

(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
2009年11月26日(26.11.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/142006 A1

- (51) 国際特許分類:
B25J 19/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/002215
- (22) 国際出願日: 2009年5月20日(20.05.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2008-132783 2008年5月21日(21.05.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社 (PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中田広之 (NAKATA, Hiroyuki). 衣笠靖啓 (KINUGASA, Yasuhiro).
- (74) 代理人: 内藤浩樹, 外 (NAITO, Hiroki et al.); 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内 Osaka (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

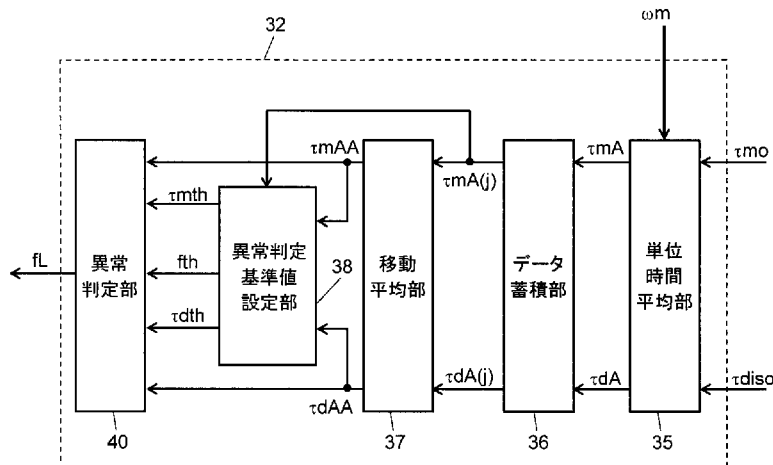
添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: ROBOT ERROR JUDGMENT METHOD

(54) 発明の名称: ロボットの異常判定方法

[図2]



40 ERROR JUDGMENT UNIT
 38 ERROR JUDGMENT REFERENCE VALUE SETTING UNIT
 37 MOTION AVERAGING UNIT
 36 DATA ACCUMULATION UNIT
 35 UNIT TIME AVERAGING UNIT

(57) Abstract: An error is detected when a motor output torque average value τ_{mAA} as an average value of N (N is a positive integer) motor output torque values τ_{mA} exceeds a first error judgment reference value τ_{mth} and an external force torque estimation average value τ_{dAA} as an average value of N external torque estimation values τ_{dA} exceeds a second error judgment reference value τ_{dth} . Thus, it is possible to judge whether an error has occurred during operation of a production line without requiring measurement or storage of reference data.

(57) 要約: モータ出力トルク値 τ_{mA} の N 個分 (N は正の整数) の平均値であるモータ出力トルク平均値 τ_{mAA} が、第1の異常判定基準値 τ_{mth} を超え、外力トルク推定値 τ_{dA} の N 個分の平均値である外力トルク推定平均値 τ_{dAA} が、第2の異常判定基準値 τ_{dth} を超えた場合に異常と判定することにより、基準データの測定、記憶を

必要とせず、生産ライン稼働中の異常判定も可能である。

WO 2009/142006 A1

明 細 書

発明の名称： ロボットの異常判定方法

技術分野

[0001] 本発明は、モータにより駆動されるロボット、特に、多関節型ロボットの異常判定方法に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、生産リードタイム短縮の要求が高まっている。しかし、溶接やハンドリング等に用いられる垂直あるいは水平の多関節型ロボットにおいて、ロボットを駆動するモータや減速機等の機構部品に故障が生じて交換が必要となった場合、交換のために生産を数時間にわたって停止しなければならず、大きな問題となっている。

[0003] ロボットを駆動するモータや減速機等に故障が生じた場合、摩擦力が上昇してモータ駆動力が増加する場合が大半である。そこで、ロボットが完全に動作不能になるまでにモータ駆動力の異常状態を知ることができれば、休日や夜間等の生産ライン休止中にモータ等の機構部品を交換することが可能となり、生産に与える影響を減じることができる。

[0004] そこで、故障に起因して発生するモータの速度波形の変動に着目してロボットの異常を検出する方法が知られている（例えば、特許文献1参照）。また、駆動側の仕事率（モータ出力仕事率）と負荷側の仕事率（ロボットの運動方程式演算から得られる仕事率）の差に着目してロボットの異常を検出する方法も知られている（例えば、特許文献2参照）。

[0005] 前者の速度波形の変動から異常を判定する方法では、次に挙げる問題点がある。1つ目は、個々のロボットで正常状態における速度波形データを基準データとして測定しておき、かつ、記憶しておく必要がある点である。2つ目は、異常判定を行う場合、基準となる動作パターンでロボットを動作させなければならない点である。従って、生産ライン稼働時のモータ速度波形データは異常判定のための速度波形データとは異なるので、当然、生産ライン

の稼働中には異常判定を行うことができない。また、例えば生産ライン休止等で異常判定を実施できる時間があるとしても、異常判定を行うためだけに基準となる動作パターンで動作させなければならない。そのため、異常測定作業工数のコストが発生する。また、生産ラインの稼働時間が長くコストに厳しい生産現場において、ロボットの異常判定を行うためだけに上記2つの点を行うことは現実的には非常に困難である。

[0006] また、後者の仕事率の差による異常判定方法では、前者の問題点が解決され、基準データの測定や記憶も必要なく、生産ライン稼働中でも判定が可能である。しかしながら、駆動側の仕事率は正確に計算できても、負荷側の仕事率が正確に計算できるとは限らない。その理由は、ユーザによりロボットに装着される負荷（溶接用トーチやハンドリングツールやワーク等）のパラメータ（質量、重心位置、イナーシャ等）が正確でなければ、ロボットの運動方程式による仕事率の計算に誤差が発生するからである。特許文献2では、装着負荷を含むロボット機構部の質点モデルに関する運動方程式と、角度、角速度、及び角加速度により負荷トルク値を算出し、それに角速度を乗じることで負荷側の仕事率を求めている。

[0007] 近年の産業用ロボットでは、加減速の最適化や衝突検出の高精度化にも正確な負荷パラメータが要求されている。従って、負荷パラメータの入力装置や自動測定機能を備えたロボットも多く見られる。しかしながら、負荷パラメータの入力や自動測定機能の使用を実行するか否かはユーザに任せられており、必ずしも正確な負荷パラメータが入力されているとは限らない。もし、負荷の設定パラメータと実パラメータとの間に大きな差があると、負荷側の仕事率には大きな誤差が生じてしまい、異常と誤判定する可能性がでてくる。

[0008] また、駆動側の仕事率が増加する原因としては、ロボットを駆動するモータや減速機等の故障による摩擦上昇でモータ駆動力が増加することだけではない。ロボットが他の物と接触した場合や、ロボットに装着されたケーブルに張力が加わる場合等、外力を受けてモータ駆動力が増減することも原因と

なる。ただし、前者の摩擦が上昇する場合は、増えた摩擦エネルギーを補うためにモータ駆動力も増加する。しかし、後者の外力を受ける場合は駆動側の仕事率が增加する方向に変化するとは限らない。例えば、ケーブルの張力増加がロボットの重力を支える力になり、駆動側の仕事率が減少する可能性がある。このような場合でも駆動側の仕事率と負荷側の仕事率の差は拡大するので、機構の故障以外の原因でも異常と判定してしまう可能性がある。

[0009] 図 1 1 は上述したケーブルの張力増加がロボットの重力を支える力になる場合を説明するための図であり、従来の溶接ロボットシステムの概略構成を示している。

[0010] 図 1 1 において、消耗電極である溶接ワイヤ 1 0 1 は、ワイヤ送給モータ 1 0 3 により、ワイヤスプール 1 0 2 から中空構造のトーチケーブル 1 1 1 (点線で示している) を通って溶接トーチ 1 0 4 のへ送られる。溶接電源装置 1 0 5 は、溶接トーチ 1 0 4 および溶接チップ 1 0 6 を経由して溶接ワイヤ 1 0 1 と被溶接物である母材 1 0 7 との間に所定の溶接電流 I 及び溶接電圧 V を印加してアーク 1 0 8 を発生させる。また、溶接電源装置 1 0 5 は、ワイヤ送給モータ 1 0 3 の制御を行って溶接施工を行う。ロボット 1 0 9 は、溶接トーチ 1 0 4 を保持し、溶接開始位置 (図示せず) に位置決めを行うと共に溶接線 (図示せず) に沿って溶接トーチ 1 0 4 を移動させる。このようなロボット全体の制御は、ロボット制御装置 1 1 0 により行われる。

[0011] このとき、例えばユーザが溶接ワイヤ 1 0 1 の形状維持による送給性能確保や周辺物との干渉回避を目的として、トーチケーブル 1 1 1 を上方から吊すための治具 1 1 2 を設置することが良く行われる。なお、ロボット 1 0 9 の動作に伴いトーチケーブル 1 1 1 も移動する。従って、治具 1 1 2 には、ばねやゴムなどの弾性体が用いられることが多い。このため、トーチケーブル 1 1 1 を介して、溶接トーチ 1 0 4 およびそれを保持するロボット 1 0 9 にも上方へ引っ張る力が働き、ロボット 1 0 9 の重力を支える力となる。特に、溶接トーチ 1 0 4 が装着されるロボット先端部は、容量の小さなモータが搭載されるので、このようなトーチケーブル 1 1 1 の張力変化は無視でき

ないものとなる。また、このような治具 1 1 2 の選定や取り付けや交換はユーザによって行われる。したがって、治具 1 1 2 を用いることによって、あるいは治具 1 1 2 の取り付けや交換によって、異常が発生したと誤判定してしまう可能性がある。

先行技術文献

特許文献

[0012] 特許文献1：特開昭63-123105号公報

特許文献2：特開平11-129186号公報

非特許文献

[0013] 非特許文献1：マニピュレータの動的衝突検出、小菅一弘、他1名、日本機械学会 [No. 99-9] ロボティクス・メカトロニクス講演会'99講演論文集2A1-11-030

発明の概要

[0014] 本発明は、基準データの測定、記憶が必要なく、生産ライン稼働中の判定も可能であり、正確な負荷パラメータが入力されていない場合や外力を受けた場合でも異常と誤判定してしまうことを低減するロボットの異常判定方法を提供するものである。

[0015] 本発明は、モータ出力トルク値のN個分（Nは正の整数）の平均値であるモータ出力トルク平均値が、所定のN個分のモータ出力トルク平均値から得たモータ出力トルク平均値の基準値に、第1の所定値を加えた第1の異常判定基準値を超えるか否かを、ロボットの動作中に判定するステップと、外力トルク推定値のN個分の平均値である外力トルク推定平均値が、所定のN個分の外力トルク推定平均値から得た外力トルク推定平均値の基準値に、第2の所定値を加えた第2の異常判定基準値を超えるか否かをロボットの動作中に判定するステップと、モータ出力トルク平均値が第1の異常判定基準値を超え、かつ、外力トルク推定平均値が第2の異常判定基準値を超えた場合に異常と判定するステップとを備えている。

