

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 10 月 2 日(02.10.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/156288 A1

- (51) 国際特許分類:
G01C 19/00 (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/052133
- (22) 国際出願日: 2014 年 1 月 30 日(30.01.2014)
- (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 2013-071378 2013 年 3 月 29 日(29.03.2013) JP
- (71) 出願人: 住友精密工業株式会社(SUMITOMO PRECISION PRODUCTS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町 1 番 1 0 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 森口 孝文(MORIGUCHI Takafumi); 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町 1 番 1 0 号住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 上羽 秀敏, 外(UEBA, Hidetoshi et al.); 〒5300004 大阪府大阪市北区堂島浜 2 丁目 2 番 2 8 号堂島アクシスビル インテリクス特許法律事務所 Osaka (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

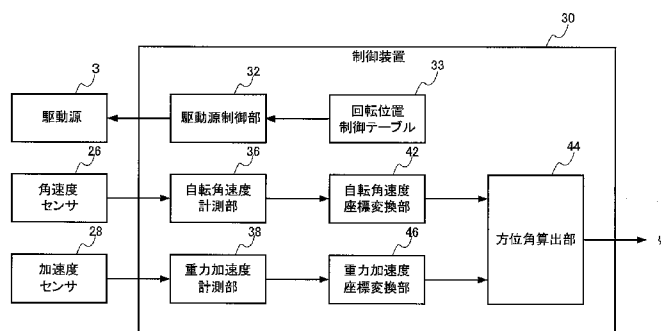
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: DIRECTION DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 方位検出装置

Fig.19



- 3 Drive source
26 Angular velocity sensor
28 Acceleration sensor
30 Control device
32 Drive source control unit
33 Rotation location control table
36 Rotational angular velocity measurement unit
38 Gravitational acceleration measurement unit
42 Rotational angular velocity coordinate conversion unit
44 Azimuth calculation unit
46 Gravitational acceleration coordinate conversion unit

(57) Abstract: Provided is a direction detection device with enhanced accuracy for true-north detection. In the direction detection device (1), a posture changing device (100) causes an angular velocity sensor (26) to rotate around a detection axis and changes the posture of the angular velocity sensor (26) between a posture in which the detection axis faces in a prescribed measurement direction and a posture in which the detection axis faces in the direction opposite from the prescribed measurement direction. A control device (30) controls the posture changing device (100) so that the angular velocity sensor (26) rotates around the detection axis in a first rotation direction before the angular velocity sensor (26) begins detecting the angular velocity around the prescribed measurement direction. The control device (30) controls the posture changing device (100) so that, before the angular velocity sensor (26) begins detecting the angular velocity around the opposite direction, the angular velocity sensor (26) rotates around the detection axis in a second rotation direction opposite from the first rotation direction and additionally rotates around the detection axis in the first rotation direction.

(57) 要約:

[続葉有]



真北の検出精度を向上することができる方位検出装置を提供する。方位検出装置 1 において、姿勢変更装置 100 は、角速度センサ 26 を検出軸周りに回転させ、検出軸を所定の測定方向と所定の測定方向と反対の方向とに向けようように角速度センサ 26 の姿勢を変更する。制御装置 30 は、角速度センサ 26 が所定の測定方向周りの角速度の検出を開始する前に、角速度センサ 26 が検出軸周りを第 1 回転方向に回転するように姿勢変更装置 100 を制御する。制御装置 30 は、角速度センサ 26 が反対の方向周りの角速度の検出を開始する前に、角速度センサ 26 が検出軸周りを第 1 回転方向と反対の第 2 回転方向に回転し、角速度センサ 26 が検出軸周りをさらに第 1 回転方向に回転するように姿勢変更装置 100 を制御する。

明 細 書

発明の名称：方位検出装置

技術分野

[0001] 本発明は、方位検出装置に関し、さらに詳しくは、角速度センサを用いて真北を検出する方位検出装置に関する。

背景技術

[0002] 磁北は真北から少しずれているため、磁気コンパスでは真北を計測することはできない。しかしながら、行政地図は真北を基準に作成され、建築基準法も真北を基準に定められている。したがって、土木・建築の分野においては、真北を正確に計測する必要がある。特に地下トンネル工事では鉱脈等の影響で、磁気コンパスは正しく機能しない。

[0003] 真北を正確に計測する真北検知器として、従来より、地球の自転角速度を検知して真北を検知するジャイロコンパスが知られている。ジャイロコンパスは一般的に直交3軸タイプである。これらのジャイロコンパスは、大型でかつ高コストである。

[0004] そこで、小型化及び低コスト化のために、1軸又は2軸タイプのジャイロコンパスが提案されている。しかし、これらのジャイロコンパスの多くは、ジャイロセンサ及び加速度センサを回転台の上で回転させるタイプである。しかしながら、これらのジャイロコンパスは、回転角度が大きく、大きな空間を確保する必要があるため、小型化に限界がある。また、1軸タイプのジャイロコンパスの多くは水平面を必要とし、取り扱いが不便である。また、水平面を必要としない1軸タイプのジャイロコンパスも提案されている。しかしながら、これらのジャイロコンパスは、方位計測精度が3軸タイプと比較して劣っている。

[0005] 本願出願人は、特開2012-112679号公報にて1軸タイプでかつ水平面を必要としない6方向指向装置を提案した。この6方向指向装置は、XYZ直交座標系に加え、UVW直交座標系を想定する。+U、-U、+V

、 $-V$ 、 $+W$ 、 $-W$ の6方向は、 YZ 平面に投影されると60度おきに離間して配置される。

[0006] また、この6方向指向装置は、シャフトと、駆動源と、回転部材と、ガイド部材とを備える。シャフトは、 X 軸方向に延びる。駆動源は、シャフトを X 軸周りに回転させる。回転部材は、シャフトに対して α 度傾斜した傾斜軸周りを回転可能であり、シャフトと連結される。回転部材は、球体状表面と、球体状表面の x 軸周りに形成された軌道部とを備える。ガイド部材は、 XYZ 直交座標系に固定され、軌道部と接触する。また、この6方向指向装置では、回転部材に固定された xyz 座標系を想定する。 xyz 座標系は、回転部材の回転に応じて、 XYZ 座標系内を回転する。軌道部は、回転部材がシャフトの回転によりガイド部材と接触しながら回転するとき、回転部材の y 軸を $+U$ 、 $-U$ 、 $+V$ 、 $-V$ 、 $+W$ 、 $-W$ の各方向に向ける形状を有する。

[0007] 回転部材の内部には、角速度センサと加速度センサとが配置される。角速度センサは、 y 軸方向周りの角速度を検出する。加速度センサは、 y 軸方向周りの重力加速度を検出する。6方向指向装置は、回転部材の y 軸を $+U$ 、 $-U$ 、 $+V$ 、 $-V$ 、 $+W$ 、 $-W$ の向きに順次指向させることにより、 U 軸、 V 軸、 W 軸周りの自転角速度及び重力加速度を計測する。方位角 ϕ が、計測された自転角速度及び重力加速度に基づいて算出される。

[0008] 角速度センサが、検出軸周りの回転が発生していないにもかかわらず、0でない角速度（オフセット）を出力することが知られている。オフセットは、 U 軸、 V 軸、 W 軸周りの各々の自転角速度の計測誤差の原因となる。そこで、6方向指向装置は、例えば、 y 軸が $+V$ 方向に向いたときに計測される自転角速度と、 $-V$ 方向に向いたときに計測される自転角速度との差分を計算する。これにより、 $+V$ 軸及び $-V$ 軸の各々の自転角速度に含まれるオフセットが相殺される。

発明の開示

[0009] 上述の6方向指向装置において、角速度センサの時定数に伴う誤差が発生

し、時定数に伴う誤差を除去できないという問題がある。以下、具体的に説明する。

[0010] 回転部材がシャフトの回転に伴ってガイド部材と接触しながら回転するときに、回転部材は、傾斜軸周りだけでなく、 y 軸周りにも回転する。すなわち、回転部材の y 軸を $+U$ 、 $-U$ 、 $+V$ 、 $-V$ 、 $+W$ 、 $-W$ の各方向に移動させる間、角速度センサは、 y 軸周りを回転しながら移動する。角速度センサは、 y 軸の移動中に、 y 軸周りの回転に伴う角速度を検出し続ける。 y 軸の移動中に、角速度センサは、数度/秒（数万度/時間）レベルの角速度を出力する。

[0011] そして、 y 軸が $+U$ 、 $-U$ 、 $+V$ 、 $-V$ 、 $+W$ 、 $-W$ の各方向に向いて停止した後に、6 方向指向装置は、各方向周りの自転角速度を計測する。計測される自転角速度のレベルは、15 度/時間程度である。一方、 y 軸が移動するときの角速度センサの出力は、数万度/時間レベルである。従って、角速度センサの出力レベルは、 y 軸が $+U$ 軸等の方向に向いて停止する前後に急激に変化する。したがって、角速度センサの出力は、 y 軸が停止してから計測が終了するまでの間、移動時の数万度/時間レベルの角速度出力による時定数の影響を受けて、継続的に増加（あるいは減少）する。したがって、計測される自転角速度は、時定数に伴う誤差を含む。

[0012] y 軸を停止させる直前における回転部材の y 軸周りの回転方向は、シャフトの回転位置に応じて変化する。例えば、 y 軸を $+V$ 方向に向ける場合と、 y 軸を $-V$ 方向に向ける場合において、 y 軸の停止直前における y 軸周りの回転方向は、逆となる場合がある。この結果、 y 軸を $+V$ 方向に向けたときの時定数に伴う誤差の特性と、 y 軸を $-V$ 方向に向けたときの時定数に伴う誤差の特性とが、逆になる。上述のように、オフセットを相殺するために、 $+V$ 方向の自転角速度と $-V$ 方向の自転角速度との差分値が計算されるが、この計算の際に、時定数に伴う誤差は、相殺されず、加算される。 V 軸周りの自転角速度が時定数に伴う誤差を含むため、6 方向指向装置は、真北を正確に検知することができない。

[0013] 本発明の目的は、真北の検出精度を向上することができる方位検出装置を提供することである。

[0014] 本発明に係る方位検出装置は、角速度センサと、姿勢変更装置と、制御装置とを備える。姿勢変更装置は、角速度センサを検出軸周りに回転させ、検出軸を所定の測定方向と所定の測定方向と反対の方向とに向けるように角速度センサの姿勢を変更する。制御装置は、姿勢変更装置を制御する。制御装置は、第1制御部と、第2制御部とを備える。第1制御部は、角速度センサが所定の測定方向周りの角速度の検出を開始する前に、角速度センサが前記検出軸周りを第1回転方向に回転するように姿勢変更装置を制御する。第2制御部は、角速度センサが反対の方向周りの角速度の検出を開始する前に、角速度センサが前記検出軸周りを前記第1回転方向と反対の第2回転方向に回転し、角速度センサが検出軸周りをさらに前記第1回転方向に回転するように姿勢変更装置を制御する。

[0015] 本発明によれば、所定の測定方向周りの角速度と、反対の方向周りの角速度との各々に含まれる時定数に伴う誤差の特性を一致させることができる。したがって、真北の検出精度を向上させることができる。

[0016] 好ましくは、制御装置は、角速度センサにより検出された所定の測定方向周りの角速度と、角速度センサにより検出された反対の方向周りの角速度との差分を計算して、所定の測定方向に沿った軸周りの自転角速度を取得する。

[0017] これにより、所定の測定方向に沿った軸周りの自転角速度において、時定数に伴う誤差が相殺されるため、真北の検出精度を向上させることができる。

[0018] 好ましくは、姿勢変更装置は、XYZ直交座標系内に設置される。姿勢変更装置は、シャフトと、回転部材と、駆動源と、ガイド部材とを備える。シャフトは、X軸方向に延びる。回転部材は、シャフトに対して α 度傾斜した傾斜軸周りを回転可能であり、シャフトと連結される。回転部材は、xyz直交座標系を有する。回転部材は、球体状表面と、球体状表面のx軸周り

に形成された軌道部とを備える。駆動源は、制御装置により制御され、シャフトをX軸周りに回転する。ガイド部材は、XYZ直交座標系に固定され、軌道部と接触する。軌道部は、シャフトの回転によりガイド部材と接触しながら回転するときに、回転部材のy軸を、X軸周りの60度おきに互いに交わるU軸、V軸及びW軸のプラス及びマイナス方向に順次向ける形状を有し、x軸のプラス方向に凸状の4つの山部と、マイナス方向に凸状の4つの谷部とを有するジグザグ状である。角速度センサは、検出軸がy軸を向くように回転部材に取り付けられる。所定の測定方向及び反対の方向は、U軸、V軸及びW軸のいずれか1つに一致する。

[0019] これにより、1軸タイプの方位検出装置において、真北の検出精度を向上することができる。

[0020] 好ましくは、制御部は、角速度センサがU軸、V軸及びW軸のいずれか1つの軸方向周りの角速度を検出する場合、検出軸がいずれか1つの軸のプラス方向、マイナス方向、プラス方向の順に向けられるように、姿勢変更装置を制御する。角速度センサがいずれか1つの軸方向周りの角速度を検出する際に、第2制御部により制御される回数が、第1制御部により制御される回数よりも少ない。

[0021] これにより、姿勢変更装置が第2制御部により制御される回数を抑制するため、真北を検出するまでの時間を短縮することができる。

[0022] 好ましくは、検出軸がU軸、V軸及びW軸のいずれか1つの軸のプラス方向に向けられる場合、検出軸の符号がプラスであり、検出軸がU軸、V軸及びW軸のいずれかの1つの軸のマイナス方向に向けられる場合、検出軸の符号がマイナスである。シャフトが方位検出装置の正面から見て時計回りに回転する場合、シャフトの回転方向の符号がプラスである。シャフトが反時計回りに回転する場合、シャフトの回転方向の符号がマイナスである。検出軸がいずれか1つの軸のプラス方向、マイナス方向に向けられる場合、姿勢変更装置が第1制御部により制御されるか否かが、検出軸の符号と回転方向の符号との積に基づいて決定される。

[0023] これにより、姿勢変更装置が第2制御部により制御される基準を容易に決定することができる。

[0024] 本発明に係る制御プログラムは、本発明に係る方位検出装置に用いられる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]図1は、本実施の形態における方位検出装置の外観図である。

[図2]図2は、図1中の方位検出装置内の構成を示す斜視図である。

[図3]図3は、図2中の方位検出装置のうち、傾斜クランク機構とその近傍の側面図である。

[図4]図4は、図3中の回転部材の斜視図である。

[図5]図5は、図3中の回転部材の正面図である。

[図6]図6は、図3中の回転部材の平面図である。

[図7]図7は、図3中の回転部材の側面図である。

[図8]図8は、図3中の回転部材の背面図である。

[図9]図9は、図2中のガイド部材の斜視図である。

[図10]図10は、回転部材と各ガイド部材とのXYZ直交座標系での配置関係を示す図である。

[図11]図11は、XYZ直交座標系とUVW座標系との関係を示す図である。

[図12]図12は、XYZ直交座標系とUVW座標系との関係を示す他の図である。

[図13]図13は、+Y方向に見た場合の、XYZ直交座標系とxyz直交座標系との関係を示す模式図である。

[図14]図14は、回転部材が回転開始位置に配置された場合の回転部材の正面図である。

[図15]図15は、回転開始位置における回転部材を-Z方向から+Z方向に見た図である。

[図16]図16は、図14において、図15の位置からX軸周りに時計回りに

60度回転した方向から見た図である。

[図17]図17は、図3中のシャフトの回転位置と、図13中の+y軸の指向方向との関係を示す表である。

[図18]図18は、図3中のシャフトの回転位置と、図13中の+y軸周りの回転方向との関係を示す表である。

[図19]図19は、図1中の方位検出装置が備える制御装置の構成を示す機能ブロック図である。

[図20]図20は、図19中の回転位置制御テーブルの一例を示す図である。

[図21]図21は、図4中の角速度センサの角速度出力の時間変化の一例を示すグラフである。

[図22]図22は、図4中の角速度センサの角速度出力の時間変化の他の例を示す図である。

[図23]図23は、図3中のシャフトの回転方向と、図11中のU軸、V軸及びW軸の符号との関係を示す表である。

[図24]図24は、図11中のU軸及びV軸周りの自転角速度の計測結果を示すグラフである。

[図25]図25は、図19中の制御装置のフローチャートである。

[図26]図26は、図25中の通常回転制御処理のフローチャートである。

[図27]図27は、図25中の過剰回転制御処理のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、図面を参照し、本発明の実施の形態を詳しく説明する。図中同一又は相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

