

(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13日(13.01.2022)



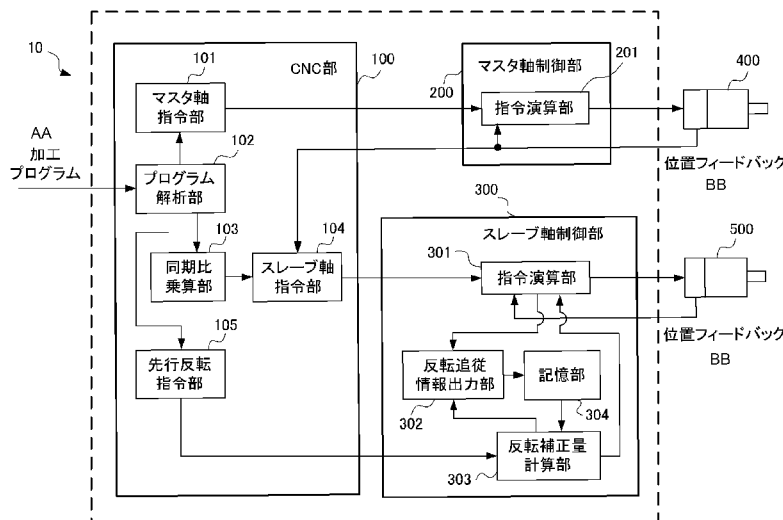
(10) 国際公開番号

WO 2022/009822 A1

- (51) 国際特許分類:
B23G 1/16 (2006.01) B23Q 15/12 (2006.01)
G05B 19/404 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/025250
- (22) 国際出願日: 2021年7月5日(05.07.2021)
- (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 2020-119000 2020年7月10日(10.07.2020) 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).
- (74) 代理人: 正林 真之, 外(SHOBAYASHI Masayuki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内 1 - 7 - 1 2 サピアタワー Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, 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,

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

(54) 発明の名称: 工作機械の制御装置と制御方法及びスレーブ軸制御装置



- 100 CNC unit
101 Master shaft command unit
102 Program analysis unit
103 Synchronization ratio multiplication unit
104 Slave shaft command unit
105 Prior inversion command unit
200 Master shaft control unit
201, 301 Command computing unit
300 Slave shaft control unit
302 Inversion following information output unit
303 Inversion correction amount calculation unit
304 Storage unit
AA Processing program
BB Position feedback

(57) Abstract: The present invention increases synchronization accuracy through improvement of followability of a slave shaft with respect to a master shaft. A control device according to the present invention is provided with: a master shaft control unit that controls rotational operation of a master shaft; a slave shaft control unit that controls a feeding operation of a slave shaft; and a numerical value control unit including a master shaft command unit that outputs a first inversion command to the master shaft control unit, a slave shaft command unit that, on the basis of feedback information from the master shaft, outputs a second inversion command that follows the feedback information to the slave shaft control unit, and a prior inversion command unit that outputs a prior inversion command to the slave shaft control unit prior to the output of the first inversion command. The slave shaft control unit stores the second inversion command and a follow result and an inversion correction amount in response to the second inversion command in association with each other, and obtains an inversion correction amount in response to the second inversion command being output after the output

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)）

of the prior inversion command, from the follow result and the inversion correction amount associated with the stored second inversion command identified on the basis of the prior inversion command.

(57) 要約：マスタ軸に対するスレーブ軸の追従性を改善して同期精度を向上させる。マスタ軸の回転動作を制御するマスタ軸制御部と、スレーブ軸の送り動作を制御するスレーブ軸制御部と、第1の反転指令をマスタ軸制御部に出力するマスタ軸指令部、マスタ軸からのフィードバック情報に基づいて、フィードバック情報に追従する第2の反転指令をスレーブ軸制御部に出力するスレーブ軸指令部、及び第1の反転指令の出力に先だってスレーブ軸制御部に先行反転指令を出力する先行反転指令部、を有する数値制御部と、を備えた制御装置であって、スレーブ軸制御部は、第2の反転指令、及び第2の反転指令に対する追従結果と反転補正量に関連付けて記憶し、先行反転指令に基づいて特定される、記憶された第2の反転指令に関連づけられた追従結果と反転補正量とから、先行反転指令の出力後に出力される第2の反転指令に対する反転補正量を求める。

明 細 書

発明の名称：

工作機械の制御装置と制御方法及びスレーブ軸制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、工作機械の制御装置と制御方法及びスレーブ軸制御装置に関する。

背景技術

[0002] 数値制御装置 (Numerical Control device) を適用した工作機械におけるタッピング動作の制御において、加工しようとするねじのピッチに合わせて送り指令と回転指令とを数値制御装置 (以下、NC装置という) 内で生成し、主軸の回転量を検出し、検出された回転量に従って送りモータを駆動する装置が特許文献 1 に記載されている。

[0003] 具体的には、特許文献 1 には、主軸の回転位置を検出する回転位置検出手段と、機械の送り位置を検出する送り位置検出手段とを備え、主軸を回転する回転モータと送りを駆動する送りモータとを同期運転してタッピング加工動作を行うねじ加工装置が記載されている。そして、ねじ加工装置が、回転指令値と検出された主軸の回転位置との回転偏差を演算する回転偏差演算手段と、その回転偏差に従って回転モータを駆動する回転駆動手段と、回転の速度及び加速度を算出し、その算出値からねじピッチに基づいて相当する送り指令値を演算する送り指令値演算手段と、検出された主軸の回転位置からねじピッチに基づいて相当する送り補正値を演算する送り補正値演算手段と、その送り補正値と検出された機械の送り量との送り偏差を演算する送り偏差演算手段と、その送り偏差により前記送り指令値を補正する補正手段と、その補正手段により補正された送り指令値に従って送りモータを駆動する送り駆動手段と、を備えることが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第2629729号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] マスタ・スレーブ方式で同期動作を行う軸構成が含まれる工作機械の制御装置において、主軸等のマスタ軸に対する送り軸等のスレーブ軸の追従の遅れ、特に、反転直後の加速動作におけるマスタ軸に対するスレーブ軸の追従の遅れが生じやすい。

[0006] よって、マスタ・スレーブ方式で同期動作を行う軸構成が含まれる工作機械の制御装置において、マスタ軸に対するスレーブ軸の追従性を改善して同期精度を向上させることが望まれる。

