(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
2013 年 3 月 21 日(21.03.2013)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2013/038532 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 19/18 (2006.01) *B23Q 15/12* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2011/071040

(22) 国際出願日: 2011 年 9 月 14 日(14.09.2011)

(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 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ジェイテクト(JTEKT Corporation) [JP/JP]; 〒5428502 大阪府大阪市中央区南船場３丁目５番８号 Osaka (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 濱田 賢治 (HAMADA Kenji) [JP/JP]; 〒5428502 大阪府大阪市中央区南船場３丁目５番８号 株式会社ジェイテクト内 Osaka (JP). 村上 慎二 (MURAKAMI Shinji) [JP/JP]; 〒5428502 大阪府大阪市中央区南船場３丁目５番８号 株式会社ジェイテクト内 Osaka (JP). 山田 良彦(YAMADA Yoshihiko) [JP/JP]; 〒5428502 大阪府大阪市中央区南船場３丁目５番８号 株式会社ジェイテクト内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 小林 脩, 外(KOBAYASHI Osamu et al.); 〒4560002 愛知県名古屋市熱田区金山町一丁目１９番１３号 川島ビル ２階 Aichi (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: PROCESSING CONTROL APPARATUS, AND PROCESSING CONTROL METHOD

(54) 発明の名称 : 加工制御装置および加工制御方法

[図14]

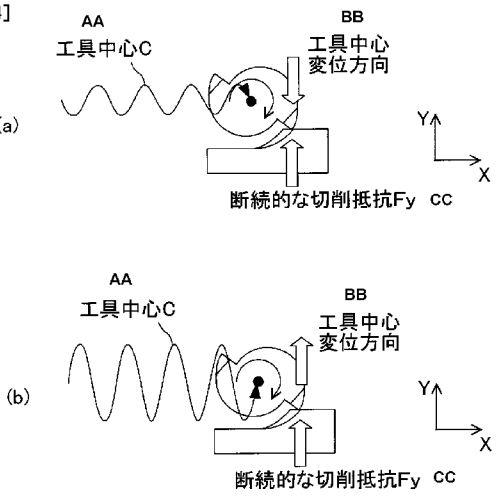


FIG. 14:
AA Center C of tool
BB Direction of displacement of tool center
CC Intermittent cutting resistance Fy

(57) **Abstract**: Provided is a processing control apparatus such that processing error can be decreased. The apparatus is provided with: a rotation speed determination unit (71) that determines a rotation speed (S) of a rotating tool (5) such that the amplitude of the rotating tool (5) can be decreased when the rotating tool (5) is vibrated by an intermittent cutting resistance (Fy) produced in the rotating tool (5) by intermittent cutting, on the basis of the vibrating state of the rotating tool (5) and a vibration phase (θ) of the rotating tool (5) being subjected to the cutting resistance (Fy); and a control unit (73) that controls the rotation speed (S) of the rotating tool (5) on the basis of the determined rotation speed (S).

(57) 要約: 加工誤差を低減できる加工制御装置を提供する。断続的な切削加工に伴って回転工具（５）に生じる断続的な切削抵抗（Ｆｙ）により回転工具（５）が振動する場合に、回転工具（５）の振動状態と回転工具（５）が切削抵抗（Ｆｙ）を受ける時の回転工具（５）の振動位相（θ）とに基づいて、回転工具（５）の振幅を小さくするように回転工具（５）の回転速度（Ｓ）を決定する回転速度決定処理部（７１）と、決定された回転速度（Ｓ）に基づいて回転工具（５）の回転速度（Ｓ）を制御する制御部（７３）とを備える。

WO 2013/038532 A1

明　細　書

発明の名称 ： 加工制御装置および加工制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、被加工物に対する回転工具による断続的な切削加工における加工制御装置および加工制御方法に関するものである。

背景技術

[0002] 特開平９－４７９４１号公報には、ボールエンドミルを用いて切削加工を行う場合に、加工負荷の増大により、工具系の剛性に応じた工具の変位量を考慮して、送り速度を制御することが記載されている。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0003] ところで、ボールエンドミルなどの回転工具による切削加工は、断続的な切削加工となる。このような場合には、当該回転工具に断続的な切削抵抗が発生する。本発明者らは、この断続的な切削抵抗が加工誤差にどのように影響を及ぼしているかについて研究を重ねた。

[0004] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、加工誤差を低減できる加工制御装置および加工制御方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0005] （加工制御装置）

（１）本発明に係る加工制御装置は、外周側に周方向に１以上の刃部を備える回転工具を用いて、当該回転工具を軸回りに回転しながら被加工物に対して相対移動することにより行う断続的な切削加工における加工制御装置であって、断続的な切削加工に伴って前記回転工具に生じる断続的な切削抵抗により前記回転工具が振動する場合に、前記回転工具の振動状態と前記回転工具が前記切削抵抗を受ける時の前記回転工具の振動位相とに基づいて、前記回転工具の振幅を小さくするように前記回転工具の回転速度を決定する回転速度決定処理手段と、決定された前記回転速度に基づいて前記回転工具の

回転速度を制御する回転速度制御手段とを備える。

[0006] 本発明者らは、断続的な切削加工により生じる断続的な切削抵抗と回転工具の回転速度との関係を見出し、回転工具の振幅を小さくすることができる回転速度を決定することができる加工制御装置を発明した。本発明によれば、断続的な切削抵抗によって回転工具の振幅を低減するように回転工具の回転速度を制御することにより、加工誤差そのものの発生を低減できる。また、回転工具の振幅を低減できることにより、びびりが発生することを防止できるという効果を奏する。

[0007] （２）また、前記回転速度決定処理手段は、前記被加工物に対する前記刃部の絶対刃先位置に基づいて前記回転速度を決定するようにしてもよい。

被加工物の加工後形状を形成する回転工具の部位は、刃部の刃先である。刃部の絶対刃先位置に基づいて回転速度を決定することにより、絶対刃先位置の誤差が小さくなるようにすることができるため、加工誤差を低減できる。

[0008] （３）また、前記回転速度決定処理手段は、前記回転工具の最大振幅が設定閾値以下となるように前記回転速度を決定するようにしてもよい。

回転工具の最大振幅が大きくなると、回転工具が折損するおそれがある。そこで、最大振幅が設定閾値以下となるように回転速度を決定することで、回転工具の折損を確実に防止しつつ、加工誤差を低減できる。

[0009] （４）また、前記回転速度決定処理手段は、前記回転工具が第１回目の前記切削抵抗を受ける時を振動位相０°と定義した場合に、前記回転工具が第２回目の前記切削抵抗を受ける時における前記回転工具の振動位相を１８０°以上２７０°未満となるように前記回転速度を決定してもよい。

[0010] 回転工具が第２回目の切削抵抗を受ける時における回転工具の振動位相を１８０°以上２７０°未満することで、回転工具の振動を止める方向に切削抵抗が作用する。従って、回転工具の振幅をより低減することができる。なお、他の振動位相では、回転工具の変位量が増幅して発散する状態となったり、切削すべき刃部が切削しない状態（空転状態）になったりするおそれが

ある。

[0011] （５）また、前記回転工具の振幅を検出する振幅検出手段と、前記振幅検出手段により検出された前記回転工具の振幅が設定閾値を超えた場合に、前記振幅が設定閾値以下となるように前記回転速度を補正する回転速度補正手段とを備えるようにしてもよい。

[0012] 加工中に種々の原因により振動状態が変化したとしても、加工中の振幅をモニタリングすることで、確実に回転工具の振幅を低減することができる。その結果、加工誤差を低減できる。

[0013] （加工制御方法）

（６）本発明に係る加工制御方法は、外周側に周方向に１以上の刃部を備える回転工具を用いて、当該回転工具を軸回りに回転しながら被加工物に対して相対移動することにより行う断続的な切削加工における加工制御方法であって、断続的な切削加工に伴って前記回転工具に生じる断続的な切削抵抗により前記回転工具が振動する場合に、前記回転工具の振動状態と前記回転工具が前記切削抵抗を受ける時の前記回転工具の振動位相とに基づいて、前記回転工具の振幅を小さくするように前記回転工具の回転速度を決定する回転速度決定工程と、決定された前記回転速度に基づいて前記回転工具の回転速度を制御する回転速度制御工程とを備える。

本発明に係る加工制御方法は、上述した加工制御方法と同様に、加工誤差そのものの発生を低減できる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本実施形態における加工システムの適用対象の工作機械の構成を示す図である。

[図2]加工誤差の発生メカニズムを説明するための図であって、回転工具が変形している状態を示す。

[図3]加工誤差の発生メカニズムを説明するための図であって、回転工具に生じる切削抵抗を示す。

[図4]加工誤差の発生メカニズムを説明するための図であって、回転工具に生

じる切削抵抗および回転工具の回転中心の変位量の経過時間に対する挙動を示す。

[図5]加工誤差の発生メカニズムを説明するための図であって、図４の各時刻における回転工具と被加工物との位置関係を示す。

[図6]加工誤差の発生メカニズムを説明するための図であって、回転工具の回転中心の変位量と加工誤差との関係を示す。（ａ）は、回転工具の回転位相に対する刃部の相対刃先位置を示す。（ｂ）は、回転工具の回転位相に対する回転中心の変位量を示す。（ｃ）は、回転工具の回転位相に対する刃部の絶対刃先位置を示す。

[図7]本実施形態の加工システムの詳細な機能ブロック図である。

[図8]図７の刃先形状記憶部に記憶される刃先形状に関する図である。

[図9]実切込量ｈおよび切削長さｂを示す図である。

[図10]（ａ）は、図７の加工後形状算出部にて算出される第一の加工後形状に関する図である。（ｂ）は、図７の加工後形状算出部にて算出される第二の加工後形状に関する図である。

[図11]図７の切削抵抗算出部による第一の算出処理を示すフローチャートである。

[図12]図７の切削抵抗算出部による第二の算出処理を示すフローチャートである。

[図13]回転工具の振動位相に関する説明図である。

[図14]回転工具の回転中心の振動状態と被加工物との断続的な切削抵抗との関係を示す図である。

[図15]回転工具の振動位相に対する回転工具の回転中心の変位量および実切込量の関係を示す。

[図16]回転主軸の回転速度と加工誤差との関係を示す。

[図17]回転主軸の回転速度と回転工具の最大振幅との関係を示す。

発明を実施するための形態

[0015] （１．加工システムの概要）

加工システムの概要について説明する。加工システムは、回転工具により被加工物Ｗを切削加工する場合に、加工誤差を極めて小さくすることを目的とする。その具体的な手段として、以下のことを行う。

[0016] （ａ１）切削抵抗の推定値をシミュレーションにより高精度に算出すること

（ａ２）算出した切削抵抗の推定値を用いて、加工誤差が小さくなるように工作機械を制御する際に補正を行うこと

（ｂ１）加工誤差の推定値をシミュレーションにより高精度に算出すること

（ｂ２）算出した加工誤差の推定値を用いて、加工誤差が小さくなる加工条件（特に回転工具の回転速度）を決定し、その加工条件に従ってＮＣデータを作成すること

（ｂ３）算出した加工誤差の推定値を用いて、加工誤差が小さくなるように工作機械を制御する際に補正を行うこと

（ｃ１）工具摩耗量の推定値をシミュレーションにより高精度に算出すること

（ｃ２）工具摩耗量の推定値を用いて、加工誤差が小さくなるように工作機械を制御する際に補正を行うこと

[0017] つまり、加工システムは、切削抵抗の推定値および工具摩耗量の推定値をシミュレーションにより算出する加工シミュレーション装置、加工誤差の推定値を算出する加工誤差算出装置、切削抵抗の推定値や加工誤差の推定値や工具摩耗量の推定値を考慮して工作機械を制御する加工制御装置として機能する。ここで、加工シミュレーション装置、加工誤差算出装置および加工制御装置は、それぞれ別個の機能ではなく、相互に関連し合いながら機能する。

[0018] （２．対象工作機械の構成）

加工システムの適用対象の工作機械の構成について説明する。対象の工作機械は、被加工物Ｗを回転工具により切削加工する工作機械である。その工

作機械の一例としての横型マシニングセンタについて、図１を参照して説明する。図１に示すように、当該工作機械は、ベッド１と、ベッド１上にてＸ軸方向に移動可能なコラム２と、コラム２の前面（図１の左面）にてＹ軸方向に移動可能なサドル３と、サドル３に回転可能に支持され回転工具５を保持する回転主軸４と、ベッド１上にてＺ軸方向に移動可能であり被加工物Ｗを載置するテーブル６とを備える。

[0019] ここで、回転工具５は、外周側に周方向に１以上の刃部５ａ，５ｂを備える。回転工具５は、例えば、ボールエンドミル、スクエアエンドミル、フライスなどを含む。つまり、当該工作機械は、回転工具５を軸回りに回転しながら、被加工物Ｗに対して相対移動することにより、断続的な切削加工を行う。なお、図示しないが、当該工作機械は、コラム２、サドル３およびテーブル６を移動するためのモータや、クーラントを供給するクーラントノズル、クーラントポンプなどを備える。

[0020] （３．加工誤差の発生メカニズム）

次に、加工誤差の発生メカニズムについて、図２～図６を参照して説明する。加工誤差とは、被加工物Ｗの実加工後形状と、被加工物Ｗの目標形状（設計値）との誤差である。

[0021] 図２に示すように、回転工具５が変形することにより、回転工具５における各Ｚ軸方向断面の回転中心座標が指令座標からずれることが、加工誤差の原因の一つである。Ｚ軸方向とは、回転主軸４の回転軸方向である。特に、Ｌ／Ｄ（＝長さ／直径）の大きな回転工具５（細長い回転工具）を用いる場合には、当該回転工具５の剛性が低いため、切削抵抗Ｆｙによって当該回転工具５の先端側が撓み変形しやすい。ここで、回転工具５の先端外周面に周方向に１以上の刃部５ａ，５ｂを備える。つまり、切削抵抗Ｆｙによって、回転工具５の先端側（刃部５ａ，５ｂの部位）の回転中心Ｃが変位することにより、被加工物Ｗの加工後形状が変化する。その結果、加工誤差を生じる。ここで、回転中心Ｃとは、回転工具５が変形していない状態での回転工具５の軸方向（回転主軸４の回転軸方向）の各断面の回転中心、すなわち、回

