

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 9 月 1 日(01.09.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/135958 A1

- (51) 国際特許分類:
B23Q 3/157 (2006.01) B23Q 17/00 (2006.01)
B23Q 5/34 (2006.01) G01M 1/14 (2006.01)
B23Q 16/02 (2006.01) G05B 19/416 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/055899
- (22) 国際出願日: 2015 年 2 月 27 日(27.02.2015)
- (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: 株式会社牧野フライス製作所(MAKINO MILLING MACHINE CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1528578 東京都目黒区中根 2 丁目 3 番 1 9 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 石井 一成(ISHII, Kazunari); 〒2430303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4 0 2 3 番地 株式会社牧野フライス製作所内 Kanagawa (JP). 長屋 昌史(NAGAYA, Masashi); 〒2430303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4 0 2 3 番地 株式会社牧野フライス製作所内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 青木 篤, 外(AOKI, Atsushi et al.); 〒1058423 東京都港区虎ノ門三丁目 5 番 1 号 虎

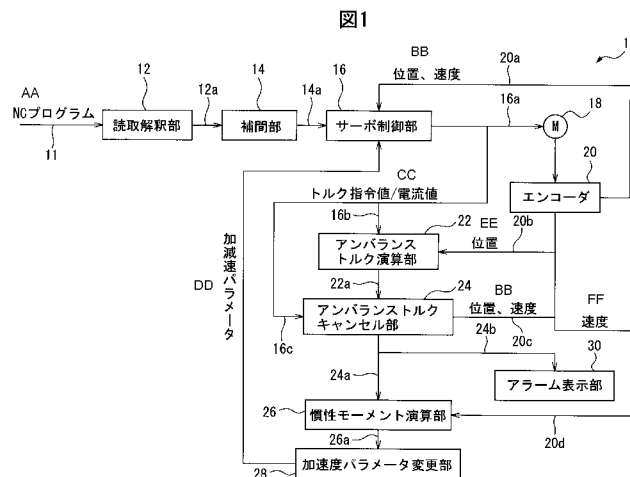
ノ門 3 7 森ビル 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).

- (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, 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, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: MOTOR CONTROL METHOD AND CONTROL DEVICE, AND MACHINE TOOL PROVIDED WITH TOOL MAGAZINE

(54) 発明の名称: モータの制御方法、制御装置および工具マガジンを備えた工作機械



- 12 Reading/interpretation unit
14 Interpolation unit
16 Servo control unit
20 Encoder
22 Unbalance torque-calculating unit
24 Unbalance torque-cancelling unit
26 Moment of inertia-calculating unit
28 Acceleration parameter-modifying unit
30 Alarm display unit
AA NC program
BB Position, speed
CC Torque command value/electric current value
DD Acceleration and deceleration parameter
EE Position
FF Speed

(57) Abstract: A method for controlling the motor of a tool magazine (120) that rotates around a horizontal rotation axis (120a) is configured so that: at least two indexing positions for the tool magazine (120) are determined; the load torque acting on the tool magazine (120) when stopped at said indexing positions is measured; an unbalance torque, which is the load torque when stopped at the indexing position at which the load torque when stopped is maximal, is calculated from multiple load torques when stopped; and the servo motor (18) for the tool magazine (120) is controlled on the basis of the unbalance torque.

(57) 要約: 水平の回転軸 (120a) 周りに回転する工具マガジン (120) のモータの制御方法において、工具マガジン (120) を少なくとも 2 ヶ所の割出位置に割出し、該割出位置で工具マガジン (120) に作用する停止時負荷トルクを測定し、複数の停止時負荷トルクから、停止時負荷トルクが最大となる割出位置での停止時負荷トルクであるアンバランストルクを算出し、アンバランストルクに基づいて工具マガジン (120) のサーボモータ (18) を制御するようにした。

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

モータの制御方法、制御装置および工具マガジンを備えた工作機械

技術分野

[0001] 本発明は、アンバランストルクを考慮したモータの制御方法、該方法を実行する制御装置および工具マガジンを備えた工作機械に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、工具マガジンに装着されている工具の形状および分布から工具マガジンの慣性モーメントおよびアンバランストルクを推定し、アンバランストルクを加減した最適な加速度を決定するモータの制御方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2005-224896号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1の発明では、工具マガジンに装着されている工具の形状および分布が予め既知でなければならないので、工作機械のオペレータが工具の入れ換え作業を行ったときに、自動的にモータの加減速パラメータを変更することができない。

[0005] 本発明は、こうした従来技術の問題を解決することを技術課題としており、不均一に配置された質量の移動により、負荷トルクが変動する回転軸装置において、アンバランストルクを確実に推定し、回転軸装置の動作時間を短縮することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0006] 上述の目的を達成するために、本発明によれば、水平または傾斜した回転

軸周りに回転する回転軸装置のモータの制御方法において、前記回転軸装置を少なくとも2ヶ所の割出位置に割出し、前記割出位置で、回転軸装置に作用する停止負荷トルクを測定し、複数の前記停止時負荷トルクから、停止時負荷トルクが最大となる割出位置での停止時負荷トルクであるアンバランストルクを算出し、前記アンバランストルクに基づいて回転軸装置のモータを制御するようにしたモータの制御方法が提供される。

[0007] また、本発明の他の特徴によれば、水平または傾斜した回転軸周りに回転する回転軸装置のモータの制御装置において、前記回転軸装置を少なくとも2ヶ所の割出位置に割出す手段と、前記割出位置の各々で、回転軸装置に作用する停止負荷トルクを測定する手段と、複数の前記停止時負荷トルクから、停止時負荷トルクが最大となる割出位置での停止時負荷トルクであるアンバランストルクを算出する手段と、前記アンバランストルクに基づいて回転軸装置のモータを制御するようにしたモータの制御装置および該モータの制御装置によって制御される工具マガジンを備えた工作機械が提供される。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、複数の停止時負荷トルクを測定し、停止時負荷トルクが最大となる割出位置での停止時負荷トルクであるアンバランストルクを算出し、アンバランストルクに基づいて回転軸装置のモータを最適に制御するようにしたので、回転軸装置の駆動速度を高めることが可能となり、また、駆動速度が急激に変化したりすることがなくなる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明のモータの制御装置の一実施形態を示すブロック図である。