[0016] かかる構成によれば、基準データの測定、記憶を必要とせず、生産ライン稼働中の判定も可能である。また、正確な負荷パラメータが入力されていない場合や外力を受けた場合でも、異常と誤判定してしまうことを低減することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1] 図1は、本発明の一実施の形態におけるロボット異常判定を説明するブロック図である。

[図2] 図2は、図1における異常判定部の詳細を示すブロック図である。

[図3] 図3は、同実施の形態におけるロボットの異常判定方法の単位時間内平均演算処理を示すフローチャートである。

[図4] 図4は、同実施の形態におけるロボットの異常判定方法の異常判定基準値設定処理を示すフローチャートである。

[図5] 図5は、図4のフローチャートにおけるモータ出力トルク移動平均値に基づく異常判定基準値設定課程を説明する第1の図である。

[図6] 図6は、図4のフローチャートにおけるモータ出力トルク移動平均値に基づく異常判定基準値設定課程を説明する第2の図である。

[図7] 図7は、図4のフローチャートにおける外力トルク移動平均値に基づく異常判定基準値設定課程を説明する図である。

[図8] 図8は、同実施の形態におけるロボットの異常判定方法の異常判定処理を示すフローチャートである。

[図9] 図9は、図8のフローチャートにおけるモータ出力トルク移動平均値に基づく異常判定課程を説明する図である。

[図10] 図10は、図8のフローチャートにおける外力トルク移動平均値に基づく異常判定課程を説明する図である。

[図11] 図11は、従来の溶接ロボットシステムを示す構成図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明を図面を用いて説明する。なお、本発明はこれに限られるものではない。

[0019] (実施の形態)

図1は、本発明の一実施の形態におけるロボットの異常判定方法を説明するブロック図であって、ロボット異常判定を含む位置制御ループを示している。図2は、図1における異常判定を示すブロック図である。図3は、同実施の形態におけるロボットの異常判定方法の、モータ出力トルク値および外力トルク値の単位時間内平均値演算処理を示すフローチャートである。図4は、同実施の形態におけるロボットの異常判定方法の、モータ出力トルク値および外力トルク値の移動平均値に基づく異常判定基準値設定処理を示すフローチャートである。

[0020] なお、本実施の形態で説明するロボットの異常判定方法は、例えば、図11に示す従来と同様の溶接システムの構成に適用できる。すなわち、本実施の形態は、図11に示す溶接システムにおけるロボット制御装置110での制御方法が従来とは異なる。したがって、本実施の形態では、図11に示す溶接システムの構成を例として説明する。

[0021] 図1において、位置指令 θ_{com} は、ユーザにより指示された始点位置および終点位置に基づいて得られる。位置制御部6は、位置指令 θ_{com} と、後述するモータ/外力トルク部18からフィードバックされたモータ角速度 ω_m とを入力として比例制御(P制御)を行い、速度指令 ω_{com} を出力する。速度制御部10は、速度指令 ω_{com} と、フィードバックされたモータ角速度 ω_m を入力として比例・積分制御(PI制御)を行い、モータ電流指令 I_m を生成する。

[0022] 以下、図1に示すブロック図の動作を詳細に説明する。図1において、位置制御部6は、位置指令 θ_{com} (例えば、トーチを搭載したロボットの関節角)と、フィードバックされたモータ角速度 ω_m (例えば、ロボット角軸の角速度)を積分したモータ位置 θ_m との差分値に基づいて、速度指令 ω_{com} を生成する。

[0023] 速度制御部10は、速度指令 ω_{com} と、フィードバックされたモータ角速度 ω_m の差分値に基づいてモータ電流指令 I_m を生成する。

[0024] モータ／外力トルク部 18 は、溶接トーチ 104 と溶接トーチ 104 を回転させるモータとを含む。モータ／外力トルク部 18 では、モータで発生するモータ出力トルク値 τ_m や、溶接トーチ 104 に加わる外力トルク値 τ_{dis} や、移動摩擦トルク値 τ_μ が発生する。これらのトルク値に基づいて、モータ速度を制御するモータ角速度 ω_m を出力し、位置制御部 6 および速度制御部 10 にフィードバックする。モータ／外力トルク部 18 は、制御系が駆動する負荷であって、モータ電流指令 I_m により発生するモータ出力トルク値 τ_m によって、実際の角速度 ω_m がどのように変化するかを示したものである。

[0025] 外力トルク推定部 30 は、外力トルク値 τ_{dis} をセンサレスで推定する。すなわち、外力トルク値 τ_{dis} の推定値である外力トルク推定値 τ_{diso} を出力する。

[0026] ところで、外力トルク値をセンサレスで推定する方法としては、動力学演算方式や外乱推定オブザーバ方式が知られている。動力学演算方式は、モータの駆動電流で発生したトルク値からモータ及び減速機のイナーシャと摩擦で損失するトルク値を差し引いた減速機出力トルク値より、ロボットの逆動力学演算から求めたロボットの動力学トルク値を差し引いて外力トルク値を求める方式である（非特許文献 1 参照）。外乱推定オブザーバ方式は、外乱推定オブザーバを用いて衝突力を求める方式である。本実施の形態では、前者の動力学演算方式を用いた場合を例にして説明する。

[0027] 図 1 において、モータ出力トルク値 τ_m は、減速機が剛体であると仮定すると、モータ駆動側から見た場合は（数 1-1）で示され、負荷側から見た場合は（数 1-2）で示される。

$$[0028] \quad \tau_m = K_t \times I_m \quad (\text{数 1-1})$$

$$\tau_m = \tau_{dyn} + \tau_{dis} + J_m \times \alpha_m + D \times \omega_m + \tau_\mu \quad (\text{数 1-2})$$

K_t : モータトルク定数

I_m : モータ電流

ω_m : モータ角速度

α_m : モータ角加速度 (モータ角速度 ω_m の微分値)

J_m : モータイナーシャ (ロータ+減速機 1 次側)

D : 粘性摩擦係数

τ_μ : 動摩擦トルク値

τ_{dyn} : 動力学トルク値 (重力トルク値と慣性力と遠心力とコリオリ力の和)

τ_{dis} : 外力トルク値

また、動摩擦トルク値 τ_μ は、以下に示す (数 2) で計算できる。

$$[0029] \quad \tau_\mu = K_\mu \times \text{sgn} \quad (\text{数 } 2)$$

K_μ : 動摩擦の大きさ

$\text{sgn} = 1$ ($\omega_m > 0$)、 0 ($\omega_m = 0$)、 -1 ($\omega_m < 0$)

また、(数 1-2) の右辺にある外力トルク値 τ_{dis} は、(数 1-1) と (数 1-2) より、以下に示す (数 3) に変形して求めることが出来る。

$$[0030] \quad \tau_{dis} = K_t \times I_m - (J_m \times \alpha_m + D \times \omega_m + K_\mu \times \text{sgn} + \tau_{dyn}) \quad (\text{数 } 3)$$

なお、(数 3) において、 $K_t \times I_m - J_m \times \alpha_m - D \times \omega_m - K_\mu \times \text{sgn}$ はモータが減速機に出力するトルク値である。

[0031] 図 1 において、外力トルク推定部 30 は、(数 3) の演算を行うブロックとして示している。

[0032] 外力トルク推定部 30 において、動力学トルク推定値 τ_{dyn0} は、動力学トルク演算部 26 において、ロボットを構成する全軸のモータ角速度 ω_m のフィードバックとロボットの機械パラメータを用いて逆動力学演算を実行することで求められる。また、モータ出力トルク推定値 τ_{m0} は、モータ電流指令 I_m を用いて (数 1-1) で計算される。外力トルク推定部 30 は、動力学トルク推定値 τ_{dyn0} とモータ出力トルク推定値 τ_{m0} を用いて、(数 3) から外力トルク推定値 τ_{dis0} を求める。その結果、外力トルク推定値 τ_{dis0} とモータ出力トルク推定値 τ_{m0} を異常判定装置 32 へ出

力する。

- [0033] 図2は、図1における異常判定装置32の詳細を示すブロック図である。図2を用いて、異常判定装置32の動作を説明する。なお、以下の説明において、単位時間とは異常判定を行う間隔と定義する。この単位時間は、例えば1時間等である。また、ロボットが停止している時間は除き、稼動している時間をいう。
- [0034] 単位時間平均部35では、外力トルク推定部30から出力されたモータ出力トルク推定値 τ_{mo} および外力トルク推定値 τ_{diso} のそれぞれの絶対値の単位時間平均値であるモータ出力トルク平均値 τ_{mA} および外力トルク平均値 τ_{dA} を算出する。
- [0035] この算出方法を図3のフローチャートに示す。図3の処理はモータ出力トルク推定値 τ_{mo} および外力トルク推定値 τ_{diso} の演算周期毎に実施する。
- [0036] 図3において、まず、当該軸角速度 ω_m および他軸角速度 ω_m の中で絶対値が最大の角速度 ω_{mMAX} が、平均処理の実行を判定する予め定められた角速度閾値 ω_{mth} より大きいかどうかを判定する（ステップS301）。ステップS301で、最大角速度 ω_{mMAX} が角速度閾値 ω_{mth} より大きい場合に（ステップS301のY）ステップS302に進み、それ以外（ステップS301のN）では処理を終了させる。なお、ステップS301の条件を設ける理由は、ロボットがユーザによる停止操作やセンサ信号入力待ち等で停止している場合、その停止時間は不確定であり、その状態も含めて単位時間平均すると、平均値にバラツキが生じるからである。また、ここでは、モータ角速度を監視する例を挙げたが、ロボットが動作していることが確認できれば、他の方法を用いても良い。例えばロボットプログラム内で動作命令が実行されている時、位置指令が生成されている時等でロボット動作の判定をしても良い。
- [0037] ステップS302では、モータ出力トルク推定値の絶対値 $|\tau_{mo}|$ の積算値 τ_{mS} および外力トルク推定値の絶対値 $|\tau_{diso}|$ の積算値 τ_{dS}

および積算回数 i を演算する。

[0038] その後、ステップ S 303 では、積算回数 i が予め定めた平均回数 n_{um} に到達したかを判断する。ステップ S 303 で、積算回数 i が平均回数 n_{um} に到達していれば（ステップ S 303 の Y）ステップ S 304 に進み、到達していなければ（ステップ S 303 の N）処理を終える。

[0039] ステップ S 304 では、各積算値 τ_{mS} 、 τ_{dS} を平均回数 n_{um} で割り、ロボット動作の単位時間平均値であるモータ出力トルク平均値 τ_{mA} および外力トルク平均値 τ_{dA} を算出する。

