

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5105201号  
(P5105201)

(45) 発行日 平成24年12月26日(2012.12.26)

(24) 登録日 平成24年10月12日(2012.10.12)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>GO 1 D</b>	<b>5/14</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO 1 D</b>	<b>5/14</b>	<b>E</b>
<b>GO 1 D</b>	<b>5/16</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO 1 D</b>	<b>5/16</b>	<b>G</b>

請求項の数 14 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2009-30093 (P2009-30093)	(73) 特許権者	000003067
(22) 出願日	平成21年2月12日 (2009. 2. 12)		T D K株式会社
(65) 公開番号	特開2010-54495 (P2010-54495A)		東京都中央区日本橋一丁目13番1号
(43) 公開日	平成22年3月11日 (2010. 3. 11)	(74) 代理人	100079108
審査請求日	平成23年9月17日 (2011. 9. 17)		弁理士 稲葉 良幸
(31) 優先権主張番号	特願2008-196456 (P2008-196456)	(74) 代理人	100109346
(32) 優先日	平成20年7月30日 (2008. 7. 30)		弁理士 大貫 敏史
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100124279
			弁理士 深澤 拓司
		(72) 発明者	海田 佳生
			東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T D K株式会社内
		(72) 発明者	官本 寛和
			東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T D K株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 角度検出装置、及び角度検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転軸に固定される回転体であって、前記回転体の回転中心を座標原点として前記回転体の回転平面にXY直交座標系を定義したとき、2以上の任意の整数nについて、前記回転中心で( / n)の交差角度で交差する2直線が前記回転体の外周と交差する二点のそれぞれと前記回転中心との間のそれぞれの距離の和が一定であり、且つ、前記回転体を前記回転平面に投影した平面形状が $Y = \tan(( / 2n)) X$ に関して対称である回転体と、

前記回転中心に対して( / n)の角度差で前記回転体の外周付近に配置される第一及び第二の磁気センサであって、前記回転体の回転に伴い周期的に変化する前記回転体の外周と前記第一の磁気センサとの間の第一の距離の変化に対応する磁界変化を検出して第一の検出信号を出力する第一の磁気センサ、及び前記第一の距離の変化に追従して相補的に変化する前記回転体の外周と前記第二の磁気センサとの間の第二の距離の変化に対応する磁界変化を検出して第二の検出信号を出力する第二の磁気センサと、

前記第一の検出信号と前記第二の検出信号とを差動演算して差動信号を出力する差動演算手段と、

前記差動信号に基づいて前記回転軸の回転角度を算出する角度算出手段と、  
を備える角度検出装置。

【請求項2】

請求項1に記載の角度検出装置であって、

前記回転体を前記回転平面に投影した形状は、中心角 ( $\theta/n$ ) の  $2n$  個の部分楕円が結合した形状を有する、角度検出装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の角度検出装置であって、

前記回転体を前記回転平面に投影した形状は、谷部を有しない形状である、角度検出装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のうち何れか 1 項に記載の角度検出装置であって、

前記回転体は、強磁性体材質から成り、

前記第一の磁気センサは、前記回転体の外周と前記第一の磁気センサとの間に磁界を発生させる第一の磁石と、前記第一の距離の変化に応じて変化する磁界に応じて前記第一の検出信号を出力する第一の磁気抵抗効果素子とを備え、

10

前記第二の磁気センサは、前記回転体の外周と前記第二の磁気センサとの間に磁界を発生させる第二の磁石と、前記第二の距離の変化に応じて変化する磁界に応じて前記第二の検出信号を出力する第二の磁気抵抗効果素子とを備える、角度検出装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の角度検出装置であって、

前記第一の磁気抵抗効果素子は、前記回転体の回転中心方向に長手方向が設定されている第一のフリー磁性層を備え、

前記第二の磁気抵抗効果素子は、前記回転体の回転中心方向に長手方向が設定されている第二のフリー磁性層を備える、角度検出装置。

20

【請求項 6】

回転軸に固定される回転体の回転中心に対して、2 以上の任意の整数  $n$  について ( $\theta/n$ ) の角度差で前記回転体の外周付近に配置される第一及び第二の磁気センサを用いて前記回転軸の回転角度を検出する方法であって、

前記回転中心を座標原点として前記回転体の回転平面に  $X-Y$  直交座標系を定義したとき、前記回転中心で ( $\theta/n$ ) の交差角度で交差する 2 直線が前記回転体の外周と交差する二点のそれぞれと前記回転中心との間のそれぞれの距離の和が一定であり、且つ、前記回転体を前記回転平面に投影した平面形状が  $Y = \tan(\theta/2n) X$  に関して対称である回転体を回転させるステップと、

30

前記回転体の回転に伴い周期的に変化する前記回転体の外周と前記第一の磁気センサとの間の第一の距離の変化に対応する磁界変化を検出する前記第一の磁気センサから第一の検出信号を出力するステップと、

前記第一の距離の変化に追従して相補的に変化する前記回転体の外周と前記第二の磁気センサとの間の第二の距離の変化に対応する磁界変化を検出する前記第二の磁気センサから第二の検出信号を出力するステップと、

前記第一の検出信号と前記第二の検出信号とを差動演算して差動信号を出力するステップと、

前記差動信号に基づいて前記回転軸の回転角度を算出するステップと、

を備える角度検出方法。

40

【請求項 7】

請求項 6 に記載の角度検出方法であって、

前記回転体を前記回転平面に投影した形状は、中心角 ( $\theta/n$ ) の  $2n$  個の部分楕円が結合した形状を有する、角度検出方法。

【請求項 8】

請求項 6 又は請求項 7 に記載の角度検出方法であって、

前記回転体を前記回転平面に投影した形状は、谷部を有しない形状である、角度検出方法。

【請求項 9】

請求項 6 乃至請求項 8 のうち何れか 1 項に記載の角度検出方法であって、

50

前記回転体は、強磁性体材質から成り、

前記第一の磁気センサは、前記回転体の外周と前記第一の磁気センサとの間に磁界を発生させる第一の磁石と、前記第一の距離の変化に応じて変化する磁界に応じて前記第一の検出信号を出力する第一の磁気抵抗効果素子とを備え、

前記第二の磁気センサは、前記回転体の外周と前記第二の磁気センサとの間に磁界を発生させる第二の磁石と、前記第二の距離の変化に応じて変化する磁界に応じて前記第二の検出信号を出力する第二の磁気抵抗効果素子とを備える、角度検出方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の角度検出方法であって、

前記第一の磁気抵抗効果素子は、前記回転体の回転中心方向に長手方向が設定されている第一のフリー磁性層を備え、

前記第二の磁気抵抗効果素子は、前記回転体の回転中心方向に長手方向が設定されている第二のフリー磁性層を備える、角度検出方法。

【請求項 11】

回転軸に固定される回転体であって、前記回転体の回転中心を座標原点として前記回転体の回転平面に X Y 直交座標系を定義したとき、2 以上の任意の整数 n について、前記回転中心で  $(\quad / n)$  の交差角度で交差する 2 直線が前記回転体の外周と交差する二点のそれぞれと前記回転中心との間のそれぞれの距離の和が一定であり、且つ、前記回転体を前記回転平面に投影した平面形状が  $Y = \tan(\quad / 2n) X$  に関して対称である回転体と、

前記回転中心に対して  $(\quad / 2n)$  の角度差で前記回転体の外周付近に配置される第一及び第二の磁気センサであって、前記回転体の回転に伴い周期的に変化する前記回転体の外周と前記第一の磁気センサとの間の第一の距離の変化に対応する磁界変化を検出して第一の検出信号を出力する第一の磁気センサ、及び前記回転体の回転に伴い周期的に変化する前記回転体の外周と前記第二の磁気センサとの間の第二の距離の変化に対応する磁界変化を検出して第二の検出信号を出力する第二の磁気センサと、

前記第一及び第二の検出信号に対応する前記回転軸の回転角度を格納する変換テーブルと、

前記第一及び第二の磁気センサから出力される前記第一及び第二の検出信号と、前記変換テーブルとを比較して、前記回転体の回転角度を出力する角度算出手段と、

を備える角度検出装置。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の角度検出装置であって、

前記第一及び第二の検出信号は、略正弦波信号であり、

前記角度算出手段は、前記第一及び第二の検出信号のうちその検出信号が中間値をとる角度に対して  $\pm \quad / 4n$  の角度範囲にある検出信号と、前記変換テーブルとを比較して、前記回転体の回転角度を出力する、角度検出装置。

