

(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10月14日(14.10.2021)



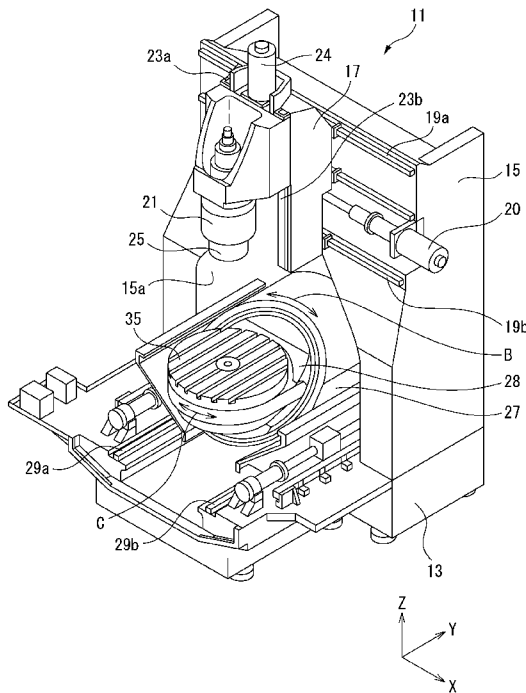
(10) 国際公開番号

WO 2021/206172 A1

- (51) 国際特許分類:
G05B 19/404 (2006.01) *B23Q 17/22* (2006.01)
B23Q 17/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/015080
- (22) 国際出願日: 2021年4月9日(09.04.2021)
- (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 2020-071116 2020年4月10日(10.04.2020) JP
- (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19号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 河邊 智洋 (KAWABE, Tomohiro);
〒2430303 愛知県名古屋市守山区咲台2-301 株式会社牧野フライス製作所内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 青木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.);
〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目23番1号 虎ノ門ヒルズ森タワー 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, 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,

(54) Title: MACHINING METHOD

(54) 発明の名称: 加工方法



(57) Abstract: Provided is a machining method for performing machining by relatively moving a rotary tool (T) equipped to a main shaft (25) and a workpiece (W) fixed to a rotary table (35) in a machining tool (11) having a linear feed shaft and a rotary feed shaft, wherein a test workpiece (1) is fixed on the rotary table, the positions of the test workpiece are determined with a plurality of orientations, a prescribed portion of the surface of the test workpiece is machined by the rotary tool (2) used during main machining, each machined surface portion of the test workpiece is measured, and, on the basis of the measurement results, an error in the rotary feed shaft is corrected with position information about the rotary center of the rotary table with respect to machine coordinates and a correction amount of a tool length of the rotary tool.



WO 2021/206172 A1

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：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：直動送り軸と、回転送り軸とを有した工作機械（1 1）で主軸（2 5）に取り付けた回転工具（T）と回転テーブル（3 5）に固定したワーク（W）とを相対的に移動して加工を行う加工方法において、回転テーブル上に試験用ワーク（1）を固定し、試験用ワークを複数の姿勢に位置決めして、ワークの本加工時に用いる回転工具（2）で試験用ワークの表面の所定部分を加工し、試験用ワークの加工した各表面部分を測定し、測定した結果に基づいて、回転送り軸の誤差を機械座標系に対する回転テーブルの回転中心の位置情報および回転工具の工具長の補正量で補正する。

明 細 書

発明の名称：加工方法

技術分野

[0001] 本発明は、直交3軸の直線送り軸に加えて、回転送り軸を有した工作機械による加工方法に関する。

背景技術

[0002] 例えば5軸のマシニングセンタのような回転送り軸を有した工作機械では、回転送り軸の回転軸線の位置誤差等により高精度に加工することができない。特許文献1には、こうした工作機械の回転送り軸の回転軸線の位置誤差や傾斜誤差を演算する方法が記載されている。

[0003] 特許文献1に記載の方法では、ワークテーブルを主軸に対して相対回転させて少なくとも回転角度の異なる3箇所の測定位置に位置決めし、ワークテーブル上に配設された基準球の中心位置を主軸に装着したタッチセンサにより測定し、それぞれの測定位置において測定された基準球の中心位置に基づき、回転軸の方向ベクトルを算出して、回転軸の基準方向ベクトルに対する実際の方向ベクトルの傾き誤差を算出するようになっている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2005-061834号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1に記載の方法では、クーラントや主軸を停止する等、実際の加工とは異なる条件、環境下で測定を行っているので、測定結果を反映させて加工したときに、実際の加工精度がどうなるのかわからないまま実際の加工（本加工）をすることになる。

[0006] 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、回転送り軸の回転軸線が、位置誤差や傾斜誤差、振れ誤差を有していても

、高精度にワークを加工できる加工方法を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0007] 上述の目的を達成するために、本発明によれば、直動送り軸と、回転送り軸とを有した工作機械で、主軸に取り付けた回転工具と回転テーブルに固定したワークとを相対的に移動して加工を行う加工方法において、前記回転テーブル上に試験用ワークを固定し、前記試験用ワークを複数の姿勢に位置決めして、ワークの本加工時に用いる回転工具で前記試験用ワークの表面の所定部分を加工し、前記試験用ワークの加工した各表面部分を測定し、前記測定した結果に基づいて、前記回転送り軸の誤差を機械座標系に対する前記回転テーブルの回転中心の位置情報および前記回転工具の工具長の補正量で補正し、前記ワークを加工するようにした加工方法が提供される。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、試験用ワークの所定の表面部分を、実際の加工（本加工）と同じ条件、環境下で本加工の前に加工し、該表面部分を測定して、回転軸の中心を求める、それに基づいて補正量を演算により求めることにより、回転送り軸の回転軸線が、位置誤差や傾斜誤差、振れ誤差を有していても、高精度にワークを加工可能となる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明を適用する工作機械の斜視図である。

[図2]図1の工作機械のベッド、移動体および主軸ヘッドの部分の概略側面図である。

[図3]図1の工作機械の回転テーブルの斜視図である。

[図4]図1の状態からB軸方向に180°回転させた回転テーブルの斜視図である。

[図5]本発明の実施形態による工作機械の制御装置のブロック図である。

[図6]試験用ワークの加工を説明するための斜視図である。

[図7]試験用ワークの加工を説明するための斜視図である。

[図8]試験用ワークの加工を説明するための斜視図である。

[図9]試験用ワークの加工を説明するための斜視図である。

[図10]試験用ワークの加工面の測定を説明するための斜視図である。

[図11]試験用ワークの加工面の測定を説明するための斜視図である。

[図12]測定結果から補正量を求めるための各パラメータを説明するための斜視図である。

[図13]試験用ワークの加工パラメータを入力する入力画面の略図である。

[図14]試験用ワークを加工するための工具パラメータおよび加工条件パラメータを入力する入力画面の略図である。

[図15]補正量の演算結果を表示する補正量表示画面の略図である。

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。

まず、図1、2を参照して、本発明適用する工作機械の一例を説明する。

図1、2において、工作機械11は、基台となるベッド13と、ベッド13の上面に立設されたコラム15とを備える。ベッド13の上面には、移動体27が配置されている。移動体27は、傾斜旋回台28を介してワークWを回転させる回転テーブル35を支持している。回転テーブル35は、ワークWを固定するワーク取付面35aを有している。

[0011] コラム15の前面には、サドル17が配置されている。さらに、サドル17の前面には、主軸ヘッド21が配置されている。主軸ヘッド21には主軸25が取り付けられている。主軸25には、ワークWを加工する回転工具Tが取り付けられる。回転工具Tは、主軸25と共に回転しながらワークWを加工する。

[0012] 本実施の形態における工作機械11は、回転工具TとワークWとの相対位置を変更する移動装置を備えている。本実施の形態においては、工作機械における所定の位置を原点とした機械座標系が設定されている。機械座標系について互いに直交するX軸、Y軸およびZ軸が予め定められている。工作機械の設計時において、主軸25の軸線が延びる方向（図1において上下方向）をZ軸と称する。また、移動体27が移動する水平方向に延びる軸をY軸

と称する。また、サドル17が移動する水平方向、すなわちZ軸およびY軸に垂直な方向に延びる軸をX軸と称する。

[0013] 移動装置は、X軸方向、Y軸方向およびZ軸方向に回転工具TとワークWとを相対的に移動させることができる。さらに、移動装置は、傾斜旋回台28の軸線52の周りのB軸方向および回転テーブル35の軸線53の周りのC軸方向に、回転工具Tに対してワークWを相対的に回転移動させることができる。

[0014] 移動装置は、ワークWに対して回転工具TをX軸方向に相対移動させるX軸移動装置を含む。X軸移動装置は、コラム15の前面に形成されている一对のX軸レール19a、19bを含む。サドル17は、X軸レール19a、19bに沿って往復移動が可能に形成されている。X軸移動装置は、ボールねじ機構によりサドル17を移動する。X軸移動装置は、ボールねじ機構のねじ軸を回転させるX軸サーボモータ20を含む。X軸移動装置は、X軸サーボモータ20を駆動することにより、サドル17を移動させる。主軸ヘッド21および回転工具Tは、サドル17と共にX軸方向に移動する。

[0015] 移動装置は、ワークWに対して回転工具TをZ軸方向に相対移動させるZ軸移動装置を含む。Z軸移動装置は、サドル17の前面に形成されている一对のZ軸レール23a、23bを含む。主軸ヘッド21は、Z軸レール23a、23bに沿って往復移動が可能に形成されている。Z軸移動装置は、ボールねじ機構により主軸ヘッド21を移動する。Z軸移動装置は、ボールねじ機構のねじ軸を回転させるZ軸サーボモータ24を含む。Z軸移動装置は、Z軸サーボモータ24を駆動することにより、主軸ヘッド21を移動させる。回転工具Tは、主軸ヘッド21と共にZ軸方向に移動する。更に、主軸ヘッド21の内部には、主軸25を軸線周りに回転する駆動モータが配置されている。

[0016] 図3に、本実施の形態の形態におけるY軸移動装置の概略斜視図を示す。図1から図3を参照して、移動装置は、ワークWに対して回転工具TをY軸方向に相対移動させるY軸移動装置を含む。Y軸移動装置は、ベッド13の

