

(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
2023年5月19日(19.05.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/084676 A1

(51) 国際特許分類:
H02K 15/16 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/041491

(22) 国際出願日: 2021年11月11日(11.11.2021)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 石川 淳史 (ISHIKAWA Atsushi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

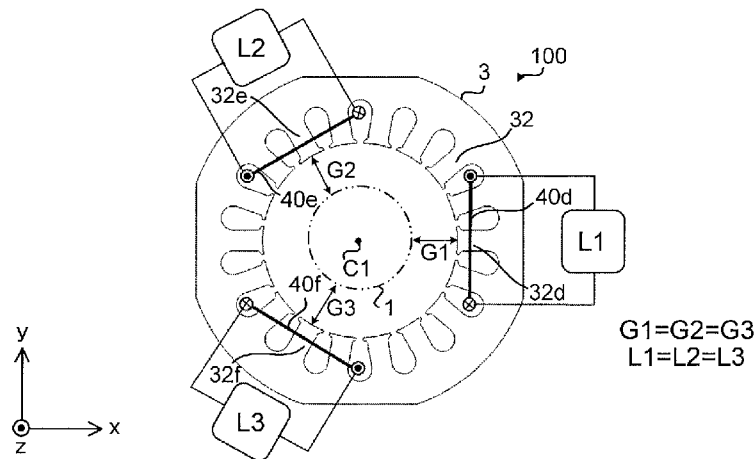
(74) 代理人: 山形 洋一, 外 (YAMAGATA Yoichi et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木2丁目16番2号 甲田ビル4階 特許業務法人 山形・佐藤特許事務所 Tokyo (JP).

(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, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: RELUCTANCE MOTOR, COMPRESSOR, AIR CONDITIONING DEVICE, AND METHOD FOR MANUFACTURING RELUCTANCE MOTOR

(54) 発明の名称: リラクタンスマータ、圧縮機、空気調和装置、及びリラクタンスマータの製造方法

[図9]



(57) Abstract: A reluctance motor (100) includes: a stator (3) having a plurality of coils (40d, 40e, 40f); and a rotor (1) that rotates centered around an axis (A). With the position of the rotor (1) along a direction orthogonal to the axis (A) being in a tolerance position, the rotor (1) is supported by support members (401, 410), said tolerance position such that the differences among a plurality of inductances (L1, L2, L3), obtained by measuring the inductances of a plurality of coils (40d, 40e, 40f) with a measuring instrument (51), are at or below a predetermined threshold value. The tolerance position is determined on the basis of pre-acquired first data that represents the relationship between: the plurality of inductances (L1, L2, L3); and an adjustment quantity that is a distance to the tolerance position from the measurement position which is the position of the rotor (1) when the plurality of inductances (L1, L2, L3) are measured.

(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))

(57) 要約: リラクタンスモータ (1 0 0) は、複数のコイル (4 0 d、4 0 e、4 0 f) を有するステータ (3) と、軸線 (A) を中心に回転するロータ (1) とを有する。軸線 (A) に直交する方向のロータ (1) の位置が、複数のコイル (4 0 d、4 0 e、4 0 f) のインダクタンスを測定器 (5 1) で測定して得られた複数のインダクタンス (L 1、L 2、L 3) の差が予め定められた閾値以下になる許容位置において、ロータ (1) が支持部材 (4 0 1、4 1 0) によって支持されている。許容位置は、複数のインダクタンス (L 1、L 2、L 3) と、複数のインダクタンス (L 1、L 2、L 3) が測定されたときのロータ (1) の位置としての測定位置から許容位置までの距離である調整量との関係を示す予め取得された第 1 のデータに基づいて決定される。

明 細 書

発明の名称：

リラクタンスモータ、圧縮機、空気調和装置、及びリラクタンスモータの製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、リラクタンスモータ、圧縮機、空気調和装置、及びリラクタンスモータの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 圧縮機のモータとして、高効率化及び高出力化のために、希土類焼結磁石又はフェライト焼結磁石を有するモータ（以下、「永久磁石モータ」とも呼ぶ。）が普及している。しかしながら、永久磁石の直接材料費は高価である。また、永久磁石モータの生産工程では、着磁工程が必要であるため、生産性が悪化する。

[0003] 特に、近年では、希土類焼結磁石の素材（例えば、ジスプロシウム（Dy）及びテルビウム（Tb）などの重希土類磁石）の価格が高騰している。そのため、永久磁石の使用量を低減したモータの普及が望まれている。例えば、永久磁石を使用せずに、ステータとロータとの間に発生する吸引力によるリラクタンストルクで駆動させるリラクタンスモータが知られている。

[0004] ここで、リラクタンスモータは、永久磁石モータと比較して、低効率及び低出力という課題があるため、圧縮機のモータとして採用することが困難であった。リラクタンスモータの効率及び出力を、永久磁石モータの効率及び出力と同等にするためには、リラクタンスモータにおいて、ステータとロータとの間のエアギャップを縮小することが望ましい。しかしながら、エアギャップが縮小すると、電磁加振力の1つである径方向加振力が増大するため、騒音及び振動が増加する。ステータの中心に対するロータの中心のずれ量（以下、「偏心量」とも呼ぶ。）が大きいほど、径方向加振力が大きくなる。エアギャップの大きさに対する偏心量の割合（以下、「偏心率」とも呼ぶ

。)を抑制する技術が知られている。例えば、特許文献1及び2を参照。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平8－223875号公報

特許文献2：特開2016－178725号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1では、ステータのコイルのインダクタンスを測定しながらロータの位置調整が行われるため、サイクルタイムが増加して生産性が悪化する。

[0007] また、特許文献2に記載されているように、コイルに生じる誘起電圧に基づいてロータの位置調整を行う場合、ロータを回転させながら位置調整が行われるため、調整作業が困難であり、且つ安全性も懸念される。

[0008] 本開示は、簡易な構成によって、リラクタンスモータの振動及び騒音を低減することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示の一態様に係るリラクタンスモータは、複数のコイルを有するステータと、軸線を中心に回転するロータとを有し、前記軸線に直交する方向の前記ロータの位置が、前記複数のコイルのインダクタンスを測定器で測定して得られた複数のインダクタンスの差が予め定められた閾値以下になる許容位置になるように、前記ロータが支持部材によって支持されていて、前記許容位置は、前記複数のインダクタンスと、前記複数のインダクタンスが測定されたときの前記ロータの前記位置としての測定位置から前記許容位置までの距離である調整量との関係を示す予め取得された第1のデータに基づいて決定される。

[0010] 本開示の他の態様に係る圧縮機は、上述したリラクタンスモータと、前記リラクタンスモータによって駆動される圧縮機構部とを有する。

[0011] 本開示の他の態様に係る空気調和装置は、上述した圧縮機を有する室外機と、室内機とを有する。

[0012] 本開示の他の態様に係るリラクタンスモータの製造方法は、複数のコイルを有するステータと軸線を中心に回転するロータとを有する、リラクタンスモータの製造方法であって、前記複数のコイルのインダクタンスである複数のインダクタンスと、前記複数のインダクタンスが測定されたときの前記ロータの位置としての測定位置から、前記複数のインダクタンスの差が予め定められた閾値以下になる許容位置までの距離である調整量との関係を示す第1のデータを予め取得するステップと、制御装置が、前記第1のデータに基づいて、現在の前記複数のインダクタンスに対応する前記調整量を推定するステップと、前記推定された前記調整量に基づいて、移動装置が前記ロータの前記位置を調整するステップと、支持部材によって、前記ロータを前記ステータに支持するステップとを有する。

発明の効果

[0013] 本開示によれば、簡易な構成によって、リラクタンスモータの騒音及び振動を低減することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1] (A) は、実施の形態1に係るリラクタンスモータの構成を示す部分断面図である。(B) は、図1 (A) に示されるリラクタンスモータの構成の一部を示す図である。

[図2] 図1 (A) に示されるロータの構成を示す平面図である。

[図3] 実施の形態1に係るロータの他の例の構成の一部を示す平面図である。

[図4] 実施の形態1に係るステータの構成を示す斜視図である。

[図5] 実施の形態1に係るステータの構成の他の例を示す斜視図である。

[図6] 実施の形態1に係るステータコアにコイルを挿入する工程の一例を示す図である。

[図7] 実施の形態1に係るロータがスタータに対して偏心して配置された状態を説明する説明図である。

[図8]実施の形態1に係るロータがステータに対して偏心して配置された場合におけるコイルのインダクタンスとロータの位置との関係を説明する説明図である。

[図9]実施の形態1に係るロータの中心とステータの中心とが一致している場合におけるコイルのインダクタンスとロータの位置との関係を説明する説明図である。

[図10]実施の形態1に係るロータ位置調整装置の構成を示すブロック図である。

[図11]実施の形態1におけるコイルのインダクタンスの測定方法を説明する説明図である。

[図12]実施の形態1に係るリラクタンスモータの製造工程を示すフローチャートである。

[図13]実施の形態2に係るリラクタンスモータの製造工程を示すフローチャートである。

[図14]実施の形態2に係る学習装置の構成を示すブロック図である。

[図15]実施の形態2に係る学習装置によって実行される学習処理の概念を説明する説明図である。

[図16]実施の形態2に係る学習装置による学習処理の流れを示すフローチャートである。

[図17]実施の形態2に係る推論装置の構成を示すブロック図である。

[図18]実施の形態2に係る推論装置によって実行される推論処理の概念を説明する説明図である。

[図19]実施の形態2に係る推論装置による推論処理の流れを示すフローチャートである。

[図20] (A) は、実施の形態2に係る学習装置及び推論装置のハードウェア構成の一例を概略的に示す図である。(B) は、実施の形態2に係る学習装置及び推論装置のハードウェア構成の他の例を概略的に示す図である。

[図21] (A) は、実施の形態3に係る学習装置によって実行される学習処理

の概念を説明する説明図である。(B)は、実施の形態3に係る推論装置によって実行される推論処理の概念を説明する説明図である。

[図22]実施の形態3に係る推論装置による推論処理に基づくロータ移動量を説明する説明図である。

[図23]実施の形態3に係る推論装置による推論処理の流れを示すフローチャートである。

[図24]実施の形態4に係る圧縮機の構成を示す断面図である。

[図25]実施の形態5に係る空気調和装置の構成を示す構成図である。

[0015] 以下に、本開示の実施の形態に係るリラクタンスモータ、圧縮機、空気調和装置、及びリラクタンスモータの製造方法を、図面を参照しながら説明する。以下の実施の形態は、例にすぎず、実施の形態を適宜組み合わせること及び本開示の範囲内で種々の変更をすることが可能である。

[0016] 図面相互の関係を理解し易くするために、各図には、 x y z 直交座標系が示されている場合がある。 z 軸は、ロータ1の軸線Aに平行な座標軸である。 x 軸は、 z 軸に直交する座標軸である。 y 軸は、 x 軸及び z 軸の両方に直交する座標軸である。 x 軸方向及び y 軸方向は、軸線Aに直交する方向である。また、以下の説明では、軸線Aを中心とする円の円周に沿った方向を「周方向」と呼ぶ。更に、 z 軸方向を「軸方向」、軸方向に直交する方向を「径方向」とも呼ぶ。

[0017] 《実施の形態1》

図1(A)は、実施の形態1に係るリラクタンスモータ100の構成を示す部分断面図である。リラクタンスモータ100は、例えば、同期リラクタンスモータである。リラクタンスモータ100は、ロータ1と、ステータ3と、ハウジングとしての筐体8とを有する。リラクタンスモータ100は永久磁石を有しないため、ステータ3とロータ1との間に発生するリラクタンストルク T_r によって駆動する。なお、リラクタンスモータ100は、同期リラクタンスモータに限られず、スイッチトリクタンスモータであってもよい。

[0018] ロータ 1 は、シャフト 10 の軸線 A を中心に回転する。ステータ 3 は、ロータ 1 を囲んでいる。ステータ 3 は、円筒状の筐体 8 の内周 8 a に固定されている。ロータ 1 は、支持部材によって、ステータ 3 に対して支持されている。例えば、リラクタンスモータ 100 が、後述する図 24 に示される圧縮機 400 に備えられる場合、支持部材は、シャフト 10 の反負荷側の端部を支持するサブフレーム 401、及びシャフト 10 の負荷側の端部を支持する圧縮機構部 410 である。

[0019] 図 1 (B) は、図 1 (A) に示されるリラクタンスモータ 100 の構成の一部を示す図である。図 1 (B) に示されるように、ロータ 1 の外周 11 c とステータ 3 の内周（具体的には、ティース 32 の内周 32 c）との間には、環状のエアギャップ G が設けられている。エアギャップ G は、例えば、0.25 mm から 1.25 mm までの範囲内の大きさである。

[0020] 実施の形態 1 では、x y 平面におけるロータ 1 の位置が、ステータ 3 の複数のコイル 40（後述する図 4 参照）のインダクタンスの差が予め定められた閾値 T_h 以下になる位置において、ロータ 1 が支持部材によって支持されている。これにより、ロータ 1 の偏心を抑制することができる。この理由については、後述する。

[0021] 〈ロータ 1〉

図 2 は、図 1 (A) に示されるロータ 1 の構成を示す平面図である。ロータ 1 は、シャフト 10 と、ロータコア 11 と、第 1 のスリット 21 と、第 2 のスリット 22 と、第 3 のスリット 23 とを有する。ロータコア 11 は、軸線 A を中心とする円筒状である。ロータコア 11 は、z 軸方向に積層された複数の電磁鋼板（後述する図 24 に示される電磁鋼板 15）を有する。1 枚の電磁鋼板 15 の板厚は、例えば、0.1 mm から 0.7 mm までの範囲内の厚さである。複数の電磁鋼板 15 は、例えば、カシメ及び締結部材（例えば、後述する図 24 に示されるリベット 16）によって締結されている。シャフト 10 は、ロータコア 11 に形成されたシャフト挿入孔 11 a に嵌合している。

[0022] 第1のスリット21、第2のスリット22及び第3のスリット23は、ロータコア11に設けられている。第1のスリット21は、ロータコア11の外周11cに沿って形成されている。第2のスリット22は、第1のスリット21より径方向の内側に形成され、第3のスリット23は第2のスリット22より径方向の内側であってシャフト挿入孔11aより径方向の外側に形成されている。なお、以下の説明において、第1のスリット21、第2のスリット22及び第3のスリット23を区別する必要が無い場合には、第1のスリット21、第2のスリット22及び第3のスリット23をまとめて、「スリット20」と呼ぶ。

[0023] スリット20は、ロータコア11をz軸方向に貫通している。図2に示す例では、z軸方向に見たときのスリット20の形状は、径方向の内側に凸を向けた湾曲形状である。ここで、ロータ1の極数は、例えば、6極である。図2では、ロータ1の磁極は、磁極Pとして示されている。ロータコア11には、例えば、1磁極当たり3個（3層）のスリット20が形成されている。そのため、図2に示す例では、スリット20の数は、18個である。なお、ロータ1の極数は6極に限られず、2極以上であればよい。また、1磁極当たりのスリット20の個数は3個に限られない。

[0024] 図3は、実施の形態1に係るロータ1の他の例の構成の一部を示す平面図である。図3に示されるように、ロータ1のロータコア11は、第1のスリット21、第2のスリット22及び第3のスリット23を、それぞれ周方向に分断するように径方向に延びるリブ25を有していてもよい。この場合、第1のスリット21は、複数の分割スリット21a、21bを含み、第2のスリット22は、複数の分割スリット22a、22bを含む。また、第3のスリット23は、複数の分割スリット23a、23bを含む。

[0025] 次に、図2に戻って、リラクタンスモータ100のロータ1におけるd軸とq軸について説明する。ロータ1において、磁束が最も通り易い方向に延びる軸を「d軸」、磁束が最も通り難い方向に延びる軸を「q軸」とする。言い換えれば、d軸は、軸線Aと、周方向に隣り合うスリット20の間であ

る極間Mとを結ぶ直線が延びる方向に平行な軸である。また、q軸は、軸線Aと、スリット20の周方向の中心とを結ぶ直線が延びる方向に平行な軸である。d軸とq軸とがなす電気角は、 90° である。永久磁石モータの場合、永久磁石の磁束である磁石磁束が通る方向（すなわち、磁束が最も通り易い方向）に延びる軸が「d軸」となる。このように、リラクタンスモータ100及び永久磁石モータでは、「d軸」と「q軸」の定義が逆である。

[0026] 次に、リラクタンストルク T_r の発生原理について説明する。リラクタンスモータ100において、d軸インダクタンスとq軸インダクタンスとの間に差が生じていることによって、ロータ1は突極性を有する。これにより、ステータ3のコイル40（後述する図4参照）に電流が流れたときに、ステータ3とロータ1との間に吸引力が発生する。当該吸引力が、リラクタンストルク T_r である。

[0027] ここで、極対数を P_n 、d軸インダクタンス〔単位：H〕を L_d 、q軸インダクタンス〔単位：H〕を L_q とする。また、d軸電流〔単位：A〕を i_d 、q軸電流〔単位：A〕を i_q 、電流ベクトルの大きさを I_a 、電流ベクトルのq軸からの進み位相角を α とする。このとき、リラクタンストルク T_r は、以下の式（1）によって表される。

