

(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
2011年3月3日(03.03.2011)



(10) 国際公開番号
WO 2011/024731 A1

- (51) 国際特許分類:
G01D 5/244 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/064105
- (22) 国際出願日: 2010年8月20日(20.08.2010)
- (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 2009-195190 2009年8月26日(26.08.2009) JP
特願 2009-195191 2009年8月26日(26.08.2009) JP
特願 2010-166122 2010年7月23日(23.07.2010) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社ジェイテクト(JTEKT Corporation) [JP/JP]; 〒5428502 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 上田 武史(UEDA, Takeshi) [JP/JP]; 〒5428502 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 稲岡 耕作, 外(INAOKA, Kosaku et al.); 〒5410054 大阪府大阪市中央区南本町2丁目6

番12号 サンマリオンNBFタワー21階
あい特許事務所内 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, 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, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

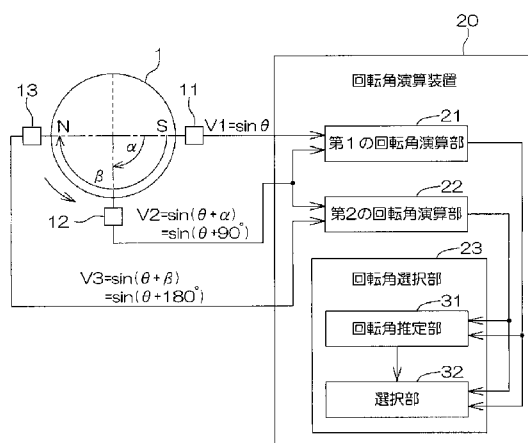
添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: DEVICE FOR DETECTING ANGLE OF ROTATION

(54) 発明の名称: 回転角検出装置

[図1]



- 20 ANGLE OF ROTATION CALCULATION DEVICE
21 FIRST ANGLE OF ROTATION CALCULATION SECTION
22 SECOND ANGLE OF ROTATION CALCULATION SECTION
23 ANGLE OF ROTATION SELECTION SECTION
31 ANGLE OF ROTATION ESTIMATION SECTION
32 SELECTION SECTION

(57) Abstract: Disclosed is a device for detecting an angle of rotation, in which a first angle of rotation calculation section (21) calculates a first angle of rotation (θ_1) corresponding to the angle of rotation of a rotor (1), in accordance with an output signal (V1) of a first magnetic sensor (11) and an output signal (V2) of a second magnetic sensor (12). A second angle of rotation calculation section (22) calculates a second angle of rotation (θ_2) corresponding to the angle of rotation of the rotor (1), in accordance with the output signal (V2) of the second magnetic sensor (12) and an output signal (V3) of a third magnetic sensor (13). An angle of rotation selection section (23) obtains the final angle of rotation (θ) using the first angle of rotation (θ_1) and the second angle of rotation (θ_2).

(57) 要約: 第1の回転角演算部21は、第1の磁気センサ11の出力信号V1と、第2の磁気センサ12の出力信号V2とに基づいて、ロータ1の回転角に相当する第1の回転角 θ_1 を演算する。第2の回転角演算部22は、第2の磁気センサ12の出力信号V2と、第3の磁気センサ13の出力信号V3とに基づいて、ロータ1の回転角に相当する第2の回転角 θ_2 を演算する。回転角選択部23は、第1の回転角 θ_1 と第2の回転角 θ_2 とを用いて最終的な回転角 θ を求める。

明 細 書

発明の名称： 回転角検出装置

技術分野

[0001] この発明は、回転体の回転角を検出する回転角検出装置に関する。

背景技術

[0002] 電動パワーステアリング装置などに使用されるブラシレスモータは、ロータの回転角度に合わせてステータ巻線に電流を通電することによって制御される。そこで、たとえば、図 1 2 に示す回転角検出装置が知られている。回転角検出装置は、2つの磁極 N, S を有する磁石を含むロータ 1 と、ロータ 1 の回転中心軸を中心として 90° の角度間隔をおいて配置された2つの磁気センサ 1 1, 1 2 とを含む。各磁気センサ 1 1, 1 2 は、互いに 90° の位相差を有する正弦波信号を出力する。回転角検出装置は、これらの2つの正弦波信号に基づいてロータ 1 の回転角を検出する。

[0003] 図 1 2 に矢印で示す方向をロータ 1 の正方向の回転方向とする。そして、ロータ 1 が正方向に回転されるとロータ 1 の回転角が大きくなり、ロータ 1 が逆方向に回転されると、ロータ 1 の回転角が小さくなるものとする。ロータ 1 の回転角 θ に対して、一方の磁気センサ 1 1 から $V_1 = A_1 \cdot \sin \theta$ の出力信号 V_1 が出力されるとすると、他方の磁気センサ 1 2 からは、 $V_2 = A_2 \cdot \sin (\theta + 90^\circ) = A_2 \cdot \cos \theta$ の出力信号 V_2 が出力される。 A_1 , A_2 は、それぞれ振幅を表している。

[0004] これらの振幅 A_1 , A_2 が互いに等しい値 A であるとみなすか、あるいは両振幅が所定の規定値 A となるように両信号 S_1 , S_2 を正規化したとすると、一方の出力信号 V_1 は、 $V_1 = A \cdot \sin \theta$ と表され、他方の出力信号 V_2 は、 $V_2 = A \cdot \cos \theta$ と表される。さらに、 $A = 1$ とすると、一方の出力信号 V_1 は、 $V_1 = \sin \theta$ で表され、他方の出力信号 V_2 は、 $V_2 = \cos \theta$ で表される。そこで、説明を簡単にするために、磁気センサ 1 1, 1 2 の出力信号 V_1 , V_2 を、 $V_1 = \sin \theta$, $V_2 = \sin (\theta + 90^\circ) = \cos \theta$ で表すことに

する。

- [0005] ロータの回転角 θ は、両出力信号 V_1 , V_2 を用いて、たとえば、次式 (1) に基づいて求めることができる。

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1} (\sin \theta / \cos \theta) \\ &= \tan^{-1} (\sin \theta / \sin (\theta + 90^\circ)) \\ &= \tan^{-1} (V_1 / V_2) \cdots (1)\end{aligned}$$

図2は、ロータ1の回転角 θ に対する、磁気センサ11, 12の出力信号 $V_1 (= \sin \theta)$, $V_2 (= \sin (\theta + 90^\circ))$ および前記式(1)の右辺における $\sin \theta / \sin (\theta + 90^\circ)$ の変化を示している。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特開2001-324321号公報
特許文献2：特開2004-156961号公報
特許文献3：特開2008-241411号公報
特許文献4：実開平5-55022号公報
特許文献5：特開2002-213944号公報
特許文献6：特表平9-508214号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 前述したような従来の回転角検出装置においては、前記式(1)に基づいて、ロータ1の回転角 θ を演算する際、 $\sin \theta / \cos \theta$ の分母になる $\cos \theta$ が零付近になると、演算誤差が大きくなる。したがって、図2に斜線部分で示すように、ロータ角度が 90° 付近の範囲内または 270° 付近の範囲内にある場合には、 $\cos \theta (= \sin (\theta + 90^\circ))$ の絶対値が小さくなるため、 $\tan^{-1} (\sin \theta / \cos \theta)$ に基づいて演算される回転角 θ の誤差が大きくなる。
- [0008] そこで、この発明の目的は、検出精度を高めることができる回転角検出装置を提供することである。

また、前述したような従来の回転角検出装置においては、磁気センサの出力信号に含まれるノイズの影響によって検出誤差が発生するおそれがある。そこで、このような検出誤差を低減させるために、磁気センサの出力信号に基づいて検出される回転角を時間方向に平均化することによって、最終的な回転角を求めることが考えられる。しかし、このようにすると、ロータが高速回転している場合には、回転角検出の応答性が悪くなる。

[0009] そこで、この発明の目的は、高い応答性を維持しつつ、ノイズの影響による検出誤差を低減できる回転角検出装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0010] この発明の第1の回転角検出装置は、回転体（1）の回転に応じて、互いに位相差を有する第1、第2および第3の正弦波信号をそれぞれ出力する第1、第2および第3のセンサ（11～13，61～63）を含み、これらのセンサの出力信号に基づいて前記回転体の回転角を検出する回転角検出装置（20，70）であって、前記第1の正弦波信号と前記第2の正弦波信号との組合せ、前記第2の正弦波信号と前記第3の正弦波信号との組合せおよび前記第2の正弦波信号と前記第3の正弦波信号との組合せのうちの2以上の組合せにおける組合せ毎に、その組合せに含まれる2つの正弦波信号に基づいて前記回転体の回転角に相当する回転角を演算する回転角演算手段（21，22，71～73）と、前記回転角演算手段によって演算された複数の回転角を用いて、最終的な回転角を演算する最終回転角演算手段（23，74）とを含む。なお、この項において括弧内の英数字は、後述の実施形態における対応構成要素等を表す。しかし、このことは、この発明が当該実施形態に限定して解釈されるべきことを意図するものではない。

[0011] 互いに位相差を有する2つの正弦波信号から演算される回転角には、その演算に用いられる演算式に起因して、演算誤差が大きくなる回転角の範囲が存在する。回転角演算手段によって演算される複数の回転角は、正弦波信号の異なる組合せから演算されるので、それらの演算に用いられる演算式が異なる。このため、これらの複数の回転角間では、演算誤差が大きくなる回転

角の範囲が異なる。上記構成によれば、複数の回転角を用いて、演算誤差の少ない回転角を演算することが可能となる。このため、回転角の検出精度を高めることができる。

[0012] また、この構成によれば、回転角演算手段によって演算される複数の回転角に基づいて、最終的な回転角が演算されるので、センサの出力信号に含まれるノイズの影響による検出誤差を低減できる。

この発明の一実施形態では、前記回転角演算手段は、第1の正弦波信号と前記第2の正弦波信号とに基づいて、前記回転体の回転角に相当する第1の回転角を演算する第1回転角演算手段(21)と、前記第2の正弦波信号と前記第3の正弦波信号とに基づいて、前記回転体の回転角に相当する第2の回転角を演算する第2回転角演算手段(22)とを含む。そして、前記最終回転角演算手段は、前記第1の回転角および前記第2の回転角を用いて、最終的な回転角を演算する。

[0013] この構成では、第1の正弦波信号と第2の正弦波信号とに基づいて、回転体の回転角に相当する第1の回転角が演算される。また、第2の正弦波信号と第3の正弦波信号とに基づいて、回転体の回転角に相当する第2の回転角が演算される。そして、第1の回転角および第2の回転角を用いて、最終的な回転角が演算される。

互いに位相差を有する2つの正弦波信号から演算される回転角には、その演算に用いられる演算式に起因して、演算誤差が大きくなる回転角の範囲が存在する。第1の回転角は第1の正弦波信号と第2の正弦波信号から演算され、第2の回転角は第2の正弦波信号と第3の正弦波信号から演算されるので、両者の演算に用いられる演算式が異なる。このため、第1の回転角と第2の回転角とでは、演算誤差が大きくなる回転角の範囲が異なる。上記構成によれば、第1の回転角および第2の回転角を用いて、演算誤差の少ない回転角を演算することが可能となる。このため、回転角の検出精度を高めることができる。

[0014] この発明の一実施形態では、前記最終回転角演算手段は、前記回転体の回

転角を推定する回転角推定手段（３１）と、前記回転角推定手段によって推定された回転角推定値に応じて、前記第１の回転角および前記第２の回転角を用いて、最終的な回転角を演算する演算手段（３２）とを含む。

前記演算手段（３２）は、前記回転角推定手段によって推定された回転角推定値に応じて、前記第１の回転角および前記第２の回転角のうち、演算誤差が小さい方の回転角を、最終的な回転角として選択するものであってもよい。あるいは、前記演算手段は、前記第１の回転角および前記第２の回転角それぞれに、前記回転角推定手段によって推定された回転角推定値に応じた重み付けをして加算することにより、最終的な回転角を求めるものであってもよい。

[0015] 前記回転角推定手段（３１）は、前記第１の回転角と前記第２の回転角との平均値を、前記回転角推定値として演算するものであってもよい。また、前記回転角推定値としては、たとえば、第１の回転角、第２の回転角などを用いることができる。また、第１の回転角と第２の回転角のいずれかが最終的な回転角として最初に選択された後においては、現在選択されている第１または第２の回転角を回転角推定値として用いるようにしてもよい。さらに、最終的な回転角が最初に演算された後においては、前回演算された最終的な回転角を、今回の回転角推定値として用いるようにしてもよい。

