

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5766755号  
(P5766755)

(45) 発行日 平成27年8月19日 (2015. 8. 19)

(24) 登録日 平成27年6月26日 (2015. 6. 26)

(51) Int. Cl. F I  
**B 2 3 H 7/02 (2006. 01)** B 2 3 H 7/02 R  
**B 2 3 Q 15/24 (2006. 01)** B 2 3 Q 15/24

請求項の数 6 (全 32 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-169252 (P2013-169252)                  (22) 出願日 平成25年8月16日 (2013. 8. 16)                  (65) 公開番号 特開2015-36181 (P2015-36181A)                  (43) 公開日 平成27年2月23日 (2015. 2. 23)                  審査請求日 平成26年9月24日 (2014. 9. 24)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 390008235                  ファナック株式会社                  山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358                  〇番地                  (74) 代理人 110001151                  あいわ特許業務法人                  (72) 発明者 長谷川 靖雄                  山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358                  〇番地 ファナック株式会社内</p> <p>審査官 山崎 孔徳</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ワイヤ放電加工機において、回転軸に取り付けた回転工具の回転触れを補正する方法及び、補正する機能を有するワイヤ放電加工機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転軸に取り付けられた切削工具の刃面の位置をタッチセンサもしくは非接触式位置検出装置により、工具の刃面を測定し、該測定した位置に基づき、加工プログラムを作成し前記切削工具の刃部をワイヤ放電加工する切削工具の加工方法において、前記回転軸に棒状の基準バーを固定し、前記回転軸により少なくとも3ヶ所の回転角度位置に回転位置決めし、それぞれの回転位置で、前記基準バーの外周面に測定する為に近づく向きで最も外周部の位置をタッチセンサもしくは非接触式位置検出装置またはワイヤ電極を用いて測定し、該測定した位置を前記回転軸位置の回転振れ位置情報として記憶手段に記憶し、該記憶した回転振れ位置情報より、回転振れの中心座標および各回転軸の回転座標と振れ誤差を演算し、前記切削工具を前記回転軸に固定して加工する際に、前記演算で求めた回転振れ誤差を打ち消すように、前記加工プログラムもしくは加工経路を補正することを特徴とする切削工具の加工方法。

【請求項2】

回転軸に取り付けられた切削工具の刃面の位置をタッチセンサもしくは非接触式位置検出装置により、工具の刃面を測定し、該測定した位置に基づき、加工プログラムを作成し前記切削工具の刃部を加工するワイヤ放電加工機において、前記回転軸に棒状の基準バーを固定した状態で、前記回転軸により少なくとも3ヶ所の回転角度位置に回転位置決めし、それぞれの回転位置で、前記基準バーの外周面に測定する為に近づく向きで最も外周部の位置をタッチセンサもしくは非接触式位置検出装置または

ワイヤ電極を用いて複数回測定し、該測定した位置を前記回転軸位置の回転振れ位置情報として記憶する記憶手段と、  
 前記記憶した回転振れ位置情報から回転振れの中心座標および各回転軸の回転座標と振れ誤差を演算する振れ誤差算出手段と、  
 前記切削工具を前記回転軸に固定して加工する際に、前記演算で求めた回転振れ誤差を打ち消すように、前記加工プログラムもしくは加工経路を補正するプログラム補正手段もしくは加工経路手段、とを有することを特徴とするワイヤ放電加工機。

【請求項 3】

回転軸に取り付けられた切削工具の刃面の位置をタッチセンサもしくは非接触式位置検出装置により、工具の刃面を測定し、該測定した位置に基づき、加工プログラムを作成し前記切削工具の刃部をワイヤ放電加工する切削工具の加工方法において、  
 前記回転軸に前記切削工具を固定し、前記回転軸により少なくとも3ヶ所の回転角度位置に回転位置決めし、それぞれの回転位置で、前記切削工具の円筒外周部に測定する為に近づく向きで最も外周部の位置をタッチセンサもしくは非接触式位置検出装置またはワイヤ電極を用いて測定し、該測定した位置を回転振れ位置情報として記憶手段に記憶し、  
 前記記憶した回転振れ位置情報より、回転振れの中心座標および各回転軸の回転座標と振れ誤差を演算し、前記切削工具を加工する際、前記演算で求めた回転振れ誤差を打ち消すように、加工プログラムもしくは加工経路を補正することを特徴とする切削工具の加工方法。

【請求項 4】

回転軸に取り付けられた切削工具の刃面の位置をタッチセンサもしくは非接触式位置検出装置により、工具の刃面を測定し、該測定した位置に基づき、加工プログラムを作成し前記切削工具の刃部を加工するワイヤ放電加工機において、  
 前記回転軸に前記切削工具を固定した状態で、前記回転軸により少なくとも3ヶ所の回転角度位置に回転位置決めし、それぞれの回転位置で、前記切削工具の円筒外周部に測定する為に近づく向きで最も外周部の位置をタッチセンサもしくは非接触式位置検出装置またはワイヤ電極を用いて測定し、該測定した位置を回転振れ位置情報として記憶する記憶手段と、  
 前記記憶した回転振れ位置情報より、回転振れの中心座標および各回転軸の回転座標と振れ誤差を演算する振れ誤差演算手段と、  
 前記切削工具を加工する際、前記演算で求めた回転振れ誤差を打ち消すように、加工プログラムもしくは加工経路を補正する加工プログラム補正手段もしくは加工経路手段、とを有することを特徴とするワイヤ放電加工機。

【請求項 5】

タッチセンサもしくは非接触式位置検出装置を用いて前記基準バーもしくは前記工具の円筒外周部を測定する場合、回転中心高さ位置の代わりに、回転中心で基準バーもしくは回転工具の上方位置からその外周部へ下方に向かって近づく向きで、外周部の上端面位置を検出することを特徴とする請求項 1 または 3 のいずれか 1 つに記載の切削工具の加工方法。

【請求項 6】

タッチセンサもしくは非接触式位置検出装置を用いて前記基準バーもしくは前記工具の円筒外周部を測定する場合、回転中心高さ位置の代わりに、回転中心で基準バーもしくは回転工具の上方位置からその外周部へ下方に向かって近づく向きで、外周部の上端面位置を検出する手段を有することを特徴とする請求項 2 または 4 のいずれか 1 つに記載のワイヤ放電加工機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ワイヤ放電加工機において、回転軸に取り付けた回転工具の回転振れを補正する方法及び、補正する機能を有するワイヤ放電加工機に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

切削工具の材料として最も硬度なPCD（多結晶ダイヤモンド）材やPCBN（多結晶立法晶窒化硼素）材が切り刃として取り付けられた回転型の切削工具を高精度に加工するワイヤ放電加工方法が特許文献1に開示されている。

このワイヤ放電加工方法は、PCD工具にロウ付けされたPCD素材の刃になるスクイ面をワイヤ放電加工機の上ガイド部に固定されたタッチセンサであらかじめ測定し、その測定した測定データに基づき、加工プログラムを作成し、前記加工プログラムにより、ワイヤ放電加工を行う方法である（図28参照）。

## 【先行技術文献】

10

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献1】特許第5221744号公報

【特許文献2】特開2012-143830号公報

【特許文献3】特開平8-171407号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

特許文献1に開示された技術では、回転軸に取り付けられたPCD工具を回転位置決めした際に回転振れがある場合、加工した切刃部の外周寸法に振れ誤差を生じる問題がある。回転振れ誤差がある回転工具による切削加工を行った場合、製品加工の寸法誤差、振れによる加工振動などの加工不良を起こし、製品精度に悪影響がある（図29参照）。

20

## 【0005】

従来、回転軸に取り付けられた三つ爪もしくは四つ爪チャックに回転工具を取り付け、この回転工具が回転軸を回転させた際に回転振れ精度が許容値以内に収まるよう、チャック位置を調整していた（図30参照）。また、回転軸の面盤に取り付け取り外し位置の再現性のある脱着可能なコレット型のホルダに回転工具を固定した場合には、このコレットホルダを回転軸に取り付ける脱着用固定ジグ位置が、正確に回転中心に取り付くよう、あらかじめ位置調整を行う必要があった（図31参照）。

## 【0006】

30

回転工具の回転振れ精度の許容値は高精度な回転工具では、通常0.010mm以下であり、回転工具の製造時に生じる加工誤差を考慮すると、回転軸によって回転した際の回転振れは、この許容値より小さい値に収める必要がある。これらの位置調整には、熟練した調整技術と長時間の作業工数が必要であった。特に、脱着可能なコレットホルダに比べて安価な三つ爪もしくは四つ爪チャックの場合は、常に工具の交換毎にこの回転振れ調整作業を行う必要があり、多大な工数を必要としていた。コレットホルダの場合、コレット内径に適合した工具外径しか取り付けることが出来ないため、多種多様な工具外径に対応するためには、多数の高価なコレットを用意する必要がある。

## 【0007】

あらかじめ、回転中心の位置調整を行っている脱着可能なコレットホルダにおいても、コレット内径公差と工具外径公差により、完全にコレット中心で工具を固定する事は困難で、僅かながら中心ずれや傾きを生じてしまうため、このずれや傾きにより、回転工具の作成時に位置ずれが生じ、回転振れ誤差となる問題があった。

40

## 【0008】

また、特許文献2に開示される技術は、単純に回転体の外周を+X方向と-Y方向の2点を測定し、その中点の位置と、同じ外周を+Y方向と-Y方向の2点を測定し、その中点の位置を算出し、とがその位置ズレした回転体の中心で、ズレ量Rを（ $\sqrt{\quad^2 + \quad^2}$ ）で算出しているだけである。しかし、この手法は、上下に張られたワイヤ電極で工具外周の最も外周にある接触点のY方向位置座標しか得られない本発明のワイヤ放電加工機には適用出来ない。

50

## 【0009】

また、特許文献3には、回転振れを近接センサで一周測定し、その振れまわり誤差をサインカーブで近似し、近似したサインカーブに基づき、加工点を補正している。しかし、この手法では、回転振れ中心の算出や、最大振れ幅を計算により算出していないため、近接センサによって必ず一周全ての位置で測定する必要があり、切削工具のような3枚刃、4枚刃の切り刃を持ち、その刃面がある部分に工具外周に切り込みとして逃げ部がある不完全な円筒外周の工具では正しい測定及び補正ができない問題がある。

## 【0010】

そこで本発明の目的は、工具を加工する加工プログラム作成時に、回転軸の回転振れ、もしくは、回転軸に固定された回転工具の回転振れを補正することで、位置調整作業を省略し、回転振れの少ない高精度な回転工具を作成する方法およびその作成機能を有するワイヤ放電加工機を提供することである。

10

## 【課題を解決するための手段】

## 【0011】

本願の請求項1に係る発明は、回転軸に取り付けられた切削工具の刃面の位置をタッチセンサもしくは非接触式位置検出装置により、工具の刃面を測定し、該測定した位置に基づき、加工プログラムを作成し前記切削工具の刃部をワイヤ放電加工する切削工具の加工方法において、前記回転軸に棒状の基準バーを固定し、前記回転軸により少なくとも3ヶ所の回転角度位置に回転位置決めし、それぞれの回転位置で、前記基準バーの外周面に測定する為に近づく向きで回転中心高さ近辺の外周部の位置をタッチセンサもしくは非接触式位置検出装置またはワイヤ電極を用いて測定し、該測定した位置を前記回転軸位置の回転振れ位置情報として記憶手段に記憶し、該記憶した回転振れ位置情報より、回転振れの中心座標および各回転軸の回転座標と振れ誤差を演算し、前記切削工具を前記回転軸に固定して加工する際に、前記演算で求めた回転振れ誤差を打ち消すように、前記加工プログラムもしくは加工経路を補正することを特徴とする切削工具の加工方法である。

20

## 【0012】

請求項2に係る発明は、回転軸に取り付けられた切削工具の刃面の位置をタッチセンサもしくは非接触式位置検出装置により、工具の刃面を測定し、該測定した位置に基づき、加工プログラムを作成し前記切削工具の刃部を加工するワイヤ放電加工機において、前記回転軸に棒状の基準バーを固定した状態で、前記回転軸により少なくとも3ヶ所の回転角度位置に回転位置決めし、それぞれの回転位置で、前記基準バーの外周面に測定する為に近づく向きで回転中心高さ近辺の外周部の位置をタッチセンサもしくは非接触式位置検出装置またはワイヤ電極を用いて測定し、該測定した位置を前記回転軸位置の回転振れ位置情報として記憶する記憶手段と、前記記憶した回転振れ位置情報から回転振れの中心座標および各回転軸の回転座標と振れ誤差を演算する振れ誤差算出手段と、前記切削工具を前記回転軸に固定して加工する際に、前記演算で求めた回転振れ誤差を打ち消すように、前記加工プログラムもしくは加工経路を補正するプログラム補正手段もしくは加工経路補正手段、とを有することを特徴とするワイヤ放電加工機である。

30

## 【0013】

請求項3に係る発明は、回転軸に取り付けられた切削工具の刃面の位置をタッチセンサもしくは非接触式位置検出装置により、工具の刃面を測定し、該測定した位置に基づき、加工プログラムを作成し前記切削工具の刃部をワイヤ放電加工する切削工具の加工方法において、前記回転軸に前記切削工具を固定し、前記回転軸により少なくとも3ヶ所の回転角度位置に回転位置決めし、それぞれの回転位置で、前記切削工具の円筒外周部に測定する為に近づく向きで回転中心高さ近辺の外周部の位置をタッチセンサもしくは非接触式位置検出装置またはワイヤ電極を用いて測定し、該測定した位置を回転振れ位置情報として記憶手段に記憶し、前記記憶した回転振れ位置情報より、回転振れの中心座標および各回転軸の回転座標と振れ誤差を演算し、前記切削工具を加工する際に、前記演算で求めた回転振れ誤差を打ち消すように、加工プログラムもしくは加工経路を補正することを特徴とする切削工具の加工方法である。

