

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年1月6日(06.01.2022)



(10) 国際公開番号

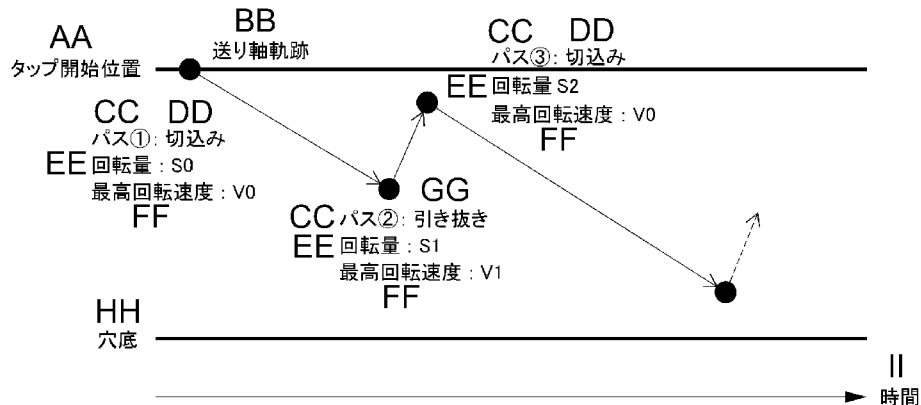
WO 2022/004546 A1

- (51) 国際特許分類:
B23G 1/16 (2006.01) *G05B 19/18* (2006.01)
B23G 1/02 (2006.01) *G05B 19/416* (2006.01)
B23Q 15/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/023927
- (22) 国際出願日: 2021年6月24日(24.06.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-112599 2020年6月30日(30.06.2020) JP
- (71) 出願人: ファナック株式会社 (FANUC CORPORATION) [JP/JP]; 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 Yamanashi (JP).
- (72) 発明者: 田嶋 大輔(TAJIMA Daisuke); 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内 Yamanashi (JP). 森田 有紀(MORITA Yuuki); 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内 Yamanashi (JP).
- (74) 代理人: 正林 真之, 外(SHOBAYASHI Masayuki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内 1 - 7 - 1 2 サピアタワー Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

(54) Title: CONTROL DEVICE AND CONTROL METHOD FOR MACHINE TOOL

(54) 発明の名称: 工作機械の制御装置及び制御方法

【図2】



AA Tapping start position
BB Feed shaft path
CC Path
DD Cut
EE Rotation amount
FF Maximum rotation speed
GG Pull out
HH Hole bottom
II Time

(57) Abstract: Provided are a control device and a control method for a machine tool which are capable of further reducing a command-waiting time. This control device for a machine tool which controls synchronized operation of a main shaft and a feed shaft comprises: a numerical value control unit which creates a main shaft command and a feed shaft command on the basis of a tapping program; a main shaft control unit which controls the rotation operation of the main shaft in accordance with the main shaft command; a rotation detection unit which detects the rotation position of the main shaft;

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

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

添付公開書類:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

and a feed shaft control unit which controls, on the basis of the rotation position, the feeding operation of the feed shaft in accordance with the feed shaft command. The numerical value control unit has a main shaft command output unit which, when a cutting operation and pulling-out operation are carried out from a machining start position to a target position an arbitrary number of times, acquires from the tapping program the rotation amount and the maximum rotation speed of the main shaft in the cutting operation and pulling-out operation and which supplies the rotation amount and the maximum rotation speed of the main shaft to the main shaft control unit as the main shaft command.

(57) 要約: 指令待ち時間をより低減することができる工作機械の制御装置及び制御方法を提供すること。主軸と送り軸との同期運転を制御する工作機械の制御装置は、タップ加工プログラムに基づき主軸指令及び送り軸指令を作成する数値制御部と、前記主軸指令に従って前記主軸の回転動作を制御する主軸制御部と、前記主軸の回転位置を検出する回転検出部と、前記回転位置に基づいて、前記送り軸指令に従って前記送り軸の送り動作を制御する送り軸制御部と、を備え、前記数値制御部は、加工開始位置から目標位置まで任意の回数で切り込み動作及び引き抜き動作を行う際に、前記切り込み動作及び前記引き抜き動作における前記主軸の回転量及び最高回転速度を前記タップ加工プログラムから取得し、前記主軸の前記回転量及び前記最高回転速度を前記主軸指令として前記主軸制御部に送る主軸指令出力部を有する。

明 細 書

発明の名称： 工作機械の制御装置及び制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、工作機械の制御装置及び制御方法に関する。

背景技術

[0002] 従来より、主軸と送り軸との同期運転によりタップ加工を行う工作機械において、加工精度を向上させる又はサイクルタイムを短縮させるために様々な技術が提案されている（例えば、特許文献1参照）。特許文献1は、簡単な構成で、主軸の加速能力を最大限に発揮させる制御を行ってサイクルタイムを短縮することができる制御装置を開示する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-78223号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] このような工作機械の制御装置において、サイクルタイムを更に短縮するために、パスの動作終了から次のパスの動作開始までの指令待ち時間をより低減することが望まれている。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示に係る制御装置は、主軸と送り軸との同期運転を制御する工作機械の制御装置であって、タップ加工プログラムに基づき主軸指令及び送り軸指令を作成する数値制御部と、前記主軸指令に従って前記主軸の回転動作を制御する主軸制御部と、前記主軸の回転位置を検出する回転検出部と、前記回転位置に基づいて、前記送り軸指令に従って前記送り軸の送り動作を制御する送り軸制御部と、を備える。前記数値制御部は、加工開始位置から目標位置まで任意の回数で切り込み動作及び引き抜き動作を行う際に、前記切り込み動作及び前記引き抜き動作における前記主軸の回転量及び最高回転速度を

前記タップ加工プログラムから取得し、前記主軸の前記回転量及び前記最高回転速度を前記主軸指令として前記主軸制御部に送る主軸指令出力部を有する。前記主軸制御部は、前記最高回転速度を目標値として前記加工開始位置から前記目標位置に向かって前記主軸を、駆動源の許容電流を最大限に利用した最大能力で加速回転させる初期動作制御部と、前記最大能力での加速回転中に前記回転位置に基づいて最大加速度を検出する最大加速度検出部と、前記回転量及び前記回転位置に基づいて、現在位置から前記目標位置に至るまでの前記主軸の残回転量を検出する残回転量検出部と、前記回転位置に基づいて前記主軸の現在速度を検出する現在速度検出部と、前記最大能力での加速回転の後に、前記最大加速度、前記残回転量及び前記現在速度に基づいて、前記主軸を前記最大加速度に対応する最大減速度で減速回転させて前記目標位置に到達させる位置決め動作制御部と、を有する、制御装置。

