

(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
2017年11月16日(16.11.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/195435 A1

(51) 国際特許分類:
H02P 6/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/007391

(22) 国際出願日: 2017年2月27日(27.02.2017)

(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 2016-093728 2016年5月9日(09.05.2016) JP

(71) 出願人: 日本電産株式会社 (NIDEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 藤田 淳(FUJITA, Atsushi); 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 日本電産

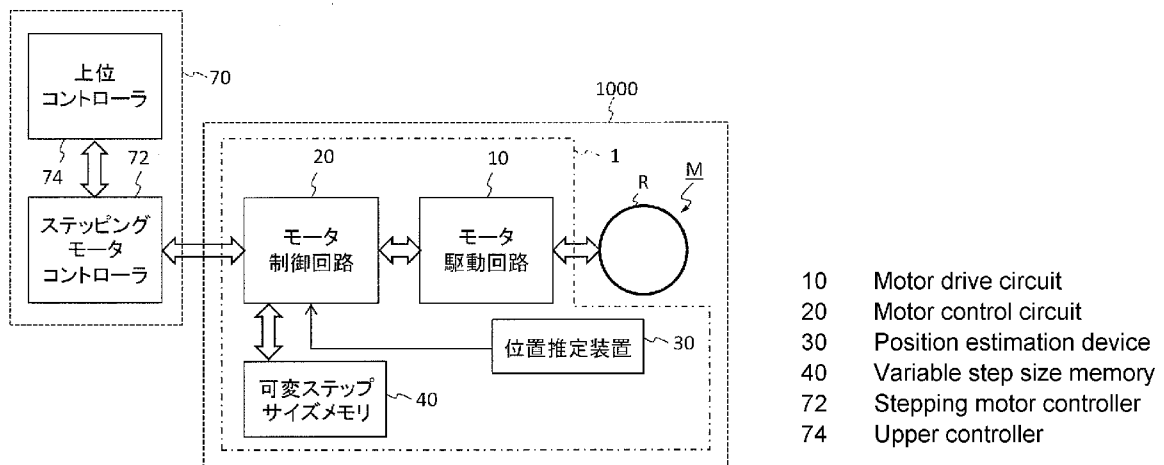
株式会社内 Kyoto (JP). 石上 翔太(ISHIGAMI, Shota); 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 日本電産株式会社内 Kyoto (JP). 福村 友博(FUKUMURA, Tomohiro); 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 日本電産株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 北村 秀明 (KITAMURA, Hideaki); 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 Kyoto (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, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN,

(54) Title: MOTOR MODULE, MOTOR STEP OPERATION CONTROL SYSTEM, AND MOTOR CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: モータモジュール、モータステップ動作制御システム、およびモータ制御装置



(57) Abstract: [Problem] To provide a motor module in which the position change amount of a rotor per pulse is variable. [Solution] In one mode of this motor module, provided are a motor drive circuit 10 that drives a motor M, and a position estimation device 30 that outputs a position estimation signal of a rotor R for the motor M. Furthermore provided are a motor control circuit 20 that issues a voltage command value to the motor drive circuit 10 in response to a pulse signal, and a variable step size memory 40 that stores variable step size information stipulating the position change amount of the rotor R for one pulse of the pulse signal. The position estimation signal is an analog or a digital signal. When a pulse signal is received, the motor control circuit 20 determines the voltage command value on the basis of the position estimation value of the rotor R acquired from the position estimation device 30 and the variable step size information read out from the variable step size memory 40. The motor drive circuit 10 varies the position of the rotor R on the basis of the voltage



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：

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

command value.

- (57) 要約：【課題】 1パルスあたりのロータの位置変化量が可変であるモータモジュールを提供する。
【解決手段】 本発明のモータモジュールは、一態様において、モータMを駆動するモータ駆動回路10と、モータMにおけるロータRの位置推定信号を出力する位置推定装置30とを備える。更に、パルス信号に応答してモータ駆動回路10に電圧指令値を与えるモータ制御回路20と、パルス信号の1パルスに対するロータRの位置変化量を規定する可変ステップサイズ情報を記憶した可変ステップサイズメモリ40とを備える。位置推定信号はアナログまたはデジタルの信号である。モータ制御回路20は、パルス信号を受け取ると、位置推定装置30から取得したロータRの位置推定値と可変ステップサイズメモリ40から読み出された可変ステップサイズ情報とに基づいて電圧指令値を決定する。モータ駆動回路10は電圧指令値に基づいてロータRの位置を変化させる。

明 細 書

発明の名称：

モータモジュール、モータステップ動作制御システム、およびモータ制御装置

技術分野

[0001] 本願は、モータモジュール、モータステップ動作制御システム、およびモータ制御装置に関する。また、本願は、当該モータモジュールを備える装置、およびモータステップ動作制御システムにも関する。

背景技術

[0002] ステッピングモータは、外部装置から入力されたパルス信号に応答して、ロータの位置および速度を変化させることができる。ステッピングモータは、プリンタ、スキャナ、複写機、および複合機などの装置に広く用いられている。しかし、ステッピングモータには、例えばブラシレスDCモータに比べると、振動および騒音が大きい、エネルギー変換効率が低い、脱調するなどの課題がある。

[0003] 特開2015-19563号公報は、ステッピングモータをブラシレスDCモータによって置き換えた画像形成装置を開示している。この装置におけるブラシレスDCモータは、ロータの位置を指定するパルス信号を受けると、1パルスごとに単位ステップ角でロータを回転させる。ブラシレスDCモータにおけるロータの位置を示す信号（回転位置検出信号）は、ブラシレスDCモータから出力された磁極位相信号を変換して作られる。この回転位置検出信号は、公知のロータリエンコーダから出力される信号と等価な2相のパルス列である。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2015-19563号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特開 2015-19563 号公報に開示されている装置によれば、ロータの位置は、固定された単位ステップ角で変化する。この単位ステップ角の大きさは、回転位置検出信号のパルス周期に等しいか、パルス周期の 2 以上の整数倍である。

[0006] 本開示は、1 パルスあたりのロータの位置変化量が可変であるモータモジュール、モータステップ動作制御システム、およびモータ制御装置を提供する。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示のモータモジュールは、一態様において、可動子および固定子を有するモータと、前記モータを駆動するモータ駆動回路と、前記可動子の位置推定値を示すアナログまたはデジタルの位置推定信号を出力する位置推定装置と、前記モータ駆動回路に接続され、パルス信号に応答して前記モータ駆動回路に電圧指令値を与えるモータ制御回路と、前記パルス信号の 1 パルスに対する前記可動子の位置変化量を規定する可変ステップサイズ情報を記憶したメモリとを備える。前記モータ制御回路は、前記パルス信号を受け取ると、前記位置推定装置から取得した前記可動子の位置推定値と、前記メモリから読み出された前記可変ステップサイズ情報とに基づいて、前記電圧指令値を決定する。前記モータ駆動回路は、前記電圧指令値に基づいて、前記可動子の位置を変化させる。

[0008] 本開示の装置は、一態様において、前記モータモジュールと、前記モータモジュールが備えるモータに接続された機械部品と、前記パルス信号を前記モータ制御回路に入力するコントローラと、を備える。

[0009] 本開示のモータステップ動作制御システムは、一態様において、可動子および固定子を有するモータを駆動するモータ駆動回路と、前記可動子の位置推定値を示すアナログまたはデジタルの位置推定信号を出力する位置推定装置と、前記モータ駆動回路に接続され、パルス信号に応答して前記モータ駆動回路に電圧指令値を与えるモータ制御回路と、前記パルス信号の 1 パルス

あたりに対する前記可動子の位置変化量を規定する可変ステップサイズ情報を記憶したメモリとを備える。前記モータ制御回路は、前記パルス信号を受け取ると、前記位置推定装置から取得した前記可動子の位置推定値と、前記メモリから読み出された前記可変ステップサイズ情報とに基づいて、前記電圧指令値を決定する。前記モータ駆動回路は、前記電圧指令値に基づいて、前記可動子の位置を変化させる。

[0010] 本開示のモータ制御装置は、一態様において、可動子および固定子を有するモータを駆動するモータ駆動回路と、前記可動子の位置推定値を示すアナログまたはデジタルの位置推定信号を出力する位置推定装置とに接続されて使用されるモータ制御装置であって、位置指令値および前記位置推定値に基づいて電圧指令値を生成し、前記電圧指令値を前記モータ駆動回路に与える制御回路と、外部装置から入力されるパルス信号の1パルスに対する前記可動子の位置変化量を規定する可変ステップサイズ情報を記憶したメモリと、前記パルス信号および前記可変ステップサイズ情報に基づいて前記位置指令値を生成する位置指令値生成回路とを備える。

[0011] 本開示のステップ動作制御方法は、一態様において、可動子および固定子を有するモータのステップ動作制御方法であって、モータ制御装置によって、前記可動子の位置推定値を示すアナログまたはデジタルの位置推定信号を生成することと、前記モータ制御装置によって、外部装置から入力されるパルス信号の1パルスあたりに対する前記可動子の位置変化量を規定する可変ステップサイズ情報をメモリから取得することと、前記モータ制御回路によって、前記外部装置からパルス信号を受け取り、前記可動子の位置推定値と前記可変ステップサイズ情報とに基づいて前記電圧指令値を生成することと、前記モータ駆動回路によって、前記電圧指令値に基づいて前記可動子の位置を可変ステップで変化させることとを含む。

発明の効果

[0012] 本発明の実施形態によれば、メモリに記録されている「可変ステップサイズ情報」を変更することにより、1パルスあたりのロータの位置変化量（典

型的にはステップ角)を変化させることができる。本発明のある実施形態によれば、モータの機械的構造を変更することなく、1パルスあたりのロータの位置変化量を目的とする大きさにすることができる。このようなステップサイズの変更は、モータの機械的構造を変化させることなく、メモリ内のデータを更新したり、外部装置からの信号入力またはスイッチ動作によって行うことも可能になる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図1は、本開示によるモータモジュールの例示的な基本構成を示すブロック図である。

[図2]図2は、本開示によるモータモジュールにおけるモータ制御回路20のハードウェア構成の例を示す図である。

[図3A]図3Aは、モータ制御回路20の機能ブロックを模式的に示す図である。

[図3B]図3Bは、位置推定装置30から出力されたロータRの位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ を示す信号の例を示す図である。

[図4A]図4Aは、図1の外部装置70からモータモジュール1000に与えられるパルス信号の波形例(左側)と、ロータRの位置変化(右側)との関係を模式的に示す図である。

[図4B]図4Bは、外部装置70からモータモジュール1000に与えられるパルス信号の波形例(左側)と、ロータRの位置変化(右側)との関係の他の例を模式的に示す図である。

[図4C]図4Cは、外部装置70からモータモジュール1000に与えられるパルス信号の波形例(左側)と、ロータRの位置変化(右側)との関係の更に他の例を模式的に示す図である。

[図4D]図4Dは、外部装置70からモータモジュール1000に与えられるパルス信号の波形例(左側)と、ロータRの位置変化(右側)との関係の更に他の例を模式的に示す図である。

[図5A]図5Aは、外部装置70からモータモジュール1000に与えられる

パルス信号の波形例（左側）と、ロータ R の位置変化（右側）との関係の更に他を模式的に示す図である。

[図5B]図 5 B は、外部装置 7 0 からモータモジュール 1 0 0 0 に与えられるパルス信号の波形例（左側）と、ロータ R の位置変化（右側）との関係の更に他の例を模式的に示す図である。

[図6]図 6 は、ロータ R の回転速度と時間との関係を示すグラフ（上段）と、外部装置 7 0 からモータモジュール 1 0 0 0 に与えられるパルス信号の波形例（下段）とを示す図である。

[図7]図 7 は、ロータ R の回転方向を指定する信号を受け取ることのできる位置指令値生成回路 5 2 0 A、5 2 0 B の例を示す図である。

[図8A]図 8 A は、位置指令値生成回路 5 2 0 A の C W 端子および C C W 端子に入力される信号の波形を示す図である。

[図8B]図 8 B は、位置指令値生成回路 5 2 0 B の S T M P 端子および D I R 端子に入力される信号の波形の他の例を示す図である。

[図8C]図 8 C は、位置指令値生成回路 5 2 0 B の S T M P 端子および D I R 端子に入力される信号の波形の更に他の例を示す図である。

[図9]図 9 は、本開示におけるモータ制御回路 2 0 の機能ブロックの詳細構成例を示す図である。

[図10]図 1 0 は、位置指令値生成回路 5 2 0 の構成例を示すブロック図である。

[図11]図 1 1 は、位置指令値生成回路 5 2 0 による位置指令値の生成動作の一例を示すフローチャートである。

[図12]図 1 2 は、本開示の実施形態に係るモータモジュール 1 0 0 0 の構成の一例を示す概略図である。

[図13]図 1 3 は、実施形態に係るモータ M の概略構成図である。

[図14]図 1 4 は、実施形態に係る増幅回路 2 0 0 が出力する検出信号 H u 0、H v 0、H w 0 の一例を説明する図である。

[図15]図 1 5 は、実施形態に係る A D 変換器 3 1 が出力する検出信号 H u 0

’、 $H_v O'$ 、 $H_w O'$ の一例を説明する図である。

[図16]図16は、実施形態に係る3つの検出信号 $H_u O'$ 、 $H_v O'$ 、 $H_w O'$ の大小関係、交差点、ゼロクロス点、分割信号について説明する図である。

[図17]図17は、実施形態に係る電気角1周期分の分割信号の接続について説明する図である。

[図18]図18は、線分接続部323による動作の分割信号の機械角1周期分の接続についての具体例を示す図である。

[図19]図19は、実施形態に係るモータモジュール1000の他の構成例を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下において、特段の断りがない場合、上付きの*は、指令値を表している。また、ハットの符号^は、推定値を表す。本開示において、CW回転とは、モータの出力軸側から見て時計まわり方向の回転である。CCW回転とは、出力軸側から見て反時計まわり方向の回転である。

[0015] まず、図1を参照しながら、本開示によるモータモジュールの例示的な基本構成を説明する。

[0016] 図1に例示されているモータモジュール1000は、モータMと、モータMの動作を制御するモータステップ動作制御システム1とを備えている。モータMは、ロータRと不図示のステータとを備えている。本開示におけるモータMの典型例は、ブラシレスDCモータであり、ステッピングモータではない。モータステップ動作制御システム1は、モータMを駆動するモータ駆動回路10と、モータ駆動回路10に接続されているモータ制御回路20とを備えており、モータMにステップ動作を実行させることが可能である。なお、図1には、ブロック間に双方向の白抜き矢印が記載されている。この矢印は、信号およびデータなどの情報が常に2方向に移動し得ることを意味していない。例えば、モータ駆動回路10とモータ制御回路20との間では、モータ制御回路20からモータ駆動回路10に向かって1方向に信号が送ら

れても良い。

[0017] モータモジュール1000は、外部装置70に接続されている。この例における外部装置70は、ステッピングモータコントローラ72と、ステッピングモータコントローラ72を制御する上位コントローラ74とを備えている。ステッピングモータコントローラ72は、通常のステッピングモータを駆動するためのパルス信号を出力する。モータ制御回路20は、このパルス信号を受け取り、ステッピングモータではないモータMにステップ動作を実行させることができる。モータ駆動回路10は、モータ制御回路20から出力された電圧指令値に基づいて、モータMの動作に必要な電圧を与える。モータ駆動回路10は、例えばインバータ回路およびブリッドライバを備えている。インバータ回路は、複数のパワートランジスタを有するブリッジ回路であり得る。モータ駆動回路10は、電圧指令値として、典型的にはパルス幅変調(PWM)信号をモータ制御回路20から受け取り、擬似的な正弦波電圧をモータMに与える。

[0018] 本開示のモータモジュール1000が例えば複合機に使用される場合、外部装置70は、ステッピングモータコントローラ72以外の種々の制御回路を備えている。一般に、そのような制御回路は、ステッピングモータコントローラ72とともに、1個または複数個の特定用途向け集積回路チップによって実現され得る。このため、従来の複合機におけるステッピングモータを他のモータ(例えばブラシレスDCモータ)に置き換える場合、ステッピングモータコントローラ72の機能をブラシレスDCモータの動作のために変更することは困難である。本開示によるモータモジュール1000の構成によれば、ステッピングモータの使用を前提として製造された外部装置70の基本設計を変更することなく、ステッピングモータを他の種類のモータMに変更して使用することが可能になる。

[0019] 図示されているモータモジュール1000は、ロータRの位置推定信号を出力する位置推定装置30と、可変ステップサイズ情報を記憶した可変ステップサイズメモリ40とを更に備えている。位置推定信号は、ロータRの位

置推定値を示す信号である。位置推定信号は、位置推定装置 30 からモータ制御回路 20 に入力される。本実施形態における位置推定装置 30 が出力する位置推定信号は、パルス列ではなく、ロータ R の位置に応じて線形的に変化する大きさを有している。この点において、本開示における位置推定信号は、公知のロータリエンコーダが出力する回転位置検出信号とは大きく異なる。位置推定信号例の概略については、のちに図 3 B を参照して説明する。

[0020] 前述したように、ロータリエンコーダから出力される信号の典型例は、2 相パルス列である。2 相パルス列に基づいてロータ R の位置を制御しようとすると、2 相パルス列のパルス間隔よりも狭い分解能でロータ R の位置を制御することはできない。しかし、後に説明するように、本開示によるモータモジュールの実施形態では、位置推定信号がロータ R の位置（機械角）の変化に応じて線形的に変化する大きさを持つ。このため、ロータリエンコーダの分解能に制限されずにロータ R の位置決めを行うことが可能になる。また、その結果、外部装置 70 が送出するパルス信号の 1 パルスに対する「ロータの位置変化量（ステップサイズ）」を自在に変更することも可能になる。