[数1]

$$T_r = P_n(L_d - L_q)i_d i_q = \frac{1}{2}P_n(L_d - L_q)I_a^2 \sin 2\alpha \quad (1)$$

式（1）に示されるように、d軸インダクタンス L_d とq軸インダクタンス L_q との差 $L_d - L_q$ が大きいほど、リラクタンストルク T_r が大きくなる。また、リラクタンストルク T_r は、電流ベクトルの大きさ I_a の2乗に比例する。

[0028] ここで、リラクタンスモータ100は永久磁石を有しないため、永久磁石モータと比較して、力率が低くなる傾向にある。力率が低い場合、所望のトルクを得るために必要なモータ電流の値が大きくなる。この場合、インバータの電流制限値を超えるおそれがある。よって、リラクタンスモータ100の力率を高める必要がある。

[0029] リラクタンスモータ 100 の力率は、 q 軸インダクタンス L_q に対する d 軸インダクタンス L_d の比 L_d/L_q に依存する。また、上述した式 (1) に示されるように、リラクタンストルク T_r は、 d 軸インダクタンス L_d と q 軸インダクタンス L_q との差 $L_d - L_q$ に依存 (比例) する。したがって、比 L_d/L_q と差 $L_d - L_q$ を大きくすることが、リラクタンスモータ 100 の力率を高める設計において、重要となる。

[0030] 差 $L_d - L_q$ を大きくするために、ステータ 3 とロータ 1 との間のエアギャップ G を縮小 (以下、「ギャップ縮小」と呼ぶ場合がある。) する構成が考えられる。これにより、ロータ 1 の突極性が改善する。よって、トルク特性に優れたリラクタンスモータ 100 を実現することができる。そのため、リラクタンスモータ 100 では、ギャップ縮小を実現するために、ステータ 3 に対するロータ 1 の位置の精度を高めることが重要である。

[0031] 〈ステータ 3〉

次に、図 1 及び 4 を用いて、ステータ 3 の構成について説明する。図 4 は、実施の形態 1 に係るステータ 3 の構成を示す斜視図である。ステータ 3 は、ステータコア 30 と、複数のコイル 40 とを有する。なお、図 1 では、コイル 40 の図示が省略されている。

[0032] ステータコア 30 は、 z 軸方向に積層された複数の電磁鋼板 (例えば、後述する図 24 に示される電磁鋼板 35) を有する。1 枚の電磁鋼板 35 の板厚は、例えば、ロータコア 11 を構成する電磁鋼板 15 の板厚と同じである。複数の電磁鋼板 35 は、例えば、カシメによって互いに固定されている。

[0033] ステータコア 30 は、コアバック 31 と、複数 (例えば、18 個) のティース 32 とを有する。コアバック 31 の外周 31a には、複数個 (例えば、4 個) の D カット面 31b が備えられており、当該 D カット面 31b は、 z 軸方向に延びている。なお、ステータコア 30 に備えられる D カット面 31b の個数は複数に限られず、1 つであってもよい。

[0034] 複数のティース 32 は、コアバック 31 の内周から径方向の内側に延びている。複数のティース 32 は、周方向に等角度の間隔で配置されている。複

数のティース 3 2 のうち周方向に隣り合う 2 つのティース 3 2 の間には、スロット 3 3 が形成されている。スロット 3 3 の個数（以下、「スロット数」とも呼ぶ。）は、ティース 3 2 の個数と同じである。具体的には、スロット数は 1 8 である。そのため、リラクタンスモータ 1 0 0 における極数とスロット数との組み合わせは、6 極 1 8 スロットである。スロット 3 3 には、ティース 3 2 に巻き付けられたコイル 4 0 が収容されている。なお、ティース 3 2 の個数は 1 8 個に限られず、2 個以上であればよい。

[0035] 〈コイル 4 0〉

次に、コイル 4 0 の構成について説明する。コイル 4 0 は、銅又はアルミニウム等の導体と、当該導体を覆う絶縁被膜とを有する。コイル 4 0 は、ステータコア 3 0 の複数のティース 3 2 に巻き付けられている。図 4 に示す例では、コイル 4 0 は、複数のティース 3 2 に跨って巻き付けられている。言い換えれば、コイル 4 0 は、分布巻で複数のティース 3 2 に巻き付けられている。

[0036] ステータ 3 は、複数相のコイル 4 0 を有する。実施の形態 1 では、コイル 4 0 は、ロータ 1 の極数の半分である 3 相のコイルによって構成されている。具体的には、ステータ 3 は、第 1 相のコイルとしての外相（すなわち、U 相）のコイル 4 0 U と、第 2 相のコイルとしての中相（すなわち、V 相）のコイル 4 0 V と、第 3 相のコイルとしての内相（すなわち、W 相）のコイル 4 0 W とを有する。ステータ 3 が 3 相のコイル 4 0 U、4 0 V、4 0 W を有し、且つスロット数が 1 8 であることによって、6 極のリラクタンスモータ 1 0 0 が構成されている。実施の形態 1 では、1 極 1 相当たりのスロット 3 3 の数は、1 つである。言い換えれば、1 極に対して、3 相のコイル 4 0 U、4 0 V、4 0 W が 3 つのスロット 3 3 に収容されている。そのため、1 極毎に、各相のコイル 4 0 U、4 0 V、4 0 W が 1 つのスロット 3 3 に収容されている。

[0037] コイル 4 0 U、4 0 V、4 0 W はそれぞれ、3 スロット間隔で巻き付けられている。実施の形態 1 では、スロット数は 1 8 であるため、スロット 3 3

のピッチは、機械角 60° （すなわち、 $360^\circ \cdot 3/18$ ）である。また、ロータ 1 の磁極のピッチは、機械角 60° である。このように、実施の形態 1 では、スロット 33 のピッチと磁極のピッチが一致するため、巻線係数は 1 である。これにより、ステータ 3 からの磁束がロータ 1 を均一に通るため、ステータ 3 の磁束を有効に利用することができる。一方で、図 4 に示される構成では、3 相のコイル 40 が用いられているため、1 つのコイル 40 が大きく、当該コイル 40 の平均周長が長くなる。

[0038] 図 5 は、実施の形態 1 に係るステータ 3 の構成の他の例を示す斜視図である。図 5 に示されるように、ステータ 3 は、いわゆる「振り分けコイル」を有してもよい。図 5 に示す例では、ロータ 1（図 2 参照）の極数と同じ数の 6 つのコイル 40 によって、1 つの相が構成されている。具体的には、コイル 40 は、6 つの外相のコイル 40 A と、6 つの中相のコイル 40 B と、6 つの内相のコイル 40 C とを有する。外相のコイル 40 A、中相のコイル 40 B 及び内相のコイル 40 C はそれぞれ、3 スロット間隔で巻き付けられている。図 5 に示す例では、スロット 33 のピッチ及び磁極のピッチはいずれも、図 4 と同様に、機械角 60° であるため、巻線係数は 1 である。

[0039] 同じ相のコイル、例えば、外相のコイル 40 A は、周方向に隣り合う他の外相のコイル 40 A と同一のスロット 33 に収容されている。1 つのスロット 33 に収容される 2 つの外相のコイル 40 A の各コイルエンドは、周方向両側に分かれて配置される。スロット 33 のピッチが同じで、且つ 1 つの相が 6 つのコイル 40 によって構成されているため、巻線係数の値を 1 に維持したまま、コイル 40 を縮小することができる。よって、コイル 40 の周長が短くなるため、コイル 40 の抵抗を小さくすることができ、且つ電線の使用量を削減することができる。また、コイル 40 の抵抗が小さくなることによって、当該コイル 40 における損失が低減されるため、リラクタンスモータ 100 の効率を向上させることができる。

[0040] 図 6 は、実施の形態 1 に係るステータコア 30 にコイル 40 を挿入する工程の一例を示す図である。図 6 に示されるように、コイル 40 は、挿入器具

9（「インサータ」とも呼ぶ。）によって、ステータコア30に取り付けられる。具体的には、挿入器具9に備えられた複数のブレード91のうちの隣り合うブレード91の間にコイル40が配置された状態で、挿入器具9をスライド移動させることで、コイル40がステータコア30に取り付けられる。ブレード91がティース32より径方向の内側に挿入されて且つコイル40の一部がスロット33に挿入された後に、コイル40をz軸方向にスライド移動させることで、コイル40がスロット33内に配置される。

[0041] 〈電磁加振力〉

次に、リラクタンスモータ100における電磁加振力について説明する。電磁加振力は、リラクタンスモータ100の運転中における騒音及び振動の原因となるため、電磁加振力を低減することが求められる。電磁加振力は、「トルクリプル」及び「径方向加振力」に大別される。

[0042] トルクリプルは、リラクタンスモータ100の運転中に、ロータ1で発生するトルクの脈動である。トルクリプルは、ロータ1の周方向に作用する。永久磁石モータでは、永久磁石とステータコアとの間にコギングトルクが発生した場合、及び運転中のモータ電圧及びモータ電流に高調波成分が重畳された場合に、トルクリプルが発生する。リラクタンスモータ100は永久磁石を有しないため、実施の形態1では、トルクリプルは、コギングトルクによっては発生しない。しかしながら、リラクタンスモータ100の運転中に、モータ電圧及びモータ電流のそれぞれの波形に歪みが発生することで、トルクリプルが発生する。

[0043] 径方向加振力は、リラクタンスモータ100の運転中に、ロータ1において径方向に作用する力である。具体的には、径方向加振力は、ロータ1とステータ3との間で生じる吸引力及び反発力によって、ロータ1を径方向に振動させる力である。径方向加振力は、コイル40が偏って配置された場合及びロータ1がステータ3に対して偏心して配置された場合に発生し易くなる。

[0044] 図7は、実施の形態1に係るロータ1がステータ3に対して偏心して配置

された状態を説明する説明図である。図 7 に示されるように、ロータ 1 がステータ 3 に対して偏心して配置された状態とは、 $x-y$ 平面において、ロータ 1 の中心 C_1 がステータ 3 の中心 C_3 と一致せず、中心 C_3 に対してずれた位置に配置された場合をいう。この場合、径方向加振力が大きくなり易い。一方、ロータ 1 が偏心していない場合、すなわち、中心 C_1 と中心 C_3 とが一致している場合、径方向加振力が低減されるため、リラクタンスモータ 100 の騒音及び振動を抑制することができる。なお、図 7 において、2 点鎖線で示されるロータ 1 は、説明の理解を容易にするために縮小して描かれている。

[0045] リラクタンスモータ 100 の運転中の騒音及び振動を低減するためには、トルクリプルと径方向加振力の両方を低減することが望ましい。ここで、トルクリプルについては、ロータ 1 のスリット 20（図 2 参照）の形状を工夫することによって、低減することができる。一方、径方向加振力については、リラクタンスモータ 100 の製造時に、ロータ 1 の偏心が発生しないようにロータ 1 を支持することによって、低減することができる。

[0046] ここで、上述した通り、リラクタンスモータ 100 では、力率を高めるために、エアギャップ G （図 1（B）参照）が縮小されている場合がある。この場合、上述したトルクリプル及び径方向加振力などの電磁加振力が増加するため、リラクタンスモータ 100 の騒音及び振動が一層増加する。そのため、ギャップ縮小による力率改善と、リラクタンスモータ 100 の騒音（又は振動）は、トレードオフの関係にある。

[0047] 図 7 において、ステータ 3 の中心 C_3 に対するロータ 1 の中心 C_1 との間の距離を偏心量 E とする。また、以下の説明では、エアギャップ G の大きさに対する偏心量 E の比を「偏心率」と呼ぶ。偏心率が大きいほど、径方向加振力が増加する。よって、リラクタンスモータ 100 の製造時（言い換えれば、組立時）に偏心率を抑制することが、径方向加振力を低減するために必要である。リラクタンスモータ 100 では、複数のコイル 40 のインダクタンスに基づいて、 $x-y$ 平面におけるロータ 1 の位置が調整されている。

[0048] 〈コイル40のインダクタンスとロータ1の位置との関係〉

次に、図8を用いて、コイル40のインダクタンスとロータ1の位置との関係について説明する。図8は、ロータ1がステータ3に対して偏心して配置された場合におけるコイル40d、40e、40fのインダクタンスとロータ1の位置との関係を説明する説明図である。図8では、説明の理解を容易にするために、1相のコイルのインダクタンスとロータ1の位置との関係について説明する。具体的には、ロータ1の極数の半分の数である3つのコイル40d、40e、40fによって、1相のコイルが構成されている。3つのコイル40d、40e、40fのそれぞれには、インダクタンスを測定するための測定器（例えば、後述する図10に示される測定器51）が接続される。図8では、コイル40dのインダクタンスをL1、コイル40eのインダクタンスをL2、コイル40fのインダクタンスをL3と表記している。

[0049] また、図8では、コイル40dが巻き付けられた複数のティース32の1つを32d、コイル40eが巻き付けられた複数のティース32の1つを32e、コイル40fが巻き付けられた複数のティース32の1つを32fと表記している。更に、図8では、ティース32dの内周とロータ1の外周との間の間隔（つまり、エアギャップ）がG1と表記されている。また、ティース32eの内周とロータ1の外周との間の間隔がG2と表記され、ティース32fの内周とロータ1の外周との間の間隔がG3と表記されている。ロータ1が偏心して配置されている場合、間隔G1、G2、G3は互いに異なる。図8に示す例では、間隔G1、G2、G3は、以下の式（2）を満たす。

$$G1 < G2 < G3 \quad (2)$$

[0050] このように、図8に示す例では、ロータ1とコイル40dとの間の間隔G1が最も狭いため、コイル40dのインダクタンスL1は、コイル40e、40fのインダクタンスL2、L3より大きい。また、ロータ1とコイル40fとの間の間隔G3が最も広いため、コイル40fのインダクタンスL3

は、コイル40d、40eのインダクタンス L_1 、 L_2 より小さい。すなわち、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 は、以下の式(3)を満たす。

$$L_1 > L_2 > L_3 \quad (3)$$

これは、インダクタンスは磁束の通り易さを示す指標である所、コイル40dが巻き付けられたティース32dとロータ1との間の間隔 G_1 が最も狭く、当該ティース32dとロータ1との間の磁気抵抗が最も低くなるためである。

[0051] 図9は、実施の形態1に係るロータ1の中心 C_1 とステータ3の中心 C_3 とが一致している場合におけるコイル40d、40e、40fのインダクタンスとロータ1の位置との関係を説明する説明図である。図9に示す例では、間隔 G_1 、 G_2 、 G_3 が互いに同じであるため、コイル40d、40e、40fのそれぞれのインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 も互いに同一である。すなわち、図9に示す例では、複数の間隔 G_1 、 G_2 、 G_3 は以下の式(4)を満たし、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 は以下の式(5)を満たす。

$$G_1 = G_2 = G_3 \quad (4)$$

$$L_1 = L_2 = L_3 \quad (5)$$

[0052] 図8及び9から、ロータ1が偏心している場合には複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 は互いに異なり、ロータ1が偏心していない場合には複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 の差は小さい(図9に示す例では、差は0)ことが分かる。そのため、 $x-y$ 平面におけるロータ1の位置が、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 の差が予め定められた閾値 T_h 以下になる許容位置になるように、ロータ1を固定すれば、偏心を抑制することができる。実施の形態1では、リラクタンスモータ100の製造時に、 $x-y$ 平面におけるロータ1の位置が、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 が互いに同じになる許容位置になるように、ロータ1が固定されている。具体的には、許容位置は、ステータ3の中心 C_3 の位置である。なお、許容位置は、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 の差が予め定められた閾値 T_h 以下に

なれば、必ずしもステータ 3 の中心 C 3 の位置でなくてもよい。実施の形態 1 では、リラクタンスモータ 100 の製造時に、以下に述べるロータ位置調整装置 50 が用いられる。

[0053] 〈ロータ位置調整装置 50〉

次に、実施の形態 1 に係るロータ位置調整装置 50 の構成について説明する。図 10 は、実施の形態 1 に係るロータ位置調整装置 50 の構成を示すブロック図である。ロータ位置調整装置 50 は、ロータ 1 の偏心を抑制するために、リラクタンスモータ 100 の製造時にロータ 1 の位置を調整する。ロータ位置調整装置 50 は、例えば、ロータ 1 の中心 C 1 がステータ 3 の中心 C 3 と同軸上に位置するように、ロータ 1 の位置を調整する同軸調整装置である。ロータ位置調整装置 50 は、インダクタンス測定部としての測定器 51 と、移動装置 52 と、制御部としての制御装置 53 とを有する。

[0054] 測定器 51 は、コイル 40 のインダクタンスを測定する。実施の形態 1 では、測定器 51 は、例えば、LCZメータである。移動装置 52 は、ロータ 1（図 2 参照）の位置を調整する。実施の形態 1 では、移動装置 52 は、 x y 平面におけるロータ 1 の位置を調整する x y ステージである。 x y ステージは、 x 軸方向及び y 軸方向の 2 つの方向に移動可能である。

