

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, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称： 工作機械、および、ワーク加工方法

技術分野

[0001] 本発明は、工作機械、および、ワーク加工方法に関する。

背景技術

[0002] 生産効率向上のため、複数の加工ヘッドを有する工作機械を用いることが知られている。

[0003] 関連する技術として、特許文献1には、マシニングセンタが開示されている。特許文献1に記載のマシニングセンタは、第1加工ヘッドと、第2加工ヘッドとを有する。

[0004] また、特許文献2には、機械加工システムが開示されている。特許文献2に記載の機械加工システムは、複数の軌道モジュールを接続して形成されたプラットフォームと、プラットフォームの軌道上を移動する複数の加工ユニットとを備える。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2000-296429号公報

特許文献2：特開2023-134393号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明の目的は、加工の効率化と、設置スペースの拡大抑制と、加工精度の維持とを実現可能な工作機械、および、ワーク加工方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] いくつかの実施形態における工作機械は、ワークを支持するテーブルを有するワーク支持装置と、前記テーブルによって支持される前記ワークを加工する第1回転工具を支持可能な加工ヘッド、および、前記加工ヘッドを3次

元的に移動させる複数の直動装置を有する第1加工装置と、第2回転工具の位置および向きを変更する多関節アームを有し、前記第2回転工具を用いて前記テーブルによって支持される前記ワークを加工する第1ロボットと、を具備する。前記ワーク支持装置は、第1軸まわりに前記テーブルを旋回させる第1駆動装置を有する。

[0008] いくつかの実施形態におけるワーク加工方法は、ワークを、直接的または間接的に、ワーク支持装置のテーブルに取り付ける工程と、前記テーブルによって支持された前記ワークを、第1加工装置の加工ヘッドによって順次支持される第1群の回転工具を用いて加工する第1加工工程と、前記テーブルによって支持された前記ワークを、第1ロボットの多関節アームによって順次支持される第2群の回転工具を用いて加工する第2加工工程と、前記ワークを支持する前記テーブルを第1軸まわりに旋回させる工程と、を具備する。前記第1加工工程は、複数の直動装置を用いて、前記加工ヘッドを移動させることを含む。前記第1加工工程の一部と前記第2加工工程の一部とが同時に実行された後、前記ワークを支持する前記テーブルが前記第1軸まわりに旋回される。前記ワークを支持する前記テーブルが前記第1軸まわりに旋回された後、前記第1加工工程の一部と前記第2加工工程の一部とが同時に実行される。

発明の効果

[0009] 本発明により、加工の効率化と、設置スペースの拡大抑制と、加工精度の維持とを実現可能な工作機械、および、ワーク加工方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、第1の実施形態における工作機械を模式的に示す概略斜視図である。

[図2]図2は、第1の実施形態における工作機械を模式的に示す概略斜視図である。

[図3]図3は、第1の実施形態における工作機械を模式的に示す概略斜視図で

ある。

[図4]図4は、第1の実施形態における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

[図5]図5は、第1の実施形態における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

[図6]図6は、第1の実施形態における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

[図7]図7は、第1の実施形態における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

[図8]図8は、第1の実施形態の第1変形例における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

[図9]図9は、加工ヘッドの一部を模式的に示す概略側面図である。

[図10]図10は、第1ロボットおよび支持台の一例を模式的に示す概略斜視図である。

[図11]図11は、多関節アームに取り付けられる工具支持装置の一例を拡大して示す概略斜視図である。

[図12]図12は、第1の実施形態における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

[図13]図13は、第1の実施形態の第2変形例における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

[図14]図14は、第1の実施形態におけるワーク加工方法の一例を示すフローチャートである。

[図15]図15は、第1の実施形態におけるワーク加工方法の他の一例を示すフローチャートである。

[図16]図16は、第1の実施形態における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

[図17]図17は、第2の実施形態における工作機械を模式的に示す概略斜視図である。

[図18]図18は、変形例における加工ヘッドを模式的に示す概略側面図である。

[図19]図19は、第2の実施形態における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

[図20]図20は、第2ロボットおよび支持台の一例を模式的に示す概略斜視図である。

[図21]図21は、第2多関節アームに取り付けられる第2工具支持装置の一例を拡大して示す概略斜視図である。

[図22]図22は、第2の実施形態における工作機械システムを模式的に示す概略平面図である。

[図23]図23は、第2の実施形態における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

[図24]図24は、少なくとも1つの工具交換装置が、加工ヘッドに支持された第1回転工具を他の第1回転工具に交換可能な様子を模式的に示す図である。

[図25]図25は、少なくとも1つの工具交換装置が、第1ロボットの工具支持装置に支持された第2回転工具を他の第2回転工具に交換可能な様子を模式的に示す図である。

[図26]図26は、少なくとも1つの工具交換装置が、第2ロボットの第2工具支持装置に支持された第3回転工具を他の第3回転工具に交換可能な様子を模式的に示す図である。

[図27]図27は、第2の実施形態における工作機械を模式的に示す概略斜視図である。

[図28]図28は、第2の実施形態における工作機械を模式的に示す概略斜視図である。

[図29]図29は、制御装置が複数の制御対象機器を制御可能な様子を模式的に示す図である。

[図30]図30は、ワーク加工方法の一工程が実行されている様子を拡大して

示す概略斜視図である。

[図31]図3 1は、ワーク加工方法の一工程が実行されている様子を拡大して示す概略斜視図である。

[図32]図3 2は、ワーク加工方法の一工程が実行されている様子を拡大して示す概略斜視図である。

[図33]図3 3は、ワーク加工方法の一工程が実行されている様子を拡大して示す概略斜視図である。

[図34]図3 4は、ワーク加工方法の一工程が実行されている様子を拡大して示す概略斜視図である。

[図35]図3 5は、ワーク加工方法の一工程が実行されている様子を拡大して示す概略斜視図である。

[図36]図3 6は、ワーク加工方法の一工程が実行されている様子を拡大して示す概略斜視図である。

[図37]図3 7は、第2の実施形態におけるワーク加工方法の一例を示すフローチャートである。

[図38]図3 8は、第2の実施形態におけるワーク加工方法の他の一例を示すフローチャートである。

[図39]図3 9は、可動壁の一部分を拡大して示す概略正面図である。

[図40]図4 0は、第1加工装置と第1ロボットとの間の配置関係の一例を模式的に示す概略平面図である。

[図41]図4 1は、第1加工装置と第1ロボットとの間の配置関係の一例を模式的に示す概略平面図である。

[図42]図4 2は、第1加工装置と第1ロボットと第2ロボットとの間の配置関係の一例を模式的に示す概略平面図である。

[図43]図4 3は、第1加工装置と第1ロボットと第2ロボットとの間の配置関係の一例を模式的に示す概略平面図である。

[図44]図4 4は、第1加工装置と第1ロボットとの間の配置関係の一例を模式的に示す概略平面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照して、実施形態における工作機械 1、および、ワーク加工方法について説明する。なお、以下の実施形態の説明において、同一の機能を有する部位、部材については同一の符号を付し、同一の符号が付された部位、部材についての繰り返しとなる説明は省略する。

[0012] (用語の定義)

図 1 に記載の例において、第 1 加工装置 3 の加工ヘッド 30 は、回転工具を支持可能である。本明細書において、加工ヘッド 30 によって支持される回転工具のことを総称して第 1 回転工具と呼ぶ。また、加工ヘッド 30 によって順次支持される複数の回転工具のことを、第 1 群の回転工具と呼ぶ。

[0013] 図 1 に記載の例において、第 1 ロボット 5 の多関節アーム 50 は、回転工具を支持可能である。本明細書において、多関節アーム 50 によって支持される回転工具のことを総称して第 2 回転工具と呼ぶ。また、多関節アーム 50 によって順次支持される複数の回転工具のことを、第 2 群の回転工具と呼ぶ。

[0014] 図 17 に記載の例において、第 2 ロボット 6 の第 2 多関節アーム 60 は、回転工具を支持可能である。本明細書において、第 2 多関節アーム 60 によって支持される回転工具のことを総称して第 3 回転工具と呼ぶ。また、第 2 多関節アーム 60 によって順次支持される複数の回転工具のことを、第 3 群の回転工具と呼ぶ。

[0015] 本明細書において、「実質的」と明記されていない場合でも、「平行」には、実質的な平行が含まれるものとする。公差、製造誤差、摩耗、部材間の遊び等に起因して、厳密な数学的平行を実現することは困難である。よって、本明細書において、「実質的」の記載を伴わない「平行」の用語は、すべて、「実質的に平行」に読み替え可能であるものとする。

[0016] 本明細書において、「実質的」と明記されていない場合でも、「垂直」には、実質的な垂直が含まれるものとする。公差、製造誤差、摩耗、部材間の遊び等に起因して、厳密な数学的垂直を実現することは困難である。よって

、本明細書において、「実質的」の記載を伴わない「垂直」の用語は、すべて、「実質的に垂直」に読み替え可能であるものとする。

[0017] (方向の定義)

本明細書において、平面視において第1加工装置3からワーク支持装置2に向かう方向（より具体的には、平面視において第1加工装置3からテーブル装置20に向かう方向）を第1方向DR1と定義する。図17に例示されるように、本明細書において、第1支持台25aから第2支持台25bに向かう方向を第2方向DR2と定義する。図17に記載の例では、第2方向DR2は、第1方向DR1と垂直である。

[0018] (第1の実施形態)

図1乃至図16を参照して、第1の実施形態における工作機械1A、および、ワーク加工方法について説明する。図1乃至図3は、第1の実施形態における工作機械1Aを模式的に示す概略斜視図である。図4乃至図7は、第1の実施形態における工作機械1Aを模式的に示す概略平面図である。図8は、第1の実施形態の第1変形例における工作機械1Aを模式的に示す概略平面図である。図9は、加工ヘッド30の一部分を模式的に示す概略側面図である。図10は、第1ロボット5および支持台13aの一例を模式的に示す概略斜視図である。図11は、多関節アーム50に取り付けられる工具支持装置53の一例を拡大して示す概略斜視図である。図12は、第1の実施形態における工作機械1Aを模式的に示す概略平面図である。図13は、第1の実施形態の第2変形例における工作機械1Aを模式的に示す概略平面図である。図14は、第1の実施形態におけるワーク加工方法の一例を示すフローチャートである。図15は、第1の実施形態におけるワーク加工方法の他の一例を示すフローチャートである。図16は、第1の実施形態における工作機械1Aを模式的に示す概略平面図である。

[0019] 図1に例示されるように、第1の実施形態における工作機械1Aは、ワーク支持装置2と、第1加工装置3と、第1ロボット5と、を具備する。

[0020] 図2に例示されるように、ワーク支持装置2は、ワークWを支持するテー

ブル 2 1 を有する。より具体的には、ワーク支持装置 2 は、ワーク W を直接的または間接的に支持するテーブル 2 1 を有する。図 2 に記載の例では、テーブル 2 1 は、治具 J を介してワーク W を支持する。代替的に、テーブル 2 1 は、直接的にワーク W を支持してもよい。

[0021] 第 1 加工装置 3 は、加工ヘッド 3 0、および、複数の直動装置 4 を有する。加工ヘッド 3 0 は、テーブル 2 1 によって支持されるワーク W を加工する第 1 回転工具 T 1 を支持可能である。

[0022] 複数の直動装置 4 は、加工ヘッド 3 0 を 3 次元的に移動させる。より具体的には、複数の直動装置 4 は、3 つの異なる軸の各々に平行な方向に加工ヘッド 3 0 を移動させる。

[0023] 図 2 に記載の例において、第 1 ロボット 5 は、第 2 回転工具 T 2 を用いてテーブル 2 1 によって支持されるワーク W を加工する。第 1 ロボット 5 は、第 2 回転工具 T 2 の位置および向きを変更する多関節アーム 5 0 を有する。第 1 ロボット 5 は、多関節ロボットであるということもできる。

[0024] 図 2 および図 3 に記載の例では、ワーク支持装置 2 は、第 1 軸 A X 1 まわりにテーブル 2 1 を旋回させる第 1 駆動装置 2 3（例えば、モータ）を有する。第 1 駆動装置 2 3 は、テーブル 2 1 を、第 1 軸 A X 1 まわりに、360 度旋回させることができることが好ましい。

[0025] 第 1 の実施形態における工作機械 1 A では、テーブル 2 1 によって支持されるワーク W を、第 1 加工装置 3 に支持された第 1 回転工具 T 1 と、第 1 ロボット 5 に支持された第 2 回転工具 T 2 とを含む複数の工具を用いて加工することができる。よって、ワーク W の加工効率が向上する。

[0026] また、第 1 の実施形態における工作機械 1 A では、テーブル 2 1 によって支持されるワーク W を加工可能な位置に、第 1 加工装置 3 および第 1 ロボット 5 の両方が配置される。よって、工作機械 1 A の設置スペースの拡大が抑制される。

[0027] 第 1 の実施形態では、第 1 加工装置 3 は、加工ヘッド 3 0 を 3 次元的に移動させる複数の直動装置 4 を有する。よって、第 1 加工装置 3 は、多関節ア

ーム50を有する第1ロボット5と比較して、高精度な加工を実行可能である。例えば、高精度が要求される加工を第1加工装置3に担当させ、精度要求が相対的に低い加工を第1加工装置3および第1ロボット5の両方に分担させることができる。

[0028] 第1の実施形態では、図2および図3に例示されるように、ワーク支持装置2が、第1軸AX1まわりにテーブル21を回転させる第1駆動装置23を有する。このため、加工ヘッド30に支持される第1回転工具T1を用いて、ワークWの第1主面Wa（より具体的には、ワークWの正面）と、ワークWの第2主面Wb（より具体的には、ワークWの背面）との両方を加工することができる。

[0029] 図2に例示されるように、ワークWが第1主面Waと、第2主面Wbと、第1側面Wc（例えば、左側面）と、第2側面Wd（例えば、右側面）と、を有する場合を想定する。図2に記載の例では、第1加工装置3がワークWの第1主面Waの加工を行うときに、第1ロボット5はワークWの第1側面Wcを加工可能である（必要であれば、図40を参照。）。また、図2に示される状態から図3に示される状態にテーブル21が回転された後、第1加工装置3は、第1主面Waの反対側に位置する第2主面Wbを加工することができる。また、図2に示される状態から図3に示される状態にテーブル21が回転された後、第1ロボット5は、第1側面Wcの反対側に位置する第2側面Wdを加工することができる。図2および図3に記載の例では（あるいは、図40および図41に記載の例では）、工作機械1Aは、第1加工装置3と第1ロボット5とによってテーブル21に支持されるワークWを同時加工することと、当該ワークWを支持するテーブル21を第1軸AX1まわりに所定角度（所定角度は、例えば、45度、90度、180度等である。）回転させることと、再度、第1加工装置3と第1ロボット5とによってテーブル21に支持されるワークWを同時加工することとを、シーケンシャルに実行可能である。

[0030] （任意付加的な構成）

続いて、図 1 乃至図 1 6 を参照して、第 1 の実施形態（あるいは、後述の第 2 の実施形態）において採用可能な任意付加的な構成について説明する。

[0031] （ワーク W）

第 1 の実施形態、あるいは、第 2 の実施形態において、工作機械 1 によって加工されるワーク W は、例えば、金属製のワークである。ワーク W が金属製ワークである場合、本明細書における「工作機械」の用語は、「金属加工装置」に読み替え可能である。工作機械 1 によって加工されるワーク W は、アルミ製のワークであってもよい。工作機械 1 によって加工されるワーク W は、アルミ製の鋳物部品であってもよい。

[0032] 工作機械 1 によって加工されるワーク W は、自動車部品であってもよいし、その他のワークであってもよい。ワーク W は、自動車の車体フレームの一部であってもよい。工作機械 1 によって加工されるワーク W は、小型ワークであってもよいし、大型ワークであってもよい。図 2 に例示されるように、ワーク W が大型ワークである場合、ワーク W の高さ（より具体的には、ワーク W の底面から頂面 W e までの距離）は、例えば、1 0 0 0 mm 以上、あるいは、1 5 0 0 mm 以上であってもよい。ワーク W が大型ワークである場合、ワーク W の幅（より具体的には、ワーク W の第 1 側面 W c とワーク W の第 2 側面 W d との間の距離の最大値）は、例えば、1 0 0 0 mm 以上、あるいは、1 5 0 0 mm 以上であってもよい。ワーク W が大型ワークである場合、ワーク W の奥行き（より具体的には、第 1 主面 W a と第 2 主面 W b との間の距離の最大値）は、例えば、3 0 0 mm 以上、あるいは、5 0 0 mm 以上であってもよい。

[0033] （ワーク支持装置 2）

図 1 に記載の例では、ワーク支持装置 2 は、テーブル 2 1 と、テーブル 2 1 を第 1 軸 A X 1 まわりに旋回可能に支持するブロック 2 2 と、テーブル 2 1 を第 1 軸 A X 1 まわりに旋回させる第 1 駆動装置 2 3 と、を有する。なお、テーブル 2 1 およびブロック 2 2 の各々は、1 つの部品によって構成されていてもよく、複数の部品のアセンブリによって構成されていてもよい。図

1 に記載の例では、第 1 軸 A X 1 は、水平面に対して実質的に垂直である。代替的に、第 1 軸 A X 1 は、水平面に対して傾斜していてもよい。更に代替的に、第 1 軸 A X 1 は、水平面に対して実質的に平行であってもよい。

[0034] 図 1 に記載の例では、テーブル 2 1 と、第 1 駆動装置 2 3 とが、テーブル装置 2 0 に含まれている。換言すれば、工作機械 1 A（より具体的には、ワーク支持装置 2）は、テーブル装置 2 0 を有し、当該テーブル装置 2 0 は、テーブル 2 1 と、テーブル 2 1 を第 1 軸 A X 1 まわりに旋回させる第 1 駆動装置 2 3 と、を有する。付加的に、テーブル装置 2 0 は、テーブル 2 1 を旋回可能に支持するブロック 2 2 を含んでいてもよい。

[0035] 図 1 に例示されるように、工作機械 1 A は、テーブル装置 2 0 を第 1 方向 D R 1 に移動可能に支持するガイドレール 2 4 を有していてもよい。

[0036] 図 1 に記載の例では、工作機械 1 A は、テーブル 2 1 および第 1 駆動装置 2 3 を含むテーブル装置 2 0 を第 1 方向 D R 1 に平行な方向に移動させる第 3 駆動装置 1 8（例えば、モータ）を有する。第 3 駆動装置 1 8 は、テーブル装置 2 0 をガイドレール 2 4 に沿って移動させる。

[0037] 図 4 に記載の例では、テーブル装置 2 0 は、少なくとも受取位置 P 1 と進出位置 P 2 との間で、第 1 方向 D R 1 に平行な方向に移動可能である。受取位置 P 1 は、工作機械 1 A の外部から搬入されるワーク W をテーブル装置 2 0（より具体的には、テーブル 2 1）が受け取る位置である。進出位置 P 2 は、第 1 加工装置 3 を用いてテーブル 2 1 によって支持されるワーク W を加工可能な位置である。受取位置 P 1 は、進出位置 P 2 よりも第 1 方向 D R 1 側にある。

[0038] 図 5 に記載の例では、テーブル装置 2 0 は、少なくとも進出位置 P 2 と退避位置 P 3 との間で、第 1 方向 D R 1 に平行な方向に移動可能である。進出位置 P 2 は、第 1 加工装置 3 を用いてテーブル 2 1 によって支持されるワーク W を加工可能な位置である。退避位置 P 3 は、テーブル 2 1 に支持されるワーク W を、第 1 加工装置 3（あるいは、後述の可動壁 1 1 b）に干渉させることなく第 1 軸 A X 1 まわりに旋回させることが可能な位置である（図 6

を参照。)。退避位置P 3は、進出位置P 2よりも第1方向D R 1側にある。

[0039] テーブル装置2 0を退避位置P 3に移動可能である場合、テーブル2 1に大型のワークWが支持された状態で、当該テーブル2 1を第1軸A X 1まわりに旋回させることができる。

[0040] 代替的に、あるいは、付加的に、図8に例示されるように、工作機械1 Aは、第1加工装置3を第1方向D R 1に平行な方向に移動させる第4駆動装置1 9 d (例えば、モータ)を備えていてもよい。第4駆動装置1 9 dは、第1加工装置3の全体、あるいは、加工ヘッド3 0を支持するコラム3 8 cを含む構造体を第1方向D R 1に平行な方向に移動させる。工作機械1 Aは、第1方向D R 1に平行な方向に延在するガイドレール1 9 rを備えていてもよい。ガイドレール1 9 rは、第1加工装置3の全体、あるいは、加工ヘッド3 0を支持するコラム3 8 cを含む構造体の移動をガイドする。

[0041] 図8に記載の例では、第1加工装置3は、進出位置P 4と退避位置P 5との間で第1方向D R 1に平行な方向に移動可能である。進出位置P 4は、第1加工装置3を用いてテーブル2 1によって支持されるワークWを加工可能な位置である。退避位置P 5は、テーブル2 1に支持されるワークWを、第1加工装置3 (あるいは、後述の可動壁1 1 b)に干渉させることなく第1軸A X 1まわりに旋回させることが可能な位置である。

[0042] 第1加工装置3を退避位置P 5に移動可能である場合、テーブル2 1に大型のワークWが支持された状態で、当該テーブル2 1を第1軸A X 1まわりに旋回させることができる。

[0043] (加工ヘッド3 0)

図9に例示されるように、加工ヘッド3 0は、スピンドル3 1と、支持体3 2と、軸受3 3と、を有する。

[0044] スピンドル3 1は、第1回転工具T 1を保持可能である。スピンドル3 1は、第1回転軸A D 1まわりを回転可能である。

[0045] 支持体3 2は、軸受3 3を介して、スピンドル3 1を第1回転軸A D 1ま

わりに回転可能に支持する。

[0046] 第1加工装置3（より具体的には、加工ヘッド30）は、第1回転駆動装置34を有する。第1回転駆動装置34は、第1回転工具T1を、第1回転軸AD1まわりに回転させる。より具体的には、第1回転駆動装置34は、スピンドル31を第1回転軸AD1まわりに回転させることにより、スピンドル31に保持された第1回転工具T1を第1回転軸AD1まわりに回転させる。

[0047] 図1に記載の例では、第1回転軸AD1は、鉛直方向と非平行であり、より具体的には、第1回転軸AD1は、鉛直方向と実質的に垂直である。この場合、第1回転軸AD1まわりに回転する第1回転工具T1がワークWに接触することにより生成される切屑が、下方向に排出され易い。

[0048] 図1に記載の例では、第1軸AX1（換言すれば、テーブル21の旋回軸）が第1回転軸AD1に平行な方向に対して実質的に垂直に配置されている。この場合、ワークWを支持するテーブル21を第1軸まわりに旋回させることにより、ワークWの加工対象表面を第1回転工具T1に向けることができる。より具体的には、第1軸AX1まわりの各割り出し位置にテーブル21を旋回させることにより、ワークWの第1軸AX1に平行な各加工対象表面を、第1回転軸AD1に対して正対させることができる。

[0049] なお、第1軸AX1が第1回転軸AD1に平行な方向に対して実質的に垂直となるようにテーブル21を傾動可能であってもよい（必要であれば、図17を参照。）。この場合も、第1軸AX1まわりの各割り出し位置にテーブル21を旋回させることにより、ワークWの第1軸AX1に平行な各加工対象表面を、第1回転軸AD1に対して正対させることができる。加えて、テーブル21が第1軸AX1とは異なる第2軸AX2軸まわりに傾動可能である場合（必要であれば、図17を参照。）、第1軸AX1まわりのテーブル21の旋回と、第2軸AX2まわりのテーブル21の傾動とを組み合わせることにより、ワークWの任意の加工対象表面を、第1回転軸AD1に対して正対させることができる。

[0050] (第1ロボット5)

図10に記載の例では、第1ロボット5は、多関節アーム50を有し、多関節アーム50は、少なくとも6つの回転軸(RX1、RX2、RX3、RX4、RX5、RX6)を有する。より具体的には、多関節アーム50は、支持台13aに対して第1回転軸RX1まわりに旋回可能な第1部分51aと、第1部分51aに対して第1傾動軸RX2まわりに傾動可能な第2部分51bと、第2部分51bに対して第2傾動軸RX3まわりに傾動可能な第3部分51cと、第3部分51cに対して第2回転軸RX4まわりに旋回可能な第4部分51dと、第4部分51dに対して第3傾動軸RX5まわりに傾動可能な第5部分51eと、第5部分51eに対して第3回転軸RX6まわりに旋回可能な第6部分51fと、を有する。図10に記載の例では、多関節アーム50は、少なくとも3つの傾動軸と、少なくとも3つの回転軸とを有する。

[0051] 図10に記載の例では、多関節アーム50の先端部にリスト52が配置されている。換言すれば、第1ロボット5は、多関節アーム50の先端部に配置されるリスト52を有する。図10に記載の例では、リスト52は、上述の第6部分51fによって構成されている。第1ロボット5は、リスト52の位置、および、向きを自由に変更することができる。

[0052] 第1ロボット5は、多関節アーム50の複数の関節を動かす複数のアーム駆動装置(例えば、複数のモータMT)を有する。

[0053] 図10に記載の例では、第1ロボット5は、多関節アーム50(より具体的には、リスト52)に取り付けられる工具支持装置53を有する。工具支持装置53は、第2回転工具T2を支持可能である。

[0054] 工具支持装置53は、第2回転工具T2を第2回転軸AD2まわりに回転させる第2回転駆動装置54(より具体的には、モータ)を有する。

[0055] 図11に記載の例では、工具支持装置53は、多関節アーム50(より具体的には、リスト52)に取り付けられる固定部56と、固定部56に対して、第2回転軸AD2に平行な方向に直線的に相対移動可能な可動部57と

を、有する。固定部56は、第2回転軸AD2に平行な方向への可動部57の移動をガイドするリニアガイド56rを有していてもよい。第2回転工具T2は、可動部57に配置されたスピンドルに取り付けられる。

[0056] 図11に記載の例では、工具支持装置53は、第2回転工具T2を第2回転軸AD2に平行な方向に移動させる工具移動装置（以下、「工具直動装置55」という。）を有する。工具直動装置55は、駆動源として、モータ、電動シリンダ等を有する。また、図11に記載の例では、工具直動装置55は、工具支持装置53の固定部56に対する工具支持装置53の可動部57の移動をガイドするリニアガイド56rを有する。工具直動装置55は、ボールねじ、ラックアンドピニオン等を含んでいてもよい。

[0057] 工具支持装置53が、第2回転駆動装置54と工具直動装置55とを有する場合、第2回転工具T2を第2回転軸AD2まわりに回転させつつ、第2回転工具T2を第2回転軸AD2に平行な方向に移動させることができる。よって、第2回転工具T2がワークWに接触した後に、リスト52の位置を変更することなく、第2回転工具T2を用いてワークWに穴HLを形成することができる。よって、ワークWに穴を形成する加工の精度が維持される。換言すれば、第1ロボット5に多関節が存在することに起因する加工精度の低下は避けられないが、当該多関節が角度固定された状態でワークWに穴を形成する加工が行われるため、過度な加工精度の低下は防止される。

[0058] 図1に記載の例では、工作機械1Aは、第1ロボット5を支持する支持台13aを有する。図1に記載の例では、支持台13aの上面131aの高さは、テーブル21の上面の高さよりも高い。また、支持台13aの上面131aの高さは、テーブル装置20の最上端の高さよりも高い。図1に記載の例では、支持台13aは、工作機械1Aのベース10に対して相対移動不能である。代替的に、支持台13aは、工作機械1Aのベース10に対して相対移動可能であってもよい。換言すれば、第1ロボット5の全体が、ベース10に対して相対移動可能であってもよい。

[0059] （加工室CB、クーラント液供給装置91）

図 1 2 に記載の例では、工作機械 1 A は、壁 1 1 によって規定される加工室 C B と、クーラント液供給装置 9 1 とを備える。図 1 2 において、加工室 C B を視認し易くするために、加工室 C B には、ドットによるハッチングが付加されている。

[0060] 図 1 2 に記載の例では、工作機械 1 A は、加工室 C B を規定する壁 1 1 を有し、加工室 C B に、加工ヘッド 3 0 と、第 1 ロボット 5 の多関節アーム 5 0 とが配置されている。図 1 2 に記載の例では、壁 1 1 の一部（より具体的には、壁 1 1 の一部である可動壁 1 1 b）は、加工室 C B と、加工ヘッド 3 0 を 3 次元的移動させる複数の直動装置 4 の全体または大部分が配置される第 2 室 C D とを仕切る仕切壁である。

[0061] 図 1 2 に記載の例では、加工室 C B を規定する壁 1 1 は、固定壁 1 1 a と、可動壁 1 1 b とを有する。可動壁 1 1 b は、加工ヘッド 3 0 の移動に追従して移動する。

[0062] 図 3 9 に例示されるように、可動壁 1 1 b は、鉛直方向に平行な方向における加工ヘッド 3 0 の移動に追従して伸縮する第 1 可動壁 1 1 b-1 と、水平面に平行な方向における加工ヘッド 3 0 の移動に追従して伸縮する第 2 可動壁 1 1 b-2 とを含んでいてもよい。

[0063] クーラント液供給装置 9 1 は、テーブル 2 1 によって支持されるワーク W に向けてクーラント液を供給する。クーラント液供給装置 9 1 は、クーラント液を射出する射出ノズル 9 1 n を有することが好ましい。図 1 2 に記載の例では、加工ヘッド 3 0 に射出ノズル 9 1 n が配置されている。代替的に、あるいは、付加的に、第 1 ロボット 5 が射出ノズル 9 1 n を有していてもよい。また、工作機械 1 A の天井部等に射出ノズル 9 1 n が配置されていてもよい。

[0064] 工作機械 1 A がクーラント液供給装置 9 1 を有する場合、摩擦熱に起因する工具の過度な温度上昇が抑制され、また、ワーク W と回転工具との間の潤滑特性が向上する。更に、ワーク W に切屑が留まることが防止される。クーラント液をワーク W に供給可能である場合、第 1 加工装置 3 を用いて、金属

製のワークWを重切削することも可能である。

[0065] クーラント液が飛散する加工室内には、一般的には、ロボットの多関節アームは配置されない。これに対し、図12に記載の例では、クーラント液が飛散する加工室CB内に、第1ロボット5の多関節アーム50が配置されている。多関節アーム50とクーラント液との相性が悪い場合には、多関節アーム50の一部（例えば、多関節アーム50の関節部分）、あるいは、多関節アーム50の実質的全体が、フレキシブルカバーで覆われてもよい。

[0066] 図12に記載の例では、ワーク通過口OPがドア12によって塞がれている。よって、ワークWに向けて供給されるクーラント液が、ワーク通過口OPを介して、工作機械1Aの外部に漏出することが防止される。

[0067] （ワーク通過口OP、ドア12）

図4に記載の例では、加工室CBを規定する壁11にワークWが通過するワーク通過口OPが形成されている。図4に記載の例では、ワーク通過口OPは、固定壁11aに形成されている。

[0068] 図4に記載の例では、工作機械1Aは、加工室CBを規定する壁11と、当該壁11に形成されたワーク通過口OPを開閉するドア12と、を備える。ドア12が開位置にあるとき、工作機械1Aの外部から加工室CB内にワークWを搬入することができる。また、ドア12が開位置にあるとき、ワーク支持装置2のテーブル21から工作機械1Aの外部にワークWを搬出することができる。ドア12は、片開き式のドアであってもよいし、両開き式のドアであってもよいし、その他の形式のドアであってもよい。

[0069] 図4に記載の例では、平面視において、第1加工装置3とワーク通過口OPとの間にワーク支持装置2（より具体的には、テーブル装置20）が配置されている。よって、ワークWの搬入または搬出に際して、第1加工装置3が邪魔になることがない。例えば、ワークWの搬入または搬出時に、ワークWが第1加工装置3に衝突することが抑制され、当該衝突に起因して第1加工装置3が損傷することが抑制される。

[0070] 図12に記載の例では、平面視において、ワーク支持装置2（より具体的

には、テーブル装置 20) の周囲に、反時計まわりに、ワーク通過口 OP、第 1 ロボット 5、第 1 加工装置 3 が、この順に配置されている。代替的に、平面視において、ワーク支持装置 2 (より具体的には、テーブル装置 20) の周囲に、時計まわりに、ワーク通過口 OP、第 1 ロボット 5、第 1 加工装置 3 が、この順に配置されていてもよい。ワーク支持装置 2 を中心として、ワーク支持装置 2 の周囲に、ワーク通過口 OP、第 1 ロボット 5、および、第 1 加工装置 3 が配置される場合、平面視における工作機械 1 A のサイズをコンパクトにすることができる。

[0071] 図 12 に記載の例では、第 1 加工装置 3 と第 1 ロボット 5 とが、平面視においてワーク支持装置 2 を中心として互いに略 90 度異なる領域に位置する。この場合、第 1 加工装置 3 を用いてワーク W の第 1 主面 W a または第 2 主面 W b が加工される際に、第 1 ロボット 5 を用いてワーク W の側面を加工し易い。

[0072] 図 12 に記載の例では、加工室 CB を規定する壁 11 が、第 1 壁 11-1 (例えば、上述の可動壁 11 b である第 1 壁 11-1) と、当該第 1 壁 11-1 に対向する第 2 壁 11-2 と、第 1 壁 11-1 の一側部と第 2 壁 11-2 の一側部とを接続する第 3 壁 11-3 と、第 3 壁 11-3 に対向する第 4 壁 11-4 とを有する。そして、第 1 加工装置 3 の加工ヘッド 30 が第 1 壁 11-1 の近傍に配置され、第 2 壁 11-2 にワーク通過口 OP が形成され、第 1 ロボット 5 が、第 3 壁 11-3 の近傍に配置されている。

[0073] 代替的に、図 13 に例示されるように、平面視において、第 1 加工装置 3 と第 1 ロボット 5 が、ワーク支持装置 2 を挟むように配置されていてもよい。換言すれば、平面視において、第 1 加工装置 3 と第 1 ロボット 5 との間にワーク支持装置 2 が配置されていてもよい。図 13 に記載の例において、テーブル装置 20 は、ワーク通過口 OP に向かう方向に移動可能であってもよい。

[0074] (制御装置 7)

図 4 に記載の例では、工作機械 1 A は、制御装置 7 を有する。制御装置 7

は、１つのコンピュータによって構成されていてもよく、複数のコンピュータによって構成されていてもよい。例えば、工作機械１Ａは、第１加工装置３およびワーク支持装置２を制御する第１のコンピュータと、第１ロボット５を制御する第２のコンピュータとを有していてもよい。この場合、第１のコンピュータと第２のコンピュータとは互いに通信し、第１のコンピュータと第２のコンピュータとが協働して工作機械１Ａの制御装置７として機能する。

[0075] 制御装置７は、ワーク支持装置２、第１加工装置３、および、第１ロボット５を制御する。付加的に、制御装置７は、テーブル装置２０を第１方向ＤＲ１に平行な方向に移動させる第３駆動装置１８、および／または、第１加工装置３を第１方向ＤＲ１に平行な方向に移動させる第４駆動装置１９ｄ（必要であれば、図８を参照。）を制御してもよい。

[0076] 図４に記載の例では、制御装置７は、加工プログラムおよびデータを記憶するメモリ７２と、メモリ７２に記憶された加工プログラムを実行するプロセッサ７０と、を有する。加工プログラムがプロセッサ７０によって実行されることにより、制御装置７は、複数の制御指令（例えば、後述の旋回指令Ｅ１、移動指令Ｅ３、第１回転指令Ｅ４、第１動作指令Ｅ５、第２回転指令Ｅ６、工具移動指令Ｅ７、テーブル移動指令Ｅ１１、加工装置移動指令Ｅ１２等）を生成する。また、制御装置７は、生成された複数の制御指令を、複数の制御対象機器（例えば、ワーク支持装置２、第１加工装置３、第１ロボット５、第３駆動装置１８、図８に示される第４駆動装置１９ｄ等）に送信する。

[0077] （第１加工装置３と、第１ロボット５とによる加工の分担）

図２に記載の例では、第１加工装置３は、加工ヘッド３０に支持される第１回転工具Ｔ１－１を用いて、ワークＷを面加工（例えば、フライス加工）することができる。第１加工装置３は高精度な加工が可能であるため、ワークＷの面加工を、好適に担当することができる。図２に示される第１回転工具Ｔ１－１は、フライス工具であってもよい。ワークＷの面加工が、第１加

工装置 3 のみによって行われる場合、全ての面加工の精度が高精度に維持される。換言すれば、加工プログラムを実行する制御装置 7 は、ワーク W の面加工の全てを第 1 加工装置 3 に担当させることが好ましい。

[0078] 図 3 に記載の例において、第 1 加工装置 3 および第 1 ロボット 5 の各々は、ワーク W に穴 H L を形成する加工を行うことができる。なお、本明細書において、ワーク W に穴を形成する加工には、ワーク W に穴を開ける加工（換言すれば、ドリル加工）と、ワーク W の穴部にネジを形成する加工（換言すれば、タップ加工）の両方が包含されるものとする。

[0079] 図 3 に記載の例では、第 1 加工装置 3 は、加工ヘッド 30 に支持される第 1 回転工具 T 1-2 を用いて、ワーク W に穴を形成することができる。図 3 に記載の例において、第 1 回転工具 T 1-2 は、例えば、ドリルまたはタップ工具である。また、第 1 ロボット 5 は、多関節アーム 50 に支持される第 2 回転工具 T 2-2 を用いて、ワーク W に穴を形成することができる。図 3 に記載の例において、第 2 回転工具 T 2-2 は、例えば、ドリルまたはタップ工具である。

[0080] ワーク W に形成すべき穴の数が多い場合を想定する。図 3 に記載の例では、ワーク W に複数の穴 H L を形成する加工が、第 1 加工装置 3 および第 1 ロボット 5 の両方によって分担して行われる。よって、ワーク W に多数の穴を形成することが、効率的に、より短時間で行われる。換言すれば、加工プログラムを実行する制御装置 7 は、ワーク W に複数の穴を形成する加工の一部を第 1 加工装置 3 に担当させ、ワーク W に複数の穴を形成する加工の他の一部分を第 1 ロボット 5 に担当させることが好ましい。

[0081] （ワーク加工方法）

続いて、第 1 の実施形態におけるワーク加工方法について説明する。第 1 の実施形態におけるワーク加工方法は、第 1 の実施形態における工作機械 1 A を用いて行われてもよいし、他の工作機械 1 A を用いて行われてもよい。

[0082] 第 1 ステップ S T 1 において、ワーク W が、直接的または間接的に、ワーク支持装置 2 のテーブル 21 に取り付けられる。第 1 ステップ S T 1 は、取

付工程である。図4に記載の例では、第1ステップST1において、ワークWが、治具Jを介して、ワーク支持装置2のテーブル21に取り付けられる。治具Jは、ワークWを治具Jに固定するチャックJ1（例えば、油圧チャックまたは電動チャック）を有していてもよい。図4に記載の例では、テーブル21に治具Jが固定されており、治具JにワークWが固定されている。

[0083] 第2ステップST2において、ワークWの姿勢変更が必要であるか否かが判断される（図14を参照。）。第2ステップST2は、第1判断工程である。第1判断工程は、制御装置7によって行われる。より具体的には、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラムに基づいて、ワークWの姿勢変更が必要であるか否かを判断する。

[0084] 第1判断工程（第2ステップST2）において、制御装置7によって、ワークWの姿勢変更が必要であると判断された場合、第1軸AX1まわりのワークWの旋回（より具体的には、ワークWを支持するテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させること）が実行される。

[0085] 例えば、第1判断工程（第2ステップST2）において、制御装置7によって、少なくとも、第1軸AX1まわりのワークWの旋回が必要と判断された場合、ワークWを支持するテーブル21が第1軸AX1まわりに旋回される（旋回工程：第3ステップST3）。旋回工程（換言すれば、ワークWを支持するテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させること）は、ワーク支持装置2が有する第1駆動装置23を用いて行われる。換言すれば、旋回工程（第3ステップST3）において、第1駆動装置23は、ワークWを支持するテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させる。

[0086] 図15に例示されるように、旋回工程（第3ステップST3）は、テーブル装置20を移動させる移動工程と組み合わせられて実行されてもよい。より具体的には、制御装置7によって、ワークWの直線的な移動と、ワークWの旋回との両方が必要であると判断された場合、テーブル装置20が直線的に移動され、且つ、テーブル21が第1軸AX1まわりに旋回される。

[0087] 例えば、ワークWの直線的な移動と、ワークWの旋回との両方が必要であ

ると判断された場合、第1ステップS T 1（取付工程）の実行後に、テーブル装置20が、受取位置P 1から進出位置P 2に直線的に移動され、且つ、ワークWの向きが、受取位置P 1におけるワークWの向きから、ワーク加工の初期段階に適したワークWの向きに変更される。

