

(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2018-128986
(P2018-128986A)

(43) 公開日 平成30年8月16日(2018.8.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G05B 19/404 (2006.01)	G05B 19/404	E 3C269
G05B 19/4069 (2006.01)	G05B 19/4069	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2017-23394 (P2017-23394)
(22) 出願日 平成29年2月10日 (2017.2.10)

(71) 出願人 000000099
株式会社 I H I
東京都江東区豊洲三丁目1番1号
(71) 出願人 504150450
国立大学法人神戸大学
兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1
(74) 代理人 100175802
弁理士 寺本 光生
(74) 代理人 100064908
弁理士 志賀 正武
(74) 代理人 100167553
弁理士 高橋 久典
(72) 発明者 斉藤 明
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内

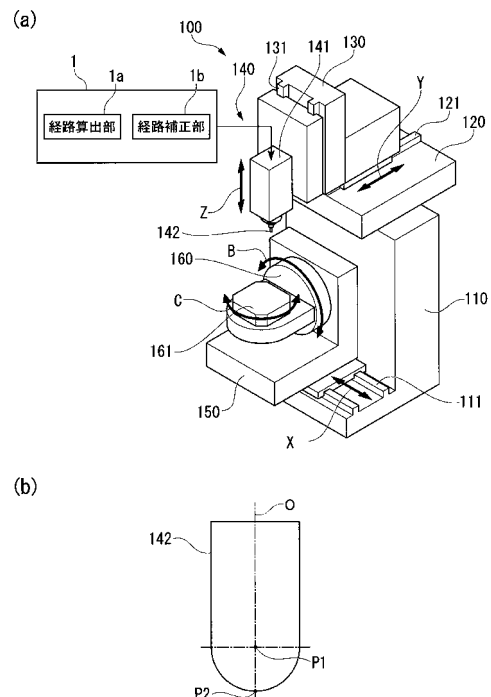
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 経路補正方法及び多軸加工機の制御装置

(57) 【要約】

【課題】より正確に多軸加工機の加工経路を補正する。
【解決手段】被加工物と接触する領域が曲面に設定されると共に長尺状の工具を複数の基準軸を基準として移動させることにより、上記被加工物を加工する経路補正方法であって、上記工具の先端よりも内側に設けられる基準点における予め記憶された予測経路と、上記被加工物を目標形状とするための上記基準点の目標経路との誤差に基づいて、上記工具の位置を補正する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被加工物と接触する領域が曲面に設定されると共に長尺状の工具を複数の基準軸を基準として移動させることにより、前記被加工物を加工する経路補正方法であって、

前記工具の先端よりも内側に設けられる基準点における予め記憶された予測経路と、前記被加工物を目標形状とするための前記基準点の目標経路との誤差に基づいて、前記工具の位置を補正することを特徴とする経路補正方法。

【請求項 2】

前記工具は、エンドミルとされ、

前記基準点は、前記工具の工具中心であることを特徴とする請求項 1 記載の経路補正方法。 10

【請求項 3】

前記予測経路は、予め前記工具の運動軌跡を測定することにより算出されることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の経路補正方法。

【請求項 4】

前記予測経路は、予め前記工具の運動軌跡をシミュレーションすることにより算出されることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の経路補正方法。

【請求項 5】

被加工物と接触する領域が曲面に設定されると共に長尺状の工具を複数の基準軸を基準として移動させることにより、前記被加工物を加工する多軸加工機の制御装置であって、 20

前記工具の先端よりも内側に設けられる基準点の運動軌跡の予測経路をシミュレーションにより算出する予測経路算出手段と

前記予測経路と前記被加工物を目標形状とするための前記基準点の目標経路との誤差に基づいて、前記工具の運動量を補正する補正手段と

を備えることを特徴とする多軸加工機の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、経路補正方法及び多軸加工機の制御装置に関するものである。

