

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6834101号
(P6834101)

(45) 発行日 令和3年2月24日 (2021.2.24)

(24) 登録日 令和3年2月8日 (2021.2.8)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 B 7/00 (2006.01)

G O 1 B 7/00 I O 1 H

請求項の数 4 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2016-231657 (P2016-231657)	(73) 特許権者	000138462
(22) 出願日	平成28年11月29日 (2016.11.29)		株式会社ユーシン
(65) 公開番号	特開2018-87773 (P2018-87773A)		長野県北佐久郡御代田町大字御代田 4 1 0
(43) 公開日	平成30年6月7日 (2018.6.7)		6 番地 7 3
審査請求日	令和1年11月15日 (2019.11.15)	(74) 代理人	100144048
			弁理士 坂本 智弘
		(74) 代理人	100189186
			弁理士 大石 敏弘
		(74) 代理人	100186679
			弁理士 矢田 歩
		(72) 発明者	田中 雄大
			広島県呉市天応大浜 4 丁目 1 番 1 号 株式
			会社ユーシン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非接触型操作検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転方向及び傾斜方向に操作可能な操作軸と、
 前記操作軸の一端側に設けられ、前記操作軸の操作を行う操作部と、
 前記操作軸の他端側に設けられた磁石と、
 前記磁石の磁力による磁束密度に応じた出力値を出力し、前記磁石と離間して設けられた 3 軸検出型の磁気センサと、を備え、
 前記操作軸は、前記操作部が操作中立位置に位置するときに、前記磁石の磁化方向が前記磁気センサに対して傾斜するように、前記磁石の取り付けが可能な磁石固定部を備えており、

前記磁石は、前記操作部が操作中立位置に位置するときに、前記磁石の中心を通る前記磁化方向に沿った磁石中心軸が前記磁気センサの中心を通るように、前記磁石固定部に取り付けられていることを特徴とする非接触型操作検出装置。

【請求項 2】

前記磁気センサは、前記操作軸が前記傾斜方向に動くときの回転中心に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の非接触型操作検出装置。

【請求項 3】

前記操作軸の前記回転方向への回転中心を通る前記操作軸に沿った軸を基準軸とすると、前記操作部が操作中立位置に位置するときに、前記磁気センサの 3 軸のうちの 1 つである第 1 軸が前記基準軸とほぼ重なるように、前記磁気センサが配置されており、

前記磁石は、前記操作部が操作中立位置に位置するときに、前記磁石中心軸が前記基準軸及び前記第1軸に対して所定の角度 δ で傾斜するように、前記磁石固定部に取り付けられていることを特徴とする請求項2に記載の非接触型操作検出装置。

【請求項4】

前記磁石の外形は円形状であり、

前記磁気センサの前記第1軸が前記磁石に交わる第1交点から前記磁気センサのセンサ部までの距離を第1距離 H_1 としたときに、前記磁石中心軸の前記磁気センサ側の前記磁石の面に交わる第2交点から前記第1交点までの第2距離 H_2 が $H_1 \times \sin \delta$ であり、

前記磁石が前記第2距離 H_2 以上の半径を有していることを特徴とする請求項3に記載の非接触型操作検出装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は非接触型操作検出装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

車両には、カーナビ等の操作部として回転操作、傾斜操作及び押圧操作といった複数の操作の検出が可能な操作検出装置が設けられるようになっている。

そして、特許文献1には、操作部による回転方向、傾斜方向及び押圧方向への操作状態を検出することができる非接触型操作検出装置が開示されており、その操作状態を検出するために、複数の磁気センサと複数の磁石が用いられている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2010-32234号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、複数の磁気センサと複数の磁石を用いる構成の場合、部品点数が多くなるため、部品コストが高くなるとともに、組み立て時の手間も増えるという問題がある。

30

【0005】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、磁気センサ及び磁石の数を削減した複数の操作の検出が可能な非接触型操作検出装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上記目的を達成するために以下の構成によって把握される。

(1) 本発明の非接触型操作検出装置は、回転方向及び傾斜方向に操作可能な操作軸と、前記操作軸の一端側に設けられ、前記操作軸の操作を行う操作部と、前記操作軸の他端側に設けられた磁石と、前記磁石の磁力による磁束密度に応じた出力値を出力し、前記磁石と離間して設けられた3軸検出型の磁気センサと、を備え、前記操作軸は、前記操作部が操作中立位置に位置するときに、前記磁石の磁化方向が前記磁気センサに対して傾斜するように、前記磁石の取り付けが可能な磁石固定部を備えている。

40

【0007】

(2) 上記(1)の構成において、前記磁石は、前記操作部が操作中立位置に位置するときに、前記磁石の中心を通る前記磁化方向に沿った磁石中心軸が前記磁気センサの中心を通るように、前記磁石固定部に取り付けられている。

【0008】

(3) 上記(2)の構成において、前記操作軸の前記回転方向への回転中心を通る前記操作軸に沿った軸を基準軸とすると、前記操作部が操作中立位置に位置するときに、前記磁気センサの3軸のうちの1つである第1軸が前記基準軸とほぼ重なるように、前記磁気セ

50

ンサが配置されており、前記磁石は、前記操作部が操作中立位置に位置するときに、前記磁石中心軸が前記基準軸及び前記第1軸に対して所定の角度 δ で傾斜するように、前記磁石固定部に取り付けられている。

【0009】

(4) 上記(3)の構成において、前記磁石の外形は円形状であり、前記磁気センサの前記第1軸が前記磁石に交わる第1交点から前記磁気センサのセンサ部までの距離を第1距離 H_1 としたときに、前記磁石中心軸の前記磁気センサ側の前記磁石の面に交わる第2交点から前記第1交点までの第2距離 H_2 が $H_1 \times \sin \delta$ であり、前記磁石が前記第2距離 H_2 以上の半径を有している。

【発明の効果】

10

【0010】

本発明によれば、磁気センサ及び磁石の数を削減した複数の操作の検出が可能な非接触型操作検出装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明に係る第1実施形態の非接触型操作検出装置の断面図である。

【図2】本発明に係る第1実施形態の磁気センサを基準とした座標軸等の定義を説明する図である。

【図3】本発明に係る第1実施形態の操作軸の操作状態を検出するための手順を示したフローチャートである。

20

【図4】図1に示す磁気センサと磁石との位置関係を模式的に示すとともに3軸検出型の磁気センサの座標軸（第1軸（Z軸）と第2軸（X軸））を加えた図である。

【図5】本発明に係る第1実施形態の操作軸をホームポジションの状態から磁気センサの第3軸（Y軸）側に傾斜させた場合を示す図である。

【図6】本発明に係る第1実施形態の操作軸を押圧方向に操作したときの磁束密度の変化を示すグラフである。

【図7】本発明に係る第1実施形態の操作軸を回転方向に操作したときの磁束密度から回転量を求めた結果を示すグラフである。

【図8】本発明に係る第1実施形態の操作軸をホームポジションの状態から傾斜方向に操作したときの磁束密度から傾斜方向を求めた結果を示すグラフである。

30

【図9】本発明に係る第1実施形態の操作軸をホームポジションでない状態（ホームポジションから回転方向に45度回転させられた状態）から傾斜方向に操作したときの磁束密度から傾斜方向を求めた結果を示すグラフである。

【図10】図8で示した傾斜方向への操作を行ったときの磁束密度から傾斜量を求めた結果を示すグラフである。

【図11】図9で示した傾斜方向への操作を行ったときの磁束密度から傾斜量を求めた結果を示すグラフである。

【図12】本発明に係る第2実施形態の操作軸の操作状態を検出するための手順を示したフローチャートである。

【図13】本発明に係る第2実施形態の磁石が操作前の状態から操作軸の押圧方向への移動に伴って磁気センサ側に移動した状態を示した図である。

40

【図14】磁石及び磁気センサの望ましい設置状態等を説明するための模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、添付図面を参照して、本発明を実施するための形態（以下、「実施形態」と称する）について詳細に説明する。

なお、実施形態の説明の全体を通して同じ要素には同じ番号を付している。

【0013】

（第1実施形態）

図1は本発明に係る第1実施形態の非接触型操作検出装置1の断面図である。

50

なお、図 1 は、ユーザが操作部 1 2 を操作していないときに、操作部 1 2 が位置する操作中立位置に、操作部 1 2 が位置している状態を示している。

図 1 に示すように、非接触型操作検出装置 1 は、操作部材 1 0 と、操作部材 1 0 を受ける傾動部材 2 0 と、傾動部材 2 0 を傾動可能に受けるベース部材 3 0 と、を備えている。

【0014】

(操作部材 1 0)

操作部材 1 0 は、操作軸 1 1 と、操作軸 1 1 の一端側（図 1 の上側）に取り付けられるようにして設けられた操作部 1 2 と、を備えており、傾動部材 2 0 に対して押圧方向（図 1 の下側）及び回転方向に操作可能に設けられている。

したがって、ユーザが操作部 1 2 を回転方向及び押圧方向に操作すると、その操作部 1 2 の操作によって、操作軸 1 1 が押圧方向及び回転方向に操作される。

10

なお、本実施形態では、操作軸 1 1 の一端側に操作部 1 2 を取り付けようとしているが、操作部 1 2 は、操作軸 1 1 の一端側に設けられるように一体成形されていてもよい。

【0015】

また、操作軸 1 1 の他端側には、磁石 4 0 を固定する磁石固定部 1 1 A が形成されており、その磁石固定部 1 1 A には磁石 4 0 が固定されている。

具体的には、操作軸 1 1 の回転方向への回転中心を通る操作軸 1 1 に沿った軸を基準軸（P 軸参照）とすると、磁石固定部 1 1 A は、磁石 4 0 の磁化方向（M 軸参照）が基準軸（P 軸参照）に対して傾斜するように、磁石 4 0 が固定できるようになっている。

したがって、磁石 4 0 は、磁化方向が基準軸（P 軸参照）に対して傾斜するように、操作軸 1 1 の他端側に設けられている。

20

【0016】

(傾動部材 2 0)