上面に配置されている一対のY軸レール29a、29bを含む。移動体27は、Y軸レール29a、29bに沿って往復移動が可能に形成されている。コラム15には、移動体27がY軸方向に移動可能なように空洞部15aが形成されている。

[0017] Y軸移動装置は、ボールねじ機構30により移動体27を移動させる。Y軸移動装置は、ボールねじ機構のねじ軸を回転させるY軸サーボモータ32を含む。Y軸移動装置は、Y軸サーボモータ32を駆動することにより、移動体27を移動させる。傾斜旋回台28および回転テーブル35は、移動体27と共にY軸方向に移動する。

[0018] 移動装置は、ワークWに対して回転工具TをB軸方向に相対的に回転させるB軸回転移動装置を含む。本実施の形態におけるB軸の軸線52は、X軸、Y軸およびZ軸のいずれの軸に対しても平行ではない。すなわち、B軸の軸線52は、3つの直動軸のそれぞれの軸に対して傾斜している。B軸回転移動装置は、傾斜旋回台28を含む。移動体27の内部には、傾斜旋回台28を回転させるためのサーボモータが配置されている。傾斜旋回台28のサーボモータを駆動することにより、B軸の軸線52の周りに傾斜旋回台28が回転する。ワークWは、傾斜旋回台28および回転テーブル35と共にB軸方向に回転する。

[0019] 本実施の形態における移動装置は、ワークWに対して回転工具TをC軸方向に相対的に回転させるC軸回転移動装置を含む。傾斜旋回台28がB軸方向の予め定められた角度位置にあるときに、C軸の軸線53がZ軸と平行になるように設計されている。C軸回転移動装置は、回転テーブル35を含む。傾斜旋回台28の内部にはサーボモータが配置されている。このサーボモータを駆動することにより、C軸の軸線53の周りに回転テーブル35が回転する。ワークWは、回転テーブル35と共にC軸方向に回転する。

[0020] このように、工作機械11は、ワークWに対して主軸25が相対的に移動する3つの直動軸を有する。すなわち、工作機械11は、直動軸としてのX軸、Y軸およびZ軸を有する。本実施の形態では、第1直動軸をY軸、第2

直動軸をZ軸、および第3直動軸をX軸として説明する。また、工作機械11は、ワークWに対して主軸25が相対的に回転移動する2つの回転軸を有する。すなわち、工作機械11は、回転軸としてのB軸の軸線52およびC軸の軸線53を有する。本実施の形態では、第1回転方向をC軸方向とし、第2回転方向をB軸方向として説明する。また、第1軸線をC軸の軸線53とし、第2軸線をB軸の軸線52として説明する。

[0021] 本実施の形態における工作機械は、制御装置70を備える。制御装置70は、移動装置のサーボモータや駆動モータに接続されている。制御装置70は、移動装置のサーボモータを制御することによりワークWに対して回転工具Tを相対的に移動させることができる。

[0022] 図1、2を参照して、工作機械11は、それぞれの回転軸に関する回転角度が0°の時に、回転テーブル35の表面が機械座標系のX軸とY軸とを含む平面、すなわちXY平面と厳密に平行になり、かつ、B軸の軸線52とC軸の軸線53とが交差するように製造することが好ましい。しかしながら製造誤差や経年変化等により、回転テーブル35の表面が僅かに傾いたり、軸線52と軸線53とが僅かに離れたりする場合がある。

[0023] 工作機械11は、移動体27の傾きを調整する調整手段として角度調整装置を備える。本実施の形態においては、移動体27のY軸ストロークに渡って、YZ平面に対してB軸の軸線52およびC軸の軸線53が平行に延びるように、移動体27の傾きを調整する。本実施の形態においては、移動体27をY軸方向に移動している期間中に、YZ平面に対してB軸の軸線52およびC軸の軸線53がそれぞれ平行に延びる状態を基準状態と称する。

[0024] また、工作機械11は、制御装置70を備える。制御装置70は、読取解釈部72、補間演算部73、およびサーボモータ制御部74を含む。読取解釈部72は、入力プログラム71を読取って、プログラムされた移動指令を補間演算部73に送出する。補間演算部73は、補間周期毎の位置指令値を演算し、位置指令値をサーボモータ制御部74に送出する。たとえば、補間演算部73は、移動指令に基づいて設定された時間間隔ごとの移動量を算出

する。サーボモータ制御部 74 は、位置指令値に基づいて各軸サーボモータ 75 を駆動する。また、制御装置 70 は、後述する測定装置 40 に接続された演算部 76 と、読取解釈部 72 および演算部 76 に接続された記憶部 77 を備えている。

[0025] 以下、図 3～図 8 を参照して、本発明の作用を説明する。

本発明では、ワーク W を加工する本加工の前に試験用ワーク 1 (図 6～図 11) の所定の表面部分を加工する。このとき、試験用ワーク 1 を加工するために用いる回転工具 2 は、本加工するとき用いる回転工具 T と同じ回転工具である。回転工具 2 は、ボールエンドミルとすることができる。試験用ワーク 1 は、直方体形状を有している。本発明では、直方体形状は立方体形状を含む。

[0026] まず、試験用ワーク 1 の加工に先立ち、回転テーブル 35 を図 3 に示す位置に配置する。この位置において、回転テーブル 35 のワーク取付面 35 a は、Z 軸に垂直に配置される。回転テーブル 35 のこの位置を第 1 の位置と称する。第 1 の位置から回転テーブル 35 を矢印 105 で示すように B 軸方向に 180° 送ることによって、回転テーブル 35 は、図 4 に示す第 2 の位置に配置される。このとき、回転テーブル 35 のワーク取付面 35 a は第 1 の位置にある回転テーブル 35 のワーク取付面 35 a に対して垂直に配置で、直交 3 軸の 1 つである Z 軸に平行で、かつ、他の軸、本実施形態では、Y 軸に対して垂直な位置にある。

[0027] 回転テーブル 35 が第 1 の位置にあるとき B 軸は 0° (零度) の回転位置にある。B 軸が 0° で、かつ、C 軸が 0° の回転位置にあるとき、回転テーブル 35 は第 1 の姿勢にあると称する。つまり、回転テーブル 35 が第 1 の姿勢にあるとき B 軸および C 軸の双方が原点位置にある。回転テーブル 35 を第 1 の姿勢から C 軸を回転させることなく、B 軸のみを矢印 105 で示すように第 2 の位置へ向けて 180° 送ると、回転テーブル 35 は、B 軸は 180° で C 軸が 0° の回転位置へ移動する。この回転位置を回転テーブル 35 の第 2 の姿勢とする。

- [0028] 第2の姿勢から、C軸を90°回転させたときの回転位置を回転テーブル35の第3の姿勢とし、C軸を更に90°回転させたときの回転位置を回転テーブル35の第4の姿勢、C軸を更に90°回転させたときの回転位置を回転テーブル35の第5の姿勢とする。
- [0029] 試験用ワーク1は、第1の姿勢にある回転テーブル35のワーク取付面35a上において、対向する2つの側面がX軸に垂直に、他の対向する2つの側面がY軸に垂直になるように配置される。このとき、ワーク取付面35aに取り付けられた試験用ワークの1つの側面（上面）は、直交3軸の1つの軸であるZ軸に垂直となり、かつ、回転工具2に対面する。
- [0030] この回転工具2に対面する上面は、試験加工すべき2つの表面部分1-1、1-2を有している。また、試験用ワーク1において、この2つの表面部分1-1、1-2を有した上面に垂直に接続する4つの側面の各々も、回転工具2により試験加工すべき2つの表面部分1-3、1-7；1-4、1-8；1-5、1-9；1-6、1-10を有している。上面の2つの表面部分1-1、1-2は、矩形、好ましくは正方形とすることができ、好ましくは、直方体形状の試験用ワーク1の1つの稜線（エッジ）を含む矩形とすることができる。上面に接続する4つの側面の各々の2つの表面部分は、一定幅の長方形または帯状の形状とすることができる。
- [0031] 先ず、回転テーブル35を第1の姿勢に配置し、試験用ワーク1の上面の2つの表面部分の一方を、回転テーブル35を直交3軸（X軸、Y軸、Z軸）方向に直線送りつつ、回転工具2の先端により加工する。次に、試験用ワーク1の上面に垂直に接続する4つの側面の各々において加工すべき2つの表面部分の一方、本実施形態では、上側、つまり試験用ワーク1の上面に隣接する表面部分1-3、1-4、1-5、1-6を、図7に示すように、回転工具2の側面で加工する。このように、直交3軸（X軸、Y軸、Z軸）方向の直線送りによる加工モードを3軸加工と称する。
- [0032] 回転工具2の側面で4つの側面の表面部分1-3、1-4、1-5、1-6を加工すると、次いで、回転テーブル35をB軸方向に回転送りして第2

の位置（図4）に配置する。このとき、試験用ワーク1の側面の1つが、Z軸に垂直に配置され、かつ、回転工具2に対面する。次いで、回転テーブル35をC軸方向に180°回転し、図8に示すように、上面において加工すべき2つの表面部分1-1、1-2が上側、つまり回転工具2に近い方に配置する。このとき、回転テーブル35は第4の姿勢に配置される。

[0033] 回転テーブル35を第4の姿勢におけるこの位置に配置した状態で、直交3軸（X軸、Y軸、Z軸）方向に直線送りして、試験用ワーク1の上面の試験加工すべき2つの表面部分の他方1-2を回転工具2の側面で加工する。このとき、表面部分1-1と表面部分1-2は、加工プログラム上では、段差のない加工面となるように、加工パラメータが設定されている。次に、試験用ワーク1の上面に垂直に接続する4つの側面の各々において加工すべき2つの表面部分の他方の表面部分1-7を、図9に示すように、回転工具2の先端で加工する。