【背景技術】 30

【0002】

例えば、特許文献 1 には、NC データの各ブロックの指令位置（目標経路）に対応する実際の加工位置（予測経路）を求め、指令位置と加工位置との差を補正量として NC データを修正する補正方法が開示されている。この特許文献 1 の補正方法においては、加工位置と指令位置との誤差に基づいて、補正量を算出している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2012 - 254517 号公報

【発明の概要】 40

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、多軸加工機に設けられたモータの特性によって、例えば曲率の大きい形状となるように加工を行う場合に、モータが指示された出力に追従しきれず、指令位置と加工位置との間に誤差が発生する場合がある。このような場合に、特許文献 1 に記載された手法により補正を実施しても、例えば曲率の大きな曲線状の加工を行う場合等に、実際の加工経路が、指令された経路から大きく外れ、所望の形状に加工できない場合がある。

【0005】

本発明は、上述する問題点に鑑みてなされたもので、より正確に多軸加工機の加工経路を補正することを目的とする。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】**【0006】**

本発明は、上記課題を解決するための経路補正方法に係る第1の手段として、被加工物と接触する領域が曲面に設定されると共に長尺状の工具を複数の基準軸を基準として移動させることにより、上記被加工物を加工する経路補正方法であって、上記工具の先端よりも内側に設けられる基準点における予め記憶された予測経路と、上記被加工物を目標形状とするための上記基準点の目標経路との誤差に基づいて、上記工具の位置を補正する、という構成を採用する。

【0007】

経路補正方法に係る第2の手段として、上記第1の手段において、上記工具は、エンドミルとされ、上記基準点は、上記工具の工具中心である、という構成を採用する。

10

【0008】

経路補正方法に係る第3の手段として、上記第1または第2の手段において、上記予測経路は、予め上記工具の運動軌跡を測定することにより算出される、という構成を採用する。

【0009】

経路補正方法に係る第4の手段として、上記第1または第2の手段において、上記予測経路は、予め上記工具の運動軌跡をシミュレーションすることにより算出される、という構成を採用する。

【0010】

多軸加工機の制御装置に係る第1の手段として、被加工物と接触する領域が曲面に設定されると共に長尺状の工具を複数の基準軸を基準として移動させることにより、上記被加工物を加工する多軸加工機の制御装置であって、上記工具の先端よりも内側に設けられる基準点の運動軌跡の予測経路をシミュレーションにより算出する予測経路算出手段と上記予測経路と上記被加工物を目標形状とするための上記基準点の目標経路との誤差に基づいて、上記工具の運動量を補正する補正手段とを備える、という構成を採用する。

20

【発明の効果】**【0011】**

本発明によれば、多軸加工機の工具の先端点よりも工具の内側に設けられる基準点に基づいて補正量を決定する。したがって、制御において、基準点の位置をより正確に把握することができ、より正確に多軸加工機の加工経路を補正することができる。

30

【図面の簡単な説明】**【0012】**

【図1】本発明の一実施形態における多軸加工機の模式図であり、(a)が全体図であり、(b)が工具の拡大図である。

【図2】本発明の一実施形態における制御装置のX軸、Y軸及びC軸方向の制御ブロック図である。

【図3】本発明の一実施形態における制御装置のZ軸方向の制御ブロック図である。

【図4】本発明の一実施形態における制御装置のB軸方向の制御ブロック図である。

【図5】本発明の一実施形態における多軸加工機の工具の被加工物に対する動作を示す模式図である。

40

【図6】本発明の一実施形態における制御装置の動作を示すフローチャートである。

【図7】本発明の一実施形態における多軸加工機の工具目標経路の補正を示す模式図である。

【図8】本発明の一実施形態における制御装置による補正の結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】**【0013】**

以下、図面を参照して、本発明における多軸加工機の制御装置の一実施形態について説明する。なお、以下の図面において、各部材を認識可能な大きさとするために、各部材の縮尺を適宜変更している。

