

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5308258号  
(P5308258)

(45) 発行日 平成25年10月9日(2013.10.9)

(24) 登録日 平成25年7月5日(2013.7.5)

(51) Int. Cl. F I  
G O 1 D 5/244 (2006.01) G O 1 D 5/244 K

請求項の数 4 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2009-163326 (P2009-163326)                  (22) 出願日 平成21年7月10日 (2009.7.10)                  (65) 公開番号 特開2011-17653 (P2011-17653A)                  (43) 公開日 平成23年1月27日 (2011.1.27)                  審査請求日 平成24年6月6日 (2012.6.6)</p>	<p>(73) 特許権者 000137694                  株式会社ミットヨ                  神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号                  (74) 代理人 110000637                  特許業務法人樹之下知的財産事務所                  (72) 発明者 清谷 進吾                  茨城県つくば市上横場430-1 株式会社ミットヨ内                  審査官 眞岩 久恵</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 角度検出装置の誤差算出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

円盤状に形成されるとともに、中心から円周に向かって放射状に設けられる複数の目盛線を有する目盛盤と、前記目盛線を検出する検出器とを備え、前記検出器による検出角度に基づいて、前記目盛盤の回転角度を検出する角度検出装置の誤差算出方法であって、  
 前記角度検出装置は、前記目盛盤の円周に沿って配設される複数の前記検出器を備え、  
前記目盛盤を所定の回転角度回転させた際に前記各検出器により検出される検出角度、及び前記目盛盤の前記回転角度に基づいて、前記目盛盤の中心を算出し、算出された前記目盛盤の中心と、前記各検出器からの距離が等距離となる前記各検出器の中心との誤差を算出することを特徴とする角度検出装置の誤差算出方法。

【請求項2】

請求項1に記載の角度検出装置の誤差算出方法において、  
 前記複数の検出器は、径方向に対向する2つの検出器とされ、  
 前記各検出器を結ぶ軸を直交座標系における座標軸とし、前記目盛盤の中心は、前記目盛盤の回転前には前記座標軸上に存在するとしたときに、  
 前記座標軸と、前記目盛盤の回転後における前記目盛盤の中心、及び一方の前記検出器を結ぶ第1直線とのなす角の角度を、前記目盛盤の回転角度、及び前記一方の検出器による検出角度に基づいて算出する第1角度算出ステップと、  
 前記座標軸と、前記目盛盤の回転後における前記目盛盤の中心、及び他方の前記検出器を結ぶ第2直線とのなす角の角度を、前記目盛盤の回転角度、及び前記他方の検出器によ

る検出角度に基づいて算出する第2角度算出ステップと、

前記第1角度算出ステップ、及び前記第2角度算出ステップにて算出される角度に基づいて、前記第1直線、及び前記第2直線の式を導出し、前記第1直線、及び前記第2直線の式を連立させて前記目盛盤の回転後における前記目盛盤の中心位置を算出する中心算出ステップとを備え、

前記目盛盤の中心と、前記各検出器の中心との誤差を算出することを特徴とする角度検出装置の誤差算出方法。

【請求項3】

請求項1に記載の角度検出装置の誤差算出方法において、

前記複数の検出器は、径方向に対向する2つの検出器とされ、

前記各検出器を結ぶ軸を直交座標系における座標軸としたときに、

前記座標軸と、前記目盛盤の中心、及び一方の前記検出器を結ぶ第1直線とのなす角の前記目盛盤を一回転させたときの角度の変化を、前記目盛盤の回転角度、及び前記一方の検出器による検出角度に基づいて算出する第1角度変化算出ステップと、

前記座標軸と、前記目盛盤の中心、及び他方の前記検出器を結ぶ第2直線とのなす角の前記目盛盤を一回転させたときの角度の変化を、前記目盛盤の回転角度、及び前記他方の検出器による検出角度に基づいて算出する第2角度変化算出ステップと、

前記第1角度変化算出ステップにて算出される角度の変化から前記目盛盤を一回転させたときの変化の平均値を減算し、前記第2角度変化算出ステップにて算出される角度の変化から前記目盛盤を一回転させたときの変化の平均値を減算する減算ステップと、

前記減算ステップにて算出される各角度の変化に基づいて、前記第1直線、及び前記第2直線の式を導出し、前記第1直線、及び前記第2直線の式を連立させて前記目盛盤の中心位置の変化を算出する中心変化算出ステップとを備え、

前記目盛盤の中心と、前記各検出器の中心との誤差を算出することを特徴とする角度検出装置の誤差算出方法。

【請求項4】

請求項1に記載の角度検出装置の誤差算出方法において、

前記複数の検出器は、4つ以上の偶数個の検出器とされ、

前記各検出器は、径方向に対向する組となるように配設され、

前記各組のうち、いずれか1組の検出器を結ぶ軸を直交座標系における座標軸としたときに、

前記各組における2つの検出器による検出角度に基づいて、請求項2または請求項3に記載の角度検出装置の誤差算出方法にて前記目盛盤の中心位置、または前記目盛盤の中心位置の変化をそれぞれ算出して平均することで前記目盛盤の中心と、前記各検出器の中心との誤差を算出することを特徴とする角度検出装置の誤差算出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、角度検出装置の誤差算出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、円盤状に形成されるとともに、中心から円周に向かって放射状に設けられる複数の目盛線を有する目盛盤と、目盛線を検出する検出器とを備え、検出器による検出角度に基づいて、目盛盤の回転角度を検出する角度検出装置が知られている（例えば、特許文献1参照）。

特許文献1に記載のエンコーダ装置（角度検出装置）は、被検知部（目盛線）を有する円板（目盛盤）と、2つのセンサ部材（検出器）とを備え、各センサ部材は、円板の回転中心に対して対称となる位置に配置されている。そして、エンコーダ装置は、各センサ部材にて検出される角度の平均値を算出することで円板の回転角度を算出している。

【0003】

10

20

30

40

50

図 8 は、目盛盤 101、及び検出器 102 を示す模式図である。図 9 は、角度検出装置 10 を示す模式図である。なお、図 8 (A) は、目盛盤 101 を示す図であり、図 8 (B) は、検出器 102 を示す図である。

角度検出装置 10 は、図 8、及び図 9 に示すように、複数の目盛線 101A を有する目盛盤 101 と、目盛盤 101 の円周に沿って配設され、目盛線 101A を検出する 2 つの検出器 102 とを備え、各検出器 102 による検出角度に基づいて、目盛盤 101 の回転角度を検出するものである。

#### 【0004】

ここで、角度検出装置 10 は、図 9 に示すように、組み立てや、被検出物への取り付け、温度の変化などによって各検出器 102 の中心 O と、目盛盤 101 の中心 O' との間に誤差（以下、中心誤差とする）が生じる場合があり、ひいては検出される目盛盤 101 の回転角度に誤差（以下、角度誤差とする）が生じるという問題がある。

