

(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

2024年7月18日(18.07.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/150403 A1

(51) 国際特許分類:

G05B 19/18 (2006.01) G05B 19/4155 (2006.01)

G05B 19/4069 (2006.01)

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内 Yamanashi (JP).

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2023/000749

(22) 国際出願日:

2023年1月13日(13.01.2023)

(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: ファナック株式会社 (FANUC CORPORATION) [JP/JP]; 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 Yamanashi (JP).

(72) 発明者: 吉田 知正 (YOSHIDA Kazumasa); 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内 Yamanashi (JP). 手塚 淳一 (TEZUKA Junichi); 〒4010597

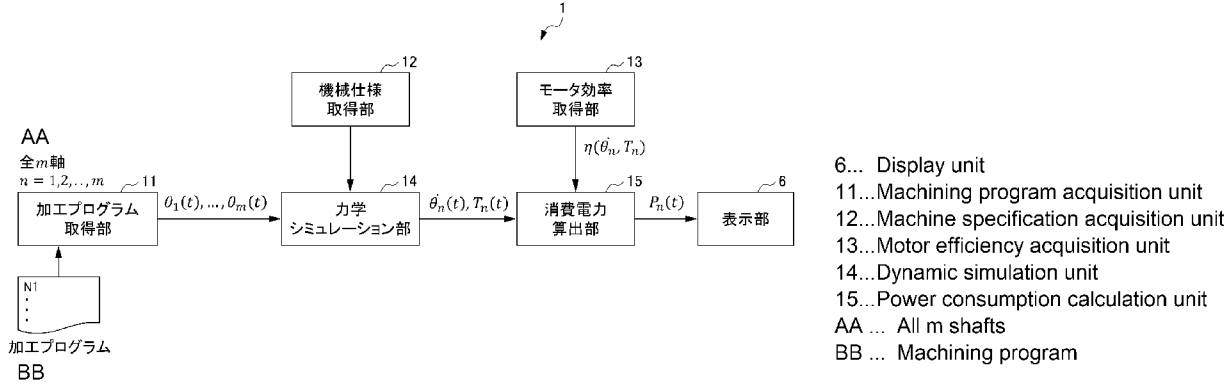
(74) 代理人: 正林 真之, 外(SHOBAYASHI Masayuki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内 1 - 7 - 1 2 サピアタワー Tokyo (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: POWER CONSUMPTION CALCULATION DEVICE

(54) 発明の名称: 消費電力算出装置

[図2]



(57) Abstract: Provided is a power consumption calculation device capable of highly accurately simulating power consumption from a machining program without actually operating a machine tool. This power consumption calculation device comprises: a machining program acquisition unit that acquires a machining program for a machine tool equipped with a drive device including at least a main spindle or a feed shaft; a machine specification acquisition unit that acquires machine specifications of the machine tool; a motor efficiency acquisition unit that acquires motor efficiency of one or more motors in the drive device; a dynamics simulation unit that simulates time-series data of the angular speed of each of the motors and the torque of each of the motors on the basis of the machining program and the machine specifications; and a power consumption calculation unit that calculates, on the basis of the time-series data of the angular speed of each of the motors and the torque of each of the motors and the motor efficiency of each of the motors, time-series data of consumption power consumed by the drive device.

[続葉有]



(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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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))

(57) 要約: 工作機械を実際に稼働させることなく、加工プログラムから消費電力を高精度にシミュレーションする消費電力算出装置を提供する。消費電力算出装置は、少なくとも主軸又は送り軸を含む駆動装置を備える工作機械のための加工プログラムを取得する加工プログラム取得部と、前記工作機械の機械仕様を取得する機械仕様取得部と、前記駆動装置における1以上のモータのモータ効率を取得するモータ効率取得部と、前記加工プログラム及び前記機械仕様に基づいて、前記各モータの角速度及び前記各モータのトルクの時系列データをシミュレーションする力学シミュレーション部と、前記各モータの角速度及び前記各モータのトルクの時系列データ、並びに前記各モータのモータ効率に基づいて前記駆動装置によって消費される消費電力の時系列データを算出する消費電力算出部と、を備える。

明 細 書

発明の名称：消費電力算出装置

技術分野

[0001] 本開示は、消費電力算出装置に関する。

背景技術

[0002] 工作機械の消費電力を高精度で得るためには、実際に工作機械において加工プログラムを実行しながら消費電力を測定する必要があり、多大な時間を要する。また、ロボットシステムの消費電力を動作プログラムからシミュレーションにより推定する手法が開示されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-5623号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来の電力シミュレーションでは、モータごとに加速時のトルクを算出し、重力及び摩擦を固定値として計算する場合が多く、十分な精度が得られなかった。そのため、単純な軸構成の工作機械にしか適用できず、より高精度な消費電力を得るには消費電力を実測する必要があった。また、上記の特許文献1は、シミュレーションを行う上で全軸の情報を用いて各軸のトルクを算出することを言及していない。そのため、工作機械を実際に稼働させることなく、加工プログラムから消費電力を高精度にシミュレーションする消費電力算出装置が望まれている。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一態様は、少なくとも主軸又は送り軸を含む駆動装置を備える工作機械のための加工プログラムを取得する加工プログラム取得部と、前記工作機械の機械仕様を取得する機械仕様取得部と、前記駆動装置における1以

上のモータのモータ効率を取得するモータ効率取得部と、前記加工プログラム及び前記機械仕様に基づいて、前記各モータの角速度及び前記各モータのトルクの時系列データをシミュレーションする力学シミュレーション部と、前記各モータの角速度及び前記各モータのトルクの時系列データ、並びに前記各モータのモータ効率に基づいて前記駆動装置によって消費される消費電力の時系列データを算出する消費電力算出部と、を備える消費電力算出装置である。

図面の簡単な説明

- [0006] [図1]本実施形態に係る消費電力算出装置の機能ブロック図である。
- [図2]本実施形態に係る消費電力算出装置における消費電力を算出するための機能に関する機能ブロック図である。
- [図3]本実施形態に係る工作機械の例を示す図である。
- [図4]各軸の角度、角速度及び角加速度の時系列データの例を示す図である。
- [図5A]加速時のトルクについて説明するための図である。
- [図5B]加速時のトルクについて説明するための図である。
- [図6A]重力によるトルクについて説明するための図である。
- [図6B]重力によるトルクについて説明するための図である。
- [図7A]干渉力によるトルクについて説明するための図である。
- [図7B]干渉力によるトルクについて説明するための図である。
- [図8]工作機械の機械仕様の例を示す図である。
- [図9]工作機械の機械仕様の例を示す図である。
- [図10]工作機械の機械仕様の例を示す図である。
- [図11]工作機械の機械仕様の例を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0007] 以下、本開示の実施形態の一例について説明する。図1は、本実施形態に係る消費電力算出装置1の機能ブロック図である。消費電力算出装置1は、工作機械の駆動装置における消費電力をシミュレーションする。消費電力算出装置1は、工作機械を制御する数値制御装置に組み込まれてもよく、数値

制御装置とは独立したコンピュータ装置であってもよい。図1に示されるように、消費電力算出装置1は、制御部2と、記憶部3と、通信部4と、入力部5と、表示部6と、を備える。