[0055] 制御装置 53 は、測定器 51 の測定結果に基づいて、ロータ 1 の偏心を抑制するために必要なロータ 1 の位置の調整量（以下、「ロータ移動量」とも呼ぶ。）を推定する。ロータ移動量は、例えば、図 7 に示される偏心量 E と同じである。また、制御装置 53 は、推定されたロータ 1 の移動量に基づいて、移動装置 52 を駆動させる。制御装置 53 は、例えば、半導体集積回路からなる制御回路である。制御装置 53 は、メモリに記憶されたプログラムを実行するプロセッサによって構成されてもよい。

[0056] 制御装置 53 は、移動量推定部 53a と、動作指令部 53b とを有する。移動量推定部 53a は、測定器 51 の測定結果に基づいてロータ移動量を推定する。具体的には、移動量推定部 53a は、予め取得された第 1 のデータである関係式に、複数のコイル 40 の現在のインダクタンスの測定値を代入

することで、現在の複数のインダクタンスに対応するロータ移動量を推定（算出）する。これにより、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 を測定しながらロータ1の位置の調整を行う構成と比較して、調整作業のサイクルタイムが低減される。そのため、リラクタンスモータ100の生産性の悪化を防止しつつ、ロータ1の偏心を抑制することができる。

[0057] ロータ移動量の推定に用いられる関係式は、複数のインダクタンスとロータ移動量との関係を示す式である。言い換えれば、予め取得される関係式は、複数のインダクタンスとロータ1の位置との関係を示す式である。当該関係式は、例えば、線形近似法又は重回帰分析法等の統計学的手法を用いることによって取得される。実施の形態1では、移動量推定部53aは、ロータ1の偏心を抑制するために必要な x 軸方向のロータ移動量 Δx 及び y 軸方向のロータ移動量 Δy を推定する。

[0058] 動作指令部53bは、推定されたロータ移動量 Δx 、 Δy に基づいて移動装置52の動作指令（すなわち、駆動信号）を生成する。移動装置52は、動作指令部53bによって生成された動作指令に基づいてロータ1を移動させる。これにより、ロータ1の中心 C_1 を、ステータ3の中心 C_3 に近づけることができる。よって、ロータ1の偏心を抑制することができる。

[0059] 次に、図11を用いて、コイル40のインダクタンスとロータ移動量との関係式を導出する方法について説明する。図11は、実施の形態1におけるコイル40のインダクタンスの測定方法を説明する説明図である。図11に示されるように、ステータ3のコイル40から引き出されたリード線 W_1 、 W_2 に、測定器51が接続されることで、コイル40のインダクタンスが測定される。

[0060] 測定器51は、コイル40のリード線 W_1 、 W_2 間に微小な電圧を印加し、当該コイル40を流れる微小な電流値を検出する。測定器51は、電圧値及び電流値に基づいて、コイル40のインダクタンスを測定する。インダクタンスの測定結果は、例えば、測定器51の表示部51a、又は測定器51とは別体のディスプレイに表示されることで、作業者は、コイル40のイン

ダクタンスの測定値を確認することができる。

[0061] 上述した図8に示されるように、ロータ1がステータ3に対して偏心して配置された場合、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 間に差が生じる。そのため、作業者は、測定器51に表示されるインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 の測定結果に基づいて、ロータ1が偏心して配置されているか否かを確認することができる。複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 間に差が生じている場合、作業者は、移動装置52を用いて、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 が測定された測定位置から複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 が互いに同じになる許容位置まで、 x 軸方向及び y 軸方向にロータ1を移動させることで、ロータ1の位置を調整する。

[0062] 複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 、 x 軸方向のロータ移動量 Δx 及び y 軸方向のロータ移動量 Δy が、移動量推定部53aで用いられる関係式を導出するための導出用データとして用いられる。インダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 を測定する工程及びロータ1の位置を調整する工程が繰り返し行われることによって、学習用のデータが蓄積される。蓄積された導出用データは、記憶部（例えば、コンピュータ又はクラウドサーバ）に記録される。

[0063] ここで、全てのコイル40のインダクタンスを測定する場合、関係式を導出するためのサイクルタイムが増加するおそれがある。そのため、予め定められた時間内で導出用データの蓄積を行ってもよい。例えば、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 の差が予め定められた閾値以下になったときに、ロータ移動量 Δx 、 Δy を蓄積する処理を終了してもよい。なお、測定器51で測定される複数のインダクタンスは、同じ相のコイルのインダクタンスに限られず、異なる相のコイルのインダクタンスであってもよい。例えば、測定器51で測定される複数のインダクタンスは、 U 相のコイル40Uのインダクタンス（第1のインダクタンス）、 V 相のコイル40Vのインダクタンス（第2のインダクタンス）、及び W 相のコイル40Wのインダクタンス（第3のインダクタンス）であってもよい。

[0064] 〈リラクタンスモータ100の製造方法〉

次に、実施の形態１に係るリラクタンスモータ１００の製造方法について説明する。図１２は、リラクタンスモータ１００の製造工程を示すフローチャートである。まず、ステップＳＴ１において、ロータ位置調整装置５０の移動量推定部５３ａは、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 とロータ移動量 Δx 、 Δy との関係を示す関係式を導出する。

[0065] ステップＳＴ２において、測定器５１は、現在の複数のコイル４０ｄ、４０ｅ、４０ｆのインダクタンス L_{11} 、 L_{12} 、 L_{13} を測定する。

[0066] ステップＳＴ３において、移動量推定部５３ａは、ステップＳＴ１で予め取得された関係式に、現在の複数のインダクタンス L_{11} 、 L_{12} 、 L_{13} を入力して、ロータ１の偏心を抑制するために必要な x 軸方向のロータ移動量及び y 軸方向のロータ移動量を推定する。

[0067] ステップＳＴ４において、ロータ位置調整装置５０の動作指令部５３ｂは、ステップＳＴ２で推定された x 軸方向のロータ調整量及び y 軸方向のロータ調整量に基づいて、移動装置５２を駆動させることで、ロータ１を移動させる。

[0068] ステップＳＴ５において、ロータ１は、支持部材によって支持される。言い換えれば、 xy 平面におけるロータ１の位置が固定される。

[0069] 〈実施の形態１の効果〉

以上に説明した実施の形態１によれば、 xy 平面におけるロータ１の位置が、複数のコイル４０ｄ、４０ｅ、４０ｆのインダクタンスを測定器５１で測定して得られた複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 の差が予め定められた閾値 T_h 以下になる許容位置になるように、ロータ１が支持部材によって支持されている。これにより、ロータ１の偏心を抑制することができる。よって、リラクタンスモータ１００の騒音及び振動を低減することができる。

[0070] また、実施の形態１によれば、許容位置は、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 と、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 が測定された測定位置から許容位置までの距離を示すロータ１の移動量との関係を示す予め取得

された関係式に基づいて決定される。これにより、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 を測定しながらロータ1の位置の調整を行う構成と比較して、調整作業のサイクルタイムが低減される。そのため、リラクタンスモータ100の生産性の悪化を防止しつつ、ロータ1の偏心を抑制することができる。よって、簡易な構成によって、リラクタンスモータ100の騒音及び振動を低減することができる。

[0071] また、実施の形態1によれば、許容位置は、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 が互いに同じなる位置である。これにより、 $x-y$ 平面において、ロータ1の中心 C_1 を、ステータ3の中心 C_3 に一致させることができる。よって、ロータ1の偏心を一層抑制することができる。

[0072] 《実施の形態2》

図13は、実施の形態2に係るリラクタンスモータの製造工程を示すフローチャートである。実施の形態2に係るリラクタンスモータは、機械学習によって推論されたロータ移動量に基づいてロータを移動させた位置において、当該ロータ1が支持されている点で、実施の形態1に係るリラクタンスモータ100と相違する。これ以外の点については、実施の形態2に係るリラクタンスモータは、実施の形態1に係るリラクタンスモータ100と同じである。そのため、以下の説明では、図2、9及び10を参照する。

[0073] 図13に示されるように、ステップST201においては、現在の複数のコイル40d、40e、40f（図9参照）のインダクタンスである複数のインダクタンス L_{11} 、 L_{12} 、 L_{13} を測定する。

[0074] ステップST202において、制御装置53（図10参照）は、学習済であるか否かを判定する。学習済でない場合（つまり、ステップST202において、判定がNoである場合）、処理をステップST203に進める。ステップST203において、学習処理が実行される。学習処理が実行された場合、処理は、ステップST201に戻る。学習処理の詳細については後述する。

[0075] 学習済である場合（つまり、ステップST202において、判定がYes

である場合)、処理をステップST204に進める。ステップST204において、学習後の処理である推論処理が実行される。具体的には、機械学習によって生成された学習済モデルを利用して、複数のインダクタンス L_{11} 、 L_{12} 、 L_{13} から推定されたロータ移動量に基づいて、 x - y 平面におけるロータ1の位置が調整される。推論処理の詳細については後述する。推論処理が実行された後、処理が終了する。

[0076] 実施の形態2に係るロータ位置調整装置の制御装置53は、学習装置250と、推論装置260とを有する。

[0077] 図14は、実施の形態2に係る学習装置250の構成を示すブロック図である。図14に示されるように、学習装置250は、データ取得部としての学習用データ取得部251と、モデル生成部252と、記憶部253とを有する。

[0078] 図15は、実施の形態2に係る学習装置250によって実行される学習処理の概念を説明する説明図である。図15に示されるように、学習用データ取得部251は、複数のコイル40d、40e、40fのそれぞれのインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 と、 x 軸方向のロータ移動量 Δx 及び y 軸方向のロータ移動量 Δy を、学習用データ（すなわち、教師データ）として取得する。学習用データ取得部251は、コンピュータ又はクラウドサーバ等である。

[0079] 学習用データ取得部251に入力される学習用データの x 軸方向のロータ移動量 Δx 及び y 軸方向のロータ移動量 Δy は、手動調整によって取得されたデータである。具体的には、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 が測定された測定位置から、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 が上述した式(5)を満たす許容位置までの距離を示す調整量の x 軸方向の成分が x 軸方向のロータ移動量であり、当該調整量の y 軸方向の成分が y 軸方向のロータ移動量である。

[0080] モデル生成部252は、学習用データ取得部251によって取得された複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 、 x 軸方向のロータ移動量 Δx 及び y

軸方向のロータ移動量 Δy に基づいて、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 とロータ移動量 Δx 、 Δy との関係を学習し、学習済モデル80を生成する。モデル生成部252は、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 と、ロータ移動量 Δx 、 Δy との関係を示す学習済モデル80を予め取得する。モデル生成部252は、生成した学習済モデル80を出力し、記憶部253は、モデル生成部252から出力された学習済モデル80を記憶する。

[0081] 図15に示す例では、モデル生成部252は、学習器としてのニューラルネットワーク70に従って、いわゆる教師あり学習により、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 とロータ移動量 Δx 、 Δy との関係を学習する。ここで、教師あり学習とは、入力と結果とのデータの組を学習用データとして学習装置250に与えることで、当該学習用データにある特徴を学習し、入力から結果を推論する手法をいう。

[0082] ニューラルネットワーク70は、複数のニューロンからなる入力層71、複数のニューロンからなる1層の中間層72、及び少なくとも1つ以上のニューロンからなる出力層73で構成される。なお、中間層72は、1層に限らず、2層以上であってもよい。

[0083] 次に、図16を用いて、学習装置250による学習処理について説明する。図16は、実施の形態2に係る学習装置250による学習処理の流れを示すフローチャートである。まず、ステップST211において、学習用データ取得部251は、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 、 x 軸方向のロータ移動量 Δx 及び y 軸方向のロータ移動量 Δy を、学習用データとして取得する。

[0084] ステップST212において、モデル生成部252は、学習用データ取得部251によって取得された複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 、 x 軸方向のロータ移動量 Δx 及び y 軸方向のロータ移動量 Δy に基づいて、ロータ1の偏心を抑制するためのロータ移動量 Δx 、 Δy を学習し、学習済モデル80を生成する。

[0085] ステップST213において、記憶部253は、モデル生成部252によ

って生成された学習済モデル 80 を記憶し、処理を終了する。

[0086] 図 17 は、実施の形態 2 に係る推論装置 260 の構成を示すブロック図である。図 18 は、実施の形態 2 に係る推論装置 260 によって実行される推論処理の概念を説明する説明図である。推論装置 260 は、データ取得部 261 と、推論部 262 とを有する。

[0087] データ取得部 261 は、現在のコイル 40d のインダクタンス L_{11} 、現在のコイル 40e のインダクタンス L_{12} 及び現在のコイル 40f のインダクタンス L_{13} を取得する。すなわち、データ取得部 261 は、現在の複数のインダクタンス L_{11} 、 L_{12} 、 L_{13} を取得する。

[0088] 推論部 262 は、学習済モデル 80 を利用して得られる x 軸方向のロータ移動量 Δx 及び y 軸方向のロータ移動量 Δy を推論する。すなわち、学習済モデル 80 にデータ取得部 261 で取得した現在の複数のインダクタンス L_{11} 、 L_{12} 、 L_{13} が入力データとして入力されることで、推論部 262 は、当該現在の複数のインダクタンス L_{11} 、 L_{12} 、 L_{13} から推論される x 軸方向のロータ移動量 Δx 及び y 軸方向のロータ移動量 Δy を、出力データとして出力する。推論部 262 は、出力したロータ移動量 Δx 、 Δy に基づく動作指令を生成し、移動装置 52 に出力する。

[0089] 移動装置 52 は、推論部 262 によって生成された動作指令に基づいて、ロータ 1 を移動させる。これにより、 xy 平面におけるロータ 1 の位置が、複数のインダクタンスの差が閾値 T_h 以下になる許容位置になるように、移動装置 52 はロータ 1 を移動させる。実施の形態 2 では、上述した通り、複数のインダクタンスの差が閾値 T_h 以下になる許容位置は、ロータ 1 の偏心が抑制される位置である。よって、実施の形態 2 に係るリラクタンスモータの騒音及び振動を低減することができる。

[0090] また、学習済モデル 80 を用いてロータ 1 の偏心を抑制するために必要なロータ 1 の移動量が推論されることで、手動でロータ 1 の位置調整を行う構成と比較して、短時間でロータ 1 を適切な位置に調整することができる。よって、サイクルタイムが低減されるため、実施の形態 2 に係るリラクタンス

モータの生産性を向上させることができる。また、機械学習は、線形近似法又は重回帰分析法と比較して高精度な推定が可能となるため、ロータ移動量の推定の精度を高めることができる。

[0091] 図19は、実施の形態2に係る推論装置260の処理の流れを示すフローチャートである。図19に示されるように、ステップST221において、データ取得部261は、現在の複数のインダクタンス L_{11} 、 L_2 、 L_3 を取得する。

[0092] ステップST222において、推論部262は、記憶部253に記憶された学習済モデル80に現在の複数のインダクタンス L_{11} 、 L_{12} 、 L_{13} を入力する。

[0093] ステップST223において、推論部262は、学習済モデル80を利用して現在の複数のインダクタンス L_{11} 、 L_{12} 、 L_{13} から、 x 軸方向のロータ移動量 Δx 及び y 軸方向のロータ移動量 Δy を出力する。

[0094] ステップST224において、移動装置52は、ステップST223で出力された x 軸方向のロータ移動量 Δx 及び y 軸方向のロータ移動量 Δy に基づいて、ロータ1の位置を調整する。

[0095] ステップST225において、移動装置52がロータ1を移動させた位置で、ロータ1が支持される。

[0096] 次に、学習装置250及び推論装置260のハードウェア構成について説明する。図20(A)は、学習装置250及び推論装置260のハードウェア構成の一例を概略的に示す図である。図20(A)に示されるように、学習装置250及び推論装置260は、例えば、ソフトウェアとしてのプログラムを格納する記憶装置としてのメモリ201と、メモリ201に格納されたプログラムを実現する情報処理部としてのプロセッサ202とを用いて（例えば、コンピュータによって）実現することができる。なお、学習装置250の一部及び推論装置260の一部が、図20(A)に示されるメモリ201と、プログラムを実行するプロセッサ202とによって実現されてもよい。

[0097] 図20(B)は、学習装置250及び推論装置260のハードウェア構成の他の例を概略的に示す図である。図20(B)に示されるように、学習装置250及び推論装置260は、単回路又は複合回路等の専用のハードウェアとしての処理回路203を用いて実現されていてもよい。この場合、学習装置250の機能及び推論装置260の機能は、処理回路203で実現される。

[0098] 〈実施の形態2の効果〉

以上に説明した実施の形態2によれば、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 と、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 が測定された測定位置から許容位置までのロータ移動量との関係を示すデータは、機械学習によって予め取得される。機械学習は、線形近似法又は重回帰分析法と比較して高精度な推定が可能となるため、ロータ移動量の推定の精度を高めることができる。