特許文献 1 に記載のエンコーダ装置では、各センサ部材にて検出される角度の平均値を算出することで円板の回転角度を算出しているため、角度誤差を低減させることができる。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0005】

【特許文献 1】特開平 7 - 140844 号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

ところで、図 9 に破線で示すように、目盛盤 101 の中心 O' は、目盛盤 101 の回転によって回転する場合がある。

しかしながら、このような場合には、特許文献 1 に記載のエンコーダ装置では、角度誤差を低減させることができないという問題がある。

#### 【0007】

図 10 は、角度検出装置 10 における検出角度、及び目盛盤 101 の回転角度の関係をシミュレーションした結果を示す図である。なお、図 10 (A) は、検出角度を縦軸とし、目盛盤 101 の回転角度を横軸とした図であり、図 10 (B) は、角度誤差を縦軸とし、目盛盤 101 の回転角度を横軸とした図である。

シミュレーションは、各検出器 102 を結ぶ直線の中点を各検出器 102 の中心 O とし、目盛盤 101 の中心 O' は目盛盤 101 の回転によって中心誤差 を半径とする円の円周上を移動するものとし、角度検出装置 10 には、中心誤差 以外の誤差はないものとして行った。

角度検出装置 10 における検出角度は、中心誤差 が無い場合には、図 10 (A) に破線で示すように、目盛盤 101 の回転角度と一致する。しかしながら、中心誤差 がある場合には、図 10 (A) に実線で示すように、検出角度と、目盛盤 101 の回転角度との間に角度誤差が生じることとなる。具体的に、図 10 (B) に示すように、目盛盤 101 の回転と同じ周波数で角度誤差が生じることとなる。

#### 【0008】

図 11 は、目盛盤 101 の回転角度 と、各検出器 102 の検出角度  $A_1$ 、 $A_2$  の関係を示す図である。なお、図 11 では、各検出器 102 の中心 O を原点とする直交座標系を定義し、各検出器 102 を結ぶ軸を X 軸とし、この X 軸と直交する軸を Y 軸とする。また、目盛盤 101 の中心 O' は、目盛盤 101 の回転前には X 軸上に存在するとして、目盛盤 101 の中心 O' を原点とする直交座標系を定義する。そして、目盛盤 101 の回転前における X 軸方向の軸を  $X_E$  軸とし、この  $X_E$  軸と直交する軸を  $Y_E$  軸とする。

また、図 11 における右側の検出器 102 を 102A1 とし、左側の検出器 102 を 102A2 とする。

#### 【0009】

10

20

30

40

50

目盛盤 101 は、図 11 に示すように、回転角度  $\theta$  だけ回転したとすると、検出器 102A1 の検出角度  $\theta_{A1}$  は、 $X_E$  軸と、目盛盤 101 の中心  $O'$ 、及び検出器 102A1 を結ぶ直線との間の角度となる。また、検出器 102A2 の検出角度  $\theta_{A2}$  は、各検出器 102 の中心  $O$ 、及び目盛盤 101 の中心  $O'$  を結ぶ直線と、目盛盤 101 の中心  $O'$ 、及び検出器 102A2 を結ぶ直線との間の角度となる。

各検出器 102A1, 102A2 の検出角度  $\theta_{A1}$ ,  $\theta_{A2}$  は、中心誤差  $\Delta\theta_{A1}$ ,  $\Delta\theta_{A2}$  に起因する角度誤差  $\Delta\theta_{A1}$ ,  $\Delta\theta_{A2}$  を含んでいるので、以下の式 (1) で表すことができる。

【0010】

【数 1】

$$\begin{aligned}\theta_{A1} &= \theta + \Delta\theta_{A1} \\ \theta_{A2} &= \theta + \Delta\theta_{A2}\end{aligned}\quad \dots(1)$$

10

【0011】

ここで、特許文献 1 に記載のエンコーダ装置では、各検出器 102A1, 102A2 の検出角度  $\theta_{A1}$ ,  $\theta_{A2}$  の平均値を算出することで目盛盤 101 の回転角度  $\theta$  を算出しているので、以下の式 (2) で表すことができる。

【0012】

【数 2】

$$\begin{aligned}\frac{\theta_{A1} + \theta_{A2}}{2} &= \frac{2\theta + \Delta\theta_{A1} + \Delta\theta_{A2}}{2} \\ &= \theta + \frac{\Delta\theta_{A1} + \Delta\theta_{A2}}{2}\end{aligned}\quad \dots(2)$$

20

【0013】

すなわち、目盛盤 101 の回転角度  $\theta$  を誤差なく算出するには、以下の式 (3) が成立している必要がある。

【0014】

【数 3】

$$\Delta\theta_{A1} + \Delta\theta_{A2} = 0 \quad \dots(3)$$

30

【0015】

図 12 は、中心誤差  $\Delta r$  が大きい場合における角度誤差  $\Delta\theta_{A1}$ ,  $\Delta\theta_{A2}$  をシミュレーションした結果を示す図である。図 13 は、中心誤差  $\Delta r$  が小さい場合における角度誤差  $\Delta\theta_{A1}$ ,  $\Delta\theta_{A2}$  をシミュレーションした結果を示す図である。なお、図 12、及び図 13 は、角度誤差を縦軸とし、目盛盤 101 の回転角度を横軸とした図である。また、中心誤差  $\Delta r$  は、各検出器 102 の中心  $O$  から各検出器 102 までの距離を 1 とし、図 12 のシミュレーションでは、 $\Delta r = 0.3$  とし、図 13 のシミュレーションでは、 $\Delta r = 0.003$  としている。

【0016】

角度誤差  $\Delta\theta_{A1}$ ,  $\Delta\theta_{A2}$  の合計は、図 12、及び図 13 に示すように、中心誤差の大きさに関わらず 0 にならず、前述した式 (3) は成立しない。

このため、目盛盤 101 の中心  $O'$  が目盛盤 101 の回転によって回転する場合には、

40

50

中心誤差 を算出しなければ角度誤差を低減させることができないという問題がある。

【0017】

本発明の目的は、各検出器の中心と、目盛盤の中心との間の中心誤差を算出することができる角度検出装置の誤差算出方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0018】

本発明の角度検出装置の誤差算出方法は、円盤状に形成されるとともに、中心から円周に向かって放射状に設けられる複数の目盛線を有する目盛盤と、前記目盛線を検出する検出器とを備え、前記検出器による検出角度に基づいて、前記目盛盤の回転角度を検出する角度検出装置の誤差算出方法であって、前記角度検出装置は、前記目盛盤の円周に沿って配設される複数の前記検出器を備え、前記目盛盤を所定の回転角度回転させた際に前記各検出器により検出される検出角度、及び前記目盛盤の前記回転角度に基づいて、前記目盛盤の中心を算出し、算出された前記目盛盤の中心と、前記各検出器からの距離が等距離となる前記各検出器の中心との誤差を算出することを特徴とする。