傾動部材 2 0 は、他端側（図 1 の下側）に配置される傾動部 2 1 と、一端側に設けられた操作部材受部 2 2 と、を備えている。

傾動部 2 1 は、後述するベース部材 3 0 の傾動受部 3 2 に対向する面が、ベース部材 3 0 の傾動受部 3 2 の半球面状の外形に応じた曲面に形成された半ドーム状の摺動部 2 1 A と、摺動部 2 1 A の他端側の周縁部から外側に延在するように設けられたフランジ部 2 1 B と、を備えており、操作部 1 2 の傾斜方向の操作に応じて、傾動部 2 1 がベース部材 3 0 の傾動受部 3 2 に対して摺動することで、傾動部材 2 0 が傾動できるようになっている。

30

したがって、ユーザが操作部 1 2 を傾斜方向に操作すると、その操作部 1 2 の操作によって、傾動部材 2 0 とともに操作軸 1 1 も傾斜方向に操作される。

【0017】

なお、フランジ部 2 1 B のベース部材 3 0 の傾動受部 3 2 側の面には、周方向に複数の弾性部材 2 3（本例では、コイルばね）を受ける凹部 2 1 B B が形成されている。

そして、ベース部材 3 0 の傾動受部 3 2 とフランジ部 2 1 B との間には、凹部 2 1 B B に一端側（図 1 の上側）の端部が挿入され、他端側（図 1 の下側）の端部がベース部材 3 0 の傾動受部 3 2 に当接するように配置された複数の弾性部材 2 3 が設けられており、この弾性部材 2 3 によって、傾動部材 2 0 が所定の位置に位置するように付勢されている。

40

このため、ユーザが操作部 1 2 を操作していないときには、この弾性部材 2 3 の付勢力によって、図 1 に示す操作中立位置に、操作部 1 2 が位置するようになっている。

【0018】

また、操作部材受部 2 2 には、中央に操作軸 1 1 の他端側をベース部材 3 0 側に通す開口部 2 2 A が形成されているとともに、その開口部 2 2 A の外周に弾性部材 2 4（本例ではコイルばね）を収容する弾性部材収容部 2 2 B が設けられている。

そして、弾性部材 2 4 が、操作部材 1 0 の操作部 1 2 を一端側（図 1 の上側）に付勢するように、弾性部材収容部 2 2 B に配置されており、操作部材 1 0 が常に一端側に付勢されている。

このため、ユーザが、操作部 1 2 を押圧方向に押圧する操作を止めると、押圧前の位置

50

に操作部材 10 が戻るようになっている。

【0019】

なお、操作部材 10 が抜けるのを防止するために、弾性部材 24 の他端側（図 1 の下側）を操作部材受部 22 に係止するとともに、弾性部材 24 一端側（図 1 の上側）を操作部 12 に係止するようにしてもよい。

また、本実施形態では、傾動部材 20 を傾動部 21 と操作部材受部 22 を一体形成したものを示しているが、傾動部材 20 は、傾動部 21 と操作部材受部 22 を別体として、傾動部 21 に操作部材受部 22 を取り付けないようにしてもよい。

【0020】

（ベース部材 30）

ベース部材 30 は、最も他端側（図 1 の下側）に配置される基部 31 と、基部 31 上に配置され、基部 31 に取り付けられた傾動受部 32 と、傾動受部 32 上に配置され、傾動受部 32 に取り付けられた蓋部 33 と、を備えている。

【0021】

傾動受部 32 は、中央に操作軸 11 の他端側（図 1 の下側）を受け入れる開口部 32A が形成された傾動部材 20 の摺動部 21A を受ける摺動受部 32B と、摺動受部 32B の周縁部から延在して基部 31 に固定されるフランジ部 32C と、を備えている。

なお、摺動受部 32B は、外形が半球面状であるとともに、操作軸 11 の他端側が傾動方向に傾動できる円柱状の内部空間 32S を有するものになっている。

【0022】

蓋部 33 は、摺動受部 32B 上に配置された傾動部材 20 の傾動部 21 がベース部材 30 側から離れるのを規制する部材であり、中央に開口 33a を有するとともに傾動部 21 の摺動部 21A の外面を摺動可能にベース部材 30 側に抑える押え部 33A と、押え部 33A の周縁部から他端側（図 1 の下側）に向かって延在する外壁部 33B と、を備えており、外壁部 33B が傾動受部 32 のフランジ部 32C 上に取り付けられるようになっている。

なお、外壁部 33B は、傾動部材 20 の傾動部 21 の動きと干渉しない程度の内部空間 33S を形成する内径を有する円筒状になっている。

【0023】

そして、ベース部材 30 の傾動受部 32 のドーム状の摺動受部 32B の内側の位置となるベース部材 30 の基部 31 上には、磁石 40 の磁力による磁束密度に応じた出力値を出力する 3 軸検出型の磁気センサ 45（本例では、3 軸検出型のホール IC）が、磁石 40 から離間して設けられている。

なお、本実施形態では、基部 31 が回路基板である場合を示しているが、磁気センサ 45、後述する制御部 47 及び記憶部 48 を設ける部分だけを回路基板として、その回路基板が基部 31 上に付けられている構成としてもよい。

【0024】

具体的には、磁気センサ 45 は、図 1 に示すように、操作部 12 が操作中立位置に位置するときに、磁気センサ 45 の中央 O が基準軸（P 軸参照）上に位置するように配置されている。

なお、磁気センサ 45 は、3 軸のうちの 1 つの軸である第 1 軸が、磁気センサ 45 の中央 O を通り、操作部 12 が操作中立位置に位置するときの基準軸（P 軸参照）に沿った軸となるように配置されており、本実施形態では、磁気センサ 45 は、この第 1 軸（P 軸参照）と操作部 12 が操作中立位置に位置するときの基準軸（P 軸参照）とがほぼ一致するように配置されている。

【0025】

したがって、磁石 40 は、磁気センサ 45 の第 1 軸（P 軸参照）に対して、磁石 40 の中心を通る磁化方向（M 軸参照）に沿った磁石中心軸（M 軸参照）が、所定の角度 δ だけ傾斜するとともに、磁石中心軸（M 軸参照）が磁気センサ 45 の中央 O を通るように配置されている。

10

20

30

40

50

また、磁気センサ４５は、操作軸１１が傾斜方向に動くときの回動中心に磁気センサ４５の中央Ｏが位置するように基部３１上に配置されている。

なお、この所定の角度 δ を磁石４０の取り付け角度 δ と言う場合がある。

【００２６】

後ほど、具体的な方法については説明するが、非接触型操作検出装置１は、磁気センサ４５に電氣的に接続された制御部４７（例えば、ＣＰＵ）を有しており、この制御部４７が、磁気センサ４５の磁石の磁力による磁束密度に応じた出力値に基づいて、ユーザが操作部１２を操作したときの操作軸１１の押圧方向、回転方向及び傾斜方向への操作状態を検出する演算を行うことになるが、そのためには、操作軸１１の押圧方向、回転方向及び傾斜方向への操作に伴って、磁気センサ４５で検出できる程度の磁束密度の変化が必要となる。

10

なお、本実施形態では、制御部４７は、磁気センサ４５と同様に、ベース部材３０の基部３１上に設けているが、制御部４７は、必ずしも、基部３１上に設けられる必要はなく、本実施形態では、制御部４７の演算結果等を記憶する記憶部４８（例えば、ＲＡＭ等）も基部３１上に設けているが、記憶部４８も、基部３１上に設けることに限定されるものではない。

【００２７】

ところで、一般的には、操作軸１１の傾斜方向の動きに応じた磁束密度の変化を検出するためには、磁石４０は、磁化方向（Ｍ軸参照）が磁気センサ４５の第１軸（Ｐ軸参照）に合わせるように配置されるが、そのように配置すると、操作軸１１を回転方向に操作したときに、磁束密度の変化がほとんどないため、回転方向の検出を行うことが難しい。

20

したがって、通常、この回転方向の検出を行うために、さらに、磁石と磁気センサを設けることになる。

なお、押圧方向に関しては、磁化方向（Ｍ軸参照）が磁気センサ４５の第１軸（Ｐ軸参照）に合わせるように、磁石４０が配置されていたとしても検出することが可能である。

【００２８】

逆に、操作軸１１の回転方向の動きに応じた磁束密度の変化を検出するためには、磁石４０は、磁化方向（Ｍ軸参照）が磁気センサ４５の第１軸（Ｐ軸参照）に直交するように配置されるが、そのように配置すると、操作軸１１を傾斜方向に操作したときに、磁束密度の変化がほとんどないため、傾斜方向の検出を行うことが難しい。

30

したがって、通常、この回転方向の検出を行うために、さらに、磁石と磁気センサを設けることになる。

なお、押圧方向に関しては、磁化方向（Ｍ軸参照）が磁気センサ４５の第１軸（Ｐ軸参照）に直交するように、磁石４０が配置されていたとしても検出することが可能である。

【００２９】

このため、従来は、操作軸１１の回転方向と傾斜方向の操作を検出する必要がある場合、少なくとも２つ以上の磁石と２つ以上の磁気センサが用いられてきた。

【００３０】

一方、本実施形態のように、磁気センサ４５の第１軸（Ｐ軸参照）に対して、磁化方向（Ｍ軸参照）が磁気センサ４５の第１軸（Ｐ軸参照）に傾斜するように、磁石４０を配置すると、操作軸１１が回転方向や傾斜方向に操作されても、磁束密度の変化が見られることに気づき、１つの磁石４０と１つの磁気センサ４５を用いて、回転方向及び傾斜方向の検出が行える非接触型操作検出装置１を実現するに至った。

40

【００３１】

なお、本実施形態のように、磁石４０を傾斜させて配置した場合でも、操作軸１１の押圧方向への検出が可能であり、したがって、本実施形態の非接触型操作検出装置１では、操作軸１１の押圧方向、回転方向及び傾斜方向への操作状態が検出できるものとなっている。

【００３２】

次に、磁気センサ４５の出力値に基づいて、操作軸１１の押圧方向、回転方向及び傾斜

50

方向への操作状態を検出する方法について説明する。

まず、操作状態を検出する方法の説明を行うのに先立って、図2を参照して、簡単に座標軸等の定義について説明する。

【0033】

図2は、磁気センサ45を基準とした座標軸等の定義を説明する図である。

図2では、磁気センサ45の中央Oを基準として、先に説明した操作部12が操作中立位置に位置するときの基準軸（図1のP軸参照）に沿った3軸のうちの1つの軸である第1軸（図1のP軸参照）をZ軸として示している。