[0021] 外部装置 70 から入力されるパルス信号の 1 パルスに対する「ロータの位置変化量」を規定する情報、すなわち「可変ステップサイズ情報」は、可変ステップサイズメモリ 40 に記憶されている。従来、ステッピングモータにおけるパルス信号の 1 パルスに対するロータの位置変化量（回転角度）は、「ステップ角」と称されている。例えばステップ角が 0.9° の場合、パルス信号の 1 パルスに対するロータの位置変化量は 0.9° である。従来のステッピングモータでは、ステップ角の最小単位は、モータの機械的構造によって決まっている。ステップ角の最小単位が 0.9° であるステッピングモータを使用する場合、 0.9° よりも小さな任意の角度でロータの位置決めを行うことはできない。しかし、本開示の実施形態によれば、パルス信号の 1 パルスに対するロータの位置変化量を、モータの機械的構造に制約されることなく決定することができる。この詳細は後述する。

[0022] 本開示によるモータ制御回路 20 は、外部装置 70 からパルス信号を受け

取ると、位置推定装置 30 から取得したロータ R の位置推定値と、可変ステップサイズメモリ 40 から読み出した可変ステップサイズ情報とに基づいて、電圧指令値を決定する。モータ駆動回路 10 は、この電圧指令値に基づいてモータ M を駆動し、ロータ R の位置を変化させる。

[0023] モータ制御回路 20 は、例えば図 2 に示されるハードウェア構成を有していても良い。この例におけるモータ制御回路 20 は、互いにバス接続された CPU（中央演算ユニット）54、PWM 回路 55、ROM（リードオンリーメモリ）56、RAM（ランダムアクセスメモリ）57、および I/F（入出力インタフェース）58 を有している。図示されていない他の回路またはデバイス（AD 変換器など）が付加的にバスに接続されていても良い。PWM 回路 55 は、図 1 のモータ駆動回路 10 に PWM 信号を与える。CPU 54 の動作を規定するプログラムおよびデータは、ROM 56 および RAM 57 の少なくとも一方に記憶されている。このようなモータ制御回路 20 は、例えば 32 ビットの汎用的なマイクロコントローラによって実現され得る。そのようなマイクロコントローラは、例えば 1 個または複数の集積回路チップから構成され得る。

[0024] 上述した可変ステップサイズメモリ 40 は、図 1 において、モータ制御回路 20 から分れて記載されているが、モータ制御回路 20 内の ROM 56 および RAM 57 の少なくとも一方の一部が可変ステップサイズメモリ 40 を実現していても良い。また、モータ制御回路 20 が位置推定装置 30 の機能の一部または全部を実現しても良い。

[0025] モータ制御回路 20 が行う各種の動作の詳細については、後述する。典型的には、モータ制御回路 20 が行う各種の動作は、プログラムによって規定されている。プログラムの内容の一部または全部を更新することにより、モータ制御回路 20 の動作の一部または全部を変更することが可能である。そのようなプログラムの更新は、プログラムを格納した記録媒体を用いて行ってもよいし、有線または無線の通信によって行っても良い。通信は、図 2 の I/F 58 を用いて行うことができる。図 2 に示される CPU 54 の演算量

を低減するために、モータ制御回路20が行う各種の動作の一部、例えばベクトル演算の一部が、その演算専用のハードウェア回路によって実行されてもよい。

[0026] 図3Aは、モータ制御回路20の機能ブロックを模式的に示す図である。図示されているモータ制御回路20は、信号処理回路500、位置指令値生成回路520、および演算器540を有している。位置指令値生成回路520は、外部装置70から入力されたパルス信号に基づいて位置指令値 Θ^* を生成し、演算器540に入力する。

[0027] 演算器540には、位置推定装置30から出力された位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ も入力される。位置推定装置30は、ロータRの位置をセンシングする検出装置150からの信号に基づいてロータRの位置を推定する。例えば、位置指令値 Θ^* が 45.5° 、位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ が 30° であるとき、演算器540および信号処理回路500は、ロータRを $\Theta = 30^\circ$ の位置から $\Theta = 45.5^\circ$ の位置に移動させる（回転させる）ための電圧指令値を算出する。この電圧指令値は、ロータRの位置変化に応じて適切な値が算出され、例えば約50マイクロ秒間隔でモータ駆動回路10に与えられる。モータ制御回路20は、位置推定装置30から受け取る位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ が位置指令値 Θ^* に等しくなるまで、モータ駆動回路10を制御してモータMを駆動する。モータ制御回路20が電圧指令値としてPWM信号を出力する場合、電圧指令値を出力する周期を「PWM周期」と呼んでもよい。

[0028] 図3Bは、位置推定装置30から出力された位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ を示す信号の波形例を示す図である。ロータRの機械角が 0° から 360° までの増加する過程において、位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ を示す信号の大きさは、ゼロから線形的に所定値まで増加する。言い換えると、ロータRが1回転しているとき、位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ を示す信号の大きさは、連続的かつ直線的に変化する。ロータRが2回転以上回転するとき、位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ を示す信号の大きさは、周期的に変動する。この周期は、ロータRが1回転する時間に一致する。また、ロータRの機械角の位置に応じて、位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ を示す信号は、異なる大き

さを持つ。位置推定値 $\hat{\theta}$ を示す信号の大きさからロータRの機械角（位置）を一義的に特定することができる。

[0029] 図3Bの例において、ロータRは、時刻 t_1 から時刻 t_2 までの期間に一定の回転速度で4回転している。また、ロータRは、時刻 t_3 から時刻 t_4 までの期間に一定の回転速度で4回転している。時刻 t_1 から時刻 t_2 までの期間の回転速度よりも、時刻 t_3 から時刻 t_4 までの期間の回転速度の方が高い。

[0030] 図4Aは、図1の外部装置70からモータモジュール1000に与えられるパルス信号の波形例（左側）と、ロータRの位置変化（右側）との関係を模式的に示す図である。この例において、モータモジュール1000のモータ制御回路20は、外部装置70のステッピングモータコントローラ72から、パルスP1、パルスP2、パルスP3、パルスP4、およびパルスP5を、順次、受け取る。

このようなパルスは、例えば1秒間の間に数十～数十万個のレートで、モータ制御回路20に入力され得る。ロータRは、パルス信号に応答して回転する。図4Aでは、1パルスに対するロータRの位置変化量、すなわちステップ角 $S_1 \sim S_5$ は、 0.9° である。

[0031] 図4B、図4C、および図4Dは、それぞれ、図1の外部装置70からモータモジュール1000に与えられるパルス信号の波形例（左側）と、ロータRの位置変化（右側）との関係の他の例を模式的に示す図である。いずれの例においても、外部装置70からモータモジュール1000に与えられるパルス信号の波形例（左側）は、同じである。モータモジュール1000のハードウェアは、図4A～4Dの例において、共通している。しかし、図4Bの例において、1パルスに対するロータRの位置変化量、すなわちステップ角 $S_1 \sim S_5$ は、図4Aの例とは異なり、 0.7° である。このようなステップ角の変更は、演算に用いる可変ステップサイズ情報の変更によって実現されている。この可変ステップサイズ情報の設定または変更は、モータモジュール1000の生産時または出荷時にモータモジュール1000ごとに

実行することも可能であるが、個々のモータモジュール1000について、起動時または動作の途中に行うことも可能である。以下の例では、動作の途中に可変ステップサイズ情報を変更している。

[0032] 図4Cの例において、1パルスに対するロータRの位置変化量、すなわちステップ角は、パルスP1～P3に対して 0.7° であるが、パルスP4～P5に対して 1.5° である。この例におけるステップ角は、動作の途中に変化している。この変化の前後において、一方のステップ角は他方のステップ角の整数倍ではない。図4Dの例において、1パルスに対するロータRの位置変化量、すなわちステップ角は、パルスP1に対して 3.2° であり、パルスP2～P5に対して 0.45° である。1つのパルスに対するロータRの位置変化量を極端に大きくすることも可能である。例えば、1つのパルスに応答して、ロータRを1回転(360°)、またはそれ以上動かすことも可能である。

[0033] 図5Aおよび図5Bは、それぞれ、図1の外部装置70からモータモジュール1000に与えられるパルス信号の波形例（左側）と、ロータRの位置変化（右側）との関係を模式的に示す図である。図5Aの例と図5Bの例との間にある差異は、外部装置70からモータモジュール1000に与えられるパルス信号のパルスレートにある。パルスレートは、単位時間あたりにモータモジュール1000に入力されるパルスの個数を意味する。パルスレートは「パルス周波数」と呼ばれることもある。図5Bに示されるパルス信号のパルスレートは、図5Aに示されるパルス信号のパルスレートよりも低い。図5Aおよび図5Bの例では、ステップ角は 0.7° で共通しているが、パルスレートが異なるためロータRの回転速度（位置変化速度）が異なる。より具体的には、パルスレートが高いほど、ロータRの回転速度は高くなる。

[0034] 図6は、ロータRの回転速度と時間との関係を示すグラフ（上段）と、外部装置70からモータモジュール1000に与えられるパルス信号の波形例（下段）とを示す図である。時刻T1から時刻T2までの期間において、パ

ルスレートは直線的に高くなり、それに伴ってロータ R の回転速度も増加している。また時刻 T 2 から時刻 T 3 までの期間では、パルスレートは一定であり、ロータ R の回転速度も一定である。更に時刻 T 3 から時刻 T 4 までの期間では、パルスレートは直線的に低くなり、それに伴ってロータ R の回転速度も低下している。このように、パルス信号に含まれるパルスレートにより、ロータ R の回転速度を制御することができる。

[0035] モータモジュール 1000 には、外部装置 70 からロータ R の回転方向を指定する信号が入力されても良い。図 7 は、ロータ R の回転方向を指定する信号を受け取ることのできる位置指令値生成回路 520 の例を示している。図 7 の左側に示されている位置指令値生成回路 520 A は、CW 端子および CCW 端子を有している。図 7 の右側に示されている位置指令値生成回路 520 B は、STMP 端子および DIR 端子を有している。本開示において、ロータ R の回転方向の指定は、いずれの位置指令値生成回路 520 を用いても良い。

[0036] 次に、図 8 A ～ 図 8 C を参照して、位置指令値生成回路 520 の入力端子に与えられる外部入力信号の例を説明する。

[0037] 図 8 A は、位置指令値生成回路 520 A の CW 端子および CCW 端子に入力される信号の波形を示す図である。図 8 A に示される例では、位置指令値生成回路 520 A の CW 端子にパルス信号が入力される場合と、CCW 端子にパルス信号が入力される場合とで、ロータ R の回転方向が異なる。例えば CW 端子にパルス信号が入力されているとき、ロータ R は第 1 の方向に回転し、CCW 端子にパルス信号が入力されているとき、ロータ R は第 1 の方向とは反対の第 2 の方向に回転する。

[0038] 図 8 B は、位置指令値生成回路 520 B の STMP 端子および DIR 端子に入力される信号の波形の他の例を示す図である。図 8 B に示される例では、パルス信号は位置指令値生成回路 520 B の STMP 端子に入力される。DIR 端子に論理「低」の信号を与えるか、論理「高」の信号を与えるかによって、ロータ R の回転方向が異なる。例えば DIR 端子に論理「低」の信

号が与えられているとき、ロータ R は第 1 の方向に回転する。D I R 端子に論理「高」の信号が与えられているとき、ロータ R は第 1 の方向とは反対の第 2 の方向に回転する。

[0039] 図 8 C は、位置指令値生成回路 5 2 0 B の S T M P 端子および D I R 端子に入力される信号の波形の他の例を示す図である。図 8 C に示される例では、位置指令値生成回路 5 2 0 B の S T M P 端子および D I R 端子に 2 相のパルス信号が与えられる。位相の進み／遅れにより、ロータ R の回転方向が異なる。例えば S T M P 端子に入力されるパルス信号の位相が、D I R 端子に入力されるパルス信号の位相よりも進んでいるとき、ロータ R は第 1 の方向に回転する。S T M P 端子に入力されるパルス信号の位相が、D I R 端子に入力されるパルス信号の位相よりも遅れているとき、ロータ R は第 1 の方向とは反対の第 2 の方向に回転する。

[0040] 上記の波形および位置指令値生成回路 5 2 0 の端子構成は、典型的な例に過ぎず、本開示の実施形態を限定しない。

[0041] 次に、図 9 を参照しながら、モータ制御回路 2 0 をより詳しく説明する。図 9 は、本開示におけるモータ制御回路 2 0 の機能ブロックの構成例を示す図である。この例において、モータ制御回路 2 0、位置推定装置 3 0、および可変ステップサイズメモリ 4 0 は、マイクロコントローラによって実現されている。本願では、このようなマイクロコントローラを「モータ制御装置」と称し、参照符号「1 0 0」で示す場合がある。

[0042] 図 9 に示されるモータ制御回路 2 0 は、位置指令値生成回路 5 2 0 と、速度指令値生成回路 5 4 5 と、比較器 5 5 0 a、5 5 0 b と、速度指令値生成回路 5 6 0 とを備えている。図 9 では、簡単のために各構成要素の「回路」の用語の記載を省略している。

[0043] 位置指令値生成回路 5 2 0 は、例えば図 8 A、8 B、および 8 C に例示されるようなパルス信号を受け取り、位置指令値 Θ^* を生成する。位置指令値生成回路 5 2 0 は、可変ステップサイズメモリ 4 0 の内容をテーブルとして記憶していてもよい。例えば、位置指令値生成回路 5 2 0 は図 1 0 に示される

構成を有し得る。図10に示される例において、位置指令値生成回路520は、可変ステップサイズメモリと同じ機能を発揮するメモリをテーブルとして備えている。位置指令値生成回路520は、図1の外部装置70から出力された信号（外部信号）を受け取る複数の端子を備えている。これら複数の端子は、STMP端子、DIR端子、およびST-SIZE端子を含んでいる。

[0044] STMP端子およびDIR端子は、前述したように、図1のステッピングモータコントローラ72からパルス信号を受け取る。ST-SIZE端子は、外部装置70から、ステップサイズを指定する外部信号を受け取る。このステップサイズを指定する外部信号は、位置指令値生成回路520が備えるテーブルにおける番号を特定し、その番号によって定まる値（テーブル値）を読み出す。テーブルの番号は、例えば「0」、「1」、「2」、および「3」である。テーブルの番号「0」、「1」、「2」、および「3」は、それぞれ、例えば「0.45」、「0.90」、「1.80」、および「10.0」の値を有している。これらの複数のテーブル値がステップサイズ（ステップ角）の候補値である。

[0045] テーブル番号を示す信号は、例えば図1の外部装置70の上位コントローラ74から出力され得る。図10に示されている例においては、4個のST-SIZE端子に、それぞれ、テーブル番号の「0」、「1」、「2」、および「3」が割り当てられている。4個のST-SIZE端子のいずれか1個の端子には、外部装置70から、ステップサイズを指定する信号として、例えば論理「高」の電位が与えられ、他の3個の端子には、例えば論理「低」の電位が与えられる。論理「高」の電圧が与えられた1個のST-SIZE端子に「0.45」のテーブル値が与えられている場合、ステップサイズとして0.45°が用いられることになる。ステップサイズの決定は、例えば起動時に行うことができる。また、動作中にステップサイズの変更を行うこともできる。モータ制御装置100は、可変ステップサイズメモリ40に記憶されている複数の候補値から、任意の1つを選択するピンまたはインタ

フェースを備えていてもよい。

[0046] テーブル番号の指定は、1ビット以上のデータによって行ってもよい。その場合、 m 個のST-SIZE端子により、 2^m 個のステップサイズ候補から任意の1個の値を指定することができる。また、テーブル番号の指定には、シリアル通信等の通信手段によって行っても良い。このようなステップサイズの指定は、図1の外部装置70における上位コントローラ74が行ってもよいし、他のコントローラによって行ってもよい。また、機械的なスイッチにより、モータモジュール1000の製造者またはユーザがステップサイズを選択してもよい。テーブルまたは可変ステップサイズメモリ40に記憶される値を、外部から更新することも可能である。

[0047] ある実施形態における位置指令値生成回路520は、以下の式に基づいて、位置指令値 Θ^* を生成する。

$$\Theta^* = \Theta_{\text{set}} \times N_{\text{STMP}} \times \text{Dir} + \Theta^{\wedge} \quad (\text{式1})$$

ここで、 $\Theta^{\wedge}$ は位置推定値、 Θ_{set} はステップサイズ、 N_{STMP} は設定された期間内に外部装置70から入力されたパルス信号のパルスカウント数、Dirはロータの回転方向（位置変化方向）を規定する符号である。位置変化方向が第1の方向であるときはDir=1、第1の方向とは反対の第2の方向であるときはDir=-1とする。

[0048] ステップサイズ Θ_{set} として、例えば 0.45° の値が選択されている例を説明する。この例において、STMP端子に入力されたパルス信号の時刻 $t_0 \sim t_1$ までの現在期間Tミリ秒の間にパルスカウント数 N_{STMP} が50個であり、また、現在期間においてDIR端子に与えられている信号がDir=1を示しているとする。また、位置推定装置30から取得したロータRの現在の位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ が 112.4° であるとする。この場合、上記の式1によると、位置指令値 Θ^* は、以下の値を持つ。

$$0.45^\circ \times 50 \times 1 + 112.4^\circ = 134.9^\circ$$

[0049] この例では、位置指令値生成回路520が、 134.9° の位置指令値を示すデジタル信号を出力する。

[0050] 再び図9を参照する。

[0051] 位置指令値生成回路520から出力された位置指令値は、比較器550aに与えられる。比較器550aは、位置推定装置30から取得した位置推定値と位置指令値生成回路520から取得した位置指令値とを比較し、位置推定値と位置指令値との偏差を出力する。速度指令値生成回路560は、比較器550aの値に基づき、速度指令値を生成する。速度指令値生成回路560から出力された速度指令値は、比較器550bに与えられる。比較器550bは、速度推定値生成回路545から取得した速度推定値と速度指令値とを比較し、偏差を出力する。