10

【0019】

このような構成によれば、角度検出装置の誤差算出方法は、複数の検出器による検出角度に基づいて、目盛盤の中心と、各検出器の中心との誤差、すなわち中心誤差を算出することができる。

【0020】

本発明では、前記複数の検出器は、径方向に対向する2つの検出器とされ、前記各検出器を結ぶ軸を直交座標系における座標軸とし、前記目盛盤の中心は、前記目盛盤の回転前には前記座標軸上に存在するとしたときに、前記座標軸と、前記目盛盤の回転後における前記目盛盤の中心、及び一方の前記検出器を結ぶ第1直線とのなす角の角度を、前記目盛盤の回転角度、及び前記一方の検出器による検出角度に基づいて算出する第1角度算出ステップと、前記座標軸と、前記目盛盤の回転後における前記目盛盤の中心、及び他方の前記検出器を結ぶ第2直線とのなす角の角度を、前記目盛盤の回転角度、及び前記他方の検出器による検出角度に基づいて算出する第2角度算出ステップと、前記第1角度算出ステップ、及び前記第2角度算出ステップにて算出される角度に基づいて、前記第1直線、及び前記第2直線の式を導出し、前記第1直線、及び前記第2直線の式を連立させて前記目盛盤の回転後における前記目盛盤の中心位置を算出する中心算出ステップとを備え、前記目盛盤の中心と、前記各検出器の中心との誤差を算出することが好ましい。

20

30

【0021】

ここで、座標軸と、目盛盤の回転後における目盛盤の中心、及び一方の検出器を結ぶ第1直線とのなす角の角度は、一方の検出器における角度誤差に相当する。さらに、座標軸と、目盛盤の回転後における目盛盤の中心、及び他方の検出器を結ぶ第2直線とのなす角の角度は、他方の検出器における角度誤差に相当する。したがって、第1角度算出ステップ、及び第2角度算出ステップは、座標軸と、第1直線、及び第2直線とのなす角の角度を、目盛盤の回転角度、及び各検出器による検出角度に基づいて算出することができる。

【0022】

また、第1直線、及び第2直線は、それぞれ回転後における目盛盤の中心を通る直線であるので、第1直線、及び第2直線の交点は、目盛盤の中心となる。

40

したがって、中心算出ステップは、第1角度算出ステップ、及び第2角度算出ステップにて算出される角度に基づいて、第1直線、及び第2直線の式を導出し、第1直線、及び第2直線の式を連立させて目盛盤の回転後における目盛盤の中心位置を算出することができる。

すなわち、本発明によれば、複数の検出器による検出角度に基づいて、中心誤差を算出することができる。

【0023】

本発明では、前記複数の検出器は、径方向に対向する2つの検出器とされ、前記各検出器を結ぶ軸を直交座標系における座標軸としたときに、前記座標軸と、前記目盛盤の中心

50

、及び一方の前記検出器を結ぶ第1直線とのなす角の前記目盛盤を一回転させたときの角度の変化を、前記目盛盤の回転角度、及び前記一方の検出器による検出角度に基づいて算出する第1角度変化算出ステップと、前記座標軸と、前記目盛盤の中心、及び他方の前記検出器を結ぶ第2直線とのなす角の前記目盛盤を一回転させたときの角度の変化を、前記目盛盤の回転角度、及び前記他方の検出器による検出角度に基づいて算出する第2角度変化算出ステップと、前記第1角度変化算出ステップにて算出される角度の変化から前記目盛盤を一回転させたときの変化の平均値を減算し、前記第2角度変化算出ステップにて算出される角度の変化から前記目盛盤を一回転させたときの変化の平均値を減算する減算ステップと、前記減算ステップにて算出される各角度の変化に基づいて、前記第1直線、及び前記第2直線の式を導出し、前記第1直線、及び前記第2直線の式を連立させて前記目盛盤の中心位置の変化を算出する中心変化算出ステップとを備え、前記目盛盤の中心と、前記各検出器の中心との誤差を算出することが好ましい。

10

#### 【0024】

このような構成によれば、第1角度変化算出ステップ、及び第2角度変化算出ステップは、座標軸と、第1直線、及び第2直線とのなす角の目盛盤を一回転させたときの角度の変化を、目盛盤の回転角度、及び各検出器による検出角度に基づいて算出する。

そして、減算ステップは、第1角度変化算出ステップにて算出される角度の変化から目盛盤を一回転させたときの変化の平均値を減算し、第2角度変化算出ステップにて算出される角度の変化から目盛盤を一回転させたときの変化の平均値を減算する。ここで、第1角度変化算出ステップ、及び第2角度変化算出ステップにて算出される角度の変化は、目盛盤の回転角度における初期値の分だけオフセットされている。したがって、目盛盤を一回転させたときの変化の平均値を減算することで、オフセットを除去することができる。

20

#### 【0025】

さらに、中心変化算出ステップは、減算ステップにて算出される各角度の変化に基づいて、第1直線、及び第2直線の式を導出し、第1直線、及び第2直線の式を連立させて目盛盤の中心位置の変化を算出することができる。

したがって、本発明によれば、目盛盤の中心が目盛盤の回転前には座標軸上に存在していない場合であっても、複数の検出器による検出角度に基づいて、中心誤差を算出することができる。

#### 【0026】

本発明では、前記複数の検出器は、4つ以上の偶数個の検出器とされ、前記各検出器は、径方向に対向する組となるように配設され、前記各組のうち、いずれか1組の検出器を結ぶ軸を直交座標系における座標軸としたときに、前記各組における2つの検出器による検出角度に基づいて、前述した角度検出装置の誤差算出方法にて前記目盛盤の中心位置、または前記目盛盤の中心位置の変化をそれぞれ算出して平均することで前記目盛盤の中心と、前記各検出器の中心との誤差を算出することが好ましい。

30

#### 【0027】

このような構成によれば、各組における2つの検出器による検出角度に基づいて、前述した角度検出装置の誤差算出方法にて目盛盤の中心位置、または目盛盤の中心位置の変化をそれぞれ算出することができる。そして、各組における目盛盤の中心位置、または目盛盤の中心位置の変化を平均することで目盛盤の中心と、各検出器の中心との誤差を算出するので、中心誤差を高精度に算出することができ、角度誤差を更に低減することができる。

40

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0028】

【図1】本発明の第1実施形態に係る角度検出装置を示す図。

【図2】前記実施形態における角度検出装置の誤差算出方法を示す図。

【図3】前記実施形態における目盛盤の回転角度と、各検出器の検出角度との関係を示す図。

【図4】本発明の第2実施形態に係る目盛盤を回転させた状態を示す図。

50

【図5】前記実施形態における各角度誤差の変化、及び目盛盤の中心位置の変化をシミュレーションした結果を示す図。

【図6】本発明の第3実施形態に係る角度検出装置を示す図。

【図7】前記実施形態における各検出器の組の数を5組としてシミュレーションした結果を示す図。

【図8】検出器、及び目盛盤を示す模式図。

【図9】角度検出装置を示す模式図。

【図10】角度検出装置における検出角度、及び目盛盤の回転角度の関係をシミュレーションした結果を示す図。

【図11】目盛盤の回転角度と、各検出器の検出角度の関係を示す図。

10

【図12】中心誤差が大きい場合における角度誤差をシミュレーションした結果を示す図。

【図13】中心誤差が小さい場合における角度誤差をシミュレーションした結果を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0029】

