

(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2005-292914
(P2005-292914A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
G05B 19/4097	G05B 19/4097 B	3C022
B23Q 15/00	B23Q 15/00 3O1K	5H269
G05B 19/4069	G05B 19/4069	
// B23C 3/00	B23C 3/00	

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2004-103141 (P2004-103141)	(71) 出願人	000003137 マツダ株式会社 広島県安芸郡府中町新地3番1号
(22) 出願日	平成16年3月31日 (2004.3.31)	(74) 代理人	100080768 弁理士 村田 実
		(72) 発明者	乾 正知 茨城県ひたちなか市東大島1-2-21
		(72) 発明者	細田 剛 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
		Fターム(参考)	3C022 AA00 5H269 AB05 BB08 QD03 QE03 QE08 QE10

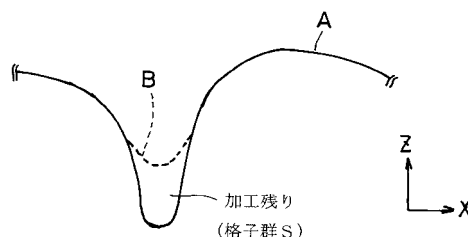
(54) 【発明の名称】 加工経路の生成方法、加工残りの判定方法、加工経路の生成用プログラム、加工残り判定用プログラムおよび記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 後加工時に用いる次の工具のための加工経路を、シュミレーションによって得られるようにする。

【解決手段】 多面体モデルPの表面に沿って所定工具としてのボールエンドミル1の逆形状を移動させた第1掃引形状を求めて、第1掃引形状の最上面を逆オフセット処理したZマップモデルの第1工具経路Aを求める。前加工で生成されたZマップモデルによるワークモデルWの表面に沿って上記ボールエンドミル1の逆形状を移動させた第2掃引形状を求めて、第2掃引形状の最上面を逆オフセット処理したZマップモデルの第2工具経路Bを求める。後加工で用いる次の工具の加工経路を、例えば両工具経路AとBとの高さの相違する領域の格子群Sを求めて、第1工具経路Aのうち格子群Sに対応する部分を包含する多角形Rの形状データとして決定する。

【選択図】 図9



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転駆動されると共に回転軸方向を Z 軸として 3 次元移動される工具の加工経路を生成する方法であって、

製品形状の多面体モデル情報 P と所定工具の形状情報とにより、該多面体モデルの表面に沿って該所定工具の逆形状を移動させた第 1 掃引形状を求めて、該第 1 掃引形状の最上面を逆オフセット処理した Z マップモデルの第 1 工具経路面を生成する第 1 ステップと、

前加工で生成された Z マップモデルによるワークモデル情報 W と前記所定工具の形状情報とにより、該ワークモデルの表面に沿って該所定工具の逆形状を移動させた第 2 掃引形状を求めて、該第 2 掃引形状の最上面を逆オフセット処理した Z マップモデルの第 2 工具経路面を生成する第 2 ステップと、

前記第 1 工具経路面と第 2 工具経路面との間での Z 軸方向の距離となる高さを比較して、該高さの相違する領域のデータに基づいて、後加工で使用される次の工具のための加工経路を決定する第 3 ステップと、

を備えていることを特徴とする加工経路の生成方法。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記所定工具および次の工具はそれぞれエンドミルとされ、

前記ワークモデル情報は、前記所定工具よりも大径の工具を用いた加工シミュレーションによって生成されている、ことを特徴とする加工経路の生成方法。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、

前記次の工具のための前記加工経路が、前記高さの相違する領域の格子群 S を求めて、前記第 1 工具経路面の Z マップモデルのうち該格子群 S に対応する部分を包含する多角形 R の形状データとして生成される、ことを特徴とする加工経路の生成方法。

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項において、

前記第 2 工具経路面用の前記 Z マップモデルは、前記ワークモデル情報用の前記 Z マップモデルを簡略化してなる簡略情報に基づいて生成されている、ことを特徴とする加工経路の生成方法。

【請求項 5】

請求項 4 において、

前記第 2 工具経路面用の前記 Z マップモデルの簡略化が、

前記ワークモデル情報用の Z マップモデルの表面を示す格子状の点同士を、X 軸方向に沿って順に直線で結んだ多数の X 軸方向折れ線で結ぶと共に、この X 軸方向折れ線の一端を Y 軸方向において隣り合う他の X 軸方向折れ線の一端と連結した連続する第 1 折れ線経路と、前記ワークモデル情報用の Z マップモデルの表面を示す格子状の点同士を、Y 軸方向に沿って順に直線で結んだ多数の Y 軸方向折れ線で結ぶと共に、この Y 軸方向折れ線の一端を X 軸方向において隣り合う他の Y 軸方向折れ線の一端と連結した連続する第 2 折れ線経路と、からなる折れ線経路で構成した第 1 多角形データに変換し、

前記第 1 多角形データを構成する前記多数の折れ線のうち、許容誤差範囲に含まれる複数の折れ線を 1 本の折れ線となるように間引き処理することにより、該第 1 多角形データを単純化した第 2 多角形データを得るようにし、

前記第 2 多角形データを構成する前記折れ線経路に沿って前記所定工具の逆形状を移動させることにより、簡略化された前記第 2 掃引形状を得るようにし、

X Y 平面上に用意された直交格子の各点について、前記簡略化された前記第 2 掃引形状のもっとも上側の面の高さを取得させることにより、簡略化された前記第 2 工具経路面用の Z マップモデルを得る、

ことを特徴とする加工経路の生成方法。

【請求項 6】

10

20

30

40

50

回転駆動されると共に回転軸方向をZ軸として3次元移動される工具による加工残りの判定方法であって、

製品形状の多面体モデル情報Pと所定工具の形状情報とにより、該多面体モデルの表面に沿って該所定工具の逆形状を移動させた第1掃引形状を求めて、該第1掃引形状の最上面を逆オフセット処理したZマップモデルの第1工具経路面を生成する第1ステップと、

前加工で生成されたZマップモデルによるワークモデル情報Wと前記所定工具の形状情報とにより、該ワークモデルの表面に沿って該所定工具の逆形状を移動させた第2掃引形状を求めて、該第2掃引形状の最上面を逆オフセット処理したZマップモデルの第2工具経路面を生成する第2ステップと、

前記第1工具経路面と第2工具経路面との間でのZ軸方向の距離となる高さを比較して、該高さの相違する領域の有無に応じて後加工の必要性の有無を判定する第3ステップと、

を備えていることを特徴とする加工残りの判定方法。

【請求項7】

コンピュータを演算手段として機能させて、回転駆動されると共に回転軸方向をZ軸として3次元移動される工具の加工経路を生成するためのプログラムであって、該コンピュータに実行させるステップとして、

製品形状の多面体モデル情報Pと所定工具の形状情報とにより、該多面体モデルの表面に沿って該所定工具の逆形状を移動させた第1掃引形状を求めて、該第1掃引形状の最上面を逆オフセット処理したZマップモデルの第1工具経路面を生成する第1ステップと、

前加工で生成されたZマップモデルによるワークモデル情報Wと前記所定工具の形状情報とにより、該ワークモデルの表面に沿って該所定工具の逆形状を移動させた第2掃引形状を求めて、該第2掃引形状の最上面を逆オフセット処理したZマップモデルの第2工具経路面を生成する第2ステップと、

前記第1工具経路面と第2工具経路面との間でのZ軸方向の距離となる高さを比較して、該高さの相違する領域のデータに基づいて、後加工で使用される次の工具のための加工経路を決定する第3ステップと、

を備えていることを特徴とする加工経路の生成用プログラム。

【請求項8】

コンピュータを演算手段として機能させて、回転駆動されると共に回転軸方向をZ軸として3次元移動される工具の加工残りの有無を判定するためのプログラムであって、該コンピュータに実行させるステップとして、

製品形状の多面体モデル情報Pと所定工具の形状情報とにより、該多面体モデルの表面に沿って該所定工具の逆形状を移動させた第1掃引形状を求めて、該第1掃引形状の最上面を逆オフセット処理したZマップモデルの第1工具経路面を生成する第1ステップと、