転工具５における各Ｚ軸方向断面の回転中心を意味する。ただし、説明を分かりやすくするために、以下においては、回転中心Ｃは、あるＺ軸座標における１箇所の回転中心として説明する。

[0022] ここで、回転工具５に生じる切削抵抗Ｆｙが一定であれば、回転工具５の先端側の撓み量は一定となる。しかし、回転工具５による断続的な切削加工においては、回転工具５に生じる切削抵抗Ｆｙは逐次変化する。そのため、回転工具５の先端側の回転中心Ｃの変位量は、主としてＹ方向に逐次変化する。このときの回転工具５の先端側の回転中心Ｃの変位量と切削抵抗Ｆｙとは、回転工具５の動特性に依存する。工具の動特性とは、入力された力に対する変形の挙動を示すものであり、伝達関数（コンプライアンスおよび位相遅れ）もしくはそれから算出される質量（Ｍ）、粘性減衰係数（Ｃ）、バネ定数（Ｋ）、共振周波数（ω）、減衰比（ζ）などにより表される。図２において往復矢印は、回転工具５の先端側の回転中心Ｃが主としてＹ方向に往復移動することを意味する表示である。

[0023] 図２には、Ｙ方向の切削抵抗Ｆｙによる加工誤差について説明した。ただし、実際には、図３に示すように、回転工具５には、反切込方向の切削抵抗Ｆｙの他に、反送り方向の切削抵抗Ｆｘおよび軸方向の切削抵抗Ｆｚが生じる場合がある。つまり、回転工具５の先端側の回転中心Ｃは、各方向の切削抵抗Ｆｘ，Ｆｙ、Ｆｚの合成抵抗Ｆxyz（図示せず）の方向に変位する。なお、図３には、スクエアエンドミルを図示しているが、図２に示すようなボールエンドミルの場合も同様である。

[0024] 次に、回転工具５を回転しかつ送りながら被加工物Ｗの断続的な切削加工を行う際において、回転工具５に生じる切削抵抗Ｆｙおよび回転工具５の先端側の回転中心Ｃの変位量Ｙａの経過時間ｔに対する挙動について、図４および図５を参照して説明する。ここでは、反切込方向（Ｙ方向）における切削抵抗Ｆｙおよび先端側の回転中心Ｃの変位量Ｙａについて取り上げて説明する。これは、反切込方向（Ｙ方向）が加工誤差に対して最も影響が大きいためである。

[0025] 図４と図５（ａ）～（ｅ）を参照して、切削抵抗Ｆｙの経過時間ｔに対する挙動について説明する。図４に示すように、切削抵抗Ｆｙは、ゼロ付近から時刻ｔ１にて大きな値に変化し、時刻ｔ２に再びゼロ付近に変化している。図５（ａ）（ｂ）が、それぞれ図４の時刻ｔ１，ｔ２に対応する。図５（ａ）に示すように、時刻ｔ１は、一方の刃部５ａが被加工物Ｗに接触開始した瞬間である。つまり、時刻ｔ１は、一方の刃部５ａにより切削加工を開始した瞬間である。一方、図５（ｂ）に示すように、時刻ｔ２は、一方の刃部５ａによる被加工物Ｗの切削加工を終了した瞬間である。このように、ｔ１～ｔ２の間において、一方の刃部５ａが切削加工している。

[0026] その後、図４に示すように、ｔ２～ｔ４の間は、切削抵抗Ｆｙがゼロ付近となっている。この間は、時刻ｔ３に対応する図５（ｃ）に示すように、両方の刃部５ａ，５ｂが被加工物Ｗに接触していない。つまり、回転工具５は空転している。

[0027] その後、図４に示すように、切削抵抗Ｆｙが時刻ｔ４に再び大きな値に変化し、時刻ｔ５に再びゼロ付近に変化している。図４の時刻ｔ４には、対応する図５（ｄ）に示すように、他方の刃部５ｂが被加工物Ｗに接触開始している。つまり、他方の刃部５ｂにより切削加工を開始している。また、図４の時刻ｔ５には、対応する図５（ｅ）に示すように、他方の刃部５ｂによる切削加工を終了している。このように、ｔ４～ｔ５の間において、他方の刃部５ｂが切削加工している。

[0028] ここで、図５における今回の切削領域より、ｔ１～ｔ２、ｔ４～ｔ５の各瞬間において、実切込量（瞬間的な切込量）が異なることが分かる。つまり、実切込量は、切削開始から一気に多くなり、ピークに達した後に徐々に少なくなっている。より詳細には、前回切削されていない部位と前回切削された部位との境界の前後で変化している。そして、図４の切削抵抗Ｆｙのうち急激に大きくなっている部分に示すように、切削加工中の切削抵抗Ｆｙは、略三角形状になっており、実切込量に応じて変化していることが分かる。

[0029] また、回転工具５は、時刻ｔ１，ｔ４において切削加工を開始するという

ことは、換言すると、時刻ｔ１，ｔ４において被加工物Ｗに衝突するということになる。つまり、回転工具５が空転状態から切削加工を開始する瞬間には、回転工具５には、被加工物Ｗとの衝突による断続的な切削抵抗が発生する。

[0030] つまり、回転工具５の先端側の回転中心Ｃは、切削加工している間の切削抵抗Ｆｙの変動によって、少なくとも反切込方向（Ｙ方向）への加速度を生じる。さらに、断続切削であることによって、回転工具５の先端側の回転中心Ｃは、切削加工している間の切削抵抗Ｆｙ（衝撃力のような力）に起因して、少なくとも反切込方向（Ｙ方向）に振動する。

[0031] 従って、回転工具５の先端側の回転中心Ｃの変位量Ｙａは、図４に示すように、回転工具５の固有値に応じて振動している。特に、切削加工中に変動する切削抵抗Ｆｙが発生した直後に、回転中心Ｃの変位量Ｙａが最も大きくなり、その後に減衰している。そして、再び、切削抵抗Ｆｙにより変位量Ｙａが大きくなり、繰り返す。

[0032] 次に、回転工具５の先端側の回転中心Ｃの変位量Ｙａが、加工誤差にどのように影響を与えるかについて図６（ａ）～図６（ｃ）を参照して説明する。回転工具５の回転位相φのそれぞれにおいて、回転工具５の先端側の回転中心Ｃに対する刃部５ａの刃先の相対位置（相対刃先位置）は、図６（ａ）に示すようになる。つまり、刃部５ａが被加工物Ｗを切削加工している回転位相φは、約３０°～９０°の位相範囲となる。

[0033] そして、先端側の回転中心Ｃの変位量Ｙａとして、３種類について示す。ただし、これらはいずれも模式的に示しており、図６（ｂ）の縦軸は、図６（ａ）の縦軸に対する縮尺は同一ではない。第一番（No.1）の変位量Ｙａは、図４に示したような切込量に応じた挙動とする。第二番（No.2）の変位量Ｙａは、図４にて示したような振動する挙動とする。第三番（No.3）の変位量Ｙａは、一定である場合とする。

[0034] このように、第一番（No.1）～第三番（No.3）の変位量Ｙａの場合に、被加工物Ｗに対する刃部５ａの刃先位置（絶対刃先位置）は、図６（ｃ）に示

すようになる。つまり、図６（ａ）の挙動に、図６（ｂ）のそれぞれの挙動を合算した状態となる。ここで、図６（ｃ）において、ハッチングを付した回転位相φの範囲が、刃部５ａにより切削加工を行っている。さらに、実加工においては、回転工具５の回転速度は、回転工具５の送り速度に対して非常に大きい。従って、今回の切削加工における切削面の大部分は、次の切削加工により削り取られる。そうすると、今回の切削加工における切削面のうち、最終加工後形状に表れる部分は、図６（ｃ）のハッチングを付した回転位相φのうち９０°付近となる。つまり、少なくとも、ハッチングを付した回転位相φのうち最深位置が、最終加工後形状に表れる。

[0035] このことを鑑みると、図６（ｃ）において、第一番（No.1）の変位量Ｙａの場合には、工具回転位相φが９０°付近において最深位置となり、目標値に一致する。従って、第一番（No.1）の変位量Ｙａの場合には、加工誤差がほぼゼロとなる。第二番（No.2）の変位量Ｙａの場合には、工具回転位相φが９０°より僅かに手前において最深位置となり、目標値を下回る。従って、第二番（No.2）の変位量Ｙａの場合には、削りすぎとなる加工誤差が生じる。ただし、第二番（No.2）の変位量Ｙａによっては、削り残しとなる加工誤差を生じる場合や、加工誤差がゼロとなる場合がある。第三番（No.3）の変位量Ｙａの場合には、工具回転位相φが９０°付近において最深位置となり、目標値より上回る。従って、第三番（No.3）の変位量Ｙａの場合には、常に削り残しとなる加工誤差が生じる。

[0036] このように、刃部５ａの絶対刃先位置の最深位置およびその付近が、加工後形状を形成する。つまり、回転工具５の先端側の回転中心Ｃの変位量Ｙａのみならず、刃部５ａの刃先位置が回転中心Ｃに対してどの位置に位置しているかが、加工誤差に影響を及ぼすことが分かる。

[0037] （４．加工システムの機能構成）

次に、加工システムの機能構成についての詳細を図７～図１７を参照して説明する。加工システムは、図７の機能ブロック図に示すように構成される。以下に、図７に示す加工システムの機能構成について説明する。

[0038] 機械情報記憶部１０は、適用対象の工作機械に関する各種情報を記憶している。各種情報には、例えば、工作機械の機械構成、コーナー部減速パラメータ、回転主軸４の回転速度上限値、各送り軸の移動速度の上限値などの制御パラメータが含まれる。指令値算出部１１は、既に作成されているＮＣデータおよび機械情報記憶部１０に記憶されている機械情報に基づいて、回転工具５の中心位置指令値Ｃ０と、回転主軸４の位相指令値とを算出する。回転工具５の中心位置指令値Ｃ０は、機械座標系にて表される。

[0039] 工具中心座標算出部１２は、指令値算出部１１により算出された回転工具５の中心位置指令値Ｃ０と、工具中心変位量算出部４２により算出された回転工具５の先端側の回転中心Ｃの変位量とに基づいて、回転工具５の先端側の回転中心Ｃの座標を算出する。つまり、シミュレーションを続けることによって先端側の回転中心Ｃの変位量が変化した場合には、その変化を逐次反映させて先端側の回転中心Ｃの座標を算出する。刃先形状記憶部１３は、１または複数の回転工具５の刃先形状を記憶している。この刃先形状について図８を参照して説明する。刃先形状記憶部１３には、例えば、図８に示すボールエンドミルの場合には、Ａで囲まれた部分の刃部５ａの形状が記憶されている。

[0040] 相対刃先位置算出部１４は、回転工具５の先端側の回転中心Ｃに対する刃部５ａ，５ｂの相対刃先位置を算出する。ここでは、相対刃先位置算出部１４は、指令値算出部１１により算出された回転主軸４の位相指令値と、刃先形状記憶部１３に記憶されている刃先形状とに基づいて、相対刃先位置を算出する。つまり、相対刃先位置算出部１４は、回転工具５の回転位相φのそれぞれについて、刃部５ａ，５ｂの相対刃先位置を算出する。相対刃先位置は、例えば、図６（ａ）に示すような情報である。

[0041] 絶対刃先位置算出部１５は、回転工具５の先端側の回転中心Ｃの座標と相対刃先位置とに基づいて被加工物Ｗに対する刃部５ａ，５ｂの絶対刃先位置を算出する。この絶対刃先位置算出部１５は、回転工具５の１回転中において経過時間ｔに応じて変化する絶対刃先位置を算出することができる。絶対

刃先位置は、例えば、図６（ｃ）に示すような情報である。また、シミュレーションを続けることによって刃部５ａ，５ｂの相対刃先位置が変化した場合には、絶対刃先位置算出部１５は、その変化を逐次反映させて絶対刃先位置を算出する。

[0042] 素材形状算出部２１は、ＣＡＤにて作成された形状データに基づいて、被加工物Ｗの素材形状を算出する。加工形状記憶部２２は、素材形状算出部２１にて算出された被加工物Ｗの素材形状、および、加工後形状算出部２４にて算出された被加工物Ｗの加工形状の履歴を記憶する。つまり、記憶される情報には、最終加工後形状のみならず、加工途中において逐次変化する被加工物Ｗの形状が含まれる。

[0043] 実切込量算出部２３は、加工の各瞬間において、刃部５ａ，５ｂによる実切込量ｈをシミュレーションにより算出する。実切込量ｈについて、図９（ａ）を参照して説明する。図９（ａ）には、回転工具５の回転位相φが約４５°の瞬間の状態を示している。この瞬間において、刃部５ａが被加工物Ｗに接触している部分のうち回転工具５の径方向長さが、実切込量ｈとなる。図９（ａ）に示す状態から回転工具５が右回りに回転するとき、実切込量ｈは、徐々に少なくなっていく。そして、シミュレーションを続けることによって刃部５ａ，５ｂの絶対刃先位置が変化した場合には、実切込量算出部２３は、その変化を逐次反映させて実切込量ｈを算出する。つまり、実切込量算出部２３は、絶対刃先位置算出部１５により算出された絶対刃先位置と加工形状記憶部２２に記憶されているその時点の被加工物Ｗの形状とに基づいて、実切込量ｈを算出する。なお、図９（ａ）において、Ｒｄは、切込方向（－Ｙ方向）の削り代である。

[0044] 加工後形状算出部２４は、逐次移動していく絶対刃先位置を被加工物Ｗに転写させることにより、被加工物Ｗの加工後形状を算出する。そして、加工後形状算出部２４により算出された被加工物Ｗの加工後形状は、加工形状記憶部２２に記憶される。そして、シミュレーションを続けることによって絶対刃先位置が変化した場合には、加工後形状算出部２４は、その変化を逐次