[0008] 制御部2は、CPU (Central Processing Unit) 等のプロセッサであり、記憶部3に記憶されたプログラムを実行することによって各種機能を実現する。

[0009] 記憶部3は、OS (Operating System) やアプリケーションプログラム等を格納するROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory)、その他の各種情報を格納するハードディスクドライブやSSD (Solid State Drive) 等の記憶装置である。

[0010] 消費電力算出装置1が数値制御装置とは独立したコンピュータ装置の場合、消費電力算出装置1は、ネットワークを介して工作機械又は数値制御装置と有線又は無線通信するための通信部4を備える。通信部4は、通信を実行するためのプロセッサ、コネクタ、電気回路等を含む。通信部4は、工作機械又は数値制御装置から受信した通信信号に所定の処理を行ってデータを取得し、取得したデータを制御部2に入力する。

[0011] また、通信部4は、制御部2から入力されたデータに所定の処理を行って通信信号を生成し、生成した通信信号を工作機械又は数値制御装置に送信する。また、消費電力算出装置1は、通信部4によって工作機械又は数値制御装置と接続されず、後述する機械仕様等を外部記憶媒体等から取得してもよい。

[0012] 入力部5は、マウス、キーボード、タッチパネル等のような入力インターフェースである。表示部6は、画像を表示する装置である。表示部6は、例えば、LCD (Liquid Crystal Display) や有機EL (Electroluminescence) 等である。

[0013] 図2は、本実施形態に係る消費電力算出装置1における消費電力を算出するための機能に関する機能ブロック図である。図2に示されるように、消費

電力算出装置 1 は、加工プログラム取得部 1 1 と、機械仕様取得部 1 2 と、モータ効率取得部 1 3 と、力学シミュレーション部 1 4 と、消費電力算出部 1 5 と、表示部 6 と、を備える。

[0014] 加工プログラム取得部 1 1 は、少なくとも主軸又は送り軸を含む駆動装置を備える工作機械のための加工プログラムを取得する。例えば、消費電力算出装置 1 が数値制御装置に組み込まれている場合、加工プログラム取得部 1 1 は、数値制御装置の記憶装置から加工プログラムを取得する。消費電力算出装置 1 が数値制御装置とは独立したコンピュータ装置の場合、加工プログラム取得部 1 1 は、入力部 5 によって入力された加工プログラムを取得してもよく、通信部 4 を介して工作機械又は数値制御装置から加工プログラムを取得してもよい。また、加工プログラム取得部 1 1 は、加工プログラムを外部記憶媒体等から取得してもよい。

[0015] 機械仕様取得部 1 2 は、工作機械の機械仕様を取得する。例えば、消費電力算出装置 1 が数値制御装置に組み込まれている場合、機械仕様取得部 1 2 は、数値制御装置の記憶装置から機械仕様を取得する。消費電力算出装置 1 が数値制御装置とは独立したコンピュータ装置の場合、機械仕様取得部 1 2 は、入力部 5 によって入力された機械仕様を取得してもよく、通信部 4 を介して工作機械又は数値制御装置から機械仕様を取得してもよい。また、機械仕様取得部 1 2 は、工作機械の機械仕様を外部記憶媒体等から取得してもよい。

[0016] モータ効率取得部 1 3 は、工作機械の駆動装置における 1 以上のモータのモータ効率を取得する。例えば、消費電力算出装置 1 が数値制御装置に組み込まれている場合、モータ効率取得部 1 3 は、数値制御装置の記憶装置からモータ効率を取得する。消費電力算出装置 1 が数値制御装置とは独立したコンピュータ装置の場合、モータ効率取得部 1 3 は、入力部 5 によって入力されたモータ効率を取得してもよく、通信部 4 を介して工作機械又は数値制御装置からモータ効率を取得してもよい。また、モータ効率取得部 1 3 は、モータ効率を外部記憶媒体等から取得してもよい。

- [0017] 力学シミュレーション部 14 は、取得した加工プログラム及び工作機械の機械仕様に基づいて、各モータの角速度及び各モータのトルクの時系列データをシミュレーションする。具体的には、力学シミュレーション部 14 は、加工プログラムから工作機械の全ての軸の角度情報を取得し、全ての軸の角度情報及び工作機械の機械仕様に基づいて、各モータの角速度及び各モータのトルクの時系列データを力学的にシミュレーションする。
- [0018] 消費電力算出部 15 は、各モータの角速度及び各モータのトルクの時系列データ、並びに各モータのモータ効率に基づいて、工作機械の駆動装置によって消費される消費電力の時系列データを算出する。表示部 6 は、消費電力算出部 15 によって算出された消費電力を表示する。
- [0019] また、各モータのトルクは、少なくとも重力によるトルク及び干渉力によるトルクを含み、各モータのトルクは、重力によるトルク、干渉力によるトルク、加減速時トルク、摩擦によるトルク及び切削時トルクを含むことが好ましい。
- [0020] また、工作機械の機械仕様は、工作機械の軸の構成、各モータの摩擦係数、各モータの慣性モーメント、各モータの偏心荷重、及び各モータのワークの荷重のうちの少なくとも 1 つを含む。
- [0021] 図 3 は、本実施形態に係る工作機械 20 の例を示す図である。図 3 に示されるように、工作機械 20 は、テーブル旋回型の 5 軸（C A / X Y Z）加工機である。なお、本実施形態では、工作機械 20 は、以下に示すようなテーブル旋回型の 5 軸（C A / X Y Z）加工機であるが、他の形式及び軸の数を有する加工機であってもよい。
- [0022] 工作機械 20 は、第 1 水平直動機構 21 と、第 2 水平直動機構 22 と、鉛直直動機構 23 と、第 1 回転機構 24 と、テーブル 25 と、第 2 回転機構 26 と、主軸 27 と、工具 28 と、を備える。
- [0023] 第 1 水平直動機構 21 は、床面に設置された第 1 ベースと、第 1 ベースに対して X 方向（水平方向）に移動可能に支持された第 1 スライダとを備える。第 2 水平直動機構 22 は、第 1 スライダに固定された第 2 ベースと、第 2

ベースに対してY方向（水平方向）に移動可能に支持された第2スライダとを備える。

[0024] 鉛直直動機構23は、第2スライダに固定された第3ベースと、第3ベースに対してZ方向（鉛直方向）に移動可能に支持された第3スライダとを備える。第3スライダには、工具28を装着可能な主軸27が固定される。また、工作機械20は、ワークを搭載するテーブル25と、テーブル25を鉛直軸線回りに回転させる第1回転機構24と、テーブル25を水平軸線回りに傾斜させる第2回転機構26とを備える。

[0025] 数値制御装置は、加工プログラムに基づいて速度指令を作成し、主軸用サーボ制御装置を介して主軸を制御する。また、数値制御装置は、加工プログラムに基づいて送り軸用の位置指令を作成し、送り軸用サーボ制御装置を介して送り軸を制御する。