[図2]本発明を適用する工作機械の一例を示す側面図である。

[図3]図2の工作機械の正面図である。

[図4]回転体にアンバランストルクが作用していないときに、該回転体を回転駆動するときの速度とトルクを示すグラフである。

[図5]アンバランストルクが作用する回転体を回転駆動する場合の速度とトルクを示すグラフである。

[図6]工具を工具マガジンの周方向に不均一に装着したときに、工具マガジンに作用するアンバランストルクを示す模式図である。

[図7]図6に示すようなアンバランストルクが作用する回転体を回転したときの回転体の回転位置に対するアンバランストルクの変化を示すグラフである。

[図8]本発明のモータの制御方法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

[0010] 以下、添付図面を参照して、本発明の好ましい実施形態を説明する。

本発明を適用する工作機械の一例を示す図2を参照すると、工作機械100は、横形マシニングセンタを構成しており、工場の床面に固定された基台としてのベッド102、ベッド102の前方部分（図2では左側）の上面で前後方向またはZ軸方向（図1では左右方向）に延設された一対のZ軸ガイドレール102bに沿って往復動可能に設けられたZ軸スライダ112、Z軸スライダ112の上面で鉛直な軸線を中心としてB軸方向に回転送り可能に設けられた回転テーブル114、ベッド102の後方部分（図1では右側）の上面で左右方向またはX軸方向（図1では紙面に垂直な方向）に延設された一対のX軸ガイドレール102aに沿って往復動可能に設けられたコラム104、該コラム104の前面で上下方向またはY軸方向に延設されたY軸ガイドレール104a（図3）に沿って往復動可能に設けられ、主軸110を水平な中心軸O_sを中心として回転可能に支持する主軸頭108を搭載したY軸スライダ106具備している。更に、工作機械100は、コラム104をX軸方向に駆動するX軸送り装置（図示せず）、Y軸スライダ106をY軸方向に駆動するY軸送り装置（図示せず）、およびZ軸スライダ112をZ軸方向に駆動するZ軸送り装置（図示せず）を具備している。回転テーブル114には、イケール116を介してC軸テーブル118が取り付けられており、該C軸テーブル118にワークWが、主軸110の先端に装着された工具Tに対面するように取り付けられる。

[0011] 更に、図3を参照すると、工作機械100が構成する横形マシニングセン

タは、工作機械１００における加工に必要な複数の工具を収納する工具マガジン１２０と、該工作機械１００を制御するＮＣ装置（図示せず）からの指令に基づき、工具マガジン１２０に収納された工具の１つと、工作機械１００の主軸１１０の先端に装着された工具Ｔとを交換する工具交換装置１４０を備える。工作機械１００、工具マガジン１２０および工具交換装置１４０はカバー１３０によって包囲されている。本実施形態では、工具マガジン１２０が回転軸装置を構成する。

[0012] カバー１３０は、その内部を加工室１３４と工具収納室１３６とに分割するに隔壁１３２を具備している。工作機械１００は、ワークを加工する加工室１３４内に配置され、工具マガジン１２０および工具交換装置１４０は工具収容室１３６内に配置される。隔壁１３２には、加工室１３４と工具収容室１３６との間で工具を移動するための開口部１３２ａが形成されており、隔壁１３２には、開口部１３２ａを開閉するためのシャッター１３２ｂが配置されている。カバー１３０は、また、オペレーターが工具収容室１３６内にアクセスして、工具マガジン１２０に工具を装着し、或いは、工具マガジン１２０から工具を取り外すための開口部１３８ａが形成されており、該開口部１３８ａはＡＴＣドア１３８ｂによって開閉される。工作機械１００のオペレーターは、カバー１３０のＡＴＣドア１３８ｂを開いて、工具マガジン１２０に新規の工具を装着し、そして工具マガジン１２０から使用済工具を取り外し、こうして工具の入れ換え作業を行う。

[0013] 工具マガジン１２０は円板状に形成されたベース部材１２２を具備している。ベース部材１２２は、半径方向外方に開口し周方向に等角度間隔で配設された複数の凹部からなる受容部１２４を有しており、該受容部１２４の各々に工具ホルダ１２６を介して工具が保持される。工具マガジン１２０は、水平に保持された回転軸１２０ａによって不図示のフレーム等の支持構造に鉛直面内で回転するように支持されている。回転軸１２０ａは、工具マガジン１２０を回転駆動するサーボモータ１８（図１）の出力軸に結合されている。

- [0014] 工具交換装置 140 は、工具マガジン 120 と工作機械 100 との間に配設され、交換アーム 142 と、シフタ 144 とを具備している。交換アーム 142 の両端には工具を把持するグリッパ 142 a、142 b が設けられている。交換アーム 142 は、主軸 110 の回転軸線 O_s の方向に進退する直線動作と、主軸 110 の回転軸線 O_s に対して垂直な平面（鉛直平面）内で 90° または 180° 回転する回転動作が可能となっている。
- [0015] シフタ 144 は、工具マガジン 120 と交換アーム 142 との間で水平方向に往復動可能に設けられている。シフタ 144 は、工具マガジン 120 の待機位置 121 にある工具を工具マガジン 120 から受け取り、該工具を工具授受位置 146 へ移送する。また、シフタ 144 は、反対に、工具授受位置 146 において交換アーム 142 から工具を受け取り、該工具を待機位置 121 に配置されている工具マガジン 120 の受容部 124 に装着する。
- [0016] 図 1 は、工具マガジン 120 を駆動するサーボモータ 18 の制御装置の一実施形態を示すブロック図である。サーボモータ 18 の制御装置 10 は、例えば工作機械 100 のための NC 装置（図示せず）の一部として構成することができ、読取解釈部 12、補間部 14、サーボ制御部 16、アンバランストルク演算部 22、アンバランストルクキャンセル部 24、加減速パラメータ変更部 28 を具備している。
- [0017] 制御装置 10 は一般的なサーボ制御装置と同様のフィードバック制御を行う。すなわち、読取解釈部 12 は、LAN のようなネットワーク手段やキーボード、タッチパネル等の入力手段 11 より入力された NC プログラムを読取り解釈して、動作指令 12 a を補間部 14 へ出力する。この動作指令 12 a は、次工程で必要な工具が装着されている受容部 124 を待機位置へ移動させる移動指令が含まれている。補間部 14 は、受け取った動作指令 12 a を補間関数に基づき補間演算し、所定の回転速度に適合した位置指令（パルス位置指令）14 a をサーボ制御部 16 に出力する。サーボ制御部 16 は、受け取った位置指令 14 a から、工具マガジン 120 を回転駆動するためのトルク指令としての電流値 16 a をサーボモータ 18 に出力する。サーボモータ

18のエンコーダ（ロータリエンコーダ）20から、サーボモータ18の回転位置および回転速度20aが、サーボ制御部16へフィードバックされる。

[0018] 上述した工具の入れ換え作業に際して、オペレーターは、工具マガジン120の周方向に工具がどのように装着されているかは考慮することはないので、工具マガジン120の周方向にバランス良く工具が分布されず、例えば、図3に示すように、しばしば、工具は工具マガジン120の周方向に偏って装着される。こうした、工具マガジン120の周方向への工具の偏在によって、工具マガジン120には、工具の重力に基づくトルクまたはモーメント（以下、アンバランストルク）が作用する。

[0019] 図4～図7を参照して、アンバランストルクについて説明する。

図4は、工具マガジン120のような1つの回転軸周りに回転する回転体にアンバランストルクが作用していないときに、該回転体を回転駆動するときの速度（一点鎖線）と、該回転体に与えられるトルク（細線）とを示すグラフである。図4のグラフでは、図4のグラフにおいて、この回転体は、時刻 $t = t_1$ から一定の速度で回転速度が増加し、その間、この回転体には一定のトルクが与えられる。 $t = t_1$ から $t = t_2$ の間では、回転体は一定の速度で回転し、その間、該回転体には、該回転体に作用する摩擦力（クーロン力や潤滑剤の粘性）に相当するトルク $\tau = \tau'$ が作用する。 $t = t_2$ から $t = t_3$ の間で、前記回転体は一定の速度で減速し、その間、該回転体には負のトルクが作用する。