【請求項 13】

回転軸に固定される回転体の回転中心に対して、2 以上の任意の整数 n について  $(\quad / 2n)$  の角度差で前記回転体の外周付近に配置される第一及び第二の磁気センサを用いて前記回転軸の回転角度を検出する方法であって、

前記回転中心を座標原点として前記回転体の回転平面に X Y 直交座標系を定義したとき、前記回転中心で  $(\quad / n)$  の交差角度で交差する 2 直線が前記回転体の外周と交差する二点のそれぞれと前記回転中心との間のそれぞれの距離の和が一定であり、且つ、前記回転体を前記回転平面に投影した平面形状が  $Y = \tan(\quad / 2n) X$  に関して対称である回転体を回転させるステップと、

前記回転体の回転に伴い周期的に変化する前記回転体の外周と前記第一の磁気センサとの間の第一の距離の変化に対応する磁界変化を検出する前記第一の磁気センサから第一の検出信号を出力するステップと、

前記回転体の回転に伴い周期的に変化する前記回転体の外周と前記第二の磁気センサと

10

20

30

40

50

の間の第二の距離の変化に対応する磁界変化を検出する前記第二の磁気センサから第二の検出信号を出力するステップと、

前記第一及び第二の検出信号に対応する前記回転軸の回転角度を格納する変換テーブルと、前記第一及び第二の磁気センサから出力される前記第一及び第二の検出信号とを比較して、前記回転体の回転角度を出力するステップと、

を備える角度検出方法。

【請求項 14】

請求項 13 に記載の角度検出方法であって、

前記第一及び第二の検出信号は、略正弦波信号であり、

前記回転角度を出力するステップは、前記第一及び第二の検出信号のうちその検出信号が中間値をとる角度に対して  $\pm \pi / 4n$  の角度範囲にある検出信号と、前記変換テーブルとを比較して、前記回転体の回転角度を出力する、角度検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転軸の回転角度を算出するための角度検出装置、及び角度検出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特開 2001-91208 号公報には、スロットバルブ等の被検出物の回転角を検出するための手段として、磁石とヨークとの間に磁界を発生させ、この磁界の中に配置する磁気検出素子の位置をロータの回転中心からずらした構成を有する回転角検出装置が提案されている。磁気検出素子の位置をロータの回転中心からずらすと、磁気検出素子に鎖交する磁束の角度とロータの回転角との関係が変化する。この変化を利用することで、回転角に対する磁気検出素子の出力特性を広い範囲で任意に設定することが可能となり、回転角の検出特性を向上できる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2001-91208 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、上述の回転角検出装置では、検出角度に一定の制限があるという難点を有する（同公報図 8（b）参照）。

【0005】

そこで、本発明は、検出角度に制限がない角度検出装置及び角度検出方法を提案することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するため、本発明に係わる角度検出装置は、回転軸に固定される回転体であって、回転体の回転中心を座標原点として回転体の回転平面に X Y 直交座標系を定義したとき、2 以上の任意の整数 n について、回転中心で  $(\pi / n)$  の交差角度で交差する 2 直線が回転体の外周と交差する二点のそれぞれと回転中心との間のそれぞれの距離の和が一定であり、且つ、回転体を回転平面に投影した平面形状が  $Y = \tan(\pi / 2n) X$  に関して対称である回転体と、回転中心に対して  $(\pi / n)$  の角度差で回転体の外周付近に配置される第一及び第二の磁気センサであって、回転体の回転に伴い周期的に変化する回転体の外周と第一の磁気センサとの間の第一の距離の変化に対応する磁界変化を検出して第一の検出信号を出力する第一の磁気センサ、及び第一の距離の変化に追従して相補的に変化する回転体の外周と第二の磁気センサとの間の第二の距離の変化に対応する

10

20

30

40

50

磁界変化を検出して第二の検出信号を出力する第二の磁気センサと、第一の検出信号と第二の検出信号とを差動演算して差動信号を出力する差動演算手段と、差動信号に基づいて回転軸の回転角度を算出する角度算出手段と、を備える。

【0007】

本発明に係わる角度検出装置によれば、回転体の回転中心で( / n )の交差角度で交差する2直線が回転体の外周と交差する二点のそれぞれと回転体の回転中心との間のそれぞれの距離の和が一定であり、且つ、回転体を回転平面に投影した平面形状が  $Y = \tan( / 2n) X$  に関して対称である回転体を用いているので、回転体の回転中心に対して( / n )の角度差で回転体の外周付近に配置される第一及び第二の磁気センサのそれぞれから出力される第一及び第二の検出信号を差動演算することにより得られる差動信号は、回転体の回転角度情報を含む略正弦波信号となり、全角度(0度~360度)範囲にわたって検出誤差の小さい角度検出を行える。また、回転体は回転軸の端面に取り付けなくてもよいので、角度検出装置の取り付け容易性に優れている。

10

【0008】

ここで、第一の磁気センサと回転体の回転中心との間の距離と、第二の磁気センサと回転体の回転中心との間の距離とは等しくなるように構成されているのが望ましい。斯かる構成によれば、第一及び第二の磁気センサから出力される第一及び第二の検出信号は、十分な対称性を有するので、差動信号を理想的な正弦波に近づけることができる。

【0009】

また、回転体をその回転平面に投影した形状は、中心角( / n )の2n個の部分楕円が結合した形状を有するものが望ましい。斯かる形状によれば、回転体の回転中心に対して( / n )の角度差で回転体の外周付近に配置される第一及び第二の磁気センサのそれぞれから出力される第一及び第二の検出信号は、回転体が一回転したときに、n個の最大値及びn個の最小値をとるn周期分の略正弦波信号となるので、第一及び第二の検出信号を差動演算することにより得られる差動信号は、回転体の回転角度情報を含む理想的な正弦波形に酷似したn周期分の略正弦波信号となる。なお、回転体をその回転平面に投影した形状は、谷部を有しないものが更に望ましい。谷部では、磁場の乱れが生じる可能性が高いためである。

20

【0010】

本発明の好適な実施態様において、回転体は、強磁性体材質から成る。第一の磁気センサは、回転体の外周と第一の磁気センサとの間に磁界を発生させる第一の磁石と、第一の距離の変化に応じて変化する磁界に応じて第一の検出信号を出力する第一の磁気抵抗効果素子とを備える。第二の磁気センサは、回転体の外周と第二の磁気センサとの間に磁界を発生させる第二の磁石と、第二の距離の変化に応じて変化する磁界に応じて第二の検出信号を出力する第二の磁気抵抗効果素子とを備える。斯かる構成によれば、回転体の回転に伴って、回転体と第一の磁気センサとの間の第一の距離、及び回転体と第二の磁気センサとの間の第二の距離が変化し、これらの変化は、第一及び第二の磁気センサの抵抗値の変化として現れるので、第一及び第二の検出信号には、回転体の回転角度に関する情報が含まれている。

30

【0011】

本発明の好適な実施態様において、第一の磁気抵抗効果素子は、回転体の回転中心方向に長手方向が設定されている第一のフリー磁性層を備える。第二の磁気抵抗効果素子は、回転体の回転中心方向に長手方向が設定されている第二のフリー磁性層を備える。フリー磁性層の長手方向を回転中心方向に設定することで、角度検出精度を高めることができる。

40

【0012】

本発明に係わる角度検出方法は、回転軸に固定される回転体の回転中心に対して、2以上の任意の整数nについて( / n )の角度差で回転体の外周付近に配置される第一及び第二の磁気センサを用いて回転軸の回転角度を検出する方法であって、回転中心を座標原点として回転体の回転平面にXY直交座標系を定義したとき、回転中心で( / n )の交

50

差角度で交差する2直線が回転体の外周と交差する二点のそれぞれと回転中心との間のそれぞれの距離の和が一定であり、且つ、回転体を回転平面に投影した平面形状が $Y = \tan\left(\frac{\theta}{2n}\right)X$ に関して対称である回転体を回転させるステップと、回転体の回転に伴い周期的に変化する回転体の外周と第一の磁気センサとの間の第一の距離の変化に対応する磁界変化を検出する第一の磁気センサから第一の検出信号を出力するステップと、第一の距離の変化に追従して相補的に変化する回転体の外周と第二の磁気センサとの間の第二の距離の変化に対応する磁界変化を検出する第二の磁気センサから第二の検出信号を出力するステップと、第一の検出信号と第二の検出信号とを差動演算して差動信号を出力するステップと、差動信号に基づいて回転軸の回転角度を算出するステップと、を備える。