[0034] 次いで、表面部分1-7の加工が完了したときC軸を90°回転させ、回転テーブル35を第5の姿勢に配置して表面部分1-8を回転工具2の先端で加工し、表面部分1-8の加工が完了したときC軸を更に90°回転させ、回転テーブル35を第2の姿勢に配置して表面部分1-9を回転工具2の先端で加工し、同様に、表面部分1-9の加工が完了したときC軸を更に90°回転させ、回転テーブル35を第3の姿勢に配置して表面部分1-10を回転工具2の先端で加工する。このように、直交3軸（X軸、Y軸、Z軸）方向の直線送りと、2つの回転送り軸（B軸、C軸）による回転送りによる加工モードを5軸加工と称する。表面部分1-3と表面部分1-7、表面部分1-4と表面部分1-8、表面部分1-5と表面部分1-9、表面部分1-6と表面部分1-10は、加工プログラム上では、段差のない加工面となるように、加工パラメータが設定されている。

[0035] こうして、全ての加工すべき表面部分の加工が完了した後、回転テーブル35を第1の姿勢に配置する。このとき、試験用ワーク1の上面がZ軸に垂直に配置され、上面に垂直に接続する4つの側面のうち2つの側面、図9で

は、表面部分 1-3、1-7 と表面部分 1-5、1-9 を有した側面が Y 軸に垂直に配置され、表面部分 1-4、1-8 と表面部分 1-6、1-10 を有した側面が X 軸に垂直に配置される。また、これと同時に、回転工具 2 を主軸 25 から取り外し、代わりに測定装置 40 が主軸 25 に装着される。測定装置 40 は、測定プローブ 40 a が測定対象物の表面に接触したときに、信号を出力するタッチセンサとすることができる。

[0036] 次いで、図 10 に示すように、測定装置 40 の測定プローブ 40 a を試験用ワーク 1 の上面の 2 つの表面部分 1-1、1-2 の各々の上方に配置し、Z 軸に沿って試験用ワーク 1 に接近させることによって、2 つの表面部分 1-1、1-2 の各々の Z 座標 Z_{1-1} 、 Z_{1-2} が測定される。つまり、測定装置 40 は、測定プローブ 40 a が表面部分 1-1、1-2 の各々に接触した信号を演算部 76 に送出し、演算部 76 は、測定プローブ 40 a が測定球 44 表面部分 1-1、1-2 の各々に接触した時の Z 座標を検出し、記憶部 77 に記憶させる。

[0037] 次いで、図 11 に示すように、試験用ワーク 1 の上面に接続された 4 つの側面の各々の表面部分 1-3、1-4、1-5、1-6 と、表面部分 1-7、1-8、1-9、1-10 に対して垂直な方向に直線送りして、測定装置 40 の測定プローブ 40 a を該表面部分の各々に接触させる。同様に、演算部 76 は、その時の座標値を検出し、記憶部 77 に記憶させる。より詳細には、表面部分 1-3、1-5 の Y 座標 Y_{1-3} 、 Y_{1-5} と、表面部分 1-7、1-9 の Y 座標 Y_{1-7} 、 Y_{1-9} と、表面部分 1-4、1-6 の X 座標 X_{1-4} 、 X_{1-6} と、表面部分 1-8、1-10 の X 座標 X_{1-8} 、 X_{1-10} が測定され、記憶部 77 に記憶される。

[0038] 測定結果に基づき、演算部 76 は、3 軸加工により加工された表面部分 1-3、1-4、1-5、1-6 の中心 C3 の座標 $(X_{C3}, Y_{C3}) = ((X_{1-4} + X_{1-6}) / 2, (Y_{1-3} + Y_{1-5}) / 2)$ 、および、5 軸加工により加工された表面部分 1-3、1-4、1-5、1-6 の中心 C5 の座標 $(X_{C5}, Y_{C5}) = ((X_{1-8} + X_{1-10}) / 2, (Y_{1-7} + Y_{1-9}) / 2)$ を演算する。次いで、演算部 76 は

、3軸加工による中心C3に対する5軸加工による中心C5のX方向の偏差 $\alpha = ((X_{1-4} + X_{1-6}) / 2) - ((X_{1-8} + X_{1-10}) / 2)$ およびY方向の偏差 $\beta = ((Y_{1-3} + Y_{1-5}) / 2) - ((Y_{1-7} + Y_{1-9}) / 2)$ を演算する。演算結果は記憶部77に記憶される。

[0039] 次いで、演算部76は、3軸加工により加工された表面部分1-3、1-4、1-5、1-6のX方向およびY方向の距離、つまり表面部分1-4、1-6間の距離 $\gamma_3 = |X_{1-4} - X_{1-6}|$ および表面部分1-3、1-5間の距離 $\delta_3 = |Y_{1-3} - Y_{1-5}|$ を演算し、そして5軸加工により加工された表面部分1-7、1-8、1-9、1-10のX方向およびY方向の距離、つまり表面部分1-8、1-10間の距離 $\gamma_5 = |X_{1-8} - X_{1-10}|$ および表面部分1-7、1-9間の距離 $\delta_5 = |Y_{1-7} - Y_{1-9}|$ を演算し、演算結果は記憶部77に記憶される。

[0040] 次いで、演算部76は、3軸加工によるX方向の表面部分間の距離 γ_3 と、5軸加工によるX方向の表面部分間の距離 γ_5 との差分 $\gamma = \gamma_3 - \gamma_5$ と、5軸加工によるY方向の表面部分間の距離 δ_3 と、5軸加工によるX方向の表面部分間の距離 δ_5 との差分 $\delta = \delta_3 - \delta_5$ とを演算し、演算結果を記憶部77に記憶する。更に、演算部76は、X方向の表面部分間の距離およびY方向の表面部分間の距離に関して3軸加工と5軸加工の差分の平均値 $\lambda = (\gamma + \delta) / 4$ を演算し、演算結果を記憶部77に記憶する。

[0041] 次いで、演算部76は、試験用ワーク1の3軸加工により加工された表面部分1-1のZ方向の目標値 H_z と測定値であるZ座標 Z_{1-1} との差分 $\varepsilon = Z_{1-1} - H_z$ 、および、試験用ワーク1の5軸加工により加工された表面部分1-2のZ方向の目標値 H_z と測定値であるZ座標 Z_{1-2} との差分 $\zeta = Z_{1-2} - H_z$ を演算し、演算結果は記憶部77に記憶される。

[0042] 更に、演算部76は、試験用ワーク1のX方向の目標値 L_x と、3軸加工によるX方向の表面部分間の距離 γ_3 との差分 $D_x = L_x - \gamma_3$ 、および、Y方向の目標値 L_y と、Y方向の表面部分間の距離 δ_3 との差分 $D_y = L_y - \delta_3$ を演算する。演算部76は、は、更に、その平均値 $\eta = (D_x + D_y$

) / 4 を演算して、演算結果を記憶部 77 に記憶する。

[0043] 上記演算結果に基づき、演算部 76 は、以下のように補正量 CV を決定する。

$$CV1 = \alpha$$

$$CV2 = \beta$$

$$CV3 = -(\zeta + \eta) / 2$$

$$CV4 = \lambda + CV3$$

$$CV5 = ((\zeta + CV3)) + (\varepsilon + CV4) / 2$$

[0044] ここで、CV1 は回転テーブル 35 の回転中心の X 方向補正量、CV2 は回転テーブル 35 の回転中心の Y 方向補正量、CV3 は Z 軸補正量、CV4 は回転工具 2 の工具長さ方向への工具測定装置の補正量、CV5 はワーク座標系における Z 座標の補正量（測定装置 40 の Z 方向のキャリブレーション値）である。

[0045] 既述の試験用ワーク 1 の測定は、制御装置 70 に入力プログラム 71 として、自動測定プログラムを入力することによって、自動的に行うことができる。制御装置 70 が自動測定プログラムを実行すると、例えば、工作機械 11 の制御盤（図示せず）に取り付けてあるタッチパネルのような表示装置に図 13 に示す入力画面が表示される。

[0046] 入力画面 100 は、試験用ワーク 1 のサイズとして X 方向、Y 方向、Z 方向の寸法および切込み量（試験用ワーク 1 の表面からの深さ）等の加工パラメータを入力する領域 102、104、106、108 を備えている。この領域 102、104、106、108 の 1 つをアクティブにして、キーボード等の入力装置（図示せず）を用いて各領域 102、104、106、108 に数値を入力する。入力された試験用ワーク 1 の加工パラメータは記憶部 77 に記憶される。なお、入力画面 100 には、ワーク原点チェックのような試験用ワーク 1 の加工工程、使用する工具の種類等を表示する領域 120 を含むことができる。更に、試験用ワーク 1 の概略形状 130 を表示するようにしてもよい。

[0047] 入力完了した後に進むボタン110をタップことによって、図14に示す工具情報入力画面200を表示することができる。工具情報入力画面200は、工具径のような工具パラメータを入力する領域、加工条件としてピックフィード量、主軸回転速度および送り速度を入力する領域202、204、206、208を備えている。入力された工具パラメータや加工条件は記憶部77に記憶される。なお、入力画面100には、ワーク原点チェックのような試験用ワーク1の加工工程、使用する工具の種類等を表示する領域220を含むことができる。更に、試験用ワーク1を加工するために使用される工具の概略形状230を表示するようにしてもよい。

[0048] 入力完了した後に進むボタン210をタップことによって、既述した試験用ワーク1の加工および測定が行われ、補正量の演算結果を図15に示す補正量表示画面300に表示することができる。オペレーターは補正量を確認して、適用ボタン310をタップすることによって、本加工に際して補正量を適用した加工が行われる。

符号の説明

- [0049]
- 1 試験用ワーク
 - 1-1 表面部分
 - 1-10 表面部分
 - 1-2 表面部分
 - 1-3 表面部分
 - 1-4 表面部分
 - 1-5 表面部分
 - 1-6 表面部分
 - 1-7 表面部分
 - 1-8 表面部分
 - 1-9 表面部分
 - 2 回転工具
 - 11 工作機械