[0052] これらの比較結果を用いて、モータ制御回路20は、電圧指令値を決定して、PWM信号生成回路570から電圧指令値を示すPWM信号を出力する。電圧指令値の決定は、例えば公知のベクトル制御技術を用いた演算によって実行され得る。

[0053] なお、図9において、電流制御は省略されているが、速度制御の後に、電流制御が行われても良い。また、位置制御と速度制御の組み合わせに限定されない。ここで、モータ制御回路20は、可変ステップサイズ情報およびパルス信号に基づいて、位置指令値および速度指令値を生成してもよい。

[0054] 次に、図11を参照しながら、位置指令値生成回路520による位置指令値の生成動作フローの一例を説明する。

[0055] まず、手順S10でモータモジュールの起動を行う。手順S12では、ステップサイズとしてステップ角を指定する外部入力信号の有無を確認する。図10の例では、ST-SIZE端子上的の信号が外部入力信号として読み出される。外部入力信号が検出されたとき、手順S14に進む。手順S14において、外部入力信号によって特定される値 Θ_{step1} をステップ角 Θ_{set} として選択する。この値は、例えば図10のテーブルに記憶されていた複数の候補値のいずれか1つの値である。

[0056] 手順S12において、外部入力信号が検出されないときは、手順S16に進む。手順S16では、他の信号線によって特定された値 Θ_{step2} をステップ

角 Θ_{set} として選択する。この信号線の電位は、例えばモータモジュール1000が有するスイッチのON/OFFによって制御され、テーブルに記憶された複数の候補値の1つを特定する。

[0057] 手順S18において、モータMの動作モードを開始するか否かの判断を行う。動作モードを開始しない場合は、待機する。動作モードを開始するときは、手順S20に進む。手順S20では、位置推定装置30から、ロータの現在における位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ を取得する。次に、手順S22において、外部装置70から入力されたパルス信号におけるパルスの個数をカウントする。所定期間内のパルスカウント値をN_STMPとする。

[0058] 手順S24では、前述した式1を用いて位置指令値 Θ^* を決定する。そして、手順S26では、この位置指令値 Θ^* と位置推定値とを用いてロータ位置制御（モータ駆動）を行う。このモータ駆動は、公知の制御技術に従って実行すればよい。

[0059] 手順S28では、ステップ角 Θ_{set} の切り替え要否を判断する。ステップ角 Θ_{set} の切り替えが不要なとき、手順S22に戻る。ステップ角 Θ_{set} の切り替えが行われるとき、手順S30において、ステップ角 Θ_{set} に次の値 Θ_{step3} を選択する。

[0060] 手順S28におけるステップ角 Θ_{set} の切り替え要否は、例えば以下の条件例に従って判断され得る。

[0061] ・図10に示される位置指令値生成回路520に1ビット以上のビット数に相当する本数の信号線を接続しておき、この信号線に外部から次の値を入力してステップ角 Θ_{set} の中身を更新する。

[0062] ・ロータの位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ が予め設定されたとき、ステップ角 Θ_{set} の大きさを変更する。

[0063] ・所定の時間が経過したとき、または所定の時刻に達したとき、ステップ角 Θ_{set} の大きさを変更する。

[0064] なお、上記のフローは一例に過ぎず、本開示の実施形態によるステップ動作制御システムにおけるステップサイズの決定および変更は、上記の例に限

定されない。本開示によれば、モータ制御装置１００に内蔵されたプログラム、または外部からの指令に応じて、起動時または動作中に、複数の候補値のいずれかを選択的に可変ステップサイズメモリ４０から読み出すことができる。

[0065] 以下、適宜図面を参照しながら、本開示による実施の形態を詳細に説明する。ただし、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項の詳細説明や実質的に同一の構成に対する重複説明を省略する場合がある。これは、以下の説明が不必要に冗長になるのを避け、当業者の理解を容易にするためである。本発明者らは、当業者が本開示を十分に理解するために添付図面及び以下の説明を提供する。これらによって特許請求の範囲に記載の主題を限定することを意図するものではない。

[0066] [実施形態]

図１２は、本開示の実施形態に係るモータモジュール１０００の構成例を示す概略図である。

[0067] 図１２に示すように、本実施形態におけるモータモジュール１０００は、モータＭ、検出装置１５０、増幅回路２００、位置推定装置３０、モータ制御装置（制御回路）２０、およびモータ駆動回路（駆動回路）１０を備える。本実施形態におけるモータＭは、ブラシレスＤＣモータであり、中心軸の回りを回転するロータＲを有している。

[0068] モータモジュール１０００には、外部装置（コントローラ）７０から、ロータＲの回転位置を指定するパルス信号などの外部信号が入力される。モータモジュール１０００は、製品に取り付けられて使用される。製品は、例えば、プリンタ、スキャナ、ファクシミリなどの機能を有する複合機、電動パワーステアリング、アンテナチルト、ファン等の電気機械であり得る。モータモジュール１０００のモータＭは、複合機に用いられる場合、例えば、紙送り機能部等の機構部（機械部品）に取り付けられて使用される。１つの複合機が複数のモータモジュール１０００を備えていても良い。

[0069] モータＭは、ロータＲを備える。モータＭは、例えば、永久磁石モータで

ある。モータMには、不図示の基板が取り付けられている。基板上には、検出装置150、増幅回路200、位置推定装置30、モータ制御回路20、およびモータ駆動回路10が取り付けられている。

[0070] なお、モータMがロータRを備える場合を一例として説明するが、本実施形態の構成は、これに限られない。モータMは、リニアモータであってもよい。モータMがリニアモータの場合、モータMは、ロータRに代えて、直線的に運動する可動子（moverまたはmovable element）を備えている。本願において、「可動子」の用語は、ロータのみならず、リニアモータにおいて直線的に運動する部品を含む。リニアモータの場合は、CWは直線上の第1方向を意味し、CCWは同一直線上において第1方向とは反対の第2方向を意味する。

[0071] 検出装置150は、センサ11～センサ13を備える。センサ11～センサ13それぞれは、モータMに発生する磁界を電気信号に変換して出力する非接触の磁気センサである。センサ11～センサ13それぞれは、例えばホール素子である。検出装置150は、検出した差動センサ信号を増幅回路200に出力する。本実施形態におけるモータモジュール1000の動作は、信号検出手順を有する。信号検出手順では、N個（Nは3以上の整数）の検出装置それぞれは、ロータの位置に応じた磁界を検出して、電気信号である検出信号を出力する。それぞれの検出信号は、360度をNで除算した角度ずつ位相がずれている。このようなセンサの個数がN個（Nは3以上の整数）であるとき、複数の磁極が形成する磁界を検出して、それぞれが検出した磁界の強さに応じた大きさを持つ検出信号を出力する。N個のセンサは、N個の検出信号の位相が360度/Nの角度ずつずれるように配置されている。検出信号の位相が360度/Nの角度ずつずれている状態とは、360度×整数±360度/Nの電気角だけ位相がずれている状態を含む。検出信号の位相が例えば120度（＝360度/3）の角度ずつずれている状態は、3つの検出信号の位相が240度（＝360度－120度）の電気角だけずれている状態を含む。

- [0072] 増幅回路200は、差動増幅器21～差動増幅器23を備える。増幅回路200は、検出装置150から入力される差動センサ信号に基づいて検出信号Hu0、検出信号Hv0、および検出信号Hw0を生成する。増幅回路200は、生成した検出信号Hu0、検出信号Hv0、および検出信号Hw0を位置推定装置30に出力する。なお、検出信号Hu0、検出信号Hv0、および検出信号Hw0それぞれは、アナログ信号である。
- [0073] 位置推定装置30は、増幅回路200から入力された検出信号Hu0、検出信号Hv0、および検出信号Hw0に基づいて、ロータRの回転位置を推定する。位置推定装置30は、推定した回転位置（機械角）に基づいて位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ を生成し、生成した位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ をモータ制御回路20に与える。
- [0074] モータ制御回路20には、位置推定装置30から位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ が入力され、外部装置70からパルス信号が入力される。モータ制御回路20は、前述したように、モータMを駆動するための電圧指令を生成し、生成した電圧指令をモータ駆動回路10に出力する。
- [0075] モータ駆動回路10は、モータ制御回路20から入力された電圧指令に基づいて駆動信号を生成し、生成した駆動信号によってモータMを駆動する。モータ駆動回路10の典型例の一つは、インバータ回路である。インバータ回路は、電圧指令を受けてパルス幅変調（PWM）信号を出力するPWM回路と、PWM信号に基づいてゲート駆動信号を出力するプリドライバ回路と、ゲート駆動信号を受けてスイッチングするインバータ出力回路とを備えることができる。
- [0076] モータ制御回路20と、モータ駆動回路10の一部（例えばPWM回路）とは、1個の集積回路パッケージによって実現されていても良い。そのような集積回路パッケージは、汎用的なモータ制御用マイクロコンピュータとして入手可能である。また、駆動回路10のインバータ出力回路は、パワーモジュールと呼ばれることがある。そのようなインバータ出力回路は、電圧指令に応じた大きさの電圧をモータMの各コイルに印加し、モータMを駆動す

ることができる。

[0077] 以上のように、モータモジュール1000は、外部装置70からパルス信号を受け取り、位置指令値 Θ^* を生成する。そして、位置指令値 Θ^* と位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ との偏差をフィードバックすることでモータの制御を行う。

[0078] 本実施形態では、位置推定値 $\Theta^{\wedge}$ を示す位置推定信号が、ロータRの位置（角度）に応じて線形的に変化する大きさを有する。より具体的には、位置推定信号の大きさは、ロータRが1回転するとき、離散的にではなく、連続した直線状に変化する。このような位置推定信号の生成の例を、以下に詳しく説明する。

[0079] 本実施形態におけるモータモジュール1000は、検出信号 H_u0 、 H_v0 、および H_w0 が互いに交差する交差点を逐次検出する。検出した交差点から、当該交差点に隣り合う他の交差点までの検出信号 H_u0 、 H_v0 、または H_w0 の一部（分割された線分）を分割信号として検出する（図16参照）。

[0080] 位相が120度ずつ異なる3個の検出信号 H_u0 、 H_v0 、および H_w0 のうち、交差点から当該交差点に隣り合う他の交差点までを接続または連結する部分は、検出信号 H_u0 、 H_v0 、および H_w0 の中で中間のレベルを持ついずれか一つの信号 H_u0 、 H_v0 、または H_w0 の一部である。図16に示されるように、交差点から当該交差点に隣り合う他の交差点までを接続する部分は、基準値のレベルと交差する。言い換えると、交差点から当該交差点に隣り合う他の交差点までを接続する部分は、基準値よりも大きな部分と、基準値よりも小さな部分とを有している。後述するように、交差点から当該交差点に隣り合う他の交差点までを接続する部分を、1個の「分割信号」として処理することもできるし、2個の「分割信号」として処理することできる。後者の場合、交差点から当該交差点に隣り合う他の交差点までを接続する部分は、基準値に交差するゼロクロス点によって二分される。交差点から当該交差点に隣り合う他の交差点までを接続する部分は、3個以上の「分割信号」に分けられても良い。

[0081] モータモジュール1000は、検出した分割信号を、ロータの移動方向に応じて、逐次接続させて、接続させた複数の分割信号に基づいてロータの位置を推定して位置推定信号を生成する（図17、図18参照）。なお、位置推定値は電流制御系、速度制御系、位置制御系、これらを組み合わせた制御系にフィードバック値として使用できる。

[0082] 次に、本実施形態におけるモータMの概略構成について説明する。

[0083] 図13は、本実施形態に係るモータMの概略構成図である。図13に示す例において、モータMは、永久磁石モータである。磁極p1～p12は、永久磁石モータの磁極（ポール）である。極数は、モータMにおける磁極の数を表し、図13に示す例では12である。また、極対数は、N極とS極の組数であり、図13に示す例では6である。また、スロットs11～s19は、コイルが巻かれている電機子（固定子）である。本実施形態における永久磁石モータのスロット数は9である。磁極p1～p12は、ロータR（図12参照）の一部である。図13におけるモータMは、アウターロータ型のモータを示している。

[0084] 次に、センサ11～センサ13の動作について説明する。

[0085] センサ11～センサ13それぞれは、隣接するN極とS極の1組による磁界を検出して、1周期分の信号を出力する。これが電気角1周期分に相当する。センサ11～センサ13それぞれは、検出した電気角1周期分の電気信号を、差動センサ信号として、増幅回路200に出力する。この1周期分の差動センサ信号が、電気角1周期分に相当する。

[0086] ここで、センサ11～センサ13それぞれは、電気角120度ずつ位相がずれた電気信号を検出し、対応する差動増幅器21～差動増幅器23に出力する。すなわち、検出装置150に含まれるセンサが3個であり、3つの検出信号の位相が、120度ずつずれている。ある具体例において、センサ11～センサ13は、機械角40度（電気角240度）ずつ位相がずれた電気信号を検出する。

[0087] 本実施形態では、センサ11が検出した電気信号をU相とする。センサ1

2が検出した電気信号をV相とする。センサ13が検出した電気信号をW相とする。センサ11が出力する差動センサ信号は、差動センサ信号U0+とU0-とであり、互いに反転関係にある。センサ12が出力する差動センサ信号は、差動センサ信号V0+とV0-とであり、互いに反転関係にある。センサ13が出力する差動センサ信号は、検出信号W0+とW0-とであり、互いに反転関係にある。

[0088] 次に、増幅回路200が出力する検出信号について、図12を参照して説明する。

[0089] 差動増幅器21は、センサ11から入力されたU相の検出信号U0-とU0+との電圧差を増幅し、増幅した検出信号Hu0を位置推定装置30に出力する。

[0090] 差動増幅器22は、センサ12から入力されたV相の検出信号V0-とV0+との電圧差を増幅し、増幅した検出信号Hv0を位置推定装置30に出力する。

[0091] 差動増幅器23は、センサ13から入力されたW相の検出信号W0-とW0+との電圧差を増幅し、増幅した検出信号Hw0を位置推定装置30に出力する。

[0092] 次に、増幅回路200が出力する検出信号Hu0、Hv0、Hw0の一例について説明する。図14は、本実施形態に係る増幅回路200が出力する検出信号Hu0、Hv0、Hw0の一例を説明する図である。図14において、横軸はロータ角[deg]を表す。縦軸は、信号の大きさを表す。

[0093] 図14に示す例において、ロータ角 $\theta 101 \sim \theta 113$ の区間E1は、電気角1周期分を表している。ロータ角 $\theta 113 \sim \theta 114$ の区間E2、ロータ角 $\theta 114 \sim \theta 115$ の区間E3、ロータ角 $\theta 115 \sim \theta 116$ の区間E4、ロータ角 $\theta 116 \sim \theta 117$ の区間E5、およびロータ角 $\theta 117 \sim \theta 118$ の区間E6それぞれは、電気角1周期分を表している。そして、区間E1～区間E6の区間K1は、機械角1周期分を表している。すなわち、電気角1周期分の区間は

、機械角 1 周期分の区間を極対数で除算した区間である。

[0094] また、図 1 4 に示す例では、検出信号 $H_u 0$ の極大値は $A 3$ [V] である。検出信号 $H_w 0$ の極大値は、 $A 3$ の電圧値より小さい $Peak H_w$ [V] である。検出信号 $H_v 0$ の極大値は、 $Peak H_w$ の電圧値より小さい $Peak H_v$ [V] である。このように、センサ 1 1 ~ 1 3 の取り付け誤差、またはセンサごとの感度の違いによって、検出信号 $H_u 0$ 、 $H_v 0$ 、 $H_w 0$ それぞれは、振幅にばらつきがある。また、信号 $H_u 0$ 、 $H_v 0$ 、 $H_w 0$ それぞれは、各信号の中心電圧値が異なっている。すなわち、信号 $H_u 0$ 、 $H_v 0$ 、 $H_w 0$ それぞれは、オフセット成分を有している。

[0095] 次に、位置推定装置 3 0 の詳細な構成について、図 1 2 を参照して説明する。

[0096] 位置推定装置 3 0 は、A/D 変換器 3 1、位置演算部 3 2、および記憶装置 3 3 を備える。A/D 変換器 3 1 は、増幅回路 2 0 0 から入力されたアナログ信号の検出信号を、デジタル信号の検出信号に変換し、変換したデジタル信号の検出信号を位置演算部 3 2 に出力する。より具体的には、A/D 変換回路 3 1 1、A/D 変換回路 3 1 2、および A/D 変換回路 3 1 3 を備える。A/D 変換回路 3 1 1 は、アナログ信号の検出信号 $H_u 0$ を、デジタル信号の検出信号 $H_u 0'$ に変換して位置演算部 3 2 に出力する。A/D 変換回路 3 1 2 は、アナログ信号の検出信号 $H_v 0$ を、デジタル信号の検出信号 $H_v 0'$ に変換して位置演算部 3 2 に出力する。A/D 変換回路 3 1 3 は、アナログ信号の検出信号 $H_w 0$ を、デジタル信号の検出信号 $H_w 0'$ に変換して位置演算部 3 2 に出力する。記憶装置 3 3 は、オンライン処理で用いられる情報を記憶する。オンライン処理とは、ロータ R が回転しているときにリアルタイムで行われる処理である。なお、記憶装置 3 3 に記憶される情報については、後述する。

