

函館工業高等専門学校
北海道大学 工学部

○ 山 田 誠
田 中 文 基 岸 浪 建 史

要 旨

5 軸制御マシニングセンタによる加工にとっての、目的形状の定義法およびそのポストプロセス処理を確立することが本研究の目的である。本報では、5 軸制御加工における形状特徴に基づいて、目的形状から加工データを生成するプロセスを解析する。また、加工データを得るための形状の定義法について考察し、形状創成理論に基づいた加工データ生成手順を示す。

1. 緒 言

工場設備の高度化に伴って、複雑な形状を単純な工具で高効率・高精度に加工する事ができる5 軸制御マシニングセンタ (MC) が使用されてきている。しかしながら、5 軸制御MCの使用は、利用者にとって未だに容易なものとはなっていないのが現状である。その理由として、加工形状の定義が、高級なCADシステムに依存しているとういことがその一つとして挙げられる。これまで、5 軸制御マシニングセンタ (MC) に関して、その機能的な構造の分類法²⁾³⁾と簡易的な形状定義法に関する研究が行われてきた。これらの研究はいずれも工作機械の機能的なモデルである形状創成関数¹⁾をもとにその解析を行っている。

本研究においては、5 軸制御加工において、工具とその運動により得られる加工特徴面を基本として、5 軸制御加工における目的形状から形状定義・ポストプロセス処理を経て加工データを得るプロセスの解析を行う。また、加工データを得るための形状の定義法について考察し、形状創成理論¹⁾に基づいたポストプロセッサ構築に関する考え方から、加工データを生成する手段を示す。

2. 形状定義から加工までの流れ

工作機械の構造と工具切り刃形状から、形状創成関数が得られ、これに運動拘束と包絡拘束を与えることにより、加工形状が得られる。即ち、工具切り刃形状と工具運動によって、工作機械の加工特徴面が得られる。5 軸制御の場合、工具姿勢をあらゆる方向にとることができるため、この形状特徴は数多く存在する。

ある要求形状(CAD Model)が与えられたとき、その形状を加工する際、加工手段を考慮した形状を再定義する必要がある。図2に示されるような切り刃形状に、運動拘束が与えられて加工特徴面が形成される。この加工形状特徴を考慮して、加工のための形状定義がされるべきである。5 軸工作機械の場合、この特徴面により形状定義する事ができると、特に高効率な加工を実現できる。加工形状が定義されたならば、それをメインプロセッサに入力として与えることにより、ワーク座標系における工具運動を表すCLデータが生成される。この際、工具姿勢を決めるために、加工特徴が基準となる。得られたCLデータをポストプロセッサに入力として与えることにより、工作機械の構造を基準として、加工データが導出される。

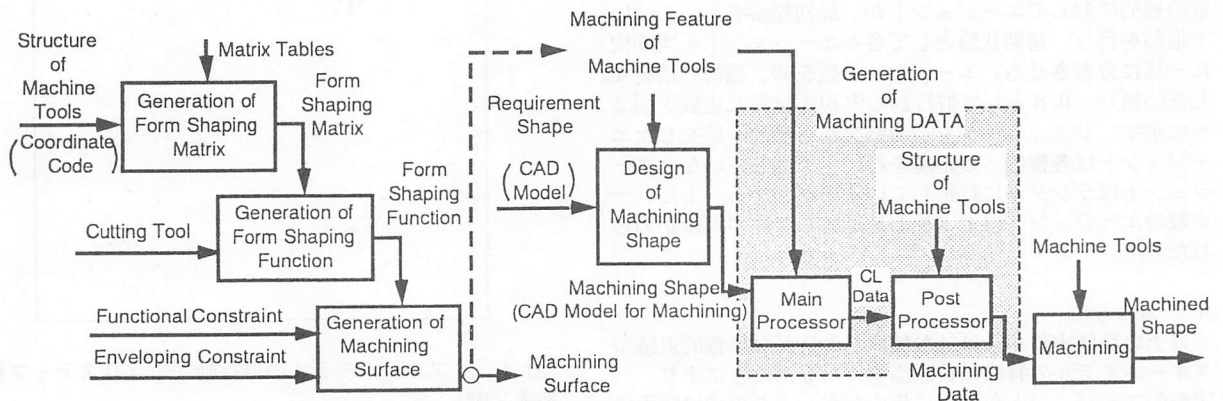


Fig. 1 Procedure for Generation of Machining Data

3. 加工データの導出プロセス

3.1 加工形状の定義

パーソナルな環境において、5軸加工の工具経路データ(CLデータ)を作成するにあたっては、その位置と姿勢に関する情報が容易に得ることができなくてはならない。そのためには、その要求形状から、加工定義形状を同定する際に、形状特徴を考慮する必要がある。本報では、工具切り刃の特徴を考慮した形状モデリングを行った。エンドミルの側面を利用する場合の加工では直線切り刃と想定して、空間に設定した2平面内で2次元の形状を定義し、それぞれの対応点をとることによってそれを切り刃形状として、加工形状を定義した。2平面内において曲線を定義することにより、それぞれの制御点で対応付けさせ、工具姿勢を導出することができる。また、正面フライスおよび、フラットエンドミルの底面での加工では、形状をNURBS曲面で定義し、その曲面のそれぞれの加工点における法線ベクトルにより、工具姿勢を決定することとした。