課題を解決するための手段

[0007] (1) 本開示の第1の態様は、マスタ・スレーブ方式で同期動作を行う、マスタ軸及びスレーブ軸が含まれる工作機械の制御装置であって、
前記マスタ軸の回転動作を制御するマスタ軸制御部と、
前記スレーブ軸の送り動作を制御するスレーブ軸制御部と、
加工プログラムに基づいて第1の反転指令を前記マスタ軸制御部に出力するマスタ軸指令部、前記加工プログラムと前記マスタ軸からのフィードバック情報とに基づいて、前記フィードバック情報に追従する第2の反転指令を前記スレーブ軸制御部に出力するスレーブ軸指令部、及び前記マスタ軸制御部への前記第1の反転指令の出力に先だて前記スレーブ軸制御部に先行反転指令を出力する先行反転指令部を有する数値制御部と、
を備え、
前記スレーブ軸制御部は、
前記第2の反転指令、前記第2の反転指令に対する追従結果、及び前記第2の反転指令に対する反転補正量を関連付けて記憶する記憶部と、
前記先行反転指令に基づいて特定される前記記憶部に記憶された前記第2の反転指令に関連づけられた、前記追従結果と前記反転補正量とから、前記先行反転指令の出力後に出力される前記第2の反転指令に対する反転補正量

を求める反転補正量計算部とを備える、制御装置である。

[0008] (2) 本開示の第2の態様は、マスタ・スレーブ方式で同期動作を行う、マスタ軸及びスレーブ軸が含まれる工作機械の制御装置の制御方法であって、

前記制御装置は、前記マスタ軸の回転動作を制御するマスタ軸制御部と、
前記スレーブ軸の送り動作を制御するスレーブ軸制御部と、

加工プログラムに基づいて第1の反転指令を前記マスタ軸制御部に出力し、
前記加工プログラムと前記マスタ軸からのフィードバック情報とに基づいて、
前記フィードバック情報に追従する第2の反転指令を前記スレーブ軸制御部に出力する数値制御部と、

を備え、

前記スレーブ軸制御部は、前記第2の反転指令、前記第2の反転指令に対する追従結果、及び前記第2の反転指令に対する反転補正量を関連付けて記憶部に記憶し、

前記記憶部に前記第2の反転指令、前記追従結果及び前記反転補正量が記憶された後に、前記数値制御部は、前記マスタ軸制御部への前記第1の反転指令の出力に先だって前記スレーブ軸制御部に先行反転指令を出力し、

前記スレーブ軸制御部は、前記先行反転指令に基づいて特定される前記記憶部に記憶された前記第2の反転指令に関連づけられた、前記追従結果と前記反転補正量とから、前記先行反転指令の出力後に出力される前記第2の反転指令の反転補正量を求める、制御方法である。

[0009] (3) 本開示の第3の態様は、工作機械のマスタ軸の回転動作を制御するマスタ軸制御部と、

前記工作機械のスレーブ軸の送り動作を制御するスレーブ軸制御部と、

加工プログラムに基づいて第1の反転指令を前記マスタ軸制御部に出力するマスタ軸指令部、前記加工プログラムと前記マスタ軸からのフィードバック情報とに基づいて、前記フィードバック情報に追従する第2の反転指令を前記スレーブ軸制御部に出力するスレーブ軸指令部、及び前記マスタ軸制御

部への前記第 1 の反転指令の出力に先だって前記スレーブ軸制御部に先行反転指令を出力する先行反転指令部を有する数値制御部と、

を備えた制御装置のスレーブ軸制御部となるスレーブ軸制御装置であって

、

前記第 2 の反転指令、前記第 2 の反転指令に対する追従結果、及び前記第 2 の反転指令に対する反転補正量を関連付けて記憶する記憶部と、

前記先行反転指令に基づいて特定される前記記憶部に記憶された前記第 2 の反転指令に関連づけられた、前記追従結果と前記反転補正量とから、前記先行反転指令の出力後に出力される前記第 2 の反転指令に対する反転補正量を求める反転補正量計算部とを備えた、スレーブ軸制御装置である。

発明の効果

[0010] 本開示の各態様によれば、マスタ軸に対するスレーブ軸の追従性を改善して同期精度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本開示の実施形態の工作機械の制御装置の一構成例を示すブロック図である。

[図2]本実施形態における、Z軸方向におけるねじ加工におけるタッピング動作を示す説明図である。

[図3]本実施形態におけるスレーブ軸制御部の構成を示すブロック図である。

[図4]本実施形態の制御装置の動作の一部を示すフローチャートである。

[図5]本実施形態の制御装置の動作の一部を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の実施形態について図面を用いて詳細について説明する。

図 1 は、本開示の実施形態の工作機械の制御装置の一構成例を示すブロック図である。

図 1 に示すように、工作機械の制御装置 10 は、コンピュータ数値制御部 (Computerized Numerical Control unit) 100、マスタ軸制御部 200、及びスレーブ軸制御部 300 を備えている。マスタ軸制御部 200 は工作機

械のマスタ軸のモータ４００を駆動し、スレーブ軸制御部３００は工作機械のスレーブ軸のモータ５００を駆動する。制御装置１０において、コンピュータ数値制御部（以下、ＣＮＣ部という）１００が加工プログラムに基づいてマスタ軸制御部２００及びスレーブ軸制御部３００を制御し、マスタ軸制御部２００及びスレーブ軸制御部３００がそれぞれモータ４００及びモータ５００を駆動して機械加工を行う。制御装置１０によって制御される工作機械は、例えば３軸加工機である。工作機械は３軸加工機に限定されず、例えば５軸加工機でもよい。工作機械の構成は既に知られているので、図１では工作機械のモータ４００及び５００のみを示し、他の構成部材の図示を省略している。マスタ軸は例えば工具を取り付けて回転させる主軸であり、モータを含む。スレーブ軸は、例えば被加工物に加工を施すための工具又は被加工物に送り運動を与える送り軸であり、モータを含む。

数値制御部は、ＣＮＣ部を含み、ＣＮＣ部は、数値制御部のうちコンピュータによって数値制御を行う数値制御部をいう。

[0013] なお、図１では、マスタ・スレーブ方式で同期動作を行う制御装置１０の１つのスレーブ軸制御部３００及び１つのモータ５００のみを示しているが、工作機械が３軸加工機である場合は、スレーブ軸となる送り軸はＸ軸、Ｙ軸及びＺ軸となり、送り軸を制御する制御部及びモータはＸ軸、Ｙ軸及びＺ軸についてそれぞれ設けられる。

[0014] 以下の説明では、制御装置１０は、マスタ・スレーブ方式で同期動作を行うねじ加工を制御するものとして説明する。図２はＺ軸方向におけるねじ加工におけるタッピング動作を示す説明図である。制御装置１０のＣＮＣ部１００は、被加工物のねじ加工の開始点まで、タップ工具が取り付けられたマスタ軸６００が移動するようにスレーブ軸指令となる送り指令を生成する。そして、ＣＮＣ部１００は、マスタ軸６００の先端に取り付けられたタップ工具が、被加工物のねじ加工の開始点からねじの穴底に到達し、送り方向（Ｚ軸方向）及び回転方向が反転し、タップ工具がねじの穴底から開始点まで移動するように、ねじのピッチに合わせてスレーブ軸指令となる送り指令と

マスタ軸指令となる回転指令とを生成する。制御装置１０は、反転時における、マスタ軸６００の先端のタップ工具の送り量と回転量とのずれが生じないように、スレーブ軸指令と、位置フィードバック情報となるマスタ軸のモータ４００の回転量とに基づいてスレーブ軸のモータ５００の回転を制御して、タップ工具の送り量を調整する。このようにして、制御装置１０は、モータ４００とモータ５００を同期させて制御する。

