

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2017-167892
(P2017-167892A)

(43) 公開日 平成29年9月21日 (2017.9.21)

(51) Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

G O 5 B 19/4069 (2006.01)

G O 5 B 19/4069

3 C 2 6 9

G O 5 B 19/4063 (2006.01)

G O 5 B 19/4063

L

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2016-53629 (P2016-53629)	(71) 出願人	000116057
(22) 出願日	平成28年3月17日 (2016.3.17)		ローランドディー．ジー．株式会社
			静岡県浜松市北区新都田一丁目6番4号
		(74) 代理人	100121500
			弁理士 後藤 高志
		(74) 代理人	100121186
			弁理士 山根 広昭
		(74) 代理人	100189887
			弁理士 古市 昭博
		(72) 発明者	冠者 徹也
			静岡県浜松市北区新都田1丁目6番4号
			ローランドディー．ジー．株式会社内
		Fターム (参考)	3C269 AB05 BB03 CC02 EF02 EF25
			MN27 MN41 QB17

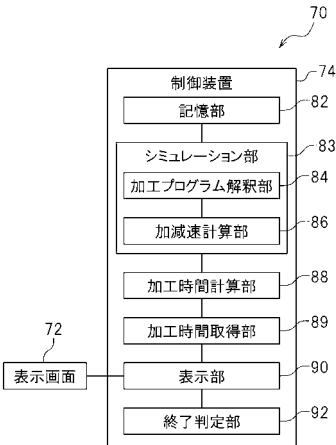
(54) 【発明の名称】 加工時間予測装置、切削加工システムおよび加工時間予測方法

(57) 【要約】

【課題】 切削加工に要する残りの加工時間を精度高く予測する。

【解決手段】 加工時間予測装置70の制御装置74は、複数の工程を有する加工プログラムが記憶された記憶部82と、加工プログラムに従って、切削加工機1が被加工物15を切削するシミュレーションを行い、スピンドル33および保持部25の制御情報が記録された制御パターンを作成するシミュレーション部83と、制御パターンに基づいて、加工プログラムの各工程に対する残りの加工時間が記録された加工時間テーブルを作成する加工時間計算部88と、切削加工機1によって現時点で切削加工が行われている加工プログラムの工程を取得し、取得した加工プログラムの工程に対する残りの加工時間を加工時間テーブルから取得する加工時間取得部89と、加工時間取得部89によって取得された残りの加工時間を表示画面72に表示する表示部90を備えた。

【選択図】 図8



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

加工ツールを把持するスピンドルと、被加工物を保持し、前記スピンドルに対して相対的に移動可能な保持部とを備え、複数の加工工程が記録された加工プログラムに基づいて、前記加工ツールを使用して前記被加工物を切削する切削加工機において、前記被加工物を切削加工する残りの加工時間を予測する加工時間予測装置であって、

表示画面と、

前記表示画面に接続された制御装置と、
を備え、

前記制御装置は、

前記加工プログラムが記憶された記憶部と、

前記加工プログラムに従って、前記切削加工機が前記被加工物を切削するシミュレーションを行い、前記スピンドルおよび前記保持部の制御情報が記録された制御パターンを作成するシミュレーション部と、

前記制御パターンに基づいて、前記加工プログラムの各工程における残りの加工時間を計算し、前記加工プログラムの各工程に対する残りの加工時間が記録された加工時間テーブルを作成する加工時間計算部と、

前記切削加工機によって現時点で切削加工が行われている前記加工プログラムの工程を取得し、取得した前記加工プログラムの工程に対する残りの加工時間を前記加工時間テーブルから取得する加工時間取得部と、

前記加工時間取得部によって取得された残りの加工時間を前記表示画面に表示させる表示部と、

を備えた、加工時間予測装置。

【請求項 2】

前記シミュレーション部は、

前記加工プログラムの各工程における前記スピンドルおよび前記保持部の位置情報を計算する加工プログラム解釈部と、

前記位置情報から、前記スピンドルおよび前記保持部が移動する際の加速度を計算することで前記制御パターンを作成する加減速計算部と、
を備えた、請求項 1 に記載された加工時間予測装置。

【請求項 3】

前記シミュレーション部は、前記制御パターンを作成する際、S 字加速度制御を行う、請求項 1 または 2 に記載された加工時間予測装置。

【請求項 4】

前記シミュレーション部は、前記制御パターンを作成する際、スージング制御を行う、請求項 1 から 3 までの何れか一つに記載された加工時間予測装置。

【請求項 5】

前記加工時間計算部は、前記加工プログラムの各工程に対する処理済みの加工プログラムのデータサイズをそれぞれ計算し、前記処理済みの加工プログラムのデータサイズに対する残りの加工時間を前記加工時間テーブルに記録し、

前記加工時間取得部は、前記切削加工機によって切削開始から現在行われている工程までにおける前記加工プログラムのデータサイズを取得し、前記取得したデータサイズに対する残りの加工時間を前記加工時間テーブルから取得する、請求項 1 から 4 までの何れか一つに記載された加工時間予測装置。

【請求項 6】

前記記憶部には、前記加工プログラムの総データサイズが予め記憶され、

前記制御装置は、前記加工時間取得部によって取得されたデータサイズと、前記総データサイズとを比較し、前記加工時間取得部によって取得されたデータサイズと、前記総データサイズとが一致した場合、前記表示部による前記表示画面に残りの加工時間を表示する制御を終了する終了判定部を備えた、請求項 5 に記載された加工時間予測装置。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 までの何れか一つに記載された加工時間予測装置と、
前記加工時間予測装置に接続された前記切削加工機と、
を備えた切削加工システム。

【請求項 8】

前記切削加工機は、前記加工プログラムに従って、前記スピンドルおよび前記保持部の制御情報が記録された制御パターンを作成する加工制御部を備え、

前記加工制御部によって作成された制御パターンと、前記シミュレーション部によって作成された制御パターンとは、同じである、請求項 7 に記載された切削加工システム。

【請求項 9】

前記シミュレーション部は、前記加工制御部と同じ制御を疑似的に行っている、請求項 8 に記載された切削加工システム。

【請求項 10】

加工ツールを把持するスピンドルと、被加工物を保持し、前記スピンドルに対して相対的に移動可能な保持部とを備え、複数の加工工程が記録された加工プログラムに基づいて、前記加工ツールを使用して前記被加工物を切削する切削加工機において、前記被加工物を切削加工する残りの加工時間を予測する加工時間予測方法であって、

前記加工プログラムに従って、前記切削加工機が前記被加工物を切削するシミュレーションを行い、前記スピンドルおよび前記保持部の制御情報が記録された制御パターンを作成するシミュレーション工程と、

前記制御パターンに基づいて、前記加工プログラムの各工程における残りの加工時間を計算し、前記加工プログラムの各工程に対する残りの加工時間が記録された加工時間テーブルを作成する加工時間計算工程と、

前記切削加工機によって現時点で切削加工が行われている前記加工プログラムの工程を取得し、取得した前記加工プログラムの工程に対する残りの加工時間を前記加工時間テーブルから取得する加工時間取得工程と、

