

(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20日(20.01.2022)



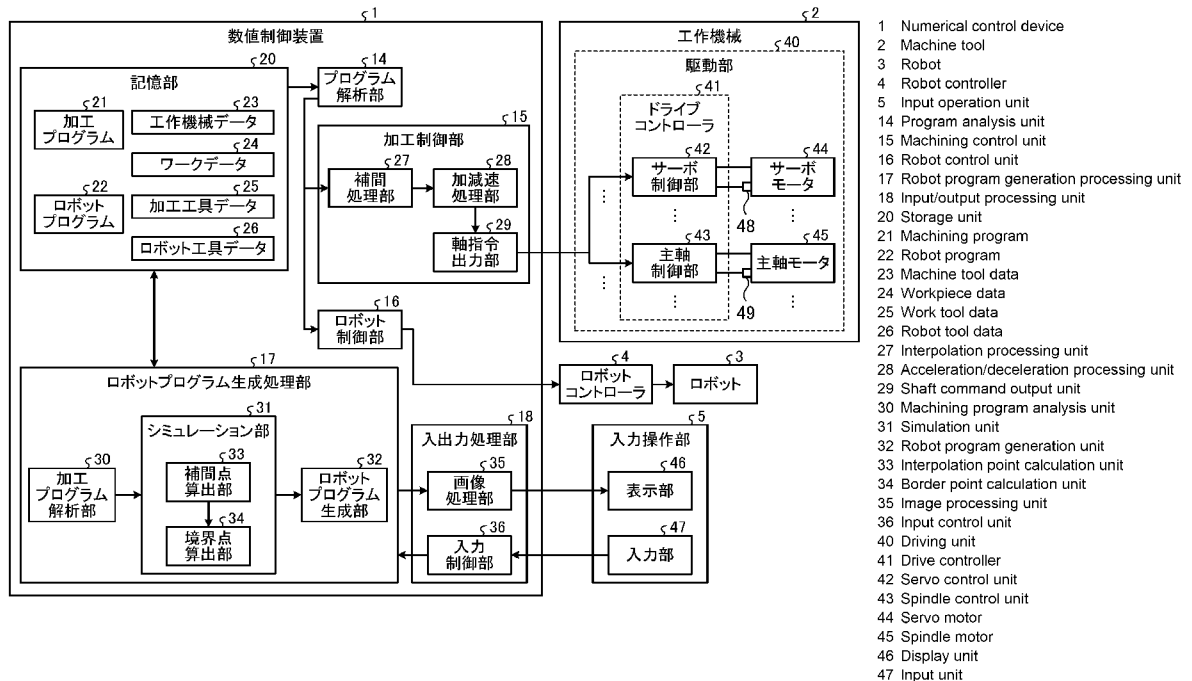
(10) 国際公開番号

WO 2022/014042 A1

- (51) 国際特許分類:
B23D 79/00 (2006.01) G05B 19/4097 (2006.01)
G05B 19/4093 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/027859
- (22) 国際出願日: 2020年7月17日(17.07.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 馬場 健輔(BABA, Kensuke); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, 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,

(54) Title: NUMERICAL CONTROL DEVICE AND NUMERICAL CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 数値制御装置および数値制御方法



(57) Abstract: A numerical control device (1) controls a machine tool (2) for cutting a workpiece and a robot (3) provided with a tool for deburring a workpiece. The numerical control device (1) comprises: a border point calculation unit (34) that calculates a plurality of border points on a workpiece on the basis of an analysis result by a machining program (21) being executed for cutting control, said border points indicating the border of a region removed by cutting; and a robot program generation unit (32) that generates a robot program (22) to move a tool on the path following the plurality of border points.

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))

(57) 要約: 数値制御装置(1)は、ワークの切削加工を行う工作機械(2)と、ワークのバリ取りのための工具が取り付けられたロボット(3)とを制御する。数値制御装置(1)は、ワークのうち切削加工によって除去される領域の境界を示す複数の境界点を、切削加工の制御のために実行される加工プログラム(21)の解析結果を基に算出する境界点算出部(34)と、複数の境界点を辿る経路上において工具を移動させるためのロボットプログラム(22)を生成するロボットプログラム生成部(32)とを備える。

明 細 書

発明の名称： 数値制御装置および数値制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、ワークを加工する工作機械とワークのバリ取りを行うロボットとを制御する数値制御装置および数値制御方法に関する。

背景技術

[0002] 工作機械による切削加工が施されたワークについて、ロボットに取り付けられた工具によるバリ取りが実施されることがある。ロボットの駆動によるバリ取りでは、当該工具を移動させるためのロボットの位置制御が必要となる。なお、以下の説明では、工作機械に取り付けられる工具であって切削加工のための工具を加工工具、ロボットに取り付けられる工具であってバリ取りのための工具をロボット工具と称することがある。

[0003] 特許文献 1 には、ワークの設計データである C A D (Computer Aided Design) データからワークの理想形状データを取得し、理想形状データによって示される理想形状に沿ってロボット工具を移動させる方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特開 2 0 1 2 - 2 0 3 4 8 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 加工プログラムである N C (Numerical Control) プログラムの実行によって工作機械を制御する数値制御装置は、切削加工の時間短縮などのために、C A D データを基に生成された指令点を辿る経路とは若干異なる経路に沿って加工工具が移動するように工作機械の位置制御を行う場合がある。上記特許文献 1 に開示される従来の技術によると、工作機械による切削加工後のワークの形状が考慮されずにロボットの位置制御が行われることから、切削

加工が施されたワークに対する高精度なバリ取りを行うことが困難であるという問題があった。

[0006] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、切削加工が施されたワークに対する高精度なバリ取りを可能とする数値制御装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示にかかる数値制御装置は、ワークの切削加工を行う工作機械と、ワークのバリ取りのための工具が取り付けられたロボットとを制御する。本開示にかかる数値制御装置は、ワークのうち切削加工によって除去される領域の境界を示す複数の境界点を、切削加工の制御のために実行される加工プログラムの解析結果を基に算出する境界点算出部と、複数の境界点を辿る経路上において工具を移動させるためのロボットプログラムを生成するロボットプログラム生成部とを備える。

発明の効果

[0008] 本開示にかかる数値制御装置は、切削加工が施されたワークに対する高精度なバリ取りが可能となるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態1にかかる数値制御装置を含む制御システムを示す図
[図2]実施の形態1にかかる数値制御装置の概略構成を示す図
[図3]実施の形態1にかかる数値制御装置の構成と工作機械の構成とを示すブロック図
[図4]実施の形態1にかかる数値制御装置が有するシミュレーション部の処理について説明するための図
[図5]実施の形態1にかかる数値制御装置が有する境界点算出部の処理について説明するための図
[図6]実施の形態1にかかる数値制御装置が有する境界点算出部とロボットプログラム生成部との各々による処理について説明するための図

[図7]実施の形態1にかかる数値制御装置が有する補間点算出部による処理手順を示すフローチャート

[図8]実施の形態1にかかる数値制御装置が有する境界点算出部による処理手順を示すフローチャート

[図9]実施の形態1にかかる数値制御装置が有するロボットプログラム生成部による処理手順を示すフローチャート

[図10]実施の形態1にかかる数値制御装置に記憶される加工プログラムおよびロボットプログラムの例を示す図

[図11]実施の形態1にかかる数値制御装置が加工プログラムまたはロボットプログラムを自動起動した際における数値制御装置の動作手順を示すフローチャート

[図12]実施の形態1にかかる数値制御装置において生成されたロボットプログラムの実行によるバリ取りの例を説明するための図

[図13]実施の形態2にかかる数値制御装置に記憶される加工プログラムおよびロボットプログラムの例を示す図

[図14]実施の形態2にかかる数値制御装置による境界点の算出結果を表示する画面の例を示す図

[図15]実施の形態2にかかる数値制御装置において加工プログラムとロボットプログラムとを実行した場合における工作機械およびロボットの動作について説明するための図

[図16]実施の形態2にかかる数値制御装置が有する加工プログラム解析部による処理手順を示すフローチャート

[図17]実施の形態2にかかる数値制御装置が有する補間点算出部による処理手順を示すフローチャート

[図18]実施の形態2にかかる数値制御装置が有する境界点算出部による処理手順を示すフローチャート

[図19]実施の形態2にかかる数値制御装置が有するロボットプログラム生成部による処理手順を示すフローチャート

[図20]実施の形態2にかかる数値制御装置が加工プログラムまたはロボットプログラムを自動起動した際における数値制御装置の動作手順を示すフローチャート

発明を実施するための形態

[0010] 以下に、実施の形態にかかる数値制御装置および数値制御方法を図面に基づいて詳細に説明する。

[0011] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1にかかる数値制御装置を含む制御システムを示す図である。制御システムは、実施の形態1にかかる数値制御装置1と、ワークの切削加工を行う工作機械2と、追加工であるバリ取りを行うロボット3と、ロボット3を駆動するロボットコントローラ4と、数値制御装置1への操作とロボット3への操作とを受け付ける入力操作部5とを有する。ロボット3は、切削加工が施されたワークのバリ取りを行う。数値制御装置1は、NCプログラムの実行によって工作機械2とロボット3とを制御する。

[0012] NC工作機械である工作機械2は、数値制御装置1に接続されている。ロボット3は、ロボットコントローラ4を介して数値制御装置1に接続されている。数値制御装置1と、工作機械2およびロボットコントローラ4の各々とは、通信ネットワークを介して互いに通信可能に接続されている。通信ネットワークは、例えばLAN (Local Area Network) である。数値制御装置1は、ロボットコントローラ4を介してロボット3を制御する。以下の説明では、数値制御装置1によるロボット3の制御において、ロボットコントローラ4が介されていることを省略する場合がある。

[0013] 入力操作部5は、入出力ユニット6、操作盤7、手動ハンドル8および非常停止ボタン9を有する。操作盤7は、ユーザからの操作を受け付けて、操作に対応する信号を入出力ユニット6に送る。非常停止ボタン9は、ユーザによって押下されると、ロボットコントローラ4を停止させるための信号をロボットコントローラ4に送るとともに、工作機械2を停止させるための信号を入出力ユニット6に送る。入出力ユニット6は、操作盤7から送られて

くる信号および非常停止ボタン 9 から送られてくる信号を、数値制御装置 1 に送る。非常停止ボタン 9 および入出力ユニット 6 は、操作盤 7 に配置されてもよい。ロボットコントローラ 4 は、非常停止ボタン 9 からの信号を受けると、ロボット 3 を非常停止させる。数値制御装置 1 は、工作機械 2 を停止させるための信号を入出力ユニット 6 から受けると、工作機械 2 を非常停止させる。

[0014] 次に、数値制御装置 1 の構成について説明する。図 2 は、実施の形態 1 にかかる数値制御装置の概略構成を示す図である。数値制御装置 1 は、パーソナルコンピュータなどのコンピュータシステムである。コンピュータシステムには、実施の形態 1 にて説明する制御を統括するための制御プログラムがインストールされる。図 2 には、数値制御装置 1 が有する機能構成と、数値制御装置 1 の機能を実現するためのハードウェア構成とを示している。

[0015] 数値制御装置 1 は、各種処理を実行する処理部であるプロセッサ 10 と、内蔵メモリであるメモリ 11 と、情報を記憶する記憶装置 12 と、数値制御装置 1 の外部の装置に接続されるインタフェース 13 とを有する。

[0016] プロセッサ 10 は、CPU (Central Processing Unit) である。プロセッサ 10 は、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、又は DSP (Digital Signal Processor) であっても良い。メモリ 11 は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) または EEPROM (登録商標) (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) である。記憶装置 12 は、HDD (Hard Disk Drive) または SSD (Solid State Drive) である。制御プログラムは、記憶装置 12 に格納される。プロセッサ 10 は、記憶装置 12 に格納されている制御プログラムをメモリ 11 に読み出して実行する。インタフェース 13 は、工作機械 2、ロボットコントローラ 4 および入力操作部 5 に接続される。

[0017] 数値制御装置 1 は、NC プログラムを解析するプログラム解析部 14 と、

工作機械 2 を制御する加工制御部 15 と、ロボット 3 を制御するロボット制御部 16 とを備える。加工制御部 15 は、NC プログラムである加工プログラムの実行によって工作機械 2 を制御する。ロボット制御部 16 は、NC プログラムであるロボットプログラムの実行によってロボット 3 を制御する。数値制御装置 1 は、ロボットプログラムを生成するための処理を実行するロボットプログラム生成処理部 17 と、入力操作部 5 からの入力と入力操作部 5 への出力のための処理を担う入出力処理部 18 とを有する。

[0018] プログラム解析部 14、加工制御部 15、ロボット制御部 16、ロボットプログラム生成処理部 17 および入出力処理部 18 の各機能は、プロセッサ 10 とソフトウェアの組み合わせによって実現される。当該各機能は、プロセッサ 10 およびファームウェアの組み合わせによって実現されても良く、プロセッサ 10、ソフトウェアおよびファームウェアの組み合わせによって実現されても良い。ソフトウェアまたはファームウェアは、プログラムとして記述され、記憶装置 12 に格納される。各機能の詳細については後述する。

[0019] 図 3 は、実施の形態 1 にかかる数値制御装置の構成と工作機械の構成とを示すブロック図である。図 3 には、ロボット 3、ロボットコントローラ 4 および入力操作部 5 も示している。

[0020] 工作機械 2 は、加工工具とワークとを駆動する駆動部 40 を有する。駆動部 40 は、ワークを回転駆動しながら加工工具を直進駆動する。加工工具は、X 軸方向、Y 軸方向および Z 軸方向の 3 つの方向における直進駆動が可能とされている。X 軸、Y 軸および Z 軸は、互いに垂直な 3 つの軸とする。なお、工作機械 2 は、上記 3 つの方向において加工工具の直進駆動が可能であるものに限定されない。加工工具の直進駆動が可能な方向は、工作機械 2 の構成によって適宜設定可能である。

[0021] 駆動部 40 は、サーボモータ 44 と、サーボモータ 44 が発生させた駆動力を受けて回転する駆動軸と、駆動軸の回転駆動を直進駆動へ変換する機構とを有する。以下の説明では、加工工具を直進駆動させるための当該駆動軸