40

50

## 【 0 0 1 4 】

請求項 4 に係る発明は、回転軸に取り付けられた切削工具の刃面の位置をタッチセンサもしくは非接触式位置検出装置により、工具の刃面を測定し、該測定した位置に基づき、加工プログラムを作成し前記切削工具の刃部を加工するワイヤ放電加工機において、前記回転軸に前記切削工具を固定した状態で、前記回転軸により少なくとも 3 ヶ所の回転角度位置に回転位置決めし、それぞれの回転位置で、前記切削工具の円筒外周部に測定する為に近づく向きで回転中心高さ近辺の外周部の位置をタッチセンサもしくは非接触式位置検出装置またはワイヤ電極を用いて測定し、該測定した位置を回転振れ位置情報として記憶する記憶手段と、前記記憶した回転振れ位置情報より、回転振れの中心座標および各回転軸の回転座標と振れ誤差を演算する振れ誤差演算手段と、前記切削工具を加工する際、前記演算で求めた回転振れ誤差を打ち消すように、加工プログラムもしくは加工経路を補正する加工プログラム補正手段もしくは加工経路補正手段、とを有することを特徴とするワイヤ放電加工機である。

10

請求項 5 に係る発明は、タッチセンサもしくは非接触式位置検出装置を用いて前記基準バーもしくは前記工具の円筒外周部を測定する場合、回転中心高さ位置の代わりに、回転中心で基準バーもしくは回転工具の上方位置からその外周部へ下方に向かって近づく向きで、外周部の上端面位置を検出することを特徴とする請求項 1 または 3 のいずれか 1 つに記載の切削工具の加工方法である。

請求項 6 に係る発明は、タッチセンサもしくは非接触式位置検出装置を用いて前記基準バーもしくは前記工具の円筒外周部を測定する場合、回転中心高さ位置の代わりに、回転中心で基準バーもしくは回転工具の上方位置からその外周部へ下方に向かって近づく向きで、外周部の上端面位置を検出する手段を有することを特徴とする請求項 2 または 4 のいずれか 1 つに記載のワイヤ放電加工機である。

20

## 【発明の効果】

## 【 0 0 1 5 】

本発明により、工具を加工する加工プログラム作成時に、回転軸の回転振れ、もしくは、回転軸に固定された回転工具の回転振れを補正することで、位置調整作業を省略し、回転振れの少ない高精度な回転工具を作成する方法およびその作成機能を有するワイヤ放電加工機を提供できる。また、回転軸の位置座標に基づいて、水平方向の移動軸の位置決め時に、回転振れを補正するように加工経路の補正をする事で、位置調整作業を省略し、回転振れの少ない高精度な回転工具を作成する方法およびその作成機能を有するワイヤ放電加工機を提供できる。

30

## 【 0 0 1 6 】

つまり、本発明により、回転振れを許容値以内に調整する調整工数を必要とせず、作業時間を大幅に削減する事が出来る。また、回転振れの有る固定方法においても、回転振れの少ない高精度の回転工具を容易に作成できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 7 】

【図 1】本発明に係るワイヤ放電加工機の概要を説明する図である。

【図 2】ワイヤ電極による工具刃形の加工方法を説明する図である。

40

【図 3】ワイヤ放電加工機本体を制御する制御装置を説明する概略図である。

【図 4】基準ジグの形状例を説明する図である。

【図 5】基準ジグの形状例を説明する図である。

【図 6】ワイヤ電極による基準ジグの測定方法を説明する図である。

【図 7】タッチセンサによる基準ジグの測定方法を説明する図である。

【図 8】タッチセンサによる基準ジグの水平面の測定方法を説明する図である。

【図 9】ワイヤ電極による基準ジグの測定原理を説明する図である。

【図 10】タッチセンサによる基準ジグの測定原理を説明する図である。

【図 11】回転中心位置 Y 0 の求め方を説明する図である。

【図 12】ワイヤ電極による工具固定位置の測定方法を説明する図である。

50

- 【図 1 3】タッチセンサによる工具固定位置の測定方法を説明する図である。
- 【図 1 4】タッチセンサによる任意の工具の測定原理を説明する図である。
- 【図 1 5】回転振れを説明する図である。
- 【図 1 6】回転振れ補正による高精度工具不良を説明する図である。
- 【図 1 7】回転振れ補正による高精度工具不良を説明する図である（逃げ面加工）。
- 【図 1 8】回転振れの算出方法を説明する図である（その 1）。
- 【図 1 9】回転振れの算出方法を説明する図である（その 2）。
- 【図 2 0】回転振れの算出方法を説明する図である（その 3）。
- 【図 2 1】回転振れの算出方法を説明する図である（その 4）。
- 【図 2 2】回転振れの算出方法を説明する図である（その 5）。
- 【図 2 3】回転振れの算出方法を説明する図である（その 6）。
- 【図 2 4】回転振れの算出方法を説明する図である（その 7）。
- 【図 2 5】回転振れの算出方法を説明する図である（その 8）。
- 【図 2 6】回転振れの求め方（実施形態 2）を説明する図である。
- 【図 2 7】他の回転振れの求め方を説明する図である。
- 【図 2 8】ワイヤ電極による工具の加工方法を説明する図である。
- 【図 2 9】回転振れによる工具加工精度不良を説明する図である。
- 【図 3 0】回転軸の回転中心と工具中心の位置ずれを説明する図である（その 1）。
- 【図 3 1】回転軸の回転中心と工具中心の位置ずれを説明する図である（その 2）。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0018】
- 以下、本発明の実施形態を図面と共に説明する。
- 図 1 は本発明に係るワイヤ放電加工機を説明する概要図である。また、図 2 は本発明に係るワークを回転させる回転軸を有するワイヤ放電加工機を説明する概要図である。
- 【0019】
- ワイヤ放電加工機 1 はワイヤ放電加工機本体 30 とワイヤ放電加工機本体 30 を制御する制御装置 50 を備えている。ワイヤ電極 2 が巻かれたワイヤポピン 11 は、送り出し部トルクモータ 10 で、ワイヤ電極 2 の引き出し方向とは逆方向に指令された所定低トルクが付与される。ワイヤポピン 11 から繰り出されたワイヤ電極 2 は、複数のガイドローラを經由し（図示せず）、ブレーキモータ 12 により駆動されるブレーキシュー 13 により、ブレーキシュー 13 とワイヤ電極送りモータ（図示せず）で駆動されるフィードローラ 19 の間の張力が調節される。張力検出器 20 は上ワイヤガイド 14 と下ワイヤガイド 15 間を走行するワイヤ電極 2 の張力の大きさを検出する検出器である。
- 【0020】
- ブレーキシュー 13 を通過したワイヤ電極 2 は、上ワイヤガイド 14、下ワイヤガイド 15、下ガイドローラ 16 を經由し、ピンチローラ 18 とワイヤ電極送りモータ（図示せず）で駆動されるフィードローラ 19 で挟まれ、ワイヤ電極回収箱 17 に回収される。
- 【0021】
- タッチセンサ 3 は上ワイヤガイド部に取り付けられている。タッチセンサ 3 は図示省略した進退機能によって、ワイヤ電極 2 の走行方向に平行に上下動可能に取り付けられており、測定対象物に接触したときに接触を検知する信号を出力するセンサである。測定時以外には、タッチセンサ 3 は退避位置に引き上げられる。
- 【0022】
- 図 2 に示されるように、ワイヤ放電加工機本体 30 は被加工物（ワーク）である切削工具の PCD チップ 101 を固定した工具本体 100 を回転させるサーボモータを備えた回転軸 22 を載置した加工テーブル 21 を備えている。回転軸 22 は回転軸中心線を水平方向に向けて加工テーブル 21 に取り付けられる。被加工物は、加工テーブル 21 上に取り付けられた回転軸 22 に、被加工物を切削するときの回転と同じように A 軸周りに回転可能になるように着脱自在に取り付けられる。加工終了後被加工物は回転軸 22 から取り外される。ワイヤ放電加工機本体 30 は、上ワイヤガイド 14 と下ワイヤガイド 15 に張架

10

20

30

40

50

されたワイヤ電極 2 に対して、被加工物を互いに直交する X Y 軸方向に相対的に移動可能である。これによって被加工物の垂直加工ができる。

【 0 0 2 3 】

被加工物は、P C D (多結晶ダイヤモンド)、または、P C B N (多結晶立方晶窒化硼素)などの超高硬度材が工具本体 1 0 0 に切り刃として取り付けられた切削工具である。上ワイヤガイド 1 4 は X Y 軸が形成する平面に対して垂直方向である Z 軸方向に移動可能とする Z 軸駆動機構 (図示せず)を備えている。

【 0 0 2 4 】

タッチセンサ 3 を用いて被加工物の測定箇所を測定する際には、タッチセンサ 3 のプローブ先端を所定の位置に位置決めするためにタッチセンサ 3 を下降させることができる。また、上ワイヤガイド 1 4 は、U 軸駆動機構及び V 軸駆動機構 (図示せず)を備えることにより、その X Y Z 軸位置が調整できるようにしてもよい。この機構を備えることにより被加工物 (切削工具)のテーパ加工が可能である。

【 0 0 2 5 】

本発明に係る制御装置 5 0 は、タッチセンサ 3 を用いて被切削工具の切り刃として加工される超高硬度材のすくい面となる面の位置を測定用プログラムによって測定する機能を備えている。測定用プログラムは後述するとおり、切削工具の超高硬度材を放電加工し切り刃に加工する加工プログラムを用いて制御装置 5 0 において作成される。そして、測定により得られた情報を基に加工プログラムを再生成し、再生成した加工プログラムに従って切削工具の超高硬度材を放電加工する機能を備えている。

【 0 0 2 6 】

ワイヤ放電加工機本体 3 0 は、図 3 に示される制御装置 5 0 によって制御され、ワークの加工を行う。制御装置 5 0 は、プロセッサ (CPU) 5 1、RAM、ROMなどのメモリ 5 2、表示用インタフェース 5 3、表示装置 5 4、キーボードインタフェース 5 5、キーボード 5 6、サーボインタフェース 5 7、サーボアンプ 5 8、外部機器との信号の授受を行う入出力インタフェース 6 0 である。そして、前記各要素はバス 6 1 を介して相互に接続されている。

【 0 0 2 7 】

3 0 はワイヤ放電加工機本体であり、加工電源も含まれている。サーボモータ 3 1 はサーボアンプ 5 8 によって駆動される。サーボモータ 3 1 は X 軸、Y 軸、A 軸 (回転軸)の各駆動軸に対応するサーボモータを意味し、必要とする駆動軸に対応した数のサーボモータを意味する。各軸に備わったサーボモータ 3 1 には位置を検出する図示しない位置検出装置を備えている。サーボモータ 3 1 に取り付けられた各位置検出装置により検出される位置検出信号は制御装置 5 0 にフィードバックされる。

【 0 0 2 8 】

加工用電源を含むワイヤ放電加工機本体 3 0 は、インタフェース 5 9 を介して制御される。加工プログラムをスタートすると、インタフェース 5 9 を介して加工電源 ON の指令がなされる。加工電源を OFF する場合にもインタフェース 5 9 を介してワイヤ放電加工機本体 3 0 に指令される。入出力機器 3 2 は入出力インタフェース 6 0 を介して入出力信号が授受される。

【 0 0 2 9 】

次に、回転軸の回転振れもしくは、回転軸に固定された回転工具の回転振れを補正する方法を説明する。回転軸の回転振れもしくは、回転軸に固定された回転工具の回転振れの測定は、回転軸に固定された基準ジグを用いる例と、回転軸に固定された回転工具を用いる例がある。

[ 1 ]

回転軸に固定された基準ジグの外周面、または、回転軸に固定された回転工具の切刃に近い部分の高精度な外周面を、タッチセンサまたは非接触位置検出装置、または、ワイヤ放電加工機に備わったワイヤ電極による接触検知機能により、測定する。

[ 2 ]

10

20

30

40

50

外周面の測定箇所を、たとえば、工具中心高さの奥側側面とし、回転軸の回転位置を少なくとも2回変更する。最初の箇所P1,次に回転軸を $\theta$ 回転させた箇所P2,次にさらに回転軸を $\theta$ 回転させた箇所P3の合計3箇所を測定し、それぞれの測定結果より、回転軸の実際の回転中心位置と、回転位置による最大回転振れ量を算出し、記憶しておく。算出方法は後述する。

【0030】

そして、回転工具の刃部スクイ面をタッチセンサで測定する際や、回転工具の刃部スクイ面をタッチセンサで測定し加工プログラムを作成する際に、工具の回転振れを考慮して測定位置や加工位置を補正する事で、工具の位置調整作業を省略し、回転振れの少ない高精度な回転工具を作成できる。

10

【0031】

なお、回転工具の切刃に近い部分に高精度な外周面が無い場合には、脱着可能なコレットホルダを使い、コレットホルダに回転工具と同様の外径、長さを持つ高精度な基準ジグを取り付け、回転振れをタッチセンサもしくはワイヤ電極により、任意の角度毎に測定する事で、脱着可能なコレットホルダの回転軸に対する回転振れの補正を行う事が出来る。

【0032】

ここで、基準ジグを測定する本発明の実施形態と、工具を測定する本発明の実施形態を説明する。

<実施形態1>：基準ジグを用いる形態

基準ジグを用いる実施形態を説明する。

20

[1]

脱着式のコレットホルダを使用する場合は、あらかじめ、コレットに基準となる棒状の基準バーを取り付け、この基準バーにて、外周面の振れを同様に測定する。回転軸に固定された基準ジグの外周面を、タッチセンサまたは非接触位置検出装置、または、ワイヤ放電加工機に備わったワイヤ電極による接触検知機能により、測定する。

基準バーの外周面の振れを同様に測定することで、工具毎に振れ量を測定する手間を省くことができる。また、工具の外周面を測定できない工具でも、回転軸の回転振れや、工具取り付け面の回転軸中心と工具ホルダ中心の位置ずれの補正が可能となる。

工具毎に測定する必要がないため、この最大ずれ量“r”とそのずれ方向の回転軸座標とを、脱着式コレットホルダの回転軸中心とのずれ量として記憶しておき、その後の工具測定、工具加工経路作成時に、自動的に補正を行うことで、工具毎にずれ量を測定する工数を省略することが可能となる。

