

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-99736
(P2018-99736A)

(43) 公開日 平成30年6月28日(2018.6.28)

(51) Int.Cl.
B25J 19/06 (2006.01)

F I
B25J 19/06

テーマコード(参考)
3C707

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-90852(P2016-90852)
 (22) 出願日 平成28年4月28日(2016.4.28)
 (31) 優先権主張番号 特願2017-518690(P2017-518690)
 (32) 優先日 平成27年5月20日(2015.5.20)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000003997
日産自動車株式会社
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
 (74) 代理人 100083806
弁理士 三好 秀和
 (74) 代理人 100101247
弁理士 高橋 俊一
 (74) 代理人 100095500
弁理士 伊藤 正和
 (74) 代理人 100098327
弁理士 高松 俊雄
 (72) 発明者 清水 俊行
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

最終頁に続く

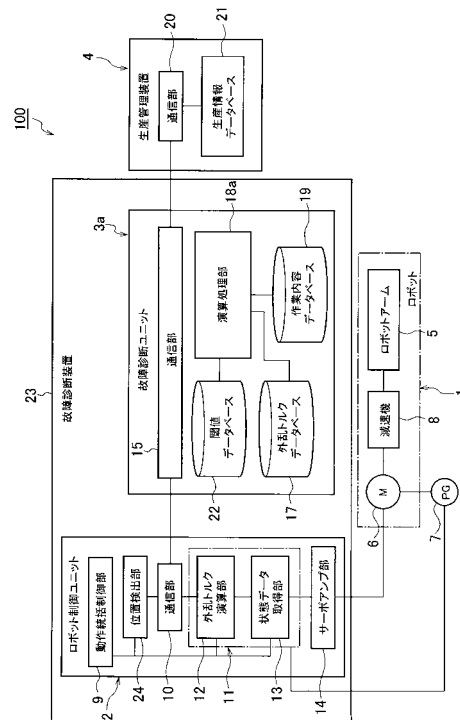
(54) 【発明の名称】 故障診断装置及び故障診断方法

(57) 【要約】

【課題】ロボットが行う作業の内容を考慮して、正確な故障診断を行う。

【解決手段】故障診断装置は、多軸型ロボット(1)が備える関節軸に加わる外乱トルク(Tq)を検出し、外乱トルク(Tq)の検出時に多軸型ロボット(1)が行った作業の内容に基づいて、外乱トルク(Tq)を分類する。そして、分類された外乱トルク(Tq)と閾値()とを比較することにより多軸型ロボット(1)の故障診断を行う。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

多軸型ロボットが備える関節軸に加わる外乱トルクを検出するトルク検出部と、
前記多軸型ロボットが行う作業に係わる車両の種類、及び前記作業が属する工程の少なくとも一方が異なる複数の前記作業を同一の多軸型ロボットが行う場合において、前記外乱トルクの検出時に前記多軸型ロボットが行った作業に係わる車両の種類及び前記作業が属する工程の少なくとも一方に基づいて、前記外乱トルクを分類するトルク分類回路と、
分類された外乱トルクと閾値とを比較することにより前記多軸型ロボットの故障診断を行う故障診断回路と、
を備えることを特徴とする故障診断装置。

10

【請求項 2】

前記トルク分類回路は、前記多軸型ロボットが行う作業に係わる車両の種類ごとに、前記外乱トルクを分類することを特徴とする請求項 1 に記載の故障診断装置。

【請求項 3】

前記トルク分類回路は、前記多軸型ロボットが行う作業が属する工程ごとに、前記外乱トルクを分類することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の故障診断装置。

【請求項 4】

前記トルク分類回路は、前記多軸型ロボットが行う作業において前記関節軸が移動する距離ごとに、前記外乱トルクを分類することを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の故障診断装置。

20

【請求項 5】

前記トルク分類回路は、前記多軸型ロボットが行う作業において前記関節軸を駆動するモータに加わる電流量ごとに、前記外乱トルクを分類することを特徴とする請求項 1 ~ 4 の何れか一項に記載の故障診断装置。

【請求項 6】

前記故障診断回路は、分類された外乱トルクごとに予め設定された閾値と前記外乱トルクとを比較することにより前記多軸型ロボットの故障診断を行うことを特徴とする請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載の故障診断装置。

【請求項 7】

分類された前記外乱トルクごとに前記外乱トルクを補正して、補正後外乱トルクを取得するトルク補正回路を更に備え、

30

前記故障診断回路は、前記補正後外乱トルクと前記閾値とを比較することにより前記多軸型ロボットの故障診断を行うことを特徴とする請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載の故障診断装置。

【請求項 8】

前記多軸型ロボットが前記作業を行う時に、前記多軸型ロボットの外に駆動源を有する他の装置から所定値以上の外力が前記関節軸へ伝わる場合、前記故障診断回路が、当該作業を行っている時に検出された前記外乱トルクを用いて、前記故障診断を行うことを禁止する診断禁止回路を更に備えることを特徴とする請求項 1 ~ 7 の何れか一項に記載の故障診断装置。

40

【請求項 9】

多軸型ロボットが備える関節軸に加わる外乱トルクを検出し、
前記多軸型ロボットが行う作業に係わる車両の種類、及び前記作業が属する工程の少なくとも一方が異なる複数の前記作業を同一の多軸型ロボットが行う場合において、前記外乱トルクの検出時に前記多軸型ロボットが行った作業に係わる車両の種類及び前記作業が属する工程の少なくとも一方に基づいて、前記外乱トルクを分類し、

分類された外乱トルクと閾値とを比較することにより前記多軸型ロボットの故障診断を行う

ことを特徴とする故障診断方法。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、多軸型ロボットの故障を診断する故障診断装置及び故障診断方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

多関節型の産業用ロボットの故障診断方法として、従来では特許文献1が開示されている。特許文献1に開示された故障診断方法では、ロボットの動作中において所定周期毎にロボット関節軸の移動位置及び関節軸にかかる外乱トルクを検出し、検出された移動位置毎の外乱トルクの平均値を求めている。そして、この平均値と設定閾値とを比較し、平均値が設定閾値を超えている場合に、ロボットが異常または故障であると診断していた。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平9 - 174482号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、外乱トルクは、ロボットが行う作業の内容に応じて変化する可能性がある。特許文献1では、作業の内容を考慮せずに一定の閾値と外乱トルクとを比較しているため、誤った故障診断を行う場合がある。

20

【0005】

本発明は、上記課題に鑑みて成されたものであり、その目的は、ロボットが行う作業の内容を考慮して、正確な故障診断を行うことができる故障診断装置及び故障診断方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一態様に係わる故障診断装置及び故障診断方法は、多軸型ロボットが備える関節軸に加わる外乱トルクを、外乱トルクの検出時に多軸型ロボットが行った作業の内容に基づいて、分類する。そして、分類された外乱トルクと閾値とを比較することにより多軸型ロボットの故障診断を行う。

