(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
2016 年 5 月 12 日(12.05.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/072075 A1

(51) 国際特許分類:
F16C 32/04 (2006.01) *H02K 7/09* (2006.01)
F16C 19/16 (2006.01) *H02K 11/21* (2016.01)
F16C 19/52 (2006.01) *H02K 21/22* (2006.01)
F16C 32/00 (2006.01) *H02K 29/06* (2006.01)
H02K 5/16 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/005451

(22) 国際出願日: 2015 年 10 月 29 日(29.10.2015)

(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 2014-223870 2014 年 11 月 3 日(03.11.2014) JP
特願 2015-089634 2015 年 4 月 24 日(24.04.2015) JP
特願 2015-155172 2015 年 8 月 5 日(05.08.2015) JP
特願 2015-203209 2015 年 10 月 14 日(14.10.2015) JP

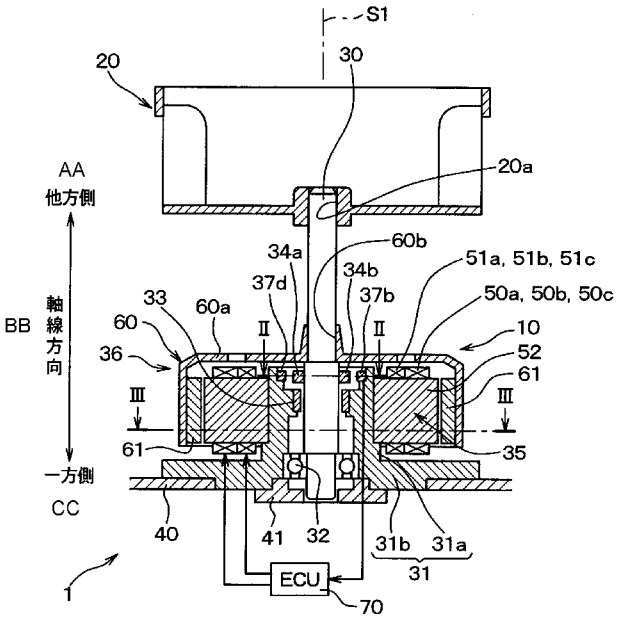
(71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 Aichi (JP). 株式会社日本自動車部品総合研究所(NIPPON SOKEN, INC.) [JP/JP]; 〒4450012 愛知県西尾市下羽角町岩谷１４番地 Aichi (JP). 国立大学法人静岡大学(NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION SHIZUOKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒4228529 静岡県静岡市駿河区大谷８３６ Shizuoka (JP).

(72) 発明者: 伊藤 功治(ITO, Koji); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 安田 真範(YASUDA, Masanori); 〒4450012 愛知県西尾市下羽角町岩谷１４番地株式会社日本自動車部品総合研究所内 Aichi (JP). 牧田 真治(MAKITA, Shinji); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 山岡 潤(YAMAOKA, Jun); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 徳永 政男(TOKUNAGA, Masao); 〒4450012 愛知県西尾市下羽角町岩谷１４番地株式会社日本自動車部品総合研究所内 Aichi (JP). 吉野 悦郎(YOSHINO, Etsuro); 〒4450012 愛知県西尾市下羽角町岩谷１４番地株式会社日本自動車部品総合研究所内 Aichi (JP). 朝間 淳一(ASAMA, Junichi); 〒4328561 静岡県浜松市中区城北３丁目５－１国立大学法人静岡大学内 Shizuoka (JP).

[続葉有]

(54) **Title**: ELECTRIC MOTOR, CONTROL DEVICE, AND MOTOR CONTROL SYSTEM

(54) 発明の名称 : 電動モータ、制御装置、およびモータ制御システム



AA Other side
BB Axial direction
CC First side

(57) **Abstract**: In this electric motor (10), electromagnetic force is generated among a plurality of permanent magnets (61) and coils (50a, 50b, 50c), and a magnetic bearing for rotatably supporting a rotating shaft (30) at the other end side in the axial direction thereof is configured. The configuration is such that it is possible for the rotating shaft (30) to incline with respect to the rotation center axis (M1), with a bearing (32) side of the rotating shaft (30) as the fulcrum. An electronic control device (70), using the electromagnetic force among the plurality of permanent magnets (61) and the coils (50a, 50b, 50c) as bearing power (Fa), controls the electrical current flowing to the coils (50a, 50b, 50c), in such a way that the axis (M2) of the rotating shaft (30) is brought near the rotation center axis (M1). In so doing, the rotating shaft (30) is rotatably supported by a single magnetic bearing and the bearing (32).

(57) 要約: 電動モータ（１０）おいて、複数の永久磁石（６１）とコイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）との間に電磁力を発生させて、回転軸（３０）の軸線方向他方側を回転自在に支持する磁気軸受けを構成する。回転軸（３０）のうち軸受け（３２）側を支点として回転軸（３０）が回転中心線（Ｍ１）に対して傾くことが可能に構成されている。電子制御装置（７０）は、複数の永久磁石（６１）およびコイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）の間の電磁力としての支持力（Ｆａ）によって、回転軸（３０）の軸線（Ｍ２）を回転中心線（Ｍ１）に近づけるようにコイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）に流す電流を制御する。これにより、１つの磁気軸受けと軸受け（３２）とから回転軸（３０）が回転自在に支持される。

WO 2016/072075 A1

(74) 代理人: 金　順姫(KIN, Junhi); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦２丁目１３番１９号　瀧定ビル６階 Aichi (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 電動モータ、制御装置、およびモータ制御システム

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、当該開示内容が参照によって本出願に組み込まれた、２０１４年１１月３日に出願された日本特許出願２０１４－２２３８７０号、２０１５年４月２４日に出願された日本特許出願２０１５－８９６３４号、２０１５年８月５日に出願された日本特許出願２０１５-１５５１７２号および２０１５年１０月１４日に出願された日本特許出願２０１５－２０３２０９号を基にしている。

技術分野

[0002] 本開示は、電動モータ、制御装置、およびモータ制御システムに関するものである。

背景技術

[0003] 従来、電動モータにおいて、２つの磁気軸受けによって回転軸を回転自在に支持するようにしたものがある（例えば。特許文献１参照）。

[0004] このものにおいて、磁気軸受け毎に、ロータの回転駆動用の励磁コイルと磁気軸受け用の励磁コイルとが共通のスタータに回巻きされている。これにより、小型化、かつ部品点数を低減することができる。

[0005] ここで、ロータには、回転軸とともに永久磁石が設けられている。そして、回転駆動用の励磁コイルから発生される回転磁界が永久磁石に与えられることにより、ロータおよび回転軸に回転力を発生させる。磁気軸受け用の励磁コイルから発生される磁界が永久磁石に与えられることにより、回転軸を回転自在に支持する支持力を発生させる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開昭５９－６９５２２号公報

発明の概要

[0007] 上記特許文献１の電動モータでは、２つの磁気軸受けを用いて回転軸を支持するため、回転軸を支持するのに要する消費電力が増大化する。

[0008] 本開示は、上記点に鑑みて、消費電力の低減を測るようにした電動モータ、制御装置、およびモータ制御システムを提供することを目的とする。

[0009] 本開示の第１の態様では、回転軸の軸線方向一方側を機械的軸受けを介して回転自在に支持する支持部材と、

回転軸に取り付けられて、永久磁石を備えるロータと、

支持部材に取り付けられて、ロータを回転軸とともに回転させる回転力を発生させる磁界を発生する第１コイルと、

支持部材に取り付けられて、永久磁石との間に電磁力を発生させて、機械的軸受けよりも回転軸の軸線方向他方側を回転自在に支持する磁気軸受けを構成する第２コイルと、を備え、

回転軸のうち機械的軸受け側を支点として当該回転軸が回転軸の回転中心線に対して傾くことが可能に構成されており、

永久磁石および第２コイルの間の電磁力によって回転中心線から回転軸の軸線が傾くことを妨げるように第２コイルに流れる電流が制御装置によって制御されるようになっている。

[0010] 第１の態様によれば、回転軸の軸線方向一方側を機械的軸受けで支持し、回転軸の軸線方向他方側を磁気軸受けで支持するので、回転軸を支持するのに要する消費電力を低減することができる。

[0011] ここで、機械的軸受けとは、転がり軸受、すべり軸受、および流体軸受のうちいずれか１つの軸受けを意味する。なお、転がり軸受は、回転軸の外周側に配置される軌道と、回転軸および軌道の間に配置される転動体とを備え、転動体が転がり運動することによって回転軸を支持する軸受けである。すべり軸受は、すべり面で軸を受ける軸受である。流体軸受は、液体、または気体によって支持される軸受である。

[0012] 本開示の第２の態様では、第１コイルは、第２コイルよりもロータ側に配置されている。

[0013] これにより、第２コイルを第１コイルよりもロータ側に配置する場合に比べて、第１コイルおよびロータの間の距離を短くすることができる。このため、ロータを回転させる回転トルクを効率的に高めることができるので、第１コイルで消費される消費電力を低減することができる。

[0014] 本開示の第３の態様では、支持部材に取り付けられて、第１コイルが回巻きされて、第１コイルから発生される磁界を通過させる第１ステータコアと、

支持部材に取り付けられて、かつ第１ステータコアに対して分離して設けられて、第２コイルが回巻きされて、第２コイルから発生される磁界を通過させる第２ステータコアと、を備え、

第１コイルおよび第２コイルは、永久磁石に対して回転軸の軸線方向他方側に配置されている。

[0015] 第３の態様によれば、第１ステータと第２ステータと分離して設けられているので、負荷トルクが大きく第１コイルを流れる電流が過大になった場合に、ステータコアにおいて磁束が飽和して回転軸を支持する力が低下する事態を避けることができる。そのため、負荷トルクが大きくなった場合にも、回転軸の安定制御が可能となり、回転軸の振動が増加することを抑制することができる。

[0016] 本開示の第４の態様では、回転中心を中心として回転自在に配置されている回転軸と、

回転軸に取り付けられて、永久磁石を備えるロータと、

支持部材に支持されて、永久磁石に対して回転中心を中心とする径方向に配置されて、永久磁石に磁界を付与してロータを回転軸とともに回転させる回転力を発生させる第１コイルと、

支持部材に支持されて、永久磁石に対して回転中心を中心とする径方向に配置されて、永久磁石との間に電磁力を発生させて回転軸を浮上させて回転中心線を中心として回転自在に支持する磁気軸受けを構成する第２コイルと、

永久磁石から発生される磁界に基づいて回転軸の軸線が回転中心線からずれた量を検出する位置ずれ検出センサと、を備え、

永久磁石および第２コイルの間の電磁力によって回転中心線から回転軸の軸線が離れることを妨げるように制御装置が位置ずれ検出センサの検出値に基づいて第２コイルに流れる電流を制御するようになっており、

位置ずれ検出センサは、回転中心線および永久磁石の間に配置されており、

位置ずれ検出センサおよび回転軸の間の距離が、位置ずれ検出センサおよび永久磁石の間の距離よりも大きくなっている。

[0017] 第４の態様によれば、第２コイルと永久磁石との間に電磁力を発生させて回転軸を浮上させて回転中心線を中心として回転自在に支持する磁気軸受けを構成する。このため、機械的軸受けを用いることなく、第２コイルと永久磁石とから構成される磁気軸受けによって回転軸を回転自在に支持することができる。したがって、第１の態様と同様に、回転軸を支持するのに要する消費電力を低減することができる。

[0018] さらに本開示の第５の態様によれば、位置ずれ検出センサおよび回転軸の間の距離が、位置ずれ検出センサおよび永久磁石の間の距離よりも大きくなっている。このため、位置ずれ検出センサが永久磁石からの磁束を良好に検出することができるので、回転軸の軸線が回転中心線からずれた量を精度よく検出することができる。これにより、回転中心線に回転軸の軸線を精度よく近づけることができる。

[0019] 本開示の第６の態様では、回転軸の回転中心線を中心とする円周方向に並べられている複数の磁極を形成し、かつ回転軸を機械的軸受けを介して回転自在に支持するステータと、

回転軸に支持されている複数の第１コイルおよび複数の第２コイルと、

回転軸に支持されて円周方向に並べられている複数の第１セグメントを備え、複数の第１セグメントには複数の第１コイルのうち対応する第１コイルの端部側が接続されている第１整流子と、

第１整流子の回転に伴って複数の第１セグメントに摺動して複数の第１セグメントのうち接触する第１セグメントを順次替え、複数の第１コイルに対して接触する第１セグメントを通して電流を出力する複数の第１ブラシと、

回転軸に支持されて円周方向に並べられている複数の第２セグメントを備え、複数の第２セグメントには複数の第２コイルのうち対応する第２コイルの端部側が接続されている第２整流子と、

第２整流子の回転に伴って複数の第２セグメントに摺動して複数の第２セグメントのうち接触する第２セグメントを順次替えて、複数の第２コイルに対して接触する第２セグメントを通して電流を出力する複数の第２ブラシと、を備え、

複数の第１コイルには、複数の第１ブラシから接触するセグメントを通して出力される電流と複数の磁極からの磁束とに基づいて回転中心線を中心として回転軸を回転させる回転力が電磁力として発生し、

複数の第２コイルは、複数の第２ブラシから接触する第２セグメントを通して出力される電流に基づいて複数の磁極との間に電磁力を発生させることにより回転軸のうち機械的軸受けからずれた部位を回転自在に支持する磁気軸受けを構成する。

[0020] 第６の態様によれば、回転軸の軸線方向一方側を機械的軸受けで支持し、回転軸の軸線方向他方側を磁気軸受けで支持するので、回転軸を支持するのに要する消費電力を低減することができる。

[0021] 但し、機械的軸受けとは、転がり軸受、すべり軸受、および流体軸受のうちいずれか１つの軸受けを意味する。なお、転がり軸受は、回転軸の外周側に配置される軌道と、回転軸および軌道の間に配置される転動体とを備え、転動体が転がり運動することによって回転軸を支持する軸受けである。すべり軸受は、すべり面で軸を受ける軸受である。流体軸受は、液体、または気体によって支持される軸受である。さらに、本開示において、回転中心線の延出方向は、回転中心線が延びる方向である。

[0022] 本開示の第７の態様では、ステータには、回転軸の軸線のうち機械的軸受

けからずれた部位を支点として回転軸を機械的軸受けを介して揺動自在に支持する回転軸支持部材が設けられており、第１、第２の整流子は、機械的軸受けに対して支点側に配置されている。

[0023] 本開示の第７の態様によれば、回転軸が支点を中心として揺動した際に、第１整流子のうち第１ブラシが接触する接触部位が変位することを抑制することができる。このため、第１整流子および第１ブラシの間の接触不良が生じることを抑制することができる。

[0024] これに加えて、回転軸が支点を中心として揺動した際に、第２整流子のうち第２ブラシが接触する接触部位が変位することを抑制することができる。このため、第２整流子および第２ブラシの間の接触不良が生じることを抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]本開示の第１実施形態におけるモータ制御システムの全体構成を示す図である。

[図2]図１中II－II断面図である。

[図3]図１中III－III断面図である。

[図4]図１中の傾き制御用のコイルの配置を示す断面図である。

[図5]図１中の回転制御用のコイルの配置を示す断面図である。

[図6]Ｘ－Ｙ座標にて回転軸の傾きを示す図である。

[図7]Ｘ－Ｙ－Ｚ座標にて回転軸の傾きを示す図である。

[図8]図１中の電子制御装置の電気回路構成を示す電気回路図である。

[図9]第１実施形態における傾き制御用ｕ１相コイルによって生じる電磁力を示す図である。

[図10]第１実施形態における傾き制御用ｖ１相コイルによって生じる電磁力を示す図である。

[図11]第１実施形態における傾き制御用ｗ１相コイルによって生じる電磁力を示す図である。

[図12]第１実施形態における回転制御用のコイルによって生じる電磁力を示

す図である。

[図13]図１中の電子制御装置の制御処理を示すフローチャートである。

[図14]図１３中のステップの詳細を示すフローチャートである。

[図15]図１３中のステップの詳細を示すフローチャートである。

[図16]図１中のホールセンサの出力値等を示す図である。

[図17]図１の回転軸の支持力Ｆａ－角度－回転数の関係を示す図である。

[図18]図１の電動モータの伝達関数－回転数の関係を示す図である。

[図19]図１の電動モータの振動加速度－回転数の関係を示す図である。

[図20]本開示の第２実施形態における制御回路の支持処理を示すフローチャートである。

[図21]第２実施形態における傾き制御用コイルによって生じる電磁力を示す図である。

[図22]第２実施形態における電動モータの伝達関数－回転速度の関係を示す図である。

[図23]本開示の第３実施形態におけるモータ制御システムの全体構成を示す図である。

[図24]本開示の第４実施形態における傾き制御用のコイルのおよび回転制御用のコイルの配置を示す断面図であって、図３に対応している。

[図25]第４実施形態における傾き制御用のコイルの配列を示す断面図である。

[図26]第４実施形態における回転制御用コイルの配列を示す断面図である。

[図27]第４実施形態における傾き制御用ｕ１相コイルによって生じる電磁力を示す断面図である。

[図28]第４実施形態における傾き制御用ｖ１相コイルによって生じる電磁力を示す断面図である。

[図29]第４実施形態における傾き制御用ｗ１相コイルによって生じる電磁力を示す断面図である。

[図30]第４実施形態における回転制御用のコイルによって生じる電磁力を示

す断面図である。

[図31]本開示の第４実施形態の第１変形例における傾き制御用のコイル、および回転制御用のコイルの配置を示す断面図である。

[図32]本開示の第４実施形態の第２変形例における傾き制御用のコイル、および回転制御用のコイルの配置を示す断面図である。

[図33]本開示の第４実施形態の第３変形例における傾き制御用のコイル、および回転制御用のコイルの配置を示す断面図である。

[図34]本開示の第４実施形態の第４変形例における傾き制御用のコイル、および回転制御用のコイルの配置を示す部分拡大図である。

[図35]本開示の第５実施形態におけるモータ制御システムの全体構成を示す図である。

[図36]図３５中XXXVI－XXXVI断面図である。

[図37]本開示の第５実施形態の第１変形例における断面図であり、図３６に相当する図である。

[図38]本開示の第５実施形態の第２変形例におけるモータ制御システムの全体構成を示す図である。

[図39]本開示の第６実施形態におけるモータ制御システムの全体構成を示す図である。

[図40]図３９中XL－XL断面図である。

[図41]図３９中XLI－XLI断面図である。

[図42]本開示の第６実施形態における支持力の変動低減効果を示す図である。

[図43]本開示の第７実施形態における電子制御装置の全体構成を示す図である。

[図44]第７実施形態において傾き制御用のコイルおよび複数の永久磁石との間の電磁力を示す図である。

[図45]第７実施形態において電子制御装置による支持制御を示すフローチャートである。

[図46]本開示の他の実施形態において図４０に相当する断面図である。

[図47]他の実施形態において図４１に相当する断面図である。

[図48]本開示の第８実施形態におけるモータ制御システムの全体構成を示す図である。

[図49]図４８中XLIX－XLIX断面図である。

[図50]図４８中L－L断面図である。

[図51]図４８中LI－LI断面図である。

[図52]図４８中LII－LII断面図である。

[図53]図４８中の傾き制御用のコイル、および回転制御用のコイルの配置を示す断面図である。

[図54]Ｘ－Ｙ座標にて回転軸の傾きを示す図である。

[図55]Ｘ－Ｙ－Ｚ座標にて回転軸の傾きを示す図である。

[図56]図４８中の電子制御装置の電気回路構成を示す電気回路図である。

[図57]図４８中の電子制御装置の制御処理を示すフローチャートである。

[図58]図６０中のステップの詳細を示すフローチャートである。

[図59A]図４８中のホールセンサの出力値等を示す図である。

[図59B]図４８中のホールセンサの出力値等を示す図である。

[図60]図４８の回転軸の支持力Ｆａ－角度－回転数の関係を示す図である。

[図61]図４８の電動モータの伝達関数－回転数の関係を示す図である。

[図62]図４８の電動モータの振動加速度－回転数の関係を示す図である。

[図63]本開示の比較例におけるモータ制御システムの全体構成を示す図である。

[図64]本開示の第９実施形態における制御回路の支持処理を示すフローチャートである。

[図65]第９実施形態における傾き制御用コイルによって生じる電磁力を示す図である。

[図66]第９実施形態における電動モータの伝達関数－回転速度の関係を示す図である。

[図67]本開示の第１０実施形態におけるモータ制御システムの全体構成を示す図である。

[図68]図６７中部分拡大図である。

[図69]本開示の第１１実施形態におけるモータ制御システムの全体構成を示す図である。

[図70]本開示の第１２実施形態におけるモータ制御システムの全体構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、本開示の実施形態について図に基づいて説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、説明の簡略化を図るべく、図中、同一符号を付してある。

[0027] （第１実施形態）

図１に本開示のモータ制御システム１の第１実施形態の全体構成を示す。

[0028] 本実施形態のモータ制御システム１は、図１に示すように、電動モータ１０、およびファン２０を備える。

[0029] 電動モータ１０は、図１、図２、および図３に示すように、回転軸３０、センターピース３１、軸受け３２、抑え部３３、永久磁石３４ａ、３４ｂ、ステータ３５、ロータ３６、およびホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄを備える。

[0030] 回転軸３０は、ロータ３６の回転力をファン２０に伝える回転軸である。ファン２０は、その穴部２０ａに回転軸３０の軸線方向他方側端部が嵌合されることにより、ファン２０に回転軸３０が連結されている。本実施形態では、ファン２０として、例えば、遠心ファンが用いられている。

[0031] センターピース３１は、筒部３１ａ、およびフランジ部３１ｂを備える支持部材である。筒部３１ａは、回転軸３０の回転中心線Ｍ１（図７参照）を中心とする筒状に形成されている。筒部３１ａの中空部内には、回転軸３０が配置されている。フランジ部３１ｂは、筒部３１ａの軸線方向一方側から径方向の外側に突起するように形成されている。センターピース３１は、プ

レート４０に固定されている。径方向とは、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心とする径方向である。

[0032] 軸受け３２は、回転軸３０の軸線方向一方側を回転自在に支持する機械的軸受けである。軸受け３２は、センターピース３１の筒部３１ａに対して径方向内側に配置されている。軸受け３２は、筒部３１ａにより支持されている。軸受け３２は、抑え板４１によって軸線方向一方側から支持されている。本実施形態では、軸受け３２として、例えば、転がり軸受が使用されている。転がり軸受は、回転軸３０の外周側に配置される軌道と、回転軸３０および軌道の間に配置される転動体とを備え、転動体が転がり運動することによって回転軸３０を支持する周知の軸受けである。

[0033] 永久磁石３４ａ、３４ｂは、回転軸３０のうち軸受け３２に対して軸線方向他方側に配置されている。永久磁石３４ａ、３４ｂは、ステータコア５２のうち軸方向他方側に対して径方向内側に位置する。永久磁石３４ａ、３４ｂは、回転軸３０に固定されている。永久磁石３４ａ、３４ｂは、図２に示すように、それぞれ、円弧状に形成されている。永久磁石３４ａ、３４ｂは、回転軸３０の外周を覆うように組み合わされている。永久磁石３４ａ、３４ｂのうち一方の永久磁石の径方向外側はＳ極を形成し、他方の永久磁石の径方向外側はＮ極を形成する。永久磁石３４ａ、３４ｂは、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄに磁束を付与する。

[0034] 抑え部３３は、軸受け３２および永久磁石３４ａ、３４ｂの間に配置されている。抑え部３３は、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心とするリング状に形成されている。

[0035] 抑え部３３および回転軸３０の間には、隙間が形成されている。抑え部３３は、後述するように、回転軸３０の回転中心線Ｍ１から回転軸３０が大きく傾いた状態で回転軸３０を支える軸受け部である。抑え部３３は、センターピース３１の筒部３１ａによって支持されている。本実施形態の抑え部３３は、潤滑性を有する樹脂材料によって形成されている。

[0036] ステータ３５は、図１および図３に示すように、コイル５０ａ、５０ｂ、

５０ｃ、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃ、およびステータコア５２を備える。

[0037] ステータコア５２は、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃから発生する磁束（すなわち、磁界）を通過させるものである。さらに、ステータコア５２は、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃから発生する磁束（すなわち、磁界）を通過させるものである。ステータコア５２は、複数の永久磁石６１とともに磁気回路を構成する。

[0038] 具体的には、ステータコア５２は、図３に示すように、リング部５３、およびティース５４ａ、５４ｂ、５４ｃ、５４ｄ、５４ｅ、５４ｆ、５４ｇ、５４ｈ、５４ｉ、５４ｊ、５４ｋ、５４ｌを備える。リング部５３は、センターピース３１の筒部３１ａに対して径方向の外側に配置されている。リング部５３は、筒部３１ａに固定されている。

[0039] ティース５４ａ、５４ｂ、・・・５４ｌは、リング部５３から径方向外側に突出するように形成されている。ティース５４ａ、５４ｂ、・・・５４ｌは、それぞれ、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心とする円周方向に同一間隔で並べられている。ティース５４ａ、５４ｂ、・・・５４ｌは、それぞれ先端側が円周方向に延びるように形成されている。

[0040] 本実施形態のコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃは、回転軸３０の支持力を発生させる傾き制御用コイルである。図４に本実施形態のコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃの配置を示す。図４では、説明の便宜上、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃの図示を省略する。図４において、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃにおいて、黒点は紙面垂直方向奥側に向けて電流が流れる状態を示し、×印は、紙面垂直方向手前側に向けて電流が流れる状態を示している。

[0041] まず、コイル５０ａは、Ｕ１相コイルであって、図４に示すように、ティース５４ａ、５４ｄ、５４ｇ、５４ｊに回巻きされている。ティース５４ａ、５４ｄ、５４ｇ、５４ｊは、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心とする円周方向に同一間隔で並べられている。

[0042] コイル５０ｂは、Ｖ１相コイルであって、ティース５４ｃ、５４ｆ、５４

ｉ、５４ｌに、回巻きされている。ティース５４ｃ、５４ｆ、５４ｉ、５４ｌは、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心とする円周方向に同一間隔で並べられている。

[0043] コイル５０ｃは、Ｗ１相コイルであって、ティース５４ｂ、５４ｅ、５４ｈ、５４ｋに、回巻きされている。ティース５４ｂ、５４ｅ、５４ｈ、５４ｋは、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心とする円周方向に同一間隔で並べられている。

[0044] なお、コイル５０ａはＵ１相コイルを構成し、コイル５０ｂはＶ１相コイルを構成し、コイル５０ｃはＷ１相コイルを構成している。

[0045] 本実施形態のコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃは、ロータ３６を回転させるための回転磁界を発生する回転駆動用コイルである。図５に本実施形態のコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃの配置を示す。図５では、説明の便宜上、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃの図示を省略する。図５において、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃにおいて、黒点は紙面垂直方向奥側に向けて電流が流れる状態を示し、×印は、紙面垂直方向手前側に向けて電流が流れる状態を示している。

[0046] コイル５１ａは、Ｕ２相コイルであって、図５に示すように、ティース５４ｃ、５４ｄ、５４ｉ、５４ｊに回巻きされている。ティース５４ｃ、５４ｄとティース５４ｉ、５４ｊとは、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心として角度１８０度オフセットして配置されている。

[0047] ここで、ティース５４ｃに回巻きされるコイル５１ａとティース５４ｄに回巻きされるコイル５１ａとは、異なる方向に巻かれている。ティース５４ｉに巻回巻きされるコイル５１ａとティース５４ｊに回巻きされるコイル５１ａとは、異なる方向に巻かれている。

[0048] コイル５１ｂは、Ｖ２相コイルであって、ティース５４ａ、５４ｂ、５４ｇ、５４ｈに回巻きされている。ティース５４ａ、５４ｂとティース５４ｇ、５４ｈとは、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心として角度１８０度オフセットして配置されている。

[0049] ここで、ティース５４ａに回巻きされているコイル５１ｂとティース５４ｂに回巻きされているコイル５１ｂとは、異なる方向に巻かれている。ティース５４ｇに回巻きされているコイル５１ｂとティース５４ｈに回巻きされているコイル５１ｂとは、異なる方向に巻かれている。

[0050] コイル５１ｃは、Ｗ２相コイルであって、ティース５４ｅ、５４ｆ、５４ｋ、５４ｌに回巻きされている。ティース５４ｅ、５４ｆとティース５４ｋ、５４ｌとは、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心として角度１８０度オフセットして配置されている。

[0051] ここで、ティース５４ｅに回巻きされているコイル５１ｃとティース５４ｆに回巻きされているコイル５１ｃとは、異なる方向に巻かれている。ティース５４ｋに回巻きされているコイル５１ｃとティース５４ｌに回巻きされているコイル５１ｃと異なる方向に巻かれている。

[0052] 本実施形態では、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃは、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃに対して、ロータ３６側（すなわち、径方向外側）に配置されている。

[0053] このようにコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃとコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃとは、共通のステータコア５２に回巻きされている。つまり、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃとコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃとは、ステータコア５２を介してセンターピース３１に取り付けられている。そして、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに流れる電流とコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃに流れる電流とは、電子制御装置（図１中ＥＣＵと記す）７０により制御される。

[0054] ロータ３６は、ロータケース６０、および複数の永久磁石６１を備える。ロータケース６０は、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心とする筒状に形成されている。ロータケース６０は、ステータコア５２およびコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃ、５１ａ、５１ｂ、５１ｃに対して回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心として径方向外側に配置されている。

[0055] 図１のロータケース６０のうち軸線方向他方側が蓋部６０ａで塞がれている。蓋部６０ａには、回転軸３０を貫通させる貫通穴６０ｂが設けられてい

る。ロータケース６０の蓋部６０ａが回転軸３０により固定されている。つまり、ロータ３６は、回転軸３０に取り付けられている。

[0056] 複数の永久磁石６１は、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心とする円周方向に並べられている。複数の永久磁石６１は、ロータケース６０に対して径方向内側に配置されている。複数の永久磁石６１は、ロータケース６０に固定されている。複数の永久磁石６１は、それぞれの磁極が径方向に向くように配置されている。複数の永久磁石６１のそれぞれの磁極は、Ｓ極、およびＮ極が円周方向で交互に並ぶように複数の永久磁石６１が配置されている。本実施形態では、１２個の永久磁石６１が配置されている。

[0057] ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、永久磁石３４ａ、３４ｂに対して、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心とする径方向外側に配置されている。ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄと永久磁石３４ａ、３４ｂとの間には、隙間が形成されている。ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心とする円周方向に同一間隔で並べられている。ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、センターピース３１の筒部３１ａに固定されている。ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、回転軸３０の回転速度、および傾き角度を検出するためのもので、永久磁石３４ａ、３４ｂから生じる磁界を検出するホール素子から構成されている。

[0058] このように構成された電動モータ１０では、回転軸３０のうち軸受け３２側を支点として、回転軸３０の回転中心線Ｍ１から回転軸３０が傾くことが可能に構成される（図６、図７、図８参照）。

[0059] 図６、図７では、前記支点を原点０とし、回転軸３０の回転中心線Ｍ１をＺ軸とし、回転中心線Ｍ１に直交するＸ軸とＹ軸とを設定し、Ｚ軸に対して回転軸３０が角度θ傾いた例を示している。図６中の（ｘ０、ｙ０）は、回転軸３０のうち軸線方向他方側の端部（すなわち、ファン２０）のＸ－Ｙ座標を示している。

[0060] 次に、本実施形態のモータ制御システム１の電気的構成について説明する

。

[0061] 電子制御装置７０は、図８に示すように、インバータ回路７１、７２、および制御回路７３を備える。

[0062] インバータ回路７１は、トランジスタＳＷ１、ＳＷ２、ＳＷ３、ＳＷ４、ＳＷ５、ＳＷ６を備える。

[0063] トランジスタＳＷ１、ＳＷ２は、正極母線７１ａおよび負極母線７１ｂの間に直列接続されている。トランジスタＳＷ３、ＳＷ４は、正極母線７１ａおよび負極母線７１ｂの間に直列接続されている。トランジスタＳＷ５、ＳＷ６は、正極母線７１ａおよび負極母線７１ｂの間に直列接続されている。

[0064] トランジスタＳＷ１、ＳＷ２の間の共通接続端子Ｔ１は、コイル５０ａに接続されている。トランジスタＳＷ３、ＳＷ４の間の共通接続端子Ｔ２は、コイル５０ｂに接続されている。トランジスタＳＷ５、ＳＷ６の間の共通接続端子Ｔ３は、コイル５０ｃに接続されている。コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃは、スター結線により接続されている。

[0065] インバータ回路７２は、トランジスタＳＹ１、ＳＹ２、ＳＹ３、ＳＹ４、ＳＹ５、ＳＹ６を備える。

[0066] トランジスタＳＹ１、ＳＹ２は、正極母線７２ａおよび負極母線７２ｂの間に直列接続されている。トランジスタＳＹ３、ＳＹ４は、正極母線７２ａおよび負極母線７２ｂの間に直列接続されている。トランジスタＳＹ５、ＳＹ６は、正極母線７２ａおよび負極母線７２ｂの間に直列接続されている。

[0067] トランジスタＳＹ１、ＳＹ２の間の共通接続端子Ｄ１は、コイル５１ａに接続されている。トランジスタＳＹ３、ＳＹ４の間の共通接続端子Ｄ２は、コイル５１ｂに接続されている。トランジスタＳＹ５、ＳＹ６の間の共通接続端子Ｄ３は、コイル５１ｃに接続されている。コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃは、スター結線により接続されている。正極母線７１ａ、７２ａは、直流電源Ｂａの正極電極に接続されている。負極母線７１ｂ、７２ｂは、直流電源Ｂａの負極電極に接続されている。

[0068] 制御回路７３は、マイクロコンピュータやメモリ等に構成されているもの

で、メモリに記憶されているコンピュータプログラムにしたがって、ロータ３６に回転力を発生させるとともに、回転軸３０を支持する支持力を出力する制御処理を実行する。そして、制御回路７３は、制御処理の実行に伴って、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄの出力信号に基づいて、トランジスタＳＷ１、ＳＷ２・・ＳＷ６、およびトランジスタＳＹ１、ＳＹ２・・ＳＹ６をスイッチング制御する。

[0069] 共通接続端子Ｔ１、Ｔ２、Ｔ３からコイル５０ａに電流が出力されたときには、図９に示すように、コイル５０ａおよび複数の永久磁石６１の間には、コイル５０ａによって生じる磁束Ｇに基づいて、電磁力としての反発力、吸引力が発生する。

[0070] 具体的には、ティース５４ａ、５４ｄ、５４ｇ、５４ｊに回巻きされるコイル５０ａと複数の永久磁石６１との間には、電磁力としての反発力、吸引力が発生する。このようなコイル５０ａと複数の永久磁石６１との間に生じる反発力、吸引力が合成されて電磁力ｆｕ１が発生する。電磁力ｆｕ１は、ロータ３６を第１方向に移動させる力である。第１方向は、回転軸３０の軸線を中心として紙面右側に延びる軸をＸ軸としたとき、Ｘ軸から時計回り方向に２２５°回転した方向である。

[0071] なお、図９、図１０、図１１において、径方向外側を向いた矢印が反発力を示し、径方向内側を向いた矢印が吸引力を示している。

[0072] 共通接続端子Ｔ１、Ｔ２、Ｔ３からコイル５０ｂに電流が出力されたときには、図１０に示すように、コイル５０ｂおよび複数の永久磁石６１の間には、複数の永久磁石６１によって生じる磁束Ｇに基づいて、電磁力としての反発力、吸引力が発生する。

[0073] 具体的には、ティース５４ｃ、５４ｆ、５４ｉ、５４ｌに回巻きされるコイル５０ｂと複数の永久磁石６１との間には、電磁力としての反発力、吸引力が発生する。このようなコイル５０ｂと複数の永久磁石６１との間に生じる反発力、吸引力が合成されて電磁力ｆｖ１が発生する。電磁力ｆｖ１は、ロータ３６を第２方向に移動させる力である。第２方向は、上記Ｘ軸から時

計回り方向に１０５°回転した方向である。

[0074] 共通接続端子Ｔ１、Ｔ２、Ｔ３からコイル５０ｃに電流が出力されたときには、図１１に示すように、コイル５０ｃおよび複数の永久磁石６１の間には、複数の永久磁石６１によって生じる磁束Ｇに基づいて、電磁力として反発力、吸引力が発生する。

[0075] 具体的には、ティース５４ｂ、５４ｅ、５４ｈ、５４ｋに回巻きされるコイル５０ｃと複数の永久磁石６１との間には、電磁力としての反発力、吸引力が発生する。このようなコイル５０ｃと複数の永久磁石６１との間に生じる反発力、吸引力が合成されて電磁力ｆｗ１が発生する。電磁力ｆｗ１は、ロータ３６を第３方向に移動させる力である。第３方向は、上記Ｘ軸から反時計回り方向に１５°回転した方向である。

[0076] ここで、電磁力ｆｕ１の方向、電磁力ｆｖ１の方向、および電磁力ｆｗ１の方向は、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心とする円周方向に同一間隔で並べられている。具体的には、電磁力ｆｕ１の方向は、電磁力ｆｖ１の方向に対して角度１２０℃オフセットしている。電磁力ｆｖ１の方向は、電磁力ｆｗ１の方向に対して角度１２０℃オフセットしている。電磁力ｆｗ１の方向は、電磁力ｆｕ１の方向に対して角度１２０℃オフセットしている。ここで、電磁力ｆｕ１、ｆｖ１、ｆｗ１をそれぞれ単位ベクトルとする。

[0077] このような電磁力ｆｕ１、ｆｖ１、ｆｗ１、および電磁力ｆｕ１、ｆｖ１、ｆｗ１に掛ける係数Ｋ１、Ｋ２、Ｋ３を用いて、回転中心線Ｍ１に回転軸３０の軸線Ｍ２（図７参照）を近づけるための支持力Ｆａを下記の数式１で表すことができる。

[0078] Ｆａ＝Ｋ１・ｆｕ１＋Ｋ２・ｆｖ１＋Ｋ３・ｆｗ１・・・（数式１）

制御回路７３がトランジスタＳＷ１、ＳＷ２・・ＳＷ６を制御して共通接続端子Ｔ１、Ｔ２、Ｔ３からコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに流す電流を制御する。このため、係数Ｋ１、Ｋ２、Ｋ３が制御されることにより、支持力Ｆａの大きさ、および方向をそれぞれ制御することができる。

[0079] 制御回路７３がトランジスタＳＹ１、ＳＹ２・・ＳＹ６を制御して共通接

続端子Ｓ１、Ｓ２、Ｓ３からコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃに電流が出力される。このため、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃから回転磁界Ｙａ、Ｙｂ、Ｙｃが順次に発生する（図１２参照）。回転磁界Ｙａ、Ｙｂ、Ｙｃは、複数の永久磁石６１に回転力を発生させる。

[0080] 回転磁界Ｙａは、ティース５４ｃ、５４ｄの間に配置されるコイル５１ａとティース５４ｉ、５４ｊの間に配置されるコイル５１ａとから発生される。回転磁界Ｙｂは、ティース５４ｇ、５４ｈの間に配置されるコイル５１ｂとティース５４ａ、５４ｂの間に配置されるコイル５１ｂとから発生される。回転磁界Ｙｃは、ティース５４ｅ、５４ｆの間に配置されるコイル５１ｃとティース５４ｋ、５４ｌの間に配置されるコイル５１ｃとから発生される。

[0081] 次に、本実施形態の制御回路７３の制御処理について図１３～図１７を参照して説明する。

[0082] 制御回路７３は、図１３～図１５のフローチャートにしたがって制御処理を実行する。図１３は制御処理を示すフローチャートである。

[0083] まず、図１３のステップ１００において、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄにより永久磁石３４ａ、３４ｂによって生じる磁界を検出する。

[0084] ここで、Ｘ－Ｙ座標において、ホールセンサ３７ａ、３７ｃが並ぶ方向をＸ方向とし、ホールセンサ３７ｂ、３７ｄが並ぶ方向をＹ方向とする。ホールセンサ３７ａの出力信号Ｈａとホールセンサ３７ｃの出力信号Ｈｃとの差分ｄＳ（＝Ｈａ－Ｈｃ：図１６参照）を求める。当該差分ｄＳは、回転軸３０の回転角度情報を示す。そして、この差分ｄＳに基づいて、現時刻の回転軸３０の回転角度（すなわち、回転位置）を算出する（ステップ１１０）。

[0085] 次に、回転軸３０が回転中心線Ｓ１から傾くことを妨げる支持制御（ステップ１２０）と、回転軸３０を回転させる回転制御（ステップ１３０）とを並列的に実行する。なお、支持制御（ステップ１２０）、および回転制御（ステップ１３０）の詳細は後述する。次に、回転軸３０の回転を続行するか

否かを判定する（ステップ１４０）。その後、回転軸３０の回転を続行するとして、ステップ１４０でＹＥＳと判定すると、ステップ１１０に戻る。次いで、制御処理を停止させる停止指令が外部から入力されるまで、ステップ１００、１１０、１２０、１３０、およびステップ１４０のＹＥＳ判定を繰り返す。その後、停止指令が外部から入力されると、ステップ１４０でＮＯと判定して、制御処理を終了する。

[0086] 次に、回転制御（ステップ１３０）について図１４を参照して説明する。図１４は図１３中ステップ１３０の詳細を示すフローチャートである。

[0087] まず、ステップ１３１において、上記ステップ１１０で算出される現時刻の回転軸３０の回転角度に基づいて、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃのうち励磁すべきコイルを選択する。この選択したコイルに流す電流を、上記ステップ１１０で算出された現時刻の回転軸３０の回転角度に基づいて算出する（ステップ１３２）。その後、この算出した電流を上記選択したコイルに出力するためのトランジスタＳＹ１、ＳＹ２、ＳＹ３、ＳＹ４、ＳＹ５、ＳＹ６をスイッチング制御する（ステップ１３３）。これにより、インバータ回路７１のトランジスタＳＹ１、ＳＹ２、ＳＹ３、ＳＹ４、ＳＹ５、ＳＹ６がスイッチングして、共通接続端子Ｄ１、Ｄ２、Ｄ３から上記選択したコイルに電流を出力する。ステップ１３１～１３３の処理は周知の回転制御処理を用いることができる。

[0088] このようなコイルの選択処理（ステップ１３１）、電流値の算出処理（ステップ１３２）、および電流出力処理（ステップ１３３）と、図１３のホールセンサ検出処理（ステップ１００）、および回転角度算出処理（ステップ１１０）を繰り返す。すると、トランジスタＳＹ１、ＳＹ２、ＳＹ３、ＳＹ４、ＳＹ５、ＳＹ６がスイッチングして、共通接続端子Ｄ１、Ｄ２、Ｄ３からコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃに三相交流電流を出力する。

[0089] このため、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃから回転磁界が発生する。このため、複数の永久磁石６１には、回転磁界に同期して回転する回転力が発生する。これに伴い、回転軸３０は、ロータ３６とともに回転する。

[0090] 次に、支持制御（ステップ１２０）について図１５を参照して説明する。図１５は、図１３中ステップ１２０の詳細を示すフローチャートである。

[0091] まず、ステップ１２１において、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄの出力信号に基づいて、回転軸３０の回転中心線Ｍ１に対する回転軸３０の傾きθ（図７参照）を算出する。

[0092] 具体的には、現時刻におけるホールセンサ３７ａの出力信号Ｈａと現時刻におけるホールセンサ３７ｃの出力信号Ｈｃとの差分ｄＳ（＝Ｈａ－Ｈｃ）を求める。そして、差分ｄＳの振幅値Ａ１と基準信号ｋ１の振幅値Ａ０の差分ｄＡ（＝Ａ１－Ａ０：図１６）によって、ファン２０のＸ座標（回転軸３０の軸線方向他方側端部のＸ座標）を求める。

[0093] ここで、振幅値Ａ１は、現時刻における差分ｄＳの振幅値を示す。差分ｄＳが零になったタイミングと現時刻との間の時間をΔＴとする。振幅値Ａ０は、基準信号ｋ１が零になるタイミングからΔＴ経過したときの基準信号ｋ１の振幅である。

[0094] そして、差分（Ａ１－Ａ０）が大きくなるほど、Ｘ座標（Ｘ０）が大きくなり、差分（Ａ１－Ａ０）が小さくなるほど、Ｘ座標（Ｘ０）が大きくなる。基準信号ｋ１は、ホールセンサ３７ａの出力信号Ｈａの理論値とホールセンサ３７ｃの出力信号Ｈｃの理論値との差分（＝出力信号Ｈａの理論値－出力信号Ｈｃの理論値）である。

[0095] ここで、回転軸３０の軸線が回転軸３０の回転中心線Ｍ１に一致した状態で回転軸３０が回転した際のホールセンサ３７ａから出力される出力信号Ｈａを出力信号Ｈａの理論値としている。回転軸３０の軸線が回転軸３０の回転中心線Ｍ１に一致した状態で回転軸３０が回転した際のホールセンサ３７ｃから出力される出力信号Ｈｃを出力信号Ｈｃの理論値としている。

[0096] 現時刻におけるホールセンサ３７ｂの出力信号Ｈｂと現時刻におけるホールセンサ３７ｄの出力信号Ｈｄとの差分ｄｑ（＝Ｈｂ－Ｈｄ）を求め、この差分ｄｑの振幅Ｂ１と基準信号ｋ２の振幅値Ｂ０との差分ｄＢ（＝Ｂ１－Ｂ０）に基づいて、ファン２０のＹ座標（すなわち、回転軸３０の軸線方向他

方側端部のＹ座標）を求める。

[0097] 基準信号ｋ２は、ホールセンサ３７ｂの出力信号Ｈｂの理論値とホールセンサ３７ｄの出力信号Ｈｄの理論値との差分（＝出力信号Ｈｂの理論値－出力信号Ｈｄの理論値）である。ここで、回転軸３０の軸線が回転軸３０の回転中心線Ｍ１に一致した状態で回転軸３０が回転した際のホールセンサ３７ｂから出力される出力信号Ｈｂを出力信号Ｈｂの理論値としている。回転軸３０の軸線が回転軸３０の回転中心線Ｍ１に一致した状態で回転軸３０が回転した際のホールセンサ３７ｄから出力される出力信号Ｈｄを出力信号Ｈｄの理論値としている。

[0098] 振幅値Ｂ１は、現時刻における差分ｄｑの振幅値を示す。振幅値Ｂ０は、上記基準信号ｋ１が零になるタイミングからΔＴ経過したときの基準信号ｋ２の振幅である。そして、差分ｄＢが大きくなるほど、Ｙ座標（Ｙ０）が大きくなる。差分ｄＢが小さくなるほど、Ｙ座標（Ｙ０）が小さくなる。

[0099] このように求められたファン２０のＸＹ座標（Ｘ０、Ｙ０）に基づいて回転中心線Ｍ１に対する回転軸３０の傾きθ（角度）を算出する。なお、本実施形態では、傾きθは、Ｚ軸および回転軸３０の軸線Ｍ２の間でＺ軸から回転軸３０の軸線Ｍ２に向けて時計回り方向に形成される角度である（図７参照）。

[0100] 次に、ステップ１２２において、ファン２０のＸＹ座標（Ｘ０、Ｙ０）に基づいて、回転中心線Ｍ１に対する回転軸３０の軸線Ｍ２を近づけるために励磁すべきコイルをコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃから選択する。つまり、傾いた回転軸３０の軸線Ｍ２を回転中心線Ｍ１に近づけるのに通電すべきコイルをコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃから選択する。以下、このように選択したコイルを選択コイルという。

[0101] 次に、ステップ１２３において、回転軸３０の回転速度が高速であるか否かを判定する。

[0102] 具体的には、ホールセンサ３７ａの出力信号Ｈａとホールセンサ３７ｃの出力信号Ｈｃとの差分（Ｈａ－Ｈｃ）を求め、この求めた差分（Ｈａ－Ｈｃ

）の時間に対する変化に基づいて、回転軸３０の回転速度を算出する。この算出した回転速度（以下、算出回転速度Ｖという）が所定速度以上であるか否かを判定する。

[0103] 算出回転速度Ｖが所定速度以上であるとき、回転軸３０の回転速度が高速であるとしてステップ１２３でＹＥＳと判定する。この場合、回転軸３０の軸線Ｍ２を回転中心線Ｍ１に近づけるのに必要な支持力Ｆａをコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃおよび複数の永久磁石６１の間で発生させるために、上記選択コイルに出力するべき電流を、（Ｘ０、Ｙ０）および傾きθに基づいて算出する（ステップ１２４）。

[0104] 一方、算出回転速度Ｖが所定速度未満であるとき、回転軸３０の回転速度が低速であるとしてステップ１２３でＮＯと判定する。この場合、回転軸３０の軸線Ｍ２を回転中心線Ｍ１に近づけるのに必要な支持力Ｆａをコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃおよび複数の永久磁石６１の間で発生させるために、上記選択コイルに出力するべき電流を、（Ｘ０、Ｙ０）および傾きθに基づいて算出する（ステップ１２６）。

[0105] ここで、傾きθが大きいほど、回転軸３０の軸線Ｍ２を回転中心線Ｍ１に近づけるのに必要な支持力Ｆａは、大きくなる。これに加えて、回転軸３０の回転速度が高くなる程、回転軸３０の軸線Ｍ２を回転中心線Ｍ１に近づけるのに必要な支持力Ｆａは、小さくなる。すなわち、回転軸３０が高速で回転しているときには、回転軸３０が低速で回転しているときに比べて、支持力Ｆａは、小さくなる（図１７参照）。

[0106] 図１７は、縦軸を支持力Ｆａとし、横軸を傾き角度θとし、回転軸３０が低速、或いは高速で回転している場合において、支持力Ｆａと傾き角度θとの関係を示すグラフである。回転軸３０が低速で回転しているときグラフは、回転軸３０が高速で回転しているときのグラフよりも勾配が大きい。

