

(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
2019年11月14日(14.11.2019)



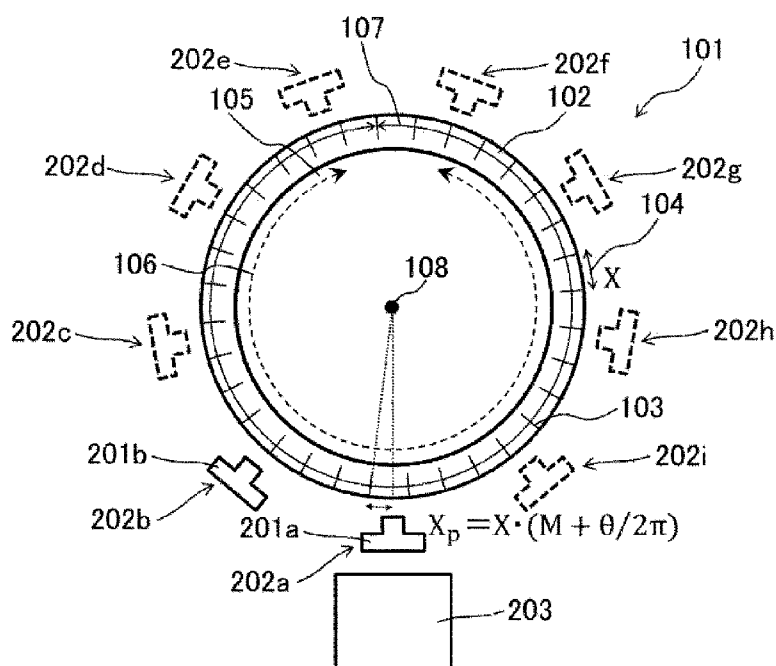
(10) 国際公開番号

WO 2019/216235 A1

- (51) 国際特許分類:
G01D 5/245 (2006.01) *G01D 5/244* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/017642
- (22) 国際出願日: 2019年4月25日(25.04.2019)
- (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 2018-092021 2018年5月11日(11.05.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社三共製作所 (SANKYO SEISAKUSHO CO.) [JP/JP]; 〒1148538 東京都北区田端新町3丁目37番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 勝又 一久 (KATSUMATA Kazuhisa); 〒4390018 静岡県菊川市本所2290 株式会社三共製作所内 Shizuoka (JP). 高橋直幸 (TAKAHASHI Naoyuki); 〒4390018 静岡県菊川市本所2290 株式会社三共製作所内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人浅村特許事務所 (ASAMURA PATENT OFFICE, P.C.); 〒1408776 東京都品川区東品川2丁目2番24号 天王洲セントラルタワー Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: ANGLE DETECTOR

(54) 発明の名称: 角度検出器



(57) Abstract: The present invention provides an angle detector for detecting an amount of angular change due to the rotation of a rotary body. The angle detector 101 is provided with: a rotary body 105 rotating around a rotation axis; a graduated scale 102 having a plurality of graduations 103 along the circumference of the rotary body in the rotation direction; and a plurality of sensors 201a, 201b disposed along the circumference. Each of the sensors 201a, 201b outputs a signal according to an amount of angular change on the basis of the plurality of graduations 103. The output signal includes: a fundamental wave component having one of the plurality of graduations as the first period first order; and a harmonic

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

wave component having an order that is an integer multiple of at least two times the fundamental wave component. An amount of angular displacement calculated from the output signal includes an angular error component that is due to the harmonic wave component and has an order component that is an integer multiple of the one graduation that is the first period first order. The number of the plurality of sensors 201a, 201b is determined on the basis of the number of graduations on the graduated scale and the order component of the angular error component.

(57) 要約: 本発明は、回転体の回転による角度変化量を検出する角度検出器を提供する。該角度検出器 101 は、回転軸線を中心に回転する回転体 105 と、回転体の回転方向に対する一周に沿って複数の目盛 103 を有する目盛スケール 102 と、一周に沿って配置された複数のセンサ 201a、201b とを備え、各センサ 201a、201b は、複数の目盛 103 に基づいて角度変化量に応じた信号を出力し、出力信号は、複数の目盛 103 のうちの 1 目盛分を 1 周期 1 次とする基本波成分と、基本波成分の 2 以上の整数倍を次数とする高調波成分とを含み、出力信号から算出された角度変位量は、高調波成分に起因して、1 目盛分を 1 周期 1 次としてその整数倍の次数成分を有する角度誤差成分を含み、複数のセンサ 201a、201b の個数は、目盛スケールの目盛数及び角度誤差成分の次数成分に基づいて決定されている。

明 細 書

発明の名称： 角度検出器

技術分野

[0001] 本発明は、回転体の回転運動による角度変化量を検出するための角度検出器に関するものである。

背景技術

[0002] 回転体の回転運動による角度変化量を検出するために、エンコーダ、レゾルバ、インダクトシン、等の角度検出器が使用される。角度検出器は、複数の目盛が配置された目盛スケールと、その複数の目盛を読み取るセンサと、センサからの読み取り情報を回転体の角度変化量に変換する制御部とを備える。目盛スケール又はセンサの何れか一方が回転体に取り付けられている。回転体の角度変化量をより高分解能に読み取るためには、目盛スケールの1目盛の角度間隔を狭めればよいが、目盛は、例えば加工により刻まれるために、無限に細かくすることはできない。より詳細に回転体の角度変化量を測定するために、センサからの読み取り情報に基づく出力信号を制御部で数値演算し、1目盛を細かく分割する方法がある。角度検出器に使用されるセンサからの出力信号は、通常、矩形波若しくは正弦波の形であって、1目盛を1周期360°とし、位相が90°異なる2相の信号である場合が多い。センサからの出力信号が正弦波信号の場合には、2相信号は1目盛を1周期とした $\cos \theta$ 、 $\sin \theta$ の形状となる。1目盛を分割する方法として、例えば2相信号を逆正接演算する手法が上げられる（すなわち、 $\theta = \tan^{-1}(\sin \theta / \cos \theta)$ ）。この手法ではセンサからの出力信号の振幅の検出分解能に応じ、角度分解能を向上させることができる。しかし、センサからの出力信号には、理想的な1目盛1周期の正弦波信号とは別に、高調波成分の歪が含まれているために、回転体の真の角度変化量だけでなく、高調波成分の歪に応じて、真の角度変化量とは無関係な量も含まれて測定される。すなわち、指令に基づく回転体の回転による真の角度変化量とセンサからの出

力信号を制御部によって変換して得られた測定による角度変化量との間には、高調波成分の影響による真の角度変化量とは無関係な誤差（角度誤差）が生じる。真の角度変化量及び角度誤差を測定するためには、センサからの出力信号に含まれる高調波成分の歪を除去する必要がある。

[0003] 更に、角度検出器において、回転体の回転軸線と目盛スケールの中心軸線とは、同軸線上に配置されていることが望ましい。しかし、一般的には、これらの軸線は完全には一致しておらず、これらの軸線間のオフセット（軸線偏心）によって、指令に基づく回転体の回転による真の角度変化量とセンサからの出力信号を制御部によって変換して得られた測定による角度変化量との間には角度誤差が生じる。また、目盛スケールの目盛は、例えば加工により刻まれるため、目盛パターン中心と目盛スケールの回転中心自体がオフセットしていること、1目盛の間隔が理想値に対して誤差を持ち複数の目盛において不均等となっていること、等の品質の問題がある。加えて、角度検出器そのものの検出精度も構成部品の劣化に伴い経年変化すること、等から、これらによっても回転体の回転による真の角度変化量とセンサからの出力信号を制御部によって変換して得られた測定による角度変化量との間には角度誤差が生じる。

[0004] このような問題により、特許文献1には、位相が 90° 異なる2相正弦波状信号に含まれる3次の高調波成分の歪を検出して除去する方法が開示され、特許文献2には、位相が 90° 異なる2相正弦波状信号に含まれる3次及び5次の高調波成分の歪を検出して除去する方法が開示されている。

[0005] また、特許文献3～5には、回転軸線に固定された目盛り盤の周囲に、複数の第1目盛り読み取りヘッドと、1個の第2目盛り読み取りヘッドとを備え、下記のように、第2目盛り読み取りヘッドの角度信号 $A_{i,1}$ と各第1目盛り読み取りヘッドの角度信号 $A_{i,j}$ との差 $S A_{i,j}$ を求めて平均値 $S A V_i$ を得ることにより自己校正を行う角度検出器が開示されている。ここで、 i は目盛番号（ $1 \sim N_G$ の整数、 N_G は目盛の総数）、 j は目盛り読み取りヘッド番号（ $1 \sim N_H$ の整数、 N_H は目盛り読み取りヘッドの総数）である。

[数1]

$$SA_{i,j} = A_{i,1} - A_{i,j}$$

$$SAV_i = \frac{1}{N_H} \sum_{j=1}^{N_H} SA_{i,j}$$

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2006-112862号公報

特許文献2：特開2008-304249号公報

特許文献3：特開2006-98392号公報

特許文献4：特開2011-99802号公報

特許文献5：特開2011-99804号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1、2においては、センサに起因する特定の高調波成分の歪による電角的角度誤差を検出して除去することができる。しかし、センサからの出力信号には、目盛の精度、センサの特性や方式、等によって様々な高調波成分の歪が含まれ、特定の高調波成分の歪を検出することができるだけでは、様々なセンサに対して統一的に高調波成分の歪を除去することはできない。例えば、センサの読み取り方式が光学式と磁気式とでは歪の特性が全く異なり、磁気式でも読み取る目盛が着磁リングと歯車とでは歪の特性が全く異なる。また、センサからの出力信号を増幅するアンプ等の機器を用いる場合、それらの特性による高調波成分の歪も発生する。よって、ある場合では高調波成分の歪を除去することができたとしても、別の場合では高調波成分の歪を除去することができないこともある。

[0008] 特許文献3～5においては、角度検出器は、回転体の回転軸線と目盛スケールの中心軸線との軸線偏心、目盛スケールの品質、角度検出器の経年変化、等によって生じる機械的角度誤差を検出して除去することができる。この