を、直進軸と称することがある。図3では、直進軸と当該機構との図示を省略する。

[0022] 駆動部40は、X軸方向において加工工具を直進駆動するための直進軸と、Y軸方向において加工工具を直進駆動するための直進軸と、Z軸方向において加工工具を直進駆動するための直進軸とを有する。駆動部40は、サーボモータ44の回転角度および速度を検出する検出器48を有する。駆動部40のドライブコントローラ41は、数値制御装置1からの移動指令を受信する。ドライブコントローラ41は、数値制御装置1からの移動指令に基づいてサーボモータ44を制御するサーボ制御部42を有する。サーボ制御部42は、検出器48による検出結果に基づいてサーボモータ44のフィードバック制御を行う。

[0023] 駆動部40は、X軸方向の直進駆動のためのサーボ制御部42、サーボモータ44および検出器48と、Y軸方向の直進駆動のためのサーボ制御部42、サーボモータ44および検出器48と、Z軸方向の直進駆動のためのサーボ制御部42、サーボモータ44および検出器48との組み合わせを有する。工作機械2は、2つ以上のワークを同時に加工するための2つ以上の刃物台を有しても良い。この場合、駆動部40は、刃物台ごとについての上記組み合わせを有する。

[0024] 駆動部40は、ワークを回転させる主軸である回転軸と、回転軸へ駆動力を与える主軸モータ45を有する。工作機械2は、回転軸を中心とする回転駆動によって、加工工具に対するワークの姿勢を変化させる。図3では、回転軸の図示を省略する。駆動部40は、主軸モータ45の回転角度および速度を検出する検出器49を有する。駆動部40は、1または複数の回転軸を有する。工作機械2は、ワークに対して加工工具を回転させることによって、加工工具に対するワークの姿勢を変化させても良い。このため、駆動部40が有する回転軸は、ワークを回転させる回転軸に限られず、加工工具を回転させる回転軸であっても良い。

[0025] ドライブコントローラ41は、数値制御装置1からの移動指令に基づいて

主軸モータ４５を制御する主軸制御部４３を有する。主軸制御部４３は、検出器４９による検出結果に基づいて主軸モータ４５のフィードバック制御を行う。工作機械２が２つ以上の刃物台を有する場合、駆動部４０は、刃物台ごとについての、主軸制御部４３、主軸モータ４５および検出器４９の組み合わせを有する。

[0026] ロボットコントローラ４は、数値制御装置１からのロボット指令を受信する。ロボットコントローラ４は、ロボット指令を基に、ロボット３を構成する複数の関節の各々を駆動するための指令を算出する。ロボットコントローラ４は、算出された指令をロボット３へ送信することにより、ロボット３を駆動する。

[0027] 入力操作部５は、数値制御装置１から入力される画像データに応じた画面を表示する表示部４６と、数値制御装置１への操作を受け付ける入力部４７とを有する。表示部４６と入力部４７との各機能は、タッチパネルを有する入力装置によって実現される。入力部４７を構成するボタンは、表示部４６に表示される。なお、図１に示す操作盤７、手動ハンドル８および非常停止ボタン９は、入力部４７に含まれるものであっても良い。入出力ユニット６は、入力装置に備えられるものであっても良い。

[0028] 数値制御装置１は、記憶部２０を有する。記憶部２０の機能は、記憶装置１２を用いて実現される。記憶部２０は、加工プログラム２１と、ロボットプログラム２２とを記憶する。加工プログラム２１は、ＣＡＭ（Computer Aided Manufacturing）装置によって作成されたＮＣプログラムである。ロボットプログラム２２は、ロボットプログラム生成処理部１７によって生成されたＮＣプログラムである。記憶部２０は、工作機械データ２３と、ワークデータ２４と、加工工具データ２５と、ロボット工具データ２６とを記憶する。

[0029] 工作機械データ２３は、主に、工作機械２の構造を示す構造データであって、工作機械２の諸元を示すデータを含む。数値制御装置１は、工作機械データ２３を用いることによって、加工工具の位置の識別などを行う。ワーク

データ 24 は、ワークのサイズおよびワークの設置位置を示すデータを含む。加工工具データ 25 は、工作機械 2 による切削加工に使用される加工工具の形状についてのデータである。加工工具データ 25 は、加工工具の径および加工工具の長さといったデータを含む。ロボット工具データ 26 は、ロボット 3 によるバリ取りに使用されるロボット工具の形状についてのデータである。ロボット工具データ 26 は、ロボット工具の半径およびロボット工具の長さといったデータを含む。

[0030] プログラム解析部 14 は、記憶部 20 から加工プログラム 21 を読み出す。プログラム解析部 14 は、加工プログラム 21 に記述されている処理の内容を基に、指令位置と指令速度とを解析する。プログラム解析部 14 は、加工プログラム 21 に記述されている処理の内容を基に、ワークの指令角度を解析する。プログラム解析部 14 は、指令位置、指令速度および指令角度の解析結果を加工制御部 15 へ出力する。

[0031] 加工制御部 15 は、補間処理部 27 と、加減速処理部 28 と、軸指令出力部 29 とを有する。補間処理部 27 は、プログラム解析部 14 における指令位置と指令速度との解析結果を基に、加工工具を直進駆動する 3 つの方向の各々について、制御周期ごとの移動量を求める。補間処理部 27 は、補間処理によって、制御周期ごとの加工工具の位置を表す補間点を生成する。また、補間処理部 27 は、プログラム解析部 14 における指令角度の解析結果を基に、制御周期ごとのワークの回転角度を求める。補間処理部 27 は、補間処理によって、制御周期ごとのワークの回転角度を表す補間点を生成する。補間処理部 27 は、生成された補間点である補間結果を出力する。

[0032] 加減速処理部 28 は、補間結果の加減速処理を実行する。軸指令出力部 29 は、加減速処理後の補間結果を基に、各軸方向における加工工具の直進駆動についての移動指令を生成する。軸指令出力部 29 は、加減速処理後の補間結果を基に、ワークの回転駆動についての移動指令を生成する。移動指令は、制御周期ごとの補間点群である。軸指令出力部 29 は、生成された移動指令をサーボ制御部 42 と主軸制御部 43 との各々へ出力する。

- [0033] プログラム解析部 14 は、記憶部 20 からロボットプログラム 22 を読み出す。プログラム解析部 14 は、ロボットプログラム 22 に記述されている処理の内容を基に、ロボット工具の指令位置と指令速度とを解析する。プログラム解析部 14 は、指令位置と指令速度との解析結果をロボット制御部 16 へ出力する。ロボット制御部 16 は、解析結果を基に、単位時間ごとの補間点群を生成する。ロボット制御部 16 は、生成された補間点群をロボットコントローラ 4 が解釈可能な形式の指令であるロボット指令へ変換する。ロボット制御部 16 は、ロボット指令をロボットコントローラ 4 へ出力する。
- [0034] 入出力処理部 18 は、画像データを生成する画像処理部 35 と、入力操作部 5 からの入力に対する処理を実行する入力制御部 36 とを有する。画像処理部 35 は、生成された画像データを表示部 46 へ出力する。表示部 46 に表示されたボタンが押下された場合に、入力部 47 は、入力制御部 36 へ操作の内容を通知する。
- [0035] 表示部 46 には、ロボットプログラムの生成開始を指示するための開始ボタンが表示される。当該開始ボタンが押下されることによって、入力部 47 は、ロボットプログラムの生成開始が指示されたことを入力制御部 36 へ通知する。入力制御部 36 は、当該通知に従って、ロボットプログラム生成処理部 17 を起動させる。
- [0036] ロボットプログラム生成処理部 17 は、加工プログラム解析部 30 と、シミュレーション部 31 と、ロボットプログラム生成部 32 とを有する。ロボットプログラム生成処理部 17 の起動によって、加工プログラム解析部 30 は、記憶部 20 から加工プログラム 21 を読み出す。加工プログラム解析部 30 は、加工プログラム 21 の解析により、加工プログラム 21 のブロックごとにおける加工工具の指令位置および指令速度を解析する。解析は、例えば文字列解析である。また、加工プログラム解析部 30 は、加工プログラム 21 のブロックごとにおけるワークの指令角度を解析する。加工プログラム解析部 30 は、指令位置、指令速度および指令角度の解析結果をシミュレーション部 31 へ出力する。

- [0037] シミュレーション部 31 は、補間点算出部 33 と境界点算出部 34 とを有する。補間点算出部 33 は、加工プログラム解析部 30 における解析結果を基に、直進駆動および回転駆動について、単位時間ごとにおける補間点を算出する。単位時間は、補間点算出部 33 における補間周期を表す。補間点算出部 33 によって算出される補間点は、実際の切削加工時における補間点と同一である。補間点算出部 33 は、算出された補間点のデータを境界点算出部 34 へ出力する。
- [0038] 境界点算出部 34 は、ワークのうち切削加工によって除去される領域の境界を示す複数の境界点を加工プログラム 21 の解析結果を基に算出する。具体的には、境界点算出部 34 は、加工プログラム 21 の解析結果を基に算出された複数の補間点と加工工具データ 25 とに基づいて複数の境界点を算出する。
- [0039] 図 4 は、実施の形態 1 にかかる数値制御装置が有するシミュレーション部の処理について説明するための図である。補間点算出部 33 は、記憶部 20 に記憶されている工作機械データ 23、ワークデータ 24 および加工工具データ 25 を読み出す。補間点算出部 33 は、単位時間ごとにおける補間点の算出結果と、工作機械データ 23 および加工工具データ 25 とを基に、単位時間ごとの加工工具位置を算出する。加工工具データ 25 は、加工工具 51 についての工具径 R および工具長さ L のデータを含む。
- [0040] 図 5 は、実施の形態 1 にかかる数値制御装置が有する境界点算出部の処理について説明するための図である。図 5 には、切削加工によって、加工工具 51 の先端 53 がワーク 50 の上面 52 よりも下方へ進行している様子を示している。境界点 P は、ワーク 50 の上面 52 のうち切削によって除去される領域 A R と除去されずに残存する領域との境界を表す。
- [0041] ある加工工具位置に加工工具 51 がとどまって切削加工が行われた状態を想定した場合において、当該加工工具位置に加工工具 51 の中心を一致させた場合における加工工具 51 の外縁上の位置が境界点 P となる。境界点算出部 34 は、加工プログラム 21 に従って単位時間ごとに加工工具 51 を移動

させるシミュレーションを実施し、加工工具位置とワークデータ 24 とを基に、境界点 P の位置を表す座標を算出する。

[0042] 境界点算出部 34 は、加工工具 51 による切削加工が進められることによって領域 A R の境界ではなくなった境界点 P' を随時削除する。境界点算出部 34 は、このようにして、領域 A R についての切削加工が終了したときにおける複数の境界点 P を求める。

[0043] 境界点算出部 34 は、領域 A R における各境界点 P についての座標に、切削の順序を表す時系列データを付与する。境界点算出部 34 は、加工プログラム 21 によって指示される加工工具 51 の移動経路を参照して、領域 A R の切削加工を開始してから各加工工具位置に加工工具 51 が到達するまでの時間を算出する。境界点算出部 34 は、かかる時間の算出結果に基づいて、各境界点 P についての時系列データを生成する。時系列データは、算出された時間を表すデータである。時系列データは、切削の順序を表す数値であっても良い。境界点算出部 34 は、算出された時間を基に、順序を表す数値を求めることができる。境界点算出部 34 は、各境界点 P の座標と、座標に付与された時系列データとをロボットプログラム生成部 32 へ出力する。

[0044] ロボットプログラム生成部 32 には、領域 A R についての複数の境界点 P についての座標と、座標に付与された時系列データとが入力される。ロボットプログラム生成部 32 は、時系列データによって示される順序で複数の境界点 P の各々を辿る経路を設定する。ロボットプログラム生成部 32 は、当該経路上において加工工具を移動させるためのロボットプログラムを生成する。

[0045] 図 6 は、実施の形態 1 にかかる数値制御装置が有する境界点算出部とロボットプログラム生成部との各々による処理について説明するための図である。図 6 に示す 4 つの境界点 P t 0 は、領域 A R のうち最初の加工工具位置での切削によって形成された境界上の点である。各境界点 P t 0 の座標には、加工開始時である時間 t 0 を表す時系列データが付与されている。図 6 に示す 2 つの境界点 P t 1 は、領域 A R のうち 2 番目の加工工具位置での切削に

よって形成された境界上の点である。各境界点 P_{t1} の座標には、加工開始時から当該加工工具位置に加工工具 51 が到達するまでの時間 $t1$ を表す時系列データが付与されている。境界点 P_{t2} , P_{t3} , P_{t4} , P_{t5} , P_{t6} , P_{t7} についても、境界点 P_{t0} および境界点 P_{t1} と同様とする。

[0046] ロボットプログラム生成部 32 は、記憶部 20 に記憶されているロボット工具データ 26 を読み出す。ロボット工具データ 26 は、ロボット工具についての工具径および工具長さのデータを含む。ロボットプログラム生成部 32 は、各境界点 P_{t0} - P_{t7} の座標と時系列データとに基づいて、切削加工と同じ時系列で各境界点 P_{t0} - P_{t7} を辿る経路上においてロボット工具を移動させるためのロボットプログラム 22 を生成する。ロボットプログラム生成部 32 は、読み出されたロボット工具データ 26 に基づいて、ロボット工具の形状が加味されたロボットプログラムを生成する。

[0047] 同じ時系列データが付与されている境界点同士については、ロボットプログラム生成部 32 は、当該時系列データの次の時系列データが付与されている境界点から最も離れている境界点から順に各境界点を辿るように経路を設定する。例を挙げると、4つの境界点 P_{t0} の各々には、同じ時間 $t0$ を表す時系列データが付与されている。ロボットプログラム生成部 32 は、4つの境界点 P_{t0} のうち、時間 $t1$ を表す時系列データが付与されている境界点 P_{t1} から最も離れている1つの境界点 P_{t0} を起点に設定する。ロボットプログラム生成部 32 は、起点とされた境界点 P_{t0} から境界点 P_{t1} へ向かう経路を設定する。