30

【発明の効果】

【0007】

本発明の一態様に係わる故障診断装置及び故障診断方法によれば、ロボットが行う作業の内容を考慮して、正確な故障診断を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、第1実施形態に係る故障診断装置23を含む故障診断システム100の全体構成を示すブロック図である。

【図2】図2は、外乱トルク(Tq)の算出方法の一例を説明するブロック図である。

40

【図3】図3は、図1の演算処理部18aの詳細な構成を示すブロック図である。

【図4】図4(a)は、検出された外乱トルク(Tq)を、ロボット1が行った作業の内容に基づいて分類した結果の一例を示すグラフであり、図4(b)は、分類毎に外乱トルク(Tq)をグループ化した状態を示す。

【図5】図5は、第1実施形態に係わる故障診断方法の一例を示すフローチャートである。

【図6】図6は、第2実施形態に係る故障診断装置23を含む故障診断システム200の全体構成を示すブロック図である。

【図7】図7は、図6の演算処理部18bの詳細な構成を示すブロック図である。

【図8】図8は、第2実施形態に係わる故障診断方法の一例を示すフローチャートである

50

。

【図 9 A】図 9 A は、第 1 実施形態に係わる演算処理装置 1 8 a の変形例を示すブロック図である。

【図 9 B】図 9 B は、第 2 実施形態に係わる演算処理装置 1 8 b の変形例を示すブロック図である。

【図 1 0 A】図 1 0 A は、サーボ制御部 1 1 により検出された外乱トルク (T q) を、検出時にロボット 1 が行った作業の内容に基づいて分類した他の例を示すグラフである。

【図 1 0 B】図 1 0 B は、分類毎に外乱トルク (T q) をグループ化した状態を示す。

【図 1 1 A】図 1 1 A は、第 1 実施形態に係わる故障診断方法の変形例を示すフローチャートである。

【図 1 1 B】図 1 1 B は、第 2 実施形態に係わる故障診断方法の変形例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 9 】

(第 1 実施形態)

次に、図面を参照して、実施の形態を詳細に説明する。図面の記載において同一部分には同一符号を付して説明を省略する。

【 0 0 1 0 】

(第 1 実施形態)

図 1 を参照して、第 1 実施形態に係る故障診断装置 2 3 を含む故障診断システム 1 0 0 の全体構成を説明する。故障診断システム 1 0 0 は、ロボット 1 と、故障診断装置 2 3 と、生産管理装置 4 とから構成される。故障診断装置 2 3 は、ロボット制御ユニット 2 と、故障診断ユニット 3 a とを備える。

【 0 0 1 1 】

ロボット 1 は、多軸型ロボットの一例として、多軸機械のティーチングプレイバック型のロボットである。ロボット 1 は、動作軸である関節軸としてモータ駆動系を備えている。ロボットアーム 5 は、サーボモータ (以下、単にモータと言う) 6 により減速機 8 を介して駆動される。モータ 6 には、回転角位置および速度の検出器であるパルスコーダ (パルスジェネレータまたはエンコーダ) 7 が付帯されている。

【 0 0 1 2 】

ロボット制御ユニット 2 は、動作統括制御部 9 と、位置検出部 2 4 と、通信部 1 0 と、サーボ制御部 1 1 (トルク検出部の一例) と、サーボアンプ部 1 4 とを備えている。サーボ制御部 1 1 は、上位の動作統括制御部 9 からの指令を受けて、サーボアンプ部 1 4 を介してモータ 6 を駆動する。モータ 6 に付帯するパルスコーダ 7 は、モータ 6 の回転角位置および速度の制御処理のためのフィードバックループを、サーボ制御部 1 1 との間で形成している。

【 0 0 1 3 】

サーボ制御部 1 1 は、モータ 6 の回転角位置、速度、及び電流を制御するための処理を行うプロセッサ、制御プログラムを記憶する R O M、設定値や各種パラメータを記憶する不揮発性記憶部を備えている。また、サーボ制御部 1 1 は、演算処理中におけるデータを一時記憶する R A M、パルスコーダ 7 からの位置フィードバックパルスを計数してモータ 6 の絶対回転角位置を検出するためのレジスタ等を備えている。

【 0 0 1 4 】

サーボ制御部 1 1 は、プロセッサに予めインストールされたコンピュータプログラムを実行させることにより、関節軸に加わる外乱トルク (T q) を検出するための回路を構成する。サーボ制御部 1 1 は、上記回路として、外乱トルク演算部 1 2 及び状態データ取得部 1 3 を備える。

【 0 0 1 5 】

状態データ取得部 1 3 は、ロボット 1 の各関節軸の作動状態に関する各種のデータ (回転角位置、速度、電流を示すデータ) を定期的に収集する。外乱トルク演算部 1 2 は、状

10

20

30

40

50

態データ取得部 13 が取得したデータに基づいて、外乱トルク (Tq) を演算する。回転角位置、速度、電流を示すデータ、及び外乱トルク (Tq) は、通信部 10 を介して故障診断ユニット 3a に出力される。この構成により、サーボ制御部 11 はいわゆるソフトウェアサーボの形態をなしている。なお、外乱トルク (Tq) の算出方法の詳細は、図 2 を参照して後述する。外乱トルク (Tq) とは、モータ 6 に対するトルク指令値と、モータ 6 が発生しているトルクとの差異を示す。

【 0016 】

なお、図 1 のようなモータ駆動系は、ロボット 1 が備える関節軸の数だけ必要となるが、図 1 では一軸分のみを図示して、それ以外のモータ駆動系は図示省略している。また、図 1 のモータ 6 と減速機 8 との間に変速歯車列が介装されることもある。

10

【 0017 】

位置検出部 24 は、状態データ取得部 13 により取得されたモータ 6 の絶対回転角位置から、モータ 6 が設けられた関節軸の移動位置を検出する。位置検出部 24 により検出された関節軸の移動位置を示すデータは、外乱トルク (Tq) を示すデータと関連づけされた状態で、通信部 10 を介して故障診断ユニット 3a に出力される。故障診断ユニット 3a には、互いに関連づけされた関節軸の移動位置と外乱トルクの情報が伝達される。

【 0018 】

動作統括制御部 9 は、サーボ制御部 11 及び位置検出部 24 の上位に位置してロボット 1 の動作の直接的な制御を司っている。通信部 10 は、後述する故障診断ユニット 3a の通信部 15 との間で、例えば LAN 等により必要なデータの授受を行う。

20

【 0019 】

故障診断ユニット 3a は、通信部 15 と、閾値データベース 22 と、外乱トルクデータベース 17 と、演算処理部 18a と、作業内容データベース 19 とを備えている。通信部 15 は、先に述べたロボット制御ユニット 2 および生産管理装置 4 のそれぞれの通信部 10、20 との間で例えば LAN 等により必要なデータの授受を行う。

