

(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
2018年12月6日(06.12.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/220751 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 29/00 (2016.01) G05B 23/02 (2006.01)
G01M 99/00 (2011.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/020280
- (22) 国際出願日: 2017年5月31日(31.05.2017)
- (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: 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 中村 明 博 (NAKAMURA Akihiro);
〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

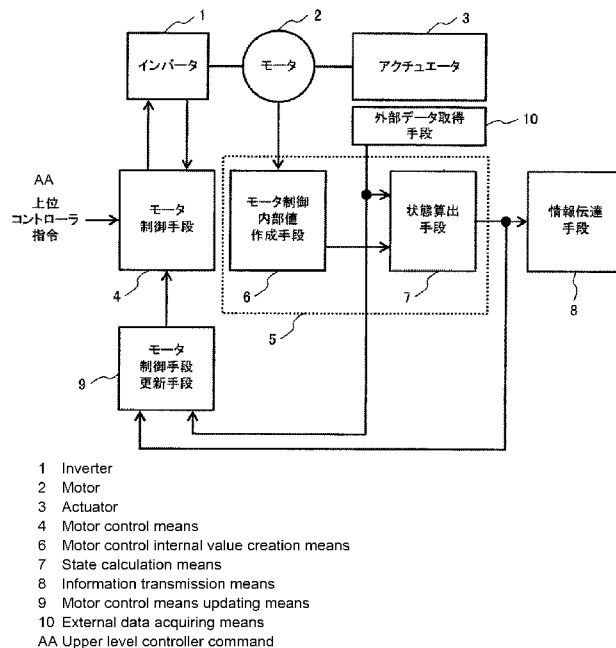
隅田 悟士(SUMITA Satoshi); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 岩路 善尚(IWAJI Yoshitaka); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 金子 悟(KANEKO Satoru); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 永田 浩一郎(NAGATA Kouichirou); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: ポレール特許業務法人(POLAIRE I.P.C.); 〒1030025 東京都中央区日本橋茅場町二丁目13番11号 Tokyo (JP).

(54) Title: STATE MONITORING DEVICE AND DEVICE SYSTEM

(54) 発明の名称: 状態監視装置、並びに機器システム

図 2



(57) **Abstract:** The present invention provides a state monitoring device capable of estimating the state of a device system, the modeling of which is difficult, and also provides a device system provided with the state monitoring device. The state monitoring device of a device system equipped with a device driven by a motor 2 controlled by a motor control means 4 is provided with: a motor control internal value creation means 6 for creating a motor control internal value that is a state variable of the motor control means 4; and a state estimation means 5 for estimating the state of the device system on the



(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

basis of the motor control internal value created by the motor control internal value creation means 6.

(57) 要約: 本発明は、モデル化が難しい機器システムの状態を推定することができる状態監視装置、並びにこれを備える機器システムを提供する。モータ制御手段4によって制御されるモータ2によって駆動される機器を備える機器システムの状態監視装置が、モータ制御手段4における状態変数であるモータ制御内部値を作成するモータ制御内部値作成手段6と、モータ制御内部値作成手段6によって作成されるモータ制御内部値に基づいて、機器システムの状態を推定する状態推定手段5と、を備える。

明 細 書

発明の名称：状態監視装置、並びに機器システム

技術分野

[0001] 本発明は、モータによって駆動される機器を備える機器システムの状態を推定する状態監視装置、並びに状態監視装置を搭載する機器システムに関する。

背景技術

[0002] 工場などで使用される工作機械システムにおいては、生産性向上や製造物の品質安定化のために、機器の稼動状態や機器によって製造される製造物の状態を詳細に監視することが要求される。また、鉄道や自動車などの車両機器システムにおいても、故障を事前に予知するために、機器システムの稼動状態を監視することが要求される。

[0003] このような状態監視においては、一般的に、センサを用いて、直接、状態量が取得される。しかし、機器システムによっては、センサの設置が物理的、コスト的に難しい場合がある。これに対し、例えば、特許文献1に記載の従来技術が知られている。

[0004] 本従来技術によるモータ制御装置は、モータ、モータによって駆動される機構部およびモータ制御部からなる実機部と、モータモデル、機構モデル部および制御モデル部からなるシミュレーションモデル部と、を備える。シミュレーションモデル部には、剛体モデルから求められるイナーシャが初期値として設定される。

[0005] 実機部およびシミュレーションモデル部は、上位コントローラから与えられる位置指令に応じて動作する。このとき、実機部において位置検出器によって検出される位置フィードバック量と、シミュレーションモデル部におけるモデル位置フィードバック量とが比較される。そして、比較結果に応じて、両者が一致するように、シミュレーションモデル部に設定されるイナーシャの値が変更される。

[0006] このように、本従来技術によれば、ロボットなどの機器システムにおいて、機器システムの状態に応じて変動するイナーシャを、簡単に推定することができる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2004-260891号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、上記従来技術では、伝達関数によってモデル化することが難しい複雑な機器システムに対しては、機器の状態を推定することが難しい。例えば、射出成形機で加工される製造物の品質（例えば、バリの有無）や加工に用いる金型の劣化度合いについては、物理的な知見や理論に基づいて、伝達関数によってモデル化することは困難である。

[0009] そこで、本発明は、モデル化が難しい機器システムの状態を推定することができる状態監視装置、並びにこれを備える機器システムを提供する。

課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決するために、本発明による状態監視装置は、モータ制御手段によって制御されるモータによって駆動される機器を備える機器システムの状態監視装置であって、モータ制御手段における状態変数であるモータ制御内部値を作成するモータ制御内部値作成手段と、モータ制御内部値作成手段によって作成されるモータ制御内部値に基づいて、機器システムの状態を推定する状態推定手段と、を備える。

[0011] また、上記課題を解決するために、本発明による機器システムは、モータによって駆動される機器を備える機器システムであって、モータの駆動力によって操作されるアクチュエータと、モータを制御するモータ制御手段と、モータ制御手段における状態変数であるモータ制御内部値を作成するモータ制御内部値作成手段と、モータ制御内部値作成手段によって作成されるモータ

タ制御内部値に基づいて、機器システムの状態を推定する状態推定手段と、状態推定手段によって推定される機器システムの状態に関わる情報を表示する情報伝達手段と、を備える。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、モータ制御内部値に基づいて、機器システムの状態を推定することにより、モデル化が難しい機器システムの状態を推定することができる。

[0013] 上記した以外の課題、構成および効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本実施形態における、モータ特性値の時間変化の一例を示す。

[図2]本発明の実施例1である、状態監視装置を備える機器システムの構成を示す。

[図3]モータ制御手段の構成を示すブロック図である。

[図4]モータ制御内部値作成手段の構成を示すブロック図である。

[図5]状態算出手段の構成例を示すブロック図である。

[図6]状態算出手段の構成例を示すブロック図である。

[図7]情報伝達手段の構成例を示すブロック図である。

[図8]電流指令作成部の構成を示す。

[図9]本発明の実施例2である、状態監視装置を備える機器システムの構成を示す。

[図10]状態推定手段更新手段の構成例を示す。

[図11]状態推定モデルの更新例を示す。

[図12]本発明の実施例3である、状態監視装置を備える機器システムの構成を示す。

[図13]本発明の実施例4である、状態監視装置を備える機器システムの構成を示す。

[図14]本発明の実施例5である、工作機械システムの構成を示す。

[図15]本発明の実施例6である、車両機器システムの構成を示す。

発明を実施するための形態

[0015] 本発明の実施形態では、機器システムの状態に関連性の高いモータ制御内部値を用いて、伝達関数によるモデル化が難しい複雑な機器システムの状態が推定される。また、推定された状態を用いて、機器作業員の負担を軽減できる機器システムが構成される。

[0016] ここで、機器システムの状態とは、機器自体の状態、例えば、動作状態の異常の有無や、機器の劣化の度合いなど、並びに、機器システムによって製造される製造物の状態、例えば、品質など、である。また、状態量は、機器システムの状態を示す指標であり、本実施形態では、モータ制御内部値を用いて、特殊な手段（複雑なシミュレーションなど）を用いることなく推定される。

[0017] まず、モータ制御内部値を用いる機器システム状態の推定メカニズムについて、図1を用いて説明する。

[0018] 図1は、本実施形態における、モータ特性値の時間変化（時系列データ）の一例を示す。図中、 ω_m 、 I_m 、 V_m は、それぞれ、実機におけるモータ回転数、モータ電流およびモータ電圧である。また、図中、モータ制御内部値であるq軸電圧指令値 V_q とd軸電圧指令 V_d の二乗和平方根の時間変化を示す。

[0019] なお、モータは、インバータによって駆動され、かつ、いわゆるベクトル制御によって、モータ電流が一定値となるように制御される。

[0020] 図1に示すように、負荷脈動が発生しているため、モータ回転数（ ω_m ）が脈動している。ここで、機器システムが、電流センサおよび電圧センサは備えているが、モータ回転数センサを備えていない場合、モータ電流やモータ電圧に係る情報（ I_m 、 V_m ）を得ることはできても、これらの情報から負荷の脈動を検出あるいは推定することは難しい。

[0021] 一方で、図1に示すように、q軸電圧指令値 V_q とd軸電圧指令 V_d の二乗和平方根には、モータ脈動の情報が含まれている。モータ回転数が負荷脈

動に応じて変動する時、初期段階ではモータ電流が振動するが、モータ電流一定制御により、 q 軸電圧指令値 V_q と d 軸電圧指令 V_d を脈動させて、モータ電流が一定に保たれる。その結果、モータ電流(I_m)やモータ電圧(V_m)には脈動の情報が現れないが、 q 軸電圧指令値 V_q と d 軸電圧指令 V_d の二乗和平方根には脈動の情報が現れる。すなわち、モータ制御内部値である q 軸電圧指令値 V_q と d 軸電圧指令 V_d に基づいて、機器システムの一状態量であるモータの負荷を推定することができる。

[0022] 以下、本発明の実施形態について、実施例1～6により、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、各図において、名称あるいは参照番号が同一のものは、同一の構成要件あるいは類似の機能を備えた構成要件を示している。

実施例 1

[0023] 図2は、本発明の実施例1である、状態監視装置を備える機器システムの構成を示す。なお、本実施例1においては、マイクロコンピュータなどの演算処理装置が、所定のプログラムを実行することにより、制御装置や状態監視装置として機能する（他の実施例も同様）。

[0024] 本実施例1は、動力源として、インバータ1と、インバータ1によって回転駆動されるモータ2を備える。さらに、本実施例1は、モータ2により駆動されて、機械的動作を行うアクチュエータ3を備える。

[0025] インバータ1は、いわゆるベクトル制御方式が適用されるモータ制御手段4により制御される。モータ制御手段4は、インバータ1あるいはモータ2からモータ電流、モータ電圧、回転子の位置情報、回転数などの情報を取得し、それらの情報を基に、上位コントローラからの指令に応じて、モータ2を駆動するための電圧指令値を作成する。そして、モータ制御手段4は、作成した電圧指令値をインバータ1に与える。

[0026] 外部データ取得手段10は、機器システムにおいてモータ2やインバータ1以外に設置されるセンサなどから構成され、機器の温度や外気温、機器の上位指令値などを取得する。