前加工で生成されたZマップモデルによるワークモデル情報Wと前記所定工具の形状情報とにより、該ワークモデルの表面に沿って該所定工具の逆形状を移動させた第2掃引形状を求めて、該第2掃引形状の最上面を逆オフセット処理したZマップモデルの第2工具経路面を生成する第2ステップと、

前記第1工具経路面と第2工具経路面との間でのZ軸方向の距離となる高さを比較して、該高さの相違する領域の有無に応じて後加工の必要性の有無を判定する第3ステップと、

を備えていることを特徴とする加工残り判定用プログラム。

【請求項9】

請求項7のプログラムを記憶している、ことを特徴とする記憶媒体。

【請求項10】

請求項8のプログラムを記憶している、ことを特徴とする記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は加工経路の生成方法、加工残りの判定方法、加工経路の生成プログラム、加工残り判定プログラムおよび記憶媒体に関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば工具としてのエンドミルによって削り加工を行う場合、加工時間の短縮化のために、大径の工具から順次小径の工具へと変更を行うことが行われている。すなわち、大径の工具によって特になだらか形状部分の削り加工（荒削り）を行った後、その加工残り部分を小径の工具によって後加工することが行われており、3種類以上の径の異なる工具によって順次加工を行うことも多々行われている。

【0003】

削り加工を行うために回転駆動される工具は、その回転軸方向つまりZ軸方向に移動される他、X軸方向およびY軸方向にも移動されて、3次元移動されることになる。このような工具の加工経路を適切に設定することが、加工効率の向上や、不用意な部位を誤って削ってしまう事態を防止する等の上で重要となる。最近では、この種の工具の加工経路の生成に、コンピュータを利用したシュミレーションによって行うことが多くなっている。

【0004】

特許文献1には、工具経路面の計算方法として、製品形状の多面体モデル情報と工具形状情報とを入力して、多面体モデルに沿って工具の逆形状を滑らせた掃引形状を求めてこの掃引形状の最上面を逆オフセット処理してなるZマップモデルの形式で工具経路面を得ることが開示されている。また、特許文献1には、Z軸方向に大きく変化する形状部位の加工経路を精度よく得るために、隠面消去処理方法を利用することも開示されている。

【特許文献1】特開平2003-256012号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、前工程で加工されたワークの加工残り部分、つまり最終的な製品形状と中間加工段階でのワーク形状との差異となる加工残り部分は、後加工で加工する必要があるが、そのためには加工残り部分を精度よく求めることが要求されることになる。このような加工残り部分を精度よく知ることは、後加工で用いられる次の工具の加工経路を生成する上で極めて好ましいものとなる。とりわけ、加工残り部分を、NC制御において一般的に用いられているZマップモデルの形式（Zマップモデルの形式で定義可能な多面体モデルの形式）で与えることができれば、次の工具の加工経路の生成の上で極めて好ましいものとなる。

【0006】

また、前加工での加工後に最終的な製品形状が得られるか否か、つまり後加工が必要であるか否かをシュミレーションによって知ることができれば、加工完了段階を簡単に知ることができて便利となる。

【0007】

本発明は以上のような事情を勘案してなされたもので、その主たる目的は、後加工時に用いる次の工具のための加工経路をシュミレーションによって得られるようにした加工経路の生成方法を提供することにある。

本発明の別の目的は、前加工後に後加工が必要であるか否か、つまり前加工で加工残りが発生するか否かをシュミレーションによって判定できるようにした加工残りの判定方法を提供することにある。

本発明のさらに別の目的は、上記加工経路の生成方法あるいは加工残りの判定方法用いるコンピュータ用プログラムおよびその記憶媒体を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明における加工経路の生成方法にあっては次のような解決手法を採択してある。すなわち、特許請求の範囲における請求項1に記載のように、

10

20

30

40

50

回転駆動されると共に回転軸方向をZ軸として3次元移動される工具の加工経路を生成する方法であって、

製品形状の多面体モデル情報Pと所定工具の形状情報とにより、該多面体モデルの表面に沿って該所定工具の逆形状を移動させた第1掃引形状を求めて、該第1掃引形状の最上面を逆オフセット処理したZマップモデルの第1工具経路面を生成する第1ステップと、

前加工で生成されたZマップモデルによるワークモデル情報Wと前記所定工具の形状情報とにより、該ワークモデルの表面に沿って該所定工具の逆形状を移動させた第2掃引形状を求めて、該第2掃引形状の最上面を逆オフセット処理したZマップモデルの第2工具経路面を生成する第2ステップと、

前記第1工具経路面と第2工具経路面との間でのZ軸方向の距離となる高さを比較して、該高さの相違する領域のデータに基づいて、後加工で使用される次の工具のための加工経路を決定する第3ステップと、
を備えているようにしてある。

上記解決手法によれば、加工残りが、それぞれZマップモデル形式で示される第1工具経路面と第2工具経路面とを比較したときに生じる高さの差異として得られる一方、この高さの差異はZマップモデルでもって示すことができるので、これに基づく加工残り部分を加工するための次の工具のための加工経路を簡単かつ精度よく決定することができる。

【0009】

上記解決手法を前提とした好ましい態様は、特許請求の範囲における請求項2～請求項5に記載のとおりである。

前記ワークモデル情報は、前記所定工具よりも大径の工具を用いた加工シミュレーションによって生成されている、ようにすることができる(請求項2対応)。この場合、ワークモデル情報を得るために、実際の加工を別途行わなくてもよく、この分加工経路の決定が容易となる。

【0010】

前記次の工具のための前記加工経路が、前記高さの相違する領域の格子群Sを求めて、前記第1工具経路面のZマップモデルのうち該格子群Sに対応する部分を包含する多角形Rの形状データとして生成される、ようにすることができる(請求項3対応)。この場合、NC制御において一般的に有する機能であるところの、多面体モデルから加工経路を生成させる機能を有効に利用することができる。

【0011】

前記第2工具経路面用の前記Zマップモデルは、前記ワークモデル情報用の前記Zマップモデルを簡略化してなる簡略情報に基づいて生成されている、ようにすることができる(請求項4対応)。この場合、第2工具経路面を得るための計算を極力簡単化する、つまり第2工具経路面を高速演算させる上で好ましいものとなる。

【0012】

前記第2工具経路面用の前記Zマップモデルの簡略化が、
前記ワークモデル情報用のZマップモデルの表面を示す格子状の点同士を、X軸方向に沿って順に直線で結んだ多数のX軸方向折れ線で結ぶと共に、このX軸方向折れ線の一端をY軸方向において隣り合う他のX軸方向折れ線の一端と連結した連続する第1折れ線経路と、前記ワークモデル情報用のZマップモデルの表面を示す格子状の点同士を、Y軸方向に沿って順に直線で結んだ多数のY軸方向折れ線で結ぶと共に、このY軸方向折れ線の一端をX軸方向において隣り合う他のY軸方向折れ線の一端と連結した連続する第2折れ線経路と、からなる折れ線経路で構成した第1多角形データに変換し、

前記第1多角形データを構成する前記多数の折れ線のうち、許容誤差範囲に含まれる複数の折れ線を1本の折れ線となるように間引き処理することにより、該第1多角形データを簡略化した第2多角形データを得るようにし、

前記第2多角形データを構成する前記折れ線経路に沿って前記所定工具の逆形状を移動させることにより、簡略化された前記第2掃引形状を得るようにし、

XY平面上に用意された直交格子の各点について、前記簡略化された前記第2掃引形状

10

20

30

40

50

のもっとも上側の面の高さを取得させることにより、簡略化された前記第2工具経路面用のZマップモデルを得る、

ようにすることができる(請求項5対応)。この場合、折れ線の間引き処理によって簡略化を行うことができる。特に、工具の実際の移動経路は、微少な直線移動を連続させたものとなるので、この微少な直線移動部分に相当する折れ線の数を実単純化することにより、工具の実際の移動形態を加味した簡略化となつて、精度を確保しつつ簡略化する上で好ましいものとなる。