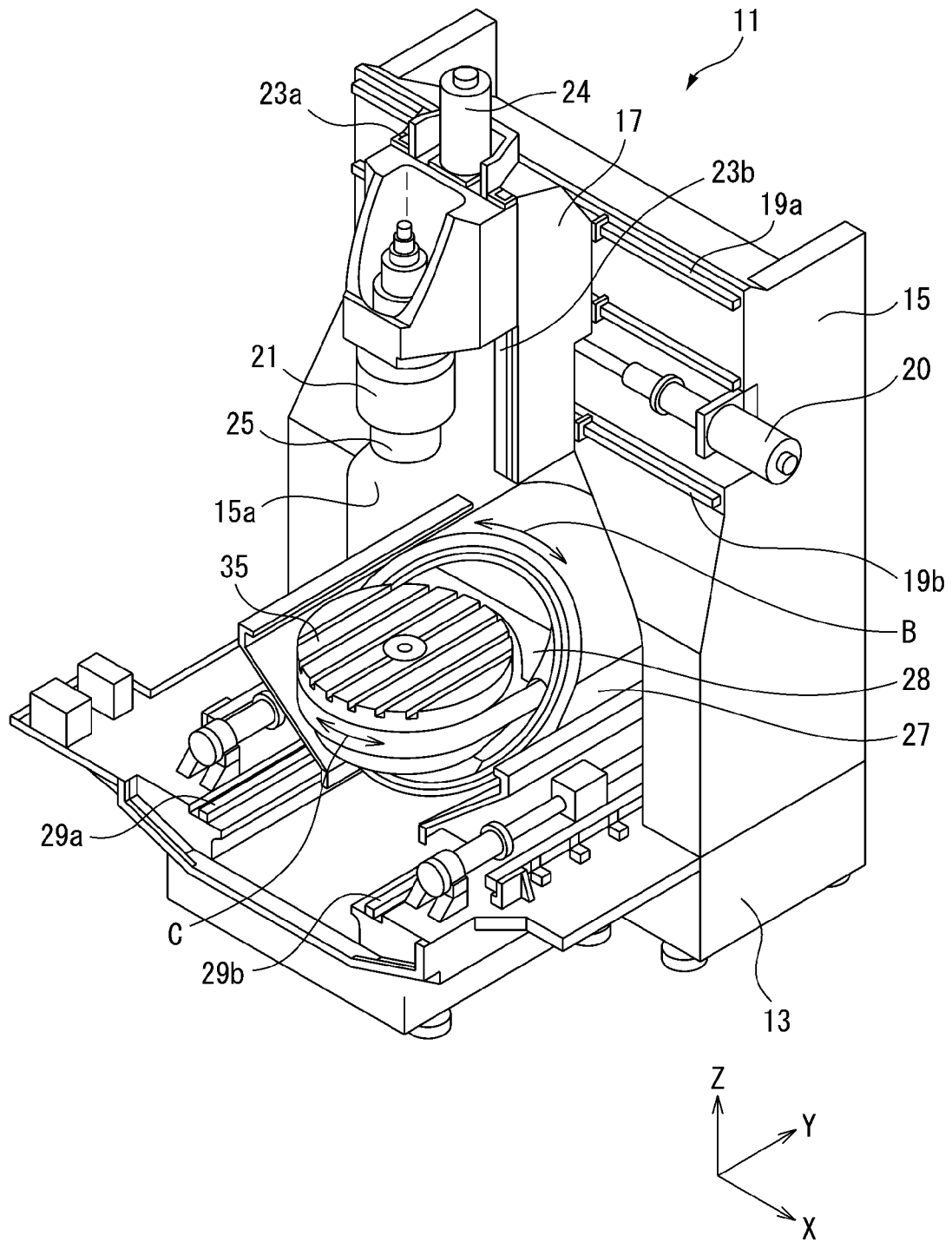
- 1 3 ベッド
- 1 5 コラム
- 1 7 サドル
- 1 9 a X軸レール
- 1 9 b X軸レール
- 2 1 主軸ヘッド
- 2 3 a Z軸レール
- 2 3 b Z軸レール
- 2 5 主軸
- 2 7 移動体
- 2 8 傾斜旋回台
- 2 9 a Y軸レール
- 2 9 b Y軸レール
- 3 5 回転テーブル
- 3 5 a ワーク取付面
- 4 0 測定装置
- 4 0 a 測定プローブ
- 5 2 軸線
- 5 3 軸線
- 7 0 制御装置
- 7 1 入力プログラム
- 7 2 読取解釈部
- 7 3 補間演算部
- 7 4 サーボモータ制御部
- 7 5 軸サーボモータ
- 7 6 演算部
- 7 7 記憶部
- 1 0 0 入力画面

200	工具情報入力画面
300	補正量表示画面
C3	中心
C5	中心
CV	補正量
Dx	差分
Dy	差分
H _z	目標値
L _x	目標値
L _y	目標値
T	回転工具
W	ワーク
α	偏差
β	偏差
γ	差分
γ_3	距離
γ_5	距離
δ	差分
δ_3	距離
δ_5	距離
ε	差分
ζ	差分
η	平均値
λ	平均値

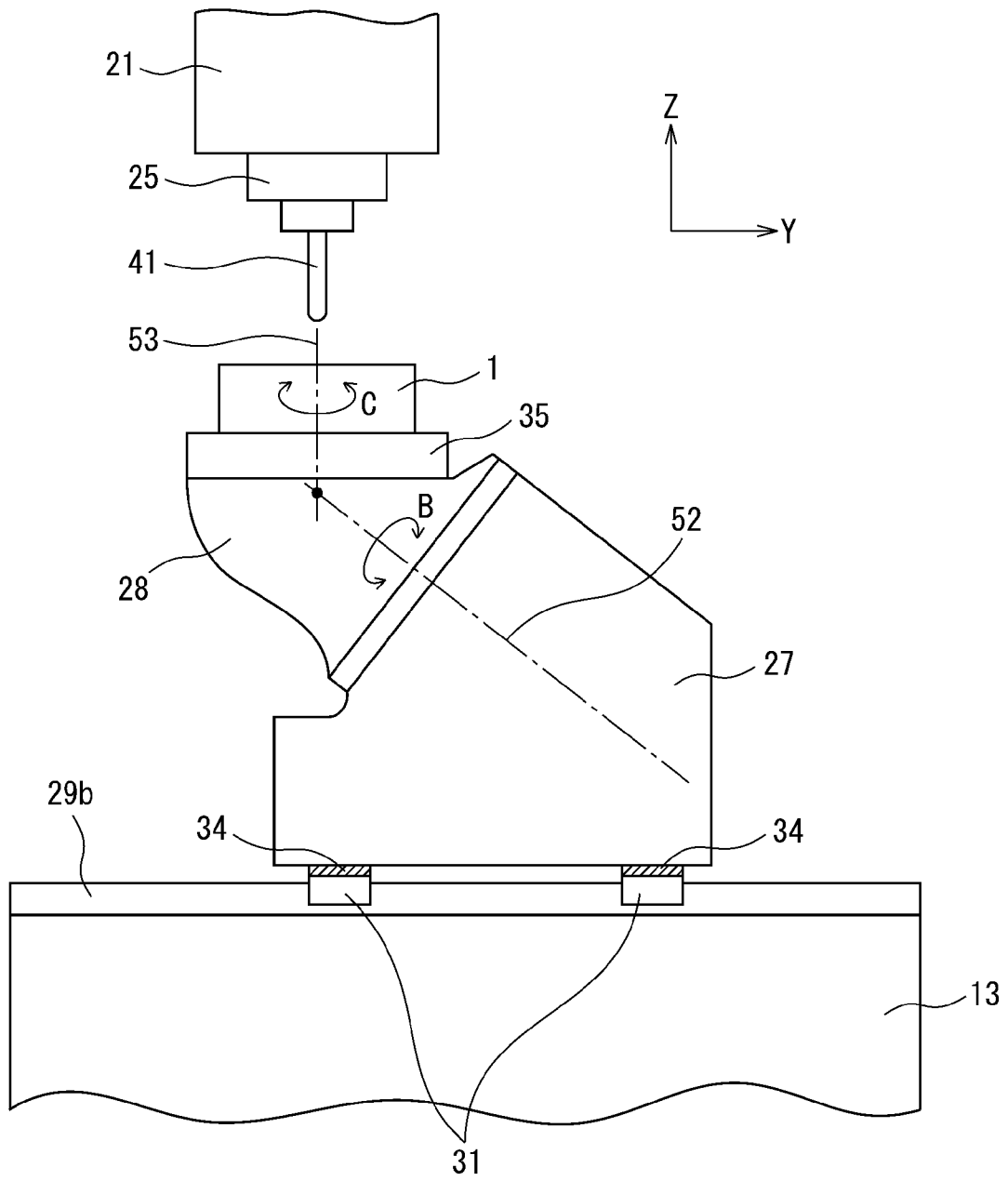
請求の範囲

- [請求項1] 直動送り軸と、回転送り軸とを有した工作機械で、主軸に取り付けた回転工具と回転テーブルに固定したワークとを相対的に移動して加工を行う加工方法において、
- 前記回転テーブル上に試験用ワークを固定し、
 - 前記試験用ワークを複数の姿勢に位置決めして、ワークの本加工時に用いる回転工具で前記試験用ワークの表面の所定部分を加工し、
 - 前記試験用ワークの加工した各表面部分を測定し、
 - 前記測定した結果に基づいて、前記回転送り軸の誤差を機械座標系に対する前記回転テーブルの回転中心の位置情報および前記回転工具の工具長の補正量で補正し、
 - 前記ワークを加工することを特徴とした加工方法。
- [請求項2] 前記工作機械は、直交3軸の直線送り軸と、該直交3軸の1つに平行な軸線周りの回転送り軸と、該回転送り軸の軸線と異なる軸線周りの回転送り軸とを有し、
- 前記試験用ワークは直方体形状を有しており、前記試験用ワークの表面の加工すべき所定部は、該試験用ワークの1つの表面を前記直交3軸の1つに対して垂直に向けたときに、前記回転工具の先端に対面する表面に2つの部分と、該表面に接続する4つの側面の各々に2つの部分とを含む請求項1に記載の加工方法。
- [請求項3] 前記回転工具に対面する表面の2つの加工すべき表面部分の一方を前記回転工具の先端で加工し、他方を前記回転工具の側面で加工する請求項2に記載の加工方法。
- [請求項4] 前記回転工具に対面する表面に接続する4つの側面の各々の2つの加工すべき表面部分の一方を前記回転工具の先端で加工し、他方を前記回転工具の側面で加工する請求項3に記載の加工方法。
- [請求項5] 前記回転工具はボールエンドミルである請求項1～4の何れか1項に記載の加工方法。