前記加工時間取得工程で取得した残りの加工時間を表示画面に表示する表示工程と、
を包含する、加工時間予測方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、加工時間予測装置、切削加工システムおよび加工時間予測方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、回転する加工ツールで被加工物を切削加工する切削加工機が知られている。この種の切削加工機では、複数の加工工程を有する加工プログラムが予め作成されている。そして、加工プログラムの各加工工程に基づいて、被加工物と加工ツールとの相対的な位置関係を 3 次元で変化させ、被加工物に対して加工ツールを所定の角度で接触させることで、被加工物を所望の形状に切削する。

【0003】

このような切削加工機において、被加工物を切削加工するのに要する残りの加工時間を予測することが行われている。例えば、特許文献 1 に開示された発明では、切削加工が開始された時点から現在の切削加工時点までに要した加工時間を計測すると共に、現在行われている加工工程が加工プログラム全体のどの時点の工程かを判別する。そして、上記計測結果、および、上記判別結果から切削加工に要する残りの時間を予測している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2002-73126 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、被加工物を切削加工する加工プログラムの各工程を、大まかに分けると、荒削りをするだけで、所望な形状に似た大まかな形状に被加工物を切削加工する荒削り工程と、荒削り工程をした後に、細部の切削加工を行う仕上げ工程とに分けることができる。荒削り工程に含まれる加工プログラムの工程は、処理する時間が短い、仕上げ工程に含まれる加工プログラムの工程は、荒削り工程に比べて処理する時間が長い。特許文献1に開示された発明では、上記荒削り工程において、予測した残りの加工時間と、実際に要した残りの加工時間とでは誤差が大きかった。

【0006】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、その目的は、切削加工に要する残りの加工時間を予測する際、予測精度が高い加工時間予測装置、切削加工システムおよび加工時間予測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】

本発明に係る加工時間予測装置は、加工ツールを把持するスピンドルと、被加工物を保持し、前記スピンドルに対して相対的に移動可能な保持部とを備え、複数の加工工程が記録された加工プログラムに基づいて、前記加工ツールを使用して前記被加工物を切削する切削加工機において、前記被加工物を切削加工する残りの加工時間を予測する加工時間予測装置である。前記加工時間予測装置は、表示画面と、前記表示画面に接続された制御装置と、を備えている。前記制御装置は、記憶部と、シミュレーション部と、加工時間計算部と、加工時間取得部と、表示部とを備えている。前記記憶部には、前記加工プログラムが記憶されている。前記シミュレーション部は、前記加工プログラムに従って、前記切削加工機が前記被加工物を切削するシミュレーションを行い、前記スピンドルおよび前記保持部の制御情報が記録された制御パターンを作成する。前記加工時間計算部は、前記制御パターンに基づいて、前記加工プログラムの各工程における残りの加工時間を計算し、前記加工プログラムの各工程に対する残りの加工時間が記録された加工時間テーブルを作成する。前記加工時間取得部は、前記切削加工機によって現時点で切削加工が行われている前記加工プログラムの工程を取得し、取得した前記加工プログラムの工程に対する残りの加工時間を前記加工時間テーブルから取得する。前記表示部は、前記加工時間取得部によ

【0008】

前記加工時間予測装置によれば、シミュレーション部によって、切削加工機が実際に使用する加工プログラムに従って、切削加工機が被加工物を切削する各工程であって、切削加工機が実際に行う各工程が疑似的に行われることで、制御パターンが作成される。シミュレーション部によって作成された制御パターンは、切削加工機が切削加工する際に作成される制御パターンと同じである。そのため、シミュレーション部によって作成された制御パターンに基づいて作成された加工時間テーブル内の各工程における残りの加工時間は、切削加工機が行う各工程において、実際に要した残りの加工時間とほぼ同じになる。よって、例えば、荒削り工程に含まれる加工プログラム内の工程であっても、加工時間予測装置が予測した残りの加工時間と、実際に要した残りの加工時間とにおいて誤差をより小さくすることができる。したがって、精度が高い残りの加工時間を予測することができる。

【0009】

本発明に係る加工時間予測方法は、加工ツールを把持するスピンドルと、被加工物を保持し、前記スピンドルに対して相対的に移動可能な保持部とを備え、複数の加工工程が記録された加工プログラムに基づいて、前記加工ツールを使用して前記被加工物を切削する切削加工機において、前記被加工物を切削加工する残りの加工時間を予測する加工時間予測方法である。前記加工時間予測方法は、シミュレーション工程と、加工時間計算工程と、加工時間取得工程と、表示工程とを包含する。前記シミュレーション工程では、前記加

工プログラムに従って、前記切削加工機が前記被加工物を切削するシミュレーションを行い、前記スピンドルおよび前記保持部の制御情報が記録された制御パターンを作成する。前記加工時間計算工程では、前記制御パターンに基づいて、前記加工プログラムの各工程における残りの加工時間を計算し、前記加工プログラムの各工程に対する残りの加工時間が記録された加工時間テーブルを作成する。前記加工時間取得工程では、前記切削加工機によって現時点で切削加工が行われている前記加工プログラムの工程を取得し、取得した前記加工プログラムの工程に対する残りの加工時間を前記加工時間テーブルから取得する。前記表示工程では、前記加工時間取得工程で取得した残りの加工時間を表示画面に表示する。

【発明の効果】

10

【0010】

本発明によれば、切削加工に要する残りの加工時間を予測する際、予測精度が高い加工時間予測装置、切削加工システムおよび加工時間予測方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施形態に係る切削加工システムを示すブロック図である。

【図2】実施形態に係る切削加工機を示す斜視図である。

【図3】保持部およびツールマガジンを示す斜視図である。

【図4】スピンドルおよびツールマガジンを示す正面図である。

【図5】切削加工機を示すブロック図である。

20

【図6】図6（a）は、S字加速度制御が行われる前における、スピンドルが移動する際の経過時間とスピンドルの移動速度との関係の一例を示した図であり、図6（b）は、S字加速度制御が行われた後における、スピンドルが移動する際の経過時間とスピンドルの移動速度との関係の一例を示した図である。

【図7】図7（a）は、スージング制御が行われる前における、スピンドルの位置の移り変わりの一例を示した図であり、図7（b）は、スージング制御が行われた後における、スピンドルの位置の移り変わりの一例を示した図である。

【図8】実施形態に係る加工時間予測装置を示すブロック図である。

【図9】処理済みの加工プログラムのデータサイズと、経過時間との関係を示した図である。

30

【図10】残りの加工時間を表示する手順について示した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、図面を参照しながら、本発明の実施形態に係る切削加工システムについて説明する。なお、ここで説明される実施形態は、当然ながら特に本発明を限定することを意図したものではない。また、同じ作用を奏する部材・部位には同じ符号を付し、重複する説明は適宜省略または簡略化する。

