(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4908637号
(P4908637)

(45)発行日　平成24年4月4日(2012.4.4)　(24)登録日　平成24年1月20日(2012.1.20)

(51)Int.Cl.　F I
G01C 17/38 (2006.01)　G01C 17/38　F
G01P 21/00 (2006.01)　G01P 21/00

請求項の数 52　(全 43 頁)

(21)出願番号　特願2010-539154 (P2010-539154)
(86)(22)出願日　平成21年11月20日 (2009.11.20)
(86)国際出願番号　PCT/JP2009/006266
(87)国際公開番号　WO2010/058594
(87)国際公開日　平成22年5月27日 (2010.5.27)
審査請求日　平成23年3月23日 (2011.3.23)
(31)優先権主張番号　特願2008-297107 (P2008-297107)
(32)優先日　平成20年11月20日 (2008.11.20)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　303046277
旭化成エレクトロニクス株式会社
東京都千代田区神田神保町一丁目１０５番地
(74)代理人　110001243
特許業務法人　谷・阿部特許事務所
(72)発明者　北村　徹
東京都千代田区神田神保町１丁目１０５番地
(72)発明者　御子柴　憲彦
東京都千代田区神田神保町１丁目１０５番地

審査官　竹下　晋司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】物理量計測装置および物理量計測方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
物理量を計測する物理量計測装置であって、
複数の成分からなるベクトル物理量を検出するベクトル物理量検出手段と、
前記検出されたベクトル物理量をベクトル物理量データとして繰り返し取得することにより、ベクトル物理量データ群を取得するデータ取得手段と、
前記取得したベクトル物理量データ群から差分ベクトル群を算出し、該算出された差分ベクトル群を用いた所定の評価式に基づいて、前記取得したベクトル物理量データ群に含まれるオフセットを統計的手法により推定するオフセット推定手段とを具え、
前記オフセット推定手段は、前記取得したベクトル物理量データ群の各成分の差によって前記差分ベクトル群を算出する差分ベクトル算出部と、
所定の測定パラメータに基づいて、前記差分ベクトル群を選択して格納するデータ選択部と、
前記選択された差分ベクトル群を用いた前記評価式に基づいて、前記取得したベクトル物理量データ群の各成分を座標値とする座標系上に基準点の座標を統計的手法により推定する基準点推定部と、
前記ベクトル物理量データ群と、前記差分ベクトル群と、推定された複数の前記基準点とのうち少なくとも一つに基づき、前記基準点の信頼性情報を算出するための算出パラメータに従って、前記基準点の信頼性情報を算出し、該信頼性情報を判定閾値と比較することによって前記基準点の信頼性の有無を判定し、信頼性有りと判定された基準点を前記デ

ータ取得手段の取得したベクトル物理量データに含まれるオフセットとして出力する信頼性判定部とを含み、
前記信頼性情報は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトルから算出される角度情報を含み、
該角度情報は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群の各差分ベクトルと、該差分ベクトルの中点と推定された基準点を結ぶベクトル、との成す角から算出される情報であり、前記信頼性判定部は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群の全ての差分ベクトル群の成す角が所定の範囲内にあるときに、該基準点を信頼度が高いと判定する
ことを特徴とする物理量計測装置。

【請求項２】
物理量を計測する物理量計測装置であって、
複数の成分からなるベクトル物理量を検出するベクトル物理量検出手段と、
前記検出されたベクトル物理量をベクトル物理量データとして繰り返し取得することにより、ベクトル物理量データ群を取得するデータ取得手段と、
前記取得したベクトル物理量データ群から差分ベクトル群を算出し、該算出された差分ベクトル群を用いた所定の評価式に基づいて、前記取得したベクトル物理量データ群に含まれるオフセットを統計的手法により推定するオフセット推定手段とを具え、
前記オフセット推定手段は、前記取得したベクトル物理量データ群の各成分の差によって前記差分ベクトル群を算出する差分ベクトル算出部と、
所定の測定パラメータに基づいて、前記差分ベクトル群を選択して格納するデータ選択部と、
前記選択された差分ベクトル群を用いた前記評価式に基づいて、前記取得したベクトル物理量データ群の各成分を座標値とする座標系上に基準点の座標を統計的手法により推定する基準点推定部と、
前記ベクトル物理量データ群と、前記差分ベクトル群と、推定された複数の前記基準点とのうち少なくとも一つに基づき、前記基準点の信頼性情報を算出するための算出パラメータに従って、前記基準点の信頼性情報を算出し、該信頼性情報を判定閾値と比較することによって前記基準点の信頼性の有無を判定し、信頼性有りと判定された基準点を前記データ取得手段の取得したベクトル物理量データに含まれるオフセットとして出力する信頼性判定部とを含み、
前記信頼性情報は、
前記基準点を推定するために用いたデータ群の各データとの距離の和が最小になるように物理量データの各成分を座標成分とする座標軸上に平面を定め、該データ群の各データと該平面との距離により算出される情報を含み、
前記基準点を推定するために用いたデータ群から算出される前記平面との距離の最大値が所定値以上であるときに、前記基準点を信頼度が高いと判定する
ことを特徴とする物理量計測装置。

【請求項３】
物理量を計測する物理量計測装置であって、
複数の成分からなるベクトル物理量を検出するベクトル物理量検出手段と、
前記検出されたベクトル物理量をベクトル物理量データとして繰り返し取得することにより、ベクトル物理量データ群を取得するデータ取得手段と、
前記取得したベクトル物理量データ群から差分ベクトル群を算出し、該算出された差分ベクトル群を用いた所定の評価式に基づいて、前記取得したベクトル物理量データ群に含まれるオフセットを統計的手法により推定するオフセット推定手段とを具え、
前記オフセット推定手段は、前記取得したベクトル物理量データ群の各成分の差によって前記差分ベクトル群を算出する差分ベクトル算出部と、
所定の測定パラメータに基づいて、前記差分ベクトル群を選択して格納するデータ選択部と、

前記選択された差分ベクトル群を用いた前記評価式に基づいて、前記取得したベクトル物理量データ群の各成分を座標値とする座標系上に基準点の座標を統計的手法により推定する基準点推定部と、

前記ベクトル物理量データ群と、前記差分ベクトル群と、推定された複数の前記基準点とのうち少なくとも一つに基づき、前記基準点の信頼性情報を算出するための算出パラメータに従って、前記基準点の信頼性情報を算出し、該信頼性情報を判定閾値と比較することによって前記基準点の信頼性の有無を判定し、信頼性有りと判定された基準点を前記データ取得手段の取得したベクトル物理量データに含まれるオフセットとして出力する信頼性判定部とを含み、

前記信頼性情報は、

前記基準点を推定するために用いたデータ群のうち一番最初に取得されたデータの取得されたときの時間と、一番最後に取得されたデータの取得された時の時間差によって算出される情報を含み、

前記時間差が所定値以下であるときに、前記基準点を信頼度が高いと判定する

ことを特徴とする物理量計測装置。

【請求項４】

前記オフセット推定手段は、前記判定閾値、前記測定パラメータ、前記算出パラメータをオフセット推定パラメータとして管理するオフセット推定パラメータ管理部を含み、

前記オフセット推定パラメータ管理部は前記信頼性判定部によって算出された前記信頼性情報、判定された前記信頼度、信頼度が高いと判定された回数、及び同一の前記オフセット推定パラメータが使用されている時間の少なくとも一つに基づいて前記オフセット推定パラメータを変化させることを特徴とする請求項１ないし３のいずれかに記載の物理量計測装置。

【請求項５】

物理量計測装置の内外の環境の変化、もしくは操作者の操作を検出する事象検出手段をさらに具え、その事象が発生した場合には、前記オフセット推定パラメータ管理部は、前記出力されたオフセットの信頼度が劣化した可能性があると判定し、前記オフセット推定パラメータを変化させることを特徴とする請求項１ないし３のいずれかに記載の物理量計測装置。

【請求項６】

前記環境の変化は、温度変化であることを特徴とする請求項５記載の物理量計測装置。

【請求項７】

前記データ取得手段によって取得されたデータが所定の範囲を超えた場合に、前記オフセット推定パラメータ管理部は前記環境が変化したとして前記オフセット推定パラメータを変化させることを特徴とする請求項５又は６記載の物理量計測装置。

【請求項８】

前記評価式は、

前記差分ベクトルと、該差分ベクトルの中点と前記基準点を結ぶベクトルの内積の絶対値のＮ乗を用いて定められることを特徴とする請求項１から７のいずれかに記載の物理量計測装置。

【請求項９】

前記Ｎは２又は４であることを特徴とする請求項８記載の物理量計測装置。

【請求項１０】

前記測定パラメータは、前記ベクトル物理量検出手段が前記物理量を検出する時間間隔、ないし前記データ取得手段が前記ベクトル物理量を取得する時間間隔を含むことを特徴とする請求項１ないし９のいずれかに記載の物理量計測装置。

【請求項１１】

前記測定パラメータは、データの変化量を含み、

前記データの変化量は、前記データ取得手段が取得したベクトル物理量データと、前記データ選択部が選択したデータとの差分であり、

前記データ選択部は、前記データの変化量が予め定められた値以上であるデータを選択することを特徴とする請求項１ないし１０のいずれかに記載の物理量計測装置。
【請求項１２】
前記測定パラメータは、前記オフセット推定手段が基準点を推定するためのベクトル物理量データの個数を含むことを特徴とする請求項１ないし１１のいずれかに記載の物理量計測装置。
【請求項１３】
前記測定パラメータは、前記差分ベクトルを構成する２つのベクトル物理量データが取得された時間差を含み、
前記データ選択部は、前記時間差が所定値以下である差分ベクトルのみを選択することを特徴とする請求項１ないし１２のいずれかに記載の物理量計測装置。
【請求項１４】
前記測定パラメータは、差分ベクトルの大きさを含み、
前記データ選択部は、該差分ベクトルの大きさが所定値以上となる差分ベクトルのみを選択することを特徴とする請求項１ないし１３のいずれかに記載の物理量計測装置。
【請求項１５】
前記測定パラメータは、二つの差分ベクトルの成す角を含み、
前記データ選択部は、新たに計算された差分ベクトルと、既に選択された差分ベクトルの成す角が所定値以上となる差分ベクトルのみを選択することを特徴とする請求項１ないし１４のいずれかに記載の物理量計測装置。
【請求項１６】
前記信頼性情報は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から計算される距離情報を含み、
該距離情報は、該推定された基準点から前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群の各々に下ろした垂線の足と、該差分ベクトルの中点との距離から算出される情報であり、
前記信頼性判定部は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から算出される前記距離の最大値が所定値以下であるときに、該基準点を信頼度が高いと判定することを特徴とする請求項１ないし１５のいずれかに記載の物理量計測装置。
【請求項１７】
前記ベクトル物理量検出手段が、２成分のベクトル物理量検出手段である場合に、
前記信頼性情報は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から計算される距離情報を含み、
該距離情報は、該差分ベクトルの各々の垂直二等分線と該推定された基準点の距離から算出される情報であり、
前記信頼性判定部は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から算出される前記距離の最大値が所定値以下であるときに、該基準点を信頼度が高いと判定することを特徴とする請求項１ないし１６のいずれかに記載の物理量計測装置。
【請求項１８】
前記ベクトル物理量検出手段が、３成分のベクトル物理量検出手段である場合に、
前記信頼性情報は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から計算される距離情報を含み、
該距離情報は、該差分ベクトルの各々の垂直二等分面と該推定された基準点の距離から算出される情報であり、
前記信頼性判定部は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から算出される前記距離の最大値が所定値以下であるときに、該基準点を信頼度が高いと判定することを特徴とする請求項１ないし１７のいずれかに記載の物理量計測装置。
【請求項１９】
前記信頼性情報は、
所定の個数Ｍの前記基準点のバラツキから算出される情報を含み、

前記バラツキが所定値以下であるときに、前記基準点を信頼度が高いと判定することを特徴とする請求項１ないし１８のいずれかに記載の物理量計測装置。

【請求項２０】

前記信頼性情報は、

前記基準点を推定するために用いたデータ群を構成するデータの各軸成分のバラツキから算出される情報を含み、

前記バラツキが所定値以下であるときに、前記基準点を信頼度が高いと判定することを特徴とする請求項１ないし１９のいずれかに記載の物理量計測装置。

【請求項２１】

前記信頼性情報は、

前記基準点を推定するために用いたデータ群の各データと該基準点までの距離を含み、

前記基準点を推定するために用いたデータ群の各データと該基準点までの距離が所定の範囲内であるときに、前記基準点を信頼度が高いと判定することを特徴とする請求項１ないし２０のいずれかに記載の物理量計測装置。

【請求項２２】

前記算出パラメータは、前記基準点のばらつきを算出するための基準点の個数Ｍを含むことを特徴とする請求項１ないし２１のいずれかに記載の物理量計測装置。

【請求項２３】

前記オフセットを推定するに用いられた前記オフセット推定パラメータの状態を外部に出力することを特徴とする請求項１から２２のいずれかに記載の物理量計測装置。

【請求項２４】

前記信頼性情報又は前記信頼度の少なくとも一方を出力することを特徴とする請求項１ないし２３のいずれかに記載の物理量計測装置。

【請求項２５】

前記ベクトル物理量検出手段は、前記物理量として磁気を検出する磁気センサであることを特徴とする請求項１ないし２４のいずれかに記載の物理量計測装置。

【請求項２６】

前記ベクトル物理量検出手段は、前記物理量として加速度を検出する加速度センサであることを特徴とする請求項１ないし２５のいずれかに記載の物理量計測装置。

【請求項２７】

物理量を計測する物理量計測方法であって、

複数の成分からなるベクトル物理量を検出するベクトル物理量検出工程と、

前記検出されたベクトル物理量をベクトル物理量データとして繰り返し取得することにより、ベクトル物理量データ群を取得するデータ取得工程と、

前記取得したベクトル物理量データ群から差分ベクトル群を算出し、該算出された差分ベクトル群を用いた所定の評価式に基づいて、前記取得したベクトル物理量データ群に含まれるオフセットを統計的手法により推定するオフセット推定工程とを具え、

前記オフセット推定工程は、

前記取得したベクトル物理量データ群の各成分の差によって前記差分ベクトル群を算出する差分ベクトル算出工程と、

所定の測定パラメータに基づいて、前記差分ベクトル群を選択して格納するデータ選択工程と、

前記選択された差分ベクトル群を用いた前記評価式に基づいて、前記取得したベクトル物理量データ群の各成分を座標値とする座標系上に基準点の座標を統計的手法により推定する基準点推定工程と、

前記ベクトル物理量データ群と、前記差分ベクトル群と、推定された複数の前記基準点とのうち少なくとも一つに基づき、前記基準点の信頼性情報を算出するための算出パラメータに従って、前記基準点の信頼性情報を算出し、該信頼性情報を判定閾値と比較することによって前記基準点の信頼度を判定し、信頼度が高いと判定された基準点を前記データ取得手段の取得したベクトル物理量データに含まれるオフセットとして出力する信頼性判

定工程と
を含み、
前記信頼性情報は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から算出される角度情報を含み、
該角度情報は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群の各差分ベクトルと、該差分ベクトルの中点と該推定された基準点を結ぶベクトル、との成す角から算出される情報であり、
前記信頼性判定工程は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群の全ての差分ベクトルの前記成す角が所定の範囲内にあるときに、該基準点を信頼度が高いと判定することを特徴とする物理量計測方法。

【請求項２８】
物理量を計測する物理量計測方法であって、
複数の成分からなるベクトル物理量を検出するベクトル物理量検出工程と、
前記検出されたベクトル物理量をベクトル物理量データとして繰り返し取得することにより、ベクトル物理量データ群を取得するデータ取得工程と、
前記取得したベクトル物理量データ群から差分ベクトル群を算出し、該算出された差分ベクトル群を用いた所定の評価式に基づいて、前記取得したベクトル物理量データ群に含まれるオフセットを統計的手法により推定するオフセット推定工程とを具え、
前記オフセット推定工程は、
前記取得したベクトル物理量データ群の各成分の差によって前記差分ベクトル群を算出する差分ベクトル算出工程と、
所定の測定パラメータに基づいて、前記差分ベクトル群を選択して格納するデータ選択工程と、
前記選択された差分ベクトル群を用いた前記評価式に基づいて、前記取得したベクトル物理量データ群の各成分を座標値とする座標系上に基準点の座標を統計的手法により推定する基準点推定工程と、
前記ベクトル物理量データ群と、前記差分ベクトル群と、推定された複数の前記基準点とのうち少なくとも一つに基づき、前記基準点の信頼性情報を算出するための算出パラメータに従って、前記基準点の信頼性情報を算出し、該信頼性情報を判定閾値と比較することによって前記基準点の信頼度を判定し、信頼度が高いと判定された基準点を前記データ取得手段の取得したベクトル物理量データに含まれるオフセットとして出力する信頼性判定工程と
を含み、
前記信頼性情報は、
前記基準点を推定するために用いたデータ群の各データとの距離の和が最小になるように物理量データの各成分を座標成分とする座標軸上に平面を定め、該データ群の各データと該平面との距離により算出される情報を含み、
前記基準点を推定するために用いたデータ群から算出される前記平面との距離の最大値が所定値以上であるときに、前記基準点を信頼度が高いと判定することを特徴とする物理量計測方法。

