

(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2012-164306

(P2012-164306A)

(43) 公開日 平成24年8月30日(2012.8.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G05B 19/404 (2006.01)	G05B 19/404 G	3C001
B23Q 15/26 (2006.01)	B23Q 15/26	3C269

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2012-8778 (P2012-8778)
 (22) 出願日 平成24年1月19日 (2012.1.19)
 (31) 優先権主張番号 特願2011-9538 (P2011-9538)
 (32) 優先日 平成23年1月20日 (2011.1.20)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100082337
 弁理士 近島 一夫
 (74) 代理人 100095991
 弁理士 阪本 善朗
 (74) 代理人 100141508
 弁理士 大田 隆史
 (72) 発明者 坂井 雄一
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
 (72) 発明者 若山 広樹
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

最終頁に続く

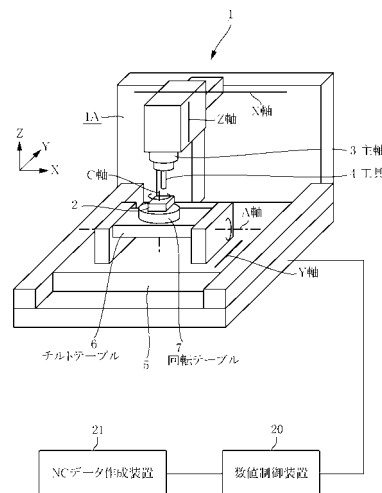
(54) 【発明の名称】 5軸制御加工機の数値制御装置、数値制御方法、プログラム、金型および成形品

(57) 【要約】

【課題】 5軸制御加工機の回転軸の傾きや軸振れによる加工誤差を低減する。

【解決手段】 5軸制御加工機 1 は、チルトテーブル 6 及び回転テーブル 7 の回転軸である A、C 軸の傾きや振れを示す回転軸データを、NC データによる回転角度に対応させて記憶し、工具 4 の姿勢誤差を補正するための各回転軸の補正回転角度を算出する。A、C 軸のまわりに、それぞれ補正回転角度だけチルトテーブル 6 及び回転テーブル 7 を回転させて NC データによる 5 軸制御を行うことで、工具 4 の姿勢誤差のない状態でワーク 2 を加工する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

NCデータに基づく直線軸 3 軸及び回転軸 2 軸の 5 軸制御により、ワークに対して工具を相対移動させる 5 軸制御加工機の数値制御装置であって、

前記NCデータから得た前記回転軸 2 軸それぞれの回転角度に対応させて、前記回転軸 2 軸それぞれの軸方向及び軸位置を含む回転軸データを記憶する回転軸データ記憶手段と

、
前記回転軸データから、前記回転角度における前記工具の姿勢誤差を補正するための前記回転軸 2 軸それぞれの補正回転角度を算出する補正回転角度算出手段と、

前記回転軸 2 軸それぞれを前記補正回転角度だけ回転させる制御を行うことで、前記工具の姿勢誤差を補正する制御手段と、を備えることを特徴とする 5 軸制御加工機の数値制御装置。

10

【請求項 2】

前記NCデータを前記補正回転角度に対応させて回転変換し、変換NCデータを得るNCデータ回転変換手段を備え、

前記制御手段は、前記変換NCデータに基づいて前記直線軸 3 軸及び前記回転軸 2 軸を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の 5 軸制御加工機の数値制御装置。

【請求項 3】

前記NCデータに基づく前記ワークの原点位置を記憶する基準ワーク原点記憶手段と、

前記回転軸 2 軸の前記回転軸データに基づいて、前記回転軸 2 軸それぞれを前記補正回転角度だけ回転させたときの前記ワークの原点位置のずれを補正した補正ワーク原点を算出する補正ワーク原点算出手段と、を備え、

前記制御手段は、前記補正ワーク原点及び前記変換NCデータに基づいて、前記直線軸 3 軸及び前記回転軸 2 軸を制御することを特徴とする請求項 2 に記載の 5 軸制御加工機の数値制御装置。

20

【請求項 4】

前記回転軸データは、前記ワークを載置する回転テーブルに固定された 3 個の球を計測することにより求められることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の 5 軸制御加工機の数値制御装置。

【請求項 5】

NCデータに基づく直線軸 3 軸及び回転軸 2 軸の 5 軸制御により、ワークに対して工具を相対移動させる 5 軸制御加工機の数値制御装置による数値制御方法であって、

前記数値制御装置の演算部が、前記NCデータから得た前記回転軸 2 軸それぞれの回転角度に対応させた、前記回転軸 2 軸それぞれの軸方向及び軸位置を含む回転軸データを取得する工程と、

前記演算部が、前記回転軸データから、前記回転角度における前記工具の姿勢誤差を補正するための前記回転軸 2 軸それぞれの補正回転角度を算出する工程と、

前記演算部が、前記回転軸 2 軸それぞれを前記補正回転角度だけ回転させる制御を行うことで、前記工具の姿勢誤差を補正する工程と、を備えることを特徴とする数値制御方法

40

【請求項 6】

コンピュータに請求項 5 に記載の数値制御方法の各工程を実行させるためのプログラム。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の 5 軸制御加工機によって加工されることを特徴とする金型。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の金型によって成形されることを特徴とする成形品。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、直線軸 3 軸と回転軸 2 軸を有する 5 軸制御加工機の数値制御装置、数値制御方法、プログラム、金型および成形品に関するものである。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

5 軸制御加工機は、直交する直線軸 3 軸に回転軸 2 軸を付加した加工機である。例えば、チルトテーブルの回転軸を、直線軸 3 軸のいずれかと平行となるように設置し、さらにそのチルトテーブル上に、前記の回転軸と直交するいずれかの直線軸に対し平行となるように回転テーブルの回転軸を設置したものがあある。チルトテーブル及び回転テーブルを任意に回転させることで、回転テーブル上に設置したワークを任意方向に傾けることができ、段取り時間、加工効率を向上させることができる。

10

【 0 0 0 3 】

このような 5 軸制御加工機において、チルトテーブル及び回転テーブルの回転軸は直線軸と平行に設置されるべきであるが、実際にはチルトテーブル及び回転テーブルの加工誤差や組付誤差により、直線軸に対して傾いて設置されていることがある。また、回転軸は回転中に振れがないことが望ましいが、組付誤差等により振れが発生する。一方、NCデータ作成装置においては、チルトテーブル及び回転テーブルの回転軸は、直線軸に対して平行としてNCデータを作成している。そのため、チルトテーブル及び回転テーブルの回転軸の傾き等の誤差により、NCデータ作成装置が作成したNCデータにおけるワークの位置、姿勢が、実際に 5 軸制御加工機上に設置したワークの位置、姿勢と一致せず、加工精度を低下させるという問題があった。