[0048] このようにして、ロボットプログラム生成部 32 は、図 6 に示す各経路 Q_{t1} , Q_{t2} , Q_{t3} , Q_{t4} , Q_{t5} を順次辿る経路を設定する。ロボットプログラム生成部 32 は、設定された経路に沿ってロボット工具を移動させる移動指令であるロボット指令を生成する。ロボットプログラム生成部 32 は、生成されたロボット指令を含むロボットプログラム 22 を生成する。記憶部 20 は、ロボットプログラム生成部 32 によって生成されたロボットプログラム 22 を記憶する。

- [0049] 次に、ロボットプログラム生成処理部 17 の各機能部における処理の手順について説明する。図 7 は、実施の形態 1 にかかる数値制御装置が有する補間点算出部による処理手順を示すフローチャートである。ステップ S 1 において、補間点算出部 33 は、指令位置および指令速度の解析結果を加工プログラム解析部 30 から取得する。ステップ S 2 において、補間点算出部 33 は、直進駆動および回転駆動についての各補間点を算出する。補間点算出部 33 は、算出された各補間点を示す座標を境界点算出部 34 へ出力する。これにより、補間点算出部 33 は、図 7 に示す手順による処理を終了する。
- [0050] 図 8 は、実施の形態 1 にかかる数値制御装置が有する境界点算出部による処理手順を示すフローチャートである。ステップ S 11 において、境界点算出部 34 は、各補間点の座標を補間点算出部 33 から取得する。ステップ S 12 において、境界点算出部 34 は、工作機械データ 23 および加工工具データ 25 を記憶部 20 から読み出す。
- [0051] ステップ S 13 において、境界点算出部 34 は、各補間点の座標と工作機械データ 23 と加工工具データ 25 とを基に、単位時間ごとにおける加工工具位置を算出する。ステップ S 14 において、境界点算出部 34 は、ワークデータ 24 を記憶部 20 から読み出す。ステップ S 15 において、境界点算出部 34 は、算出された加工工具位置とワークデータ 24 とを基に、ワーク 50 のうち切削によって除去される領域を算出する。
- [0052] ステップ S 16 において、境界点算出部 34 は、ワーク 50 の切削があるか否かを判定する。ワーク 50 の切削がある場合（ステップ S 16, Yes）、ステップ S 17 において、境界点算出部 34 は、算出された加工工具位置についての境界点の座標を算出する。境界点算出部 34 は、単位時間ごとの各加工工具位置について、ステップ S 16 による判定を実行するとともに境界点の座標を算出する。ステップ S 18 において、境界点算出部 34 は、算出された境界点の座標に時系列データを紐付けする。ワーク 50 の切削がない場合（ステップ S 16, No）、またはステップ S 18 の実行により、境界点算出部 34 は、図 8 に示す手順による処理を終了する。

[0053] 図9は、実施の形態1にかかる数値制御装置が有するロボットプログラム生成部による処理手順を示すフローチャートである。ステップS21において、ロボットプログラム生成部32は、切削により除去される領域における複数の境界点について、境界点の座標と、当該座標に紐付けられている時系列データとを取得する。ステップS22において、ロボットプログラム生成部32は、ロボット工具データ26を記憶部20から読み出す。

[0054] ステップS23において、ロボットプログラム生成部32は、ステップS21にて読み出された境界点の座標を時系列にソートする。ステップS24において、ロボットプログラム生成部32は、各境界点の時系列に従って、各境界点を通る経路に沿ってロボット工具を移動させるためのロボット指令を生成する。当該経路では、境界点同士が直線によって繋がれる。ステップS25において、ロボットプログラム生成部32は、ステップS24にて生成されたロボット指令をロボットプログラム22に追加する。これにより、ロボットプログラム生成部32は、図9に示す手順による処理を終了する。

[0055] 図10は、実施の形態1にかかる数値制御装置に記憶される加工プログラムおよびロボットプログラムの例を示す図である。図10に示す例において、加工プログラム21の先頭には、シーケンス番号「N1」のブロックが記述されている。加工プログラム21には、ワーク50と工作機械2との位置決め、主軸に対する回転指令、切削加工のための指令である切削指令などが記述されている。図10に示す加工プログラム21には、任意の形状のワーク50への切削加工について、G1指令、すなわち2点を直線で移動する直線補間のための指令が記述されている。

[0056] ロボットプログラム22の先頭には、シーケンス番号「N1001」のブロックが記述されている。ロボットプログラム22には、ワーク50とロボット3との位置決め、バリ取り加工のための指令である追加工指令などが記述されている。数値制御装置1は、上記の加工プログラム21の実行によって加工されたワーク50に対するバリ取りを行うためのロボットプログラム22を生成する。

[0057] 図 1 1 は、実施の形態 1 にかかる数値制御装置が加工プログラムまたはロボットプログラムを自動起動した際における数値制御装置の動作手順を示すフローチャートである。ステップ S 3 1 において、プログラム解析部 1 4 は、現在の解析対象であるプログラムが加工プログラム 2 1 であるか否かを判断する。プログラム解析部 1 4 は、解析対象におけるブロックの内容に基づいて、解析対象が加工プログラム 2 1 とロボットプログラム 2 2 とのいずれであるかを判断する。プログラム解析部 1 4 は、それぞれの指令の終点位置または指令速度を解析する。

[0058] 解析対象が加工プログラム 2 1 である場合（ステップ S 3 1, Yes）、プログラム解析部 1 4 は、ステップ S 3 2 において加工プログラム 2 1 を解析する。プログラム解析部 1 4 は、解析結果を補間処理部 2 7 へ出力する。ステップ S 3 4 において、補間処理部 2 7 は、補間点を生成するための補間処理を実行する。ステップ S 3 5 において、加減速処理部 2 8 は、加減速処理を実行する。軸指令出力部 2 9 は、加減速処理後の補間結果を基に、加工工具の直進駆動についての移動指令とワーク 5 0 の回転駆動についての移動指令とを生成する。ステップ S 3 6 において、軸指令出力部 2 9 は、ドライバコントローラ 4 1 へ生成された移動指令を出力する。

[0059] 一方、解析対象が加工プログラム 2 1 ではない場合（ステップ S 3 1, No）、すなわち加工対象がロボットプログラム 2 2 である場合、プログラム解析部 1 4 は、ステップ S 3 3 においてロボットプログラム 2 2 を解析する。プログラム解析部 1 4 は、解析結果をロボット制御部 1 6 へ出力する。ロボット制御部 1 6 は、解析結果を基に、ロボットコントローラ 4 が解釈可能な形式のロボット指令を生成する。ステップ S 3 7 において、ロボット制御部 1 6 は、ロボットコントローラ 4 へ生成されたロボット指令を出力する。ステップ S 3 6 またはステップ S 3 7 の実行により、数値制御装置 1 は、図 1 1 に示す手順による動作を終了する。

[0060] 図 1 2 は、実施の形態 1 にかかる数値制御装置において生成されたロボットプログラムの実行によるバリ取りの例を説明するための図である。数値制

御装置 1 は、切削加工に要する時間の短縮などを目的として、C A D データを基に生成された指令点を辿る経路とは若干異なる経路に沿って加工工具が移動するように工作機械の位置制御を行う場合がある。このため、加工工具は、C A D データを基に生成された各指令点を通る経路とは若干異なる経路を移動する場合がある。

[0061] 例えば、図 1 2 に示すように、各指令点 C P 1, C P 2, C P 3, C P 4 を通る経路 C R に対し、指令点 C P 1, C P 4 間にて曲線を描く経路 T R を加工工具が移動したとする。この場合、C A D データに示される理想形状に沿ってロボット工具を移動させても、指令点 C P 2, C P 3 にはロボット工具が到達せず、指令点 C P 2, C P 3 の付近におけるバリ取りが行われないことになる。

[0062] 実施の形態 1 によると、数値制御装置 1 は、切削加工によって除去される領域の境界を示す複数の境界点を算出し、複数の境界点を辿る経路上においてロボット工具を移動させるためのロボットプログラム 2 2 を生成する。数値制御装置 1 は、切削加工が施されたワーク 5 0 の形状に沿ってロボット工具を移動させることが可能なロボットプログラム 2 2 を生成することができる。数値制御装置 1 は、かかるロボットプログラム 2 2 の実行により、切削加工が施されたワーク 5 0 の形状に合わせて高精度なバリ取りを行うことが可能となる。数値制御装置 1 は、切削加工後のワーク 5 0 の形状を測定するためのカメラ等を用いなくても、切削加工が施されたワーク 5 0 の形状に合わせた高精度なバリ取りを行うことができる。以上により、数値制御装置 1 は、切削加工が施されたワーク 5 0 に対する高精度なバリ取りが可能となるという効果を奏する。

[0063] 実施の形態 2.

実施の形態 2 では、工作機械 2 による切削加工とロボット 3 によるバリ取りである追加工とを同時に実施するための数値制御装置 1 の動作について説明する。実施の形態 2 にかかる数値制御装置 1 は、実施の形態 1 にかかる数値制御装置 1 と同様の構成を有する。実施の形態 2 では、上記の実施の形態

1 と同一の構成要素には同一の符号を付し、実施の形態 1 とは異なる構成について主に説明する。

[0064] 実際の加工において、制御システムは、ワーク 50 における任意の箇所までの切削加工が完了した後に、ロボット 3 による追加工を開始することで、切削加工と追加工とを並行して実施する。制御システムは、切削加工と追加工とを並行して実施することによって、タクトタイムの短縮が可能となる。これにより、制御システムは、加工時間の短縮が可能となる。

[0065] 図 13 は、実施の形態 2 にかかる数値制御装置に記憶される加工プログラムおよびロボットプログラムの例を示す図である。実施の形態 2 において、ロボットプログラム生成部 32 は、生成されるロボットプログラム 22 に、追加工待機指令を追加する。数値制御装置 1 は、追加工待機指令の追加によって、切削加工と追加工とを並行して実施可能とし、加工時間短縮の効果を得ることが可能となる。

[0066] 加工プログラム 21 には、ロボット 3 による加工範囲を指定するための指令が含まれる。図 13 において、「LABEL_A」、「LABEL_B」、「LABEL_C」の各ラベルは、それぞれ、ロボット 3 による追加工が行われる領域を指定するための指令である。「LABEL_A」は、領域 A を指定するためのラベルである。「LABEL_B」は、領域 B を指定するためのラベルである。「LABEL_C」は、領域 C を指定するためのラベルである。制御システムのユーザは、CAM 装置によって作成された加工プログラム 21 に、加工範囲を指定するための任意の指令を追加することができる。加工プログラム 21 には、領域ごとに、加工範囲の開始を指定するための指令と、加工範囲の終了を指定するための指令とが追加される。

[0067] 実施の形態 2 におけるロボットプログラム生成処理部 17 の構成は、実施の形態 1 におけるロボットプログラム生成処理部 17 の構成と同様である。実施の形態 2 では、ロボットプログラム生成部 32 は、加工プログラム解析部 30 による指令位置および指令速度の解析結果に上記ラベルを付与する。また、ロボットプログラム生成部 32 は、シミュレーション部 31 によって

算出された各境界点に上記ラベルを付与する。数値制御装置 1 は、加工プログラム 2 1 に含まれる加工範囲指定のための指令に対応した追加工待機指令をロボットプログラム 2 2 に追加する。追加工待機指令は、追加工を待機させるための待機指令である。ロボットプログラム生成部 3 2 は、加工範囲指定のための指令が実行されることによって、追加工待機指令をロボットプログラム 2 2 に追加する。

[0068] 図 1 3 に示すロボットプログラム 2 2 には、領域 A のバリ取り加工のための追加工指令の前に、領域 A についての追加工待機指令が追加されている。領域 B のバリ取り加工のための追加工指令の前には、領域 B についての追加工待機指令が追加されている。領域 C のバリ取り加工のための追加工指令の前には、領域 C についての追加工待機指令が追加されている。

[0069] 図 3 に示す画像処理部 3 5 は、シミュレーション部 3 1 による各境界点の算出結果を表示するための画像データを生成する。表示部 4 6 は、画像データに従って、各境界点の算出結果を表示する。図 1 4 は、実施の形態 2 にかかる数値制御装置による境界点の算出結果を表示する画面の例を示す図である。

[0070] 図 1 4 では、加工プログラム 2 1 に 2 つのラベル「LABEL_A」, 「LABEL_B」が含まれる場合の例を示す。図 1 4 において、「ラベル A の切削範囲」は、「LABEL_A」によって指定される領域 A を表す。「ラベル A の座標データ」は、領域 A の各境界点の座標を表す。「ラベル B の切削範囲」は、「LABEL_B」によって指定される領域 B を表す。「ラベル B の座標データ」は、領域 B の各境界点の座標を表す。表示部 4 6 は、各境界点の算出結果をラベルごとに区別して表示する。

[0071] 図 1 5 は、実施の形態 2 にかかる数値制御装置において加工プログラムとロボットプログラムとを実行した場合における工作機械およびロボットの動作について説明するための図である。実施の形態 2 では、数値制御装置 1 は、複数の系統を有する。複数の系統の各々は、NC プログラムを実行するための処理系統である。数値制御装置 1 は、加工プログラム 2 1 とロボットプ

プログラム 22 とを互いに異なる系統において実行する。以下の説明において、加工プログラム 21 を実行する系統を第 1 の系統、ロボットプログラム 22 を実行する系統を第 2 の系統と称することがある。なお、図 15 において、領域 A R 1 は領域 A、領域 A R 2 は領域 B を表す。

[0072] 工作機械 2 が加工工具 51 による領域 A R 1 の切削加工を行っている間は、ロボット 3 は、ロボットプログラム 22 に含まれる追加工待機指令に従って、領域 A R 1 におけるバリ取りのための追加工を待機する。ロボット 3 は、加工プログラム 21 のうち領域 A R 1 について加工範囲の終了を指定するための指令が実行されるまで、追加工を待機する。

