

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4590511号
(P4590511)

(45) 発行日 平成22年12月1日(2010.12.1)

(24) 登録日 平成22年9月24日(2010.9.24)

(51) Int.Cl.

F 1

GO 1 C 17/38 (2006.01)
GO 1 R 33/02 (2006.01)GO 1 C 17/38
GO 1 R 33/02S
L

請求項の数 4 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2007-110968 (P2007-110968)
 (22) 出願日 平成19年3月23日 (2007.3.23)
 (65) 公開番号 特開2008-241675 (P2008-241675A)
 (43) 公開日 平成20年10月9日 (2008.10.9)
 審査請求日 平成19年8月21日 (2007.8.21)

(73) 特許権者 501034106
 アイチ・マイクロ・インテリジェント株式会社
 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地
 (72) 発明者 本藏 義信
 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 アイチ・マイクロ・インテリジェント株式会社内
 (72) 発明者 土田 克彦
 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 アイチ・マイクロ・インテリジェント株式会社内
 審査官 東 勝之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電子コンパス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子コンパスの移動とともに変化する地磁気ベクトルの3軸成分を直交する3軸成分データ(x_1, y_1, z_1)、(x_2, y_2, z_2)…(x_i, y_i, z_i)として検出する直交配列された3軸の磁気センサと、

前記3軸の磁気センサのオフセットを校正する校正手段と、

前記校正手段に基づいて得られたオフセット校正值により前記地磁気ベクトルを補正して方位を算出する方位演算部からなる電子コンパスであって、

前記校正手段が、

前記地磁気ベクトルの少なくとも4点からなる測定点を前記磁気センサのオフセット計算のための採用の可否について判定するオフセット計算用測定点判定部と 10

前記オフセット計算用測定点の判定結果に基づいて順次得られた前記オフセット計算用測定点の地磁気ベクトルを順次格納するオフセット計算用測定点格納部と、

前記オフセット計算用測定点格納部に格納された前記4点の測定点に基づいて磁気センサのオフセットを校正するオフセット計算部と、

前記オフセット計算部により算出されたオフセット校正值を格納するオフセット校正值格納部とからなり、

前記オフセット計算用測定点判定部は、

前記3軸の磁気センサより検出された任意の地磁気ベクトルを第1点目(x_1, y_1, z_1)として判定する第1点判定手段と、

前記第1点目の判定により定められた、前記第1点目の測定点(x_1, y_1, z_1)からしきい値M1を超える距離であり、かつ、第2点目(x_2, y_2, z_2)の3つの成分データにおいて少なくとも1つは前記第1点目(x_1, y_1, z_1)と同じ成分との差分がしきい値M2超であるか否かを判定する第2点判定手段と、

前記第2点目までの判定により定められた、前記第1点目(x_1, y_1, z_1)及び前記第2点目(x_2, y_2, z_2)の測定点からしきい値M1を超える距離であり、かつ、第3点目(x_3, y_3, z_3)の3つの成分データのうち、前記第2点判定手段において採用した成分データとは異なる2つの成分のうちいずれか1つは前記第2点目の測定点(x_2, y_2, z_2)の同じ成分との差分が前記しきい値M2超で、かつ、前記第1点目(x_1, y_1, z_1)、前記第2点目(x_2, y_2, z_2)及び前記第3点目(x_3, y_3, z_3)の測定点が座標空間内で形成する三角形が鈍角三角形であるか否かを判定する第3点判定手段と、

前記第3点目までの判定により定められた、前記第1点目(x_1, y_1, z_1)、前記第2点目(x_2, y_2, z_2)及び前記第3点目(x_3, y_3, z_3)の測定点からしきい値M1を超える距離であり、かつ、第4点目(x_4, y_4, z_4)の3つの成分データのうち、前記第2点判定手段及び前記第3点判定手段において採用した成分データとは異なる残りの1つの成分は前記第1点目から3点目の測定点のうち少なくとも1つの測定点の同じ成分との差分が前記しきい値M2超で、かつ、前記第3点判定手段において定めた三角形を形成する平面との距離がしきい値M1以上であるか否かを判定する第4点判定手段とを備えていることを特徴とする電子コンパス。

10

20

【請求項2】

前記3軸の磁気センサは、磁気センサのノイズレベルが5mG以下であることを特徴とする請求項1に記載の電子コンパス。

【請求項3】

前記3軸の磁気センサは、磁気センサの直線性が0.8%以下であることを特徴とする請求項1又は2に記載の電子コンパス。

【請求項4】

前記電子コンパスは、携帯電話に搭載されており、保管状態の携帯電話を通話のために取り出してから通話を完了するという基本動作中にオフセット計算用測定点判定のための少なくとも4点からなる測定点のサンプリングを行うことを特徴とする請求項1乃至3に記載の電子コンパス。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気センサを用いて方位を測定する電子コンパスに関する。

より詳しくは、方位測定のための校正(オフセット補正)を方位計測用データにより行う技術に関し、特に、使用者が特別の手順を実行すること無しに、3軸の地磁気センサから得られたデータを使って適正な校正方法を行って正しい方位を測定する電子コンパスに関する。

【背景技術】

【0002】

地磁気を検出する磁気センサを備え、この磁気センサによって検出された地磁気に基づいて方位測定を行う携帯電話等の携帯端末が知られている。ここで測定された方位は、例えばナビゲーション用の地図の表示に利用され、現在位置に基づいた地図を、携帯端末の向き(方位)に合わせて表示する機能を可能とする。

【0003】

ところが、携帯端末には、これに搭載されるスピーカおよびマイクロホンや、着磁した電子部品の金属パッケージ等から漏れる磁気が存在するため、この携帯端末に搭載された磁気センサは、携帯端末内部の電子部品等から発生する磁界と地磁気とが合成された磁界を検出することになる。したがって、携帯端末内部の電子部品等から発生する磁界による

40

50

誤差（オフセット）分を補正するための校正処理が必要となる。そこで従来 2 軸の地磁気センサを搭載した携帯端末では、校正処理を行うために、ユーザが携帯端末を例えれば 360 度回転させ、この動作の間に携帯端末は磁気センサから測定データを収集し、測定データに基づいてオフセットを推定していた。

【0004】

具体的には、3 軸の磁気センサを一定の地磁気の中で回転させた場合の各軸成分の出力を空間（3 軸の磁気センサの各軸成分の出力がプロットされる空間のことを三次元方位空間とも称する。）にプロットした場合、その軌跡が球をなす。この球を方位球と呼び、方位球の中心が方位センサのオフセットに対応する。したがって、オフセットの校正是、さまざまな方位・姿勢で計測された地磁気の計測値から、方位球の中心点を求めてそれを新しいオフセット値として採用することに他ならない。なお、ここで方位球の半径は地磁気の強さに対応する。10