20

【 0 0 0 4 】

そこで、回転軸の傾きや振れを補正することで加工精度への影響を低減する方法が提案されている。例えば、回転軸位置に依存した位置決め誤差及び傾き誤差に対する位置補正量を設定し、これらを指令直線軸位置に加算することが提案されている（特許文献 1 参照）。この特許文献 1 には、工具先端位置を誤差のない位置に移動させ、高精度な加工を行うことができることが記載されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

30

【 特許文献 1 】 特許第 4 3 2 7 8 9 4 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、回転軸の傾きや振れ等の回転軸誤差は、加工位置のずれだけでなく、ワークの傾きも生じる。ワークの傾きは水平方向だけでなく、鉛直方向にも生じる。例えば特許文献 1 に開示された方法では、直線軸位置のみを補正するので、ワークの鉛直方向の傾きに対しては補正が不十分であるため、ワークに対して工具の姿勢が傾いている場合、階段状の加工痕が形成されてしまい、加工精度が低下してしまうことがあった。例えば、図 1 9 に示すように、フラットエンドミル 5 4 を用いて加工方向 5 5 の方向に工具を送る平面加工をおこなうと、加工面に段差が生じ、加工精度が低下してしまっていた。

40

【 0 0 0 7 】

本発明は、5 軸制御加工機の回転軸の傾きによって生じる工具に対する姿勢誤差を補正し、加工精度を向上させることのできる 5 軸制御加工機の数値制御装置、数値制御方法、プログラム、金型および成形品を提供することを目的とするものである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明の 5 軸制御加工機の数値制御装置は、NCデータに基づく直線軸 3 軸及び回転軸 2 軸の 5 軸制御により、ワークに対して工具を相対移動させる 5 軸制御加工機の数値制御装置であって、前記 NC データから得た前記回転軸 2 軸それぞれの回転角度に対応させて

50

、前記回転軸 2 軸それぞれの軸方向及び軸位置を含む回転軸データを記憶する回転軸データ記憶手段と、前記回転軸データから、前記回転角度における前記工具の姿勢誤差を補正するための前記回転軸 2 軸それぞれの補正回転角度を算出する補正回転角度算出手段と、前記回転軸 2 軸それぞれを前記補正回転角度だけ回転させる制御を行うことで、前記工具の姿勢誤差を補正する制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0009】

本発明の数値制御方法は、NCデータに基づく直線軸 3 軸及び回転軸 2 軸の 5 軸制御により、ワークに対して工具を相対移動させる 5 軸制御加工機の数値制御装置による数値制御方法であって、前記数値制御装置の演算部が、前記NCデータから得た前記回転軸 2 軸それぞれの回転角度に対応させた、前記回転軸 2 軸それぞれの軸方向及び軸位置を含む回転軸データを取得する工程と、前記演算部が、前記回転軸データから、前記回転角度における前記工具の姿勢誤差を補正するための前記回転軸 2 軸それぞれの補正回転角度を算出する工程と、前記演算部が、前記回転軸 2 軸それぞれを前記補正回転角度だけ回転させる制御を行うことで、前記工具の姿勢誤差を補正する工程と、を備えることを特徴とする。

10

【0010】

本発明のプログラムは、コンピュータに上記の数値制御方法の各工程を実行させるためのものである。

【0011】

本発明の金型は、上記の 5 軸制御加工機によって加工されることを特徴とする。

【0012】

本発明の成形品は、上記の金型によって成形されることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0013】

5 軸制御加工機の回転軸の傾きによって生じるワークに対する工具の姿勢誤差を、NCデータによる回転軸 2 軸それぞれの回転角度を補正することで低減し、加工精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図 1】5 軸制御加工機の軸構成を示す図である。

【図 2】5 軸制御加工機の全体構成を示すブロック図である。

30

【図 3】数値制御装置の機能ブロック図である。

【図 4】チルトテーブルの傾きを示す平面図である。

【図 5】チルトテーブル及び回転テーブルの傾きを示す正面図である。

【図 6】回転テーブルの傾きを示す側面図である。

【図 7】回転軸の傾きのない場合の工具とワークの相対姿勢を示す図である。

【図 8】回転軸の傾きによる工具の姿勢誤差を示す図である。

【図 9】補正回転角度算出手段の処理を示すフローチャートである。

【図 10】回転軸の傾きによる工具の姿勢誤差の補正方法を説明する図である。

【図 11】NCデータ作成装置におけるNCデータとワークの相対姿勢を示す図である。

40

【図 12】補正回転角度適用後のNCデータとワークの相対姿勢を示す図である。

【図 13】NCデータ補正回転角度算出手段の処理を示すフローチャートである。

【図 14】変換NCデータとワークの相対姿勢を示す図である。

【図 15】補正ワーク原点算出手段の処理を示すフローチャートである。

【図 16】C 軸回転角度に対応した X Y 平面の傾きを表す単位ベクトルを示すグラフである。

【図 17】被測定治具を示す図である。

【図 18】3 球から作られる平面の法線ベクトルを示す図である。

【図 19】従来技術の平面加工の誤差を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

50

図1は、5軸制御加工機の軸構成を示す図であり、図2は、5軸制御加工機の全体構成を示すブロック図である。図1に示すように、5軸制御加工機1は、5軸制御加工機本体(本体)1Aと、数値制御装置20と、NCデータ作成装置21と、を備え、直線軸X、Y、Zの直線軸3軸と、回転軸A、Cの回転軸2軸の5軸制御を行うものである。5軸制御加工機1では、ワーク2と主軸3を、互いに直交する3軸方向に相対移動させる。主軸3に工具4を取付けて、主軸3が回転することでワーク2を切削加工する。Y軸移動テーブル5にはチルトテーブル6が設置されており、チルトテーブル6の回転軸であるA軸は、直線軸であるX軸と平行をなしている。さらに、チルトテーブル6には回転テーブル7が設置され、回転テーブル7の回転軸であるC軸は、A軸の回転角度が0°の状態においてZ軸と平行をなしている。回転テーブル7にワーク2を載置し、チルトテーブル6及び

10

【0016】

チルトテーブル6のA軸は、X軸と平行、回転テーブル7のC軸はZ軸と平行に組付けられていることが望ましいが、実際には各テーブルの加工誤差、組付誤差により、それぞれ基準となる直線軸に対して傾いた状態で組付けられることがある。また、それぞれの回転軸には振れがあるため、回転軸の方向は回転角度に応じて変化し、このために加工誤差が生じる。

【0017】

図2に示すように、数値制御装置20は、演算部としてのCPU130、ROM131、RAM132、HDD133、記録ディスクドライブ134及び各種のインタフェース135~139を有したコンピュータを備えている。また、数値制御装置20は、コンピュータに接続されたモニタ141、駆動部143等を備えている。