50

【 0 0 1 4 】

まず、本実施形態において制御装置 1 により制御される多軸加工機 1 0 0 について説明する。なお、以下の説明においては、設置面に対して平行な一方向を X 軸方向とし、設置面に対して平行かつ X 軸方向に垂直な方向を Y 軸方向とし、設置面に対して垂直な方向を Z 軸方向としている。また、Y 軸を中心として回転する方向を B 軸方向、Z 軸を中心として回転する方向を C 軸方向としている。

【 0 0 1 5 】

多軸加工機 1 0 0 は、コラム 1 1 0 と、Y 軸ベース部 1 2 0 と、Z 軸ベース部 1 3 0 と、ヘッド部 1 4 0 と、テーブル部 1 5 0 と、旋回機構 1 6 0 とを備えている。

【 0 0 1 6 】

コラム 1 1 0 は、上部に Y 軸ベース部 1 2 0 が設置された直方体状の部材であり、下部に Y 軸方向に突出したレール載置領域を有している。このレール載置領域の上面には、X 軸方向に沿って 2 本の X 軸方向レール 1 1 1 が形成されている。X 軸方向レール 1 1 1 上には、テーブル部 1 5 0 が設置されている。X 軸方向レール 1 1 1 に沿ってテーブル部 1 5 0 が移動されることにより、テーブル部 1 5 0 が X 軸方向に移動可能とされている。Y 軸ベース部 1 2 0 は、Z 軸に垂直な平板状であり、上面に Y 軸方向に沿って 2 本の Y 軸方向レール 1 2 1 が形成されている。Y 軸方向レール 1 2 1 上には、Z 軸ベース部 1 3 0 が設置されている。Y 軸方向レール 1 2 1 に沿って Z 軸ベース部 1 3 0 が移動されることにより、Z 軸ベース部 1 3 0 が Y 軸方向に移動可能とされている。

【 0 0 1 7 】

Z 軸ベース部 1 3 0 は、Y 軸方向に沿って移動可能であると共に、Z 軸に沿う方向の平面に、Z 軸方向に沿って 2 本の Z 軸方向レール 1 3 1 が設けられている。また、Z 軸方向レール 1 3 1 上には、ヘッド部 1 4 0 が設置されている。Z 軸方向レール 1 3 1 に沿ってヘッド部 1 4 0 が移動されることにより、ヘッド部 1 4 0 が X 軸方向に移動可能とされている。ヘッド部 1 4 0 は、Z 軸方向に移動可能とされ、Y 軸方向及び Z 軸方向下側に突出した刃物台 1 4 1 と、工具 1 4 2 を有している。

【 0 0 1 8 】

刃物台 1 4 1 は、下面に多軸加工機 1 0 0 が備える工具 1 4 2 が取り付けられており、工具 1 4 2 を回転可能に保持している。工具 1 4 2 は、図 1 (b) に示すように、回転軸 O 方向に長い長尺状であり、回転軸 O が Z 軸に沿うように刃物台 1 4 1 に設置されている。工具 1 4 2 は、先端部が球面状のボールエンドミルとされ、先端部の球面状の領域における中心点が工具中心点 P 1 (基準点) とされている。また、工具 1 4 2 において、刃物第 1 4 1 から最も回転軸 O 方向に突出した点が作用点 P 2 とされている。

【 0 0 1 9 】

テーブル部 1 5 0 は、X 軸方向に沿って移動可能とされ、Y 軸方向に向けて設けられる底部と、Z 軸方向に向けて立設される側壁部とを有し、Y 軸方向と Z 軸方向とに向けて略 L 字状に屈曲された部材である。テーブル部 1 5 0 は、側壁部に旋回機構 1 6 0 が設けられている。旋回機構 1 6 0 は、パレット 1 6 1 を有し、パレット 1 6 1 を B 軸方向及び C 軸方向に回転可能としている。パレット 1 6 1 は、被加工物 W が載置され、固定される部材である。

