

(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2019-144120  
(P2019-144120A)

(43) 公開日 令和1年8月29日(2019.8.29)

(51) Int. Cl. F 1 テーマコード (参考)  
**GO 1 S 5/02 (2010.01)** GO 1 S 5/02 Z 5 J O 6 2

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 15 頁)

|           |                            |          |  |
|-----------|----------------------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2018-28688 (P2018-28688) | (71) 出願人 | 504174135<br>国立大学法人九州工業大学<br>福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号 |
| (22) 出願日  | 平成30年2月21日(2018.2.21)      | (74) 代理人 | 100090697<br>弁理士 中前 富士男                        |
|           |                            | (74) 代理人 | 100176142<br>弁理士 清井 洋平                         |
|           |                            | (74) 代理人 | 100127155<br>弁理士 来田 義弘                         |
|           |                            | (72) 発明者 | 吉田 香<br>福岡県北九州市若松区ひびきの2-4 国立大学法人九州工業大学内        |
|           |                            | (72) 発明者 | ブラヒム ベネッサ<br>福岡県北九州市若松区ひびきの2-4 国立大学法人九州工業大学内   |
|           |                            | Fターム(参考) | 5J062 AA08 BB05 CC18                           |

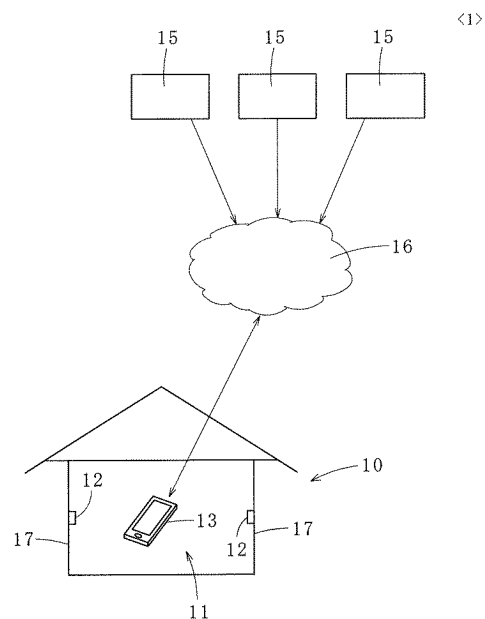
(54) 【発明の名称】 屋内位置推定システム、屋内位置推定方法、及び屋内位置推定方法を実行するプログラム

(57) 【要約】

【課題】 予め求めた屋内の電波強度分布を基に、任意位置にある携帯端末で測定された電波強度から、その携帯端末の正確な位置情報を導出することができる屋内位置推定システム、屋内位置推定方法、及び屋内位置推定方法を実行するプログラムを提供する。

【解決手段】 屋内11で発信機12から発信される電波の電波強度を測定する電波強度測定手段20と、屋内11の複数の測定位置の位置情報と電波強度を記憶するデータ収集手段21と、各測定位置の位置情報と電波強度との関係から、放射基底関数を用いて屋内11の電波強度分布を求めるモデル構築手段22と、携帯端末13が任意位置にある時に、電波強度測定手段20により測定される電波強度と、予め求められた電波強度分布から任意位置の位置情報を導出し、携帯端末13の位置を推定する位置算出手段23とを有する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

屋内に設置された発信機から発信される電波を、携帯端末が前記屋内の任意位置で受信した時の電波強度に基づいて、前記屋内における前記携帯端末の位置を推定する屋内位置推定システムであって、

前記屋内で、前記発信機から発信される電波を前記携帯端末が受信した時に電波強度を測定する電波強度測定手段と、

前記屋内の位置情報が既知である複数の測定位置で、前記電波強度測定手段により電波強度を測定する際に、前記各測定位置の位置情報と該各測定位置での電波強度を記憶するデータ収集手段と、

前記データ収集手段に記憶された前記各測定位置の位置情報と該各測定位置での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて前記屋内の電波強度分布を求めるモデル構築手段と

、  
前記携帯端末が、前記屋内の位置情報が未知の任意位置にある時に、前記電波強度測定手段により測定される前記任意位置での電波強度と、前記モデル構築手段により予め求められた前記電波強度分布から、前記任意位置の位置情報を導出することにより、前記携帯端末の位置を推定する位置算出手段とを有することを特徴とする屋内位置推定システム。

**【請求項 2】**

請求項 1 記載の屋内位置推定システムにおいて、前記データ収集手段は、前記各測定位置で前記携帯端末を異なる複数の方向に向けた時に前記電波強度測定手段で測定される電波強度を記憶することを特徴とする屋内位置推定システム。

**【請求項 3】**

請求項 1 又は 2 記載の屋内位置推定システムにおいて、前記位置算出手段によって推定された前記携帯端末の位置に関する情報を、監視者がアクセス可能なサーバ上に表示させる情報共有手段を有することを特徴とする屋内位置推定システム。

**【請求項 4】**

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 記載の屋内位置推定システムにおいて、前記発信機は、ビーコン装置であり、前記携帯端末は、スマートフォンであることを特徴とする屋内位置推定システム。

**【請求項 5】**

屋内に設置された発信機から発信される電波を、携帯端末が前記屋内の任意位置で受信した時の電波強度に基づいて、前記屋内における前記携帯端末の位置を推定する屋内位置推定方法であって、

前記屋内の位置情報が既知である複数の測定位置で、前記発信機から発信される電波を前記携帯端末で受信して、電波強度測定手段により電波強度を測定し、前記各測定位置の位置情報と該各測定位置での電波強度をデータ収集手段に記憶する第 1 の工程と、

モデル構築手段によって、前記データ収集手段に記憶された前記各測定位置の位置情報と該各測定位置での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて前記屋内の電波強度分布を求める第 2 の工程と、

前記携帯端末が、前記屋内の位置情報が未知の任意位置にある時に、前記発信機から発信される電波を前記携帯端末で受信して、前記電波強度測定手段により前記任意位置での電波強度を測定する第 3 の工程と、

位置算出手段によって、前記任意位置での電波強度と、前記モデル構築手段により予め求められた前記電波強度分布から、前記任意位置の位置情報を導出することにより、前記携帯端末の位置を推定する第 4 の工程とを有することを特徴とする屋内位置推定方法。