[0088] 他方、ワークWの直線的な移動のみが必要であると判断された場合、第1ステップS T 1（取付工程）の実行後に、テーブル装置20が、受取位置P 1から進出位置P 2に直線的に移動され、テーブル21の第1軸A X 1まわりの回転角は維持される。

[0089] 制御装置7によってワークWの姿勢変更は不要と判断された場合（第2ステップS T 2：No）、または、ワークWの姿勢変更を完了した場合（第3ステップS T 3の完了）、第4ステップS T 4、および、第5ステップS T 5に進む。

[0090] 第4ステップS T 4において、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具（T 1-1、T 1-2）を用いて、テーブル21によって支持されたワークWが加工される。第4ステップS T 4は、第1加工工程である。

[0091] 図2および図3に記載の例では、第1群の回転工具は、第1回転工具T 1-1（例えば、フライス工具）と、他の第1回転工具T 1-2（例えば、ドリルまたはタップ工具）とを含む。加工ヘッド30に支持される第1回転工具T 1-1を他の第1回転工具T 1-1に交換することは、例えば、第1工具交換装置80a（必要であれば、図24を参照。）を用いて行われる。

[0092] 図2および図3に記載の例において、第1加工工程（第4ステップS T 4）は、テーブル21によって支持されたワークWに第1群の回転工具のいずれかが接触している状態で、複数の直動装置4を用いて、加工ヘッド30を移動させることを含む。ワークWの加工が、複数の直動装置4を用いて加工ヘッド30を移動させることによって行われる場合、ワークWの加工を高精度に行うことができる。

[0093] なお、第1群の回転工具を用いてワークWが加工されているときには（換

言すれば、第1群の回転工具のいずれかとワークWとが接触しているときには）、第1軸AX1まわりのテーブル21の角度位置は固定されていることが好ましい。

[0094] 第5ステップST5において、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具（T2-1、T2-2）を用いて、テーブル21によって支持されたワークWが加工される。第5ステップST5は、第2加工工程である。第2群の回転工具を用いてワークWが加工されているときには（換言すれば、第2群の回転工具のいずれかとワークWとが接触しているときには）、第1軸AX1まわりのテーブル21の角度位置は固定されていることが好ましい。

[0095] 図2および図3に記載の例では、第2群の回転工具は、第2回転工具T2-1（例えば、第1のドリル）と、他の第2回転工具T2-2（例えば、第2のドリル、または、タップ工具）とを含む。多関節アーム50に支持される第2回転工具T2-1を他の第2回転工具T2-2に交換することは、例えば、第1工具交換装置、または、第1工具交換装置とは異なる第2工具交換装置を用いて行われる。

[0096] 図11に例示されるように、第2加工工程（第5ステップST5）は、多関節アーム50に取り付けられた工具支持装置53が、第2回転軸AD2まわりに回転する第2回転工具T2を、工具直動装置55を用いて、第2回転軸AD2に平行な方向に移動させることを含んでもよい。第2回転工具T2の移動が工具直動装置55を用いて行われる場合、第2回転工具T2を高精度に移動させることができる。

[0097] 第1加工工程（第4ステップST4）の一部と、第2加工工程（第5ステップST5）の一部とは同時に実行されてもよい。第1加工工程（第4ステップST4）の一部は、第2加工工程が行われていないときに実行されてもよい。また、第2加工工程（第5ステップST5）の一部は、第1加工工程が行われていないときに実行されてもよい。

[0098] 第6ステップST6において、ワークWの加工を完了したか否かが判断さ

れる。第6ステップS T 6は、第2判断工程である。第2判断工程は、制御装置7によって行われる。より具体的には、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラムに基づいて、ワークWの加工を完了したか否かを判断する。

[0099] 第2判断工程（第6ステップS T 6）において、制御装置7によって、ワークWの加工が完了していないと判断された場合（第6ステップS T 6：No）、第2ステップS T 2に戻る。

[0100] 例えば、第1加工工程（第4ステップS T 4）の一部と、第2加工工程（第5ステップS T 5）の一部とが実行された後、第2ステップS T 2において、制御装置7によって、ワークWの姿勢変更が必要であるか否かが判断される（より具体的には、第1軸A X 1まわりのワークWの旋回が必要であるか否かが判断される。）。より具体的には、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラムに基づいて、第1軸A X 1まわりのワークWの旋回が必要であるか否かを判断する。

[0101] 第1判断工程（第2ステップS T 2）において、制御装置7によって、第1軸A X 1まわりのワークWの旋回が必要であると判断された場合（第2ステップS T 2：Yes）、第3ステップS T 3において、第1軸A X 1まわりにワークWが旋回される（旋回工程）。

[0102] 旋回工程は、ワークWを支持するテーブル21を第1軸A X 1まわりに旋回させることを含む。図2および図3に記載の例において、ワークWを支持するテーブル21を第1軸A X 1まわりに旋回させる工程は、ワーク支持装置2が有する第1駆動装置23を用いて行われる。換言すれば、第3ステップS T 3において、第1駆動装置23は、ワークWを支持するテーブル21を第1軸A X 1まわりに旋回させる。

[0103] なお、ワークWを支持するテーブル21の第1軸A X 1まわりの旋回の直前に、テーブル21および第1加工装置3のうちの一方が、テーブル21および第1加工装置3のうちの他方から離れる方向に直線的に移動され、ワークWを支持するテーブル21の第1軸A X 1まわりの旋回の直後に、テーブ

ル 2 1 および第 1 加工装置 3 のうちの一方が、テーブル 2 1 および第 1 加工装置 3 のうちの他方に近づく方向に直線的に移動されてもよい。テーブル 2 1 および第 1 加工装置 3 のうちの一方が、テーブル 2 1 および第 1 加工装置 3 のうちの他方から離れる方向に移動されることにより、テーブル 2 1 の旋回時に、テーブル 2 1 およびワーク W が、第 1 加工装置 3 と干渉することが防止される。

[0104] 例えば、第 1 判断工程（第 2 ステップ S T 2）において、制御装置 7 によって、少なくとも、ワーク W の直線的な移動、および、第 1 軸 A X 1 まわりのワーク W の旋回が必要と判断された場合、図 5 乃至図 7 に例示されるように、（1）テーブル装置 2 0 を進出位置 P 2 から退避位置 P 3 に移動させることと（図 5 を参照。）、（2）テーブル装置 2 0 が退避位置 P 3 に位置する状態において、ワーク W を支持するテーブル 2 1 を第 1 軸 A X 1 まわりに旋回させることと（図 6 を参照。）、（3）テーブル装置 2 0 を退避位置 P 3 から進出位置 P 2 に戻すことと（図 7 を参照。）、が実行されてもよい。なお、加工対象のワーク W が小型のワークである場合には、旋回工程（第 3 ステップ S T 3）のみが実行され、テーブル装置 2 0 の移動は、不要である。

[0105] ワークの姿勢が変更された後（より具体的には、旋回工程が実行された後）、再度、第 1 加工工程（第 4 ステップ S T 4）および第 5 加工工程（第 5 ステップ S T 5）が実行される。

[0106] 第 1 加工工程（第 4 ステップ S T 4）および第 2 加工工程（第 5 ステップ S T 5）の実行後、第 6 ステップ S T 6 において、ワーク W の加工を完了したか否かが判断される。

[0107] 第 2 判断工程（第 6 ステップ S T 6）において、制御装置 7 によって、ワーク W の加工が完了したと判断された場合（第 6 ステップ S T 6 : Y e s）、図 1 6 に例示されるように、ワーク W が取外位置 P 6 に移動される（第 7 ステップ S T 7）。第 7 ステップ S T 7 は、取外位置へのワーク移動工程である。

- [0108] 図16に記載の例では、取外位置へのワーク移動工程（第7ステップST7）は、テーブル装置20を、進出位置P2から取外位置P6に移動させることを含む。取外位置P6は、受取位置P1（図4を参照。）と同じ位置であってもよいし、受取位置P1とは異なる位置であってもよい。
- [0109] 取外位置へのワーク移動工程（第7ステップST7）は、ワークWの向きを変更することを含んでいてもよい。図16に記載の例では、取外位置へのワーク移動工程（第7ステップST7）は、ワークWを第1軸AX1まわりに旋回させることを含む。図16に記載の例では、進出位置P2と取外位置P6との間の位置で（より具体的には、退避位置P3で）、ワークWを支持するテーブル21が第1軸AX1まわりに旋回される。
- [0110] 第8ステップST8において、ワークWが、テーブル21から取り外される。第8ステップST8は、取外工程である。取外工程（第8ステップST8）は、ドア12を閉位置から開位置に移動させることと、ワーク通過口OPを横切るように、ワークWを加工室CBから加工室CBの外に移動させることと、を含んでいてもよい。
- [0111] 第1の実施形態におけるワーク加工方法では、図2、図5および図6に例示されるように、第1加工工程（第4ステップST4）の一部と第2加工工程（第5ステップST5）の一部とが同時に実行された後、ワークWを支持するテーブル21が第1軸AX1まわりに旋回される。換言すれば、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部とは、1つの旋回工程（換言すれば、ワークWを支持するテーブル21を旋回させる工程）の実行前に同時に実行される。
- [0112] また、第1の実施形態におけるワーク加工方法では、図6、図7、および、図3に例示されるように、ワークWを支持するテーブル21が第1軸AX1まわりに旋回された後、第1加工工程（第4ステップST4）の一部と第

2加工工程（第5ステップS T 5）の一部とが同時に実行される。換言すれば、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部とは、上述の1つの旋回工程（換言すれば、ワークWを支持するテーブル21を旋回させる工程）の実行後に同時に実行される。

[0113] 1つの旋回工程の前後で、第1加工工程の一部と第2加工工程の一部とが同時に実行されることにより、ワークWの加工が、効率的に、より短時間で終わる。

[0114] ワークWを支持するテーブル21を第1軸A X 1まわりに旋回させ、その後、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具を用いて、テーブル21によって支持されたワークWを加工することを、加工サイクルと定義するとき、第1の実施形態におけるワーク加工方法は、当該加工サイクルを、「N」回以上繰り返し実行することを含んでいてもよい。なお、「N」は、例えば、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、・・・である。

[0115] 上述の複数の加工サイクルのうちのいくつかにおいて、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部とが同時に実行されてもよい。

[0116] 1つのワークWに対して、上述の加工サイクルが複数回実行されることにより、複雑な形状のワークWを、容易に加工することができる。また、上述の複数の加工サイクルのうちのいくつかにおいて、加工ヘッド30を用いた加工の一部と多関節アーム50を用いた加工の一部とが同時に実行されることにより、ワークWの加工効率が向上する。

[0117] 図2に記載の例では、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回

転工具に、面加工工具（例えば、フライス工具）が含まれ、多関節アーム 50 によって順次支持される第 2 群の回転工具に、穴形成工具（例えば、ドリル、または、タップ工具）が含まれる。第 1 の実施形態におけるワーク加工方法において、加工ヘッド 30 によって支持された面加工工具（例えば、フライス工具）によるワーク W の面加工と、多関節アーム 50 によって支持された穴形成工具（例えば、ドリル、または、タップ工具）によってワーク W に穴を形成する加工とが同時に実行されてもよい。

[0118] （第 2 の実施形態）

図 17 乃至図 38 を参照して、第 2 の実施形態における工作機械 1 B、および、ワーク加工方法について説明する。図 17 は、第 2 の実施形態における工作機械 1 B を模式的に示す概略斜視図である。図 18 は、変形例における加工ヘッド 30 を模式的に示す概略側面図である。図 19 は、第 2 の実施形態における工作機械 1 B を模式的に示す概略平面図である。図 20 は、第 2 ロボット 6 および支持台 13 b の一例を模式的に示す概略斜視図である。図 21 は、第 2 多関節アーム 60 に取り付けられる第 2 工具支持装置 63 の一例を拡大して示す概略斜視図である。図 22 は、第 2 の実施形態における工作機械システム 100 を模式的に示す概略平面図である。図 23 は、第 2 の実施形態における工作機械 1 B を模式的に示す概略平面図である。図 24 は、少なくとも 1 つの工具交換装置 8 が、加工ヘッド 30 に支持された第 1 回転工具 T1 を他の第 1 回転工具に交換可能な様子を模式的に示す図である。図 25 は、少なくとも 1 つの工具交換装置 8 が、第 1 ロボットの工具支持装置 53 に支持された第 2 回転工具 T2 を他の第 2 回転工具に交換可能な様子を模式的に示す図である。図 26 は、少なくとも 1 つの工具交換装置 8 が、第 2 ロボットの第 2 工具支持装置 63 に支持された第 3 回転工具 T3 を他の第 3 回転工具に交換可能な様子を模式的に示す図である。図 27 および図 28 は、第 2 の実施形態における工作機械 1 B を模式的に示す概略斜視図である。図 29 は、制御装置 7 が複数の制御対象機器を制御可能な様子を模式的に示す図である。図 30 乃至図 36 の各々は、ワーク加工方法の一工程が

実行されている様子を拡大して示す概略斜視図である。図 3 7 は、第 2 の実施形態におけるワーク加工方法の一例を示すフローチャートである。図 3 8 は、第 2 の実施形態におけるワーク加工方法の他の一例を示すフローチャートである。

[0119] 図 1 7 に例示されるように、第 2 の実施形態において、ワーク支持装置 2 は、第 2 軸 A X 2 まわりにテーブル 2 1 を傾動させる第 2 駆動装置 2 6 を有する。代替的に、あるいは、付加的に、第 2 に実施形態における工作機械 1 B は、第 2 ロボット 6 を備える。

[0120] 第 2 の実施形態では、第 1 の実施形態と異なる点を中心に説明する。他方、第 2 の実施形態では、第 1 の実施形態で説明済みの事項についての繰り返しとなる説明は省略する。したがって、第 2 の実施形態において、明示的に説明をしなかったとしても、第 1 の実施形態において説明済みの事項を第 2 の実施形態に適用できることは言うまでもない。逆に、第 2 の実施形態で説明される全ての事項は、第 1 の実施形態に適用可能である。

[0121] 図 1 7 に記載の例では、第 2 の実施形態における工作機械 1 B は、(1) ワークを支持するテーブル 2 1 を有するワーク支持装置 2 と、(2) テーブル 2 1 によって支持されるワークを加工する第 1 回転工具 T 1 を支持可能な加工ヘッド 3 0、および、加工ヘッド 3 0 を 3 次元的に移動させる複数の直動装置 4 を有する第 1 加工装置 3 と、(3) 第 2 回転工具 T 2 の位置および向きを変更する多関節アーム 5 0 を有し、第 2 回転工具 T 2 を用いてテーブル 2 1 によって支持されるワークを加工する第 1 ロボット 5 と、を具備する。また、ワーク支持装置 2 は、第 1 軸 A X 1 まわりにテーブル 2 1 を回転させる第 1 駆動装置 2 3 を有する。

[0122] よって、第 2 の実施形態における工作機械 1 B は、第 1 の実施形態における工作機械 1 A と同様の効果を奏する。

[0123] (任意付加的な構成)

続いて、図 1 乃至図 3 8 を参照して、第 2 の実施形態（あるいは、上述の第 1 の実施形態）において採用可能な任意付加的な構成について説明する。

[0124] (第2駆動装置26)

図17に記載の例では、ワーク支持装置2は、第2軸AX2まわりにテーブル21を傾動させる第2駆動装置26（例えば、モータ）を有する。図17に記載の例において、第2駆動装置26は、ブロック22を第2軸AX2まわりに傾動させることにより、ブロック22に支持されたテーブル21を第2軸AX2まわりに傾動させる。図17に記載の例において、第2軸AX2は、第1軸AX1とは異なる軸である。より具体的には、第2軸AX2は、第1軸AX1に垂直である。第2軸AX2は、水平面に実質的に平行であってもよい。

[0125] ワーク支持装置2が傾動軸を有する場合（換言すれば、テーブル21が第2軸AX2まわりに傾動可能である場合）、第1回転工具T1の第1回転軸AD1に対して、ワークWの傾斜面WS（必要であれば、図33を参照。）を垂直に配置することができる。よって、加工ヘッド30を用いた高精度な加工を、ワークWの傾斜面WSに適用することができる。よって、ワークWの傾斜面WSに対する精密加工を、必ずしも、工作機械1とは別の工作機械に担当させる必要がない。工作機械の台数が削減されることにより、事業所における工作機械の設置スペースを低減することができる。なお、ワークWの傾斜面WSとは、より具体的には、第1軸AXに対して傾斜した面、あるいは、テーブル21の上面に対して傾斜した面である。

[0126] 図31乃至図33に記載の例では、ワーク支持装置2（より具体的には、第2駆動装置26）は、ワークWの傾斜面WSが、第1回転工具T1の第1回転軸AD1に対して傾斜した姿勢（より具体的には、図31に例示されるように、ワークWの傾斜面WSが水平面に対して傾斜した姿勢）から、ワークWの傾斜面WSが、第1回転工具T1の第1回転軸AD1に対して実質的に垂直な姿勢（より具体的には、図33に例示されるように、ワークWの傾斜面WSが水平面に対して実質的に垂直な姿勢）に姿勢変更されるよう、テーブル21を第2軸AX2まわりに傾動させることができる。

[0127] より具体的には、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラム

を実行することにより、ワークWの傾斜面WSが、第1回転工具T1の第1回転軸AD1に対して傾斜した姿勢から、ワークWの傾斜面WSが、第1回転工具T1の第1回転軸AD1に対して実質的に垂直な姿勢に姿勢変更されるよう、第2駆動装置26に傾動指令E2（必要であれば、図29を参照。）を送信する。傾動指令E2を受け取る第2駆動装置26は、ワークWの傾斜面WSが、第1回転工具T1の第1回転軸AD1に対して実質的に垂直な姿勢に姿勢変更されるよう、テーブル21を第2軸AX2まわりに傾動させる。

[0128] 図33に記載の例では、工作機械1は、ワークWの傾斜面WSが、第1回転軸AD1に対して実質的に垂直な姿勢に姿勢変更された後、加工ヘッド30に支持された第1回転工具T1によって、ワークWの当該傾斜面WSを加工可能なように構成されている。

[0129] より具体的には、ワークWの傾斜面WSが、第1回転軸AD1に対して実質的に垂直な姿勢に姿勢変更された後、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラムを実行することにより、第1回転軸AD1まわりに回転状態の穴形成工具T1-5（例えば、タップ工具、または、穴開け工具）が、第1回転軸AD1に沿って直線的に移動するよう、複数の直動装置4のうちの1つである第1直動装置41に、第1移動指令E3-1（必要であれば、図29を参照。）を送信する。第1移動指令E3-1を受け取る第1直動装置41は、ワークWの傾斜面WSに穴HLが形成されるよう、第1回転軸AD1まわりに回転状態の穴形成工具T1-5を第1回転軸AD1に沿って直線的に移動させる。こうして、ワークWの傾斜面WSに高精度に穴HLを形成することができる。

[0130] 代替的に、ワークWの傾斜面WSが、第1回転軸AD1に対して実質的に垂直な姿勢に姿勢変更された後、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラムを実行することにより、第1回転軸AD1まわりに回転状態の面加工工具T1-6（例えば、フライス工具）が、傾斜面WSを面加工するよう、複数の直動装置4に、移動指令E3（必要であれば、図29を参照。）

）を送信してもよい。移動指令E 3を受け取る複数の直動装置4は、ワークWの傾斜面WSが面加工されるよう、第1回転軸AD 1まわりに回転状態の面加工工具を第1回転軸AD 1に垂直な方向に移動させる。こうして、ワークWの傾斜面WSの面加工が高精度に行われる。

[0131] ワーク支持装置2が傾動軸を有する場合（換言すれば、テーブル2 1が第2軸AX 2まわりに傾動可能である場合）、図2 8に例示されるように、ワークWの頂面Weを水平面に対して傾斜させることができる。この場合、多関節アーム5 0に支持された第2回転工具T 2（または、第2多関節アーム6 0に支持された第3回転工具T 3）を、ワークWの頂面Weに対して鉛直下方にアプローチさせる必要がない。よって、第1ロボット5の多関節アーム5 0のサイズ（あるいは、第2ロボット6の第2多関節アーム6 0のサイズ）を小さくすることができる。よって、第1ロボット5（あるいは、第2ロボット6）を大型化させることなく、頂面Weを含むワークWの複数の面を効率的に加工することができる。

[0132] 図1 7に記載の例において、第2駆動装置2 6は、第2軸AX 2まわりに、無段階式で、テーブル2 1を傾動可能であることが好ましい。換言すれば、工作機械1は、テーブル2 1の傾斜角度を無段階式で調整可能であることが好ましい。第2駆動装置2 6は、水平面とテーブル2 1の上面との間のなす角度を、少なくとも0度以上9 0度以下の任意の角度に維持可能であってもよい。

[0133] 多関節アーム5 0は、第2回転工具T 2の向きを、任意の向きに変更することができるため、第1ロボット5を用いた加工において、ワークWを傾動させる必要性は生じない。他方、加工ヘッド3 0の移動は、原則的には、複数の直動装置4を用いて行われるため、ワークWに対して、加工ヘッド3 0の向きを変更することができない。もちろん、図1 8に例示されるように、第2の実施形態における工作機械1 B（あるいは、第1の実施形態における工作機械1 A）は、加工ヘッド3 0を傾動軸ATまわりに傾動させる傾動駆動装置3 5を備えていてもよい。しかし、傾動駆動装置3 5を用いた傾動軸

A Tまわりの傾動にも限界がある。また、加工ヘッド30を任意の向きに姿勢変更させるためには、少なくとも2つの傾動軸が必要である。第2の実施形態における工作機械1B（あるいは、第1の実施形態における工作機械1A）は、加工ヘッド30を2つの傾動軸の各々のまわりに傾動させる傾動駆動装置を有していてもよいが、加工ヘッド30に傾動軸が設けられるにつれて、第1加工装置3を用いて行う加工の精度が低下するおそれがある。

[0134] （ワーク支持装置2）

図17に記載の例では、ワーク支持装置2は、テーブル装置20を有する。テーブル装置20は、テーブル21と、テーブル21を第1軸AX1まわりに旋回可能に支持するブロック22と、テーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させる第1駆動装置23と、ブロック22を第2軸AX2まわりに傾動可能に支持する支持台25と、を有する。テーブル装置20は、第2軸AX2まわりにテーブル21を傾動させる第2駆動装置26を有していてもよい。図17に記載の例では、ブロック22に第1駆動装置23が搭載されており、第1駆動装置23はブロック22とともに第2軸AX2まわりに傾動可能である。換言すれば、第2軸AX2まわりのテーブル21の傾動に伴い、第1軸AX1の向きも変わる。代替的に、テーブル21を傾動可能に支持するブロック22に第2駆動装置26が搭載され、第2駆動装置26がブロック22とともに第1軸AX1まわりに旋回可能なように構成されてもよい。換言すれば、第1軸AX1まわりのテーブル21の旋回に伴い、第2軸AX2の向きが変わるように構成されてもよい。

[0135] 図17に記載の例では、支持台25は、ブロック22の第1端部22aを第2軸AX2まわりに傾動可能に支持する第1支持台25aと、ブロック22の第2端部22bを傾動可能に支持する第2支持台25bとを含む。

[0136] 図17に記載の例では、テーブル21は、平面視で、円形の一部が切り欠かれた略円形状を有する。テーブル21の形状は、図17に記載の例に限定されない。テーブル21の形状は、例えば、多角形状であってもよい。

[0137] 図17に記載の例では、ブロック22は、第1支持台25aによって傾動

可能に支持される第1端部22aと、第2支持台25bによって傾動可能に支持される第2端部22bと、第1端部22aと第2端部22bとの間の中央部分22cとを有する。また、ブロック22は、第1端部22aおよび第2端部22bに対して中央部分22cが凹んだ凹形状を有する。図17に記載の例では、テーブル21の上面が水平面に平行に配置された状態において、中央部分22cの直上にテーブル21が配置されている。図17に記載の例では、テーブル21の上面が水平面に平行に配置された状態において、テーブル21の上面の高さは、第2軸AX2の高さよりも低い。

[0138] テーブル21を支持するブロック22は、第1軸AX1に平行な方向に見て、第2方向DR2を長手方向とする細長形状を有する。なお、ブロック22の形状は、図17に示される形状に限定されず、任意である。

[0139] ワーク支持装置2は、テーブル装置20に加え、第1方向DR1に平行な方向へのテーブル装置20の移動をガイドするガイドレール24を有していてもよい。

[0140] (第3駆動装置18)

工作機械1は、テーブル装置20を、第1方向DR1に平行な方向に移動させる第3駆動装置18を有していてもよい。図17に記載の例では、第1方向DR1は、水平面に実質的に平行であり、また、第2軸AX2に実質的に垂直である。

[0141] 工作機械1は、第3駆動装置18の加えて、あるいは、第3駆動装置18に代えて、第1加工装置3を第1方向DR1に平行な方向に移動させる第4駆動装置19d（必要であれば、図8を参照。）を備えていてもよい。第3駆動装置18、および、第4駆動装置19dについては、第1の実施形態において説明済みであるため、これらの構成についての繰り返しとなる説明は省略する。

[0142] 図19に記載の例では、テーブル装置20は、少なくとも受取位置P1と進出位置P2との間で、第1方向DR1に平行な方向に移動可能である。受取位置P1、進出位置P2については、第1の実施形態において説明済みで

あるため、これらの位置についての繰り返しとなる説明は省略する。

[0143] 図19に記載の例では、テーブル装置20は、少なくとも進出位置P2と退避位置P3との間で、第1方向DR1に平行な方向に移動可能である。進出位置P2、退避位置P3については、第1の実施形態において説明済みであるため、これらの位置についての繰り返しとなる説明は省略する。

[0144] 図19に記載の例では、受取位置P1は、壁11に形成されたワーク通過口OPの近傍に設定されている。受取位置P1は、例えば、テーブル装置20の可動範囲の中で、第1方向DR1の端位置である。進出位置P2は、例えば、テーブル装置20の可動範囲の中で、第1方向DR1とは反対方向の端位置、または、第1方向DR1とは反対方向の端位置に近い位置である。図19には、進出位置P2として、1つの位置が示されているが、複数の進出位置P2が存在してもよい。例えば、傾動状態のテーブル21に支持されたワークWが第1加工装置3によって加工されるときに進出位置P2が、非傾動状態のテーブル21に支持された当該ワークWが第1加工装置3によって加工されるときに進出位置P2と比較して、第1方向DR1側に設定されてもよい。換言すれば、傾動状態のテーブル21に支持されたワークWが第1加工装置3によって加工されるときにテーブル装置20の位置が、非傾動状態のテーブル21に支持された当該ワークWが第1加工装置3によって加工されるときにテーブル装置20の位置と比較して、第1方向DR1側に設定されてもよい（図27および図28の各々におけるテーブル装置20の位置を参照。）。

[0145] 退避位置P3は、例えば、テーブル装置20の可動範囲のうちの第1方向DR1の端位置と、テーブル装置20の可動範囲のうちの第1方向DR1とは反対方向の端位置との間の所定の位置である。代替的に、退避位置P3は、受取位置P1と同じ位置であってもよい。

[0146] (加工ヘッド30)

加工ヘッド30については、第1の実施形態において説明済みであるため、加工ヘッド30についての繰り返しとなる説明は省略する（加工ヘッド3

0については、例えば、図9を参照。）。図19に記載の例では、平面視において、第1回転工具T1の回転軸である第1回転軸AD1（換言すれば、加工ヘッド30のスピンドル31の回転軸）は、第2軸AX2に実質的に垂直である。

[0147]（第1ロボット5）

第1ロボット5については、第1の実施形態において説明済みであるため、第1ロボット5についての繰り返しとなる説明は省略する（第1ロボット5については、例えば、図10および図11を参照。）。

[0148]（第2ロボット6）

図17に記載の例では、工作機械1は、第2ロボット6を備える。第2ロボット6は、第3回転工具T3を用いてテーブル21によって支持されるワークを加工する。第2ロボット6は、第3回転工具T3の位置および向きを変更する第2多関節アーム60を有する。第2ロボット6は、第2の多関節ロボットであるということもできる。

[0149] 図17に記載の例では、平面視において、第1ロボット5と第2ロボット6との間にワーク支持装置2（例えば、テーブル装置20、あるいは、テーブル装置20を移動可能に支持するガイドレール24）が配置されている。第1ロボット5と第2ロボット6との間にワーク支持装置2が配置される場合、第1ロボット5および第2ロボット6は、ワークWの両側から同時にワークWを加工することができる。

[0150] 図20に記載の例では、第2ロボット6は、第2多関節アーム60を有し、第2多関節アーム60は、少なくとも6つの回転軸（RT1、RT2、RT3、RT4、RT5、RT6）を有する。より具体的には、第2多関節アーム60は、支持台13bに対して第1回転軸RT1まわりに旋回可能な第1部分61aと、第1部分61aに対して第1傾動軸RT2まわりに傾動可能な第2部分61bと、第2部分61bに対して第2傾動軸RT3まわりに傾動可能な第3部分61cと、第3部分61cに対して第2回転軸RT4まわりに旋回可能な第4部分61dと、第4部分61dに対して第3傾動軸R

T 5 まわりに傾動可能な第 5 部分 6 1 e と、第 5 部分 6 1 e に対して第 3 回転軸 R T 6 まわりに旋回可能な第 6 部分 6 1 f と、を有する。図 2 0 に記載の例では、第 2 多関節アーム 6 0 は、少なくとも 3 つの傾動軸と、少なくとも 3 つの旋回軸とを有する。

[0151] 図 2 0 に記載の例では、第 2 多関節アーム 6 0 の先端部に第 2 リスト 6 2 が配置されている。換言すれば、第 2 ロボット 6 は、第 2 多関節アーム 6 0 の先端部に配置される第 2 リスト 6 2 を有する。図 2 0 に記載の例では、第 2 リスト 6 2 は、上述の第 6 部分 6 1 f によって構成されている。第 2 ロボット 6 は、第 2 リスト 6 2 の位置、および、向きを自由に変更することができる。

[0152] 第 2 ロボット 6 は、第 2 多関節アーム 6 0 の複数の関節を動かす複数のアーム駆動装置（例えば、複数のモータ M T）を有する。

[0153] 図 2 0 に記載の例では、第 2 ロボット 6 は、第 2 多関節アーム 6 0（より具体的には、第 2 リスト 6 2）に取り付けられる第 2 工具支持装置 6 3 を有する。第 2 工具支持装置 6 3 は、第 3 回転工具 T 3 を支持可能である。

[0154] 第 2 工具支持装置 6 3 は、第 3 回転工具 T 3 を第 3 回転軸 A D 3 まわりに回転させる第 3 回転駆動装置 6 4（より具体的には、モータ）を有する。

[0155] 図 2 1 に記載の例では、第 2 工具支持装置 6 3 は、第 2 多関節アーム 6 0（より具体的には、第 2 リスト 6 2）に取り付けられる固定部 6 6 と、固定部 6 6 に対して、第 3 回転軸 A D 3 に平行な方向に直線的に相対移動可能な可動部 6 7 とを、有する。固定部 6 6 は、第 3 回転軸 A D 3 に平行な方向への可動部 6 7 の移動をガイドするリニアガイド 6 6 r を有していてもよい。第 3 回転工具 T 3 は、可動部 6 7 に配置されたスピンドルに取り付けられる。

[0156] 図 2 1 に記載の例では、第 2 工具支持装置 6 3 は、第 3 回転工具 T 3 を第 3 回転軸 A D 3 に平行な方向に移動させる工具移動装置（以下、「第 2 工具直動装置 6 5」という。）を有する。第 2 工具直動装置 6 5 は、駆動源として、モータ、電動シリンダ等を有する。また、図 2 1 に記載の例では、第 2

工具直動装置 6 5 は、第 2 工具支持装置 6 3 の固定部 6 6 に対する第 2 工具支持装置 6 3 の可動部 6 7 の移動をガイドするリニアガイド 6 6 r を有する。第 2 工具直動装置 6 5 は、ボールねじ、ラックアンドピニオン等を含んでもよい。

[0157] 第 2 工具支持装置 6 3 が、第 3 回転駆動装置 6 4 と第 2 工具直動装置 6 5 とを有する場合、第 3 回転工具 T 3 を第 3 回転軸 A D 3 まわりに回転させつつ、第 3 回転工具 T 3 を第 3 回転軸 A D 3 に平行な方向に移動させることができる。よって、第 3 回転工具 T 3 がワーク W に接触した後に、第 2 リスト 6 2 の位置を変更することなく、第 3 回転工具 T 3 を用いてワーク W に穴 H L を形成することができる。よって、ワーク W に穴を形成する加工の精度が維持される。換言すれば、第 2 ロボット 6 に多関節が存在することに起因する加工精度の低下は避けられないが、当該多関節が角度固定された状態でワーク W に穴を形成する加工が行われるため、過度な加工精度の低下は防止される。

[0158] 図 1 7 に記載の例では、工作機械 1 は、第 2 ロボット 6 を支持する支持台 1 3 b を有する。図 1 7 に記載の例では、支持台 1 3 b の上面 1 3 1 b の高さは、テーブル 2 1 の上面の高さよりも高い。また、支持台 1 3 b の上面 1 3 1 b の高さは、テーブル装置 2 0 の最上端の高さよりも高い。図 1 7 に記載の例では、支持台 1 3 b は、工作機械 1 のベース 1 0 に対して相対移動不能である。代替的に、支持台 1 3 b は、工作機械 1 のベース 1 0 に対して相対移動可能であってもよい。換言すれば、第 2 ロボット 6 の全体が、ベース 1 0 に対して相対移動可能であってもよい。

[0159] (第 3 ロボット 1 0 1)

図 2 2 に例示されるように、第 2 の実施形態における工作機械システム 1 0 0 は、工作機械 1 (例えば、第 1 の実施形態における工作機械 1 A、あるいは、第 2 の実施形態における工作機械 1 B) と、工作機械 1 の外部に配置される第 3 ロボット 1 0 1 と、を備える。

[0160] 第 3 ロボット 1 0 1 は、工作機械 1 の外部から加工室 C B 内へのワーク W

の搬入、および／または、テーブル 2 1 から加工室 C B の外部へのワークの搬出（すなわち、加工済みワークの搬出）を行う。図 2 2 に記載の例では、第 3 ロボット 1 0 1 と、第 1 ロボット 5 との間には、加工室 C B を規定する壁 1 1（より具体的には、固定壁 1 1 a）が配置されている。なお、ワーク搬入出用のロボットの数、1 台に限定されない。換言すれば、工作機械システム 1 0 0 は、第 3 ロボット 1 0 1 に加えて、ワーク搬入出用の他のロボットを有していてもよい。

[0161] 図 2 2 に記載の例において、第 3 ロボット 1 0 1 は、ワーク通過口 O P を介して、工作機械 1 の外部から工作機械 1 の加工室 C B 内にワーク W を搬入する。より具体的には、第 3 ロボット 1 0 1 は、ワーク通過口 O P を介して、工作機械 1 の外部から工作機械 1 の加工室 C B 内にワーク W を搬入し、テーブル装置 2 0（より具体的には、テーブル 2 1）は、第 3 ロボット 1 0 1 からワーク W を受け取る。テーブル装置 2 0 が受取位置 P 1 に位置する場合、テーブル装置 2 0 は、第 3 ロボット 1 0 1 からワーク W を円滑に受け取ることができる。

[0162] 図 2 2 に記載の例では、第 3 ロボット 1 0 1 は、第 3 多関節アーム 1 0 2 を有し、第 3 多関節アーム 1 0 2 は、ワーク通過口 O P を横切ることができる。また、第 3 ロボット 1 0 1 は、ワーク W を把持可能な把持体 1 0 3 を有する。把持体 1 0 3 は、例えば、第 3 多関節アーム 1 0 2 の先端部に取り付けられる。

[0163] （加工室 C B）

図 2 3 に記載の例では、工作機械 1 は、加工室 C B を規定する壁 1 1 を備える。図 2 3 に記載の例では、加工室 C B に、加工ヘッド 3 0 と、第 1 ロボット 5 の多関節アーム 5 0 と、第 2 ロボット 6 の第 2 多関節アーム 6 0 とが配置されている。図 2 3 に記載の例では、壁 1 1 は、第 1 壁 1 1 - 1 と、第 2 壁 1 1 - 2 とを含む。

[0164] 図 2 3 に記載の例では、第 1 壁 1 1 - 1 は、加工室 C B と、加工ヘッド 3 0 を 3 次元的移動させる複数の直動装置 4 の全体または大部分が配置される

第2室CDとを仕切る。また、第1壁11-1は、可動壁11bを含む。

[0165] 第2壁11-2には、ワーク通過口OPが形成されている。図23に記載の例では、第2壁11-2は、第1壁11-1に対向配置されている。

[0166] 図23に記載の例では、加工室CBを規定する壁11は、第1壁11-1の一側部と第2壁11-2の一側部とを接続する第3壁11-3と、第3壁11-3に対向する第4壁11-4とを有する。

[0167] 図23に記載の例では、加工室CBを規定する壁11は、加工ヘッド30の移動に追従して移動する可動壁11bを含む。図39に例示されるように、可動壁11bは、鉛直方向に平行な方向における加工ヘッド30の移動に追従して伸縮する第1可動壁11b-1と、水平面に平行な方向における加工ヘッド30の移動に追従して伸縮する第2可動壁11b-2とを含んでいてもよい。

[0168] (クーラント液供給装置91)

図23に記載の例では、工作機械1は、テーブル21によって支持されるワークWに向けてクーラント液を供給するクーラント液供給装置91を備える。クーラント液供給装置91については、第1の実施形態において説明済みであるため、クーラント液供給装置91についての繰り返しとなる説明は省略する。

[0169] (ワーク通過口OP、ドア12)

図23に記載の例では、加工室CBを規定する壁11にワークWが通過するワーク通過口OPが形成されている。また、工作機械1は、壁11に形成されたワーク通過口OPを開閉するドア12を備える。

[0170] 図23に記載の例では、平面視において、第1加工装置3とワーク通過口OPとの間にワーク支持装置2が配置されている。よって、ワークWの搬入または搬出に際して、第1加工装置3が邪魔になることがない。

[0171] 図23に記載の例では、平面視において、ワーク支持装置2（より具体的には、テーブル装置20）の周囲に、ワーク通過口OP、第1ロボット5、第1加工装置3、および、第2ロボット6が配置されている。より具体的に

は、平面視において、ワーク支持装置 2 を中心として、ワーク支持装置 2 の周囲に、ワーク通過口 O P、第 1 ロボット 5、第 1 加工装置 3、および、第 2 ロボット 6 が配置されている。この場合、平面視における工作機械 1 のサイズをコンパクトにすることができる。

[0172] 図 23 に例示されるように、ワーク支持装置 2 の周囲に、反時計まわりに（または、時計まわりに）、ワーク通過口 O P、第 1 ロボット 5、第 1 加工装置 3、第 2 ロボット 6 が、この順に配置されていてもよい。

[0173] 図 23 に記載の例では、第 1 加工装置 3 と第 1 ロボット 5 とが、平面視においてワーク支持装置 2 を中心として互いに略 90 度異なる領域に位置し、第 1 加工装置 3 と第 2 ロボット 6 とが、平面視においてワーク支持装置 2 を中心として互いに略 90 度異なる領域に位置している。この場合、第 1 加工装置 3 を用いてワーク W の第 1 主面 W a または第 2 主面 W b が加工される際に、第 1 ロボット 5 および第 2 ロボット 6 は、ワーク W の両側面を加工し易い。

[0174] 図 23 に記載の例では、第 1 加工装置 3 の加工ヘッド 30 が第 1 壁 11-1 の近傍に配置され、第 1 ロボット 5 が第 3 壁 11-3 の近傍に配置され、第 2 ロボット 6 が第 4 壁 11-4 の近傍に配置されている。

[0175] 代替的に、図 23 に記載の例において、第 1 加工装置 3 の位置と、第 1 ロボット 5 の位置とが互いに入れ替えられてもよい。代替的に、図 23 に記載の例において、第 1 加工装置 3 の位置と、第 2 ロボット 6 の位置とが互いに入れ替えられてもよい。

[0176] （第 1 加工装置 3 の移動体）

図 17 に記載の例では、第 1 加工装置 3 は、加工ヘッド 30 を 3 次元的に移動させる移動体を有する。より具体的には、第 1 加工装置 3 は、第 1 移動体 36 と、第 2 移動体 37 と、第 3 移動体 38 と、を有する。

[0177] 第 1 移動体 36 は、加工ヘッド 30 とともに Y 軸に平行な方向に移動可能である。図 17 に記載の例では、第 1 移動体 36 は、加工ヘッド 30 を支持し、Y 軸に平行な方向に移動可能である。図 17 に記載の例では、Y 軸は、