[0107] そこで、回転軸３０が高速で回転しているときに、図１７の高速回転時の支持力Ｆａ－傾きθの関係を示すグラフに基づいて、上記選択コイルに出力するべき電流を算出する（ステップ１２６）。

[0108] 一方、回転軸３０が低速で回転しているときに、図１７の低速回転時の支持力Ｆａ－傾きθの関係を示すグラフに基づいて、上記選択コイルに出力するべき電流を算出する（ステップ１２４）。

[0109] このように回転軸３０の回転速度、（Ｘ０、Ｙ０）、および傾きθに基づいて、上記選択コイルに出力するべき電流を算出する。これに伴い、この算出した電流を上記選択コイルに出力するために、インバータ回路７１のトランジスタＳＷ１、ＳＷ２・・・ＳＷ６を制御する。これにより、共通接続端子Ｔ１、Ｔ２、Ｔ３から上記選択コイルに電流が出力される。このため、選択コイルおよび永久磁石６１の間で支持力Ｆａが発生する。よって、支持力Ｆａによって回転中心線Ｍ１に回転軸３０を近づけることができる。

[0110] ここで、同一傾き角度θの場合において回転軸３０が低速で回転している場合には、回転軸３０が高速で回転している場合に比べて、選択コイルおよび永久磁石６１の間で支持力Ｆａが大きくなる。

[0111] 以上説明した本実施形態によれば、電動モータ１０では、センターピース３１が、回転軸３０の軸線方向一方側を軸受け３２を介して回転自在に支持する。ロータ３６は、回転軸３０に固定されている。コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃは、センターピース３１側に配置されて、ロータ３６を回転軸３０とともに回転させる回転力を発生させる磁界を発生する。複数の永久磁石６１は、ロータケース６０とともに回転軸３０側に固定されて、ロータ３６を構成する。コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃは、センターピース３１側に配置されて、複数の永久磁石６１との間に電磁力を発生させて、回転軸３０の軸線方向他方側を回転自在に支持する磁気軸受けを構成する。これにより、回転軸３０のうち軸受け３２側を支点として回転軸３０が回転中心線Ｍ１に対して傾くことが可能に構成されている。

[0112] 電子制御装置７０は、回転軸３０の軸線Ｍ２を回転中心線Ｍ１に近づけるようにインバータ回路７１からコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに出力する電流をコイル毎に制御する。このため、複数の永久磁石６１およびコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃの間の電磁力により支持力Ｆａを発生させることができ

る。このとき、回転軸３０の軸線Ｍ２と回転中心線Ｍ１との間に形成される傾きθが大きいほど、回転軸３０の軸線Ｍ２を回転中心線Ｍ１に近づけるために必要な支持力Ｆａを大きくする。

[0113] 以上により、複数の永久磁石６１およびコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃから構成される磁気軸受けと軸受け３２とから回転軸３０が回転自在に支持されることになる。これにより、回転軸３０を支えるために１つの磁気軸受けを用いることになる。したがって、回転軸３０を支えるための消費電力を低減するようにした電動モータ１０、電子制御装置７０、およびモータ制御システム１を提供することができる。

[0114] 本実施形態では、回転軸３０が高速で回転しているときには、回転軸３０が低速で回転しているときに比べて、支持力Ｆａを小さくしている。このため、支持力Ｆａを発生させるために、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃで消費される電力を低減することができる。

[0115] 図１８において、横軸は、回転軸３０の回転数Ｎ（すなわち、回転速度）である。縦軸は、電動モータ１０の振動系を示す伝達関数である。伝達関数では、回転軸３０の傾き振動を振動源としてこの振動源から生じる遠心力を入力としている。回転軸３０の傾き振動とは、回転軸３０が回転する際に、回転中心線Ｍ１を中心とする径方向に回転軸３０が揺れ動く現象のことである。伝達関数では、電動モータ１０のうち回転軸３０およびロータ３６以外の所定部位（例えば、センターピース３１）の振動加速度を出力としている。

[0116] 実線で示すＤｅは、本実施形態の電動モータ１０の振動系を示す伝達関数である。鎖線は支持力Ｆａを小さくしたときの電動モータ１０の振動系を示す伝達関数であり、一点鎖線は支持力Ｆａを大きくしたときの電動モータ１０の振動系を示す伝達関数を示している。

[0117] ここで、支持力Ｆａが小さい場合の伝達関数のピークは、回転軸３０の回転数が低速であるときに生じている。支持力Ｆａが大きい場合の伝達関数のピークは、回転軸３０の回転数が高速であるときに生じている（図１８参照

）。このため、支持力Ｆａが小さい場合には、回転軸３０の回転数が低速であるときに電動モータ１０に共振が生じる。一方、支持力Ｆａが大きいときには、回転軸３０の回転数が高速であるときに電動モータ１０に共振が生じる。

[0118] そこで、本実施形態では、回転軸３０が高速で回転しているとき支持力Ｆａを小さくし、回転軸３０が低速で回転しているとき支持力Ｆａを大きくする。すなわち、回転軸３０の回転数によって、支持力Ｆａの大きさを切り替えている。このため、電動モータ１０の振動系において、ピークを抑えた伝達関数Ｄｅを形成することになる。これにより、電動モータ１０において共振が生じ難くすることができる。

[0119] 以上により、回転軸３０の傾き振動が起因して、電動モータ１０に生じる振動加速度Ｓｋを回転速度Ｎの使用範囲に亘って低減することができる（図１９参照）。使用範囲は、電動モータ１０において実際に使用される回転軸３０の回転数Ｎの範囲である。

[0120] なお、図１９において、横軸は、回転軸３０の回転数Ｎである。縦軸は、電動モータ１０のうち回転軸３０、ロータ３６以外の所定部位（例えば、センターピース３１）に生じる振動加速度である。鎖線は支持力Ｆａを小さくしたとき電動モータ１０の上記所定部位に生じる振動加速度を示し、一点鎖線は支持力Ｆａを大きくしたときに電動モータ１０のうち上記所定部位に生じる振動加速度を示している。実線で示すＳＫは、本実施形態の電動モータ１０の上記所定部位に生じる振動加速度を示す。

[0121] （第２実施形態）

上記第１実施形態では、回転軸３０の軸線Ｍ２が回転中心線Ｍ１から傾くことを妨げるために、回転軸３０の軸線Ｍ２を回転中心線Ｍ１に近づける支持力Ｆａを発生させた例について説明したが、これに代えて、回転軸３０をその回転方向に移動させる復元力Ｆｂを発生させる本第２実施形態について説明する。

[0122] 本実施形態と上記第１実施形態とは、制御回路７３の支持制御（ステップ

１２０）が相違する。そこで、以下、本実施形態の支持制御（ステップ１２０）について説明する。図２０は、制御回路７３の支持制御の詳細を示すフローチャートである。

[0123] まず、ステップ１２３において、回転軸３０の回転速度が高速であるか否かを判定する。

[0124] 具体的には、ホールセンサ３７ａの出力信号Ｈａとホールセンサ３７ｃの出力信号Ｈｃとの差分（Ｈａ－Ｈｃ）に基づいて、回転軸３０の回転速度を算出する。この算出した回転速度（以下、算出回転速度Ｖという）が所定速度以上であるか否かを判定する。

[0125] 算出回転速度Ｖが所定速度以上であるとき、回転軸３０の回転速度が高速であるとしてステップ１２３でＹＥＳと判定する。この場合、回転中心線Ｍ１から回転軸３０を傾くことを妨げる復元力Ｆｂをコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃおよび複数の永久磁石６１の間で発生させるために、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに出力するべき電流を算出する（ステップ１２６Ａ）。

[0126] 一方、算出回転速度Ｖが所定速度未満であるとき、回転軸３０の回転速度が低速であるとしてステップ１２３でＮＯと判定する。この場合、回転中心線Ｍ１から回転軸３０を傾くことを妨げる復元力Ｆｂをコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃおよび複数の永久磁石６１の間で発生させるために、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに出力するべき電流を算出する（ステップ１２４Ａ）。

[0127] 本実施形態の復元力Ｆｂは、ファン２０（すなわち、回転軸３０）を回転方向に移動させる電磁力である。復元力Ｆｂは、ファン２０の軸心と回転中心線Ｍ１との間の距離をＬとし、ファン２０（すなわち、回転軸３０）の回転数をＶとし、減衰係数をＣとしたとき、復元力Ｆｂは（Ｌ×Ｖ×Ｃ）から定まる電磁力である（図２３参照）。本実施形態のファン２０の軸心は、回転軸３０の軸方向他端側端部の軸心である。

[0128] ここで、距離Ｌは、ファン２０の軸心のＸＹ座標（ｘ０、ｙｏ）によって求められる。Ｘ座標（ｘ０）は、上記第１実施形態で説明したように、ホールセンサ３７ａの出力信号Ｈａとホールセンサ３７ｃの出力信号Ｈｃとの差

分ｄｓ（＝Ｈａ－Ｈｃ）に基づいて求められる。Ｙ座標（ｙｏ）は、ホールセンサ３７ｂの出力信号Ｈｂとホールセンサ３７ｄの出力信号Ｈｄとの差分ｄｑ（＝Ｈｂ－Ｈｄ）に基づいて求められる。回転数Ｖは、上述の如く、ホールセンサ３７ａの出力信号Ｈａとホールセンサ３７ｃの出力信号Ｈｃとの差分（Ｈａ－Ｈｃ）に基づいて算出される。ファン２０（すなわち、回転軸３０）の回転方向は、ファン２０の軸心のＸＹ座標（ｘ０、ｙｏ）によって求められる。

[0129] そこで、本実施形態では、ステップ１２４Ａ、１２６Ａにおいて、ファン２０のＸＹ座標（ｘ０、ｙｏ）、および（Ｌ×Ｖ×Ｃ）に基づいて、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに出力するべき電流を算出する。復元力Ｆｂが大きくなるほど、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに出力するべき電流は大きくなる。

[0130] このようにステップ１２４Ａ、１２６Ａで算出した電流をコイルに出力するために、インバータ回路７１のトランジスタＳＷ１、ＳＷ２・・・ＳＷ６を制御する。これにより、共通接続端子Ｔ１、Ｔ２、Ｔ３からコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに電流が出力される（ステップ１２５）。このため、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃおよび複数の永久磁石６１の間には、回転中心線Ｍ１を中心とするファン２０の回転方向にファン２０を移動させる復元力Ｆｂとしての電磁力が発生する。

[0131] このように回転方向に作用する復元力Ｆｂは、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃおよび複数の永久磁石６１の間に作用する。このため、外乱等によって回転中心線Ｍ１から回転軸３０の軸線Ｍ２が傾くことが妨げられる。

[0132] ここで、回転軸３０の回転数が高くなる程、回転中心線Ｍ１から回転軸３０から傾くことを妨げるのに必要な復元力Ｆｂは、小さくなる。すなわち、回転軸３０が高速で回転しているときには、回転軸３０が低速で回転しているときに比べて、上記必要な復元力Ｆｂは、小さくなる。

[0133] そこで、回転軸３０が高速で回転しているとしてステップ１２３でＹＥＳと判定したときには、減衰係数Ｃを小さくして、コイル５０ａ、５０ｂ、５

０ｃに出力するべき電流を小さくする（ステップ１２６Ａ）。一方、回転軸３０が低速で回転しているとしてステップ１２３でＮＯと判定したときには、減衰係数Ｃを大きくして、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに出力するべき電流を大きくする（ステップ１２４Ａ）。つまり、回転軸３０が高速で回転しているときには、回転軸３０が低速で回転しているときに比べて、減衰係数Ｃを小さくして、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに流れる電流を小さくすることができる。

[0134] 以上説明した本実施形態によれば、電子制御装置７０は、インバータ回路７１を制御して、ファン２０と回転中心線Ｍ１との間の距離をＬとし、減衰係数をＣとしたとき、ファン２０の回転方向に移動させる復元力Ｆｂ（＝Ｌ×Ｖ×Ｃ）をコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃおよび複数の永久磁石６１の間に発生させる。これにより、外乱が生じても、回転軸３０の回転中心線Ｍ１から回転軸３０の軸線Ｍ２が傾くことが妨げられる。

[0135] 以上により、複数の永久磁石６１およびコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃから構成される磁気軸受けと軸受け３２とから回転軸３０が回転自在に支持されることになる。これにより、回転軸３０を支えるために１つの磁気軸受けを用いることになる。したがって、回転軸３０を支えるための消費電力を低減することができる。

[0136] 本実施形態では、回転軸３０が高速で回転しているときには、回転軸３０が低速で回転しているときに比べて、インバータ回路７１からコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに出力される電流を小さくする。このため、回転軸３０が高速で回転しているときには、回転軸３０が低速で回転しているときに比べて、復元力Ｆｂを小さくしている。したがって、復元力Ｆｂを発生させるために、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃで消費される電力を低減することができる。

[0137] 図２２において、回転軸３０の回転数Ｎを横軸とし、電動モータ１０の振動系を示す伝達関数を縦軸としたグラフを示す。伝達関数では、回転軸３０の傾き振動を振動源としてこの振動源から生じる遠心力を入力としている。

伝達関数では、電動モータ１０のうち回転軸３０およびロータ３６以外の所定部位（例えば、センターピース３１）の振動加速度を出力としている。

[0138] グラフＤｅは、本実施形態の電動モータ１０の振動系を示す伝達関数を示す。鎖線のグラフは、減衰係数Ｃが小さい場合の伝達関数であり、一点鎖線は減衰係数Ｃが大きい場合の伝達関数である。

[0139] ここで、回転軸３０が低速で回転しているときには、減衰係数Ｃ（すなわち、復元力Ｆｂ）が小さい方が、減衰係数Ｃが大きい場合に比べて、伝達関数が大きくなる（図２２参照）。一方、回転軸３０が高速で回転しているときには、減衰係数Ｃが小さい場合に比べて、減衰係数Ｃが大きい場合の方が、伝達関数が大きくなる。

[0140] そこで、本実施形態では、回転軸３０が高速で回転しているとき減衰係数Ｃを小さくし、回転軸３０が低速で回転しているとき減衰係数Ｃを大きくする。すなわち、回転軸３０の回転数によって、減衰係数Ｃ（すなわち、復元力Ｆｂ）の大きさを切り替えて、伝達関数が大きくなることを抑制する。これにより、電動モータ１０において、共振が生じ難くすることができる。

[0141] 以上により、減衰家数Ｃを回転数Ｎによって切り替えるので、上記第１実施形態と同様に、回転数Ｎの使用範囲に亘って、電動モータ１０において振動加速度を低減することができる。これにより、低振動化を図ることができる。

[0142] （第３実施形態）

上記第１、第２の実施形態では、回転軸３０のうち軸受け３２に対してファン２０側の部位を磁気軸受けによって支持した例について説明したが、これに代えて、本第３実施形態では、回転軸３０のうち軸受け３２に対してファン２０と反対側の部位を磁気軸受けによって支持した例について説明する。

[0143] 図２３に本開示のモータ制御システム１の本第３実施形態の全体構成を示す。図２３において、図１と同一符号は、同一のものを示し、その説明を省略する。本実施形態と上記第１実施形態とは、主に、回転軸３０のうち磁気

軸受けおよび軸受け３２が支持する部位が相違する。

[0144] 本実施形態では、磁気軸受けが、回転軸３０のうち軸受け３２に対してファン２０と反対側の部位を磁気軸受けによって支持する。ステータ３５に対して軸受け３２がファン２０側に配置される。このため、ロータケース６０の蓋部６０ａは、ファン２０側に突起するように形成されている。

[0145] 本実施形態では、ファン２０、回転軸３０、および複数の永久磁石６１を含むロータ３６を回転体とし、回転軸３０のうち回転体の重心側を軸受け３２が支持する。

[0146] ここで、回転軸３０のうち軸受け３２が支持する支点と回転体の重心とが離れると、回転軸３０を支持する支持力Ｆａを大きくする必要がある。これに対して、本実施形態では、上述の如く、回転軸３０のうち回転体の重心側を軸受け３２が支持する。このため、回転軸３０のうち軸受け３２が支持する支点と回転体の重心とを近づけることができる。したがって、支持力Ｆａを小さくすることができる。よって、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃで消費される消費電力を低下することができる。

[0147] なお、説明の便宜上、回転軸３０の軸線方向のうちファン２０側を軸線方向一方側とし、回転軸３０の軸線方向のうちファン２０と反対側を軸線方向他方側としている。

[0148] （第４実施形態）

上記第１、第２実施形態では、回転駆動用コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）に対して傾き制御用コイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）をロータ３６側に配置した例について説明したが、これに代えて、回転駆動用コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）を傾き制御用コイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）に対してロータ３６側に配置した本第４実施形態について説明する。

[0149] 図２４は、本実施形態の電動モータ１０において回転軸３０の軸線に直交する断面図である。

[0150] 本実施形態では、上記第１実施形態と同様、図２４～図２６に示すように、コイル５０ａは、ティース５４ａ、５４ｄ、５４ｇ、５４ｊに回巻きされ

ている。コイル５０ｂは、ティース５４ｃ、５４ｆ、５４ｉ、５４ｌに、回巻きされている。コイル５０ｃは、ティース５４ｂ、５４ｅ、５４ｈ、５４ｋに、回巻きされている。

[0151] コイル５１ａは、ティース５４ｃ、５４ｄ、５４ｉ、５４ｊに回巻きされている。コイル５１ｂは、ティース５４ａ、５４ｂ、５４ｇ、５４ｈに回巻きされている。コイル５１ｃは、ティース５４ｅ、５４ｆ、５４ｋ、５４ｌに回巻きされている。

[0152] 本実施形態では、回転駆動用コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）は、ステータ３５のティース毎に、傾き制御用コイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）に対してロータ３６側に配置されている。

[0153] 例えば、ティース５４ａに回巻されているコイル５１ｂは、コイル５０ａに対してロータ３６側に配置されている。ティース５４ｃに回巻されているコイル５１ａは、コイル５０ｃに対してロータ３６側に配置されている。ティース５４ｆに回巻されているコイル５１ｃは、コイル５０ｂに対してロータ３６側に配置されている。

[0154] 本実施形態と上記第１実施形態とではコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃとコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃとの間で径方向の配列が異なるだけで、その他の構成は同じである。

[0155] このため、上記第１実施形態と同様に、コイル５０ａおよび複数の永久磁石６１の間には、コイル５０ａによって生じる磁束Ｇに基づいて電磁力ｆｕ１（図２７参照）が発生する。コイル５０ｂおよび複数の永久磁石６１の間には、コイル５０ａによって生じる磁束Ｇに基づいて電磁力ｆｖ１（図２８参照）が発生する。コイル５０ｃおよび複数の永久磁石６１の間には、コイル５０ａによって生じる磁束Ｇに基づいて電磁力ｆｗ１（図２９参照）が発生する。

[0156] そこで、上記第１実施形態と同様、制御回路７３がインバータ回路７１からコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに出力する電流を制御する。このため、複数の永久磁石６１およびコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃの間の電磁力として

、回転軸３０の軸線Ｍ２を回転中心線Ｍ１に近づける支持力Ｆａを発生させることができる。

[0157] さらに、本実施形態のコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃは、上記第１実施形態と同様に、複数の永久磁石６１に回転力を発生させるための回転磁界Ｙａ、Ｙｂ、Ｙｃ（図２９参照）が順次に発生させることができる。

[0158] そこで、制御回路７３がインバータ回路７２からコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃに出力する電流を制御することにより、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃから回転磁界Ｙａ、Ｙｂ、Ｙｃが順次に発生させる。このため、複数の永久磁石６１には、回転磁界に同期して回転する回転力が発生する。これに伴い、回転軸３０は、ロータ３６とともに回転する。

[0159] 以上説明した本実施形態によれば、回転駆動用コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）は、ステータ３５のティース毎に、傾き制御用コイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）に対してロータ３６側に配置されている。このため、傾き制御用コイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）を回転駆動用コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）に対してロータ側（すなわち、径方向外側）に配置する場合に比べて、回転駆動用コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）およびロータ３６の間の距離を短くすることができるので、回転用トルクを回転させる回転トルクを効率的に高めることができる。したがって、同じ巻数で大きな回転用トルクを得られる。これにより、回転駆動用コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）で消費される消費電力を低減することができる。

[0160] 上記第４実施形態では、回転駆動用コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）を傾き制御用コイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）に対してロータ３６側（すなわち、径方向外側）に配置した例について説明したが、これに加えて、次の第１～第４変形例のようにしてもよい。

[0161] （第１変形例）

第１変形例では、図３１に示すように、回転駆動用コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）は、ティース（５４ａ・・・５４ｌ）毎に、径方向内側に向かうほど径方向に直交する断面積が小さくなるように形成されている。回転駆

動用コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）は、ティース毎に、傾き制御用コイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）およびティースに対して回巻きされている。このため、傾き制御用コイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）は、ティース（５４ａ・・・５４ｌ）毎に、径方向外側に向かうほど径方向に直交する断面積が小さくなるように形成されている。

[0162] 例えば、ティース５４ａに回巻きされているコイル５１ｂは、コイル５０ａに対してロータ３６側（すなわち、径方向外側）に配置されている。コイル５１ｂは、コイル５０ａおよびティース５４ａに対して回巻きされている。コイル５１ｂは、径方向内側に向かうほど断面積が小さくなるように形成されている。コイル５０ａは、径方向外側に向かうほど断面積が小さくなるように形成されている。

[0163] 例えば、ティース５４ｃに回巻きされているコイル５１ａは、コイル５０ｂに対してロータ３６側（すなわち、径方向外側）に配置されている。コイル５１ａは、コイル５０ｂおよびティース５４ｃに対して回巻きされている。コイル５１ａは、径方向内側に向かうほど断面積が小さくなるように形成されている。そして、コイル５０ｂは、径方向外側に向かうほど断面積が小さくなるように形成されている。

[0164] （第２変形例）

第２変形例では、図３２に示すように、回転駆動用コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）は、ティース（５４ａ・・・５４ｌ）毎に、ティースに沿うように回巻きされている。

[0165] 具体的には、回転駆動用コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）は、ティース（５４ａ・・・５４ｌ）毎に、ティースの延出部５４０に沿うように形成されているコイル部５１１と、ティースの先端円弧部５４１に沿うように形成されているコイル部５１０とから構成される。

[0166] ティースの延出部５４０は、リング部５３から径方向外側に延びるように形成されている部位である。ティースの先端円弧部５４１は、延出部の先端側から円周方向に延びるように形成されている部位である。

[0167] この場合、傾き制御用コイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）は、ティース毎に、ティースの延出部５４０およびコイル部５１１に対して回巻きされている。これにより、回転駆動用コイルのうちコイル部５１０は、ティース毎に、傾き制御用コイルに対してロータ３６側（すなわち、径方向外側）に配置されていることになる。これに加えて、回転駆動用コイルは、ティース毎に、傾き制御用コイルに対してティース側（すなわち、ステータコア５２側）に配置されていることになる。

[0168] 例えば、ティース５４ａに回巻きされているコイル５０ａ、５１ｂは、次のようになっている。

[0169] コイル５１ｂのコイル部５１０は、ティース５４ａの先端円弧部５４１に沿うように形成されている。コイル５１ｂのコイル部５１１は、ティース５４ａの延出部５４０に沿うように形成されている。コイル５０ａは、ティース５４ａの延出部５４０およびコイル部５１１に対して回巻きされている。これにより、コイル５１ｂのコイル部５１０は、コイル５０ａに対してロータ３６側（すなわち、径方向外側）に配置されていることになる。これに加えて、コイル５１ｂは、コイル５０ａに対してティース５４ａ側（すなわち、ステータコア５２側）に配置されていることになる。

[0170] （第３変形例）

第３変形例では、図３３に示すように、回転駆動用コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）は、ティース（５４ａ・・・５４ｌ）毎に、コイル部５１０、５１１以外に、コイル部５１２を備える構成になっている。

[0171] ここで、コイル部５１０は、ティースの先端円弧部５４１に沿うように形成されている。コイル部５１１は、ティースの延出部５４０に沿うように形成されている。コイル部５１２は、リング部５３の外周に沿うように形成されている。コイル部５１２は、傾き制御用コイルに対して径方向内側に配置されている。

[0172] この場合も、上記（ｂ）と同様に、傾き制御用コイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）は、ティース毎に、ティースの延出部５４０およびコイル部５１１

に対して回巻きされている。これにより、回転駆動用コイルのうちコイル部５１０は、ティース毎に、傾き制御用コイルに対してロータ３６側（すなわち、径方向外側）に配置されていることになる。これに加えて、回転駆動用コイルは、ティース毎に、傾き制御用コイルに対してステータコア５２側に配置されている。

[0173] 例えば、ティース５４ａに回巻きされているコイル５０ａ、５１ｂは、次のようになっている。

[0174] コイル５１ｂのコイル部５１０は、ティース５４ａの先端円弧部５４１に沿うように形成されている。コイル５１ｂのコイル部５１１は、ティース５４ａの延出部５４０に沿うように形成されている。コイル５０ａは、ティース５４ａの延出部５４０およびコイル部５１１に対して回巻きされている。コイル部５１２は、リング部５３の外周に沿うように形成されている。すなわち、コイル部５１２は、コイル５０ａに対して径方向内側に配置されている。

[0175] これにより、コイル５１ｂのコイル部５１０は、コイル５０ａに対してロータ３６側（すなわち、径方向外側）に配置されていることになる。これに加えて、コイル５１ｂは、コイル５０ａに対してステータコア５２側に配置されていることになる。

[0176] （第４変形例）

第４変形例では、図３４に示すように、回転駆動用コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）と傾き制御用コイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）とがティース（５４ａ・・・５４ｌ）毎に、対になるようにティース（５４ａ・・・５４ｌ）に巻かれている。

[0177] 例えば、ティース５４ｂに回巻きされているコイル５０ｃ、５１ｂは、次のようになっている。すなわち、コイル５０ｃ、５１ｂは、対になるようにティース５４ｂに巻かれている。コイル５１ｂは、コイル５０ｃに対してロータ３６側（すなわち、径方向外側）に配置されている。

[0178] 例えば、ティース５４ｃに回巻きされているコイル５０ｂ、５１ａは、次

のようになっている。すなわち、コイル５０ｂ、５１ａは、対になるようにティース５４ｃに巻かれている。コイル５１ａは、コイル５０ｂに対してロータ３６側（すなわち、径方向外側）に配置されている。

[0179] （第５実施形態）

上記第１実施形態では、機械的軸受けと磁気軸受けとによって回転軸３０を回転自在に支持した例について説明したが、これに代えて、機械的軸受けと磁気軸受けのうち磁気軸受けのみによって回転軸３０を回転自在に支持した例について説明する。

[0180] 図３５に本開示の第５実施形態のモータ制御システム１の全体構成を示す。図３６は、図３５中のXXXVI－XXXVI断面図である。図３５において、図１と同一の符号は、同一のものを示し、その説明を省略する。

[0181] 本実施形態のモータ制御システム１は、上記第１実施形態のモータ制御システム１から軸受け３２を削除したものである。

[0182] そこで、本実施形態のコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃは、複数の永久磁石６１との間に電磁力を発生させて、回転軸３０を浮上させて回転軸３０を回転中心線Ｍ１を中心として回転自在に支持する磁気軸受けを構成する。

[0183] 本実施形態のモータ制御システム１と上記第１実施形態のモータ制御システム１とでは、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄの位置が相違している。

[0184] 本実施形態のホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、複数の永久磁石６１に対して回転中心線Ｍ１を中心とする径方向内側で、かつ回転軸３０に対して回転中心線Ｍ１を中心とする径方向外側に位置する。

[0185] つまり、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、複数の永久磁石６１および回転軸３０の間に配置されている。ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄおよび回転軸３０の間の距離は、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄおよび複数の永久磁石６１の間の距離よりも大きい。

[0186] 本実施形態のホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、回転中心

線Ｍ１に対して直交し、かつ重心Ｇａを含む断面に沿うように配置されている。重心Ｇａとは、モータ制御システム１の質量重心を意味する。

[0187] ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、回転中心線Ｍ１を中心とする円周方向に等間隔で並べられている。ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、それぞれ、複数の永久磁石６１からの磁界に応じて出力信号を出力する。ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、ティース５４ａ、５４ｂ・・・５４ｌのうち対応する２つのティースのそれぞれの先端側の間に分散して配置されている。

[0188] ホールセンサ３７ａは、ティース５４ａ、５４ｂの間に配置されている。ホールセンサ３７ｂは、ティース５４ｄ、５４ｅの間に配置されている。ホールセンサ３７ｃは、ティース５４ｇ、５４ｈの間に配置されている。ホールセンサ３７ｄは、ティース５４ｊ、５４ｋの間に配置されている。

[0189] このよう構成される本実施形態のモータ制御システム１において、制御回路７３は、上記第１実施形態と同様、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄの出力信号に基づいて回転軸３０の回転角度を求め、この求めた回転角度に基づいて回転制御（ステップ１３０）を実行する。これに並行して、制御回路７３は、上記第１実施形態と同様、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄの出力信号に基づいてファン２０のＸＹ座標（Ｘ０、Ｙ０）および傾きθを求め、この求めたＸＹ座標（Ｘ０、Ｙ０）および傾きθに基づいてコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに流す電流を制御する。これにより、複数の永久磁石６１との間に電磁力を発生させて、回転軸３０を磁気浮上させて回転軸３０を回転自在に支持する磁気軸受けを構成する。

[0190] 以上説明した本実施形態によれば、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃと複数の永久磁石６１との間に電磁力を発生させて回転軸３０を磁気浮上させて回転中心線Ｍ１を中心として回転軸３０を回転自在に支持する磁気軸受けを構成する。このことにより、機械的軸受けを用いることなく、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃと複数の永久磁石６１とから構成される磁気軸受けによって、回転軸３０を回転自在に支持することができる。したがって、上記第１実

施形態と同様に、回転軸３０を支持するのに要する消費電力を低減することができる。

[0191] 特に、本実施形態のホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、回転中心線Ｍ１に対して直交し、かつ重心Ｇａを含む断面（以下、単に断面という）に沿うように配置されている。このため、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに流れる電流を制御することにより、モータ制御システム１のうち重心Ｇａを回転中心線Ｍ１に近づけるように制御することが可能になる。したがって、回転軸３０を良好に磁気浮上させて回転軸３０の軸線を回転中心線Ｍ１に近づけることができる。

[0192] 本実施形態では、複数の永久磁石６１は、回転軸３０の回転力を発生させる役割以外に、回転軸３０の回転角度やファン２０のＸＹ座標（Ｘ０、Ｙ０）および傾きθを求める役割を果たしている。このため、回転軸３０の回転力を発生させるための永久磁石と回転軸３０の回転角度やファン２０のＸＹ座標（Ｘ０、Ｙ０）および傾きθを求めるための永久磁石６１とを別々に設ける場合に比べて、モータ制御システム１の体格を小型化することができる。

[0193] 本実施形態では、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、複数の永久磁石６１および回転軸３０の間に配置されている。ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄおよび回転軸３０の間の距離は、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄおよび複数の永久磁石６１の間の距離よりも大きい。

[0194] つまり、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、複数の永久磁石６１の近傍に配置されている。このため、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、複数の永久磁石６１のからの磁束を良好に検出することができる。これにより、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、回転軸３０の回転角度や位置ズレを精読良く検出することができる。

[0195] 本実施形態のホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、ティース５４ａ、５４ｂ・・・５４ｌのうち対応する２つのティースのそれぞれの先

端側の間に分散して配置されている。このため、モータ制御システム１の体格をより一層、小型化にすることができる。

[0196] （第５実施形態の第１変形例）

本第１変形例のモータ制御システム１は、図３７に示すように上記第１実施形態のモータ制御システム１に、ホールセンサ３７ｅ、３７ｆを追加したものである。

[0197] 本実施形態のモータ制御システム１では、制御回路７３は、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄの出力信号に基づいてファン２０のＸＹ座標（Ｘ０、Ｙ０）を算出する。制御回路７３は、ホールセンサ３７ｄ、３７ｅ、３７ｆの出力信号に基づいて回転軸３０の回転角度を求める。

[0198] 本実施形態のホールセンサ３７ｅは、ティース５４ｂ、５４ｃのそれぞれの先端側の間に配置されている。ホールセンサ３７ｅは、ティース５４ｆ、５４ｇのそれぞれの先端側の間に配置されている。ホールセンサ３７ｄは、ティース５４ｊ、５４ｋのそれぞれの先端側の間に配置されている。ホールセンサ３７ｄ、３７ｅ、３７ｆは、回転中心線Ｍ１を中心とする円周方向に等間隔で並べられている。

[0199] 本実施形態のホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄ３７ｅ、３７ｆは、回転中心線Ｍ１に対して直交し、かつ重心Ｇａを含む断面に沿うように配置されている。

[0200] 本実施形態では、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄ、３７ｅ、３７ｆは、複数の永久磁石６１および回転軸３０の間に配置されている。ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄ、３７ｅ、３７ｆおよび回転軸３０の間の距離は、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄ、３７ｅ、３７ｆおよび複数の永久磁石６１の間の距離よりも大きい。

[0201] つまり、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄ、３７ｅ、３７ｆは、複数の永久磁石６１の近傍に配置されている。このため、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄ、３７ｅ、３７ｆは、複数の永久磁石６１のからの磁束を良好に検出することができる。これにより、ホールセンサ３

７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄは、回転軸３０の回転角度や位置ズレを精読良く検出することができる。

[0202] （第５実施形態の第２変形例）

本第１変形例のモータ制御システム１は、上記第５実施形態のモータ制御システム１に軸受け３２を追加したものである。図３８に本第１変形例のモータ制御システム１の全体構成を示す。軸受け３２は、センターピース３１により支持されて、回転軸３０を回転自在に支持する。

[0203] （第６実施形態）

上記第１実施形態では、ステータ３５の径方向外側にロータ３６の永久磁石６１を配置した例について説明したが、これに代えて、ステータ３５の軸線方向他方側にロータ３６の永久磁石６１を配置したモータ制御システム１について説明する。

[0204] 図３９に本開示のモータ制御システム１の第６実施形態の全体構成を示す。図４０は図３９中のXXXX－XXXX断面図である。図４０は図３９中のXXXXI－XXXXI断面図である。図３９において、図１と同一の符号は、同一のものを示し、その説明を省略する。

[0205] 本実施形態のモータ制御システム１では、ロータ３６は、ロータケース６０、複数の永久磁石６１ａ、および複数の永久磁石６１ｂを備える。

[0206] ロータケース６０は、図３９に示すように、回転軸３０の軸線を中心とする円盤状に形成されている。ロータケース６０は、複数の永久磁石６１ａ、および複数の永久磁石６１ｂをそれぞれ支持する。複数の永久磁石６１ａおよび複数の永久磁石６１ｂは、図１の複数の永久磁石６１に代わりに採用されている。複数の永久磁石６１ａおよび複数の永久磁石６１ｂは、ロータケース６０に対して軸線方向一方側に配置されている。

[0207] 複数の永久磁石６１ａは、それぞれ、回転軸３０の軸線を中心とする円周方向に並べられている。複数の永久磁石６１ｂは、それぞれ、回転中心線Ｍ１を中心とする円周方向に並べられている。複数の永久磁石６１ａは、複数の永久磁石６１ｂに対して回転軸３０の軸線を中心とする径方向内側に配置

されている。

[0208] 複数の永久磁石６１ａは、それぞれの磁極が軸線方向一方側に向くように配置されている。複数の永久磁石６１ａのそれぞれの磁極は、Ｓ極、およびＮ極が円周方向で交互に並ぶように複数の永久磁石６１ａが配置されている。本実施形態では、１２個の永久磁石６１ａが配置されている。

[0209] 複数の永久磁石６１ｂは、それぞれの磁極が軸線方向一方側に向くように配置されている。複数の永久磁石６１ｂのそれぞれの磁極は、Ｓ極、およびＮ極が円周方向で交互に並ぶように複数の永久磁石６１ｂが配置されている。本実施形態では、１２個の永久磁石６１ｂが配置されている。

[0210] 本実施形態のステータ３５は、図３９および図４１に示すように、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃ、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃ、およびステータコア５２Ａを備える。

[0211] ステータコア５２Ａは、図１のステータコア５２に代えて採用されている。ステータコア５２Ａは、ティース５５ａ、５５ｂ、５５ｃ、５５ｄ、５５ｅ、５５ｆ、５５ｇ、５５ｈ、５５ｉ、５５ｊ、５５ｋ、５５ｌ、およびティース５６ａ、５６ｂ、５６ｃ、５６ｄ、５６ｅ、５６ｆ、５６ｇ、５６ｈ、５６ｉ、５６ｊ、５６ｋ、５６ｌを備える。

[0212] ティース５６ａ、５６ｂ・・・５６ｌは、それぞれの軸線方向が回転中心線Ｍ１に平行なる円柱状に形成されている第１ステータコアである。ティース５５ａ、５５ｂ・・・５５ｌは、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心とする円周方向に同一間隔で並べられている第２ステータコアである。ティース５６ａ、５６ｂ・・・５６ｌは、ティース５５ａ、５５ｂ・・・５５ｌに対して回転軸３０の軸線を中心とする径方向内側に配置されている。

[0213] ティース５５ａ、５５ｂ・・・５５ｌに対して軸線方向他方側に、複数の永久磁石６１ｂに配置されている。ティース５６ａ、５６ｂ・・・５６ｌに対して軸線方向他方側に、複数の永久磁石６１ａに配置されている。

[0214] ティース５６ａ、５６ｂ・・・５６ｌは、ティース５５ａ、５５ｂ・・・５５ｌに対して径方向内側に配置されている。ティース５６ａ、５６ｂ・・

・５６ｌおよびティース５５ａ、５５ｂ・・・５５ｌは、センターピース３１によって支持されている。

[0215] 本実施形態では、ティース５６ａ、５６ｂ・・・５６ｌは、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃから発生される磁束を通過させるものである。ティース５５ａ、５５ｂ・・・５５ｌは、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃから発生される磁束を通過させるものである。

[0216] ここで、ティース５６ａ、５６ｂ・・・５６ｌとティース５５ａ、５５ｂ・・・５５ｌとは、互いに独立するように構成されている。このため、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃからの磁束を通過させるティース５６ａ、５６ｂ・・・５６ｌと、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃから発生される磁束を通過させるティース５５ａ、５５ｂ・・・５５ｌとが、互いに分離されている。

[0217] コイル５１ａは、Ｕ２相コイルであって、図４１に示すように、ティース５６ｃ、５６ｄ、５６ｉ、５６ｊに回巻きされている。ティース５６ｃ、５６ｄとティース５６ｉ、５６ｊとは、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心として角度１８０度オフセットして配置されている。

[0218] ここで、ティース５６ｃに回巻きされるコイル５１ａとティース５６ｄに回巻きされるコイル５１ａとは、異なる方向に巻かれている。ティース５６ｉに巻回巻きされるコイル５１ａとティース５６ｊに回巻きされるコイル５１ａとは、異なる方向に巻かれている。

[0219] コイル５１ｂは、Ｖ２相コイルであって、ティース５６ａ、５６ｂ、５６ｇ、５６ｈに回巻きされている。ティース５６ａ、５６ｂとティース５６ｇ、５６ｈとは、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心として角度１８０度オフセットして配置されている。

[0220] ここで、ティース５６ａに回巻きされているコイル５１ｂとティース５６ｂに回巻きされているコイル５１ｂとは、異なる方向に巻かれている。ティース５６ｇに回巻きされているコイル５１ｂとティース５６ｈに回巻きされているコイル５１ｂとは、異なる方向に巻かれている。

[0221] コイル５１ｃは、Ｗ２相コイルであって、ティース５６ｅ、５６ｆ、５６

ｋ、５６ｌに回巻きされている。ティース５６ｅ、５６ｆとティース５６ｋ、５６ｌとは、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心として角度１８０度オフセットして配置されている。

[0222] ここで、ティース５６ｅに回巻きされているコイル５１ｃとティース５６ｆに回巻きされているコイル５１ｃとは、異なる方向に巻かれている。ティース５６ｋに回巻きされているコイル５１ｃとティース５６ｌに回巻きされているコイル５１ｃと異なる方向に巻かれている。

[0223] コイル５０ａは、Ｕ１相コイルであって、ティース５５ａ、５５ｄ、５５ｇ、５５ｊに回巻きされている。ティース５５ａ、５５ｄ、５５ｇ、５５ｊは、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心とする円周方向に同一間隔で並べられている。

[0224] コイル５０ｂは、Ｖ１相コイルであって、ティース５５ｃ、５５ｆ、５５ｉ、５５ｌに、回巻きされている。ティース５５ｃ、５５ｆ、５５ｉ、５５ｌは、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心とする円周方向に同一間隔で並べられている。

[0225] コイル５０ｃは、Ｗ１相コイルであって、ティース５５ｂ、５５ｅ、５５ｈ、５５ｋに、回巻きされている。ティース５５ｂ、５５ｅ、５５ｈ、５５ｋは、回転軸３０の回転中心線Ｍ１を中心とする円周方向に同一間隔で並べられている。

[0226] なお、コイル５０ａはＵ１相コイルを構成し、コイル５０ｂはＶ１相コイルを構成し、コイル５０ｃはＷ１相コイルを構成している。

[0227] このように構成される本実施形態では、複数の永久磁石６１ｂには、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃから回転磁界に同期して回転軸３０を回転させる回転力が発生する。コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃは、複数の永久磁石６１ａとの間で作用する電磁力によって回転軸３０を回転自在に支持する。

[0228] 本実施形態では、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃからの磁束を通過させるティース５６ａ、５６ｂ・・・５６ｌと、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃから発生される磁束を通過させるティース５５ａ、５５ｂ・・・５５ｌとが互

いに分離されている。このため、負荷トルクが大きく回転用巻線であるコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃを流れる電流が過大になった場合に、ステータコアにおいて磁束が飽和し回転軸３０の支持力が低下する事態を避けることができる。そのため、負荷トルクが大きくなった場合にも、安定制御が可能となり、振動が増加することは無い。

[0229] 図４２において、縦軸が支持力であり、横軸が回転軸３０の回転角度である。図４２中Ｅｂが本実施形態のモータ制御システム１の支持力である。図４２中Ｅａが共通のステータコアにコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃとコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃとを回巻きした従来型のモータ制御システムの支持力である。図４２から分かるように、本実施形態のモータ制御システム１の支持力が安定している。

[0230] また、本実施形態のモータ制御システム１は、複数の永久磁石６１ａおよび複数の永久磁石６１ｂに対してステータコア５２が回転軸３０の軸線方向に隙間を介して配置されているアキシャルギャップ型モータを構成している。回転軸３０の支持力を発生させるコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃがコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃに対して径方向外側に配置されている。

[0231] そのため、ファン２０のアンバランスによる遠心力よって回転軸３０の傾きが生じた場合には、回転軸３０の傾きに対する復元モーメントでは、従来のラジアルギャップ型モータに比べてスパンが長くなる。スパンとは、回転中心線Ｍ１とコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃとの間の距離である。このため、回転軸３０の支持力は小さいもので良く、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに流すべき支持電流を低減できる。そのため、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃを小型化できる。

[0232] 更に、アキシャルギャップ型モータの利点として、回転軸３０の軸線方向の長さを短くできるためモータ扁平化に有利であり、送風機等にて用いる場合に、レイアウトの自由度が増し、装置全体の小型化に有利である。

[0233] （第７実施形態）

本第７実施形態のモータ制御システム１では、上記第１実施形態のモータ

制御システム１において、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに流れる電流を独立して制御する例について説明する。

[0234] 図４３に本実施形態の電子制御装置７０の全体構成を示す。図４３において、図８と同一符号は、同一のものを示す。

[0235] 本実施形態の電子制御装置７０は、上記第１実施形態の電子制御装置７０において、インバータ回路７１に代わるインバータ回路７１Ａ、７１Ｂ、７１Ｃを備える。

[0236] インバータ回路７１Ａは、トランジスタＳＷ１、ＳＷ２、ＳＷ３、ＳＷ４から構成されるブリッジ回路である。トランジスタＳＷ１、ＳＷ２の共通接続端子Ｔ１とトランジスタＳＷ３、ＳＷ４の共通接続端子Ｔ２との間にコイル５０ａが接続されている。

[0237] インバータ回路７１Ｂは、トランジスタＳＷ５、ＳＷ６、ＳＷ７、ＳＷ８から構成されるブリッジ回路である。トランジスタＳＷ５、ＳＷ６の共通接続端子Ｔ３とトランジスタＳＷ７、ＳＷ８の共通接続端子Ｔ４との間にコイル５０ｂが接続されている。

[0238] インバータ回路７１Ｃは、トランジスタＳＷ９、ＳＷ１０、ＳＷ１１、ＳＷ１２から構成されるブリッジ回路である。トランジスタＳＷ９、ＳＷ１０の共通接続端子Ｔ５とトランジスタＳＷ１１、ＳＷ１２の共通接続端子Ｔ６との間にコイル５０ｃが接続されている。

[0239] 制御回路７３は、トランジスタＳＷ１、ＳＷ２、ＳＷ３、ＳＷ４を制御することにより、コイル５０ａに流れる電流値、およびコイル５０ａに流れる電流の向きを制御する。

[0240] 制御回路７３は、トランジスタＳＷ５、ＳＷ６、ＳＷ７、ＳＷ８を制御することにより、コイル５０ｂに流れる電流値、およびコイル５０ｂに流れる電流の向きを制御する。

[0241] 制御回路７３は、トランジスタＳＷ９、ＳＷ１０、ＳＷ１１、ＳＷ１２を制御することにより、コイル５０ｃに流れる電流値、およびコイル５０ｃに流れる電流の向きを制御する。

[0242] このように制御回路７３がトランジスタＳＷ１、ＳＷ２・・・ＳＷ１１、ＳＷ１２を制御することにより、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに流れる電流をコイル毎に独立して制御する。

[0243] 以上により、コイル５０ａおよび複数の永久磁石６１との間の電磁力を電磁力ｆｕ２（図４４参照）とし、コイル５０ｂおよび複数の永久磁石６１との間の電磁力を電磁力ｆｖ２とし、コイル５０ｃおよび複数の永久磁石６１との間の電磁力を電磁力ｆｗ２とする。この際に、電磁力ｆｕ２、電磁力ｆｖ２、および電磁力ｆｗ２を独立して制御することができる。

[0244] このよう構成される本実施形態では、制御回路７３の支持制御（ステップ１２０）を次のように実施することができる。以下、本実施形態の支持制御（ステップ１２０）について説明する。図４５は、制御回路７３の支持制御の詳細を示すフローチャートである。

[0245] まず、ステップ１２３において、回転軸３０の回転速度が高速であるか否かを判定する。

[0246] 具体的には、ホールセンサ３７ａの出力信号Ｈａとホールセンサ３７ｃの出力信号Ｈｃとの差分（Ｈａ－Ｈｃ）に基づいて、回転軸３０の回転速度を算出する。この算出した回転速度（以下、算出回転速度ＮＳという）が所定速度以上であるか否かを判定する。

[0247] 算出回転速度ＮＳが所定速度以上であるとき、回転軸３０の回転速度が高速であるとしてステップ１２３でＹＥＳと判定する。この場合、回転中心線Ｓ１から回転軸３０を傾くことを妨げる復元力Ｆｂをコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃおよび複数の永久磁石６１の間で発生させるために、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに出力するべき電流を算出する（ステップ１２６Ａ）。

[0248] 一方、算出回転速度ＮＳが所定速度未満であるとき、回転軸３０の回転速度が低速であるとしてステップ１２３でＮＯと判定する。この場合、回転中心線Ｓ１から回転軸３０を傾くことを妨げる復元力Ｆｂをコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃおよび複数の永久磁石６１の間で発生させるために、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに出力するべき電流を算出する（ステップ１２４Ａ）

。

[0249] このようにステップ１２４Ａ、１２６Ａで算出した電流をコイルに出力するために、トランジスタＳＷ１、ＳＷ２・・・ＳＷ１２を制御する。これにより、インバータ回路７１Ａ、７１Ｂ、７１Ｃからコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに電流が出力される（ステップ１２５）。このため、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃおよび複数の永久磁石６１の間に吸引力としての電磁力が発生する。

[0250] 上記ステップ１２４Ａ、１２６Ａにおいて、インバータ回路７１Ａ、７１Ｂ、７１Ｃによってコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃにそれぞれ同一値の電流を流す。このため、電磁力ｆｕ２の大きさと、電磁力ｆｖ２の大きさの大きさと、電磁力ｆｗ２の大きさとがそれぞれ同一になる。

[0251] このとき、電磁力ｆｕ２の方向、電磁力ｆｖ２の方向、電磁力ｆｗ２の方向は、回転軸３０の回転中心を中心とする円周方向に同一間隔で並べられる。このため、電磁力ｆｕ２、電磁力ｆｖ２、および電磁力ｆｗ２が打ち消される。したがって、回転軸３０の軸線Ｓ２が回転中心線Ｓ１に一致した状態で、回転軸３０が回転する。

[0252] このとき、外乱によって、回転軸３０のうち軸受け３２側を支点として回転軸３０の回転中心線Ｓ１から回転軸３０の軸線Ｓ２が傾いた場合に、回転中心線Ｓ１から回転軸３０が傾く方向の回転軸３０の速度をＶとし、減衰係数をＣとすると「Ｖ×Ｃ」から定める復元力Ｆｂが発生する。これにより、外乱が生じても、回転軸３０の回転中心線Ｓ１から回転軸３０の軸線Ｓ２が傾くことが妨げられる。