【 0020 】

外乱トルクデータベース 17 は、ロボット制御ユニット 2 から送信される、関節軸の移動位置に関連づけられた外乱トルク (Tq) を示すデータを逐次記憶する。外乱トルクデータベース 17 には、過去分の外乱トルク (Tq) が蓄積される。

【 0021 】

演算処理部 18a は、外乱トルクデータベース 17 に記憶された外乱トルク (Tq) に基づいて、能動的にロボット 1 の故障診断を実行する。演算処理部 18a はメモリ機能を具備し、外乱トルクデータベース 17 にアクセスして得られたデータを一時的に記憶し、それらのデータをもとに故障診断を実行する。演算処理部 18a の詳細は、図 3 を参照して後述する。

30

【 0022 】

生産管理装置 4 は、例えば工場における生産ラインの稼働状況等を含む生産情報の管理を行う装置であり、通信部 20 と、生産情報データベース 21 とを備えている。通信部 20 は、故障診断ユニット 3a の通信部 15 との間で例えば LAN 等により必要なデータの授受を行う。生産情報データベース 21 は、収集した各種の生産情報を記憶しておく機能を有する。したがって、生産情報データベース 21 には過去分の各種の生産情報が蓄積されることになる。通信部 20 は、生産情報データベース 21 に蓄積された生産情報を、故障診断ユニット 3a からの要求に応じて通信部 15 へ送信する。

40

【 0023 】

なお、生産情報には、ロボット 1 が行う作業内容のタイムテーブルが含まれる。よって、日時及びロボット 1 が定めれば、当該ロボット 1 が行っている作業の内容も特定することができる。ロボット 1 が車両の生産ライン上に配置されている場合、作業の内容には、例えば、作業に係わる車両の種類、作業に係わる車両に設定されているオプションの有無及び内容、作業が属する工程が含まれる。作業が属する工程には、プレス工程、ボディ溶接工程、塗装工程、樹脂成形工程、組立工程が含まれる。

50

【 0 0 2 4 】

作業内容データベース 19 には、生産管理装置 4 から収集した作業内容のタイムテーブルが記憶される。更に、作業内容データベース 19 には、ロボット制御ユニット 2 との通信により、状態データ取得部 13 により取得された、ロボット 1 の各関節軸の作動状態に関する各種のデータが記憶されている。

【 0 0 2 5 】

第 1 実施形態に係わる故障診断ユニット 3 a は、閾値データベース 22 を備える。閾値データベース 22 には、作業の内容に応じた分類ごとに、故障診断のための閾値が予め設定されている。詳細は、図 4 を参照して後述する。

【 0 0 2 6 】

図 2 を参照して、外乱トルク (T_q) の算出方法の一例を説明する。外乱トルク演算部 12 は、パルスコーダ 7 からの速度フィードバック信号により求められるモータ 6 の実速度 V_r を微分して加速度を求める。この加速度に対してモータ 6 にかかる全てのイナーシャ J を乗じて加速度トルク T_a を求める。次に、加速度トルク T_a を、サーボ制御部 11 の速度ループ処理で求められるモータ 6 へのトルク指令 T_c から減じる。減算後の値に対して、さらにモーメント M を減じることにより、外乱トルク T_b を求める。この後、所定のフィルタリング処理を施すことにより、外乱の不規則成分を除去して、「外乱トルク (T_q)」を求める。このような処理をサーボ制御部 11 が所定のサンプリング周期毎に実行することにより、外乱トルク (T_q) を逐次検出することができる。

【 0 0 2 7 】

より具体的に、サーボ制御部 11 はレジスタを備えており、このレジスタは所定のサンプリング周期毎にパルスコーダ 7 からの位置のフィードバックパルスを計数してモータ 6 の絶対位置を求めている。そこで、サーボ制御部 11 はレジスタからモータ 6 の絶対位置を検出し、モータ 6 の絶対位置からモータ 6 が駆動する関節軸の回転角位置 (移動位置) を求める。さらに、サーボ制御部 11 は、先に説明したように図 2 の処理を行って外乱トルク (T_q) を求めることができる。

【 0 0 2 8 】

図 3 を参照して、演算処理部 18 a の詳細を説明する。演算処理部 18 a は、マイクロプロセッサを備え、予めインストールされたプログラムを実行することにより、外乱トルクに基づいてロボット 1 の故障診断を行うための一連の演算処理回路を構成する。演算処理部 18 a は、一連の演算処理回路として、トルク分類回路 31 と、故障診断回路 32 とを備える。

【 0 0 2 9 】

トルク分類回路 31 は、外乱トルク (T_q) の検出時にロボット 1 が行った作業の内容に基づいて、外乱トルク (T_q) を分類する。故障診断回路 32 は、分類された外乱トルク (T_q) と閾値 () とを比較することによりロボット 1 の故障診断を行う。

【 0 0 3 0 】

トルク分類回路 31 は、作業の内容の一例として、作業に係わる車両の種類ごとに、外乱トルク (T_q) を分類することができる。この場合、作業に係わる車両の種類を示す情報は、作業内容データベース 19 に記憶された作業内容のタイムテーブルから取得することができる。

【 0 0 3 1 】

トルク分類回路 31 は、作業の内容の他の例として、作業が属する工程ごとに、外乱トルク (T_q) を分類することができる。この場合も、作業が属する工程を示す情報は、作業内容データベース 19 に記憶された作業内容のタイムテーブルから取得することができる。

【 0 0 3 2 】

トルク分類回路 31 は、作業の内容の他の例として、ロボット 1 が行う作業において関節軸が移動する距離ごとに、外乱トルク (T_q) を分類することができる。この場合、関節軸が移動する距離を示す情報は、状態データ取得部 13 により取得された、ロボット 1

10

20

30

40

50

の各関節軸の作動状態に関する各種のデータから演算することができる。

【0033】

トルク分類回路31は、作業の内容の他の例として、ロボット1が行う作業において関節軸を駆動するモータ6に加わる電流量ごとに、外乱トルク(Tq)を分類することができる。この場合も、モータ6に加わる電流量を示す情報は、状態データ取得部13により取得された、ロボット1の各関節軸の作動状態に関する各種のデータから演算することができる。

【0034】

図4(a)は、サーボ制御部11により検出された外乱トルク(Tq)を、検出時にロボット1が行った作業の内容に基づいて分類した一例を示すグラフであり、図4(b)は分類毎に外乱トルク(Tq)をグループ化した状態を示す。横軸は時間を示し、縦軸は外乱トルク(Tq)を示す。ここでは、外乱トルク(Tq)を、作業1、作業2または作業3のいずれかに分類した。図4(b)には作業1のグループを例示するが、作業2及び作業3についても同様なグループが存在する。

10

【0035】

図4(a)に示すように、外乱トルク(Tq)は、その検出時にロボット1が行った作業の内容に応じて大きく変化する場合がある。具体的には、車両の生産ラインでは、小型車から大型車まで大きさの異なる複数の車種の車両を生産していたり、同じ車種でもオプション部品の有無による製造工程が異なる生産(多種混合生産)を行っている。このため、同一のロボット1が生産状況によって実際に実施する作業内容が異なる。よって、作業内容に応じて、検出される故障診断用パラメータ(外乱トルク)に相違が生じる場合がある。この場合、作業の内容に係わらず、一定の閾値を用いて故障診断を行うと、故障診断を誤ってしまうおそれがある。