例えば、第1回転工具T1の回転軸である第1回転軸AD1と実質的に平行である。また、Y軸は、第1方向DR1と実質的に平行であってもよい。

[0178] 第2移動体37は、加工ヘッド30とともにZ軸に平行な方向に移動可能である。図17に記載の例では、第2移動体37は、第1移動体36を介して加工ヘッド30を支持し、Z軸に平行な方向に移動可能である。図17に記載の例では、Z軸は、鉛直方向と実質的に平行である。

[0179] 第3移動体38は、加工ヘッド30とともにX軸に平行な方向に移動可能である。図17に記載の例では、第3移動体38は、第1移動体36および第2移動体37を介して加工ヘッド30を支持し、X軸に平行な方向に移動可能である。第3移動体38は、例えば、第2移動体37を移動可能に支持するコラム38cである。図17に記載の例では、X軸は、水平面に実質的に平行である。また、X軸は、Y軸に対して実質的に垂直である。

[0180] 図17に記載の例では、工作機械1は、ベース10を有し、当該ベース10は、第3移動体38を、X軸に平行な方向に移動可能なように支持する。

[0181] (複数の直動装置4)

図17に記載の例では、工作機械1(より具体的には、第1加工装置3)は、加工ヘッド30を3次的に移動させる複数の直動装置4を有する。また、複数の直動装置4は、第1直動装置41と、第2直動装置44と、第3直動装置47と、を含む。第1直動装置41は、加工ヘッド30をY軸に平行な方向に移動させる。第2直動装置44は、加工ヘッド30をZ軸に平行な方向に移動させる。第3直動装置47は、加工ヘッド30をX軸に平行な方向に移動させる。

[0182] 第1直動装置41は、第1移動体36を、Y軸に平行な方向に移動させる駆動装置42(例えば、モータ)を有する。第1直動装置41は、Y軸に平行な方向への第1移動体36の移動をガイドする第1リニアガイド43を有することが好ましい。図17に記載の例では、第1リニアガイド43は、第2移動体37に配置されている。

[0183] 第2直動装置44は、第2移動体37を、Z軸に平行な方向に移動させる

駆動装置 4 5（例えば、モータ）を有する。第 2 直動装置 4 4 は、Z 軸に平行な方向への第 2 移動体 3 7 の移動をガイドする第 2 リニアガイド 4 6 を有することが好ましい。図 1 7 に記載の例では、第 2 リニアガイド 4 6 は、第 3 移動体 3 8 に配置されている。

[0184] 第 3 直動装置 4 7 は、第 3 移動体 3 8 を、X 軸に平行な方向に移動させる駆動装置 4 8（例えば、モータ）を有する。第 3 直動装置 4 7 は、X 軸に平行な方向への第 3 移動体 3 8 の移動をガイドする第 3 リニアガイド 4 9 を有することが好ましい。図 1 7 に記載の例では、第 3 リニアガイド 4 9 は、第 3 移動体 3 8 を移動可能に支持する。また、第 3 リニアガイド 4 9 は、工作機械 1 のベース 1 0 に配置されている。

[0185]（工具交換装置 8）

工作機械 1 は、少なくとも 1 つの工具交換装置 8 を備えることが好ましい。少なくとも 1 つの工具交換装置 8 は、工作機械 1 の任意の位置に配置される。少なくとも 1 つの工具交換装置 8 は、加工ヘッド 3 0 に保持された第 1 回転工具 T 1 を、他の第 1 回転工具に交換可能である。少なくとも 1 つの工具交換装置 8 は、第 1 ロボット 5 の多関節アーム 5 0 に支持された第 2 回転工具 T 2 を、他の第 2 回転工具に交換可能である。工作機械 1 が、第 2 ロボット 6 を有する場合には、少なくとも 1 つの工具交換装置 8 は、第 2 ロボット 6 の第 2 多関節アーム 6 0 に支持された第 3 回転工具 T 3 を、他の第 3 回転工具に交換可能である。

[0186] 図 2 4 に記載の例では、少なくとも 1 つの工具交換装置 8 は、第 1 工具交換装置 8 0 a を含む。第 1 工具交換装置 8 0 a は、加工ヘッド 3 0 に保持された第 1 回転工具 T 1 - 1 を、他の第 1 回転工具 T 1 - 2 に交換する。図 2 4 に記載の例では、第 1 工具交換装置 8 0 a は、加工ヘッド 3 0 に保持された第 1 回転工具 T 1 - 1 を、少なくとも 1 つの工具ストッカ 9 3 から取り出された他の第 1 回転工具 T 1 - 2 に交換する。

[0187] 図 2 4 に記載の例では、第 1 工具交換装置 8 0 a は、第 1 回転工具 T 1 - 1 を把持可能な第 1 把持部 8 2 a と、他の第 1 回転工具 T 1 - 2 を把持可能

な第2把持部83aとを有する。

[0188] 図24に例示されるように、第1工具交換装置80aは、工具交換アーム81aと、工具交換アーム81aを回転させるアーム回転装置84aと、工具交換アーム81aを直線的に移動させるアーム移動装置85aとを有していてもよい。

[0189] なお、加工ヘッド30が、工具ストッカ93にアクセスして、加工ヘッド30が、直接的に、加工ヘッド30に保持された第1回転工具T1を、他の第1回転工具に交換するように構成されてもよい。この場合、加工ヘッド30に対して工具交換を行う工具交換装置は省略される。

[0190] 図25に記載の例では、少なくとも1つの工具交換装置8は、第2工具交換装置80bを含む。第2工具交換装置80bは、工具支持装置53を介して多関節アーム50に支持された第2回転工具T2-1を、他の第2回転工具T2-2に交換する。図25に例示されるように、第2工具交換装置80bは、工具支持装置53を介して多関節アーム50に支持された第2回転工具T2-1を、少なくとも1つの工具ストッカ93から取り出された他の第2回転工具T2-2に交換してもよい。図25に記載の例において、各第2回転工具T2は、第1加工装置3の加工ヘッド30に取り付け不能な工具であり、図24に記載の例において、各第1回転工具T1は、第1ロボット5の工具支持装置53に取り付け不能な工具である。

[0191] なお、工具支持装置53が、工具ストッカ93にアクセスして、工具支持装置53が、直接的に、工具支持装置53に支持された第2回転工具T2を、他の第2回転工具に交換するように構成されてもよい。この場合、工具支持装置53に対して工具交換を行う工具交換装置は省略される。

[0192] 図26に記載の例では、少なくとも1つの工具交換装置8は、第2工具支持装置63を介して第2多関節アーム60に支持された第3回転工具T3-1を、他の第3回転工具T3-2に交換する。図26に例示されるように、少なくとも1つの工具交換装置8は、第2工具支持装置63を介して第2多関節アーム60に支持された第3回転工具T3-1を、少なくとも1つの工

具ストッカ 93 から取り出された他の第 3 回転工具 T 3 - 2 に交換してもよい。図 26 に記載の例において、各第 3 回転工具 T 3 は、第 1 加工装置 3 の加工ヘッド 30 に取り付け不能な工具であり、図 24 に記載の例において、各第 1 回転工具 T 1 は、第 2 ロボット 6 の第 2 工具支持装置 63 に取り付け不能な工具である。

[0193] なお、第 2 工具支持装置 63 が、工具ストッカ 93 にアクセスして、第 2 工具支持装置 63 が、直接的に、第 2 工具支持装置 63 に支持された第 3 回転工具 T 3 を、他の第 3 回転工具に交換するように構成されてもよい。この場合、第 2 工具支持装置 63 に対して工具交換を行う工具交換装置は省略される。

[0194] (非傾動状態のテーブル 21 によって支持されたワーク W の加工)

図 17 に例示されるように、本明細書において、「テーブル 21 が非傾動状態である」とは、第 1 軸 A X 1 が水平面に対して実質的に垂直な状態を意味するものとする。なお、テーブル 21 が第 1 軸 A X 1 まわりに旋回しないテーブルである場合、本明細書において、「テーブル 21 が非傾動状態である」とは、テーブルの上面が、水平面に実質的に平行な状態を意味するものとする。

[0195] 図 27 に記載の例では、第 1 加工装置 3、および、第 1 ロボット 5 は、非傾動状態のテーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。換言すれば、ワーク W を支持するテーブル 21 が非傾動状態であるときに、第 1 加工装置 3、および、第 1 ロボット 5 は、当該テーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。

[0196] 図 27 に記載の例では、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5、および、第 2 ロボット 6 は、非傾動状態のテーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。換言すれば、ワーク W を支持するテーブル 21 が非傾動状態であるときに、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5、および、第 2 ロボット 6 は、当該テーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。

[0197] (傾動状態のテーブル 21 によって支持されたワーク W の加工)

図 28 に例示されるように、本明細書において、「テーブル 21 が傾動状態である」とは、第 1 軸 A X 1 が鉛直方向に非平行な状態を意味するものとする。なお、テーブル 21 が第 1 軸 A X 1 まわりに旋回しないテーブルである場合には、本明細書において、「テーブル 21 が傾動状態である」とは、テーブルの上面が、水平面に対して傾斜している状態を意味するものとする。

[0198] 図 28 に記載の例では、第 1 加工装置 3、および、第 1 ロボット 5 は、傾動状態のテーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。換言すれば、ワーク W を支持するテーブル 21 が傾動状態であるときに、第 1 加工装置 3、および、第 1 ロボット 5 は、当該テーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。

[0199] 図 28 に記載の例では、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5、および、第 2 ロボット 6 は、傾動状態のテーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。換言すれば、ワーク W を支持するテーブル 21 が傾動状態であるときに、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5、および、第 2 ロボット 6 は、当該テーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。

[0200] 図 27 および図 28 に記載の例では、ワーク W を支持するテーブル 21 が非傾動状態である場合と、ワーク W を支持するテーブル 21 が傾動状態である場合との各々において、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5、および、第 2 ロボット 6 は、当該テーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。よって、複雑な形状を有するワーク W を効率的に加工することができる。

[0201] (制御装置 7)

図 19 に記載の例において、制御装置 7 は、ワーク支持装置 2、第 1 加工装置 3、および、第 1 ロボット 5 を制御する。工作機械 1 が第 2 ロボット 6 を有する場合には、制御装置 7 は、当該第 2 ロボット 6 を制御する。工作機

械 1 が、少なくとも 1 つの工具交換装置 8 を有する場合には、制御装置 7 は、当該少なくとも 1 つの工具交換装置 8 を制御する。工作機械 1 が、テーブル装置 20 を第 1 方向 D R 1 に平行な方向に移動させる第 3 駆動装置 18 を有する場合には、制御装置 7 は、当該第 3 駆動装置 18 を制御する。また、工作機械 1 が、第 1 加工装置 3 を第 1 方向 D R 1 に平行な方向に移動させる第 4 駆動装置 19 d（図 8 を参照。）を有する場合には、制御装置 7 は、当該第 4 駆動装置 19 d を制御する。第 1 の実施形態と同様に、制御装置 7 は、1 つのコンピュータによって構成されていてもよく、複数のコンピュータによって構成されていてもよい。例えば、工作機械 1 は、第 1 加工装置 3 およびワーク支持装置 2 を制御する第 1 のコンピュータと、第 1 ロボット 5 を制御する第 2 のコンピュータと、第 2 ロボット 6 を制御する第 3 のコンピュータと、を有していてもよい。また、これらのコンピュータが協働して、工作機械 1 の制御装置 7 として機能してもよい。

[0202] 図 29 に例示されるように、制御装置 7 は、ハードウェアプロセッサ 70（以下、単に、「プロセッサ 70」という。）と、メモリ 72 と、通信回路 74 と、入力装置 76（例えば、タッチパネル付きディスプレイ 762）と、を備える。プロセッサ 70 と、メモリ 72 と、通信回路 74 と、入力装置 76 とは、バス 78 を介して互いに接続されている。ワーク W の加工に必要なデータ（例えば、ワーク W の形状データおよびワーク W の加工位置データを含むワークデータ 726 等）は、入力装置 76 を介して制御装置 7 に入力されてもよいし、他のコンピュータから通信回路 74 を介して制御装置 7 に入力されてもよい。なお、入力装置 76 は、タッチパネル付きディスプレイ 762 に限定されない。例えば、制御装置 7 は、ボタン、スイッチ、レバー、ポインティングデバイス、キーボード等の入力装置 76 と、当該入力装置 76 に入力されたデータ、あるいは、その他の情報を表示するディスプレイと、を備えていてもよい。

[0203] 制御装置 7 は、メモリ 72 に記憶された加工プログラム 722 を実行することにより、複数の制御指令を生成する。また、通信回路 74 は、制御装置

7によって生成された複数の制御指令を、複数の制御対象機器（例えば、ワーク支持装置2、第1加工装置3、第1ロボット5、第2ロボット6、少なくとも1つの工具交換装置8、第3駆動装置18、図8に示される第4駆動装置19d等）に送信する。こうして、制御装置7は、複数の制御対象機器を制御することができる。

[0204] 図29に記載の例において、制御装置7は、ワーク支持装置2の第1駆動装置23に旋回指令E1を送信してもよい。制御装置7から旋回指令E1を受け取る第1駆動装置23は、テーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させる。

[0205] 図29に記載の例において、制御装置7は、ワーク支持装置2の第2駆動装置26に傾動指令E2を送信してもよい。制御装置7から傾動指令E2を受け取る第2駆動装置26は、テーブル21を第2軸AX2まわりに傾動させる。

[0206] 図29に記載の例において、制御装置7は、第1加工装置3の複数の直動装置4に移動指令E3を送信してもよい。制御装置7から移動指令E3を受け取る複数の直動装置4は、加工ヘッド30を移動させる。より具体的には、制御装置7は、第1直動装置41に第1移動指令E3-1を送信し、第1移動指令E3-1を受け取る第1直動装置41は、加工ヘッド30を、Y軸に平行な方向（例えば、第1回転軸AD1に平行な方向）に移動させる。制御装置7は、第2直動装置44に第2移動指令E3-2を送信し、第2移動指令E3-2を受け取る第2直動装置44は、加工ヘッド30を、Z軸に平行な方向（例えば、鉛直方向に平行な方向）に移動させる。また、制御装置7は、第3直動装置47に第3移動指令E3-3を送信し、第3移動指令E3-3を受け取る第3直動装置47は、加工ヘッド30を、X軸に平行な方向（例えば、Y軸およびZ軸の両方に垂直な方向）に移動させる。

[0207] 図29に記載の例において、制御装置7は、第1加工装置3の第1回転駆動装置34に第1回転指令E4を送信してもよい。制御装置7から第1回転指令E4を受け取る第1回転駆動装置34は、第1回転工具T1を第1回転

軸A D 1 まわりに回転させる。

- [0208] 図29に記載の例において、制御装置7は、第1ロボット5の複数のアーム駆動装置59（例えば、複数のモータMT）に第1動作指令E5を送信してもよい。制御装置7から第1動作指令E5を受け取る複数のアーム駆動装置59は、多関節アーム50の複数の関節を動作させる。
- [0209] 図29に記載の例において、制御装置7は、工具支持装置53の第2回転駆動装置54に第2回転指令E6を送信してもよい。制御装置7から第2回転指令E6を受け取る第2回転駆動装置54は、第2回転工具T2を第2回転軸A D 2 まわりに回転させる。
- [0210] 図29に記載の例において、制御装置7は、工具支持装置53の工具直動装置55に工具移動指令E7を送信してもよい。制御装置7から工具移動指令E7を受け取る工具直動装置55は、第2回転軸A D 2 に平行な方向に第2回転工具T2を移動させる。
- [0211] 図29に記載の例において、制御装置7は、第2ロボット6の複数のアーム駆動装置69（例えば、複数のモータMT）に第2動作指令E8を送信してもよい。制御装置7から第2動作指令E8を受け取る複数のアーム駆動装置69は、第2多関節アーム60の複数の関節を動作させる。
- [0212] 図29に記載の例において、制御装置7は、第2工具支持装置63の第3回転駆動装置64に第3回転指令E9を送信してもよい。制御装置7から第3回転指令E9を受け取る第3回転駆動装置64は、第3回転工具T3を第3回転軸A D 3 まわりに回転させる。
- [0213] 図29に記載の例において、制御装置7は、第2工具支持装置63の第2工具直動装置65に第2工具移動指令E10を送信してもよい。制御装置7から第2工具移動指令E10を受け取る第2工具直動装置65は、第3回転軸A D 3 に平行な方向に第3回転工具T3を移動させる。
- [0214] 図29に記載の例において、制御装置7は、第3駆動装置18にテーブル移動指令E11を送信してもよい。制御装置7からテーブル移動指令E11を受け取る第3駆動装置18は、テーブル装置20を、第1方向D R 1 に平

行な方向に移動させる。代替的に、あるいは、付加的に、制御装置 7 は、第 4 駆動装置 19 d に加工装置移動指令 E 12 を送信してもよい。制御装置 7 から加工装置移動指令 E 12 を受け取る第 4 駆動装置 19 d は、第 1 加工装置 3 を第 1 方向 D R 1 に平行な方向に移動させる。

[0215] 図 29 に記載の例において、制御装置 7 は、少なくとも 1 つの工具交換装置 8 に工具交換指令 E 13 を送信してもよい。制御装置 7 から工具交換指令 E 13 を受け取る少なくとも 1 つの工具交換装置 8 は、加工ヘッド 30 に保持された第 1 回転工具 T 1 を、他の第 1 回転工具に交換してもよい。制御装置 7 から工具交換指令 E 13 を受け取る少なくとも 1 つの工具交換装置 8 は、多関節アーム 50 に支持された第 2 回転工具 T 2 を、他の第 2 回転工具に交換してもよい。制御装置 7 から工具交換指令 E 13 を受け取る少なくとも 1 つの工具交換装置 8 は、第 2 多関節アーム 60 に支持された第 3 回転工具 T 3 を、他の第 3 回転工具に交換してもよい。

[0216] 例えば、制御装置 7 は、第 1 工具交換装置 80 a に第 1 工具交換指令 E 13-1 を送信し、第 1 工具交換指令 E 13-1 を受け取る第 1 工具交換装置 80 a は、加工ヘッド 30 に保持された第 1 回転工具 T 1 を、他の第 1 回転工具に交換する。また、制御装置 7 は、第 2 工具交換装置 80 b に第 2 工具交換指令 E 13-2 を送信し、第 2 工具交換指令 E 13-2 を受け取る第 2 工具交換装置 80 b は、多関節アーム 50 に支持された第 2 回転工具 T 2 を、他の第 2 回転工具に交換する。

[0217] (第 1 加工モード M1)

制御装置 7 は、加工ヘッド 30 に支持された第 1 回転工具 T 1 によってテーブル 21 に支持されたワーク W が加工されるよう、複数の直動装置 4 に移動指令 E 3 を送信することと、第 1 回転駆動装置 34 に第 1 回転指令 E 4 を送信することとを含む第 1 加工モード M1 を実行可能である。第 1 加工モード M1 では、第 1 回転軸 A D 1 まわりに回転する第 1 回転工具 T 1 の移動が、複数の直動装置 4 を用いて行われるため、ワーク W を高精度に加工することができる。

[0218] 加工ヘッド30に支持された第1回転工具T1が、面加工工具（例えば、フライス工具）である場合、第1回転軸AD1まわりに回転する面加工工具がテーブル21によって支持されたワークWに接触している状態で、面加工工具が第1回転軸AD1に実質的に垂直な方向に移動するよう、制御装置7は、複数の直動装置4に移動指令E3を送信することと、第1回転駆動装置34に第1回転指令E4を送信することとを実行する。こうして、ワークWの面加工が高精度で行われる。

[0219] 加工ヘッド30に支持された第1回転工具T1が、穴開け工具（例えば、ドリル）である場合、第1回転軸AD1まわりに回転する穴開け工具がテーブル21によって支持されたワークWに接触している状態で、穴開け工具が第1回転軸AD1に実質的に平行な方向に移動するよう、制御装置7は、第1直動装置41に第1移動指令E3-1を送信することと、第1回転駆動装置34に第1回転指令E4を送信することとを実行する。第1移動指令E3-1を受け取る第1直動装置41は、第1回転軸AD1に実質的に平行な方向に穴開け工具を直線的に移動させる。こうして、ワークWに穴を開ける加工が高精度で行われる。

[0220] 加工ヘッド30に支持された第1回転工具T1が、タップ工具である場合、第1回転軸AD1まわりに回転するタップ工具がテーブル21によって支持されたワークWに接触している状態で、タップ工具が第1回転軸AD1に実質的に平行な方向に移動するよう、制御装置7は、第1直動装置41に第1移動指令E3-1を送信することと、第1回転駆動装置34に第1回転指令E4を送信することとを実行する。第1移動指令E3-1を受け取る第1直動装置41は、第1回転軸AD1に実質的に平行な方向にタップ工具を直線的に移動させる。こうして、ワークWにネジ穴が高精度に形成される。

[0221] （第2加工モードM2）

制御装置7は、多関節アーム50に支持された第2回転工具T2によってテーブル21に支持されたワークWが加工されるよう、第1ロボット5の複数のアーム駆動装置59に第1動作指令E5を送信することと、工具支持装

置 5 3 の第 2 回転駆動装置 5 4 に第 2 回転指令 E 6 を送信することと、工具支持装置 5 3 の工具直動装置 5 5 に工具移動指令 E 7 を送信することとを含む第 2 加工モード M 2 を実行可能である。第 2 加工モード M 2 では、第 2 回転工具 T 2 がワーク W に接触する前の段階において、第 2 回転工具 T 2 の位置および向きが多関節アーム 5 0 を用いて変更される。このため、ワーク W の形状、大きさ、向き、姿勢等に対応して、第 2 回転工具 T 2 の位置および向きを自由に設定することができる。

[0222] 多関節アーム 5 0 に支持された第 2 回転工具 T 2 が、穴開け工具（例えば、ドリル）である場合、第 2 回転軸 A D 2 まわりに回転する穴開け工具がテーブル 2 1 によって支持されたワーク W に接触している状態で、穴開け工具が第 2 回転軸 A D 2 に実質的に平行な方向に移動するよう、制御装置 7 は、第 2 回転駆動装置 5 4 に第 2 回転指令 E 6 を送信することと、工具直動装置 5 5 に工具移動指令 E 7 を送信することとを実行する。工具移動指令 E 7 を受け取る工具直動装置 5 5 は、第 2 回転軸 A D 2 に実質的に平行な方向に穴開け工具を直線的に移動させる。こうして、ワーク W に穴を開ける加工が高精度に行われる。

[0223] 多関節アーム 5 0 に支持された第 2 回転工具 T 2 が、タップ工具である場合、第 2 回転軸 A D 2 まわりに回転するタップ工具がテーブル 2 1 によって支持されたワーク W に接触している状態で、タップ工具が第 2 回転軸 A D 2 に実質的に平行な方向に移動するよう、制御装置 7 は、第 2 回転駆動装置 5 4 に第 2 回転指令 E 6 を送信することと、工具直動装置 5 5 に工具移動指令 E 7 を送信することとを実行する。工具移動指令 E 7 を受け取る工具直動装置 5 5 は、第 2 回転軸 A D 2 に実質的に平行な方向にタップ工具を直線的に移動させる。こうして、ワーク W にネジ穴が高精度に形成される。

[0224] （第 3 加工モード M 3）

制御装置 7 は、第 2 多関節アーム 6 0 に支持された第 3 回転工具 T 3 によってテーブル 2 1 に支持されたワーク W が加工されるよう、少なくとも、第 2 ロボット 6 の複数のアーム駆動装置 6 9 に第 2 動作指令 E 8 を送信するこ

とと、第2工具支持装置63の第3回転駆動装置64に第3回転指令E9を送信することと、第2工具支持装置63の第2工具直動装置65に第2工具移動指令E10を送信することを含む第3加工モードM3を実行可能である。第3加工モードM3では、第3回転工具T3がワークWに接触する前の段階において、第3回転工具T3の位置および向きが第2多関節アーム60を用いて変更される。このため、ワークWの形状、大きさ、向き、姿勢等に対応して、第3回転工具T3の位置および向きを自由に設定することができる。

[0225] 第2多関節アーム60に支持された第3回転工具T3が、穴開け工具（例えば、ドリル）である場合、第3回転軸AD3まわりに回転する穴開け工具がテーブル21によって支持されたワークWに接触している状態で、穴開け工具が第3回転軸AD3に実質的に平行な方向に移動するよう、制御装置7は、第3回転駆動装置64に第3回転指令E9を送信することと、第2工具直動装置65に第2工具移動指令E10を送信することとを実行する。第2工具移動指令E10を受け取る第2工具直動装置65は、第3回転軸AD3に実質的に平行な方向に穴開け工具を直線的に移動させる。こうして、ワークWに穴を開ける加工が高精度に行われる。

[0226] 第2多関節アーム60に支持された第3回転工具T3が、タップ工具である場合、第3回転軸AD3まわりに回転するタップ工具がテーブル21によって支持されたワークWに接触している状態で、タップ工具が第3回転軸AD3に実質的に平行な方向に移動するよう、制御装置7は、第3回転駆動装置64に第3回転指令E9を送信することと、第2工具直動装置65に第2工具移動指令E10を送信することとを実行する。第2工具移動指令E10を受け取る第2工具直動装置65は、第3回転軸AD3に実質的に平行な方向にタップ工具を直線的に移動させる。こうして、ワークWにネジ穴が高精度に形成される。

[0227] （旋回モードM4）

制御装置7は、テーブル21に支持されたワークWが第1軸AX1まわり

に旋回されるよう、ワーク支持装置 2 の第 1 駆動装置 23 に旋回指令 E 1 を送信することを含む旋回モード M 4 を実行可能である。旋回モード M 4 は、テーブル装置 20 を進出位置 P 2 から退避位置 P 3 に移動させることと、テーブル装置 20 が退避位置 P 3 にある状態でワーク W を支持するテーブル 21 を第 1 軸 A X 1 まわりに旋回させることと、テーブル装置 20 を退避位置 P 3 から進出位置 P 2 に戻すことと、を含んでもよい。この場合、制御装置 7 は、進出位置 P 2 から退避位置 P 3 へのテーブル装置 20 の移動、第 1 軸 A X 1 まわりのワーク W の旋回、および、退避位置 P 3 から進出位置 P 2 へのテーブル装置 20 の移動が行われるよう、制御装置 7 は、第 3 駆動装置 18 にテーブル移動指令 E 11 を送信することと、ワーク支持装置 2 の第 1 駆動装置 23 に旋回指令 E 1 を送信することとを実行する。なお、加工対象のワーク W が小型のワークである場合には、旋回モード M 4 の実行に際して、テーブル装置 20 を進出位置 P 2 と退避位置 P 3 との間で移動させる必要はない。

[0228] テーブル 21 が傾動状態である場合、テーブル 21 の状態が傾動状態から非傾動状態に変更された後、制御装置 7 は、旋回モード M 4 を実行してもよい。代替的に、傾動状態のテーブル 21 を第 1 軸 A X 1 まわりに旋回させてもワーク W と周囲の構造物との干渉が生じない場合には、旋回モード M 4 において、傾動状態のテーブル 21 が第 1 軸 A X 1 まわりに旋回されてもよい。

[0229] 制御装置 7 が旋回モード M 4 を実行可能であることにより、工作機械 1 は、第 1 加工装置 3 に対するワーク W の向きを変更することができる。こうして、第 1 加工装置 3 は、ワーク W の第 1 主面 W a（例えば、ワーク W の正面）に加え、ワーク W の第 1 側面 W c（例えば、ワーク W の左側面）、ワーク W の第 2 主面 W b（例えば、ワーク W の背面）、および、ワーク W の第 2 側面 W d（例えば、ワーク W の右側面）を、容易に加工することができる。

[0230] （傾動モード M 5）

制御装置 7 は、テーブル 21 に支持されたワーク W が第 2 軸 A X 2 まわり

に傾動されるよう、ワーク支持装置 2 の第 2 駆動装置 26 に傾動指令 E 2 を送信することを含む傾動モード M 5 を実行可能である。

[0231] 制御装置 7 が傾動モード M 5 を実行可能であることにより、工作機械 1 は、第 1 加工装置 3 に対するワーク W の姿勢を変更することができる。こうして、第 1 加工装置 3 は、複雑な形状のワーク W を容易に加工することができる（図 28 を参照。）。また、第 1 加工装置 3 は、ワーク W が傾動された状態において、当該ワーク W の頂面 W e を加工することも可能である。

[0232] 図 10 に記載の例では、第 1 ロボット 5 は、多関節アーム 50 の先端部に配置されるリスト 52 を有する。制御装置 7 は、第 2 駆動装置 26 が第 2 軸 A X 2 まわりのワーク W の姿勢を変更することに応じて、リスト 52 の位置および向きを補正する指令を第 1 ロボット 5 に送信してもよい。例えば、制御装置 7 は、第 2 軸 A X 2 まわりのテーブル 21 の傾動に追従してリスト 52 の位置および向きが補正されるよう、第 1 ロボット 5 の複数のアーム駆動装置 59 に第 1 動作指令 E 5 を送信する。第 1 動作指令 E 5 を受け取る複数のアーム駆動装置 59 は、第 2 軸 A X 2 まわりのテーブル 21 の傾動に追従してリスト 52 の位置および向きを補正する。

[0233] ワーク W の姿勢変更に応じて、リスト 52 の位置および向きが補正されることにより、ワーク W と第 1 ロボット 5 との間の意図せぬ干渉が防止される。また、ワーク W の姿勢変更が行われた後、第 1 ロボット 5 は、速やかにワーク W の加工を再開することができる。

[0234] 代替的に、あるいは、付加的に、制御装置 7 は、第 1 駆動装置 23 が第 1 軸 A X 1 まわりにテーブル 21 を旋回させることに応じて、リスト 52 の位置および向きを補正する指令を第 1 ロボット 5 に送信してもよい。

[0235] 図 20 に記載の例では、第 2 ロボット 6 は、第 2 多関節アーム 60 の先端部に配置される第 2 リスト 62 を有する。制御装置 7 は、第 2 駆動装置 26 が第 2 軸 A X 2 まわりのワーク W の姿勢を変更することに応じて、第 2 リスト 62 の位置および向きを補正する指令を第 1 ロボット 5 に送信してもよい。例えば、制御装置 7 は、第 2 軸 A X 2 まわりのテーブル 21 の傾動に追従

して第2リスト62の位置および向きが補正されるよう、第2ロボット6の複数のアーム駆動装置69に第2動作指令E8を送信する。第2動作指令E8を受け取る複数のアーム駆動装置69は、第2軸AX2まわりのテーブル21の傾動に追従して第2リスト62の位置および向きを補正する。

[0236] ワークWの姿勢変更に応じて、第2リスト62の位置および向きが補正されることにより、ワークWと第2ロボット6との間の意図せぬ干渉が防止される。また、ワークWの姿勢変更が行われた後、第2ロボット6は、速やかにワークWの加工を再開することができる。

[0237] 代替的に、あるいは、付加的に、制御装置7は、第1駆動装置23が第1軸AX1まわりにテーブル21を回転させることに応じて、第2リスト62の位置および向きを補正する指令を第2ロボット6に送信してもよい。

[0238] (第1工具交換モードM6)

制御装置7は、加工ヘッド30に保持された第1回転工具T1が他の第1回転工具に交換されるよう、第1工具交換装置80aに第1工具交換指令E13-1を送信することを含む第1工具交換モードM6を実行可能である。

[0239] 制御装置7が、第1工具交換モードM6を実行可能であることにより、第1加工装置3は、1つのワークWに対して複数種類の加工（例えば、面加工、穴開け加工、タップ加工、摩擦攪拌接合等）を行うことができる。

[0240] (第2工具交換モードM7)

制御装置7は、多関節アーム50に支持された第2回転工具T2が他の第2回転工具に交換されるよう、第2工具交換装置80bに第2工具交換指令E13-2を送信することを含む第2工具交換モードM7を実行可能である。

[0241] 制御装置7が、第2工具交換モードM7を実行可能であることにより、第1ロボット5は、1つのワークWに対して複数種類の加工（例えば、穴開け加工、タップ加工等）を行うことができる。

[0242] (第3工具交換モードM8)

制御装置7は、第2多関節アーム60に支持された第3回転工具T3が他

の第3回転工具に交換されるよう、第2工具交換装置80bあるいは第2工具交換装置80bとは異なる工具交換装置に、第3工具交換指令E13-3を送信することを含む第3工具交換モードM8を実行可能である。

[0243] 制御装置7が、第3工具交換モードM8を実行可能であることにより、第2ロボット6は、1つのワークWに対して複数種類の加工（例えば、穴開け加工、タップ加工等）を行うことができる。

[0244] ワークWを支持するテーブル21の第1軸AX1まわりの旋回、および、ワークWを支持するテーブル21の第2軸AX2まわりの傾動のうちの少なくとも一方を行い、その後、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具を用いて、テーブル21によって支持されたワークWを加工することを、加工サイクルと定義するとき、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラム722を実行することにより、当該加工サイクルを「N」回以上繰り返し実行するように構成される。なお、「N」は、例えば、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、・・・である。

[0245] 例えば、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラム722を実行することにより、第1の加工サイクルと、第2の加工サイクルとを含む複数の加工サイクルを実行するように構成されていてもよい。第1の加工サイクルは、制御装置7が、上述の第1加工モードM1の一部と、上述の第2加工モードM2の一部とを同時に実行することを含んでいてもよい。また、第1の加工サイクルは、制御装置7が、上述の第1加工モードM1の一部と、上述の第2加工モードM2の一部と、上述の第3加工モードM3の一部とを同時に実行することを含んでいてもよい。第2の加工サイクルは、制御装置7が、上述の第1加工モードM1の一部と、上述の第2加工モードM2の一部とを同時に実行することを含んでいてもよい。また、第2の加工サイクルは、制御装置7が、上述の第1加工モードM1の一部と、上述の第2加工モードM2の一部と、上述の第3加工モードM3の一部とを同時に実行することを含んでいてもよい。

[0246] 第1の加工サイクル、および／または、第2の加工サイクルの実行中に、

制御装置 7 は、（１）第 1 加工装置 3 に第 1 群の制御指令を送信することにより、加工ヘッド 30 に保持された第 1 回転工具 T 1 によってワーク W を加工することと、（２）少なくとも 1 つの工具交換装置 8（例えば、第 1 工具交換装置 80 a）に第 1 工具交換指令 E 13-1 を送信することにより、加工ヘッド 30 に保持された第 1 回転工具 T 1 を他の第 1 回転工具に交換することと、（３）第 1 加工装置 3 に第 2 群の制御指令を送信することにより、加工ヘッド 30 に保持された他の第 1 回転工具によってワーク W を加工することと、を実行してもよい。

[0247] 第 1 の加工サイクル、および／または、第 2 の加工サイクルの実行中に、制御装置 7 は、（１）第 1 ロボット 5 に第 3 群の制御指令を送信することにより、多関節アーム 50 に支持された第 2 回転工具 T 2 によってワーク W を加工することと、（２）少なくとも 1 つの工具交換装置 8（例えば、第 2 工具交換装置 80 b）に第 2 工具交換指令 E 13-2 を送信することにより、多関節アーム 50 に支持された第 2 回転工具 T 2 を他の第 2 回転工具に交換することと、（３）第 1 ロボット 5 に第 4 群の制御指令を送信することにより、多関節アーム 50 に支持された他の第 2 回転工具によってワーク W を加工することと、を実行してもよい。

[0248] 第 1 の加工サイクル、および／または、第 2 の加工サイクルの実行中に、制御装置 7 は、（１）第 2 ロボット 6 に第 5 群の制御指令を送信することにより、第 2 多関節アーム 60 に支持された第 3 回転工具 T 3 によってワーク W を加工することと、（２）少なくとも 1 つの工具交換装置 8 に第 3 工具交換指令 E 13-3 を送信することにより、第 2 多関節アーム 60 に支持された第 3 回転工具 T 3 を他の第 3 回転工具に交換することと、（３）第 2 ロボット 6 に第 6 群の制御指令を送信することにより、第 2 多関節アーム 60 に支持された他の第 3 回転工具を用いてワーク W を加工することと、を実行してもよい。

[0249] 制御装置 7 が、第 1 加工モード M 1 と、第 2 加工モード M 2 と、旋回モード M 4 および傾動モード M 5 のうちの少なくとも一方と、第 1 工具交換モー

ドM6と、第2工具交換モードM7とを組み合わせることで実行することにより、複雑な形状のワークを、複数種類の工具を用いて、効率的に加工することができる。

[0250] また、制御装置7が、第1加工モードM1と、第2加工モードM2と、第3加工モードM3と、旋回モードM4および傾動モードM5のうちの少なくとも一方と、第1工具交換モードM6と、第2工具交換モードM7、第3工具交換モードM8とを組み合わせることで実行することにより、複雑な形状のワークを、複数種類の工具を用いて、更に効率的に加工することができる。

[0251] (第1加工装置3と、第1ロボット5と、第2ロボット6とによる加工の分担)

メモリ72に記憶された加工プログラム722を実行する制御装置7は、ワークWの面加工の全てが第1加工装置3によって行われるよう、第1加工装置3に制御指令を送信してもよい。また、メモリ72に記憶された加工プログラム722を実行する制御装置7は、ワークWに複数の穴HLを形成する加工の一部分が第1加工装置3によって行われ、ワークWに複数の穴HLを形成する加工の他の一部分が第1ロボット5によって行われ、ワークWに複数の穴HLを形成する加工の更に他の一部分が第2ロボット6によって行われるよう、第1加工装置3、第1ロボット5、および、第2ロボット6の各々に制御指令を送信してもよい。

[0252] (ワーク加工方法)

続いて、第2の実施形態におけるワーク加工方法について説明する。第2の実施形態におけるワーク加工方法は、第1の実施形態における工作機械1Aを用いて行われてもよいし、第2の実施形態における工作機械1Bを用いて行われてもよいし、他の工作機械を用いて行われてもよい。

[0253] 第1ステップST101において、ワークWが、直接的または間接的に、ワーク支持装置2のテーブル21に取り付けられる。第1ステップST101は、取付工程である。取付工程(第1ステップST101)は、第1の実施形態における取付工程(第1ステップST1)と同様であるため、当該取

付工程（第1ステップST101）についての繰り返しとなる説明は省略する。

[0254] 第2ステップST102において、ワークWの姿勢変更が必要であるか否かが判断される（図37を参照。）。第2ステップST102は、第1判断工程である。第1判断工程は、制御装置7によって行われる。より具体的には、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラム722に基づいて、ワークWの姿勢変更が必要であるか否かを判断する。

[0255] 第1判断工程（第2ステップST102）において、制御装置7によって、ワークWの姿勢変更が必要であると判断された場合、第1軸AX1まわりのワークWの旋回と、第2軸AX2まわりのワークWの傾動とのうちの少なくとも一方（より具体的には、ワークWを支持するテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させることと、ワークWを支持するテーブル21を第2軸AX2まわりに傾動させることとのうちの少なくとも一方）が実行される。

[0256] 例えば、第1判断工程（第2ステップST102）において、制御装置7によって、少なくとも、第1軸AX1まわりのワークWの旋回が必要と判断された場合、ワークWを支持するテーブル21が第1軸AX1まわりに旋回される（旋回工程：第3ステップST103）。

[0257] 例えば、第1判断工程（第2ステップST102）において、制御装置7によって、少なくとも、第2軸AX2まわりのワークWの傾動が必要と判断された場合、ワークWを支持するテーブル21が第2軸AX2まわりに傾動される（傾動工程：第4ステップST104）。以下、旋回工程（第3ステップST103）と、傾動工程（第4ステップST104）とを、包括的に姿勢変更工程という。

[0258] 姿勢変更工程は、テーブル装置20を移動させる移動工程と組み合わせられて実行されてもよい（図38を参照。）。より具体的には、制御装置7によって、ワークWの直線的な移動と、ワークWの姿勢変更との両方が必要であると判断された場合、テーブル装置20が直線的に移動され、且つ、テーブル21が旋回または傾動される。

[0259] 例えば、ワークWの直線的な移動と、ワークWの姿勢変更との両方が必要であると判断された場合、第1ステップST101（取付工程）の実行後に、テーブル装置20が、受取位置P1から進出位置P2に直線的に移動され、且つ、ワークWの姿勢が、受取位置P1におけるワークWの姿勢から、ワーク加工の初期段階に適したワークWの姿勢に変更される。他方、ワークWの直線的な移動のみが必要であると判断された場合、第1ステップST101（取付工程）の実行後に、テーブル装置20が、受取位置P1から進出位置P2に直線的に移動され、ワークWの姿勢は維持される。

[0260] 制御装置7によってワークWの姿勢変更は不要と判断された場合（第2ステップST102：No）、または、ワークWの姿勢変更を完了した場合、第5ステップST105、第6ステップST106、および／または、第7ステップST107に進む。