[0253] ここで、回転軸３０の回転速度が高くなる程、回転軸３０の軸線Ｓ２を回転中心線Ｓ１に近づけるのに必要な復元力Ｆｂは、小さくなる。すなわち、回転軸３０が高速で回転しているときには、回転軸３０が低速で回転しているときに比べて、上記必要な復元力Ｆｂは、小さくなる。

[0254] そこで、回転軸３０が高速で回転しているとしてステップ１２３でＹＥＳと判定したときには、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに出力するべき電流を

小さくする（ステップ１２６Ａ）。一方、回転軸３０が低速で回転しているとしてステップ１２３でＮＯと判定したときには、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに出力するべき電流を大きくする（ステップ１２４Ａ）。つまり、回転軸３０が高速で回転しているときには、回転軸３０が低速で回転しているときに比べて、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに流れる電流を小さくすることができる。よって、回転軸３０が高速で回転しているときには、回転軸３０が低速で回転しているときに比べて、復元力Ｆｂ（＝Ｖ×Ｃ）を規定する減衰係数Ｃを小さくすることができる。

[0255] 以上説明した本実施形態によれば、電子制御装置７０は、インバータ回路７１Ａ、７１Ｂ、７１Ｃを制御して、インバータ回路７１Ａ、７１Ｂ、７１ＣからコイルＣ５０ａ、５０ｂ、５０ｃに同一値の電流を出力する。このため、回転中心線Ｓ１から回転軸３０が傾く方向の速度をＶとし、減衰係数をＣとすると、「Ｖ×Ｃ」から定める復元力Ｆｂを複数の永久磁石６１およびコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃの間に発生させることができる。これにより、外乱が生じても、回転軸３０の回転中心線Ｓ１から回転軸３０の軸線Ｓ２が傾くことが妨げられる。

[0256] 以上により、複数の永久磁石６１およびコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃから構成される磁気軸受けと軸受け３２とから回転軸３０が回転自在に支持されることになる。これにより、回転軸３０を支えるために１つの磁気軸受けを用いることになる。したがって、回転軸３０を支えるための消費電力を低減することができる。

[0257] 本実施形態では、回転軸３０が高速で回転しているときには、回転軸３０が低速で回転しているときに比べて、インバータ回路７１Ａ、７１Ｂ、７１ＣからコイルＣ５０ａ、５０ｂ、５０ｃに出力される電流を小さくする。このため、回転軸３０が高速で回転しているときには、回転軸３０が低速で回転しているときに比べて、復元力Ｆｂを小さくしている。したがって、復元力Ｆｂを発生させるために、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃで消費される電力を低減することができる。

[0258] （他の実施形態）

（１）本開示を実施するにあたり、上記第１、第２の実施形態を組み合わせて実施してもよい。すなわち、上記第１実施形態におけるステップ１２０の支持制御処理と、上記第２実施形態におけるステップ１２０の支持制御処理とを並列に実施する。このため、電子制御装置７０がコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに流す電流を制御することにより、回転軸３０の軸線Ｍ２を回転中心線Ｍ１に近づける支持力Ｆａと回転軸３０を回転方向に移動させる復元力Ｆｂ（＝Ｌ×Ｖ×Ｃ）とを発生させる。

[0259] このとき、回転軸３０が高速で回転しているときには、回転軸３０が低速で回転しているときに比べて、支持力Ｆａを小さする。これに加えて、回転軸３０が高速で回転しているときには、回転軸３０が低速で回転しているときに比べて、減衰係数Ｃを小さくして、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに流れる電流を小さくする。つまり、支持力Ｆａおよび減衰係数Ｃ（すなわち、復元力Ｆｂ）の両方を回転軸３０の回転速度によって切り替えることになる。

[0260] （２）上記第３実施形態では、回転軸３０のうち回転体の重心側を軸受け３２が支持した例について説明したが、これに代えて、上記第１、第２の実施形態では、回転軸３０のうち回転体の重心側を軸受け３２が支持してもよい。

[0261] （３）上記第１～第４の実施形態、および第１～第４変形例では、本開示の電動モータ１０として同期型の三相交流モータを構成した例について説明したが、これに代えて、誘導型の電動機、或いは直流電動機を本開示の電動モータ１０としてもよい。

[0262] （４）上記第１～第４実施形態、および第１～第４変形例では、機械的軸受けである軸受け３２として、転がり軸受を用いた例について説明したが、これに代えて、軸受け３２として、すべり軸受、および流体軸受を用いてもよい。すべり軸受は、すべり面で軸を受ける軸受である。流体軸受は、液体、または気体によって支持される軸受である。

[0263] （５）上記第１～第４実施形態、および第１～第４変形例では、永久磁石６１を回転軸３０側に配置して、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃ、およびコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃをセンターピース３１側に配置した例について説明したが、これに代えて、次のようにしてもよい。

[0264] すなわち、永久磁石６１をセンターピース３１側に配置して、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃおよびコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃを回転軸３０側に配置してもよい。

[0265] （６）上記第１～第４実施形態、および第１～第４変形例では、ロータ３６にコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃによって回転力を発生させるための永久磁石と、回転軸３０にコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃによって支持力や復元力を発生させるための永久磁石として、共通の永久磁石３０を用いた例について説明したが、これに代えて、次のようにしてもよい。すなわち、ロータ３６にコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃによって回転力を発生させるための永久磁石と、回転軸３０にコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃによって支持力や復元力を発生させるための永久磁石とをそれぞれ独立して設けてもよい。

[0266] （７）上記第１～第４実施形態、および第１～第４変形例では、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃをスター結線で接続した例について説明したが、これに代えて、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃをデルタ結線で接続してもよい。

[0267] 或いは、直流電源Ｂａからコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに対してコイル毎に独立してコイルに流れる電流を制御するようにコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃを接続してもよい。

[0268] （８）上記第１～第４実施形態、および第１～第４変形例では、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃをスター結線で接続した例について説明したが、これに代えて、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃをデルタ結線で接続してもよい。

[0269] （９）上記第１～第４の実施形態、および第１～第４変形例では、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄで回転軸３０の回転速度や回転角度を求める例について説明したが、これに代えて、次のようにしてもよい。（ａ）ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄ以外に回転軸３０の回転

速度や回転角度を求めるセンサ（例えば、光学式エンコーダ）を設ける。（ｂ）インバータ回路７２からコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃに流れる三相交流電流Ｉと、直流電源Ｂａからインバータ回路７２への出力電圧Ｖとを検出し、これら検出される三相交流電流Ｉと出力電圧Ｖとに基づいて回転軸３０の回転角度、ひいては回転速度を求めるようにしてもよい。

[0270] （１０）上記第１～第４の実施形態、および第１～第４変形例では、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄおよび永久磁石３４ａ、３４ｂによって、回転中心線Ｍ１に対する回転軸３０の傾き角度θ、回転軸３０の軸線方向他方側端部（すなわち、ファン２０）のＸＹ座標、および回転軸３０の回転角度を検出した例について説明したが、これに代えて、次のようにしてもよい。

[0271] すなわち、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄおよび永久磁石３４ａ、３４ｂによって、回転中心線Ｍ１に対する回転軸３０の傾き角度θ、および回転軸３０の軸線方向他方側端部のＸＹ座標を検出する。

[0272] さらに、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄおよび永久磁石３４ａ、３４ｂ以外の他の回転センサによって、回転軸３０の回転角度を検出してもよい。この場合には、他の回転センサを回転軸３のうち軸受け３２側に配置してもよい。

[0273] （１１）上記第１～第４の実施形態、および第１～第４変形例では、ホールセンサ３７ａの出力信号Ｈａとホールセンサ３７ｃの出力信号Ｈｃとの差分（Ｈａ－Ｈｃ）に基づいて、回転軸３０の回転速度を算出した例について説明したが、これに代えて、次のようにしてもよい。

[0274] すなわち、ホールセンサ３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄの出力信号に基づいてファン２０のＸＹ座標（Ｘ０、Ｙ０）を求め、ＸＹ座標（Ｘ０、Ｙ０）の時間に対する変化から回転軸３０の回転速度を算出してもよい。

[0275] （１２）上記第４実施形態では、複数の永久磁石６１およびコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃの間の電磁力として、回転軸３０の軸線Ｍ２を回転中心線Ｍ１に近づける支持力Ｆａを発生させる例について説明したが、これに代え

て、次の（ａ）、（ｂ）のようにしてもよい。

[0276] （ａ）上記第４実施形態において、上記第２実施形態におけるステップ１２０の支持制御処理を実施する。このため、支持力Ｆａではなく、ファン２０の回転方向に回転軸３０（すなわち、ファン２０）を移動させる復元力Ｆｂとしての電磁力を発生させる。

[0277] 同様に、上記第１～第４変形例においても、上記第２実施形態におけるステップ１２０の支持制御処理を実施する。

[0278] （ｂ）上記第４実施形態において、上記第１実施形態におけるステップ１２０の支持制御処理と、上記第２実施形態におけるステップ１２０の支持制御処理とを並列に実施する。このため、支持力Ｆａおよび復元力Ｆｂの双方を回転軸３０（すなわち、ファン２０）に発生させる。つまり、支持力Ｆａおよび減衰係数Ｃ（すなわち、復元力Ｆｂ）の両方を回転軸３０の回転速度によって切り替えることになる。

[0279] 同様に、上記第１～第４変形例においても、上記第１実施形態におけるステップ１２０の支持制御処理と、上記第２実施形態におけるステップ１２０の支持制御処理とを並列に実施する。

[0280] （１３）本開示を実施するにあたり、上記第３実施形態のモータ制御システム１において、上記第１実施形態におけるステップ１２０の支持制御処理を実施する。

[0281] （１４）本開示を実施するにあたり、上記第３実施形態のモータ制御システム１において、上記第２実施形態におけるステップ１２０の支持制御処理を実施する。

[0282] （１５）本開示を実施するにあたり、上記第３実施形態のモータ制御システム１において、上記第１実施形態におけるステップ１２０の支持制御処理と上記第２実施形態におけるステップ１２０の支持制御処理を並列に実施する。

[0283] （１６）上記第７実施形態では、上記第１実施形態のモータ制御システム１において、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに流れる電流を独立して制御す

る例について説明したが、上記第２～６モータ制御システム１において、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃに流れる電流を独立して制御してもよい。

[0284] （１７）上記第７実施形態では、ティース５５ａ～５５ｌ、５６ａ～５６ｌ、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃ、５１ａ、５１ｂ、５１ｃ、および永久磁石６１ａ、６１ｂを１２極１２スロットで構成した例について説明したが、これに代えて、次のようにしてもよい。

[0285] すなわち、図４６、図４７に示すように、ティース５５ａ～５５ｌ、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃ、および永久磁石６１ｂを１２極１２スロットで構成し、かつティース５６ａ～５６ｊ、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃ、および永久磁石６１ａを１０極１０スロットで構成してもよい。

[0286] このことにより、回転軸３０の支持力を発生させる傾き制御用コイルであるコイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃの極数と、ロータ３６を回転させるための回転磁界を発生する回転駆動用コイルであるコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃの極数と、を互いに相違させることになる。

[0287] なお、１２極とは、コイルの磁極、或いは永久磁石の磁極が１２個あることを意味する。スロットは、複数のティースのうち隣り合う２つのティースの間の隙間を意味する。１２スロットは、１２個のスロットを有するようにステータコアが設定されていることを意味する。

[0288] これにより、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃが回巻きされるティースの振動の位相と、コイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃが回巻きされるティースの振動の位相とをずらし、かつ高次成分の振動ピークの重複を避けることができるため、トルク変動、磁気音を低減することができる。

[0289] なお、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃの極数をコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃの極数に比べて大きくする場合に限らず、コイル５０ａ、５０ｂ、５０ｃの極数をコイル５１ａ、５１ｂ、５１ｃの極数に比べて小さくしてもよい。

[0290] 次に、上記第１～第４の実施形態の構成要素と本開示との間の対応関係について説明する。

[0291] まず、ステップ１２０が回転軸制御部に対応し、ステップ１２４、１２５、１２６が第１電流制御部に対応し、ステップ１２３が判定部に対応し、ステップ１２４Ａ、１２５、１２６Ａが第２電流制御部を構成している。

[0292] （第８実施形態）

図４８に本開示のモータ制御システム１０００の第８実施形態の全体構成を示す。

[0293] 本実施形態のモータ制御システム１０００は、図４８に示すように、電動モータ１０１０、およびファン１０２０を備える。

[0294] 電動モータ１０１０は、図４８、図４９、および図５２に示すように、回転軸１０３０、ステータ１０３１、軸受け本体１０３２ａ、抑え部１０３３、永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂ、および電機子１０３６を備える。

[0295] 電動モータ１０１０には、図４８および図４９に示すように、永久磁石１０３４ａ、１０３４ｂ、１０３４ｃ、１０３４ｄ、およびホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄが設けられている。

[0296] 電動モータ１０１０は、図５０および図５１に示すように、ブラシ１０３８ａ、１０３８ｂ、１０３８ｃ、１０３８ｄ、１０３９ａ、１０３９ｂ、１０３９ｃ、１０３９ｄ、ブラシホルダ１０４０、バネ１０４１ａ、１０４１ｂ、１０４１ｃ、１０４１ｄ、１０４２ａ、１０４２ｂ、１０４２ｃ、１０４２ｄ、および整流子１０４３、１０４４を備える。

[0297] 図４８の回転軸１０３０は、電機子１０３６の回転力をファン１０２０に出力する回転軸である。ファン１０２０は、その穴部１０２０ａに回転軸１０３０の軸線方向他方側端部が嵌合されることにより、ファン１０２０に回転軸１０３０が連結されている。本実施形態では、ファン１０２０として、例えば、遠心ファンが用いられている。

[0298] なお、図４８において、軸方向一方側を図中下側とし、軸方向他方側を図中上側としている。

[0299] ステータ１０３１は、永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂとともに固定子を構成する。ステータ１０３１は、その軸線が回転軸１０３０の回転中心線Ｓ

１と一致するように形成されている。ステータ１０３１は、筒部１０３１ａ、蓋部１０３１ｂ、底部１０３１ｃを備える筐体である。筒部１０３１ａは、回転軸１０３０の回転中心線Ｓ１を中心とする筒状に形成されている。筒部１０３１ａの中空部内には、電機子１０３６、永久磁石１０３４ａ、１０３４ｂ、１０３４ｃ、１０３４ｄ、永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂ、ブラシ１０３８ａ、１０３８ｂ、１０３８ｃ、１０３８ｄ、１０３９ａ、１０３９ｂ、１０３９ｃ、１０３９ｄ、ブラシホルダ１０４０、およびバネ１０４１ａ、１０４１ｂ、・・・、１０４２ｄなどが収納されている。

[0300] 永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂは、図５２に示すように、筒部１０３１ａの内周面と電機子１０３６との間に配置されている。永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂは、筒部１０３１ａの内周面に固定されている。永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂは、軸方向から扇状に形成されている。永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂは、それぞれ、径方向内側に向けて磁極を形成している。永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂのうち一方の磁極がＳ極となり、他方の永久磁石の磁極がＮ極となっている。

[0301] 図４８の蓋部１０３１ｂは、筒部１０３１ａの軸方向他方側を塞ぐように形成されている。蓋部１０３１ｂのうち軸線側には、軸方向他方側に突起する突起部１０６３が形成されている。突起部１０６３には、軸方向に貫通する貫通孔１０６４が形成されている。貫通孔１０６４には、回転軸１０３０が貫通している。

[0302] 底部１０３１ｃは、筒部１０３１ａの軸方向一方側を塞ぐように形成されている。底部１０３１ｃのうち軸線側には、後述する軸受け本体１０３２ａを支持する回転軸支持部材１０４５が形成されている。

[0303] 回転軸支持部材１０４５は、回転中心線Ｓ１を中心とする環状に形成されて、回転中心線Ｓ１の延出方向に貫通する貫通孔１０６６を備える。貫通孔１０６６は、その軸線が回転中心線Ｓ１に一致するように形成されている。貫通孔１０６６内には、回転軸１０３０の軸方向一方側が位置する。貫通孔１０６６は、回転中心線Ｓ１の延出方向一方側に開口する開口部（以下、下

側開口部１０４６ａという）と、回転中心線Ｓ１の延出方向他方側に開口する開口部（以下、上側開口部という）とを備える。

[0304] なお、回転中心線Ｓ１の延出方向とは、回転中心線Ｓ１が延びる方向である。回転中心線Ｓ１の延出方向一方側は、図４８中下側であり、回転中心線Ｓ１の延出方向他方側は、図４８中下側である。

[0305] 回転軸支持部材１０４５のうち上側開口部および下側開口部１０４６ａの間には、貫通孔１０６６を形成する内周面１０４７が設けられている。内周面１０４７は、回転中心線Ｓ１を中心とする環状に形成されて、後述する軸受け本体１０３２ａを摺動自在に支持する。内周面１０４７は、回転中心線Ｓ１を含む断面が後述する支点Ｐ１を中心とする円弧状に形成されている。

[0306] 支点Ｐ１は、回転軸１０３０の軸線のうち軸受け本体１０３２ａに対して軸方向他方側に位置する。

[0307] 軸受け本体１０３２ａは、回転軸１０３０の軸線方向一方側を回転自在に支持する機械的軸受けである。軸受け本体１０３２ａは、回転軸支持部材１０４５の貫通孔１０６６の内側に配置されている。本実施形態では、軸受け本体１０３２ａとして、例えば、転がり軸受が使用されている。転がり軸受は、回転軸１０３０の外周側に配置される軌道と、回転軸１０３０および軌道の間に配置される転動体とを備え、転動体が転がり運動することによって回転軸１０３０を支持する周知の軸受けである。

[0308] ブッシュ１０３２ｂは、軸受け本体１０３２ａとともに回転軸１０３０を回転自在に支持する軸受け１０３２を構成する。ブッシュ１０３２ｂは、軸受け本体１０３２ａを支える回転軸支持部材である。ブッシュ１０３２ｂは、回転中心線Ｓ１を中心とする環状に形成されている。ブッシュ１０３２ｂは、回転軸支持部材１０４５の内周面１０４７に摺動する側面１０４８を備える。側面１０４８は、回転中心線Ｓ１を含む断面が、支点Ｐ１を中心とする円弧状に形成されている。

[0309] 本実施形態では、内周面１０４７の曲率半径ｒ１と側面１０４８の曲率半径ｒ２とが同一になっている。曲率半径ｒ１は、回転中心線Ｓ１を含む断面

において、支点Ｐ１と内周面１０４７との間の距離である。曲率半径ｒ２は、回転軸１０３０の軸線を含む断面において、支点Ｐ１と側面１０４８との間の距離である。

[0310] 本実施形態における軸受け１０３２および回転軸支持部材１０４５は、軸受け１０３２を介して回転軸１０３０を支点Ｐ１を中心とする揺動自在に支持する軸受け機構１０４９を構成する。

[0311] 図４８の抑え部１０３３は、貫通孔１０６４のうち内周側に配置されている。抑え部１０３３は、回転軸１０３０の回転中心線Ｓ１を中心とする環状に形成されている。抑え部１０３３および回転軸１０３０の間には、隙間が形成されている。抑え部１０３３は、後述するように、回転軸１０３０の回転中心線Ｓ１から回転軸１０３０が大きく傾いた状態で回転軸１０３０を支える軸受け部である。抑え部１０３３は、蓋部１０３１ｂによって支持されている。本実施形態の抑え部１０３３は、潤滑性を有する樹脂材料によって形成されている。

[0312] 永久磁石１０３４ａ、１０３４ｂ、１０３４ｃ、１０３４ｄは、回転軸１０３０のうち電機子１０３６および抑え部１０３３の間に配置されている。永久磁石１０３４ａ、１０３４ｂ、１０３４ｃ、１０３４ｄは、突起部１０６３の基部側に位置する。永久磁石１０３４ａ、１０３４ｂ、１０３４ｃ、１０３４ｄは、回転軸１０３０に固定されている。

[0313] 永久磁石１０３４ａ、１０３４ｂ、１０３４ｃ、１０３４ｄは、図４９に示すように、それぞれ、扇状に形成されている。永久磁石１０３４ａ、１０３４ｂ、１０３４ｃ、１０３４ｄは、回転軸１０３０の外周を覆うように組み合わされている。永久磁石１０３４ａ、１０３４ｂ、１０３４ｃ、１０３４ｄは、それぞれ、回転軸１０３０の軸線を中心とする径方向外側に磁極を形成している。永久磁石１０３４ａ、１０３４ｂ、１０３４ｃ、１０３４ｄは、それぞれの磁極がＳ極→Ｎ極→Ｓ極→Ｎ極の順に交互に並ぶように配置されている。永久磁石１０３４ａ、１０３４ｂ、１０３４ｃ、１０３４ｄは、ホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄに磁束を

付与する。

[0314] ホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄは、永久磁石１０３４ａ、１０３４ｂ、１０３４ｃ、１０３４ｄに対して、回転軸１０３０の回転中心線Ｓ１を中心とする径方向外側に配置されている。ホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄと永久磁石１０３４ａ、１０３４ｂ、１０３４ｃ、１０３４ｄとの間には、隙間が形成されている。ホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄは、回転軸１０３０の回転中心線Ｓ１を中心とする円周方向に同一間隔で並べられている。ホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄは、ステータ１０３１の筒部１０３１ａに固定されている。ホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄは、回転軸１０３０の回転速度、および傾き角度を検出するためのもので、永久磁石１０３４ａ、１０３４ｂ、１０３４ｃ、１０３４ｄから生じる磁界を検出するホール素子から構成されている。

[0315] 図５０のブラシ１０３８ａ、１０３８ｂ、１０３８ｃ、１０３８ｄは、電機子１０３６および軸受け１０３２の間に配置されている。ブラシ１０３８ａ、１０３８ｂ、１０３８ｃ、１０３８ｄは、回転中心線Ｓ１を中心とする円周方向に同一間隔に並べられている。

[0316] ブラシ１０３８ａ、１０３８ｂ、１０３８ｃ、１０３８ｄは、それぞれ、ブラシホルダ１０４０の長穴部内に配置されて径方向に移動可能に構成されている。ブラシ１０３８ａ、１０３８ｂ、１０３８ｃ、１０３８ｄは、バネ１０４１ａ、１０４１ｂ、１０４１ｃ、１０４１ｄのうち対応するバネの弾性力によって径方向内側（具体的には、整流子１０４３側）に押し付けられている。バネ１０４１ａ、１０４１ｂ、１０４１ｃ、１０４１ｄは、それぞれ、ブラシホルダ１０４０の長穴部内に配置されている。ブラシホルダ１０４０は、ステータ１０３１によって支持されている。ブラシ１０３８ａ、１０３８ｂ、１０３８ｃ、１０３８ｄは、回転軸１０３０の回転に伴って、整流子１０４３のセグメント１０４３ａ～１０４３ｄに摺動する。

[0317] 図５１のブラシ１０３９ａ、１０３９ｂ、１０３９ｃ、１０３９ｄは、それぞれ、ブラシホルダ１０４０の長穴部内に配置されて径方向に移動可能に構成されている。ブラシ１０３９ａ、１０３９ｂ、１０３９ｃ、１０３９ｄは、バネ１０４２ａ、１０４２ｂ、１０４２ｃ、１０４２ｄのうち対応するバネの弾性力によって径方向内側（具体的には、整流子１０４４側）に押し付けられている。バネ１０４２ａ、１０４２ｂ、１０４２ｃ、１０４２ｄは、それぞれ、ブラシホルダ１０４０の長穴部内に配置されている。

[0318] ここで、ブラシ１０３９ａ、１０３９ｂ、１０３９ｃ、１０３９ｄは、支点Ｐに対して軸方向他方側に配置され、ブラシ１０３８ａ、１０３８ｂ、１０３８ｃ、１０３８ｄは、支点Ｐに対して軸方向一方側に配置されている。

[0319] 整流子１０４３は、セグメント１０４３ａ、１０４３ｂ、１０４３ｃ、１０４３ｄを備える。セグメント１０４３ａ、１０４３ｂ、１０４３ｃ、１０４３ｄは、回転軸１０３０の軸線を中心とする円弧状に等間隔で並べられている。セグメント１０４３ａ、１０４３ｃの間には、コイル１０５１ａが接続されている。コイル１０５１ａの一端部は、セグメント１０４３ａに接続され、コイル１０５１ａの他端部は、セグメント１０４３ｃに接続されている。

[0320] セグメント１０４３ｂ、１０４３ｄの間には、コイル１０５１ｂが接続されている。すなわち、コイル１０５１ｂの一端部がセグメント１０４３ｂに接続され、コイル１０５１ｂの他端部がセグメント１０４３ｄに接続されている。

[0321] セグメント１０４３ａ、１０４３ｂ、１０４３ｃ、１０４３ｄは、筒部材１０６７を介して回転軸１０３０に固定されている。セグメント１０４３ａ、１０４３ｂ、１０４３ｃ、１０４３ｄは、それぞれ、回転軸１０３０の軸方向から視て扇状に形成されている。ブラシ１０３９ａ、１０３９ｂ、１０３９ｃ、１０３９ｄは、回転軸１０３０の回転に伴って、整流子１０４３のセグメント１０４４ａ～１０４４ｄに摺動する。

[0322] 筒部材１０６７は、回転軸１０３０の軸線を中心とする径方向外側に配置

されている。筒部材１０６７は、回転軸１０３０の軸線を中心とする筒状に形成されている。筒部材１０６７は、その軸線が回転軸１０３０の軸線に一致するように形成されている。筒部材１０６７は、回転軸１０３０によって支持されている。

[0323] 整流子１０４４は、セグメント１０４４ａ、１０４４ｂ、１０４４ｃ、１０４４ｄを備える。セグメント１０４４ａ、１０４４ｂ、１０４４ｃ、１０４４ｄは、回転軸１０３０の軸線を中心とする円弧状に等間隔で並べられている。セグメント１０４４ａ、１０４４ｃの間には、コイル１０５０ａが接続されている。すなわち、コイル１０５０ａの一端部がセグメント１０４４ａに接続され、コイル１０５０ａの他端部がセグメント１０４４ｃに接続されている。

[0324] セグメント１０４４ｂ、１０４４ｄの間には、コイル１０５０ｂが接続されている。すなわち、コイル１０５０ｂの一端部がセグメント１０４４ｂに接続され、コイル１０５０ｂの他端部がセグメント１０４４ｄに接続されている。

[0325] セグメント１０４４ａ、１０４４ｂ、１０４４ｃ、１０４４ｄは、筒部材１０６７を介して回転軸１０３０に固定されている。セグメント１０４４ａ、１０４４ｂ、１０４４ｃ、１０４４ｄは、それぞれ、回転軸１０３０の軸方向から視て扇状に形成されている。

[0326] 本実施形態では、整流子１０４３、１０４４は、軸受け１０３２に対して支点Ｐ１側に配置されている。整流子１０４４は、支点Ｐ１よりも軸方向他方側に位置する。整流子１０４３は支点Ｐ１よりも軸方向一方側に位置する。支点Ｐ１は、回転軸１０３０の軸線のうち、整流子１０４４の回転中心と整流子１０４３の回転中心との間の中間点である。

[0327] 電機子１０３６は、図５２に示すように、コイル１０５０ａ、１０５０ｂ、１０５１ａ、１０５１ｂ、およびロータコア１０５２を備える。

[0328] ロータコア１０５２は、コイル１０５０ａ、１０５０ｂから発生する磁束（すなわち、磁界）を通過させるものである。さらに、ロータコア１０５２

は、コイル１０５１ａ、１０５１ｂから発生する磁束（すなわち、磁界）を通過させるものである。ロータコア１０５２は、永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂとともに磁気回路を構成する。

[0329] 具体的には、ロータコア１０５２は、リング部１０５３、およびティース１０５４ａ、１０５４ｂ、１０５４ｃ、１０５４ｄを備える。リング部１０５３は、ステータ１０３１の筒部１０３１ａに対して径方向内側に配置されている。リング部１０５３は、回転軸１０３０に固定されている。

[0330] ティース１０５４ａ、１０５４ｂ、１０５４ｃ、１０５４ｄは、リング部１０５３から径方向外側に突出するように形成されている。ティース１０５４ａ、１０５４ｂ、１０５４ｃ、１０５４ｄは、それぞれ、回転軸１０３０の軸線を中心とする円周方向に同一間隔で並べられている。ティース１０５４ａ、１０５４ｂ、１０５４ｃ、１０５４ｄは、それぞれ先端部側が円周方向に延びるように形成されている。

[0331] 本実施形態のコイル１０５０ａ、１０５０ｂは、回転軸１０３０の支持力を発生させる傾き制御用コイルである。図５３において、コイル１０５０ａ、１０５０ｂにおいて、×印は紙面垂直方向奥側に向けて電流が流れる状態を示し、黒点は、紙面垂直方向手前側に向けて電流が流れる状態を示している。

[0332] まず、コイル１０５０ｂは、図５３に示すように、ティース１０５４ａ、１０５４ｃに回巻きされている。コイル１０５０ｂがティース１０５４ａを巻く方向とコイル１０５０ｂがティース５４ｃを巻く方向とは同一になっている。ティース１０５４ａ、１０５４ｃは、回転軸１０３０の軸線を中心として角度１８０度オフセットして配置されている。

[0333] コイル１０５０ａは、ティース１０５４ｂ、１０５４ｄに、回巻きされている。コイル１０５０ａがティース５４ｂを巻く方向とコイル１０５０ａがティース５４ｄを巻く方向とは同一になっている。ティース１０５４ｂ、１０５４ｄは、回転軸１０３０の軸線を中心として角度１８０度オフセットして配置されている。

[0334] 本実施形態のコイル１０５１ａ、１０５１ｂは、電機子１０３６を回転させるための回転磁界を発生する回転駆動用コイルである。

[0335] 図５３において、コイル１０５１ａ、１０５１ｂにおいて、×印は、紙面垂直方向奥側に向けて電流が流れる状態を示し、黒点は、紙面垂直方向手前側に向けて電流が流れる状態を示している。

[0336] コイル１０５１ａは、ティース１０５４ａ、５４ｂに回巻きされている。ティース１０５４ａ、５４ｂは、回転軸１０３０の軸線を中心として角度９０度オフセットして配置されている。

[0337] コイル１０５１ｂは、ティース１０５４ｃ、１０５４ｄに回巻きされている。ティース１０５４ｃ、１０５４ｄは、回転軸１０３０の軸線を中心として角度９０度オフセットして配置されている。

[0338] 本実施形態では、コイル１０５０ａ、１０５０ｂは、コイル１０５１ａ、１０５１ｂに対して、ステータ１０３１側（すなわち、径方向外側）に配置されている。

[0339] このようにコイル１０５０ａ、１０５０ｂとコイル１０５１ａ、１０５１ｂとは、共通のロータコア１０５２に回巻きされている。つまり、コイル１０５０ａ、１０５０ｂとコイル１０５１ａ、１０５１ｂとは、ロータコア１０５２を介して回転軸１０３０に取り付けられている。そして、コイル１０５０ａ、１０５０ｂに流れる電流とコイル１０５１ａ、１０５１ｂに流れる電流とは、電子制御装置（図４８中ＥＣＵと記す）１０７０により制御される。

[0340] このように構成された電動モータ１０１０では、回転軸１０３０の軸線のうち整流子１０４３、１０４４の間の支点Ｐ１を支点として、回転軸１０３０の回転中心線Ｓ１から回転軸１０３０が傾くことが可能に構成される（図５４、図５５参照）。

[0341] 図５４、図５５では、前記支点を原点０とし、回転軸１０３０の回転中心線Ｓ１をＺ軸とし、回転中心線Ｓ１に直交するＸ軸とＹ軸とを設定し、Ｚ軸（すなわち、回転中心線Ｓ１）に対して回転軸１０３０の軸線が角度θ傾い

た例を示している。図５４中の（ｘ０、ｙ０）は、回転軸１０３０のうち軸線方向他方側の端部（すなわち、ファン１０２０）のＸ－Ｙ座標を示している。

[0342] 次に、本実施形態のモータ制御システム１０００の電気的構成について図５６を参照して説明する。

[0343] 電子制御装置１０７０は、図５６に示すように、ブリッジ回路１０７１、１０７２、１０７３、および制御回路１０７４を備える。ブリッジ回路１０７１は、トランジスタＳＷ１、ＳＷ２、ＳＷ３、ＳＷ４を備える。トランジスタＳＷ１、ＳＷ２は、バッテリＢａの正極電極と負極電極との間で直列接続されている。トランジスタＳＷ１、ＳＷ２の共通接続端子Ｔ１は、ブラシ１０３９ａに接続されている。

[0344] トランジスタＳＷ３、ＳＷ４は、バッテリＢａの正極電極と負極電極との間で直列接続されている。トランジスタＳＷ３、ＳＷ４の共通接続端子Ｔ２は、ブラシ１０３９ｃに接続されている。

[0345] このことにより、トランジスタＳＷ１、ＳＷ２、ＳＷ３、ＳＷ４のオン、オフによって、整流子１０４４を通してコイル１０５０ａ（或いは、１０５０ｂ）に流れる電流の方向、および電流値を制御することになる。

[0346] ブリッジ回路１０７２は、トランジスタＳＷ５、ＳＷ６、ＳＷ７、ＳＷ８を備える。トランジスタＳＷ５、ＳＷ６は、バッテリＢａの正極電極と負極電極との間で直列接続されている。トランジスタＳＷ５、ＳＷ６の共通接続端子Ｔ３は、ブラシ１０３９ｂに接続されている。トランジスタＳＷ７、ＳＷ８は、バッテリＢａの正極電極と負極電極との間で直列接続されている。トランジスタＳＷ７、ＳＷ８の共通接続端子Ｔ４は、ブラシ１０３９ｄに接続されている。

[0347] このことにより、トランジスタＳＷ５、ＳＷ６、ＳＷ７、ＳＷ８のオン、オフによって、整流子１０４４を通してコイル１０５０ｂ（或いは、１０５０ａ）に流れる電流の方向、および電流値を制御することができる。

[0348] ブリッジ回路１０７３は、トランジスタＳＷ９、ＳＷ１０、ＳＷ１１、Ｓ

Ｗ１２を備える。トランジスタＳＷ９、ＳＷ１０は、バッテリＢａの正極電極と負極電極との間で直列接続されている。トランジスタＳＷ１１、ＳＷ１２の共通接続端子Ｔ５は、ブラシ１０３８ｂ、１０３８ｃに接続されている。

[0349] トランジスタＳＷ１１、ＳＷ１２は、バッテリＢａの正極電極と負極電極との間で直列接続されている。トランジスタＳＷ１１、ＳＷ１２の共通接続端子Ｔ６は、ブラシ１０３８ａ、１０３８ｄに接続されている。

[0350] このことにより、トランジスタＳＷ９、ＳＷ１０、ＳＷ１１、ＳＷ１２のオン、オフによって、整流子１０４３を通してコイル１０５１ａ、１０５１ｂに流れる電流の方向、および電流値を制御することになる。

[0351] 制御回路１０７４は、マイクロコンピュータやメモリ等に構成されているもので、メモリに記憶されているコンピュータプログラムにしたがって、電機子１０３６に回転力を発生させるとともに、回転軸１０３０を支持する支持力を出力するための制御処理を実行する。制御回路１０７４は、制御処理の実行に伴って、ホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄの出力信号に基づいて、トランジスタＳＷ１、ＳＷ２、ＳＷ３、ＳＷ４、ＳＷ５、ＳＷ６、ＳＷ７、ＳＷ８、ＳＷ９、ＳＷ１０、ＳＷ１１、ＳＷ１２をスイッチング制御する。

[0352] 制御回路１０７４がトランジスタＳＷ９、ＳＷ１０、ＳＷ１１、ＳＷ１２を制御して共通接続端子Ｔ５、Ｔ６からブラシ１０３８ａ、１０３８ｂ、１０３８ｃ、１０３８ｄおよび整流子１０４３を通してコイル１０５１ａ、５２ｂに電流を出力する。

[0353] 例えば、制御回路１０７４がトランジスタＳＷ９、ＳＷ１２をオンして、トランジスタＳＷ１０、ＳＷ１１をオフする。このため、共通接続端子Ｔ５、Ｔ６の間において、ブラシ１０３８ｂ、１０３８ｄおよび整流子１０４３のセグメント１０４３ａ、１０４３ｃ（或いは、４３ｂ、４３ｄ）を通してコイル１０５１ａ（或いは、５１ｂ）に電流が流がれる。共通接続端子Ｔ５、Ｔ６の間において、ブラシ１０３８ａ、１０３８ｃおよび整流子１０４３

のセグメント１０４３ａ、１０４３ｃ（或いは、１０４３ｂ、１０４３ｄ）を通してコイル１０５１ａ（或いは、１０５１ｂ）に電流が流れる。

[0354] このとき、コイル１０５１ａ、１０５１ｂには、コイル１０５１ａ、１０５１ｂ自体に流れる電流と永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂからの磁束とに基づいて電磁力としての回転力が発生する。この回転力は、電機子１０３６（すなわち、回転軸１０３０）を回転中心線Ｓ１を中心として第１回転方向に回転させる回転力である。

[0355] ここで、回転軸１０３０の回転に伴って、整流子１０４３のセグメント１０４３ａ、１０４３ｂ、１０４３ｃ、１０４３ｄのうちブラシ１０３８ａ、１０３８ｃがそれぞれ接触するセグメントが順次交替する。回転軸１０３０の回転に伴って、整流子１０４３のセグメント１０４３ａ、１０４３ｂ、１０４３ｃ、１０４３ｄのうちブラシ１０３８ｂ、１０３８ｄがそれぞれ接触するセグメントが順次交替する。

[0356] これにより、セグメント１０４３ａ、１０４３ｂ、１０４３ｃ、１０４３ｄうちブラシ１０３８ａ、１０３８ｂ、１０３８ｃ、１０３８ｄが接触するセグメントが替わる毎に、コイル１０５１ａ（或いは、１０５１ｂ）には、繰り返し第１回転方向に回転させる回転力が発生する。

[0357] 一方、制御回路１０７４がトランジスタＳＷ９、ＳＷ１２をオフして、トランジスタＳＷ１０、ＳＷ１１をオンする。このため、共通接続端子Ｔ５、Ｔ６の間において、ブラシ１０３８ｂ、１０３８ｄおよび整流子１０４３のセグメント１０４３ａ、１０４３ｃ（或いは、１０４３ｂ、１０４３ｄ）を通してコイル１０５１ａ（或いは、１０５１ｂ）に電流が流がれる。共通接続端子Ｔ５、Ｔ６の間において、ブラシ１０３８ａ、１０３８ｃおよび整流子１０４３のセグメント１０４３ａ、１０４３ｃ（或いは、１０４３ｂ、１０４３ｄ）を通してコイル１０５１ａ（或いは、１０５１ｂ）に電流が流れる。

[0358] このとき、コイル１０５１ａ、１０５１ｂには、コイル１０５１ａ、１０５１ｂ自体に流れる電流と永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂからの磁束とに

基づいて、電磁力としての回転力が発生する。この回転力は、電機子１０３６（すなわち、回転軸１０３０）を回転中心線Ｓ１を中心として第２回転方向に回転させる回転力である。第２回転方向は、第１回転方向と逆方向である。

[0359] ここで、回転軸１０３０の回転に伴って、整流子１０４３のセグメント１０４３ａ、１０４３ｂ、１０４３ｃ、１０４３ｄのうちブラシ１０３８ａ、１０３８ｃがそれぞれ接触するセグメントが順次交替する。回転軸１０３０の回転に伴って、整流子１０４３のセグメント１０４３ａ、１０４３ｂ、１０４３ｃ、１０４３ｄのうちブラシ１０３８ｂ、１０３８ｄがそれぞれ接触するセグメントが順次交替する。

[0360] これにより、セグメント１０４３ａ、１０４３ｂ、１０４３ｃ、１０４３ｄうちブラシ１０３８ａ、１０３８ｂ、１０３８ｃ、１０３８ｄが接触するセグメントが替わる毎に、コイル１０５１ａ（或いは、１０５１ｂ）には、繰り返し、第２回転方向に回転させる回転力が発生する。

[0361] ここで、制御回路１０７４がトランジスタＳＷ９、ＳＷ１０、ＳＷ１１、ＳＷ１２を制御することにより、ブラシ１０３８ａ、１０３８ｂ、１０３８ｃ、１０３８ｄおよび整流子１０４３を通してコイル１０５１ａ、１０５１ｂに流れる電流の電流値を制御する。このことにより、コイル１０５１ａ、１０５１ｂに作用する回転力としての電磁力の大きさを制御することにより、回転軸１０３０（すなわち、電機子１０３６）の回転速度を制御することができる。

[0362] また、外乱により回転軸１０３０の軸線Ｓ２が回転軸１０３０の回転中心線Ｓ１がずれる場合がある。このとき、回転軸１０３０は、回転中心線Ｓ１を中心として回転しながら、支点Ｐ１を中心として揺動する。

[0363] これに対して、制御回路１０７４がトランジスタＳＷ１、ＳＷ２、ＳＷ３、ＳＷ４をスイッチング制御することにより、コイル１０５０ａに電流を流して、コイル１０５０ａと永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂとの間にて電機子１０３６を移動させる電磁力ｆ１、ｆ２を発生させる。

[0364] 具体的には、次の（ａ）（ｂ）（ｃ）（ｄ）の通りになる。（ａ）ブラシ１０３９ａがセグメント１０４４ａに接触し、かつブラシ１０３９ｃがセグメント１０４４ｃに接触した状態で、トランジスタＳＷ１、ＳＷ４がオンし、かつトランジスタＳＷ２、ＳＷ３がオフしたときに、共通接続端子Ｔ１、Ｔ２からセグメント１０４４ａ、１０４４ｃを通してコイル１０５０ａに対して電流を第１電流方向に流すことができる。（ｂ）ブラシ１０３９ｃがセグメント１０４４ａに接触し、かつブラシ１０３９ａがセグメント１０４４ｃに接触した状態で、トランジスタＳＷ１、ＳＷ４がオフし、かつトランジスタＳＷ２、ＳＷ３がオンしたときに、共通接続端子Ｔ１、Ｔ２からセグメント１０４４ａ、１０４４ｃを通してコイル１０５０ａに対して電流を第１電流方向に流すことができる。

[0365] このようにコイル１０５０ａに対して電流を第１電流方向に流すことにより、ティース１０５４ｂ、１０５４ｄに回巻きされるコイル１０５０ａと永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂとの間には、電磁力ｆ１が発生する。電磁力ｆ１は、電機子１０３６（すなわち、回転軸１０３０）をコイル１０５０ａの軸線方向一方側に移動させる力である。コイル１０５０ａの軸線方向は、ティース１０５４ｂ、１０５４ｄの軸線を結ぶ方向である。（ｃ）ブラシ１０３９ａがセグメント１０４４ａに接触し、かつブラシ１０３９ｃがセグメント１０４４ｃに接触した状態で、トランジスタＳＷ１、ＳＷ４がオフし、かつトランジスタＳＷ２、ＳＷ３がオンしたときに、共通接続端子Ｔ１、Ｔ２からセグメント１０４４ａ、１０４４ｃを通してコイル１０５０ａに対して電流を第２電流方向に流すことができる。第２電流方向は、コイル１０５０ａに対して第１電流方向と逆に電流が流れる方向である。（ｄ）ブラシ１０３９ｃがセグメント１０４４ａに接触し、かつブラシ１０３９ａがセグメント１０４４ｃに接触した状態で、トランジスタＳＷ１、ＳＷ４がオンし、かつトランジスタＳＷ２、ＳＷ３がオフしたときに、共通接続端子Ｔ１、Ｔ２からセグメント１０４４ａ、１０４４ｃを通してコイル１０５０ａに電流を第２電流方向に流すことができる。

[0366] このようにコイル１０５０ａに対して電流を第２電流方向に流すことにより、ティース１０５４ｂ、１０５４ｄに回巻きされるコイル１０５０ａと永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂとの間には、電磁力ｆ２が発生する。電磁力ｆ２は、電機子１０３６（すなわち、回転軸１０３０）をコイル１０５０ａの軸線方向他方側に移動させる力である。

[0367] 制御回路１０７４がコイル１０５０ａに対して電流が流れる方向を第１電流方向から第２電流方向（或いは、第２電流方向から第１電流方向）に変えることにより、コイル１０５０ａと永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂとの間に発生する電磁力の方向を変えることができる。制御回路１０７４がトランジスタＳＷ１、ＳＷ２、ＳＷ３、ＳＷ４をスイッチング制御してコイル１０５０ａに流れる電流値を制御することにより、コイル１０５０ａと永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂとの間に作用する電磁力ｆ１、ｆ２の大きさを制御することができる。

[0368] 制御回路１０７４がトランジスタＳＷ５、ＳＷ６、ＳＷ７、ＳＷ８をスイッチング制御することにより、コイル１０５０ｂに電流を流してコイル１０５０ｂと永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂとの間にて電機子１０３６を移動させる電磁力ｆ３、ｆ４を発生させる。

[0369] 具体的には、次の（ｅ）（ｆ）（ｇ）（ｈ）の通りになる。（ｅ）ブラシ１０３９ｂがセグメント１０４４ｂに接触し、かつブラシ１０３９ｄがセグメント１０４４ｄに接触した状態で、トランジスタＳＷ５、ＳＷ８がオンし、かつトランジスタＳＷ６、ＳＷ７がオフしたときに、共通接続端子Ｔ３、Ｔ４からセグメント１０４４ｂ、１０４４ｄを通してコイル１０５０ｂに対して電流を第３電流方向に流すことができる。（ｆ）ブラシ１０３９ｄがセグメント１０４４ｂに接触し、かつブラシ１０３９ｂがセグメント１０４４ｄに接触した状態で、トランジスタＳＷ５、ＳＷ８がオフし、かつトランジスタＳＷ６、ＳＷ７がオンしたときに、共通接続端子Ｔ３、Ｔ４からセグメント１０４４ｂ、１０４４ｄを通してコイル１０５０ｂに対して電流を第３電流方向に流すことができる。

[0370] このようにコイル１０５０ｂに対して電流を第３電流方向に流すことにより、ティース１０５４ａ、１０５４ｃに回巻きされるコイル１０５０ｂと永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂとの間には、電磁力ｆ３が発生する。電磁力ｆ３は、電機子１０３６（すなわち、回転軸１０３０）をコイル１０５０ｂの軸線方向一方側に移動させる力である。コイル１０５０ｂの軸線方向は、ティース１０５４ａ、１０５４ｃの軸線を結ぶ方向である。（ｇ）ブラシ１０３９ｂがセグメント１０４４ｂに接触し、かつブラシ１０３９ｄがセグメント１０４４ｄに接触した状態で、トランジスタＳＷ５、ＳＷ８がオフし、かつトランジスタＳＷ６、ＳＷ７がオンしたときに、共通接続端子Ｔ３、Ｔ４からセグメント１０４４ｂ、１０４４ｄを通してコイル１０５０ｂに対して電流を第４電流方向に流すことができる。第４電流方向とは、第３電流方向に対して逆の方向である。（ｈ）ブラシ１０３９ｄがセグメント１０４４ｂに接触し、かつブラシ１０３９ｂがセグメント１０４４ｄに接触した状態で、トランジスタＳＷ５、ＳＷ８がオンし、かつトランジスタＳＷ６、ＳＷ７がオフしたときに、共通接続端子Ｔ３、Ｔ４からセグメント１０４４ｂ、１０４４ｄを通してコイル１０５０ｂに対して電流を第４電流方向に流すことができる。

[0371] このようにコイル１０５０ｂに対して電流を第４電流方向に流すことにより、ティース１０５４ａ、１０５４ｃに回巻きされるコイル１０５０ｂと永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂとの間には、電磁力ｆ４が発生する。電磁力ｆ４は、電機子１０３６（すなわち、回転軸１０３０）をコイル１０５０ｂの軸線方向他方側に移動させる力である。

[0372] 制御回路１０７４がコイル１０５０ｂに対して電流が流れる方向を第３電流方向から第４電流方向（或いは、第４電流方向から第３電流方向）に変えることにより、コイル１０５０ｂと永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂとの間に発生する電磁力の方向を変えることができる。制御回路１０７４がトランジスタＳＷ５、ＳＷ６、ＳＷ７、ＳＷ８をスイッチング制御してコイル１０５０ｂに流れる電流値を制御することにより、コイル１０５０ｂと永久磁石

１０３５ａ、１０３５ｂとの間に作用する電磁力ｆ３、ｆ４の大きさを制御することができる。

[0373] ここで、コイル１０５０ａの軸線方向とコイル１０５０ｂの軸線方向とは直交する方向である。電磁力ｆ１、ｆ２、ｆ３、ｆ４をそれぞれ単位ベクトルとする。このような電磁力ｆ１、ｆ２、ｆ３、ｆ４および電磁力ｆ１、ｆ２、ｆ３、ｆ４に掛ける係数Ｋ１、Ｋ２、Ｋ３、Ｋ４を用いて、回転中心線Ｓ１に回転軸１０３０の軸線Ｓ２を近づけるための支持力Ｆａを下記の数式１で表すことができる。

[0374] Ｆａ＝Ｋ１・ｆ１＋Ｋ２・ｆ２＋Ｋ３・ｆ３＋Ｋ４・ｆ４・・・（数式１）

制御回路１０７４がトランジスタＳＷ１、ＳＷ２、ＳＷ３、ＳＷ４、ＳＷ５、ＳＷ６、ＳＷ７、ＳＷ８を制御して共通接続端子Ｔ１、Ｔ２、Ｔ３、Ｔ４からコイル１０５０ａ、１０５０ｂに流す電流を制御する。このため、係数Ｋ１、Ｋ２、Ｋ３、Ｋ４が制御されることにより、支持力Ｆａの大きさ、および支持力Ｆａの方向を制御することができる。

