N 個 (5~20個程度) に絞り込む

(2) 絞り込んだ N 個のグリッドを候補初期位置として、反復回数を m 回 (2~3 回程度) とする位置収束演算を行うことで、グリッドを M 個 (2~3 個程度) に絞り込む

(3) M 個のグリッドについて、幾何学的距離「GR」と擬似距離「PR」とを用いて APR 値を算出し、値が最も小さいグリッドを 1 個選定して初期位置に決定

(4) 決定した初期位置を用いて、反復回数を n 回 (6~10 回程度) とする位置収束演算を行うことで、携帯型電話機の測位位置を求める

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

測位用衛星からの衛星信号に基づいて測位演算をする際の初期位置を決定する初期位置決定方法であって、

複数の第 1 候補位置それぞれを仮初期位置として前記衛星信号に基づく位置収束演算を行うことと、

前記位置収束演算の演算結果に基づいて前記複数の第 1 候補位置の中から第 2 候補位置を選択することと、

前記第 2 候補位置の中から、前記衛星信号を用いて前記初期位置を選択することと、
を含む初期位置決定方法。

10

【請求項 2】

少なくとも 300 km 四方以上の所定範囲に設定された第 3 候補位置それぞれについて、当該第 3 候補位置及び前記測位用衛星の位置を用いて算出した第 1 距離と前記衛星信号に基づき算出した第 2 距離との差に基づいて、前記第 3 候補位置の中から所定数の前記第 1 候補位置を選択すること、

を含む請求項 1 に記載の初期位置決定方法。

【請求項 3】

前記第 3 候補位置は、前記所定範囲に格子状に配設される、

請求項 2 に記載の初期位置決定方法。

20

【請求項 4】

前記初期位置を選択することは、前記第 2 候補位置及び前記測位用衛星の位置を用いて算出した第 3 距離と前記衛星信号に基づき算出した第 4 距離との差に基づいて、前記第 2 候補位置の中から前記初期位置を選択することである、

請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の初期位置決定方法。

【請求項 5】

前記初期位置並びに前記測位用衛星の位置及び軌道を用いて算出した第 1 ドップラー周波数と前記衛星信号に基づき算出した第 2 ドップラー周波数との差に基づいて、前記初期位置の適否を判定すること、

を含む請求項 1 ~ 4 の何れか一項に記載の初期位置決定方法。

30

【請求項 6】

前記初期位置の適否を判定することは、前記初期位置及び測位装置の移動速度ベクトルと、前記測位用衛星の軌道から求まる前記測位用衛星の位置及び移動速度ベクトルとを用いて前記第 1 ドップラー周波数を算出することを含む、

請求項 5 に記載の初期位置決定方法。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 の何れか一項に記載の初期位置決定方法により決定された初期位置を用いて、前記衛星信号に基づいて測位演算をする測位方法。

【請求項 8】

測位用衛星からの衛星信号に基づいて測位演算をする測位装置であって、

複数の第 1 候補位置それぞれを仮初期位置として前記衛星信号に基づく位置収束演算を行う位置収束演算部と、

前記位置収束演算の演算結果に基づいて前記複数の第 1 候補位置の中から第 2 候補位置を選択する第 2 候補位置選択部と、

前記第 2 候補位置の中から、前記衛星信号を用いて前記測位演算をする際の初期位置を選択する初期位置選択部と、

前記選択された初期位置を用いて、前記衛星信号に基づいて測位演算をする測位部と、
を備えた測位装置。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

50

本発明は、測位用衛星からの衛星信号に基づいて測位演算をする際の初期位置を決定する初期位置決定方法等に関する。

【背景技術】

【0002】

測位用信号を利用した測位システムとしては、GPS (Global Positioning System) が広く知られており、携帯型電話機やカーナビゲーション装置等に内蔵された測位装置に利用されている。GPSでは、自機の位置を示す3次元の座標値と、時計誤差との4つのパラメータの値を、複数のGPS衛星の位置や各GPS衛星から自機までの擬似距離等の情報に基づいて求める測位演算を行うことで、自機の現在位置を測位する。

【0003】

GPSによる測位では、測位演算（より正確には位置収束演算）の初期値とする測位装置の位置（以下、「初期位置」と称す。）が必要となるため、初期位置を求めるための様々な技術が考案されている。例えば特許文献1には、前回の測位演算により求められた測位位置に含まれる位置誤差を用いて、今回の測位演算に使用する初期位置を決定する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-71460号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来の測位装置は、GPS衛星からの衛星信号に載せられている拡散符号の一種であるPRN (Pseudo Random Noise) コードの端数部分（コード位相）を利用して初期位置を判定するのが一般的である。PRNコードは、1.023Mbpsのビット率、1,023bit (= 1msec = 300km) のビット長の信号である。従って、初期位置が真位置から150km以内の誤差範囲であれば、PRNコードの端数部分（コード位相）を利用して位置収束演算が可能となる。このため、従来の測位演算においては、初期位置の誤差が150km以内である必要があった。

【0006】

ところが、実際には、測位装置の真位置に近い初期位置を得ることは困難な場合がある。飛行機で移動した後に、測位装置の電源を入れて初めて測位する場合が典型的な例である。場合によっては、測位装置の真位置から500kmや1000kmも離れた初期位置が与えられる場合もあり得る。このような場合であっても、測位装置の真位置に近い初期位置を決定することができれば好適である。

【0007】

本発明は、上述した課題に鑑みて為されたものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

以上の課題を解決するための第1の発明は、測位用衛星からの衛星信号に基づいて測位演算をする際の初期位置を決定する初期位置決定方法であって、複数の第1候補位置それぞれを仮初期位置として前記衛星信号に基づく位置収束演算を行うことと、前記位置収束演算の演算結果に基づいて前記複数の第1候補位置の中から第2候補位置を選択することと、前記第2候補位置の中から、前記衛星信号を用いて前記初期位置を選択することと、を含む初期位置決定方法である。

【0009】

また、他の発明として、測位用衛星からの衛星信号に基づいて測位演算をする測位装置であって、複数の第1候補位置それぞれを仮初期位置として前記衛星信号に基づく位置収束演算を行う位置収束演算部と、前記位置収束演算の演算結果に基づいて前記複数の第1候補位置の中から第2候補位置を選択する第2候補位置選択部と、前記第2候補位置の中

10

20

30

40

50

から、前記衛星信号を用いて前記測位演算をする際の初期位置を選択する初期位置選択部と、前記選択された初期位置を用いて、前記衛星信号に基づいて測位演算をする測位部と、を備えた測位装置を構成してもよい。

【0010】

この第1の発明等によれば、複数の第1候補位置それぞれについて、当該第1候補位置を仮初期位置として衛星信号に基づく位置収束演算を行い、その演算結果に基づいて、複数の第1候補位置の中から第2候補位置を選択する。そして、選択した第2候補位置の中から、衛星信号を用いて測位演算をする際の初期位置を選択する。

【0011】

例えば、位置収束演算によって解が収束したか否かを判定することによって、複数の候補位置の中から初期位置として採用することが可能な候補位置を絞り込むことができる。そして、絞り込んだ候補位置の中から衛星信号を用いて初期位置を選定することで、測位装置の真位置に近い初期位置を得ることができる。

10

【0012】

また、第2の発明として、第1の発明の初期位置決定方法であって、少なくとも300km四方以上の所定範囲に設定された第3候補位置それぞれについて、当該第3候補位置及び前記測位用衛星の位置を用いて算出した第1距離と前記衛星信号に基づき算出した第2距離との差に基づいて、前記第3候補位置の中から所定数の前記第1候補位置を選択することを含む初期位置決定方法を構成してもよい。

【0013】

この第2の発明によれば、少なくとも300km四方以上の所定範囲に設定された第3候補位置それぞれについて、当該第3候補位置及び測位用衛星の位置を用いて算出した第1距離と衛星信号に基づき算出した第2距離との差に基づいて、第3候補位置の中から所定数の第1候補位置を選択する。

20

【0014】

第3候補位置と測位用衛星の物理的位置関係から算出した第1距離と、衛星信号に基づき算出した第2距離との差が小さければ、当該第3候補位置は、測位装置の所在地に近接している可能性が高い。そのため、例えば、第1距離と第2距離との差が小さい順に所定数の第1候補位置を選択することで、位置収束演算の前段階で第1候補位置を効果的に絞り込むことが可能となる。これにより、全ての第1候補位置に対して位置収束演算を行う必要がなくなるため、計算量を大幅に削減することができる。また、少なくとも300km四方以上の所定範囲に第3候補位置を設定するようにしたことで、広範な範囲を対象として初期位置の探索を行うことが可能となる。

30

【0015】

また、第3の発明として、第2の発明の初期位置決定方法であって、前記第3候補位置は、前記所定範囲に格子状に配設される初期位置決定方法を構成してもよい。

【0016】

この第3の発明によれば、第3候補位置を所定範囲に格子状に配設することで、計算機による計算が容易となり、また、所定範囲に満遍なく候補位置を配置することができる。

【0017】

また、第4の発明として、第1～第3の何れかの発明の初期位置決定方法であって、前記初期位置を選択することは、前記第2候補位置及び前記測位用衛星の位置を用いて算出した第3距離と前記衛星信号に基づき算出した第4距離との差に基づいて、前記第2候補位置の中から前記初期位置を選択する初期位置決定方法を構成してもよい。

40

【0018】

この第4の発明によれば、第2候補位置及び測位用衛星の位置を用いて算出した第3距離と衛星信号に基づき算出した第4距離との差に基づいて、第2候補位置の中から初期位置を選択する。

【0019】

第2候補位置と測位用衛星の物理的位置関係から算出した第3距離と、衛星信号に基づ

50

き算出した第4距離との差が小さければ、当該第2候補位置は、測位装置の所在地に近接している可能性が高い。そのため、例えば、第3距離と第4距離との差が最も小さい第2候補位置を選択して初期位置とすることで、測位装置の真位置に近い初期位置を求めることができる。

【0020】

また、第5の発明として、第1～第4の何れかの発明の初期位置決定方法であって、前記初期位置並びに前記測位用衛星の位置及び軌道を用いて算出した第1ドップラー周波数と前記衛星信号に基づき算出した第2ドップラー周波数との差に基づいて、前記初期位置の適否を判定すること、を含む初期位置決定方法を構成してもよい。

【0021】

この第5の発明によれば、初期位置並びに測位用衛星の位置及び軌道を用いて算出した第1ドップラー周波数と、衛星信号に基づき算出した第2ドップラー周波数との差に基づいて、初期位置の適否を判定する。これにより、初期位置の妥当性をドップラー周波数に基づいて判定することができる。

【0022】

また、第6の発明として、第5の発明の初期位置決定方法における前記初期位置の適否を判定することが、前記初期位置及び測位装置の移動速度ベクトルと、前記測位用衛星の軌道から求まる前記測位用衛星の位置及び移動速度ベクトルとを用いて前記第1ドップラー周波数を算出することを含むように初期位置決定方法を構成することも可能である。