20

【0018】

CPU130には、ROM131、RAM132、HDD133、記録ディスクドライブ134及び各種のインタフェース135~139が、バス140を介して接続されている。

【0019】

ROM131には、CPU130を動作させるためのプログラム150が格納されている。このプログラム150は、本体1Aの駆動を数値制御装置20のコンピュータに実行させるためのプログラムである。CPU130は、ROM131に格納されたプログラム150に基づいて各種処理を実行する。RAM132は、CPU130の処理結果を一時的に記憶するためのものである。HDD133は、処理結果である各種データを記憶するための記憶部である。

30

【0020】

NCデータ作成装置21はインタフェース135に接続されており、NCデータ作成装置21からのNCデータがバス140に出力される。

【0021】

HDD133には、CPU130による演算結果を示すデータや、NCデータ作成装置21からのNCデータ等がCPU130の指令の下で記憶される。

40

【0022】

また、モニタ141は、インタフェース136に接続されており、モニタ141には、各種画像が表示される。インタフェース137は、書き換え可能な不揮発性メモリや外付けHDD等の外部記憶装置142が接続可能に構成されている。記録ディスクドライブ134は、記録ディスク151に記録された各種データやプログラム等を読み出すことができる。

【0023】

駆動部143は、インタフェース138に接続されており、CPU130の指令の下、本体1Aに設けられた5軸の各モータを駆動するものである。なお、本体1Aはインタフェース139に接続され、本体1Aのセンサの検出結果のデータや各種データがバス14

50

0 に出力される。

【0024】

図3は、数値制御装置の機能ブロック図である。CPU130は、ROM131に格納されたプログラム150を実行することで、以下に説明する各処理を実行する各種の処理手段24, 28, 30, 32, 34, 38として機能する。また、本実施形態では、HDD133は、CPU130の制御の下で各種のデータ等を記憶する記憶手段23, 25, 26, 29, 31, 33, 36, 37として機能する。

【0025】

NCデータ作成装置21は、本体1Aの加工動作を制御するためのNCデータ22を作成するものである。NCデータ22には、本体1Aの主軸3を動作させるための指令値が含まれる。NCデータ作成装置21にて作成されたNCデータ22は、NCデータ記憶手段23に記憶される。回転角度算出手段24は、NCデータ記憶手段23に記憶されたNCデータ22からA軸及びC軸の回転角度を算出する。算出した各軸の回転角度は回転角度記憶手段25に記憶される。一方、回転軸データ記憶手段26は、本体1Aから、チルトテーブル6及び回転テーブル7のそれぞれの軸位置及び軸方向を含む回転軸データ27を取得し、記憶する。ここで、回転軸データ27について説明する。

【0026】

チルトテーブル6の回転軸であるA軸は、X軸と平行であることを理想としているため、その方向をベクトル(1, 0, 0)と表すことができる。しかし、実際には傾きが生じているA軸は、例えば、図4に示すようにXY平面上と、図5に示すようにXZ平面上で傾いているため、ベクトル(1, 0, 0)とはならない。このA軸の方向を表す単位ベクトルを e_a とする。また、A軸には振れがあるため、ベクトル e_a はA軸の回転角度に応じて変化する。このベクトル e_a がA軸の回転軸誤差である。また、A軸上を通る任意の1点を点 P_a とする。これら2つのパラメータにより5軸制御加工機1上におけるA軸の位置(軸位置)と方向(軸方向)を定義することができる。

【0027】

同様に、回転テーブル7の回転軸であるC軸は、A軸の回転角度が0°のときにZ軸と平行であることを理想としているため、その方向をベクトル(0, 0, 1)と表すことができる。しかし、例えば、図5に示すようにXZ平面上と、図6に示すようにYZ平面上に傾きが生じている場合、ベクトルは(0, 0, 1)とはならない。ここでC軸の方向を単位ベクトル e_c とする。また、C軸には振れがあるため、ベクトル e_c はC軸の回転角度に応じて変化する。このベクトル e_c がC軸の回転軸誤差である。さらに、C軸上を通る任意の1点を点 P_c とすることで、5軸制御加工機1におけるC軸の位置(軸位置)と方向(軸方向)を定義することができる。

【0028】

ここで回転軸データ27の求め方の一例について説明する。図17に示すような、被測定治具である3個の球52を回転テーブル7に固定する。回転軸を3箇所以上の複数角度に割り出し、被測定治具である球52を複数個所に位置決めし、加工機本体1Aの主軸3に装着したタッチプローブ51を用い、その中心位置を計測する。次に図18に示すように、各角度における被測定治具の3個の球52で作られる平面ベクトル53を算出する。平面ベクトルを半径1の円弧に近似し、その円弧に垂直なベクトルを算出することで、回転軸の単位ベクトル e_a および e_c を求めることができる。

【0029】

次に、回転軸上の任意の1点の求め方について説明する。複数角度に位置決めした、被測定治具の1個の球52の中心位置を円弧近似する。その近似円弧の中心位置を算出することで回転軸上の任意の1点 P_a および P_c を求めることができる。また、複数角度に位置決めした3個の球52の平面ベクトルから求めた円弧式は回転軸の傾き誤差を含んでいるが、複数角度に位置決めした1個の球52の中心位置から求めた円弧式は回転軸の傾き誤差と回転軸の変位を含んだ式になっている。このことにより、複数角度に位置決めした3個の球52の平面ベクトルから求めた円弧式と、複数角度に位置決めした1個の球52

10

20

30

40

50

の中心位置から求めた円弧式の差分をとることで、回転軸の変位を求めることができる。

【0030】

図3に示す補正回転角度算出手段28は、回転軸データ記憶手段26に記憶されたA軸及びC軸の回転軸データ27から、回転角度記憶手段25に記憶されたA軸及びC軸の回転角度に対応するA軸及びC軸の補正回転角度を算出する。ここで、補正回転角度について説明する。図7は、A軸及びC軸を、回転角度算出手段24により算出した回転角度で、A軸はX軸、C軸はZ軸であるそれぞれの基準軸心に対して傾きのない状態で回転させたときのワーク2に対する工具4の相対姿勢を示す。これに対して、A、C軸が傾いていると、図8に示すように姿勢誤差が生じる。補正回転角度とは、5軸制御加工機1に取付けた工具4とワーク2の相対姿勢を、A、C軸それぞれを基準軸心に対して傾きのない状態