[0040] 例えばロボット動作の単位時間を 1 時間と設定し、モータ出力トルク推定値 τ_{mo} および外力トルク推定値 τ_{diso} が 10 ミリ秒毎に演算されていたとすると、平均回数は $n_{um} = 360000$ 回ということになる。

[0041] 次に、この単位時間平均値（例えば、1 時間の平均値）であるモータ出力トルク平均値 τ_{mA} と外力トルク平均値 τ_{dA} をデータ蓄積部 36 に蓄積する。単位時間 j 回目（例えば、単位時間が 1 時間であれば j 時間目）のモータ出力トルク平均値 τ_{mA} を $\tau_{mA}[j]$ と定義する。現在が単位時間で x 回目で、 x 回目までの蓄積個数を N 個（ N は正の整数）としたとすると、モータ出力トルク値 $\tau_{mA}[x-N+1]$ から $\tau_{mA}[x]$ までのデータを蓄積する。

[0042] 例えば、現在が単位時間で 1000 回目（ $x = 1000$ ）、データ蓄積個数が 48 個（ $N = 48$ ）とすると、モータ出力トルク値 $\tau_{mA}[953]$ から $\tau_{mA}[1000]$ までのデータを蓄積していることになる。単位時間が 1 時間であると、ロボット動作 48 時間分のデータを蓄積することになる。外力トルク平均値 $\tau_{dA}[j]$ についても同様である。

[0043] 移動平均部 37 では、データ蓄積部 36 に蓄積された N 個分のデータの現在の移動平均 $\tau_{mAA}[x]$ および $\tau_{dAA}[x]$ を、単位時間 x 回目のモータ出力トルク平均値および単位時間 x 回目の外力トルク平均値に対して、それぞれ（数 4-1）、（数 4-2）により求める。

[0044]

[数4-1]

$$\tau_{mAA}[x] = \left(\sum_{j=x-N+1}^x \tau_{mA}[j] \right) / N$$

[0045] [数4-2]

$$\tau_{dAA}[x] = \left(\sum_{j=x-N+1}^x \tau_{dA}[j] \right) / N$$

[0046] 異常判定基準値設定部38では、図4に示すフローチャートに基づいて、モータ出力トルク値の単位時間内平均値 $\tau_{mA}[x-N+1]$ (N は正の整数)から $\tau_{mA}[x]$ までのデータが、単位時間 N 個の移動平均値 $\tau_{mAA}[x]$ を基準として、一定範囲内のバラツキに収まっているかを判断する。すなわち、 N 個の単位時間内平均値 $\tau_{mA}[j]$ と単位時間 N 個の移動平均値 $\tau_{mAA}[j]$ との差が、予め定めた所定値より小さいかどうかを判断する。その結果、一定の範囲内であれば、その単位時間 N 個の移動平均値 $\tau_{mAA}[x]$ を基準値として設定する。その後、設定した移動平均値 $\tau_{mAA}[x]$ の基準値に基づいて、図2に示すモータ出力トルク異常判定基準値 τ_{mth} (第1の異常判定値)および外力トルク異常判定基準値 τ_{dth} (第2の異常判定値)を決定し、異常判定基準値設定済フラグ f_{th} に「1」をセットする。

[0047] 以下、図4のフローチャートを説明する。図4に示すフローチャートは、異常判定単位時間毎に実施する。図4において、ステップS401では、異常判定基準値設定済フラグ f_{th} が「0」かどうかを判定する。ステップS401で、異常判定基準値設定済フラグ f_{th} が「0」であれば(ステップS401のY)、異常判定基準値が設定されていないのでステップS402へ進む。ステップS401で、異常判定基準値設定済フラグ f_{th} が「1」であれば(ステップS401のN)、既に異常判定基準値が設定されているので処理を終了する。

[0048] ステップS402では、モータ出力トルク値の平均値 $\tau_{mA}[x-k]$ と移動平均値 $\tau_{mAA}[x]$ の差の絶対値が、単位時間平均のバラツキを判断

する閾値 τ_{mth1} より小さいかを判定する。モータ出力トルク値の平均値 $\tau_{mA}[x-k]$ と移動平均値 $\tau_{mAA}[x]$ の差の絶対値が閾値 τ_{mth1} より小さい場合は（ステップS402のY）、ステップS403に移行する。しかし、それ以外の場合は（ステップS402のN）、処理を終了する。なお、閾値 τ_{mth1} は、例えば実験等により予め求めておくことができる。図5に示す本実施の形態では、モータ最大トルク値の5%としている。この値は、小さくするほど、負荷率が安定して一定になるまで、モータ発生トルク異常判定基準値 τ_{mh} が定まらない。つまり、基準値の妥当性は向上するものの、基準値が定まらないので異常判定がなかなか実施されないということになる。したがって、この値は、実際の使用状況から適切な値に定めればよい。

[0049] ステップS403では演算ステップ数 k に「1」を加算する。ステップS404では、演算ステップ数 k がバラツキ判定回数 NN 回に到達しているかどうか判定する。ステップS403で演算ステップ数 k が NN 回に到達していれば（ステップS403のY）、制御系が安定していると判断してステップS405へ移行する。しかし、演算ステップ数 k が NN 回に到達していない場合は（ステップS403のN）、制御系がまだ安定していないと判断してステップS402へ戻る。

[0050] ステップS405では、 NN 個のモータ出力トルク平均値 $\tau_{mA}[x]$ が一定のバラツキ範囲内であったときの移動平均値 $\tau_{mAA}[x]$ に基づいて、モータ出力トルク異常判定基準値 τ_{mh} を計算する。さらに、このときの外力トルク異常判定基準値 τ_{dth} を計算し、異常判定基準値設定済フラグ f_{th} に「1」をセットして処理を終える。なお、モータ出力トルク異常判定基準値 τ_{mh} は、移動平均値 $\tau_{mAA}[x]$ にモータ出力トルク異常基準値を設定するための加算値 τ_{mth2} （第1の所定値）を加算して算出する。また、このときの外力トルク異常判定基準値 τ_{dth} は、移動平均値 $\tau_{dAA}[x]$ に外力トルク異常判定基準値を設定するための加算値 τ_{dth2} （第2の所定値）を加算して算出する。ここで、モータ出力トルク異常基準

値を設定するための加算値 τ_{mth2} と外力トルク異常判定基準値を設定するための加算値 τ_{dth2} は、例えば実験等により予め決めておくことができる値である。図6に示す本実施の形態では、モータ最大トルクの8%としている。また、図7に示す本実施の形態では、5%としている。この値は、小さくするほど、異常判定の感度が高くなるが、誤判定の可能性も大きくなる。したがって、この値は、実際の使用状況から適切な値に定めればよい。

[0051] ここまでの処理を説明するための波形を図5、図6、図7に示す。図5は、図4のフローチャートにおけるモータ出力トルク移動平均値に基づく異常判定基準値設定課程を説明するための第1の図である。図5において、横軸は単位時間処理回数 x である（例えば単位時間が1時間であれば x 時間）。縦軸はモータトルク最大値に対するモータ出力トルク平均値 τ_{mA} の比率である。なお、本実施の形態では、理解を助けるために、以下「比率」という表現を用いずに、単に「モータ出力トルク平均値 τ_{mA} 」などと言う。「 \times 」印で示しているのはモータ出力トルク値の単位時間内平均値 τ_{mA} であり、実線（図5では黒点で示されている）は単位時間 N 個の移動平均値 τ_{mAA} である。図5では、蓄積個数（移動平均個数） N と、バラツキ判定個数 N_N が「24」のときを示しており、 $x = 24$ のとき初めて移動平均 $\tau_{mAA} [24]$ は計算される。この時点では、移動平均 $\tau_{mA} [1] \sim \tau_{mA} [24]$ は移動平均 $\tau_{mAA} [24]$ を基準に $\pm \tau_{mth1}$ の範囲外にもデータがある。そのため、図4のステップS402の条件式が満たされず、ステップS405でのモータ出力トルク異常判定基準値 τ_{mth} の計算は行われな

い。

[0052] 図6は、図5と同様に、 $x = 37$ まで時間が経過した時の波形である。図6では、単位時間24個の37回目の移動平均値 $\tau_{mAA} [37]$ を基準に、モータ出力トルク平均値 $\tau_{mA} [14] \sim \tau_{mA} [37]$ の24個（ N_N 個に相当）は全て $\pm \tau_{mth1}$ の範囲内にデータがあるので、図4のステップS402の条件式が満たされる。したがって、ステップS405でのモータ出力トルク異常判定基準値 τ_{mth} の計算が行われ、異常判定基準値設定

済フラグ $f_{t h}$ に 1 がセットされる。具体的には、モータ出力トルク異常判定基準値 $\tau_{m t h}$ は、単位時間 24 個 37 回目の移動平均値 $\tau_{m A A} [37]$ を基準値としてモータ出力トルク異常判定閾値を設定するための加算値 $\tau_{m t h 2}$ を加算することで算出される。

[0053] 図 7 は外カトルク値の変化を示した図で、図 6 と同じく $x = 37$ まで時間が経過した時の波形を示している。「×」印で示しているのは外カトルク値の単位時間内平均値 $\tau_{d A}$ であり、実線は単位時間 N 個の移動平均値 $\tau_{d A A}$ である。上記のように、 $x = 37$ の時点でモータ出力トルク平均値の基準値を設定したので、図 7 では、この時点で図 4 のステップ S 405 での外カトルク異常判定基準値 $\tau_{d t h}$ の計算が行われる。具体的には、外カトルク異常判定基準値 $\tau_{d t h}$ は、単位時間 24 個 37 回目の移動平均値 $\tau_{d A A} [37]$ を基準値として外カトルク異常判定閾値を設定するための加算値 $\tau_{d t h 2}$ を加算することで算出される。

[0054] すなわち、図 4、図 6 からわかるように、モータ出力トルク値 $\tau_{m A}$ とモータ出力トルク平均値 $\tau_{m A A}$ との差が予め定めた所定の値 $\tau_{m t h 1}$ より小さいときのモータ出力トルク平均値 $\tau_{m A A}$ を、モータ出力トルク平均値の基準値と設定する。このときの外カトルク推定平均値 $\tau_{d A A}$ を外カトルク推定平均値の基準値 $\tau_{d A A}$ と設定する。

[0055] 言い換えると、連続する N 個分のモータ出力トルク平均値 $\tau_{m A}$ が全て $\pm \tau_{m t h 1}$ の範囲内にデータがあるとき、モータ出力トルク平均値の基準値が得られたことになる。

[0056] 以上のように、モータ出力トルク異常判定基準値 $\tau_{m t h}$ および外カトルク異常判定基準値 $\tau_{d t h}$ は、図 4 のステップ S 402 の条件判断で、モータ出力トルク値の平均値 $\tau_{m A}$ のバラツキが小さくなった時点で計算される。すなわち、ロボットの使用状況が落ちついてきた時点で、予め記憶されたプログラムに基づくロボットの動作パターンに応じて自動的に計算される。従って、予め基準データを計測する必要もなく、基準となる動作パターンでロボットを動作させる必要もない。

