

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2008 年 9 月 18 日 (18.09.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/111445 A1(51) 国際特許分類:
G01C 17/32 (2006.01) G01R 33/02 (2006.01)
G01C 17/28 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2008/053914

(22) 国際出願日: 2008 年 3 月 5 日 (05.03.2008)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2007-055977 2007 年 3 月 6 日 (06.03.2007) JP
特願2007-191164 2007 年 7 月 23 日 (23.07.2007) JP(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): アルプス
電気株式会社 (ALPS ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP];
〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 Tokyo
(JP).

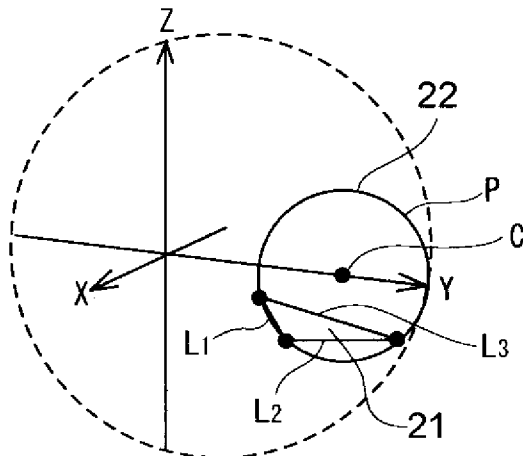
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 廣部 希世 (HI-
ROBE, Kisei) [JP/JP]; 〒1458501 東京都大田区雪谷大
塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP).
山田 幸光 (YAMADA, Yukimitsu) [JP/JP]; 〒1458501
東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 川原田 勝之 (KAWARADA, Kat-
suyuki) [JP/JP]; 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町
1 番 7 号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP).(74) 代理人: 青木 宏義, 外 (AOKI, Hiroyoshi et al.); 〒
1020084 東京都千代田区二番町 4 番 3 番 2 番町カシュ
ビル 7 F Tokyo (JP).(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が
可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM,
KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可
能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,
SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,
KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE,
SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).添付公開書類:
— 国際調査報告書

(54) Title: DIRECTION CALCULATION PROGRAM AND ELECTRONIC COMPASS

(54) 発明の名称: 方位演算プログラム及び電子コンパス

[図2]

(57) Abstract: A direction calculation program executes a di-
rection calculation by using a magnetic sensor output. The di-
rection calculation program includes: a first procedure for cre-
ating one triangle (21) by using three output values from a mag-
netic sensor unit (111) in a 3-dimensional space; a second pro-
cedure for obtaining a circumcircle (22) of the triangle (21); and
a third procedure for calculating a direction by using the coordi-
nate of the center of the circumcircle (22) and the output value
of the magnetic sensor.(57) 要約: 本発明の方位演算プログラムは、コンピュー
タにより実行可能であり、磁気センサの出力を用いて
方位演算を行う方位演算プログラムであって、三次元
空間において磁気センサ部 (111) の 3 つの出力値を
用いて一つの三角形 (21) を作成する第 1 手順と、三
角形 (21) の外接円 (22) を求める第 2 手順と、外
接円 (22) の中心の座標と磁気センサの出力値とから
方位演算する第 3 手順とを含む。

明 細 書

方位演算プログラム及び電子コンパス

技術分野

[0001] 本発明は、磁気センサの出力を用いて方位演算を行う方位演算プログラム及びそれを備えた電子コンパスに関する。

背景技術

[0002] 電子コンパスは、磁気センサの出力を用いて基準方向から方位角を算出するデバイスである。近年、このような電子コンパスを搭載した携帯電話のような携帯端末が開発されてきている。この携帯端末において、計測場所によらず方位演算を行うことができるものとして、特許文献1に開示されているものがある。この特許文献1に開示されている方法では、磁気センサの出力値を所定回数以上繰り返して求め、その複数の出力値が位置する円を用いて方位演算を行う。

特許文献1：特開2004－309228号公報

発明の開示

[0003] しかしながら、特許文献1に開示された方法では、磁気センサの出力値を所定回数以上繰り返して求めるので、方位演算に要する時間が長くなる。また、上記方法では、携帯端末の傾斜方向が変わった場合、例えば、携帯端末の傾斜方向が変化しながら方位が変わったときには正確に方位演算を行うことができない。

[0004] 本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、機器の傾斜方向が変化しても短時間に方位演算を行うことができる方位演算プログラム及び電子コンパスを提供することを目的とする。

[0005] 本発明の方位演算プログラムは、コンピュータにより実行可能であり、磁気センサの出力を用いて方位演算を行う方位演算プログラムであって、前記方位演算プログラムは、三次元空間において前記磁気センサの3つの出力値を用いて一つの三角形を作成する手順と、前記三角形の外接円を求める手順と、前記外接円の中心の座標と磁気センサの出力値とから方位演算する手順と、を含むことを特徴とする。

[0006] この構成によれば、磁気センサからの3つの出力値から方位演算を行うことができる

ので迅速に方位を求めることができる。また、本プログラムによれば、機器の傾斜方向が変化しても、瞬時に最新の出力値から方位演算を行うことができるので、機器の傾斜方向が急に変化しても正確な方位を求めることが可能となる。

[0007] 本発明の方位演算プログラムにおいては、既に求められた外接円を含む平面と新たに求められた外接円を含む平面との間のなす角が所定の範囲内にある場合に、前記既に求められた外接円の中心の座標を用いて方位演算を行うことが好ましい。

[0008] 本発明の方位演算プログラムにおいては、既に求められた外接円を含む平面と新たに求められた外接円を含む平面との間のなす角が所定の範囲内にある場合に、前記新たに求められた外接円の中心座標を用いて、前記既に求められた外接円の中心の座標の加重平均を求めることが好ましい。

[0009] 本発明の方位演算プログラムにおいては、前記外接円は、前記3つの出力値の組を複数収集し、それぞれの3つの出力値の組から求められた前記仮想外接円の中心群を平均化することにより求めることが好ましい。

[0010] 本発明の電子コンパスは、磁気センサを有するコンパスモジュールと、前記磁気センサの出力を用いて方位演算を行う上記方位演算プログラムを備えた制御手段と、を具備することを特徴とする。

[0011] 本発明の電子コンパスにおいては、前記制御手段は、前記3つの出力値を格納できるバッファを複数有し、前記磁気センサからの出力を所定の条件に基づいて前記複数のバッファに格納できるか判定することが好ましい。

[0012] 本発明の方位演算プログラムによれば、三次元空間において前記磁気センサの3つの出力値を用いて一つの三角形を作成し、前記三角形の外接円を求め、前記外接円の中心の座標と磁気センサの出力値とから方位演算するので、携帯端末の傾斜方向が変化しても短時間に方位演算を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の実施の形態に係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]本発明の実施の形態に係る方位演算の原理を説明するための図である。