[0375] 次に、本実施形態の制御回路１０７４による制御処理について図５７～図６２を参照して説明する。

[0376] 制御回路１０７４は、図５７、図５８のフローチャートにしたがって支持処理を実行する。図５７、図５８は制御処理を示すフローチャートである。

[0377] まず、図５７のステップ１１００において、ホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄにより永久磁石３４ａ、３４ｂによって生じる磁界を検出する。

[0378] ここで、Ｘ－Ｙ座標において、ホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｃが並ぶ方向をＸ方向とし、ホールセンサ１０３７ｂ、１０３７ｄが並ぶ方向をＹ方向とする。ホールセンサ１０３７ａの出力信号Ｈａとホールセンサ１０３７ｃの出力信号Ｈｃとの差分ｄｓ１（＝Ｈａ－Ｈｃ：図６３参照）を求める。当該差分ｄｓ１は、回転軸１０３０の回転角度情報を示す。そして、この差分ｄｓ１に基づいて、現時刻の回転軸１０３０の回転角度（すなわち、回

転位置）を算出する（ステップ１１１０）。

[0379] 次に、回転軸１０３０が回転中心線Ｓ１から傾くことを妨げる支持制御（ステップ１１２０）と、回転軸１０３０を回転させる回転制御（ステップ１１３０）とを並列的に実行する。なお、支持制御（ステップ１１２０）、および回転制御（ステップ１１３０）の詳細は後述する。次に、回転軸１０３０の回転を続行するか否かを判定する（ステップ１１４０）。その後、回転軸１０３０の回転を続行するとして、ステップ１１４０でＹＥＳと判定すると、ステップ１１１０に戻る。次いで、制御処理を停止させる停止指令が外部から入力されるまで、ステップ１１００、１１０、１２０、１３０、およびステップ１１４０のＹＥＳ判定を繰り返す。その後、停止指令が外部から入力されると、ステップ１１４０でＮＯと判定して、制御処理を終了する。

[0380] 次に、回転制御（ステップ１１３０）について説明する。

[0381] まず、上記ステップ１１１０で算出される回転軸１０３０の回転角度を時間で微分して回転軸１０３０の回転速度を求める。これに加えて、スイッチングＳＷ９、ＳＷ１０、ＳＷ１１、ＳＷ１２を制御することにより、前記求めた回転軸１０３０の回転速度を目標回転速度に近づけるようにコイル１０５１ａ、１０５１ｂに流れる電流を制御する。このため、コイル１０５１ａ、１０５１ｂには、当該電流と永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂからの磁束によって回転力としての電磁力が発生する。このため、回転軸１０３０（すなわち、電機子１０３６）の回転角度を目標回転速度に近づけることができる。

[0382] 次に、支持制御（ステップ１１２０）について図５８を参照して説明する。図５８は、図５７中ステップ１１２０の詳細を示すフローチャートである。

[0383] まず、ステップ１１２１において、ホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄの出力信号に基づいて、回転軸１０３０の回転中心線Ｓ１に対する回転軸１０３０の傾きθ（図５４参照）を算出する。

[0384] 具体的には、現時刻におけるホールセンサ１０３７ａの出力信号Ｈａと現

時刻におけるホールセンサ１０３７ｃの出力信号Ｈｃとの差分ｄｓ１（＝Ｈａ－Ｈｃ）を求める。そして、差分ｄｓ１の振幅値Ａ１と基準信号ｋ１の振幅値Ａ０の差分ｄＡ（＝Ａ１－Ａ０：図５９Ａ参照）によって、ファン１０２０のＸ座標（回転軸１０３０の軸線方向他方側端部のＸ座標）を求める。

[0385] ここで、振幅値Ａ１は、現時刻における差分ｄｓ１の振幅値を示す。差分ｄｓ１が零になったタイミングと現時刻との間の時間をΔＴとする。振幅値Ａ０は、基準信号ｋ１が零になるタイミングからΔＴ経過したときの基準信号ｋ１の振幅である。

[0386] そして、差分（Ａ１－Ａ０）が大きくなるほど、Ｘ座標（Ｘ０）が大きくなり、差分（Ａ１－Ａ０）が小さくなるほど、Ｘ座標（Ｘ０）が大きくなる。基準信号ｋ１は、ホールセンサ１０３７ａの出力信号Ｈａの理論値とホールセンサ１０３７ｃの出力信号Ｈｃの理論値との差分（＝出力信号Ｈａの理論値－出力信号Ｈｃの理論値）である。

[0387] ここで、回転軸１０３０の軸線が回転軸１０３０の回転中心線Ｓ１に一致した状態で回転軸１０３０が回転した際のホールセンサ１０３７ａから出力される出力信号Ｈａを出力信号Ｈａの理論値としている。回転軸１０３０の軸線が回転軸１０３０の回転中心線Ｓ１に一致した状態で回転軸１０３０が回転した際のホールセンサ１０３７ｃから出力される出力信号Ｈｃを出力信号Ｈｃの理論値としている。

[0388] さらに、現時刻におけるホールセンサ１０３７ｂの出力信号Ｈｂと現時刻におけるホールセンサ１０３７ｄの出力信号Ｈｄとの差分ｄｑ（＝Ｈｂ－Ｈｄ）を求め、この差分ｄｑの振幅Ｂ１と基準信号ｋ２の振幅値Ｂ０との差分ｄＢ（＝Ｂ１－Ｂ０：図５９Ｂ参照）に基づいて、ファン１０２０のＹ座標（すなわち、回転軸１０３０の軸線方向他方側端部のＹ座標）を求める。

[0389] 基準信号ｋ２は、ホールセンサ１０３７ｂの出力信号Ｈｂの理論値とホールセンサ１０３７ｄの出力信号Ｈｄの理論値との差分（＝出力信号Ｈｂの理論値－出力信号Ｈｄの理論値）である。ここで、回転軸１０３０の軸線が回転軸１０３０の回転中心線Ｓ１に一致した状態で回転軸１０３０が回転した

際のホールセンサ１０３７ｂから出力される出力信号Ｈｂを出力信号Ｈｂの理論値としている。回転軸１０３０の軸線が回転軸１０３０の回転中心線Ｓ１に一致した状態で回転軸１０３０が回転した際のホールセンサ１０３７ｄから出力される出力信号Ｈｄを出力信号Ｈｄの理論値としている。

[0390] 振幅値Ｂ１は、現時刻における差分ｄｑの振幅値を示す。振幅値Ｂ０は、上記基準信号ｋ１が零になるタイミングからΔＴ経過したときの基準信号ｋ２の振幅である。そして、差分ｄＢが大きくなるほど、Ｙ座標（Ｙ０）が大きくなる。差分ｄＢが小さくなるほど、Ｙ座標（Ｙ０）が小さくなる。

[0391] このように求められたファン１０２０のＸＹ座標（Ｘ０、Ｙ０）に基づいて回転中心線Ｓ１に対する回転軸１０３０の傾きθ（角度）を算出する。なお、本実施形態では、傾きθは、Ｚ軸および回転軸１０３０の軸線Ｓ２の間でＺ軸から回転軸１０３０の軸線Ｓ２に向けて時計回り方向に形成される角度である（図５４参照）。

[0392] 次に、ステップ１１２２において、ファン１０２０のＸＹ座標（Ｘ０、Ｙ０）に基づいて、回転中心線Ｓ１に対する回転軸１０３０の軸線Ｓ２を近づけるために励磁すべきコイルをコイル１０５０ａ、１０５０ｂから選択する。つまり、傾いた回転軸１０３０の軸線Ｓ２を回転中心線Ｓ１に近づけるのに通電すべきコイルをコイル１０５０ａ、１０５０ｂから選択する。以下、このように選択したコイルを選択コイルという。

[0393] 次に、ステップ１１２３において、回転軸１０３０の回転速度が高速であるか否かを判定する。

[0394] 具体的には、ホールセンサ１０３７ａの出力信号Ｈａとホールセンサ１０３７ｃの出力信号Ｈｃとの差分（Ｈａ－Ｈｃ）を求め、この求めた差分（Ｈａ－Ｈｃ）の時間に対する変化に基づいて、回転軸１０３０の回転速度を算出する。この算出した回転速度（以下、算出回転速度Ｖという）が所定速度以上であるか否かを判定する。

[0395] 算出回転速度Ｖが所定速度以上であるとき、回転軸１０３０の回転速度が高速であるとしてステップ１１２３でＹＥＳと判定する。この場合、回転軸

１０３０の軸線Ｓ２を回転中心線Ｓ１に近づけるのに必要な支持力Ｆａをコイル１０５０ａ、１０５０ｂおよび永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂの間で発生させるために、上記選択コイルに出力するべき電流を、（Ｘ０、Ｙ０）および傾きθに基づいて算出する（ステップ１１２４）。

[0396] 一方、算出回転速度Ｖが所定速度未満であるとき、回転軸１０３０の回転速度が低速であるとしてステップ１１２３でＮＯと判定する。この場合、回転軸１０３０の軸線Ｓ２を回転中心線Ｓ１に近づけるのに必要な支持力Ｆａをコイル１０５０ａ、１０５０ｂおよび永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂの間で発生させるために、上記選択コイルに出力するべき電流を、（Ｘ０、Ｙ０）および傾きθに基づいて算出する（ステップ１１２６）。

[0397] ここで、傾きθが大きいほど、回転軸１０３０の軸線Ｓ２を回転中心線Ｓ１に近づけるのに必要な支持力Ｆａは、大きくなる。これに加えて、回転軸１０３０の回転速度が高くなる程、回転軸１０３０の軸線Ｓ２を回転中心線Ｓ１に近づけるのに必要な支持力Ｆａは、小さくなる。すなわち、回転軸１０３０が高速で回転しているときには、回転軸１０３０が低速で回転しているときに比べて、支持力Ｆａは、小さくなる（図６０参照）。

[0398] 図６０は、縦軸を支持力Ｆａとし、横軸を傾き角度θとし、回転軸１０３０が低速、或いは高速で回転している場合において、支持力Ｆａと傾き角度θとの関係を示すグラフである。回転軸１０３０が低速で回転しているときグラフは、回転軸１０３０が高速で回転しているときのグラフよりも勾配が大きい。

[0399] そこで、回転軸１０３０が高速で回転しているときに、図６０の高速回転時の支持力Ｆａ－傾きθの関係を示すグラフに基づいて、上記選択コイルに出力するべき電流を算出する（ステップ１１２６）。

[0400] 一方、回転軸１０３０が低速で回転しているときに、図６０の低速回転時の支持力Ｆａ－傾きθの関係を示すグラフに基づいて、上記選択コイルに出力するべき電流を算出する（ステップ１１２４）。

[0401] このように回転軸１０３０の回転速度、（Ｘ０、Ｙ０）、および傾きθに

基づいて、上記選択コイルに出力するべき電流を算出する。これに伴い、この算出した電流を上記選択コイルに出力するために、ブリッジ回路１０７１のトランジスタＳＷ１、ＳＷ２・・・ＳＷ６を制御する。これにより、共通接続端子Ｔ１、Ｔ２、Ｔ３から上記選択コイルに電流が出力される。このため、選択コイルおよび永久磁石１０３５の間で支持力Ｆａが発生する。よって、支持力Ｆａによって回転中心線Ｓ１に回転軸１０３０を近づけることができる。

[0402] ここで、同一傾き角度θの場合において回転軸１０３０が低速で回転している場合には、回転軸１０３０が高速で回転している場合に比べて、選択コイルおよび永久磁石１０３５の間で支持力Ｆａが大きくなる。

[0403] 以上説明した本実施形態によれば、モータ制御システム１０００は、回転軸１０３０の軸方向一方側を軸受け１０３２を介して回転自在に支持するステータ１０３１と、ステータ１０３１によって支持されて、回転軸１０３０の回転中心線Ｓ１を中心とする円周方向に並べられている２つの磁極を形成する永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂとを備える。コイル１０５１ａ、１０５１ｂは、回転軸１０３０に支持されているコイルであって、このコイルに流れる電流と永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂからの磁束とに基づいて電機子１０３６を回転させる電磁力を発生させる。コイル１０５０ａ、１０５０ｂは、回転軸１０３０に支持されて、永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂとの間に電磁力を発生させることにより回転軸１０３０のうち軸受け１０３２に対して軸方向他方側を回転自在に支持する磁気軸受けを構成する。すなわち、コイル１０５０ａ、１０５０ｂは、回転軸１０３０の軸線のうち軸受け１０３２からずれた部位を回転自在に支持する磁気軸受けを構成する。

[0404] 整流子１０４３は、回転軸１０３０に支持されて、コイル１０５１ａ、１０５１ｂに接続されている。整流子１０４４は、回転軸１０３０に支持されて、コイル１０５０ａ、１０５０ｂに接続されている。ブラシ１０３９ａ～１０３９ｄは、バネ１０４２ａ～１０４２ｄの弾性力によって整流子１０４３側に押し付けられて、回転軸１０３０の回転に伴って整流子１０４４のセ

グメント１０４４ａ、１０４４ｂ、１０４４ｃ、１０４４ｄに摺動して整流子１０４４を通してコイル１０５０ａ、１０５０ｂに電流を出力する。

[0405] ブラシ１０３８ａ～１０３８ｄは、バネ１０４１ａ～１０４１ｄの弾性力によって整流子１０４４側に押し付けられて、回転軸１０３０の回転に伴って整流子１０４３のセグメント１０４３ａ、１０４３ｂ、１０４３ｃ、１０４３ｄに摺動して整流子１０４３を通してコイル１０５１ａ、１０５１ｂに電流を出力する。

[0406] 電子制御装置１０７０は、回転中心線Ｓ１から回転軸１０３０の軸線が傾くことを妨げる電磁力がコイル１０５０ａ、１０５０ｂおよび永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂの間に発生させるようにコイル１０５０ａ、１０５０ｂに流れる電流を制御することを特徴とする。

[0407] 以上により、永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂおよびコイル１０５０ａ、１０５０ｂから構成される磁気軸受けと軸受け１０３２とから回転軸１０３０が回転自在に支持されることになる。これにより、回転軸１０３０を支えるために１つの磁気軸受けを用いることになる。したがって、回転軸１０３０を支えるための消費電力を低減するようにした電動モータ１０１０、電子制御装置１０７０、およびモータ制御システム１０００を提供することができる。

[0408] 本実施形態では、回転軸１０３０が高速で回転しているときには、回転軸１０３０が低速で回転しているときに比べて、支持力Ｆａを小さくしている。このため、支持力Ｆａを発生させるために、コイル１０５０ａ、１０５０ｂで消費される電力を低減することができる。

[0409] ここで、図６３に示すように、回転軸１０３０の軸方向一方側を軸受け１０３２ｃを介して回転自在に支持部材１０４５Ａを支持する電動モータ１０１０Ａにおいて、軸受け１０３２ｃが支持部材１０４５Ａに対して固定されている場合には、回転軸１０３０のうち軸受け１０３２ｃ側が支点Ｐ２となる。この支点Ｐ２を中心として、回転軸１０３０の軸線が回転中心線Ｓ１から傾くことが自在に構成されていることになる。このため、回転軸１０３０

が回転する際に傾き振動が生じると、ブラシ１０３８ａ～１０３８ｄがバネ１０４１ａ～１０４１ｄの弾性力に伴って変位したり、ブラシ１０３９ａ～１０３９ｄがバネ１０４２ａ～１０４２ｄの弾性力に伴って変位する。回転軸１０３０の傾き振動とは、回転軸１０３０が回転する際に、回転中心線Ｓ１を中心とする径方向に回転軸１０３０の軸線が揺れ動く現象のことである。

[0410] したがって、ブラシ１０３８ａ～１０３８ｄと整流子１０４３のセグメント１０４３ａ～１０４３ｄとの間の接触不良が生じたり、ブラシ１０３９ａ～３９ｄと整流子１０４４のセグメント１０４４ａ～１０４４ｄとの間の接触不良が生じる恐れがある。

[0411] これに対して、本実施形態では、軸受け機構１０４９では、回転軸支持部材１０４５は、ステータ１０３１によって支持されて、かつ回転軸１０３０の軸線のうち軸受け１０３２に対して軸方向他方側の位置を支点Ｐ１とする。この支点Ｐ１を中心として回転軸１０３０を軸受け１０３２を介して揺動自在に支持する。これに加えて、整流子１０４３、１０４４は、支点Ｐ１側に配置されている。

[0412] このため、ブラシ１０３８ａ～１０３８ｄとセグメント１０４３ａ～１０４３ｄとの間の接触部位の変動を抑えることができる。よって、ブラシ１０３８ａ～１０３８ｄとセグメント１０４３ａ～１０４３ｄとの間の接触が良好になる。さらに、ブラシ１０３９ａ～３９ｄとセグメント１０４４ａ～１０４４ｄとの間の接触部位の変動を抑えることができる。よって、ブラシ１０３９ａ～３９ｄと整流子１０４４のセグメント１０４４ａ～１０４４ｄとの間の接触が良好になる。

[0413] 特に、本実施形態では、支点Ｐ１は、回転軸１０３０の軸線のうち、整流子１０４４の回転中心と整流子１０４３の回転中心との間の中間点である。このため、ブラシ１０３８ａ～１０３８ｄとセグメント１０４３ａ～１０４３ｄとの間の接触部位の変動を確実に抑えることができる。さらに、ブラシ１０３９ａ～１０３９ｄとセグメント１０４４ａ～１０４４ｄとの間の接触

部位の変動を確実に抑えることができる。

[0414] 図６１において、横軸は、回転軸１０３０の回転数Ｎ（すなわち、回転速度）である。縦軸は、電動モータ１０１０の振動系を示す伝達関数である。伝達関数では、回転軸１０３０の傾き振動を振動源としてこの振動源から生じる遠心力を入力としている。回転軸１０３０の傾き振動とは、回転軸１０３０が回転する際に、回転中心線Ｓ１を中心とする径方向に回転軸１０３０が揺れ動く現象のことである。伝達関数では、電動モータ１０１０のうち回転軸１０３０および電機子１０３６以外の所定部位（例えば、ステータ１０３１）の振動加速度を出力としている。

[0415] 実線で示すＤｅは、本実施形態の電動モータ１０１０の振動系を示す伝達関数である。鎖線は支持力Ｆａを小さくしたときの電動モータ１０１０の振動系を示す伝達関数であり、一点鎖線は支持力Ｆａを大きくしたときの電動モータ１０１０の振動系を示す伝達関数を示している。

[0416] ここで、支持力Ｆａが小さい場合の伝達関数のピークは、回転軸１０３０の回転数が低速であるときに生じている。支持力Ｆａが大きい場合の伝達関数のピークは、回転軸１０３０の回転数が高速であるときに生じている（図６１参照）。このため、支持力Ｆａが小さい場合には、回転軸１０３０の回転数が低速であるときに電動モータ１０１０に共振が生じる。一方、支持力Ｆａが大きいときには、回転軸１０３０の回転数が高速であるときに電動モータ１０１０に共振が生じる。

[0417] そこで、本実施形態では、回転軸１０３０が高速で回転しているとき支持力Ｆａを小さくし、回転軸１０３０が低速で回転しているとき支持力Ｆａを大きくする。すなわち、回転軸１０３０の回転数によって、支持力Ｆａの大きさを切り替えている。このため、電動モータ１０１０の振動系において、ピークを抑えた伝達関数Ｄｅを形成することになる。これにより、電動モータ１０１０において共振が生じ難くすることができる。

[0418] 以上により、回転軸１０３０の傾き振動が起因して、電動モータ１０１０に生じる振動加速度Ｓｋを回転速度Ｎの使用範囲に亘って低減することがで

きる（図６２参照）。使用範囲は、電動モータ１０１０において実際に使用される回転軸１０３０の回転数Ｎの範囲である。

[0419] なお、図６２において、横軸は、回転軸１０３０の回転数Ｎである。縦軸は、電動モータ１０１０のうち回転軸１０３０、電機子１０３６以外の所定部位（例えば、ステータ１０３１）に生じる振動加速度である。鎖線は支持力Ｆａを小さくしたとき電動モータ１０１０の上記所定部位に生じる振動加速度を示し、一点鎖線は支持力Ｆａを大きくしたときに電動モータ１０１０のうち上記所定部位に生じる振動加速度を示している。実線で示すＳＫは、本実施形態の電動モータ１０１０の上記所定部位に生じる振動加速度を示す。

[0420] （第９実施形態）

上記第８実施形態では、回転軸１０３０の軸線Ｓ２が回転中心線Ｓ１から傾くことを妨げるために、回転軸１０３０の軸線Ｓ２を回転中心線Ｓ１に近づける支持力Ｆａを発生させた例について説明したが、これに代えて、回転軸１０３０をその回転方向に移動させる復元力Ｆｂを発生させる本第９実施形態について説明する。

[0421] 本実施形態と上記第８実施形態とは、制御回路１０７４の支持制御（ステップ１１２０）が相違する。そこで、以下、本実施形態の支持制御（ステップ１１２０）について説明する。図６４は、制御回路１０７４の支持制御の詳細を示すフローチャートである。

[0422] まず、ステップ１１２３において、回転軸１０３０の回転速度が高速であるか否かを判定する。

[0423] 具体的には、ホールセンサ１０３７ａの出力信号Ｈａとホールセンサ１０３７ｃの出力信号Ｈｃとの差分（Ｈａ－Ｈｃ）を求めるとともに、この求めた差分（Ｈａ－Ｈｃ）の時間に対する変化に基づいて、回転軸１０３０の回転速度を算出する。この算出した回転速度（以下、算出回転速度Ｖという）が所定速度以上であるか否かを判定する。

[0424] 算出回転速度Ｖが所定速度以上であるとき、回転軸１０３０の回転速度が

高速であるとしてステップ１１２３でＹＥＳと判定する。この場合、回転中心線Ｓ１から回転軸１０３０を傾くことを妨げる復元力Ｆｂをコイル１０５０ａ、１０５０ｂおよび永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂの間で発生させるために、コイル１０５０ａ、１０５０ｂに出力するべき電流を算出する（ステップ１１２６Ａ）。

[0425] 一方、算出回転速度Ｖが所定速度未満であるとき、回転軸１０３０の回転速度が低速であるとしてステップ１１２３でＮＯと判定する。この場合、回転中心線Ｓ１から回転軸１０３０を傾くことを妨げる復元力Ｆｂをコイル１０５０ａ、１０５０ｂおよび永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂの間で発生させるために、コイル１０５０ａ、１０５０ｂに出力するべき電流を算出する（ステップ１１２４Ａ）。

[0426] 本実施形態の復元力Ｆｂは、ファン１０２０（すなわち、回転軸１０３０）を回転方向に移動させる電磁力である。復元力Ｆｂは、ファン１０２０と回転中心線Ｓ１との間の距離をＬとし、ファン１０２０（すなわち、回転軸１０３０）の回転数をＶとし、減衰係数をＣとしたとき、復元力Ｆｂは（Ｌ×Ｖ×Ｃ）から定まる電磁力である（図７０参照）。本実施形態のファン１０２０の軸心は、回転軸１０３０の軸方向他端部側端部の軸心である。

[0427] ここで、距離Ｌは、ファン１０２０のＸＹ座標（ｘ０、ｙｏ）によって求められる。Ｘ座標（ｘ０）は、上記第８実施形態で説明したように、ホールセンサ１０３７ａの出力信号Ｈａとホールセンサ１０３７ｃの出力信号Ｈｃとの差分ｄｓ（＝Ｈａ－Ｈｃ）に基づいて求められる。Ｙ座標（ｙｏ）は、ホールセンサ１０３７ｂの出力信号Ｈｂとホールセンサ１０３７ｄの出力信号Ｈｄとの差分ｄｑ（＝Ｈｂ－Ｈｄ）に基づいて求められる。回転数Ｖは、上述の如く、ホールセンサ１０３７ａの出力信号Ｈａとホールセンサ１０３７ｃの出力信号Ｈｃとの差分（Ｈａ－Ｈｃ）に基づいて算出される。ファン１０２０（すなわち、回転軸１０３０）の回転方向は、ファン１０２０の軸心のＸＹ座標（ｘ０、ｙｏ）によって求められる。

[0428] そこで、本実施形態では、ステップ１１２４Ａ、１２６Ａにおいて、ファ

ン１０２０のＸＹ座標（ｘ０、ｙｏ）、および（Ｌ×Ｖ×Ｃ）に基づいて、コイル１０５０ａ、１０５０ｂに出力するべき電流を算出する。復元力Ｆｂが大きくなるほど、コイル１０５０ａ、１０５０ｂに出力するべき電流は大きくなる。

[0429] このようにステップ１１２４Ａ、１２６Ａで算出した電流をコイルに出力するために、ブリッジ回路１０７１のトランジスタＳＷ１、ＳＷ２・・・ＳＷ６を制御する。これにより、共通接続端子Ｔ１、Ｔ２、Ｔ３からコイル１０５０ａ、１０５０ｂに電流が出力される（ステップ１１２５）。このため、コイル１０５０ａ、１０５０ｂおよび永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂの間には、回転中心線Ｓ１を中心とするファン１０２０の回転方向にファン１０２０を移動させる復元力Ｆｂとしての電磁力が発生する。

[0430] このように回転方向に作用する復元力Ｆｂは、コイル１０５０ａ、１０５０ｂおよび永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂの間に作用する。このため、外乱等によって回転中心線Ｓ１から回転軸１０３０の軸線Ｓ２が傾くことが妨げられる。

[0431] ここで、回転軸１０３０の回転数が高くなる程、回転中心線Ｓ１から回転軸１０３０から傾くことを妨げるのに必要な復元力Ｆｂは、小さくなる。すなわち、回転軸１０３０が高速で回転しているときには、回転軸１０３０が低速で回転しているときに比べて、上記必要な復元力Ｆｂは、小さくなる。

[0432] そこで、回転軸１０３０が高速で回転しているとしてステップ１１２３でＹＥＳと判定したときには、減衰係数Ｃを小さくして、コイル１０５０ａ、１０５０ｂに出力するべき電流を小さくする（ステップ１１２６Ａ）。一方、回転軸１０３０が低速で回転しているとしてステップ１１２３でＮＯと判定したときには、減衰係数Ｃを大きくして、コイル１０５０ａ、１０５０ｂに出力するべき電流を大きくする（ステップ１１２４Ａ）。つまり、回転軸１０３０が高速で回転しているときには、回転軸１０３０が低速で回転しているときに比べて、減衰係数Ｃを小さくして、コイル１０５０ａ、１０５０ｂに流れる電流を小さくすることができる。

[0433] 以上説明した本実施形態によれば、電子制御装置１０７０は、ブリッジ回路１０７１を制御して、ファン１０２０と回転中心線Ｓ１との間の距離をＬとし、減衰係数をＣとしたとき、ファン１０２０の回転方向に移動させる復元力Ｆｂ（＝Ｌ×Ｖ×Ｃ）をコイル１０５０ａ、１０５０ｂおよび永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂの間に発生させる。これにより、外乱が生じても、回転軸１０３０の回転中心線Ｓ１から回転軸１０３０の軸線Ｓ２が傾くことが妨げられる。

[0434] 以上により、永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂおよびコイル１０５０ａ、１０５０ｂから構成される磁気軸受けと軸受け本体１０３２ａとから回転軸１０３０が回転自在に支持されることになる。これにより、回転軸１０３０を支えるために１つの磁気軸受けを用いることになる。したがって、回転軸１０３０を支えるための消費電力を低減することができる。

[0435] 本実施形態では、回転軸１０３０が高速で回転しているときには、回転軸１０３０が低速で回転しているときに比べて、ブリッジ回路１０７１、７２からコイル１０５０ａ、１０５０ｂに出力される電流を小さくする。このため、回転軸１０３０が高速で回転しているときには、回転軸１０３０が低速で回転しているときに比べて、復元力Ｆｂを小さくしている。したがって、復元力Ｆｂを発生させるために、コイル１０５０ａ、１０５０ｂで消費される電力を低減することができる。

[0436] 図６６において、回転軸１０３０の回転数Ｎを横軸とし、電動モータ１０１０の振動系を示す伝達関数を縦軸としたグラフを示す。伝達関数では、回転軸１０３０の傾き振動を振動源としてこの振動源から生じる遠心力を入力としている。伝達関数では、電動モータ１０１０のうち回転軸１０３０および電機子１０３６以外の所定部位（例えば、ステータ１０３１）の振動加速度を出力としている。

[0437] グラフＤｅは、本実施形態の電動モータ１０１０の振動系を示す伝達関数を示す。鎖線のグラフは、減衰係数Ｃが小さい場合の伝達関数であり、一点鎖線は減衰係数Ｃが大きい場合の伝達関数である。

[0438] ここで、回転軸１０３０が低速で回転しているときには、減衰係数Ｃ（すなわち、復元力Ｆｂ）が小さい方が、減衰係数Ｃが大きい場合に比べて、伝達関数が大きくなる（図６６参照）。一方、回転軸１０３０が高速で回転しているときには、減衰係数Ｃが小さい場合に比べて、減衰係数Ｃが大きい場合の方が、伝達関数が大きくなる。

[0439] そこで、本実施形態では、回転軸１０３０が高速で回転しているとき減衰係数Ｃを小さくし、回転軸１０３０が低速で回転しているとき減衰係数Ｃを大きくする。すなわち、回転軸１０３０の回転数によって、減衰係数Ｃ（すなわち、復元力Ｆｂ）の大きさを切り替えて、伝達関数が大きくなることを抑制する。これにより、電動モータ１０１０において、共振が生じ難くすることができる。

[0440] 以上により、減衰家数Ｃを回転数Ｎによって切り替えるので、上記第８実施形態と同様に、回転数Ｎの使用範囲に亘って、電動モータ１０１０において振動加速度を低減することができる。これにより、低振動化を図ることができる。

[0441] （第１０実施形態）

上記第８実施形態では、内周面１０４７の曲率半径ｒ１と側面１０４８の曲率半径ｒ２とを同一にした例について説明したが、これに代えて、内周面１０４７の曲率半径ｒ１よりも側面１０４８の曲率半径ｒ２を小さくした本第１０実施形態について図６７、図６８を参照して説明する。

[0442] 図６７は、本第１０実施形態のモータ制御システム１０００の全体構成を示す断面図である。図６８は、図６７の部分拡大図である。

[0443] 本実施形態と上記第８実施形態とは、軸受け１０３２のブッシュ１０３２ｂの側面１０４８が相違するだけで、軸受け１０３２のブッシュ１０３２ｂの側面１０４８以外の構成は、同じである。このため、本実施形態の軸受け１０３２のブッシュ１０３２ｂの側面１０４８について説明し、その他の構成の説明を省略する。

[0444] 軸受け１０３２のブッシュ１０３２ｂの側面１０４８は、回転軸１０３０

の軸線Ｓ２を中心とする環状に形成されている。側面１０４８は、その回転軸１０３０の軸線Ｓ２を含む断面が、支点Ｐ３を中心とする円弧状に形成されている。支点Ｐ３は、支点Ｐ１よりも軸方向一方側（図６８中下側）に位置する。このため、内周面１０４７および支点Ｐ３の間の半径（すなわち、曲率半径）ｒ２は、側面１０４８および支点Ｐ１の間の半径（すなわち、曲率半径）ｒ１よりも小さくなる。

[0445] このように構成される本実施形態では、軸受け機構１０４９では、回転軸１０３０の回転に伴って軸受け１０３２の側面１０４８が回転軸支持部材１０４５の内周面１０４７に対して摺動する。このことにより、軸受け機構１０４９が、上記第８実施形態と同様に、回転軸１０３０を軸受け１０３２を介して支点Ｐ１を中心として揺動自在に支持することができる。

[0446] （第１１実施形態）

上記第８実施形態では、回転軸支持部材１０４５の内周面１０４７を球面状に形成した例について説明したが、これに代えて、本第１１実施形態では、回転軸支持部材１０４５の内周面１０４７を図６９のように構成する。

[0447] 図６９は、本第１１実施形態のモータ制御システム１０００の全体構成を示す断面図である。

[0448] 本実施形態と上記第８実施形態とは、回転軸支持部材１０４５の内周面１０４７が相違するだけで、ブッシュ１０３２ｂの内周面１０４７以外の構成は、同じである。このため、本実施形態のブッシュ１０３２ｂの内周面１０４７について説明し、その他の構成の説明を省略する。以下、説明の便宜上、本実施形態のブッシュ１０３２ｂの内周面１０４７を内周面１０４７ａとする。

[0449] 本実施形態の回転軸支持部材１０４５の内周面１０４７ａは、回転中心線Ｓ１を中心として環状に形成されて、かつ回転中心線Ｓ１に直交する断面が円形状に形成されている。さらに、内周面１０４７ａは穴部１０４６のうち回転中心線Ｓ１に直交する断面の面積が回転中心線Ｓ１の延出方向他方側（図６９中上側）から延出方向一方側（図６９中下側）に向かうほど徐々に小

さくなるように形成されている。回転中心線Ｓ１の延出方向は、回転中心線Ｓ１が延びる方向である。

[0450] このように構成されている本実施形態では、軸受け機構１０４９では、回転軸１０３０の回転に伴って軸受け１０３２の側面１０４８が回転軸支持部材１０４５の内周面１０４７に対して摺動する。このことにより、軸受け機構１０４９が、上記第８実施形態と同様に、回転軸１０３０を軸受け１０３２を介して支点Ｐ１を中心として揺動自在に支持することができる。

[0451] （第１２実施形態）

本第１２実施形態では、上記第８実施形態のモータ制御システム１０００において、軸受け機構１０４９として自動調心スラスト軸受けを構成する例について説明する。

[0452] 図７０は、本第１１実施形態のモータ制御システム１０００の全体構成を示す断面図である。

[0453] 本実施形態と上記第８実施形態とは、軸受け機構１０４９が相違するだけで、軸受け機構１０４９以外の構成は、同じである。このため、本実施形態の軸受け機構１０４９について説明し、その他の構成の説明を省略する。

[0454] 本実施形態の軸受け機構１０４９は、図４８の軸受け１０３２に代わる軸受け１０３２ｄ、および回転軸支持部材１０４５を備える。

[0455] 軸受け１０３２ｄおよび回転軸支持部材１０４５は、軸受け１０３２ｄを介して回転軸１０３０を支点Ｐ１を中心とする揺動自在に支持する軸受け機構１０４９を構成する。

[0456] 回転軸１０３０が回転中心線Ｓ１を中心として回転する際に、軸受け１０３２ｄが回転軸支持部材１０４５の内周面１０４７に対して摺動する。このことにより、軸受け機構１０４９が、上記第８実施形態と同様に、回転軸１０３０を軸受け１０３２を介して支点Ｐ１を中心として揺動自在に支持することができる。

[0457] 本実施形態の軸受け機構１０４９は、回転軸１０３０が回転中心線Ｓ１を中心として回転する際に、回転軸１０３０の軸線を自動的に回転中心線Ｓ１

に一致させる周知の自動調心スラスト軸受けを構成する。

[0458] （他の実施形態）

（１）本開示を実施する際に、上記第８、第９の実施形態を組み合わせて実施してもよい。すなわち、上記第８実施形態におけるステップ１１２０の支持制御処理と、上記第９実施形態におけるステップ１１２０の支持制御処理とを並列に実施する。このため、電子制御装置１０７０がコイル１０５０ａ、１０５０ｂ、５０ｃに流す電流を制御することにより、回転軸１０３０の軸線Ｍ２を回転中心線Ｍ１に近づける支持力Ｆａと回転軸１０３０を回転方向に移動させる復元力Ｆｂ（＝Ｌ×Ｖ×Ｃ）とを発生させる。

[0459] このとき、回転軸１０３０が高速で回転しているときには、回転軸１０３０が低速で回転しているときに比べて、支持力Ｆａを小さする。これに加えて、回転軸１０３０が高速で回転しているときには、回転軸１０３０が低速で回転しているときに比べて、減衰係数Ｃを小さくして、コイル１０５０ａ、１０５０ｂ、１０５０ｃに流れる電流を小さくする。つまり、支持力Ｆａおよび減衰係数Ｃ（すなわち、復元力Ｆｂ）の両方を回転軸１０３０の回転速度によって切り替えることになる。

[0460] （２）上記第８～第１２の実施形態では、本開示の電動モータ１０１０として直流電動機を用いた例について説明したが、これに代えて、同期型の三相交流モータの電動モータ１０１０としてもよい。

[0461] （３）上記第８～第１２の実施形態では、機械的軸受けである軸受け１０３２として、転がり軸受を用いた例について説明したが、これに代えて、軸受け１０３２として、すべり軸受、および流体軸受を用いてもよい。すべり軸受は、すべり面で軸を受ける軸受である。流体軸受は、液体、または気体によって支持される軸受である。

[0462] （４）上記第８～第１２の実施形態では、コイル１０５１ａ、１０５１ｂに磁束を与える永久磁石と、回転軸１０３０にコイル１０５０ａ、１０５０ｂに磁束を与える永久磁石として、共通の永久磁石１０３５ａ、１０３５ｂを用いた例について説明したが、これに代えて、次のようにしてもよい。

[0463] コイル１０５１ａ、１０５１ｂに磁束を与える永久磁石と、回転軸１０３０にコイル１０５０ａ、１０５０ｂに磁束を与える永久磁石とをそれぞれ独立して設けてもよい。

[0464] （５）上記第８～第１２の実施形態では、ホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄで回転軸１０３０の回転速度や回転角度を求める例について説明したが、これに代えて、次のようにしてもよい。

[0465] すなわち、ホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄ以外に回転軸１０３０の回転速度や回転角度を求めるセンサ（例えば、光学式エンコーダ）を設ける。

[0466] （６）上記第８～第１２の実施形態では、ホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄおよび永久磁石１０３４ａ、１０３４ｂ、１０３４ｃ、１０３４ｄによって、回転軸１０３０の回転中心線Ｓ１に対する傾き角度θ、回転軸１０３０の軸線方向他方側端部（すなわち、ファン１０２０）のＸＹ座標、および回転軸１０３０の回転角度を検出した例について説明したが、これに代えて、次のようにしてもよい。

[0467] すなわち、ホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄおよび永久磁石１０３４ａ、１０３４ｂ、１０３４ｃ、１０３４ｄによって、回転中心線Ｍ１に対する回転軸１０３０の傾き角度θ、および回転軸１０３０の軸線方向他方側端部のＸＹ座標を検出する。

[0468] さらに、ホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄおよび永久磁石３４ａ、３４ｂ以外の他の回転センサによって、回転軸１０３０の回転角度を検出してもよい。この場合には、他の回転センサを回転軸３のうち軸受け１０３２側に配置してもよい。

[0469] （７）上記第８～第１２の実施形態では、ホールセンサ１０３７ａの出力信号Ｈａとホールセンサ１０３７ｃの出力信号Ｈｃとの差分（Ｈａ－Ｈｃ）に基づいて、回転軸１０３０の回転速度を算出した例について説明したが、これに代えて、次のようにしてもよい。

[0470] すなわち、ホールセンサ１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７

ｄの出力信号に基づいてファン１０２０のＸＹ座標（Ｘ０、Ｙ０）を求め、ＸＹ座標（Ｘ０、Ｙ０）の時間に対する変化から回転軸１０３０の回転速度を算出してもよい。

[0471] このように構成される第８～第１２の実施形態および他の実施形態において、次のように本開示を表現することができる。（ａ）本開示は、電動モータの第２コイルに流れる電流を制御する制御装置であって、第２コイルに流れる電流を制御して、回転中心線に回転軸を近づける電磁力を発生させることにより、回転中心線から回転軸の軸線が傾くことを妨げる回転軸制御部（Ｓ１１２３～Ｓ１１２６）を備える。（ｂ）本開示では、回転軸制御部は、回転中心線に対する回転軸の傾き角度を検出する傾き角度検出センサ（１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄ）の検出値に基づいて、傾き角度が大きくなるほど、第２コイルに流す電流を大きくして電磁力を大きくする。（ｃ）本開示では、回転軸制御部は、回転軸の回転を検出する回転センサ（１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄ）の検出値に応じて、回転軸の回転数が所定速度以上であるか否かを判定する判定部（Ｓ１１２３）と、

回転軸の回転数が所定速度以上であると判定部が判定したときには、回転軸の回転数が所定速度未満であると判定部が判定したときに比べて、電磁力が小さくなるように、第２コイルに流す電流を制御する第１電流制御部（Ｓ１１２４、Ｓ１１２５、Ｓ１１２６）と、を備える。（ｄ）本開示では、電動モータの第２コイルに流れる電流を制御する制御装置であって、第２コイルに流す電流を制御して、回転軸が回転中心線から傾くことを妨げるために、回転軸をその回転方向に移動させる電磁力を発生させる回転軸制御部（Ｓ１１２３、Ｓ１１２４Ａ、Ｓ１１２６Ａ、Ｓ）を備え、

回転軸の回転中心線と回転軸の軸線方向他方側との間の距離と回転軸の回転数とをそれぞれ検出するための回転センサ（１０３７ａ、１０３７ｂ、１０３７ｃ、１０３７ｄ）により検出される距離をＬとし、回転センサにより検出される回転軸の回転数をＶとし、係数をＣとしたとき、電磁力は、Ｌ×

Ｖ×Ｃによって定まる力である。（ｅ）本開示では、回転軸制御部は、回転センサの検出値に基づいて、回転軸の回転数が所定速度以上であるか否かを判定する判定部（Ｓ１１２３）と、

回転軸の回転数が所定速度以上であると判定部が判定したときには、回転軸の回転数が所定速度未満であると判定部が判定したときに比べて、Ｃを小さくして、第１コイルに流す電流を小さくする第２電流制御部（Ｓ１１２４Ａ、Ｓ１１２５、Ｓ１１２６Ａ）と、を備える。（ｆ）本開示では、モータ制御システムにおいて、電動モータ、および制御装置を備える。

[0472] 次に、上記第８～第１２の実施形態の構成要素と本開示との間の対応関係について説明する。

[0473] まず、ステップ１１２０が回転軸制御部に対応し、ステップ１１２４、１２５、１２６が第１電流制御部に対応し、ステップ１１２３が判定部に対応し、ステップ１１２４Ａ、１２５、１２６Ａが第２電流制御部を構成している。

[0474] なお、本開示は上記した実施形態に限定されるものではなく、適宜変更が可能である。また、上記各実施形態は、互いに無関係なものではなく、組み合わせが明らかに不可な場合を除き、適宜組み合わせが可能である。また、上記各実施形態において、実施形態を構成する要素は、特に必須であると明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではないことは言うまでもない。また、上記各実施形態において、実施形態の構成要素の個数等の数値が言及されている場合、特に必須であると明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではない。

請求の範囲

[請求項1] 回転軸（３０）の軸線方向一方側を機械的軸受け（３２）を介して回転自在に支持する支持部材（３１）と、

前記回転軸に取り付けられて、永久磁石（６１）を備えるロータ（３６）と、

前記支持部材に取り付けられて、前記ロータを前記回転軸とともに回転させる回転力を発生させる磁界を発生する第１コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）と、

前記支持部材に取り付けられて、前記永久磁石との間に吸引力としての電磁力を発生させて、前記機械的軸受けよりも前記回転軸の軸線方向他方側を回転自在に支持する磁気軸受けを構成する第２コイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）と、を備え、

前記回転軸のうち前記機械的軸受け側を支点として当該回転軸が前記回転軸の回転中心に対して傾くことが可能に構成されており、

前記永久磁石および前記第２コイルの間の前記電磁力によって前記回転中心に前記回転軸の軸線を近づけるように前記第２コイルに流れる電流が制御装置（７０）によって制御されるようになっている電動モータ。

[請求項2] 回転軸（３０）の軸線方向一方側を機械的軸受け（３２）を介して回転自在に支持する支持部材（３１）と、

前記回転軸に取り付けられて、永久磁石（６１）を備えるロータ（３６）と、

前記支持部材に取り付けられて、前記ロータを前記回転軸とともに回転させる回転力を発生させる磁界を発生する第１コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）と、

前記支持部材に取り付けられて、前記永久磁石との間に電磁力を発生させて、前記機械的軸受けよりも前記回転軸の軸線方向他方側を回転自在に支持する磁気軸受けを構成する第２コイル（５０ａ、５０ｂ

、５０ｃ）と、を備え、

前記回転軸のうち前記機械的軸受け側を支点として当該回転軸が前記回転軸の回転中心線に対して傾くことが可能に構成されており、

前記永久磁石および前記第２コイルの間の前記電磁力によって前記回転中心線から前記回転軸の軸線が傾くことを妨げるように前記第２コイルに流れる電流が制御装置（７０）によって制御されるようになっている電動モータ。

[請求項3] 前記支持部材に取り付けられて、前記第１コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）が巻かれて、前記第１コイルから発生される磁界を通過させる第１ステータコア（５６ａ～５６ｌ）と、

前記支持部材に取り付けられて、かつ前記第１ステータコアに対して分離して設けられて、前記第２コイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）が巻かれて、前記第２コイルから発生される磁界を通過させる第２ステータコア（５５ａ～５５ｌ）と、を備え、

前記第１コイルおよび第２コイルは、前記永久磁石に対して前記軸線方向一方側に配置されている請求項２に記載の電動モータ。

[請求項4] 前記ロータには、前記永久磁石としての第１永久磁石（６１ａ）および第２永久磁石（６１ｂ）が設けられており、

前記第１永久磁石は、前記第１コイルから発生する磁界により前記回転力を発生し、

前記第２永久磁石は、前記第２コイルとの間に電磁力を発生させて前記磁気軸受けを構成する請求項３に記載の電動モータ。

[請求項5] 前記第１コイルの極数と前記第２コイルの極数とが相違している請求項３または４に記載の電動モータ。

[請求項6] 回転中心（Ｍ１）を中心として回転自在に配置されている回転軸（３０）と、

前記回転軸に取り付けられて、永久磁石（６１）を備えるロータ（３６）と、

支持部材（３１）に支持されて、前記永久磁石に対して前記回転中心を中心とする径方向に配置されて、前記永久磁石に磁界を付与して前記ロータを前記回転軸とともに回転させる回転力を発生させる第１コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）と、

前記支持部材に支持されて、前記永久磁石に対して前記回転中心を中心とする径方向に配置されて、前記永久磁石との間に電磁力を発生させて前記回転軸を浮上させて前記回転中心線を中心として回転自在に支持する磁気軸受けを構成する第２コイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）と、

前記永久磁石から発生される磁界に基づいて前記回転軸の軸線が前記回転中心線からずれた量を検出する位置ずれ検出センサ（３７ａ、３７ｂ、３７ｃ、３７ｄ）と、を備え、

前記永久磁石および前記第２コイルの間の前記電磁力によって前記回転中心線から前記回転軸の軸線が離れることを妨げるように制御装置（７０）が前記位置ずれ検出センサの検出値に基づいて前記第２コイルに流れる電流を制御するようになっており、

前記位置ずれ検出センサは、前記回転軸および前記永久磁石の間に配置されており、

前記位置ずれ検出センサおよび前記回転軸の間の距離が、前記位置ずれ検出センサおよび前記永久磁石の間の距離よりも大きくなっている電動モータ。

[請求項7] 前記支持部材に支持されて、前記回転軸を中心とする周方向に並べられて前記径方向外側にそれぞれ突出するように形成されている複数のティース（５４ａ～５４ｌ）を備え、前記複数のティースのそれぞれには、前記第１コイルおよび前記第２コイルが巻かれており、

前記永久磁石は、前記複数のティースに対して前記径方向外側に配置されており、

前記検出センサは、前記複数のティースのうちいずれか２つのティ

ースのそれぞれの間に配置されている請求項６に記載の電動モータ。

[請求項8] 前記回転軸の回転角度を検出する角度検出センサ（３７ｅ、３７ｆ、３７ｄ）を備え、

前記制御装置は、前記角度検出センサの検出値に基づいて前記ロータに前記回転力を発生させるように前記第１コイルに流れる電流を制御する請求項７に記載の電動モータ。

[請求項9] 前記角度検出センサは、前記永久磁石から発生される磁界に基づいて前記回転軸の回転角度を検出し、

前記角度検出センサは、前記回転軸および前記永久磁石の間に配置されており、

前記位置ずれ検出センサおよび前記回転軸の間の距離が、前記位置ずれ検出センサおよび前記永久磁石の距離よりも大きくなっている請求項８に記載の電動モータ。

[請求項10] 前記第１コイルおよび前記第２コイルは、前記永久磁石に対して前記回転中心線を中心とする径方向に配置されている請求項１または２に記載の電動モータ。

[請求項11] 前記第１コイルは、前記第２コイルよりも前記ロータ側に配置されている請求項１０に記載の電動モータ。

[請求項12] 前記第１、第２のコイルから発生する磁界を通過させるステータコア（５２）を備え、

前記ステータコアには、前記第１、第２のコイルがそれぞれ巻かれており、

前記第１コイルは、前記第２コイルに対して前記ステータコア側に配置されている請求項１１に記載の電動モータ。

[請求項13] 前記ステータコアは、前記回転中心線を中心としてリング状に形成されているリング部（５３）と、前記リング部から前記回転中心線を中心とする径方向外側に突起し、かつ前記回転中心線を中心とする円周方向に等間隔に並べられている複数のティース（５４ａ、５４ｂ・

・・・５４ｌ）と、を備え、

前記第１、第２のコイルは、前記複数のティースのそれぞれに巻かれており、

前記第１コイルは、前記ティース毎に、前記第２コイルに対して前記ティース側に配置されていることにより、前記第１コイルは、前記第２コイルに対して前記ステータコア側に配置されている請求項１２に記載の電動モータ。

[請求項14] 前記第１、第２のコイルは、対になるように巻かれている請求項１１または１２に記載の電動モータ。

[請求項15] 前記永久磁石は、前記第１コイルから発生させられる磁界によって前記ロータを前記回転軸とともに回転させる回転力を発生させるものである請求項１ないし１４のいずれか１つに記載の電動モータ。