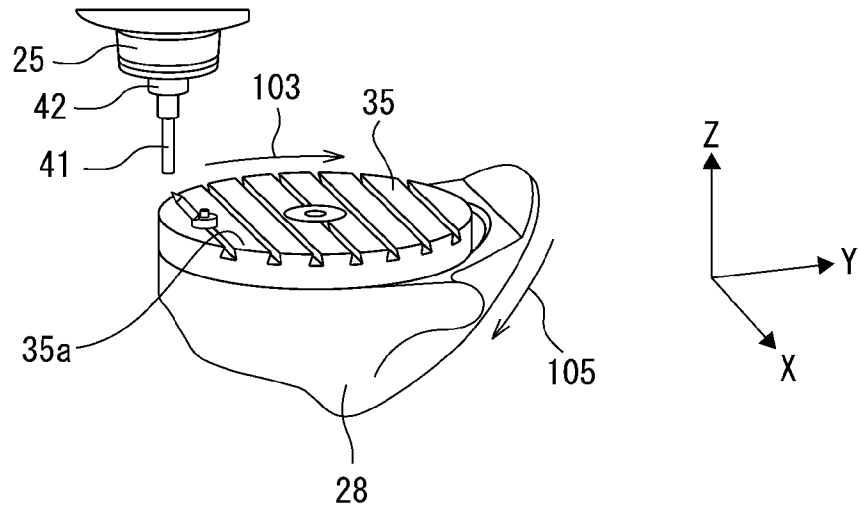
[図1]



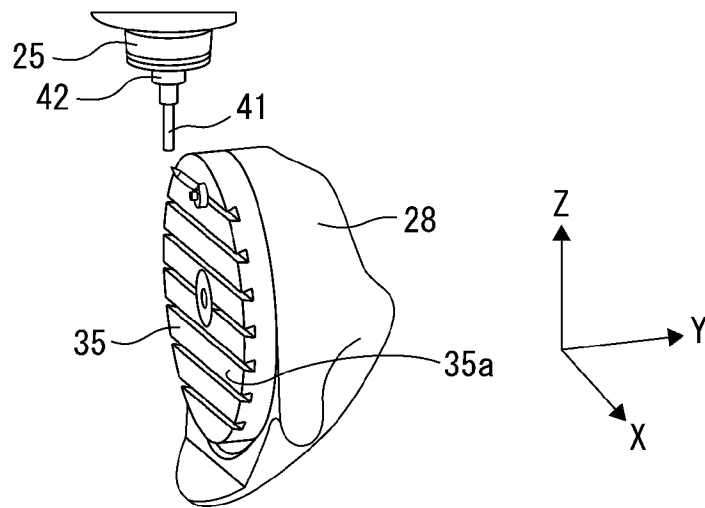
[図2]



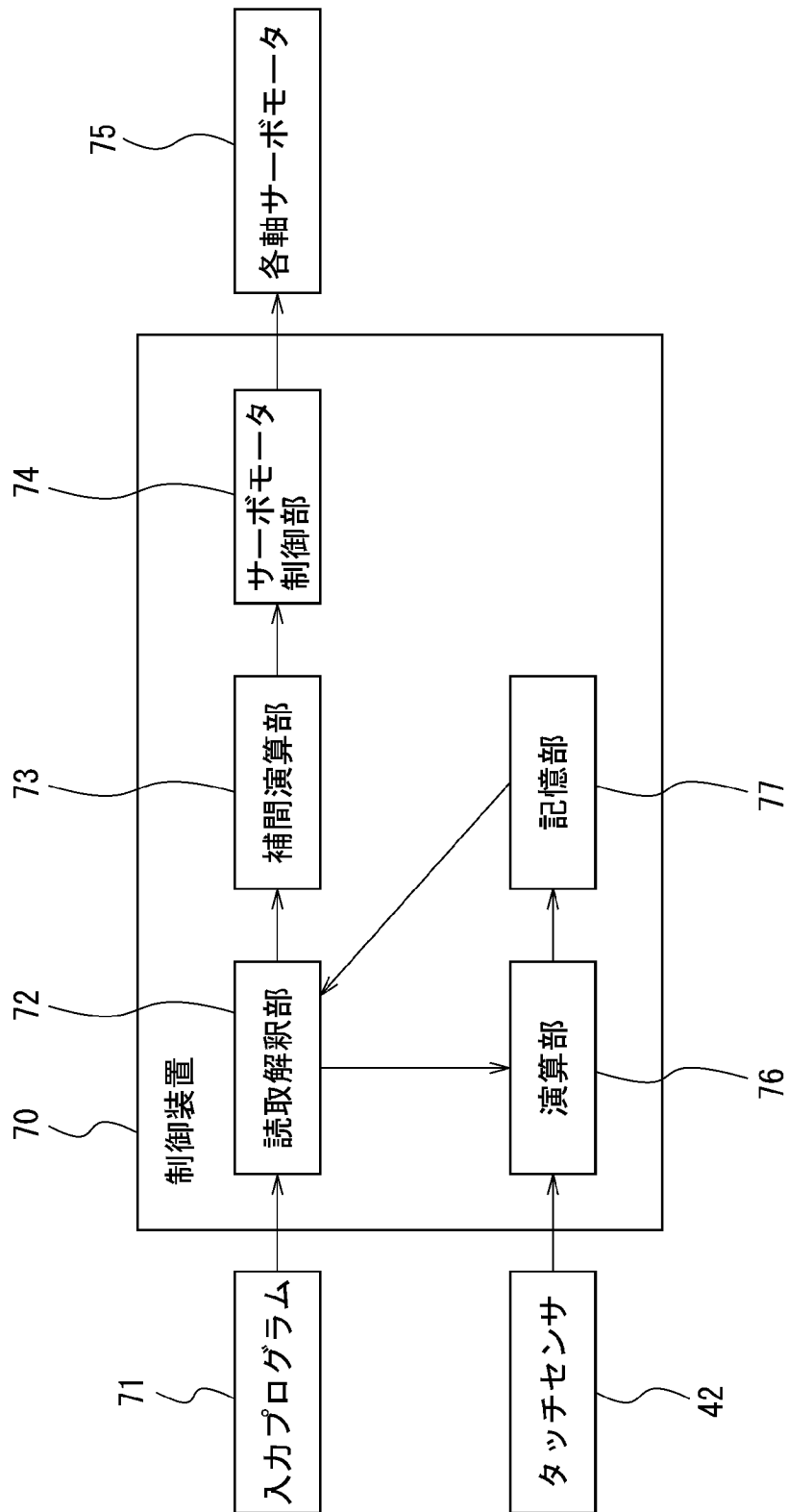
[図3]



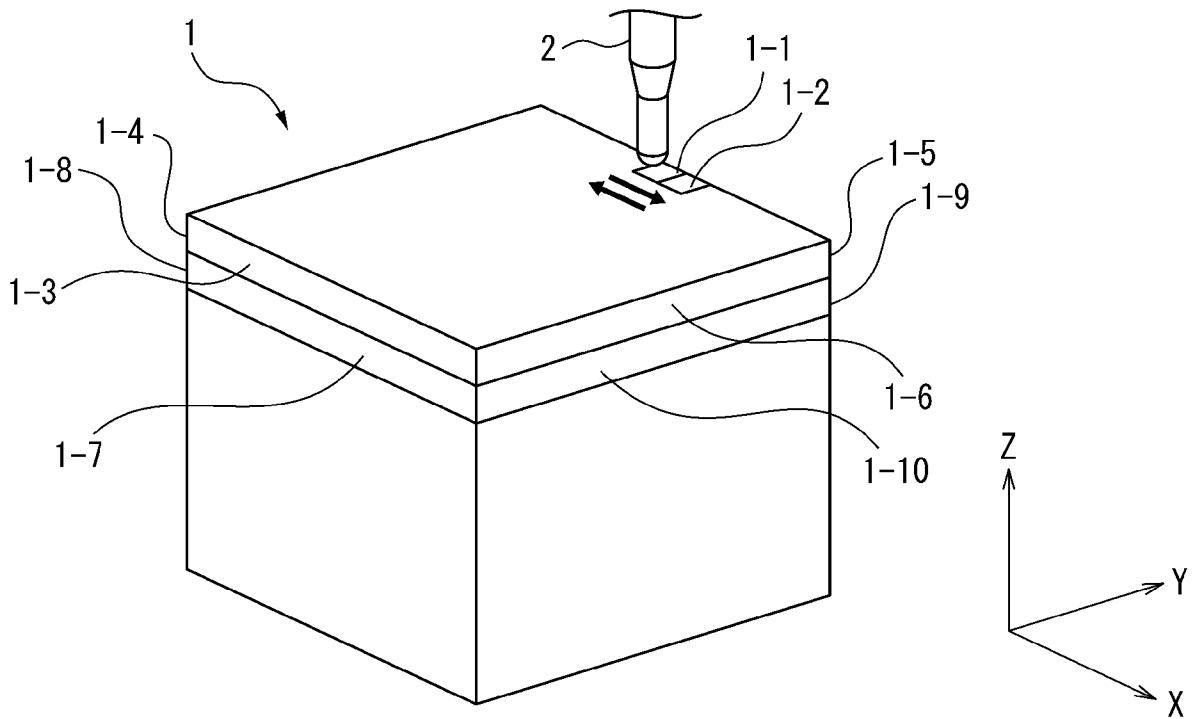
[図4]