【0005】

このような携帯端末に搭載された磁気センサの校正に関しては、例えば、特許文献 1 に開示された技術がある。この技術では、携帯端末を所定の角度ずつ回転させ、各角度において磁気センサによって測定されたデータに基づいてオフセットを推定することにより、回転速度に依存せずに校正を行えるようになっている。

しかしながら、これは携帯電話を所定の角度ずつ回転させるという作業を、携帯端末の使用者に強制されることになり、使用者の負担が増す。また、使用者によっては、かならずしも定められた校正手順が正確に行われない可能性があり、結果として校正が精確に行われず方位計測結果に誤差が入るという問題点があった。20

【0006】

また、特許文献 2 に開示された方法では、校正時に有効な測定データが得られなくても仮オフセット値をつかって校正処理を行うようにしている。これにより、使用者が方位データ取得のために気を使ってあらかじめ定められた手順で携帯電話などを動かす必要がなくなり、負担が軽減されるとしている。

しかしながら、そもそも校正に有効な計測値が得られないのに校正作業を完了するため、状況によっては正確な校正が行えず、その後の方位表示に誤差が生じる可能性が生じる。また、オフセット値の算出のために最小自乗法を用いるために、校正の精確さを期すためには計測値が多数必要であるという欠点があった。30

【0007】

【特許文献 1】特開 2004 - 12416 号公報

【特許文献 2】特開 2006 - 78474 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

従来の技術では、携帯端末内部の電子部品等から発生する磁界による誤差（オフセット）分を補正するための校正処理を実施するのに、使用者があらかじめ定められた複雑な校正手順を実行する必要があり使用者の負担が大きい。また、この負担を低減しようとして校正に有効な計測値が得られなくても校正作業を完了すると、結果として方位表示に誤差が混入することになる。さらに、オフセット値の計算に最小自乗法を用いるために、正確な校正のためには多数の計測値が必要となる、という問題点があった。40

【0009】

従って、本発明の目的は、上記の点にかんがみてなされたものであって、使用者があらかじめ定めた磁気センサ自体の校正手順を実行しなくでも、携帯端末機器を使用する際の基本動作の中でオフセットによる磁場の変化を常に正確に補正できる電子コンパスを提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の電子コンパスは、電子コンパスの移動とともに変化する地磁気ベクトルの 3 軸50

成分を直交する 3 軸成分データ (x_1, y_1, z_1)、(x_2, y_2, z_2) … (x_i, y_i, z_i) として検出する直交配列された 3 軸の磁気センサと、前記 3 軸の磁気センサのオフセットを校正する校正手段と、前記校正手段に基づいて得られたオフセット校正値により前記地磁気ベクトルを補正して方位を算出する方位演算部からなる電子コンパスであって、前記校正手段が、前記地磁気ベクトルの少なくとも 4 点からなる測定点を前記磁気センサのオフセット計算のための採用の可否について判定するオフセット計算用測定点判定部と、前記オフセット計算用測定点の判定結果に基づいて順次得られた前記オフセット計算用測定点の地磁気ベクトルを順次格納するオフセット計算用測定点格納部と、前記オフセット計算用測定点格納部に格納された前記 4 点の測定点に基づいて磁気センサのオフセットを校正するオフセット計算部と、前記オフセット計算部により算出されたオフセット校正值を格納するオフセット校正值格納部とを備え、前記オフセット計算用測定点判定部は、前記 3 軸の磁気センサより検出された任意の地磁気ベクトルを第 1 点目 (x_1, y_1, z_1) として判定する第 1 点判定手段と、前記第 1 点目の判定により定められた、前記第 1 点目の測定点 (x_1, y_1, z_1) からしきい値 M1 を超える距離であり、かつ、第 2 点目 (x_2, y_2, z_2) の 3 つの成分データにおいて少なくとも 1 つは前記第 1 点目 (x_1, y_1, z_1) の同じ成分との差分がしきい値 M2 超であるか否かを判定する第 2 点判定手段と、前記第 2 点目までの判定により定められた、前記第 1 点目 (x_1, y_1, z_1) 及び前記第 2 点目 (x_2, y_2, z_2) の測定点からしきい値 M1 を超える距離であり、かつ、第 3 点目 (x_3, y_3, z_3) の 3 つの成分データのうち、前記第 2 点判定手段において採用した成分データとは異なる 2 つの成分のうちいずれか 1 つは前記第 2 点目の測定点 (x_2, y_2, z_2) の同じ成分との差分が前記しきい値 M2 超で、かつ、前記第 1 点目 (x_1, y_1, z_1)、前記第 2 点目 (x_2, y_2, z_2) 及び前記第 3 点目 (x_3, y_3, z_3) の測定点が座標空間内で形成する三角形が鈍角三角形であるか否かを判定する第 3 点判定手段と、前記第 3 点目までの判定により定められた、前記第 1 点目 (x_1, y_1, z_1)、前記第 2 点目 (x_2, y_2, z_2) 及び前記第 3 点目 (x_3, y_3, z_3) の測定点からしきい値 M1 を超える距離であり、かつ、第 4 点目 (x_4, y_4, z_4) の 3 つの成分データのうち、前記第 2 点判定手段及び前記第 3 点判定手段において採用した成分データとは異なる残りの 1 つの成分は前記第 1 点目から 3 点目の測定点のうち少なくとも 1 つの測定点の同じ成分との差分が前記しきい値 M2 超で、かつ、前記第 3 点判定手段において定めた三角形を形成する平面との距離がしきい値 M1 以上であるか否かを判定する第 4 点判定手段とを備えていることを特徴とする（請求項 1）。

10

。

【0011】

これにより、電子コンパスの移動とともに変化する地磁気ベクトルの少なくとも 4 点の測定点のデータを採取することで、磁気センサのオフセット校正值を算出することが可能となる。

よって、使用者があらかじめ定められた複雑な校正手順を実行する必要もないので使用者の負担がなくなる。また、この負担軽減のために校正に有効な測定点のデータを得ずに校正作業を完了する結果としての方位表示に誤差が混入することもない。さらに、オフセット計算用の測定点のデータは 4 点で済むことから、最小自乗法を用いるために必要な多数のデータは不要となる。