【0023】

この第6の発明によれば、測位用衛星の移動速度及び移動方向ばかりでなく、測位装置の移動速度及び移動方向も加味したドップラー周波数の算出がなされるため、ドップラー周波数をより正確に求めることが可能となり、初期位置の妥当性の判定をより確実に行うことができる。

【0024】

また、第7の発明として、第1～第6の何れかの発明の初期位置決定方法により決定された初期位置を用いて、前記衛星信号に基づいて測位演算をする測位方法を構成してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】測位システムの概略構成を示す図。

【図2】初期位置決定の原理の説明図。

【図3】初期位置決定の原理の説明図。

【図4】初期位置決定の原理の説明図。

【図5】携帯型電話機の機能構成を示すブロック図。

【図6】携帯型電話機のROMに格納されたデータの一例を示す図。

【図7】携帯型電話機のフラッシュROMに格納されたデータの一例を示す図。

【図8】携帯型電話機のRAMに格納されるデータの一例を示す図。

【図9】初期位置信頼度設定データのデータ構成の一例を示す図。

【図10】メジャメントデータのデータ構成の一例を示す図。

【図11】グリッドデータのデータ構成の一例を示す図。

【図12】候補初期位置データのデータ構成の一例を示す図。

【図13】メイン処理の流れを示すフローチャート。

【図14】測位処理の流れを示すフローチャート。

【図15】測位処理の流れを示すフローチャート。

【図16】拡張グリッドサーチ処理の流れを示すフローチャート。

【図17】第1APR値算出処理の流れを示すフローチャート。

【図18】第2APR値算出処理の流れを示すフローチャート。

【図19】ドップラーチェック処理の流れを示すフローチャート。

【図20】実験結果の一例を示す図。

10

20

30

40

50

【図 2 1】第 2 測位処理の流れを示すフローチャート。

【図 2 2】変形例における携帯型電話機の機能構成を示すブロック図。

【図 2 3】第 2 ドップラーチェック処理の流れを示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、図面を参照して、本発明に好適な実施形態の一例を説明する。但し、本発明を適用可能な実施形態がこれに限定されるわけではない。

【0027】

1. システム構成

図 1 は、本実施形態における測位システム 1 の概略構成を示す図である。測位システム 1 は、測位装置を備えた電子機器の一種である携帯型電話機 2 と、携帯型電話機の基地局 3 と、複数の GPS 衛星 SV (SV1, SV2, SV3, SV4, ...) とを備えて構成される。

【0028】

携帯型電話機 2 は、ユーザが通話やメールの送受信等を行うための電子機器であり、基地局 3 と基地局通信を行うことで、通話やメールの送受信といった携帯電話としての本来の機能を発揮する他、GPS 衛星 SV から受信した GPS 衛星信号に基づいて測位する測位機能を有している。

【0029】

携帯型電話機 2 は、初回測位時、又は、前回測位時から長時間が経過している場合に、携帯型電話機 2 の予想位置を基地局 3 に要求する。そして、予想位置と、当該予想位置の信頼度（予想位置が携帯型電話機 2 の真位置から最大でどの程度離れているか）とを基地局 3 から取得し、後述する原理に従って、測位演算をする際の初期位置を決定する。そして、決定した初期位置を用いた測位演算を行うことで、携帯型電話機 2 の位置を計測する。

【0030】

基地局 3 は、携帯型電話機のサービス事業者が設置する無線基地局であり、携帯型電話機 2 に対して基地局信号を送信し、携帯型電話機 2 との間で基地局通信を行うことで、携帯型電話機 2 が通話やメールの送受信等の機能を発揮することを可能にする。基地局 3 は、携帯型電話機 2 の要求を受けて、携帯型電話機 2 の予想位置と、当該予想位置の信頼度とを算出して、要求元の携帯型電話機 2 に提供する。尚、予想位置及びその信頼度の算出方法については公知の手法を適用することができるため、詳細な説明を省略する。

【0031】

2. 原理

図 2 ~ 図 4 は、本実施形態における初期位置決定の原理を説明するための図である。

初期位置は、携帯型電話機 2 が測位演算（より詳細には位置収束演算）を行うために必要となる他、捕捉対象とする衛星（以下、「捕捉対象衛星」と称す。）を判定したり、携帯型電話機 2 と捕捉対象衛星間の幾何学的な距離を算出するために用いられる。このため、初期位置を、携帯型電話機 2 の真位置により近い位置に決定する必要がある。

【0032】

基地局 3 から取得した予想位置が、携帯型電話機 2 の真位置から $\pm 150 \text{ km}$ 以内の精度を有している場合には、取得した予想位置を中心とする 300 km 四方の位置範囲に携帯型電話機 2 の所在地が含まれていると考えられる。このため、少なくとも 300 km 以下の誤差範囲で携帯型電話機 2 の真位置に近い初期位置を求めることができる。

【0033】

詳細に説明すると、例えば図 2 に示すように、予想位置（図中では黒丸で示している。）を中心とし、高度を予想位置と同一の高度とする 2 次元の所定領域（以下、本実施形態において「フレーム」と称する。）を地球上に仮想的に配置する。そして、当該フレーム内に、例えば 50 km 間隔でグリッドと呼ばれる候補位置を格子状に配設する。尚、ここでは、グリッドの高度が全て同一となるように 2 次元のフレームを配置するものとして説

10

20

30

40

50

明するが、グリッドの高度が当該グリッドの地表面の高度となるように 3 次元のフレームを配置することとしてもよい。

【 0 0 3 4 】

そして、各グリッドそれぞれについて、次式 (1) に従って、当該グリッドと捕捉対象衛星との間の距離を位置座標から求める。当該グリッドと捕捉対象衛星との間の距離を位置座標から求めた距離のことを、「幾何学的距離」と称する。

【 数 1 】

$$GR_i = \sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2 + (Z_i - z)^2} \cdots (1)$$

但し、「GR」は幾何学的距離を示しており、添え字の「i」は、捕捉対象衛星の番号を示している。また、(X_i , Y_i , Z_i) は捕捉対象衛星の位置座標であり、(x , y , z) はグリッドの位置座標である。

10

【 0 0 3 5 】

また、GPS 衛星 SV から送出されている GPS 衛星信号は、衛星毎に異なる拡散符号の一種である PRN コードで直接スペクトラム拡散方式により変調されている。この場合、装置内部で発生させたレプリカコードと PRN コードとの相関処理を行うことで、PRN コードの位相 (以下、「コード位相」と称す。) を検出することができる。当該コード位相から、携帯型電話機 2 と捕捉対象衛星間の擬似距離「PR」を算出することができる。

【 0 0 3 6 】

そして、各グリッドそれぞれについて、当該グリッドを仮初期位置として、擬似距離「PR」と幾何学的距離「GR」との差「 $R = PR - GR$ 」を用いて位置収束演算を行う。収束演算としては、例えば逐次近似法 (ニュートン・ラフソン法) を用いることができ、解が収束したグリッドを測位演算のための初期位置に決定する。

20

【 0 0 3 7 】

基地局 3 から与えられた予想位置の精度が ± 150 km 以下である場合は、上述したように 300 km 四方のフレーム 1 つを考え、当該フレーム内の各グリッドそれぞれについて位置収束演算を行うことで、初期位置を決定することができる。しかし、予想位置の精度が ± 150 km を超える場合には、与えられた予想位置を中心とする 300 km 四方のフレーム内に携帯型電話機 2 の所在地が含まれているとは限らない。そのため、初期位置の探索範囲を拡張する必要がある。

30

【 0 0 3 8 】

例えば、精度が ± 500 km の予想位置が基地局 3 から与えられた場合には、図 3 に示すように、与えられた予想位置 (図中では黒丸で示している。) を中心とするフレーム F 1 を設定するとともに、その周囲に 8 個のフレーム F 2 ~ F 9 を設定することで、 1000 km 四方の領域を形成する。そして、フレーム F 1 ~ F 9 に含まれる全てのグリッドを対象として位置収束演算を行うことで初期位置を決定する。

【 0 0 3 9 】

しかし、図 3 の例では、1 つのフレームにつき $7 \times 7 = 49$ 個のグリッドが含まれるため、9 個のフレームでは $49 \times 9 = 441$ 個のグリッドが存在し、これら全てのグリッドを対象として位置収束演算を行ったのでは、計算量が膨大になるという問題がある。また、初期位置の探索範囲を拡大したことにより、位置収束演算によって複数の収束点が観測されてしまい、初期位置とするグリッドを選定するのが困難になる場合がある。

40

【 0 0 4 0 】

これらの問題を解決するため、本実施形態では、帰納的残差 APR (以下、「APR 値」と称す。) を用いてグリッドの絞り込みを行う。そして、絞り込んだグリッドのみを対象として位置収束演算を行うことで、計算量を削減するとともに、位置収束演算によって複数の収束点が観測されることを防止する。

【 0 0 4 1 】

ここで、APR 値は、次式 (2) に従って算出される。

50

【数 2】

$$APR = \sum_i^N (\delta R_i)^2 = \sum_i^N (PR_i - GR_i)^2 \cdots (2)$$

但し、「N」は捕捉対象衛星の個数である。APR値は、各捕捉対象衛星それぞれの擬似距離「PR」と幾何学的距離「GR」との差「R」の2乗和として与えられる。

【0042】

図4は、本実施形態における初期位置の決定及び測位の手順を説明するための図である。PRNコードは、1.023Mbpsのビット率、1,023bit(=1msc=300km)のビット長の信号である。GPS衛星SVとグリッド間の距離(幾何学的距離)は、PRNコードの繰り返し周期である1ms分の波長である300kmの整数倍に端数部分を加えた長さとして表すことができる。例えば、図4において、グリッドGと衛星SVとの間の幾何学的距離は「GR=300km×A+B」と表すことができる。同様に、携帯型電話機2と衛星SV間の擬似距離も「PR=300km×C+D」と表すことができる。

10

【0043】

本実施形態では、まず、各グリッド(第3候補位置)それぞれについて幾何学的距離「GR」を算出し、その端数部分(第1距離)を算出する。また、観測された擬似距離「PR」の端数部分(第2距離)を算出する。そして、擬似距離「PR」の端数部分「D」と幾何学的距離「GR」の端数部分「B」との差を用いてAPR値を算出し、APR値が小さい順にN個のグリッドを選択することで、N個のグリッド(第1候補位置)に絞り込む。尚、ここで絞り込むグリッドの個数「N」は、「5~20個」程度とすれば好適である。

20

【0044】

次に、絞り込んだN個のグリッド(第1候補位置)それぞれを候補初期位置として、反復回数をm回とする位置収束演算を行うことで、さらにM個のグリッド(第2候補位置)に絞り込む。この場合の位置収束演算の反復回数「m」は、「2~3回」程度とすることが好ましい。N個のグリッドのうち、m回の位置収束演算によって解が収束するグリッドは概ね「2~3個」である。ここで絞り込んだグリッドの個数をM個とする。

【0045】

30

そして、絞り込んだM個のグリッド(第2候補位置)それぞれについて、幾何学的距離(第3距離)「GR」と擬似距離(第4距離)「PR」とを用いてAPR値を算出する。そして、算出したAPR値が最小となったグリッドを初期位置として選択・決定する。その後は、決定した初期位置を用いて、反復回数をn回とする位置収束演算を行うことで、携帯型電話機2の測位位置を求める。この場合の位置収束演算の反復回数「n」は、「6~10回」程度とすることが好ましい。

