

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6435962号
(P6435962)

(45) 発行日 平成30年12月12日(2018.12.12)

(24) 登録日 平成30年11月22日(2018.11.22)

(51) Int.Cl.

F I

G 0 5 B 19/404 (2006.01)

G 0 5 B 19/404

E

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-69126 (P2015-69126)	(73) 特許権者	000005267
(22) 出願日	平成27年3月30日 (2015. 3. 30)		ブラザー工業株式会社
(65) 公開番号	特開2016-189136 (P2016-189136A)		愛知県名古屋市瑞穂区苗代町 1 5 番 1 号
(43) 公開日	平成28年11月4日 (2016. 11. 4)	(74) 代理人	100114557
審査請求日	平成29年3月24日 (2017. 3. 24)		弁理士 河野 英仁
		(74) 代理人	100078868
			弁理士 河野 登夫
		(72) 発明者	石川 友哉
			愛知県名古屋市瑞穂区苗代町 1 5 番 1 号
			ブラザー工業株式会社内
		(72) 発明者	西田 晋
			東京都杉並区西荻北 3-28-8 有限会
			社スタジオ・ウェイズ内
		審査官	松田 長親
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 制御装置、工作機械及びコンピュータプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

主軸の位置を指示する複数の指令点に基づいた加工経路を設定し、前記加工経路に基づいて、前記主軸の移動を制御する制御装置において、

前記加工経路に交差する評価断面を設定する設定部と、

該設定部が設定した評価断面及び前記加工経路の複数の交点を演算する演算部と、

該演算部が演算した前記複数の交点の位置を修正する交点位置修正部と、

該交点位置修正部が修正した交点に基づいて、前記加工経路に交差する方向における前記指令点の位置を修正する指令点位置修正部と

を備え、

前記交点位置修正部は、修正の対象である第一の交点の位置を、前記第一の交点の周囲にある複数の第二の交点を用いて修正すること

を特徴とする制御装置。

【請求項 2】

前記交点位置修正部は、前記第一の交点を線形補間すること

を特徴とする請求項 1 に記載の制御装置。

【請求項 3】

前記交点位置修正部は、

前記第一の交点の周囲にある前記複数の第二の交点を用いて曲線を設定し、

設定した曲線上に、前記第一の交点を投影すること

10

20

を特徴とする請求項 1 に記載の制御装置。

【請求項 4】

前記指令点位置修正部は、前記交点位置修正部が修正した複数の交点を通る第 2 曲線を設定し、

設定した第 2 曲線上に、修正の対象である前記指令点を投影すること

を特徴とする請求項 1 から 3 の何れか一つに記載の制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 の何れか一つに記載の制御装置と、

前記主軸と

を備えることを特徴とする工作機械。

10

【請求項 6】

加工プログラムに従って、主軸の位置を指示する複数の指令点に基づいた加工経路を設定し、前記加工経路に基づいて、前記主軸の移動を制御する制御装置で実行可能なコンピュータプログラムにおいて、

前記制御装置を、

前記加工経路に交差する評価断面を設定する設定部、

該設定部が設定した評価断面及び前記加工経路の複数の交点を演算する演算部、

該演算部が演算した前記複数の交点の位置を修正する交点位置修正部、及び

該交点位置修正部が修正した交点に基づいて、前記加工経路に交差する方向における前記指令点の位置を修正する指令点位置修正部

20

として機能させ、

前記交点位置修正部に、修正の対象である第一の交点の位置を、前記第一の交点の周囲にある複数の第二の交点を用いて、修正させる

ことを特徴とするコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、工具を装着する主軸の移動を制御する制御装置、工作機械及びコンピュータプログラムに関する。

【背景技術】

30

【0002】

工作機械は、工具を装着する主軸の移動を制御する制御装置を備える。制御装置は、主軸の位置を指示する複数の指令点を設定し、加工経路を設定する。主軸に装着した工具が 3 次元の曲面をワークに形成する場合、制御装置は指令点間の微小線分が連続した複数の曲線を演算し、生成する。

【0003】

例えば前後方向及び左右方向に平行な面（水平面）上に複数の曲線を生成する。複数の曲線は前後方向又は左右方向に並ぶ。制御装置は各曲線に上下方向の位置を設定する。また制御装置は、微小線分の繋ぎ目にて尖った部分が表れるので、スプライン曲線、ベジェ曲線等の滑らかな曲線に基づいて、生成した曲線を補間する。設定された各上下位置にて、補間した曲線に沿って主軸は移動し、ワークを加工する（例えば特許文献 1 参照）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 3 4 6 6 1 1 1 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし上述した補間を行っても、隣り合う曲線の傾きの差、制御装置での演算にて発生する量子化誤差等によって、ワーク表面に鱗状の模様が表れる。特許文献 1 は指令点を修

50

正することなく、指令点間に滑らかな線となるように指令点を挿入している。従って、指令点そのものが誤っているにも関わらず、指令点を通ることになり、上述したワーク表面に鱗状の模様が表れるという問題があった。

【0006】

本発明は斯かる事情に鑑みてなされたものであり、ワークに滑らかな曲面を形成することができる制御装置、工作機械及びコンピュータプログラム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】