[0097] 上述のように検出信号を位置演算部 3 2 での処理に適した信号に変換することを「前処理」と呼ぶことができる。A/D 変換器 3 1 は、前処理を行う回路の一例である。位置演算部 3 2 の中に、他の前処理を行う回路が設けられ

ていても良い。

[0098] AD変換器31によって変換された後のデジタル信号の検出信号 $H_u 0'$ ・ $H_v 0'$ ・ $H_w 0'$ を示す図15において、横軸はロータ角[deg]を表す。縦軸は、デジタル値の大きさを表す。位置演算部32は、交差位置検出装置321、分割検出装置322、および線分接続部323を備える。交差位置検出装置321は、検出信号どうしの交差点と、検出信号と基準値とのゼロクロス点を検出する。すなわち、交差点から交差点に隣り合う他の交差点までの間において、交差位置検出装置321は、交差点から検出信号の電位が基準電圧と交差するゼロクロス点を逐次検出する。基準値とは、デジタル値が0を示す値である。交差位置検出装置321は、検出した交差点の座標を示す情報とゼロクロス点の座標を示す情報とを分割検出装置322に出力する。ここで、交差点およびゼロクロス点の座標を示す情報とは、ロータ角とデジタル値の大きさによって表される情報である。分割検出装置322は、交差点とゼロクロス点との間の検出信号を分割信号として検出する。検出する時は、交差位置検出装置321から入力された交差点の座標を示す情報とゼロクロス点の座標を示す情報とを用いる。分割検出装置322は、検出した分割信号を示す情報を線分接続部323に出力する。線分接続部323は、分割検出装置322から入力された分割信号を示す情報を用いて、分割信号を逐次接続する。ここで、分割信号を示す情報とは、検出信号の一部である分割信号の開始位置から終了位置までの、ロータ角とデジタル値の大きさによって表される情報である。

[0099] 上述のように、本実施形態におけるモータモジュール1000の動作は、交差位置検出手順と、分割検出手順と、線分接続手順と、を有する。交差位置検出手順では、交差位置検出装置321が、信号検出手順によって出力されたそれぞれの検出信号が互いに交差する交差点を逐次検出する。分割検出手順では、分割検出装置322が、検出信号のうちの交差点から当該交差点に隣り合う他の交差点まで接続する部分を、1個または複数個の分割信号として検出する。線分接続手順では、線分接続部323が、分割信号を逐次接

続させる。そして、接続させた複数の分割信号に基づいてロータの位置を推定して位置推定信号を生成する。

[0100] 次に、位置推定装置30が行う処理の流れの概要を説明した後、位置推定装置30が行う処理の流れの詳細について説明する。位置推定装置30は、以下の処理をオンライン処理で行う。

[0101] (手順S101) 交差位置検出装置321は、AD変換器31から入力された検出信号 H_u0' 、 H_v0' 、および H_w0' を取得する。(手順S102) 交差位置検出装置321は、手順S101で取得した検出信号 H_u0' 、 H_v0' 、および H_w0' それぞれが示す値を用いて、交差点とゼロクロス点とを、逐次検出する。次に、交差位置検出装置321は、検出した交差点およびゼロクロス点の座標を示す情報と、入力された検出信号 H_u0' 、 H_v0' 、および H_w0' とを、順次、分割検出装置322に出力する。(手順S103) 分割検出装置322は、交差点から当該交差点と隣り合うゼロクロス点までの検出信号の一部、すなわち検出信号のうちの交差点から当該交差点と隣り合うゼロクロス点までの検出信号の部分、を第1の分割信号として検出する。または、分割検出装置322は、ゼロクロス点から当該ゼロクロス点と隣り合う交差点までの検出信号の一部、すなわち検出信号のうちのゼロクロス点から当該ゼロクロス点と隣り合う交差点までの部分、を第2の分割信号として検出する。(手順S104) 線分接続部323は、ロータRがCW回転の場合、分割検出装置322から入力された分割信号を、機械角1周期分、逐次、順方向に接続する。(手順S105) 位置推定装置30は、線分接続部323によって接続された分割信号に基づいて機械位置の推定を行うことで位置推定値 $\theta^{\wedge}$ を決定する。

[0102] 位置推定装置30は、手順S101～手順S105の処理を、制御周期毎に繰り返す。制御周期とは、例えば、電流（トルク）、速度または位置制御の各制御周期のうち、いずれか1つの周期である。

[0103] 次に、位置推定装置30が行う処理の流れの詳細について説明する。

[0104] 交差位置検出装置321は、ロータRが回転しているとき、AD変換回路

311～AD変換回路313それぞれから入力された検出信号 $H_u O'$ 、 $H_v O'$ 、および $H_w O'$ を取得する。AD変換器31が出力する検出信号 $H_u O'$ 、検出信号 $H_v O'$ 、および検出信号 $H_w O'$ について図15を参照して説明する。

[0105] 図15は、本実施形態に係るAD変換器31が出力する検出信号 $H_u O'$ 、 $H_v O'$ 、 $H_w O'$ の一例を説明する図である。図15において、横軸はロータ角[deg]を表す。縦軸は、デジタル値を表す。図15に示す各波形 $H_u O'$ 、 $H_v O'$ 、 $H_w O'$ は、AD変換回路311～AD変換回路313によってデジタル信号に変換された検出信号を表した波形図である。例えば、AD変換器31のビット数が12ビットの場合、デジタル信号値の範囲は、+2047～-2048である。また、図5において、ロータ角 $\theta 101$ ～ロータ角 $\theta 113$ の区間E1は、電気角1周期分である。

[0106] 次に、交差位置検出装置321が、手順S102で行う交差点とゼロクロス点との検出処理について詳細に説明する。

[0107] 交差位置検出装置321は、AD変換器31が出力する検出信号 $H_u O'$ 、 $H_v O'$ 、および $H_w O'$ を取得する。交差位置検出装置321は、取得した検出信号どうしの交差点を、サンプリングした2点間の座標から算出することで、逐次検出する。また、交差位置検出装置321は、取得した検出信号と基準値とのゼロクロス点を逐次検出する。この交差点及びゼロクロス点は、横軸がロータ角、縦軸がデジタル値によって、その座標を示すことができる。交差位置検出装置321は、交差点の座標を検出して、検出した交差点の座標を示す情報を、分割検出装置322に出力する。また、交差位置検出装置321は、ゼロクロス点の座標を検出して、検出したゼロクロス点の座標を示す情報を、分割検出装置322に出力する。また、交差位置検出装置321は、取得した検出信号 $H_u O'$ 、 $H_v O'$ 、および $H_w O'$ を、分割検出装置322に出力する。

[0108] 次に、分割検出装置322が、手順S103で行う分割信号の検出処理について詳細に説明する。

[0109] 分割検出装置 322 は、交差位置検出装置 321 から入力された交差点の座標を示す情報と、ゼロクロス点の座標を示す情報と、検出信号 $H_u O'$ 、 $H_v O'$ 、および $H_w O'$ とを、順次取得する。分割検出装置 322 は、取得した検出信号のうち、交差点から当該交差点と隣り合うゼロクロス点までの検出信号を第 1 の分割信号として検出する。分割検出装置 322 は、取得した検出信号のうち、ゼロクロス点から当該ゼロクロス点と隣り合う交差点までの検出信号を第 2 の分割信号として検出する。分割検出装置 322 は、検出した分割信号を順次、線分接続部 323 に出力する。ここで、分割検出装置 322 は、第 1 の分割信号を示す情報を検出している。第 1 の分割信号を示す情報とは、交差点から当該交差点と隣り合うゼロクロス点までのデジタル値の偏差およびロータ角の偏差の情報である。

[0110] 次に、交差点、ゼロクロス点、分割信号の具体例を順に説明する。

[0111] まず、交差位置検出装置 321 が検出する交差点とゼロクロス点との具体例について、図 16 を参照して説明する。

[0112] 図 16 は、本実施形態に係る 3 つの検出信号 $H_u O'$ 、 $H_v O'$ 、 $H_w O'$ の大小関係、交差点、ゼロクロス点、分割信号について説明する図である。図 16 において、横軸はロータ角 $[deg]$ を表す。縦軸は、デジタル値を表す。また、図 16 は、図 15 のロータ角 $\theta 101 \sim \theta 113$ の区間 E1 を拡大した図である。

[0113] 図 16 において、点 $c p 1 \sim c p 7$ それぞれは、交差点を表している。ここで交差点とは、2 つの検出信号が交差する点である。例えば、ロータ角 $\theta 101$ における交差点 $c p 1$ は、検出信号 $H_u O'$ と検出信号 $H_v O'$ とが交差する点である。

[0114] また、点 $z c 1 \sim z c 6$ それぞれは、ゼロクロス点を表している。ここで、ゼロクロス点とは、検出信号 $H_u O'$ 、 $H_v O'$ 、 $H_w O'$ のいずれかと、デジタル値の基準値とが交差する点である。例えば、ロータ角 $\theta 102$ におけるゼロクロス点 $z c 1$ は、検出信号 $H_u O'$ と基準値とが交差する点である。

[0115] 次に、分割検出装置 3 2 2 が検出する分割信号の具体例について、図 1 6 を参照して説明する。以下において、セグメントとは、分割信号ひとつひとつのことである。セグメントの区間とは、分割信号ごとの始点から終点までに相当する。セグメントは、電気角 1 周期分において、1 2 区間になる。モータ M の極対数が 6 であるとき、電気角 6 周期分は、機械角 1 周期分に相当する。したがって、セグメントは、機械角 1 周期分では、7 2 区間となる。電気角 1 周期分における 1 ~ 1 2 の分割信号の番号をセクションと呼んでもよい。分割信号とは、図 1 6 において、交差点 $c_p(n)$ から当該交差点 $c_p(n)$ と隣り合うゼロクロス点 $z_c(m)$ までの検出信号である。または、ゼロクロス点 $z_c(m)$ から当該ゼロクロス点 $z_c(m)$ と隣り合う交差点 $c_p(n+1)$ までの検出信号である。なお、 n は 1 ~ 7 の整数である。また、 m は 1 ~ 6 の整数である。具体的には、例えば、交差点 c_p1 からゼロクロス点 z_c1 までの検出信号 H_u0' の一部が、分割信号 $sg101$ である。また、ゼロクロス点 z_c1 から交差点 c_p2 までの検出信号 H_u0' の一部が、分割信号 $sg102$ である。図 1 6 において、 $\theta101 \sim \theta102$ の区間、すなわち分割信号 $sg101$ の区間が、セグメントの番号 1 の区間に相当する。また、分割信号 $sg102 \sim sg112$ それぞれの区間が、セグメントの番号 2 ~ 1 2 の区間に相当する。

[0116] なお、図 1 6 に示す例において検出信号 H_u0' 、 H_v0' 、および H_w0' が正弦波であるため、分割信号 $sg101 \sim sg112$ は、正弦波のうち、他の部分より直線に近い範囲の信号である。

[0117] ここで、3つの検出信号 H_u0' 、 H_v0' 、 H_w0' の大小関係について、図 1 6 を参照して説明する。

[0118] 例えば、セグメント 1 とセグメント 2 の区間であるロータ角 $\theta101 \sim \theta103$ の区間において、検出信号 H_w0' のデジタル値は、3つの検出信号の中で、最も大きい。検出信号 H_w0' の次にデジタル値が大きいのは、検出信号 H_u0' である。最もデジタル値が小さいのは、検出信号 H_v0' である。また、検出信号 H_u0' のデジタル値は、セグメント 1 の区間である

ロータ角 $\theta 101 \sim \theta 102$ の区間において、基準値より小さい。検出信号 $Hu0'$ のデジタル値は、セグメント 2 の区間であるロータ角 $\theta 102 \sim \theta 103$ の区間において、基準値より大きい。

[0119] セグメント 3 ～セグメント 12 についても、セグメント毎に 3 つの検出信号 $Hu0'$ 、 $Hv0'$ 、 $Hw0'$ の大小関係の組み合わせが記憶装置 33 に記憶されている。

[0120] このように、電気角 1 周期分について、セグメント毎に 3 つの検出信号 $Hu0'$ 、 $Hv0'$ 、 $Hw0'$ の大小関係の組み合わせおよび基準値との大小関係が記憶装置 33 に記憶されている。

[0121] 次に、線分接続部 323 が、図 4 の手順 S104 で行う分割信号の接続処理について詳細に説明する。

[0122] 線分接続部 323 は、分割検出装置 322 の分割信号を、逐次接続させる。ここで、線分接続部 323 は、交差点又はゼロクロス点と検出信号 $Hu0'$ 、 $Hv0'$ 、 $Hw0'$ の大小関係および基準値との大小関係に応じて、分割信号を、デジタル値の正負について一定方向に接続する。

[0123] 具体的には、線分接続部 323 は、セグメント毎に、検出信号 $Hu0'$ 、 $Hv0'$ 、 $Hw0'$ のデジタル値の大小関係において、順位が真ん中（図 16 の例では、大きい方（小さい方）から 2 番目）となる検出信号（中間信号とも称する）を抽出する。線分接続部 323 は、抽出した中間信号のデジタル値それぞれと、直前の交差点又はゼロクロス点における検出信号のデジタル値（クロス点信号値とも称する）の大小関係を比較する。ここで、直前の交差点又はゼロクロス点とは、中間信号に対して、ロータ角方向で直前となるものである。例えば、図 16 の例では、分割信号 $sg101$ に対して交差点 $cp1$ 、分割信号 $sg102$ に対してゼロクロス点 $zc1$ である。

[0124] 分割信号 $sg102$ を考える。中間信号 $sg102$ のデジタル値が直前のクロス点信号値 $zc1$ 以上と判断した場合、線分接続部 323 は、中間信号 $sg102$ のデジタル値から直前のクロス点信号値 $zc1$ を差し引いた値を直前のクロス点信号値 $zc1$ に加算する。一方、中間信号 $sg102$ のデジ

タル値が直前のクロス点信号値 z_{c1} より小さいと判断した場合、線分接続部 323 は、直前のクロス点信号値 z_{c1} から中間信号 s_{g102} のデジタル値を差し引いた値を加算する。線分接続部 323 は、ロータ角の小さい方から、順に、この加算を繰り返す。これにより、線分接続部 323 は、デジタル値の正方向へ、分割信号を接続できる（図 17 参照）。

[0125] なお、線分接続部 323 は、中間信号のデジタル値と直前のクロス点信号値の差分、つまり、絶対値を加算してもよい。

[0126] なお、モータ M が 6 極対であるため、分割信号 $s_{g112'}$ の終点は、機械角の $60 [deg M]$ に相当する。分割信号 $s_{g124'}$ の終点は、機械角の $120 [deg M]$ に相当する。分割信号 $s_{g136'}$ の終点は、機械角の $180 [deg M]$ に相当する。分割信号 $s_{g148'}$ の終点は、機械角の $240 [deg M]$ に相当する。分割信号 $s_{g160'}$ の終点は、機械角の $300 [deg M]$ に相当する。分割信号 $s_{g172'}$ の終点は、機械角の $360 [deg M]$ に相当する。

[0127] 線分接続部 323 による、電気角 1 周期分の分割信号の接続の具体例について説明する。

[0128] 図 17 は、本実施形態に係る電気角 1 周期分の分割信号の接続について説明する図である。図 17 には、図 16 の区間 E1 の分割信号 $s_{g101'}$ ～ $s_{g112'}$ を接続した図が示されている。図 17 において、横軸はロータ角 $[deg E]$ を表す。縦軸は、デジタル値を表す。図 17 の例では、ロータ R が CW 回転している。図 16 において、分割信号 $s_{g101'}$ ～ $s_{g112'}$ は、図 16 の分割信号 s_{g101} ～ s_{g112} が線分接続部 323 によって接続された信号である。点 $p101$ ～ $p113$ は、図 16 の交差点 c_{p1} ～ c_{p7} およびゼロクロス点 z_{c1} ～ z_{c6} が置き換えられた点である。曲線 $g132$ は、分割信号 $s_{g101'}$ ～ $s_{g112'}$ を接続した曲線である。

[0129] 以下において、順方向とは、ロータ角の増加に従って、デジタル値が増加する方向である。線分接続部 323 は、例えば、交差点 c_{p1} を、点 $p10$

1 に置き換える。線分接続部 3 2 3 は、分割信号 $s g 1 0 1'$ を順方向に接続する。具体的には、線分接続部 3 2 3 は、図 1 6 の分割信号 $s g 1 0 1$ を、点 $p 1 0 1$ を開始点とし、点 $p 1 0 2$ を終了点とする分割信号 $s g 1 0 1'$ に置き換える。また、線分接続部 3 2 3 は、ゼロクロス点 $z c 1$ を点 $p 1 0 2$ に置き換える。

[0130] また、線分接続部 3 2 3 は、分割信号 $s g 1 0 2'$ を順方向に接続する。具体的には、図 1 6 の分割信号 $s g 1 0 1$ は、点 $p 1 0 2$ を開始点とし、点 $p 1 0 3$ を終了点とする分割信号 $s g 1 0 2'$ に置き換える。また、線分接続部 3 2 3 は、交差点 $c p 2$ を点 $p 1 0 3$ に置き換える。

[0131] 図 1 6 の曲線 $g 1 3 2$ に示すように、線分接続部 3 2 3 は、図 1 6 に示した分割信号 $s g 1 0 1' \sim s g 1 1 2'$ を、逐次、順方向に接続する。この結果、ロータ角 $\theta 1 0 1$ における交差点 $c p 1$ は、デジタル値 0 に置き換えられる。また、線分接続部 3 2 3 は、ロータ角 $\theta 1 1 3$ における交差点 $c p 7$ をデジタル値 1 2 0 0 に置き換える。なお、図 1 6 において、デジタル値の 1 2 0 0 0 は、電気角 1 周期分の 3 6 0 [deg] に相当する。