[0073] 領域 A R 1 についての切削加工が完了し、領域 A R 1 について加工範囲の終了を指定するための指令が実行されると、ロボット 3 は、ロボット工具 60 による領域 A R 1 のバリ取りを開始する。領域 A R 1 のバリ取りと並行して、工作機械 2 は、領域 A R 2 の切削加工を行う。このように、数値制御装置 1 は、領域 A R 1 の切削加工が完了するまで領域 A R 1 のバリ取りを待機させる。また、数値制御装置 1 は、領域 A R 1 の切削加工が完了した後は、領域 A R 1 のバリ取りと領域 A R 2 の切削加工とを並行して実施する。

[0074] 次に、ロボットプログラム生成処理部 17 の各機能部における処理の手順について説明する。図 16 は、実施の形態 2 にかかる数値制御装置が有する加工プログラム解析部による処理手順を示すフローチャートである。ステップ S 41 において、加工プログラム解析部 30 は、加工プログラム 21 のうち読み出されたブロックが、ロボット 3 による加工範囲の開始を指定するための指令か否かを判断する。

[0075] 読み出されたブロックが加工範囲の開始を指定するための指令である場合（ステップ S 41，Y e s）、加工プログラム解析部 30 は、ステップ S 42 において、プログラム生成のモードを、ラベル付けを有効とするモードへ切り換える。ラベル付けを有効とするモードにおいて、加工プログラム解析部 30 は、指令位置および指令速度の解析結果に上記ラベルを付与する。

[0076] 一方、読み出されたブロックが加工範囲の開始を指定するための指令では

ない場合（ステップS 4 1, N o）、加工プログラム解析部3 0は、ステップS 4 3において、加工プログラム2 1のうち読み出されたブロックが、ロボット3による加工範囲の終了を指定するための指令か否かを判断する。

[0077] 読み出されたブロックが加工範囲の終了を指定するための指令である場合（ステップS 4 3, Y e s）、加工プログラム解析部3 0は、ステップS 4 4において、プログラム生成のモードを、ラベル付けを無効とするモードへ切り換える。ラベル付けを無効とするモードにおいて、加工プログラム解析部3 0は、指令位置および指令速度の解析結果への上記ラベルの付与を行わない。

[0078] 一方、読み出されたブロックが加工範囲の終了を指定するための指令ではない場合（ステップS 4 3, N o）、加工プログラム解析部3 0は、ステップS 4 5において、現在のプログラム生成のモードが、ラベル付けを有効とするモードか否かを判断する。現在のプログラム生成のモードが、ラベル付けを有効とするモードである場合（ステップS 4 5, Y e s）、ステップS 4 6において、加工プログラム解析部3 0は、ラベル付きの解析結果をシミュレーション部3 1へ出力する。現在のプログラム生成のモードが、ラベル付けを無効とするモードである場合（ステップS 4 5, N o）、ステップS 4 7において、加工プログラム解析部3 0は、ラベル無しの解析結果をシミュレーション部3 1へ出力する。ステップS 4 2、ステップS 4 4、ステップS 4 6またはステップS 4 7の実行により、加工プログラム解析部3 0は、図1 6に示す手順による動作を終了する。

[0079] 図1 7は、実施の形態2にかかる数値制御装置が有する補間点算出部による処理手順を示すフローチャートである。ステップS 5 1において、補間点算出部3 3は、指令位置および指令速度の解析結果を加工プログラム解析部3 0から取得する。ステップS 5 2において、補間点算出部3 3は、直進駆動および回転駆動についての各補間点を算出する。

[0080] ステップS 5 3において、補間点算出部3 3は、ステップS 5 1において取得された解析結果が、ラベル付きの解析結果か否かを判断する。取得され

た解析結果がラベル付きの解析結果である場合（ステップS53, Yes）、ステップS54において、補間点算出部33は、算出された補間点の座標にラベルを紐付けする。補間点算出部33は、ラベルが紐付けされた補間点の座標を境界点算出部34へ出力する。

[0081] 一方、取得された解析結果がラベル付きの解析結果ではない場合（ステップS53, No）、補間点算出部33は、ステップS54をスキップする。補間点算出部33は、ラベルが紐付けられていない補間点の座標を境界点算出部34へ出力する。ステップS54の実行により、またはステップS54のスキップにより、補間点算出部33は、図17に示す手順による処理を終了する。

[0082] 図18は、実施の形態2にかかる数値制御装置が有する境界点算出部による処理手順を示すフローチャートである。ステップS61において、境界点算出部34は、各補間点の座標を補間点算出部33から取得する。ステップS62において、境界点算出部34は、工作機械データ23および加工工具データ25を記憶部20から読み出す。

[0083] ステップS63において、境界点算出部34は、各補間点の座標と工作機械データ23と加工工具データ25とを基に、単位時間ごとにおける加工工具位置を算出する。ステップS64において、境界点算出部34は、ワークデータ24を記憶部20から読み出す。ステップS65において、境界点算出部34は、算出された加工工具位置とワークデータ24とを基に、ワーク50のうち切削によって除去される領域を算出する。

[0084] ステップS66において、境界点算出部34は、ワーク50の切削があるか否かを判定する。ワーク50の切削がある場合（ステップS66, Yes）、ステップS67において、境界点算出部34は、算出された加工工具位置についての境界点の座標を算出する。境界点算出部34は、単位時間ごとの各加工工具位置について、ステップS66による判定を実行するとともに境界点の座標を算出する。ステップS68において、境界点算出部34は、算出された境界点の座標に時系列データを紐付けする。

- [0085] ステップS 6 9において、境界点算出部3 4は、算出された境界点が、ラベル付きの補間点についての境界点か否かを判断する。算出された境界点が、ラベル付きの補間点についての境界点である場合（ステップS 6 9, Y e s）、ステップS 7 0において、境界点算出部3 4は、算出された境界点の座標にラベルを紐付けする。境界点算出部3 4は、ラベルと時系列データとが紐付けされた境界点の座標をロボットプログラム生成部3 2へ出力する。
- [0086] 一方、算出された境界点が、ラベル付きの補間点についての境界点ではない場合（ステップS 6 9, N o）、境界点算出部3 4は、ステップS 7 0をスキップする。境界点算出部3 4は、時系列データとラベルとのうち時系列データのみが紐付けられた境界点の座標をロボットプログラム生成部3 2へ出力する。ステップS 7 0の実行により、またはステップS 7 0のスキップにより、境界点算出部3 4は、図1 8に示す手順による処理を終了する。または、ワーク5 0の切削がない場合（ステップS 6 6, N o）、境界点算出部3 4は、図1 8に示す手順による処理を終了する。
- [0087] 図1 9は、実施の形態2にかかる数値制御装置が有するロボットプログラム生成部による処理手順を示すフローチャートである。ステップS 8 1において、ロボットプログラム生成部3 2は、切削により除去される領域における複数の境界点について、境界点の座標と、当該座標に紐付けられている時系列データとを取得する。
- [0088] ステップS 8 2において、ロボットプログラム生成部3 2は、ステップS 8 1において取得された境界点が、ラベル付きの境界点か否かを判断する。境界点がラベル付きの境界点ではない場合（ステップS 8 2, N o）、ロボットプログラム生成部3 2は、手順をステップS 8 6へ進める。
- [0089] 一方、境界点がラベル付きの境界点である場合（ステップS 8 2, Y e s）、ステップS 8 3において、ロボットプログラム生成部3 2は、前回の境界点がラベル無しの境界点か否かを判断する。前回の境界点とは、ステップS 8 1において取得された境界点の1つ前にロボットプログラム生成部3 2において取得された境界点とする。前回の境界点がラベル無しの境界点であ

る場合（ステップS 8 3, Y e s）、ロボットプログラム生成部3 2は、手順をステップS 8 5へ進める。

[0090] 一方、前回の境界点がラベル無しの境界点ではなかった場合（ステップS 8 3, N o）、ステップS 8 4において、ロボットプログラム生成部3 2は、ステップS 8 1において取得された境界点のラベルが、前回の境界点のラベルとは異なるか否かを判断する。ステップS 8 1において取得された境界点のラベルが、前回の境界点のラベルと同じである場合（ステップS 8 4, N o）、ロボットプログラム生成部3 2は、手順をステップS 8 6へ進める。一方、ステップS 8 1において取得された境界点のラベルが、前回の境界点のラベルと異なる場合（ステップS 8 4, Y e s）、ロボットプログラム生成部3 2は、手順をステップS 8 5へ進める。

[0091] ステップS 8 5において、ロボットプログラム生成部3 2は、ステップS 8 1において取得された境界点のラベルに対応する追加工待機指令をロボットプログラム2 2に追加する。ロボットプログラム生成部3 2は、ステップS 8 5の実行により、手順をステップS 8 6へ進める。

[0092] ステップS 8 6において、ロボットプログラム生成部3 2は、ロボット工具データ2 6を記憶部2 0から読み出す。ステップS 8 7において、ロボットプログラム生成部3 2は、ステップS 8 1にて読み出された境界点の座標を時系列にソートする。ステップS 8 8において、ロボットプログラム生成部3 2は、各境界点の時系列に従って、各境界点を通る経路に沿ってロボット工具を移動させるためのロボット指令を生成する。当該経路では、境界点同士が直線によって繋がれる。ステップS 8 9において、ロボットプログラム生成部3 2は、ステップS 8 8にて生成されたロボット指令をロボットプログラム2 2に追加する。これにより、ロボットプログラム生成部3 2は、図1 9に示す手順による処理を終了する。

[0093] 数値制御装置1は、第1の系統では加工プログラム2 1を実行し、第2の系統ではロボットプログラム2 2を実行する。これにより、制御システムは、工作機械2による切削加工とロボット3による追加工とを同時に行う。

- [0094] 図20は、実施の形態2にかかる数値制御装置が加工プログラムまたはロボットプログラムを自動起動した際における数値制御装置の動作手順を示すフローチャートである。ステップS91において、プログラム解析部14は、現在の解析対象であるプログラムが加工プログラム21であるか否かを判断する。
- [0095] 解析対象が加工プログラム21である場合（ステップS91, Yes）、プログラム解析部14は、ステップS92において加工プログラム21を解析する。ステップS94において、プログラム解析部14は、実行されるブロックが、ロボット3による加工範囲の終了を指定するための指令のブロックか否かを判断する。
- [0096] 実行されるブロックが、加工範囲の終了を指定するための指令のブロックである場合（ステップS94, Yes）、ステップS95において、プログラム解析部14は、終了した加工範囲に対応するラベルをメモする。ここでは、プログラム解析部14は、当該加工範囲の切削加工が終了したことを示すラベルを残す。ロボット3は、追加工を行う際に、追加工の対象である加工範囲において追加工の前提である切削加工が終了しているか否かを、かかるラベルに基づいて判断する。一方、実行されるブロックが、加工範囲の終了を指定するための指令のブロックではない場合（ステップS94, No）、プログラム解析部14は、ステップS95をスキップする。プログラム解析部14は、解析結果を補間処理部27へ出力する。ステップS95の実行またはステップS95のスキップにより、数値制御装置1は、手順をステップS96へ進める。
- [0097] ステップS96において、補間処理部27は、補間点を生成するための補間処理を実行する。ステップS97において、加減速処理部28は、加減速処理を実行する。軸指令出力部29は、加減速処理後の補間結果を基に、加工工具の直進駆動についての移動指令とワーク50の回転駆動についての移動指令とを生成する。ステップS98において、軸指令出力部29は、ドライブコントローラ41へ生成された移動指令を出力する。

- [0098] 一方、解析対象が加工プログラム 21 ではない場合（ステップ S 91, No）、すなわち加工対象がロボットプログラム 22 である場合、プログラム解析部 14 は、ステップ S 93 においてロボットプログラム 22 を解析する。ステップ S 99 において、プログラム解析部 14 は、実行されるブロックが、追加工待機指令のブロックか否かを判断する。実行されるブロックが、追加工待機指令のブロックではない場合（ステップ S 99, No）、数値制御装置 1 は、ステップ S 100 をスキップして、手順をステップ S 101 へ進める。
- [0099] 一方、実行されるブロックが、追加工待機指令のブロックである場合（ステップ S 99, Yes）、ステップ S 100 において、プログラム解析部 14 は、加工範囲の終了を指定するための指令のブロックが実行済みか否かを判断する。加工範囲の終了を指定するための指令のブロックが実行済みである場合（ステップ S 100, Yes）、数値制御装置 1 は、手順をステップ S 101 へ進める。一方、加工範囲の終了を指定するための指令のブロックが実行済みではない場合（ステップ S 100, No）、数値制御装置 1 は、加工範囲の終了を指定するための指令が実行されるまでステップ S 100 における判断を繰り返す。プログラム解析部 14 は、解析結果をロボット制御部 16 へ出力する。
- [0100] ロボット制御部 16 は、解析結果を基に、ロボットコントローラ 4 が解釈可能な形式のロボット指令を生成する。ステップ S 101 において、ロボット制御部 16 は、ロボットコントローラ 4 へ生成されたロボット指令を出力する。ステップ S 98 またはステップ S 101 の実行により、数値制御装置 1 は、図 20 に示す手順による動作を終了する。プログラム解析部 14 は、上記のステップ S 95 において残されたラベルに示される加工範囲までの切削加工が完了したか否かを、ステップ S 99, S 100 において判断する。数値制御装置 1 は、当該加工範囲までの切削加工が完了している場合に、当該加工範囲までの追加工を開始する。
- [0101] 実施の形態 2 によると、数値制御装置 1 は、切削加工が施される領域の切

削が完了するまで、ロボット3による当該領域のバリ取りを待機させる。また、数値制御装置1は、ロボット3による当該領域のバリ取りと、当該領域の次に切削加工が施される領域における工作機械2による切削とを並行して行わせることができる。制御システムは、ワーク50全体の切削加工が終了するよりも前において、切削が終了した領域からバリ取りを開始できることから、加工時間を短縮することができる。

[0102] 以上の各実施の形態に示した構成は、本開示の内容の一例を示すものである。各実施の形態の構成は、別の公知の技術と組み合わせることが可能である。各実施の形態の構成同士が適宜組み合わせられても良い。本開示の要旨を逸脱しない範囲で、各実施の形態の構成の一部を省略または変更することが可能である。