10

【0031】

補正回転角度算出手段28の処理について、図9に示すフローチャートを参照して説明する。まず、ステップS1で回転角度記憶手段25から、A軸の回転角度 θ_a と、C軸の回転角度 θ_c とを取得する。続いてステップS2で、回転軸データ記憶手段26から、A軸の方向を表す単位ベクトル e_a と、C軸の方向を表す単位ベクトル e_c とを取得する。次にステップS3で、工具4の取付け方向を表す単位ベクトル e_z (0、0、1)を、理想とするA軸方向を表す単位ベクトル(1、0、0)回りに $-\theta_a$ だけ回転させる。続けて理想とするC軸方向を表す単位ベクトル(0、0、1)回りに $-\theta_c$ 回転させた単位ベクトルVを算出する。このVは、A軸0度、C軸0度におけるワーク2の加工方向を示す単位ベクトルである。つまり工具の移動方向を示すベクトルである。ステップS4では、工具4の取付け方向を表す単位ベクトル e_z (0、0、1)とA軸の方向を表すベクトル e_a とがなす角度 α を算出する。次にステップS5において、ステップS3で算出したベクトルVを、C軸の方向を表す e_c 回りに回転させたときに、A軸の方向を表す e_a となす角度 β となるC軸の回転角度 $\theta_{c'}$ を算出する。この角度 $\theta_{c'}$ がC軸補正回転角度となる。続いて、ステップS6では、ステップS3で算出したベクトルVを、C軸の方向を表す e_c 回りに角度 α だけ回転させた単位ベクトル V_c を算出する。次にステップS7において、ステップS6で算出したベクトル V_c を、A軸の方向を表す e_a 回りに回転させたときに、工具4の取付け方向を表す単位ベクトル e_z (0、0、1)となるA軸の回転角度 $\theta_{a'}$ を算出する。この角度 $\theta_{a'}$ がA軸補正回転角度となる。すなわち、制御手段38は、傾きが生じているチルトテーブル6を角度 α だけ回転させ、さらに、傾きが生じている回転テーブル7を角度 β だけ回転させる指令を駆動部143に送信する。駆動部143は、この指令に従い、チルトテーブル6が角度 α だけ回転し、回転テーブル7が角度 β だけ回転するよう各軸モータを動作させる。このようにして、制御手段38は、回転軸2軸それぞれを補正回転角度 $\theta_{a'}$ 、 $\theta_{c'}$ だけ回転させる制御を行い、図10に示すように、ワーク2に対する工具4の姿勢誤差を補正する。従って、回転軸2軸に傾きのない状態で加工するときのワーク2と工具4の相対姿勢を一致させることができる。補正回転角度算出手段28により算出したA軸及びC軸の補正回転角度は、補正回転角度記憶手段29に記憶される。

20

30

【0032】

次に、図3に示すNCデータ補正回転角度算出手段30について説明する。図11は、NCデータ作成装置21において回転軸2軸それぞれに傾きのない状態で作成したNCデータ22とワーク2の相対姿勢を示す。各回転軸に傾きが生じていると、図12に示すように、NCデータ作成装置21と5軸制御加工機本体1AにおけるNCデータとワークの相対姿勢が一致しないことがある。つまり、補正回転角度算出手段28によりワーク2に対する工具4の相対姿勢を補正しても、NCデータ22が補正されていなければ、工具4をNCデータ22に従って走査させた際に、図12のように、走査方向がずれていることがある。そのため、さらにそれら2つの相対姿勢も一致させることが望ましい。NCデータとワークの相対姿勢を一致させるために必要となる補正は、工具4の e_z (0、0、1)回りに、すなわちXY平面上でNCデータ22を回転させることである。そこで、NC

40

50

データ補正回転角度算出手段30では、NCデータ22をXY平面上で回転させて、NCデータ作成装置21におけるNCデータ22と加工中のワーク2の相対姿勢を一致させるためのNCデータ補正回転角度を算出する。

【0033】

NCデータ補正回転角度算出手段30の処理について、図13に示すフローチャートを参照して説明する。まず、ステップS8において、回転角度算出手段24より算出したC軸の回転角度 θ_c を用いて、単位ベクトル $V'_c = (\cos \theta_c, -\sin \theta_c, 0)$ を算出する。次に、ステップS9において、単位ベクトル V'_c をC軸の方向を表す e_c 回りに角度 θ_c だけ回転させた単位ベクトル V_c' を算出する。続けて、ステップS10において、単位ベクトル V_c' をA軸の方向を表す e_a 回りに角度 θ_a だけ回転させた単位ベクトル V_a' を算出する。最後に、ステップS11において、ステップS10で算出した単位ベクトル V_a' のX成分の逆余弦関数を算出する。この V_a' のX成分から逆余弦関数を算出した角度 θ_a がNCデータ補正回転角度となる。

10

【0034】

図3に示すように、NCデータ補正回転角度算出手段30により算出されたNCデータ補正回転角度はNCデータ補正回転角度記憶手段31に記憶される。次に、NCデータ補正回転角度を用いて、NCデータ記憶手段23に記憶されたNCデータ22を、工具4の取付け方向を表す単位ベクトル $e_z (0, 0, 1)$ 回りに回転させた変換NCデータへ回転変換する手段が、NCデータ回転変換手段32となる。このNCデータ22の回転変換により、図14に示すように、変換NCデータとワーク2の相対姿勢は、図11に示すNCデータ作成装置21のNCデータ22とワーク2の相対姿勢に一致させることができる。すなわち、ステップS1~S11の処理によって、5軸制御加工機1における工具4とワーク2と変換NCデータの3つの相対姿勢と、NCデータ作成装置21における工具4とワーク2とNCデータ22の3つの相対姿勢が一致する。NCデータ回転変換手段32により変換した変換NCデータは、変換NCデータ記憶手段33に入力され記憶される。

20

【0035】

これまでの処理により、5軸制御加工機1とNCデータ作成装置21において、工具、ワーク、NCデータの3つの相対姿勢は一致させることが可能である。しかし、それぞれ相対位置は一致していない。すなわち、加工精度を考慮すると相対姿勢だけでなく、相対位置も補正により一致させることが望ましい。ただし、3つの中で、工具4の位置はNCデータ22によって決められるため、実質的にはワークとNCデータの相対位置を一致すればよい。このようにワークとNCデータの相対位置を一致させる手段が、補正ワーク原点算出手段34である。

30

【0036】

次に、図3に示す補正ワーク原点算出手段34について説明する。まず、加工開始前に、本体1Aに設置したA軸0°、C軸0°におけるワーク2の原点位置を予め求めておく。このときの回転角度を基準回転角度とおく。ここで、各テーブルの回転角度がA軸0°、C軸0°のときのワーク原点を基準ワーク原点35とする。求めた基準ワーク原点35は、数値制御装置20の基準ワーク原点記憶手段36に入力され記憶される。補正ワーク原点算出手段34では、回転軸データ記憶手段26、補正回転角度算出手段28、基準ワーク原点記憶手段36に記憶された基準ワーク原点35を用いて、そのずれを補正した補正ワーク原点を算出する。補正ワーク原点算出手段34の処理について、図15に示すフローチャートを参照して説明する。