【0007】

本発明に係る制御装置は、主軸の位置を指示する複数の指令点に基づいた加工経路を設定し、前記加工経路に基づいて、前記主軸の移動を制御する制御装置において、前記加工経路に交差する評価断面を設定する設定部と、該設定部が設定した評価断面及び前記加工経路の交点を演算する演算部と、該演算部が演算した交点の位置を修正する交点位置修正部と、該交点位置修正部が修正した交点に基づいて、前記加工経路に交差する方向における前記指令点の位置を修正する指令点位置修正部とを備えることを特徴とする。

10

【0008】

本発明に係る制御装置は、前記交点位置修正部は、修正の対象である交点を線形補間することを特徴とする。

【0009】

本発明に係る制御装置は、前記交点位置修正部は、修正の対象である交点の周囲にある複数の他の交点を用いて曲線を設定し、設定した曲線上に、修正の対象である前記交点を投影することを特徴とする。

20

【0010】

本発明に係る制御装置は、前記指令点位置修正部は、前記交点位置修正部が修正した複数の交点を通る第2曲線を設定し、設定した第2曲線上に、修正の対象である前記指令点を投影することを特徴とする。

【0011】

本発明に係る工作機械は、上述した何れか一つの制御装置と、前記主軸とを備えることを特徴とする。

【0012】

本発明に係るコンピュータプログラムは、加工プログラムに従って、主軸の位置を指示する複数の指令点に基づいた加工経路を設定し、前記加工経路に基づいて、前記主軸の移動を制御する制御装置で実行可能なコンピュータプログラムにおいて、前記制御装置を、前記加工経路に交差する評価断面を設定する設定部、該設定部が設定した評価断面及び前記加工経路の交点を演算する演算部、該演算部が演算した交点の位置を修正する交点位置修正部、及び該交点位置修正部が修正した交点に基づいて、前記加工経路に交差する方向における前記指令点の位置を修正する指令点位置修正部として機能させることを特徴とする。

30

【0013】

本発明においては、加工経路に交差する評価断面を設定し、評価断面と加工経路の交点の位置を修正し、修正した交点の位置に基づいて、前記加工経路に交差する方向における指令点の位置を修正する。

40

【0014】

本発明においては、修正の対象である交点を線形補間する。

【0015】

本発明においては、修正の対象である交点を曲線（スプライン曲線、ベジェ曲線等）によって、補間する。

【0016】

本発明においては、修正の対象である指令点を曲線（スプライン曲線、ベジェ曲線等）によって、補間する。

50

【発明の効果】

【0017】

本発明に係る制御装置、工作機械及びコンピュータプログラムにあっては、加工経路に交差する評価断面を設定し、評価断面と加工経路の交点の位置を修正し、修正した交点の位置に基づいて指令点の位置を修正する。加工経路に交差する方向においても、指令点の位置を修正することができるので、滑らかな曲面をワークに形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】実施の形態に係る工作機械を略示する斜視図である。

【図2】制御装置の構成を略示するブロック図である。

【図3】ワークに対する加工経路及び評価断面を略示する平面図である

【図4】ワークに対する評価断面を略示する斜視図である。

【図5】指令点と、評価断面及び加工経路の交点とを略示する模式図である。

【図6】交点テーブルの一例を示す概念図である。

【図7】評価断面上における交点位置の第1の修正方法を説明する説明図である。

【図8】評価断面上における交点位置の第2の修正方法を説明する説明図である。

【図9】指令点の修正方法を説明する説明図である。

【図10】制御装置による加工経路設定処理を説明するフローチャートである。

【図11】変更例におけるワークに対する加工経路及び評価断面を略示する平面図である

。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下本発明を実施の形態に係る工作機械を示す図面に基づいて説明する。以下の説明では図において矢印で示す上下、左右及び前後を使用する。図1は工作機械を略示する斜視図である。

【0020】

工作機械は前後に延びた矩形の基台1を備える。基台1上部の前側にワークを保持するワーク保持部3が設けてある。ワーク保持部3は左右方向を軸方向としたA軸及び上下方向を軸方向としたC軸回りに回転可能である。

【0021】

基台1上部の後側に後述するコラム4を支持する為の支持台2が設けてある。支持台2上部に、前後方向に移動するY軸方向移動機構10が設けてある。Y軸方向移動機構10は、前後に延びた二つのレール11と、Y軸螺子軸12と、Y軸モータ13と、ベアリング14とを備える。

【0022】

レール11は支持台2上部の左右夫々に設けてある。Y軸螺子軸12は前後に延び、二つのレール11の間に設けてある。Y軸螺子軸12の前端部及び中途部夫々にベアリング14が設けてある。なお中途部に設けたベアリングの図示は省略する。Y軸モータ13はY軸螺子軸12の後端部に連結している。

【0023】

Y軸螺子軸12には転動体（図示略）を介してナット（図示略）が螺合している。転動体は例えばボールである。各レール11に複数の摺動子15が摺動可能に設けてある。ナット及び摺動子15の上部に移動板16が連結している。移動板16は水平方向に延びる。Y軸モータ13の回転によってY軸螺子軸12は回転し、ナットは前後方向に移動し、移動板16は前後方向に移動する。