[請求項16] 回転軸（３０）の軸線方向一方側を機械的軸受け（３２）を介して回転自在に支持する支持部材（３１）と、

前記回転軸に取り付けられて、永久磁石（６１）を備えるロータ（３６）と、

前記支持部材に取り付けられて、前記ロータを前記回転軸とともに回転させる回転力を発生させる磁界を発生する第１コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）と、

前記支持部材に取り付けられて、前記永久磁石との間に電磁力を発生させて、前記回転軸の軸線方向他方側を回転自在に支持する磁気軸受けを構成する第２コイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）と、を備え、

前記回転軸のうち前記機械的軸受け側を支点として当該回転軸が前記回転軸の回転中心線に対して傾くことが可能に構成されている電動モータ（１０）の制御装置であって、

前記永久磁石および前記第２コイルの間の前記電磁力によって前記回転中心線に前記回転軸の軸線を近づけるように、前記第２コイルに流す電流を制御する回転軸制御部（Ｓ１２０）を備える制御装置。

[請求項17] 前記回転軸制御部は、前記回転中心線に対する前記回転軸の傾き角度を検出する傾き角度検出センサの検出値に基づいて、前記傾き角度が大きくなるほど、前記第２コイルに流す電流を大きくして前記電磁力を大きくする請求項１６に記載の制御装置。

[請求項18] 前記回転軸制御部は、

前記回転軸の回転を検出する回転センサの検出値に応じて、前記回転軸の回転速度が所定速度以上であるか否かを判定する判定部（Ｓ１２３）と、

前記回転軸の回転速度が所定速度以上であると前記判定部が判定したときには、前記回転軸の回転速度が所定速度未満であると前記判定部が判定したときに比べて、前記電磁力が小さくなるように、前記第２コイルに流す電流を制御する第１電流制御部（Ｓ１２４、Ｓ１２５、Ｓ１２６）と、

を備える請求項１７に記載の制御装置。

[請求項19] 前記回転軸制御部は、前記第２コイルに流す電流を制御して、前記回転中心線に前記回転軸の軸線を近づける前記電磁力と前記回転軸をその回転方向に移動させる前記電磁力とを発生させるものであり、

前記回転軸の回転中心線と前記回転軸の軸線方向他方側との間の距離と前記回転軸の回転速度とをそれぞれ検出するための回転センサにより検出される前記距離をＬとし、前記回転センサにより検出される前記回転軸の回転速度をＶとし、係数をＣとしたとき、前記回転軸をその回転方向に移動させる前記電磁力は、Ｌ×Ｖ×Ｃによって定まる力である請求項１８に記載の制御装置。

[請求項20] 前記回転軸制御部は、

前記回転センサの検出値に基づいて、前記回転軸の回転速度が所定速度以上であるか否かを判定する判定部（Ｓ１２３）と、

前記回転軸の回転速度が所定速度以上であると前記判定部が判定したときには、前記回転軸の回転速度が所定速度未満であると前記判定

部が判定したときに比べて、前記Ｃを小さくして前記複数の第２コイルに流す電流を小さくする第２電流制御部（Ｓ１２４Ａ、Ｓ１２５、Ｓ１２６Ａ）と、

を備える請求項１９に記載の制御装置。

[請求項21] 回転軸（３０）の軸線方向一方側を機械的軸受け（３２）を介して回転自在に支持する支持部材（３１）と、

前記回転軸に取り付けられて、永久磁石（６１）を備えるロータ（３６）と、

前記支持部材に取り付けられて、前記ロータを前記回転軸とともに回転させる回転力を発生させる磁界を発生する第１コイル（５１ａ、５１ｂ、５１ｃ）と、

前記支持部材に取り付けられて、前記永久磁石との間に電磁力を発生させて、前記回転軸の軸線方向他方側を回転自在に支持する磁気軸受けを構成する第２コイル（５０ａ、５０ｂ、５０ｃ）と、を備え、

前記回転軸のうち前記機械的軸受け側を支点として当該回転軸が前記回転軸の回転中心線に対して傾くことが可能に構成されている電動モータ（１０）の制御装置であって、

前記永久磁石および前記第２コイルの間の前記電磁力によって前記回転中心線から前記回転軸の軸線が傾くことを妨げるように、前記第２コイルに流す電流を制御する回転軸制御部（Ｓ１２０）を備える制御装置。

[請求項22] 前記回転軸制御部は、前記第２コイルに流す電流を制御して、前記回転軸が前記回転中心線から傾くことを妨げるために、前記回転軸をその回転方向に移動させる前記電磁力を発生させるものであり、

前記回転軸の回転中心線と前記回転軸の軸線方向他方側との間の距離と前記回転軸の回転速度とをそれぞれ検出するための回転センサにより検出される前記距離をＬとし、前記回転センサにより検出される前記回転軸の回転速度をＶとし、係数をＣとしたとき、前記電磁力は

、Ｌ×Ｖ×Ｃによって定まる力である請求項２１に記載の制御装置。

[請求項23] 前記回転軸制御部は、

前記回転センサの検出値に基づいて、前記回転軸の回転速度が所定速度以上であるか否かを判定する判定部（Ｓ１２３）と、

前記回転軸の回転速度が所定速度以上であると前記判定部が判定したときには、前記回転軸の回転速度が所定速度未満であると前記判定部が判定したときに比べて、前記Ｃを小さくして前記複数の第２コイルに流す電流を小さくする第２電流制御部（Ｓ１２４Ａ、Ｓ１２５、Ｓ１２６Ａ）と、

を備える請求項２２に記載の制御装置。

[請求項24] 前記機械的軸受けは、前記回転軸の軸線方向一方側において、前記永久磁石を含む前記ロータと前記回転軸とを備える回転体の重心側を回転自在に支持する請求項１６ないし２３のいずれか１つに記載の制御装置。

[請求項25] 請求項１６ないし２４のいずれか１つに記載の前記電動モータ、および前記制御装置を備えるモータ制御システム。

[請求項26] 回転軸（１０３０）の回転中心線（Ｓ１）を中心とする円周方向に並べられている複数の磁極を形成し、かつ前記回転軸を機械的軸受け（１０３２）を介して回転自在に支持するステータ（１０３１）と、

前記回転軸に支持されている複数の第１コイル（１０５１ａ、１０５１ｂ）および複数の第２コイル（１０５０ａ、１０５０ｂ）と、

前記回転軸に支持されて前記円周方向に並べられている複数の第１セグメント（１０４３ａ～１０４３ｄ）を備え、前記複数の第１セグメントには前記複数の第１コイルのうち対応する第１コイルの端部側が接続されている第１整流子（１０４３）と、

前記第１整流子の回転に伴って前記複数の第１セグメントに摺動して前記複数の第１セグメントのうち接触する第１セグメントを順次替え、前記複数の第１コイルに対して前記接触する第１セグメントを通

して電流を出力する複数の第１ブラシ（１０３８ａ～１０３８ｄ）と、

前記回転軸に支持されて前記円周方向に並べられている複数の第２セグメント（１０４４ａ～１０４４ｄ）を備え、前記複数の第２セグメントには前記複数の第２コイルのうち対応する第２コイルの端部側が接続されている第２整流子（１０４４）と、

前記第２整流子の回転に伴って前記複数の第２セグメントに摺動して前記複数の第２セグメントのうち接触する第２セグメントを順次替えて、前記複数の第２コイルに対して前記接触する第２セグメントを通して電流を出力する複数の第２ブラシ（１０３９ａ～１０３９ｄ）と、を備え、

前記複数の第１コイルには、前記複数の第１ブラシから前記接触するセグメントを通して出力される電流と前記複数の磁極からの磁束とに基づいて前記回転中心線を中心として前記回転軸を回転させる回転力が電磁力として発生し、

前記複数の第２コイルは、前記複数の第２ブラシから前記接触する第２セグメントを通して出力される電流に基づいて前記複数の磁極との間に電磁力を発生させることにより前記回転軸のうち前記機械的軸受けからずれた部位を回転自在に支持する磁気軸受けを構成する電動モータ。

[請求項27] 前記ステータには、前記回転軸の軸線のうち前記機械的軸受けからずれた部位を支点として前記回転軸を前記機械的軸受けを介して揺動自在に支持する回転軸支持部材（１０４５）が設けられており、

前記第１、第２の整流子は、前記機械的軸受けに対して前記支点側に配置されている請求項２６に記載の電動モータ。

[請求項28] 前記複数の第１ブラシを前記複数の第１セグメント側に弾性力によって押す第１弾性部材（１０４１ａ～１０４１ｄ）と、

前記複数の第２ブラシを前記複数の第２セグメント側に弾性力によ

って押す第２弾性部材（１０４２ａ～１０４２ｄ）と、を備える請求項２７に記載の電動モータ。

[請求項29] 前記回転軸支持部材は、前記回転中心線の延出方向一方側に凹んで、かつ前記回転中心線の延出方向他方側に開口する穴部（１０４６）を形成する内周面（１０４７）を備え、

前記内周面は、前記回転中心線を中心として環状に形成されて、かつ前記回転中心線を含む断面が前記支点を中心とする円弧状に形成されており、

前記機械的軸受けには、前記回転軸の軸線を中心として環状に形成されて、前記支点を中心とする円弧状に形成されている側面（１０４８）が形成されており、

前記回転軸の揺動に伴って前記機械的軸受けの前記側面が前記回転軸支持部材の前記内周面に対して摺動することにより、前記回転軸支持部材が前記回転軸を前記機械的軸受けを介して揺動自在に支持する請求項２７または２８に記載の電動モータ。

[請求項30] 前記回転軸支持部材は、前記回転中心線の延出方向一方側に凹んで、かつ前記回転中心線の延出方向他方側に開口する穴部（１０４６）を形成する内周面（１０４７）を備え、

前記内周面は、前記回転中心線を中心として環状に形成されて、かつ前記回転中心線を含む断面が前記支点を中心とする円弧状に形成されており、

前記機械的軸受けには、前記回転軸の軸線を中心として環状に形成されて、前記軸線のうち所定位置（Ｐ２）を中心とする円弧状に形成されている側面（１０４８）が形成されており、

前記所定位置（Ｐ２）を中心とする前記側面（１０４８）の曲率半径（ｒ２）は、前記支点（Ｐ１）を中心とする前記内周面の曲率半径（ｒ１）未満であり、

前記回転軸の揺動に伴って前記機械的軸受けの前記側面が前記回転

軸支持部材の前記内周面に対して摺動することにより、前記回転軸支持部材が前記回転軸を前記機械的軸受けを介して揺動自在に支持する請求項２７または２８に記載の電動モータ。

[請求項31] 前記回転軸支持部材は、前記回転中心線の延出方向一方側に凹んで、かつ前記回転中心線の延出方向他方側に開口する穴部（１０４６）を形成する内周面（１０４７）を備え、

前記内周面は、前記回転中心線を中心として環状に形成されて、かつ前記穴部のうち前記回転中心線に直交する断面の面積が前記延出方向他方側から前記延出方向一方側に向かうほど徐々に小さくなるように形成されており、

前記機械的軸受けには、前記回転軸の軸線を中心として環状に形成されて、前記支点を中心とする円弧状に形成されている側面（１０４８）が形成されており、

前記回転軸の揺動に伴って前記機械的軸受けの前記側面が前記回転軸支持部材の前記内周面に対して摺動することにより、前記回転軸支持部材が前記回転軸を前記機械的軸受けを介して揺動自在に支持する請求項２７または２８に記載の電動モータ。

[請求項32] 前記第１、第２の整流子のうち一方の整流子は、前記支点に対して軸方向一方側に配置され、他方の整流子が前記支点に対して軸方向他方側に配置されている請求項２７ないし３１のいずれか１つに記載の電動モータ。

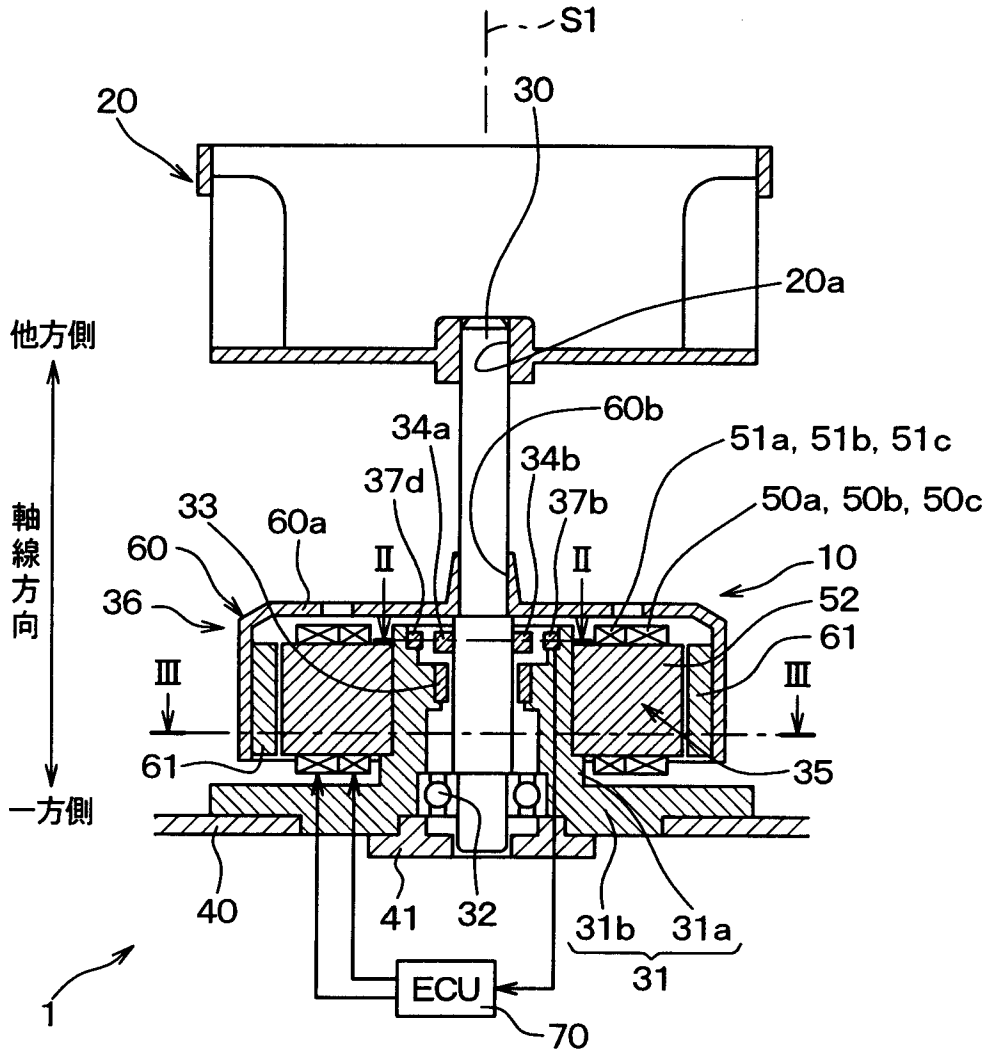
[請求項33] 前記支点は、前記回転軸の軸線のうち前記第１、第２の整流子の回転中心の間の中間点である請求項３２に記載の電動モータ。

[請求項34] 前記第１、第２の整流子は、前記第１、第２のコイルと前記機械的軸受けとの間に配置されている請求項２６ないし３３のいずれか１つに記載の電動モータ。

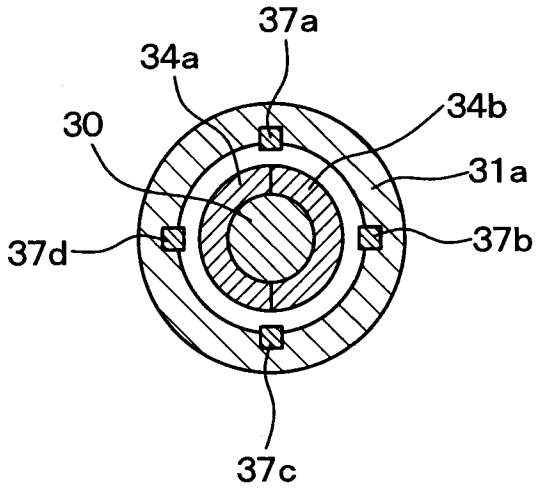
[請求項35] 前記回転軸支持部材および前記機械的軸受けは、前記回転軸が回転する際に前記回転軸の軸線を自動的に前記回転中心線に近づける自動

調心スラスト軸受けを構成する請求項２７に記載の電動モータ。

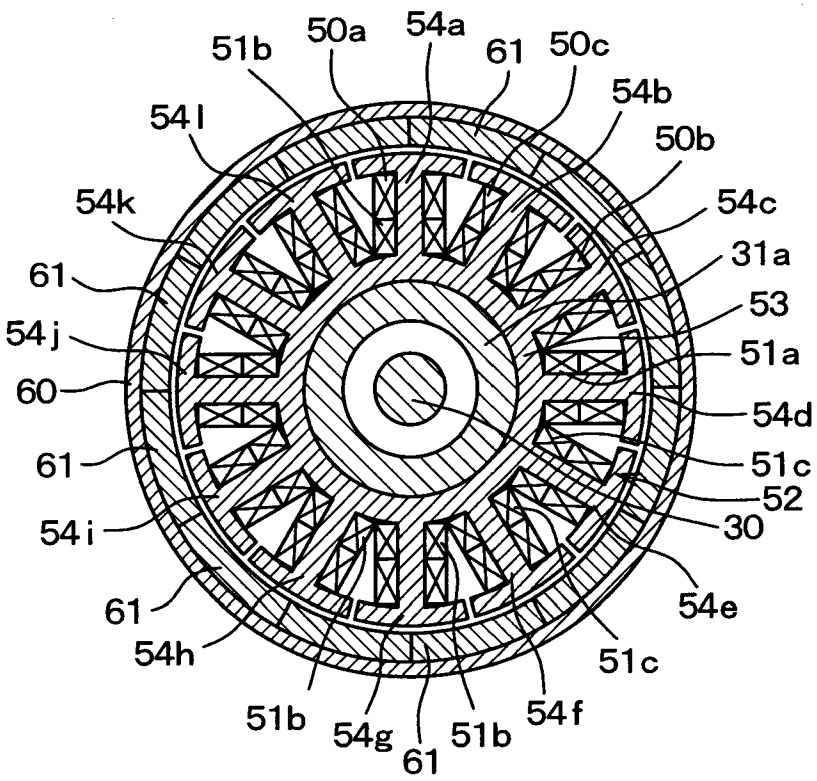
[図1]


S1
30
20
20a
他方側
軸線方向
一方側
60b
34a
34b
51a, 51b, 51c
37d
37b
50a, 50b, 50c
33
60a
60
10
36
52
61
Ⅱ
Ⅱ
Ⅲ
Ⅲ
61
35
40
41
32
31b
31a
31
ECU
70
1

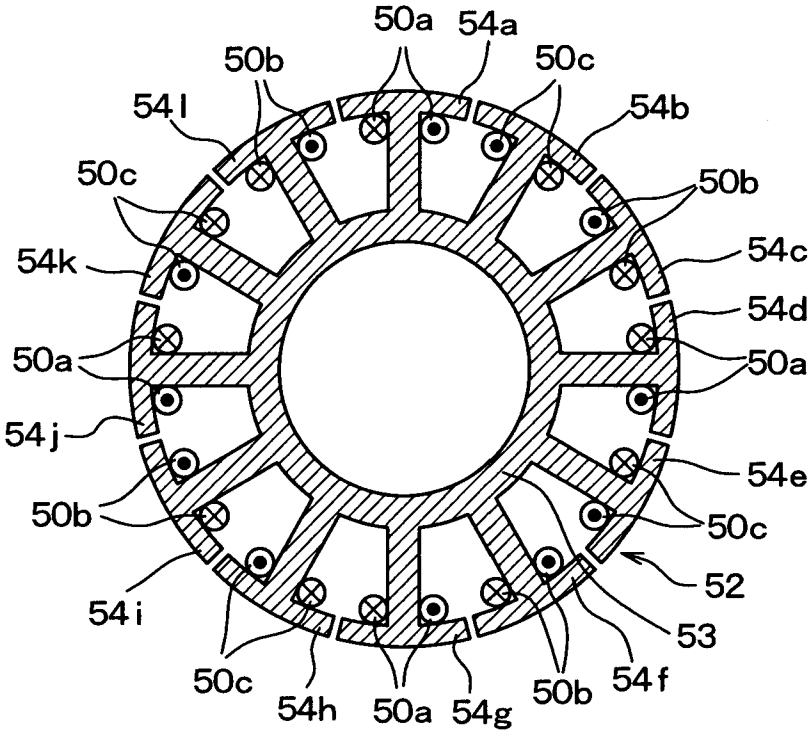
[図2]


37a
34a
34b
30
31a
37d
37b
37c

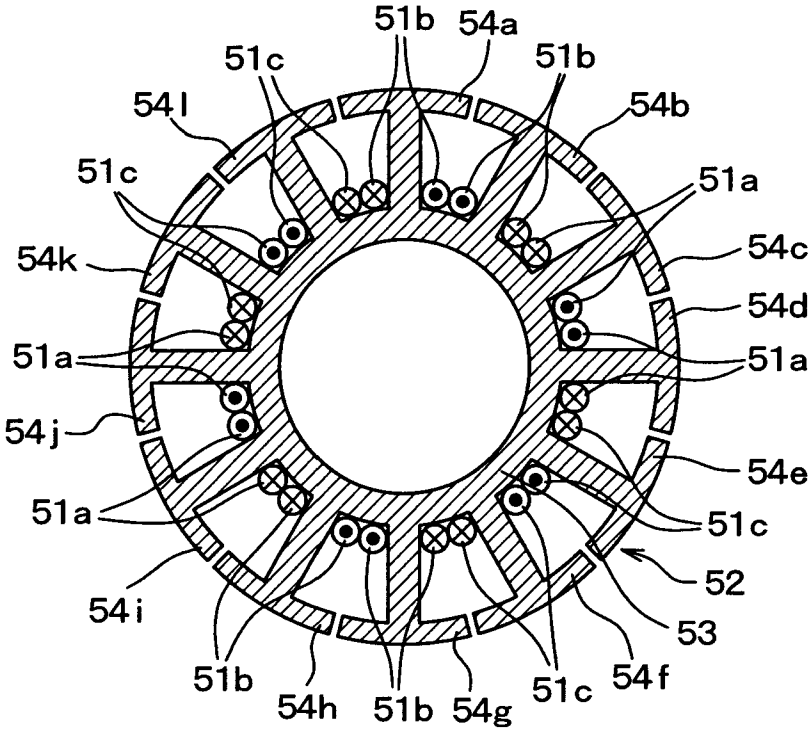
[図3]


51b
50a
54a
61
50c
54b
54l
50b
54k
54c
31a
61
53
54j
51a
60
54d
61
51c
52
54i
30
54e
61
54h
51c
51b
54g
61
51b
54f

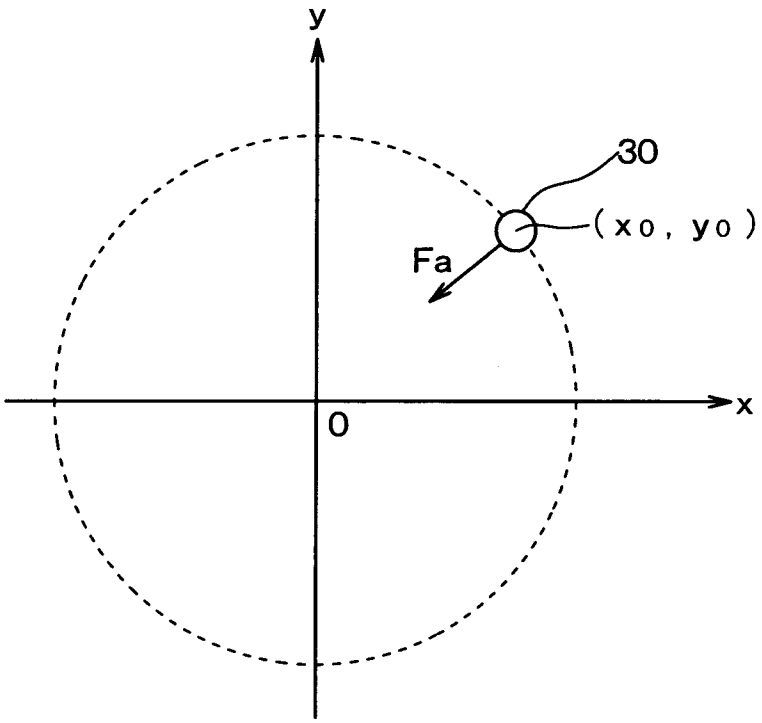
[図4]


50a
54a
50b
50c
54l
54b
50c
50b
54k
54c
54d
50a
50a
54j
54e
50b
50c
52
54i
53
50c
54h
50a
54g
50b
54f

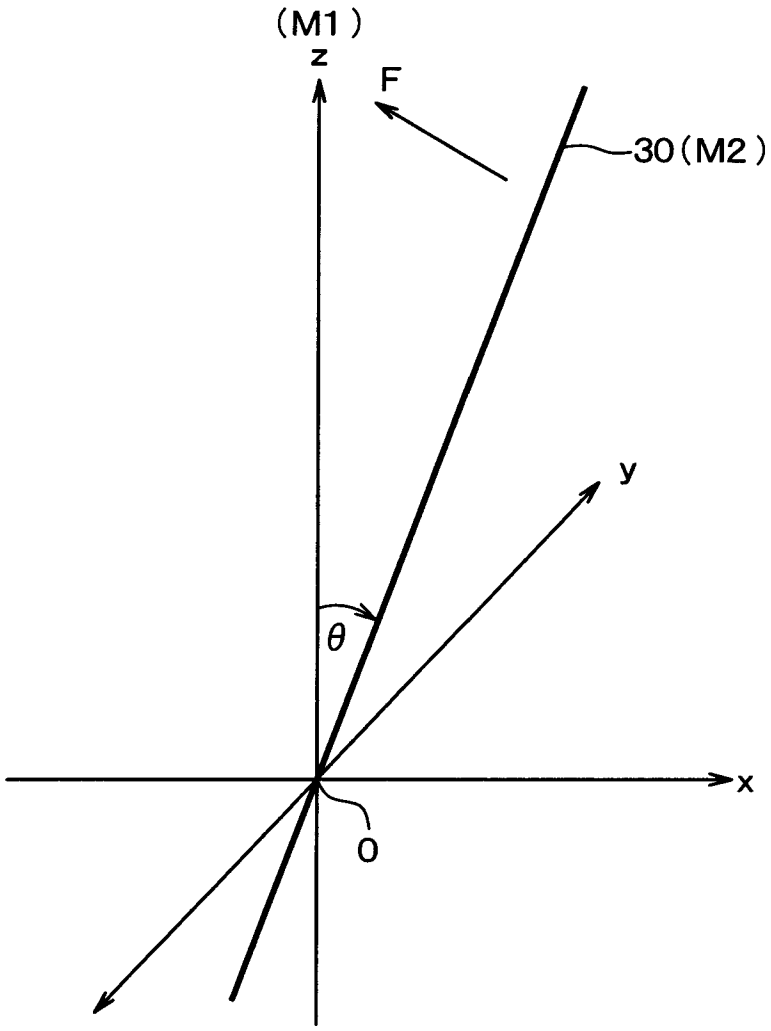
[図5]


51b
54a
51c
51b
54l
54b
51c
51a
54k
54c
54d
51a
51a
54j
54e
51a
51c
52
54i
53
51b
54h
51b
54g
51c
54f

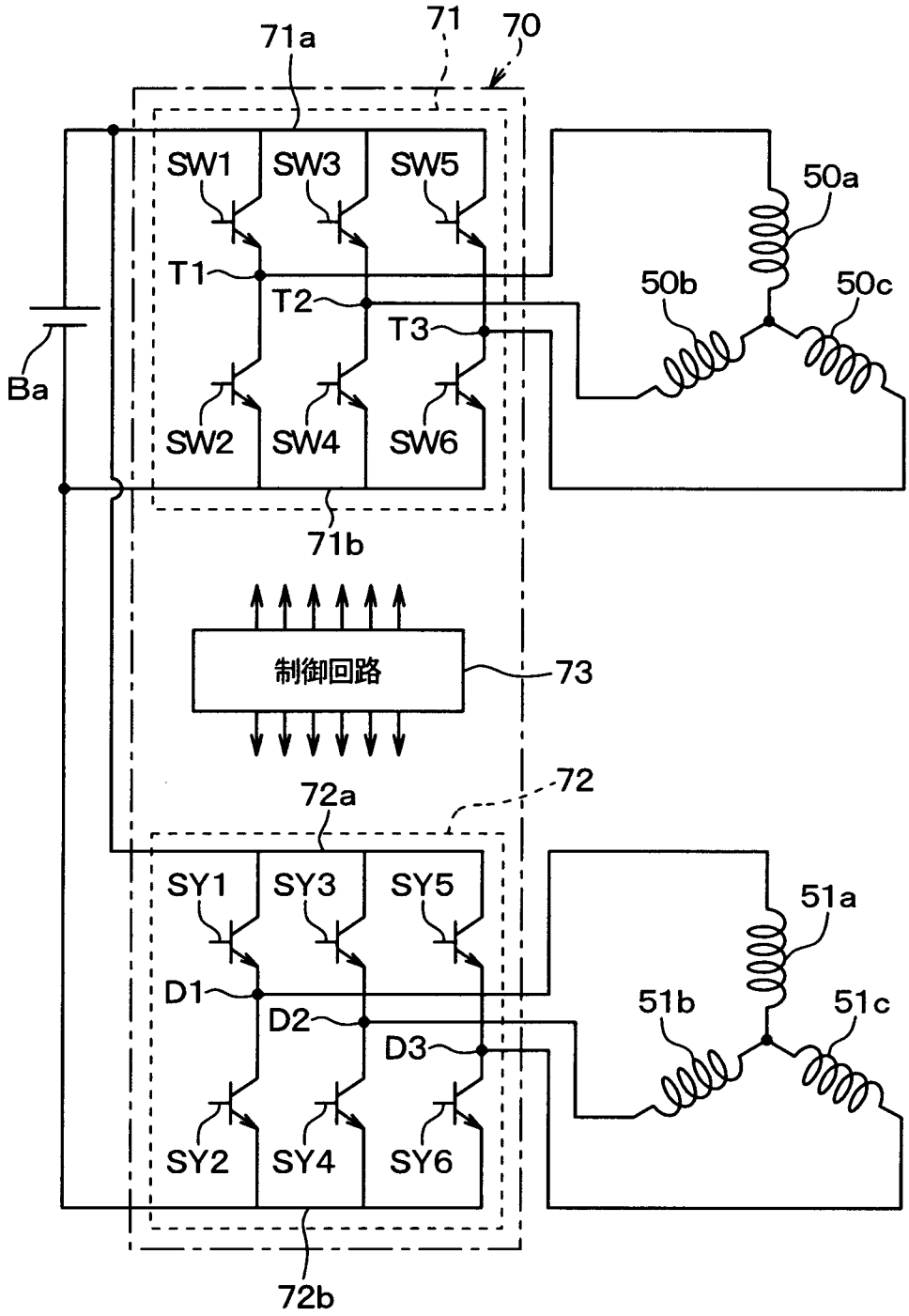
[図6]



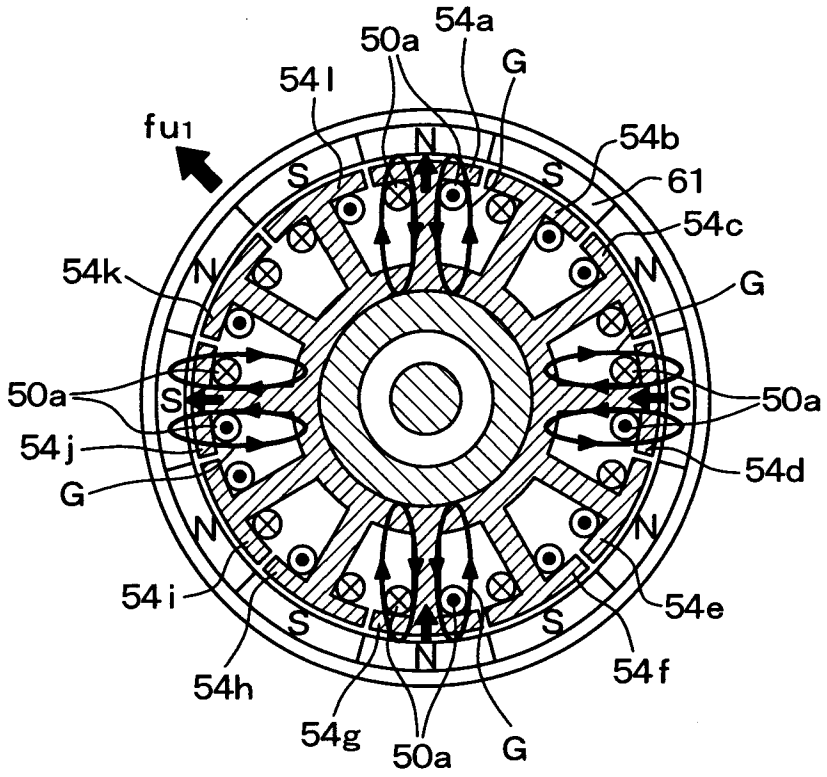
[図7]



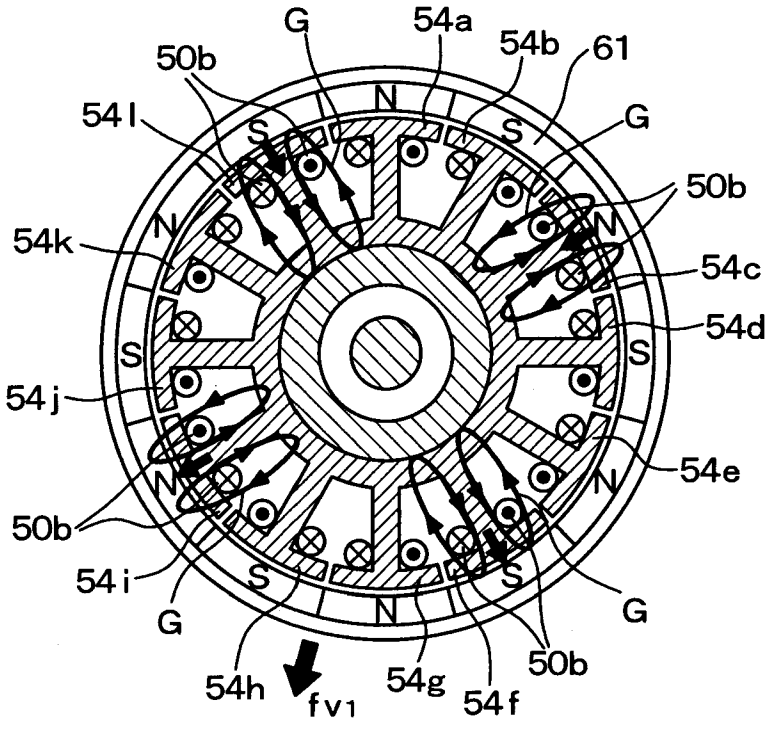
[図8]


71a
71
70
SW1
SW3
SW5
50a
T1
T2
50b
50c
T3
Ba
SW2
SW4
SW6
71b
制御回路
73
72
72a
SY1
SY3
SY5
51a
D1
D2
51b
51c
D3
SY2
SY4
SY6
72b

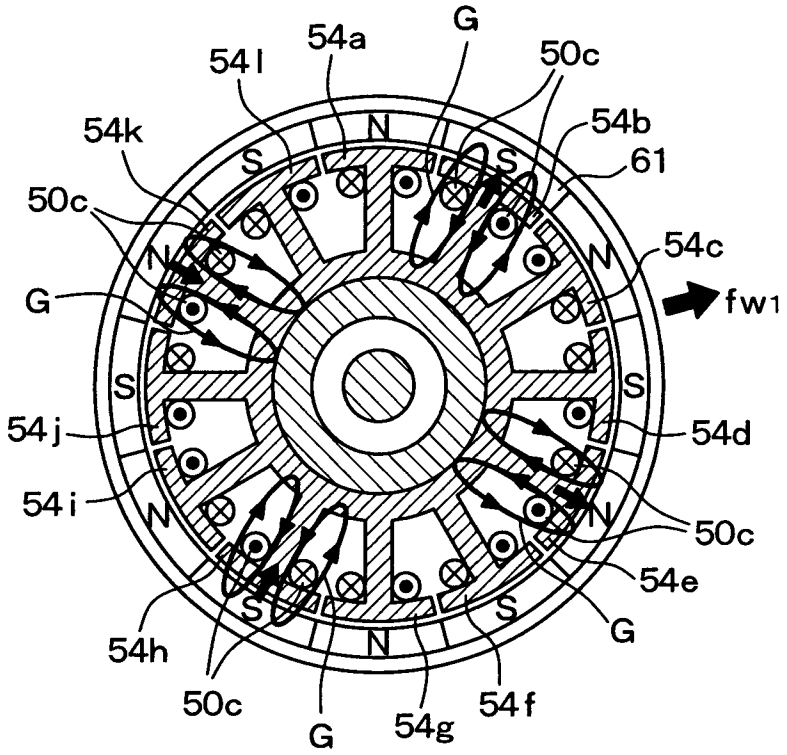
[図9]


50a
54a
G
54l
fu1
54b
61
54c
54k
G
50a
54j
54d
G
54i
54e
54h
54f
54g
50a
G

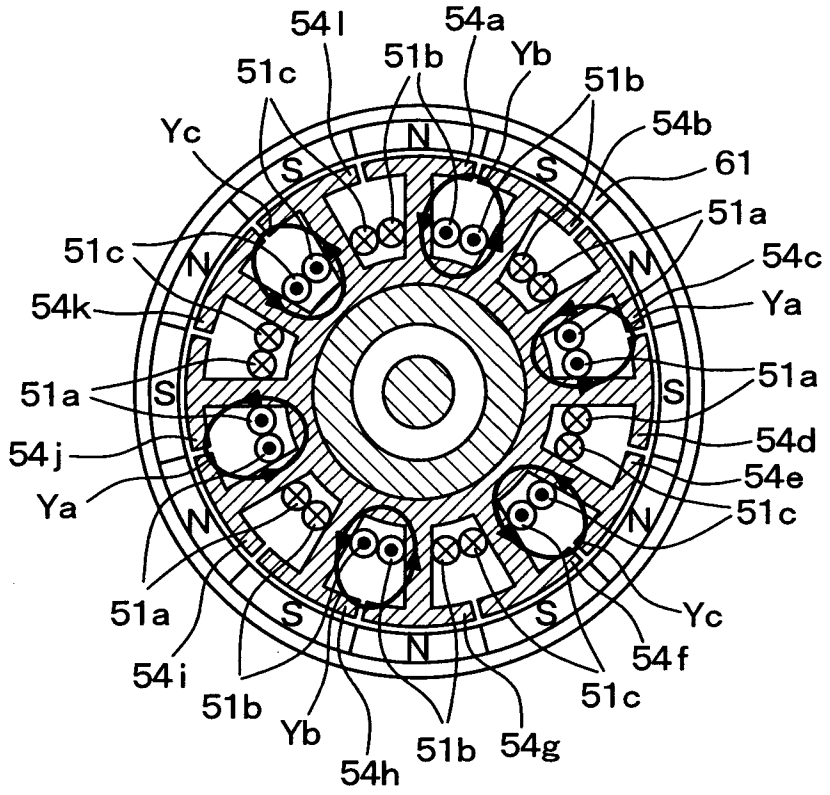
[図10]


G
54a
54b
61
50b
54l
G
50b
54k
54c
54d
54j
54e
50b
54i
G
G
54h
fv1
54g
54f
50b

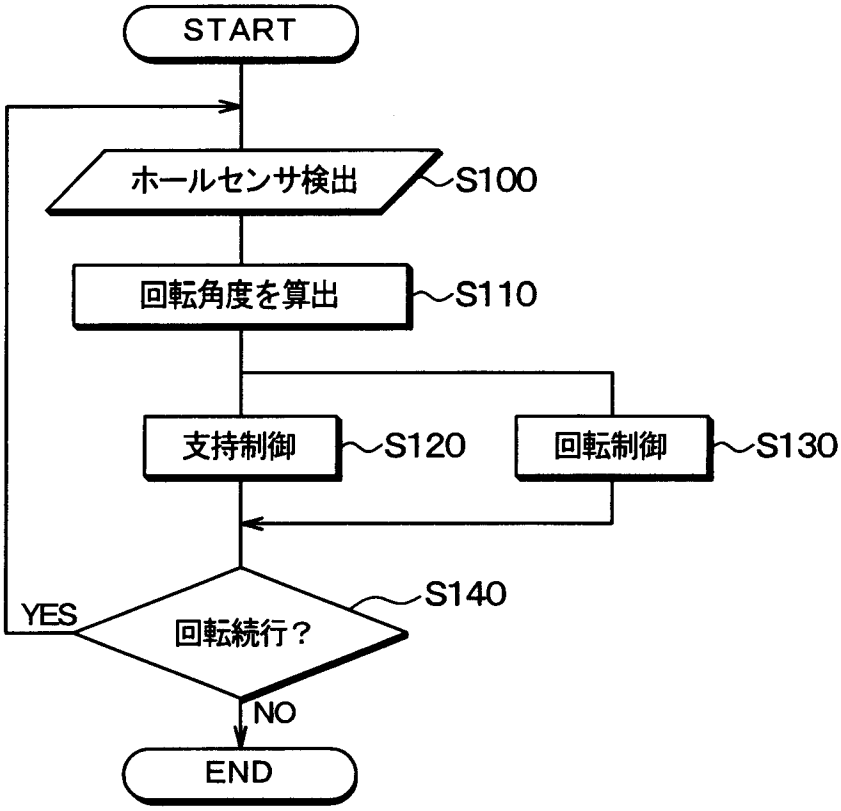
[図11]


G
54a
54l
50c
54k
54b
61
50c
54c
fw1
G
54j
54d
54i
50c
54e
G
54h
50c
G
54g
54f

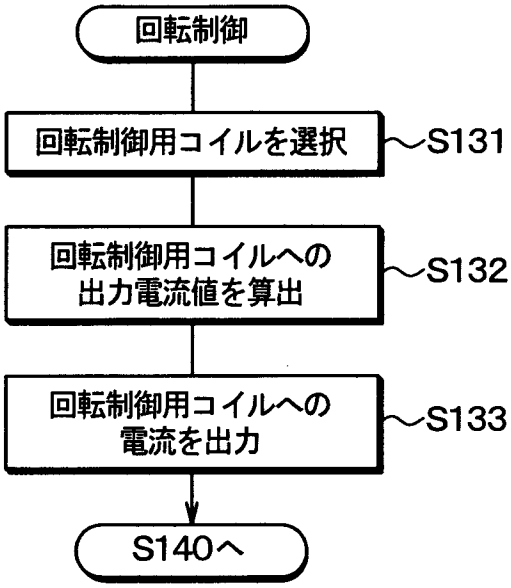
[図12]


54l
54a
51c
51b
Yb
51b
Yc
54b
61
51a
51c
54c
54k
Ya
51a
51a
54j
54d
54e
Ya
51c
51a
Yc
54i
54f
51b
51c
Yb
51b
54g
54h

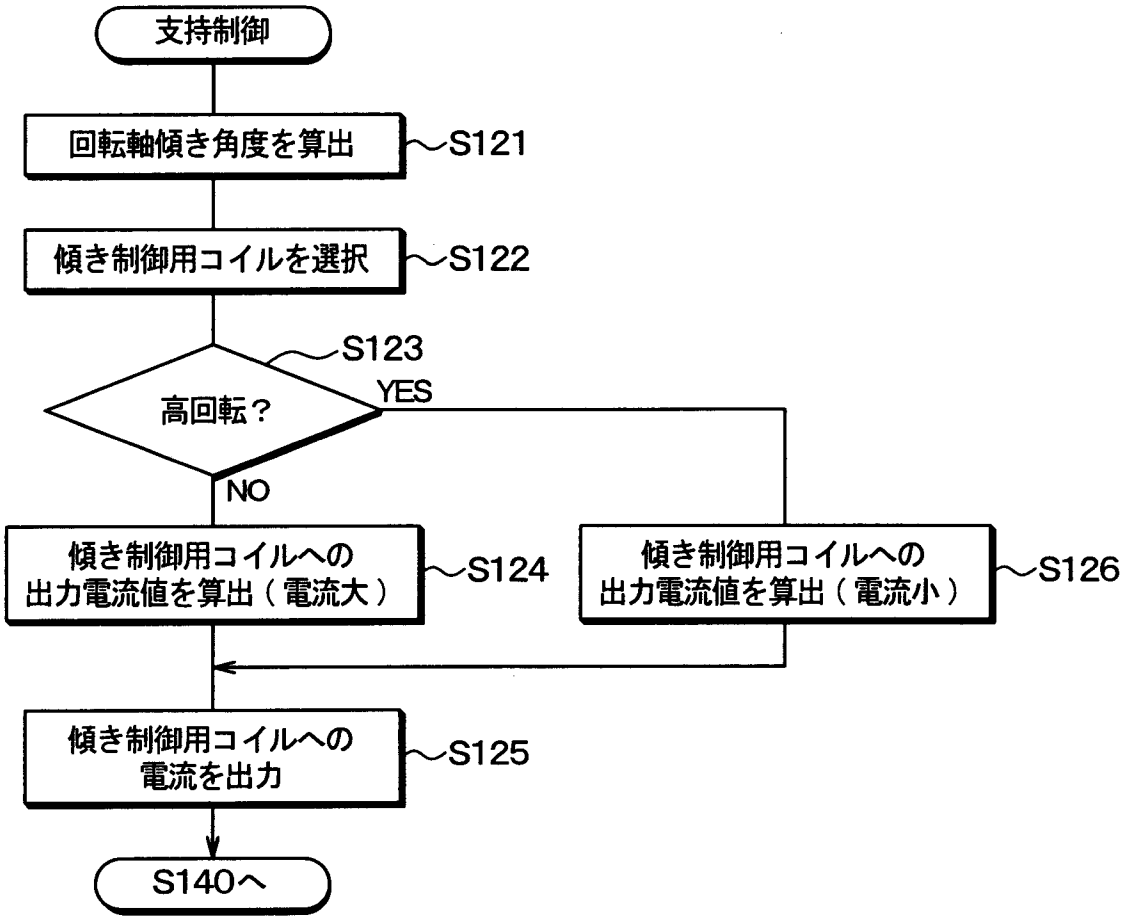
[図13]


START
ホールセンサ検出
S100
回転角度を算出
S110
支持制御
S120
回転制御
S130
回転続行？
S140
YES
NO
END

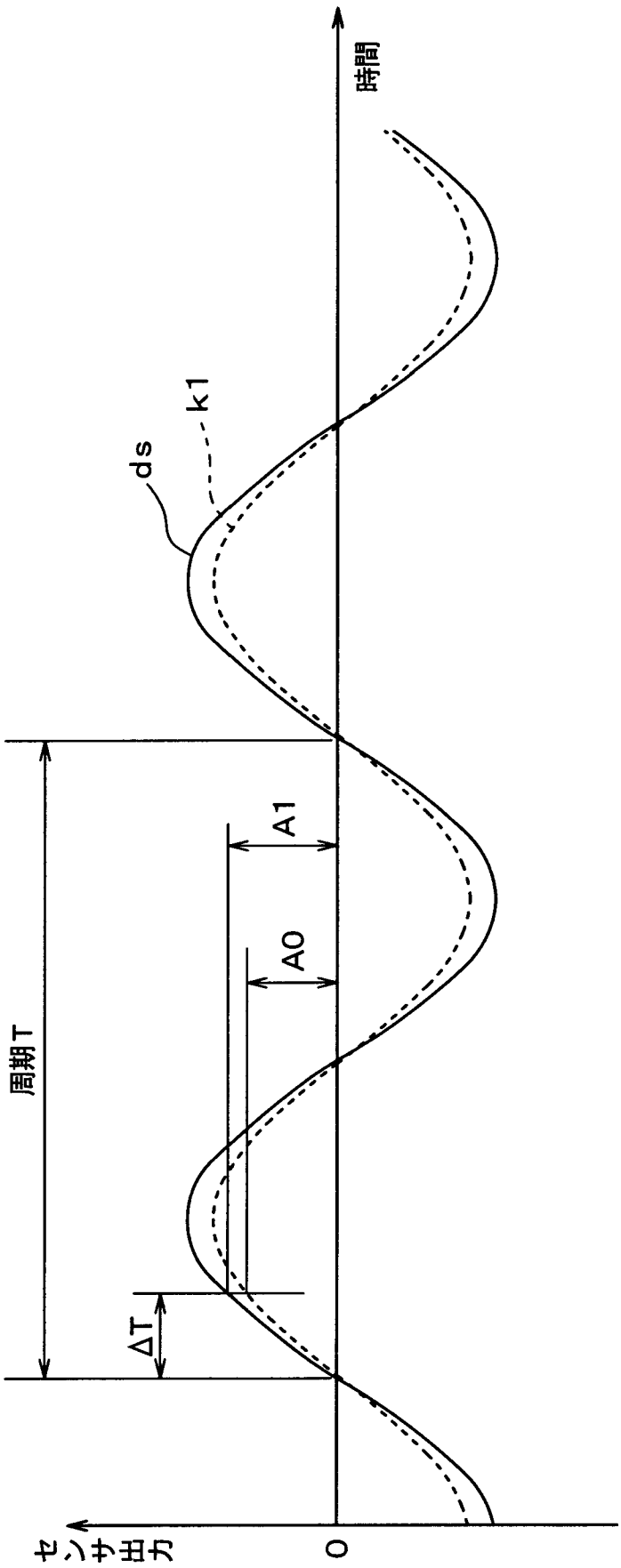
[図14]