40

【0037】

まず、ステップS12において、回転軸データ記憶手段26からA軸の方向を表す単位ベクトル e_a と、C軸の方向を表す単位ベクトル e_c を取得する。続けて、ステップS13において、回転軸データ記憶手段26から、A軸上を通る任意の1点 P_a と、C軸上を通る任意の1点 P_c を取得する。 e_a と P_a を用いて、5軸制御加工機1の機械座標系におけるA軸の位置と方向を表すことができる。同様に、 e_c と P_c を用いて、5軸制御加工機1の機械座標系におけるC軸の位置と方向を表すことができる。さらに、ステップS

50

14において、補正回転角度算出手段28により算出したA軸補正回転角度と、C軸補正回転角度を取得する。また、ステップS15において、基準ワーク原点記憶手段36から基準ワーク原点35を取得する。ここで、基準ワーク原点を点Oとする。次に、ステップS16において、 e_c と P_c を用いて表したC軸回りに、基準ワーク原点Oを角度だけ回転させた点 O_c を算出する。続けて、ステップS17において、 e_a と P_a を用いて表したA軸回りに、点 O_c を角度だけ回転させた点 O_a を算出する。この点 O_a が、A軸及びC軸を0°から補正回転角度だけ回転させたときのワーク原点となる。これを補正ワーク原点とする。補正ワーク原点は5軸制御加工機1における変換NCデータの原点位置となる。

【0038】

補正ワーク原点算出手段34の処理により、5軸制御加工機1におけるワークとNCデータの位置を定義するワーク原点の相対位置を、NCデータ作成装置におけるワークとNCデータの位置を定義するワーク原点の相対位置に一致させることができる。

【0039】

補正ワーク原点算出手段34により算出した補正ワーク原点は、補正ワーク原点記憶手段37に記憶される。

【0040】

5軸制御加工機1を用いた加工開始の際には、数値制御装置20の補正ワーク原点記憶手段37から、補正ワーク原点 O_a が、補正回転角度記憶手段29から補正回転角度、 e_a が、制御手段38に出力される。次に、変換NCデータ記憶手段33から、NCデータを回転変換した変換NCデータが、制御手段38に出力される。続けて、制御手段38から各軸を駆動する駆動部143へ指令が出力され、直線軸3軸及び回転軸2軸の5軸制御による工具先端位置40の相対移動によってワーク2の加工が行われる。本実施形態によれば、回転軸の傾きによる加工誤差を低減し、高精度な加工を行うことができる。

【0041】

またワークとNCデータと工具の相対位置及び姿勢を、NCデータ作成装置において回転軸2軸それぞれの基準軸心に対して傾き誤差を有さない回転軸で回転角度動作させたワークとNCデータと工具の相対位置及び姿勢に一致させて、加工を行うことが可能となる。このため、フラットエンドミルを用いた平面加工でも、加工面に段差が生じることなく、精度良く加工が出来る。

【0042】

なお、以上述べた実施形態の各処理動作は具体的には数値制御装置20により実行されるものである。従って上述した機能を実現するソフトウェアのプログラムを記録した記録媒体を数値制御装置20に供給し、数値制御装置20のコンピュータ(又はCPUやMPU)が記録媒体に格納されたプログラムを読み出し実行することによって達成されるようにしてもよい。この場合、記録媒体から読み出されたプログラム自体が上述した実施形態の機能を実現することになり、プログラム自体及びそのプログラムを記録した記録媒体は本発明を構成することになる。

【0043】

また、上記実施形態では、コンピュータ読み取り可能な記録媒体がROM131であり、ROM131にプログラムが格納される場合について説明したが、これに限定するものではない。プログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であれば、いかなる記録媒体に記録されていてもよい。例えば、プログラムを供給するための記録媒体としては、図2に示すHDD133、外部記憶装置142、記録ディスク151等を用いてもよい。具体例を挙げて説明すると、記録媒体として、フレキシブルディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、磁気テープ、不揮発性のメモリカード、ROM等を用いることができる。また、上記実施形態では、各記憶手段が、HDD133である場合について説明したが、これに限定するものではなく、例えば、RAM132や外部記憶装置142、不図示の書き換え可能な不揮発性メモリ等、記憶可能であればいかなる記憶部であってもよい。また、各記憶手段は、それぞれ別個の記憶装置で構

10

20

30

40

50

成されていてもよいし、1つの記憶装置で複数の記憶手段を兼ねるようにしてもよい。

【0044】

また、上記実施形態におけるプログラムを、ネットワークを介してダウンロードしてコンピュータにより実行するようにしてもよい。

【0045】

また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、上記実施形態の機能が実現されるだけに限定するものではない。そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼働しているOS（オペレーティングシステム）等が実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれる。

10

【0046】

さらに、記録媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれてもよい。そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるCPU等が実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって上記実施形態の機能が実現される場合も含まれる。

【0047】

また、本実施形態の5軸制御加工機によって、例えば金型を加工することができる。ワークと工具の姿勢を補正することができるため、加工による階段状の切削痕等による表面精度の劣化が抑えられる。また、本実施形態の5軸制御加工機によって、加工された金型に、溶融樹脂等を流し込み、冷却固化させて離型することによって、加工による階段状の切削痕等のない表面形状が転写された成形品を成形することができる。よって、更なる高品質化及び均質化を実現できる。

20

【実施例】

【0048】

図3に示すように、NCデータ作成装置21で作成されたNCデータ22を、数値制御装置20のNCデータ記憶手段23に入力して記憶する。記憶したNCデータ22から、回転角度算出手段24により、A軸及びC軸の回転角度を算出する。算出した各回転角度は回転角度記憶手段25に記憶される。

【0049】

一方、回転軸データ記憶手段26は、記憶した回転角度に対応する、5軸制御加工機1のチルトテーブル6及び回転テーブル7の回転軸データ27を記憶する。ここで回転軸データ27について説明する。図16は、A軸0°かつC軸0°のときの平面(0, 0, 1)を、C軸回りに回転させときの平面の単位ベクトル e_{xy} (X, Y, Z)の測定結果を示すもので、グラフ41はX方向のベクトル、グラフ42はY方向のベクトルを示している。図16の結果を回帰分析することで、次の関係式が得られた。