【0024】

移動板16上面に左右方向に移動するX軸方向移動機構20が設けてある。X軸方向移動機構20は、左右に延びた二つのレール21と、X軸螺子軸22と、X軸モータ（図示略）と、ベアリング24とを備える。

【0025】

10

20

30

40

50

レール 2 1 は移動板 1 6 上面の前後夫々に設けてある。X 軸螺子軸 2 2 は左右に延び、二つのレール 2 1 の間に設けてある。X 軸螺子軸 2 2 の左端部及び中途部夫々にベアリング 2 4 が設けてある。なお X 軸螺子軸 2 2 の中途部に設けたベアリングの記載は省略する。X 軸モータは X 軸螺子軸 2 2 の後端部に連結している。

【0026】

X 軸螺子軸 2 2 には転動体（図示略）を介してナット（図示略）が螺合している。X 軸螺子軸 2 2 にグリスが塗布してある。各レール 2 1 に複数の摺動子 2 6 が摺動可能に設けてある。ナット及び摺動子 2 6 の上部にコラム 4 が連結している。コラム 4 は柱状をなす。X 軸モータの回転によって X 軸螺子軸 2 2 は回転し、ナットは左右方向に移動し、コラム 4 は左右方向に移動する。

10

【0027】

コラム 4 の前面に上下方向に移動する Z 軸方向移動機構 3 0 が設けてある。Z 軸方向移動機構 3 0 は、上下に延びた二つのレール 3 1 と、Z 軸螺子軸 3 2 と、Z 軸モータ 3 3 と、ベアリング 3 4 とを備える。

【0028】

レール 3 1 はコラム 4 前面の左右夫々に設けてある。Z 軸螺子軸 3 2 は上下に延び、二つのレール 3 1 の間に設けてある。Z 軸螺子軸 3 2 の下端部及び中途部夫々にベアリング 3 4 が設けてある。なお中途部に設けたベアリングの図示は省略する。Z 軸モータ 3 3 は Z 軸螺子軸 3 2 の上端部に連結している。

【0029】

20

Z 軸螺子軸 3 2 には転動体（図示略）を介してナット（図示略）が螺合している。Z 軸螺子軸 3 2 にグリスが塗布してある。各レール 3 1 に複数の摺動子 3 5 が摺動可能に設けてある。ナット及び摺動子 3 5 の前部に主軸ヘッド 5 が連結している。Z 軸モータ 3 3 の回転によって Z 軸螺子軸 3 2 は回転し、ナットは上下方向に移動し、主軸ヘッド 5 は上下方向に移動する。Z 軸モータ 3 3、Z 軸螺子軸 3 2、ナット及び転動体はボールねじ機構を構成する。

【0030】

上下に延びた主軸 5 a が主軸ヘッド 5 内に設けてある。主軸 5 a は軸回りに回転する。主軸ヘッド 5 の上端部に主軸モータ 6 が設けてある。主軸 5 a の下端部は工具を装着する。主軸モータ 6 の回転によって主軸 5 a が回転し、工具が回転する。回転した工具は、ワーク保持部 3 に保持したワークを加工する。

30

【0031】

工作機械は工具を交換する工具交換装置（図示略）を備える。工具交換装置は工具マガジン（図示略）に収容した工具と主軸 5 a に装着した工具を交換する。

【0032】

図 2 は制御装置 5 0 の構成を略示するブロック図である。制御装置 5 0 は、CPU 5 1、記憶部 5 2、RAM 5 3 及び入出力インタフェース 5 4 を備える。記憶部 5 2 は書き換え可能なメモリであり、例えば EPROM、EEPROM 等である。記憶部 5 2 は後述する交点テーブル、経路番号 i 、指令点 p_k 、交点 S_i^d 、 k の最終番号等を記憶する（ d 、 i 、 k は自然数）。

40

【0033】

作業者が操作部 7 を操作した場合、操作部 7 から入出力インタフェース 5 4 に信号が入力する。操作部 7 は例えばキーボード、ボタン、タッチパネル等である。入出力インタフェース 5 4 は表示部 8 に信号を出力する。表示部 8 は文字、図形、記号等を表示する。表示部 8 は例えば液晶表示パネルである。

【0034】

制御装置 5 0 は、X 軸モータ 2 3 に対応した X 軸制御回路 5 5、サーボアンプ 5 5 a 及び微分器 2 3 b を備える。X 軸モータ 2 3 はエンコーダ 2 3 a を備える。X 軸制御回路 5 5 は CPU 5 1 からの指令に基づいて、電流量を示す命令をサーボアンプ 5 5 a に出力する。サーボアンプ 5 5 a は前記命令を受け、X 軸モータ 2 3 に駆動電流を出力する。

50

【0035】

エンコーダ23aはX軸制御回路55に位置フィードバック信号を出力する。X軸制御回路55は位置フィードバック信号に基づいて、位置のフィードバック制御を実行する。

【0036】

エンコーダ23aは微分器23bに位置フィードバック信号を出力し、微分器23bは位置フィードバック信号を速度フィードバック信号に変換して、X軸制御回路55に出力する。X軸制御回路55は、速度フィードバック信号に基づいて、速度のフィードバック制御を実行する。