回転制御
回転制御用コイルを選択
S131
回転制御用コイルへの
出力電流値を算出
S132
回転制御用コイルへの
電流を出力
S133
S140へ

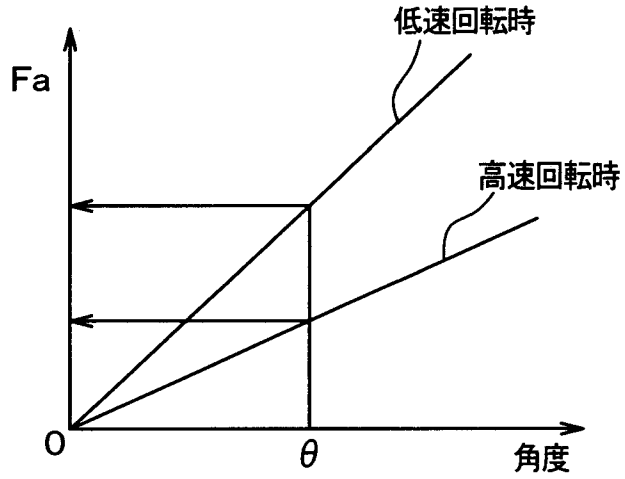
[図15]


支持制御
回転軸傾き角度を算出
S121
傾き制御用コイルを選択
S122
S123
高回転？
YES
NO
傾き制御用コイルへの
出力電流値を算出（電流大）
S124
傾き制御用コイルへの
出力電流値を算出（電流小）
S126
傾き制御用コイルへの
電流を出力
S125
S140へ

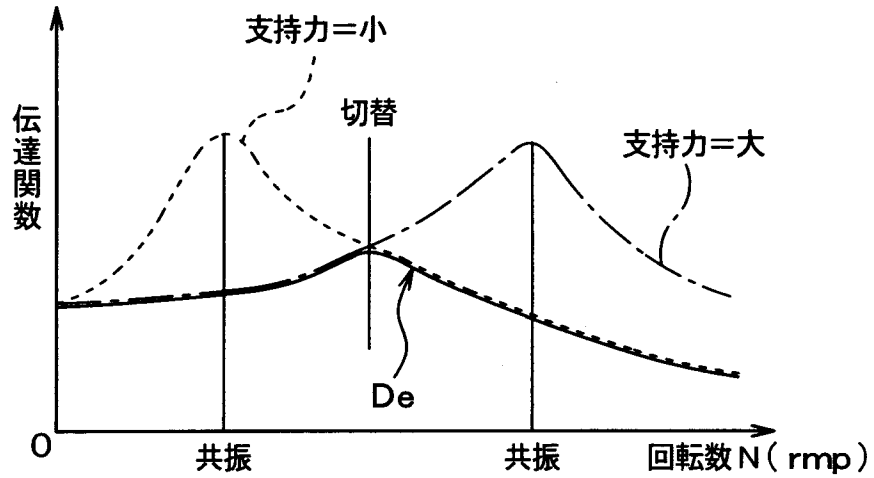
[図16]



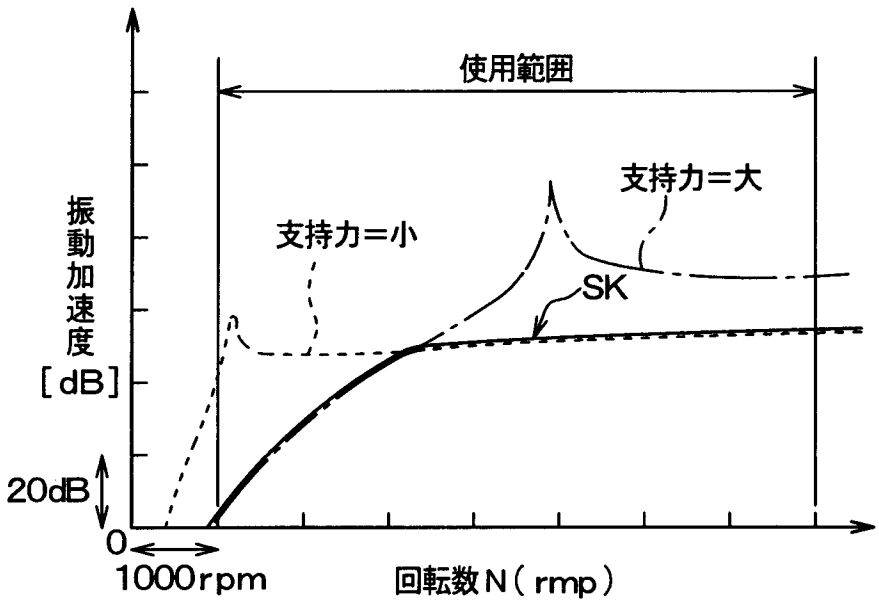
[図17]


低速回転時
Fa
高速回転時
0
θ
角度

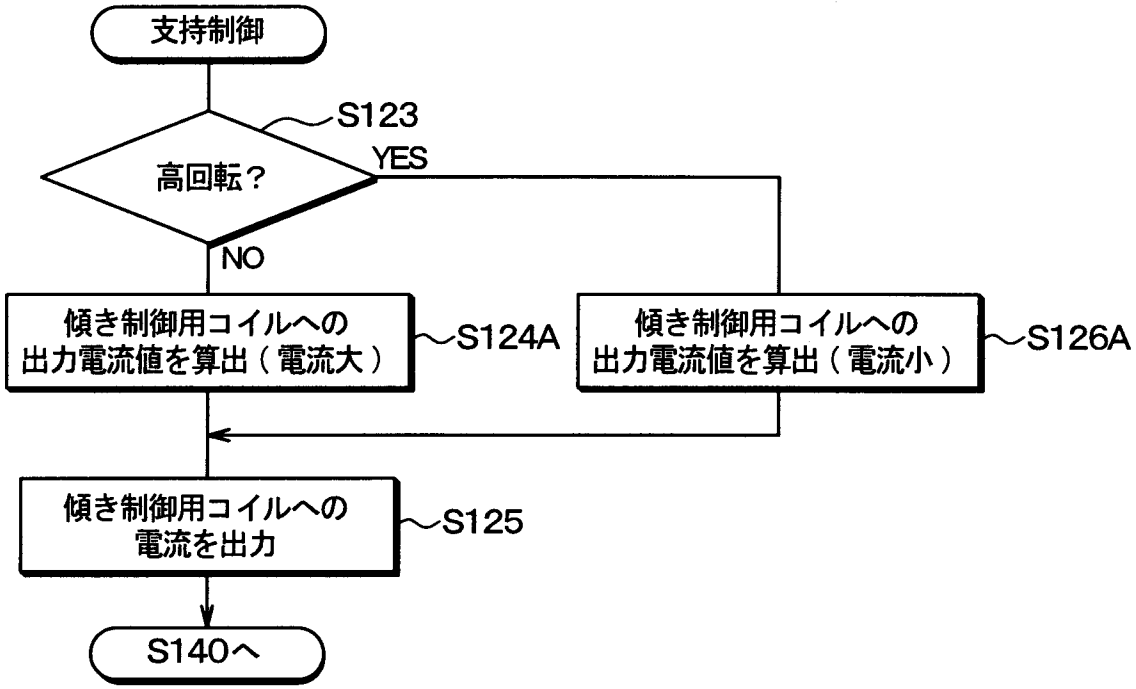
[図18]


支持力＝小
切替
支持力＝大
伝達関数
De
0
共振
共振
回転数N（rmp）

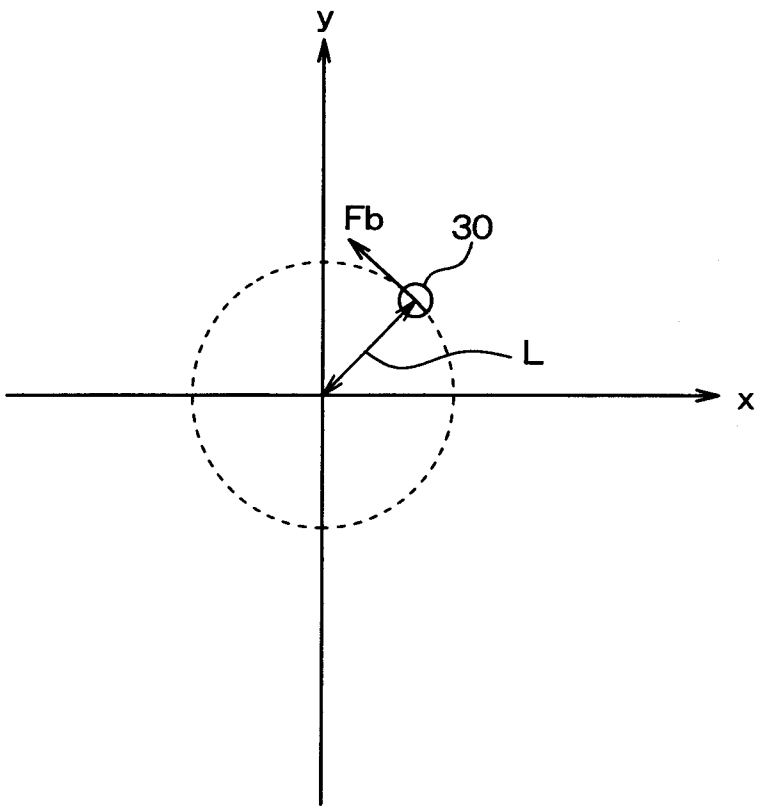
[図19]


使用範囲
支持力＝大
支持力＝小
SK
振動加速度[dB]
20dB
0
1000rpm
回転数N（rmp）

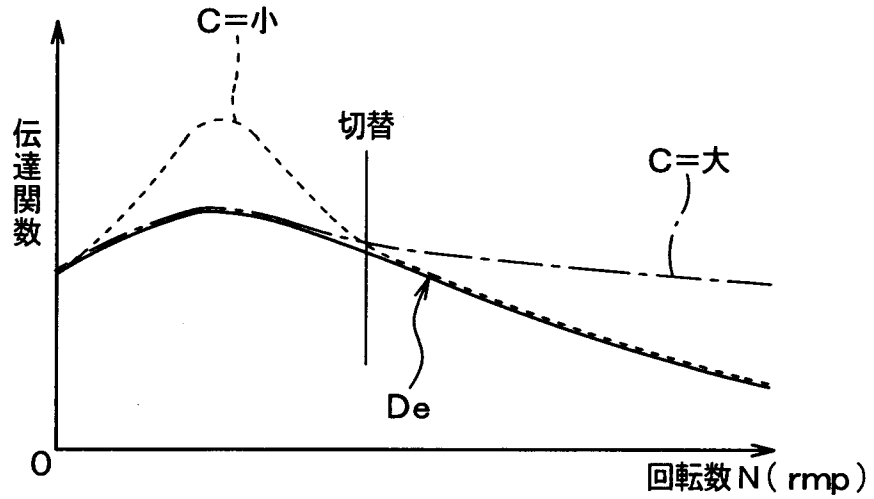
[図20]


支持制御
S123
高回転？
YES
NO
傾き制御用コイルへの
出力電流値を算出（電流大）
S124A
傾き制御用コイルへの
出力電流値を算出（電流小）
S126A
傾き制御用コイルへの
電流を出力
S125
S140へ

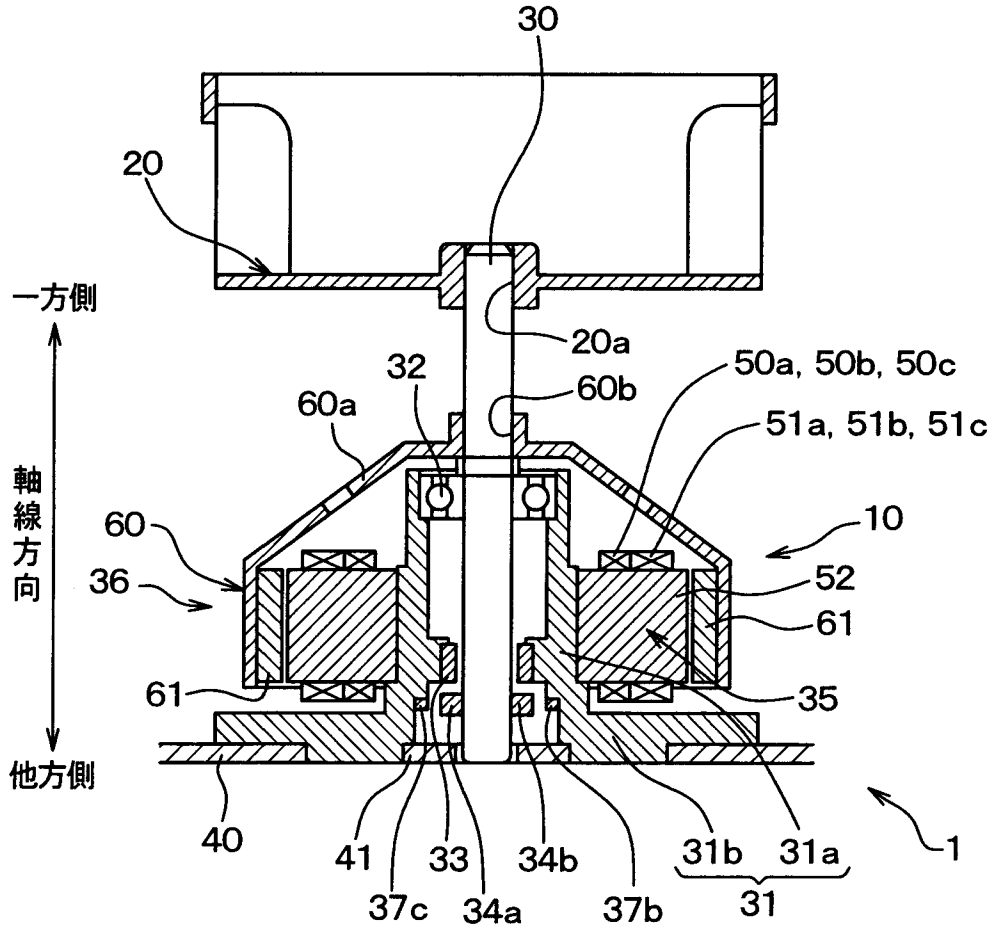
[図21]


y
Fb
30
L
x

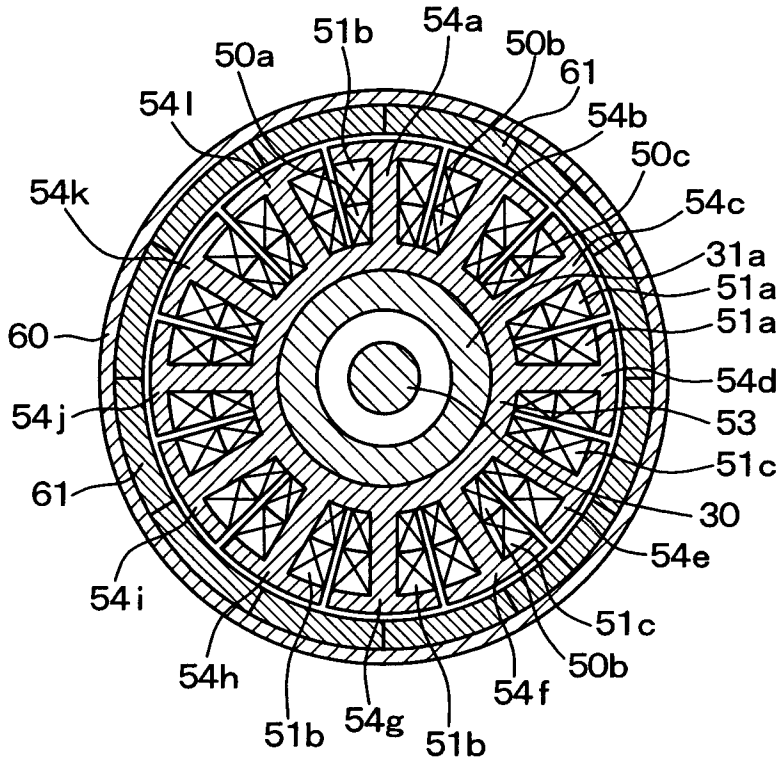
[図22]


C＝小
切替
C＝大
伝達関数
De
0
回転数N（rmp）

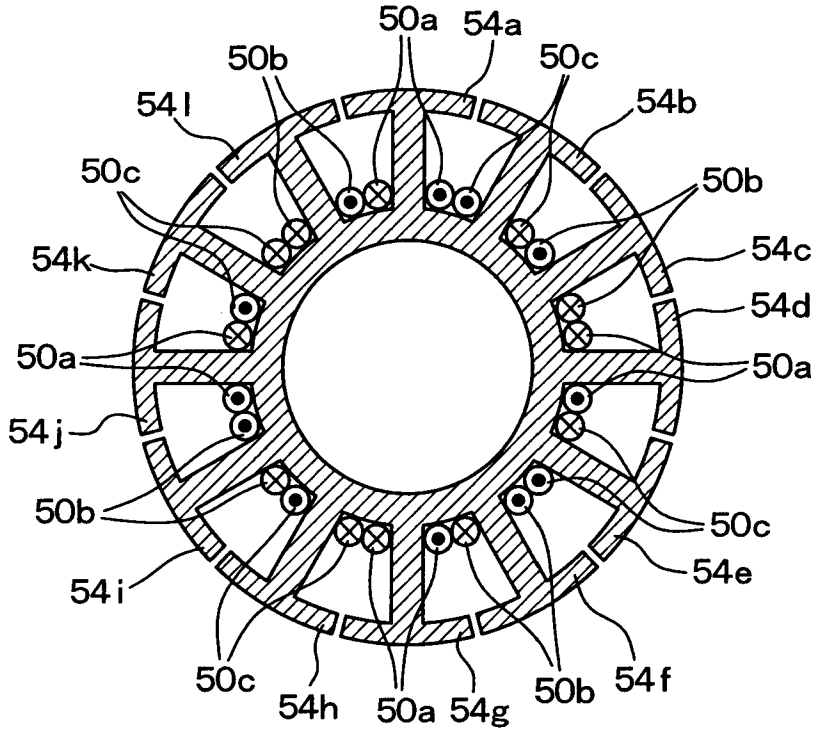
[図23]


30
20
一方側
20a
32
60b
50a, 50b, 50c
60a
51a, 51b, 51c
軸線方向
60
10
36
52
61
61
35
他方側
40
41
33
34b
31b
31a
1
37c
34a
37b
31

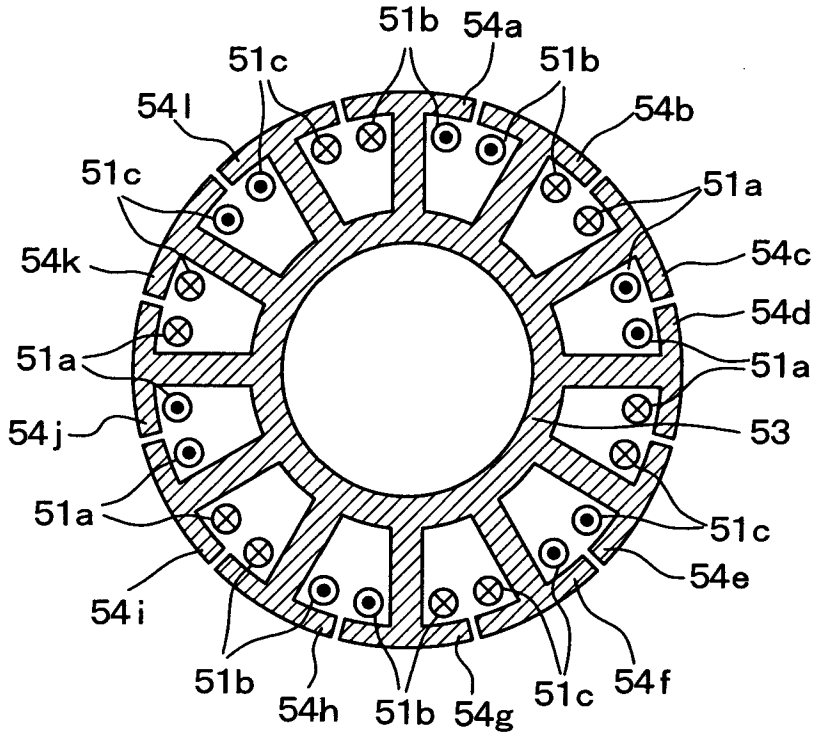
[図24]


51b
54a
50a
50b
61
54l
54b
50c
54k
54c
31a
51a
51a
60
54d
54j
53
51c
61
30
54e
54i
51c
50b
54h
54f
51b
54g
51b

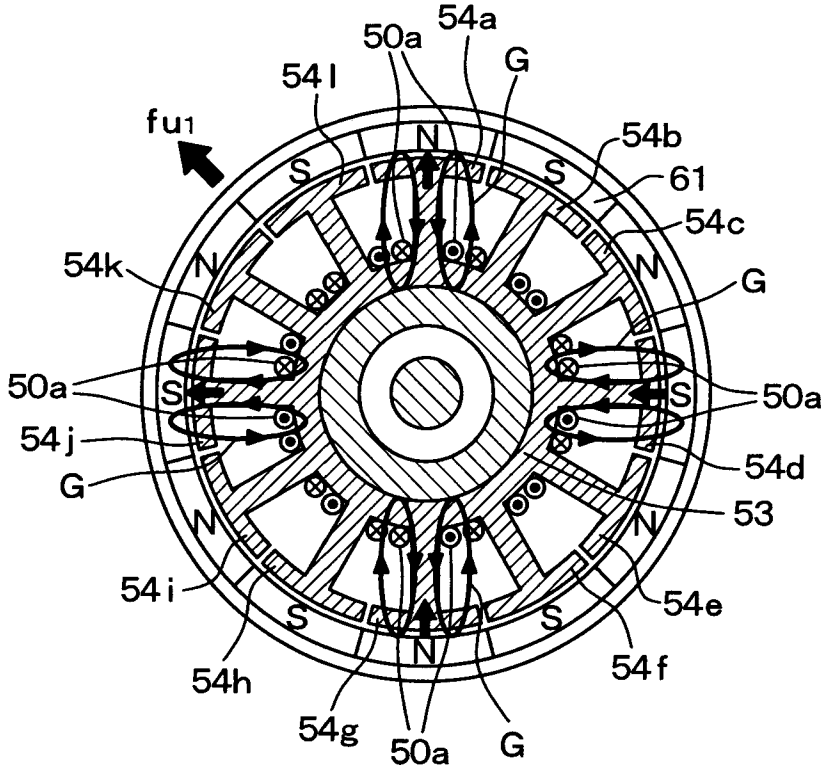
[図25]


50a
54a
50b
50c
54l
54b
50c
50b
54k
54c
54d
50a
50a
54j
50b
50c
54e
54i
50c
54h
50a
54g
50b
54f

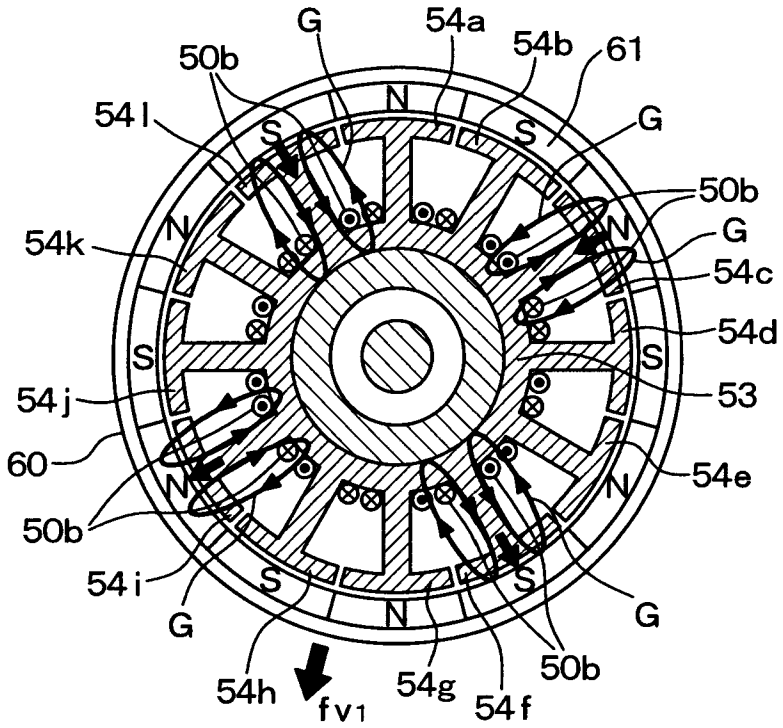
[図26]


51b
54a
51c
51b
54l
54b
51c
51a
54k
54c
54d
51a
51a
53
54j
51a
51c
54e
54i
51b
54h
51b
54g
51c
54f

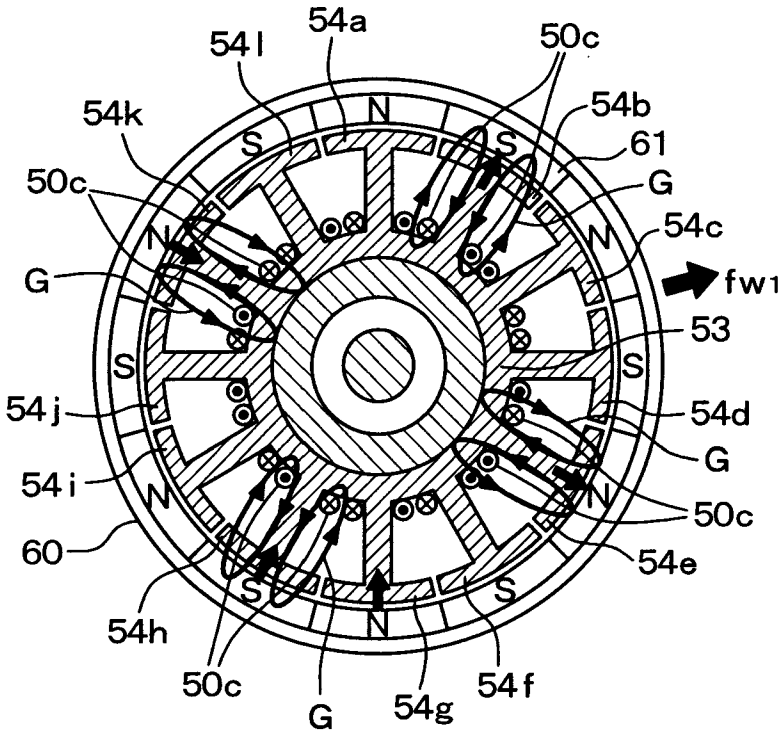
[図27]


50a
54a
G
54l
fu1
N
54b
S
S
61
54c
54k
N
N
G
50a
S
S
50a
54j
54d
G
53
N
N
54i
54e
S
S
54h
54f
N
54g
50a
G

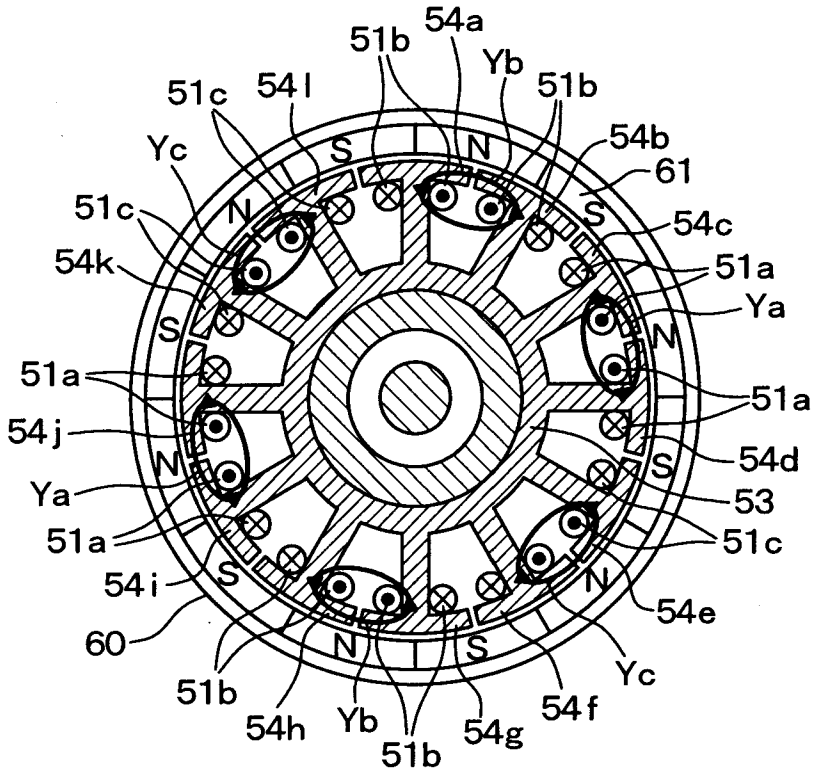
[図28]


G
54a
54b
61
50b
54l
G
50b
54k
G
54c
54d
53
54j
60
54e
50b
54i
G
G
54h
fv1
54g
54f
50b

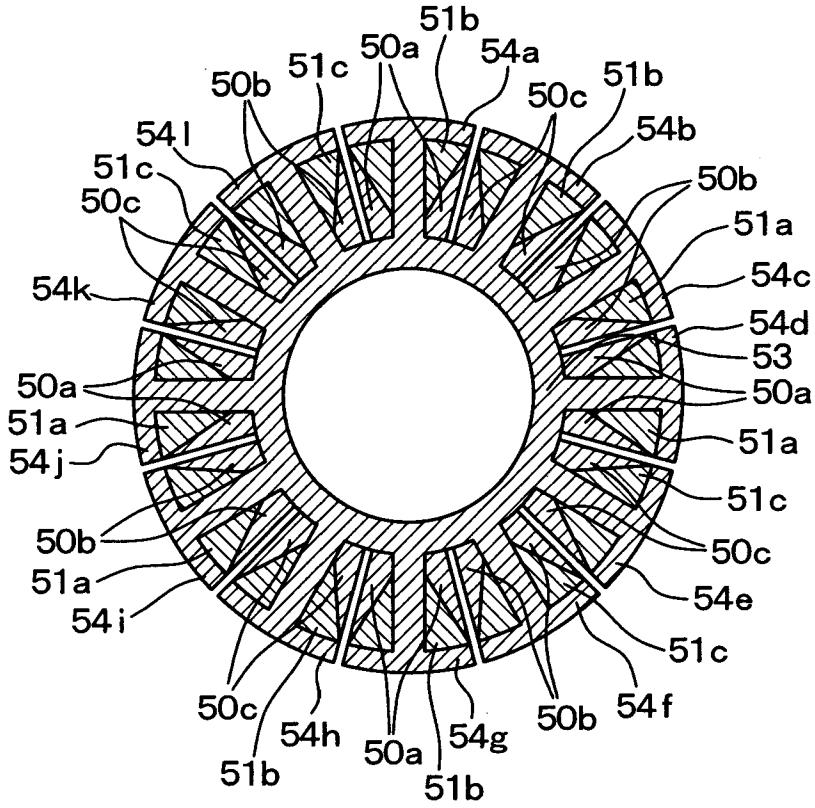
[図29]


54a
54l
50c
54k
54b
61
50c
G
54c
fw1
G
53
54j
54d
G
54i
50c
60
54e
54h
50c
G
54g
54f

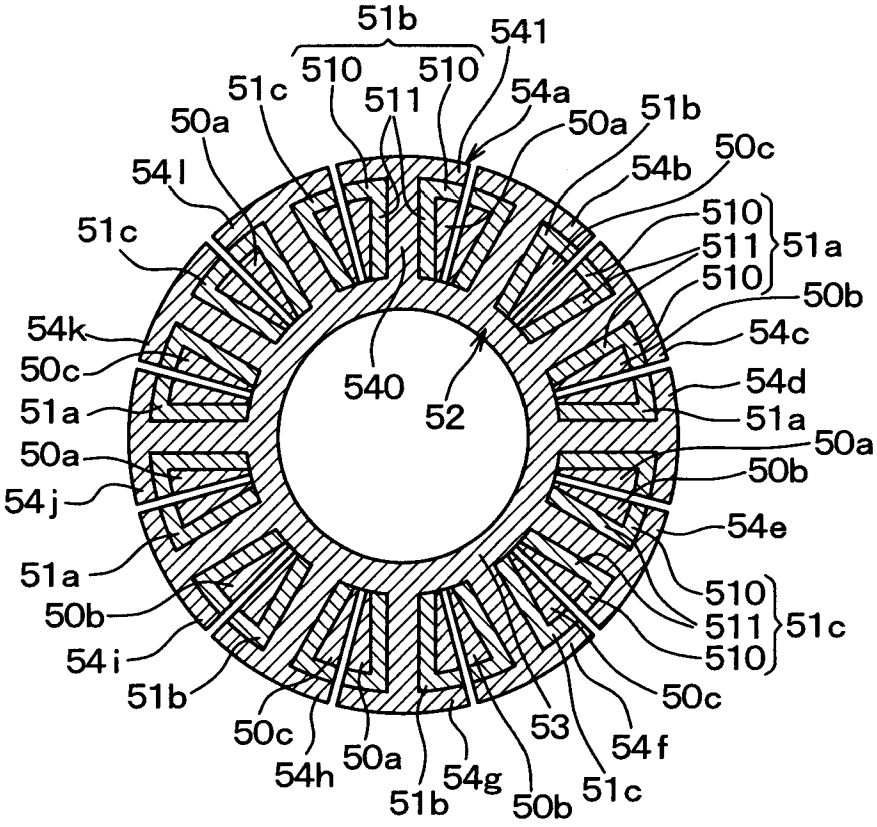
[図30]


51b
54a
Yb
51b
51c
54l
54b
61
Yc
S
N
51c
N
S
54c
54k
51a
Ya
S
N
51a
51a
54j
54d
N
S
Ya
53
51a
51c
54i
S
N
54e
60
N
S
Yc
51b
54h
Yb
54g
54f
51b

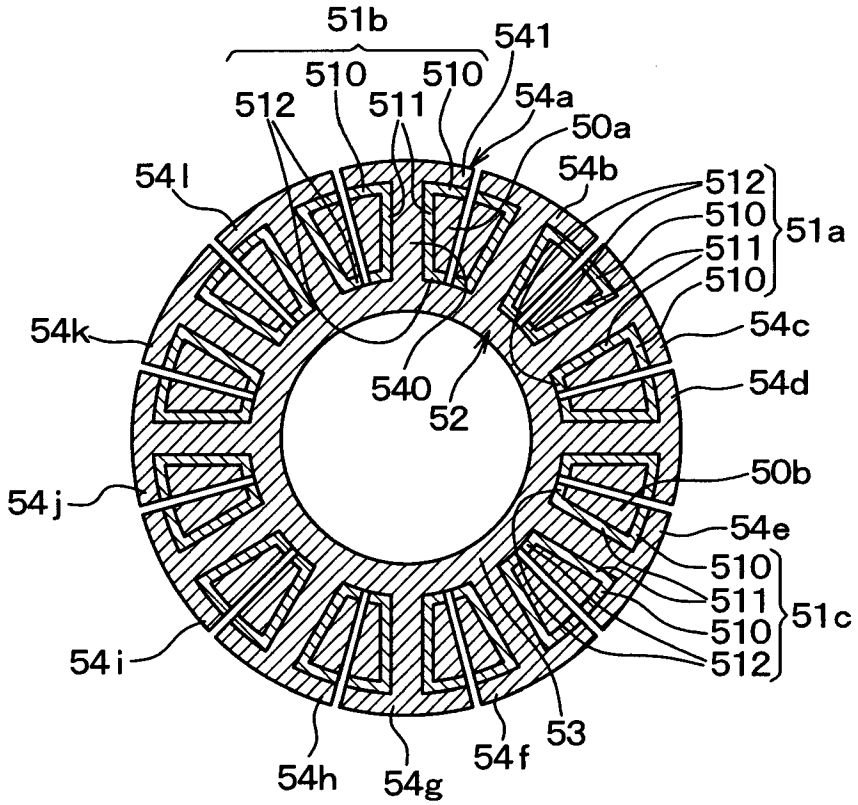
[図31]


51b
50a
54a
51c
50b
50c
51b
54l
54b
51c
50b
50c
51a
54c
54k
54d
53
50a
50a
51a
51a
54j
51c
50b
50c
51a
54e
54i
51c
50c
54h
50a
54g
50b
54f
51b
51b

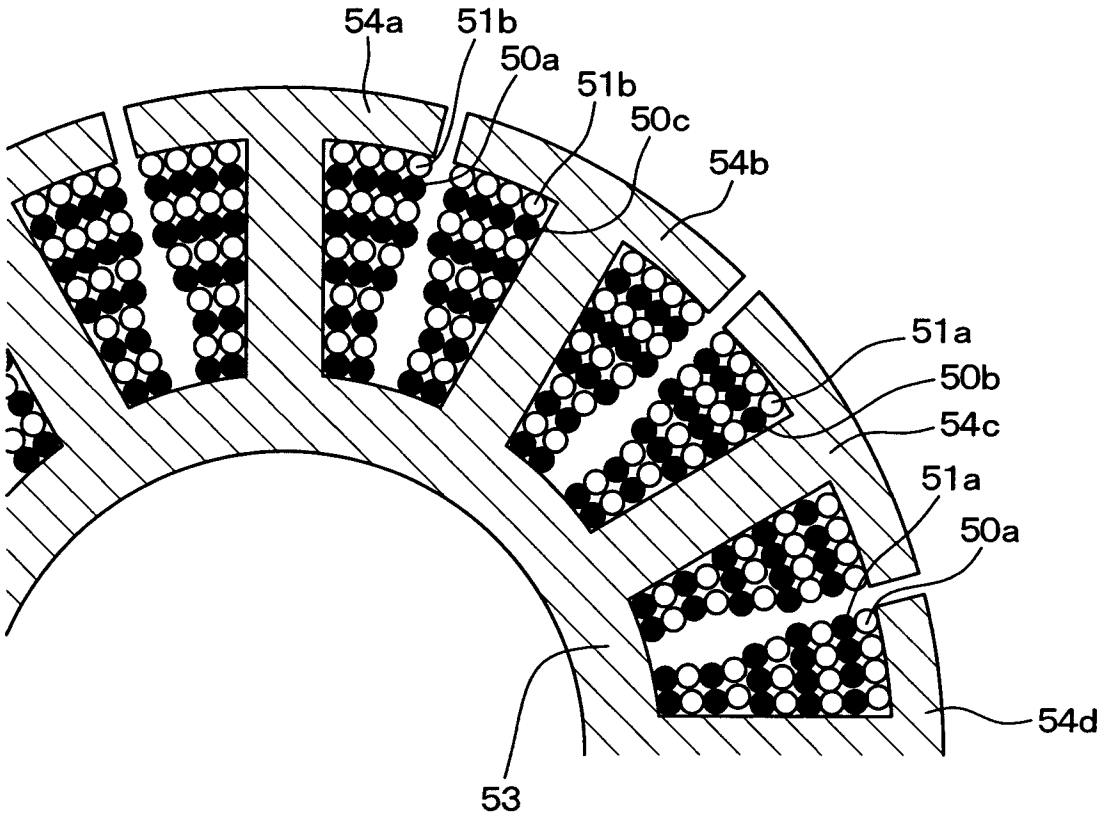
[図32]


51b
541
510
510
51c
511
54a
50a
50a
51b
54l
50c
54b
51c
510
511
51a
510
50b
54k
54c
50c
540
52
54d
51a
51a
50a
50a
50b
54j
54e
51a
510
50b
511
51c
54i
510
51b
50c
53
54f
50c
54h
50a
54g
51b
50b
51c

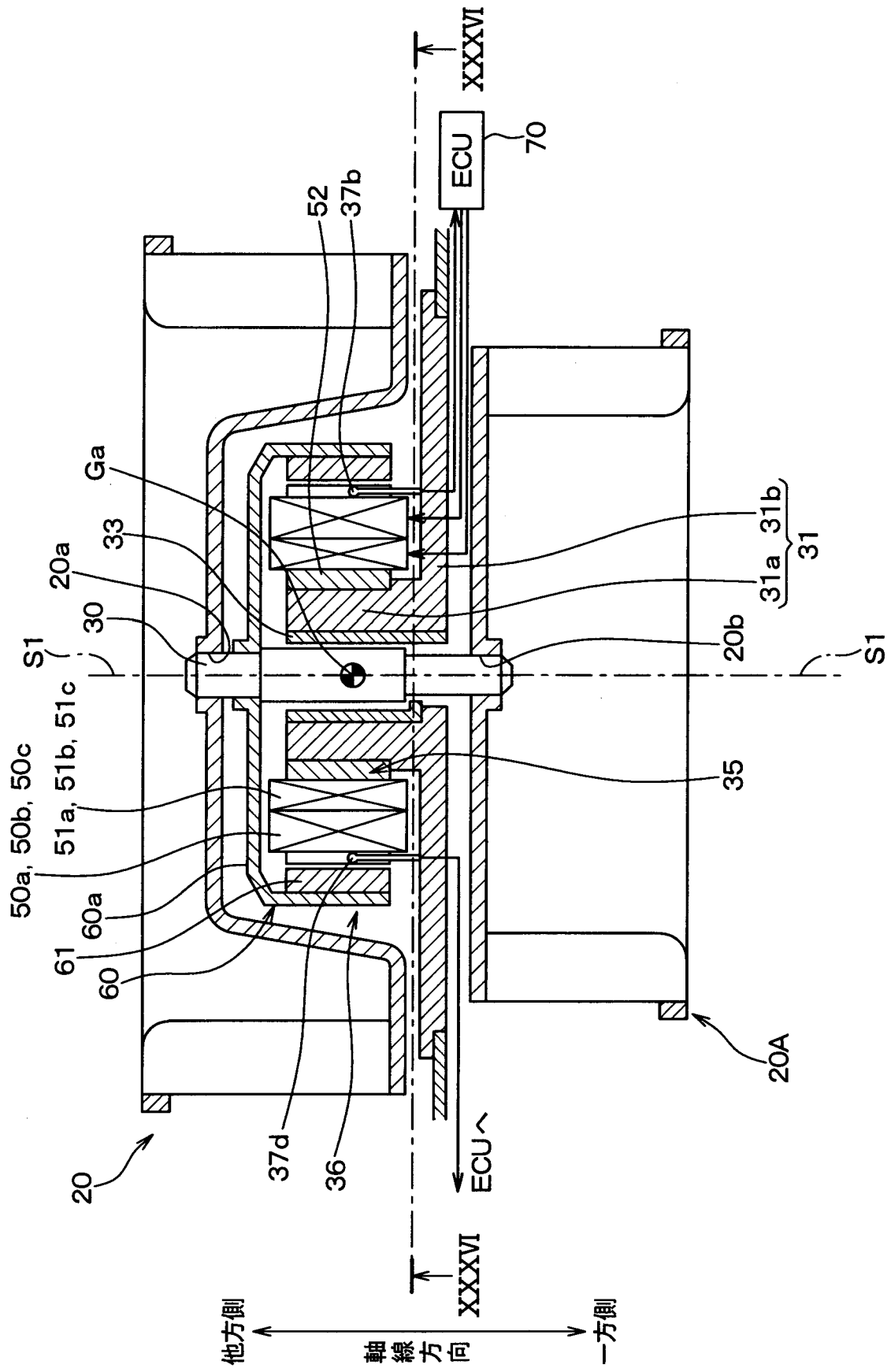
[図33]


51b
541
510
510
512
511
54a
50a
54l
54b
512
510
511
51a
510
54k
54c
540
52
54d
50b
54j
54e
510
511
51c
510
54i
512
53
54f
54h
54g

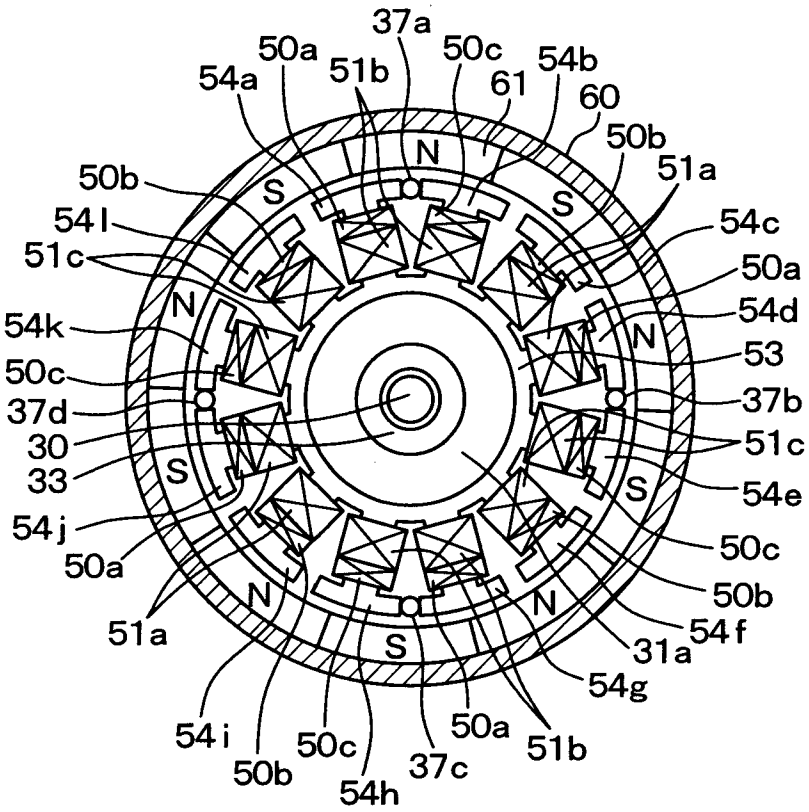
[図34]



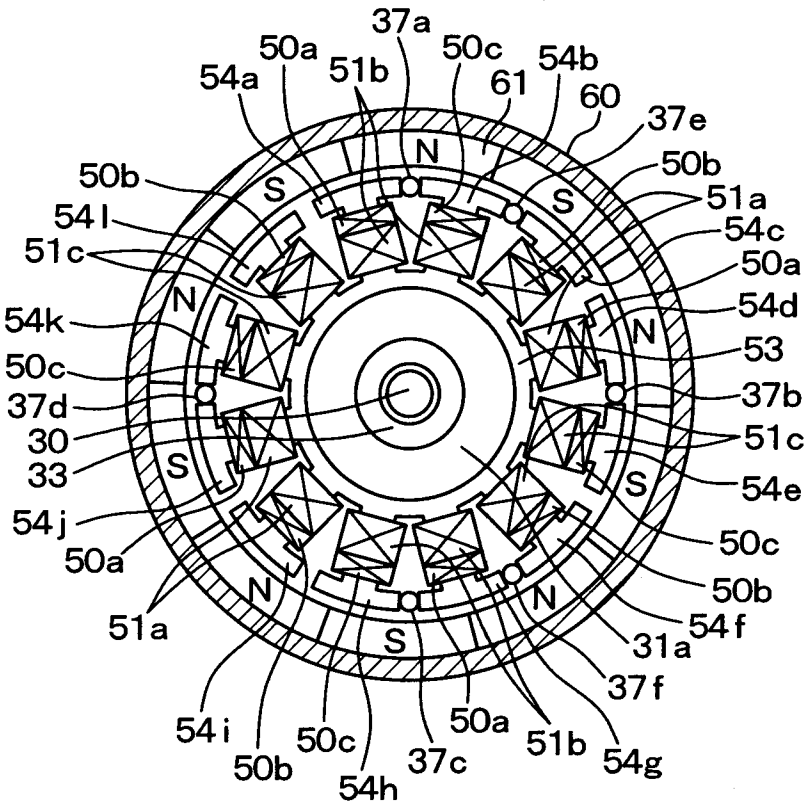
[図35]


XXXVI
ECU
70
52
37b
Ga
33
20a
30
S1
50a, 50b, 50c
51a, 51b, 51c
60a
61
60
31b
31
31a
20b
35
20A
20
37d
36
ECUへ
XXXVI
他方側
軸線方向
一方側