〔第1実施形態〕

以下、本発明の第1実施形態を図面に基づいて説明する。

図1は、本発明の第1実施形態に係る角度検出装置1を示す図である。

角度検出装置1は、図1に示すように、円盤状に形成されるとともに、中心から円周に向かって放射状に設けられる複数の目盛線を有する目盛盤11と、目盛盤11の円周に沿って配設されるとともに、径方向に対向するように配設され、目盛線を検出する2つの検出器12とを備え、各検出器12による検出角度に基づいて、目盛盤11の回転角度を検出するものである。

20

【0030】

ここで、角度検出装置1は、組み立てや、被検出物への取り付け、温度の変化などによって各検出器12の中心Oと、目盛盤11の中心O'との間に中心誤差が生じる。

また、目盛盤11の中心O'は目盛盤11の回転によって中心誤差を半径とする円の円周上を移動する(図2中破線参照)。

以下、角度検出装置1には、中心誤差以外の誤差はないものとして、角度検出装置1の中心誤差を算出する方法について説明する。なお、中心誤差は、各検出器12の中心Oから各検出器12までの距離を1とする。

30

【0031】

図2は、角度検出装置1の誤差算出方法を示す図である。図3は、目盛盤11の回転角度と、各検出器12の検出角度 $A_1$ 、 $A_2$ との関係を示す図である。なお、図2、及び図3では、右側の検出器12を12A1とし、左側の検出器12を12A2とする。

まず、図2に示すように、各検出器12の中心Oを原点とする直交座標系を定義し、各検出器12を結ぶ軸をX軸(座標軸)とし、このX軸と直交する軸をY軸とする。そして、目盛盤11の中心O'は、目盛盤11の回転前にはX軸上に存在し、目盛盤11は、回転角度だけ回転したもとする。

40

なお、回転角度は、例えば、各検出器12による検出角度と、各検出器12の間に配設された他の検出器(図示略)とに基づいて、特許第3826207号に記載の方法によって算出することができる。

【0032】

そして、図3に示すように、X軸と、目盛盤11の回転後における目盛盤11の中心O'、及び一方の検出器12A1を結ぶ第1直線L1とのなす角の角度、すなわち角度誤差 $A_1$ を、目盛盤11の回転角度、及び一方の検出器12A1による検出角度 $A_1$ に基づいて算出する(第1角度算出ステップ)。

次に、X軸と、目盛盤11の回転後における目盛盤11の中心O'、及び他方の検出器12A2を結ぶ第2直線L2とのなす角の角度、すなわち角度誤差 $A_2$ を、目盛盤1

50

1 の回転角度  $\theta$ 、及び他方の検出器 1 2 A 2 による検出角度  $\theta_{A2}$  に基づいて算出する (第 2 角度算出ステップ)。

具体的に、第 1 角度算出ステップ、及び第 2 角度算出ステップでは、以下の式 (4) に基づいて、角度誤差  $\Delta\theta_{A1}$ 、 $\Delta\theta_{A2}$  を算出する。

【0033】

【数 4】

$$\begin{aligned}\Delta\theta_{A1} &= \theta_{A1} - \theta \\ \Delta\theta_{A2} &= \theta - \theta_{A2}\end{aligned}\quad \dots(4)$$

10

【0034】

さらに、第 1 角度算出ステップ、及び第 2 角度算出ステップにて算出される角度誤差  $\Delta\theta_{A1}$ 、 $\Delta\theta_{A2}$  に基づいて、第 1 直線 L 1、及び第 2 直線 L 2 の式を導出し、第 1 直線 L 1、及び第 2 直線 L 2 の式を連立させて目盛盤 1 1 の回転後における目盛盤 1 1 の中心位置を算出する (中心算出ステップ)。

具体的に、中心算出ステップでは、第 1 角度算出ステップにて算出される角度誤差  $\Delta\theta_{A1}$  に基づいて、以下の第 1 直線 L 1 の式 (5) を導出する。

【0035】

【数 5】

$$y = \tan \Delta\theta_{A1}(x-1) \quad \dots(5)$$

20

【0036】

また、中心算出ステップでは、第 2 角度算出ステップにて算出される角度誤差  $\Delta\theta_{A2}$  に基づいて、以下の第 2 直線 L 2 の式 (6) を導出する。

【0037】

【数 6】

$$y = \tan \Delta\theta_{A2}(x+1) \quad \dots(6)$$

30

【0038】

そして、中心算出ステップでは、第 1 直線 L 1、及び第 2 直線 L 2 の式 (5)、(6) を連立させた方程式を解くことによって、目盛盤 1 1 の回転後における目盛盤 1 1 の中心位置を算出する。具体的に、中心算出ステップでは、以下の式 (7) に基づいて、目盛盤 1 1 の回転後における目盛盤 1 1 の中心位置 ( $O'_x$ ,  $O'_y$ ) を算出する。

【0039】

40

【数 7】

$$o'_x = \frac{\tan \Delta \theta_{A1} + \tan \Delta \theta_{A2}}{\tan \Delta \theta_{A1} - \tan \Delta \theta_{A2}}$$

$$o'_y = \frac{2 \tan \Delta \theta_{A1} \tan \Delta \theta_{A2}}{\tan \Delta \theta_{A1} - \tan \Delta \theta_{A2}} \quad \dots (7)$$

10

【0040】

すなわち、本実施形態では、第1角度算出ステップ、第2角度算出ステップ、及び中心算出ステップを実行することによって、目盛盤11の中心O'と、各検出器12の中心Oとの中心誤差を算出することができる。

【0041】

本実施形態に係る角度検出装置1の誤差算出方法によれば、次のような効果がある。

(1) X軸と、第1直線L1とのなす角の角度は、検出器12A1における角度誤差 $\theta_{A1}$ に相当し、X軸と、第2直線L2とのなす角の角度は、検出器12A2における角度誤差 $\theta_{A2}$ に相当する。また、第1直線L1、及び第2直線L2は、それぞれ回転後における目盛盤11の中心O'を通る直線であるので、第1直線L1、及び第2直線L2の交点は、目盛盤11の中心O'となる。したがって、第1角度算出ステップ、第2角度算出ステップ、及び中心算出ステップを実行することによって、各検出器12による検出角度 $\theta_{A1}$ 、 $\theta_{A2}$ に基づいて、中心誤差を算出することができる。