反映させて新たな加工後形状を算出する。ここで、加工後形状算出部２４により算出される加工後形状として、以下の２通りの何れかを採用できる。これらについて、図１０（ａ）（ｂ）を参照して説明する。

[0045] 第一の加工後形状として、図１０（ａ）に示すように、加工後形状算出部２４は、回転工具５の刃部５ａ，５ｂのそれぞれの１回転中において絶対刃先位置のうち切込方向（－Ｙ方向）の最深位置Ｐ(n)を抽出し、当該最深位置Ｐ(n)を被加工物Ｗの加工後形状として算出する。そして、これを繰り返す。この場合、被加工物Ｗの加工後形状は、過去の最深位置Ｐ(1)～Ｐ(n-1)および今回の最深位置Ｐ(n)としての点データとなる。ここで、隣り合う最深位置Ｐ(n-1)、Ｐ(n)の距離は微小であるため、最深位置Ｐ(n)を加工後形状とした場合であっても、十分高精度に加工後形状を認識することができる。

[0046] 第二の加工後形状として、加工後形状算出部２４は、刃部５ａ，５ｂの絶対刃先位置の軌跡を被加工物Ｗに転写させることにより被加工物Ｗの加工後形状を算出する。そして、これを繰り返す。この場合、図１０（ａ）に示す最深位置Ｐ(n)のみではなく、その前後の位置についても加工後形状として記憶することになる。そして、今回切削により過去の形状履歴として記憶されている部分Ｑｂ(n-1)を削り取る場合には、削り取られた部分Ｑｂ(n-1)の形状情報を新たに形成された形状情報Ｑ(n)に更新する。このようにして、最新の加工後形状が逐次形成されていく。最新の加工後形状としては、過去の形状情報Ｑ(n-1)のうち削り取られていない部分Ｑａ(n-1)と今回形成された部分Ｑ(n)とにより構成される。このようにして形成された第二の加工後形状は、上述した第一の加工後形状に比べてより微細な点データ、もしくは、連続線として記憶される。従って、第二の加工後形状は、面粗さなどを把握することができる。

[0047] 切削乗数記憶部３１は、式（１）～（３）に示すように切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆの推定値を算出するために用いる切削乗数Ｋｐｃ，Ｋｐｅ，Ｋｔｃ，Ｋｔｅ，Ｋｆｃ，Ｋｆｅを記憶する。ここで、切削抵抗のそれぞれの成分主分力Ｆｐ、背分力Ｆｔおよび送り分力Ｆｆは、図９（ａ）に示す。また、切削乗数記憶部３１に

は、予め設定された暫定切削乗数Ｋpc，・・・が記憶されている。ただし、実切削乗数算出部３４により実切削乗数Ｋpc，・・・が算出されると、切削乗数記憶部３１に記憶される切削乗数Ｋpc，・・・は、更新される。なお、過去の切削乗数Ｋpc，・・・は、記憶し続けることもできるし、削除することもできる。

[0048] [数1]

$$Fp = Fpc + Fpe = Kpc \cdot b \cdot h + Kpe \cdot b \quad \cdots (1)$$

Ｆｐ：主分力方向の切削抵抗の推定値
Ｆｐｃ：主分力方向のカッティングフォース
Ｆｐｅ：主分力方向のエッジフォース
Ｋｐｃ：主分力方向のカッティングフォース切削乗数
Ｋｐｅ：主分力方向のエッジフォース切削乗数
ｂ　：切削長さ（送り分力方向）
ｈ　：実切込量

[0049] [数2]

$$Ft = Ftc + Fte = Ktc \cdot b \cdot h + Kte \cdot b \quad \cdots (2)$$

Ｆｔ：背分力方向の切削抵抗の推定値
Ｆｔｃ：背分力方向のカッティングフォース
Ｆｔｅ：背分力方向のエッジフォース
Ｋｔｃ：背分力方向のカッティングフォース切削乗数
Ｋｔｅ：背分力方向のエッジフォース切削乗数
ｂ　：切削長さ（送り分力方向）
ｈ　：実切込量

[0050]

[数3]

$$Ff = Ffc + Ffe = Kfc \cdot b \cdot h + Kfe \cdot b \quad \cdots (3)$$

Ff：送り分力方向の切削抵抗の推定値
Ffc：送り分力方向のカッティングフォース
Ffe：送り分力方向のエッジフォース
Kfc：送り分力方向のカッティングフォース切削乗数
Kfe：送り分力方向のエッジフォース切削乗数
b　：切削長さ（送り分力方向）
h　：実切込量

[0051] ここで、切削抵抗Fp，Ft，Ffの推定値を算出するために用いられる式（1）～（3）において、実切込量hは上述において図９（ａ）を参照して説明した。ここでは、切削長さbについて、図９（ｂ）を参照して説明する。図９（ｂ）は、図９（ａ）のＡ－Ａ断面図、すなわち刃部５ａの面に沿った断面図である。このとき、図９（ｂ）に示すように、切削長さbは、送り分力方向（図９（ａ）に示す）における刃部５ａによる被加工物Wとの接触長さである。

[0052] 切削抵抗算出部３２は、実切込量算出部２３により算出された実切込量hと、加工条件から取得される切削長さbと、切削乗数記憶部３１に記憶されている切削乗数Kpc，Kpe，Ktc，Kte，Kfc，Kfeとに基づいて、式（1）～式（3）に従って切削抵抗Fp，Ft，Ffの推定値を算出する。ここで、上述したように、最初は、切削乗数記憶部３１には、予め設定した暫定切削乗数Kpc・・・が記憶されている。従って、最初に算出される切削抵抗Fp，Ft，Ffの推定値は、暫定値となる。しかし、切削乗数記憶部３１に更新された実切削乗数Kpc・・・が記憶されると、算出される切削抵抗Fp，Ft，Ffの推定値は、実切削乗数Kpc・・・を用いて算出された値となる。さらに、シミュレーションを続けることによって加工後形状および切込量hが変化した場合には、切削抵抗算出部３２は、その変化を逐次反映させて次の瞬間における切削抵抗Fp，Ft，Ffの推定値を算出する。ここで、主分力Fp，背分力Ftおよび送り分力Ffと、ＸＹＺ方向の切削抵抗Fx，Fy，Fzとは、

相互に座標変換することにより算出できる関係にある。

[0053] 切削抵抗検出センサ３３は、実加工中の実切削抵抗Ｆｘ，Ｆｙ，Ｆｚを検出する。例えば、切削抵抗検出センサ３３は、荷重センサ、変位センサ、送り軸の駆動モータの消費電力検出器、供給電流センサなどを適用できる。つまり、荷重センサにより実切削抵抗Ｆｘ，Ｆｙ，Ｆｚそのものを直接検出することもできるし、変位センサやその他により間接的に実切削抵抗Ｆｘ，Ｆｙ，Ｆｚを検出することもできる。

[0054] 実切削乗数算出部３４は、切削乗数記憶部３１に最初に記憶されている予め設定された暫定切削乗数Ｋｐｃ・・・を用いて算出された暫定切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆの推定値と、切削抵抗検出センサ３３により検出された実切削抵抗Ｆｘ，Ｆｙ，Ｆｚを座標変換して求めた実切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆとを比較して、実切削乗数Ｋｐｃ・・・を算出する。ここで、切削乗数Ｋｐｃ・・・は、回転工具５の刃部５ａ，５ｂの摩耗などの種々の要因により変化する。しかし、実切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆを用いて実切削乗数Ｋｐｃ・・・を算出するため、算出された実切削乗数Ｋｐｃ・・・は、現在の状況に応じた適正値となる。

[0055] つまり、切削抵抗算出部３２は、更新された切削乗数Ｋｐｃ・・・を用いて切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆの推定値を算出する。この切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆの推定値を用いて、実切削乗数算出部３４は、さらに実切削乗数Ｋｐｃ・・・を算出することができる。このように、切削乗数記憶部３１に記憶されている切削乗数Ｋｐｃ・・・は逐次更新されていき、適正値となる。

[0056] ここで、切削抵抗算出部３２による切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆの推定値の算出処理は、以下の２通りの何れかを採用できる。これらについて、図１１および図１２を参照して説明する。第一の算出処理として、図１１に示すように、現在行っているシミュレーションが荒加工工程または中仕上げ加工工程であるか否かを判定する（Ｓ１）。荒加工工程または中仕上げ加工工程である場合には（Ｓ１：Ｙ）、暫定切削乗数Ｋｐｃ・・・を用いて暫定的な切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆの推定値を算出する（Ｓ２）。続いて、切削抵抗検出センサ３３により検出された実切削抵抗Ｆｘ，Ｆｙ，Ｆｚを取得する（Ｓ３）。続い

て、暫定的な切削抵抗Ｆp，Ｆt，Ｆfの推定値と実切削抵抗Ｆｘ，Ｆｙ，Ｆｚから算出して得られた実切削抵抗Ｆp，Ｆt，Ｆfとを比較して、実切削乗数Ｋpc・・・を算出する（Ｓ４）。

[0057] 続いて、現在行っているシミュレーションが仕上げ加工工程であるか否かを判定する（Ｓ５）。Ｓ１の判定において、現在行っているシミュレーションが荒加工工程および中仕上げ加工工程でない場合にもこの判定を行う（Ｓ５）。ここで、仕上げ加工工程は、荒加工工程の後工程、または、中仕上げ加工工程の後工程である。そして、現在行っているシミュレーションが仕上げ加工工程である場合には（Ｓ５：Ｙ）、算出された実切削乗数Ｋpc・・・を用いて切削抵抗Ｆp，Ｆt，Ｆfの推定値を算出する。そして処理を終了する。この算出処理を採用した場合には、仕上げ加工工程において算出される切削抵抗の推定値を高精度にできる。また、逐次実切削乗数Ｋpc・・・を算出しないため、計算負荷が大きくならない。

[0058] 第二の算出処理について、図１２を参照して説明する。図１２に示すように、現在切削乗数記憶部３１に記憶されている切削乗数Ｋpc・・・を用いて切削抵抗Ｆp，Ｆt，Ｆfの推定値を算出する（Ｓ１１）。最初は、暫定切削乗数Ｋpc・・・を用いる。続いて、切削抵抗検出センサ３３により検出された実切削抵抗Ｆｘ，Ｆｙ，Ｆｚを取得する（Ｓ１２）。続いて、算出した切削抵抗Ｆp，Ｆt，Ｆfの推定値と実切削抵抗Ｆｘ，Ｆｙ，Ｆｚから算出して得られた実切削抵抗Ｆp，Ｆt，Ｆfとを比較して、切削乗数Ｋpc・・・を算出する（Ｓ１３）。

[0059] 続いて、算出した切削乗数Ｋpc・・・と切削乗数記憶部３１に記憶されている切削乗数Ｋpc・・・とを比較して、両者が異なるか否かを判定する（Ｓ１４）。両者が異なる場合には（Ｓ１４：Ｙ）、切削乗数記憶部３１に記憶されている切削乗数Ｋpc・・・を、Ｓ１３にて算出した切削乗数Ｋpc・・・に更新する（Ｓ１５）。一方、両者が一致する場合には（Ｓ１４：Ｎ）、更新処理を行わない。そして、切削抵抗の推定値の算出処理を終了するか否かを判定し（Ｓ１６）、終了しない場合には、Ｓ１１に戻り処理を繰り返す。

[0060] このように、逐次更新された切削乗数Ｋpc・・・を用いて、シミュレーションにより切削抵抗Ｆp，Ｆt，Ｆfの推定値を逐次算出する。従って、高精度に切削抵抗Ｆp，Ｆt，Ｆfの推定値を算出できる。例えば、回転工具５の刃部５ａ，５ｂが摩耗した場合に実切削抵抗Ｆp，Ｆt，Ｆfが変化したとしても、切削抵抗Ｆp，Ｆt，Ｆfの推定値は、実切削抵抗Ｆp，Ｆt，Ｆfの変化に追従できる。

[0061] 工具動特性記憶部４１は、回転工具５の動特性係数を記憶する。動特性係数には、質量係数M、粘性抵抗係数Ｃおよびばね定数Ｋが含まれる。これら動特性係数M，Ｃ，Ｋは、予め回転工具５に対してハンマリング試験を行ったり、シミュレーションを行ったり、機械に設置したセンサにより実際に測定したりすることにより、取得することができる。

[0062] 工具中心変位量算出部４２は、切削抵抗算出部３２により算出された切削抵抗Ｆp，Ｆt，Ｆfの推定値と、工具動特性記憶部４１に記憶されている動特性係数M，Ｃ，Ｋとに基づいて、回転中心Ｃの変位量を算出する。回転中心Ｃの変位量の算出に用いる基本式は、式（４）である。そして、工具中心変位量算出部４２は、算出した回転中心Ｃの変位量を、工具中心座標算出部１２にフィードバックする。従って、シミュレーションを続けることによって切削抵抗Ｆp，Ｆt，Ｆfが変化した場合には、工具中心変位量算出部４２は、その変化を逐次反映させて回転中心Ｃの変位量を算出する。ここで、工具中心変位量算出部４２は、回転中心Ｃの変位量に基づいて回転工具５の振動の振幅を算出する。

[0063] [数4]

$$\ddot{x}(t) = \frac{F(t) - C \cdot \dot{x}(t) - K \cdot x(t)}{M} \qquad \cdots \quad (4)$$

$\ddot{x}(t)$：時刻ｔにおける加速度
$\dot{x}(t)$：時刻ｔにおける速度
$x(t)$：時刻ｔにおける位置
$F(t)$：時刻ｔにおける切削抵抗