したがって、校正作業や多数の測定点のデータに依存することなく、磁気センサの校正を精確にできる。

【0012】

また、本発明の電子コンパスに用いられる 3 軸の磁気センサは、磁気センサのノイズレベルが 5 mG 以下であることが好ましい（請求項 2）。

【0013】

これにより、地磁気ベクトルの少なくとも 4 点の測定点のデータから算出されるオフセット校正值の誤差が少くなり、磁気センサの校正を精確にできる。

【0014】

10

20

30

40

50

また、本発明の電子コンパスに用いられる3軸の磁気センサは、磁気センサの直線性が0.8%以下であることが好ましい(請求項3)。

【0015】

これにより、磁気センサにより検出する磁気に対応する出力が正確となり、磁気センサの校正を精確にできる。

【0017】

本発明にかかる電子コンパスのオフセット計算用測定点判定部において、方位球の中心点を求めてそれを新しいオフセット値とするため、方位球の球面上に点在する4点間の相互関係が所定の要件を充足するか否かを判定して、オフセット計算用測定点としての採用の可否を判定する。なお、方位球の半径は地磁気の強さとする。

10

【0018】

すなわち、3軸の磁気センサにより検出した任意の地磁気ベクトルであって方位球の球面上に点在する第1点目(x_1, y_1, z_1)を採取し、第1点目(x_1, y_1, z_1)として判定したのち、以後の第2点目(x_2, y_2, z_2)、第3点目(x_3, y_3, z_3)、及び第4点目(x_4, y_4, z_4)からなる計4点が相互に地磁気ベクトルの強さ、例えば450mG程度(地球上の測定値は場所により異なることから、本発明ではしきい値M1とする。)離れていることを要する。

これにより、計4点は相互に方位球の半径程度離れていることとなり、方位球の中心点を精度よく求めることができる。

【0019】

20

また、地磁気ベクトルの磁気データを構成する3つの成分データについて、上述の第1点目(x_1, y_1, z_1)と新しく第2点目(x_2, y_2, z_2)、第3点目(x_3, y_3, z_3)、及び第4点目(x_4, y_4, z_4)との対比をして、同一成分データの間ににおける差分の値が、例えば400mG程度(前述のしきい値M1から測定点間の精度を考慮して本発明では、しきい値M2とする。)離れていることを要する。

これにより、計4点は相互に方位球において3次元的に離れていることとなり、方位球の中心点を精度よく求めることができる。

【0020】

また、第1点目(x_1, y_1, z_1)、第2点目(x_2, y_2, z_2)及び第3点目(x_3, y_3, z_3)が座標空間内で形成する三角形が鈍角三角形でないことを要する。

30

これにより、第1点目(x_1, y_1, z_1)、第2点目(x_2, y_2, z_2)及び第3点目(x_3, y_3, z_3)が有する誤差を原因とする方位球の中心点の推定における誤差を少なくし、方位球の中心点を精度よく求めることができる。

【0021】

また、第1点目(x_1, y_1, z_1)、第2点目(x_2, y_2, z_2)及び第3点目(x_3, y_3, z_3)が座標空間内で形成する三角形の平面と第4点目(x_4, y_4, z_4)との距離が地磁気ベクトルの強さ、例えば450mG程度(本発明ではしきい値M1とする。)離れていることを要する。

これにより、計4点は同一面上に存在せず、第4点目(x_4, y_4, z_4)が三角形の平面から垂直距離にて方位球の半径程度離れていることとなり、方位球の中心点を精度よく求めることができる。

40

【0022】

また、本発明の電子コンパスは、携帯電話に搭載されており、保管状態の携帯電話を通話のために取り出してから通話を完了するという基本動作中にオフセット計算用測定点判定のための少なくとも4点からなる測定点のサンプリングを行うことが好ましい(請求項4)。

【0023】

すなわち、携帯電話を持つ人は、携帯電話を衣服内のポケットや手に持つかばん内などに保管している。電話を受信する時又は送信する時には、まず、保管状態から手元に保持し、受信・送信に応答するための準備動作を携帯電話の画面を見て行う。次いで、その準

50

備動作の後、会話をするために耳元に移動する移動動作を行い、会話を開始する。会話終了後は、手元に戻して受信・送信の終了作業（移動動作）を、必要に応じて携帯電話の画面を見て行う。そして、保管状態に置くこと（終了動作）となる。

以上の基本動作において、少なくとも4点からなる測定点のサンプリングを行うこととする。

【0024】

これにより、使用者はあらかじめ定められた複雑な校正手順を実行する必要ないので使用者の負担がなくなる。

【0025】

なお、基本動作としては、手元に保持して受信・送信に応答するための準備動作から会話をしない、会話終了後は、手元に戻して受信・送信の終了作業（移動動作）までの動作でもよい。10

【発明の効果】

【0026】

本発明によれば、電子コンパスを持つ人の、又は電子コンパスを搭載した携帯電話を持つ人の自然な動き、すなわち基本動作から得られる3軸の磁気センサより検出される磁気ベクトルの出力は、地磁気を半径とする方位球の球面上に点在し、その中心座標を推定することでオフセットを可能となる。

【0027】

よって、使用者があらかじめ定められた複雑な校正手順を実行する必要ないので使用者の負担がなくなる。また、この負担軽減のために校正に有効な測定点のデータを得ずに対応する結果としての方位表示に誤差が混入することもない。さらに、オフセット計算用の測定点のデータは4点で済むことから、最小自乗法を用いるために必要な多数のデータは不要となる。20

したがって、校正作業や多数の測定点のデータに依存することなく、磁気センサの校正を精確にできる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、本発明の実施形態に係る電子コンパスについて、図面を参照しながら説明する。

図1は、本発明の電子コンパスの概略構成を示すブロック図である。30

【0029】

図1において、電子コンパス10は、3軸の磁気センサ1、校正手段20、その他校正值（感度など）格納部6、方位演算部7及び方位表示部8からなり、校正手段20にはオフセット計算用測定点判定部2、オフセット計算用測定点格納部3、オフセット計算部4及びオフセット校正值格納部5が設けられている。なお、オフセット計算用測定点格納部3には、第1点、第2点、第3点及び第4点が格納される。

【0030】

ここで、3軸の磁気センサ1は、x軸の磁気センサ素子、y軸の磁気センサ素子及びz軸磁気センサ素子はセンサモジュールに配置され、x軸の磁気センサ素子、y軸の磁気センサ素子及びz軸の磁気センサ素子は直交する3軸の磁気方向の磁気を検出するように配置されている。40

【0031】

なお、磁気センサ1は電子コンパス内に搭載されるためにM Iセンサ、ホール素子などの小型の磁気センサであることが望ましい。また、本発明の電子コンパスは少なくとも4点の磁気データを検出してオフセットを行うために、磁気センサとしては、磁気センサのノイズレベルが5mG以下であることが好ましい。また、磁気センサの直線性が0.8%以下であることが好ましい。

さらに、小型で、ノイズレベル5mG以下かつ直線性が0.8%以下の性能を有するM Iセンサであることが好ましい。

【0032】

50

次に、3軸の磁気センサにより検出されている3成分からなる磁気データは、オフセット計算が開始されると、3軸の磁気センサ1から新しい測定点の3成分の磁気データを取得して、校正手段20のオフセット計算用測定点判定部2に入力され、第1点目として判定され、オフセット計算用測定点格納部3に格納される。