[0026] 主軸27は、主軸用モータを含み、主軸用サーボ制御装置からの駆動電流に基づいて駆動する主軸用モータによって回転して、工具28を回転させる。送り軸としての第1水平直動機構21、第2水平直動機構22、鉛直直動機構23、第1回転機構24及び第2回転機構26は、それぞれ、送り軸用モータを含む。送り軸は、送り軸用サーボ制御装置からの駆動電流に基づいて駆動する送り軸用モータによって回転して、工具28又はワークを移動させる。

[0027] 図4は、各軸を駆動するモータの角度、角速度及び角加速度の時系列データの例を示す図である。図4に示される時系列データは、図3に示される工作機械20のX軸、Y軸及びZ軸を駆動するモータの角度、角速度及び角加速度の時系列データである。

[0028] 角度の時系列データは、横軸が時間 t [s] であり、縦軸が角度 θ [deg] である。角速度の時系列データは、横軸が時間 t [s] であり、縦軸が角速度 $d\theta/dt$ [deg/s] である。角加速度の時系列データは、横軸が時間 t [s] であり、縦軸が角加速度 $d^2\theta/dt^2$ [deg/s²] である。

[0029] 加減速時トルク、摩擦によるトルク、重力によるトルク、干渉力によるトルク、及び切削時トルクは、以下のような一般化された関数によって表される。各軸のトルクは、全ての軸の角度 θ 、角速度 $d\theta/dt$ 、及び各加速度 $d^2\theta/dt^2$ を入力とする関数によって表される。なお、1、2、 $\dots$ 、 m は、各軸に対応する数である。また、下記の各関数は、必ずしも角度 θ 、角速度 $d\theta/dt$ 、及び各加速度 $d^2\theta/dt^2$ の全てを使用しなくてもよい。

[0030] 加減速時トルク

[数1]

$$T_{ac_n}(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m, \dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \dots, \dot{\theta}_m, \ddot{\theta}_1, \ddot{\theta}_2, \dots, \ddot{\theta}_m)$$

摩擦によるトルク

[数2]

$$T_{fr_n}(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m, \dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \dots, \dot{\theta}_m, \ddot{\theta}_1, \ddot{\theta}_2, \dots, \ddot{\theta}_m)$$

重力によるトルク

[数3]

$$T_{g_n}(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m, \dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \dots, \dot{\theta}_m, \ddot{\theta}_1, \ddot{\theta}_2, \dots, \ddot{\theta}_m)$$

干渉力によるトルク

[数4]

$$T_{int_n}(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m, \dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \dots, \dot{\theta}_m, \ddot{\theta}_1, \ddot{\theta}_2, \dots, \ddot{\theta}_m)$$

切削時トルク

[数5]

$$T_{cut_n}(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m, \dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \dots, \dot{\theta}_m, \ddot{\theta}_1, \ddot{\theta}_2, \dots, \ddot{\theta}_m)$$

トルクの合計

[数6]

$$T_n = T_{ac_n} + T_{fr_n} + T_{g_n} + T_{int_n} + T_{cut_n}$$

[0031] 各モータにおける消費電力 P_n は、

[数7]

- ・モータのトルク $T_n(t)$
 - ・モータの角速度 $\dot{\theta}_n(t)$
 - ・モータの効率 η
- を用いて、

$$P_n = \int \frac{1}{\eta} \cdot T_n \cdot \dot{\theta}_n dt$$

と表すことができる。

モータの角速度は、加工プログラムから得られるモータ角度の時系列データから計算でき、モータ効率は、モータのトルク及び角速度を変数にもつ値として事前に得ることができる。

[0032] [加速時のトルク]

図5 A及び図5 Bは、加速時のトルクについて説明するための図である。なお、図5 A、図5 B、図6 A、図6 B、図7 A及び図7 Bに示される視点V 1及び視点V 2は、図3に示される視点V 1及び視点V 2に対応する。図5 A及び図5 Bに示されるような工作機械2 0において、テーブル2 5上に質量 m 、軸Cからの距離が r であり、重心が軸Aと同じ高さの偏心荷重（質点）Pがあると仮定する。

[0033] 偏心荷重Pが軸Aの中心軸上に存在する状態を基準として、第1回転機構2 4（軸C）が θ_c 回転したとき、軸Aを加減速する際に要するトルクは、予め得られる慣性モーメント J_A を用いて以下のように表される。

[数8]

$$T_{ac_A}(\theta_C, \ddot{\theta}_A) = (J_A + mr^2 \sin^2 \theta_C) \cdot \ddot{\theta}_A$$

[0034] [摩擦によるトルク]

図3に示されるような工作機械20において、軸Xを稼働する際の摩擦によるトルクは、予め得られる摩擦係数 μ_X を用いて以下のように表される。

[数9]

$$T_{fr_X}(\dot{\theta}_X) = \mu_X \cdot \dot{\theta}_X$$

[0035] [重力によるトルク]

図6A及び図6Bは、重力によるトルクについて説明するための図である。図6A及び図6Bに示されるような工作機械20において、テーブル25が水平の状態を基準に、第2回転機構26（軸A）が θ_A 回転したとき、重力に対して軸Aを支えるためのトルクは、予め得られるテーブル25の質量M、及びテーブル25の重心と軸Aの回転中心との距離rを用いて以下のように表される。

[数10]

$$T_{g_A}(\theta_A) = Mgr \sin \theta_A$$

[0036] [干渉力によるトルク]

図7A及び図7Bは、干渉力によるトルクについて説明するための図である。図7A及び図7Bに示されるような工作機械20において、テーブル25上に質量m、軸Cからの距離がrである偏心荷重（質点）Pがあると仮定する。軸Aを含むテーブル25と平行な面と偏心荷重（質点）Pの距離はhと仮定する。偏心荷重Pが軸Aを含むテーブル25と垂直な面上にあり、視点V1から見たときにテーブル25の奥側に存在する状態を基準として、第

1 回転機構 2 4（軸 C）が θ_c 回転した位置にある状態で、軸 C を加速させると、遠心力 F 2 及び慣性力 F 1 が回転軸 A に影響を与える。この力に対抗するためのトルクを

[数11]

$$T_{int_A}$$

とすると、干渉力によるトルクは、以下のように表される。

[数12]

$$\begin{aligned} T_{int_A}(\theta_c, \dot{\theta}_c, \ddot{\theta}_c) \\ &= mr\dot{\theta}_c^2 \sin \theta_c \cdot h - mr\ddot{\theta}_c \cos \theta_c \cdot h \\ &= mrh(\dot{\theta}_c^2 \sin \theta_c - \ddot{\theta}_c \cos \theta_c) \end{aligned}$$

[0037] [切削時トルク]

切削時にかかるトルクは、工具、加工対象の材質、及び加工時の相対速度によって決定されるため、予め任意の関数によって与えられる。

[0038] 図 8 から図 1 1 は、工作機械 2 0 の機械仕様の例を示す図である。図 8 から図 1 1 に示される画面 D 1 から D 4 は、それぞれ、工作機械 2 0 の機械仕様を入力するための入力画面例を示す。