【0013】

図1は、本実施形態に係る切削加工システム100を示すブロック図である。図1に示すように、本実施形態に係る切削加工システム100は、切削加工機1と、加工時間予測装置70とを備えている。ここでは、まず、切削加工機1について説明し、その後、加工時間予測装置70について説明する。

40

【0014】

図2は、切削加工機1の斜視図である。図2に示すように、相互に直交する軸をX軸、Y軸およびZ軸とする。本実施形態に係る切削加工機1は、X軸とY軸とで構成されるXY平面に置かれるものとする。以下、左方および右方とは、図2のフロントカバー7に向かって切削加工機1を見た場合の左方および右方である。また、図2のフロントカバー7に向かって切削加工機1を見た場合に、切削加工機1に近づく方を後方、遠ざかる方を前方とする。以下の図面において、左方をL、右方をRとし、前方をF、後方をR eとし、上方をU、下方をDとする。ただし、これらは説明の便宜上の方向に過ぎず、切削加工機

50

1 の設置態様を何ら限定するものではない。

【0015】

切削加工機 1 は、被加工物 15（図 3 参照）を切削加工するものである。被加工物 15 は、例えば、人工歯の材料である。ここでは、被加工物 15 は、セラミックス、または、樹脂などの材料によって形成されたものである。しかしながら、被加工物 15 の材料は特に限定されない。

【0016】

図 2 に示すように、切削加工機 1 は、箱状に形成されている。詳しくは、切削加工機 1 は、ベース部 2、左外壁部 3、右外壁部 4、天面部 5 および後面部 6 を有するケース 10 と、フロントカバー 7 とを備えている。ケース 10 の前方は開口されている。左外壁部 3 は、ベース部 2 の左端において上方に延びている。右外壁部 4 は、ベース部 2 の右端において上方に延びている。後面部 6 は、ベース部 2 の後端において上方に延びている。後面部 6 は、左外壁部 3 の後端、および、右外壁部 4 の後端に接続されている。天面部 5 は、ベース部 2 の上方に配置されている。天面部 5 は、左外壁部 3 の上端、右外壁部 4 の上端、および、後面部 6 の上端に接続されている。本実施形態では、ベース部 2、左外壁部 3、右外壁部 4、天面部 5 および後面部 6 によって、内部空間 8 が形成されている。この内部空間 8 は、被加工物 15（図 3 参照）に対して切削加工が行われる加工エリアである。

【0017】

図 2 に示すように、フロントカバー 7 は、左外壁部 3 の前端および右外壁部 4 の前端において上下方向に移動することによって開閉自在に構成されている。フロントカバー 7 には窓部 7a が設けられている。作業者は、窓部 7a から内部空間 8 を視認することができる。

【0018】

次に、被加工物 15 を保持する保持部 25、および、複数の加工ツール 23 を収容するツールマガジン 32 について説明する。図 3 は、保持部 25 およびツールマガジン 32 を示す斜視図である。図 3 に示すように、切削加工機 1 は、被加工物 15 を保持する保持部 25 と、保持部 25 に連結された支持部 31 と、箱状に形成され、複数の加工ツール 23 を収容するツールマガジン 32 とを備えている。保持部 25、支持部 31 およびツールマガジン 32 は、内部空間 8（図 2 参照）に設けられている。本実施形態では、上述のように、被加工物 15 の形状は、円板状である。保持部 25 は、被加工物 15 を保持可能な形状、ここでは、半円弧状に形成されている。図示は省略するが、保持部 25 の前部には、第 1 回転軸が接続されており、保持部 25 の後部には第 2 回転軸が接続されている。上記第 1 回転軸は、保持部 25 の前部に設けられた第 1 駆動部 41 に接続されている。第 1 駆動部 41 は、例えばモータである。第 1 駆動部 41 は、上記第 1 回転軸を X 軸周りの方向 T1 に回転させる。このような構成において、第 1 駆動部 41 によって上記第 1 回転軸が方向 T1 に回転すると、保持部 25 は方向 T1 に回転する。これによって、被加工物 15 を方向 T1 に回転させることができる。また、図示は省略するが、支持部 31 は、第 2 駆動部 42（図 5 参照）に接続されており、第 2 駆動部 42 によって前後方向に移動する。これにより、被加工物 15 および保持部 25 は、支持部 31 を介して第 2 駆動部 42 に接続され、支持部 31 を介して前後方向に移動される。さらに、支持部 31 は、第 3 駆動部 43（図 5 参照）に接続されており、第 3 駆動部 43 によって Y 軸周りの方向 T2 に回転する。これによって、被加工物 15 は、保持部 25 を介して方向 T2 に回転する。なお、第 2 駆動部 42 および第 3 駆動部 43 は、例えばモータである。

【0019】

本実施形態では、支持部 31 は L 字状に形成されている。支持部 31 は、X 軸方向に延びて形成された第 1 板部 31a と、第 1 板部 31a の後端から Y 軸方向に延びて形成された第 2 板部 31b とを備えている。支持部 31 の第 2 板部 31b は、上記第 2 回転軸を支持している。支持部 31 の第 1 板部 31a には、ツールマガジン 32 が固定されている。ツールマガジン 32 の上面には、複数の孔部 32a が形成されており、加工ツール 23 の上部 23a（図 4 参照）が露出された状態で、加工ツール 23 が孔部 32a に挿通されて

いる。なお、加工ツール 2 3 を交換する際に、後述のス핀ドル 3 3（図 4 参照）によって加工ツール 2 3 の上部 2 3 a が把持されるようになっている。

【0020】

次に、ス핀ドル 3 3 について説明する。図 4 は、ス핀ドル 3 3 を示す正面図である。図 4 に示すように、切削加工機 1 は、ス핀ドル 3 3 を備えている。内部空間 8（図 2 参照）には、ス핀ドル 3 3 が上下方向に延びるように設けられている。ス핀ドル 3 3 は、加工ツール 2 3 を把持する。ス핀ドル 3 3 は、加工ツール 2 3 を回転させる。ス핀ドル 3 3 は、被加工物 1 5 に対する 3 次元方向への相対的な移動が可能なのである。ここでは、ス핀ドル 3 3 が 3 次元方向に移動することで、ス핀ドル 3 3 が被加工物 1 5 に対して相対的に移動する。ただし、ス핀ドル 3 3 が固定され、被加工物 1 5 が移動することで、ス핀ドル 3 3 が被加工物 1 5 に対して相対的に移動するような構成であってもよい。