[0006] 本開示に係る制御方法は、主軸と送り軸との同期運転を制御する工作機械の制御方法であって、加工開始位置から目標位置まで任意の回数で切り込み動作及び引き抜き動作を行う際に、前記切り込み動作及び前記引き抜き動作における前記主軸の回転量及び最高回転速度をタップ加工プログラムから取得するステップと、前記最高回転速度を目標値として前記加工開始位置から前記目標位置に向かって前記主軸を、駆動源の許容電流を最大限に利用した最大能力で加速回転させるステップと、前記最大能力での加速回転中に前記主軸の回転位置フィードバック値に基づいて最大加速度を検出するステップと、前記回転量及び前記回転位置フィードバック値に基づいて、現在位置から前記目標位置に至るまでの前記主軸の残回転量を検出するステップと、前記回転位置フィードバック値に基づいて前記主軸の現在速度を検出するステップと、前記最大能力での加速回転の後に、前記最大加速度、前記残回転量及び前記現在速度に基づいて、前記主軸を前記最大加速度に対応する最大減速度で減速回転させて前記目標位置に到達させるステップと、を備える。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、指令待ち時間をより低減することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]制御装置の概要を示す図である。

[図2]第1実施形態に係る制御装置によるタップ加工について説明する図である。

[図3]第1実施形態に係る制御装置によるタップ加工の処理を示すフローチャートである。

[図4]第2実施形態に係る制御装置によるタップ加工について説明する図である。

[図5]第2実施形態に係る制御装置によるタップ加工の処理を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明の実施形態の一例について説明する。図1は、制御装置200の概要を示す図である。図1に示すように、制御装置200は、主軸101と送り軸105との同期運転によりタップ加工を行う工作機械（例えば旋盤、ボール盤、マシニングセンタ等）において、送り軸105が、タップ加工プログラム500で指定されるねじピッチを考慮しながら、主軸101の回転動作に追従するように動作する同期運転（いわゆるマスター・スレーブ同期方式）を制御する装置である。

[0010] 制御装置200は、数値制御部210と、主軸制御部220と、回転検出部230と、送り軸制御部240とを備える。

[0011] 数値制御部210は、主軸指令出力部211と、プログラム解釈部212と、送り軸指令出力部213とを備える。数値制御部210は、公知のCNC (computerized numerical control) 装置のハードウェア構成を有することができる。

[0012] 主軸指令出力部211は、タップ加工の開始に先立ち、プログラム解釈部212が解釈したタップ加工プログラム500の指令値から、加工開始位置（回転位置）から目標ねじ深さ（回転位置）に至る間の主軸101の総回転量Sと、最高回転速度Vとを取得して、これら総回転量Sと最高回転速度V

とを主軸指令CSとして主軸制御部220に送る。

[0013] 例えばタップ加工プログラム500が、主軸101の最高回転速度（この例では1分間当りの最大回転数） V を 3000 rev/min として、ねじピッチ 1.25 mm 、ねじ深さ 30 mm の雌ねじを加工する指令を含む場合、加工開始位置から目標ねじ深さに至る間の主軸101の総回転量 S は、 $30 \div 1.25 = 24\text{ (rev)}$ となる。よって、主軸指令出力部211は、最高回転速度 $V = 3000\text{ (rev/min)}$ と総回転量 $S = 24\text{ (rev)}$ とを主軸制御部220に通知する。このように主軸指令CSは、主軸101を目標ねじ深さまで回転運動させるための位置指令や加減速指令を含まないものとなっている。

[0014] また、主軸指令出力部211は、加工開始位置から目標位置まで任意の回数で切り込み動作及び引き抜き動作を行う際に、切り込み動作及び引き抜き動作における主軸101の回転量 S 及び最高回転速度 V をタップ加工プログラム500から取得する。そして、主軸指令出力部211は、主軸101の回転量 S 及び最高回転速度 V を主軸指令として主軸制御部220に送る。

[0015] 具体的には、主軸指令出力部211は、主軸制御部220による主軸101の移動開始前に、切り込み動作及び引き抜き動作における主軸の回転量 S 及び最高回転速度 V をタップ加工プログラム500から取得し、主軸101の回転量 S 及び最高回転速度 V を主軸指令として主軸制御部220に送る。

[0016] また、主軸制御部220は、主軸指令出力部211から送られた回転量 S 及び最高回転速度 V としての主軸指令によって、数値制御部210からの指令に先行して主軸101の移動を開始する。

[0017] プログラム解釈部212は、タップ加工プログラム500を解釈する。

送り軸指令出力部213は、プログラム解釈部212の解釈に従い送り軸指令CFを作成して、送り軸制御部240に送り軸指令CFを送る。

[0018] 主軸制御部220は、初期動作制御部221と、最大加速度検出部222と、残回転量検出部223と、現在速度検出部224と、位置決め動作制御部225とを備えている。

初期動作制御部 221 は、主軸指令出力部 211 から送られた最高回転速度 V を目標値とする速度制御により加工開始位置から主軸 101 を、駆動源の許容電流を最大限に利用した最大能力で加速回転させる。

[0019] 最大加速度検出部 222 は、最大能力での加速回転中に回転位置 FBS に基づいて最大加速度 $A0$ (min^{-1}/s) を検出する。

残回転量検出部 223 は、主軸指令出力部 211 から送られた総回転量 S と、回転検出部 230 から出力される回転位置 FBS とに基づいて、現在位置（回転位置）から目標ねじ深さに至るまでの主軸 101 の残回転量 S_r (rev) を検出する。

[0020] 現在速度検出部 224 は、回転検出部 230 から出力される回転位置 FBS に基づき、主軸 101 の現在速度 V_c (min^{-1}) を検出する。現在速度 V_c が、最高回転速度 V に達したときに主軸 101 の回転を加速回転から最高回転速度 V の回転とする。

[0021] 位置決め動作制御部 225 は、最大能力での加速回転の後に、最大加速度 $A0$ と、残回転量 S_r と、現在速度 V_c とに基づいて、主軸 101 を最大加速度に対応する最大減速度で減速回転させて目標ねじ深さに到達させるための位置制御を実行する。

[0022] 一実施形態では、位置決め動作制御部 225 は、主軸 101 を最大加速度に対応する最大減速度で減速回転させるとともに、目標ねじ深さで停止させるように構成できる。また、一実施形態では、位置決め動作制御部 225 は、主軸 101 を目標ねじ深さで停止させることなく（つまり加速度を零にすることなく）、減速回転における最大減速度 $A0$ （負の値）と同じ逆回転の加速度 $A0$ （負の値）で、主軸 101 を予め定めた回転位置まで加速逆回転させるように構成されてもよい。

[0023] また、主軸制御部 220 は、回転検出部 230 が検出した主軸 101 の回転位置 FBS （すなわちフィードバック値）を用いて、一般的なフィードバック制御によりトルク指令値を主軸 101 に送り、主軸 101 の回転動作を

制御する。

[0024] 回転検出部230は、主軸101の動作位置を検出するエンコーダ等の位置検出器102の出力から、回転位置FBSを取得することができる。

[0025] 送り軸制御部240は、送り軸指令出力部213から送られた送り軸指令CFに従って、送り軸105の動作位置を検出するエンコーダ等の位置検出器102からの送り位置のフィードバック値に加えて、主軸101の回転位置FBSを用いて、フィードバック制御により主軸101の動作に追従する送り軸105の送り動作を制御する。なお、送り軸制御部240は、ワークに対して送り軸105をZ方向に対して直線送りしている。しかし、ワーク又は工具をX軸方向及びY軸方向に対して送り動作させる2つの送り軸を制御する2つの送り軸制御部をさらに備えていてもよい。