[0039] 図 8 から図 1 0 に示されるように、画面 D 1 から D 3 は、工作機械 2 0 の機械仕様として、機械タイプ 3 1 と、直線軸（基本軸）3 2 と、第 1 回転軸 3 3 と、第 2 回転軸 3 4 と、交叉オフセットベクトル 3 5 と、基準工具軸方向 3 6 と、制御点シフトベクトル 3 7 と、を入力可能である。

[0040] また、図 1 1 に示されるように、画面 D 4 は、工作機械 2 0 の機械仕様として、各軸の摩擦係数及び各軸の慣性モーメント 3 8 と、偏心荷重の重心の位置を示す三次元座標及び重量 3 9 と、ワークの重心の位置を示す三次元座標及び重量 4 0 と、を入力可能である。

[0041] 以上説明したように本実施形態によれば、消費電力算出装置 1 は、少なく

とも主軸又は送り軸を含む駆動装置を備える工作機械のための加工プログラムを取得する加工プログラム取得部 11 と、工作機械の機械仕様を取得する機械仕様取得部 12 と、工作機械の駆動装置における 1 以上のモータのモータ効率を取得するモータ効率取得部 13 と、加工プログラム及び工作機械の機械仕様に基づいて、各モータの角速度及び各モータのトルクの時系列データをシミュレーションする力学シミュレーション部 14 と、各モータの角速度及び各モータのトルクの時系列データ、並びに各モータのモータ効率に基づいて、工作機械の駆動装置によって消費される消費電力の時系列データを算出する消費電力算出部 15 と、を備える。

[0042] このような構成によって、消費電力算出装置 1 は、工作機械の軸構成や回転軸の偏心過重の情報等に基づいて、工作機械の姿勢に応じて変化する重力及び軸間に生じる慣性力を算出することができ、複雑な軸構成の工作機械でも高精度なシミュレーションを行うことが可能となる。よって、消費電力算出装置 1 は、工作機械を実際に稼働させることなく、加工プログラムから消費電力を高精度にシミュレーションでき、消費電力を抑えた工作機械の設計にも役立てることができる。

[0043] また、消費電力算出装置 1 は、消費電力算出部 15 によって算出された消費電力を表示する表示部 6 を備える。このような構成によって、消費電力算出装置 1 は、ユーザに対して算出された消費電力を提示することができる。

[0044] また、各モータのトルクは、少なくとも重力によるトルク及び干渉力によるトルクを含み、各モータのトルクは、重力によるトルク、干渉力によるトルク、加減速時トルク、摩擦によるトルク及び切削時トルクを含むことが好ましい。重力によるトルク及び干渉力によるトルクは、工作機械の姿勢により変化するため、消費電力算出装置 1 は、全ての軸を含む工作機械の姿勢を考慮して各軸のトルク計算を行うことによって、工作機械の消費電力を高精度にシミュレーションできる。

[0045] また、工作機械の機械仕様は、工作機械の軸の構成、各モータの摩擦係数、各モータの慣性モーメント、各モータの偏心荷重、及び各モータのワーク

の荷重のうちの少なくとも1つを含む。このような構成によって、消費電力算出装置1は、工作機械の軸構成及び回転軸の偏心荷重の情報に基づいて、工作機械の姿勢に応じて変化する重力及び軸間に生じる慣性力を算出することができ、複雑な軸構成の工作機械でも高精度な消費電力のシミュレーションを可能にする。

[0046] 以上、本発明の実施形態について説明したが、上記の消費電力算出装置1は、ハードウェア、ソフトウェア又はこれらの組み合わせにより実現することができる。また、上記の消費電力算出装置1により行なわれる制御方法も、ハードウェア、ソフトウェア又はこれらの組み合わせにより実現することができる。ここで、ソフトウェアによって実現されるとは、コンピュータがプログラムを読み込んで実行することにより実現されることを意味する。

[0047] プログラムは、様々なタイプの非一時的なコンピュータ可読媒体（*non-transitory computer readable medium*）を用いて記憶され、コンピュータに供給することができる。非一時的なコンピュータ可読媒体は、様々なタイプの実体のある記録媒体（*tangible storage medium*）を含む。非一時的なコンピュータ可読媒体の例は、磁気記録媒体（例えば、ハードディスクドライブ）、光磁気記録媒体（例えば、光磁気ディスク）、CD-ROM（*Read Only Memory*）、CD-R、CD-R/W、半導体メモリ（例えば、マスクROM、PROM（*Programmable ROM*）、EPROM（*Erasable PROM*）、フラッシュROM、RAM（*random access memory*））を含む。

[0048] 本開示について詳述したが、本開示は上述した個々の実施形態に限定されるものではない。これらの実施形態は、本開示の要旨を逸脱しない範囲で、または、特許請求の範囲に記載された内容とその均等物から導き出される本開示の趣旨を逸脱しない範囲で、種々の追加、置き換え、変更、部分的削除等が可能である。また、これらの実施形態は、組み合わせて実施することもできる。例えば、上述した実施形態において、各動作の順序や各処理の順序

は、一例として示したものであり、これらに限定されるものではない。また、上述した実施形態の説明に数値又は数式が用いられている場合も同様である。

[0049] 上記実施形態及び変形例に関し、更に以下の付記を開示する。

(付記 1)

少なくとも主軸又は送り軸を含む駆動装置を備える工作機械のための加工プログラムを取得する加工プログラム取得部 (11) と、

前記工作機械の機械仕様を取得する機械仕様取得部 (12) と、

前記駆動装置における 1 以上のモータのモータ効率を取得するモータ効率取得部 (13) と、

前記加工プログラム及び前記機械仕様に基づいて、前記各モータの角速度及び前記各モータのトルクの時系列データをシミュレーションする力学シミュレーション部 (14) と、

前記各モータの角速度及び前記各モータのトルクの時系列データ、並びに前記各モータのモータ効率に基づいて前記駆動装置によって消費される消費電力の時系列データを算出する消費電力算出部 (15) と、
を備える消費電力算出装置 (1)。

(付記 2)

算出された前記消費電力を表示する消費電力表示部 (6) を更に備える付記 1 に記載の消費電力算出装置。

(付記 3)

前記各モータのトルクは、少なくとも重力によるトルク及び干渉力によるトルクを含む、付記 1 又は 2 に記載の消費電力算出装置。

(付記 4)

前記各モータのトルクは、前記重力によるトルク、前記干渉力によるトルク、加減速時トルク、摩擦によるトルク及び切削時トルクを含む、付記 3 に記載の消費電力算出装置。

(付記 5)

前記工作機械の機械仕様は、前記工作機械の軸の構成、前記各モータの摩擦係数、前記各モータの慣性モーメント、前記各モータの偏心荷重、及び前記各モータのワークの荷重のうちの少なくとも１つを含む、付記１又は２に記載の消費電力算出装置。