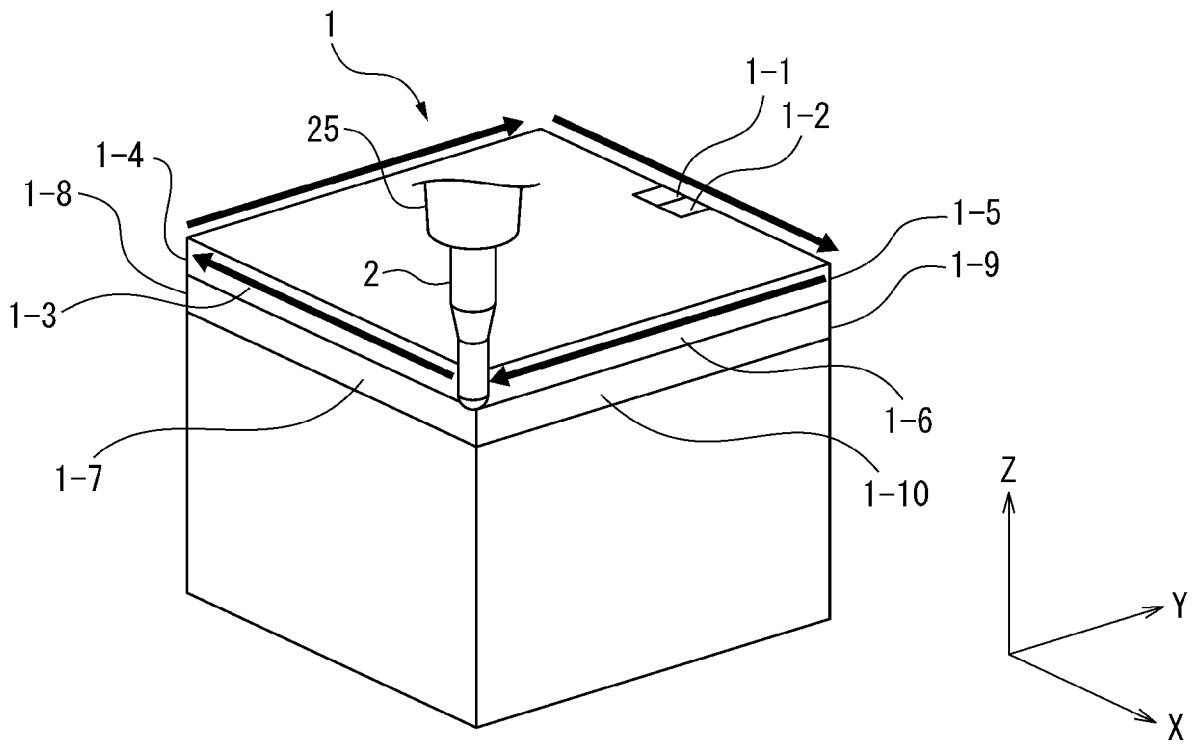
[図5]



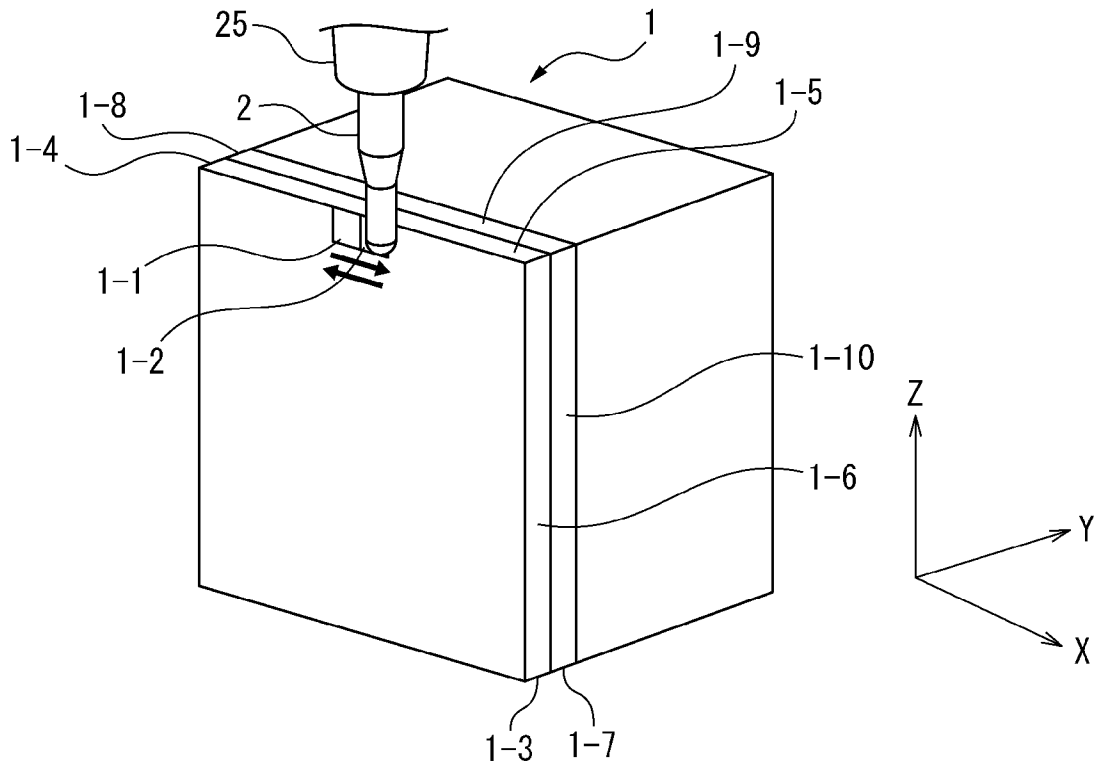
[図6]



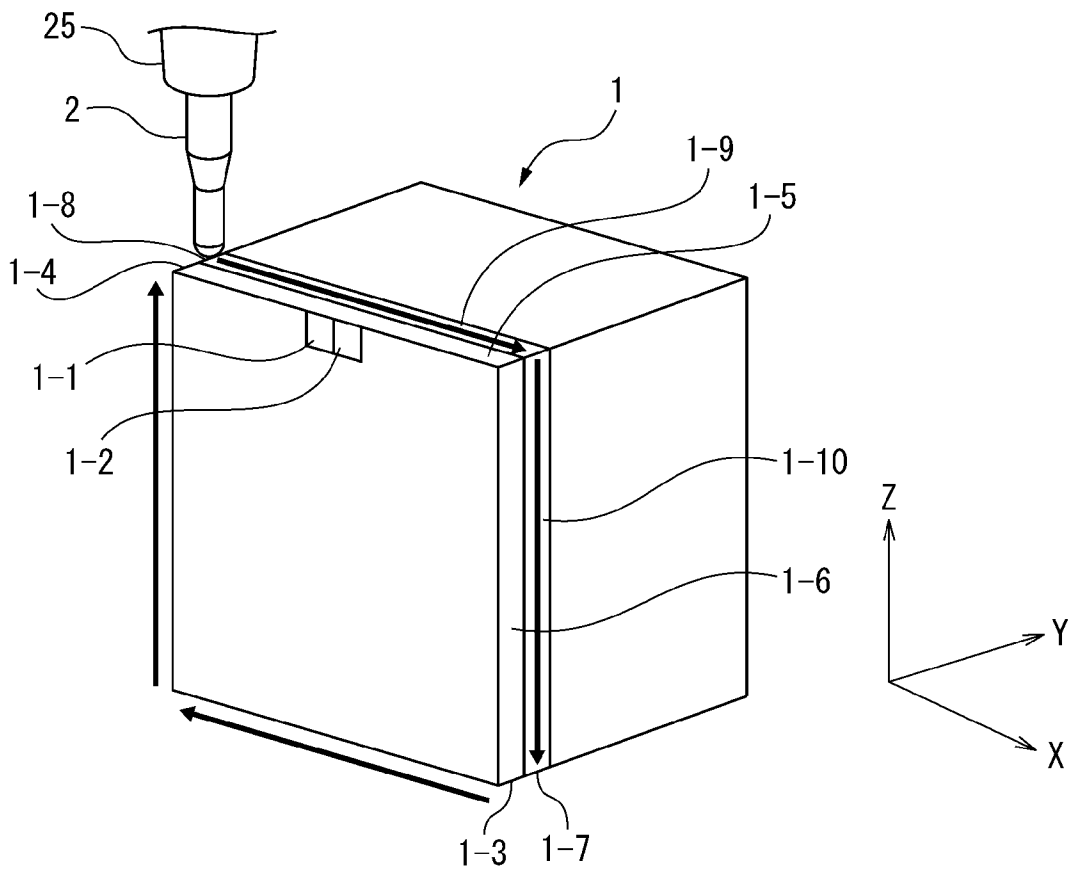
[図7]



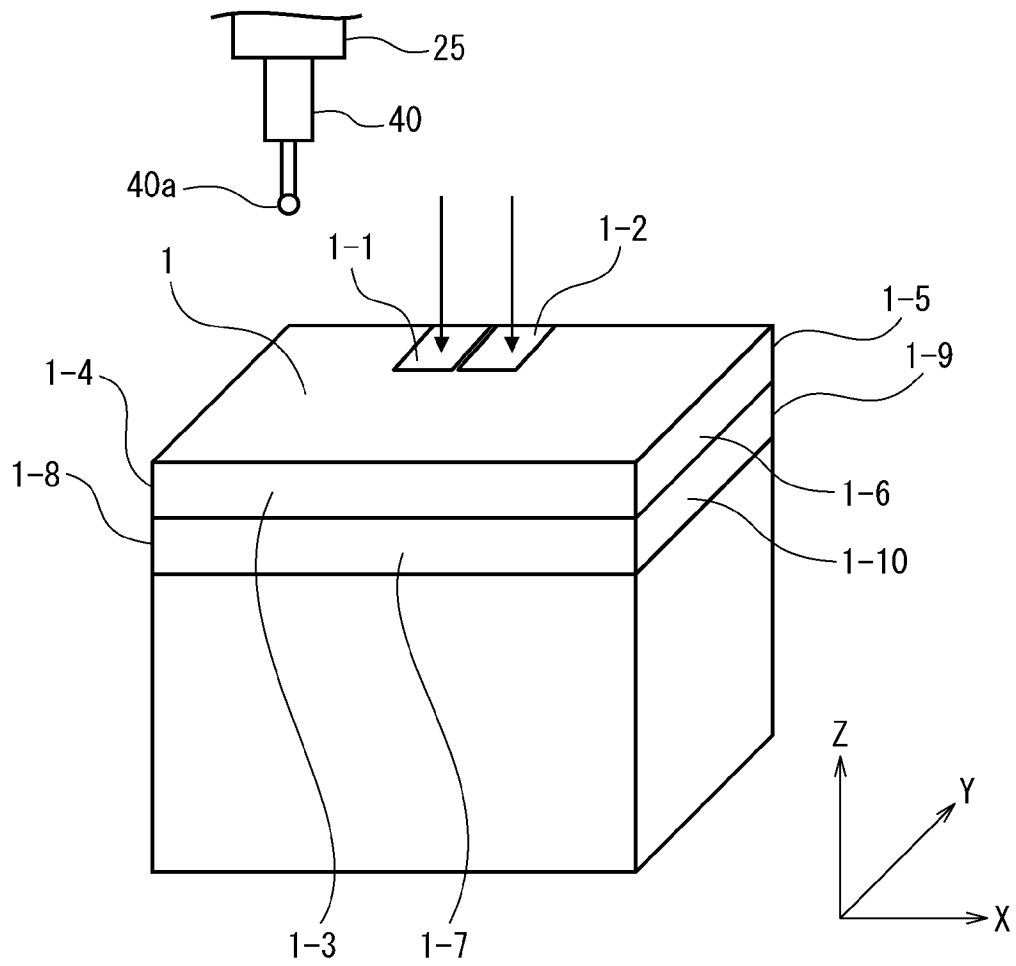
[図8]