[0026] 主軸制御部220が主軸の加工開始位置から目標ねじ深さまでの回転動作を制御する間、送り軸制御部22は、主軸101の回転位置FBSを用いて、送り軸105を主軸12の動作に追従するように制御して送り動作を行わせる。数値制御部210は、主軸制御部220がタップ加工処理を実行する間、主軸制御部220から通知される残回転量 S_r を監視して、残回転量 S_r が第1の所定値（零に近い極小値）以下になったときに、タップ加工が目標ねじ深さに達したと判断する。

[0027] <第1実施形態>

図2は、第1実施形態に係る制御装置200によるタップ加工について説明する図である。

制御装置200は、加工開始位置から目標位置（穴底）まで任意の回数で切り込み動作及び引き抜き動作を行うことによってタップ加工を行う。

[0028] 図2に示すように、主軸制御部220は、タップ加工開始位置から第1の目標位置まで切り込み動作を主軸101の回転量 S_0 及び最高回転速度 V_0 によって行う。

次に、主軸制御部220は、切り込み動作が終了した第1の目標位置から第2の目標位置まで引き抜き動作を主軸101の回転量 S_1 及び最高回転速

度 V_1 によって行う。

[0029] 次に、主軸制御部 220 は、引き抜き動作が終了した第 2 の目標位置から第 3 の目標位置まで切り込み動作を主軸 101 の回転量 S_3 及び最高回転速度 V_0 によって行う。

[0030] このようにタップ加工は、切り込み動作及び引き抜き動作を繰り返すことによって行われ、最終的に主軸 101 は、目標位置（穴底）に到達する。なお、図 2 に示す例では、切り込み動作における最高回転速度は、 V_0 であり、引き抜き動作における最高回転速度は、 V_1 である。

[0031] 図 3 は、第 1 実施形態に係る制御装置 200 によるタップ加工の処理を示すフローチャートである。

ステップ S1 において、主軸指令出力部 211 は、主軸制御部 220 による主軸 101 の回転制御の開始前に、切り込み動作及び引き抜き動作における主軸 101 の回転量 S_0 、 S_1 、 $S_2 \cdots$ 及び最高回転速度 V_0 、 V_1 をタップ加工プログラム 500 から取得する。そして、主軸指令出力部 211 は、切り込み動作及び引き抜き動作における主軸 101 の回転量 S_0 、 S_1 、 $S_2 \cdots$ 及び最高回転速度 V_0 、 V_1 を主軸指令として主軸制御部 220 に送る。

[0032] ステップ S2 において、主軸制御部 220 は、主軸 101 の回転量 S_0 及び最高回転速度 V_0 を主軸指令として、主軸 101 の移動を開始する。

[0033] ステップ S3 において、主軸制御部 220 は、タップ加工開始位置から第 1 の目標位置まで切り込み動作を主軸 101 の回転量 S_0 及び最高回転速度 V_0 によって行う。

[0034] ステップ S4 において、主軸制御部 220 は、主軸 101 が回転量 S_0 を移動完了したか否かを判定する。主軸 101 が回転量 S_0 を移動完了した場合（YES）、処理は、ステップ S5 へ移る。主軸 101 が回転量 S_0 を移動完了していない場合（NO）、処理は、ステップ S3 へ戻る。

[0035] ステップ S5 において、ステップ 3 における切り込み動作の終了後、すなわち回転量 S_0 の移動完了後、主軸制御部 220 は、主軸指令出力部 211 か

ら送られた回転量 S 1 及び最高回転速度 V 1 を主軸指令として、数値制御部 2 1 0 からの指令に先行して主軸 1 0 1 の移動を開始する。

[0036] ステップ S 6 において、主軸制御部 2 2 0 は、切り込み動作が終了した第 1 の目標位置から第 2 の目標位置まで引き抜き動作を主軸 1 0 1 の回転量 S 1 及び最高回転速度 V 1 によって行う。

[0037] ステップ S 7 において、主軸制御部 2 2 0 は、主軸 1 0 1 が回転量 S 1 を移動完了したか否かを判定する。主軸 1 0 1 が回転量 S 1 を移動完了した場合 (Y E S)、処理は、ステップ S 8 へ移る。主軸 1 0 1 が回転量 S 1 を移動完了していない場合 (N O)、処理は、ステップ S 6 へ戻る。

[0038] ステップ S 8 において、ステップ 6 における引き抜き動作の終了後、すなわち回転量 S 1 の移動完了後、主軸制御部 2 2 0 は、主軸指令出力部 2 1 1 から送られた回転量 S 2 及び最高回転速度 V 0 を主軸指令として、数値制御部 2 1 0 からの指令に先行して主軸 1 0 1 の移動を開始する。

[0039] ステップ S 9 において、主軸制御部 2 2 0 は、引き抜き動作が終了した第 2 の目標位置から第 3 の目標位置まで切込み動作を主軸 1 0 1 の回転量 S 2 及び最高回転速度 V 0 によって行う。

[0040] そして、処理は、主軸 1 0 1 が穴底へ到達するまで、ステップ S 3 からステップ S 9 までと同様の処理を繰り返し、処理は、その後、ステップ S 1 0 へ移る。

[0041] ステップ S 1 0 において、主軸 1 0 1 が穴底へ到達した後、主軸制御部 2 2 0 は、主軸指令出力部 2 1 1 から送られた回転量 S n 及び最高回転速度 V 1 を主軸指令として、主軸 1 0 1 のタップ加工開始位置への移動を開始する。

[0042] ステップ S 1 1 において、主軸制御部 2 2 0 は、穴底からタップ加工開始位置まで引き抜き動作を主軸 1 0 1 の回転量 S n 及び最高回転速度 V 1 によって行う。

そして、主軸制御部 2 2 0 は、主軸 1 0 1 がタップ加工開始位置へを移動完了したか否かを判定する。主軸 1 0 1 がタップ加工開始位置へ移動完了し

た場合（ＹＥＳ）、処理は、その後終了する。主軸１０１がタップ加工開始位置へ移動完了していない場合（ＮＯ）、処理は、ステップＳ１１を繰り返す。

[0043] ＜第２実施形態＞

次に、第２実施形態に係る制御装置２００によるタップ加工の処理について説明する。

第２実施形態は、切り込み動作又は引き抜き動作において回転量及び最高回転速度が変更される点が第１実施形態とは異なる。

[0044] 具体的には、主軸１０１の回転量及び最高回転速度は、切り込み動作又は引き抜き動作中の所定の位置において変更される。

そして、主軸指令出力部２１１は、主軸１０１の変更前の第１の回転量、変更後の第２の回転量、変更前の第１の最高回転速度及び変更後の第２の最高回転速度をタップ加工プログラム５００から取得する。そして、主軸指令出力部２１１は、第１の回転量、第２の回転量、第１の最高回転速度及び第２の最高回転速度を主軸指令として主軸制御部２２０に送る。