- [0057] 図2の異常判定部40では、図8のフローチャートに従い異常判定を行う。図8の処理は異常判定単位時間毎（例えば1時間毎）に実施する。図8のステップS801では、異常判定基準値設定済フラグf t hに1がセットされているのかを確認する。ステップS801で、異常判定基準値設定済フラグf t hに1がセットされていれば（ステップS801のY）ステップS802へ進み、それ以外（ステップS801のN）は処理を終了する。
- [0058] ステップS802では、モータ出力トルク値の移動平均値 $\tau_{mAA}[x]$ が、モータ出力トルク異常判定基準値 τ_{mth} より大きいかどうかを判断する。ステップS802でモータ出力トルク値の移動平均値 $\tau_{mAA}[x]$ がモータ出力トルク異常判定基準値 τ_{mth} より大きい場合（ステップS802のY）は、ステップS803へ進み、それ以外（ステップS802のN）は処理を終了する。
- [0059] ステップS803では、外カトルク値の移動平均値 $\tau_{dAA}[x]$ が、外カトルク異常判定基準値 τ_{dth} より大きいかどうかを判断する。ステップS803で外カトルク値の移動平均値 $\tau_{dAA}[x]$ が、外カトルク異常判定基準値 τ_{dth} より大きい場合（ステップS803のY）は、ステップS804へ進み、それ以外（ステップS803のN）はステップS805へ進む。
- [0060] ステップS804では、異常判定フラグf Lに「1」をセットし処理を終了する。ステップS805では、異常判定基準値設定済フラグf t hに「0」をセットし、異常判定基準値設定部38での処理（図4のフローチャート）を再開させる。
- [0061] 図8の処理を説明するための波形図を図9と図10に示す。図9は、図6の波形を $x = 140$ 回まで進めた波形を示している。図9において、 $x = 90$ 回目近傍から故障による摩擦増加でモータ出力トルク値の移動平均値 $\tau_{mAA}[x]$ が徐々に増加している。 $x = 120$ 回目でモータ出力トルク異常判定基準値 τ_{mth} を越えており、ステップS802の条件が満たされる。
- [0062] 図10は、図7の波形を $x = 140$ 回まで進めた波形を示している。図1

0において、 $x = 120$ 回目で、外力トルク値の移動平均値 $\tau_{dAA} [120]$ が、外力トルク異常判定基準値 τ_{dth} を越えており、ステップS803の条件が満たされる。この場合、ステップS804では、異常判定フラグ f_L に「1」がセットされ、図1の異常警告表示部34で異常警告処理を行う。

[0063] 図10において、もし $x = 120$ 回目で、外力トルク値の移動平均値 $\tau_{dAA} [120]$ が、外力トルク異常判定基準値 τ_{dth} 以下であれば、ステップS803の条件が満たされない。この場合は、判定基準値設定済フラグ f_{th} に「0」をセットし、異常判定基準値設定部38での処理（図4のフローチャート）を再開させる。すなわち、モータ出力トルク異常判定基準値 τ_{mth} と外力トルク異常判定基準値 τ_{dth} を求める処理を再度行い、これらを新たな基準値として異常判断処理を行う。

[0064] なお、ステップS802とステップS803で、モータ出力トルク値の移動平均値 τ_{mAA} の上昇と外力トルク値の移動平均値 τ_{dAA} の上昇の両方で判定している理由は、外力トルク値の移動平均値 τ_{dAA} が上昇しても、モータ出力トルク値の移動平均値 τ_{mAA} が減少するような場合もあり、このような場合の誤判定を避けるためである。例えば、ケーブルの張力増加がロボットの重力を支える力になるような場合がこれに該当する。

[0065] さらには、モータ出力トルク値の移動平均値 τ_{mAA} が上昇しても、外力トルク値の移動平均値 τ_{dAA} が上昇しないような場合もある。このような場合の誤判定を避けるためにも、ステップS802とステップS803で、モータ出力トルク値の移動平均値 τ_{mAA} の上昇と外力トルク値の移動平均値 τ_{dAA} の上昇の両方を条件として判定している。例えば、ロボットの作業内容が変わり、ロボットプログラムがユーザにより書き換えられた場合、モータ出力トルク平均値 τ_{mAA} は上昇する可能性がある。しかし、外力トルク平均値 τ_{dAA} は特に外力が増加するわけではないので、装着負荷のパラメータが正しく入力されている場合は上昇しない。

[0066] ところで、本発明では、装着負荷のパラメータが正しく入力されていない

場合でも、異常判定の誤判定の確率を減じることができる。

[0067] (数3) で計算される外力推定トルク値 τ_{diso} は、実際の外力トルク値 τ_{dis} が「0」でも、装着負荷のパラメータに誤差があると、動力学トルク値 τ_{dyn} の計算に誤差を生じるため、「0」にはならない。誤差を含む動力学トルク値を τ_{dyn_err} 、この推定誤差を $\Delta\tau_{dis}$ とすると (数5) が成立する。

$$[0068] \quad \Delta\tau_{dis} = K_t \times I_m - (J_m \times \alpha + D \times \omega_m + K_\mu \times sgn + \tau_{dyn_err}) \quad (\text{数5})$$

この動力学トルク演算に誤差がある状態で、実際の故障で摩擦トルク値が $\Delta\tau_\mu$ 増えたとすると、外力トルク推定値 τ_{diso} は (数6) で計算される。

$$[0069] \quad \begin{aligned} \tau_{diso} &= K_t \times I_m \\ &\quad - (J_m \times \alpha + D \times \omega_m + (\tau_\mu + \Delta\tau_\mu) \times sgn \\ &\quad + \tau_{dyn_err}) \\ &= \Delta\tau_{dis} + \Delta\tau_\mu \times sgn \end{aligned} \quad (\text{数6})$$

このとき、(数6) で、 $|\Delta\tau_\mu| > |\Delta\tau_{dis}|$ であれば、つまり動力学トルク演算誤差があっても、その誤差に起因する推定誤差より故障による摩擦トルク値増加が上回れば、 $\Delta\tau_{dis}$ の符号に関わりなく、外力トルク推定値 τ_{diso} の絶対値は (数7-1)、(数7-2) で表すことができる。

$$[0070] \quad |\tau_{diso} [+]| = \Delta\tau_{dis} + \Delta\tau_\mu \quad (\text{数7-1})$$

$$|\tau_{diso} [-]| = -\Delta\tau_{dis} + \Delta\tau_\mu \quad (\text{数7-2})$$

$|\tau_{diso} [+]|$: モータが正方向回転時の外力トルク推定値の絶対値

$|\tau_{diso} [-]|$: モータが負方向回転時の外力トルク推定値の絶対値

ここで、 $\Delta\tau_{dis}$ と $\Delta\tau_\mu$ の単位時間平均をそれぞれ $\Delta\tau_{dA}$ 、 $\Delta\tau_{\mu A}$ とすると、外力トルク推定値 τ_{diso} の絶対値の単位時間平均 τ_{dA} は

(数 8-1)、(数 8-2) のように表せる。

$$[0071] \quad \tau d A [+] = \Delta \tau d A + \Delta \tau \mu A \quad (\text{数 } 8-1)$$

$$\tau d A [-] = -\Delta \tau d A + \Delta \tau \mu A \quad (\text{数 } 8-2)$$

$\tau d A [+]$: モータが正方向回転時の外力トルク推定値の絶対値の単位時間平均

$\tau d A [-]$: モータが負方向回転時の外力トルク推定値の絶対値の単位時間平均

ここで、産業用ロボットの動作角度は有限であり、大きくても ± 360 度程度であるので、それを駆動するモータが1方向のみに回転しつづけることはない。+方向への回転角度と-方向への回転角度の差は最大で 720 度である。例えば、異常判定の単位時間を1時間にしておけば、延べ回転角度は数万度を超える場合が大半であるので、+方向への回転角度と-方向への回転角度はほぼ同じと考えてよい。

[0072] ところで、外力トルク推定値の単位時間平均 $\tau d A$ は、 $\tau d A [+]$ と $\tau d A [-]$ の平均をとればよいので(数 9)で計算できる。

$$[0073] \quad \begin{aligned} \tau d A &= (\tau d A [+] + \tau d A [-]) / 2 \\ &= (\Delta \tau d A + \Delta \tau \mu A - \Delta \tau d A + \Delta \tau \mu A) / 2 \\ &= \Delta \tau \mu A \quad (\text{数 } 9) \end{aligned}$$

(数 9) より、正確な負荷パラメータが入力されず動力学トルク演算に誤差があっても、その誤差に起因する推定誤差 $\Delta \tau d A$ より故障による摩擦トルク値増加 $\Delta \tau \mu A$ が上回れば、故障に起因する摩擦トルク値増加 $\Delta \tau \mu A$ を正しく判断できることがわかる。

[0074] つまり、正確な負荷パラメータが入力されていない場合、実際に故障により摩擦が増加しても、その摩擦トルク値増加 $\Delta \tau \mu A$ がパラメータ誤差に起因する誤差 $\Delta \tau d A$ を下回っている時点では、図 8 のフローチャートのステップ S 803 の条件が満たされない場合が発生する。したがって、この場合は異常判定基準値設定部 38 での処理(図 4 のフローチャート)が再開され、異常判定閾値 $\tau d t h$ が再設定される。しかし、摩擦トルク値増加 $\Delta \tau \mu$

Aがさらに増加し、パラメータ誤差に起因する誤差 $\Delta \tau d A$ を上回ると、外力トルク推定平均値 $\tau d A$ に摩擦トルク値増加 $\Delta \tau \mu A$ が正しく反映される。したがって、ステップS803が正しく判断される。以上の内容により誤判定の確率を減じることができる。

[0075] なお、本実施の形態では、モータ出力トルク値を優先した場合を説明したが、モータ出力トルク値と外力トルク値の異常判定の順序を入れ替えて、外力トルク値を優先して異常判定を行うことができる。

[0076] すなわち、まず、外力トルク推定値 $\tau d A$ のN個分の平均値である外力トルク推定平均値 $\tau d A A$ が、所定のN個分の外力トルク推定平均値 $\tau d A$ から得た外力トルク推定平均値の基準値 $\tau d A A$ に、第2の所定値 $\tau d t h 2$ を加えた第2の異常判定基準値 $\tau d t h$ を超えるか否かを、ロボットの動作中に判定する。次に、モータ出力トルク値 $\tau m A$ のN個分の平均値であるモータ出力トルク平均値 $\tau m A A$ が、所定のN個分のモータ出力トルク平均値 $\tau m A$ から得たモータ出力トルク平均値の基準値 $\tau m A A$ に、第1の所定値 $\tau m t h 2$ を加えた第1の異常判定基準値 $\tau m t h$ を超えるか否かを、ロボットの動作中に判定する。その結果、外力トルク推定平均値 $\tau d A A$ が第2の異常判定基準値 $\tau d t h 2$ を超え、かつ、モータ出力トルク平均値 $\tau m A A$ が第1の異常判定基準値 $\tau m t h$ を超えた場合に異常と判定するものである。