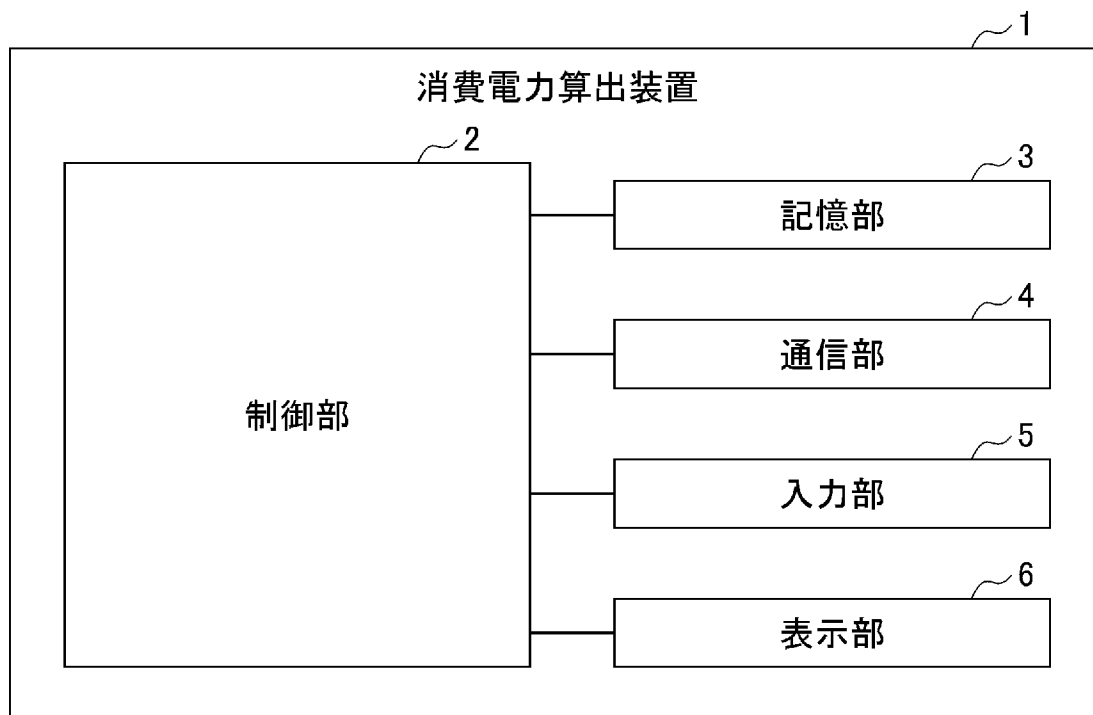
符号の説明

- [0050]
- 1 消費電力算出装置
 - 2 制御部
 - 3 記憶部
 - 4 通信部
 - 5 入力部
 - 6 表示部
 - 1 1 加工プログラム取得部
 - 1 2 機械仕様取得部
 - 1 3 モータ効率取得部
 - 1 4 力学シミュレーション部
 - 1 5 消費電力算出部

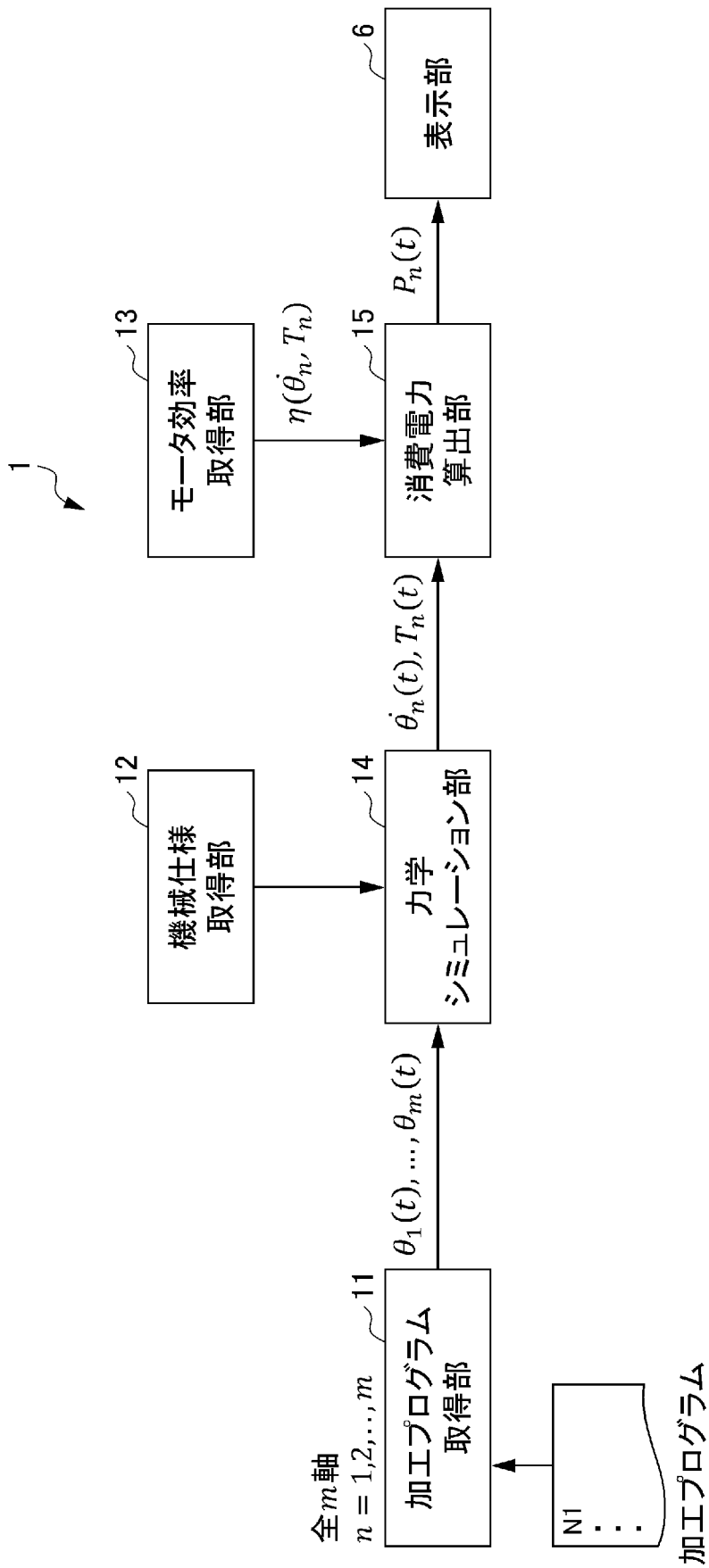
請求の範囲

- [請求項1] 少なくとも主軸又は送り軸を含む駆動装置を備える工作機械のための加工プログラムを取得する加工プログラム取得部と、
 前記工作機械の機械仕様を取得する機械仕様取得部と、
 前記駆動装置における 1 以上のモータのモータ効率を取得するモータ効率取得部と、
 前記加工プログラム及び前記機械仕様に基づいて、前記各モータの角速度及び前記各モータのトルクの時系列データをシミュレーションする力学シミュレーション部と、
 前記各モータの角速度及び前記各モータのトルクの時系列データ、並びに前記各モータのモータ効率に基づいて前記駆動装置によって消費される消費電力の時系列データを算出する消費電力算出部と、
 を備える消費電力算出装置。
- [請求項2] 算出された前記消費電力を表示する消費電力表示部を更に備える請求項 1 に記載の消費電力算出装置。
- [請求項3] 前記各モータのトルクは、少なくとも重力によるトルク及び干渉力によるトルクを含む、請求項 1 又は 2 に記載の消費電力算出装置。
- [請求項4] 前記各モータのトルクは、前記重力によるトルク、前記干渉力によるトルク、加減速時トルク、摩擦によるトルク及び切削時トルクを含む、請求項 3 に記載の消費電力算出装置。
- [請求項5] 前記工作機械の機械仕様は、前記工作機械の軸の構成、前記各モータの摩擦係数、前記各モータの慣性モーメント、前記各モータの偏心荷重、及び前記各モータのワークの荷重のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 1 又は 2 に記載の消費電力算出装置。