20

【0042】

〔第2実施形態〕

以下、本発明の第2実施形態を図面に基づいて説明する。

なお、以下の説明では、既に説明した部分については、同一符号を付してその説明を省略する。

前記第1実施形態では、第1角度算出ステップ、第2角度算出ステップ、及び中心算出ステップを実行することによって、中心誤差を算出していた。これに対して、本実施形態では、第1角度変化算出ステップ、第2角度変化算出ステップ、減算ステップ、及び中心変化算出ステップを実行することによって、中心誤差を算出している点で異なる。

30

【0043】

図4は、本発明の第2実施形態に係る目盛盤11を回転させた状態を示す図である。また、図4では、X軸に対する目盛盤11の回転角度は、 $\theta_0$ （初期値）から $\theta_1$ だけ回転したものとする。

前記第1実施形態における第1角度算出ステップ、及び第2角度算出ステップを実行することで角度誤差を算出すると、本実施形態では、図4に示すように、 $\theta_{AB1}$ 、 $\theta_{AB2}$ を算出することとなる。したがって、第1直線L1、及び第2直線L2の式を導出することはできない。

40

【0044】

そこで、X軸と、目盛盤11の中心O'、及び一方の検出器12A1を結ぶ第1直線L1とのなす角の目盛盤11を一回転させたときの角度の変化、すなわち角度誤差の変化 $\theta_{AC1}$ を、目盛盤11の回転角度 $\theta_1$ 、及び一方の検出器12A1による検出角度 $\theta_{A1}$ に基づいて算出する（第1角度変化算出ステップ）。

X軸と、目盛盤11の中心O'、及び他方の検出器12A2を結ぶ第2直線L2とのなす角の目盛盤11を一回転させたときの角度の変化、すなわち角度誤差の変化 $\theta_{AC2}$ を、目盛盤11の回転角度 $\theta_1$ 、及び一方の検出器12A2による検出角度 $\theta_{A2}$ に基づいて算出する（第2角度変化算出ステップ）。

【0045】

50

具体的に、第1角度変化算出ステップ、及び第2角度変化算出ステップでは、以下の式(8)に基づいて、各角度誤差の変化  $\Delta \theta_{AC1}$ 、 $\Delta \theta_{AC2}$  を算出する。なお、式(8)における  $\theta$  は、目盛盤11の回転角度であり、 $\theta_{A1}$ 、 $\theta_{A2}$  は、各検出器12による検出角度である。

【0046】

【数8】

$$\begin{aligned}\Delta \theta_{AC1} &= \theta_{A1} - \theta \\ \Delta \theta_{AC2} &= \theta - \theta_{A2}\end{aligned}\quad \dots(8)$$

10

【0047】

そして、第1角度変化算出ステップにて算出される角度誤差の変化  $\Delta \theta_{AC1}$  から 目盛盤11を一回転させたときの変化の平均値 ( $(-)\overline{\Delta \theta_{AC1}}$ )を減算し、第2角度変化算出ステップにて算出される角度誤差の変化  $\Delta \theta_{AC2}$  から 目盛盤11を一回転させたときの変化の平均値 ( $(-)\overline{\Delta \theta_{AC2}}$ )を減算する(減算ステップ)。なお、 $(-)$ は、記号の上付きバーを示している。

具体的に、減算ステップでは、以下の式(9)に基づいて、各角度誤差の変化  $\Delta \theta_{AD1}$ 、 $\Delta \theta_{AD2}$  を算出する。

20

【0048】

【数9】

$$\begin{aligned}\Delta \theta_{AD1} &= \Delta \theta_{AC1} - \overline{\Delta \theta_{AC1}} \\ \Delta \theta_{AD2} &= \Delta \theta_{AC2} - \overline{\Delta \theta_{AC2}}\end{aligned}\quad \dots(9)$$

【0049】

さらに、減算ステップにて算出される各角度誤差の変化  $\Delta \theta_{AD1}$ 、 $\Delta \theta_{AD2}$  に基づいて、第1直線L1、及び第2直線L2の式を導出し、第1直線L1、及び第2直線L2の式を連立させて目盛盤11の中心位置の変化を算出する(中心変化算出ステップ)。

30

具体的に、中心変化算出ステップでは、以下の式(10)に基づいて、目盛盤11の中心位置( $O'_x$ 、 $O'_y$ )の変化を算出する。

【0050】

【数10】

$$\begin{aligned}O'_x &= \frac{\tan \Delta \theta_{AD1} + \tan \Delta \theta_{AD2}}{\tan \Delta \theta_{AD1} - \tan \Delta \theta_{AD2}} \\ O'_y &= \frac{2 \tan \Delta \theta_{AD1} \tan \Delta \theta_{AD2}}{\tan \Delta \theta_{AD1} - \tan \Delta \theta_{AD2}}\end{aligned}\quad \dots(10)$$

40

【0051】

図5は、各角度誤差の変化  $\Delta \theta_{AC1}$ 、 $\Delta \theta_{AC2}$ 、 $\Delta \theta_{AD1}$ 、 $\Delta \theta_{AD2}$ 、及び目盛盤11の中心位置の変化をシミュレーションした結果を示す図である。

なお、図5(A)は、各角度誤差の変化  $\Delta \theta_{AC1}$ 、 $\Delta \theta_{AC2}$  を示す図であり、角度

50

誤差を縦軸とし、目盛盤 11 の回転角度を横軸とした図である。図 5 ( B ) は、各角度誤差の変化  $A_{D1}$ 、 $A_{D2}$  を示す図であり、角度誤差を縦軸とし、目盛盤 11 の回転角度を横軸とした図である。さらに、図 5 ( C ) は、各検出器 12 の中心 O を原点とする直交座標系における目盛盤 11 の中心位置の変化を示す図である。

【 0 0 5 2 】

シミュレーションは、中心誤差  $\epsilon = 0.3$  とし、初期値  $\theta_0 = \pi/4$  とし、目盛盤 11 を一回転させることで行った。

まず、第 1 角度変化算出ステップ、第 2 角度変化算出ステップを実行することで、図 5 ( A ) に示すように、角度誤差の変化  $A_{C1}$  ( 図 5 ( A ) 中実線 )、及び角度誤差の変化  $A_{C2}$  ( 図 5 ( A ) 中破線 ) を得ることができる。

10

次に、減算ステップを実行することで、図 5 ( B ) に示すように、角度誤差の変化  $A_{D1}$  ( 図 5 ( B ) 中実線 )、及び角度誤差の変化  $A_{D2}$  ( 図 5 ( B ) 中破線 ) を得ることができる。

そして、中心変化算出ステップを実行することで、図 5 ( C ) に示すように、目盛盤 11 の中心位置の変化を得ることができる。

【 0 0 5 3 】

ここで、目盛盤 11 の中心位置の変化は、図 5 ( C ) に示すように、半径 0.3 の円となっているので、中心誤差  $\epsilon$  が算出されていることが確認できる。

すなわち、本実施形態では、第 1 角度変化算出ステップ、第 2 角度変化算出ステップ、減算ステップ、及び中心変化算出ステップを実行することによって、目盛盤 11 の中心 O' と、各検出器 12 の中心 O との中心誤差  $\epsilon$  を算出することができる。