[0020] ところが、重力の影響を受ける水平または傾斜した回転軸周りに回転し、更に、工具が周方向に不均一に装着された工具マガジン120（図3）は、回転体にアンバランストルクが作用している。例えば、図4に示すような速度変化に従って回転体を回転駆動するとき、実際に回転体に作用するトルクは、全体に増加または図5に示すように低下し、かつ、 $t = t_1$ から $t = t_2$ の速度一定の間、トルクは図4のように一定とならず時間と共に変化（増加）している。このようなアンバランストルクを考慮することなく、サーボモータ

タ 18 をフィードバック制御しても、十分な駆動速度を得られなかったり、或いは、速度が急激に変化したりする問題が生じる。

[0021] こうした問題を解決するために、本実施形態では、先ず、アンバランストルク演算部 22 が、サーボ制御部 16 から出力されるトルク指令値または電流値 16 b と、エンコーダ 20 から出力される位置情報 20 b とを受け取り、工具マガジン 120 に作用するアンバランストルクを演算する。次いで、アンバランストルクキャンセル部 24 が、アンバランストルク演算部 22 で演算したアンバランストルク 22 a と、サーボ制御部 16 からのトルク指令値または電流値 16 c と、エンコーダ 20 からの位置、速度情報 20 c を受け取り、アンバランストルクを相殺するようにトルク 16 b を補正する。加減速パラメータ変更部 28 は、アンバランストルクキャンセル部 24 で補正されたトルク 24 a およびアンバランストルクキャンセル部 24 がエンコーダ 20 から受け取った位置、速度情報 20 c をアンバランストルクキャンセル部 24 から受け取り、補正されたトルク 24 a に基づいて工具マガジン 120 の慣性モーメントを演算する。加減速パラメータ変更部 28 は、慣性モーメント演算部 26 から工具マガジン 120 の慣性モーメントを受け取り、加減速パラメータを変更（補正）してサーボ制御部 16 へ出力して、サーボ制御部 16 からサーボモータ 18 へ出力される電流値 16 a を最適化している。また、制御装置 10 にアラーム表示部 30 を設けて、アンバランストルク演算部 22 で演算したアンバランストルクが、予め定めておいた上限値より過大である場合に、音響的または視覚的な警報や警告を表示するようにできる。

[0022] 以下、図 6、7 を参照して、アンバランストルク演算部 22 における、アンバランストルクの測定、演算方法を説明する。図 6 は、工具マガジン 120 の模式図であり、黒丸は、工具マガジン 120 の受容部 124 に工具が装着されている状態を示しており、図 7 は、工具マガジン 120 の回転角に対するアンバランストルクの変化を示している。

[0023] 図 6 に示すように、工具 T が工具マガジン 120 の周方向に不均一に装着

されていると、工具マガジン 120 の重心は、工具マガジン 120 ベース部材 122 の中心から距離 L だけ偏った位置に移動する。このように、工具がベース部材 122 の周方向に偏在することにより、工具マガジン 120 の重心位置が中心から外れ、工具マガジン 120 には負荷トルクが、工具マガジン 120 を回転させるように作用する。今、ベース部材 122 と、該ベース部材 122 に装着されている工具とを含め工具マガジン 120 に作用する重力を G とし、工具マガジン 120 の中心から見て重心が 3 時の方向にあるときの工具マガジン 120 の角度位置を $\theta = 0^\circ$ とする。角度位置 $\theta = 0^\circ$ または 180° のとき、停止時負荷トルク T_0 は最大となり $T_0 = GL$ となる。

ここで、

T_1 : アンバランストルク

L : 工具マガジン 120 の中心から重心までの距離

である。

[0024] 図 6 から停止時負荷トルク T は、一般的に

$$T = T_0 \cos \theta \quad (1)$$

であるので、 $\theta = 0^\circ$ の角度位置から $\theta = \theta_1$ だけ回転した位置に停止すると、このとき工具マガジン 120 に作用する停止時負荷トルク T_1 は以下の式から演算することができる。

$$T_1 = T_0 \cos \theta_1 \quad (2)$$

[0025] $\theta = \phi$ の角度位置から、工具マガジン 120 が更に 90° 回転した位置に停止したときの負荷トルク T_2 は以下の式 (3) にて与えられる。

$$T_2 = T_0 \cos (\theta_1 + 90) = T_0 \sin \theta_1 \quad (3)$$

[0026] また、三角関数の公式から、

$$\sin^2 \theta_1 + \cos^2 \theta_1 = 1 \quad (4)$$

である。従って、式 (2) ~ (4) より、停止時の負荷トルクの最大値であるアンバランストルク T_0 は以下の式から演算することができる。

$$T_0 = (T_1^2 + T_2^2)^{1/2} \quad (5)$$

また、式 (2) から、初期位相 θ_1 は

$$\theta_1 = \arccos (T_1 / T_0) \quad (6)$$

より求めることができる。

[0027] なお、本実施形態では、回転軸 120a を中心として周方向に 90° 離間した 2 つの測定点で停止時負荷トルクを測定したが、本発明はこれに限定されず、90° 以上離間していてもよい。また、測定箇所も 1 箇所ではなく、複数箇所で同様の停止時負荷トルクを測定するようにしてもよい。

[0028] ここで、図 8 に示すフローチャートを参照して、アンバランストルクの測定、演算方法をより具体的に説明する。

アンバランストルクの測定、演算は、上述した工具の入れ替え作業に付随して行うことができる。工作機械 100 のオペレーターは、工具入れ替え作業を開始すると（ステップ S10）、先ず、工具収容室 136 に対して手動で介入できる状態にする（ステップ S12）。これは、工作機械 100 の操作盤（図示せず）に設けられている押ボタン（図示せず）を押下することによって行うことができ、オペレーターが工具マガジン 120 にアクセスしているときに、オペレーターが予期していない工具マガジン 120 の自動運転を禁止する。

[0029] 次いで、オペレーターは ATC ドア 138a を開き（ステップ S14）、工具マガジン 120 にアクセスして工具の入れ替え作業を行う（ステップ S16）。次いで、ATC ドア 138a を閉じ（ステップ S18）、工作機械 100 の操作盤（図示せず）に設けられている押ボタンを手動で操作して、NC 装置への介入を解除する（ステップ S20）。

[0030] NC 装置への介入が解除されると、NC 装置は、工具マガジン 120 のアンバランストルクの測定プログラムを読み込み、アンバランストルクの測定が開始される。先ず、工具マガジン 120 を静止させているサーボモータ 18 へ現在供給されている電流値 16b がアンバランストルク演算部 22 に取り込まれる（ステップ S22）。取り込まれた電流値 16b から、アンバランストルクに対抗して工具マガジン 120 を停止状態で保持させるために必要なトルク（ T_1 ）（停止時負荷トルク）を求めることができる。次いで、工