10

## 【0013】

本発明に係わる角度検出方法によれば、回転体の回転中心で $\left(\frac{\theta}{n}\right)$ の交差角度で交差する2直線が回転体の外周と交差する二点のそれぞれと回転体の回転中心との間のそれぞれの距離の和が一定であり、且つ、回転体を回転平面に投影した平面形状が $Y = \tan\left(\frac{\theta}{2n}\right)X$ に関して対称である回転体を用いているので、回転体の回転中心に対して $\left(\frac{\theta}{n}\right)$ の角度差で回転体の外周付近に配置される第一及び第二の磁気センサのそれぞれから出力される第一及び第二の検出信号を差動演算することにより得られる差動信号は、回転体の回転角度情報を含む略正弦波信号となり、全角度(0度~360度)範囲にわたって検出誤差の小さい角度検出を行える。

## 【0014】

本発明の他の観点に基づく角度検出装置は、回転軸に固定される回転体であって、回転体の回転中心を座標原点として回転体の回転平面にXY直交座標系を定義したとき、2以上の任意の整数nについて、回転中心で $\left(\frac{\theta}{n}\right)$ の交差角度で交差する2直線が回転体の外周と交差する二点のそれぞれと回転中心との間のそれぞれの距離の和が一定であり、且つ、回転体を回転平面に投影した平面形状が $Y = \tan\left(\frac{\theta}{2n}\right)X$ に関して対称である回転体と、回転中心に対して $\left(\frac{\theta}{2n}\right)$ の角度差で回転体の外周付近に配置される第一及び第二の磁気センサであって、回転体の回転に伴い周期的に変化する回転体の外周と第一の磁気センサとの間の第一の距離の変化に対応する磁界変化を検出して第一の検出信号を出力する第一の磁気センサ、及び回転体の回転に伴い周期的に変化する回転体の外周と第二の磁気センサとの間の第二の距離の変化に対応する磁界変化を検出して第二の検出信号を出力する第二の磁気センサと、第一及び第二の検出信号に対応する回転軸の回転角度を格納する変換テーブルと、第一及び第二の磁気センサから出力される第一及び第二の検出信号と、変換テーブルとを比較して、回転体の回転角度を出力する角度算出手段とを備える。

20

30

## 【0015】

本発明に係わる角度検出装置によれば、回転体の回転中心を座標原点として回転体の回転平面にXY直交座標系を定義したとき、2以上の任意の整数nについて、回転中心で $\left(\frac{\theta}{n}\right)$ の交差角度で交差する2直線が回転体の外周と交差する二点のそれぞれと回転中心との間のそれぞれの距離の和が一定であり、且つ、回転体を回転平面に投影した平面形状が $Y = \tan\left(\frac{\theta}{2n}\right)X$ に関して対称である回転体を用いているので、回転体の回転中心に対して $\left(\frac{\theta}{2n}\right)$ の位相差(機械角)で且つ回転中心から等距離に配置される第一及び第二の磁気センサと回転体の外周との距離は、周期的に変化する。第一及び第二の磁気センサから出力される第一及び第二の検出信号は、回転体の回転角度に関する情報を含み、且つ相互に90degの位相差(電気角)を有しているため、第一及び第二の検出信号を関数処理することで、回転体の回転角度を求めることができる。

40

## 【0016】

本発明の好適な実施態様において、第一及び第二の検出信号は、略正弦波信号であり、角度算出手段は、第一及び第二の検出信号のうちその検出信号が中間値をとる角度に対して $\pm 22.5 \text{ deg}$ の角度範囲にある検出信号と、変換テーブルとを比較して、回転体の回転角度を出力するのが好ましい。振幅変化量の小さい信号波形のピーク付近の値よりも

50

、振幅変化量の大きい中間値付近の値を読み取ることで、ノイズに対する影響を抑えることができる。

【0017】

本発明の他の観点に基づく角度検出方法は、回転軸に固定される回転体の回転中心に対して、2以上の任意の整数  $n$  について  $(\pi / 2n)$  の角度差で回転体の外周付近に配置される第一及び第二の磁気センサを用いて回転軸の回転角度を検出する方法であって、回転中心を座標原点として回転体の回転平面に  $X$   $Y$  直交座標系を定義したとき、回転中心で  $(\pi / n)$  の交差角度で交差する2直線が回転体の外周と交差する二点のそれぞれと回転中心との間のそれぞれの距離の和が一定であり、且つ、回転体を回転平面に投影した平面形状が  $Y = \tan(\pi / 2n) X$  に関して対称である回転体を回転させるステップと、  
10 回転体の回転に伴い周期的に変化する回転体の外周と第一の磁気センサとの間の第一の距離の変化に対応する磁界変化を検出する第一の磁気センサから第一の検出信号を出力するステップと、回転体の回転に伴い周期的に変化する前記回転体の外周と第二の磁気センサとの間の第二の距離の変化に対応する磁界変化を検出する前記第二の磁気センサから第二の検出信号を出力するステップと、第一及び第二の検出信号に対応する回転軸の回転角度を格納する変換テーブルと、第一及び第二の磁気センサから出力される第一及び第二の検出信号を比較して、回転体の回転角度を出力するステップとを備える。

【0018】

本発明に係わる角度検出方法によれば、回転体の回転中心を座標原点として回転体の回転平面に  $X$   $Y$  直交座標系を定義したとき、2以上の任意の整数  $n$  について、回転中心で  $(\pi / n)$  の交差角度で交差する2直線が回転体の外周と交差する二点のそれぞれと回転中心との間のそれぞれの距離の和が一定であり、且つ、回転体を回転平面に投影した平面形状が  $Y = \tan(\pi / 2n) X$  に関して対称である回転体を用いているので、回転体の回転中心に対して  $(\pi / 2n)$  の位相差（機械角）で且つ回転中心から等距離に配置される第一及び第二の磁気センサと回転体の外周との距離は、周期的に変化する。第一及び第二の磁気センサから出力される第一及び第二の検出信号は、回転体の回転角度に関する情報を含み、且つ相互に  $90 \text{ deg}$  の位相差（電気角）を有しているため、第一及び第二の検出信号を関数処理することで、回転体の回転角度を求めることができる。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、検出角度に制限がない角度検出装置及び角度検出方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本実施形態に係わる角度検出装置の概略構成を示す説明図である。

【図2】本実施形態に係わる角度検出装置のシステム構成を示す説明図である。

【図3】磁気抵抗効果素子の出力特性を示すグラフである。

【図4】回転体の回転角度に対する磁束密度の変化を示すグラフである。

【図5】一对の磁気センサから出力される二つの検出信号を示すグラフである。

【図6】一对の磁気センサから出力される二つの検出信号を差動演算して得られる差動信号を示すグラフである。

【図7】回転体の平面形状の算出方法を示す説明図である。

【図8】回転体の平面形状の算出方法を示す説明図である。

【図9】  $a = 0.9$  のときの楕円関数  $H(X, Y)$  のグラフである。

【図10】  $a = 1.5$  のときの楕円関数  $H(X, Y)$  のグラフである。

【図11】  $a = 0.5$  のときの楕円関数  $H(X, Y)$  のグラフである。

【図12】実施例2に係わる角度検出装置の概略構成を示す説明図である。

【図13】キャリブレーション実施前の  $\cos$  信号及び  $\sin$  信号を示すグラフである。

【図14】  $\cos$  信号の振幅補正及びオフセット補正を示す説明図である。

【図15】  $\sin$  信号の振幅補正及びオフセット補正を示す説明図である。

10

20

30

40

50

- 【図16】cos信号のデジタルサンプリングを示す説明図である。  
 【図17】sin信号のデジタルサンプリングを示す説明図である。  
 【図18】変換テーブルの説明図である。  
 【図19】cos信号及びsin信号の読み込み範囲を示す説明図である。  
 【図20】リニア出力値のグラフである。  
 【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、各図を参照しながら本発明に係わる実施例について説明する。各実施例において同一符号は同一部材を示すものとし、重複する説明を省略する。