30

[2]

基準バーの外周面の測定箇所を、たとえば、工具中心高さの奥側側面とし、回転軸の回転位置を少なくとも2回変更する。最初の箇所P1,次に回転軸を $\theta$ 回転させた箇所P2,次にさらに回転軸を $\theta$ 回転させた箇所P3の合計3箇所を測定し、それぞれの測定結果より、脱着式コレットホルダの回転軸中心のずれ量として記憶しておく。算出方法は後述する。

[3]

この最大回転振れ量を、実際の工具刃面測定時のタッチセンサの位置決め時に補正する。

40

[4]

また、刃面測定より算出して、ワイヤ放電加工機を動作させワイヤ電極によって加工する加工プログラムを作成する際に、回転振れを補正する。

また、刃面測定より算出して、ワイヤ放電加工機を動作させワイヤ電極によって加工プログラムから読み出される加工経路に位置決めをする際、回転軸の回転位置座標に連動してワイヤ電極の位置(ワークテーブルの位置)をピッチ誤差補正の様に補正する。

[5]

補正方法は、刃面測定時や、加工経路を作成する際、回転軸により位置決めした回転軸座標がAn度の時、補正量  $Y_n = \text{最大ずれ量} " r " * \cos ( A_n + \text{ずれ角度} " \theta " )$

50

により算出された補正量を Y 軸の位置決め時に補正する。

[ 6 ]

基準バーを用いる場合、工具の外周面で測定する方法に比較し、コレットによる工具の締め付け時の誤差が補正されない分、僅かであるが精度が低下する。この誤差も補正する場合には、前述のとおり、工具の外周面で工具毎に測定する必要がある。

【 0 0 3 3 】

以下、図面を用いて測定方法を説明する。

工具の回転軸 2 2 への取り付けに脱着式のコレットホルダを使用する場合 ( 図 3 1 参照 ) は、あらかじめ、コレットに基準となる棒状の基準ジグ ( 基準バー ) 2 0 0 を取り付ける。この基準ジグ 2 0 0 の外周面の振れを測定することによって、工具毎に振れ量を測定する手間を省略できる。また、工具の外周面を測定できない工具でも補正が可能となる。

10

【 0 0 3 4 】

図 4 , 図 5 は基準ジグ 2 0 0 の形状例を説明する図である。図 4 ( a ) , 図 4 ( b ) , 図 4 ( c ) に示されるように、基準ジグ 2 0 0 は、中実もしくは中空の棒状で、通常の加工工具径に近い直径 5 mm ~ 4 0 mm、長さ 3 0 mm ~ 3 0 0 mm の形状を持つ。図 4 ( c ) には、基準ジグ 2 0 0 と回転軸への固定部が一体となった基準ジグ 2 0 0 が図示されている。

図 5 ( a ) には中実の棒状の基準ジグ 2 0 0 が図示されている。図 5 ( b ) には水平面付きの基準ジグ 2 0 0 が図示されている。図 5 ( c ) には、基準ジグ 2 0 0 と回転軸への固定部が一体となった基準ジグ 2 0 0 が図示されている。基準ジグ 2 0 0 の材質は、ワイヤ放電加工機上で長期間使用しても錆びず、簡単には傷がつきにくい、高硬度のステンレス鋼、たとえば、( S U S 4 2 0 J 2 等 ) が望ましい。

20

【 0 0 3 5 】

図 6 , 図 7 を用いて基準ジグ 2 0 0 の測定方法を説明する。図 6 はワイヤ電極を用いた基準ジグの測定方法を説明する図である。図 7 はタッチセンサ 3 を用いた基準ジグの測定方法を説明する図である。図 6 や図 7 に示されるように、回転軸 2 2 に取り付けられる固定部 ( 工具ホルダー、例えば、コレットホルダ ) に、この基準ジグ 2 0 0 を把持し、回転軸 2 2 に取り付ける。

【 0 0 3 6 】

基準ジグ 2 0 0 の外周表面にワイヤ電極 2 もしくはタッチセンサ 3 ( 検出子 3 a の先端球 3 b ) を接触させ、位置を検出する。高精度に基準ジグ 2 0 0 の外周面の位置を検出するため、表面を高精度に検出できるように、表面粗さ =  $R_z 1 \mu m$  (  $R_a 0.1 \mu m$  ) 以下、外周面の真円度 =  $1 \mu m$  以下または円筒度 =  $1 \mu m$  以下が望ましい。非接触検出装置の場合も同様である。

30

タッチセンサ 3 の検出子の先端球 3 b により回転軸中心高さで円筒状の基準バーの外周側面の手前側もしくは奥側を測定する場合、たとえば基準バーの直径が 2 0 mm で基準バーが上方へ  $0.1 mm$  芯振れの為に位置がずれていたとしても、基準バー外周側面位置の変動は、位置ずれが無い場合と位置ずれがある場合で  $0.5 \mu m$  である為、タッチセンサによる測定位置を回転中心高さのままで測定しても良いと考える。

【 0 0 3 7 】

40

図 6 のワイヤ電極 2 による基準ジグ 2 0 0 の測定方法を説明する。図 6 ( a ) は基準ジグ 2 0 0 の先端位置を測定する方法を図示している。基準ジグ 2 0 0 に対してワイヤ電極 2 を X 軸方向 ( 基準ジグ 2 0 0 の長軸方向 ) に相対的に移動する。ワイヤ電極 2 が基準ジグ 2 0 0 の先端に接触したことを従来公知の検知手段 ( ワイヤ放電加工機に備わった検知手段 ) により検知する。図 6 ( b ) は基準ジグ 2 0 0 の外径 ( 中心 ) を測定する方法を図示している。基準ジグ 2 0 0 に対してワイヤ電極 2 を Y 軸方向 ( 基準ジグ 2 0 0 の長軸方向に垂直な方向 ) に相対的に移動する。ワイヤ電極 2 が基準ジグ 2 0 0 の外周側面に接触したことを従来公知の検知手段 ( ワイヤ放電加工機に備わった検知手段 ) により検知する。

ワイヤ電極 2 による基準ジグ 2 0 0 の測定では、円筒状の基準バーの外周側面の手前側

50

もしくは奥側を測定する場合、たとえば基準バーの直径が20mmで基準バーが上方へ0.1mm芯振れの為に位置がずれて、基準バー外周側面位置の変動がある場合でもワイヤ電極2は垂直方向に張られている為に、必ず、最も外側にある側面を検出する事が出来る。

【0038】

図7のタッチセンサ3による基準ジグ200の測定方法を説明する。基準ジグ200に対してタッチセンサ3をX軸方向(基準ジグ200の長軸方向)に相対的に移動する。タッチセンサ3が基準ジグ200の先端に接触したこと検知する。これによって、基準ジグ200の先端位置を測定できる。基準ジグ200に対してタッチセンサ3をZ軸方向(基準ジグ200の長軸方向に垂直な方向)に相対的に移動する。タッチセンサ3が基準ジグ200の外周側面に接触したことを検知する。これによって、基準ジグ200の外径(中心)を測定できる。

10

【0039】

図8は、タッチセンサによる基準ジグの水平面の測定方法を説明する図である。タッチセンサ3を降下させ、基準ジグ200に設けられた水平面の位置を検出する。タッチセンサ3と加工テーブルのY軸方向の相対位置を変更した後に、水平面の異なる位置を検出する。2回の測定で検出された高さの位置が同じであれば、基準ジグ200に設けられた水平面は水平な状態にある。

【0040】

図9は、ワイヤ電極による基準ジグの測定原理を説明する図である。ワイヤ電極2を基準ジグ200の長軸方向から基準ジグ200に相対的に移動し、基準ジグ200にワイヤ電極2を接触させる。これによって、基準ジグ200の基準ジグ長さを測定できる。基準ジグ200の側面に対して対抗する2方向からワイヤ電極2を相対的に移動させ、基準ジグ200にワイヤ電極2を接触させる。

20

【0041】

図10は、タッチセンサ3による基準ジグの測定原理を説明する図である。タッチセンサ3を基準ジグ200の長軸方向から基準ジグ200に相対的に移動し、基準ジグ200にタッチセンサ3を接触させる。これによって、基準ジグ200の基準ジグ長さを測定できる。基準ジグ200の側面に対して対抗する2方向からタッチセンサ3を相対的に移動させ、基準ジグ200にタッチセンサ3を接触させる。

30

【0042】

基準ジグ200の外周面の測定箇所を、たとえば、基準ジグ200の中心高さの奥側側面とし、回転軸の回転位置を45度毎に合計8回測定し、それぞれの測定結果より、回転軸の実際の回転中心位置と、回転位置による最大回転振れ量を算出し、記憶しておく。

【0043】

この回転振れ量を、実際の工具刃面測定時のタッチセンサの位置決め時に補正する。また、刃面測定より算出してワイヤ電極による加工プログラム経路を作成する時に、回転振れを補正する。

【0044】

図11は、回転中心位置Y0の求め方を説明する図である。補正方法は、たとえば、基準ジグ200の中心高さの奥側側面を測定した場合、回転振れによる外周面位置ずれが手前側(今後-Y側とする)に最大になる箇所の回転軸座標(A1)と振れ量(Y1)および、回転振れによる外周面位置ずれが奥側(今後+Y側とする)に最大になる箇所の回転軸座標(A2)と振れ量(Y2)、それから算出される、回転軸座標(A0)および回転中心(Y0)を記憶しておく。

40

【0045】

刃面測定時や、加工経路を作成する際、回転軸座標(A<sub>n</sub>)に対する工具の振れ量(Y<sub>n</sub>)を記憶した最大振れ量と回転座標から算出し、経路にその誤差分を補正する。

【0046】

測定した結果より、回転軸座標(A1)と振れ量(Y1)および、回転振れによる外周

50

面位置ずれが + Y 側に最小になる箇所の回転軸座標 ( A 2 ) と振れ量 ( Y 2 ) 、それから算出される、回転軸座標 ( A 0 ) および回転中心 ( Y 0 ) を記憶しておく。

【 0 0 4 7 】

この回転軸座標と振れ量を、脱着式コレットホルダの回転軸中心とのずれ量として記憶しておき、その後の工具測定、工具加工経路作成時に、自動的に補正を行うことで、工具毎にずれ量を測定する工数を省略する事が可能となる。

【 0 0 4 8 】

ただし、工具の外周で測定する方法に比べると、コレットによる工具の締め付け時の誤差が補正されない分、精度が悪くなる。

【 0 0 4 9 】

この誤差も補正する場合には、工具の外周面で工具毎に測定する必要がある。

<実施形態 2 > : 工具を測定する形態

[ 1 ]

回転軸に固定された回転工具の切刃に近い部分の高精度な外周面を、タッチセンサまたは非接触位置検出装置、または、ワイヤ放電加工機に備わったワイヤ電極による接触検知機能により、測定する。

[ 2 ]

外周面の測定箇所を、たとえば、工具中心高さの奥側側面とし、回転軸の回転位置を少なくとも 2 回変更する。最初の箇所 P 1 , 次に回転軸  $\theta$  回転させた箇所 P 2 , 次にさらに回転軸を  $\phi$  回転させた箇所 P 3 の合計 3 箇所を測定し、それぞれの測定結果より、回転軸の実際の回転中心位置と、回転位置による最大回転振れ量を算出し、記憶しておく。算出方法は後述する。

[ 3 ]

この最大回転振れ量を、実際の工具刃面測定時のタッチセンサの位置決め時に補正する。

[ 4 ]

また、刃面測定より算出して、ワイヤ放電加工機を動作させワイヤ電極によって加工する加工プログラムを作成する際に、回転振れを補正する。

[ 5 ]

補正方法は、刃面測定時や、加工経路を作成する際、回転軸により位置決めした回転軸座標が  $A_n$  度の時、補正量  $Y_n = \text{最大ずれ量} \times \cos(A_n + \text{ずれ角度})$  により算出された補正量を Y 軸の位置決め時に補正する。

【 0 0 5 0 】

図 1 2 は、ワイヤ電極による工具固定位置の測定方法を説明する図である。図 1 2 ( a ) は工具本体 1 0 0 の先端位置を測定する方法を図示している。工具本体 1 0 0 に対してワイヤ電極 2 を X 軸方向 ( 工具本体 1 0 0 の長軸方向 ) に相対的に移動する。ワイヤ電極 2 が工具本体 1 0 0 の先端に接触したことを従来公知の検知手段 ( ワイヤ放電加工機に備わった検知手段 ) により検知する。図 1 2 ( b ) は工具本体 1 0 0 の外径 ( 中心 ) を測定する方法を図示している。工具本体 1 0 0 に対してワイヤ電極 2 を Y 軸方向 ( 工具 1 0 0 の長軸方向に垂直な方向 ) に相対的に移動する。ワイヤ電極 2 が工具本体 1 0 0 の外周側面に接触したことを従来公知の検知手段 ( ワイヤ放電加工機に備わった検知手段 ) により検知する。

【 0 0 5 1 】

図 1 3 は、タッチセンサによる工具固定位置の測定方法を説明する図である。工具 1 0 0 に対してタッチセンサ 3 を X 軸方向 ( 工具 1 0 0 の長軸方向 ) に相対的に移動する。タッチセンサ 3 が工具本体 1 0 0 の先端に接触したことを検知する。これによって、工具本体 1 0 0 の先端位置を測定できる。工具本体 1 0 0 に対してタッチセンサ 3 を Z 軸方向 ( 工具本体 1 0 0 の長軸方向に垂直な方向 ) に相対的に移動する。タッチセンサ 3 が工具本体 1 0 0 の外周側面に接触したことを検知する。これによって、工具本体 1 0 0 の外径 ( 中心 ) を測定できる。

## 【 0 0 5 2 】

図 1 4 は、タッチセンサによる任意の工具の測定原理を説明する図である。PCD 工具の工具本体 1 0 0 の外周面の測定箇所を、たとえば、工具中心高さの奥側側面とし、回転軸の回転位置を 4 5 度毎に合計 8 回測定し、それぞれの測定結果より、回転軸の実際の回転中心位置と、回転位置による最大回転振れ量を算出し、記憶しておく。