20

【 0 0 5 4 】

本実施形態に係る角度検出装置 1 の誤差算出方法によれば、次のような効果がある。  
( 2 ) 第 1 角度変化算出ステップ、第 2 角度変化算出ステップ、減算ステップ、及び中心変化算出ステップを実行することによって、目盛盤 11 の中心が目盛盤 11 の回転前には X 軸上に存在していない場合であっても、各検出器 12 による検出角度  $A_1$ 、 $A_2$  に基づいて、中心誤差  $\epsilon$  を算出することができる。

【 0 0 5 5 】

〔 第 3 実施形態 〕

以下、本発明の第 3 実施形態を図面に基づいて説明する。

30

図 6 は、本発明の第 3 実施形態に係る角度検出装置 1 B を示す図である。なお、図 6 では、右側の検出器 12 を 12 A 1 とし、左側の検出器 12 を 12 A 2 とし、上側の検出器 12 を 12 A 3 とし、下側の検出器 12 を 12 A 4 とし、各検出器 12 A 2、12 A 3 の間の検出器 12 を 12 A 5 とし、各検出器 12 A 1、12 A 4 の間の検出器 12 を 12 A 6 とする。

前記各実施形態では、角度検出装置 1 は、2 つの検出器 12 を備えていた。これに対して、本実施形態では、角度検出装置 1 B は、4 つ以上の偶数個の検出器 12 を備えている点で異なる。

【 0 0 5 6 】

角度検出装置 1 B は、図 6 に示すように、目盛盤 11 と ( 図示略 )、目盛盤 11 の円周に沿って配設されるとともに、径方向に対向する組となるように配設され、目盛線を検出する 6 つの検出器 12 とを備え、各検出器 12 による検出角度に基づいて、目盛盤 11 の回転角度を検出するものである。

40

各検出器 12 は、各検出器 12 A 1、12 A 2 の組と、各検出器 12 A 3、12 A 4 の組と、各検出器 12 A 5、12 A 6 の組との 3 つの組となるように配設されている。

以下、角度検出装置 1 B の中心誤差  $\epsilon$  を算出する方法について説明する。

【 0 0 5 7 】

まず、各検出器 12 の中心 O を原点とする直交座標系を定義し、各検出器 12 の各組のうち、各検出器 12 A 1、12 A 2 の組を結ぶ軸を X 軸 ( 座標軸 ) とし、この X 軸と直交する軸を Y 軸とする。

50

そして、各検出器 1 2 の各組における 2 つの検出器 1 2 による検出角度に基づいて、前記第 1 実施形態、または前記第 2 実施形態における角度検出装置 1 の誤差算出方法にて目盛盤 1 1 の中心位置、または目盛盤 1 1 の中心位置の変化をそれぞれ算出して平均する。

具体的に、各検出器 1 2 A 1 , 1 2 A 2、各検出器 1 2 A 3 , 1 2 A 4、及び各検出器 1 2 A 5 , 1 2 A 6 による検出角度に基づいて算出される目盛盤 1 1 の中心位置、または目盛盤 1 1 の中心位置の変化を  $O_1'$ 、 $O_2'$ 、及び  $O_3'$  とすれば、 $O_1'$ 、 $O_2'$ 、及び  $O_3'$  は、以下の式 ( 1 1 ) によって、平均することができる。

【 0 0 5 8 】

【数 1 1】

$$o' = \frac{(o'_1 + o'_2 + o'_3)}{3} \quad \dots (11)$$

10

【 0 0 5 9 】

なお、上述した式 ( 1 1 ) を、各検出器 1 2 の組の数を N 組とした場合に拡張すれば、以下の式 ( 1 2 ) のように表すことができる。

【 0 0 6 0 】

【数 1 2】

$$o' = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (o'_i) \quad \dots (12)$$

20

【 0 0 6 1 】

図 7 は、各検出器 1 2 の組の数を 5 組としてシミュレーションした結果を示す図である。なお、図 7 ( A ) は、各検出器 1 2 の配置を示す図であり、図 7 ( B ) は、各検出器 1 2 の中心 O を原点とする直交座標系における目盛盤 1 1 の中心位置の変化を示す図である

30

シミュレーションは、図 7 ( A ) に示すように、各検出器 1 2 の間隔を等間隔 ( / 5 ) とし、中心誤差 = 0 . 3 とし、目盛盤 1 1 を一回転させることで行った。

ここで、目盛盤 1 1 の中心位置の変化は、図 7 ( B ) に示すように、半径 0 . 3 の円となっているので、中心誤差 が算出されていることが確認できる。

【 0 0 6 2 】

本実施形態に係る角度検出装置 1 B の誤差算出方法によれば、前記各実施形態と同様の作用効果を奏することができる他、以下の作用効果を奏することができる。

( 3 ) 各検出器 1 2 の各組における目盛盤 1 1 の中心位置、または目盛盤 1 1 の中心位置の変化を平均することで中心誤差 を算出するので、中心誤差 を高精度に算出することができ、角度誤差を更に低減することができる。

40

【 0 0 6 3 】

〔実施形態の変形〕

なお、本発明は前記実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれるものである。

前記各実施形態では、角度検出装置 1 , 1 B は、目盛盤 1 1 の円周に沿って配設されるとともに、径方向に対向するように配設される 2 つ以上の偶数個の検出器 1 2 を備えていた。これに対して、角度検出装置は、目盛盤の円周に沿って配設される複数の検出器を備えていけばよい。