【 0 0 2 0 】

制御装置 1 は、多軸加工機 1 0 0 の加工時における経路算出を行う装置であり、経路算出部 1 a (予測経路算出手段) と、経路補正部 1 b (補正手段) とを備えている。制御装置 1 は、例えばコンピュータとされ、不図示の出力手段及び入力手段を備えるものとしてもよい。経路算出部 1 a は、被加工物 W の目標形状から工具 1 4 2 の工具中心点 P 1 が辿るべき目標経路を算出し、さらに、多軸加工機 1 0 0 のサーボ系の特性を模擬したシミュレーションにより得られた位置および角度、または多軸加工機の各移動軸が備える位置または角度センサにより測定され記録された位置および角度から、工具中心点 P 1 の予測される経路である予測経路を算出する。なお、目標経路及び予測経路は、複数の座標値の集合であり、それぞれテーブルとして制御装置 1 に記憶される。経路補正部 1 b は、目標経

10

20

30

40

50

路と予測経路とを取得し、目標経路と予測経路との差分値を算出し、目標経路に対して当該差分値の符号を反転させて加算する。

【0021】

経路補正部1bの各基準軸における制御構成について、図2～4を参照して説明する。

各基準軸のうち、X軸、Y軸及びC軸では、図2に示すように、Pコントローラaで指令値と積分器bの出力との差分値に比例演算処理を施し、PIコントローラcで当該Pコントローラaの出力と送り軸駆動部dの位置を示す制御量との差分値に比例積分処理を施している。また、Pコントローラaの出力に摩擦補償器eの出力を加算したものを操作量としてPIコントローラcに供給する。なお、上記積分器bは上記制御量を所定の時定数で積分処理して出力するものであり、上記摩擦補償器eは、上記送り軸駆動部dにおける駆動摩擦に対応する補正係数を上記制御量に乗算して出力する。

10

【0022】

また、Z軸では、図3に示すように、Pコントローラaで指令値と積分器bの出力との差分値に比例演算処理を施し、PIコントローラcで当該Pコントローラaの出力と送り軸駆動部dの位置を示す制御量との差分値に比例積分処理を施している。さらに、PIコントローラcの出力に、重力による外乱力fを減算したものを操作量として送り軸駆動部dに供給する。また、Pコントローラaの出力に摩擦補償器eの出力を加算したものを操作量としてPIコントローラcに供給する。なお、上記積分器bは上記制御量を所定の時定数で積分処理して出力するものであり、上記摩擦補償器eは、上記送り軸駆動部dにおける駆動摩擦に対応する補正係数を上記制御量に乗算して出力する。

20

【0023】

また、B軸では、図4に示すように、Pコントローラaで指令値と積分器bの出力との差分値に比例演算処理を施し、PIコントローラcで当該Pコントローラaの出力と送り軸駆動部dの位置を示す制御量との差分値に比例積分処理を施している。さらに、PIコントローラcの出力に、重力による外乱トルクgを減算したものを操作量として送り軸駆動部dに供給する。また、Pコントローラaの出力に摩擦補償器eの出力を加算したものを操作量としてPIコントローラcに供給する。なお、上記積分器bは上記制御量を所定の時定数で積分処理して出力するものであり、上記摩擦補償器eは、上記送り軸駆動部dにおける駆動摩擦に対応する補正係数を上記制御量に乗算して出力する。

30

【0024】

多軸加工機100は、工具142をY軸方向及びZ軸方向に移動可能であり、被加工物WをX軸方向、B軸方向及びC軸方向に移動可能である5軸加工機である。多軸加工機100は、加工時において、図5に示すように、作用点P2が常に被加工物Wに接触しながら被加工物Wの周りを回る。この際、工具142及び被加工物Wは、工具142の回転軸Oが常に被加工物Wの法線方向となるように移動される。これにより、工具142は、常に曲面状の領域において被加工物Wと接触することとなる。