[0077] この場合、N個の外力トルク推定値 $\tau d A$ と外力トルク推定平均値 $\tau d A A$ との差が予め定めた所定の値 $\tau m t h 1$ より小さいときの外力トルク推定平均値 $\tau d A A$ を、外力トルク推定平均値の基準値 $\tau d A A$ と設定し、このときのモータ出力トルク平均値 $\tau m A A$ をモータ出力トルク平均値の基準値 $\tau m A A$ と設定する。

[0078] また、外力トルク推定移動平均値が異常判定基準値を超えるが、モータ出力トルク移動平均値が異常判定基準値を超えない場合に、異常判定基準値設定部38での処理（図4のフローチャート）を再開させ、モータ出力トルク異常判定基準値 $\tau m t h$ と外力トルク異常判定基準値 $\tau d t h$ を求める処理

を再度行い、これらを新たな基準値として異常判断処理を行うようにしてもよい。

[0079] また、本実施の形態では、モータ出力トルク値の絶対値のN個の移動平均値 $\tau_{mA A}$ にモータ出力トルク異常判定値を設定するための加算値 $\tau_{m t h 2}$ を加算してモータ出力トルク異常判定値算出し、その後のモータ出力トルク値の絶対値のN個の移動平均値 $\tau_{mA A}$ がモータ出力トルク異常判定値を超えるか否かを判定して異常を判定する例を示した。しかし、モータ出力トルク移動平均値とモータ出力トルク移動平均値の基準値との差が所定の値を超えるか否かを判定して異常を判定するようにしてもよい。なお、所定の値は、例えば実験等により予め決定することができる。

[0080] また、本実施の形態では、外力トルク値の絶対値のN個の移動平均値 $\tau_{d A A}$ に外力トルク異常判定値を設定するための加算値 $\tau_{d t h 2}$ を加算して外力トルク異常判定値算出し、その後の外力トルク値の絶対値のN個の移動平均値 $\tau_{d A A}$ が外力トルク異常判定値を超えるか否かを判定して異常を判定する例を示した。しかし、外力トルク移動平均値と外力トルク移動平均値の基準値との差が所定の値を超えるか否かを判定して異常を判定するようにしてもよい。なお、所定の値は、例えば実験等により予め決定することができる。

[0081] さらに、本実施の形態では、まず単位時間内のモータ出力トルク値 $\tau_{m o}$ の他の平均値 $\tau_{m A}$ を計算し、その後N個の他の平均値 $\tau_{m A}$ からモータ出力トルク平均値（移動平均値） $\tau_{m A A}$ を求めた。しかし、上記他の平均値 $\tau_{m A}$ を求めなくても、モータ出力トルク値 $\tau_{m o}$ からモータ出力トルク平均値（移動平均値） $\tau_{m A A}$ を求めることも可能である。このことは、外力トルク推定平均値 $\tau_{d A A}$ を求める場合も同様である。

[0082] また、本実施の形態では、任意の1つのモータについて異常判断を行うようにした。しかし、多関節ロボットは複数のモータを備えているので、本実施の形態と同様な方法で、全てのモータについて異常判断を行ってもよい。あるいは、特定のモータについて異常判断を行ってもよい。

[0083] なお、本実施の形態のロボットには、例えばサーボモータが使用されており、このサーボモータの異常判定を行うものである。

産業上の利用可能性

[0084] 本発明は、基準データの測定、記憶を必要とせず、生産ライン稼働中の判定も可能で、正確な負荷パラメータが入力されていない場合や外力を受けた場合でも誤判定の確率を減じることができるので、動作中のロボットの異常判定方法として有用である。

符号の説明

- [0085] 6 位置制御部
 - 10 速度制御部
 - 18 モータ／外力トルク部
 - 21 方向判定部
 - 26 動力学トルク演算部
 - 30 外力トルク推定部
 - 32 異常判定装置
 - 34 異常警告表示部
 - 35 単位時間平均部
 - 36 データ蓄積部
 - 37 移動平均部
 - 38 異常判定基準値設定部
 - 40 異常判定部
 - 101 溶接ワイヤ
 - 103 ワイヤ送給モータ
 - 104 溶接トーチ
 - 105 溶接電源装置
 - 107 母材
 - 108 アーク
 - 109 ロボット

- 1 1 0 ロボット制御装置
- 1 1 1 トーチケーブル
- 1 1 2 治具

請求の範囲

- [請求項1] モータ出力トルク値のN個分（Nは正の整数）の平均値であるモータ出力トルク平均値が、所定の前記N個分のモータ出力トルク平均値から得たモータ出力トルク平均値の基準値に、第1の所定値を加えた第1の異常判定基準値を超えるか否かを、ロボットの動作中に判定するステップと、
- 外力トルク推定値のN個分の平均値である外力トルク推定平均値が、所定の前記N個分の外力トルク推定平均値から得た外力トルク推定平均値の基準値に、第2の所定値を加えた第2の異常判定基準値を超えるか否かを前記ロボットの動作中に判定するステップと、
- 前記モータ出力トルク平均値が前記第1の異常判定基準値を超え、かつ、前記外力トルク推定平均値が前記第2の異常判定基準値を超えた場合に異常と判定するステップと
- を備えたロボットの異常判定方法。
- [請求項2] NN個（NNは正の整数）のモータ出力トルク値と前記モータ出力トルク平均値との差が予め定めた所定の値より小さいときの前記モータ出力トルク平均値を、前記モータ出力トルク平均値の基準値と設定し、このときの前記外力トルク推定平均値を前記外力トルク推定平均値の基準値と設定するステップを備えた請求項1記載のロボットの異常判定方法。
- [請求項3] NN個の外力トルク推定値と前記外力トルク推定平均値との差が予め定めた所定の値より小さいときの前記外力トルク推定平均値を、前記外力トルク推定平均値の基準値と設定し、このときの前記モータ出力トルク平均値を前記モータ出力トルク平均値の基準値と設定するステップを備えた請求項1記載のロボットの異常判定方法。
- [請求項4] 前記モータ出力トルク平均値が前記第1の異常判定基準値を超え、前記外力トルク推定平均値が前記第2の異常判定基準値を超えない場合、または、前記外力トルク推定平均値が前記第2の異常判定基準値を

超え、前記モータ出力トルク平均値が前記第1の異常判定基準値を超えない場合は、前記モータ出力トルク平均値の基準値と前記外カトルク推定平均値の基準値を設定する請求項2または3記載のロボットの異常判定方法。

[請求項5] 前記モータ出力トルク値および前記外カトルク推定値は、予め決められた単位時間内の前記モータ出力トルク値および前記外カトルク推定値の他の平均値である請求項1記載のロボットの異常判定方法。

[請求項6] モータ出力トルク値のN個分（Nは正の整数）の平均値であるモータ出力トルク平均値と、所定の前記N個分のモータ出力トルク平均値から得たモータ出力トルク平均値の基準値との差が、第1の所定の値を超えるか否かを、ロボットの動作中に判定するステップと
外カトルク推定値のN個分の平均値である外カトルク推定平均値と、所定の前記N個分の外カトルク推定平均値から得た外カトルク推定平均値の基準値との差が、第2の所定の値を超えるか否かを、前記ロボットの動作中に判定するステップと、
前記モータ出力トルク平均値と前記モータ出力トルク平均値の基準値との差が前記第1の所定の値を超え、かつ、前記外カトルク推定平均値と前記外カトルク推定平均値の基準値との差が前記第2の所定の値を超えた場合に異常と判定するステップと
を備えたロボットの異常判定方法。

[請求項7] NN個のモータ出力トルク値と前記モータ出力トルク平均値との差が予め定めた所定の値より小さいときの前記モータ出力トルク平均値を、前記モータ出力トルク平均値の基準値と設定し、このときの前記外カトルク推定平均値を前記外カトルク推定平均値の基準値と設定するステップを備えた請求項6記載のロボットの異常判定方法。

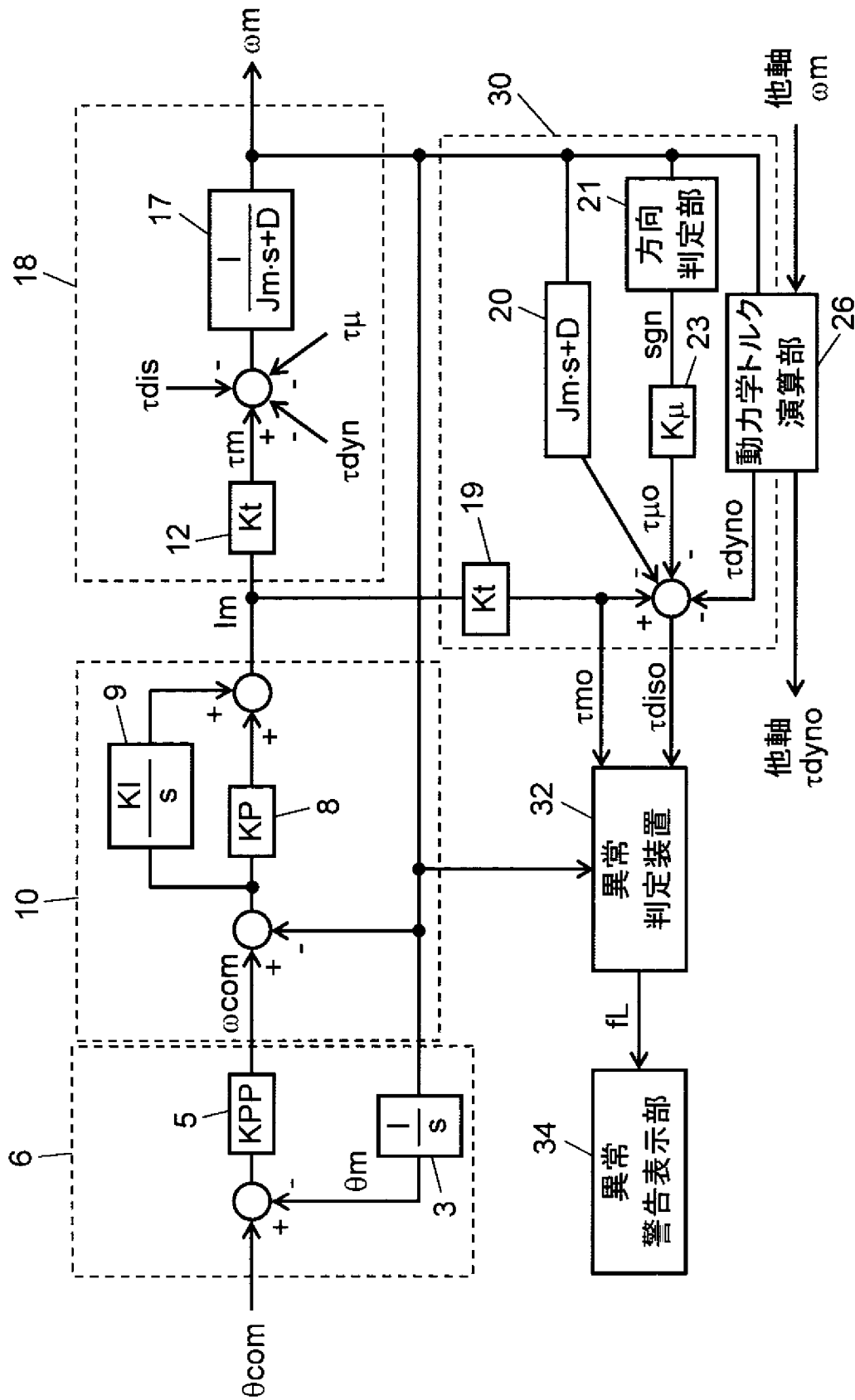
[請求項8] NN個の外カトルク推定値と前記外カトルク推定平均値との差が予め定めた所定の値より小さいときの前記外カトルク推定平均値を、前記外カトルク推定平均値の基準値と設定し、このときの前記モータ出力