[0064] ここで、回転工具５に生じる切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆが変動することによって、回転中心Ｃの変位量が変化する。また、回転中心Ｃの変位量は、回転工具５による切削加工中の切削抵抗Ｆｙを受けるときの回転工具５の振動位相θによって変化する。より詳細には、回転工具５が第１回目の切削抵抗を受ける時を振動位相０°と定義した場合に、回転工具５が第２回目の切削抵抗を受ける時における回転工具５の振動位相θによって、回転中心Ｃの変位量が変化する。そこで、切削抵抗Ｆｙを受けるときの回転工具５の振動位相θと反切込方向（Ｙ方向）の回転中心Ｃの変位量（Ｙａ）との関係について、図１３～図１５を参照して説明する。なお、以下の説明において、回転工具５が第２回目の切削抵抗を受ける時における回転工具５の振動位相θを、単に「振動位相θ」と称する。

[0065] まず、図１３に示すように、回転工具５は、Ｘ方向に送り移動されながら、反切込方向（Ｙ方向に）に振動する状態とする。そして、当該振動の振動位相θ＝０°～３６０°を図１３に示すように定義する。つまり、振動位相θ＝０°，３６０°は、回転工具５が反切込方向に移動しかつ反切込方向の移動速度が最大となる振動位相である。振動位相θ＝９０°は、回転工具５が反切込方向から切込方向に切り替わる瞬間の振動位相である。振動位相θ＝１８０°は、回転工具５が切込方向に移動しかつ切込方向の移動速度が最大となる振動位相である。振動位相θ＝２７０°は、回転工具５が切込方向から反切込方向に切り替わる瞬間の振動位相である。

[0066] つまり、振動位相θ＝０°～９０°の範囲は、回転工具５が反切込方向に移動し、かつ、反切込方向の移動速度が低減している振動位相となる。振動位相θ＝９０°～１８０°の範囲は、回転工具５が切込方向に移動し、かつ、切込方向の移動速度が増加している振動位相となる。振動位相θ＝１８０°～２７０°の範囲は、回転工具５が切込方向に移動し、かつ、切込方向の移動速度が低減している振動位相となる。振動位相θ＝２７０°～３６０°の範囲は、回転工具５が反切込方向に移動し、かつ、反切込方向の移動速度が増加している振動位相となる。

[0067] そして、振動位相θ＝１８０°の場合およびθ＝０°の場合において、回転工具５が受ける切削抵抗Ｆｙの方向と、回転工具５の振動による変位方向との関係について、図１４（ａ）（ｂ）を参照して説明する。図１４（ａ）に示すように、振動位相θ＝１８０°の場合には、切削抵抗Ｆｙの方向が、回転工具５の振動による変位方向に対して逆方向となる。一方、図１４（ｂ）に示すように、振動位相θ＝０°の場合には、切削抵抗Ｆｙの方向が、回転工具５の振動による変位方向に対して同方向となる。つまり、図１４（ａ）の場合には、切削抵抗Ｆｙが回転工具５の振動の振幅を低減するように作用するのに対して、図１４（ｂ）の場合には、切削抵抗Ｆｙが回転工具５の振動の振幅を増大するように作用する。

[0068] より詳細に、振動位相θ＝０°、９０°、１７０°、１８０°、１９０°、２７０°のそれぞれについて、工具回転位相φと、実切込量ｈおよび回転中心Ｃの変位量Ｙａとの関係について検討した。それぞれの結果を図１５（ａ）～図１５（ｆ）に示す。ここで、振動位相θは、回転工具５が第１回目の切削抵抗を受けた時刻から第２回目の切削抵抗を受ける時刻までの時間に相当する。そこで、回転工具５の回転速度Ｓ（回転主軸４の回転速度）を変化させることで振動位相θを変化させることとしている。

[0069] また、図１５（ａ）～図１５（ｆ）の変位量Ｙａにおいて、実線は刃部５ａが切削抵抗を受け得る状態から刃部５ｂが切削抵抗を受け得る状態となるまでの挙動を示し、破線は刃部５ｂが切削抵抗を受け得る状態から刃部５ａが切削抵抗を受け得る状態となるまでの挙動を示す。そして、横軸を時間として、「０」が、回転工具５が第１回目の切削抵抗を受けた時刻を示し、Ｔ２が、回転工具５が第２回目の切削抵抗を受けた時刻を示す。Ｔ３以降は、回転工具５が第３回目以降の切削抵抗を受けた時刻を示す。

[0070] 図１５（ａ），（ｃ），（ｆ）に示すように、振動位相θ＝０°，１７０°，２７０°の場合には、回転中心Ｃの変位量Ｙａが発散している。これは、回転工具５の受ける第２回目以降の切削抵抗が、回転工具５の変位を助長しているためであると考えられる。一方、振動位相θ＝１８０°、１９０°

の場合には、回転工具５が切削抵抗を受けるたびに、切削抵抗Ｆｙが回転工具５の振動の変位方向を変更していることが分かる。

[0071] 特に、振動位相θ＝１８０°においては、回転工具５が切削抵抗を受ける瞬間において、回転工具５の変位量Ｙａがゼロに非常に近い状態となっていることが分かる。振動位相θ＝１９０°においては、θ＝１８０°に比べると、回転工具５が切削抵抗を受ける瞬間において、回転工具５の変位量Ｙａがゼロからに非常に僅かにずれていることが分かる。ただし、振動位相θ＝１９０°においても、回転工具５の振動を十分に抑制できている。また、振動位相θ＝９０°においては、刃部５ｂが切削抵抗を受け得る瞬間において回転工具５の変位量Ｙａが大きいために、刃部５ｂによって切削が行われていない。つまり、二枚刃の回転工具５であるにも関わらず、１枚刃としてしか機能しておらず、加工面精度に悪影響を及ぼすおそれがある。

[0072] 工具摩耗量推定部５１は、切削抵抗算出部３２により逐次算出された切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆの推定値に基づいて、回転工具５の刃部５ａ，５ｂの摩耗量を推定する。ここで、一般に、回転工具５の刃部５ａ，５ｂが摩耗すると切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆは増大する。つまり、切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆの変化から、回転工具５の刃部５ａ，５ｂの摩耗量を推定できる。そこで、逐次、切削乗数Ｋｐｃ・・・および切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆの推定値を更新することで、過去の切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆと現在の切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆとを比較することにより、回転工具５の刃部５ａ，５ｂの摩耗量を推定することができる。上記の他、工具摩耗量推定部５１は、切削抵抗検出センサ３３により検出された切削抵抗Ｆｘ，Ｆｙ，Ｆｚに基づいて、回転工具５の刃部５ａ，５ｂの摩耗量を推定することもできる。

[0073] 加工誤差算出部６１は、加工後形状算出部２４により算出された被加工物Ｗの加工後形状と被加工物Ｗの目標形状との差に基づいて、被加工物Ｗの加工誤差を算出する。ここで、加工後形状算出部２４が図１０（ａ）に示すような最深位置Ｐ(n)を加工後形状として算出する場合には、加工誤差算出部６１は、削り残しとしての加工誤差を算出できる。一方、加工後形状算出部２

４が図１０（ｂ）に示すような軌跡を加工後形状として算出する場合には、加工誤差算出部６１は、削り残しとしての加工誤差に加えて、面粗さを算出できる。

[0074] 回転速度決定処理部７１は、回転工具５の振動状態と回転工具５が第２回目の切削抵抗Ｆｙを受ける時の回転工具５の振動位相θとに基づいて、回転工具５の振幅を小さくするように回転工具５の回転速度Ｓ（回転主軸４の回転速度）を決定する。回転速度決定処理部７１により回転速度Ｓを決定して、ＮＣデータそのものを変更することもできるし、加工中に回転速度Ｓを補正することもできる。また、回転工具５の振幅を低減できることにより、びびりが発生することを防止できるという効果を奏する。

[0075] 図１６および図１７を参照して、回転速度決定処理部７１による回転速度Ｓの決定処理について説明する。図１６は、回転主軸４の回転速度Ｓと加工誤差Δｙとの関係について示し、図１７は、回転主軸４の回転速度Ｓと回転工具５の最大振幅Ａmaxとの関係について示す。また、図１６および図１７において、振動位相θについても図示している。

[0076] 図１６に示すように、振動位相θ＝１８０°以上で、θ＝２７０°未満の範囲で、削り残しの加工誤差Δｙが小さくなっている。この理由は、上述したように、切削抵抗Ｆｙが回転工具５の振動の振幅を低減させるように作用するためである。

[0077] 例えば、加工誤差Δｙの上限閾値をＴｈ１とし、下限閾値をＴｈ２とした場合には、振動位相θ＝１８０°～約２００°の範囲にすれば良いことが分かる。ただし、上下限閾値内に含まれる範囲は、回転工具５の剛性などによって変化するため、回転工具５の剛性などを高くすることで、θ＝２７０°に近い振動位相であっても、加工誤差Δｙを小さくすることができる場合がある。

[0078] そして、回転主軸４の回転速度Ｓとして、当該振動位相θに対応する回転速度Ｓとする。ここで、加工誤差Δｙがゼロとなる振動位相θに対応する回転速度Ｓを採用することは当然であるが、その他の振動位相θであっても加

工誤差Δｙは上下限範囲内であれば十分に採用できる。従って、回転速度Ｓを適切に設定することで、加工誤差Δｙそのものの発生を低減できる。

[0079] さらに、図１７に示すように、回転工具５の最大振幅Ａmaxが設定閾値Ｔｈ３以下となるような回転速度Ｓとするようにもできる。回転工具５の最大振幅Ａmaxが大きくなると、回転工具５が折損するおそれがある。しかし、最大振幅Ａmaxが設定閾値Ｔｈ３以下となるように回転速度Ｓを決定することで、回転工具５の折損を確実に防止しつつ、加工誤差Δｙを低減できる。図１７によれば、最大振幅Ａmaxが設定閾値Ｔｈ３以下となる振動位相は、θ＝１８０°～約２００°の範囲であることが分かる。ただし、設定閾値Ｔｈ３以下に含まれる範囲は、回転工具５の剛性などによって変化するため、回転工具５の剛性などを高くすることで、θ＝２７０°に近い振動位相であっても、最大振幅Ａmaxを小さくすることができる場合がある。

[0080] 機械制御部７３は、ＮＣデータに基づいて、各駆動部７４を制御する。特に、機械制御部７３は、回転速度決定処理部７１にて決定されたＮＣデータの回転速度Ｓにより、回転主軸４の回転速度を制御する。

[0081] 補正部７２は、加工誤差算出部６１により算出された加工誤差Δｙに基づいて加工条件を補正する。また、補正部７２は、加工中において回転速度決定処理部７１にて回転速度Ｓが決定された場合には、当該回転速度Ｓとなるように補正する。さらに、補正部７２は、工具中心変位量算出部４２にて回転工具５の振動の最大振幅Ａmaxが設定閾値Ｔｈ３を超えた場合には、設定閾値Ｔｈ２となるような回転速度Ｓに補正する。

[0082] さらに、補正部７２は、上記の他、切込方向の削り代Ｒｄまたは送り速度を変更するように指令値を補正することもできる。例えば、切込方向の削り代Ｒｄを小さくまたは送り速度を低くすることで、回転工具５の回転中心Ｃの変位量を低減させる。その結果、加工誤差を低減できる。また、補正部７２は、指令位置の軌跡そのものを変更して、加工誤差を低減できるようにすることもできる。

[0083] 上述した加工システムによれば、以下のような効果を奏する。回転工具５

による断続的な切削加工においては、回転工具５が１回転している間に、回転工具５の刃部５ａ，５ｂの位相によって、切削している瞬間と、切削していない空転している瞬間とが存在する。そのため、回転工具５の回転中心Ｃの変位量が、そのまま加工誤差となるとは限らない。さらに、回転工具５が１回転している間であって切削している間においても、切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆが変動することがある。

[0084] そこで、回転工具５の回転中心Ｃの変位量に加えて、刃部５ａ，５ｂの相対刃先位置を考慮することにより、被加工物Ｗに対する刃部５ａ，５ｂの絶対刃先位置を算出している。つまり、回転工具５が１回転している間において、絶対刃先位置の動きを高精度に把握できる。そして、絶対刃先位置を被加工物Ｗに転写させることにより、被加工物Ｗの加工後形状を算出しているため、加工後形状を高精度に算出することができる。このようにして算出した加工後形状と目標形状との差により、加工誤差を算出している。従って、加工誤差を高精度に解析により算出することができる。

[0085] また、回転工具５の刃部５ａ，５ｂにより被加工物Ｗを切削加工している位相範囲において、刃部５ａ，５ｂの絶対刃先位置を連続的に把握することができる。これにより、切削加工している位相範囲のそれぞれにおいて、刃部５ａ，５ｂの絶対刃先位置がどこに位置するかを把握することができる。これにより、より高精度に加工誤差を算出できる。なお、刃部５ａ，５ｂの絶対刃先位置を連続的に把握せずに、簡易的に、例えば回転工具５の回転位相φ＝９０°の瞬間のみにおける刃部５ａ，５ｂの絶対刃先位置を把握することもできる。通常、回転位相φ＝９０°が最深位置付近となるため、簡易的ではあるが、十分に適用可能である。

[0086] また、回転工具５の動特性を考慮することで、回転工具５に生じる切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆの変動に伴って回転工具５の回転中心Ｃの変位量を高精度に算出できる。その結果、高精度に加工後形状を算出でき、高精度に加工誤差を算出できる。さらに、断続的な切削加工であるため、刃部５ａ，５ｂによる切削開始の瞬間に生じる断続的な切削抵抗Ｆｙによって回転工具が振動す

る。このとき、回転工具５の動特性を考慮することで、回転工具５の振動状態を把握できる。そして、把握できた回転工具５の振動状態に基づいて回転工具５の回転中心Ｃの変位量を算出するため、高精度に回転工具５の回転中心Ｃの変位量を算出できる。その結果、高精度に加工後形状を算出でき、高精度に加工誤差を算出できる。