手法を用いて更に高精度に回転体の角度変化量を得るためには、1目盛の角度間隔を狭くすることや、高精度の目盛り読み取りヘッドを使用すること等が有効であるが、角度検出器の高コスト化に繋がりやすい。しかし、低コスト化のため目盛の間隔が広い目盛スケールや精度の低い目盛り読み取りヘッドを使用すると、目盛り読み取りヘッドが出力する信号に含まれる高調波成分が電氣的角度誤差に影響する量が大きくなり、機械的角度誤差よりも支配的な誤差として現れるため、高精度に回転体の角度変化量を得ることができない。

[0009] 従って、本発明の目的は、センサに起因する電氣的角度誤差だけでなく、回転体の取り付け精度、目盛スケールの品質、角度検出器の経時変化、等に起因する機械的角度誤差を同時に除去して、高精度に回転体の角度変化量が得られ、低コスト化が可能な角度検出器を提供することである。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の1つの観点によれば、角度検出器が、回転軸線を中心に回転する回転体と、回転体の回転方向に対する一周に沿って複数の目盛を有する目盛スケールと、回転体の回転方向に対する一周に沿って配置された少なくとも2つのセンサとを備えて、回転体の回転による角度変化量を検出し、少なくとも2つのセンサの各々は、複数の目盛に基づいて角度変化量に応じた信号を出力し、出力信号は、複数の目盛のうちの1目盛分を1周期1次とする基本波成分と、基本波成分の2以上の整数倍を次数とする高調波成分とを含み、出力信号から算出された角度変位量は、高調波成分に起因して、1目盛分を1周期1次としてその整数倍の次数成分を有する少なくとも1つの角度誤差成分を含み、少なくとも2つのセンサの個数は、目盛スケールの目盛数及び少なくとも1つの角度誤差成分の次数に基づいて決定されている。

[0011] 本発明の一具体例によれば、角度検出器において、少なくとも1つの角度誤差成分は、複数の角度誤差成分であって、少なくとも2つのセンサの個数は、目盛スケールの目盛数及び複数の角度誤差成分の各々の次数に基づいて決定されている。

- [0012] 本発明の一具体例によれば、角度検出器において、少なくとも2つのセンサの個数は、目盛スケールの目盛数と少なくとも1つの角度誤差成分の次数である1以上の整数との積を割り切ることができない整数に基づいて決定されている。
- [0013] 本発明の一具体例によれば、角度検出器において、少なくとも2つのセンサの個数は更に、目盛スケールの目盛数と角度誤差成分の次数との積を割り切ることができない整数で除算した場合の余りに基づいて決定されている。
- [0014] 本発明の一具体例によれば、角度検出器において、少なくとも2つのセンサの個数は更に、目盛スケールの目盛数と角度誤差成分の次数との積を割り切ることができない整数で除算した場合の余りの大きさに応じた重み付けに基づいて決定されている。
- [0015] 本発明の一具体例によれば、角度検出器において、回転体の回転方向に対する一周に略等間隔に、割り切ることができない整数に一致する数のセンサ配置予定箇所が設定され、センサ配置予定箇所の何れかに、少なくとも2つのセンサが1つずつ配置されている。
- [0016] 本発明の一具体例によれば、角度検出器において、センサ配置予定箇所の隣接する2つに、少なくとも2つのセンサが1つずつ配置されている。
- [0017] 本発明の一具体例によれば、角度検出器において、センサ配置予定箇所の各々に、少なくとも2つのセンサが1つずつ配置されている。
- [0018] 本発明の一具体例によれば、角度検出器において、少なくとも1つの角度誤差成分は、少なくとも2つのセンサの種類によって相違する。
- [0019] 本発明の一具体例によれば、角度検出器は、少なくとも2つのセンサのうちの1つのセンサからの出力信号とそれ以外のセンサからの出力信号との間の出力信号差を求めることによって自己校正されている。

発明の効果

- [0020] 本発明によれば、角度検出器は、センサからの出力信号に含まれる歪に起因する電氣的角度誤差と、回転体の取り付け精度、目盛スケールの品質、角度検出器の経時変化、等に起因する機械的角度誤差とを同時に除去して、高

精度に回転体の角度変化量が得られ、また、角度検出器は、センサに起因することなく、統一的に高精度に回転体の角度変化量が得られることができる。更に、本発明によれば、安価で精度の低いセンサを使用して回転体の角度変化量の精度を大幅に向上でき、従来の高価で精度の高いセンサを使用する必要はなく、角度検出器の低コスト化を達成することができる。

[0021] なお、本発明の他の目的、特徴及び利点は、添付図面に関する以下の本発明の実施例の記載から明らかになるであろう。

図面の簡単な説明

[0022] [図1A]本発明の一実施形態としての、目盛スケールが取り付けられた回転体の角度変化量を検出する角度検出器を示す概略図である。

[図1B]本発明の別の実施形態としての、目盛スケールが取り付けられた回転体の角度変化量を検出する角度検出器を示す概略図である。

[図2A]本発明の別の実施形態としての、少なくとも2つのセンサが取り付けられた回転体の角度変化量を検出する角度検出器を示す概略図である。

[図2B]本発明の別の実施形態としての、少なくとも2つのセンサが取り付けられた回転体の角度変化量を検出する角度検出器を示す概略図である。

[図3]図1A～図2Bの角度検出器の制御部の概略図である。

[図4A]センサが1目盛中の位置を検出した際に出力する疑似正弦波信号を示す。

[図4B]図4Aの疑似正弦波信号により算出した、1目盛中の位置に対する測定角度と理想角度とを示す。

[図4C]図4Aの疑似正弦波信号により算出した、1目盛中の位置に対する測定角度と理想角度との間の角度誤差を示す。

[図5A]目盛数を一定にして、目盛スケール一周の角度誤差次数をセンサ配置予定箇所数で除算して割り切れる／割り切れないに基づいて判定した結果を示す表である。

[図5B]目盛数を一定にして、目盛スケール一周の角度誤差次数をセンサ配置予定箇所数で除算した場合の余りの大きさに応じた重み付けに基づいて判定

した結果を示す表である。

[図5C]センサ配置予定箇所数を一定にして、目盛スケール一周の角度誤差次数をセンサ配置予定箇所数で除算した場合の余りの大きさに応じた重み付けに基づいて判定した結果を示す表である。

[図6A]センサによる電氣的角度誤差と回転体の取り付け精度等による機械的角度誤差が除去される前の回転体の指令角度に対する角度誤差を示す。

[図6B]回転体の指令角度を目盛に換算した場合の図6Aの一部の拡大図である。

[図6C]センサによる電氣的角度誤差と回転体の取り付け精度等による機械的角度誤差が除去される前の回転体の一周を1周期1次とした角度誤差に対してフーリエ変換を実行することによって得られたスペクトル強度を示す。

[図7A]センサによる電氣的角度誤差と回転体の取り付け精度等による機械的角度誤差が除去された後の回転体の指令角度に対する角度誤差を示す。

[図7B]回転体の指令角度を目盛に換算した場合の図7Aの一部の拡大図である。

[図7C]センサによる電氣的角度誤差と回転体の取り付け精度等による機械的角度誤差が除去された後の回転体の一周を1周期1次とした角度誤差に対してフーリエ変換を実行することによって得られたスペクトル強度を示す。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明の実施例について図面を参照して説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

[0024] 図1A～図2Bに、回転軸線108を中心に回転する回転体105と、回転体105の回転方向106に対する一周に沿って複数の目盛103を有する目盛スケール102と、回転体105の回転方向106に沿って、センサ配置予定箇所202a～202iに配置された少なくとも2つのセンサ201a～201iとを備える角度検出器101を示す。ここで、目盛スケール102が有する目盛103とは、例えば加工により目盛スケール102に実際に刻まれたような視覚的に認識できるものだけではなく、目盛スケール1

02における所定の位置間隔を1目盛分の間隔としてセンサ201a~201iに対して読み取らせることができるものであればよく、目盛スケール102は、そのような目盛103が複数配置された部材である。角度検出器101の代表例としては、エンコーダ、レゾルバ、インダクトシン、等があるが、本発明を適用することができれば特に原理は問われない。また、センサ201a~201iは、目盛スケール102の目盛103を読み取ることができれば特に原理は問われない。センサ201a~201iとしては、例えば、光学式センサ、磁気式センサ、コイル、等がある。また、目盛スケール102は、センサ201a~201iが目盛103を読み取ることができるものであればよく、材質、目盛103の配置の方法、等は問われない。センサ201a~201iは、回転体105の回転方向106に対する一周107、すなわち全周に沿ってセンサ配置予定箇所202a~202iに配置されている。角度検出器101は、回転体105の回転による角度変化量 X_p を、回転方向106に沿って配置された複数の目盛103を使用することによってセンサ201a~201iからの出力信号に基づいて検出する。センサ201a~201iの各々は、複数の目盛103に基づいて、回転体105の回転による角度変化量に応じた信号204を出力する。ここで、隣接する2つの目盛103間の幅、すなわち1目盛の角度間隔104は X で示される。

[0025] 図1Aには、回転体105の一周107に沿って2つのセンサ201a、201bが配置され、目盛スケール102が取り付けられた回転方向106に沿って回転する回転体105の角度変化量 X_p を検出する角度検出器101が示され、図1Bには、回転体105の一周107に沿って、9つのセンサ201a~201iが配置され、目盛スケール102が取り付けられた回転方向106に沿って回転する回転体105の角度変化量 X_p を検出する角度検出器101が示され、図2Aには、回転体105の一周107に沿って、3つのセンサ201a、201b、201dが配置され、3つのセンサ201a、201b、201dが取り付けられた回転方向106に沿って回転する

回転体 105 の角度変化量 X_p を検出する角度検出器 101 が示され、図 2 B には、回転体 105 の一周 107 に沿って、9 つのセンサ 201 a ~ 201 i が配置され、9 つのセンサ 201 a ~ 201 i が取り付けられた回転方向 106 に沿って回転する回転体 105 の角度変化量 X_p を検出する角度検出器 101 が示される。

[0026] 図 3 に示すように、角度検出器 101 は更に、センサ 201 a ~ 201 i に接続され、センサ 201 a ~ 201 i の読み取り情報を回転体 105 の角度変化量 X_p に変換する制御部 203 を備える。変換された角度変化量 X_p は、表示装置 211、等に出力され、又は、回転体 105 を駆動するモータ、回転体 105 の制御装置、等にフィードバックされてもよい。