## 【 0 0 5 3 】

この回転振れ量を、実際の工具刃面測定時のタッチセンサの位置決め時に補正する。また、刃面測定より算出してワイヤ電極による加工プログラム経路を作成する時に、回転振れを補正する。

## 【 0 0 5 4 】

補正方法は、たとえジグ、工具中心高さの奥側側面を測定した場合、回転振れによる外周面位置ずれが手前側（今後 - Y 側とする）に最大になる箇所の回転軸座標（A 1）と振れ量（Y 1）および、回転振れによる外周面位置ずれが奥側（今後 + Y 側とする）に最大になる箇所の回転軸座標（A 2）と振れ量（Y 2）、それから算出される、回転軸座標（A 0）および回転中心（Y 0）を記憶しておく。

## 【 0 0 5 5 】

刃面測定時や、加工経路を作成する際、回転軸座標（A n）に対する工具の振れ量（Y n）を記憶した最大振れ量と回転座標から算出し、経路にその誤差分を補正する。

## 【 0 0 5 6 】

測定した結果より、回転軸座標（A 1）と振れ量（Y 1）および、回転振れによる外周面位置ずれが + Y 側に最小になる箇所の回転軸座標（A 2）と振れ量（Y 2）、それから算出される、回転軸座標（A 0）および回転中心（Y 0）を記憶しておく。

## 【 0 0 5 7 】

この回転軸座標と振れ量を、脱着式コレットホルダの回転軸中心とのずれ量として記憶しておき、その後の工具測定、工具加工経路作成時に、自動的に補正を行うことで、工具毎にずれ量を測定する工数を省略する事が可能となる。

## 【 0 0 5 8 】

ただし、工具の外周で測定する方法に比べると、コレットによる工具の締め付け時の誤差が補正されない分、精度が悪くなる。この誤差も補正する場合には、工具の外周面で工具毎に測定する必要がある。

## 【 0 0 5 9 】

切刃の逃げ面に逃げ角が大きく設定されている場合、逃げ面をワイヤを傾けて加工する事が困難となる場合がある。この場合は、逃げ角分回転軸を回転させ、逃げ面と逃げ面を加工するワイヤ電極線を垂直状態として加工する。ただし、この時の加工経路は、回転工具の回転中心に向かう半径値として、（プログラムの半径値 + 回転軸の逃げ角分ずらした回転位置における振れ量誤差）× C O S（逃げ角）で計算された値となる。

## 【 0 0 6 0 】

なお、本発明は、PCD や P C B N を切り刃とする切削工具だけでなく、PCD や P C B N 以外の材料を切り刃とする切削工具にも適用する事が出来る。回転振れを許容値以内に調整する調整工数を必要とせず、作業時間を大幅に削減する事が出来る。回転振れの有る安価な固定方法においても、回転振れの少ない高精度の回転工具を簡単に作成できる。

## 【 0 0 6 1 】

図 1 5 は、回転振れの測定方法を説明する図である。回転軸を回転させることによって、工具（または基準ジグの Y 方向のずれ）を測定する。

## 【 0 0 6 2 】

図 1 6 は、回転振れ補正による高精度工具不良を説明する図である。測定によって得られた回転振れを補正することにより、高精度な工具の加工を行うことができる。

## 【 0 0 6 3 】

図 1 7 は、回転振れ補正による高精度工具不良を説明する図である（逃げ面加工）。逃げ角 = 3 0 度の場合で、逃げ面を垂直状態として加工する場合、Y 方向の回転振れ補正量

10

20

30

40

50

は、逃げ角分補正した位置の回転軸座標における振れ量に  $\cos(30^\circ)$  を乗じた補正量となる。

【0064】

以下、図18～図25を用いて回転振れの算出方法を説明する(実施形態1)。

<工具外周もしくは、基準バーの外周測定時に、最初の測定点において、回転中心から距離“r”、角度“ ”ずれた工具もしくは基準バーを測定する場合>

図18：回転振れの算出方法を説明する図である(その1)。

最初の測定点の回転軸位置を  $A = 0$  度とし、ワイヤにより外周に接触位置だしを行い、測定位置  $P_1$  を測定する。測定点  $P_1$  の座標は、例えば基準位置  $P_0$  の  $Y$  座標 = 0 から  $-Y$  方向に移動した位置座標とする。図18は、回転軸に取り付けられた工具の先端(+ $X$ 側)から回転軸の固定部(- $X$ 側)に向かってみた図である。一点鎖線の丸形状は、本来のずれが無い位置での工具外周を示す。十字の一点鎖線は回転軸の軸中心基準線を示す。

10

【0065】

図19：回転振れの算出方法を説明する図である(その2)。

この位置ずれ(図18参照)を測定し計算により、ずれ量“r”とずれ角度“ ”を求め、ワイヤによる測定の影響の無い回転位置に回転軸を位置決めする事で工具外周もしくは、基準バーの外周の測定を正確に測定する事が出来、回転中心“PC”および、工具外周径“d”を求めることができる。

【0066】

図20：回転振れの算出方法を説明する図である(その3)。

加工中には、例えば、回転軸の位置が最初の測定点  $A = 0$  から 度右回転した位置で、+ $Y$ 方向に最大振れ量“r”となるため、その位置において、ワイヤ位置を“r”分ずらす補正を行う。

20

【0067】

図21：回転振れの算出方法を説明する図である(その4)。

同様に、工回転軸の位置が最初の測定点  $A = 0$  から  $180^\circ -$  度左回転した位置で、- $Y$ 方向に最大振れ量“r”となるため、その位置において、ワイヤ位置を“r”分ずらす補正を行う。補正は、回転軸の位置決め位置  $A$  座標に連動して補正量を計算し、ワイヤの位置決め位置に補正を行う。たとえば、補正量  $Y = r \times \cos(A + )$  で計算される。

30

【0068】

図22：回転振れの算出方法を説明する図である(その5)。ここでは、中心ずれ量の算出方法を説明する。

最初の工具外周点測定時における回転軸位置  $A = 0$  と、次の測定時における回転軸位置  $A =$  、さらに次の測定時における回転軸位置  $A = 2$  の少なくとも3箇所の回転座標位置において、それぞれ、工具外周位置を測定し、それぞれの測定点  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  と回転座標より、以下の算術式により、ずれ量“r”とずれ方向角度“ ”を求める。

$$r = b / [2 \cdot \sin( / 2 + ) \cdot \sin( / 2 )]$$

各測定点の座標は、 $Y$ 方向の座標とし、右矢印の向きに+値とする。

40

【0069】

$$a = 2 \cdot r \cdot \sin( / 2 )$$

$$b = P_1 - P_2, \quad c = P_2 - P_3$$

図23：回転振れの算出方法を説明する図である(その6)。ここでは、図22と同様に、中心ずれ量の算出方法を説明する。ワイヤにて工具の外周を測定した  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  の相対位置関係は、それぞれの回転軸位置決め位置での工具中心位置と同じ位置関係となるため、図23以降、計算式の説明には、回転軸中心  $PC$  と工具中心位置を  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  として行う事とする。 $P_1$ 位置から、 $^\circ$ 回転させた位置が  $P_2$  となり、さらに回転させた位置が  $P_3$  となる。

【0070】

50

回転軸中心から第一の測定位置 P 1 の工具中心 P 1 へ線分を引き、同様に P C - P 2、P C - P 3 の線分を引く。P C - P 1 間および、P C - P 2、P C - P 3 間ともに、距離はずれ量 “ r ” となる。次に、P 1 から P 2、P 2 から P 3 へ線分を引く。この P 1 - P 2、P 2 - P 3 間距離は、 $a = 2 \cdot r \cdot \sin(\theta / 2)$  で求める事が出来る。P 1 - P 2 間の Y 方向距離は、 $b = Y_1 - Y_2$  で求められ、P 2 - P 3 間の Y 方向距離は、 $c = Y_2 - Y_3$  で求められる。

【 0 0 7 1 】

図 2 4 : 回転振れの算出方法を説明する図である ( その 7 ) 。まずは、第一象限に P 1 ~ P 3 が存在する場合における算出方法を説明する。最初の工具外周点測定時における工具中心 P 1 点での垂直太線と回転軸中心 P C からずれ角度  $\theta$  で線分を引いて、P 1 点から P 2 点までの線分を引いた時、角度  $\theta_1 + \theta = 180^\circ$  の関係から、 $\theta_1 = \theta / 2 + \theta$  となる。なお、 $\theta_2 = (180^\circ - \theta) / 2$ 、 $\theta_3 = 90 - \theta$  である。さらに、三角関数として、 $\sin(\theta_1) = b / a$  が成り立つため、 $\sin(\theta / 2 + \theta) = b / (2 \cdot r \cdot \sin(\theta / 2))$  ( 数 1 式 ) となる。

10

【 0 0 7 2 】

次に、P 2 点での垂直太線と回転軸中心 P C からずれ角度  $\theta +$  回転角  $\alpha$  の角度で線分を引いて、P 2 点から P 3 点までの線分を引いた時、先ほどと同様に、角度  $\theta_2 = 3 \cdot \theta / 2 + \theta$  となる。さらに、三角関数として、 $\sin(\theta_2) = c / a$  が成り立つため、 $\sin(3 \cdot \theta / 2 + \theta) = c / (2 \cdot r \cdot \sin(\theta / 2))$  ( 数 2 式 ) となる。

【 0 0 7 3 】

この数 1 式と数 2 式から、最初のずれ角度 “  $\theta$  ” は、  

$$\theta = \tan^{-1} [ \sin(\theta) / (c / b - \cos(\theta)) ] - \theta / 2$$
 で求める事が出来る。

20

また、ずれ量 “ r ” も、

$$r = b / [ 2 \cdot \sin(\theta / 2 + \theta) \cdot \sin(\theta / 2) ]$$

もしくは、

$$r = c / [ 2 \cdot \sin(3 \cdot \theta / 2 + \theta) \cdot \sin(\theta / 2) ]$$

で求める事が出来る。

【 0 0 7 4 】

図 2 5 : 回転振れの算出方法を説明する図である ( その 8 ) 。実施例で、第一象限に P 1、第二象限に P 2、第三象限に P 3 が存在する場合における算出方法を説明する。P 1 と P 2 より、 $\sin(\theta_1) = b / a$ 、P 2 と P 3 より、 $\sin(\theta_2) = c / a$  となる関係は、先ほどの例と同様である。

30

$$\theta_1 = 90 - \theta = 180 - (\theta / 2 + \theta)$$

$$\theta_2 = 90 - \theta - (180 - \theta) / 2, \theta_3 = 90 - \theta$$

$$\theta_2 = 180 - \theta_1 - (180 - \theta) / 2 = (180 - \theta) / 2$$

$$= -180 + (3 \cdot \theta / 2 + \theta)$$

$$\sin(\theta_1) = \sin(180 - (\theta / 2 + \theta)) = \sin(\theta / 2 + \theta)$$

$$\sin(\theta_2) = \sin((3 \cdot \theta / 2 + \theta) - 180) = -\sin(3 \cdot \theta / 2 + \theta)$$

40

P 3 の位置は、P 2 よりも + Y 側にあり、このとき、c の値は、マイナスの値となっているため、式  $\sin(\theta_2) = c / a$  に当てはめた場合、符号が一致する。

この様に、数 1 式、数 2 式とも、象限に関わらず計算式が成立する為、ずれ角 “  $\theta$  ” およびずれ量 “ r ” を前述どおり、正しく求める事が出来る。

特に  $\theta = 90^\circ$  の場合には、

$$\theta = \tan^{-1}(c / b) - \theta / 2$$

$$r = b / (\sin(\theta) + \cos(\theta))$$

もしくは  $r = c / (\cos(\theta) - \sin(\theta))$

と計算式を簡略する事が出来るので、実用的である。

50

## 【 0 0 7 5 】

図 2 6 は、回転振れの求め方（実施形態 2）を説明する図である。

回転軸座標  $A_1 = 0$  度の位置で外周面を測定し、本来の振れが無い場合での外周面座標との誤差を  $Y_1$  とする。同様に  $10$  度おきに、回転した後測定を繰り返し、それぞれの回転座標  $A_1 \sim A_{35}$  と測定した誤差量  $Y_1 \sim Y_{35}$  を記憶する。この記憶した誤差量から、加工時に指令した角度  $A$  に相当する角度  $A$  に記憶されている誤差量で補正する。角度の測定間隔が  $10$  度おきの為、その中間の角度指令である場合は、角度と誤差量を分配補間してもよいし、 $\pm 5$  度の範囲は、同じ誤差量を使用しても良い。 $10$  度の回転角度では、誤差量の違いは僅かであり、補間をする必要は無い。

## 【 0 0 7 6 】

図 2 7 は他の回転振れの求め方を説明する図である。回転振れを 4 箇所のみで測定する場合には、 $45$  度、 $135$  度、 $225$  度、 $315$  度で測定し、その 4 点を通り  $\cos$  曲線の近似計算を行い、任意の角度での誤差量を測定することもできる。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 7 7 】

- 1 ワイヤ放電加工機
- 2 ワイヤ電極
- 3 タッチセンサ
- 3 a 検出子
- 3 b 先端球

- 1 0 送り出し部トルクモータ
- 1 1 ワイヤボビン
- 1 2 ブレーキモータ
- 1 3 ブレーキシュー
- 1 4 上ワイヤガイド
- 1 5 下ワイヤガイド
- 1 6 下ガイドローラ
- 1 7 ワイヤ電極回収箱
- 1 8 ピンチローラ
- 1 9 フィードローラ
- 2 0 張力検出器
- 2 1 加工テーブル
- 2 2 回転軸
- 2 3 回転中心軸
- 2 4 工具回転中心高さ