[0015] 以下、制御装置１０の各構成部について説明する。以下の説明では、マスタ軸６００はＸ軸方向及びＹ軸方向の移動はなく、制御装置１０が、Ｚ軸方向におけるねじ加工を行う場合について説明する。

[0016] <ＣＮＣ部>

ＣＮＣ部１００は、図１に示すように、マスタ軸指令部１０１、プログラム解析部１０２、同期比乗算部１０３、スレーブ軸指令部１０４、及び先行反転指令部１０５を備えている。

[0017] マスタ軸指令部１０１は、プログラム解析部１０２から出力される、マスタ軸の回転を指令する第１の移動指令に基づいて、マスタ軸の回転を指令するマスタ軸指令を生成して、そのマスタ軸指令をマスタ軸制御部２００の指令演算部２０１に出力する。マスタ軸指令は、マスタ軸６００の回転方向の極性（正転又は逆転）を含み、回転速度、及び／又は加速度等に関する情報を含む反転指令（第１の反転指令となる）を含んでいる。

[0018] プログラム解析部１０２は、ＣＡＭ（Computer Aided Manufacturing）装置によって作成された加工プログラム（ＮＣデータ）から主軸の回転のデータ及びＺ軸の移動のデータを含むブロックを逐次読みだして解析する。そして、プログラム解析部１０２は、解析結果に基づいて、マスタ軸の回転を指令する第１の移動指令と、スレーブ軸となるＺ軸の移動を指令する第２の移動指令とを作成し、第１の移動指令と第２の移動指令とをそれぞれ解析結果として、マスタ軸指令部１０１と同期比乗算部１０３とに出力する。

プログラム解析部１０２は、マスタ軸指令部１０１に対して第１の移動指令を送出するに先だって、マスタ軸の回転を指令する第１の移動指令に含ま

れる、反転時のマスタ軸の回転を指令する移動指令を先行反転指令部 105 に出力する。

[0019] 同期比乗算部 103 は、第 2 の移動指令に同期比を掛けてスレーブ軸指令部 104 に出力する。工作機械の加工においては、マスタ軸の動きに対してスレーブ軸の動きが 1 : 1 以外の比率で追従を要求されることがある。同期比乗算部 103 は、この比率を「同期比」として第 2 の移動指令に掛ける。同期比は、ユーザがプログラムに記述して指定され、又はあらかじめ CNC 部 100 のパラメータとして指定される。

[0020] スレーブ軸指令部 104 は、同期比乗算部 103 から出力される同期比が掛けられた第 2 の移動指令と、モータ 400 の位置検出量となる位置フィードバック情報とに基づいて、Z 軸の移動を指令するスレーブ軸指令を生成して、スレーブ軸指令を Z 軸のスレーブ軸制御部 300 の指令演算部 301 に出力する。スレーブ軸指令は、スレーブ軸の移動方向の極性（正転又は逆転）を含み、回転速度及び／又は加速度等に関する情報を含む反転指令（第 2 の反転指令となる）を含んでいる。モータ 400 の位置検出量となる位置フィードバック情報を用いてスレーブ軸指令を生成することで、マスタ軸 600 の先端のタップ工具の送り量と回転量とのずれを抑制するように工作機械を制御できる。

[0021] 先行反転指令部 105 は、プログラム解析部 102 から、反転時のマスタ軸の回転を指令する移動指令を受けると先行反転指令をスレーブ軸制御部 300 に送る。先行反転指令はマスタ軸 600 の極性（正転又は逆転）を含み、回転速度、及び／又は加速度等に関する情報を含んでいる。上述したように、プログラム解析部 102 が、マスタ軸指令部 101 に対して第 1 の移動指令を送出するに先だって、反転時のマスタ軸の回転を指令する移動指令を先行反転指令部 105 に出力するため、先行反転指令部 105 はマスタ軸指令部 101 が反転指令を含むマスタ軸指令を出力するのに先だって、スレーブ軸制御部 300 に先行反転指令を出力できる。

[0022] <マスタ軸制御部>

マスタ軸制御部２００は指令演算部２０１を備えている。

指令演算部２０１は、ＣＮＣ部１００のマスタ軸指令部１０１から、マスタ軸指令として位置指令が入力されると、位置指令とモータ４００からの位置フィードバック情報との差（位置偏差）を求める。指令演算部２０１は、求めた位置偏差に基づいて速度指令を求め、求めた速度指令に基づいてトルク指令を求める。更に指令演算部２０１は、求めたトルク指令に基づいて電流指令を求め、モータ４００の回転動作を制御する。位置フィードバック情報はスレーブ軸指令部１０４に出力される。指令演算部２０１の構成及び動作は既に知られているため、指令演算部２０１の構成部の図示及び詳細な説明は省略する。

[0023] <スレーブ軸制御部>

スレーブ軸制御部３００は、指令演算部３０１、反転追従情報出力部３０２、反転補正量計算部３０３及び記憶部３０４を備えている。スレーブ軸制御部３００はスレーブ軸制御装置となる。図３はスレーブ軸制御部の構成を示すブロック図である。

[0024] 指令演算部３０１は、ＣＮＣ部１００のスレーブ軸指令部１０４から、スレーブ軸指令として位置指令が入力されると、位置指令とモータ５００からの位置フィードバック情報との差（位置偏差）を求める。指令演算部３０１は、求めた位置偏差に基づいて速度指令を求め、求めた速度指令に基づいてトルク指令を求める。更に指令演算部３０１は、求めたトルク指令に基づいて電流指令を求め、モータ５００の回転動作を制御する。指令演算部３０１の構成及び動作は既に知られているため、指令演算部３０１の構成部の図示及び詳細な説明は省略する。

[0025] 反転追従情報出力部３０２は、反転補正量計算部３０３から、先行反転指令に基づいて計算された反転補正量を取得する。また、反転追従情報出力部３０２は、指令演算部３０１から、反転指令と、その反転指令に基づく反転追従結果となる位置偏差とを取得する。反転追従情報出力部３０２は、指令演算部３０１に入力されるスレーブ軸指令の極性の反転を検出して反転時を

求め、反転時の速度、及び／又は加速度等の情報を検出することができる。

そして、反転追従情報出力部 302 は、反転指令と位置偏差と反転補正量とを関連付けて記憶部 304 に記憶する。位置偏差と反転補正量は反転追従情報となる。反転指令としては速度、加速度等の情報を記憶する。反転追従結果は位置偏差に限定されず、他の情報、例えば速度偏差を用いてよい。速度偏差は、速度指令と位置フィードバック情報の微分値との差である。

記憶部 304 には、スレーブ軸制御部 300 に先行反転指令が入力される前の、過去の反転指令と、過去の反転指令に対する反転補正量及び反転追従結果となる位置偏差との情報の組が記憶される。例えば、記憶部 304 は、反転指令、反転補正量及び位置偏差の情報の組が n 個（ n は自然数）記憶されている。