具マガジン120を90°回転させ（ステップS24）、その回転位置に工具マガジン120を保持するために必要な電流値16bがサーボ制御部16から取り込まれる（ステップS26）。取り込まれた電流値16bから、該回転位置において、アンバランストルクに対抗して工具マガジン120を停止状態で保持させるために必要なトルク（ T_2 ）（停止時負荷トルク）を求めることができる。

[0031] 次いで、ステップS28において、求められた2つのトルク値（ T_1 、 T_2 ）に基づき、アンバランストルク演算部22は、式（5）から最大のアンバランストルク T_0 を演算し、そして式（6）から初期位相 θ_1 を演算する。

[0032] 次いで、アンバランストルクキャンセル部24は、アンバランストルク演算部22で演算されたアンバランストルク T_0 および初期位相 θ_1 およびエンコーダ20からの位置情報20cに基づき、工具マガジン120が、任意の角度位置 θ にあるときの停止時負荷トルク T を下記式（7）から演算する。

$$T = T_0 \cos(\theta_1 + \theta) \quad (7)$$

[0033] アンバランストルクキャンセル部24は、更に、工具マガジン120のサーボモータ18に供給される電流値であるトルク値16cをサーボ制御部16から受け取り、そこからアンバランストルク T_0 を減算することによって、トルク τ を演算する。

[0034] 更に、ステップS28において、慣性モーメント演算部26が、ベース部材122と、該ベース部材122に装着されている工具とを含めた工具マガジン120全体の慣性モーメント J を下記の方法にて演算する。

[0035] サーボモータ18が回転しているときのトルク（移動時負荷トルク） τ と、工具マガジン120の慣性モーメント J との関係は下記の式（8）で表すことができる。

$$\tau = J \alpha + D V + F u \quad (8)$$

ここで、

J ：慣性モーメント

α ：角加速度

D : 粘性減衰係数

V : 角速度

F : クーロン摩擦トルク

u : 速度方向を示す単位ベクトル

である。

[0036] 角速度 V および角加速度 α は、慣性モーメント演算部 26 において、サーボモータ 18 の回転速度 20 d (図 1) に基づいて演算することができる。速度方向を示す単位ベクトル u は、工具マガジン 120 が 2 つの回転方向の一方の向きに移動するときに正の値になり、他方の向きに移動するときに負の値になる。工具マガジン 120 の回転動作中に取得されるそれぞれの変数は次式のように表すことができる。

$$(\tau_n) = (\tau_0, \tau_1, \tau_2 \cdots \tau_k, \tau_{k+1} \cdots \tau_m) \quad (n=0 \sim m) \quad (9)$$

$$(V_n) = (V_0, V_1, V_2 \cdots V_k, V_{k+1} \cdots V_m) \quad (n=0 \sim m) \quad (10)$$

$$(\alpha_n) = (\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2 \cdots \alpha_k, \alpha_{k+1} \cdots \alpha_m) \quad (n=0 \sim m) \quad (11)$$

$$(u_n) = (u_0, u_1, u_2 \cdots u_k, u_{k+1} \cdots u_m) \quad (n=0 \sim m) \quad (12)$$

[0037] このように、複数のトルク (移動時負荷トルク) τ の値、複数の角速度 V の値、複数の角加速度 α の値、および速度方向を示す単位ベクトル u を、ステップ S 22 ~ ステップ S 26 の間に慣性モーメント演算部 26 に取り込むことができる。次に、式 (9) に示されるトルク τ_n と、式 (10)、式 (11) および式 (12) に示される変数を式 (8) に代入して得られるトルク τ との差の二乗和が最小となるように、工具マガジン 120 の慣性モーメント J、粘性減衰係数 D、およびクーロン摩擦トルク F が演算される。すなわち、最小二乗法により、これらの変数が演算される。こうして、慣性モーメント演算部 26 において、工具マガジン 120 慣性モーメント J が演算される。慣性モーメント演算部 26 で演算された慣性モーメント J には、工具マガジン 120 のベース部材 122 および工具マガジン 120 に装着されている複数の工具の質量に基づく慣性モーメントが含まれている。

[0038] 次いで、ステップ S 30 において、アンバランストルク T_0 が所定の閾値 T_s

を超えていないか否かが判定される。アンバランストルク T_0 が所定の閾値 T_s を超えている場合（ステップS30でN0の場合）、加減速パラメータ変更部28は、加減速パラメータを最大にして、サーボ制御部16に出力すると共に、アンバランストルク T_0 が所定の閾値 T_s を超えている旨の音響的または視覚的な警報や警告を表示するよう、アラーム表示部30に指令を出力する。加減速パラメータとしては、加速度またはゲイン等が含まれる。

[0039] アンバランストルク T_0 が所定の閾値 T_s を超えていない場合（ステップS30でYESの場合）、加減速パラメータ変更部28は、加減速パラメータを変更してサーボ制御部16に出力する。加減速パラメータの変更は、工具マガジン120のアンバランストルク T_0 の数値の増加を、あたかも工具マガジン120の慣性モーメントが増加したかのようにみなして、慣性モーメントが増加したときと同様に変化させる。具体的には、複数のアンバランストルク T_0 の大きさに関連付けて、慣性モーメントに加算する慣性モーメント補正値をテーブルの形態で、制御装置10のメモリ領域に格納し、アンバランストルク T_0 の値に応じて、該テーブルから慣性モーメント補正値を読み出す。アンバランストルク T_0 の数値の増加量に応じて、どのくらいの大きさの慣性モーメント補正値を慣性モーメントに加算させればよいかは、予め実験で求めておき、アンバランストルク T_0 の数値と慣性モーメントの補正値とを対応させたテーブルを作成して記憶しておけばよい。慣性モーメントと慣性モーメント補正値とを加算した値に関連付けて、加減速パラメータをテーブルの形態で制御装置10のメモリ領域に格納し、慣性モーメントと慣性モーメント補正値とを加算した値に応じて該テーブルから加減速パラメータを読み出す。加減速パラメータを慣性モーメントとアンバランストルク T_0 の値に応じて変更することにより、慣性モーメントとアンバランストルク T_0 が小さいときは、より速い加減速を行うことができ、短時間で工具マガジン120を割り出すことができるようになる。

[0040] なお、既述の実施形態では、本発明によるモータの制御方法は、工具マガジンの駆動モータを制御するようになっているが、本発明はこれに限定され

ず、水平または傾斜した回転送り軸周りに回転する回転送り軸に適用してもよい。例えば、図2のような工作機械において、C軸回転テーブル118を本発明の方法により制御するようにしてもよい。この場合には、一般的にCテーブル118に取り付けられたワーク116はC軸回転送り軸の回転軸線に対して重心位置が偏心しているので、C軸回転送り軸に本発明の方法を適用することが可能である。

符号の説明

[0041]	10	制御装置
	18	サーボモータ
	20	エンコーダ
	20a	回転速度
	20b	位置情報
	20c	速度情報、位置情報
	20d	回転速度
	22	アンバランストルク演算部
	22a	アンバランストルク
	24	アンバランストルクキャンセル部
	100	工作機械
	120	工具マガジン
	120a	回転軸
	136	工具収納室