【実施例1】

【0022】

図1は本実施形態に係わる角度検出装置10の概略構成を示す説明図である。

角度検出装置10は、回転軸60に固定される回転体(ロータ)20と、回転体20の外周付近に配置される磁気センサ30とを主要構成として備える。回転体20は、強磁性体材質(例えば、鉄、コバルト、ニッケル等)から成るロータである。回転軸60は、動力発生源等から駆動力を受けて回転駆動する回転軸(例えば、車両のドライブシャフトやモータの駆動軸など)であり、その軸心方向はZ方向である。回転軸60が回転すると、回転体20は、XY平面内で回転する。

【0023】

磁気センサ30は、外部磁界を発生させるための磁界発生手段として機能する磁石33と、その外部磁界の変化を電圧変化として検出する磁気抵抗効果素子31とを主要構成として備える。磁気抵抗効果素子31は、ハーフブリッジ構成でもよく、或いはフルブリッジ構成でもよい。磁気センサ30の実装形態として、磁石33の中心点を通るZ方向の直線上に磁気抵抗効果素子31が位置するようにプリント配線基板70の表面に磁気抵抗効果素子31を配置し、同基板70の裏面に磁石33を配置するのが好ましい。また、磁石33から発生する外部磁界を効率よく集磁するために、磁石33の両極にヨーク32を配置するのが好ましい。

【0024】

磁気抵抗効果素子31は、磁化方向が特定の方向に設定されていて、外部磁界の変位に対して磁化状態(例えば、磁化方向や磁化の強さ)が影響を受けないように構成されたピン磁性層(図示せず)と、外部磁界の変化によって磁化状態が変位するフリー磁性層(図示せず)とを備えている。回転軸60の回転とともに回転体20が回転すると、回転体20の外周と磁気抵抗効果素子31との間のギャップGの間隔は、周期的に変化する。ギャップGの間隔が変化すると、磁気抵抗効果素子31の裏面に配置された磁石33から磁気抵抗効果素子31を通して回転体20に引かれる磁束密度が変化する。すると、磁気抵抗効果素子31内のフリー磁性層の磁化状態が変動するので、磁化状態が変動しないピン磁性層の磁化状態と、磁化状態が変動するフリー磁性層との間に磁化状態の変位差が発生する。この磁化状態の変位差は、回転体20の回転角度を反映する物理量であり、具体的には、磁気抵抗効果素子31の抵抗値の変化として現れる。磁気抵抗効果素子31には、プリント配線基板70からバイアス電流が供給されており、磁気抵抗効果素子31の抵抗値の変化は、出力電圧の変化として検出される。磁気抵抗効果素子31の出力電圧は、回転体20の回転角度を示す検出信号として信号処理される。

【0025】

なお、磁気抵抗効果素子31は、図3に示すように、磁気抵抗効果素子31を通過する磁束密度と、磁気抵抗効果素子31の出力電圧との関係が線形になる領域A又は領域Bで動作するように、外部磁界の強さやギャップGの平均間隔等を設計するのが好ましい。この場合、ギャップGの距離に応じて磁気センサの出力は線形性を有することとなる。また、回転体20と磁気センサ30とのスラスト方向(軸心方向)の位置関係は、回転体20の回転による芯ぶれ等によるズレを含めて回転体20が磁気抵抗効果素子31から外れない位置関係とするのが望ましい。例えば、取り付け誤差 $\pm 0.5\text{mm}$ 、芯ぶれ $\pm 0.5\text{m}$

10

20

30

40

50



m、磁気抵抗効果素子 31 の厚みが 0.5 mm とすると、回転体 20 の厚みは、3.0 mm 以上が望ましい。

【0026】

図2は角度検出装置10のシステム構成を示す説明図である。

回転体20の回転中心Pを座標原点として回転体20の回転平面にXY直交座標系を定義したとき、回転体20をその回転平面(XY平面)に投影した形状(以下、平面形状と称する)は、回転中心Pで交差角度  $= (\quad / 2)$  で交差する2直線が回転体20の外周と交差する二点(Q1, Q2)のそれぞれと回転中心Pとの間のそれぞれの距離(L1, L2)の和(L1 + L2)が一定であり、且つ回転体20の平面形状がY = Xに関して対称であるという条件を満たす形状を有している(但し、L1は線分PQ1の線分長であり、L2は線分PQ2の線分長である。)。このような条件を満たす回転体20の平面形状は、中心角  $(\quad / 2)$  の4個の部分楕円が結合した形状を有しており、回転体20が一回転すると、2周期分の略正弦波の検出信号が得られる。回転体20の平面形状は、Y = Xに関して対称であるという条件、及び回転体20が一回転したときに2周期分の検出信号が得られるという条件を踏まえると、4個の部分楕円の楕円比率は全部で2種類存在するという点に留意されたい。

10

【0027】

なお、回転体20の平面形状は、谷部を有しないことが望ましい。谷部では、磁場の乱れが生じる可能性が高く、高精度な角度検出には不向きであるためである。

【0028】

回転体20の外周付近には、回転中心Pに対して  $(\quad / 2)$  の角度差で一对の磁気センサ30A, 30Bが配置されるとともに、回転中心Pに対して  $(\quad / 2)$  の角度差で他の一对の磁気センサ30C, 30Dが配置されている。磁気センサ30Aと回転中心Pとを結ぶ直線91は、磁気センサ30Bと回転中心Pとを結ぶ直線92に直交しており、磁気センサ30Cと回転中心Pとを結ぶ直線93は、磁気センサ30Dと回転中心Pとを結ぶ直線94に直交している。また、隣接する磁気センサ30A, 30Cは、回転中心Pに対して  $(\quad / 4)$  の角度差で配置されており、隣接する磁気センサ30B, 30Dは、回転中心Pに対して  $(\quad / 4)$  の角度差で配置されている。このように、それぞれの磁気センサ30A, 30C, 30B, 30Dは、回転中心Pに対して、  $(\quad / 4)$  の角度差で固定されており、回転体20が回転したとしても、回転中心Pとそれぞれの磁気センサ30A, 30C, 30B, 30Dとの間の距離は常に一定に保持される。

20

30

【0029】

なお、図2に示す磁気センサ30A, 30B, 30C, 30Dには、互いに区別するため、便宜上異なる符号を付してあるが、実質的には、図1に示す磁気センサ30と同一の構成を有している。このため、これらの磁気センサ30A, 30B, 30C, 30Dを区別する必要がない場合には、単に磁気センサ30と総称する。

【0030】

さて、回転体20が半回転すると、図4に示すように、磁気センサ30を通過する外部磁界の磁束密度の変化を示す波形には、1周期分の変化が現れる。回転体20をその回転中心Pを通る線分で半分に分割すると、その半分の分割体は楕円比率の異なる中心角  $(\quad / 2)$  の2個の部分楕円が結合した形状を有しているため、図4に示す磁束密度波形は厳密な意味での正弦波形ではないものの、正弦波形に類似した波形となる。上述の如く、磁気抵抗効果素子31を通過する磁束密度と、磁気抵抗効果素子31の出力電圧との関係は、線形であるので、磁気センサ30から出力される検出信号は、正弦波に類似した波形を有する。回転体20の平面形状は回転中心Pで交差角度  $= (\quad / 2)$  で交差する2直線が回転体20の外周と交差する二点(Q1, Q2)のそれぞれと回転中心Pとの間のそれぞれの距離(L1, L2)の和(L1 + L2)が一定となる形状であるため、回転中心Pに対して  $(\quad / 2)$  の角度差で配置された一对の磁気センサ30A, 30Bのうち一方の磁気センサ30Aと回転体20の外周との間の第一の距離が変化すると、他方の磁気センサ30Bと回転体20の外周との間の第二の距離は第一の距離の変化に追従するように相

40

50

補的に変化する。つまり、第一の距離が短くなると、その短くなった距離の分だけ第二の距離が長くなる。このため、磁気センサ30A, 30Bの検出信号は、図5に示すように、90度の位相差を有している。図5において、符号81は、磁気センサ30Aの検出信号を示し、符号82は、磁気センサ30Bの検出信号を示している。なお、回転中心Pに対して( $\theta/2$ )の角度差で配置された他の一对の磁気センサ30C, 30Dの検出信号も同様に90度の位相差を有している。符号83は、磁気センサ30Cの検出信号を示し、符号84は磁気センサ30Dの検出信号を示す。