第1点目が格納されると、また3軸の磁気センサ1から新しい測定点の3成分の磁気データを取得して、オフセット計算用測定点判定部2に入力され、第2点目として採用の可否が判定され、採用となるとオフセット計算用測定点格納部3に格納される。

以下、第3点目及び第4点目についても同様の処理により判定してオフセット計算用測定点格納部3に格納される。

【0033】

10

第1点目から第4点目までの計4点がオフセット計算用測定点格納部3に格納されると、計4点の3成分の磁気データがオフセット計算部4に出力され、オフセット計算部4にて新しいオフセット値が計算され、その新しいオフセット値はオフセット校正值格納部5に出力されて、旧オフセット校正值と置換されて格納される。

なお、オフセット校正值格納部5には電子コンパス（電子コンパスが搭載された携帯電話などの携帯用電子機器を含む。）が工場出荷時または使用者に譲渡等の際に最初のオフセット校正值が格納される。

【0034】

20

以上の構成により、オフセット校正值格納部5に格納されている新しいオフセット値は、必要に応じてその他校正值（感度など）格納部6に格納されているその他校正值とともに方位演算部7に出力される。

【0035】

方位演算部7では、3軸の磁気センサにより検出されている3成分からなる磁気データを、新しいオフセット値及び必要なその他校正值に基づいて校正して精確な方位を求めて出力し、次いで方位表示部8で表示する。

【0036】

次に、図2乃至図7のフロー図を用いて具体的な処理動作について説明する。

図2乃至図7は、本発明の実施形態に係る3軸磁気センサの校正方法を示すフロー図である。図2は、校正方法のメインフローを示す図であり、図3乃至図7は図2におけるサブフローを示す図である。

30

【0037】

図2において、図1に示す3軸の磁気データを所定の時間間隔で常時取得している3軸磁気センサ（以下、フロー図ではセンサという。）により新しい測定点（ x_1, y_1, z_1 ）を取得したのち、その磁気データを第1点（ x_1, y_1, z_1 ）とオフセット計算用測定点判定部2で判定し、オフセット計算用測定点格納部3に格納する（以下、フロー図では格納という。）（ステップS1～S2）。

【0038】

40

次の新しい測定点（ x_2, y_2, z_2 ）をセンサにより取得し、その磁気データを第2点（ x_2, y_2, z_2 ）として採用するか否かを判定する（ステップS3～S4）。採用するときは、次のステップS5により、第2点（ x_2, y_2, z_2 ）として格納する。採用しないときは、ステップS3に戻ってさらに新しい測定点（ x_2, y_2, z_2 ）をセンサにより取得し、その磁気データを第2点（ x_2, y_2, z_2 ）として採用するか否かを判定する（ステップS4）。

【0039】

図3において、ステップS4における新しい測定点（ x_2, y_2, z_2 ）を第2点（ x_2, y_2, z_2 ）として採用するか否かの判定について説明する。

まず、第1点（ x_1, y_1, z_1 ）と新しい測定点（ x_2, y_2, z_2 ）との間の距離 L_{1-2} とあらかじめ定めたしきい値M1とについて対比する。次いで、第1点（ x_1, y_1, z_1 ）と新しい測定点（ x_2, y_2, z_2 ）との3軸の磁気データについて各成分の差分についてあらかじめ定めたしきい値M2と対比して行う。

50

【0040】

すなわち、ステップS101において、 $\sqrt{\{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2\}}$ の値 L_{1-2} がしきい値M1より大きいとき(Y)はステップS102に移行する。しきい値M1より大きくないとき(N)はステップS105に移行し、第2点(x_2, y_2, z_2)として採用しないと判定する。

【0041】

次に、ステップS102において、 $|x - x_1| > M_2$ であるときは、第2点(x_2, y_2, z_2)として採用すると判定する(ステップS106)こととし、以下の第3点(x_3, y_3, z_3)及び第4点(x_4, y_4, z_4)の採用の可否の判定における判断標識としてFLG1=0の標識とする。

10

【0042】

$|x - x_1| > M_2$ でないときは、ステップS103に移行する。

【0043】

次のステップS103において、 $|y - y_1| > M_2$ であるときはFLG1=1と標識し、第2点(x_2, y_2, z_2)として採用と判定する(ステップS106)。 $|y - y_1| > M_2$ でないときは、ステップS104に移行する。

【0044】

次のステップS104において、 $|z - z_1| > M_2$ であるときはFLG1=2と標識し、第2点(x_2, y_2, z_2)として採用すると判定する(ステップS106)。 $|z - z_1| > M_2$ でないときは、第2点(x_2, y_2, z_2)として採用しないと判定する(ステップS105)。

20

【0045】

以上のステップS101～S106により、第2点(x_2, y_2, z_2)として採用すると判定すると、ステップS5において第2点(x_2, y_2, z_2)は格納され、次のステップS6に移行する。

【0046】

次の新しい測定点(x, y, z)をセンサにより取得し、その磁気データを第3点(x_2, y_2, z_2)として採用するか否かを判定する(ステップS6～S7)。採用するときは、次のステップS8により、第3点(x_3, y_3, z_3)として格納する。採用しないときは、ステップS6に戻ってさらに新しい測定点(x, y, z)をセンサにより取得し、その磁気データを第3点(x_3, y_3, z_3)として採用するか否かを判定する(ステップS7)。

30

【0047】

図4において、ステップS6にて新しい測定点(x, y, z)をセンサにより取得した磁気データを、ステップS7における第3点(x_3, y_3, z_3)として採用するか否かの判定について説明する。

【0048】

まず、第1点(x_1, y_1, z_1)と新しい測定点(x, y, z)との間の距離 L_{1-3} と、第2点(x_2, y_2, z_2)と新しい測定点(x, y, z)との間の距離 L_{2-3} とについてあらかじめ定めたしきい値M1とについて対比する。

40

次いで、ステップS4における新しい測定点(x, y, z)と第1点(x_1, y_1, z_1)との対比により、第2点(x_2, y_2, z_2)として採用する際に判定の根拠となつた第1点(x_1, y_1, z_1)の3成分のうちのいずれかの成分を除く他の2つの成分データについて、対応する新しい測定点(x, y, z)の磁気データの成分における各成分の差分についてあらかじめ定めたしきい値M2とを対比して行う。

最後に、第1点(x_1, y_1, z_1)、第2点(x_2, y_2, z_2)及び新しい測定点(x, y, z)からなる座標空間内で形成する三角形が鈍角三角形であるか否かを判定する。

【0049】

すなわち、ステップS201において、 $\sqrt{\{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2\}}$