【0046】

本願実施形態の大きな特徴の1つは、まず、多数存在するグリッドの中から、幾何学的距離の端数部分及び擬似距離の端数部分を用いてグリッドを5~20個程度に絞り込み、その後、反復回数の少ない(計算量の少ない)位置収束演算を行うことで、さらにグリッドを2~3個にまで絞り込むことにある。これにより、膨大な数のグリッドそれぞれについて完全な位置収束演算を行うことなく、少ない計算量で初期位置とするグリッドを選定することが可能となる。

40

【0047】

3. 機能構成

図5は、本実施形態における携帯型電話機2の機能構成を示すブロック図である。携帯型電話機2は、GPSアンテナ10と、GPS受信部20と、TCXO(Temperature Compensated Crystal Oscillator)40と、ホストCPU(Central Processing Unit)50と、操作部60と、表示部70と、携帯電話用アンテナ80と、携帯電話用無線通信回路部90と、ROM(Read Only Memory)100と、フラッシュROM110と、RAM

50

(Random Access Memory) 120 とを備えて構成される。

【0048】

GPS アンテナ 10 は、GPS 衛星から発信されている GPS 衛星信号を含む RF (Radio Frequency) 信号を受信するアンテナであり、受信した信号を GPS 受信部 20 に出力する。

【0049】

GPS 受信部 20 は、GPS アンテナ 10 から出力された信号に基づいて携帯型電話機 2 の現在位置を測位する測位回路であり、いわゆる GPS 受信機に相当する機能ブロックである。GPS 受信部 20 は、RF (Radio Frequency) 受信回路部 21 と、ベースバンド処理回路部 30 とを備えて構成される。尚、RF 受信回路部 21 と、ベースバンド処理回路部 30 とは、それぞれ別の LSI (Large Scale Integration) として製造することも、1チップとして製造することも可能である。

【0050】

RF 受信回路部 21 は、RF 信号の処理回路ブロックであり、TCXO 40 により生成された発振信号を分周或いは逡倍することで、RF 信号乗算用の発振信号を生成する。そして、生成した発振信号を、GPS アンテナ 10 から出力された RF 信号に乗算することで、RF 信号を中間周波数の信号 (以下、「IF (Intermediate Frequency) 信号」と称す。) にダウンコンバートする。そして、IF 信号を増幅等した後、A/D (Analog Digital) 変換器でデジタル信号に変換して、ベースバンド処理回路部 30 に出力する。

【0051】

ベースバンド処理回路部 30 は、RF 受信回路部 21 から出力された IF 信号に対して相関処理等を行って GPS 衛星信号を捕捉・抽出し、データを復号して航法メッセージや時刻情報等を取り出して測位演算を行う回路部である。ベースバンド処理回路部 30 は、演算制御部 31 と、ROM 35 と、RAM 37 とを備えて構成される。また、演算制御部 31 は、メジャメント取得演算部 33 を備えて構成される。

【0052】

メジャメント取得演算部 33 は、RF 受信回路部 21 から出力された受信信号 (IF 信号) から、GPS 衛星信号の捕捉・追尾を行う回路部であり、相関演算部 331 を備えて構成されている。メジャメント取得演算部 33 は、捕捉・追尾した GPS 衛星信号のドップラー周波数やコード位相等の情報をメジャメント実測値として取得して、ホスト CPU 50 に出力する。

【0053】

相関演算部 331 は、受信信号に含まれる PRN コードとレプリカコードとの相関を、例えば FFT (Fast Fourier Transform) 演算を用いて算出し積算する相関演算処理を行って、GPS 衛星信号を捕捉する。レプリカコードとは、擬似的に発生させた捕捉しようとする GPS 衛星信号に含まれる PRN コードを模擬した信号である。

【0054】

捕捉しようとする GPS 衛星信号が間違いなければ、その GPS 衛星信号に含まれる PRN コードとレプリカコードとは一致し (捕捉成功)、間違っていれば一致しない (捕捉失敗)。そのため、算出された積算相関値のピークを判定することによって GPS 衛星信号の捕捉が成功したか否かを判定でき、レプリカコードを次々に変更して、同じ受信信号との相関演算を行うことで、GPS 衛星信号を捕捉することが可能となる。

【0055】

また、相関演算部 331 は、上述した相関演算処理を、レプリカコードの発生信号の周波数、及び、レプリカコードの位相を変更しつつ行っている。レプリカコードの発生信号の周波数と受信信号の周波数とが一致し、且つ、レプリカコードの位相と受信信号に含まれる PRN コードの位相とが一致した場合に、積算相関値が最大となる。

【0056】

より具体的には、捕捉対象の GPS 衛星信号に応じた所定の周波数及び位相の範囲をサーチ範囲として設定する。そして、このサーチ範囲内で、PRN コードの開始位置 (コー

10

20

30

40

50

ド位相)を検出するための位相方向の相関演算と、周波数を検出するための周波数方向の相関演算とを行う。サーチ範囲は、周波数についてはGPS衛星信号の搬送波周波数である1.57542 [GHz]を中心とする所定の周波数掃引範囲、位相についてはPRNコードのチップ長である1023チップのコード位相範囲内に定められる。

【0057】

TCXO40は、所定の発振周波数で発振信号を生成する温度補償型水晶発振器であり、生成した発振信号をRF受信回路部21及びベースバンド処理回路部30に出力する。

【0058】

ホストCPU50は、ROM100に記憶されているシステムプログラム等の各種プログラムに従って携帯型電話機2の各部を統括的に制御するプロセッサである。ホストCPU50は、測位処理を行うことで求めた出力位置を表示部70に表示させる。

10

【0059】

操作部60は、例えばタッチパネルやボタンスイッチ等により構成される入力装置であり、押下されたキーやボタンの信号をホストCPU50に出力する。この操作部60の操作により、通話要求やメールの送受信要求等の各種指示入力が行なわれる。

【0060】

表示部70は、LCD(Liquid Crystal Display)等により構成され、ホストCPU50から入力される表示信号に基づいた各種表示を行う表示装置である。表示部70には、ナビゲーション画面や時刻情報等が表示される。

【0061】

20

携帯電話用アンテナ80は、携帯型電話機2の通信サービス事業者が設置した無線基地局との間で携帯電話用無線信号の送受信を行うアンテナである。

【0062】

携帯電話用無線通信回路部90は、RF変換回路、ベースバンド処理回路等によって構成される携帯電話の通信回路部であり、携帯電話用無線信号の変調・復調等を行うことで、通話やメールの送受信等を実現する。

【0063】

ROM100は、ホストCPU50が携帯型電話機2を制御するためのシステムプログラムや、ナビゲーション機能を実現するための各種プログラムやデータ等を記憶している。

30

【0064】

フラッシュROM110は、読み書き可能な不揮発性の記憶装置であり、ROM100と同様に、ホストCPU50が携帯型電話機2を制御するための各種プログラムやデータ等を記憶している。フラッシュROM110に記憶されているデータは、携帯型電話機2の電源を切断しても失われない。

【0065】

RAM120は、ホストCPU50により実行されるシステムプログラム、各種処理プログラム、各種処理の処理中データ、処理結果などを一時的に記憶するワークエリアを形成している。

【0066】

40

4. データ構成

図6は、ROM100に格納されたデータの一例を示す図である。ROM100には、ホストCPU50により読み出され、メイン処理(図13参照)として実行されるメインプログラム101と、初期位置信頼度設定データ103とが記憶されている。

【0067】

また、メインプログラム101には、測位処理(図14及び図15参照)として実行される測位プログラム1011と、拡張グリッドサーチ処理(図16参照)として実行される拡張グリッドサーチプログラム1012と、第1APR値算出処理(図17参照)として実行される第1APR値算出プログラム1013と、第2APR値算出処理(図18参照)として実行される第2APR値算出プログラム1014と、ドブラーチェック処理

50

(図19参照)として実行されるドップラーチェックプログラム1015と、第1測位演算処理として実行される第1測位演算プログラム1016と、第2測位演算処理として実行される第2測位演算プログラム1017とがサブルーチンとして含まれている。これらの処理については、フローチャートを用いて詳細に後述する。

【0068】

図9は、初期位置信頼度設定データ103のデータ構成の一例を示す図である。初期位置信頼度設定データ103には、ドップラー残差幅1031と、初期位置信頼度1033とが対応付けて記憶されている。例えば、ドップラー残差幅1031が「20～60Hz」の場合の初期位置信頼度1033は「100km」である。

【0069】

ドップラー残差幅1031は、各捕捉対象衛星それぞれについて、暫定的な初期位置(以下、「暫定初期位置」と称す。)を用いて算出した理論上のドップラー周波数と、メジャメント取得演算部33により演算されたドップラー周波数との差(以下、「ドップラー残差」と称す。)の幅である。より具体的には、各捕捉対象衛星について算出されたドップラー残差のうちの最大値から最小値を減算した値がドップラー残差幅1031である。

【0070】

初期位置信頼度1033は、初期位置111の信頼性の程度を示す指標値であり、初期位置111に含まれる誤差の大きさとして表される。例えば、初期位置信頼度1033が「100km」といったときは、初期位置111には「100km」の誤差が含まれることを意味している。

【0071】

図7は、フラッシュROM110に格納されたデータの一例を示す図である。フラッシュROM110には、初期位置111と、初期位置信頼度112と、衛星軌道データ113とが記憶される。

【0072】

初期位置111は、測位演算に使用する携帯型電話機2の初期位置である。初回測位の場合や、前回測位時から所定時間以上が経過している場合は、ホストCPU50は、基地局3と通信を行って携帯型電話機2の予想位置を取得し、初期位置111としてフラッシュROM110に更新記憶させる。

【0073】

初期位置信頼度112は、初期位置111の信頼性の程度を示す指標値であり、図9の初期位置信頼度1033に対応している。ホストCPU50は、基地局3から予想位置の信頼度を取得し、初期位置信頼度112としてフラッシュROM110に更新記憶させる。

【0074】

衛星軌道データ113は、例えばアルマナックやエフェメリスといった各GPS衛星SVの衛星軌道が記憶されたデータである。衛星軌道データ113は、例えばベースバンド処理回路部30により捕捉されたGPS衛星信号をデコードすることで取得することができる。

【0075】

図8は、RAM120に格納されるデータの一例を示す図である。RAM120には、メジャメントデータ121と、フレーム配置データ122と、グリッドデータ123と、候補初期位置データ124と、暫定初期位置125と、候補出力位置126と、出力位置127とが記憶される。

【0076】

図10は、メジャメントデータ121のデータ構成の一例を示す図である。メジャメントデータ121には、各捕捉対象衛星1211それぞれについて、コード位相及びドップラー周波数となるメジャメント実測値1213が記憶される。ホストCPU50は、メジャメント取得演算部33からメジャメント実測値1213を取得し、捕捉対象衛星1211と対応付けてメジャメントデータ121に記憶させる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 7 】