[0045] より具体的には、主軸１０１の回転量及び最高回転速度は、引き抜き動作後の切り込み動作中の所定の位置において変更され、所定の位置は、直前の引き抜き動作における目標位置であってもよい。ここで、引き抜き動作後の切り込み動作において、制御装置２００は、引き抜き動作の目標位置（到達位置）から切り込み動作を開始する。

[0046] 引き抜き動作が行われた部分は、既に加工済みであるため、工具は、加工済みの部分をなぞり、切り込み動作は、無負荷加工となる。そのため、加工済みの部分における主軸１０１の最高回転速度は、切削速度よりも早い速度とすることができ、サイクルタイムを更に短縮することができる。

[0047] また、主軸１０１の回転量及び最高回転速度は、切り込み動作後の引き抜き動作中の所定の位置において変更されてもよい。

[0048] 図４は、第２実施形態に係る制御装置２００によるタップ加工について説明する図である。図４に示すように、主軸制御部２２０は、タップ加工開始

位置から第１の目標位置まで切り込み動作を主軸１０１の回転量Ｓ０及び最高回転速度Ｖ０によって行う。

次に、主軸制御部２２０は、切り込み動作が終了した第１の目標位置から第２の目標位置まで引き抜き動作を主軸１０１の回転量Ｓ１及び最高回転速度Ｖ１によって行う。

[0049] 次に、主軸制御部２２０は、引き抜き動作が終了した第２の目標位置から切り込み動作が終了した第１の目標位置まで切り込み動作を主軸１０１の回転量Ｓ２及び最高回転速度Ｖ１によって行う。

更に、主軸制御部２２０は、第１の目標位置から第３の目標位置まで切り込み動作を主軸１０１の回転量Ｓ３及び最高回転速度Ｖ０によって行う。

[0050] このように既に切り込みが完了している第２の目標位置から第１の目標位置までの切り込み動作を回転量Ｓ２及び最高回転速度Ｖ１によって行うことにより、実際の切り込み動作における最高回転速度Ｖ０よりも早い速度で主軸１０１を移動することができる。

[0051] このようタップ加工は、切込み動作及び引き抜き動作を繰り返すことによって行われ、最終的に主軸１０１は、目標ねじ深さ（穴底）に到達する。

[0052] 図５は、第２実施形態に係る制御装置２００によるタップ加工の処理を示すフローチャートである。

ステップＳ２１において、主軸指令出力部２１１は、主軸制御部２２０による主軸１０１の回転制御の開始前に、主軸制御部２２０による主軸１０１の回転制御の開始前に、切り込み動作及び引き抜き動作における主軸１０１の回転量Ｓ０、Ｓ１、Ｓ２、Ｓ３・・・及び最高回転速度Ｖ０、Ｖ１をタップ加工プログラム５００から取得する。そして、主軸指令出力部２１１は、切り込み動作及び引き抜き動作における主軸１０１の回転量Ｓ０、Ｓ１、Ｓ２、Ｓ３・・・及び最高回転速度Ｖ０、Ｖ１を主軸指令として主軸制御部２２０に送る。

[0053] ステップＳ２２において、主軸制御部２２０は、主軸１０１の回転量Ｓ０及び最高回転速度Ｖ０を主軸指令として、主軸１０１の移動を開始する。

- [0054] ステップS 2 3において、主軸制御部2 2 0は、タップ加工開始位置から第1の目標位置まで切り込み動作を主軸1 0 1の回転量S 0及び最高回転速度V 0によって行う。
- [0055] ステップS 2 4において、主軸制御部2 2 0は、主軸1 0 1が回転量S 0を移動完了したか否かを判定する。主軸1 0 1が回転量S 0を移動完了した場合（Y E S）、処理は、ステップS 2 5へ移る。主軸1 0 1が回転量S 0を移動完了していない場合（N O）、処理は、ステップS 2 3へ戻る。
- [0056] ステップS 2 5において、ステップ1 3における切込み動作の終了後、すなわち回転量S 0の移動完了後、主軸制御部2 2 0は、主軸指令出力部2 1 1から送られた回転量S 1及び最高回転速度V 1を主軸指令として、数値制御部2 1 0からの指令に先行して主軸1 0 1の移動を開始する。
- [0057] ステップS 2 6において、主軸制御部2 2 0は、切り込み動作が終了した第1の目標位置から第2の目標位置まで引き抜き動作を主軸1 0 1の回転量S 1及び最高回転速度V 1によって行う。
- [0058] ステップS 2 7において、主軸制御部2 2 0は、主軸1 0 1が回転量S 1を移動完了したか否かを判定する。主軸1 0 1が回転量S 1を移動完了した場合（Y E S）、処理は、ステップS 2 8へ移る。主軸1 0 1が回転量S 1を移動完了していない場合（N O）、処理は、ステップS 2 6へ戻る。
- [0059] ステップS 2 8において、ステップ1 6における引き抜き動作の終了後、すなわち回転量S 1の移動完了後、主軸制御部2 2 0は、主軸指令出力部2 1 1から送られた回転量S 2及び最高回転速度V 1、並びに回転量S 3及び最高回転速度V 0を主軸指令として、数値制御部2 1 0からの指令に先行して主軸1 0 1の移動を開始する。
- [0060] ステップS 2 9において、主軸制御部2 2 0は、引き抜き動作が終了した第2の目標位置から切り込み動作が終了した第1の目標位置まで切り込み動作を主軸1 0 1の回転量S 2及び最高回転速度V 1によって行う。
- 更に、主軸制御部2 2 0は、第1の目標位置から第3の目標位置まで切り込み動作を主軸1 0 1の回転量S 3及び最高回転速度V 0によって行う。

[0061] そして、処理は、主軸１０１が穴底へ到達するまで、ステップＳ２３からステップＳ２９までと同様の処理を繰り返し、処理は、その後、ステップＳ３０へ移る。

[0062] ステップＳ３０において、主軸１０１が穴底へ到達した後、主軸制御部２２０は、主軸指令出力部２１１から送られた回転量Ｓｎ及び最高回転速度Ｖ１を主軸指令として、主軸１０１のタップ加工開始位置への移動を開始する。

[0063] ステップＳ３１において、主軸制御部２２０は、穴底からタップ加工開始位置まで引き抜き動作を主軸１０１の回転量Ｓｎ及び最高回転速度Ｖ１によって行う。

そして、主軸制御部２２０は、主軸１０１がタップ加工開始位置へを移動完了したか否かを判定する。主軸１０１がタップ加工開始位置へ移動完了した場合（ＹＥＳ）、処理は、その後終了する。主軸１０１がタップ加工開始位置へ移動完了していない場合（ＮＯ）、処理は、ステップＳ３１を繰り返す。

[0064] 以上説明したように、上述した実施形態によれば、工作機械の制御装置２００は、タップ加工プログラム５００に基づき主軸指令及び送り軸指令を作成する数値制御部２１０と、主軸指令に従って主軸１０１の回転動作を制御する主軸制御部２２０と、主軸１０１の回転位置を検出する回転検出部２３０と、回転位置に基づいて、送り軸指令に従って送り軸の送り動作を制御する送り軸制御部２４０と、を備える。数値制御部２１０は、加工開始位置から目標位置まで任意の回数で切り込み動作及び引き抜き動作を行う際に、切り込み動作及び引き抜き動作における主軸１０１の回転量及び最高回転速度をタップ加工プログラム５００から取得し、主軸１０１の回転量及び最高回転速度を主軸指令として主軸制御部２２０に送る主軸指令出力部２１１を有する。