[0132] 線分接続部 3 2 3 による動作の分割信号の機械角 1 周期分の接続についての具体例を、図 1 8 を参照して説明する。

[0133] 第 1 の周期 $E 1$ において、線分接続部 3 2 3 は、図 1 6 の分割信号 $s g 1 0 1 \sim$ 分割信号 $s g 1 1 2$ を、電気角 1 周期分、逐次順方向に接続する。この結果、図 1 7 の分割信号 $s g 1 0 1' \sim$ 分割信号 $s g 1 1 2'$ に示すように、図 1 6 の分割信号 $s g 1 0 1 \sim$ 分割信号 $s g 1 1 2$ が接続される。

[0134] 次に、第 2 の周期 $E 2$ において、線分接続部 3 2 3 は、分割信号 $s g 1 1 2'$ の終点に、第 2 の周期 $E 2$ の分割信号 $s g 1 1 3'$ の始点を接続する。続けて、線分接続部 3 2 3 は、電気角 1 周期分の分割信号 $s g 1 1 3 \sim$ 分割信号 $s g 1 2 4$ を順方向に接続する。この結果、図 1 8 の分割信号 $s g 1 1 3' \sim$ 分割信号 $s g 1 2 4'$ に示すように、分割信号 $s g 1 1 3 \sim$ 分割信号 $s g 1 2 4$ が接続される。

[0135] 以下、線分接続部 3 2 3 は、第 2 の周期 $E 2$ の分割信号 $s g 1 2 4'$ の終

点に、第3の周期E3の分割信号sg125'の始点を接続する。次に、線分接続部323は、第3の周期E3の分割信号sg136'の終点に、第4の周期E4の分割信号sg137'の始点を接続する。次に、線分接続部323は、第4の周期E4の分割信号sg148'の終点に、第5の周期E5の分割信号sg149'の始点を接続する。次に、線分接続部323は、第5の周期E5の分割信号sg160'の終点に、第6の周期E6の分割信号sg161'の始点を接続する。

[0136] 図18は、本実施形態に係る機械角1周期分の分割信号の接続結果の一例を示す図である。図18に示すように、電気角1周期分それぞれは、12個の分割信号を含む。第1の周期E1は、分割信号sg101'～分割信号sg112'を含む。第2の周期E2は、分割信号sg113'～分割信号sg124'を含む。第3の周期E3は、分割信号sg125'～分割信号sg136'を含む。第4の周期E4は、分割信号sg137'～分割信号sg148'を含む。第5の周期E5は、分割信号sg149'～分割信号sg160'を含む。第6の周期E6は、分割信号sg161'～分割信号sg172'を含む。

[0137] このため、機械角1周期分の周期K1では、72個の分割信号sg101'～分割信号sg172'を含む。

[0138] 次に、位置推定装置30が、手順S105で行う機械角度の生成処理について説明する。ここで、sg102'における任意の点の機械角度を考える。sg102'の機械角度位置は、図18におけるE1の区間に位置しており、E1の区間の拡大図が図17である。線分接続部323は、中間信号のデジタル値から直前のクロス点信号値zc1を差し引いた値を直前のクロス点信号値zc1に加算する。また、上述のように、線分接続部323は、クロス点信号値zc1を点p102に置き換える。そして、線分接続部323は、点p102に対して、中間信号のデジタル値から直前のクロス点信号値zc1を差し引いた値を加算する。位置推定装置30は、線分接続部323によって接続された分割信号の線分の長さに基づいて、ロータの機械角度位

置を推定する。

[0139] 記憶装置 33 に記憶される情報の具体例について説明する。

[0140] 記憶装置 33 は、極対数とセクションとセグメントとの関係を記憶する。

また、記憶装置 33 は、3つの検出信号 $H_u 0'$ 、 $H_v 0'$ 、 $H_w 0'$ の大小関係をセクション毎に記憶している。3つの検出信号 $H_u 0'$ 、 $H_v 0'$ 、 $H_w 0'$ の大小関係および基準値との大小関係は、セクションの番号を判定するために用いられる。

[0141] 本実施形態の位置推定方法では、ゼロクロス点を境に検出信号を2つのセグメントに分けている。これにより、機械角の1周分は、72個の分割信号を有する。本実施形態の位置推定方法では、1つの分割信号の長さが短くなる。その結果、結合した分割信号は、より理想的な角度に比例した直線信号に近くなる。そして、本実施形態の位置推定方法では、直線に近い形状の分割信号に基づいて、ロータ R の角度情報である位置を得ることができる。このようにして接続された線分を用いて、位置推定装置 30 がロータ R の位置を推定するため、本実施形態では、精度の高い光学式エンコーダを必要とすることなく、高精度な位置検出を行うことができる。

[0142] モータモジュール 1000 は、このように得られた位置推定値 $\theta^{\wedge}$ を用いて、位置制御を行うことができる。本実施形態の位置推定方法では、ロータ R の位置を検出する検出装置は、環境に影響されやすいエンコーダを使用する必要がない。その結果、モータを小型化することができ、粉塵等の環境によって、位置制御の精度が左右されづらい。また、位置推定信号は、離散的なパルス信号ではない。位置推定信号は、直線状に大きさが変化するため、任意の大きさの分解能で、ロータ（可動子）の位置決めが可能になる。

[0143] なお、位置推定値の生成は、上記の方法に限定されない。重要な点は、位置推定信号が、離散的なパルス信号ではなく、ロータ R の位置に応じて線形的に変化する大きさを有していることにある。

[0144] [変形例]

本実施形態について、交差点とゼロクロス点とを検出し、交差点とゼロク

ロス点の間の検出信号を分割信号として検出する例を説明した。しかし、本開示の実施形態は、これに限られない。例えば、分割検出装置 322 は、交差点から当該交差点と隣り合う交差点までの検出信号を分割信号として抽出するようにしてもよい。そして、分割検出装置 322 は、抽出した分割信号を、交差点から当該交差点と隣り合う交差点との間にあるゼロクロス点を境に、2つの分割信号に分割するようにしてもよい。

[0145] 本実施形態について、位置演算部 32 は、デジタル信号に変換された検出信号 $H_u O'$ 、 $H_v O'$ 、および $H_w O'$ に対して各処理を行う例を説明したが、本開示の実施形態は、これに限られない。例えば、位置演算部 32 は、アナログ信号の検出信号 $H_u O$ 、 $H_v O$ 、および $H_w O$ に対して各処理を行うようにしてもよい。

[0146] モータ M の駆動方式は、例えばベクトル制御手法、その他駆動手法であってもよい。他の駆動方法とは、例えば 120 度矩形波、正弦波を用いた駆動手法であってもよい。

[0147] モータ M の極数は、12 極に限定されず、例えば、2 極、4 極、8 極等であってもよい。例えば、8 極モータの場合、機械角 1 周期分は、4 つの電気角 1 周期分の分割信号を有する。このとき、検出装置が、3 相の検出信号を出力する場合、1 つの電気角 1 周期分は、12 個の分割信号を有する。このため、機械角 1 周期分は、48 ($= 12 \times 4$) 個の分割信号を含む。8 極モータかつロータ R が CW 回転の場合、線分接続部 323 は、48 個の分割信号を順方向に逐次結合させるようにしてもよい。ここで、CW とは、出力軸側から見て時計方向の回転である。また、順方向とは、ロータ角の増加に従ってデジタル値が増加する方向である。

[0148] ロータ R が CCW 回転の場合、手順 S104 において、線分接続部 323 は、機械角 1 周期分の分割信号を逆方向に接続するようにしてもよい。ここで、CCW とは、出力軸側から見て反時計方向の回転である。また、逆方向とは、ロータ角の増加に従ってデジタル値が減少する方向である。線分接続部 323 は、接続された機械角 1 周期分の分割信号を、ロータ角の増加に応

じて、 360 [deg M] から 0 [deg M] に減少する方向に、逐次接続するようにしてもよい。この場合、位置推定装置 30 は、ロータ R が CW 回転であるか CCW 回転であるかを判別する。記憶装置 33 に記憶されている 3 つの検出信号 $H_u 0'$ 、 $H_v 0'$ 、および $H_w 0'$ の大小関係が変化するため判別することができる。本実施形態によれば、ロータ R が CW 回転していても CCW 回転していても、ロータ R の位置を精度良く推定することができる。

[0149] 回転方向と検出信号との関係を、図 16 を参照して説明する。

[0150] ロータ角 $\theta 105$ と $\theta 107$ との間に現在位置がある場合、位置推定装置 30 は、例えば、現在の位置における縦軸のデジタル値と、 1 つ前の交差点であるロータ角 $\theta 105$ の縦軸のデジタル値を記憶装置 33 に記憶させる。

[0151] ロータ R が CW 回転の場合、ロータ R の位置は、ロータ角 $\theta 107$ と $\theta 109$ の間に移動する。位置推定装置 30 は、検出信号 $H_v 0'$ から検出信号 $H_u 0'$ への中間信号の切り替わり、及び切り替わり後の中間信号の基準値に対する正負を検知し、ロータ R が CW 回転であると判別する。続けて、位置推定装置 30 は、ロータ角 $\theta 107$ と $\theta 109$ の間の分割信号 $s_g 107$ と $s_g 108$ とを、分割信号 $s_g 106$ に順方向に接続する。

[0152] 一方、ロータ R が CCW 回転の場合、ロータ R の位置は、ロータ角 $\theta 103$ と $\theta 105$ の間に移動する。位置推定装置 30 は、検出信号 $H_v 0'$ から検出信号 $H_w 0'$ への中間信号の切り替わり、及び切り替わり後の中間信号の基準値に対する正負を検知し、ロータ R が CCW 回転であると判別する。続けて、位置推定装置 30 は、ロータ角 $\theta 103$ と $\theta 105$ の間の分割信号 $s_g 103$ と $s_g 104$ とを、分割信号 $s_g 105$ に逆方向に接続する。

[0153] 検出装置 150 のセンサは、ホール素子に限られない。検出装置 150 に用いるセンサは、検出信号が正弦波、または正弦波に高調波を含む出力信号であってもよい。例えば、検出装置 150 のセンサは、磁気抵抗効果を用いたセンサであってもよい。

[0154] 分割検出装置 322 は、交差点から当該交差点と隣り合うゼロクロス点ま

で、またはゼロクロス点から当該ゼロクロス点と隣り合う交差点までの線分を生成することで、分割信号を抽出するようにしてもよい。線分は、例えば直線であってもよく、正弦波の一部であってもよい。

[0155] モータMは、アウターロータ型に限定されず、スロットがロータRの一部となるブラシ付きモータであってもよい。さらに、モータMは、前述したように、リニアモータであってもよい。

[0156] 検出装置150が備えるセンサの数は、3個に限られない。各センサの出力は、センサの総数で除算した位相ずつつずれていればよい。

[0157] また、本実施形態について、交差位置検出装置321が交差点とゼロクロス点とを検出する例を説明したが、これに限られない。交差位置検出装置321は、交差点のみ検出するようにしてもよい。この場合、分割検出装置322は、交差点から当該交差点と隣り合う交差点までの検出信号の一部を分割信号として、逐次検出するようにしてもよい。この場合において、電気角1周期分の分割信号の個数は6個になる。また、モータMの極対数が6の場合、機械角1周期分の分割信号の個数は36個になる。

[0158] ロータRの回転位置の検出を従来技術のように光学式のエンコーダを用いて行う場合、検出精度は、エンコーダの分解能に依存する。ここで、光学式のエンコーダは、例えば、フォトインタラプタとエンコーダディスクとを有している。エンコーダディスクには、円周上に等間隔で形成されたスリットを有する。例えば、分解能が400パルスのエンコーダの検出精度は、約±0.9度である。

[0159] 本願において、交差位置およびゼロクロス点並びに分割信号を『検出する』とは、位置推定装置が交差位置及びゼロクロス点並びに分割信号を算出することによって求めた結果、交差位置及びゼロクロス点を検出することができればよい。

[0160] 位置推定装置を含むモータ制御装置の機能を実現するためのプログラムを不図示のコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行すること

により各処理の手順を行ってもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、フラッシュメモリを搭載したメモリカード、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリ（RAM）のように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。

[0161] 上記プログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピュータシステムから、伝送媒体を介して、あるいは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピュータシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク（通信網）や電話回線等の通信回線（通信線）のように情報を伝送する機能を有する媒体のことをいう。また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。さらに、前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

[0162] 本開示におけるモータ制御装置100は、信号処理回路と、この信号処理回路の動作を制御するコンピュータプログラムを格納した記録媒体とを用いて実現され得る。以下、このような実施形態を説明する。

[0163] 図19は、本実施形態に係るモータモジュール1000の他の構成例を示す概略図である。本実施形態のモータモジュール1000は、図19に示すように、モータM、検出装置150、増幅回路200、モータ制御装置100、ゲートドライバ450、インバータ460を備えていてもよい。モータモジュール1000は、外部装置（コントローラ）70からパルス信号などの外部信号を受け取り、この外部信号に基づいてモータMの動作を制御する

。図19に示される例では、前述したモータ制御回路20および位置推定装置30の全部または一部が信号処理回路400によって実現される。

[0164] 検出装置150は、ロータRが有する複数の磁極が形成する磁界を検出して、それぞれが検出した磁界の強さに応じた大きさを持つ検出信号を出力するN個（Nは3以上の整数）のセンサを備えている。N個のセンサは、N個の検出信号の位相が360度／Nの角度ずつずれるように配置されている。図示されている例では、Nは3であり、検出装置150はセンサ11、12、13を有している。本実施形態におけるモータM、検出装置150、および増幅回路200の構成および動作は、既に説明した通りであるので、ここでは詳細な説明は繰り返さない。

[0165] 図示されているモータ制御装置100は、N個の検出信号からN個の補正検出信号を生成する前処理回路350と、各種の信号処理を行う信号処理回路400とを備えている。本実施形態における信号処理回路400は、例えば中央演算処理装置（CPU）、デジタル信号処理プロセッサなどの集積回路（IC）チップであり得る。モータ制御装置100は、信号処理回路400の動作を制御するコンピュータプログラムを格納した記録媒体を備えている。この記録媒体は、例えばフラッシュROMなどの不揮発性メモリ420であり、信号処理回路400に接続されている。前処理回路350から出力されたN個の補正検出信号は、RAM410に変数として、随時、格納される。

[0166] 前処理回路350は、前述したAD変換器31を有しており、必要に応じてAD変換器31の出力に対して補正または正規化などの処理を行う回路を有していても良い。前処理回路350により、検出信号はデジタル信号に変換され、種々の補正処理を受け得る。ここでは、このような前処理を受けた検出信号を「補正検出信号」と称する。

[0167] 信号処理回路400は、位置推定装置として機能するため、コンピュータプログラムの指令に従って、以下のステップを実行する。

[0168] まず、信号処理回路400は、RAM410から補正検出信号を読み出す

。次に、N個の補正検出信号のうちのいずれか2個の信号が互いに交差する交差点を逐次検出する。

[0169] 信号処理回路400は、交差点から、交差点に隣り合う他の交差点までを連結する補正検出信号を、1個または複数個のセグメントに分割し、各セグメントを分割信号として検出する。

[0170] 信号処理回路400は、各セグメントに対応するロータの移動量を全てのセグメントに対応づけた測定データを記憶装置から読み出す。この記憶装置は、上述したコンピュータプログラムを格納している記録媒体であってもよいし、メモリカードなどの他の記憶装置であっても良い。本実施形態では、不揮発性メモリ420に測定データが保存されており、不揮発性メモリ420から測定データが読み出される。この測定データは、出荷前のオフライン処理によって取得され、記憶媒体に保存されている。出荷後において、測定データは更新され得る。

[0171] 信号処理回路400は、この測定データを参照して、N個の補正検出信号の関係および分割信号に基づいて、ロータRの現在位置に対応するセグメントを特定する。

[0172] 次の条件を満たす態様においては、 $\Theta[n] = \Theta_{offset}[i] + k[i] \times X[n]$ の関係が成立する。 i は1以上の整数である。 n は現在時刻を規定する整数である。 i は特定されたセグメントの番号とする。 $\Theta_{offset}[i]$ は特定されたセグメントの始点におけるロータRの位置である。 $X[n]$ はセグメントの始点における分割信号の値と当該分割信号の現在値との差分である。 $k[i]$ は比例係数である。この関係から、ロータRの位置推定値が決定される。

[0173] ロータRの位置推定値を示す信号は、基準位置からのロータRの移動量に比例して直線的に増加する値を持つ。好ましい態様において、ロータRの位置推定値を示す信号は、 Θ に比例するデジタル値またはアナログ値を持つ。

[0174] このように、信号処理回路400は、特定されたセグメントに基づいて、分割信号のレベルからロータの位置推定値を決定し、位置推定値を示す信号

を生成する。

[0175] 信号処理回路400が実行する動作として、各セグメントに対応するロータの移動量を全てのセグメントに対応づけた測定データを記憶装置から読み出すことは、本実施形態にとって不可欠の動作ではない。また、測定データを参照して、N個の補正検出信号の関係および分割信号に基づいて、ロータの現在位置に対応するセグメントを特定することは、本実施形態にとって不可欠の動作ではない。これらの動作を実行する代わりに、信号処理回路400は、分割信号を逐次接続させて接続させた複数の分割信号に基づいて、分割信号のレベルからロータの位置推定値を決定し、位置推定値を示す信号を出力しても良い。

[0176] 更に信号処理回路400は、位置指令値生成回路として機能する場合、コンピュータプログラムの指令に従う。まず、信号処理回路400が、外部装置から入力されるパルス信号の1パルスあたりに対するロータの位置変化量を規定する可変ステップサイズ情報をメモリから取得する。次に、外部装置からパルス信号を受け取ると、上記の方法によって得たロータの位置推定値と、可変ステップサイズ情報とに基づいて位置指令値を生成する。