50

の値 $L_{1 \sim 3}$ 及び $\{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 + (z_2 - z)^2\}$ の値 $L_{1 \sim 3}$ の両者がしきい値 M_1 より大きいとき (Y) はステップ S 202 に移行する。いずれか一方若しくは両者ともにしきい値 M_1 より大きくないとき (N) はステップ S 205 に移行し、第3点 (x_3, y_3, z_3) として採用しないと判定する。

【0050】

ステップ S 202において、図3における判断標識である $F L G 1 = 0$ 、 $F L G 1 = 1$ 及び $F L G 1 = 2$ について、それぞれ場合分けして行う。

【0051】

まず、 $F L G 1 = 0$ の場合には、ステップ S 203 に移行する。

ステップ S 203において、 $|y - y_1| > M_2$ であるときは、 $F L G 2 = 1$ と標識し 10
ステップ S 212 に移行する。 $|y - y_1| > M_2$ でないときは、ステップ S 204 に移行する。

ステップ S 204において、 $|z - z_1| > M_2$ であるときは、 $F L G 2 = 2$ と標識し
ステップ S 212 に移行する。 $|z - z_1| > M_2$ でないときは、第3点 (x_3, y_3, z_3) として採用しないと判定する(ステップ S 205)。

【0052】

次に、 $F L G 1 = 1$ の場合には、ステップ S 206 に移行する。

ステップ S 206において、 $|x - x_1| > M_2$ であるときは、 $F L G 2 = 0$ と標識し
ステップ S 212 に移行する。 $|x - x_1| > M_2$ でないときは、ステップ S 207 に移行 20
する。

ステップ S 207において、 $|z - z_1| > M_2$ であるときは、 $F L G 2 = 2$ と標識し
ステップ S 212 に移行する。 $|z - z_1| > M_2$ でないときは、第3点 (x_3, y_3, z_3) として採用しないと判定する(ステップ S 208)。

【0053】

最後に、 $F L G 1 = 2$ の場合には、ステップ S 209 に移行する。

ステップ S 209において、 $|x - x_1| > M_2$ であるときは、 $F L G 2 = 0$ と標識し
ステップ S 212 に移行する。 $|x - x_1| > M_2$ でないときは、ステップ S 210 に移行 30
する。

ステップ S 210において、 $|y - y_1| > M_2$ であるときは、 $F L G 2 = 1$ と標識し
ステップ S 212 に移行する。 $|y - y_1| > M_2$ でないときは、第3点 (x_3, y_3, z_3) として採用しないと判定する(ステップ S 211)。

【0054】

ステップ S 203 及び S 204、ステップ S 206 及び S 207、並びにステップ S 209 及び S 210 により S 212 に移行した新しい測定点 (x, y, z) と、第1点 (x_1, y_1, z_1) 及び第2点 (x_2, y_2, z_2) とからなる3点でつくる三角形が鈍角
三角形であるか否かを判定する(ステップ S 212)。

【0055】

ステップ S 212においては、第1点を A (x_1, y_1, z_1)、第2点を B (x_2, y_2, z_2)、第3点として判定されている新しい測定点を C (x, y, z) として、余弦定理を用いて A、B 及び C の cos を求める。 40

【0056】

すなわち、(数1)～(数3)により a, b 及び c を算出すると、(数4)～(数6) により cos A, cos B 及び cos C を導くことができる。

【0057】

【数1】

$$a = \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 + (z_2 - z)^2}$$

【0058】

【数2】

$$b = \sqrt{ \{ (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 \} }$$

【0059】

【数3】

$$c = \sqrt{ \{ (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2 \} }$$

【0060】

【数4】

$$\cos A = (b^2 + c^2 - a^2) / 2bc$$

10

【0061】

【数5】

$$\cos B = (c^2 + a^2 - b^2) / 2ca$$

【0062】

【数6】

$$\cos C = (a^2 + b^2 - c^2) / 2ab$$

20

【0063】

以上の計算より、 $\cos A$ 、 $\cos B$ 及び $\cos C$ のいずれかの値が負の値のときは鈍角三角形であり、全ての値が正の値を示すときは鈍角三角形でない関係が得られる。

【0064】

したがって、第1点(x_1, y_1, z_1)、第2点(x_2, y_2, z_2)及び新しい測定点(x, y, z)でつくる三角形が鈍角三角形であるときは、第3点(x_3, y_3, z_3)として採用しないと判定する(ステップS213)。

【0065】

第1点(x_1, y_1, z_1)、第2点(x_2, y_2, z_2)及び新しい測定点(x, y, z)でつくる三角形が鈍角三角形でないときは、第3点(x_3, y_3, z_3)として採用すると判定する(ステップS214)。

30

【0066】

以上のステップS201～S214により、第3点(x_3, y_3, z_3)として採用すると判定すると、ステップ8において第3点(x_3, y_3, z_3)は格納され、次のステップS9に移行する。

【0067】

さらに、次の新しい測定点(x, y, z)をセンサにより取得し、その磁気データを第4点(x_4, y_4, z_4)として採用するか否かを判定する(ステップS9～S10)。採用するときは、次のステップS11により、第4点(x_4, y_4, z_4)として格納する。採用しないときは、ステップS9に戻ってさらに新しい測定点(x, y, z)をセンサにより取得し、その磁気データを第4点(x_4, y_4, z_4)として採用するか否かを判定する(ステップS10)。

40

【0068】

図5～7において、ステップS9にて新しい測定点(x, y, z)をセンサにより取得した磁気データを、ステップS10における第4点(x_4, y_4, z_4)として採用するか否かの判定について説明する。

【0069】

まず、第1点(x_1, y_1, z_1)と新しい測定点(x, y, z)との間の距離 L_{1-4} と、第2点(x_2, y_2, z_2)と新しい測定点(x, y, z)との間の距離 L_{2-4} と、第3点(x_3, y_3, z_3)と新しい測定点(x, y, z)との間の距離 L_{3-4} と

50

についてあらかじめ定めたしきい値M1とについて対比する。

【0070】

次いで、ステップS4及びステップS7における新しい測定点(x, y, z)と第1点(x_1, y_1, z_1)との対比により第2点(x_2, y_2, z_2)及び第3点(x_3, y_3, z_3)として採用する際に判定の根拠となった第1点(x_1, y_1, z_1)の3成分のうちの2成分を除く残りの1つの成分データについて、ステップS9により取得した新しい測定点(x, y, z)の磁気データのうち対応する成分との差分についてあらかじめ定めたしきい値M2とを対比して行う。

【0071】

最後に、第1点(x_1, y_1, z_1)、第2点(x_2, y_2, z_2)及び第3点(x_3, y_3, z_3)の3点からなる平面と新しい測定点(x, y, z)との距離 $L_{1,2,3-4}$ と所定のしきい値M2とについて対比する。10