[0065] これにより、主軸制御部２２０は、事前に送られた主軸１０１の回転量及び最高回転速度を用いることによって、切り込み動作又は引き抜き動作の完

了後に、次の引き抜き動作又は切り込み動作における主軸１０１の移動を開始することができる。そのため、制御装置２００は、主軸制御部２２０における指令待ち時間をより低減することができる。したがって、制御装置２００は、タップ加工のサイクルタイムを短縮することができる。

[0066] また、主軸指令出力部２１１は、主軸制御部２２０による主軸１０１の移動開始前に、切り込み動作及び引き抜き動作における主軸１０１の回転量及び最高回転速度をタップ加工プログラム５００から取得し、主軸１０１の回転量及び最高回転速度を主軸指令として主軸制御部２２０に送る。

[0067] これにより、主軸制御部２２０は、主軸１０１の移動開始前に、主軸１０１の回転量及び最高回転速度を取得することによって、切り込み動作又は引き抜き動作の完了後に、次の引き抜き動作又は切り込み動作における主軸１０１の移動を開始することができる。そのため、制御装置２００は、主軸制御部２２０における指令待ち時間をより低減することができる。

[0068] また、主軸制御部２２０は、主軸指令出力部２１１から送られた回転量及び最高回転速度を主軸指令として、数値制御部２１０からの指令に先行して主軸１０１の移動を開始する。これにより、制御装置２００は、主軸制御部２２０における指令待ち時間をより低減することができる。

[0069] また、主軸１０１の回転量及び最高回転速度は、切り込み動作又は引き抜き動作中の所定の位置において変更される。主軸指令出力部２１１は、主軸１０１の変更前の第１の回転量、変更後の第２の回転量、変更前の第１の最高回転速度及び変更後の第２の最高回転速度をタップ加工プログラム５００から取得する。そして、主軸指令出力部２１１は、第１の回転量、第２の回転量、第１の最高回転速度及び第２の最高回転速度を主軸指令として主軸制御部２２０に送る。

[0070] これにより、制御装置２００は、切り込み動作又は引き抜き動作中に主軸１０１の回転量及び最高回転速度を変更することにより、タップ加工のサイクルタイムを更に短縮することができる。

[0071] また、主軸１０１の回転量及び最高回転速度は、引き抜き動作後の切り込

み動作中の所定の位置において変更され、所定の位置は、直前の前記引き抜き動作における目標位置である。これにより、制御装置200は、引き抜き動作後の切り込み動作中に主軸101の回転量及び最高回転速度を変更することにより、タップ加工のサイクルタイムを更に短縮することができる。

[0072] 以上、本発明の実施形態について説明したが、上記の制御装置200は、ハードウェア、ソフトウェア又はこれらの組み合わせにより実現することができる。また、上記の制御装置200により行なわれる制御方法も、ハードウェア、ソフトウェア又はこれらの組み合わせにより実現することができる。ここで、ソフトウェアによって実現されるとは、コンピュータがプログラムを読み込んで実行することにより実現されることを意味する。

[0073] プログラムは、様々なタイプの非一時的なコンピュータ可読媒体（non-transitory computer readable medium）を用いて格納され、コンピュータに供給することができる。非一時的なコンピュータ可読媒体は、様々なタイプの実体のある記録媒体（tangible storage medium）を含む。非一時的なコンピュータ可読媒体の例は、磁気記録媒体（例えば、ハードディスクドライブ）、光磁気記録媒体（例えば、光磁気ディスク）、CD-ROM（Read Only Memory）、CD-R、CD-R/W、半導体メモリ（例えば、マスクROM、PROM（Programmable ROM）、EPROM（Erasable PROM）、フラッシュROM、RAM（random access memory））を含む。

[0074] また、上述した各実施形態は、本発明の好適な実施形態ではあるが、上記各実施形態のみに本発明の範囲を限定するものではない。本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更を施した形態での実施が可能である。

符号の説明

[0075] 200 制御装置
 210 数値制御部
 211 主軸指令出力部

- 2 1 2 プログラム解釈部
- 2 1 3 送り軸指令出力部
- 2 2 0 主軸制御部
- 2 2 1 初期動作制御部
- 2 2 2 回転量検出部
- 2 2 3 残回転量検出部
- 2 2 4 現在速度検出部
- 2 2 5 位置決め動作制御部
- 2 3 0 回転検出部
- 2 4 0 送り軸制御部

請求の範囲

- [請求項1] 主軸と送り軸との同期運転を制御する工作機械の制御装置であって、
- 、
- タップ加工プログラムに基づき主軸指令及び送り軸指令を作成する数値制御部と、
- 前記主軸指令に従って前記主軸の回転動作を制御する主軸制御部と
- 、
- 前記主軸の回転位置を検出する回転検出部と、
- 前記回転位置に基づいて、前記送り軸指令に従って前記送り軸の送り動作を制御する送り軸制御部と、を備え、
- 前記数値制御部は、
- 加工開始位置から目標位置まで任意の回数で切り込み動作及び引き抜き動作を行う際に、前記切り込み動作及び前記引き抜き動作における前記主軸の回転量及び最高回転速度を前記タップ加工プログラムから取得し、前記主軸の前記回転量及び前記最高回転速度を前記主軸指令として前記主軸制御部に送る主軸指令出力部を有し、
- 前記主軸制御部は、
- 前記最高回転速度を目標値として前記加工開始位置から前記目標位置に向かって前記主軸を、駆動源の許容電流を最大限に利用した最大能力で加速回転させる初期動作制御部と、
- 前記最大能力での加速回転中に前記回転位置に基づいて最大加速度を検出する最大加速度検出部と、
- 前記回転量及び前記回転位置に基づいて、現在位置から前記目標位置に至るまでの前記主軸の残回転量を検出する残回転量検出部と、
- 前記回転位置に基づいて前記主軸の現在速度を検出する現在速度検出部と、
- 前記最大能力での加速回転の後に、前記最大加速度、前記残回転量及び前記現在速度に基づいて、前記主軸を前記最大加速度に対応する

最大減速度で減速回転させて前記目標位置に到達させる位置決め動作制御部と、

を有する、制御装置。

[請求項2] 前記主軸指令出力部は、前記主軸制御部による前記主軸の移動開始前に、前記切り込み動作及び前記引き抜き動作における前記主軸の前記回転量及び前記最高回転速度を前記タップ加工プログラムから取得し、前記主軸の前記回転量及び前記最高回転速度を前記主軸指令として前記主軸制御部に送る、請求項1に記載の制御装置。

[請求項3] 前記主軸制御部は、前記主軸指令出力部から送られた前記回転量及び前記最高回転速度を前記主軸指令として、前記数値制御部からの指令に先行して前記主軸の移動を開始する、請求項1又は2に記載の制御装置。