【0025】

続いて、本実施形態における制御装置1の経路補正方法を図6を参照して説明する。

【0026】

初めに、制御装置1は、目標経路を算出する(ステップS1)。ステップS1では、経路算出部1aが、被加工物Wの目標形状を取得し、目標形状から、被加工物Wに対して工具142の工具中心点P1が辿るべき目標経路を算出する。さらに、制御装置1は、予測経路を算出する(ステップS2)。ステップS2では、経路算出部1aが、数値計算シミュレーションにより、目標経路上に沿って工具142を移動させた場合の工具142の辿る経路を算出する。

40

【0027】

次に、制御装置1は、目標経路と予測経路との差分を算出する(ステップS3)。ステップS3では、経路補正部1bが、工具中心点P1が辿ると予測される予測経路上の座標と、対応する目標経路上の座標との差分値を算出し、記憶する。さらに、制御装置1は、経路補正を実施する(ステップS4)。ステップS4では、図7に示すように、差分値の

50

符号を反転させ、目標経路上の座標に加算した補正経路を算出し、算出した補正経路を新たな目標経路とし、新たな目標経路上の座標値を多軸加工機 100 に出力する。なお、該差分値のベクトル方向は、図 7 における目標経路の法線方向と同一または略同一となる。

【0028】

図 8 は、本実施形態に係る被加工物 W の目標形状と、補正を行わない場合、従来手法による補正を行った場合、および本発明による補正を行った場合における作用点（先端点）の運動軌跡を比較する図である。

被加工物 W の目標形状は、Y 軸方向に長く、Y 軸方向における中央領域において X 軸方向の厚みが最大となる扁平形状とされており、Y 軸方向の両端部が曲率の大きな曲線状とされている。また、被加工物 W は、Y 軸方向の一端よりも他端の曲率が大きく設定されている。

10

【0029】

図 8 の (a) に示す補正を行わない場合では、被加工物 W の Y 軸方向の端部では、破線で示す目標形状から内側に大きくずれている。そして、図 8 の (b) に示す従来手法による補正を行った場合の結果では、補正を行わない場合よりも破線で示す目標形状に近づいているものの、曲率が大きい側の端部では、工具と実際の加工経路の軌跡がなす角度が変化するため、誤差量が正しく算出できず、目標系上よりも形状が外側にずれている。これに対して、図 8 の (c) に示す本実施形態における補正形状は、工具と加工経路の軌跡とがなす角度が変化の影響を受けないため、図 8 における上端及び下端において目標形状と略同一となっている。

20

【0030】

制御装置 1 に記憶された多軸加工機 100 の加工プログラムである CAM (computer aided manufacturing) において、設定上の工具の作用点は、工具位置情報である CL データに記され、上述した作用点 P2 とされている。実際の加工時には、加工経路の軌跡が運動誤差を持つことにより、工具 142 と加工経路の軌跡とがなす角度が、工具姿勢が同じ場合でも変化する。したがって、作用点 P2 を基準点として誤差補正を行う従来手法は、目標形状と加工経路の軌跡との誤差量を正しく算出できないという課題を有していた。本実施形態に係る制御装置 1 においては、工具 142 の先端よりも内側に設けられる基準点（工具中心点 P1）に着目しており、工具 142 と加工経路の軌跡とがなす角度が変化しても、影響を受けずに正確に誤差を算出できる。

30

【0031】

このような本実施形態における多軸加工機 100 の制御装置 1 によれば、工具 142 の工具中心点 P1 の目標経路と予測経路との差分に基づいて補正経路を算出している。このため、運動誤差による軌跡の傾き等により加工プログラムにおいて設定された作用点 P2 の軌跡と実際に辿る作用点 P2 の軌跡とが異なっている場合においても、制御装置 1 は、多軸加工機 100 の工具中心点 P1 の位置に基づいて誤差量を正確に算出し、補正を実施することができる。したがって、図 8 の結果に示すように、より正確に多軸加工機 100 の加工経路を補正することができる。