[図3]3点を収集する際の手順を説明するためのフロー図である。

[図4]図3に示す手順による3点の収集を説明するための概念図である。

[図5]N組の3点をバッファ(0)～バッファ(N-1)に収集する手順を示すフロー図である。

[図6]N組の3点をバッファ(0)～バッファ(N-1)に収集する手順を示すフロー図である。

[図7]図5及び図6に示す手順による複数組の3点の収集を説明するための概念図である。

[図8]複数組の3点の収集の際のバッファ格納状態を説明するための図である。

[図9]外接円中心の平均化における密集度を説明するための図である。

[図10]本発明の実施の形態に係る方位演算プログラムを用いた方位演算を説明するためのフロー図である。

[図11](a)～(c)は、方位演算を説明するための図である。

発明を実施するための最良の形態

[0014] 以下、本発明の実施の形態について添付図面を参照して詳細に説明する。

図1は、本発明の実施の形態に係る電子コンパスの概略構成を示すブロック図である。図1に示す電子コンパス1は、コンパスモジュール11と、制御部12とから主に構成されている。コンパスモジュール11は、磁気センサ部111を有している。また、制御部12は、磁気センサ部111の出力を用いて方位を求める方位算出プログラム121と、磁気センサ部111の出力を用いて磁気センサの出力の基準点を求めるキャリブレーションプログラム122とを有する。

[0015] コンパスモジュール11の磁気センサ部111における磁気センサは、磁気検出用に少なくとも3軸に対応するものが用いられる。磁気センサを構成するセンサ素子の種類については特に制限はない。例えば、センサ素子としては、GMR(Giant Magnet oResistive)素子、AMR(Anisotropic MagnetoResistive)素子、TMR(Tunnel MagnetoResistive)素子、GIG(Granular In Gap)素子などの磁気抵抗効果素子でも良く、ホール素子、MI素子などのその他の磁気検出素子でも良い。また、コンパスモジュール11には、磁気センサ部11に電圧や磁界を印加するための処理部や磁気センサ部11からのアナログ信号をデジタル信号に変換する処理部などが含まれる。

[0016] 制御部12は、コンパスモジュール11を駆動するドライバソフトウェアとして少なくとも

方位算出プログラム121と、キャリブレーションプログラム122とを有する。キャリブレーションプログラム122については、磁気センサの出力の基準点を求めることができればその方法については特に制限はない。

[0017] 方位演算プログラム121は、磁気センサの出力を用いて方位を求めるプログラムである。本プログラムによれば、少ない出力値で方位演算を行うので、迅速に方位を求めることができる。また、本プログラムにおいては、傾斜方向が変わっても正確に方位演算を行うことができる。

[0018] 方位演算プログラム121は、コンピュータにより実行可能であり、磁気センサの出力を用いて方位演算を行うものであって、三次元空間において前記磁気センサの3つの出力値を用いて一つの三角形を作成する第1手順と、前記三角形の外接円を求める第2手順と、前記外接円の中心の座標と磁気センサの出力値とから方位演算する第3手順とを含む。

[0019] 図2は、本発明の実施の形態に係る方位演算の原理を説明するための図である。

第1手順においては、図2に示すように、三次元空間における磁気センサ出力を求める。この磁気センサ出力は、ユーザがコンパスモジュール11を搭載した機器の磁気センサ部111において検出される検出データである。この検出データは、後述する三角形を作成するために3点必要である。そして、磁気センサ部111で求めた3点の検出データを用いて三角形21を作成する。

[0020] この場合において、三角形21の確からしさを評価することにより精度を高めることが好ましい。方位演算を行う際に、種々の要因により磁気センサ111の出力にノイズが入ることが考えられる。三角形21の作成においてノイズの入った出力値を用いると正確に求めることができない。このため、ノイズが入っている場合に作成された三角形21は精度が低いために排除するために、三角形21の確からしさを評価する。これにより、高い精度で方位演算を行うことができる。具体的には、三角形21の各辺の長さ L_1 , L_2 , L_3 が所定の値を超えるかどうかを判断することにより評価する。この場合の所定の値は、キャリブレーションにより初期化されたパラメータにより求めることができる。例えば、パラメータとしては、キャリブレーションにより求められた、三次元空間における基準点間の距離(三角形の各辺の長さ)や三角形のサンプリング数が挙げられ、サン

プリングされ三角形のうち各辺において長さの最小値を所定の値とする。さらに、これらの各辺の長さが基準球Pの半径の所定の割合(N%)以上であるかについても判断して三角形の確からしさの評価を行うこともできる。また、基準球Pの中心点と、三角形21のそれぞれの頂点との距離が基準球Pの半径とおおよそ一致するかどうかに基づいて三角形の確からしさの評価を行っても良い。また、三角形の外接円の中心が基準球Pの内側にあること、あるいは三角形を含む平面と基準球Pの中心点との距離が基準球Pの半径以内であることなどから簡易的に確からしさの評価を行っても良い。

[0021] 第2手順においては、図2に示すように、三角形21の外接円22を求める。図2において、基準球Pの切断面を得るためである。また、求められた外接円22からその中心座標を求める。この中心座標を用いて方位演算を行う。

[0022] 第2手順において、外接円22を決定する際に、外接円22の中心座標があらかじめ設定された所定の範囲内に存在するかどうかを判断し、中心座標が所定の範囲内に存在すれば、外接円22を確定する。なお、この所定の範囲は、キャリブレーションにより初期化されたパラメータを用いて設定することができる。これにより、外接円の精度が高くなり、より正確に方位演算を行うことができる。

[0023] この外接円22の情報(外接円22を求めるための三角形21の出力値や中心座標)はメモリに格納されており、この既に求められた外接円情報と、新たに求められた外接円情報とを用いて、外接円22の精度を高めることができる。例えば、既に求められた外接円を含む平面と新たに求められた外接円を含む平面との間のなす角を求め、そのなす角が所定の範囲内にある場合には、メモリに格納された、既に求められた外接円の中心座標を用いて方位演算を行う。また、求められたなす角が所定の範囲外で、三角形21が確からしくないと判定された場合にはノイズの影響と判断し、同様にメモリに格納された、既に求められた外接円の中心座標を用いて方位演算を行う。また、求められたなす角が所定の範囲外で、かつ三角形21が確からしいと判定された場合には、傾斜方向が急に変化したと判断し、新たな外接円の中心座標を用いて方位演算を行う。このようにすることにより、電子コンパスを搭載した機器の傾斜方向が急に変わっても、新たな外接円を用いて方位演算を行うことができるので、傾斜方向