【0034】

そして、磁気センサ45の中央Oを含むZ軸に直交する平面を構成する2軸（磁気センサ45の残る2軸）をX軸とY軸としている。

なお、言うまでもないが、X軸とY軸は互いに直交する軸であり、且つ、X軸及びY軸は、それぞれZ軸にも直交している。

【0035】

また、X-Z平面は、図1の断面を表す軸となっており、操作部12の回転方向への操作を行っていない状態（以下、ホームポジションとも言う）のときに、磁石40の磁石中心軸（図1のM軸参照）を含む平面となっている。

【0036】

ここで、図2では、磁気センサ45の中央Oを原点とする、X軸方向の成分、Y軸方向の成分及びZ軸方向の成分がそれぞれ（ f_x ， f_y ， f_z ）あるベクトルFを考えたときに、そのベクトルFをX-Y平面上に射影したX軸、Y軸及びZ軸の成分が（ f_x ， f_y ，0）である射影ベクトルをベクトルF1として表している。

なお、以降の説明では、X軸方向の成分、Y軸方向の成分及びZ軸方向の成分を、単に、XYZ成分と記載する場合がある。

【0037】

そして、ベクトルFがZ軸に対して成す偏角 θ をベクトルFの極角 θ とし、ベクトルFをX-Y軸平面上に投射したベクトルF1がX軸に対して成す偏角 Φ をベクトルFの方位角 Φ とする。

【0038】

なお、この極角 θ と方位角 Φ との呼び方は、一般に極座標で表すときに用いられているものであり、X軸は、Z軸に直交するX-Y平面での偏角（方位角 Φ ）を求める基準となる軸となっており、本実施形態では、このX軸をZ軸に直交し、操作部12の回転方向への操作を行っていないホームポジションのときに、磁石40の磁石中心軸（図1のM軸参照）を含む平面を構成する軸としている。

【0039】

ここで、磁気センサ45の中央O（以下、原点Oとも言う）、点（0，0， f_z ）及び点（ f_x ， f_y ， f_z ）で規定される三角形は、直角三角形となっており、このことから極角 θ は式（1）で求めることができる。

なお、点（0，0， f_z ）と点（ f_x ， f_y ， f_z ）を結ぶ直線の長さは、ベクトルF1のノルム $|F1| = \sqrt{(f_x^2 + f_y^2)}$ に等しい。

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{f_x^2 + f_y^2}}{f_z} \right) \dots \dots \dots (1)$$

【0040】

また、同様に、原点O、点（ f_x ，0，0）及び点（ f_x ， f_y ，0）で規定される三角形が直角三角形になっていることから、方位角 Φ は式（2）で求めることができる。

$$\Phi = \tan^{-1} \left(\frac{f_y}{f_x} \right) \dots \dots \dots (2)$$

このように極角 θ 及び方位角 Φ が定義されることを踏まえたうえで、以下、具体的に、操作軸 11 の操作状態を検出する方法の説明を行う。

【0041】

図3は操作軸11の操作状態を検出するための手順を示したフローチャートであり、このフローチャートの流れに従いながら操作軸11の操作状態を検出する方法について説明する。

10

また、図4は、図1に示す磁気センサ45と磁石40との位置関係を模式的に示すとともに3軸検出型の磁気センサ45の座標軸（第1軸（Z軸）と第2軸（X軸））を加えた図である。

【0042】

なお、以下で説明する処理は、磁気センサ45に電氣的に接続されている制御部47が行う処理であり、制御部47が処理を行う上で行った演算等の結果は、必要に応じて、記憶部48（例えば、RAM等）に記憶される。

【0043】

制御部47は、磁気センサ45の出力値を監視しており、磁気センサ45の出力値が変化すると、図3に示すフローチャートの処理が開始される。

20

フローチャートの処理が開始されると、制御部47は、ステップ101の処理を実行する。

【0044】

（ステップ101）

制御部47は、ステップ101に進むと、磁石40の磁力による磁束密度に応じた磁気センサ45の出力値に基づく磁束密度BのXYZ成分（ B_x 、 B_y 、 B_z ）のうちのZ成分が閾値 thB_z 以上に変化したかを基準に、ユーザが操作部12を操作することで操作軸11を押圧方向に操作する操作を行ったか否かを判定する。

【0045】

30

例えば、操作が行われていない状態での磁束密度 B_0 を（ B_{x0} 、 B_{y0} 、 B_{z0} ）とし、磁気センサ45の出力値が変化しただけの磁束密度 B_1 を（ B_{x1} 、 B_{y1} 、 B_{z1} ）とすると、Z成分の変化量 ΔB_z （ $= |B_{z0} - B_{z1}|$ ）が所定の閾値 thB_z より大きいか否かに基づいて、変化量 $\Delta B_z > 閾値\ thB_z$ である場合（変化量 ΔB_z が閾値 thB_z より大きい場合）には、押圧方向の操作が行われたものとしてステップ102に進む。

一方、変化量 $\Delta B_z > 閾値\ thB_z$ でない場合（変化量 ΔB_z が閾値 thB_z より大きくない場合）には、押圧方向の操作が行われていないものとしてステップ103に進む。

【0046】

なお、上記では、操作が行われていない状態での磁束密度 B_0 を（ B_{x0} 、 B_{y0} 、 B_{z0} ）として一般的な記述としているが、これは、以前の操作において、回転方向への操作が行われていた場合にはY成分 B_{y0} が0でない場合があるためであり、図1に示したホームポジションの状態からの操作である場合には、図4に示すように、操作前の磁束密度 B_0 は（ B_{x0} 、0、 B_{z0} ）である。

40

ただし、押圧方向への操作の判定には、Y成分 B_{y0} は無関係である。

【0047】

（ステップ102）

制御部47は、ステップ102に進むと、ステップ102の処理として、ユーザが操作部12を操作することで操作軸11を押圧方向への操作をしたものとして押圧方向への操作が行われたことを記憶部48に記憶させた後に、図3の処理を終了する。

50

【0048】

(ステップ103)

一方、制御部47は、ステップ103に進むと、ステップ103の処理として、ユーザによる操作部12の操作が操作軸11を押圧方向に押圧する操作ではないことを記憶部48に記憶させた後に、ステップ104に進む。

【0049】

(ステップ104)

制御部47は、ステップ104に進むと、磁気センサ45の出力値が変化した後の磁束密度 B_1 に基づいて、磁束の向きを算出して、ステップ105に進む。

【0050】

具体的には、制御部47は、以下の式(3)及び式(4)に示すように、先に説明した式(1)及び式(2)に磁束密度 B_1 の値を代入することで、磁束密度 B_1 の極角 θ_1 及び方位角 Φ_1 を算出して、算出した磁束密度 B_1 の極角 θ_1 及び方位角 Φ_1 を記憶部48に記憶させた後に、ステップ105に進む。

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{B_{x1}^2 + B_{y1}^2}}{B_{z1}} \right) \dots \dots \dots (3)$$

$$\Phi_1 = \tan^{-1} \left(\frac{B_{y1}}{B_{x1}} \right) \dots \dots \dots (4)$$

【0051】

(ステップ105)

制御部47は、ステップ105に進むと、ステップ105の処理として、ステップ104で算出した磁束密度 B_1 の極角 θ_1 に基づいて、ユーザによる操作部12の操作が、操作軸11を回転方向に操作する操作であったのか、傾斜方向に操作する操作であったのかを判定する。

【0052】

具体的には、磁束密度 B_1 の極角 θ_1 の変化量 $\Delta\theta_1$ ($= |\theta_1 - \delta|$) が所定の閾値 $t_{h\theta}$ より小さいか否かに基づいて、変化量 $\Delta\theta_1$ が変化量 $\Delta\theta_1 < \text{閾値 } t_{h\theta}$ の場合(変化量 $\Delta\theta_1$ が閾値 $t_{h\theta}$ より小さい場合)には、回転方向への操作が行われたものとしてステップ106に進む。

逆に、変化量 $\Delta\theta_1$ が変化量 $\Delta\theta_1 < \text{閾値 } t_{h\theta}$ でない場合(変化量 $\Delta\theta_1$ が閾値 $t_{h\theta}$ より小さくない場合)には、傾斜方向への操作が行われたものとしてステップ107に進む。

【0053】

つまり、図1及び図4に示すように、磁石40が磁気センサ45の第1軸(Z軸参照)に対して、角度 δ だけ傾斜するように配置されていることを考慮すると、操作前の磁束密度 B_0 の極角 θ_0 はほぼ取り付け角度 δ と同じと考えられるため、傾斜方向への操作が行われていないとすると、極角 θ の変化はほとんど起きていないことから、磁束密度 B_1 の極角 θ_1 は、取り付け角度 δ とほぼ等しい値になっている。

したがって、傾斜方向への操作が行われていない場合、磁束密度 B_1 の極角 θ_1 の変化量 $\Delta\theta_1$ ($= |\theta_1 - \delta|$) は、小さい値を示す。

【0054】

一方、傾斜方向に操作が行われると、磁束密度 B_1 の極角 θ_1 は角度 δ と異なる値になるため、磁束密度 B_1 の極角 θ_1 の変化量 $\Delta\theta_1$ ($= |\theta_1 - \delta|$) は大きくなる。

このことから、傾斜方向に操作が行われたと判定できる磁束密度 B_1 の極角 θ_1 の変化量 $\Delta\theta_1$ ($= |\theta_1 - \delta|$) に対応した閾値 $t_{h\theta}$ を設定し、変化量 $\Delta\theta_1$ ($= |\theta_1 - \delta|$) と閾値 $t_{h\theta}$ と比較することで、傾斜方向であったのかを判定することができる。

そして、傾斜方向への操作でない場合には、残る操作である回転方向への操作であったと考えることができる。

【0055】

(ステップ106)

制御部47は、ステップ106に進むと、回転方向への操作が行われたものとして、ユーザによる操作部12の操作によって、操作軸11が、どの程度、回転させられたのかを求めするために、操作軸11の回転量の算出を行う。