[0026] 反転補正量計算部 303 は、図 3 に示すように、反転指令照合部 3031 及び反転補正量調整部 3033 を備えている。

反転指令照合部 3031 は、先行反転指令部 105 から先行反転指令を受けると、先行反転指令に含まれる、反転時の速度と加速度との少なくとも一方情報と記憶部 304 に記憶された反転指令の速度と加速度との少なくとも一方の情報とを照合し、先行反転指令に最も近い反転指令を探す。

そして、反転指令照合部 3031 は、探した反転指令に関連する位置偏差及び反転補正量を記憶部 304 から読み出し、読み出した位置偏差及び反転補正量を反転補正量調整部 3032 に出力する。

反転補正量調整部 3032 は、位置偏差が遅れの極性かどうかを判断し、位置偏差が遅れの極性の場合には、反転補正量が増加するように調整し、位置偏差が行き過ぎの極性の場合には、反転補正量が減少するように調整し、調整された反転補正量を指令演算部 301 及び反転追従情報出力部 302 に出力する。反転補正量を調整する値は、位置偏差の値に基づいて決めたり、所定の値に予め設定することができる。指令演算部 301 に入力される反転補正量は、指令演算部 301 において加速度又はトルクの補正に適用される。指令演算部 301 に入力される反転補正量は、位置、位置偏差又は速度の補

正に適用してもよい。

[0027] <マスタ軸及びスレーブ軸のモータ>

マスタ軸のモータ400は、タップ工具が取り付けられた軸を回転させる。スレーブ軸のモータ500は、タップ工具又は被加工物をZ軸方向に移動させる。Z軸方向の移動は回転するモータとボールねじを用いても、リニアモータを用いてもよい。

[0028] 以上、制御装置10に含まれる機能ブロックについて説明した。

これらの機能ブロックを実現するために、制御装置10は、CPU (Central Processing Unit) 等の演算処理装置を備える。また、制御装置10は、アプリケーションソフトウェア又はOS (Operating System) 等の各種の制御用プログラムを格納したHDD (Hard Disk Drive) 等の補助記憶装置や、演算処理装置がプログラムを実行する上で一時的に必要とされるデータを格納するためのRAM (Random Access Memory) といった主記憶装置も備える。

[0029] そして、制御装置10において、演算処理装置が補助記憶装置からアプリケーションソフトウェア又はOSを読み込み、読み込んだアプリケーションソフトウェア又はOSを主記憶装置に展開させながら、これらのアプリケーションソフトウェア又はOSに基づいた演算処理を行なう。また、この演算結果に基づいて、各装置が備える各種のハードウェアを制御する。これにより、本実施形態の機能ブロックは実現される。つまり、本実施形態は、ハードウェアとソフトウェアが協働することにより実現することができる。

[0030] 次に、制御装置10の動作についてフローチャートを用いて説明する。図4及び図5は制御装置10の動作を示すフローチャートである。

ステップS11において、CNC部100からスレーブ軸制御部300に先行反転指令を通知する。先行反転指令は、マスタ軸600の極性（正転又は逆転）を含み、反転時の回転速度、及び／又は加速度等に関する情報を含んでいる。

[0031] ステップS12において、スレーブ軸制御部300の反転指令照合部30

31は、先行反転指令と記憶された反転指令とを照合する。記憶された反転指令は、スレーブ軸の反転時の速度、及び／又は加速度等の情報を含んでいる。

ステップS13において、反転指令照合部3031は、先行反転指令の反転時の速度と加速度の少なくとも一方が、反転時の速度と加速度の少なくとも一方と一致する又は類似する反転指令に関連する、位置偏差と反転補正量とを読み出す。

[0032] ステップS14において、反転補正量調整部3032は、位置偏差がないかどうか、位置偏差が遅れの極性か、及び位置偏差が行き過ぎの極性かどうかを判断する。

反転補正量調整部3032は、位置偏差が遅れの極性の場合は、ステップS15において、反転補正量を増加で調整し、位置偏差がない場合は、ステップS16において、反転補正量をそのまま用い（反転補正量の調整なし）、位置偏差が行き過ぎの極性である場合は、ステップS17において、反転補正量を減少で調整する。

[0033] ステップS18において、CNC部100は、マスタ軸制御部200に反転指令を通知する。

ステップS19において、マスタ軸の位置フィードバックがスレーブ軸指令部104に入力され、マスタ軸の反転動作がスレーブ軸の反転指令に反映されて、反転指令がスレーブ軸指令部104からスレーブ軸制御部300の指令演算部301に出力される。

[0034] ステップS20において、スレーブ軸制御部300は、指令演算部301における反転動作に、ステップS15～S17で反転補正量調整部3032によって調整された又は調整されない反転補正量を適用する。

ステップS21において、スレーブ軸制御部300の指令演算部301は、反転補正量を適用してモータ500を制御して、マスタ軸に対するスレーブ軸の反転追従動作を実施し、反転追従情報出力部302は、反転指令、反転追従結果となる位置偏差及び反転補正量を記憶する。

- [0035] 以上説明した実施態様によれば、マスタ軸に対するスレーブ軸の追従性、特に、スレーブ軸の追従性が悪くなりやすい反転直後の加速動作についての追従性、を改善して同期精度を向上させることができる。
- [0036] 以上、本発明の各実施形態について説明したが、制御装置 10 はその機能の全部又は一部はソフトウェアで実現することができる。しかし制御装置 10 の機能をハードウェア、又はソフトウェアとハードウェア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。制御装置 10 がハードウェアで構成される場合、制御装置 10 の各構成部の一部又は全部を、例えば、LSI (Large Scale Integrated circuit)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、ゲートアレイ、FPGA (Field Programmable Gate Array) 等の集積回路 (IC) で構成することができる。
- [0037] 制御装置 10 がソフトウェアによって実現する場合、制御装置 10 を動作させる、図 4 及び図 5 に示したような動作を記述した、ハードディスク装置、ROM 等の第 1 記憶部に記憶された制御アプリケーションに従い、演算に必要な情報を RAM 等の第 2 記憶部に記憶し、CPU が処理を実行することで制御装置 10 の動作をプログラムで実行することができる。制御アプリケーションは、プログラムが記録されたコンピュータ読み取り可能な媒体からハードディスク等の第 1 記憶部に読み込むことができる。
- [0038] 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。コンピュータ可読媒体は非一時的なコンピュータ可読媒体 (non-transitory computer readable medium) を含む。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等)、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。

[0039] 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、上記実施形態のみに本発明の範囲を限定するものではなく、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。