- [0027] 状態推定手段5は、モータ制御内部値を作成するモータ制御内部値作成手段6と、モータ制御内部値作成手段6によって作成されるモータ制御内部値に基づいて機器システムの状態量を算出する状態算出手段7を備える。
- [0028] モータ制御内部値作成手段6は、モータ2の入力部あるいは出力部に、モータ制御手段4用とは別に、独立に設置される電流センサ、電圧センサおよび位置センサによって取得される時系列データと、外部データ取得手段10によって取得されるデータとに基づいて、モータ制御手段4における状態変数であって機器システムの状態に関連するモータ制御内部値を作成する。
- [0029] 状態算出手段7は、状態推定モデルを有し、状態推定モデルを用いて、モータ制御内部値作成手段6によって作成されるモータ制御内部値に基づいて、機器システムの状態、すなわち機器自体の状態や機器によって製造される製造物の状態（品質など）を示す状態量を算出する。
- [0030] すなわち、状態推定手段5は、前述の各センサや外部データ取得手段10によって取得されるデータを入力して、入力するデータから作成されるモータ制御内部値を作成し、作成されるモータ制御内部値に基づいて算出される状態量もしくはこの状態量が示す機器システムの状態に関する情報（以下、「推定状態」と記す）を出力する。状態推定手段5から出力される推定状態は、後述する情報伝達手段8およびモータ制御手段更新手段9に伝送される。
- [0031] 情報伝達手段8は、状態推定手段5から出力される推定状態に応じて、機器システムの状態に関する情報、例えば、機器自体の状態やその変化、あるいは製造物の品質やその変化に関する情報を、ディスプレイ、音声、ランプなどにより、機器システムを用いる作業員や機器システムの管理者に通知する。これにより、機器のメンテナンス時期の把握や、品質変化時の状況把握および機器調整作業などにおける、作業負荷が軽減できる。
- [0032] モータ制御手段更新手段9は、状態推定手段5から出力される推定状態に基づいて、モータ制御手段4、すなわち制御指令や制御パラメータもしくは制御ソフトを変更する。例えば、製造物の品質が変化してきた場合、モータ

制御手段更新手段 9 は、品質の変化を抑制するようにモータ制御手段 4 を変更する。これにより、機器システムの調整作業が自動化できるので、作業負荷が軽減される。

[0033] 次に、モータ制御手段 4、状態推定手段 5 について、さらに詳細を説明する。

[0034] 図 3 は、モータ制御手段 4 の構成を示すブロック図である。

[0035] 図 3 では、上位コントローラからの指令が、位置指令 θ^* であるが、速度（回転数）指令 ω^* やトルク指令 T_{rq}^* でもよい。なお、上位コントローラからの指令が速度（回転数）指令 ω^* およびトルク指令 T_{rq}^* である場合、モータ制御手段 4 のブロック図は、それぞれ、図 3 中の境界線 A より右側のブロック図および境界線 B より右側のブロック図となる。

[0036] 図 3 に示すように、位置指令 θ^* が上位コントローラからモータ制御手段 4 に入力されると、速度指令作成部 101 は、センサにより実測される位置フィードバック値 θ_m と位置指令値 θ^* との差分に基づいて、速度指令 ω^* を作成して出力する。

[0037] トルク指令作成部 102 は、速度指令 ω^* を入力すると、センサにより実測される速度（回転数）フィードバック値 ω_m と速度指令 ω^* との差分に基づいて、トルク指令 T_{rq}^* を作成して出力する。

[0038] 電流指令作成部 103 は、トルク指令 T_{rq}^* を入力すると、トルク指令 T_{rq}^* に基づいて、回転座標系における d 軸上の電流指令、すなわち d 軸電流指令 i_d^* と q 軸電流指令 i_q^* を作成して出力する。

[0039] 電圧指令作成部 104 は、 d 軸電流指令 i_d^* と q 軸電流指令 i_q^* を入力すると、 d 軸電流フィードバック値 i_d と d 軸電流指令 i_d^* との差分、および q 軸電流フィードバック値 i_q と q 軸電流指令 i_q^* との差分に基づいて、 d 軸上の電圧指令、すなわち d 軸電圧指令 V_d^* と q 軸電圧指令 V_q^* を作成して出力する。

[0040] ここで、 d 軸電流フィードバック値 i_d と q 軸電流フィードバック値 i_q は、センサにより実測されるモータの U 相電流フィードバック値 i_u 、 V 相

電流フィードバック値 I_v および W 相電流フィードバック値 I_w を、3 相／2 相変換部 106 によって 3 相 2 相変換して得られる。

[0041] 2 相／3 相変換部 105 は、d 軸電圧指令 V_d^* と q 軸電圧指令 V_q^* を入力すると、d 軸電圧指令 V_d^* および q 軸電圧指令 V_q^* を、U 相電圧指令 V_u^* 、V 相電圧指令 V_v^* および W 相電圧指令 V_w^* に変換し、これら電圧指令をインバータ 1 へ出力する。

[0042] 次に、状態推定手段 5 について説明する。

[0043] 前述のように（図 2 参照）、状態推定手段 5 は、モータ制御内部値作成手段 6 および状態算出手段 7 を備える。そこで、まず、モータ制御内部値作成手段 6 を説明し、次に、状態算出手段 7 について説明する。

[0044] 図 4 は、モータ制御内部値作成手段 6 の構成を示すブロック図である。

[0045] 図 4 に示すように、モータ制御内部値作成手段 6 は、いわば、図 3 に示すモータ制御手段 4 の逆モデルになっている。すなわち、モータ制御内部値作成手段 6 は、モータ制御手段 4（図 3 参照）における速度指令作成部 101、トルク指令作成部 102、電流指令作成部 103、電圧指令作成部 104、2 相／3 相変換部 105 および 3 相／2 相変換部 106 に対応して、それぞれ、速度指令作成部逆モデル 111、トルク指令作成部逆モデル 112、電流指令作成部逆モデル 113、電圧指令作成部逆モデル 114、3 相／2 相変換部 115 および 3 相／2 相変換部 116 を備えている。

[0046] 図 4 では、上位コントローラからモータ制御手段 4 への指令が、位置指令 θ^* であるが、トルク指令 $T_r q^*$ や速度指令 ω^* でもよい。なお、上位コントローラからの指令が、トルク指令 $T_r q^*$ 、速度指令 ω^* および、位置指令 θ^* である場合、モータ制御内部値作成手段 6 のブロック図は、それぞれ、図 4 中の境界線 C より右側のブロック図、境界線 D より右側のブロック図および境界線 E より右側のブロック図となる。

[0047] 図 4 に示す構成により、モータ制御内部値作成手段 6 は、モータ 2 の入力部あるいは出力部に、モータ制御手段 4 用とは別に、独立に設置される電流センサ、電圧センサおよび位置センサによって取得される時系列データであ

る、モータ3相電圧フィードバック値 V_u 、 V_v 、 V_w と、モータ3相電流フィードバック値 I_u 、 I_v 、 I_w と、速度フィードバック値 ω_m と、位置フィードバック値 θ_m のいずれかあるいは複数に基づいて、d軸電流フィードバック値 I_d とq軸電流フィードバック値 I_q 、d軸電圧指令 V_d^* とq軸電圧指令 V_q^* 、d軸電流指令 I_d^* とq軸電流指令 I_q^* 、トルク指令 T_{rq}^* 、速度指令 ω^* 、位置指令 θ^* を算出する。

[0048] なお、本実施例1においては、モータ制御手段4の状態変数である、 θ^* 、 θ_m 、 ω^* 、 ω_m 、 T_{rq}^* 、 I_d^* 、 I_q^* 、 I_d 、 I_q 、 V_d^* 、 V_q^* 、 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 、 V_u 、 V_v 、 V_w 、 I_u 、 I_v 、 I_w 、指令値と実測値との差分、制御器を構成する比例器、積分器、微分器の出力値が、モータ制御内部値である。すなわち、モータ制御手段4におけるこれらのモータ制御内部値のいずれかあるいは複数が、モータ制御内部値作成手段6によって作成される。

[0049] なお、本実施例1においては、図4に示すモータ制御内部値作成手段6により、モータ制御手段4の状態変数の内、モータ制御手段4による処理の過程で作成されて用いられ、モータ制御手段4からは出力されない状態変数（例えば、 I_d^* 、 I_q^* 、 I_d 、 I_q 、 V_d^* 、 V_q^* ）も作成することができる。これにより、本実施例1は、多種多様な機器システムの様々な状態の推定に適用することができる。

[0050] 図5および図6は、状態算出手段7の構成例を示すブロック図である。

[0051] 上述のように、状態算出手段7（図2参照）は、モータ制御内部値作成手段6によって作成される少なくとも一つのモータ制御内部値に基づいて、機器システムの状態、すなわち機器自体の状態や機器によって製造される製造物の状態（品質など）を示す状態量を算出する。なお、状態算出手段7は、モータ制御内部値に加えて、外部データ取得手段10（図2参照）で取得したデータ（機器の温度など）に基づいて状態量を算出しても良い。そこで、図5および図6では、モータ制御内部値（ $X_1 \sim X_n$ ）および外部データ取得手段10で取得されるデータ（ $Z_1 \sim Z_n$ ）が状態算出手段7へ入力され

ている。

[0052] 図5, 6中の $X_1 \sim X_n$ はモータ制御内部値を示し、 $Z_1 \sim Z_n$ は外部データ取得手段10で取得される情報を示す。状態算出手段7には、少なくとも一つのモータ制御内部値が入力される。また、状態算出手段7への外部データ取得手段10で取得される情報の入力の有無および入力数は任意である。

[0053] 状態算出手段7に入力される、モータ制御内部値および外部データ取得手段10で取得される情報の種類や個数は、状態算出手段の構成（例えば、後述する統計的モデル）に応じて設定される。

[0054] なお、図5, 6中、 X_n , Z_n , C_n （後述）の添え字を、便宜上、同じ「 n 」にしているが、この「 n 」は、 X_n , Z_n , C_n の各個数が任意であることを示しており、 X_n , Z_n , C_n の個数が同数であることを意味するものではない。

[0055] 図5の構成例では、状態算出手段7は、状態量算出に用いる統計的モデルとして、回帰式を有する。本構成例において、状態算出手段7は、回帰式の説明変数となる特徴量を設定する特徴量算出手段121と、特徴量算出手段121によって設定される特徴量に基づいて、回帰式により状態量（目的変数）を算出する演算手段122を備える。

[0056] 特徴量算出手段121は、 X_n および Z_n を入力し、入力した X_n および Z_n に基づいて、演算手段122の入力とする特徴量（説明変数） C_n を算出する。特徴量算出手段121は、 X_n や Z_n の瞬時データを加工せずにそのまま特徴量 C_n として出力したり、所定の時間区間において X_n や Z_n の瞬時データを周波数分析した結果（振幅、位相など）、所定の時間区間における実効値、平均値、標準偏差、最大値もしくは最小値、所定の時間区間におけるオーバーシュート量やピーク値を出力したりする。特徴量 C_n の個数は、回帰式に応じて、単数でも良いし、複数でも良い。

[0057] また、特徴量算出手段121は、モータ制御内部値から演算される所定量、例えば、有効電力、無効電力、図1に示すような V_q と V_d の二乗和平方

根などを、特徴量として出力しても良い。また、いわゆるオブザーバにより推定される外乱トルクなどを特徴量としても良い。なお、これらの特徴量は、さらに周波数分析や統計的計算（平均）などを施してから出力されても良い。

[0058] 演算手段 1 2 2 は、特徴量算出手段 1 2 1 から出力される特徴量 $C_1 \sim C_n$ を入力し、特徴量 $C_1 \sim C_n$ に基づいて状態量推定値 (Y_a , Y_b) を算出する。