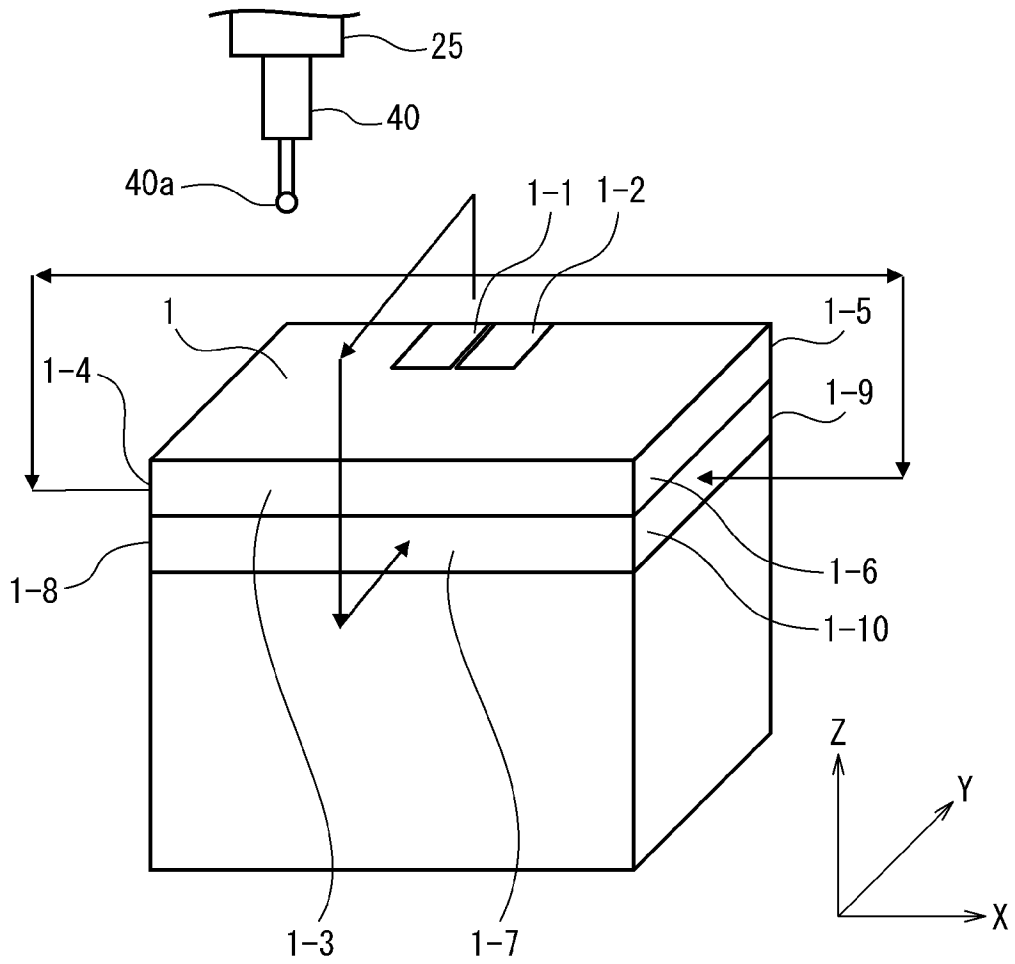
[図9]



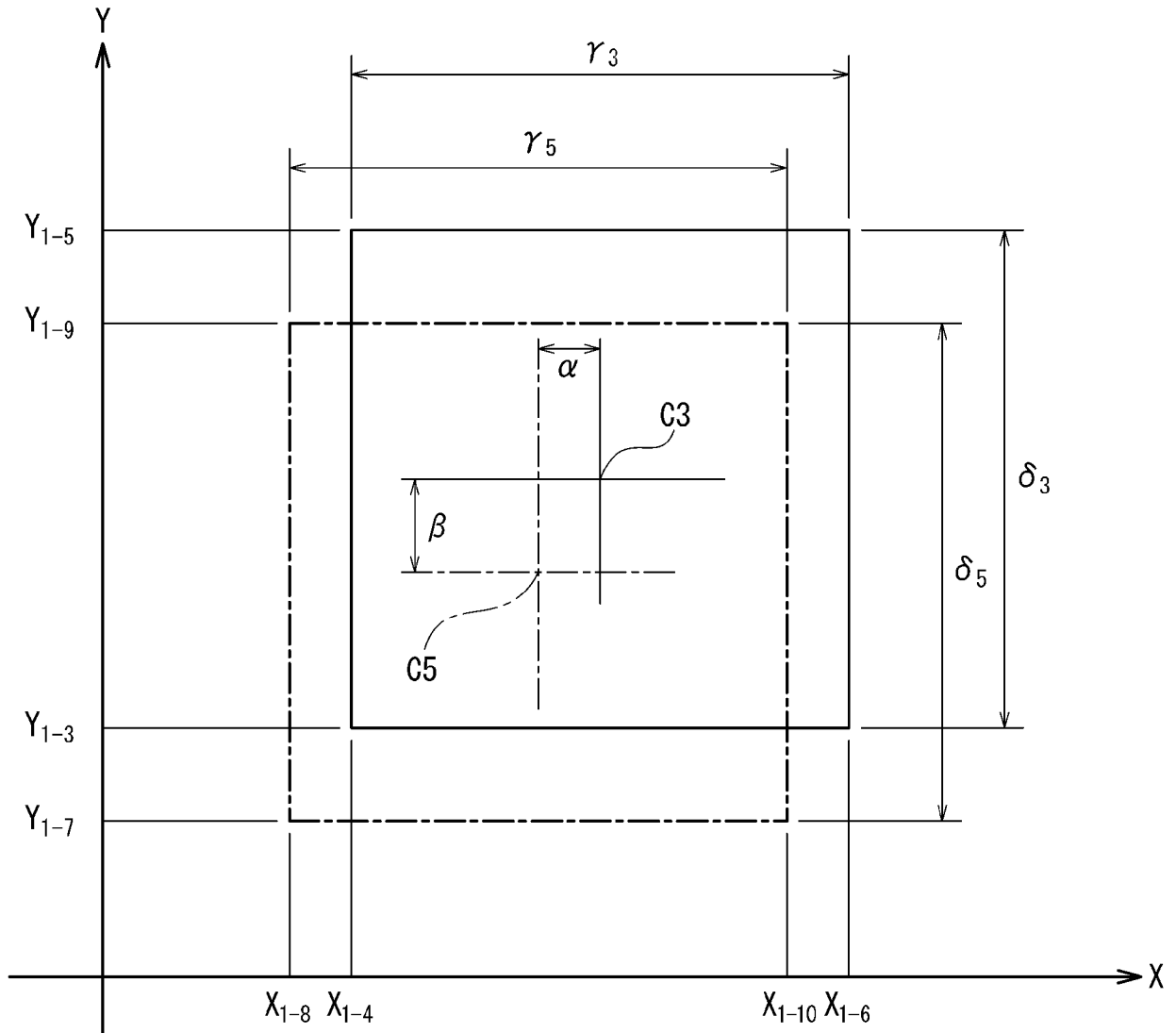
[図10]