フレーム配置データ 1 2 2 は、例えば図 3 のフレーム F 1 ~ F 9 のような、各フレームの配置に関するデータであり、例えばフレームの座標値がこれに含まれる。

【 0 0 7 8 】

図 1 1 は、グリッドデータ 1 2 3 のデータ構成の一例を示す図である。グリッドデータ 1 2 3 は、全てのフレームの全てのグリッドについてのデータであり、フレームの番号 1 2 3 1 と、当該フレームに含まれるグリッドの番号 1 2 3 3 と、当該グリッドに含まれるグリッドの位置座標 1 2 3 5 と、当該グリッドについて算出された第 1 A P R 値 1 2 3 7 とが対応付けて記憶される。

【 0 0 7 9 】

図 1 2 は、候補初期位置データ 1 2 4 のデータ構成の一例を示す図である。候補初期位置データ 1 2 4 は、候補初期位置として選出されたグリッドについてのデータであり、フレームの番号 1 2 4 1 と、グリッドの番号 1 2 4 3 と、当該グリッドの位置座標 1 2 4 5 と、第 2 A P R 値 1 2 4 7 とが対応付けて記憶される。

【 0 0 8 0 】

暫定初期位置 1 2 5 は、候補初期位置の中から暫定的な初期位置として決定されたグリッドに対応する位置である。候補出力位置 1 2 6 は、第 2 測位演算処理により出力位置の候補として算出された位置である。また、出力位置 1 2 7 は、最終的に表示部 7 0 に出力する位置として決定された位置である。

【 0 0 8 1 】

5 . 処理の流れ

図 1 3 は、ROM 1 0 0 に記憶されているメインプログラム 1 0 1 がホスト CPU 5 0 により読み出されて実行されることで、携帯型電話機 2 において実行されるメイン処理の流れを示すフローチャートである。

【 0 0 8 2 】

メイン処理は、ホスト CPU 5 0 が、操作部 6 0 を介してユーザにより電源投入操作がなされたことを検出した場合に実行を開始する処理である。また、特に説明しないが、以下のメイン処理の実行中は、GPS アンテナ 1 0 による RF 信号の受信や、RF 受信回路部 2 1 による RF 信号の IF 信号へのダウンコンバージョンが行われ、ベースバンド処理回路部 3 0 による IF 信号からの GPS 衛星信号の捕捉・抽出や、メジャメント取得演算部 3 3 によるメジャメント実測値の演算が随時なされる状態にあるものとする。

【 0 0 8 3 】

まず、ホスト CPU 5 0 は、操作部 6 0 を介してなされた指示操作を判定し（ステップ A 1 ）、指示操作が通話指示操作であると判定した場合は（ステップ A 1 ；通話指示操作）、通話処理を行う（ステップ A 3 ）。具体的には、携帯電話用無線通信回路部 9 0 に基地局 3 との間の基地局通信を行わせ、携帯型電話機 2 と他機との間の通話を実現する。

【 0 0 8 4 】

また、ステップ A 1 において指示操作がメール送受信指示操作であると判定した場合は（ステップ A 1 ；メール送受信指示操作）、ホスト CPU 5 0 は、メール送受信処理を行う（ステップ A 5 ）。具体的には、携帯電話用無線通信回路部 9 0 に基地局通信を行わせ、携帯型電話機 2 と他機との間のメールの送受信を実現する。

【 0 0 8 5 】

また、ステップ A 1 において指示操作が測位指示操作であると判定した場合は（ステップ A 1 ；測位指示操作）、ホスト CPU 5 0 は、ROM 1 0 0 に記憶されている測位プログラム 1 0 1 1 を読み出して実行することで、測位処理を行う（ステップ A 7 ）。

【 0 0 8 6 】

図 1 4 及び図 1 5 は、測位処理の流れを示すフローチャートである。

まず、ホスト CPU 5 0 は、初回測位、又は、前回測位から所定時間以上が経過しているか否かを判定し（ステップ B 1 ）、この条件を満たさないと判定した場合は（ステップ B 1 ；N o ）、ステップ B 5 へと処理を移行する。また、この条件を満たすと判定した場

10

20

30

40

50

合は（ステップ B 1 ; Y e s ）、通信基地局から携帯型電話機 2 の予想位置及びその信頼度を取得し、初期位置 1 1 1 及び初期位置信頼度 1 1 2 としてフラッシュ R O M 1 1 0 に更新記憶させる（ステップ B 3 ）。

【 0 0 8 7 】

次いで、ホスト C P U 5 0 は、フラッシュ R O M 1 1 0 に記憶されている初期位置 1 1 1 及び衛星軌道データ 1 1 3 を用いて、捕捉対象衛星判定処理を行う（ステップ B 5 ）。より詳細には、不図示の時計部で計時されている現在時刻において、初期位置 1 1 1 の天空に位置する G P S 衛星 S V を衛星軌道データ 1 1 3 から判定して捕捉対象衛星とする。

【 0 0 8 8 】

その後、ホスト C P U 5 0 は、捕捉対象衛星数が 4 個以上であるか否かを判定し（ステップ B 7 ）、4 個未満であると判定した場合は（ステップ B 7 ; N o ）、ステップ B 5 に戻る。

【 0 0 8 9 】

また、4 個以上であると判定した場合は（ステップ B 7 ; Y e s ）、ホスト C P U 5 0 は、捕捉対象衛星の組合せ（以下、「衛星組合せ」と称す。）を抽出する（ステップ B 9 ）。例えば、捕捉対象衛星の数が 6 個である場合には、4 個の衛星でなる組合せ（ ${}_6C_4 = 15$ 個）と、5 個の衛星でなる組合せ（ ${}_6C_5 = 6$ 個）と、6 個の衛星でなる組合せ（ ${}_6C_6 = 1$ 個）との計 22 個の衛星組合せを抽出する。

【 0 0 9 0 】

次いで、ホスト C P U 5 0 は、ステップ B 9 で抽出した各衛星組合せについて、ループ A の処理を実行する（ステップ B 11 ~ B 45 ）。ループ A では、ホスト C P U 5 0 は、フラッシュ R O M 1 1 0 に記憶されている初期位置信頼度 1 1 2 が 150 km を超えているか否かを判定し（ステップ B 13 ）、150 km 以下であると判定した場合は（ステップ B 13 ; N o ）、ステップ B 41 へと処理を移行する。

【 0 0 9 1 】

また、初期位置信頼度 1 1 2 が 150 km を超えていると判定した場合は（ステップ B 13 ; Y e s ）、ホスト C P U 5 0 は、R O M 1 0 0 に記憶されている拡張グリッドサーチプログラム 1 0 12 を読み出して実行することで、拡張グリッドサーチ処理を行う（ステップ B 15 ）。

【 0 0 9 2 】

図 16 は、拡張グリッドサーチ処理の流れを示すフローチャートである。

先ず、ホスト C P U 5 0 は、メジャメント取得演算部 33 により演算されたメジャメント実測値が前回測位時と同一であるか否かを判定し（ステップ C 1 ）、同一ではないと判定した場合は（ステップ C 1 ; N o ）、フラッシュ R O M 1 1 0 に記憶されている初期位置信頼度 1 1 2 に基づいてフレーム数を決定して、地球上にフレームを仮想的に配置する（ステップ C 3 ）。

【 0 0 9 3 】

より具体的には、フラッシュ R O M 1 1 0 に記憶されている初期位置 1 1 1 を中心のグリッドとして、初期位置信頼度 1 1 2 に応じた個数のフレームを配置する。例えば、初期位置信頼度 1 1 2 が「600 ~ 1000 km」の範囲である場合は、図 3 に示すように、初期位置 1 1 1 を中心とするフレーム F 1 を中心に配置し、その周りに F 2 ~ F 9 の 8 つのフレームを配置する。また、「300 km ~ 600 km」の範囲である場合は、縦 2 個 × 横 2 個の 4 個のフレームを配置し、「1000 km ~ 1300 km」である場合は、縦 4 個 × 横 4 個の 16 個のフレームを配置する。以降、範囲が 300 km 増えるごとに配置するフレーム数の個数を増やす。

【 0 0 9 4 】

次いで、ホスト C P U 5 0 は、ステップ C 3 で配置した各フレームについて、ループ C の処理を実行する（ステップ C 5 ~ C 11 ）。ループ C では、ホスト C P U 5 0 は、当該フレームの全てのグリッドの位置座標 1 2 3 5 を算出し、当該フレームの番号 1 2 3 1 及び当該グリッドの番号 1 2 3 3 と対応付けて R A M 1 2 0 のグリッドデータ 1 2 3 に記憶

10

20

30

40

50

させる（ステップC7）。

【0095】

その後、ホストCPU50は、ROM100に記憶されている第1APR値算出プログラム1013を読み出して実行することで、第1APR値算出処理を行う（ステップC9）。

【0096】

図17は、第1APR値算出処理の流れを示すフローチャートである。

まず、ホストCPU50は、当該フレームの各グリッドについて、ループDの処理を実行する（ステップD1～D27）。ループDでは、ホストCPU50は、RAM120のグリッドデータ123に記憶されている当該グリッドの第1APR値1237をリセット

10

【0097】

その後、ホストCPU50は、各捕捉対象衛星について、ループEの処理を実行する（ステップD5～D23）。ループEでは、ホストCPU50は、当該捕捉対象衛星の番号を「i」に代入する（ステップD7）。そして、フラッシュROM110に記憶されている衛星軌道データ113に基づいて、当該捕捉対象衛星の位置座標を算出する（ステップD9）。

【0098】

次いで、ホストCPU50は、グリッドデータ123に記憶されている当該グリッドの位置座標1235と、ステップD9で算出した当該捕捉対象衛星の位置座標とに基づいて、当該グリッドと当該捕捉対象衛星間の幾何学的距離「GR」を算出する（ステップD11）。

20

【0099】

次いで、ホストCPU50は、算出した幾何学的距離「GR」の300km以下の部分（端数部分）を算出して第1端数部分とする（ステップD13）。また、ホストCPU50は、メジャメント取得演算部33により演算された当該捕捉対象衛星についてのコード位相に相当する長さを算出して第2端数部分とする（ステップD15）。

【0100】

次いで、ホストCPU50は、ステップD13で算出した第1端数部分と、ステップD15で算出した第2端数部分との差を算出してDiff[i]とする（ステップD17）。そして、ホストCPU50は、当該捕捉対象衛星について算出したDiff[i]から、1番目の捕捉対象衛星について算出したDiff[1]を減算して、Diff_Temp[i]とする（ステップD19）。

30

【0101】

次いで、ホストCPU50は、ステップD19で算出したDiff_Temp[i]の二乗を現在の第1APR値に加算して、第1APR値1237を更新する（ステップD21）。そして、ホストCPU50は、次の捕捉対象衛星へと処理を移行する。

【0102】

全ての捕捉対象衛星についてステップD7～D21の処理を行った後、ホストCPU50は、ループEの処理を終了する（ステップD23）。ループEの処理を終了した後、ホストCPU50は、当該グリッドの第1APR値1237をRAM120のグリッドデータ123に記憶させ（ステップD25）、次のグリッドへと処理を移行する。