【0013】

本発明における加工残りの判定方法にあつては次のような解決手法を採択してある。すなわち、特許請求の範囲における請求項6に記載のように、

10

回転駆動されると共に回転軸方向をZ軸として3次元移動される工具による加工残りの判定方法であつて、

製品形状の多面体モデル情報Pと所定工具の形状情報とにより、該多面体モデルの表面に沿つて該所定工具の逆形状を移動させた第1掃引形状を求めて、該第1掃引形状の最上面を逆オフセット処理したZマップモデルの第1工具経路面を生成する第1ステップと、

前加工で生成されたZマップモデルによるワークモデル情報Wと前記所定工具の形状情報とにより、該ワークモデルの表面に沿つて該所定工具の逆形状を移動させた第2掃引形状を求めて、該第2掃引形状の最上面を逆オフセット処理したZマップモデルの第2工具経路面を生成する第2ステップと、

前記第1工具経路面と第2工具経路面との間でのZ軸方向の距離となる高さを比較して、該高さの相違する領域の有無に応じて後加工の必要性の有無を判定する第3ステップと

20

を備えているようにしてある。

上記解決手法によれば、第1工具経路面と第2工具経路面とがその高さ方向において差異のないということになれば、前加工において加工された後のワーク形状が最終製品形状に加工されたことを意味することとなつて、その後の後加工が不用であると判定することができる。また、第1工具経路面と第2工具経路面とがその高さ方向において差異を有するときは、この差異の分だけ加工残りを有して、後加工が必要であると判定することができる。

【0014】

30

本発明における加工経路生成用プログラムにあつては次のような解決手法を採択してある。すなわち、特許請求の範囲における請求項7に記載のように、

コンピュータを演算手段として機能させて、回転駆動されると共に回転軸方向をZ軸として3次元移動される工具の加工経路を生成するためのプログラムであつて、該コンピュータに実行させるステップとして、

製品形状の多面体モデル情報Pと所定工具の形状情報とにより、該多面体モデルの表面に沿つて該所定工具の逆形状を移動させた第1掃引形状を求めて、該第1掃引形状の最上面を逆オフセット処理したZマップモデルの第1工具経路面を生成する第1ステップと、

前加工で生成されたZマップモデルによるワークモデル情報Wと前記所定工具の形状情報とにより、該ワークモデルの表面に沿つて該所定工具の逆形状を移動させた第2掃引形状を求めて、該第2掃引形状の最上面を逆オフセット処理したZマップモデルの第2工具経路面を生成する第2ステップと、

40

前記第1工具経路面と第2工具経路面との間でのZ軸方向の距離となる高さを比較して、該高さの相違する領域のデータに基づいて、後加工で使用される次の工具のための加工経路を決定する第3ステップと、

を備えているようにしてある。この加工経路の生成用プログラムは、請求項1に記載された加工経路の生成方法に対応したものとなる。

【0015】

本発明における加工残りの判定用プログラムにあつては次のような解決手法を採択してある。すなわち、特許請求の範囲における請求項8に記載のように、

50

コンピュータを演算手段として機能させて、回転駆動されると共に回転軸方向をZ軸として3次元移動される工具の加工残りの有無を判定するためのプログラムであって、該コンピュータに実行させるステップとして、

製品形状の多面体モデル情報Pと所定工具の形状情報とにより、該多面体モデルの表面に沿って該所定工具の逆形状を移動させた第1掃引形状を求めて、該第1掃引形状の最上面を逆オフセット処理したZマップモデルの第1工具経路面を生成する第1ステップと、

前加工で生成されたZマップモデルによるワークモデル情報Wと前記所定工具の形状情報とにより、該ワークモデルの表面に沿って該所定工具の逆形状を移動させた第2掃引形状を求めて、該第2掃引形状の最上面を逆オフセット処理したZマップモデルの第2工具経路面を生成する第2ステップと、

前記第1工具経路面と第2工具経路面との間でのZ軸方向の距離となる高さを比較して、該高さの相違する領域の有無に応じて後加工の必要性の有無を判定する第3ステップと

を備えているようにしてある。この加工残りの判定用プログラムは、請求項6に記載された加工残りの判定方法に対応したものとなる。

【0016】

本発明における記憶媒体は、請求項7に記載された加工経路生成用のプログラムを記憶したものとなっており、また請求項8に記載された加工残り判定用プログラムを記憶したものとなっている。

【発明の効果】

【0017】

本発明は、シュミレーションによって、後加工において使用される工具の加工経路を簡単に決定することができる。

また、シュミレーションによって、後加工が必要であるか否かを容易に判定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

まず、図1～図3に、本発明が用いる工具例としてのエンドミルの各種形状が示される。図1はボールエンドミル1であり、半径rの切り刃を有する。工具経路面生成に際しては、半径rの切れ刃の中心が工具参照点とされて、この工具参照点の移動経路を決定することになる。図2は、フラットエンドミル1Bであり、その先端面中心位置が工具参照面とされる。図3は、ラウンドエンドミル1Cであり、先端面の中心位置から円環状の切れ刃の半径分だけ内側にオフセットされた位置が工具参照点とされる。以下の実施形態の説明では、ボールエンドミル1を工具として用いた場合を前提に説明する。また、X軸、Y軸、Z軸の3次元方向にエンドミルは移動されるが、エンドミルの回転軸方向をZ軸として以下の説明をする。

【0019】

全体の概要

まず、本発明の概略について、図4～図10を参照しつつ説明する。まず、図示を略すコンピュータに対して、最終形状となる製品形状の多面体モデルP(図4)と、加工残りを含む工作物(中間加工品)の形状を示すZマップモデルW(図6)と、ボールエンドミル1の形状Tとが入力される(図10のステップQ1)。多くのCADシステムは、製品形状を多面体化する機能を備えているので、多面体モデルPの準備は容易である。工作物のZマップモデルWは、後述するように、加工シュミレーションによって得られた標準的なデータ形式となっている。

【0020】

上記入力に基づいて、コンピュータは、最終的に、前加工の加工残り部分に対応して、次の後加工における次の工具用の工具経路上の領域を示す後述の多角形Rの形状データを出力する(図10のステップQ6)。多くのCAMは、工具経路上の多角形Rのデータを指示すると、その内部に選択的に工具経路を発生させる機能を有しているので、この

10

20

30

40

50

多角形 R のデータを出力することにより、後加工での加工経路が決定することが可能となる。多角形 R を示すデータ形式としては、例えば多角形 R の周囲の頂点の座標列が考えられる。

【 0 0 2 1 】

上記多角形 R のデータを得るために、次のようなステップが採択される。まず、製品形状の多面体モデル P と、後加工で用いるボールエンドミル 1 の形状データ T とから、多面体モデル P についての工具経路面 A を生成する (図 1 0 のステップ Q 2)。この工具経路面 A の生成は、図 5 に示すように、ボールエンドミル 1 の逆形状を、その中心が常に多面体モデル P の表面に存在するように保ちつつ滑らせたときの掃引形状を求めて、この掃引形状の最上面を逆オフセット処理して得られる Z マップモデル形式とされる。すなわち、XY 平面上の細かな直交格子を用意して、全格子点について、上記掃引形状の最上部位置を取得させることで、工具経路面 A が、格子状に並んだ緻密な点集合 (各点が座標位置を示す) として示される。なお、工具経路面 A を Z マップモデル形式で得るためのより詳細な説明は後述する。

10

【 0 0 2 2 】

次に、加工残りを含む工作物の形状モデル W と、ボールエンドミル 1 の形状データ T (製品形状の多面体モデル P について用いたボールエンドミルと同一形状でありしたがって同一径のボールエンドミルとなる) とから、上記第 1 ステップの場合と同様に、工作物の形状モデル W についての工具経路面 B を生成する (図 1 0 のステップ Q 3)。この工具経路面 B も Z マップモデル形式で示される。工具経路面 B を Z マップモデルで得るための手法については、後に詳述する。なお、各工具経路面 A と B とは、XY 平面上の同一解像度、同一位置の直交格子に基づいて生成されている。

