

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年11月16日(16.11.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/218516 A1

(51) 国際特許分類:

H02P 29/024 (2016.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/019769

(22) 国際出願日: 2022年5月10日(10.05.2022)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

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

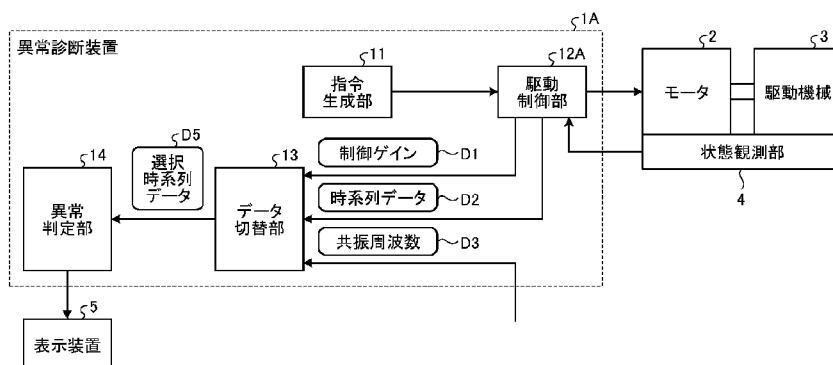
(72) 発明者:角田 大記(SUMIDA, Daiki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 高野 直人(TAKANO,

Naoto); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 今孝公(KON, Takayuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 上田 浩一郎(UEDA, Koichiro); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 堀澤 洋一(HORISAWA, Yoichi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 西村 隼一(NISHIMURA, Shunichi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人:高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎

(54) Title: ABNORMALITY DIAGNOSIS DEVICE AND ABNORMALITY DIAGNOSIS METHOD

(54) 発明の名称: 異常診断装置および異常診断方法



- 1A Abnormality diagnosis device
2 Motor
3 Drive machine
4 State observation unit
5 Display device
11 Command generation unit
12A Drive control unit
13 Data switching unit
14 Abnormality determination unit
D1 Control gain
D2 Time sequence data
D3 Resonant frequency
D5 Selected time sequence data

(57) Abstract: An abnormality diagnosis device (1A) comprises: a command generation unit (11) that generates a command value for specifying the operation of a motor (2) or a drive machine (3); a drive control unit (12A) that feedback-controls the motor on the basis of a control gain (D1) so that the operation of the motor or drive machine follows the command value; a data switching unit (13) that switches selected time sequence data (D5) by selecting from time sequence data (D2) indicating the state of the motor or the drive machine on the basis of the comparison result between a control band deter-

の門三井ビルディング 弁理士法人酒井
国際特許事務所 Tokyo (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (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, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

mined from the control gain and a threshold value determined from the drive machine; and an abnormality determination unit (14) that determines an abnormality state of the motor or drive machine on the basis of the selected time sequence data.

(57) 要約: 異常診断装置 (1 A) が、モータ (2) または駆動機械 (3) の動作を規定する指令値を生成する指令生成部 (1 1) と、指令値にモータまたは駆動機械の動作が追従するように、制御ゲイン (D 1) に基づいてモータをフィードバック制御する駆動制御部 (1 2 A) と、制御ゲインから決まる制御帯域と、駆動機械から決まる閾値との比較結果に基づいて、モータまたは駆動機械の状態を示す時系列データ (D 2) の中から選択して選択時系列データ (D 5) を切り替えるデータ切替部 (1 3) と、選択時系列データに基づいて、モータまたは駆動機械の異常状態を判定する異常判定部 (1 4) と、を備える。

明 細 書

発明の名称： 異常診断装置および異常診断方法

技術分野

[0001] 本開示は、モータまたは駆動機械の異常を診断する異常診断装置および異常診断方法に関する。

背景技術

[0002] 工場などの生産現場では、モータを動力源とする駆動機械が故障すると歩留まり率が低下する。生産現場では、この歩留まり率の低下を防ぐために、定期的に駆動機械のメンテナンスが行われ、特定期間が経過した部品が交換される TBM (Time Based Maintenance、時間基準保全) と呼ばれる保全方法が用いられてきた。最近では、TBM に代わり駆動機械から収集したデータ (駆動機器の内部データ、または加速度センサなどの外部センサデータ) に基づいて、部品を交換するか否かが決定される CBM (Condition Based Maintenance、状態基準保全) と呼ばれる保全方法に切り替わりつつある。CBM としては、例えば、収集データに、統計処理、機械学習、または AI (Artificial Intelligence、人工知能) の計算処理を行うことで駆動機械が正常であるか異常であるかが判断される方法が知られている。

[0003] 特許文献 1 に記載のモータ制御システムは、データ異常判定閾値と、モータ駆動時における時系列検出データに基づいて算出したマハラノビス距離と、の比較に基づいてデータ異常を判定している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特開 2019-024305 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上記特許文献 1 の技術では、収集したデータの取捨選択をせずにデータを解析しているので、異常と関連性の低い冗長なデータを含ん

だ膨大なデータを解析することとなり、異常診断の精度が低下してしまうという問題があった。

[0006] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、高精度な異常診断を行うことができる異常診断装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示の異常診断装置は、モータまたはモータによって駆動される駆動機械の動作を規定する指令値を生成する指令生成部と、指令値にモータまたは駆動機械の動作が追従するように、制御ゲインに基づいてモータをフィードバック制御する駆動制御部とを備える。また、本開示の異常診断装置は、制御ゲインから決まる制御帯域と、駆動機械から決まる閾値との比較結果に基づいて、モータまたは駆動機械の状態を示す時系列データの中から選択して選択時系列データを切り替えるデータ切替部と、選択時系列データに基づいて、モータまたは駆動機械の異常状態を判定する異常判定部とを備える。

発明の効果

[0008] 本開示にかかる異常診断装置は、高精度な異常診断を行うことができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態1にかかる異常診断装置の構成例を示す図

[図2]実施の形態1にかかる異常診断装置が備える駆動制御部の構成例を示す図

[図3]実施の形態1にかかる異常診断装置が備えるデータ切替部が実行する処理の処理手順を示すフローチャート

[図4]実施の形態1にかかる異常診断装置が制御ゲインから制御帯域を算出する処理を説明するための図

[図5]実施の形態1にかかる異常診断装置が備える駆動制御部の別構成例を示す図

[図6]実施の形態2にかかる異常診断装置の構成例を示す図

[図7]実施の形態2にかかる異常診断装置が用いる指令速度の例を示す図

[図8]実施の形態2にかかる異常診断装置が備えるデータ切替部が実行する処理の処理手順を示すフローチャート

[図9]実施の形態3にかかる異常診断装置の構成例を示す図

[図10]実施の形態3にかかる異常診断装置が異常を診断する駆動機械が備えるギヤの構成例を示す図

[図11]実施の形態3にかかる異常診断装置が備えるデータ切替部が実行する処理の処理手順を示すフローチャート

[図12]実施の形態3にかかる異常診断装置が異常を診断する転がり軸受の構成例を示す図

[図13]図12に示す転がり軸受の接触角を説明するための図

[図14]実施の形態4にかかる異常診断装置の構成例を示す図

[図15]実施の形態4にかかる異常診断装置が備えるデータ切替部が実行する処理の処理手順を示すフローチャート

[図16]実施の形態1にかかる異常診断装置を実現するハードウェア構成例を示す図

発明を実施するための形態

[0010] 以下に、本開示の実施の形態にかかる異常診断装置および異常診断方法を図面に基づいて詳細に説明する。

[0011] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1にかかる異常診断装置の構成例を示す図である。異常診断装置1Aは、モータ2または駆動機械3の異常を診断する装置である。駆動機械3は、モータ2に接続されており、モータ2を駆動源（動力源）として動作する。モータ2および駆動機械3は、状態観測部4に接続されている。異常診断装置1Aは、状態観測部4およびモータ2に接続されている。

[0012] 異常診断装置1Aは、指令生成部11と、駆動制御部12Aと、データ切替部13と、異常判定部14とを備えている。

[0013] 指令生成部 11 は、モータ 2 および駆動機械 3 に所望の駆動動作を行わせるための指令値（動作を規定する指令値）を生成し、生成した指令値を駆動制御部 12A に出力する。駆動制御部 12A は、指令生成部 11 から入力される指令値にモータ 2 または駆動機械 3 の動作が追従するように、予め設定された制御ゲイン（後述する位置制御ゲイン、速度制御ゲインなど）D1 に基づいて、モータ 2 に駆動電流を供給する。駆動制御部 12A は、状態観測部 4 から取得したデータと、指令生成部 11 から入力される指令値とに基づいて、モータ 2 をフィードバック制御する。また、駆動制御部 12A は、制御ゲイン D1 を、データ切替部 13 に出力する。

[0014] 実施の形態 1 においては、指令生成部 11 が位置指令（後述する位置指令 P1）の指令値を生成し、駆動制御部 12A が位置指令 P1 に実位置（後述する実位置 P11）を追従させる場合を例に挙げて説明を行うが、指令値は位置指令 P1 に限らない。すなわち、指令生成部 11 が、速度指令の指令値を生成して、駆動制御部 12A が速度指令に実速度を追従させるなどの処理が実行されてもよい。位置指令 P1 は、モータ 2 の位置（回転位置、移動位置など）の指令、または駆動機械 3 の駆動位置の指令である。速度指令は、モータ 2 の速度（回転速度、移動速度など）の指令、または駆動機械 3 の駆動速度の指令である。

[0015] 以下では、位置指令 P1 がモータ 2 への位置の指令である場合について主に説明するが、位置指令 P1 は駆動機械 3 への位置の指令であってもよい。また、実位置 P11 がモータ 2 の位置である場合について主に説明するが、実位置 P11 は駆動機械 3 の位置であってもよい。また、速度指令がモータ 2 への速度の指令である場合について主に説明するが、速度指令は駆動機械 3 への速度の指令であってもよい。また、実速度がモータ 2 の速度である場合について主に説明するが、実速度は駆動機械 3 の速度であってもよい。

[0016] モータ 2 は、駆動電流に従って動作する。モータ 2 は、駆動トルクを駆動機械 3 に伝達し、駆動機械 3 を動作させる。なお、モータ 2 は回転型モータであってもよいし、並進動作を行うリニアモータであってもよい。

- [0017] 駆動機械 3 には少なくとも 1 つのモータ 2 が接続されている。駆動機械 3 は、例えば、XY 平面内を移動する XY テーブル、ボールねじ、ギヤ、ベルトなどの機械部品、またはこれらを組み合わせた部品群を含んで構成されている。
- [0018] 状態観測部 4 は、モータ 2 および駆動機械 3 の少なくとも一方の状態を観測し、観測結果を時系列データ D 2 として取得する。実施の形態 1 においては、状態観測部 4 は、モータ 2 の位置データを収集し、位置データの時系列データ D 2 を駆動制御部 1 2 A に出力する。具体的な状態観測部 4 の例は、サーボモータに取り付けられたエンコーダである。状態観測部 4 は、エンコーダに限られるものではない。例えば、駆動機械 3 の変位を検出できるリニアスケールが使用されている場合は、リニアスケールも状態観測部 4 に該当する。
- [0019] なお、状態観測部 4 は、収集した時系列データ D 2 を駆動制御部 1 2 A に出力せず、データ切替部 1 3 に出力してもよい。また、状態観測部 4 は、一部の時系列データ D 2 を駆動制御部 1 2 A に出力し、残りの時系列データ D 2 をデータ切替部 1 3 に出力してもよい。この場合において、状態観測部 4 は、駆動制御部 1 2 A に出力する時系列データ D 2 を含んだ時系列データ D 2 をデータ切替部 1 3 に出力してもよいし、データ切替部 1 3 に出力する時系列データ D 2 を含んだ時系列データ D 2 を駆動制御部 1 2 A に出力してもよい。すなわち、状態観測部 4 は、収集した時系列データ D 2 の一部または全部を、駆動制御部 1 2 A およびデータ切替部 1 3 に出力してもよい。
- [0020] データ切替部 1 3 は、状態観測部 4 または駆動制御部 1 2 A から出力される時系列データ D 2 を受け付ける。図 1 では、データ切替部 1 3 が、駆動制御部 1 2 A から時系列データ D 2 を受け付ける場合を示している。
- [0021] データ切替部 1 3 が、状態観測部 4 または駆動制御部 1 2 A から受け付ける時系列データ D 2 は、状態観測部 4 が取得した時系列データ D 2、または状態観測部 4 が取得した時系列データ D 2 に対して演算処理（加工処理）が行なわれた加工時系列データである。すなわち、実施の形態 1 では、時系列

データ D 2 に加工時系列データが含まれていてもよい。時系列データ D 2 に対する演算処理は、状態観測部 4 または駆動制御部 1 2 A によって実行される。

[0022] なお、時系列データ D 2 は、状態観測部 4 が取得するデータに限らず、駆動制御部 1 2 A が生成するデータ、または指令生成部 1 1 が生成するデータであってもよい。時系列データ D 2 は、状態観測部 4 が取得するデータ（第 1 のデータ）、駆動制御部 1 2 A が生成するデータ（第 2 のデータ）、および指令生成部 1 1 が生成するデータ（第 3 のデータ）の少なくとも 1 つを含んでいる。

[0023] 加工時系列データは、時系列データ D 2 に四則演算、微分演算、積分演算、フィルタ処理、または、これらの組み合わせの処理を行うことで得られる時系列データである。例えば、位置偏差、モータ 2 または駆動機械 3 の外乱トルクの推定値である外乱トルク推定値などが加工時系列データに該当する。位置偏差は、実位置 P 1 1 に対応する位置指令 P 1 と実位置 P 1 1 との差であり、位置指令 P 1 から実位置 P 1 1 を減算することによって得られる。

[0024] また、データ切替部 1 3 へは、予め駆動機械 3 の共振周波数（共振周波数に関する情報）D 3 が入力される。データ切替部 1 3 は、共振周波数 D 3 の測定装置などから駆動機械 3 の共振周波数 D 3 を受け付ける。駆動機械 3 の共振周波数 D 3 は、予め駆動機械 3 にサインスイープ加振を行うことで測定されるか、または、予め駆動機械 3 に打撃試験を行うことで測定される。測定された共振周波数 D 3 は、データ切替部 1 3 への入力データとして異常診断装置 1 A に入力される。

[0025] データ切替部 1 3 は、共振周波数 D 3 に基づいて、駆動機械 3 から決まる閾値を算出する。この閾値は、制御帯域（例えば、速度制御帯域）と比較される閾値である。

[0026] 共振周波数 D 3 は、駆動機械 3 に対応しているので、共振周波数 D 3 に基づいて算出される閾値は、駆動機械 3 に対応している。すなわち、閾値は、駆動機械 3 から決まる値である。データ切替部 1 3 は、取得した制御ゲイン

D 1 と、取得した時系列データ D 2 と、駆動機械 3 から決まる閾値とに基づいて、異常判定部 1 4 に出力する時系列データ（選択時系列データ D 5）を切り替える。

[0027] 具体的には、データ切替部 1 3 は、制御ゲイン D 1 に基づいて、制御帯域を算出する。制御ゲイン D 1 が速度制御ゲインである場合、データ切替部 1 3 は、速度制御ゲインに基づいて、速度制御帯域を算出する。

[0028] データ切替部 1 3 は、例えば、速度制御帯域が閾値よりも小さい場合、選択時系列データ D 5 の種類として実位置 P 1 1 を選択し、速度制御帯域が閾値よりも大きい場合、選択時系列データ D 5 の種類としてモータ 2 の実電流を選択する。実位置 P 1 1 は、モータ 2 または駆動機械 3 の実際の位置である。選択時系列データ D 5 は、時系列データ D 2 のうちデータ切替部 1 3 によって選択されて出力される時系列データである。データ切替部 1 3 は、選択した選択時系列データ D 5 を異常判定部 1 4 に出力する。

[0029] 異常判定部 1 4 は、データ切替部 1 3 から出力される選択時系列データ D 5 に基づいて、判定対象であるモータ 2 または駆動機械 3 が正常であるか異常であるかの判定を行う。異常判定部 1 4 は、正常および異常の判定を、例えば教師なし学習によって実行する。教師なし学習は、学習データに正常データ（判定対象が正常な場合の時系列データ D 2）のみを用い、学習後に入力される選択時系列データ D 5 に対して、異常判定を行う方式である。教師なし学習としては、例えばクラスタリング、主成分分析などが挙げられる。