20

【0036】

そこで、故障診断回路32は、分類された外乱トルク(Tq)ごとに予め設定された閾値と外乱トルク(Tq)とを比較することによりロボット1の故障診断を行う。例えば、図4(b)に示すように、作業1について閾値(+A、-A)が予め設定されている。同様に、作業2及び作業3について閾値(+B、-B)及び閾値(+C、-C)が予め設定されている。閾値(+A、-A、+B、-B、+C、-C)のデータは、閾値データベース22に予め設定されている。故障診断回路32は、閾値データベース22から閾値を読み出す。故障診断回路32は、分類されたグループ毎に、外乱トルク(Tq)と予め設定された閾値()とを対比する。図4(b)に示すように、時刻(t_0)において外乱トルク(Tq)の絶対値が閾値(A)を上回るため、作業1に関して、ロボット1には故障があると判断することができる。このように、閾値()は分類毎に予め設定されているため、作業の内容に応じて変化する外乱トルク(Tq)の絶対値に対して、適切な閾値を選択することができる。

30

【0037】

図5のフローチャートを参照して、第1実施形態に係わる故障診断方法を説明する。第1実施形態に係わる故障診断方法は、図1の故障診断装置23を用いて実行される。ステップS01において、状態データ取得部13が、ロボット1の各関節軸の作動状態に関する各種のデータ(回転角位置、速度、電流を示すデータ)を収集し、外乱トルク演算部12は、状態データ取得部13が取得したデータに基づいて、外乱トルク(Tq)を演算する。外乱トルク演算部12により演算された外乱トルク(Tq)は、関節軸の移動位置にリンクさせて、通信部10を介して故障診断ユニット3aに出力される。

40

【0038】

ステップS03において、トルク分類回路31は、外乱トルク(Tq)の検出時にロボット1が行った作業の内容に基づいて、外乱トルク(Tq)を分類する。例えば、車両製造ラインで稼働するロボット1の場合、ロボット1が行う作業に係わる車両の種類、作業が属する工程、作業におけるロボットアーム5の可動範囲、或いは、作業時にモータ6に印可される電流、またはこれらの組合せに基づいて、外乱トルク(Tq)を分類する。こ

50

ここでは、図4と同様にして、作業1、作業2、及び作業3に分類した場合を説明する。作業内容データベース19に記憶された作業内容タイムテーブルを参照することにより、車両の種類、作業が属する工程、ロボットアーム5の可動範囲、或いはモータ6に印可される電流を示すデータを取得することができる。

【0039】

ステップS05、S07、S09において、故障診断回路32は、分類された作業毎に設定された閾値（ T_{1} 、 T_{2} 、 T_{3} ）を閾値データベース22から読み出す。具体的には、図4に示したように、故障診断回路32は、作業1、作業2、及び作業3の各々について、閾値（ $+A$ 、 $-A$ ）、閾値（ $+B$ 、 $-B$ ）、閾値（ $+C$ 、 $-C$ ）を設定する。

10

【0040】

ステップS11、S13、S15において、分類された外乱トルク（ T_q ）と、分類毎に設定された閾値（ T_{1} 、 T_{2} 、 T_{3} ）とを比較する。外乱トルク（ T_q ）が閾値（ T_{1} 、 T_{2} 、 T_{3} ）よりも大きい場合、ロボット1に故障があると判断する（S17、S21、S25）。一方、外乱トルク（ T_q ）が閾値（ T_{1} 、 T_{2} 、 T_{3} ）以下である場合、ロボット1に故障は無いと判断する（S19、S23、S27）。このように、定期的に図5のフローチャートを実施することにより、故障診断を行う。

【0041】

以上説明したように、第1実施形態によれば、以下の作用効果が得られる。

【0042】

内容（車種、工程等）が異なる複数の作業を同一のロボット1が行う場合、作業の内容に応じてロボット1の関節軸に加わる外乱トルク（ T_q ）が変化する場合がある。そこで、作業の内容に基づいて外乱トルク（ T_q ）を分類し、分類された外乱トルク（ T_q ）と閾値とを比較することによりロボット1の故障診断を行う。これにより、作業の内容に応じて変化する外乱トルク（ T_q ）を考慮して、正確な故障診断を行うことができる。

20

【0043】

トルク分類回路31は、ロボット1が行う作業に係わる車両の種類ごとに、外乱トルク（ T_q ）を分類してもよい。車両の種類に応じて外乱トルク（ T_q ）が変化する場合であっても、正確な故障診断を行うことができる。

【0044】

トルク分類回路31は、ロボット1が行う作業が属する工程ごとに、外乱トルク（ T_q ）を分類してもよい。作業が属する工程に応じて外乱トルク（ T_q ）が変化する場合であっても、正確な故障診断を行うことができる。

30

【0045】

トルク分類回路31は、ロボット1が行う作業において関節軸が移動する距離ごとに、外乱トルク（ T_q ）を分類してもよい。関節軸が移動する距離に応じて外乱トルク（ T_q ）が変化する場合であっても、正確な故障診断を行うことができる。

【0046】

トルク分類回路31は、ロボット1が行う作業において関節軸を駆動するモータ6に加わる電流量ごとに、外乱トルク（ T_q ）を分類してもよい。モータ6に加わる電流量に応じて外乱トルク（ T_q ）が変化する場合であっても、正確な故障診断を行うことができる。

40

【0047】

なお、車両の種類、作業が属する工程、関節軸が移動する距離、モータ6に加わる電流量は、各々単独で用いて外乱トルク（ T_q ）を分類してもよいが、任意にこれらを組み合わせて外乱トルク（ T_q ）をより詳細に分類しても構わない。任意にこれらを組み合わせることにより、より詳細な閾値設定が可能となり、より正確な故障診断を行うことができる。

【0048】

故障診断回路32は、分類された外乱トルク（ T_q ）ごとに予め設定された閾値（ T_{1}

50

、 T_{q2} 、 T_{q3})と外乱トルク(T_q)とを比較することによりロボット1の故障診断を行う。閾値(T_{q1} 、 T_{q2} 、 T_{q3})は分類毎に予め設定されているため、作業の内容に応じて変化する外乱トルク(T_q)の絶対値に対して、適切な閾値を選択することができる。

【0049】

(第2実施形態)

第1実施形態では、内容(車種、工程等)が異なる複数の作業を同一のロボットが行う場合、作業の内容ごとに閾値を設定する例を示した。しかし、これに限らず、同一のロボットが行う複数の作業の間で、外乱トルク(T_q)を標準化することができれば、作業の内容を問わず、単一の閾値を用いて、ロボット1の故障診断を行うことができる。第2実施形態では、内容(車種、工程等)が異なる複数の作業を同一のロボットが行う場合において、作業時に生じる外乱トルクを標準化処理する例を説明する。