【0037】

サーボアンプ55aが出力した駆動電流の値を電流検出器55bが検出する。電流検出器55bは駆動電流の値をX軸制御回路55にフィードバックする。X軸制御回路55は駆動電流の値に基づいて、電流制御を実行する。一般にX軸モータ23に流れる駆動電流とX軸モータ23に作用する負荷トルクは略一致する。故に電流検出器55bはX軸モータ23に作用する負荷トルクを検出する。

10

【0038】

制御装置50は、Y軸モータ13に対応したY軸制御回路56、サーボアンプ56a及び微分器13bを備える。Y軸モータ13はエンコーダ13aを備える。Y軸制御回路56はCPU51からの指令に基づいて、電流量を示す命令をサーボアンプ56aに出力する。サーボアンプ56aは前記命令を受け、Y軸モータ13に駆動電流を出力する。

【0039】

20

エンコーダ13aはY軸制御回路56に位置フィードバック信号を出力する。Y軸制御回路56は位置フィードバック信号に基づいて、位置のフィードバック制御を実行する。

【0040】

エンコーダ13aは微分器13bに位置フィードバック信号を出力し、微分器13bは位置フィードバック信号を速度フィードバック信号に変換して、Y軸制御回路56に出力する。Y軸制御回路56は、速度フィードバック信号に基づいて、速度のフィードバック制御を実行する。

【0041】

サーボアンプ56aが出力した駆動電流の値を電流検出器56bが検出する。電流検出器56bは駆動電流の値をY軸制御回路56にフィードバックする。Y軸制御回路56は駆動電流の値に基づいて、電流制御を実行する。一般にY軸モータ13に流れる駆動電流とY軸モータ13に作用する負荷トルクは略一致する。故に電流検出器56bはY軸モータ13に作用する負荷トルクを検出する。

30

【0042】

制御装置50は、Z軸モータ33に対応したZ軸制御回路57、サーボアンプ57a及び微分器33bを備える。Z軸モータ33はエンコーダ33aを備える。Z軸制御回路57はCPU51からの指令に基づいて、電流量を示す命令をサーボアンプ57aに出力する。サーボアンプ57aは前記命令を受け、Z軸モータ33に駆動電流を出力する。

【0043】

エンコーダ33aはZ軸制御回路57に位置フィードバック信号を出力する。Z軸制御回路57は位置フィードバック信号に基づいて、位置のフィードバック制御を実行する。

40

【0044】

エンコーダ33aは微分器33bに位置フィードバック信号を出力し、微分器33bは位置フィードバック信号を速度フィードバック信号に変換して、Z軸制御回路57に出力する。Z軸制御回路57は、速度フィードバック信号に基づいて、速度のフィードバック制御を実行する。

【0045】

サーボアンプ57aが出力した駆動電流の値を電流検出器57bが検出する。電流検出器57bは駆動電流の値をZ軸制御回路57にフィードバックする。Z軸制御回路57は駆動電流の値に基づいて、電流制御を実行する。一般にZ軸モータ33に流れる駆動電流

50

とZ軸モータ33に作用する負荷トルクは略一致する。故に電流検出器57bはZ軸モータ33に作用する負荷トルクを検出する。

【0046】

制御装置50は主軸モータ6に対して、X～Z軸モータ11、12、13と同様なフィードバック制御を実行する。

【0047】

工作機械はマガジンモータ60と、マガジン制御回路58とを備える。マガジンモータ60の回転によって工具マガジンが駆動する。マガジン制御回路58はマガジンモータ60の回転を制御する。

【0048】

記憶部52はワークを加工する加工プログラムを格納する。加工プログラムは、主軸5aの位置を指示する複数の指令点 p_k を有する。 k は加工プログラムを構成する命令の順番を示す。主軸5aは複数の指令点 p_k を順次移動し、主軸5aに装着した工具はワークを加工する。

【0049】

記憶部52は指令点 p_k を予め記憶している。制御装置50は複数の指令点 p_k に基づいて、主軸5aが移動する経路（加工経路）を設定する。制御装置50は加工経路に基づいて、主軸5aの移動を実行する。

【0050】

加工経路の設定方法について説明する。図3はワークに対する加工経路及び評価断面を略示する平面図、図4はワークに対する評価断面を略示する斜視図である。なお図中X方向は左右方向を示し、Y方向は前後方向を示し、Z方向は上下方向を示す。また図3及び図4におけるワークの形状は加工後の形状を示している。

【0051】

制御装置50は、ワークに対して評価断面 D^d （ d は断面番号を示し、自然数である）を設定する。図3に示すように、主軸5aはX方向に沿って大部分が往復移動する場合、加工経路はX方向に沿った経路となる。図3に示す如く、制御装置50は加工経路に略直交する方向に沿った評価断面 D^d を複数設定する。複数の評価断面はX方向に並ぶ。尚、作業者は、加工経路がX方向であることを予め指示する。