[0040] 本開示による制御装置と制御方法及びスレーブ軸制御装置は、上述した実施形態を含め、次のような構成を有する各種各様の実施形態を取ることができる。

[0041] (1) マスタ・スレーブ方式で同期動作を行う、マスタ軸及びスレーブ軸が含まれる工作機械の制御装置であって、

前記マスタ軸の回転動作を制御するマスタ軸制御部と、

前記スレーブ軸の送り動作を制御するスレーブ軸制御部と、

加工プログラムに基づいて第1の反転指令を前記マスタ軸制御部に出力するマスタ軸指令部、前記加工プログラムと前記マスタ軸からのフィードバック情報とに基づいて、前記フィードバック情報に追従する第2の反転指令を前記スレーブ軸制御部に出力するスレーブ軸指令部、及び前記マスタ軸制御部への前記第1の反転指令の出力に先だって前記スレーブ軸制御部に先行反転指令を出力する先行反転指令部を有する数値制御部と、

を備え、

前記スレーブ軸制御部は、

前記第2の反転指令、前記第2の反転指令に対する追従結果、及び前記第2の反転指令に対する反転補正量を関連付けて記憶する記憶部と、

前記先行反転指令に基づいて特定される前記記憶部に記憶された前記第2の反転指令に関連づけられた、前記追従結果と前記反転補正量とから、前記先行反転指令の出力後に出力される前記第2の反転指令に対する反転補正量を求める反転補正量計算部とを備える、制御装置。

[0042] この制御装置によれば、マスタ軸に対するスレーブ軸の追従性を改善して同期精度を向上させることができる。

[0043] (2) 前記追従結果は、前記スレーブ軸指令部から出力される位置指令と前記スレーブ軸からのフィードバック情報との差となる位置偏差である、

上記（１）に記載の制御装置。

[0044] （３） 前記反転補正量は、加速度又はトルクに対する補正量である、上記（１）又は（２）に記載の制御装置。

[0045] （４） マスタ・スレーブ方式で同期動作を行う、マスタ軸及びスレーブ軸が含まれる工作機械の制御装置の制御方法であって、

前記制御装置は、前記マスタ軸の回転動作を制御するマスタ軸制御部と、
前記スレーブ軸の送り動作を制御するスレーブ軸制御部と、

加工プログラムに基づいて第１の反転指令を前記マスタ軸制御部に出力し、
前記加工プログラムと前記マスタ軸からのフィードバック情報とに基づいて、
前記フィードバック情報に追従する第２の反転指令を前記スレーブ軸制御部に出力する数値制御部と、

を備え、

前記スレーブ軸制御部は、前記第２の反転指令、前記第２の反転指令に対する追従結果、及び前記第２の反転指令に対する反転補正量を関連付けて記憶部に記憶し、

前記記憶部に前記第２の反転指令、前記追従結果及び前記反転補正量が記憶された後に、前記数値制御部は、前記マスタ軸制御部への前記第１の反転指令の出力に先だって前記スレーブ軸制御部に先行反転指令を出力し、

前記スレーブ軸制御部は、前記先行反転指令に基づいて特定される前記記憶部に記憶された前記第２の反転指令に関連づけられた、前記追従結果と前記反転補正量とから、前記先行反転指令の出力後に出力される前記第２の反転指令の反転補正量を求める、制御方法。

[0046] この制御方法によれば、マスタ軸に対するスレーブ軸の追従性を改善して同期精度を向上させることができる。

[0047] （５） 工作機械のマスタ軸の回転動作を制御するマスタ軸制御部と、
前記工作機械のスレーブ軸の送り動作を制御するスレーブ軸制御部と、
加工プログラムに基づいて第１の反転指令を前記マスタ軸制御部に出力するマスタ軸指令部、前記加工プログラムと前記マスタ軸からのフィードバック

ク情報とに基づいて、前記フィードバック情報に追従する第2の反転指令を前記スレーブ軸制御部に出力するスレーブ軸指令部、及び前記マスタ軸制御部への前記第1の反転指令の出力に先だって前記スレーブ軸制御部に先行反転指令を出力する先行反転指令部を有する数値制御部と、

を備えた制御装置のスレーブ軸制御部となるスレーブ軸制御装置であって

、

前記第2の反転指令、前記第2の反転指令に対する追従結果、及び前記第2の反転指令に対する反転補正量を関連付けて記憶する記憶部と、

前記先行反転指令に基づいて特定される前記記憶部に記憶された前記第2の反転指令に関連づけられた、前記追従結果と前記反転補正量とから、前記先行反転指令の出力後に出力される前記第2の反転指令に対する反転補正量を求める反転補正量計算部とを備えた、スレーブ軸制御装置。

[0048] このスレーブ軸制御装置によれば、マスタ軸に対するスレーブ軸の追従性を改善して同期精度を向上させることができる。

符号の説明

- [0049] 1 0 制御装置
- 1 0 0 CNC部
- 1 0 1 マスタ軸指令部
- 1 0 2 プログラム解析部
- 1 0 3 同期比乗算部
- 1 0 4 スレーブ軸指令部
- 1 0 5 先行反転指令部
- 2 0 0 マスタ軸制御部
- 2 0 1 指令演算部
- 3 0 0 スレーブ軸制御部
- 3 0 1 指令演算部
- 3 0 2 反転追従情報出力部
- 3 0 3 反転補正量計算部

3 0 4 記憶部

4 0 0 マスタ軸のモータ

5 0 0 スレーブ軸のモータ

請求の範囲

- [請求項1] マスタ・スレーブ方式で同期動作を行う、マスタ軸及びスレーブ軸が含まれる工作機械の制御装置であって、
- 前記マスタ軸の回転動作を制御するマスタ軸制御部と、
- 前記スレーブ軸の送り動作を制御するスレーブ軸制御部と、
- 加工プログラムに基づいて第1の反転指令を前記マスタ軸制御部に出力するマスタ軸指令部、前記加工プログラムと前記マスタ軸からのフィードバック情報とに基づいて、前記フィードバック情報に追従する第2の反転指令を前記スレーブ軸制御部に出力するスレーブ軸指令部、及び前記マスタ軸制御部への前記第1の反転指令の出力に先だって前記スレーブ軸制御部に先行反転指令を出力する先行反転指令部を有する数値制御部と、
- を備え、
- 前記スレーブ軸制御部は、
- 前記第2の反転指令、前記第2の反転指令に対する追従結果、及び前記第2の反転指令に対する反転補正量を関連付けて記憶する記憶部と、
- 前記先行反転指令に基づいて特定される前記記憶部に記憶された前記第2の反転指令に関連づけられた、前記追従結果と前記反転補正量とから、前記先行反転指令の出力後に出力される前記第2の反転指令に対する反転補正量を求める反転補正量計算部とを備える、制御装置。
- [請求項2] 前記追従結果は、前記スレーブ軸指令部から出力される位置指令と前記スレーブ軸からのフィードバック情報との差となる位置偏差である、請求項1に記載の制御装置。
- [請求項3] 前記反転補正量は、加速度又はトルクに対する補正量である、請求項1又は2に記載の制御装置。
- [請求項4] マスタ・スレーブ方式で同期動作を行う、マスタ軸及びスレーブ軸