30

【0050】

【数1】

$$X = (9.75E-06) * \sin(\theta_c + 53.5) - (8.43E-06)$$

40

$$Y = -(2.03E-05) * \sin(\theta_c - 31) - (2.38E-06)$$

【0051】

これを回転軸データ27として設定し、回転角度記憶手段25に記憶されたC軸の回転角度 θ_c における平面の傾きを算出した。次にC軸を θ_c 回転させたときに、ここで求めた平面の傾きを生じないC軸の方向を表す単位ベクトル e_c を算出した。A軸の方向を表す単位ベクトル e_a もC軸の場合と同様に算出した。

【0052】

50

補正回転角度算出手段 28 は、回転軸データ記憶手段 26 により記憶された A 軸及び C 軸の回転軸データ 27 と、回転角度記憶手段 25 に記憶された A 軸及び C 軸の回転角度を基にした関係式により、A 軸及び C 軸の補正回転角度を算出した。以下に補正回転角度の算出手順を説明する。まず、ベクトル V は次の関係式から算出する。

【0053】

【数 2】

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{\theta_c}^{-1} \\ \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{\theta_a}^{-1} \\ \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z \\ \\ \end{bmatrix}$$

10

(V_x 、 V_y 、 V_z) : ベクトル V
 M_c^{-1} : c 回転行列
 M_a^{-1} : a 回転行列
 Z : Z ベクトル

【0054】

次に、単位ベクトル e_z (0、0、1) と A 軸の方向を表すベクトル e_a がなす角度は次の関係式から算出した。

20

【0055】

【数 3】

$$\phi = \cos^{-1}(e_{az})$$

e_{az} : ベクトル e_a の Z 成分

【0056】

次に、C 軸補正回転角度 はベクトルの内積の公式から以下のように算出した。

30

【0057】

【数 4】

$$V_c \cdot e_a = |V_c| |e_a| \cos \phi$$

【0058】

次に、ベクトル V_c は次の関係式から算出した。

【0059】

40

【数 5】

$$\begin{bmatrix} V_c \\ \\ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_c \\ \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V \\ \\ \end{bmatrix}$$

V_c : ベクトル V_c
 R_c : ベクトル e_c 回りに θ_c 回転させる回転行列

50

V : ベクトル V

【 0 0 6 0 】

次に、A 軸補正回転角度 は次の関係式から算出した。

【 0 0 6 1 】

【 数 6 】

$$\begin{pmatrix} R_a \\ R_c \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

10

R a : ベクトル e_a 回りに θ_a 回転させる回転行列

R c : ベクトル e_c 回りに θ_c 回転させる回転行列

V : ベクトル V

【 0 0 6 2 】

以上により算出した A 軸及び C 軸の補正回転角度は、補正回転角度記憶手段 29 に記憶される。

【 0 0 6 3 】

20

次に、NC データ補正回転角度算出手段 30 の算出手順を説明する。単位ベクトル V'_a を次の関係式から算出した。

【 0 0 6 4 】

【 数 7 】

$$\begin{pmatrix} V'_{ax} \\ V'_{ay} \\ V'_{az} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_a \\ R_c \\ M_c \end{pmatrix}$$

30

(V'_{ax} 、 V'_{ay} 、 V'_{az}) : ベクトル V'_a

R a : ベクトル e_a 回りに θ_a 回転させる回転行列

R c : ベクトル e_c 回りに θ_c 回転させる回転行列

M c : e_c 回転行列

【 0 0 6 5 】

NC データ補正回転角度 は次の関係式から算出した。

【 0 0 6 6 】

【 数 8 】

40

$$\gamma = \cos^{-1} (V'_{ax})$$

【 0 0 6 7 】

以上により算出した NC データ補正回転角度を用いた回転変換により、変換 NC データが得られる。これまでの処理により、5 軸制御加工機 1 と NC データ作成装置 21 において、工具、ワーク、NC データの 3 つの相対姿勢は一致させることができた。

【 0 0 6 8 】

50

次に、補正ワーク原点算出手段 3 4 について説明する。補正ワーク原点算出手段 3 4 では、回転軸データ記憶手段 2 6、補正回転角度算出手段 2 8、基準ワーク原点記憶手段 3 6 に記憶された基準ワーク原点 3 5 を用いて、補正ワーク原点を算出する。以下に補正ワーク原点算出手順を説明する。

【 0 0 6 9 】

基準ワーク原点 O を C 軸回りに角度 θ_c だけ補正回転させた点 O_c は次の関係式から算出した。

【 0 0 7 0 】

【 数 9 】

$$\begin{bmatrix} O_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_c' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} O \end{bmatrix}$$

10

R_c' : 点 P_c を通るベクトル e_c 回りに θ_c 回転させる回転行列

【 0 0 7 1 】

次に、点 O_c を A 軸回りに角度 θ_a だけ補正回転させた点 O_a は次の関係式から算出した。

20

【 0 0 7 2 】

【 数 1 0 】

$$\begin{bmatrix} O_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_a' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} O_c \end{bmatrix}$$

30

R_a' : 点 P_a を通るベクトル e_a 回りに θ_a 回転させる回転行列

【 0 0 7 3 】

以上により求めた点 O_a が、 A 軸及び C 軸を 0° から補正回転角度だけ回転させたときの補正ワーク原点となる。

【 0 0 7 4 】

この処理により、5 軸制御加工機 1 におけるワークと NC データの相対位置を、回転軸 2 軸それぞれの基準軸心に対して傾きのない状態の相対位置に一致させることができる。

【 0 0 7 5 】

この結果、5 軸制御加工機 1 におけるワーク 2 と工具 4 の相対位置及び姿勢を、回転軸 2 軸それぞれの基準軸心に対して傾きのない状態と一致させて、高精度な加工を行うことができた。

