

(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
2021年12月30日(30.12.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/261418 A1

(51) 国際特許分類:

B23B 49/00 (2006.01) **G05B 19/4155** (2006.01)
B23Q 17/09 (2006.01) **G05B 19/418** (2006.01)
G05B 19/18 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/023312

(22) 国際出願日: 2021年6月21日(21.06.2021)

(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 2020-109100 2020年6月24日(24.06.2020) JP

(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: 芝▲崎▼泰弘(SHIBASAKI Yasuhiro);
〒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).

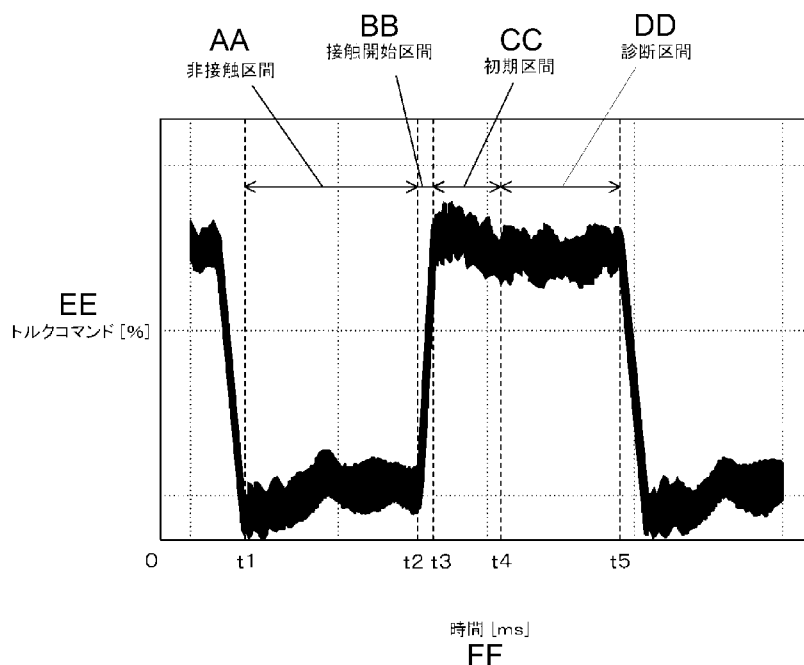
(74) 代理人: あいわ特許業務法人(AIWA INTER-
NATIONAL PATENT AGENCY); 〒1040045 東
京都中央区築地一丁目1 2 番 2 2 号 コ
ンワビル4階 Tokyo (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ,

(54) Title: TOOL DIAGNOSTIC DEVICE AND TOOL DIAGNOSTIC METHOD

(54) 発明の名称: 工具診断装置、および工具診断方法

[図3]



AA Non-contact interval
BB Contact initiation interval
CC Initial interval
DD Diagnostic interval
EE Torque command [%]
FF Time [ms]

(57) Abstract: This tool diagnostic device is provided with: a data acquisition unit that acquires time-series data pertaining to a deterioration state of a boring tool when a boring process is taking place; a diagnostic interval extraction unit that, from the time-series data acquired by the data acquisition unit, extracts diagnostic interval time-series data, which is acquired when the process takes place in a diagnostic interval between a halfway position in a bore and a process termination position; and a deterioration diagnostic unit that, using the diagnostic interval time-series data extracted by the diagnostic

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

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

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

interval extraction unit, performs a diagnostic on deterioration of the boring tool.

(57) 要約: 工具診断装置が、穴の加工が行われる際に穴あけ工具の劣化状態に関する時系列データを取得するデータ取得部と、データ取得部に取得される時系列データのうち、穴の途中位置から加工終了位置までの診断区間の加工が行われる際に取得される診断区間時系列データを抽出する診断区間抽出部と、診断区間抽出部によって抽出される診断区間時系列データを利用して、穴あけ工具の劣化を診断する劣化診断部と、を備える。

明 細 書

発明の名称： 工具診断装置、および工具診断方法

技術分野

[0001] 本発明は、工具診断装置、および工具診断方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、工作機械において、加工工具の使用限界は、加工工具の仕様ごとに設定される。

例えば、穴あけ工具の使用限界には、工具メーカーが推奨する限界加工時間、限界加工距離、または限界加工回数が用いられる。使用限界に達した穴あけ工具は、新品の穴あけ工具に交換される。

[0003] しかし、このように使用限界を設定する方法では、加工条件、あるいは、ワークの材質など、穴あけ工具が用いられる使用条件については考慮されていない。そのため、未だ劣化していない穴あけ工具が新品の穴あけ工具に交換されてしまったり、激しく劣化した穴あけ工具であっても交換されなかったりするおそれがある。

[0004] また、外乱負荷トルクの変化率を求めることによって、穴あけ工具の劣化を診断することも行われている（特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特開平 7－5 1 9 9 8 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、特許文献１に記載された技術では、外乱負荷トルクの検出データがノイズの影響を受けた場合、穴あけ工具の劣化を高い精度で診断できなくなるおそれがある。

[0007] 本発明は、穴あけ工具の劣化を精度よく診断する工具診断装置、および工具診断方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 工具診断装置が、穴の加工が行われる際に穴あけ工具の劣化状態に関する時系列データを取得するデータ取得部と、データ取得部に取得される時系列データのうち、穴の途中位置から加工終了位置までの診断区間の加工が行われる際に取得される診断区間時系列データを抽出する診断区間抽出部と、診断区間抽出部によって抽出される診断区間時系列データを利用して、穴あけ工具の劣化を診断する劣化診断部と、を備える。

[0009] 工具診断方法が、穴の加工が行われる際に穴あけ工具の劣化状態に関する時系列データを取得することと、時系列データのうち、穴の途中位置から加工終了位置までの診断区間の加工が行われる際に取得される診断区間時系列データを抽出することと、抽出される診断区間時系列データを利用して、穴あけ工具の劣化を診断することと、を含む。

発明の効果

[0010] 本発明により、穴あけ工具の劣化を精度よく診断する工具診断装置、および工具診断方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]工作機械のハードウェア構成の一例を説明する図である。

[図2]第1の実施形態の工具診断装置の機能の一例を示すブロック図である。

[図3]新品の穴あけ工具による穴の加工時の波形データの一例を示す図である。

[図4]新品ではない穴あけ工具による穴の加工時の波形データの一例を示す図である。

[図5]第1の実施形態の工具診断装置が実行する処理の一例を示すフローチャートである。

[図6]第2の実施形態の工具診断装置の機能の一例を示すブロック図である。

[図7]加工履歴記憶部が記憶する加工履歴データの一例を示す図である。

[図8]差分波形データの一例を示す図である。

[図9]第2の実施形態の工具診断装置が実行する処理の一例を示すフローチャートである。

ートである。

[図10]第3の実施形態の工具診断装置の機能の一例を示すブロック図である。

[図11]特徴データが抽出されるタイミングおよび残り寿命を説明する図である。

[図12]学習モデルが作成される際に実行される処理の一例を示すフローチャートである。

[図13]工具の寿命が診断される際に実行される処理の一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

[0012] [第1の実施形態]

以下、第1の実施形態について図面を用いて説明する。

[0013] 図1は、工作機械のハードウェア構成の一例を説明する図である。

[0014] 工作機械1は、工具診断装置2と、表示装置3と、入力装置4と、サーボアンプ5およびサーボモータ6と、スピンドルアンプ7およびスピンドルモータ8と、周辺機器9とを備える。

[0015] 工具診断装置2は、工具、特に、穴あけ工具の摩耗などの劣化を診断する装置である。

穴あけ工具は、例えば、ドリルである。ドリルは、例えば、ソリッドドリル、刃先交換式ドリル、あるいは、ガンドリルである。

[0016] 工具診断装置2は、工作機械1の数値制御装置に組み込まれていてもよい。また、工具診断装置2は、工作機械1の数値制御装置に接続されるPC (Personal Computer)、およびサーバなどに組み込まれていてもよい。本実施形態では、工具診断装置2は、工作機械1の数値制御装置に組み込まれており、工具診断装置2が数値制御装置の各機能を実行するものとして説明する。

[0017] 工具診断装置2は、CPU (Central Processing Unit) 10と、バス11と、ROM (Read Only Memory

）１２と、ＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ Ａｃｃｅｓｓ Ｍｅｍｏｒｙ）１３と、不揮発性メモリ１４とを備えている。

[0018] ＣＰＵ１０は、システムプログラムに従って工具診断装置２の全体を制御するプロセッサである。ＣＰＵ１０は、バス１１を介してＲＯＭ１２に格納されたシステムプログラム、工具診断プログラムなどを読み出す。また、ＣＰＵ１０は、工具診断プログラムに従って、工具の診断処理を実行する。また、ＣＰＵ１０は、加工プログラムに従って、サーボモータ６およびスピンドルモータ８などを制御し、穴あけ加工を実行する。

[0019] バス１１は、工具診断装置２内の各ハードウェアを互いに接続する通信路である。工具診断装置２内の各ハードウェアはバス１１を介してデータをやり取りする。

[0020] ＲＯＭ１２は、工具診断装置２全体を制御するためのシステムプログラム、穴あけ工具の劣化診断を行うための工具診断プログラム、および各種データを解析するための解析プログラムなどを記憶する記憶装置である。

[0021] ＲＡＭ１３は、各種データを一時的に格納する記憶装置である。ＲＡＭ１３は、加工プログラムを解析して算出される工具経路に関するデータ、表示用のデータ、外部から入力されるデータなどを一時的に記憶する。ＲＡＭ１３は、ＣＰＵ１０が各種データを処理するための作業領域として機能する。

[0022] 不揮発性メモリ１４は、工作機械１の電源が切られ、工具診断装置２に電源が供給されていない状態でもデータを保持する記憶装置である。不揮発性メモリ１４は、例えば、ＳＳＤ（Ｓｏｌｉｄ Ｓｔａｔｅ Ｄｒｉｖｅ）で構成される。不揮発性メモリ１４は、例えば、入力装置４から入力された工具補正データ、または、ネットワーク（不図示）を介して入力された加工プログラムなどを記憶する。

[0023] 工具診断装置２は、さらに、第１のインタフェース１５と、第２のインタフェース１６と、軸制御回路１７と、スピンドル制御回路１８と、ＰＬＣ（Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ Ｌｏｇｉｃ Ｃｏｎｔｒｏｌｌｅｒ）１９と、Ｉ／Ｏユニット２０とを備えている。

- [0024] 第1のインタフェース15は、バス11と表示装置3とを接続するインタフェースである。第1のインタフェース15は、例えば、CPU10が処理した各種データを表示装置3に送る。
- [0025] 表示装置3は、第1のインタフェース15を介して各種データを受け、各種データを表示する装置である。表示装置3は、例えば、不揮発性メモリ14に記憶された加工プログラム、工具補正量に関するデータなどを表示する。表示装置3は、LCD (Liquid Crystal Display) などのディスプレイである。
- [0026] 第2のインタフェース16は、バス11と入力装置4とを接続するインタフェースである。第2のインタフェース16は、例えば、入力装置4から入力されたデータをバス11を介してCPU10に送る。
- [0027] 入力装置4は、各種データを入力するための装置である。入力装置4は、例えば、工具の補正量に関するデータの入力を受け、入力されたデータを第2のインタフェース16を介して不揮発性メモリ14に送る。入力装置4は、例えば、キーボードである。なお、入力装置4と表示装置3とは、例えば、タッチパネルのように1つの装置として構成されてもよい。
- [0028] 軸制御回路17は、サーボモータ6を制御する制御回路である。軸制御回路17は、CPU10からの制御指令を受けてサーボモータ6を駆動させるための指令をサーボアンプ5に出力する。軸制御回路17は、例えば、サーボモータ6のトルクを制御するトルクコマンドをサーボアンプ5に送る。また、軸制御回路17は、サーボモータ6の回転速度を制御する回転速度コマンドをサーボアンプ5に送ってもよい。
- [0029] サーボアンプ5は、軸制御回路17からの指令を受けて、サーボモータ6に電力を供給する。
- [0030] サーボモータ6は、サーボアンプ5から電力の供給を受けて駆動するモータである。サーボモータ6は、例えば、刃物台、主軸頭、テーブルを駆動させるボールねじに連結される。サーボモータ6が駆動することにより、刃物台、主軸頭、テーブルなどの工作機械1の構成要素は、例えば、X軸方向、

Y軸方向、またはZ軸方向に移動する。工作機械1は、刃物台などの構成要素の位置および移動速度を検出する検出器（不図示）を有していてもよい。この場合、軸制御回路17は、検出器から出力される検出データを利用してフィードバック制御を行ってもよい。

[0031] スピンドル制御回路18は、スピンドルモータ8を制御するための制御回路である。加工プログラムに基づいて穴の加工が行われる際、スピンドル制御回路18は、CPU10からの制御指令を受けてスピンドルモータ8を駆動させるための指令をスピンドルアンプに出力する。スピンドル制御回路18は、例えば、スピンドルモータ8のトルクを制御するトルクコマンドをスピンドルアンプ7に送る。また、スピンドル制御回路18は、スピンドルモータ8の回転速度を制御する回転速度コマンドをスピンドルアンプ7に送ってもよい。