[0027] [方位検出装置の構成]

図1は本実施の形態における方位検出装置1の外観図である。方位検出装置1は、筒状の筐体10を備える。

[0028] 図2は、図1中の筐体10内の構成を示す斜視図である。図2では、筐体10の一部を一点鎖線で示す。図2を参照して、方位検出装置1はさらに、姿勢変更装置100を備える。姿勢変更装置100は、筐体10に収納され

、駆動源 3 と、傾斜クランク機構 2 と、複数のガイド部材 4 とを備える。駆動源 3 と複数のガイド部材 4 は、筐体 10 に固定される。

[0029] 駆動源 3 は、筐体 10 の後部に配置される。駆動源 3 は駆動軸 31 を有し、駆動軸 31 を駆動軸 31 の中心軸周りに回転する。駆動源 3 はたとえば、モータである。モータの種類は特に限定されない。モータはたとえば、ステッピングモータや超音波モータ等である。

[0030] 図 2 に示すとおり、方位検出装置 1 は、XYZ 直交座標系内に設置される。より具体的には、筐体 10 は XYZ 直交座標系に固定される。XYZ 直交座標系は、X、Y、Z 軸が互いに 90 度をなす直交座標系である。筐体 10 は、X 軸を駆動源 3 の駆動軸 31 上に割り当てる。本例では、+X 方向を筐体 10 の前方側と定義し、-X 方向を筐体 10 の後方側と定義する。また、本例では、Z 軸を筐体 10 の鉛直方向に割り当てる。さらに、Y 軸を筐体 10 の水平方向に割り当てる。本例では、+Z 方向を筐体 10 の下方側と定義し、-Z 方向を筐体 10 の上方側と定義する。本例ではさらに、+Y 方向を筐体 10 の正面から見て左側と定義し、-Y 方向を筐体 10 の正面から見て右側と定義する。駆動源 3 及びガイド部材 4 は、筐体 10 に固定される。したがって、駆動源 3 及びガイド部材 4 は、XYZ 直交座標系に固定される。

[0031] 傾斜クランク機構 2 は、筐体 10 の中央部に配置される。傾斜クランク機構 2 は、駆動源 3 の前方に配置される。

[0032] [傾斜クランク機構 2 の構成]

図 3 は、図 2 中の方位検出装置 1 のうち、傾斜クランク機構 2 とその近傍の側面図である。図 3 では、筐体 10 の一部を一点鎖線で示す。図 3 を参照して、傾斜クランク機構 2 は、シャフト 20 と、回転部材 21 とを備える。

[0033] シャフト 20 は、駆動源 3 により回転する。回転部材 21 は、シャフト 20 に対して傾斜した傾斜軸 220 周りを回転可能にシャフト 20 に連結される。シャフト 20 が回転するとき、回転部材 21 は、X 軸に対して上下に揺動しながら、傾斜軸 220 周りを回転する。傾斜軸 220 は、X 軸と傾斜角 α 度で交差する。

[0034] シャフト20は、棒状の本体201と、アーム部材202とを備える。本体201はX軸上に配置される。本体201の後端は、駆動軸31に結合される。したがって、駆動源3の駆動により、本体201は、本体201の中心軸周りに回転する。本体201の先端には、アーム部材202が配置される。

[0035] アーム部材202は、X軸に対して交差する方向に延びる。本例では、アーム部材202は、X軸に対してほぼ直交して延び、上端部が方位検出装置1の前方に曲がっている。アーム部材202の後端は本体201に取り付けられる。アーム部材202の上端部は、回転部材21と連結される。

[0036] [回転部材21の構成]

回転部材21は、シャフト20の前方に配置され、アーム部材202を介してシャフト20と連結される。回転部材21は、本体210と、傾斜シャフト211とを備える。本体210は球状であり、前方が開口する収納室212を有する。傾斜シャフト211は、回転部材21の表面に立てて配置される。傾斜シャフト211はさらに、傾斜軸220上に配置される。傾斜シャフト211の上端部は、アーム部材202のボス内に回転可能に配置される。これにより、回転部材21は、シャフト20の本体201に対して α 度傾斜した傾斜軸220の周りを回転可能に取り付けられる。

[0037] 図4は回転部材21の斜視図である。図4を参照して、回転部材21はさらに、複数の基板22と、角速度センサ26と、加速度センサ28と、位置センサ25とを備える。複数の基板22は、収納室212に収納される。複数の基板22は、図4において上下方向に隙間を空けて配置される。角速度センサ26は、最上段の基板22上に取り付けられる。加速度センサ28は、中段の基板22上に取り付けられる。角速度センサ26、加速度センサ28の配置場所は特に限定されず、どの基板22上に配置されてもよい。

[0038] 位置センサ25は、最下段の基板22上に配置される。位置センサ25は光発信器及び受光器を備える。図3を参照して、筐体10の下方には、反射板29が配置される。方位検出装置1を正面から見たとき、反射板29は、

Z軸と重複する。位置センサ25内の光発信器は、光を回転部材21の外部に向かって出力する。駆動源3により回転部材21が所定の位置に移動（回転）すると、光発信器から出射された光が反射板29で反射する。位置センサ25内の受光器が反射光を受けたとき、位置センサ25は検知信号を後述する制御装置30に出力する。以上の動作により、方位検出装置1は、位置センサ25により、回転部材21の回転開始位置を認識できる。

[0039] 図4に戻って、回転部材21はさらに、 $x y z$ 直交座標系を有する。 $x y z$ 直交座標系は、 $X Y Z$ 直交座標系と異なり、回転部材21に固定される。図4に示すとおり、本例では、 $+x$ 方向は、回転部材21の前方に向く。 $+y$ 方向は、角速度センサ26の検出軸及び加速度センサ28の検出軸と一致する。

[0040] 後述するように、 $+y$ 方向は、回転部材21の回転に応じて、U軸、V軸及びW軸の各プラス及びマイナス方向に指向する。したがって、角速度センサ26は、 $+y$ 方向の指向方向周りの角速度を検出する。加速度センサ28は、 $+y$ 方向の指向方向の重力加速度を検出する。

[0041] 上述のとおり、 $x y z$ 直交座標系は、回転部材21に固定される。一方、 $X Y Z$ 直交座標系は、筐体10に固定される。そのため、 $X Y Z$ 直交座標系に対して回転部材21が移動（回転）すれば、 $X Y Z$ 座標系に対して $x y z$ 直交座標系も移動（回転）する。

[0042] 図5は、回転部材21の正面図である。図6は、回転部材21の平面図である。図7は、回転部材21の側面図である。図8は、回転部材21の背面図である。図5～図8を参照して、本体210は球状表面SSを有する。球状表面SSには、軌道部OPが形成される。本例では、軌道部OPは球状表面SSに形成される溝である。軌道部OPは、 x 軸周りに形成され、 $+x$ 方向に凸を有する複数の山部M1～M4と、 $-x$ 方向に凸を有する複数の谷部V1～V4とを有する。要するに、本例では、軌道部OPは、 x 軸周りに延びたジグザグ状の溝である。図4～図7を参照して、収納室212の開口は矩形状であり、その各角の配置位置は、4つの谷部V1～V4の配置位置に

対応する。これにより、軌道部OPと重複することなく、収納室212の容量を大きく形成できる。

[0043] 図2及び図3を参照して、複数のガイド部材4（4A～4C）は、筐体10に固定される。各ガイド部材は、同一のYZ平面上に配置される。図9は、ガイド部材4の斜視図である。図9を参照して、ガイド部材4は、台座40と、ボール41とを備える。ボール41は、台座40の下端に回転可能に取り付けられる。

[0044] 図10は、回転部材21と各ガイド部材4とのXYZ直交座標系での配置関係を示す図である。図10を参照して、本例では、3つのガイド部材4A～4CがXYZ直交座標系に固定される。各ガイド部材4A～4Cは、X軸周りに等間隔に配置される。換言すれば、各ガイド部材4A～4Cは、X軸周りにおいて、120度おきに配置される。本例では、ガイド部材4Aは、Z軸上（+Z方向側）に配置される。ガイド部材4Bは、方位検出装置1を正面から見たとき、ガイド部材4AからX軸周りを反時計回りに120度回転した位置に配置され、ガイド部材4Cは、240度回転した位置に配置される。

[0045] 各ガイド部材4A～4Cのボール41は、溝状の軌道部OP内に挿入され、軌道部OPと接触する。回転部材21は、ガイド部材4A～4Cにより、筐体10に回転可能に支持される。回転部材21が回転するとき、ボール41は、軌道部OP上を移動する。したがって、回転部材21の回転の仕方は、軌道部OPの形状に依存する。

[0046] [UVW座標系とXYZ直交座標系との関係]

上述のとおり、方位検出装置1はXYZ直交座標系内に設置される。本実施の形態ではさらに、UVW座標系を想定する。XYZ直交座標系とUVW直交座標系との関係を図11及び図12に示す。図11は+X方向から-X方向に見たYZ平面図を示し、図12は-Y方向から+Y方向に見たZX平面図（図11の右側面図）を示す。U、V、W軸がYZ平面となす仰角を α 度とする。つまり、シャフト20に対する傾斜軸220の傾斜角 α は、この

仰角と一致する。さらに、U、V、W軸が互いになす交角を β とする。

[0047] +U、-U、+V、-V、+W、-Wの6軸はYZ平面上においては常に60度ごとに離間して配置される。具体的には、図11を参照して、+U軸はYZ平面に垂直に投影されると-Z軸と一致する。-U軸はYZ平面に垂直に投影されると+Z軸と一致する。-W軸は、YZ平面に垂直に投影されると-Z軸に対して60度をなす。+W軸はYZ平面に垂直に投影されると+Z軸に対して60度をなす。+V軸はYZ平面に垂直に投影されると+Z軸に対して60度をなす。-V軸はYZ平面に垂直に投影されると-Z軸に対して60度をなす。図11中の+U、-U、+V、-V、+W、-Wの6軸のうち、点線の軸は、図11の紙面よりも後方に延びることを示し、実線の軸は、図11の紙面よりも手前に延びることを示す。仰角 α は30~40度が好ましいが、最も好ましい仰角 α は、 $\alpha = \tan^{-1}(1/\sqrt{2}) = 35.26$ 度である。また、交角 β は90度が最も好ましい。以下では、 $\alpha = 35.26$ 度、 $\beta = 90$ 度の場合を説明する。

[0048] また、以降の説明では、xyz直交座標系において、+x側のx軸を「+x軸」、-x軸側のx軸を「-x軸」という。他の軸についてもx軸の場合と同様に定義する。また、他の座標系(XYZ直交座標系及びUVW座標系)においても、x軸の場合と同様に定義する。

[0049] また、XYZ直交座標系、xyz直交座標系及びUVW直交座標系の原点は、いずれも、回転部材21の本体210の中心点である。

[0050] [方位検出装置1の動作]

方位検出装置1は、UVW直交座標系の各軸周りの自転角速度 ω_U 、 ω_V 及び ω_W と、各軸方向の重力加速度 g_U 、 g_V 及び g_W とを計測する。次に、方位検出装置1は、計測された自転角速度 ω_U 、 ω_V 、 ω_W 及び重力加速度 g_U 、 g_V 、 g_W をXYZ直交座標系における自転角速度 ω_X 、 ω_Y 、 ω_Z 及び重力加速度 g_X 、 g_Y 、 g_Z に座標変換する。次に、方位検出装置1は、自転角速度 ω_X 、 ω_Y 、 ω_Z 及び重力加速度 g_X 、 g_Y 、 g_Z に基づいて方位角 ϕ を算出する。方位検出装置1では、角速度センサ26及び加速度センサ28はYZ平面に対し

て $\pm \alpha$ 度しか揺動されない。そのため、回転角度が小さく、従来の方位測定装置よりも大きな空間を必要としない。

[0051] U V W直交座標系の自転角速度 ω_U 、 ω_V 及び ω_W と、重力加速度 g_U 、 g_V 及び g_W とを計測する場合、回転部材21の回転により、角速度センサ26及び加速度センサ28の検出軸の方向（本例では+y軸）を、U軸、V軸及びW軸の各プラス及びマイナス方向に指向させる必要がある。

[0052] 軌道部OPは、シャフト20の回転により回転部材21が複数のガイド部材4A～4Cと接触しながら回転するとき、回転部材21の+y軸を、U軸、V軸及びW軸のプラス及びマイナス方向に順次向ける形状を有する。

[0053] [回転部材21が回転したときの+y軸の軌跡]

初めに、回転部材21が回転したときの+y軸の軌跡を説明する。

[0054] 初めに、筐体10に固定されたXYZ直交座標系と、回転部材21に固定されたxyz直交座標系との関係を説明する。図13は、+Y方向に見た場合の、XYZ直交座標系とxyz直交座標系との関係を示す模式図である。図13を参照して、x軸は、傾斜軸220と一致する。したがって、x軸とX軸とがなす角は α 度である。y軸は、回転部材21が図13に示す位置に配置される場合、XZ平面上に配置される。図12及び図13を参照して、回転部材21が図13に示す位置に配置される場合、+y軸は、+U軸と一致する。以降の説明では、図13に示す位置を回転部材21の回転開始位置と定義する。なお、位置センサ25は、回転部材21が図13の位置に移動したとき、検知信号を制御装置30（図19参照）に出力する。

[0055] 図14は、回転部材21が回転開始位置に配置された場合の回転部材21の正面図、つまり、+X方向から-X方向に見た図である。図15は、回転開始位置における回転部材21を-Z方向から+Z方向に見た図である。図16は、図14において、図15の位置からX軸周りに時計回りに60度回転した方向から見た図である。

[0056] 図14～図16では、+y軸を棒状に示す。図14～図16を参照して、回転開始位置において、上述のとおり、+y軸は、+U軸と一致する。

[0057] 上述の通り、U V W直交座標系の自転角速度 ω_U 、 ω_V 及び ω_W と、重力加速度 g_U 、 g_V 及び g_W とを計測する場合、方位検出装置1は、回転部材21の回転により、角速度センサ26及び加速度センサ28の検出軸に一致する+y軸を、U軸、V軸及びW軸の各プラス及びマイナス方向を指向させる必要がある。

[0058] 図14～図16に示す例では、方位検出装置1は、+y軸を、+U軸→-W軸→+V軸→-U軸→+W軸→-V軸（→+U軸）の順に向けていく。このとき、+y軸は、軌跡R1→軌跡R2→軌跡R3→軌跡R4→軌跡R5→軌跡R6（→軌跡R1）の順に移動する。なお、+y軸がU軸、V軸及びW軸の各プラス及びマイナス方向に指向する順序は、上記の順序に限定されない。後述するように、上記の順序と異なる順序で、+y軸をU軸、V軸及びW軸の各プラス及びマイナス方向に指向させてもよい。

[0059] 図17は、+y軸の指向方向と、シャフト20の回転位置と、+y軸のX軸周りの回転量との関係を示す表である。図17を参照して、シャフト20の回転位置は、回転開始位置を基準にした場合に、-X方向に見てシャフト20がX軸周りを反時計回りに回転するときの回転角を示す。回転部材21が回転開始位置にいる場合のシャフト20の回転位置は、0度である。

[0060] シャフト20が0～1440度回転することにより、+y軸は、+U軸→-W軸→+V軸→-U軸→+W軸→-V軸（→+U軸）の順に指向する。例えば、シャフト20が、-X方向に見て反時計回りに0度から240度回転することにより、+y軸は、+U軸から-W軸へ移動する（図14～図16参照）。このとき、+y軸は、X軸周りを60度回転する。同様に、+y軸が、軌跡R2、軌跡R3、軌跡R4、軌跡R5及び軌跡R6を移動する場合、シャフト20は、240度回転し、+y軸は、X軸周りを60度回転する。

[0061] [回転部材21の+y軸周りの回転]