が含まれる工作機械の制御装置の制御方法であって、

前記制御装置は、前記マスタ軸の回転動作を制御するマスタ軸制御部と、

前記スレーブ軸の送り動作を制御するスレーブ軸制御部と、

加工プログラムに基づいて第1の反転指令を前記マスタ軸制御部に出し、前記加工プログラムと前記マスタ軸からのフィードバック情報とに基づいて、前記フィードバック情報に追従する第2の反転指令を前記スレーブ軸制御部に出し、数値制御部と、

を備え、

前記スレーブ軸制御部は、前記第2の反転指令、前記第2の反転指令に対する追従結果、及び前記第2の反転指令に対する反転補正量を関連付けて記憶部に記憶し、

前記記憶部に前記第2の反転指令、前記追従結果及び前記反転補正量が記憶された後に、前記数値制御部は、前記マスタ軸制御部への前記第1の反転指令の出力に先だて前記スレーブ軸制御部に先行反転指令を出し、

前記スレーブ軸制御部は、前記先行反転指令に基づいて特定される前記記憶部に記憶された前記第2の反転指令に関連づけられた、前記追従結果と前記反転補正量とから、前記先行反転指令の出力後に出力される前記第2の反転指令の反転補正量を求める、制御方法。

[請求項5]

工作機械のマスタ軸の回転動作を制御するマスタ軸制御部と、

前記工作機械のスレーブ軸の送り動作を制御するスレーブ軸制御部と、

加工プログラムに基づいて第1の反転指令を前記マスタ軸制御部に出し、マスタ軸指令部、前記加工プログラムと前記マスタ軸からのフィードバック情報とに基づいて、前記フィードバック情報に追従する第2の反転指令を前記スレーブ軸制御部に出し、スレーブ軸指令部、及び前記マスタ軸制御部への前記第1の反転指令の出力に先だて

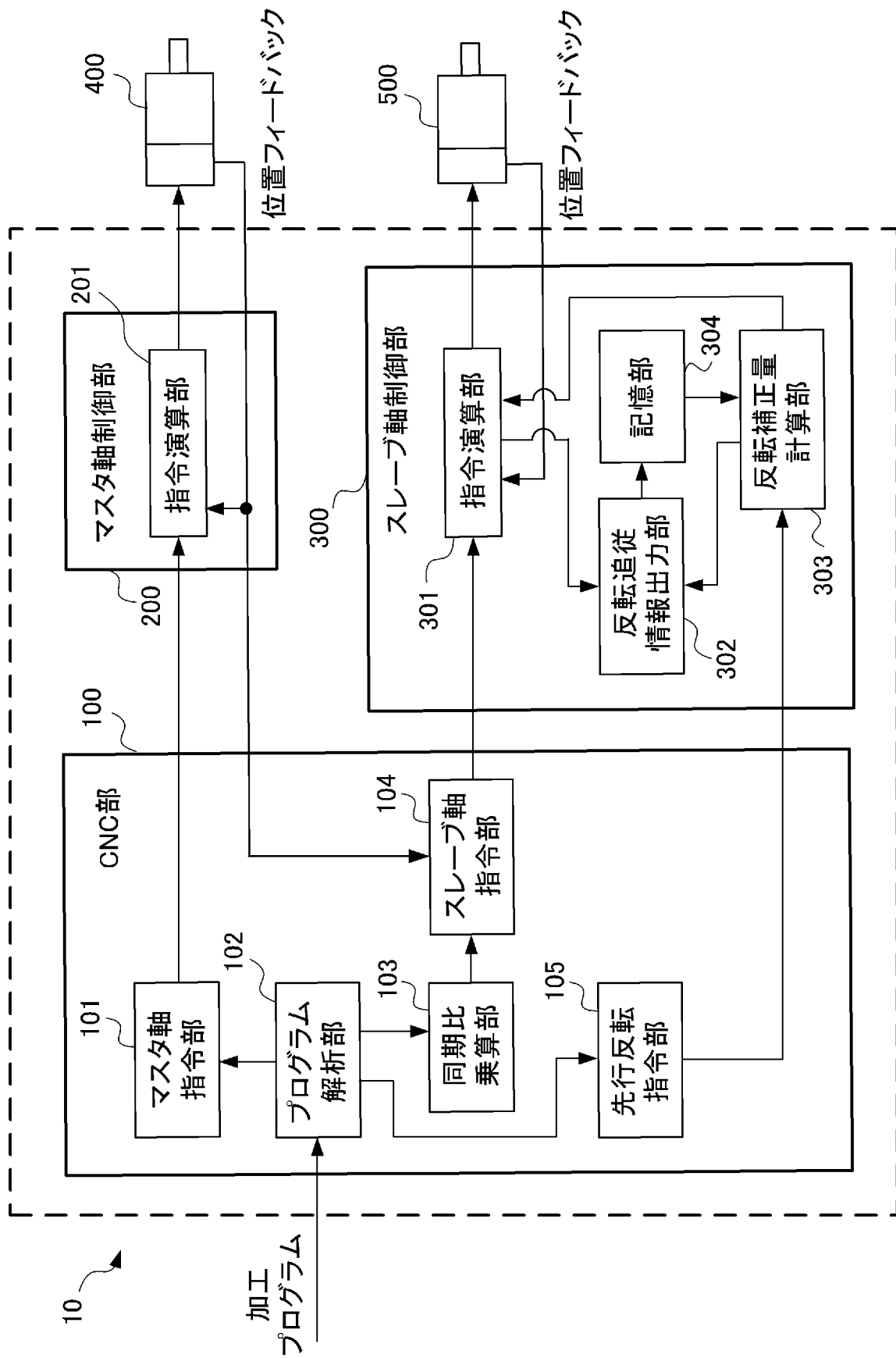
て前記スレーブ軸制御部に先行反転指令を出力する先行反転指令部を有する数値制御部と、

を備えた制御装置のスレーブ軸制御部となるスレーブ軸制御装置であって、

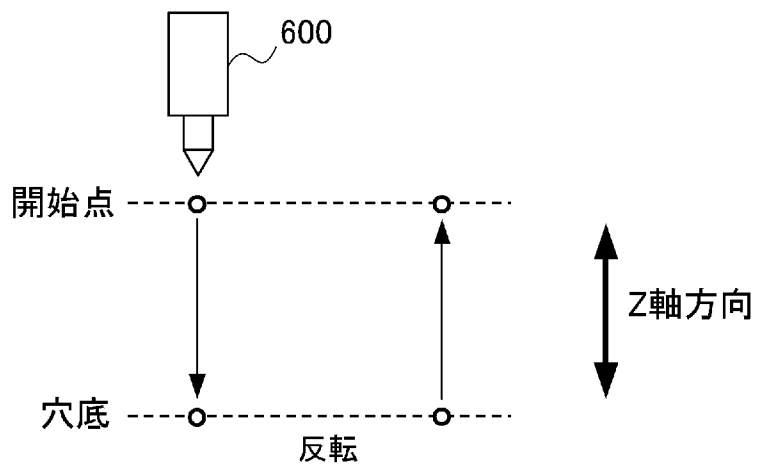
前記第2の反転指令、前記第2の反転指令に対する追従結果、及び前記第2の反転指令に対する反転補正量を関連付けて記憶する記憶部と、