[0032] スピンドルアンプ7は、スピンドル制御回路18からの指令を受けて、スピンドルモータ8に電力を供給する。

[0033] スピンドルモータ8は、スピンドルアンプ7から電力の供給を受けて駆動するモータである。スピンドルモータ8は、主軸（不図示）に連結され、主軸を回転させる。

[0034] スピンドルモータ8は、例えば、主軸の回転角を検出するポジションコーダ（不図示）に連結されていてもよい。ポジションコーダは、主軸の回転角に応じて帰還パルスを出力する。スピンドル制御回路18は、ポジションコーダから出力される帰還パルスを利用してフィードバック制御を行ってもよい。スピンドル制御回路18に入力される帰還パルスは、CPU10に入力されるようにしてもよい。

[0035] PLC19は、ラダープログラムを実行して周辺機器9を制御する制御装置である。PLC19は、I/Oユニット20を介して周辺機器9を制御する。

[0036] I/Oユニット20は、PLC19と周辺機器9とを接続するインタフェースである。

I/Oユニット20は、PLC19から受けた指令を周辺機器9に送る。

[0037] 周辺機器9は、工作機械1に設置され、工作機械1がワークの加工を行う際の補助的な動作を行う装置である。周辺機器9は、工作機械1の周辺に設置される装置であってもよい。周辺機器9は、例えば、工具交換装置、およびマニピュレータなどのロボットである。

[0038] 次に、第1の実施形態の工具診断装置2の機能について説明する。

[0039] 図2は、第1の実施形態の工具診断装置2の機能の一例を示すブロック図である。工具診断装置2は、例えば、制御部21と、データ取得部22と、波形生成部23と、時系列データ記憶部24と、診断区間抽出部25と、特徴抽出部26と、劣化診断部27と、提示部28とを備えている。制御部21、データ取得部22、波形生成部23、診断区間抽出部25、特徴抽出部26、劣化診断部27および提示部28は、例えば、CPU10がROM12に記憶されているシステムプログラム、工具診断プログラム、および各種データを用いて、RAM13を作業領域として演算処理することにより実現される。また、時系列データ記憶部24は、CPU10の演算処理の演算結果をRAM13、または不揮発性メモリ14に記憶することにより実現される。

[0040] 制御部21は、工具診断装置2全体を制御する。制御部21は、例えば、加工プログラムに従ってサーボモータ6、およびスピンドルモータ8を制御して、ワークの穴の加工を行う。

[0041] データ取得部22は、穴あけ工具によって穴の加工が実行される際に、穴あけ工具の劣化状態に関する時系列データを取得する。劣化状態とは、例えば、工具の摩耗、または折損である。時系列データとは、穴の加工が行われる際に、例えば、制御周期ごとに取得されるデータの集合である。穴あけ工具によって加工される穴は、例えば、止まり穴である。

[0042] データ取得部22は、時系列データとして、例えば、スピンドル制御回路18からサーボデータを取得する。

[0043] サーボデータは、例えば、スピンドル制御回路18がスピンドルアンプ7

に向けて出力するトルクコマンドの指令値を示す指令データ、あるいは、スピンドルモータ 8 からスピンドル制御回路 18 にフィードバックされる主軸のトルクを示すフィードバックデータである。

[0044] サーボデータは、スピンドル制御回路 18 がスピンドルアンプ 7 に向けて出力する回転速度コマンドの指令値を示す指令データ、あるいは、スピンドルモータ 8 からスピンドル制御回路 18 にフィードバックされる主軸の回転速度を示すフィードバックデータであってもよい。

[0045] 波形生成部 23 は、データ取得部 22 が取得した時系列データに基づいて波形データを生成する。波形生成部 23 は、例えば、縦軸をトルクコマンドの指令値、横軸を時間とするグラフ上に、制御周期ごとに取得したトルクコマンドの指令値をプロットして波形データを生成する。つまり、波形データは、時系列データの変化が知覚されるように処理されたデータである。

[0046] 波形生成部 23 は、新品の穴あけ工具で最初の穴の加工が行われている間に取得される時系列データに基づいて波形データを生成する。また、波形生成部 23 は、新品ではない穴あけ工具で穴の加工が行われている間に取得される時系列データに基づいて波形データを生成する。

[0047] 新品の穴あけ工具とは、未だ加工に利用されていない未使用の穴あけ工具である。新品ではない穴あけ工具とは、すでにいくつかの穴を加工するために使用された穴あけ工具である。

[0048] 波形生成部は、どのようなタイミングで波形データを生成してもよい。例えば、各穴の加工中、継続的に波形データを生成してもよい。あるいは、波形生成部 23 は、あらかじめ定められた個数の穴が加工されるごとに、あるいは、あらかじめ定められた時間、穴の加工が行われるごとに、波形データを生成してもよい。

[0049] 図 3 および図 4 に、波形生成部 23 が生成する波形データの一例を示す。

[0050] 図 3 は、新品の穴あけ工具で最初の穴の加工が行われたときに取得された時系列データに基づいて生成された波形データを示す図である。図 3 において、縦軸がトルクコマンドの指令値、横軸が時間である。

- [0051] t_1 から t_2 までは、穴あけ工具とワークとが非接触の状態にある非接触区間において取得された時系列データに基づいて生成された波形データを示している。非接触区間において、波形データのデータ値は、低い値で推移している。
- [0052] t_2 から t_3 までは、穴あけ工具とワークとの接触が開始して穴あけ工具の切れ刃とワークとの接触面積が増大する接触開始区間において取得された時系列データに基づいて生成された波形データを示している。接触開始区間では、波形データのデータ値が急激に上昇する。
- [0053] t_3 から t_4 までは、穴あけ工具の外周がワークに接触する位置から穴の途中位置まで加工が行われる初期区間において取得された時系列データに基づいて生成された波形データを示している。穴の途中位置とは、穴の入り口と加工終了後の穴底との間の位置であり、穴の中間よりも入口側の位置である。穴の途中位置は、例えば、穴の全長のおよそ $1/3$ の深さの位置である。つまり、初期区間は、後述する診断区間以下の長さであり、診断区間は初期区間以上の長さである。以下では、加工終了後の穴底の位置を加工終了位置という。
- [0054] 初期区間は、様々なノイズの影響により、波形データのデータ値が安定しない区間である。つまり、初期区間に取得された時系列データには、穴あけ工具の劣化状態が反映されにくい。初期区間では、穴の内周面によって案内される穴あけ工具の外周面の面積が小さいため、穴あけ工具に振動が生じることが一因であると考えられる。
- [0055] 図3では初期区間において、波形データのデータ値が、全体的にわずかに下降している。換言すれば、図3に示す波形データを平滑化処理した場合、初期区間では時系列データのデータ値がわずかに下降している。
- [0056] t_4 から t_5 までは、穴の途中位置から加工終了位置までの診断区間において取得された時系列データに基づいて生成された波形データを示している。診断区間は、穴あけ工具が劣化したときに、穴あけ工具の劣化状態を反映する時系列データが取得される区間である。

[0057] 図3に示す診断区間における波形データのデータ値は、平均的にほぼ一定の値で推移している。換言すれば、図3に示す波形データを平滑化処理した場合、診断区間では波形データのデータ値がほぼ一定の値で推移する。

[0058] t_5 は、穴あけ工具が加工終了位置に到達し、穴あけ加工が終了した時間である。 t_5 では、穴あけ工具の穴からの引き抜きが開始される。穴あけ工具が穴から完全に引き抜かれると、穴あけ工具は、別の穴を加工するために別の穴に位置決めされる。

[0059] 図4は、新品ではない穴あけ工具によって加工が行われたときに取得された時系列データに基づいて生成された波形データを示す図である。図4において、縦軸がトルクコマンドの指令値、横軸が時間である。この波形データは、穴あけ工具の劣化診断に用いられる。

[0060] t_1' から t_2' までは非接触区間において取得された時系列データに基づいて生成された波形データを示している。非接触区間において、波形データのデータ値は、低い値で推移している。

[0061] t_2' から t_3' までは接触開始区間において取得された時系列データに基づいて生成された波形データを示している。新品の穴あけ工具の波形データと同様、接触開始区間では波形データのデータ値が急激に上昇している。

[0062] t_3' から t_4' までは初期区間において取得された時系列データに基づいて生成された波形データを示している。初期区間では、波形データのデータ値が、平均的に上下動している。換言すれば、図4に示す波形データを平滑化処理した場合、初期区間ではデータ値がいったん上昇した後に下降し、その後上昇する。上述したとおり、初期区間では、穴の内周面によって案内される穴あけ工具の外周面の面積が小さいため、穴あけ工具に振動が生じることが一因であると考えられる。

[0063] t_4' から t_5' までは診断区間において取得された時系列データに基づいて生成された波形データを示している。診断区間では、波形データのデータ値は、平均的にさらに上昇し、高い値で推移している。換言すれば、図4に示す波形を平滑化処理した場合、診断区間ではデータ値が上昇し、高い値

で推移する。穴あけ工具の切れ刃に摩耗などの劣化が生じ、切削抵抗が上昇したことが原因である。

[0064] t_5' は、穴あけ工具が加工終了位置に到達し、穴あけ加工が終了した時間である。 t_5' では、穴あけ工具の引き抜きが開始される。穴あけ工具が穴から完全に引き抜かれると、穴あけ工具は、別の穴を加工するために別の穴に位置決めされる。

[0065] ここで、図2に戻って工具診断装置2の説明を続ける。

[0066] 時系列データ記憶部24は、データ取得部22が取得した時系列データを記憶する。時系列データ記憶部24が記憶する時系列データは、例えば、波形生成部23が生成した波形データである。時系列データ記憶部24は、新品の穴あけ工具で加工が行われたときに取得された時系列データを記憶する。また、時系列データ記憶部24は、新品ではない穴あけ工具で加工が行われたときに取得された時系列データを記憶する。

[0067] 診断区間抽出部25は、時系列データ記憶部24に記憶された時系列データのうち診断区間の加工が行われているときに取得された診断区間時系列データを抽出する。診断区間時系列データは、例えば、診断区間の加工が行われているときに取得された時系列データに基づいて生成された診断区間波形データである。

[0068] どの程度の量の診断区間時系列データを抽出するかは、穴あけ工具の種類、あるいは、穴あけ工具の種類とワークの材質との組み合わせなどに応じてあらかじめ作業者などによって設定される。例えば、穴あけ工具の全長に対して穴あけ工具の直径が大きい場合、穴あけ加工の初期に発生する振動は、比較的早期に収まる。この場合、診断区間時系列データの長さは比較的長く設定される。

[0069] 一方、穴あけ工具の全長に対して直径が小さい場合、先端部分のある程度の長さが穴の内周面によって案内されるまで、振動が収まらない。この場合は、診断区間時系列データの長さは比較的短く設定される。このように診断区間時系列データの長さを設定する理由は、初期区間の時系列データに表れ

るノイズの影響を効率的に排除するためである。

[0070] 診断区間抽出部 25 は、例えば、加工プログラムおよびサーボデータに基づいて、穴あけ工具が診断区間を加工している際に取得される時系列データを特定することより、診断区間時系列データを抽出する。

[0071] 特徴抽出部 26 は、診断区間抽出部 25 が抽出した診断区間時系列データの特徴を示す特徴データを抽出する。特徴データとは、例えば、診断区間時系列データが示すデータ値の平均、分散、歪度、および尖度の少なくともいずれかである。また、特徴データは、診断区間時系列データが示すデータ値の最大値であってもよい。

[0072] 劣化診断部 27 は、特徴抽出部 26 によって抽出された特徴データに基づいて穴あけ工具の劣化を診断する。劣化診断部 27 は、例えば、特徴データの示すデータ値があらかじめ定められたしきい値以上であるか否か、あるいはしきい値以下であるか否かを判定し、穴あけ工具が劣化しているか否かを診断する。

[0073] しきい値は、複数設定されるようにしてもよい。この場合、劣化診断部 27 は、特徴データの値がどのしきい値を超えたかを判定し、穴あけ工具の劣化の度合いを診断する。

[0074] 例えば、第 1 のしきい値、第 2 のしきい値および第 3 のしきい値を設定する。特徴データの値が第 1 のしきい値未満である場合、劣化診断部 27 は、穴あけ工具が未だ劣化していないと判定する。特徴データの値が第 1 のしきい値以上、第 2 のしきい値未満である場合、劣化診断部 27 は、穴あけ工具の劣化度が低いと判定する。特徴データの値が第 2 のしきい値以上、第 3 のしきい値未満である場合、劣化診断部 27 は、穴あけ工具の劣化が少し進行していると判定する。特徴データの値が第 3 のしきい値以上である場合、劣化診断部 27 は、穴あけ工具の劣化がかなり進行し、使用限界に達したと判定する。

[0075] 劣化診断部 27 は、穴あけ工具の劣化の度合いに応じて、穴あけ工具の寿命を推定するようにしてもよい。穴あけ工具の寿命とは、穴あけ工具が使用

限界に達するまでの時間である。

[0076] 提示部 28 は、劣化診断部 27 による穴あけ工具の診断結果を提示する。

例えば、提示部 28 は、穴あけ工具の劣化状態の診断結果を示すデータを表示装置 3 に出力する。また、提示部 28 は、穴あけ工具の診断結果とともに時系列データの特徴を示す特徴データを表示装置 3 に出力してもよい。