[0030] なお、異常判定部 1 4 は、学習データに正解ラベルが付与された時系列データ D 2 を活用する教師あり学習を用いてもよいし、目的に応じて設定された報酬を最大化するための行動を学習する強化学習を用いてもよいし、その他の手法を用いてもよい。

[0031] 異常判定部 1 4 は、判定対象、判定項目、および判定結果を表示装置 5 などの外部装置に出力する。異常判定部 1 4 が出力する判定対象は、モータ 2 または駆動機械 3 である。異常判定部 1 4 が出力する判定項目は、位置偏差、外乱トルク推定値などである。異常判定部 1 4 が出力する判定結果は、異

常または正常である。表示装置 5 は、判定対象、判定項目、および判定結果を表示する。

[0032] 図 2 は、実施の形態 1 にかかる異常診断装置が備える駆動制御部の構成例を示す図である。駆動制御部 12A は、減算器 21 と、位置制御部 121 と、減算器 22 と、速度制御部 122 と、減算器 23 と、電流制御部 123 と、速度変換部 124 とを有している。

[0033] 状態観測部 4 は、時系列データ D2 として、実位置 P11 および実電流 P10 を取得して、駆動制御部 12A に出力する。なお、実位置 P11 および実電流 P10 は、駆動制御部 12A を介してデータ切替部 13 にも送られる。実位置 P11 は、モータ 2 から検出される実位置であり、実電流 P10 は、モータ 2 から検出される実電流である。

[0034] 減算器 21 は、指令生成部 11 から出力された位置指令 P1 および状態観測部 4 から出力された実位置 P11 を受け付ける。実位置 P11 は、モータ 2 の実際の位置（回転位置、移動位置など）、または駆動機械 3 の実際の駆動位置である。減算器 21 は、位置指令 P1 から実位置 P11 を減算することで位置偏差 P2 を算出し、算出した位置偏差 P2 を位置制御部 121 に出力する。

[0035] 位置制御部 121 は、位置偏差 P2 に基づいた、例えば P I D（Proportional-Integral-Differential、比例－積分－微分）制御により速度指令 P3 を算出して出力する。速度指令 P3 は、モータ 2 への速度（回転速度、移動速度など）の指令、または駆動機械 3 への速度（駆動速度など）の指令である。P I D 制御には制御ゲイン D1 が存在する。実施の形態 1 では、位置制御部 121 の制御ゲイン D1 を位置制御ゲインという。位置制御部 121 は、速度指令 P3 を減算器 22 に出力する。

[0036] 速度変換部 124 は、例えば状態観測部 4 が出力する実位置 P11 に時間微分処理を行うことで実速度 P8 を算出する。速度変換部 124 は、実速度 P8 を減算器 22 に出力する。実速度 P8 は、モータ 2 の実際の速度（回転速度、移動速度など）、または駆動機械 3 の実際の駆動速度である。

[0037] 減算器 22 は、位置制御部 121 から出力された速度指令 P3 および速度変換部 124 から出力された実速度 P8 を受け付ける。減算器 22 は、速度指令 P3 と実速度 P8 との差である速度偏差 P4 を算出するために、速度指令 P3 から実速度 P8 を減算する。減算器 22 は、算出した速度偏差 P4 を速度制御部 122 に出力する。

[0038] 速度制御部 122 は、速度偏差 P4 に基づいた、例えば P I D 制御により電流指令 P5 を算出して出力する。電流指令 P5 は、モータ 2 を動作させるための電流の指令値である。前述したように、P I D 制御には制御ゲイン D1 が存在し、実施の形態 1 では、速度制御部 122 の制御ゲイン D1 を速度制御ゲイン P9 という。速度制御ゲイン P9 は、前述の制御ゲイン D1 の一例である。実施の形態 1 では、制御ゲイン D1 が速度制御ゲイン P9 である場合について主に説明する。速度制御部 122 は、電流指令 P5 を減算器 23 に出力する。また、速度制御部 122 は、速度制御ゲイン P9 をデータ切替部 13 に出力する。

[0039] 減算器 23 は、速度制御部 122 から出力された電流指令 P5 および状態観測部 4 から出力された実電流 P10 を受け付ける。実電流 P10 は、モータ 2 を動作させている際の実際の電流値である。減算器 23 は、電流指令 P5 と実電流 P10 との差である電流偏差 P6 を算出するために、電流指令 P5 から実電流 P10 を減算する。減算器 23 は、算出した電流偏差 P6 を電流制御部 123 に出力する。

[0040] 電流制御部 123 は、電流偏差 P6 に基づいた電力変換によって駆動電流 P7 を算出して出力することで、モータ 2 に電力を供給する。なお、ここでは、位置制御部 121 および速度制御部 122 の制御の説明において、P I D 制御を例に挙げたが、制御は P I D 制御に限られるものではない。位置制御部 121 および速度制御部 122 の少なくとも一方は、P I 制御、P 制御、またはフィードフォワード補償を併用した制御を実行してもよい。

[0041] ここで、データ切替部 13 の詳細な動作について説明する。図 3 は、実施の形態 1 にかかる異常診断装置が備えるデータ切替部が実行する処理の処理

手順を示すフローチャートである。

[0042] データ切替部 13 は、駆動機器である駆動制御部 12 A から、駆動制御部 12 A に設定されている速度制御ゲイン P_9 を取得する（ステップ S1）。データ切替部 13 は、速度制御ゲイン P_9 に基づいて速度制御帯域を算出する（ステップ S2）。

[0043] ここで、制御ゲイン D_1 から制御帯域を算出する例について説明する。ここでは、制御ゲイン D_1 の一例である速度制御ゲイン P_9 から制御帯域の一例である速度制御帯域を算出する処理の処理例について説明する。

[0044] 図 4 は、実施の形態 1 にかかる異常診断装置が制御ゲインから制御帯域を算出する処理を説明するための図である。図 4 では、モータ 2、駆動機械 3、状態観測部 4、および駆動制御部 12 A の伝達特性に着目したブロック構成を示している。なお、図 4 では、駆動制御部 12 A が比例制御を実行している場合を示している。

[0045] 図 4 において、モータ 2 および駆動機械 3 を剛体とみなし、モータ 2 のイナーシャと駆動機械 3 のイナーシャとの合計を J としている。 s はラプラス演算子である。 K_{vp} は速度制御ゲインであり、 K_t は電流からトルクの換算定数である。

[0046] また、図 4 では、電流制御部 123 の制御帯域が、速度制御部 122 の制御帯域よりも非常に高く、直達とみなし、電流指令 P_5 = 実電流 P_{10} としている。すなわち、図 4 では、指令生成部 11 から出力された速度指令 P_3 が、速度制御部 122 に入力され、速度制御部 122 から出力された電流指令 P_5 （実電流 P_{10} ）がモータ 2 に入力され、電流制御部 123 が省略されている場合を示している。

[0047] 指令生成部 11 からの速度指令 P_3 およびモータ 2 で検出された実速度 P_{8x} は、減算器 24 に入力される。減算器 24 は、速度指令 P_3 から実速度 P_{8x} を減算することで速度偏差 P_4 を算出し、算出した速度偏差 P_4 を速度制御部 122 に出力する。

[0048] 速度偏差 P_4 は、速度制御部 122 内で K_{vp} の作用を受けてトルク指令 P_1

2 となり、トルク指令 P 1 2 は、速度制御部 1 2 2 内で $1/K_t$ の作用を受けて電流指令 P 5 となる。電流指令 P 5 はモータ 2 で K_t の作用を受けて実トルク P 1 3 となり、実トルク P 1 3 はモータ 2 で $1/J s$ の作用を受けて実速度 P 8 x となる。この実速度 P 8 x は、速度制御部 1 2 2 に送られて速度制御部 1 2 2 が実速度 P 8 x を用いて制御を実行することでフィードバックループが実現されている。この場合において、速度指令 P 3 から実速度 P 8 x までの閉ループ伝達関数 $G(s)$ は下記の式 (1) となり、1 次遅れ系の伝達関数となる。

[0049] [数1]

$$G(s) = \frac{\frac{K_{vp}}{J}}{s + \frac{K_{vp}}{J}} \quad \dots (1)$$

[0050] したがって、速度指令 P 3 から実速度 P 8 x への伝達関数は、下記の式 (2) に示す周波数 ω_{sc} で決まる一次遅れ特性になり、概ね ω_{sc} 以下の周波数は通過させるが、 ω_{sc} よりも大きな周波数を遮断する特性となる。

[0051] [数2]

$$\omega_{sc} = \frac{K_{vp}}{J} \quad \dots (2)$$

[0052] この ω_{sc} が速度制御帯域となり、上記式 (1) および式 (2) によって、速度制御ゲイン K_{vp} から算出することができる。なお、図 4 では、比例制御である場合を例として説明したが、P I 制御、P I D 制御であっても、その比例ゲインを K_{vp} とみなせば、同様に速度制御帯域を算出することが可能である。

[0053] つぎに、データ切替部 1 3 は、駆動機械 3 の共振周波数 D 3 を取得する (ステップ S 3)。データ切替部 1 3 は、予め測定された共振周波数 D 3 を記憶しておき、記憶しておいた共振周波数 D 3 を読み出すことで共振周波数 D 3 を取得する。なお、共振周波数 D 3 は、データ切替部 1 3 以外で記憶されてもよい。

[0054] つぎに、データ切替部 1 3 は、駆動機械 3 の共振周波数 D 3 に基づいて閾

値を算出する（ステップS4）。例えば、データ切替部13は、閾値＝共振周波数D3、または閾値＝共振周波数D3×cとする。ここでのcは、例えば、 $0.5 \leq c \leq 2$ 程度の範囲とする。

[0055] つぎに、データ切替部13は、速度制御帯域と閾値とを比較し、速度制御帯域<閾値であるか否かを判定する（ステップS5）。すなわち、データ切替部13は、速度制御帯域が閾値よりも小さいか否かを判定する。

[0056] データ切替部13は、速度制御帯域が閾値よりも小さいと判定した場合（ステップS5、Yes）、データの種類として実位置P11を選択し（ステップS6）、異常判定部14に出力する。すなわち、データ切替部13は、時系列データD2の中から実位置P11を選択し、選択した実位置P11を、選択時系列データD5として異常判定部14に出力する。

[0057] 一方、データ切替部13は、速度制御帯域が閾値よりも大きいと判定した場合（ステップS5、No）、データの種類として実電流P10を選択し（ステップS7）、異常判定部14に出力する。すなわち、データ切替部13は、時系列データD2の中から実電流P10を選択し、選択した実電流P10を、選択時系列データD5として異常判定部14に出力する。

[0058] なお、ここでは、選択されるデータが実電流P10または実位置P11である場合の例について説明したが、実電流P10は、モータ2を駆動するための電流指令P5、モータ2または駆動機械3を駆動するためのトルク指令P12、モータ2または駆動機械3から検出される実トルクP13、モータ2または駆動機械3の外乱トルクの推定値である外乱トルク推定値、電流偏差P6、またはトルク偏差（モータ2へのトルク指令P12と、実トルクP13との差）に置き換えられてもよい。また、実位置P11は、モータ2または駆動機械3への速度指令P3、モータ2または駆動機械3の実速度P8、モータ2または駆動機械3の加速度、モータ2または駆動機械3の位置偏差P2、またはモータ2または駆動機械3の速度偏差P4に置き換えられてもよい。モータ2または駆動機械3の加速度のデータは、振動の情報を含んでいる。

- [0059] すなわち、データ切替部 13 は、速度制御帯域が閾値よりも大きい場合、時系列データ D2 のうちの第 1 のデータ群の中から異常判定部 14 に出力する選択時系列データ D5 を選択する。一方、データ切替部 13 は、閾値よりも速度制御帯域が小さい場合、時系列データ D2 のうちの第 2 のデータ群の中から異常判定部 14 に出力する選択時系列データ D5 を選択する。
- [0060] 第 1 データ群は、実電流 P10、電流指令 P5、トルク指令 P12、実トルク P13、外乱トルク推定値、電流偏差 P6、またはトルク偏差を含んでいる。第 2 データ群は、実位置 P11、速度指令 P3、実速度 P8、加速度、位置偏差 P2、または速度偏差 P4 を含んでいる。
- [0061] データ切替部 13 は、速度制御帯域が閾値よりも大きい場合、第 1 のデータ群の中から 1 つのデータを選択してもよいし、複数のデータを選択してもよい。また、データ切替部 13 は、速度制御帯域が閾値よりも小さい場合、第 2 のデータ群の中から 1 つのデータを選択してもよいし、複数のデータを選択してもよい。
- [0062] ここで、外乱トルク推定値を算出する場合の駆動制御部の構成について説明する。図 5 は、実施の形態 1 にかかる異常診断装置が備える駆動制御部の別構成例を示す図である。図 5 では、外乱トルク推定値 P14 を推定する駆動制御部 12B の構成を示している。駆動制御部 12B は、駆動制御部 12A が備える構成要素に加えて外乱オブザーバ 125 を有している。外乱オブザーバ 125 は、速度変換部 124 および速度制御部 122 に接続されている。
- [0063] 駆動制御部 12B では、速度制御部 122 が、電流指令 P5 に対応するトルク指令 P12 を算出する。具体的には、速度制御部 122 は、電流指令 P5 にモータ 2 のトルク定数（換算定数 K_t ）を乗じることでトルク指令 P12 を算出する。速度制御部 122 は、算出したトルク指令 P12 を外乱オブザーバ 125 に出力する。また、速度変換部 124 は、算出した実速度 P8 を、減算器 22 および外乱オブザーバ 125 に出力する。
- [0064] 外乱オブザーバ 125 は、トルク指令 P12 および実速度 P8 に基づいて

、外乱トルク推定値 P 1 4 を算出する。具体的には、外乱オブザーバ 1 2 5 は、実速度 P 8 を微分したデータに、モータ 2 のイナーシャと駆動機械 3 のイナーシャとの合計値を乗じたデータを、トルク指令 P 1 2 から減算することで、外乱オブザーバ 1 2 5 を算出する。外乱オブザーバ 1 2 5 は、算出した外乱トルク推定値 P 1 4 をデータ切替部 1 3 に出力する。

[0065] 上述したように、モータ 2 または駆動機械 3 の異常診断装置 1 A は、駆動機械 3 またはモータ 2 の物理的特徴（共振周波数 D 3）と制御帯域との関係に基づいて、異常の現れやすいデータ（選択時系列データ D 5）を選択し、選択したデータに基づいて、モータ 2 または駆動機械 3 の異常診断を行っている。これにより、異常診断装置 1 A は、計算負荷の増大を抑制できるとともに、冗長なデータ（異常と関連性の低いデータ）を用いないので異常診断の精度が低下することを防止できる。また、異常診断装置 1 A は、モータ 2 または駆動機械 3 の異常診断を行う際のデータの取捨選択に専門性および時間を要さない。したがって、異常診断装置 1 A は、容易かつ高精度にモータ 2 または駆動機械 3 の異常診断を行うことができる。

[0066] ここで、異常診断装置 1 A が、容易かつ高精度にモータ 2 または駆動機械 3 の異常診断を行うことができる理由について詳細に説明する。駆動機械 3 に何らかの異常が発生した場合、異常による影響が外乱としてモータ 2 に作用し、状態観測部 4 が出力する実電流 P 1 0 および実位置 P 1 1 の少なくとも一方に現れる。すなわち、駆動機械 3 に異常が発生した場合、状態観測部 4 が出力する実電流 P 1 0 および実位置 P 1 1 の少なくとも一方が異常な数値を示すこととなる。駆動機械 3 に異常が発生した場合、例えば、駆動機械 3 の共振周波数 D 3、または共振周波数 D 3 付近の周波数をもつ微振動が生じ、外乱としてモータ 2 に作用する。

[0067] 駆動制御部 1 2 A は、フィードバックループを組んでモータ 2 の制御を行う場合、制御ゲイン D 1 から決まる制御帯域に応じて、特定の周波数の外乱を抑制しやすいか否かが決まる。駆動制御部 1 2 A は、例えば、制御帯域が大きいほど、抑制できる周波数の範囲が広くなる。