[0016] この発明の一実施形態では、前記回転角演算手段は、前記第１の正弦波信号と前記第２の正弦波信号とに基づいて、前記回転体の回転角に相当する第１の回転角を演算する第１回転角演算手段（７１）と、前記第１の正弦波信号と前記第３の正弦波信号とに基づいて、前記回転体の回転角に相当する第２の回転角を演算する第２回転角演算手段（７２）と、前記第２の正弦波信号と前記第３の正弦波信号とに基づいて、前記回転体の回転角に相当する第３の回転角を演算する第３回転角演算手段（７３）とを含む。そして、前記最終回転角演算手段は、前記第１、第２および第３の回転角に基づいて、最終的な回転角を演算する。

[0017] この構成では、第１の正弦波信号と前記第２の正弦波信号とに基づいて、

回転体の回転角に相当する第1の回転角が演算される。また、第1の正弦波信号と第3の正弦波信号とに基づいて、回転体の回転角に相当する第2の回転角が演算される。また、第2の正弦波信号と第3の正弦波信号とに基づいて、回転体の回転角に相当する第3の回転角が演算される。そして、第1、第2および第3の回転角に基づいて、最終的な回転角が演算される。具体的には、たとえば、第1、第2および第3の回転角の平均値または中央値を、最終的な回転角として演算することができる。また、第1、第2および第3の回転角のうち、最も外れているものを除外し、他の2つの平均値を、最終的な回転角として演算することもできる。

[0018] この構成によれば、第1、第2および第3の回転角に基づいて、最終的な回転角が演算されるので、センサの出力信号に含まれるノイズの影響による検出誤差を低減できる。また、最終的な回転角は、同時刻に発生したセンサ出力信号から演算された第1、第2および第3の回転角に基づいて演算されるので、回転角検出に時間遅れが発生しない。このため回転体の回転速度が大きい場合でも、高い応答性を実現できる。つまり、この構成によれば、高い応答性を維持しつつ、ノイズの影響による検出誤差を低減できる。

[0019] また、この構成では、第1、第2および第3の回転角を演算する場合に、同じセンサの出力信号を複数の回転角演算のために共用している。具体的には、第1の正弦波信号は、第1の回転角および第2の回転角の演算のために共用され、第2の正弦波信号は、第1の回転角および第3の回転角の演算のために共用され、第3の正弦波信号は、第2の回転角および第3の回転角の演算のために共用されている。このため、同じセンサの出力信号を複数の回転角演算のために共用しない場合に比べて、センサの個数が少なく済むという利点がある。

[0020] この発明の一実施形態では、前記第1のセンサは、前記回転体の回転角 θ に対して、 $V_1 = \sin \theta$ で表される第1の正弦波信号 V_1 を出力するものである。また、前記第2のセンサは、前記回転体の回転角 θ に対して、前記第1および第2の正弦波信号の位相差 α を用いて $V_2 = \sin(\theta + \alpha)$ で表される第

2の正弦波信号V₂を出力するものである。また、前記第3のセンサは、前記回転体の回転角 θ に対して、前記第1および第3の正弦波信号の位相差 β を用いて $V_3 = \sin(\theta + \beta)$ で表される第3の正弦波信号V₃を出力するものである。そして、前記第1回転角演算手段は、次式(i)により、第1の回転角 θ_1 を求めるものである。また、前記第2回転角演算手段は、次式(ii)により、第2の回転角 θ_2 を求めるものである。また、前記第3回転角演算手段は、次式(iii)により、第3の回転角 θ_3 を求めるものである。

[0021] [数1]

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{V_1}{\cos \theta} \quad \dots (i)$$

$$\text{ただし、} \cos \theta = \frac{V_2 - V_1 \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{V_1}{\cos \theta} \quad \dots (ii)$$

$$\text{ただし、} \cos \theta = \frac{V_3 - V_1 \cdot \cos \beta}{\sin \beta}$$

$$\theta_3 = \theta'_3 - \alpha \quad \dots (iii)$$

$$\text{ただし、} \theta'_3 = \tan^{-1} \frac{V_2}{\cos \theta'}$$

$$\cos \theta' = \frac{V_3 - V_2 \cdot \cos(\beta - \alpha)}{\sin(\beta - \alpha)}$$

[0022] この構成では、式(i)により第1の回転角 θ_1 が求められ、式(ii)により第2の回転角 θ_2 が求められ、式(iii)により、第3の回転角 θ_3 が求められる。このようにして求められた、第1、第2および第3の回転角に基づいて、最終的な回転角が演算される。

この発明の第2の回転角検出装置は、回転体(1)の回転に応じて、互い

に位相差を有する第 1 および第 2 の正弦波信号をそれぞれ出力する第 1 および第 2 のセンサ（11, 12）を含み、これらのセンサの出力信号に基づいて前記回転体の回転角を検出する回転角検出装置（40）であって、前記第 1 の正弦波信号と前記第 2 の正弦波信号とに基づいて、所定の第 1 の演算式を用いて、前記回転体の回転角に相当する第 1 の回転角を演算する第 1 回転角演算手段（41）と、前記第 1 の正弦波信号と前記第 2 の正弦波信号とに基づいて、前記第 1 の演算式とは異なる所定の第 2 の演算式を用いて、前記回転体の回転角に相当する第 2 の回転角を演算する第 2 回転角演算手段（42）と、前記第 1 の回転角および前記第 2 の回転角を用いて最終的な回転角を演算する最終回転角演算手段（43）とを含む。

[0023] この構成では、第 1 の正弦波信号と第 2 の正弦波信号とに基づいて、所定の第 1 の演算式を用いて、回転体の回転角に相当する第 1 の回転角が演算される。また、第 1 の正弦波信号と第 2 の正弦波信号とに基づいて、第 1 の演算式とは異なる所定の第 2 の演算式を用いて、回転体の回転角に相当する第 2 の回転角が演算される。そして、第 1 の回転角および第 2 の回転角を用いて、最終的な回転角が演算される。

[0024] 互いに位相差を有する 2 つの正弦波信号から演算される回転角には、その演算に用いられる演算式に起因して、演算誤差が大きくなる回転角の範囲が存在する。上記構成では、第 1 の回転角と第 2 の回転角とでは、その演算に用いられる演算式が異なるため、演算誤差が大きくなる回転角の範囲が異なる。上記構成によれば、第 1 の回転角および第 2 の回転角を用いて、演算誤差の少ない回転角を演算することが可能となる。このため、回転角の検出精度を高めることができる。

[0025] この発明の一実施形態では、前記最終回転角演算手段は、前記回転体の回転角を推定する回転角推定手段（51）と、前記回転角推定手段によって推定された回転角推定値に応じて、前記第 1 の回転角および前記第 2 の回転角を用いて、最終的な回転角を演算する演算手段（52）とを含む。

前記演算手段（52）は、前記回転角推定手段によって推定された回転角

推定値に応じて、前記第 1 の回転角および前記第 2 の回転角のうち、演算誤差が小さい方の回転角を、最終的な回転角として選択するものであってもよい。あるいは、前記演算手段は、前記第 1 の回転角および前記第 2 の回転角それぞれに、前記回転角推定手段によって推定された回転角推定値に応じた重み付けをして加算することにより、最終的な回転角を求めるものであってもよい。

[0026] 前記回転角推定手段（51）は、前記第 1 の回転角と前記第 2 の回転角との平均値を、前記回転角推定値として演算するものであってもよい。また、前記回転角推定値としては、たとえば、第 1 の回転角、第 2 の回転角などを用いることができる。また、第 1 の回転角と第 2 の回転角のいずれかが最終的な回転角として最初に選択された後においては、現在選択されている第 1 または第 2 の回転角を回転角推定値として用いるようにしてもよい。さらに、最終的な回転角が最初に演算された後においては、前回演算された最終的な回転角を、今回の回転角推定値として用いるようにしてもよい。

[0027] 本発明における上述の、またはさらに他の目的、特徴および効果は、添付図面を参照して次に述べる実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1] 図 1 は、この発明の第 1 の実施形態に係る回転角検出装置の構成を示す模式図である。

[図2] 図 2 は、第 1 の回転角の演算誤差の大きい範囲を説明するための説明図である。

[図3] 図 3 は、第 2 の回転角の演算誤差の大きい範囲を説明するための説明図である。

[図4] 図 4 は、回転角選択部の動作を説明するための説明図である。

[図5] 図 5 は、回転角演算装置による回転角演算処理の手順を示すフローチャートである。

[図6] 図 6 は、この発明の第 2 の実施形態に係る回転角検出装置の構成を示す模式図である。

[図7] 図7は、回転角演算装置による回転角演算処理の手順を示すフローチャートである。

[図8] 図8は、第1の回転角と第2の回転角に重みを付けて加算することにより、最終的な回転角を演算する方法を説明するための説明図である。

[図9] 図9は、この発明の第3の実施形態に係る回転角検出装置の構成を示す模式図である。

[図10] 図10は、回転角演算装置の詳細な構成を示す機能ブロック図である。

[図11] 図11は、回転角演算装置による回転角演算処理の手順を示すフローチャートである。

[図12] 図12は、従来の回転角検出装置による回転角検出方法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

[0029] 以下では、この発明をブラシレスモータのロータの回転角を検出するための回転角検出装置に適用した場合の実施形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

図1は、この発明の第1の実施形態に係る回転角検出装置の構成を示す模式図である。

この回転角検出装置は、たとえば、電動パワーステアリング装置のブラシレスモータのロータの回転角を検出するために用いることができる。回転角検出装置は、たとえば、ブラシレスモータの回転に応じて回転する検出用ロータ1（以下、「ロータ1」という）を有している。ロータ1は、2つの磁極N、Sを有する磁石を含んでいる。以上の点は、後述する第2および第3の実施形態に係る回転角検出装置も同様である。

[0030] ロータ1の周囲には、3つの磁気センサ11、12、13が、ロータ1の周方向に間隔をおいて配置されている。これら3つの磁気センサ11、12、13を、それぞれ第1の磁気センサ11、第2の磁気センサ12および第3の磁気センサ13という場合がある。磁気センサとしては、たとえば、ホ

ール素子、磁気抵抗素子（MR素子）等、磁界の作用により電気的特性が変化する特性を有する素子を備えたものを用いることができる。

[0031] 第1の磁気センサ11と第2の磁気センサ12とは、ロータ1の回転中心軸を中心として、 α の角度間隔をおいて配置されている。第1の磁気センサ11と第3の磁気センサ13とは、ロータ1の回転中心軸を中心として、 α より大きな β の角度間隔をおいて配置されている。この実施形態では、 α は 90° に設定され、 β は 180° に設定されている。したがって、この実施形態では、第2の磁気センサ12と第3の磁気センサ13との間の角度間隔は、 90° となる。

[0032] 図1に矢印で示す方向をロータ1の正方向の回転方向とする。そして、ロータ1が正方向に回転されるとロータ1の回転角が大きくなり、ロータ1が逆方向に回転されると、ロータ1の回転角が小さくなるものとする。ロータ1の回転角 θ に対して、第1の磁気センサ11から $V1 = A1 \cdot \sin \theta$ の出力信号 $V1$ が出力されるとすると、第2の磁気センサ12からは、 $V2 = A2 \cdot \sin(\theta + \alpha) = A2 \cdot \sin(\theta + 90^\circ)$ の出力信号 $V2$ が出力され、第3の磁気センサ13からは、 $V3 = A3 \cdot \sin(\theta + \beta) = A3 \cdot \sin(\theta + 180^\circ)$ の出力信号 $V3$ が出力される。 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ は、それぞれ振幅を表している。

[0033] これらの振幅 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ が互いに等しい値 A であるとみなすか、あるいは各振幅が所定の規定値 A となるように各信号 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ を正規化したとすると、各信号 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ は、それぞれ、 $A \cdot \sin \theta$ 、 $A \cdot \sin(\theta + \alpha)$ および $A \cdot \sin(\theta + \beta)$ と表される。ここで、 $A = 1$ とすると、各信号 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ は、それぞれ、 $\sin \theta$ 、 $\sin(\theta + \alpha)$ および $\sin(\theta + \beta)$ と表される。そこで、以下の説明においては、説明を簡単にするために、各磁気センサ11、12、13の出力信号 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ を、それぞれ $V1 = \sin \theta$ 、 $V2 = \sin(\theta + \alpha) = \sin(\theta + 90^\circ)$ および $V3 = \sin(\theta + \beta) = \sin(\theta + 180^\circ)$ と表すことにする。