[0027] センサ 201 a ~ 201 i は、一般的に、目盛スケール 102 との相対運動が生じたとき、読み取られた目盛 103 と 1 目盛の角度間隔 104 に基づいて、複数の目盛 103 のうちの 1 目盛を 1 周期 1 次とし角度変化量に応じて振幅が変化する出力信号 204 を出力することができる。また、制御部 203 は、センサ 201 a ~ 201 i からの出力信号 204 と、ある時間までに数えた目盛検出数 M とから、回転体 105 の角度変化量 X_p に変換することができる。図 1 A ~ 図 2 B に示すように、目盛スケール 102 とセンサ 201 a ~ 201 i との間の相対運動によって、例えば、センサ 201 a ~ 201 i からそれぞれ図 5 A に示すような位相が 90° 異なる 2 つの擬似正弦波信号（A 相信号（ $A^{(0)}$ ）及び B 相信号（ $B^{(0)}$ ））が出力信号 204 として出力される場合、制御部 203 は、センサ 201 a ~ 201 i のそれぞれによって出力された擬似正弦波信号を取得し、各センサ 201 a ~ 201 i からの 2 つの擬似正弦波信号のうちの位相が 90° 遅れた一方の擬似正弦波信号（B 相信号（ $B^{(0)}$ ））を他方の擬似正弦波信号（A 相信号（ $A^{(0)}$ ））で除算したものを逆正接演算することによって 1 目盛を分割して、以下のように回転体 105 の仮の角度変化量 $X_p^{(0)}$ を算出する。

[数2]

$$X_p^{(0)} = X \cdot \left(M + \frac{\theta^{(0)}}{2\pi} \right) = X \cdot \left(M + \tan^{-1} \left(\frac{B^{(0)}}{A^{(0)}} \right) / 2\pi \right)$$

ここで、 $\theta^{(0)} = \tan^{-1} (B^{(0)} / A^{(0)})$ は $0 \sim 2\pi$ の範囲となるように数値処理されている。また目盛検出数 M は、 $\theta^{(0)} = \tan^{-1} (B^{(0)} / A^{(0)})$ が 0 と 2π の境界を超えるタイミングで、そのカウント値を増減させる等の処理で検出可能であって、その方法については問われない。図1A～図2Bのように、目盛スケール102又はセンサ201a～201iを回転体105に取り付けて回転させる場合には、制御部203は、回転体105の回転による角度変位量 X_p として算出できる。

[0028] しかし、この算出された仮の角度変化量 $X_p^{(0)}$ と理想とされる角度検出器101より得られるべき回転体105の角度変化量 X_{pideal} との間には誤差が生じる（理想的には、 $X_p = X_{pideal}$ になるのがよい）。図1A～図2Bの回転体105が等速に回転運動して、回転体105の角度が変化するように回転指令した場合、図4Bに示すように、理想的には、回転体105が指令値に対して誤差なく回転運動が可能であると仮定すると、回転体105の回転運動によって回転体105の角度が増加するに従って、センサ201a～201iからの出力信号204から算出された角度変化量 X_p は線形的に増加し、回転体105の角度と理想的な角度変化量 X_{pideal} との間に角度誤差は無い。しかし、実際には、センサ201a～201iからの出力信号204から算出された角度変化量 X_p と理想的な角度変化量 X_{pideal} との間には角度誤差が生じる。この角度誤差の一因として、算出された角度変化量 X_p には、回転体105の回転に伴い複数の目盛103を検出する過程において、回転体105の回転軸線108と目盛スケール102の中心軸線との軸線偏心、目盛スケール102の品質、角度検出器101の経年変化、等によって生じる余分な量（機械的角度誤差と呼称する）が含まれ、また、出力信号204にはセンサ201a～201iの特性に起因する余分な歪が含まれていることにある（センサ201a～201iの特性に起因する角度誤差を電気

的角度誤差と呼称する)。より具体的には、このセンサ201a～201iによる電氣的角度誤差の原因は、センサ201a～201iからの出力信号が、複数の目盛103のうちの1目盛分を1周期1次とする基本波成分と、基本波成分の2以上の整数倍を次数とする高調波成分とを含んでいることにある。例えば、センサ201a～201iからそれぞれ図4Aに示すような位相が90°異なる2つの擬似正弦波信号（A相信号（ $A^{(0)}$ ）及びB相信号（ $B^{(0)}$ ））が出力信号204として出力される場合、センサ201a～201iから出力された2つの擬似正弦波信号が、複数の目盛103のうちの1目盛分を1周期1次とする理想波となる基本波成分 $\cos(\theta)$ 、 $\sin(\theta)$ と、次のように、基本波成分の2以上の整数倍を次数とする高調波成分（次数 k が2以上の整数の場合の成分）を含んでいることであって、このセンサ201a～201iの高調波成分が、上記[数2]のように逆正接演算する際に角度変化量 X_p に影響を及ぼし、図4Cに示すように、電氣的角度誤差が生じている。

[数3]

$$A^{(0)} = \cos(\theta) + \sum_{k=2}^{\infty} a_k \cdot \cos(k \cdot \theta + \phi a_k)$$

$$B^{(0)} = \sin(\theta) + \sum_{k=2}^{\infty} b_k \cdot \sin(k \cdot \theta + \phi b_k)$$

ここで、 a_k 及び b_k は、1目盛を1周期とする1次の基本波成分の振幅を1とした場合の次数 k の高調波成分のゲインであって、 ϕa_k 及び ϕb_k は、次数 k の高調波成分の基本波成分に対する位相差である。なお、 a_k 、 b_k 、 ϕa_k 、 ϕb_k は、一般的には、異なる目盛103であっても変化しないか、又は変化したとしても小さい相違である。なお、 a_k 、 b_k 、 ϕa_k 、 ϕb_k は、センサ201a～201iや目盛スケール102の特性、検出原理により決定付けられ、例えば、センサ201a～201iが光検出型センサであれば目盛スケール102の目盛パターンの反射・透過特性や受光部の感度特性により決定付けられ、センサ201a～201iが半導体磁気抵抗型センサ

であれば半導体の磁気抵抗特性により決定付けられ、また、半導体磁気抵抗型センサを使用する場合において、磁気検出に平歯車を使用すると、歯の形状特性により決定付けられる。このように、出力信号204に含まれる高調波成分は、センサ201a～201i等の種類によって相違する。なお、センサ201a～201iは、実質的に同一の基本波成分及び高調波成分を含む出力信号204を出力するセンサであることが好ましい。例えば、センサ201a～201iは同一の種類であってもよい。

[0029] また、上記のように、角度誤差には、センサ201a～201iの特性に起因する電氣的角度誤差だけでなく、回転体105の取り付け精度、目盛スケール102の品質、角度検出器101の経時変化、等に起因する機械的角度誤差も含まれている。

[0030] そこで、センサ201a～201iの特性に起因する電氣的角度誤差、及び回転体105の取り付け精度、目盛スケール102の品質、角度検出器101の経時変化、等に起因する機械的角度誤差を除去するために、上記のように、角度検出器101は、回転体105の回転方向106に対する一周に沿って複数の目盛103を有する目盛スケール102と、回転体105の回転方向106に対する一周に沿って、センサ配置予定箇所202a～202iに配置された少なくとも2つのセンサ201a～201iとを備え、更に、図3に示すように、制御部203は、これらのセンサ201a～201iからの出力信号204を演算処理する信号処理部209を備える。

[0031] なお、制御部203は、信号処理部209による出力信号204の演算処理に先立って、出力信号204を取得するための入力部205、出力信号204のノイズを除去するノイズフィルタ206、出力信号204を増幅する増幅器207、及び出力信号204をアナログ値からデジタル値に変換するA/D変換器208を備えていてもよい。デジタル値に変換された出力信号204が、信号処理部209に出力される。また、制御部203は、信号処理部209によるデータの書き込み／読み出しを行う記憶部210を備えていてもよい。信号処理部209は、出力信号204が位相の異なる2相の信

号である場合には、2相間の振幅、オフセット、位相差を調整できてよい。なお、調整しない場合でも各センサの信号特性が同レベルであれば、これらの値はほぼ同じになると考えられ、本発明によって電氣的角度誤差を除去することができる。

[0032] センサ201a～201iからの出力信号204のうちの1つを基準センサ（例えば、センサ201a）として、基準センサからの出力信号204と、それ以外の各センサ（例えば、センサ201b～201i）の出力信号204との間の出力信号差を求め、求められたそれ以外のセンサとの出力信号差についての平均値を得ることによって、機械的角度誤差を除去するための校正值を得ることができる。この校正值を、算出された回転体105の仮の角度変化量 $X_p^{(0)}$ に対して足し引きすることで、真の角度変化量 X_p を検出することができ、角度検出器101は、機械的角度誤差について自己校正される。しかし、センサ201a～201iを単に回転体105の回転方向106に沿って配置しただけでは、電氣的角度誤差を除去することはできない。これは上記のように、センサ201a～201iの各々の出力信号204は、複数の目盛103のうちの1目盛分を1周期1次とする基本波成分と、基本波成分の2以上の整数倍を次数とする高調波成分とを含み、出力信号204から算出された仮の角度変位量 $X_p^{(0)}$ は、出力信号204の1つ以上の高調波成分に起因して、目盛103の1目盛分を1周期1次としてその整数倍の次数成分を有する少なくとも1つの角度誤差成分を含んでいるからである。

[0033] センサ201a～201iの特性に起因する電氣的角度誤差を除去するためには、回転体105の回転方向106に対する一周107に沿った目盛スケール102の目盛数N、及びセンサ201a～201iからの出力信号204に含まれる高調波成分に起因する1目盛における角度誤差成分の次数pに基づいて、回転体105の回転方向106に対する一周107に沿って配置されるセンサ201a～201iの個数を適切に選択する必要がある。ここで、角度誤差成分の次数とは、角度誤差成分が有する次数のことであって