+y軸がU軸、V軸及びW軸の各プラス及びマイナス方向に向けて移動する間、回転部材21は、+y軸周りを回転する。

- [0062] 最初に、回転部材 21 が + y 軸周りを回転する理由を説明する。回転部材 21 は、シャフト 20 の回転に応じて、傾斜軸 220 (x 軸) 周りを回転する。回転部材 21 の x 軸周りの回転に伴って、ガイド部材 4A~4C は、軌道部 OP 上を移動する。軌道部 OP が、+ x 軸周りに延びるジグザグ状の溝であるため、回転部材 21 は、ガイド部材 4A~4C が軌道部 OP 上を移動することに伴って + y 軸周りに回転する。+ y 軸周りの回転とは、y 軸を中心軸に回転する回転運動を意味する。したがって、+ y 軸が U 軸、V 軸及び W 軸の各プラス及びマイナス方向に移動する間、角速度センサ 26 は、+ y 軸周りの回転に伴う角速度を出力する。
- [0063] + y 軸周りの回転方向は、シャフト 20 の回転位置に応じて変化する。図 18 は、シャフト 20 の回転位置と、+ y 軸周りの回転方向との対応関係を示す表である。図 18 を参照して、+ y 軸周りの回転方向「CW」は、- y 方向に見て時計回りの方向を示し、「CCW」は、- y 軸方向に見て反時計回りの方向を示す。方向転換点は、+ y 軸周りの回転方向が変化するときのシャフト 20 の回転位置である。継続回転量は、+ y 軸周りの回転方向が次に変化するまでに必要なシャフト 20 の回転量である。
- [0064] 例えば、+ y 軸が +U 軸から -W 軸へ移動する場合（軌跡 R1 を移動する場合）、回転部材 21 は、シャフト 20 の回転に伴って、+ y 軸周りを反時計回りに回転する。シャフト 20 の回転位置が回転開始位置から方向転換点（120 度）に達するまで、回転部材 21 は、+ y 軸を反時計回りに回転し続ける。そして、シャフト 20 の回転位置が 120 度より大きくなったときに、+ y 軸周りの回転が反時計回りから時計回りに変化する。回転部材 21 は、+ y 軸が -W 軸方向に指向するまで、+ y 軸周りを時計回りに回転し続ける。
- [0065] さらに、+ y 軸が -W 軸から +V 軸に移動する場合（軌跡 R2 を移動する場合）、シャフト 20 の回転位置が方向転換点（360 度）に達するまで、回転部材 21 は、+ y 軸周りを時計回りに回転し続ける。シャフト 20 の回転位置が、方向転換点（360 度）より大きくなったとき、+ y 軸周りの回

転が時計回りから反時計回りに変化する。回転部材 21 は、+y 軸が +V 軸方向に指向するまで、+y 軸周りを反時計回りに回転し続ける。

[0066] +y 軸が軌跡 R3、軌跡 R4、軌跡 R5 及び軌跡 R6 に沿って移動する場合も同様に、+y 軸周りの回転方向は、シャフト 20 の回転位置が方向転換点に達するたびに変化する。つまり、+y 軸周りの回転方向は、シャフト 20 が 240 度回転するたびに変化する。

[0067] なお、シャフト 20 が -X 方向に見て時計回りに回転する場合、+y 軸周りの回転方向は、図 18 とは逆になる。例えば、シャフト 20 を時計回りに回転させることにより、+y 軸を -W 軸から +U 軸へ移動させる場合、+y 軸は、最初に反時計回り方向（CCW）に回転する。その後、回転位置が方向転換点（120 度）よりも小さくなったときに、+y 軸周りの回転は、時計回り方向（CW）に変化する。

[0068] +y 軸周りの回転方向が変化するシャフト 20 の回転位置（方向転換点）は、120、360、600、840、1080 及び 1320 度である。シャフト 20 の回転位置が方向転換点に達したときに、ガイド部材 4A～4C のいずれかが、軌道部 OP が有する山部 M1～M4 及び谷部 V1～V4 のうち、+y 軸と球状表面 SS との交点 P1（図 6 参照）の直近に位置する山部 M1 を通過する。このとき、回転部材 21 に対するガイド部材 4A～4C の移動方向が逆転するため、+y 軸周りの回転方向が変化する。つまり、角速度センサの検出軸（+y 軸）が所定の測定方向（例えば、+U 軸）から他の測定方向（例えば、-V 軸）に移動する間に、角速度センサの検出軸（+y 軸）周りの回転方向が変化するようになる。

[0069] [制御装置 30 の構成]

図 19 を参照して、方位検出装置 1 はさらに、コンピュータ等からなる制御装置 30 を備える。制御装置 30 は、姿勢変更装置 100 を制御する。制御装置 30 と回転部材 21 内の角速度センサ 26、加速度センサ 28 及び位置センサ 25 とは、有線又は無線で接続されている。

[0070] 制御装置 30 は、駆動源制御部 32 と、回転位置制御テーブル 33 と、自

転角速度計測部 36 と、重力加速度計測部 38 と、自転角速度座標変換部 42 と、重力加速度座標変換部 46 と、方位角算出部 44 とを備える。

[0071] 駆動源制御部 32 は、シャフト 20 の回転量が設定された回転位置制御テーブル 33 に基づいて、駆動源 3 を制御する。回転位置制御テーブル 33 は、図示しない記憶装置に格納される。

[0072] 自転角速度計測部 36 は、角速度センサ 26 により所定時間内に検出された角速度を、自転角速度 ω_u 、 ω_v 及び ω_w として計測する。自転角速度 ω_u 、 ω_v 及び ω_w は、U 軸、V 軸及び W 軸の各々の軸方向周りの自転角速度成分である。重力加速度計測部 38 は、加速度センサ 28 により検出された重力加速度 g_u 、 g_v 及び g_w を計測する。重力加速度 g_u 、 g_v 及び g_w は、U 軸、V 軸及び W 軸の各々の軸方向の重力加速度成分である。

[0073] 自転角速度座標変換部 42 は、自転角速度計測部 36 により計測された自転角速度 ω_u 、 ω_v 及び ω_w を自転角速度 ω_x 、 ω_y 及び ω_z に座標変換する。重力加速度座標変換部 46 は、重力加速度計測部 38 により計測された重力加速度 g_u 、 g_v 及び g_w を重力加速度 g_x 、 g_y 及び g_z に座標変換する。

[0074] 方位角算出部 44 は、自転角速度座標変換部 42 により得られた自転角速度 ω_x 、 ω_y 及び ω_z と、重力加速度座標変換部 46 により得られた重力加速度 g_x 、 g_y 及び g_z とに基づいて、方位角 ϕ を算出する。

[0075] [回転位置制御テーブル 33]

図 20 を参照して、回転位置制御テーブル 33 には、+y 軸を U 軸、V 軸及び W 軸の各プラス及びマイナス方向に向ける順序が設定されている。+y 軸は、図 16 に示す順序と異なり、回転開始位置の +U 軸からスタートして、-U 軸、+U 軸、+V 軸、-V 軸、+V 軸、+W 軸、-W 軸、+W 軸、+U 軸の順に指向する。+y 軸が +U 軸に一致しているときのシャフトの位置が、シャフト 20 の回転開始位置（回転角 = 0 度）となる。

[0076] 自転角速度 ω_u は、+U 軸の自転角速度と -U 軸の自転角速度との差分を計算することにより得られる。自転角速度 ω_v 及び自転角速度 ω_w も、同様にして得られる。これにより、角速度センサ 26 に固有のバイアスが相殺される

。

[0077] +U軸の自転角速度の計測が、-U軸の自転角速度の計測の前後に2回行われる理由を説明する。角速度センサ26の角速度出力は、角速度センサ26に固有のオフセットを含む。オフセットは、温度などの動作条件の違いによって変化するが、ドリフトによっても変化する。ドリフトとは、オフセットが時間の経過に応じて増加（又は減少）する現象を指す。方位検出装置1は、-U軸の計測の前後に+U軸の計測を2回行うことにより、ドリフトに伴うオフセットの変化率を取得する。ドリフトは、取得した変化率に基づいて、計測された角速度から除去される。+V軸、+W軸が2回計測される理由も同様である。

[0078] また、最初に+U軸の自転角速度を計測し、最後に+U軸の自転角速度を計測する理由も、ドリフトを除去するためである。計測の最後に、回転開始位置（+U軸）の自転角速度成分を計測することで、方位角 ψ を得るために必要な一連の計測期間に生じるオフセットの変化率を取得することができる。

。

[0079] 回転位置制御テーブル33において、シャフト20の回転位置は、図17に示す回転位置と同様である。つまり、回転位置は、+y軸を回転開始位置から各軸方向に指向させるために必要なシャフト20の回転角である。

[0080] 回転量は、+y軸を現在の軸方向から次の軸方向に指向させる際のシャフト20の回転角である。回転量の符号は、シャフト20の回転方向を示し、符号「+」が、-X方向に見て反時計回りの方向であり、符号「-」が-X方向に見て時計回りの方向である。例えば、-U軸の回転量は、+720度に設定されている。したがって、制御装置30は、+y軸を+U軸から-U軸に移動させる場合、シャフト20を-X方向に見て反時計回りに720度回転させる。

[0081] 制御フラグは、制御装置30が通常回転制御及び過剰回転制御のどちらでシャフト20を回転させるかを示す。制御フラグが0の場合、通常回転制御の実行を示し、制御フラグが1の場合、過剰回転制御の実行を示す。通常回

転制御及び過剰回転制御の詳細については、後述する。

[0082] [制御装置 30 の基本的な動作]

+ y 軸を各軸方向に向ける際の制御装置 30 の基本的な動作を説明する。

[0083] 最初に、通常回転制御を実行する制御装置 30 の動作を、+ y 軸を+ U 軸から- U 軸へ移動させる場合を例に説明する。以下、特に説明のない限り、重力加速度の計測の説明については省略するが、重力加速度は、自転角速度と並行して計測される。

[0084] 図 20 を参照して、+ U 軸の 1 回目の自転角速度の計測が終了した後に、制御装置 30 は、- U 軸の制御フラグが 0 に設定されているため、通常回転制御を実行する。通常回転制御とは、回転位置制御テーブル 33 に設定された回転量だけシャフト 20 を回転させる処理である。制御装置 30 は、- U 軸に設定された回転量 (+ 720 度) だけシャフト 20 を回転させる。この結果、+ y 軸は、- W 軸、+ V 軸を通過して (図 14 参照)、- U 軸に到達する。

[0085] 次に、過剰回転制御を実行する制御装置 30 の動作を、+ y 軸が+ U 軸から+ V 軸へ移動する場合を例に説明する。

[0086] + U 軸の自転角速度の 2 回目の計測が終了した後に、制御装置 30 は、次の計測対象である+ V 軸の制御フラグが 1 に設定されているため、過剰回転制御を実行して+ y 軸を+ U 軸から+ V 軸へ移動させる。

[0087] 回転位置制御テーブル 33 には、+ U 軸から+ V 軸へ移動する際の回転量として、+ 480 度が設定されている。制御装置 30 は、予め設定された過剰量 (例えば、40 度) を+ 480 度に加算し、+ 520 度を算出する。制御装置 30 は、シャフト 20 を- X 方向に見て反時計回りの方向に 520 度回転させる (過剰回転)。+ y 軸は、- W 軸を通過し、さらに、+ V 軸を一旦通過する (図 14 参照)。つまり、+ y 軸は、過剰回転により、軌跡 R3 の途中 (+ V 軸と- U 軸との間) まで移動する。

[0088] 制御装置 30 は、+ 520 度回転させたシャフト 20 を、さらに過剰量だけ逆回転させる。具体的には、制御装置 30 は、シャフト 20 を- X 方向に

見て時計回りに40度回転させる。+V軸を一旦通過した+y軸は、逆回転により、軌跡R3を逆にたどって+V軸に到達する。

[0089] 次に、過剰回転制御を実行する理由を説明する。

[0090] 例えば、+y軸が+U軸、+V軸、-V軸の順に移動する際に通常回転制御のみが用いられる場合、制御装置30は、自転角速度 ω_v を正確に計測することができない。

[0091] 図21は、+U軸から+V軸への+y軸の移動及び+V軸から-V軸への+y軸の移動の際に通常回転制御が実行された場合における、角速度センサ26により検出される角速度の時間変化を示すグラフである。

[0092] 図18、図20及び図21を参照して、通常回転制御により+y軸が+U軸から+V軸へ移動する場合、制御装置30は、シャフト20を+480度回転させる。+y軸は、シャフト20の回転に伴って、+y軸周りを回転しながら+V軸に到達する。角速度センサ26は、+y軸の移動中にも、y軸周りの回転に伴う角速度(以下、「移動角速度」)を出力する。

[0093] +y軸は、時刻 t_{11} に+V軸に到達する。+V軸に到達する直前の+y軸周りの回転方向は、反時計回りであるため、角速度センサ26は、時刻 t_{11} 以前にマイナスの角速度を出力する。+y軸が+V軸で停止した時刻 t_{11} 以降、角速度出力は、増加を続ける。この理由は、角速度センサ26の時定数の影響により、移動角速度がy軸の停止後でも角速度出力に含まれるためである。

[0094] +y軸が+V軸で停止した直後の期間(時刻 $t_{11} \sim t_{12}$)の角速度出力は、時定数の影響により大きく変動して安定しない。時定数の影響を抑制するために、制御装置30は、所定期間(時刻 $t_{12} \sim t_{13}$)内での角速度センサ26の角速度出力を、+V軸の自転角速度として計測する。しかし、所定期間においても時定数の影響が残っているため、+V軸の自転角速度は、僅かながら増加を続ける。つまり、+V軸の自転角速度は、時間とともに増加する特性を有する時定数に伴う誤差を含む。

[0095] その後、シャフト20が+720度回転することにより、+y軸は、+V

軸から－V軸へ移動する（時刻 $t_{13} \sim t_{14}$ ）。＋y軸が－V軸に到達する直前に、＋y軸が＋y軸周りを時計回りに回転しているため、角速度センサ26は、時刻 t_{14} の直前にプラスの角速度を出力する。＋y軸が－V軸で停止した時刻 t_{14} 以降の角速度出力は、時定数の影響により減少を続ける。したがって、時刻 $t_{15} \sim t_{16}$ に計測される－V軸の自転角速度は、時間とともに減少する特性を有する時定数に伴う誤差を含む。－V軸の自転角速度に含まれる時定数に伴う誤差の特性は、＋V軸の自転角速度に含まれる時定数に伴う誤差の特性と逆である。

[0096] ＋V軸の自転角速度 ω_{V+} 及び－V軸の自転角速度 ω_{V-} は、以下のように表される。

$$[0097] \quad \omega_{V+} = \omega_{V+True} + V + \delta_1 \quad \dots (1)$$

$$\omega_{V-} = \omega_{V-True} + V + \delta_2 \quad \dots (2)$$

[0098] 上記式において、 ω_{V+True} は、＋V軸の上述した誤差を含まない、真の自転角速度であり、 ω_{V-True} は、－V軸の真の自転角速度である。 ω_{V+True} と ω_{V-True} は絶対値が等しく、符号が異なる値である。Vは、オフセットである。 δ_1 は、＋V軸の自転角速度 ω_{V+} に含まれる時定数に伴う誤差である。 δ_2 は、自転角速度 ω_{V-} に含まれる時定数に伴う誤差である。自転角速度 ω_V は、式（1）から式（2）を減算することにより得られる。オフセットは、上記の減算により相殺される。しかし、時定数に伴う誤差 δ_1 の特性が、時定数に伴う誤差 δ_2 の特性と逆であるため、上記の減算により、時定数に伴う誤差 δ_2 は、時定数に伴う誤差 δ_1 と相殺されず、逆に、時定数に伴う誤差 δ_1 に加算される。このように、＋U軸から＋V軸への移動及び＋V軸から－V軸への移動に通常回転制御を用いた場合、時定数に伴う誤差が拡大される。制御装置30は、自転角速度 ω_V を正確に計測することができず、真北を正確に検出することができない。

[0099] そこで、制御装置30は、自転角速度 ω_V に含まれる時定数に伴う誤差を小さくするために、＋y軸を＋U軸から＋V軸に移動させる際に、過剰回転制御を実行する。なお、＋y軸が＋V軸から－V軸に移動する際には、通常回

転制御が実行される。

[0100] 図 22 は、過剰回転制御が +U 軸から +V 軸への移動に用いられ、通常回転制御が +V 軸から -V 軸への移動に用いられた場合における、角速度センサ 26 の角速度出力の時間変化を示すグラフである。

[0101] 制御装置 30 は、+720 度に過剰量 (40 度) を加算した回転量でシャフト 20 を回転させる (過剰回転)。+y 軸は、過剰回転に伴って、+V 軸を一旦通過し、軌跡 R3 の途中で停止する。+y 軸が軌跡 R3 の途中で停止したとき、+y 軸周りの回転方向は、反時計回りである。