- 3 0 ワイヤ放電加工機本体
- 3 1 サーボモータ
- 3 2 入出力機器

- 5 0 制御装置
- 5 1 プロセッサ
- 5 2 メモリ
- 5 3 表示用インタフェース
- 5 4 表示装置
- 5 5 キーボードインタフェース
- 5 6 キーボード
- 5 7 サーボインタフェース
- 5 8 サーボアンプ

10

20

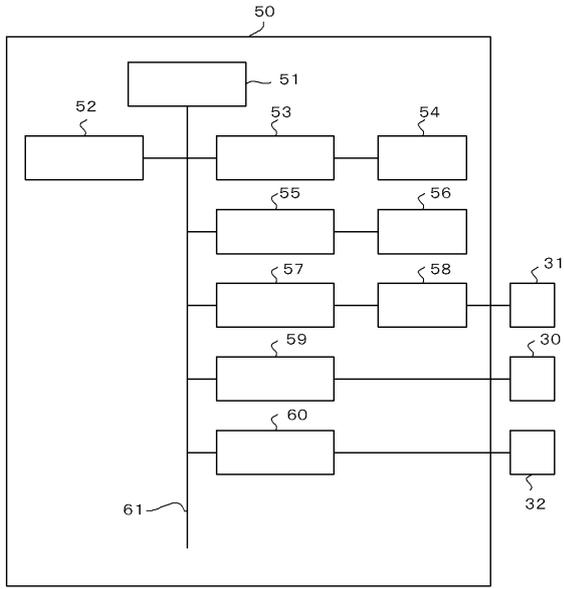
30

40

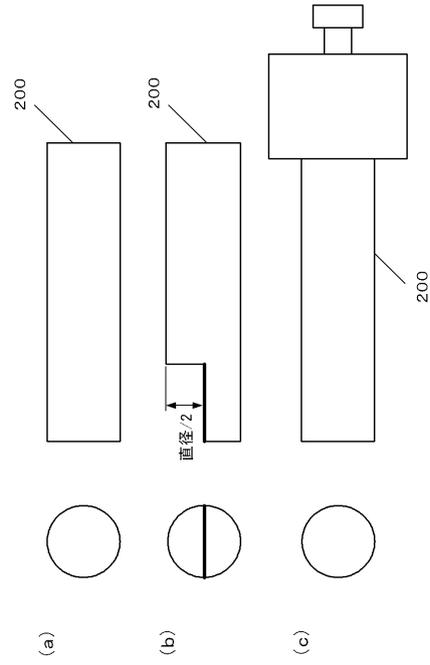
50



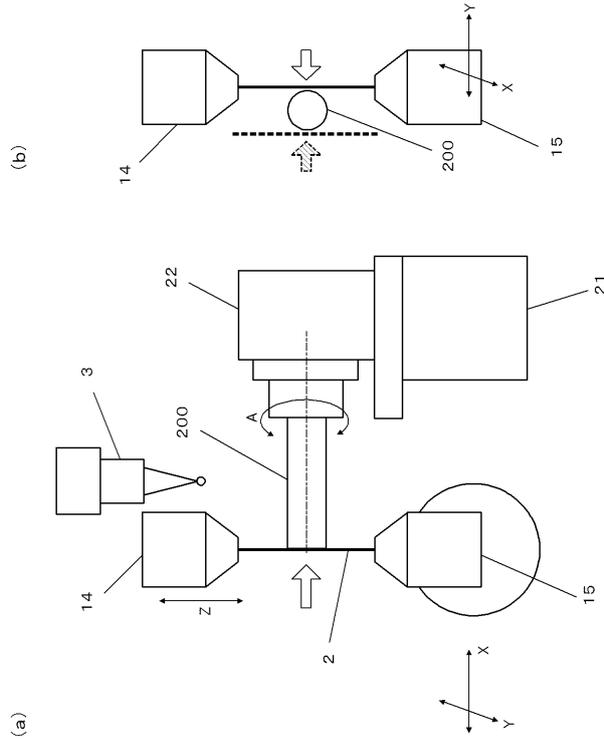
【図3】



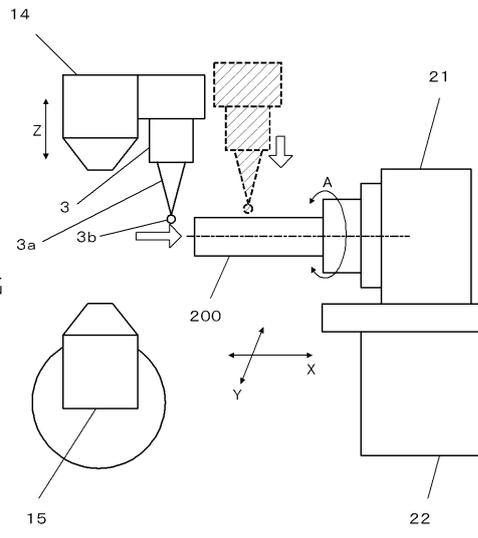
【図5】



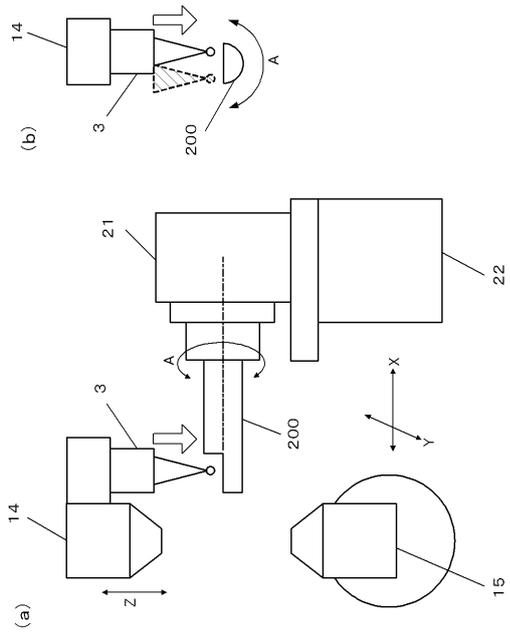
【図6】



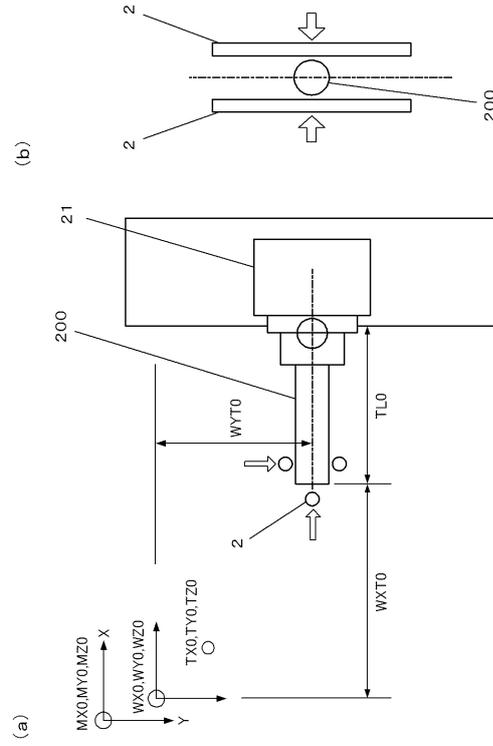
【図7】



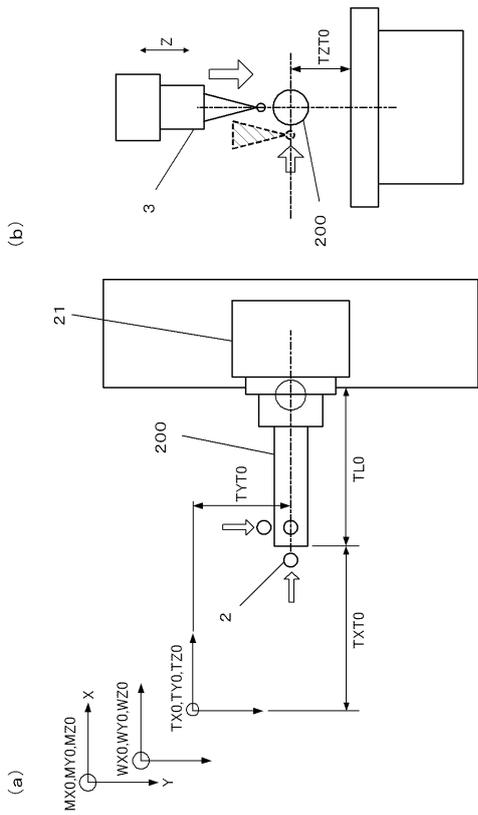