10

【0021】

ス핀ドル 3 3 は、第 4 駆動部 4 4 に接続されている。ス핀ドル 3 3 は、第 4 駆動部 4 4 によって前後方向、左右方向および上下方向に移動する。第 4 駆動部 4 4 は、特に限定されないが、例えば、モータである。ス핀ドル 3 3 は、ハウジング 6 0 と、加工ツール 2 3 の上部 2 3 a を把持する把持部 6 1 とを備えている。加工ツール 2 3 の交換の際には、ス핀ドル 3 3 は現在把持している加工ツール 2 3 をツールマガジン 3 2 の所定位置に戻す。その後、ス핀ドル 3 3 は、新たに把持すべき加工ツール 2 3 の上部 2 3 a の真上に把持部 6 1 が位置するように移動する。そして、ス핀ドル 3 3 は、把持部 6 1 を開いた状態で、加工ツール 2 3 の上部 2 3 a に向かって下方に移動し、当該把持部 6 1 を閉じることにより加工ツール 2 3 の上部 2 3 a を把持する。その後、ス핀ドル 3 3 は、切削加工を開始するため、被加工物 1 5（図 3 参照）に向かって移動する。図示は省略するが、ス핀ドル 3 3 は、ス핀ドル 3 3 が加工ツール 2 3 を把持した状態で加工ツール 2 3 を回転させる駆動部に接続されている。

20

【0022】

次に、制御装置 5 0 について説明する。図 5 は、切削加工機 1 のブロック図である。本実施形態に係る切削加工機は、制御装置 5 0 を備えている。制御装置 5 0 は、切削加工機 1 に内蔵されている。しかし、制御装置 5 0 の配置位置は特に限定されない。制御装置 5 0 は、コンピュータであり、中央処理装置（CPU）と、CPU が実行するプログラムなどを格納した ROM と、RAMなどを備えている。なお、ROM に格納されたプログラムとは、所謂ファームウェアのことである。

30

【0023】

図 5 に示すように、制御装置 5 0 は、第 1～第 4 駆動部 4 1～4 4 およびス핀ドル 3 3 に接続されている。制御装置 5 0 は、第 1 駆動部 4 1 を制御することによって、保持部 2 5 における X 軸周りの方向 T 1（図 3 参照）の回転を制御する。制御装置 5 0 は、第 2 駆動部 4 2 を制御することによって、保持部 2 5 における前後方向の移動を制御する。制御装置 5 0 は、第 3 駆動部 4 3 を制御することによって、保持部 2 5 における Y 軸周りの方向 T 2（図 3 参照）の回転を制御する。また、制御装置 5 0 は、第 4 駆動部 4 4 を制御することによって、ス핀ドル 3 3 の前後方向および左右方向への移動を制御する。制御装置 5 0 は、ス핀ドル 3 3 を制御することによって、ス핀ドル 3 3 の回転に関する制御、および、ス핀ドル 3 3 における加工ツール 2 3 の把持に関する制御を行う。

40

【0024】

本実施形態では、図 3 に示すように、切削加工機 1 は、加工プログラムに基づいて、複数の加工ツール 2 3 を使用して被加工物 1 5 を切削することで、所望の加工物を作製する。この加工プログラムとは、所謂 NC データ（NC プログラム）のことである。加工プログラムとは、ス핀ドル 3 3 の動作、および、被加工物 1 5 を保持する保持部 2 5 の動作を座標値によって定義した加工工程が複数記録されたものである。すなわち、加工プログラムは、複数の加工工程を有している。これら複数の工程に従って、制御装置 5 0 がス핀ドル 3 3 および保持部 2 5 の動作を制御することで、被加工物 1 5 が加工ツール 2 3 に

50

よって切削され、所望の加工物が作製される。

【0025】

本実施形態では、図5に示すように、制御装置50は、記憶部52と、加工制御部53と、制御信号送信部58とを備えている。そして、加工制御部53は、加工プログラム解釈部54と、加減速計算部56とを備えている。これら各部は、ROMに格納されたプログラムによって実現されている。このプログラムは、例えば、他のパーソナルコンピュータによって作成される。そして、制御装置50と他のパーソナルコンピュータを、USBなどのケーブルによって接続し、作成されたプログラムを制御装置50に転送する。転送されたプログラムは、例えば、制御装置50のCPU内蔵のROMに記憶される。ただし、このプログラムは、例えばCD（コンパクトディスク）やDVD（デジタルバーサタイルディスク）などの記録媒体から読み込まれるものであってもよい。なお、このプログラムをインターネットを通じてダウンロードするようにしてもよい。また、これら各部は、プロセッサ、および、回路などによって実現可能なものであってもよい。

10

【0026】

記憶部52には、例えば、上記加工プログラム、後述する加速度パラメータ、S字加速度パラメータ、および、スムージングパラメータなどが予め記憶されている。

【0027】

加工制御部53は、被加工物15の切削加工に関する制御を行う。本実施形態では、加工制御部53は、加工プログラムに従って、スピンドル33および保持部25の制御情報が記録された制御パターンを作成する。ここでは、加工制御部53による切削加工に関する制御は、加工プログラム解釈部54と、加減速計算部56によって実現される。加工プログラム解釈部54は、記憶部52に記憶された加工プログラムを解釈する。詳しくは、加工プログラム解釈部54は、記憶部52に記憶された加工プログラムを読み込む。そして、加工プログラム解釈部54は、読み込んだ加工プログラムの各工程における座標値から、各工程におけるスピンドル33および保持部25の位置情報を計算する。この位置情報とは、時系列に沿って得られるものである。

20

【0028】

加減速計算部56は、加工プログラム解釈部54によって計算された位置情報であって、スピンドル33および保持部25の位置情報から、第1～第4駆動部41～44によって制御されるスピンドル33および保持部25の制御情報が記録された制御パターンを計算する。この制御パターンとは、第1～第4駆動部41～44に関する制御パターンであって、スピンドル33および保持部25の位置を制御する制御情報が記録された制御パターンのことである。ここでは、例えば、加減速計算部56は、所定の間隔（例えば、 $250\mu s$ ）ごとに割り込みを発生させ、一の割り込みと、一の割り込みの次に発生する割り込みとの間に移動する第1～第4駆動部41～44のそれぞれのモータの移動角度を計算する。なお、本実施形態では、制御パターンを作成する際には、記憶部52に記憶された加速度パラメータが使用される。さらに、この制御パターンは、S字加速度制御およびスムージング制御が行われた後の制御パターンである。

30

【0029】

S字加速度制御とは、連続する加速度において、スピンドル33および保持部25が滑らかに加速および減速するように各加速度を補正することである。図6(a)は、S字加速度制御が行われる前における、スピンドル33が内部空間8内を移動する際の経過時間とスピンドル33の移動速度との関係の一例を示した図である。図6(b)は、図6(a)において、経過時間におけるスピンドル33の移動速度に対して、S字加速度制御が行われた後の状態を示す図である。図6(a)および図6(b)において、横軸は経過時間を示し、縦軸は速度を示している。制御パターンにおいて、図6(a)のように、スピンドル33の移動における経過時間と、スピンドル33の移動速度との関係が得られているとする。このとき、時間T11～T14において、急な加速度変化が発生する。急な加速度変化が発生した場合、第1～第4駆動部41～44にかかる負荷が増大する。そこで、S字加速度制御を行うことで、急な加速度変化が発生しないように補正する。S字加速度

40

50

制御を行うことによって、図 6 (b) に示すように、滑らかな速度変化になる。なお、S 字加速度制御は、記憶部 52 に予め記憶された S 字加速度パラメータを利用して行われる。この S 字加速度パラメータには、機種によって異なる値が設定される。

