

(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2019-32310

(P2019-32310A)

(43) 公開日 平成31年2月28日(2019.2.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 S 19/11 (2010.01)	GO 1 S 19/11	5 J 0 6 2
GO 1 S 19/25 (2010.01)	GO 1 S 19/25	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

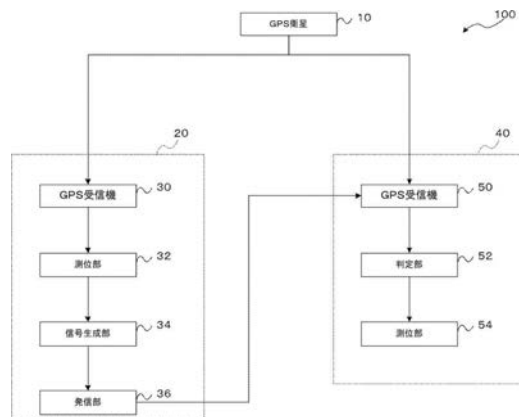
(21) 出願番号	特願2018-141671 (P2018-141671)	(71) 出願人	501241645 学校法人 工学院大学 東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 4 番 2 号
(22) 出願日	平成30年7月27日 (2018.7.27)	(74) 代理人	110001519 特許業務法人太陽国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	特願2017-152455 (P2017-152455)	(72) 発明者	杉山 隆利 東京都新宿区西新宿一丁目24番2号 学 校法人工学院大学内
(32) 優先日	平成29年8月7日 (2017.8.7)	(72) 発明者	村井 宣文 東京都新宿区西新宿一丁目24番2号 学 校法人工学院大学内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	Fターム(参考)	5J062 BB05 CC07 DD23 EE01 FF01

(54) 【発明の名称】 測位システム、携帯端末、及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】 障害物によりGPS信号が受信できない環境においても、測位を行うことができる。

【解決手段】 測位システムは、GPS衛星の各々からGPS信号を受信する複数の携帯端末であって、受信したGPS信号に基づく測位結果である位置情報を含むGPS信号を発信する複数の携帯端末と、GPS衛星の各々、及び複数の携帯端末の各々から前記GPS信号を受信するGPS受信機、及びGPS衛星の各々、及び複数の携帯端末の各々の少なくとも4つから受信したGPS信号に基づいて測位を行う測位部を含む測位装置とを含む。



【選択図】 図5

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

G P S 衛星の各々から G P S 信号を受信する複数の携帯端末であって、前記受信した前記 G P S 信号に基づく測位結果である位置情報を含む G P S 信号を発信する複数の携帯端末と、

前記 G P S 衛星の各々、及び前記複数の携帯端末の各々から前記 G P S 信号を受信する G P S 受信機、及び

前記 G P S 衛星の各々、及び前記複数の携帯端末の各々の少なくとも 4 つから受信した前記 G P S 信号に基づいて測位を行う測位部

を含む測位装置と

を含む測位システム。

10

【請求項 2】

前記複数の携帯端末の各々は、前記 G P S 信号を予め定められた同一の周期で発信する請求項 1 に記載の測位システム。

【請求項 3】

前記測位装置は、

前記複数の携帯端末の少なくとも 1 つの前記 G P S 信号に含まれる位置情報に基づいて、前記測位装置の位置情報に関する初期位置を設定する初期位置設定部を更に含み、

前記測位部は、設定された前記初期位置を用いて、前記 G P S 衛星の各々、及び前記複数の携帯端末の各々の少なくとも 4 つについての方程式からなる連立方程式の解となる前記測位装置の位置情報を求める反復計算を行うことにより、前記測位を行う請求項 1 又は請求項 2 に記載の測位システム。

20

【請求項 4】

前記測位部は、前記初期位置を用いて前記 G P S 衛星の各々の方位角、及び仰角を取得し、前記 G P S 衛星の各々について取得した方位角、及び仰角に基づいて、前記測位に用いる前記 G P S 信号を選択する請求項 3 に記載の測位システム。

【請求項 5】

G P S 衛星の各々から G P S 信号を受信する携帯端末であって、

前記 G P S 信号に基づく測位結果である位置情報を含む G P S 信号を発信する携帯端末

30

【請求項 6】

前記 G P S 信号を、他の携帯端末と共通の周期で発信する請求項 5 に記載の携帯端末。

【請求項 7】

コンピュータを、請求項 1 ~ 請求項 4 の何れか 1 項に記載の測位システムにおける測位装置の各部として機能させるためのプログラム。

【請求項 8】

コンピュータを、請求項 5 又は請求項 6 に記載の携帯端末として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

40

【0001】

本発明は、測位システム、携帯端末、及びプログラムに係り、特に、G P S 信号により測位を行うための測位システム、携帯端末、及びプログラムに関する。

【背景技術】**【0002】**

G P S では 4 機以上の G P S 衛星から G P S 信号を G P S 受信機で受信することによって測位装置で測位を行っている。しかし 4 機以上の G P S 衛星から G P S 信号を受信しなければ測位装置の座標を計算できないために都市部のようにビルなどの障害物が多い環境では、測位装置に対して 4 機以上の G P S 衛星からの G P S 信号を受信できない場合、測位装置の測位を行うことができない。

50

【 0 0 0 3 】

そこで予め擬似衛星と呼ばれるGPS衛星が発信しているGPS信号と同じ信号を発信する固定局を設置しGPS衛星が4機以上確保できない環境においても測位装置の測位を可能にするPseudolite(非特許文献1参照)が存在する。以下、Pseudoliteの擬似衛星のことを固定擬似衛星とし、Pseudoliteを従来法と呼ぶ。