[0077] 次に工具診断装置 2 が実行する処理の流れについて説明する。

[0078] 図 5 は、工具診断装置 2 が実行する処理の流れの一例を示すフローチャートである。工具診断装置 2 は、以下で説明する処理を、各穴の加工が行われるごとに実行してもよい。

また、工具診断装置 2 は、この処理をあらかじめ定められた個数の穴が加工されるごとに実行してもよい。

[0079] 穴あけ工具によって穴の加工が行われているとき、データ取得部 22 は、穴あけ工具の劣化状態に関する時系列データを取得する（ステップ S A 0 1）。

[0080] 次に、波形生成部 23 は、データ取得部 22 によって取得された時系列データに基づいて波形データを生成する（ステップ S A 0 2）。

[0081] 次に、時系列データ記憶部 24 は、データ取得部 22 で取得された時系列データを記憶する（ステップ S A 0 3）。時系列データ記憶部 24 が記憶する時系列データは、例えば、波形生成部 23 によって生成された波形データである。

[0082] 次に、診断区間抽出部 25 は、時系列データ記憶部 24 に記憶された時系列データのうち診断区間時系列データを抽出する（ステップ S A 0 4）。

[0083] 次に、特徴抽出部 26 は、診断区間抽出部 25 が抽出した診断区間時系列データの特徴を示す特徴データを抽出する（ステップ S A 0 5）。

[0084] 次に、劣化診断部 27 は、特徴抽出部 26 によって抽出された特徴データに基づいて穴あけ工具の劣化を診断する（ステップ S A 0 6）。

[0085] 次に、提示部 28 は、劣化診断部 27 によって診断された穴あけ工具の劣化の診断結果を提示し（ステップ S A 0 7）、処理を終了する。

[0086] 本実施形態の工具診断装置 2 は、診断区間時系列データを利用して、穴あけ工具の劣化を診断する。そのため、初期区間の時系列データに現れるノイズの影響を排除することができる。結果として、工具診断装置 2 は、穴あけ工具の劣化を精度よく診断することができる。

[0087] また、本実施形態の工具診断装置 2 では、診断区間が、穴の入口から途中位置までの初期区間以上の長さに設定される。そのため、穴あけ工具の劣化状態が確実に反映される時系列データに基づいて穴あけ工具の劣化を診断することができる。

[0088] また、本実施形態の工具診断装置 2 では、工作機械の主軸のトルクを示すデータおよび主軸の回転速度を示すデータのうち少なくともいずれかの時系列データが取得される。そのため、穴あけ工具の劣化状態に関する時系列データを容易に取得することができる。

[0089] また、本実施形態の工具診断装置 2 では、穴の加工を行うための指令データおよび穴の加工を行う際にフィードバックされるフィードバックデータの少なくともいずれかの時系列データが取得される。そのため、穴あけ工具の劣化状態に関する時系列データを容易に取得することができる。

[0090] また、本実施形態では、診断区間時系列データの特徴を示す特徴データが抽出され、特徴データに基づいて穴あけ工具の劣化の診断が行われる。そのため、ノイズの影響を排除して穴あけ工具の劣化を診断することができる。

[0091] また、本実施形態では、診断区間時系列データが示すデータ値の平均、分散、歪度および尖度の少なくともいずれかの特徴に基づいて穴あけ工具の劣化の診断が行われる。そのため、各種穴あけ工具に合わせて適切な特徴データを利用することができる。

[0092] [第 2 の実施形態]

次に、第 2 の実施形態について図面を用いて説明する。なお、第 1 の実施形態と同じ構成および機能については、説明を省略する。

[0093] 第 2 の実施形態の工具診断装置は、工具診断において基準となる基準時系列データと診断対象となる診断時系列データとの差分を示す差分時系列デー

タを利用して、穴あけ工具の劣化を診断する。基準時系列データと診断時系列データについては、後に詳しく説明する。

[0094] 図6は、第2の実施形態の工具診断装置2の機能の一例を示すブロック図である。

[0095] 第2の実施形態の工具診断装置2は、第1の実施形態の工具診断装置2が有する制御部21と、データ取得部22と、波形生成部23と、時系列データ記憶部24と、診断区間抽出部25と、特徴抽出部26と、劣化診断部27と、提示部28とを備えている。また、工具診断装置2は、さらに、加工履歴記憶部31と、差分時系列データ生成部32とを備えている。

[0096] 加工履歴記憶部31は、例えば、CPU10の演算処理の演算結果をRAM13、または不揮発性メモリ14に記憶することにより実現される。また、差分時系列データ生成部32は、CPU10がROM12に記憶されているシステムプログラム、工具診断プログラム、および各種データを用いて、RAM13を作業領域として演算処理することにより実現される。

[0097] 加工履歴記憶部31は、各穴あけ工具の加工履歴に関する加工履歴データを記憶する。

[0098] 図7は、加工履歴記憶部31が記憶する加工履歴データを説明する図である。加工履歴記憶部31は、制御部21によって各穴の加工が行われる際の各穴あけ工具の累積加工時間を記憶する。累積加工時間は、例えば、各穴あけ工具が穴の加工を行う際の切削送り時間の合計である。また、加工履歴記憶部31は、各穴あけ工具が加工した穴の数の累積数を記憶してもよい。

[0099] 波形生成部23は、データ取得部22が取得した時系列データに基づいて波形データを生成する。波形生成部23は、新品の穴あけ工具によって穴あけ加工が行われている間に取得された時系列データに基づいて基準波形データを生成する。基準波形データとは、工具の劣化の診断を行う際の基準となる波形データである。第1の実施形態で説明したように、図3に示す波形データは、新品の穴あけ工具による穴あけ加工が行われている間に取得された時系列データに基づいて生成された波形データである。つまり、図3に示す

波形データは基準波形データである。

[0100] 波形生成部 23 は、新品ではない穴あけ工具によって穴あけ加工が行われている間に取得される時系列データに基づいて診断波形データを生成する。診断波形データとは、穴あけ工具が劣化しているか否か診断するときの診断の対象となる波形データである。第 1 の実施形態で説明したように、図 4 に示す波形データは、新品ではない穴あけ工具による穴あけ加工が行われている間に取得された時系列データに基づいて生成された波形データである。つまり、図 4 に示す波形データは、診断波形データである。

[0101] 波形生成部 23 は、例えば、加工履歴記憶部 31 に記憶された加工履歴データを参照し、生成する波形データが基準波形データであるか、または診断波形データであるかを判定する。波形生成部 23 は、例えば、穴の加工の前に累積加工時間がゼロ時間である穴あけ工具によって穴の加工が行なわれたときに取得された時系列データに基づいて波形データを生成した場合、生成した波形データを基準波形データとする。波形生成部 23 は、穴あけ加工の前に累積加工時間がゼロ時間ではない穴あけ工具によって穴の加工が行われたときに取得された時系列データに基づいて波形データを生成した場合、生成した波形データを診断波形データとする。波形生成部 23 は、基準波形データおよび診断波形データに対してそれぞれ基準波形データおよび診断波形データであることを示すタグを付与してもよい。

[0102] 時系列データ記憶部 24 は、新品の穴あけ工具によって穴あけ加工が行われている間に取得された基準時系列データを記憶する。時系列データ記憶部 24 が記憶する基準時系列データは、例えば、波形生成部 23 が生成した基準波形データである。

[0103] 時系列データ記憶部 24 は、新品ではない穴あけ工具によって穴あけ加工が行われている間に取得される診断時系列データを記憶する。時系列データ記憶部 24 が記憶する診断時系列データは、例えば、波形生成部 23 が生成する診断波形データである。

[0104] 差分時系列データ生成部 32 は、時系列データ記憶部 24 に記憶された基

準時系列データと診断時系列データの差分を示す差分時系列データを生成する。差分時系列は、例えば、時系列データ記憶部 24 に記憶された基準波形データと診断波形データとの差分を示す差分波形データである。

[0105] 差分時系列データ生成部 32 は、診断時系列データにおける非接触区間、接触開始区間、初期区間および診断区間の各区間の時系列データと、基準時系列データにおける非接触区間、接触開始区間、初期区間および診断区間の各区間の時系列データとの差分を算出することにより差分時系列データを生成する。

[0106] 図 8 は、差分波形データの一例を示す図である。図 8 において、縦軸がトルクコマンドの指令値、横軸が時間である。

[0107] t_1 から t_2 までは非接触区間における基準波形データと診断波形データとの差分を示す差分波形データである。非接触区間における差分波形データは平均的にゼロ付近で推移する。つまり、この区間では基準波形データと診断波形データとの差はほとんどない。

[0108] t_2 から t_3 までは接触開始区間における基準波形データと診断波形データとの差分を示す差分波形データである。接触開始区間では、差分波形データが一時的に上昇している。これは、基準波形データにおけるデータ値の上昇タイミングと診断波形データにおけるデータ値の上昇タイミングの一瞬のずれが表れているためであると考えられる。

[0109] t_3 から t_4 までは、初期区間における基準波形データと診断波形データとの差分を示す差分波形データである。初期区間における差分波形データは、平均的に非接触区間における差分波形データが示す値よりも上昇している。この一因は、初期区間の基準波形データに表れるノイズと診断波形データに表れるノイズとの間に差があるためであると考えられる。

[0110] t_4 から t_5 までは、診断区間における基準波形データと診断波形データとの差分を示す差分波形データである。診断区間における差分波形データは、平均的に高い値で推移している。換言すれば、図 8 に示す差分波形データを平滑化処理した場合、診断区間では差分波形データの示す値が高い値

で推移している。これは、穴あけ工具の切れ刃に摩耗などの劣化が生じ、切削抵抗が上昇したことによるものである。

[0111] t_5 は、穴あけ工具が加工終了位置に到達し、穴あけ加工が終了した時間である。つまり、穴あけ工具が加工終了位置に到達する時間である。 t_5 では、穴あけ工具の引き抜きが開始される。

[0112] 図6に戻って工具診断装置2の各部の説明を続ける。

[0113] 診断区間抽出部25は、差分時系列データにおいて、診断区間が加工される際に取得された診断区間時系列データを抽出する。診断区間抽出部25は、例えば、加工プログラムおよびサーボデータに基づいて、穴あけ工具が診断区間を加工している際に取得される時系列データを特定することより、診断区間時系列データを抽出する。

[0114] 特徴抽出部26は、診断区間抽出部25が抽出した診断区間時系列データの特徴を示す特徴データを抽出する。特徴データとは、例えば、診断区間時系列データが示すデータ値の平均、分散、歪度、および尖度の少なくともいずれかである。

[0115] 劣化診断部27は、特徴抽出部26によって抽出された特徴データに基づいて穴あけ工具の劣化を診断する。劣化診断部27は、例えば、特徴データの示す値があらかじめ定められたしきい値以上であるか否か、あるいはしきい値以下であるか否かを判定し、穴あけ工具が劣化しているか否かを診断する。

[0116] 提示部28は、劣化診断部27による穴あけ工具の診断結果を提示する。例えば、提示部28は、穴あけ工具の劣化状態の診断結果を示すデータを表示装置3に出力する。

[0117] 次に工具診断装置2が実行する処理について説明する。

[0118] 図9は、工具診断装置2が実行する処理の一例を示すフローチャートである。工具診断装置2は、以下で説明する処理を、各穴の加工が行われるごとに実行してもよい。また、工具診断装置2は、この処理を、新品の穴あけ工具によって最初の加工が行われた後、あらかじめ定められた個数の穴が加工

されるごとに実行してもよい。

- [0119] 穴あけ工具によって穴の加工が行われているとき、データ取得部 22 は、穴あけ工具の劣化状態に関する時系列データを取得する（ステップ S B 0 1）。
- [0120] 次に、波形生成部 23 は、データ取得部 22 によって取得された時系列データに基づいて波形データを生成する（ステップ S B 0 2）。
- [0121] 次に、取得された時系列データが基準時系列データであるか、診断時系列データであるか判断される（ステップ S B 0 3）。
- [0122] 取得された時系列データが基準時系列データである場合（ステップ S B 0 3 において Y e s の場合）、時系列データ記憶部 24 は基準時系列データを記憶する（ステップ S B 0 4）。時系列データ記憶部 24 が基準時系列データを記憶すると、再びステップ S B 0 1 の処理に戻る。
- [0123] 取得された時系列データが診断時系列データである場合（ステップ S B 0 3 において N o の場合）、時系列データ記憶部 24 は診断時系列データを記憶する（ステップ S B 0 5）。
- [0124] 次に、差分時系列データ生成部 32 は、時系列データ記憶部 24 に記憶された基準時系列データと診断時系列データとに基づいて差分時系列データを生成する（ステップ S B 0 6）。
- [0125] 次に、診断区間抽出部 25 は、差分時系列データ生成部 32 が生成した差分時系列データのうち、診断区間が加工されている間に取得された時系列データを示す診断区間時系列データを抽出する（ステップ S B 0 7）。
- [0126] 次に、特徴抽出部 26 は、診断区間時系列データの特徴を示す特徴データを抽出する（ステップ S B 0 8）。
- [0127] 次に、劣化診断部 27 は、特徴抽出部 26 によって抽出された特徴データに基づいて穴あけ工具の劣化を診断する（ステップ S B 0 9）。
- [0128] 最後に、提示部 28 は、劣化診断部 27 によって診断された穴あけ工具の診断結果を提示する（ステップ S B 1 0）。
- [0129] 本実施形態の工具診断装置 2 は、基準時系列データと診断時系列データと