【0030】

スムージング制御とは、制御パターンのうち連続する 2 つのパス（位置を示すパス）を滑らかな曲線状の 1 つのパスにする制御のことである。図 7 (a) は、スムージング制御が行われる前における、スピンドル 33 の位置の移り変わりの一例を示した図である。図 7 (b) は、図 7 (a) に示したスピンドル 33 の位置の移り変わりの図に対して、スムージング制御が行われた後における、スピンドル 33 の位置の移り変わりを示した図である。図 7 (a) および図 7 (b) において、横軸は X 軸方向のスピンドル 33 の位置を示し、縦軸は Y 軸方向のスピンドル 33 の位置を示している。例えば、制御パターンに沿ってスピンドル 33 の位置が図 7 (a) に示すように移り変わるとする。この場合、パス a1 とパス a2 とが点 P1 において滑らかに繋がっていないため、スピンドル 33 にかかる負荷が増大する。そこで、図 7 (b) に示すように、スムージング制御を行うことで、パス a1 とパス a2 の位置を補正し、滑らかな曲線状のパス a3 が得られる。このようなパス a3 のような移動をスピンドル 33 が行うことによって、スピンドル 33 にかかる負荷を減らすことができる。なお、スムージング制御は、記憶部 52 に予め記憶されたスムージングパラメータを利用して行われる。このスムージングパラメータには、機種によって異なる値が設定される。以上のように、加減速計算部 56 によって、S 字加速度制御およびスムージング制御を行った制御パターンを得ることができる。

【0031】

図 5 に示すように、制御信号送信部 58 は、加減速計算部 56 によって得られた制御パターンに従って、制御信号を第 1 ～第 4 駆動部 41 ～44 へ適宜送信する。なお、制御信号を受信した第 1 ～第 4 駆動部 41 ～44 は、制御信号に従って、モータの角度が制御される。そして、加減速計算部 56 によって得られた制御パターンに従って、スピンドル 33 および保持部 25 を移動させることで、被加工物 15 の切削加工が行われ、所望の加工物が作製される。

【0032】

以上、本実施形態に係る切削加工機 1 について説明した。次に、図 1 に示す加工時間予測装置 70 について説明する。本実施形態に係る加工時間予測装置 70 は、切削加工機 1 が被加工物 15 を切削するのに要する残りの加工時間（以下、単に「残りの加工時間」という。）を予測する装置である。図 1 に示すように、加工時間予測装置 70 は、有線通信が可能にライン L1 によって切削加工機 1 と接続している。なお、切削加工機 1 と加工時間予測装置 70 とは無線による通信が可能に接続されていてもよい。

【0033】

図 8 は、加工時間予測装置 70 を示すブロック図である。図 8 に示すように、加工時間予測装置 70 は、表示画面 72 と、制御装置 74 とを備えている。図 1 に示すように、表示画面 72 は、例えば、ディスプレイであり、切削加工の残り時間が表示されるものである。なお、表示画面 72 は、切削加工機 1 に設けられ、作業者が切削加工機 1 を操作する操作画面（図示せず）であってもよい。

【0034】

制御装置 74 は、コンピュータであり、CPU と、CPU が実行するプログラムなどを格納した ROM と、RAMなどを備えている。本実施形態では、制御装置 74 は、記憶部 82 と、シミュレーション部 83 と、加工時間計算部 88 と、加工時間取得部 89 と、表示部 90 と、終了判定部 92 を備えている。シミュレーション部 83 は、加工プログラム解釈部 84 と、加減速計算部 86 とを備えている。これら各部は、ROM に格納されたプログラムによって実現されている。このプログラムは、例えば CD や DVD などの記録媒体から読み込まれる。なお、このプログラムをインターネットを通じてダウンロードするようにしてもよい。また、これら各部は、プロセッサ、および、回路などによって実現可能なものであってもよい。

【0035】

記憶部82には、加工プログラム、加速度パラメータ、S字加速度パラメータ、および、スムージングパラメータが記憶されている。記憶部82に記憶された加工プログラム、加速度パラメータ、S字加速度パラメータ、および、スムージングパラメータは、それぞれ切削加工機1の記憶部52に記憶された加工プログラム、加速度パラメータ、S字加速度パラメータ、および、スムージングパラメータと同様のものである。なお、加工時間予測装置70の制御装置74の記憶部82と、切削加工機1の制御装置50の記憶部52とは、別々の記憶部であってもよいし、共通する1つの記憶部であってもよい。

【0036】

シミュレーション部83は、切削加工機1が行う被加工物15（図3参照）の切削加工をシミュレーションする。ここでは、シミュレーション部83は、記憶部82に記憶された加工プログラムに従って、切削加工機1が被加工物15を切削するシミュレーションを行い、スピンドル33（図4参照）および保持部25（図3参照）の制御情報が記録された制御パターンを作成する。ここでは、シミュレーション部83は、仮想空間内において、切削加工機1の加工制御部53と同様の制御を疑似的に行う。本実施形態では、シミュレーション部83は、加工プログラム解釈部84と、加減速計算部86によって実現される。

【0037】

図8に示すように、加工時間予測装置70のシミュレーション部83の加工プログラム解釈部84は、切削加工機1の加工制御部53の加工プログラム解釈部54（図5参照）と同じ制御を疑似的に行う。すなわち、加工プログラム解釈部84は、加工プログラムを解釈して、加工プログラムの各工程におけるスピンドル33および保持部25の位置情報を計算する。ここでは、加工プログラム解釈部84のソースコードには、切削加工機1の加工プログラム解釈部54と同じソースコードが用いられている。同様に、シミュレーション部83の加減速計算部86は、切削加工機1の加工制御部53の加減速計算部56と同じ制御を疑似的に行う。すなわち、加減速計算部86は、加工プログラム解釈部84によって計算された上記位置情報から、スピンドル33および保持部25が移動する際の加速度を計算することで制御パターンを作成する。ここでは、シミュレーション部83の加減速計算部86のソースコードは、加工制御部53の加減速計算部56と同じソースコードである。すなわち、シミュレーション部83の加減速計算部86によって、上述したS字加速度制御、および、上述したスムージング制御が行われた制御パターンを得ることができる。

【0038】

図8に示すように、加工時間計算部88は、シミュレーション部83の加減速計算部56によって作成された制御パターンに基づいて、加工プログラムの各工程における残りの加工時間を計算する。そして、加工時間計算部88は、加工プログラムの各工程に対する残りの加工時間が記録された加工時間テーブルを作成する。図9は、処理済みの加工プログラムのデータサイズと、経過時間との関係を示した図である。なお、図9では、横軸は処理済みの加工プログラムのデータサイズ（バイト数）を示し、縦軸は、経過時間を示している。また、図9において、符号K1は、荒削り工程を示し、符号K2は、仕上げ工程を示している。加工時間計算部88は、図9に示したようなグラフに基づいて加工時間テーブルを作成する。図9では、加工プログラムの総データサイズ（加工プログラムの全体のデータサイズ）は、サイズS21であり、切削加工に要する総加工時間（切削加工に要する全体の加工時間）は時間T21である。ここで、例えば、切削加工中における加工プログラムの所定の工程までに処理した処理済み加工プログラムのデータサイズがサイズS22であり、所定の工程までに要した加工時間が時間T22とする。このとき、処理済み加工プログラムのデータサイズがサイズS22における残りの加工時間T23は、 $T23 = T21 - T22$ と推定することができる。