【 先行技術文献 】

【 非特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 非特許文献 1 】 H.Stewart Cobb,1997: " GPS PSEUDOLITES: THEORY,DESIGN,AND APPLICATIONS ",doctor dissertation,Stanford university

10

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

従来法の構成例を図1に示す。固定擬似衛星ではGPS衛星の時間情報と同期するためにGPS衛星からのGPS信号が常に受信できる位置に設置される。そのため固定擬似衛星はビル等の屋上のように、周辺にGPS信号を遮断する障害物がない環境に設置される。固定擬似衛星は同期された時間情報と既知の位置情報を用いてGPS信号と同じ信号を生成し、測位装置に対して発信する。しかし、図2に示すように、予め固定擬似衛星を設置するので測位装置から見て固定擬似衛星が障害物に隠れてしまうと、4機以上のGPS衛星、及び固定擬似衛星からのGPS信号を確保できないために測位装置の測位を行う事ができない場合がある。

20

【 0 0 0 6 】

以上のように、GPS測位には最低でも4機のGPS衛星、又は固定擬似衛星からのGPS信号を受信できる環境にいないければ測位対象の測位を行う事ができない。これは測位対象の3次元座標と時間情報を最小二乗法によって求めるためである。また測位結果には必ず誤差が含まれており、都市部などの障害物が多い環境では、信号が障害物に当たることによって生じるマルチパスの影響が大きい。

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記問題点を解決するために成されたものであり、障害物によりGPS信号を受信できない環境においても、誤差を抑制して、測位を行うことができる測位システム、携帯端末、及びプログラムを提供することを目的とする。

30

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

上記目的を達成するために、第1の発明に係る測位システムは、GPS衛星の各々からGPS信号を受信する複数の携帯端末であって、前記受信した前記GPS信号に基づく測位結果である位置情報を含むGPS信号を発信する複数の携帯端末と、前記GPS衛星の各々、及び前記複数の携帯端末の各々から前記GPS信号を受信するGPS受信機、及び前記GPS衛星の各々、及び前記複数の携帯端末の各々の少なくとも4つから受信した前記GPS信号に基づいて測位を行う測位部を含む測位装置とを含んで構成されている。

40

【 0 0 0 9 】

また、第1の発明において、前記複数の携帯端末の各々は、前記GPS信号を予め定められた同一の周期で発信するようにしてもよい。

【 0 0 1 0 】

また、第1の発明において、前記測位装置は、前記複数の携帯端末の少なくとも1つの前記GPS信号に含まれる位置情報に基づいて、前記測位装置の位置情報に関する初期位置を設定する初期位置設定部を更に含み、前記測位部は、設定された前記初期位置を用いて、前記GPS衛星の各々、及び前記複数の携帯端末の各々の少なくとも4つについての方程式からなる連立方程式の解となる前記測位装置の位置情報を求める反復計算を行うことにより、前記測位を行うようにしてもよい。

50

【 0 0 1 1 】

また、第1の発明において、前記測位部は、前記初期位置を用いて前記GPS衛星の各々の方位角、及び仰角を取得し、前記GPS衛星の各々について取得した方位角、及び仰角に基づいて、前記測位に用いる前記GPS信号を選択するようにしてもよい。

【0012】

また、第2の発明に係る携帯端末は、GPS衛星の各々からGPS信号を受信する携帯端末であって、前記GPS信号に基づく測位結果である位置情報を含むGPS信号を発信する。

【0013】

また、第2の発明において、前記GPS信号を、他の携帯端末と共通の周期で発信するようにしてもよい。

【0014】

また、第3の発明に係るプログラムは、コンピュータを、第1の発明に係る測位システムにおける測位装置として機能させるためのプログラムである。

【0015】

また、第4の発明に係るプログラムは、コンピュータを、第2の発明に係る携帯端末として機能させるためのプログラムである。

【発明の効果】

【0016】

本発明の測位システム、携帯端末、及びプログラムによれば、GPS衛星の各々からGPS信号を受信する複数の携帯端末であって、受信したGPS信号に基づく測位結果である位置情報を含むGPS信号を発信する複数の携帯端末と、GPS衛星の各々、及び複数の携帯端末の各々から前記GPS信号を受信するGPS受信機、及びGPS衛星の各々、及び複数の携帯端末の各々の少なくとも4つから受信したGPS信号に基づいて測位を行う測位部を含む測位装置とを含むことにより、障害物によりGPS信号が受信できない環境においても、誤差を抑制して、測位を行うことができる、という効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】Pseudoliteの従来法による測位の一例を示す図である。

【図2】固定擬似衛星が障害物に隠れてしまい、GPS信号が3つ以下となる場合の一例である。

【図3】本発明の第一の実施の形態の移動擬似衛星を利用する場合の一例を示す図である。

【図4】本発明の第一の実施の形態に係る測位システムの構成を示すブロック図である。

【図5】本発明の第一の実施の形態に係る測位システムの携帯端末、及び測位装置の各構成を示すブロック図である。

【図6】本発明の第一の実施の形態に係る測位システムにおける携帯端末の処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図7】本発明の第一の実施の形態に係る測位システムにおける測位装置の処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図8】第一の実施の形態に係る手法を用いた実験における携帯端末、及び測位装置の配置を示す模式図である。

【図9】第一の実施の形態に係る手法を用いた実験におけるシミュレーション環境を俯瞰した図である。

【図10】第一の実施の形態に係る手法を用いた実験における3次元空間の一例を示す図である。

【図11】第一の実施の形態に係る手法の実験結果の一例を示す図である。

【図12】本発明の第二の実施の形態に係る測位システムの携帯端末、及び測位装置の各構成を示すブロック図である。

【図13】本発明の第二の実施の形態に係る測位システムにおける測位装置の処理ルーチンを示すフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図 1 4】第二の実施の形態に係る手法の実験結果の一例を示す図である。

