

等高線データに基づいた5軸制御加工

函館工業高等専門学校 ○筒井直山田誠

要 旨

本研究では5軸制御工作機械により、3次元形状を高能率かつ高精度に加工するための方法について検討する。本報では、5軸制御マシニングセンタにおいて、等高線データを加工するための面定義について考察し、それをもとに加工データを作成する手順を示す。

1. 緒言

5軸制御工作機械は、3軸制御工作機械に比べ複雑な形状に対応でき、一度の取り付けで多面への加工が可能である。よって設置誤差による精度低下を防止することにもつながり高能率、高精度な加工が出来るといった利点がある。

そこで本研究では、5軸制御マシニングセンタにおいて与えられた等高線データを加工するために加工面をどのように定義するか考察し、それをもとにして加工データを作成する手順を示す。

2. 加工までの流れ

2.1 使用工具の選定

平面の加工を行なう際に、エンドミルの先端部を切削として用いた場合、加工は可能であっても効率的とは言いがたい。そこで、エンドミルの側面切削刃を用いて切削加工を行えば、平面に限らず効率的でかつ仕上げ面粗さの良い加工が可能になる。^[2]しかし、場合によっては凹面の切削が不可能になるなど使用範囲は限定される。だが、粗加工と考えた場合、エンドミルの工具特長を重視した方が効率的であると考えフラットエンドミルの側面切削刃での加工を想定した。

2.2 等高線データの対応付け

等高線データは山の地形を表わすのに用いられる。そこで、与えられた等高線データから無作為に離散データを取り、B-spline 補間した。しかし、一般的にそれぞれの等高線間には関係付けられていない。その為

実際に加工するための加工面の定義をする必要があり、そのためにそれぞれの等高線間の対応関係が必要になる。そして、これらの等高線間の対応づけをするために次の手順で行った。

1) 求めたデータをB-spline 補間した等高線の中から代表となる2本の線をそれぞれ楕円と見たてる。その2つの楕円の弧を同じ割合で等分する。2) この中の1区間内の弧を等距離に任意の数に分割する。その分割点を2本の線上に取り、対応する点を直線で結び、この直線を基準線とする。3) これらの線と各等高線の交点を求める。4) 交点の求め方としては、B-spline 関数により各等高線上の交点を近似して求める。同様に他の区間においても交点を求める。

2.3 加工面の定義

基準線上で得られた各交点と下部代表等高線上の点とのベクトルを求める。そして、 xy 平面との為す角度を θ とする。そして θ の最も大きいベクトルを加工点群とする(図2参照)。他の基準線においても同様に加工点群を求め、図3に示すように加工面を定義する。

2.4 工具の干渉回避

多軸制御による加工において工具の干渉回避は、不可欠なこととなる。工具との干渉は種々あるが、ここでは工具と加工対象物との間に起こる干渉を回避しつつCLデータを生成する方法を考える。