**【請求項 6】**

請求項 5 記載の屋内位置推定方法において、前記第 1 の工程では、前記電波強度測定手段により、前記各測定位置で前記携帯端末を異なる複数の方向に向けた時の電波強度を測定し、前記データ収集手段に記憶することを特徴とする屋内位置推定方法。

**【請求項 7】**

10

20

30

40

50

請求項 5 又は 6 記載の屋内位置推定方法において、前記位置算出手段によって推定された前記携帯端末の位置に関する情報を、監視者がアクセス可能なサーバ上に表示させる第 5 の工程を有することを特徴とする屋内位置推定方法。

【請求項 8】

請求項 5 ~ 7 のいずれか 1 記載の屋内位置推定方法において、前記発信機としてビーコン装置を用い、前記携帯端末としてスマートフォンを用いることを特徴とする屋内位置推定方法。

【請求項 9】

屋内に設置された発信機から発信された電波を、携帯端末が前記屋内の任意位置で受信した時の電波強度に基づいて、前記屋内における前記携帯端末の位置を推定する屋内位置推定方法を実行するプログラムであって、

前記屋内の位置情報が既知である複数の測定位置で、前記発信機から発信される電波を前記携帯端末に受信させて、電波強度測定手段により電波強度を測定し、前記各測定位置の位置情報と該各測定位置での電波強度をデータ収集手段に記憶する第 1 のステップと、モデル構築手段によって、前記データ収集手段に記憶された前記各測定位置の位置情報と該各測定位置での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて前記屋内の電波強度分布を求める第 2 のステップと、

前記携帯端末が、前記屋内の位置情報が未知の任意位置にある時に、前記発信機から発信される電波を前記携帯端末に受信させて、前記電波強度測定手段により前記任意位置での電波強度を測定する第 3 のステップと、

位置算出手段によって、前記任意位置での電波強度と、前記モデル構築手段により予め求められた前記電波強度分布から、前記任意位置の位置情報を導出することにより、前記携帯端末の位置を推定する第 4 のステップとを前記携帯端末に実行させることを特徴とする屋内位置推定方法を実行するプログラム。

【請求項 10】

請求項 9 記載の屋内位置推定方法を実行するプログラムにおいて、前記第 1 のステップでは、前記電波強度測定手段により、前記各測定位置で前記携帯端末を異なる複数の方向に向けた時の電波強度を測定し、前記データ収集手段に記憶することを特徴とする屋内位置推定方法を実行するプログラム。

【請求項 11】

請求項 9 又は 10 記載の屋内位置推定方法を実行するプログラムにおいて、前記位置算出手段によって推定された前記携帯端末の位置に関する情報を、監視者がアクセス可能なサーバ上に表示させる第 5 のステップを有することを特徴とする屋内位置推定方法を実行するプログラム。

【請求項 12】

請求項 9 ~ 11 のいずれか 1 記載の屋内位置推定方法を実行するプログラムにおいて、前記発信機はビーコン装置であり、前記携帯端末はスマートフォンであることを特徴とする屋内位置推定方法を実行するプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、屋内で電波を受信した携帯端末の位置を推定する屋内位置推定システム、屋内位置推定方法、及び屋内位置推定方法を実行するプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、衛星航法システム (NSS: Navigation Satellite System) を利用した多くの位置情報サービスが提供されている。しかし、このシステムは衛星からの電波を受信する必要があるため、電波が届かない屋内では利用することができない。そこで、Wi-Fi (登録商標) や Bluetooth (登録商標) などの無線通信における受信信号強度 (RSSI: Received Signal Strength

h Indicator)を用いて、屋内での位置測定(推定)を行う技術が提案されている。これは、屋内に電波の発信機(電波光源)を設置しておき、この発信機から発信された電波を、人に持たせた受信機(携帯端末)で受信することによって、受信機(人)の位置を特定するものである。例えば、特許文献1には、移動無線端末(受信機)が受信した電波の電界強度(受信信号強度)に基づいて、複数の基地局(発信機)の各々と無線移動端末との距離を求め、基地局の位置を中心とし、かつ、求められた距離を半径とした円を複数の基地局ごとに形成し、複数の円の交点を無線移動端末の位置と推定する技術が開示されている。また、特許文献2には、検知エリアを分割した分割領域ごとに、受信機が取り得る複数の状態に応じて、受信機が受信した受信電波強度(受信信号強度)を予め測定し、電波情報として記憶しておき、ある分割領域内に位置する受信機が所定の状態で受信した受信電波強度と比較して、類似度が最も高い受信電波強度を電波情報の中から選択し、それに対応する分割領域を、受信機が位置する領域として特定する位置特定方法が開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】国際公開第97/33386号

【特許文献2】特開2017-201240号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0004】

しかしながら、電波は人の体によって吸収されるので、受信機を持った人が同じ位置に立っていても、その人の体の向きや受信機の持ち方(角度や向き)によって受信する信号強度に違いが発生し、そこから推定される発信機と受信機との距離にも誤差を生じる可能性がある。よって、特許文献1のように、予め無線移動端末(受信機)を用いて求めた電界強度(信号強度)と距離との関係に基づいて、ある無線移動端末で求めた電界強度から、その無線移動端末の位置を推定する手法では、正確な位置を推定することができないおそれがある。また、発信機と受信機との間に障害物が存在する場合、その障害物によって電波が弱められ、測定される受信信号強度が小さくなるので、その受信信号強度から推定される発信機と受信機との距離は実際より長くなり、正確な位置を推定できないおそれがある。特に、家庭やオフィス等の屋内空間には、家具、机、棚等の障害物が設置されるため推定誤差が大きくなる可能性が高い。これに対し、特許文献2では、受信機が取り得る複数の状態で受信電波強度(受信信号強度)を予め測定しているため、人の体の向きや受信機の持ち方の違いによって生じる受信電波強度の測定誤差を軽減することができる。また、発信機と受信機との距離と、受信電波強度との関係を求める代わりに、受信電波強度の類似度から、受信機が位置する領域を特定しているため、障害物の影響による発信機と受信機との距離の推定誤差を解消することができる。しかし、受信電波強度が類似する領域を、受信機が位置する領域として特定するので、分割領域の広さ(検知エリアの分割数)によって、位置特定の精度が左右される。つまり、分割領域が広ければ、受信機が存在する可能性のある領域が広くなるので、高精度の位置特定を実現するためには、検知エリア内を細かく分割しなければならないが、事前の受信電波強度の測定に手間がかかり、記憶する電波情報の量も増大するという問題がある。また、検知エリア内をどんなに細かく分割しても、受信電波強度の類似度が最も高い領域を受信機が存在する領域として選択する限り、受信機が存在する位置をピンポイントで推定することは困難であり、位置推定の精度には限界がある。