[0261] 第5ステップST105において、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具（T1-3、T1-4、T1-5、T1-6）を用いて、テーブル21によって支持されたワークWが加工される。第5ステップST105は、第1加工工程である。第1群の回転工具によって加工されるワークWの加工対象箇所は、10箇所以上、20箇所以上、あるいは、30箇所以上であってもよい。

[0262] 図30、図31、図34に記載の例では、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具は、穴開け工具T1-3（例えば、ドリル）と、タップ工具T1-4と、面加工工具T1-6（例えば、フライス工具）と、を含む。加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具は、摩擦攪拌接合工具T1-7（必要であれば、図24を参照。）を含んでいてもよい。加工ヘッド30に支持される第1回転工具T1（例えば、穴開け工具T1-3、タップ工具T1-4、あるいは、穴形成工具T1-5）を、他の第1回転工具（例えば、面加工工具T1-6、あるいは、摩擦攪拌接合工具T1-7）に交換することは、例えば、第1工具交換装置80a（図24を参照。）を用いて行われる。第1群の回転工具は、工具径が互いに異なる複数

の同種の工具を含んでいてもよい。例えば、第1群の回転工具は、工具径が第1の大きさである第1のドリルと、工具径が第2の大きさである第2のドリルとを含んでいてもよい。

[0263] 第1加工工程（第5ステップST105）は、テーブル21によって支持されたワークWに第1群の回転工具のいずれかが接触している状態で、複数の直動装置4を用いて、加工ヘッド30を移動させることを含む。ワークWの加工が、複数の直動装置4を用いて加工ヘッド30を移動させることによって行われる場合、ワークWの加工を高精度に行うことができる。

[0264] 第1群の回転工具を用いてワークWが加工されているときには（換言すれば、第1群の回転工具のいずれかとワークWとが接触しているときには）、第1軸AX1まわりのテーブル21の角度位置は固定され、第2軸AX2まわりのテーブル21の角度位置は固定されていることが好ましい。

[0265] 第6ステップST106において、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具（T2-3、T2-4、T2-5）を用いて、テーブル21によって支持されたワークWが加工される。第6ステップST106は、第2加工工程である。第2群の回転工具によって加工されるワークWの加工対象箇所は、10箇所以上、20箇所以上、あるいは、30箇所以上であってもよい。

[0266] 図33、図34に記載の例では、第1ロボット5の工具支持装置53によって順次支持される第2群の回転工具は、穴開け工具T2-3（例えば、ドリル）と、タップ工具T2-4と、を含む。多関節アーム50に支持される第2回転工具T2（例えば、穴開け工具T2-3）を、他の第2回転工具（例えば、タップ工具T2-4）に交換することは、例えば、第2工具交換装置80b（図25を参照。）を用いて行われる。第2群の回転工具は、工具径が互いに異なる複数の同種の工具を含んでいてもよい。例えば、第2群の回転工具は、工具径が第3の大きさである第3のドリルと、工具径が第4の大きさである第4のドリルとを含んでいてもよい。

[0267] 図11に例示されるように、第2加工工程（第6ステップST106）は

、多関節アーム50に取り付けられた工具支持装置53が、第2回転軸AD2まわりに回転する第2回転工具T2を、工具直動装置55を用いて、第2回転軸AD2に平行な方向に移動させることを含んでいてもよい。第2回転工具T2の移動が工具直動装置55を用いて行われる場合、第2回転工具T2を高精度に移動させることができる。

[0268] 第2群の回転工具を用いてワークWが加工されているときには（換言すれば、第2群の回転工具のいずれかとワークWとが接触しているときには）、第1軸AX1まわりのテーブル21の角度位置は固定され、第2軸AX2まわりのテーブル21の角度位置は固定されていることが好ましい。

[0269] 第1加工工程（第5ステップST105）の一部と、第2加工工程（第6ステップST106）の一部とは同時に実行されてもよい。第1加工工程（第5ステップST105）の一部は、第2加工工程が行われていないときに実行されてもよい。また、第2加工工程（第6ステップST106）の一部は、第1加工工程が行われていないときに実行されてもよい。

[0270] 第7ステップST107において、第2多関節アーム60によって順次支持される第3群の回転工具（T3-3、T3-4、T3-5）を用いて、テーブル21によって支持されたワークWが加工される。第7ステップST107は、第3加工工程である。第3群の回転工具によって加工されるワークWの加工対象箇所は、10箇所以上、20箇所以上、あるいは、30箇所以上であってもよい。なお、工作機械1が、第2ロボット6を有さない場合には、第3加工工程（第7ステップST107）は、省略される。

[0271] 図30、図31に記載の例では、第2ロボット6の第2工具支持装置63によって順次支持される第3群の回転工具は、穴開け工具T3-3（例えば、ドリル）と、タップ工具T3-4と、を含む。第2多関節アーム60に支持される第3回転工具T3（例えば、穴開け工具T3-3）を、他の第3回転工具（例えば、タップ工具T3-4）に交換することは、第2工具交換装置80b（図25を参照。）、または、第2工具交換装置80bとは異なる工具交換装置を用いて行われる。第3群の回転工具は、工具径が互いに異な

る複数の同種の工具を含んでいてもよい。例えば、第3群の回転工具は、工具径が第5の大きさである第5のドリルと、工具径が第6の大きさである第6のドリルとを含んでいてもよい。

[0272] 図21に例示されるように、第3加工工程（第7ステップST107）は、第2多関節アーム60に取り付けられた第2工具支持装置63が、第3回転軸AD3まわりに回転する第3回転工具T3を、第2工具直動装置65を用いて、第3回転軸AD3に平行な方向に移動させることを含んでいてもよい。第3回転工具T3の移動が第2工具直動装置65を用いて行われる場合、第3回転工具T3を高精度に移動させることができる。

[0273] 第3群の回転工具を用いてワークWが加工されているときには（換言すれば、第3群の回転工具のいずれかとワークWとが接触しているときには）、第1軸AX1まわりのテーブル21の角度位置は固定され、第2軸AX2まわりのテーブル21の角度位置は固定されていることが好ましい。

[0274] 第1加工工程（第5ステップST105）の一部と、第3加工工程（第7ステップST107）の一部とは同時に実行されてもよい。第1加工工程（第5ステップST105）の一部は、第3加工工程が行われていないときに実行されてもよい。また、第3加工工程（第7ステップST107）の一部は、第1加工工程が行われていないときに実行されてもよい。

[0275] 第1加工工程（第5ステップST105）の一部と、第2加工工程（第6ステップST106）の一部と、第3加工工程（第7ステップST107）の一部とは同時に実行されてもよい。

[0276] 第8ステップST108において、ワークWの加工を完了したか否かが判断される。第8ステップST108は、第2判断工程である。第2判断工程は、制御装置7によって行われる。より具体的には、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラム722に基づいて、ワークWの加工を完了したか否かを判断する。

[0277] 第2判断工程（第8ステップST108）において、制御装置7によって、ワークWの加工が完了していないと判断された場合（第8ステップST1

08 : No)、第2ステップST102に戻る。

[0278] 例えば、上述の第1加工工程の一部と、上述の第2加工工程の一部とが実行された後（あるいは、上述の第1加工工程の一部と、上述の第2加工工程の一部と、上述の第3加工工程の一部とが実行された後）、第2ステップST102において、制御装置7によって、ワークWの姿勢変更が必要であるか否かが判断される。より具体的には、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラム722に基づいて、ワークWの姿勢変更が必要であるか否かを判断する。

[0279] 例えば、第1判断工程（第2ステップST102）において、制御装置7によって、少なくとも、第1軸AX1まわりのワークWの旋回が必要と判断された場合、ワークWを支持するテーブル21が第1軸AX1まわりに旋回される（旋回工程：第3ステップST103）。旋回工程（換言すれば、ワークWを支持するテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させること）は、ワーク支持装置2が有する第1駆動装置23を用いて行われる。換言すれば、旋回工程（第3ステップST103）において、第1駆動装置23は、ワークWを支持するテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させる。

[0280] 例えば、第1判断工程（第2ステップST102）において、制御装置7によって、少なくとも、第2軸AX2まわりのワークWの傾動が必要と判断された場合、ワークWを支持するテーブル21が第2軸AX2まわりに傾動される（傾動工程：第4ステップST104）。傾動工程（換言すれば、ワークWを支持するテーブル21を第2軸AX2まわりに傾動させること）は、ワーク支持装置2が有する第2駆動装置26を用いて行われる。換言すれば、傾動工程（第4ステップST104）において、第2駆動装置26は、ワークWを支持するテーブル21を第2軸AX2まわりに傾動させる。

[0281] 旋回工程（第3ステップST103）および傾動工程（第4ステップST104）の両方が実行されてもよい（図34および図35を参照。）。より具体的には、制御装置7によって、少なくとも、第1軸AX1まわりのワークWの旋回と、第2軸AX2まわりのワークWの傾動との両方が必要と判断

された場合、第1軸A X 1まわりのテーブル2 1の旋回、および、第2軸A X 2まわりのテーブル2 1の傾動の両方が実行される（旋回傾動工程）。旋回傾動工程において、テーブル2 1の旋回と、テーブル2 1の傾動とは、どちらが先に実行されてもよい。また、旋回傾動工程において、テーブル2 1の旋回の一部と、テーブル2 1の傾動の一部とが同時に実行されてもよい。

[0282] 旋回工程（第3ステップS T 1 0 3）は、テーブル装置2 0を移動させる移動工程と組み合わせられて実行されてもよい。傾動工程（第4ステップS T 1 0 4）は、テーブル装置2 0を移動させる移動工程と組み合わせられて実行されてもよい。また、旋回傾動工程（第3ステップS T 1 0 3、および、第4ステップS T 1 0 4）は、テーブル装置2 0を移動させる移動工程と組み合わせられて実行されてもよい。

[0283] より具体的には、第1判断工程（第2ステップS T 1 0 2）において、制御装置7によって、ワークWの直線的な移動とワークWの姿勢変更との両方が必要であると判断された場合、第1軸A X 1まわりのワークWの旋回と第2軸A X 2まわりのワークWの傾動とのうちの少なくとも一方と、テーブル装置2 0の直線的な移動と、が組み合わせられて実行される。なお、テーブル装置2 0の直線的な移動は、第3駆動装置1 8を用いて実行される。

[0284] 例えば、第1判断工程（第2ステップS T 1 0 2）において、制御装置7によって、少なくとも、ワークWの直線的な移動、および、第1軸A X 1まわりのワークWの旋回が必要と判断された場合、（1）テーブル装置2 0を退避位置P 3に向けて第1方向D R 1に直線的に移動させることと（図5を参照。）、（2）テーブル装置2 0が退避位置P 3に位置する状態において、ワークWを支持するテーブル2 1を第1軸A X 1まわりに旋回させることと（図6を参照。）、（3）テーブル装置2 0を進出位置P 2に向けて第1方向D R 1とは反対の方向に直線的に移動させることと、が実行される。

[0285] 例えば、第1判断工程（第2ステップS T 1 0 2）において、制御装置7によって、少なくとも、ワークWの直線的な移動、および、第2軸A X 2まわりのワークWの傾動が必要と判断された場合、（1）テーブル装置2 0を

第1方向DR1に平行な方向に直線的に移動させることと、(2)ワークWを支持するテーブル21を第2軸AX2まわりに傾動させることと、が実行される。

[0286] なお、ワークWを支持するテーブル21の第1軸AX1まわりの旋回の直前に、テーブル21および第1加工装置3のうちの一方が、テーブル21および第1加工装置3のうちの他方から離れる方向に直線的に移動され、ワークWを支持するテーブル21の第1軸AX1まわりの旋回の直後に、テーブル21および第1加工装置3のうちの一方が、テーブル21および第1加工装置3のうちの他方に近づく方向に直線的に移動されてもよい。テーブル21および第1加工装置3のうちの一方が、テーブル21および第1加工装置3のうちの他方から離れる方向に移動されることにより、テーブル21の旋回時に、テーブル21およびワークWが、第1加工装置3と干渉することが防止される。

[0287] 上述の旋回工程(第3ステップST103)は、傾動状態のテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させることを含んでいてもよい。代替的に、上述の旋回工程(第3ステップST103)は、テーブル21の状態が、傾動状態から非傾動状態に変更された後、非傾動状態のテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させることを含んでいてもよい。

[0288] 上述の傾動工程(第4ステップST104)において、制御装置7は、第2駆動装置26が第2軸AX2まわりのワークWの姿勢を変更することに応じて、リスト52の位置および向きを補正する指令を第1ロボット5に送信してもよい。

[0289] 上述の傾動工程(第4ステップST104)において、ワークWを支持するテーブル21を第2軸AX2まわりに傾動させることは、テーブル装置20が退避位置P3(図19を参照。)に位置する状態で実行されてもよいし、テーブル装置20が進出位置P2(図19を参照。)に位置する状態で実行されてもよい。

[0290] ワークの姿勢が変更された後、再度、第1加工工程(第5ステップST1

０５）、第２加工工程（第６ステップＳＴ１０６）、および／または、第３加工工程（第７ステップＳＴ１０７）が実行される。

[0291] 第８ステップＳＴ１０８において、再度、ワークＷの加工を完了したか否かが判断される（第２判断工程）。第２判断工程（第８ステップＳＴ１０８）において、制御装置７によって、ワークＷの加工が完了していないと判断された場合（第８ステップＳＴ１０８：Ｎｏ）、第２ステップＳＴ１０２に戻る。

[0292] 他方、第２判断工程（第８ステップＳＴ１０８）において、制御装置７によって、ワークＷの加工が完了したと判断された場合（第８ステップＳＴ１０８：Ｙｅｓ）、ワークＷが取外位置Ｐ６（必要であれば、図１６を参照。）に移動される（第９ステップＳＴ１０９）。第９ステップＳＴ１０９は、取外位置へのワーク移動工程である。

[0293] 取外位置へのワーク移動工程（第９ステップＳＴ１０９）は、テーブル装置２０を、進出位置Ｐ２から取外位置Ｐ６（必要であれば、図１６を参照。）に移動させることを含む。取外位置Ｐ６は、受取位置Ｐ１（図１９を参照。）と同じ位置であってもよいし、受取位置Ｐ１とは異なる位置であってもよい。

[0294] 取外位置へのワーク移動工程（第９ステップＳＴ１０９）は、ワークＷの姿勢を変更することを含んでいてもよい。

[0295] 第１０ステップＳＴ１１０において、ワークＷが、テーブル２１から取り外される。第１０ステップＳＴ１１０は、取外工程である。取外工程（第１０ステップＳＴ１１０）は、ドア１２を閉位置から開位置に移動させることと、ワーク通過口ＯＰを横切るように、ワークＷを加工室ＣＢから加工室ＣＢの外に移動させることと、を含んでいてもよい。

[0296] 第２の実施形態におけるワーク加工方法では、図３０、図３２に例示されるように、第１加工工程（第５ステップＳＴ１０５）の一部と第２加工工程（第６ステップＳＴ１０６）の一部とが同時に実行された後、ワークＷを支持するテーブル２１が第２軸ＡＸ２まわりに傾動される。換言すれば、加工

ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部とは、1つの傾動工程（換言すれば、ワークWを支持するテーブル21を第2軸AX2まわりに傾動させる工程）の実行前に同時に実行される。

[0297] また、第2の実施形態におけるワーク加工方法では、図32、図34に例示されるように、ワークWを支持するテーブル21が第2軸AX2まわりに傾動された後、第1加工工程（第5ステップST105）の一部と第2加工工程（第6ステップST106）の一部とが同時に実行される。換言すれば、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部とは、上述の1つの傾動工程（換言すれば、ワークWを支持するテーブル21を第2軸AX2まわりに傾動させる工程）の実行後に同時に実行される。

[0298] 1つの傾動工程の前後で、第1加工工程（第5ステップST105）の一部と第2加工工程（第6ステップST106）の一部とが同時に実行されることにより、ワークWの加工が、効率的に、より短時間で行われる。図30、図32、図34に例示されるように、1つの傾動工程の前後で、第1加工工程（第5ステップST105）の一部と、第2加工工程（第6ステップST106）の一部と、第3加工工程（第7ステップST107）の一部とが同時に実行されてもよい。

[0299] 図34、図36に例示されるように、（1）第1加工工程（第5ステップST105）の一部と、第2加工工程（第6ステップST106）の一部と、第3加工工程（第7ステップST107）の一部とが同時に実行され、（2）その後、テーブル21が第1軸AX1まわりに旋回され、且つ、テーブル21が第2軸AX2まわりに傾動され、（3）更にその後、第1加工工程

(第5ステップS T 1 0 5)の一部と、第2加工工程(第6ステップS T 1 0 6)の一部と、第3加工工程(第7ステップS T 1 0 7)の一部とが同時に実行されてもよい。

[0300] ワークWを支持するテーブル21の第1軸A X 1まわりの旋回、および、ワークWを支持するテーブル21の第2軸A X 2まわりの傾動のうちの少なくとも一方を行い、その後、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具を用いて、テーブル21によって支持されたワークWを加工することを、加工サイクルと定義するとき、第2の実施形態におけるワーク加工方法は、当該加工サイクルを「N」回以上繰り返し実行することを含んでもよい。なお、「N」は、例えば、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、・・・である。

[0301] 例えば、第2の実施形態におけるワーク加工方法は、第1の加工サイクルと、第2の加工サイクルとを含む複数の加工サイクルを実行するように構成されていてもよい。

[0302] 第1の加工サイクルは、テーブル21によって支持されたワークWを、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具とによって、同時に加工することを含んでもよい。付加的に、第1の加工サイクルは、テーブル21によって支持された当該ワークWを、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具と、第2多関節アーム60によって順次支持される第3群の回転工具とによって、同時に加工することを含んでもよい。

[0303] 第2の加工サイクルは、テーブル21によって支持されたワークWを、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具とによって、同時に加工することを含んでもよい。付加的に、第2の加工サイクルは、テーブル21によって支持されたワークWを、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工

具と、第2多関節アーム60によって順次支持される第3群の回転工具とによって、同時に加工することを含んでいてもよい。

[0304] 第1の加工サイクル、および、第2の加工サイクルのうちの少なくとも一方は、加工ヘッド30に保持された第1回転工具T1によってワークWを加工することと、加工ヘッド30に保持された第1回転工具T1を他の第1回転工具に交換することと、加工ヘッド30に保持された他の第1回転工具によってワークWを加工することと、を含んでいてもよい。

[0305] 第1の加工サイクル、および、第2の加工サイクルのうちの少なくとも一方は、多関節アーム50に支持された第2回転工具T2によってワークWを加工することと、多関節アーム50に支持された第2回転工具T2を他の第2回転工具に交換することと、多関節アーム50に支持された他の第2回転工具によってワークWを加工することと、を含んでいてもよい。

[0306] 第1の加工サイクル、および、第2の加工サイクルのうちの少なくとも一方は、第2多関節アーム60に支持された第3回転工具T3によってワークWを加工することと、第2多関節アーム60に支持された第3回転工具T3を他の第3回転工具に交換することと、第2多関節アーム60に支持された他の第3回転工具によってワークWを加工することと、を含んでいてもよい。

[0307] (加工のバリエーション)

図30に記載の例では、工作機械1は、加工ヘッド30に支持される第1回転工具T1によるワークWの第1主面Waの加工と、多関節アーム50に支持される第2回転工具T2によるワークWの第1側面Wcの加工と、を同時に実行可能である。より具体的には、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラム722を実行することにより、第1回転工具T1によるワークWの第1主面Waの加工と、多関節アーム50に支持される第2回転工具T2によるワークWの第1側面Wcの加工とが同時に実行されるよう、制御装置7は、第1加工装置3および第1ロボット5に制御指令を送信する。

[0308] 図33および図34に記載の例では、工作機械1は、テーブル21が傾動状態であるときに、加工ヘッド30に支持される第1回転工具T1によるワークWの加工と、多関節アーム50に支持される第2回転工具T2によるワークWの加工とを同時に実行可能である。より具体的には、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラム722を実行することにより、傾動状態のテーブル21によって支持されたワークWが、加工ヘッド30に支持される第1回転工具T1と、多関節アーム50に支持される第2回転工具T2とによって同時に加工されるよう、制御装置7は、第1加工装置3および第1ロボット5に制御指令を送信する。図33に例示されるように、工作機械1は、テーブル21が傾動状態であるときに、加工ヘッド30に支持される第1回転工具T1によって、ワークWの傾斜面WSを加工可能であってもよい（例えば、ワークWの傾斜面WSに穴を形成する加工を実行可能であってもよい。）。図34に例示されるように、工作機械1は、テーブル21が傾動状態であるときに、加工ヘッド30に支持される第1回転工具T1によって、ワークWの頂面Weを加工可能であってもよい（例えば、ワークWの頂面Weを面加工可能であってもよい。）。

[0309] 図34または図36に記載の例では、工作機械1は、加工ヘッド30に支持される第1回転工具T1（より具体的には、面加工工具T1-6）によるワークWの面加工と、多関節アーム50に支持される第2回転工具T2（例えば、タップ工具T2-4、または、穴開け工具T2-5）によってワークWに穴HLを形成する加工と、を同時に実行可能である。付加的に、第2多関節アーム60に支持される第3回転工具T3によってワークWに穴HLを形成する加工も同時に実行可能であってもよい。

[0310] より具体的には、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラム722を実行することにより、テーブル21によって支持されたワークWが、加工ヘッド30に支持される面加工工具T1-6と、多関節アーム50に支持されるタップ工具T2-4または穴開け工具T2-5と、第2多関節アーム60に支持されるタップ工具T3-4または穴開け工具T3-5とによ

って同時に加工されるよう、制御装置 7 は、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5 および第 2 ロボット 6 に制御指令を送信する。

[0311] 代替的に、制御装置 7 は、メモリ 7 2 に記憶された加工プログラム 7 2 2 を実行することにより、テーブル 2 1 によって支持されたワーク W が、加工ヘッド 3 0 に支持される摩擦攪拌接合工具 T 1 - 7（図 2 4 を参照。）と、多関節アーム 5 0 に支持されるタップ工具 T 2 - 4 または穴開け工具 T 2 - 5 とによって同時に加工されるよう、制御装置 7 は、第 1 加工装置 3 および第 1 ロボット 5 に制御指令を送信してもよい。

[0312] 図 3 4、または、図 3 6 に記載の例では、工作機械 1 は、加工ヘッド 3 0 に支持される第 1 回転工具 T 1 と、多関節アーム 5 0 に支持される第 2 回転工具 T 2 と、第 2 多関節アーム 6 0 に支持される第 3 回転工具 T 3 とを用いて、ワーク W の 3 つの異なる面を同時に加工可能である。

[0313] より具体的には、制御装置 7 は、メモリ 7 2 に記憶された加工プログラム 7 2 2 を実行することにより、テーブル 2 1 によって支持されたワーク W の異なる 3 面が、加工ヘッド 3 0 に支持される第 1 回転工具 T 1 と、多関節アーム 5 0 に支持される第 2 回転工具 T 2 と、第 2 多関節アーム 6 0 に支持される第 3 回転工具 T 3 とによって同時に加工されるよう、制御装置 7 は、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5、および、第 2 ロボット 6 に制御指令を送信する。

[0314] 本発明は上記各実施形態または各変形例に限定されず、本発明の技術思想の範囲内において、各実施形態または各変形例は適宜変形又は変更され得ることは明らかである。また、各実施形態または各変形例で用いられる種々の技術は、技術的矛盾が生じない限り、他の実施形態または他の変形例にも適用可能である。さらに、各実施形態または各変形例における任意付加的な構成は、適宜省略可能である。

[0315] 図 4 0 および図 4 1 に記載の例では（あるいは、図 4 2 および図 4 3 に記載の例では）、ワーク支持装置 2 は、第 1 軸 A X 1 まわりの異なる複数の割出角度位置（Q 1、Q 2）のそれぞれに、テーブル 2 1 を割り出し可能であ

る。例えば、ワーク支持装置 2 は、第 1 軸 A X 1 まわりの第 1 の割出角度位置 Q 1 にテーブル 2 1 を割り出し可能であり、且つ、第 1 軸 A X 1 まわりの第 2 の割出角度位置 Q 2 にテーブル 2 1 を割り出し可能である。図 4 0 および図 4 1 に記載の例では（あるいは、図 4 2 および図 4 3 に記載の例では）、第 2 の割出角度位置 Q 2 は、第 1 の割出角度位置 Q 1 と、第 1 軸 A X 1 まわりに 90 度異なる位置である。代替的に、第 2 の割出角度位置 Q 2 は、第 1 の割出角度位置 Q 1 と、第 1 軸 A X 1 まわりに任意の所定角度だけ異なる位置であってもよい。また、ワーク支持装置 2 は、少なくとも、第 1 軸 A X 1 まわりに 90 度毎異なる複数の割出角度位置のそれぞれに、テーブル 2 1 を割り出し可能であってもよい。ワーク支持装置 2 は、少なくとも、第 1 軸 A X 1 まわりに 45 度毎異なる複数の割出角度位置のそれぞれに、テーブル 2 1 を割り出し可能であってもよい。

[0316] 図 4 0 および図 4 1 に記載の例では、工作機械 1 は、（1）第 1 加工装置 3 および第 1 ロボット 5 によって、それぞれ支持された 2 つの回転工具を用いて、テーブル 2 1 によって支持されたワーク W を同時に加工することと、（2）当該 2 つの回転工具を用いてワーク W が加工された後、当該ワーク W を支持するテーブル 2 1 を第 1 軸 A X 1 まわりに所定角度（例えば、90 度、あるいは、180 度）旋回させることと、（3）テーブル 2 1 が第 1 軸 A X 1 まわりに所定角度旋回された後、当該 2 つの回転工具、あるいは、工具交換によって第 1 加工装置 3 および第 1 ロボット 5 によって、それぞれ新たに支持された他の 2 つの回転工具を用いて、テーブル 2 1 によって支持されたワーク W を同時に加工することと、を実行可能である。

[0317] 図 4 2 および図 4 3 に記載の例では、工作機械 1 は、（1）第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5 および第 2 ロボット 6 によって、それぞれ支持された 3 つの回転工具を用いて、テーブル 2 1 によって支持されたワーク W を同時に加工することと、（2）当該 3 つの回転工具を用いてワーク W が加工された後、当該ワーク W を支持するテーブル 2 1 を第 1 軸 A X 1 まわりに所定角度（例えば、90 度、あるいは、180 度）旋回させることと、（3）テーブ

ル 2 1 が第 1 軸 A X 1 まわりに所定角度旋回された後、当該 3 つの回転工具、あるいは、工具交換によって第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5 および第 2 ロボット 6 によって、それぞれ新たに支持された他の 3 つの回転工具を用いて、テーブル 2 1 によって支持されたワーク W を同時に加工することと、を実行可能である。

[0318] 図 4 2 に記載の例では、工作機械 1 は、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5 および第 2 ロボット 6 によって、それぞれ支持された 3 つの回転工具を用いて、テーブル 2 1 によって支持されたワーク W の第 1 主面 W a と、当該ワーク W の第 1 側面 W c と、当該ワーク W の第 2 側面 W d とを同時に加工可能である。また、図 4 3 に記載の例では、工作機械 1 は、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5 および第 2 ロボット 6 によってそれぞれ支持された、3 つの回転工具を用いて、テーブル 2 1 によって支持されたワーク W の第 1 主面 W a と、当該ワーク W の第 2 主面 W b と、当該ワーク W の側面（例えば、第 2 側面 W d）とを同時に加工可能である。

[0319] 図 4 0 および図 4 1 に記載の例では（あるいは、図 4 2 および図 4 3 に記載の例では）、平面視において、ワーク支持装置 2 の周囲の異なる 2 つの角度位置に、それぞれ、第 1 ロボット 5、および、第 1 加工装置 3 が配置されている。この場合、第 1 加工装置 3 と第 1 ロボット 5 とを互いに干渉させることなく、第 1 加工装置 3 と第 1 ロボット 5 とによってワーク W を同時に加工させることが容易になる。よって、加工効率が向上し、工作機械 1 の設置スペースの拡大が抑制される。図 4 0 および図 4 1 に記載の例では（あるいは、図 4 2 および図 4 3 に記載の例では）、加工ヘッド 3 0 と、多関節アーム 5 0 とは、平面視において、略 9 0 度異なる角度から、テーブル 2 1 に支持されたワーク W にアプローチ可能である。よって、第 1 加工装置 3 と第 1 ロボット 5 との干渉が更に効果的に抑制される。

[0320] 図 4 0 および図 4 1 に記載の例では（あるいは、図 4 2 および図 4 3 に記載の例では）、平面視において、ワーク支持装置 2 の周囲の異なる 3 つの角度位置に、それぞれ、第 1 ロボット 5、第 1 加工装置 3、および、ワーク通

過口OPが配置されている。この場合、加工室CBに対するワークWの搬入出を容易に行うことができる。また、工作機械1の設置スペースの拡大が抑制される。更に、ワーク通過口OPを介して機内を見ることにより、第1回転工具T1および第2回転工具T2を含む複数の工具の状態を容易に確認することができる。なお、ドア12には、加工室CB外から加工室CB内を視認可能な窓121が配置されていることが好ましい。この場合、窓121を介して機内を見ることにより、第1回転工具T1および第2回転工具T2を含む複数の工具の状態を容易に確認することができる。

[0321] 図42および図43に記載の例では、平面視において、ワーク支持装置2の周囲の異なる4つの角度位置に、それぞれ、第1ロボット5、第2ロボット6、第1加工装置3、および、ワーク通過口OPが配置されている。この場合、第1加工装置3と、第1ロボット5と、第2ロボット6とを互いに干渉させることなく、第1加工装置3と、第1ロボット5と、第2ロボット6とによってワークWを同時に加工させることが容易になる。よって、加工効率が更に向上し、工作機械1の設置スペースの拡大が抑制される。図42および図43に記載の例では、加工ヘッド30と、多関節アーム50とは、平面視において、略90度異なる角度から、テーブル21に支持されたワークWにアプローチ可能である。また、加工ヘッド30と、第2多関節アーム60とは、平面視において、略90度異なる角度から、テーブル21に支持されたワークWにアプローチ可能である。よって、第1加工装置3と、第1ロボット5と、第2ロボット6との干渉が更に効果的に抑制される。

[0322] また、平面視において、ワーク支持装置2の周囲の異なる4つの角度位置に、それぞれ、第1ロボット5、第2ロボット6、第1加工装置3、および、ワーク通過口OPが配置されているため、加工室CBに対するワークWの搬入出を容易に行うことができる。また、工作機械1の設置スペースの拡大が抑制される。更に、ワーク通過口OPあるいは窓121を介して機内を見ることにより、第1回転工具T1、第2回転工具T2、第3回転工具T3を含む複数の工具の状態を容易に確認することができる。

[0323] 図4 2 および図4 3 に記載の例では、平面視において、第1 ロボット5 と第2 ロボット6 との間にワーク支持装置2 が配置されている。この場合、第1 ロボット5 と第2 ロボット6 とを互いに干渉させることなく、第1 ロボット5 と第2 ロボット6 とによってワークWを同時に加工させることが容易になる。よって、加工効率が向上し、工作機械1 の設置スペースの拡大が抑制される。

[0324] 図4 4 に記載の例では、工作機械1 は、テーブル装置2 0 を移動可能に支持するリニアガイドLG（より具体的には、ガイドレール2 4）を有する。図4 4 に例示されるように、テーブル装置2 0 がリニアガイドLGによってガイドされる方向を第3方向DR3と定義する。また、図4 4 に例示されるように、テーブル装置2 0 によって占有される領域を第3方向DR3に平行な方向に仮想的に延長することにより形成される領域を仮想領域RGと定義する。図4 4 において、仮想領域RGを把握し易くするために、当該仮想領域RGにはドットによるハッチングが付加されている。図4 4 に記載の例では、第1 加工装置3 は、平面視において、当該仮想領域RGと重なる位置に配置されている。また、加工室CBを規定する壁1 1 に形成されたワーク通過口OPは、平面視において、当該仮想領域RGと重なる位置に配置されている。また、第1 ロボット5 は、平面視において、当該仮想領域RGの一側部に配置されている。また、第2 ロボット6 は、平面視において、当該仮想領域RGの他の一側部に配置されている。換言すれば、平面視において、仮想領域RGは、第1 ロボット5 と第2 ロボット6 との間を通過している。図4 4 に記載の例では、第1 ロボット5 を支持する支持台1 3 aは、平面視において、当該仮想領域RGの外に配置されている。また、第2 ロボット6 を支持する支持台1 3 bは、平面視において、当該仮想領域RGの外に配置されている。図4 4 に記載の例では、第1 ロボット5 は、平面視において、リニアガイドLGに面する位置に配置されている。また、第2 ロボット6 は、平面視において、リニアガイドLGに面する位置に配置されている。

[0325] 図4 4 に例示されるように、テーブル2 1 が第1 加工装置3 に最も近い位

置にあるときのテーブル 21 の面積中心（より具体的には、テーブル 21 が第 1 加工装置 3 に最も近い位置にあるときのテーブル 21 の上面の面積中心）を第 1 中心 C1 と定義する。なお、テーブル 21 は、第 1 加工装置 3 から離れる方向に移動可能なテーブルであってもよいし、第 1 加工装置 3 から離れる方向に移動しないテーブルであってもよい。

[0326] 図 44 に例示されるように、平面視において第 1 中心 C1 からワーク通過口 OP の中心 C2（より具体的には、平面視におけるワーク通過口 OP の面積中心）に向かう方向を 12 時の方向 DT12 と定義する。第 1 加工装置 3 は、例えば、平面視において、第 1 中心 C1 から 5 時の方向に延びる半直線 DT5、第 1 中心 C1 から 6 時の方向に延びる半直線 DT6、および、第 1 中心 C1 から 7 時の方向に延びる半直線 DT7 のうちの少なくとも 1 つと重なる位置に配置される。第 1 ロボット 5 は、例えば、平面視において、第 1 中心 C1 から 2 時の方向に延びる半直線 DT2、第 1 中心 C1 から 3 時の方向に延びる半直線 DT3、第 1 中心 C1 から 4 時の方向に延びる半直線 DT4、第 1 中心 C1 から 8 時の方向に延びる半直線 DT8、第 1 中心 C1 から 9 時の方向に延びる半直線 DT9、第 1 中心 C1 から 10 時の方向に延びる半直線 DT10 のうちの少なくとも 1 つと重なる位置に配置される。第 1 ロボット 5 が、平面視において、第 1 中心 C1 から 8 時の方向に延びる半直線 DT8、第 1 中心 C1 から 9 時の方向に延びる半直線 DT9、第 1 中心 C1 から 10 時の方向に延びる半直線 DT10 のうちの少なくとも 1 つと重なる位置に配置され、第 2 ロボット 6 が、第 1 中心 C1 から 2 時の方向に延びる半直線 DT2、第 1 中心 C1 から 3 時の方向に延びる半直線 DT3、第 1 中心 C1 から 4 時の方向に延びる半直線 DT4 のうちの少なくとも 1 つと重なる位置に配置されてもよい。

[0327] 図 1、図 17 に記載の例において、加工ヘッド 30 に支持される第 1 回転工具 T1 の回転軸である第 1 回転軸 AD1 は、水平面に実質的に平行である。代替的に、当該第 1 回転軸 AD1 は、鉛直方向に実質的に平行であってもよいし、水平面および鉛直方向の両方に対して傾斜していてもよい。

- [0328] 第1の実施形態および第2の実施形態では、テーブル21が第1軸A×1まわりに旋回可能な例について説明された。
- [0329] 代替的に、第1実施形態における工作機械1Aおよび第2の実施形態における工作機械1Bの各々において、テーブル21が第1軸A×1まわりに旋回可能な構成は、任意付加的な構成とされてもよい。
- [0330] 換言すれば、第1の実施形態における工作機械1Aおよび第2の実施形態における工作機械1Bの各々は、(1)ワークを支持するテーブル21を有するワーク支持装置2と、(2)テーブル21によって支持されるワークを加工する第1回転工具T1を支持可能な加工ヘッド30、および、加工ヘッド30を3次元的に移動させる複数の直動装置4を有する第1加工装置3と、(3)第2回転工具T2の位置および向きを変更する多関節アーム50を有し、第2回転工具T2を用いてテーブル21によって支持されるワークを加工する第1ロボット5と、を具備する。他方、上述の第1の実施形態または第2の実施形態において説明された複数の構成のうち、上記(1)乃至(3)以外の構成は、第1の実施形態における工作機械1A、または、第2の実施形態における工作機械1Bにおいて、採用されてもよいし、採用されなくてもよい。
- [0331] また、第1実施形態におけるワーク加工方法、および、第2の実施形態におけるワーク加工方法の各々は、(1)ワークWを、直接的または間接的に、ワーク支持装置2のテーブル21に取り付ける工程と、(2)テーブル21によって支持されたワークWを、第1加工装置3の加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具を用いて加工する工程(第1加工工程)と、(3)テーブル21によって支持されたワークWを、第1ロボット5の多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具を用いて加工する工程(第2加工工程)と、を具備する。他方、上述の第1の実施形態または第2の実施形態において説明された複数の工程のうち、上記(1)乃至(3)以外の工程は、第1実施形態におけるワーク加工方法、または、第2の実施形態におけるワーク加工方法において、採用されてもよいし、採用され

なくてもよい。

符号の説明

[0332] 1、1 A、1 B…工作機械、2…ワーク支持装置、3…第1加工装置、4…直動装置、5…第1ロボット、6…第2ロボット、7…制御装置、8…工具交換装置、10…ベース、11…壁、11-1…第1壁、11-2…第2壁、11-3…第3壁、11-4…第4壁、11a…固定壁、11b…可動壁、11b-1…第1可動壁、11b-2…第2可動壁、12…ドア、13a、13b…支持台、18…第3駆動装置、19d…第4駆動装置、19r…ガイドレール、20…テーブル装置、21…テーブル、22…ブロック、22a…第1端部、22b…第2端部、22c…中央部分、23…第1駆動装置、24…ガイドレール、25…支持台、25a…第1支持台、25b…第2支持台、26…第2駆動装置、30…加工ヘッド、31…スピンドル、32…支持体、33…軸受、34…第1回転駆動装置、35…傾動駆動装置、36…第1移動体、37…第2移動体、38…第3移動体、38c…コラム、41…第1直動装置、42…駆動装置、43…第1リニアガイド、44…第2直動装置、45…駆動装置、46…第2リニアガイド、47…第3直動装置、48…駆動装置、49…第3リニアガイド、50…多関節アーム、51a…多関節アームの第1部分、51b…多関節アームの第2部分、51c…多関節アームの第3部分、51d…多関節アームの第4部分、51e…多関節アームの第5部分、51f…多関節アームの第6部分、52…リスト、53…工具支持装置、54…第2回転駆動装置、55…工具直動装置、56…固定部、56r…リニアガイド、57…可動部、59…アーム駆動装置、60…第2多関節アーム、61a…第2多関節アームの第1部分、61b…第2多関節アームの第2部分、61c…第2多関節アームの第3部分、61d…第2多関節アームの第4部分、61e…第2多関節アームの第5部分、61f…第2多関節アームの第6部分、62…第2リスト、63…第2工具支持装置、64…第3回転駆動装置、65…第2工具直動装置、66…固定部、66r…リニアガイド、67…可動部、69…アーム駆動装置、70…

ハードウェアプロセッサ、72…メモリ、74…通信回路、76…入力装置、78…バス、80a…第1工具交換装置、80b…第2工具交換装置、81a…工具交換アーム、82a…第1把持部、83a…第2把持部、84a…アーム回転装置、85a…アーム移動装置、91…クーラント液供給装置、91n…射出ノズル、93…工具ストック、100…工作機械システム、101…第3ロボット、102…第3多関節アーム、103…把持体、121…窓、131a、131b…支持台の上面、722…加工プログラム、726…ワークデータ、762…タッチパネル付きディスプレイ、CB…加工室、CD…第2室、E1…旋回指令、E2…傾動指令、E3…移動指令、E3-1…第1移動指令、E3-2…第2移動指令、E3-3…第3移動指令、E4…第1回転指令、E5…第1動作指令、E6…第2回転指令、E7…工具移動指令、E8…第2動作指令、E9…第3回転指令、E10…第2工具移動指令、E11…テーブル移動指令、E12…加工装置移動指令、E13…工具交換指令、E13-1…第1工具交換指令、E13-2…第2工具交換指令、E13-3…第3工具交換指令、HL…穴、J…治具、J1…チャック、LG…リニアガイド、MT…モータ、OP…ワーク通過口、T1、T1-1、T1-2…第1回転工具、T1-3…穴開け工具、T1-4…タッピング工具、T1-5…穴形成工具、T1-6…面加工工具、T1-7…摩擦攪拌接合工具、T2、T2-1、T2-2…第2回転工具、T2-3…穴開け工具、T2-4…タッピング工具、T2-5…穴開け工具、T3、T3-1、T3-2…第3回転工具、T3-3…穴開け工具、T3-4…タッピング工具、T3-5…穴開け工具、W…ワーク、WS…ワークの傾斜面、Wa…ワークの第1主面、Wb…ワークの第2主面、Wc…ワークの第1側面、Wd…ワークの第2側面、We…ワークの頂面