[0034] 各磁気センサ11、12、13の出力信号 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ は、回転角演

算装置 20 に入力される。回転角演算装置 20 は、各磁気センサ 11, 12, 13 の出力信号 V1, V2, V3 に基づいて、ロータ 1 の回転角 θ を演算する。回転角演算装置 20 は、たとえば、マイクロコンピュータから構成され、CPU（中央演算処理装置）およびメモリ（ROM, RAM 等）を含んでいる。回転角演算装置 20 は、ROM に格納された所定のプログラムを CPU が実行することにより、複数の機能処理部として機能する。この複数の機能処理部は、第 1 の回転角演算部（第 1 回転角演算手段）21、第 2 の回転角演算部（第 2 回転角演算手段）22 および回転角選択部（最終回転角演算手段）23 を含む。

[0035] 第 1 の回転角演算部 21 は、第 1 の磁気センサ 11 の出力信号 V1 と、第 2 の磁気センサ 12 の出力信号 V2 とに基づいて、ロータ 1 の回転角に相当する第 1 の回転角 θ_1 を演算する。この実施形態では、 $V1 = \sin \theta$, $V2 = \sin(\theta + 90^\circ) = \cos \theta$ である。また、 $\tan \theta$ は、 $\tan \theta = \sin \theta / \cos \theta$ と表すことができる。そこで、第 1 の回転角演算部 21 は、次式 (2) に基づいて、第 1 の回転角 θ_1 を演算する。

[0036] [数 2]

$$\begin{aligned}\theta_1 &= \tan^{-1} \frac{\sin \theta}{\cos \theta} \\ &= \tan^{-1} \frac{\sin \theta}{\sin(\theta + 90^\circ)} \\ &= \tan^{-1} \frac{V1}{V2} \quad \dots (2)\end{aligned}$$

[0037] 第 2 の回転角演算部 22 は、第 2 の磁気センサ 12 の出力信号 V2 と、第 3 の磁気センサ 13 の出力信号 V3 とに基づいて、ロータ 1 の回転角に相当する第 2 の回転角 θ_2 を演算する。この実施形態では、 $V2 = \sin(\theta + 90^\circ)$, $V3 = \sin(\theta + 180^\circ) = \cos(\theta + 90^\circ)$ である。また、 $\tan(\theta + 90^\circ)$ は、 $\tan(\theta + 90^\circ) = \sin(\theta + 90^\circ) / \cos(\theta + 90^\circ)$

）と表すことができる。そこで、第2の回転角演算部22は、次式(3)に基づいて、第2の回転角 θ_2 を演算する。

[0038] [数3]

$$\begin{aligned}\theta_2 &= \tan^{-1} \left(\frac{\sin(\theta+90^\circ)}{\cos(\theta+90^\circ)} \right) - 90^\circ \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{\sin(\theta+90^\circ)}{\sin(\theta+180^\circ)} \right) - 90^\circ \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{V2}{V3} \right) - 90^\circ \quad \dots (3)\end{aligned}$$

[0039] 回転角選択部23は、ロータ1の回転角推定値に応じて、第1の回転角 θ_1 および第2の回転角 θ_2 のうちのいずれか一方を、最終的な回転角 θ として選択する。回転角選択部23による回転角選択の考え方について説明する。

図2は、ロータ1の回転角 θ に対する、磁気センサ11、12の出力信号 $V1 (= \sin \theta)$ 、 $V2 (= \sin(\theta + 90^\circ))$ および前記式(2)の右辺における $\sin \theta / \sin(\theta + 90^\circ)$ の変化を示している。 $\sin \theta / \sin(\theta + 90^\circ)$ の分母の $\sin(\theta + 90^\circ)$ の絶対値が小さい場合には、 $\tan^{-1}(\sin \theta / \sin(\theta + 90^\circ))$ の演算誤差が大きくなり、第1の回転角 θ_1 の演算誤差が大きくなる。したがって、図2に斜線部分で示すように、ロータ1の回転角 θ が、 90° 付近の範囲（たとえば、 $90^\circ \pm 22.5^\circ$ の範囲）および 270° 付近の範囲（たとえば、 $270^\circ \pm 22.5^\circ$ の範囲）では、 $\sin(\theta + 90^\circ)$ の絶対値が小さくなるので、第1の回転角 θ_1 の演算誤差が大きくなる。

[0040] 図2において、 $\sin \theta / \sin(\theta + 90^\circ)$ を表す曲線のうち、鎖線の楕円で囲まれた部分は、 $\sin(\theta + 90^\circ)$ の絶対値が大きくなるために、 $\tan^{-1}(\sin \theta / \sin(\theta + 90^\circ))$ の演算誤差が小さくなる部分（演算精度が高くなる部分）を示している。

図3は、ロータ1の回転角 θ に対する、磁気センサ12、13の出力信号 $V2 (= \sin(\theta + 90^\circ))$ 、 $V3 (= \sin(\theta + 180^\circ))$ および前記式(

3)の右辺における $\sin(\theta + 90^\circ) / \sin(\theta + 180^\circ)$ の変化を示している。 $\sin(\theta + 90^\circ) / \sin(\theta + 180^\circ)$ の分母の $\sin(\theta + 180^\circ)$ の絶対値が小さい場合には、 $\tan^{-1} \{ (\sin(\theta + 90^\circ) / \sin(\theta + 180^\circ)) \}$ の演算誤差が大きくなり、第2の回転角 θ_2 の演算誤差が大きくなる。したがって、図3に斜線部分で示すように、ロータ1の回転角 θ が、 0° 付近の範囲（たとえば、 $0^\circ \sim 22.5^\circ$ の範囲）、 180° 付近の範囲（たとえば、 $180^\circ \pm 22.5^\circ$ の範囲）および 360° 付近の範囲（たとえば、 $337.5 \sim 360^\circ$ の範囲）では、 $\sin(\theta + 180^\circ)$ の絶対値が小さくなるので、第2の回転角 θ_2 の演算誤差が大きくなる。

[0041] 図3において、 $\sin(\theta + 90^\circ) / \sin(\theta + 180^\circ)$ を表す曲線のうち、鎖線の楕円で囲まれた部分は、 $\sin(\theta + 180^\circ)$ の絶対値が大きくなるために、 $\tan^{-1} \sin(\theta + 90^\circ) / \sin(\theta + 180^\circ)$ の演算誤差が小さくなる部分（演算精度が高くなる部分）を示している。

図2および図3で説明したように、第1の回転角 θ_1 と第2の回転角 θ_2 とでは、演算誤差が大きくなる角度範囲が異なる。そこで、回転角選択部23は、たとえば、第1の回転角 θ_1 と第2の回転角 θ_2 とからロータ1の回転角を推定し、推定された回転角（回転角推定値）に応じて、第1の回転角 θ_1 および第2の回転角 θ_2 のうちから、演算誤差が小さい（演算精度が高い）と推定される方を、最終的な回転角 θ として選択する。

[0042] 具体的には、回転角選択部23は、回転角推定部31と、選択部32とを備えている。回転角推定部31は、たとえば、次式(4)に基づいて、第1の回転角 θ_1 と第2の回転角 θ_2 との平均を演算することにより、回転角推定値 θ_E を求める。

$$\theta_E = (\theta_1 + \theta_2) / 2 \quad \dots(4)$$

選択部32は、回転角推定部31によって得られた回転角推定値 θ_E を用い、次式(5)に示す条件式にしたがって、第1の回転角 θ_1 および第2の回転角 θ_2 のうち的一方を、最終的な回転角 θ として選択する。

[0043] If $0^\circ \leq \theta_E < 45^\circ$ then $\theta = \theta_1$

$$\begin{aligned}
 &\text{If } 45^\circ \leq \theta_E < 135^\circ \quad \text{then } \theta = \theta_2 \\
 &\text{If } 135^\circ \leq \theta_E < 225^\circ \quad \text{then } \theta = \theta_1 \\
 &\text{If } 225^\circ \leq \theta_E < 315^\circ \quad \text{then } \theta = \theta_2 \\
 &\text{If } 315^\circ \leq \theta_E < 360^\circ \quad \text{then } \theta = \theta_1 \quad \dots (5)
 \end{aligned}$$

図4は、回転角推定値 θ_E に対する $\sin \theta / \sin (\theta + 90^\circ)$ の変化と、回転角推定値 θ_E に対する $\sin (\theta + 90^\circ) / \sin (\theta + 180^\circ)$ の変化とを示している。前述したように、 $\tan^{-1} \{ (\sin \theta) / \sin (\theta + 90^\circ) \}$ は、第1の回転角 θ_1 を演算するために用いられ、 $\tan^{-1} \{ (\sin (\theta + 90^\circ) / \sin (\theta + 180^\circ)) \}$ は、第2の回転角 θ_2 を演算するために用いられる。

[0044] 図4においては、 $\sin \theta / \sin (\theta + 90^\circ)$ を表す曲線のうち、演算精度が高い部分（図2において楕円で囲まれた部分に相当する）が、その他の部分より太い線で示されている。同様に、 $\sin (\theta + 90^\circ) / \sin (\theta + 180^\circ)$ を表す曲線のうち、演算精度が高い部分（図3において楕円で囲まれた部分に相当する）が、その他の部分より太い線で示されている。前記式(5)で示された条件式にしたがって、第1の回転角 θ_1 および第2の回転角 θ_2 のうちから最終的な回転角 θ を選択する場合には、回転角推定値 θ_E に対応する前記曲線の太線部分（演算精度の高い部分）を用いて演算された回転角が、最終的な回転角 θ として選択されることになる。

[0045] 図5は、回転角演算装置20によって実行される回転角演算処理の手順を示すフローチャートである。

回転角演算処理は、所定の演算周期毎に繰り返し行なわれる。まず、回転角演算装置20は、各磁気センサ11, 12, 13の出力信号V1(=sin θ)、V2(=sin($\theta + 90^\circ$))、V3(=sin($\theta + 180^\circ$)))を取り込む（ステップS1）。そして、回転角演算装置20の第1の回転角演算部21は、ステップS1で取り込まれた出力信号V1, V2を用い、前記式(2)に基づいて、第1の回転角 θ_1 を演算する（ステップS2）。

[0046] また、回転角演算装置20の第2の回転角演算部22は、ステップS1で

取り込まれた出力信号 V_2 、 V_3 を用い、前記式(3)に基づいて、第2の回転角 θ_2 を演算する(ステップS3)。

また、回転角演算装置20の回転角選択部23は、第1の回転角 θ_1 と第2の回転角 θ_2 とに基づいて回転角推定値 θ_E を演算する(ステップS4)。回転角選択部23は、たとえば、前記式(4)に基づいて、第1の回転角 θ_1 と第2の回転角 θ_2 の平均値を、回転角推定値 θ_E として求める。そして、回転角選択部23は、回転角推定値 θ_E を用い、前記式(5)の条件式にしたがって、第1の回転角 θ_1 および第2の回転角 θ_2 のうち的一方を、最終的な回転角 θ として選択する。(ステップS5)。

[0047] 前記第1の実施形態では、第1の回転角 θ_1 および第2の回転角 θ_2 のうち、演算誤差が小さい方の回転角を、ロータ1の最終的な回転角 θ として選択することができるようになる。このため、回転角 θ の検出精度を高めることができる。

上記第1の実施形態では、磁気センサが3個設けられているが、磁気センサを4個以上設け、隣り合う2つのセンサの組毎にロータ1の回転角 θ に相当する回転角を演算することにより、最終的な回転角 θ の候補となる回転角を3種類以上求め、それらの回転角候補のうちの1つを、最終的な回転角 θ として選択するようにしてもよい。

[0048] 図6は、この発明の第2の実施形態に係る回転角検出装置の構成を示す模式図である。

ロータ1の周囲には、2つの磁気センサ11、12が、ロータ1の周方向に間隔をおいて配置されている。これら2つの磁気センサ11、12を、それぞれ第1の磁気センサ11および第2の磁気センサ12という場合がある。第1の磁気センサ11と第2の磁気センサ12とは、ロータ1の回転中心軸を中心として、 α の角度間隔をおいて配置されている。この実施形態では、 α は 90° に設定されている。