30

40

【0005】

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたもので、予め、位置推定の対象となる屋内の電波強度分布を求めておき、位置推定が必要な場面では、未知の位置にある携帯端末(受信機)で測定された電波強度から、その携帯端末の正確な位置情報を導出することができ、屋内のレイアウト変更に伴う電波強度分布の変化にも即座に対応することが可能で、正確性

50

、実用性に優れる屋内位置推定システム、屋内位置推定方法、及び屋内位置推定方法を実行するプロ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】

【0006】

前記目的に沿う第1の発明に係る屋内位置推定システムは、屋内に設置された発信機から発信される電波を、携帯端末が前記屋内の任意位置で受信した時の電波強度に基づいて、前記屋内における前記携帯端末の位置を推定する屋内位置推定システムであって、前記屋内で、前記発信機から発信される電波を前記携帯端末が受信した時に電波強度を測定する電波強度測定手段と、

前記屋内の位置情報が既知である複数の測定位置で、前記電波強度測定手段により電波強度を測定する際に、前記各測定位置の位置情報と該各測定位置での電波強度を記憶するデータ収集手段と、

前記データ収集手段に記憶された前記各測定位置の位置情報と該各測定位置での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて前記屋内の電波強度分布を求めるモデル構築手段と

、前記携帯端末が、前記屋内の位置情報が未知の任意位置にある時に、前記電波強度測定手段により測定される前記任意位置での電波強度と、前記モデル構築手段により予め求められた前記電波強度分布から、前記任意位置の位置情報を導出することにより、前記携帯端末の位置を推定する位置算出手段とを有する。

【0007】

ここで、発信機と携帯端末は、特に限定されるものではなく、発信機が発信する電波（信号）を携帯端末で受信できる組合せであればよいが、発信機としては、ビーコン装置が好適に用いられ、携帯端末としては、スマートフォン、その他の携帯情報端末（PDA：Personal Digital Assistant）等の無線移動端末が好適に用いられる。また、屋内に設置する発信機の数、1個又は2個以上であり、実用性の面からは3～5個が好ましいが、屋内の形状や広さ等に応じて、適宜、増やすことができる（以上、第2、及び第3の発明においても同様）。

【0008】

第1の発明に係る屋内位置推定システムにおいて、前記データ収集手段は、前記各測定位置で前記携帯端末を異なる複数の方向に向けた時に前記電波強度測定手段で測定される電波強度を記憶することが好ましい。

ここで、各測定位置で電波強度を測定する際の携帯端末の方向は、適宜、選択することができるが、2個以上の発信機が設置されている場合は、各発信機の方向に合わせることが好ましい。例えば、平面視して長方形や正方形に形成された部屋の各壁面に発信機が設置されている場合、受信機を各壁面に向けて電波強度を測定することが好ましい（以上、第2、及び第3の発明においても同様）。

【0009】

第1の発明に係る屋内位置推定システムにおいて、前記位置算出手段によって推定された前記携帯端末の位置に関する情報を、監視者がアクセス可能なサーバ上に表示させる情報提供手段を有することが好ましい。

ここで、監視者の人数は適宜、選択することができ、1人でも複数人でもよい。携帯端末を携帯している子供や高齢者等の監視対象者（ユーザ）に対し、家族（親族）、介護者、医師、看護師等の複数人の監視者を設定すれば、各監視者が監視対象者の位置情報を共有することができる。なお、サーバの形態は適宜、選択することができるが、クラウドサーバを用いた場合、低コストで、メンテナンスにも手間がかからず、取り扱い性に優れる（以上、第2、及び第3の発明においても同様）。

【0010】

第1の発明に係る屋内位置推定方法において、前記発信機は、ビーコン装置であり、前記携帯端末は、スマートフォンであることが好ましい。

ここで、ビーコン装置としては、省電力性に優れるBluetooth Low Energy

10

20

30

40

50

rgy (BLE) を利用するものが好適に用いられるが、同様の電波 (信号) を発信できるものであれば、特に限定されない (以上、第 2、及び第 3 の発明においても同様)。

【0011】

前記目的に沿う第 2 の発明に係る屋内位置推定方法は、屋内に設置された発信機から発信される電波を、携帯端末が前記屋内の任意位置で受信した時の電波強度に基づいて、前記屋内における前記携帯端末の位置を推定する屋内位置推定方法であって、

前記屋内の位置情報が既知である複数の測定位置で、前記発信機から発信される電波を前記携帯端末で受信して、電波強度測定手段により電波強度を測定し、前記各測定位置の位置情報と該各測定位置での電波強度をデータ収集手段に記憶する第 1 の工程と、

モデル構築手段によって、前記データ収集手段に記憶された前記各測定位置の位置情報と該各測定位置での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて前記屋内の電波強度分布を求める第 2 の工程と、

前記携帯端末が、前記屋内の位置情報が未知の任意位置にある時に、前記発信機から発信される電波を前記携帯端末で受信して、前記電波強度測定手段により前記任意位置での電波強度を測定する第 3 の工程と、

位置算出手段によって、前記任意位置での電波強度と、前記モデル構築手段により予め求められた前記電波強度分布から、前記任意位置の位置情報を導出することにより、前記携帯端末の位置を推定する第 4 の工程とを有する。

【0012】

第 2 の発明に係る屋内位置推定方法において、前記第 1 の工程では、前記電波強度測定手段により、前記各測定位置で前記携帯端末を異なる複数の方向に向けた時の電波強度を測定し、前記データ収集手段に記憶することが好ましい。

【0013】

第 2 の発明に係る屋内位置推定方法において、前記位置算出手段によって推定された前記携帯端末の位置に関する情報を、監視者がアクセス可能なサーバ上に表示させる第 3 の工程を有することが好ましい。