[0102] そして、制御装置 30 は、シャフト 20 を 40 度逆回転させて、+y 軸を +V 軸に移動させる。シャフト 20 を -X 方向に見て時計回りに回転させた場合、+y 軸周りの回転方向は、図 18 に示す回転方向と逆になる。したがって、+y 軸が +V 軸に到達する直前の +y 軸周りの回転方向は、時計回りとなる。

[0103] この場合、角速度センサ 26 は、時刻 t_{21} 以前にプラスの移動角速度を出力する。+y 軸が +V 軸で停止した時刻 t_{21} 以降、角速度出力は、減少を続ける。この結果、+V 軸の自転角速度に含まれる時定数に伴う誤差 δ_1 は、時間とともに減少する特性を有する。

[0104] +y 軸は、通常回転制御により、+V 軸から -V 軸まで移動する。+y 軸が -V 軸に到達するまで (時刻 t_{25} まで) の角速度出力の時間変化、+V 軸で停止しているときの角速度出力の時間変化 (時刻 t_{25} 以降) は、図 21 に示す時刻 t_{14} 以降の時間変化と同様である。つまり、-V 軸の自転角速度に含まれる時定数に伴う誤差 δ_2 は、時間とともに減少する特性を有する。

[0105] 過剰回転制御により、+V 軸の自転角速度に含まれる時定数に伴う誤差 δ_1 は、-V 軸の自転角速度に含まれる時定数に伴う誤差 δ_2 と同様の特性を有する。したがって、自転角速度 ω_v (+V 方向及び -V 方向に沿った軸方向の自転角速度) を得るために、式 (1) から式 (2) を減算した場合、時定数に伴う誤差 δ_1 は、時定数に伴う誤差 δ_2 と相殺される。自転角速度 ω_v において

、時定数に伴う誤差の影響を抑えることができるため、真北の検出精度を向上させることができる。

[0106] 次に、+y軸の移動が過剰回転制御の対象となる基準について説明する。

[0107] 図23は、シャフト20の回転方向と、U軸、V軸、W軸の符号との関係を示す表である。図23を参照して、Aは、U軸、V軸、W軸の符号を示す。+U軸、+V軸及び+Wの符号は、プラスである。-U軸、-V軸又は-W軸の符号は、マイナスである。

[0108] Bは、回転位置制御テーブル33に基づいてシャフト20を回転させるときのシャフト20の回転方向を示す。シャフト20が-X方向に見て時計回りに回転する場合、Bは、マイナスに設定され、シャフト20が-X方向に見て反時計回りに回転する場合、Bは、プラスに設定される。

[0109] $A \times B$ は、U軸、V軸、W軸の符号(A)と、シャフト20の回転方向の符号(B)との積である。以下、 $A \times B$ を便宜的に「符号積」と呼ぶ。符号積は、+y軸が各軸で停止する直前の+y軸周りの回転方向に相当する。符号積がプラスである場合、各軸で停止する直前のy軸周りの回転方向は、反時計回りである。符号積がマイナスである場合、各軸で停止する直前のy軸周りの回転方向は、時計回りである。

[0110] 例えば、+y軸が+V軸から-V軸に移動する場合、+y軸が-V軸で停止する直前の+y軸の回転方向は、時計回りであり、図18に示す+y軸周りの回転方向に一致する。

[0111] +y軸の移動が、通常回転制御の対象となるか、過剰回転制御の対象となるかは、符号積に基づいて決定される。具体的には、過剰回転制御では、シャフト20は、回転位置制御テーブル33で設定された回転量よりも過剰に回転した後に逆回転するため、過剰回転制御に要する時間は、通常回転制御に要する時間よりも長い。したがって、制御装置30は、ある軸の自転角速度を計測する場合、通常回転制御の実行回数が過剰回転制御の実行回数よりも多くなるように、過剰回転制御の対象を決定すればよい。

[0112] 例えば、V軸の場合、符号積 $A \times B$ は、プラスよりもマイナスの方が多い

。したがって、制御装置 30 は、+V 軸から -V 軸への移動、及び -V 軸から +V 軸への移動の際に通常回転制御を実行し、+U 軸から +V 軸への移動の際に過剰回転制御を実行する。過剰回転制御の実行回数を抑制することにより、各軸の自転角速度の計測時間を短縮できる。

[0113] U 軸の場合、符号積 $A \times B$ は、マイナスで揃っており、W 軸の場合、符号積 $A \times B$ は、プラスで揃っている。したがって、自転角速度 ω_u 、及び自転角速度 ω_w の計測の際には、制御装置 30 は、通常回転制御のみを実行すればよい。

[0114] あるいは、各軸の符号積がすべて一致するように、過剰回転制御の対象を決定してもよい。図 23 に示す符号積 $A \times B$ において、プラスの数は、マイナスの数よりも少ない。したがって、符号積 $A \times B$ がマイナスに設定された +U 軸から -U 軸への移動、-U 軸から +U 軸への移動、+V 軸から -V 軸への移動及び -V 軸から +V 軸への移動の際に、過剰回転制御を実行してもよい。

[0115] このように、制御装置 30 は、角速度センサ 26 が所定の測定方向周りの角速度の計測を開始する前に、通常回転制御により、角速度センサ 26 が検出軸 (+y 軸) 周りを第 1 回転方向に回転するように姿勢変更装置 100 を制御する。制御装置 30 は、角速度センサ 26 が所定の測定方向と反対の方向周りの角速度の計測を開始する前に、過剰回転制御により、角速度センサ 26 が検出軸 (+y 軸) 周りを第 1 回転方向と反対の第 2 回転方向に回転し、角速度センサ 26 が検出軸 (+y 軸) 周りをさらに第 1 回転方向に回転するように姿勢変更装置 100 を制御する。これにより、角速度センサからの出力に含まれる時定数の影響による誤差を抑制することができる。

[0116] 図 24 は、通常回転制御のみを用いた場合と、通常回転制御に加えて過剰回転制御を併用した場合とにおける自転角速度の計測結果を示すグラフである。図 24 のグラフは、図 20 に示す回転位置制御テーブル 33 で指定された順序にしたがって、各軸の自転角速度を計測した結果を示す。

[0117] 過剰回転制御を併用した場合の自転角速度が、通常回転制御のみを用いた

場合の自転角速度よりも全体的に小さくなっている。この理由は、時定数に伴う誤差が、通常回転制御のみを用いた場合には相殺されず、自転角速度に上乘せされているのに対して、過剰回転制御を用いた場合では相殺されているためである。過剰回転制御を用いることにより、自転角速度の計測精度を向上できることが分かる。

[0118] また、過剰回転制御を用いた場合の自転角速度のばらつきが、通常回転制御のみを用いた場合の自転角速度のばらつきよりも小さい。自転角速度のばらつきは、時定数に伴う誤差により生じる。時定数に伴う誤差が、過剰回転制御により相殺されることにより、自転角速度のばらつきが抑制されていることが分かる。

[0119] [シャフト20の回転制御]

図25は、制御装置30のフローチャートである。図25を参照して、制御装置30は、+y軸の現在位置と、回転位置制御テーブル33とに基づいて、+y軸の次の指向方向を特定する（ステップS1）。

[0120] 制御装置30は、+y軸を次の軸方向に移動させる際に、過剰回転制御を実行するか否かを判断する（ステップS2）。具体的には、制御装置30は、回転位置制御テーブル33を参照して、次の軸方向に対応する制御フラグが0に設定されている場合（ステップS2においてNo）、通常回転制御を実行する（ステップS3）。例えば、図20を参照して、次の軸方向が-U軸である場合、制御装置30は、-U軸の制御フラグが0に設定されているため、通常回転制御を実行する。

[0121] 一方、次の軸方向の制御フラグが「1」に設定されている場合（ステップS2においてYes）、制御装置30は、過剰回転制御を実行する（ステップS4）。例えば、図20を参照して、+y軸の現在位置が+U軸であり、次の停止位置が+V軸である場合、制御装置30は、+V軸の制御フラグが「1」に設定されているため、過剰回転制御を実行する。

[0122] 図26は、通常回転制御（ステップS3）のフローチャートである。図26を参照して、制御装置30は、次の軸方向に対応する回転量を回転位置制

御テーブル 33 から取得し（ステップ S 31）、取得した回転量をシャフト 20 の回転量として設定する（ステップ S 32）。制御装置 30 は、取得した回転量に応じたパルス信号を駆動源 3 に出力する（ステップ S 33）。シャフト 20 の回転量が設定された回転量に達した場合（ステップ S 34 において Yes）、制御装置 30 は、通常回転制御を終了する。

[0123] 図 27 は、過剰回転制御（ステップ S 4）のフローチャートである。図 27 を参照して、制御装置 30 は、次の停止位置に対応する回転量を回転位置制御テーブル 33 から取得する（ステップ S 41）。駆動源制御部 32 は、予め設定された過剰量（40 度）を取得した回転量に加算することにより、シャフト 20 の回転量を過剰に設定する（ステップ S 42）。取得した回転量の符号がプラスの場合、過剰回転量が取得した回転量に加算されることにより、シャフト 20 の回転量が設定される。取得した回転量の符号がマイナスの場合、過剰回転量が取得した回転量から減算されることにより、シャフト 20 の回転量が過剰に設定される。

[0124] 制御装置 30 は、設定された回転量に応じたパルス信号を駆動源 3 に出力する（ステップ S 43）。これにより、+y 軸が次の軸方向を一旦通過する。

[0125] シャフト 20 の回転移動量が過剰に設定された回転量に達した場合（ステップ S 44 において Yes）、制御装置 30 は、過剰量をシャフト 20 の回転量として設定する（ステップ S 45）。回転方向は、ステップ S 41 で取得した回転量の符号に基づいて、逆方向に設定される。制御装置 30 は、設定された回転量に応じたパルス信号を駆動源 3 に出力する（ステップ S 46）。シャフト 20 の回転量が設定された回転量となるまで（ステップ S 46 において Yes）、パルス信号を駆動源 3 に出力する。これにより、+y 軸が、指定された次の軸方向で停止する。

[0126] 以上説明したように、方位検出装置 1 は、通常回転制御又は過剰回転制御を実行する。これにより、+y 軸が U 軸、V 軸、W 軸の各プラス及びマイナス方向に到達する直前の y 軸周りの回転方向を一致させることができる。U

軸、V軸、W軸の自転角速度を計算する際に時定数に伴う誤差を相殺することができるため、方位角 ψ の検出精度を向上することができる。

[0127] 上記実施の形態では、1軸タイプの方位検出装置1が通常回転制御及び過剰回転制御を実行する例を説明したが、これに限られない。2軸又は3軸タイプの方位検出装置が、通常回転制御及び過剰回転制御を実行してもよい。

[0128] 例えば、X軸用の角速度センサと、Y軸用の角速度センサと、Z軸用の角速度センサとを備える3軸タイプの方位検出装置を考える。3軸タイプの方位検出装置は、X軸用の角速度センサをY軸周りに回転させることにより、+X軸の自転角速度と-X軸の自転角速度とを計測する。このとき、Y軸用の角速度センサは、Y軸周りを回転する。したがって、+X軸、-X軸、+Y軸、-Y軸の計測順序によっては、Y軸用の角速度センサの回転方向が、+Y軸の自転角速度を計測する直前と、-Y軸の自転角速度を計測する直前とで、逆になる場合がある。

[0129] このような場合、3軸タイプの方位検出装置は、+Y軸の自転角速度の計測を開始する前に、過剰回転制御を実行する。これにより、Y軸用の自転角速度センサの回転方向を、+Y軸の自転角速度を計測する直前と-Y軸の自転角速度を計測する直前とで揃えることができるため、Y軸方向の自転角速度の計測精度を向上させることが可能となる。

[0130] 上記実施の形態において、制御装置30の各機能ブロックは、LSIなどの半導体装置により個別に1チップ化されても良いし、一部又は全部を含むように1チップ化されても良い。また、集積回路化の手法はLSIに限るものではなく、専用回路又は汎用プロセッサで実現してもよい。LSI製造後に、プログラムすることが可能なFPGA(Field Programmable Gate Array)や、LSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なりコンフィギュラブル・プロセッサを利用しても良い。

[0131] また、上記の各機能ブロックの処理の一部または全部は、プログラムにより実現されるものであってもよい。そして、上記各実施形態の各機能ブロックの処理の一部または全部は、コンピュータにおいて、中央演算装置(CP

U)により行われる。また、それぞれの処理を行うためのプログラムは、ハードディスク、ROMなどの記憶装置に格納されており、ROMにおいて、あるいはRAMに読み出されて実行される。また、これらのプログラムは、CD、DVDなどの記録媒体に記憶され提供されてもよい。

[0132] また、上記実施形態の各処理をハードウェアにより実現してもよいし、ソフトウェア(OS(オペレーティングシステム)、ミドルウェア、あるいは、所定のライブラリとともに実現される場合を含む。)により実現してもよい。さらに、ソフトウェアおよびハードウェアの混在処理により実現してもよい。なお、上記実施形態に係る制御装置30をハードウェアにより実現する場合、各処理を行うためのタイミング調整を行う必要があるのは言うまでもない。上記実施形態においては、説明便宜のため、実際のハードウェア設計で生じる各種信号のタイミング調整の詳細については省略している。

[0133] 以上、本発明の実施の形態を説明したが、上述した実施の形態は本発明を実施するための例示に過ぎない。よって、本発明は上述した実施の形態に限定されることなく、その趣旨を逸脱しない範囲内で上述した実施の形態を適宜変形して実施することが可能である。

請求の範囲

[請求項1]

角速度センサと、

前記角速度センサを検出軸周りに回転させ、前記検出軸を所定の測定方向と前記所定の測定方向と反対の方向とに向けるように前記角速度センサの姿勢を変更する姿勢変更装置と、

前記姿勢変更装置を制御する制御装置と、
を備え、

前記制御装置は、

前記角速度センサが前記所定の測定方向周りの角速度の検出を開始する前に、前記角速度センサが前記検出軸周りを第1回転方向に回転するように前記姿勢変更装置を制御する第1制御部と、

前記角速度センサが前記反対の方向周りの角速度の検出を開始する前に、前記角速度センサが前記検出軸周りを前記第1回転方向と反対の第2回転方向に回転し、前記角速度センサが前記検出軸周りをさらに前記第1回転方向に回転するように前記姿勢変更装置を制御する第2制御部とを備える、方位検出装置。

[請求項2]

請求項1に記載の方位検出装置であって、

前記制御装置は、前記角速度センサにより検出された前記所定の測定方向周りの角速度と、前記角速度センサにより検出された前記反対の方向周りの角速度との差分を計算して、前記所定の測定方向に沿った軸周りの自転角速度を取得する、方位検出装置。

[請求項3]

請求項1又は2に記載の方位検出装置であって、

前記姿勢変更装置は、X Y Z 直交座標系内に設置され、

前記姿勢変更装置は、

X軸方向に延びたシャフトと、

前記シャフトに対して α 度傾斜した傾斜軸周りを回転可能であり、
前記シャフトと連結され、x y z 直交座標系を有し、球体状表面と、
前記球体状表面のx軸周りに形成された軌道部とを備える回転部材

と、

前記制御装置により制御され、前記シャフトをX軸周りに回転する駆動源と、

前記X Y Z直交座標系に固定され、前記軌道部と接触するガイド部材とを備え、

前記軌道部は、前記シャフトの回転により前記ガイド部材と接触しながら回転するときに、前記回転部材のy軸を、X軸周りの60度おきに互いに交わるU軸、V軸及びW軸のプラス及びマイナス方向に順次向ける形状を有し、x軸のプラス方向に凸状の4つの山部と、マイナス方向に凸状の4つの谷部とを有するジグザグ状であり、

前記角速度センサは、前記検出軸がy軸を向くように前記回転部材に取り付けられ、

所定の測定方向及び反対の方向は、U軸、V軸及びW軸のいずれか1つに一致する、方位検出装置。

[請求項4]

請求項3に記載の方位検出装置であって、

前記制御装置は、前記角速度センサがU軸、V軸及びW軸のいずれか1つの軸方向周りの角速度を検出する場合、前記検出軸が前記いずれか1つの軸のプラス方向、マイナス方向、プラス方向の順に向けられるように、前記姿勢変更装置を制御し、

前記角速度センサが前記いずれか1つの軸方向周りの角速度を検出する際に、前記第2制御部により制御される回数が、前記第1制御部により制御される回数よりも少ない、方位検出装置。

[請求項5]

請求項3又は4に記載の方位検出装置であって、

前記検出軸がU軸、V軸及びW軸のいずれか1つの軸のプラス方向に向けられる場合、前記検出軸の符号がプラスであり、前記検出軸がU軸、V軸及びW軸のいずれかの1つの軸のマイナス方向に向けられる場合、前記検出軸の符号がマイナスであり、