[0049] 図6に矢印で示す方向をロータ1の正方向の回転方向とする。また、第1の実施形態と同様に、各磁気センサ11、12の出力信号を、その振幅が1

であるものとして簡易的に表すことにする。ロータ 1 の回転角 θ に対して、第 1 の磁気センサ 1 1 から $V_1 = \sin \theta$ の出力信号 V_1 が出力されるとすると、第 2 の磁気センサ 1 2 からは、 $V_2 = \sin(\theta + \alpha) = \sin(\theta + 90^\circ)$ の出力信号 V_2 が出力される。

[0050] 各磁気センサ 1 1, 1 2 の出力信号 V_1 , V_2 は、回転角演算装置 4 0 に入力される。回転角演算装置 4 0 は、各磁気センサ 1 1, 1 2 の出力信号 V_1 , V_2 に基づいて、ロータ 1 の回転角 θ を演算する。回転角演算装置 4 0 は、たとえば、マイクロコンピュータから構成され、CPU（中央演算処理装置）およびメモリ（ROM, RAM 等）を含んでいる。回転角演算装置 4 0 は、ROM に格納された所定のプログラムを CPU が実行することにより、複数の機能処理部として機能する。この複数の機能処理部は、第 1 の回転角演算部（第 1 回転角演算手段）4 1、第 2 の回転角演算部（第 2 回転角演算手段）4 2 および回転角選択部（最終回転角演算手段）4 3 を含む。

[0051] 第 1 の回転角演算部 4 1 は、第 1 の磁気センサ 1 1 の出力信号 V_1 と、第 2 の磁気センサ 1 2 の出力信号 V_2 とに基づいて、次式 (6) に示す演算式（以下、「第 1 演算式」という）を用いて、ロータ 1 の回転角に相当する第 1 の回転角 θ_1 を演算する。この第 1 演算式は、第 1 の実施形態において説明した前記式 (2) と同じである。

[0052] [数 4]

$$\begin{aligned}\theta_1 &= \tan^{-1} \frac{\sin \theta}{\sin(\theta + 90^\circ)} \\ &= \tan^{-1} \frac{V_1}{V_2} \quad \dots (6)\end{aligned}$$

[0053] 第 2 の回転角演算部 4 2 は、第 1 の磁気センサ 1 1 の出力信号 V_1 と、第 2 の磁気センサ 1 3 の出力信号 V_3 とに基づいて、次式 (7) に示す演算式（以下、「第 2 演算式」という）を用いて、ロータ 1 の回転角に相当する第 2 の回転角 θ_2 を演算する。

[0054] [数5]

$$\begin{aligned}\theta_2 &= \tan^{-1} \left(\frac{\sin(\theta + 90^\circ)}{-\sin \theta} \right) - 90^\circ \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{V_2}{-V_1} \right) - 90^\circ \quad \dots (7)\end{aligned}$$

[0055] 第2演算式の導き方について説明する。第1の出力信号 V_1 は、 $\sin \theta$ であるので、この信号 V_1 を反転させることにより、 $V_1' = -\sin \theta$ で表される反転信号 V_1' を生成することができる。反転信号 V_1' は、 $V_1' = -\sin \theta = \sin(\theta + 180^\circ)$ と表すことができるため、この反転信号 V_1' は、第1の実施形態における第3の出力信号 V_3 と同様に、第1の出力信号 V_1 に対し、位相が 180° 進んだ信号となる。言い換えれば、第2の出力信号 V_2 ($=\sin(\theta + 90^\circ)$)に対して、位相が 90° 進んだ信号となる。

[0056] したがって、この反転信号 V_1' は、 $V_1' = -\sin \theta = \sin(\theta + 180^\circ) = \cos(\theta + 90^\circ)$ と表すことができる。 $\tan(\theta + 90^\circ)$ は、 $\tan(\theta + 90^\circ) = \sin(\theta + 90^\circ) / \cos(\theta + 90^\circ)$ と表すことができる。したがって、回転角 θ は、 $\theta = \tan^{-1} \{ \sin(\theta + 90^\circ) / -\sin \theta \} - 90^\circ = \tan^{-1} (V_2 / -V_1) - 90^\circ$ と表すことができる。この回転角 θ を第2の回転角 θ_2 とすることにより、前記式(7)を導くことができる。

[0057] 回転角選択部43は、ロータ1の回転角推定値に応じて、第1の回転角 θ_1 および第2の回転角 θ_2 のうちのいずれか一方を、最終的な回転角 θ として選択する。

第1の実施形態において、図2を用いて説明したように、第2の実施形態においても、ロータ1の回転角 θ が、 90° 付近の範囲（たとえば、 $90^\circ \pm 22.5^\circ$ の範囲）および 270° 付近の範囲（たとえば、 $270^\circ \pm 22.5^\circ$ の範囲）では、第1の回転角 θ_1 の演算誤差が大きくなる。

[0058] 第1の出力信号 V_1 の反転信号 V_1' ($=-\sin \theta$)は、第1の実施形態の第3の出力信号 $V_3 = \sin(\theta + 180^\circ)$ と同様に、 $V_1' = \sin(\theta + 1$

80°)と表すことができる。したがって、第2の実施形態における、 $V_2 = \sin(\theta + 90^\circ)$ 、 $V_1' = \sin(-\theta)$ および $\sin(\theta + 90^\circ) / -\sin \theta$ を表す曲線は、それぞれ、図3における $\sin(\theta + 90^\circ)$ 、 $\sin(\theta + 180^\circ)$ および $\sin(\theta + 90^\circ) / \sin(\theta + 180^\circ)$ を表す曲線と同じになる。このため、第2の実施形態においても、図3に斜線部分で示すように、ロータ1の回転角 θ が、0°付近の範囲、180°付近の範囲および360°付近の範囲では、第2の回転角 θ_2 の演算誤差が大きくなる。つまり、第2の実施形態においても、第1の回転角 θ_1 と第2の回転角 θ_2 とでは、演算誤差が大きくなるロータ角度範囲が異なる。

[0059] そこで、回転角選択部43は、たとえば、第1の回転角 θ_1 と第2の回転角 θ_2 とからロータ1の回転角を推定し、推定された回転角(回転角推定値)に応じて、第1の回転角 θ_1 および第2の回転角 θ_2 のうちから、演算誤差が小さい(演算精度の高い)と推定される方を、最終的な回転角 θ として選択する。

具体的には、回転角選択部43は、回転角推定部51と、選択部52とを備えている。回転角推定部51は、たとえば、次式(8)に基づいて、第1の回転角 θ_1 と第2の回転角 θ_2 との平均を演算することにより、回転角推定値 θ_E を求める。

[0060]
$$\theta_E = (\theta_1 + \theta_2) / 2 \quad \dots(8)$$

選択部52は、回転角推定部51によって得られた回転角推定値 θ_E を用い、次式(9)に示す条件式にしたがって、第1の回転角 θ_1 および第2の回転角 θ_2 のうち的一方を、最終的な回転角 θ として選択する。なお、この条件式は、第1の実施形態における条件式(前記式(5)参照)と同じである。

[0061]
$$\begin{aligned} \text{If } 0^\circ \leq \theta_E < 45^\circ & \quad \text{then } \theta = \theta_1 \\ \text{If } 45^\circ \leq \theta_E < 135^\circ & \quad \text{then } \theta = \theta_2 \\ \text{If } 135^\circ \leq \theta_E < 225^\circ & \quad \text{then } \theta = \theta_1 \\ \text{If } 225^\circ \leq \theta_E < 315^\circ & \quad \text{then } \theta = \theta_2 \\ \text{If } 315^\circ \leq \theta_E < 360^\circ & \quad \text{then } \theta = \theta_1 \quad \dots(9) \end{aligned}$$

図7は、回転角演算装置40によって実行される回転角演算処理の手順を示すフローチャートである。

[0062] 回転角演算処理は、所定の演算周期毎に繰り返し行なわれる。まず、回転角演算装置40は、各磁気センサ11、12の出力信号 V_1 ($=\sin\theta$)、 V_2 ($=\sin(\theta+90^\circ)$)を取り込む(ステップS11)。そして、回転角演算装置40の第1の回転角演算部41は、ステップS11で取り込まれた出力信号 V_1 、 V_2 を用い、前記式(6)に示される第1演算式に基づいて、第1の回転角 θ_1 を演算する(ステップS12)。

[0063] また、回転角演算装置40の第2の回転角演算部42は、ステップS11で取り込まれた出力信号 V_1 、 V_2 を用い、前記式(7)に示される第2演算式に基づいて、第2の回転角 θ_2 を演算する(ステップS13)。

また、回転角演算装置40の回転角選択部43は、第1の回転角 θ_1 と第2の回転角 θ_2 とに基づいて回転角推定値 θ_E を演算する(ステップS14)。回転角選択部43は、たとえば、前記式(8)に基づいて、第1の回転角 θ_1 と第2の回転角 θ_2 の平均値を、回転角推定値 θ_E として求める。そして、回転角選択部43は、回転角推定値 θ_E を用い、前記式(9)の条件式にしたがって、第1の回転角 θ_1 および第2の回転角 θ_2 のうち的一方を、最終的な回転角 θ として選択する。(ステップS15)。

[0064] 前記第2の実施形態においても、第1の回転角 θ_1 および第2の回転角 θ_2 のうち、演算誤差が小さい方の回転角を、ロータ1の最終的な回転角 θ として選択することができるようになる。このため、回転角 θ の検出精度を高めることができる。第2の実施形態では、2個の磁気センサ11、12の出力信号 V_1 、 V_2 から、演算誤差が大きくなる角度範囲が互いに異なる、2種類の回転角 θ_1 、 θ_2 を演算することができるため、第1の実施形態に比べて、磁気センサの個数が少なく済むという利点がある。

[0065] 以上、この発明の第1および第2の実施形態について説明したが、この発明は、さらに他の形態で実施することもできる。たとえば、前述の第1および第2の実施形態では、回転角推定値 θ_E に応じて、第1の回転角 θ_1 および

第2の回転角 θ_2 のうちのいずれか一方が、最終的な回転角 θ として選択されているが、第1の回転角 θ_1 および第2の回転角 θ_2 それぞれに回転角推定値 θ_E に応じた重み付けをして加算することにより、最終的な回転角 θ を求めるようにしてもよい。

[0066] たとえば、前記式(5), (9)の条件式にしたがって回転角を選択する場合、第1の回転角 θ_1 が選択される角度範囲と、第2の回転角 θ_2 が選択される角度範囲は、図8(a)に示すようになる。そこで、図8(b)で示すように、回転角推定値 θ_E が、第1の回転角 θ_1 が選択される範囲の中央値である 0° (360°) および 180° に対しては、最終的な回転角 θ として第1の回転角 θ_1 を設定する。同様に、回転角推定値 θ_E が、第2の回転角 θ_2 が選択される範囲の中央値である 90° および 270° に対しては、最終的な回転角 θ として第2の回転角 θ_2 を設定する。

[0067] そして、 $0^\circ < \theta_E < 90^\circ$ の範囲、 $90^\circ < \theta_E < 180^\circ$ の範囲、 $180^\circ < \theta_E < 270^\circ$ の範囲および $270^\circ < \theta_E < 360^\circ$ の範囲では、第1の回転角 θ_1 および第2の回転角 θ_2 にその範囲内の位置(角度: 回転角推定値 θ_E)に応じた重み w_1, w_2 ($w_1 + w_2 = 1$) を付けて加算した値を、最終的な回転角 θ ($= w_1 \theta_1 + w_2 \theta_2$) として設定する。具体的には、重み w_1, w_2 は、次式(10)に基づいて求められる。

[0068]