- [0068] 例えば、外乱の周波数が速度制御帯域よりも小さい場合、制御量である実位置 P 1 1 には外乱の影響が現れにくい。ただし、実位置 P 1 1 には、影響が全く現れないわけではなく僅かではあるが、外乱振動による周波数が現れる。また、制御帯域が外乱振動の周波数よりも大きい場合、制御帯域に対応する制御ゲイン D 1 も大きくなる。
- [0069] 駆動制御部 1 2 A は、フィードバックループを組む場合、位置指令 P 1 または速度指令 P 3 などの指令データと、実位置 P 1 1 または実速度 P 8 などの制御量との偏差に対し、制御ゲイン D 1 を乗じて、操作量を算出する。異常診断装置 1 A では、制御ゲイン D 1 が大きい時、外乱の周波数成分が僅かに含まれる実位置 P 1 1 または実速度 P 8 が拡大されるので、操作量である電流指令 P 5 に外乱の周波数が現れやすくなる。
- [0070] 一方、外乱の周波数が速度制御帯域よりも大きい場合、駆動制御部 1 2 A は、フィードバックループを組んでいても外乱の影響を除去できず、制御量中に外乱の影響が現れやすい。このため、制御量である実位置 P 1 1 には外乱の周波数が現れやすい。
- [0071] また、操作量であるトルク指令 P 1 2 は、フィードバックループによって、外乱を打ち消す働きが弱いので、トルク指令 P 1 2 には外乱の周波数が現れにくいという性質がある。
- [0072] このため、実施の形態 1 の異常診断装置 1 A は、制御ゲイン D 1 から決まる制御帯域と、駆動機械 3 から決まる共振周波数 D 3 に基づいて算出した閾値とを比較し、比較結果に基づいて、異常に伴う外乱の周波数を励起しやすいデータ（選択時系列データ D 5）を自動的に選択している。そして、異常診断装置 1 A の異常判定部 1 4 は、選択された選択時系列データ D 5 に基づいて、駆動機械 3 またはモータ 2 の異常を判定するので、精度良く異常を検出することができる。
- [0073] なお、データ切替部 1 3 は、実電流 P 1 0 の代わりに、電流指令 P 5、電流指令 P 5 と比例関係にあるトルク指令 P 1 2、実トルク P 1 3、電流指令 P 5 から実電流 P 1 0 が差し引かれた電流偏差 P 6、トルク指令 P 1 2 から

実トルク P 1 3 が差し引かれたトルク偏差、外乱トルク推定値 P 1 4 を選択してもよい。この場合も、実電流 P 1 0 に重畳された共振周波数 D 3 の周波数成分は、実電流 P 1 0 または実電流 P 1 0 の代わりに選択されたデータから計算される各種加工データにも重畳されるので、異常診断装置 1 A は、実電流 P 1 0 が選択される場合と同様な効果を得ることができる。

[0074] また、データ切替部 1 3 は、実位置 P 1 1 の代わりに、実位置 P 1 1 を微分した実速度 P 8 または 2 回微分した加速度、位置指令 P 1 から実位置 P 1 1 が差し引かれた位置偏差 P 2、速度指令 P 3 から実速度 P 8 が差し引かれた速度偏差 P 4 を選択してもよい。この場合も、実位置 P 1 1 に重畳された共振周波数 D 3 の周波数成分は、実位置 P 1 1 または実位置 P 1 1 の代わりに選択されたデータから計算される各種加工データにも重畳されるので、異常診断装置 1 A は、実位置 P 1 1 が選択される場合と同様な効果を得ることができる。

[0075] また、実施の形態 1 では、駆動機械 3 から決まる閾値が共振周波数 D 3 である場合について説明したが、閾値は共振周波数 D 3 に限られるものではない。例えば、駆動機械 3 によっては、運転条件によって共振周波数 D 3 が変動することがあり、制御ゲイン D 1 の設定によっては、共振周波数 D 3 から微小に変動したりすることがある。このため、上述したように、異常診断装置 1 A は、駆動機械 3 の共振周波数 D 3 に特定の定数 c （例えば、 $0.5 \leq c \leq 2$ 程度）を乗じた値を駆動機械 3 から決まる閾値としてもよい。

[0076] なお、制御帯域は、速度制御帯域に限らず位置制御帯域でもよいし、電流（トルク）制御帯域でもよい。制御帯域が位置制御帯域である場合または制御帯域が電流（トルク）制御帯域である場合も、データ切替部 1 3 は、共振周波数 D 3 に基づいて閾値を算出する。

[0077] このように実施の形態 1 では、異常診断装置 1 A が、制御ゲイン D 1 から決まる制御帯域と、駆動機械 3 から決まる閾値との比較結果に基づいて、モータ 2 または駆動機械 3 の状態を示す時系列データ D 2 のうち選択して出力する時系列データである選択時系列データ D 5 を切り替えている。そして、

異常診断装置 1 A は、選択時系列データ D 5 に基づいて、モータ 2 または駆動機械 3 の異常状態を判定している。これにより、異常診断装置 1 A は、収集したデータの取捨選択をしたうえでデータを解析することができるので、異常と関連性の低い冗長なデータを含まない少ないデータで異常状態を判定することができる。したがって、異常診断装置 1 A は、高精度な異常診断を行うことができる。また、異常診断装置 1 A は、短時間で異常診断を行うことができる。

[0078] 実施の形態 2.

つぎに、図 6 から図 8 を用いて実施の形態 2 について説明する。実施の形態 2 では、異常に伴う外乱の重畳しやすい選択時系列データ D 5 のうち、異常判定にさらに有利なデータとして、モータ 2 または駆動機械 3 の動作状態が加速区間または減速区間であるデータが選択されて異常診断が実行される。

[0079] 図 6 は、実施の形態 2 にかかる異常診断装置の構成例を示す図である。図 6 の各構成要素のうち図 1 に示す実施の形態 1 の異常診断装置 1 A と同一機能を達成する構成要素については同一符号を付しており、重複する説明は省略する。

[0080] 実施の形態 2 の異常診断装置 1 B は、異常診断装置 1 A が備える構成要素に加えて、動作判定部 1 5 を備えている。動作判定部 1 5 は、指令生成部 1 1 およびデータ切替部 1 3 に接続されている。

[0081] 動作判定部 1 5 は、例えば、指令生成部 1 1 が生成して出力する指令値を受け付ける。動作判定部 1 5 は、例えば、指令生成部 1 1 が生成した指令値に基づいて、モータ 2 または駆動機械 3 の動作状態を判定する。具体的には、動作判定部 1 5 は、指令生成部 1 1 が位置指令 P 1 を生成する場合は、位置指令 P 1 を微分して指令速度 P 2 1 を算出し、算出した指令速度 P 2 1 に基づいて、モータ 2 または駆動機械 3 の動作状態を判定する。動作判定部 1 5 は、動作状態を示す動作情報 P 2 2 をデータ切替部 1 3 に出力する。

[0082] ここで、指令速度 P 2 1 の例について説明する。図 7 は、実施の形態 2 に

かかる異常診断装置が用いる指令速度の例を示す図である。図 7 に示すグラフの横軸は時間であり、縦軸は指令速度 P 2 1 である。

[0083] 指令速度 P 2 1 は、図 7 に示すように、速度（動作速度）の絶対値が増加する加速区間、速度の絶対値が 0（r/min）よりも大きな一定値となる一定速区間、速度の絶対値が減少する減速区間、および指令速度 P 2 1 が 0（r/min）で一定となる停止区間に分類される。動作判定部 1 5 は、特定時刻において、指令速度 P 2 1 が何れの区間に該当するかを判定し、判定結果である動作情報 P 2 2 をデータ切替部 1 3 に出力する。動作判定部 1 5 は、時刻毎の動作情報 P 2 2 をデータ切替部 1 3 に出力する。

[0084] つぎに、データ切替部 1 3 の詳細な動作について説明する。図 8 は、実施の形態 2 にかかる異常診断装置が備えるデータ切替部が実行する処理の処理手順を示すフローチャートである。図 8 に示す処理のうち図 3 に示す実施の形態 1 の異常診断装置 1 A が実行する処理と同じ処理については説明を省略する。

[0085] 実施の形態 2 の異常診断装置 1 B は、異常診断装置 1 A と同様にステップ S 1 から S 7 の処理を実行する。すなわち、異常診断装置 1 B は、ステップ S 1 から S 7 において、速度ゲインから算出される速度制御帯域と、共振周波数 D 3 から算出される閾値とに基づいて、データ（選択時系列データ D 5）の種類を選択する。

[0086] 異常診断装置 1 B は、ステップ S 6、S 7 の後に、ステップ S 1 1 から S 1 3 の処理を実行する。具体的には、異常診断装置 1 B のデータ切替部 1 3 が、動作判定部 1 5 から出力される動作情報 P 2 2 を取得する（ステップ S 1 1）。

[0087] この後、データ切替部 1 3 は、動作情報 P 2 2 で示される動作状態が、加速区間または減速区間であるか否かを判定する（ステップ S 1 2）。動作情報 P 2 2 で示される動作状態が、加速区間または減速区間である場合（ステップ S 1 2、Yes）、データ切替部 1 3 は、選択時系列データ D 5 から選択するデータ区間として加速区間または減速区間を選択する（ステップ S 1

3)。そして、データ切替部13は、選択時系列データD5のうち、加速区間または減速区間の時間を含む選択時系列データD5を切り取って（選択して）、異常判定部14に出力する。

[0088] ステップS12において、動作情報P22で示される動作状態が、加速区間でも減速区間でもない場合（ステップS12、No）、データ切替部13は、選択時系列データD5を異常判定部14に出力しない。すなわち、データ切替部13は、モータ2または駆動機械3の動作状態が加速区間でも減速区間でもない場合には、選択時系列データD5を異常判定部14に出力しない。

[0089] 実施の形態1のデータ切替処理では、異常に伴う外乱の重畳しやすいデータ、すなわち異常判定部14が異常判定を行うのに有利なデータ（選択時系列データD5）を異常判定部14に入力できるように、データの選択を自動的に切り替えた。

[0090] 実施の形態2の異常診断装置1Bは、異常判定にさらに有利なデータを抽出するために、データの種類の選択に加え、データ区間の選択も行う。加速区間または減速区間においては、モータ2および駆動機械3は急峻な動作を行っている。このため、大きな加振力がモータ2および駆動機械3に与えられる。大きな加振力は振動を励起しやすく、異常に伴う外乱に大きな振動成分が含まれやすい。このため、データ切替部13が、加速区間または減速区間の選択時系列データD5のみを切り取って異常判定部14に出力することで、異常判定部14は、実施の形態1の場合よりもさらに高精度な異常判定を行うことが可能となる。

[0091] なお、実施の形態2の異常診断装置1Bは、指令速度P21に基づいて、動作状態が、加速区間、減速区間、一定速区間、および停止区間の何れであるかを判別したが、指令速度P21以外のデータに基づいて動作状態を判定してもよい。例えば、動作判定部15は、モータ2または駆動機械3の実速度P8、または指令速度P21または実速度P8にフィルタをかけたデータに基づいて、動作状態が、加速区間、減速区間、一定速区間、および停止区

間の何れであるかを判定してもよい。また、動作判定部 15 は、加速区間および減速区間の何れか一方のデータのみを切り取ってもよいし、両方のデータを切り取ってもよい。すなわち、動作判定部 15 は、加速区間および減速区間の少なくとも一方のデータを切り取る。

[0092] また、実施の形態 2 では、異常に伴う外乱が加速区間または減速区間に発生しやすいモータ 2 および駆動機械 3 について説明したが、異常に伴う外乱が摩擦現象に作用するような駆動機械 3 も存在する。このような駆動機械 3 に対しては、異常診断装置 1 B が、加速区間または減速区間ではなく、一定速区間のデータを切り取ることで、高精度な異常診断を行うことが可能となる。

[0093] このように実施の形態 2 によれば、異常診断装置 1 B が、加速区間または減速区間または一定速区間または停止区間の選択時系列データ D 5 に対して異常診断を実行するので、実施の形態 1 よりもさらに高精度な異常診断を行うことができる。

[0094] 実施の形態 3.

つぎに、図 9 から図 13 を用いて実施の形態 3 について説明する。実施の形態 1 では、駆動機械 3 に何らかの異常が発生した場合、駆動機械 3 の共振周波数 D 3 から決まる閾値を用いて異常判定に有利なデータを選択する例について説明したが、実施の形態 3 では、駆動機械 3 から算出する閾値の他の例について説明する。

[0095] 図 9 は、実施の形態 3 にかかる異常診断装置の構成例を示す図である。図 9 の各構成要素のうち図 1 に示す実施の形態 1 の異常診断装置 1 A と同一機能を達成する構成要素については同一符号を付しており、重複する説明は省略する。

[0096] 実施の形態 3 の異常診断装置 1 C は、異常診断装置 1 A と比較して、データ切替部 13 の代わりに、データ切替部 13 C を備えている点が異なっている。データ切替部 13 C とデータ切替部 13 とは、入力されるデータが異なっている。

- [0097] 異常診断装置 1 C のデータ切替部 1 3 C へは、制御ゲイン D 1 と、時系列データ D 2 と、モータ 2 の実速度 P 3 2 と、モータ 2 の 1 回転あたりの駆動機械 3 の歯数 P 3 1 とが入力される。具体的には、データ切替部 1 3 C へは、駆動制御部 1 2 A から制御ゲイン D 1 および時系列データ D 2 が入力され、状態観測部 4 からモータ 2 の実速度 P 3 2 が入力される。また、データ切替部 1 3 C へは、外部装置から歯数 P 3 1 が入力される。歯数 P 3 1 は、モータ 2 が 1 回転した時に回転する駆動機械 3 の歯の数である。なお、データ切替部 1 3 C へは、ユーザによって歯数 P 3 1 が入力されてもよい。
- [0098] 実施の形態 3 においては、図 9 に示した駆動機械 3 がギヤを有した駆動機械である場合について説明する。図 10 は、実施の形態 3 にかかる異常診断装置が異常を診断する駆動機械が備えるギヤの構成例を示す図である。
- [0099] 図 10 では、駆動機械 3 が備えるギヤの例として平歯車を示している。この駆動機械 3 では、モータ 2 の動力が駆動側ギヤ 4 4 を介して負荷側ギヤ 4 3 に伝達され、これにより、負荷側ギヤ 4 3 に接続された機械負荷 4 1 が駆動される。
- [0100] つぎに、データ切替部 1 3 C の詳細な動作について説明する。図 11 は、実施の形態 3 にかかる異常診断装置が備えるデータ切替部が実行する処理の処理手順を示すフローチャートである。図 11 に示す処理のうち図 3 に示す実施の形態 1 の異常診断装置 1 A が実行する処理と同じ処理については説明を省略する。
- [0101] 実施の形態 3 の異常診断装置 1 C は、異常診断装置 1 A と比較して、ステップ S 3、S 4 の代わりにステップ S 2 1 から S 2 4 の処理を実行する。すなわち、異常診断装置 1 C は、ステップ S 1、S 2 の処理を実行した後、ステップ S 2 1 から S 2 4 の処理を実行し、その後、ステップ S 5 から S 7 の処理を実行する。
- [0102] 具体的には、データ切替部 1 3 C は、駆動制御部 1 2 A から速度制御ゲイン P 9 を取得し（ステップ S 1）、速度制御ゲイン P 9 に基づいて速度制御帯域を算出する（ステップ S 2）。

[0103] そして、データ切替部 13C は、モータ 2 の 1 回転あたりの駆動機械 3 の歯数 P 31 を取得する（ステップ S 21）。データ切替部 13C へは、予め歯数 P 31 が入力される。データ切替部 13C は、入力された歯数 P 31 を記憶しておき、記憶しておいた歯数 P 31 を読み出すことで歯数 P 31 を取得する。例えば、図 10 に示した駆動側ギヤ 44 および負荷側ギヤ 43 の場合、凸部がそれぞれ 16 個であるので、歯数 P 31 は 16 個である。