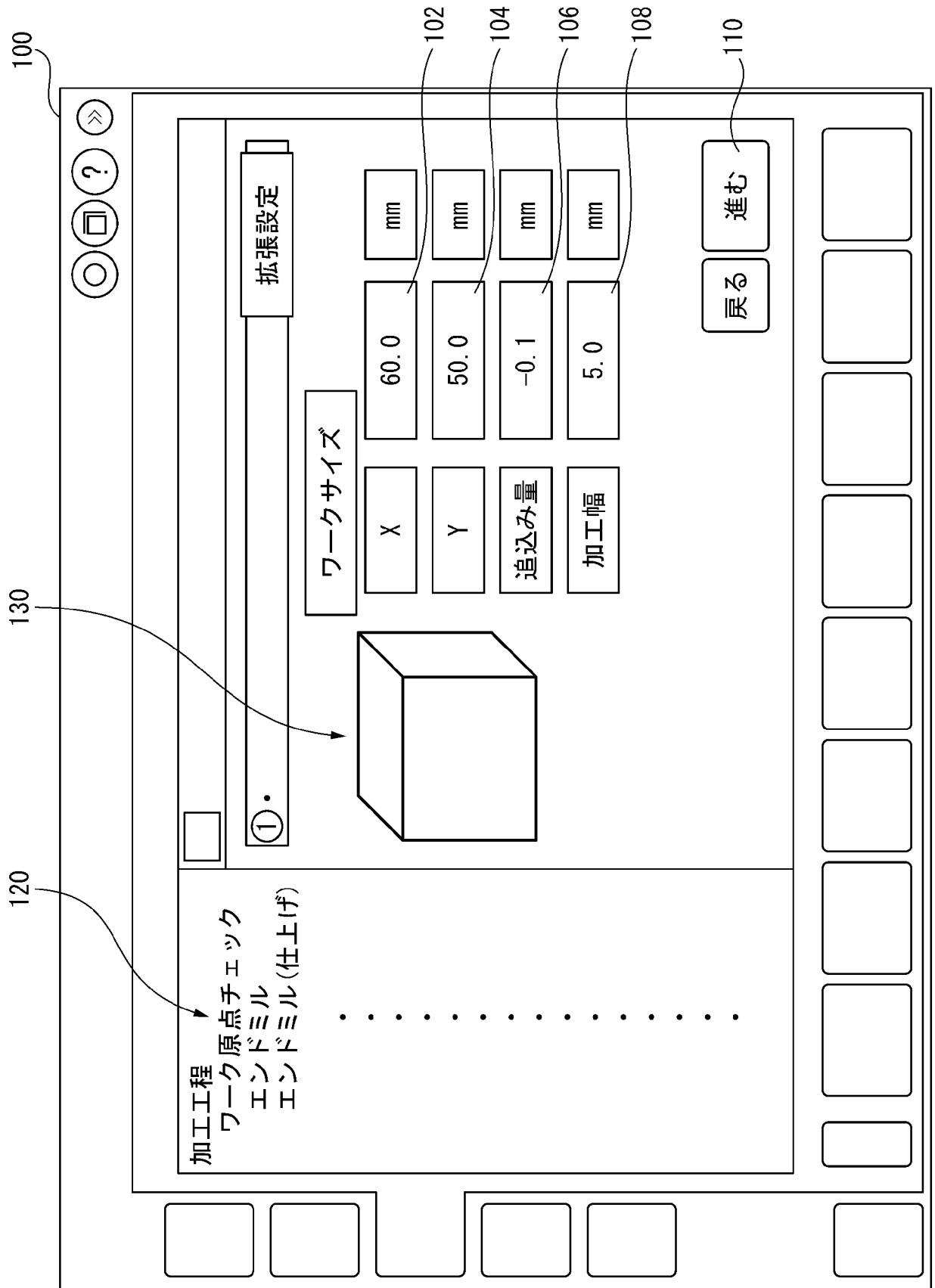
[図11]



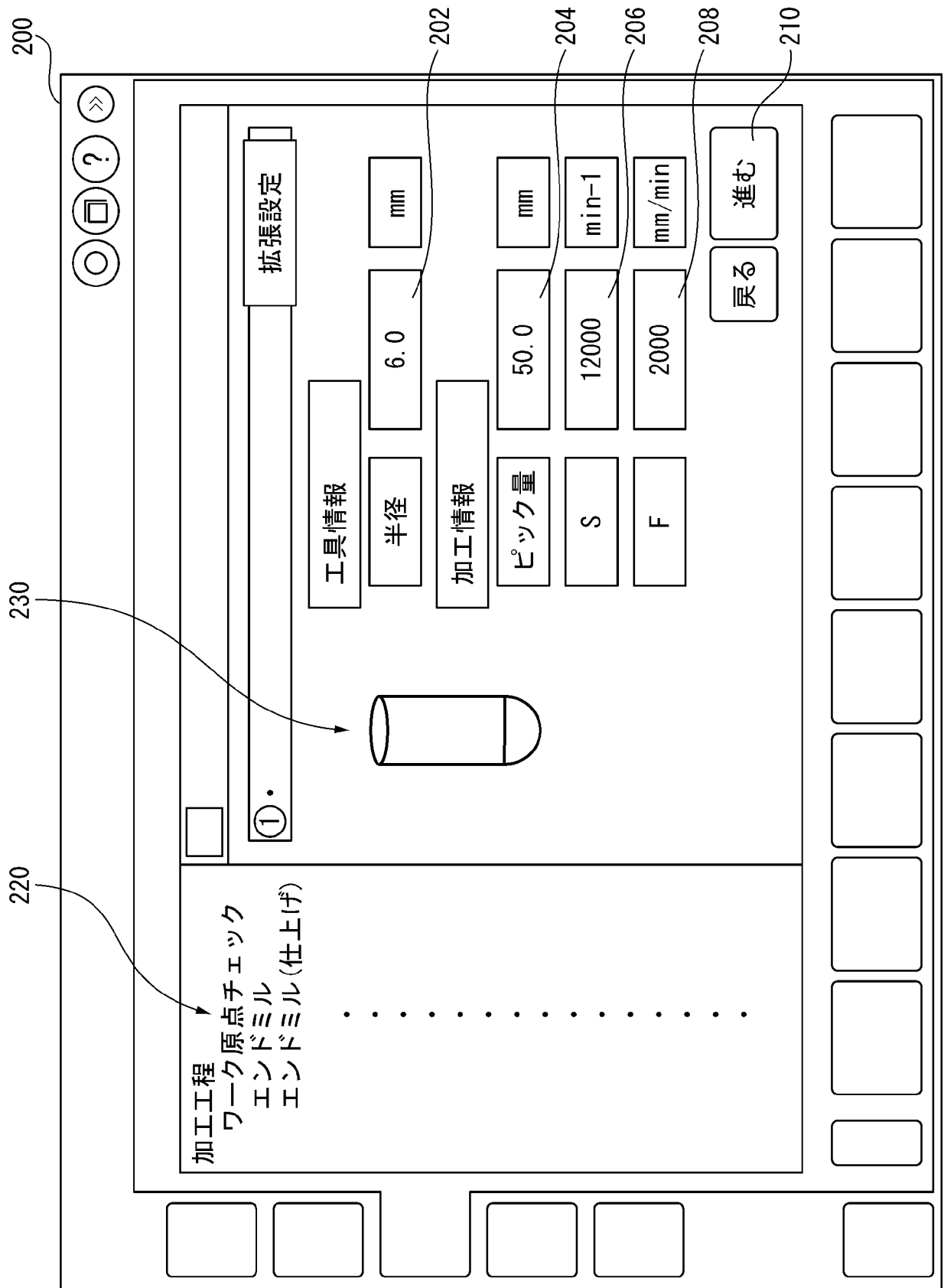
[図12]



[図13]



[図14]



[図15]

300

加工工程
ワーク原点子エック
エンドミル
エンドミル(仕上げ)
.....

①.

拡張設定

補正量

補正量1	0.0100	↑	0.0200
補正量2	-0.0100	↑	0.0100
補正量3	-600.0100	↑	-599.9980
補正量4	0.0100	↑	0.0500
補正量5	-0.0200	↑	-0.0500

戻る 適用

310

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/JP2021/015080
--

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int. Cl. G05B19/404 (2006.01) i, B23Q17/00 (2006.01) i, B23Q17/22 (2006.01) i
 FI: G05B19/404 G, B23Q17/00 Z, B23Q17/22 A

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)
 Int. Cl. G05B19/00-19/46, 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	1971-2021
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.
X	WO 2009/057229 A1 (MAKINO MILLING MACHINE CO., LTD.) 07 May 2009, p. 15, line 18 to p. 20, line 25, fig. 12-19	1-2, 5
A	WO 2012/101742 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 02 August 2012, entire text, all drawings	1-5
A	WO 2017/130412 A1 (NIKON CORP.) 03 August 2017, entire text, all drawings	1-5
A	JP 2019-40586 A (FANUC LTD.) 14 March 2019, entire text, all drawings	1-5
A	KR 10-2019-0002099 A (HYUNDAI WIA CORPORATION) 08 January 2019, entire text, all drawings	1-5

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

* Special categories of cited documents:	"I" 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 31.05.2021	Date of mailing of the international search report 08.06.2021
---	--

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/JP2021/015080

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2009/057229 A1	07.05.2009	US 2010/0207567 A1 paragraphs [0059]- [0089], fig. 12-19 EP 2208572 A1 CA 2704365 A1 KR 10-2010-0047906 A CN 101842189 A	
WO 2012/101742 A1	02.08.2012	US 2013/0282328 A1 entire text, all drawings DE 112011104760 T5 CN 103328154 A	
WO 2017/130412 A1	03.08.2017	(Family: none)	
JP 2019-40586 A	14.03.2019	US 2019/0064763 A1 entire text, all drawings DE 102018214072 A1 CN 109426217 A	
KR 10-2019-0002099 A	08.01.2019	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G05B 19/404(2006.01)i; B23Q 17/00(2006.01)i; B23Q 17/22(2006.01)i FI: G05B19/404 G; B23Q17/00 Z; B23Q17/22 A		
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）） G05B19/00-19/46; 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 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		
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
X	WO 2009/057229 A1 (株式会社牧野フライス製作所) 07.05.2009 (2009-05-07) 第15ページ第18行-第20ページ第25行, 図12-19	1-2, 5
A	WO 2012/101742 A1 (三菱電機株式会社) 02.08.2012 (2012-08-02) 全文, 全図	1-5
A	WO 2017/130412 A1 (株式会社ニコン) 03.08.2017 (2017-08-03) 全文, 全図	1-5
A	JP 2019-40586 A (ファナック株式会社) 14.03.2019 (2019-03-14) 全文, 全図	1-5
A	KR 10-2019-0002099 A (HYUNDAI WIA CORPORATION) 08.01.2019 (2019-01-08) 全文, 全図	1-5
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 31.05.2021	国際調査報告の発送日 08.06.2021	
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） 岩▲崎▼ 優 3U 1573 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	

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/JP2021/015080

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2009/057229 A1	07.05.2009	US 2010/0207567 A1 段落[0059]-[0089], 図12-19 EP 2208572 A1 CA 2704365 A1 KR 10-2010-0047906 A CN 101842189 A	
WO 2012/101742 A1	02.08.2012	US 2013/0282328 A1 全文, 全図 DE 112011104760 T5 CN 103328154 A	
WO 2017/130412 A1	03.08.2017	(ファミリーなし)	
JP 2019-40586 A	14.03.2019	US 2019/0064763 A1 全文, 全図 DE 102018214072 A1 CN 109426217 A	
KR 10-2019-0002099 A	08.01.2019	(ファミリーなし)	