[0099] また、実施の形態2によれば、推論装置260の推論部262は、現在の複数のインダクタンス L_{11} 、 L_{12} 、 L_{13} を学習済モデル80に入力して、 x 軸方向のロータ移動量 Δx 及び y 軸方向のロータ移動量 Δy を出力し、出力された x 軸方向のロータ移動量 Δx 及び y 軸方向のロータ移動量 Δy に基づいて、 x y 平面におけるロータ1の位置を許容位置に移動させることができる。これにより、ロータ1の中心 C_1 を、ステータ3の中心 C_3 に近づけることができる。よって、ロータ1の偏心を抑制することができ、実施の形態2に係るリラクタンスモータの騒音及び振動を低減することができる。

[0100] 《実施の形態3》

実施の形態3に係る学習装置は、移動装置52によって、ロータ1を許容位置まで移動させた後の調整後のロータ1の位置も学習用データとして追加される点で、実施の形態2に係る学習装置250と相違する。実施の形態3に係る推論装置は、学習済モデルを用いて複数のインダクタンス L_{11} 、 L_{12} 、 L_{13} からロータ1の位置を出力する点で、実施の形態2に係る推論

装置と相違する。これ以外の点については、実施の形態 3 に係る学習装置及び推論装置は、実施の形態 2 に係る学習装置及び推論装置とそれぞれ同じである。そのため、以下の説明では、図 1 (A)、(B)、図 9、14 及び 17 を参照する。

[0101] 図 21 (A) は、実施の形態 3 に係る学習装置によって実行される学習処理の概念を説明する説明図である。図 21 (A) に示されるように、実施の形態 3 に係る学習装置の学習処理では、学習用データとして、コイル 40d のインダクタンス L_1 、コイル 40e のインダクタンス L_2 、コイル 40f のインダクタンス L_3 (図 9 参照)、 x 軸方向のロータ移動量 Δx 、 y 軸方向のロータ移動量 Δy 及び調整後のロータ 1 (図 1 (A) 参照) の位置が入力される。

[0102] 実施の形態 3 に係る学習装置のモデル生成部 252 (図 14 参照) は、入力された学習用データに基づいて、学習済モデル 380 を生成する。学習済モデル 380 は、複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 とロータ移動量 Δx 、 Δy との関係を示す第 1 のデータ、及び複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 と調整後のロータ 1 の位置との関係を示す第 2 のデータを有する。なお、第 1 のデータ及び第 2 のデータの一方が、機械学習によって取得され、他方が統計学的手法によって取得されてもよい。

[0103] 学習用データとして入力される調整後のロータ 1 の位置の算出方法について説明する。調整後のロータ 1 の位置は、ステータ 3 とロータ 1 との間のエアギャップ G (図 1 (B) 参照) に基づいて算出される。具体的には、学習用の複数のインダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 が測定されたときのエアギャップ G の全周における最小値及び当該最小値が測定された周方向の位置に基づいて、ロータ 1 の位置が算出される。エアギャップ G の測定には、例えば、シックネスゲージが用いられる。

[0104] シックネスゲージを用いたエアギャップ G の測定方法は、以下の通りである。例えば、平均のエアギャップ長以下であるシックネスゲージを、ステータ 3 とロータ 1 との間に挿入し、エアギャップ G の全周のうちの最小の部分

の長さ（以下、「最小ギャップ長」とも呼ぶ。）及び位置を検出する。厚さが異なる複数のシックネスゲージが用いられることによって、最小ギャップ長及び最小ギャップ長が測定された位置を特定することができる。

[0105] エアギャップ G の大きさが周方向において均一の場合、すなわち、ロータ1の中心 $C1$ とステータ3の中心 $C3$ とが一致している場合、複数のインダクタンス $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ は互いに一致する。しかしながら、ロータコア11及びステータコア30（図1（A）参照）の製造時におけるプレス金型による電磁鋼板の打ち抜き工程において、ステータコア30の内周の真円度、ロータコア11の外周11cの真円度及びスリット20の形状のそれぞれに寸法誤差（すなわち、寸法のばらつき）が生じる。当該寸法誤差は、ステータ3からロータ1に流れる磁束の流れに影響を与えるため、複数のインダクタンス $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ に差が生じる場合がある。言い換えれば、移動装置52が、学習用の複数のインダクタンス $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ が互いに一致するようにロータ1の位置を調整した場合であっても、寸法誤差によって、ロータ1が偏心して配置されている場合がある。そのため、実施の形態3では、調整後のロータ1の位置も学習用データとして取得され、複数のインダクタンス $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ とロータ移動量との関係に加えて、複数のインダクタンス $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ と調整後のロータ1の位置との関係を示す学習済モデル380が生成される。

[0106] 図21（B）は、実施の形態3に係る推論装置によって実行される推論処理の概念を説明する説明図である。図21（B）に示されるように、推論部262は、学習済モデル380を利用して得られる x 軸方向のロータ移動量 Δx 、 y 軸方向のロータ移動量 Δy 及び調整後のロータ1の位置（ x 、 y ）を推論する。すなわち、学習済モデル380に、現在の複数のインダクタンス $L11$ 、 $L12$ 、 $L13$ が入力データとして入力されることで、当該複数のインダクタンス $L11$ 、 $L12$ 、 $L13$ から推論される x 軸方向のロータ移動量 Δx 、 y 軸方向のロータ移動量 Δy 及びロータ1の位置の座標（ x 、 y ）が出力データとして出力される。

[0107] 図 2 2 は、実施の形態 3 に係る推論装置による推論処理に基づくロータ移動量を説明する説明図である。図 2 2 では、 x y 平面におけるロータ 1 の位置の原点の座標は、ステータ 3 の中心 C 3 の座標である。推論部 2 6 2 は、出力された x 軸方向のロータ移動量 Δx 、 y 軸方向のロータ移動量 Δy 及び調整後のロータ 1 の位置 (x 、 y) を、移動装置 5 2 に出力する。これにより、移動装置 5 2 によって調整される x 軸方向のロータ 1 の移動量は $(-x + \Delta x)$ であり、 y 軸方向のロータ 1 の移動量は、 $(-y + \Delta y)$ である。

[0108] 図 2 3 は、実施の形態 3 に係る推論装置の推論処理の流れを示すフローチャートである。図 2 3 に示されるステップ $ST321$ は、図 1 9 に示されるステップ $ST221$ と同じであるため、その説明を省略する。ステップ $ST322$ において、推論部 2 6 2 は、学習済モデル 3 8 0 に現在の複数のインダクタンス $L11$ 、 $L12$ 、 $L13$ を入力する。

[0109] ステップ $ST323$ において、推論部 2 6 2 は、学習済モデル 3 8 0 を利用して現在の複数のインダクタンス $L11$ 、 $L12$ 、 $L13$ から、 x 軸方向のロータ移動量 Δx 、 y 軸方向のロータ移動量 Δy 及び調整後のロータ 1 の位置 (x 、 y) を出力する。

[0110] ステップ $ST324$ において、移動装置 5 2 は、ステップ $ST323$ で出力された x 軸方向のロータ移動量 Δx 、 y 軸方向のロータ移動量 Δy 及び調整後のロータ 1 の位置 (x 、 y) に基づいて、ロータ 1 の位置を調整する。

[0111] ステップ $ST325$ において、移動装置 5 2 がロータ 1 を移動させた位置で、ロータ 1 が支持される。

[0112] 〈実施の形態 3 の効果〉

以上に説明した実施の形態 3 によれば、推論装置の推論部 2 6 2 は、現在の複数のインダクタンス $L11$ 、 $L12$ 、 $L13$ を学習済モデル 3 8 0 に入力して、 x 軸方向のロータ移動量 Δx 、 y 軸方向のロータ移動量 Δy 及びロータ 1 の位置 (x 、 y) を出力し、出力された x 軸方向のロータ移動量 Δx 、 y 軸方向のロータ移動量 Δy 及び調整後のロータ 1 の位置 (x 、 y) に基づいて、 x y 平面におけるロータ 1 の位置を許容位置に移動させることがで

きる。これにより、ロータ 1 の中心 C 1 を、ステータ 3 の中心 C 3 に一層近づけることができる。よって、ロータ 1 の偏心を抑制することができ、実施の形態 3 に係るリラクタンスモータの騒音及び振動を低減することができる。

[0113] 《実施の形態 4》

次に、実施の形態 4 に係る圧縮機 4 0 0 について説明する。図 2 4 は、実施の形態 4 に係る圧縮機 4 0 0 の構成を示す断面図である。以下では、圧縮機 4 0 0 がスクロール圧縮機である場合を例に説明する。なお、圧縮機 4 0 0 は、スクロール圧縮機に限らず、他の種類の圧縮機であってもよい。

[0114] 〈圧縮機 4 0 0 の構成〉

圧縮機 4 0 0 は、リラクタンスモータ 1 0 0 と、リラクタンスモータ 1 0 0 によって駆動される圧縮機構部 4 1 0 と、サブフレーム 4 0 1 と、密閉容器としての筐体 8 とを有する。

[0115] 圧縮機構部 4 1 0 は、シャフト 1 0 を介してリラクタンスモータ 1 0 0 に連結されている。圧縮機構部 4 1 0 は、図 1 等にも示される圧縮機構部 4 1 0 の一例である。圧縮機構部 4 1 0 は、固定スクロール 4 1 1 と、揺動スクロール 4 1 2 と、コンプライアントフレーム 4 1 3 と、ガイドフレーム 4 1 4 とを有する。固定スクロール 4 1 1 及び揺動スクロール 4 1 2 はそれぞれ、板状の渦巻歯を有し、圧縮室 4 1 5 を形成するように組み合わせられている。

[0116] 固定スクロール 4 1 1 は、圧縮室 4 1 5 において圧縮された冷媒を吐出する吐出ポート 4 1 1 a を有する。また、固定スクロール 4 1 1 には、筐体 8 を貫通する吸入管 4 0 2 が圧入されている。

[0117] 筐体 8 には、吐出ポート 4 1 1 a から吐出された高圧の冷媒ガスを外部に吐出する吐出管 4 0 3 が備えられている。また、筐体 8 の内側には、リラクタンスモータ 1 0 0 のステータ 3 が焼嵌めによって組み込まれている。また、筐体 8 には、ステータ 3 と駆動回路（図示せず）とを電氣的に接続するためのガラス端子 4 0 4 が溶接により固定されている。筐体 8 の底部は、冷凍

機油（図示せず）が貯留されている油溜まり部である。

[0118] 〈圧縮機４００の動作〉

次に、圧縮機４００の動作について説明する。リラクタンスモータ１００が回転すると、シャフト１０が回転する。シャフト１０の回転によって、固定スクロール４１１に対して揺動スクロール４１２が揺動する。これにより、固定スクロール４１１と揺動スクロール４１２とによって形成された圧縮室４１５の容積が変化し、吸入管４０２から圧縮室４１５に吸入された冷媒が圧縮され、高圧の冷媒ガスが形成される。

[0119] 高圧の冷媒ガスは、固定スクロール４１１の吐出ポート４１１aから筐体８の内部に排出され、吐出管４０３から圧縮機４００の外部に排出される。また、圧縮室４１５から筐体８の内部に排出された冷媒ガスの一部は、ロータ１に設けられた穴部（図示せず）を通過することで、リラクタンスモータ１００が冷却される。

[0120] 〈実施の形態４の効果〉

以上に説明した実施の形態４によれば、圧縮機４００は、実施の形態１に係るリラクタンスモータ１００と、リラクタンスモータ１００によって駆動される圧縮機構部４１０とを有する。上述した通り、実施の形態１では、ロータ１の偏心が抑制されていることで、リラクタンスモータ１００における騒音及び振動が低減される。よって、圧縮機４００が当該リラクタンスモータ１００を有することにより、圧縮機４００における騒音及び振動を低減することができる。

[0121] 《実施の形態５》

〈空気調和装置５００の構成〉

次に、実施の形態５に係る空気調和装置５００の構成について説明する。図２５は、実施の形態５に係る空気調和装置５００の構成を示す構成図である。空気調和装置５００は、室外機５０１と、室内機５０２とを有する。室外機５０１及び室内機５０２は、冷媒配管であるガス配管５０３及び液配管５０４によって連結されている。室外機５０１、室内機５０２、ガス配管５

03及び液配管504は、冷媒回路を構成し、冷媒を循環させる。ガス配管503には、気体の冷媒であるガス冷媒が流れる。液配管504には、液体の冷媒である液冷媒又は気液二相冷媒が流れる。

[0122] 室外機501は、実施の形態4に係る圧縮機400と、室外側熱交換器511と、室外側送風機512と、減圧装置としての膨張弁513とを有する。

[0123] 圧縮機400は、例えば、運転周波数を任意に変化させるインバータ装置を備えることにより、圧縮機400の容量（具体的には、単位時間当たりの冷媒の送り出し量）を細かく変化させることができる。室外機501が実施の形態4に係る圧縮機400を有することにより、室外機501の静音性を向上させることができる。

[0124] 室外側熱交換器511は、冷媒と、室外側送風機512から供給された室外の空気との熱交換を行う。例えば、冷房運転時には、室外側熱交換器511は凝縮器として機能する。具体的には、室外側熱交換器511は、圧縮機400で圧縮されて且つ四方弁（図示せず）を経て流入した冷媒と室外の空気との熱交換を行い、冷媒を凝縮して液化させる。また、暖房運転時には、室外側熱交換器511は蒸発器として機能する。具体的には、室外側熱交換器511は、液配管504から膨張弁513を経て流入した低温低圧の冷媒と室外の空気との熱交換を行い、当該冷媒を蒸発させる。

[0125] 膨張弁513は、凝縮器によって凝縮された冷媒を減圧する減圧装置である。具体的には、膨張弁513は、凝縮器から送り出された液冷媒を膨張させて、低温低圧の液冷媒として送り出す。例えば、冷房運転時には、膨張弁513は、室外側熱交換器511によって凝縮された冷媒を減圧する。

[0126] 室内機502は、室内側熱交換器521と、室内側送風機522とを有する。室内側熱交換器521は、冷媒と、室内側送風機522から供給された室内の空気との熱交換を行う。冷房運転時には、室内側熱交換器521は蒸発器として機能する。具体的には、室内側熱交換器521は、低温低圧の冷媒と室内の空気との熱交換を行うことによって蒸発した冷媒をガス配管50

3に送り出す。また、暖房運転時には、室内側熱交換器521は凝縮器として機能する。具体的には、室内側熱交換器521は、ガス配管503から流入した冷媒と空気との熱交換を行うことによって、当該冷媒を凝縮させて液化（又は気液二相化）させ、液配管504に送り出す。

[0127] 空気調和装置500は、制御装置53を更に有する。制御装置53は、例えば、ネットワークを介して空気調和装置500のユーザの端末装置60に接続されている。なお、当該端末装置60は、空気調和装置500のユーザが使用する装置に限られず、空気調和装置500の保守管理業者が使用する装置であってもよい。

[0128] 制御装置53は、リラクタン্সモータ100が圧縮機400に取り付けられている実使用時において、測定器51で得られた現在の複数のコイル40のインダクタンスの測定結果を示す信号を、端末装置60に出力する。制御装置53は、例えば、リラクタン্সモータ100の運転が終了している状態、すなわち、リラクタン্সモータ100が停止している状態において、測定器51での測定結果に基づいて、ロータ1がステータ3に偏心して配置されているか否かを判定する。具体的には、制御装置53は、複数のインダクタンスの差が閾値 T_h を超えていると判定した場合、すなわち、ステータ3に対するロータ1の偏心量 E が大きいと判定した場合、その判定の結果を示す信号を端末装置60に出力する。これにより、ユーザ又は保守管理業者が、ロータ1の偏心を抑制するメンテナンスが必要であることを確認できるため、空気調和装置500の利便性を向上させることができる。

[0129] 〈実施の形態5の効果〉

以上に説明した実施の形態5によれば、空気調和装置500は、実施の形態4で説明した圧縮機400を有する室外機501と、室内機502とを有する。上述した通り、圧縮機400では、騒音及び振動が低減されている。よって、当該圧縮機400が空気調和装置500の室外機501に備えられていることにより、室外機501の静音化を実現することができる。したがって、空気調和装置500の静音化を実現することができる。

[0130] また、実施の形態5によれば、空気調和装置500は、測定器51で得られた現在のコイル40のインダクタンスの測定結果を示す信号を送信する制御装置53を更に有する。これにより、空気調和装置500のユーザ又は保守管理業者が、ロータ1の偏心を抑制するメンテナンスが必要であることを確認できるため、空気調和装置500の利便性を向上させることができる。

符号の説明

[0131] 1 ロータ、 3 ステータ、 11 ロータコア、 20、21、22、23 スリット、 40、40A、40B、40C、40d、40e、40f、40U、40V、40W コイル、 51 測定器、 52 移動装置、 53 制御装置、 80、380 学習済モデル、 100 リラクタンスモータ、 400 圧縮機、 401 サブフレーム（支持部材）、 410 圧縮機構部（支持部材）、 500 空気調和装置、 501 室外機、 502 室内機、 A 軸線、 G エアギャップ、 L1、L2、L3、L11、L12、L13 インダクタンス、 Th 閾値。