【請求項２９】
物理量を計測する物理量計測方法であって、
複数の成分からなるベクトル物理量を検出するベクトル物理量検出工程と、
前記検出されたベクトル物理量をベクトル物理量データとして繰り返し取得することにより、ベクトル物理量データ群を取得するデータ取得工程と、
前記取得したベクトル物理量データ群から差分ベクトル群を算出し、該算出された差分ベクトル群を用いた所定の評価式に基づいて、前記取得したベクトル物理量データ群に含まれるオフセットを統計的手法により推定するオフセット推定工程とを具え、
前記オフセット推定工程は、
前記取得したベクトル物理量データ群の各成分の差によって前記差分ベクトル群を算出

する差分ベクトル算出工程と、
所定の測定パラメータに基づいて、前記差分ベクトル群を選択して格納するデータ選択工程と、
前記選択された差分ベクトル群を用いた前記評価式に基づいて、前記取得したベクトル物理量データ群の各成分を座標値とする座標系上に基準点の座標を統計的手法により推定する基準点推定工程と、
前記ベクトル物理量データ群と、前記差分ベクトル群と、推定された複数の前記基準点とのうち少なくとも一つに基づき、前記基準点の信頼性情報を算出するための算出パラメータに従って、前記基準点の信頼性情報を算出し、該信頼性情報を判定閾値と比較することによって前記基準点の信頼度を判定し、信頼度が高いと判定された基準点を前記データ取得手段の取得したベクトル物理量データに含まれるオフセットとして出力する信頼性判定工程と
を含み、
前記信頼性情報は、
前記基準点を推定するために用いたデータ群のうち一番最初に取得されたデータの取得されたときの時間と、一番最後に取得されたデータの取得された時の時間差によって算出される情報を含み、
前記時間差が所定値以下であるときに、前記基準点を信頼度が高いと判定することを特徴とする物理量計測方法。
【請求項３０】
前記オフセット推定工程は、前記判定閾値、前記測定パラメータ、前記算出パラメータをオフセット推定パラメータとして管理するオフセット推定パラメータ管理工程を含み、
前記オフセット推定パラメータ管理工程は、前記信頼性判定部によって算出された前記信頼性情報、判定された前記信頼度、信頼度が高いと判定された回数、及び同一の前記オフセット推定パラメータが使用されている時間の少なくとも一つに基づいて前記オフセット推定パラメータを変化させることを特徴とする請求項２７ないし２９のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項３１】
物理量計測装置の内外の環境の変化、もしくは操作者の操作を検出する事象検出工程をさらに具え、その事象が発生した場合には、前記オフセット推定パラメータ管理部は、前記出力されたオフセットの信頼度が劣化した可能性があると判定し、前記オフセット推定パラメータを変化させることを特徴とする請求項２７ないし２９のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項３２】
前記環境の変化は、温度変化であることを特徴とする請求項３１記載の物理量計測方法。
【請求項３３】
前記データ取得工程によって取得されたデータが所定の範囲を超えた場合に、前記オフセット推定パラメータ管理部は前記環境が変化したとして前記オフセット推定パラメータを変化させることを特徴とする請求項３１又は３２記載の物理量計測方法。
【請求項３４】
前記評価式は、
前記差分ベクトルと、該差分ベクトルの中点と前記基準点を結ぶベクトルの内積の絶対値のＮ乗を用いて定められることを特徴とする請求項２７から３３のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項３５】
前記Ｎは２又は４であることを特徴とする請求項３４記載の物理量計測方法。
【請求項３６】
前記測定パラメータは、前記ベクトル物理量検出工程が前記物理量を検出する時間間隔、ないし前記データ取得工程が前記ベクトル物理量を取得する時間間隔測を含むことを特

徴とする請求項２７ないし３５のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項３７】
前記測定パラメータは、データの変化量を含み、
前記変化量は、前記データ取得工程が取得したベクトル物理量データと、前記データ選択工程が選択したデータとの差分であり、
前記データ選択工程は、前記変化量が予め定められた値以上であるデータを選択することを特徴とする請求項２７ないし３６のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項３８】
前記測定パラメータは、前記オフセット推定手段が基準点を推定するためのベクトル物理量データの個数を含むことを特徴とする請求項２７ないし３７のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項３９】
前記測定パラメータは、前記差分ベクトルを構成する２つのベクトル物理量データが取得された時間差を含み、
前記データ選択工程は、前記時間差が所定値以下である差分ベクトルのみを選択することを特徴とする請求項２７ないし３８のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項４０】
前記測定パラメータは、差分ベクトルの大きさを含み、
前記データ選択工程は、該差分ベクトルの大きさが所定値以上となる差分ベクトルのみを選択することを特徴とする請求項２７ないし３９のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項４１】
前記測定パラメータは、二つの差分ベクトルの成す角を含み、
前記データ選択工程は、新たに計算された差分ベクトルと、既に選択された差分ベクトルの成す角が所定値以上となる差分ベクトルのみを選択することを特徴とする請求項２７ないし４０のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項４２】
前記信頼性情報は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から計算される距離情報を含み、
該距離情報は、該推定された基準点から前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群の各々に下ろした垂線の足と、該差分ベクトルの中点との距離から算出される情報であり、
前記信頼性判定工程は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から算出される前記距離の最大値が所定値以下であるときに、該基準点を信頼度が高いと判定することを特徴とする請求項２７ないし４１のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項４３】
前記ベクトル物理量検出工程が、２成分のベクトル物理量検出工程である場合に、
前記信頼性情報は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から計算される距離情報を含み、
該距離情報は、該差分ベクトルの各々の垂直二等分線と該推定された基準点の距離から算出される情報であり、
前記信頼性判定工程は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から算出される前記距離の最大値が所定値以下であるときに、該基準点を信頼度が高いと判定することを特徴とする請求項２７ないし４２のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項４４】
前記ベクトル物理量検出工程が、３成分のベクトル物理量検出工程である場合に、
前記信頼性情報は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から計算される距離情報を含み、
該距離情報は、該差分ベクトルの各々の垂直二等分面と該推定された基準点の距離から算出される情報であり、
前記信頼性判定工程は前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から算

出される前記距離の最大値が所定値以下であるときに、該基準点を信頼度が高いと判定することを特徴とする請求項２７ないし４３のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項４５】
前記信頼性情報は、
所定の個数Ｍの前記の基準点のバラツキから算出される情報を含み、
前記バラツキが所定値以下であるときに、前記基準点を信頼度が高いと判定することを特徴とする請求項２７ないし４４のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項４６】
前記信頼性情報は、
前記基準点を推定するために用いたデータ群を構成するデータの各軸成分のバラツキから算出される情報を含み、
前記バラツキが所定値以下であるときに、前記基準点を信頼度が高いと判定することを特徴とする請求項２７ないし４５のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項４７】
前記信頼性情報は、
前記基準点を推定するために用いたデータ群の各データと該基準点までの距離を含み、
前記基準点を推定するために用いたデータ群の各データと該基準点までの距離が所定の範囲内であるときに、前記基準点を信頼度が高いと判定することを特徴とする請求項２７ないし４６のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項４８】
前記算出パラメータは、前記基準点のばらつきを算出するための基準点の個数Ｍを含むことを特徴とする請求項２７から４７のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項４９】
前記オフセットを推定するに用いられた前記オフセット推定パラメータの状態を外部に出力することを特徴とする請求項２７から４８のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項５０】
前記信頼性情報又は前記信頼度の少なくとも一方を出力することを特徴とする請求項２７から４９のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項５１】
前記ベクトル物理量検出工程は、前記物理量として磁気を検出する磁気センサであることを特徴とする請求項２７ないし５０のいずれかに記載の物理量計測方法。
【請求項５２】
前記ベクトル物理量検出工程は、前記物理量として加速度を検出する加速度センサであることを特徴とする請求項２７ないし５１のいずれかに記載の物理量計測方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、物理量計測装置および物理量計測方法に関する。より詳細には、ベクトル物理量を検出するセンサが取得したベクトル物理量データ群から、状況に応じて迅速に又は高精度に、ベクトル物理量データ群に含まれるオフセットを推定するための物理量計測装置、および、物理量計測方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
磁気センサを２方向または３方向に配置し、地磁気を測定して方位を計算する方位角計測装置（いわゆる電子コンパス）が知られている。近年、方位角計測装置の小型化が進み、携帯電話やＰＤＡ（Ｐｅｒｓｏｎａｌ　Ｄｉｇｉｔａｌ　Ａｓｓｉｓｔａｎｔ）を始めとする携帯機器に搭載される例がある。
【０００３】
このような方位角計測装置は、磁気センサの周辺にスピーカなどの着磁された部品が配置された場合、着磁された部品からもれる磁場も地磁気と同時に検出するため、測定信号

から地磁気以外に起因する信号成分を差し引いてから方位を求めないと、誤った方位が計算されてしまう。地磁気以外に起因する定常的な信号成分をオフセットと呼ぶ。

【０００４】

携帯機器に適した方位角計測装置のオフセットの推定方法は特許文献１や特許文献２などに開示されている。特許文献１や特許文献２に開示されている方法は、携帯機器が使用者の使用状況に応じて様々な姿勢を取る事を利用し、使用者に意識させること無く自動的に携帯機器に搭載された方位角計測装置のオフセットを推定する技術である。

【０００５】

図１７は、従来の方位角計測装置において、オフセットを推定する方法の概念を説明する図である。

【０００６】

地磁気の大きさが均一な環境で、使用者が方位角計測装置１を自由に動かしたとき、方位角計測装置１が取得する地磁気データは、データに含まれるオフセットを中心とする球面上に分布する。なお、方位角計測装置１の各測定軸の感度は同じであるとする。

【０００７】

本願では、上述の通りデータに含まれる被測定対象であるベクトル物理量（例えば地磁気）以外の成分をオフセットと呼ぶ。オフセットの推定にあたり、まず、地磁気データ群が分布する球面（地磁気を３軸の地磁気センサを用いて検出した場合）の中心が推定される。球面の中心を基準点と呼ぶ。次に推定された基準点の信頼性（システムが許容できる推定誤差で推定されているか）が調べられ、信頼性があると判断された基準点がシステムのオフセットとして採用される。信頼性の判定をしない場合には基準点はそのままシステムのオフセットとして採用される。

【０００８】

特許文献１によると、方位角計測装置１によって繰り返し取得された３軸測定データ群を（x_i，y_i，z_i）としたとき、評価式［数１］を最小にするように基準点（o_x，o_y，o_z）を推定するのが妥当であり、このとき基準点は［数２］で示される連立一次方程式の解によって求められるとしている。即ち、

【０００９】

【数１】

$$S=\sum_{i=1}^{N}\left\|(x_i-o_x)^2+(y_i-o_y)^2+(z_i-o_z)^2-r^2\right\|^2$$

【００１０】

【数２】

$$\begin{bmatrix}\sum_{i=1}^{N}x_i(x_i-\bar{x}) & \sum_{i=1}^{N}y_i(x_i-\bar{x}) & \sum_{i=1}^{N}z_i(x_i-\bar{x})\\ \sum_{i=1}^{N}y_i(x_i-\bar{x}) & \sum_{i=1}^{N}y_i(y_i-\bar{y}) & \sum_{i=1}^{N}z_i(y_i-\bar{y})\\ \sum_{i=1}^{N}z_i(x_i-\bar{x}) & \sum_{i=1}^{N}z_i(y_i-\bar{y}) & \sum_{i=1}^{N}z_i(z_i-\bar{z})\end{bmatrix}\begin{bmatrix}o_x\\ o_y\\ o_z\end{bmatrix}=\frac{1}{2}\begin{bmatrix}\sum_{i=1}^{N}\left(x_i^2+y_i^2+z_i^2\right)(x_i-\bar{x})\\ \sum_{i=1}^{N}\left(x_i^2+y_i^2+z_i^2\right)(y_i-\bar{y})\\ \sum_{i=1}^{N}\left(x_i^2+y_i^2+z_i^2\right)(z_i-\bar{z})\end{bmatrix}$$

【００１１】

ここで、

【００１２】

【数３】

$$\bar{x}=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}x_i,\quad \bar{y}=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}y_i,\quad \bar{z}=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}z_i$$

【００１３】

で、Ｎは取得した地磁気データ数である。

【００１４】
センサのオフセットを求める他の方法が特許文献８に開示されている。特許文献８によると、次期検出手段が検出した３点以上の磁気データのうち、任意の２点間を結ぶ直線に対する垂直二等分線と、前期任意の２点とは異なる他の２点間を結ぶ直線に対する垂直二等分線の交点をオフセットとしている。
【００１５】
また、複数の磁気データから任意の２点を多数抽出し、それぞれの２点間を結ぶ直線ごとに垂直二等分線を多数設定するとともに、前記多数の垂直二等分線が交差する複数の交の座標を平均化したものをオフセットとしている。
【００１６】
近年、携帯機器に組込み可能な軽量小型の３軸加速度センサとしてＭＥＭＳ（Ｍｉｃｒｏ Ｅｌｅｃｔｒｏ Ｍｅｃｈａｎｉｃａｌ Ｓｙｓｔｅｍｓ）技術を用いた半導体デバイスのピエゾ抵抗型３軸加速度センサが開発されている（例えば、特許文献７参照）。
加速度センサは、動的加速度と運動加速度を検知する。動きが伴う場合重力加速度とともに動的加速度を検知するが、静止状態では重力加速度のみを検知することができる。静止状態での加速度センサの３軸の加速度出力から、加速度センサの傾斜角を算出することができ、それをもとに加速度センサを搭載した携帯機器の姿勢角を求める応用がある。
加速度センサの傾斜角を求めるにおいて、加速度センサの各軸に印加される重力加速度の値を求める必要があり，従って加速度センサのオフセットを算出し，補正を行う必要がある．加速度センサのオフセットは、例えば，加速度センサの工場出荷検査、携帯機器の工場出荷検査、もしくは使用者によるオフセット推定の為の操作により求められる。
【００１７】
加速度センサのオフセットを、使用者に意識させること無く自動的に推定する手法が特許文献５や特許文献６に開示されている。いずれも［数２］を基礎とする技術であるが、加速度特有の性質を利用し、信頼度の高いオフセットを推定するための技術が開示されている。
【００１８】
３軸加速度センサが検出する重力加速度測定データは、図１７の方位角計測装置と同様に、加速度センサのオフセットを中心とする球面上に分布する。なお、加速度センサの各測定軸の感度は同じであるとする。
【００１９】
加速度センサは重力加速度と同時に運動加速度を検出するため、信頼度の高いオフセットを求めるためには重力加速度と運動加速度の分離が技術的なポイントとなる。
【００２０】
特許文献５は、時間的に連続する加速度測定データから携帯端末が静止したことを判定し、そのときの加速度測定データのみを用いオフセットを推定している。
【００２１】
特許文献６は、時間的に連続する加速度測定データのばらつきから加速度測定データに運動加速度が含まれる確率を見積もり、運動加速度を含んだ測定データからもオフセットを推定できるようにしている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【００２２】
【特許文献１】国際公開ＷＯ２００４／００３４７６号公報
【特許文献２】国際公開ＷＯ２００５／００３６８３号公報
【特許文献３】国際公開ＷＯ２００５／０６１９９０号公報
【特許文献４】特開２００５－１９５３７６号公報
【特許文献５】国際公開ＷＯ２００６／０１６６７１号公報
【特許文献６】国際公開ＷＯ２００７／０７７８５９号公報
【特許文献７】特公３９８５２１５号公報