10

【0050】

図6を参照して、第2実施形態に係る故障診断装置23を含む故障診断システム200の全体構成を説明する。

【0051】

図1と比較して、故障診断ユニット3bが、閾値データベース22の代わりに、外乱トルク参照値を記憶する参照値データベース16を備える点が相違する。さらに、演算処理部18bの回路構成が異なる点が相違するが、その他の点については図1と同一である。外乱トルク参照値は、外乱トルク(T_q)の標準化処理で用いる参照値である。外乱トルク参照値は、分類された外乱トルクのグループごとに設定されている。たとえば、外乱トルク参照値は、外乱トルクの代表値と変化量の組み合わせである。外乱トルク(T_q)の代表値には、ロボット1が作業を行っている期間において検出された外乱トルク(T_q)の平均値、中央値、及び積分値が含まれる。外乱トルク(T_q)の変化量には、作業を行っている期間において検出された外乱トルク(T_q)の分散、偏差、標準偏差、及び最大値と最小値との差が含まれる。本実施形態では、代表値及び変化量として、外乱トルク(T_q)の平均値及び標準偏差を用いた場合を説明する。

20

【0052】

図7を参照して、演算処理部18bの詳細を説明する。演算処理部18bは、マイクロプロセッサを備え、予めインストールされたプログラムを実行することにより、外乱トルクに基づいてロボット1の故障診断を行うための一連の演算処理回路を構成する。演算処理部18bは、一連の演算処理回路として、トルク分類回路31と、故障診断回路32と、トルク補正回路33とを備える。図3の演算処理部18aと比べて、トルク補正回路33を更に備えている点が相違する。

30

【0053】

トルク補正回路33は、参照値データベース16に記憶されている外乱トルク参照値を用いて外乱トルク(T_q)を補正する。補正は、分類されたグループごとに実施される。補正の対象となる外乱トルク(T_q)は、分類された外乱トルク(T_q)全体である。補正に用いる参照値は、分類されたグループ単位で予め設定されている。補正された外乱トルク(T_q)を、補正後外乱トルク($T_{q'}$)と呼ぶ。具体的に、トルク補正回路33は、作業を行っている時に検出された外乱トルク(T_q)から代表値を減算し、減算後の値を変化量で除算することにより、補正後外乱トルク($T_{q'}$)を取得する。トルク補正回路33は、当該演算を、分類されたグループ単位で実施する。これにより、トルク補正回路33は、同一のロボット1が行う、内容が異なる複数の作業の間で標準化された、補正後外乱トルク($T_{q'}$)を取得することができる。

40

【0054】

故障診断回路32は、トルク補正回路33により取得された補正後外乱トルク($T_{q'}$)と単一の閾値(T_{th})とを比較することによりロボット1の故障診断を行う。具体的に、故障診断回路32は、補正後外乱トルク($T_{q'}$)の絶対値が閾値(T_{th})よりも大きければ、ロボット1は故障していると判断することができる。第2実施形態で、閾値(T_{th})は、ロボット1に固有な値であって、ロボット1が行う作業の内容(グループ)に関わりな

50

く、一定の値である。つまり、補正後外乱トルク (Tq') が複数の作業の間で標準化された値であるため、閾値 () は、作業毎に変化しない。

【0055】

図8のフローチャートを参照して、第2実施形態に係わる故障診断方法を説明する。第2実施形態に係わる故障診断方法は、図6の故障診断装置23を用いて実行される。

【0056】

ステップS01及びS03は、図5と同じステップであり、説明を省略する。ステップS31、S33、S35において、トルク補正回路33は、分類されたグループ毎に、外乱トルク (Tq) の標準化処理を実行する。具体的には、トルク補正回路33は、分類されたグループ毎に予め設定された外乱トルク参照値 (代表値及び変化量) を、参照値データベース16から読み出す。そして、外乱トルク (Tq) から外乱トルク (Tq) の代表値を減算し、減算後の値を外乱トルク (Tq) の変化量で除算する。これにより、作業1、作業2、及び作業3の各々に分類された補正後外乱トルク (Tq') を取得することができる。

10

【0057】

ステップS37に進み、故障診断回路32は、分類された作業間で共通する単一の閾値 () をマイクロコントローラに内蔵されたメモリから読み出す。閾値 () は、作業1、作業2、及び作業3の各々に分類された補正後外乱トルク (Tq') に共通して用いることができる。

【0058】

20

ステップS39に進み、作業1、作業2、及び作業3の各々に分類された補正後外乱トルク (Tq') の各々と単一の閾値 () とを比較する。補正後外乱トルク (Tq') のいずれかが単一の閾値 () よりも大きい場合 (S39でYES)、ロボット1に故障があると判断することができる (S41)。一方、補正後外乱トルク (Tq') のいずれも単一の閾値 () 以下であれば (S39でNO)、ロボット1に故障は無いと判断することができる (S43)。このように、定期的に図8のフローチャートを実施することにより、故障診断を行う。

【0059】

以上説明したように、第2実施形態によれば、以下の作用効果が得られる。

【0060】

30

トルク補正回路33は、分類された外乱トルク (Tq) ごとに外乱トルク (Tq) を補正して、補正後外乱トルク (Tq') を取得する。故障診断回路32は、補正後外乱トルク (Tq') と閾値 () とを比較することによりロボット1の故障診断を行う。分類毎に外乱トルク (Tq) を補正することにより、作業の内容に係わらず、一定の閾値 () を用いて正確な故障診断を行うことができる。つまり、分類毎に異なる閾値を設定する必要がなくなる。

【0061】

(第3実施形態)

ロボット1が行う複数の作業の中に、他の装置から溶接チップやワークを介してロボット1の関節軸へ所定値以上の外力が伝わる作業が含まれる場合がある。他の装置には、ロボット1外に駆動源を有するツール、及び他のロボットが含まれる。溶接ロボットの場合、ロボット1外に駆動源を有するツールには、例えば、電極チップ端を整形するチップドレッサ、ワークを固定したり、位置決めするために使用する機械及び装置が含まれる。更に、ワークを回転させる回転装置 (ポジショナ、ターニングロール) や溶接ヘッドを移動させる直線装置 (マニピュレーター、溶接走行台車)、及び周辺機器 (トーチスタンド)、溶接機と溶接治具機械 (ポジショナ) とを連動させて溶接の自動化を図る溶接連動制御システム、が含まれる。

40

【0062】

他の装置からロボット1へ所定値以上の外力が伝わる作業 (以後、「外力伝達作業」と呼ぶ) をロボット1が行っている時、ロボット1の関節軸に加わる外乱トルクは、ロボッ