先に述べた通り、粗加工と考えるので、すべての凹部に対して加工点を飛ばして次の加工点までフラットに加工することにより、工具干渉回避が可能になる。

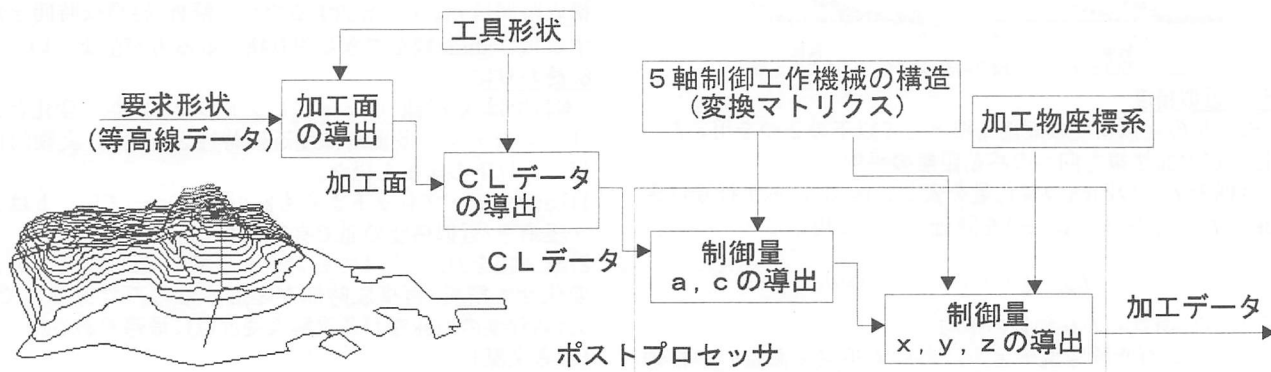


Fig. 1 加工データの導出手順

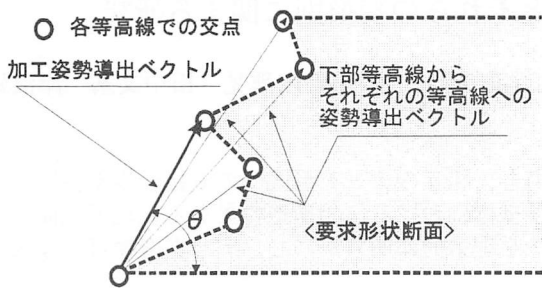


Fig. 2 加工点群の定義

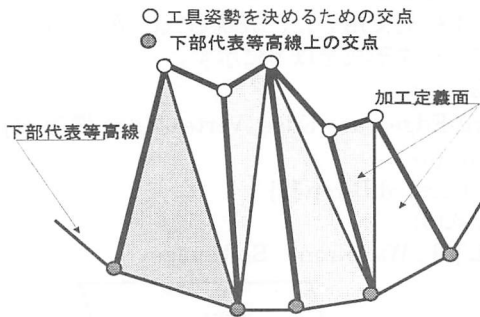


Fig. 3 加工面の定義

2.4 工具姿勢制御量の導出

工具姿勢制御量とは、X軸およびZ軸回りの回転軸の制御量であり、工具軸ベクトル (Tx, Ty, Tz) から求められる (図4 参照)。

今回使用する5軸制御マシニングセンタは図5に示すテーブルチルト型でX軸回りの制御量をa, Z軸回りの制御量をcとしている。制御量a, cは式(1), (2)で工具軸ベクトルから導出する事が出来る。

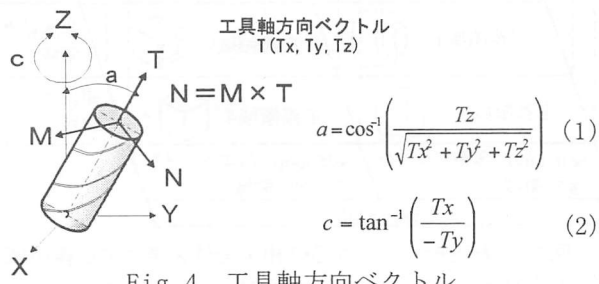


Fig. 4 工具軸方向ベクトル

2.5 オフセット処理

5軸制御マシニングセンタで使用する工具はすべて回転工具であり、側面切削で加工するためCLデータを作成する際に、オフセットが必要になる。3軸制御マシニングセンタの場合、工具半径分を各軸の座標値に加減すればよいが、5軸制御マシニングセンタでは二つの回転軸を持つため、単純には計算できない。そこで、工具軸ベクトルと運動方向ベクトルとに垂直な方向をオフセット方向とした。工具の運動方向のベクトルをMとし、工具軸方向のベクトルをTとすると、オフセットベクトルNはこれらの外積から求められる法線ベクトルとなり、オフセット量はその大きさとなる。

2.6 工具位置制御量の導出

5軸制御マシニングセンタは図4に示すような制御量及び座標系を持っている。実際に加工する場合、加工物座標系の原点と機械座標系の原点との差により生じる工具運動のずれを補正しなければならない。そこで工具姿勢制御量(a, c)を決定し、X, Zの回転軸との距離を求め機械座標系に変換し、以下に示す1次座標変換マトリクスで位置制御量を導出した。a, cを回転2軸の制御量とし、加工物座標系に工具原点の動きを[X, Y, Z]^T, 制御量を[x, y, z]_Tで表わすと次式に示す通りになる。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -X_c \\ 0 & 1 & 0 & -Y_c \\ 0 & 0 & 1 & -Z_a \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos c & -\cos a \sin c & \sin a \sin c & -y_a \sin c \\ \sin c & \cos a \cos c & -\sin a \cos c & y_a \cos c \\ 0 & \sin a & \cos a & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

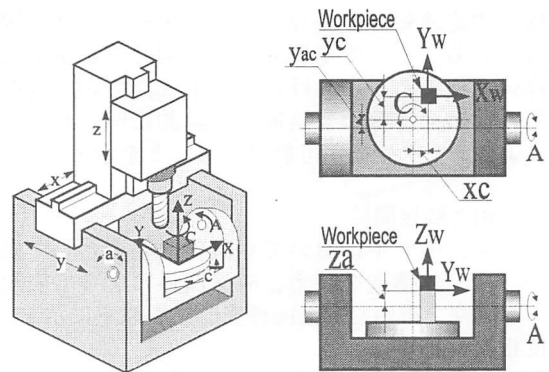


Fig. 5 5軸マシニングセンタの座標系と構造

- Yw, Xw, Zw : ワーク (加工物) 座標系
- Yc, Yac, Xc : ワーク座標系中心から c 軸との距離
- Za : ワーク座標系中心から a 軸との距離
- A, C : 回転2軸

3. 結言

等高線データを基に5軸マシニングセンタにより加工するため次のことを行なった。

- (1) 等高線データから面を生成するためにデータ間の関係の関連付けの方法を提案した。
- (2) 上記より工具姿勢制御量, 工具位置制御量を導出し, 加工データを作成した。

参考文献

- 1) 竹内芳美, 森重功一, 横山信人, 久木達也: 側面切れ刃工具による5軸制御加工
- 2) 竹内芳美, 清水弘幸, 出村健, 渡辺隆弘, 伊藤哲也: ソリッドモデルに基づく5軸制御加工