40

【0103】

全てのグリッドについてステップD3～D25の処理を行った後、ホストCPU50は、ループDの処理を終了する（ステップD27）。そして、ホストCPU50は、第1APR値算出処理を終了する。

【0104】

図16の拡張グリッドサーチ処理に戻って、第1APR値算出処理を行った後、ホストCPU50は、次のフレームへと処理を移行する。全てのフレームについてステップC7及びC9の処理を行った後、ホストCPU50は、ループCの処理を終了する（ステップ

50

C 1 1)。

【 0 1 0 5 】

ループ C の処理を終了した後、ホスト CPU 5 0 は、RAM 1 2 0 のグリッドデータ 1 2 3 に記憶されている第 1 A P R 値 1 2 3 7 が小さい順に「 1 0 個」のグリッドを候補初期位置として抽出し、RAM 1 2 0 の候補初期位置データ 1 2 4 に更新記憶させる（ステップ C 1 3）。そして、ホスト CPU 5 0 は、拡張グリッドサーチ処理を終了する。

【 0 1 0 6 】

一方、ステップ C 1 において、メジャメント実測値が前回測位時と同一である場合は（ステップ C 1 ; Y e s）、ホスト CPU 5 0 は、拡張グリッドサーチ処理を終了する。これは、メジャメント実測値が前回測位時と同一であれば、候補初期位置も前回測位時と同一となることから、ステップ C 3 ~ C 1 3 の処理を行うのは無駄であるためである。

10

【 0 1 0 7 】

図 1 4 の測位処理に戻って、拡張グリッドサーチ処理を行った後、ホスト CPU 5 0 は、各候補初期位置と各捕捉対象衛星間の幾何学的距離を算出する（ステップ B 1 7）。そして、ホスト CPU 5 0 は、各候補初期位置について、ループ B の処理を実行する（ステップ B 1 9 ~ B 2 9）。

【 0 1 0 8 】

ループ B では、ホスト CPU 5 0 は、ROM 1 0 0 に記憶されている第 1 測位演算プログラム 1 0 1 6 を読み出して実行することで、第 1 測位演算処理を行う（ステップ B 2 1）。具体的には、ステップ B 1 7 で算出した幾何学的距離と、コード位相から算出される疑似距離とを用いて、最小二乗法に基づく位置収束演算を行う。この際、収束演算の反復回数を「 2 回」とする。

20

【 0 1 0 9 】

その後、ホスト CPU 5 0 は、解が収束したか否かを判定し（ステップ B 2 3）、収束しなかったと判定した場合は（ステップ B 2 3 ; N o）、次の候補初期位置へと処理を移行する。また、解が収束したと判定したと判定した場合は（ステップ B 2 3 ; Y e s）、ROM 1 0 0 に記憶されている第 2 A P R 値算出プログラム 1 0 1 4 を読み出して実行することで、第 2 A P R 値算出処理を行う（ステップ B 2 5）。

【 0 1 1 0 】

図 1 8 は、第 2 A P R 値算出処理の流れを示すフローチャートである。

30

先ず、ホスト CPU 5 0 は、RAM 1 2 0 の候補初期位置データ 1 2 4 に記憶されている当該候補初期位置の第 2 A P R 値 1 2 4 7 をリセットする（ステップ E 1）。その後、ホスト CPU 5 0 は、各捕捉対象衛星について、ループ F の処理を実行する（ステップ E 3 ~ E 1 5）。

【 0 1 1 1 】

ループ F では、ホスト CPU 5 0 は、当該捕捉対象衛星の番号を「 i 」に代入する（ステップ E 5）。そして、当該候補初期位置を用いて第 1 測位演算処理により算出した測位位置と、当該捕捉対象衛星間の幾何学的距離を算出する（ステップ E 7）。また、ホスト CPU 5 0 は、メジャメント取得演算部 3 3 により演算された当該捕捉対象衛星についてのコード位相を用いて、携帯型電話機 2 と当該捕捉対象衛星間の疑似距離を算出する（ステップ E 9）。

40

【 0 1 1 2 】

次いで、ホスト CPU 5 0 は、ステップ E 7 で算出した幾何学的距離と、ステップ E 9 で算出した疑似距離との差を算出して $D i f f [i]$ とする（ステップ E 1 1）。そして、ホスト CPU 5 0 は、算出した $D i f f [i]$ の二乗を現在の第 2 A P R 値に加算して、第 2 A P R 値を更新する（ステップ E 1 3）。そして、ホスト CPU 5 0 は、次の捕捉対象衛星へと処理を移行する。

【 0 1 1 3 】

全ての捕捉対象衛星についてステップ E 5 ~ E 1 3 の処理を行った後、ホスト CPU 5 0 は、ループ F の処理を終了する（ステップ E 1 5）。ループ F の処理を終了した後、ホ

50

ストCPU50は、当該候補初期位置の第2APR値1247を当該衛星組合せに含まれる衛星数で除算して第2APR値1247を更新する(ステップE17)。そして、ホストCPU50は、第2APR値算出処理を終了する。

【0114】

図15の測位処理に戻って、第2APR値算出処理を行った後、ホストCPU50は、当該候補初期位置の第2APR値1247をRAM120の候補初期位置データ124に記憶させる(ステップB27)。そして、ホストCPU50は、次の候補初期位置へと処理を移行する。

【0115】

全ての候補初期位置についてステップB21～B27の処理を行った後、ホストCPU50は、ループBの処理を終了する(ステップB29)。ループBの処理を終了した後、ホストCPU50は、RAM120の候補初期位置データ124に記憶されている第2APR値1247が最小の候補初期位置を選択して暫定初期位置125とし、RAM120に更新記憶させる(ステップB31)。

【0116】

その後、ホストCPU50は、ROM100に記憶されているドップラーチェックプログラム1015を読み出して実行することでドップラーチェック処理を行い、暫定初期位置125の適否を判定する(ステップB33)。

【0117】

図19は、ドップラーチェック処理の流れを示すフローチャートである。

先ず、ホストCPU50は、各捕捉対象衛星について、ループGの処理を実行する(ステップF1～F9)。ループGでは、ホストCPU50は、RAM120に記憶されている暫定初期位置125と、当該捕捉対象衛星の衛星位置及びフラッシュROM110に記憶されている衛星軌道データ113とからドップラー周波数を算出して第1ドップラー周波数とする(ステップF3)。

【0118】

また、ホストCPU50は、メジャメント取得演算部33により演算されたドップラー周波数を第2ドップラー周波数とする(ステップF5)。次いで、ホストCPU50は、第1ドップラー周波数と第2ドップラー周波数との差の絶対値を算出してドップラー残差とする(ステップF7)。そして、ホストCPU50は、次の捕捉対象衛星へと処理を移行する。

【0119】

全ての捕捉対象衛星についてステップF3～F7の処理を行った後、ホストCPU50は、ループGの処理を終了する(ステップF9)。ループGの処理を終了した後、ホストCPU50は、ドップラー残差の最大値と最小値との差を算出してドップラー残差幅とする(ステップF11)。

【0120】

次いで、ホストCPU50は、ステップF11で算出したドップラー残差幅が所定の閾値未満であるか否かを判定し(ステップF13)、閾値未満であると判定した場合は(ステップF13; Yes)、ドップラーチェックOKと判定する(ステップF15)。また、閾値以上であると判定した場合は(ステップF13; No)、ドップラーチェックNGと判定する(ステップF17)。そして、ホストCPU50は、ドップラーチェック処理を終了する。

【0121】

図15の測位処理に戻って、ドップラーチェック処理を行った後、ホストCPU50は、ドップラーチェックOKであったか否かを判定し(ステップB35)、ドップラーチェックNGであったと判定した場合は(ステップB35; No)、次の衛星組合せへと処理を移行する。

【0122】

また、ドップラーチェックOKであったと判定した場合は(ステップB35; Yes)

10

20

30

40

50

、ホストCPU50は、RAM120に記憶されている暫定初期位置125を初期位置111としてフラッシュROM110に更新記憶させる（ステップB37）。

【0123】

そして、ホストCPU50は、ROM100に記憶されている初期位置信頼度設定データ103を参照し、ステップF11で算出したドブラー残差幅1031に対応する初期位置信頼度1033を読み出して、フラッシュROM110に初期位置信頼度112として更新記憶させる（ステップB39）。

【0124】

次いで、ホストCPU50は、ROM100に記憶されている第2測位演算プログラム1017を読み出して実行することで、第2測位演算処理を行う（ステップB41）。具体的には、フラッシュROM110に記憶されている初期位置111と各捕捉対象衛星間の幾何学的距離と、コード位相から算出される擬似距離とを用いて、最小二乗法に基づく位置収束演算を行う。この際、収束演算の反復回数を「6回」とする。

【0125】

そして、ホストCPU50は、第2測位演算処理で得られた測位位置を候補出力位置126としてRAM120に蓄積記憶させて（ステップB43）、次の衛星組合せへと処理を移行する。全ての衛星組合せについてステップB13～B43の処理を行った後、ホストCPU50は、ループAの処理を終了する（ステップB45）。

【0126】

ループAの処理を終了した後、ホストCPU50は、RAM120に蓄積記憶された候補出力位置126の中から出力位置127を決定してRAM120に記憶させる（ステップB47）。具体的には、例えば、捕捉対象衛星の信号強度の平均値が最も大きい候補出力位置126や、捕捉対象衛星の天空配置の指標値であるPDOP（Position Dilution Of Precision）値が最も小さい候補出力位置126を出力位置127に決定することができる。

【0127】

そして、ホストCPU50は、ステップB47で決定した出力位置127をプロットしたナビゲーション画面を表示部70に表示させた後（ステップB49）、測位処理を終了する。

【0128】

図13のメイン処理に戻って、ステップA3～A7の何れかの処理を行った後、ホストCPU50は、操作部60を介してユーザにより電源切断指示操作がなされたか否かを判定し（ステップA9）、なされなかったと判定した場合は（ステップA9；No）、ステップA1に戻る。また、電源切断指示操作がなされたと判定した場合は（ステップA9；Yes）、メイン処理を終了する。

【0129】

6．実験結果

図20は、従来の手法と、本願実施形態の手法とのそれぞれについて、TTFF（初回測位時間）及び測位率を計測した場合の実験結果の一例を示す図である。図20において、横軸はGPS衛星信号の信号強度（dBm）、縦軸はTTFF（秒）及び測位率（％）をそれぞれ示している。測位率とは、測位演算を試みた試行回数に対する測位の成功回数である。測位演算が収束計算であることから、収束に成功した場合や、算出された位置が真の位置から成功とみなせる誤差範囲内である場合に測位成功と判定した。

【0130】

先ず測位率について見ると、従来の手法では、信号強度が「-141dBm」までは測位率が「100％」であるが、信号強度が「-141dBm」よりも小さくなると、測位率が「0％」となることがわかる。一方、本願実施形態の手法では、信号強度が「-151dBm」まで測位率が「100％」となっている。このことから、本願実施形態の手法では、受信信号が弱電界の信号となる環境（弱電界環境）においても測位を行うことが可能であることがわかる。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 1 】