【0039】

本実施形態では、加工時間計算部88は、加工プログラムの各工程に対する処理済みの

加工プログラムのデータサイズをそれぞれ計算し、それぞれのデータサイズに対する残りの加工時間を計算する。そして、加工時間計算部 88 は、処理済みのデータサイズと残りの加工時間との関係を加工テーブルに記録する。加工時間計算部 88 は、このような加工テーブルを作成する。

【0040】

図 8 に示すように、加工時間取得部 89 は、切削加工機 1 によって現時点で切削加工が行われている加工プログラムの工程を取得する。そして、加工時間取得部 89 は、取得した加工プログラムの工程に対する残りの加工時間を加工時間テーブルから取得する。なお、この残りの加工時間を取得する詳細な手順は後述する。

【0041】

表示部 90 は、加工時間取得部 89 によって取得された残りの加工時間を表示画面 72 に表示する。終了判定部 92 は、切削加工機 1 による被加工物 15 の切削加工が終了したか否かを判定する。言い換えると、終了判定部 92 は、残りの加工時間を表示する工程を終了するか否かを判定する。なお、終了判定部 92 において、被加工物 15 の切削加工が終了したか否かを判定する詳しい手順については後述する。

【0042】

次に、加工時間予測装置 70 が残りの加工時間を表示する手順について説明する。図 10 は、残りの加工時間を表示する手順について示したフローチャートである。ここでは、残りの加工時間を表示する手順について、図 10 のフローチャートを用いて説明する。なお、図 10 のフローチャートに示された手順を行うに先立って、加工時間予測装置 70 のシミュレーション部 83 によって、加工時間テーブルが作成されている。この加工時間テーブルは、加工時間予測装置 70 の記憶部 82 に記憶されているものとする。

【0043】

まず、ステップ S100 では、切削加工機 1 の制御装置 50 は、記憶部 52 に記憶された加工プログラムに従って、被加工物 15 の切削加工を開始する。ここでは、切削加工機 1 の加工制御部 53 の加減速計算部 56 によって、S 字加速度制御およびスムージング制御が行われた後の制御パターンが作成される。そして、この制御パターンに基づいて、第 1 ～ 第 4 駆動部 41 ～ 44 を制御することで、スピンドル 33 および保持部 25 の移動位置および移動速度を制御する。

【0044】

ステップ S100 において、切削加工機 1 による切削加工が開始された後、ステップ S102 では、加工時間予測装置 70 の加工時間取得部 89 は、切削加工機 1 から、現時点における、処理済みの加工プログラムのデータサイズを取得する。ここでは、例えば、加工時間取得部 89 は、切削加工機 1 の制御装置 50 に対して、データサイズ取得信号を送信する。そして、データサイズ取得信号を受信した制御装置 50 は、現在行われている加工プログラムの工程を取得し、加工プログラムのうち処理済みの加工プログラムの工程に対応した加工プログラムのデータサイズを算出する。その後、切削加工機 1 の制御装置 50 は、処理済みの加工プログラムのデータサイズを、加工時間予測装置 70 の加工時間取得部 89 に送信する。そして、加工時間取得部 89 は、処理済みの加工プログラムのデータサイズを受信することで、処理済みの加工プログラムのデータサイズを取得する。

【0045】

次に、ステップ S104 では、加工時間取得部 89 は、残りの加工時間を取得する。加工時間取得部 89 は、ステップ S102 において取得した処理済みの加工プログラムのデータサイズに従って、残りの加工時間を取得する。具体的には、上述のように、記憶部 82 には、加工時間計算部 88 によって作成された加工時間テーブルが記憶されている。加工時間取得部 89 は、加工時間計算部 88 によって作成された加工時間テーブルから、該当する処理済みの加工プログラムのデータサイズに対応した残りの加工時間を取得する。

【0046】

次に、ステップ S106 では、表示部 90 は、加工時間取得部 89 によって取得された残りの加工時間を表示画面 72 に表示させる。そして、ステップ S108 では、終了判定

10

20

30

40

50

部 9 2 は、切削加工が終了したか否かを判定する。例えば、加工時間予測装置 7 0 の記憶部 8 2 には、加工プログラムの総データサイズが予め記憶されている。本実施形態では、終了判定部 9 2 は、記憶部 8 2 に記憶された加工プログラムの総データサイズと、ステップ S 1 0 2 において加工時間取得部 8 9 が取得した処理済みの加工プログラムのデータサイズとを比較する。このとき、処理済みの加工プログラムのデータサイズが、加工プログラムの総データサイズと一致した場合、終了判定部 9 2 は、切削加工機 1 による切削加工が終了したと判定する。切削加工が終了したと判定された場合、残りの加工時間の表示は終了する。一方、処理済みの加工プログラムのデータサイズが、加工プログラムの総データサイズと一致せずに、加工プログラムの総データサイズよりも小さい場合、終了判定部 9 2 は、切削加工機 1 による切削加工は継続していると判定する。この場合、ステップ S 1 0 2 に戻り、再度、処理済みの加工プログラムのデータサイズを取得するステップが行われる。

10

【0047】

以上のように、本実施形態では、図 8 に示すように、シミュレーション部 8 3 によって、切削加工機 1 が実際に使用する加工プログラムに従って、切削加工機 1 が被加工物 1 5 (図 3 参照) を切削する各工程であって、切削加工機 1 が実際に行う各工程が疑似的に行われることで、制御パターンが作成される。シミュレーション部 8 3 によって作成された制御パターンは、切削加工機 1 の加工制御部 5 3 (図 5 参照) によって作成され、切削加工機 1 が切削加工する際に作成された制御パターンと同じである。そのため、シミュレーション部 8 3 によって作成された制御パターンに基づいて作成された加工時間テーブル内の各工程における残りの加工時間は、切削加工機 1 が行う各工程において、実際に要した残りの加工時間とほぼ同じになる。よって、荒削り工程 K 1 (図 9 参照) に含まれる加工プログラム内の工程であっても、加工時間予測装置 7 0 が予測した残りの加工時間と、実際に要した残りの加工時間とにおいて誤差をより小さくすることができる。したがって、精度が高い残りの加工時間を予測することができる。