[0059] 図 5 の構成例においては、図中のグラフが示すように、特徴量 C_1 を説明変数とし、機器の状態や製造物の品質を示す状態量 Y を目的変数とする一次元の回帰式が適用される。ここで、演算手段 1 2 2 は、入力する特徴量 C_1 の値が C_a である場合、 C_a に対する回帰式の計算値 Y_a を現時点の状態量（推定値）として出力する。また、演算手段 1 2 2 は、 C_a に対する状態量の標準偏差 Y_b を状態量（推定値）として出力する。このように、回帰式を用いると、平均的な状態量を推定できるとともに、状態量のばらつき量も推定できる。従って、機器や製造物の状態を推定できると共に、その状態の発生割合を推定することできる。

[0060] 状態推定手段 5 は、算出される状態量（推定値）を推定状態として出力しても良いし、この状態量が示す機器システムの状態に関する情報（例えば、機器の稼動状態や製造物の品質の良否など）を推定状態として出力しても良い。

[0061] なお、演算手段 1 2 2 における回帰式は、過去に取得したモータ制御内部値のデータと、そのデータを取得した際における機器状態の監視データや、製造物の検査結果を用いて、統計モデリングなどにより予め求められる。

[0062] その他の状態算出手段 7 の構成例を図 6 に示す。

[0063] 図 6 の構成例では、状態算出手段 7 は、状態量算出に用いる統計的モデルとして、クラスタリング結果を有する。本構成例において、状態算出手段 7 は、前述の図 5 における特徴量算出手段 1 2 1 と同じ機能を有する特徴量算出手段 1 2 3 と、特徴量算出手段 1 2 1 によって設定される特徴量に基づい

て、機器状態や製造物状態に関するクラスタリング結果により状態量を算出する分類部124を備える。

[0064] なお、図6中、 $X_1 \sim X_n$ 、 $Z_1 \sim Z_n$ 、 $C_1 \sim C_n$ については、図5で説明したとおりである。

[0065] 分類部124は、予めクラスタリングによって求められる、特徴量空間（図6では二次元（ C_1 、 C_2 ））内で、機器や製造物が所定の状態（例えば、正常状態）を示す範囲と、特徴量算出手段121によって設定される特徴量 $C_1 \sim C_n$ 、すなわち特徴量空間内における空間点との距離を演算する。し、演算される距離に基づいて、機器や製造物の状態が所定の状態であるか否かを判定する。そして、分類部124は、判定結果に応じた状態量（推定値） Y_3 を出力する。

[0066] 図6の構成例においては、図中のクラスタリング結果例が示すように、分類部124は、入力される特徴量 C_1 および C_2 がそれぞれ C_a および C_b である場合、二次元特徴量空間における点（ C_a 、 C_b ）と、同空間内における製造物品質正常範囲（クラスタ）との距離を算出する。分類部124は、算出される距離あるいはこれに対応する所定量を状態量（推定値） Y_3 として出力する。ここで、算出される距離としては、例えば、ユークリッド距離やマハラノビス距離などを用いることができる。

[0067] 状態推定手段5は、算出される状態量（推定値）を推定状態として出力しても良いし、この状態量が示す機器システムの状態に関する情報（例えば、機器や製造物品質の異常の有無）を推定状態として出力しても良い。

[0068] このように、クラスタリングの結果を用いることにより、機器や製造物の状態が所定の状態（例えば、正常状態）であるか否かを高精度に推定できる。

[0069] 特徴量空間は、2次元空間に限らず、3次元以上の多次元空間でも良い。また、距離を判定する所定状態量の範囲（クラスタ）は、複数でも良い。これにより、機器や製造物の状態が、複数の所定状態のいずれであるかが判定できる。

- [0070] なお、分類部 124 が使用するクラスタリング結果は、過去に取得したモータ制御内部値と、そのデータを取得した際における機器状態の監視データや、製造物の検査結果を用いて、機械学習や人工知能によりなどにより求められる。
- [0071] なお、状態量の算出に統計的モデルを用いることにより、機器の劣化や製造物の品質など、伝達関数によるモデル化や、物理モデルの構築が難しい場合でも、機器システムの状態を高精度に推定できる。
- [0072] 次に、情報伝達手段 8 について、さらに詳細を説明する。
- [0073] 情報伝達手段 8（図 2 参照）は、状態推定手段 5 から出力される推定状態を画像や音声などにより表示する。また、推定状態とともに、状態推定手段 5 において用いられる特徴量を表示しても良い。さらに、推定状態の時間的推移を表示しても良い。このような表示により、作業者が現在の機器や製造物の状態を精度良く把握することができる。なお、状態量の基準値や閾値、データが示す意味（例えば、機器の調整の必要性に関する情報）などを同時に表示しても良い。これにより、作業者は、機器や製造物の状態の良否や適否を、的確に判断することができる。
- [0074] なお、情報の表示手段としては、ディスプレイのような画像表示手段、警報機のような音声表示手段、回転警告灯（いわゆるパトランプ）などのような点灯表示手段などがある。例えば、警報機や回転警告灯を用いる場合、情報伝達手段 8 は、状態量推定値 Y_a を所定の閾値と比較し、閾値以上であれば、警報機や回転警告灯を作動させる。
- [0075] 図 7 は、情報伝達手段 8 の構成例を示すブロック図である。本構成例は、状態量（推定値）や特徴量のデータを表示するとともに、これらのデータを加工して、機器や製造物の状態に関わる情報を作成する情報処理部 125 と、情報処理部 125 が作成する情報を表示するディスプレイを備える。情報処理部 125 が作成する情報は、例えば、製造物の品質を示す状態量（推定値） Y_1 （ $= Y_a$ ）が仕様値（ Y_t ）を越えている場合に、状態量 Y を Y_t 以下にするための機器の調整に関する指標である。

[0076] 図7の構成例においては、状態推定手段5（図2）が出力する状態量（推定値） Y_a すなわち推定状態が、情報処理部125における回帰式逆モデル部127に入力される。回帰式逆モデル部127は、前述の演算手段122（図5）の逆モデルであり、入力する Y_a に応じて、品質を示す状態量 Y （ $=Y_1=Y_a$ ）を仕様値 Y_t 以下にするための特徴量 C_1 の変化量 ΔC を算出する。

[0077] 情報処理部125における変換部128は、回帰式逆モデル部127によって算出される特徴量の変化量 ΔC に応じて、機器の調整に関する指標を作成する。例えば、変換部128は、モータ制御手段4（図2）における制御ゲインの変更値 K' （ $=K * (C_a - \Delta C) / C_a$ （ K ：現時点での制御ゲイン））を算出する。さらに、変換部128は、制御ゲインの変更値 K' に応じて、制御ゲインの調整に関する指標（例えば、現状から上げるか、あるいは下げるか）をディスプレイ126に画像表示する。なお、 K' の値を表示しても良い。

[0078] ここで、特徴量 C_1 が q 軸電流指令 I_q^* である場合、モータ制御手段4（図2）における電流指令作成部103（図3）の制御ゲイン（ K ）の調整指標が表示される。なお、この場合における、電流指令作成部103の構成を図8に示す。なお、図8の構成は、公知技術によるものであるため、構成の説明は省略する。

[0079] 図7に示す情報伝達手段によれば、調整作業に関する指標が表示されるので、作業員が的確に機器の調整を行えとともに、機器調整作業における作業員の負担が軽減される。

[0080] 次に、モータ制御手段更新手段9について、さらに詳細を説明する。

[0081] モータ制御手段更新手段9（図2）は、状態推定手段5から出力される推定状態に応じて、モータ制御手段におけるモータ制御指令値や制御パラメータを更新する。例えば、モータ制御手段更新手段9は、状態量（推定値）を所定閾値と比較し、比較結果に応じて、予め設定されているモータ制御の指令値、制御パラメータを増減する。

- [0082] モータ制御手段更新手段 9 は、閾値に代えて、所定の関数を用いて、モータ制御指令値や制御パラメータを変更しても良い。さらに、モータ制御手段更新手段 9 は、入力される状態量（推定値）が複数ある場合、機器学習を用いて、変更するモータ制御指令値やモータ制御パラメータを探索するとともに、探索されたモータ制御指令値やモータ制御パラメータを、これら複数の状態量（推定値）に応じて変更しても良い。機器学習としては、例えば、Q 学習などの強化学習が適用できる。
- [0083] なお、モータ制御指令値やモータ制御パラメータに限らず、モータ制御用ソフトウェア自体を変更しても良い。
- [0084] 上述のようなモータ制御手段更新手段 9 によれば、機器や製造物の状態に応じて、機器を自動で調整できる。これにより、作業員の作業負担を軽減できる。
- [0085] 上述のように、本実施例 1 によれば、センサ情報や外部データ取得手段によって取得される情報から、機器システムの状態すなわち機器自体の状態や製造物の状態に影響するモータ制御内部値を推定し、推定されるモータ制御内部値に基づいて機器システムの状態を推定することにより、伝達関数などによってモデル化することが難しい機器システムの状態を推定することができる。
- [0086] なお、本実施例 1 において、モータ制御内部値作成手段 6 は、モータ制御手段 4 用とは別に設置されるセンサによって取得されるデータに基づいてモータ制御内部値を作成するが、モータ制御手段 4 用のセンサに基づいて作成しても良い。これにより、センサ数を増加することなく、機器システムに状態監視機能を備えることができる。なお、状態監視用に独立にセンサを設けることにより、図 2 における状態推定手段 5 を備える状態監視装置を機器システムに搭載する場合、モータ制御手段 4 用のセンサの配線の変更や特性の再調整を必要としない。従って、状態監視装置を機器システムに容易に搭載することができる。特に、既存の機器システムに対して、容易に状態監視装置を設けることができる。また、状態監視装置がモータ制御手段の動作に影響

響を及ぼさないで、モータ制御手段の再調整が不要になると共に、状態制御装置の動作に関わりなく、モータの制御を維持できる。

実施例 2

[0087] 図9は、本発明の実施例2である、状態監視装置を備える機器システムの構成を示す。以下、主に、実施例1と異なる点について説明する。

[0088] 本実施例2においては、状態算出手段17で用いられる回帰式やクラスタリング結果などが、機器システムの状態に応じて更新される。このため、図9に示すように、実施例1の機器システムに対して、状態量取得手段20と状態推定手段更新手段21が追加されている。

[0089] 状態量取得手段20は、機器システムの実際の状態の記録（図示せず）から、状態推定手段更新手段21において用いられるデータ、すなわち記録されている実際の状態量を抽出する。このような記録は、例えば、機器に関する過去のメンテナンス記録や、製造物に関する過去の品質検査記録である。

[0090] メンテナンス記録の内容は、例えば、機器の故障箇所、故障状態（例えば、工作機械の加工ツールの破損状態（折れ、欠け））、故障するまでの稼働時間、故障に至らない異常の発生箇所、異常状態、異常が発生するまでの稼働時間である。また、品質検査記録の内容は、例えば、切削装置によって加工される切削物の表面粗さ、混練機によって混練される混練物の粘度、射出成形機による製造物におけるバリおよびソリの有無である。これらの記録は電子データ化されてデータベース化されることが多い。従って、状態量取得手段20は、データベース操作が実行可能なSQL（Structured Query Language）が扱えるソフトウェアを用いて構成しても良い。

[0091] 状態推定手段更新手段21は、状態量取得手段20が抽出するデータと、このデータと関連付けられる少なくともひとつのモータ制御内部値と、状態算出手段17が出力する情報を入力して、これらの情報に基づいて、状態算出手段17で用いる回帰式やクラスタリング結果などを更新する。ここで、状態推定手段更新手段21が入力するモータ制御内部値のデータは、状態量取得手段20から入力するデータ（機器のメンテナンス結果、製造物の検査