の変化に迅速に対応することができる。

[0024] また、既に求められた外接円を含む平面と新たに求められた外接円を含む平面との間のなす角が所定の範囲内にある場合に、新たに求められた外接円の中心座標を用いて、既に求められた外接円の中心座標の加重平均を求める。このように、新たに求められた外接円情報を用いて加重平均をとることにより、外接円の精度が高くなり、より正確に方位演算を行うことができる。

[0025] 第3手順においては、図2に示す外接円22の中心座標Cと磁気センサ部111の出力値とから方位演算を行う。

[0026] 本発明のキャリブレーションプログラムにおいては、三角形を作成するために3点を収集する。この3点の収集方法においては、各点間の距離が予め定められた距離以上であることの条件を考慮する。

[0027] 図3は、3点を収集する際の手順を説明するためのフロー図である。また、図4は、図3に示す手順による3点の収集を説明するための概念図である。図3及び図4において、任意のセンサ出力値を P_{NEW} とし、収集する3点のセンサ出力値を P_A 、 P_B 、 P_C とする。図3に示すように、まず、1点目の収集行ってそのセンサ出力値 P_{NEW} を P_A とする(ST11)。次いで、2点目の収集を行ってそのセンサ出力値 P_{NEW} が P_A と規定距離以上離れているかどうかを判断し(ST12)、規定距離以上離れていれば、そのセンサ出力値 P_{NEW} を P_B とする(ST13)。次いで、3点目の収集を行ってそのセンサ出力値 P_{NEW} が P_A と規定距離以上離れているか、及び P_{NEW} が P_B と規定距離以上離れているかどうかを判断し(ST14)、すべて規定距離以上離れていれば、そのセンサ出力値 P_{NEW} を P_C とする(ST15)。

[0028] このような方法においては、ランダムなセンサ出力から上記条件に合致する3点を収集するため、電子コンパスを操作するユーザに対して規定の動作を行わせる必要がなく、方位演算を実行することができる。

[0029] 実際には、電子回路から発生するノイズや、AD変換などの精度により、磁気センサの出力に誤差が生じる。そこで、このような誤差を除外し、外接円の中心(基準点)を正確に求めるために、上記のような3点の組を複数収集し、それぞれの3点の組から求められた外接円の中心群を平均化することが望ましい。この平均化においては、

誤差が大きいと想定される密集度の低い外接円中心群を除外し、密集度の高い外接円中心群だけを平均化する。

[0030] この複数組の3点の収集方法においては、各点間の距離が予め定められた距離以上であること、求められた外接円の中心位置からの各点 P_A , P_B , P_C までの距離が予め定められた範囲内であることの2つの条件を考慮する。

[0031] 複数組の3点を収集する場合には、各組の3点をすべて独立し、任意のプロット点が複数組で共有されないようにする。すなわち、プロットする点の個数は「3点の組数×3」となる。この場合、複数の3点収集用バッファを用意し、上述した図3に示す手順にしたがってセンサ出力を各バッファに格納する。なお、バッファを均等に巡回するために、前回格納を成功した次のバッファからプロット点を格納する。

[0032] 図5及び図6は、N組の3点をバッファ(0)～バッファ(N-1)に収集する手順を示すフロー図である。なお、この手順を実行する前に、バッファインデクス(i)を0初期化しておく。

[0033] 図5に示すように、バッファ(i)で3点収集が完了しているかどうか判断し(ST21)、3点収集が完了してればバッファインデクスを更新し(ST23)、3点収集が完了していなければ上記図3に示す手順で3点収集を行う(ST22)。次いで、3点収集により得られたセンサ出力のバッファへの格納が完了しているかどうかを判断し(ST24)、格納が完了していればバッファインデクスを更新する(ST23)。このような処理をN回繰り返す。

[0034] バッファインデクスの更新においては、図6に示すように、バッファ番号iを1インクリメントし(ST31)、1インクリメントした数がN以上であるかどうかを判断し(ST32)、1インクリメントした数がN以上であればバッファ番号iを初期化する(0にする)(ST33)。

[0035] 図7は、図5及び図6に示す手順による複数組の3点の収集を説明するための概念図である。また、図8は、複数組の3点の収集の際のバッファ格納状態を説明するための図である。

[0036] 例えば、センサ出力が図7に示すような軌跡を示し、その中での多数のプロット点群から複数組の3点を収集する場合について説明する。ここでは、5組の3点を収集する場合について説明する。まず、予め準備した3点を格納する複数のバッファにつて

、図8(a)に示すように、最初のプロット点は無条件に格納する。すなわち、最初の5つのプロット点(P_{A1} , P_{A2} , P_{A3} , P_{A4} , P_{A5})は、各々のバッファに第1点として格納される。

[0037] 次に収集されたプロット点(P_{A6})について各バッファへの格納を試みる際には、そのプロット点(P_{A6})を格納するバッファを検索する。その検索順は、直前のプロット点を格納したバッファの次のバッファから行う。ここでは、直前のプロット点(P_{A5})をバッファ5に格納しているため、バッファ1から格納を試みる。プロット点(P_{A6})は、各バッファの第1点(P_{A1} , P_{A2} , P_{A3} , P_{A4} , P_{A5})からの距離が短いため、上記条件を満足しないので破棄される。プロット点(P_{A7})についても同様の条件で破棄される。

[0038] 次に収集されたプロット点(P_{B1})については、バッファ1の第1点(P_{A1})と規定距離以上離れているため、図8(b)に示すように、バッファ1の第2点として格納される。同様に、プロット点(P_{B2} ~ P_{B5})及びプロット点(P_{C1} ~ P_{C5})についても、図8(c)に示すように、距離条件が満たされるバッファへ第2点~第3点として順次される。

[0039] このような複数のバッファ(ここではバッファ1~5)に対するプロット点(センサ出力)の格納は、個々のバッファに対して一組のプロット点(ここでは3つのプロット点)がすべて格納されてから次のバッファに対して格納する方式ではなく、上記条件を満足する中でプロット点を得られた順に逐次バッファに対して格納する方式で行う。すなわち、図8(b)に示すように、一つのバッファにまだ格納領域が存在する状態で他のバッファに対して格納が行われる。このように、得られたプロット点を全てのバッファに対して上記条件を判断して順次格納することにより、上記条件を満たす3点のプロット点が一組集まってから次のプロット点の収集を行う場合と比べて、より少ない収集回数で複数組のプロット点を収集することが可能となり、より短い時間でユーザに意識させることなくキャリブレーションを完了することが出来る。このような複数のバッファに対するプロット点の格納は、制御部12により制御される。