次に T T F F について見ると、本願実施形態の手法では、従来の手法に比べて T T F F が短くなっている。また、信号強度が「 - 1 4 8 d B m 」までは T T F F が 2 0 秒以内に収まっており、弱電界環境においても比較的短時間で初期定点化が可能であることがわかる。

【 0 1 3 2 】

7 . 作用効果

本実施形態によれば、地球上に、携帯型電話機 2 の所在地を含むと想定される位置範囲であって、少なくとも 3 0 0 k m 四方以上のフレームを設定し、当該フレーム内に複数のグリッド（第 3 候補位置）を格子状に配設する。そして、複数のグリッドそれぞれについて、G P S 衛星との間の幾何学的距離の端数部分（第 1 距離）と、G P S 衛星信号に基づき算出した擬似距離の端数部分（第 2 距離）との差を第 1 A P R 値として算出し、複数のグリッドの中から、第 1 A P R 値が小さい順に N 個のグリッド（第 1 候補位置）を選択する。

10

【 0 1 3 3 】

その後、選択した N 個のグリッド（第 1 候補位置）それぞれを仮初期位置として G P S 衛星信号に基づく位置収束演算を行うことで、N 個のグリッドの中から、さらに M (< N) 個のグリッド（第 2 候補位置）を選択する。そして、選択した M 個のグリッド（第 2 候補位置）それぞれについて、G P S 衛星との間の幾何学的距離（第 3 距離）と、G P S 衛星信号に基づき算出した擬似距離（第 4 距離）との差を第 2 A P R 値として算出し、M 個のグリッドの中から、第 2 A P R 値が最も小さいグリッドを測位演算に用いる初期位置として選択・決定する。

20

【 0 1 3 4 】

グリッドと捕捉対象衛星の物理的位置関係から算出した距離と G P S 衛星信号に基づき算出した擬似距離との差が小さければ、当該グリッドは、携帯型電話機 2 の所在地に近接している可能性が高い。そのため、距離の差が小さい順に N 個のグリッドを選択することで、位置収束演算の前段階でグリッドを効果的に絞り込むことが可能となる。また、これにより、全てのグリッドに対して位置収束演算を行う必要がなくなるため、計算量を大幅に削減することができる。

【 0 1 3 5 】

また、N 個に絞り込んだグリッドに対する位置収束演算を行った結果、解が収束したか否かを判定することによって、N 個のグリッドをさらに M 個に絞り込むことができる。この M 個のグリッドには、携帯型電話機 2 の真位置に最近接するグリッドが含まれている可能性が高く、その中から、捕捉対象衛星との間の幾何学的距離と、G P S 衛星信号に基づき算出した擬似距離との差が最も小さいグリッドを選択することで、携帯型電話機 2 の真位置に近い初期位置を得ることができる。

30

【 0 1 3 6 】

また、本実施形態によれば、基地局 3 から $\pm 1 5 0$ k m を超える信頼度の予想位置が与えられた場合であっても、信頼度に応じた個数のフレームを設定してグリッドの絞り込みを行うことで、理論上は位置誤差が $\pm 1 0 0 0$ k m 以上であっても、初期位置を高速且つ適切に決定することが可能となる。

40

【 0 1 3 7 】

8 . 変形例

8 - 1 . 電子機器

上述した実施形態では、測位装置を備えた電子機器として携帯型電話機を例に挙げて説明したが、ノート型パソコンや P D A (Personal Digital Assistant) 、カーナビゲーション装置等としてもよい。

【 0 1 3 8 】

8 - 2 . 衛星測位システム

また、上述した実施形態では、衛星測位システムとして G P S を例に挙げて説明したが

50

、W A A S (Wide Area Augmentation System)、Q Z S S (Quasi Zenith Satellite System)、G L O N A S S (GLObal NAVigation Satellite System)、G A L I L E O 等の他の衛星測位システムであってもよい。

【 0 1 3 9 】

8 - 3 . 処理の分化

ホスト C P U 5 0 が行う処理の一部又は全部を、ベースバンド処理回路部 3 0 の演算制御部 3 1 が行うことにしてもよい。例えば、上述した実施形態では、ホスト C P U 5 0 がグリッドの絞り込みや測位演算 (位置収束演算) を実行するものとして説明したが、演算制御部 3 1 がこれらの処理を実行する構成としてもよいことは勿論である。

【 0 1 4 0 】

8 - 4 . 暫定初期位置の適否判定

上述した実施形態では、ドップラーチェック処理を行って暫定初期位置の適否を判定するものとして説明したが、ドップラーチェック処理を行わずに、暫定初期位置の適否を簡易に判定することも可能である。この場合の処理を、図 2 1 を参照して説明する。具体的には、図 1 4 ~ 図 1 5 に記載した測位処理のステップ B 3 3 及び B 3 5 とステップ B 3 9 とを、それぞれ図 2 1 のステップ G 3 5 とステップ G 3 9 とに代えた第 2 測位処理を実行すればよい。図 2 1 に、第 2 測位処理のうち、図 1 5 の測位処理に相当する部分のフローチャートを示す。

【 0 1 4 1 】

第 2 測位処理では、ステップ B 3 1 において暫定初期位置を決定した後、ホスト C P U 5 0 は、決定した暫定初期位置が前回測位時の暫定初期位置と一致したか否かを判定する (ステップ G 3 5)。そして、一致しないと判定した場合は (ステップ G 3 5 ; N o)、次の衛星組合せへと処理を移行する。

【 0 1 4 2 】

また、一致すると判定した場合は (ステップ G 3 5 ; Y e s)、ホスト C P U 5 0 は、ステップ B 3 1 で決定した暫定初期位置を初期位置として、フラッシュ R O M 1 1 0 に更新記憶させる (ステップ B 3 7)。すなわち、連続して同じ暫定初期位置が得られた場合に、当該暫定初期位置は適切であると判定する。

【 0 1 4 3 】

そして、ホスト C P U 5 0 は、当該衛星組合せに含まれる捕捉対象衛星数に基づいて初期位置信頼度を決定して、フラッシュ R O M 1 1 0 に更新記憶させる (ステップ G 3 9)。具体的には、例えば、当該衛星組合せに含まれる捕捉対象衛星数が 6 個以上である場合は、初期位置信頼度を 5 0 k m とし、捕捉対象衛星数が 5 個である場合は、初期位置信頼度を 1 0 0 k m とする。また、捕捉対象衛星数が 4 個である場合は、初期位置信頼度を 1 5 0 k m とする。すなわち、捕捉対象衛星数が多いほど、初期位置信頼度を高く設定する。

【 0 1 4 4 】

8 - 5 . 出力位置

上述した実施形態では、初期位置を決定した後に、当該初期位置を用いた第 2 測位演算処理を行って出力位置を決定するものとして説明したが、第 2 測位演算処理を行わずに、初期位置を出力位置に決定することとしてもよい。上述した原理に従ったグリッドの絞り込みにより、測位装置の真位置に近い初期位置を得ることができるためである。

【 0 1 4 5 】

8 - 6 . グリッドの絞り込み

上述した実施形態では、全てのグリッドに対して、幾何学的距離の端数部分と擬似距離の端数部分との差を用いて第 1 A P R 値を算出するものとして説明したが、端数部分を用いるのではなく、幾何学的距離の全体と擬似距離の全体との差を用いて第 1 A P R 値を算出して、グリッドの絞り込みを行うこととしてもよい。

【 0 1 4 6 】

また、距離の差を用いて A P R 値を算出するのではなく、ドップラー周波数の差を用い

10

20

30

40

50

て A P R 値を算出して、グリッドの絞り込みを行うこととしてもよい。すなわち、各捕捉対象衛星それぞれについて、理論的に算出したドップラー周波数と、実際に計測したドップラー周波数との差を算出し、それらの二乗和を計算することによって A P R 値を求める。そして、求めた A P R 値が小さい順にグリッドを抽出することで、グリッドを絞り込む。

【 0 1 4 7 】

8 - 7 . フレーム及びグリッド

上述した実施形態では、300km四方のフレームに50km間隔でグリッドを格子状に配設するものとして説明したが、グリッドの配設間隔は適宜設定変更可能である。グリッドの配設間隔を狭くするほど、より真位置に近い初期位置を得ることが可能となるが、その分計算量は増加する。

10

【 0 1 4 8 】

また、フレームの形状は必ずしも矩形である必要はなく、例えば円形としてもよい。同様に、グリッドの配設形状についても格子状とする必要はなく、例えば同心円状や螺旋状としてもよい。

【 0 1 4 9 】

8 - 8 . 衛星組合せ

上述した実施形態では、図14及び図15の測位処理において、ステップB9で抽出した衛星組合せの全てについて、ステップB11～B45の処理を行うものとして説明したが、ステップB9で抽出した衛星組合せのうち、例えばPDOP値が所定の閾値以下である衛星組合せや、捕捉したGPS衛星信号の信号強度の平均値が所定の閾値以上である衛星組合せについてのみステップB11～B45の処理を行うこととしてもよい。これにより、計算量を削減することが可能となる。

20

【 0 1 5 0 】

8 - 9 . 端末の移動速度及び移動方向を加味したドップラー周波数の算出

ドップラーチェック処理におけるドップラー周波数の算出を次のようにしてもよい。すなわち、図22に示すように、携帯型電話機2の構成要素に、直交3軸のセンサーの座標系(以下、「センサー座標系」と称す。)における携帯型電話機2の移動速度を検出する速度センサー130と、携帯型電話機2の移動方向を検出する方位センサー140とを追加する。

30

【 0 1 5 1 】

そして、携帯型電話機2のホストCPU50は、図19のドップラーチェック処理の代わりに、図23に示す第2ドップラーチェック処理を行う。第2ドップラーチェック処理では、ホストCPU50は、速度センサー130及び方位センサー140から取得した移動速度及び移動方向を用いて、ECEF(Earth Centered Earth Fixed)座標系における携帯型電話機2の移動速度ベクトル(以下、「端末移動速度ベクトル」と称す。)を算出する(ステップG1, G2)。ECEF座標系における移動速度ベクトルは、速度センサー130により検出された移動速度及び方位センサー140により検出された移動方向に対して公知の座標変換演算(行列演算)を行うことで求めることができる。

40

【 0 1 5 2 】

そして、ホストCPU50は、各捕捉対象衛星について行うループHの処理(ステップG3～G9)において、衛星軌道データ113に含まれる衛星軌道情報を用いて、ECEF座標系における当該捕捉対象衛星の衛星位置及び衛星移動速度ベクトルを算出する(ステップG4)。そして、暫定初期位置125と、ステップG2で算出した端末移動速度ベクトルと、ステップG4で算出した衛星位置及び衛星移動速度ベクトルとを用いてドップラー周波数を算出して、第1ドップラー周波数とする(ステップG5)。

【 0 1 5 3 】

移動速度の次元で考えると、ドップラー周波数は、端末とGPS衛星の相対移動速度ベクトルの視線方向(端末位置から衛星位置に向かう方向)への射影として表される。従って、相対移動速度ベクトルを、端末移動速度ベクトルと衛星移動速度ベクトルとを用いて