結果など）が得られた時のデータであり、機器システムの状態の記録に関連づけられて記録されている。従って、状態量取得手段 20 によるデータ（記録されている実際の状態量）の抽出に応じて、対応するモータ制御内部値が状態推定手段更新手段 21 に入力される。

[0092] 図 9 においては、外部データ取得手段 22 からの情報も状態推定手段更新手段 21 に入力されているが、外部データ取得手段 22 からの情報の仕様は任意である。なお、外部データ取得手段 22 からの情報を併用することにより、状態算出手段を高精度に更新することができる。

[0093] 図 10 は、状態推定手段更新手段 21 の構成例を示す。

[0094] 上述のように状態推定手段更新手段 21 に入力されるモータ制御内部値、機器や製造物の状態量、外部データは、データ保存手段 201 に、現時点から過去一定期間分のデータが蓄積される。なお、保存するデータの取得期間、保存するタイミング、データ量は、あらかじめ設定されていることが好ましい。

[0095] データ保存手段 201 に保存されたデータは、特徴量算出手段 202 に入力される。この特徴量算出手段 202 の機能は、前述の実施例 1 における特徴量算出手段 121, 123（図 5, 6）と同様である。

[0096] 特徴量算出手段 202 で算出されるモータ制御内部値の特徴量は、モデル作成手段 203 に入力される。モデル作成手段 203 は、入力した特徴量およびデータ保存手段 201 から読み出される状態量に基づいて、統計モデリングや機器学習により回帰式を構築したり、機器学習や人工知能などによりクラスタリングを行ったりする。回帰式構築およびクラスタリングの際には、状態量および特徴量をそれぞれ目的変数および説明変数として、モデリングが実行される。

[0097] モデル変更判定手段 204 は、モデル作成手段 203 によって作成される状態推定モデル（回帰式、クラスタリング結果など）と、現在、状態推定に用いている状態推定モデル（状態算出手段に設定されている回帰式やクラスタリング結果など）とを比較し、現在用いている状態推定モデルのパラメー

タ変更が必要か否かを判定したり、モデル自体の変更が必要か否かを判定したりする。モデル変更判定手段204は、判定結果を変更情報として出力する。この変更情報に基づいて、状態推定手段15は、状態算出手段17に設定されている状態推定モデルを更新する。

[0098] 状態推定モデルの更新は、あらかじめ指定した期間ごとに行っても良いし、不定期に行っても良い。また、モデル作成手段203から回帰式が出力される場合、現在用いている回帰式とモデル作成手段203から出力された回帰式が同じ形（例えば、ともに線形）であればパラメータのみを更新し、式の形が変わっている場合は、式全体を更新することが好ましい。モデル作成手段203からクラスリング結果が出力される場合、現在使用されているクラスリング結果を、モデル作成手段203から出力される結果に更新することが好ましい。

[0099] なお、状態推定モデルが回帰式で表される場合における、状態推定モデルの更新例を図11に示す。本更新例においては、時間経過とともに、回帰式の形が変わっており、式全体が更新される。

[0100] 上述のように、本実施例2によれば、状態推定手段更新手段21により状態推定モデルを更新するので、時間経過に伴って機器や製造物の状態が変化しても、状態推定の精度を確保することができる。

実施例 3

[0101] 図12は、本発明の実施例3である、状態監視装置を備える機器システムの構成を示す。以下、主に、実施例1と異なる点について説明する。

[0102] 本実施例2においては、モータ制御手段34が、実施例1と同様に、インバータ31に与える電圧指令値を作成するとともに、実施例1におけるモータ制御内部値作成手段6としての機能を有する。すなわち、モータ制御手段34の構成は実施例1（図3参照）と同様であるが、モータ制御手段34は、上位指令に応じて電圧指令を作成する過程で作成するモータ制御内部値（ I_d , I_q , V_d^* , V_q^* , T_{rq}^* , ω^* など）を状態算出手段37へ出力する。

- [0103] 本実施例 3 によれば、モータ制御手段がモータ制御内部値作成手段を兼ねるため、またこれによりモータ制御用のセンサをモータ制御内部値作成に併用するため、機器システムを簡素化できる。

実施例 4

- [0104] 図 1 3 は、本発明の実施例 4 である、状態監視装置を備える機器システムの構成を示す。以下、主に、実施例 3 と異なる点について説明する。
- [0105] 本実施例 4 においては、実施例 3 の機器システムに対して、状態量取得手段 5 0 と状態推定手段更新手段 5 1 が追加されている。すなわち、本実施例 3 においては、前述の実施例 2（図 9）と同様に、状態算出手段 4 7 で用いられる回帰式やクラスタリング結果などが、機器システムの状態に応じて更新される。
- [0106] 本実施例 4 によれば、機器システムを簡素化できるとともに、時間経過に伴って機器や製造物の状態が変化しても状態推定の精度を確保することができる。

実施例 5

- [0107] 図 1 4 は、本発明の実施例 5 である、フライス盤を備える工作機械システムの構成を示す。本機器システムは、実施例 4（図 1 3 参照）と同様の状態監視部を備えている。
- [0108] 図 1 4 に示すように、本実施例 5 において、モータによって駆動されるアクチュエータは、フライス盤の加工ツールであるエンドミル 4 0 3 である。上位コントローラであるフライス盤コントローラ（図示せず）からの切削回転数指令に基づいて、モータ制御手段 4 0 8 がインバータ 4 0 5 を制御して、モータ 4 0 4 とエンドミル 4 0 3 が駆動される。
- [0109] 外部データ取得手段 4 0 6 は、切削送り速度や切削位置などの情報をフライス盤コントローラから取得する。また、状態量取得手段 4 0 7 は、フライス盤で切削した板材の表面粗さの検査結果を品質検査データベース 4 0 1 から取得する。取得されたこれらのデータおよびモータ制御手段 4 0 8 が出力するモータ制御内部値は、状態推定手段更新手段 4 1 0 に入力され、状態推

定手段４０９において用いられる回帰式を作成および更新する。状態推定手段４０９は、回帰式を用いて、切削中に切削物の品質を推定する。

[0110] 情報伝達手段４１１は、状態推定手段４０９で算出される切削物の品質の推定結果と、品質を推定するために使用される説明変数（モータ制御内部値の特徴量）、およびそれらの変化をフライス盤近傍に設置されるディスプレイに表示する。

[0111] なお、本実施例５の状態推定部の構成は、実施例１または実施例２の構成を適用しても良い。

[0112] 本実施例５によれば、リアルタイムに切削物の品質を定量的に確認することができる。これにより、オペレータが品質状態の把握や品質改善のための機器調整を行う時に、オペレータの作業負担を軽減できる。また、表面粗さ計のような、切削物の品質を検出する特殊なセンサを設けることなく、切削物の品質を確認することができる。

[0113] なお、本実施例５のシステム構成は、フライス盤を備える工作機械システムに限らず、ドリル刃を加工ツールとするボール盤などを備える他の工作機械システムにも適用できる。

実施例 6

[0114] 図１５は、本発明の実施例６である、車両機器システムの構成を示す。本機器システムは、実施例４（図１３参照）と同様の状態監視部を備えている。ここで、車両は、例えば、電気鉄道車両や電気自動車である。

[0115] 図１５に示すように、本実施例６において、モータによって駆動されるアクチュエータは、車輪３０３である。上位コントローラである、運転手が操作するアクセルやマスターコントローラ（図示せず）からのトルク指令に基づいて、モータ制御手段３０８が、インバータ３０５を制御して、モータ３０４と車輪３０３が駆動される。

[0116] 外部データ取得手段３０６は、天候、気温などの情報を取得する。状態量取得手段３０７は、車輪３０３の交換時期や故障要因をメンテナンスデータベース３０１から取得する。取得されたこれらのデータおよびモータ制御手

段３０８が出力するモータ制御内部値は、状態推定手段更新手段３１０に入力され、状態推定手段３０９において用いられるクラスタリング結果を作成および更新する。状態推定手段３０９は、クラスタリング結果を用いて、車輪の交換時期や故障時期を推定する。なお、外部データ取得手段３０６および状態量取得手段３０７によって取得される情報、およびモータ制御内部値は、自車両に加え、他車両から取得しても良い。

[0117] 情報伝達手段３１１は、状態推定手段３０９で推定される車輪の交換時期や故障時期の推定結果と、車輪の交換時期や故障時期を推定するために使用される説明変数（モータ制御内部値の特徴量）の変化を運転席３０２に設置されるディスプレイに表示する。

[0118] モータ制御手段更新手段３１２は、状態推定手段３０９によって推定されるモータや車輪の交換時期や故障時期から、交換時期や故障時期が近い場合には、機器を延命するための出力制限運転などを行うように、モータ制御手段３０８の制御指令値や制御パラメータを変更する。これにより、リアルタイムに車輪状態などを定量的に確認することができるため、検査員が実施する車輪状態の把握や故障要因の分析などに関わる作業の負荷を軽減できる。さらに、自動的に延命運転などを実施できるため、突発的な運行停止を防止できる。

[0119] なお、本実施例６の状態推定部の構成は、実施例１または実施例２の構成を適用しても良い。

[0120] 本実施例６によれば、車輪の交換時期や故障時期を高精度に把握できる。これにより、メンテナンスの頻度が低減し、作業負担が軽減されたり、メンテナンスコストが低減されたりする。また、的確な時期に機器がメンテナンスされ、故障を未然に防止できるので、機器の信頼性が向上する。

[0121] なお、本発明は前述した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、前述した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、各実施例の構成の一部について、他の構

成の追加・削除・置き換えをすることが可能である。

符号の説明

[0122] 1, 11, 31, 41, 305, 405…インバータ、2, 12, 32, 42, 304, 404…モータ、3, 13, 33, 43…アクチュエータ、4, 14, 34, 44, 308, 408…モータ制御手段、5, 15, 309, 409…状態推定手段、6, 16…モータ内部値作成手段、7, 17, 37, 47…状態算出手段、8, 18, 38, 48, 311, 411…情報伝達手段、9, 19, 39, 49, 312…モータ制御手段更新手段、10, 22, 52, 306, 406…外部データ取得手段、20, 50, 307, 407…状態量取得手段、21, 51, 310, 410…状態推定手段更新手段、101…速度指令作成部、102…トルク指令作成部、103…電流指令作成部、104…電圧指令作成部、105…2相／3相変換部、106, 115, 116…3相／2相変換部、111…速度指令作成部逆モデル、112…トルク指令作成部逆モデル、113…電流指令作成部逆モデル、114…電圧指令作成部逆モデル、121, 123…特徴量算出手段、122…演算手段、124…分類部、125…情報処理部、126…ディスプレイ、127…回帰式逆モデル部、128…変換部、201…データ保存手段、202…特徴量算出手段、203…モデル作成手段、204…モデル変更判定手段、301…メンテナンスデータベース、302…運転席、303…車輪、401…品質検査データベース、403…エンドミル