#### 【0031】

角度検出装置10は、既述の回転体20、及び磁気センサ30の他に、差動演算回路41, 42、及び角度算出回路50を備える。差動演算回路41, 42、及び角度算出回路50の各機能は、プリント配線基板70上に実装されたICチップ(図示せず)によって実現される。差動演算回路41は、一对の磁気センサ30A, 30Bから出力される二つの検出信号を差動演算することにより、sin信号(差動信号)を算出する。図6の符号85は、図5に示す二つの検出信号81, 82を差動演算することにより得られるsin信号を示している。このsin信号は、理想的な正弦波形に酷似した波形形状を有する略正弦波信号である。差動演算回路42は、他の一对の磁気センサ30C, 30Dから出力される二つの検出信号を差動演算することによりcos信号(差動信号)を算出する。このcos信号は、理想的な正弦波形に酷似した波形形状を有する略正弦波信号であり、sin信号に対して45度の位相差をしている。角度算出回路50は、差動演算回路41から出力されるsin信号、及び差動演算回路42から出力されるcos信号を基に回転体20の回転角度を算出する。

#### 【0032】

なお、一对の磁気センサ30C, 30Dは、回転体20の角度検出を行う上で必須ではなく、一对の磁気センサ30A, 30Bのみで角度検出を行うことが可能である点に留意されたい。また、磁気抵抗効果素子31のフリー磁性層の長手方向は、特に限定されるものではないが、本発明者の実験によると、回転中心Pに向かう方向(回転中心方向)に磁化されているときに、特に、高精度な角度検出が得られることが確認されている。これは、フリー磁性層の長手方向が、例えば、回転中心に直行する向きに設定されていると、フリー層の長手方向全体に渡った回転角に依存する平均的な磁界を磁気抵抗素子31が検出することになり、フリー層の長手方向が回転中心に向かう方向と比較して検出誤差が大きくなるものが関係しているものと考えられる。尚、磁気抵抗効果素子31としては、GMR素子、MR素子、AMR素子、TMR素子などを適用することができる。

#### 【0033】

なお、回転体20の平面形状は、上述の実施形態に限られるものではなく、2以上の任意の整数nについて、回転中心で交差角度 $\theta = (\theta/n)$ で交差する2直線が回転体20の外周と交差する二点(Q1, Q2)のそれぞれと回転中心との間のそれぞれの距離(L1, L2)の和(L1+L2)が一定であり、且つ、回転体20の平面形状が $Y = \tan(\theta/2n)X$ に関して対称であるという条件を満たせばよい。このような条件を満たす回転体20の平面形状は、中心角 $(\theta/n)$ の2n個の部分楕円が結合した形状を有しており、回転体20が一回転すると、n周期分の検出信号が得られる。ここで、回転体20の平面形状は、 $Y = \tan(\theta/2n)X$ に関して対称であるという条件、及び回転体20が一回転したときにn周期分の検出信号が得られるという条件を踏まえると、2n個の部分楕円の楕円比率は全部でn種類(同じ楕円比率を有する部分楕円の組み合わせがn組)存在する点に留意されたい。また、説明の便宜上、図2では、n=2の場合を図示しているが、n=3の場合についても、図2に示す構成に類似した構成を適用し得ることを理解されたい。

#### 【0034】

本実施形態によれば、回転体20の回転中心Pで $(\theta/2)$ の交差角度で交差する2直線が回転体20の外周と交差する二点(Q1, Q2)のそれぞれと回転体20の回転中心Pとの間のそれぞれの距離(L1, L2)の和(L1+L2)が一定であり、且つ、回転

10

20

30

40

50

体 20 の平面形状が  $Y = X$  に関して対称である回転体 20 を用いているので、回転体 20 の回転中心 P に対して  $(\pi/2)$  の角度差で回転体 20 の外周付近に配置される一対の磁気センサ 30A, 30B (又は一対の磁気センサ 30C, 30D) から出力される検出信号を差動演算することにより得られる差動信号は、回転体 20 の回転角度情報を含む略正弦波信号となり、全角度 (0 度 ~ 360 度) 範囲にわたって検出誤差の小さい角度検出を行える。また、回転体 20 は、回転軸 60 の端面に取り付けなくてもよいので、角度検出装置 10 の取り付け容易性に優れている。

【0035】

次に、図 7 及び図 8 を参照しながら、回転体 20 の平面形状の算出方法について説明する。

10

まず、図 7 に示すように、実線で図示されている半楕円 f と、破線で図示されている半楕円 g とを組み合わせて成る略楕円形状の閉曲線を考察する。原点 P を通る直線がこの閉曲線に交差する交差点をそれぞれ R1, R2 とし、線分 PR1 の線分長を L3、線分 PR2 の線分長を L4 とし、半楕円 f 及び半楕円 g の関数を下式のように定義すると、原点 P を通る如何なる直線に関しても、 $L3 + L4 = \text{一定}$  となる。

$$f = x^2 + y^2 / a^2 = r^2 \dots (1)$$

$$g(X) = X = 2r \cdot \cos \theta - F(x) \dots (2)$$

$$g(Y) = Y = 2r \cdot \sin \theta - F(y) \dots (3)$$

但し、a, r は定数である (但し、 $0 < a < 2$  : 座標原点が閉曲線面内に存在する条件、 $a = 1$  : 円を除く)。ここで、(2)式、(3)式を XY 座標上で表記すると、 $a = 0.9$  の場合、図 9 のような波形となる ( $r = 1$ )。但し、a の値によっては、例えば、 $a = 1.5$  の場合は、図 10 のように、 $X = 0$  で谷と有する波形となり、 $a = 0.5$  の場合は、図 11 のように、 $Y > 0$  で  $X = r$  をとることになり、局率の符号を変える変局点を有することになる。ここで、図 10、図 11 のような場合は、該谷部、該変局点では磁界の乱れが生じると考えられ、検出出力が安定しない可能性がある。従って、図 9 のような谷部、局率の符号を変える変局点を有さない回転体であることが好ましい。よって、好ましい回転体は楕円 ( $x^2 + y^2 / a^2 = r^2$ ) と  $0 < a < 2$  の範囲 (但し、 $a = 1$  は除く) で谷部、局率の符号を変える変局点を有さない楕円関数の結合体である。

20

【0036】

ここで、回転体 20 の平面形状が図 7 に示す略楕円形状の閉曲線に一致するように回転体 20 の平面形状を加工し、回転体 20 の回転中心 P を通る直線上に一対の磁気センサを対角配置した上で回転体 20 を回転させ、対角配置された一対の磁気センサから出力される検出信号を差動演算すると、略正弦波状の差動信号が得られることが本発明者により確認されている (特願 2008 - 182423 参照)。本発明者の知見によれば、(1)式、(2)式、及び(3)式に記載の x, y, g(X), g(Y) を、 $x = r(\theta) \cos \theta$ ,  $y = r(\theta) \sin \theta$ ,  $g(X) = r(\theta) \cos \theta$ ,  $g(Y) = r(\theta) \sin \theta$  と表記し、線分の長さ  $r(\theta)$  を一定とした上で、 $\cos \theta$  を  $\cos(\theta/2)$  に変換し、 $\sin \theta$  を  $\sin(\theta/2)$  に変換して得られる楕円関数をそれぞれ F, G と定義すると、楕円関数 F によって表される二つの部分楕円と、楕円関数 G によって表される二つの部分楕円とを結合することにより回転体 20 の平面形状を定義する閉曲線の関数が得られる (図 8 参照)。

30

40

【0037】

さて、回転体 20 が一回転したときに 2 周期分の略正弦波の検出信号を得るには、図 8 において、 $L1 + L2 = 2r = \text{一定}$ 、且つ  $\theta = \pi/2$  となることが必要であるから、求める関数は、 $\theta = 0, \pi/2, \pi, 3\pi/2$  のときに、半径 r の円と交わることになる。従って、求める関数は、 $\theta = \pi/4$  を基準に対称になることが必要である。

【0038】

楕円関数 F を上記のように定義すると、下式が成立する。

$$F(X) = X = r(\theta) \cos(\theta/2) \dots (4)$$

$$F(Y) = Y = r(\theta) \sin(\theta/2) \dots (5)$$

50

## 【0039】

加法定理を使用して(4)式及び(5)式を整理すると、下式が成立する。

$$\begin{aligned} F(X) = X &= r(\quad) \cos(\quad/2) \\ &= r(\quad) \cos(\quad - \quad/2) \\ &= r(\quad) (\cos \cos(\quad/2) + \sin \sin(\quad/2)) \\ &= X \cos + Y \sin \quad \dots (6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(Y) = Y &= r(\quad) \sin(\quad/2) \\ &= r(\quad) \sin(\quad - \quad/2) \\ &= r(\quad) (\sin \cos(\quad/2) - \cos \sin(\quad/2)) \\ &= X \sin - Y \cos \quad \dots (7) \end{aligned}$$