[0104] つぎに、データ切替部 13C は、状態観測部 4 から、モータ 2 の実速度 P 32 を取得する（ステップ S 22）。この後、データ切替部 13C は、取得した歯数 P 31 および取得したモータ 2 の実速度 P 32 に基づいて、噛合周波数を算出する（ステップ S 23）。噛合周波数は、モータ 2 の動作に伴い、機械部品に設けられた歯同士が単位時間あたりに何回衝突するかを表す周波数である。例えば、図 10 に示した駆動側ギヤ 44 および負荷側ギヤ 43 の場合の噛合周波数について説明する。図 10 に示した平歯車は、ギヤ比が 1 : 1 であるので、噛合周波数 f_m [Hz] は、ステップ S 22 で取得した実速度 P 32（＝実速度 V_{fb} [r/min]）と、ステップ S 21 で取得した歯数 P 31（＝歯数 Z）とに基づいて、下記の式（3）で求められる。

[0105] [数3]

$$f_m = \frac{V_{fb}}{60} * Z \quad \dots (3)$$

[0106] つぎに、データ切替部 13C は、算出した噛合周波数に基づいて閾値を算出する（ステップ S 24）。異常診断装置 1C は、実施の形態 1 の異常診断装置 1A と同様に、例えば、閾値＝噛合周波数、または閾値＝噛合周波数×c とし、c は $0.5 \leq c \leq 2$ 程度の範囲とする。この後、異常診断装置 1C は、異常診断装置 1A と同様に、ステップ S 5 から S 7 の処理を実行する。

[0107] つぎに、実施の形態 3 の効果、および効果を奏する理由について説明する。実施の形態 1 の異常診断装置 1A は、駆動機械 3 の共振周波数 D 3 から算出される閾値と、速度制御ゲイン P 9 から決まる速度制御帯域との比較結果に基づいて、異常判定部 14 に出力するデータの種類（選択時系列データ D

5) を選択した。

[0108] これに対し、実施の形態3の異常診断装置1Cは、駆動機械3が機械部品の噛み合いを利用した動力伝達機構を有する場合、駆動機械3の噛合周波数から算出される閾値と、速度制御ゲインP9から決まる速度制御帯域との比較結果に基づいて、異常判定部14に出力するデータの種類（選択時系列データD5）を選択する。

[0109] 駆動側ギヤ44および負荷側ギヤ43などのように伝達機構に噛み合いを利用して動力を伝達する機械部品を含む駆動機械3においては、歯同士の衝突時に生じる加振力が、噛合周波数または噛合周波数付近の周波数に、異常に伴う外乱を発生させやすい性質がある。このため、異常診断装置1Cは、噛合周波数を算出し、この噛合周波数から算出した閾値と、速度制御ゲインP9から算出した制御帯域との比較結果に基づいて、データ切替部13Cが異常判定に有利なデータを選択する。これにより、異常診断装置1Cは、駆動機械3が駆動側ギヤ44および負荷側ギヤ43などのように伝達機構に噛み合いを利用して動力を伝達する機械部品を含む場合においても、異常を精度良く検出することが可能となる。

[0110] また、駆動機械3によっては、異常に伴う外乱は噛合周波数だけに生じるのではなく、側帯波など噛合周波数付近の周波数に生じることもある。このため、異常診断装置1Cのデータ切替部13Cは、上述したように、噛合周波数に特定の定数 c （例えば、 $0.5 \leq c \leq 2$ 程度）を乗じた値を駆動機械3から決まる閾値としてもよい。

[0111] なお、実施の形態3においては、異常診断装置1Cが噛合周波数を算出する際に、実速度P32（実速度 $=V_{fb}$ ）から噛合周波数を算出する例について説明したが、異常診断装置1Cは、実速度P32以外のデータから噛合周波数を算出してもよい。例えば、異常診断装置1Cは、位置指令P1を微分した指令速度に基づいて、モータ2の速度情報を算出し、この速度情報に基づいて噛合周波数を算出してもよい。

[0112] また、実施の形態3では、駆動機械3が図10に示したような平歯車を有

する場合について説明したが、駆動機械 3 は、噛合周波数を算出可能な駆動機械であれば、何れの駆動機械であってもよい。例えば、駆動機械 3 は、遊星歯車を有した駆動機械、タイミングベルトを張る際に用いられるプーリを有した駆動機械のように、モータ 2 の 1 回転あたりの歯数 P_{31} およびモータ 2 の速度の情報から噛合周波数を算出できる駆動機械であってもよい。

[0113] なお、ここでは、ギヤの歯数がモータ 2 側：負荷側 $= Z : Z_1 (1 : 1)$ である場合について説明したが、ギヤの歯数がモータ 2 側：負荷側 $= Z : Z_1 (Z < Z_1)$ である場合についても噛合周波数 $f_m [Hz]$ は、上述した式 (3) で求められる。また、ギヤの歯数がモータ 2 側：負荷側 $= Z_2 : Z (Z_2 > Z)$ である場合は、式 (3) において、 $Z = Z_2$ とすれば、データ切替部 13C は、噛合周波数 $f_m [Hz]$ を求めることができる。

[0114] なお、実施の形態 3 では、伝達機構の例がギヤである場合について説明したが、伝達機構はギヤに限られるものではない。例えば、伝達機構のギヤ以外の例として、波動歯車装置が使用される場合もある。

[0115] ここで伝達機構が波動歯車装置である場合について説明する。波動歯車装置を介して、モータ 2 が負荷を駆動する場合、波動歯車装置の構造上、モータ速度の 2 倍の周波数、すなわち、以下の式 (4) の周波数 $f_{m2} [Hz]$ に振動が発生することが知られている。伝達機構に異常が発生した際にも、式 (4) の周波数 $f_{m2} [Hz]$ に異常が発生する。伝達機構として波動歯車装置を使用した場合、式 (4) から閾値が決められることにより、異常を精度良く検出することが可能となる。

[0116] [数4]

$$f_{m2} = \frac{V_{fb}}{60} * 2 \quad \dots (4)$$

[0117] また、伝達機構として転がり軸受が使用される場合もある。転がり軸受は、モータ 2 の内部に使用される他、駆動機械 3 にも使用される。ここで伝達機構が転がり軸受である場合について説明する。

[0118] 図 12 は、実施の形態 3 にかかる異常診断装置が異常を診断する転がり軸

受の構成例を示す図である。図 13 は、図 12 に示す転がり軸受の接触角を説明するための図である。

[0119] 転がり軸受 50 は、内輪 52、転動体 53、外輪 51、保持器（図示せず）などから構成されている。転がり軸受 50 は、故障部品（内輪 52、転動体 53、外輪 51 など）または故障要因（フレーキング 60、摩耗など）によって、異常の現れる周波数が異なることが知られている。

[0120] 例えば、図 12 のように内輪 52 にフレーキング 60 が生じた場合、以下の式（5）の周波数 f_{m3} [Hz] に異常が発生する。式（5）の n は転動体 53 の数、 d はボール（転動体 53）の直径、 D はピッチの直径、 ϕ は転がり軸受 50 の接触角である。

[0121] [数5]

$$f_{m3} = n * \frac{V_{fb}}{60} * \left(1 + \frac{d}{D} \cos \phi\right) \quad \dots (5)$$

[0122] 接触角 ϕ は、転がり軸受 50 における作用線 56 と、転がり軸受 50 の中心軸に垂直な平面 57 とがなす角度である。転動体 53 は、外輪 51 の軌道輪である外輪軌道輪に対して 1 つの点 54 で接触し、内輪 52 の軌道輪である内輪軌道輪に対して 1 つの点 55 で接触している。荷重の作用線 56 は、これらの 2 つの点 54、55 を結んだ線である。駆動機械 3 に転がり軸受 50 が適用された場合、式（5）から閾値が決められることにより、異常を精度良く検出することが可能となる。

[0123] なお、転動体 53、外輪 51 などにフレーキング 60 やその他の故障が現れた際にも、異常診断装置 1C は、公知の数式を用いて異常が発生する周波数を算出し、閾値を決めてもよい。また、異常診断装置 1C は、他の故障要因が生じた場合も、公知の数式を用いて異常が発生する周波数を算出し、閾値を決めてもよい。

[0124] さらに、伝達機構は、ギヤ、波動歯車装置、転がり軸受 50、またはベルトなどを組み合わせた伝達機構であってもよい。伝達機構の種類または組合せが異なる場合であっても、前述したギヤ、波動歯車装置、転がり軸受 50

などと共通するのは、構造上モータ 2 の速度に比例した振動である。すなわち、伝達機構の種類または組合せが異なる場合であっても、モータ 2 の回転周波数に比例した振動が発生しやすく、異常が発生した際にも、モータ 2 の速度に比例した振動が発生する。この場合、閾値として、モータ 2 の速度の情報から算出された周波数に比例した値が閾値として選択されることにより、異常を精度良く検出することが可能となる。

[0125] このように実施の形態 3 によれば、異常診断装置 1 C が、駆動機械 3 の噛合周波数から算出される閾値と、速度制御ゲイン P 9 から決まる速度制御帯域との比較結果に基づいて、異常判定部 1 4 に出力するデータの種類を選択している。これにより、異常診断装置 1 C は、実施の形態 1 と同様に、容易かつ高精度な異常診断を行うことができる。

[0126] 実施の形態 4 .

つぎに、図 1 4 および図 1 5 を用いて実施の形態 4 について説明する。実施の形態 1 では、駆動機械 3 に何らかの異常が発生した場合、駆動機械 3 の共振周波数 D 3 から決まる閾値を用いて異常判定に有利なデータを選択する例について説明したが、実施の形態 4 では、実施の形態 1 において実電流 P 1 0 が選択された場合に、モータ 2 の駆動状態に基づいて、異常判定に有利なデータが再選択される。

[0127] 図 1 4 は、実施の形態 4 にかかる異常診断装置の構成例を示す図である。図 1 4 の各構成要素のうち図 1 に示す実施の形態 1 の異常診断装置 1 A と同一機能を達成する構成要素については同一符号を付しており、重複する説明は省略する。

[0128] 実施の形態 4 の異常診断装置 1 D は、異常診断装置 1 A と比較して、データ切替部 1 3 の代わりに、データ切替部 1 3 D を備えている点が異なっている。データ切替部 1 3 D とデータ切替部 1 3 とは、入力されるデータが異なっている。

[0129] 異常診断装置 1 D のデータ切替部 1 3 D へは、制御ゲイン D 1 と、時系列データ D 2 と、モータ 2 の駆動電流 P 7 に対応する実電流 P 1 0 と、電流閾

値 P 4 1 とが入力される。具体的には、データ切替部 1 3 D へは、駆動制御部 1 2 から制御ゲイン D 1、時系列データ D 2、および実電流 P 1 0 が入力され、ユーザによって電流閾値 P 4 1 が入力される。なお、実電流 P 1 0 は、状態観測部 4 からデータ切替部 1 3 D に入力されてもよい。電流閾値 P 4 1 は、実電流 P 1 0 の実効値に対する閾値である。電流閾値 P 4 1 は、選択するデータの種類（選択対象）を実電流 P 1 0 から実位置 P 1 1 に変更するか否かの判定に用いられる。

[0130] つぎに、データ切替部 1 3 D の詳細な動作について説明する。図 1 5 は、実施の形態 4 にかかる異常診断装置が備えるデータ切替部が実行する処理の処理手順を示すフローチャートである。図 1 5 に示す処理のうち図 3 に示す実施の形態 1 の異常診断装置 1 A が実行する処理と同じ処理については説明を省略する。

[0131] 実施の形態 4 の異常診断装置 1 D は、異常診断装置 1 A と比較して、ステップ S 7 の後に、ステップ S 4 1 から S 4 4 の処理を実行する。異常診断装置 1 D は、異常診断装置 1 A と同様のステップ S 1 から S 7 の処理を実行する。

[0132] 異常診断装置 1 D は、ステップ S 1 から S 7 の処理を実行した場合に、ステップ S 4 1 から S 4 4 の処理を実行する。すなわち、データ切替部 1 3 D は、速度制御帯域が閾値よりも大きい場合、データの種類として実電流 P 1 0 を選択した後に、ステップ S 4 1 から S 4 4 の処理を実行する。

[0133] 具体的には、データ切替部 1 3 D は、データの種類として実電流 P 1 0 を選択した後に、駆動制御部 1 2 A から、過去 N 秒間における実電流 P 1 0 の実効値を取得する（ステップ S 4 1）。ここでの N は、0 よりも大きい実数である。

[0134] つぎに、データ切替部 1 3 D は、電流閾値 P 4 1 を取得する（ステップ S 4 2）。電流閾値 P 4 1 は、ユーザが予めデータ切替部 1 3 D に設定しておく。データ切替部 1 3 D は、ユーザによって設定された電流閾値 P 4 1 を記憶しておき、記憶しておいた電流閾値 P 4 1 を読み出すことで電流閾値 P 4

1を取得する。

[0135] この後、データ切替部13Dは、取得した実電流P10の実効値と、取得した電流閾値P41とを比較し、実電流P10の実効値<電流閾値P41であるか否かを判定する（ステップS43）。すなわち、データ切替部13Dは、実電流P10の実効値が電流閾値P41よりも小さいか否かを判定する。

[0136] データ切替部13Dは、実電流P10の実効値が電流閾値P41よりも小さいと判定した場合（ステップS43、Yes）、データの種類として実位置P11を選択し（ステップS44）、異常判定部14に出力する。すなわち、データ切替部13Dは、実電流P10の実効値が電流閾値P41よりも小さい場合、選択するデータの種類を実電流P10から実位置P11に変更する。

[0137] 一方、データ切替部13Dは、実電流P10の実効値が電流閾値P41よりも大きいと判定した場合（ステップS43、No）、データの種類の再選択を行わず、ステップS7で選択した実電流P10をそのまま異常判定部14に出力する。

[0138] なお、データ切替部13Dは、実電流P10の実効値と電流閾値P41とが同じであると判定した場合には、データの種類として実位置P11を選択してもよいし、データの種類の再選択を行わなくてもよい。

[0139] なお、ここでは、選択されるデータが実電流P10または実位置P11である場合の例について説明したが、選択される実電流P10は、第1のデータ群に含まれるデータであれば何れのデータであってもよい。すなわち、選択される実電流P10は、電流指令P5、トルク指令P12、実トルクP13、外乱トルク推定値P14、電流偏差P6、またはトルク偏差に置き換えられてもよい。

[0140] また、実位置P11は、第2のデータ群に含まれるデータであれば何れのデータであってもよい。すなわち、選択される実位置P11は、速度指令P3、実速度P8、加速度、位置偏差P2、または速度偏差P4に置き換えら

れてもよい。

- [0141] 第1のデータ群に含まれるデータの少なくとも1つが実電流P10に関連する電流関連情報である。データ切替部13Dは、電流関連情報に基づいて、データの種類の再選択を実行するか否かを判定する場合、過去の特定時間に検出された電流関連情報の実効値が、この実効値の閾値である実行閾値よりも小さいか否かを判定する。
- [0142] データ切替部13Dは、電流関連情報の実効値が実行閾値よりも小さい場合、データの種類として第2のデータ群に含まれるデータの少なくとも1つを選択して異常判定部14に出力する。一方、データ切替部13Dは、電流関連情報の実効値が実行閾値よりも大きい場合、データの種類の再選択を行わず、ステップS7で選択した第2のデータ群に含まれるデータの少なくとも1つをそのまま異常判定部14に出力する。
- [0143] つぎに、実施の形態4の効果、および効果を奏する理由について説明する。実施の形態1の異常診断装置1Aは、駆動機械3の共振周波数D3から算出される閾値と、速度制御ゲインP9から決まる速度制御帯域との比較結果に基づいて、異常判定部14に出力するデータの種類（選択時系列データD5）を選択した。
- [0144] これに対し、実施の形態4の異常診断装置1Dは、データの種類として実電流P10が選択された場合に、モータ2の駆動状態、すなわち実電流P10の実効値と、ユーザが定める電流閾値P41とを比較している。そして、異常診断装置1Dは、比較結果に基づいて、異常判定に用いるデータの種類の再選択している。例えば、駆動機械3の摩擦が小さく、モータ2の速度を一定速度に維持する必要がある場合には、モータ2は加速動作や減速動作がないので、動作に必要な実電流P10は小さくなる。
- [0145] 動作に必要な実電流P10がある程度大きい場合には、異常に伴う外乱もある程度実電流P10に現れやすくなるが、動作に必要な実電流P10がある程度小さい場合、異常に伴う外乱自体も極めて小さくなる。このため、実電流P10が極めて小さい状況においては、異常判定に実電流P10が用い