トルク平均値を前記モータ出力トルク平均値の基準値と設定するステップを備えた請求項6記載のロボットの異常判定方法。

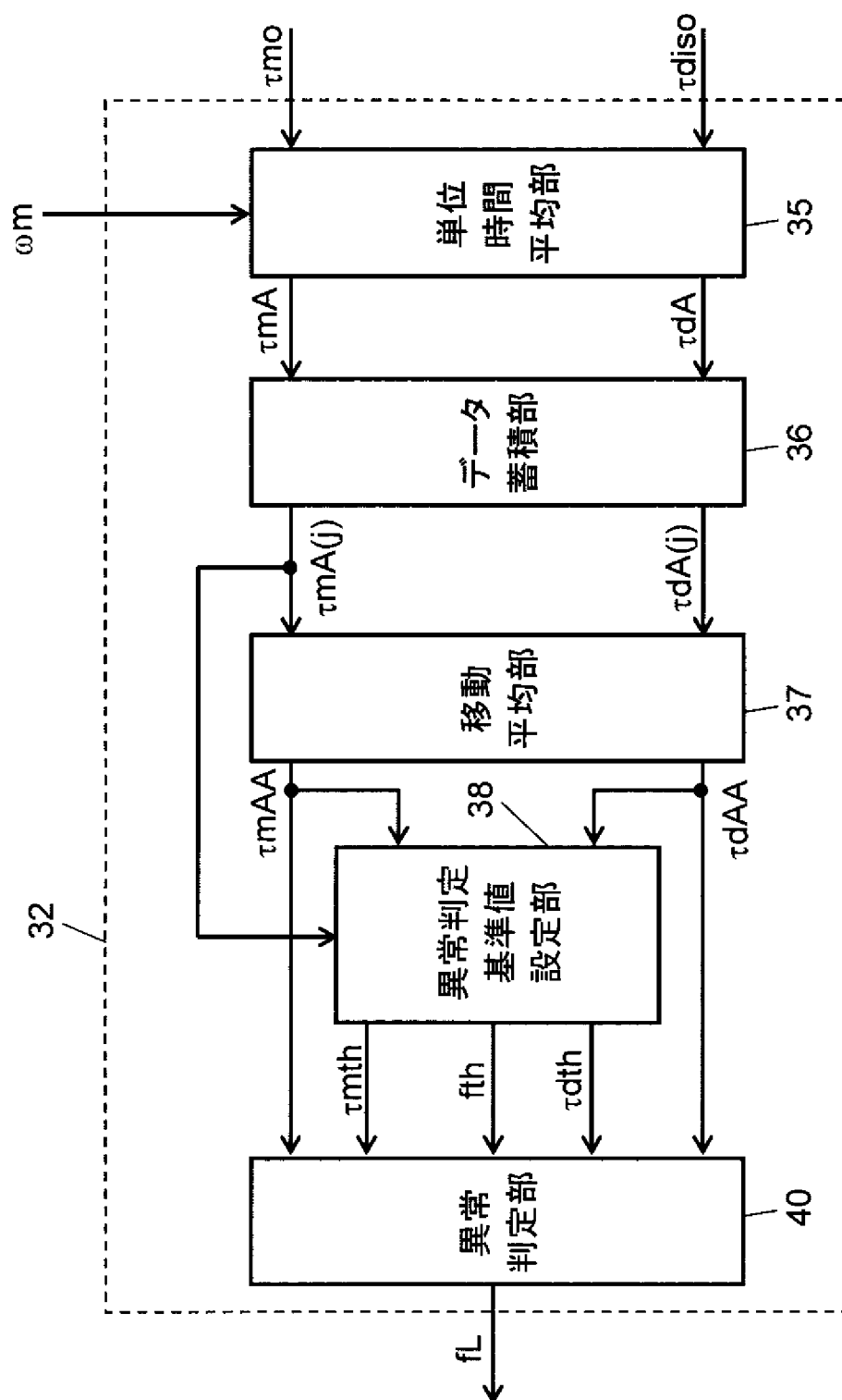
[請求項9] 前記モータ出力トルク平均値と前記モータ出力トルク平均値の基準値との差が前記第1の所定の値を超え、かつ、前記外力トルク推定平均値と前記外力トルク推定平均値の基準値との差が前記第2の所定の値を超えない場合、または、前記外力トルク推定平均値と前記外力トルク推定平均値の基準値との差が前記第2の所定の値を超え、かつ、前記モータ出力トルク平均値と前記モータ出力トルク平均値の基準値との差が前記第1の所定の値を超えない場合には、前記モータ出力トルク平均値の基準値と前記外力トルク推定平均値の基準値を設定する請求項7または8記載のロボットの異常判定方法。

[請求項10] 前記モータ出力トルク値および前記外力トルク推定値は、予め決められた単位時間内の前記モータ出力トルク値および前記外力トルク推定値の他の平均値である請求項6記載のロボットの異常判定方法。

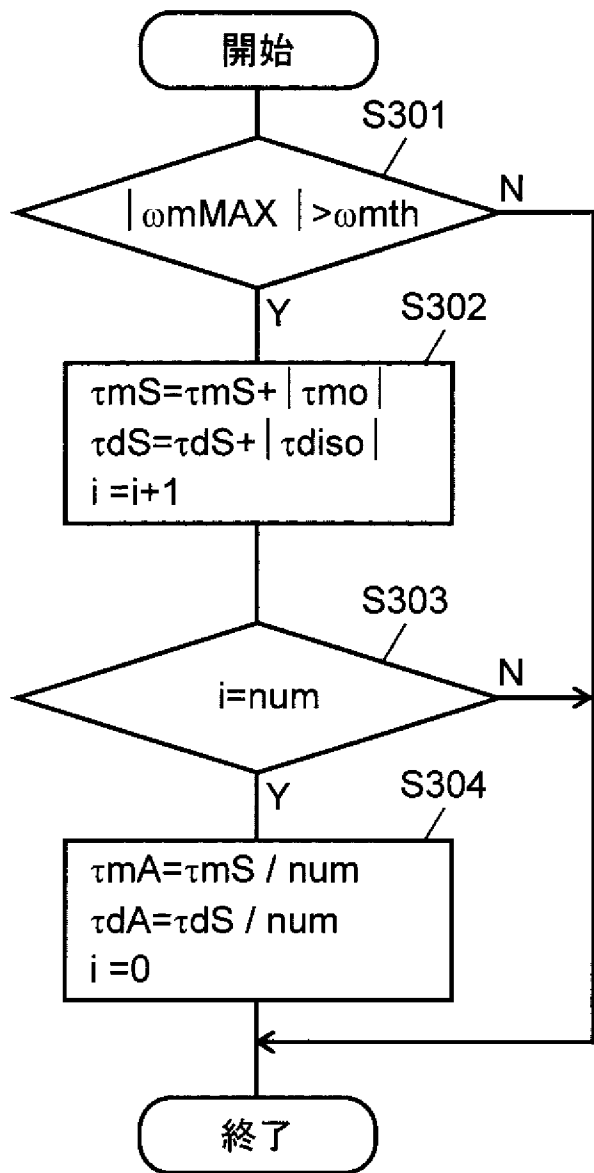
[図1]



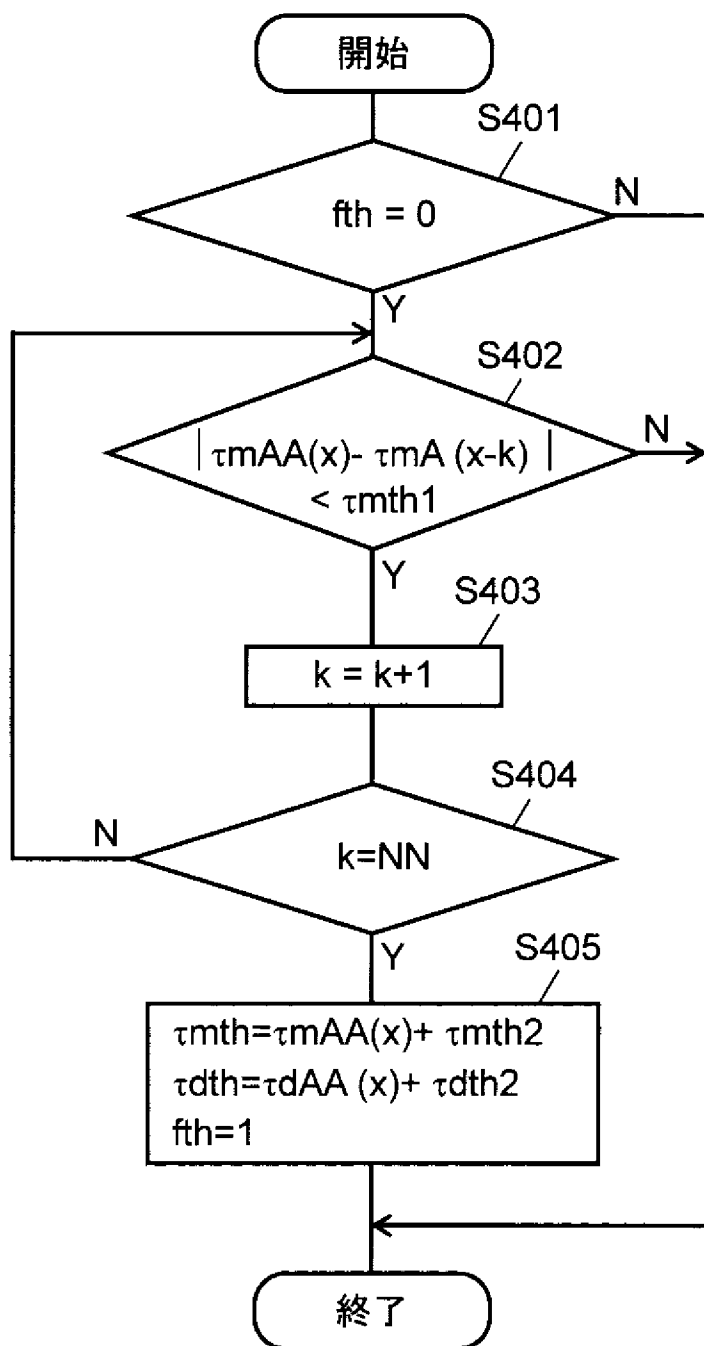
[図2]