請求の範囲

- [請求項1] 水平または傾斜した回転軸周りに回転する回転軸装置のモータの制御方法において、
- 前記回転軸装置を少なくとも2ヶ所の割出位置に割出し、
- 前記割出位置で、回転軸装置に作用する停止負荷トルクを測定し、
- 複数の前記停止時負荷トルクから、停止時負荷トルクが最大となる割出位置での停止時負荷トルクであるアンバランストルクを算出し、
- 前記アンバランストルクに基づいて回転軸装置のモータを制御することを特徴としたモータの制御方法。
- [請求項2] 前記回転軸周りに90°離間した2ヶ所を割出位置とし、アンバランストルクは該2ヶ所の各々における停止時負荷トルクの2乗の和の平方根である請求項1に記載のモータの制御方法。
- [請求項3] 測定した各停止時負荷トルクから停止時負荷トルクが最大となる割出位置を求め、前記回転軸装置の各位相における停止時負荷トルクを算出し、測定した移動時負荷トルクから各位相におけるアンバランストルクを減算して、アンバランストルクを除いた移動時負荷トルクから回転軸装置の慣性モーメントを算出するようにした請求項1または2に記載のモータの制御方法。
- [請求項4] 算出した慣性モーメントに関連付けて予め設定しておいたアンバランストルクの大きさに応じた慣性モーメントの補正量を加算し、補正量が加算された慣性モーメントに基づいて前記回転軸装置の加減速パラメータを決定するようにした請求項3に記載のモータの制御方法。
- [請求項5] アンバランストルクが、所定の閾値を超える場合には警報または警告を発するようにした請求項1に記載のモータの制御方法。
- [請求項6] 水平または傾斜した回転軸周りに回転する回転軸装置のモータの制御装置において、
- 前記回転軸装置を少なくとも2ヶ所の割出位置に割出す手段と、
- 前記割出位置の各々で、回転軸装置に作用する停止負荷トルクを測

定する手段と、

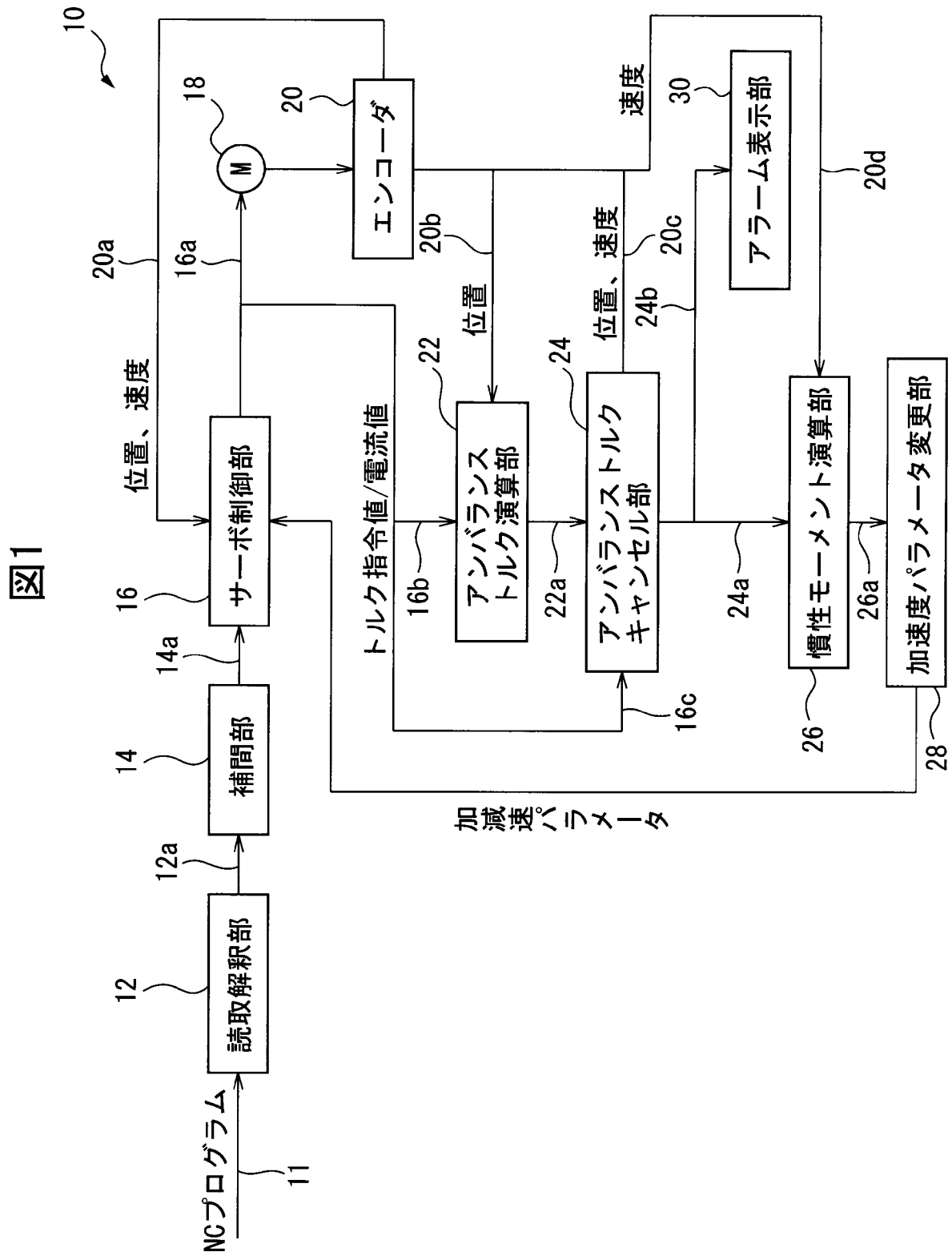
複数の前記停止時負荷トルクから、停止時負荷トルクが最大となる割出位置での停止時負荷トルクであるアンバランストルクを算出する手段と、