10

【0056】

具体的には、操作部12を回転方向に操作した場合、その操作部12の回転方向の動きと同じ動きで操作軸11も回転し、操作軸11に固定されている磁石40が、操作軸11の回転方向への回転量と同じ量だけ磁気センサ45の第1軸(Z軸)の周りを、図4に示す矢印Rのように回転することになる。

【0057】

この磁石40が磁気センサ45の第1軸(Z軸)の周りを回転する動きは、磁石の磁力による磁束密度に応じた磁気センサ45の出力値に基づく磁束密度 $B = (B_x, B_y, B_z)$ が、磁気センサ45の第1軸(Z軸)の周りを、図4に示す矢印Rのように回転しているものとして捉えることができ、図2に示したベクトルFが第1軸(Z軸)の周りを回

20

転するのと同様の動きであるため、その回転による回転量は方位角 Φ そのものと考えられる。

したがって、制御部47は、式(4)で求めた磁束密度 B_1 の方位角 Φ_1 を操作軸11の回転量として記憶部48に記憶させた後、図3に示すフローを終了する。

【0058】

(ステップ107)

一方、制御部47は、ステップ107に進むと、傾斜方向への操作が行われたものとして、ユーザによる操作部12の操作によって、操作軸11がどのような傾斜状態とされているのかを求める処理を実行する。

具体的には、以下で説明するようにして、操作軸11の傾斜量を算出するとともに、傾斜方向を算出する。

30

【0059】

まず、以前に操作部12が回転方向に操作されておらず、図1に示すホームポジションの状態から、傾斜方向への操作が行われた場合の操作軸11の傾斜量及び傾斜方向の求め方について説明する。

その説明の後、以前に操作部12によって回転方向への操作が行われており、その回転方向の操作の後に、ホームポジションでない状態から傾斜方向への操作が行われた場合の操作軸11の傾斜量及び傾斜方向の求め方について説明する。

【0060】

(ホームポジションからの傾斜方向操作の場合)

40

図5は、ホームポジションの状態から操作軸11を磁気センサ45の第3軸(Y軸)側に傾斜させた場合を示す図であり、図4の上側から見た図にあたる。

なお、図5では、図4で図示を省略していた操作軸11も模式的に示すようにしている。

【0061】

操作部12が操作され、操作軸11が磁気センサ45の第1軸(Z軸)に位置していた状態から、磁気センサ45の第3軸(Y軸)側に傾斜させる場合、操作軸11の傾斜方向を示すベクトルを方向ベクトルQ(図示せず)とすると、その方向ベクトルQは、磁気センサ45の第2軸(X軸)の周りを傾斜量(傾斜角度)に応じて回転するだけである。

【0062】

50

つまり、操作軸 1 1 の傾斜方向への動きは、図 5 に示すように、方向ベクトル Q を X-Y 平面に射影した射影ベクトルをベクトル Q' とし、そのベクトル Q' の方位角 Φ を角度 T d とすると、原点 O を通り、その角度 T d に直交する方位角 $T d' = T d + 90$ 度である X-Y 平面状の軸（この例では X 軸）を中心として、傾斜角度分だけ回転させたものと考えることができる。

なお、角度 T d は、操作軸 1 1 の傾斜方向を示す角度であり、且つ、操作軸 1 1 の方位角そのものであるから、以降では、操作軸 1 1 の方位角 T d 又は操作軸 1 1 の傾斜方向の角度 T d と記載する場合がある。

【0063】

そこで、X-Y 平面上で、且つ、方位角 Φ が角度 $T d' = T d + 90$ 度で原点 O を通る軸を傾斜方向に操作するときの回転基準軸とすると、その回転基準軸の方向を表す回転基準ベクトルは、 $(\cos(T d'), \sin(T d'), 0)$ として表すことができる。

なお、回転基準ベクトルは、軸の方向を定めるだけでよいので、上記のように、ノルムが 1 のベクトルとして扱ってよい。

【0064】

そして、操作軸 1 1 と一体に傾斜方向に回転することになる磁石 4 0 も、この回転基準軸を中心に回転することになる。

したがって、この回転基準軸は、傾斜方向に操作されたときの磁石 4 0 の磁束の傾斜方向への回転の基準となる軸にもなっている。

【0065】

ここで、図 1 に示すように、磁石 4 0 の磁石中心軸（M 軸参照）は、操作軸 1 1 の回転方向への回転中心を通る操作軸 1 1 に沿った軸である基準軸（P 軸参照）に対して取り付け角度 δ で傾斜するように取り付けられているため、傾斜方向への操作を行う前の磁石 4 0 の磁束を、この角度 δ を用いて単位ベクトル B_{M0} として表すと $(\sin(\delta), 0, \cos(\delta))$ と記述することができる。

【0066】

そして、傾斜方向への操作後の磁石 4 0 の磁束を単位ベクトル $B_{M1} = (B_{MX1}, B_{MY1}, B_{MZ1})$ とすると、単位ベクトル B_{M1} は、磁石 4 0 の動きと同様に、単位ベクトル B_{M0} が回転基準軸を中心として回転したものであるから、単位ベクトル B_{M0} と単位ベクトル B_{M1} の関係は、ロドリゲスの回転公式を用いることで表すことができる。

【0067】

具体的に説明すると、ロドリゲスの回転公式は、任意の軸 n を表す回転基準ベクトルを (n_1, n_2, n_3) としたときに、その回転基準ベクトルの周りに、角度 θ_n だけ回転させる回転行列 R を与えるものであり、その回転行列 R は式 (5) のように記述される。

$$R = \begin{bmatrix} \cos \theta_n + n_1^2 (1 - \cos \theta_n) & n_1 n_2 (1 - \cos \theta_n) - n_3 \sin \theta_n & n_1 n_3 (1 - \cos \theta_n) + n_2 \sin \theta_n \\ n_2 n_1 (1 - \cos \theta_n) + n_3 \sin \theta_n & \cos \theta_n + n_2^2 (1 - \cos \theta_n) & n_2 n_3 (1 - \cos \theta_n) - n_1 \sin \theta_n \\ n_3 n_1 (1 - \cos \theta_n) - n_2 \sin \theta_n & n_3 n_2 (1 - \cos \theta_n) + n_1 \sin \theta_n & \cos \theta_n + n_3^2 (1 - \cos \theta_n) \end{bmatrix} \quad (5)$$

【0068】

したがって、その回転行列 R の回転基準ベクトルに、傾斜方向の操作のときの回転基準ベクトルである $(\cos(T d'), \sin(T d'), 0)$ を代入するとともに、回転させる角度 θ_n として、傾斜させた角度 T a（回転基準軸を中心とする回転の角度）を代入すると、回転基準軸を中心に角度 T a だけ回転させる回転行列 A（式 (6) 参照）を得ることができる。

なお、以降では、 $\cos(T d')$ を $\cos T d'$ と記載し、 $\sin(T d')$ を $\sin T d'$ と記載するとともに、 $\cos(T a)$ 及び、 $\sin(T a)$ を $\cos T a$ 及び、 $\sin T a$ として角度の部分を示す括弧書きを省略する場合がある。

【0069】

$$A = \begin{bmatrix} \cos Ta + \cos^2 Td' (1 - \cos Ta) & \cos Td' \sin Td' (1 - \cos Ta) & \sin Td' \sin Ta \\ \sin Td' \cos Td' (1 - \cos Ta) & \cos Ta + \sin^2 Td' (1 - \cos Ta) & -\cos Td' \sin Ta \\ -\sin Td' \sin Ta & \cos Td' \sin Ta & \cos Ta \end{bmatrix} \dots (6)$$

ただし、上述したように、 $Td' = Td + 90$ 度、つまり、 Td' は操作軸11の傾斜方向の角度 Td に90度を加えたものである。

【0070】

そして、傾斜方向への操作後の磁石40の磁束の単位ベクトル $B_{M1} = (B_{MX1}, B_{MY1}, B_{MZ1})$ は、回転行列 A によって、傾斜方向への操作前の磁石40の磁束の単位ベクトル $B_{M0} = (\sin(\delta), 0, \cos(\delta))$ が回転させられたものとして表すことができるので、この回転行列 A を用いると、単位ベクトル B_{M0} と単位ベクトル B_{M1} との関係は、式(7)で示す等式として表すことができる。

10

$$B_{M1} = AB_{M0} \dots (7)$$

【0071】

この式(7)に、式(6)の回転行列 A 、 $B_{M0} = (\sin \delta, 0, \cos \delta)$ 及び $B_{M1} = (B_{MX1}, B_{MY1}, B_{MZ1})$ を代入して、左辺に $\sin Td'$ だけを残すように、 Z 成分について解くと式(8)が得られる。

$$\sin Td' = \frac{\cos \delta \cos Ta - B_{MZ1}}{\sin \delta \sin Ta} \dots (8)$$

【0072】

20

また、式(7)に、式(6)の回転行列 A 、 $B_{M0} = (\sin \delta, 0, \cos \delta)$ 及び $B_{M1} = (B_{MX1}, B_{MY1}, B_{MZ1})$ を代入して、 X 成分について解くとともに、その解いた式に表れる $\sin Td'$ に式(8)の右辺を代入して、左辺に $\cos Ta$ だけを残すようにすると式(9)が得られる。

$$\cos Ta = \frac{B_{MX1} \sin \delta - \sin^2 \delta + B_{MZ1}^2 + B_{MZ1} \sin \delta}{1 + B_{MZ1} \cos \delta - B_{MX1} \sin \delta} \dots (9)$$

【0073】

したがって、操作軸11の傾斜方向への傾斜量(傾斜の角度 Ta)は、式(10)のように記述することができる。

30

$$Ta = \cos^{-1} \left(\frac{B_{MX1} \sin \delta - \sin^2 \delta + B_{MZ1}^2 + B_{MZ1} \cos \delta}{1 + B_{MZ1} \cos \delta - B_{MX1} \sin \delta} \right) \dots (10)$$

【0074】

そして、磁石40の取り付け角度 δ (図1参照)は、図4に示すように、磁気センサ45の第1軸(Z 軸)に対する角度にもなっていることから、磁石40の磁束の方向と、磁石40の磁力による磁束密度に応じた磁気センサ45の出力値に基づく磁束密度 B の方向はほぼ一致している。