50

算出し、視線方向を、暫定初期位置と衛星位置とを用いて算出することで、ドップラー周波数を算出する。これにより、GPS衛星の移動ばかりでなく、端末の移動も加味したより正確なドップラー周波数を算出することが可能となり、暫定初期位置の適否判定の確実性を高めることができる。

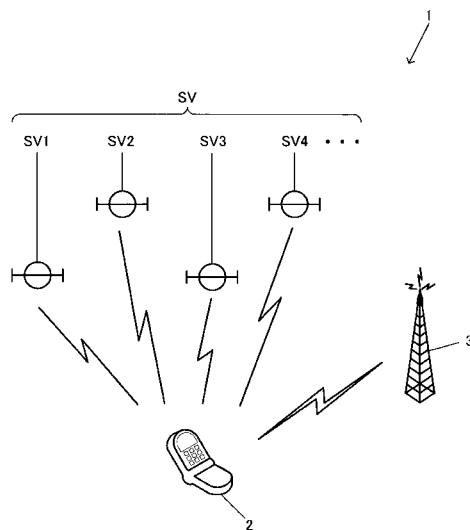
【符号の説明】

【0154】

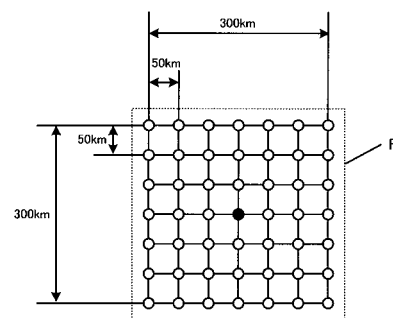
1 測位システム、 2 携帯型電話機、 3 基地局、 10 GPSアンテナ、
 20 GPS受信部、 21 RF受信回路部、 30 ベースバンド処理回路部、
 31 演算制御部、 33 メジャメント取得演算部、 35 ROM、
 37 RAM、 40 TCXO、 50 ホストCPU、 60 操作部、
 70 表示部、 80 携帯電話用アンテナ、 90 携帯電話用無線通信回路部、
 100 ROM、 110 フラッシュROM、 120 RAM、
 130 速度センサー、 140 方位センサー

10

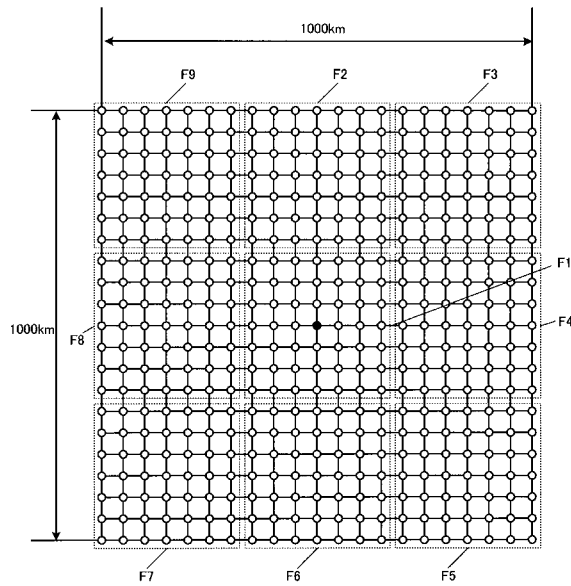
【図1】



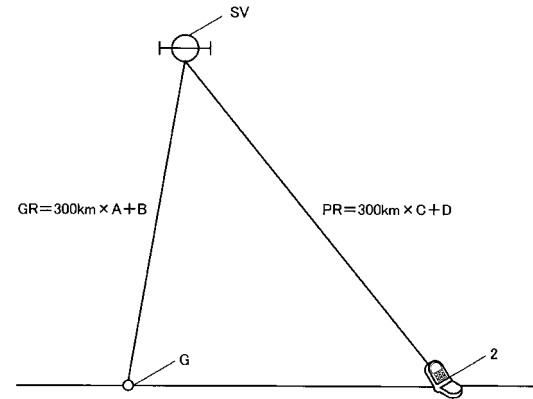
【図2】



【図 3】

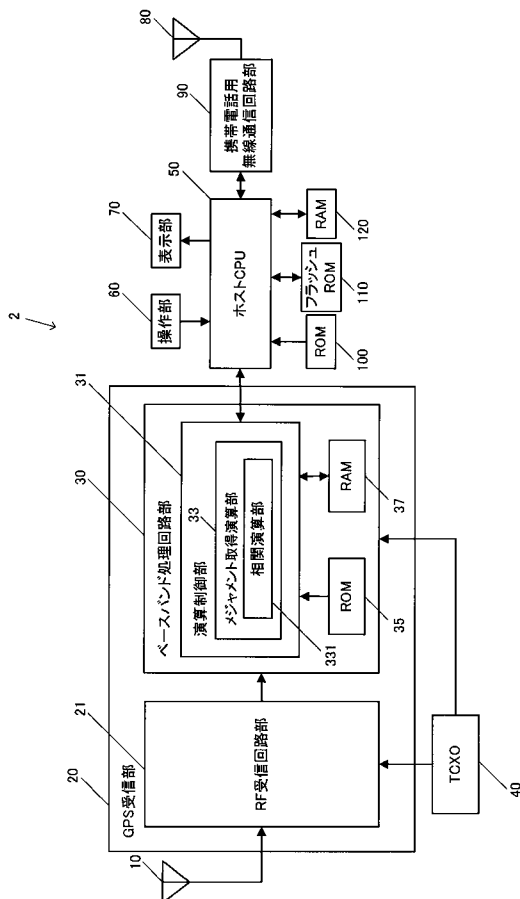


【図 4】

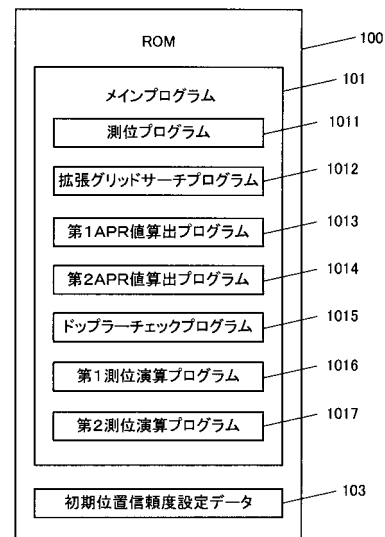


- (1) 全てのグリッドについて、幾何学的距離「GR」の端数部分「B」と擬似距離「PR」の端数部分「D」との差を算出し、小さい順にグリッドをN個（5～20個程度）に絞り込む
- (2) 絞り込んだN個のグリッドを候補初期位置として、反復回数をm回（2～3回程度）とする位置収束演算を行うことで、グリッドをM個（2～3個程度）に絞り込む
- (3) M個のグリッドについて、幾何学的距離「GR」と擬似距離「PR」とを用いてAPR値を算出し、値が最も小さいグリッドを1個選定して初期位置に決定
- (4) 決定した初期位置を用いて、反復回数をn回（6～10回程度）とする位置収束演算を行うことで、携帯型電話機の測位位置を求める

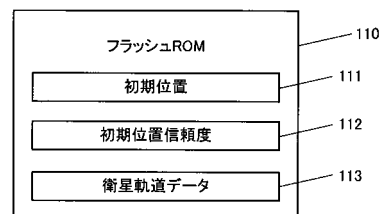
【図 5】



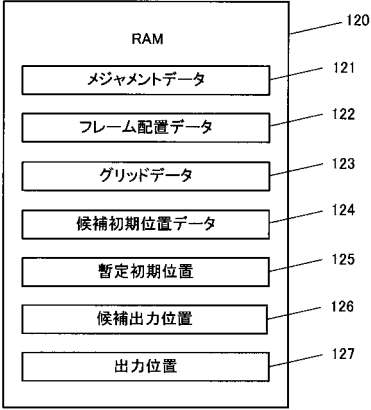
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 10】

捕捉対象衛星	メジャメント実測値	
	コード位相	ドップラー周波数
S1	CP1	Freq1
S2	CP2	Freq2
S3	CP3	Freq3
.	.	.
.	.	.
.	.	.

【図 9】

1031 ドップラー残差幅[Hz]	1033 初期位置信頼度[km]
0~20	50
20~60	100
60~100	150
100~150	200

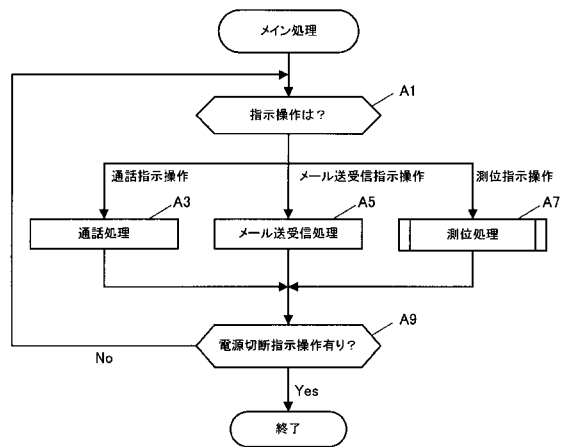
【図 11】

1231 フレームNo	1233 グリッドNo	1235 位置座標	1237 第1APR値
F1	G1-1	(X1-1,Y1-1,Z1-1)	364
	G1-2	(X1-2,Y1-2,Z1-2)	375
	G1-3	(X1-3,Y1-3,Z1-3)	286
	.	.	.
	G1-49	(X1-49,Y1-49,Z1-49)	316
F2	G2-1	(X2-1,Y2-1,Z2-1)	541
	G2-2	(X2-2,Y2-2,Z2-2)	512
	G2-3	(X2-3,Y2-3,Z2-3)	496
	.	.	.
	G2-49	(X2-49,Y2-49,Z2-49)	567
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

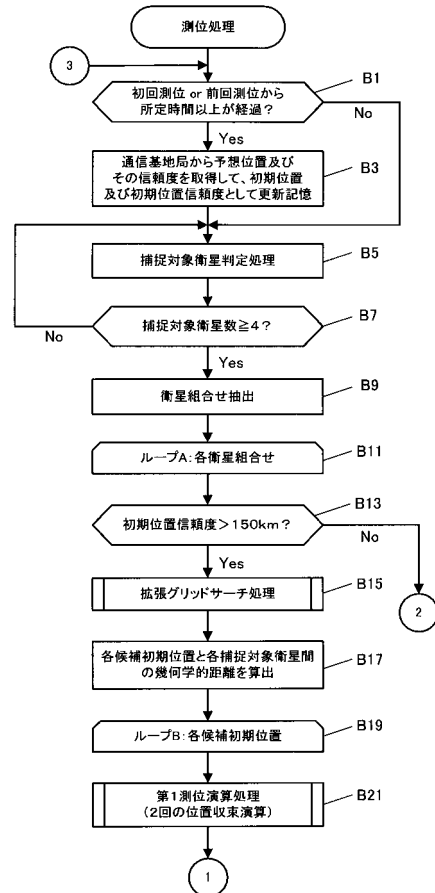
【図 12】

1241 フレームNo	1243 グリッドNo	1245 位置座標	1247 第2APR値
F1	G1-12	(X1-12,Y1-12,Z-12)	145
	G1-37	(X1-37,Y1-37,Z1-37)	121
F2	G2-24	(X2-24,Y2-24,Z2-24)	86
F3	G3-45	(X3-45,Y3-45,Z3-45)	107
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