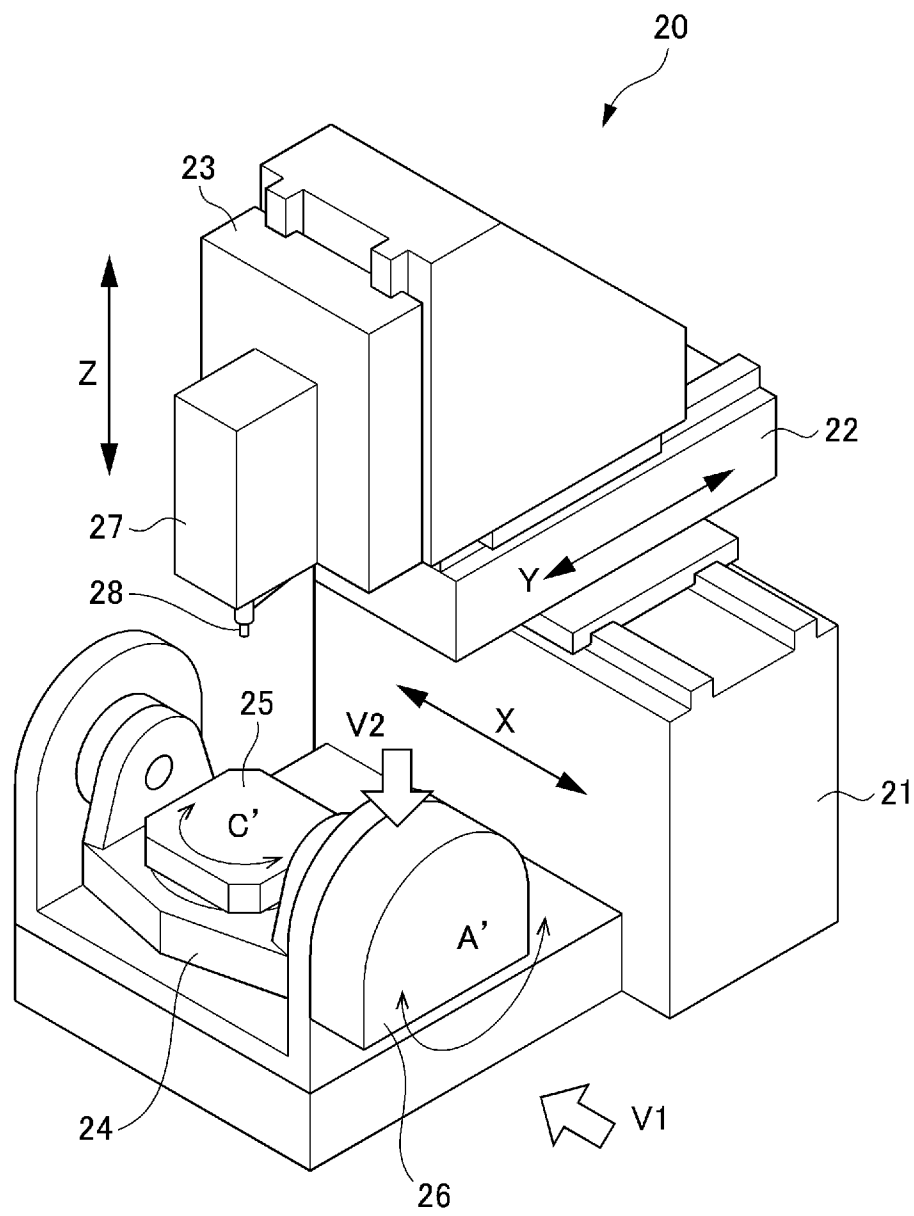
[図1]



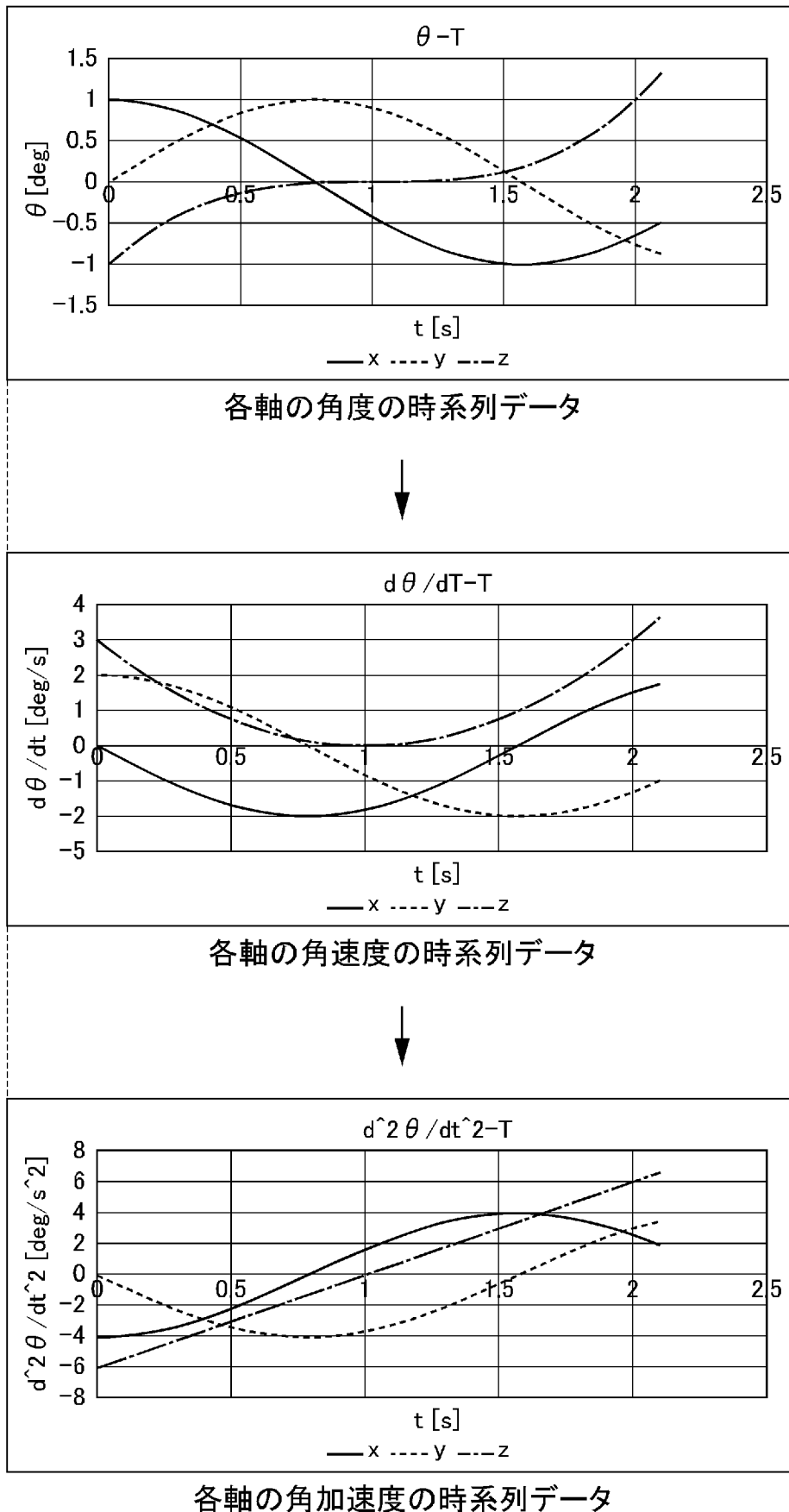
[図2]