[0177] こうして生成された位置指令値を用いて、信号処理回路400はベクトル制御などの公知のモータ制御に必要な演算を実行し、PWM回路430からPWM信号をゲートドライバ450に与える。ゲートドライバ450はPWM信号に基づいてインバータ460内のスイッチングトランジスタを開閉し、必要な電圧および電流をモータMに供給する。

[0178] なお、位置推定信号は、デジタル値の状態では外部装置70の不図示のフィードバック(F/B)端子に入力されてもよい。位置推定信号は、シリアルデータとして外部に出力されたり、DA変換回路(DAC)440によってアナログ値に変換されてから出力されたりしてもよい。例えばメンテナンスに際して、アナログ値に変換された信号をオシロスコープによって観測することにより、位置指令値と位置推定値とを比較することが可能である。

[0179] 信号処理回路400が実行する各種の処理は、1つのICチップによって

実行される必要はない。複数の演算処理ユニットまたはデジタルシグナルプロセッサ（DSP）が、各機能ブロックが実行する異なる処理を分担してもよい。また、FPGA（Field-Programmable Gate Array）のようなプログラマブルロジックデバイスを用いて本実施形態の信号処理回路400を実現することもできる。

- [0180] オフライン時に測定データを取得または更新するとき、信号処理回路400は、コンピュータプログラムの指令に従って、一定速度でロータRが移動（回転）する。そして、セグメント毎のロータRの移動（回転）時間を測定し、各セグメントに対応するロータRの移動量（機械角度）を全てのセグメントに対応づけるデータを作成する。信号処理回路400は、このデータを測定データとして不揮発性メモリ420に記憶させる。

産業上の利用可能性

- [0181] 本開示のモータモジュールは、プリンタ、スキャナ、複写機、および複合機などの装置に広く用いられているステッピングモータを代替し得る。

符号の説明

- [0182] 10…モータ駆動回路、11、12、13…センサ、20…モータ制御回路、21、22、23…差動増幅器、30…位置推定装置、31…AD変換器、311、312、313…AD変換回路、321…交差位置検出装置、322…分割検出装置、323…線分接続部、33…記憶装置、40…可変ステップサイズメモリ、50…モータ制御装置、60…モータ駆動回路、70…外部装置、72…ステッピングモータコントローラ、74…上位コントローラ、100…モータ制御装置、150…検出装置、200…増幅回路、M…モータ、500…信号処理回路、520、520A、520B…位置指令値生成回路、540…演算器、545…速度推定値生成回路、550a…比較器、550b…比較器、560…速度指令値生成回路、570…PWM信号生成回路、1000…モータモジュール

請求の範囲

- [請求項1] 可動子および固定子を有するモータと、
前記モータを駆動するモータ駆動回路と、
前記可動子の位置推定値を示すアナログまたはデジタルの位置推定信号を出力する位置推定装置と、
前記モータ駆動回路に接続され、パルス信号に応答して前記モータ駆動回路に電圧指令値を与えるモータ制御回路と、
前記パルス信号の1パルスに対する前記可動子の位置変化量を規定する可変ステップサイズ情報を記憶したメモリと、を備え、
前記モータ制御回路は、前記パルス信号を受け取ると、前記位置推定装置から取得した前記可動子の位置推定値と、前記メモリから読み出された前記可変ステップサイズ情報とに基づいて、前記電圧指令値を決定し、
前記モータ駆動回路は、前記電圧指令値に基づいて、前記可動子の位置を変化させる、モータモジュール。
- [請求項2] 前記モータ制御回路は、前記可変ステップサイズ情報および前記パルス信号に基づいて、位置指令値を生成し、前記位置指令値と前記位置推定値とに基づいて、前記電圧指令値を決定する、請求項1に記載のモータモジュール。
- [請求項3] 前記モータ制御回路は、前記可変ステップサイズ情報および前記パルス信号に基づいて位置指令値および速度指令値を生成し、かつ、前記位置推定値から速度推定値を生成し、前記位置指令値および前記位置推定値、ならびに前記速度指令値および前記速度推定値に基づいて、前記電圧指令値を決定する、請求項1に記載のモータモジュール。
- [請求項4] 前記モータは、ブラシレスDCモータである、請求項1から3のいずれかに記載のモータモジュール。
- [請求項5] 前記位置推定装置が出力する前記位置推定信号は、前記可動子の位置に応じて線形的に変化する大きさを有する、請求項1から4のいずれ

れかに記載のモータモジュール。

[請求項6] 前記メモリは、前記可変ステップサイズ情報として読み出し可能な少なくとも1個の値を記憶しており、

前記モータ制御回路は、起動時または動作中に、前記少なくとも1個の値を前記メモリから読み出す、請求項1から5のいずれかに記載のモータモジュール。

[請求項7] 前記メモリは、前記可変ステップサイズ情報として読み出し可能な複数の候補値を記憶しており、

前記複数の候補値は、前記パルス信号の1パルスに対する前記可動子の位置変化量がそれぞれ異なる値であり、

前記モータ制御回路は、内蔵されたプログラムまたは外部からの指令に応じて、起動時または動作中に、前記複数の候補値のいずれかを選択的に前記メモリから読み出す、請求項1から5のいずれかに記載のモータモジュール。

[請求項8] 前記メモリは、前記可変ステップサイズ情報として読み出し可能な複数の候補値を記憶しており、

前記複数の候補値は、前記パルス信号の1パルスに対する前記可動子の位置変化量がそれぞれ異なる値であり、

前記モータ制御回路は、前記複数の候補値から任意の1つを選択するピンまたはスイッチを備える、請求項1から5のいずれかに記載のモータモジュール。

[請求項9] 前記モータ制御回路は、内蔵されたプログラムまたは外部からの指令に応じて、起動時または動作中に、前記パルス信号の1パルスに対する前記可動子の位置変化量を変更する、請求項1から8のいずれかに記載のモータモジュール。

[請求項10] 前記メモリが記憶している前記可変ステップサイズ情報を更新するインタフェースを更に備えている、請求項1から9のいずれかに記載のモータモジュール。

- [請求項11] 前記モータ制御回路は、
前記位置指令値を θ^* 、
前記可動子の位置推定値を θ 、
前記パルス信号の 1 パルスに対する前記可動子の位置変化量を θ_{set} 、
設定された期間内に前記外部装置から入力された前記パルス信号の
パルスカウント数を N_{STMP} 、
指定された前記可動子の位置変化方向を Dir とし、前記位置変化方向が第 1 の方向であるときは $Dir = 1$ 、第 1 の方向とは反対の第 2 の方向であるときは $Dir = -1$ とするとき、
$$\theta^* = \theta_{set} \times N_{STMP} \times Dir + \theta$$
 の等式によって示される位置指令値を出力する、請求項 2 に記載のモータモジュール。
- [請求項12] 請求項 1 から 11 のいずれかに記載のモータモジュールと、
前記モータモジュールが備えるモータに接続された機械部品と、
前記パルス信号を前記モータ制御回路に入力するコントローラと、
を備える装置。
- [請求項13] 可動子および固定子を有するモータを駆動するモータ駆動回路と、
前記可動子の位置推定値を示すアナログまたはデジタルの位置推定信号を出力する位置推定装置と、
前記モータ駆動回路に接続され、パルス信号に応答して前記モータ駆動回路に電圧指令値を与えるモータ制御回路と、
前記パルス信号の 1 パルスあたりに対する前記可動子の位置変化量を規定する可変ステップサイズ情報を記憶したメモリとを備え、
前記モータ制御回路は、前記パルス信号を受け取ると、前記位置推定装置から取得した前記可動子の位置推定値と、前記メモリから読み出された前記可変ステップサイズ情報とに基づいて、前記電圧指令値を決定し、
前記モータ駆動回路は、前記電圧指令値に基づいて、前記可動子の

位置を変化させる、モータステップ動作制御システム。

[請求項14]

可動子および固定子を有するモータを駆動するモータ駆動回路と、前記可動子の位置推定値を示すアナログまたはデジタルの位置推定信号を出力する位置推定装置とに接続されて使用されるモータ制御装置であって、

位置指令値および前記位置推定値に基づいて電圧指令値を生成し、前記電圧指令値を前記モータ駆動回路に与える制御回路と、

外部装置から入力されるパルス信号の1パルスに対する前記可動子の位置変化量を規定する可変ステップサイズ情報を記憶したメモリと、

前記パルス信号および前記可変ステップサイズ情報に基づいて前記位置指令値を生成する位置指令値生成回路と、を備える、モータ制御装置。

[請求項15]

可動子および固定子を有するモータのステップ動作制御方法であって、

モータ制御装置によって、前記可動子の位置推定値を示すアナログまたはデジタルの位置推定信号を生成することと、

前記モータ制御装置によって、外部装置から入力されるパルス信号の1パルスあたりに対する前記可動子の位置変化量を規定する可変ステップサイズ情報をメモリから取得することと、

前記モータ制御回路によって、前記外部装置からパルス信号を受け取り、前記可動子の位置推定値と前記可変ステップサイズ情報とに基づいて前記電圧指令値を生成することと、

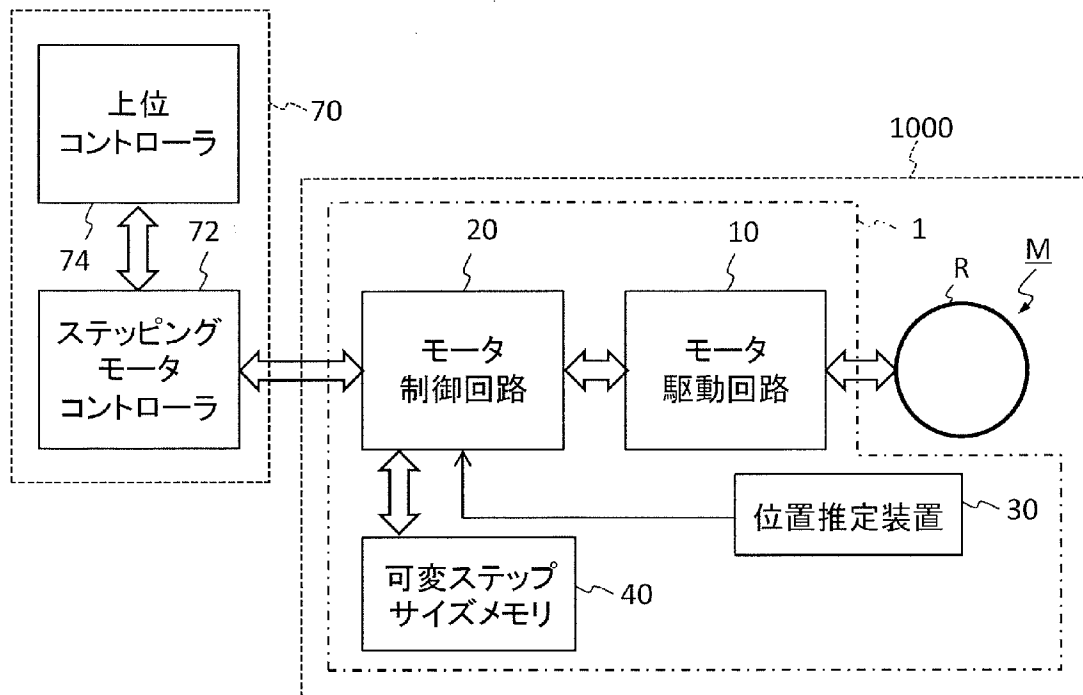
前記モータ駆動回路によって、前記電圧指令値に基づいて前記可動子の位置を可変ステップで変化させることと、を含む、ステップ動作制御方法。

[請求項16]

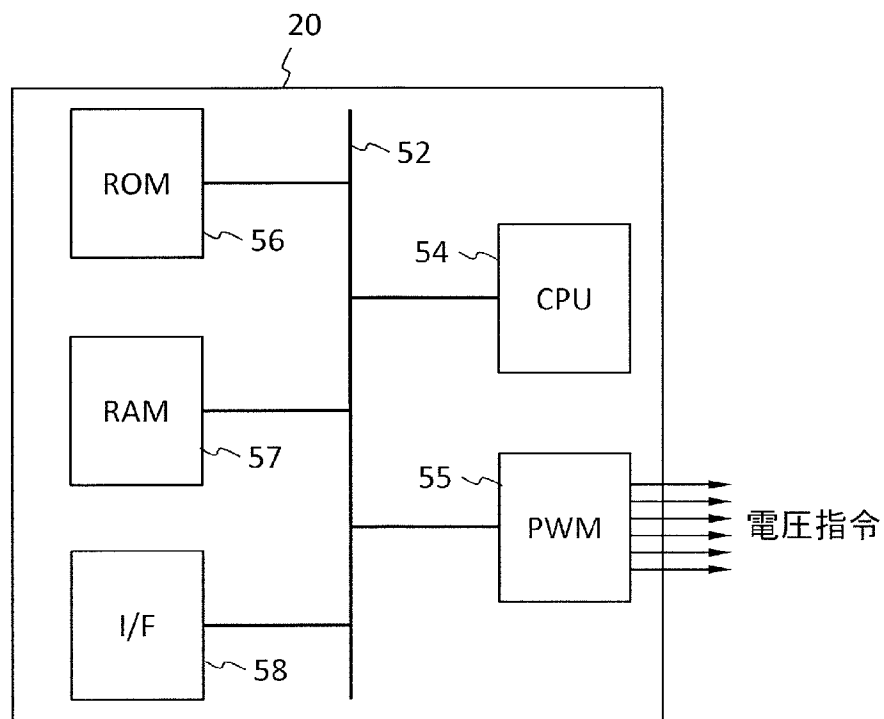
前記モータの起動時または動作中において、前記モータ制御装置に前記可変ステップサイズ情報を変更させることを含む、請求項15に

記載のステップ動作制御方法。

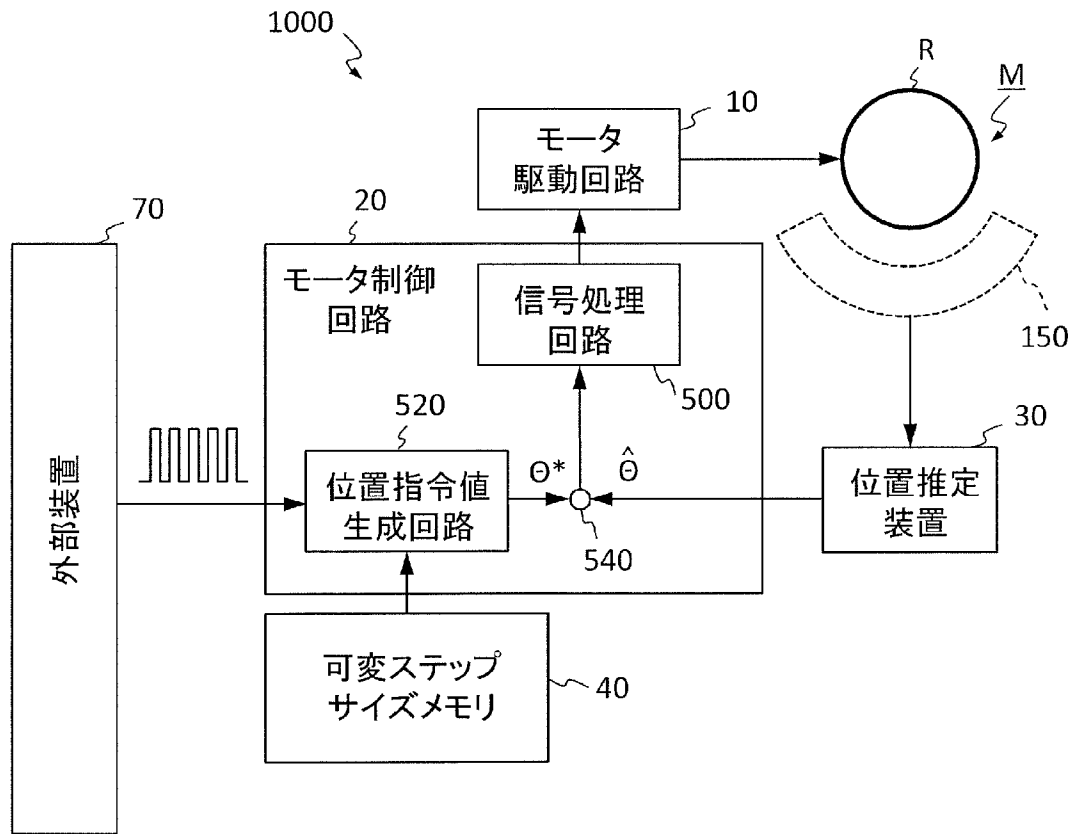
[図1]



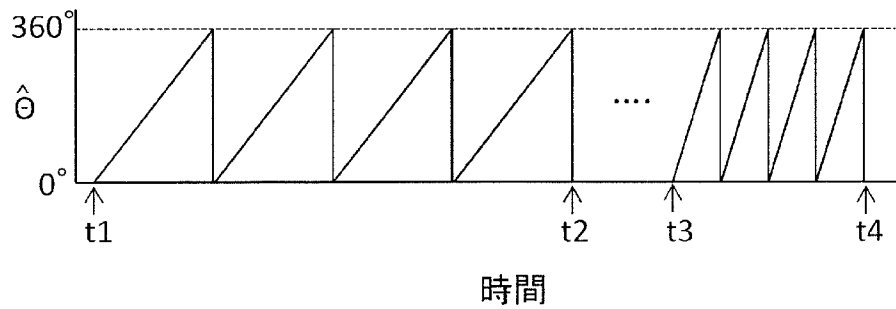
[図2]