【図 1 5】第二の実施の形態の変形例の概要図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0019】

<本発明の第一の実施の形態に係る概要>

【0020】

まず、本発明の第一の実施の形態における概要を説明する。

【0021】

本発明の第一の実施の形態の測位システムは、GPS衛星からのGPS信号がビルなどの障害物によって十分に受信できない環境にいる測位装置を想定し、測位装置周辺に存在するGPS測位が可能である携帯端末を擬似衛星として測位装置の測位を行うものとなる。以下ではGPS測位が可能である携帯端末を移動擬似衛星と呼ぶ。

10

【0022】

本実施の形態の技術は、図3のようにGPS衛星からのGPS信号が3つ以下となるような環境においても、測位装置周辺に存在する移動擬似衛星を利用することにより測位装置の測位を可能にする。また本技術を使用すればGPS衛星からのGPS信号が1つも受信できないような環境においても、測位装置から見て見通し環境となる移動擬似衛星が測位装置の周辺に4機以上存在する場合は測位装置の測位を可能にすることができる。

20

【0023】

<本発明の第一の実施の形態に係る測位システムの構成>

【0024】

本発明の第一の実施の形態に係る測位システムの構成について説明する。図4に示すように、本発明の第一の実施の形態に係る測位システム100は、複数のGPS衛星10と、移動擬似衛星である複数の携帯端末20と、測位装置40とを備えている。

【0025】

GPS衛星10の各々は、GPS信号を発信する衛星である。

【0026】

図5に、測位システム100における携帯端末20、及び測位装置40の構成を示す。

30

【0027】

携帯端末20の各々は同様の構成であるため、以下では一つの携帯端末について説明する。携帯端末20は、GPS受信機30と、測位部32と、信号生成部34と、発信部36とを含んで構成されている。

【0028】

GPS受信機30は、GPS衛星10からGPS信号を受信する。

【0029】

測位部32は、最初に未知である当該携帯端末20の位置情報を得るために、4機以上のGPS衛星10から受信したGPS信号を用いて測位を行い、自身の位置情報を得る。

40

【0030】

信号生成部34は、自身の測位結果である位置情報と時間情報とに基づいて、GPS衛星10が発信しているGPS信号と同様のGPS信号を、予め定められた周期で生成する。このように、GPS衛星10のGPS信号に代わるGPS信号を生成して、測位が不可能な環境にいる測位装置に対して発信することで、携帯端末20は、移動擬似衛星の役割を果たす。なお、GPS信号の生成方法は、従来既知の固定擬似衛星におけるGPS信号の生成方法と同様であるため、説明を省略する。また、周期は、複数の携帯端末20で共通であるものとする。

【0031】

発信部36は、信号生成部34で予め定められた周期で生成したGPS信号を逐次測位装置40に発信する。

50

【0032】

測位装置40は、GPS受信機50と、判定部52と、測位部54とを含んで構成されている。

【0033】

GPS受信機50は、GPS衛星10からGPS信号を受信する。また、GPS受信機50は、携帯端末20からGPS信号を受信する。

【0034】

判定部52は、携帯端末20から受信したGPS信号を測位に用いるか否かを判定する。本実施の形態では、移動疑似衛星としての全ての携帯端末20からのGPS信号を測位に利用するのではなく、測位装置から見て見通し環境にある携帯端末20からのGPS信号のみを測位に利用する。これは都市部などの人口密集環境では、スマートフォンやタブレット等のGPS機能が搭載された機器を持つ人が多く存在していることを想定し、それらの機器のいずれかが必ず、GPS測位が行えない環境にいる測位装置から見て見通し環境となることを想定したものである。一般に電波は発信元から発信され受信されるまでに障害物にあたり電波の反射が生じると、GPS信号の信号レベルの低下が生じる。この現象を利用し測位装置40に予め信号レベルに対する閾値を設定し、信号レベルが閾値以上のGPS信号が、測位装置40から見て見通し環境にある携帯端末20からのGPS信号であると判断することにより、測位装置40から見て見通し環境にある携帯端末20からのGPS信号のみを測位に利用することを選択する。また、測位装置40から見て見通し環境にある携帯端末20からのGPS信号のみを測位に利用することにより、携帯端末20と測位装置40間のマルチパスによる影響を低減させることが可能である。

10

20

【0035】

測位部54は、判定部52によって選択された携帯端末20、及びGPS衛星の各々のいずれか少なくとも4つから受信したGPS信号に基づいて、測位装置40の測位を行い、位置情報を得る。ここでは、GPS衛星10からのGPS信号を優先し、GPS衛星10からGPS信号が4つ受信できなかった場合に、携帯端末20のGPS信号を用いるようにしてもよい。なお、GPS信号を用いた測位方法については、従来既知の手法と同様であるため、説明を省略する。

【0036】

<本発明の第一の実施の形態に係る測位システムの作用>

30

【0037】

次に、本発明の第一の実施の形態に係る測位システム100における、携帯端末20、及び測位装置40のそれぞれの作用について説明する。

【0038】

まず、携帯端末20の作用について図6のフローチャートを参照して説明する。なお、一つの携帯端末20についての作用について説明するが、複数の携帯端末20の各々において、同様の処理を行う。

【0039】

ステップS100では、GPS衛星10からのGPS信号を受信する。

【0040】

ステップS102では、4機以上のGPS衛星10からGPS信号を受信できたか否かを判定し、受信できている場合はステップS104へ移行し、受信できていない場合は、ステップS100に戻って受信を繰り返す。