[請求項4] 前記主軸の前記回転量及び前記最高回転速度は、前記切り込み動作又は前記引き抜き動作中の所定の位置において変更され、

前記主軸指令出力部は、

前記主軸の変更前の第1の回転量、変更後の第2の回転量、変更前の第1の最高回転速度及び変更後の第2の最高回転速度を前記タップ加工プログラムから取得し、

前記第1の回転量、前記第2の回転量、前記第1の最高回転速度及び前記第2の最高回転速度を前記主軸指令として前記主軸制御部に送る、

請求項1から3のいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項5] 前記主軸の前記回転量及び前記最高回転速度は、前記引き抜き動作後の前記切り込み動作中の前記所定の位置において変更され、

前記所定の位置は、直前の前記引き抜き動作における前記目標位置であり、

請求項4に記載の制御装置。

[請求項6] 主軸と送り軸との同期運転を制御する工作機械の制御方法であって

、

加工開始位置から目標位置まで任意の回数で切り込み動作及び引き抜き動作を行う際に、前記切り込み動作及び前記引き抜き動作における前記主軸の回転量及び最高回転速度をタップ加工プログラムから取得するステップと、

前記最高回転速度を目標値として前記加工開始位置から前記目標位置に向かって前記主軸を、駆動源の許容電流を最大限に利用した最大能力で加速回転させるステップと、

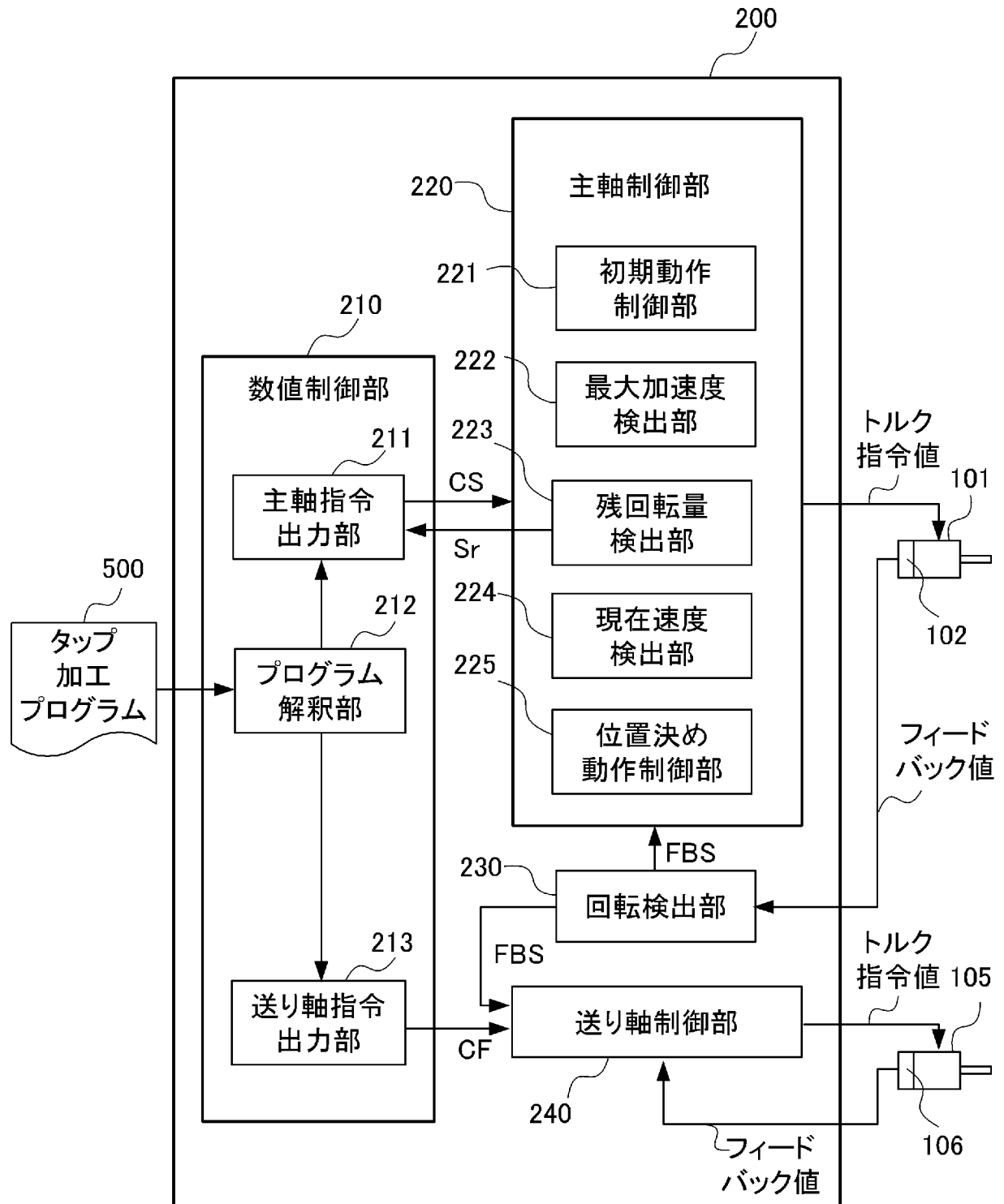
前記最大能力での加速回転中に前記主軸の回転位置フィードバック値に基づいて最大加速度を検出するステップと、