の差分を示す差分時系列データに基づいて穴あけ工具の劣化の診断を行う。したがって、穴あけ工具に劣化が生じたことを判定するための基準となるしきい値を穴あけ工具ごとに設定する必要がない。つまり、穴あけ工具の劣化を容易に診断することができる。

[0130] [第3の実施形態]

次に、第3の実施形態の工具診断装置2について説明する。なお、第1の実施形態または第2の実施形態の工具診断装置2と同じ構成及び機能については、説明を省略する。

[0131] 第3の実施形態の工具診断装置2は、機械学習を利用して、穴あけ工具の寿命を診断する構成を備えている。

[0132] 図10は、第3の実施形態の工具診断装置2の機能の一例を示すブロック図である。

[0133] 第3の実施形態の工具診断装置2は、第2の実施形態の工具診断装置2が有する制御部21、加工履歴記憶部31、データ取得部22、波形生成部23、時系列データ記憶部24、差分時系列データ生成部32、診断区間抽出部25、特徴抽出部26、劣化診断部27、および提示部28を備えている。工具診断装置2は、さらに、特徴記憶部33と、残り寿命算出部34と、学習部35と、学習結果記憶部36とを備える。

[0134] 特徴記憶部33および学習結果記憶部36は、例えば、CPU10の演算処理の演算結果をRAM13、または不揮発性メモリ14に記憶することにより実現される。また、残り寿命算出部34および学習部35は、例えば、CPU10がROM12に記憶されているシステムプログラム、工具診断プログラム、および各種データを用いて、RAM13を作業領域として演算処理することにより実現される。

[0135] 特徴記憶部33は、新品の穴あけ工具が使用限界に到達するまでの間、生成された差分時系列データの特徴を示す各特徴データを順次記憶する。特徴記憶部33は、差分時系列データの特徴を示す各特徴データと、差分時系列データの元データである診断時系列データが取得されたときの穴あけ工具の

累積加工時間とを対応づけて記憶する。

[0136] 残り寿命算出部 34 は、穴あけ工具が使用限界に到達すると、穴あけ工具が使用限界に到達したタイミングと各特徴データが抽出されたタイミングに基づいて、各特徴データが抽出されたタイミングにおける残り寿命を算出する。ここで、特徴データが抽出されたタイミングとは、差分時系列データの元データである診断時系列データが取得されたタイミングと同じタイミングである。

[0137] 図 11 は、特徴データが抽出されたタイミング T_i と残り寿命 S_i との関係を説明する図である。残り寿命算出部 34 は、穴あけ工具が使用限界に到達したときの累積加工時間から、各特徴データが抽出されたタイミング T_i における穴あけ工具の累積加工時間を減算して、各特徴データが抽出されたタイミング T_i における残り寿命 S_i を算出する。

[0138] 特徴記憶部 33 は、各タイミング T_i において抽出された特徴データと残り寿命 S_i を示すデータとを対応付けて記憶する。

[0139] 学習部 35 は、入力データと出力データとからなるデータセットを用いて機械学習を行う。学習部は、特徴記憶部 33 に記憶された特徴データを入力データ、残り寿命 S_i を示すデータを出力データとして機械学習を行う。学習部 35 は、例えば、これらの入力データと出力データとからなるデータセットを教師データとして教師あり学習を行う。教師あり学習には、例えば、ニューラルネットワーク、SVM (Support Vector Machine) を利用することができる。

[0140] 学習部 35 は、機械学習において特徴データと残り寿命 S_i との相関を学習する。学習部 35 は、学習の結果、特徴データと残り寿命 S_i との相関を示す学習モデルを生成する。

[0141] 学習結果記憶部 36 は、学習部 35 が機械学習を実行することによって作成した学習モデルを記憶する。

[0142] 劣化診断部 27 は、学習結果記憶部 36 に記憶された学習モデルを用いて工具の残り寿命 S_i を診断する。劣化診断部 27 は、診断区間時系列データ

の特徴を示す特徴データを学習モデルに入力し、穴あけ工具の残り寿命 S_i に関する出力を得る。これにより、劣化診断部 27 は、差分時系列データの元データとなる診断時系列データが取得されたときの残り寿命 S_i を診断することができる。

[0143] 提示部 28 は、劣化診断部 27 において実行された穴あけ工具の診断結果を提示する。

提示部 28 は、例えば、表示装置 3 に向けて診断結果を出力する。

[0144] 次に、工具診断装置 2 が学習モデルを作成する際の処理について説明する。

[0145] 図 12 は、工具診断装置 2 が学習モデルを作成する際の処理の一例を示すフローチャートである。工具診断装置 2 は、以下で説明する処理を、各穴の加工が行われるごとに実行してもよい。また、工具診断装置 2 は、この処理を、新品の穴あけ工具によって最初の加工が行われた後、あらかじめ定められた個数の穴が加工されるごとに実行してもよい。

[0146] 穴あけ工具によって穴あけ加工が行われているとき、データ取得部 22 は、穴あけ工具の劣化状態に関する時系列データを取得する（ステップ SC01）。

[0147] 次に、波形生成部 23 は、データ取得部 22 によって取得された時系列データを示す波形データを生成する（ステップ SC02）。

[0148] 次に、取得された時系列データが基準時系列データであるか、診断時系列データであるか判断される（ステップ SC03）。

[0149] 取得された時系列データが基準時系列データである場合（ステップ SC03 において Yes の場合）、時系列データ記憶部 24 は基準時系列データを記憶する（ステップ SC04）。時系列データ記憶部 24 が基準時系列データを記憶すると、再びステップ SC01 の処理に戻る。

[0150] 取得された時系列データが診断時系列データである場合（ステップ SC03 において No の場合）、時系列データ記憶部 24 は診断時系列データを記憶する（ステップ SC05）。

- [0151] 次に、差分時系列データ生成部 32 は、時系列データ記憶部 24 に記憶された基準時系列データと診断時系列データとに基づいて差分時系列データを生成する（ステップ SC06）。
- [0152] 次に、診断区間抽出部 25 は、差分時系列データ生成部 32 が生成した差分時系列データのうち、診断区間が加工されている間に取得された時系列データを示す診断区間時系列データを抽出する（ステップ SC07）。
- [0153] 次に、特徴抽出部 26 は、診断区間抽出部 25 が抽出した診断区間時系列データの特徴を示す特徴データを抽出する（ステップ SC08）。
- [0154] 次に、特徴記憶部 33 は、特徴抽出部 26 が抽出した特徴データを記憶する（ステップ SC09）。
- [0155] 次に、穴あけ工具が使用限界に到達したか否かが判断される（ステップ SC10）。例えば、穴あけ工具が折損したとき、あるいは、加工された穴の表面粗さが所定のしきい値を超えたときに使用限界と判断される。使用限界は、熟練した作業者が判断してもよい。
- [0156] 穴あけ工具が未だ使用限界に達していないと判断された場合（ステップ SC10において No の場合）、再びステップ SC01 の処理に戻る。
- [0157] 穴あけ工具が使用限界に達したと判断された場合（ステップ SC10において Yes の場合）、残り寿命算出部 34 は、特徴記憶部 33 に記憶された各特徴データが抽出されたタイミング T_i における残り寿命 S_i を算出し、特徴データと残り寿命 S_i を示すデータとを対応付けて特徴記憶部 33 に記憶させる（ステップ SC11）。
- [0158] 次に、特徴記憶部 33 に十分な教師データが蓄積されたか否かが判断される（ステップ SC12）。特徴記憶部 33 に記憶された教師データとは、特徴データと特徴データに対応付けられた残り寿命 S_i を示すデータとのデータセットである。これは、特徴記憶部 33 に記憶されたデータセットのデータ量があらかじめ定められたデータ量に到達したか否かによって判断される。
- [0159] 未だ、十分な教師データが蓄積されていないと判断された場合（ステップ

SC12においてNoの場合)、穴あけ工具が新品の穴あけ工具に交換されて(ステップSC13)、ステップSC01の処理に戻る。

[0160] 十分な教師データが蓄積されたと判断された場合(ステップSC12においてYesの場合)、学習部35は、学習を実行し、学習モデルを作成する(ステップSC14)。

[0161] 次に、学習結果記憶部36は、学習部35が作成した学習モデルを記憶する(ステップSC15)。

[0162] 工具診断装置2は、以上の処理を実行することにより学習モデルを作成する。

[0163] 次に、工具診断装置2が学習モデルを利用して工具の寿命の診断する際に実行する処理の一例について説明する。

[0164] 図13は、工具診断装置2が穴あけ工具の寿命を診断する際に実行する処理の一例を示すフローチャートである。工具診断装置2は、以下で説明する処理を、各穴の加工が行われるごとに実行してもよい。また、工具診断装置2は、この処理を、あらかじめ定められた個数の穴が加工されるごとに実行してもよい。

[0165] 穴あけ工具によって穴あけ加工が行われているとき、データ取得部22は、穴あけ工具の劣化状態に関する時系列データを取得する(ステップSD01)。

[0166] 次に、波形生成部23は、データ取得部22によって取得された時系列データが示す波形データを生成する(ステップSD02)。

[0167] 次に、取得された時系列データが基準時系列データであるか、診断時系列データであるか判断される(ステップSD03)。

[0168] 取得された時系列データが基準時系列データである場合(ステップSD03においてYesの場合)、時系列データ記憶部24は基準時系列データを記憶する(ステップSC04)。時系列データ記憶部24が基準時系列データを記憶すると、再びステップSD01の処理に戻る。

[0169] 取得された時系列データが診断時系列データである場合(ステップSD0

3においてN oの場合)、時系列データ記憶部24は診断時系列データを記憶する(ステップSD05)。

[0170] 次に、差分時系列データ生成部32は、時系列データ記憶部24に記憶された基準時系列データと診断時系列データとに基づいて差分時系列データを生成する(ステップSD06)。

[0171] 次に、診断区間抽出部25は、差分時系列データ生成部32が生成した差分時系列データのうち、診断区間が加工されている間に取得された時系列データを示す診断区間時系列データを抽出する(ステップSD07)。

[0172] 次に、特徴抽出部26は、診断区間抽出部25が抽出した診断区間時系列データの特徴を示す特徴データを抽出する(ステップSD08)。

[0173] 次に、劣化診断部27は、学習結果記憶部36に記憶された学習モデルに特徴データを入力し、工具の残り寿命S_iを診断する(ステップSD09)。

[0174] 次に、提示部28は、劣化診断部27によって診断された穴あけ工具の残り寿命S_iを提示する(ステップSD10)。

[0175] 工具診断装置2は、以上の処理を実行することにより工具の残り寿命S_iを診断することができる。

[0176] 本実施形態の工具診断装置2は、学習部35が機械学習を実行することによって作成した学習モデルを利用して、工具の残り寿命S_iを診断することにより、穴あけ工具の残り寿命S_iを高い精度で診断することができる。

[0177] 以上、本発明の実施形態1～3について説明したが、本発明は上述した実施形態の例のみに限定されることなく、適宜の変更を加えることにより様々な態様で実施することができる。

[0178] 例えば、データ取得部22は、ネットワーク(不図示)を介して接続された複数の工作機械1から穴あけ工具の劣化状態に関する時系列データを取得してもよい。この場合、特徴記憶部33には短時間で多くの教師データを蓄積することができる。また、劣化診断部27は、複数の工作機械のそれぞれで使用されている穴あけ工具の劣化の診断を行うことができる。

- [0179] また、工具診断装置 2 は、ネットワークを介して接続された他の工具診断装置 2 で作成された学習モデルを利用して穴あけ工具の劣化診断を行うようにしてもよい。この場合、工具診断装置 2 は機械学習を実行して学習モデルを作成する必要がない。
- [0180] また、上述した実施形態では、サーボデータとして工作機械 1 の主軸のトルクおよび主軸の回転速度のうちの少なくともいずれかを利用した。しかし、サーボデータは、これに限られず、例えば、サーボモータ 6 に供給される電流の電流値、あるいはサーボモータ 6 から取得される電流値のフィードバックデータであってもよい。
- [0181] また、データ取得部 22 が取得する時系列データは、サーボデータに限られない。例えば、加速度センサなどを利用して穴あけ加工を行う際の穴あけ工具に生じる振動に係る時系列データを取得してもよい。あるいは、A E (Acoustic Emission) センサを用いて穴あけ工具から放出される弾性波に関する時系列データを取得してもよい。これらの場合、診断区間において取得された時系列データの周波数解析を行うことによって、穴あけ工具の劣化の診断を行ってもよい。
- [0182] また、上述した実施形態において、時系列データはグラフ上にプロットされる必要はない。つまり、工具診断装置 2 は、時系列データのうち診断区間に取得された診断区間時系列データの演算処理を実行することにより、時系列データの特徴を示す特徴データを抽出し、特徴データに基づいて穴あけ工具の劣化の診断を行ってもよい。
- [0183] また、劣化診断部 27 によって穴あけ工具が使用限界に達した判定された場合、制御部 21 は、使用限界に達した穴あけ工具を予備の穴あけ工具に交換する指令を工具交換装置に送るようにしてもよい。
- [0184] また、第 3 の実施形態では、差分時系列データを用いて学習を行う例について説明したが、必ずしも差分時系列データを用いる必要はない。つまり、学習部 35 は、診断時系列データの診断区間の特徴を示す特徴データと、診断時系列データが取得されたときの残り寿命との相関を学習して学習モデル