40

【0041】

ステップS104では、4機以上のGPS衛星10から受信したGPS信号を用いて測位を行い、自身の位置情報を得る。

【0042】

ステップS106では、測位結果である位置情報と時間情報とに基づいて、GPS衛星10が発信しているGPS信号と同様のGPS信号を、予め定められた周期で生成する。

【0043】

50

ステップ S 1 0 8 では、ステップ S 1 0 6 で生成した G P S 信号を逐次測位装置 4 0 に発信し、ステップ S 1 0 0 ~ S 1 0 8 の処理を繰り返す。

【 0 0 4 4 】

次に、測位装置 4 0 の作用について図 7 のフローチャートを参照して説明する。

【 0 0 4 5 】

ステップ S 2 0 0 では、G P S 衛星 1 0、及び携帯端末 2 0 から G P S 信号を受信する。

【 0 0 4 6 】

ステップ S 2 0 2 では、4 機以上の G P S 衛星 1 0、及び携帯端末 2 0 から G P S 信号を受信できたか否かを判定し、受信できている場合はステップ S 2 0 4 へ移行し、受信できていない場合は、ステップ S 2 0 0 に戻って受信を繰り返す。

10

【 0 0 4 7 】

ステップ S 2 0 4 では、4 機以上の G P S 衛星 1 0、及び携帯端末 2 0 の各々から受信した G P S 信号の信号レベルが予め定めた閾値以上か否かを判定する。閾値以上であればステップ S 2 0 6 へ移行し、閾値未満であればステップ S 2 0 0 に戻って受信を繰り返す。

【 0 0 4 8 】

ステップ S 2 0 6 では、携帯端末 2 0、及び G P S 衛星 1 0 の各々の少なくとも 4 つから受信した G P S 信号に基づいて、測位装置 4 0 の測位を行い、位置情報を得る。閾値以上の G P S 信号が 4 つ以上ある場合には、G P S 衛星 1 0 の G P S 信号を優先し、携帯端末 2 0 から受信した G P S 信号は信号レベルが高いものを優先して測位に用いればよい。

20

【 0 0 4 9 】

ステップ S 2 0 8 では、ステップ S 2 0 6 の測位結果の位置情報を測位装置 4 0 の画面等（図示省略）に表示して処理を終了する。

【 0 0 5 0 】

[第一の実施の形態の手法の実験結果]

【 0 0 5 1 】

図 8 に、実験の前提となる多数の携帯端末のうち、どの携帯端末が自身の測位結果である位置情報を発信しているかを模式的な図を示す。多数の携帯端末は同じ周期で自身の測位結果である位置情報を中央の測位装置に発信するものの、それぞれの電源投入のタイミング等が異なることから、ある時刻においては、携帯端末のうちの何局かがランダムに発信することとなる。

30

【 0 0 5 2 】

第一の実施の形態の手法を評価するためのシミュレーション環境を図 9、及び図 1 0 に示す。図 9 はシミュレーション環境を俯瞰したものであり、図 1 0 は図 9 の環境を 3 D モデルとして 3 次元空間に表し、測位装置と G P S 信号を発信する携帯端末のみを示した図である。図 1 0 では、上記のように環境を設定することにより、4 0 m × 4 0 m × 1 0 0 m のビルが 4 本ある都市部を模擬したシンプルなモデルとした。またシミュレーション上では G P S 信号を発信している携帯端末は固定とし、図 9 で示した携帯端末が G P S 信号を発信している。

40

【 0 0 5 3 】

上記の環境で発明の効果を実験した結果を図 1 1 に示す。図 1 1 のシミュレーション結果は 2 4 時間周期の衛星軌道を用いてシミュレーションを行い、その一部をプロットしたものである。G P S 衛星のみで測位した場合、時刻 5 分以降のように G P S 衛星からの信号が 4 つ受信できないことによって測位不可能となる。一方、Pseudolite 及び実施の形態の提案方式では測位可能となっている。また Pseudolite と提案方式を測位誤差で比較すると、Pseudolite では 2 4 時間平均で約 5 1 m となったのに対して提案方式では平均約 1 4 4 m となり、その差は 9 3 m に留まることから、提案方式は実運用においても許容できる誤差で測位が可能であることがわかる。

【 0 0 5 4 】

50

以上説明したように、本発明の第一の実施の形態に係る測位システムによれば、GPS衛星の各々からGPS信号を受信する複数の携帯端末であって、受信したGPS信号に基づく測位結果である位置情報を含むGPS信号を発信する複数の携帯端末と、GPS衛星の各々、及び複数の携帯端末の各々から前記GPS信号を受信するGPS受信機、及びGPS衛星の各々、及び複数の携帯端末の各々の少なくとも4つから受信したGPS信号に基づいて測位を行う測位部を含む測位装置とを含むことにより、障害物によりGPS信号が受信できない環境においても、誤差を抑制して、測位を行うことができる。

【0055】

<本発明の第二の実施の形態に係る概要>

【0056】

10

第二の実施の形態の概要を説明する。第一の実施の形態では、GPS受信機で、移動疑似衛星の携帯端末とGPS衛星とから送信されたGPS信号を受信することによってGPS測位の演算を行っている。従来GPS測位の演算では、GPS受信機の初期位置を、地球の中心位置を原点とした3次元の座標系の原点位置に設定し、最小二乗法を用いて演算を行うために、測位装置の位置を演算するためには多くの演算量が必要となってしまうという問題があった。