請求の範囲

- [請求項1] 複数のコイルを有するステータと、
軸線を中心に回転するロータと
を有し、
前記軸線に直交する方向の前記ロータの位置が、前記複数のコイルのインダクタンスを測定器で測定して得られた複数のインダクタンスの差が予め定められた閾値以下になる許容位置になるように、前記ロータが支持部材によって支持されていて、
前記許容位置は、前記複数のインダクタンスと、前記複数のインダクタンスが測定されたときの前記ロータの前記位置としての測定位置から前記許容位置までの距離である調整量との関係を示す予め取得された第1のデータに基づいて決定される
リラクタンスモータ。
- [請求項2] 前記許容位置は、現在の前記複数のインダクタンスに対応する前記調整量に基づいて、移動装置が前記ロータの前記位置を調整した位置である
請求項1に記載のリラクタンスモータ。
- [請求項3] 前記許容位置は、前記複数のインダクタンスと、前記移動装置が前記調整量に基づいて前記ロータの前記位置を調整したときの調整後の前記ロータの前記位置との関係を示す予め取得された第2のデータに基づいて決定される
請求項2に記載のリラクタンスモータ。
- [請求項4] 調整後の前記ロータの前記位置は、前記ステータと前記ロータとの間のエアギャップに基づいて決定される
請求項3に記載のリラクタンスモータ。
- [請求項5] 前記第1のデータ及び前記第2のデータの少なくとも一方は、機械学習によって取得されたデータである
請求項3又は4に記載のリラクタンスモータ。

- [請求項6] 前記ロータは、ロータコアと、前記ロータコアに設けられて前記ロータコアを前記軸線に平行な方向に貫通するスリットとを有する請求項1から5のいずれか1項に記載のリラクタンスモータ。
- [請求項7] 前記複数のコイルは、第1相のコイルと、第2相のコイルとを有し、
前記複数のインダクタンスは、前記第1相のコイルのインダクタンスである第1のインダクタンスと前記第2相のコイルのインダクタンスである第2のインダクタンスとを有し、
前記許容位置は、前記第1のインダクタンスと前記第2のインダクタンスとの差が前記閾値以下になる位置である
請求項1から6のいずれか1項に記載のリラクタンスモータ。
- [請求項8] 前記許容位置は、前記第1のインダクタンス及び前記第2のインダクタンスが同じになる位置である
請求項7に記載のリラクタンスモータ。
- [請求項9] 請求項1から8のいずれか1項に記載のリラクタンスモータと、
前記リラクタンスモータによって駆動される圧縮機構部と
を有する
圧縮機。
- [請求項10] 請求項9に記載の圧縮機を有する室外機と、
室内機と
を有する
空気調和装置。
- [請求項11] 前記測定器で得られた現在の前記複数のインダクタンスの測定結果を示す信号を送信する制御装置を更に有する
請求項10に記載の空気調和装置。
- [請求項12] 複数のコイルを有するステータと軸線を中心に回転するロータとを有する、リラクタンスモータの製造方法であって、
前記複数のコイルのインダクタンスである複数のインダクタンスと

、前記複数のインダクタンスが測定されたときの前記ロータの位置としての測定位置から、前記複数のインダクタンスの差が予め定められた閾値以下になる許容位置までの距離である調整量との関係を示す第1のデータを予め取得するステップと、

制御装置が、前記第1のデータに基づいて、現在の前記複数のインダクタンスに対応する前記調整量を推定するステップと、

前記推定された前記調整量に基づいて、移動装置が前記ロータの前記位置を調整するステップと、

支持部材によって、前記ロータを前記ステータに支持するステップと

を有する

リラクタンスモータの製造方法。

[請求項13]

前記複数のインダクタンスと、前記移動装置が前記ロータの前記位置を調整したときの前記ロータの前記位置である調整後の前記ロータの前記位置との関係を示す第2のデータを予め取得するステップと、

前記制御装置が、前記第2のデータに基づいて、現在の前記複数のインダクタンスに対応する調整後の前記ロータの前記位置を推定するステップと

を更に有し、

前記移動装置が前記ロータの前記位置を調整するステップでは、前記移動装置は、前記推定された前記調整量及び調整後の前記ロータの前記位置に基づいて、前記ロータの前記位置を調整する

請求項12に記載のリラクタンスモータの製造方法。

[請求項14]

調整後の前記ロータの前記位置を推定するステップでは、調整後の前記ロータの前記位置は、前記ステータと前記ロータとの間のエアギャップに基づいて決定される

請求項13に記載のリラクタンスモータの製造方法。

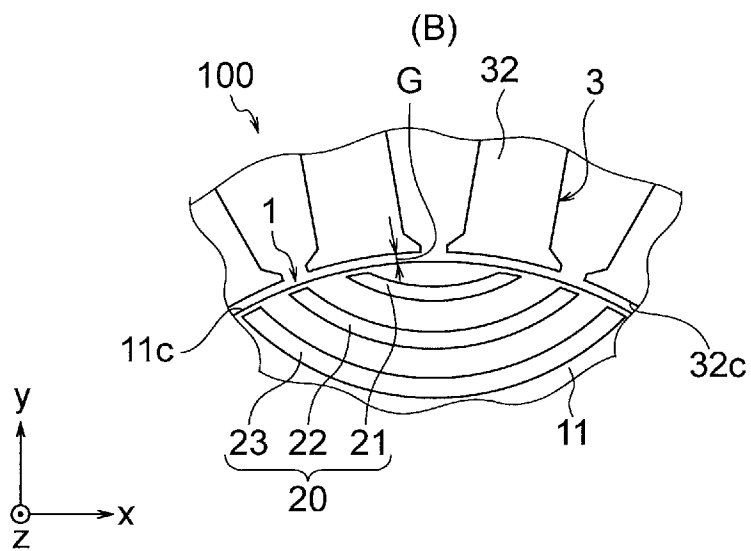
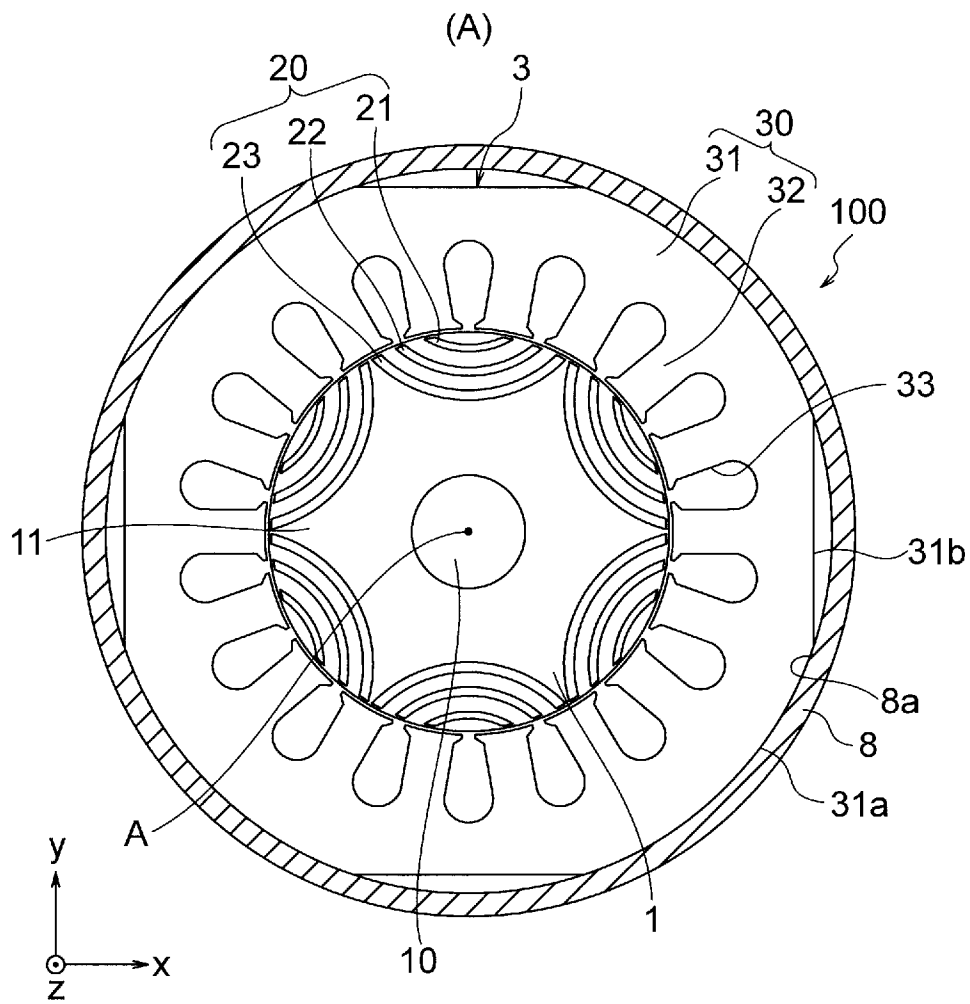
[請求項15]

前記第1のデータ及び前記第2のデータの少なくとも一方は、機械

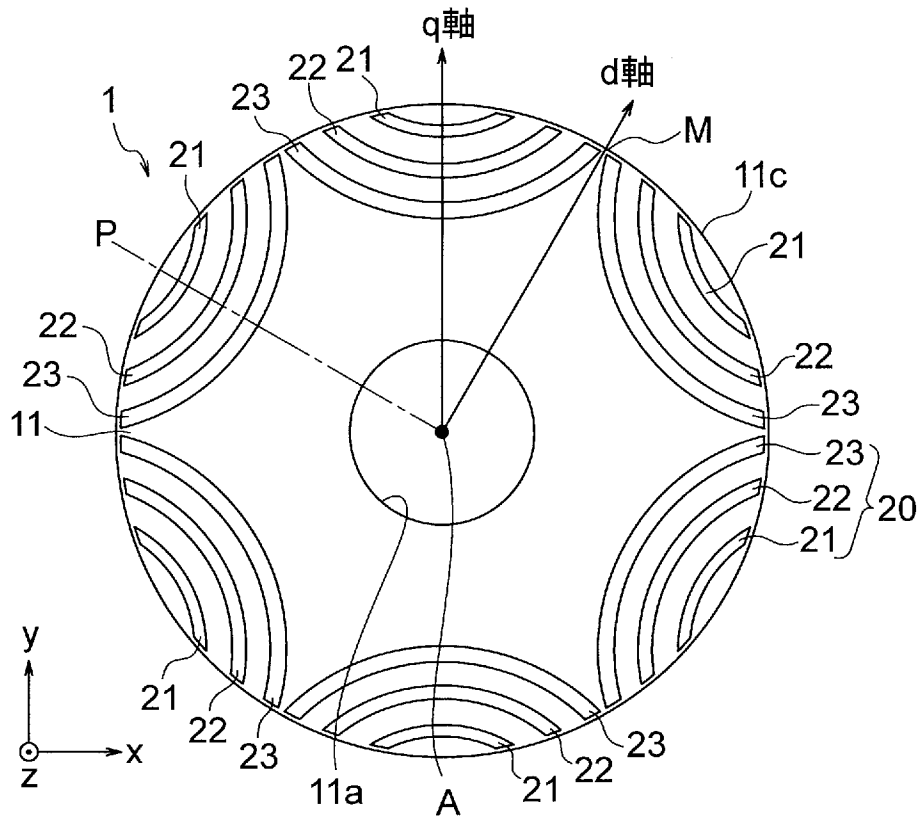
学習によって取得される

請求項 1 3 又は 1 4 に記載のリラクタンスモータの製造方法。

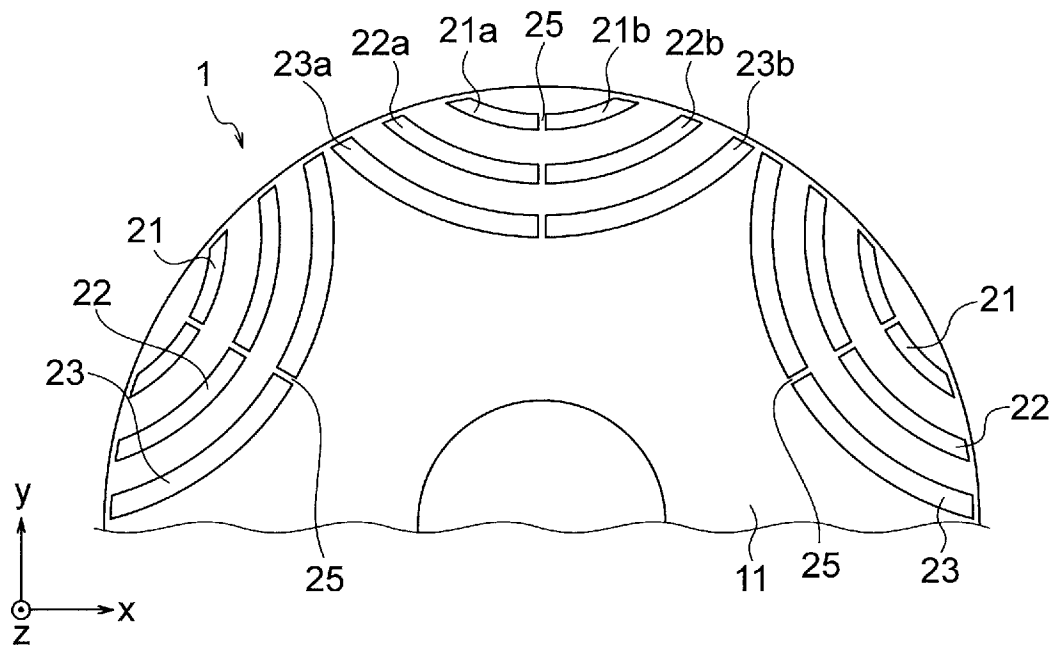
[図1]



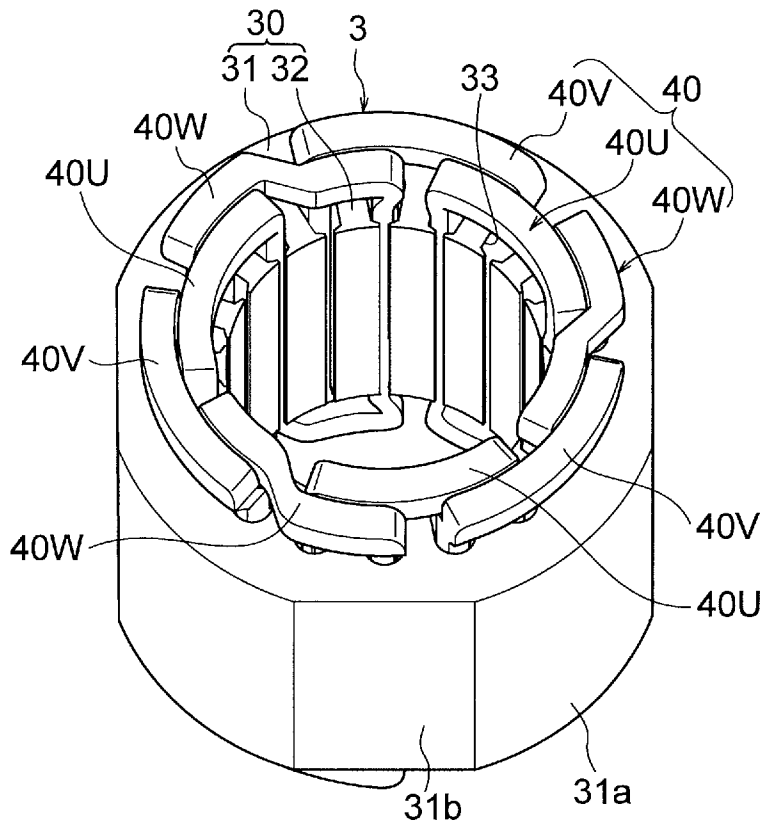
[図2]



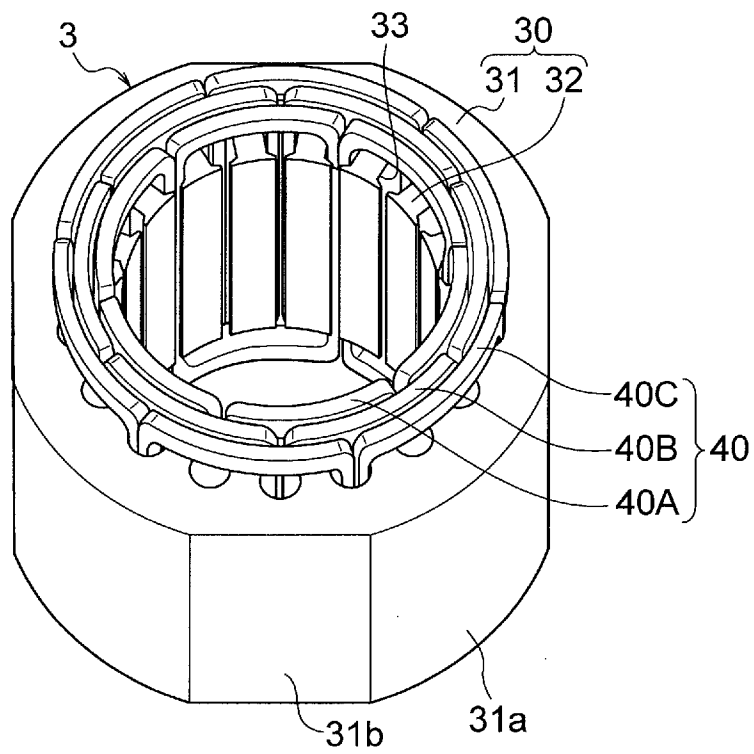
[図3]