【0032】

また、本実施形態における制御装置 1 によれば、基準点が工具中心点 P1 とされている。工具中心点 P1 は、工具 142 の先端部における被加工物 W との当接位置が変化した場合にも、いずれの当接位置に対しても等距離となる。したがって、工具 142 の当接姿勢によって基準点を変更することなく誤差を算出し、補正を行うことができる。

40

【0033】

また、本実施形態における多軸加工機 100 は、シミュレーションにより予測経路を算出する。したがって、実際に多軸加工機 100 により加工することなく、容易に予測経路を算出することができる。

【0034】

以上、図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。上述した実施形態において示した各構成部材の諸形

50

状や組み合わせ等は一例であって、本発明の趣旨から逸脱しない範囲において設計要求等に基づき種々変更可能である。

【0035】

(1) 上記実施形態においては、予測経路をシミュレーションにより算出するものとしたが、本発明はこれに限定されない。予測経路は、実際に多軸加工機100を動かすことにより測定されるものとしてもよい。この場合、制御装置1は、多軸加工機100の実際のサーボ系の特性を取得することができるため、より正確な補正を行うことができ、実機を使った結果においても、形状誤差がほぼ無くなる。

【0036】

(2) 上記実施形態においては、工具142がボールエンドミルとしたが、本発明はこれに限定されない。工具142としては、ラジラスエンドミル、スクエアエンドミルやバレル工具等とすることも可能である。なお、バレル工具の場合にも、基準点がバレル工具の先端よりも内側に設けられ、被加工物Wとの当接位置が側周面であるものとする。工具の形状(種類)は上記例示したものに特に限定されるものではなく、工具中心位置P1と作用点P2等を使って予め使用する工具の運動軌跡をシミュレーション可能であれば、本発明は適用可能である。

10

【0037】

(3) また、上記実施形態においては、制御装置1が経路算出部1aにより、予測経路を算出するものとしたが、制御装置1が予測経路を算出せず、別個のコンピュータ等により、予測経路を算出するものとしてもよい。

20

【0038】

(4) また、上記実施形態における制御装置1は、多軸加工機100に備えられるものとしてもよい。

【0039】

(5) さらに、本実施形態においては、一例として、2次元における経路補正方法について説明したが、本発明は3次元的な経路補正においても適用可能である。

【0040】

(6) また、上記実施形態においては、制御装置1は、工具中心点P1を基準点として用いるものとしたが、本発明はこれに限定されず、工具142において作用点P2よりも工具142の内側であれば、基準点の位置は限定されない。なお、工具中心点P1以外を基準点として用いる場合には、基準点と工具中心点P1との座標の差分を加算または減算することにより、工具中心点P1を基準点として用いる場合と同様に誤差を算出し、補正することができる。

30

【符号の説明】

【0041】

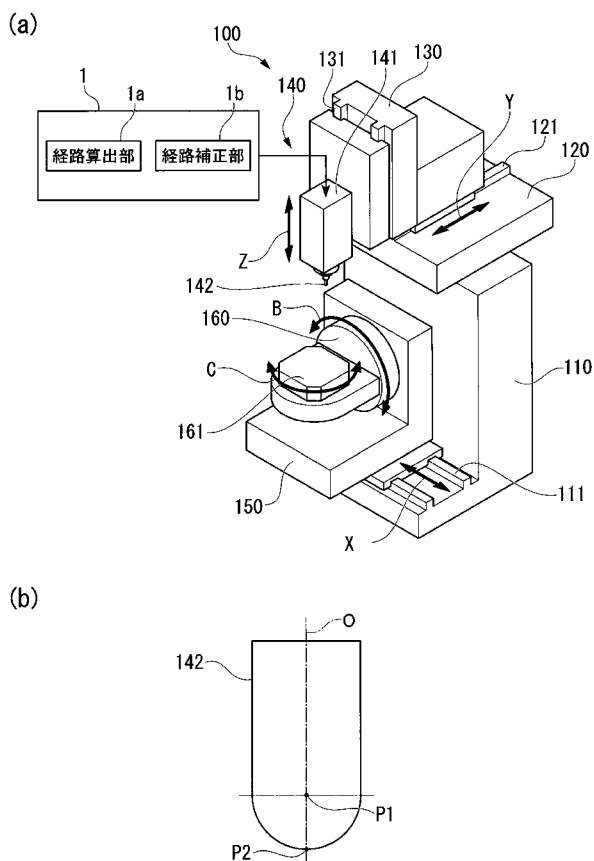
- 1 制御装置
- 1a 経路算出部
- 1b 経路補正部
- 100 多軸加工機
- 110 コラム
- 111 X軸方向レール
- 120 Y軸ベース部
- 121 Y軸方向レール
- 130 Z軸ベース部
- 131 Z軸方向レール
- 140 ヘッド部
- 141 刃物台
- 142 工具
- 150 テーブル部
- 160 回転機構