前記先行反転指令に基づいて特定される前記記憶部に記憶された前記第2の反転指令に関連づけられた、前記追従結果と前記反転補正量とから、前記先行反転指令の出力後に出力される前記第2の反転指令に対する反転補正量を求める反転補正量計算部とを備えた、スレーブ軸制御装置。

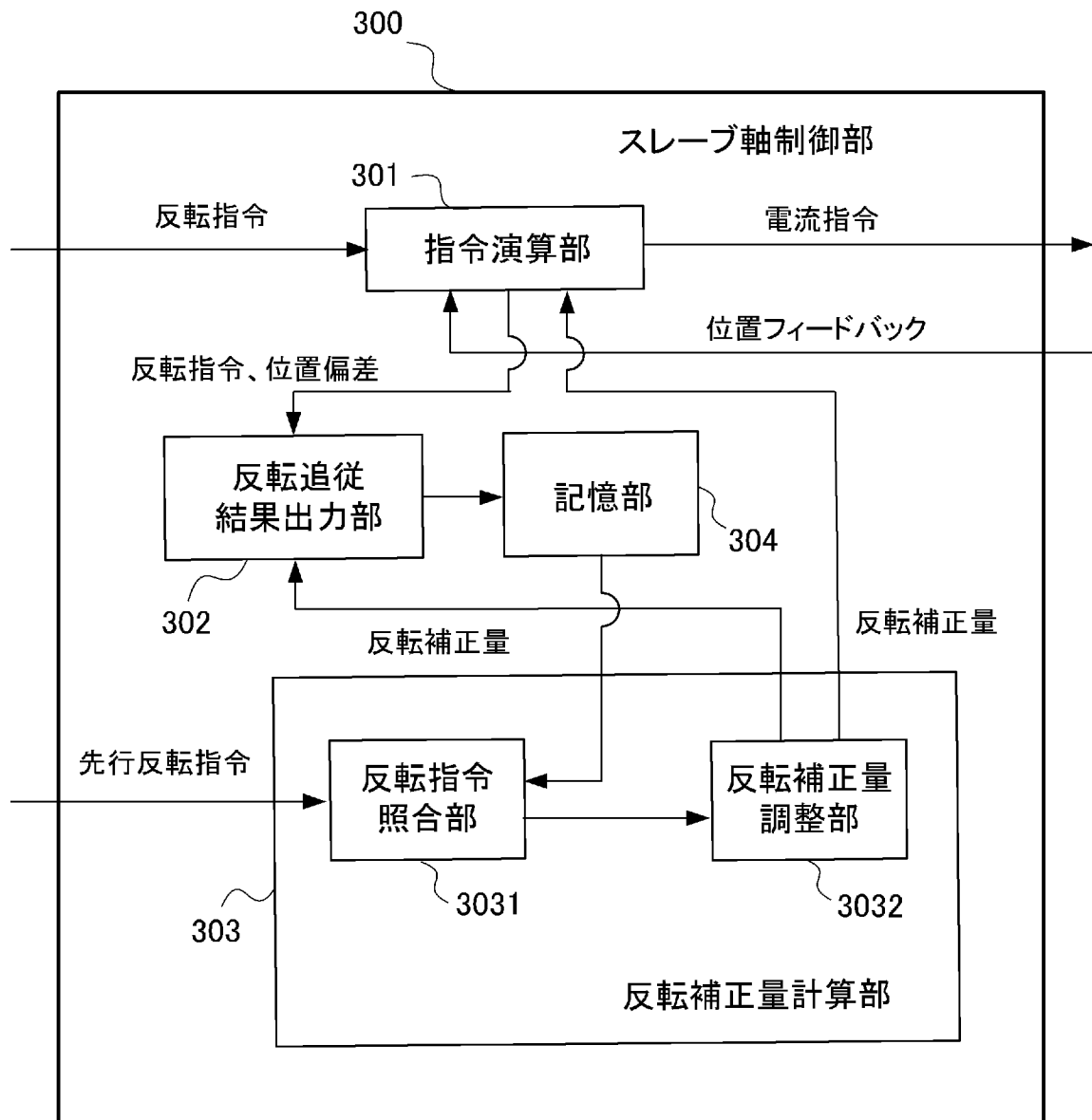
[図1]



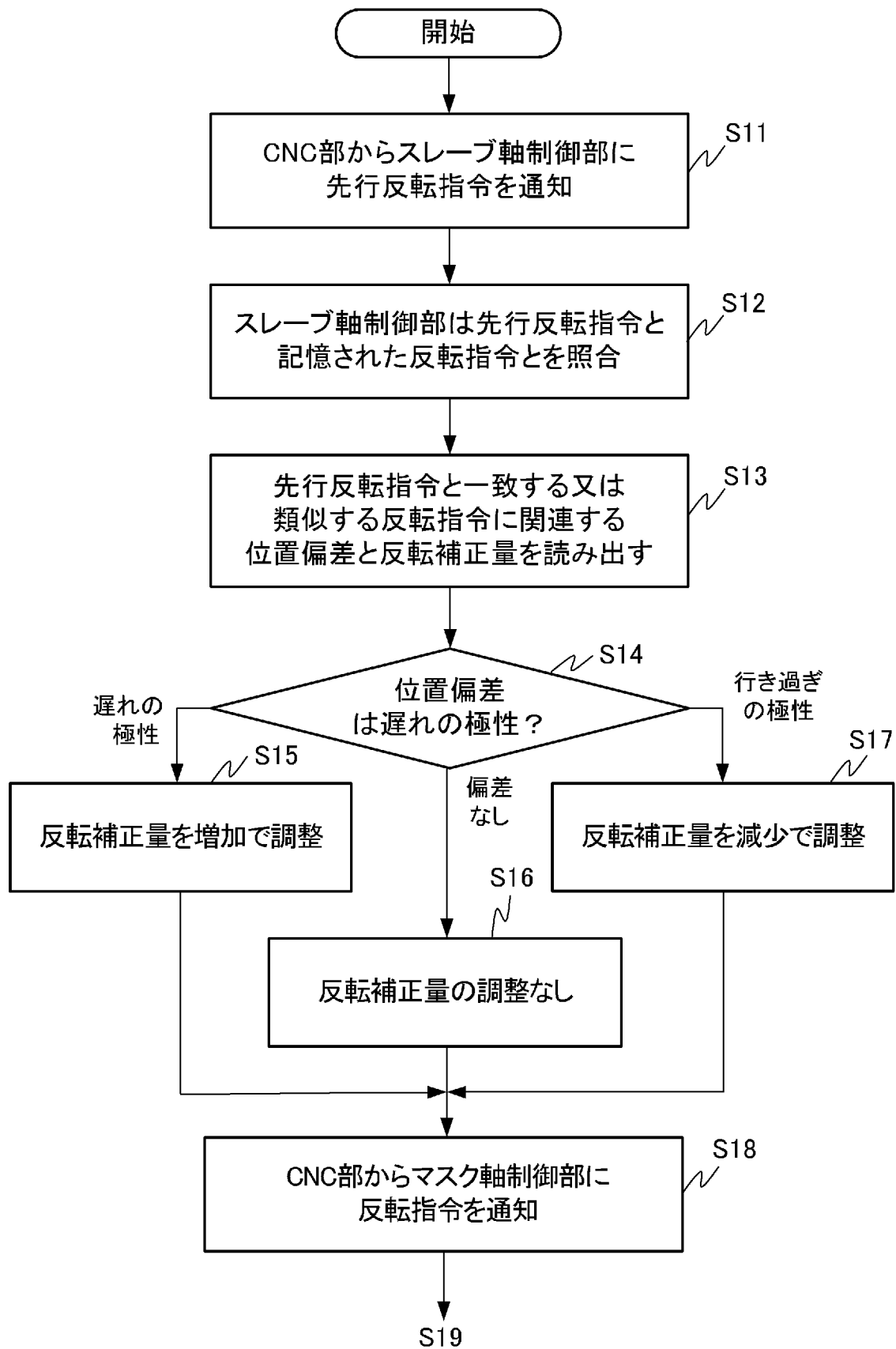
[図2]