【0057】

そこで、第二の実施の形態では、疑似衛星で測位した位置を初期位置として用いて測位を行う。これにより、GPS測位の演算の試行回数を低減することが可能となる。

【0058】

20

ここで、最小二乗法を用いたGPS測位の演算の原理を以下[1]～[7]の手順に従って説明する。

【0059】

[1] 測位装置の三次元座標である x, y, z についての初期値 x^0, y^0, z^0 を用意する。このとき初期値の値は通常的手法では $x^0 = y^0 = z^0 = 0$ となり、これらの値は地球の中心位置を原点とした3次元の座標系の原点位置に相当する。

【0060】

[2] 測位装置において、測位装置の初期位置を x^0, y^0, z^0 としたときに測定される各GPS衛星 i の位置情報を用いた距離 r_i^0 を以下(1)式により計算する。

【数1】

30

$$r_i^0 = \sqrt{(x_i - x^0)^2 + (y_i - y^0)^2 + (z_i - z^0)^2}$$

・・・(1)

x_i, y_i, z_i は各GPS衛星 i の位置である。

【0061】

[3] 測位装置において、各GPS衛星 i が送信したGPS信号の伝搬時間を用いて実際に測定された疑似距離 r_i を以下(2)式により計算する。

【数2】

40

$$r_i = C * (t_2 - t_1)$$

・・・(2)

C は光速であり、 t_2 は測位装置がGPS信号を受信した時刻、 t_1 はGPS衛星がGPS信号を送信した時刻である。

【0062】

[4] 実際に測定された疑似距離 r_i に対して、以下(3)式のように残差 $r_i = r_i - r_i^0$ を求める

【数 3】

$$\begin{cases} \Delta r_1 = r_1 - r_1^0 \\ \Delta r_2 = r_2 - r_2^0 \\ \vdots \\ \Delta r_i = r_i - r_i^0 \end{cases}$$

・・・(3)

10

【0063】

[5] x^0, y^0, z^0 をこの残差に相当する分だけ修正するために、以下(4)式の r_i の x, y, z による偏微分を用いる。

【数 4】

$$\begin{cases} \frac{\partial r_i}{\partial x} = -\frac{(x_i - x)}{r_i} \\ \frac{\partial r_i}{\partial y} = -\frac{(y_i - y)}{r_i} \\ \frac{\partial r_i}{\partial z} = -\frac{(z_i - z)}{r_i} \end{cases}$$

20

・・・(4)

x^0, y^0, z^0 の変化量を x, y, z とすると以下(5)式が得られる。

【数 5】

30

$$\begin{cases} \Delta r_1 = \frac{\partial r_1}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial r_1}{\partial y} \Delta y + \frac{\partial r_1}{\partial z} \Delta z \\ \Delta r_2 = \frac{\partial r_2}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial r_2}{\partial y} \Delta y + \frac{\partial r_2}{\partial z} \Delta z \\ \vdots \\ \Delta r_N = \frac{\partial r_N}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial r_N}{\partial y} \Delta y + \frac{\partial r_N}{\partial z} \Delta z \end{cases}$$

40

・・・(5)

各 r_i は手順[3]により分かっているのでこの連立方程式を x, y, z について解く。

【0064】

[6] 手順[5]で得られた x, y, z により、初期値 x^0, y^0, z^0 の値を更新する。

【0065】

[7] 初期値 x^0, y^0, z^0 をカウントアップして x^1, y^1, z^1 に更新し、手順

50

[2] に戻る。以上の手順を x , y , z が十分に小さくなるまで繰り返し行うことにより、連立方程式の解となる x , y , z を求める。

【 0 0 6 6 】

以上の G P S 測位において、本実施の形態では、初期値 x^0 , y^0 , z^0 の値に擬似衛星となる携帯端末の G P S 測位結果の位置情報を用いる。

【 0 0 6 7 】

< 本発明の第二の実施の形態に係る測位システムの構成 >

【 0 0 6 8 】

本発明の第二の実施の形態に係る測位システムの構成について説明する。なお、第一の実施の形態と同様となる箇所については同一符号を付して説明を省略する。

10

【 0 0 6 9 】

図 1 2 に示すように、本発明の第二の実施の形態に係る測位システム 2 0 0 は、複数の G P S 衛星 1 0 と、移動擬似衛星である複数の携帯端末 2 0 と、測位装置 2 4 0 とを備えている。

【 0 0 7 0 】

測位装置 2 4 0 は、G P S 受信機 5 0 と、判定部 5 2 と、初期位置設定部 2 6 0 と、測位部 2 5 4 とを含んで構成されている。

【 0 0 7 1 】

初期位置設定部 2 6 0 は、判定部 5 2 により測位に用いると判定された複数の携帯端末 2 0 の少なくとも 1 つから受信した G P S 信号に含まれる位置情報に基づいて、測位装置 2 4 0 の位置情報に関する初期位置を設定する。複数の携帯端末 2 0 が送信する位置情報の中から当該 G P S 受信機 5 0 における G P S 測位の演算に用いる初期位置を設定する方法は複数考えられるが、一例として受信電力が最も高い G P S 信号を送信した携帯端末 2 0 の位置情報を用いる。

20

【 0 0 7 2 】

測位部 2 5 4 は、初期位置設定部 2 6 0 で設定された初期位置を、上述した [1] ~ [7] の手順における測位の初期値 x^0 , y^0 , z^0 の値として用いて、G P S 衛星 1 0 の各々、及び複数の携帯端末 2 0 の各々の少なくとも 4 つについての方程式からなる連立方程式の解となる測位装置 2 4 0 の位置情報を求める反復計算を行うことにより、測位を行う。

30

【 0 0 7 3 】

< 本発明の第二の実施の形態に係る測位システムの作用 >

【 0 0 7 4 】

次に、本発明の第二の実施の形態に係る測位システム 2 0 0 における測位装置 2 4 0 の作用について図 1 3 のフローチャートを参照して説明する。なお、第一の実施の形態と同様の作用となる箇所については説明を省略する。