られると、異常判定精度に影響を及ぼす可能性がある。このため、実電流 P 1 0 がある程度小さい場合には、実電流 P 1 0 ではなく実位置 P 1 1 を用いて異常判定が行なわれた方が有利である。すなわち、異常診断装置 1 D は、ステップ S 7 において実電流 P 1 0 を選択した場合であっても、実電流 P 1 0 の実効値が電流閾値 P 4 1 よりも小さい場合には、実位置 P 1 1 を選択して異常診断を実行した方が異常判定に有利である。

[0146] モータ 2 または駆動機械 3 の動作パターンによっては、実電流 P 1 0 が瞬間的に小さくなる可能性もあるので、異常診断装置 1 D は、過去 N 秒間の実電流 P 1 0 の実効値を取得しておく。そして、異常診断装置 1 D は、取得した実電流 P 1 0 の実効値が電流閾値 P 4 1 よりも小さいか否かを判定し、実電流 P 1 0 の実効値が電流閾値 P 4 1 よりも小さい場合には、データの種類として実位置 P 1 1 を選択する。このように、異常診断装置 1 D は、データの種別を再選択することで、モータ 2 の実電流 P 1 0 が小さい運転を行うような駆動機械 3 であっても、異常判定に有利なデータを自動的に選択し、これにより駆動機械 3 の異常診断を行うことができる。

[0147] このように実施の形態 4 によれば、異常診断装置 1 D が、実電流 P 1 0 の実効値が電流閾値 P 4 1 よりも小さい場合には、データの種類として実位置 P 1 1 を選択して異常診断を実行するので、実施の形態 1 よりもさらに高精度な異常診断を行うことができる。

[0148] ここで、異常診断装置 1 A ~ 1 D のハードウェア構成について説明する。なお、異常診断装置 1 A ~ 1 D は、同様のハードウェア構成を有しているので、ここでは、異常診断装置 1 A のハードウェア構成について説明する。

[0149] 図 1 6 は、実施の形態 1 にかかる異常診断装置を実現するハードウェア構成例を示す図である。異常診断装置 1 A は、入力装置 3 0 0、プロセッサ 1 0 0、メモリ 2 0 0、および出力装置 4 0 0 により実現することができる。プロセッサ 1 0 0 の例は、CPU (Central Processing Unit、中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、DSP (Digital Signal Processor) ともいう) またはシステム L S I (Lar

ge Scale Integration) である。メモリ 200 の例は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory) である。

[0150] 異常診断装置 1 A は、プロセッサ 100 が、メモリ 200 で記憶されている異常診断装置 1 A の動作を実行するための、コンピュータで実行可能な、異常診断プログラム D 6 を読み出して実行することにより実現される。異常診断装置 1 A の動作を実行するためのプログラムである異常診断プログラム D 6 は、異常診断装置 1 A の手順または方法をコンピュータに実行させるものであるともいえる。

[0151] 異常診断装置 1 A で実行される異常診断プログラム D 6 は、指令生成部 11 と、駆動制御部 12 A と、データ切替部 13 と、異常判定部 14 とを含むモジュール構成となっており、これらが主記憶装置上にロードされ、これらが主記憶装置上に生成される。

[0152] 入力装置 300 は、状態観測部 4 からモータ 2 または駆動機械 3 の時系列データ D 2 を受付けてプロセッサ 100 に送る。メモリ 200 は、異常診断プログラム D 6、制御ゲイン D 1、駆動機械 3 の共振周波数 D 3 などを記憶する。

[0153] 制御ゲイン D 1、駆動機械 3 の共振周波数 D 3 などは、プロセッサ 100 によってメモリ 200 から読み出される。また、メモリ 200 は、プロセッサ 100 が各種処理を実行する際の一時メモリに使用される。出力装置 400 は、表示装置 5 などの外部装置に、異常判定の判定対象、判定項目、および判定結果を出力する。

[0154] 異常診断プログラム D 6 は、インストール可能な形式または実行可能な形式のファイルで、コンピュータが読み取り可能な記憶媒体に記憶されてコンピュータプログラムプロダクトとして提供されてもよい。また、異常診断プログラム D 6 は、インターネットなどのネットワーク経由で異常診断装置 1 A に提供されてもよい。なお、異常診断装置 1 A の機能について、一部を専用回路などの専用のハードウェアで実現し、一部をソフトウェアまたはファームウェアで実現するようにしてもよい。

[0155] 以上の実施の形態に示した構成は、一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、実施の形態同士を組み合わせることも可能であるし、要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0156] 1 A～1 D 異常診断装置、2 モータ、3 駆動機械、4 状態観測部、5 表示装置、11 指令生成部、12 A, 12 B 駆動制御部、13, 13 C, 13 D データ切替部、14 異常判定部、15 動作判定部、21～24 減算器、41 機械負荷、43 負荷側ギヤ、44 駆動側ギヤ、50 転がり軸受、51 外輪、52 内輪、53 転動体、54, 55 点、56 作用線、57 平面、60 フレーキング、100 プロセッサ、121 位置制御部、122 速度制御部、123 電流制御部、124 速度変換部、125 外乱オブザーバ、200 メモリ、300 入力装置、400 出力装置、D1 制御ゲイン、D2 時系列データ、D3 共振周波数、D5 選択時系列データ、D6 異常診断プログラム、P1 位置指令、P2 位置偏差、P3 速度指令、P4 速度偏差、P5 電流指令、P6 電流偏差、P7 駆動電流、P8, P8 x, P32 実速度、P9 速度制御ゲイン、P10 実電流、P11 実位置、P12 トルク指令、P13 実トルク、P14 外乱トルク推定値、P21 指令速度、P22 動作情報、P31 歯数、P41 電流閾値。

請求の範囲

- [請求項1] モータまたは前記モータによって駆動される駆動機械の動作を規定する指令値を生成する指令生成部と、
- 前記指令値に前記モータまたは前記駆動機械の動作が追従するように、制御ゲインに基づいて前記モータをフィードバック制御する駆動制御部と、
- 前記制御ゲインから決まる制御帯域と、前記駆動機械から決まる閾値との比較結果に基づいて、前記モータまたは前記駆動機械の状態を示す時系列データの中から選択して選択時系列データを切り替えるデータ切替部と、
- 前記選択時系列データに基づいて、前記モータまたは前記駆動機械の異常状態を判定する異常判定部と、
- を備える、
- ことを特徴とする異常診断装置。
- [請求項2] 前記データ切替部は、前記閾値よりも前記制御帯域が大きい場合、前記時系列データのうちの第1のデータ群の中から前記異常判定部に出力する前記選択時系列データを選択し、前記閾値よりも前記制御帯域が小さい場合、前記時系列データのうちの第2のデータ群の中から前記異常判定部に出力する前記選択時系列データを選択し、
- 前記第1のデータ群は、
- 前記モータを駆動するための電流指令、前記モータまたは前記駆動機械を駆動するためのトルク指令、前記モータから検出される実電流、前記モータまたは前記駆動機械から検出される実トルク、前記モータまたは前記駆動機械の外乱トルクの推定値である外乱トルク推定値、前記電流指令と前記実電流との差である電流偏差、および前記トルク指令と前記実トルクとの差であるトルク偏差を含み、
- 前記第2のデータ群は、
- 前記モータまたは前記駆動機械の実位置、前記モータまたは前記駆

動機械への速度指令、前記モータまたは前記駆動機械の実速度、前記モータまたは前記駆動機械の加速度、前記実位置に対応する位置指令と前記実位置との差である位置偏差、および前記速度指令と前記実速度との差である速度偏差を含む、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の異常診断装置。

[請求項3] 前記指令値に基づいて、前記時系列データが、前記モータまたは前記駆動機械の加速区間または減速区間に該当するか否かを判定し、判定結果を動作情報として出力する動作判定部をさらに備え、

前記データ切替部は、前記動作情報に基づいて、前記選択時系列データのうち前記加速区間および前記減速区間の少なくとも一方を含むデータを前記時系列データから選択して前記異常判定部に出力する、

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の異常診断装置。

[請求項4] 前記指令値に基づいて、前記時系列データが、前記モータまたは前記駆動機械の一定速区間に該当するか否かを判定し、判定結果を動作情報として出力する動作判定部をさらに備え、

前記データ切替部は、前記動作情報に基づいて、前記選択時系列データのうち前記一定速区間を含むデータを前記時系列データから選択して前記異常判定部に出力する、

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の異常診断装置。

[請求項5] 前記指令値に基づいて、前記時系列データが、前記モータまたは前記駆動機械の停止区間に該当するか否かを判定し、判定結果を動作情報として出力する動作判定部をさらに備え、

前記データ切替部は、前記動作情報に基づいて、前記選択時系列データのうち前記停止区間を含むデータを前記時系列データから選択して前記異常判定部に出力する、

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の異常診断装置。

[請求項6] 前記閾値は、前記駆動機械の共振周波数に基づいて算出された値である、

ことを特徴とする請求項 1 から 5 の何れか 1 つに記載の異常診断装置。

[請求項7] 前記駆動機械が、歯同士の噛合いを利用して動力を伝達する機械部品を含む場合に、前記閾値は、前記モータの速度の情報と前記機械部品の歯数とを用いて算出された噛合周波数に基づいて算出された値である、

ことを特徴とする請求項 1 から 5 の何れか 1 つに記載の異常診断装置。

[請求項8] 前記閾値は、前記モータの速度の情報から算出された周波数に比例した値である、

ことを特徴とする請求項 1 から 5 の何れか 1 つに記載の異常診断装置。

[請求項9] 前記データ切替部は、前記閾値よりも前記制御帯域が大きい場合において、過去の特定時間に前記モータから検出された実電流に関する電流関連情報の実効値が、前記実効値の閾値である実行閾値よりも小さい場合、前記時系列データのうちの第 2 のデータ群の中から前記異常判定部に出力する前記選択時系列データを選択することで選択対象を変更する、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の異常診断装置。

[請求項10] 前記時系列データは、前記モータまたは前記駆動機械の状態を観測する状態観測部が取得した第 1 のデータ、前記駆動制御部が生成する第 2 のデータ、および前記指令生成部が生成する第 3 のデータの少なくとも 1 つを含んでいる、

ことを特徴とする請求項 1 から 9 の何れか 1 つに記載の異常診断装置。

[請求項11] 前記時系列データは、前記第 1 のデータ、前記第 2 のデータ、および前記第 3 のデータの少なくとも 1 つに対して、四則演算、積分演算、微分処理、およびフィルタ処理の少なくとも 1 つが実行されること

で得られるデータを含んでいる、

ことを特徴とする請求項 10 に記載の異常診断装置。

[請求項12]

モータまたは前記モータによって駆動される駆動機械の動作を診断する異常診断装置が、前記モータまたは前記駆動機械の動作を規定する指令値を生成する指令生成ステップと、

前記異常診断装置が、前記指令値に前記モータまたは前記駆動機械の動作が追従するように、制御ゲインに基づいて前記モータをフィードバック制御する駆動制御ステップと、

前記異常診断装置が、前記制御ゲインから決まる制御帯域と、前記駆動機械から決まる閾値との比較結果に基づいて、前記モータまたは前記駆動機械の状態を示す時系列データの中から選択して選択時系列データを切り替えるデータ切替ステップと、

前記異常診断装置が、前記選択時系列データに基づいて、前記モータまたは前記駆動機械の異常状態を判定する異常判定ステップと、
を含む、

ことを特徴とする異常診断方法。

[請求項13]

前記データ切替ステップでは、前記閾値よりも前記制御帯域が大きい場合、前記異常診断装置が、前記時系列データのうちの第 1 のデータ群の中から出力する前記選択時系列データを選択し、前記閾値よりも前記制御帯域が小さい場合、前記時系列データのうちの第 2 のデータ群の中から出力する前記選択時系列データを選択し、

前記第 1 のデータ群は、

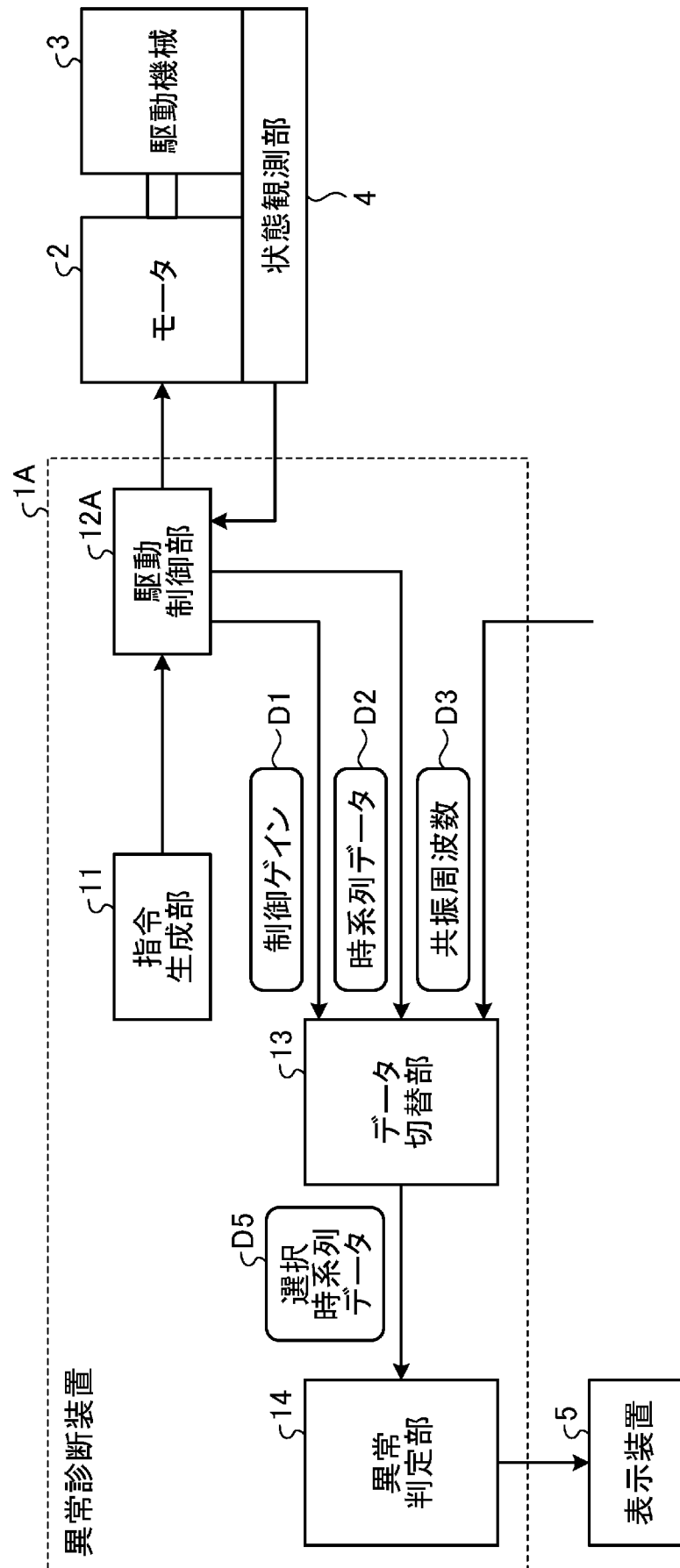
前記モータを駆動するための電流指令、前記モータまたは前記駆動機械を駆動するためのトルク指令、前記モータから検出される実電流、前記モータまたは前記駆動機械から検出される実トルク、前記モータまたは前記駆動機械の外乱トルクの推定値である外乱トルク推定値、前記電流指令と前記実電流との差である電流偏差、および前記トルク指令と前記実トルクとの差であるトルク偏差を含み、