【0075】

したがって、式(10)の右辺に、磁石の取り付け角度 δ を代入するとともに、操作後の磁石40の磁束の単位ベクトル $B_{M1} = (B_{MX1}, B_{MY1}, B_{MZ1})$ として、操作後の磁石40の磁力による磁束密度に応じた磁気センサ45の出力値に基づく磁束密度 $B_1 = (B_{X1}, B_{Y1}, B_{Z1})$ を採用し、 B_{MX1} に B_{X1} を代入するとともに、 B_{MZ1} に B_{Z1} を代入すれば、操作軸11の傾斜方向への傾斜量(傾斜の角度 Ta)を得ることができる。

40

なお、磁束密度 B_1 は、ノルムが1となるように正規化しているものとする。

【0076】

また、式(8)から角度 Td' は、式(11)のように記述できるので、式(10)で傾斜量(傾斜の角度 Ta)を求めれば、式(11)の右辺に、磁石の取り付け角度 δ 及び求めた傾斜の角度 Ta を代入するとともに、 B_{MZ1} に B_{Z1} を代入すれば角度 Td' を

50

求めることができる。

$$Td' = \sin^{-1} \left(\frac{\cos \delta \cos Ta - B_{mz1}}{\sin \delta \sin Ta} \right) \dots \dots \dots (11)$$

【0077】

そして、上述したように、操作軸11の傾斜方向の角度Td（方位角）と、角度Td'との間には、 $Td' = Td + 90$ 度の関係があることから、操作軸11の傾斜方向の角度Td（方位角）は、 $Td = Td' - 90$ 度、つまり、式（12）で求めることができる。

$$Td = \sin^{-1} \left(\frac{\cos \delta \cos Ta - B_{mz1}}{\sin \delta \sin Ta} \right) - \left(\frac{\pi}{2} \right) \dots \dots \dots (12)$$

10

【0078】

以上のように、図1に示すホームポジションの状態から、傾斜方向への操作が行われた場合、制御部47は、式（10）に従って、ステップ107の処理として、磁石の取り付け角度 δ 及び操作後の磁束密度 B_1 に基づき、操作軸11の傾斜量（角度Ta）を算出するとともに、さらに、式（12）に従って、算出した傾斜量（角度Ta）、磁石の取り付け角度 δ 及び操作後の磁束密度 B_1 に基づき、操作軸11の傾斜方向の角度Td（方位角）を算出する。

なお、算出した操作軸11の傾斜量（角度Ta）及び傾斜方向の角度Td（方位角）は記憶部48に記憶される。

【0079】

20

（ホームポジション以外のときの傾斜方向操作の場合）

次に、以前に回転方向の操作が行われており、図1に示すホームポジションと異なる回転方向の位置に位置する状態から、操作部12を操作して操作軸11を傾斜方向に操作する場合の操作軸11の傾斜量及び傾斜方向の求め方について説明する。

【0080】

この場合、以前の回転方向への操作が行われたときに、ステップ106の処理が行われ、記憶部48には回転方向に操作されたときの回転量（方位角 Φ_1 ）が記憶されている。

したがって、この回転量（方位角 Φ_1 ）に基づいて、今回の操作後の磁束密度 B_1 を、一旦、ホームポジションから傾斜方向への操作が行われたものと見なせる状態にして、上述した手順で傾斜量（角度Ta）を求めるようにするところから処理を行う。

30

なお、式（10）で求めた角度Taとの区別がつくように、ここで求める角度Taを Ta_2 と記載することとする。

【0081】

具体的には、ステップ106で説明したように、回転方向への操作は、図4に示すように、磁束密度が磁気センサ45の第1軸（Z軸）を中心として回転する動作（矢印R参照）であるため、式（5）で示したロドリゲスの回転公式から、任意の軸nを表す回転基準ベクトル（ n_1, n_2, n_3 ）に、磁気センサ45の第1軸（Z軸）の方向を表すベクトル（0, 0, 1）を採用するとともに、回転させる角度 θ_n に方位角 Φ_1 の逆方向への角度 $-\Phi_1$ を代入すれば、式（13）に示すホームポジションの位置に磁束密度を位置させるように回転させる回転行列Dを得ることができる。

40

【0082】

$$D = \begin{bmatrix} \cos(-\Phi_1) & -\sin(-\Phi_1) & 0 \\ \sin(-\Phi_1) & \cos(-\Phi_1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (13)$$

【0083】

そして、今回の操作後の磁束密度 B_1 を用いて、式（14）に示すように、この回転行列Dで磁気センサ45の第1軸（Z軸）を中心として回転させた磁束密度 B_2 を求めると、この磁束密度 B_2 （XYZ成分は（ B_{x2}, B_{y2}, B_{z2} ）である）は、以前に行わ

50

$$B_2 = DB_1 \cdot \dots \cdot B_n \quad (14)$$
$$\text{Ta}_z = \cos^{-1} \left(\frac{B_{xz} \sin \delta - \sin^2 \delta + B_{zz}^2 + B_{zz} \cos \delta}{1 + B_{zz} \cos \delta - B_{xz} \sin \delta} \right) \dots \dots \dots (15)$$
$$\text{Td} = \sin^{-1} \left(\frac{\cos \delta \cos \text{Ta}_z - \text{B}_{zz}}{\sin \delta \sin \text{Ta}} \right) - \left(\frac{\pi}{2} \right) \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (16)$$
[illegible]

なお、ホームポジションからの傾斜方向の操作であるか否かは、ステップ106で記憶される回転方向の回転量（方位角 Φ_1 ）を見ればわかるため、上述のようにホームポジションの位置からの傾斜方向への操作とホームポジション以外の位置からの傾斜方向への操作とを区別することが可能である。

【0091】

ただし、以前に回転方向の操作が行われていないとすれば、記憶部48に記憶されている回転方向への回転量（方位角 Φ_1 ）は0となっており、この値を用いれば、式（13）の角度 $-\Phi_1$ も0であるため、回転行列Dは単位行列の状態となる。

したがって、常に、ホームポジションからの傾斜方向への操作の場合であっても、ホームポジション以外のときの傾斜方向への操作の場合と同様の手順でステップ107の処理を実施するようにしてもよい。

【0092】

[実施例]

次に、以上のような処理によって、押圧方向、回転方向及び傾斜方向の操作状態を求めた実施例について説明する。

10

なお、本実施例は、上述した磁石40の取り付け角度 δ を15度として行った場合である。

【0093】

図6は、ホームポジションの状態から操作部12を押圧方向に操作し、操作軸11を押圧方向に操作したときの磁束密度の変化を示すグラフであり、横軸を押圧方向の押圧量（単位mm）とし、縦軸を磁気センサ45の出力値（A/D値）としている。

なお、グラフ中の三角の B_Z は、上述した磁気センサ45の第1軸（Z軸）方向の成分を表しており、同様に、菱形の B_X 及び四角の B_Y は、それぞれ、磁気センサ45の第2軸（X軸）方向の成分及び第3軸（Y軸）方向の成分を表している。

20

【0094】

図6に示すように、押圧量が29mmから34mmの範囲で磁気センサ45の第1軸（Z軸）方向の成分（三角の B_Z 参照）に大きな変化が見られ、押圧されたことを十分に判別できる変化が得られることがわかる。

【0095】

次に、図7は、ホームポジションの状態から操作部12を回転方向に操作し、操作軸11を回転方向に操作したときの磁束密度の測定データから操作軸11の回転量を求めた結果を示すグラフであり、横軸を実際の回転量（単位deg）とし、縦軸を磁束密度の測定データから求めた回転量（単位deg）としている。

【0096】

30

したがって、実際の回転量と測定データに基づく回転量（計算値）とが一致している場合、丸印で示す測定データから求めた回転量が実線で示す対角線上に並ぶことになるが、図7に示すように、丸印で示す測定データから求めた回転量は、ほぼ実線で示す対角線上に並んでおり、求めた回転量が十分に実用できるものであることがわかる。

【0097】

次に、図8及び図9は、操作部12を傾斜方向に操作して操作軸11を傾斜方向に操作したときの磁束密度のデータから操作軸11の傾斜方向を求めた結果を示すグラフであり、横軸を実際の傾斜方向（単位deg）とし、縦軸を磁束密度の測定データから求めた傾斜方向（単位deg）としている。

【0098】

40

また、図8はホームポジションの位置から傾斜させた場合を示すグラフになっており、図9は回転方向の操作によってホームポジションから45度回転させた状態から傾斜させた場合を示すグラフになっている。

なお、縦軸及び横軸は、上述した方位角の基準となる磁気センサ45の第2軸（X軸）を0度とし、傾斜方向がその基準からどの方向に向いているかを示すものになっている。

【0099】

図8及び図9においても、図7と同様に、実際の傾斜方向と測定データに基づく傾斜方向（計算値）とが一致している場合、丸印で示す測定データから求めた傾斜方向が実線で示す対角線上に並ぶことになるが、図8及び図9に示すように、丸印で示す測定データから求めた傾斜方向は、ほぼ実線で示す対角線上に並んでおり、求めた傾斜方向が十分に実用

50

できるものであることがわかる。

【0100】

さらに、図10は図8で示した傾斜方向への操作を行ったときの測定データから求めた操作軸11の傾斜量を示すグラフであり、図11は図9で示した傾斜方向への操作を行ったときの測定データから求めた操作軸11の傾斜量を示すグラフである。

なお、図10及び図11は、横軸を実際の傾斜方向（単位deg）とし、縦軸を磁束密度の測定データから求めた傾斜量（単位deg）としている。

【0101】

なお、本実施例では、傾斜方向への最大傾斜量を5～6[deg]程度としているので、傾斜させたか否かの判定を行う程度の状態になっているが、操作部12の操作によって、より大きく操作軸11を傾斜させることができるようにして、同じ傾斜方向で傾斜量に基づいて操作状態をレベル分けするようにしてもよい。

10

【0102】

つまり、傾斜方向の操作が行われているが10[deg]以下の操作である場合には、レベル1の傾斜操作であるものとして、10[deg]を超えるような傾斜である場合には、レベル2の傾斜操作であるものとするように、同じ傾斜方向に傾斜させる操作を複数段の操作として検出するようにしてもよい。