前記アンバランストルクに基づいて回転軸装置のモータを制御することを特徴としたモータの制御装置。

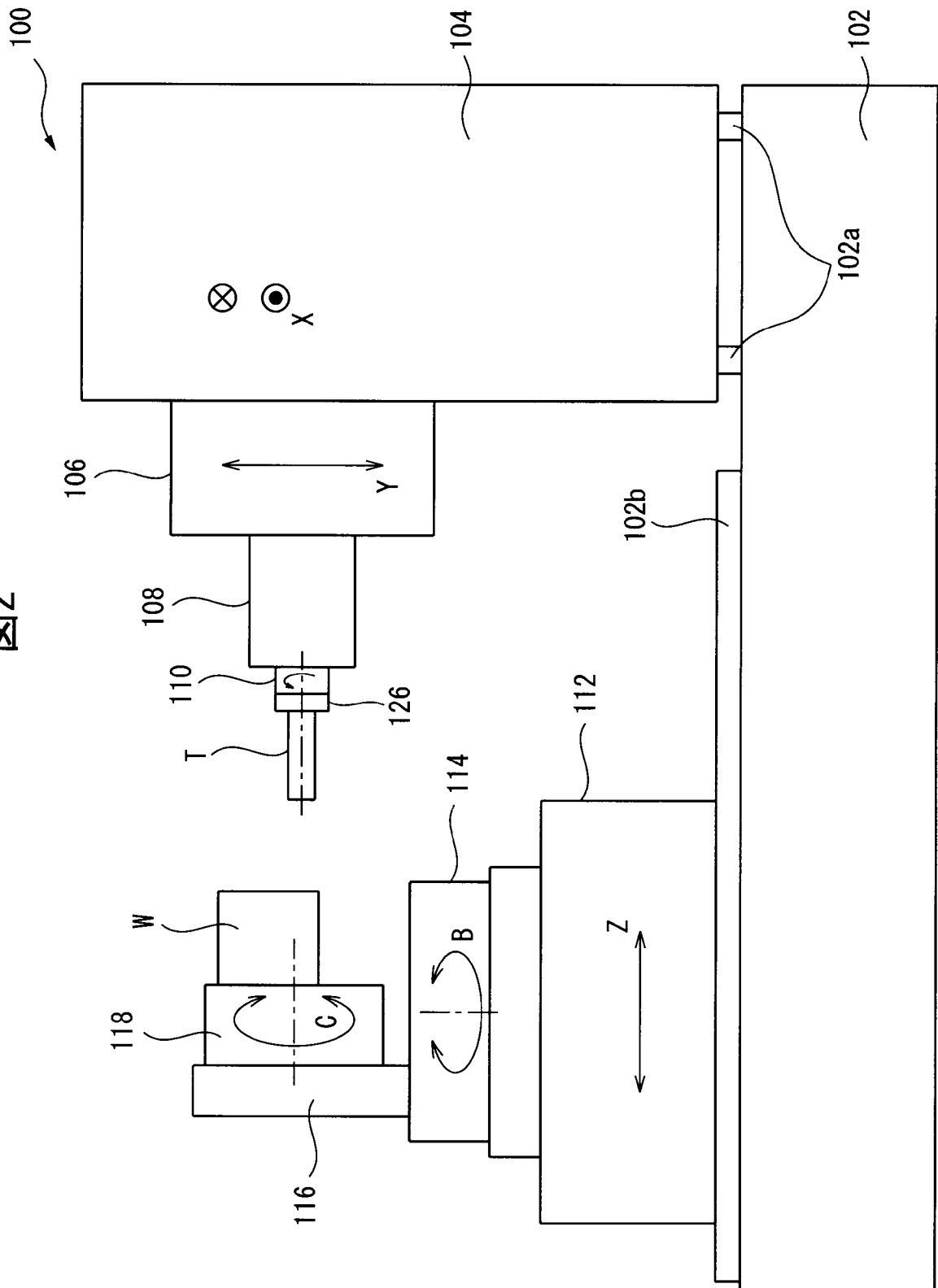
[請求項7]

請求項6に記載のモータの制御装置によって制御される工具マガジンを備えた工作機械。

[図1]

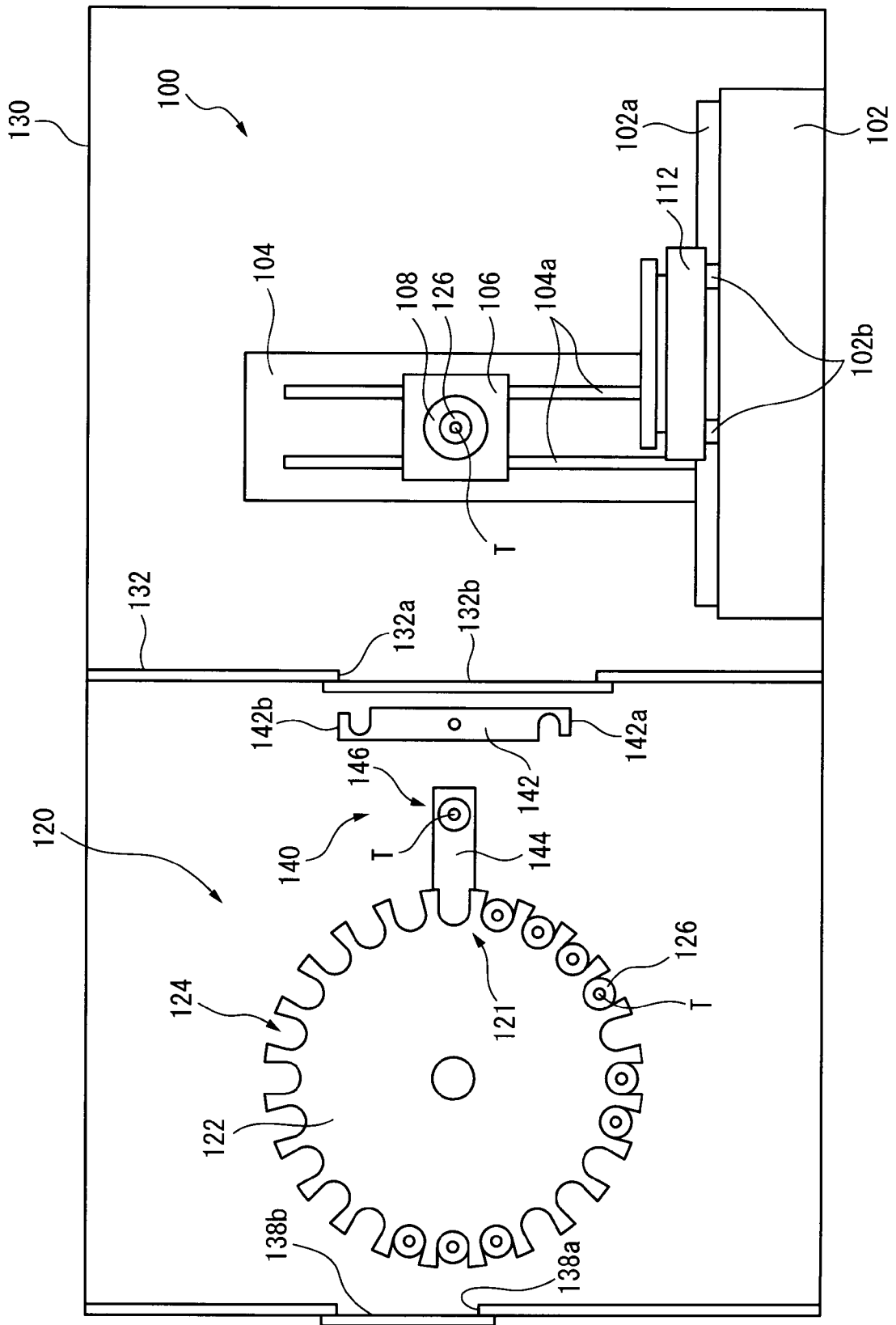


[図2]