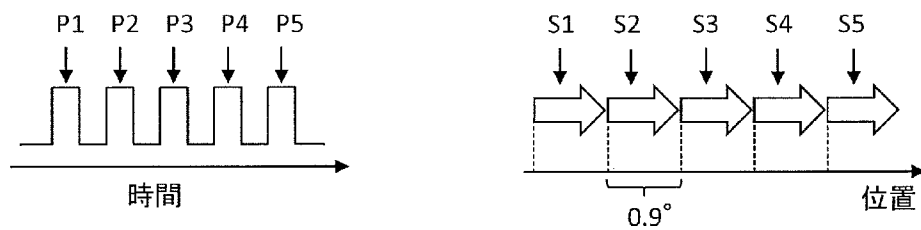
[図3A]



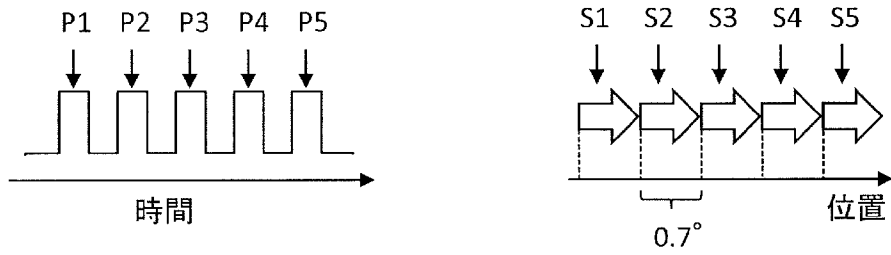
[図3B]



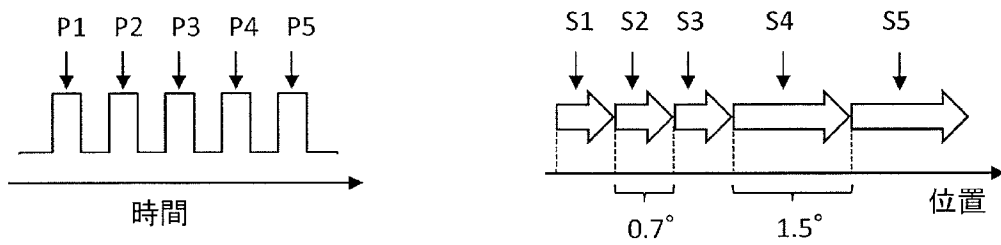
[図4A]



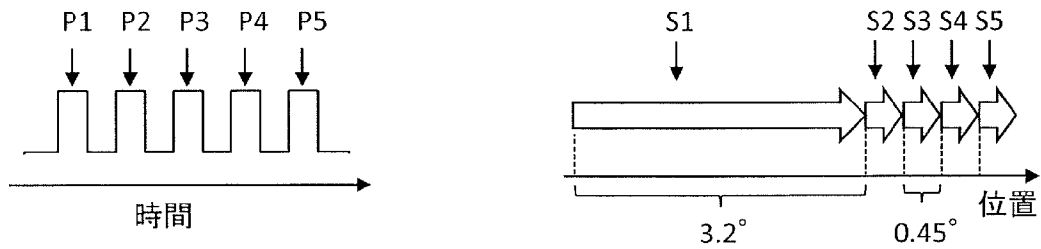
[図4B]



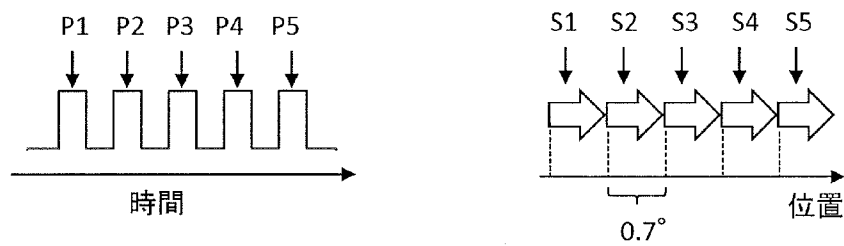
[図4C]



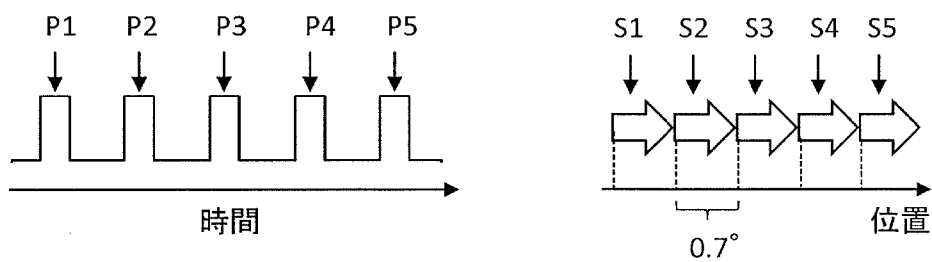
[図4D]



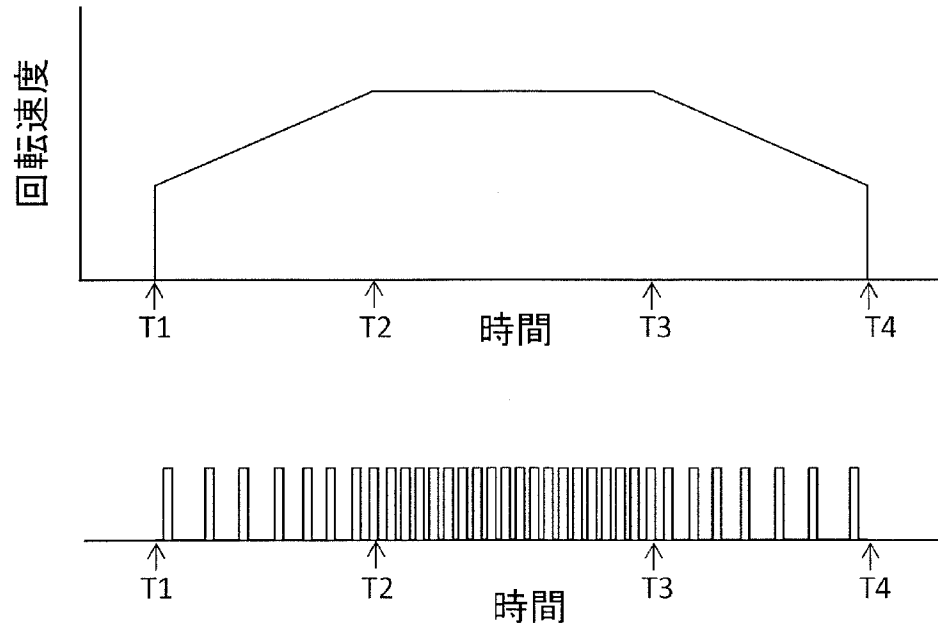
[図5A]



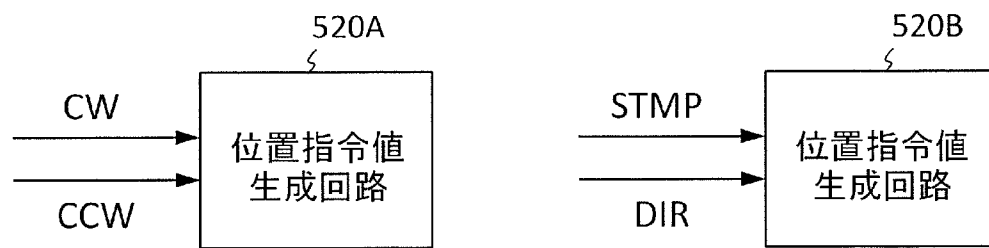
[図5B]



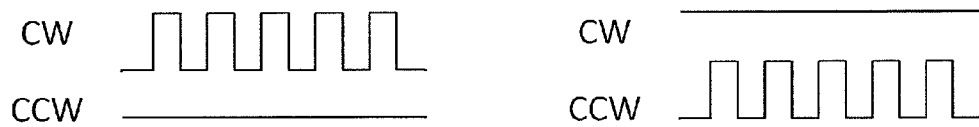
[図6]



[図7]



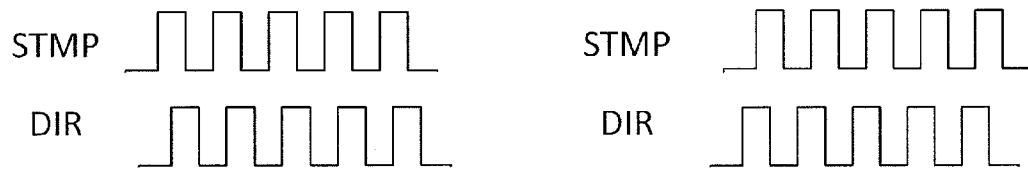
[図8A]



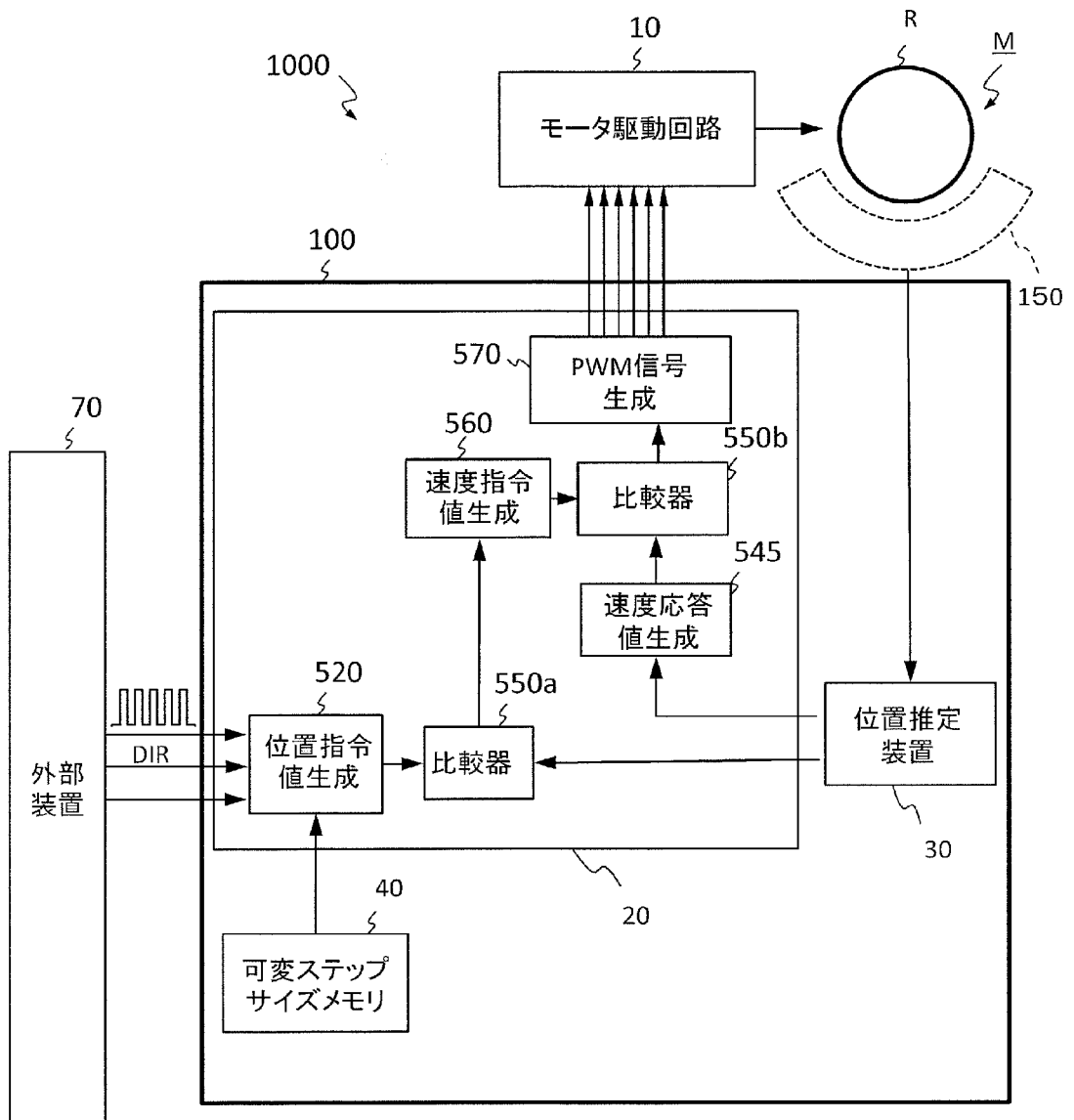
[図8B]



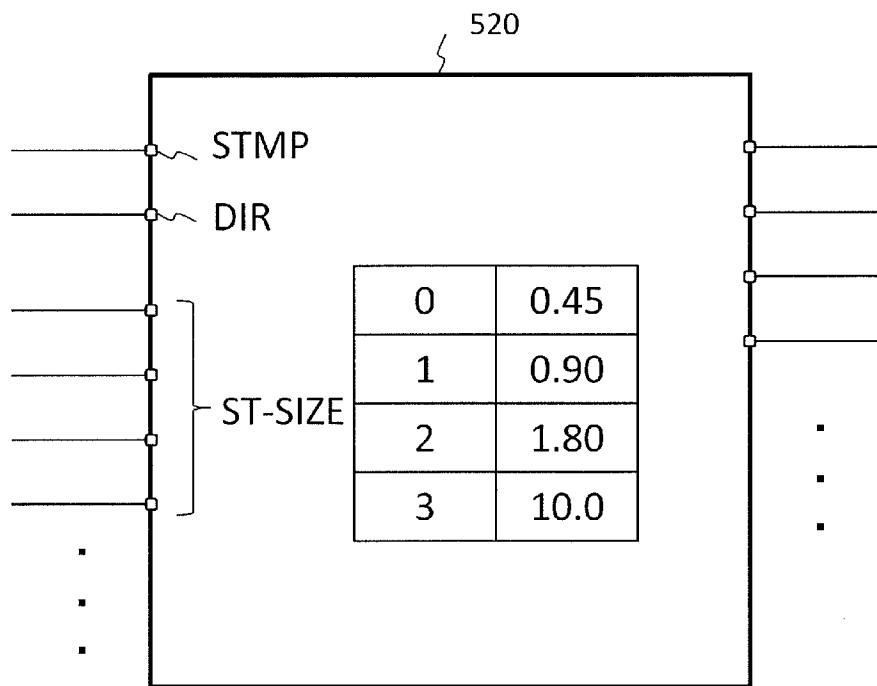
[図8C]



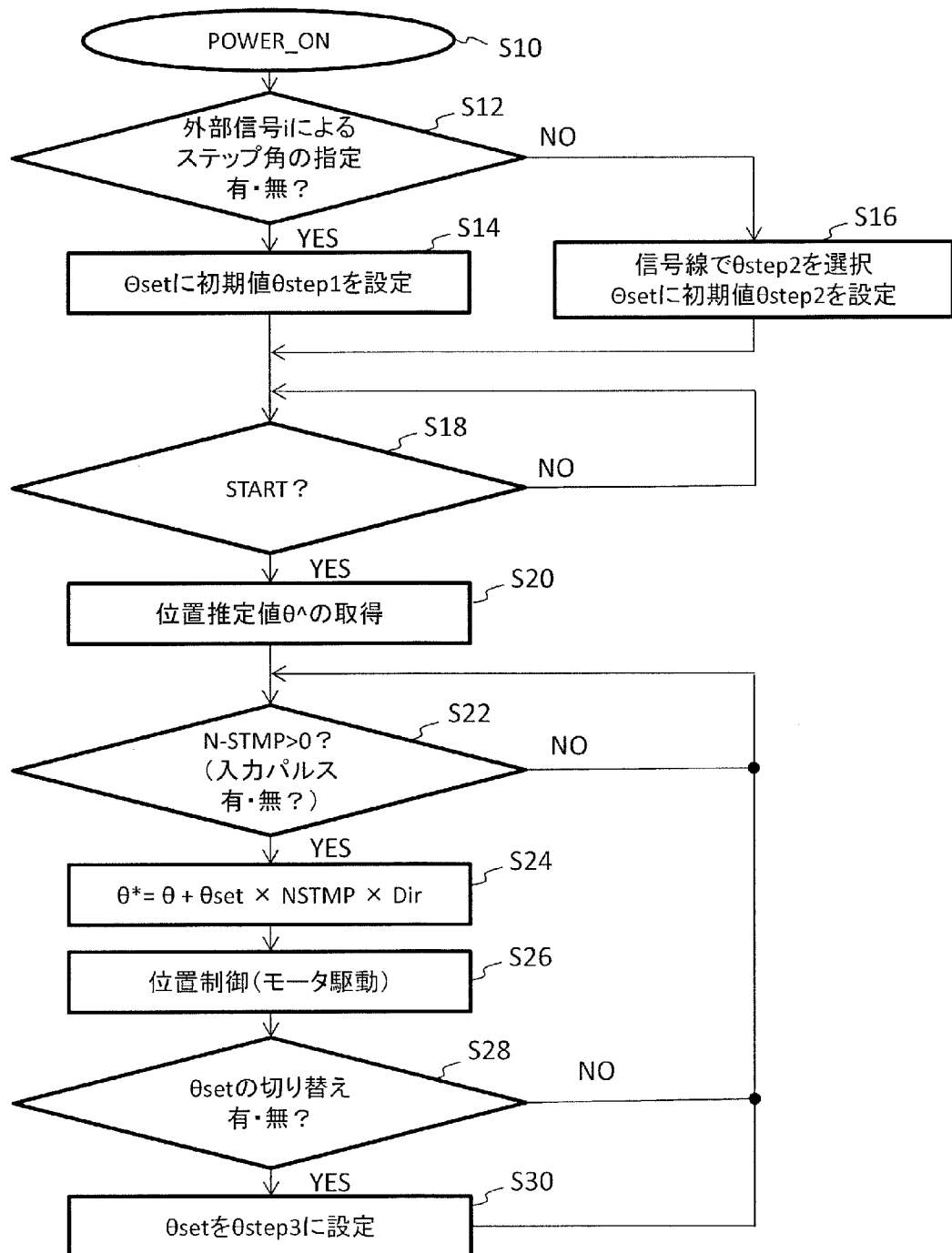
[図9]