、角度誤差成分の次数は、目盛103の1目盛分を1周期1次とするとその整数倍である。例えば、図1A～図2Bのように、目盛スケール102の目盛数が32であって、出力信号204に含まれる高調波成分に起因する1目盛における角度誤差成分の次数が p である場合には、目盛スケール102の目盛数32、及び角度誤差成分の次数 p に基づいて、一周107に沿って配置されるセンサ201a～201iの個数を選択する。なお、角度誤差成分の次数 p は、推定で見積ってもよいし、目盛スケール102の一周における角度誤差成分を算出した結果から決定してもよい。参考として、電氣的角度誤差が顕著に現れる角度誤差成分の次数 p は5以下であることが多い。或いは、事前にセンサ201a～201iからの出力信号204から高調波成分を抽出し、除去が必要となる角度誤差成分の次数 p を決定してもよい。また、センサ201a～201iからの出力信号204が、図3のように、入力部205、ノイズフィルタ206、増幅器207、A/D変換器208、等を介して信号処理部209に入力される場合には、信号処理部209に入力される信号に含まれる高調波成分を抽出し、除去が必要となる角度誤差成分の次数 p に基づいてセンサ201a～201iの個数を適切に選択してもよい。

[0034] また、出力信号204から算出された仮の角度変化量 $X_p^{(0)}$ は、出力信号204に含まれる1つ以上の高調波成分に起因して、目盛103の1目盛分を1周期1次として、それぞれがその整数倍の次数成分を有する複数の角度誤差成分を含んでいて、角度誤差成分が複数の角度誤差成分であってもよい。センサ201a～201iの個数は、目盛スケール102の目盛数 N 、及びその複数の角度誤差成分の各々の次数に基づいて、回転体105の回転方向106に対する一周107に沿って配置されるセンサ201a～201iの個数を適切に選択する必要がある。例えば、出力信号204の1つ以上の高調波成分に起因して、出力信号204から算出された仮の角度変化量 $X_p^{(0)}$ は、次数 $p=1$ 、 $p=2$ の2つの角度誤差成分が含まれ、図1A～図2Bのような場合には、目盛スケール102の目盛数32、及び2つの角度誤差成

分の次数 $p = 1$ と $p = 2$ に基づいて、回転体 105 の回転方向 106 に対する一周 107 に沿って配置されるセンサ 201a ~ 201i の個数を選択する。

[0035] センサ 201a ~ 201i の個数は、目盛スケール 102 の目盛数 N と 1 目盛における角度誤差成分の次数 p との積を割り切ることができない整数に基づいて決定されてもよい。すなわち、角度誤差成分の具体的な大きさ等は、回転体 105 の一周に対しては目盛数だけ目盛の各々の個体差をもって現れるが、1 目盛に発生する角度誤差成分の次数 p は何れの目盛でも同じであるために、目盛スケール 102 の一周における電氣的角度誤差は、次数 $N_p = N$ (目盛スケール 102 の目盛数) $\times p$ (1 目盛における角度誤差成分の次数) として現れ、次数 N_p を割り切ることができない整数に基づいて、センサ 201a ~ 201i の個数は決定されてもよい。これによって、センサ 201a ~ 201i はそれぞれ、位相の異なる出力信号 204 を出力することができる。すなわち、センサ 201a ~ 201i のそれぞれによって出力される出力信号 204 に含まれる基本波成分及び高調波成分の位相は、各センサ 201a ~ 201i で相違する。

[0036] 具体的には、目盛スケール 102 が有する目盛 103 の目盛数 N である 256 に対して、仮に出力信号 204 の高調波成分に起因して、仮の角度変化量 $X_p^{(0)}$ には 1 目盛において次数 p (1 ~ 10) の成分を有する角度誤差成分が含まれると想定して次数 p を乗算することによって、目盛スケール 102 の一周における電氣的角度誤差の次数 N_p を求め、その次数 N_p を、センサ配置予定箇所数としての整数 (5 ~ 9) で割り切れる場合を $\times$ で、割り切れない場合を $\circ$ で判定した結果を図 5A に示す。 $\circ$ の数が多いセンサ配置予定箇所数の方が、より多くの次数 p の成分による電氣的角度誤差を除去することができる。図 5A の場合においては、整数が 7 又は 9 の場合、すなわちセンサ配置予定箇所数が 7 又は 9 の場合に $\circ$ の数が 9 であって、多くの次数 p の成分による電氣的角度誤差を除去することができ、7 つ又は 9 つのセンサ配置予定箇所 202a ~ 202i の何れかに、センサ 201a ~ 201i を

配置する。一方で、整数が8の場合、すなわちセンサ配置予定箇所数が8の場合には○の数が0であって、全く電氣的角度誤差を除去することができない。なお、図5 Aは一例であって、目盛スケール102が有する目盛103の目盛数、センサ配置予定箇所数には特に上下限はない。

[0037] 図1 A、図2 Aのように、センサ配置予定箇所202 a～202 iは、回転体105の回転方向106に対する一周107に沿って略等間隔に、目盛スケール102の一周における電氣的角度誤差の次数 N_p を割り切ることができない整数に一致する数によって設定されている。図5 Aのように、目盛スケール102の目盛数 N が256である場合には、センサ配置予定箇所202 a～202 iの個数を7又は9として、7つ又は9つのセンサ配置予定箇所202 a～202 iを回転体105の回転方向106に対する一周107に沿って略等間隔に設定することができる。図1 A、図2 Aでは、回転体105の回転方向106に対する一周107に沿って、9つのセンサ配置予定箇所202 a～202 iが設定されている。そして、センサ201 a～201 iは、センサ配置予定箇所202 a～202 iの何れかに配置されている。図1 Aでは、9つのセンサ配置予定箇所202 a～202 iのうちの2箇所(202 a、202 b)にセンサ201 a、201 bが配置され、図2 Aでは、9つのセンサ配置予定箇所202 a～202 iのうちの3箇所(202 a、202 b、202 d)にセンサ201 a、201 b、201 dが配置されているが、センサ配置予定箇所202 a～202 iの何れにセンサ202 a～202 iが配置されているかは問われない。例えば、図1 Aのように、センサ配置予定箇所202 a～202 iのうちの隣接する2つのセンサ配置予定箇所202 a、202 bに、センサ201 a、201 bがそれぞれ1つずつ配置されてもよいし、図1 B、図2 Bのように、センサ配置予定箇所202 a～202 iの各々に、センサ201 a～201 iがそれぞれ1つずつ配置されてもよい。

[0038] 電氣的角度誤差は、次数 $N_p = N$ (目盛スケール102の目盛数) $\times p$ (1目盛における角度誤差成分の次数) として現れ、一般的には N と p は整数で

あるため N_p も整数となる。しかし、実際には目盛スケール102の1目盛の間隔が複数の目盛103において不均一である点等に起因し、角度誤差に対して回転体105の一周を1周期1次としてフーリエ変換して実行すると、スペクトル強度は整数の次数の近辺において山形で生じている（例えば、次数が3のスペクトル強度の近辺において、2.9次、3.1次、等の少数点を有する次数のスペクトル強度が含まれている）。よって、目盛スケール102の一周における電氣的角度誤差の次数 N_p をセンサ配置予定箇所数としての整数で除算した場合に、その場合における余り（端数）の数が大きいほど除去できる電氣的角度誤差の次数 N_p の数が多くなるために、その余りに基づいて、センサ201a～201iの個数は決定されてもよい。

[0039] 具体的には、図5Aと同様に、目盛スケール102が有する目盛103の目盛数 N である256に対して、仮に出力信号204の高調波成分に起因して、仮の角度変化量 $X_p^{(0)}$ には1目盛において次数 p （1～10）の成分を有する角度誤差成分が含まれると想定して次数 p を乗算することによって、目盛スケール102の一周における電氣的角度誤差の次数 N_p を求め、その次数 N_p を、センサ配置予定箇所数としての整数（5～9）によって除算した場合に、例えば、余りが0.3未満の場合を×、余りが0.3以上0.7未満の場合を○、余りが0.7以上の場合を◎とし、余りの大きさに応じて重み付けをし（例えば、×は0点、○は1点、◎は2点）、総得点の多いセンサ配置予定箇所数を判定した結果を図5Bに示す。総得点が高い方が、より多くの次数 p の成分による電氣的角度誤差を除去することができる。図5Bの場合においては、整数が7又は9の場合、すなわちセンサ配置予定箇所数が7又は9の場合に総得点が9点であって、多くの次数 p の成分による電氣的角度誤差を除去することができ、図1A～図2Bのように、9つのセンサ配置予定箇所202a～202iの何れかに、センサ201a～201iを配置する。このように、目盛スケール102の一周における電氣的角度誤差の次数 N_p をセンサ配置予定箇所数としての整数で除算した場合の余りの大きさに応じて重み付けをし、各次数の重み付けに基づいてセンサ201a～201i

1 i の個数は決定されてもよい。また、出力信号 2 0 4 の高調波成分に起因する 1 目盛における角度誤差成分が 2 次及び 4 次の次数成分を含む場合には、 $p = 2$ 、 $p = 4$ で◎と判定されているので、センサ配置予定箇所数を 9 として選定すれば、2 次及び 4 次の電氣的角度誤差を除去することができ、図 1 A～図 2 B のように、9 つのセンサ配置予定箇所 2 0 2 a～2 0 2 i の何れかに、センサ 2 0 1 a～2 0 1 i を配置する。このように、目盛スケール 1 0 2 の一周における電氣的角度誤差の次数 N_p をセンサ配置予定箇所数としての整数で除算した場合の余りの大きさに応じた重み付けに基づいて、センサ 2 0 1 a～2 0 1 i の個数は決定されてもよい。