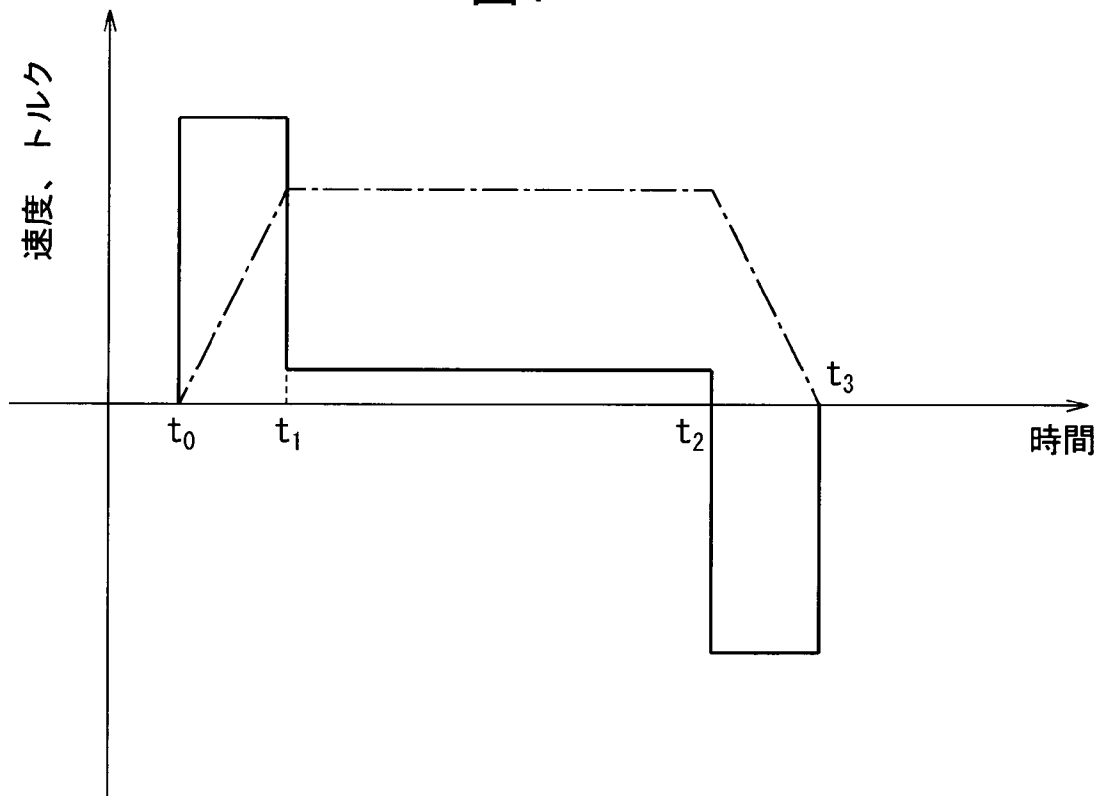
[図3]

図3



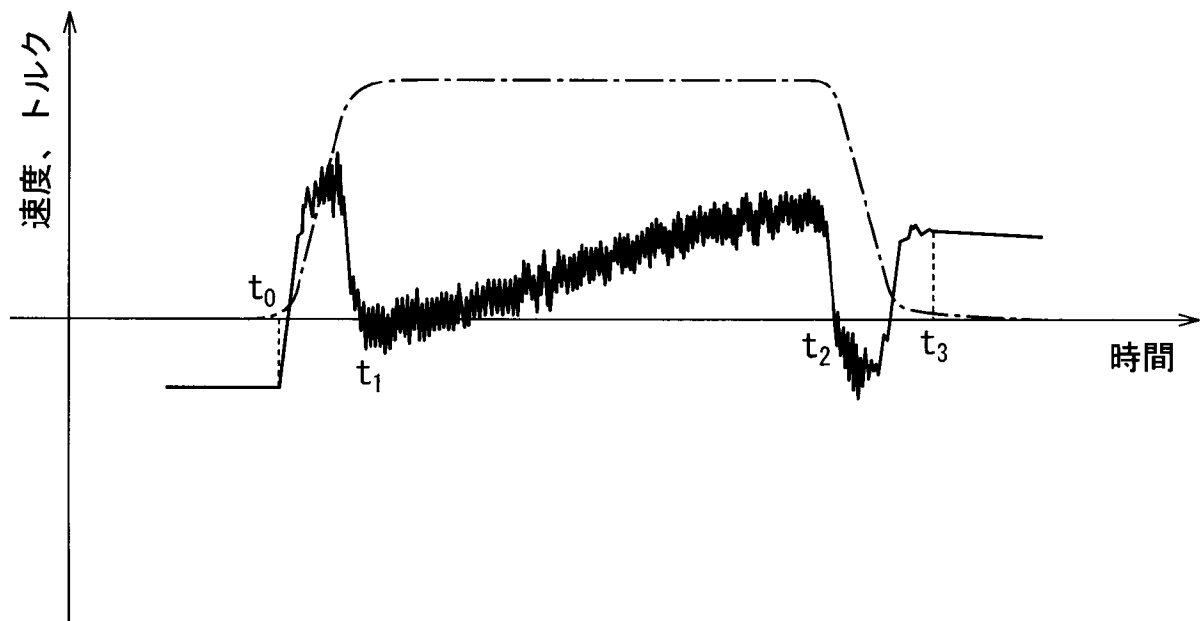
[図4]

図4



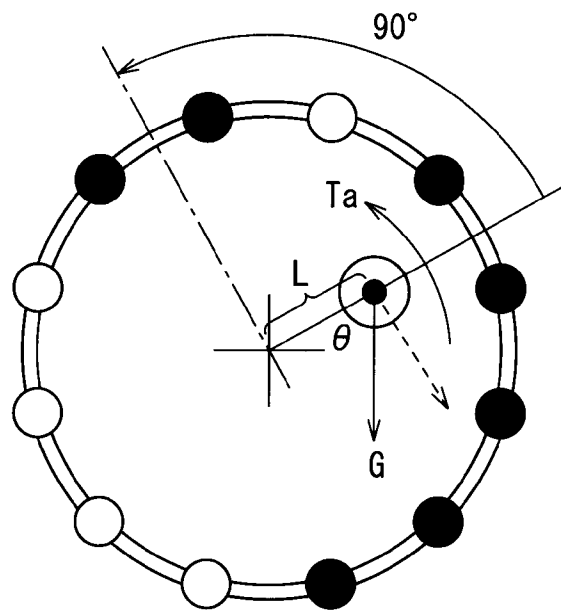
[図5]