[0087] また、回転工具５の回転中心Ｃの反切込方向の変位量Ｙａは、他の方向の変位量に比べて大きくなりやすい。さらに、回転工具５の回転中心Ｃの反切込方向の変位量Ｙａは、加工後形状に最も影響を与える。そこで、少なくとも、反切込方向の回転工具５の回転中心Ｃの変位量を把握することで、高精度に加工後形状を算出でき、高精度に加工誤差を算出できる。ここで、上記実施形態においては、反切込方向（Ｙ方向）、送り方向（Ｘ方向）および軸方向（Ｚ方向）の全てについての回転中心Ｃの変位量を算出して、加工誤差を算出することとした。従って、高精度に加工誤差を算出できる。ただし、この他に、影響度の観点から、反切込方向（Ｙ方向）のみを適用することもできる。

[0088] また、切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆを算出する際に、回転工具５の回転中心Ｃの変位量をフィードバックしている。つまり、回転工具５の回転中心Ｃの変位量の算出と切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆの算出との連成解析を行っている。ここで、回転工具５が変位した次の瞬間においては、当該変位に起因して切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆが変化する。変化した切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆに応じて、回転工具５の回転中心Ｃがさらに変位する。このように、回転工具５の切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆと回転工具５の回転中心Ｃの変位とは、相互に関連している。そこで、連成解析を行うことで、高精度に回転工具５の回転中心Ｃの変位量を算出できる。その結果、加工誤差を高精度に算出できる。

[0089] また、現在の切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆの算出に際して、過去の加工後形状の形状履歴を用いている。これにより、高精度に現在の切削抵抗Ｆｐ，Ｆｔ，Ｆｆを算出でき、結果として現在の回転工具５の回転中心Ｃの変位量を高精度に算出できる。つまり、加工誤差を高精度に算出できる。

[0090] また、上記実施形態においては、加工システムの一部として機能する加工シミュレーション装置は、切削抵抗算出部３２およびそれに関係する機能部により構成される。また、加工システムの他の一部として機能する加工誤差算出装置は、加工誤差算出部６１およびそれに関係する機能部により構成される。また、加工システムの他の一部として機能する加工制御装置は、機械制御部７３およびそれに関係する機能部により構成される。

[0091] また、上記実施形態では、実際の工作機械の制御の際に補正を行うようにした場合、および、ＮＣデータの作成の場合との両者について、適用可能となるように説明した。この他に、ＮＣデータの作成を行わずに、実際の工作機械の制御の際に補正を行うようにしてもよい。この場合、当該工作機械が切削抵抗検出センサ３３を備え、補正部７２により、回転速度Ｓ、切込方向の削り代Ｒｄ、送り速度などを補正する。また、ＮＣデータの作成のみに適用することもできる。

[0092] なお、上記実施形態において、加工システムの機能の構成部として説明したが、各構成部による処理を工程として把握することもできる。この場合、加工システムによる処理方法として把握することができる。すなわち、加工シミュレーション装置として機能する構成部による処理を加工シミュレーション方法として把握できる。また、加工誤差算出装置として機能する各構成部による処理を加工誤差算出方法として把握できる。また、加工制御装置として機能する構成部による処理を加工制御方法として把握できる。

符号の説明

[0093] ５：回転工具、 ５ａ，５ｂ：刃部、 ４２：工具中心変位量算出部（振幅検出手段）、７１：回転速度決定処理部、 ７３：機械制御部（回転速度制御手段）、 ７２：補正部（回転速度補正手段）、 Ｃ：回転中心、 Ｗ：被加工物

請求の範囲

[請求項1] 外周側に周方向に１以上の刃部を備える回転工具を用いて、当該回転工具を軸回りに回転しながら被加工物に対して相対移動することにより行う断続的な切削加工における加工制御装置であって、

断続的な切削加工に伴って前記回転工具に生じる断続的な切削抵抗により前記回転工具が振動する場合に、前記回転工具の振動状態と前記回転工具が前記切削抵抗を受ける時の前記回転工具の振動位相とに基づいて、前記回転工具の振幅を小さくするように前記回転工具の回転速度を決定する回転速度決定処理手段と、

決定された前記回転速度に基づいて前記回転工具の回転速度を制御する回転速度制御手段と、

を備える加工制御装置。

[請求項2] 請求項１において、

前記回転速度決定処理手段は、前記被加工物に対する前記刃部の絶対刃先位置に基づいて前記回転速度を決定する加工制御装置。

[請求項3] 請求項１または２において、

前記回転速度決定処理手段は、前記回転工具の最大振幅が設定閾値以下となるように前記回転速度を決定する加工制御装置。

[請求項4] 請求項１～３の何れか一項において、

前記回転速度決定処理手段は、前記回転工具が第１回目の前記切削抵抗を受ける時を振動位相０°と定義した場合に、前記回転工具が第２回目の前記切削抵抗を受ける時における前記回転工具の振動位相を１８０°以上２７０°未満となるように前記回転速度を決定する加工制御装置。

[請求項5] 請求項１～４の何れか一項において、

前記回転工具の振幅を検出する振幅検出手段と、

前記振幅検出手段により検出された前記回転工具の振幅が設定閾値を超えた場合に、前記振幅が設定閾値以下となるように前記回転速度

を補正する回転速度補正手段と、

を備える加工制御装置。

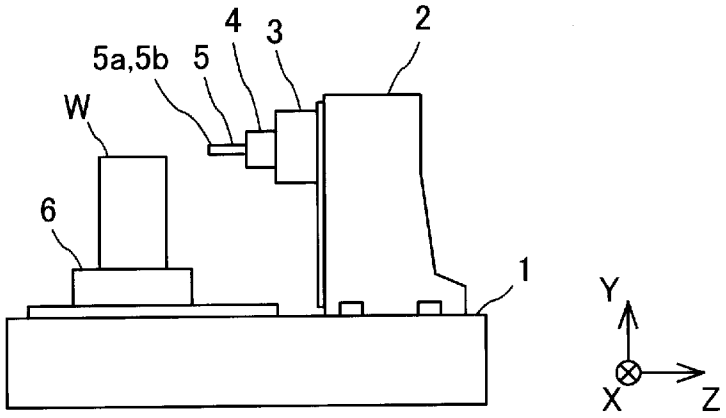
[請求項6] 外周側に周方向に１以上の刃部を備える回転工具を用いて、当該回転工具を軸回りに回転しながら被加工物に対して相対移動することにより行う断続的な切削加工における加工制御方法であって、

断続的な切削加工に伴って前記回転工具に生じる断続的な切削抵抗により前記回転工具が振動する場合に、前記回転工具の振動状態と前記回転工具が前記切削抵抗を受ける時の前記回転工具の振動位相とに基づいて、前記回転工具の振幅を小さくするように前記回転工具の回転速度を決定する回転速度決定工程と、

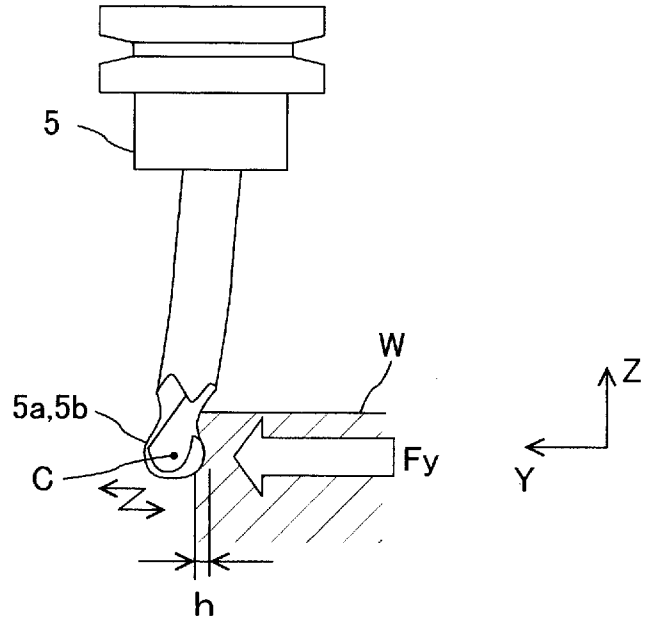
決定された前記回転速度に基づいて前記回転工具の回転速度を制御する回転速度制御工程と、

を備える加工制御方法。

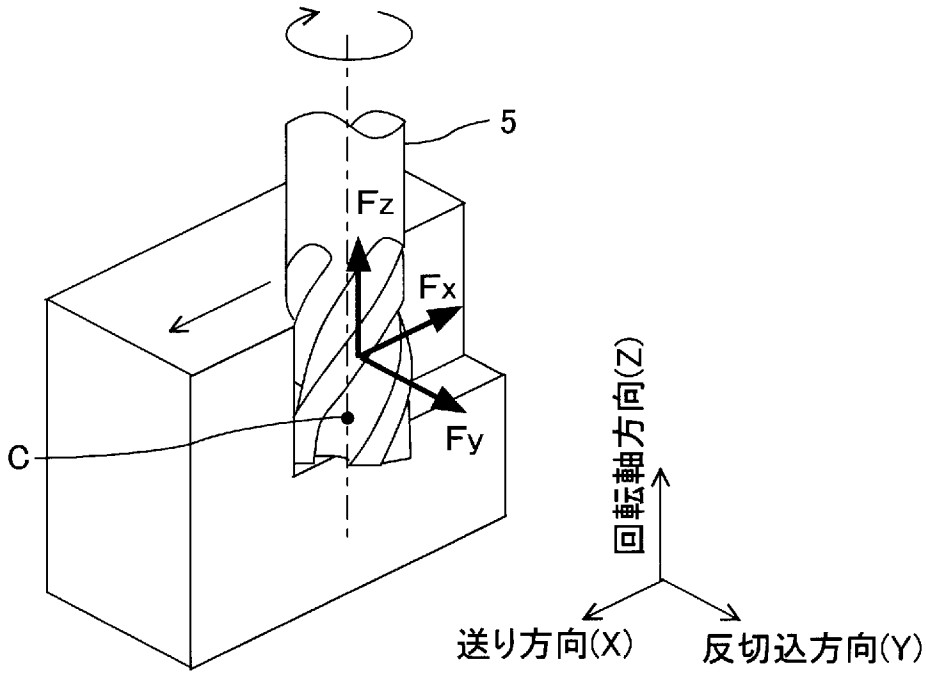
[図1]


4
3
2
5a,5b
5
W
6
1
Y
X
Z

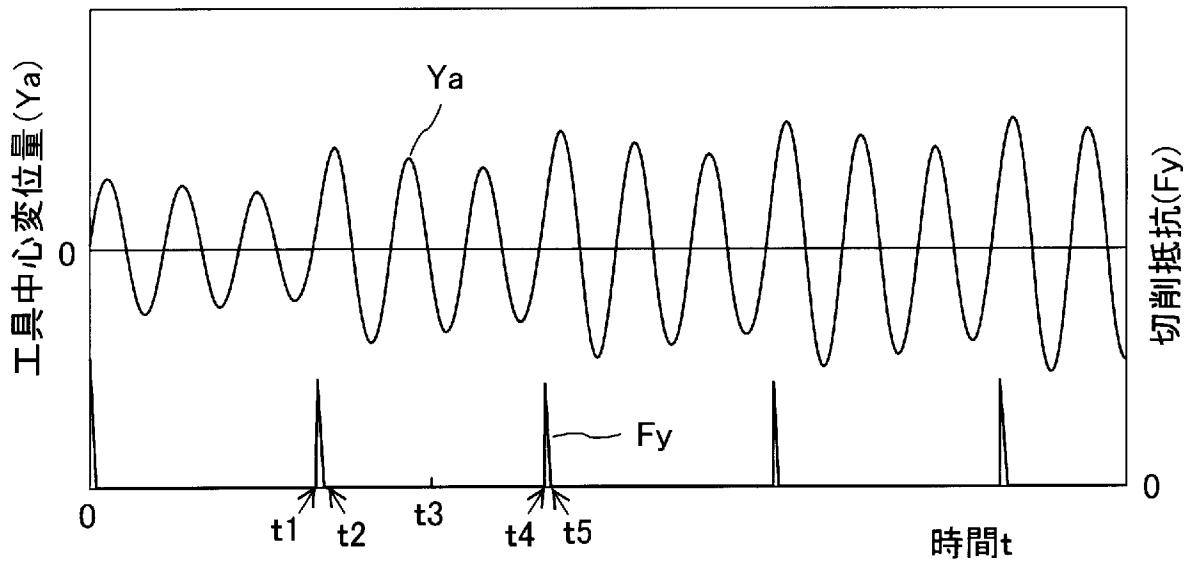
[図2]


5
W
5a,5b
C
Fy
Z
Y
h

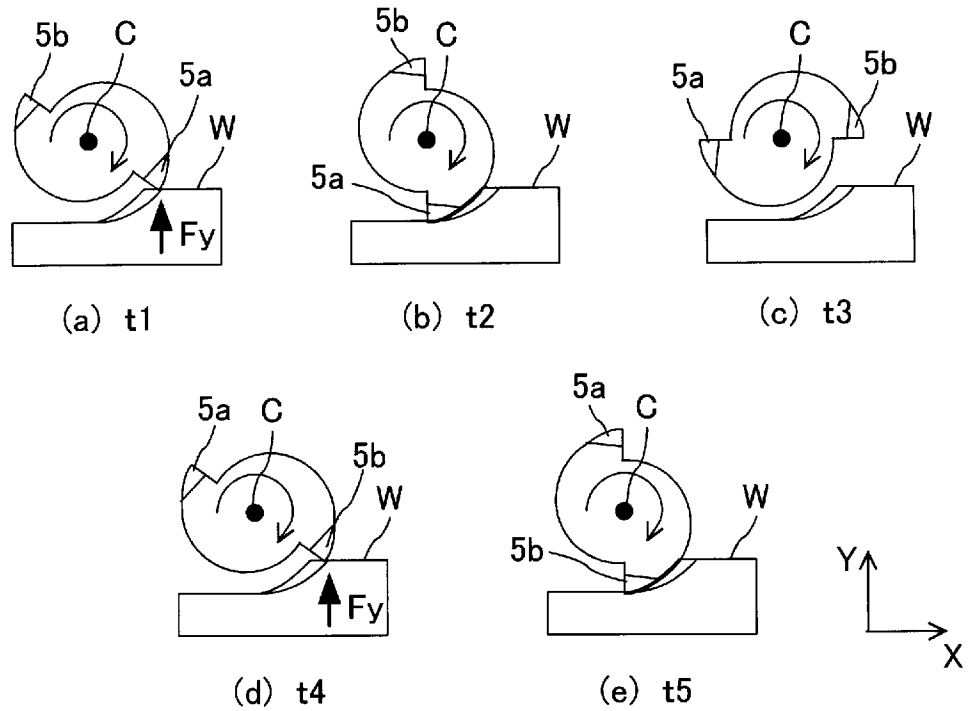
[図3]