前記回転量及び前記回転位置フィードバック値に基づいて、現在位置から前記目標位置に至るまでの前記主軸の残回転量を検出するステップと、

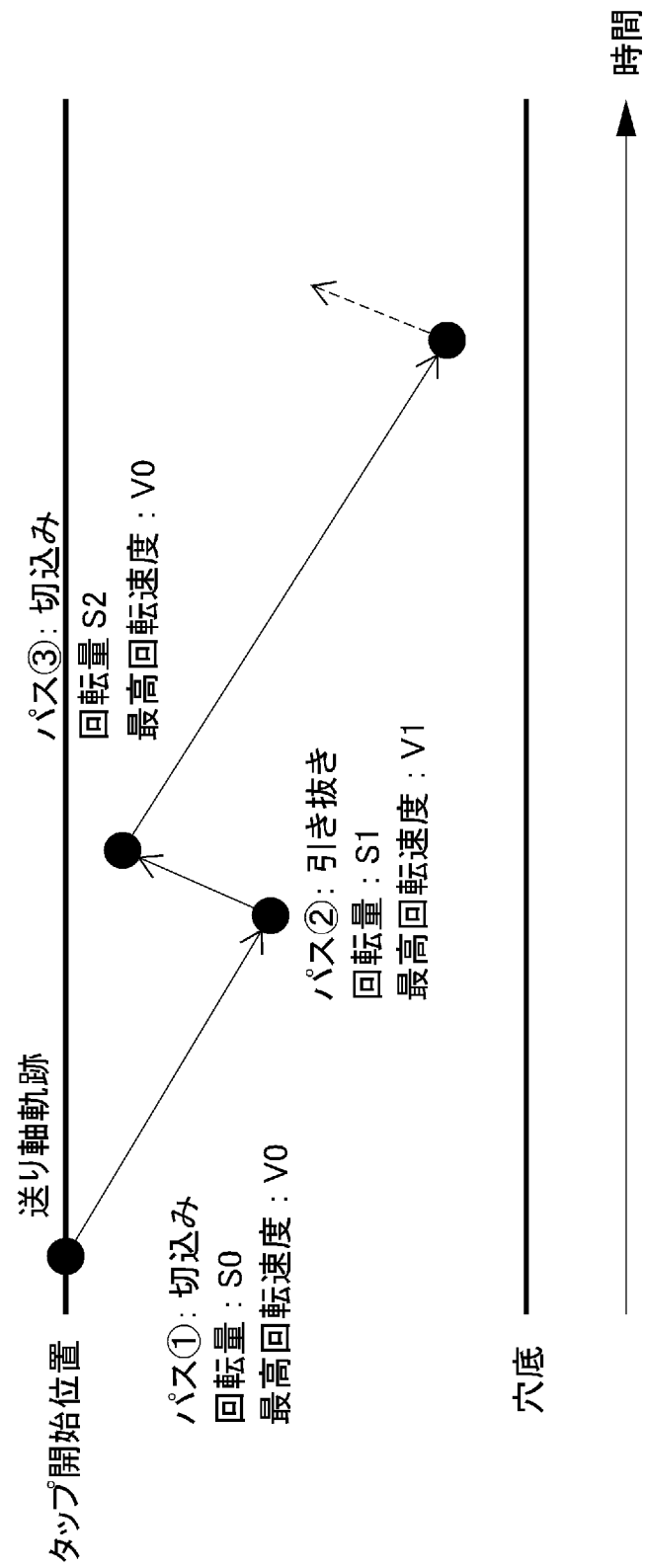
前記回転位置フィードバック値に基づいて前記主軸の現在速度を検出するステップと、

前記最大能力での加速回転の後に、前記最大加速度、前記残回転量及び前記現在速度に基づいて、前記主軸を前記最大加速度に対応する最大減速度で減速回転させて前記目標位置に到達させるステップと、
を備える制御方法。

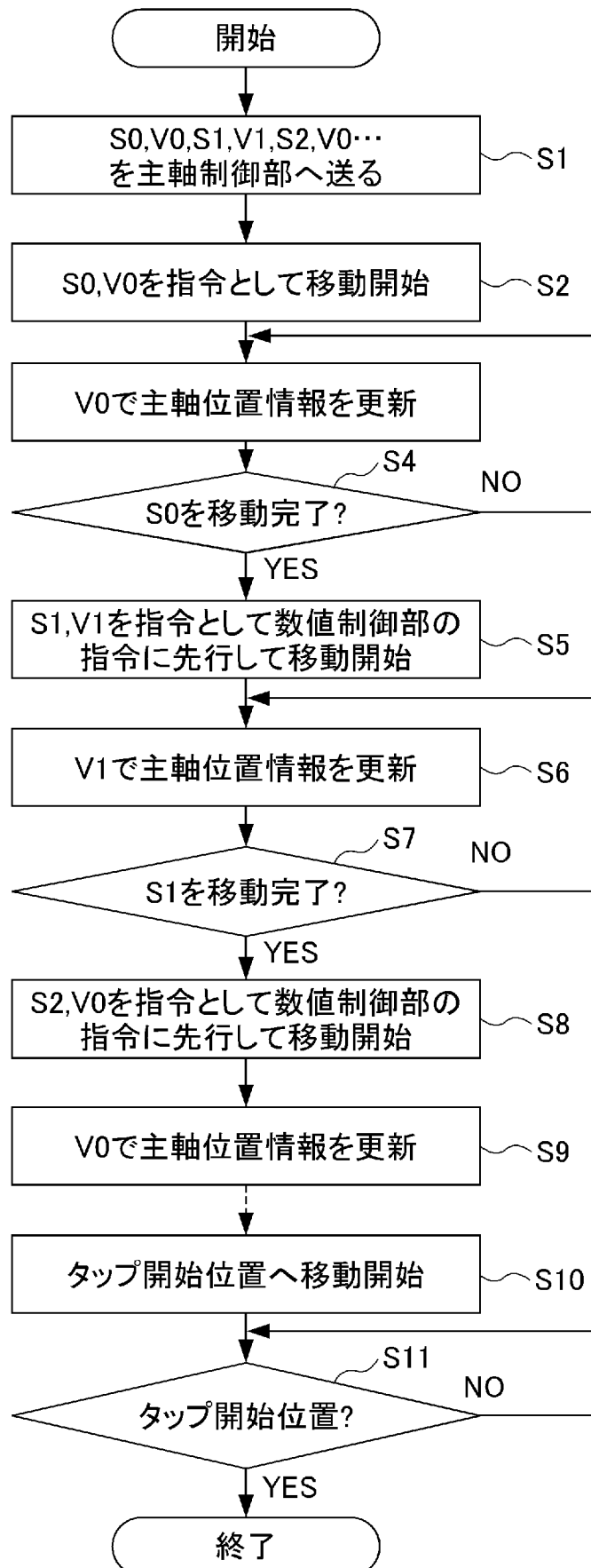
[図1]



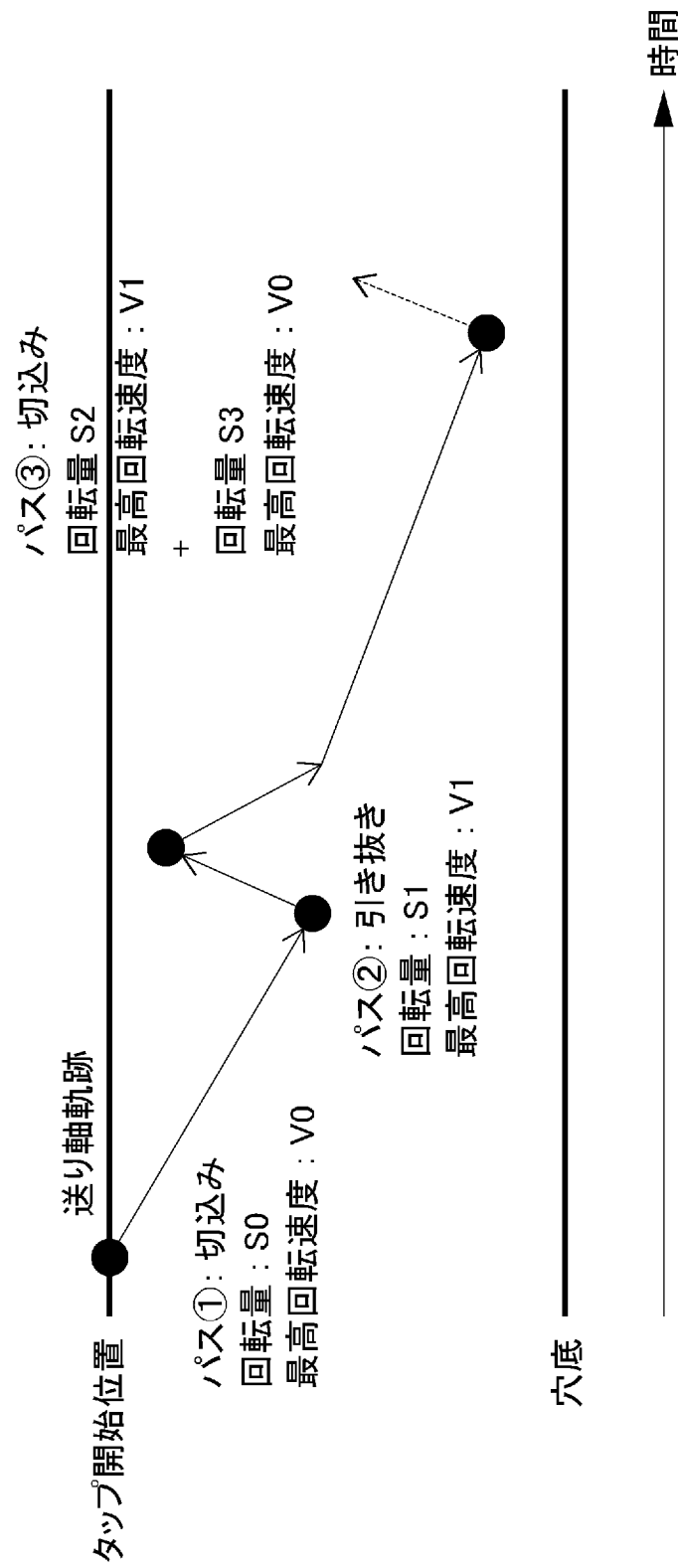
[図2]