20

【 0 0 2 3 】

さらに次に、上記 2 つの工具経路面 A と B とに基づいて、加工残りの領域を示すことになる後述する格子群 S を決定して (図 1 0 のステップ Q 4)、この格子群 S を包含する多角形 R のデータを Z マップモデル形式で得る (図 1 0 のステップ Q 5)。この点を説明すると、上記 2 つの工具経路面 A と B とを重ね合わせた状態が、図 8、図 9 に示される (図 9 は図 8 の工具経路面 A と B とを拡大して示す)。この図 8、図 9 において、Z 軸方向の高さが相違する領域が加工残りの領域となる。すなわち、工具経路面 A と B との高さの相違する領域を、格子毎に比較して、工具経路面 B の方が工具経路面 A よりも高くなっている格子群 S を得る (図 1 0 のステップ Q 4)。次いで、製品形状に対応した工具経路面 A の Z マップモデルのうち格子群 S に対応する部分を包含する多角形 R のデータを得る。格子群 S およびこれに基づいて多角形 R のデータを得ることについては、後に詳述する。なお、2 つの工具経路面 A と B との間で、上記高さが相違する領域が存在しない場合は、工作物 W の形状が最終的な製品形状と合致したときであり、後加工が不用であると判定することができる。

30

【 0 0 2 4 】

図 1 0 のステップ Q 2 の詳細説明

製品形状となる多面体モデル P の表面形状は、適当に間引いて (間引き長さは 1 0 m m 以内) 多面体近似データ P 2 に一端変換される (図 1 2 参照)。すなわち多面体近似データ P 2 は、微少な大きさとされた多数の多角形、例えば多数の三角形 2 の集合面と把握することができ、この多数の三角形 2 を利用して変換される。その後、ボールエンドミル 1 の逆形状を、その中心が常に多面体近似データ P 2 からなる多面体モデル P の表面に存在するように保ちつつ滑らせたときの掃引形状を求めて、この掃引形状の最上面を逆オフセット処理して得られる工具経路面 A を Z マップモデル形成で生成する。すなわち、この逆オフセット処理は、図 1 3 に示すように、XY 直交座標上に、三角形 3 の頂点となる位置においてボールエンドミル 1 の半径 r に相当する球を配置し、各球同士を半径 r の円筒形で連結し (各頂点同士をつなぐ辺に半径 r の円筒を配置する)、各球と円筒形とで囲まれた領域を半径 r の 2 倍の厚みを有する三角形板を配置した単位領域を設定する (単位領域は三角形の数分だけ存在する)。上記球、円筒、三角形板が図 1 4 に示される。各格子の

40

50

点（高さを示すZ座標位置4）を、対応する単位領域におけるもっとも高い位置として設定する。これにより、多面体近似データP2から工具経路面AをZマップモデル形式で生成することとなる。なお、ボールエンドミル1以外のエンドミルを用いる場合は、上記球、円筒径、三角板の代わりに、エンドミル形状に応じた適切な図形を配置すればよい。なお、全格子について上述の最上部の点を取得する手法は、グラフィックス・ハードウェアの機能を利用した超高速演算手法が知られている。

【0025】

図10のステップ3の詳細説明

加工残りを含む工作物の形状モデルWは、加工シミュレーションによって取得するようにしており、以下その手法について図15～図17を参照しつつ説明する。形状モデルWは、前加工のプロセスを切削加工シミュレーションすることで生成される。これは、未加工状態の素材の形状から、前加工用の工具経路に沿って移動する前加工用のボールエンドミル1Bの掃引形状を引き算することで得られる。なお、前加工で用いるボールエンドミルは、前述した工具経路面A、Bを得るときに用いたボールエンドミル1よりも大径とされているので、区別のために、形状モデルWを得るときに用いたボールエンドミルの符号を1Bとすることにより区別する。

10

【0026】

工具経路は折れ線状が一般的なので、ボールエンドミル1Bを用いた加工の場合には、掃引形状の下端は、ボールエンドミル1Bの半径 r_2 を半径とする球と円筒形とが交互に連なった形となる。上記形状モデルの引き算には、逆オフセット処理の場合と同様に多大な手間を要することから、このような集合演算を実施する代わりに、Zマップを用いてシミュレーション処理を離散的に行う技術が広く普及している。この手法では、あらかじめ素材の形状の最上部をZマップによる格子状の点分で表現しておく（図16）。その上で、工具経路に沿ってボールエンドミル1Bを移動させ、移動形状と交差するZマップの点の高さを、移動形状の下端の球や円筒形の最下面の高さまで下げる処理を繰り返す（図17）。ボールエンドミル1Bが移動を終えると、加工後の工作物の形状が、格子状の点の集合として表現される。ボールエンドミル以外の工具を用いる場合は、その工具形状に応じて、上記掃引形状の下端を構成する図形を適切に配置すればよい。Zマップの点を、エンドミルやそのホルダの最下面の点にまで下げる処理については、グラフィックス・ハードウェアの機能を利用して超高速で演算する手法が知られているのでそれを利用すればよい。このようにして得られたZマップ形式の加工残りを含む工作物の形状モデルWに対して、後加工で用いるボールエンドミル1の形状Tを用いて逆オフセット処理を施す（前述の図7参照）。この処理の結果、工具経路面BがZマップ形式で得られることになる。なお、工具経路面BのZマップの基になるXY平面上の直交格子の解像度や位置、姿勢は、工具経路面Aを計算する際のZマップのものと同じに設定される。なお、工具経路面Bをより簡略的に決定することもでき、この簡略的な決定手法については後述する。

20

30

【0027】

図10のステップQ4、Q5の詳細

前述のようにして生成された工具経路面AとBとは、ともに、Z軸方向を共通とし、XY平面上の同一解像度、同一位置の直交格子に基づいて生成されていることから、重ね合わせるができる（図8、図9）。工具経路面Bの一部は、前加工で削り残った部分に基づいて生成されているので、工具経路面Aの上にはみ出す部分が生じる（図9において実線と波線との間に形成される「加工残り」の文字で表示される領域）。そこで、工具経路面AとBとを構成する点群の高さを、Zマップの基になった直交格子の格子ごとに比較して、工具経路面Bの方が工具経路面Aよりも上に存在している格子群Sを選び出す。

40

【0028】

上記格子群Sに対応する工具経路面Aの点群を選び、それらを包含する多角形Rを生成する。選ばれた格子状の隣接する4点に注目すると、そのパターンは、図18に示すように、4点中1点が選ばれている場合（図18の（a））、2点が選ばれている場合（図18の（b）、（c）の2通り）、4点中3点が選ばれている場合（図18の（d））の

50

合計 4 通りのパターンが存在する。それぞれのパターンについて、格子間の間を結ぶ折れ線を図 18 の矢印で示すように定義する。ただし、折れ線は、その左側に選ばれた点が存在するように向き付け（曲がりの方向付け）が行われるものとする。この向き付けにしたがって格子を巡る折れ線を接続すると、選ばれた点群を包含する多角形 R が生成される（図 19）。このような多角形 R は、格子サイズに相当する微細な折れ曲がりを多数持つものとなる。このような折れ曲がりのうち、凹の折れ曲がりを適当に間引くことで、多角形 R の形状をより滑らかなものに修正できる。

【0029】

図 10 のステップ Q3 の処理を簡単に行う処理例の説明（図 11）

図 20 の（1）は、工作物の多面体モデル W を Z マップモデルで示したものである。図 10 のステップ Q3 において、この多面体モデルをそのまま利用して逆オフセット処理することも可能であるが、Z マップの格子の解像度が高い場合には、多面体を構成する多角形（実施形態では三角形）の数が膨大となり、逆オフセット処理に多大な時間を要してしまうことになる。このため、以下のような簡単化の処理を行った逆オフセット処理に要する時間を短縮するのが好ましい。以下この簡単化した逆オフセット処理の手法について、図 11、図 20 ~ 図 23 を参照しつつ説明する。

【0030】

図 11 に示す各ステップ Q11 ~ Q16 の順に説明すると、ステップ Q11 においては、加工残りを含む工作物形状の Z マップモデル W（図 20 の（1））と、ボールエンドミル 1 の形状データとが入力される。