[0040] なお、本実施の形態においては、各バッファに対して均等に第1点~第3点が順次格納されている場合について説明しているが、各バッファは固有の条件(距離)によってプロット点の格納を行うため、各バッファでのプロット点充足率がばらついても良い。例えば、ユーザが装置を回転させるなどのキャリブレーションのための特別な操

作を行わない場合には、図7において破線のような軌跡をたどる場合がある。この場合であっても、点 P_E ではバッファ1に格納はできないが、バッファ5の格納条件を満たすことができる。このように、全てのバッファに対して条件を判断して順次格納することにより、センサによる軌跡が広い範囲に広がらない場合においても効率よくデータ収集を行うことが可能となる。

[0041] このようにして得られた複数组の3点から、各々外接円の中心を算出し、これを平均化することにより本来の外接円中心を求める。外接円中心の平均化においては、複数の外接円中心群から、密集度の高い部分だけを平均化する。例えば、図9に示すように、5つの球中心($C_1 \sim C_5$)が算出された場合、密集度の高い部分($C_1 \sim C_3$)の3つの外接円中心を平均化し、 C_4 、 C_5 は、ノイズが大きいとみなして除外する。このように外接円中心を求めることにより、ノイズが小さい4点の出力の組からのみ外接円中心を求めることができる。このため、複数の外接円中心を単純平均する場合のみならず、多数の出力から直接行列演算を行って中心を求める方法と比較してもノイズの影響を軽減して精度よく外接円を求めることが可能となる。

[0042] 密集度の高さは、まず、各外接円中心において、自位置(C_n)から他の外接円中心への距離の総和(L_n) (例えば、 C_1 の場合の各距離($C_1 \sim C_2$, $C_1 \sim C_3$, $C_1 \sim C_4$, $C_1 \sim C_5$)の総和(L_1))を求め、距離総和の平均($L_{AVE} = (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5) / 5$)を求め、 L_n が、距離総和の平均(L_{AVE})より小さいか、等しい場合に、密集度の高い部分の仮想球中心とみなす。

[0043] 次に、上述した電子コンパスにおける方位演算について説明する。図10は、本発明の実施の形態に係る方位演算プログラムを用いた方位演算を説明するためのフロー図である。

[0044] まず、電子コンパス1を起動させると(ST41)、キャリブレーションを行って、方位演算に必要とされるパラメータを初期化する(ST42、ST43)。

[0045] 次いで、コンパスモジュール11における磁気センサ部111の出力を用いて三角形を作成する(ST44)。この場合、まず、磁気センサ部111から3つの出力値を求める。このときの3つの出力値(基準球Pにおけるプロット点)を($X_{n-1}, Y_{n-1}, Z_{n-1}$)、(X_n, Y_n, Z_n)、($X_{n+1}, Y_{n+1}, Z_{n+1}$)として、三角形の辺の長さを L_1, L_2, L_3 とすると、それぞれの

三角形の辺の長さは、以下の式(1)で求められる。

$$\begin{aligned} L_1 &= \sqrt{\{ (X_n - X_{n-1})^2 + (Y_n - Y_{n-1})^2 + (Z_n - Z_{n-1})^2 \}} \\ L_2 &= \sqrt{\{ (X_n - X_{n+1})^2 + (Y_n - Y_{n+1})^2 + (Z_n - Z_{n+1})^2 \}} \\ L_3 &= \sqrt{\{ (X_{n+1} - X_{n-1})^2 + (Y_{n+1} - Y_{n-1})^2 + (Z_{n+1} - Z_{n-1})^2 \}} \quad \text{式(1)} \end{aligned}$$

[0046] このようにして求められた L_1, L_2, L_3 と、キャリブレーションにより初期化されたパラメータから求められた三角形の辺の長さの最小距離とを比較して三角形が確からしいかを判断する(ST45)。すなわち、 $L_1, L_2, L_3 > \text{最小距離(閾値)}$ であるかどうかを判断する。そして、 L_1, L_2, L_3 がすべて最小距離よりも大きければ、三角形が確からしいとして外接円の作成を行う(ST46)。 L_1, L_2, L_3 のいずれかが最小距離以下であれば、他のプロット点により三角形の作成を行う(ST44)。

[0047] 外接円の作成の際には、その中心座標(X_c, Y_c, Z_c)が所定の範囲内であるかどうかを判断し、中心座標が所定の範囲内にあれば外接円を決定する。そして、外接円が既に存在する、すなわち基準となる外接円が求められてメモリに格納されているかどうかを判断する(ST47)。電子コンパスを起動して初めて外接円が作成されたときには、基準外接円は存在しないので、その外接円の中心座標と、そのときに得られている磁気センサ部111の出力値(X_t, Y_t, Z_t)とを用いて方位演算を行う(ST48)。

[0048] 方位演算においては、まず、図11(a)に示すような基準球Pにおける外接円22について、図11(b)に示すように、外接円22上の出力値 $A(A_x, A_y, A_z)$ をX軸周りに傾斜角($-\theta$)だけ回転する。

このとき、回転後の出力値 A' の座標(A'_x, A'_y, A'_z)は、回転前の座標(A_x, A_y, A_z)と傾斜角($-\theta$)とから以下の式(2)により求められる。

[数1]

$$\begin{bmatrix} A'_x \\ A'_y \\ A'_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_x \\ A_y \\ A_z \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(-\theta) & \sin(-\theta) \\ 0 & -\sin(-\theta) & \cos(-\theta) \end{bmatrix} \quad \text{—— 式(2)}$$

[0049] 次に、回転後の出力値 A' のX成分及びY成分(A'_x, A'_y)から方位角度 λ は以下の式(3)により求められる。

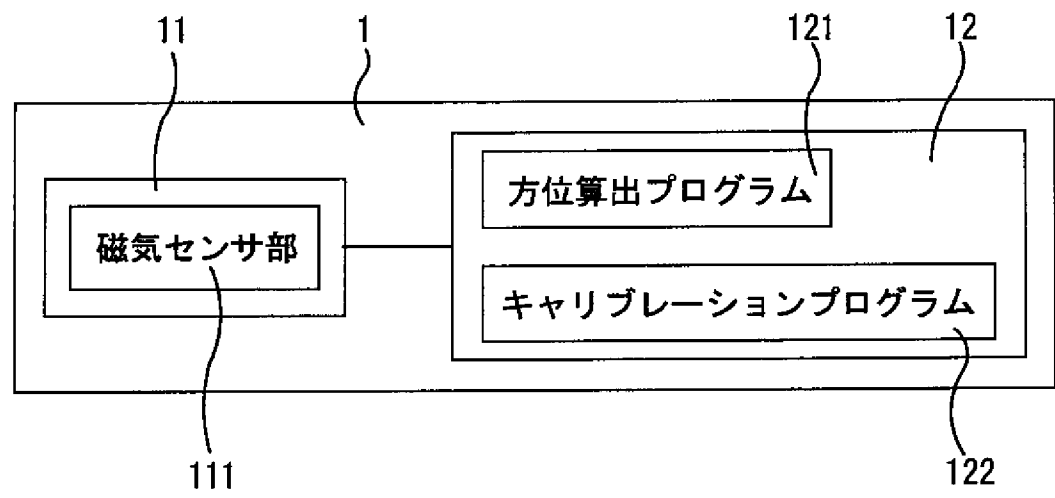
$$\text{方位角度 } \lambda = \tan^{-1}(A'_y / A'_x) \quad \text{式(3)}$$