[数6]

$$\text{i) } 0^\circ < \theta_E < 90^\circ$$

$$w_2 = \frac{\theta_E}{90}, \quad w_1 = 1 - w_2$$

$$\text{ii) } 90^\circ < \theta_E < 180^\circ$$

$$w_1 = \frac{\theta_E - 90}{90}, \quad w_2 = 1 - w_1$$

$$\text{iii) } 180^\circ < \theta_E < 270^\circ$$

$$w_2 = \frac{\theta_E - 180}{90}, \quad w_1 = 1 - w_2$$

$$\text{iv) } 270^\circ < \theta_E < 360^\circ$$

$$w_1 = \frac{\theta_E - 270}{90}, \quad w_2 = 1 - w_1 \quad \dots (10)$$

[0069] このように重み w_1 , w_2 を設定した場合には、前記各範囲のちょうど中間位置 ($\theta_E = 45^\circ$, 135° , 225° , 315°) では、第1の回転角 θ_1 および第2の回転角 θ_2 に対する重み w_1 , w_2 は共に0.5となるので、その位置に対する最終的な回転角 θ は第1の回転角 θ_1 および第2の平均値 ($(\theta_1 + \theta_2) / 2$) となる。

前記第1および第2の実施形態では、第1の回転角 θ_1 と第2の回転角 θ_2 との平均を演算することによって、回転角推定値 θ_E を求めているが、第1の回転角 θ_1 または第2の回転角 θ_2 のいずれかを、回転角推定値 θ_E として用いるようにしてもよい。また、第1の回転角 θ_1 と第2の回転角 θ_2 のいずれかが最終的な回転角 θ として最初に選択された後においては、現在選択されている第1または第2の回転角 θ_1 , θ_2 を回転角推定値 θ_E として用いるようにしてもよい。さらに、最終的な回転角が最初に演算された後においては、前回演算された最終的な回転角 θ を、今回の回転角推定値 θ_E として用いるようにしてもよい。

[0070] また、前記第1および第2の実施形態では、第1または第2の回転角 θ_1 , θ_2 を、 $\tan^{-1} X$ の演算を行なうことにより求めているが、 $\tan^{-1} X$ の演算を行

なわずに、たとえばマップにより、求めるようにしてもよい。

図9は、この発明の第3の実施形態に係る回転角検出装置の構成を示す模式図である。

ロータ1の周囲には、3つの磁気センサ61, 62, 63が、ロータ1の周方向に間隔をおいて配置されている。これら3つの磁気センサ61, 62, 63を、それぞれ第1の磁気センサ61、第2の磁気センサ62および第3の磁気センサ63という場合がある。第1の磁気センサ61と第2の磁気センサ62とは、ロータ1の回転中心軸を中心として、 α の角度間隔をおいて配置されている。この α は、この例では、たとえば 30° に設定されている。第1の磁気センサ61と第3の磁気センサ63とは、ロータ1の回転中心軸を中心として、 α より大きな β の角度間隔をおいて配置されている。この β は、この例では、たとえば 60° に設定されている。したがって、第2の磁気センサ62と第3の磁気センサ63との間の角度間隔は、 $(\beta - \alpha)$ となる。この例では、 $(\beta - \alpha)$ は、 30° である。

[0071] 図9に矢印で示す方向をロータ1の正方向の回転方向とする。また、第1の実施形態と同様に、各磁気センサ11, 12の出力信号を、その振幅が1であるものとして簡易的に表すことにする。ロータ1の回転角 θ に対して、第1の磁気センサ61から $V1 = \sin \theta$ の出力信号 $V1$ が出力されるとすると、第2の磁気センサ62からは、 $V2 = \sin(\theta + \alpha)$ の出力信号 $V2$ が出力され、第3の磁気センサ63からは、 $V3 = \sin(\theta + \beta)$ の出力信号 $V3$ が出力される。

[0072] 各磁気センサ61, 62, 63の出力信号 $V1$, $V2$, $V3$ は、回転角演算装置70に入力される。回転角演算装置70は、各磁気センサ61, 62, 63の出力信号 $V1$, $V2$, $V3$ に基づいて、ロータ1の回転角 θ を演算する。回転角演算装置70は、たとえば、マイクロコンピュータから構成され、CPU（中央演算処理装置）およびメモリ（ROM, RAM等）を含んでいる。回転角演算装置70は、ROMに格納された所定のプログラムをCPUが実行することにより、複数の機能処理部として機能する。この複数の

機能処理部は、第 1 の回転角演算部（第 1 回転角演算手段）7 1、第 2 の回転角演算部（第 2 回転角演算手段）7 2、第 3 の回転角演算部（第 3 回転角演算手段）7 3 および最終回転角演算部（最終回転角演算手段）7 4 を含む。

[0073] 第 1 の回転角演算部 7 1 は、第 1 の磁気センサ 6 1 の出力信号 V 1 と、第 2 の磁気センサ 6 2 の出力信号 V 2 とに基づいて、ロータ 1 の回転角に相当する第 1 の回転角 θ_1 を演算する。第 2 の回転角演算部 7 2 は、第 1 の磁気センサ 6 1 の出力信号 V 1 と、第 3 の磁気センサ 6 3 の出力信号 V 3 とに基づいて、ロータ 1 の回転角に相当する第 2 の回転角 θ_2 を演算する。第 3 の回転角演算部 7 3 は、第 2 の磁気センサ 6 2 の出力信号 V 2 と、第 3 の磁気センサ 6 3 の出力信号 V 3 とに基づいて、ロータ 1 の回転角に相当する第 3 の回転角 θ_3 を演算する。

[0074] 最終回転角演算部 7 4 は、第 1、第 2 および第 3 の回転角演算部 7 1、7 2、7 3 によってそれぞれ演算された第 1、第 2 および第 3 の回転角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 に基づいて、最終的な回転角 θ を演算する。

図 10 は、回転角演算装置 70 のさらに詳細な構成を示す機能ブロック図である。

第 1 の回転角演算部 7 1 は、信号生成部 8 1 と、角度演算部 8 2 とを含んでいる。信号生成部 8 1 は、第 1 の出力信号 V 1 ($=\sin \theta$) と第 2 の出力信号 V 2 ($=\sin (\theta + \alpha)$) とから、第 1 の出力信号 V 1 に対する位相差が 90° となる信号 V_{12} ($=\sin (\theta + 90^\circ) = \cos \theta$) を生成する。具体的には、信号生成部 8 1 は、次式(11)に基づいて、信号 V_{12} を生成する。

[0075] [数7]

$$\begin{aligned} V_{12} &= \cos \theta \\ &= \frac{\sin (\theta + \alpha) - \sin \theta \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} \\ &= \frac{V_2 - V_1 \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad \dots (11) \end{aligned}$$

[0076] つまり、信号生成部 8 1 は、第 1 の出力信号 V_1 ($=\sin \theta$) と、第 2 の出力信号 V_2 ($=\sin (\theta + \alpha)$) と、 $\cos \alpha$ と、 $\sin \alpha$ とから、信号 V_{12} ($=\cos \theta$) を生成する。 $\cos \alpha$ 、 $\sin \alpha$ は、予めメモリに格納されている。なお、前記式 (11) は、 $\sin (\theta + \alpha)$ を三角関数の加法定理により展開した式に基づいて、導出することができる。

角度演算部 8 2 は、信号生成部 8 1 によって生成された信号 V_{12} ($=\cos \theta$) と第 1 の出力信号 V_1 ($=\sin \theta$) とを用い、次式 (12) に基づいて、第 1 の回転角 θ_1 を演算する。

[0077] [数 8]

$$\begin{aligned}\theta_1 &= \tan^{-1} \frac{\sin \theta}{\cos \theta} \\ &= \tan^{-1} \frac{V_1}{V_{12}} \quad \dots (12)\end{aligned}$$

[0078] 第 2 の回転角演算部 7 2 は、信号生成部 9 1 と、角度演算部 9 2 とを含んでいる。信号生成部 9 1 は、第 1 の出力信号 V_1 ($=\sin \theta$) と第 3 の出力信号 V_3 ($=\sin (\theta + \beta)$) とから、第 1 の出力信号 V_1 に対する位相差が 90° となる信号 V_{13} ($=\sin (\theta + 90^\circ) = \cos \theta$) を生成する。具体的には、信号生成部 9 1 は、次式 (13) に基づいて、信号 V_{13} を生成する。

[0079] [数 9]

$$\begin{aligned}V_{13} &= \cos \theta \\ &= \frac{\sin (\theta + \beta) - \sin \theta \cdot \cos \beta}{\sin \beta} \\ &= \frac{V_3 - V_1 \cdot \cos \beta}{\sin \beta} \quad \dots (13)\end{aligned}$$

[0080] つまり、信号生成部 9 1 は、第 1 の出力信号 V_1 ($=\sin \theta$) と、第 3 の出力信号 V_3 ($=\sin (\theta + \beta)$) と、 $\cos \beta$ と、 $\sin \beta$ とから、信号 V_{13} ($=\cos \theta$) を生成する。 $\cos \beta$ 、 $\sin \beta$ は、予めメモリに格納されている。なお、前

記式 (13) は、前記式 (11) と同様に、 $\sin(\theta + \beta)$ を三角関数の加法定理により展開した式に基づいて、導出することができる。

[0081] 角度演算部 9 2 は、信号生成部 9 1 によって生成された信号 V_{13} ($=\cos \theta_2$) と第 1 の出力信号 V_1 ($=\sin \theta$) とを用い、次式 (14) に基づいて、第 2 の回転角 θ_2 を演算する。

[0082] [数10]

$$\begin{aligned}\theta_2 &= \tan^{-1} \frac{\sin \theta}{\cos \theta} \\ &= \tan^{-1} \frac{V_1}{V_{13}} \quad \dots (14)\end{aligned}$$

[0083] 第 3 の回転角演算部 7 3 による第 3 の回転角 θ_3 の演算方法の考え方について説明する。第 3 の回転角演算部 7 3 は、まず、第 2 の出力信号 V_2 と第 3 の出力信号 V_3 とに基づいて、ロータ 1 の回転角 θ に対して α だけ進んだ回転角 θ_3' ($=\theta + \alpha$) を演算する。そして、得られた回転角 θ_3' から α を減算することにより、第 3 の回転角 θ_3 を演算する。

[0084] 第 3 の回転角演算部 7 3 は、信号生成部 1 0 1 と、角度演算部 1 0 2 と、角度演算部 1 0 3 とを含んでいる。信号生成部 1 0 1 は、第 2 の出力信号 V_2 ($=\sin(\theta + \alpha)$) と第 3 の出力信号 V_3 ($=\sin(\theta + \beta)$) とから、第 2 の出力信号 V_2 に対する位相差が 90° となる信号 V_{23} ($=\sin(\theta + \alpha + 90^\circ)$) を生成する。

$\theta' = \theta + \alpha$ として、出力信号 V_2 を正弦波信号 $\sin \theta'$ で表し、出力信号 V_3 を、この正弦波信号 $\sin \theta'$ に対して位相差が $(\beta - \alpha)$ 進んだ正弦波信号 $\sin(\theta' + (\beta - \alpha))$ で表すと、前記第 1 の回転角演算部 7 1 と同様な方法により、正弦波信号 $\sin \theta'$ に対して位相差が 90° となる信号 V_{23} ($=\sin(\theta' + 90^\circ) = \cos \theta'$) を求めることができる。

[0085] 具体的には、信号生成部 1 0 1 は、次式 (15) に基づいて、信号 V_{23} を生成する。

[0086] [数11]

$$\begin{aligned}
V_{23} &= \cos \theta' \\
&= \frac{\sin(\theta' + (\beta - \alpha)) - \sin \theta' \cdot \cos(\beta - \alpha)}{\sin(\beta - \alpha)} \\
&= \frac{\sin(\theta + \beta) - \sin(\theta + \alpha) \cdot \cos(\beta - \alpha)}{\sin(\beta - \alpha)} \\
&= \frac{V_3 - V_2 \cdot \cos(\beta - \alpha)}{\sin(\beta - \alpha)} \quad \dots (15)
\end{aligned}$$

[0087] つまり、信号生成部 101 は、第 2 の出力信号 V_2 ($=\sin(\theta + \alpha)$) と、第 3 の出力信号 V_3 ($=\sin(\theta + \beta)$) と、 $\cos(\beta - \alpha)$ と、 $\sin(\beta - \alpha)$ とから、信号 V_{23} ($=\cos \theta'$) を生成する。 $\cos(\beta - \alpha)$ 、 $\sin(\beta - \alpha)$ は、予めメモリに格納されている。

角度演算部 102 は、信号生成部 101 によって生成された信号 V_{23} ($=\cos \theta'$) と第 2 の出力信号 V_2 ($=\sin \theta' = \sin(\theta + \alpha)$) とを用い、次式(16)に基づいて、回転角 θ_3' を演算する。