【特許文献８】特開２００６－２２６８１０号公報
【発明の概要】
【００２３】
上述した［数２］は、地磁気の大きさが均一な空間で取得された地磁気データ群から、地磁気データ群に含まれるオフセットを推定する式である。
【００２４】
しかしながら、地磁気の大きさが均一な環境は少ない。
【００２５】
図１８は、市街地にて直線上を歩行しながら地磁気の大きさ、地磁気の伏角、及び歩行方位（地磁気方位）を計測した結果を示す図である。
【００２６】
図１８のデータを取得したときの歩行速度は概ね１ｍ／１秒程度であったので、横軸の単位はおおよそｍ（メートル）と考えて良い。場所により地磁気が変動していることがわかる。建造物に含まれる鉄などの磁性体によって地磁気の引込みが生じるため、一般的に地磁気は人工建造物の周囲では均一でない。
【００２７】
このため、方位角計測装置が取得した地磁気測定データを無作為に抽出し、［数２］を用いてオフセットを求めたとしても正確な値が得られるとは限らない。
【００２８】
特許文献８に開示されている垂直二等分線の交点からオフセットを求める手法を用いれば、少なくとも個々の垂直二等分線を設定する二つの磁気データが同じ地磁気の大きさの場所で取得されていれば、全ての磁気データが取得された場所の地磁気の大きさが同じでなくともセンサのオフセットを求めることができる。しかし、特許文献８に開示されている方法は、実際の歩行時に得られるようなノイズの混入した磁気データからオフセットを求めるには適さない（理由については後に詳述する）。
【００２９】
［数２］と組み合わせて、信頼度の高いオフセットを推定する技術が特許文献１、特許文献２、特許文献３などに開示されている。特許文献１は例えば、［数２］による推定に用いた測定データ群の各軸成分の最大値と最小値の差分を算出し、差分が所定値以上の場合、推定された基準点をオフセットとして採用するとしている。地磁気の大きさが様々な場所で取得されたデータ群でも、データ群が広い領域に分布していれば推定される基準点の精度は高まる。
【００３０】
また、定期的に推定される基準点群の各軸成分の最大値と最小値の差分（ばらつき）を算出し、差分が所定値以下の場合、推定された基準点をオフセットとして採用するとしている。推定される基準点のばらつきが小さい時は、推定に用いられた測定データ群が均一な地磁気環境で取得された可能性が高く推定された基準点の信頼性も高いと考えられる。
【００３１】
ばらつきは、データ分布を表現できる指標を用いればよく、例えば、磁気データ群の各軸成分の最大値と最小値の差、あるいは、各軸の測定値の標準偏差、等を用いることができる。
【００３２】
特許文献３では、推定に用いた測定データ群を平面に当てはめ、当てはめた平面と測定データ群の距離を算出し、距離の最大値が所定値以上の場合推定された基準点をオフセットとして採用するとしている。
【００３３】
特許文献２では、前記所定値を定期的に（例えばオフセットが所定の回数得られる度に）厳しく（より信頼性の高いオフセットが得られるような所定値に変更）する、または、特定の事象が発生した場合（例えば携帯端末にメモリカード等の磁性体部品が装着された）に緩める（より速くオフセットが得られるような所定値に変更）ことにより、携帯機器

の操作開始直後は信頼度が低くても速やかにオフセットを推定し、徐々にオフセットの信頼性を高めていく手法が開示されている。

【００３４】

図１９は、従来のオフセット推定手段３００の構成を示すブロック図である。

【００３５】

オフセット推定手段３００は、データ取得手段３０１によって取得されたデータを、データ選択部３０２によって必要に応じて選択格納し、基準点推定部３０４によってその格納されたデータ群から予め決められた評価式３０３に基づいてデータ取得手段３０１が出力するデータに含まれる基準点を推定し、信頼性判定部３０５によって推定された基準点の信頼性を調べ（特許文献１、特許文献２、特許文献３）、信頼性があると判定された基準点のみをオフセットとして出力する。推定された基準点の信頼性を調べるための判断基準（以下判定値）はオフセット推定パラメータ管理３０６が管理し、状況に応じて変更される。

【００３６】

判定値は、必ずしも一つの値を示すものではない。例えば、上述した［数２］から求められた基準点を基に、推定に用いた地磁気データ群が地磁気の大きさが均一な空間から取得されたデータ群であると仮定した場合の該地磁気の大きさ（ｒ）を［数４］で求めることができる。ｒは地磁気データが取得される地理上の場所によってある程度範囲を限定できる。例えば、日本では４５ｕＴ程度が典型的な値であるので、計算されたｒの値が例えば３０ｕＴ～６０ｕＴの範囲にある場合は基準点の信頼性は高いとし、範囲外であれば信頼無しとして基準点を破棄する。このように上限、下限をもって判定値と呼ぶ場合もある。

【００３７】

【数４】

$$r^2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left((x_i - o_x)^2 + (y_i - o_y)^2 + (z_i - o_z)^2\right)$$

【００３８】

判定値を状況に応じて変更する理由を、特許文献２に開示されている一つの例を用いて説明する。方位角計測装置に搭載された地磁気センサのオフセットを推定する際には、推定された基準点のばらつきを算出し、所定値（判定値）以下である場合のみ推定された基準点をオフセットとして採用しているが、この判定値を状況に応じて動的に変更を行うほうが好ましい。

【００３９】

均一な磁場環境で取得されたデータのみを用いて推定された基準点や、広い立体角上に分布するデータのみを用いて推定された基準点は一般に誤差が小さい（真のオフセットに近い基準点が求められる）。反対に磁場が均一でない場合や、取得されたデータの分布する立体角が小さい場合は推定された基準点の誤差が大きくなる傾向にあり、従って、連続して推定された基準点のばらつきは大きくなる。

【００４０】

このためばらつきの判定値を緩く設定すると、誤差の大きなオフセットが算出される恐れがある。しかし、オフセットは更新され易くなるので、方位角計測装置の着磁状態が変化しオフセットが大きく変化した場合でもすぐに修正されると言うメリットがある。反対に判定値が厳しいと、オフセットはあまり更新されなくなるが信頼性の高い（真のオフセットに近い）オフセットが求められる。

【００４１】

常に一つの判定値を用いて基準点の採用、破棄を決定すると、方位角計測装置に求められる応答速度や精度など複数の仕様を同時に満足することが困難である故、状況に応じて、つまり迅速にオフセットを推定することが重要なのか、推定にかかる時間より高精度のオフセットを推定することのほうが重要なのかに応じて、判定値の変更を動的に行うこと

が好ましい。

【００４２】

オフセット推定パラメータ管理部３０６は、測定パラメータ、算出パラメータ（それぞれ後述する）判定値（三つを一括してオフセット推定パラメータとする）を管理し、事象検出手段が検出する状況に応じてオフセット推定パラメータを変更する。

【００４３】

データ選択部３０２は、信頼性の高い基準点の推定に適したデータを選択し格納する。信頼性の高い基準点推定にはなるべく広い立体角に分布したデータが必要となる。このため、例えばデータ選択部は直近に選択したデータから所定値（最低データ距離）以上離れたデータが次に取得されるまでは、新たなデータを格納しない。

【００４４】

測定パラメータは、例えばデータ取得手段がデータを取得する周波数、データ選択部が格納する、従って基準点推定に用いられるデータの個数、上述の最低データ距離などがある。

【００４５】

算出パラメータは、上記の基準点のばらつきを計算するときに用いる基準点の個数などがある。

【００４６】

しかしながら、上述した従来の方法は、地磁気が均一であるという仮定のもとに導かれた式［数２］を前提としており、推定に用いたデータによって（地磁気の大きさが異なる環境で取得されたデータが混在する場合）は誤って精度の低い基準点を採用してしまう場合もある。誤って精度の低い基準点を採用しないように、所定値を厳しく設定しすぎると、オフセットを得るまでに非常に長い時間がかかってしまう。方位角計測装置を利用するシステムが要求する複数の仕様（必要なオフセットの平均精度、オフセットを得るまでの時間、等）を満たすオフセット推定パラメータを設定することは一般に非常に難しい。

【００４７】

重力加速度は、場所が変わってもほとんど変化しないため、運動加速度を含まない純粋な重力加速度データを得られた場合［数２］により、高精度のオフセットを求めることができる。

【００４８】

運動加速度を含まない測定データは特許文献５に開示されているように携帯機器の静止判定をして、静止時の測定データより得ることができる。例えば所定時間Ｔの間に取得された加速度測定データ群の各測定軸のばらつきが所定範囲ＴＨ以下である場合に携帯機器は静止していると判定することが出来る。Ｔを長くし、ＴＨを小さくすることによって測定データに運動加速度が含まれる確率は減少するが、代わりに静止データを得るまでに長い時間がかかるようになる（従って、オフセットを求めるまでに長い時間がかかるようになる）。オフセットが推定されるまでの時間を速めるためにＴやＴＨを緩めに設定した場合、得られる静止データは運動加速度を含んでいる場合もあり、そのようなデータから推定されるオフセットの信頼性は一般に低い。

【００４９】

携帯端末の使用者が端末を動かしていなくとも、誤った重力加速度データが取得されることがある。例えば、エレベータは概ね０．１Ｇ（　１ｍ／ｓ^2）の定加速度で加減速する。また、技術の進歩により昇降中の振動もなくなってきている。このため、エレベータ内で静止した加速度センサは１．１Ｇ、または０．９Ｇ程度の定加速度を受ける場合があり、かつ上述の静止判定基準を満たすことが多い。

【００５０】

携帯端末を誤って落とした場合、携帯端末にかかる加速度は（携帯端末の回転運動の度合いによるが）概ね０Ｇとなる。自由落下中は、上述の静止判定基準を満たすことが多い。

【００５１】

上述したように，従来においては、特許文献５、特許文献６に開示されているような技術で、使用者環境において加速度センサのオフセットを求める方法が使用されていたが，これらの方法は何れも重力加速度のみで基準点が推定されたのか否かについては判定できなかったために、オフセットの信頼度を正しく推定できない場合もあった。

【００５２】

そこで、本発明の目的は、測定対象であるベクトル物理量の大きさが均一な空間で取得された測定データ群でなくとも、状況に応じて迅速にまたは高精度に信頼性の高いオフセットを推定することが可能な物理量計測装置、および、物理量計測方法を提供することにある。

【００５３】

また、本発明の他の目的は、推定されるオフセットの信頼性を一段と向上させることが可能な物理量計測装置、および、物理量計測方法を提供することにある。

【００５４】

本発明は、物理量を計測する物理量計測装置であって、複数の成分からなるベクトル物理量を検出するベクトル物理量検出手段と、前記検出されたベクトル物理量をベクトル物理量データとして繰り返し取得することにより、ベクトル物理量データ群を取得するデータ取得手段と、前記取得したベクトル物理量データ群から差分ベクトル群を算出し、該算出された差分ベクトル群を用いた所定の評価式に基づいて、前記取得したベクトル物理量データ群に含まれるオフセットを統計的手法により推定するオフセット推定手段とを具え、前記オフセット推定手段は、前記取得したベクトル物理量データ群の各成分の差によって前記差分ベクトル群を算出する差分ベクトル算出部と、所定の測定パラメータに基づいて、前記差分ベクトル群を選択して格納するデータ選択部と、前記選択された差分ベクトル群を用いた前記評価式に基づいて、前記取得したベクトル物理量データ群の各成分を座標値とする座標系上に基準点の座標を統計的手法により推定する基準点推定部と、前記ベクトル物理量データ群と、前記差分ベクトル群と、推定された複数の前記基準点とのうち少なくとも一つに基づき、前記基準点の信頼性情報を算出するための算出パラメータに従って、前記基準点の信頼性情報を算出し、該信頼性情報を判定閾値と比較することによって前記基準点の信頼度を判定し、信頼度が高いと判定された基準点を前記データ取得手段の取得したベクトル物理量データに含まれるオフセットとして出力する信頼性判定部とを含むことを特徴とする。

【００５５】

前記オフセット推定手段は、前記判定閾値、前記測定パラメータ、前記算出パラメータをオフセット推定パラメータとして管理するオフセット推定パラメータ管理部を含み、前記オフセット推定パラメータ管理部は前記信頼性判定部によって算出された前記信頼性情報、及び信頼度が高いと判定された回数、及び同一の前記オフセット推定パラメータが使用されている時間の少なくとも一つに基づいて前記オフセット推定パラメータを変化させてもよい。

【００５６】

物理量計測装置の内外の環境の変化、もしくは操作者の操作を検出する事象検出手段をさらに具え、その事象が発生した場合には、前記オフセット推定パラメータを変化させてもよい。

【００５７】

前記環境の変化は、温度変化でもよい。

【００５８】

前記データ取得手段によって取得されたデータが所定の範囲を超えた場合に前記環境が変化したとして前記オフセット推定パラメータを変化させてもよい。

【００５９】

前記評価式は、前記差分ベクトルと、該差分ベクトルの中点と前記基準点を結ぶベクトルの内積の絶対値のＮ乗を用いて定めてもよい。

【００６０】

前記Ｎは２でもよい。

【００６１】

前記測定パラメータは、前記ベクトル物理量検出手段が前記物理量を検出する時間間隔、ないし前記データ取得手段が前記ベクトル物理量を取得する時間間隔測を含んでもよい。

【００６２】

前記測定パラメータは、データの変化量を含み、前記変化量は、前記データ取得手段が取得したベクトル物理量データと、前記データ選択部が選択したデータとの差分であり、前記データ選択部は、前記変化量が予め定められた値以上であるデータを選択してもよい。

【００６３】

前記測定パラメータは、前記オフセット推定手段が基準点を推定するためのベクトル物理量データの個数を含んでもよい。

【００６４】

前記測定パラメータは、前記差分ベクトルを構成する２つのベクトル物理量データが取得された時間差を含み、前記データ選択部は、前記時間差が所定値以下である差分ベクトルのみを選択してもよい。

【００６５】

前記測定パラメータは、差分ベクトルの大きさを含み、前記データ選択部は、該差分ベクトルの大きさが所定値以上となる差分ベクトルのみを選択してもよい。

【００６６】

前記測定パラメータは、二つの差分ベクトルの成す角を含み、前記データ選択部は、新たに計算された差分ベクトルと、既に選択された差分ベクトルの成す角が所定値以上となる差分ベクトルのみを選択してもよい。

【００６７】

前記信頼性情報は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から算出される角度情報を含み、該角度情報は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群の各差分ベクトルと、該差分ベクトルの中点と該推定された基準点を結ぶベクトル、との成す角から算出される情報であり、前記信頼性判定部は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群の全ての差分ベクトルの前記成す角が所定の範囲内にあるときに、該基準点を信頼度が高いと判定してもよい。

【００６８】

前記信頼性情報は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から計算される距離情報を含み、該距離情報は、該推定された基準点から前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群の各々に下ろした垂線の足と、該差分ベクトルの中点との距離から算出される情報であり、前記信頼性判定部は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から算出される前記距離の最大値が所定値以下であるときに、該基準点を信頼度が高いと判定してもよい。

【００６９】

前記ベクトル物理量検出手段が、２成分のベクトル物理量検出手段である場合に、前記信頼性情報は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から計算される距離情報を含み、該距離情報は、該差分ベクトルの各々の垂直二等分線と該推定された基準点の距離から算出される情報であり、前記信頼性判定部は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から算出される前記距離の最大値が所定値以下であるときに、該基準点を信頼度が高い判定してもよい。

【００７０】

前記ベクトル物理量検出手段が、３成分のベクトル物理量検出手段である場合に、前記信頼性情報は、前記基準点の座標を推定するために用いた差分ベクトル群から計算される距離情報を含み、該距離情報は、該差分ベクトルの各々の垂直二等分面と該推定された基準点の距離から算出される情報であり、前記信頼性判定部は、前記基準点の座標を推定す

るために用いた差分ベクトル群から算出される前記距離の最大値が所定値以下であるときに、該基準点を信頼度が高いと判定してもよい。

【００７１】

前記信頼性情報は、所定の個数Ｍの前記の基準点のバラツキから算出される情報を含み、前記バラツキが所定値以下であるときに、前記基準点を信頼度が高いと判定してもよい。

【００７２】

前記信頼性情報は、前記基準点を推定するために用いたデータ群を構成するデータの各軸成分のバラツキから算出される情報を含み、前記バラツキが所定値以下であるときに、前記基準点を信頼度が高いと判定してもよい。

【００７３】

前記信頼性情報は、前記基準点を推定するために用いたデータ群の各データと該基準点までの距離を含み、前記基準点を推定するために用いたデータ群の各データと該基準点までの距離が所定の範囲内であるときに、前記基準点を信頼度が高いと判定してもよい。

【００７４】

前記信頼性情報は、前記準点を推定するために用いたデータ群の各データとの距離の和が最小になるように物理量データの各成分を座標成分とする座標軸上に平面を定め、該データ群の各データと該平面との距離により算出される情報を含み、前記基準点を推定するために用いたデータ群から算出される前記平面との距離の最大値が所定値以上であるときに、前記基準点を信頼度が高いと判定してもよい。

【００７５】

前記信頼性情報は、前記基準点を推定するために用いたデータ群のうち一番最初に取得されたデータの取得されたときの時間と、一番最後に取得されたデータの取得された時の時間差によって算出される情報を含み、前記時間差が所定値以下であるときに、前記基準点を信頼度が高いと判定してもよい。