【0052】

図5は指令点 p_k と、評価断面 D^d 及び加工経路の交点とを略示する模式図、図6は交点テーブルの一例を示す概念図である。図5及び6において、「 i 」（ i は自然数）は主軸5aのX方向移動における経路番号を示す。図5に示すように、例えば経路番号1（ $i=1$ ）の経路は、左から右に移動する経路を示し、経路番号2（ $i=2$ ）の経路は経路番号1の経路を右端で折り返して、右から左に移動する経路を示す。経路番号3以下も同様である。主軸5aは経路番号順に移動する。

【0053】

図6に示すように、制御装置50は、各評価断面 D^d において、移動経路 $p_k - p_{k+1}$ との交点 S_i^d を演算し、経路番号 i 、交点座標 S_i^d 及び移動経路 $p_k - p_{k+1}$ を対応付けて、交点テーブルに記憶する。

【0054】

制御装置50は、評価断面 D^d 上における交点位置を例えば第1の修正方法で修正する。図7は評価断面 D^d 上における交点位置の第1の修正方法を説明する説明図である。制御装置50は、例えばZ方向の座標を漸次変更するように修正する。修正の対象となる交点座標 S_i^d に対し、前後各二点の交点座標 s_{i-2}^d 、 s_{i-1}^d 、 s_{i+1}^d 、 s_{i+2}^d を使用して修正点 t_i^d を決定する。

【0055】

四つの交点座標 s_{i-2}^d 、 s_{i-1}^d 、 s_{i+1}^d 、 s_{i+2}^d の各Z座標値を z_{i-2} 、 z_{i-1} 、 z_{i+1} 、 z_{i+2} とし、修正点 t_i^d のZ座標値を z_i' とし、Z座標値の差分を $d_1 = z_{i-2} - z_{i-1}$ 、 $d_2 = z_{i-1} - z_i$ 、 $d_3 = z_i' - z_{i+1}$ 、 $d_4 = z_{i+1} - z_{i+2}$ とし、Z座標値の二回

10

20

30

40

50

差分 d_{12}' 、 d_{23}' 、 d_{34}' （Z座標値の差分 d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 の差分）が線形に変化するような z_i' を演算する。

【0056】

Z座標値の二回差分 d_{12}' 、 d_{23}' 、 d_{34}' は次式で求まる。

$$d_{12}' = d_2 - d_1 = (z_{i-1} - z_i') - (z_{i-2} - z_{i-1}) = 2z_{i-1} - z_i' - z_{i-2} \quad (1)$$

$$d_{23}' = d_3 - d_2 = (z_i' - z_{i+1}) - (z_{i-1} - z_i') = 2z_i' - z_{i+1} - z_{i-1} \quad (2)$$

$$d_{34}' = d_4 - d_3 = (z_{i+1} - z_{i+2}) - (z_i' - z_{i+1}) = 2z_{i+1} - z_{i+2} - z_i' \quad (3)$$

10

【0057】

これらが線形に変化することから、

$$d_{23}' = (d_{12}' + d_{34}') / 2 \quad (4)$$

を満たす。

【0058】

式(1)～(4)に基づき、 z_i' を解くと、

$$z_i' = (-z_{i-2} + 4z_{i-1} + 4z_{i+1} - z_{i+2}) / 6$$

となる。

【0059】

評価断面 D^d 上における全ての交点 S_i^d に対して上記修正を行う。なおZ座標値が他の交点のZ座標値と比較して、大きく離れた交点のみを修正してもよい。

20

【0060】

制御装置50は、評価断面 D^d 上における交点位置を例えば第2の修正方法で修正する。図8は評価断面上における交点位置の第2の修正方法を説明する説明図である。図8において、 u はXY座標に相当し、 v はZ座標に相当する。制御装置50は、例えば修正の対象となる交点 S_i^d の周囲にある他の複数の交点を使用して、滑らかな曲線（スプライン曲線、ベジェ曲線、NURBS曲線等）を作成し、該曲線上に修正の対象となる交点 S_i^d を投影する。

【0061】

滑らかな曲線として四つの交点 s_{i-2}^d 、 s_{i-1}^d 、 s_{i+1}^d 、 s_{i+2}^d を使用する場合、評価断面 D^d （ uv 平面）上における区間 $s_{i-2}^d \sim s_{i-1}^d$ 、区間 $s_{i-1}^d \sim s_{i+1}^d$ 、区間 $s_{i+1}^d \sim s_{i+2}^d$ の夫々の曲線式 $v_1(u)$ 、 $v_2(u)$ 、 $v_3(u)$ は、以下の式となる。

30

$$v_j(u) = a_j(u - u_j)^3 + b_j(u - u_j)^2 + c_j(u - u_j) + d_j \quad (j = 1, 2, 3)$$

【0062】

交点 s_{i-2}^d 、 s_{i-1}^d 、 s_{i+1}^d 、 s_{i+2}^d を通り、且つ境界点における一次導関数及び二次導関数が連続であることに基づいて、制御装置50は $a_j \sim d_j$ を決定することができる。