前記第 2 のデータ群は、

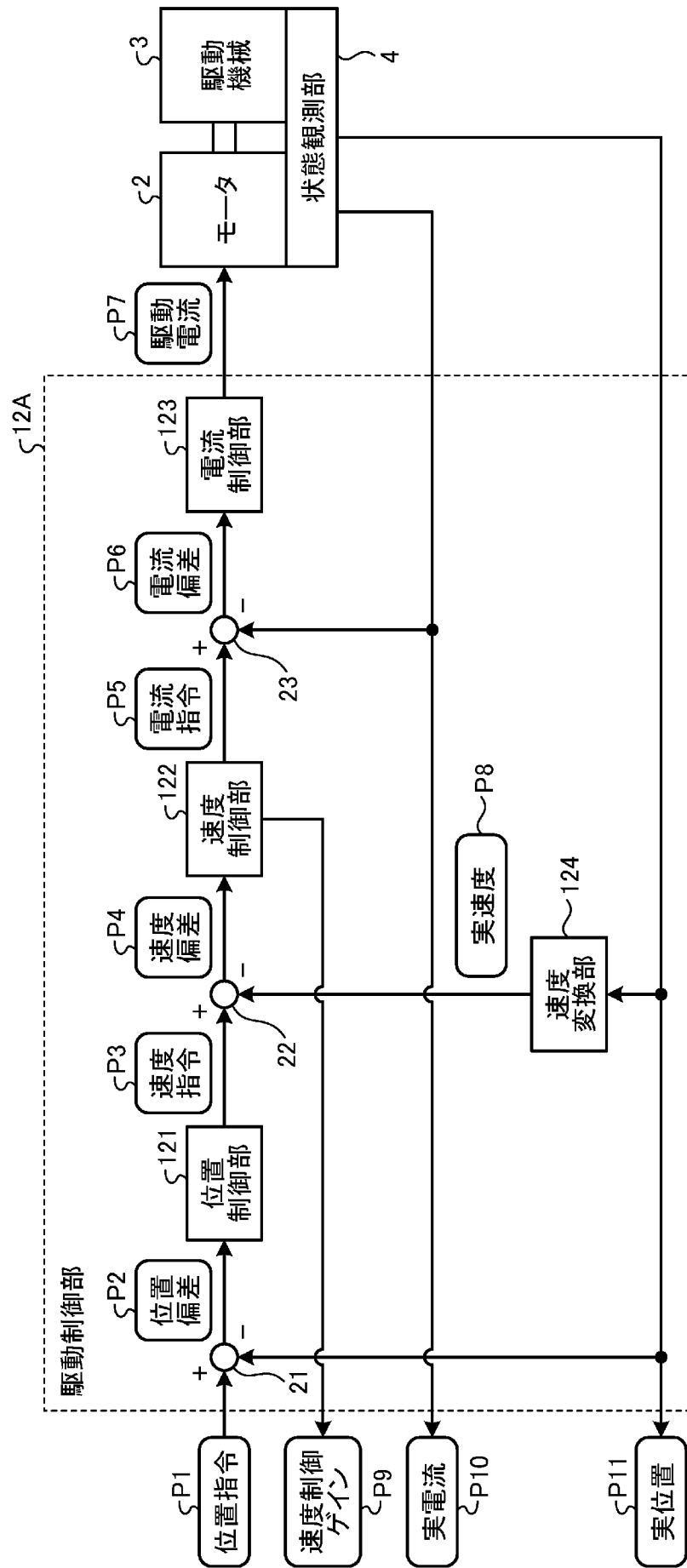
前記モータまたは前記駆動機械の実位置、前記モータまたは前記駆動機械への速度指令、前記モータまたは前記駆動機械の実速度、前記モータまたは前記駆動機械の加速度、前記モータまたは前記実位置に対応する位置指令と前記実位置との差である位置偏差、および前記速度指令と前記実速度との差である速度偏差を含む、

ことを特徴とする請求項 1 2 に記載の異常診断方法。

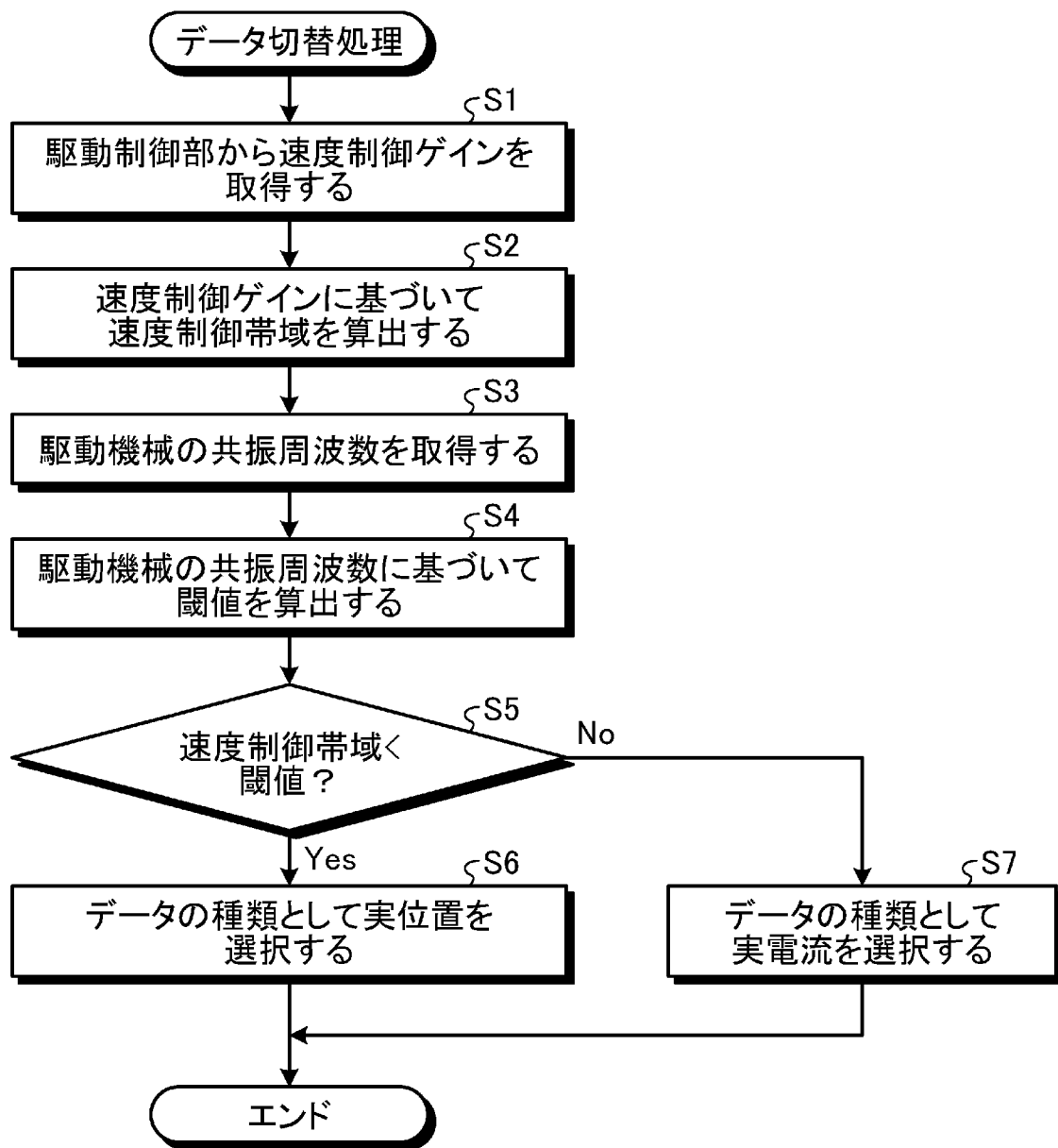
[図1]



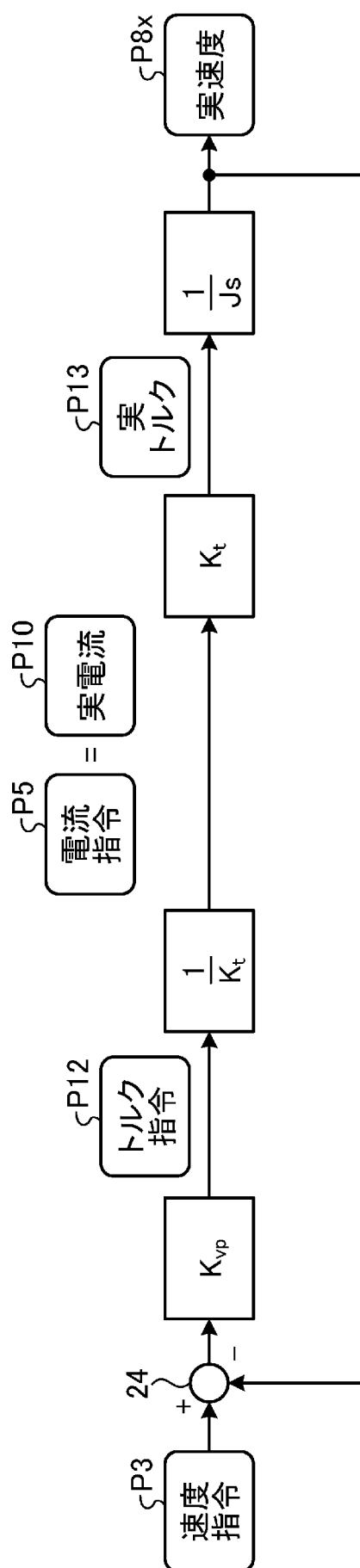
[図2]



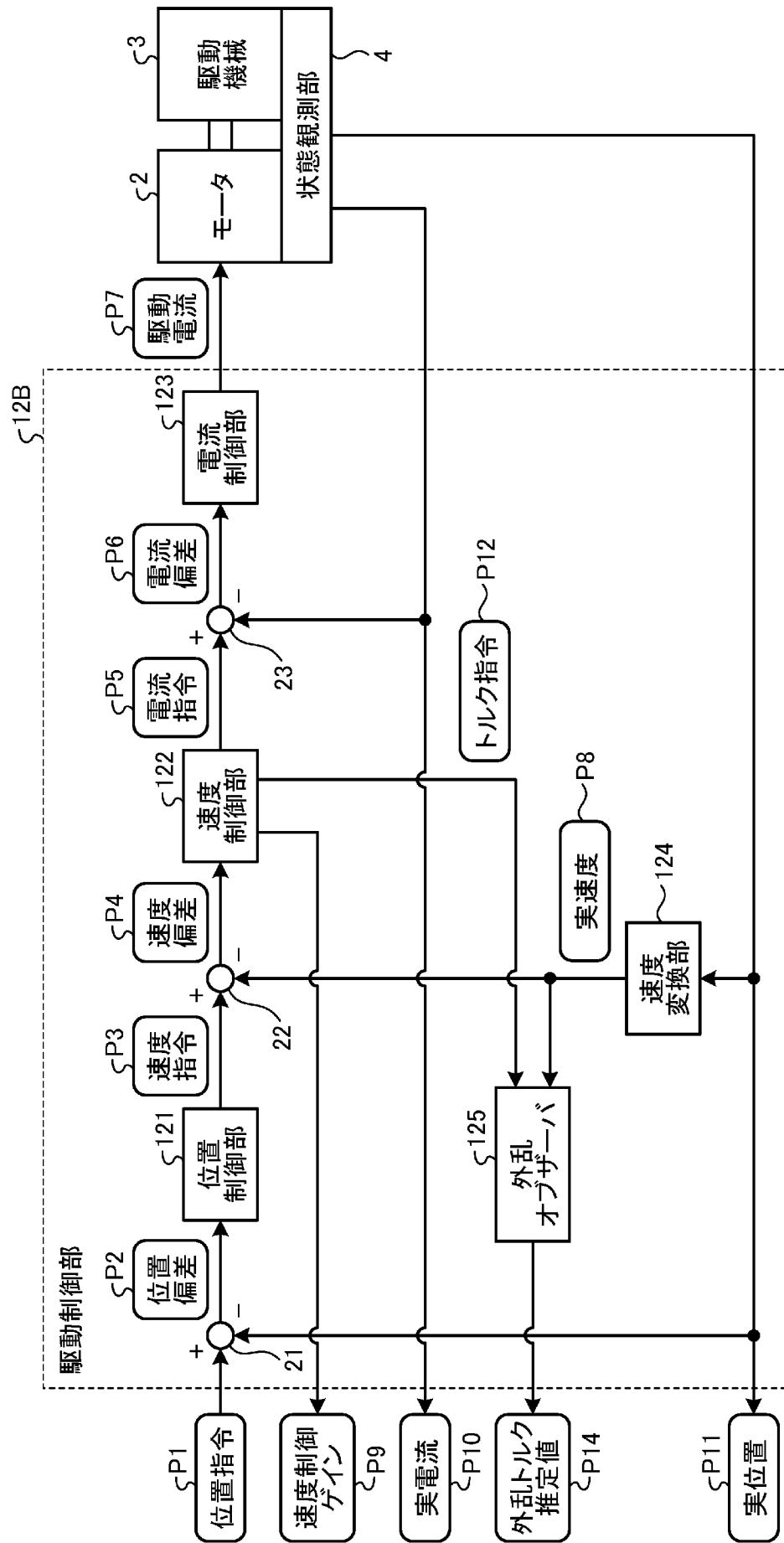
[図3]



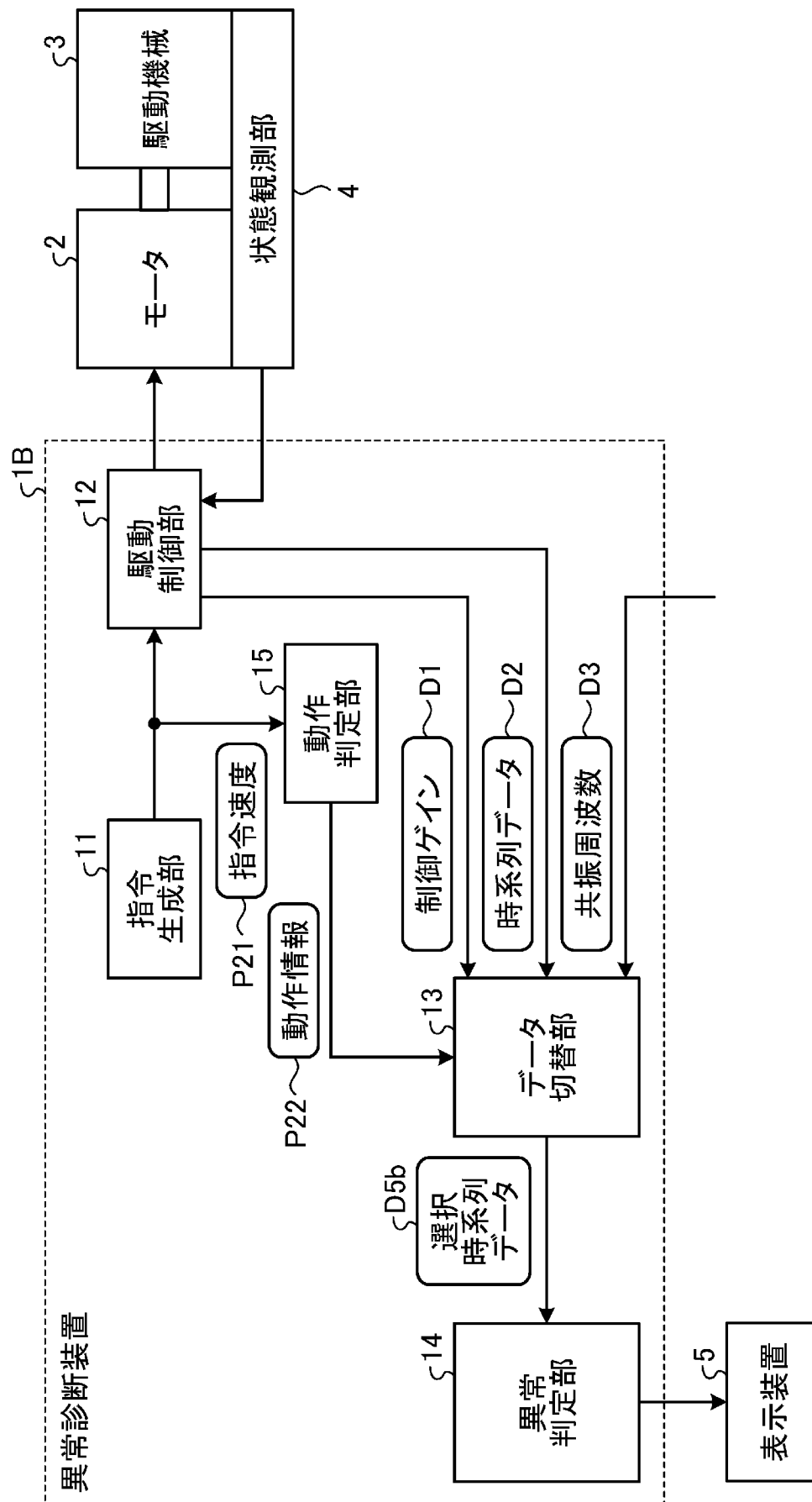
[図4]