[0088] [数12]

$$\begin{aligned}
\theta_3' &= \tan^{-1} \frac{\sin \theta'}{\cos \theta'} \\
&= \tan^{-1} \frac{\sin(\theta + \alpha)}{\cos \theta'} \\
&= \tan^{-1} \frac{V_2}{V_{23}} \quad \dots (16)
\end{aligned}$$

[0089] 角度演算部 103 は、次式(17)に基づいて、第 3 の回転角 θ_3 を演算する。

$$\theta_3 = \theta_3' - \alpha \quad \dots (17)$$

なお、 α は予めメモリに格納されている。

最終回転角演算部 74 は、たとえば、次式(18)に基づいて、最終的な回転角 θ を演算する。つまり、最終回転角演算部 74 は、第 1、第 2 および第 3

の回転角 θ_1 , θ_2 , θ_3 の平均値を、最終的な回転角 θ として演算する。

[0090]
$$\theta = (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) / 3 \quad \cdots (18)$$

図 11 は、回転角演算装置 70 によって実行される回転角演算処理の手順を示すフローチャートである。

回転角演算処理は、所定の演算周期毎に繰り返し行なわれる。まず、回転角演算装置 70 は、各磁気センサ 61, 62, 63 の出力信号 V_1 ($=\sin \theta$) , V_2 ($=\sin (\theta + \alpha)$) , V_3 ($=\sin (\theta + \beta)$) を取り込む (ステップ S21) 。そして、回転角演算装置 70 の第 1 の回転角演算部 71 は、ステップ S21 で取り込まれた出力信号 V_1 , V_2 と、メモリに格納されている $\sin \alpha$ および $\cos \alpha$ の値と、前記式 (11), (12) とを用いて、第 1 の回転角 θ_1 を演算する (ステップ S22) 。

[0091] また、回転角演算装置 70 の第 2 の回転角演算部 72 は、ステップ S21 で取り込まれた出力信号 V_1 , V_3 と、メモリに格納されている $\sin \beta$ および $\cos \beta$ の値と、前記式 (13), (14) とを用いて、第 2 の回転角 θ_2 を演算する (ステップ S23) 。

また、回転角演算装置 70 の第 3 の回転角演算部 73 は、ステップ S21 で取り込まれた出力信号 V_2 , V_3 と、メモリに格納されている α , $\sin (\beta - \alpha)$ および $\cos (\beta - \alpha)$ の値と、前記式 (15), (16), (17) とを用いて、第 3 の回転角 θ_3 を演算する (ステップ S24) 。

[0092] そして、回転角演算装置 70 の最終回転角演算部 74 は、第 1、第 2 および第 3 の回転角 θ_1 , θ_2 , θ_3 に基づいて、最終的な回転角 θ を演算する (ステップ S25) 。たとえば、最終回転角演算部 74 は、前記式 (18) に基づいて、第 1、第 2 および第 3 の回転角 θ_1 , θ_2 , θ_3 の平均値を、最終的な回転角 θ として演算する。

前記第 3 の実施形態では、3 つの回転角 θ_1 , θ_2 , θ_3 の平均値が、最終的な回転角 θ として求められている。このため、磁気センサの出力信号に含まれるノイズの影響による検出誤差を低減できる。また、最終的な回転角 θ は、同時刻に発生した出力信号 V_1 , V_2 , V_3 から演算された 3 つの回転角

θ_1 , θ_2 , θ_3 に基づいて演算されているので、時間方向に回転角を平均化することによって最終的な回転角を演算する場合に比べ、回転角検出に時間遅れが発生しない。このためロータ 1 の回転速度が大きい場合でも、高い応答性を実現できる。つまり、前記実施形態によれば、高い応答性を維持しつつ、ノイズの影響による検出誤差を低減できる。

[0093] また、前記第 3 の実施形態では、第 1, 第 2 および第 3 の回転角 θ_1 , θ_2 , θ_3 を演算する場合に、同じ磁気センサの出力信号を複数の回転角演算のために共用している。具体的には、信号 V 1 は、 θ_1 , θ_2 の演算のために共用され、信号 V 2 は θ_1 , θ_3 の演算のために共用され、信号 V 3 は θ_2 , θ_3 の演算のために共用されている。このため、同じ磁気センサの出力信号を複数の回転角演算のために共用しない場合に比べて、磁気センサの個数が少なくて済むという利点がある。具体的には、前記のように 3 種類の回転角を演算する場合、同じ磁気センサの出力信号を複数の回転角演算のために共用しないとすると、6 個の磁気センサが必要となるが、この実施形態では 3 個で済む。

[0094] また、前記第 3 の実施形態では、最終回転角演算部 7 4 は、3 つの回転角 θ_1 , θ_2 , θ_3 の平均を最終的な回転角 θ として演算しているが、3 つの回転角 θ_1 , θ_2 , θ_3 のうちの中央値を、最終的な回転角 θ として演算するようにしてもよい。さらに、最終回転角演算部 7 4 は、3 つの回転角 θ_1 , θ_2 , θ_3 のうち、最も外れているものを除外し、他の 2 つの平均値を、最終的な回転角 θ として演算するようにしてもよい。具体的には、3 つの回転角 θ_1 , θ_2 , θ_3 のうちの中央値と、他の 2 つの回転角のうち、中央値との差が小さいものの平均値を、最終的な回転角 θ とする。

[0095] また、前記第 3 の実施形態では、磁気センサは 3 個設けられているが、磁気センサを 4 個以上設けるようにしてもよい。たとえば、磁気センサを 4 個設けた場合には、4 個のセンサから 2 つのセンサをとる組み合わせは 6 通り存在するので、6 種類の回転角を同時に検出することが可能となる。

また、この発明は、ブラシレスモータのロータ以外の回転体の回転角を検

出する場合にも、適用することができる。

[0096] 本発明の実施形態について詳細に説明したが、これらは本発明の技術的内容を明らかにするために用いられた具体例に過ぎず、本発明はこれらの具体例に限定して解釈されるべきではなく、本発明の範囲は添付の請求の範囲によってのみ限定される。

この出願は、2009年8月26日に日本国特許庁に提出された特願2009-195190号および特願2009-195191号ならびに2010年7月23日に日本国特許庁に提出された特願2010-166122号に対応しており、これらの出願の全開示はここに引用により組み込まれるものとする。

符号の説明

[0097] 1 ロータ

11, 12, 13, 61, 62, 63 磁気センサ

請求の範囲

[請求項1] 回転体の回転に応じて、互いに位相差を有する第1、第2および第3の正弦波信号をそれぞれ出力する第1、第2および第3のセンサを含み、これらのセンサの出力信号に基づいて前記回転体の回転角を検出する回転角検出装置であって、

前記第1の正弦波信号と前記第2の正弦波信号との組合せ、前記第2の正弦波信号と前記第3の正弦波信号との組合せおよび前記第2の正弦波信号と前記第3の正弦波信号との組合せのうちの2以上の組合せにおける組合せ毎に、その組合せに含まれる2つの正弦波信号に基づいて前記回転体の回転角に相当する回転角を演算する回転角演算手段と、

前記回転角演算手段によって演算された複数の回転角を用いて、最終的な回転角を演算する最終回転角演算手段と、を含む回転角検出装置。

[請求項2] 前記回転角演算手段は、

第1の正弦波信号と前記第2の正弦波信号とに基づいて、前記回転体の回転角に相当する第1の回転角を演算する第1回転角演算手段と、

前記第2の正弦波信号と前記第3の正弦波信号とに基づいて、前記回転体の回転角に相当する第2の回転角を演算する第2回転角演算手段とを含み、

前記最終回転角演算手段は、前記第1の回転角および前記第2の回転角を用いて、最終的な回転角を演算する、請求項1に記載の回転角検出装置。

[請求項3] 前記最終回転角演算手段は、

前記回転体の回転角を推定する回転角推定手段と、

前記回転角推定手段によって推定された回転角推定値に応じて、前記第1の回転角および前記第2の回転角を用いて、最終的な回転角を

演算する演算手段とを含む、請求項 2 に記載の回転角検出装置。

[請求項 4] 前記演算手段は、前記回転角推定手段によって推定された回転角推定値に応じて、前記第 1 の回転角および前記第 2 の回転角のうち、演算誤差が小さい方の回転角を、最終的な回転角として選択するものである、請求項 3 に記載の回転角検出装置。

[請求項 5] 前記演算手段は、前記第 1 の回転角および前記第 2 の回転角それぞれに、前記回転角推定手段によって推定された回転角推定値に応じた重み付けをして加算することにより、最終的な回転角を求めるものである、請求項 3 に記載の回転角検出装置。

[請求項 6] 前記回転角推定手段は、前記第 1 の回転角と前記第 2 の回転角との平均値を、前記回転角推定値として演算する請求項 3 ～ 5 のいずれか一項に記載の回転角検出装置。

[請求項 7] 前記回転角演算手段は、
前記第 1 の正弦波信号と前記第 2 の正弦波信号とに基づいて、前記回転体の回転角に相当する第 1 の回転角を演算する第 1 回転角演算手段と、

前記第 1 の正弦波信号と前記第 3 の正弦波信号とに基づいて、前記回転体の回転角に相当する第 2 の回転角を演算する第 2 回転角演算手段と、

前記第 2 の正弦波信号と前記第 3 の正弦波信号とに基づいて、前記回転体の回転角に相当する第 3 の回転角を演算する第 3 回転角演算手段とを含み、

前記最終回転角演算手段は、前記第 1 、第 2 および第 3 の回転角に基づいて、最終的な回転角を演算する、請求項 1 に記載の回転角検出装置。

[請求項 8] 前記第 1 のセンサは、前記回転体の回転角 θ に対して、 $V_1 = \sin \theta$ で表される第 1 の正弦波信号 V_1 を出力するものであり、

前記第 2 のセンサは、前記回転体の回転角 θ に対して、前記第 1 お

よび第2の正弦波信号の位相差 α を用いて $V_2 = \sin(\theta + \alpha)$ で表される第2の正弦波信号 V_2 を出力するものであり、

前記第3のセンサは、前記回転体の回転角 θ に対して、前記第1および第3の正弦波信号の位相差 β を用いて $V_3 = \sin(\theta + \beta)$ で表される第3の正弦波信号 V_3 を出力するものであり、

前記第1回転角演算手段は、次式(i)により、第1の回転角 θ_1 を求めるものであり、

前記第2回転角演算手段は、次式(ii)により、第2の回転角 θ_2 を求めるものであり、

前記第3回転角演算手段は、次式(iii)により、第3の回転角 θ_3 を求めるものである、請求項7に記載の回転角検出装置。

[数1]

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{V_1}{\cos \theta} \quad \dots (i)$$

$$\text{ただし、} \cos \theta = \frac{V_2 - V_1 \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{V_1}{\cos \theta} \quad \dots (ii)$$

$$\text{ただし、} \cos \theta = \frac{V_3 - V_1 \cdot \cos \beta}{\sin \beta}$$

$$\theta_3 = \theta'_3 - \alpha \quad \dots (iii)$$

$$\text{ただし、} \theta'_3 = \tan^{-1} \frac{V_2}{\cos \theta'}$$

$$\cos \theta' = \frac{V_3 - V_2 \cdot \cos(\beta - \alpha)}{\sin(\beta - \alpha)}$$

[請求項9]

回転体の回転に応じて、互いに位相差を有する第1および第2の正

弦波信号をそれぞれ出力する第 1 および第 2 のセンサを含み、これらのセンサの出力信号に基づいて前記回転体の回転角を検出する回転角検出装置であって、

前記第 1 の正弦波信号と前記第 2 の正弦波信号とに基づいて、所定の第 1 の演算式を用いて、前記回転体の回転角に相当する第 1 の回転角を演算する第 1 回転角演算手段と、

前記第 1 の正弦波信号と前記第 2 の正弦波信号とに基づいて、前記第 1 の演算式とは異なる所定の第 2 の演算式を用いて、前記回転体の回転角に相当する第 2 の回転角を演算する第 2 回転角演算手段と、

前記第 1 の回転角および前記第 2 の回転角を用いて、最終的な回転角を演算する最終回転角演算手段と、

を含む回転角検出装置。

[請求項10]

前記最終回転角演算手段は、

前記回転体の回転角を推定する回転角推定手段と、

前記回転角推定手段によって推定された回転角推定値に応じて、前記第 1 の回転角および前記第 2 の回転角を用いて、最終的な回転角を演算する演算手段とを含む、請求項 9 に記載の回転角検出装置。