【0014】

第 2 の発明に係る屋内位置推定方法において、前記発信機としてビーコン装置を用い、前記携帯端末としてスマートフォンを用いることが好ましい。

【0015】

前記目的に沿う第 3 の発明に係る屋内位置推定方法を実行するプログラムは、屋内に設置された発信機から発信された電波を、携帯端末が前記屋内の任意位置で受信した時の電波強度に基づいて、前記屋内における前記携帯端末の位置を推定する屋内位置推定方法を実行するプログラムであって、

前記屋内の位置情報が既知である複数の測定位置で、前記発信機から発信される電波を前記携帯端末に受信させて、電波強度測定手段により電波強度を測定し、前記各測定位置の位置情報と該各測定位置での電波強度をデータ収集手段に記憶する第 1 のステップと、

モデル構築手段によって、前記データ収集手段に記憶された前記各測定位置の位置情報と該各測定位置での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて前記屋内の電波強度分布を求める第 2 のステップと、

前記携帯端末が、前記屋内の位置情報が未知の任意位置にある時に、前記発信機から発信される電波を前記携帯端末に受信させて、前記電波強度測定手段により前記任意位置での電波強度を測定する第 3 のステップと、

位置算出手段によって、前記任意位置での電波強度と、前記モデル構築手段により予め求められた前記電波強度分布から、前記任意位置の位置情報を導出することにより、前記携帯端末の位置を推定する第 4 のステップとを前記携帯端末に実行させる。

【0016】

第 3 の発明に係る屋内位置推定方法を実行するプログラムにおいて、前記第 1 のステップでは、前記電波強度測定手段により、前記各測定位置で前記携帯端末を異なる複数の方向に向けた時の電波強度を測定し、前記データ収集手段に記憶することが好ましい。

## 【0017】

第3の発明に係る屋内位置推定方法を実行するプログラムにおいて、前記位置算出手段によって推定された前記携帯端末の位置に関する情報を、監視者がアクセス可能なサーバ上に表示させる第5のステップを有することが好ましい。

## 【0018】

第3の発明に係る屋内位置推定方法を実行するプログラムにおいて、前記発信機はビーコン装置であり、前記携帯端末はスマートフォンであることが好ましい。

## 【発明の効果】

## 【0019】

第1の発明に係る屋内位置推定システムは、屋内の位置情報が既知である複数の測定位置で、電波強度測定手段により電波強度を測定する際に、各測定位置の位置情報と各測定位置での電波強度を記憶するデータ収集手段と、データ収集手段に記憶された各測定位置の位置情報と各測定位置での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて屋内の電波強度分布を求めるモデル構築手段を有することにより、予め屋内の電波強度分布を求めることができるので、実際に位置推定を行う際には、電波強度測定手段で電波強度を測定するだけで、位置算出手段により、短時間の内に携帯端末の位置を簡単かつ正確に推定することができ、処理時間が短く、実用性に優れ、子供や高齢者の見守り等に有効に利用することができる。特に、モデル構築手段において電波強度分布を求める際に、放射基底関数を用いていることにより、必要に応じて、測定位置の追加或いは変更を行い、その位置情報と電波強度を収集して屋内の電波強度分布を最新の情報に更新することができ、レイアウト変更等にも即座に対応することが可能で、機能性に優れる。また、モデル構築手段により、屋内の電波強度分布を求めるために必要な各測定位置での電波強度の測定、及び位置算出手段により、屋内の任意位置にある携帯端末の位置を推定するために必要な任意位置での電波強度の測定において、同一の携帯端末を用いて電波を受信し、電波強度測定手段による電波強度を測定するので、携帯端末毎の受信特性（例えばアンテナ利得等）のばらつき等の影響を受けることがなく、携帯端末の位置推定の信頼性に優れる。

## 【0020】

第1の発明において、各測定位置で携帯端末を異なる複数の方向に向けた時に電波強度測定手段で測定される電波強度をデータ収集手段に記憶させた場合、モデル構築手段により、携帯端末の向きの違いに伴う電波強度の変化も考慮して電波強度分布を求めることができ、位置算出手段での位置推定の精度を高めることができる。

## 【0021】

第1の発明において、位置算出手段によって推定された携帯端末の位置に関する情報が、監視者がアクセス可能なサーバ上に表示される場合、遠隔地の家族（親族）、介護者、医師、看護師等の監視者が、その情報を容易に利用して、携帯端末を携帯している子供や高齢者等の監視対象者の位置を確認することができ、特に高齢者の生活の援助等に役立てることができる。

## 【0022】

第1の発明において、発信機が、ビーコン装置であり、携帯端末が、スマートフォンである場合、低コストでシステムを構築して、その普及を図ることができる。

## 【0023】

第2の発明に係る屋内位置推定方法は、屋内の位置情報が既知である複数の測定位置で、発信機から発信される電波を携帯端末で受信して、電波強度測定手段により電波強度を測定し、各測定位置の位置情報と各測定位置での電波強度をデータ収集手段に記憶する第1の工程と、モデル構築手段によって、データ収集手段に記憶された各測定位置の位置情報と各測定位置での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて屋内の電波強度分布を求める第2の工程を有することにより、予め屋内の電波強度分布を求めることができるので、実際に位置推定を行う際には、第3の工程として、電波強度測定手段で電波強度を測定するだけで、第4の工程において、位置算出手段により、短時間の内に携帯端末の位置を簡単かつ正確に推定することができ、処理時間が短く、実用性に優れ、子供や高齢者の見

守り等に有効に利用することができる。特に、第2の工程において、モデル構築手段で電波強度分布を求める際に、放射基底関数を用いていることにより、必要に応じて、測定位置の追加或いは変更を行い、その位置情報と電波強度を収集して屋内の電波強度分布を最新の情報に更新することができ、レイアウト変更等にも即座に対応することが可能で、機能性に優れる。また、第1の工程、及び第3の工程において、同一の携帯端末を用いて電波を受信し、電波強度測定手段による電波強度を測定するので、携帯端末毎の受信特性（例えばアンテナ利得等）のばらつき等の影響を受けることがなく、携帯端末の位置推定の信頼性に優れる。