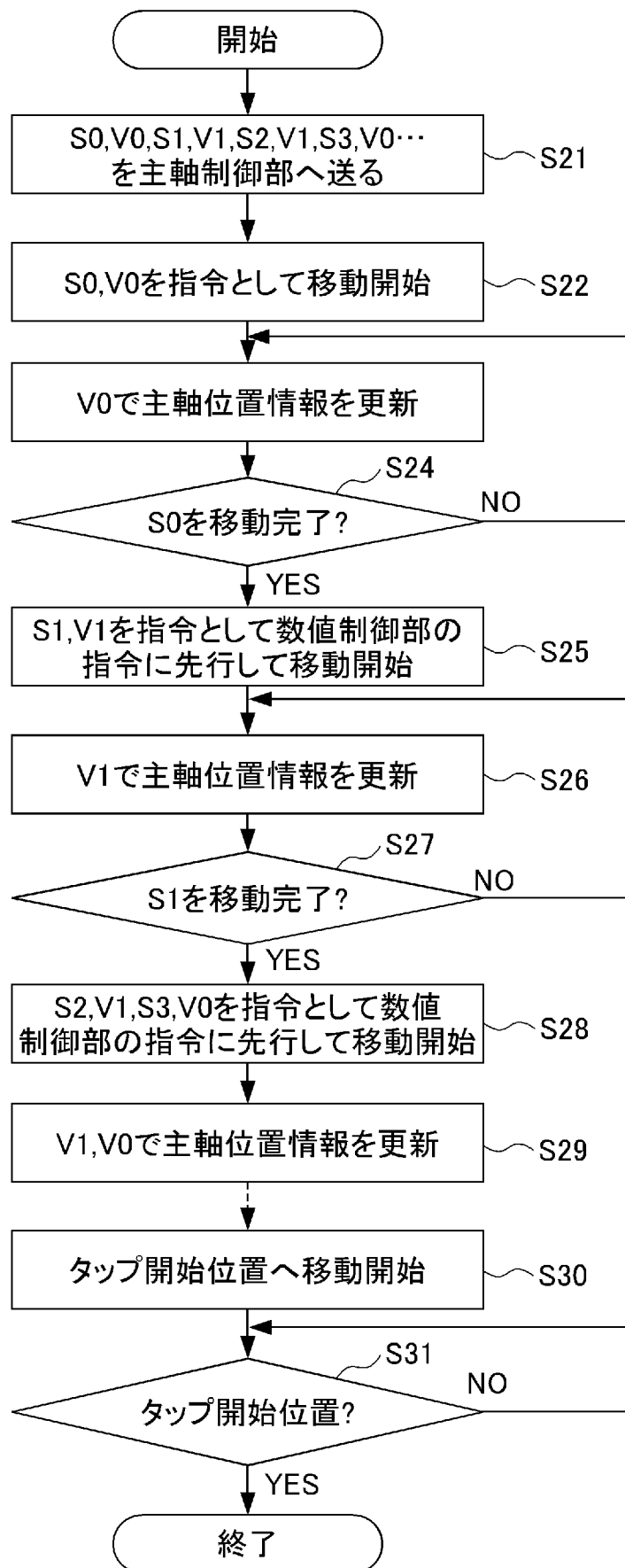
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/023927

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23G 1/16(2006.01)i; B23G 1/02(2006.01)i; B23Q 15/00(2006.01)i; G05B 19/18(2006.01)i; G05B 19/416(2006.01)i
FI: B23G1/16 A; B23Q15/00 303B; G05B19/18 C; B23G1/02 A; G05B19/416 K
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)

B23G1/16; B23G1/02; B23Q15/00; G05B19/18; G05B19/416

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6001633 B2 (FANUC CORPORATION) 05 October 2016 (2016-10-05) claim 1, paragraphs [0011]-[0029], fig. 1-2	1-6
Y	JP 62-224520 A (FANUC CORPORATION) 02 October 1987 (1987-10-02) page 3, lower left column, line 12 to lower right column, line 7, fig. 3	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 September 2021 (08.09.2021)

Date of mailing of the international search report
21 September 2021 (21.09.2021)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/023927

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 6001633 B2	05 Oct. 2016	US 2016/0116909 A1 paragraphs [0023]- [0042], fig. 1-2 DE 102015013283 A1 CN 105527928 A	
JP 62-224520 A	02 Oct. 1987	US 4985841 A column 4, line 49 to column 5, line 4, fig. 4 WO 1987/005839 A1 EP 267964 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23G 1/16(2006.01)i; B23G 1/02(2006.01)i; B23Q 15/00(2006.01)i; G05B 19/18(2006.01)i; G05B 19/416(2006.01)i FI: B23G1/16 A; B23Q15/00 303B; G05B19/18 C; B23G1/02 A; G05B19/416 K		
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）） B23G1/16; B23G1/02; B23Q15/00; G05B19/18; G05B19/416 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 6001633 B2（ファナック株式会社）05.10.2016（2016-10-05） 請求項1, 段落0011-0029, 図1-2	1-6
Y	JP 62-224520 A（ファナック株式会社）02.10.1987（1987-10-02） 第3 ページ左下欄第12行-同右下欄第7行, 第3図	1-6
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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 08.09.2021		国際調査報告の発送日 21.09.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 中里 翔平 3C 3832 電話番号 03-3581-1101 内線 3324

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/023927

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	6001633	B2	05.10.2016	US 2016/0116909 A1	
				段落0023-0042, 図1-2	
				DE 102015013283 A1	
				CN 105527928 A	
JP	62-224520	A	02.10.1987	US 4985841 A	
				第4欄第49行-第5欄第4行, 図4	
				WO 1987/005839 A1	
				EP 267964 A1	