【産業上の利用可能性】

50

【 0 0 6 4 】

本発明は、角度検出装置の誤差算出方法に好適に利用することができる。

【符号の説明】

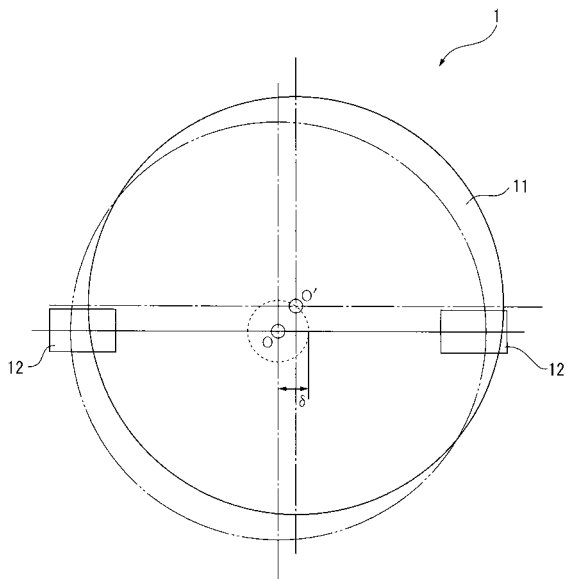
【 0 0 6 5 】

1 , 1 B ... 角度検出装置

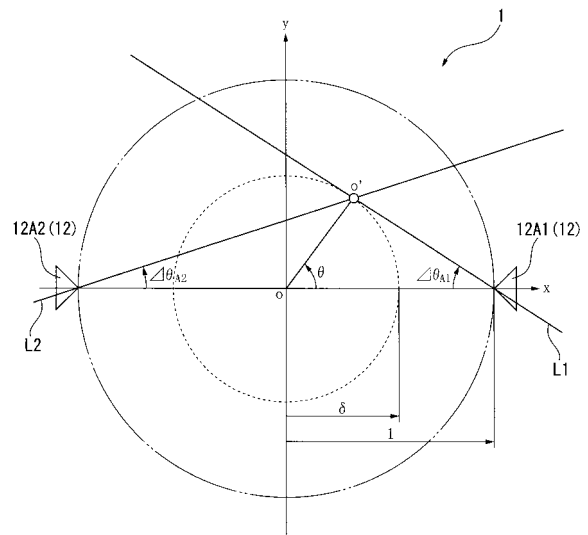
1 1 ... 目盛盤

1 2 ... 検出器

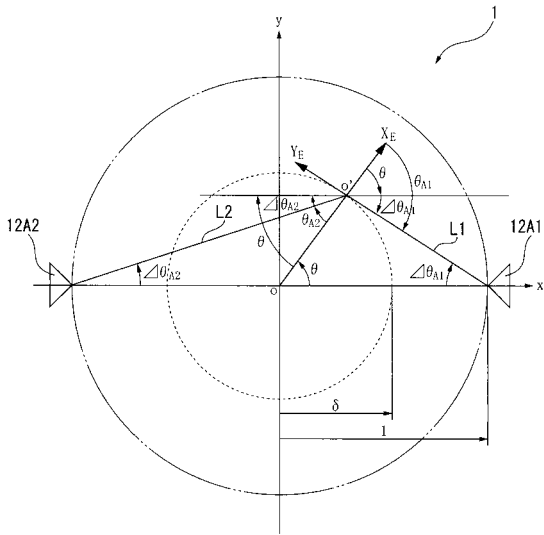
【 図 1 】



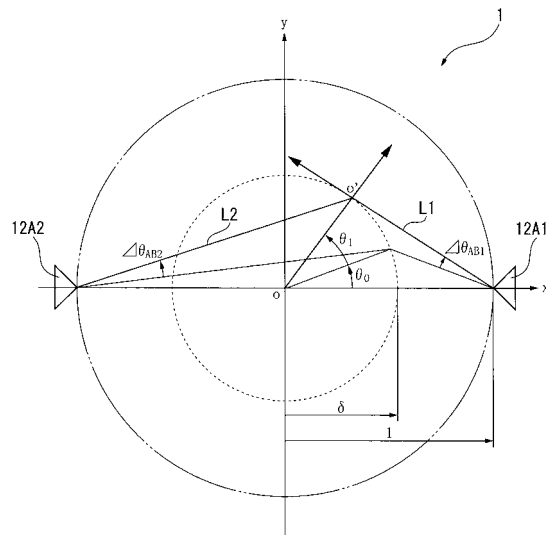
【 図 2 】



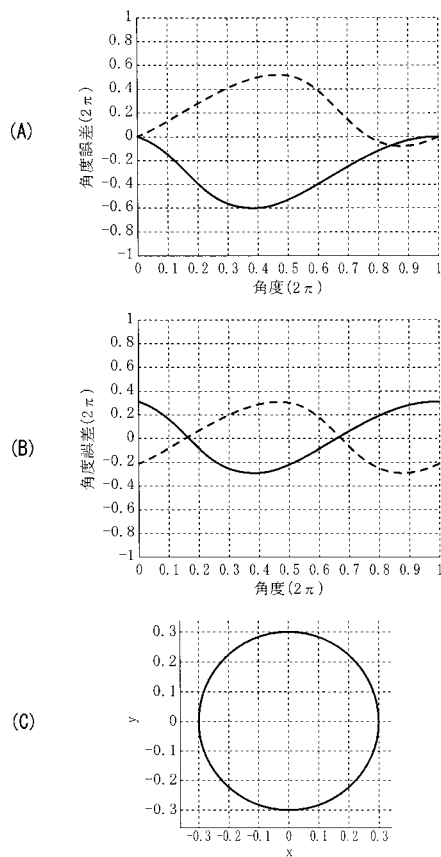
【 図 3 】



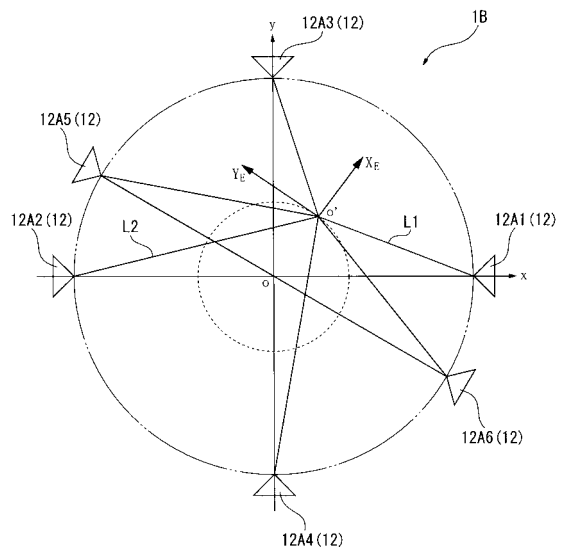
【 図 4 】



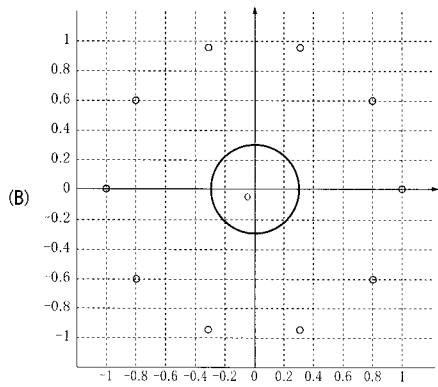
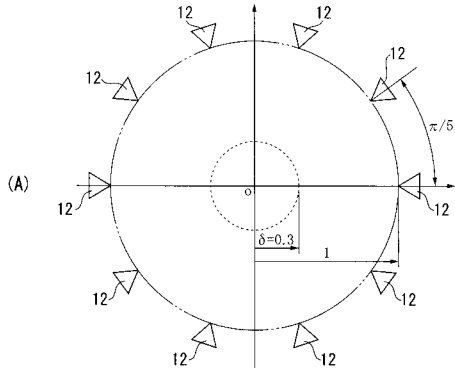
【 図 5 】