【0024】

第2の発明において、第1の工程で、電波強度測定手段により、各測定位置で携帯端末を異なる複数の方向に向けた時の電波強度を測定し、データ収集手段に記憶させた場合、第2の工程で、モデル構築手段により、携帯端末の向きの違いに伴う電波強度の変化も考慮して電波強度分布を求めることができ、第4の工程での位置推定の精度を高めることができる。

10

【0025】

第2の発明において、第4の工程で、位置算出手段によって推定された携帯端末の位置に関する情報を、監視者がアクセス可能なサーバ上に表示させる第5の工程を有する場合、遠隔地の家族（親族）、介護者、医師、看護師等の監視者が、その情報を容易に利用して、携帯端末を携帯している子供や高齢者等の監視対象者の位置を確認することができ、特に高齢者の生活の援助等に役立てることができる。

20

【0026】

第2の発明において、発信機としてビーコン装置を用い、携帯端末としてスマートフォンを用いた場合、既存（市販）の製品を利用して容易に屋内位置推定を行うことができる。

【0027】

第3の発明に係る屋内位置推定方法を実行するプログラムは、屋内の位置情報が既知である複数の測定位置で、発信機から発信される電波を携帯端末に受信させて、電波強度測定手段により電波強度を測定し、各測定位置の位置情報と各測定位置での電波強度をデータ収集手段に記憶する第1のステップと、モデル構築手段によって、データ収集手段に記憶された各測定位置の位置情報と各測定位置での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて屋内の電波強度分布を求める第2のステップを有することにより、予め屋内の電波強度分布を求めることができるので、実際に位置推定を行う際には、第3のステップとして、電波強度測定手段で電波強度を測定するだけで、第4のステップにおいて、位置算出手段により、短時間の内に携帯端末の位置を簡単かつ正確に推定することができ、処理時間が短く、実用性に優れ、子供や高齢者の見守り等に有効に利用することができる。特に、第2のステップにおいて電波強度分布を求める際に、放射基底関数を用いていることにより、必要に応じて、測定位置の追加或いは変更を行い、その位置情報と電波強度を収集して屋内の電波強度分布を最新の情報に更新することができ、レイアウト変更等にも即座に対応することが可能で、機能性に優れる。また、第1のステップ、及び第3のステップにおいて、同一の携帯端末を用いて電波を受信し、電波強度測定手段による電波強度を測定することにより、携帯端末毎の受信特性（例えばアンテナ利得等）のばらつき等の影響を受けることがなく、携帯端末の位置推定の信頼性に優れる。

30

40

【0028】

第3の発明において、第1のステップで、電波強度測定手段により、各測定位置で受信機を異なる複数の方向に向けた時の電波強度を測定し、データ収集手段に記憶させた場合、第2のステップで、モデル構築手段により、携帯端末の向きの違いに伴う電波強度の変化も考慮して電波強度分布を求めることができ、第4のステップでの位置推定の精度を高めることができる。

【0029】

第3の発明において、第4のステップで、位置算出手段によって推定された携帯端末の位置に関する情報を、監視者がアクセス可能なサーバ上に表示させる第5のステップを有す

50



る場合、遠隔地の家族（親族）、介護者、医師、看護師等の監視者が、その情報を容易に利用して、携帯端末を携帯している子供や高齢者等の監視対象者の位置を確認することができ、特に高齢者の生活の援助等に役立てることができる。

#### 【0030】

第3の発明において、発信機がビーコン装置であり、携帯端末がスマートフォンである場合、既存（市販）の製品を利用して容易に屋内位置推定を行うことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0031】

【図1】本発明の一実施の形態に係る屋内位置推定システムの説明図である。

【図2】同システムによる位置推定の対象となる屋内の発信機及び測定位置を示す平面図である。

10

【図3】同システムの構成を示すブロック図である。

【図4】同システムで用いられる屋内位置推定方法を実行するプログラムのオフライン作業時のフローチャートである。

【図5】同システムで用いられる屋内位置推定方法を実行するプログラムのオンライン作業時のフローチャートである。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0032】

続いて、本発明を具体化した実施の形態について説明し、本発明の理解に供する。

本発明の一実施の形態に係る屋内位置推定システム10は、図1に示すように、対象となる屋内（部屋）11に設置された発信機（例えばビーコン装置）12が発する電波（信号）を、携帯端末（例えばスマートフォン等の無線移動端末）13が屋内11の任意位置で受信した時の電波強度に基づいて、屋内11における携帯端末13の位置を推定するものである。なお、屋内位置推定システム10は、携帯端末13を携帯している監視対象者（ユーザ）の家族（親族）、介護者、医師、看護師等の監視者15が、ネットワークを介してアクセス可能なサーバ（例えばクラウドサーバ）16に接続されている。これにより、携帯端末（ユーザ）13の位置に関する情報を監視者15がサーバ16を介して共有することができる。よって、例えば、子供や高齢者等の監視対象者に携帯端末13を携帯させ、その位置を確認することにより、遠隔地の監視者15が、監視対象者の活動状況等を把握することが可能となり、見守りサービス等に利用することができる。なお、監視者15

20

30

#### 【0033】

まず、発信機12は、図1、図2に示すように、屋内11において、例えば、Bluetoothを用いて携帯端末13と無線通信を行うことが可能な位置に設置されており、無線通信の電波を発信するように構成されている。なお、本実施の形態では、図1、図2に示すように、平面視して一辺が10mの正方形に形成された屋内11に対して、各壁17の幅方向中央部に同じ高さで発信機12を設置し、屋内11の二次元平面上の縦、及び横に7箇所ずつ合計49箇所の測定位置18（図2中の丸印）を設定したが、屋内11の形状、及び大きさは、適宜、選択することができる。また、発信機12と測定位置18の数、及び配置は、屋内11の形状や大きさ等に応じて、適宜、選択することができる。例えば、携帯端末13が屋内11のどの位置にあっても、発信機12からの電波を受信することができるのであれば、発信機12は必ずしも全ての壁17に設置する必要はなく、屋内11に1つだけ設置してもよい。また、屋内11が広い場合は、1つの壁17に対して複数の発信機12を設置してもよいし、壁17以外にも設置することができ、例えば、天井に設置してもよい。屋内11に複数の発信機12を設置する場合、各発信機12の高さは同じである必要はなく、異なる高さに設置してもよい。なお、測定位置18の配置は等間隔である必要はなく、屋内11に設置される各種設置物との位置関係等に応じて、部分的に疎密があってもよい。また、ここでは、Bluetoothを用いて無線通信を行う