【0063】

四つの交点の選択は、上述したように、交点 S_i^d の両隣に位置する連続した二点を使用する場合に限らない。例えば交点 s_{i-3}^d 、 s_{i-1}^d 、 s_{i+1}^d 、 s_{i+3}^d のように、二点毎に不連続に交点を選択してもよい。

40

【0064】

図8に示すように、修正点 t_i^d 位置は、滑らかな曲線上において、修正の対象となる交点 S_i^d からの距離が最小となる位置である。

【0065】

d 番目の評価断面 D^d 上に存在する修正後の交点群 S^d を T^d とする。

$$T^d = \{t_i^d | d: \text{断面番号}, i: \text{経路番号}\}$$

【0066】

制御装置50は、交点群を T^d を使用して、指令点の位置を修正する。図9は指令点の

50

修正方法を説明する説明図である。図9において、 $p_a \sim p_f$ は指令点を示す。

【0067】

例えば指令点 p_c が修正対象である場合、図9Aに示す如く、指令点 p_c は断面 D^{d-1} と断面 D^d の間に位置し、経路番号は i である。制御装置50は前述した交点テーブルを参照し、指令点 p_c に関する断面位置及び経路番号を取得する。

【0068】

図9Bに示す如く、制御装置50は指令点 p_c の周囲にある交点、例えば加工経路上に並んだ四つの交点 t_i^{d+1} 、 t_i^d 、 t_i^{d-1} 、 t_i^{d-2} を探索する。制御装置50は四つの交点 t_i^{d+1} 、 t_i^d 、 t_i^{d-1} 、 t_i^{d-2} から滑らかな曲線（スプライン曲線、ベジェ曲線、NURBS曲線等）を作成し、該曲線上に指令点 p_c を投影し、修正点 p_c' を決定する。制御装置50は、滑らかな曲線を前述した第2の修正方法と同様な方法で求める。修正点 p_c' の位置は、滑らかな曲線上において、指令点 p_c からの距離が最小となる位置である。制御装置50は他の指令点の位置を同様に修正する。

【0069】

図10は制御装置50による加工経路設定処理を説明するフローチャートである。CPU51は評価断面 D^d を設定する（ステップS1、図3及び図4参照）。次にCPU51は交点テーブル作成する（図5及び図6参照）。具体的には、CPU51は往復動作の経路番号を示す変数 i 及び加工プログラムを構成する命令の順番を示す変数 k に「1」を設定する（ステップS2）。そしてCPU51は移動経路 $p_k - p_{k+1}$ を読み込む（ステップS3）。CPU51は移動経路 $p_k - p_{k+1}$ が評価断面 D^d と交差するか否かを判定する（ステップS4）。移動経路 $p_k - p_{k+1}$ が評価断面 D^d と交差しない場合（ステップS4：NO）、CPU51は k をインクリメントする（ステップS8）。

【0070】

移動経路 $p_k - p_{k+1}$ が評価断面 D^d と交差する場合（ステップS4：YES）、CPU51は、評価断面 D^d と移動経路 $p_k - p_{k+1}$ との交点 S_i^d が既に存在しているか否かを判定する（ステップS5）。

【0071】

評価断面 D^d と移動経路 $p_k - p_{k+1}$ との交点 S_i^d が既に存在していない場合（ステップS5：NO）、CPU51は記憶部52の交点テーブル（図6参照）に、経路番号 i 、交点座標 S_i^d 及び移動経路 $p_k - p_{k+1}$ を対応付けて記憶する（ステップS7）。

【0072】

評価断面 D^d と移動経路 $p_k - p_{k+1}$ との交点 S_i^d が既に存在している場合（ステップS5：YES）、CPU51は i をインクリメントし（ステップS6）、CPU51は記憶部52の交点テーブルに、経路番号 i 、交点座標 S_i^d 及び移動経路 $p_k - p_{k+1}$ を対応付けて記憶し（ステップS7）、 k をインクリメントする（ステップS8）。ステップS2～S8は演算部を構成する。

【0073】

k をインクリメントした後、CPU51は k が最終番号であるか否かを判定する（ステップS9）。 k が最終番号でない場合（ステップS9：NO）、CPU51はステップS3に処理を戻す。 k が最終番号である場合（ステップS9：YES）、CPU51は、上述したように、交点の位置を修正する（ステップS10、式（1）～式（4）、図7及び図8参照）。

【0074】

CPU51は、上述したように、指令点の周囲にある交点を探索し（ステップS11）、指令点の位置を修正する（ステップS12、図9A及び図9B参照）。

【0075】

実施の形態に係る制御装置50及び工作機械にあっては、加工経路に交差する評価断面を設定し、評価断面と加工経路の交点の位置を修正し、修正した交点の位置に基づいて指令点の位置を修正する。加工経路に交差する方向においても、指令点の位置を修正することができるので、滑らかな曲面をワークに形成することができる。

【0076】

上述した実施の形態において、主軸5aはX方向に沿って往復移動しているが、Y方向に往復移動してもよい。この場合、加工経路はY方向に沿った経路となり、制御装置50は加工経路に略直交する方向に沿った評価断面を複数設定する。複数の評価断面はY方向に並ぶ。