5
Fz
Fx
Fy
C
回転軸方向(Z)
送り方向(X)
反切込方向(Y)

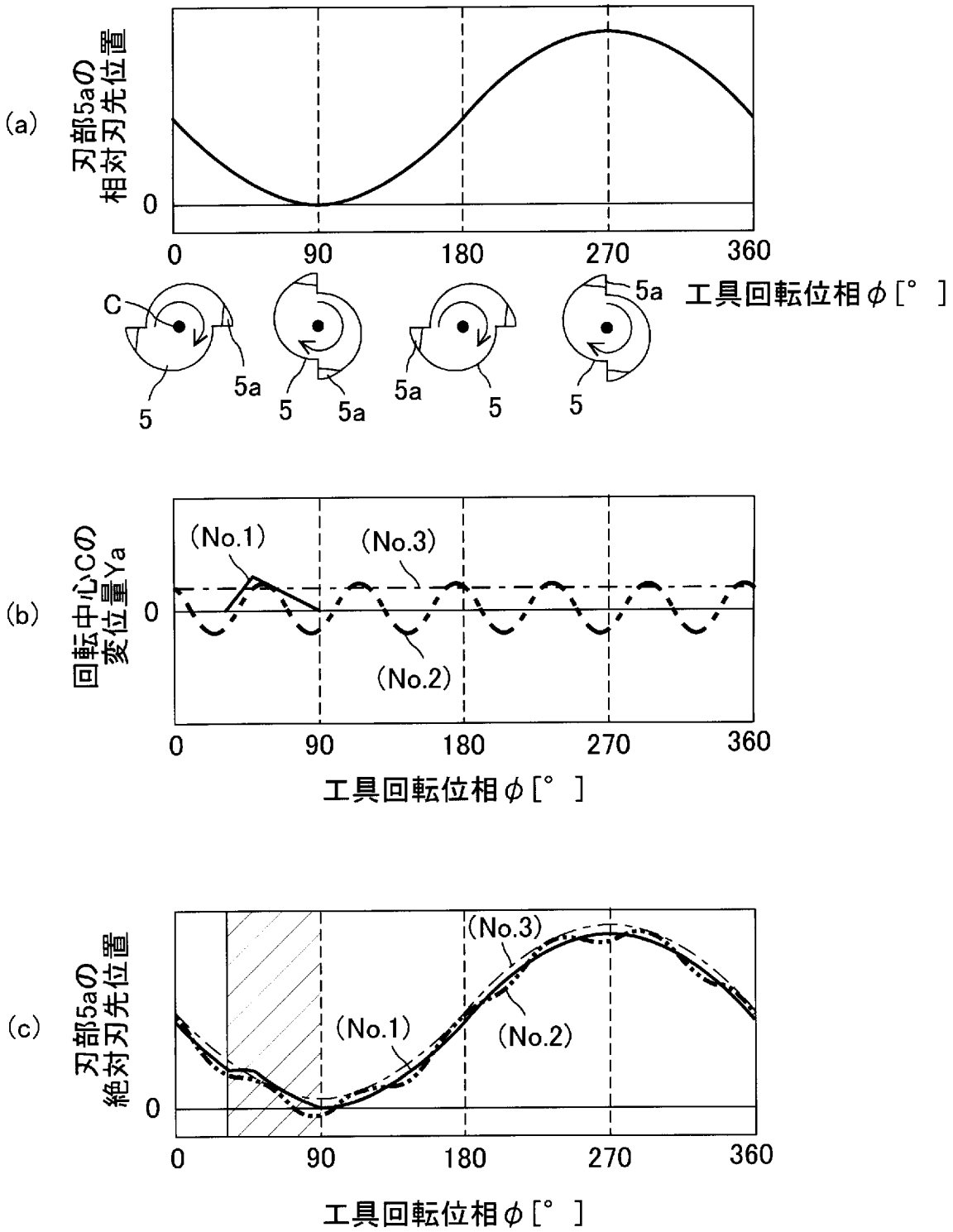
[図4]


工具中心変位量(Ya)
Ya
0
Fy
切削抵抗(Fy)
0
0
t1
t2
t3
t4
t5
時間t

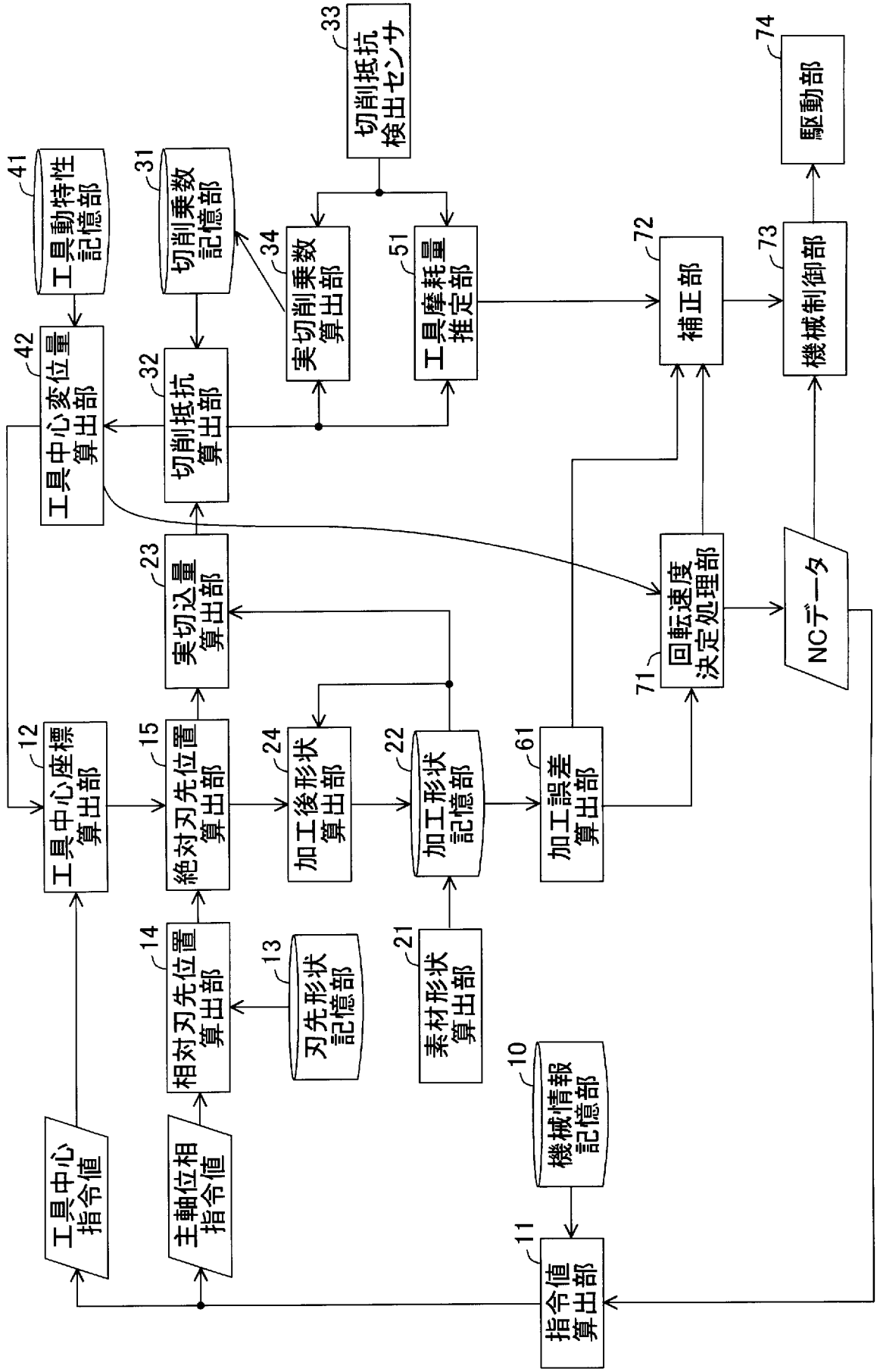
[図5]


5b
C
5a
W
Fy
(a) t1
(b) t2
(c) t3
(d) t4
(e) t5
Y
X

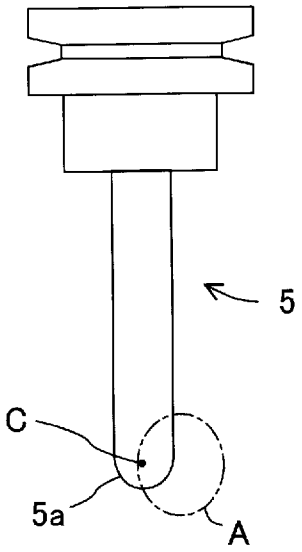
[図6]


(a)
刃部5aの
相対刃先位置
0
0
90
180
270
360
工具回転位相φ[°]
C
5a
5
5
5a
5a
5
5
5a
(b)
回転中心Cの
変位量Ya
(No.1)
(No.3)
(No.2)
0
0
90
180
270
360
工具回転位相φ[°]
(c)
刃部5aの
絶対刃先位置
(No.3)
(No.1)
(No.2)
0
0
90
180
270
360
工具回転位相φ[°]

[図7]

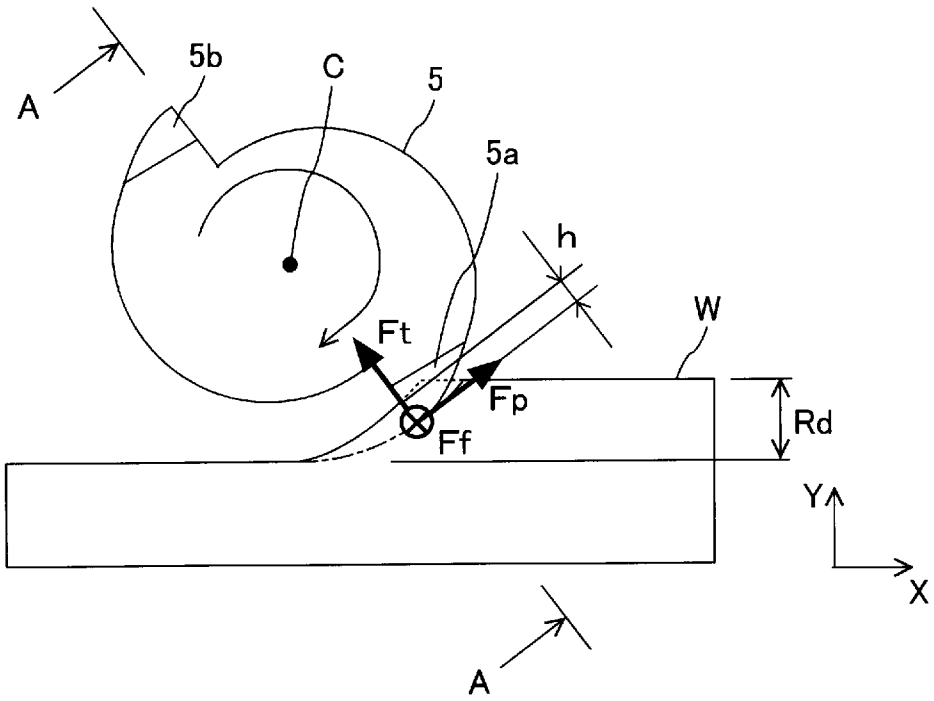

工具中心
指令値
主軸位相
指令値
工具中心座標
算出部
相対刃先位置
算出部
絶対刃先位置
算出部
実切込量
算出部
工具中心変位量
算出部
工具動特性
記憶部
刃先形状
記憶部
切削乗数
記憶部
切削抵抗
検出センサ
素材形状
算出部
加工後形状
算出部
実切削乗数
算出部
切削抵抗
算出部
加工形状
記憶部
工具摩耗量
推定部
加工誤差
算出部
機械情報
記憶部
指令値
算出部
回転速度
決定処理部
補正部
機械制御部
駆動部
NCデータ
12
13
14
15
21
22
23
24
31
32
33
34
41
42
51
61
71
72
73
74
10
11

[図8]

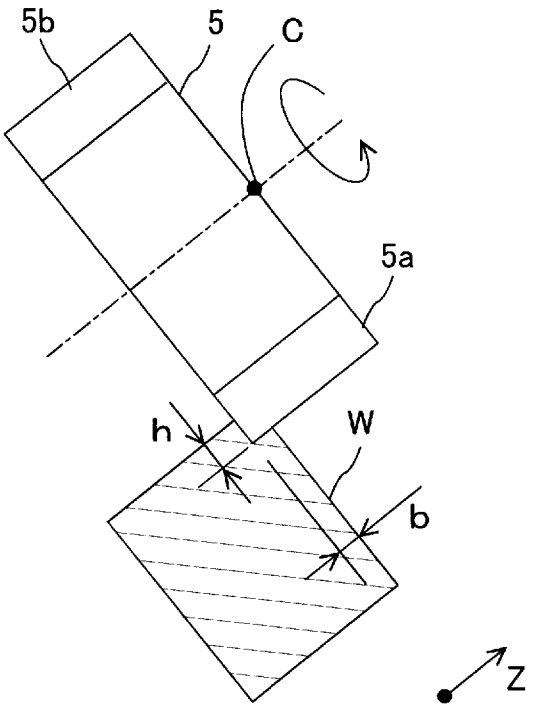


[図9]

(a)