40

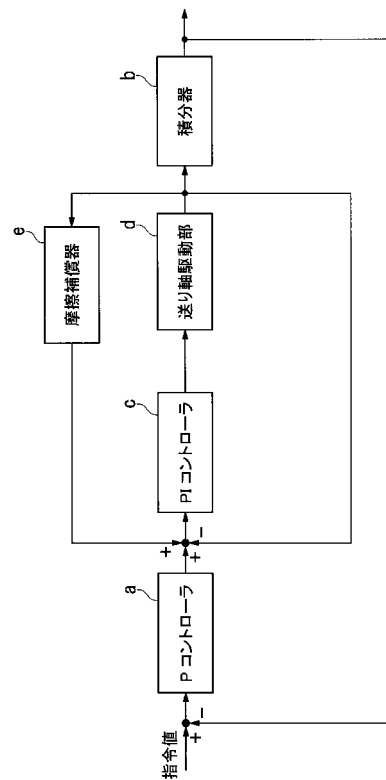
50

- 1 6 1 パレット
- a コントローラ
- b 積分器
- c コントローラ
- d 軸駆動部
- e 摩擦補償器
- f 外乱力
- g 外乱トルク
- O 回転軸
- P 1 工具中心点
- P 2 作用点
- W 被加工物

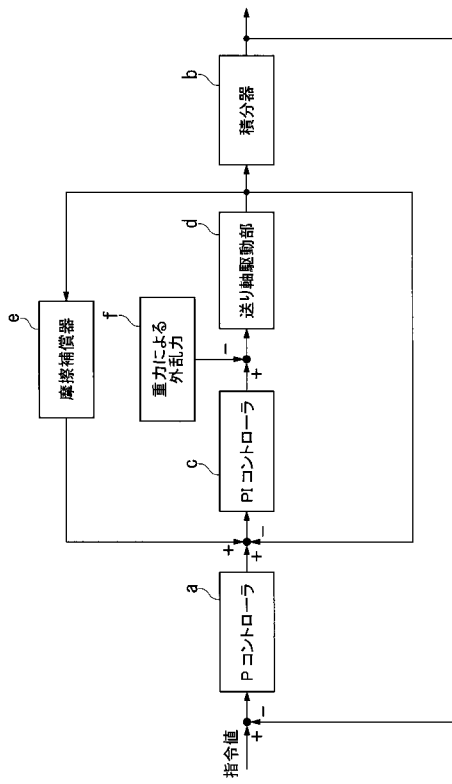
【 図 1 】



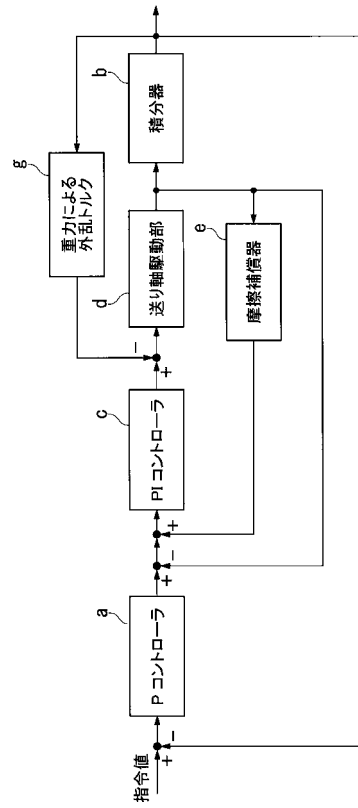
【 図 2 】



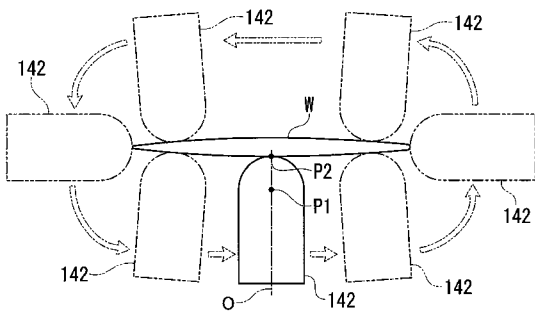
【 図 3 】



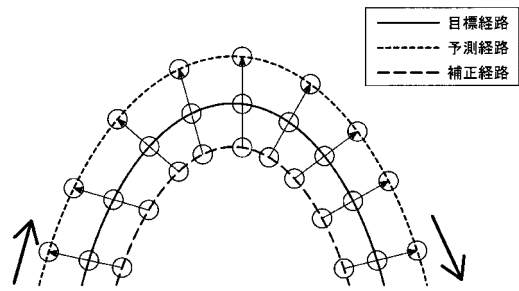
【 図 4 】



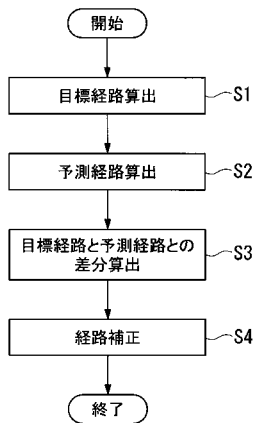