を生成してもよい。

符号の説明

[0185]	1	工作機械
	2	工具診断装置
	3	表示装置
	4	入力装置
	5	サーボアンプ
	6	サーボモータ
	7	スピンドルアンプ
	8	スピンドルモータ
	9	周辺機器
	10	CPU
	11	バス
	12	ROM
	13	RAM
	14	不揮発性メモリ
	15	第1のインタフェース
	16	第2のインタフェース
	17	軸制御回路
	18	スピンドル制御回路
	19	PLC
	20	I/Oユニット
	21	制御部
	22	データ取得部
	23	波形生成部
	24	時系列データ記憶部
	25	診断区間抽出部
	26	特徴抽出部

2 7	劣化診断部
2 8	提示部
3 1	加工履歴記憶部
3 2	差分時系列データ生成部
3 3	特徴記憶部
3 4	残り寿命算出部
3 5	学習部
3 6	学習結果記憶部
T i	タイミング
S i	残り寿命

請求の範囲

- [請求項1] 穴の加工が行われる際に穴あけ工具の劣化状態に関する時系列データを取得するデータ取得部と、
- 前記データ取得部に取得される前記時系列データのうち、前記穴の途中位置から加工終了位置までの診断区間の加工が行われる際に取得される診断区間時系列データを抽出する診断区間抽出部と、
- 前記診断区間抽出部によって抽出される前記診断区間時系列データを利用して、前記穴あけ工具の劣化を診断する劣化診断部と、
- を備える工具診断装置。
- [請求項2] 前記診断区間時系列データが、新品の穴あけ工具で前記診断区間の加工が行なわれる際に取得される前記時系列データと、新品ではない穴あけ工具で前記診断区間の加工が行なわれる際に取得される前記時系列データとの差分を示す差分時系列データである請求項1に記載の工具診断装置。
- [請求項3] 前記診断区間の長さが、前記穴の入口から前記途中位置までの初期区間以上の長さである請求項1または2に記載の工具診断装置。
- [請求項4] 前記データ取得部によって取得される前記時系列データが、工作機械の主軸のトルクを示すデータおよび前記主軸の回転速度を示すデータのうちの少なくともいずれかである請求項1～3のいずれか1項に記載の工具診断装置。
- [請求項5] 前記データ取得部によって取得される前記時系列データが、前記穴の加工を行うための指令データおよび前記穴の加工を行う際にフィードバックされるフィードバックデータのうちの少なくともいずれかである請求項1～4のいずれか1項に記載の工具診断装置。
- [請求項6] 前記診断区間時系列データの特徴を示す特徴データを抽出する特徴抽出部をさらに備え、
- 前記劣化診断部は、前記特徴抽出部によって抽出される前記特徴データに基づいて前記穴あけ工具の劣化を診断する請求項1～5のい

れか 1 項に記載の工具診断装置。

[請求項7] 前記特徴データと、前記穴あけ工具の残り寿命との相関を学習する学習部をさらに備え、

前記劣化診断部は、前記学習部における学習結果に基づいて前記穴あけ工具の残り寿命を診断する請求項 6 に記載の工具診断装置。

[請求項8] 前記特徴データが、前記診断区間時系列データが示すデータ値の平均、分散、歪度および尖度の少なくとも何れかを示すデータである請求項 6 または 7 に記載の工具診断装置。

[請求項9] 前記劣化診断部が診断した前記穴あけ工具の診断結果を提示する提示部をさらに備える請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の工具診断装置。

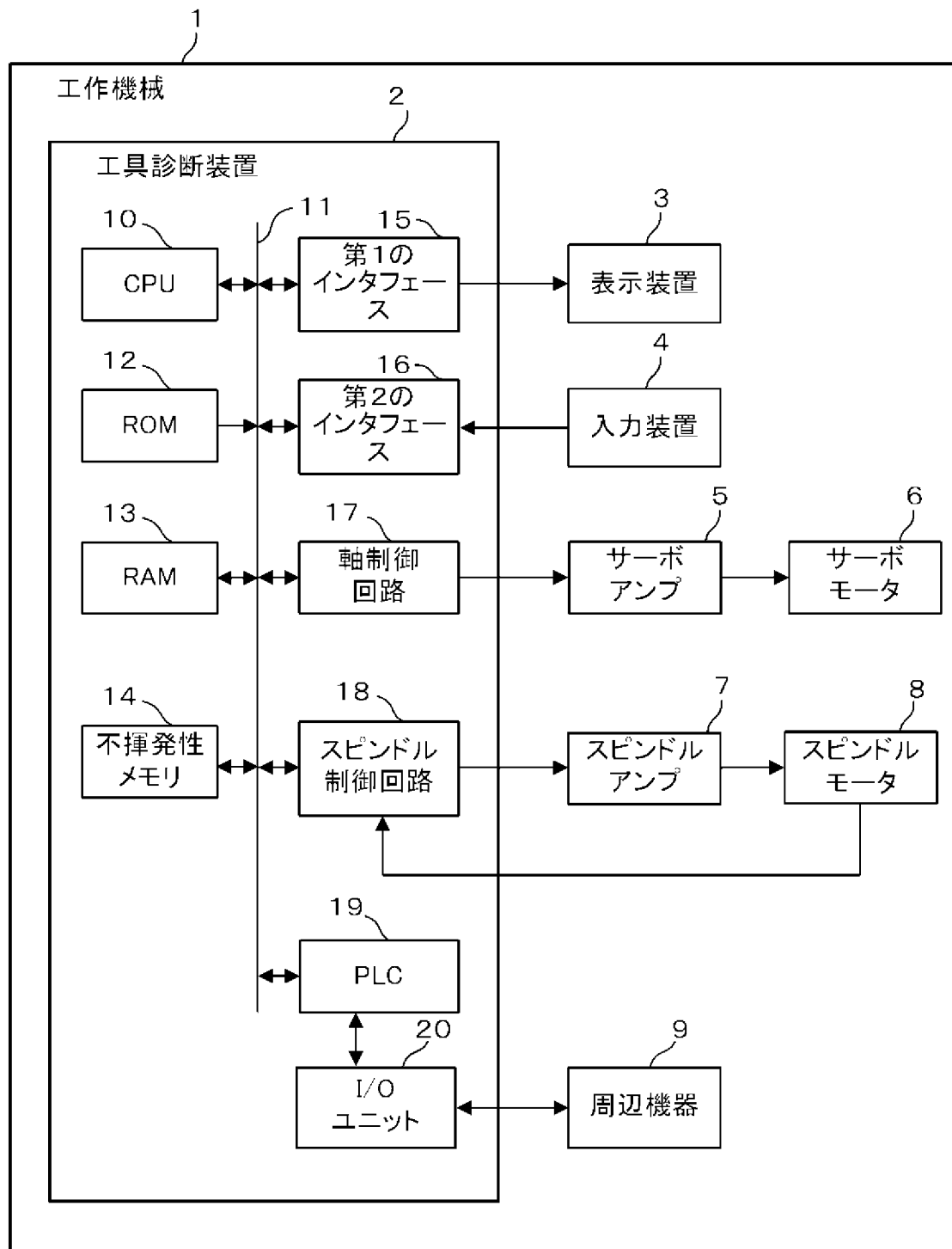
[請求項10] 前記データ取得部は、複数の工作機械から前記時系列データを取得する請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の工具診断装置。

[請求項11] 穴の加工が行われる際に穴あけ工具の劣化状態に関する時系列データを取得することと、

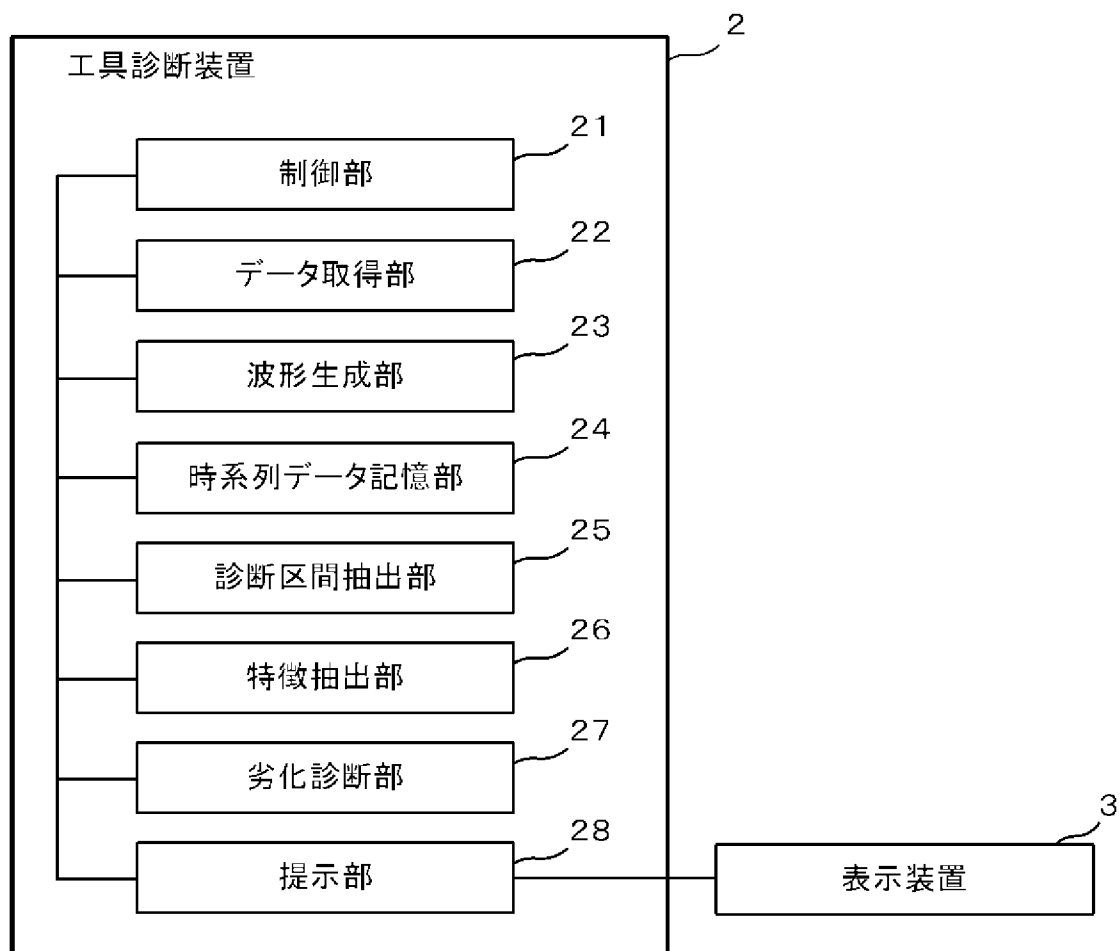
前記時系列データのうち、前記穴の途中位置から加工終了位置までの診断区間の加工が行われる際に取得される診断区間時系列データを抽出することと、