[請求項11]

前記演算手段は、前記回転角推定手段によって推定された回転角推定値に応じて、前記第 1 の回転角および前記第 2 の回転角のうち、演算誤差が小さい方の回転角を、最終的な回転角として選択するものである、請求項 10 に記載の回転角検出装置。

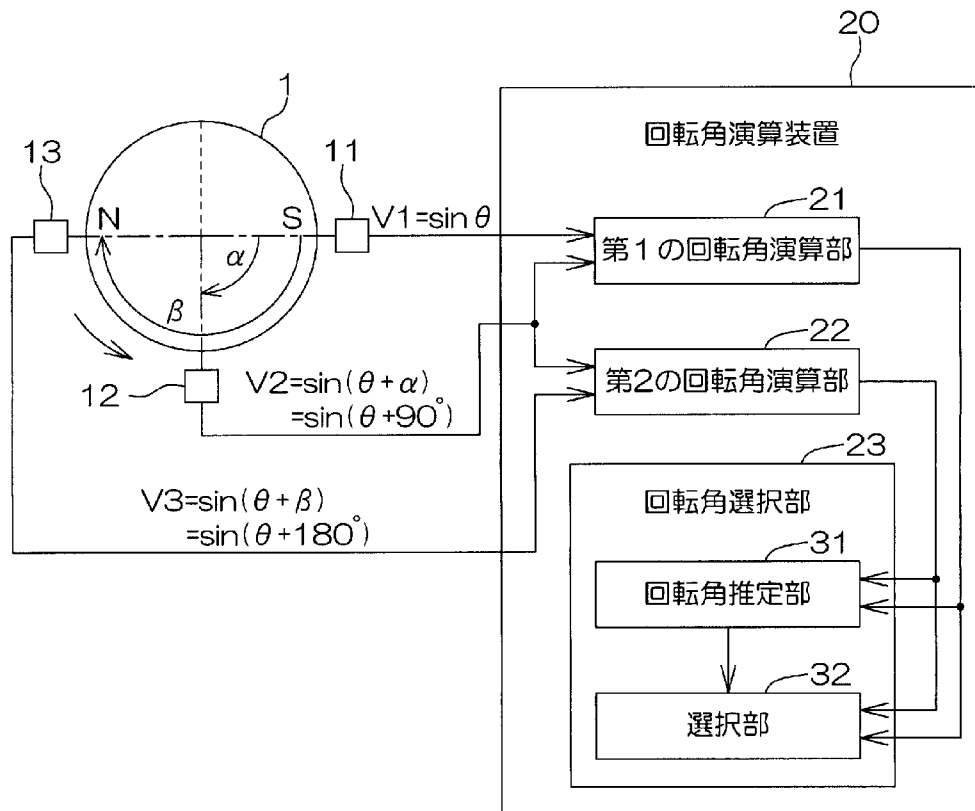
[請求項12]

前記演算手段は、前記第 1 の回転角および前記第 2 の回転角それぞれに、前記回転角推定手段によって推定された回転角推定値に応じた重み付けをして加算することにより、最終的な回転角を求めるものである、請求項 10 に記載の回転角検出装置。

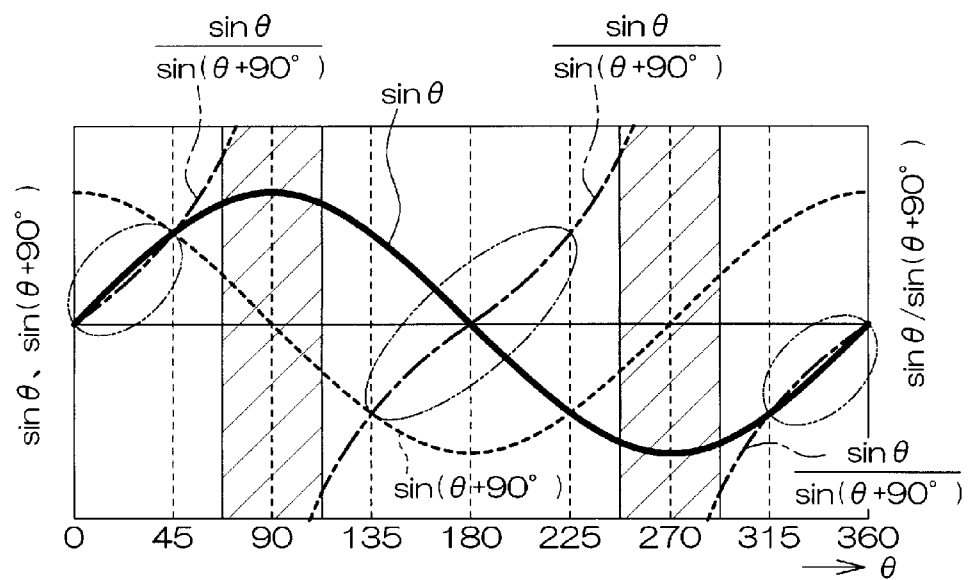
[請求項13]

前記回転角推定手段は、前記第 1 の回転角と前記第 2 の回転角との平均値を、前記回転角推定値として演算する請求項 10～12 のいずれか一項に記載の回転角検出装置。

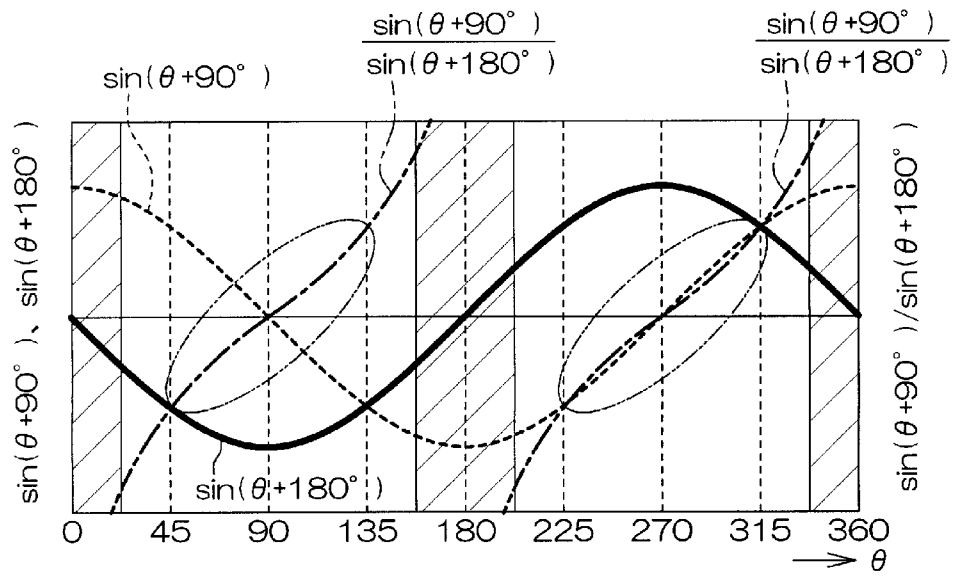
[図1]



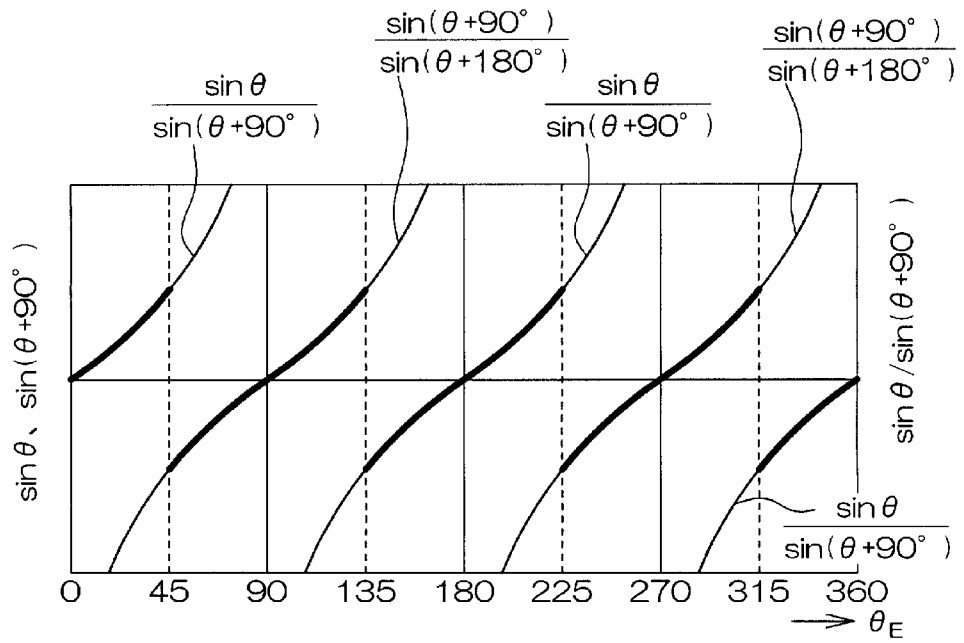
[図2]



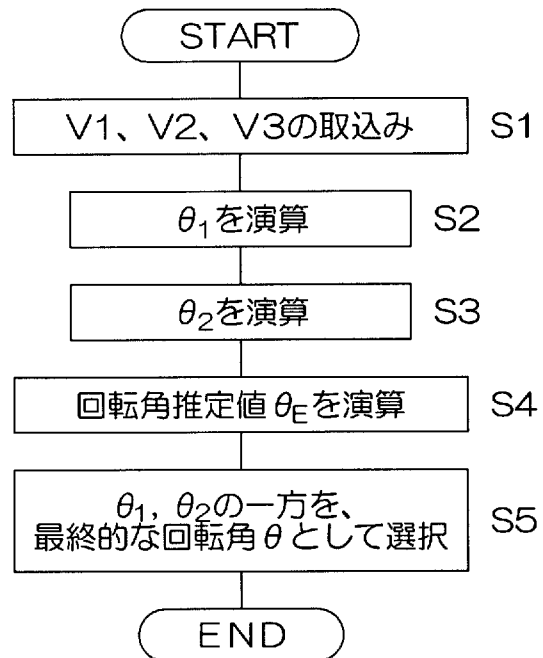
[図3]



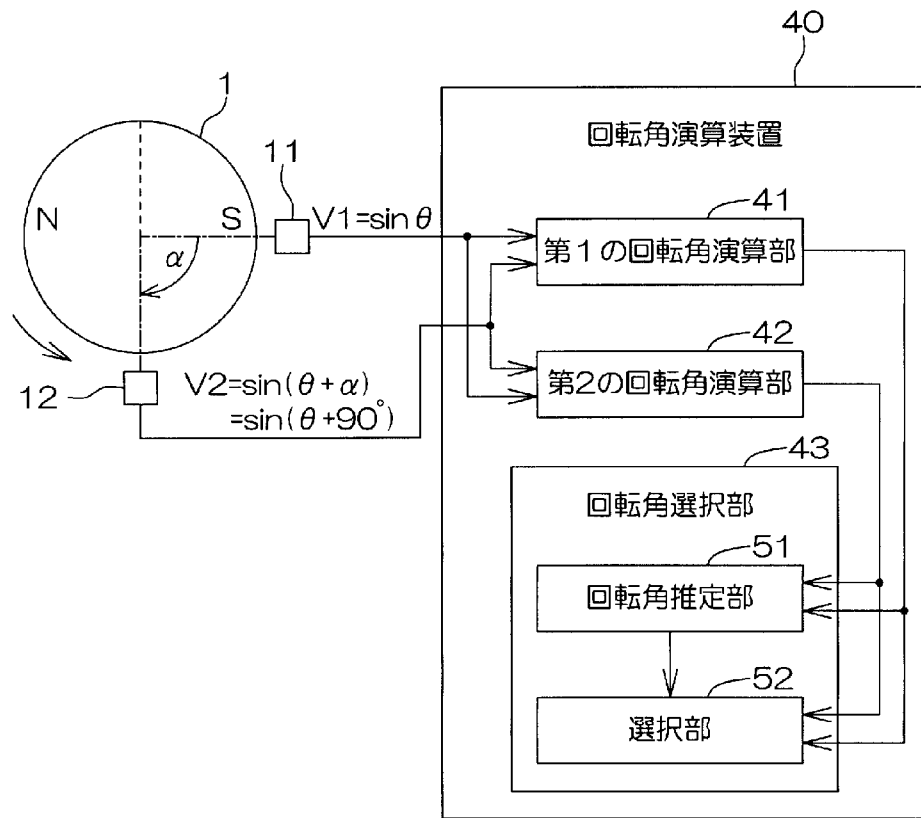
[図4]