【 図 8 】



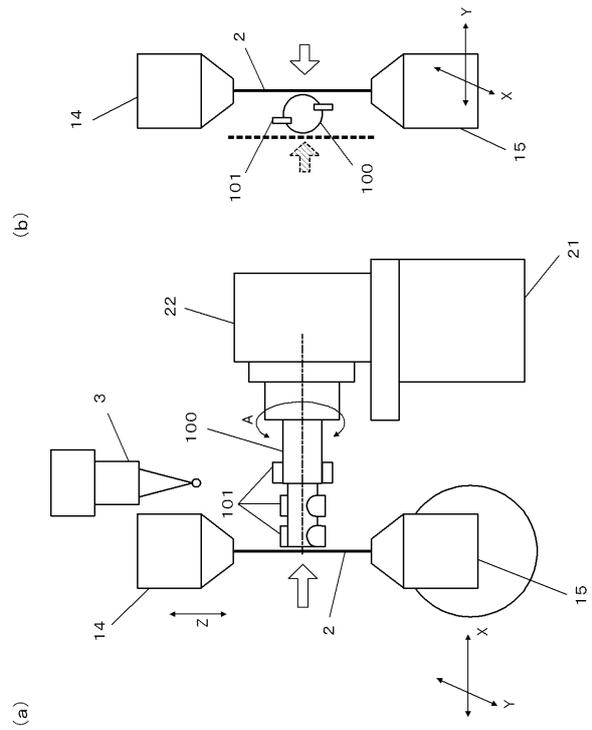
【 図 9 】



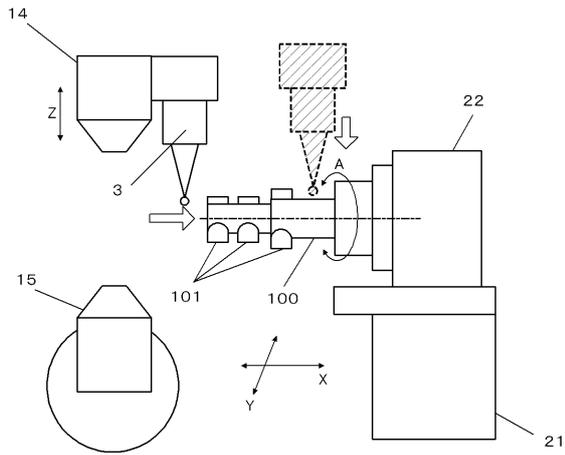
【 図 10 】



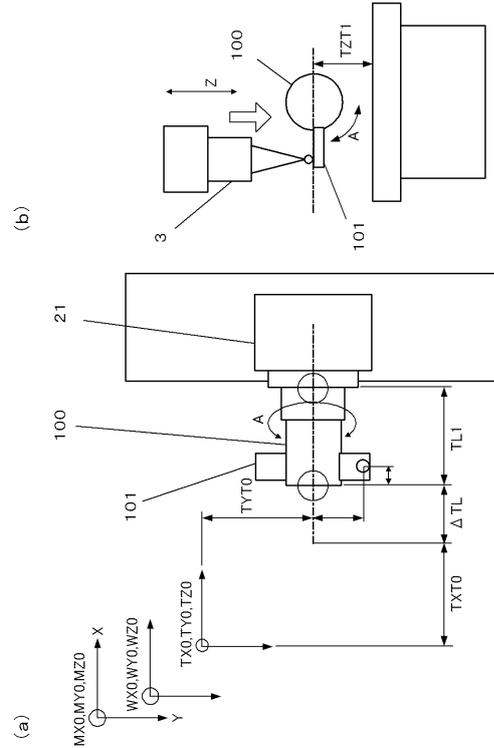
【 図 12 】



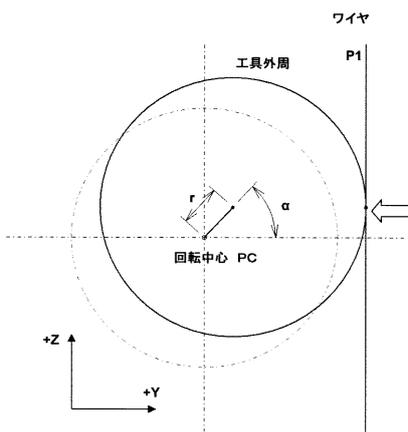
【図13】



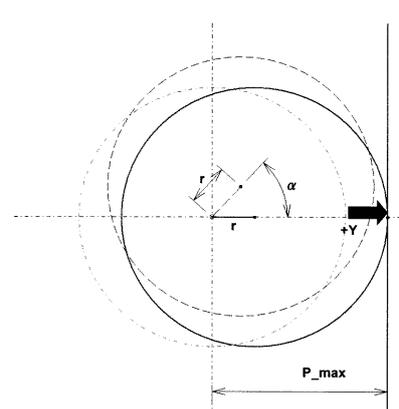
【図14】



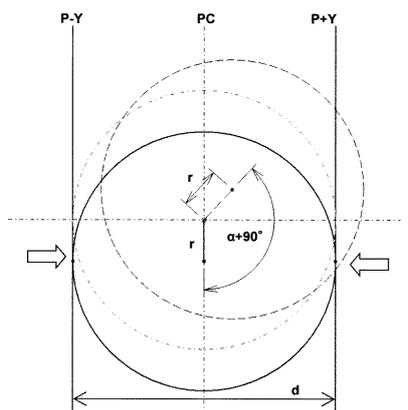
【図18】



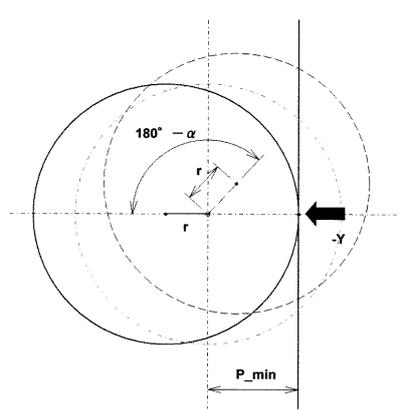
【図20】



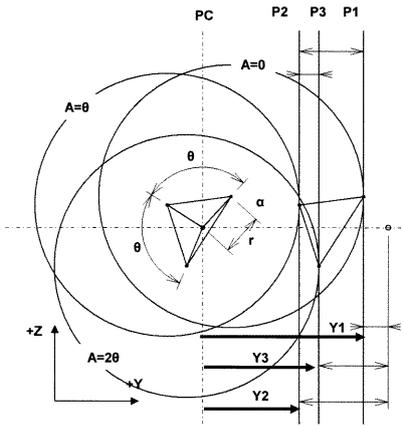
【図19】



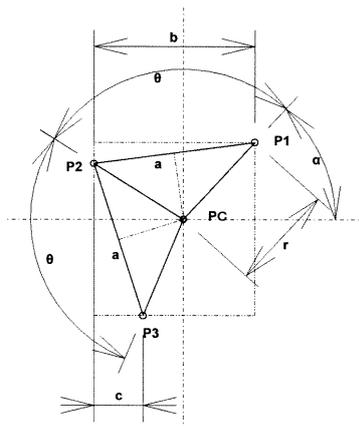
【図21】