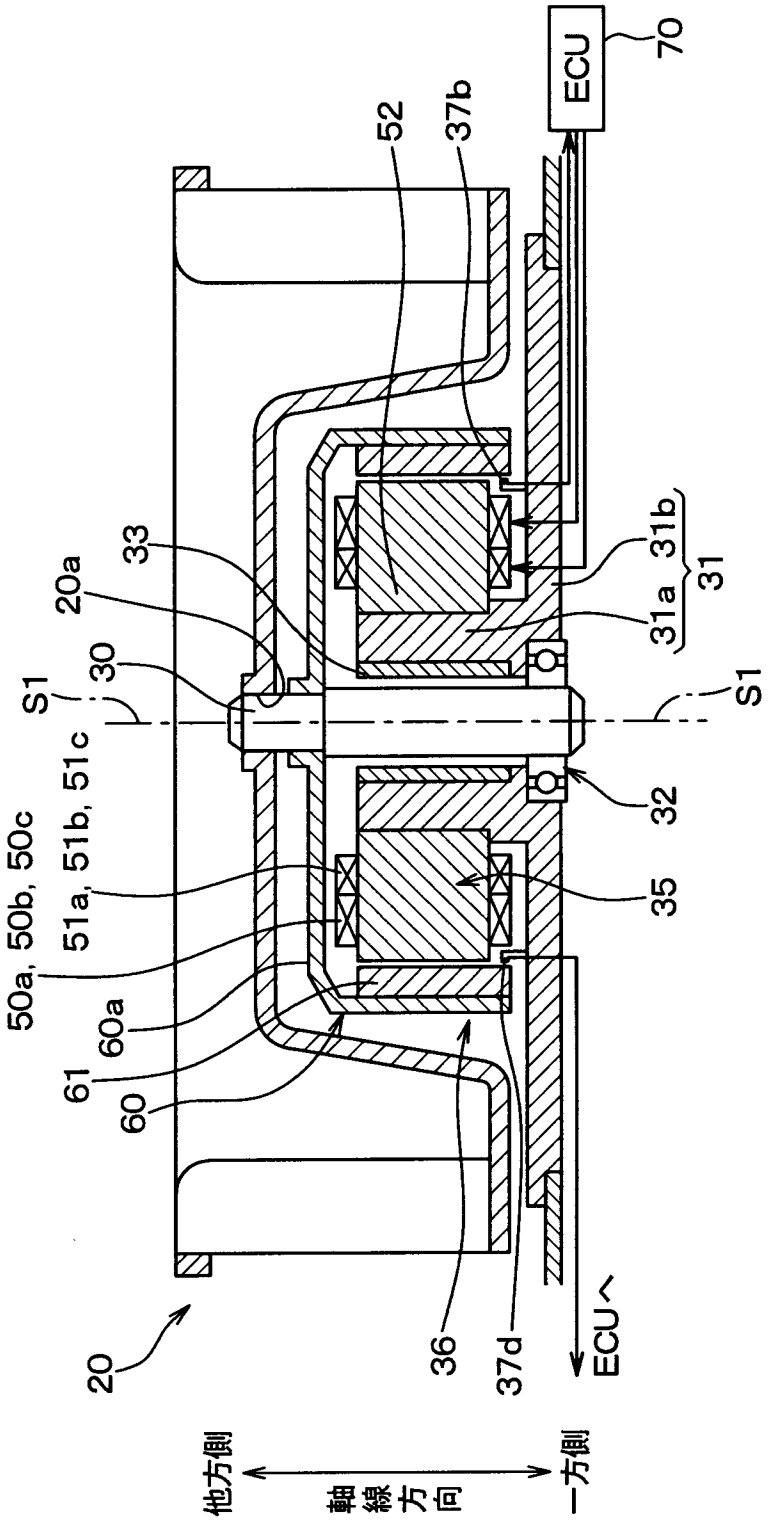
[図36]


37a
50a
50c
54b
54a
51b
61
60
50b
51a
50b
54c
54l
51c
50a
54d
54k
53
50c
37b
37d
51c
30
33
54e
54j
50c
50a
50b
51a
54f
31a
54g
54i
50a
51b
50b
50c
37c
54h

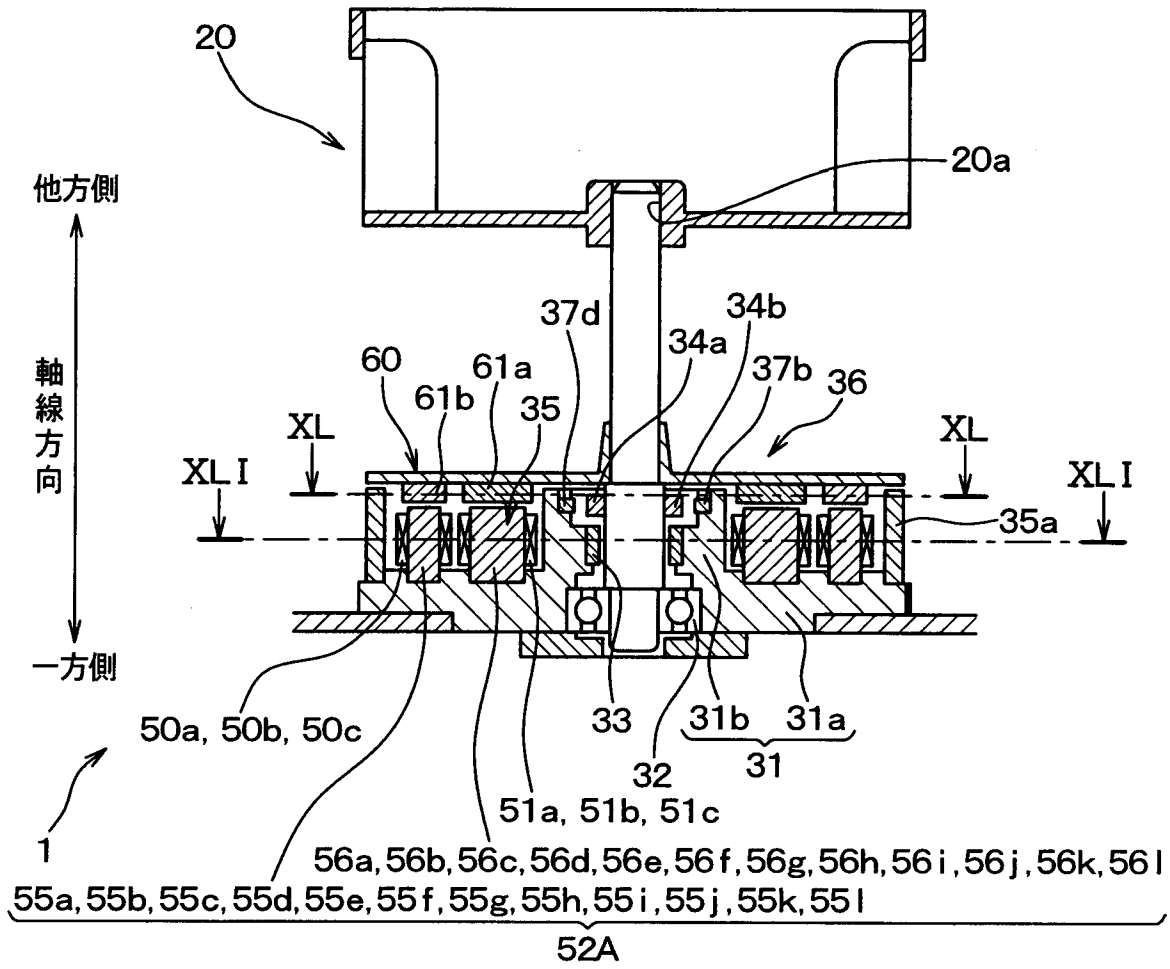
[図37]


37a
50a
50c
54b
54a
51b
61
60
37e
50b
50b
51a
54c
54l
51c
50a
54d
54k
53
50c
37b
37d
51c
30
33
54e
54j
50c
50a
50b
51a
54f
31a
37f
54i
50a
51b
54g
50b
50c
37c
54h

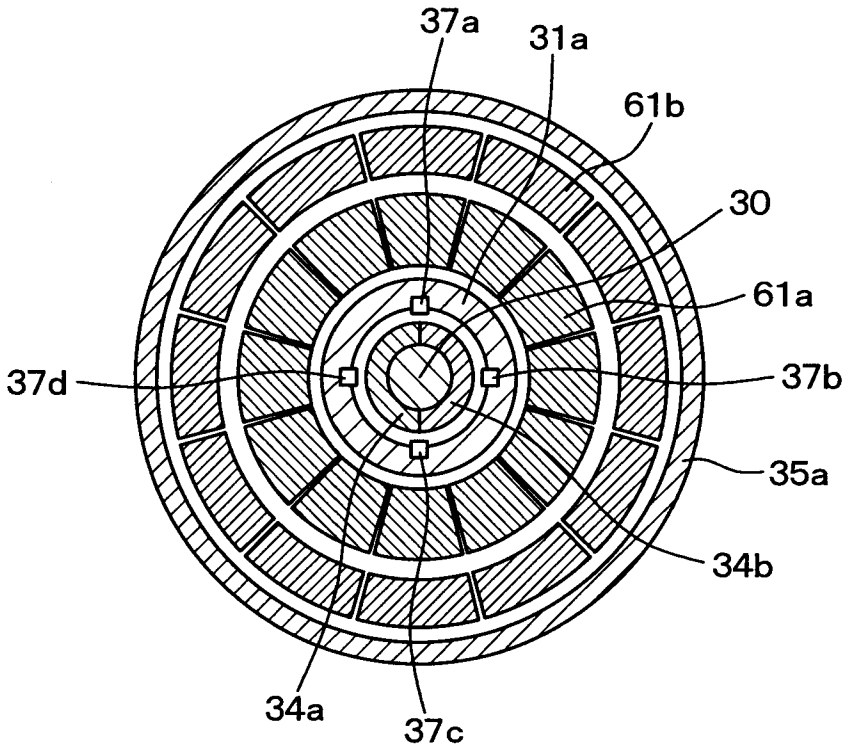
[図38]


ECU
70
52
37b
33
20a
30
S1
31b
31
31a
S1
32
35
50a, 50b, 50c
51a, 51b, 51c
60a
61
60
20
36
37d
ECUへ
他方側
軸線方向
一方側

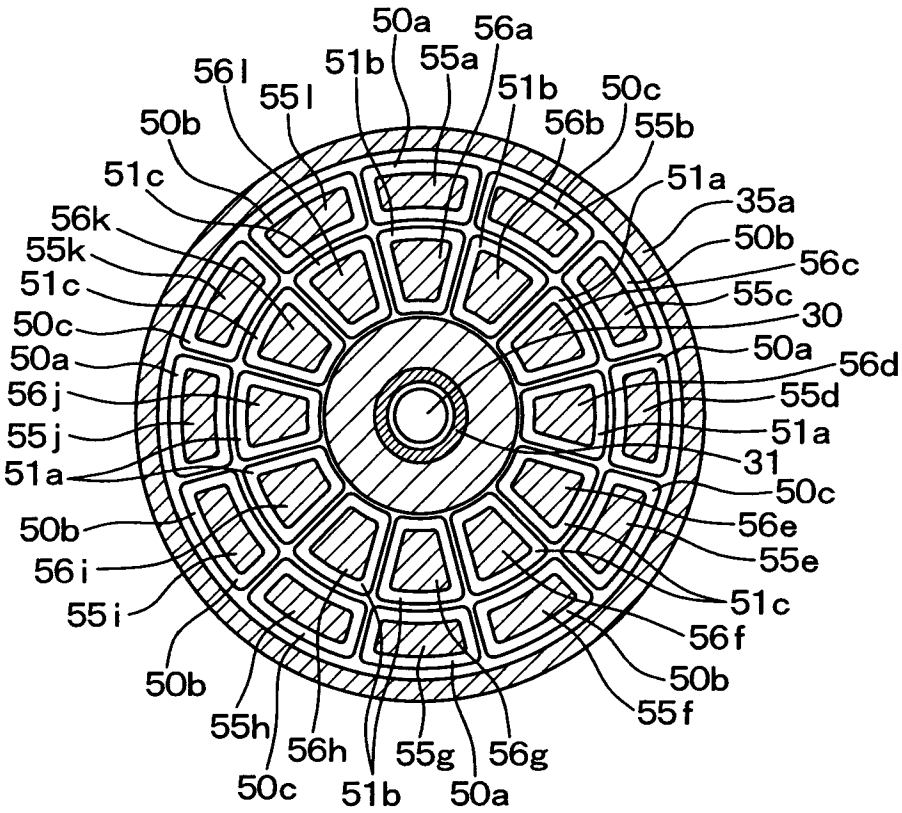
[図39]


20
20a
他方側
軸線方向
一方側
37d
34b
34a
60
61a
61b
35
37b
36
XL
XL
XL I
XL I
35a
50a, 50b, 50c
33
31b
31a
31
32
51a, 51b, 51c
1
56a,56b,56c,56d,56e,56f,56g,56h,56i,56j,56k,56l
55a,55b,55c,55d,55e,55f,55g,55h,55i,55j,55k,55l
52A

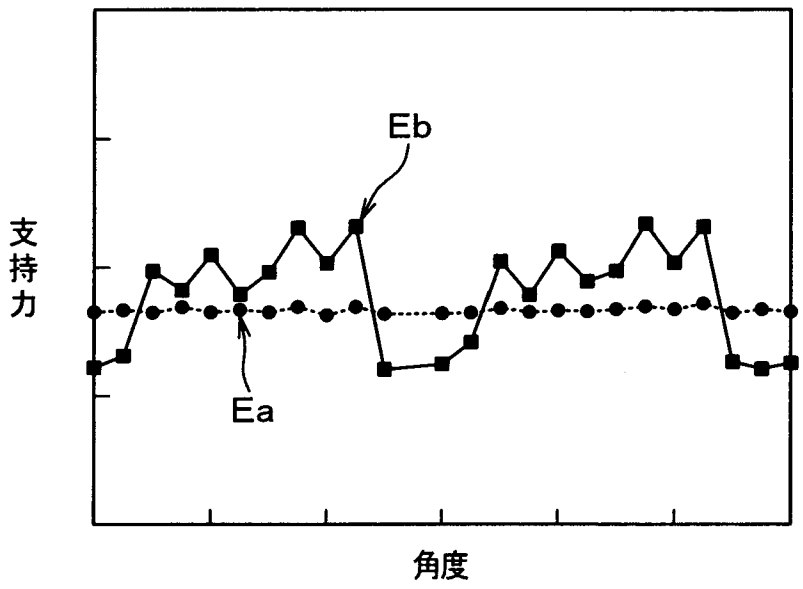
[図40]


37a
31a
61b
30
61a
37d
37b
35a
34b
34a
37c

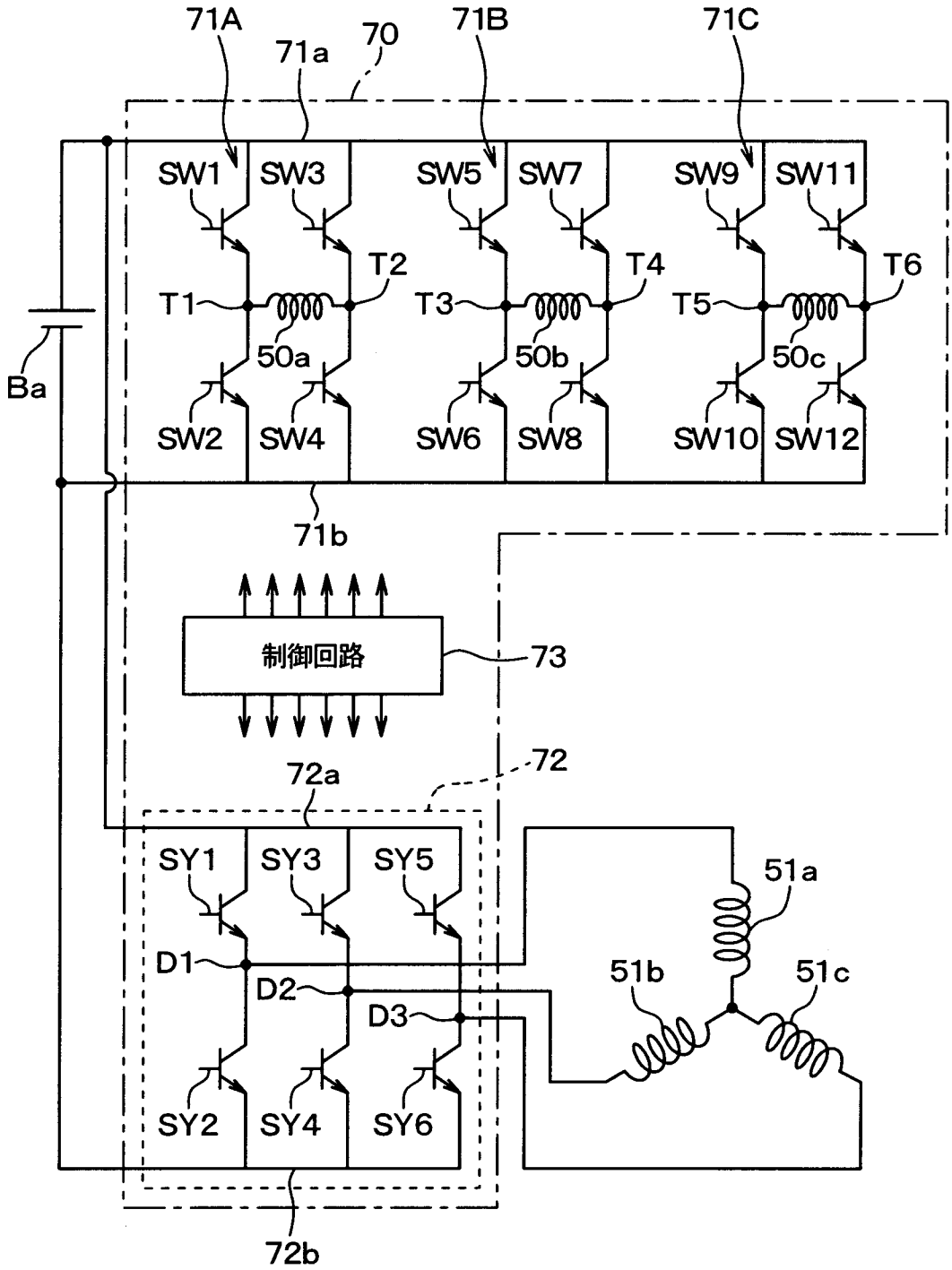
[図41]


50a
56a
56l
51b
55a
55l
51b
50c
50b
56b
55b
51c
51a
35a
56k
50b
55k
56c
51c
55c
50c
30
50a
50a
56d
56j
55d
55j
51a
51a
31
50c
50b
56e
56i
55e
55i
51c
56f
50b
50b
55f
55h
56h
55g
56g
50c
51b
50a

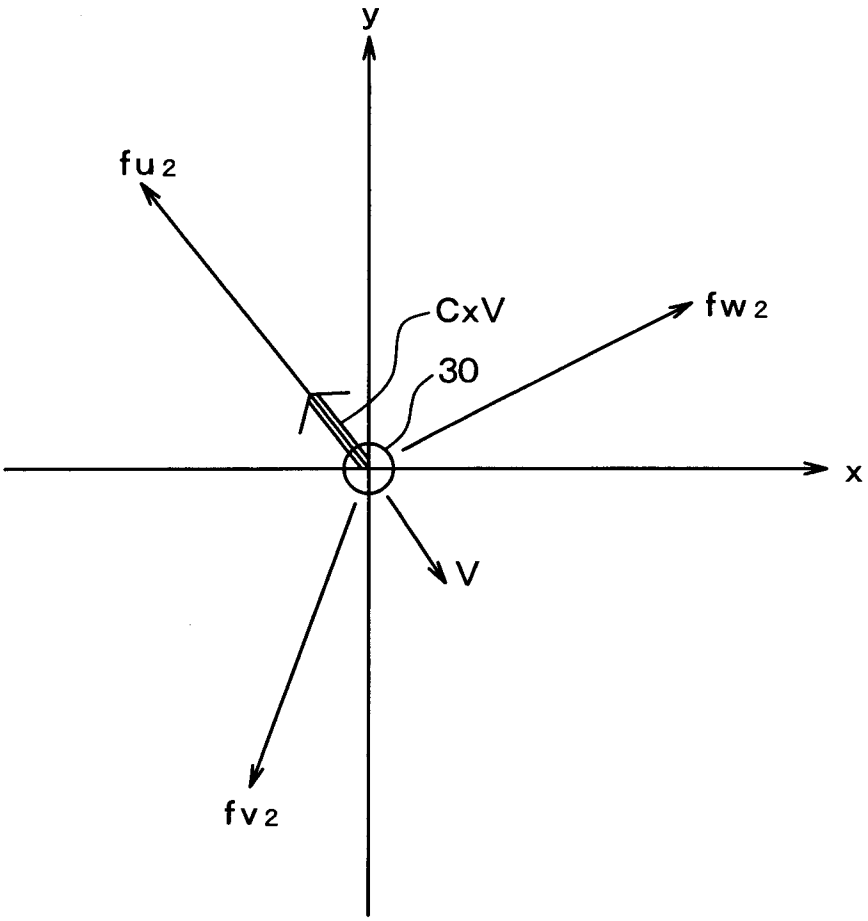
[図42]


Eb
支持力
Ea
角度

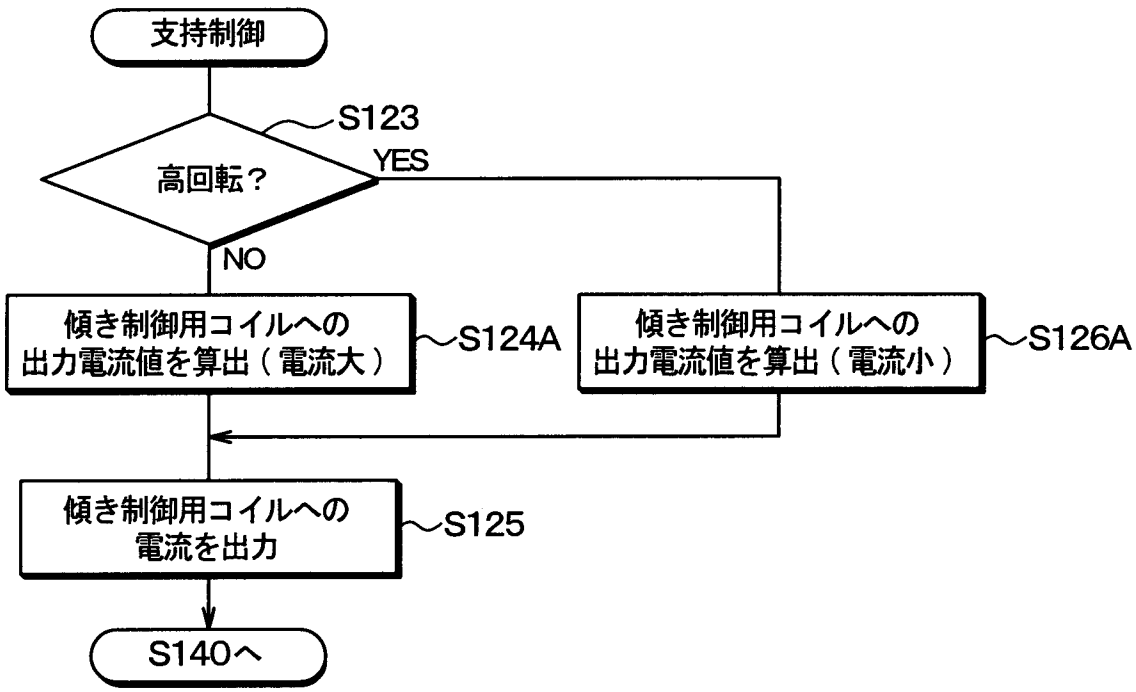
[図43]


71A
71a
70
71B
71C
SW1
SW3
SW5
SW7
SW9
SW11
T1
T2
T3
T4
T5
T6
50a
50b
50c
Ba
SW2
SW4
SW6
SW8
SW10
SW12
71b
制御回路
73
72
72a
SY1
SY3
SY5
D1
D2
D3
51a
51b
51c
SY2
SY4
SY6
72b

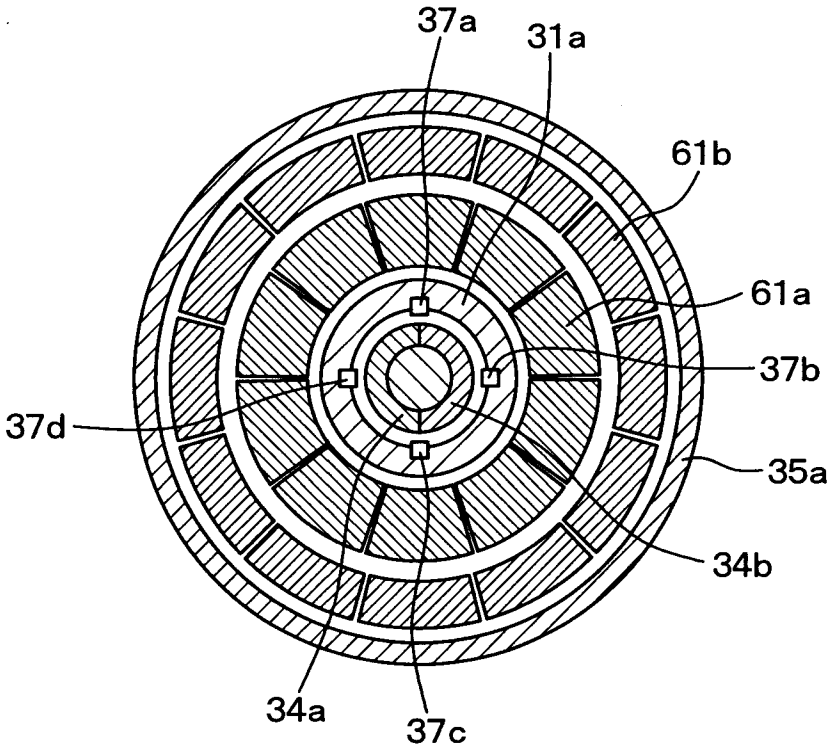
[図44]


y
fu2
CxV
fw2
30
x
V
fv2

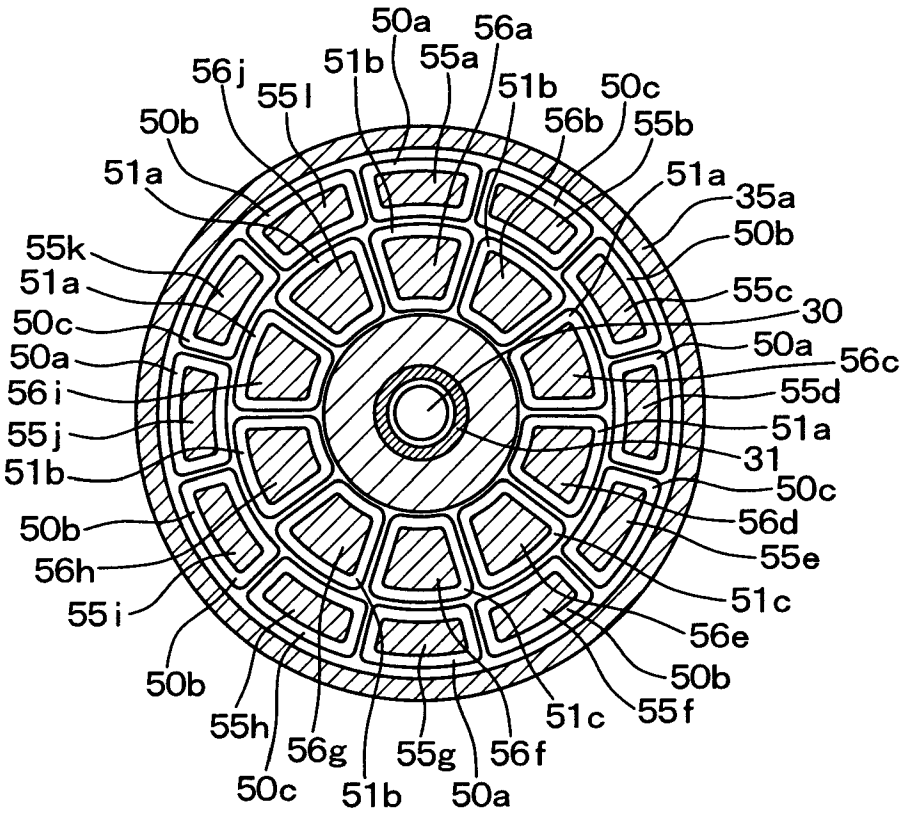
[図45]


支持制御
S123
高回転？
YES
NO
傾き制御用コイルへの
出力電流値を算出（電流大）
S124A
傾き制御用コイルへの
出力電流値を算出（電流小）
S126A
傾き制御用コイルへの
電流を出力
S125
S140へ

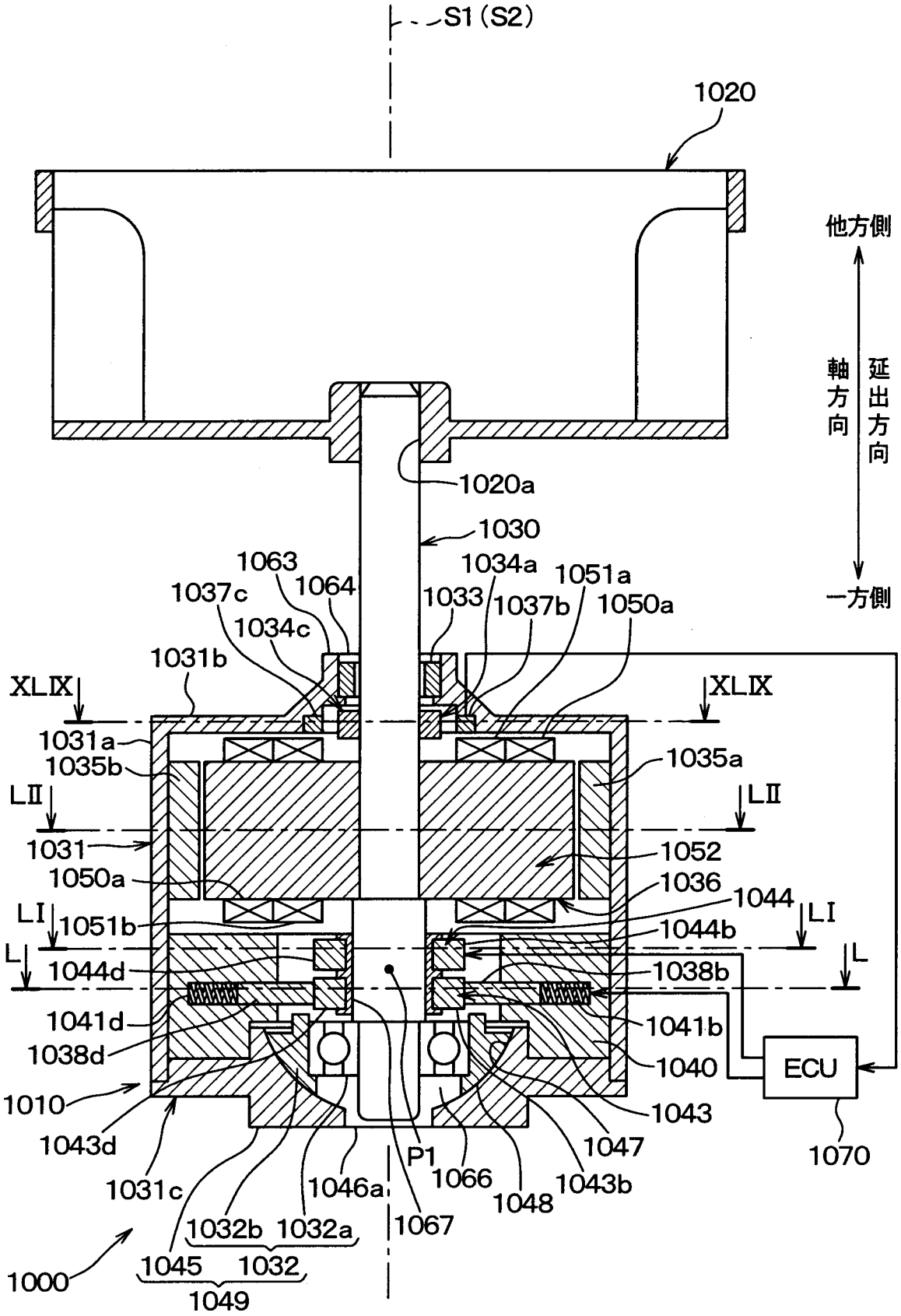
[図46]


37a
31a
61b
61a
37b
37d
35a
34b
34a
37c

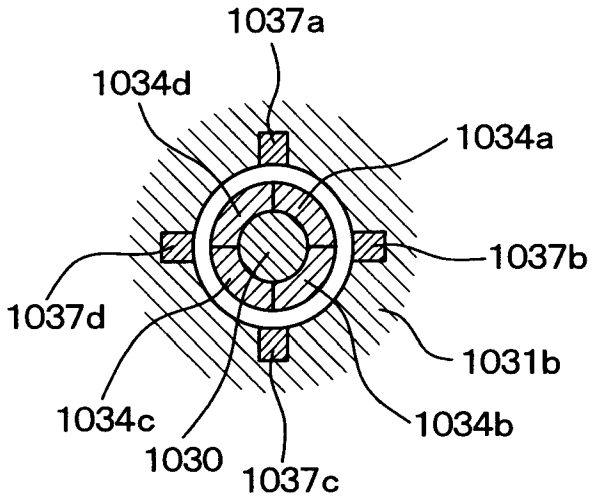
[図47]


50a
56a
51b
55a
56j
55l
51b
50c
50b
56b
55b
51a
51a
35a
55k
50b
51a
55c
50c
30
50a
56c
56i
55d
55j
51a
31
51b
50c
50b
56d
56h
55e
55i
51c
56e
50b
50b
55f
51c
55h
56g
55g
56f
50c
51b
50a

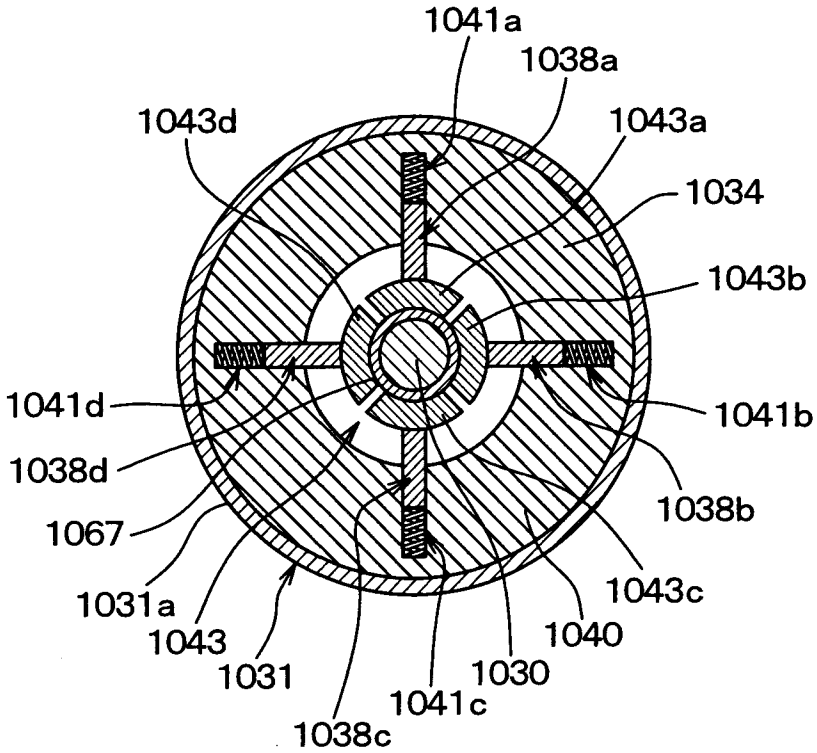
[図48]


S1(S2)
1020
他方側
軸方向
延出方向
一方側
1020a
1030
1063
1064
1034a
1051a
1037c
1033
1037b
1050a
1034c
1031b
XLIX
XLIX
1031a
1035b
1035a
LII
LII
1031
1052
1050a
1036
1044
LI
LI
1051b
1044b
L
L
1044d
1038b
1041d
1041b
1038d
1040
ECU
1010
1043
1043d
1047
1070
P1
1066
1031c
1046a
1048
1043b
1067
1032b
1032a
1000
1045
1032
1049

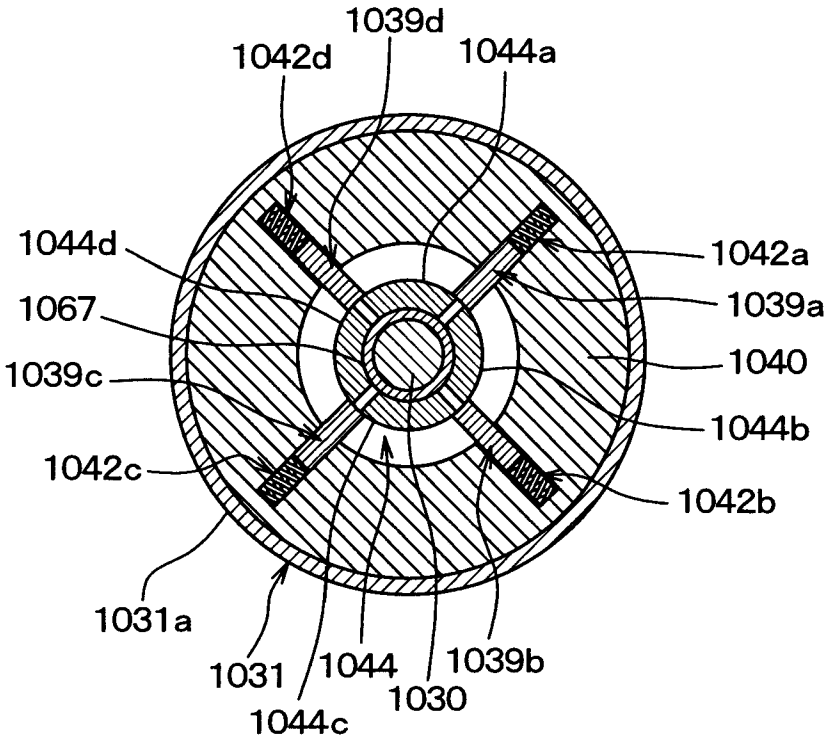
[図49]


1037a
1034d
1034a
1037b
1037d
1031b
1034c
1034b
1030
1037c

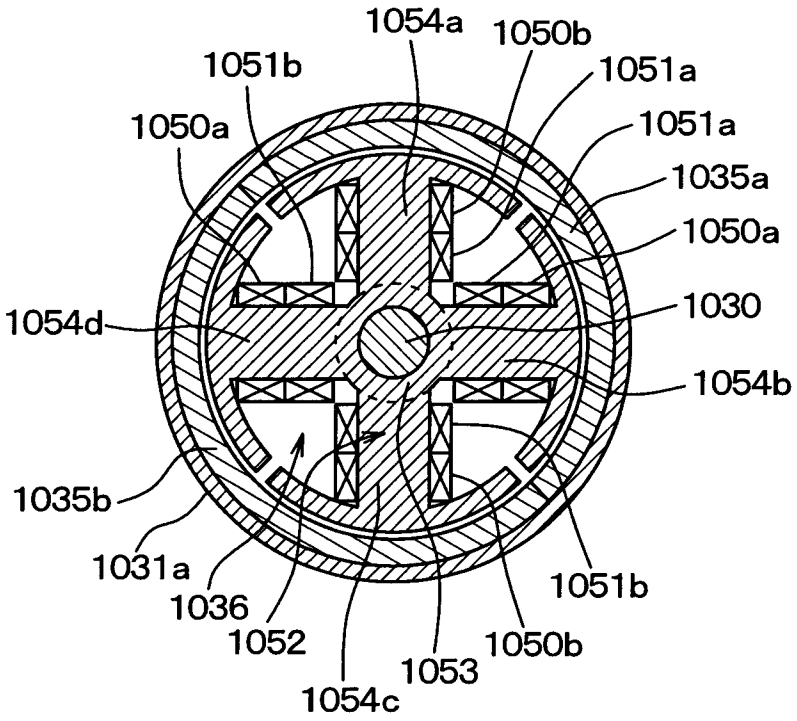
[図50]


1041a
1038a
1043d
1043a
1034
1043b
1041d
1041b
1038d
1038b
1067
1043c
1031a
1040
1043
1031
1030
1041c
1038c

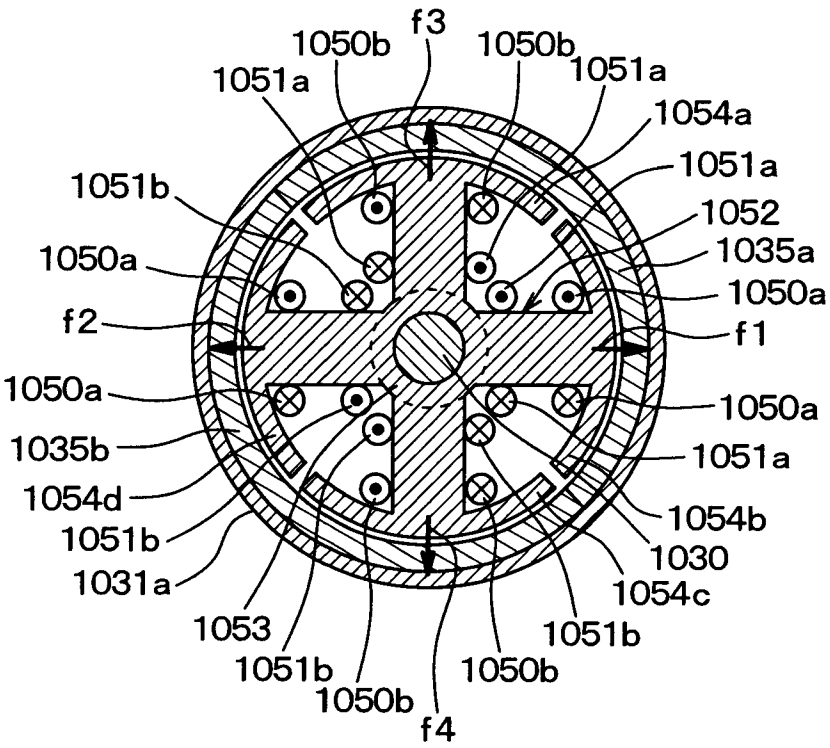
[図51]


1039d
1042d
1044a
1044d
1042a
1067
1039a
1039c
1040
1044b
1042c
1042b
1031a
1031
1044
1039b
1030
1044c

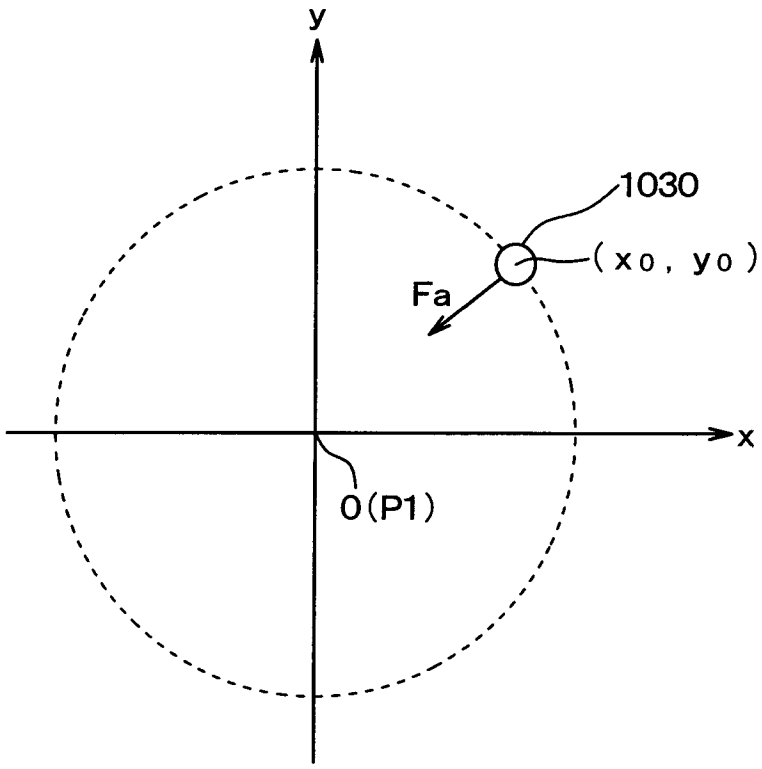
[図52]


1054a
1050b
1051b
1051a
1050a
1051a
1035a
1050a
1054d
1030
1054b
1035b
1031a
1036
1052
1053
1050b
1051b
1054c

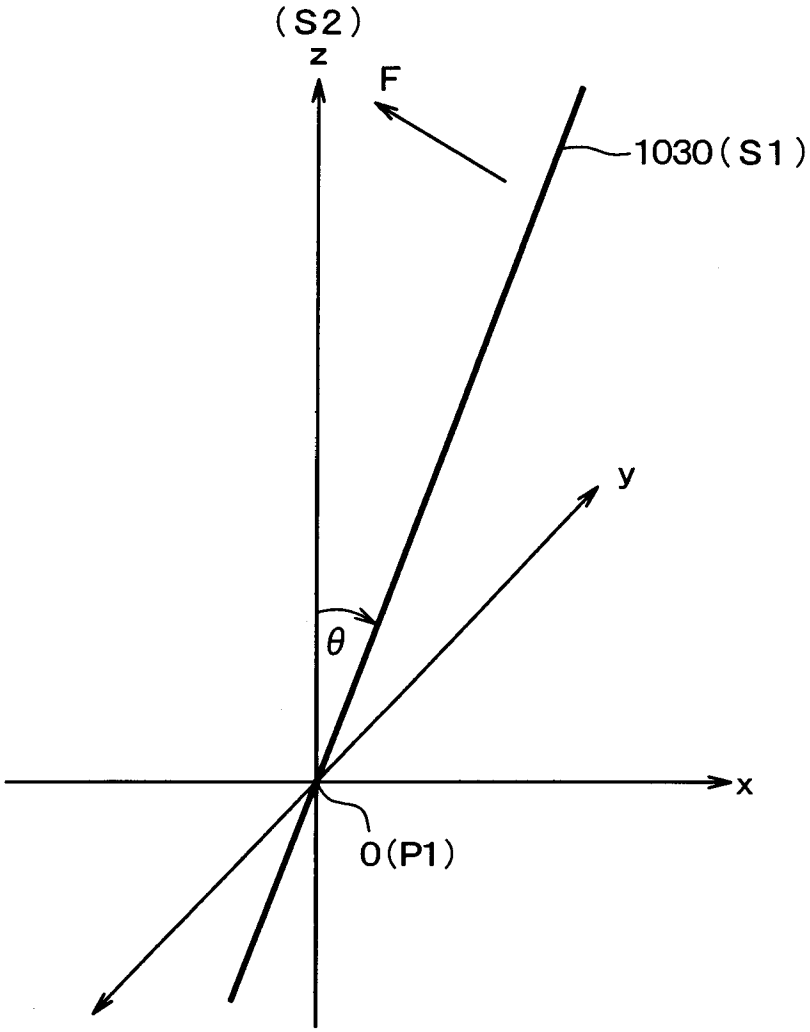
[図53]


f3
1050b
1050b
1051a
1051a
1054a
1051a
1051b
1052
1035a
1050a
1050a
f2
f1
1050a
1050a
1035b
1051a
1054d
1054b
1051b
1030
1031a
1054c
1053
1051b
1051b
1050b
1050b
f4

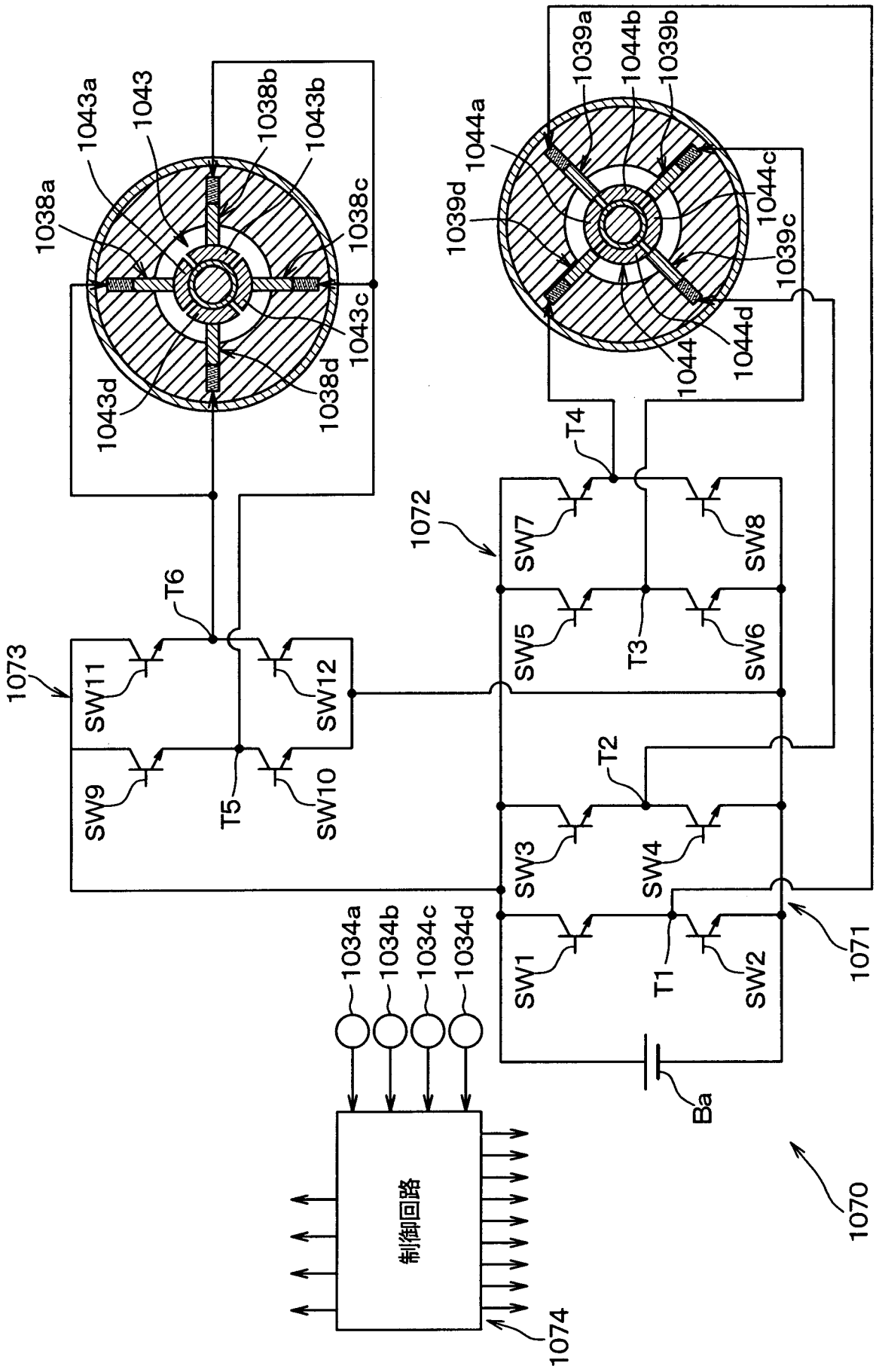
[図54]


y
1030
(xo, yo)
Fa
x
0(P1)