前記シャフトが前記方位検出装置の正面から見て時計回りに回転す

る場合、前記シャフトの回転方向の符号がプラスであり、前記シャフトが反時計回りに回転する場合、前記シャフトの回転方向の符号がマイナスであり、

前記検出軸が前記いずれか1つの軸のプラス方向、マイナス方向に向けられる場合、前記姿勢変更装置が前記第1制御部により制御されるか否かが、前記検出軸の符号と前記回転方向の符号との積に基づいて決定される、方位検出装置。

[請求項6]

検出軸周りの角速度を検出する角速度センサと、前記角速度センサを前記検出軸周りに回転させ、前記検出軸を所定の測定方向と前記所定の測定方向と反対の方向に向けるように前記角速度センサの姿勢を変更する姿勢変更装置とを備える方位検出装置に搭載されるコンピュータに、

前記角速度センサが前記所定の測定方向周りの角速度の検出を開始する前に、前記角速度センサが検出軸周りを第1回転方向に回転するように前記姿勢変更装置を制御するステップと、

前記角速度センサが前記反対の方向周りの角速度の検出を開始する前に、前記角速度センサが前記検出軸周りを前記第1回転方向と反対の第2回転方向に回転し、前記角速度センサが前記検出軸周りをさらに前記第1回転方向に回転するように前記姿勢変更装置を制御するステップとを実行させるための制御プログラム。

[図1]

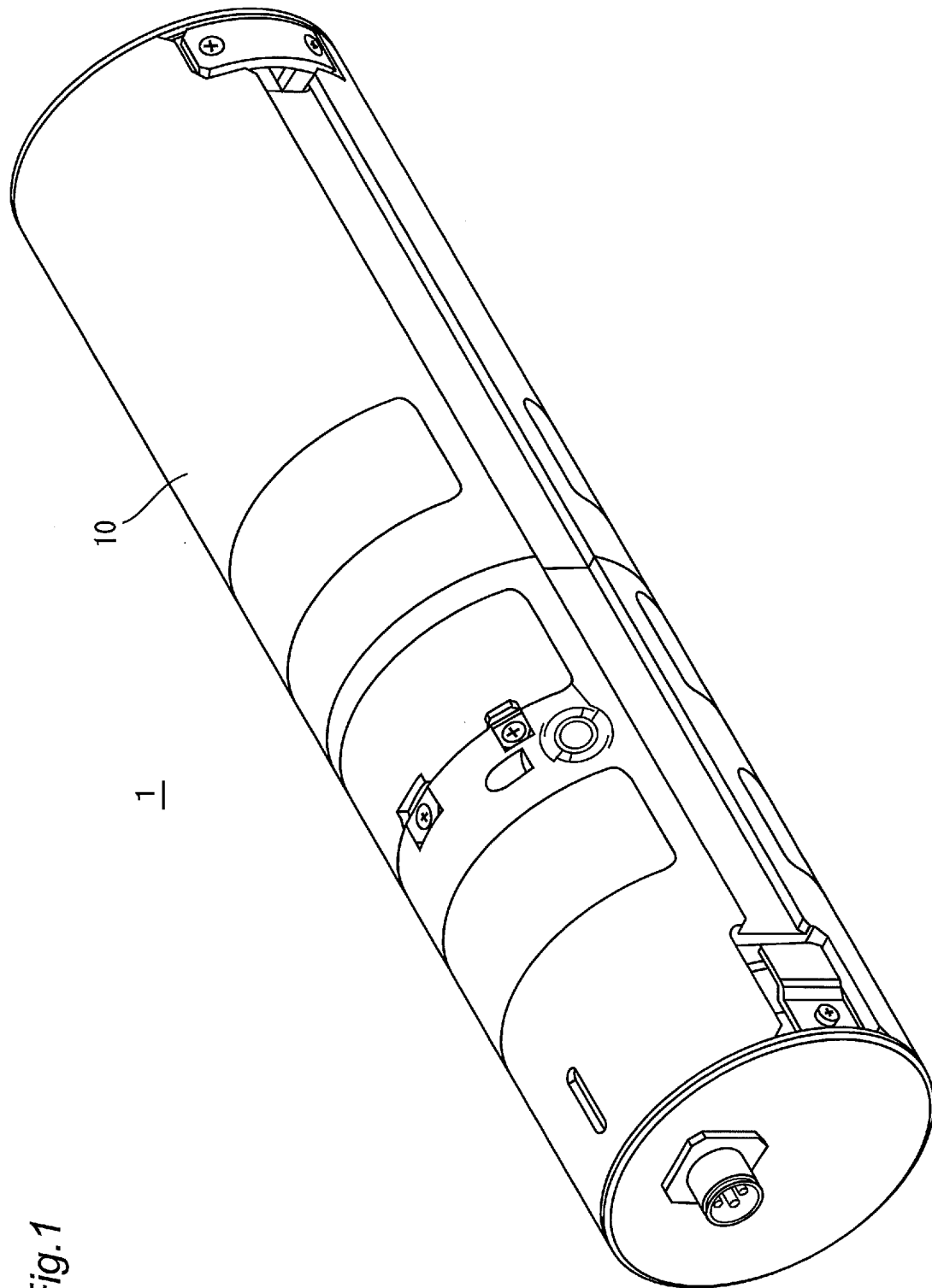
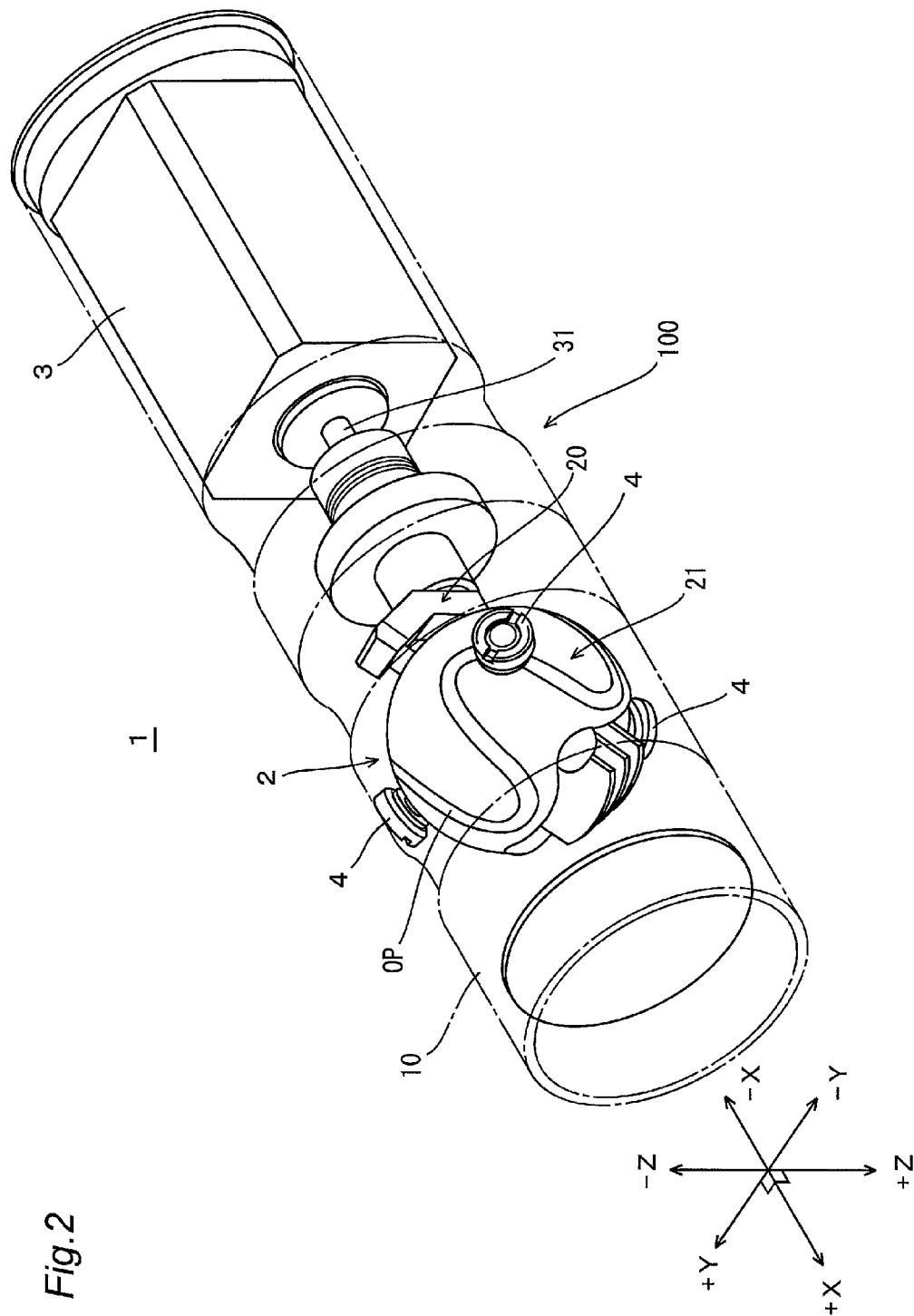


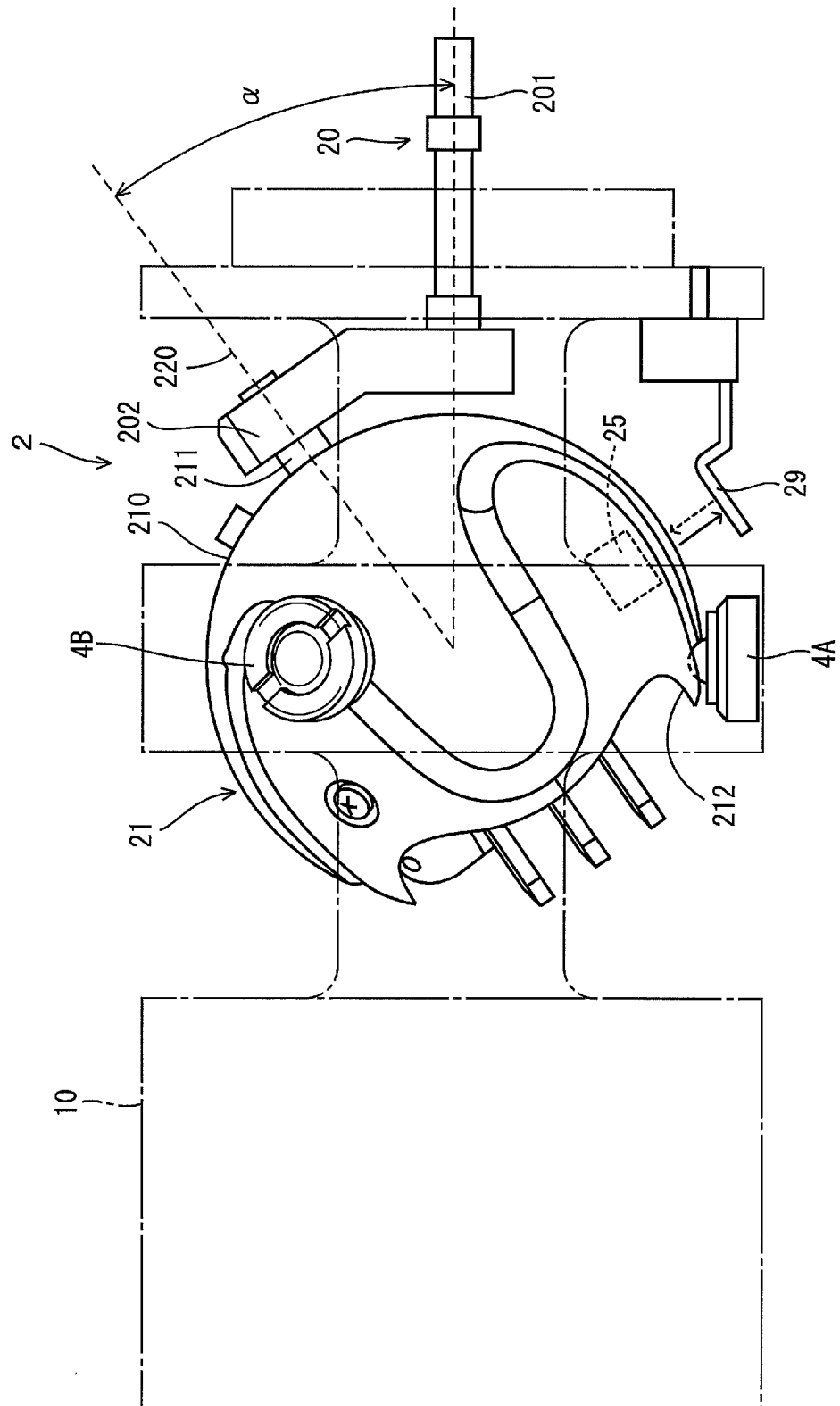
Fig. 1

[図2]



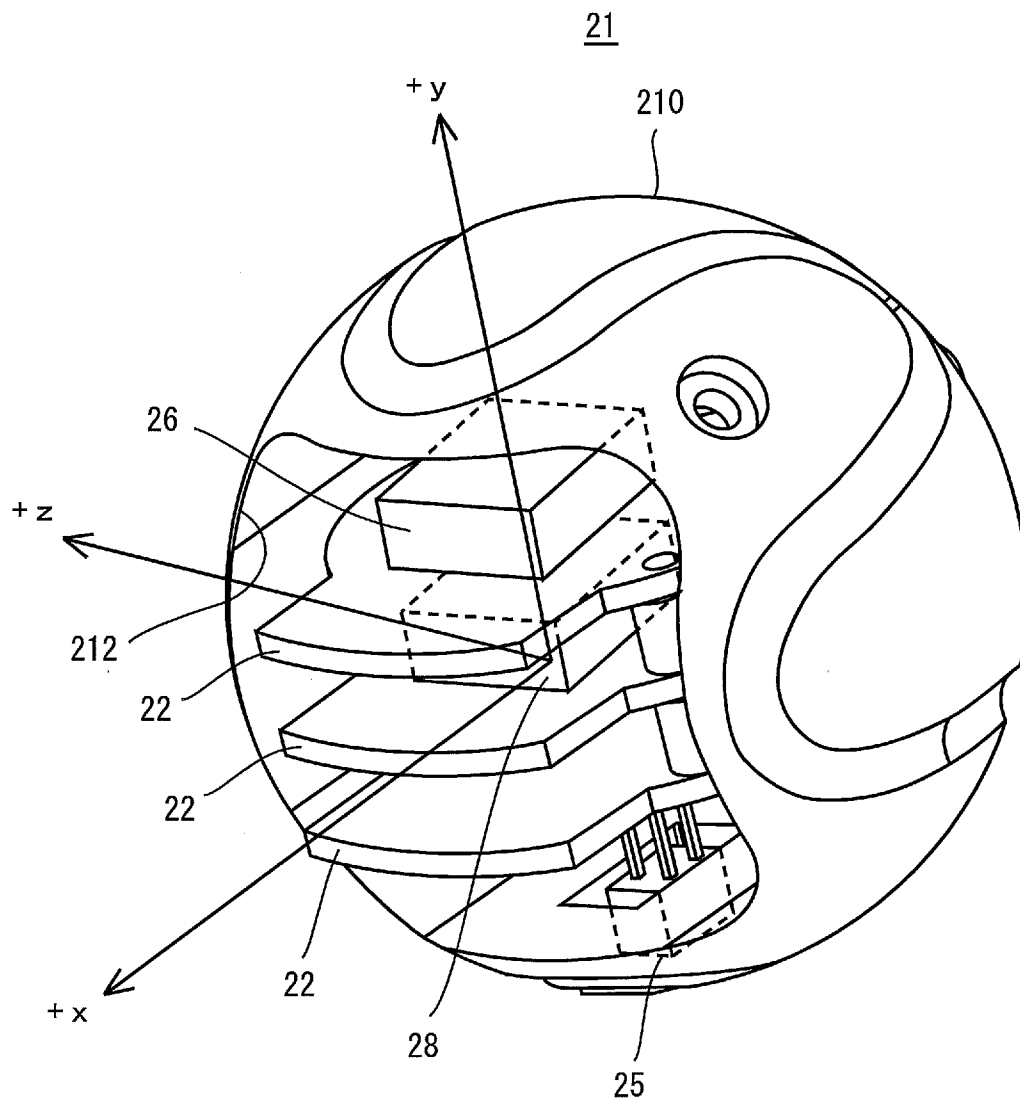
[図3]