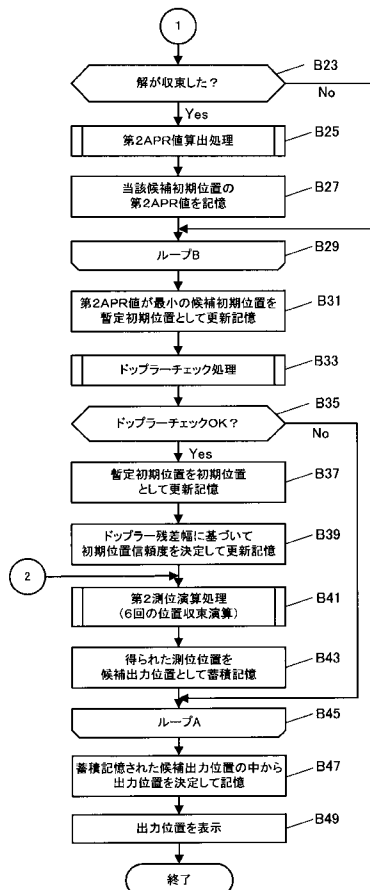
【図 13】



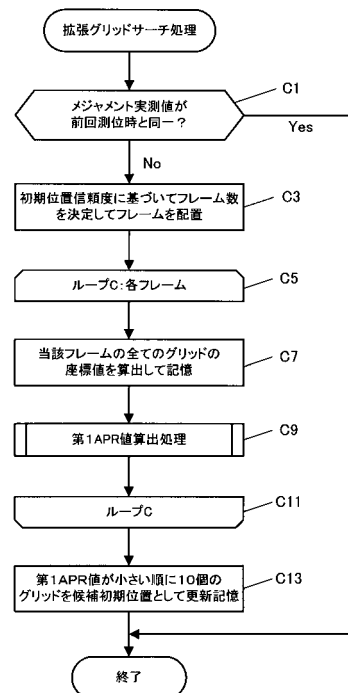
【図 14】



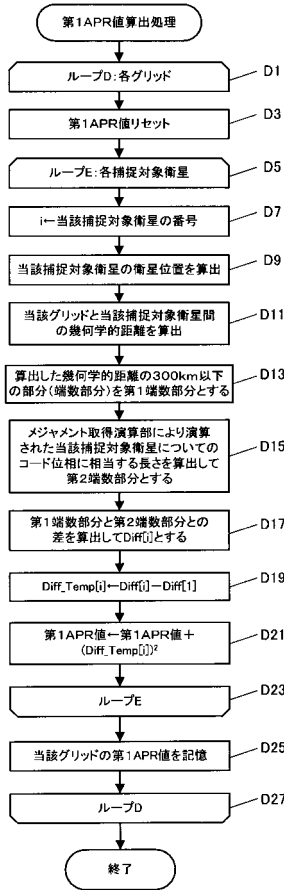
【図 15】



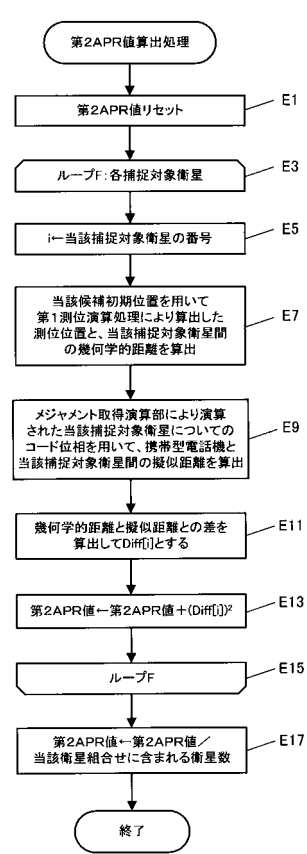
【図 16】



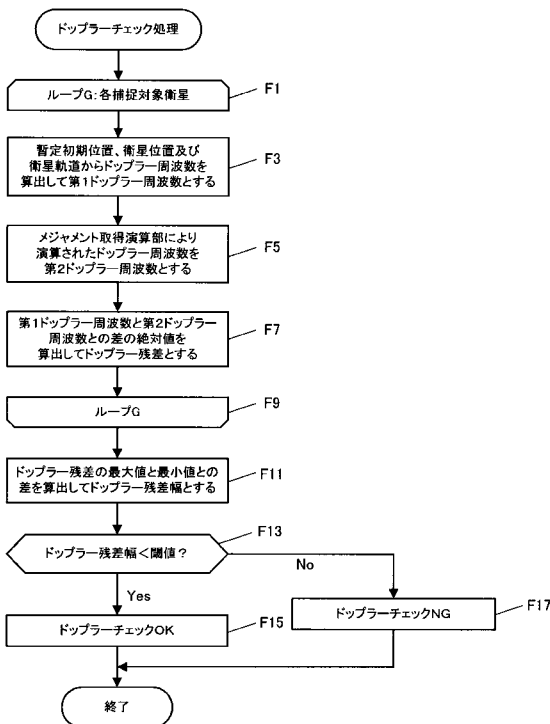
【図 17】



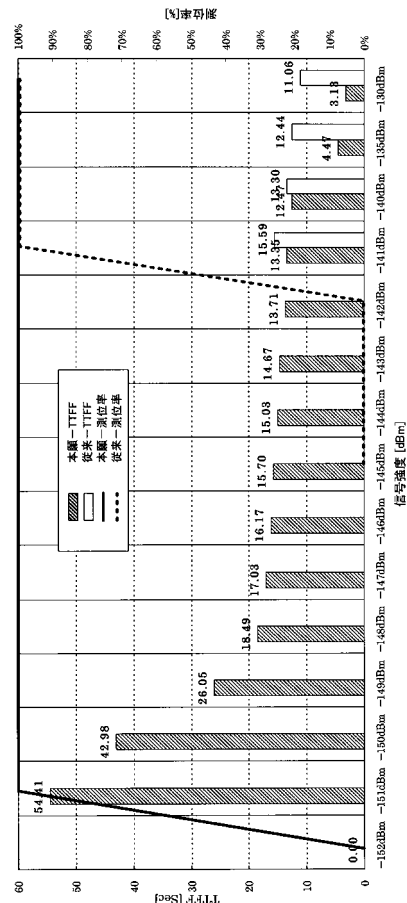
【図 18】



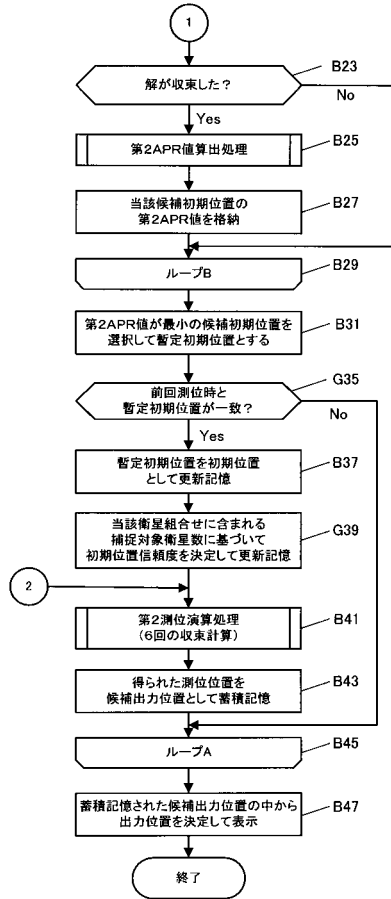
【図 19】



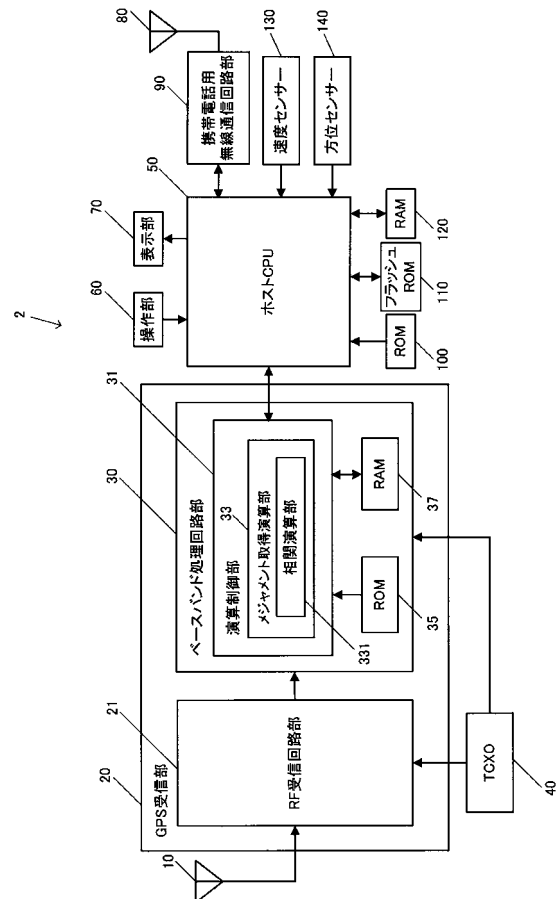
【図 20】



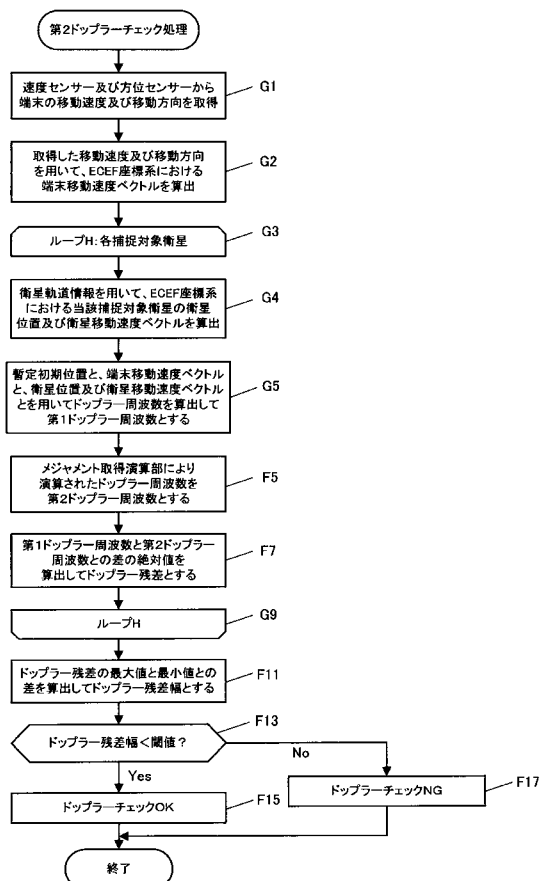
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5J062 AA02 BB01 BB05 CC07 EE03 FF01