3.2 加工データの導出

形状データより得られたCLデータより、工具の姿勢が得られ、回転2軸の制御量が決定し、それを形状創成マトリクスに適用することにより、工作機械の並進駆動系の制御量が決定する。今回、対象とする5軸

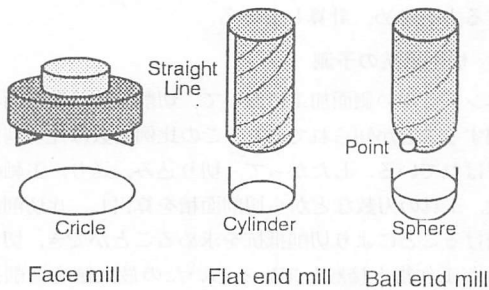


Fig. 2 Shape of Cutting Tools

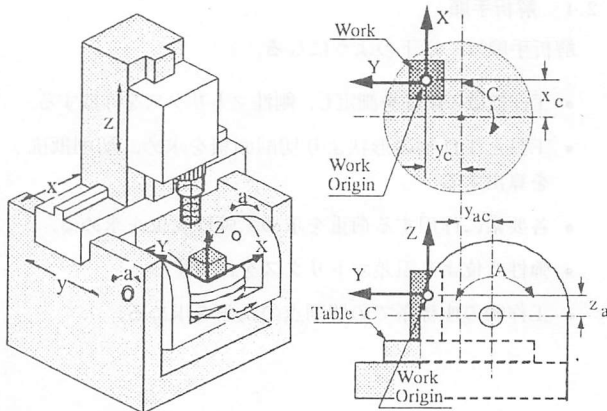


Fig. 3 5-Axis Controlled Machining Centre.

MCは図3に示すようなテーブルに回転軸(A, C軸)を有するものとする。位置制御をする場合、回転2軸間の距離もFSマトリクスの中に考慮して導出しなければならない。図3に示すようにWorkを取り付けた場合、形状創成マトリクスは式(1)となる。

$$A_{FS} = A_{(yc)}^2 A_{(xc)}^1 A_{(cy)}^6 A_{(yacy)}^2 A_{(zay)}^3 A_{(ay)}^4 A_{(yy)}^2 A_{(xy)}^1 A_{(z)}^3 \quad (1)$$

A^1, A^4, A^3 はそれぞれ x, y, z 軸方向の並進運動を、 A^4, A^6 は、それぞれ x, z 軸回りの回転運動を表すマトリクスである。

Work座標系における工具原点の動きを[X, Y, Z], 制御量を[x, y, z]で表すと、式(1)から式(2)が導出される。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -x_c \\ 0 & 1 & 0 & -y_c \\ 0 & 0 & 1 & -z_c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos c \cdot \cos a \sin c \sin a \sin c \cdot y_{ac} \sin c \\ \sin c \cos a \cos c \cdot \sin a \cos c \cdot y_{ac} \cos c \\ 0 & \sin a & \cos a & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

位置制御量を得るため、式(2)を式(3)に変換する。

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos c & \sin c & 0 & 0 \\ -\cos a \sin c \cos a \cos c \sin a & -y_{ac} \cos a \\ \sin a \sin c & -\sin a \cos c \cos a & y_{ac} \sin a \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X+x_c \\ Y+y_c \\ Z+z_c \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

加工形状から工具姿勢制御量(a, c)が決定すると、式(3)から、位置制御量[x, y, z]を導出することができる。これにより加工データが決定する。

4. 結 言

5軸制御MCの目的形状から形状定義、加工データ作成・加工プロセスに到る解析を行い、

- 1) 簡易的な5軸制御用の加工形状を定義する手段の一方法について示した。
- 2) 工作機械の形状創成理論に基づいた加工データの生成法について記した。

参 考 文 献

- 1) D. N. Reshtov, V. T. Portman, *Accuracy of Machine Tools* (1988), 25, ASME PRESS.
- 2) 山田他, 5軸工作機械の機能表現について, (1992)精密工学会秋季大会講演論文集
- 3) 坂本他, 5軸マシニングセンタの創成運動解析, 日本機械学会論文集 59-561 C(1993-5)
- 4) 山田他, 5軸工作機械の構造表現法と加工特徴面について, 日本機械学会第72期全国大会論文集
- 5) 竹内他, 側面切れ刃工具による5軸制御加工, 精密工学会誌 Vol. 60., No. 8, 1994