図5



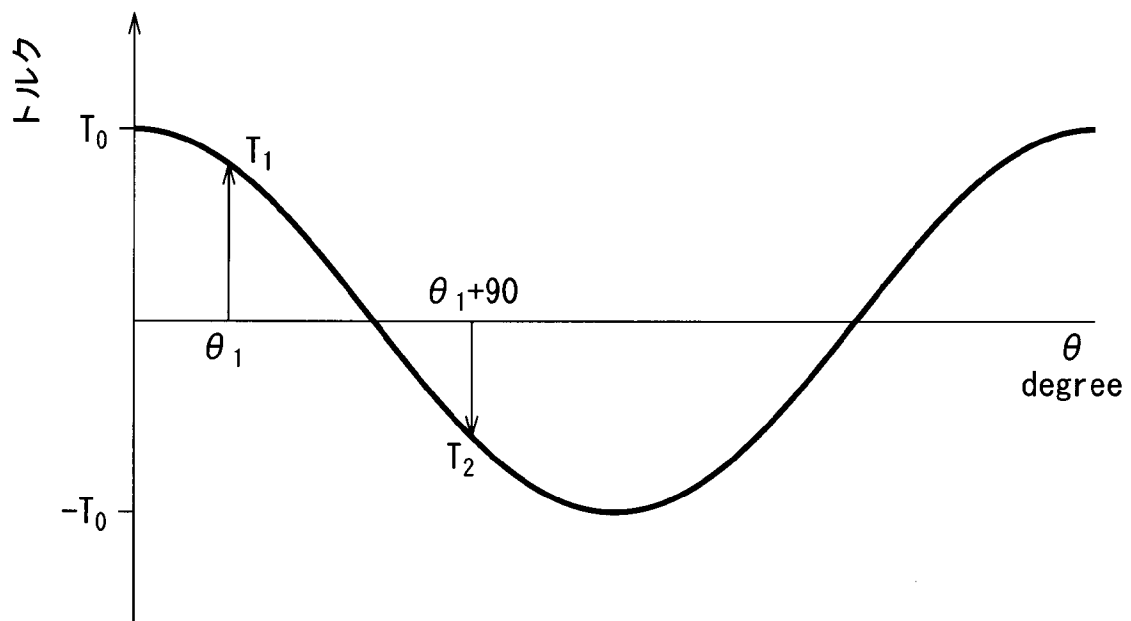
[図6]

図6



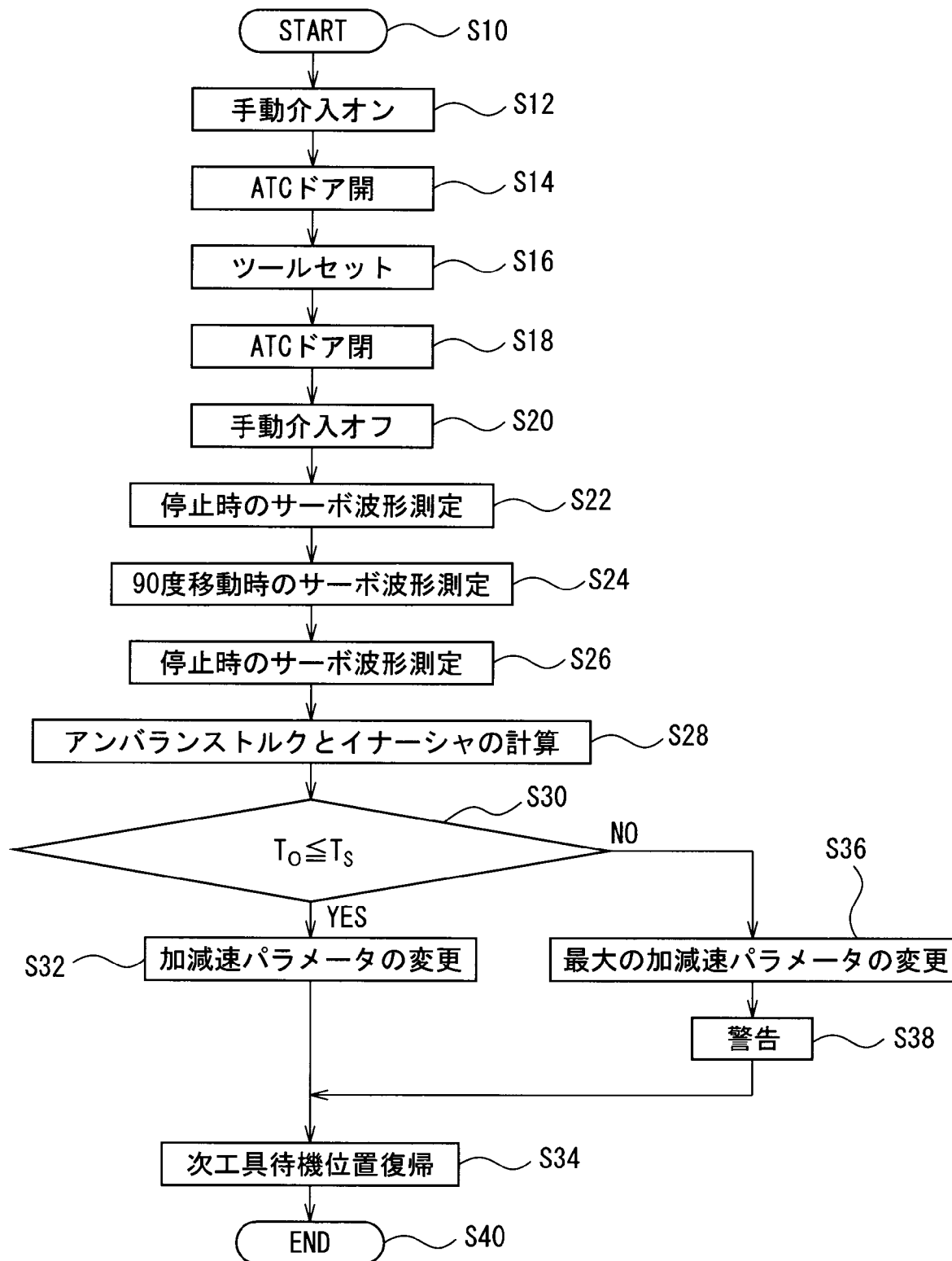
[図7]

図7



[図8]

図8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/055899

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23Q3/157(2006.01)i, B23Q5/34(2006.01)i, B23Q16/02(2006.01)i, B23Q17/00(2006.01)i, G01M1/14(2006.01)i, G05B19/416(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)

B23Q3/157, B23Q5/34, B23Q16/02, B23Q17/00, G01M1/14, G05B19/416, B23B29/24

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-34794 A (Fanuc Ltd.), 19 February 2009 (19.02.2009), paragraphs [0018] to [0036]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-7
A	JP 2001-62672 A (Okuma Corp.), 13 March 2001 (13.03.2001), paragraphs [0008] to [0019]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-7
A	JP 2005-224896 A (Brother Industries, Ltd.), 25 August 2005 (25.08.2005), paragraphs [0028] to [0036]; fig. 4 to 6 & TW 200534952 A & CN 1654163 A	1-7

☐ 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
17 April 2015 (17.04.15)

Date of mailing of the international search report
28 April 2015 (28.04.15)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B23Q3/157(2006.01)i, B23Q5/34(2006.01)i, B23Q16/02(2006.01)i, B23Q17/00(2006.01)i,
G01M1/14(2006.01)i, G05B19/416(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（I P C））

Int.Cl. B23Q3/157, B23Q5/34, B23Q16/02, B23Q17/00, G01M1/14, G05B19/416, B23B29/24

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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）

WPI

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 2009-34794 A（ファナック株式会社）2009.02.19, 段落[0018]-[0036], 図 1-5（ファミリーなし）	1-7
A	JP 2001-62672 A（オークマ株式会社）2001.03.13, 段落[0008]-[0019], 図 1-6（ファミリーなし）	1-7
A	JP 2005-224896 A（ブラザー工業株式会社）2005.08.25, 段落[0028]-[0036], 図 4-6 & TW 200534952 A & CN 1654163 A	1-7

☐ 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

1 7 . 0 4 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 8 . 0 4 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

小川 真

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 2 4

3 C

3 9 3 4