10

## 【0040】

ここで、 $\cos = x/r(\quad)$ 、 $\sin = y/r(\quad)$ であるから、(6)式及び(7)式を整理すると、下式が成立する。

$$X = (1/r(\quad)) \cdot (x \cdot X + y \cdot Y) \quad \dots (8)$$

$$Y = (1/r(\quad)) \cdot (X \cdot y - Y \cdot x) \quad \dots (9)$$

## 【0041】

ここで、 $x$ 、 $y$ を $X$ 、 $Y$ で記すと、下式が成立する。

$$x = (X^2 - Y^2) \cdot r(\quad) / (X^2 + Y^2) \quad \dots (10)$$

$$y = 2XY \cdot r(\quad) / (X^2 + Y^2) \quad \dots (11)$$

## 【0042】

(1)式の $x$ 、 $y$ に(10)式及び(11)式を代入すると、楕円関数 $F$ を求めることができる。同様に、(2)式、(3)式の $x$ 、 $y$ に(10)式及び(11)式を代入すると、楕円関数 $G$ を求めることができる。また、 $r(\quad)$ は $(X^2+Y^2)^{1/2}$ なので、消去できる。なお、求める関数 $F$ は、 $0 \quad / 4$ の角度範囲( $X$ 軸と $Y = X$ との間の角度範囲)において、

$$(X^2 - Y^2)^2 + 4X^2Y^2 / a^2 = r^2(X^2 + Y^2) \quad \dots (12)$$

である。

## 【0043】

なお、上述の議論は、回転中心 $P$ で交差角度 $= (\quad/n)$ で交差する2直線が回転体20の外周と交差する二点( $Q_1$ 、 $Q_2$ )のそれぞれと回転中心 $P$ との間のそれぞれの距離( $L_1$ 、 $L_2$ )の和( $L_1 + L_2$ )が一定であり、且つ、回転体20の平面形状が $Y = \tan(\quad/2n)X$ に関して対称であるという条件を満たす場合にも応用できる。

20

30

## 【0044】

一般に、下式が成立する。

$$\cos(\quad/n) = \cos(1 - (n-1)/n) \quad \dots (13)$$

$$\sin(\quad/n) = \sin(1 - (n-1)/n) \quad \dots (14)$$

## 【0045】

ここで、加法定理を使用して(13)式及び(14)式に記載の三角関数内部の $(n-1)/n$ を展開し、 $X$ 、 $Y$ を(15)式及び(16)式のように定義した上で、 $x = r(\quad) \cos$ 、 $y = r(\quad) \sin$ の関係式、及び(4)式、(5)式を用いると、 $\cos(\quad/n)$ 及び $\sin(\quad/n)$ を $X$ 、 $Y$ 、 $x$ 、 $y$ で表記することが可能になる。

$$F(X) = X = r(\quad) \cos(\quad/n) \quad \dots (15)$$

$$F(Y) = Y = r(\quad) \sin(\quad/n) \quad \dots (16)$$

40

## 【0046】

ここで、 $(x^2+y^2)^{1/2}$ 又は $(X^2+Y^2)^{1/2}$ を用いることで、 $r(\quad)$ を消去できるので、最終的に、 $x$ 、 $y$ を $X$ 、 $Y$ のみで表記できる。 $X$ 、 $Y$ で表記された $x$ 、 $y$ を(1)式、(2)式、及び(3)式に代入すると、関数 $F$ 、 $G$ を求めることができる。そして関数 $F$ 、 $G$ を $Y = \tan(\quad/2n)X$ に関して折り返した図形を重ね合わせ、全周囲にわたり関数 $F$ 、 $G$ で定義される部分楕円を(半径 $r$ の円と交差する箇所)交互に連続的に

50

配置することで、回転体 20 の平面形状を定義する閉曲線の関数が得られる。また、本実施形態では楕円関数について説明したが、楕円に限定されず  $n$  周期を実現できる回転体に適用できることは言うまでもない。この場合、1 周期分の関数に対応する  $x$ 、 $y$  を  $n$  周期分に対応する関数の座標である  $X$ 、 $Y$  で表記し、 $x$ 、 $y$  を 1 周期分の関数に代入することで、 $n$  周期分に対応する関数を求めることが可能である。

#### 【実施例 2】

##### 【0047】

図 12 は実施例 2 に係わる角度検出装置 100 の概略構成を示す説明図である。

角度検出装置 100 は、回転軸 60 に固定される回転体 20 と、回転体 20 の外周付近に配置される二つの磁気センサ 30E、30F と、二つの磁気センサ 30E、30F から出力されるそれぞれの検出信号に基づいて回転体 20 の回転角度を出力する角度算出回路 130 を主要構成として備える。磁気センサ 30E、30F には、互いを区別するため、便宜上異なる符号を付してあるが、実質的には図 1 に示す磁気センサ 30 と同一の構成を有している。磁気センサ 30E は、回転体 20 の回転中心 P 上を通る一点鎖線 95 上に位置し、磁気センサ 30F は、回転中心 P 上を通る一点鎖線 96 上に位置している。二つの一点鎖線 95、96 が交差する角度は、 $45 \text{ deg}$  である。また、回転中心 P からそれぞれの磁気センサ 30E、30F への距離は同一である。従って、二つの磁気センサ 30E、30F は、回転体 20 の回転中心 P に対して  $45 \text{ deg}$  の位相差（機械角）で回転中心 P から等距離に配置されている。磁気センサ 30E は、回転体 20 の回転に伴い周期的に変化する回転体 20 の外周と磁気センサ 30E との間の第一の距離の変化に対応する磁界変化を検出して、正弦波形に類似した波形形状を有する第一の略正弦波信号を出力する。磁気センサ 30F は、回転体 20 の回転に伴い周期的に変化する回転体 20 の外周と磁気センサ 30F との間の第二の距離の変化に対応する磁界変化を検出して、正弦波形に類似した波形形状を有する第二の略正弦波信号を出力する。第一及び第二の略正弦波信号は、回転体 20 の半回転（回転角度  $180 \text{ deg}$ ）につき相互に  $90 \text{ deg}$  の位相差（電気角）を有する検出信号である。説明の便宜上、磁気センサ 30E から出力される検出信号を  $\cos$  信号と称し、磁気センサ 30F から出力される検出信号を  $\sin$  信号と称する。角度算出回路 130 は、変換テーブル 131 を保持しており、磁気センサ 30E、30F から出力される  $\cos$  信号及び  $\sin$  信号に対応する回転体 20 の回転角度を変換テーブル 131 から読み取り、読み取った回転角度を出力する。この変換テーブル 131 は、例えば製品出荷時又は回転軸 60 取り付け時などに実施されるキャリブレーションによって作成される。

##### 【0048】

ここで、変換テーブル 131 の作成方法について説明する。図 13 は、キャリブレーション実施前の  $\cos$  信号 201 及び  $\sin$  信号 202 を示している。キャリブレーション実施前では、 $\cos$  信号 201 及び  $\sin$  信号 202 の振幅及び中間値は、相互に一致していないのが通常である。そこで、 $\cos$  信号 201 及び  $\sin$  信号 202 のそれぞれの一周分きの波形を取り込み、 $\cos$  信号 201 及び  $\sin$  信号 202 のそれぞれの振幅及び中間値を算出する（なお、回転体 20 が半回転すると、一周分きの  $\cos$  信号 201 及び  $\sin$  信号 202 が出力される点に留意されたい。）。そして、図 14 及び図 15 に示すように、キャリブレーション実施後の  $\cos$  信号 201 及び  $\sin$  信号 202 の上限値が  $V_T$ 、下限値が  $V_B$ 、中間値が  $(V_T + V_B) / 2$  となるように、磁気センサ 30E から出力される  $\cos$  信号 201 を増幅するための増幅器 111 の利得及びオフセット値と、磁気センサ 30F から出力される  $\sin$  信号 202 を増幅するための増幅器 112 の利得及びオフセット値をそれぞれ調整し、検出信号の振幅調整及びオフセット補正を実施する。なお、図 14 及び図 15 において、破線はキャリブレーション実施前の信号波形を示し、実線はキャリブレーション実施後の信号波形を示し、一点鎖線はオフセット補正後の中間値を示し、二点鎖線はオフセット補正前の中間値を示す。