[0040] また、センサ配置予定箇所数を先に決定して、目盛スケール 1 0 2 が有する目盛 1 0 3 の目盛数 N を選定してもよい。具体的には、センサ配置予定箇所数を 5 とし、目盛スケール 1 0 2 が有する目盛 1 0 3 の目盛数 N である 2 5 4～2 5 9 に対して、仮に出力信号 2 0 4 の高調波成分に起因して、仮の角度変化量 $X_p^{(0)}$ には 1 目盛において次数 p (1～10) の成分を有する角度誤差成分が含まれると想定して次数 p を乗算することによって、目盛スケール 1 0 2 の一周における電氣的角度誤差の次数 N_p を求め、その次数 N_p を、センサ配置予定箇所数の 5 によって除算した場合に、例えば、余りが 0.3 未満の場合を×、余りが 0.3 以上 0.7 未満の場合を○、余りが 0.7 以上の場合を◎とし、余りの大きさに応じて重み付けをし（例えば、×は 0 点、○は 1 点、◎は 2 点）、目盛スケール 1 0 2 の一周における目盛数 N を判定した結果を図 5 C に示す。総得点が高い方が、より多くの次数 p の電氣的角度誤差を除去することができる。図 5 C の場合においては、目盛スケール 1 0 2 の一周における目盛数 N が 2 5 5 である場合を除いて、ほぼ同等数の次数 p の電氣的角度誤差を除去することができ、5 つのセンサ配置予定箇所 2 0 2 a～2 0 2 e の何れかに、センサ 2 0 1 a～2 0 1 e を配置する。なお、目盛スケール 1 0 2 の一周における目盛数 N についての判定した結果は、センサ配置予定箇所数による繰り返し性を有する。例えば、センサ配置予定箇所数を 5 とした場合の判定した結果は、目盛スケール 1 0 2 の一周に

おける目盛数 N が $254 \pm (5 \times \text{整数倍})$ の場合において同じである（図5Cにおいては、254と259の場合では同じ判定結果となる）。このように、目盛スケール102の一周における目盛数 N の大小に寄らず、センサ配置予定箇所数による繰り返し性を有する判定結果を得ることができる。

[0041] 上記のようにして、目盛スケール102が有する目盛103の目盛数 N 、出力信号204が含む高調波成分から推定される、或いは事前に確認した角度誤差成分の次数 p 、センサ配置予定箇所数を得、図1A～図2Bのように、センサ配置予定箇所202a～202iにセンサ201a～201iを配置し、センサ201a～201iからの出力信号204のうちの1つを基準センサ（例えば、センサ201a）として、基準センサからの出力信号204と、それ以外の各センサ（例えば、センサ201b～201i）の出力信号204との間の出力信号差を求め、求められたそれ以外のセンサとの出力信号差についての平均値を得ることによって、機械的角度誤差だけでなく電気的角度誤差をも除去するための校正值を得ることができる。この校正值を、算出された回転体105の仮の角度変化量 $X_p^{(0)}$ に対して足し引きすることで、真の角度変化量 X_p を検出することができ、角度検出器101は、機械的角度誤差及び電気的角度誤差を含む角度誤差について自己校正される。校正後の角度変化量 X_p は、角度検出器101の検出値としてもよいし、回転体105を駆動するモータ、回転体105の制御装置、等にフィードバックされ、参照角度として使用されてもよい。この校正值は、回転体105が回転してセンサ201a～201iからの出力信号204が信号処理部209に入力される都度に演算されてもよいし、事前に回転体105の1周分についてこの校正值を信号処理部209にて演算し、補正テーブルとして記憶部210に保存しておき、回転体105が回転する際に、この校正值が記憶部210から読み出されてもよい。

[0042] 図6A～図6Cにそれぞれ、図1Bの角度検出器101のセンサ201aのみからの出力信号204に基づいて信号処理部209によって算出された、機械的角度誤差及び電気的角度誤差を含む角度誤差が除去される前にお

る、回転体 105 の指令角度に対する角度誤差、その一部を拡大した回転体 105 の 1 目盛中の指令角度に対する角度誤差、回転体 105 の一周を 1 周期 1 次とした角度誤差に対してフーリエ変換を実行することによって得られたスペクトル強度を示す。指令角度に対して、周期が長い（次数が小さい）成分による角度誤差が、機械的角度誤差によるものであって、図 6 A によれば、この角度検出器 101 においては、機械的角度誤差は、回転体 105 の一周を 1 周期 1 次とする角度誤差を主成分として約 180 arcsec の幅である。なお図 6 A は、測定された $0 \sim 360 \text{ deg}$ の範囲のうちの $0 \sim 180 \text{ deg}$ の範囲だけを抜き出した測定結果である。指令角度に対して、周期が短い（次数が大きい）成分による角度誤差が、電気的角度誤差によるものであって、図 6 B によれば、電気的角度誤差の次数は、1024 次（1 目盛における次数 $p = 4$ 次）による角度誤差を主成分として約 20 arcsec の幅であって、目盛スケール 102 の全目盛数が 256 であることから 1 目盛の角度間隔 104 は 1.406 deg であるので、電気的角度誤差である約 20 arcsec はその約 0.4% に相当する。図 6 C によれば、角度誤差の次数成分が 256 次（1 目盛 1 次）、768 次（1 目盛 3 次）、1024 次（1 目盛 4 次）のスペクトル強度が大きく、角度誤差の次数成分が 1024 次（1 目盛 4 次）のスペクトル強度が、特に顕著であることが分かる。

[0043] 次に、図 7 A～図 7 C にそれぞれ、図 1 B の角度検出器 101 のセンサ 201 a～201 i からの出力信号 204 に基づいて信号処理部 209 によって算出された、機械的角度誤差及び電気的角度誤差を含む角度誤差が除去された後における、回転体 105 の指令角度に対する角度誤差、その一部を拡大した回転体 105 の 1 目盛中の指令角度に対する角度誤差、回転体 105 の一周を 1 周期 1 次とした角度誤差に対してフーリエ変換を実行することによって得られたスペクトル強度を示す。センサ配置予定箇所数（センサ配置数）が 9 であるので、9 で割り切ることができない次数 N_p の機械的角度誤差及び電気的角度誤差を含む角度誤差を除去することができ、図 7 A によれば

、9で割り切ることができない1次を主成分とする機械的角度誤差を、約45 arc secの幅まで減少することができる。なお図7Aは、測定された0～360 degの範囲のうちの0～180 degの範囲だけを抜き出した測定結果である。図7Bによれば、9で割り切ることができない1024次を主成分とする電気的角度誤差を、約5 arc sec（1目盛の角度間隔104である1,406 degに対して約0.1%）の幅まで減少することができる。このように、機械的角度誤差及び電気的角度誤差を含む角度誤差を約1/4まで減少することができる。図7Cによれば、角度誤差の次数成分が256次（1目盛における次数 $p=1$ 次）、768次（1目盛3次）、1024次（1目盛4次）のスペクトル強度を大幅に減少させることができる。また図7Aにおいて、回転体105の指令角度180 deg中に発生している10山成分（回転体105の一周を1周期1次として20次成分）は、使用した回転体105の機構特性に起因する角度誤差であることが分かっており、本発明を使用することで、出力信号204から算出された仮の角度変化量 $X_p^{(0)}$ から機械的角度誤差及び電気的角度誤差を除去し、回転体105の真の回転角度量 X_p と角度誤差をより高精度に検出可能であることを図7A～図7Cは示している。

[0044] 上記記載は特定の実施例についてなされたが、本発明はそれに限らず、本発明の原理と添付の特許請求の範囲の範囲内で種々の変更及び修正をすることができることは当業者に明らかである。

符号の説明

- [0045] 101 角度検出器
102 目盛スケール
103 目盛
104 1目盛の角度間隔
105 回転体
106 回転方向
107 一周

- 108 回転軸線
- 201a～201i センサ
- 202a～202i センサ配置予定箇所
- 203 制御部
- 204 出力信号
- 205 入力部
- 206 ノイズフィルタ
- 207 増幅器
- 208 A／D変換器
- 209 信号処理部
- 210 記憶部
- 211 表示装置