請求の範囲

- [請求項1] モータ制御手段によって制御されるモータによって駆動される機器を備える機器システムの状態監視装置において、
- センサ情報に基づいて、前記モータ制御手段における状態変数であるモータ制御内部値を作成するモータ制御内部値作成手段と、
- 前記モータ制御内部値作成手段によって作成される前記モータ制御内部値に基づいて、前記機器システムの状態を推定する状態推定手段と、
- を備えることを特徴とする状態監視装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の状態監視装置において、
- 前記機器システムの前記状態は、前記機器の状態あるいは前記機器による製造物の状態であることを特徴とする状態監視装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の状態監視装置において、
- 前記モータ制御内部値は、位置指令、位置フィードバック値、速度指令、速度フィードバック値、トルク指令、d軸電流指令、q軸電流指令、d軸電流フィードバック値、q軸電流フィードバック値、d軸電圧指令、q軸電圧指令、モータ電圧指令、モータ電圧フィードバック値、モータ電流フィードバック値、フィードバック値と指令値との偏差、比例器の出力、積分器の出力、微分器の出力の内のいずれかをを含むことを特徴とする状態監視装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の状態監視装置において、
- 前記センサ情報は、位置フィードバック値、速度フィードバック値、モータ電圧フィードバック値、モータ電流フィードバック値の内のいずれかをを含むことを特徴とする状態監視装置。
- [請求項5] 請求項2に記載の状態監視装置において、
- 前記状態推定手段は、統計的モデルに基づいて前記機器システムの前記状態を推定することを特徴とする状態監視装置。
- [請求項6] 請求項1に記載の状態監視装置において、

前記モータ制御内部値作成手段は前記モータ制御手段の逆モデルによって構成されることを特徴とする状態監視装置。

[請求項7] 請求項1または請求項6に記載の状態監視装置において、
前記センサ情報は、前記モータ制御手段あるいは前記モータにおける入力部あるいは出力部に、前記モータ制御手段用とは別に設けられるセンサによって取得されることを特徴とする状態監視装置。

[請求項8] 請求項1に記載の状態監視装置において、
さらに、前記状態推定手段によって推定される前記機器システムの前記状態に関わる情報を表示する情報伝達手段を備えることを特徴とする状態監視装置。

[請求項9] 請求項1に記載の状態監視装置において、
さらに、前記状態推定手段によって推定される前記機器システムの前記状態に応じて、前記モータ制御手段を更新するモータ制御手段更新手段を備えることを特徴とする状態監視装置。

[請求項10] 請求項1に記載の状態監視装置において、
さらに、前記機器システムの状態に関する過去のデータを取得する状態量取得手段と、
前記状態量取得手段によって取得される前記データに基づいて、前記状態推定手段を更新する状態推定手段更新手段と、
を備えることを特徴とする状態監視装置。

[請求項11] 請求項10に記載の状態監視装置において、
前記データは、前記機器のメンテナンス結果または前記機器による製造物の品質検査結果であることを特徴とする状態監視装置。

[請求項12] 請求項1に記載の状態監視装置において、
前記モータ制御内部値作成手段は、前記モータ制御手段に含まれ、かつ前記モータ制御手段から前記状態変数を出力する手段であることを特徴とする状態監視装置。

[請求項13] モータによって駆動される機器を備える機器システムにおいて、

前記モータの駆動力によって操作されるアクチュエータと、
前記モータを制御するモータ制御手段と、
前記モータ制御手段における状態変数であるモータ制御内部値を作成するモータ制御内部値作成手段と、
前記モータ制御内部値作成手段によって作成される前記モータ制御内部値に基づいて、前記機器システムの状態を推定する状態推定手段と、
前記状態推定手段によって推定される前記機器システムの前記状態に関わる情報を表示する情報伝達手段と、
を備えることを特徴とする機器システム。

[請求項14]

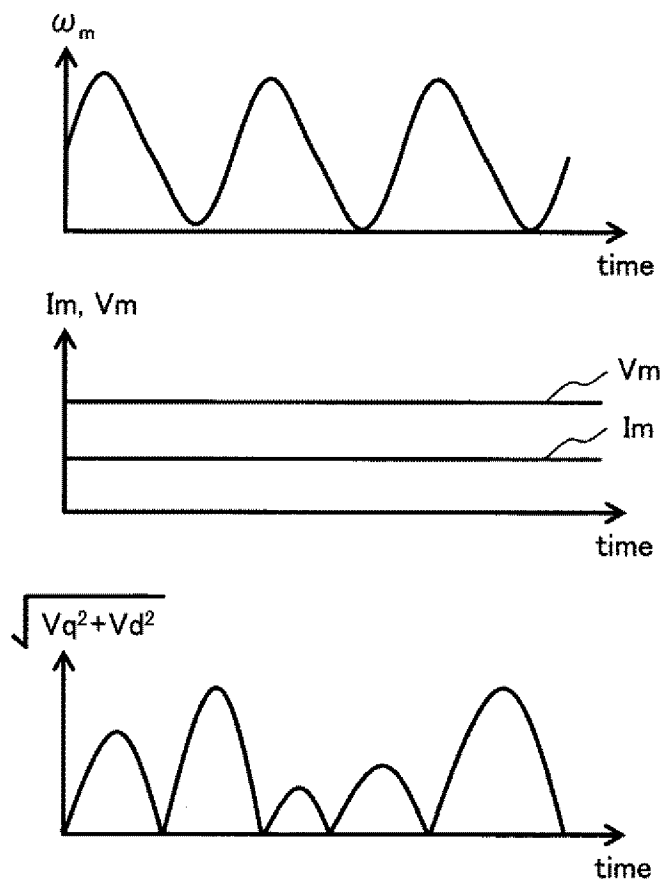
請求項13に記載の機器システムにおいて、
前記アクチュエータは工作機械における加工用ツールであり、
さらに、前記工作機械による製造物の品質検査結果を取得する状態量取得手段と、
前記状態量取得手段によって取得される前記品質検査結果に基づいて、前記状態推定手段を更新する状態推定手段更新手段と、
を備えることを特徴とする機器システム。

[請求項15]

請求項13に記載の機器システムにおいて、
前記アクチュエータは車両が備える車輪であり、
さらに、前記車両のメンテナンス結果を取得する状態量取得手段と、
前記状態量取得手段によって取得される前記メンテナンス結果に基づいて、前記状態推定手段を更新する状態推定手段更新手段と、
を備えることを特徴とする機器システム。

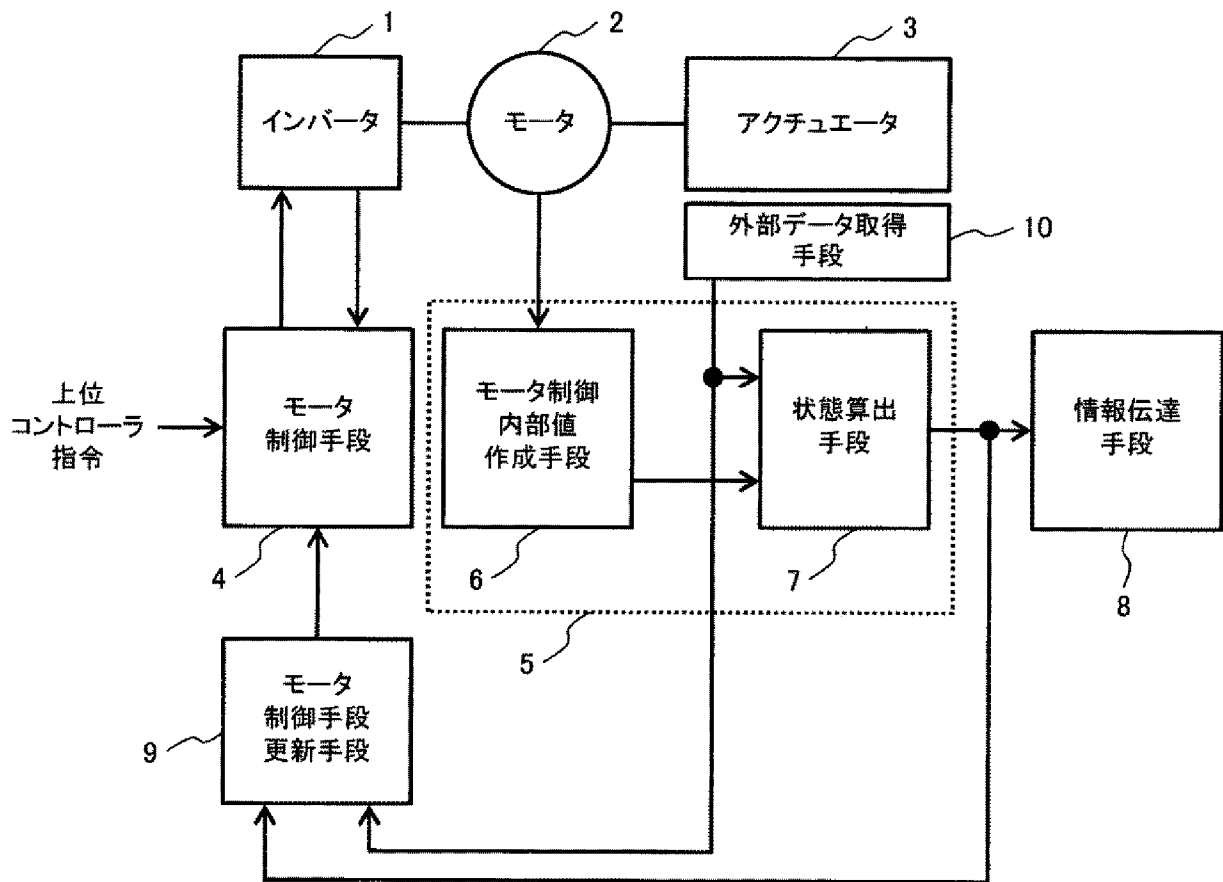
[図1]

図 1



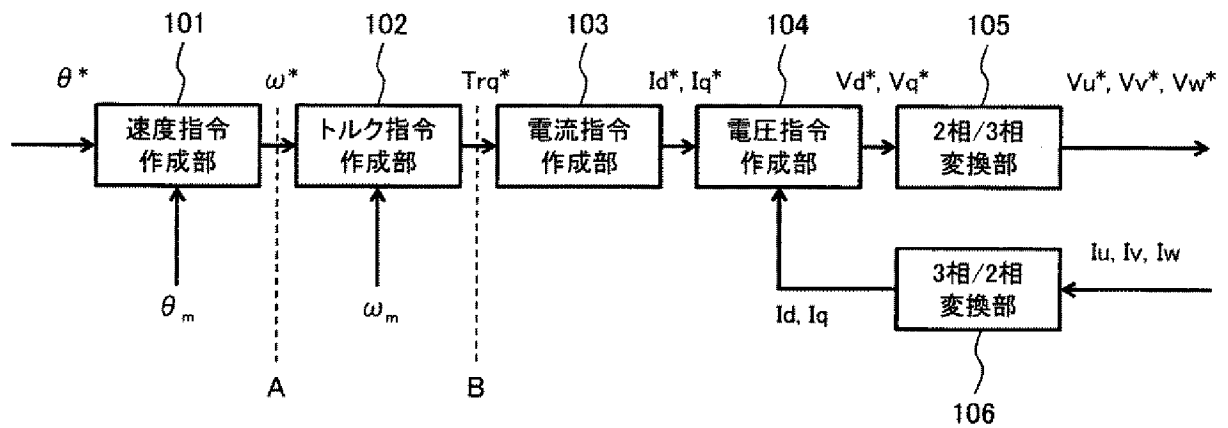
[図2]