Fig.3



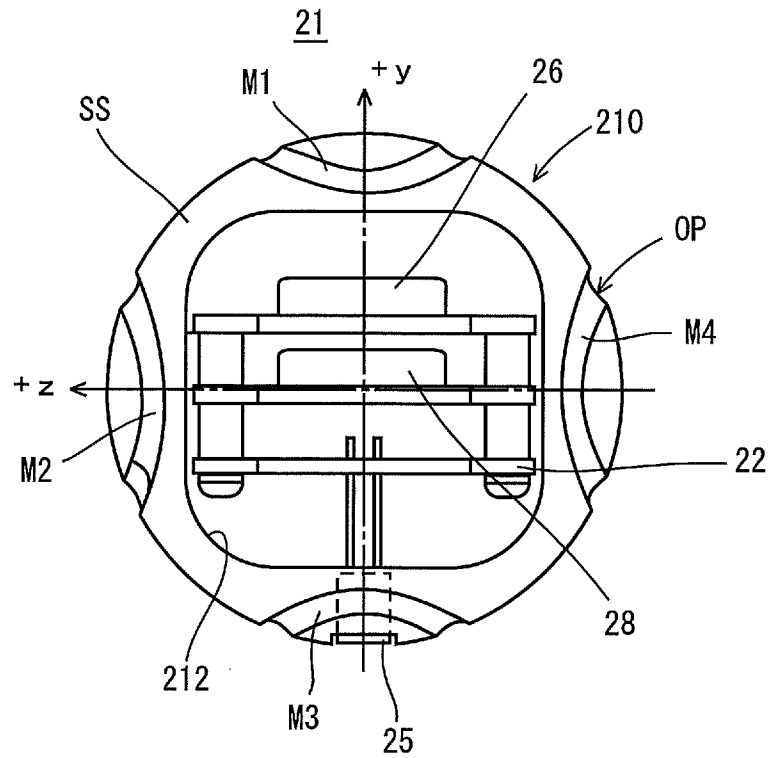
[図4]

Fig.4



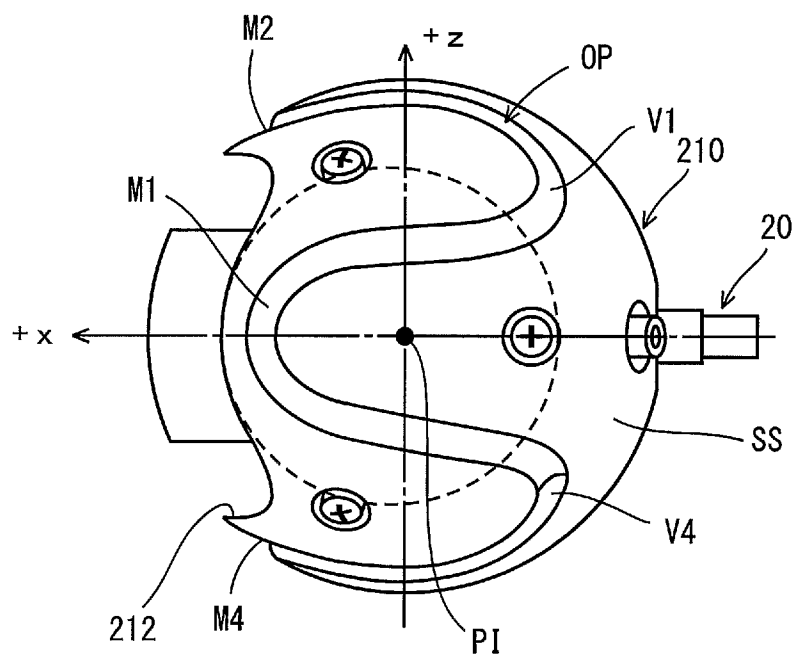
[図5]

Fig.5



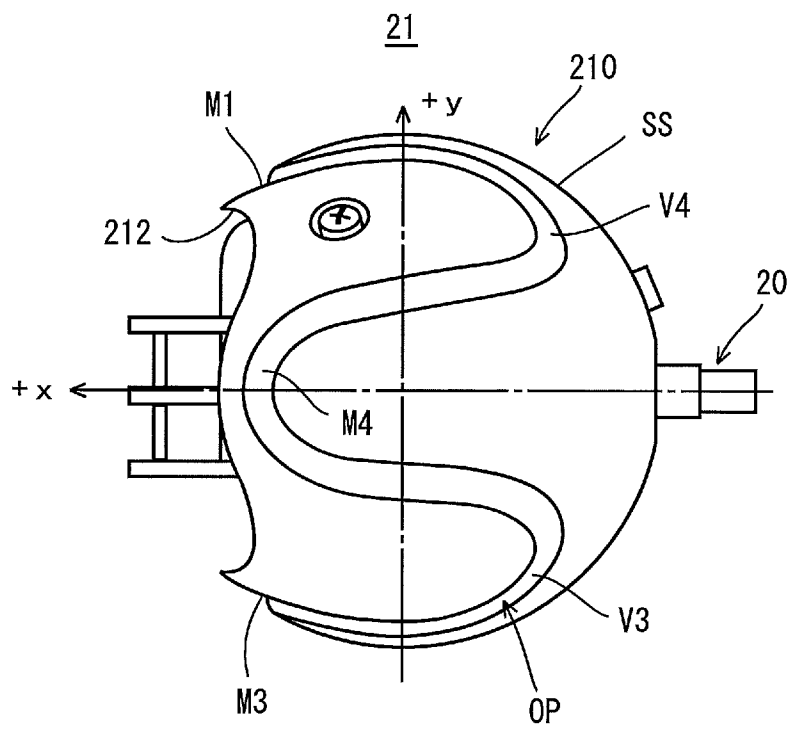
[図6]

Fig.6



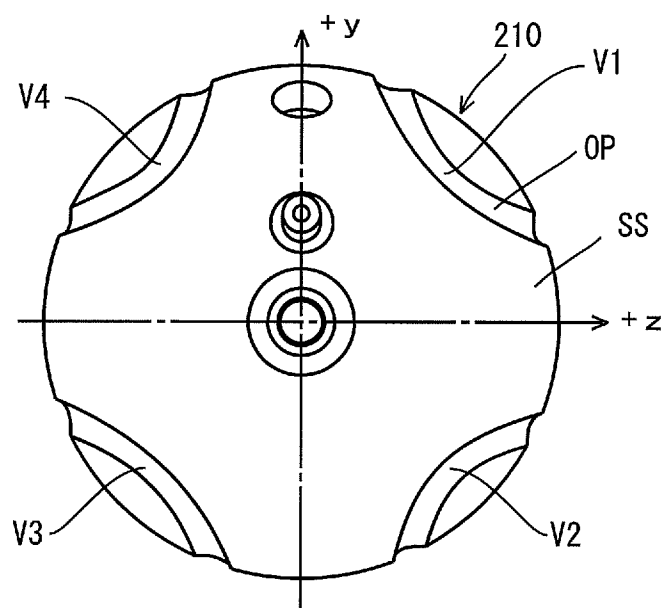
[図7]

Fig.7



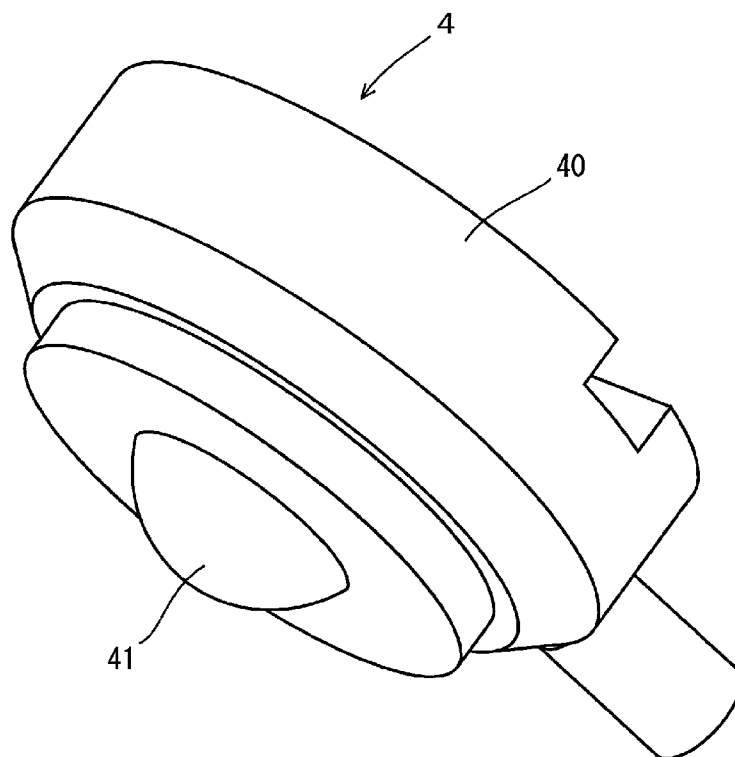
[図8]

Fig.8

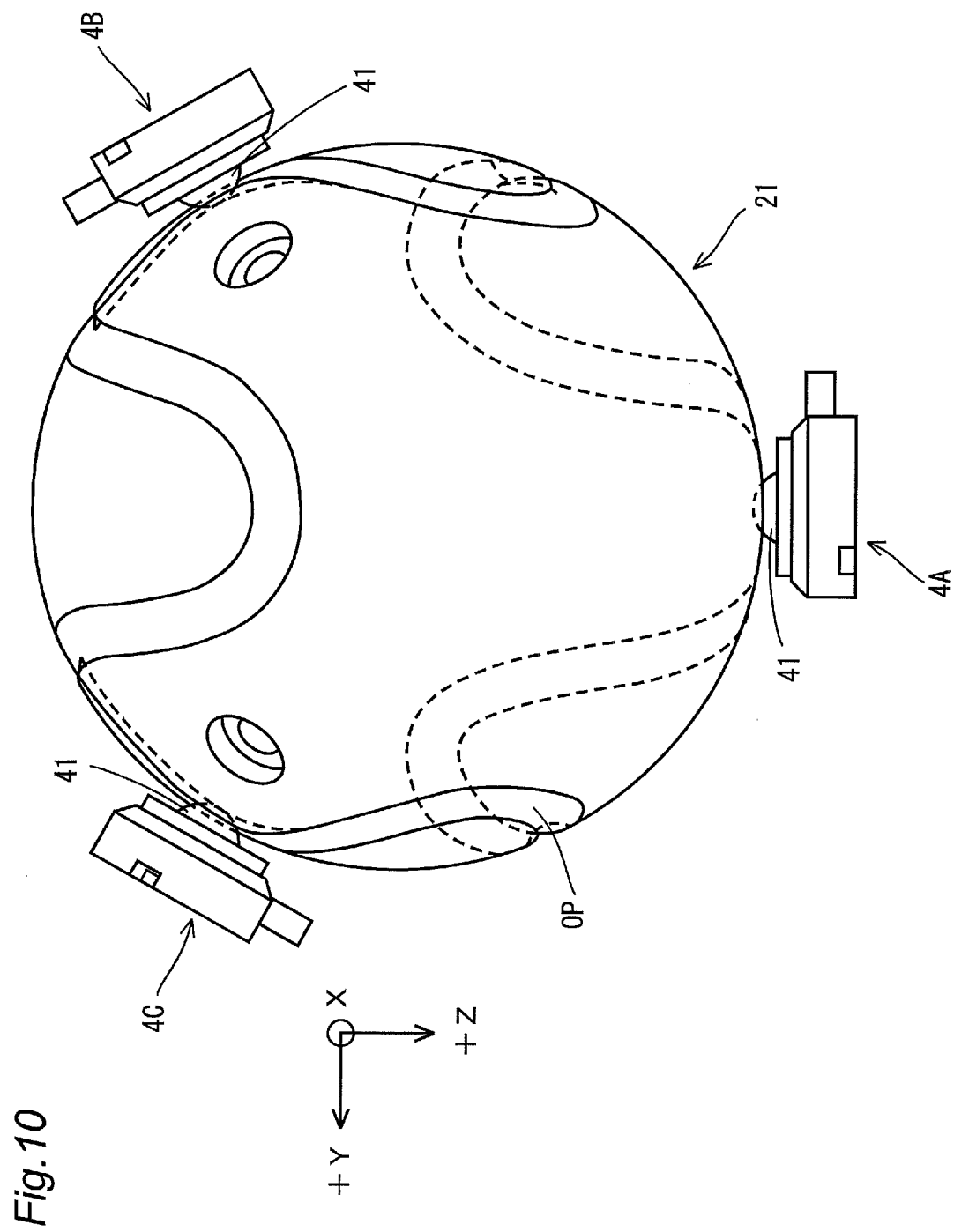


[図9]

Fig.9

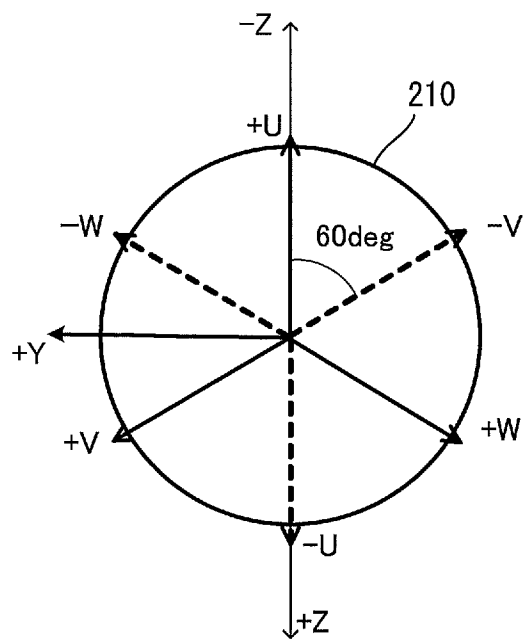


[図10]



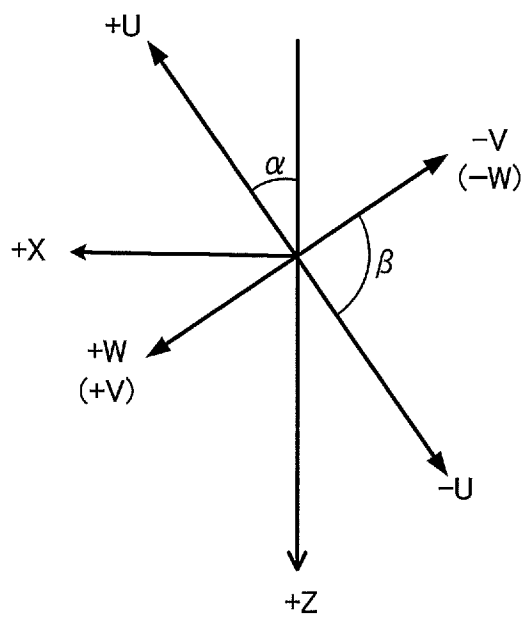
[図11]

Fig.11



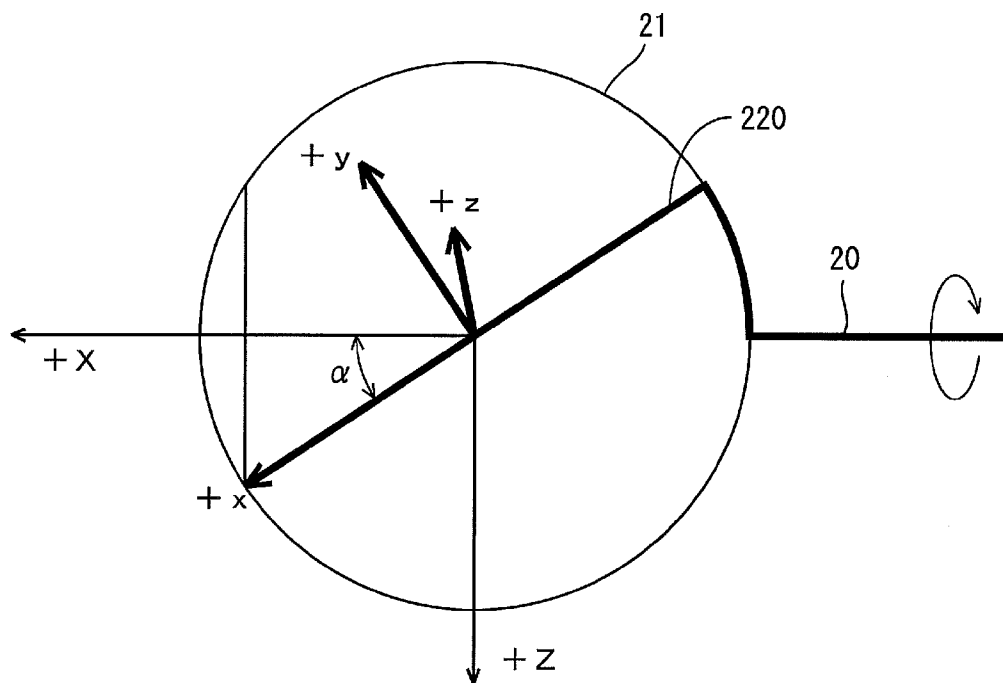
[図12]