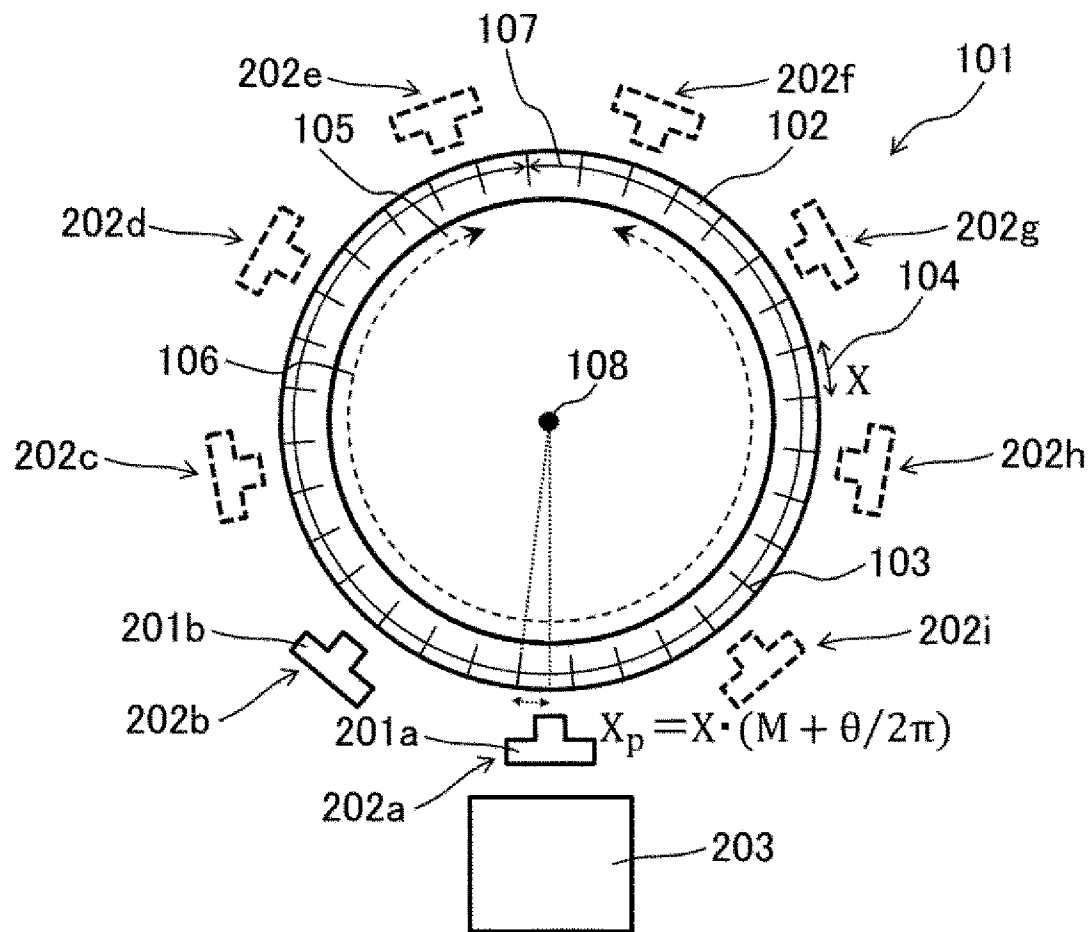
請求の範囲

- [請求項1] 回転軸線を中心に回転する回転体と、前記回転体の回転方向に対する一周に沿って複数の目盛を有する目盛スケールと、前記一周に沿って配置された少なくとも2つのセンサとを備え、前記回転体の回転による角度変化量を検出する角度検出器であって、
- 前記少なくとも2つのセンサの各々は、前記複数の目盛に基づいて前記角度変化量に応じた信号を出力し、
- 前記出力信号は、前記複数の目盛のうちの1目盛分を1周期1次とする基本波成分と、前記基本波成分の2以上の整数倍を次数とする高調波成分とを含み、前記出力信号から算出された前記角度変位量は、前記高調波成分に起因して、1目盛分を1周期1次としてその整数倍の次数成分を有する少なくとも1つの角度誤差成分を含み、
- 前記少なくとも2つのセンサの個数は、前記目盛スケールの目盛数及び前記少なくとも1つの角度誤差成分の次数成分に基づいて決定されている、角度検出器。
- [請求項2] 前記少なくとも1つの角度誤差成分は、複数の角度誤差成分であって、前記少なくとも2つのセンサの個数は、前記目盛スケールの目盛数及び前記複数の角度誤差成分の各々の次数成分に基づいて決定されている、請求項1に記載の角度検出器。
- [請求項3] 前記少なくとも2つのセンサの個数は、前記目盛スケールの目盛数と前記少なくとも1つの角度誤差成分の次数成分である1以上の整数との積を割り切ることができない整数に基づいて決定されている、請求項1又は2に記載の角度検出器。
- [請求項4] 前記少なくとも2つのセンサの個数は更に、前記積を前記割り切ることができない整数で除算した場合の余りに基づいて決定されている、請求項3に記載の角度検出器。
- [請求項5] 前記少なくとも2つのセンサの個数は更に、前記余りの大きさに応じた重み付けに基づいて決定されている、請求項4に記載の角度検出

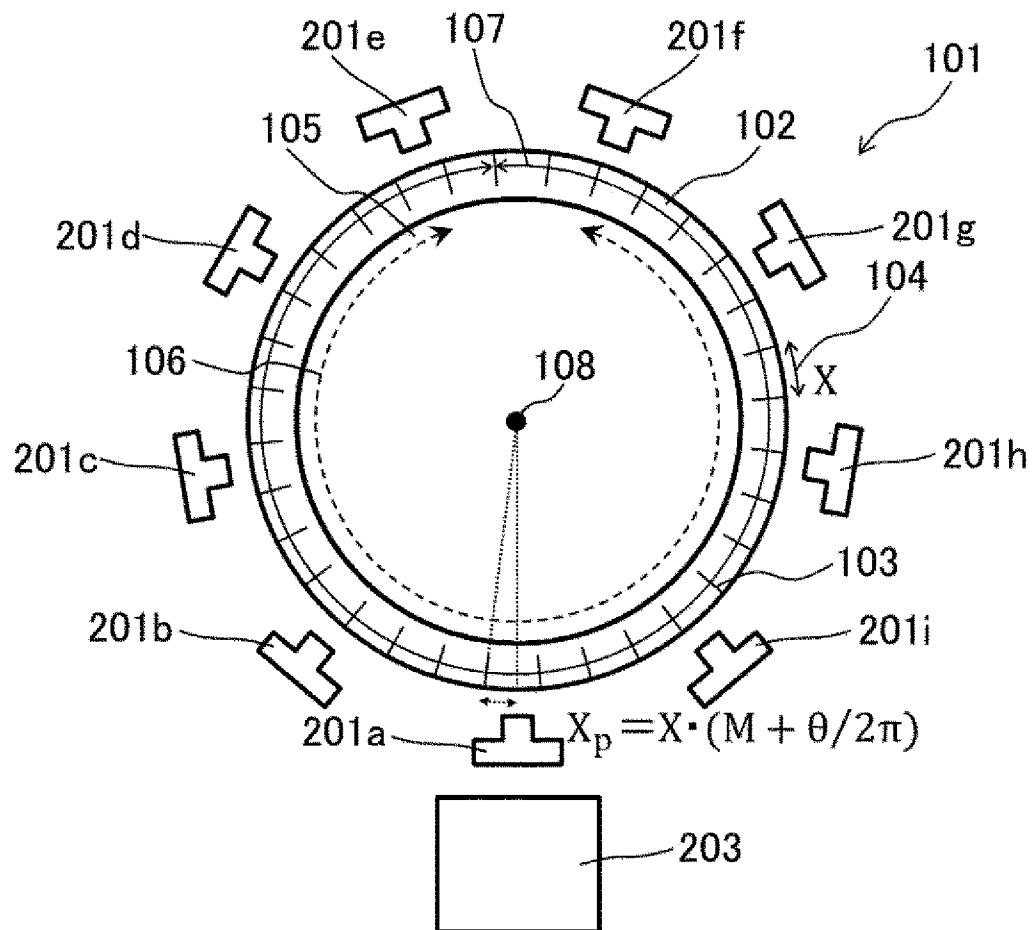
器。

- [請求項6] 前記一周に沿って略等間隔に、前記割り切ることができない整数に一致する数のセンサ配置予定箇所が設定され、前記センサ配置予定箇所の何れかに、前記少なくとも2つのセンサが1つずつ配置されている、請求項3～5の何れか一項に記載の角度検出器。
- [請求項7] 前記センサ配置予定箇所の隣接する2つに、前記少なくとも2つのセンサが1つずつ配置されている、請求項6に記載の角度検出器。
- [請求項8] 前記センサ配置予定箇所の各々に、前記少なくとも2つのセンサが1つずつ配置されている、請求項6に記載の角度検出器。
- [請求項9] 前記少なくとも1つの角度誤差成分は、前記少なくとも2つのセンサの種類によって相違する、請求項1～8の何れか一項に記載の角度検出器。
- [請求項10] 前記少なくとも2つのセンサのうちの1つのセンサからの出力信号とそれ以外のセンサからの出力信号との間の出力信号差を求めることによって自己校正されている、請求項1～9の何れか一項に記載の角度検出器。

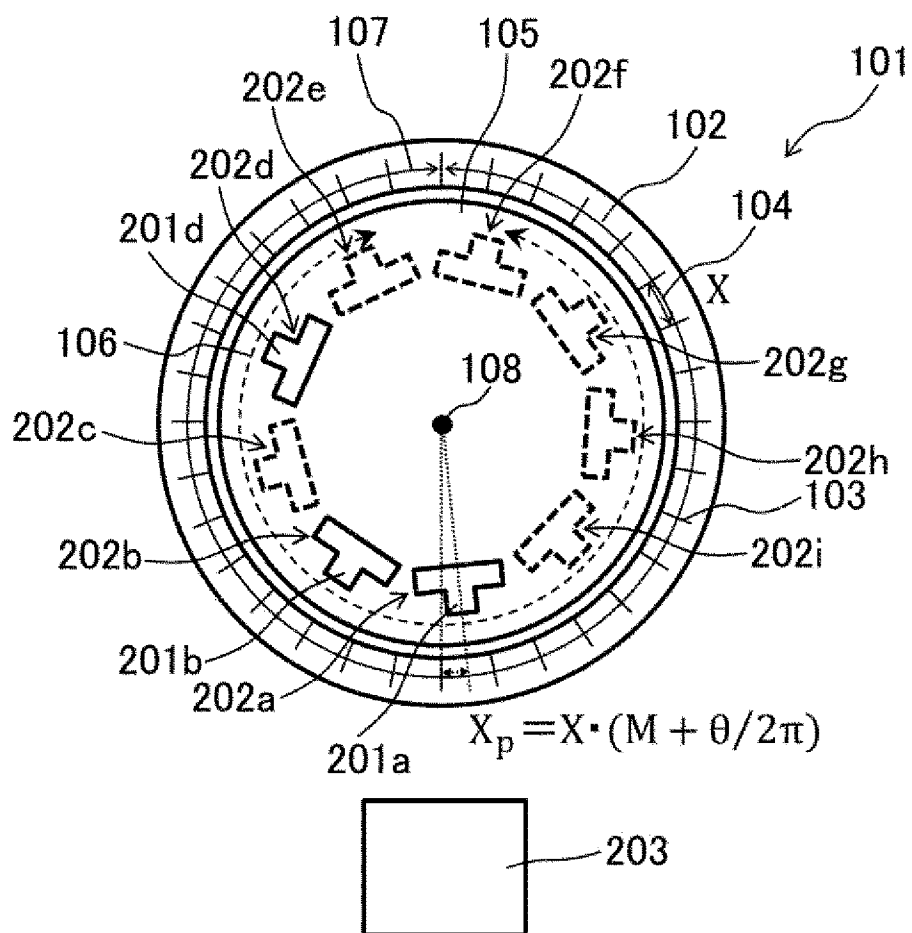
[図1A]