請求の範囲

- [請求項1] ワークを支持するテーブルを有するワーク支持装置と、
 前記テーブルによって支持される前記ワークを加工する第1回転工
 具を支持可能な加工ヘッド、および、前記加工ヘッドを3次元的に移
 動させる複数の直動装置を有する第1加工装置と、
 第2回転工具の位置および向きを変更する多関節アームを有し、前
 記第2回転工具を用いて前記テーブルによって支持される前記ワーク
 を加工する第1ロボットと
 を具備し、
 前記ワーク支持装置は、第1軸まわりに前記テーブルを旋回させる
 第1駆動装置を有する
 工作機械。
- [請求項2] 前記ワーク支持装置は、前記第1軸とは異なる第2軸まわりに前記
 テーブルを傾動させる第2駆動装置を有する
 請求項1に記載の工作機械。
- [請求項3] 前記第1加工装置は、前記第1回転工具を第1回転軸まわりに回転
 させる第1回転駆動装置を有し、
 前記第1軸が前記第1回転軸に平行な方向に対して実質的に垂直に
 配置されているか、あるいは、前記第1軸が前記第1回転軸に平行な
 方向に対して実質的に垂直となるように前記テーブルを傾動可能であ
 る
 請求項1または2に記載の工作機械。
- [請求項4] 前記加工ヘッド、および、前記多関節アームが配置される加工室を
 規定する壁と、
 前記テーブルによって支持される前記ワークに向けてクーラント液
 を供給するクーラント液供給装置と
 を具備する
 請求項1乃至3のいずれか一項に記載の工作機械。

- [請求項5] 前記ワーク支持装置は、前記第1軸まわりの異なる複数の割出角度位置のそれぞれに、前記テーブルを割り出し可能であり、
- 平面視において、前記ワーク支持装置の周囲の異なる2つの角度位置に、それぞれ、前記第1ロボット、および、前記第1加工装置が配置される
- 請求項1乃至4のいずれか一項に記載の工作機械。
- [請求項6] 加工室を規定する壁と、
- 前記壁に形成されたワーク通過口を開閉するドアと
- を具備し、
- 平面視において、前記第1加工装置と前記ワーク通過口との間に前記ワーク支持装置が配置され、
- 平面視において、前記ワーク支持装置の周囲に、前記ワーク通過口、前記第1ロボット、および、前記第1加工装置が配置される
- 請求項1乃至3のいずれか一項に記載の工作機械。
- [請求項7] 前記ワーク支持装置は、前記第1軸まわりの異なる複数の割出角度位置のそれぞれに、前記テーブルを割り出し可能であり、
- 平面視において、前記ワーク支持装置の周囲の異なる3つの角度位置に、それぞれ、前記第1ロボット、前記第1加工装置、および、前記ワーク通過口が配置される
- 請求項6に記載の工作機械。
- [請求項8] 第3回転工具の位置および向きを変更する第2多関節アームを有し、
- 前記第3回転工具を用いて前記テーブルによって支持される前記ワークを加工する第2ロボットを具備し、
- 平面視において、前記ワーク支持装置の周囲に、前記ワーク通過口、前記第1ロボット、前記第1加工装置、および、前記第2ロボットが配置される
- 請求項6に記載の工作機械。
- [請求項9] 平面視において、前記第1ロボットと前記第2ロボットとの間に前

記ワーク支持装置が配置される

請求項 8 に記載の工作機械。

[請求項10] 平面視において、前記第 1 加工装置から前記ワーク支持装置に向かう方向を第 1 方向と定義するとき、前記テーブルおよび前記第 1 駆動装置を含むテーブル装置を前記第 1 方向に平行な方向に移動させる第 3 駆動装置を具備する

請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の工作機械。

[請求項11] 前記テーブル装置は、少なくとも進出位置と退避位置との間で、前記第 1 方向に平行な方向に移動可能であり、

前記進出位置は、前記第 1 加工装置を用いて前記テーブルによって支持される前記ワークを加工可能な位置であり、

前記退避位置は、前記テーブルに支持される前記ワークを、前記第 1 加工装置に干渉させることなく前記第 1 軸まわりに旋回させることが可能な位置である

請求項 10 に記載の工作機械。

[請求項12] 平面視において、前記第 1 加工装置から前記ワーク支持装置に向かう方向を第 1 方向と定義するとき、前記第 1 加工装置を前記第 1 方向に平行な方向に移動させる第 4 駆動装置を具備する

請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の工作機械。

[請求項13] 前記第 1 加工装置は、進出位置と退避位置との間で前記第 1 方向に平行な方向に移動可能であり、

前記進出位置は、前記第 1 加工装置を用いて前記テーブルによって支持される前記ワークを加工可能な位置であり、

前記退避位置は、前記テーブルに支持される前記ワークを、前記第 1 加工装置に干渉させることなく前記第 1 軸まわりに旋回させることが可能な位置である

請求項 12 に記載の工作機械。

[請求項14] 前記ワークの面加工が、前記第 1 加工装置のみによって行われ、

前記ワークに複数の穴を形成する加工が、前記第 1 加工装置および前記第 1 ロボットの両方によって分担して行われる

請求項 1 乃至 13 のいずれか一項に記載の工作機械。

[請求項15] 前記加工ヘッドに支持される前記第 1 回転工具による前記ワークの面加工と、前記多関節アームに支持される前記第 2 回転工具によって前記ワークに穴を形成する加工と、を同時に実行可能である

請求項 1 乃至 13 のいずれか一項に記載の工作機械。

[請求項16] 前記第 1 ロボットを制御する制御装置を更に具備し、
前記第 1 ロボットは、前記多関節アームの先端部に配置されるリストを有し、

前記制御装置は、前記第 2 駆動装置が前記第 2 軸まわりの前記ワークの姿勢を変更することに応じて、前記リストの位置および向きを補正する指令を前記第 1 ロボットに送信する

請求項 2 に記載の工作機械。

[請求項17] 前記第 2 駆動装置を制御する制御装置を更に具備し、
前記制御装置は、メモリに記憶された加工プログラムを実行することにより、前記ワークの傾斜面が、前記第 1 回転工具の回転軸である第 1 回転軸に対して傾斜した姿勢から、前記ワークの前記傾斜面が、前記第 1 回転軸に対して実質的に垂直な姿勢に姿勢変更されるよう、前記第 2 駆動装置に傾動指令を送信するように構成される

請求項 2 に記載の工作機械。

[請求項18] 前記第 1 ロボットは、前記多関節アームに取り付けられ前記第 2 回転工具を支持可能な工具支持装置を有し、

前記工具支持装置は、

前記第 2 回転工具を回転軸まわりに回転させる回転駆動装置と、

前記第 2 回転工具を前記回転軸に平行な方向に移動させる工具移動装置と

を有する

請求項 1 乃至 17 のいずれか一項に記載の工作機械。

[請求項19]

前記テーブルおよび前記第 1 駆動装置を含むテーブル装置を移動可能に支持するリニアガイドを具備し、

前記テーブル装置が前記リニアガイドによってガイドされる方向を第 3 方向と定義し、前記テーブル装置によって占有される領域を前記第 3 方向に平行な方向に仮想的に延長することにより形成される領域を仮想領域と定義するとき、前記第 1 加工装置は、平面視において、前記仮想領域と重なる位置に配置され、

前記第 1 ロボットは、平面視において、前記仮想領域の一側部に配置される

請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の工作機械。

[請求項20]

加工室を規定する壁と、

前記壁に形成されたワーク通過口を開閉するドアと
を具備し、

前記テーブルが前記第 1 加工装置に最も近い位置にあるときの前記テーブルの面積中心を第 1 中心と定義し、平面視において前記第 1 中心から前記ワーク通過口の中心に向かう方向を 12 時の方向と定義するとき、前記第 1 加工装置は、平面視において、前記第 1 中心から 5 時の方向に延びる半直線、前記第 1 中心から 6 時の方向に延びる半直線、および、前記第 1 中心から 7 時の方向に延びる半直線のうちの少なくとも 1 つと重なる位置に配置され、

前記第 1 ロボットは、平面視において、前記第 1 中心から 2 時の方向に延びる半直線、前記第 1 中心から 3 時の方向に延びる半直線、前記第 1 中心から 4 時の方向に延びる半直線、前記第 1 中心から 8 時の方向に延びる半直線、前記第 1 中心から 9 時の方向に延びる半直線、前記第 1 中心から 10 時の方向に延びる半直線のうちの少なくとも 1 つと重なる位置に配置される

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の工作機械。

- [請求項21] ワークを、直接的または間接的に、ワーク支持装置のテーブルに取り付ける工程と、
- 前記テーブルによって支持された前記ワークを、第1加工装置の加工ヘッドによって順次支持される第1群の回転工具を用いて加工する第1加工工程と、
- 前記テーブルによって支持された前記ワークを、第1ロボットの多関節アームによって順次支持される第2群の回転工具を用いて加工する第2加工工程と、
- 前記ワークを支持する前記テーブルを第1軸まわりに旋回させる工程と
- を具備し、
- 前記第1加工工程は、複数の直動装置を用いて、前記加工ヘッドを移動させることを含み、
- 前記第1加工工程の一部と前記第2加工工程の一部とが同時に実行された後、前記ワークを支持する前記テーブルが前記第1軸まわりに旋回され、
- 前記ワークを支持する前記テーブルが前記第1軸まわりに旋回された後、前記第1加工工程の一部と前記第2加工工程の一部とが同時に実行される
- ワーク加工方法。
- [請求項22] 前記第1加工工程の一部と前記第2加工工程の一部とが同時に実行された後、前記ワークを支持する前記テーブルが第2軸まわりに傾動され、
- 前記ワークを支持する前記テーブルが前記第2軸まわりに傾動された後、前記第1加工工程の一部と前記第2加工工程の一部とが同時に実行される
- 請求項21に記載のワーク加工方法。
- [請求項23] 前記ワークを支持する前記テーブルの前記第1軸まわりの旋回の直

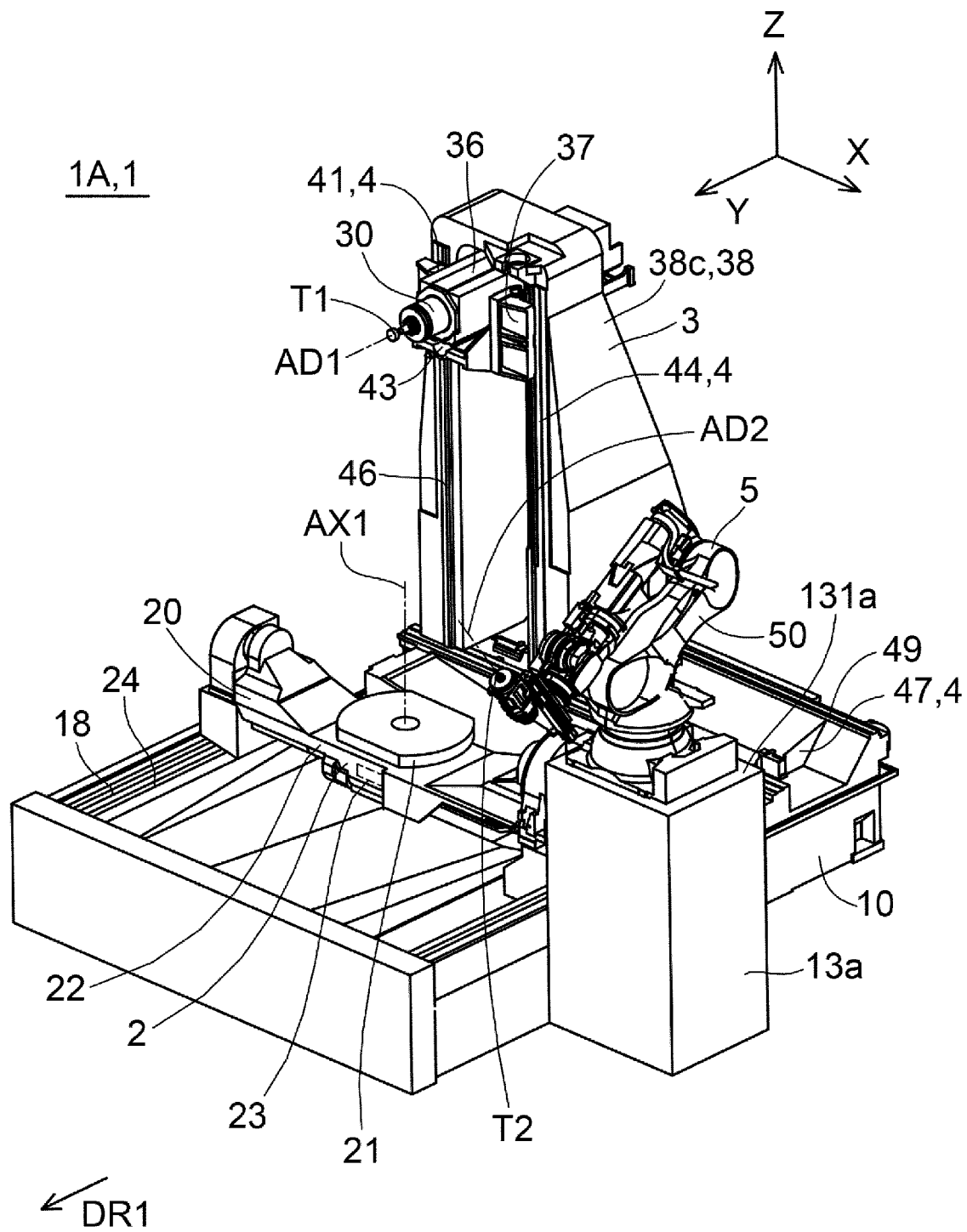
前に、前記テーブルおよび前記第 1 加工装置のうちの一方を、前記テーブルおよび前記第 1 加工装置のうちの他方から離れる方向に直線的に移動させる工程と、

前記ワークを支持する前記テーブルの前記第 1 軸まわりの前記旋回の直後に、前記テーブルおよび前記第 1 加工装置のうちの一方を、前記テーブルおよび前記第 1 加工装置のうちの他方に近づく方向に直線的に移動させる工程と

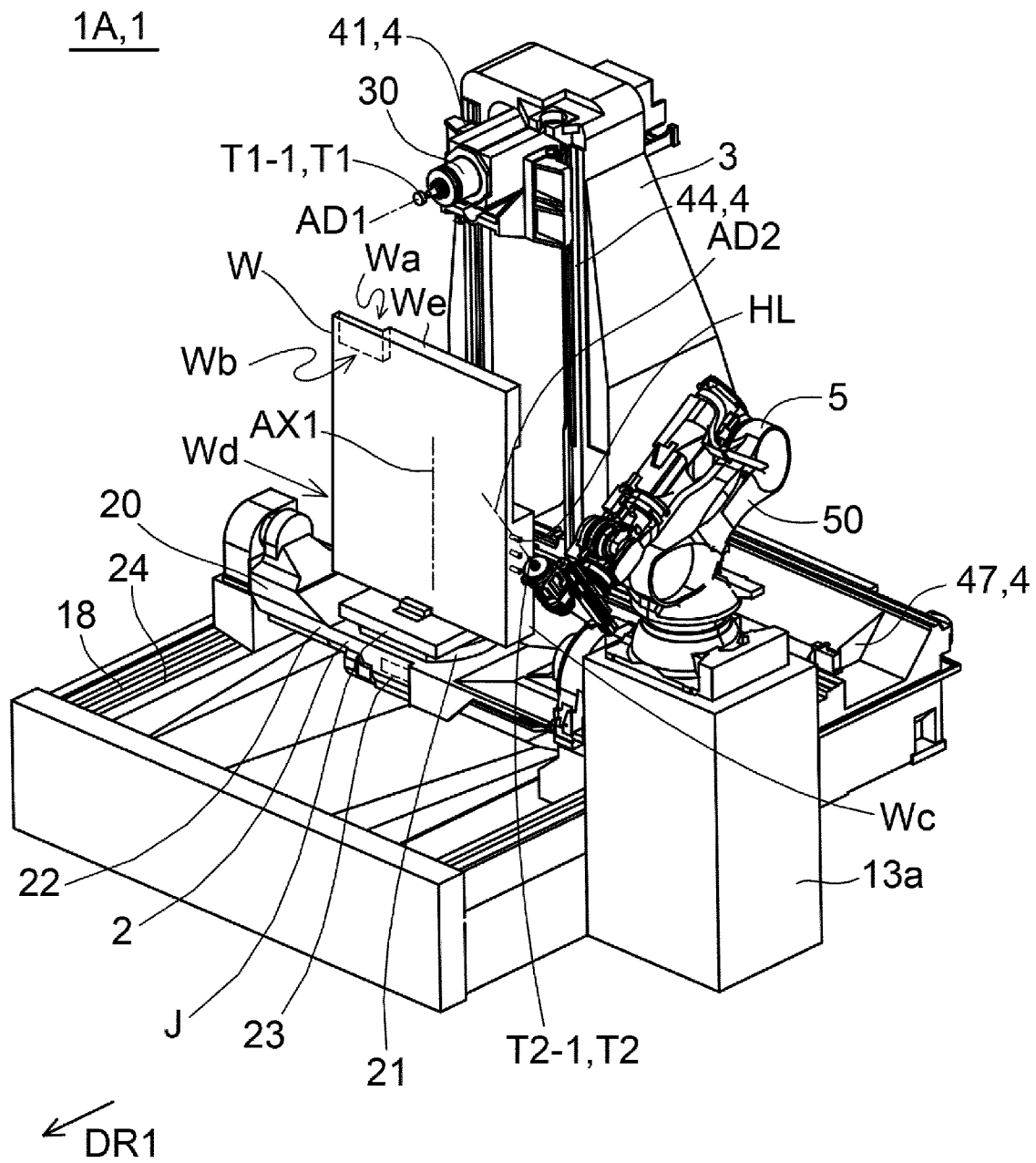
を更に具備する

請求項 2 1 または 2 2 に記載のワーク加工方法。

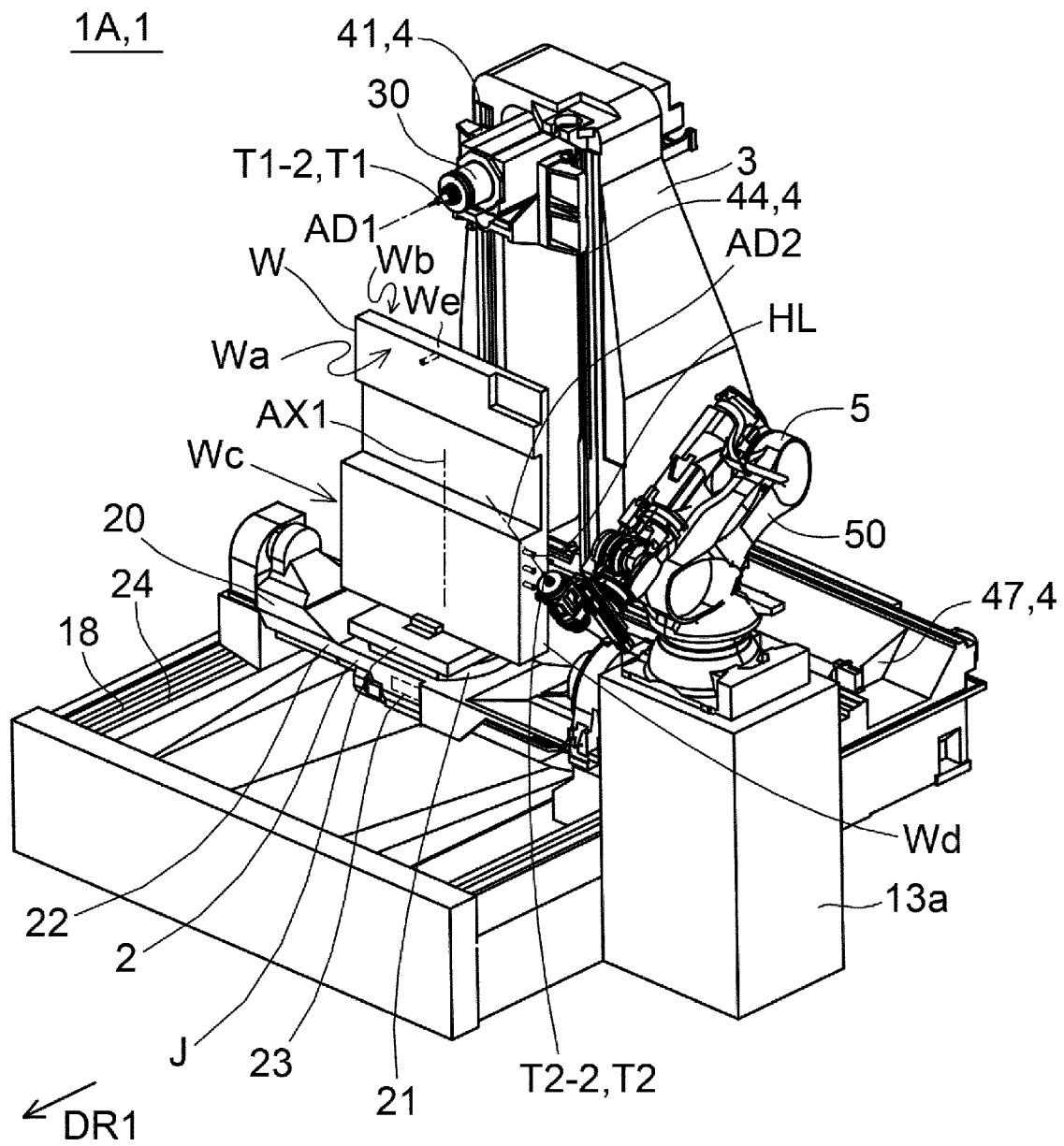
[図1]



[図2]

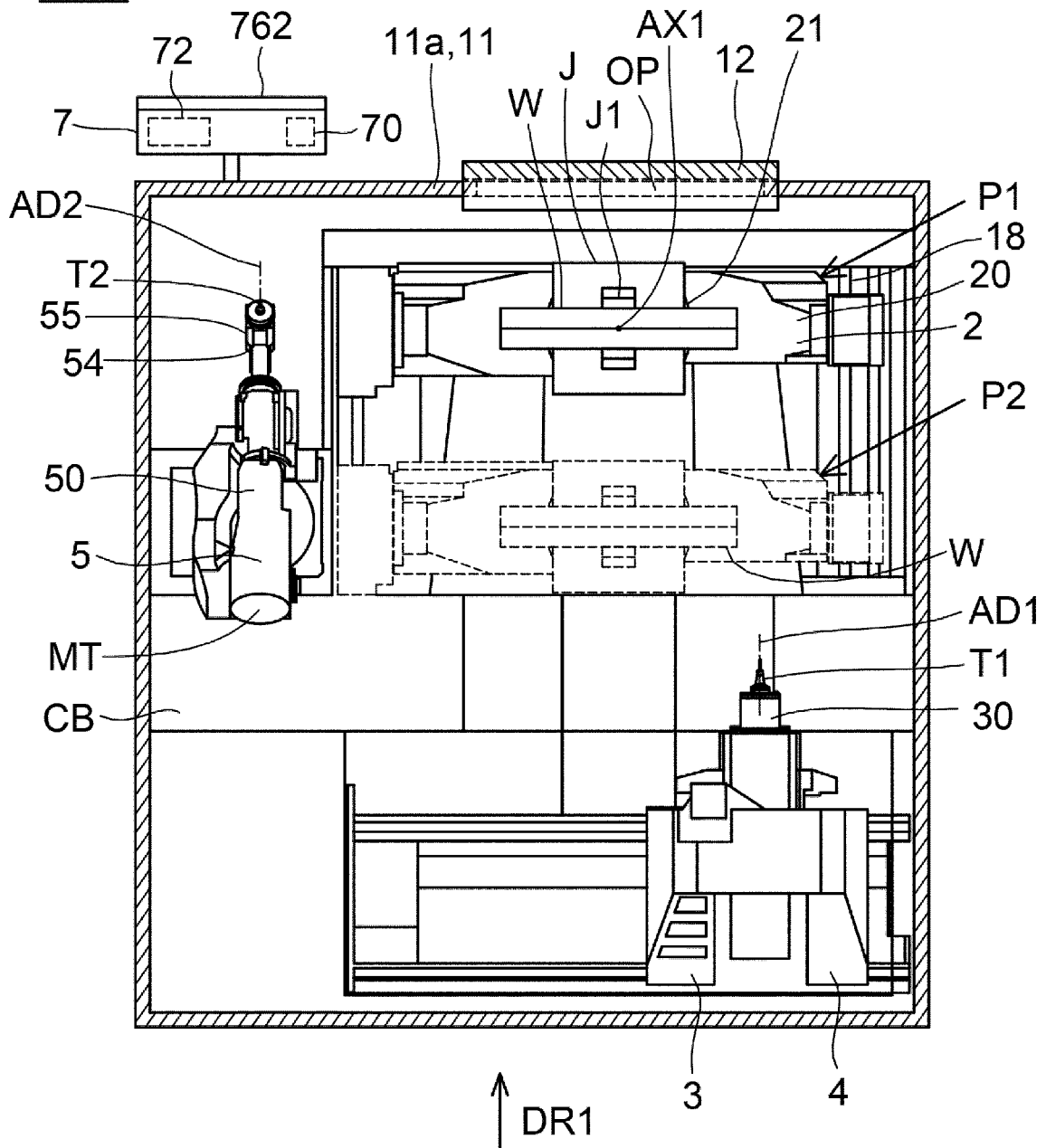


[図3]

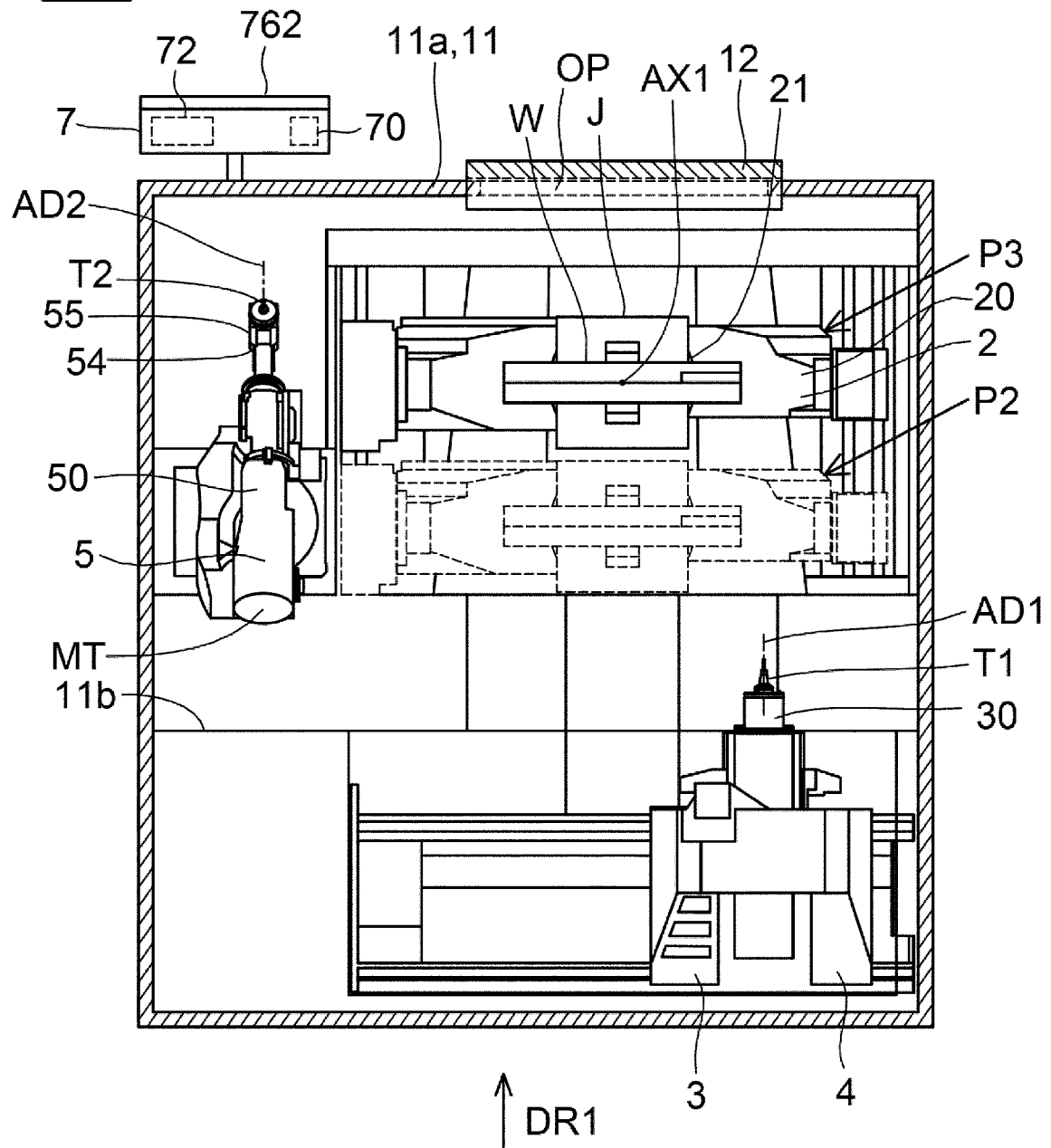


[図4]

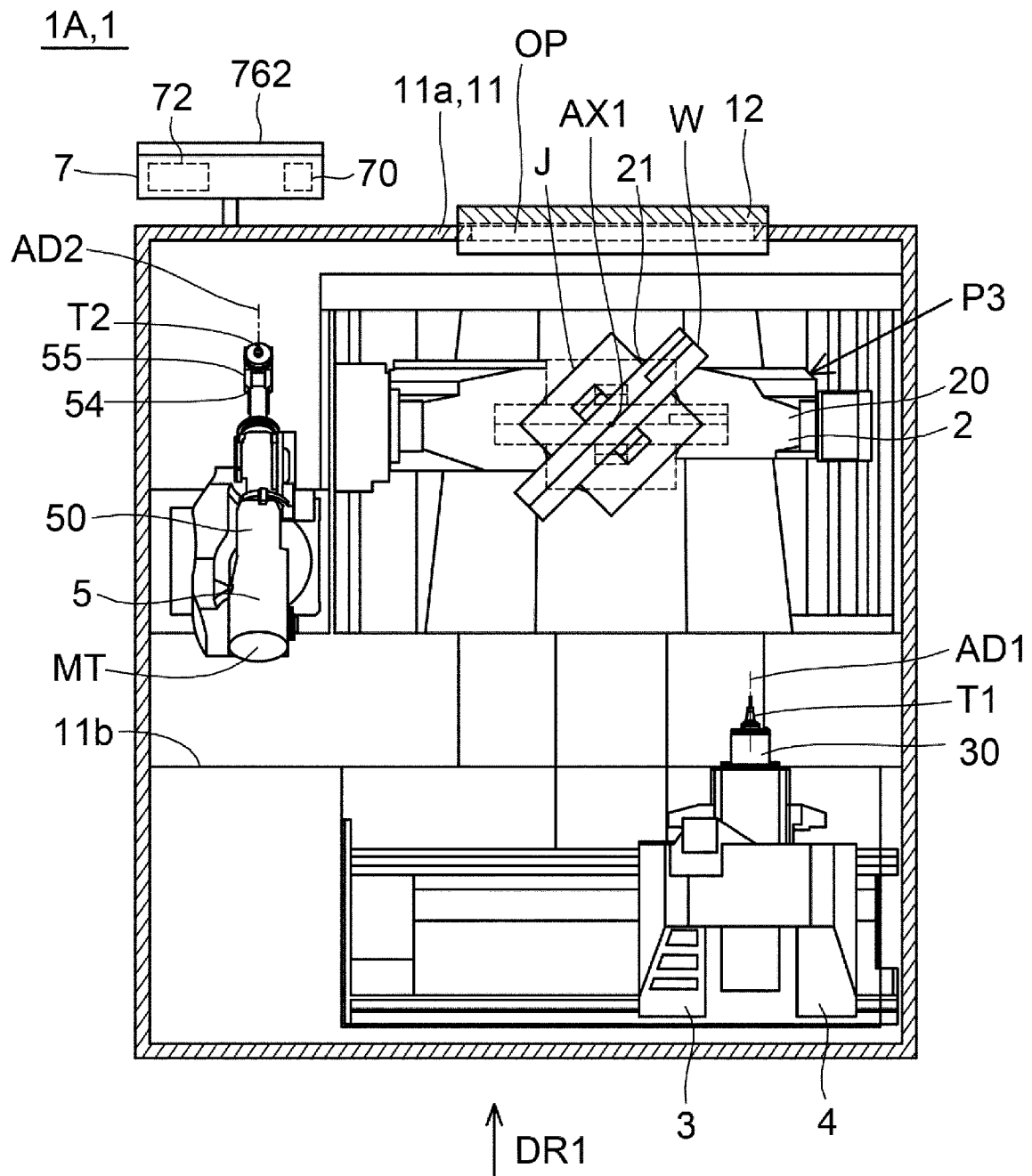
1A,1



1A,1

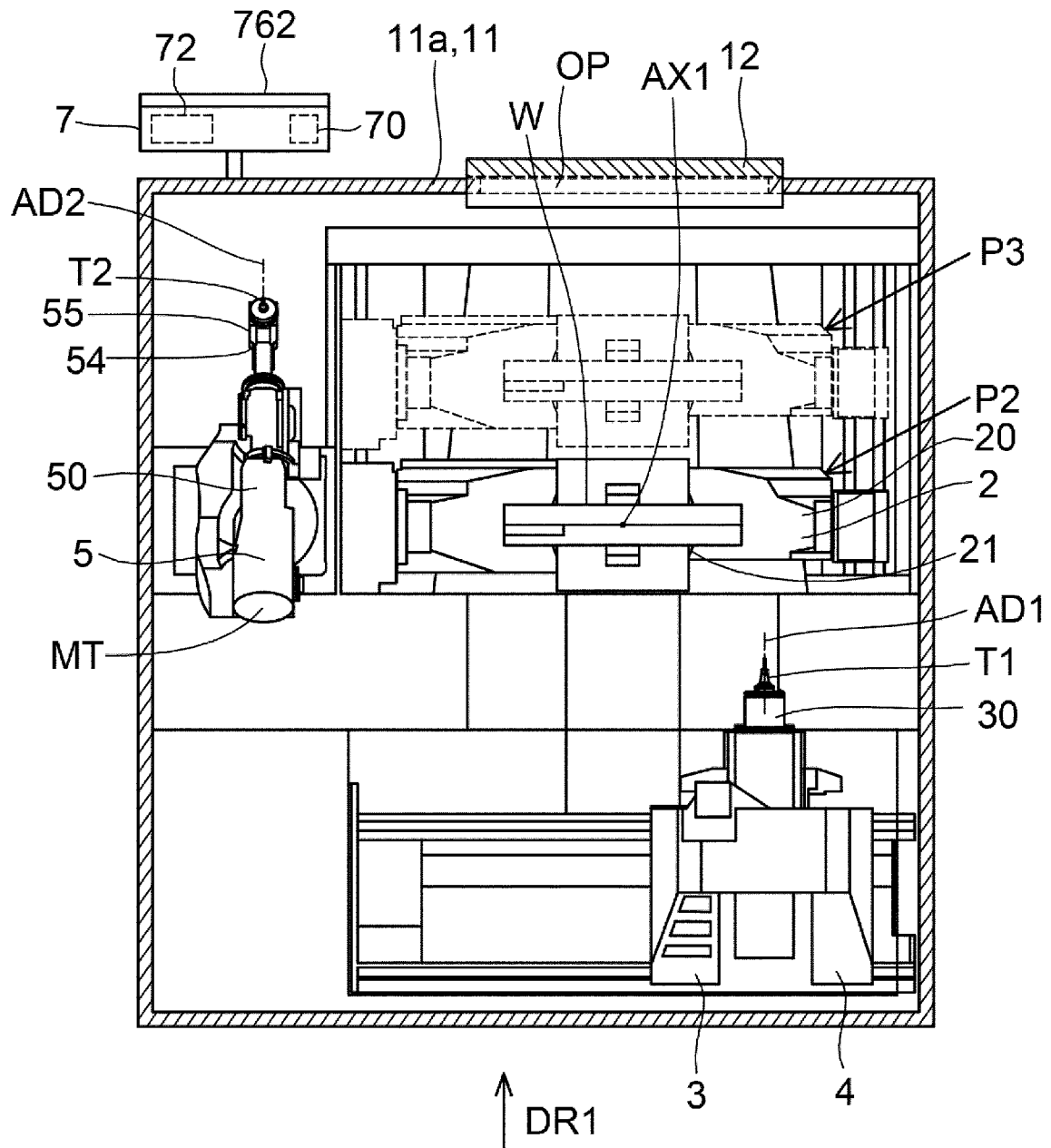


[図6]

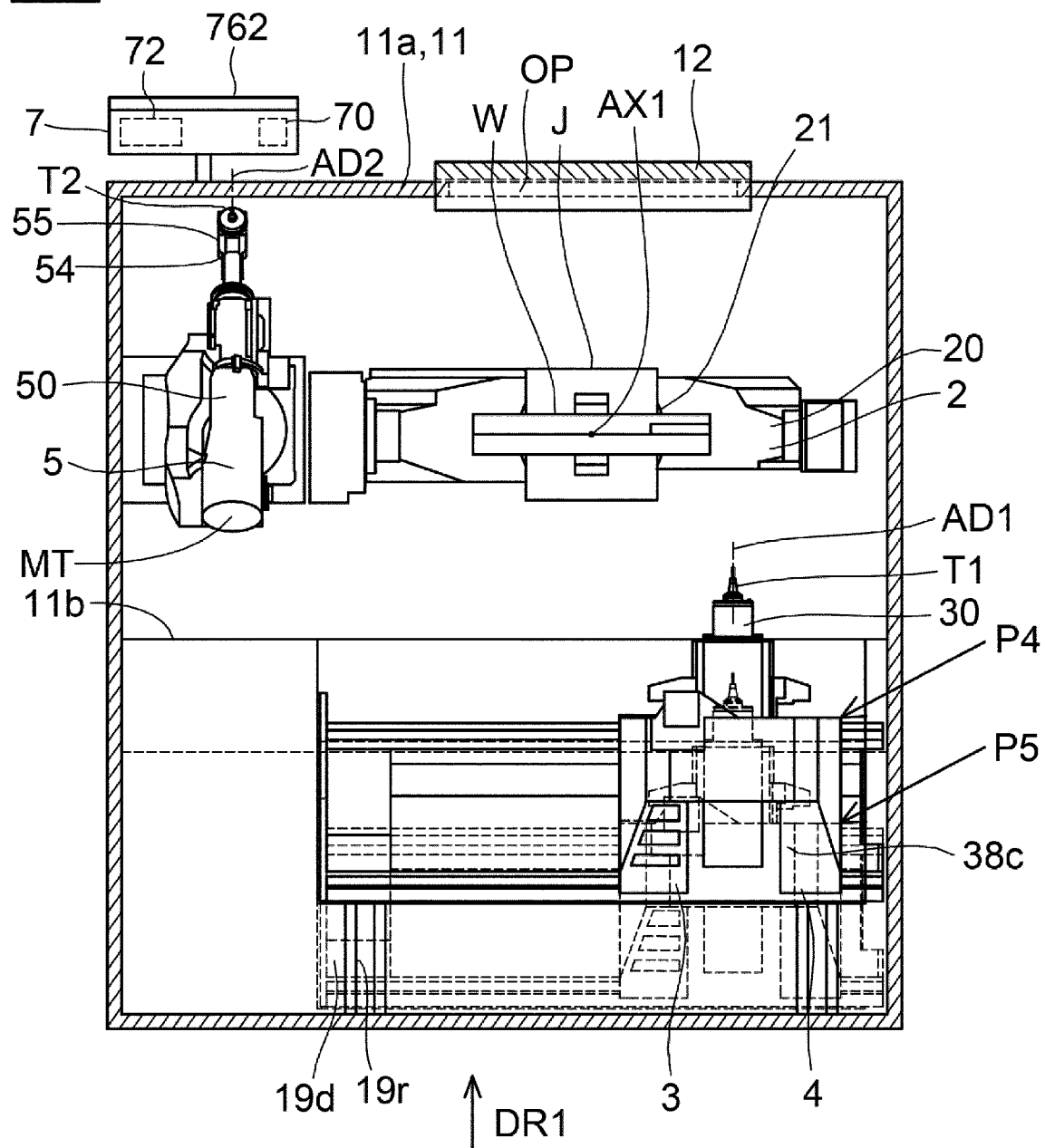


[図7]