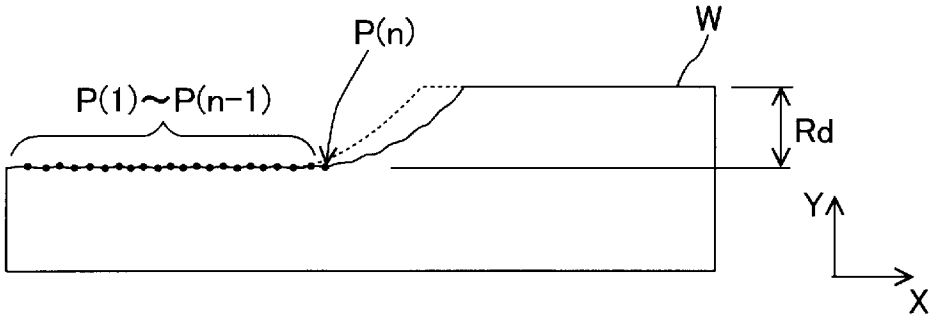


(b)

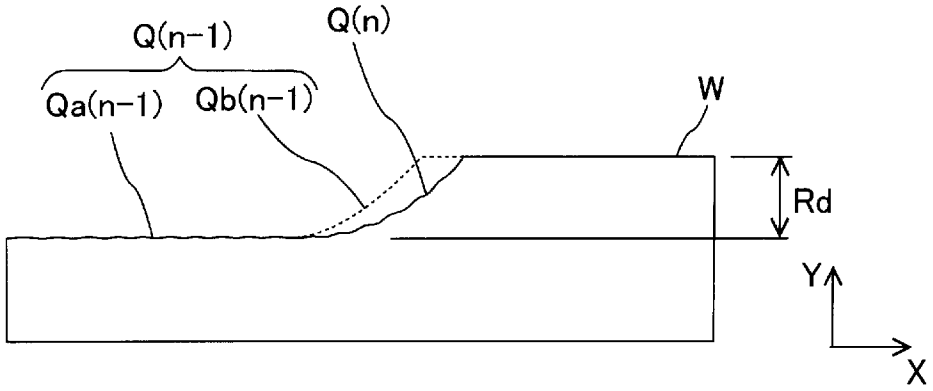


[図10]

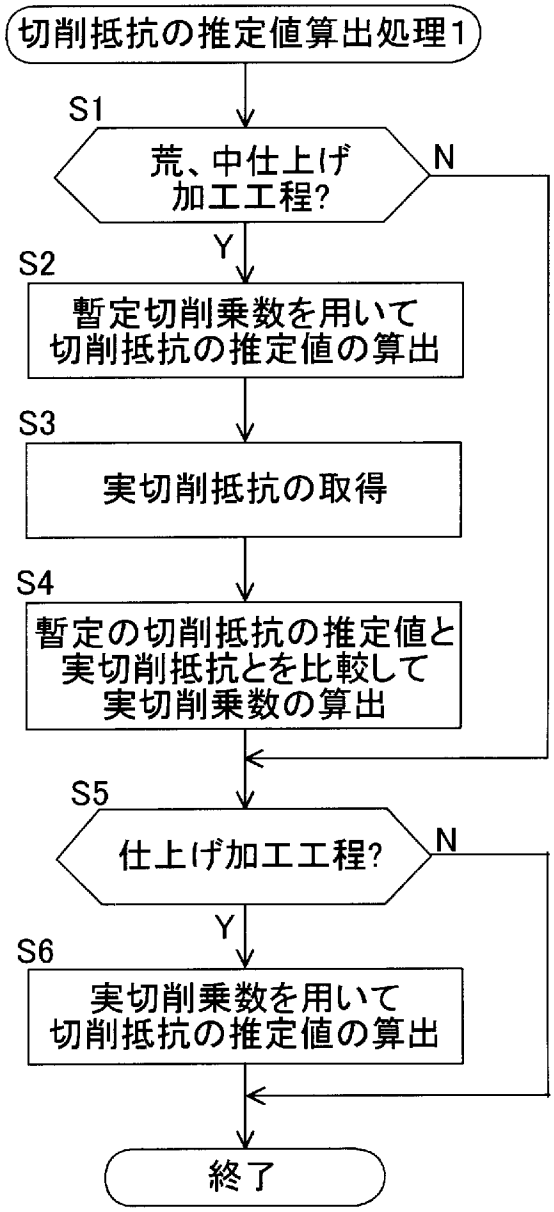
(a)



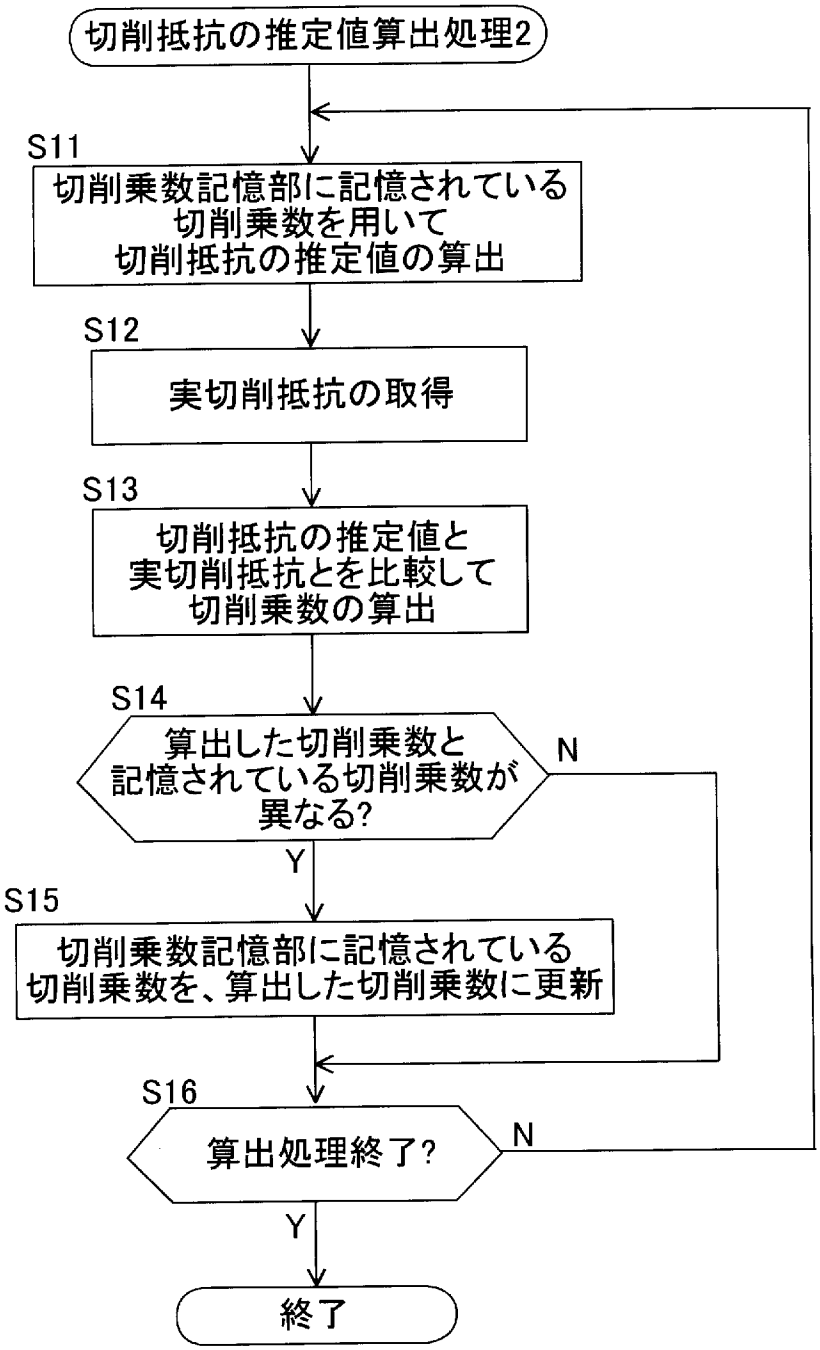
(b)



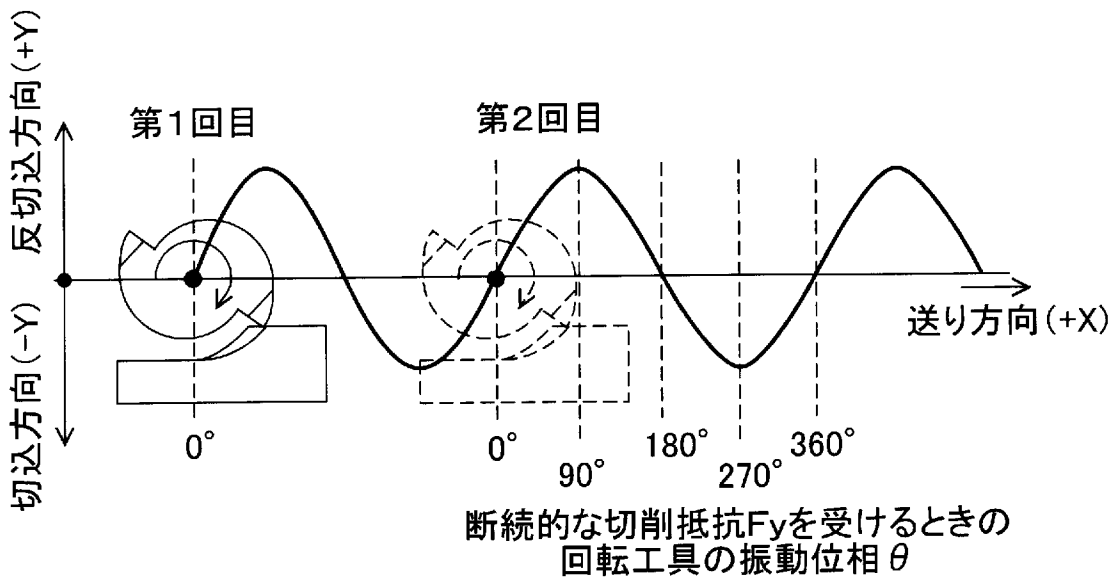
[図11]


切削抵抗の推定値算出処理1
S1
荒、中仕上げ
加工工程?
N
Y
S2
暫定切削乗数を用いて
切削抵抗の推定値の算出
S3
実切削抵抗の取得
S4
暫定の切削抵抗の推定値と
実切削抵抗とを比較して
実切削乗数の算出
S5
仕上げ加工工程?
N
Y
S6
実切削乗数を用いて
切削抵抗の推定値の算出
終了

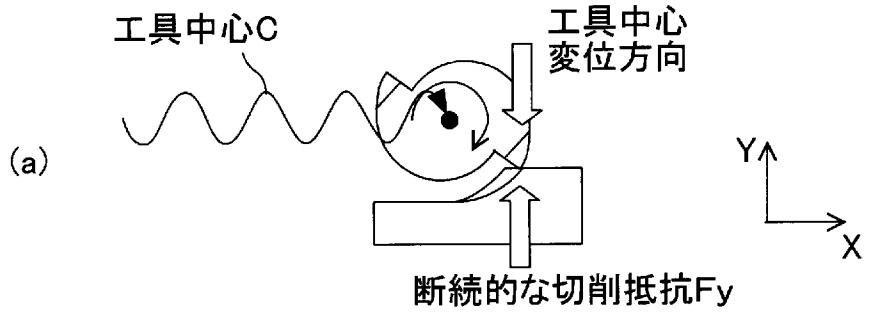
[図12]

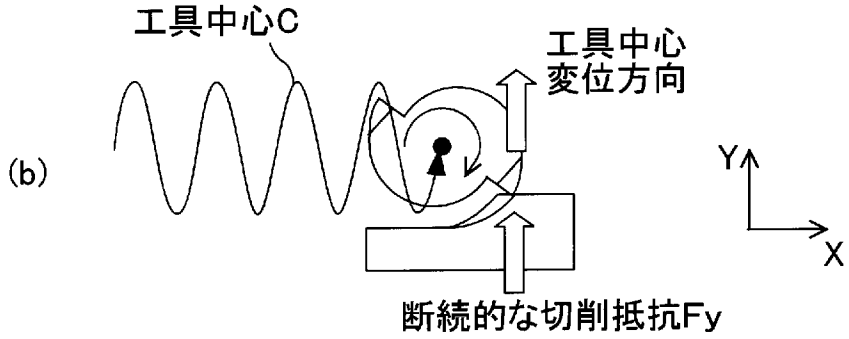

切削抵抗の推定値算出処理2
S11
切削乗数記憶部に記憶されている
切削乗数を用いて
切削抵抗の推定値の算出
S12
実切削抵抗の取得
S13
切削抵抗の推定値と
実切削抵抗とを比較して
切削乗数の算出
S14
算出した切削乗数と
記憶されている切削乗数が
異なる?
N
Y
S15
切削乗数記憶部に記憶されている
切削乗数を、算出した切削乗数に更新
S16
算出処理終了?
N
Y
終了

[図13]