【0077】

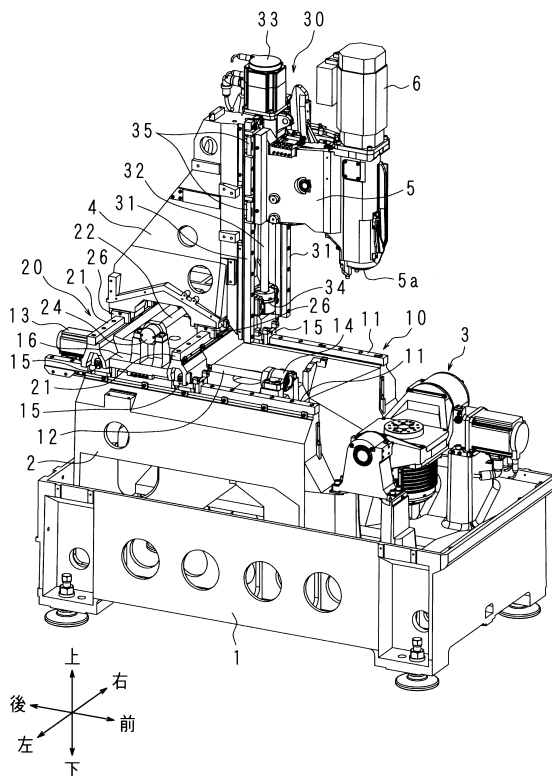
図11は変更例におけるワークに対する加工経路及び評価断面を略示する平面図である。図11に示す如く、加工経路が渦巻き状をなす場合、制御装置50は渦巻きの中心及び該中心周りの角度を設定し、渦巻きの中心を基準として放射状に複数の評価断面を設定する。

【符号の説明】

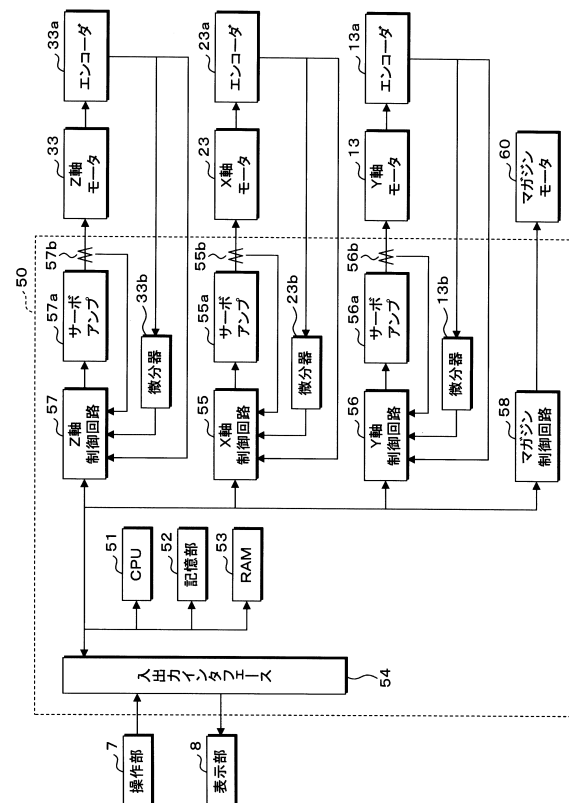
【0078】

- 2 支持台
- 3 ワーク保持部
- 4 コラム
- 5 主軸ヘッド
- 5a 主軸
- 6 主軸モータ
- 10 Y軸方向移動機構
- 20 X軸方向移動機構
- 30 Z軸方向移動機構
- 50 制御装置
- 51 CPU
- 52 記憶部
- 53 RAM