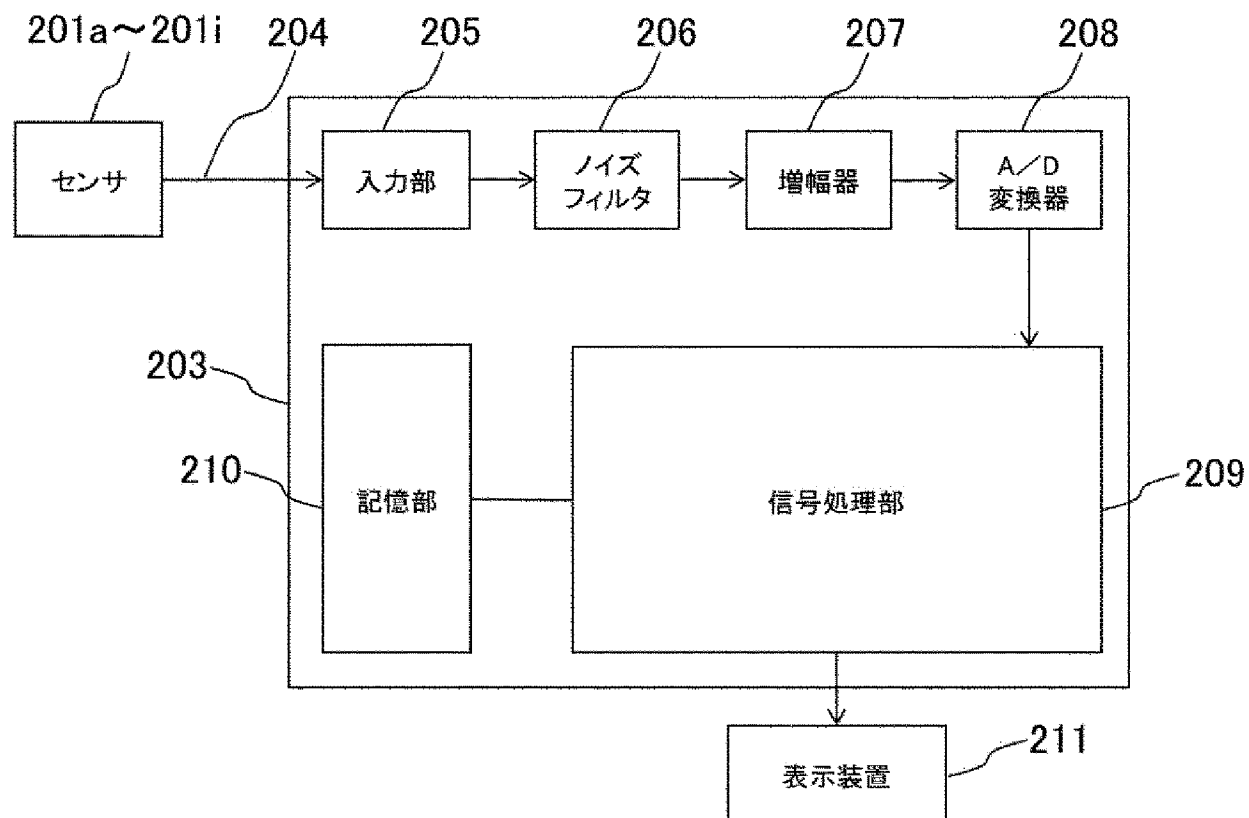


[図1B]

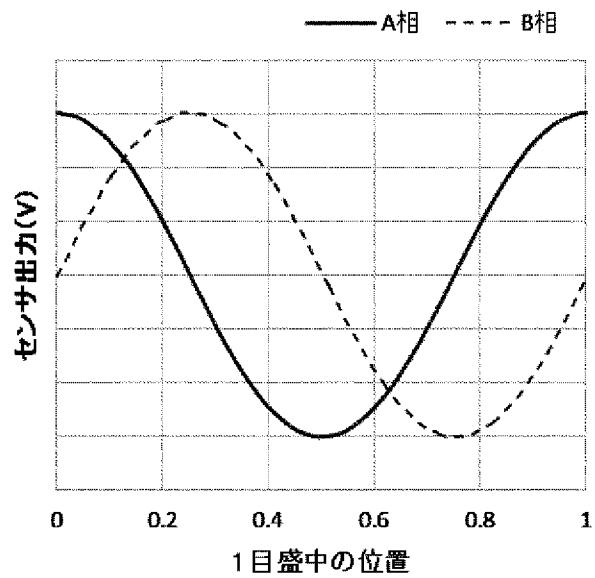


[図2A]

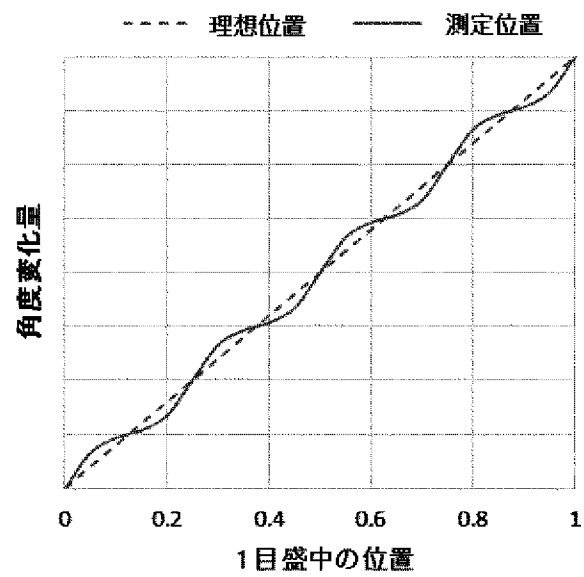




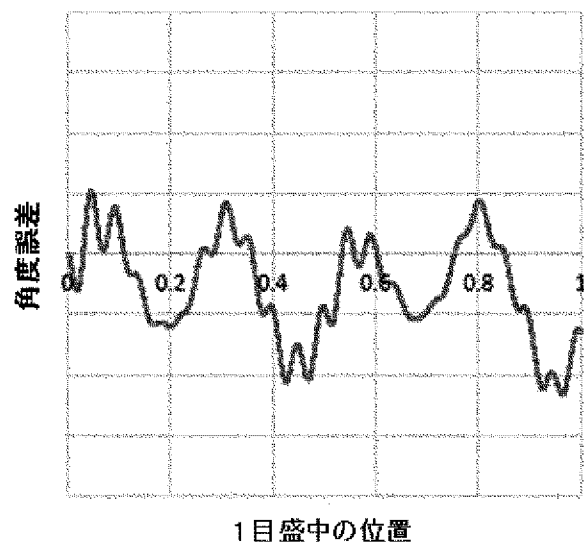
[図4A]



[図4B]



[図4C]



[図5A]

1目盛における 角度誤差成分の次数: p	目盛スケールの一周における 電氣的角度誤差の次数: N_p	センサ配置予定箇所数				
		5	6	7	8	9
1	256	○	○	○	×	○
2	512	○	○	○	×	○
3	768	○	×	○	×	○
4	1024	○	○	○	×	○
5	1280	×	○	○	×	○
6	1536	○	×	○	×	○
7	1792	○	○	×	×	○
8	2048	○	○	○	×	○
9	2304	○	×	○	×	×
10	2560	×	○	○	×	○
○の個数		8	7	9	0	9

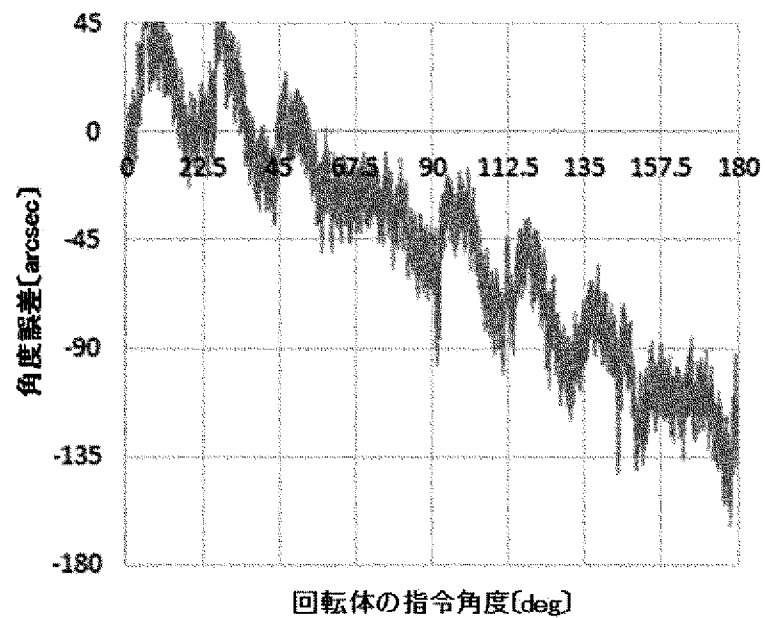
[図5B]

1目盛における 角度誤差成分の次数: p	目盛スケールの一周における 電氣的角度誤差の次数: N_p	センサ配置予定箇所数				
		5	6	7	8	9
1	256	×	○	○	×	○
2	512	○	○	×	×	◎
3	768	○	×	◎	×	○
4	1024	◎	○	×	×	◎
5	1280	×	○	◎	×	×
6	1536	×	×	○	×	○
7	1792	○	○	×	×	×
8	2048	○	○	○	×	○
9	2304	◎	×	×	×	×
10	2560	×	○	◎	×	○
○の個数		4	7	3	0	5
◎の個数		2	0	3	0	2
総得点		8	7	9	0	9

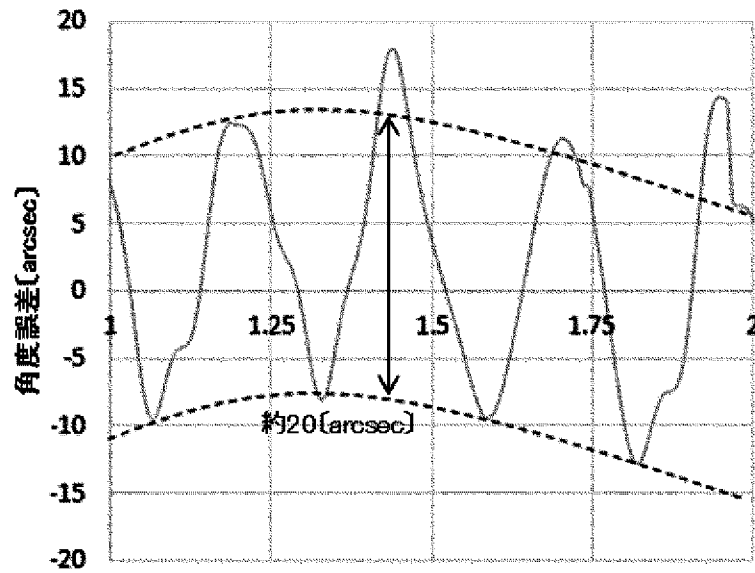
[図5C]