符号の説明

[0103] 1 数値制御装置、2 工作機械、3 ロボット、4 ロボットコントローラ、5 入力操作部、6 入出力ユニット、7 操作盤、8 手動ハンドル、9 非常停止ボタン、10 プロセッサ、11 メモリ、12 記憶装置、13 インタフェース、14 プログラム解析部、15 加工制御部、16 ロボット制御部、17 ロボットプログラム生成処理部、18 入出力処理部、20 記憶部、21 加工プログラム、22 ロボットプログラム、23 工作機械データ、24 ワークデータ、25 加工工具データ、26 ロボット工具データ、27 補間処理部、28 加減速処理部、29 軸指令出力部、30 加工プログラム解析部、31 シミュレーション部、32 ロボットプログラム生成部、33 補間点算出部、34 境界点算出部、35 画像処理部、36 入力制御部、40 駆動部、41 ドライブコントローラ、42 サーボ制御部、43 主軸制御部、44 サーボモータ、45 主軸モータ、46 表示部、47 入力部、48, 49 検出器、50 ワーク、51 加工工具、52 上面、53 先端、60 ロボット工具。

請求の範囲

- [請求項1] ワークの切削加工を行う工作機械と、前記ワークのバリ取りのための工具が取り付けられたロボットとを制御する数値制御装置であって、
- 、
- 前記ワークのうち前記切削加工によって除去される領域の境界を示す複数の境界点を、前記切削加工の制御のために実行される加工プログラムの解析結果を基に算出する境界点算出部と、
- 前記複数の境界点を辿る経路上において前記工具を移動させるためのロボットプログラムを生成するロボットプログラム生成部と、を備えることを特徴とする数値制御装置。
- [請求項2] 前記切削加工のための工具である加工工具の形状についてのデータである加工工具データを保持する記憶部と、
- 前記加工プログラムの解析結果に基づいて単位時間ごとの前記加工工具の位置を表す補間点を算出する補間点算出部を備え、
- 前記境界点算出部は、前記加工工具データと複数の前記補間点とに基づいて前記複数の境界点を算出することを特徴とする請求項1に記載の数値制御装置。
- [請求項3] 前記境界点算出部は、前記複数の境界点の各々に切削の順序を表す時系列データを付与し、
- 前記ロボットプログラム生成部は、前記複数の境界点の各々に付与された前記時系列データによって示される順序で前記複数の境界点の各々を辿る前記経路を設定することを特徴とする請求項1または2に記載の数値制御装置。
- [請求項4] 前記加工プログラムには、前記切削加工が施される加工範囲を指定するための指令が追加可能であって、
- 前記ロボットプログラム生成部は、前記指令が実行されることによって、前記バリ取りを待機させるための待機指令を前記ロボットプログラムへ追加することを特徴とする請求項1から3のいずれか1つに

記載の数値制御装置。

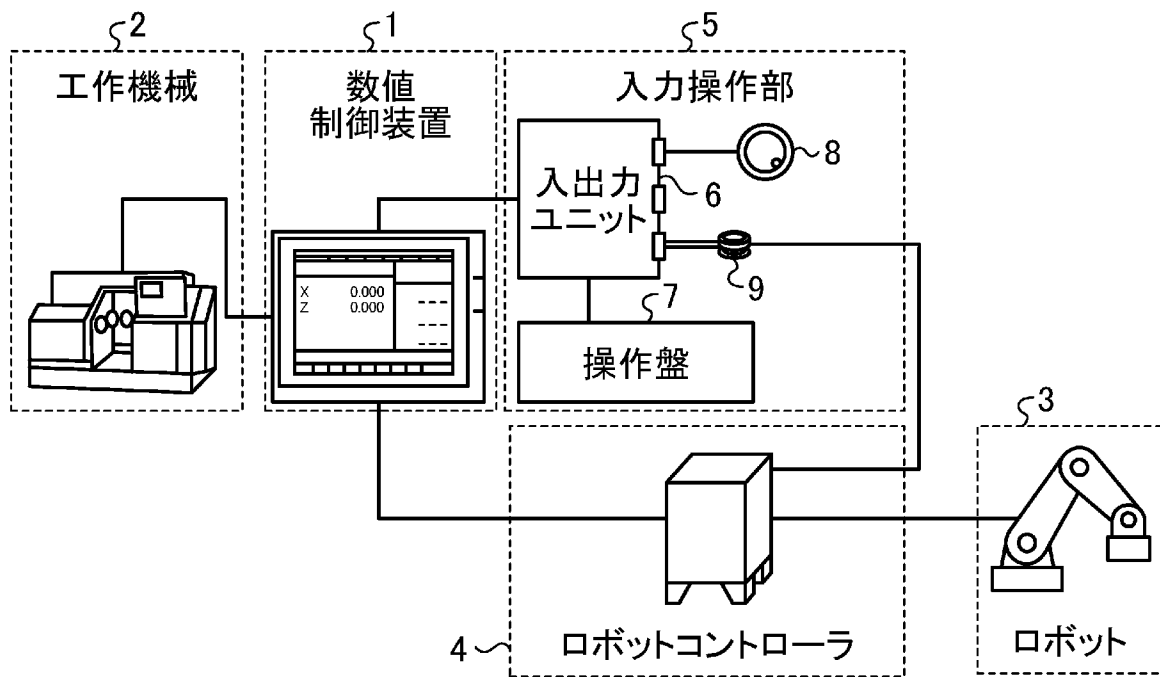
[請求項5]

ワークの切削加工を行う工作機械と、前記ワークのバリ取りのための工具が取り付けられたロボットとを数値制御装置によって制御する数値制御方法であって、

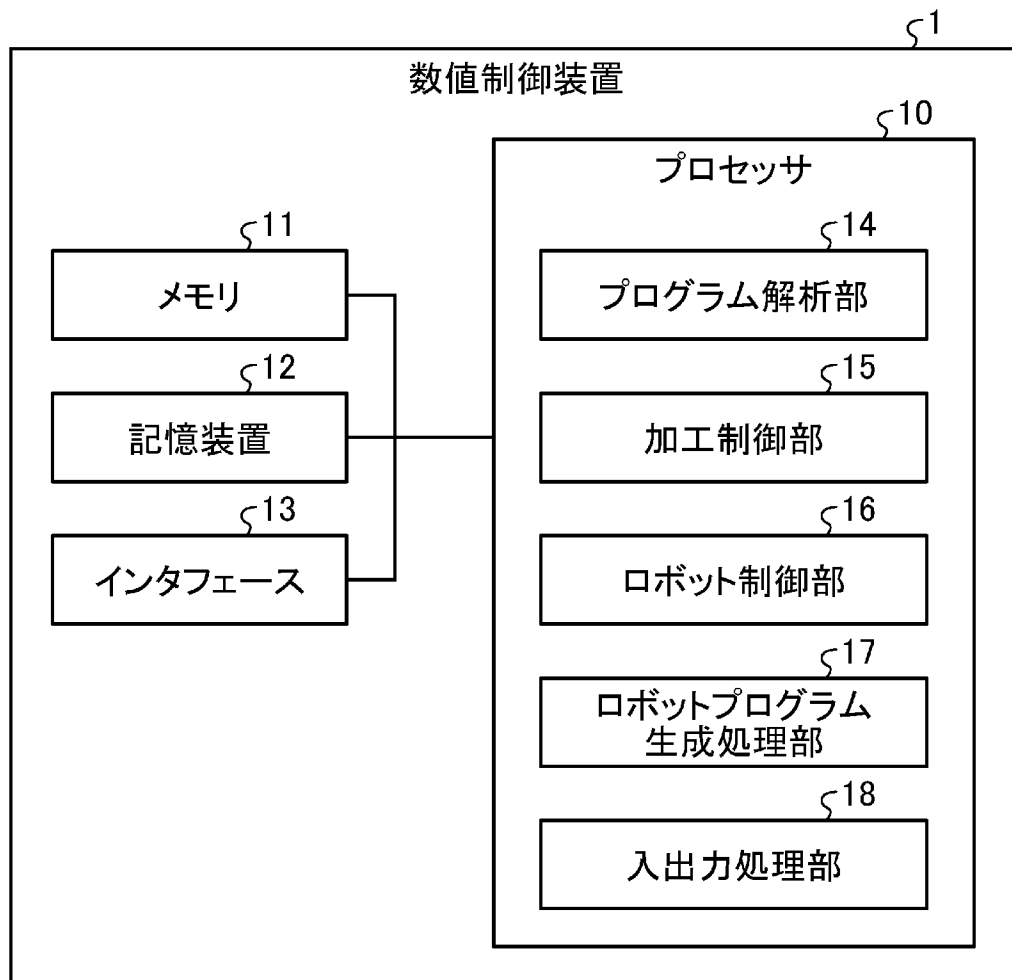
前記ワークのうち前記切削加工によって除去される領域の境界を示す複数の境界点を、前記切削加工の制御のために実行される加工プログラムの解析結果を基に算出する工程と、

前記複数の境界点を辿る経路上において前記工具を移動させるためのロボットプログラムを生成する工程と、を含むことを特徴とする数値制御方法。

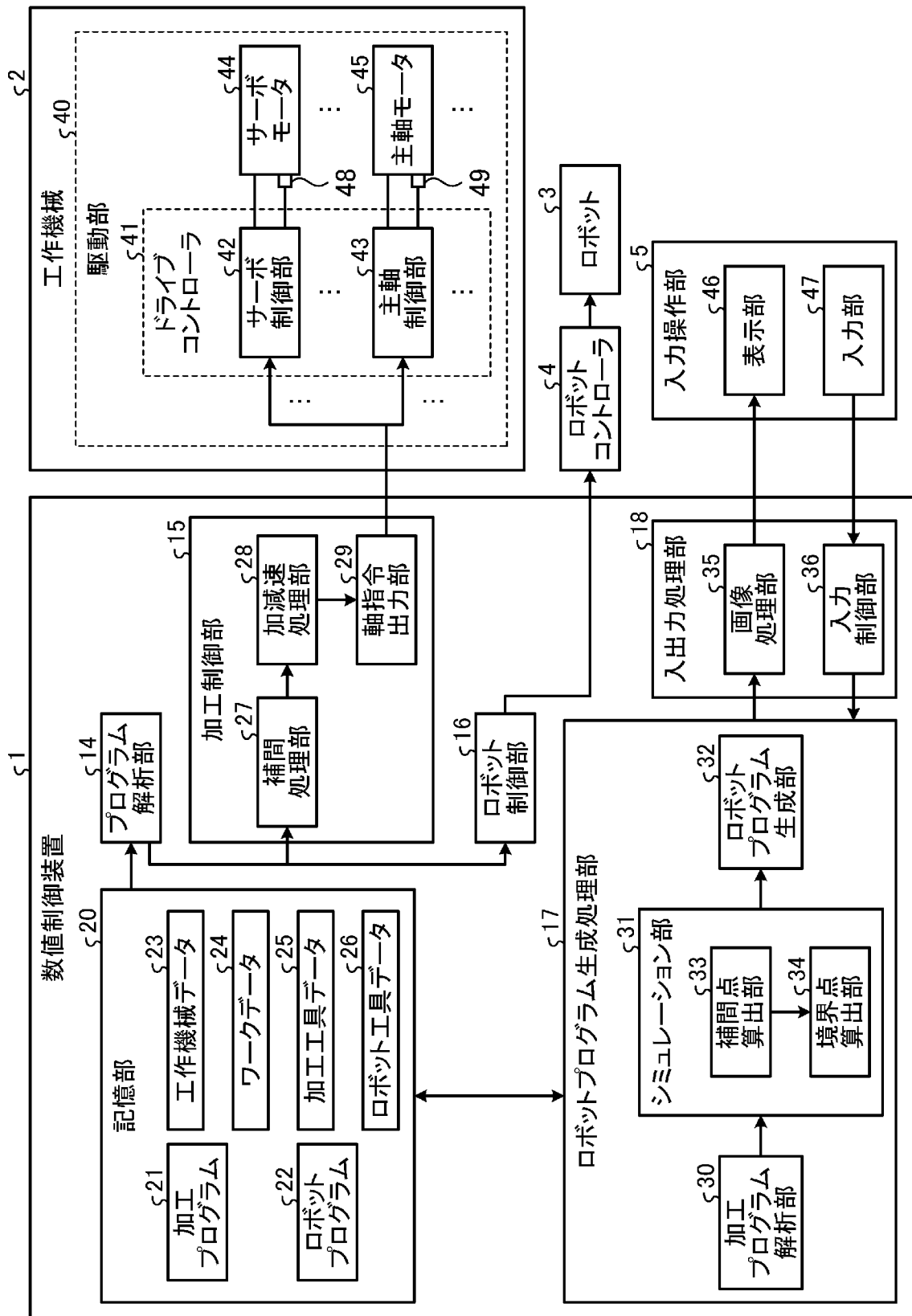
[図1]



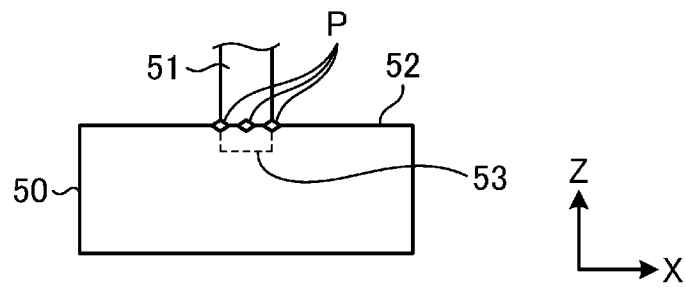
[図2]