図 2



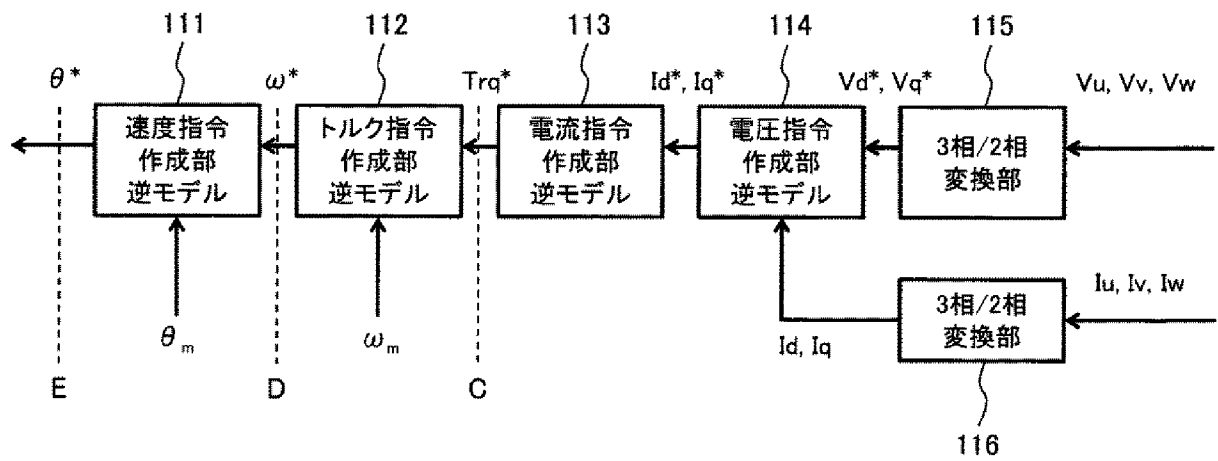
[図3]

図 3



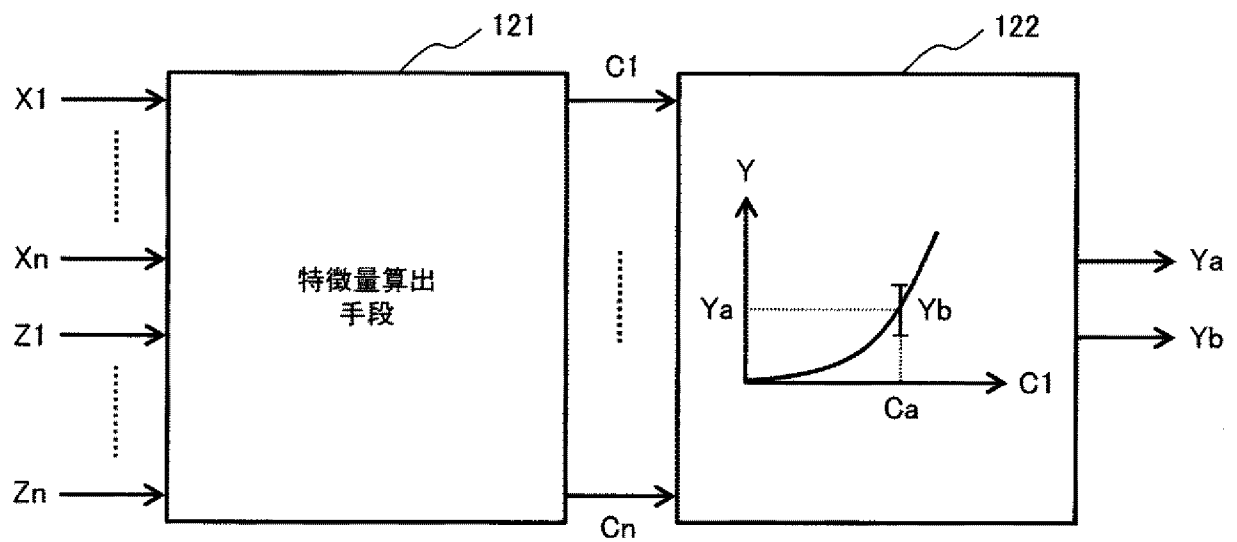
[図4]

図 4



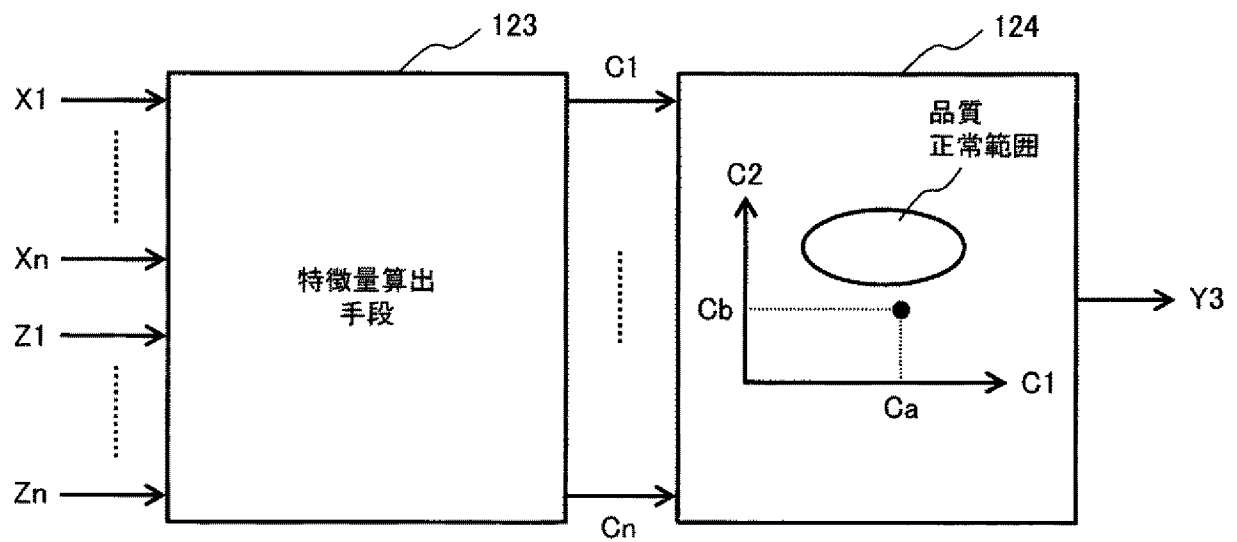
[図5]

図 5



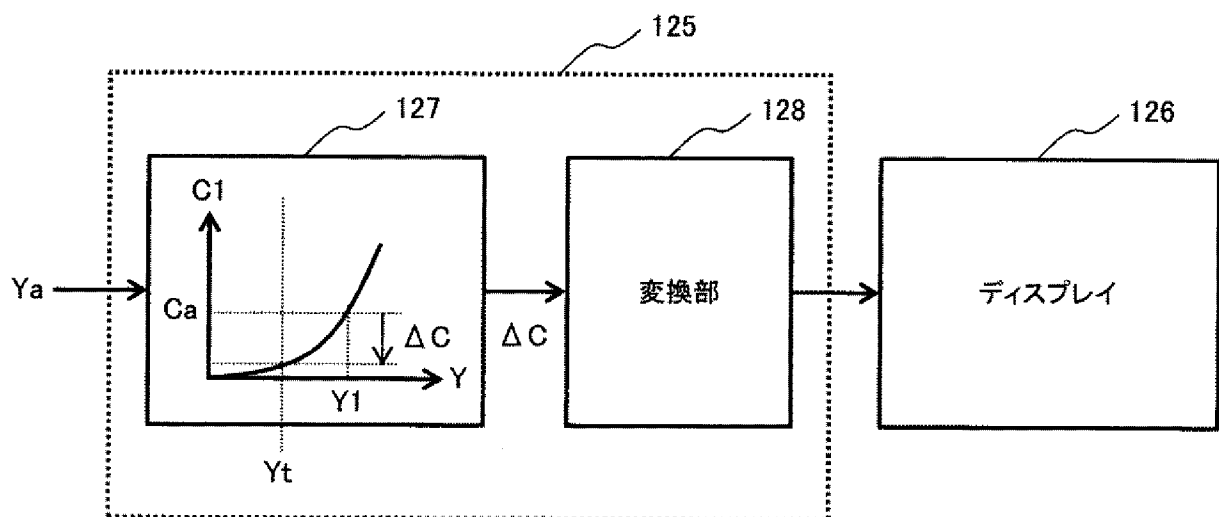
[図6]

図 6



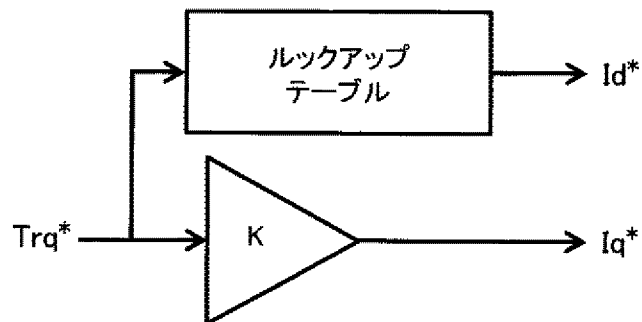
[図7]

図 7



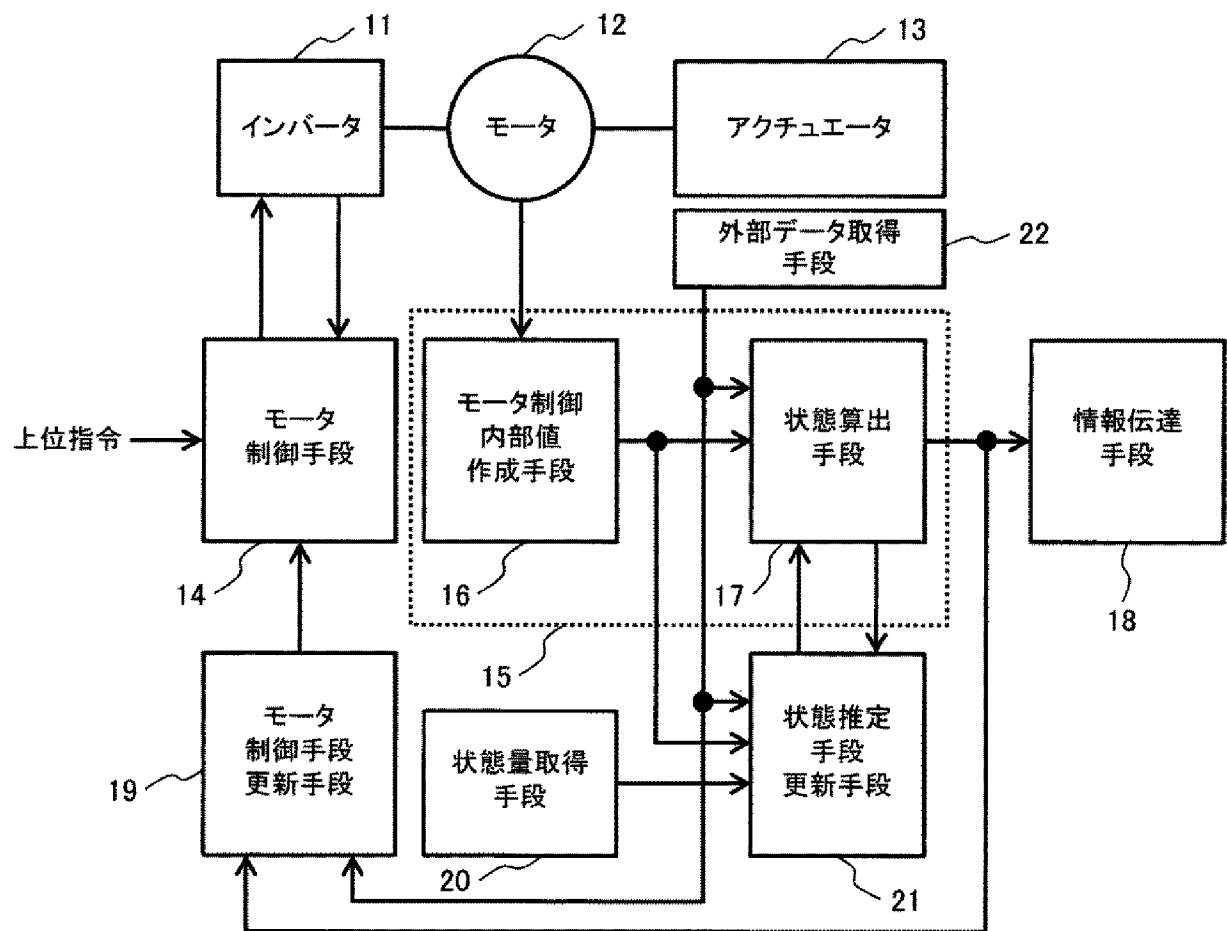
[図8]