【0103】

なお、上記実施例は、取り付け角度 δ を15度とした場合の結果について示しているが、取り付け角度 δ が10度の場合にも同様の結果が得られている。

20

【0104】

（第2実施形態）

次に、本発明に係る第2実施形態の非接触型操作検出装置1について説明する。

第1実施形態では、図3を見るとわかるように、押圧方向、回転方向及び傾斜方向への操作が個別に行われる場合について説明したが、第2実施形態では、複数の操作が同時に行われる場合について説明する。

【0105】

なお、非接触型操作検出装置1自体の構成は、第1実施形態と同様であり、処理フローが異なるだけであるため、以下では、この異なる点について説明し、同様の点については説明を省略する場合がある。

30

【0106】

図12は第2実施形態の操作軸11の操作状態を検出するための手順を示したフローチャートである。

図12と図3を見比べればわかるように、第1実施形態では、押圧方向の操作が行われ、ステップ102に進むと、操作部12を操作して操作軸11が押圧される操作が行われたことを記憶部48に記憶させた後、処理が終了するようになっていたが、第2実施形態では、ステップ102の後、処理を終了させるのではなく、ステップ104に進み、第1実施形態で、ステップ103に進んだときに行われるステップ104以降のステップが実施されるようになっている。

【0107】

つまり、第2実施形態では、押圧方向への操作と同時に回転方向の操作がなされた場合、及び、押圧方向への操作と同時に傾斜方向への操作がなされた場合という複数の動作が同時に行われる場合を想定した処理フローになっている。

40

【0108】

このように処理フローを変更しても、ステップ104以降の内容は、第1実施形態で説明した内容のままでよく、その理由について、以下で説明する。

【0109】

操作部12を操作して押圧方向に操作軸11が操作されると、それに伴って、磁石40の磁気センサ45に対する第1軸（Z軸）方向の距離が変わることになるが、この操作によって磁束密度が回転方向に変化することはほとんどないため、ステップ104の方位角

50

Φ_1 を求める計算に影響はない。

【0110】

このことは、押圧方向に加えて回転方向の操作が行われたときだけ、方位角 Φ_1 が変化することを意味するため、押圧方向への操作は、ステップ106の処理においても影響はない。

【0111】

また、図13を参照して、以下で説明するように、磁石40を磁気センサ45に対して十分な大きさのものとしておけば、ステップ104の極角 θ_1 を求める計算にも影響はない。

図13は、磁石40が操作前の状態から操作軸11の押圧方向への移動に伴って磁気センサ45側に移動した状態を示した図である。

なお、図13では磁石40と磁気センサ45だけを図示し、操作前の磁石40を点線枠で示し、操作後の磁石40を実線枠で示している。

【0112】

磁石40の磁力線は、磁石40の端では、直ぐにN極から出てS極に曲がるようなRのきつい状態になっているが、中心側では、大きな円を描くように緩やかなRを描いてS極に向かう。

このため、磁石40が十分な大きさであるときには、図13に示すように、磁束密度の方向 B' は、磁石40の面に対してほぼ垂直の方向に向いているので、押圧方向への操作が行われても、ほとんど変化していないと考えることができる。

したがって、押圧方向の操作が行われても、ステップ104の極角 θ_1 を求める計算にはほとんど影響ない。

【0113】

また、ステップ107の計算は、導出の過程を見ればわかるとおり、取り扱うベクトルが正規化されたノルムが1のベクトルとされており、このことは方向だけを取り扱っていることを意味している。

そして、上述のように、押圧方向への操作によっては、磁束密度の方向への影響はほとんどないといえるため、ステップ107の計算においても、この押圧方向の操作は影響しない。

【0114】

以上のように、押圧方向の操作は、ステップ104以降の処理に影響を与えるものではないので、図12に示した処理フローとしても問題はなく、押圧方向への操作と同時に回転方向の操作がなされた場合、及び、押圧方向への操作と同時に傾斜方向への操作がなされた場合という複数の動作を検出することが可能である。

【0115】

ところで、実際の操作軸11の操作状態（押圧方向、回転方向及び傾斜方向の操作状態）と、磁気センサ45の出力値に基づいて、制御部47が算出する操作軸11の操作状態との間の誤差を小さくするためには、操作軸11の操作範囲内において、磁気センサ45が良好に磁石40から磁化方向に直線的に延びる磁力線を検出できるように、磁石40が設けられていることが好ましく、以下では、より詳細に磁石40及び磁気センサ45の配置等について説明する。

【0116】

図14は、磁石40及び磁気センサ45の望ましい設置状態等を説明するための模式図である。

なお、図14の右側の図は、左側の図の点線枠部分を拡大した拡大図であり、右側の図では左側の図において矢印で示す磁力線MFの図示を省略しており、操作軸11を模式的に棒状に記載している。

【0117】

図14の左側の図に示すように、磁石40から出る磁力線MFは、磁石40の中央側ほど直線的であり、磁石40の中央から離れるほど曲がる傾向があり、この大きく曲がった

10

20

30

40

50

磁力線が磁気センサ４５に入射すると、この磁力線の曲がりの影響を磁気センサ４５は受けることになる。

このため、操作によって操作軸１１が動いたときでも、大きく曲がった磁力線が磁気センサ４５に入射しないようにするのが理想的である。

【０１１８】

したがって、上述したように、磁石４０の中心を通る磁化方向（Ｍ軸参照）が、磁気センサ４５の中央Ｏ（より正確にはセンサ部の中央）を通るように、磁石４０が設けられていることが好ましい。

つまり、磁石４０の外側を通る磁化方向の軸が磁気センサ４５の中央Ｏ（より正確にはセンサ部の中央）を通るように、磁石４０が設けられていると、操作によって操作軸１１が少し動くと、直ぐに、磁気センサ４５に大きく曲がった磁力線ＭＦが入射する場合があるが、上述のように、磁石４０を設けるようにすることで、どの方向に操作軸１１を操作する場合でも、ある程度、操作されなければ大きく曲がった磁力線は磁気センサ４５に入射しないため、大きく曲がった磁力線の影響を受け難くすることができる。

【０１１９】

既に、第１実施形態で説明したように、磁気センサ４５は、操作軸１１の回転方向への回転中心を通る操作軸１１に沿った基準軸（Ｐ軸）と、操作部１２が操作中立位置に位置するときに、磁気センサ４５の第１軸（Ｚ軸）がほぼ重なるように配置されている。

また、磁石４０は、基準軸（Ｐ軸）に対して所定の角度 δ で傾斜するように、磁石固定部１１Ａ（図１参照）に取り付けられていることから、操作部１２が操作中立位置に位置するときには、図１４に示すように、磁石中心軸（Ｍ軸）は磁気センサ４５の第１軸（Ｚ軸）に対しても所定の角度 δ で傾斜している。

【０１２０】

したがって、図１４の右側の拡大図に示すように、磁気センサ４５の第１軸（Ｚ軸）が磁石４０に交わる第１交点ＭＰ１から磁気センサ４５の中央Ｏ（より正確にはセンサ部の中央）までの距離を第１距離 H_1 とすると、磁石中心軸（Ｍ軸）の磁気センサ側の磁石４０の面に交わる第２交点ＭＰ２から第１交点ＭＰ１までの第２距離 H_2 は $H_1 \times \sin \delta$ として表すことができる。

【０１２１】

そして、磁石４０は、磁気センサ４５のセンサ部に大きく曲がった磁力線が入射しないように、操作部１２が操作中立位置に位置するときに、磁気センサ４５のセンサ部上にセンサ部を覆う大きさであることが好ましいから、例えば、磁石４０の外形が円形状である場合、磁石４０が第２交点ＭＰ２から第１交点ＭＰ１までの第２距離 H_2 （＝ $H_1 \times \sin \delta$ ）以上の半径を有していることが好ましい。

【０１２２】

また、第２距離 H_2 は、操作軸１１の回転方向への回転中心を通る操作軸１１に沿った基準軸（Ｐ軸）に磁石４０の磁気センサ４５側の面の中央が位置し、基準軸（Ｐ軸）に所定の角度 δ で傾いて配置されている状態を考えたときに、磁石中心軸（Ｍ軸）が磁気センサ４５の中央Ｏ（より正確にはセンサ部の中央）を通るようにするために、その傾き方向に磁石４０をスライドさせるスライド量になっている。

【０１２３】

一方、磁石４０が大きくなりすぎると、操作によって操作軸１１が動くときの障害となる場合があることから、例えば、磁石４０の外形が円形状である場合、磁石４０の半径は、第２距離 H_2 （＝ $H_1 \times \sin \delta$ ）の１．５倍以下に設定するのが好ましい。

なお、第２距離 $H_2 = H_1 \times \sin \delta$ の関係があることから、磁石４０の半径 $\leq H_1 \times \sin \delta \times 1.5$ 倍とする磁石４０の半径の上限は、所定の角度 δ が大きくなるほど、大きな半径の磁石４０を許容することになる。

【０１２４】

このことは、図１４の右側の拡大図を見るとわかるように、所定の角度 δ が大きくなると、磁石４０が左側に寄って行くことになるため、角度 δ が大きくなるのに伴って、許容

10

20

30

40

50

する磁石40の半径が大きくなることは、角度 δ が大きくなるのに伴って、図14の第1軸（Z軸）よりも右側に位置する磁石40の部分が減少することを低減する調整を許すものになっている。

【0125】

一方で、所定の角度 δ が大きくなると、図14の左側の図を見るとわかるように、図14の磁石40の左端が基部31に近づくことになり、磁石40と基部31の間で干渉するおそれがあるが、この場合には、基部31を図14で見て、より下側に位置させるようにし、基部31と磁気センサ45の間にスペーサを設けることで干渉を回避することが可能である。

【0126】

そして、後述するように、所定の角度 δ は、45度以下が好ましく、このことを踏まえれば、磁石40の半径 $\leq H1 \times \sin \delta \times 1.5$ の範囲であれば、磁石40の基部31との干渉を避けることも可能である。

【0127】

次に、具体的な一例を挙げて、第1距離H1について説明すると、第1実施形態で示した実施例では、所定の角度 δ を15度として、直径が20mmで厚さが4mmのネオジム磁石（磁束密度290[mT]）の磁石40を使用している。