【 0 0 7 5 】

ステップ S 3 0 0 では、ステップ S 2 0 4 で閾値以上と判定された G P S 信号のうち、携帯端末の G P S 信号があるか否かを判定する。閾値以上の携帯端末の G P S 信号がある場合にはステップ S 3 0 2 へ移行し、閾値以上の携帯端末の G P S 信号がない場合にはステップ S 2 0 6 へ移行する。

40

【 0 0 7 6 】

ステップ S 3 0 2 では、ステップ S 3 0 0 で測位に用いると判定された複数の携帯端末 2 0 の少なくとも 1 つから受信した G P S 信号に含まれる位置情報に基づいて、測位装置 2 4 0 の位置情報に関する初期位置を設定する。

【 0 0 7 7 】

ステップ S 3 0 4 では、ステップ S 3 0 2 で設定された初期位置を、上述した [1] ~ [7] の手順における測位の初期値 x^0 , y^0 , z^0 の値として用いて、G P S 衛星 1 0 の各々、及び複数の携帯端末 2 0 の各々の少なくとも 4 つについての方程式からなる連立方程式の解となる測位装置 2 4 0 の位置情報を求める反復計算を行うことにより、測位を

50

行い、位置情報を得る。

【 0 0 7 8 】

[第二の実施の形態の手法の実験結果]

【 0 0 7 9 】

第一の実施の形態の実験と同様の環境において、第二の実施の形態の手法をシミュレーションした結果を図 1 4 に示す。図 1 4 のシミュレーション結果は 2 4 時間周期の衛星軌道を用いてシミュレーションを行いその一部の G P S 測位の演算の経過をプロットしたものである。横軸が演算の試行回数、縦軸は G P S 測位の演算結果にどれほどの誤差が残っているかを表す残留誤差である。この残留誤差を例えば + 5 m ~ - 5 m までの範囲許容した場合、従来法である初期位置を地球中心とした場合の測位の試行回数は 8 回であるが、初期位置を擬似衛星の携帯端末の位置を用いた本手法の場合は測位の試行回数が 3 回であり、従来法と比べ 5 回測位の試行回数を低減することが可能であることがわかる。同様に残留誤差を + 1 ~ - 1 m までの範囲許容した場合、従来法の測位の試行回数は 1 1 回であるが、本手法の測位の試行回数は 7 回であり、従来法と比べ 4 回測位の試行回数を低減することが可能であることがわかる。この結果から残留誤差の許容値に関わらず従来法よりも本手法の方が測位の試行回数を低減することができることがわかった。

10

【 0 0 8 0 】

以上説明したように本発明の第二の実施の形態に係る測位システムによれば、G P S 衛星の各々から G P S 信号を受信する複数の携帯端末であって、受信した G P S 信号に基づく測位結果である位置情報を含む G P S 信号を発信する複数の携帯端末と、G P S 衛星の各々、及び複数の携帯端末の各々から前記 G P S 信号を受信する G P S 受信機、及び複数の携帯端末の位置情報に基づいて設定した測位装置の位置情報に関する初期位置を用いて、G P S 衛星の各々、及び複数の携帯端末の各々の少なくとも 4 つについての方程式からなる連立方程式の解となる測位装置の位置情報を求める反復計算を行うことにより、測位を行う測位部を含む測位装置とを含むことにより、障害物により G P S 信号が受信できない環境においても、より短時間で測位を行うことができる。

20

【 0 0 8 1 】

< 本発明の第二の実施の形態の変形例 >

【 0 0 8 2 】

図 1 5 に第二の実施の形態の変形例の概要図を示す。測位に用いる G P S 衛星 1 0 の G P S 信号を選ぶための手法に仰角マスクがある。従来法では、仰角マスク等に必要な G P S 衛星 1 0 の方位角、及び仰角を求めるためには測位装置 2 4 0 自体の位置情報を取得する必要があるが、都市部の遮蔽性を考えた場合、測位装置 2 4 0 自体で G P S 測位をすることができずに G P S 衛星の方位角、及び仰角を取得することができないという問題がある。この問題を解決するため変形例では、G P S 測位の演算が行えない測位装置 2 4 0 周辺に存在する、G P S 測位の演算を行える携帯端末 2 0 の位置情報を用いて、G P S 衛星 1 0 の各々の方位角、及び仰角を算出する。複数の携帯端末 2 0 から G P S 信号が送信される場合は、一例として受信電力が一番大きい携帯端末 2 0 の位置情報を初期位置とすることが考えられる。測位部 2 5 4 では、例えば、G P S 衛星 1 0 の各々について取得した方位角、及び仰角に基づいて、仰角マスクよりも仰角が高い G P S 衛星のうち、方位角の分散が大きくなるように、G P S 衛星を選択し、選択された G P S 衛星の G P S 信号を測位に用いればよい。

30

40

【 0 0 8 3 】

なお、本発明は、上述した各実施の形態に限定されるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲内で様々な変形や応用が可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 4 】