【００７６】

前記算出パラメータは、前記基準点のばらつきを算出するための基準点の個数Ｍを含んでもよい。

【００７７】

前記オフセットを推定する際に用いられた前記オフセット推定パラメータの状態を外部に出力してもよい。

【００７８】

前記信頼性情報を出力してもよい。また、前記信頼度を出力しても良い。さらに、前記信頼性情報と前記信頼度の両方を出力してもよい。

【００７９】

前記ベクトル物理量検出手段は、前記物理量として磁気を検出する磁気センサでもよい。

【００８０】

前記ベクトル物理量検出手段は、前記物理量として加速度を検出する加速度センサでもよい。

【００８１】

本発明は、物理量を計測する物理量計測方法であって、複数の成分からなるベクトル物理量を検出するベクトル物理量検出工程と、前記検出されたベクトル物理量をベクトル物理量データとして繰り返し取得することにより、ベクトル物理量データ群を取得するデータ取得工程と、前記取得したベクトル物理量データ群から差分ベクトル群を算出し、該算出された差分ベクトル群を用いた所定の評価式に基づいて、前記取得したベクトル物理量データ群に含まれるオフセットを統計的手法により推定するオフセット推定工程とを具え、前記オフセット推定工程は、前記取得したベクトル物理量データ群の各成分の差によって前記差分ベクトル群を算出する差分ベクトル算出工程と、所定の測定パラメータに基づいて、前記差分ベクトル群を選択して格納するデータ選択工程と、前記選択された差分ベ

クトル群を用いた前記評価式に基づいて、前記取得したベクトル物理量データ群の各成分を座標値とする座標系上に基準点の座標を統計的手法により推定する基準点推定工程と、前記ベクトル物理量データ群と、前記差分ベクトル群と、推定された複数の前記基準点とのうち少なくとも一つに基づき、前記基準点の信頼性情報を算出するための算出パラメータに従って、前記基準点の信頼性情報を算出し、該信頼性情報を判定閾値と比較することによって前記基準点の信頼性の有無を判定し、信頼性有りと判定された基準点を前記データ取得手段の取得したベクトル物理量データに含まれるオフセットとして出力する信頼性判定工程とを含むことを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【００８２】

【図１】図１は、本発明の第１の実施の形態である、物理量計測システムの全体的な概略構成を示すブロック図である。

【図２】図２は、オフセット推定手段の構成例を示すブロック図である。

【図３】図３は、物理量計測装置における物理量計測の概要を示すフローチャートである。

【図４】図４は、物理量計測装置における事象検出の概要を示すフローチャートである。

【図５】図５は、使用するオフセット推定パラメータのテーブルを示す説明図である。

【図６】図６は、地磁気サイズが均一でない環境で取得されたデータ群からオフセットを推定する方法の概念を説明する図である。

【図７Ａ】図７Ａは、基準点の推定に利用する差分ベクトルと、測定データに混入するノイズと、オフセットの関係を説明する図であって、差分ベクトルの大きさが大きい場合の例である。

【図７Ｂ】図７Ｂは、基準点の推定に利用する差分ベクトルと、測定データに混入するノイズと、オフセットの関係を説明する図であって、差分ベクトルの大きさが小さい場合の例である。

【図８Ａ】図８Ａは、基準点の推定に利用する差分ベクトルと、差分ベクトルを構成する測定データの取得時間差と、オフセットとの関係を説明する図であって、時間差が小さい場合の例である。

【図８Ｂ】図８Ｂは、基準点の推定に利用する差分ベクトルと、差分ベクトルを構成する測定データの取得時間差と、オフセットとの関係を説明する図であって、時間差が大きい場合の例である。

【図９Ａ】図９Ａは、測定データにノイズが混入した場合に、基準点の推定に利用する差分ベクトルと、差分ベクトル間の成す角と、オフセットとの関係を説明する図であって、差分ベクトル間の成す角が小さい場合の例である。

【図９Ｂ】図９Ｂは、測定データにノイズが混入した場合に、基準点の推定に利用する差分ベクトルと、差分ベクトル間の成す角と、オフセットとの関係を説明する図であって、差分ベクトル間の成す角が大きい場合の例である。

【図１０Ａ】図１０Ａは、真のオフセットと、推定された基準点と、推定された基準点から推定に用いた差分ベクトルの中点に引いたベクトルの関係を説明する図であって、ノイズが混入していない測定データから構成された差分ベクトルで基準点の推定が行われた場合の例である。

【図１０Ｂ】図１０Ｂは、真のオフセットと、推定された基準点と、推定された基準点から推定に用いた差分ベクトルの中点に引いたベクトルの関係を説明する図であって、ノイズが混入した測定データから構成された差分ベクトルで基準点の推定が行われた場合の例である。

【図１１】図１１は、真のオフセットと、推定された基準点と、推定に用いられた差分ベクトルの関係を説明する図である。

【図１２】図１２は、本発明に係る［数８］の手法、および、文献８に開示される手法でオフセットを推定する場合の概念を説明する図である。

【図１３】図１３は、［数８］で推定されるオフセットの推定ばらつきを説明するための

図である。
【図１４】図１４は、文献８に開示される手法で推定されるオフセットの推定ばらつきを説明するための図である。
【図１５】図１５は、本発明の第２の実施の形態である、物理量計測装置におけるデータ選択部と差分ベクトル算出部の他の構成例を説明する図である。
【図１６】図１６は、本発明の第２の実施の形態である、物理量計測装置におけるデータ選択部と差分ベクトル算出部の他の構成例を説明する図である。
【図１７】図１７は、従来の方位角計測装置において、オフセットを推定する方法の概念を説明する図である。
【図１８】図１８は、市街地にて直線上を歩行しながら地磁気の大きさ、地磁気の伏角、及び歩行方位（地磁気方位）を計測した結果を示す図である。
【図１９】図１９は、従来のオフセット推定手段の構成を示すブロック図である。
【発明を実施するための形態】
【００８３】
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。
【００８４】
［第１の例］
本発明の第１の実施の形態を、図１～図１４に基づいて説明する。
【００８５】
＜構成＞
図１は、物理量計測システム１００の全体的な概略構成を示す。
【００８６】
物理量計測システム１００は、物理量計測装置１０と、演算部２００とからなる。
【００８７】
物理量計測装置１０は、ベクトル物理量検出手段２０と、データ取得手段３０と、オフセット推定手段４０と、事象検出手段６００とからなる。
【００８８】
ベクトル物理量検出手段２０は、複数の成分からなるベクトル物理量を検出する。
【００８９】
データ取得手段３０は、検出されたベクトル物理量をベクトル物理量データとして繰り返し取得することにより、ベクトル物理量データ群を取得する。
【００９０】
オフセット推定手段４０は、取得したベクトル物理量データ群から差分ベクトル群を算出し、該算出された差分ベクトル群を用いた所定の評価式に基づいてベクトル物理量データ群に含まれる基準点を推定し、該推定された基準点の信頼度を判定し、信頼度が高いと判定された基準点をオフセットとして出力する。
【００９１】
事象検出手段６００は、様々な物理量計測装置内外の状況の変化を検出し、物理量計測装置１０は該状況の変化を受けて挙動を変化させる（オフセット推定パラメータを変化させる）。
【００９２】
また、演算部２００は、物理量計測装置１０により取得されたベクトル物理量データ群と、推定されたオフセットとから、システムに必要な情報を算出する。
【００９３】
図２は、オフセット推定手段４０の構成例を示す。
【００９４】
オフセット推定手段４０は、差分ベクトル算出部４１と、データ選択部４２と、基準点推定部４４と、信頼性判定部４５と、オフセット推定パラメータ管理部４６とからなる。
【００９５】
差分ベクトル算出部４１は、取得したベクトル物理量データ群の各成分の差によって差

分ベクトル群（Ｖ１）を算出する。

【００９６】

データ選択部４２は、差分ベクトル、及び該差分ベクトルを構成するデータが基準点推定に適したデータか否か判定し、適していると判定された差分ベクトル、ないし該差分ベクトルを構成するデータを格納する。

【００９７】

基準点推定部４４は、算出された差分ベクトル群（Ｖ１）を用いた評価式４３に基づいて、取得したベクトル物理量データ群の各成分を座標値とする所定の座標系上に定められた基準点の座標を統計的手法によって推定する。

【００９８】

信頼性判定部４５は基準点推定部４４で推定された基準点の信頼度を判定し、信頼度が高いと判定された基準点をオフセットとして出力する。基準点の信頼度を判定する方法は様々な物が考えられるが、後述する算出パラメータに従って、基準点の信頼性情報を算出し、その信頼性情報を判定値と比較することで信頼度の指標とする方法がある。判定値は一つでも良いし、複数の判定値をもとに信頼度を複数に区分することもある。この場合、最も信頼度が高い区分と判定された場合にのみオフセットを出力することも可だが，必ずしもそうではなく、例えば信頼度を、優・良・可・不可の４区分で判定する場合に、良もしくは可の場合であってもオフセットを出力することが使用者の利便性上好ましい場合もある．

【００９９】

オフセット推定パラメータ管理部４６は、オフセット推定に関する各種パラメータを管理する。オフセット推定パラメータ管理部４６は、オフセット推定手段の状態、事象検出手段６００の検出した事象の変化に基づいてオフセット推定に関する各種パラメータを変更することを通して、状況に合わせて最適なオフセットが推定されるようにオフセット推定手段４０全体の挙動を管理する。オフセット推定パラメータは図５で示されるように、測定パラメータ、判定値、算出パラメータをレベルごとにテーブルで用意し、オフセット推定パラメータ管理部４６は状況に合わせて複数のレベルの中から一つのレベルを選択し、物理量計測装置の挙動を該選択したレベルで示されるオフセット推定パラメータで管理してもよい。あるいは、オフセット推定パラメータ管理部４６は状況に合わせてオフセット推定パラメータの各種項目を連続的に変化させてもよい。

【０１００】

事象検出手段３０７は特に図示してないが、オフセットの信頼度に影響を与える可能性がある各種事象を検出するものであり、例えば，物理量計測装置内部１０の状態、あるいは物理量計測装置１０で検出、取得されたデータに基づきオフセットの信頼度に影響を与える可能性がある各種事象を検出したり、物理量計測装置１０の外部に設けられたセンサが検出した値や、物理量計測装置１０が搭載されたシステムの操作者による操作など、物理量計測装置のオフセットの信頼度に影響を与える可能性がある事象を検出するものである。検出する事象や、その検出方法は上記例に限ったものではないことは言うまでもない。

【０１０１】

オフセット推定パラメータ管理部は、現在使用しているオフセット推定パラメータの管理状態を出力出来るようにしてもよい。信頼性判定部は、信頼性情報や信頼度を出力できるようにしてもよい。また、信頼性判定部は、信頼性情報と信頼度の両方を出力できるようにしてもよい。

【０１０２】

以下、各部の具体的な構成例について説明する。

【０１０３】

ベクトル物理量検出手段２０は、２成分又は３成分の物理量を検出し、検出した物理量に対応する信号を出力する。対象となる物理量として、例えば、地磁気、加速度などがある。

【０１０４】
ベクトル物理量検出手段２０の構成としては、例えば、磁気を検出し、その検出した磁気に比例する電圧を出力する磁気センサや、加速度を検出し、その検出した加速度に比例する電圧を出力する加速度センサなどを用いることができる。
【０１０５】
データ取得手段３０は、ベクトル物理量検出手段２０が出力した信号を後段（オフセット推定手段４０以後）の各ブロックが処理しやすい形式に変換して取得する。
【０１０６】
また、データ取得手段３０は、例えば、物理量検出手段が出力した信号を増幅し、増幅された信号をＡ／Ｄ変換し、変換されたデジタルデータを出力する。増幅と同時にノイズ除去のためにフィルター処理が施される場合もある。
【０１０７】
通常、磁気センサ、加速度センサなどに代表されるセンサは、非常に小さな信号を出力するため、増幅し、フィルター処理を施しＳ／Ｎを向上させた後、コンピュータ等で処理しやすいデジタルデータに変換され出力される。Ａ／Ｄ変換をせずにアナログ信号のまま後段の処理を行ってもよい。フィルター処理はＡ／Ｄ変換後のデジタルデータに行ってもよい。高域のノイズを除去するデジタルフィルタとして例えば平均化処理などが挙げられる。
【０１０８】
＜動作＞
以下、本システムの動作について説明する。
【０１０９】
（物理量計測の概要）
図３は、物理量計測装置１０における物理量計測の概要を示すフローチャートである。
【０１１０】
ステップＳ１では、複数の成分からなるベクトル物理量を検出する。
【０１１１】
ステップＳ２では、検出したベクトル物理量を後段（オフセット推定手段４０以後）の各ブロックが処理しやすい形式に変換して取得する。
【０１１２】
ステップＳ３では、取得したベクトル物理量データ群の各成分の差をとり、差分ベクトル群を算出する。
【０１１３】
ステップＳ４では、差分ベクトル群を用いた評価式に基づいて、取得したベクトル物理量データ群の各成分を座標値とする所定の座標系上に定められた基準点の座標を統計的手法によって推定する。これにより、その推定された基準点の座標をオフセットとして出力する。
【０１１４】
（オフセット推定パラメータの管理の概要）
図４は、物理量計測装置１０におけるオフセット推定パラメータの管理の概要を示すフローチャートである。
【０１１５】
ステップＳ３０で、物理量計測装置内部１０の状態の変化、測定環境の変化を検出した場合、ステップＳ３１でオフセット推定パラメータを物理量計測装置内部１０の状態、測定環境に合わせて変更する。
【０１１６】
以下、物理量計測について具体例を挙げて説明する。
【０１１７】
（基準点の推定）
図２のオフセット推定手段４０において、データ取得手段３０によって取得された２つ

の測定データ、または測定データ群から計算される２つのデータから、差分ベクトルを計算する。そして、必要に応じて、差分ベクトル及び該差分ベクトルを構成しているデータを格納する。その格納された差分ベクトル群及び該差分ベクトルを構成しているデータ群から予め決められた評価式に基づいてデータ取得手段が出力するデータに含まれる基準点を推定して、オフセットとして出力する。

【０１１８】

後述するように、評価式に差分ベクトルを用いることにより、ベクトル物理量の大きさが均一でない環境で取得されたデータ群からもオフセットの推定が可能となる。

【０１１９】

差分ベクトルを構成する２つのデータは、データ取得手段が取得したデータでもよいし、ノイズの影響を低減するために、測定データ群に何らかの計算処理（例えば、平均）を施して得られる値を用いてもよい。

【０１２０】

（演算処理）

図１に示す物理量計測システム１００は、演算部２００において、通常、物理量計測装置１０のデータ取得手段３０が取得した測定データ、及びオフセット推定手段４０が推定したオフセットを受けて、システムに必要な情報を計算する。

【０１２１】

例えば、物理量検出手段が３軸磁気センサであり、地磁気を検出して方位角を算出することが目的の方位角計測装置の場合、推定されたオフセット、及び取得された測定データから、まず地磁気の値を算出し、更に方位角を算出する。

【０１２２】

具体的には、推定されたオフセットを（o_x，o_y，o_z）、本発明に係る物理量計測システム１００を備えた携帯機器が、水平の（磁気センサｘ測定軸、ｙ測定軸が水平面上にある）ときの磁気測定データをｍ＝（x_i，y_i，z_i）とすると、ｘ測定軸の磁北に対する方位は次式で計算される。

【０１２３】

【数５】

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{-m_y - o_y}{m_x - o_x}\right)$$

【０１２４】

例えば、ベクトル物理量検出手段２０が３軸加速度センサであり、携帯機器の水平面に対する傾きを算出することが目的の傾斜角計測装置の場合、推定されたオフセット、及び取得されたデータからまず重力加速度の値が計算され、更に携帯機器の傾斜角が算出される。

【０１２５】

具体的には、推定されたオフセットを（o_x，o_y，o_z）、重力加速度測定データをｇ＝（x_i，y_i，z_i）とすると、水平面に対するｘ測定軸の成す角Φ、ｙ測定軸の成す角ηは次式で計算される。

【０１２６】

【数６】

$$\varphi = \tan^{-1}\frac{g_x - o_x}{g_z - o_z}$$

$$\eta = \tan^{-1}\frac{g_y - o_y}{g_z - o_z}$$

【０１２７】

（基準点の推定方法）

前述したように地磁気の大きさが変わらない環境で、３軸の磁気センサを用いて地磁気データを取得した場合、地磁気の測定データは球面上に分布する。２軸の磁気センサを水

平面上で動かした場合、地磁気データはオフセットを中心とした円（所謂方位円）上に分布する。以下では、簡単化のため２次元の場合を主として説明するが、３次元の場合も同様に理論を展開できる。

【０１２８】

図６は、地磁気サイズが均一でない環境で取得されたデータ群からオフセットを推定する方法を説明する図である。

【０１２９】

例えば、自動車のダッシュボードの上に水平に固定した２軸の磁気センサが検出する磁気の時間変化を表す。一般に自動車は、さまざまな磁場環境の中を高速で通過する。例えば、橋は鉄構造物であることが多く地磁気が引き込まれ大きさ、方向とも変化する。道路にも鉄構造物が埋められている場合もある。また、都市の道路の場合道路周辺のビルなどの影響も受ける。このため、自動車内に設置された磁気センサが検出する地磁気測定値は一つの円上に分布せず、同心円状の複数の円上に分布する。前述したように［数２］は、地磁気の大きさが均一な空間で取得された地磁気データ群から、地磁気データ群に含まれるオフセットを推定する式であり、従って、［数２］（［数２］を２成分の場合に補正した式）を用いて求められるオフセットの精度は一般に悪い。