図 8



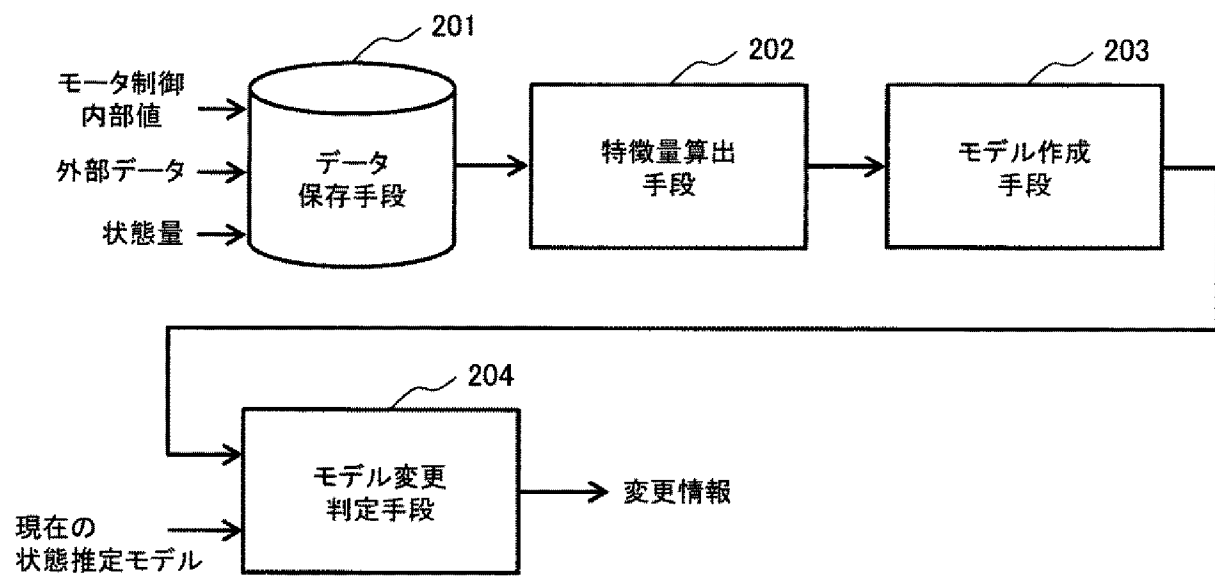
[図9]

図 9



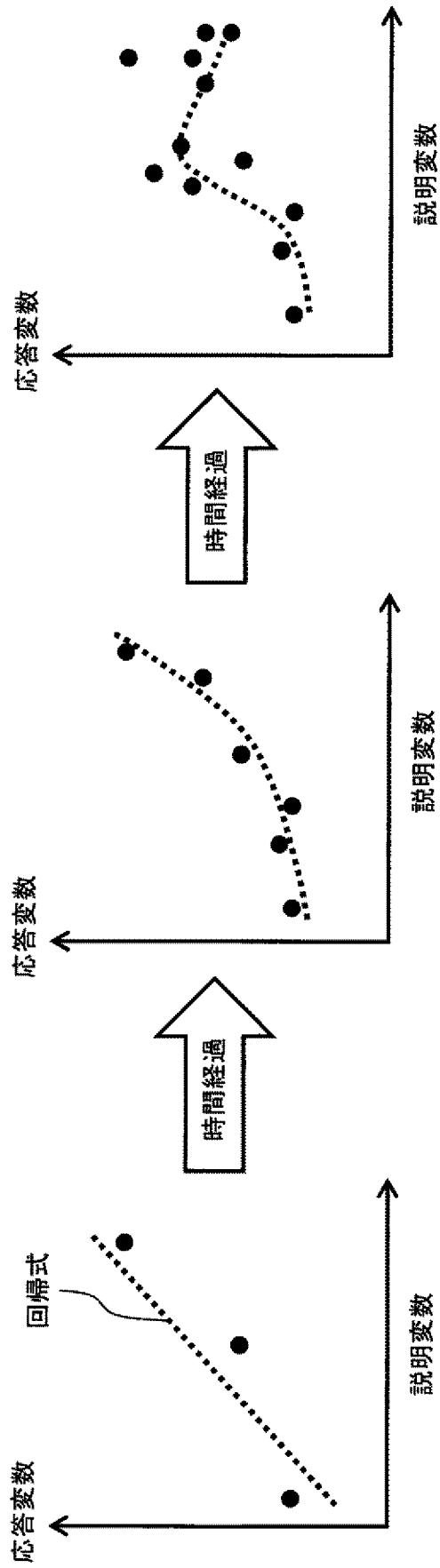
[図10]

図 10



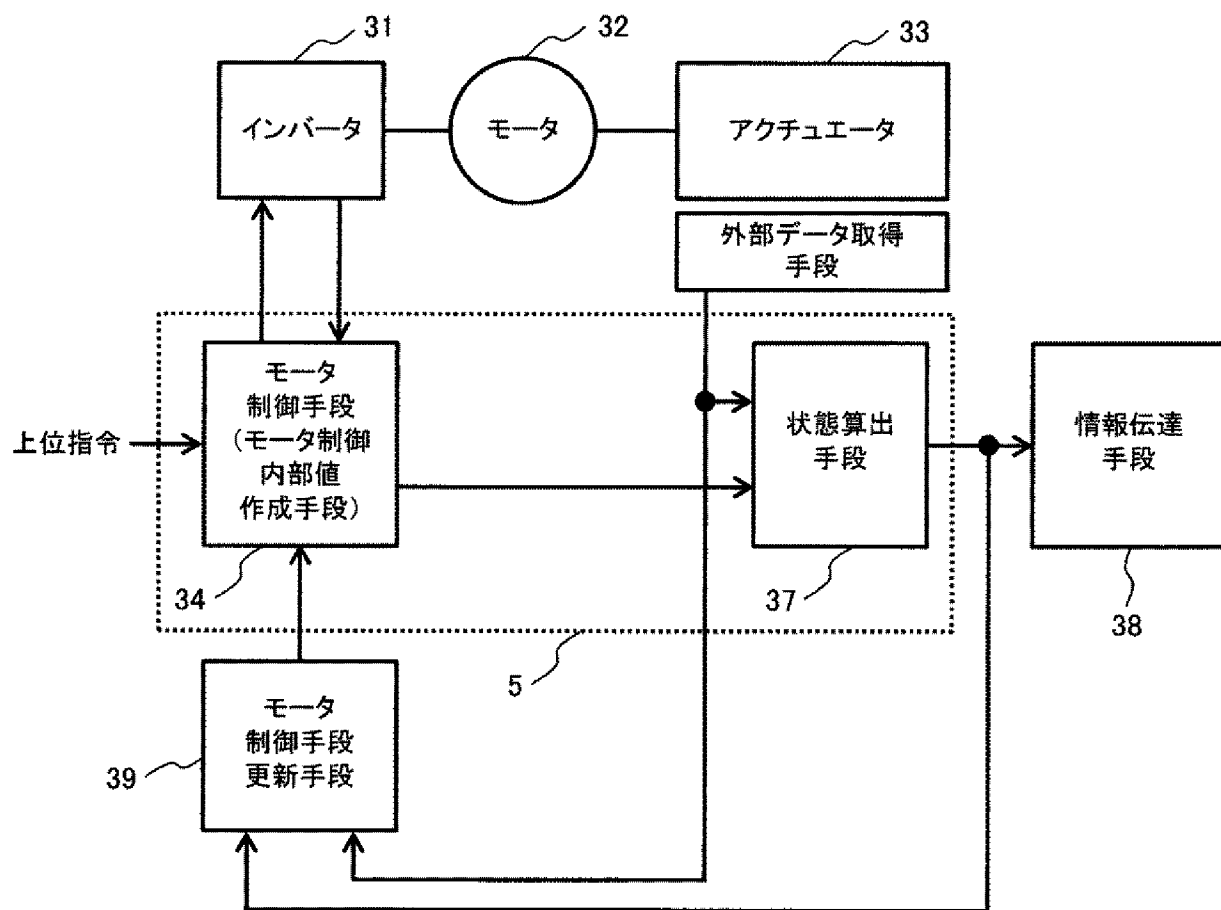
[図11]

図 11



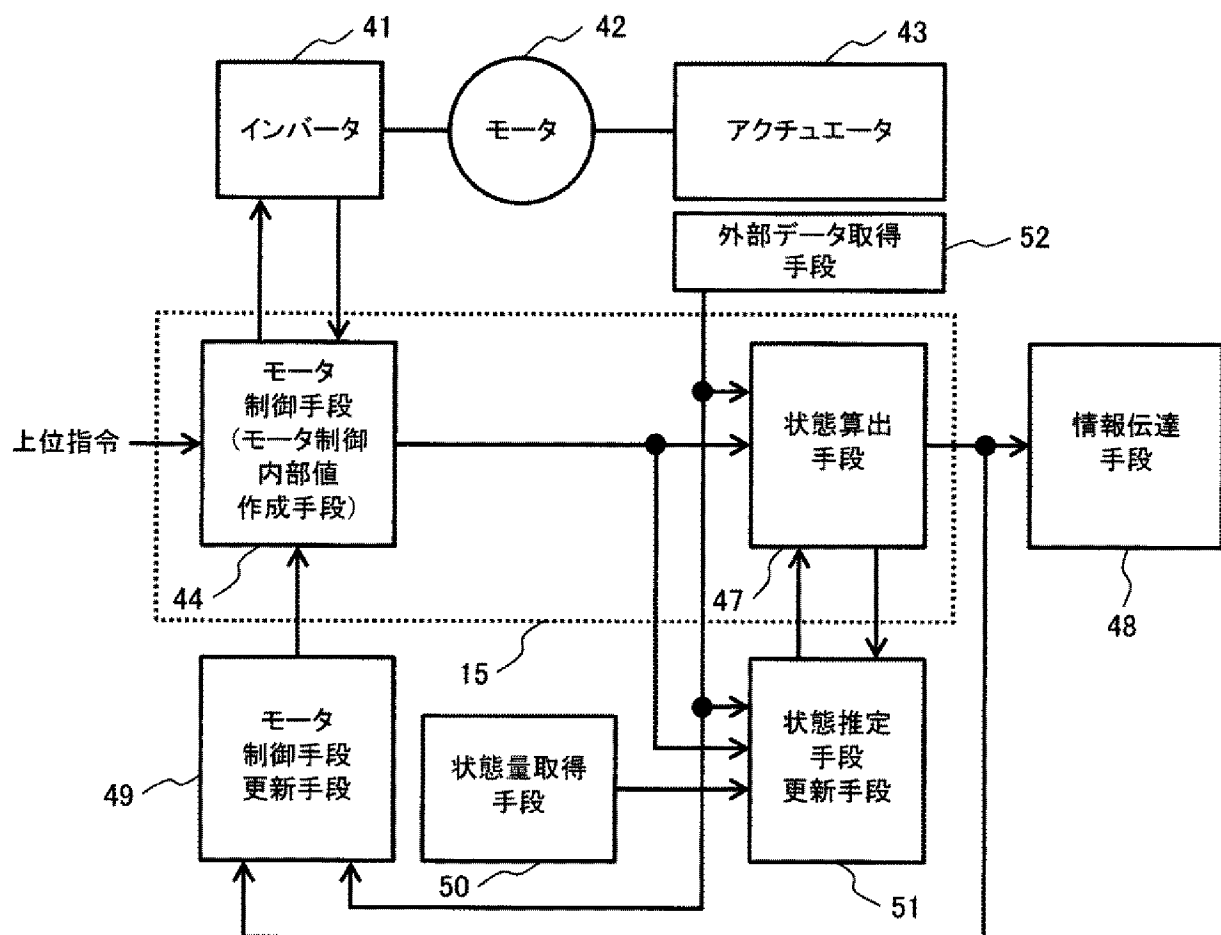
[図12]