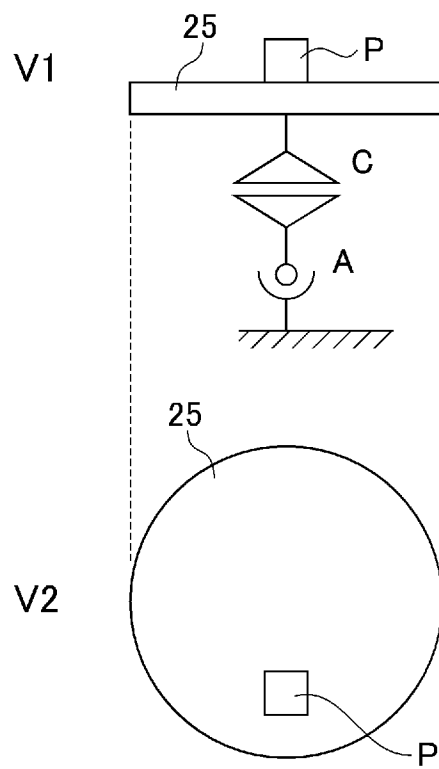
[図3]



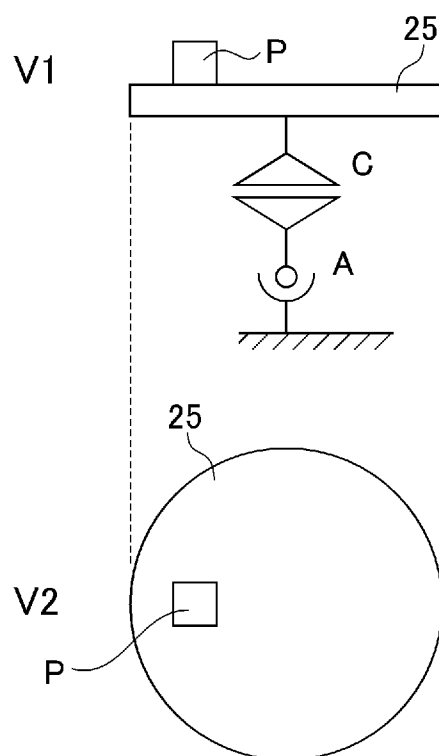
[図4]



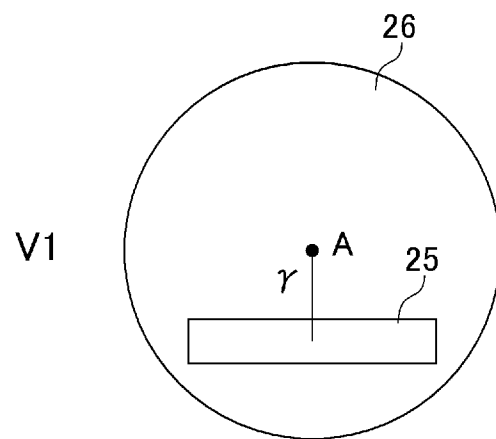
[図5A]



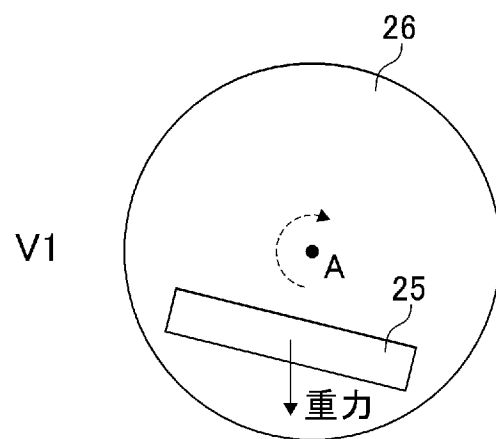
[図5B]



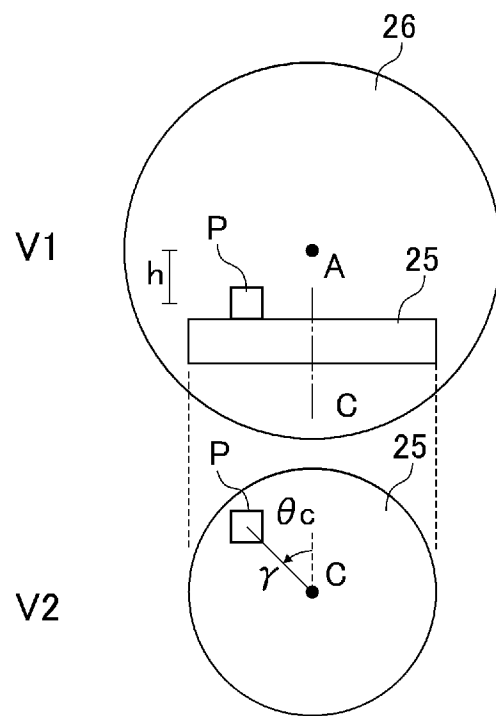
[図6A]



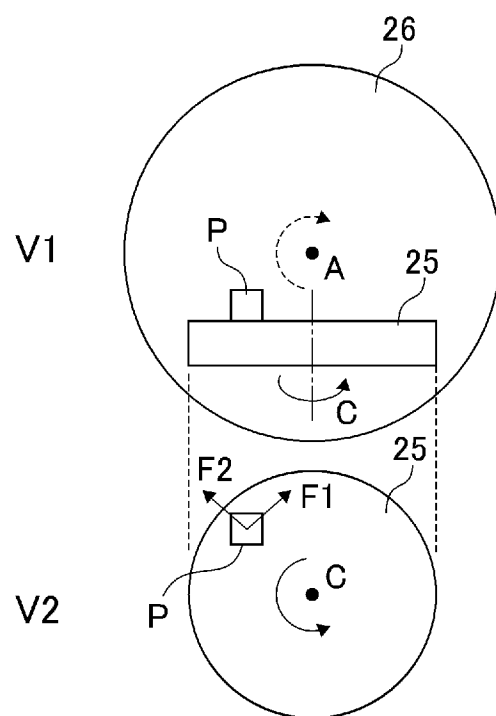
[図6B]



[図7A]



[図7B]



[図8]

5 軸機用設定

機械タイプ (M)

☒ 工具回転形

☐ テーブル回転形

☐ 混合形

第1回転軸 (F)

軸

- (?)