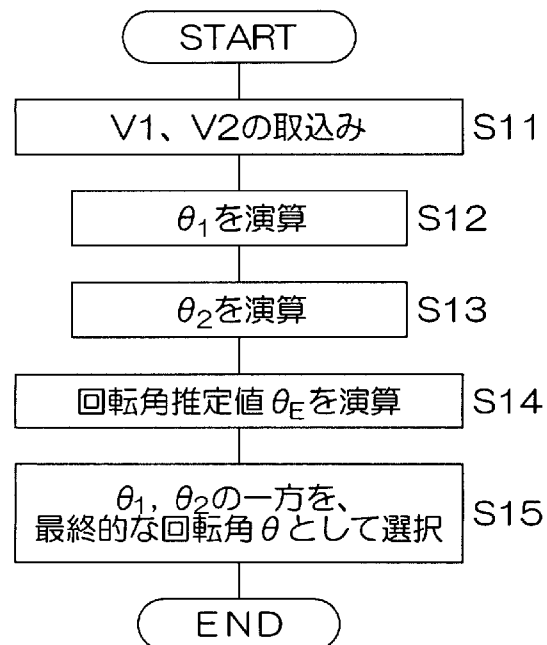
[図5]



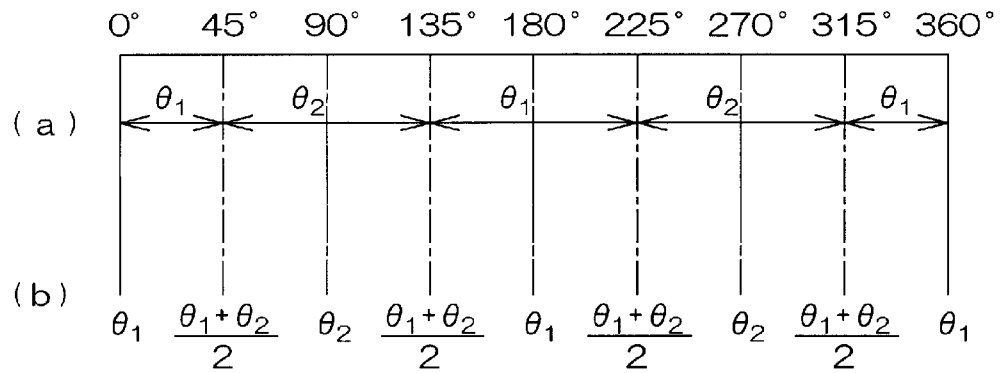
[図6]



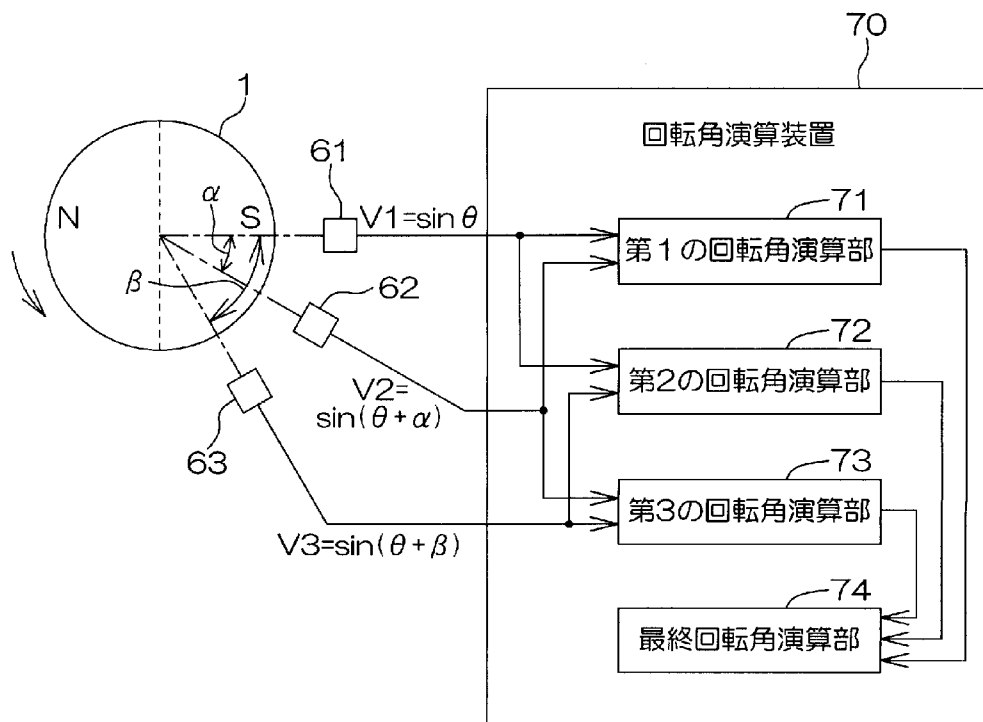
[図7]



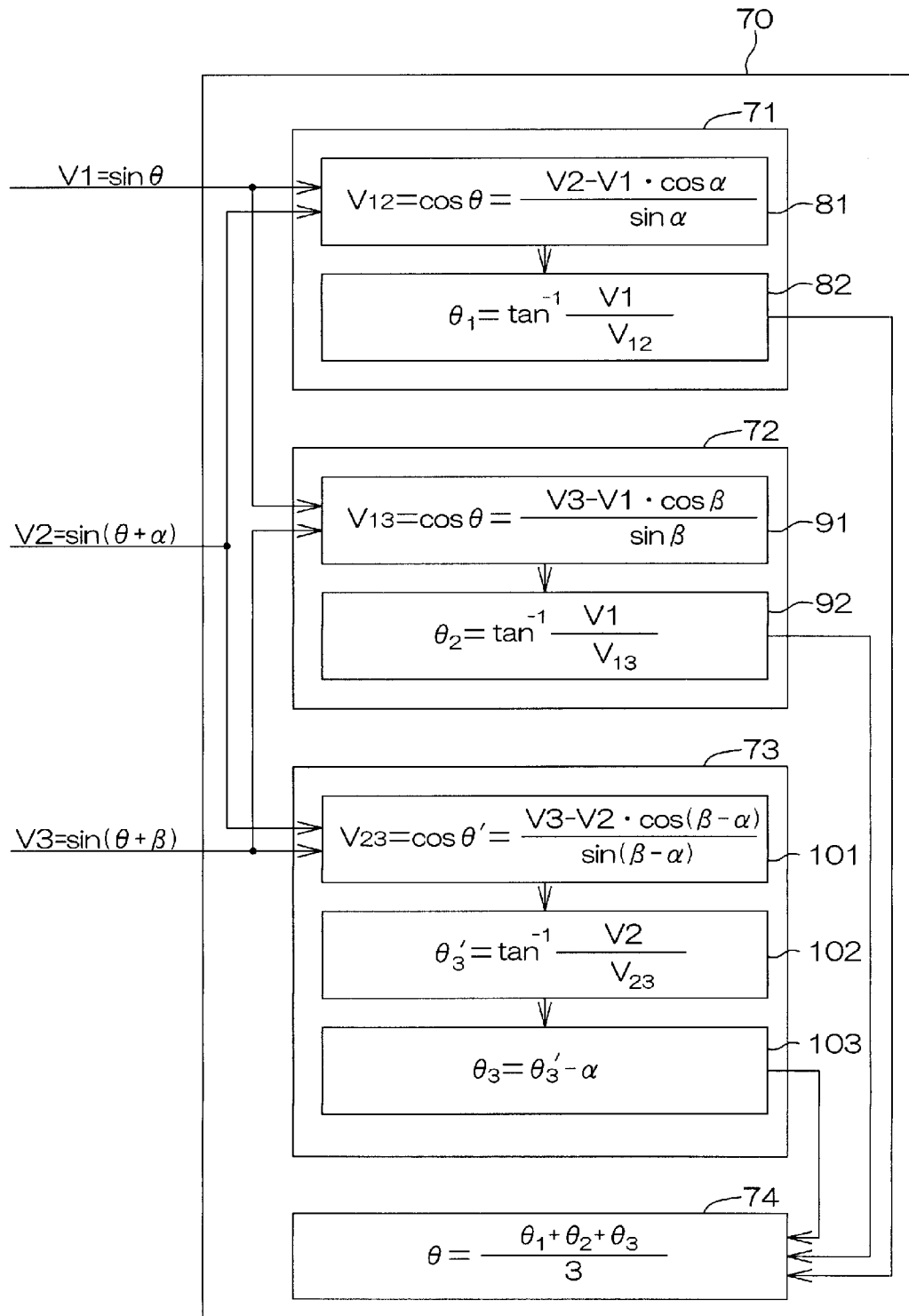
[図8]



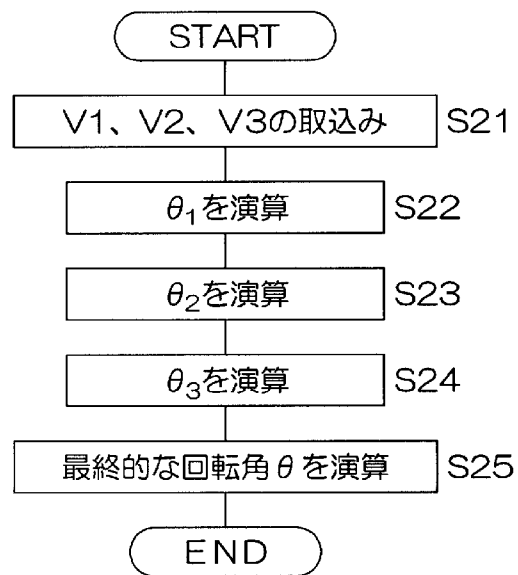
[図9]



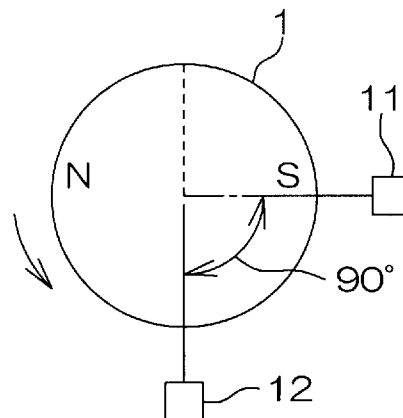
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/064105

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01D5/244 (2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01D5/244

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2004-264167 A (Midori Precisions Co., Ltd.), 24 September 2004 (24.09.2004), paragraphs [0013] to [0022]; all drawings (Family: none)	1-6, 9-13 7-8
Y A	JP 2008-128961 A (Alps Electric Co., Ltd.), 05 June 2008 (05.06.2008), entire text; all drawings & US 2008/0122437 A1 & EP 1925913 A2	1-6, 9-13 7-8
Y	JP 2007-155618 A (Denso Corp.), 21 June 2007 (21.06.2007), paragraph [0035] (Family: none)	5-6, 9-13

☒ 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
15 November, 2010 (15.11.10)

Date of mailing of the international search report
30 November, 2010 (30.11.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/064105

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-240598 A (Asahi Kasei Corp.), 27 August 2003 (27.08.2003), paragraphs [0002] to [0010]; fig. 1 (Family: none)	9-13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01D5/244 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01D5/244

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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
Y A	JP 2004-264167 A (株式会社緑測器) 2004. 09. 24, 段落【0013】 - 【0022】, 全図 (ファミリーなし)	1-6, 9-13 7-8
Y A	JP 2008-128961 A (アルプス電気株式会社) 2008. 06. 05, 全文, 全図 & US 2008/0122437 A1 & EP 1925913 A2	1-6, 9-13 7-8
Y	JP 2007-155618 A (株式会社デンソー) 2007. 06. 21, 段落【0035】 (ファミリーなし)	5-6, 9-13

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

* 引用文献のカテゴリー

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

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 5 . 1 1 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

3 0 . 1 1 . 2 0 1 0

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

眞岩 久恵

2 F

4 0 6 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 1 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2003-240598 A (旭化成株式会社) 2003. 08. 27, 段落【0002】－【0010】, 図1 (ファミリーなし)	9-13