Fig.12



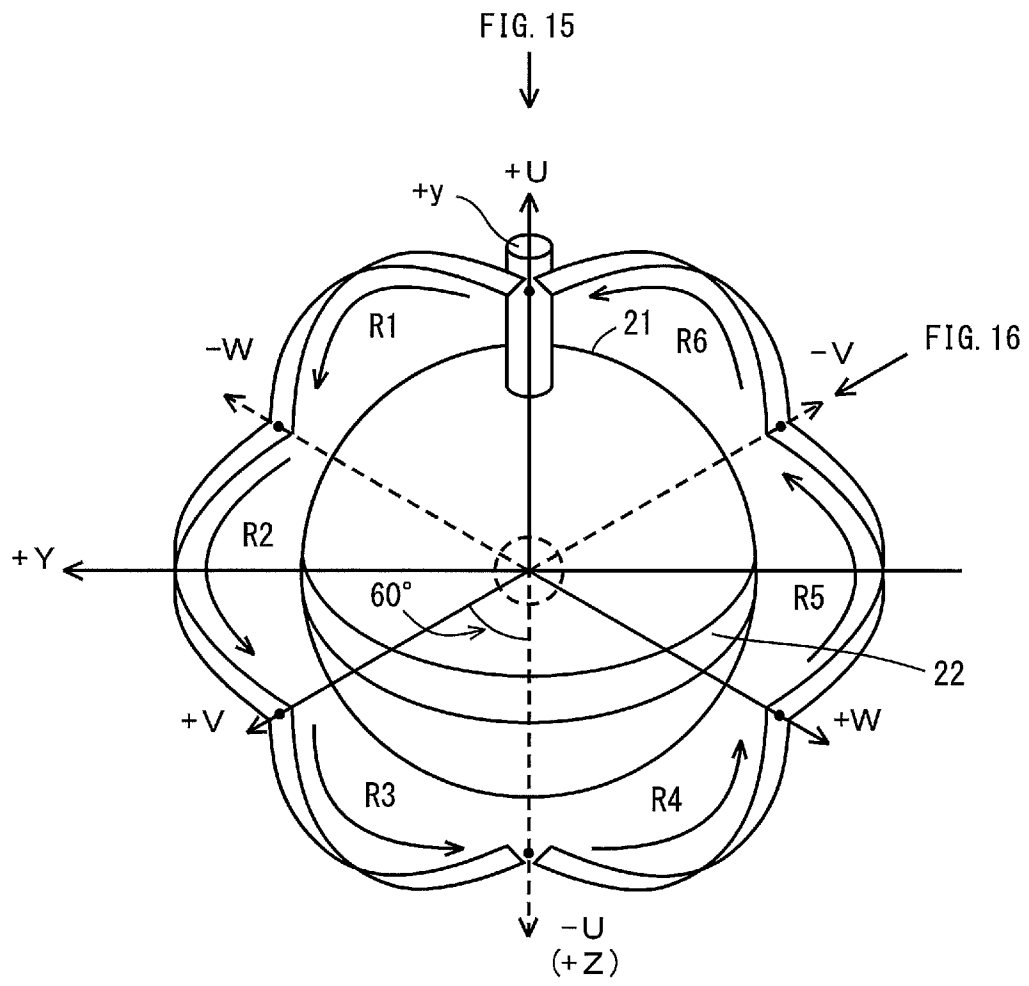
[図13]

Fig.13



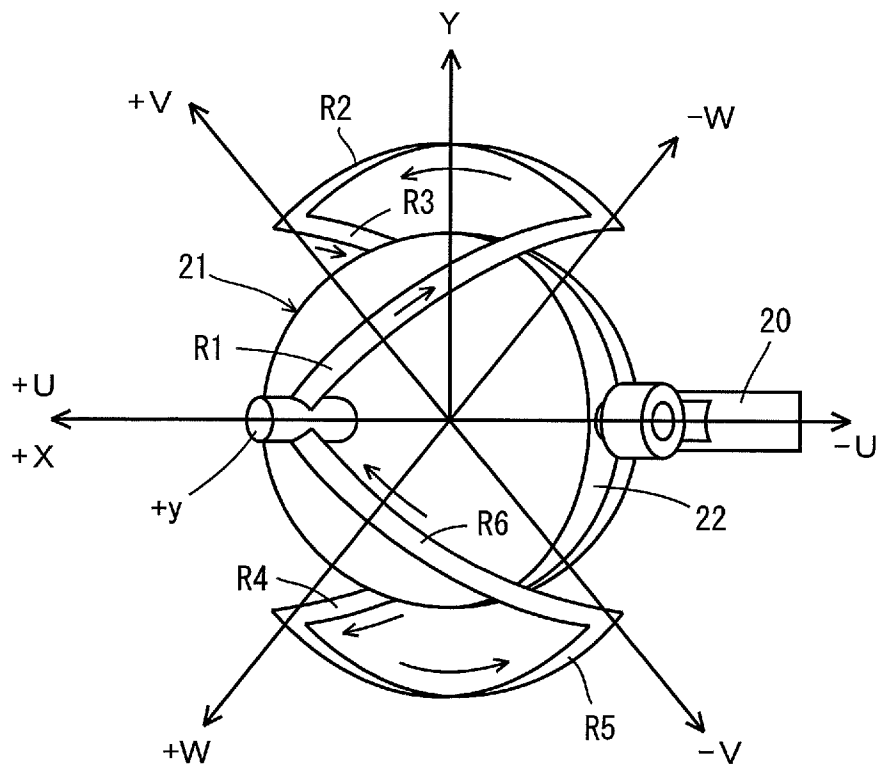
[図14]

Fig. 14



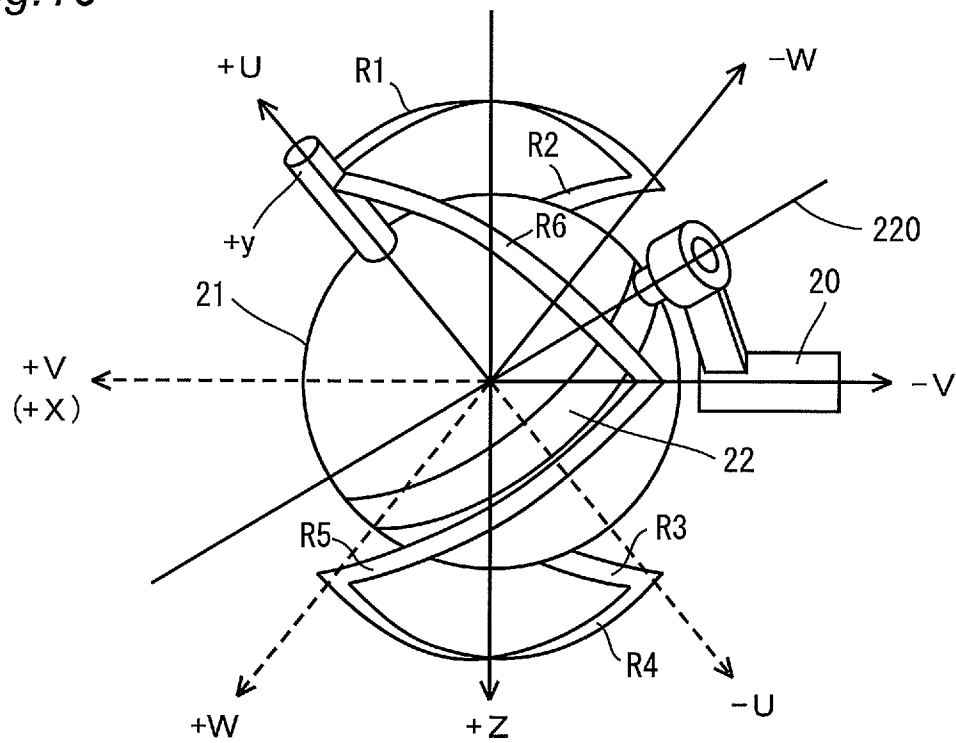
[図15]

Fig.15



[図16]

Fig.16



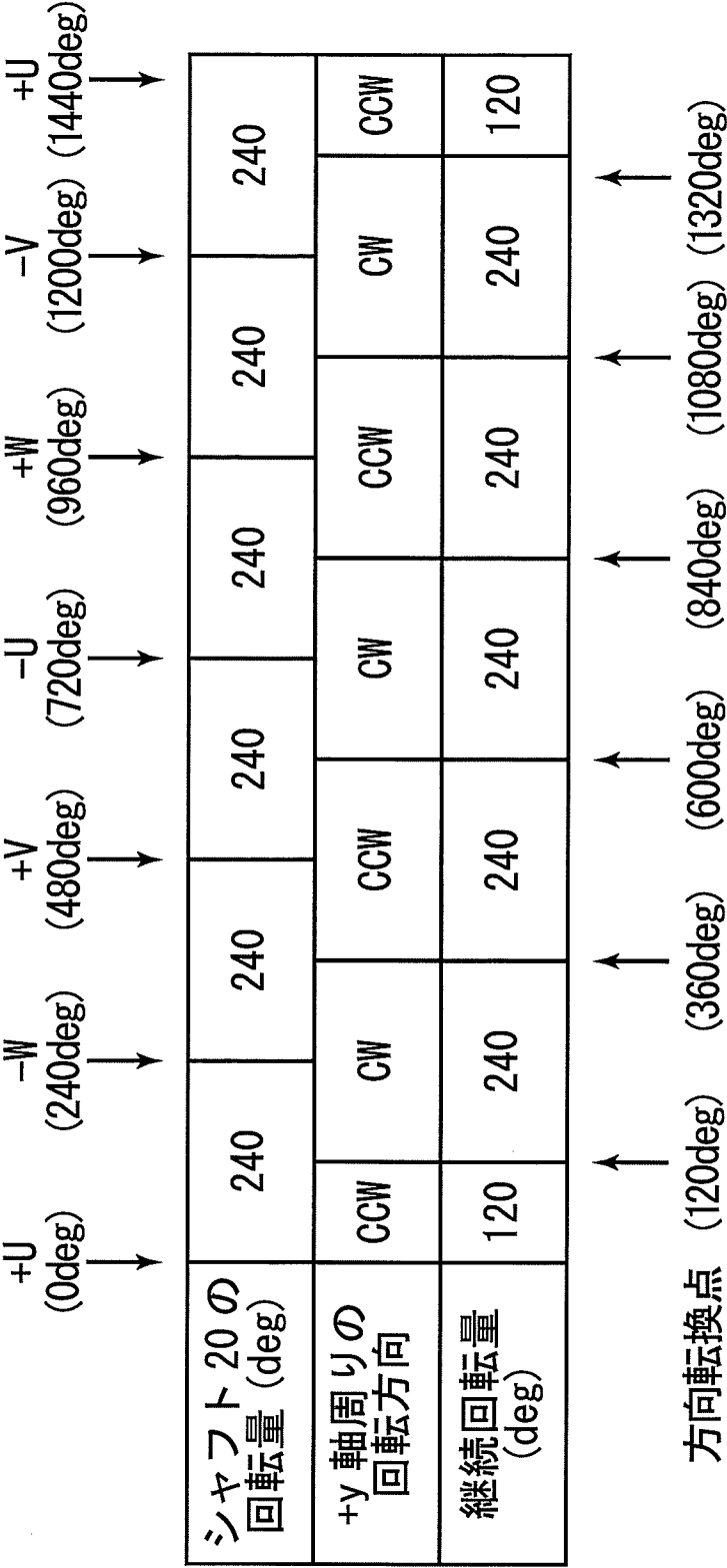
[図17]

Fig.17

指向方向	+U	-W	+V	-U	+W	-V	+U
シャフト 20 の 回転位置 (deg)	0	240	480	720	960	1200	1440
X 軸周りの 回転量 (+y 軸)	0	60	120	180	240	300	360

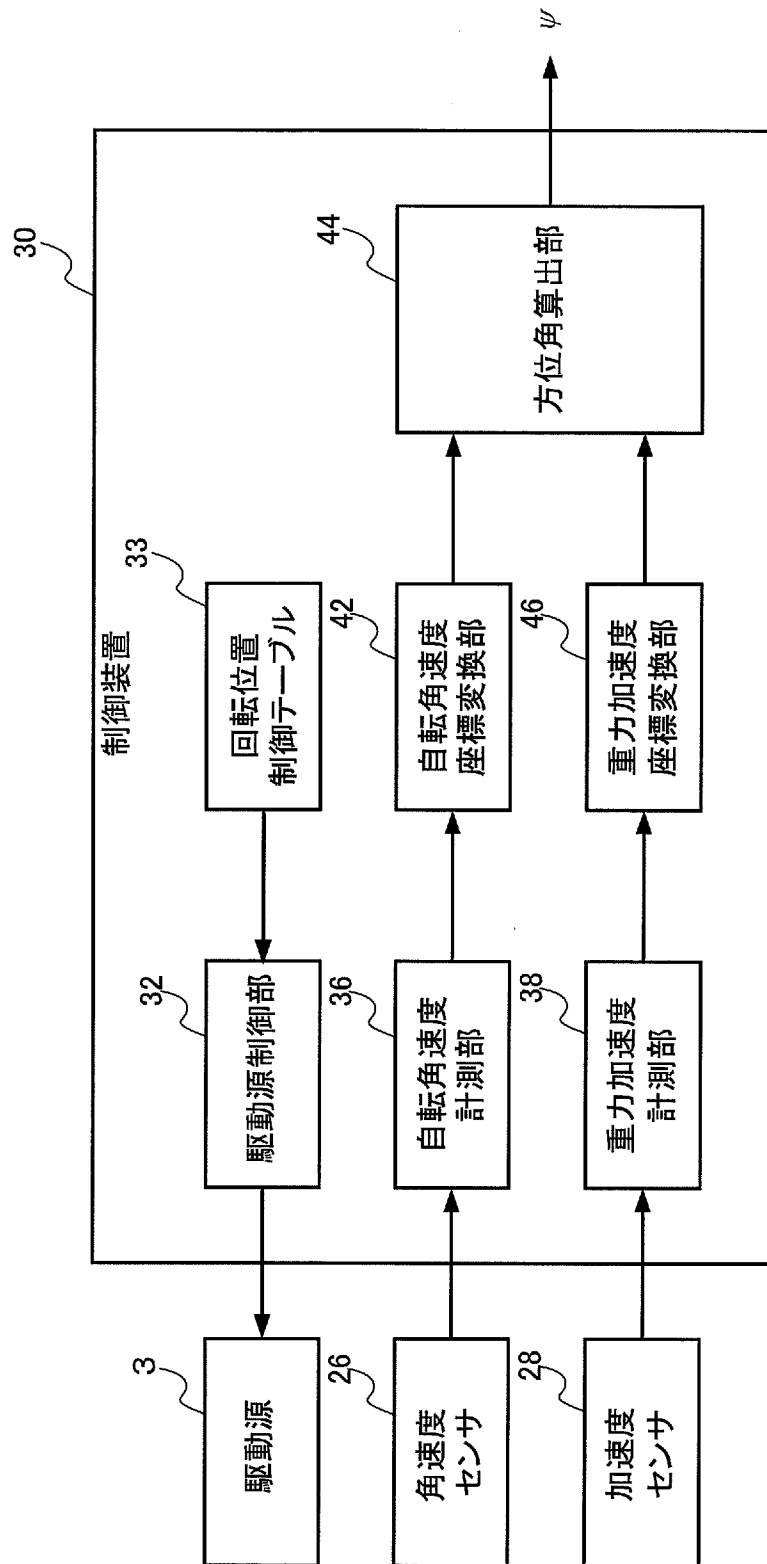
[図18]

Fig. 18



[図19]

Fig. 19



[図20]