- [0050] 一方、基準外接円が求められてメモリに格納されている場合には、既に求められた外接円と新たに求められた外接円との間のなす角を求め、そのなす角が所定の範囲内にあるかどうかを判断する(ST49)。そして、なす角が所定の範囲内にある場合(閾値以下の場合)には、新たに求められた外接円の中心座標を用いて、既に求められた外接円の中心座標の加重平均を求める(ST50)。そして、加重平均された外接円の中心座標を用いて方位演算を行う(ST48)。
- [0051] このように、本発明の電子コンパスにおいては、磁気センサ部111からの3つの出力値から方位演算を行うことができるので迅速に方位を求めることができる。また、本プログラムによれば、機器の傾斜方向が変化しても、瞬時に最新の出力値から方位演算を行うことができるので、機器の傾斜方向が急に变化しても正確な方位を求めることが可能となる。
- [0052] 本発明は上記実施の形態に限定されず、種々変更して実施することが可能である。例えば、上記実施の形態では、電子コンパスにおいてコンパスモジュールと制御部とが個別に構成されている場合について説明しているが、本発明においては、電子コンパスにおいてコンパスモジュールと制御部とが一体で構成されていても良い。また、上記実施の形態における方位演算方法は一例であり、本発明においては他の方位演算方法を用いても良い。その他、本発明の目的の範囲を逸脱しない限りにおいて適宜変更することが可能である。

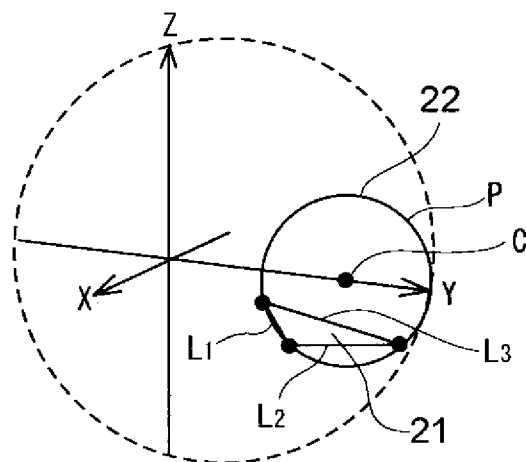
請求の範囲

- [1] コンピュータにより実行可能であり、磁気センサの出力を用いて方位演算を行う方位演算プログラムであって、前記方位演算プログラムは、三次元空間において前記磁気センサの3つの出力値を用いて一つの三角形を作成する手順と、前記三角形の外接円を求める手順と、前記外接円の中心の座標と磁気センサの出力値とから方位演算する手順と、を含むことを特徴とする方位演算プログラム。
- [2] 既に求められた外接円を含む平面と新たに求められた外接円を含む平面との間のなす角が所定の範囲内にある場合に、前記既に求められた外接円の中心の座標を用いて方位演算を行うことを特徴とする請求項1記載の方位演算プログラム。
- [3] 既に求められた外接円を含む平面と新たに求められた外接円を含む平面との間のなす角が所定の範囲内にある場合に、前記新たに求められた外接円の中心座標を用いて、前記既に求められた外接円の中心の座標の加重平均を求めることを特徴とする請求項1記載の方位演算プログラム。
- [4] 前記外接円は、前記3つの出力値の組を複数収集し、それぞれの3つの出力値の組から求められた前記仮想外接円の中心群を平均化することにより求めることを特徴とする請求項1記載の方位演算プログラム。
- [5] 磁気センサを有するコンパスモジュールと、前記磁気センサの出力を用いて方位演算を行う請求項1記載の方位演算プログラムを備えた制御手段と、を具備することを特徴とする電子コンパス。
- [6] 前記制御手段は、前記3つの出力値を格納できるバッファを複数有し、前記磁気センサからの出力を所定の条件に基づいて前記複数のバッファに格納できるか判定することを特徴とする請求項5記載の電子コンパス。

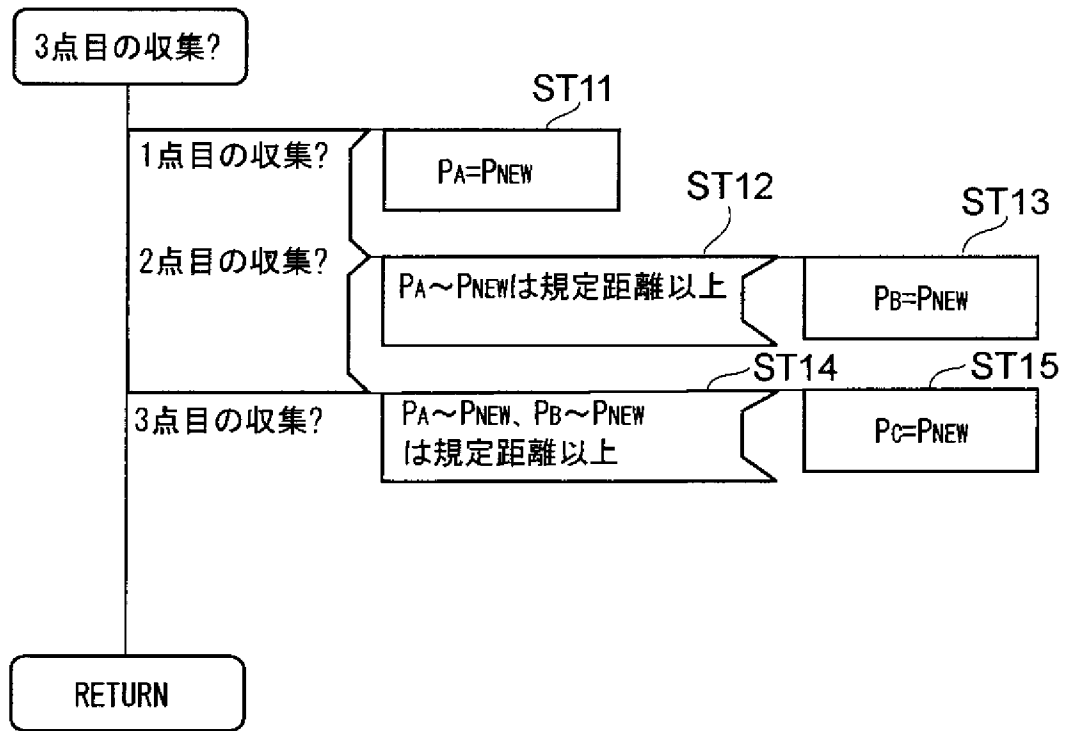
[図1]