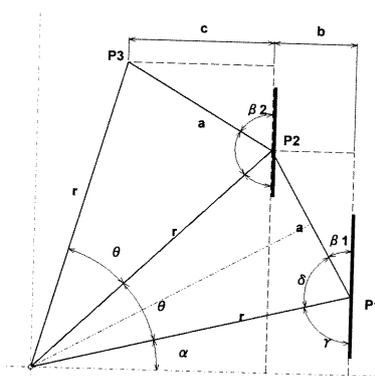
【 2 2 】



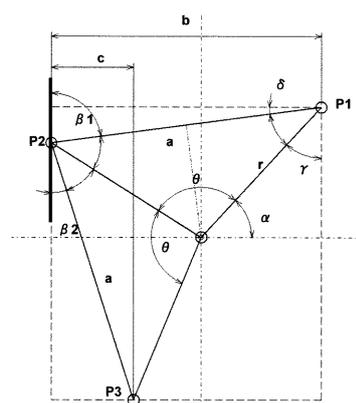
【 2 3 】



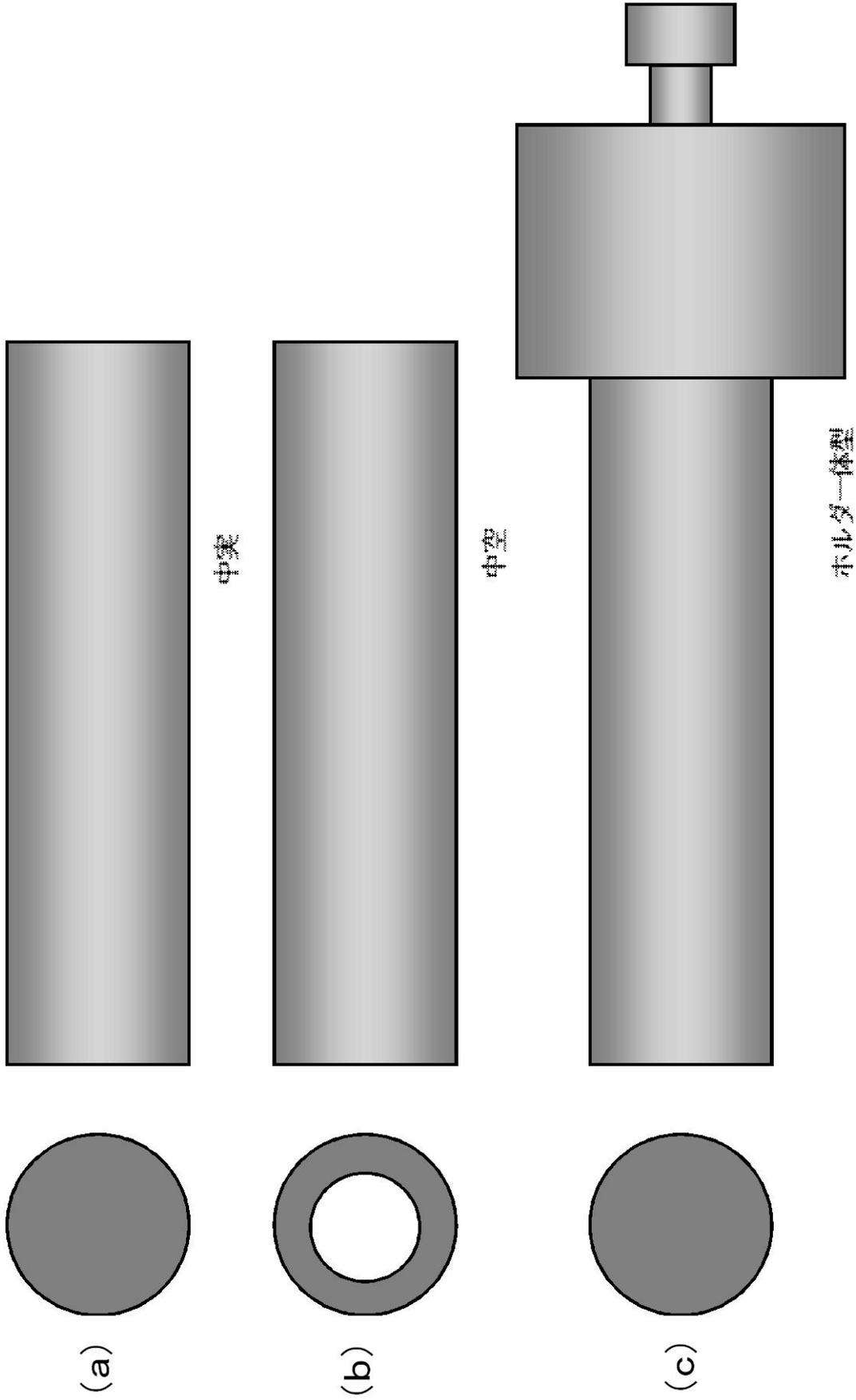
【 2 4 】



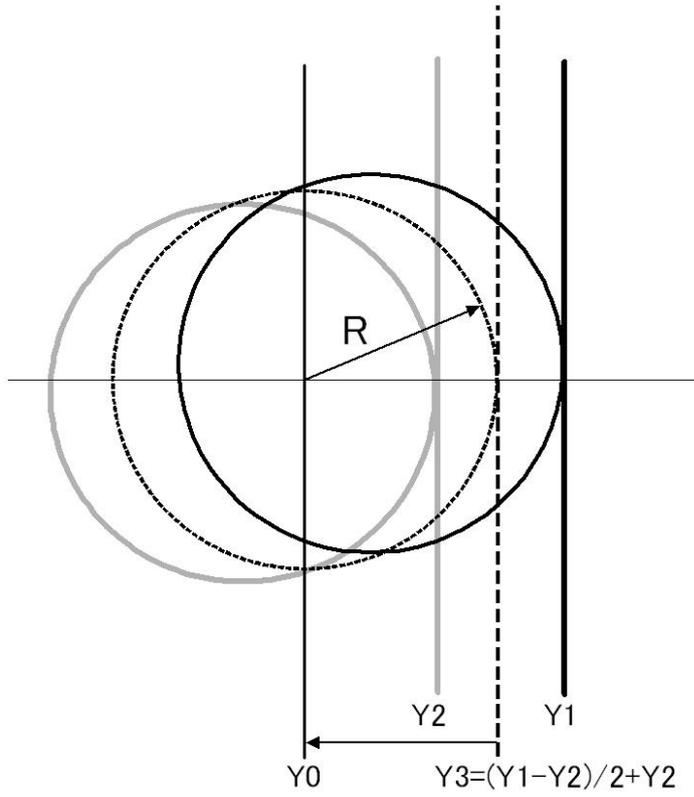
【 2 5 】



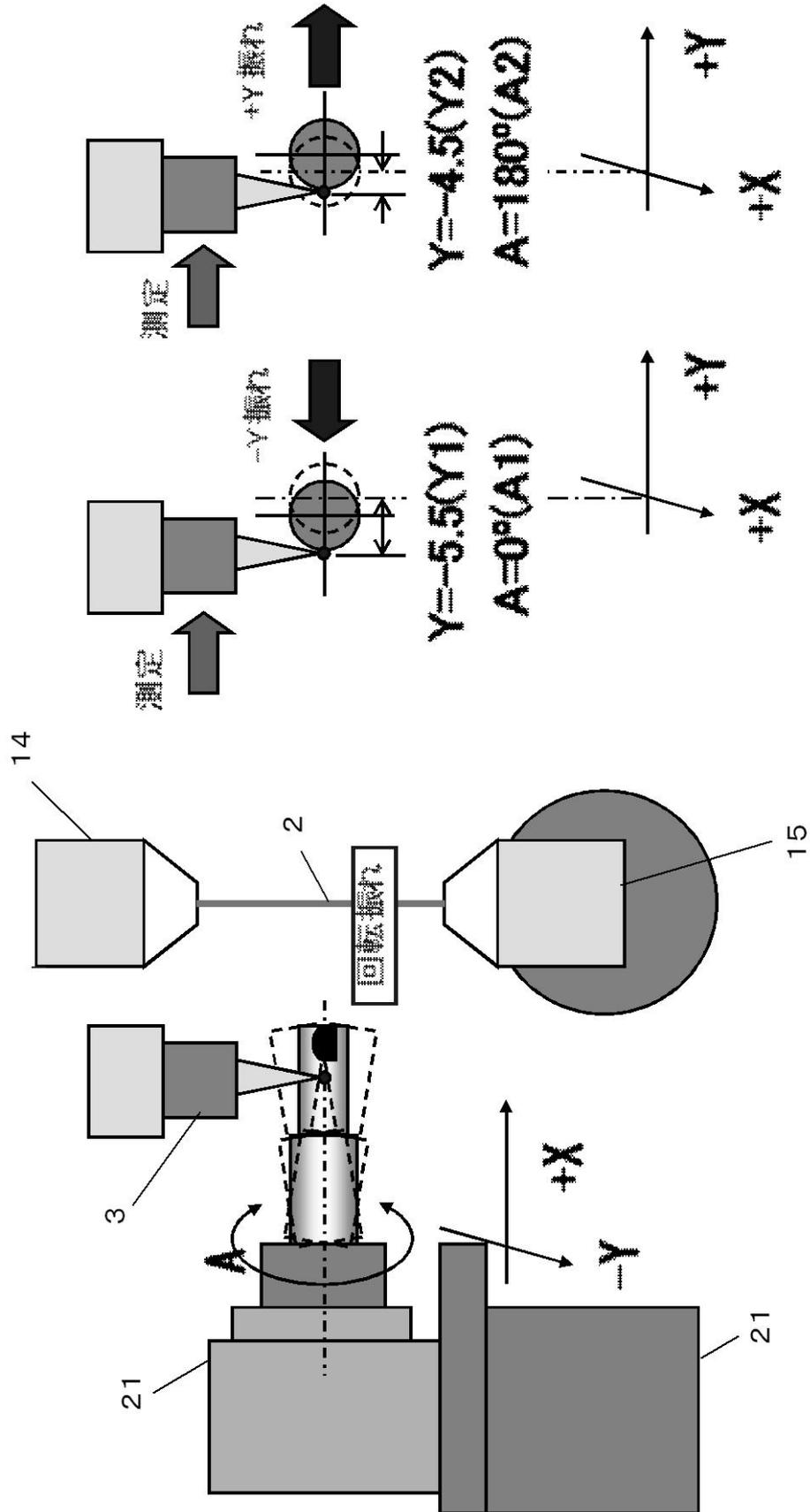
【 図 4 】



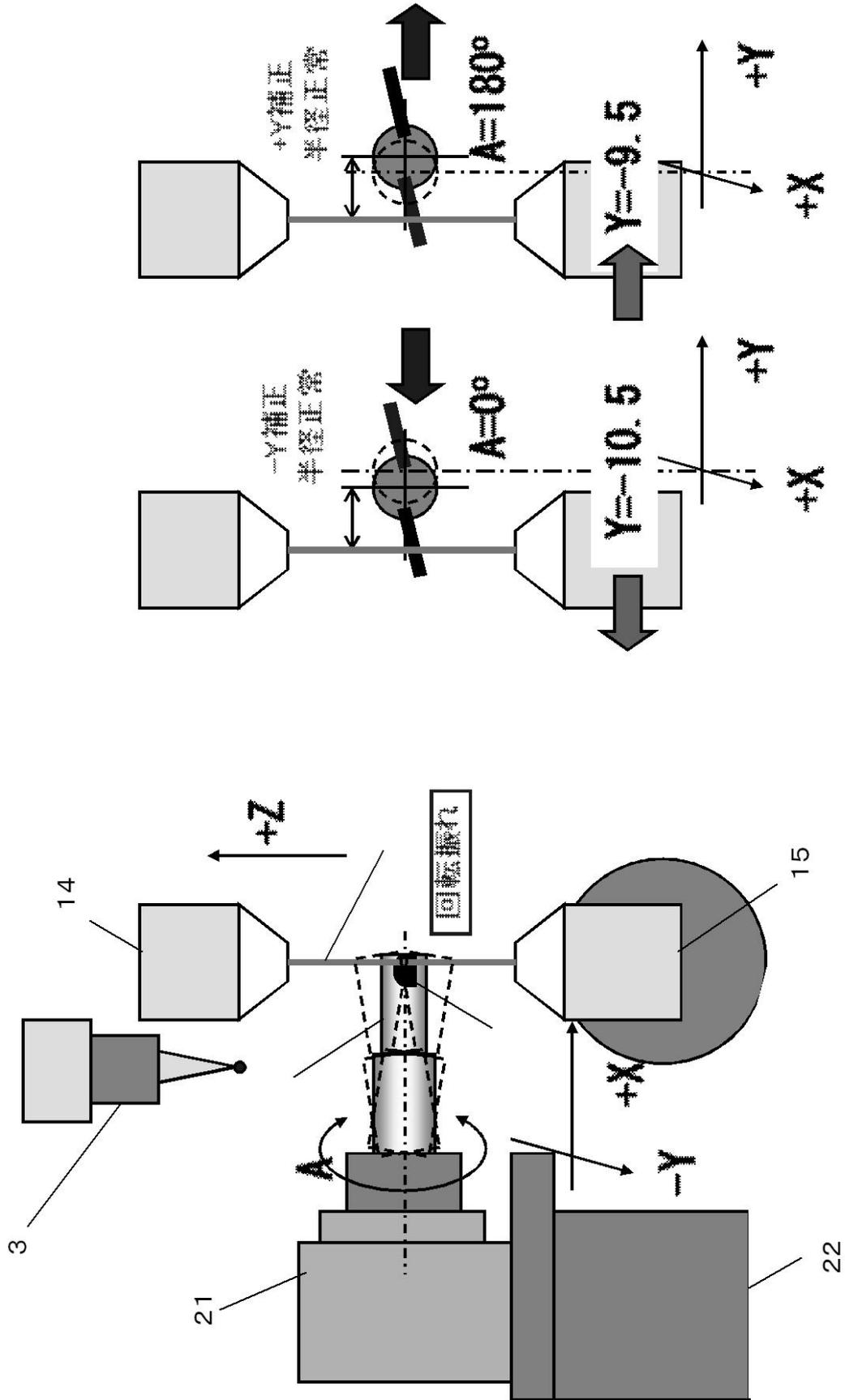
【 1 1 】



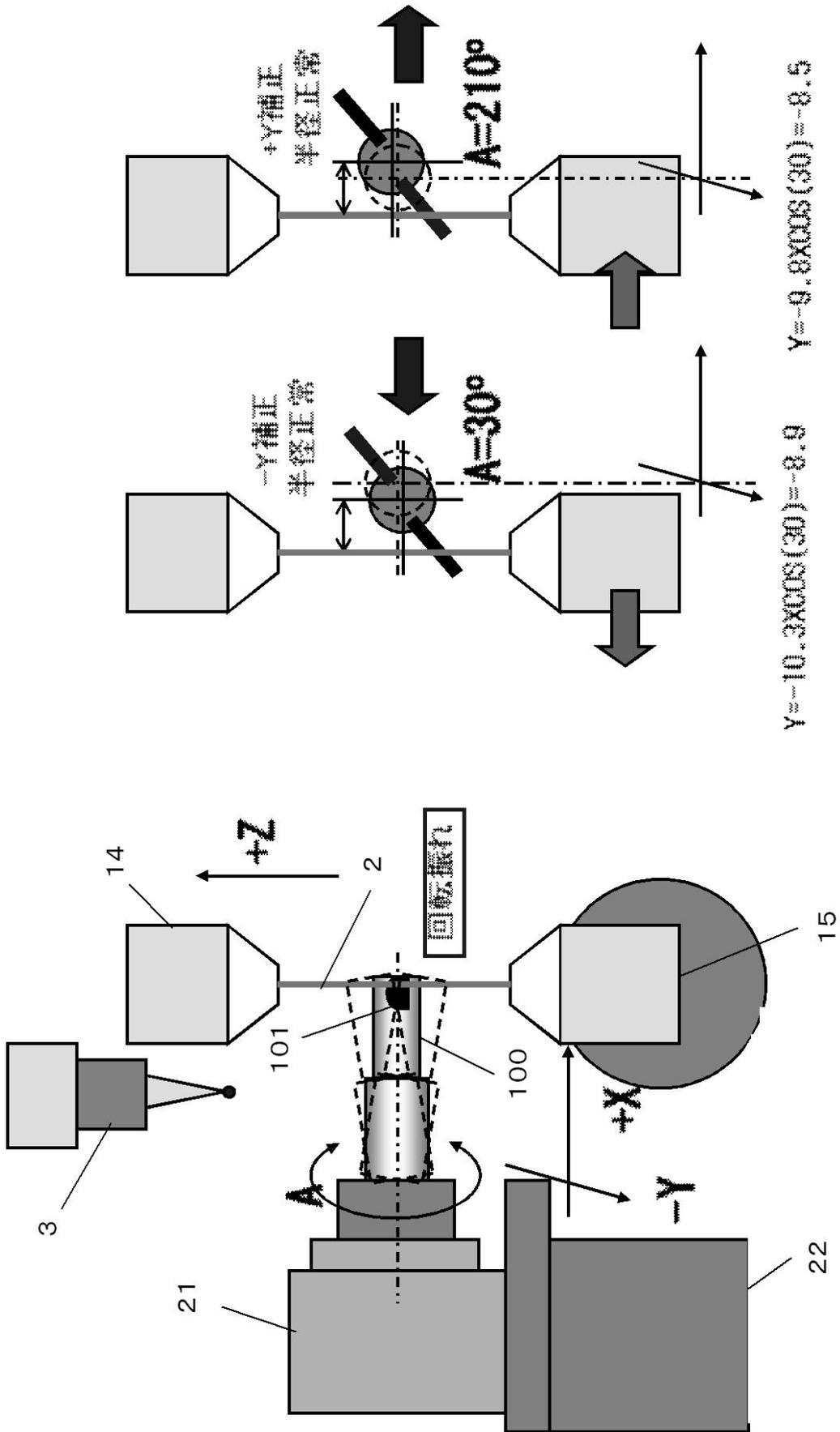
【 図 15 】



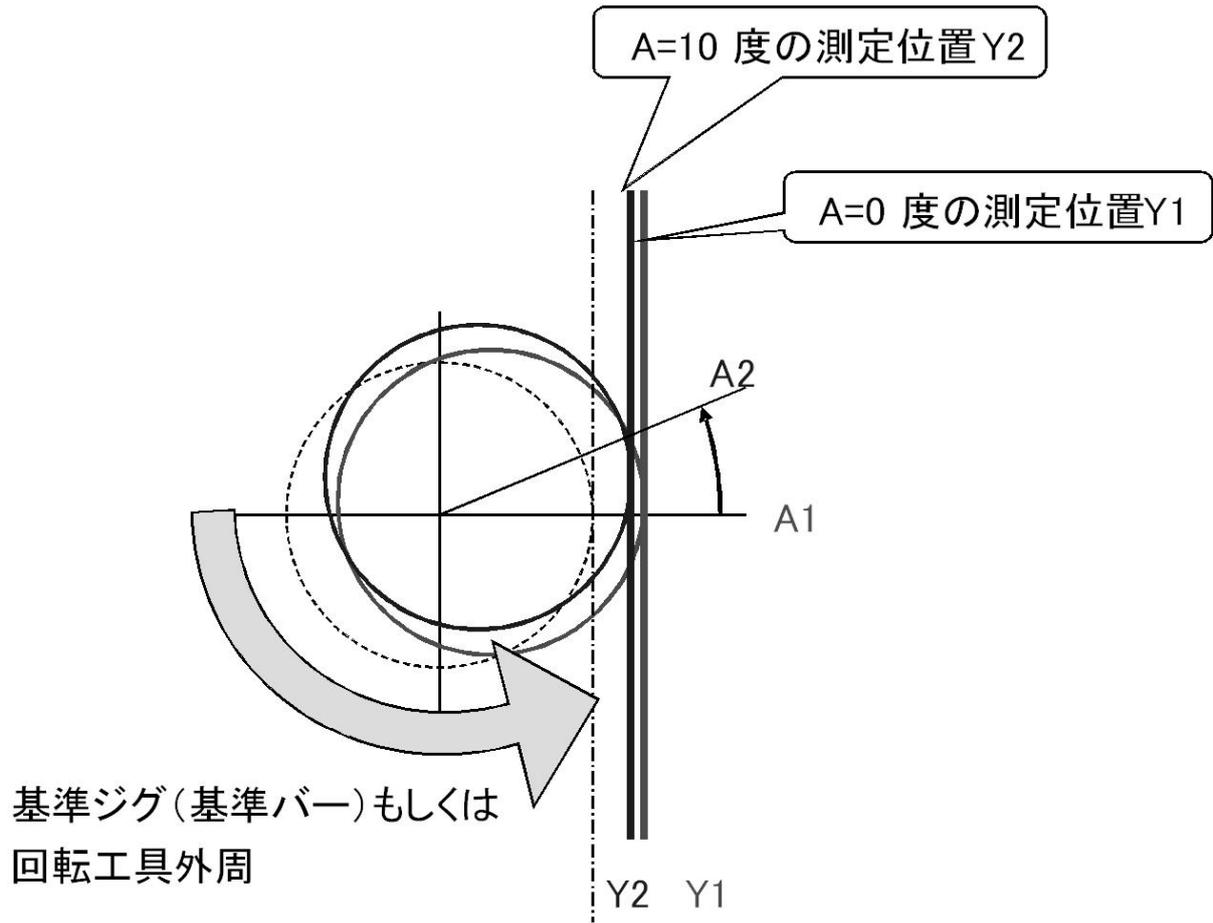
【図16】



【図17】



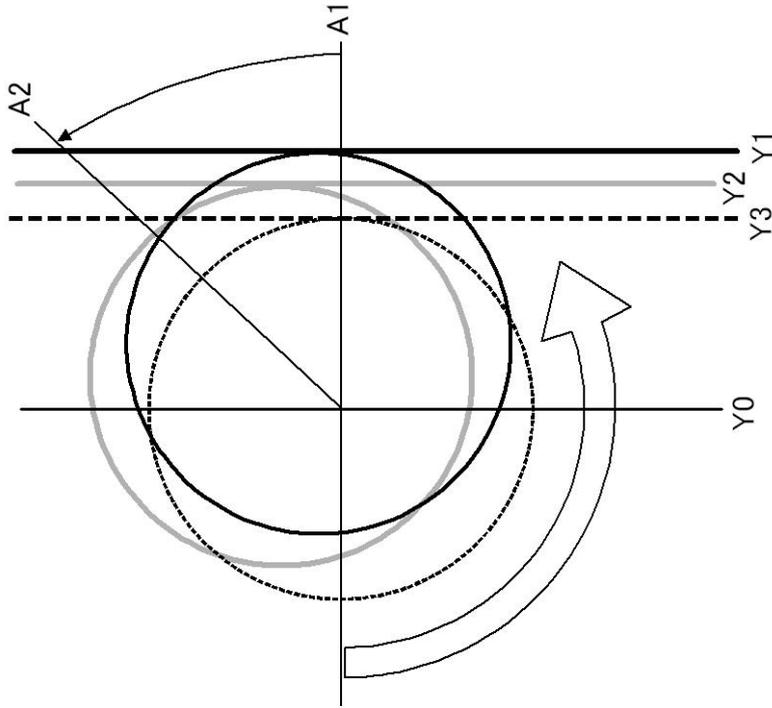
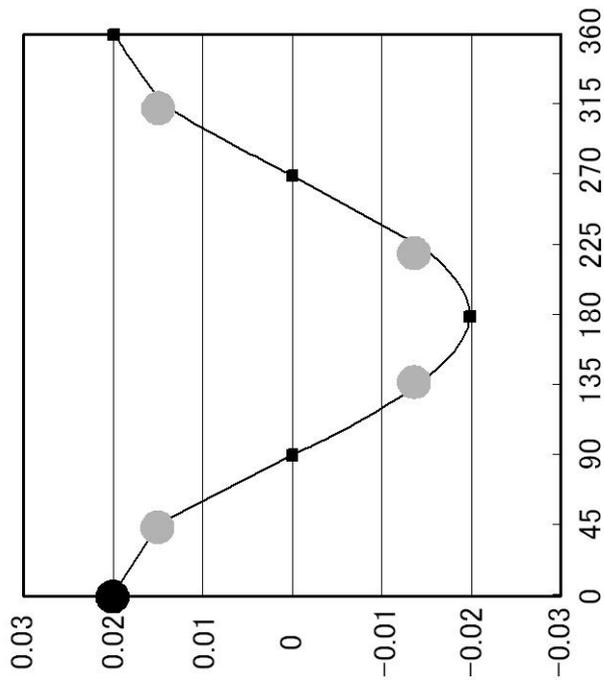
【図26】