40

【 符号の説明 】

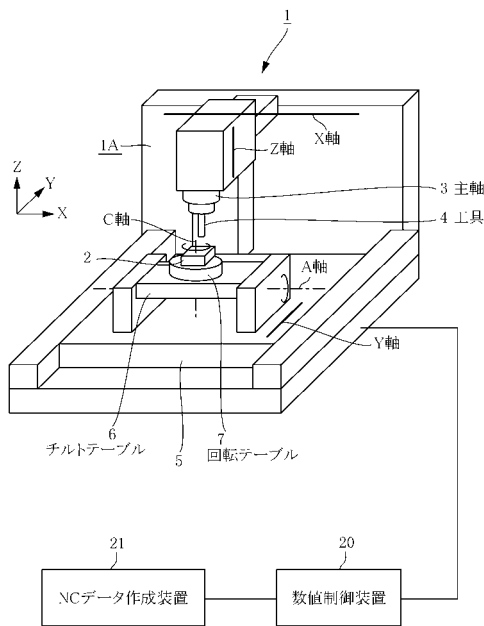
【 0 0 7 6 】

- 1 5 軸制御加工機
- 2 ワーク
- 3 主軸
- 4 工具
- 5 Y 軸移動テーブル
- 6 チルトテーブル
- 7 回転テーブル

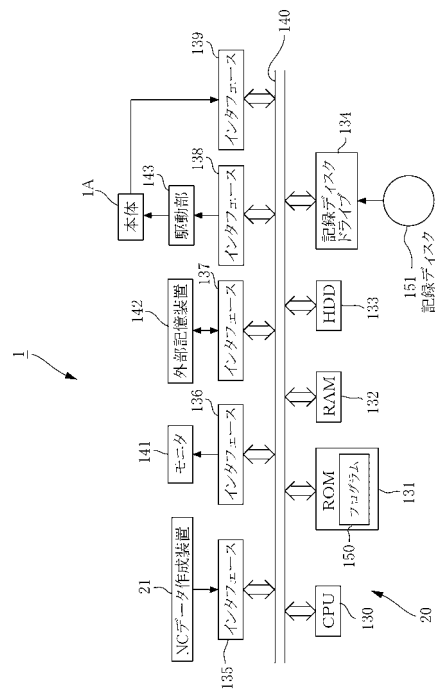
50

- 2 0 制御装置
- 2 1 NCデータ作成装置
- 2 2 NCデータ
- 2 3 NCデータ記憶手段
- 2 4 回転角度算出手段
- 2 5 回転角度記憶手段
- 2 6 回転軸データ記憶手段
- 2 7 回転軸データ
- 2 8 補正回転角度算出手段
- 2 9 補正回転角度記憶手段
- 3 0 NCデータ補正回転角度算出手段
- 3 1 NCデータ補正回転角度記憶手段
- 3 2 NCデータ回転変換手段
- 3 3 変換NCデータ記憶手段
- 3 4 補正ワーク原点算出手段
- 3 5 基準ワーク原点
- 3 6 基準ワーク原点記憶手段
- 3 7 補正ワーク原点記憶手段
- 3 8 制御手段

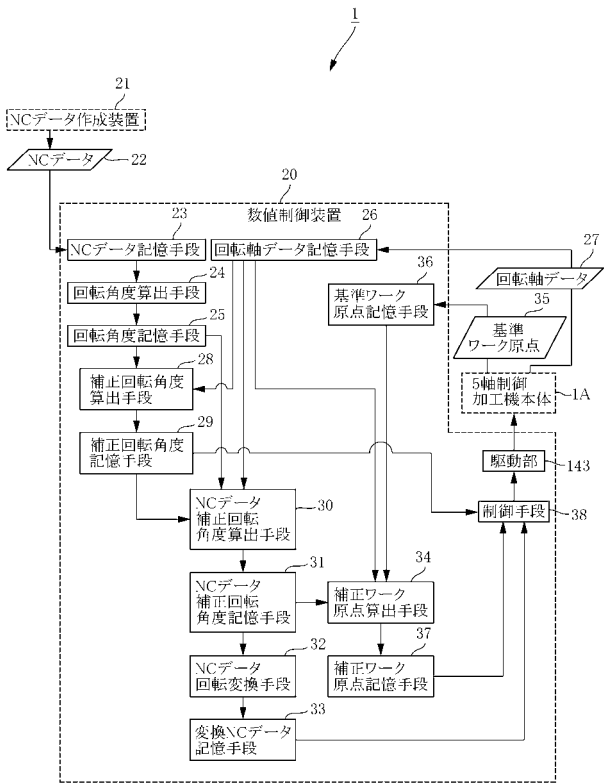
【図1】



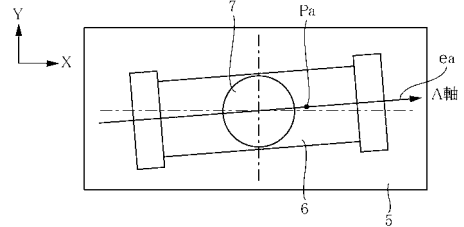
【図2】



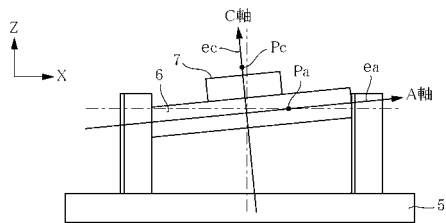
【 図 3 】



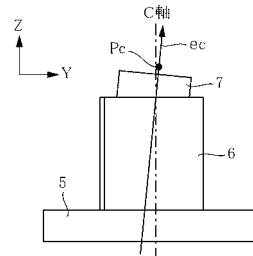
【 図 4 】



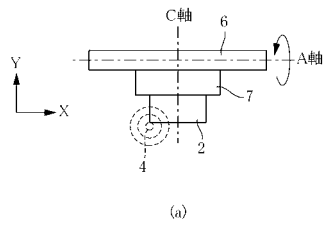
【 図 5 】



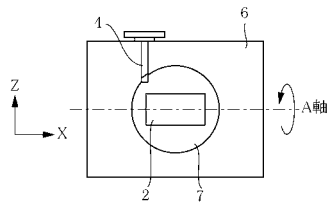
【 図 6 】



【 図 7 】

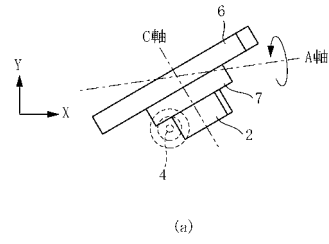


(a)

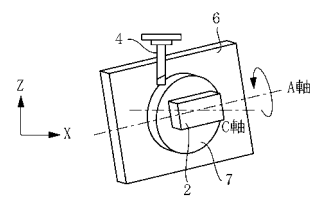


(b)

【 図 8 】

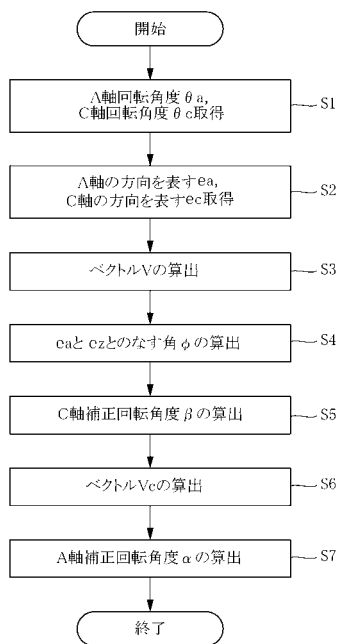


(a)

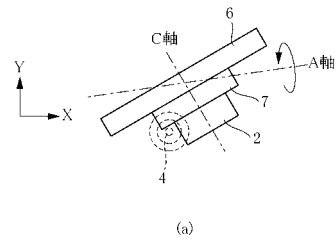


(b)