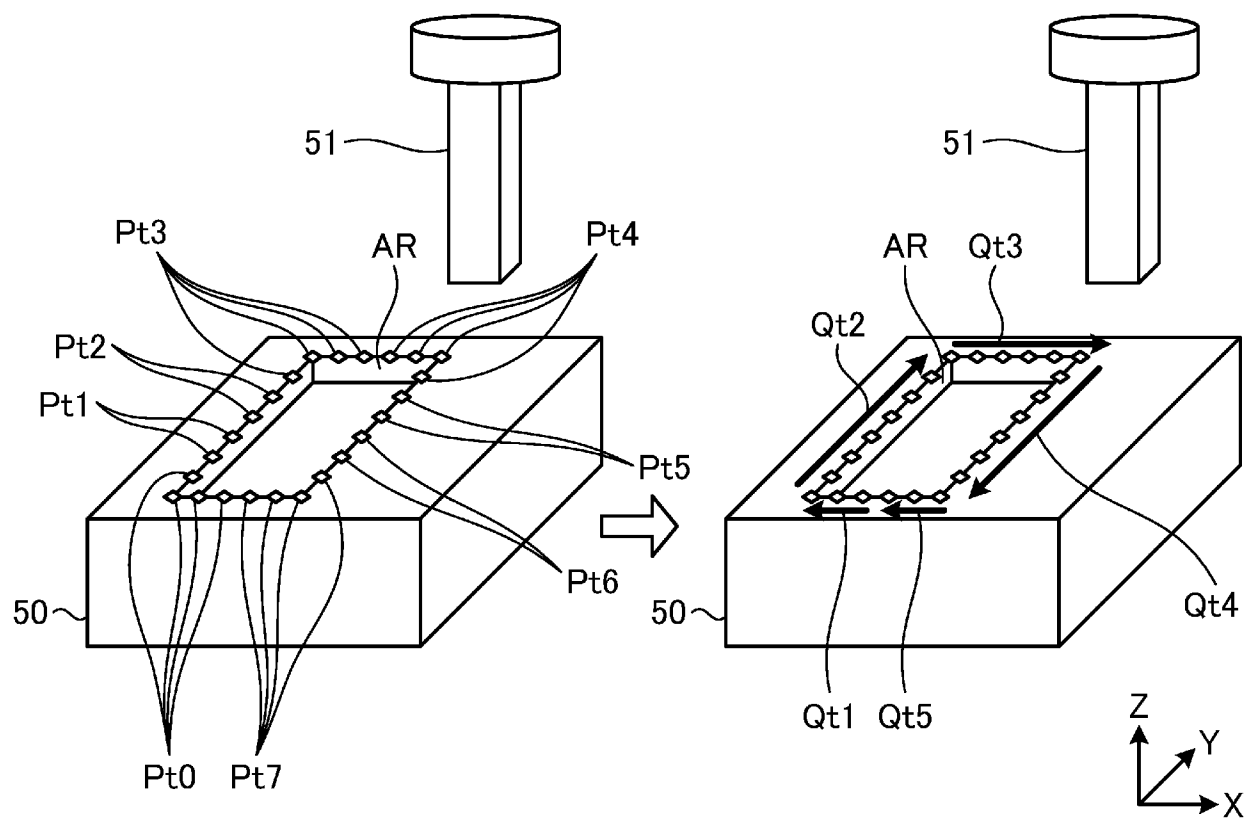
[図3]



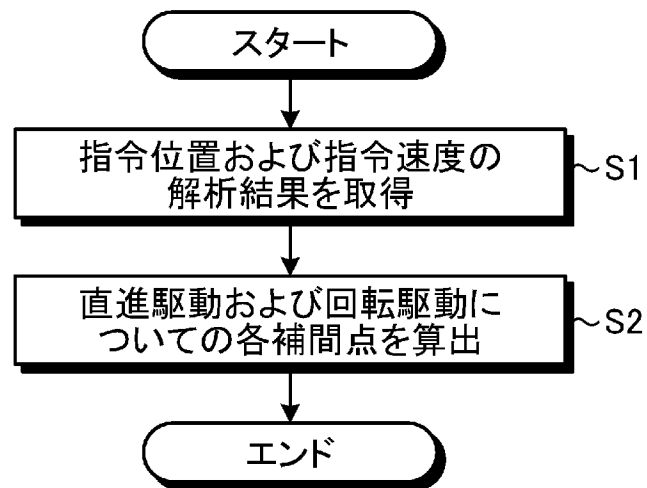
[図5]



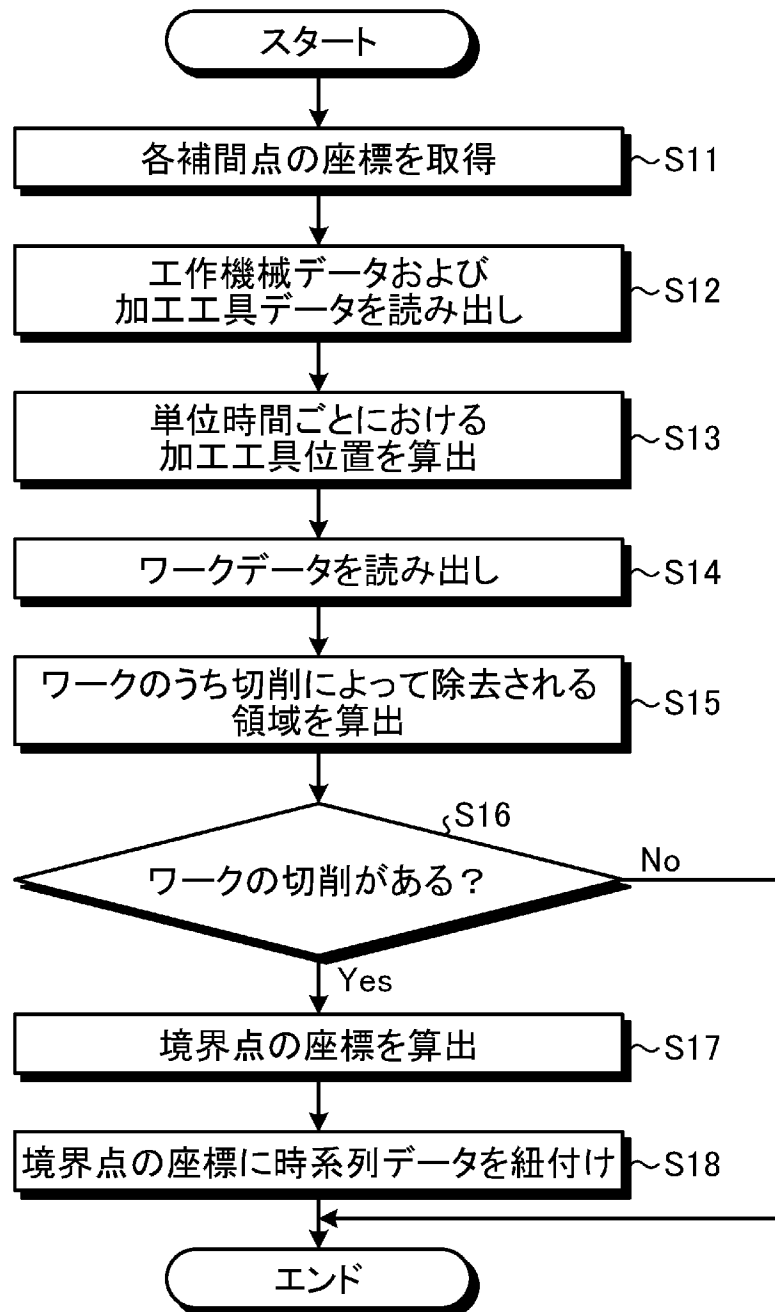
[図6]



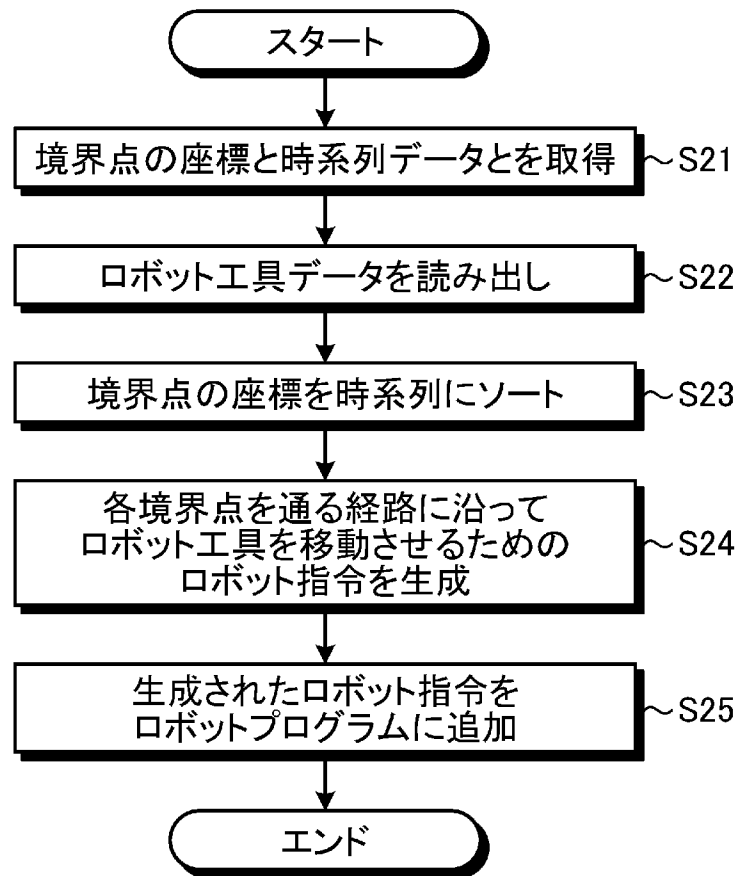
[図7]



[図8]



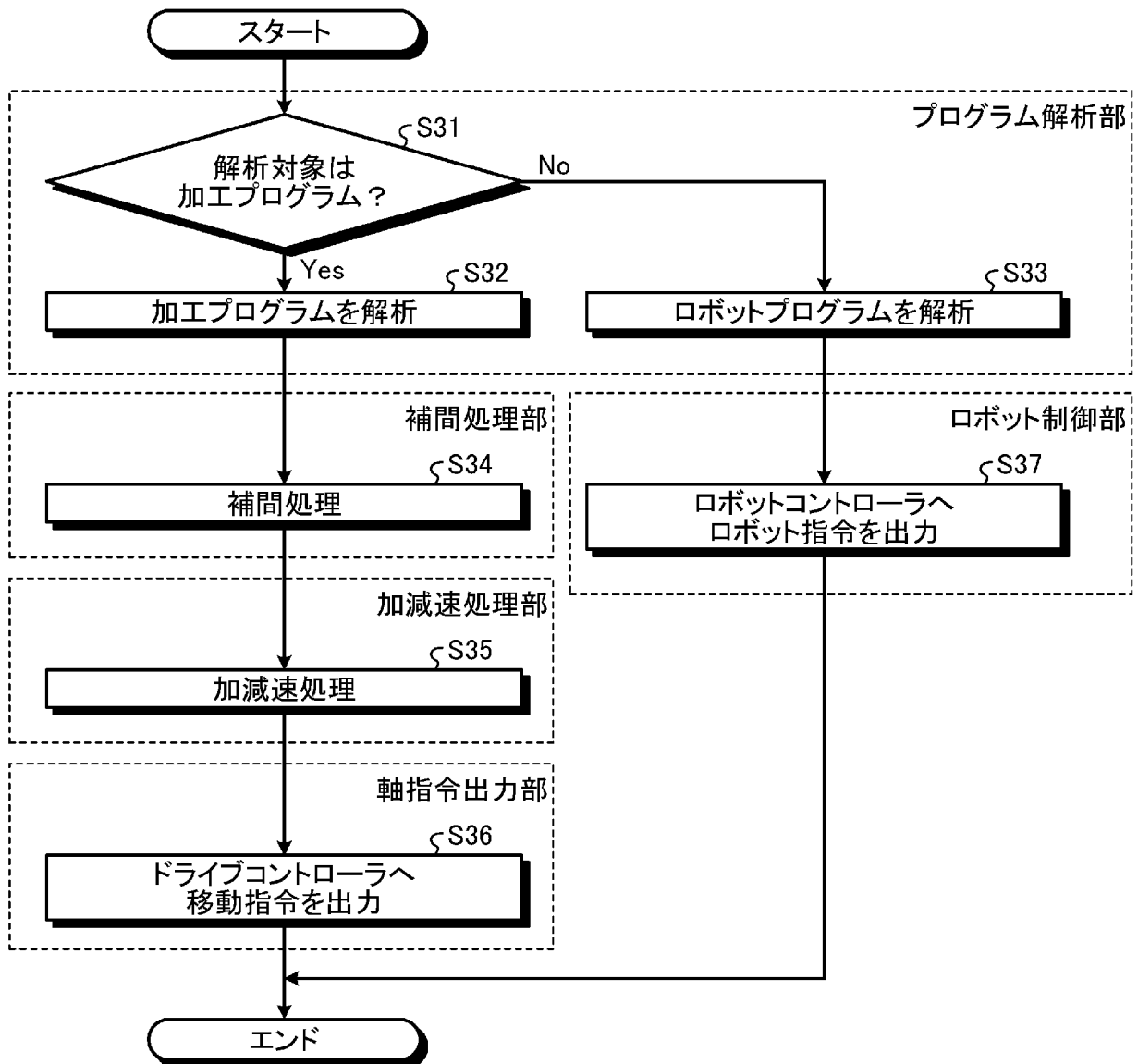
[図9]



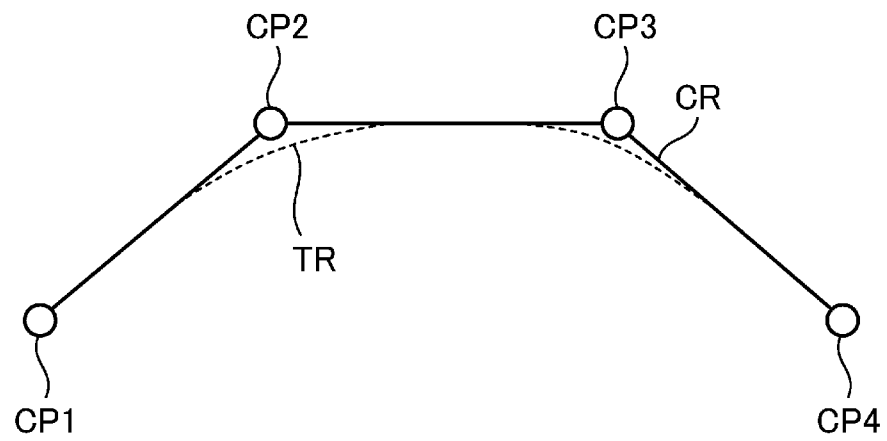
[図10]