50

ト 1 の姿勢及び取り扱うワークの荷重に応じて変化してしまう。よって、作業の内容に基づいて分類した外乱トルクであっても、ロボット 1 の姿勢及び取り扱うワークの荷重に応じて容易に変化してしまう。このため、作業の内容に基づいて分類した外乱トルクを閾値と比較しても正確に故障診断を行うことが難しくなる。

【 0 0 6 3 】

そこで、第 3 実施形態では、ロボット 1 が作業を行う時に、ロボットの外に駆動源を有する他の装置から所定値以上の外力が関節軸へ伝わる場合、故障診断回路 3 2 は、当該作業を行っている時に検出された外乱トルクを用いて、故障診断を行わない故障診断装置及び故障診断方法を説明する。具体的に、第 3 実施形態では、第 1 実施形態の変形例及び第 2 実施形態の変形例を説明する。

10

【 0 0 6 4 】

図 9 A は、第 1 実施形態に係わる演算処理装置 1 8 a の変形例を示すブロック図である。演算処理装置 1 8 a は、トルク分類回路 3 1、及び故障診断回路 3 2 の他に、診断禁止回路 3 4 を更に備える。

【 0 0 6 5 】

トルク分類回路 3 1 は、ロボット 1 が外力伝達作業を行っている時に検出された外乱トルクを外力伝達作業以外の作業を行っている時に検出された外乱トルクから分類する。作業内容データベース 1 9 に記憶された作業内容のタイムテーブルには、外力伝達作業に関する情報が含まれている。トルク分類回路 3 1 は、外力伝達作業に関する情報を用いて、外乱トルクを分類することができる。

20

【 0 0 6 6 】

診断禁止回路 3 4 は、トルク分類回路 3 1 により分類された外乱トルクを用いて故障診断を行うことを禁止する。つまり、故障診断回路 3 2 が、外力伝達作業を行っている時に検出された外乱トルクを用いて故障診断を行うことを禁止する。その他の演算処理装置 1 8 a の処理動作は、図 3 を参照する第 1 実施形態と同じであり説明を省略する。

【 0 0 6 7 】

一方、図 9 B は、第 2 実施形態に係わる演算処理装置 1 8 b の変形例を示すブロック図である。演算処理装置 1 8 b は、トルク分類回路 3 1、故障診断回路 3 2、及びトルク補正回路 3 3 の他に、診断禁止回路 3 4 を更に備える。

【 0 0 6 8 】

30

トルク分類回路 3 1 は、ロボット 1 が外力伝達作業を行っている時に検出された外乱トルクを外力伝達作業以外の作業を行っている時に検出された外乱トルクから分類する。そして、診断禁止回路 3 4 は、故障診断回路 3 2 が、外力伝達作業を行っている時に検出された外乱トルクを用いて故障診断を行うことを禁止する。なお、診断禁止回路 3 4 は、トルク補正回路 3 3 が、外力伝達作業を行っている時に検出された外乱トルクを補正して、補正後外乱トルクを取得することを更に禁止しても構わない。これにより、正確な故障診断に必要な補正処理を維持しつつ、外乱トルクの補正処理量を軽減することができる。

【 0 0 6 9 】

図 1 0 A は、サーボ制御部 1 1 により検出された外乱トルク (T_q) を、検出時にロボット 1 が行った作業の内容に基づいて分類した他の例を示すグラフであり、図 1 0 B は分類毎に外乱トルク (T_q) をグループ化した状態を示す。図 4 では、作業 1、作業 2 または作業 3 のいずれかに分類した例を示した。これに対して、図 1 0 A 及び図 1 0 B は、作業 1、作業 2 または作業 3 の他に、外乱伝達作業を更に含めた例を示す。図 1 0 A は、ロボット 1 が作業 3 の後に外乱伝達作業を行っていることを示す。図 1 0 B は、作業 1、作業 2、作業 3、及び外乱伝達作業の各々のグループを示している。なお、作業 1、作業 2、作業 3 は、「外力伝達作業以外の作業」に相当する。

40

【 0 0 7 0 】

図 1 0 A 及び図 1 0 B に示すように、外力伝達作業を行っている時に検出された外乱トルク (T_q) は、外力伝達作業以外の作業時の外乱トルクに比べて、大きく変化していて、安定していない。なぜなら、外力伝達作業をロボット 1 が行っている時、ロボット 1 の

50

関節軸に加わる外乱トルク (T_q) は、ロボット 1 の姿勢及び取り扱うワークの荷重に応じて変化してしまうからである。

【0071】

図 11A は、第 1 実施形態に係わる故障診断方法の変形例を示すフローチャートである。図 5 との相違点は、図 11A のステップ S03 において、トルク分類回路 31 は、ロボット 1 が行った作業の内容に基づいて、外乱トルク (T_q) を分類するのみならず、外力伝達作業を行っている時に検出された外乱トルク (T_q) を外力伝達作業以外の作業を行っている時に検出された外乱トルクから分類する。そして、診断禁止回路 34 は、故障診断回路 32 が、外力伝達作業を行っている時に検出された外乱トルクを用いて故障診断を行うことを禁止する (42)。その他の処理手順は、図 5 を参照する第 1 実施形態と同じであり説明を省略する。

10

【0072】

図 11B は、第 2 実施形態に係わる故障診断方法の変形例を示すフローチャートである。図 8 との相違点は、図 11B のステップ S03 において、トルク分類回路 31 は、ロボット 1 が行った作業の内容に基づいて、外乱トルク (T_q) を分類するのみならず、外力伝達作業を行っている時に検出された外乱トルク (T_q) を外力伝達作業以外の作業を行っている時に検出された外乱トルクから分類する。そして、診断禁止回路 34 は、故障診断回路 32 が、外力伝達作業を行っている時に検出された外乱トルクを用いて故障診断を行うことを禁止する (42)。その他の処理手順は、図 8 を参照する第 2 実施形態と同じであり説明を省略する。

20

【0073】

以上説明したように、トルク分類回路 31 は、外力伝達作業を行っている時に検出された外乱トルク (T_q) を外力伝達作業以外の作業を行っている時に検出された外乱トルクから分類する。これにより、診断禁止回路 34 は、故障診断回路 32 が、外力伝達作業を行っている時に検出された外乱トルクを用いて故障診断を行うことを禁止することができる。すなわち、サーボ制御部 11 により検出された外乱トルクのうち、外力伝達作業を行っている時に検出された外乱トルクを除いた外乱トルクを用いて故障診断を行うことができる。これにより、ロボット 1 が行う作業に外力伝達作業が含まれる場合であっても、正確な故障診断を行うことができる。

【0074】

なお、第 3 実施形態では、トルク分類回路 31 が、サーボ制御部 11 により検出された外乱トルクを、外力伝達作業と外力伝達作業以外の作業とで分類する例を示した。ただし、本発明はこれに限らず、例えば、サーボ制御部 11 が、外力伝達作業以外の作業を行っている時に外乱トルクを検出し、外力伝達作業を行っている時に外乱トルクを検出しなくてもよい。或いは、他の禁止回路を新たに設け、他の禁止回路が、サーボ制御部 11 に対して、外力伝達作業を行っている時に外乱トルクを検出することを禁止してもよい。この場合も、サーボ制御部 11 或いは他の禁止回路は、作業内容のタイムテーブルに含まれる外力伝達作業に関する情報を参照すればよい。