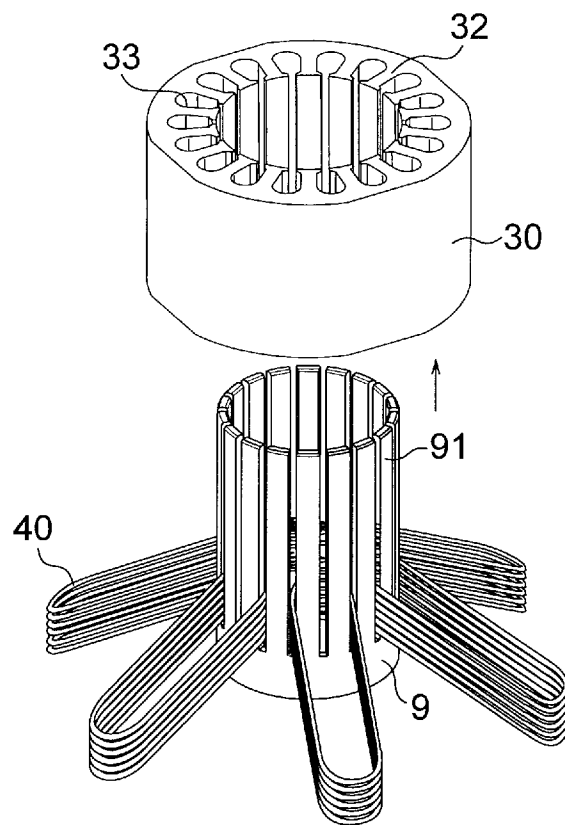
[図4]



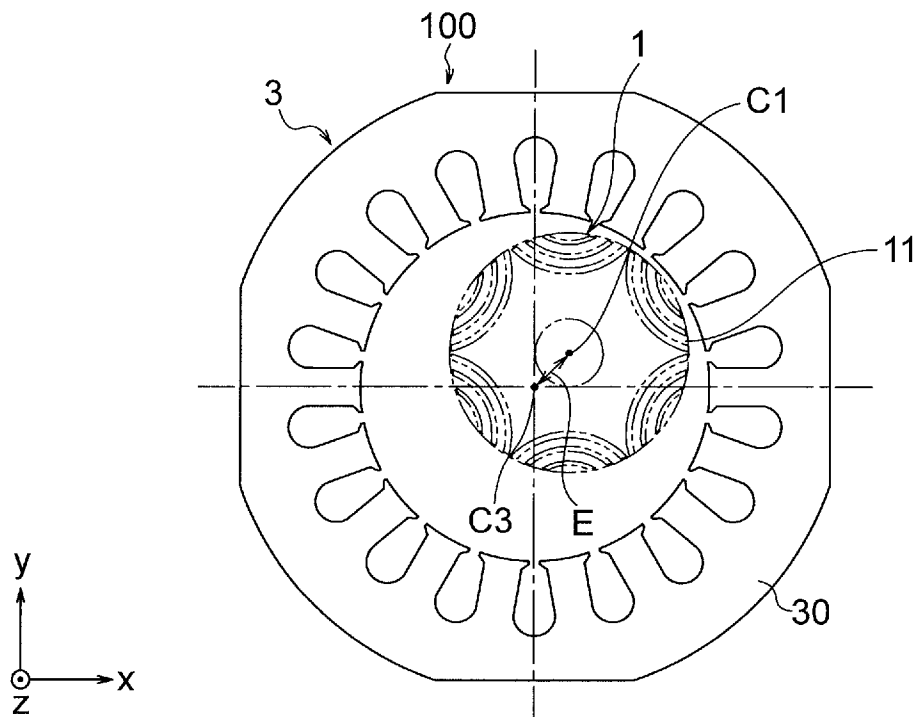
[図5]



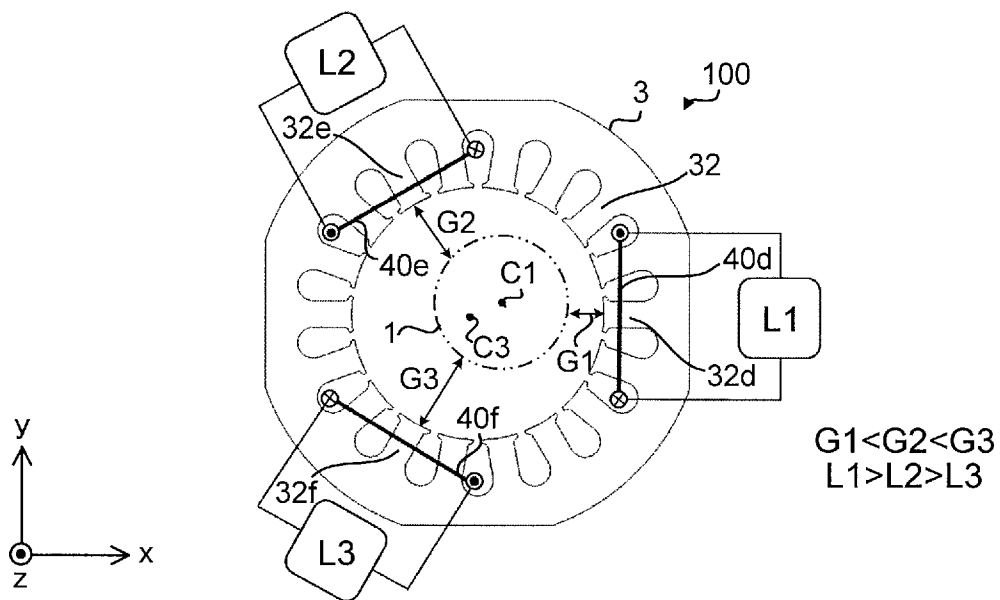
[図6]



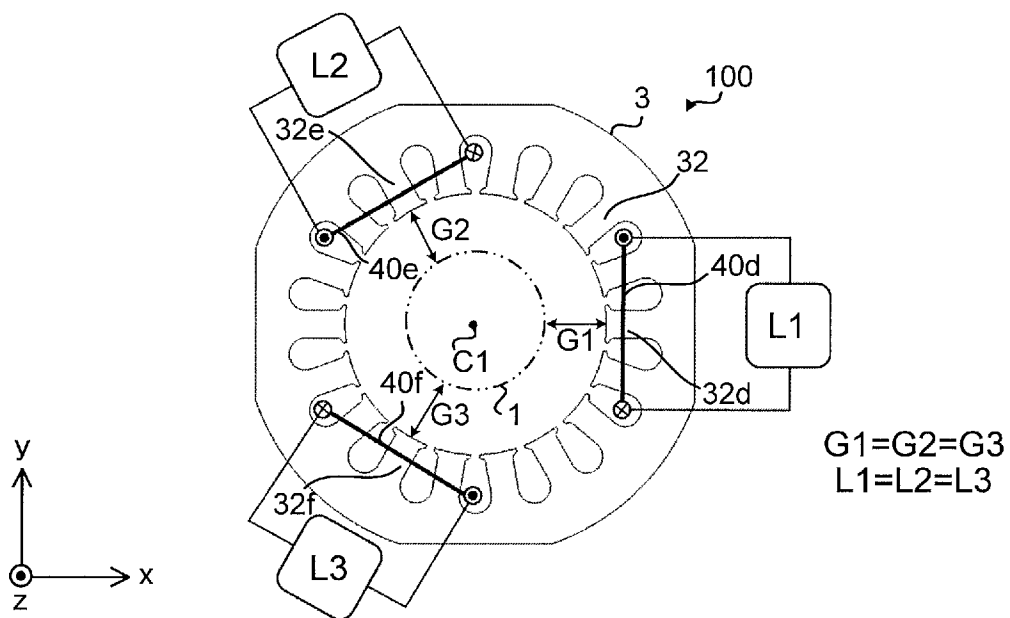
[図7]



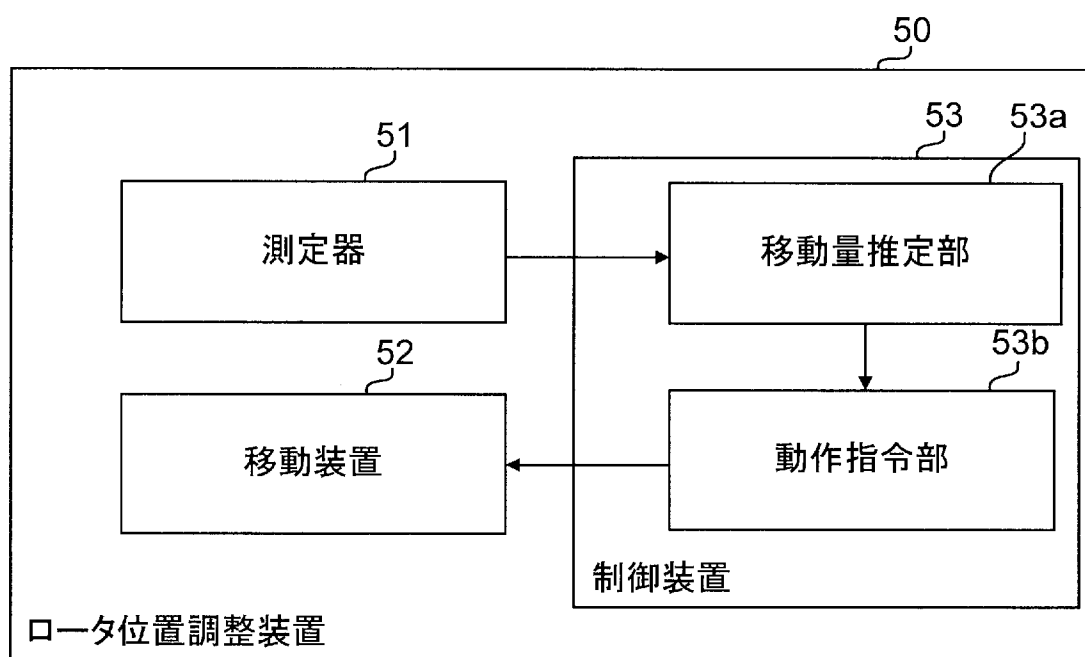
[図8]



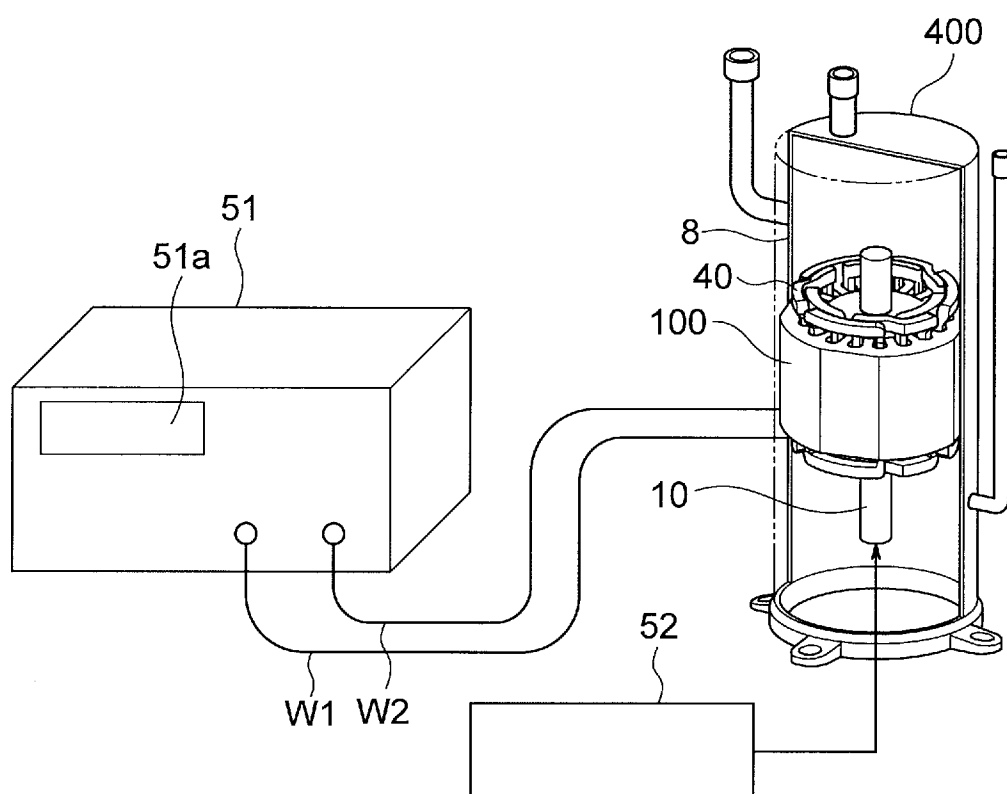
[図9]



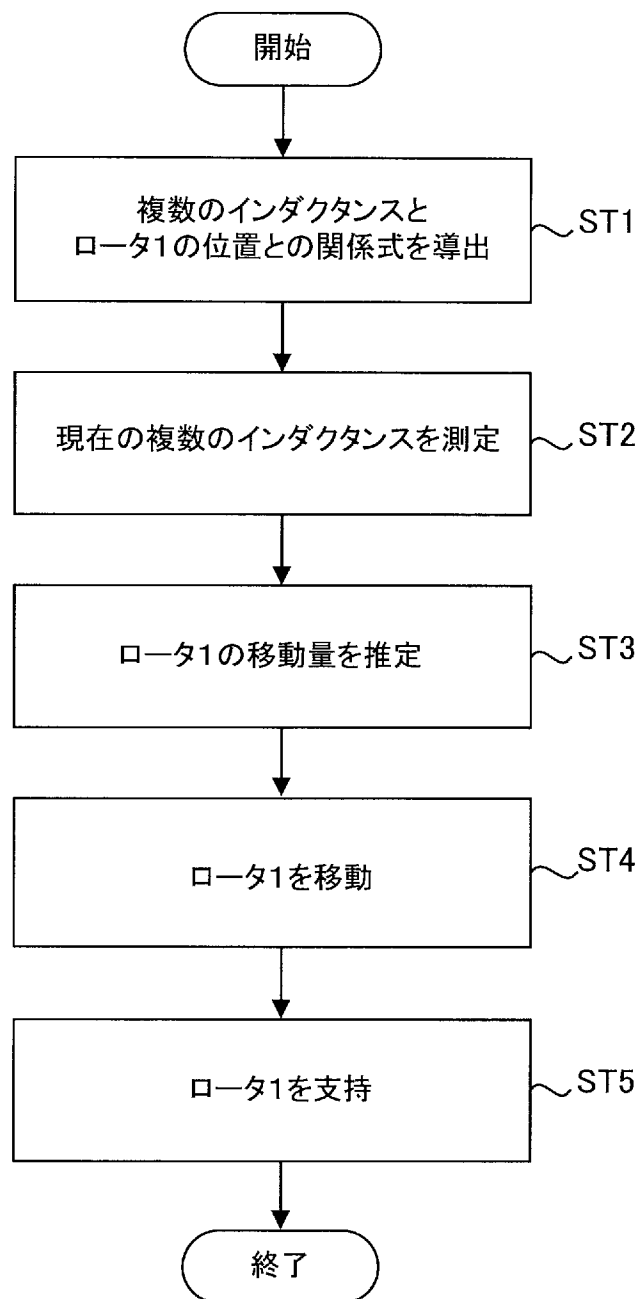
[図10]



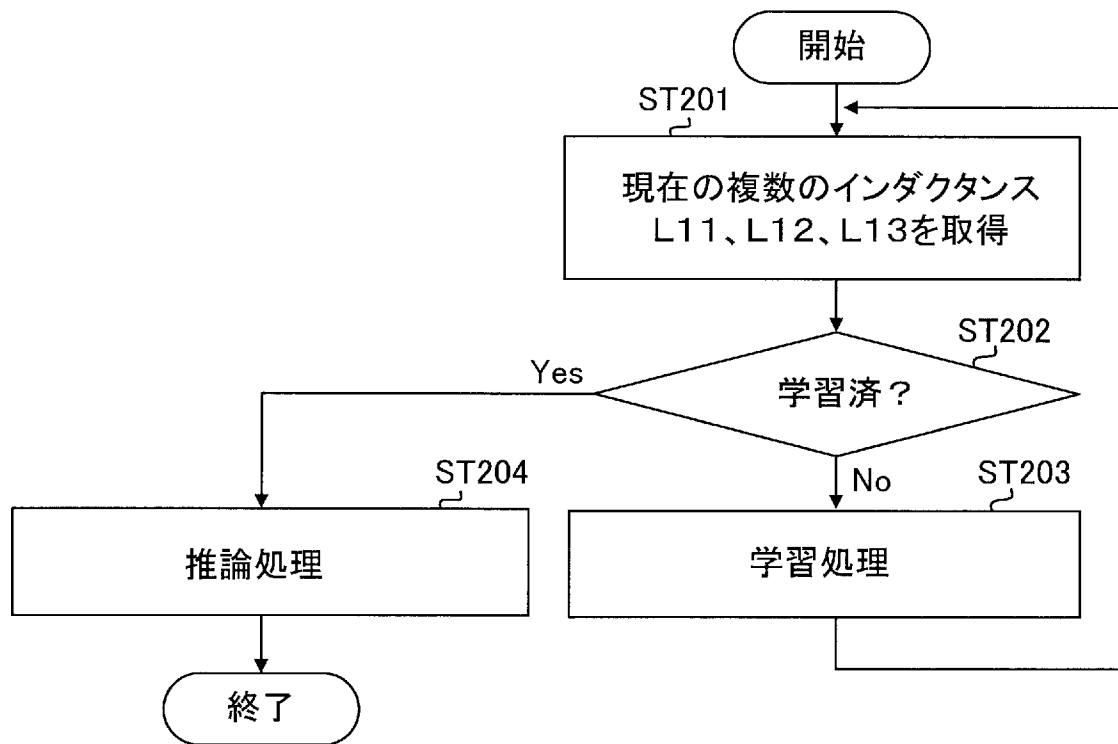
[図11]