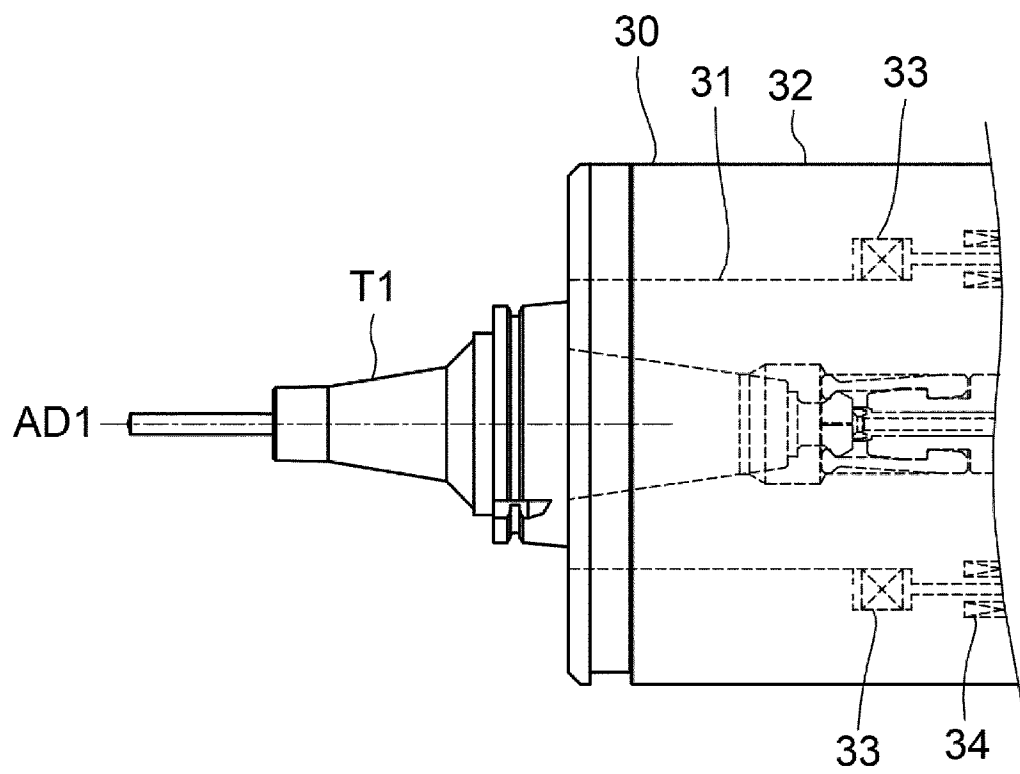
1A,1



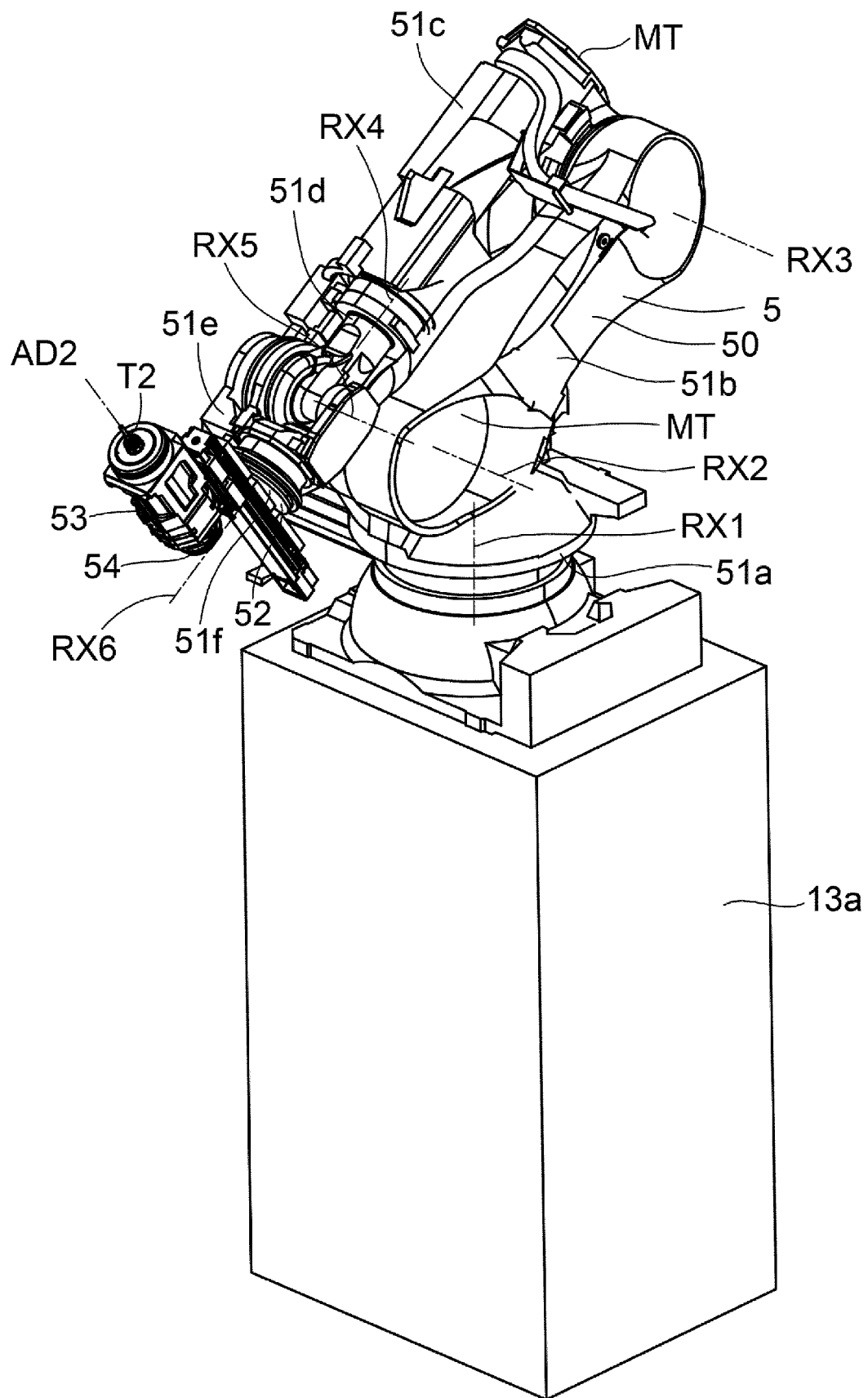
[図8]

1A,1

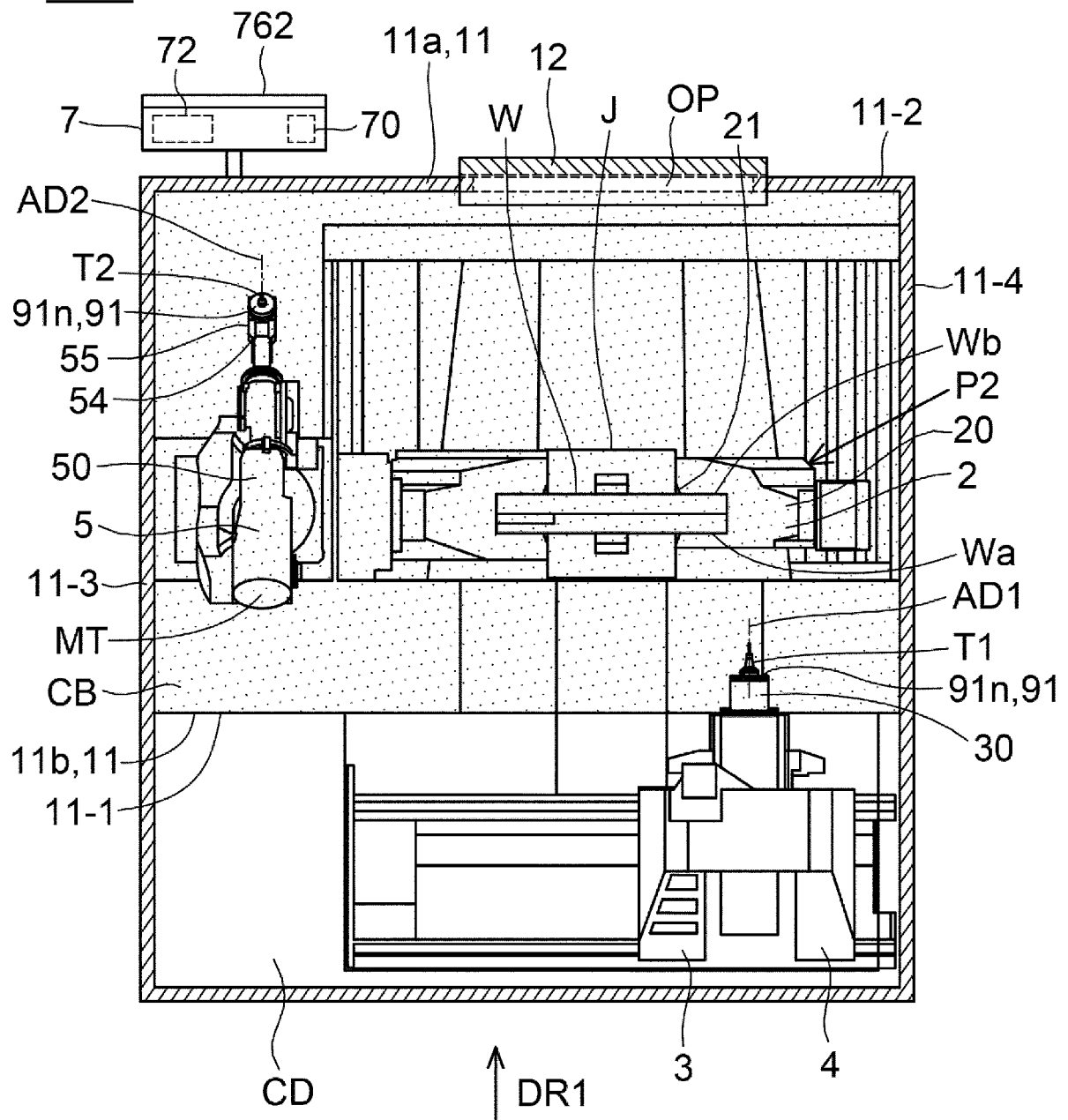
[図9]



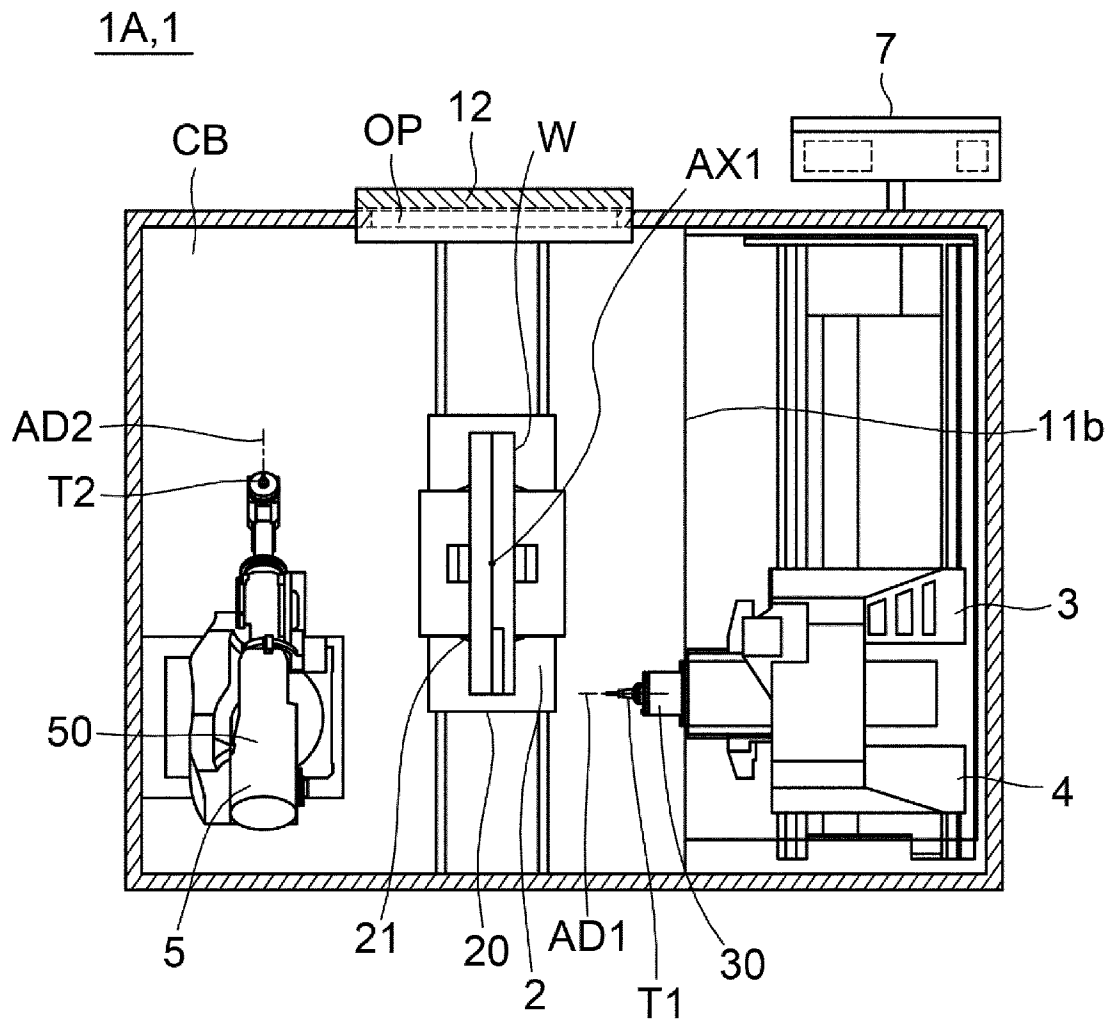
[図10]



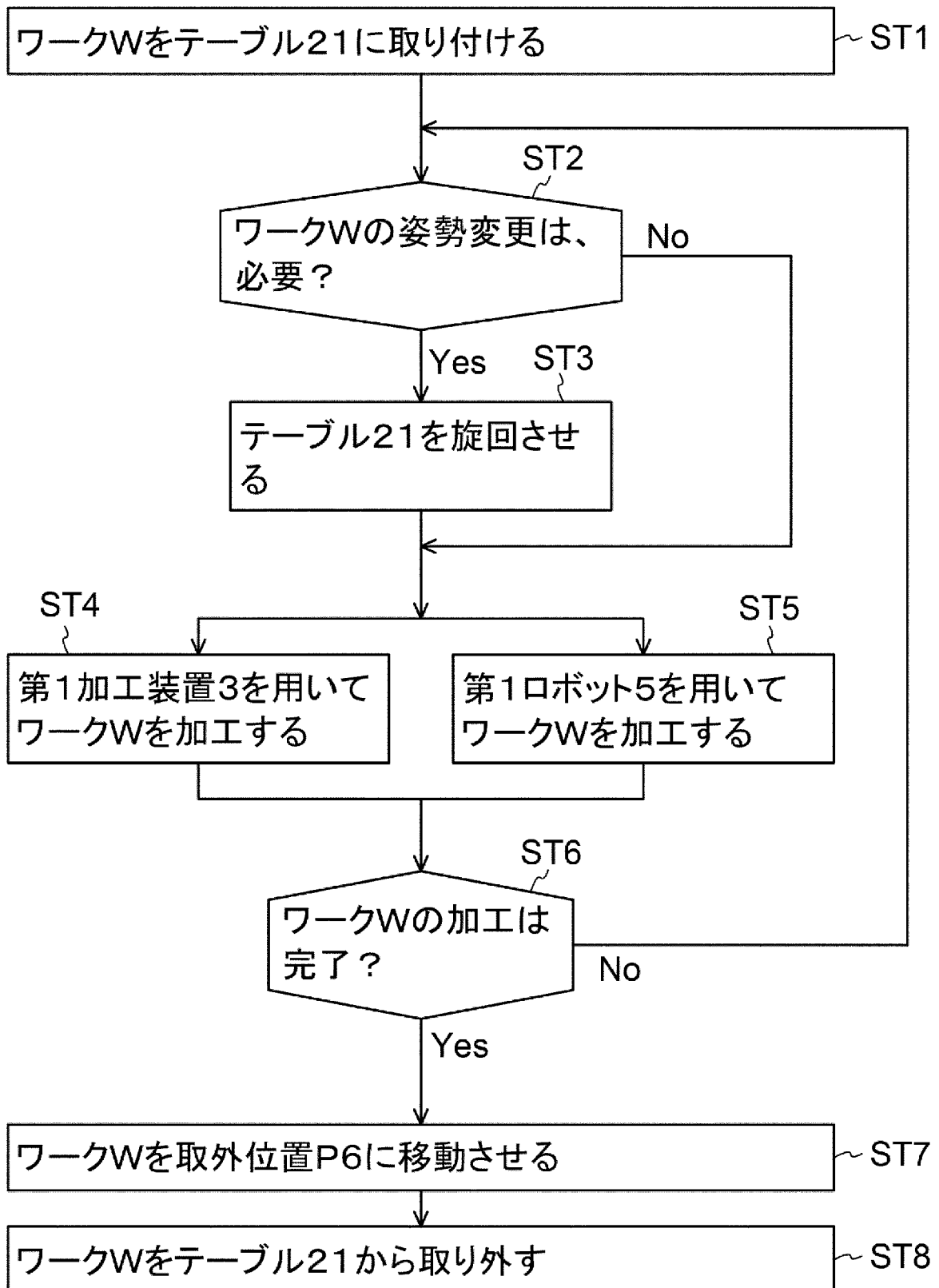
1A,1



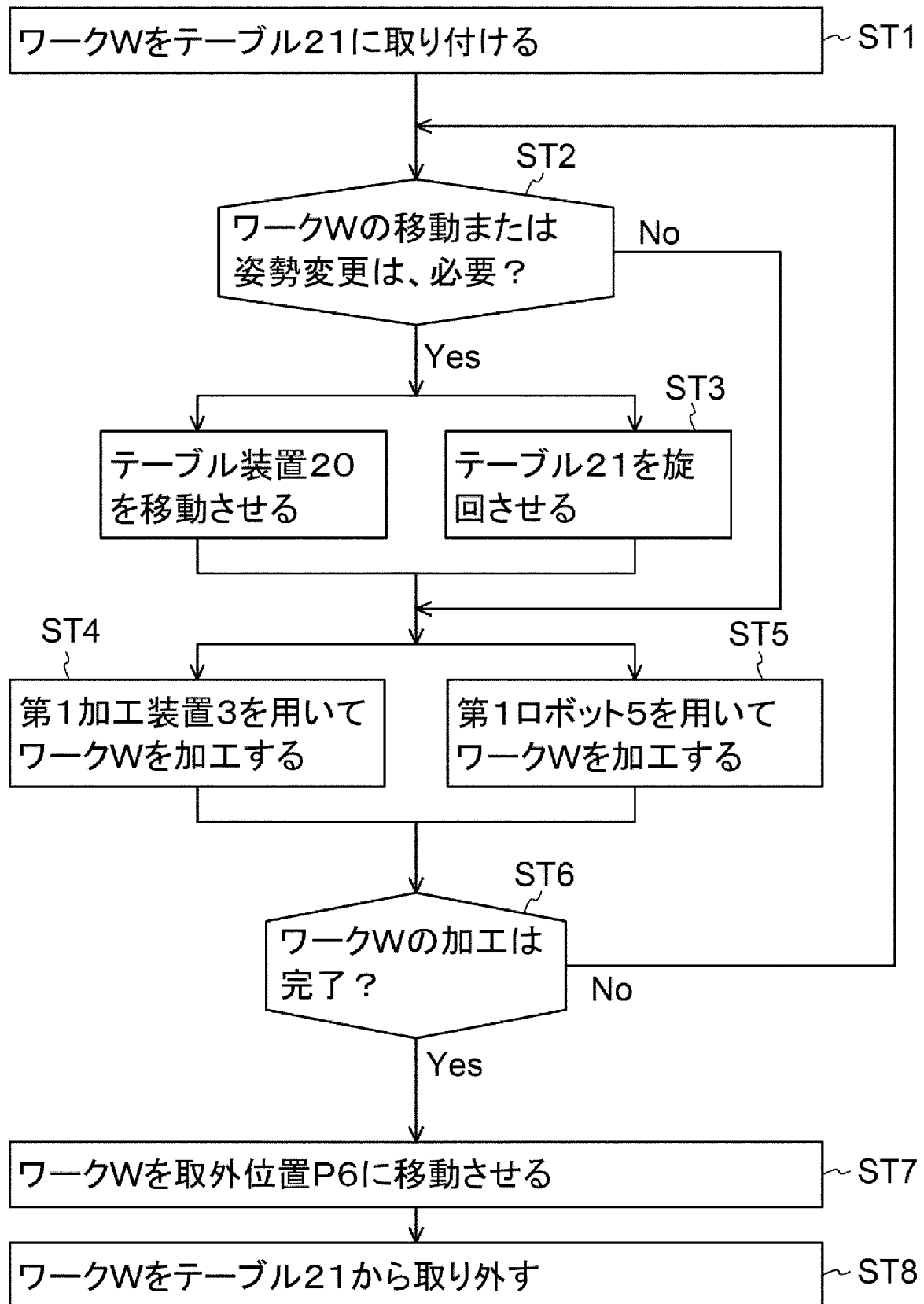
[図13]



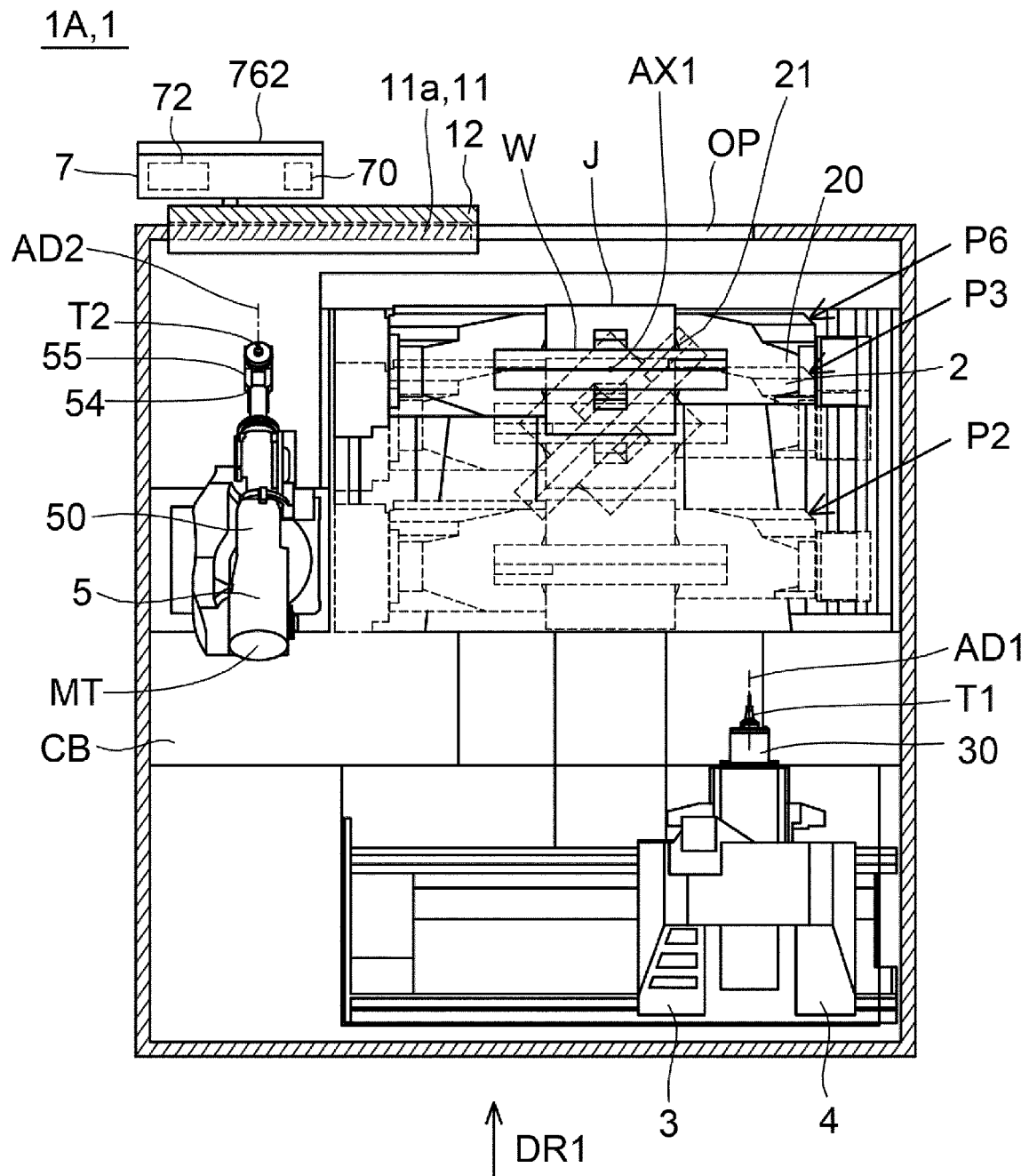
[図14]



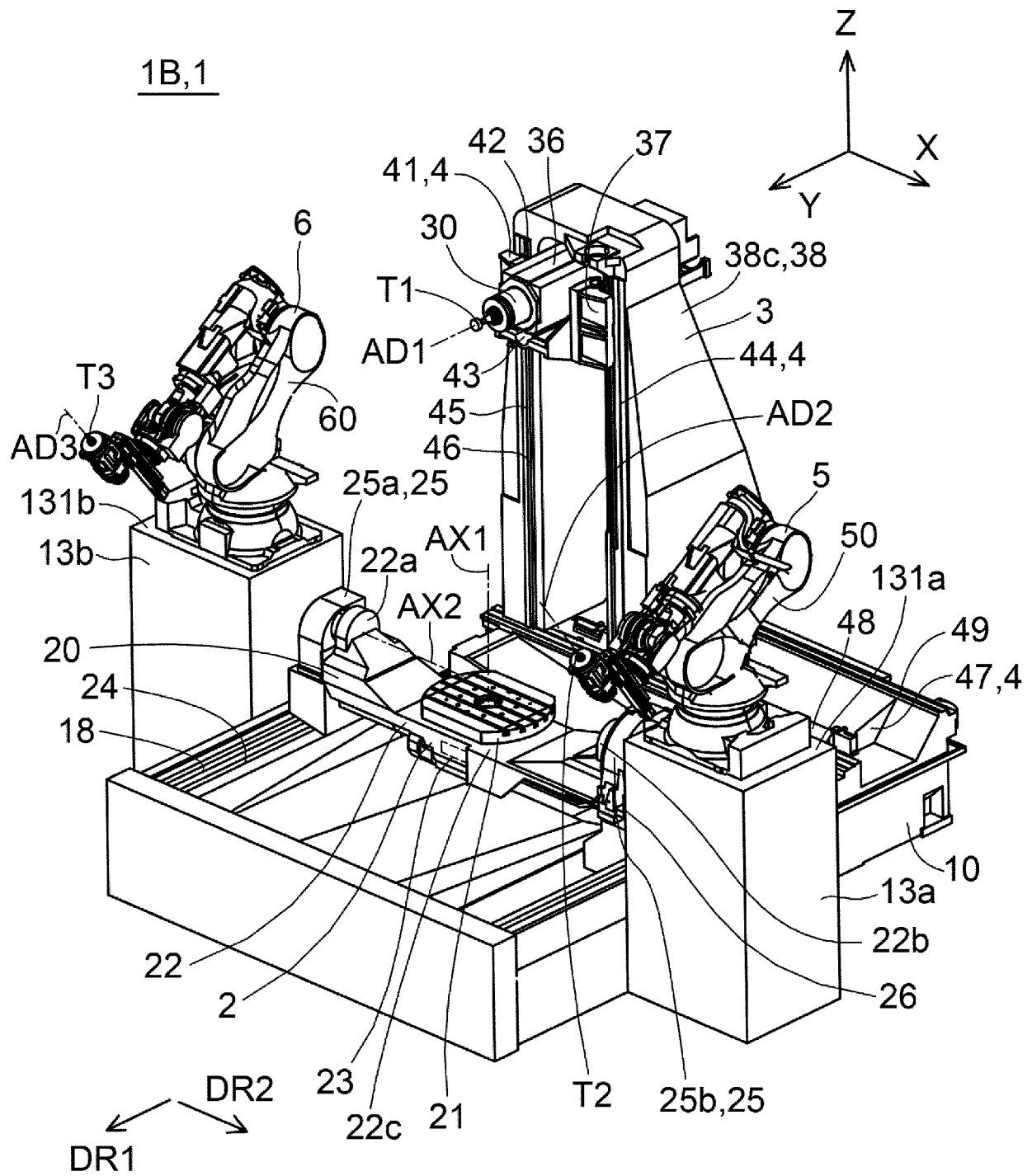
[図15]



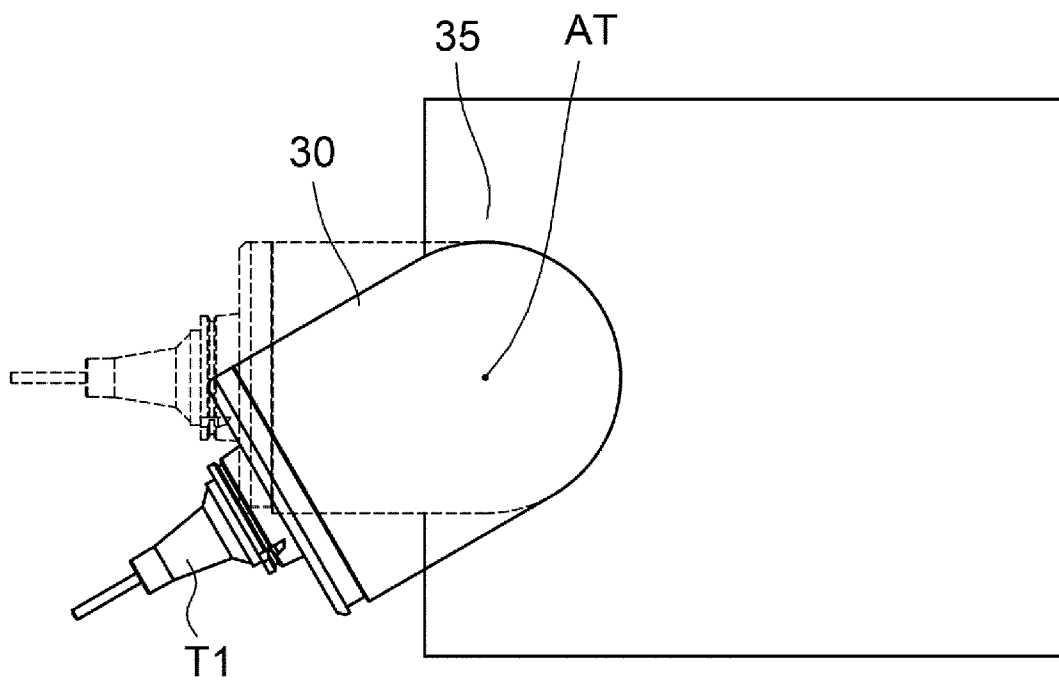
[図16]



[図17]

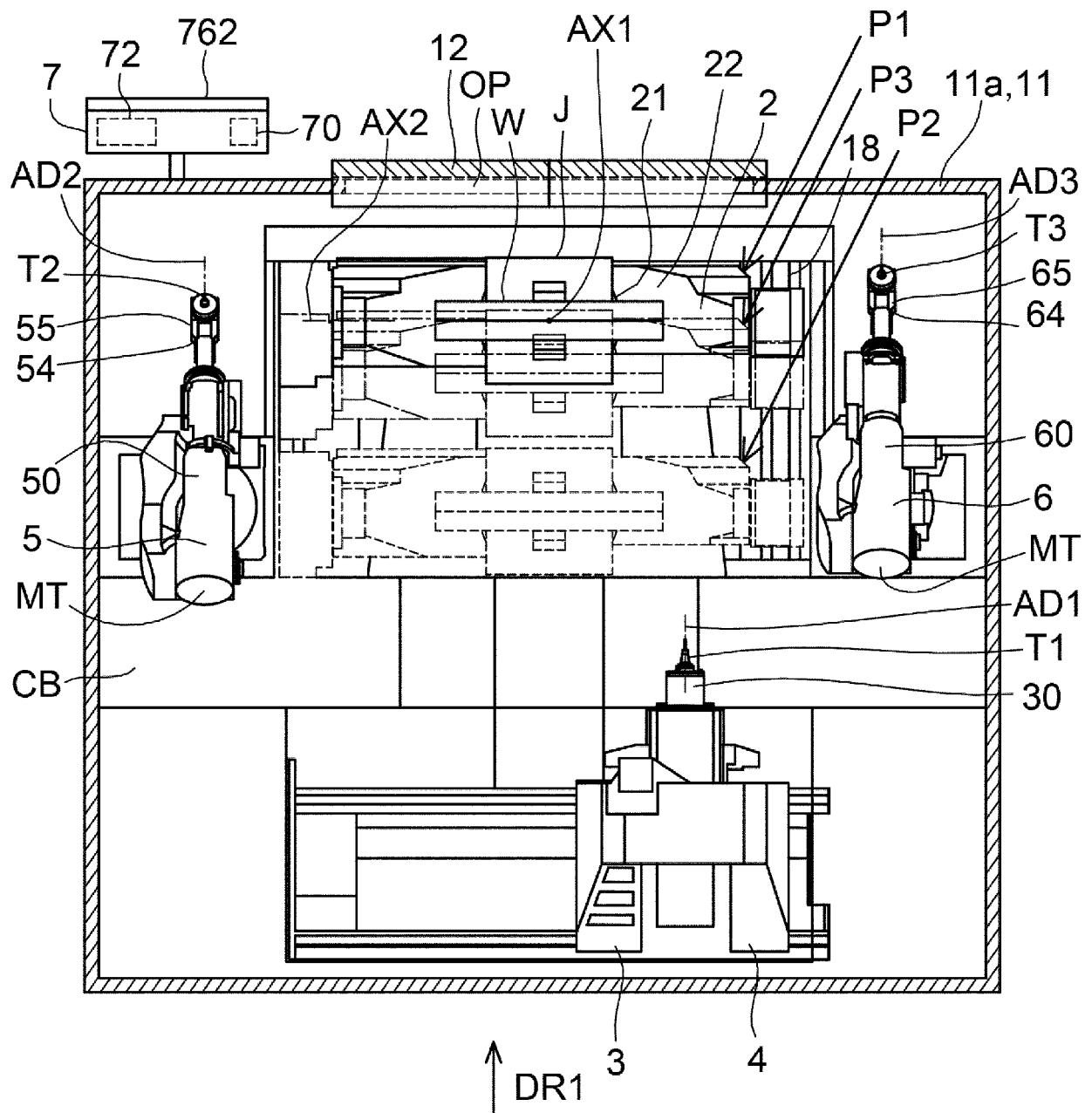


[図18]

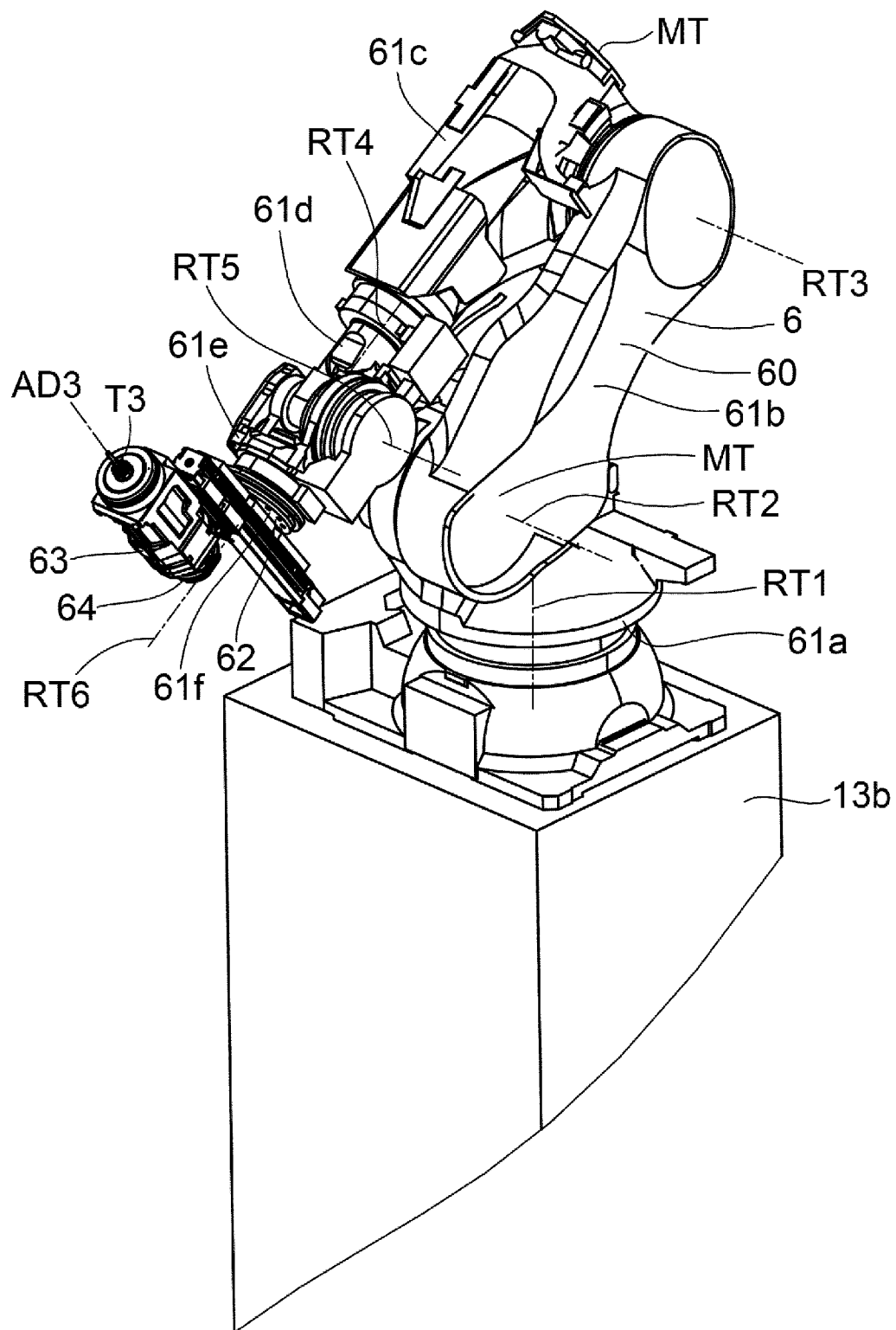


[図19]