抽出される前記診断区間時系列データを利用して、前記穴あけ工具の劣化を診断することと、
を含む工具診断方法。

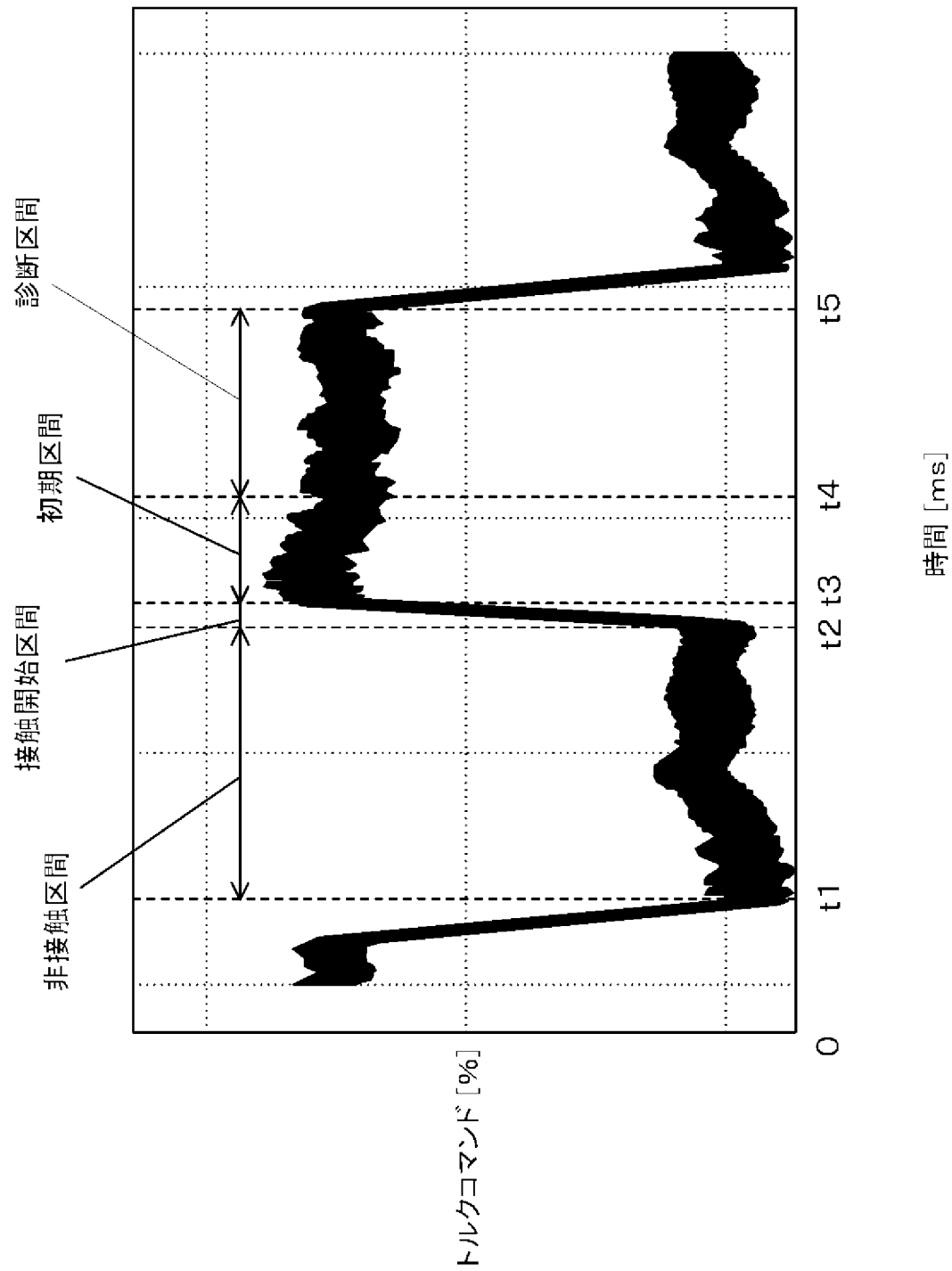
[図1]



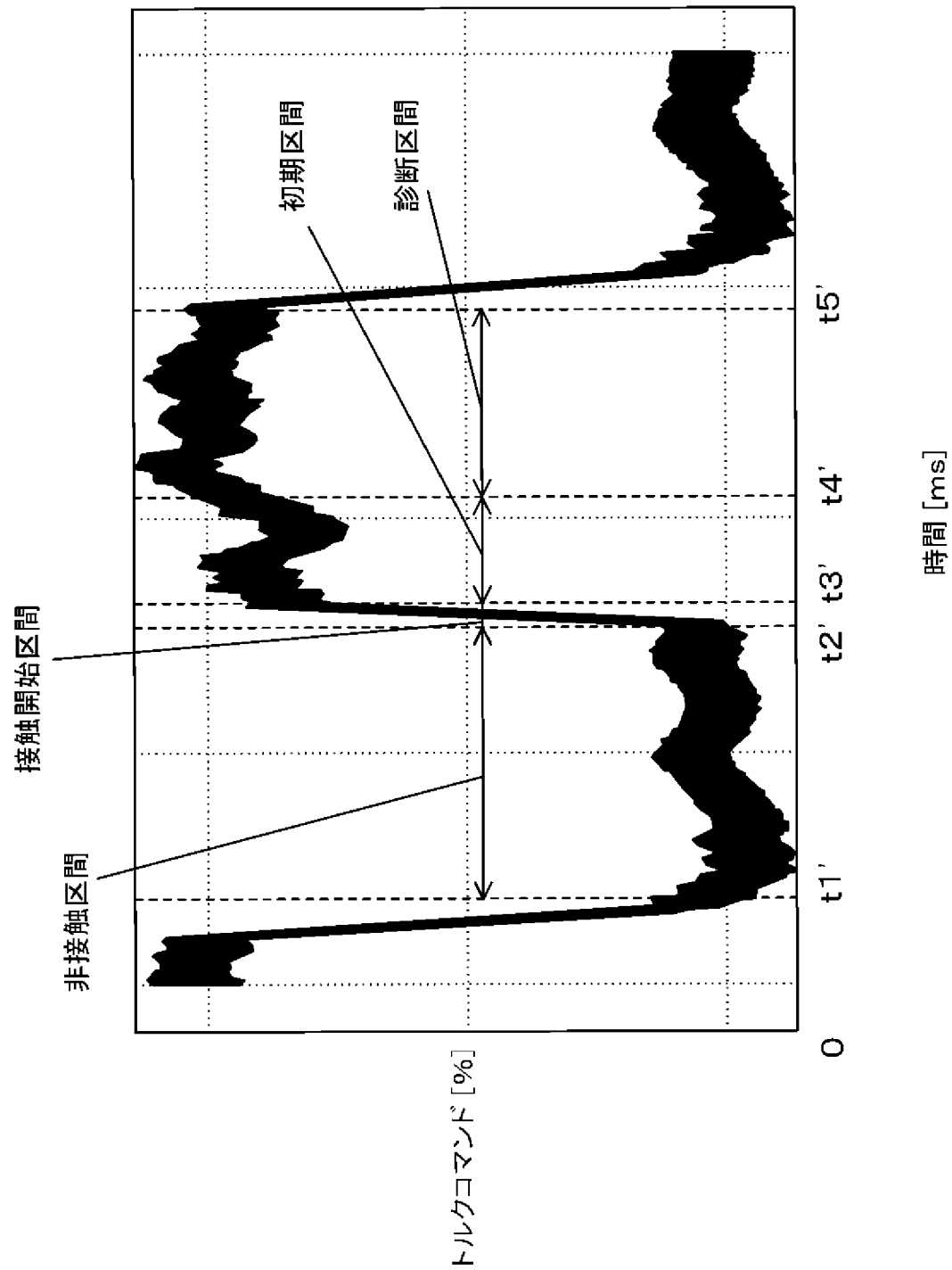
[図2]



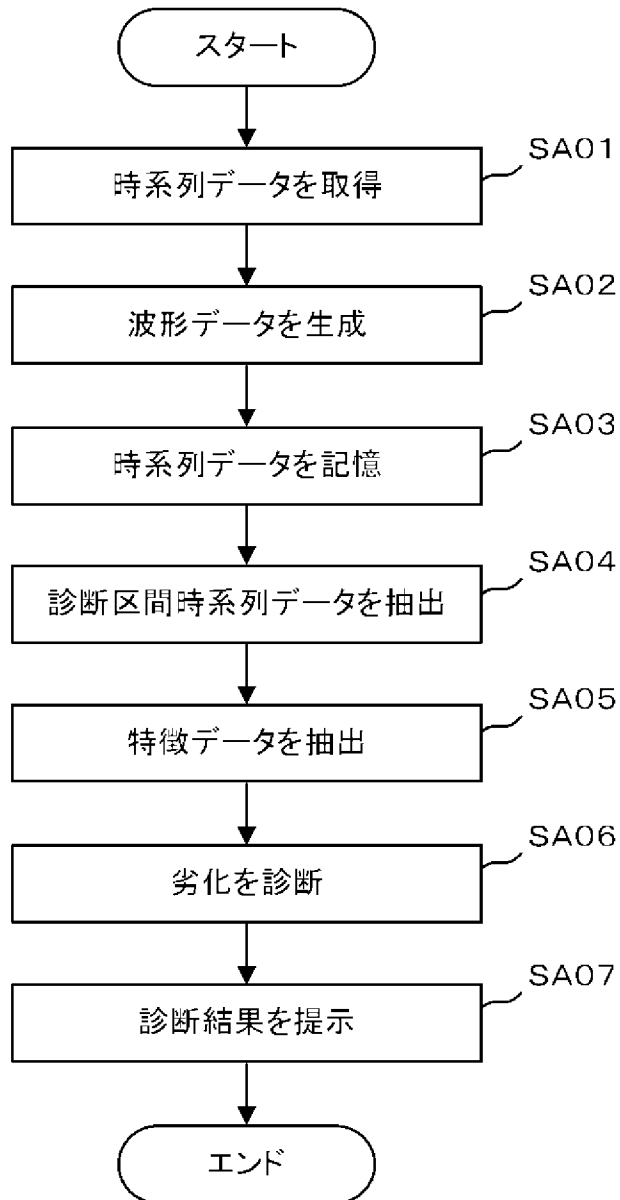
[図3]



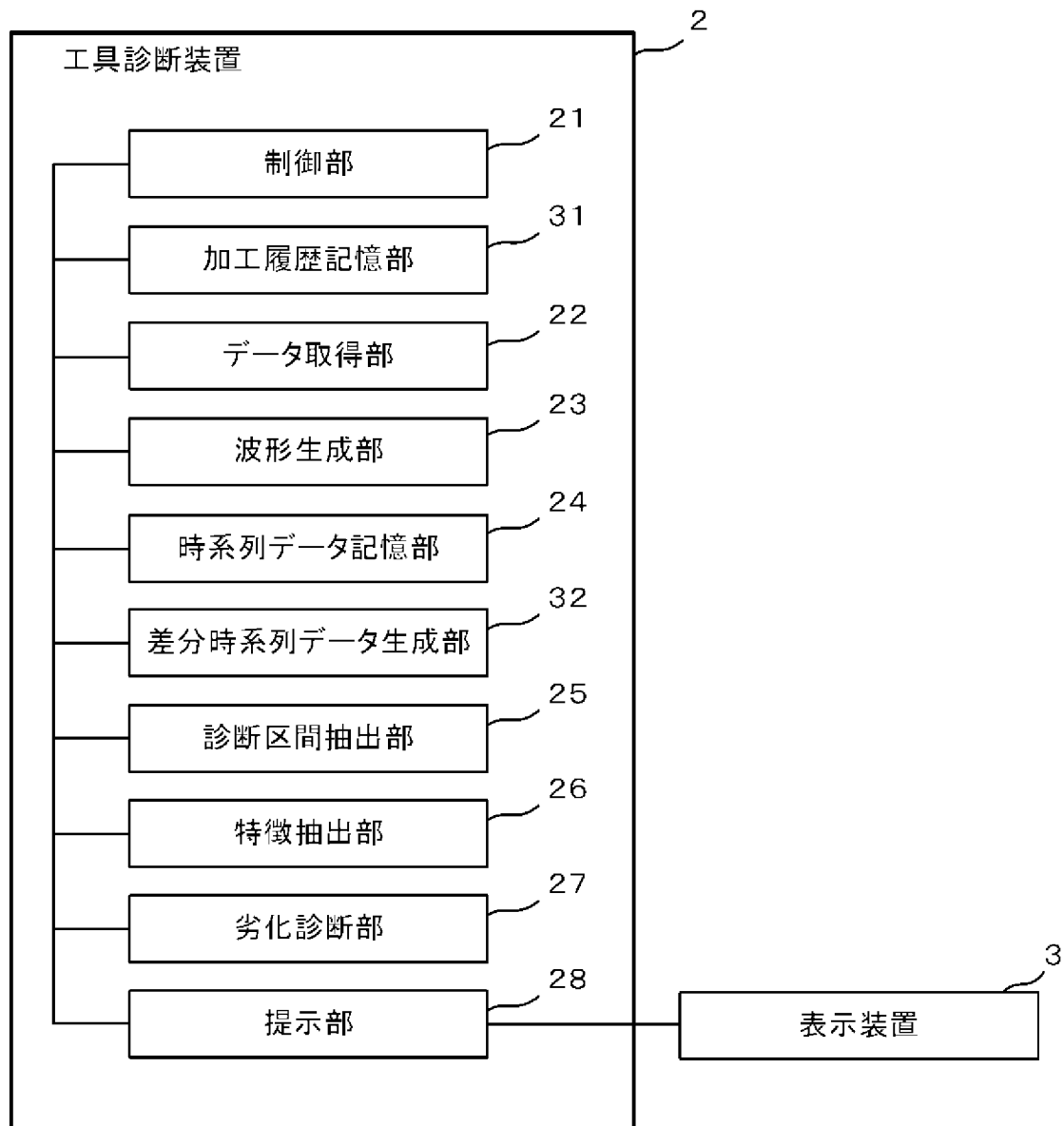
[図4]



[図5]