図 12



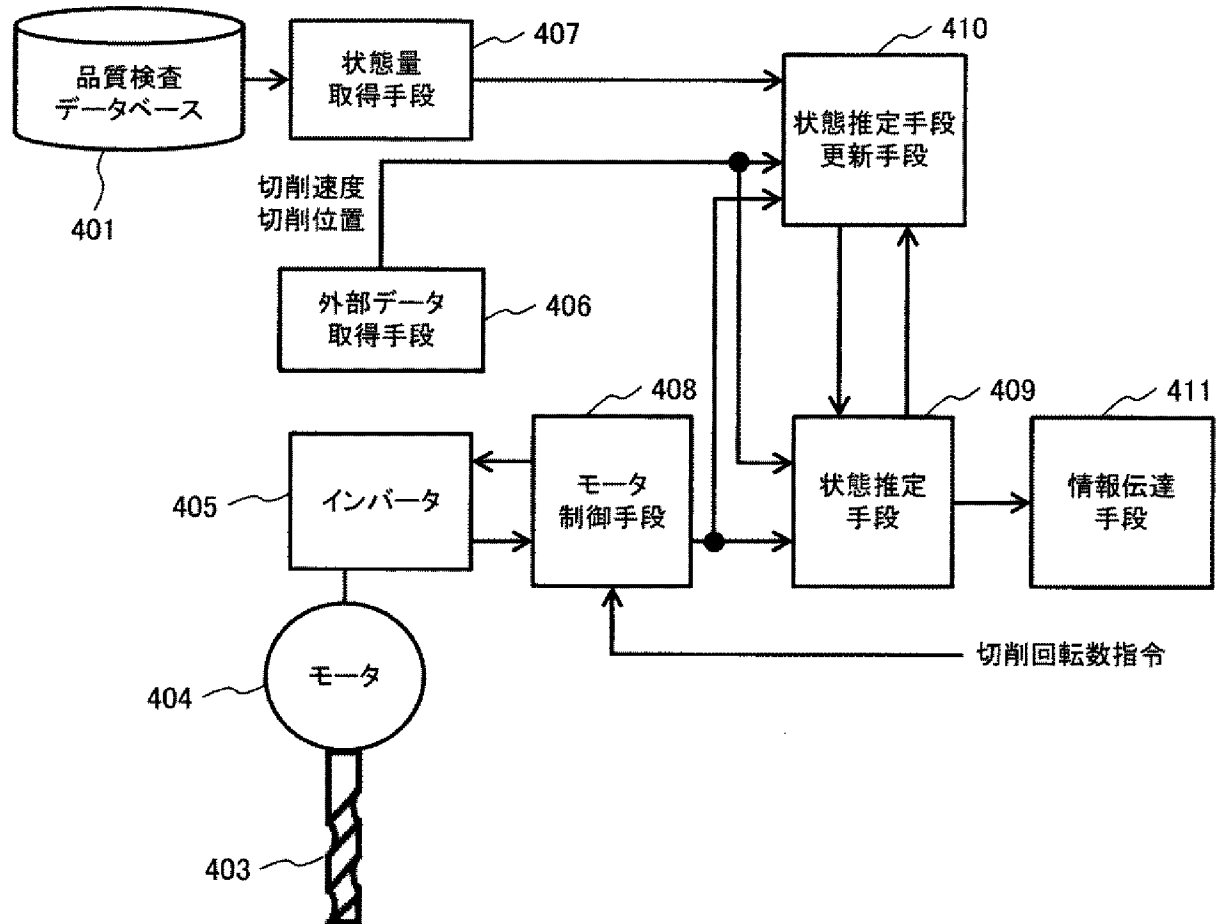
[図13]

図 13



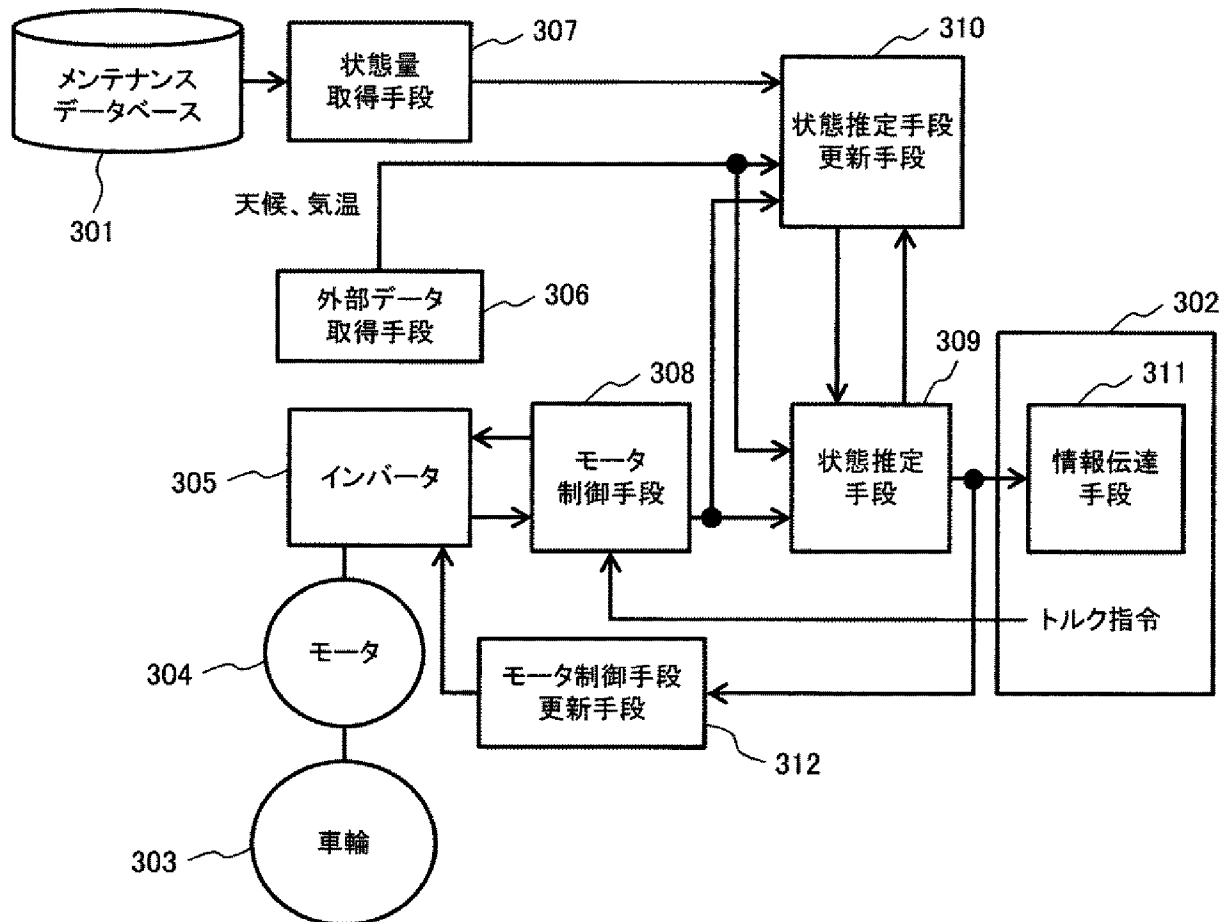
[図14]

図 14



[図15]

図 15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/020280

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P29/00(2016.01)i, G01M99/00(2011.01)i, G05B23/02(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)

H02P29/00, G01M99/00, G05B23/02

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2016/147360 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 22 September 2016 (22.09.2016), paragraphs [0011] to [0028], [0038] to [0055]; fig. 1 to 6, 11 to 16 & JP 5968579 B1	1-4, 7-9, 12-13 10-11, 14-15
Y		
X	JP 9-6432 A (Mitsubishi Electric Corp.), 10 January 1997 (10.01.1997), paragraphs [0002] to [0003], [0075] to [0121], [0142] to [0146]; fig. 1 to 24, 37 to 42, 45 & US 5819202 A column 1, line 17 to column 2, line 17; column 19, line 36 to column 30, line 45; column 35, line 61 to column 37, line 28; fig. 1 to 24, 37 to 42, 45	1-9, 13 10-11, 14-15
Y		

☒ 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
31 July 2017 (31.07.17)

Date of mailing of the international search report
08 August 2017 (08.08.17)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/020280

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-48929 A (Brother Industries, Ltd.), 17 March 2014 (17.03.2014), paragraphs [0061] to [0066], [0108] to [0120]; fig. 5, 11 & US 2014/0063112 A1 paragraphs [0077] to [0082], [0124] to [0136]; fig. 5, 11 & US 8936343 B2	10-11, 14-15
Y	JP 2007-265361 A (Nisshinbo Industries, Inc.), 11 October 2007 (11.10.2007), paragraphs [0010] to [0045]; fig. 1 to 4 (Family: none)	11, 14
Y	JP 2008-116317 A (Toyota Motor Corp.), 22 May 2008 (22.05.2008), paragraphs [0019] to [0051]; fig. 1 to 5 & US 2009/0096463 A1 paragraphs [0025] to [0057]; fig. 1 to 5 & US 7626395 B2 & WO 2008/053687 A1 & CN 101528524 A	11, 15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P29/00(2016.01)i, G01M99/00(2011.01)i, G05B23/02(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. H02P29/00, G01M99/00, G05B23/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	WO 2016/147360 A1（三菱電機株式会社）2016.09.22, 段落 [0011] - [0028], [0038] - [0055], 図1-6、11-16 & JP 5968579 B1	1-4, 7-9, 12-13 10-11, 14-15
X Y	JP 9-6432 A（三菱電機株式会社）1997.01.10, 段落 [0002] - [0003], [0075] - [0121], [0142] - [0146], 図1-24, 37-42, 45 & US 5819202 A, 第1欄17行-第2欄17行, 第19欄36行-第30欄45行, 第35欄61行-第37欄28行, 図1-24, 37-42, 45	1-9, 13 10-11, 14-15

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

31.07.2017

国際調査報告の発送日

08.08.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

上野 力

3 V

3748

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2014-48929 A (ブラザー工業株式会社) 2014.03.17, 段落 [0061] - [0066], [0108] - [0120], 図5, 11 & US 2014/0063112 A1, 段落 [0077] - [0082], [0124] - [0136], 図5, 11 & US 8936343 B2	10-11, 14-15
Y	JP 2007-265361 A (日清紡績株式会社) 2007.10.11, 段落 [0010] - [0045], 図1-4 (ファミリーなし)	11, 14
Y	JP 2008-116317 A (トヨタ自動車株式会社) 2008.05.22, 段落 [0019] - [0051], 図1-5 & US 2009/0096463 A1, 段落 [0025] - [0057], 図1-5 & US 7626395 B2 & W0 2008/053687 A1 & CN 101528524 A	11, 15