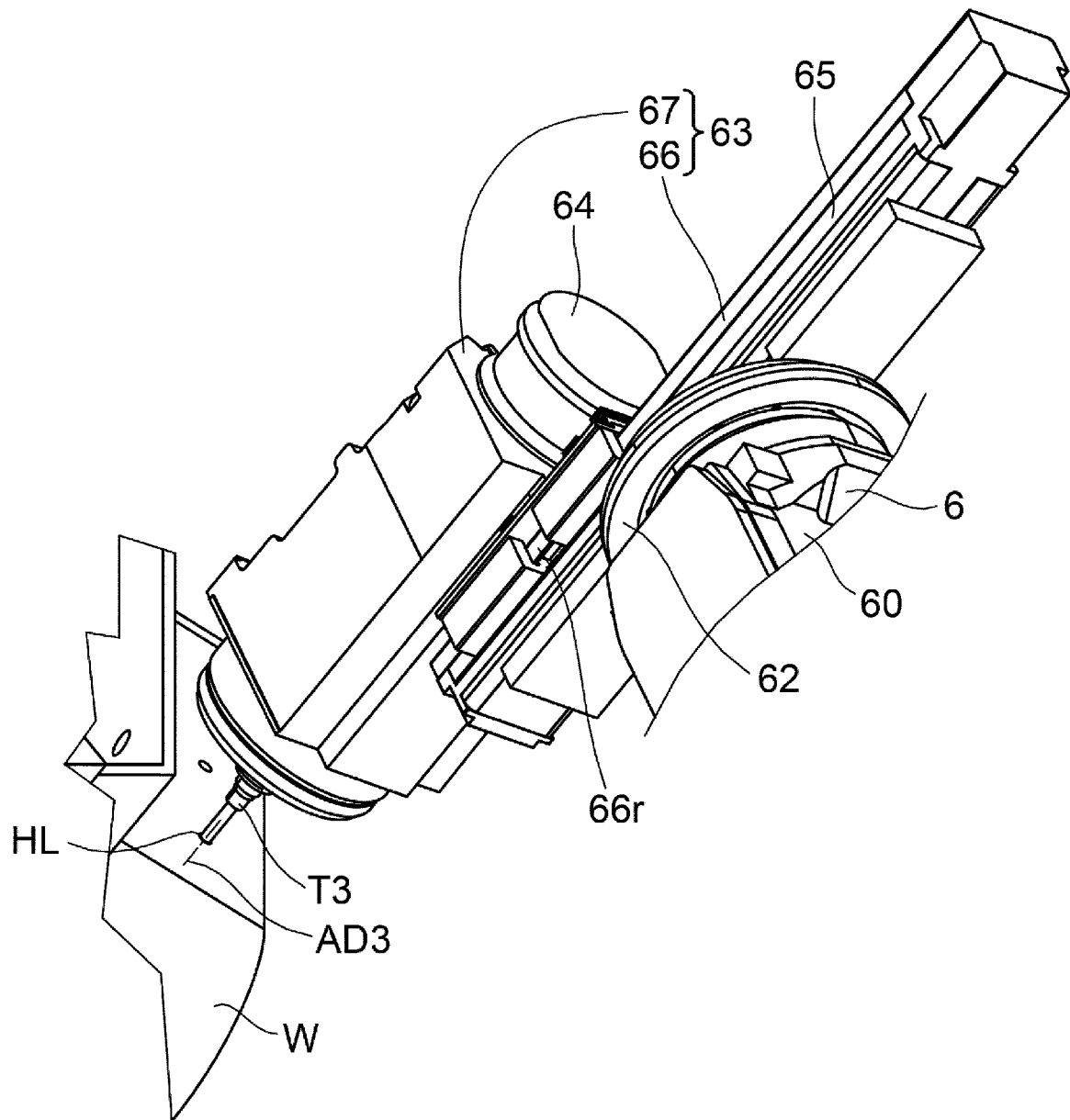
1B,1



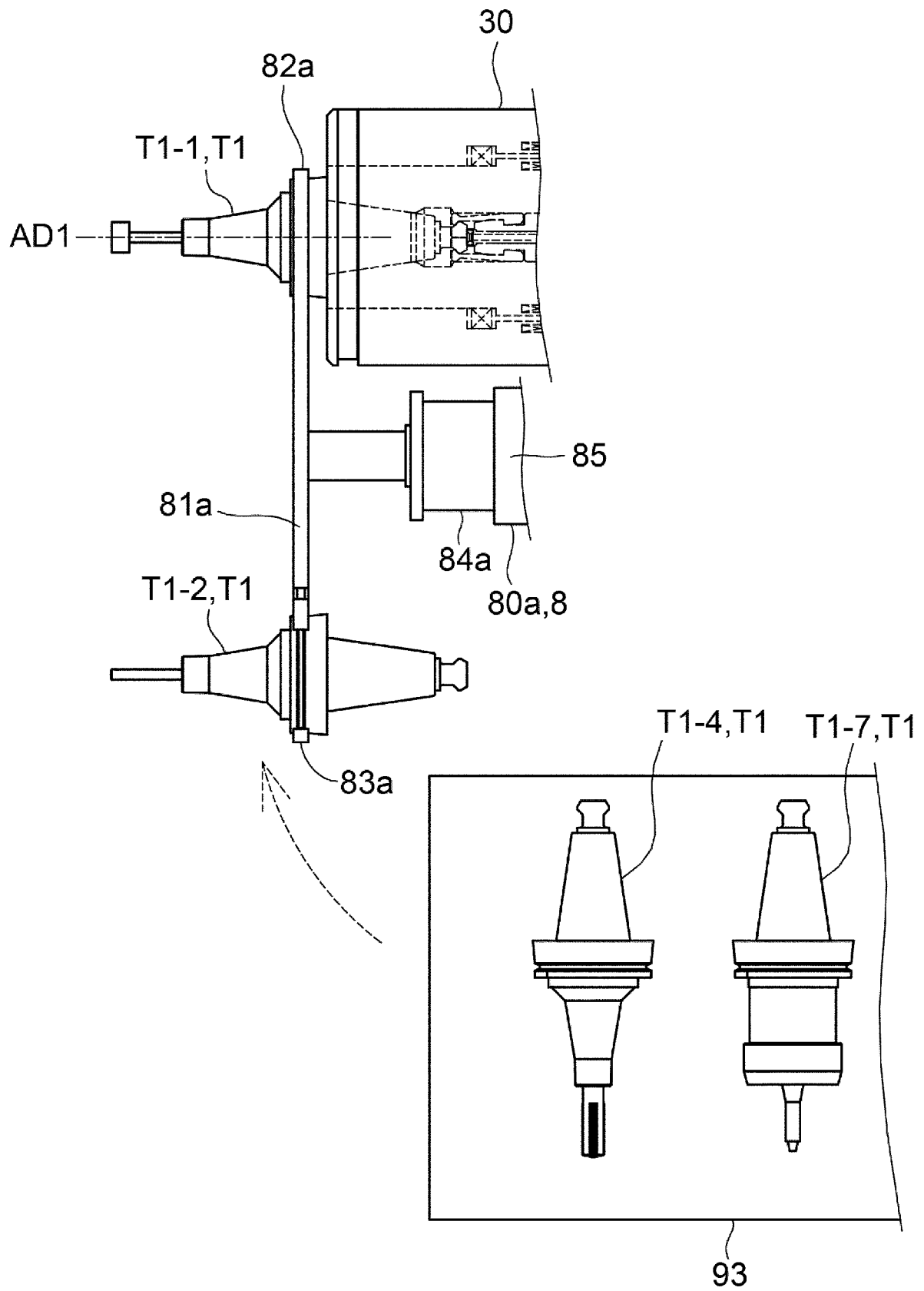
[図20]



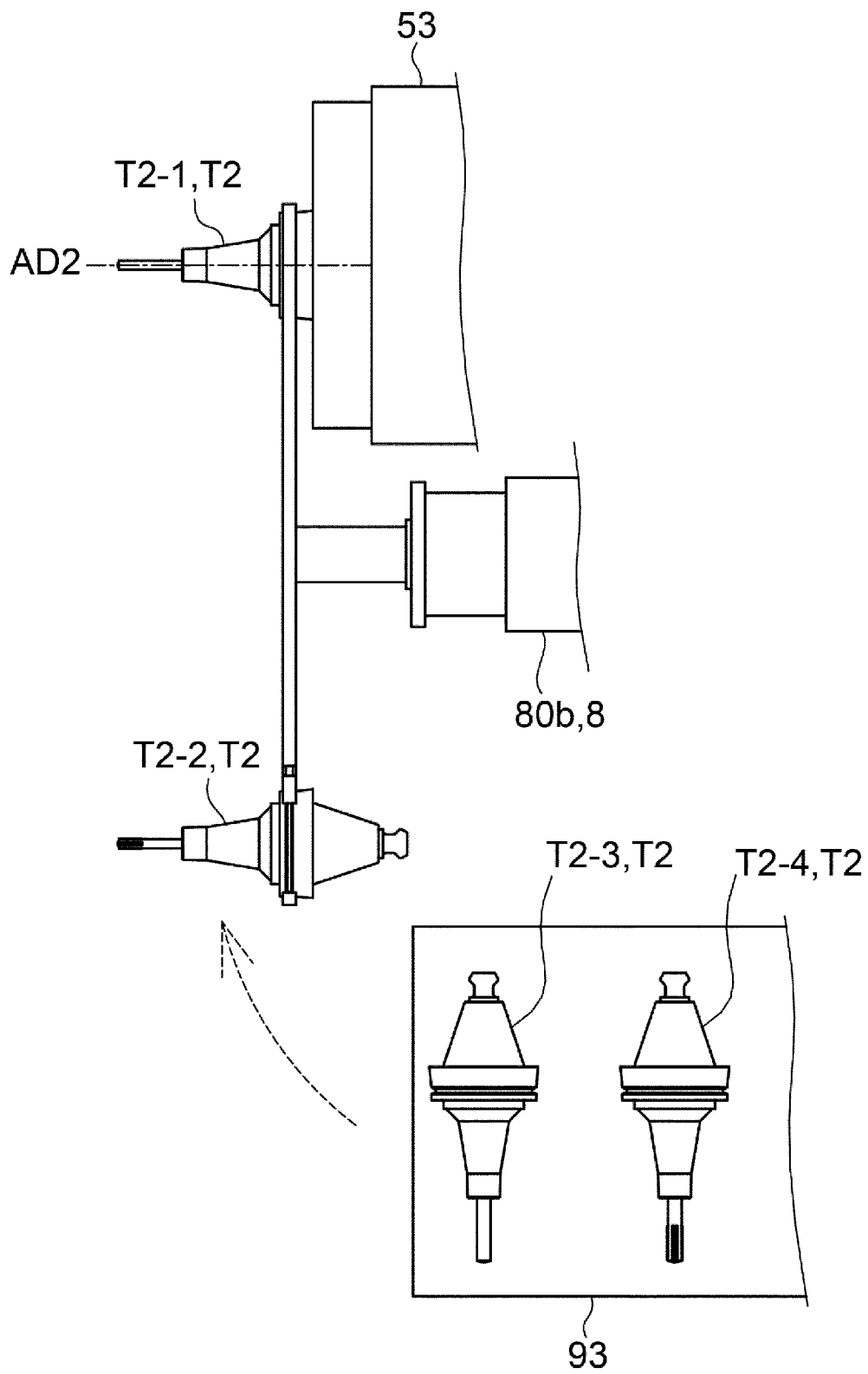
[図21]



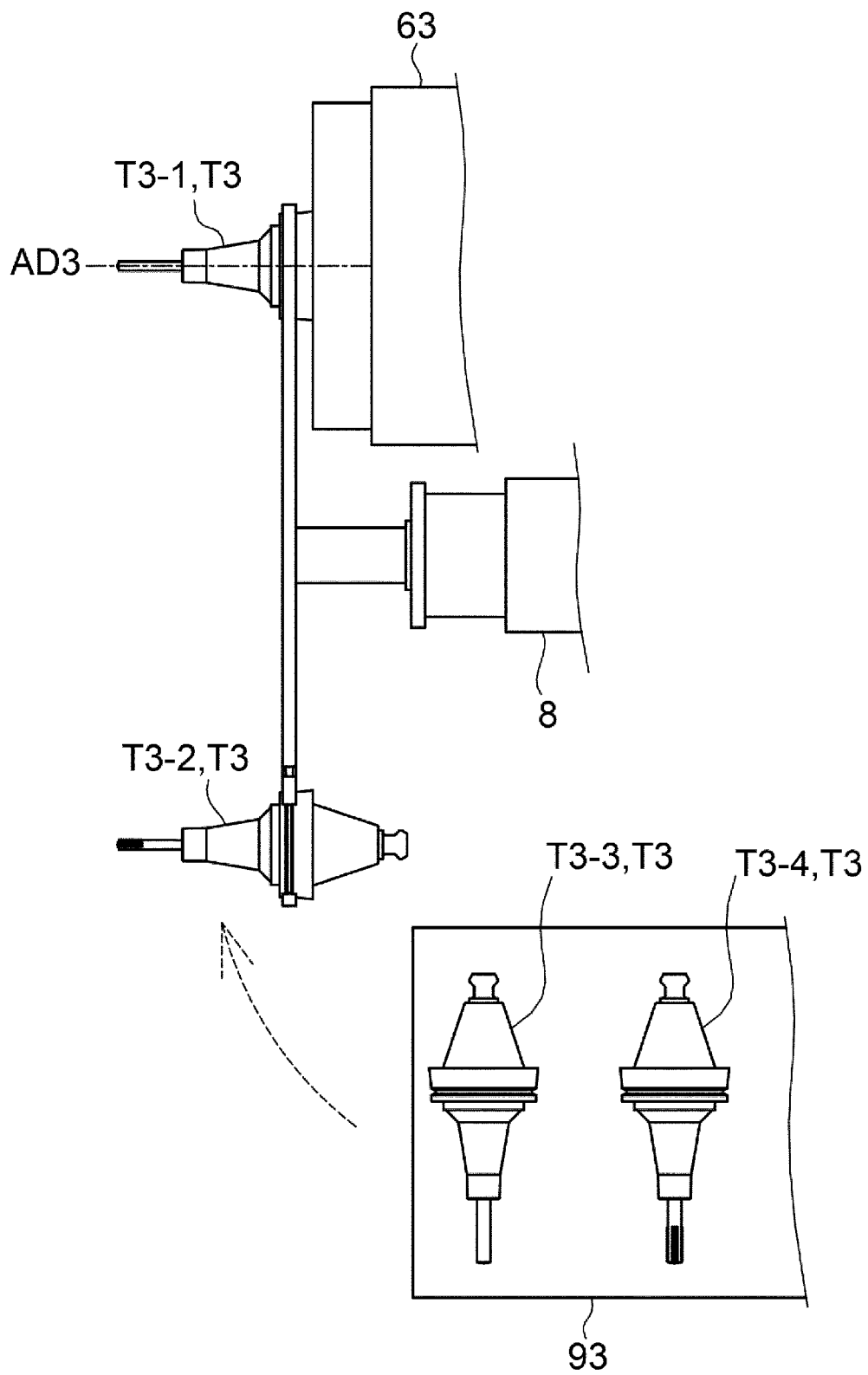
[図24]



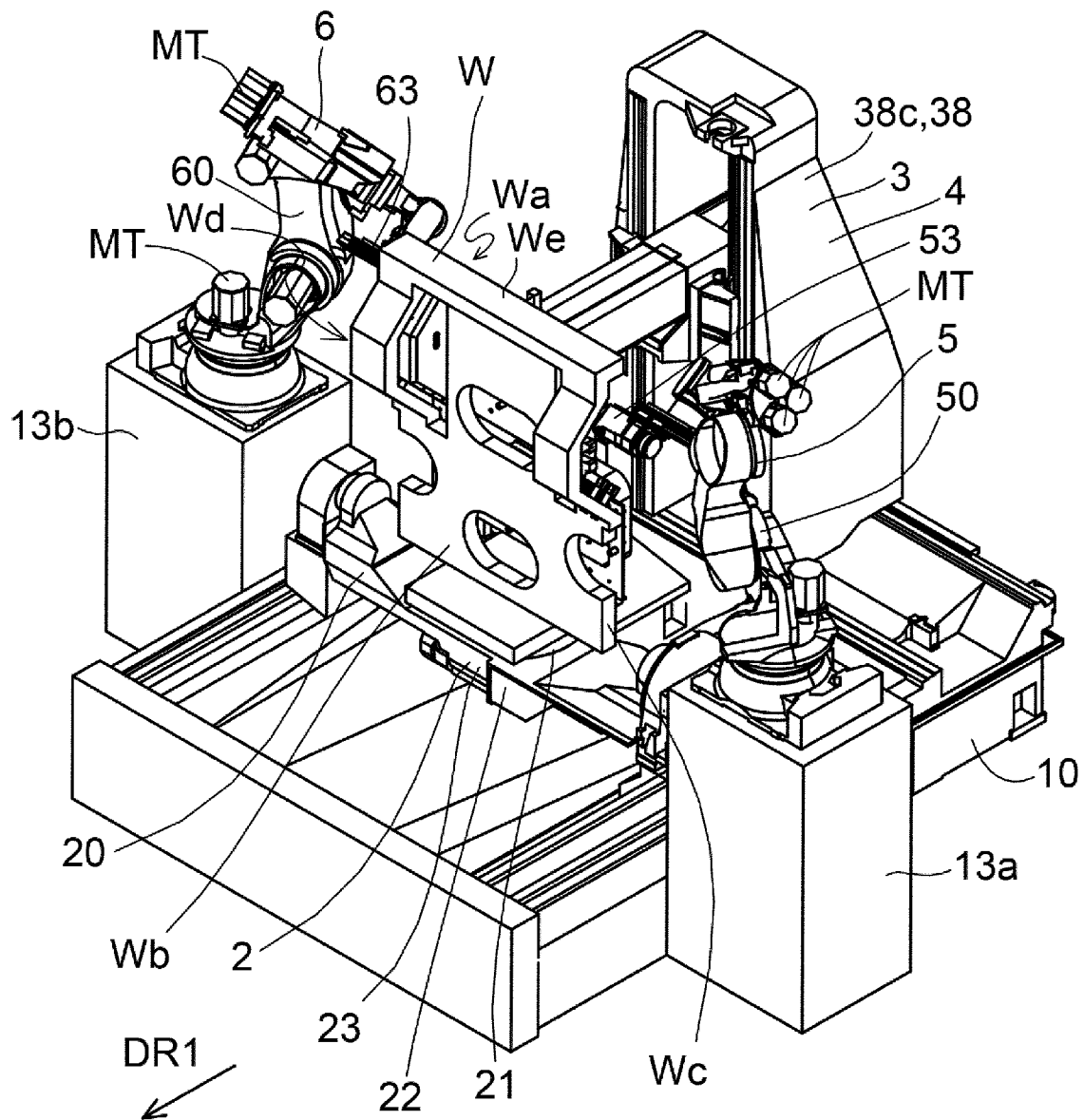
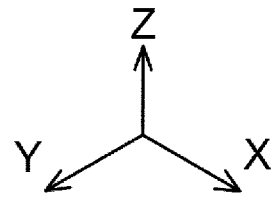
[図25]



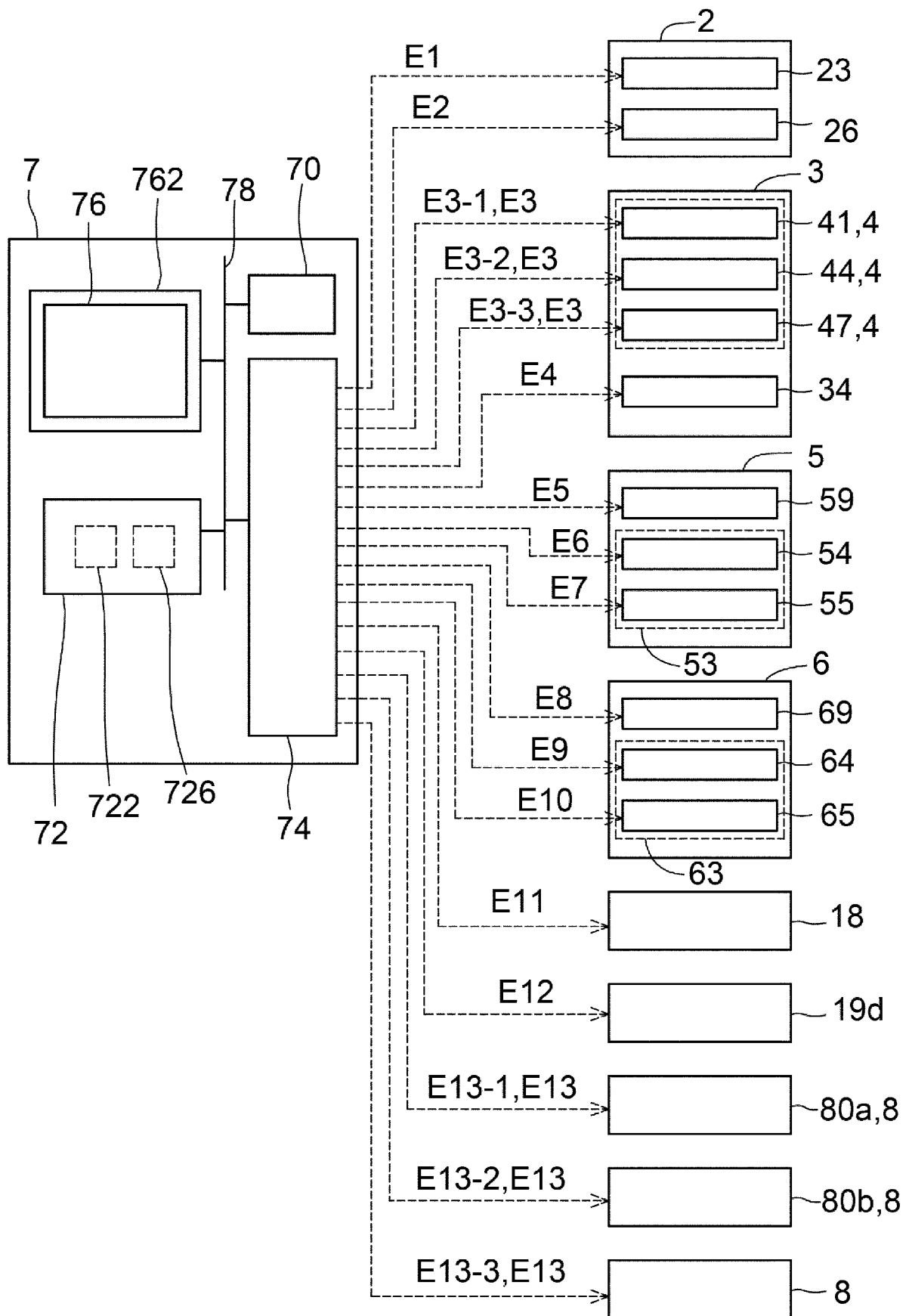
[図26]



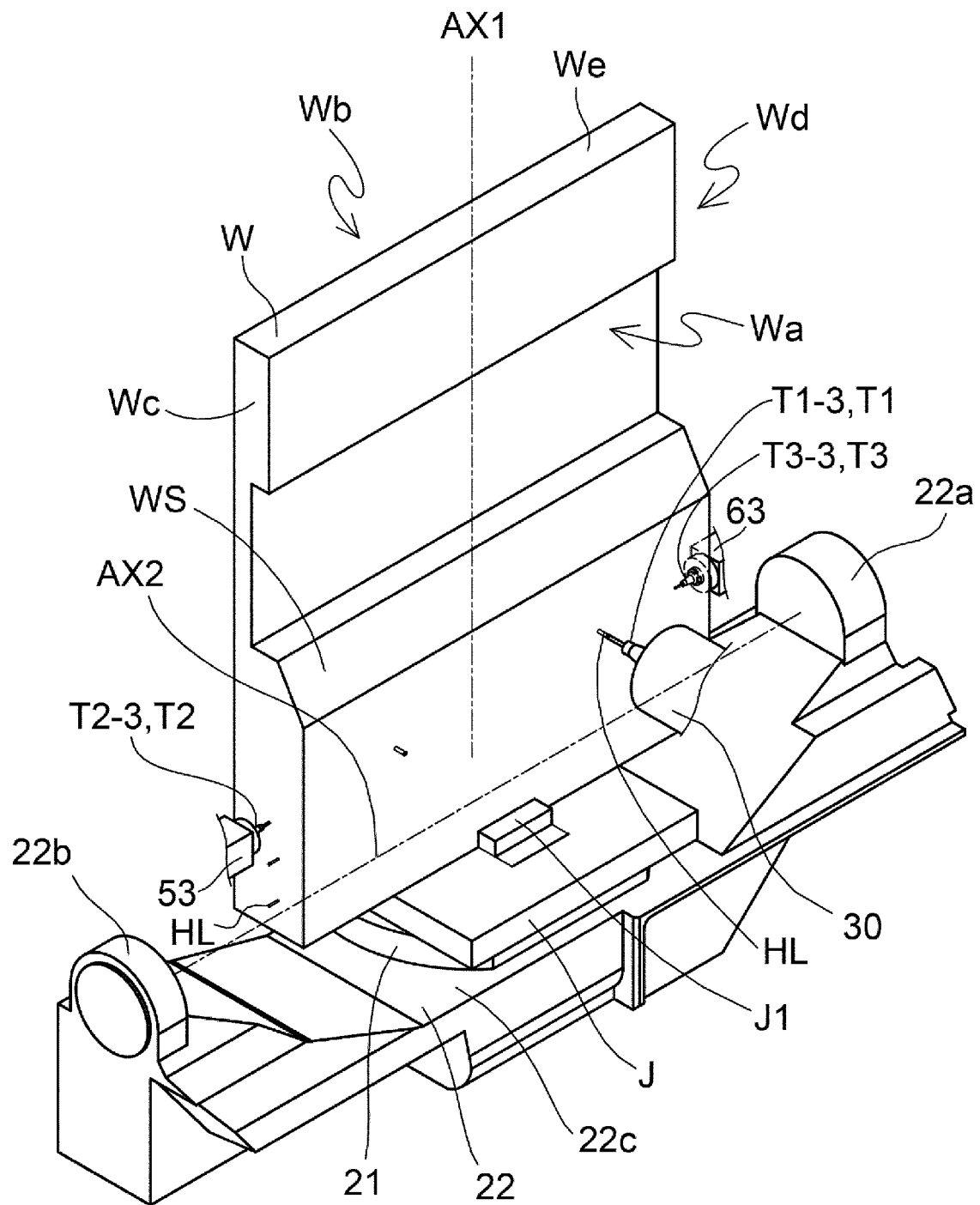
[図27]

1B,1

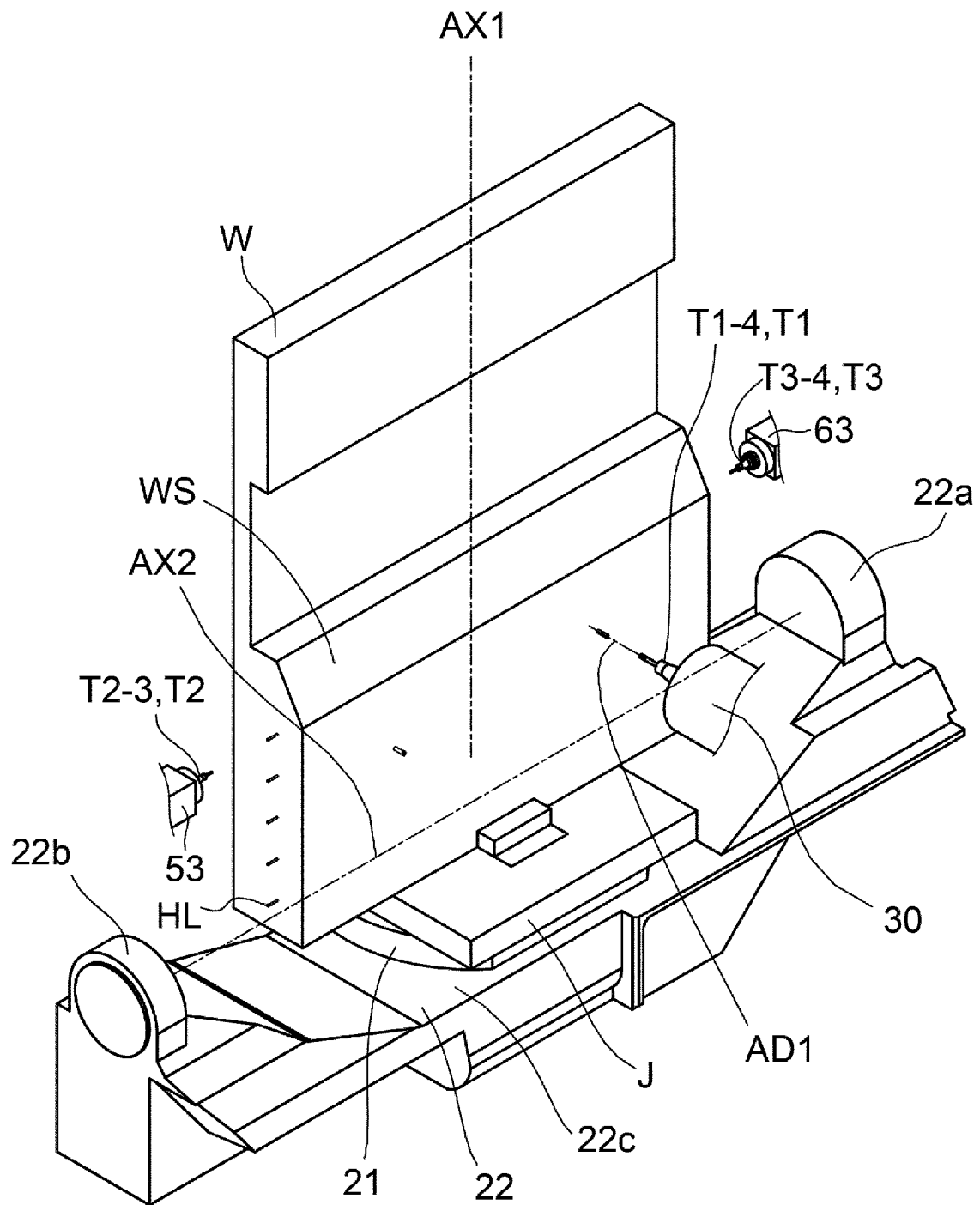
[図29]



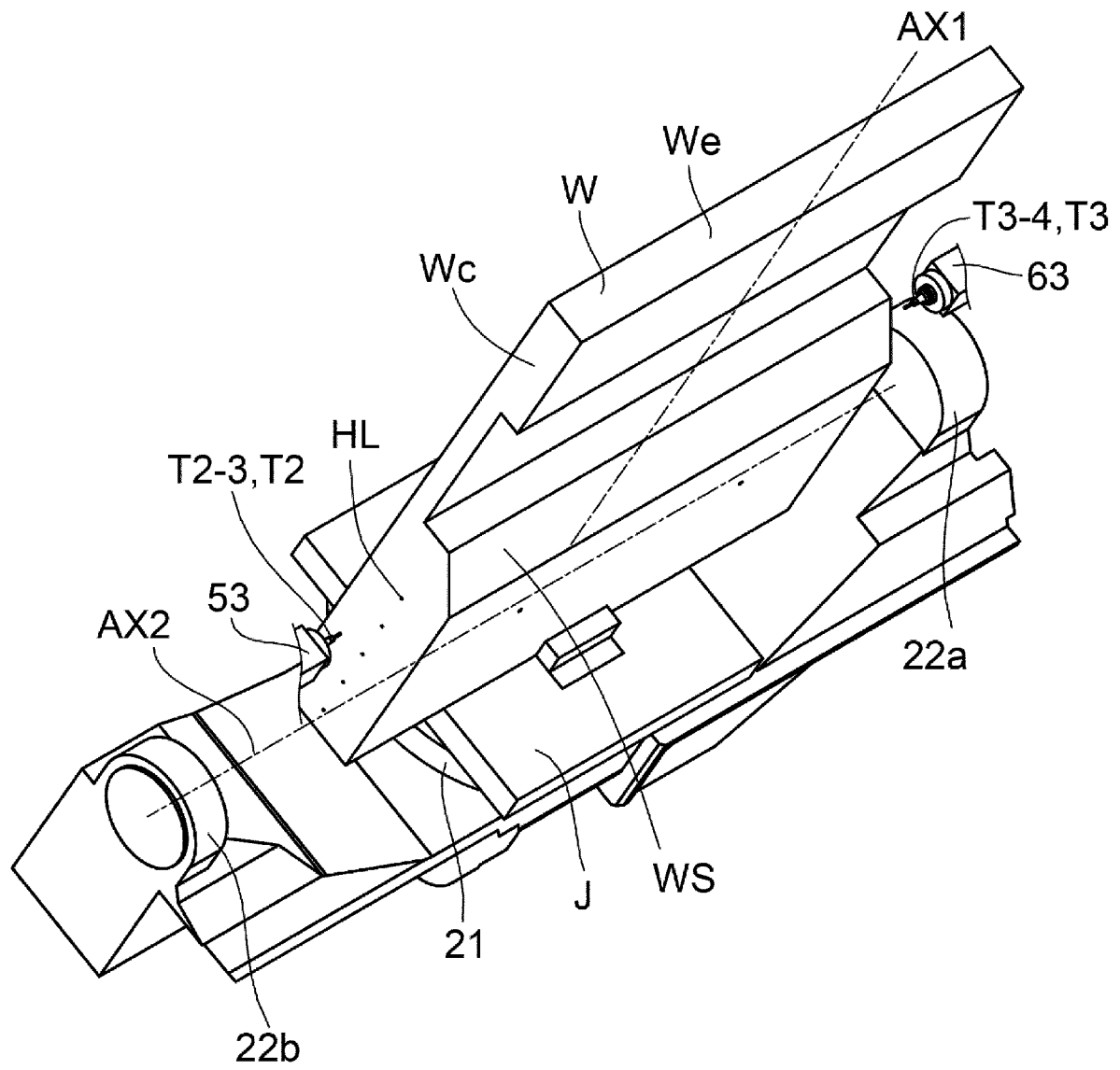
[図30]



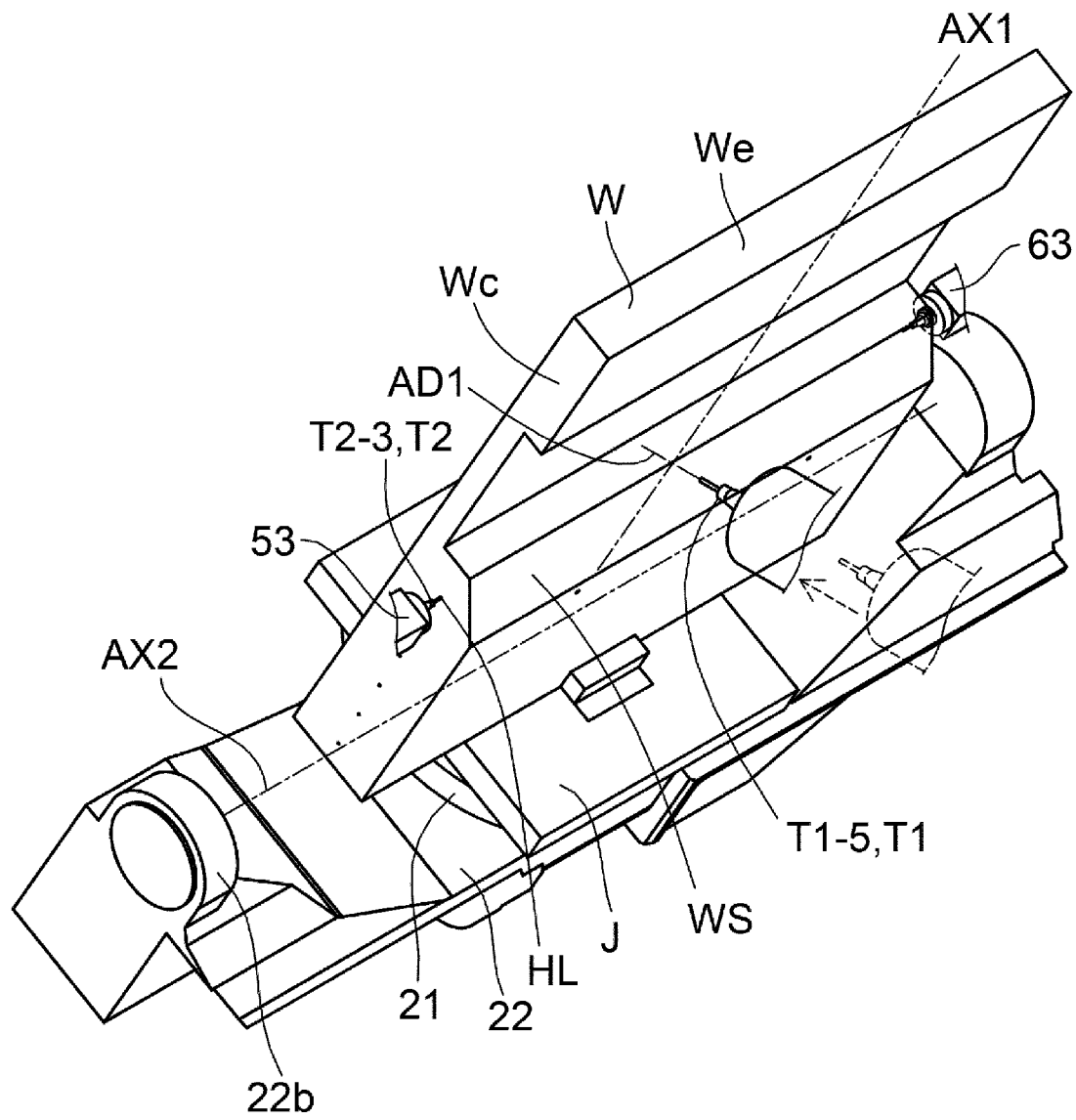
[図31]



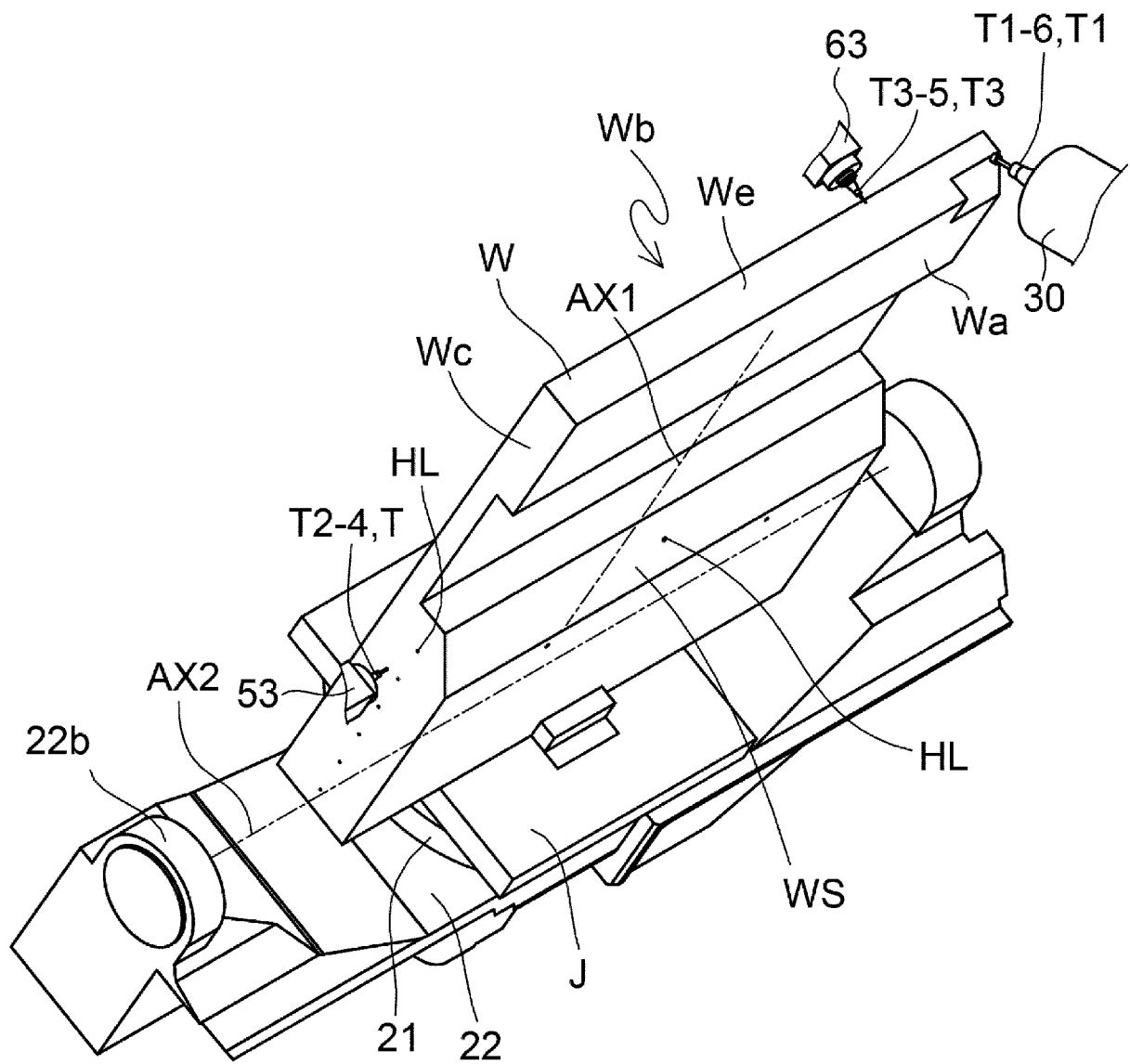
[図32]