【 図 5 】



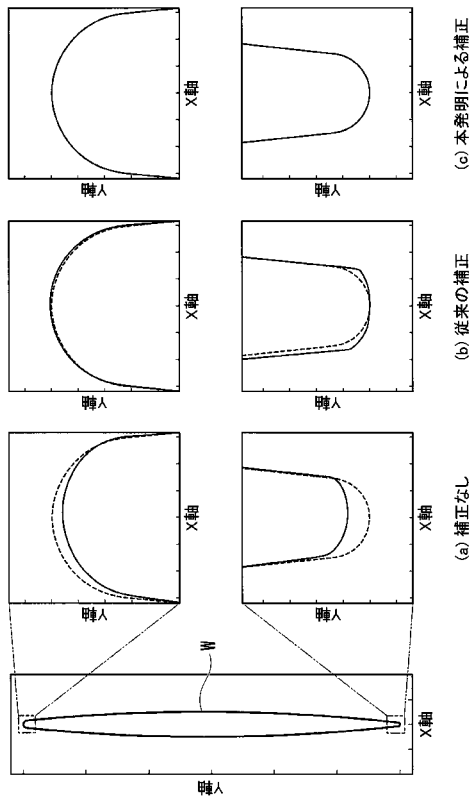
【 図 7 】



【 図 6 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (72)発明者 長谷川 雅信
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社IHI内
- (72)発明者 岩崎 孝行
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社IHI内
- (72)発明者 佐藤 隆太
兵庫県神戸市灘区六甲台町1番1号 国立大学法人神戸大学内
- (72)発明者 長谷川 正悟
兵庫県神戸市灘区六甲台町1番1号 国立大学法人神戸大学内
- Fターム(参考) 3C269 AB05 BB03 CC02 CC15 EF10 EF59 MN41 QA05