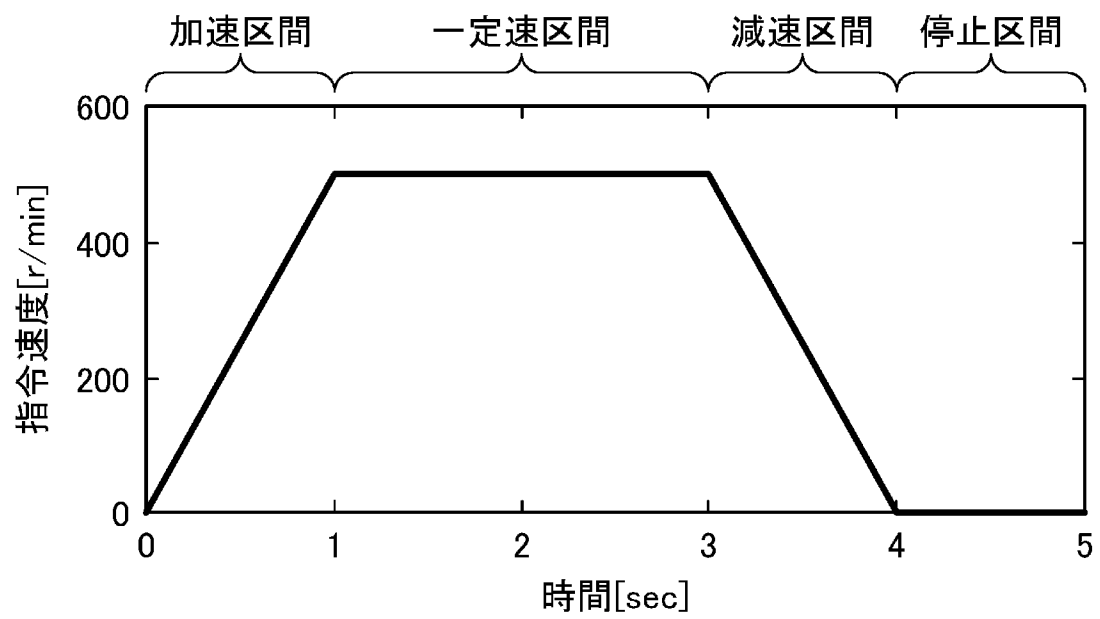
[図5]



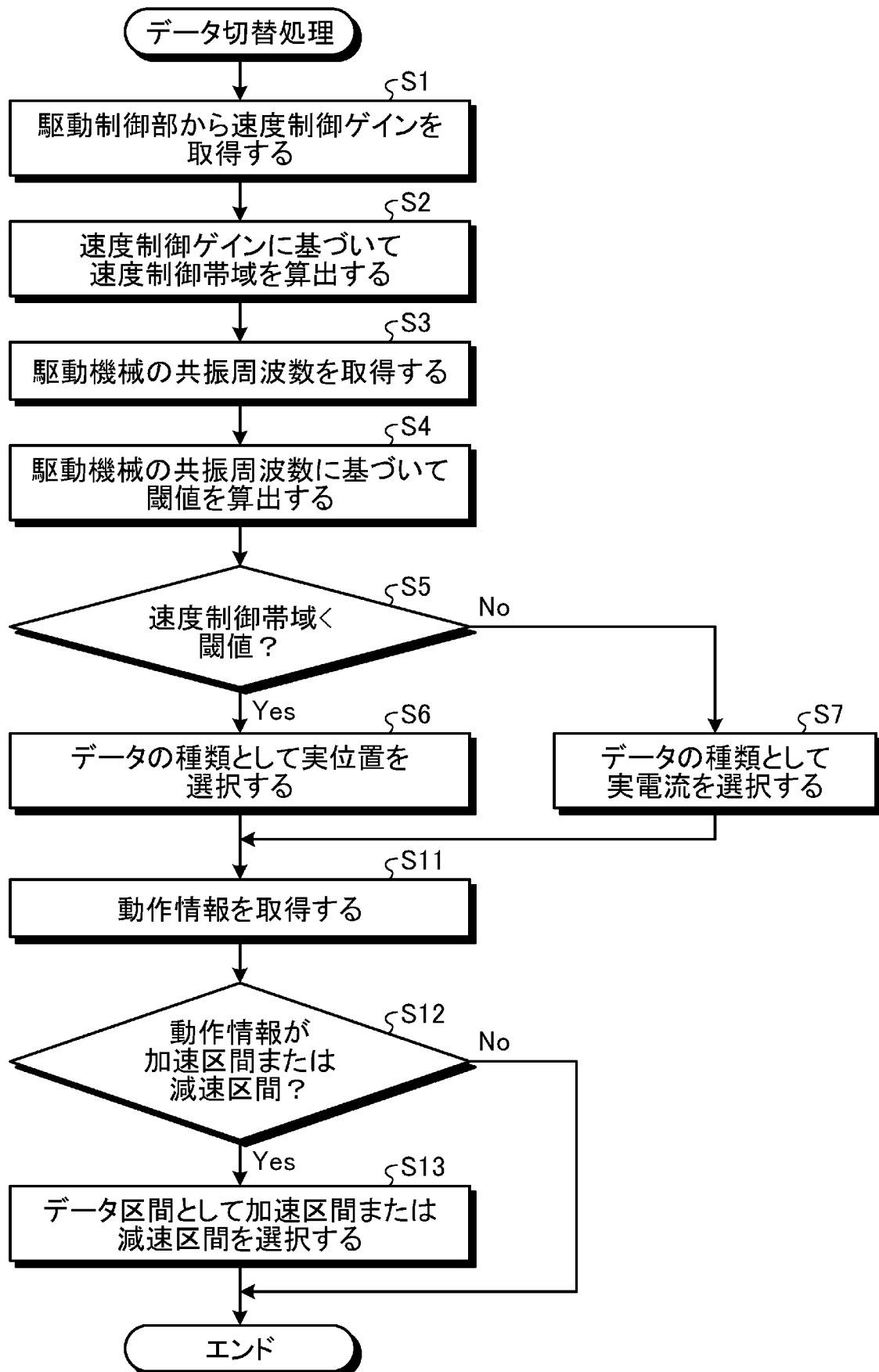
[図6]



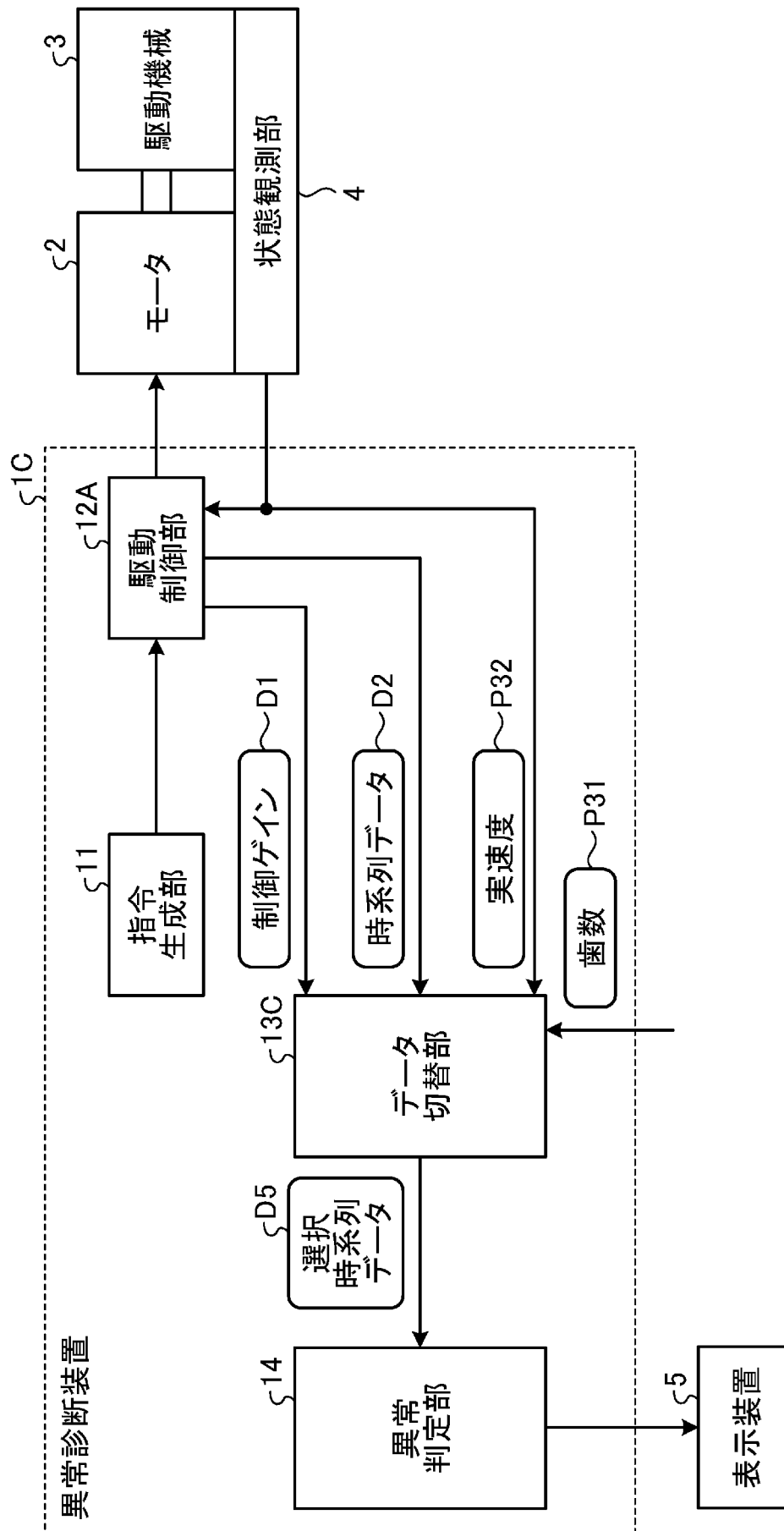
[図7]



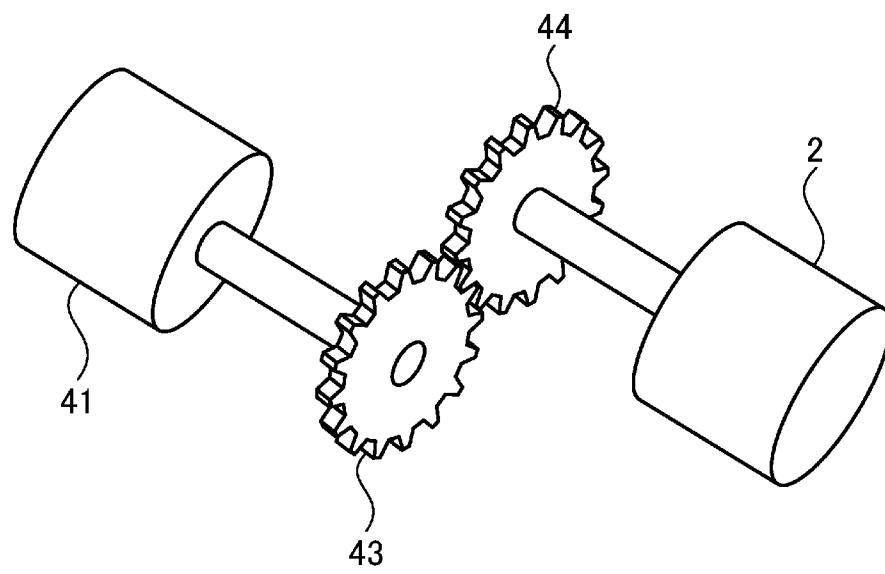
[図8]



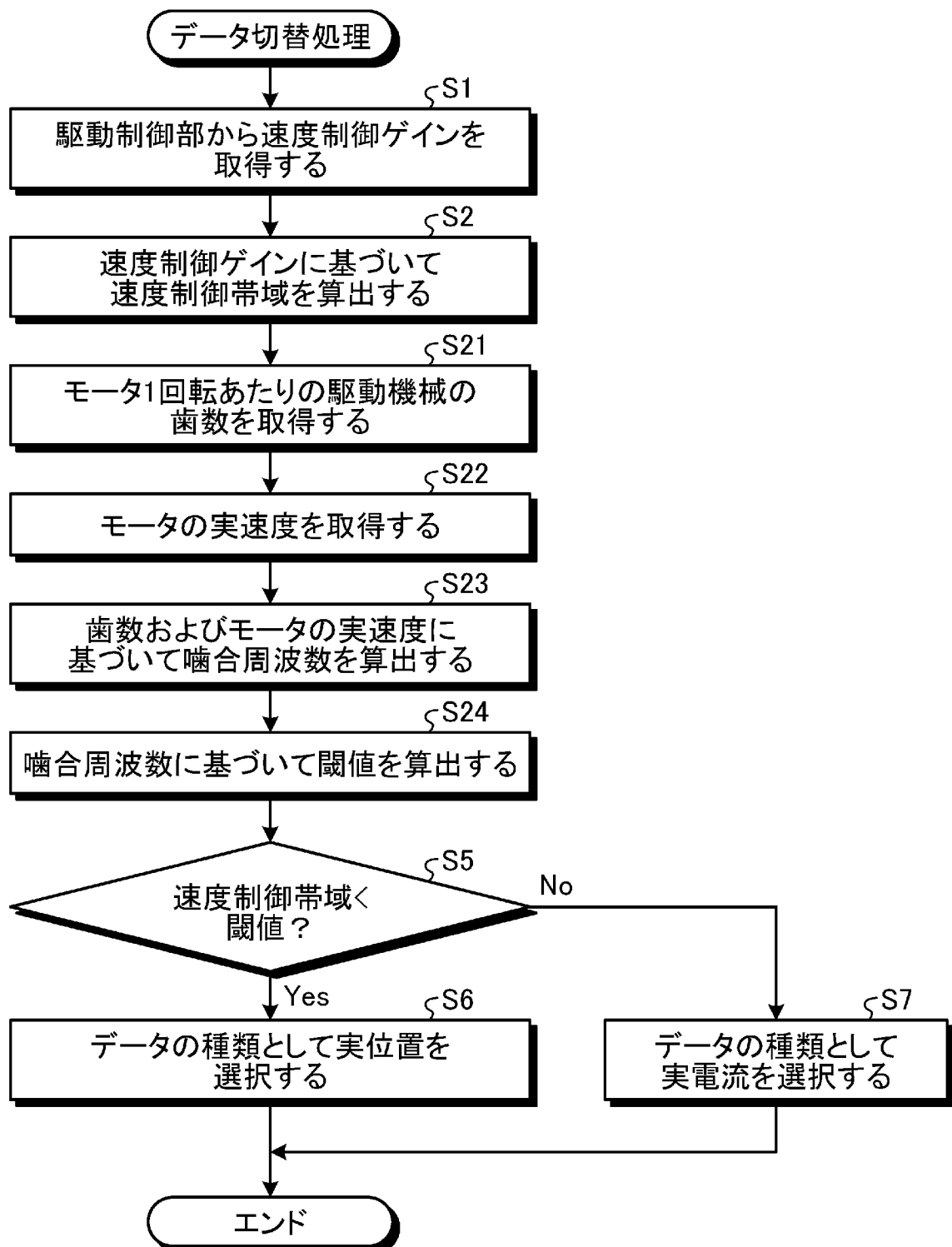
[図9]