【0072】

すなわち、図3における判断標識である $F\ L\ G\ 1 = 0, 1, 2$ について、並びに図4における判断標識である $F\ L\ G\ 2 = 0, 1, 2$ について、図5(ステップS301~)、図6(S301~S303、S311~)及び図7(S301~S303、S318~)によりそれぞれ場合分けして行う。

【0073】

まず、図5により、ステップS301において、 $\frac{\{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2\}}{L_{1-4}}$ の値 L_{1-4} 、 $\frac{\{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 + (z_2 - z)^2\}}{L_{2-4}}$ 及び $\frac{\{(x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 + (z_3 - z)^2\}}{L_{3-4}}$ の値 L_{3-4} の全ての値がしきい値M1より大きいとき(Y)はステップS302に移行する。いずれか一つの値がしきい値M1より大きくないとき(N)はステップS303に移行し、第4点(x_4, y_4, z_4)として採用しないと判定する。20

【0074】

ステップS302において、 $F\ L\ G\ 1 = 1$ で $F\ L\ G\ 2 = 2$ の場合、または $F\ L\ G\ 1 = 2$ で $F\ L\ G\ 2 = 1$ の場合には、ステップS304に移行する。

【0075】

ステップS304において、 $|x - x_1| > M2$ であるときは、ステップS308に移行する。 $|x - x_1| > M2$ でないときは、ステップS305に移行する。30

ステップS305において、 $|x - x_2| > M2$ であるときは、ステップS308に移行する。 $|x - x_2| > M2$ でないときは、ステップS306に移行する。

ステップS306において、 $|x - x_3| > M2$ であるときは、ステップS308に移行する。 $|x - x_3| > M2$ でないときは、第4点(x_4, y_4, z_4)として採用しないと判定する(ステップS307)。

【0076】

ステップS304~ステップS306により移行したステップS308では、上記の第1点(x_1, y_1, z_1)、第2点(x_2, y_2, z_2)、第3点(x_3, y_3, z_3)の3点からなる平面と新しい測定点(x, y, z)との距離 $L_{1,2,3-4}$ が所定のしきい値M1より大きいか否か対比して行う。40

【0077】

ステップS308においては、第1点であるA(x_1, y_1, z_1)、第2点であるB(x_2, y_2, z_2)、第3点であるC(x_3, y_3, z_3)の3点によって定められる面と、面の外部の点である新しい測定点(x, y, z)との距離 $L_{1,2,3-4}$ を計算する方法は以下のとおりである。

すなわち、面ABCの方程式が(数7)で表される場合、距離Lは(数8)と計算できる。

【0078】

【数7】

$$a x + b y + c z + d = 0$$

【0079】

【数8】

$$\text{距離 } L_{1,2,3-4} = |ax + by + cz + d| / \sqrt{(a^2 + b^2 + c^2)}$$

【0080】

上記の(数8)により算出された距離 $L_{1,2,3-4}$ と所定のしきい値M1との対比を行う。

10

【0081】

すなわち、第1点(x_1, y_1, z_1)、第2点(x_2, y_2, z_2)、第3点(x_3, y_3, z_3)の3点からなる平面と新しい測定点(x, y, z)との距離 $L_{1,2,3-4}$ が所定のしきい値M1より大きくないときは、第4点(x_4, y_4, z_4)として採用しないと判定する(ステップS309)。

【0082】

一方、第1点(x_1, y_1, z_1)、第2点(x_2, y_2, z_2)、第3点(x_3, y_3, z_3)の3点からなる平面と新しい測定点(x, y, z)との距離 $L_{1,2,3-4}$ が所定のしきい値M1より大きいときは、第4点(x_4, y_4, z_4)として採用すると判定する(ステップS310)。

20

【0083】

次に、図6により、図5におけるステップS301の全ての値がしきい値M1より大きいとき(Y)はステップS302に移行し、ステップS302によりFLG1=2でFLG2=0の場合、またはFLG1=0でFLG2=2の場合には、ステップS311に移行する。

【0084】

ステップS311において、 $|y - y_1| > M2$ であるときは、ステップS315に移行する。 $|y - y_1| > M2$ でないときは、ステップS312に移行する。

ステップS312において、 $|y - y_2| > M2$ であるときは、ステップS315に移行する。 $|y - y_2| > M2$ でないときは、ステップS313に移行する。

30

ステップS313において、 $|y - y_3| > M2$ であるときは、ステップS315に移行する。 $|y - y_3| > M2$ でないときは、第4点(x_4, y_4, z_4)として採用しないと判定する(ステップS314)。

【0085】

ステップS311～ステップS313により移行したステップS315では、上記の第1点(x_1, y_1, z_1)、第2点(x_2, y_2, z_2)、第3点(x_3, y_3, z_3)の3点からなる平面と新しい測定点(x, y, z)との距離が所定のしきい値M1より大きいか否か対比して行う。

【0086】

ステップS315においては、上記のステップS308と同様の処理を行う。

40

したがって、第1点(x_1, y_1, z_1)、第2点(x_2, y_2, z_2)、第3点(x_3, y_3, z_3)の3点からなる平面と新しい測定点(x, y, z)との距離が所定のしきい値M1より大きくないときは、第4点(x_4, y_4, z_4)として採用しないと判定する(ステップS316)。

【0087】

第1点(x_1, y_1, z_1)、第2点(x_2, y_2, z_2)、第3点(x_3, y_3, z_3)の3点からなる平面と新しい測定点(x, y, z)との距離が所定のしきい値M1より大きいときは、第4点(x_4, y_4, z_4)として採用すると判定する(ステップS317)。

【0088】

50

次に、図7により、図5におけるステップS301の全ての値がしきい値M1より大きいとき(Y)はステップS302に移行し、ステップS302によりFLG1=1でFLG2=0の場合、またはFLG1=0でFLG2=1の場合には、ステップS318に移行する。

【0089】

ステップS318において、 $|z - z_1| > M2$ であるときは、ステップS322に移行する。 $|z - z_1| > M2$ でないときは、ステップS319に移行する。

ステップS319において、 $|z - z_2| > M2$ であるときは、ステップS322に移行する。 $|z - z_2| > M2$ でないときは、ステップS320に移行する。

ステップS320において、 $|z - z_3| > M2$ であるときは、ステップS322に移行する。 $|z - z_3| > M2$ でないときは、第4点(x_4, y_4, z_4)として採用しないと判定する(ステップS321)。 10

【0090】

ステップS318～ステップS320により移行したステップS322では、上記の第1点(x_1, y_1, z_1)、第2点(x_2, y_2, z_2)、第3点(x_3, y_3, z_3)の3点からなる平面と新しい測定点(x, y, z)との距離が所定のしきい値M1より大きいか否か対比して行う。