2 0 携帯端末

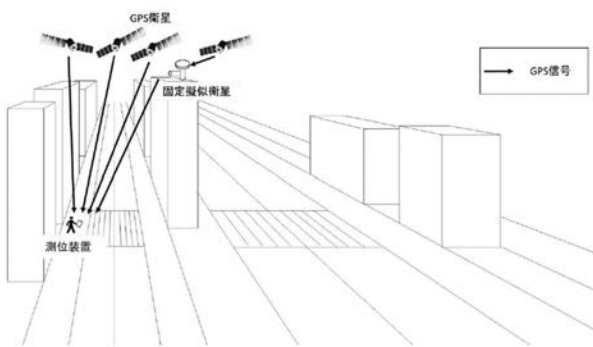
3 0、5 0 G P S 受信機

3 2 測位部

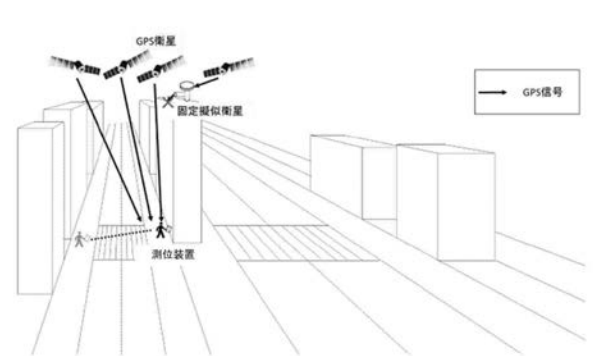
50

- 3 4 信号生成部
- 3 6 発信部
- 4 0、2 4 0 測位装置
- 5 2 判定部
- 5 4、2 5 4 測位部
- 1 0 0、2 0 0 測位システム
- 2 6 0 初期位置設定部