この場合、磁石40の端が交点MP1に位置することになる第1距離H1は38.6mm程度になる。

そして、この38.6mmは、第2距離H2と磁石40の半径が等しくなるときの第1距離H1であり、第1距離H1を短くしていけば、図14の拡大図において、交点MP1よりも右側まで磁石40が位置することになる。

したがって、第1距離H1という視点で好ましい磁石40の配置を考えると、第1距離H1は、磁石40の半径 $\div \sin \delta$ よりも短く設定されることが好ましい。

【0128】

なお、上記磁石40の例は、あくまでも一例であって、許されるスペースの関係等を考慮して、例えば、直径が30mm、40mm、50mmのように、上記例示の磁石40よりも大きな直径の磁石40を用いてもよく、逆に、磁気センサ45の検出感度を考慮しつつ、上記例示の磁石40よりも小さい直径のもの、例えば、直径が15mmや10mmのようなものを用いてもよい。

【0129】

一方、所定の角度 δ が小さくなると、傾斜させる効果が得られなくなるため、所定の角度 δ は5度以上であることが好ましい。

逆に所定の角度 δ が90度に近づくと、やはり、傾斜させる効果が得られ難くなるとともに、同じ第1距離H1の場合、少なくとも第1交点MP1に磁石40の端が位置する状態を保とうとすると、より大きい磁石40が必要となるため、所定の角度 δ は45度以下であることが好ましい。

【0130】

以上、具体的な実施形態を基に本発明の説明を行ってきたが、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。

図1に示した非接触型操作検出装置1の構成は、押圧方向、回転方向及び傾斜方向に操作できる構成の一例でしかなく、機械機構自体は、別の構成であってもよい。

【0131】

また、上記実施形態では、3方向の操作状態を検出する場合について説明したが、回転方向及び傾斜方向の2方向を検出する非接触型操作検出装置であってもよい。

既に、理由については説明したが、従来、1つの磁石と1つの磁気センサで検出が困難であったのは、回転方向及び傾斜方向であり、この場合には複数の磁石及び複数の磁気センサを要するが、本発明に従えば、1つの磁石と1つの磁気センサで検出が可能となる。

【0132】

さらに、本発明の非接触型操作検出装置は、カーナビ等に使用されることに限定される

10

20

30

40

50

ものではなく、同様の操作が求められるものであれば、好適に用いることができるものである。

【0133】

このように、本発明は、具体的な実施形態に限定されるものではなく、技術的思想を逸脱することのない変更や改良を行ったものも発明の技術的範囲に含まれるものであり、そのことは当業者にとって特許請求の範囲の記載から明らかである。

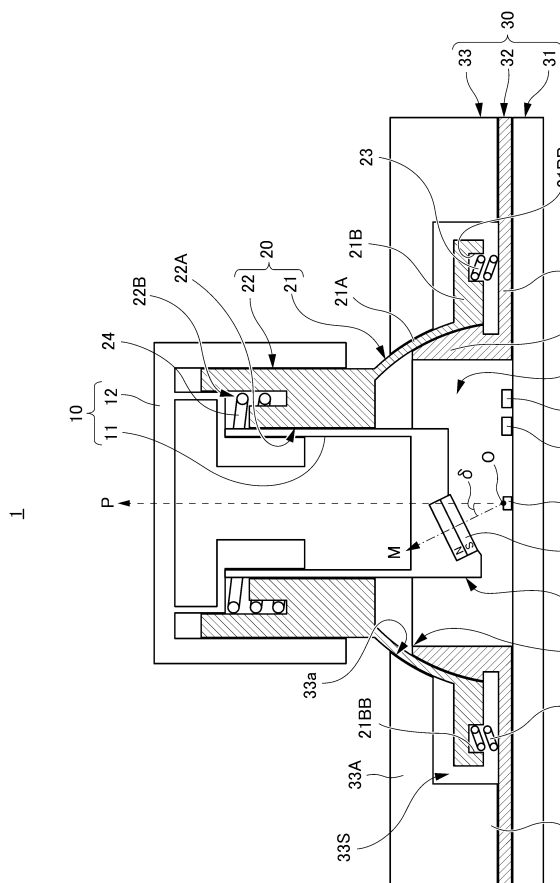
【符号の説明】

【0134】

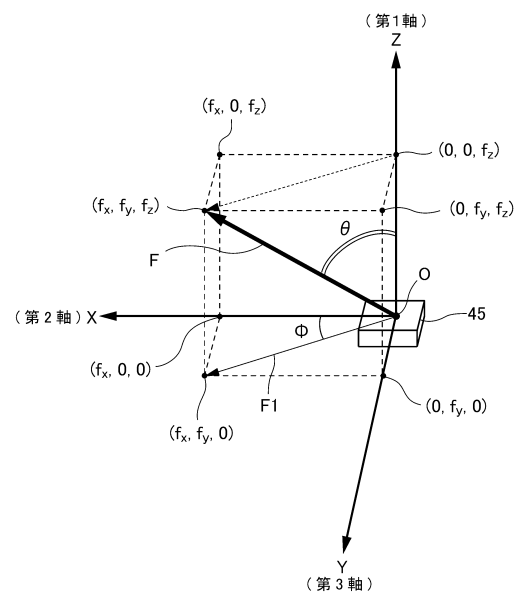
- 1 非接触型操作検出装置
- 11 操作軸
- 11A 磁石固定部
- 12 操作部
- 40 磁石
- 45 磁気センサ