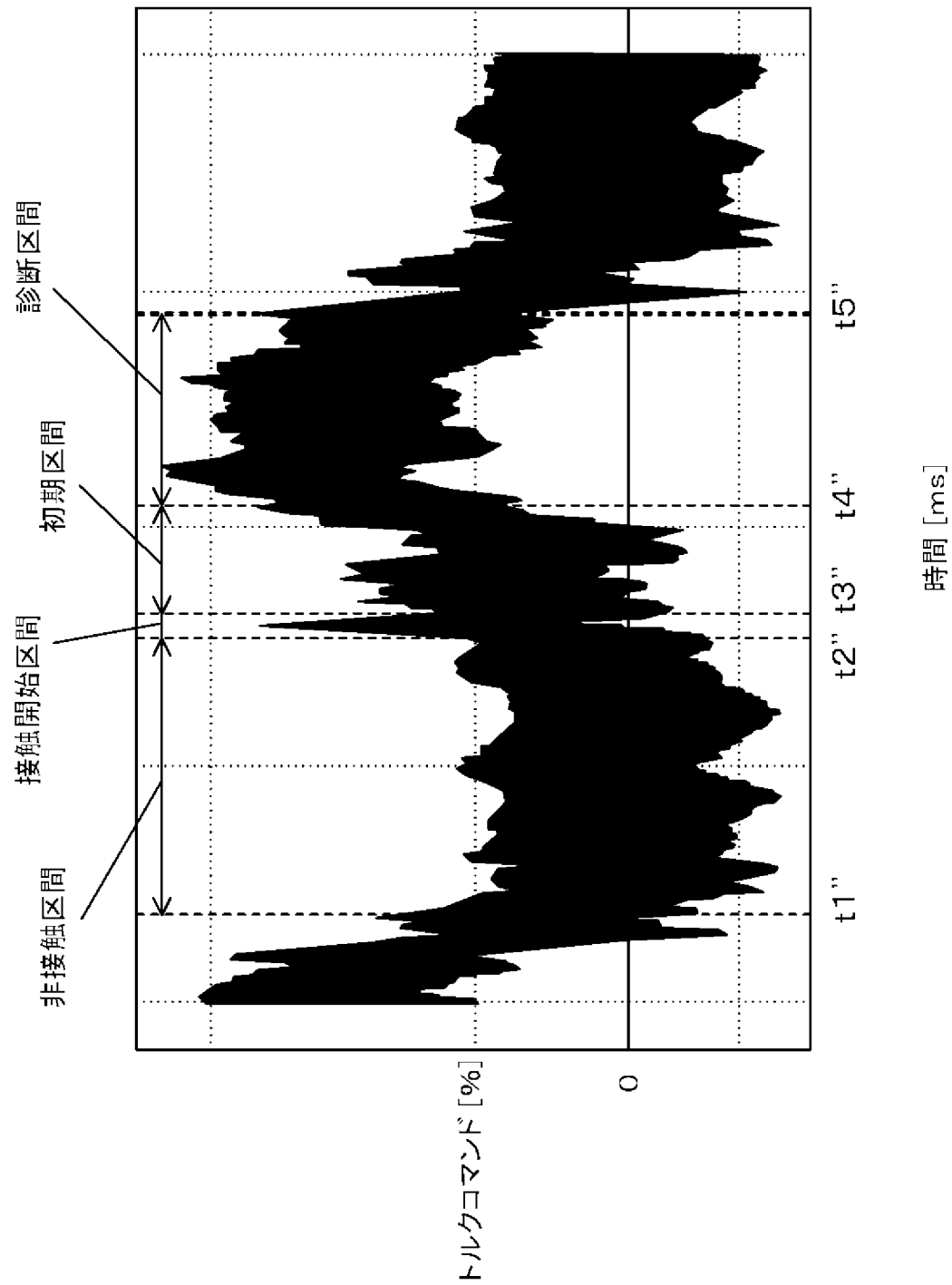
[図6]



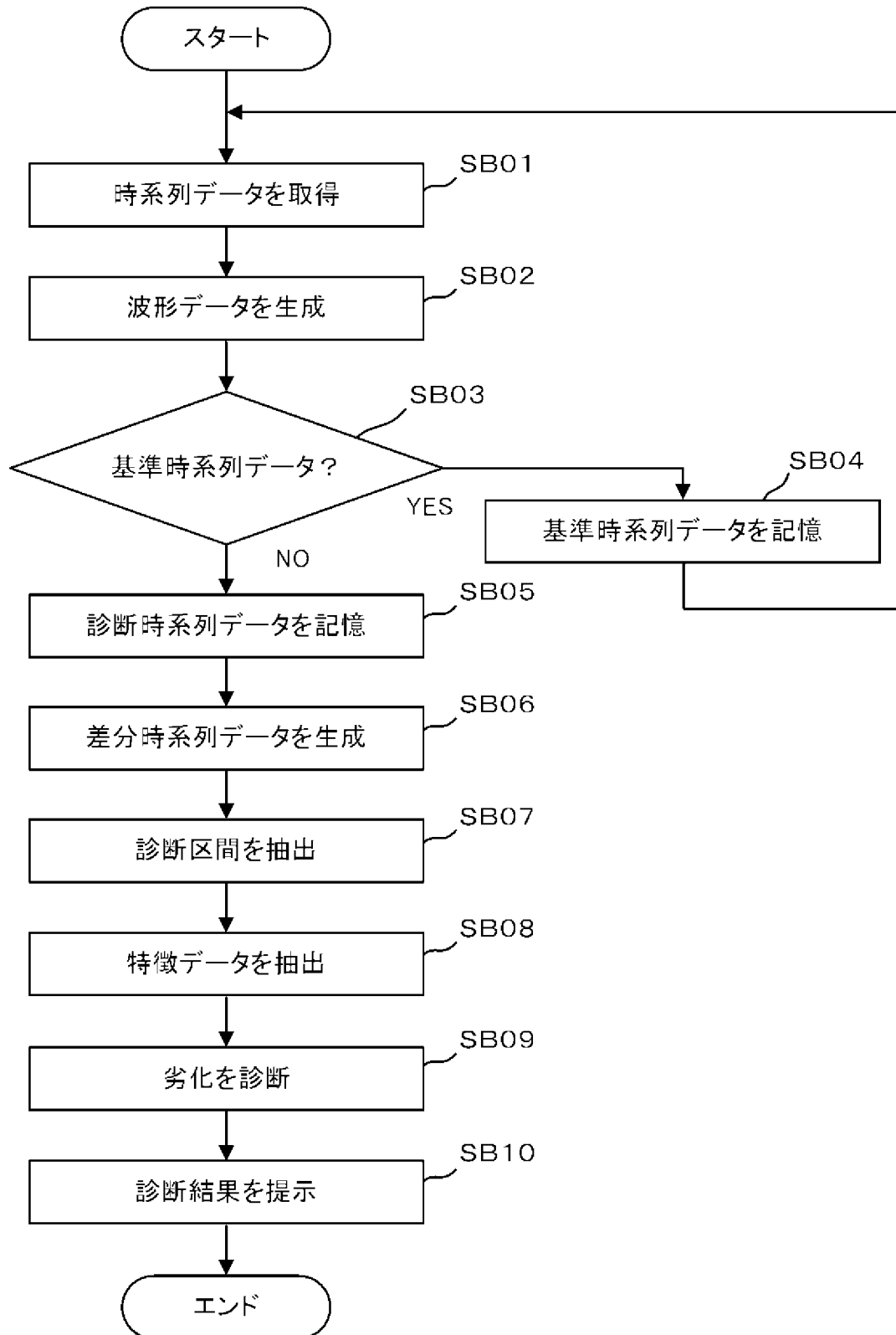
[図7]

工具	累積加工時間
T1	02:19:32
T2	00:00:00
T3	00:00:00
T4	00:59:12
T5	00:00:00
T6	00:01:12
...	...

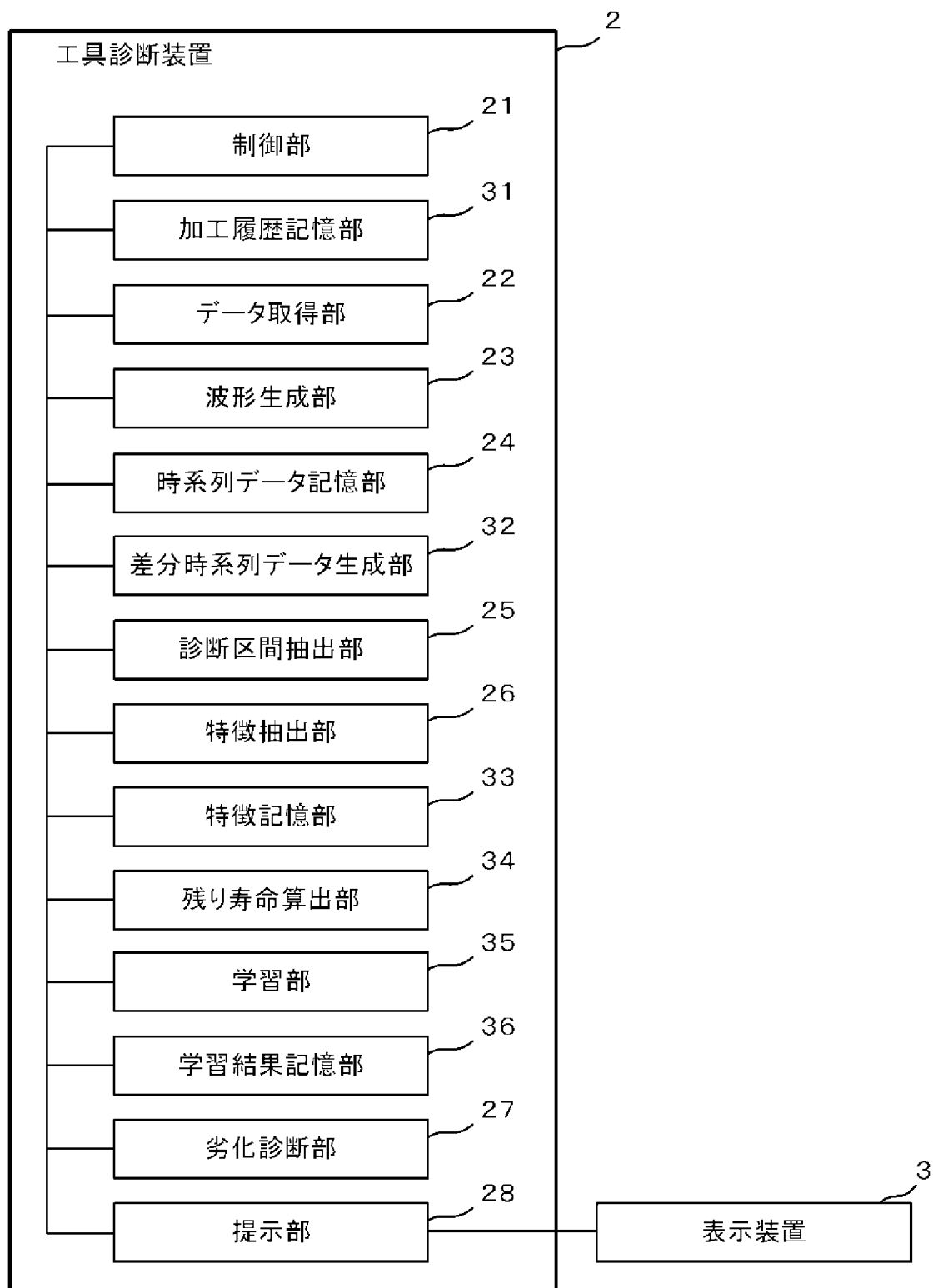
[図8]



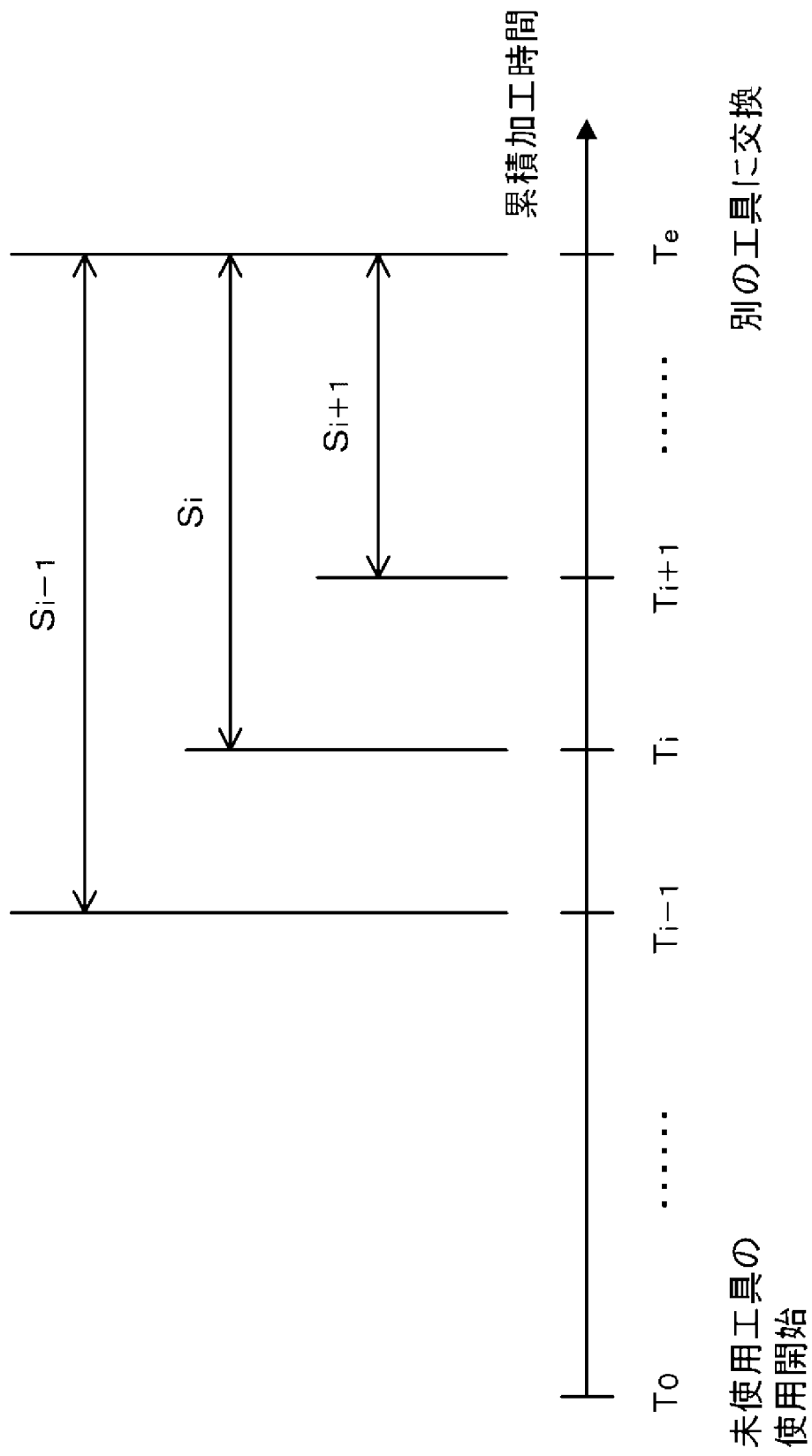
[図9]