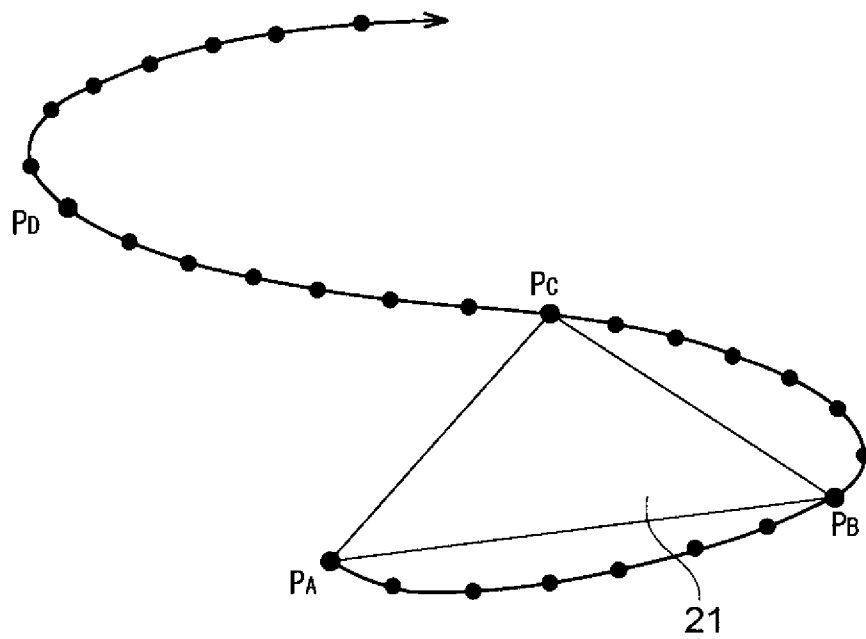
[図2]



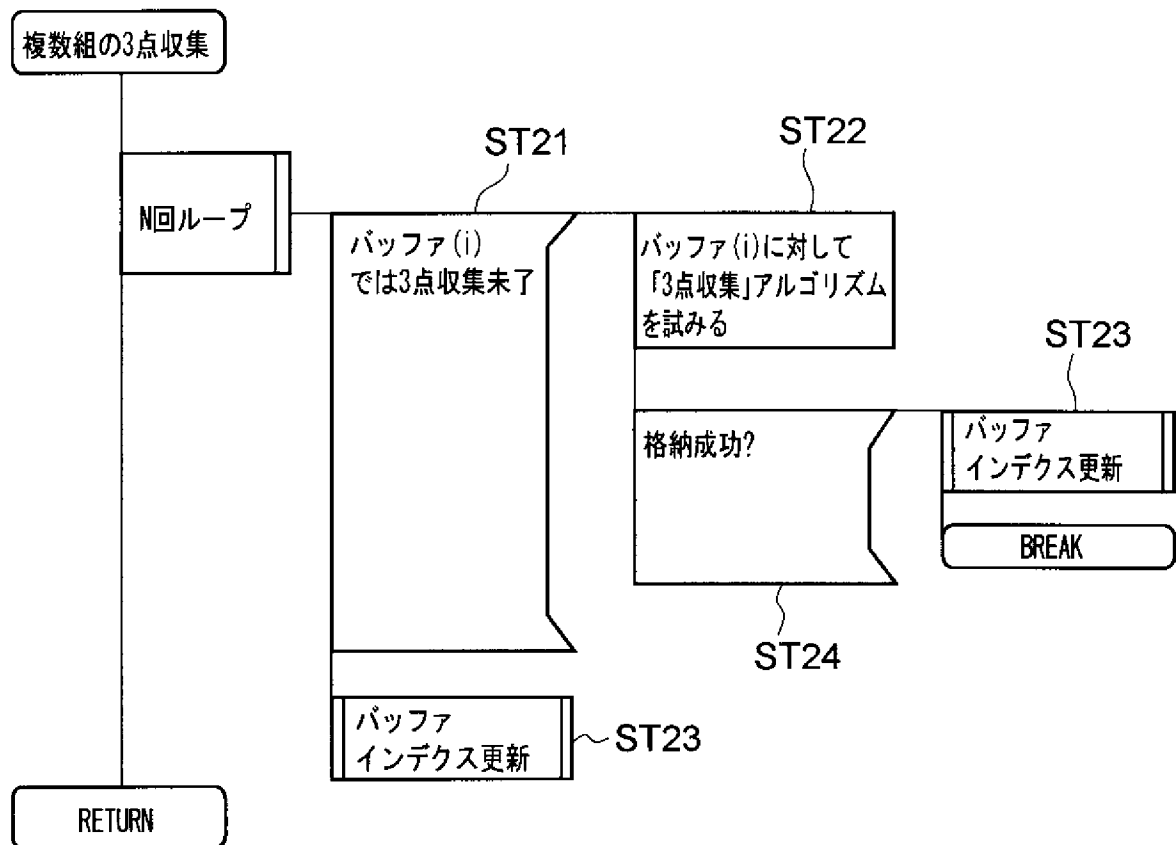
[図3]



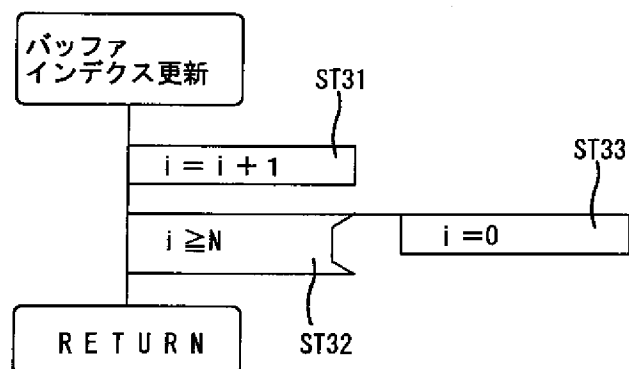
[図4]