【0091】

ステップS322においては、上記のステップS308と同様の処理を行う。

【0092】

したがって、第1点(x_1, y_1, z_1)、第2点(x_2, y_2, z_2)、第3点(x_3, y_3, z_3)の3点からなる平面と新しい測定点(x, y, z)との距離が所定のしきい値M1より大きくないときは、第4点(x_4, y_4, z_4)として採用しないと判定する(ステップS323)。 20

【0093】

第1点(x_1, y_1, z_1)、第2点(x_2, y_2, z_2)、第3点(x_3, y_3, z_3)の3点からなる平面と新しい測定点(x, y, z)との距離が所定のしきい値M1より大きいときは、第4点(x_4, y_4, z_4)として採用すると判定する(ステップS324)。 24

【0094】

以上のステップS301～S324により、第4点(x_4, y_4, z_4)として採用すると判定すると、ステップ11において第4点(x_4, y_4, z_4)は格納され、次のステップS12に移行する。 30

【0095】

ステップS12においては、以上のステップによりオフセット計算用測定点として格納されている計4点の座標である第1点(x_1, y_1, z_1)、第2点(x_2, y_2, z_2)、第3点(x_3, y_3, z_3)及び第4点(x_4, y_4, z_4)から、4点を含む球面の中心となる新オフセット値((x_0, y_0, z_0))を算出する。

【0096】

算出方法は、3元連立方程式により、以下のとおりである。

4点の各座標は、

$$(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), (x_3, y_3, z_3), (x_4, y_4, z_4)$$

であるので、変数を減らすために原点を移動すると、

$$(x_1 - x_4, y_1 - y_4, z_1 - z_4), (x_2 - x_4, y_2 - y_4, z_2 - z_4), (x_3 - x_4, y_3 - y_4, z_3 - z_4), (0, 0, 0)$$