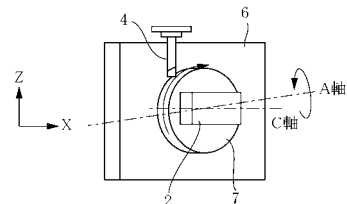
【 図 9 】



【 図 10 】

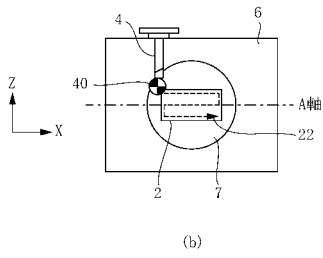
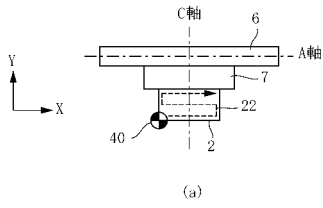


(a)

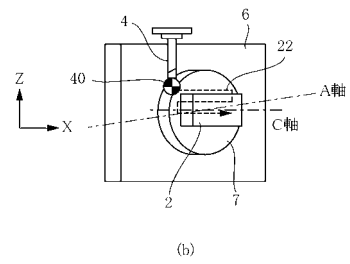
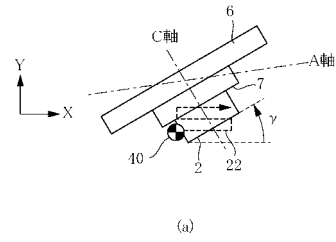


(b)

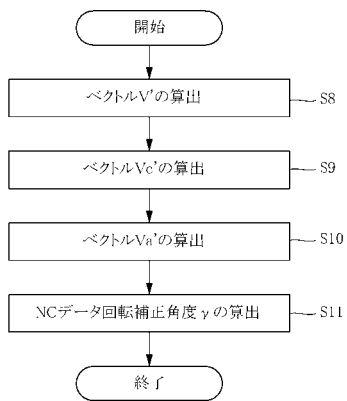
【図 1 1】



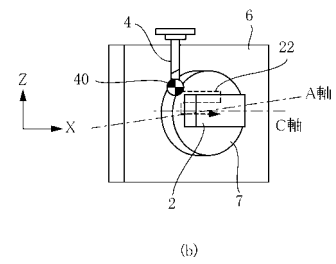
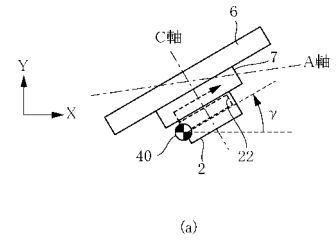
【図 1 2】



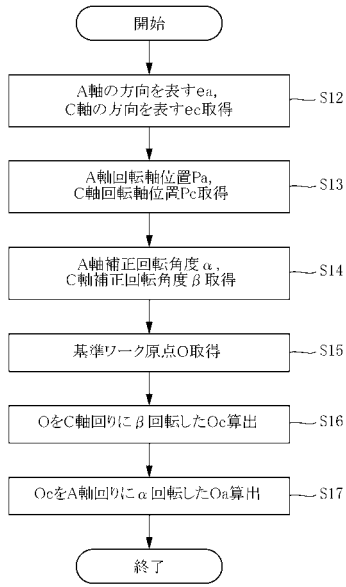
【図 1 3】



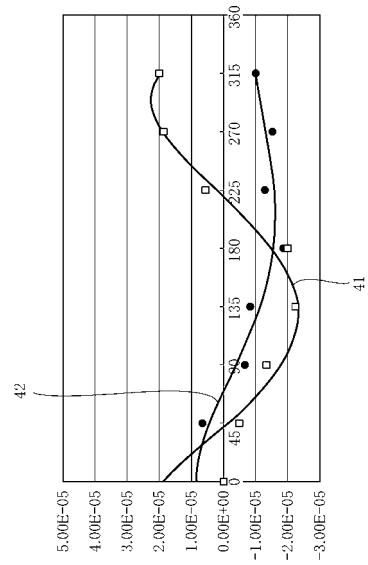
【図 1 4】



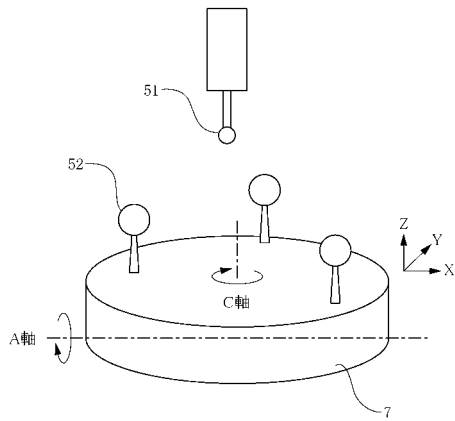
【 図 1 5 】



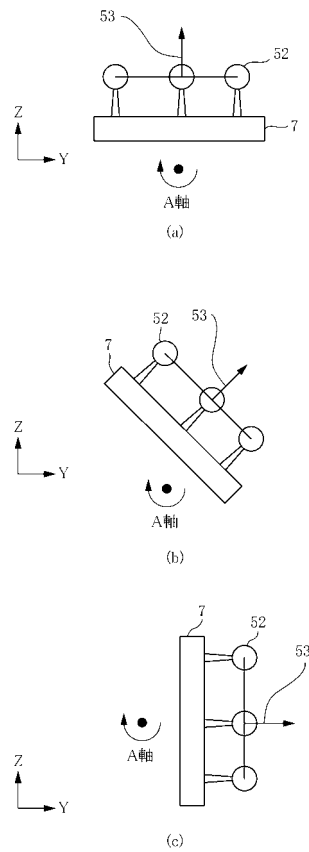
【 図 1 6 】



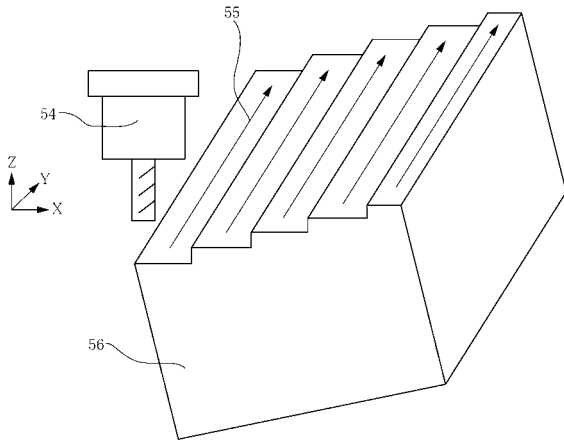
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3C001 KA01 KB04 TA02 TB04
3C269 AB01 AB05 AB37 BB03 CC01 CC15 DD01 JJ14 JJ18