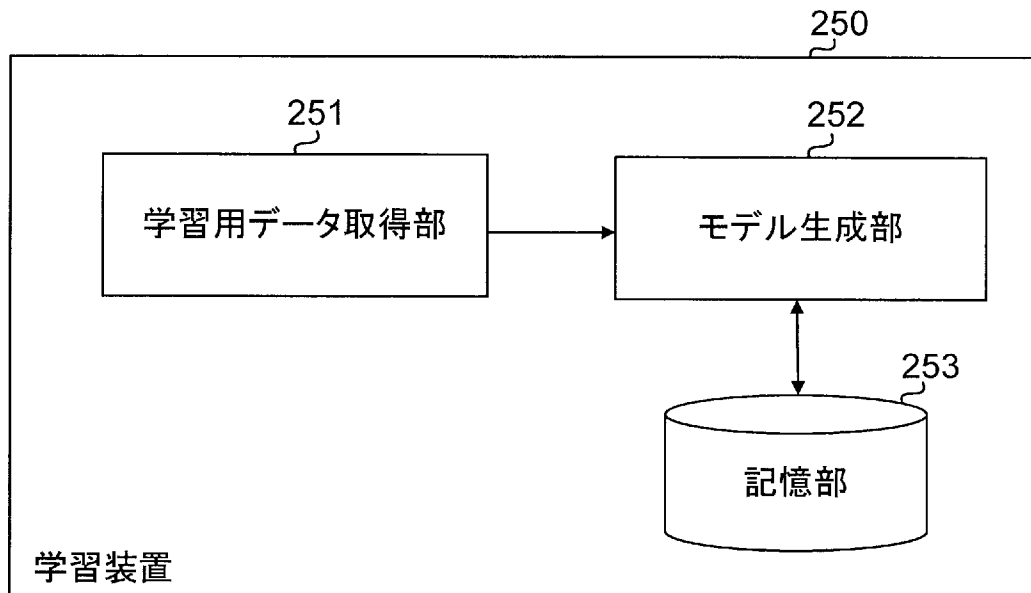
[図12]



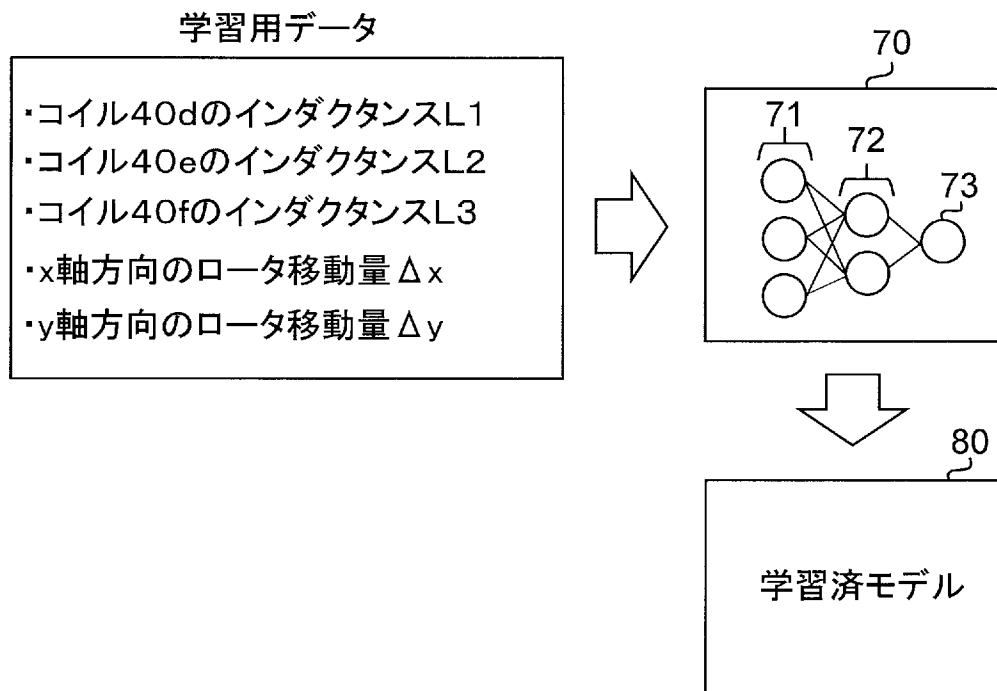
[図13]



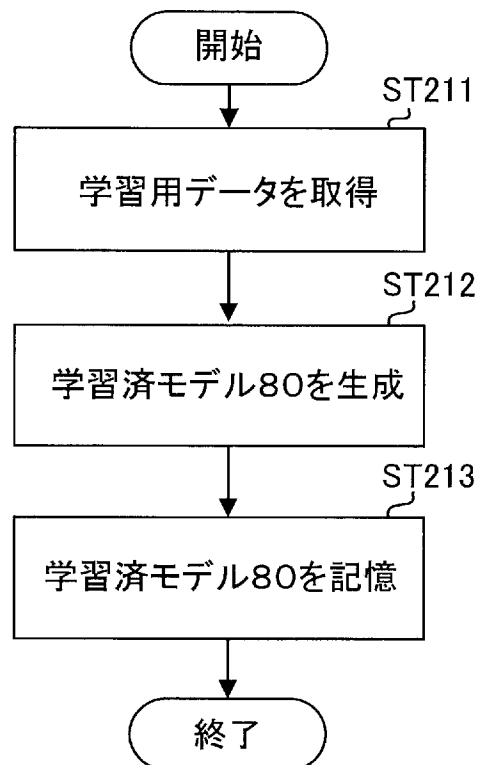
[図14]



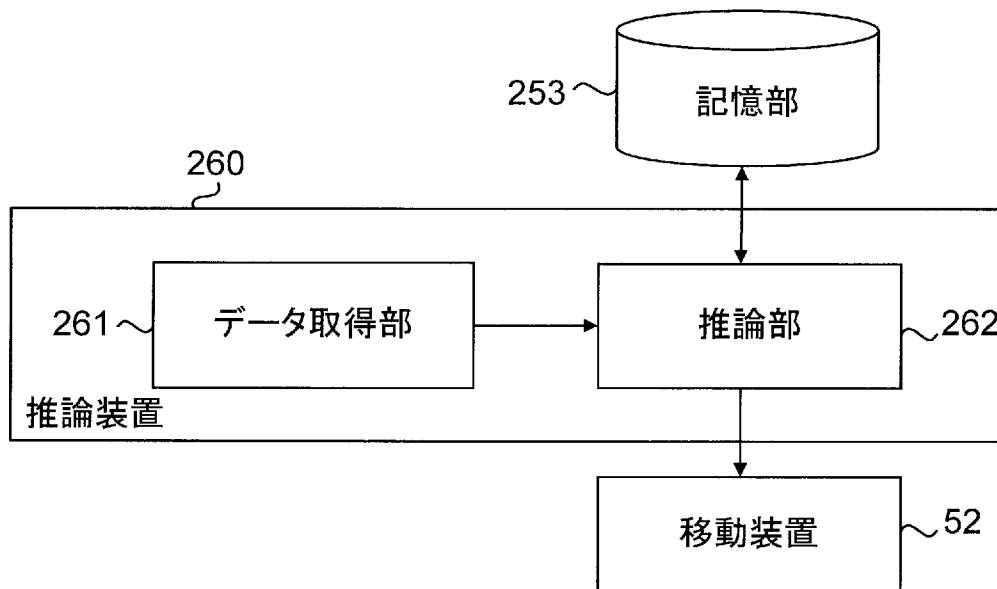
[図15]



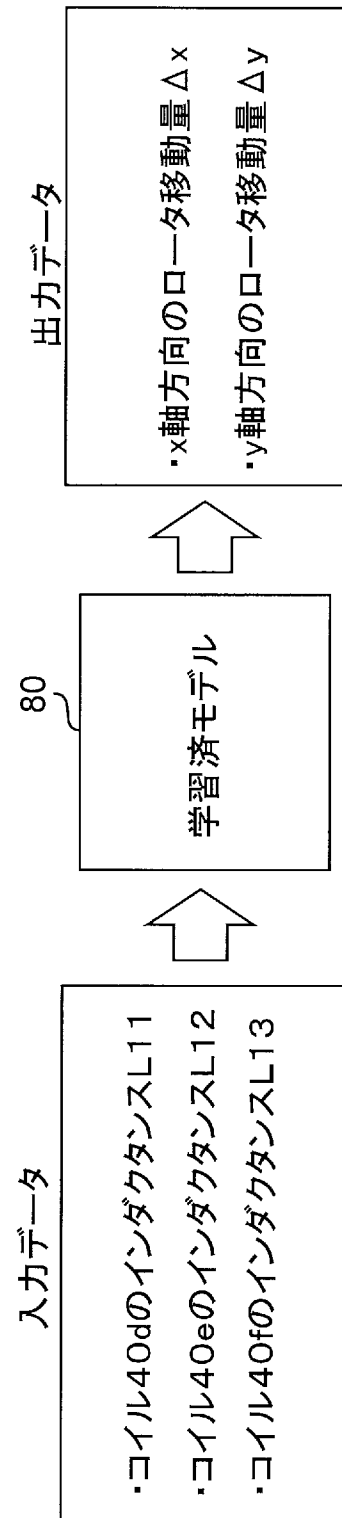
[図16]



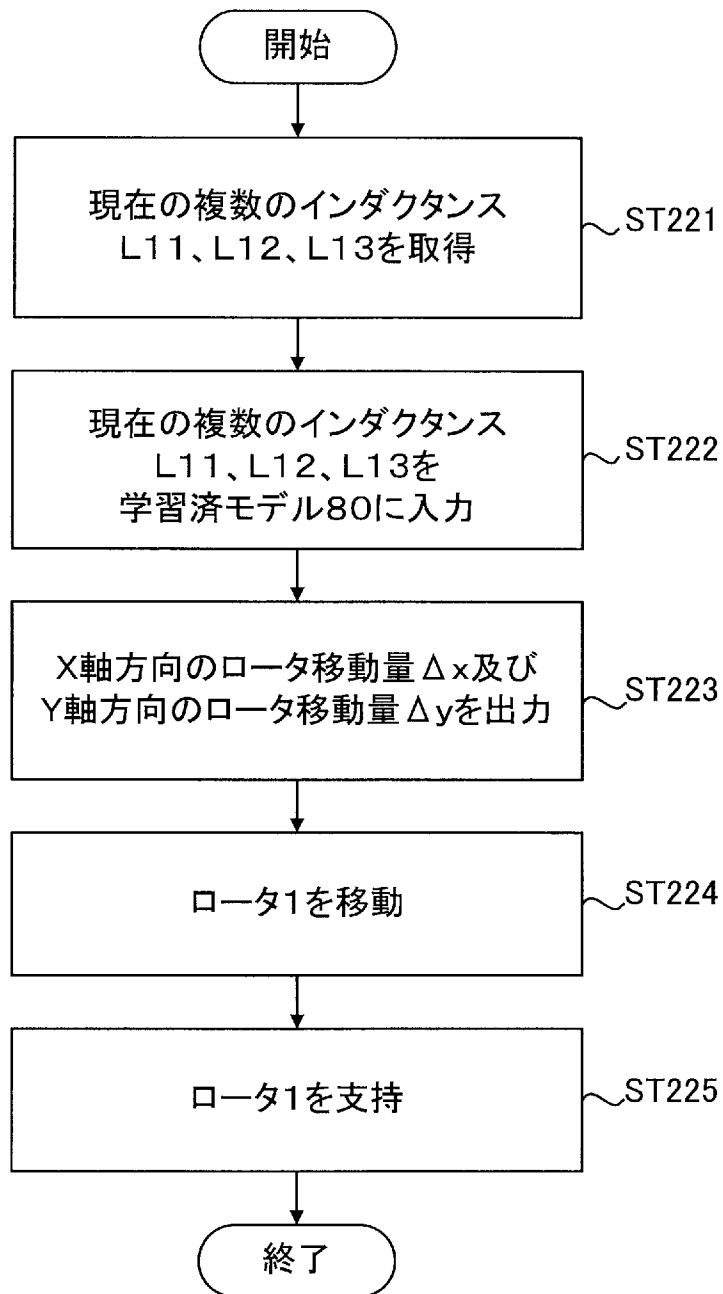
[図17]



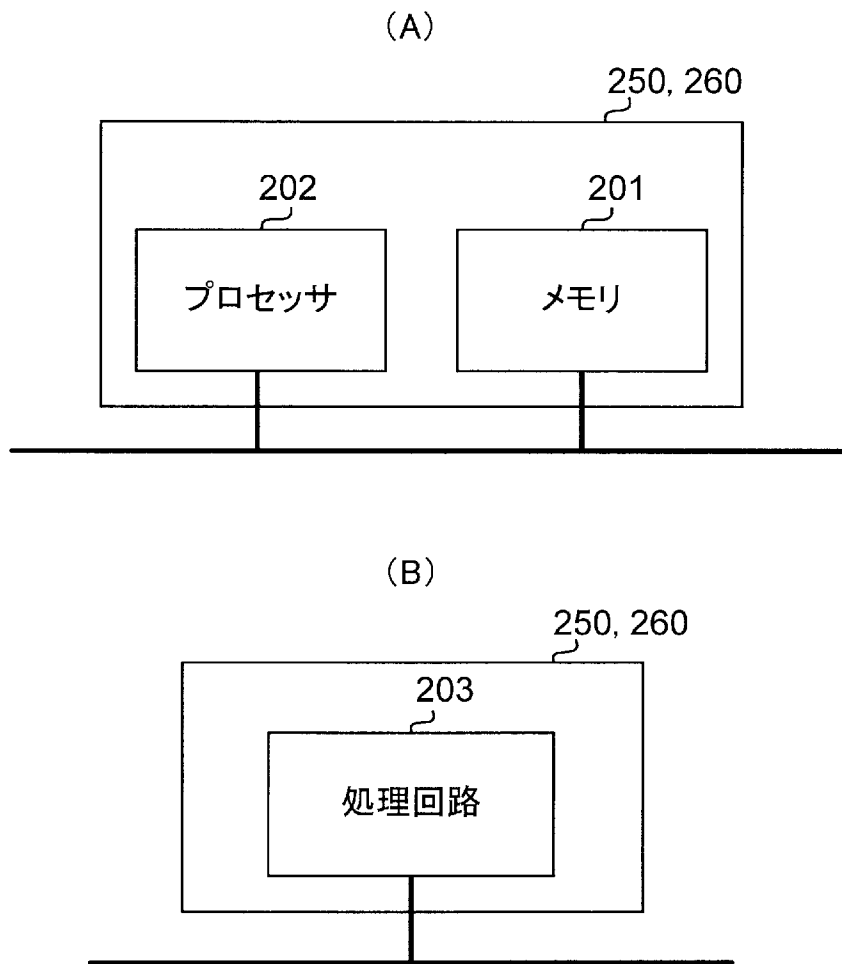
[図18]