【0031】

ステップ Q12 では、次のような処理が行われる。まず、Z マップで表現された工作物形状データ W（図 20 の（1））において、その表面を覆う点群は、X 軸と Y 軸に平行な格子状に配置されている。そこで、これらの点群を、X 軸に沿って順に辿り、X 軸方向にジグザグ往復する経路 5（図 20（2）に実線で示す）を得る。次に、同じ点群を、Y 軸に沿って順に辿り、Y 軸方向にジグザグ往復する経路 6（図 20（2）に波線で示す）を得る。上記経路 5 の終点と上記経路 6 の始点とは直線の連結経路で連結され、多数の折れ線により 1 本の連続した経路が生成される。なお、上記連結経路は、連続した 1 本の経路を生成するために設けるもので工具経路生成に直接関与しないものであり、各経路 5、6 に沿ってボールエンドミル 1 の掃引形状を求めるのに影響を与えないように各経路 5、6 より十分離れた Z 軸方向の下側位置で連結されている。上記のように、X 軸方向経路 5 と Y 軸方向経路 6 とに沿ってボールエンドミル 1 の掃引形状を求めることは、後述する工具経路面 B の Z マップモデル生成の精度向上に繋がる。

【0032】

ステップ Q13 では、次のような処理が行われる。すなわち、ステップ Q12 の処理で得られた 1 本の経路は、多数の折れ線を連続したものとなっているが、多くの部分では、折れ曲がりの角度は非常に滑らかである（180 度に近い）。したがって、適当な範囲で、複数の折れ線を 1 本の折れ線で近似させることができる。この近似のために、許容誤差を与えて、許容誤差の範囲にある複数の折れ線を 1 本の折れ線に置換する（図 21）。この処理によって、Q12 で経た 1 本の経路を構成する折れ線の数は、大幅に減少されることになる。

【0033】

ステップ Q14 では、次のような処理が行われる。ステップ Q13 の折れ線数減少の処理を経た 1 本の経路に沿って、ボールエンドミル 1 の逆形状を移動させ、その掃引形状を定義する。この処理は、加工シュミレーションにおけるボールエンドミル 1 B の掃引形状の定義とほぼ同じであるが、ボールエンドミル 1 の逆形状を移動させる点が相違する。ボールエンドミル 1 の場合には、前述したように、掃引形状の上端は、球と円筒形が交互に連なった形となる（図 22）。ボールエンドミル 1 以外の工具を用いる場合は、球と円筒形に代えて、その工具形状に応じた掃引形状の上端を構成する図形を用いればよい（ホルダについても同じ）。

10

20

30

40

50

【0034】

ステップQ15では、図23に示すように、XY平面上に非常に細かな直交格子を用意する。処理の基準となるXY平面上の直交格子については、工具経路面Aの生成に用いたものと解像度、位置、姿勢が同じものを用いる。そして、直交格子の全格子点について掃引形状の最上部の点を取得することで、工具経路面Bを格子状に並んだ緻密な点集合として計算する（Zマップ表示）。この計算は、グラフィックス・ハードウェアを用いた超高速な計算法が利用できる。ステップQ15で得られた工具経路面Bが、ステップQ16で出力される（図10のステップQ4以下の処理に用いられる）。

【0035】

前述した各処理において、工作物形状を示すZマップモデルWの点と点との間隔が、ボールエンドミル1の半径と比較して十分に小さいことを仮定している。上記間隔が大きいと、ステップQ12、Q13で生成される往復経路の間に大きな隙間でできてしまい、経路に沿って逆形状のボールエンドミル1の掃引形状を配置しても、間に溝が生じてしまという問題をおこして好ましくない。ただし、通常、ボールエンドミルの半径は、もっとも細かいものでも0.2mm程度である一方、Zマップモデルでの点の間隔は0.01mm以下なので、上記のような問題は事実上生じないものである。

【0036】

前述したような手法に基づくプログラムを実装したコンピュータによって、計算実験した結果が図27、図28に示される。計算の前提は、前加工が、軸半径5mm、切れ刃部の半径2mmのラジラスエンドミルでの切削加工、後加工が、半径2mmのボールエンドミルでの切削加工であり、切削される部位は、シリンダヘッド製造用の金型のうちシリンダヘッド内面を構成する面としてある。計算によって前加工を行った後の状態を示す図27では、加工残りの部分がハッチング（斜線）で示されている。計算によって得られた後加工での加工経路が、図28でハッチング（斜線）で示される。図27のハッチング部分（加工残り）と図28のハッチング部分（後加工での加工経路）は、互いによく似た形状となっているが、図28のハッチング部分の方が図27のハッチング部分よりも狭い範囲となっている。なお、図27において矢印で示した丸い凹部の底面周縁部に存在するハッチング部分が、図28ではハッチング部分として示されていない。これは、上記矢印で示した領域は、半径2mmのボールエンドミルでは除去されないため、その部分には加工経路を発生させることが不用であることを意味している。なお、エンドミルのような工具によっても最終的に加工不可能な領域は、例えば放電加工等の別の加工方法によって加工されることになる。

【0037】

次に、図10のステップQ6で出力される多角形Rの形状データに基づいて、工具としてのボールエンドミル1の移動軌跡を示すNCデータを生成する一例について、図24～図26を参照しつつ説明する。まず、前述した格子群Sの部分について、Z軸方向に指定された細かいピッチで多数のZ面を配置し、格子群Sの各点（図中黒丸で示す）について、各Z面との交点（図中×印で示す）を得る。一つのZ平面上で、近い順に交点をつないで1本の経路を形成し、各Z面の経路同士をさらに接続して、全体として1本の軌跡を生成する。この場合、Z値が変わるときの接続に際しては、工具としてのボールエンドミル1が周囲の形状と干渉しない安全高さまで上がるように軌跡を上げてつないでいく（図25）。このようにして最終的に得られた連続した1本の軌跡が、NCデータとして出力される（図26）。

【0038】

以上実施形態について説明したが、本発明はこれに限らず、特許請求の範囲に記載される範囲で適宜の変更が可能であり、例えば、工具としては回転駆動されると共に3次元移動されるものであれば適宜のものを用いることができる。勿論、本発明の目的は、明記されたものに限らず、実質的に好ましいあるいは利点として表現されたものを提供することをも暗黙的に含むものである。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 3 9 】

【 図 1 】 ボールエンドミルの工具参照点を示す図。

【 図 2 】 フラットエンドミルの工具参照点を示す図。

【 図 3 】 ラウンドエンドミルの工具参照点を示す図。

【 図 4 】 製品形状の多面体モデルの一例を示す図。

【 図 5 】 製品形状に対応した逆オフセット面を得るときの様子を示す図。

【 図 6 】 工作物の前加工の様子を示す図。

【 図 7 】 工作物形状に対応した逆オフセット面を得るときの様子を示す図。

【 図 8 】 製品形状と製品形状に対応した逆オフセット面と工作物形状に対応した逆オフセット面とを重ね合わせた図。

10

【 図 9 】 図 8 の要部拡大図。

【 図 1 0 】 本発明の処理例を示すフローチャート。

【 図 1 1 】 図 1 0 のステップ Q 3 での好ましい処理例を示すフローチャート。

【 図 1 2 】 製品モデルの表面を構成する微小三角形を引き出す状態を示す図。

【 図 1 3 】 図 1 2 での微小三角形に基づいて Z マップを得る様子を示す図。

【 図 1 4 】 Z マップを得るときに用いる工具形状に対応した図形の組み合わせ例を示す図。

【 図 1 5 】 工作物の形状モデルを加工シミュレーションによって得るときの手法を示す図。

【 図 1 6 】 工作物の形状モデルを加工シミュレーションによって得るときの手法を示す図。

20

【 図 1 7 】 工作物の形状モデルを加工シミュレーションによって得るときの手法を示す図。

【 図 1 8 】 2 つの工具経路面の高さの相違する領域を示す格子群を包含する多角形を得る手法例を示す図。

【 図 1 9 】 2 つの工具経路面の高さの相違する領域を示す格子群を包含する多角形を得る手法例を示す図。

【 図 2 0 】 工作物の形状モデルを簡略化して Z マップモデルとするための手法を説明する図。

【 図 2 1 】 工作物の形状モデルを簡略化して Z マップモデルとするための手法を説明する図。

30

【 図 2 2 】 工作物の形状モデルを簡略化して Z マップモデルとするための手法を説明する図。

【 図 2 3 】 工作物の形状モデルを簡略化して Z マップモデルとするための手法を説明する図。

【 図 2 4 】 後加工用の多角形データから NC データを得るための手法例を示す図。

【 図 2 5 】 後加工用の多角形データから NC データを得るための手法例を示す図。

【 図 2 6 】 後加工用の多角形データから NC データを得るための手法例を示す図。

【 図 2 7 】 計算実験例を示すもので、前加工によって得られた加工残りを示す図。

【 図 2 8 】 計算実験例を示すもので、後加工のときの加工経路を示す図。

40

【 符号の説明 】

【 0 0 4 0 】

A : 第 1 工具経路面

B : 第 2 工具経路面

S : 格子群 (加工残り領域)