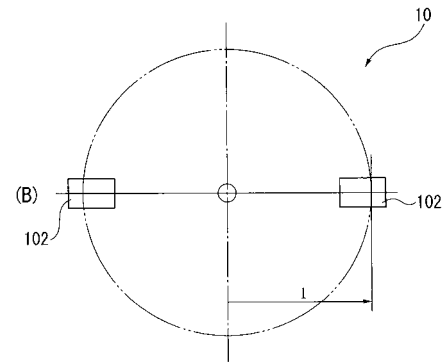
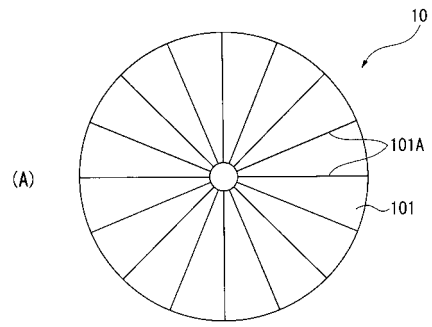
【 図 6 】



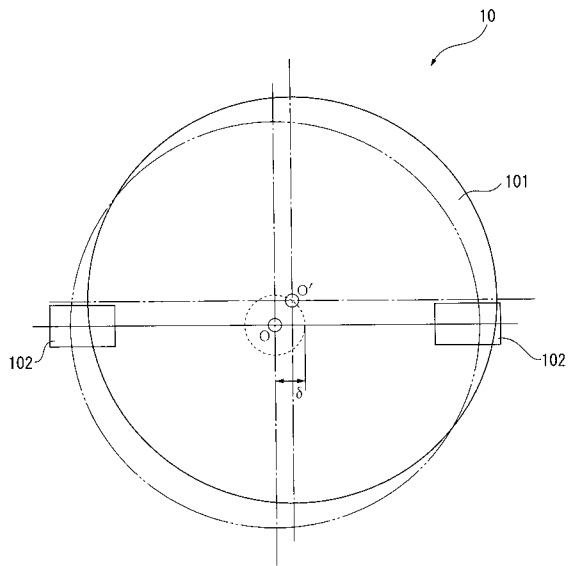
【 図 7 】



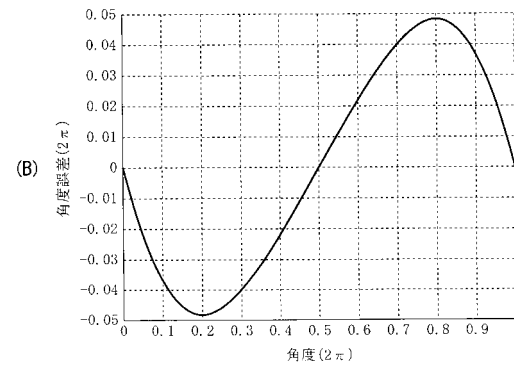
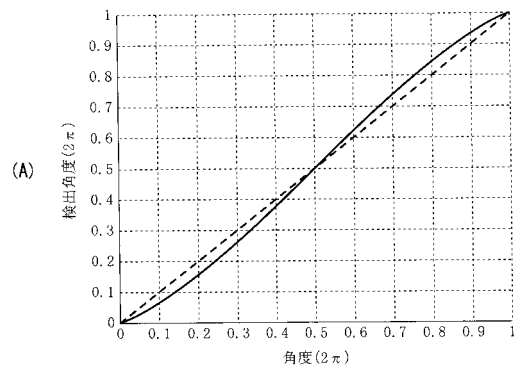
【 図 8 】



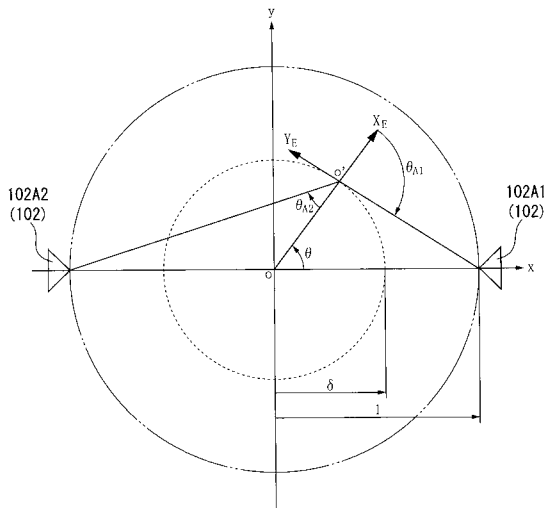
【 図 9 】



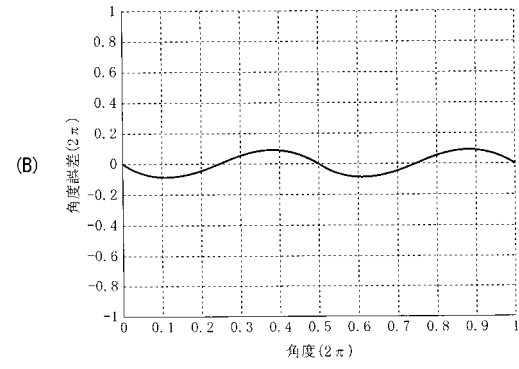
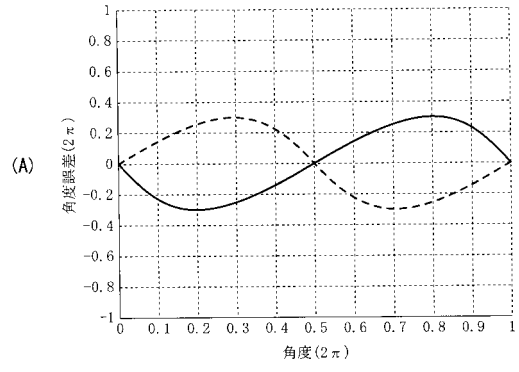
【 図 10 】



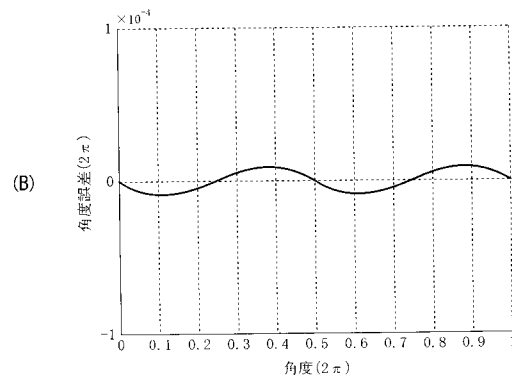
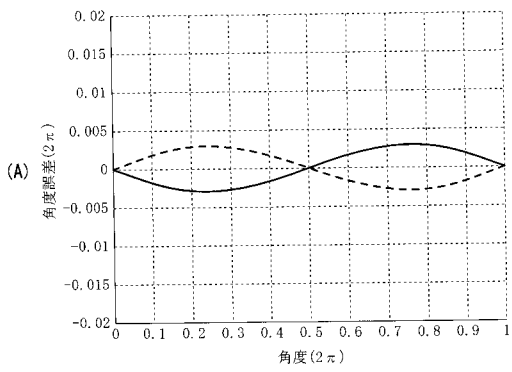
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-178320(JP,A)  
特開平7-140844(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/00 - 5/252

G01D 5/39 - 5/62