【０１３０】

図６では、本発明の概念を説明するために、地磁気の大きさの異なる３つの領域を通過した場合に取得される磁気データを表した図である。

【０１３１】

地磁気の大きさが同じ領域で取得された２つの地磁気データを結ぶベクトル（差分ベクトル）と、オフセットと該差分ベクトルの中点を結ぶベクトルは直交する。すなわち、２つの地磁気データを結ぶ差分ベクトルと、オフセットと該差分ベクトルの中点を結ぶベクトルとの内積は概略０になるはずである。

【０１３２】

言い換えれば、地磁気センサによって繰り返し取得された２軸測定データ群をm_i＝（x_i，y_i）、地磁気センサの測定データに含まれるオフセットをo＝（o_x，o_y）とする。一つの方位円上にある任意の二つの地磁気データmm，　mnで構成される差分ベクトルと、地磁気センサのオフセットと該差分ベクトルの中点を結ぶベクトルの内積は０である。

【０１３３】

簡単には地磁気の大きさが同じ領域で取得された２つの地磁気データの組が二組あれば（一つの組と他方の組のデータが取得された際の地磁気の大きさは異なっていてもよい）、２組の地磁気データから２つの差分ベクトルを算出し、オフセット点と差分ベクトルの中点を結ぶベクトルと差分ベクトルとの内積の和が０に最も近くなるような点をオフセットを推定することが出来る。実際の地磁気測定データにはノイズが含まれていることが多く、また地磁気の大きさが同じ領域で必ずしも２つの地磁気データを取得できるとは限らないため、複数のペアデータから統計的にオフセットを求めることが望ましい。

【０１３４】

一方、差分ベクトルの大きさ、オフセット点から差分ベクトルの中点に向かうベクトルの大きさの少なくとも一方を積極的に利用する考え方も、また有用である。後述するように差分ベクトルの大きさが大きいほど、ノイズによるオフセット推定誤差が小さくなる。従って、オフセット推定は、大きな差分ベクトルの寄与度は大きくなるべきであり、小さな差分ベクトルの寄与度は小さくなるべきである。該差分ベクトルの中点とオフセットを結ぶベクトルの内積は、二つのベクトルの角度とともに二つのベクトルの大きさにも影響する。つまり、差分ベクトルが大きい時はノイズの影響が小さくなるので、この差分ベクトルのオフセット推定に対する寄与度は大きくなり、差分ベクトルが小さいとき、寄与度は小さくなる。

【０１３５】

また、差分ベクトルの大きさを、オフセットから差分ベクトルの中点を結ぶベクトルの

大きさで規格化することもよい。この場合は、地磁気サイズによらず差分ベクトルの大きさを方位円上の移動角（立体角）として評価できる。

【０１３６】

地磁気の大きさは場所が少しでも変わると変動することが多く、厳密に同じ方位円上の測定データを２つ取得することは難しいが、場所が近い（即ち、時間的に近い）ところで取得された２つのデータは、ほぼ同じ大きさの方位円上にあると考えても差しつかえない。方位円の大きさが時間とともに変動しても、同じ（程度の）大きさの方位円上にある測定データの組を取得できれば、各々の測定データの組から作られる内積は全て０に近い値である。全ての測定データの組から作られる内積の絶対値の２乗は下式のようになる。

【０１３７】

【数７】

$$S=\sum_i\left\|\left(m_{2i+1}-m_{2i}\right)\cdot\left(\frac{m_{2i}+m_{2i+1}}{2}-o\right)\right\|^2$$

【０１３８】

理想的には、Ｓの値は０となるが、実際の測定値にはノイズが含まれていたり、厳密に同じ方位円上にはない測定データの組であったりするため、０に近い値となる。［数７］を最小値にするようなｏを求めるのが推定方法として妥当である。［数７］を最小にする方法として、Ｎｅｗｔｏｎ－Ｒａｐｈｓｏｎ法などの反復法により、漸近的にｏを求めていく方法もあるが、以下の連立方程式を解くことによって解析的に求めることもできる。

【０１３９】

【数８】

$$\begin{bmatrix}\sum_i\left(x_{2i+1}-x_{2i}\right)^2 & \sum_i\left(x_{2i+1}-x_{2i}\right)\left(y_{2i+1}-y_{2i}\right)\\ \sum_i\left(x_{2i+1}-x_{2i}\right)\left(y_{2i+1}-y_{2i}\right) & \sum_i\left(y_{2i+1}-y_{2i}\right)^2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}o_x\\ o_y\end{bmatrix}$$

$$=\frac{1}{2}\begin{bmatrix}\sum_i\left(x_{2i+1}^2-x_{2i}^2+y_{2i+1}^2-y_{2i}^2\right)\left(x_{2i+1}-x_{2i}\right)\\ \sum_i\left(x_{2i+1}^2-x_{2i}^2+y_{2i+1}^2-y_{2i}^2\right)\left(y_{2i+1}-y_{2i}\right)\end{bmatrix}$$

【０１４０】

内積を利用する上で、差分ベクトルの大きさや、オフセットから差分ベクトルまでのベクトルの大きさを規格化し、おのおのを単位ベクトルとしてもよい。すなわち、差分ベクトルの中点から、差分ベクトルと同方向に向かう単位ベクトル（規格化差分ベクトル）と、オフセット点から差分ベクトルの中点に向かう単位ベクトルの内積を演算し、複数の地磁気データペアから演算される複数の規格化差分ベクトルから統計的にオフセットを求めることが可能である。

【０１４１】

一方、類似であるが、異なる考え方の例として、差分ベクトルの垂直二等分線を利用することも考えられる。一つの方位円上の二点から構成される差分ベクトルの垂直二等分線が方位円の中心を通ることから、［数９］、または［数１０］の評価式を定義し、これらの評価式が最小値をとるようにｏを定めればよい。

【０１４２】

【数９】

$$S=\sum_i\left\|m_{2i}+\left(\left(o-m_{2i}\right)\cdot\frac{\left(m_{2i+1}-m_{2i}\right)}{\left\|m_{2i+1}-m_{2i}\right\|}\right)\frac{\left(m_{2i+1}-m_{2i}\right)}{\left\|m_{2i+1}-m_{2i}\right\|}-\frac{m_{2i}+m_{2i+1}}{2}\right\|^2$$

【０１４３】

【数１０】

$$\sum_i \left| \frac{(m_{2i+1}-m_{2i})\cdot\left(o-\frac{m_{2i}+m_{2i+1}}{2}\right)}{\|m_{2i+1}-m_{2i}\|} \right|^2$$

【０１４４】

［数９］は、２つの測定データから構成される差分ベクトルの中点と、基準点から差分ベクトルに引いた垂線の足となる点との距離の２乗を各差分ベクトルごとに計算し、各差分ベクトルごとに計算された値の和となっている。

【０１４５】

［数１０］は、２つの測定データから構成される差分ベクトルの垂直二等分線と、基準点との距離の２乗を各差分ベクトルごとに計算し、各差分ベクトルごとに計算された値の和となっている。（３成分の物理量検出装置の場合は、“２つの測定データから構成される差分ベクトルの垂直二等分面と、基準点との距離の２乗を各差分ベクトルごとに計算し、各差分ベクトルごとに計算された値の和となっている”となる。［数１０］は、ベクトル記述であるため、２成分でも３成分でも同じである）。

【０１４６】

［数９］と［数１０］は、導出の思考過程が異なるだけで、同じ式である。

【０１４７】

［数９］と［数１０］を最小にする方法として、Ｎｅｗｔｏｎ－Ｒａｐｈｓｏｎ法などの反復法により、漸近的にｏを求めていく方法がある。

【０１４８】

［数７］、［数９］、［数１０］は、絶対値の２乗の和の形をしているが、一般的には絶対値のＮ乗の和としてよい。例えば、［数７］の評価式の変わりに次式を用いてもよい。

【０１４９】

【数１１】

$$S=\sum_i \left\| (m_{2i+1}-m_{2i})\cdot\left(\frac{m_{2i}+m_{2i+1}}{2}-o\right) \right\|^N$$

【０１５０】

Ｎが大きくなると一般的には計算量が増え、また、計算過程で扱わなければならなくなる値の範囲が大きくなるため、数値を表現するビット数に制約があるシステムには向かない。

【０１５１】

２つの差分ベクトルの垂直二等分線（物理量検出手段が２成分の物理量を検出する場合。３成分の場合、３つの差分ベクトルの垂直二等分平面となる）は、基準点を通る。よって、２つの差分ベクトルの組を何組か作り、各組ごとに垂直二等分線の交点Ｃを計算し、各組ごとに計算された交点と基準点との距離の和のＮ乗を評価式に定めてもよい（［数１２］）。

【０１５２】

【数１２】

$$S=\sum_i \|C-o\|^N,$$

$$C=\begin{bmatrix} (m_{2i+1}-m_{2i})^T \\ (m_{2j+1}-m_{2j})^T \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \left(\frac{m_{2i}+m_{2i+1}}{2}\right)\cdot(m_{2i+1}-m_{2i}) \\ \left(\frac{m_{2j}+m_{2j+1}}{2}\right)\cdot(m_{2j+1}-m_{2j}) \end{bmatrix}$$

【０１５３】

ただし、ベクトルａに関して、a^Tは横ベクトルを表す。

【０１５４】

さらに拡張して、複数（例えばＡ個）の差分ベクトルから特定の点を定める方法を定義し、Ａ個の差分ベクトルの組を何組か作り、各組ごとに特定の点を計算し、各組ごとに計算された特定の点と基準点との距離の和のＮ乗を評価式に定めてもよい。

Nの値は、２または４が好ましい。

【０１５５】

例えば、３個の差分ベクトルから［数７］を解くことによって得られる（o_x，o_y）を特定点の定義とすることができる。

【０１５６】

また、任意の３点から、おのおのを結ぶ差分ベクトル２つもしくは３つを定義し、その差分ベクトルが存在する平面が定義される。該２つもしくは３つの差分ベクトルと、該差分ベクトルの中点を基点とするベクトルの内積の和が最も０に近い点を平面中心と定義する。この平面中心を通る平面法線ベクトルが、オフセットを通る。

【０１５７】

上記平面を２つ以上複数定義し、各平面の平面法線ベクトルの交点を推定するという方法が考えられる。または、各平面上のベクトルとオフセットから平面中心を通るベクトルとの内積の内積の総和が０にもっとも近くなる点をオフセットとするなどである。

【０１５８】

（データの選択方法）

データ選択部４２は、前述した図３に示すように、ステップＳ１０において、算出された差分ベクトル群の各差分ベクトルが、基準点の推定に適しているか否かを判定し、該判定結果に基づいて所定の差分ベクトル群（、及び該差分ベクトルを構成するデータ群）のみを基準点の推定のために選択格納し、基準点推定部４４に出力する。

【０１５９】

以下、データ選択部４２の機能について具体的に説明する。

【０１６０】

図１のデータ取得手段３０によって取得された任意の２つのデータから差分ベクトルを計算し、評価式［数７］、［数９］、又は［数１０］を最小にするようにｏを求めたとしても、通常測定データにはノイズが混入しており、また、差分ベクトルを構成する２つのデータが必ずしも一つの方位円上にない、などの理由により、差分ベクトルを構成する２つのデータの選び方によっては、オフセットの推定精度が悪い場合がある。そのため、基準点推定に適した差分ベクトルのみを選別して、基準点の推定を行う方が好ましい。

【０１６１】

図２のデータ選択部４２は、一つないしは複数の方法で、差分ベクトル算出部４１から出力された差分ベクトル群の各差分ベクトルが基準点の推定に適しているか否か判断し、基準点の推定に適していると判断された差分ベクトルのみから構成される差分ベクトル群Ｖ２、および差分ベクトル群を構成するデータ群（各差分ベクトルを計算するために使用したベクトル物理量データの集まり）Ｄ２を格納し、基準点推定部４４に出力する。

【０１６２】

（データの選択例１）

図７Ａ，図７Ｂは、基準点の推定に利用する差分ベクトルと、測定データ４０１に混入するノイズと、オフセット４００との関係を説明する図である。

【０１６３】

図７Ａは差分ベクトルの大きさが大きい場合の例、図７Ｂは差分ベクトルの大きさが小さい場合の例である。

【０１６４】

図７Ａ，図７Ｂにおいて、選んだ一組のデータの一つにノイズが混入した場合の差分ベクトルの垂直二等分線と、方位円の中心との関係を示す。

【０１６５】

差分ベクトルの大きさが小さくなるほど、同じノイズでも差分ベクトルの垂直二等分線が方位円の中心から離れることがわかる。これにより、ノイズの影響による推定誤差を低減するためには、基準点推定にはなるべく大きな差分ベクトルを用いたほうが良いことがわかる。

【０１６６】

大きさが所定値以上の差分ベクトルを基準点の推定に用いるようにし、この所定値はオフセット推定パラメータ管理部４６で測定パラメータとして管理する。

【０１６７】

（データの選択例２）

図８Ａ，図８Ｂは、基準点の推定に利用する差分ベクトルと、差分ベクトルを構成する測定データ４０１の取得時間差と、オフセット４００との関係を説明する図である。

【０１６８】

図８Ａは時間差が小さい場合の例、図７Ｂは時間差が大きい場合の例である。

【０１６９】

図８Ａ，図８Ｂにおいては、差分ベクトルの大きさが大きくても、同じ方位円上にない測定データ４０１から計算された差分ベクトルの垂直二等分線がオフセット４００を示す点から大きく離れてしまう場合があることを示す。４０２は、地磁気推移である。

【０１７０】

大きな差分ベクトルを得るためにお互い離れた場所（離れた時間）で取得された二つの磁気データを使用することは、前述したように地磁気の大きさが場所により変動するため好ましくない。従って、差分ベクトルを算出する二つの磁気データの取得された時間は所定値以下に決めておくべきである。この所定値はオフセット推定パラメータ管理部４６で測定パラメータとして管理する。

【０１７１】

（データの選択例３）

図９Ａ，図９Ｂは、測定データ４０１にノイズが混入した場合に、基準点の推定に利用する差分ベクトルと、差分ベクトル間の成す角と、オフセット４００との関係を説明する図である。

【０１７２】

図９Ａは差分ベクトル間の成す角が小さい場合の例、図９Ｂは差分ベクトル間の成す角が大きい場合の例である。

【０１７３】

図９Ａ，図９Ｂにおいて、測定データ４０１にノイズが混入した場合に、基準点の推定に利用する差分ベクトルと、差分ベクトル間の成す角と、オフセット４００との関係を示す。２つの差分ベクトルの成す角が小さい（平行に近い）と、推定される基準点（２つの差分ベクトルの交点）は、真のオフセットから大きく離れてしまう場合がある。

【０１７４】

これに対して、２つの差分ベクトルの成す角が９０度（直角）に近いときは、ノイズの影響を一般に受け難い。多数の差分ベクトルから統計的にオフセットを推定する場合は、差分ベクトルが様々な方位に均等に分布しているとノイズの影響を受け難くなる。

【０１７５】

全ての測定データを携帯機器のメモリ等に格納しておき、格納された測定データから様々な方向に分布するような差分ベクトルを計算することは、メモリや計算能力の問題から難しい。携帯機器のような小型のシステムでは、様々な方向方位に分布する差分ベクトルを得る手法として次のような方法がある。

【０１７６】

即ち、データ選択部によって直前に選択された差分ベクトルを基準として、該差分ベクトルと新たに計算された差分ベクトルの成す角が所定の角度以上であるとき、新たに計算された差分ベクトルを選択格納する。反対に成す角が所定の角度以下の時は信頼性の高い基準点推定には向かないとして新たに計算された差分ベクトルを破棄する。このようにす

ることによって、同じ方向を指す差分ベクトルばかりで基準点が推定されることがなくなる。この所定値はオフセット推定パラメータ管理部４６で測定パラメータとして管理する。

【０１７７】

上述したように、基準点の推定計算に用いられる差分ベクトル群は様々な方向に向いているほうが信頼度の高い基準点が求められる。選択された二つの差分ベクトルを構成するデータ群の距離が近いと差分ベクトルも同じような方向を向いている可能性が多い。直近に選択された差分ベクトルを構成するデータから所定値以上離れたデータで構成される差分ベクトルが計算されるまでは新たな差分ベクトルの選択格納は行わないようにする。この所定値はデータの最低変化量としてオフセット推定パラメータ管理部４６で測定パラメータとして管理する。