40

50

場合を説明しているが、これに限定されるものではなく、例えば、無線LAN（例えばWi-Fi）、ZigBee（登録商標）、UWB、光無線通信（例えば赤外線）等の無線通信方式を用いてもよい。

#### 【0034】

次に、携帯端末13は、屋内11に存在する場合に、各発信機12から発信される電波（受信信号）を受信する（各発信機12との間で無線通信を行う）ことが可能な構成となっている。また、携帯端末13としては、従来公知の演算器（即ち、コンピュータ）と同様のRAM、CPU、ROM、I/O、及びこれらの要素を接続するバス（図示せず）を備えたスマートフォンが好適に用いられるが、同様の構成を備えたその他の携帯情報端末等を用いてもよい。

なお、屋内位置推定システム10は、図3に示すように、電波強度測定手段20、データ収集手段21、モデル構築手段22、位置算出手段23、情報共有手段24を含んで構成されるが、屋内位置推定システム10に用いられる屋内位置推定方法を実行するプログラム（アプリケーション）が携帯端末13にインストールされ、携帯端末13のCPUがそのプログラムを実行することにより、携帯端末13を上記の電波強度測定手段20、データ収集手段21、モデル構築手段22、位置算出手段23、情報共有手段24として機能させることができる。

#### 【0035】

以下、本発明の一実施の形態に係る屋内位置推定方法を各手段の動作に基づいて説明する。

まず、準備段階の作業（オフライン作業）として、位置推定の対象となる屋内11を選択（特定）した後、図2に示した、屋内11の位置情報が既知である複数の測定位置18で、各発信機12から発信される電波を携帯端末13で受信する。そして、図3に示した電波強度測定手段20により電波強度を測定し、各測定位置18の位置情報（本実施の形態では、屋内11の左下隅を原点とする二次元空間内の座標）と各測定位置18での電波強度（RSSI）をデータ収集手段21に記憶する。なお、測定位置18は、位置情報が既知であればよく、電波強度の測定は、予め設定された測定位置18を順次、移動しながら行ってもよいし、その場で、適宜、選択してもよい（以上、第1の工程）。

次に、モデル構築手段22によって、データ収集手段21に記憶された各測定位置18の位置情報と各測定位置18での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて屋内11の電波強度分布を求める（以上、第2の工程）。

以上で、準備段階が完了するが、必要に応じて、測定位置の追加或いは変更を行うことが可能であり、追加或いは変更された測定位置において、上記第1の工程を行って、測定位置の位置情報、及び電波強度のデータを更新した後、上記第2の工程を行うことにより、屋内11の電波強度分布を最新の情報に更新することができ、レイアウト変更等にも即座に対応することができる。

#### 【0036】

次に、実際に位置推定を行う段階（オンライン作業）では、監視対象者が携帯している携帯端末13が、屋内11の位置情報が未知の任意位置にある時に、各発信機12から発信される電波を携帯端末13で受信して、図3の電波強度測定手段20により任意位置での電波強度を測定する（以上、第3の工程）。

そして、第3の工程で測定された任意位置での電波強度と、第2の工程でモデル構築手段により予め求められた電波強度分布から、図3の位置算出手段23により、任意位置の位置情報を導出することにより、携帯端末13の位置を推定する（以上、第4の工程）。

第4の工程において、位置算出手段23によって推定された携帯端末13の位置に関する情報は、図3の情報共有手段24により、図1に示したように、複数の監視者15がアクセス可能なサーバ16上に表示することができる（以上、第5の工程）。

よって、屋内位置推定システム10を利用する監視対象者（ユーザ）の家族（親族）、介護者、医師、看護師等の監視者15は、サーバ16上で共有される監視対象者の位置情報を容易に確認することができ、携帯端末13を携帯している子供や高齢者等の監視対象者

10

20

30

40

50

の見守り等を行うことができる。なお、情報共有手段 2 4 によりサーバ 1 6 上に表示される位置情報のデータはサーバ 1 6 に保存することができ、携帯端末 1 3 (監視対象者)の移動履歴の確認、行動パターンの解析、及び行動予測等のデータとしても利用できる。

【 0 0 3 7 】

なお、第 1 の工程において、電波強度測定手段 2 0 により、各測定位置 1 8 で携帯端末 1 8 を異なる複数の方向に向けた時の電波強度を測定し、データ収集手段 2 1 に記憶するようにすれば、携帯端末 1 3 の向きの違いに伴う電波強度の変化も考慮して電波強度分布を求めることができ、第 4 の工程での位置推定の精度を高めることができる。

また、第 1 の工程、及び第 2 の工程を行うに当たり、携帯端末 1 3 の表示部 (画面) に屋内 1 1 の見取り図 (平面図) を表示し、屋内 1 1 に設置されているテーブル、ベッド、ソファー、棚等の家具、及びその他の調度品等の設置物の位置を一緒に表示することができる。これにより、設置物の位置を考慮して第 1 の工程、及び第 2 の工程を行うことができる。また、第 5 の工程において、携帯端末 1 3 の位置に関する情報をサーバ 1 6 上に表示する際に、屋内 1 1 の見取り図と一緒に設置物の位置を表示するようにすれば、監視者 1 5 は、監視対象者の行動等を把握し易く、機能性、実用性に優れる。なお、見取り図上に設置物の位置情報を表示させる手段 (方法) としては、設置物の名称等を携帯端末 1 3 に文字や記号で入力するものでもよいし、予めリストに登録された設置物の名称等を携帯端末 1 3 の画面上で選択するものでもよい。