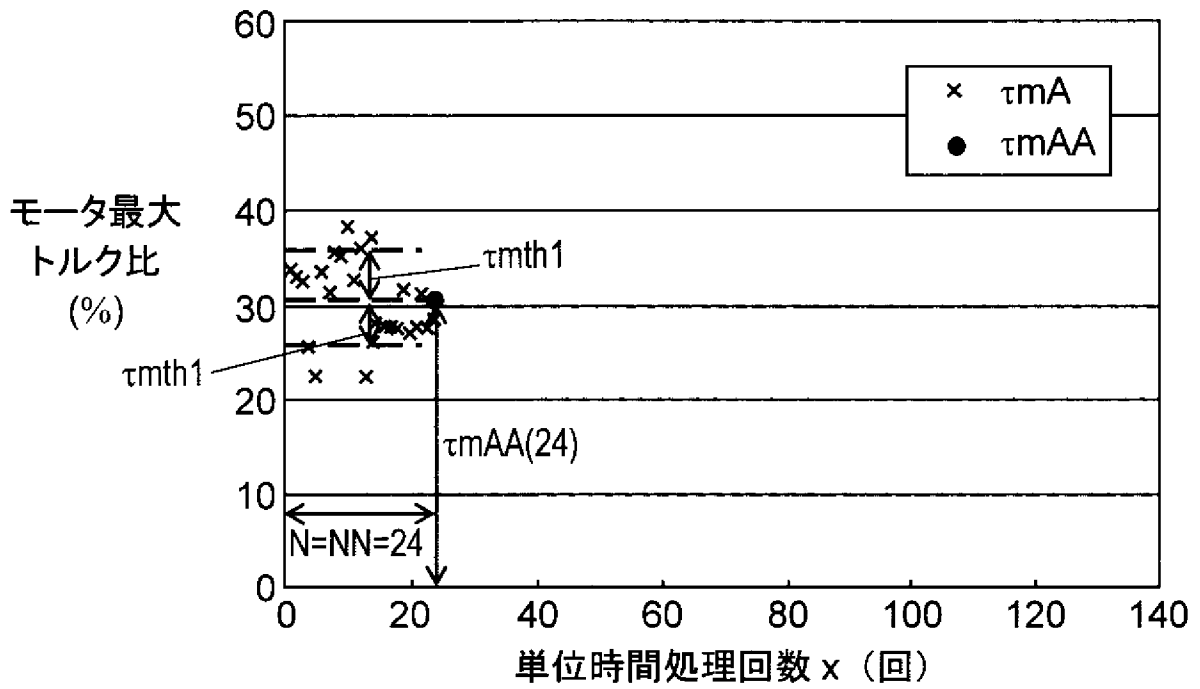
[図3]



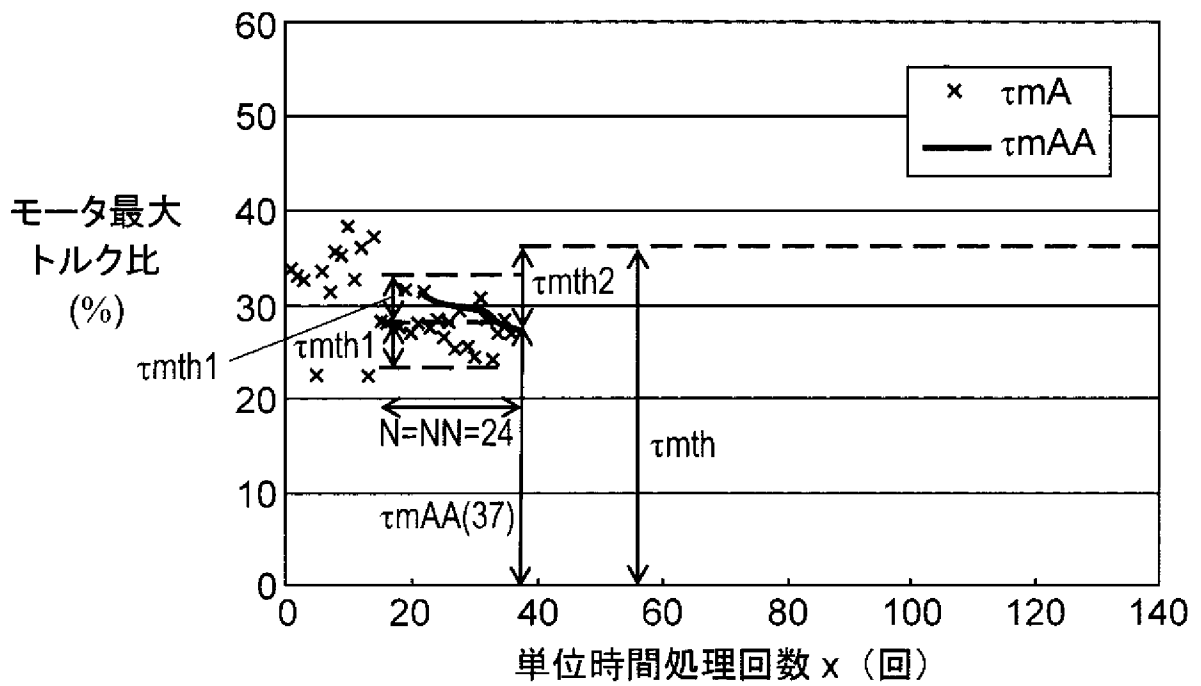
[図4]



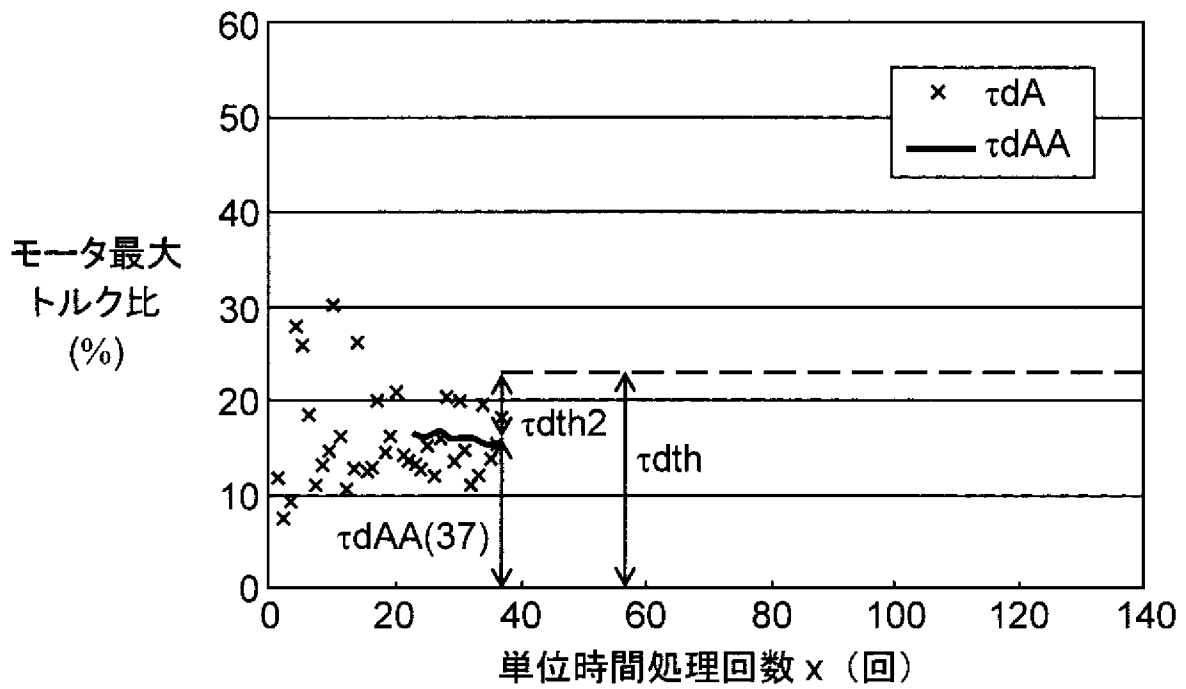
[図5]



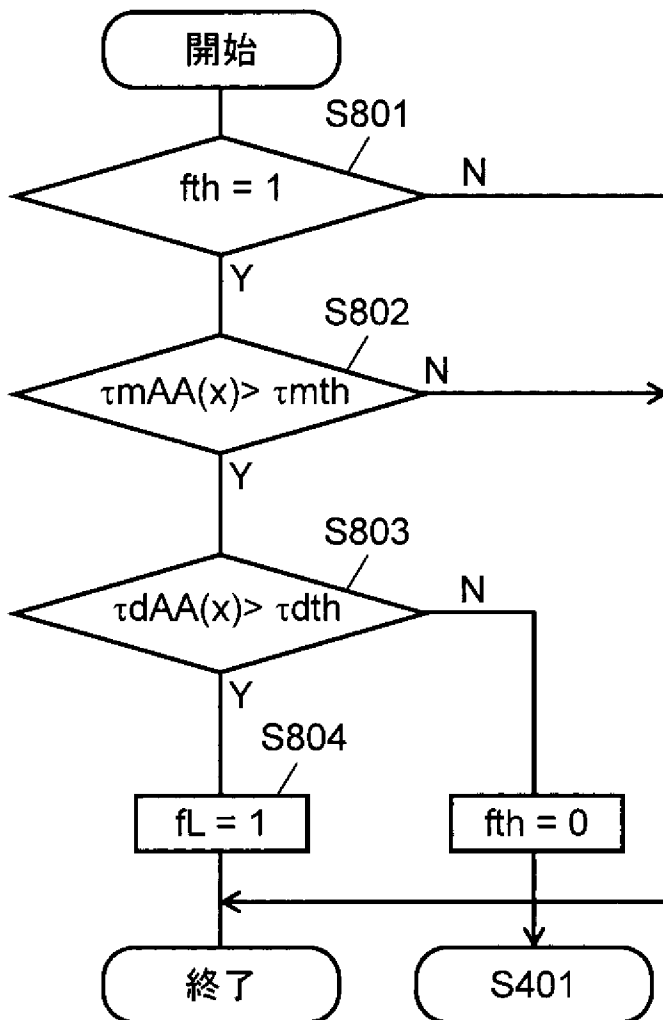
[図6]