【０１７８】

基準点を計算するための差分ベクトル群の個数を状況に応じて変化させると、より応答性と計算精度を制御できるようになる。電源立ち上げ時は、基準点推定に用いる差分ベクトル群の個数を少なくし、計算精度は荒くても応答性を良くしておいて、オフセットが求まるとともに漸次基準点推定に用いる差分ベクトル群の個数を大きくしていくことによって計算精度を高めていく。データ選択手段に格納する差分ベクトルの個数、つまり基準点の推定に用いる差分ベクトルの個数はオフセット推定パラメータ管理部４６で測定パラメータとして管理する。

【０１７９】

測定パラメータとしては他に、ベクトル物理量検出手段がベクトル物理量を検出する時間間隔、ないしデータ取得手段がベクトル物理量を取得する時間間隔（データ取得時間間隔とする）などが挙げられる。データ取得時間間隔を状況に応じて変化させると、より応答性と消費電力を制御できるようになる。電源立ち上げ時は、データ取得時間間隔を短くしておいて、最初に求められるオフセットの推定時間が短くなるようにし、より高精度なオフセットが求まるとともに漸次該時間間隔を長くしていけば消費電力を削減できる。データ取得時間間隔はオフセット推定パラメータ管理部４６で測定パラメータとして管理する。

【０１８０】

ベクトル物理量が地磁気を計測する地磁気計測装置の場合で、歩行者が地磁気計測装置が内蔵された携帯用移動端末を持ち運ぶような場合、時間的に連続する測定データから作られる差分ベクトルは概ね同じ方向を向くことが多い。つまり、時間的に連続する二つの差分ベクトルの内積は正の値が連続して取得されることが多い。逆にこの時間的に連続する二つの差分ベクトルの内積の正負がランダムに入り乱れるときは、測定データにノイズが混入している可能性が高い。時間的に連続して得られる差分ベクトルの内積を次々に計算し、一定回数以上内積の値が所定値以上であった時、その差分ベクトルを基準点推定に適しているとして選択格納する。この所定回数、及び所定値はオフセット推定パラメータ管理部４６で測定パラメータとして管理する。

【０１８１】

また、時間的に連続する二つの差分ベクトルの内積は、同様に連続的に変化すると考えられるが、内積が連続的には変化せず、一瞬もしくは所定の期間だけ大きく変化（大きさ）場合は、強い外乱があったなどの工程の変化と推定でき、この取得したデータを破棄するなどの対応が可能である。

【０１８２】

（基準点の信頼性判定方法）

信頼性判定部４５は、前述した図３に示すように、ステップＳ２０において、その推定された基準点の信頼度を差分ベクトル群、及び該差分ベクトル群を構成するデータ群、及び既に推定された基準点群を用いて判定し、該判定結果に基づいて所定の基準点のみをオフセットとして出力する。

【０１８３】

以下、信頼性算出部４５の機能について具体的に説明する。
尚，以下の実施例においては，一つの判定値との比較で基準点の信頼度を判定する方法を例示するが，判定値を複数持ち，信頼度を複数に区分することも可である。その際にあたり、どの区分の信頼度の基準点を採用するかは設計事項である。
【０１８４】
前述したように、測定データにはノイズが混入したり、ベクトル物理量の大きさ（例えば、地磁気の大きさ）が変動したりするために、推定される基準点には通常誤差が含まれている。推定された基準点がどの程度信頼できるかどうか調べ、信頼できると判定されたときにのみ推定された基準点をオフセットとして出力すべきである。
【０１８５】
図１０Ａ，図１０Ｂは、真のオフセット４００と、推定された基準点４０３と、推定された基準点４０３から推定に用いた差分ベクトルの中点に引いたベクトルの関係を説明する図である。
【０１８６】
図１０Ａは、ノイズが混入していない測定データ４０１から構成された差分ベクトルで基準点の推定が行われた場合の例である。図１０Ｂは、ノイズが混入した測定データ４０１から構成された差分ベクトルで基準点の推定が行われた場合の例である。
【０１８７】
図１０Ａにおいて、推定に用いた個々の差分ベクトルが、ベクトル物理量の大きさが同じ環境で取得され、さらにノイズの混入していない測定データ４０１から構成されている場合、推定される基準点は真のオフセット４００に一致し、各差分ベクトルの中点と基準点を結んだベクトルは各差分ベクトルと直交する。
【０１８８】
逆に、推定に用いた差分ベクトルが、ベクトル物理量の大きさが異なる環境で取得され、あるいはノイズが混入したデータから構成されている場合、推定される基準点４０３は真のオフセットとは一致せず、各差分ベクトルの中点と基準点を結んだベクトルの成す角は９０度以下となる。
【０１８９】
推定に用いた全ての差分ベクトルについて、差分ベクトルと、推定された基準点と差分ベクトルの中点を結ぶベクトルとの成す角を計算する。計算された全ての成す角と９０度との差が所定値以下である場合推定された基準点を信頼できると判定する。逆に、成す角と９０度との差が一つでも所定値以上であれば、推定された基準点は信頼できないと判定して、破棄する。これにより、信頼度を一段と向上させたオフセットを推定することが可能となる。この所定値はオフセット推定パラメータ管理部４６で判定値として管理する。
【０１９０】
（基準点の信頼性判定方法２）
図１１は、２成分のベクトル物理量検出手段の例であって、ノイズが混入した測定データ４０１から構成された差分ベクトルで基準点の推定が行われた場合の例である。ノイズが混入していない場合の例は図１０Ａと同じである。
【０１９１】
図１０Ａにおいて、推定に用いた個々の差分ベクトルが、ベクトル物理量の大きさが同じ環境で取得され、さらにノイズの混入していない測定データ４０１から構成されている場合、推定される基準点は真のオフセット４００に一致し、各差分ベクトルの垂直二等分線は基準点を通る。
【０１９２】
逆に、推定に用いた差分ベクトルが、ベクトル物理量の大きさが異なる環境で取得され、あるいはノイズが混入したデータから構成されている場合、推定される基準点４０３は真のオフセット４００とは一致せず、各差分ベクトルの垂直二等分線と基準点の距離は０より大きな値となる。
【０１９３】

推定に用いた全ての差分ベクトルについて、差分ベクトルの垂直二等分線と、推定された基準点との距離を計算する。計算された全ての距離の最大値、あるいは全ての距離の和が所定値以下である場合推定された基準点を信頼できると判定する。逆に、該距離の最大値、あるいは距離の和が所定値以上であれば、推定された基準点は信頼できないと判定して、破棄する。これにより、信頼度を一段と向上させたオフセットを推定することが可能となる。この所定値はオフセット推定パラメータ管理部４６で判定値として管理する。

【０１９４】

差分ベクトルの垂直二等分線と基準点との距離は、基準点から差分ベクトルに引いた垂線の足と該差分ベクトルの中点との距離と同じであるので、この距離を用いて推定された基準点の信頼性の判定をしてもよい。

【０１９５】

（基準点の信頼性判定方法３）

３成分のベクトル物理量検出手段の場合、推定に用いた個々の差分ベクトルが、ベクトル物理量の大きさが同じ環境で取得され、さらにノイズの混入していない測定データ４０１から構成されている場合、推定される基準点は真のオフセット４００に一致し、各差分ベクトルの垂直二等分面は基準点を通る。

【０１９６】

逆に、推定に用いた差分ベクトルが、ベクトル物理量の大きさが異なる環境で取得され、あるいはノイズが混入したデータから構成されている場合、推定される基準点は真のオフセットとは一致せず、各差分ベクトルの垂直二等分面と基準点の距離は０より大きな値となる。

【０１９７】

推定に用いた全ての差分ベクトルについて、差分ベクトルの垂直二等分面と、推定された基準点との距離を計算する。計算された全ての距離の最大値、あるいは全ての距離の和が所定値以下である場合推定された基準点を信頼できると判定する。逆に、該距離の最大値、あるいは距離の和が所定値以上であれば、推定された基準点は信頼できないと判定して、破棄する。これにより、信頼度を一段と向上させたオフセットを推定することが可能となる。この所定値はオフセット推定パラメータ管理部４６で判定値として管理する。

【０１９８】

（基準点の信頼性判定方法４）

前述したように基準点の推定計算に用いられる差分ベクトル群は様々な方向に向いているほうが信頼度の高い基準点が求められる。基準点の推定に用いられる差分ベクトル群が様々な方向を向いているための必要条件として、該差分ベクトル群の各軸成分のばらつきが大きいという条件が挙げられる。該ばらつきが所定値以上である場合推定された基準点を信頼できると判定する。この所定値はオフセット推定パラメータ管理部４６で判定値として管理する。

【０１９９】

（基準点の信頼性判定方法５）

前述したように、オフセットの信頼度を判定する指標として、推定された複数の基準点のばらつきが挙げられる。直近に求められた特定の個数の基準点のばらつきが所定値以下である場合推定された基準点を信頼できると判定する。この所定値はオフセット推定パラメータ管理部４６で判定値として管理する。また、このばらつきを求めるために使用する基準点の個数は算出パラメータとしてオフセット推定パラメータ管理部４６で管理する。

【０２００】

（基準点の信頼性判定方法６）

基準点推定に用いられた差分ベクトル群を構成する各データと基準点との距離は、該データが取得された時のベクトル物理量の大きさに相当する。例えば、物理量計測装置が地磁気を検出する地磁気検出装置の場合、該データと推定された基準点との距離は、該データが取得された時の地磁気の大きさに相当する。日本では地磁気の大きさは概ね４５ｕＴであり、これから大きく逸脱する地磁気の大きさが計算された場合は、推定された基準点

に大きな誤差が含まれている、基準点推定に用いられたデータ自身に大きな誤差が含まれていると考えられる。このため、基準点推定に用いた差分ベクトル群を構成する各データと基準点との距離が、予め決めた上限値と下限値の間であれば、推定された基準点を信頼できると判定する。この上限値、及び下限値はオフセット推定パラメータ管理部４６で判定値として管理する。

【０２０１】

（基準点の信頼性判定方法７）

基準点推定に用いられた差分ベクトル群を構成するデータ群のうち一番最初に取得されたデータの時間と、最後に取得されたデータの時間の差が大きすぎると、物理量計測システム自身のオフセットが変動してしまっている可能性が高くなり、そのようなデータ群から推定される基準点の信頼度は低い。該時間の差が所定値以下であるばあいのみ推定された基準点を信頼できると判定する。この所定値はオフセット推定パラメータ管理部４６で判定値として管理する。

【０２０２】

（基準点の信頼性判定方法７）

基準点推定に用いられた差分ベクトル群が同一平面上に分布している場合、そのような差分ベクトル群から推定される基準点には大きな誤差が混入する。該差分ベクトル群が同一平面上に分布しているか否かは推定された基準点の信頼性を判定する重要な指標となる。差分ベクトル群が同一平面上に分布しているか否かは次のようにして判定する。すなわち、３成分のベクトル物理量計測装置において、該差分ベクトル群を構成するデータ群を（x_i，y_i，z_i）としたとき、データ群（x_i，y_i，z_i）は［数１３］で表わされる平面に当てはめられる。

【０２０３】

【数１３】

$$ax + by + cz + d = 0$$

【０２０４】

［数１３］の各係数（ａ，ｂ，ｃ，ｄ）は以下のように解く。すなわち

【０２０５】

【数１４】

$$XX = \sum^{N} x\left(x - \bar{x}\right)$$

$$YY = \sum^{N} y\left(y - \bar{y}\right)$$

$$ZZ = \sum^{N} z\left(z - \bar{z}\right)$$

$$XY = \sum^{N} x\left(y - \bar{y}\right) = \sum^{N} y\left(x - \bar{x}\right)$$

$$YZ = \sum^{N} y\left(z - \bar{z}\right) = \sum^{N} z\left(y - \bar{y}\right)$$

$$ZX = \sum^{N} z\left(x - \bar{x}\right) = \sum^{N} x\left(z - \bar{z}\right)$$

【０２０６】

としたとき、

【０２０７】

【数１５】

$$Det0 = YY \times ZZ - YZ \times YZ$$

$$Det1 = ZZ \times XX - ZX \times ZX$$

$$Det2 = XX \times YY - XY \times XY$$

【０２０８】

を計算し、最大値を探す。どの式が最大値になるかによって、それぞれ以下の連立一次方程式を解き各係数を算出する。

【０２０９】

【数１６】

$Det0$が最大の場合 (このとき$a = 1$)

$$\begin{bmatrix} YY & YZ \\ YZ & ZZ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ c \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} XY \\ ZX \end{bmatrix}$$

$Det0$が最大の場合 (このとき$b = 1$)

$$\begin{bmatrix} ZZ & ZX \\ ZX & XX \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c \\ a \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} YZ \\ XY \end{bmatrix}$$

$Det0$が最大の場合 (このとき$c = 1$)

$$\begin{bmatrix} XX & XY \\ XY & YY \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} ZX \\ YZ \end{bmatrix}$$

更に

$$d = -\frac{1}{N} \sum aSi_x + bSi_y + cSi_z$$

【０２１０】

各データ（x_i，y_i，z_i）からあてはめられた平面までの距離ｄｉは

【０２１１】

【数１７】

$$d_i = \frac{ax_i + by_i + cz_i + d}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}$$

【０２１２】

で求められる。各点の距離ｄｉの正負は、推定された平面によって分割された二つの領域のうちどちらに所属するかで異なる。これら各点の距離ｄｉの最大値と最小値を求めこの差が所定値以上であるとき推定された基準点を信頼できると判定する。

以上例示したような手法で、基準点の信頼度を判定することができる。

この場合，例示したような１つの判定値による２値もしくは複数の判定値による複数区分の基準点の信頼度や、信頼度を判定する際に判定値と比較した情報、すなわち信頼性情報を外部に出力することで，オフセットとして採用された基準点の信頼度を、システムが認識することができる。

なお、基準点の信頼度を判定する方法は、必ずしも上記例に限ったものでないことは言うまでもない。

【０２１３】

（信頼性情報の判定値、及び測定パラメータ、算出パラメータの管理）

例えば物理量計測装置が地磁気を検出する地磁気計測装置であるとき、電源立ち上げ時や、地磁気センサの場合は周囲の着磁状態が大きく変わったときは、オフセットの値が過去に求められた値から変化している可能性がある。しかしながら，このような場合は，今までに測定した

測定データ群が無いあるいは今までのデータ群が無効であることになる。このような時に、信頼性情報の判定値を厳しくしすぎると、正しい値が算出されるまでに時間がかかってしまう場合があるので、最初は判定値を緩く設定したほうが好ましい。

【０２１４】

信頼性の高いオフセットの推定に適した差分データ群が取得され、信頼性の高いオフセットが推定されたことを確認後、漸次判定値を厳しくすれば、推定されるオフセットの精度を徐々に高めていくことができる。

【０２１５】

物理量計測装置が、２次元または３次元空間上であまり変化をしなかった場合、センサから出力される測定データもあまり変化がない。変化の少ないデータを集めたデータ群か差分ベクトルを構成し基準点を算出しても、データのゆらぎやノイズの影響が大きくなり、基準点が正確でない場合がある。従って、センサから出力されるデータに対して、先に選択してあるデータからの変化量を評価し、所定の値以上変化しているデータのみを採用して差分ベクトル群として構成することが、オフセットの精度を高めるためには重要である。しかし、変化量の閾値を高くしてしまうと、物理量装置が大きく動いたときにのみデータが選択されるために、オフセットが算出されるまでに時間がかかってしまう。すなわち、オフセットの信頼度は低くてもよいが、迅速にオフセットを求めたいときにはデータ変化量の小さいデータも選択することとし、オフセットの算出の時間がかかってもよいが、信頼度を高くしたいときはデータ変化量の大きいデータのみを選択するというように設定する。

【０２１６】

オフセットの信頼度を判定するために、推定された複数の基準点のばらつきを評価する。信頼性の高いオフセットを得るためには評価する基準点の数は出来るだけ多いことが望まれるが、電源立ち上げ時や、周囲の着磁状態が大きく変わったときのように、測定データ群が無いあるいは今までのデータ群が無効であるときなどに、迅速にオフセットを算出するためには、評価する基準点の数を少なくすることが必要である。

【０２１７】

物理量計測装置の使用されている環境の変化に伴いオフセットが変動してしまった場合、使用していたオフセットを用いて各種演算量を計算出来なくなる。この場合、それまでに取得していたデータ群を全て破棄し、新たに取得したデータ群でオフセットを再計算する必要がある。

【０２１８】

物理量計測装置の使用されている環境とは、地磁気センサの場合ならば地磁気センサの搭載されているシステムが電車や踏切などの発する強磁界を受け、システムを構成する磁性体の着磁量が変わってしまった場合、加速度センサの場合ならば環境温度が変わってしまった場合などが挙げられる。