マスタ

軸の方向

X 軸周り

傾斜角度

0.000000

deg

☒ CW

☐ CCW

☐ 仮想軸に設定

0.000000

deg

第2回転軸 (S)

軸

- (?)

スレーブ

軸の方向

X 軸周り

傾斜角度

0.000000

deg

☒ CW

☐ CCW

☐ 仮想軸に設定

0.000000

deg

直線軸

(基本3軸)XL

☐ 傾斜軸制御有効

傾斜軸:

直交軸:

傾斜角度 (deg)

0.000000

交叉オフセットベクトル (I)

X

V1

0.000000

Y

V2

0.000000

Z

0.000000

単位: mm

基準工具軸方向 (R)

基準軸

RA

0.000000

deg

RB

0.000000

deg

ツールホルダオフセット

0.000000

mm

制御点シフトベクトル (C)

X

0.000000

mm

Y

0.000000

mm

Z

0.000000

mm

☐ シフトする

☐ パラメータを使用

OK

キャンセル

31

33

35

32

36

37

34

D1

X

[図9]

5 軸機用設定

機械タイプ (M)

☐ 工具回転形

☒ テーブル回転形

☐ 混合形

第1回転軸 (F)

軸

- (?)

マスタ

軸の方向

X 軸周り

>

傾斜角度

0.000000

deg

☒ CW

☐ CCW

☐ 仮想軸に設定

0.000000

deg

第2回転軸 (S)

軸

- (?)

スレーブ

軸の方向

X 軸周り

>

傾斜角度

0.000000

deg

☒ CW

☐ CCW

☐ 仮想軸に設定

0.000000

deg

直線軸

(基本3軸)XL

☐ 傾斜軸制御有効

傾斜軸:

>

直交軸:

>

傾斜角度 (deg)

0.000000

交叉オフセットベクトル (I)

X

Y

Z

V1

V2

0.000000

0.000000

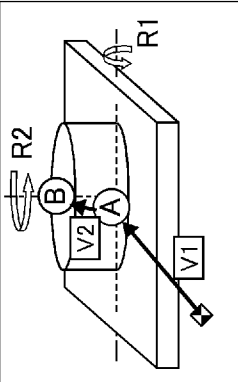
0.000000

0.000000

0.000000

0.000000

単位: mm



基準工具軸方向 (R)

基準軸

>

RA

0.000000

deg

RB

0.000000

deg

ツールホルダオフセット

0.000000

mm

制御点シフトベクトル (C)

X

Y

Z

0.000000

0.000000

0.000000

mm

mm

mm

☐ シフトする

☐ パラメータを使用

OK

キャンセル

D2

31

33

34

35

36

37

[図10]

5 軸機用設定

X

D3

機械タイプ (M)

☐ 工具回転形

☐ テーブル回転形

☒ 混合形

第1回転軸 (F)

軸

- (?)

工具回転軸

軸の方向

X 軸周り

>

傾斜角度

0.000000

deg

☒ CW

☐ CCW

☐ 仮想軸に設定

0.000000

deg

第2回転軸 (S)

軸

- (?)

テーブル回転軸

軸の方向

X 軸周り

>

傾斜角度

0.000000

deg

☒ CW

☐ CCW

☐ 仮想軸に設定

0.000000

deg

31

33

34

直線軸

(基本3軸)XL

☐ 傾斜軸制御有効

傾斜軸:

>

直交軸:

>

傾斜角度 (deg)

0.000000

32

交叉オフセットベクトル (I)

V1

V2

X

0.000000

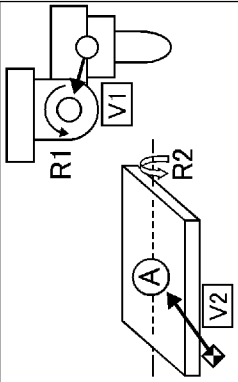
Y

0.000000

Z

0.000000

単位: mm



35

基準工具軸方向 (R)

基準軸

>

RA

0.000000

deg

RB

0.000000

deg

ツールホルダオフセット

0.000000

mm

制御点シフトベクトル (C)

X

0.000000

mm

Y

0.000000

mm

Z

0.000000

mm

☐ シフトする

☐ パラメータを使用

36

37

OK

キャンセル

[図11]

D4

	摩擦係数	慣性モーメント [kg m ²]	
X			38 クレードルの A 軸回りの慣性モーメント テーブルの C 軸回りの慣性モーメント
Y			
Z			
A			
C			

荷重データ

	偏心荷重 1	偏心荷重 2	偏心荷重 3	
X[mm]				39 ...
Y[mm]				
Z[mm]				
m[kg]				

	ワーク 1	ワーク 2	ワーク 3	
X[mm]				40 ...
Y[mm]				
Z[mm]				
m[kg]				

OK

キャンセル

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/000749

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G05B 19/18**(2006.01)i; **G05B 19/4069**(2006.01)i; **G05B 19/4155**(2006.01)i

FI: G05B19/18 W; G05B19/4155 V; G05B19/4069

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)

G05B19/18; G05B19/4063; G05B19/4069; G05B19/4155; B23Q17/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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 2014-219911 A (TOSHIBA MACHINE CO., LTD.) 20 November 2014 (2014-11-20) paragraphs [0022]-[0060], fig. 1-5	1-5
Y	JP 2011-138463 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 14 July 2011 (2011-07-14) paragraph [0034]	1-5
A	US 2011/0316335 A1 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 29 December 2011 (2011-12-29) paragraphs [0023]-[0050], fig. 1	1-5

☐ 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

02 March 2023

Date of mailing of the international search report

14 March 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/000749

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2014-219911	A	20 November 2014	(Family: none)	
JP	2011-138463	A	14 July 2011	(Family: none)	
US	2011/0316335	A1	29 December 2011	DE 102009054829	A1
				CN 102121952	A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G05B 19/18(2006.01)i; G05B 19/4069(2006.01)i; G05B 19/4155(2006.01)i FI: G05B19/18 W; G05B19/4155 V; G05B19/4069										
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）） G05B19/18; G05B19/4063; G05B19/4069; G05B19/4155; B23Q17/00										
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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 2014-219911 A（東芝機械株式会社）20.11.2014（2014 - 11 - 20） 段落[0022]-[0060], 図1-5	1-5								
Y	JP 2011-138463 A（三菱電機株式会社）14.07.2011（2011 - 07 - 14） 段落[0034]	1-5								
A	US 2011/0316335 A1（SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT）29.12.2011（2011 - 12 - 29） 段落[0023]-[0050], 図1	1-5								
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的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 </td> <td> “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 02.03.2023	国際調査報告の発送日 14.03.2023									
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 小川 真 3C 3934 電話番号 03-3581-1101 内線 3324									

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/000749

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2014-219911	A	20.11.2014	(ファミリーなし)			
JP	2011-138463	A	14.07.2011	(ファミリーなし)			
US	2011/0316335	A1	29.12.2011	DE	102009054829	A1	
				CN	102121952	A	