30

【0075】

上記のように、本発明の実施形態を記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例及び運用技術が明らかとなる。

40

【符号の説明】

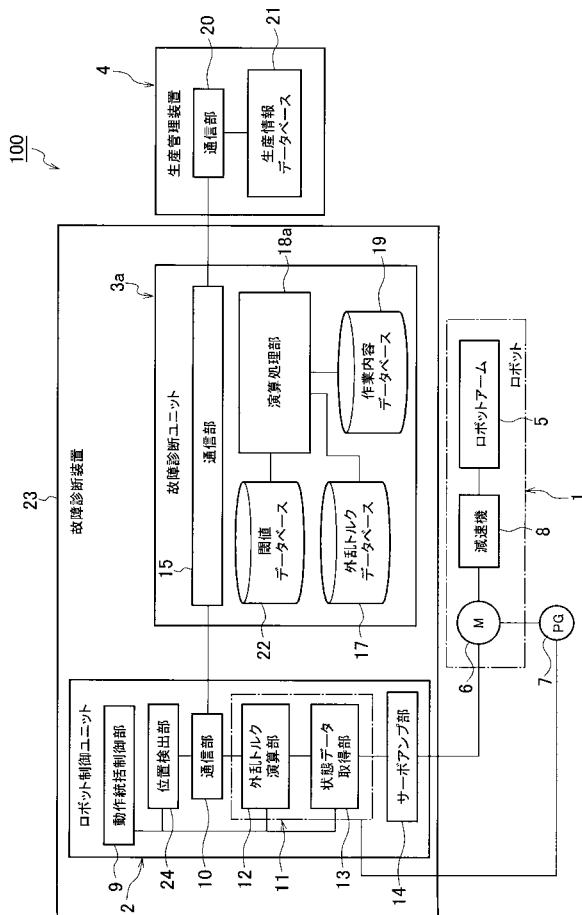
【0076】

- 1 ロボット
- 2 ロボット制御ユニット
- 3 a、3 b 故障診断ユニット
- 6 モータ
- 11 サーボ制御部 (トルク検出部)
- 16 参照値データベース

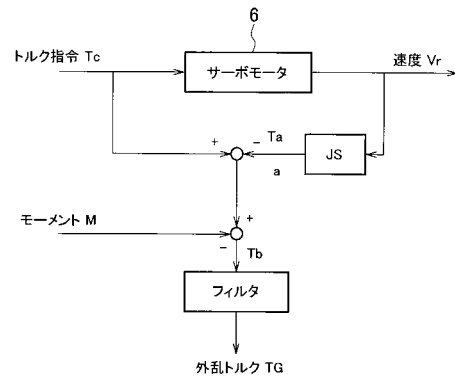
50

- 17 外乱トルクデータベース
 - 18 a、18 b 演算処理部
 - 19 作業内容データベース
 - 22 閾値データベース
 - 23 故障診断装置
 - 24 位置検出部
 - 31 トルク分類回路
 - 32 故障診断回路
 - 33 トルク補正回路
 - 34 診断禁止回路
 - 41 外力伝達作業を行っている時に検出された外乱トルク
 - 42 故障診断の禁止
 - Tq 外乱トルク
 - Tq' 補正後外乱トルク
- 閾値