【０２１９】

着磁量の変化を知る手段の一つに、そのとき採用されているオフセットから計算される磁気データの大きさで判定する方法がある。例えば、使用されている物理量計測装置の地球上の存在位置で期待される地磁気の大きさと、そのとき採用されているオフセットと磁気データから計算される地磁気の大きさを比べる方法がある。日本では地磁気の大きさは４５から５０マイクロテスラ（μＴ）である。

【０２２０】

着磁量が変化したことを知る手段として他に、伏角、取得したデータの範囲、基準点のばらつき、直前に計算された基準点との差異、着磁状態の変化を引き起こす既知のイベント等でも知ることができる。着磁状態の変化を引き起こす可能性のある既知の事象が存在するときは当該事象を検出する手段を設けることによって当該事象の検出が可能となる。

【０２２１】

例えば、折りたたみ式の携帯電話に方位角計測装置が内蔵されている場合、携帯電話を折りたたむことによって着磁状態が変化する場合がある。また、最近の携帯電話では画像データや音楽データを蓄積するための外部メモリカードを用いることができるものもあり、メモリカードの出し入れによっても着磁状態が変化する場合がある。このような事象を検出し、システムの着磁状態が変化した可能性を認識し、オフセットが変化した可能性があると判断し、それまでに取得していたデータ群を全て破棄し、新たに取得したデータ群

でオフセットを再計算するなどの運用が考えられる。使用者の判断で着磁状態の変化を方位角計測装置に知らせるようなボタンを設けてもよい。

【０２２２】

加速度のセンサの場合、落下などの衝撃によりオフセットが不可逆的な変動を起こすことがある。衝撃を捉え、すなわち取得したデータの範囲が所定の値を超えたことを捉えて衝撃を検知することが可能である。また、落下直前にはシステムが自由落下状態になると想像されるので、所定の時間以上自由落下状態、つまり０Ｇに近い加速度が測定された場合、落下したと判定してもよい。０Ｇに近い加速度が測定された後に、所定の範囲を超える加速度が加わったことを検知して落下と判定してもよい。

【０２２３】

温度の変化は物理量計測装置とは別に設けた温度センサにより知ることができる。

【０２２４】

オフセットが変動してしまった場合、オフセット変動前の高精度のオフセットを求めるための判定値を緩め、より速くオフセットを求められる判定値にすれば、オフセットの変化に素早く対応することが可能となる。判定値を初期値に戻すことが効果的な場合も多い。

【０２２５】

このように、オフセット推定パラメータを物理量計測装置の内外の環境の変化に合わせて変化させることにより、物理量計測装置の状態、使用環境に適した制御が出来るようになる。

【０２２６】

突発的に物理量計測装置の状態が変化しすぐ元に戻る場合（例えば、地磁気センサを搭載した方位角計測置に誤って磁石を近づける等）、オフセットをすぐに破棄するのは早計である。ある一定時間以内で地磁気等ベクトル物理量の大きさが許容値に戻れば、オフセットを破棄する必要はない。

【０２２７】

あるオフセット推定パラメータにおいて所定回数以上オフセットが推定されるのを待ってから、オフセット推定パラメータを変更する方法がある。ひとつのオフセット推定パラメータで安定してオフセットが推定されることを確認してから、より高精度のオフセットが推定され得るオフセット推定パラメータに変更していく。あるオフセット推定パラメータでオフセットが求まったとしても、推定の根本となる技術が統計的な手法であるため、そのオフセットは偶然ノイズを多く含んだデータから推定されたオフセットであることを否定できない。この所定回数を算出パラメータとして、オフセット推定パラメータ管理部４６で判定値として管理してもよい。上記で述べたように、オフセット推定パラメータとオフセットの信頼度は関連しており、あるオフセットが求められた際に用いられたオフセット推定パラメータが、オフセットの信頼度を表しているとも言える、すなわち，いまどのオフセット推定パラメータでオフセットを求めるかにより、オフセットの信頼度を表現することも考えられる。

【０２２８】

オフセット推定パラメータは、複数のパラメータ群をセットとし、予めテーブルとして用意しておいてもよいし、ベクトル物理量の大きさや基準点のばらつきの値から、数式で算出されるようにしてもよい。また、テーブルが用意されている場合は、更新順序は一つずつ状態を更新してもよいし、いくつかの状態を飛ばした状態に更新してもよい。

【０２２９】

例えば、判定値を厳しくしていく際は、判定値とパラメータを１ステップずつ狭めていくことが妥当であり、また、算出されたベクトル物理量の大きさが異常に大きいなど信頼度が低いと判断される場合は、オフセット推定パラメータを一度に初期値まで緩め、再びオフセットの算出を行うことが妥当である。時と場合によってオフセット推定パラメータを複数ステップ分厳しくしていくこともよい。

【０２３０】

物理量計測装置が、その時々に使用しているオフセット推定パラメータを出力できれば、物理量計測装置の使用者あるいは、演算部が計算する各種演算量の信頼度を知ることができる。

【０２３１】

以下に、本発明と文献８の技術の差異を説明する。

【０２３２】

市街地のように人工構造物の多い場所では地磁気が均一な領域は非常に狭く、従って歩行者が取得する二つの磁気データは、例え磁気データが時間的に近接していたとしてもそれらを取得した場所の地磁気の大きさは完全には一致していない場合がほとんどである。また、自動車などの着磁した移動体、屋内外の様々な電流の影響により磁気データにはノイズが混入していることが多い。

【０２３３】

図９は、ノイズの混入した地磁気データによって設定される二つの垂直二等分線の交点と真のオフセットの関係を示した図である。磁気データにノイズが混入している場合、オフセットの推定に用いる垂直二等分線によっては大きな誤差が含まれる。

【０２３４】

図１２は、［数８］、及び文献８に開示される手法でオフセットを推定する場合の概念を説明する図である。

【０２３５】

図１２では地磁気センサの真のオフセットをＸとし、地磁気センサの測定値が描く真の方位円を点線で示している。このとき１２点の磁気データから［数８］によって推定されるオフセットを４１０、文献８によって推定されるオフセットを５１０で示している。

【０２３６】

［数８］によって推定されるオフセット４１０は、１２点全ての磁気データから一度に求められる。

【０２３７】

文献８によるオフセット５１０は、まず測定データ４０１、次に測定データ４２０、最後に測定データ４３０で表わされるそれぞれ４点から作られる二つの二等分線の交点５００を求め、最後に求められた三つの交点を平均することによってオフセット５００を推定している。全ての磁気データには方位円の半径の１０％以下のノイズを混入させている。

【０２３８】

図１２において示されるように、本発明の［数８］により求められたオフセット４１０と、文献８にて開示されている方法で求められたオフセット５１０とは同じとはならない。

【０２３９】

本発明による方法では、多くの差分ベクトルに重畳された重畳されたノイズの影響は、そのランダム性のために相殺され、ノイズが重畳していても真値に近いオフセットの値を算出できている。

【０２４０】

一方、文献８の方法では、比較的近い距離の２点を結ぶ垂直２等分線を用い、さらに、その比較的近い２つの垂直二等分線の交点をもとめ、それを平均している。この場合、比較的近い２つの垂直二等分線に含まれるノイズの影響は、必ずしも相殺されず、オフセットの値としてはかえってノイズの影響が増大されてしまい、真値とは大きく異なるオフセットの値が求まりやすい。このとき、複数の垂直二等分線の交点を平均したとしても、そのノイズの影響が相殺されることはなく、求められたオフセットの真値との誤差がおおきくなると考えられる。

【０２４１】

図１３は、本発明の［数８］によるオフセット推定を１０００回行い、推定されたオフセットをすべて表示した図である。

【０２４２】

図１４は、文献８の手法によるオフセット推定を１０００回行い、推定されたオフセットをすべて表示した図である。

【０２４３】

図１３、図１４とも各回同じ磁気データからオフセットを推定した。二つの図を比べると、明らかに、本発明に係る方法の方がオフセットの推定精度が高いことがわかる。

【０２４４】

以上、本発明によれば、差分ベクトル群を用いた所定の評価式に基づいて、取得したベクトル物理量データ群に含まれるオフセットを統計的手法により推定する場合において、ベクトル物理量データ群と、差分ベクトル群と、推定された複数の基準点とのうち少なくとも一つに基づき、基準点の信頼性情報を算出するための算出パラメータに従って、基準点の信頼性情報を算出し、該信頼性情報を判定閾値と比較することによって基準点の信頼度を判定し、信頼度が高いと判定された基準点をデータ取得手段の取得したベクトル物理量データに含まれるオフセットとして出力するようにしたので、測定対象であるベクトル物理量の大きさが均一な空間で取得された測定データ群でなくとも、状況に応じて迅速にまたは高精度に信頼性の高いオフセットを推定することができ、推定されるオフセットの信頼性を一段と向上させることが可能となる。

【０２４５】

［第２の例］

本発明の第２の実施の形態を、図１５および図１６に基づいて説明する。なお、前述した第１の例と同一部分については、その説明を省略し、同一符号を付す。

【０２４６】

図２では、データ選択部４２は、差分ベクトル算出部の出力を入力としているが、以下のような構成としてもよい。

【０２４７】

図１５に示すように、まず測定データをデータ選択部４２で選択し、その選択されたデータから差分ベクトル算出部４１において差分ベクトルを算出するようにしてもよい。

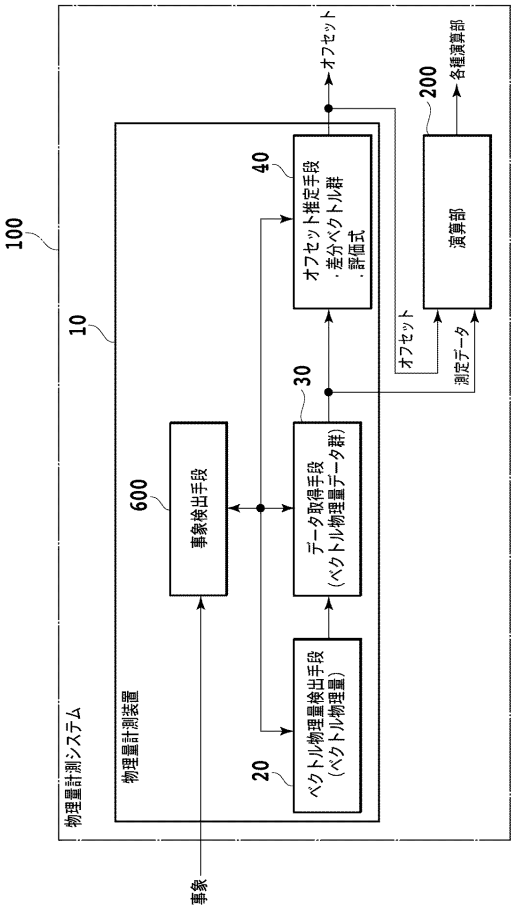
【０２４８】

図１６に示すように、図１５で算出された差分ベクトルを、別のデータ選択部４２に入力してさらに選択するようにしてもよい。

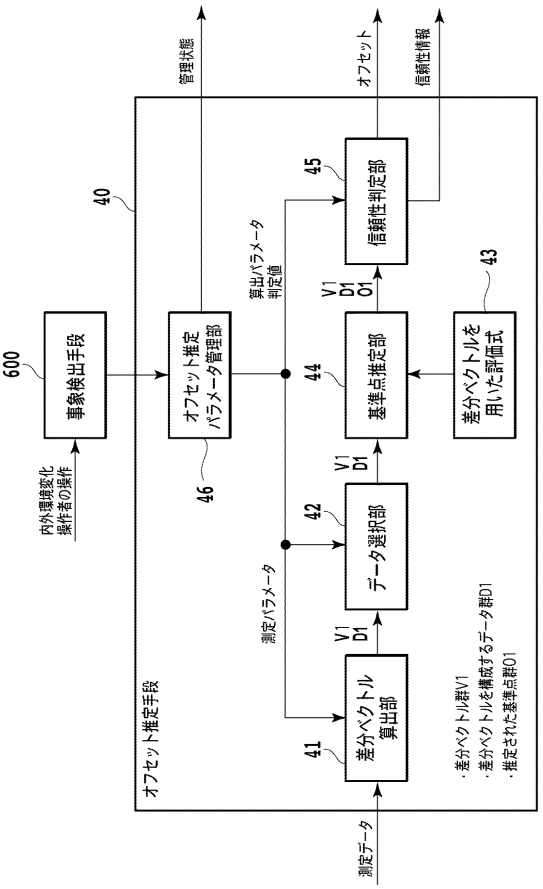
【０２４９】

上述したように、本発明における測定の対象となるベクトル物理量の卑近な例として、地磁気や加速度などが挙げられる。他にも、人工的に作り出した定常的な磁場や電場など、ベクトル物理量の大きさの変化が、ベクトル物理量とベクトル物理量検出手段の相対的な姿勢関係の変化に比べて遅ければ、どんな物理量でもよい。

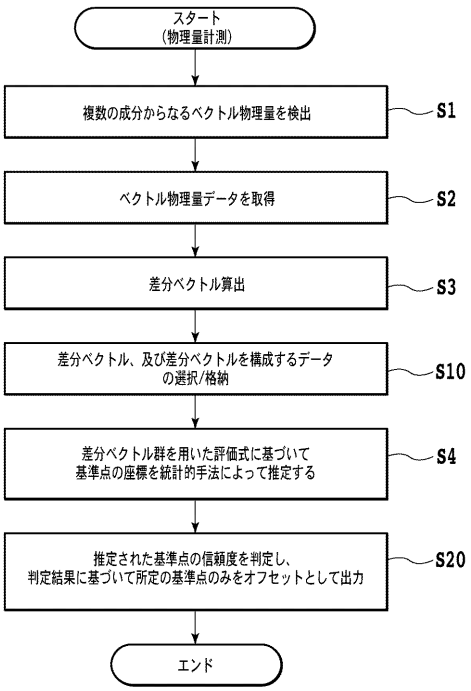
【図１】


物理量計測システム
100
物理量計測装置
10
事象
事象検出手段
600
データ取得手段
(ベクトル物理量データ群)
30
ベクトル物理量検出手段
(ベクトル物理量)
20
オフセット推定手段
・差分ベクトル群
・評価式
40
演算部
200
各種演算部
オフセット
オフセット
測定データ

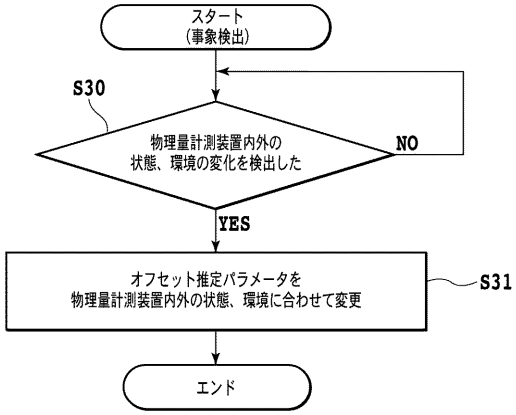
【図２】


オフセット推定手段
40
事象検出手段
600
オフセット推定
パラメータ管理部
46
差分ベクトル
算出部
41
データ選択部
42
基準点推定部
44
差分ベクトルを
用いた評価式
43
信頼性判定部
45
管理状態
オフセット
信頼性情報
算出パラメータ
判定値
測定パラメータ
内外環境変化
操作者の操作
測定データ
V1
D1
O1
・差分ベクトル群V1
・差分ベクトルを構成するデータ群D1
・推定された基準点群O1

【図３】


スタート
(物理量計測)
複数の成分からなるベクトル物理量を検出
S1
ベクトル物理量データを取得
S2
差分ベクトル算出
S3
差分ベクトル、及び差分ベクトルを構成するデータ
の選択/格納
S10
差分ベクトル群を用いた評価式に基づいて
基準点の座標を統計的手法によって推定する
S4
推定された基準点の信頼度を判定し、
判定結果に基づいて所定の基準点のみをオフセットとして出力
S20
エンド

【図４】

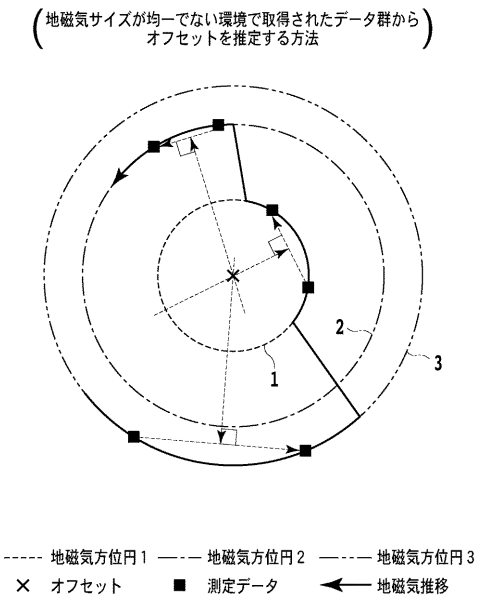

スタート
(事象検出)
S30
物理量計測装置内外の
状態、環境の変化を検出した
NO
YES
オフセット推定パラメータを
物理量計測装置内外の状態、環境に合わせて変更
S31
エンド