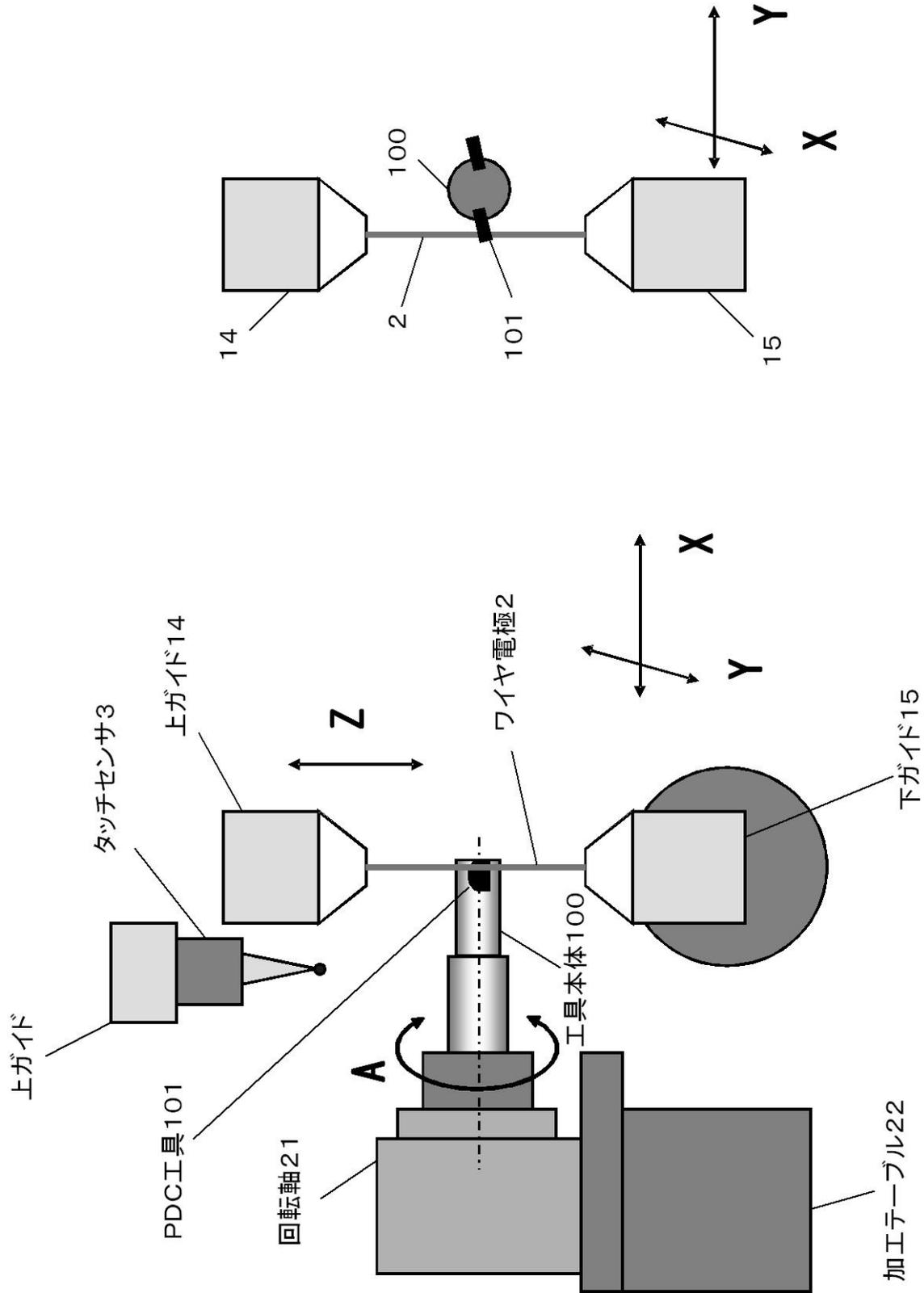
ワイヤ電極2

回転座標A	誤差測定
0	0.020
10	0.018
20	0.016
~	~
180	-0.020
~	~
330	0.013
340	0.016
350	0.018

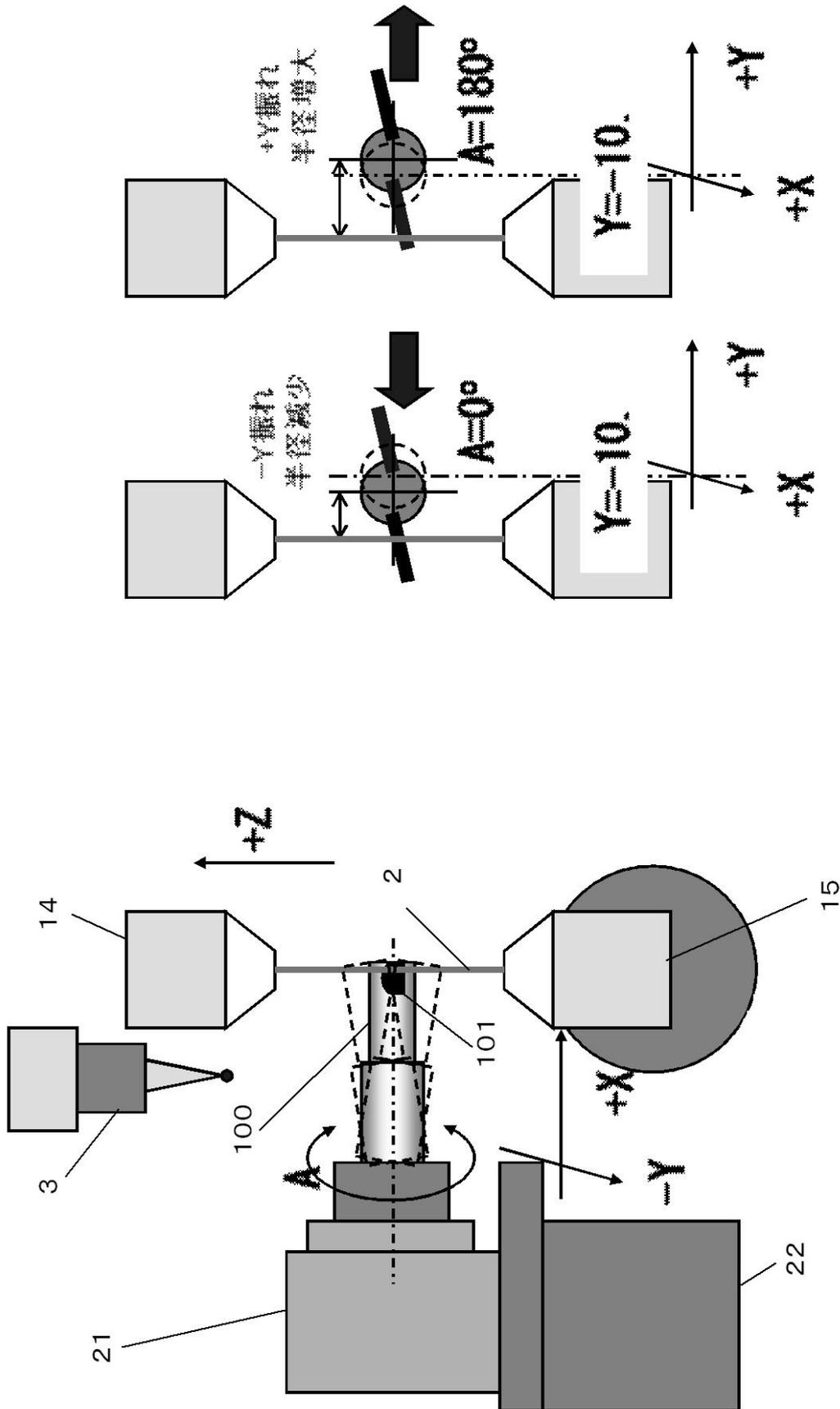
【 27 】



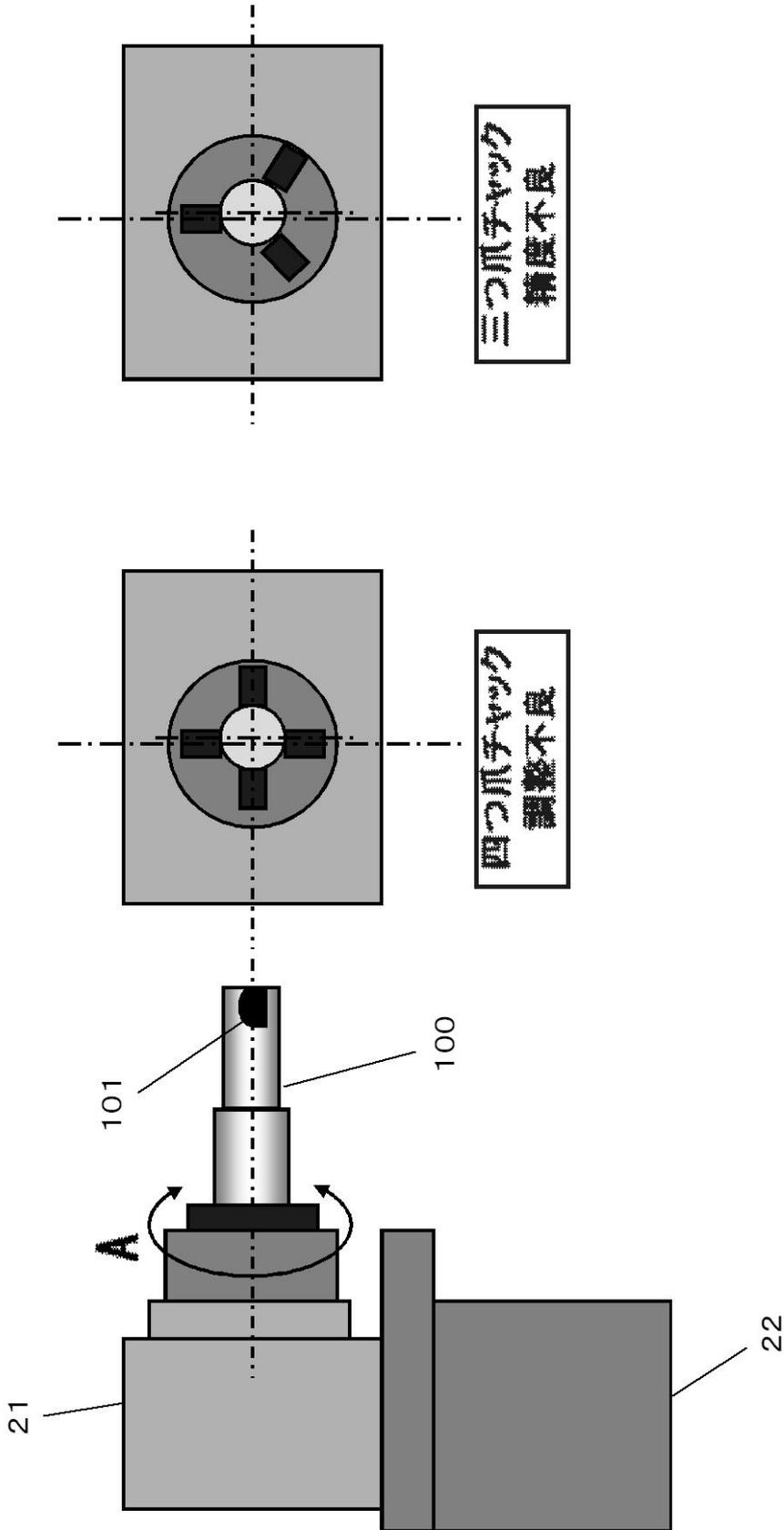
【図28】



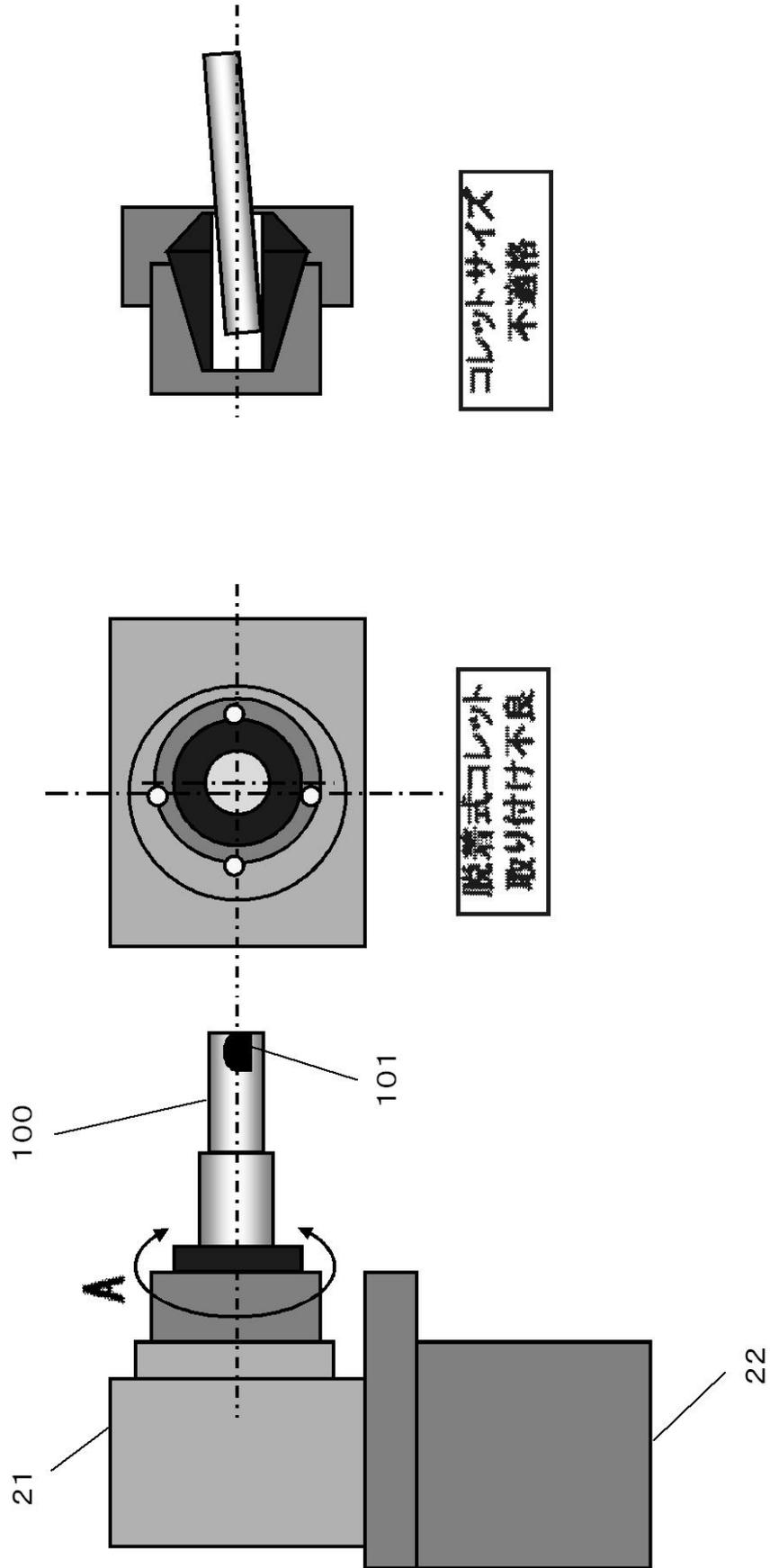
【図29】



【図30】



【図31】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭56-033247(JP,A)  
特開2012-091281(JP,A)  
特開2013-111691(JP,A)  
特開昭55-005254(JP,A)  
特開2005-335018(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23H 7/02

B23Q 15/24