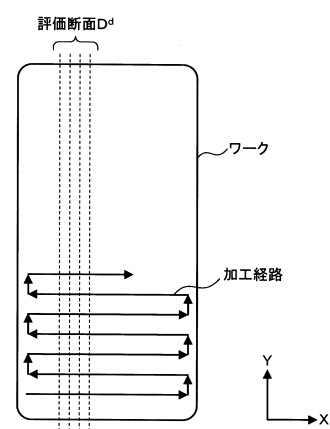
【図1】



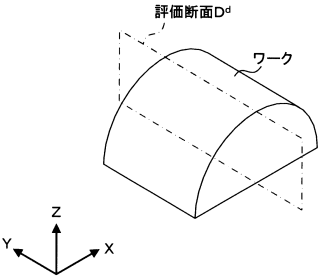
【図2】



【図 3】



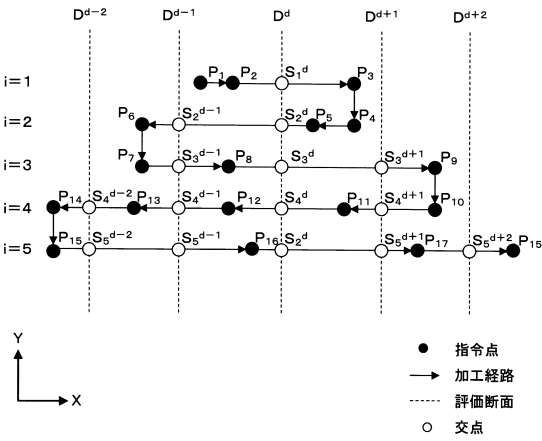
【図 4】



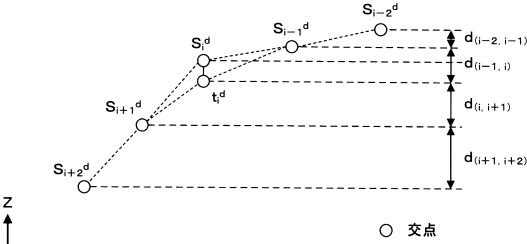
【図 6】

	断面1	断面2	...	断面d-2	断面d-1	断面d	断面d+1	断面d+2	...	断面N
i=1	-	-	-	-	-	{S ₁ ^d }	{P ₂ -P ₃ }	-	-	-
i=2	-	-	-	-	{S ₂ ^{d-1} }	{S ₂ ^d }	{P ₅ -P ₆ }	-	-	-
i=3	-	-	-	-	{S ₃ ^{d-1} }	{S ₃ ^d }	{P ₈ -P ₉ }	-	-	-
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

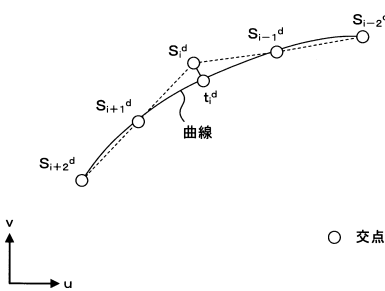
【図 5】



【図 7】

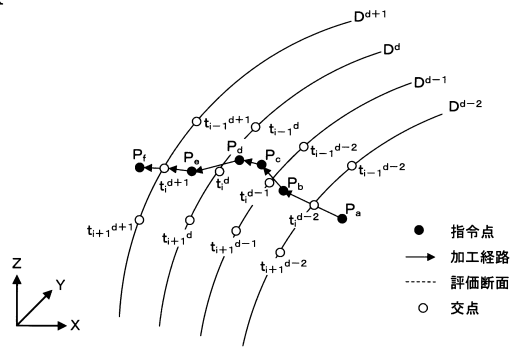


【図 8】

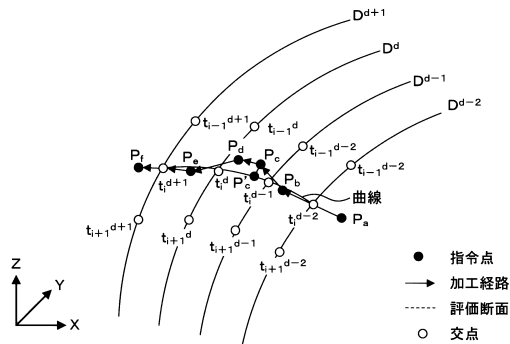


【図 9】

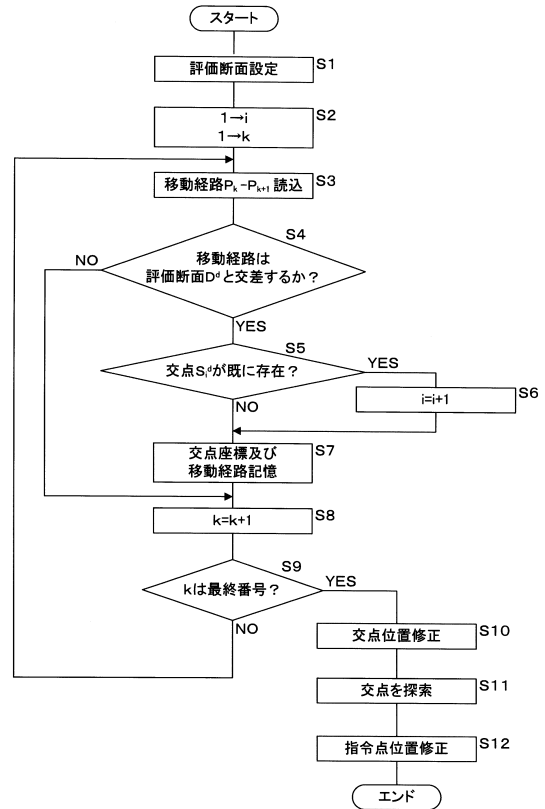
A



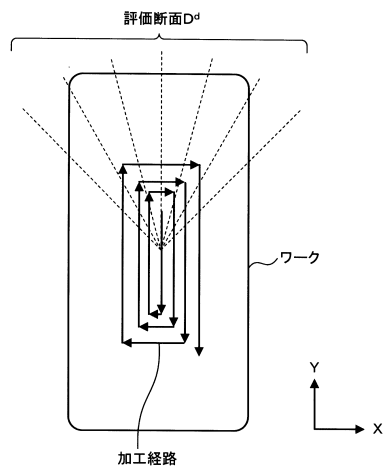
B



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2013-188807 (JP, A)
特開平8-185211 (JP, A)
特開2004-78516 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G05B 19/18-19/416
G05B 19/42-19/46
B23Q 15/00-15/28