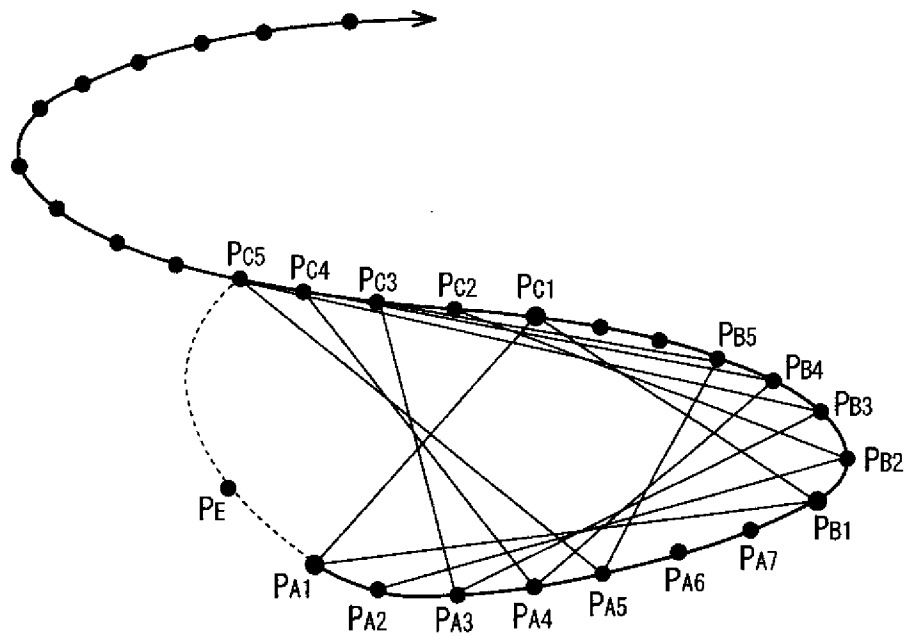
[図5]



[図6]



[図7]



[図8]

バッファ1			バッファ2			バッファ3			バッファ4			バッファ5		
PA1			PA2			PA3			PA4			PA5		

(a)

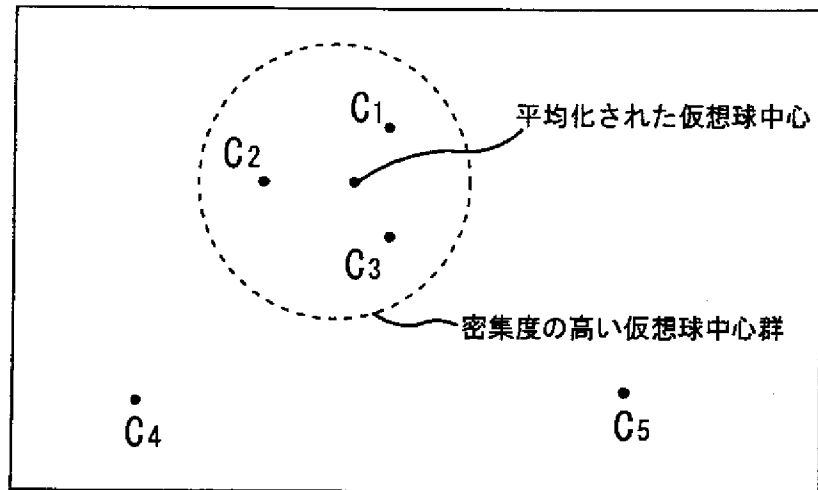
バッファ1			バッファ2			バッファ3			バッファ4			バッファ5		
PA1	PB1		PA2			PA3			PA4			PA5		

(b)

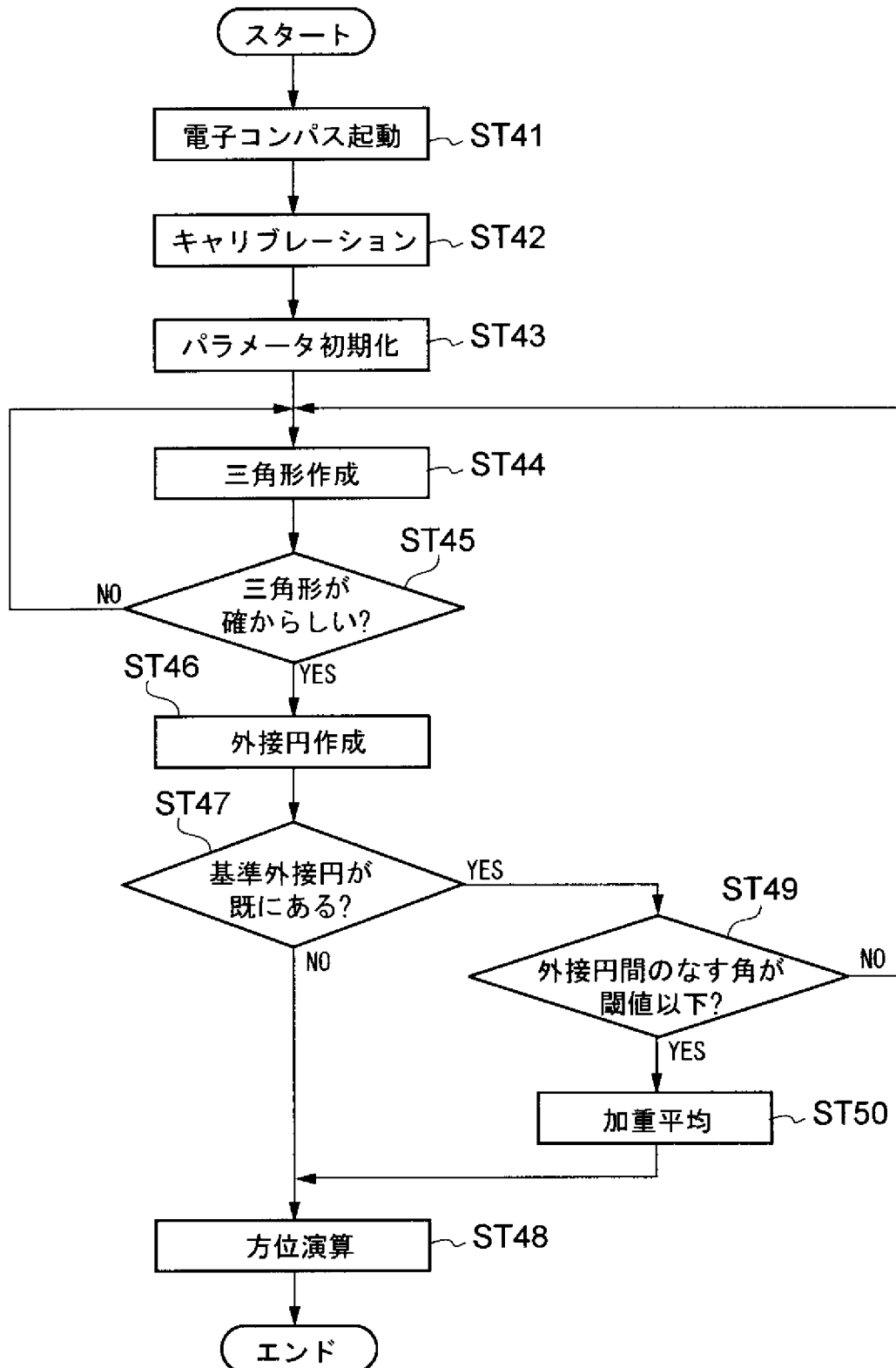
バッファ1			バッファ2			バッファ3			バッファ4			バッファ5		
PA1	PB1	PC1	PA2	PB2	PC2	PA3	PB3	PC3	PA4	PB4	PC4	PA5	PB5	PC5