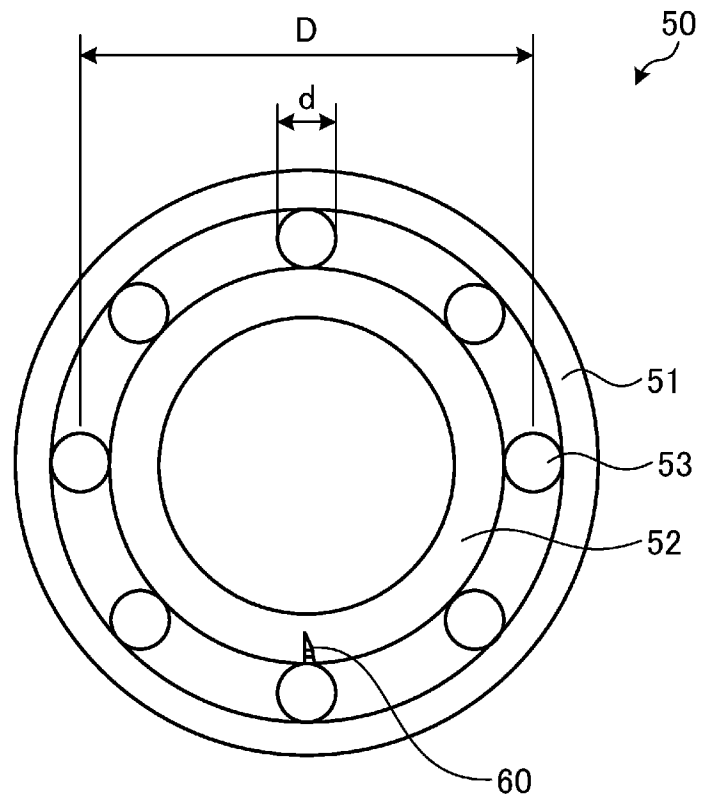
[図10]



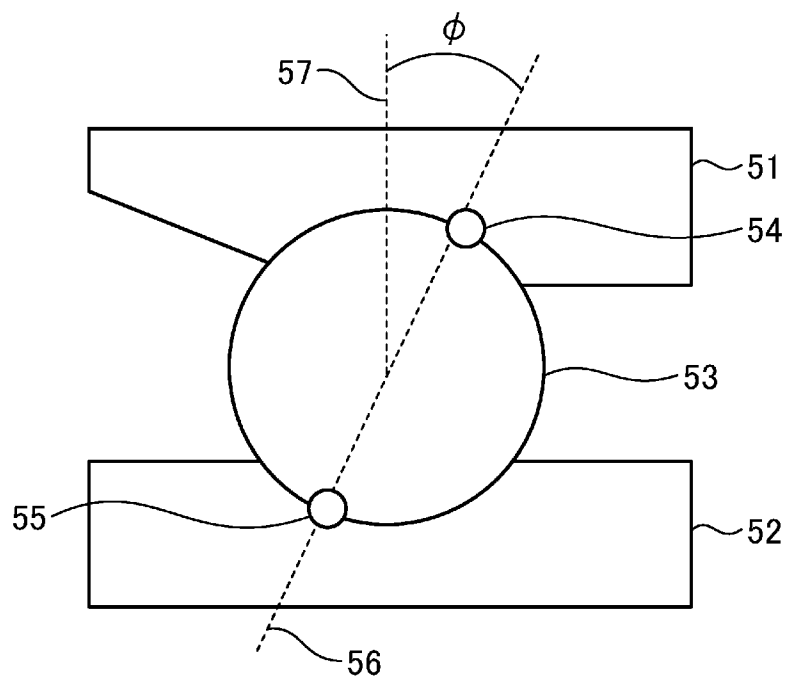
[図11]



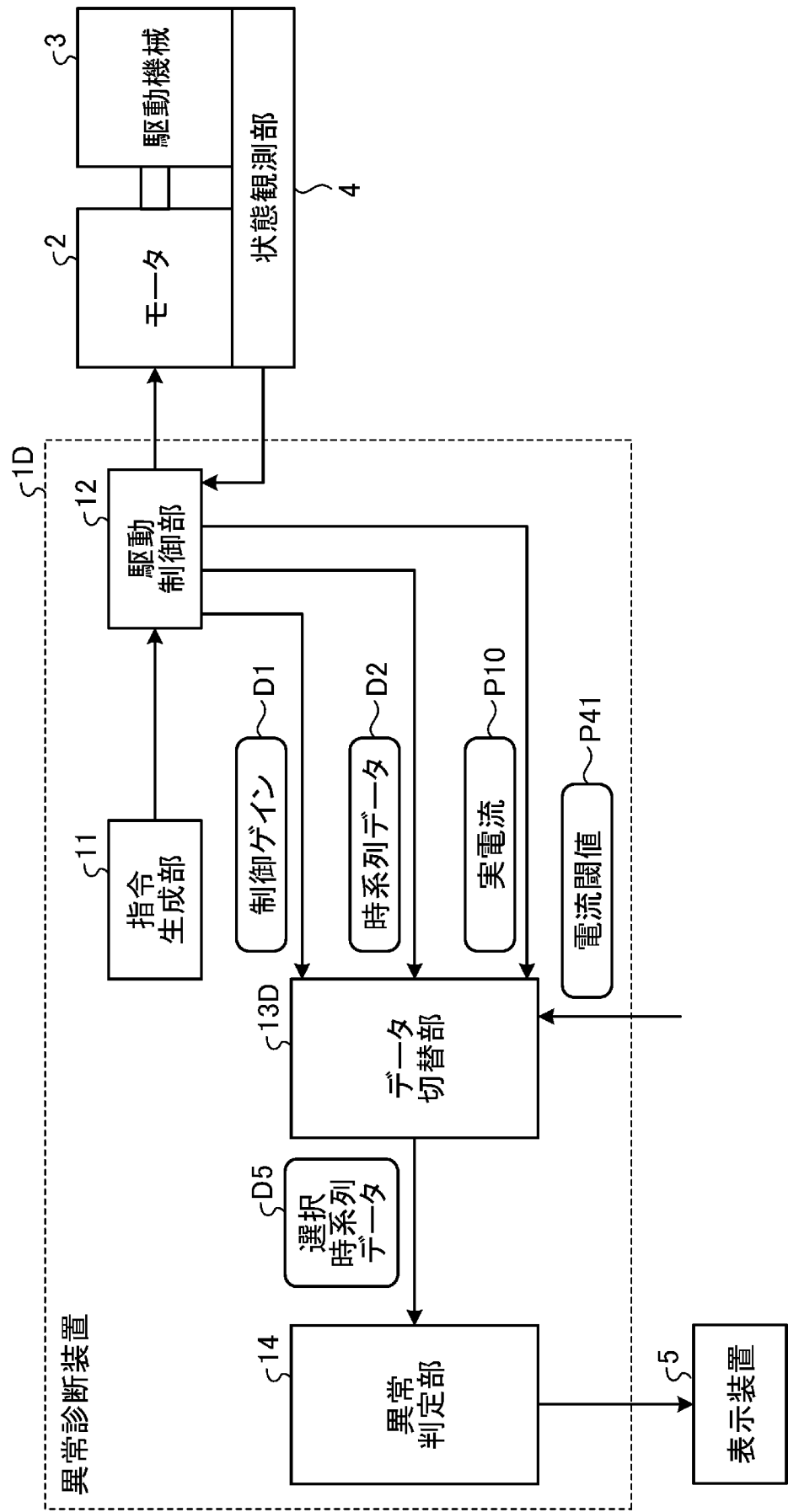
[図12]



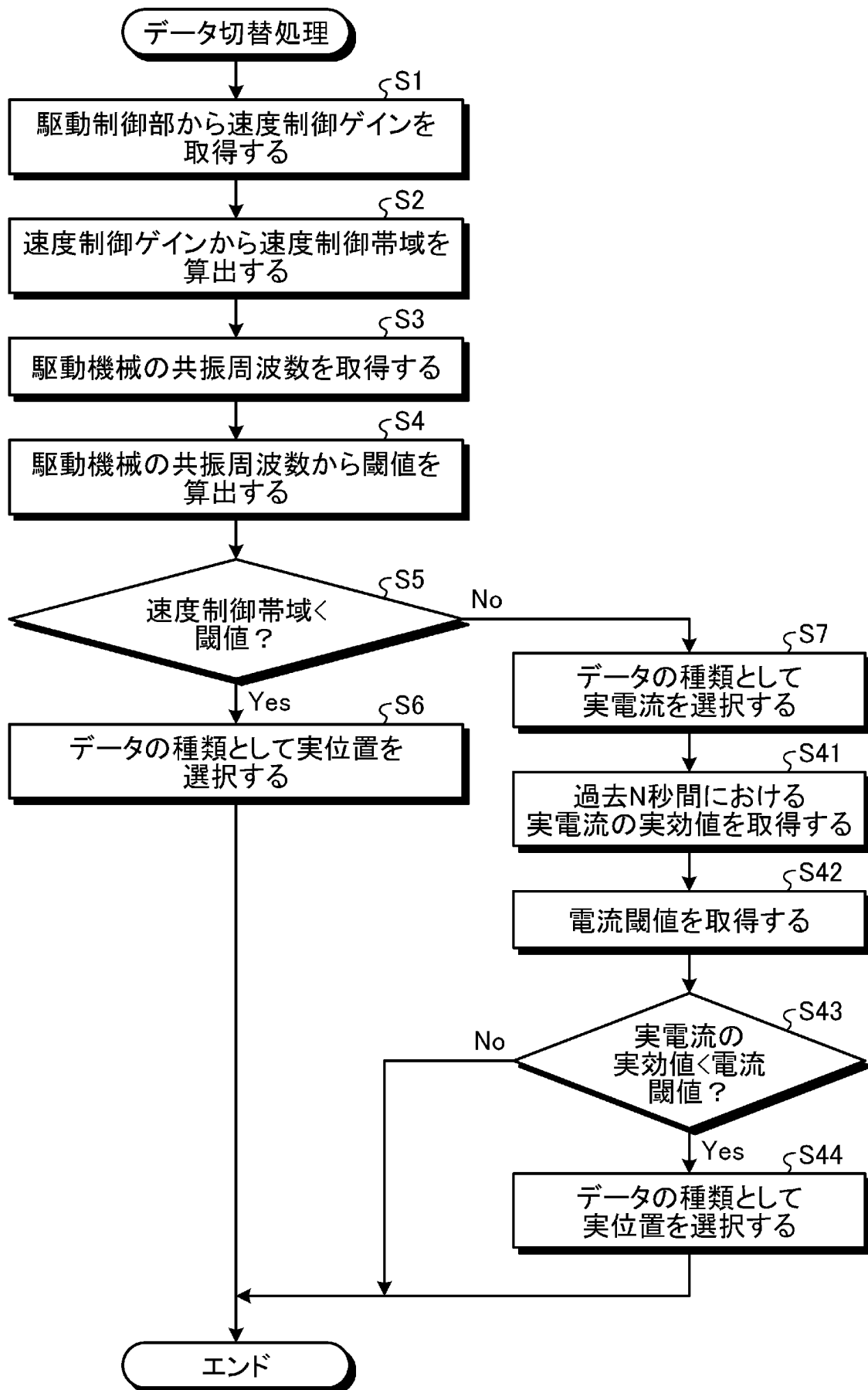
[図13]



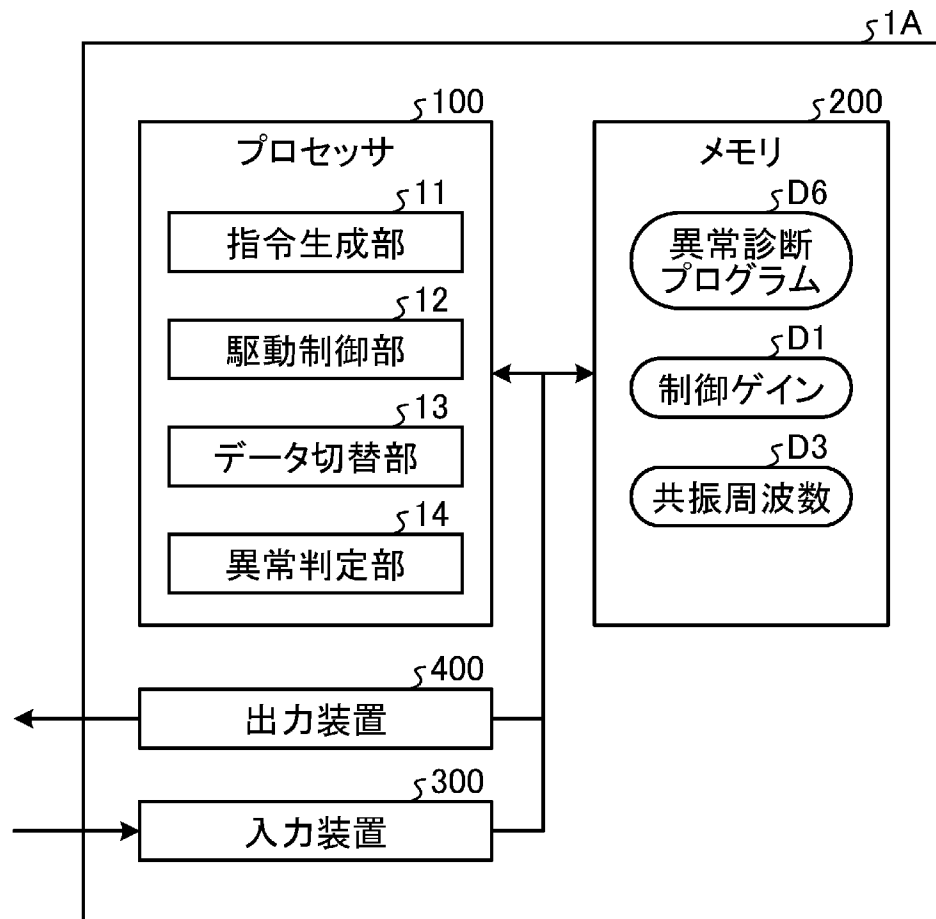
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/019769

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02P 29/024**(2016.01)i

FI: H02P29/024

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)

H02P29/024

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-134966 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 12 May 2000 (2000-05-12) paragraphs [0001]-[0054], fig. 1-4	1-13
A	JP 2001-290501 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND. CO., LTD.) 19 October 2001 (2001-10-19) paragraphs [0001]-[0032], fig. 1-4	1-13
A	JP 2019-110628 A (OMRON CORPORATION) 04 July 2019 (2019-07-04) paragraphs [0001]-[0099], fig. 1-13	1-13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 June 2022

Date of mailing of the international search report

12 July 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/019769

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2000-134966	A	12 May 2000	(Family: none)	
JP	2001-290501	A	19 October 2001	(Family: none)	
JP	2019-110628	A	04 July 2019	US 2019/0184511 A1 paragraphs [0001]-[0126], fig. 1-13E	
				EP 3499327 A1	
				CN 109933005 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02P 29/024(2016.01)i FI: H02P29/024										
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）） H02P29/024 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table> 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年									
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
A	JP 2000-134966 A（トヨタ自動車株式会社）12.05.2000（2000 - 05 - 12） 段落[0001]-[0054], 図1-4	1-13								
A	JP 2001-290501 A（石川島播磨重工業株式会社）19.10.2001（2001 - 10 - 19） 段落[0001]-[0032], 図1-4	1-13								
A	JP 2019-110628 A（オムロン株式会社）04.07.2019（2019 - 07 - 04） 段落[0001]-[0099], 図1-13	1-13								
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “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 </td> </tr> </table>			* 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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “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						
* 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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “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 28.06.2022		国際調査報告の発送日 12.07.2022								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 池田 貴俊 3V 9256 電話番号 03-3581-1101 内線 3357								

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/019769

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2000-134966	A	12.05.2000	(ファミリーなし)	
JP	2001-290501	A	19.10.2001	(ファミリーなし)	
JP	2019-110628	A	04.07.2019	US 2019/0184511 A1	
				段落[0001]-[0126], FIG. 1-13E	
				EP 3499327 A1	
				CN 109933005 A	