1目盛における 角度誤差成分の次数:p	目盛スケールの一周における 電氣的角度誤差の次数:N _p	目盛数:N					
		254	255	256	257	258	259
1	p×目盛数:N	◎	×	×	○	○	◎
2		○	×	○	◎	×	○
3		○	×	○	×	◎	○
4		×	×	◎	○	○	×
5		×	×	×	×	×	×
6		◎	×	×	○	○	◎
7		○	×	○	◎	×	○
8		○	×	○	×	◎	○
9		×	×	◎	○	○	×
10		×	×	×	×	×	×
○の個数		4	0	4	4	4	4
◎の個数		2	0	2	2	2	2
総得点		8	0	8	8	8	8

[図6A]

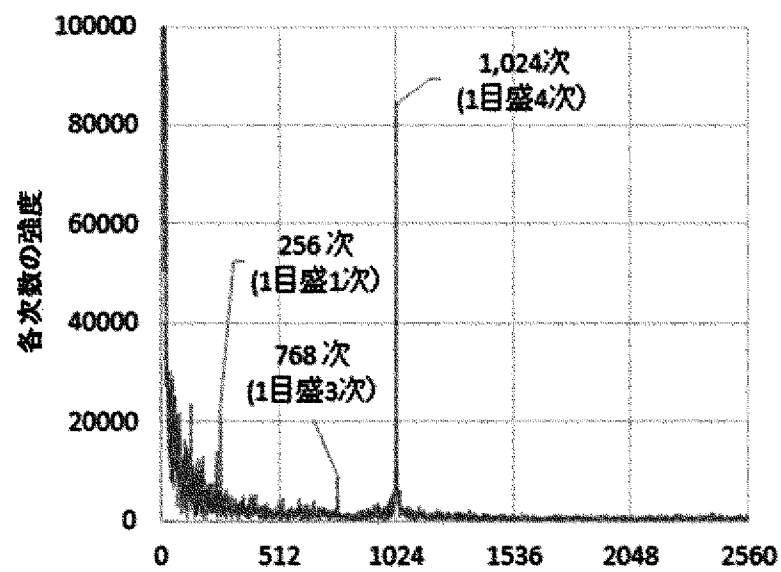


[図6B]



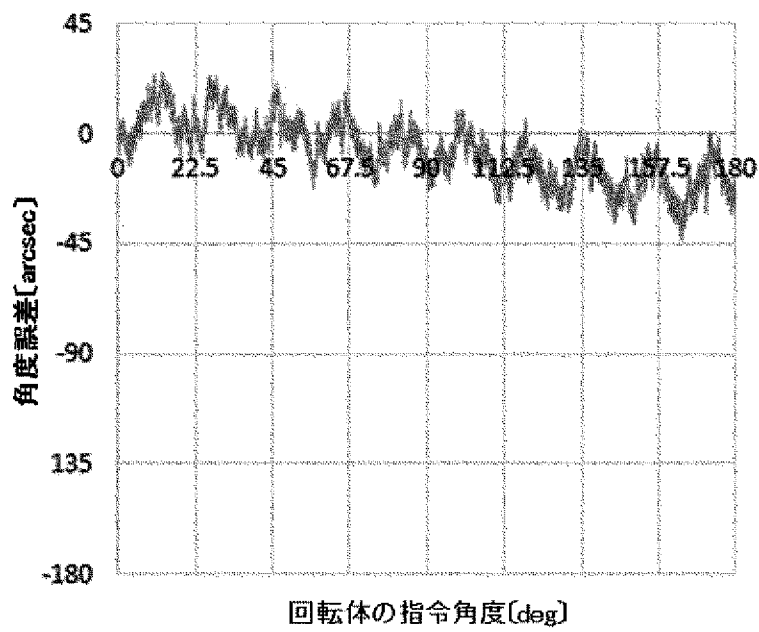
回転体の指令角度を目盛換算した位置

[図6C]

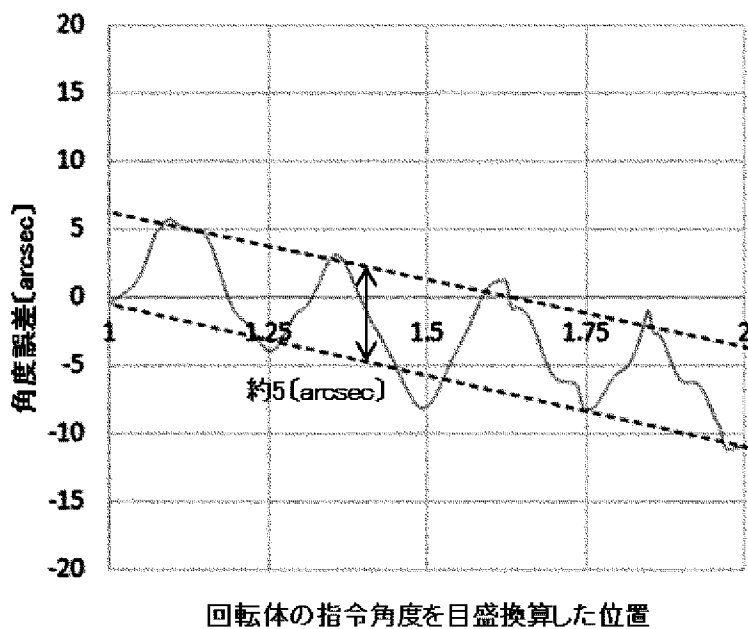


回転体の1周を1周期1次とした角度誤差次数

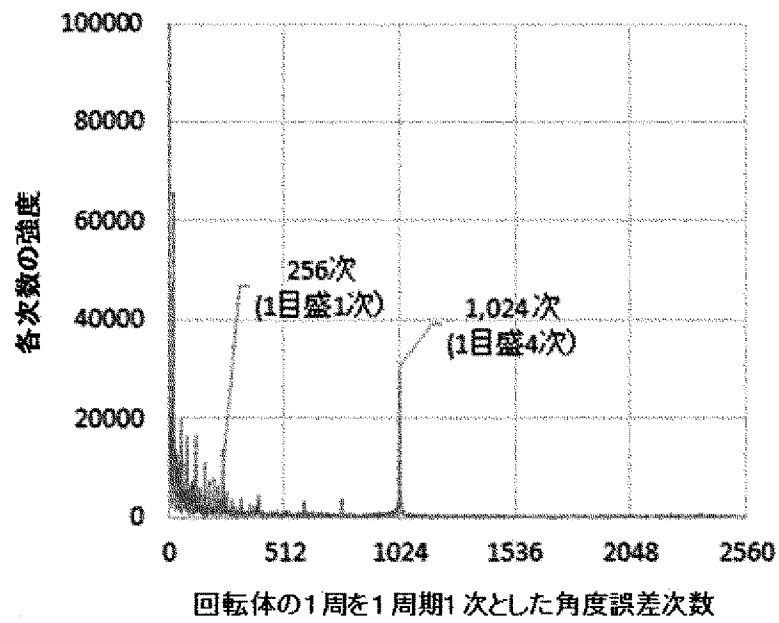
[図7A]



[図7B]



[図7C]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/017642

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01D5/245 (2006.01) i, 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)

Int.Cl. G01D5/00-5/252, G01B7/00-7/34

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
X Y A	JP 2012-519296 A (RLS MERILNA TEHNIKA D.O.O.) 23 August 2012, paragraphs [0015], [0045]-[0060], [0089], fig. 7-14 & US 2012/0025812 A1, paragraphs [0013], [0063]-[0078], [0107], fig. 7-14 & WO 2010/100407 A1 & EP 2404141 A1 & CN 102341674 A	1-3, 6-8 9, 10 4, 5
Y A	JP 60-170710 A (ASAHI OPTICAL CO., LTD.) 04 September 1985, page 2, upper left column, line 10 to lower right column, line 10 (Family: none)	9, 10 1-8



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
20.06.2019

Date of mailing of the international search report
02.07.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/017642

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2012-132714 A (MITSUTOYO CORP.) 12 July 2012, paragraphs [0017]-[0055], fig. 1-9 & US 2012/0151987 A1, paragraphs [0028]-[0057], fig. 1-9 & EP 2466271 A1 & CN 102538837 A	10 1-9
A	JP 2016-118491 A (DMG MORI SEIKI CO., LTD.) 30 June 2016, paragraphs [0004], [0012]-[0061], fig. 1-8 (Family: none)	1-10
A	JP 2005-214920 A (SANKYO SEIKI MFG CO., LTD.) 11 August 2005, paragraphs [0010]-[0063], fig. 1-6 & WO 2005/073672 A1 & CN 1906466 A	1-10
A	US 6433536 B1 (YUNDT, B. G.) 13 August 2002, column 1, line 54 to column 2, line 4, column 3, line 35 to column 9, line 45, fig. 1A-3B & DE 69938221 T2	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01D5/245(2006.01)i, 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 (IPC))

Int.Cl. G01D5/00-5/252, G01B7/00-7/34

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
X Y A	JP 2012-519296 A (アールエルエス メリルナ テニカ ディー. オー. オー) 2012.08.23, 段落[0015], [0045]-[0060], [0089], 図 7-14 & US 2012/0025812 A1, [0013], [0063]-[0078], [0107], FIGs. 7-14 & WO 2010/100407 A1 & EP 2404141 A1 & CN 102341674 A	1-3, 6-8 9, 10 4, 5
Y A	JP 60-170710 A (旭光学工業株式会社) 1985.09.04, 第2頁左上欄第10行-右下欄第10行 (ファミリーなし)	9, 10 1-8

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

20.06.2019

国際調査報告の発送日

02.07.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

吉田 久

2 F

3902

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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 A	JP 2012-132714 A (株式会社ミットヨ) 2012.07.12, 段落[0017]-[0055], 図 1-9 & US 2012/0151987 A1, [0028]-[0057], Figs. 1-9 & EP 2466271 A1 & CN 102538837 A	10 1-9
A	JP 2016-118491 A (DMG森精機株式会社) 2016.06.30, 段落[0004], [0012]-[0061], 図 1-8 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2005-214920 A (株式会社三協精機製作所) 2005.08.11, 段落[0010]-[0063], 図 1-6 & WO 2005/073672 A1 & CN 1906466 A	1-10
A	US 6433536 B1 (YUNDT, B. George) 2002.08.13, 第 1 欄第 54 行-第 2 欄第 4 行, 第 3 欄第 35 行-第 9 欄 45 行, FIGs. 1A-3B & DE 69938221 T2	1-10