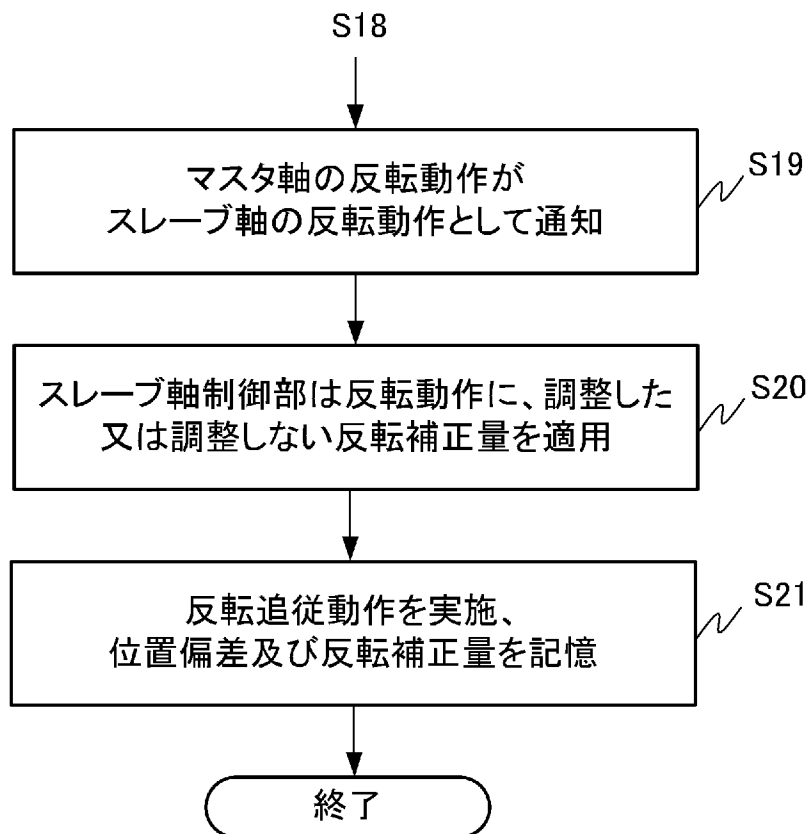
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/025250

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23G 1/16 (2006.01) i; G05B 19/404 (2006.01) i; B23Q 15/12 (2006.01) i
 FI: G05B19/404 E; B23Q15/12; B23G1/16 D

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; G05B19/404; B23Q15/12

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.
A	JP 2013-35095 A (FANUC CORPORATION) 21 February 2013 (2013-02-21) entire text, all drawings	1-5
A	WO 2017/221380 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 28 December 2017 (2017-12-28) entire text, all drawings	1-5
A	JP 2007-42068 A (FANUC CORPORATION) 15 February 2007 (2007-02-15) entire text, all drawings	1-5
A	JP 2003-181722 A (TOYODA MACHINE WORKS LTD.) 02 July 2003 (2003-07-02) entire text, all drawings	1-5
A	JP 63-245325 A (BROTHER INDUSTRIES, LTD.) 12 October 1988 (1988-10-12) entire text, all drawings	1-5



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"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

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

"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
09 September 2021 (09.09.2021)

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/JP2021/025250

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2013-35095 A	21 Feb. 2013	US 2013/0039707 A1 entire text, all drawings DE 102012107210 A1 CN 102922059 A	
WO 2017/221380 A1	28 Dec. 2017	JP 6147456 B1 entire text, all drawings CN 107771305 A	
JP 2007-42068 A	15 Feb. 2007	US 2007/0007926 A1 entire text, all drawings EP 1742128 A1 CN 1892523 A	
JP 2003-181722 A	02 Jul. 2003	(Family: none)	
JP 63-245325 A	12 Oct. 1988	US 4879660 A entire text, all drawings DE 3811183 A1 KR 10-1988-0010854 A	

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; G05B 19/404(2006.01)i; B23Q 15/12(2006.01)i FI: G05B19/404 E; B23Q15/12; B23G1/16 D		
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; G05B19/404; B23Q15/12 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
A	JP 2013-35095 A（ファナック株式会社）21.02.2013（2013-02-21） 全文，全図	1-5
A	WO 2017/221380 A1（三菱電機株式会社）28.12.2017（2017-12-28） 全文，全図	1-5
A	JP 2007-42068 A（ファナック株式会社）15.02.2007（2007-02-15） 全文，全図	1-5
A	JP 2003-181722 A（豊田工機株式会社）02.07.2003（2003-07-02） 全文，全図	1-5
A	JP 63-245325 A（ブラザー工業株式会社）12.10.1988（1988-10-12） 全文，全図	1-5
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 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 09.09.2021		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） 木原 裕二 3U 4650 電話番号 03-3581-1101 内線 3364

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/025250

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2013-35095	A	21.02.2013	US	2013/0039707	A1	
				全文, 全図			
				DE	102012107210	A1	
				CN	102922059	A	
WO	2017/221380	A1	28.12.2017	JP	6147456	B1	
				全文, 全図			
				CN	107771305	A	
JP	2007-42068	A	15.02.2007	US	2007/0007926	A1	
				全文, 全図			
				EP	1742128	A1	
				CN	1892523	A	
JP	2003-181722	A	02.07.2003	(ファミリーなし)			
JP	63-245325	A	12.10.1988	US	4879660	A	
				全文, 全図			
				DE	3811183	A1	
				KR	10-1988-0010854	A	