【図５】

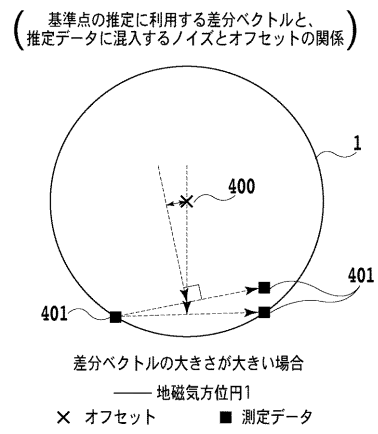
高精度
↓
危険性

レベル				
	（信頼度）	1	2	3
測定パラメータ	測定周波数			
	基準点を計算するためのデータ個数			
	差分ベクトルどうし角度範囲			
判定値	差分ベクトルと基準点から差分ベクトルに下ろした角度範囲			
	基準点のばらつき範囲			
	データの取得時間の範囲			
算出パラメータ	バラツキ計算時基準点個数			

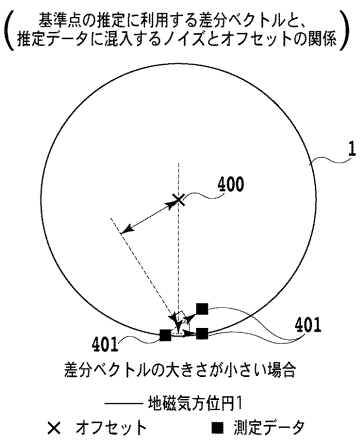
【図６】



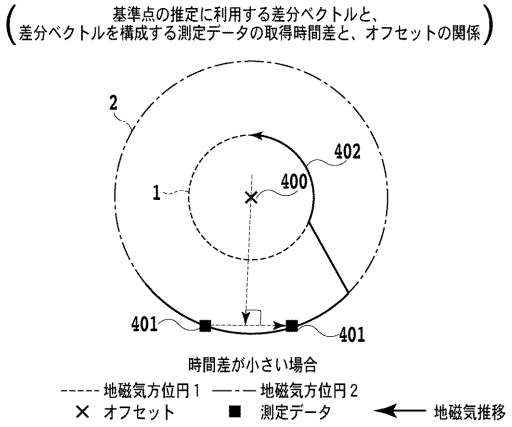
【図７Ａ】



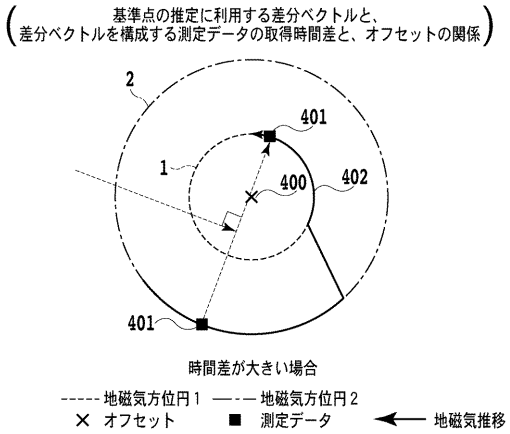
【図７Ｂ】



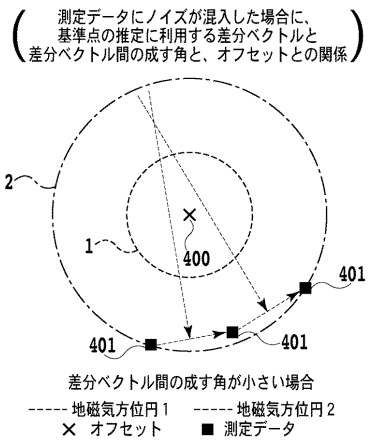
【図８Ａ】



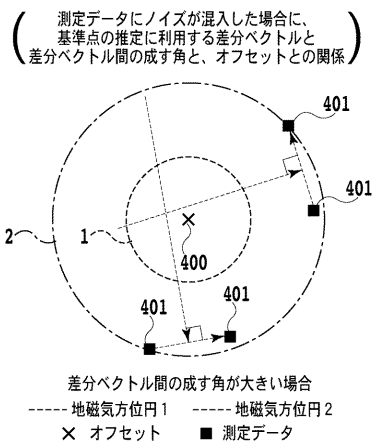
【図８Ｂ】



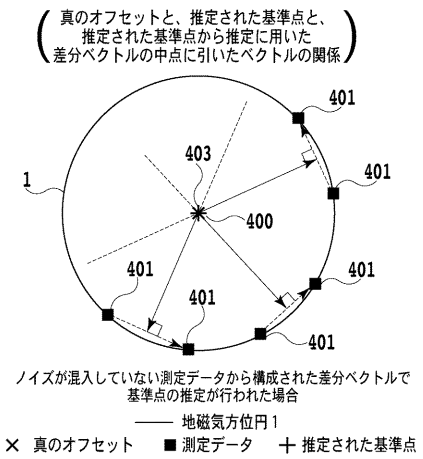
【図９Ａ】



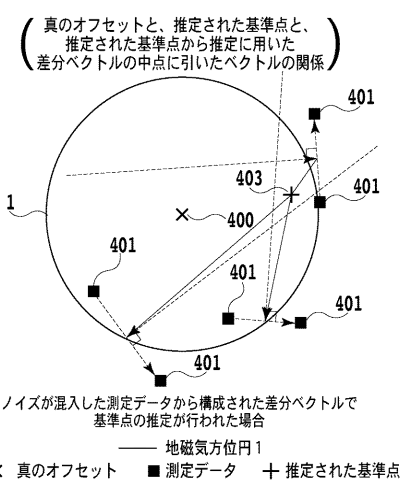
【図９Ｂ】



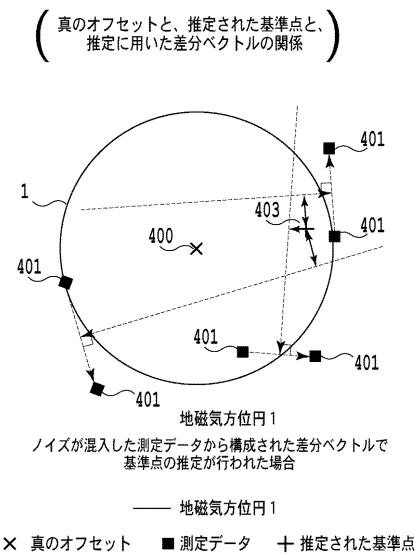
【図１０Ａ】



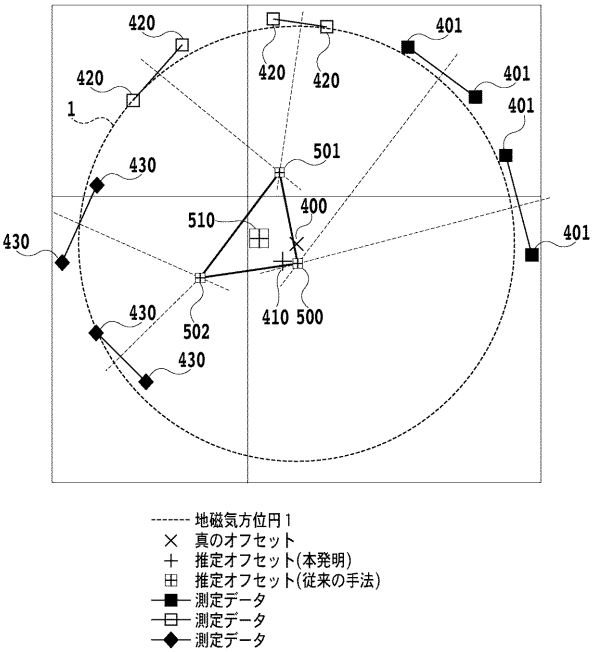
【図１０Ｂ】



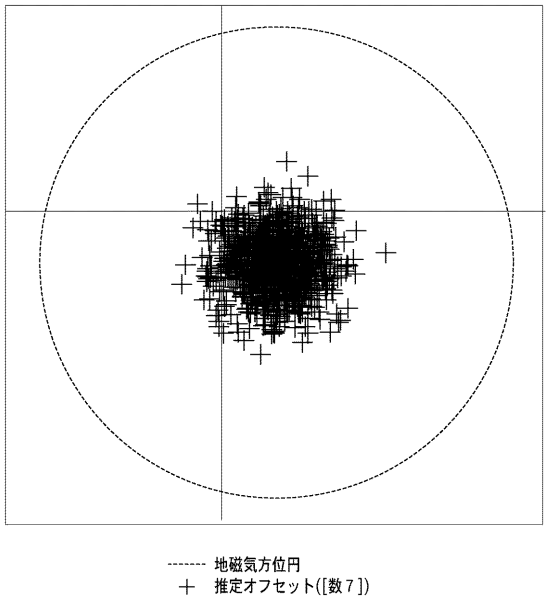
【図１１】



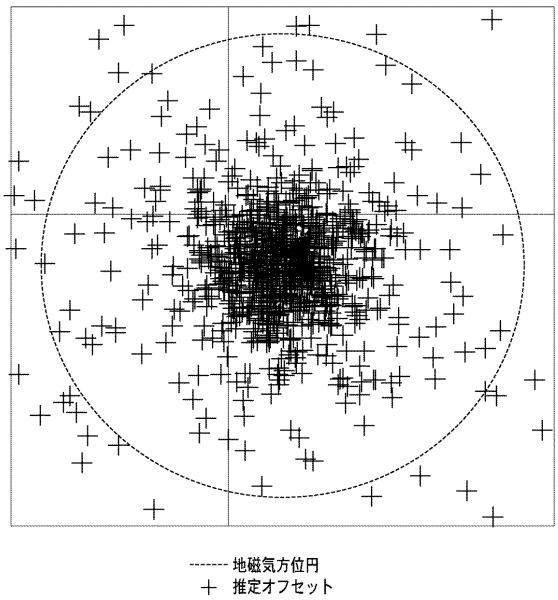
【図１２】



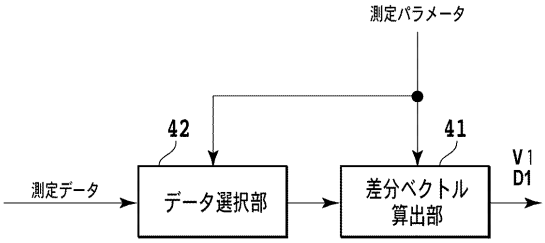
【図１３】



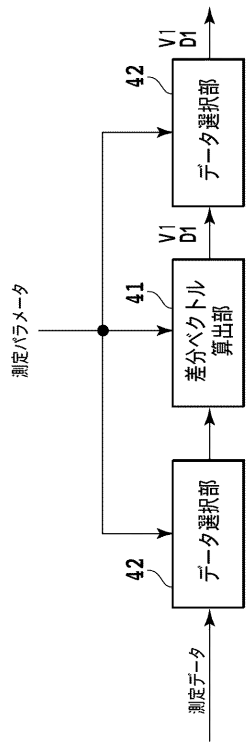
【図１４】



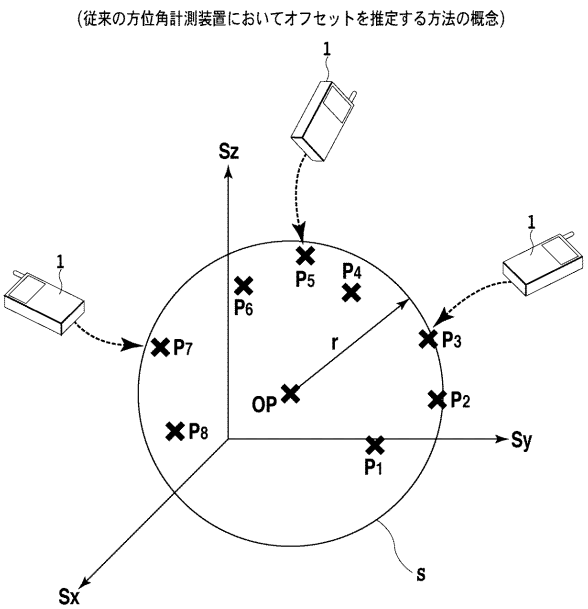
【図１５】



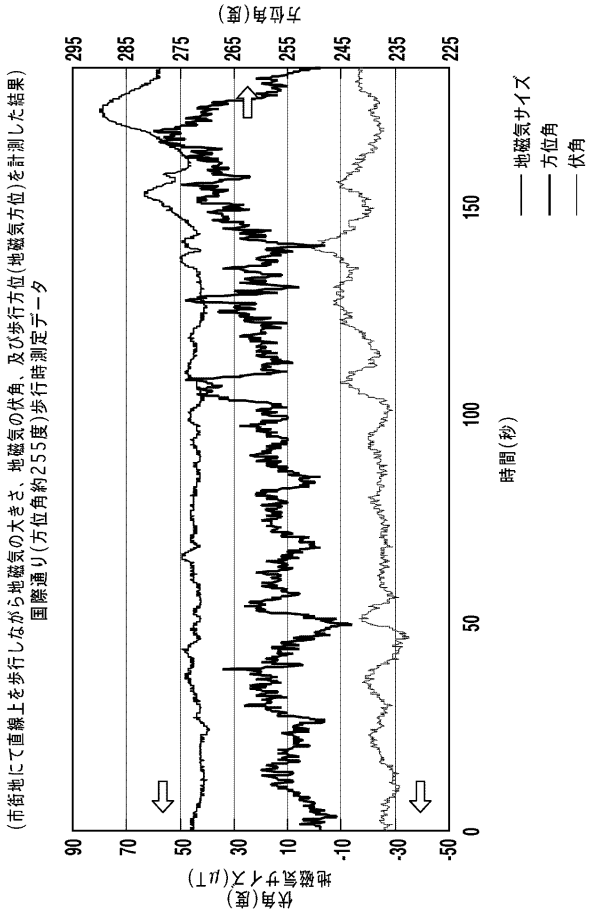
【図１６】



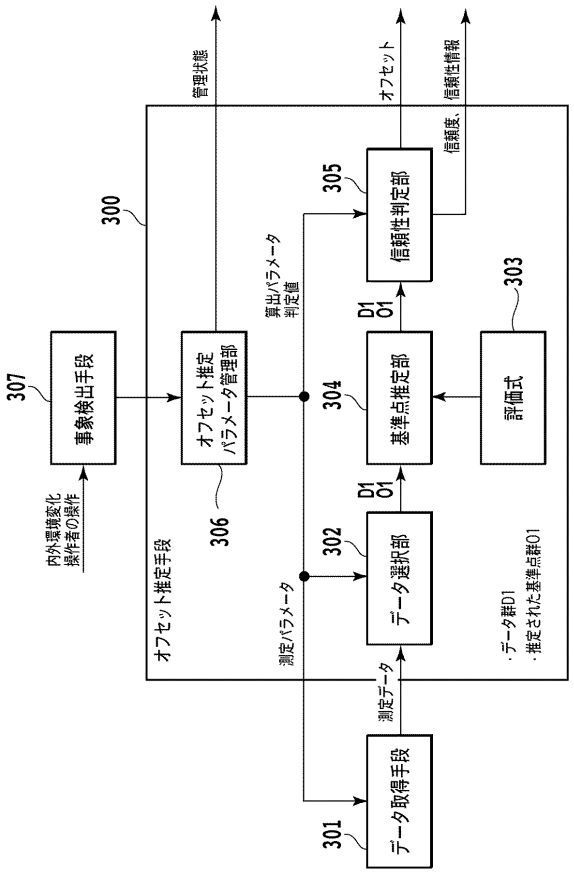
【図１７】


(従来の方位角計測装置においてオフセットを推定する方法の概念)
1
Sz
Sy
Sx
P1
P2
P3
P4
P5
P6
P7
P8
OP
r
S

【図１８】


(市街地にて直線上を歩行しながら地磁気の大きさ、地磁気の伏角、及び歩行方位(地磁気方位)を計測した結果)
国際通り(方位角約255度)歩行時測定データ
伏角(度)
地磁気サイズ(μT)
方位角(度)
時間(秒)
地磁気サイズ
方位角
伏角

【図１９】


オフセット推定手段
300
管理状態
オフセット
信頼性情報
信頼度、
307
事象検出手段
内外環境変化
操作者の操作
オフセット推定
パラメータ管理部
306
算出パラメータ
判定値
305
信頼性判定部
D1
O1
303
評価式
304
基準点推定部
D1
O1
302
データ選択部
測定パラメータ
・データ群D1
・推定された基準点群O1
測定データ
301
データ取得手段

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第２００５／００３６８３（WO，Ａ１）
特開平０５－２１５５５３（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－２２６８１０（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１９５３７６（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－３３７０５７（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－２４９６１９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G01C 17/00 - 17/38
G01P 21/00