10

【 0 0 3 8 】

以下、本発明の一実施の形態に係る屋内位置推定方法を実行するプログラムについて具体的に説明する。

20

まず、準備段階の作業 (オフライン作業) では、図 4 に示すように、位置推定の対象となる屋内 1 1 を選択する。

次に、屋内 1 1 の各測定位置 1 8 において、携帯端末 1 3 により、各発信機 1 2 から発信される電波を受信して、電波強度測定手段 2 0 により電波強度を測定するが、このとき、各測定位置 1 8 の位置情報を行列 P に格納し、各測定位置 1 8 での電波強度を行列 S に格納する。なお、携帯端末 1 3 が受信する信号 (電波) にはノイズが含まれるため、測定した電波強度のデータをフィルタリングした上で行列 S に格納する。例えば、携帯端末 1 3 が受信する信号の値 (電波強度) は時間と共に変動するので、所定間隔で受信した複数 (例えば 5 つ) の信号の値を平均化する処理等を行うことにより、ノイズを除去して、位置推定の精度を高めることができる。測定位置 1 8 が M 箇所の場合 (  $i = 1 \sim M$  ) は、以上の動作を M 回繰り返す。こうして得られた各測定位置 1 8 の位置情報と各測定位置 1 8 での電波強度はデータ収集手段 2 1 に記憶される (以上、第 1 のステップ)。

30

屋内 1 1 における各測定位置 1 8 の位置情報 (座標) は、電波強度 (RSSI) の関数となるので、次式 (1) のように表すことができる。

【 0 0 3 9 】

【数 1】

$$P = C \cdot f(S) \quad (1)$$

【 0 0 4 0 】

ここで、P は屋内 1 1 における各測定位置 1 8 の位置情報を表す行列、S は屋内 1 1 における各測定位置 1 8 での電波強度を表す行列、C は屋内 1 1 における位置情報と電波強度との関係を表す係数行列である。

40

上記の関係から屋内 1 1 の任意位置 (未知の位置) での位置情報を導出するために、放射基底関数 (RBF) を適用する。放射基底関数は、測定位置 1 8 からの距離に依存しており、位置情報が既知の複数の測定位置 1 8 の間を補間して、位置推定時に、新たに位置情報が未知の任意位置で測定される電波強度から、任意位置の位置情報を特定することができる。また、放射基底関数は、ある 2 つの測定位置 1 8 における電波強度の差 g によって特徴付けられ、次式 (2) で表される。

【 0 0 4 1 】

50

【数 2】

$$\mathbf{g}_i = \mathbf{g}_i(|\mathbf{s} - \mathbf{s}_i|) \quad (2)$$

【0042】

そこで、モデル構築手段 2 2 により、予め屋内 1 1 の M 箇所の測定位置 1 8 で電波強度の測定を行って得られた行列 S (データ収集手段 2 1 に記憶されている) を正規化し、各測定位置 1 8 の R B F 表現を記述する行列 G を計算する。この行列 G は、次式 (3) で表される。

【0043】

【数 3】

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} \mathbf{g}_1(|s^1 - s^1|) & \dots & \mathbf{g}_1(|s^j - s^1|) & \dots & \mathbf{g}_1(|s^M - s^1|) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{g}_i(|s^1 - s^i|) & \dots & \mathbf{g}_i(|s^j - s^i|) & \dots & \mathbf{g}_i(|s^M - s^i|) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{g}_M(|s^1 - s^M|) & \dots & \mathbf{g}_M(|s^j - s^M|) & \dots & \mathbf{g}_M(|s^M - s^M|) \end{bmatrix} \quad (3)$$

10

【0044】

ここで、 $s^i$ 、 $s^j$  は、それぞれ i 番目、j 番目の測定位置 1 8 における電波強度であり、この行列 G は、屋内 1 1 における電波強度分布を表している (以上、第 2 のステップ)

20

よって、式 (1) は、次式 (4) のように表すことができる。

【0045】

【数 4】

$$\mathbf{P} = \mathbf{C} \cdot \mathbf{G}(\mathbf{S}) \quad (4)$$

【0046】

そして、行列 G (S) の逆行列 G (S)<sup>-1</sup> を求めれば、次式 (5) により、行列 C を計算することができる。これにより、準備段階が終了する。本実施の形態に係るプログラムは、異なる複数の屋内における電波強度分布を求めて保存することができる。そして、必要に応じて、先にも説明したように、測定位置の追加或いは変更を行うことが可能であり、追加或いは変更された測定位置の位置情報、及び電波強度のデータを収集して、上記の計算をやり直すことにより、屋内 1 1 の電波強度分布を最新の情報に更新することができる。

30

【0047】

【数 5】

$$\mathbf{C} = \mathbf{P} \cdot \mathbf{G}(\mathbf{S})^{-1} \quad (5)$$

【0048】

次に、実際に位置推定を行う段階 (オンライン作業) では、図 5 に示すように、位置推定の対象となる屋内 1 1 を選択する。

40

その後、監視対象者が携帯している携帯端末 1 3 が、屋内 1 1 の位置情報が未知の任意位置にある状態で、携帯端末 1 3 により、各発信機 1 2 から発信される電波を受信して、電波強度測定手段 2 0 により任意位置での電波強度を測定する。そして、測定した任意位置での電波強度を行列 s に格納する。このとき、第 1 ステップと同様に、測定した電波強度のデータをフィルタリングした上で行列 s に格納する (以上、第 3 のステップ)。

次に、位置算出手段 2 3 により、任意位置で電波強度の測定を行って得られた行列 s を正規化し、先に求めた電波強度分布と比較するためのベクトル g を計算する。このベクトル g は、各測定位置 1 8 での電波強度に対する任意位置での電波強度の R B F 効果を表現するものであり、次式 (6) で表される。

50

【 0 0 4 9 】

【 数 6 】

$$\mathbf{g}(s) = \begin{bmatrix} \mathbf{g}_1 \\ \mathbf{g}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{g}_M \end{bmatrix} \quad (6)$$

【 0 0 5 0 】

よって、任意位置の位置情報  $p(s)$  は、次式 (7) で表すことができる。

【 0 0 5 1 】

【 数 7 】

$$p(s) = C \cdot g(s) \quad (7)$$

【 0 0 5 2 】

ここで、行列  $C$  は、屋内 1 1 の電波強度分布から式 (5) によって既に求められているので、式 (7) に式 (5) を代入することにより、位置算出手段 2 3 で任意位置の位置情報を導出することができ、携帯端末 1 3 の位置を推定することができる (以上、第 4 のステップ)。

第 4 のステップにおいて推定された携帯端末 1 3 の位置に関する情報は、図 1 に示したように、複数の監視者 1 5 がアクセス可能なサーバ 1 6 上に表示することができる (以上、第 5 のステップ)