Fig.20

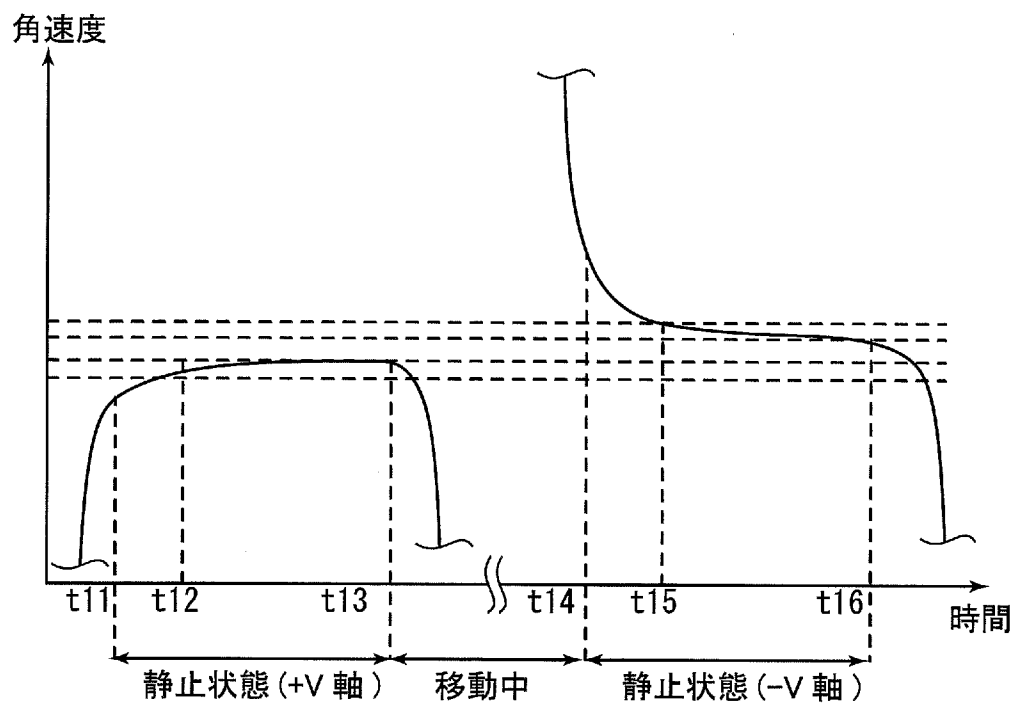
33

回転位置制御テーブル

軸方向	+U	-U	+U	+V	-V	+V	+W	-W	+W	+U
回転位置 (シャフト 20)	0	720	0	480	1200	480	960	240	960	0
回転量 (シャフト 20)		+720	-720	+480	+720	-720	+480	-720	+720	-960
制御フラグ		0	0	1	0	0	0	0	0	0

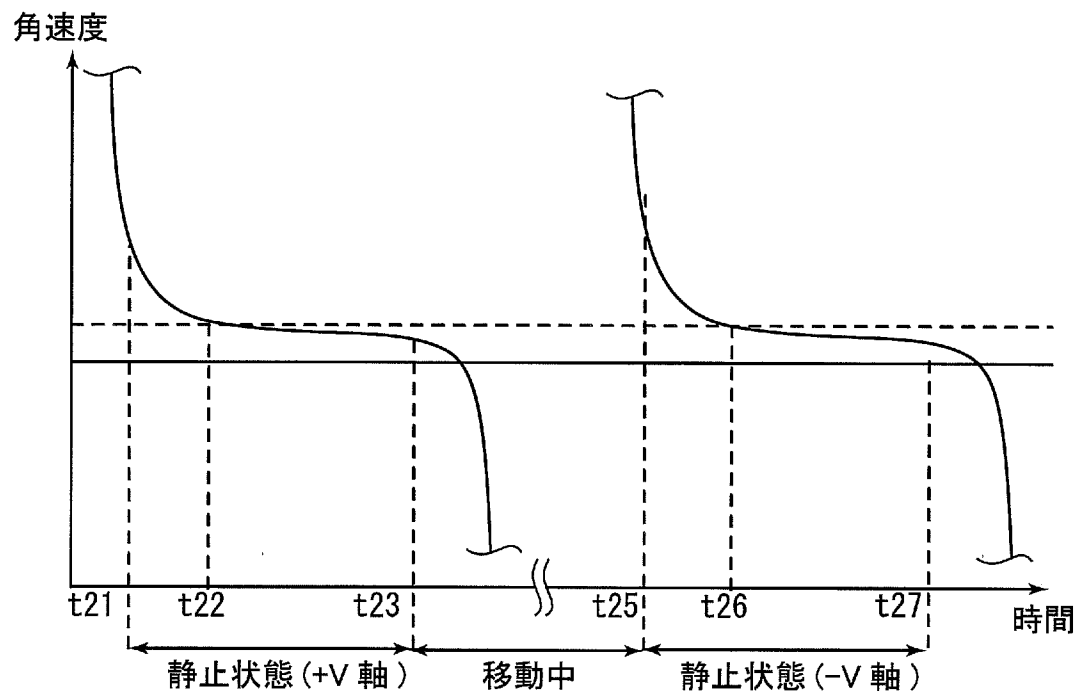
[図21]

Fig.21



[図22]

Fig.22



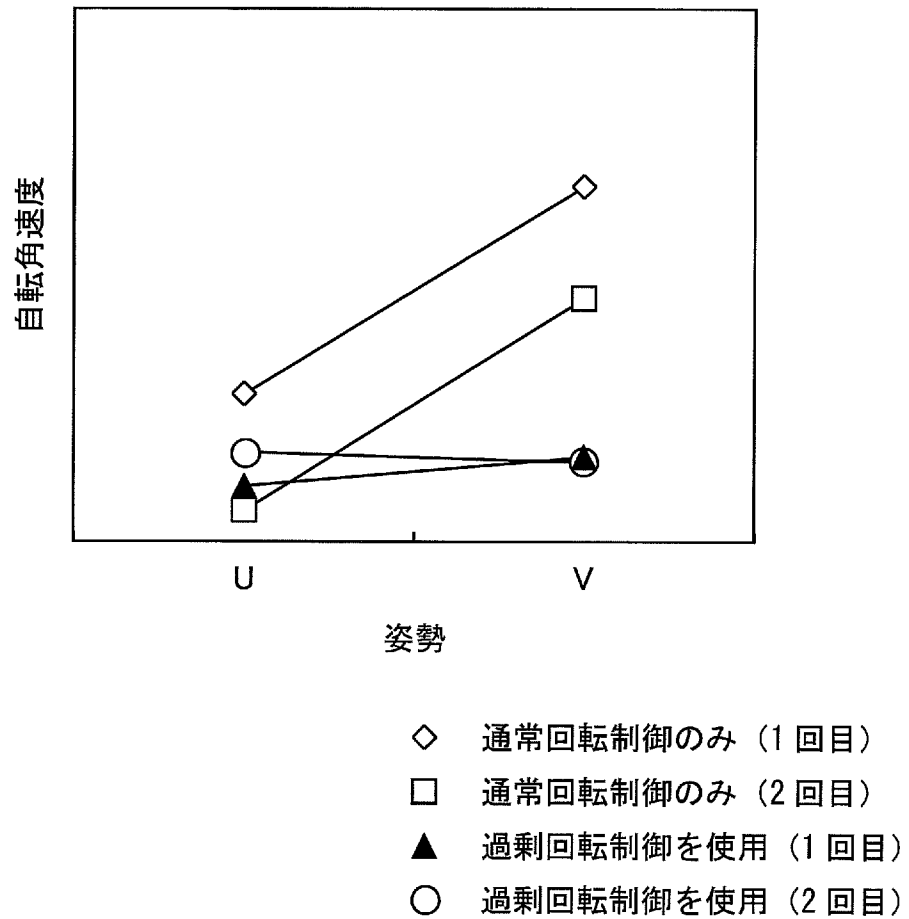
[図23]

Fig.23

軸方向	+U	-U	+U	+V	-V	+V	+W	-W	+W	+U
A (軸方向の の符号)	/	-	+	+	-	+	+	-	+	+
B (シャフト 20 回転方向)	/	+	-	+	+	-	+	-	+	-
A×B	/	-	-	+	-	-	+	+	+	-

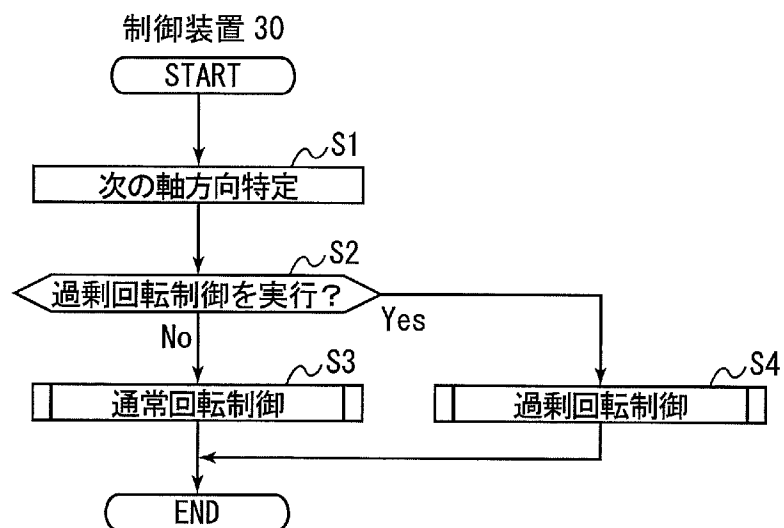
[図24]

Fig.24



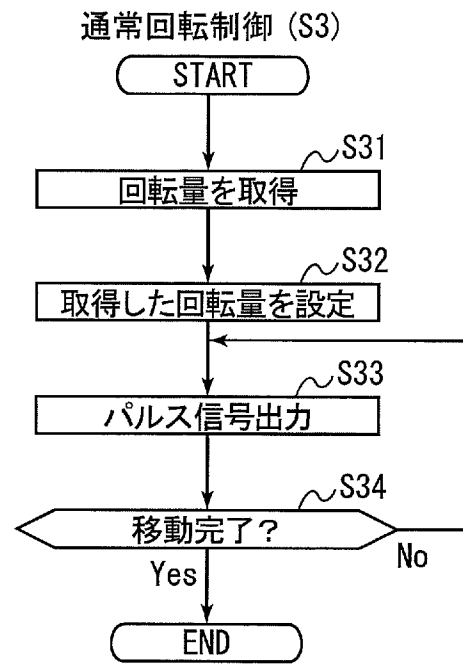
[図25]

Fig.25



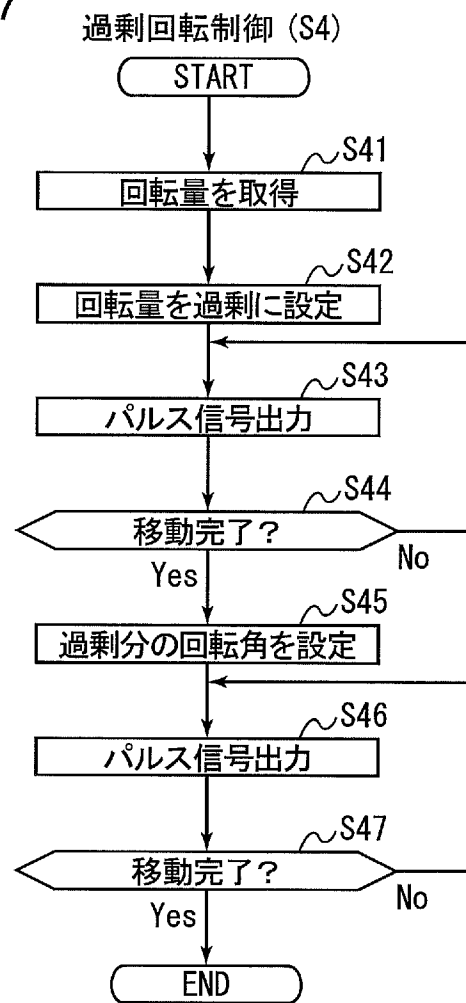
[図26]

Fig. 26



[図27]

Fig.27



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/052133

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01C19/00(2013.01)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) G01C19/00		
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 1996-2014 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014		
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.
A	JP 2012-112679 A (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.), 14 June 2012 (14.06.2012), entire text; all drawings & EP 2604973 A1 & WO 2012/066852 A & WO 2012/066852 A1 & CN 103221776 A	1-6
A	JP 8-210855 A (Japan Aviation Electronics Industry Ltd.), 20 August 1996 (20.08.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 4-142088 A (Tokimec Inc.), 15 May 1992 (15.05.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
☐ 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 18 February, 2014 (18.02.14)		Date of mailing of the international search report 04 March, 2014 (04.03.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

The description discloses that "in order to cancel offsets, the difference value between a rotational angular velocity in a +V direction and a rotational angular velocity in a -V direction is calculated, in this calculation, errors accompanying a time constant are added without being canceled, and since the rotational angular velocity around a V axis includes the errors accompanying the time constant, a six-direction pointing device cannot accurately detect true north" (paragraph [0012]), and also discloses that "the purpose of the present invention is to provide a direction detection device capable of improving the detection accuracy of true north" (paragraph [0013]). Therefore, the true purpose of the present invention is considered to provide a direction detection device capable of improving the detection accuracy of true north by preventing the rotational angular velocity around a predetermined axis from including errors accompanying a time constant.

This purpose cannot be achieved only by "causing the characteristics of errors accompanying a time constant respectively included in an angular velocity around a predetermined measurement direction and an angular velocity around an opposite direction thereto to match each other" (paragraph [0015]), and to achieve this purpose, it is considered to be necessary to cancel errors accompanying a time constant (paragraph [0017]) by "calculating the difference between an angular velocity around a predetermined measurement direction detected by an angular velocity sensor and an angular velocity around an opposite direction thereto detected by the angular velocity sensor and acquiring a rotational angular velocity around an axis along the predetermined measurement direction" (paragraph [0016]).

Therefore, the search was conducted on the scope supported and disclosed by the description, that is, a direction detection device having a configuration in which "the difference between an angular velocity around a predetermined measurement direction detected by an angular velocity sensor and an angular velocity around an opposite direction thereto detected by the angular velocity sensor is calculated and a rotational angular velocity around an axis along the predetermined measurement direction is acquired" (a configuration described in claim 2), which is specifically described in the description.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01C19/00(2013.01)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. G01C19/00			
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014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 請求項の番号	
A	JP 2012-112679 A（住友精密工業株式会社）2012.06.14, 全文, 全図 & EP 2604973 A1 & WO 2012/066852 A & WO 2012/066852 A1 & CN 103221776 A	1-6	
A	JP 8-210855 A（日本航空電子工業株式会社）1996.08.20, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6	
A	JP 4-142088 A（株式会社トキメック）1992.05.15, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-6	
☐ 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 18.02.2014		国際調査報告の発送日 04.03.2014	
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） 梶田 真也 電話番号 03-3581-1101 内線 3258	2S 3303

明細書には、[オフセットを相殺するために、 $+V$ 方向の自転角速度と $-V$ 方向の自転角速度との差分値が計算されるが、この計算の際に、時定数に伴う誤差は、相殺されず、加算される。 V 軸周りの自転角速度が時定数に伴う誤差を含むため、6方向指向装置は、真北を正確に検知することができない。]という事項（段落【0012】）が記載されており、また、[本発明の目的は、真北の検出精度を向上することができる方位検出装置を提供することである。]という事項（段落【0013】）が記載されていることから、本発明の真の目的は、所定の軸周りの自転角速度が時定数に伴う誤差を含まないようにして、真北の検出精度を向上することができる方位検出装置を提供することであると認められる。そして、該目的は、[所定の測定方向周りの角速度と、反対の方向周りの角速度との各々に含まれる時定数に伴う誤差の特性を一致させる]こと（段落【0015】）だけでは達成することはできず、該目的を達成するためには、[角速度センサにより検出された所定の測定方向周りの角速度と、角速度センサにより検出された反対の方向周りの角速度との差分を計算して、所定の測定方向に沿った軸周りの自転角速度を取得する]こと（段落【0016】）により、時定数に伴う誤差を相殺する必要があるもの（段落【0017】）と認められる。

よって、調査は、明細書に裏付けられ、開示されている範囲、すなわち、明細書に具体的に記載されている、[角速度センサにより検出された所定の測定方向周りの角速度と、角速度センサにより検出された反対の方向周りの角速度との差分を計算して、所定の測定方向に沿った軸周りの自転角速度を取得する]構成（請求項2記載の構成）を有する方位検出装置について行った。