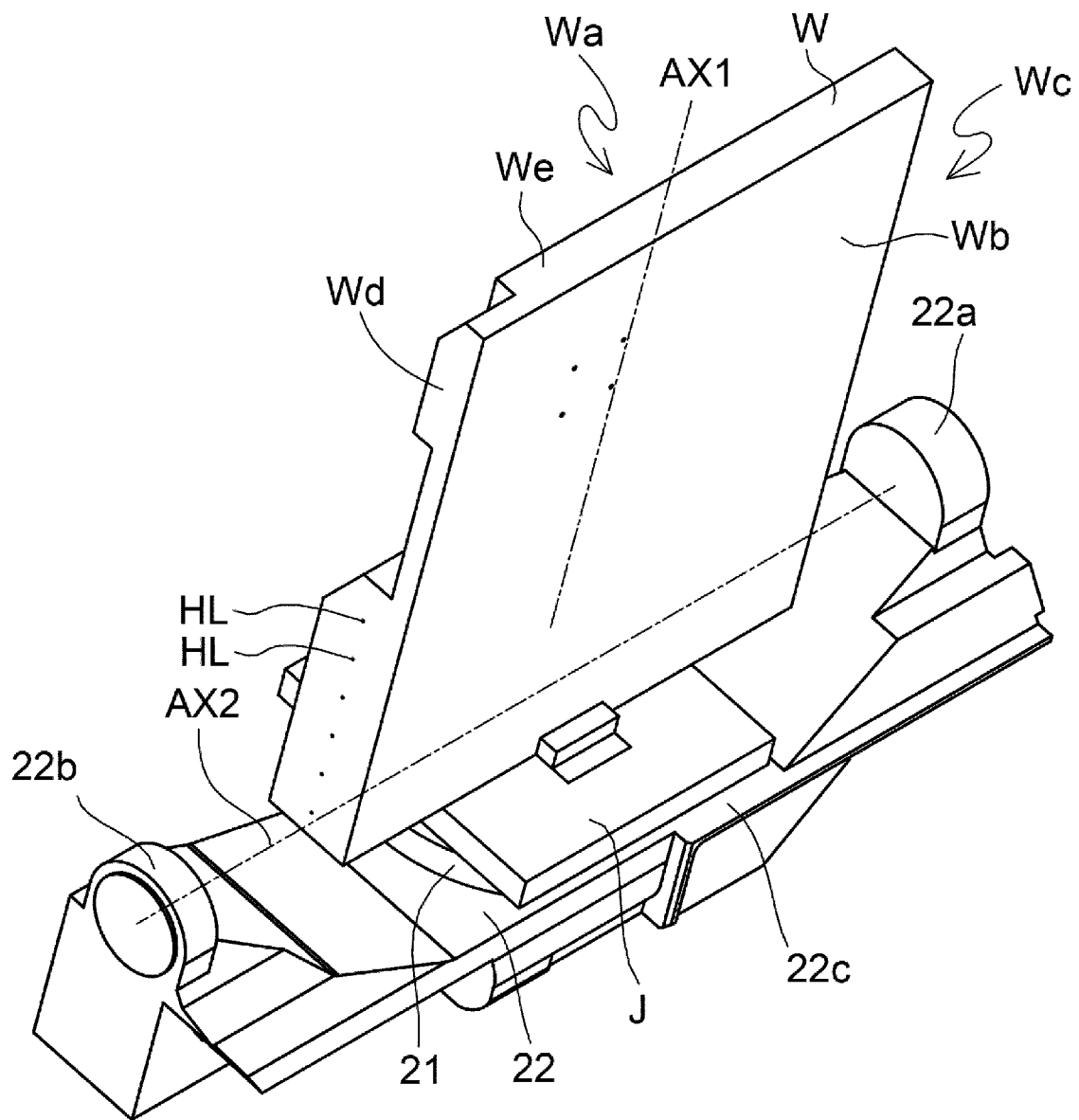
[図33]



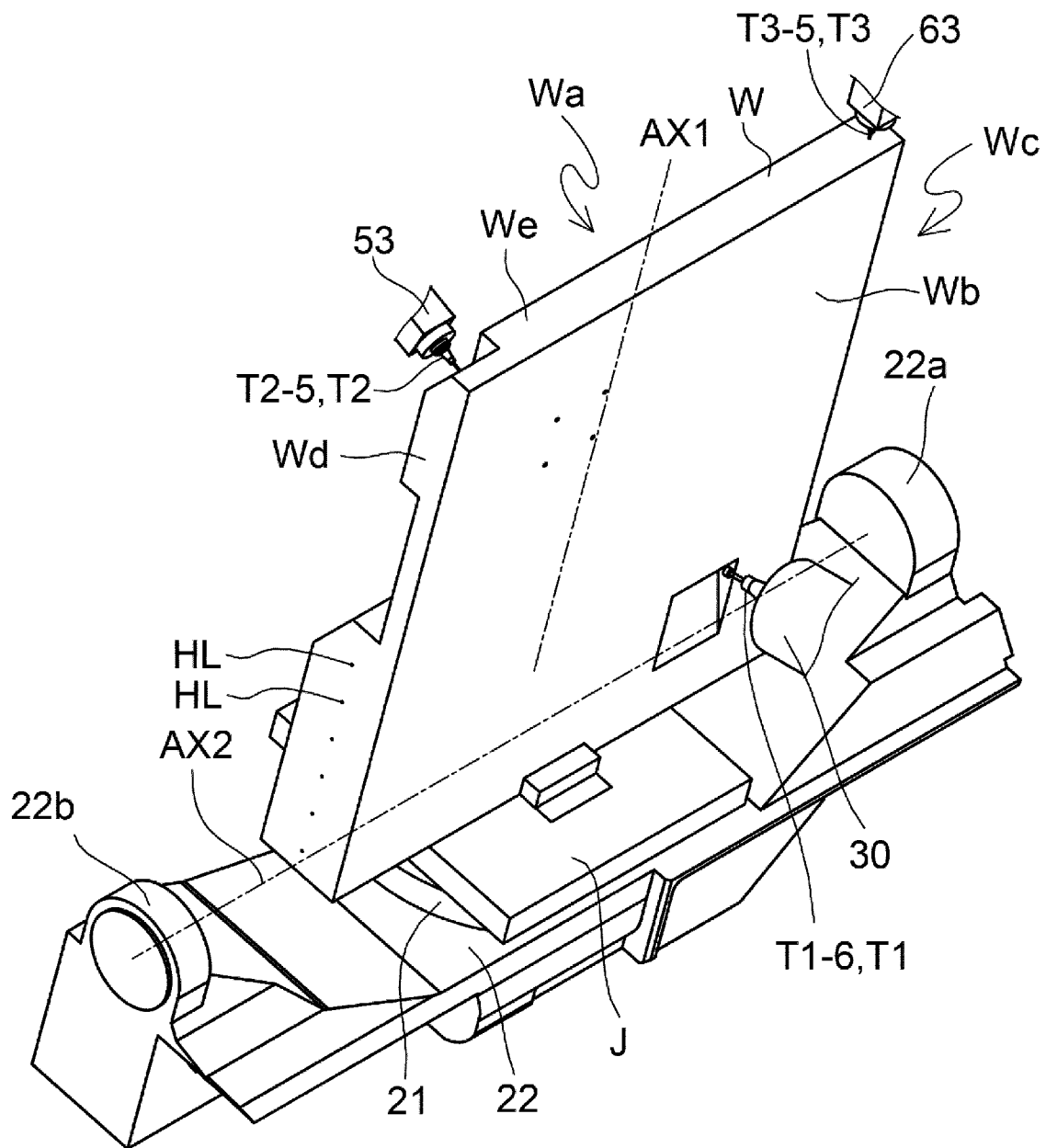
[図34]



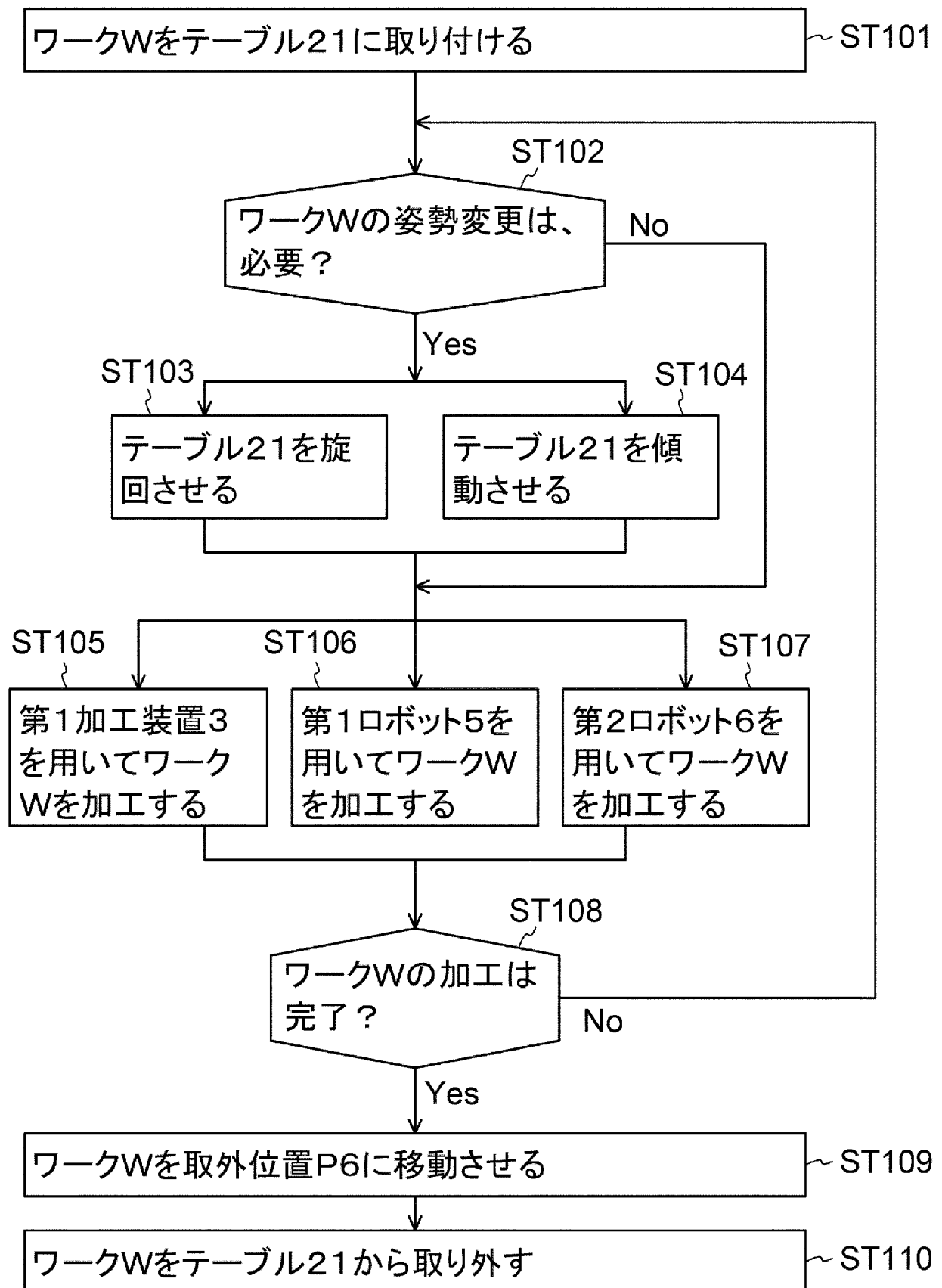
[図35]



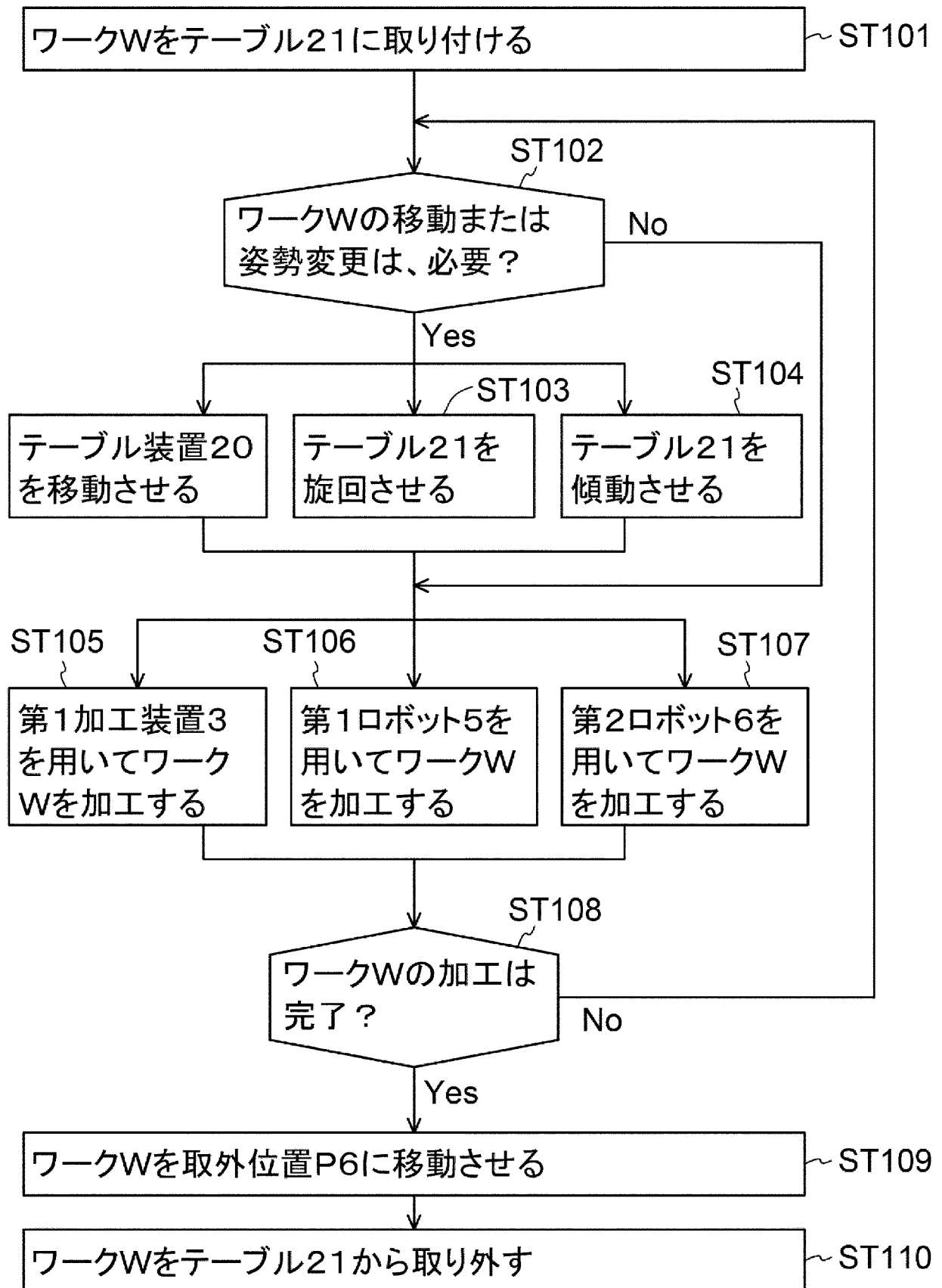
[図36]



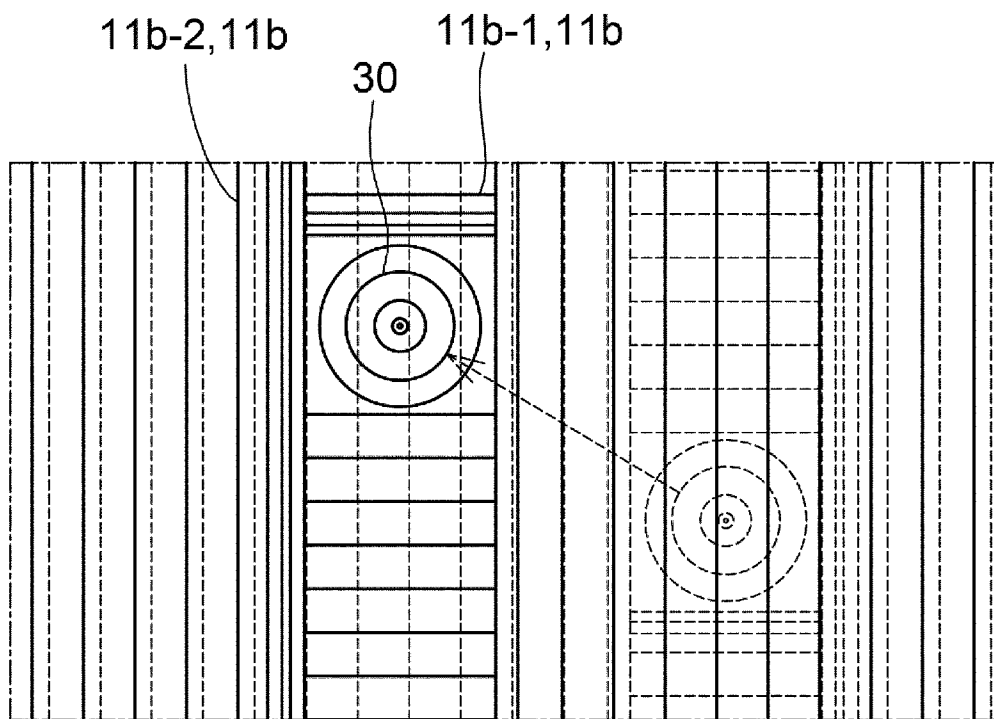
[図37]



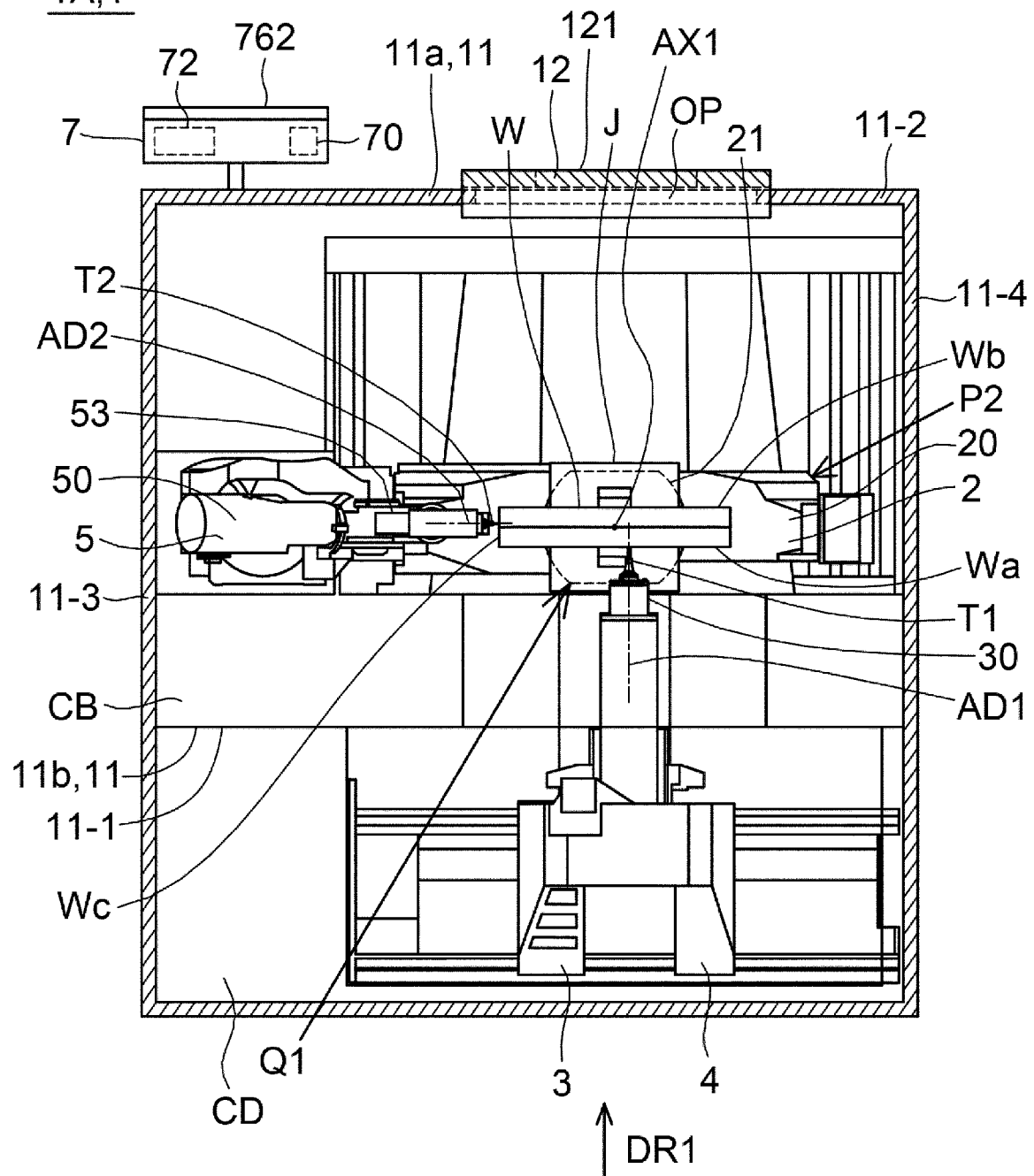
[図38]



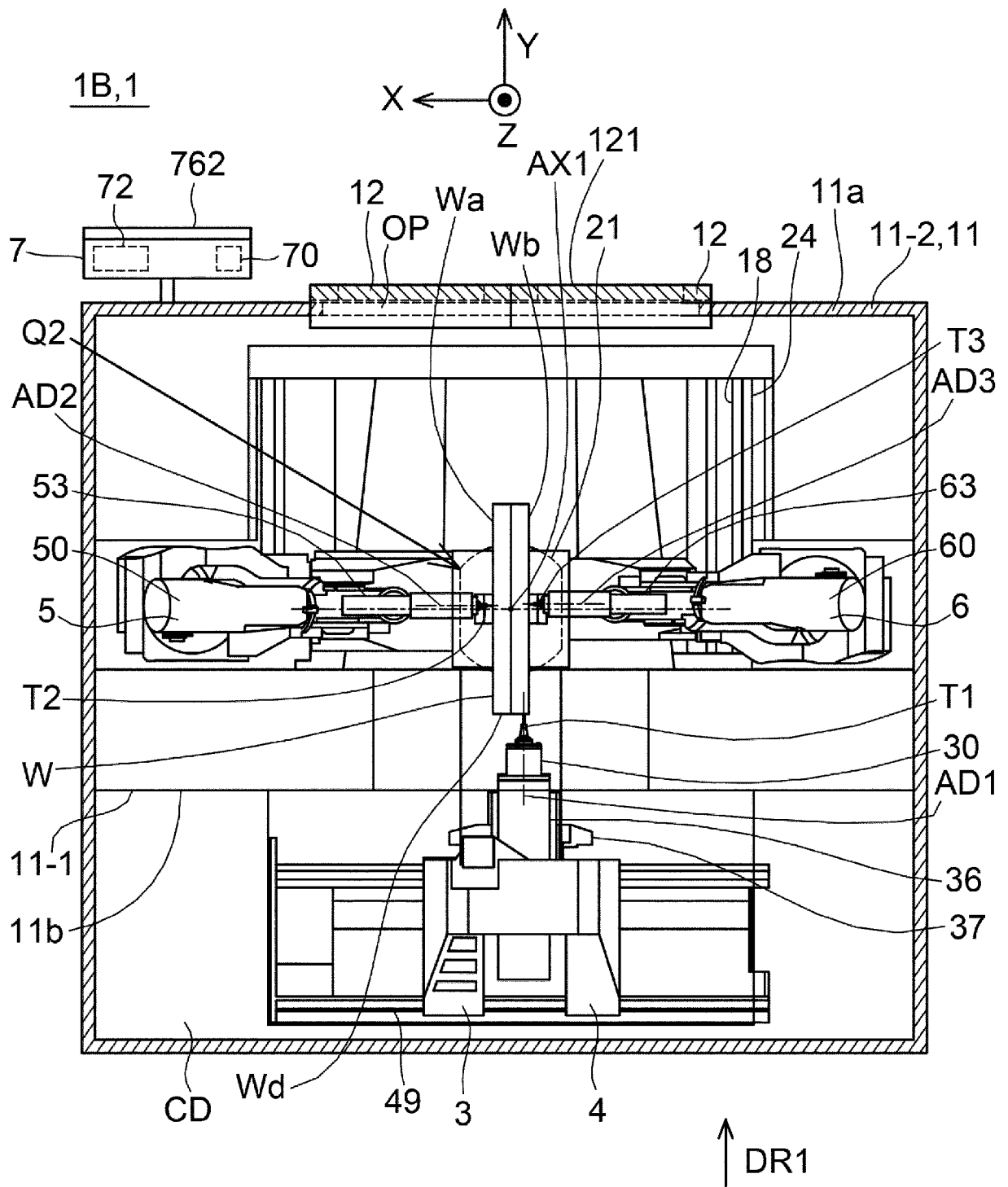
[図39]



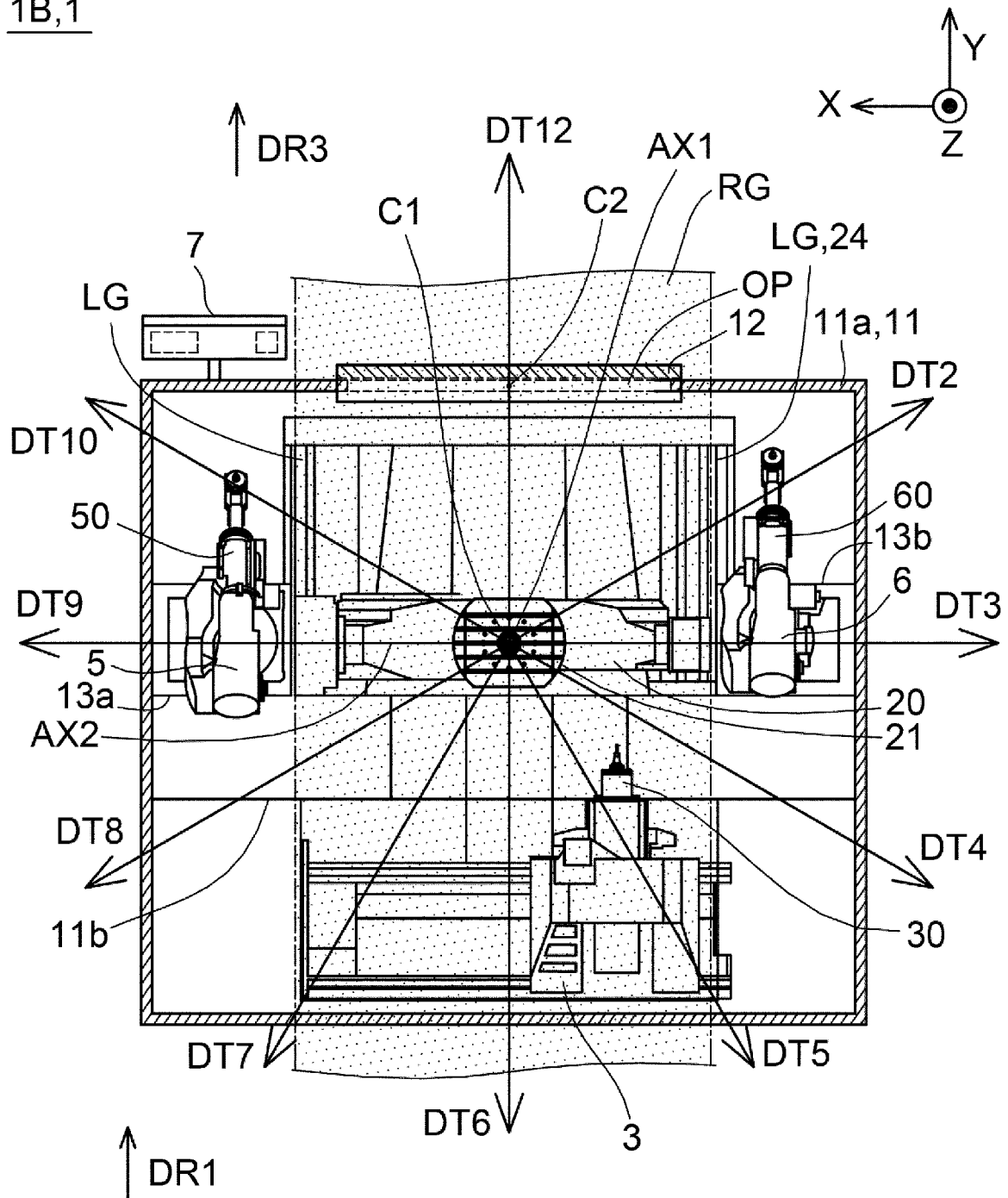
1A,1



[図43]



[図44]

1B,1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/042370

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23P 23/02(2006.01)i; **B23P 23/00**(2006.01)i; **B23Q 1/48**(2006.01)i; **B23Q 1/50**(2006.01)i; **B23Q 1/62**(2006.01)i;
B25J 21/00(2006.01)i

FI: B23P23/02 Z; B23P23/00 A; B23Q1/48 D; B23Q1/50 A; B23Q1/62 A; B25J21/00

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)

B23P23/02; B23P23/00; B23Q1/48; B23Q1/50; B23Q1/62; B25J21/00

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 1971-2024
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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	CN 211966625 U (LU, Changshuai) 20 November 2020 (2020-11-20) paragraphs [0037]-[0045], fig. 1-3	1-7, 10-14, 16-20
A		8-9, 15, 21-23
Y	JP 2004-130468 A (MITSUI SEIKI KOGYO CO., LTD.) 30 April 2004 (2004-04-30) paragraphs [0012]-[0033], fig. 1	1-7, 10-14, 16-20
Y	WO 2014/024319 A1 (YAMAZAKI MAZAK CORPORATION) 13 February 2014 (2014-02-13) paragraphs [0024]-[0034], fig. 1	6-7, 10-14, 18-20
Y	JP 2013-18106 A (JKM KK) 31 January 2013 (2013-01-31) paragraph [0030], fig. 1	11, 14, 18
Y	WO 2017/109980 A1 (MAKINO MILLING MACHINE CO., LTD.) 29 June 2017 (2017-06-29) paragraph [0025], fig. 1	11, 14, 18



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
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “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

01 February 2024

Date of mailing of the international search report

13 February 2024

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

International application No.

PCT/JP2023/042370**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-202742 A (BROTHER KOGYO KABUSHIKI KAISHA) 07 October 2013 (2013-10-07) paragraphs [0044]-[0045], fig. 1-2	13-14, 18
Y	JP 2017-164829 A (STAR TECHNO CO., LTD.) 21 September 2017 (2017-09-21) paragraphs [0012]-[0017], fig. 2	18
A	US 2022/0055163 A1 (CHIRON GROUP SE) 24 February 2022 (2022-02-24) paragraphs [0077]-[0084], fig. 1	1-23
A	CN 113021017 A (INSTITUTE OF AUTOMATION, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 25 June 2021 (2021-06-25) paragraphs [0098]-[0100], fig. 11	1-23

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Document 1: CN 211966625 U (LU, Changshuai) 20 November 2020 (2020-11-20), paragraphs [0037]-[0045], fig. 1-3 (Family: none)

The claims are classified into the following two inventions.

(Invention 1) Claims 1-20

Claims 1-20 have the special technical feature of a machine tool "comprising: a workpiece support device having a table that supports a workpiece; a first machining device that includes a machining head capable of supporting a first rotary tool for machining the workpiece supported by the table and a plurality of linear motion devices for moving the machining head three-dimensionally; and a first robot that includes an articulated arm for changing the position and orientation of a second rotary tool and uses the second rotary tool to machine the workpiece supported by the table, wherein the workpiece support device has a first driving device for turning the table about a first axis", and therefore said claims are classified as invention 1.

(Invention 2) Claims 21-23

Claims 21-23 share, with claim 1 classified as invention 1, the technical feature of "comprising: a table, of a workpiece support device, to which a workpiece is attached and which turns about a first axis; a machining head that supports a first rotary tool for machining the workpiece supported by the table; a first robot that machines the workpiece supported by the table and has an articulated arm that supports a second rotary tool; and a plurality of linear motion devices for moving the machining head".

However, document 1 (see paragraphs [0037]-[0045], fig. 1-3, etc.) discloses a machine tool comprising a turntable 21 that holds a workpiece and is capable of turning about a first axis (rotating shaft 26), a first spindle 61 to which a first cutting tool 71 for machining the workpiece is attached, an X-axis sliding device 9, a Y-axis sliding device 10, and a Z-axis sliding device 11 for moving the first spindle 61 relative to the workpiece in three orthogonal axial directions, i.e., X, Y, and Z directions, and a manipulator 1 that has an articulated robot arm and performs finishing machining on the workpiece using a machining assembly 3, wherein the turntable 21 can be displaced by the X-axis sliding device 9 and the Y-axis sliding device 10, and the first spindle 61 can be displaced by the Z-axis sliding device 11.

Although document 1 does not specifically indicate that the first spindle 61 can be moved by the X-axis sliding device, considering that a rail-like structure that extends in the Y-axis direction and has a servo motor 12 disposed on an end part thereof can be seen above the first spindle 61 in fig. 1 and 2, that the servo motor 12 drives the Y-axis sliding device and so on (paragraph [0042]), and that a plurality of products can be machined simultaneously by a plurality of first spindles 61 (paragraph [0042]), it is unreasonable to think that the positions of the plurality of first spindles 61 cannot be changed. Hence, in view of this common technical knowledge, it is logical to assume that the first spindle 61 can be moved in two orthogonal axial directions, i.e., the Y and Z directions, by the Y-axis sliding device as well as the Z-axis sliding device 11.

Accordingly, the shared technical feature described above does not make a contribution over the prior art, and therefore cannot be considered a special technical feature.

Moreover, claims 1-20 do not share any other same or corresponding special technical feature with claims 21-23.

In addition, claims 21-23 are not dependent from claim 1.

Furthermore, claims 21-23 are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1.

Therefore, claims 21-23 cannot be classified as invention 1.

Claims 21-23 have the special technical feature wherein "a part of the first machining step and a part of the second machining step are executed simultaneously after turning the table supporting the workpiece about the first axis", and therefore said claims are classified as invention 2.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/042370**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☒ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/042370

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	211966625	U	20 November 2020	(Family: none)	
JP	2004-130468	A	30 April 2004	(Family: none)	
WO	2014/024319	A1	13 February 2014	US 2015/0016914 A1 paragraphs [0020]-[0030], fig. 1	
				EP 2801439 A1	
				CN 104994991 A	
JP	2013-18106	A	31 January 2013	(Family: none)	
WO	2017/109980	A1	29 June 2017	(Family: none)	
JP	2013-202742	A	07 October 2013	CN 202804648 U	
JP	2017-164829	A	21 September 2017	(Family: none)	
US	2022/0055163	A1	24 February 2022	WO 2020/225312 A1	
				EP 3965991 A1	
				DE 102019111873 A1	
				CN 114007805 A	
CN	113021017	A	25 June 2021	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

B23P 23/02(2006.01)i; B23P 23/00(2006.01)i; B23Q 1/48(2006.01)i; B23Q 1/50(2006.01)i;
B23Q 1/62(2006.01)i; B25J 21/00(2006.01)i
FI: B23P23/02 Z; B23P23/00 A; B23Q1/48 D; B23Q1/50 A; B23Q1/62 A; B25J21/00

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））

B23P23/02; B23P23/00; B23Q1/48; B23Q1/50; B23Q1/62; B25J21/00

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 1971-2024年
日本国実用新案登録公報 1996-2024年
日本国登録実用新案公報 1994-2024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	CN 211966625 U (LU Changshuai) 20.11.2020 (2020-11-20) 段落[0037]-[0045], 図1-3	1-7, 10-14, 16-20
A		8-9, 15, 21-23
Y	JP 2004-130468 A (三井精機工業株式会社) 30.04.2004 (2004-04-30) 段落[0012]-[0033], 図1	1-7, 10-14, 16-20
Y	WO 2014/024319 A1 (ヤマザキマザック株式会社) 13.02.2014 (2014-02-13) 段落[0024]-[0034], 図1	6-7, 10-14, 18-20
Y	JP 2013-18106 A (有限会社ジェー・ケー・エム) 31.01.2013 (2013-01-31) 段落[0030], 図1	11, 14, 18
Y	WO 2017/109980 A1 (株式会社牧野フライス製作所) 29.06.2017 (2017-06-29) 段落[0025], 図1	11, 14, 18
Y	JP 2013-202742 A (ブラザー工業株式会社) 07.10.2013 (2013-10-07) 段落[0044]-[0045], 図1-2	13-14, 18

☒ 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、一般的技术水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“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

01.02.2024

国際調査報告の発送日

13.02.2024

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

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 2017-164829 A (スターテクノ株式会社) 21.09.2017 (2017 - 09 - 21) 段落[0012]-[0017], 図2	18
A	US 2022/0055163 A1 (CHIRON GROUP SE) 24.02.2022 (2022 - 02 - 24) 段落[0077]-[0084], 図1	1-23
A	CN 113021017 A (INSTITUTE OF AUTOMATION, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 25.06.2021 (2021 - 06 - 25) 段落[0098]-[0100], 図11	1-23

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

文献1：CN 211966625 U (LU Changshuai) 20.11.2020 (2020-11-20), 段落[0037]-[0045], 図1-3 (ファミリーなし)

請求の範囲は、以下の2つの発明に区分される。

(発明1) 請求項1-20

請求項1-20は、工作機械において、「ワークを支持するテーブルを有するワーク支持装置と、テーブルによって支持される前記ワークを加工する第1回転工具を支持可能な加工ヘッド、および、前記加工ヘッドを3次元的に移動させる複数の直動装置を有する第1加工装置と、第2回転工具の位置および向きを変更する多関節アームを有し、前記第2回転工具を用いて前記テーブルによって支持される前記ワークを加工する第1ロボットと、を具備し、前記ワーク支持装置は、第1軸まわりに前記テーブルを回転させる第1駆動装置を有する」という特別な技術的特徴を有するので、発明1に区分する。

(発明2) 請求の範囲21-23

請求項21-23は、発明1に区分された請求項1と、「ワークが取り付けられ、第1軸まわりに回転するワーク支持装置のテーブルと、テーブルに支持されたワークを加工する第1の回転工具を支持する加工ヘッドと、テーブルに支持されたワークを加工する、第2の回転工具を支持する多関節アームを有する第1ロボットと、加工ヘッドを移動させる複数の直動装置と、を備える」という共通の技術的特徴を有している。

しかしながら、文献1（段落[0037]-[0045], 図1-3等を参照。）には、

ワークを保持し、第1軸(回転軸26)周りに回転可能なターンテーブル21と、ワークを加工する第1刃物71が取り付けられる第1主軸61と、第1主軸61をワークに対してXYZ直交3軸方向に相対移動させる、X軸スライド装置9、Y軸スライド装置10及びZ軸スライド装置11と、多関節ロボットアームを有し、加工アセンブリ3によりワークの仕上げ加工を行う、マニピュレータ1と、を備えた工作機械であって、ターンテーブル21が、X軸スライド装置9及びY軸スライド装置10により変位可能であり、第1主軸61がZ軸スライド装置11により変位可能であることが記載されている。

そして、文献1には、第1主軸61がX軸スライド装置により移動可能であることは、明示的に記載されていないものの、図1-2において第1主軸の61の上方に、端部にサーボモータ12が配されたY軸方向のレール状構造が看取できること、サーボモータ12は、Y軸スライド装置等を駆動するものであること(段落[0042])、及び、複数の第1主軸61が、複数の製品を同時に加工できること(段落[0042])を踏まえると、複数の第1主軸61のそれぞれの位置を変更できないことは不合理であるという、技術常識を考慮すると、第1主軸61が、Z軸スライド装置11に加えて、Y軸スライド装置により、YZ直交2軸方向に移動可能であると理解することが合理的である。

したがって、上記の共通の技術的特徴は先行技術に対して貢献をもたらすものではないから、特別な技術的特徴であるとはいえない。

また、請求項1-20と請求項21-23との間に、他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項21-23は請求項1の従属請求項ではない。

また、請求項21-23は、発明1に区分されたいずれの請求項に対しても、実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項21-23は発明1に区分できない。

そして、請求項21-23は、さらに、「ワークを支持する前記テーブルが前記第1軸まわりに回転された後、前記第1加工工程の一部と前記第2加工工程の一部とが同時に実行される」という特別な技術的特徴を有しているので、発明2に区分する。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の
申立てに関する注意

- ☒ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

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/JP2023/042370

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
CN	211966625	U	20.11.2020	(ファミリーなし)	
JP	2004-130468	A	30.04.2004	(ファミリーなし)	
WO	2014/024319	A1	13.02.2014	US 2015/0016914	A1
				段落[0020]-[0030], 図1	
				EP 2801439	A1
				CN 104994991	A
JP	2013-18106	A	31.01.2013	(ファミリーなし)	
WO	2017/109980	A1	29.06.2017	(ファミリーなし)	
JP	2013-202742	A	07.10.2013	CN 202804648	U
JP	2017-164829	A	21.09.2017	(ファミリーなし)	
US	2022/0055163	A1	24.02.2022	WO 2020/225312	A1
				EP 3965991	A1
				DE 102019111873	A1
				CN 114007805	A
CN	113021017	A	25.06.2021	(ファミリーなし)	