20

【0048】

本実施形態では、シミュレーション部 8 3 は、加工プログラム解釈部 8 4 と、加減速計算部 8 6 とを備えている。加工プログラム解釈部 8 4 は、記憶部 8 2 に記憶された加工プログラムの各工程におけるスピンドル 3 3 および保持部 2 5 の位置情報を計算する。加減速計算部 8 6 は、加工プログラム解釈部 8 4 によって計算された位置情報から、スピンドル 3 3 および保持部 2 5 が移動する際の加速度を計算することで制御パターンを作成する。加工時間予測装置 7 0 の加工プログラム解釈部 8 4 は、切削加工機 1 の加工プログラム解釈部 5 4 (図 5 参照) と同様の制御を疑似的に行い、加工時間予測装置 7 0 の加減速計算部 8 6 は、切削加工機 1 の加減速計算部 5 6 (図 5 参照) と同様の制御を疑似的に行っている。本実施形態では、加工時間予測装置 7 0 のシミュレーション部 8 3 は、切削加工機 1 の加工制御部 5 3 (図 5 参照) と同じ制御を疑似的に行っているため、切削加工機 1 の加減速計算部 5 6 によって作成された制御パターンと同じ制御パターンを、加工時間予測装置 7 0 の加減速計算部 8 6 が作成することができる。したがって、加工時間計算部 8 8 によって作成された加工時間テーブル内の各工程における残りの加工時間は、切削加工機 1 が行う各工程において、実際に要した残りの加工時間とほぼ同じになる。

30

40

【0049】

本実施形態では、切削加工機 1 の加工制御部 5 3 の加減速計算部 5 6 は、制御パターンを作成する際、図 6 (b) に示すような S 字加速度制御を行う。シミュレーション部 8 3 の加減速計算部 8 6 は、切削加工機 1 の加減速計算部 5 6 が行う S 字加速度制御を行うことで制御パターンを作成する。このように、切削加工機 1 で行われる S 字加速度制御と同じ制御を、加工時間予測装置 7 0 でも行うことで、加工時間予測装置 7 0 によって予測された残りの加工時間と、切削加工機 1 が要した実際の残りの加工時間との誤差をより小さくすることができる。

【0050】

本実施形態では、切削加工機 1 の加工制御部 5 3 の加減速計算部 5 6 は、制御パターン

50

を作成する際、図 7 (b) に示すようなスムージング制御を行う。シミュレーション部 83 の加減速計算部 86 は、切削加工機 1 の加減速計算部 56 が行うスムージング制御を行うことで制御パターンを作成する。このように、切削加工機 1 で行われるスムージング制御と同じ制御を、加工時間予測装置 70 でも行うことで、加工時間予測装置 70 によって予測された残りの加工時間と、切削加工機 1 が要した実際の残りの加工時間との誤差をより小さくすることができる。

【0051】

本実施形態では、加工時間予測装置 70 の加工時間計算部 88 は、加工プログラムの各工程に対する処理済みの加工プログラムのデータサイズをそれぞれ計算し、各処理済みの加工プログラムのデータサイズに対する残りの加工時間を加工時間テーブルに記録している。加工時間取得部 89 は、切削開始から現在行われている工程までにおける加工プログラムのデータサイズを取得し、取得した加工プログラムのデータサイズに対する残りの加工時間を加工時間テーブルから取得する。このことによって、処理済みの加工プログラムのデータサイズによって、現在、切削加工機 1 が加工プログラムのどの工程を行っているかを加工時間予測装置 70 が判断することができる。

【0052】

本実施形態では、加工時間予測装置 70 の記憶部 82 には、加工プログラムの総データサイズが予め記憶されている。加工時間予測装置 70 の終了判定部 92 は、加工時間取得部 89 によって取得された処理済みの加工プログラムのデータサイズと、加工プログラムの総データサイズとを比較する。そして、終了判定部 92 は、加工時間取得部 89 によって取得された処理済みの加工プログラムのデータサイズと、加工プログラムの総データサイズとが一致した場合、表示部 90 による表示画面 72 に残りの加工時間を表示する制御を終了する。このことによって、処理済みの加工プログラムのデータサイズと、加工プログラムの総データサイズとを比較するという簡単な手順で、切削加工機 1 が被加工物 15 (図 3 参照) の切削加工が終了したか否かを判定することができる。

【0053】

前述したように、切削加工機 1 の制御装置 50 の記憶部 52、加工制御部 53 (加工プログラム解釈部 54 および加減速計算部 56) と、制御信号送信部 58、および、加工時間予測装置 70 の制御装置 74 の記憶部 82、シミュレーション部 83 (加工プログラム解釈部 84 および加減速計算部 86) と、加工時間計算部 88 と、加工時間取得部 89 と、表示部 90 と、終了判定部 92 とは、ソフトウェアによって構成されていてもよい。すなわち、上記各部は、コンピュータプログラムがコンピュータに読み込まれることにより、当該コンピュータによって実現されるようになっていてもよい。本発明には、コンピュータを上記各部として機能させるためのコンピュータプログラムが含まれる。また、本発明には、当該コンピュータプログラムが記録されたコンピュータ読み取り可能な記録媒体が含まれる。また、上記各部は、切削加工システム 100 に構成された回路によって実現されるものであってもよい。

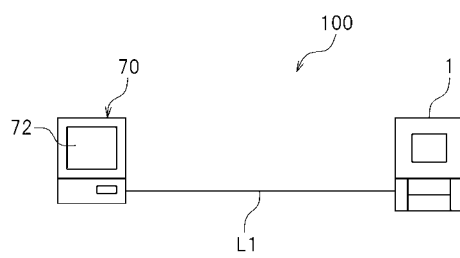
【符号の説明】

【0054】

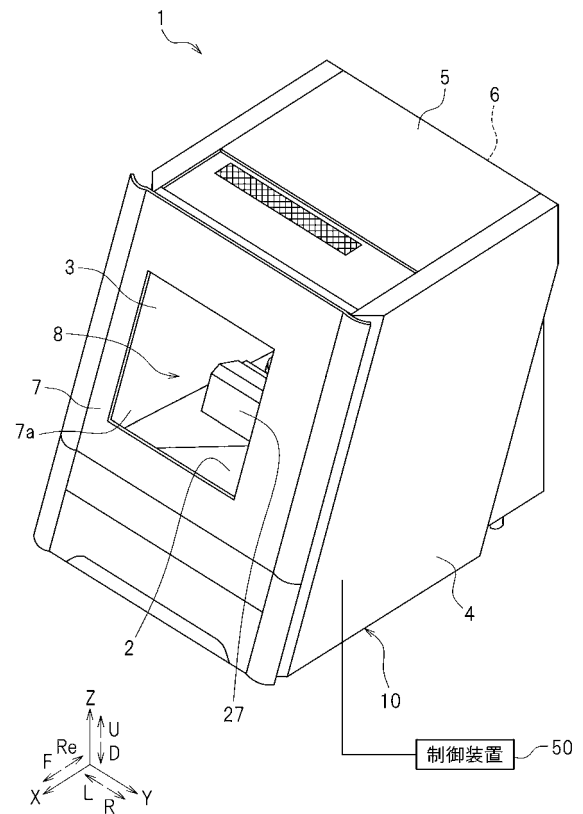
- 1 切削加工機
- 25 保持部
- 33 スピンドル
- 50 制御装置
- 70 加工時間予測装置
- 72 表示画面
- 74 制御装置
- 82 記憶部
- 83 シミュレーション部
- 84 加工プログラム解釈部
- 86 加減速計算部