21		22	
加工プログラム		ロボットプログラム	
N1 G0 X10. Z10.;	(位置決め)	N1001 G1000 X10. Z10.;	(位置決め)
N2 S2000;	(回転指令)		
N2 G1 X10.1 Y10.0;	(切削指令)	N1002 G1001 X9.0 Z9.0;	(追加加工指令)
.			
N10 G1 X19.9 Z20.0;		N1100 G1001 X20.9 Z21.0;	
N11 G1 X20.1 Z20.0;		N1101 G1001 X19.1 Z19.0;	
.	切削加工		バリ取り加工
N20 G1 X29.9 Z30.0;		N1200 G1001 X30.9 Z31.0;	
N21 G1 X30.1 Z30.0;		N1201 G1001 X10.4 Z20.3;	
.			
N30 G1 X39.9 Z40.0;		N1300 G1001 X40.9 Z41.0;	
M30;		M30;	

[図11]



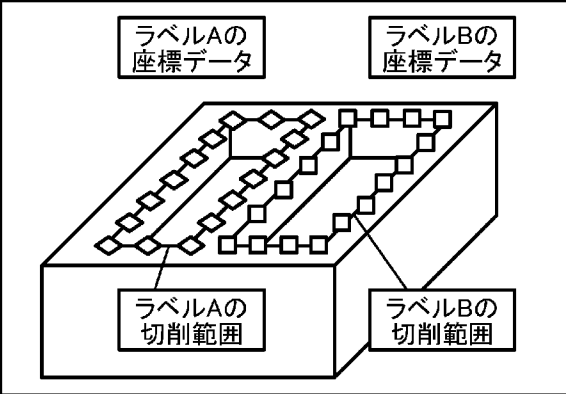
[図12]



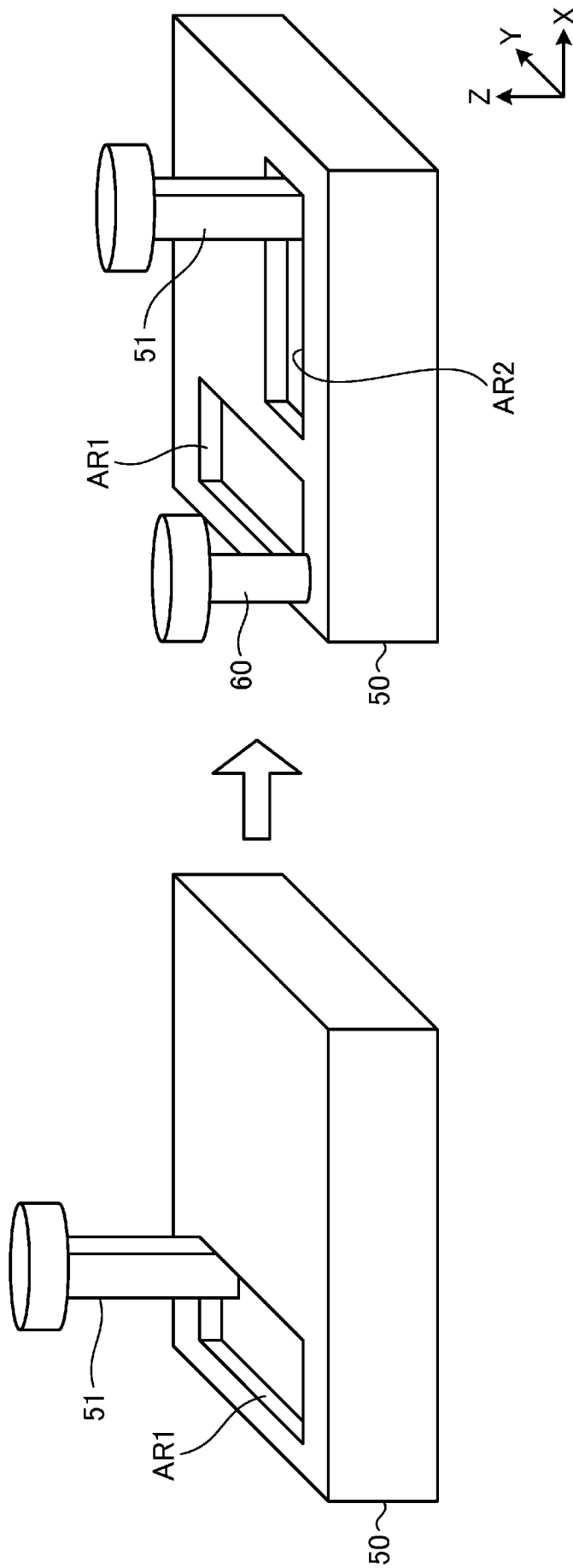
[図13]

21		22	
加工プログラム		ロボットプログラム	
N1 G0 X10. Z10.; N2 S2000; G1010 LABEL_A N2 G1 X10.1 Y10.0; . . . N10 G1 X19.9 Z20.0; G1011 LABEL_A G1010 LABEL_B N11 G1 X20.1 Z20.0; . . . N20 G1 X29.9 Z30.0; G1011 LABEL_B G1010 LABEL_C N21 G1 X30.1 Z30.0; . . . N30 G1 X39.9 Z40.0; G1011 LABEL_C M30;	(位置決め) (回転指令) ロボット加工範囲(開始)指令 (切削指令) 領域Aの加工 ロボット加工範囲(終了)指令 ロボット加工範囲(開始)指令 領域Bの加工 ロボット加工範囲(終了)指令 ロボット加工範囲(開始)指令 領域Cの加工 ロボット加工範囲(終了)指令	N1001 G1000 X10. Z10.; G1020 LABEL_A N1002 G1001 X9.0 Z9.0; . . . N1100 G1001 X20.9 Z21.0; G1020 LABEL_B N1101 G1001 X19.1 Z19.0; . . . N1200 G1001 X30.9 Z31.0; G1020 LABEL_C N1201 G1001 X10.4 Z20.3; . . . N1300 G1001 X40.9 Z41.0; M30;	(位置決め) 追加工待機指令 (追加工指令) 領域Aのバリ取り加工 追加工待機指令 領域Bのバリ取り加工 追加工待機指令 領域Cのバリ取り加工

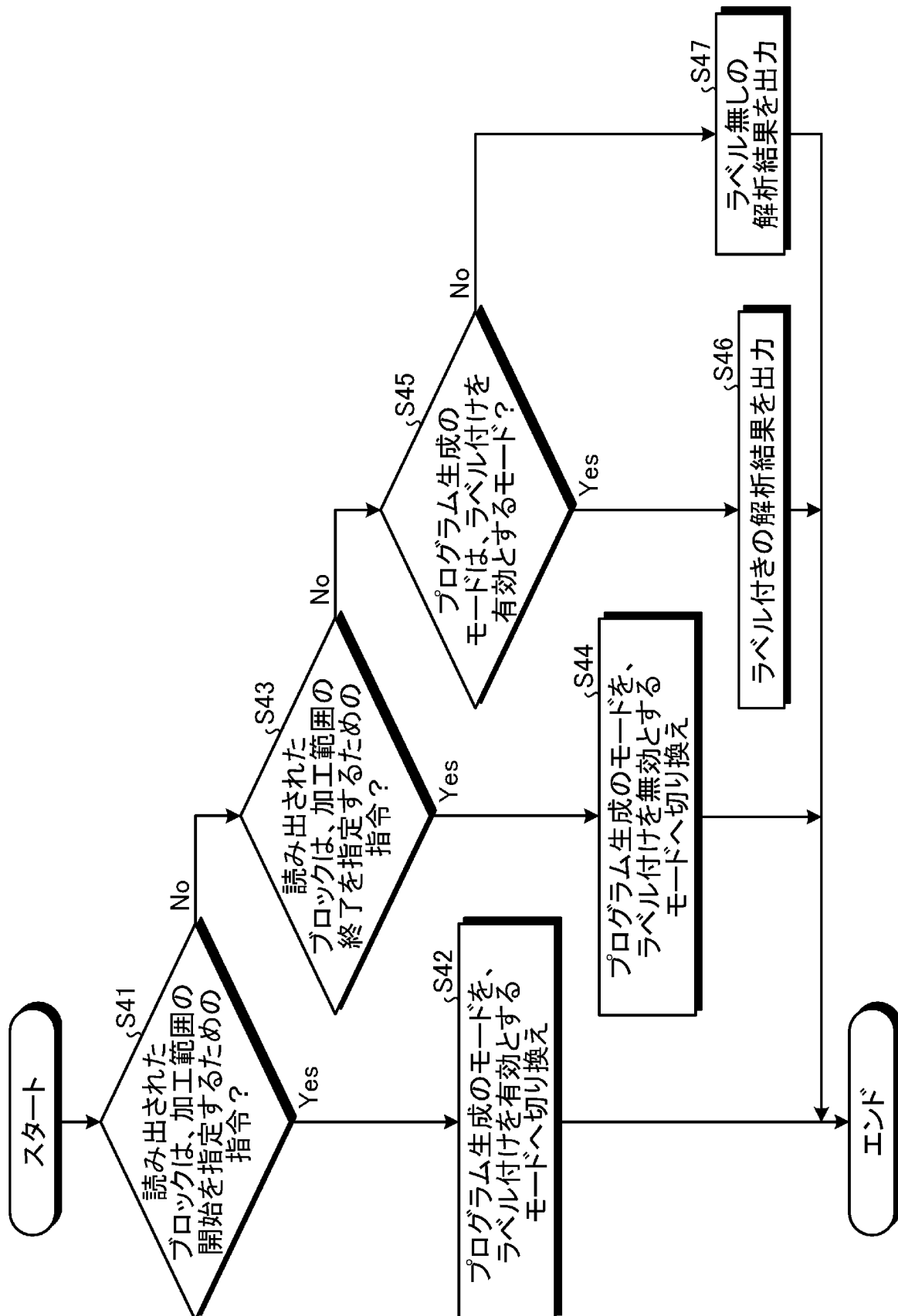
[図14]

SYS1		メモリ		運転	段取	編集	診断	保守
G54 X1 0.000 Y1 0.000 Z1 0.000				メモリ 0 51 N 0 B 1 0 N B 1				
				G28 X0 Y0 Z0 ;				
				<pre> G00 ; G40 ; T11 ; M6 ; N1 G0 G54 G90 X15. Y0 ; G43 Z5. H1 ; G02 I-15. Z-100. F2000 ; G02 I-15. Z0. ; G01 X25. ; G02 I-25. Z-100. (ADD) ; G02 I-25. Z0. ; G01 F1000 ; X40. ; G02 I-40. Z-100 (ADD) ; G02 I-40. Z0. ; </pre>				
加工時間 0:00:00 G90 G01 G40 G80								
3D 2D								
1 RDY 2 RDY				チェック停止中				
編集		チェック		入出力				

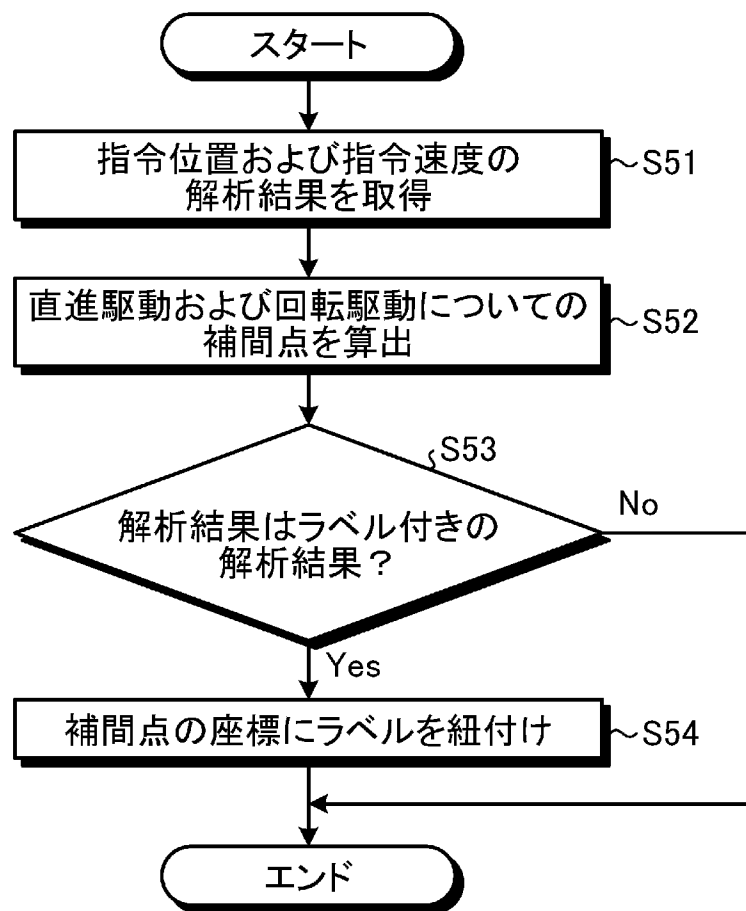
[図15]