10

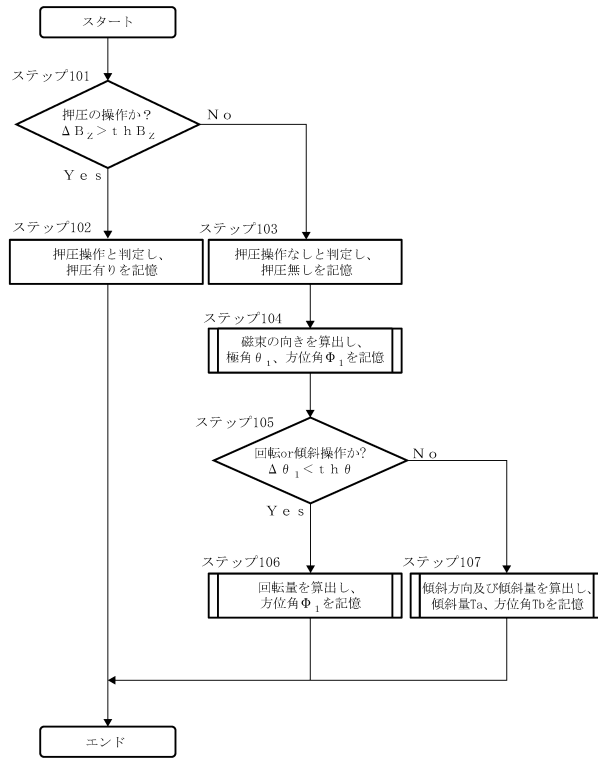
【図1】



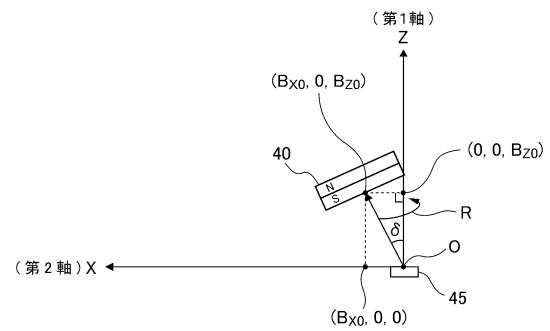
【図2】



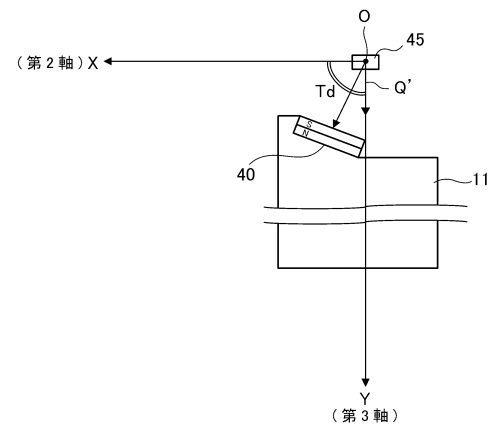
【図 3】



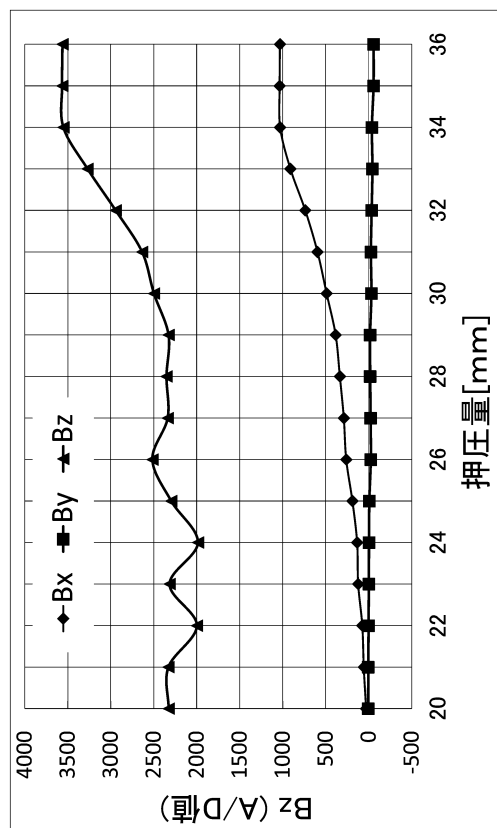
【図 4】



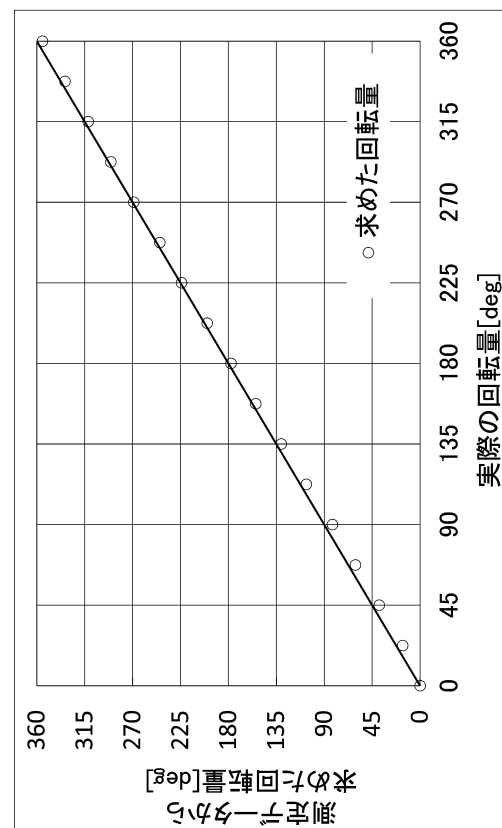
【図 5】



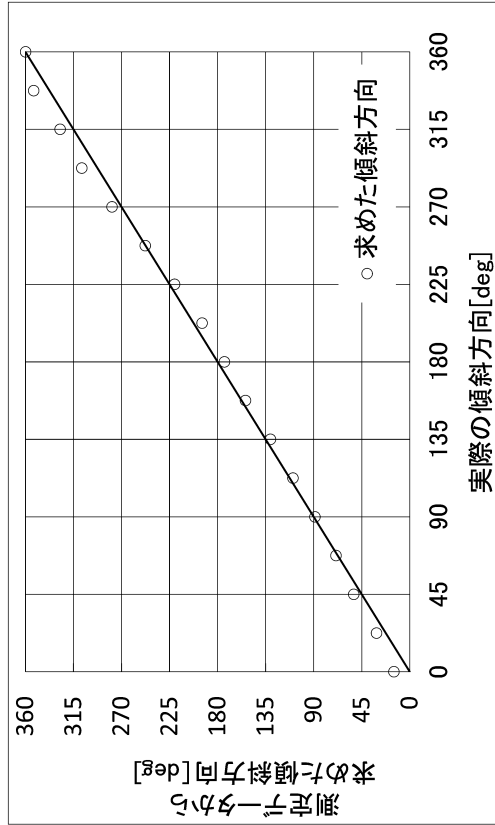
【図 6】



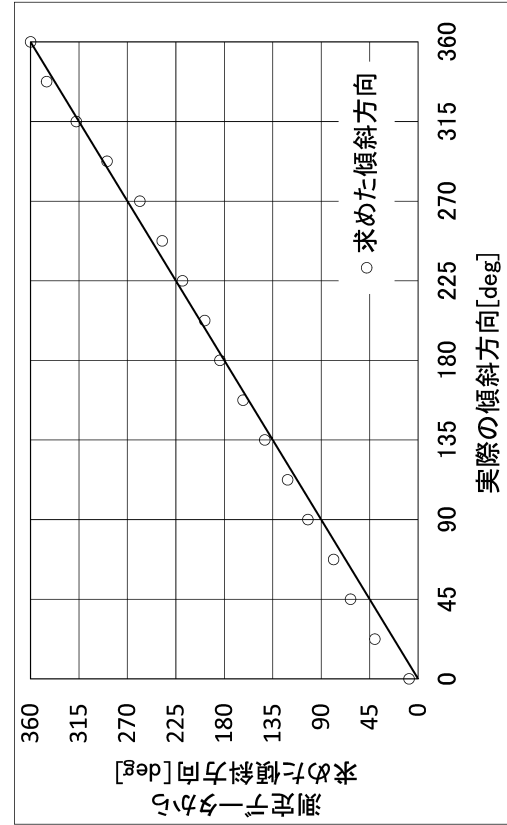
【図 7】



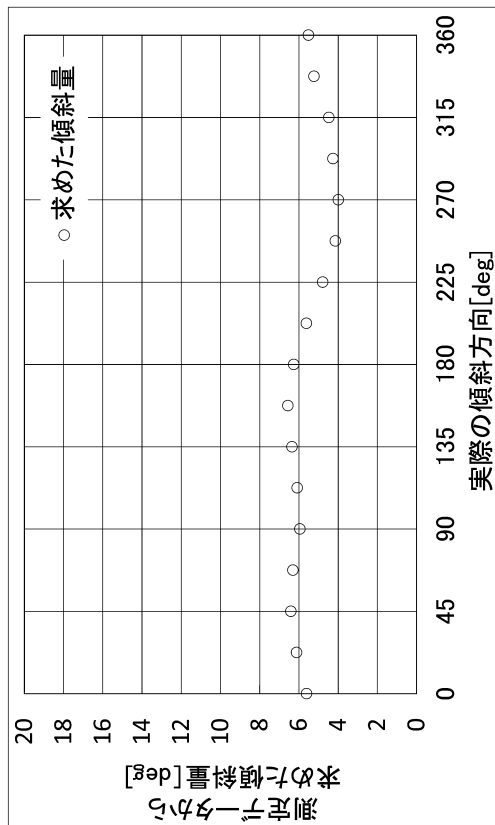
【図 8】



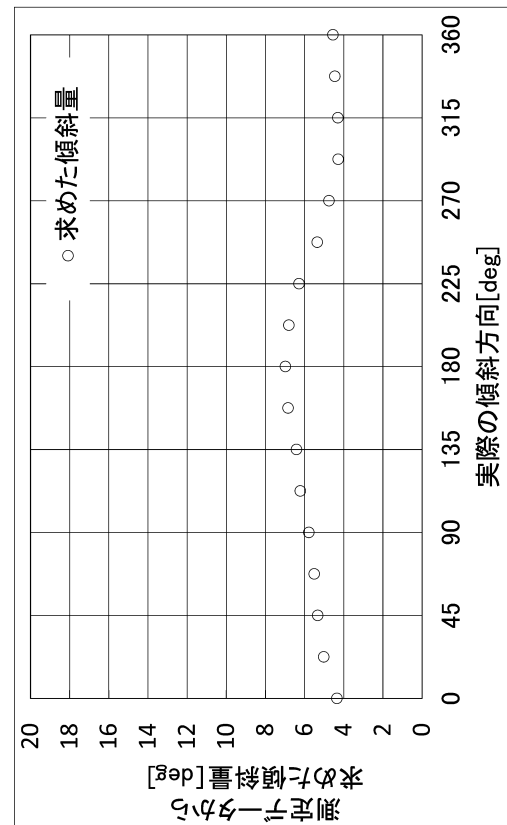
【図 9】



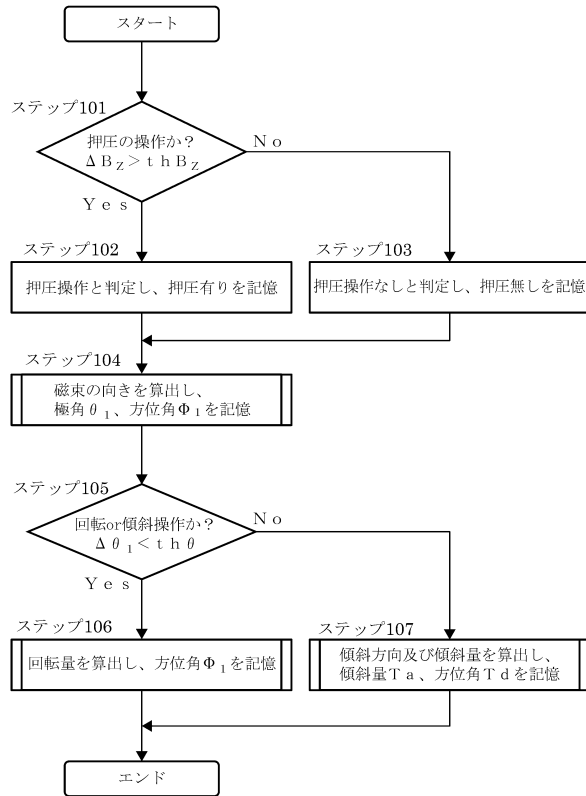
【図 10】



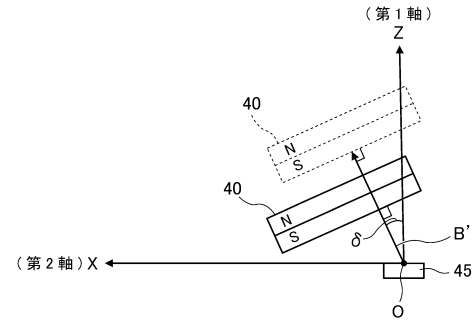
【図 11】



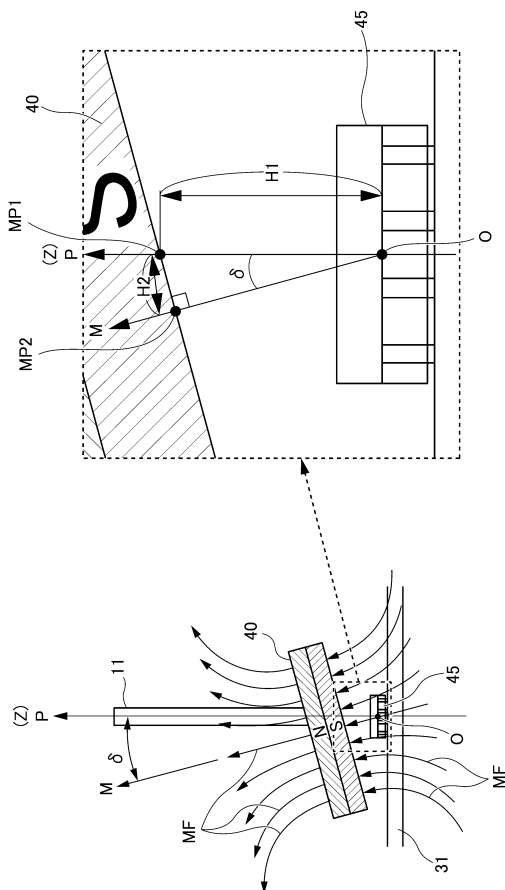
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

(72)発明者 井上 裕英
広島県呉市天応大浜4丁目1番1号 株式会社ユースン内

審査官 眞岩 久恵

(56)参考文献 特表2008-546955 (JP, A)
特開2007-248069 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01B 7/00-7/34