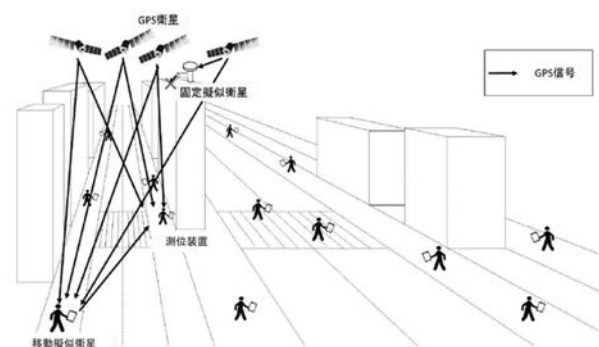
【 図 1 】



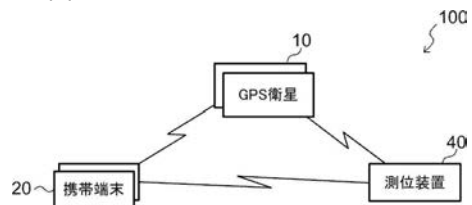
【 図 2 】



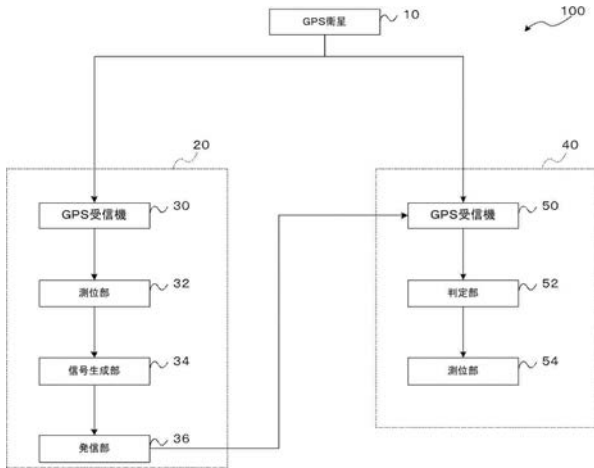
【 図 3 】



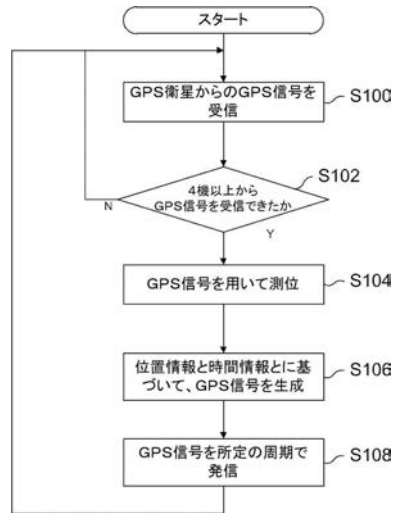
【 図 4 】



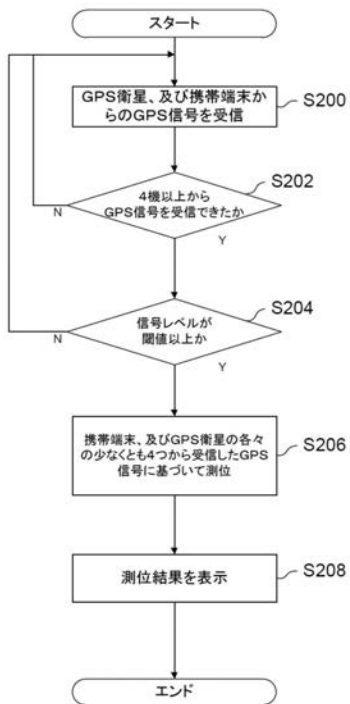
【図5】



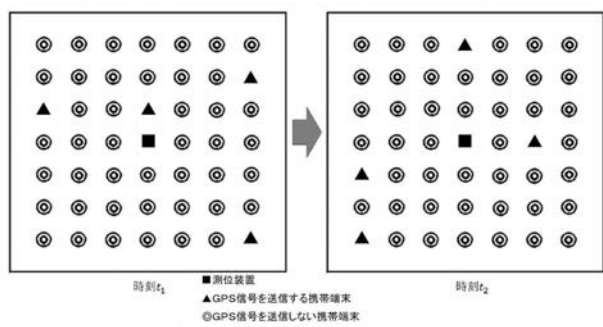
【図6】



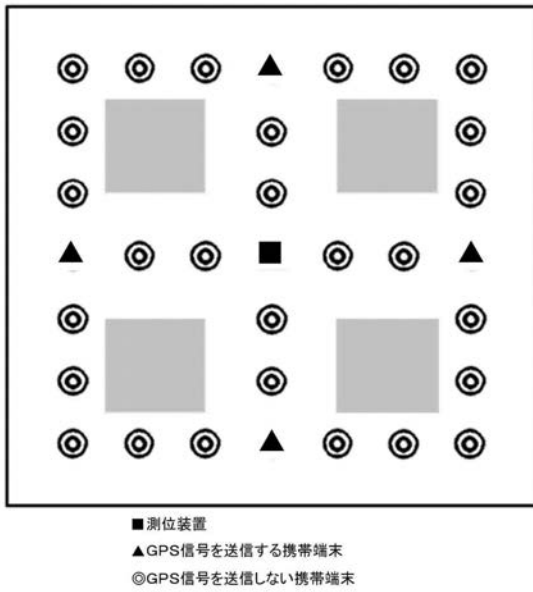
【図7】



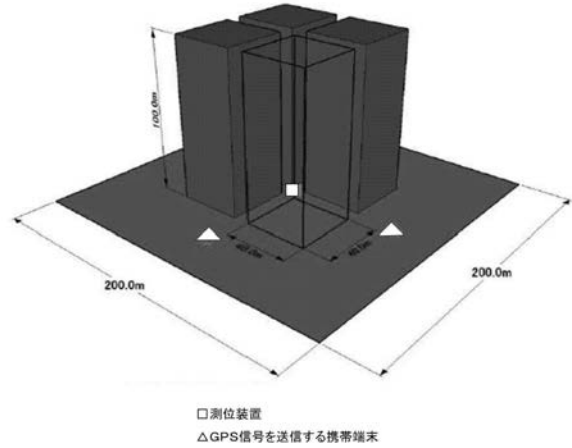
【図8】



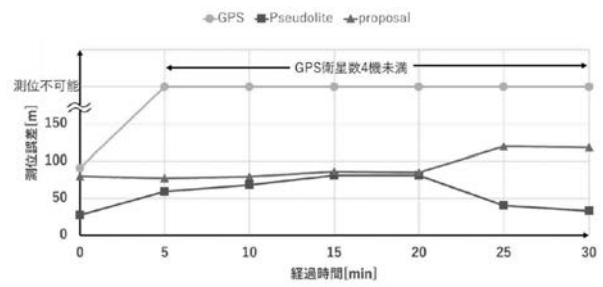
【 図 9 】



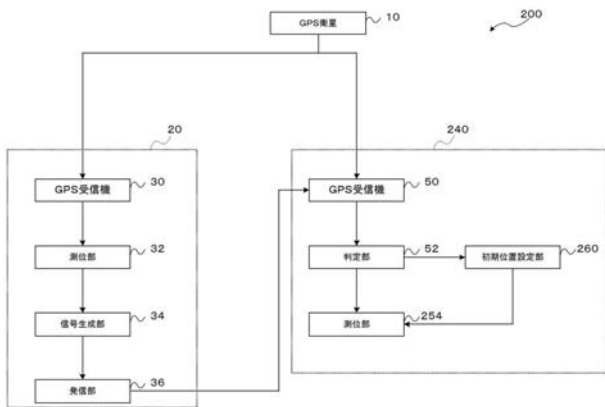
【 図 10 】



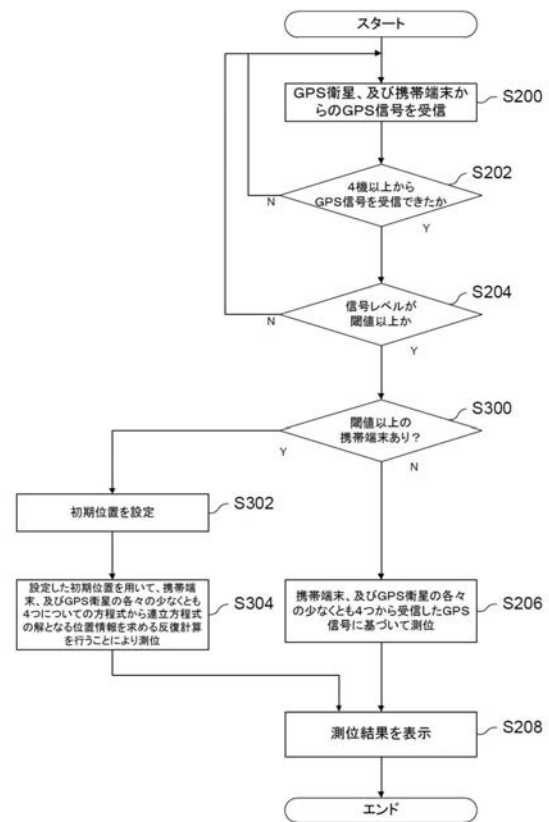
【 図 11 】



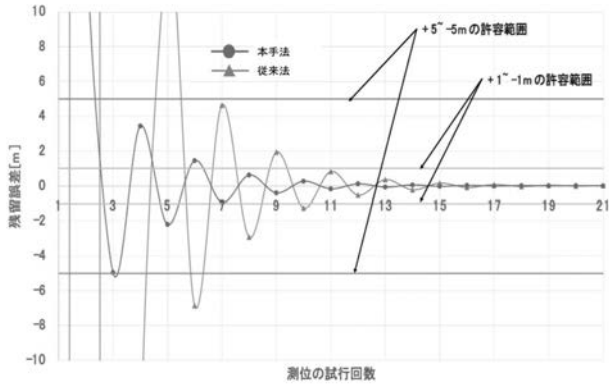
【 図 12 】



【 図 13 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】