P : 製品形状の多面体モデル形状

W : ワークモデル情報

T : 工具形状情報

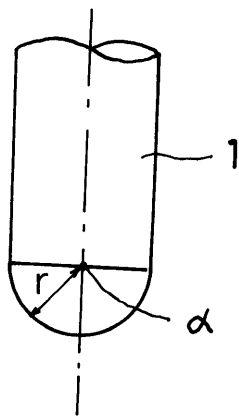
1 : ボールエンドミル (工具)

1 B : フラットエンドミル (工具)

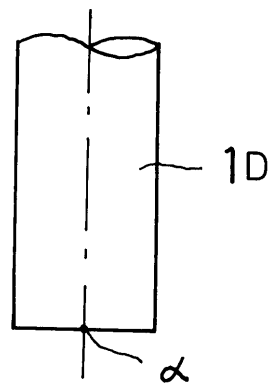
50

1 C : ラウンドエンドミル (工具)

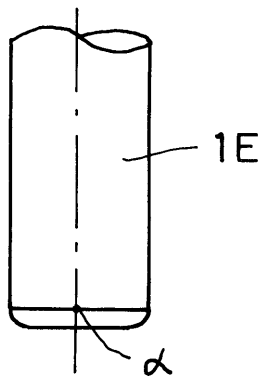
【 図 1 】



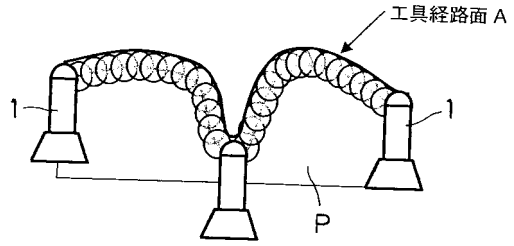
【 図 2 】



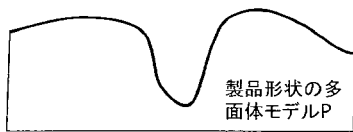
【 図 3 】



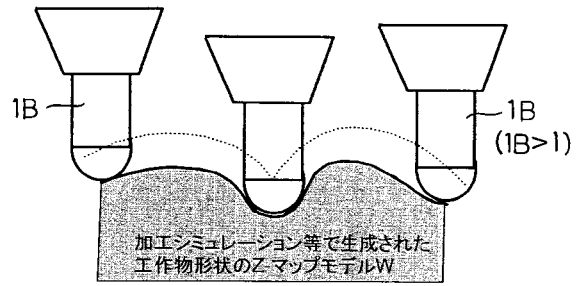
【 図 5 】



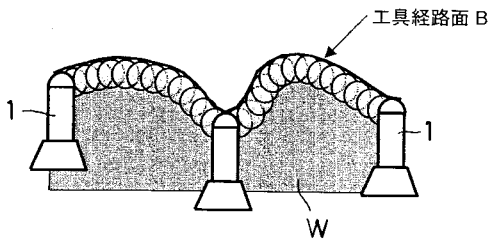
【 図 4 】



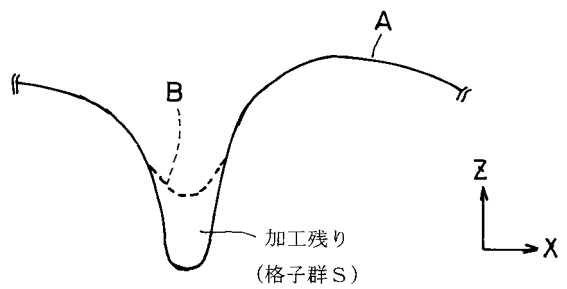
【 図 6 】



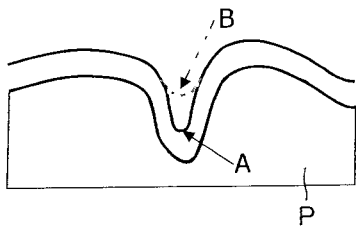
【 図 7 】



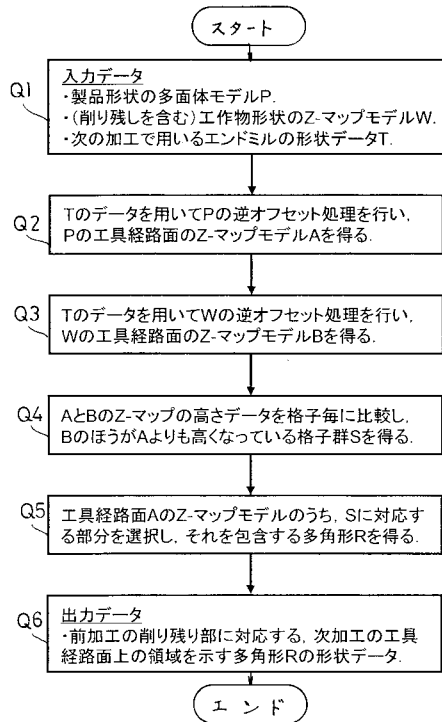
【 図 9 】



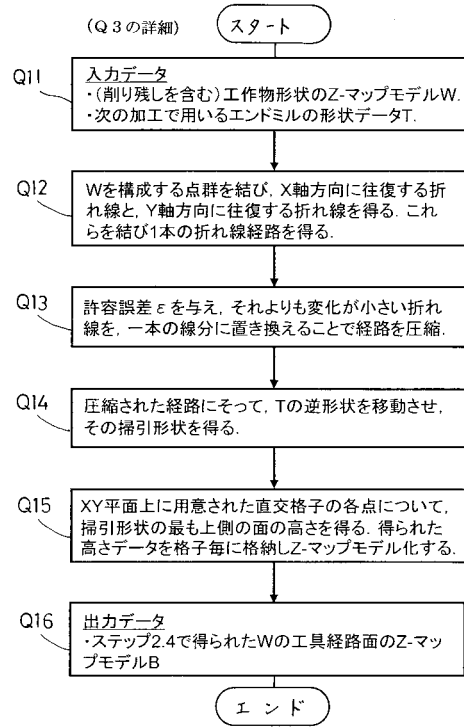
【 図 8 】



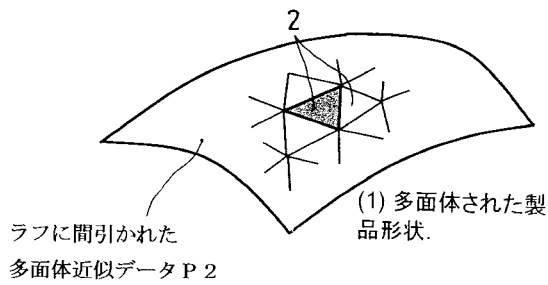
【 図 1 0 】