また、第 1 のステップにおいて、電波強度測定手段 2 0 により、各測定位置 1 8 で携帯端末 1 3 を異なる複数の方向に向けた時の電波強度を測定し、データ収集手段 2 1 に記憶するようにすれば、携帯端末 1 3 の向きの違いに伴う電波強度の変化も考慮して電波強度分布を求めることができ、第 4 の工程での位置推定の精度を高めることができる。

本実施の形態に係る屋内位置推定方法を実行するプログラムを携帯端末 1 3 上で実行することにより、別途、コンピュータを用いることなく、位置情報の推定を行うことが可能であり、屋内位置推定システムを安価に提供することができる。

なお、電波強度の補間に用いる放射基底関数 (RBF) は、適宜、選択することができるが、例えば、式 (8) の薄板スプライン、式 (9) の線形スプライン、式 (10) の三次元スプライン、式 (11) の多重二乗等の関数が好適に用いられる。ここで、式 (11) の  $c$  は、適宜、選択されるチューニング係数である。

【 0 0 5 3 】

【 数 8 】

$$\|s - s_i\| \ln (\|s - s_i\|) \quad (8)$$

$$\|s - s_i\| \quad (9)$$

$$\|s - s_i\|^3 \quad (10)$$

$$\sqrt{1 + \frac{\|s - s_i\|^2}{c^2}} \quad (11)$$

【 0 0 5 4 】

以上、本発明を、実施の形態を参照して説明してきたが、本発明は何ら上記した実施の形態に記載した構成に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載されている事項の範囲内で考えられるその他の実施の形態や変形例も含むものである。

上記実施の形態では、屋内位置推定方法を実行するプログラムを携帯端末にインストールすることにより、携帯端末を電波強度測定手段、データ収集手段、モデル構築手段、位置算出手段、情報共有手段として機能させる場合について説明したが、例えば、携帯端末を

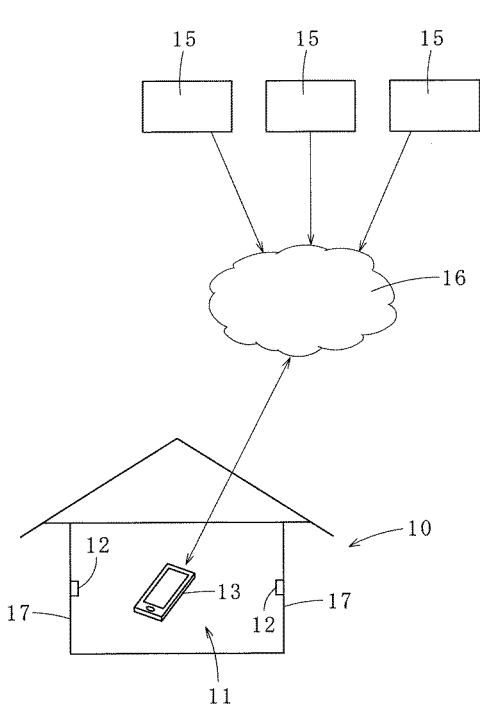
電波強度測定手段、及びデータ収集手段としてのみ機能させ、有線又は無線により携帯端末と通信可能に接続されたコンピュータをモデル構築手段、位置算出手段、情報共有手段として機能させることもできる。その場合、携帯端末では第1のステップ、及び第3のステップを行い、取得した各測定位置の位置情報、各測定位置での電波強度、及び任意位置での電波強度のデータをコンピュータに送信して、コンピュータ側で第2のステップ、第4のステップ、及び第5のステップを行う。

【符号の説明】

【0055】

10：屋内位置推定システム、11：屋内、12：発信機、13：携帯端末、15：監視者、16：サーバ、17：壁、18：測定位置、20：電波強度測定手段、21：データ収集手段、22：モデル構築手段、23：位置算出手段、24：情報共有手段

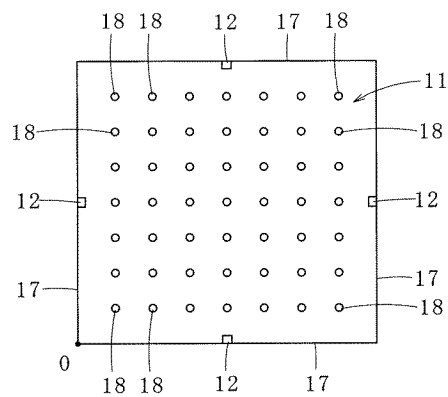
【図1】



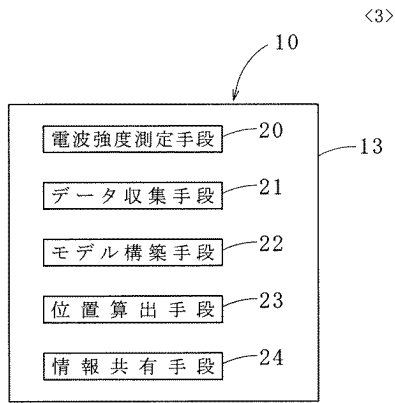
【図2】

<1>

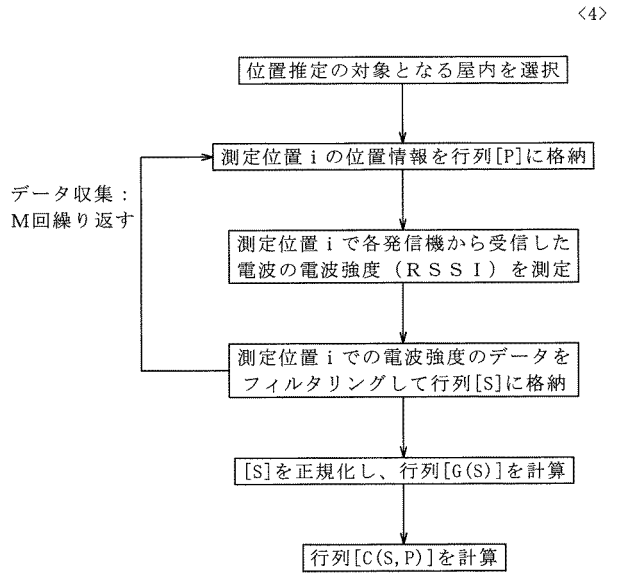
<2>



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