##### 【0049】

キャリブレーション実施後の  $\cos$  信号 201 及び  $\sin$  信号 202 は、それぞれ  $A /$

10

20

30

40

50

D変換器121, 122によってデジタルデータに変換され、角度算出回路130に供給される。角度算出回路130は、図16及び図17に示すように、デジタル化されたcos信号201及びsin信号202を一周期分にわたって一定角度間隔でサンプリングし、サンプリングした読み取りデータを、cos信号読み取り値152、及びsin信号読み取り値153として、変換テーブル131に格納する(図18参照)例えば0.2degの回転角度の分解能を有するためには、0.1deg以下の角度精度が必要であるので、cos信号201及びsin信号202を0.1deg以下の角度精度でサンプリングし、サンプリングした読み取りデータを変換テーブル131に格納することが好ましい。なお、デジタル化されたcos信号201、及びsin信号202の一周期の時間は、上限値の間隔(又は下限値の間隔)として算出することが可能である。また、cos信号201が上限値をとるとき、又はsin信号202が中間値をとるときを0degの判定基準とすればよい。

10

#### 【0050】

変換テーブル131は、図18に示すように、リニア出力値151、cos信号読み取り値152、及びsin信号読み取り値153を0deg~360degの角度範囲で対応付けている。リニア出力値151は、図20に示すように、0deg~360degの角度範囲で直線的に単調増加するマップデータとして予め作成されている。例えば、リニア出力値151を1.0V~4.0Vの範囲で出力したい場合には、0degのときにリニア出力値151を1.0Vとし、180degのときにリニア出力値151を2.5Vとし、359degのときにリニア出力値151を4.0Vとし、回転体20の回転角度とリニア出力値151との関係が線形になるように作成すればよい。なお、リニア値151の出力範囲は任意に調整可能であり、上述の数値に限定されるものではない。また、リニア出力値151は、0deg~360degの角度範囲で直線的に単調減少するマップデータとして作成してもよい。

20

#### 【0051】

次に、上述の手順を経て作成された変換テーブル131を用いて回転体20の回転角度を求める方法について説明する。磁気センサ30E, 30Fから出力されるcos信号201、及びsin信号202は、増幅器111, 112によって振幅調整及びオフセット補正が実施され、更に、A/D変換器121, 122によって一定角度間隔でサンプリングされ、角度算出回路130に供給される。角度算出回路130は、読み取ったcos信号201のサンプリングデータに一致するcos信号読み取り値152を変換テーブル131から検索し、検索されたcos信号読み取り値152に対応するリニア出力値151を変換テーブル131から読み出す。また、角度算出回路130は、読み取ったsin信号202のサンプリングデータに一致するsin信号読み取り値153を変換テーブル131から検索し、検索されたsin信号読み取り値153に対応するリニア出力値151を変換テーブル131から読み出す。このようにして読み出されたりニア出力値151は、回転体20の回転角度を示す信号として、D/A変換器140によってアナログデータに変換される。

30

#### 【0052】

このとき、角度算出回路130は、図19に示すように、cos信号201、及びsin信号202のうちその信号波形が中間値をとときの角度に対して $\pm 22.5$ degの角度範囲にあるサンプリングデータを読み取るのが好ましい。例えば、0deg~22.5degの角度範囲では、cos信号201よりもsin信号202の方が検出信号の振幅変化量が大きいので、sin信号202のサンプリングデータを読み込む。22.5deg~67.5degの角度範囲では、sin信号202よりもcos信号201の方が検出信号の振幅変化量が大きいので、cos信号201のサンプリングデータを読み込む。67.5deg~112.5degの角度範囲では、cos信号201よりもsin信号202の方が検出信号の振幅変化量が大きいので、sin信号202のサンプリングデータを読み込む。このように、振幅変化量の小さい信号波形のピーク付近のサンプリングデータよりも、振幅変化量の大きい中間値付近のサンプリングデータを読み取ることで、

40

50

検出誤差のバラツキを抑えることができるとともに、ノイズに対する耐性を高めることができる。

【0053】

なお、回転体20として、回転中心Pで $(\theta/n)$ の交差角度で交差する2直線が回転体20の外周と交差する二点のそれぞれと回転中心Pとの間のそれぞれの距離の和が一定であり、且つ、回転体20を回転平面に投影した平面形状が $Y = \tan(\theta/2n)X$ に関して対称であるものを用いた場合には、回転中心Pに対して $(\theta/2n)$ の角度差で回転中心Pから等距離に回転体20の外周付近に磁気センサ30E, 30Fを配置すればよい(但し、 $n$ は2以上の任意の整数とする。)。また、 $\cos$ 信号201、及び $\sin$ 信号202のうちその信号波形が中間値をとるときの角度に対して $\pm \theta/4n$ の角度範囲にあるサンプリングデータを読み取るのが好ましい。

10

【0054】

尚、実施例2に係わる角度検出方法は、実施例1の角度検出装置10にも適用できるので、その原理を簡単に説明する。例えば、図1において、磁気センサ30A, 30Bからの検出信号を差動演算回路41によって差動演算して得られる $\sin$ 信号と、磁気センサ30C, 30Dからの検出信号を差動演算回路42によって差動演算して得られる $\cos$ 信号との位相差(電気角)は、回転体20の一回転につき $90\text{deg}$ である(これは、図6に示すように、回転体20が半回転すると、 $\sin$ 信号と $\cos$ 信号との位相差が $45\text{deg}$ になることから導かれる。)。上述の変換テーブル131と同様の変換テーブルを予め角度算出回路50に実装しておけば、角度算出回路50は、差動演算回路41, 42から出力される $\sin$ 信号及び $\cos$ 信号をサンプリングした上で読み取り、読み取ったサンプリングデータに対応する回転体20の回転角度を変換テーブルから検索し、検索した回転角度を出力することができる。ここで、差動演算回路41, 42から出力される $\cos$ 信号及び $\sin$ 信号のうちその信号波形が中間値をとるときの角度に対して $\pm 22.5\text{deg}$ の角度範囲にあるサンプリングデータを読み取るのが好ましい。

20

【産業上の利用可能性】

【0055】

本発明は、様々な技術分野における駆動機構に用いられる回転軸の回転角度を算出するための装置及び方法に利用できる。

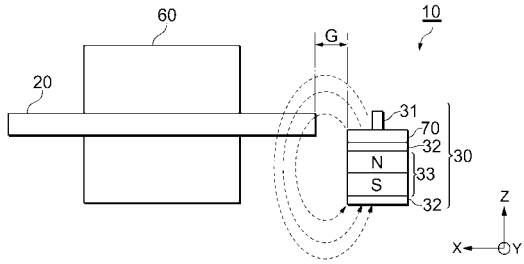
【符号の説明】

30

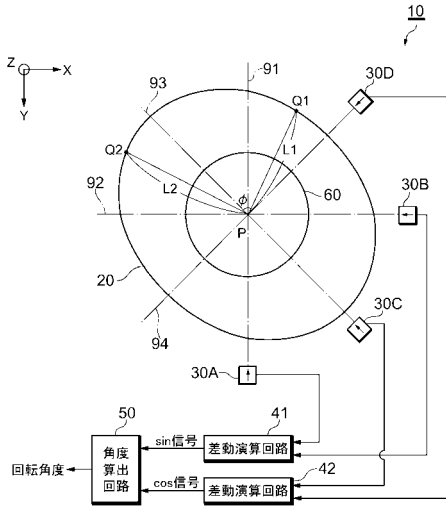
【0056】

10...角度検出装置 20...回転体 30...磁気センサ 31...磁気抵抗効果素子 32...ヨーク 33...磁石 41, 42...差動演算回路 50...角度算出回路 60...回転軸