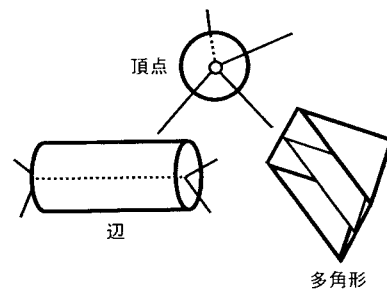
【 図 1 1 】



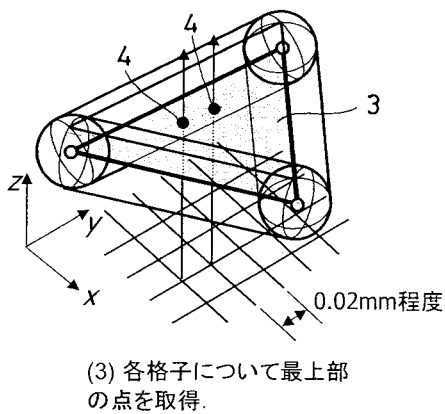
【 図 1 2 】



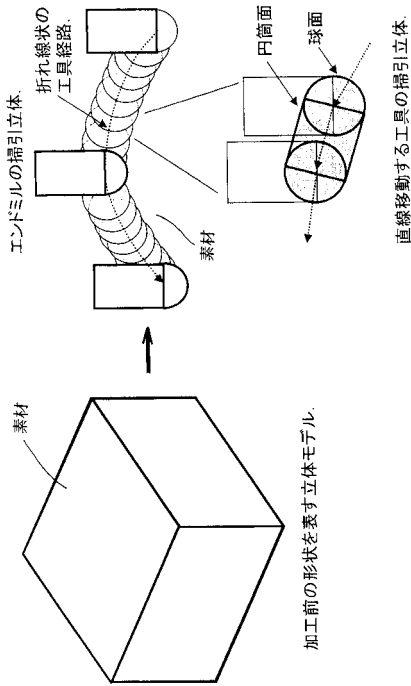
【 図 1 4 】



【 図 1 3 】

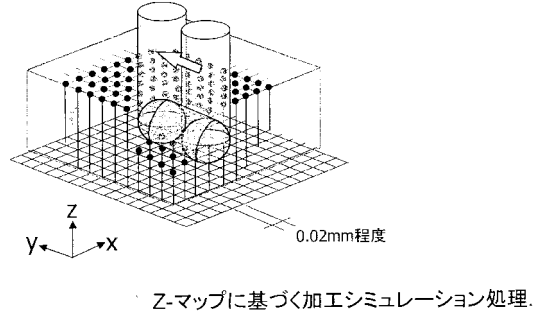


【 図 1 5 】

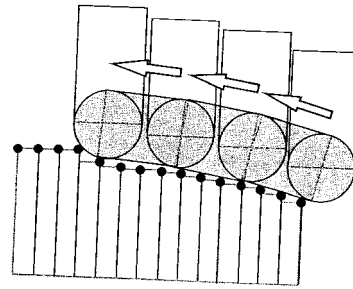


切削加工シミュレーションによる工作物モデルWの生成のあらまし.

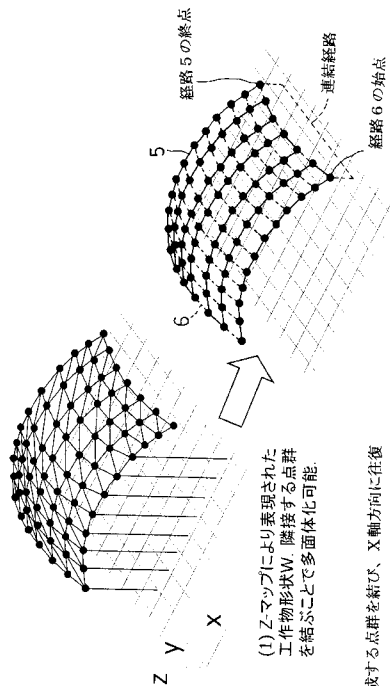
【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



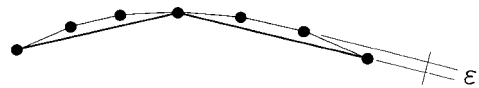
【 図 2 0 】



(1) Z-マップにより表現された工作物形状W、隣接する点群を結ぶことで多面体化可能。
 Wを構成する点群を結び、X軸方向に往復する折れ線と、Y軸方向に往復する折れ線を得る。これらを結び一本の折れ線状の経路を得る。

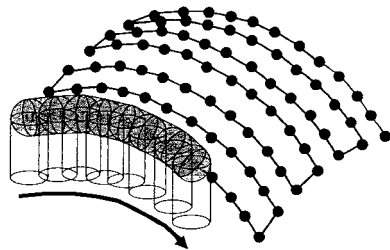
(2) 点群をX軸(もしくはY軸)にそって結ぶことで得られる折れ線状の経路。

【 図 2 1 】



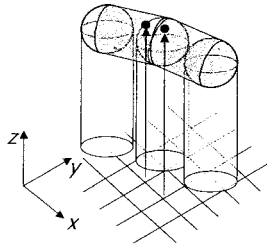
折れ線状の経路の圧縮。許容誤差εを指定して、それよりも形状変化が小さい折れ線を一本の線分に置き換える。