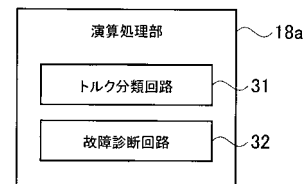
【図1】



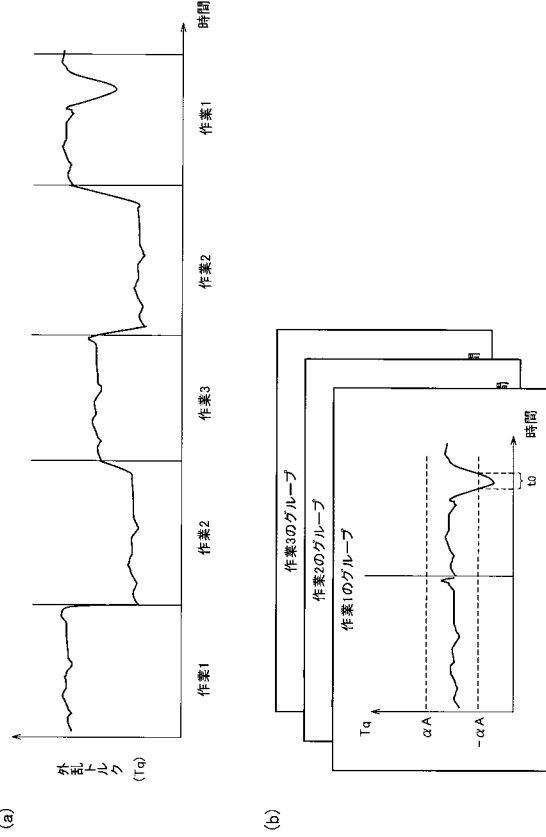
【図2】



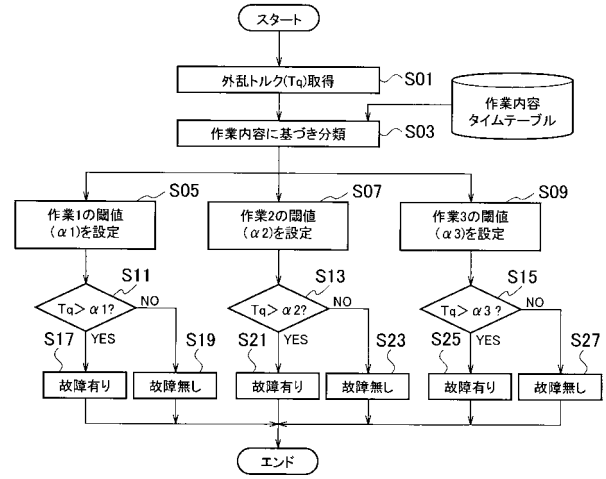
【図3】



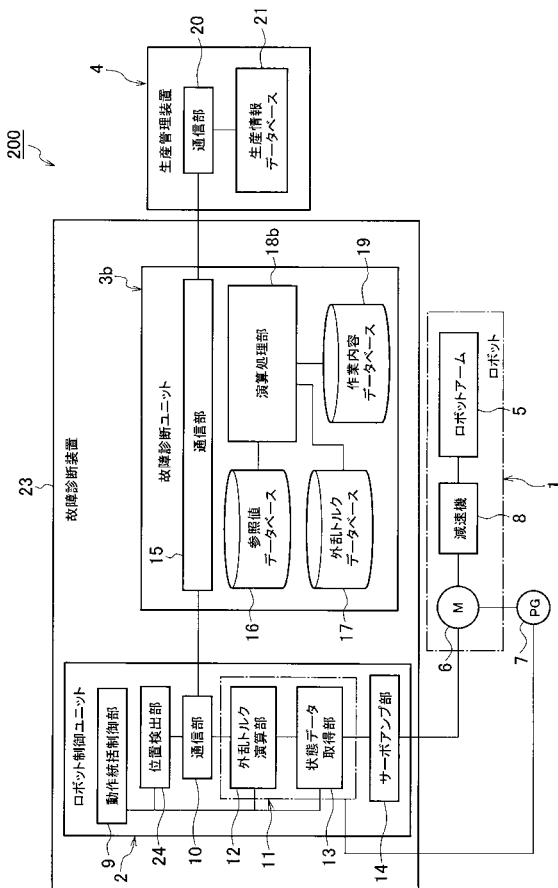
【図4】



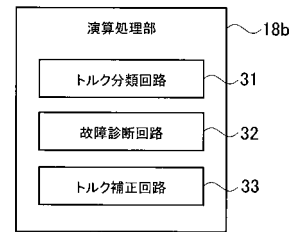
【図5】



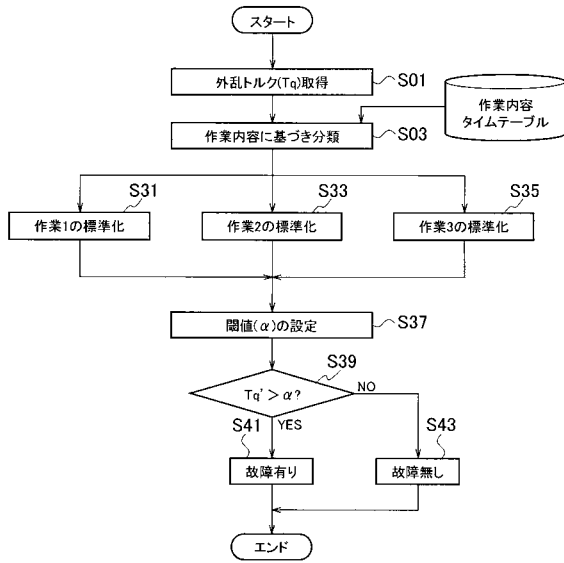
【図6】



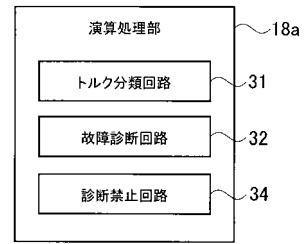
【図7】



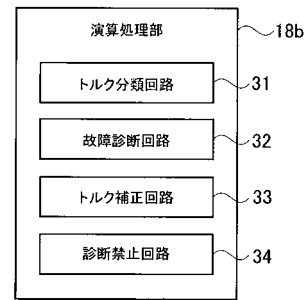
【図8】



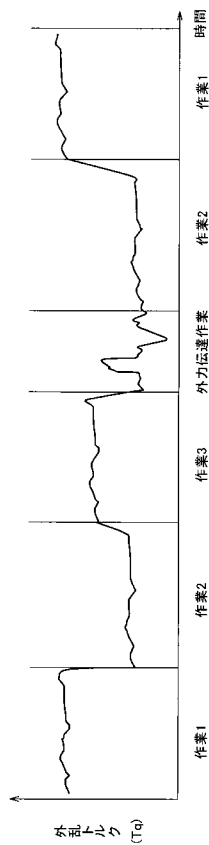
【図9A】



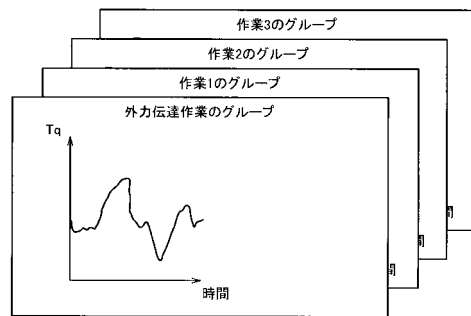
【図9B】



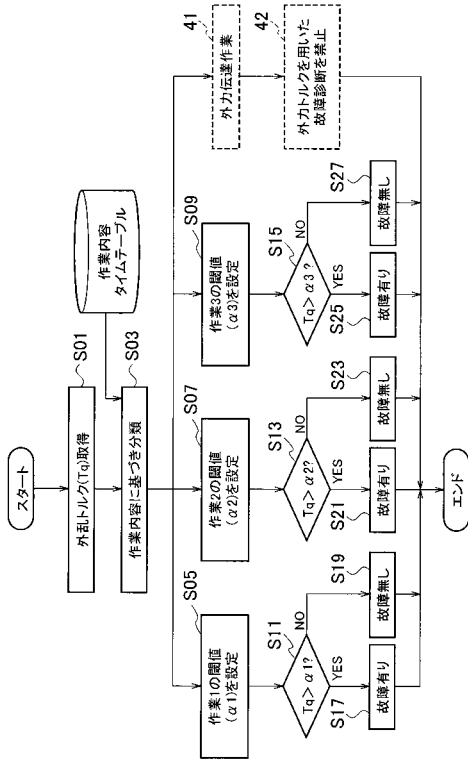
【図10A】



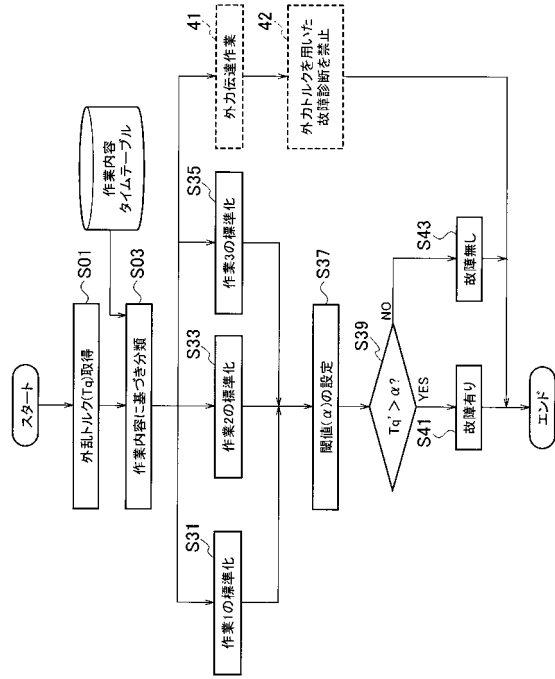
【図10B】



【図 1 1 A】



【図 1 1 B】



フロントページの続き

(72)発明者 井上 英治

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

(72)発明者 高木 徹

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

(72)発明者 浦川 敏倫

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

(72)発明者 久野 昌樹

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

Fターム(参考) 3C707 AS23 KS35 KS37 KS40 LV01 LW03 LW05 MS15 MT04 MT08
MT10