となる。

このとき、この座標を新たに、

$$(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), (x_3, y_3, z_3)$$

を定義し直す。 50

球の方程式は(数9)に代入して整理し、得られる行列式により連立方程式の解(a,b,c)を計算することができる。

【0097】

【数9】

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 + (z - c)^2 = r^2$$

【0098】

座標原点の移動分を元に戻すと解は、

$$(a + x_4, b + y_4, c + z_4)$$

となり、新しいオフセット値(x₀,y₀,z₀)を算出することができる。 10

【0099】

上記のステップS12により、算出された新しいオフセット値(x₀,y₀,z₀)はステップ13において格納され、終了する。

【図面の簡単な説明】

【0100】

【図1】 本発明にかかる電子コンパスの概略構成を示すブロック図である。

【図2】 本発明にかかる校正方法のメインフローを示す図である。図3乃至図7は図2におけるサブフローを示す図である。表す図である。 20

【図3】 本発明にかかる校正方法のメインフロー図における第2点目の処理に関するサブフローを示す図である。

【図4】 本発明にかかる校正方法のメインフロー図における第3点目の処理に関するサブフローを示す図である。

【図5】 本発明にかかる校正方法のメインフロー図における第4点目の処理に関するサブフローを示す図である。

【図6】 本発明にかかる校正方法のメインフロー図における第5点目の処理に関するサブフローを示す図である。

【図7】 本発明にかかる校正方法のメインフロー図における第6点目の処理に関するサブフローを示す図である。

【符号の説明】

【0101】

1 3軸の磁気センサ

2 オフセット計算用測定点判定部

3 オフセット計算用測定点格納部

4 オフセット計算部

5 オフセット校正值格納部

6 その他校正值(感度など)格納部

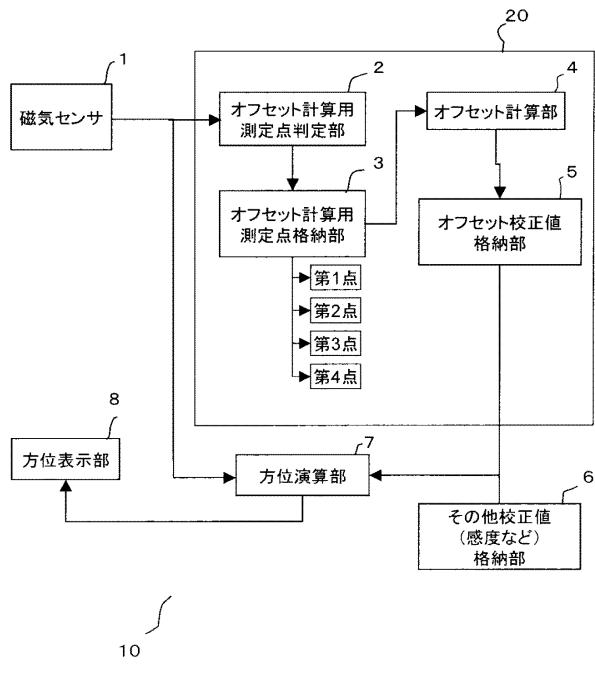
7 方位演算部

8 方位表示部

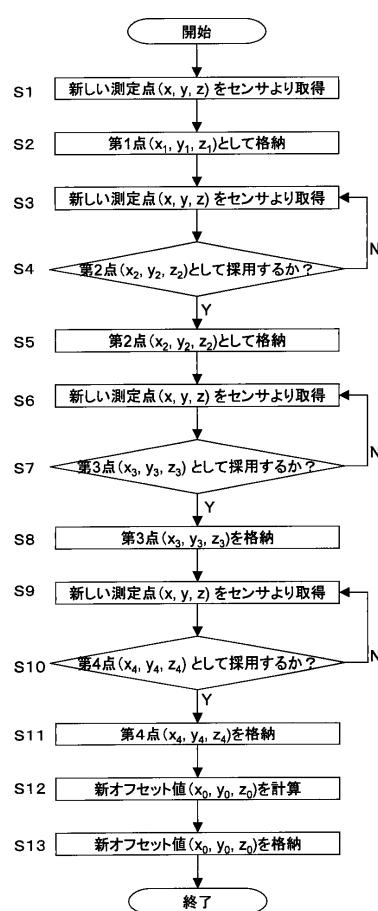
10 電子コンパス

20 校正手段 20 40

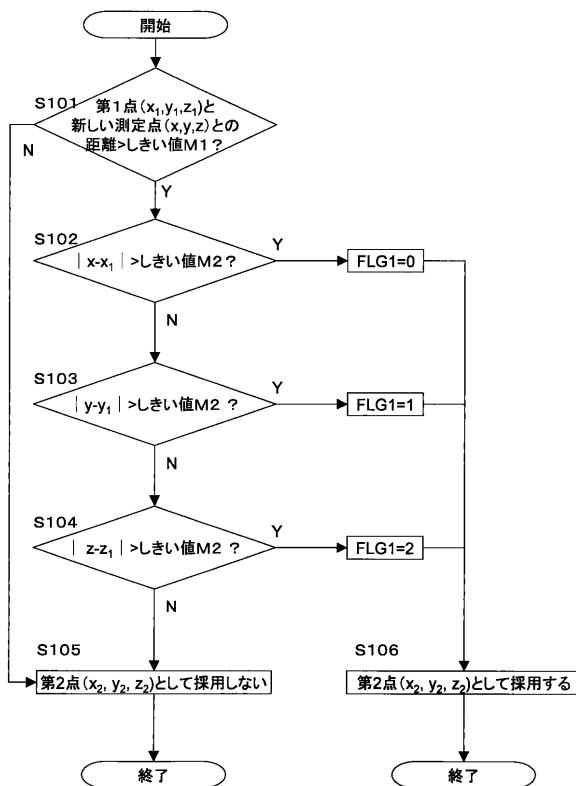
【図1】



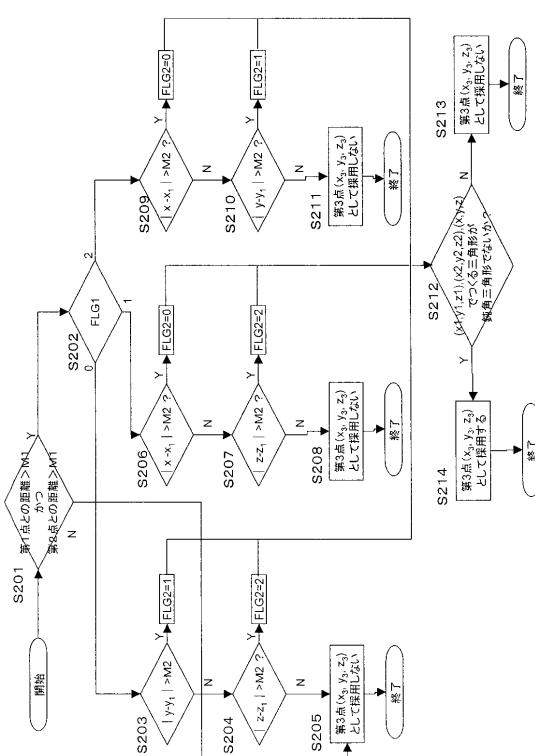
【図2】



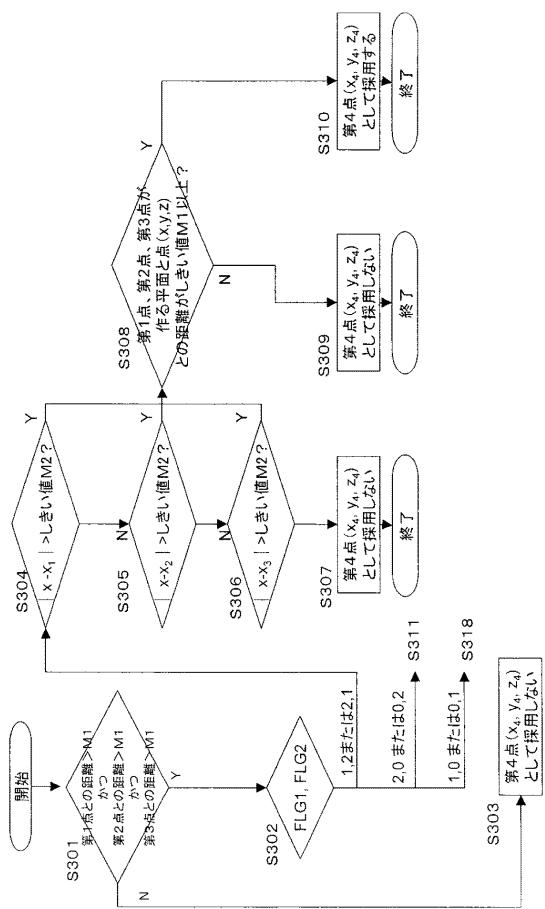
【図3】



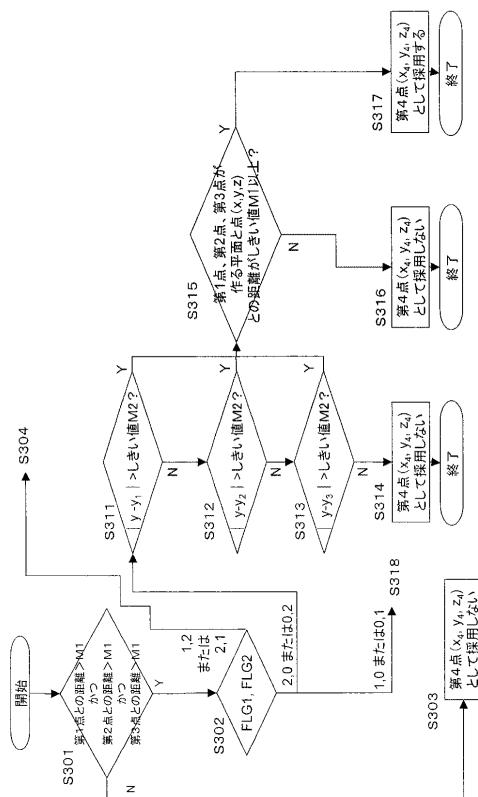
【図4】



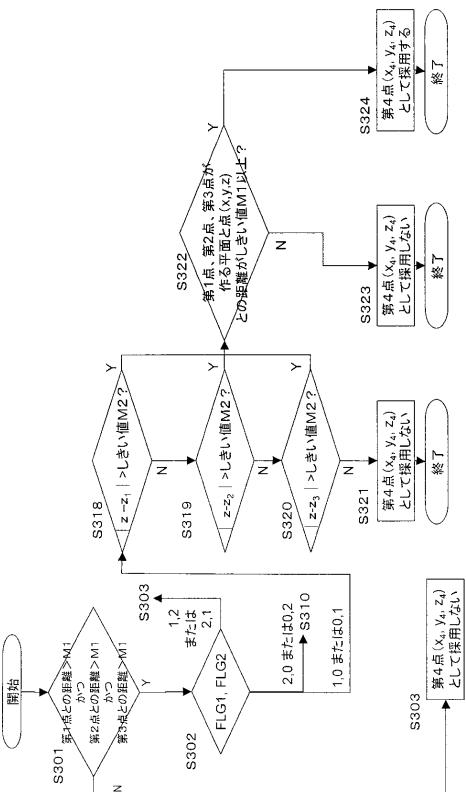
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-275524(JP,A)
再公表特許第2006/035505(JP,A1)
特開2005-345387(JP,A)
特開2007-139715(JP,A)
再公表特許第2007/129653(JP,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 C 17 / 38
G 01 R 33 / 02