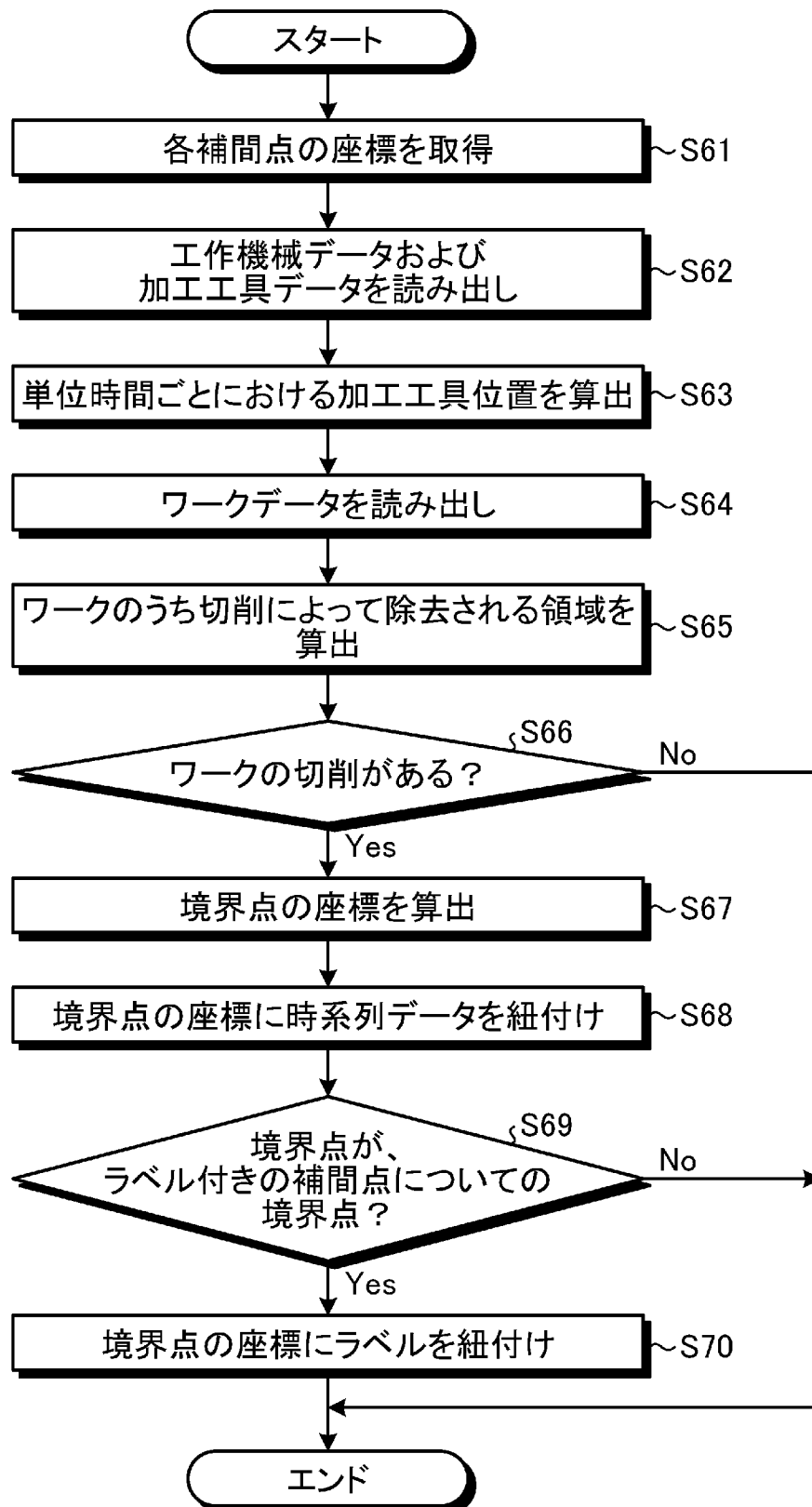
[図16]



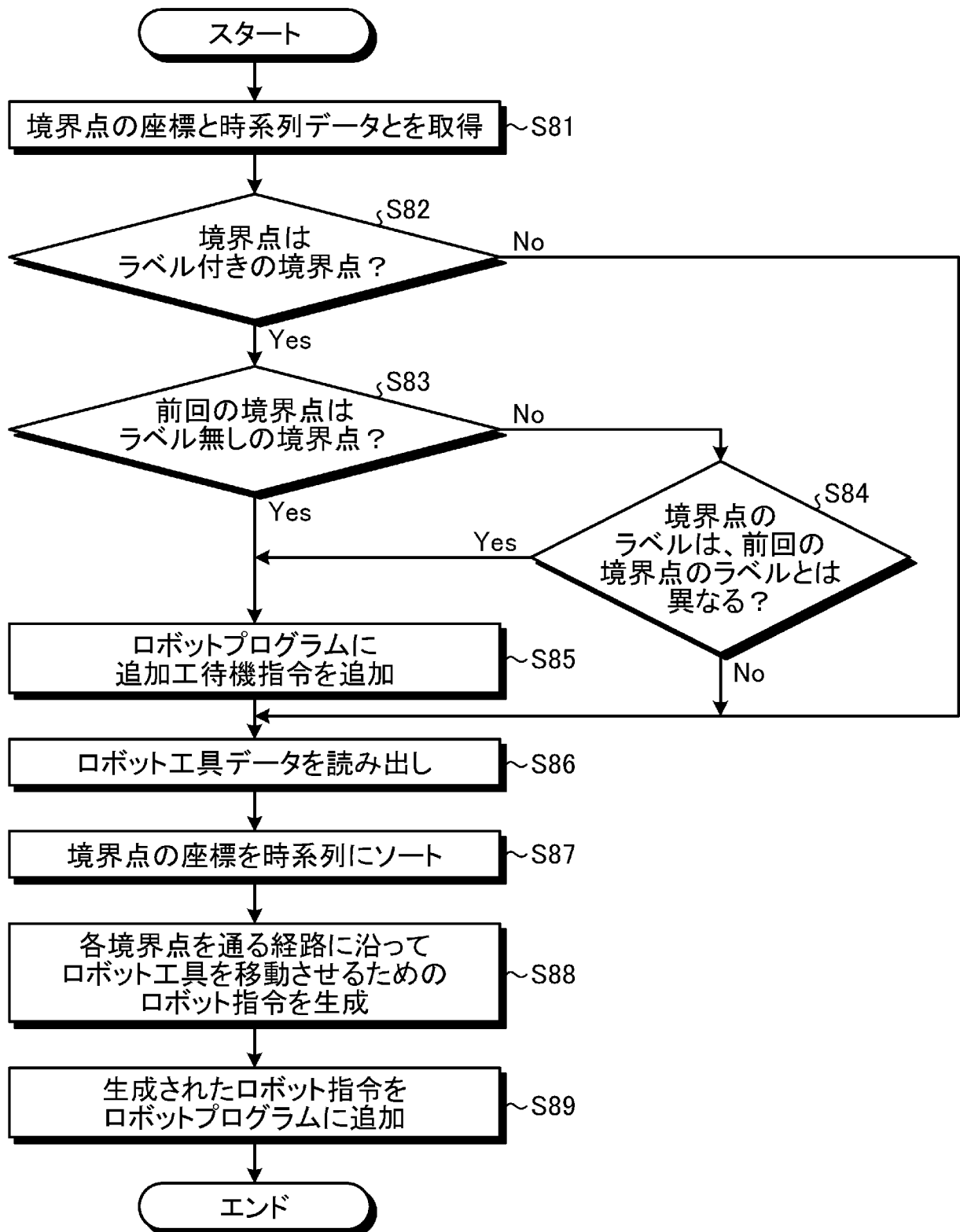
[図17]



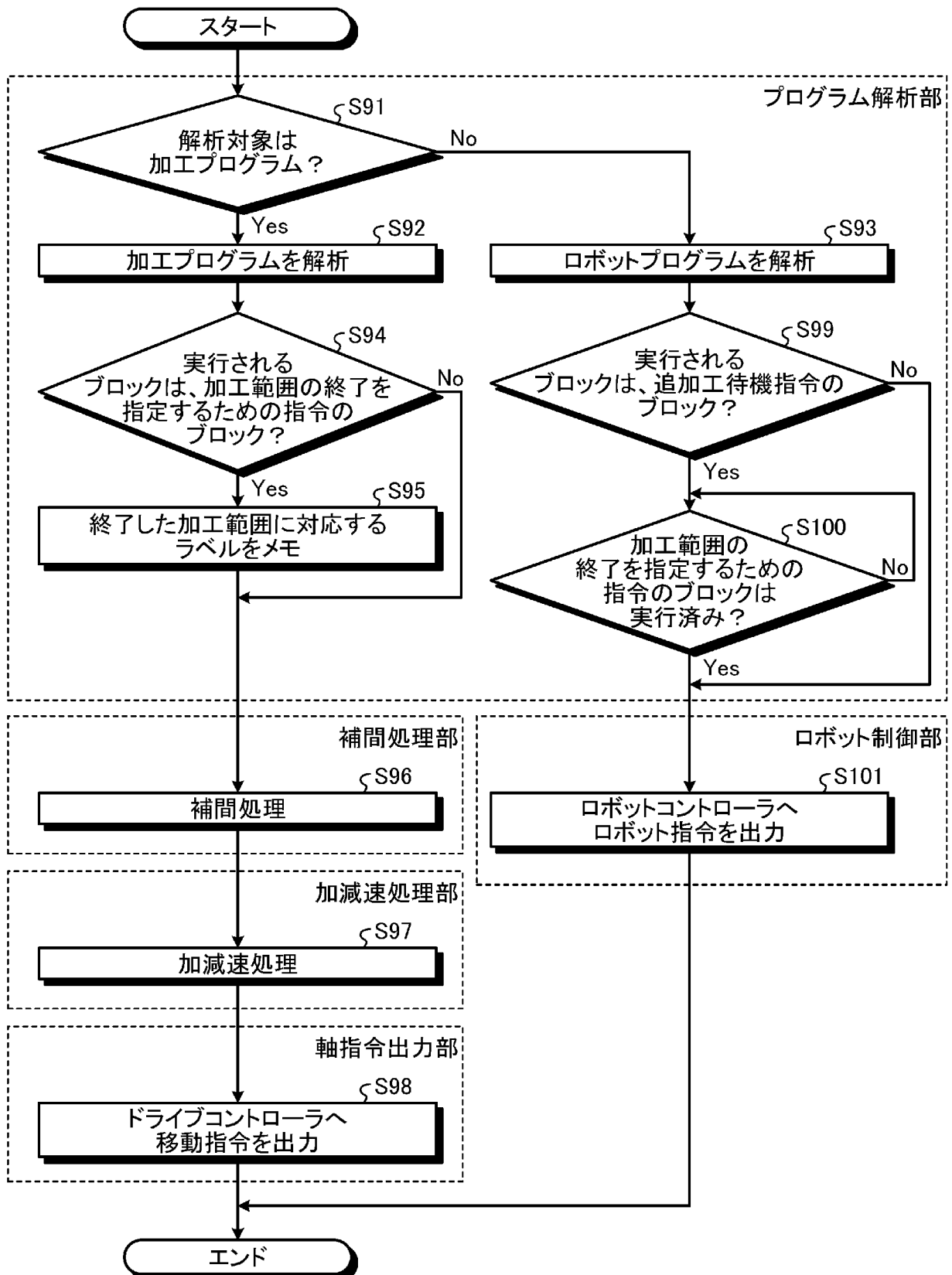
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/027859

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B23D79/00 (2006.01) i, G05B19/4093 (2006.01) i, G05B19/4097 (2006.01) i
FI: G05B19/4097C, G05B19/4093J, B23D79/00A

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G05B19/00-19/46, B23D79/00

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 2005-31904 A (MORI SEIKI CO., LTD.) 03 February 2005 (2005-02-03), paragraphs [0001]-[0056], fig. 1-6	1-2, 4-5
Y	JP 2019-86823 A (FANUC LTD.) 06 June 2019 (2019-06-06), paragraph [0033]	1-2, 4-5
Y	JP 2017-134722 A (FANUC LTD.) 03 August 2017 (2017-08-03), paragraphs [0057]-[0060]	4
A	WO 2015/114734 A1 (MAKINO MILLING MACHINE CO., LTD.) 06 August 2015 (2015-08-06), 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:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
28 September 2020

Date of mailing of the international search report
06 October 2020

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/JP2020/027859

JP 2005-31904 A	03 February 2005	US 2005/0010327 A1 paragraphs [0001]-[0073], fig. 1-6 DE 102004033098 A1
JP 2019-86823 A	06 June 2019	US 2019/0126480 A1 paragraph [0031] DE 102018218298 A1 CN 109746911 A
JP 2017-134722 A	03 August 2017	US 2017/0220017 A1 paragraphs [0066]-[0068] DE 102017000864 A1 CN 107024902 A
WO 2015/114734 A1	06 August 2015	US 2017/0010599 A1 entire text, all drawings EP 3100808 A1 KR 10-2016-0095151 A1 CN 105934300 A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23D 79/00(2006.01)i; G05B 19/4093(2006.01)i; G05B 19/4097(2006.01)i FI: G05B19/4097 C; G05B19/4093 J; B23D79/00 A														
B. 調査を行った分野														
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G05B19/00-19/46; B23D79/00														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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 2005-31904 A（株式会社森精機製作所）03.02.2005（2005 - 02 - 03） 段落[0001]-[0056]，図1-6	1-2, 4-5												
Y	JP 2019-86823 A（ファナック株式会社）06.06.2019（2019 - 06 - 06） 段落[0033]	1-2, 4-5												
Y	JP 2017-134722 A（ファナック株式会社）03.08.2017（2017 - 08 - 03） 段落 [0057] -[0060]	4												
A	WO 2015/114734 A1（株式会社牧野フライス製作所）06.08.2015（2015 - 08 - 06） 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 28.09.2020	国際調査報告の発送日 06.10.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 岩▲崎▼ 優 3U 1573 電話番号 03-3581-1101 内線 3364													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/027859

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2005-31904	A	03.02.2005	US	2005/0010327	A1	
				段落[0001]-[0073], 図1-6			
				DE	102004033098	A1	
JP	2019-86823	A	06.06.2019	US	2019/0126480	A1	
				段落[0031]			
				DE	102018218298	A1	
				CN	109746911	A	
JP	2017-134722	A	03.08.2017	US	2017/0220017	A1	
				段落[0066]-[0068]			
				DE	102017000864	A1	
				CN	107024902	A	
WO	2015/114734	A1	06.08.2015	US	2017/0010599	A1	
				全文, 全図			
				EP	3100808	A1	
				KR	10-2016-0095151	A1	
				CN	105934300	A	