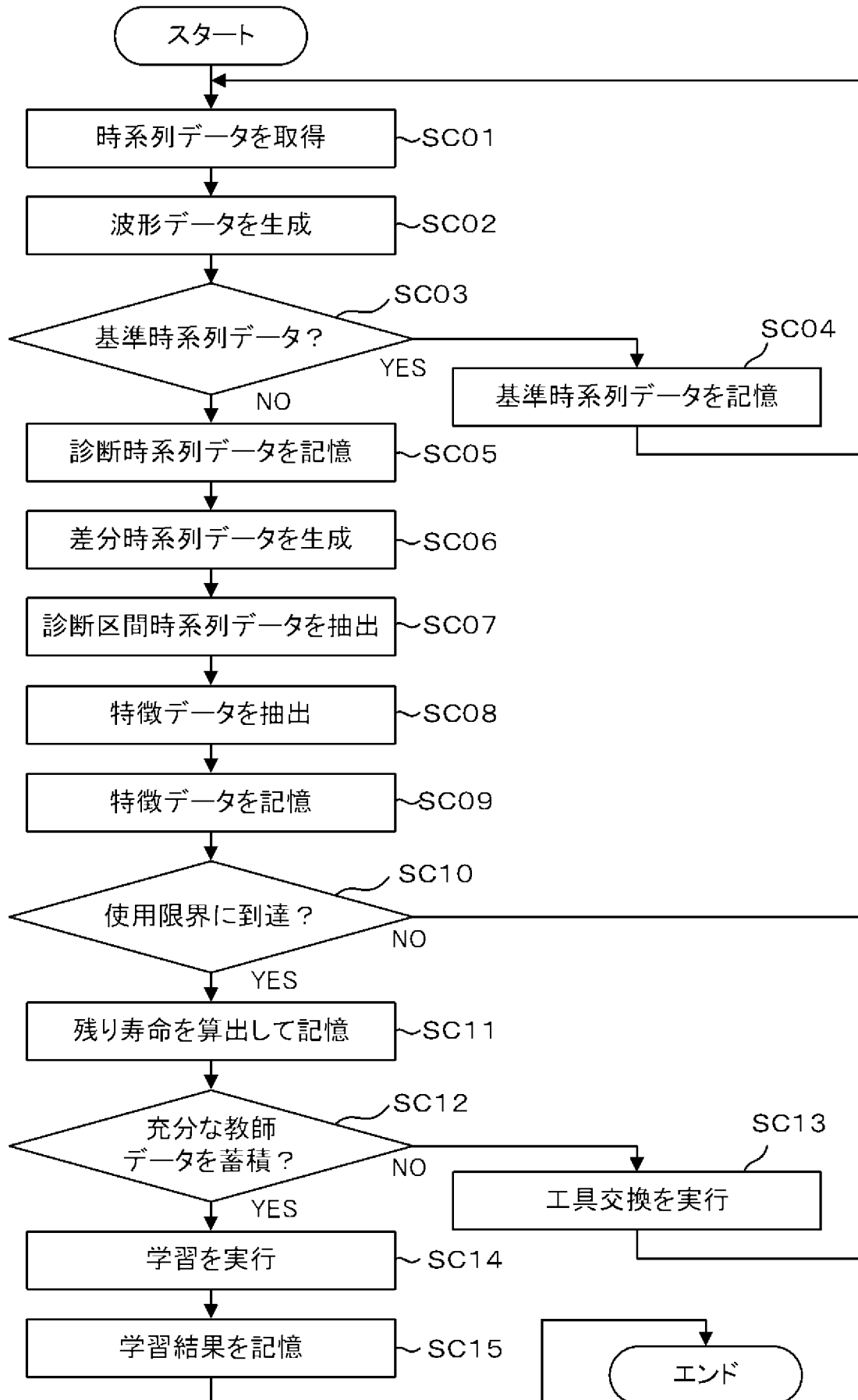
[図10]



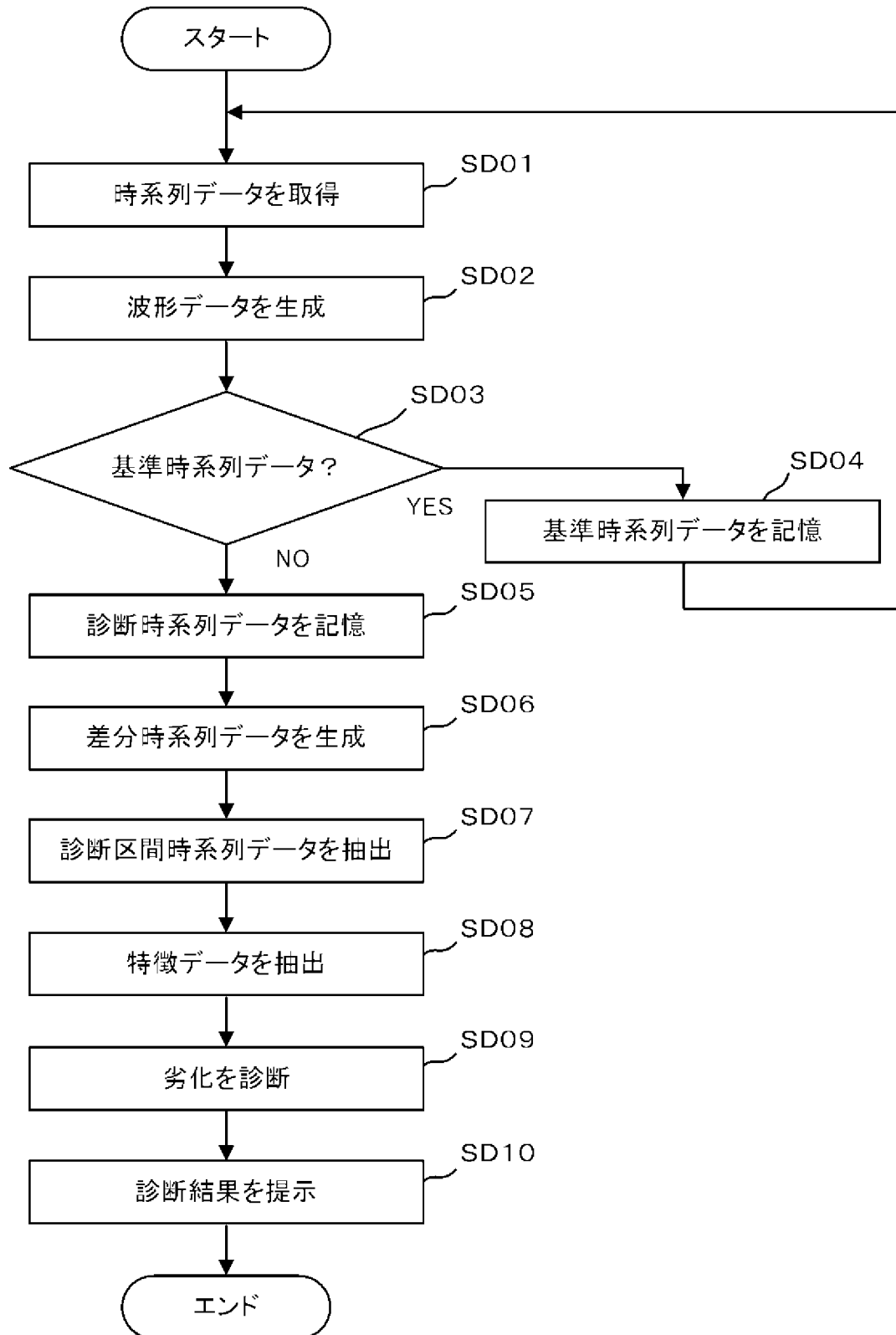
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/023312

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23B 49/00(2006.01)i; B23Q 17/09(2006.01)i; G05B 19/18(2006.01)i; G05B 19/4155(2006.01)i; G05B 19/418(2006.01)i
FI: B23B49/00 C; B23Q17/09 A; G05B19/418 Z; G05B19/18 W; G05B19/4155 V

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)

B23B49/00; B23Q17/09; G05B19/18; G05B19/4155; G05B19/418

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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 5089618 B2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 05 December 2012 (2012-12-05) fig. 1-7, paragraphs [0010]-[0045]	1-11
Y	JP 2020-067776 A (OKUMA CORPORATION) 30 April 2020 (2020-04-30) fig. 4, paragraph [0014]	1-11
Y	JP 4919999 B2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 18 April 2012 (2012-04-18) fig. 4, paragraphs [0026]-[0029]	1-11
A	JP 2018-103284 A (FANUC CORPORATION) 05 July 2018 (2018-07-05) fig. 1-9	1-11

☐ 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
23 August 2021 (23.08.2021)

Date of mailing of the international search report
31 August 2021 (31.08.2021)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/023312

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 5089618 B2	05 Dec. 2012	JP 2010-162623 A	
JP 2020-067776 A	30 Apr. 2020	(Family: none)	
JP 4919999 B2	18 Apr. 2012	JP 2009-226551 A	
JP 2018-103284 A	05 Jul. 2018	US 2018/0181105 A1	
		fig. 1-9	
		DE 102017011896 A1	
		CN 108227625 A	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>B23B 49/00(2006.01)i; B23Q 17/09(2006.01)i; G05B 19/18(2006.01)i; G05B 19/4155(2006.01)i; G05B 19/418(2006.01)i FI: B23B49/00 C; B23Q17/09 A; G05B19/418 Z; G05B19/18 W; G05B19/4155 V</p>																	
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>B23B49/00; B23Q17/09; G05B19/18; G05B19/4155; G05B19/418</p> <p>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</p> <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 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021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 - 2021年																
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年																
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年																
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>JP 5089618 B2（三菱電機株式会社）05.12.2012（2012 - 12 - 05） 図1-7, 段落[0010]-[0045]</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2020-067776 A（オークマ株式会社）30.04.2020（2020 - 04 - 30） 図4, 段落[0014]</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 4919999 B2（三菱電機株式会社）18.04.2012（2012 - 04 - 18） 図4, 段落[0026]-[0029]</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2018-103284 A（ファナック株式会社）05.07.2018（2018 - 07 - 05） 図1-9</td> <td>1-11</td> </tr> </tbody> </table>			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 5089618 B2（三菱電機株式会社）05.12.2012（2012 - 12 - 05） 図1-7, 段落[0010]-[0045]	1-11	Y	JP 2020-067776 A（オークマ株式会社）30.04.2020（2020 - 04 - 30） 図4, 段落[0014]	1-11	Y	JP 4919999 B2（三菱電機株式会社）18.04.2012（2012 - 04 - 18） 図4, 段落[0026]-[0029]	1-11	A	JP 2018-103284 A（ファナック株式会社）05.07.2018（2018 - 07 - 05） 図1-9	1-11
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 5089618 B2（三菱電機株式会社）05.12.2012（2012 - 12 - 05） 図1-7, 段落[0010]-[0045]	1-11															
Y	JP 2020-067776 A（オークマ株式会社）30.04.2020（2020 - 04 - 30） 図4, 段落[0014]	1-11															
Y	JP 4919999 B2（三菱電機株式会社）18.04.2012（2012 - 04 - 18） 図4, 段落[0026]-[0029]	1-11															
A	JP 2018-103284 A（ファナック株式会社）05.07.2018（2018 - 07 - 05） 図1-9	1-11															
<p>☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。</p> <p>☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>																	
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同一パテントファミリー文献</p>																	
<p>国際調査を完了した日</p> <p>23.08.2021</p>		<p>国際調査報告の発送日</p> <p>31.08.2021</p>															
<p>名称及びあて先</p> <p>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</p>		<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>村上 哲 3C 9039</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3324</p>															

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/JP2021/023312

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	5089618	B2	05.12.2012	JP	2010-162623	A	
JP	2020-067776	A	30.04.2020	(ファミリーなし)			
JP	4919999	B2	18.04.2012	JP	2009-226551	A	
JP	2018-103284	A	05.07.2018	US	2018/0181105	A1	
				図1-9			
				DE	102017011896	A1	
				CN	108227625	A	