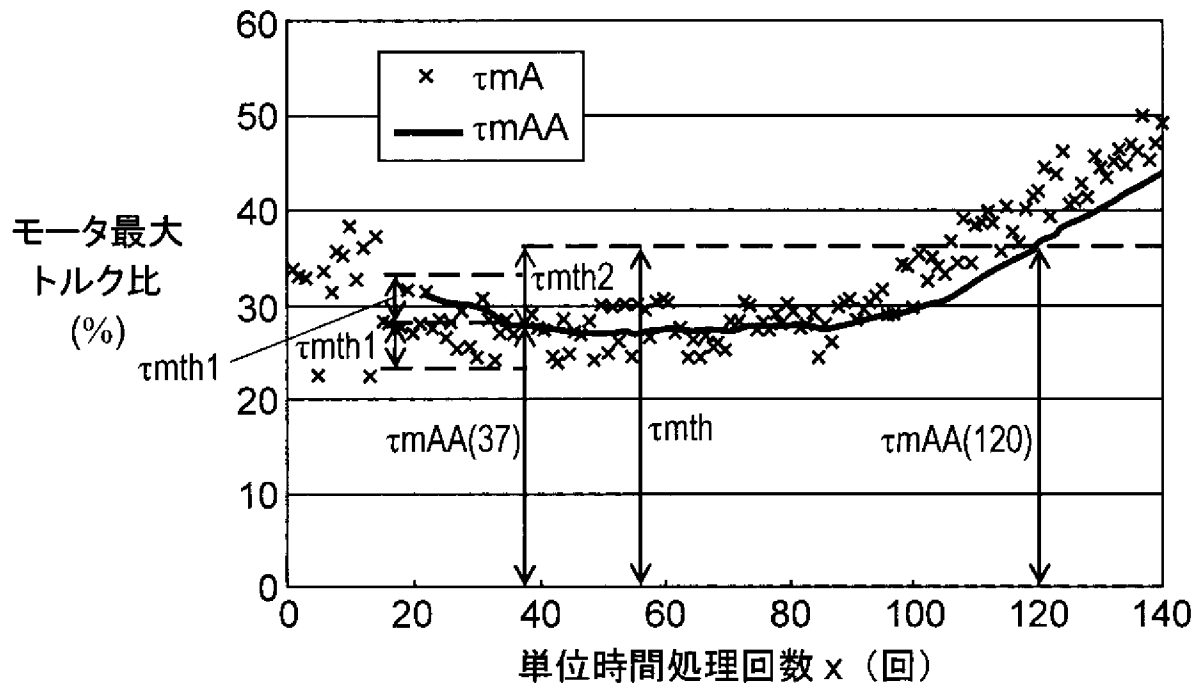
[図7]



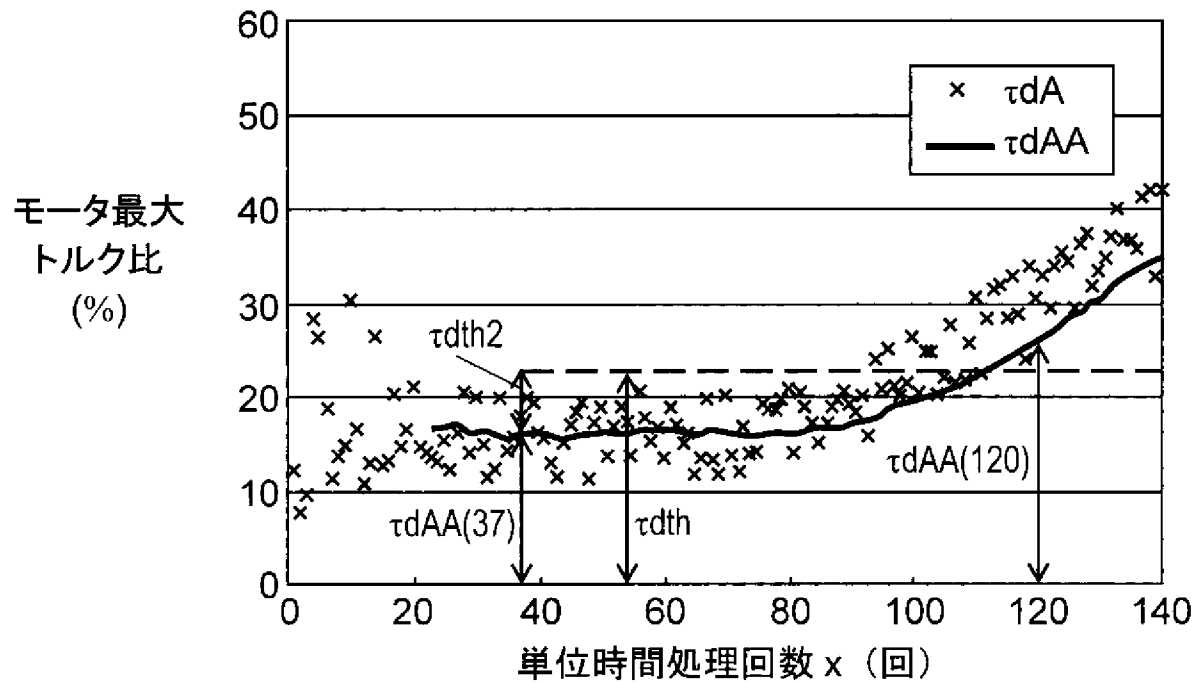
[図8]



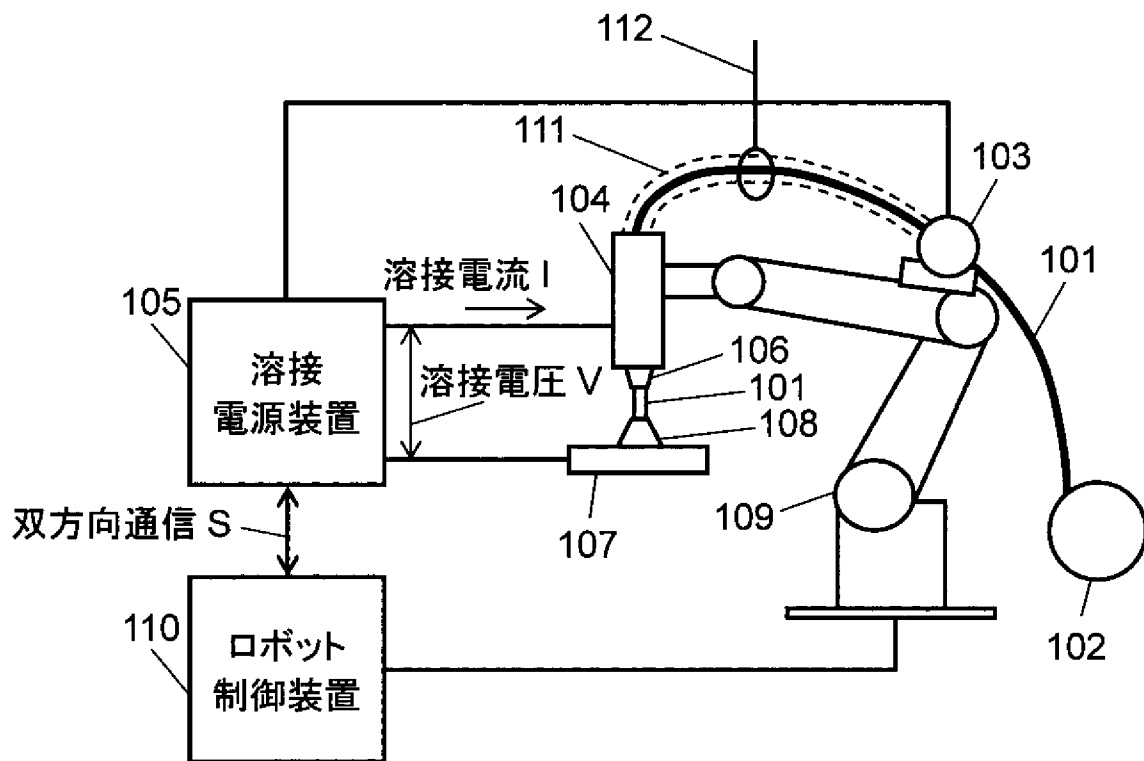
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/002215

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B25J19/06 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B25J1/00-21/02, B05B19/18-19/416, G05B19/42-19/46

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-117879 A (CKD Corp.), 23 April, 2003 (23.04.03), Claims 1 to 4 (Family: none)	1-10
Y	JP 11-58024 A (Fanuc Ltd.), 02 March, 1999 (02.03.99), Claims 1 to 4 & US 6236011 B1 & EP 943389 A1 & WO 1999/008826 A1	1-10
Y	JP 2003-326438 A (Fanuc Ltd.), 18 November, 2003 (18.11.03), Claim 1; Par. Nos. [0035] to [0040] & US 2003/0163286 A1 & EP 1342534 A2	1-10

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 15 June, 2009 (15.06.09)	Date of mailing of the international search report 23 June, 2009 (23.06.09)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/002215

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 4-364055 A (Canon Inc.), 16 December, 1992 (16.12.92), Claim 1; Par. Nos. [0013], [0018]; Fig. 6 (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B25J19/06(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B25J1/00-21/02, B05B19/18-19/416, G05B19/42-19/46

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	1971-2009年
日本国実用新案登録公報	1996-2009年
日本国登録実用新案公報	1994-2009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
Y	JP 2003-117879 A (シーケーディ株式会社) 2003. 04. 23, 【請求項 1】 - 【請求項 4】 (ファミリーなし)	1-10
Y	JP 11-58024 A (ファナック株式会社) 1999. 03. 02, 【請求項 1】 - 【請求項 4】 & US 6236011 B1 & EP 943389 A1 & WO 1999/008826 A1	1-10
Y	JP 2003-326438 A (ファナック株式会社) 2003. 11. 18, 【請求項 1】、段落【0035】 - 【0040】 & US 2003/0163286 A1 & EP 1342534 A2	1-10

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、一般的な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

15. 06. 2009

国際調査報告の発送日

23. 06. 2009

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)

松永 謙一

3U

4419

電話番号 03-3581-1101 内線 3324

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 4-364055 A (キャノン株式会社) 1992. 12. 16, 【請求項1】、段落【0013】、【0018】、図6 (ファミリーなし)	1-10