- 88 加工時間計算部
- 89 加工時間取得部
- 90 表示部
- 92 終了判定部
- 100 切削加工システム

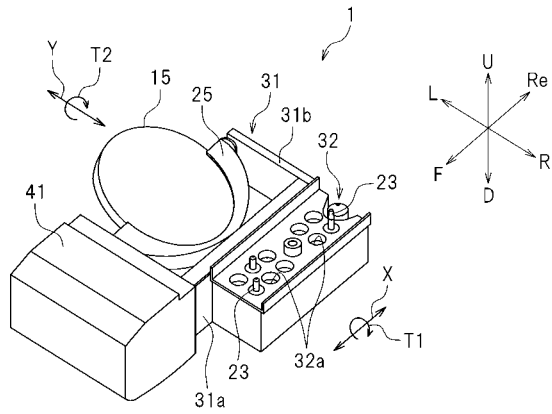
【図 1】



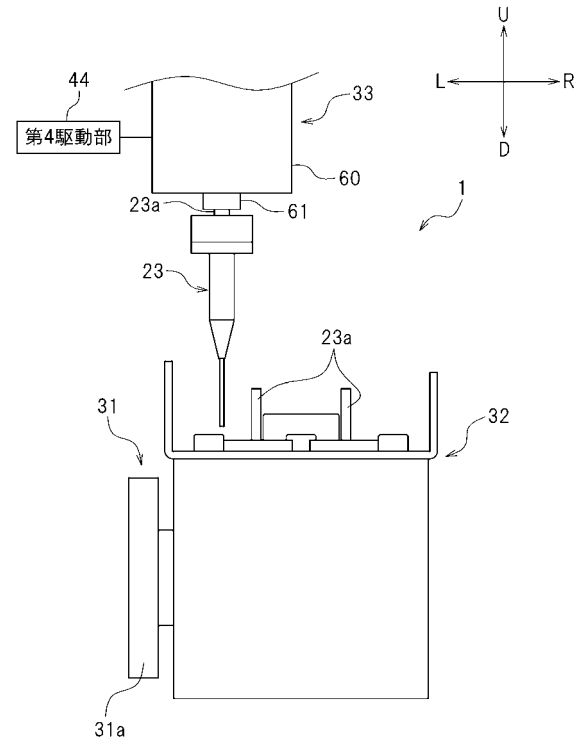
【図 2】



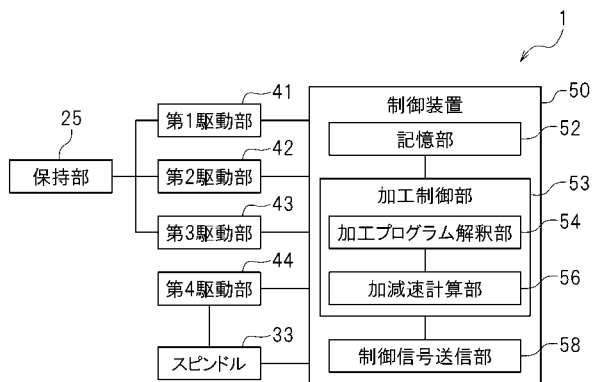
【図 3】



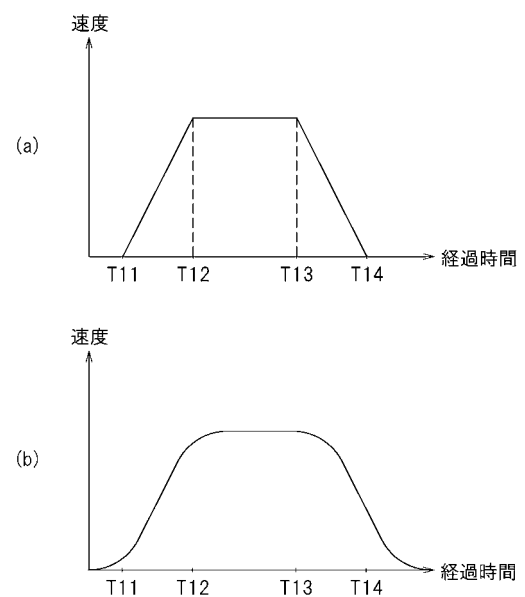
【図 4】



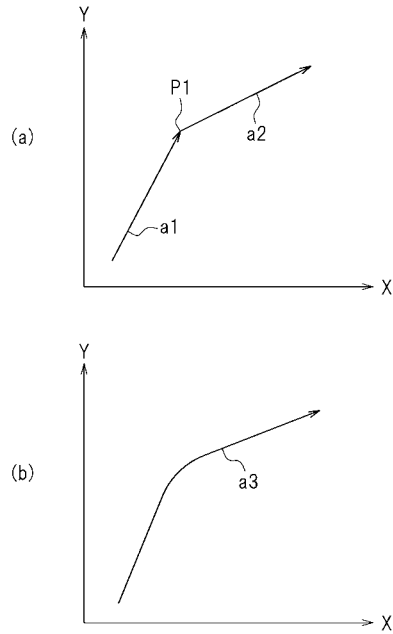
【図 5】



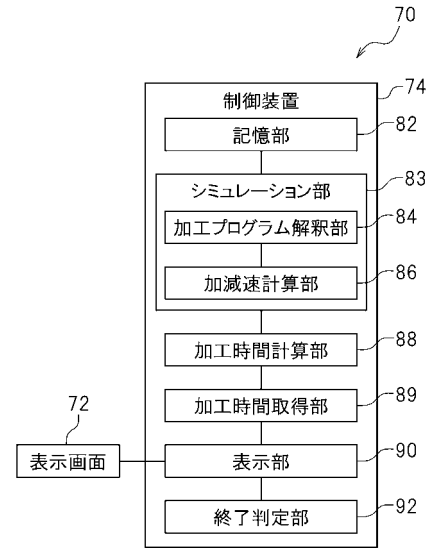
【図 6】



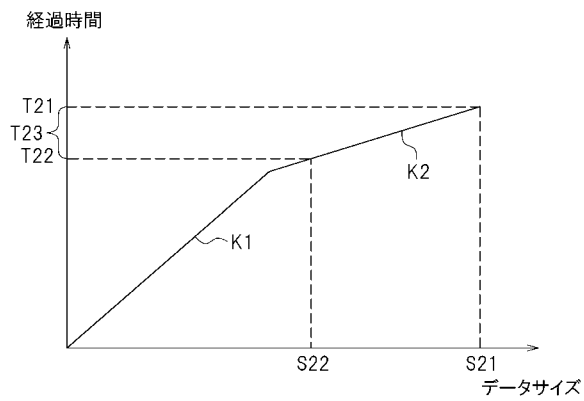
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