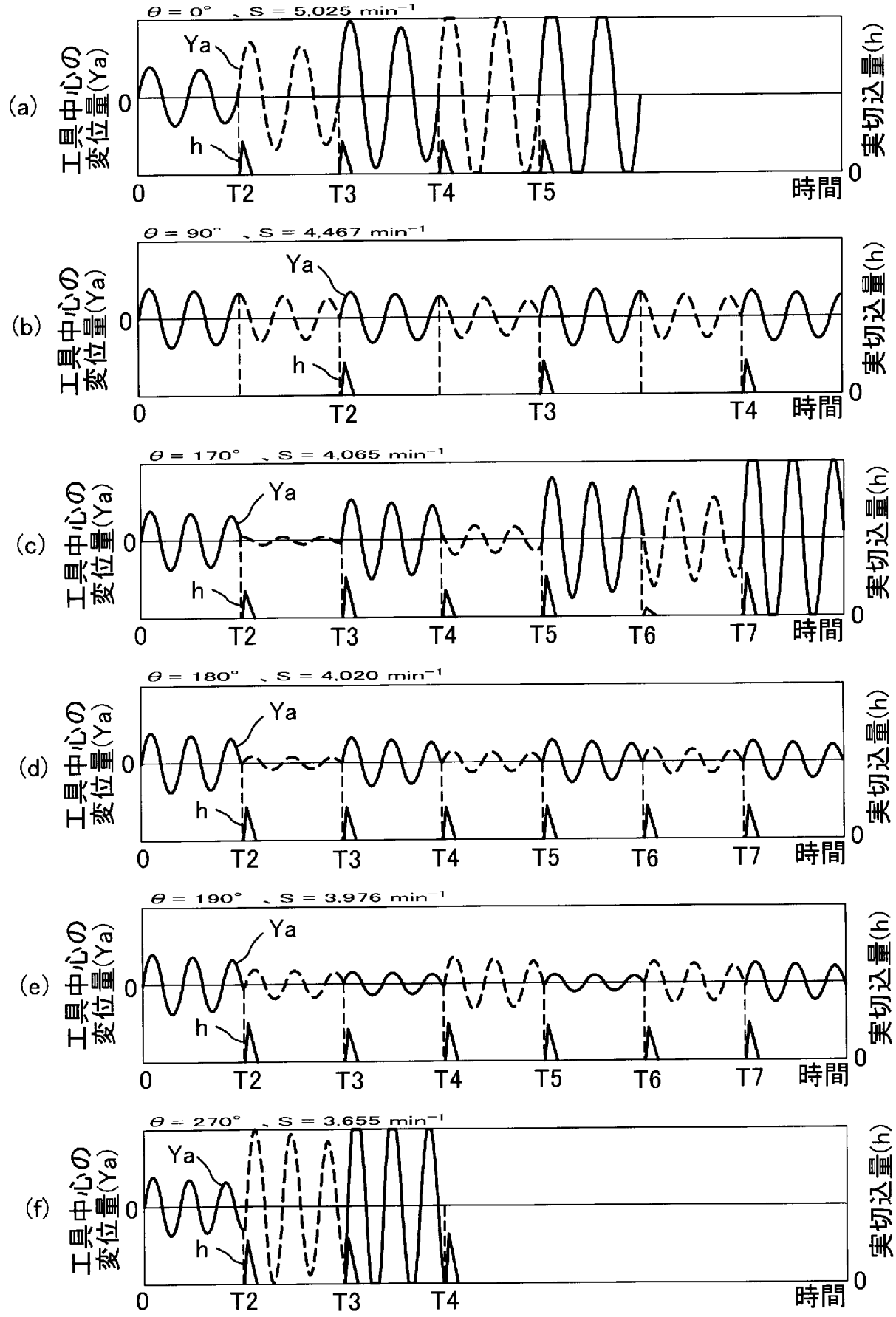

反切込方向(+Y)
切込方向(-Y)
第1回目
第2回目
送り方向(+X)
0°
0°
90°
180°
270°
360°
断続的な切削抵抗Fyを受けるときの
回転工具の振動位相θ

[図14]

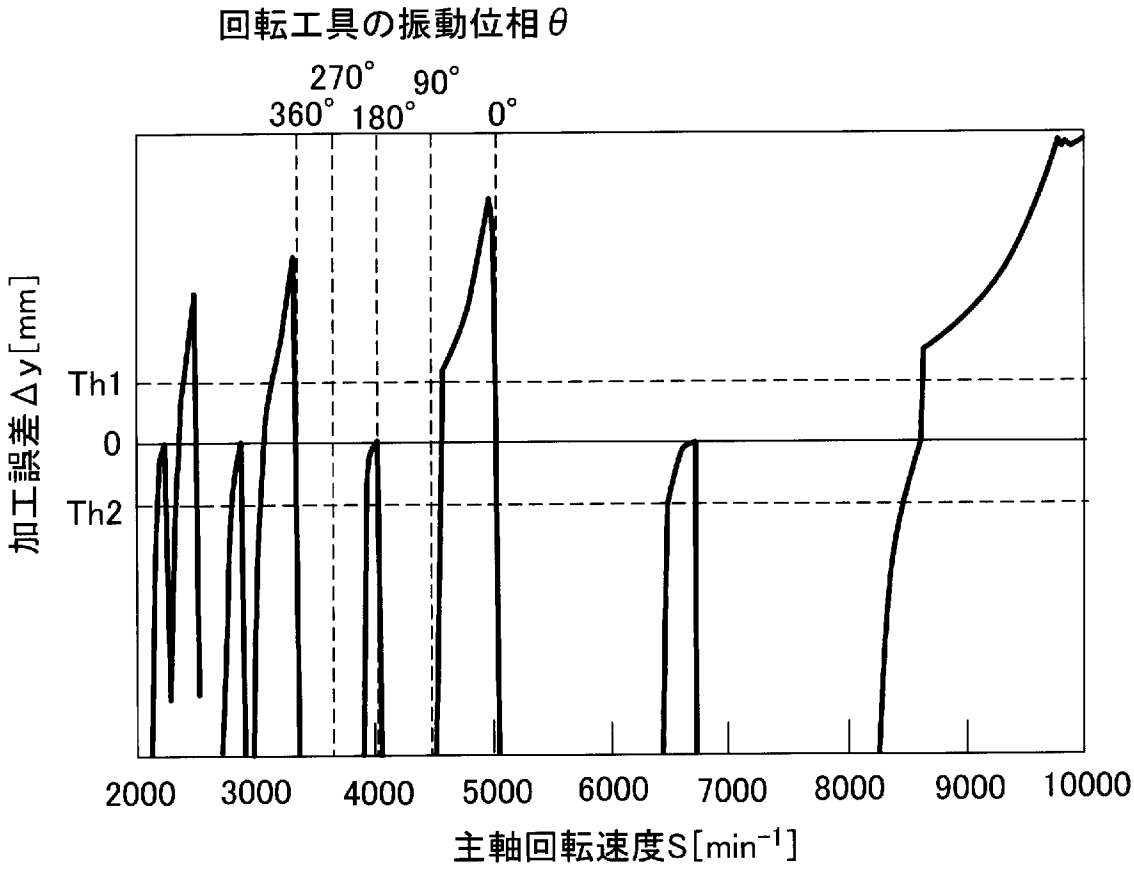

(a)
工具中心C
工具中心
変位方向
Y
X
断続的な切削抵抗Fy


(b)
工具中心C
工具中心
変位方向
Y
X
断続的な切削抵抗Fy

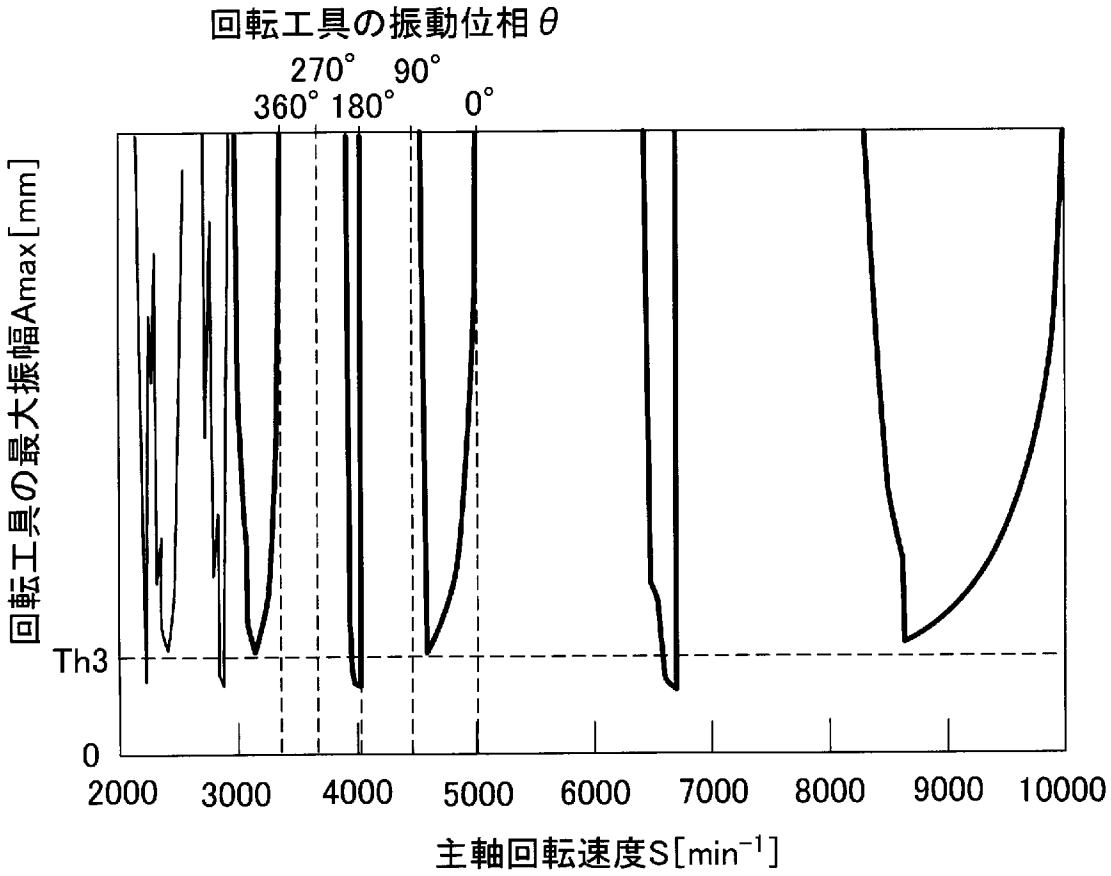
[図15]


θ = 0° 、S = 5,025 min⁻¹
(a)
工具中心の変位量(Ya)
Ya
h
0
0 T2 T3 T4 T5 時間
実切込量(h)
θ = 90° 、S = 4,467 min⁻¹
(b)
0 T2 T3 T4 時間
θ = 170° 、S = 4,065 min⁻¹
(c)
0 T2 T3 T4 T5 T6 T7 時間
θ = 180° 、S = 4,020 min⁻¹
(d)
0 T2 T3 T4 T5 T6 T7 時間
θ = 190° 、S = 3,976 min⁻¹
(e)
0 T2 T3 T4 T5 T6 T7 時間
θ = 270° 、S = 3,655 min⁻¹
(f)
0 T2 T3 T4 時間

[図16]


回転工具の振動位相θ
270°
90°
360°
180°
0°
加工誤差Δy[mm]
Th1
0
Th2
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10000
主軸回転速度S[min⁻¹]

[図17]


回転工具の振動位相θ
270°
90°
360°
180°
0°
回転工具の最大振幅Amax[mm]
Th3
0
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10000
主軸回転速度S[min⁻¹]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/071040

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G05B19/18(2006.01)i, *B23Q15/12*(2006.01)i

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)
G05B19/18-19/416, G05B19/42-19/46, B23Q15/12

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
X Y A	JP 2010-105073 A (Okuma Corp.), 13 May 2010 (13.05.2010), claim 1; paragraphs [0009] to [0010], [0026], [0041] & US 2010/0104388 A1 & DE 102009050993 A & CN 101722438 A & IT MI20091832 A	1,6 2-3,5 4
Y	JP 2007-44852 A (Nagoya University), 22 February 2007 (22.02.2007), claim 8; paragraphs [0008], [0039], [0047], [0052] to [0053], [0057]; fig. 1 (Family: none)	2-3,5

☐ 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
"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	Date of mailing of the international search report
30 November, 2011 (30.11.11)	13 December, 2011 (13.12.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/071040

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

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

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

The matter common to the inventions in claims 1-6 is relevant to a point such that in working machine equipped with a rotary tool, the rotational speed of the rotary tool is so determined as to reduce the amplitude of the rotary tool on the basis of vibration state and vibration phase of the rotary tool.

However, the search revealed that the above-said matter is not novel, since the matter is disclosed in the document (JP 2010-105073 A (Okuma Corp.), 13 May 2010 (13.05.2010)).

(continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

As a result, the above-said matter does not make a contribution over the prior art, and therefore, the common matter is not a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence.

Consequently, there is no special technical feature common to the inventions in claims 1-6, and therefore, the inventions in claims 1-6 do not comply with the requirement of unity.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０７１０４０

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G05B19/18(2006.01)i, B23Q15/12(2006.01)i

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））

Int.Cl.　G05B19/18-19/416, G05B19/42-19/46, 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	１９７１－２０１１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１１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
X Y A	JP 2010-105073 A (オークマ株式会社) 2010.05.13, 【請求項１】、段落【０００９】－【００１０】、【００２６】、【００４１】 & US 2010/0104388 A1 & DE 102009050993 A & CN 101722438 A & IT MI20091832 A	1,6 2-3,5 4
Y	JP 2007-44852 A (国立大学法人名古屋大学) 2007.02.22, 【請求項８】、段落【０００８】、【００３９】、【００４７】、【００５２】－【００５３】、【００５７】、図１（ファミリーなし）	2-3,5

☐　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矛盾するものではなく、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	国際調査報告の発送日
３０．１１．２０１１	１３．１２．２０１１

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｕ　４４１９
浅野　麻木
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３２４

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０７１０４０

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第8条第3項（ＰＣＴ17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

１．☐ 請求項 ＿＿＿＿＿＿＿＿ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

２．☐ 請求項 ＿＿＿＿＿＿＿＿ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

３．☐ 請求項 ＿＿＿＿＿＿＿＿ は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第２文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

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

請求項１－６に係る発明の共通事項は、回転工具を備えた加工機において、前記回転工具の振動状態と振動位相とに基づいて、前記回転工具の振幅を小さくするように、前記回転工具の回転速度を決定する点である。

しかしながら、調査の結果、上記の事項は、文献（JP 2010-105073 A（オークマ株式会社）2010.05.13）に開示されており、新規でない。

結果として、上記の事項は先行技術の域を出ないため、ＰＣＴ規則１３．２の第２文の意味において、この共通事項は特別な技術的特徴でない。

よって、請求項１－６に係る発明に共通する特別な技術的特徴はないため。請求項１－６に係る発明は、単一性の要件を満たさない。

１．☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。

２．☑ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

３．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。

４．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。