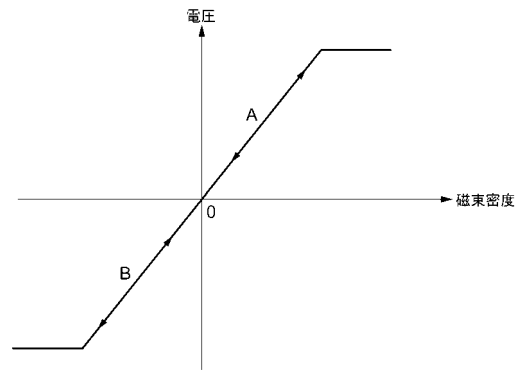
【 図 1 】



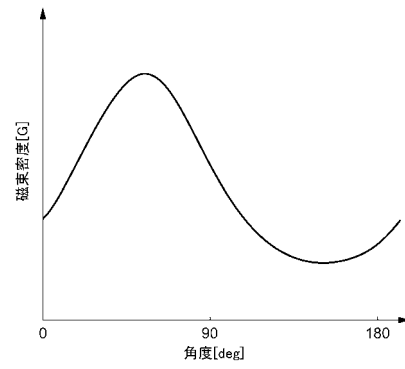
【 図 2 】



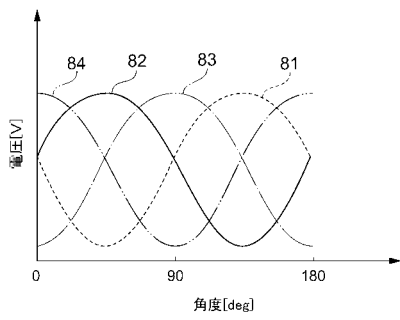
【 図 3 】



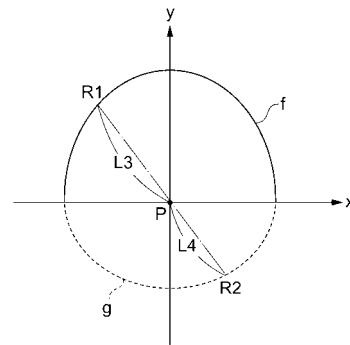
【 図 4 】



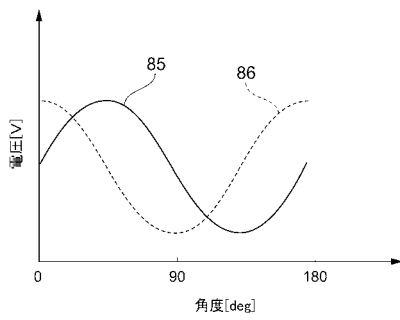
【 図 5 】



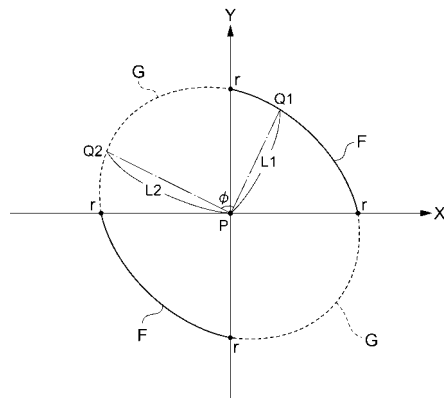
【 図 7 】



【 図 6 】

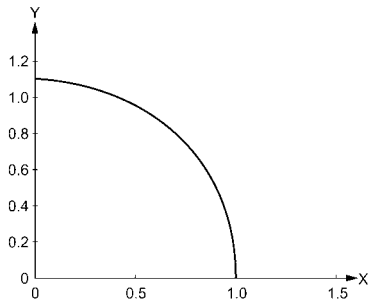


【 図 8 】

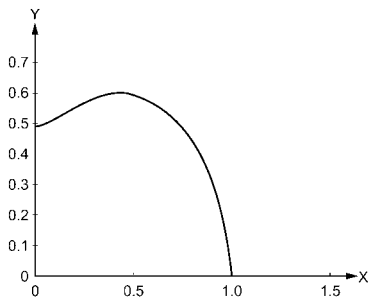




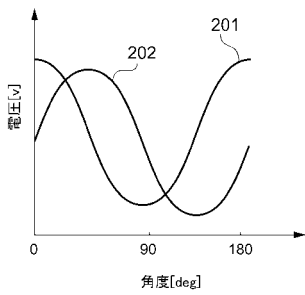
【図9】



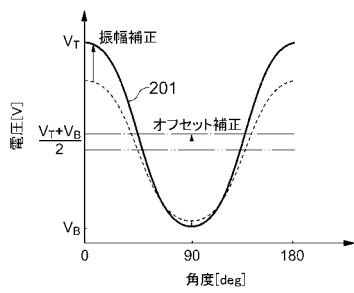
【図10】



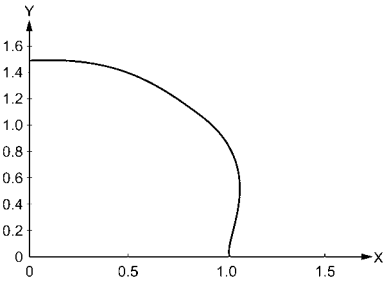
【図13】



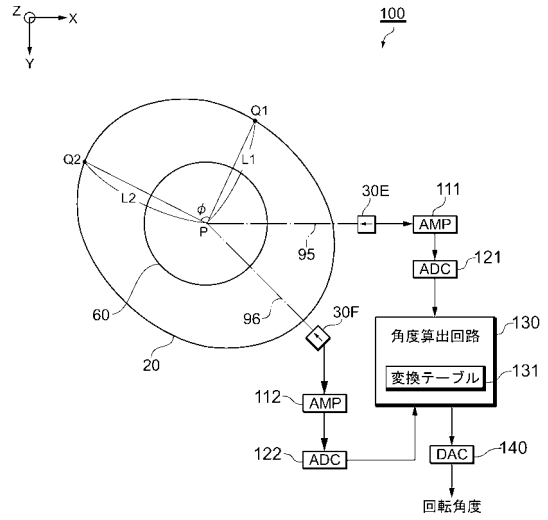
【図14】



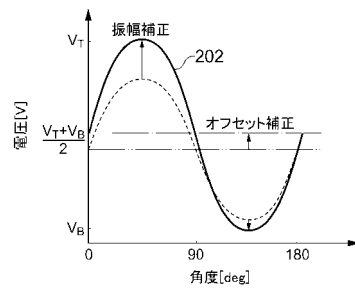
【図11】



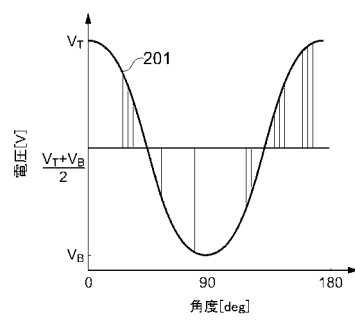
【図12】



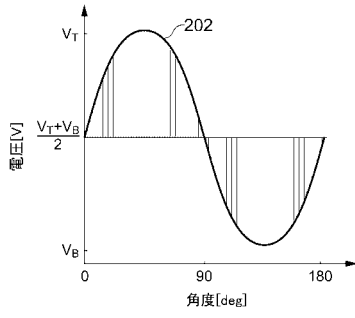
【図15】



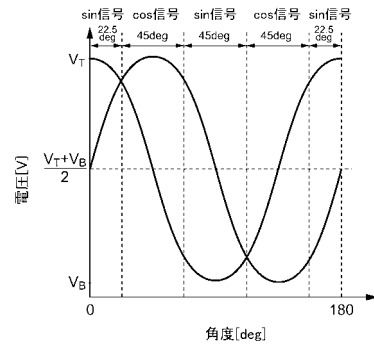
【図16】



【図17】



【図19】

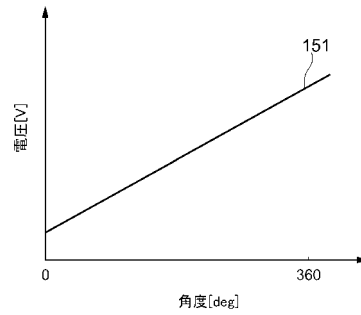


【図18】

131

リニア出力値	151
cos信号読み取り値	152
sin信号読み取り値	153
0 deg → 360 deg	

【図20】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 木戸 利尚  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内
- (72)発明者 福田 純也  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内

審査官 岡田 卓弥

- (56)参考文献 特開2007-333600(JP,A)  
特開2007-114074(JP,A)  
特開2007-78534(JP,A)  
特開2006-125594(JP,A)  
特開2000-298036(JP,A)  
特開平3-144310(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/00 - 5/252  
G01D 5/39 - 5/62  
G01B 7/00 - 7/34