【 図 2 2 】



経路に沿って逆形状のエンドミルを移動させその掃引形状を定義する。

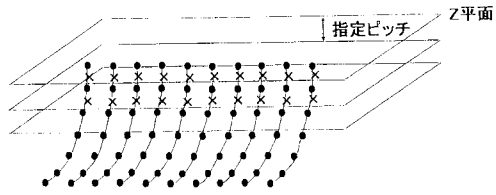
【 図 2 3 】



XY平面上に直交格子を用意し、
各格子点について、掃引形状の最も上側の点を得る

【 図 2 4 】

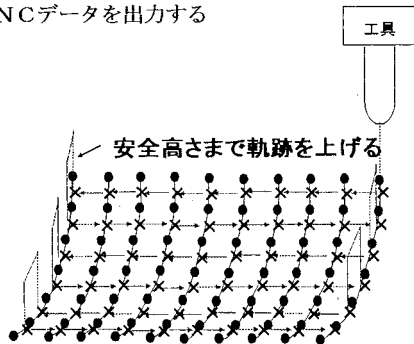
削り残ったオフセット面上点と
Z平面との交点を求める



【 図 2 6 】

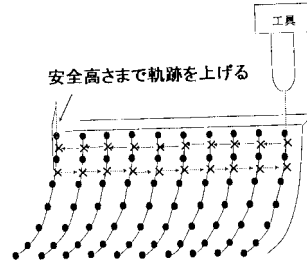
OUTPUT情報

削り残した領域に生成した
NCデータを出力する

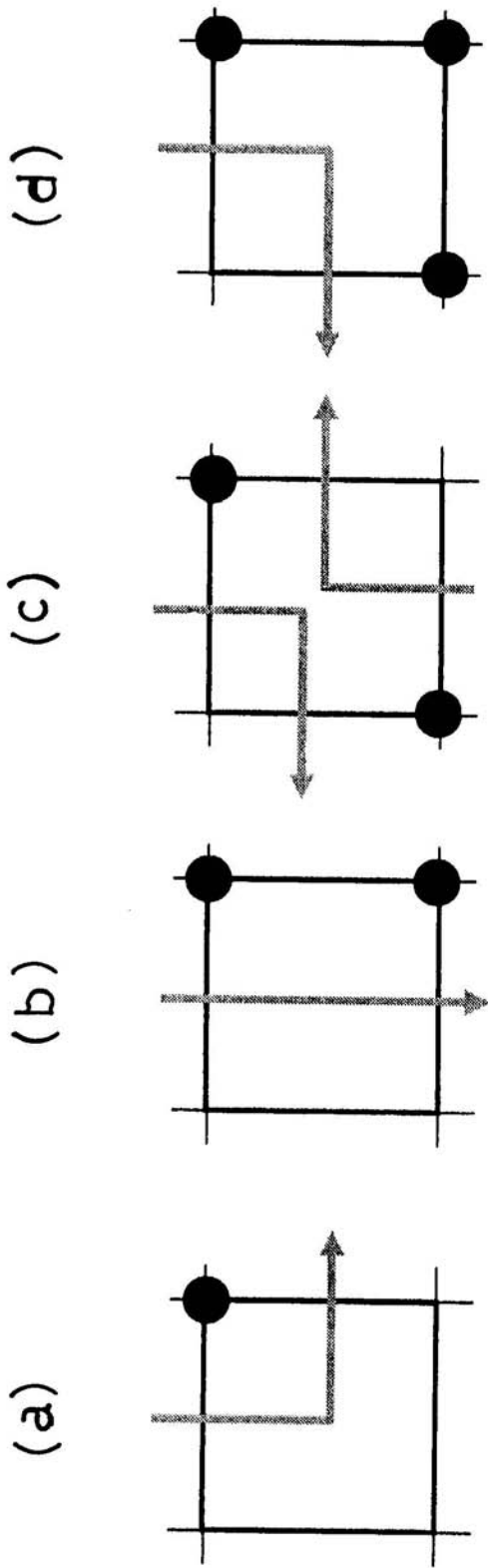


【 図 2 5 】

1平面上で、近い順に交点をつなぎ、
Z値が変わる場合、工具が周囲の形状と
干渉しない安全Z高さまで軌跡を上げてつな
ぐ

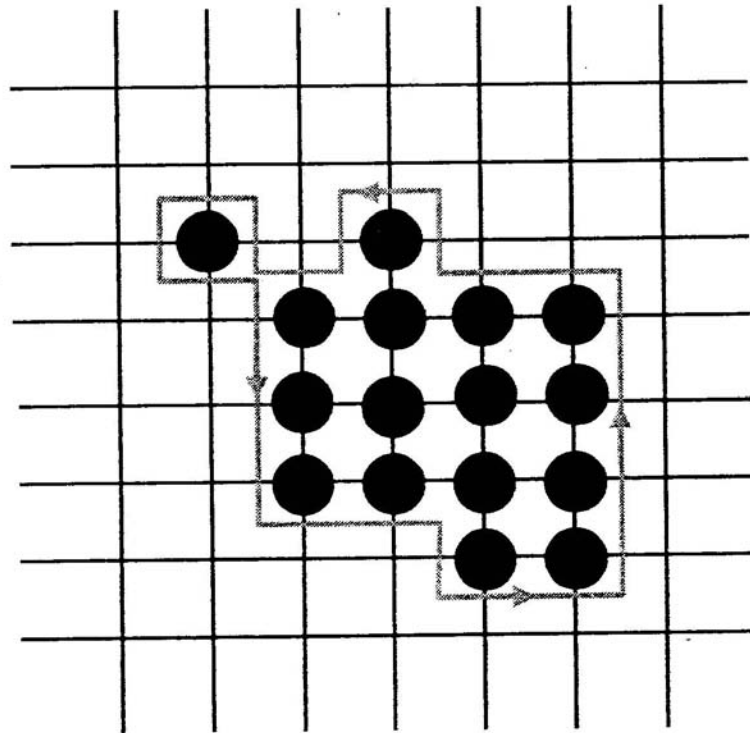


【 図 1 8 】



(1)多角形Rの周囲の頂点列を辿る基本ルール.

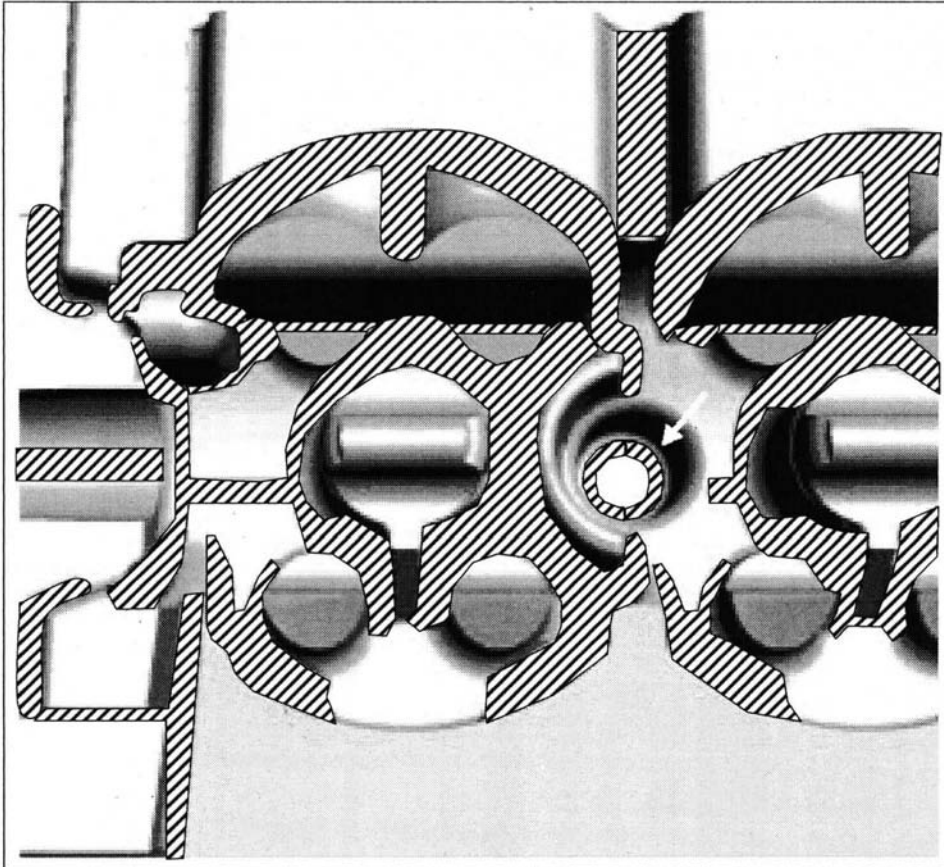
【 図 1 9 】



(2) 多角形Rの抽出例.

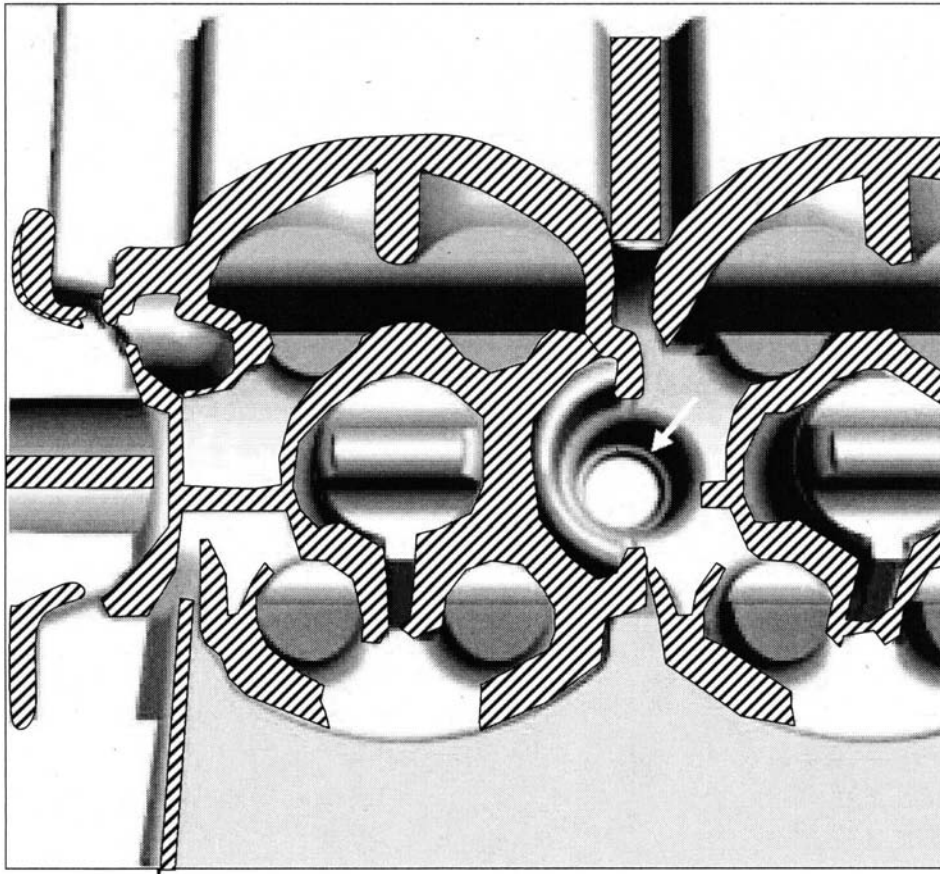
Sに対応するAの点群を包含する多角形Rの生成

【 図 2 7 】



(1) 軸半径5mm, 切れ刃半径2mmのラジラス工具による切削加工で生じる削り残り.

【 図 2 8 】



(2) 削り残り領域を、半径2mmのボールエンドミル加工のための工具経路面に投影した結果.