(c)

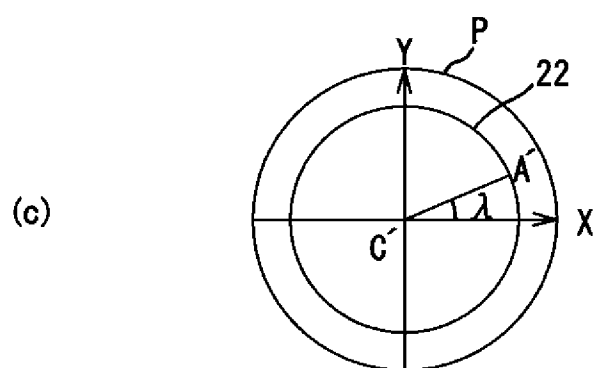
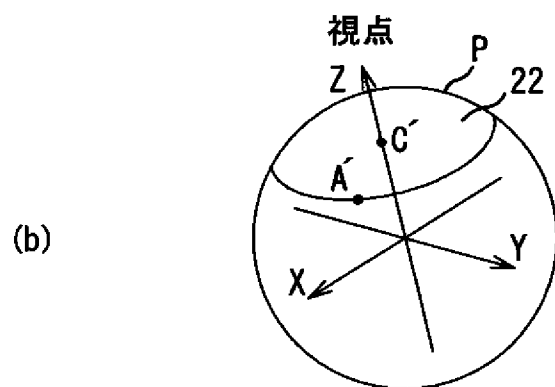
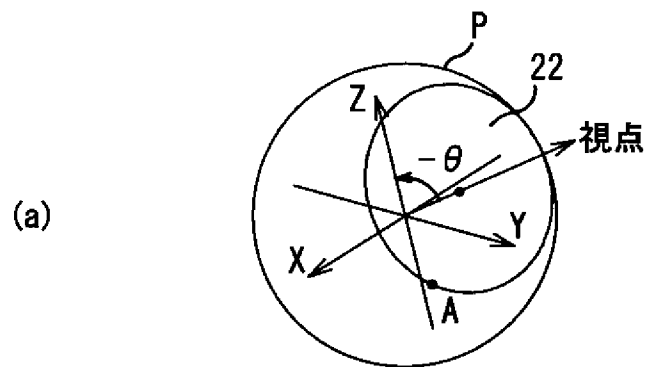
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/053914

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01C17/32(2006.01)i, G01C17/28(2006.01)i, G01R33/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01C17/32, G01C17/28, G01R33/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2004-309228 A (Asahi Kasei EMD Corp.), 04 November, 2004 (04.11.04), Par. Nos. [0016], [0051] to [0064] (Family: none)	1, 4-6 2, 3
Y A	JP 2005-195410 A (Citizen Watch Co., Ltd.), 21 July, 2005 (21.07.05), Par. Nos. [0058] to [0061] (Family: none)	1, 4-6 2, 3
Y	JP 2006-226810 A (Alps Electric Co., Ltd.), 31 August, 2006 (31.08.06), Par. No. [0058] & WO 2006/088057 A1	4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 June, 2008 (02.06.08)

Date of mailing of the international search report
10 June, 2008 (10.06.08)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/053914

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-519278 A (Gentex Corp.), 30 June, 2005 (30.06.05), Par. Nos. [0136], [0137] & US 2003/0167121 A1 & US 2004/0236510 A1 & US 2004/0254727 A1 & US 2007/0124076 A1 & EP 1488196 A & EP 1604171 A & WO 2003/074969 A2 & WO 2004/076971 A2 & CA 2475695 A & CN 1639542 A & CA 2514154 A & KR 10-2005-0113192 A	2
A	JP 5-34156 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 09 February, 1993 (09.02.93), Par. Nos. [0080], [0083] (Family: none)	3
A	JP 2005-61969 A (Asahi Kasei EMD Corp.), 10 March, 2005 (10.03.05), Par. Nos. [0016], [0017], [0063] to [0067] (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01C17/32(2006.01)i, G01C17/28(2006.01)i, G01R33/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01C17/32, G01C17/28, G01R33/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 8 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 8 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 8 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 2004-309228 A（旭化成エレクトロニクス株式会社）2004.11.04, 段落【0016】及び【0051】－【0064】（ファミリーなし）	1、4－6 2、3
Y A	JP 2005-195410 A（シチズン時計株式会社）2005.07.21, 段落【0058】－【0061】（ファミリーなし）	1、4－6 2、3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 2 . 0 6 . 2 0 0 8

国際調査報告の発送日

1 0 . 0 6 . 2 0 0 8

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

上野 力

3 H

3 7 4 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 1 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2006-226810 A (アルプス電気株式会社) 2006.08.31, 段落【0058】 & WO 2006/088057 A1	4
A	JP 2005-519278 A (ジェンテックス コーポレーション) 2005.06.30, 段落【0136】及び【0137】 & US 2003/0167121 A1 & US 2004/0236510 A1 & US 2004/0254727 A1 & US 2007/0124076 A1 & EP 1488196 A & EP 1604171 A & WO 2003/074969 A2 & WO 2004/076971 A2 & CA 2475695 A & CN 1639542 A & CA 2514154 A & KR 10-2005-0113192 A	2
A	JP 5-34156 A (日産自動車株式会社) 1993.02.09, 段落【0080】 及び【0083】 (ファミリーなし)	3
A	JP 2005-61969 A (旭化成エレクトロニクス株式会社) 2005.03.10, 段落【0016】、【0017】及び【0063】－【0067】 (フ ァミリーなし)	1－6