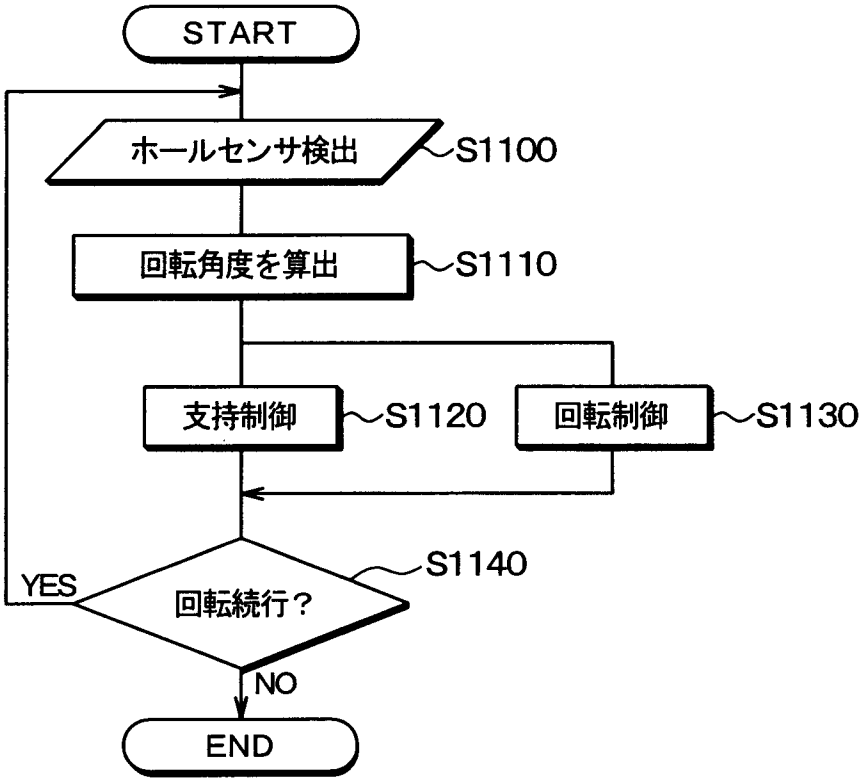
[図55]



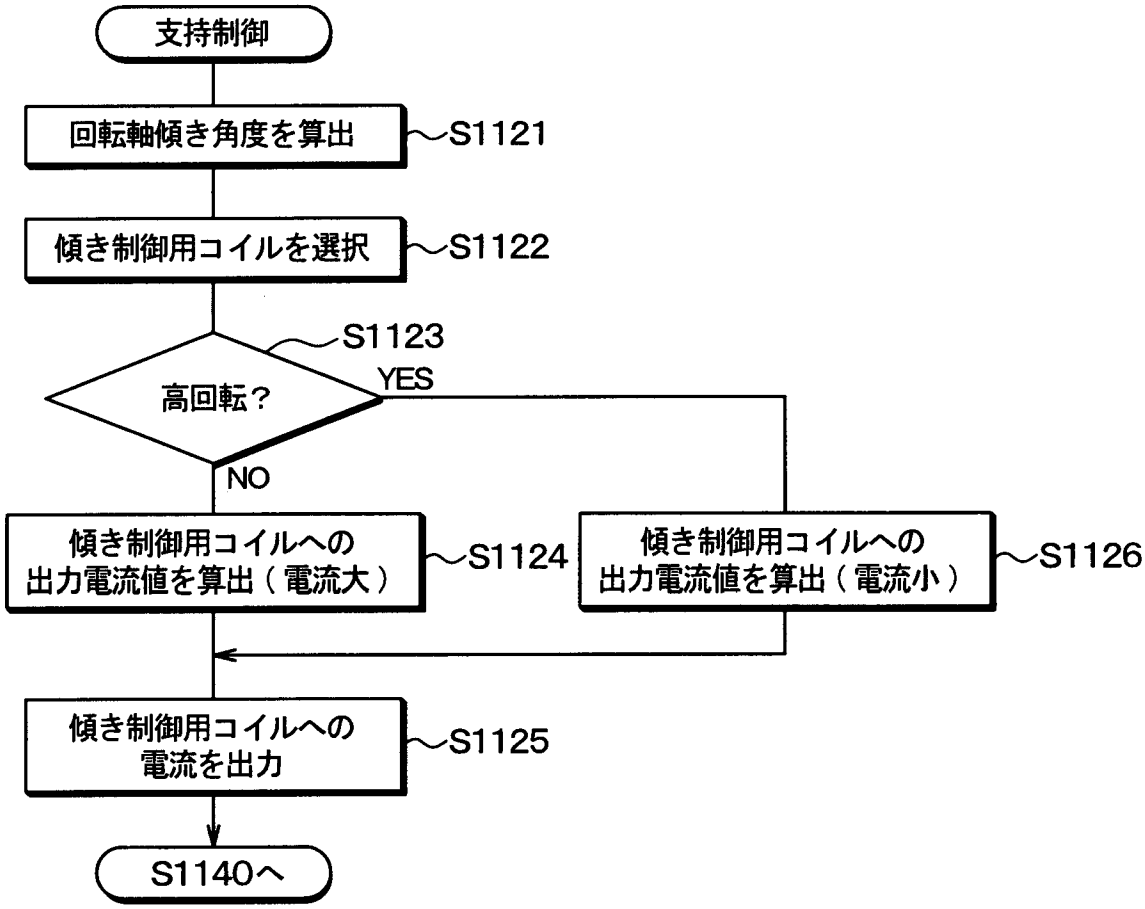
[図56]


1043a
1043
1038b
1043b
1038a
1038c
1043c
1043d
1038d
1039a
1044b
1039b
1044a
1039d
1044c
1039c
1044
1044d
T4
1072
SW7
SW8
T6
SW5
T3
SW6
1073
SW11
SW12
T2
SW9
T5
SW10
SW3
SW4
1034a
1034b
1034c
1034d
SW1
T1
SW2
1071
Ba
1070
制御回路
1074

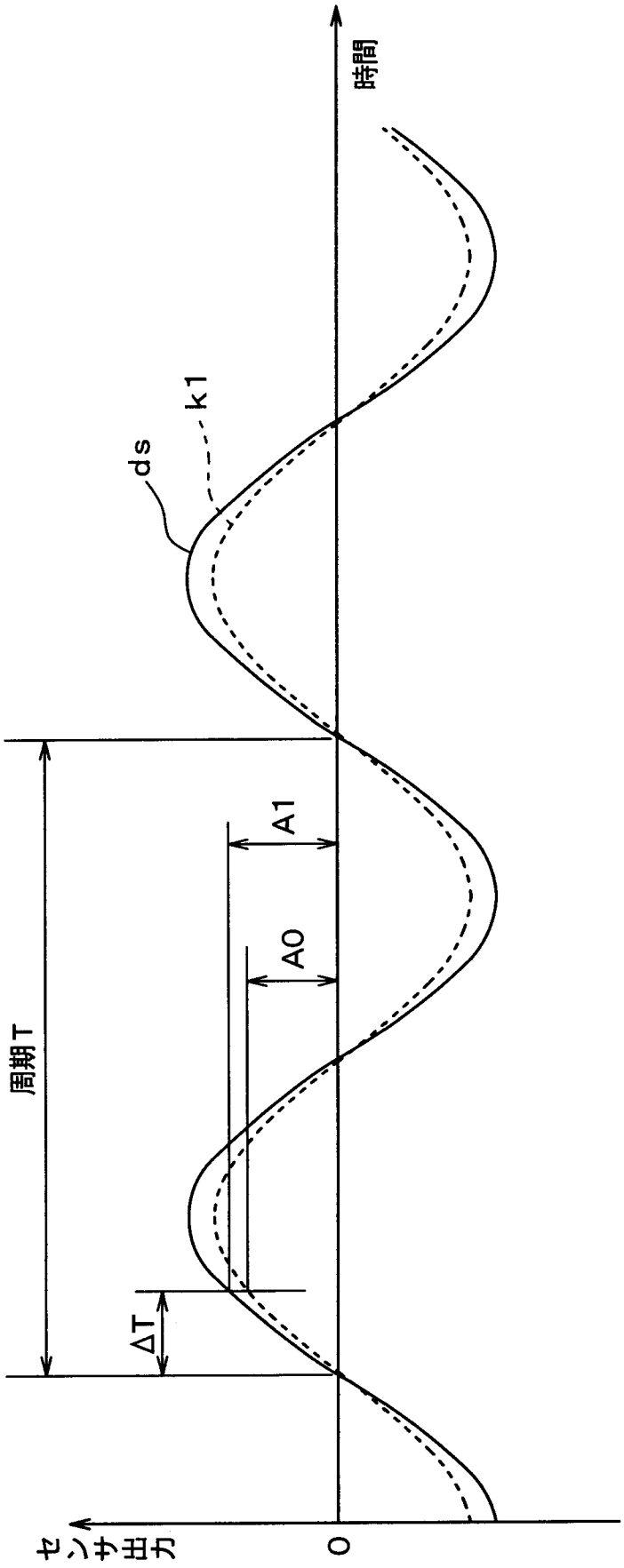
[図57]


START
ホールセンサ検出
S1100
回転角度を算出
S1110
支持制御
S1120
回転制御
S1130
S1140
YES
回転続行？
NO
END

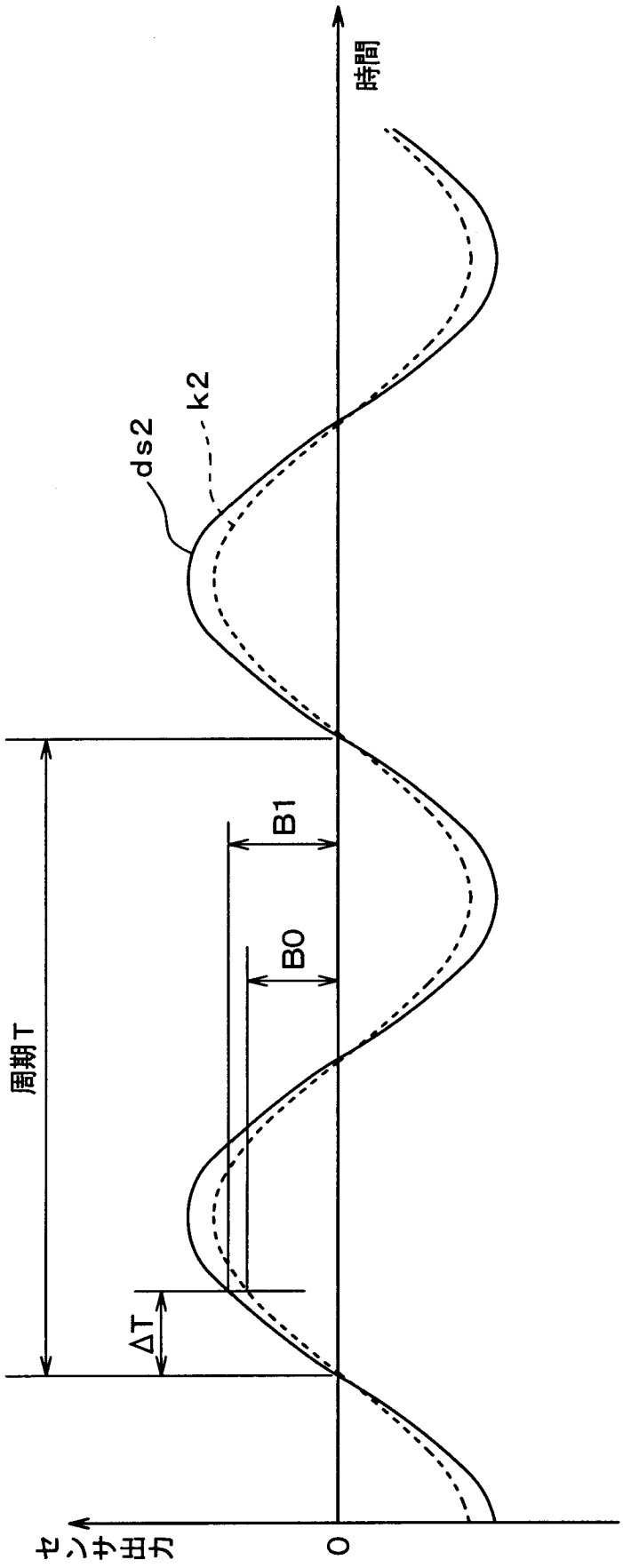
[図58]


支持制御
回転軸傾き角度を算出
S1121
傾き制御用コイルを選択
S1122
S1123
高回転？
YES
NO
傾き制御用コイルへの
出力電流値を算出（電流大）
S1124
傾き制御用コイルへの
出力電流値を算出（電流小）
S1126
傾き制御用コイルへの
電流を出力
S1125
S1140へ

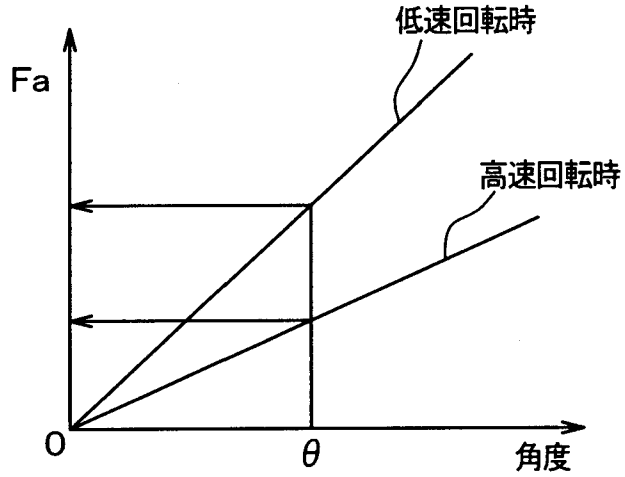
[図59A]



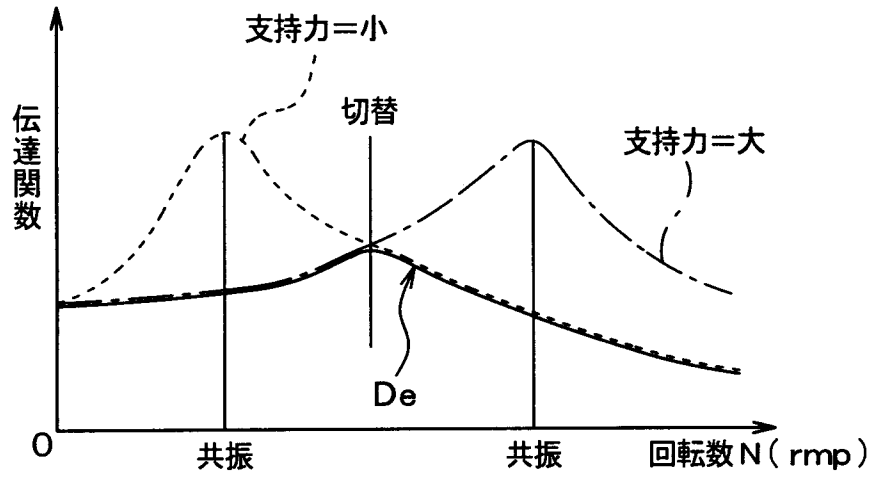
[図59B]



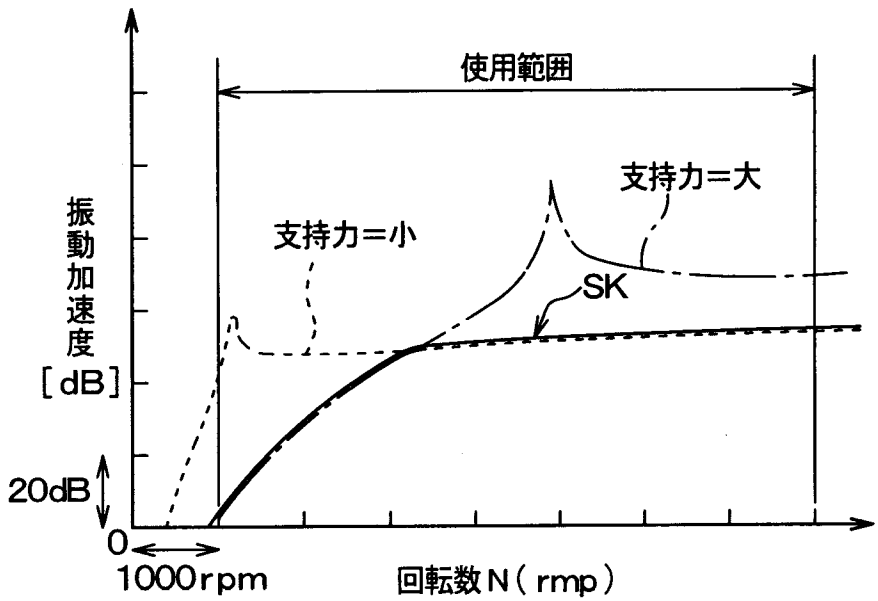
[図60]


低速回転時
Fa
高速回転時
0
θ
角度

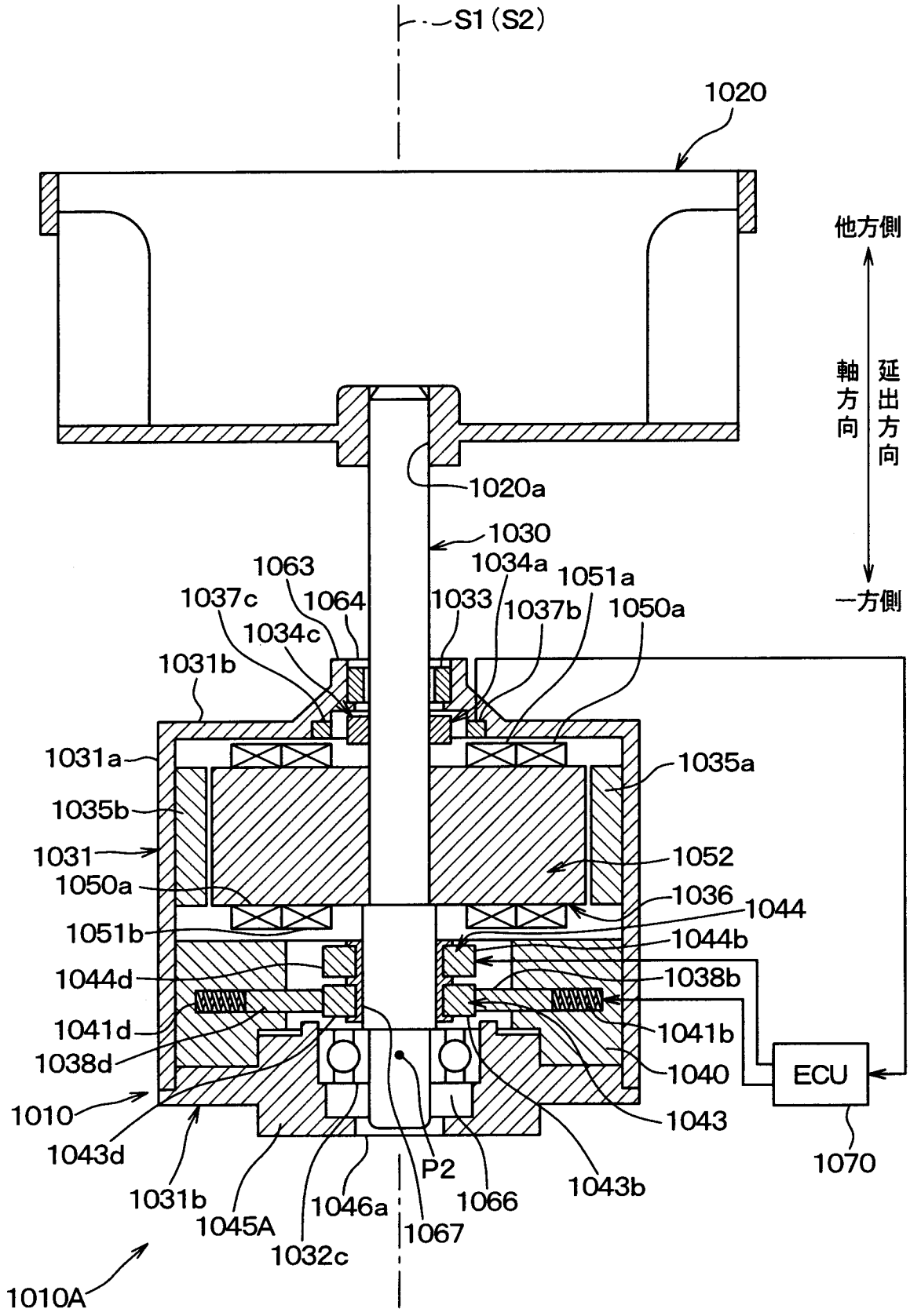
[図61]


支持力＝小
切替
支持力＝大
伝達関数
De
0
共振
共振
回転数N（rmp）

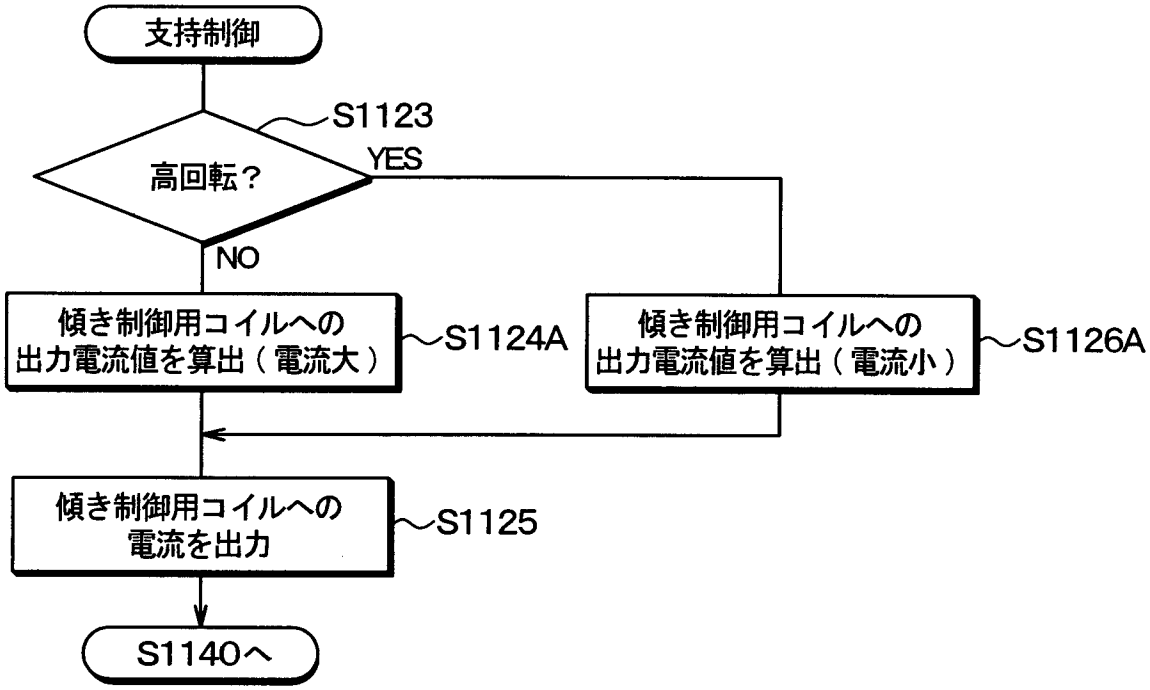
[図62]


使用範囲
支持力＝大
支持力＝小
SK
振動加速度[dB]
20dB
0
1000rpm
回転数N（rmp）

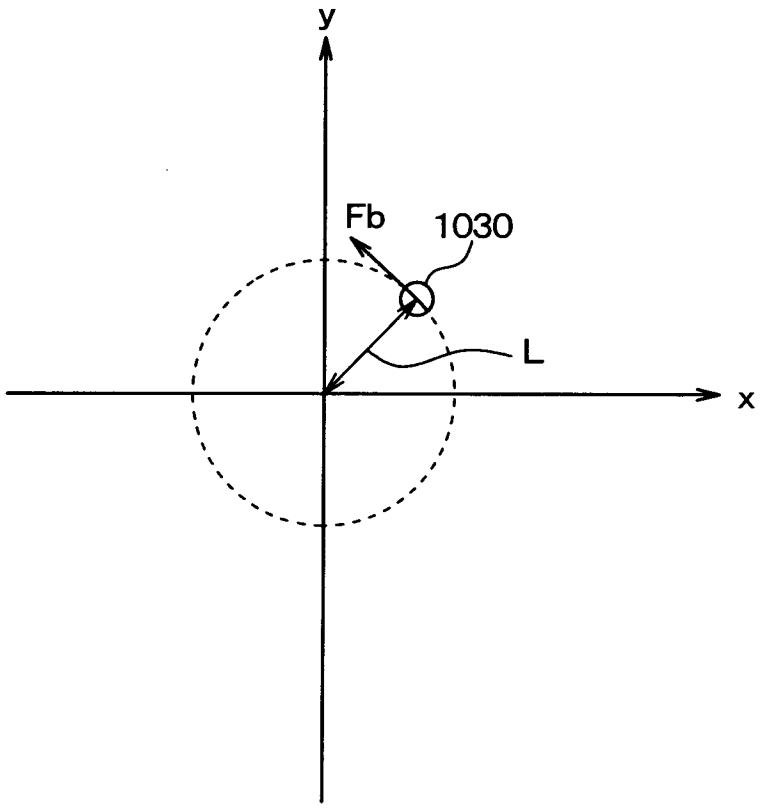
[図63]


S1 (S2)
1020
他方側
軸方向
延出方向
一方側
1020a
1030
1063
1034a
1051a
1037c
1064
1033
1037b
1050a
1034c
1031b
1031a
1035a
1035b
1031
1052
1050a
1036
1044
1051b
1044b
1044d
1038b
1041d
1041b
1038d
1040
ECU
1010
1043
1043d
1070
P2
1031b
1046a
1066
1043b
1045A
1067
1032c
1010A

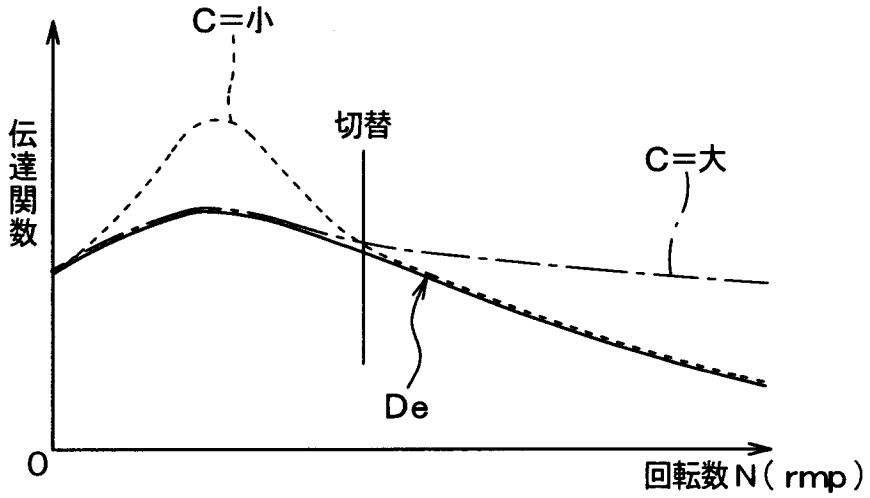
[図64]


支持制御
S1123
高回転？
YES
NO
傾き制御用コイルへの
出力電流値を算出（電流大）
S1124A
傾き制御用コイルへの
出力電流値を算出（電流小）
S1126A
傾き制御用コイルへの
電流を出力
S1125
S1140へ

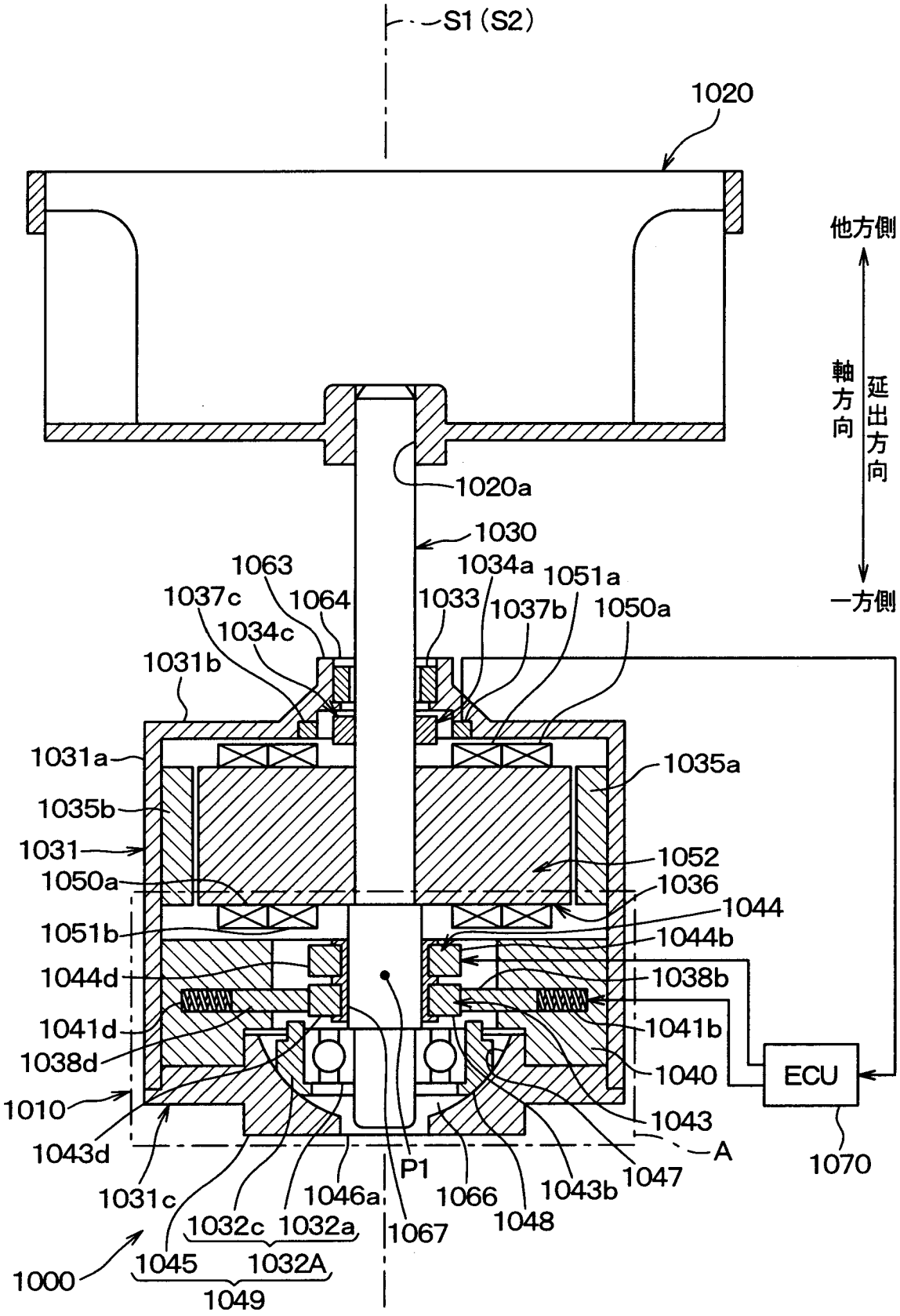
[図65]


y
Fb
1030
L
x

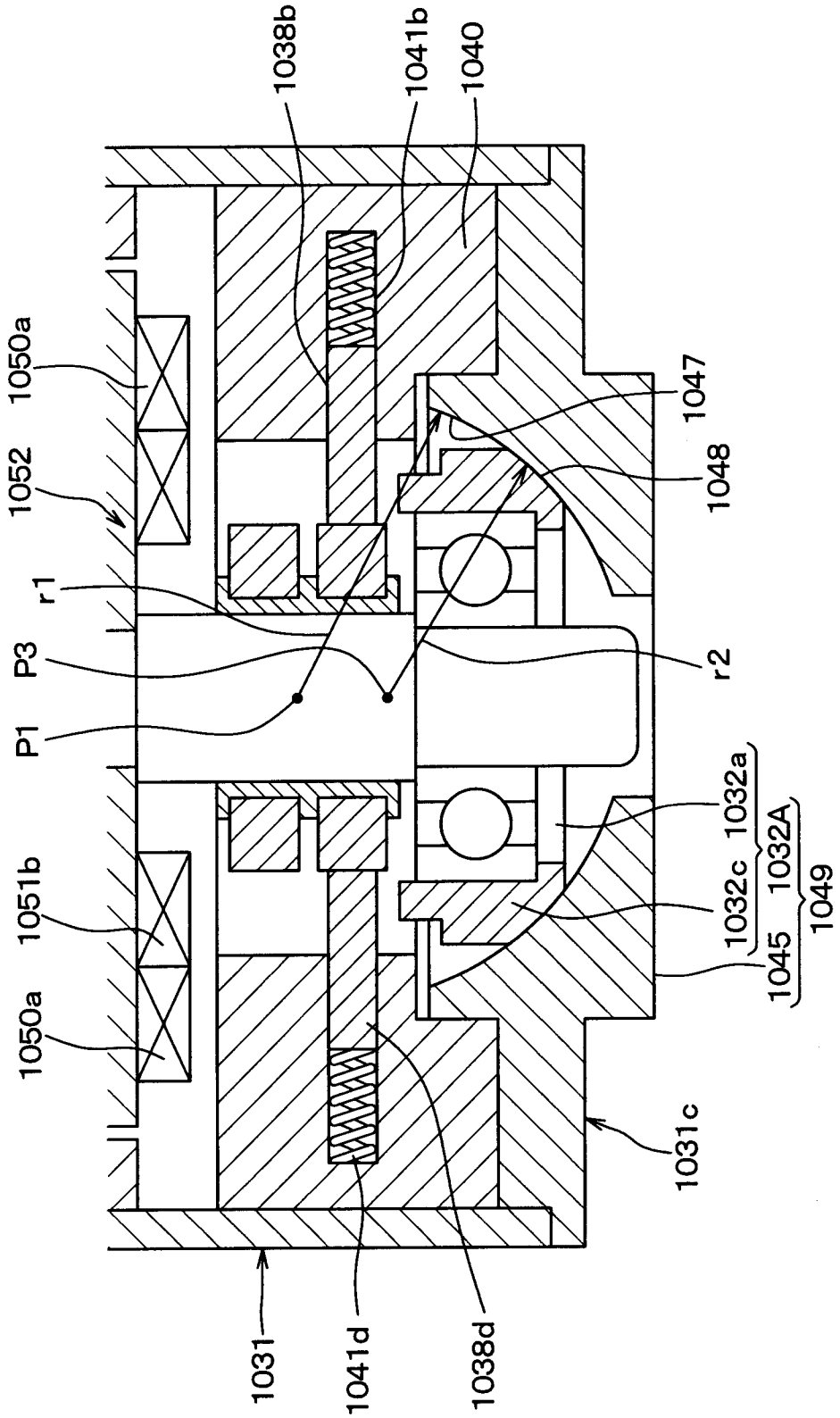
[図66]



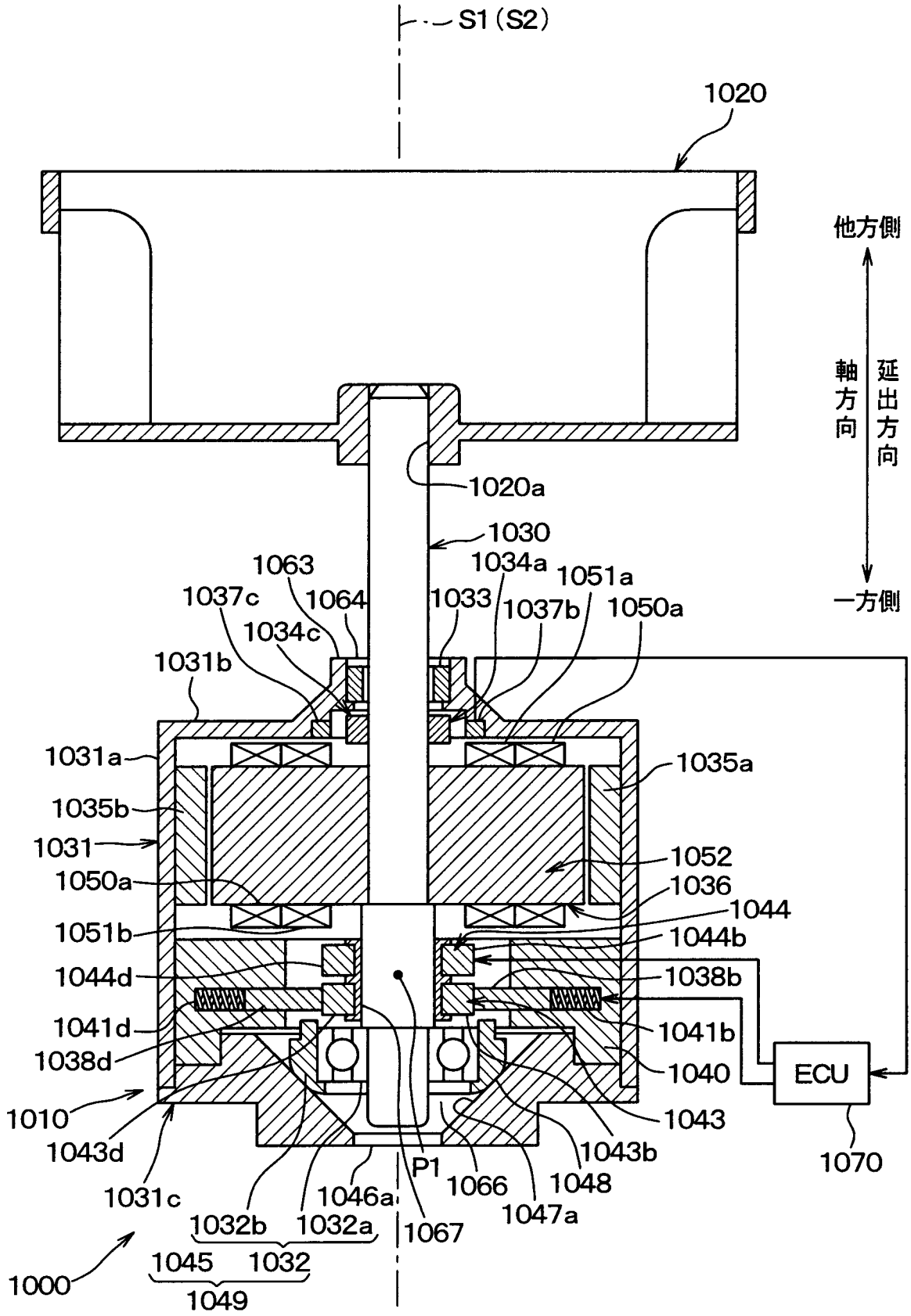
[図67]


S1 (S2)
1020
他方側
軸方向
延出方向
一方側
1020a
1030
1063
1034a
1051a
1037c
1064
1033
1037b
1050a
1034c
1031b
1031a
1035a
1035b
1031
1052
1050a
1036
1044
1051b
1044b
1044d
1038b
1041d
1041b
1038d
1040
ECU
1010
1043
1043d
A
1070
P1
1031c
1046a
1066
1043b
1047
1032c
1032a
1067
1048
1000
1045
1032A
1049

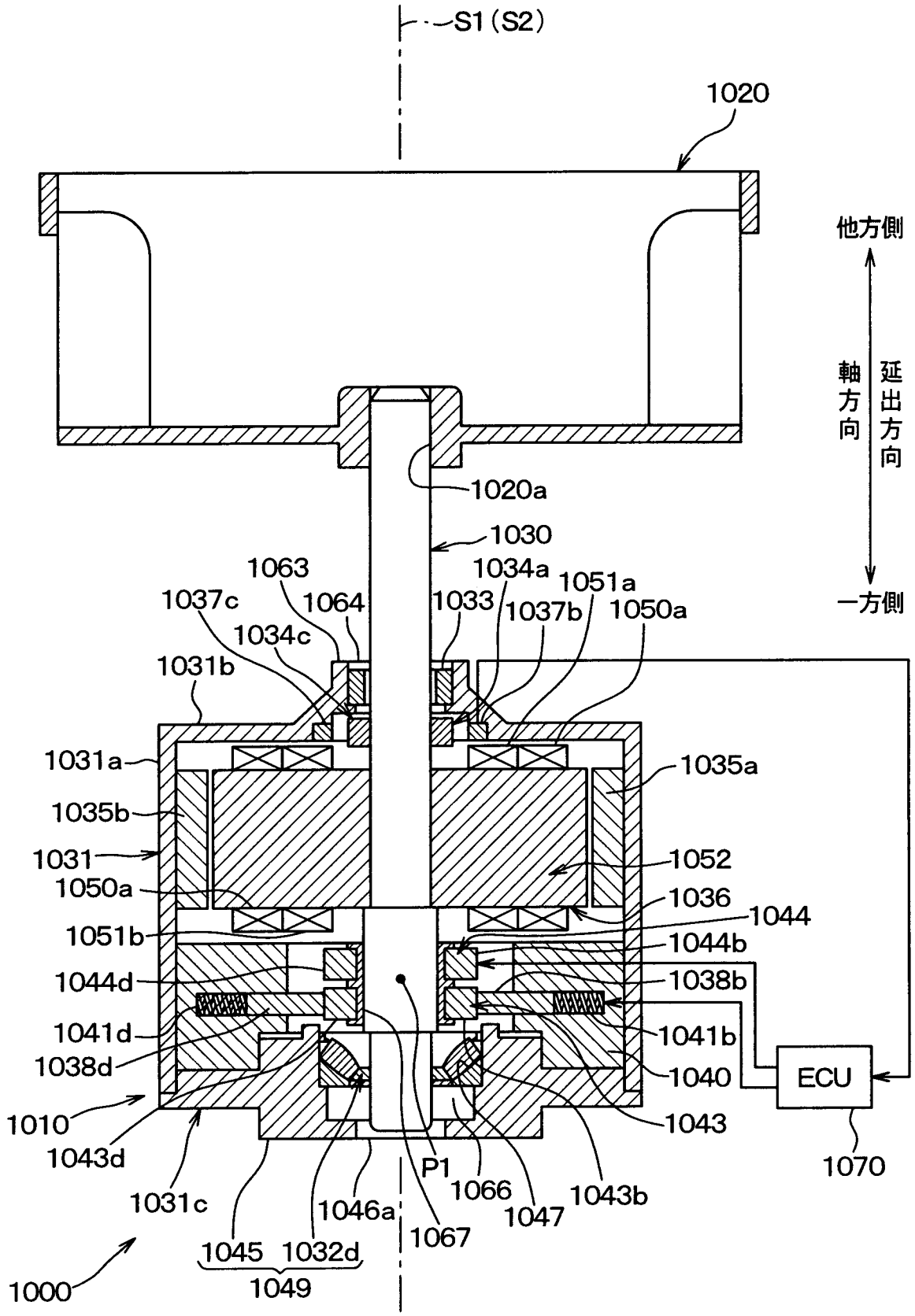
[図68]


1038b
1041b
1040
1050a
1052
1047
1048
r1
P3
P1
r2
1032a
1032A
1032c
1049
1045
1051b
1050a
1031c
1031
1041d
1038d

[図69]


S1 (S2)
1020
他方側
軸方向
延出方向
一方側
1020a
1030
1063
1034a
1051a
1037c
1064
1033
1037b
1050a
1034c
1031b
1031a
1035a
1035b
1031
1052
1050a
1036
1044
1051b
1044b
1044d
1038b
1041d
1041b
1038d
1040
ECU
1010
1043
1043d
1043b
1070
P1
1066
1048
1031c
1046a
1047a
1032b
1032a
1067
1000
1045
1032
1049

[図70]


S1(S2)
1020
他方側
軸方向
延出方向
一方側
1020a
1030
1063
1034a
1051a
1037c
1064
1033
1037b
1050a
1034c
1031b
1031a
1035a
1035b
1031
1052
1050a
1036
1044
1051b
1044b
1044d
1038b
1041d
1041b
1038d
1040
ECU
1010
1043
1043d
P1
1070
1066
1043b
1031c
1046a
1047
1067
1045
1032d
1049
1000

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/005451

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F16C32/04(2006.01)i, *F16C19/16*(2006.01)i, *F16C19/52*(2006.01)i, *F16C32/00*(2006.01)i, *H02K5/16*(2006.01)i, *H02K7/09*(2006.01)i, *H02K11/21*(2016.01)i, *H02K21/22*(2006.01)i, *H02K29/06*(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)
F16C32/04, F16C19/16, F16C19/52, F16C32/00, H02K5/16, H02K7/09, H02K11/21, H02K21/22, H02K29/06

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 8-338432 A (NTN Corp.), 24 December 1996 (24.12.1996), paragraphs [0016] to [0021]; fig. 2 (Family: none)	1-35
A	JP 2002-291199 A (Data Storage Institute), 04 October 2002 (04.10.2002), all pages & US 2002/0089245 A1 the whole document	1-35
A	JP 2003-314550 A (Sankyo Seiki Mfg. Co., Ltd.), 06 November 2003 (06.11.2003), all pages (Family: none)	1-35

☐ 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	Date of mailing of the international search report
22 January 2016 (22.01.16)	02 February 2016 (02.02.16)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/005451

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

Document 1: JP 8-338432 A (NTN Corp.), 24 December 1996 (24.12.1996), paragraphs [0016] to [0021]; fig. 2 (Family: none)

Claims are classified into the following two inventions.

(Invention 1) claims 1-5 and 10-35

Claims 1-5 and 10-35 are classified into Invention 1 because the claims specify that "a current flowing through a second coil is controlled by a control unit so as to bring the axial line of a rotation shaft closer to a rotation center by an electromagnetic force between a permanent magnet and the second coil" or have a special technical feature equivalent thereto.

(Invention 2) claims 6-9

Claims 6-9 have a technical feature common to claim 1 classified into Invention 1, i.e., that "the rotation shaft can be tilted relative to the rotation center of the rotation shaft with a mechanical bearing side on the rotation shaft defined as a fulcrum, the rotation shaft being provided with a support member for rotatably supporting the same via the mechanical bearing, a rotor, a first coil, and a second coil constituting a magnetic bearing."

However, the above-said technical feature cannot be considered to be a special technical feature, since the technical feature does not make a contribution over the prior art in the light of the contents disclosed in the document 1 (particular, see fig. 2).

Further, there is no other same or corresponding special technical feature between claims 6-9 and claim 1.

In addition, claims 6-9 are not dependent on claim 1.

Further, claims 6-9 have no relationship such that these claims are substantially same as or equivalent to any claim classified into Invention 1.

Consequently, claims 6-9 cannot be classified into Invention 1.

Then, claims 6-9 are classified into Invention 2 because the claims have a special technical feature that "the distance between a position shift detection sensor and the rotation shaft is greater than the distance between the position shift detection sensor and the permanent magnet."

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／００５４５１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F16C32/04(2006.01)i, F16C19/16(2006.01)i, F16C19/52(2006.01)i, F16C32/00(2006.01)i, H02K5/16(2006.01)i, H02K7/09(2006.01)i, H02K11/21(2016.01)i, H02K21/22(2006.01)i, H02K29/06(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.　F16C32/04, F16C19/16, F16C19/52, F16C32/00, H02K5/16, H02K7/09, H02K11/21, H02K21/22, H02K29/06

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	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６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 8-338432 A (エヌティエヌ株式会社) 1996.12.24, 段落[0016]-[0021],図２（ファミリーなし）	1-35
A	JP 2002-291199 A (データ，ストレージ，インスティテュート) 2002.10.04, 全頁 & US 2002/0089245 A1, the whole document	1-35
A	JP 2003-314550 A (株式会社三協精機製作所) 2003.11.06, 全頁（ファミリーなし）	1-35

☐　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	国際調査報告の発送日
２２．０１．２０１６	０２．０２．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｖ　３３２８
松本　泰典
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５７

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／００５４５１

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第8条第3項（ＰＣＴ17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

１．☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

２．☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

３．☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

特別ページ参照

１．☑ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。

２．☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

３．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。

４．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☑ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

文献１：JP 8-338432 A（エヌティエヌ株式会社）1996.12.24，段落[0016]-[0021],図 2（ファミリーなし）

請求の範囲は，以下の２つの発明に区分される。

（発明 1）　請求項 1-5,10-35
請求項 1-5,10-35 は，「永久磁石および第２コイルの間の電磁力によって回転中心に回転軸の軸線を近づけるように前記第２コイルに流れる電流が制御装置によって制御される」またはそれと同等の特別な技術的特徴を有しているので，発明１ に区分する。

（発明 2）　請求項 6-9
請求項 6-9 は，発明１ に区分された請求項１ と，「機械的軸受けを介して回転自在に支持する支持部材と、ロータと、第１コイルと、磁気軸受けを構成する第２コイルとを備える前記回転軸のうち前記機械的軸受け側を支点として当該回転軸が前記回転軸の回転中心に対して傾くことが可能に構成」されるという共通の技術的特徴を有している。しかしながら，当該技術的特徴は，文献１ の開示内容（特に図 2 参照）に照らして，先行技術に対する貢献をもたらすものではないから，特別な技術的特徴であるとはいえない。また，請求項 6-9 と請求項１ との間に，他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。
さらに，請求項 6-9 は請求項１ の従属請求項ではない。また，請求項 6-9 は，発明１ に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。
したがって，請求項 6-9 は発明１ に区分できない。
そして，請求項 6-9 は，「位置ずれ検出センサおよび回転軸の間の距離が、前記位置ずれ検出センサおよび永久磁石の間の距離よりも大きくなっている」という特別な技術的特徴を有しているので，発明 2 に区分する。