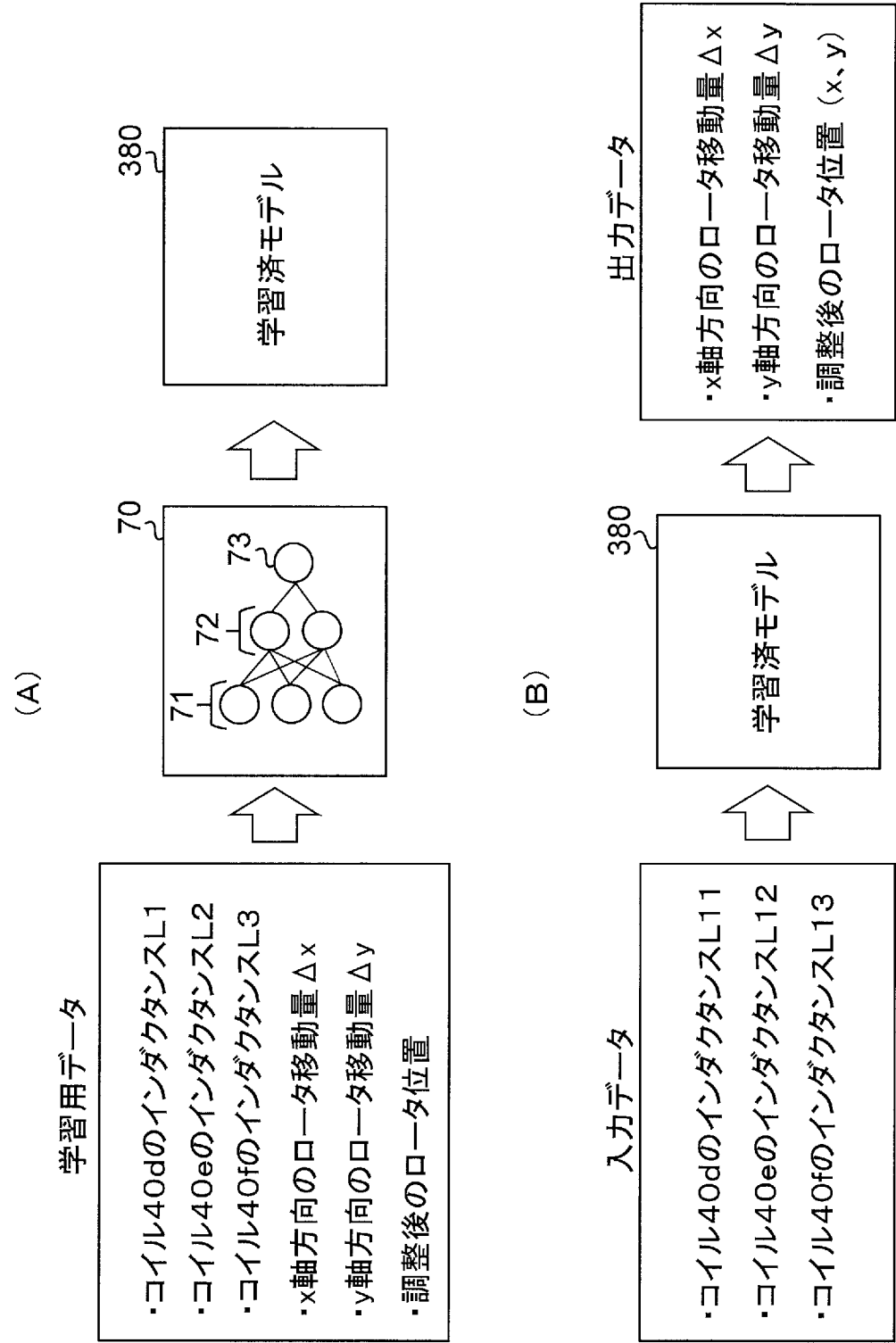
[図19]



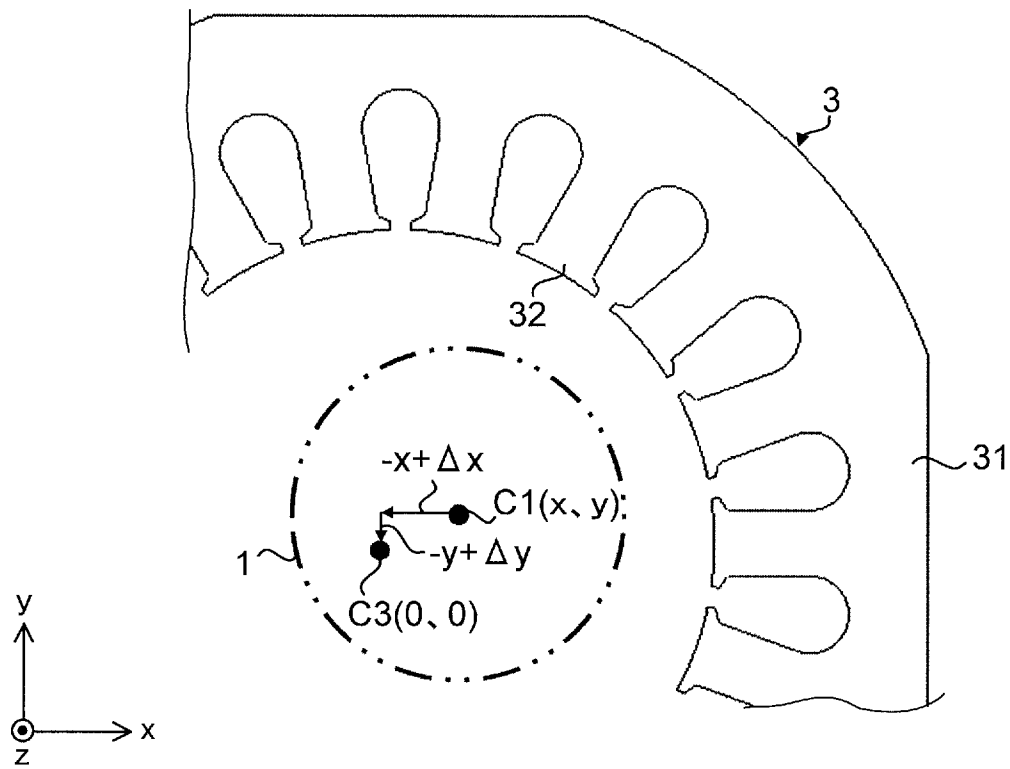
[図20]



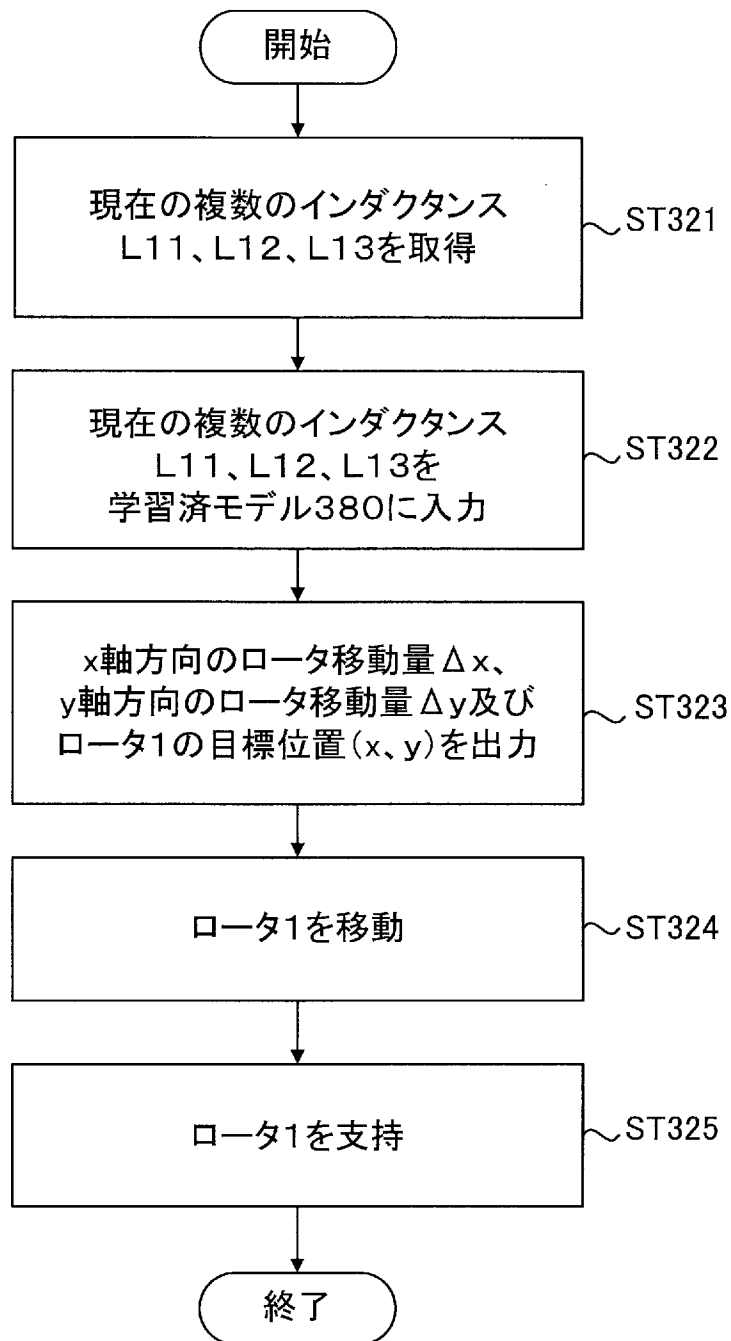
[図21]



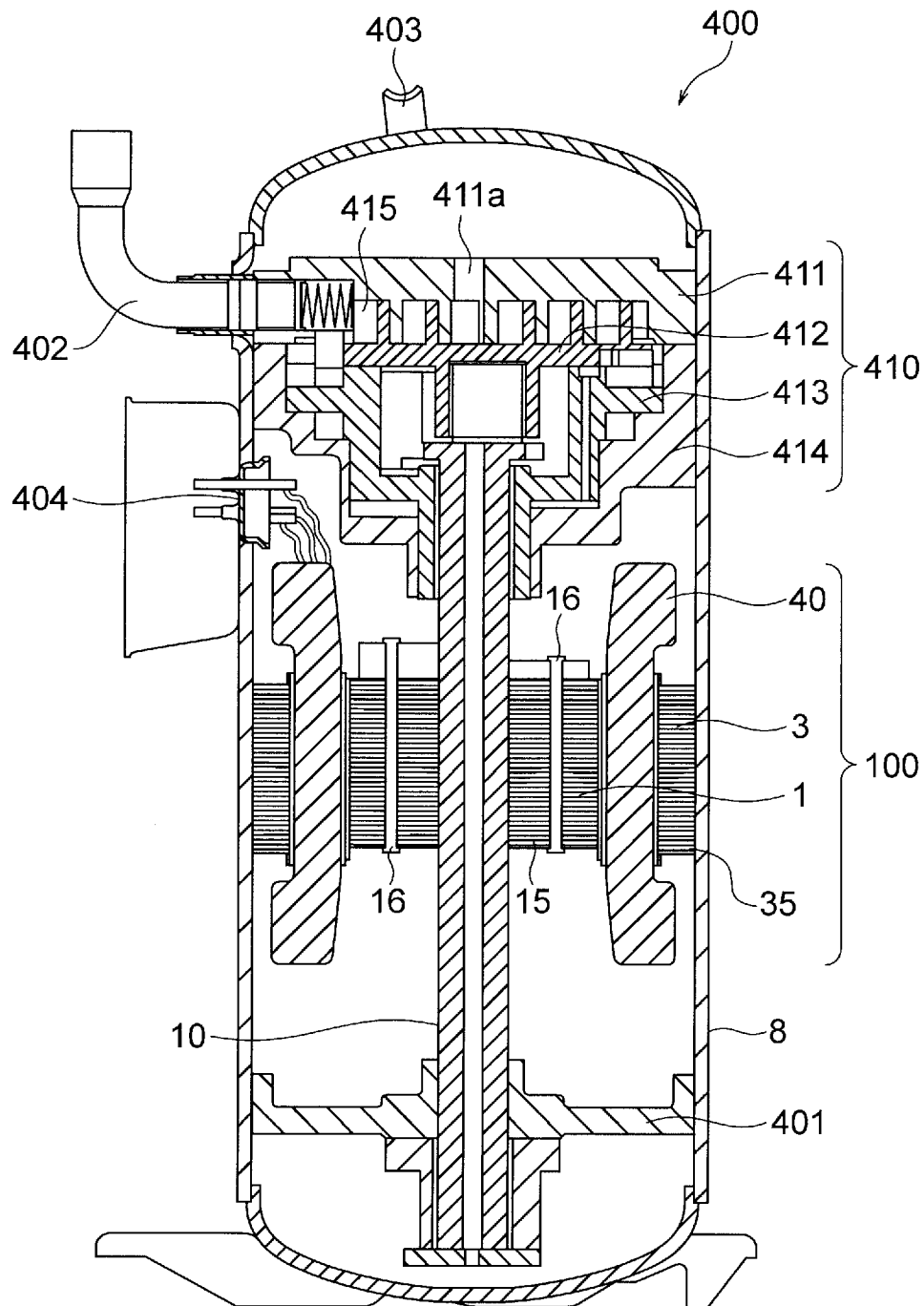
[図22]



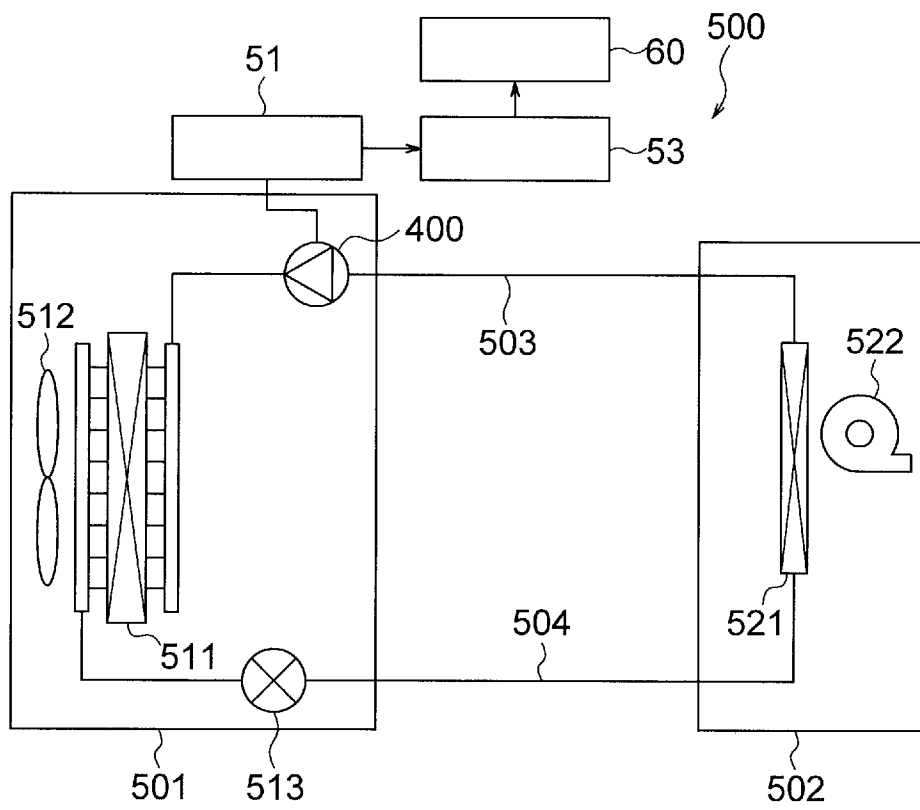
[図23]



[図24]



[図25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/041491

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02K 15/16**(2006.01)i

FI: H02K15/16

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)

H02K15/16

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 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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	JP 8-223875 A (HITACHI, LTD.) 30 August 1996 (1996-08-30)	1-2, 6-12
A	paragraphs [0015]-[0043], [0056]-[0058], fig. 1, 2, 4	3-5, 13-15
Y	JP 2011-72059 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 07 April 2011 (2011-04-07)	1-2, 6-12
	paragraph [0022], fig. 1, 4	
Y	WO 2018/220806 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 06 December 2018 (2018-12-06)	6-11
	paragraphs [0012], [0016], [0017], [0095]-[0097], [0104], [0105], fig. 1, 2, 20, 21	

☐ 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

12 January 2022

Date of mailing of the international search report

25 January 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/041491

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	8-223875	A	30 August 1996	(Family: none)	
JP	2011-72059	A	07 April 2011	(Family: none)	
WO	2018/220806	A1	06 December 2018	US 2020/0328636 A1 paragraphs [0035], [0039], [0040], [0118]-[0120], [0127], [0128], fig. 1, 2, 20, 21 EP 3633834 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02K 15/16(2006.01)i FI: H02K15/16														
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）） H02K15/16 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年													
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	JP 8-223875 A（株式会社日立製作所）30.08.1996（1996 - 08 - 30） 段落[0015]-[0043], [0056]-[0058], 図1-2, 4	1-2, 6-12												
A		3-5, 13-15												
Y	JP 2011-72059 A（三菱電機株式会社）07.04.2011（2011 - 04 - 07） 段落[0022], 図1, 4	1-2, 6-12												
Y	WO 2018/220806 A1（三菱電機株式会社）06.12.2018（2018 - 12 - 06） 段落[0012], [0016]-[0017], [0095]-[0097], [0104]-[0105], 図1-2, 20-21	6-11												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 12.01.2022	国際調査報告の発送日 25.01.2022													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 大島 等志 3V 1175 電話番号 03-3581-1101 内線 3357													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/041491

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	8-223875	A	30.08.1996	(ファミリーなし)	
JP	2011-72059	A	07.04.2011	(ファミリーなし)	
WO	2018/220806	A1	06.12.2018	US 2020/0328636 A1	
				段落[0035], [0039]-	
				[0040], [0118]-[0120],	
				[0127]-[0128], 図1-2, 20-	
				21	
				EP 3633834 A1	