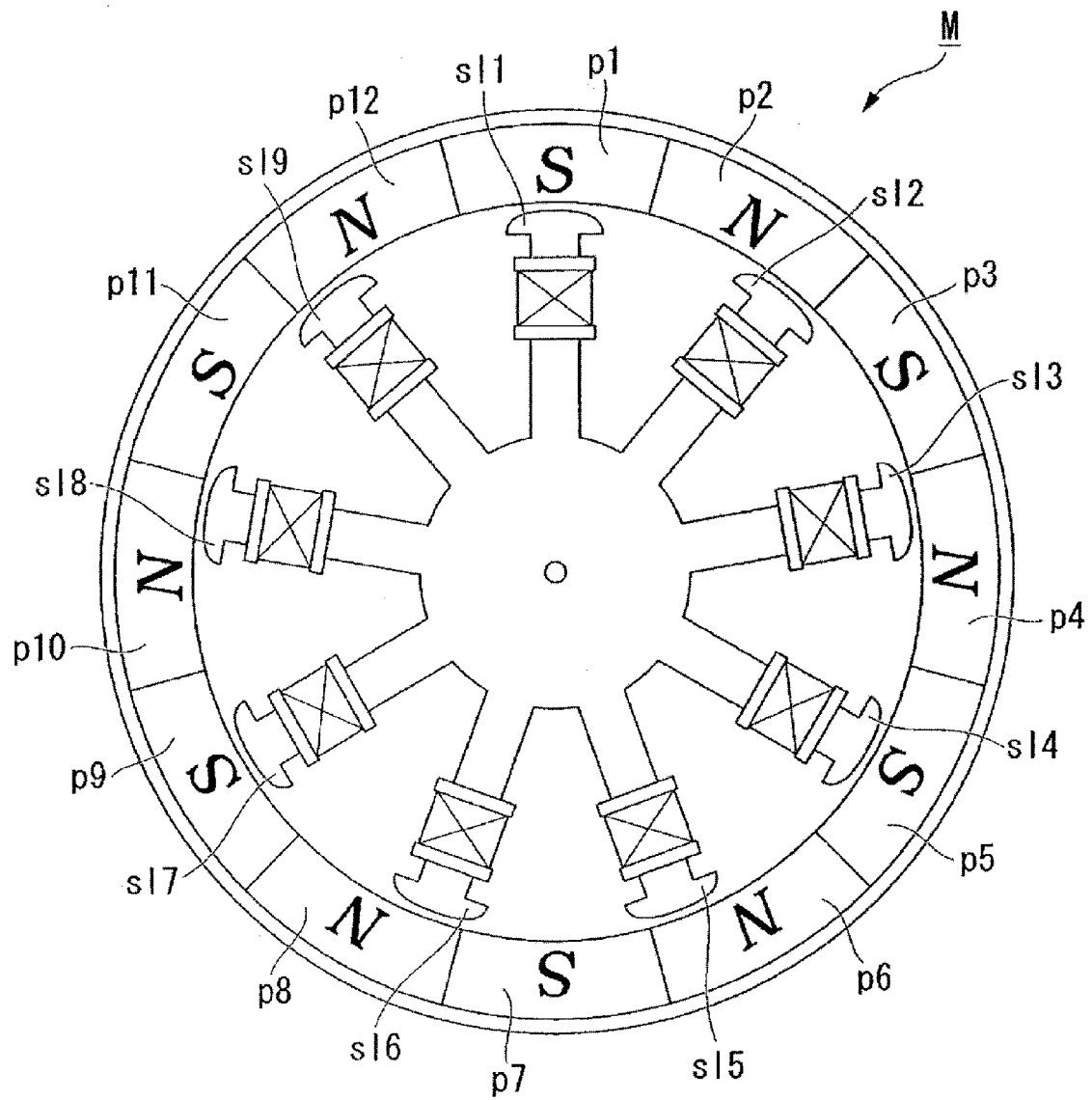
[図10]



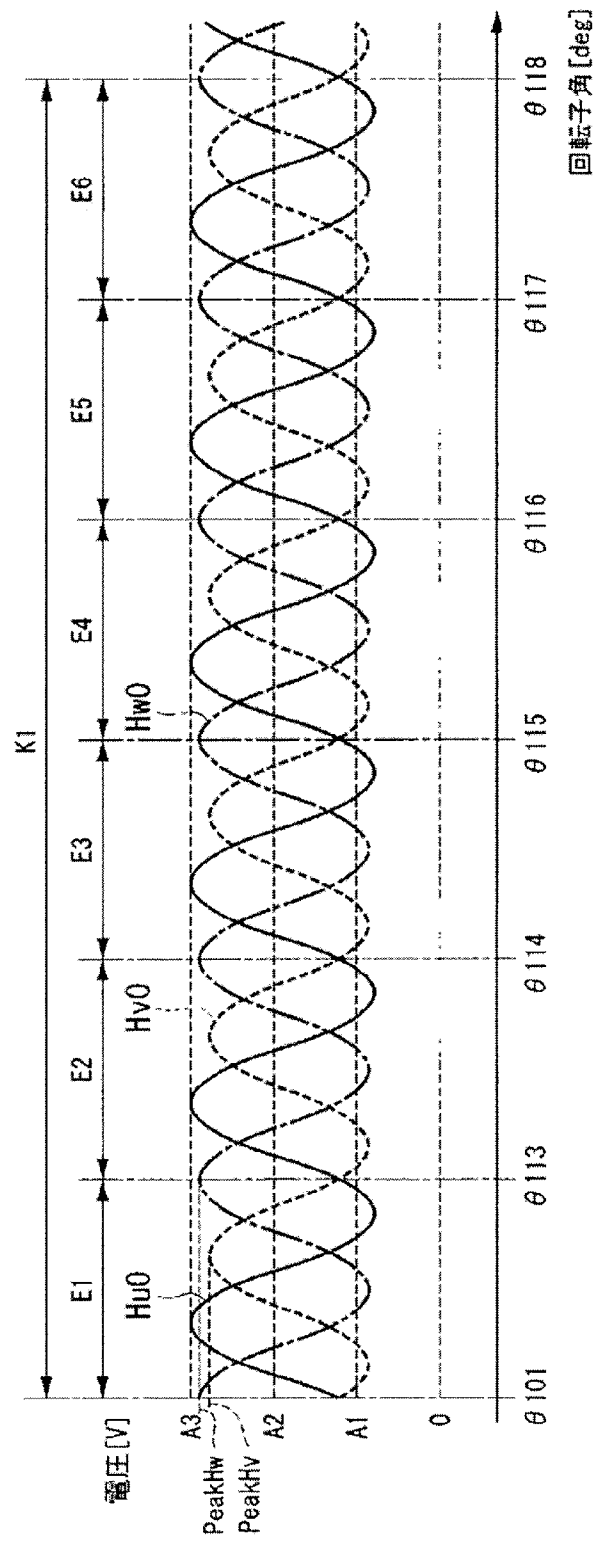
[図11]



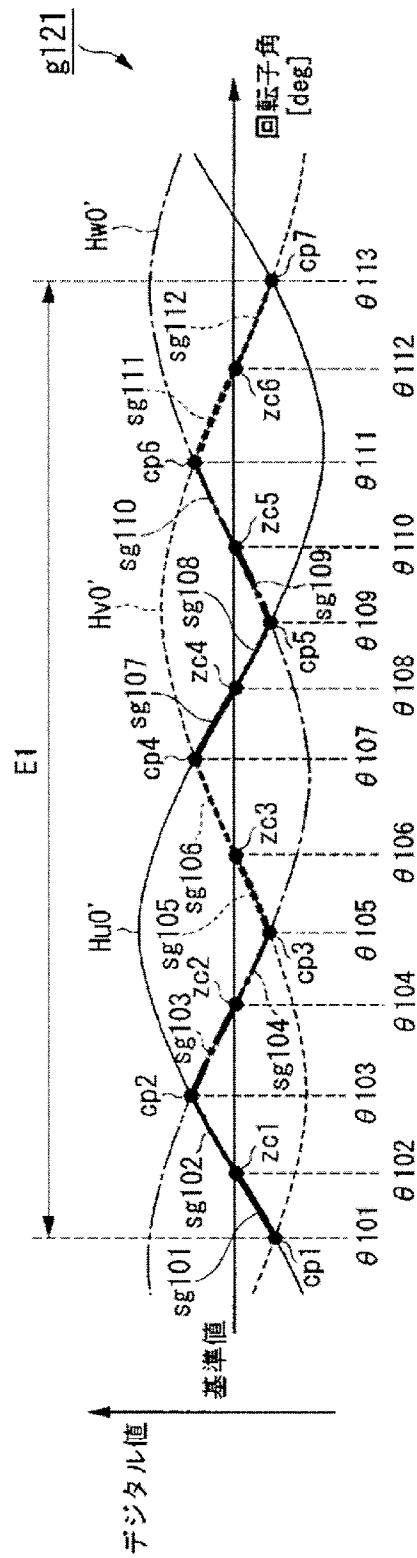
[図13]



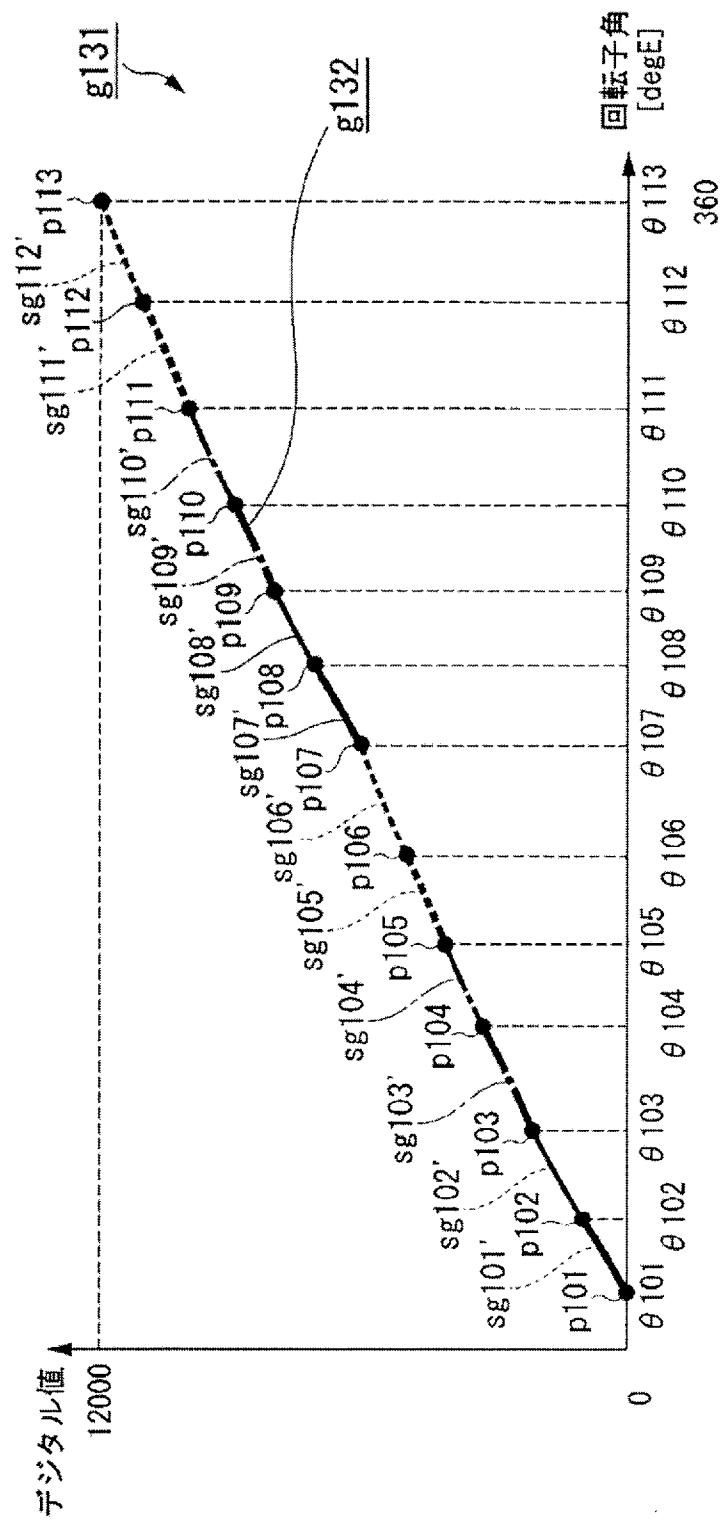
[図14]



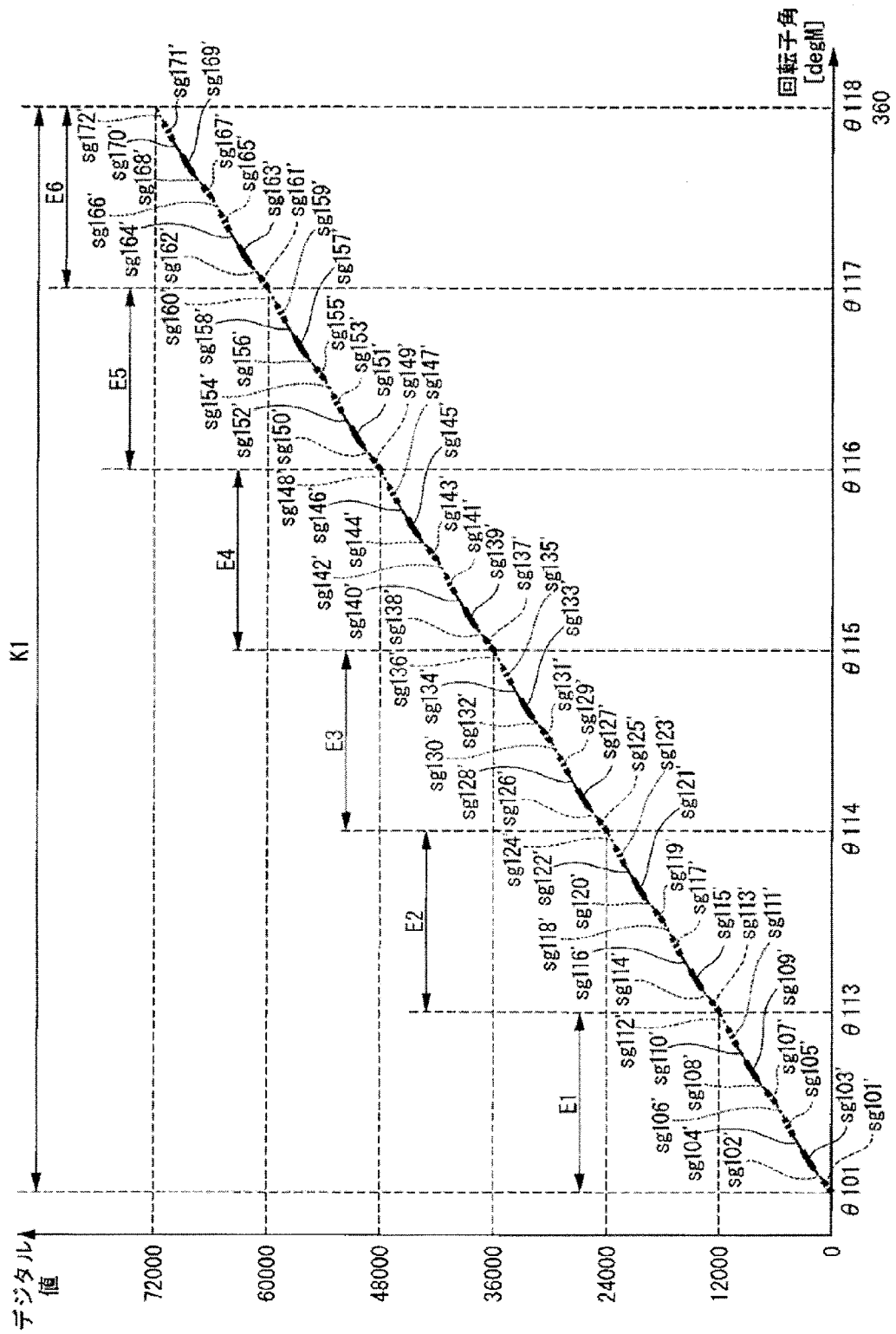
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/007391

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P6/06(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)

H02P6/06

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
A	JP 2011-114951 A (Ricoh Co., Ltd.), 09 June 2011 (09.06.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-16
A	JP 6-351297 A (NEC Corp.), 22 December 1994 (22.12.1994), entire text; all drawings (Family: none)	1-16
A	JP 1-291690 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 24 November 1989 (24.11.1989), entire text; all drawings (Family: none)	1-16

☐ 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
11 May 2017 (11.05.17)

Date of mailing of the international search report
23 May 2017 (23.05.17)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P6/06(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. H02P6/06

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
A	JP 2011-114951 A（株式会社リコー） 2011. 06. 09, 全文、全図（ファミリーなし）	1-16
A	JP 6-351297 A（日本電気株式会社） 1994. 12. 22, 全文、全図（ファミリーなし）	1-16
A	JP 1-291690 A（松下電器産業株式会社） 1989. 11. 24, 全文、全図（ファミリーなし）	1-16

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

11. 05. 2017

国際調査報告の発送日

23. 05. 2017

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）

尾家 英樹

3 V

9335

電話番号 03-3581-1101 内線 3357