

1. はじめに

3次元曲面のNC加工では工具-材料間の干渉、NCプログラムにおけるカッターパスの生成などが重要な問題となる。ボールエンドミル加工はこれらの点で有利なため多く用いられている。しかしボールエンドミルは工具形状の制約から加工能率が低く、特に取代の多い加工には不向きである。

本報では加工の高能率化を目的として、ラジラス正面フライス（丸駒チップを使用した正面フライス）を用いた曲面加工方法の開発を行い、比較的变化のゆるやかな曲面の加工に実用化したので、その内容について報告する。

2. NCデータ生成の基本的考え方

正面フライスは、工具径が大きくなり曲率半径が工具半径より小さな面には削り残しが生じ不向きであるため、比較的变化のゆるやかな曲面を加工対象とする。また面加工用の工具形状の特性から3軸同時制御による加工は難しい。従ってZ軸を一定値としてX-Y平面上で加工を行う等高線状の加工を基本とする。

ボールエンドミル加工は、多くの円弧で仕上形状に近似した形状を作る加工方法であり、仕上形状に対してはボールエンドミルの先端の1点のみが接した状態での加工となる。一方ラジラス正面フライスの場合、丸駒チップの取付部のみを局所的に見ると、その断面はボールエンドミルの先端と同じと考えることができる。そこで等高線状の加工において、図1に示すように丸駒チップと同じ直径のボールエンドミルが曲面上を移動していく時の工具中心の各点における法線の方向を求め、ラジラス正面フライスの切刃半径だけオフセットすれば、ボールエンドミル加工によって得られる曲面と同様の曲面がラジラス正面フライスの加工によっても得ることが可能となる。

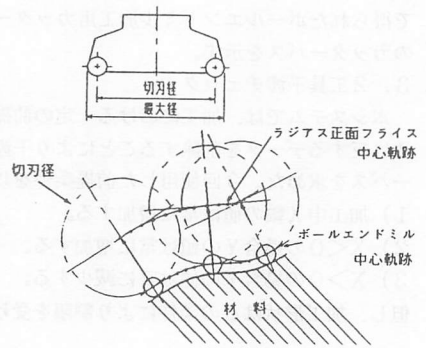


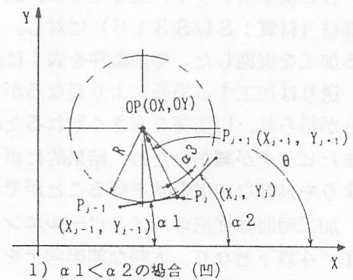
図1 NCデータ生成の基本的考え方

3. ラジラス正面フライス加工用NCデータの生成

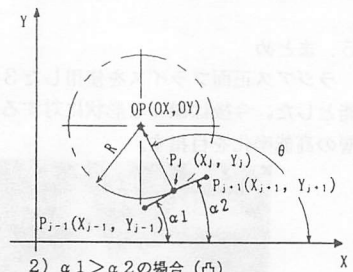
3.1 オフセットデータの算出方法

市販されている3次元自動プログラミングシステムを利用し、ボールエンドミル加工用NCデータを生成した後、このデータをラジラス正面フライス加工用に変換する。使用した自動プログラミングシステムはCAMSTAR-3Dである。

自動プロで得られるデータは、ボールエンドミルが曲面上を直線補間で加工していくものである。ここで得られた座標値データをそのまま利用し、オフセットしようとするデータの前後の関係より、オフセットベクトルを求め、座標値の変換を行う。今オフセットしようとする点を $P_j (X_j, Y_j)$ とし、その前の点を $P_{j-1} (X_{j-1}, Y_{j-1})$ 、その次の点を $P_{j+1} (X_{j+1}, Y_{j+1})$ 、 P_{j-1} から P_j へ向かう単位ベクトルを \vec{a} 、 P_j から P_{j+1} へ向かう単位ベクトルを \vec{b} 、オフセット方向のベクトルを \vec{n} とすると、図2に示すように工具中心位置 $OP(OX, OY)$ 、



1) $\alpha 1 < \alpha 2$ の場合 (凹)



2) $\alpha 1 > \alpha 2$ の場合 (凸)

図2 オフセットデータの計算法

1) $\alpha 1 < \alpha 2$ (凹) の場合

$$\vec{n} = \vec{b} - \vec{a}$$

$$(n_x, n_y) = (\cos \alpha 2 - \cos \alpha 1, \sin \alpha 2 - \sin \alpha 1)$$

$$\cos \theta = n_x / |\vec{n}| \quad \sin \theta = n_y / |\vec{n}|$$

$$\alpha 3 = (\alpha 2 - \alpha 1) / 2$$

$$OX = X_i + (R / \cos \alpha 3) \times \cos \theta \quad OY = Y_i + (R / \cos \alpha 3) \times \sin \theta$$

2) $\alpha 1 > \alpha 2$ (凸) の場合

$$\vec{n} = \vec{a} - \vec{b}$$

$$(n_x, n_y) = (\cos \alpha 1 - \cos \alpha 2, \sin \alpha 1 - \sin \alpha 2)$$

$$\cos \theta = n_x / |\vec{n}| \quad \sin \theta = n_y / |\vec{n}|$$

$$OX = X_i + R \times \cos \theta \quad OY = Y_i + R \times \sin \theta$$

但し、 n_x 、 n_y はベクトル \vec{n} の成分である。また図3に自動プロで得られたボールエンドミル加工用カッターパス、図4に変換後のカッターパスを示す。

3. 2工具干渉チェック

本システムでは、加工における一定の前提条件を決め、この条件に反するデータを削除することにより干渉回避を行ったカッターパスを求めた。今回使用した前提条件を以下に示す。

- 1) 加工中X軸の値は常に増加する。
- 2) $X < 0$ の場合Yの値は常に増加する。
- 3) $X > 0$ の場合Yの値は常に減少する。

但し、加工形状はこの条件により制限を受ける。

4. 加工結果

NC横中刪フライス盤を使用し、図5に示す原子力発電用配管部材(材質:SUS316)に対し、ラジラス正面フライスによる加工を実施した。切削条件を表1に示す。

送りは加工する場所により異なるが、最大1000mm/minが得られ、切削幅を大きく取れるため荒取り工程が不要である。またピッチが細かいため、結果的にボールエンドミル加工の場合よりも良好な加工形状を得ることができた。

加工時間は従来のハイスボールエンドミル加工に比較して1/4以下となり、大幅な能率向上を可能とした。加工状況及び加工形状を図6、図7に示す。

5. まとめ

ラジラス正面フライスを使用した3次元曲面の高能率加工を可能とした。今後は様々な形状に対する本加工法の適用を図り、一層の高能率化を目指す。

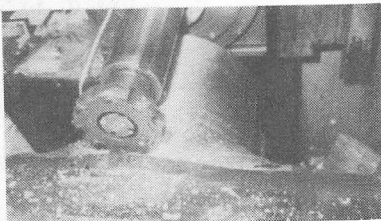


図6 加工状況

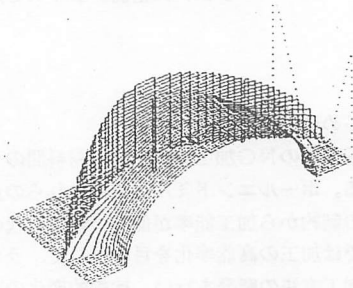


図3 ボールエンドミル加工用カッターパス

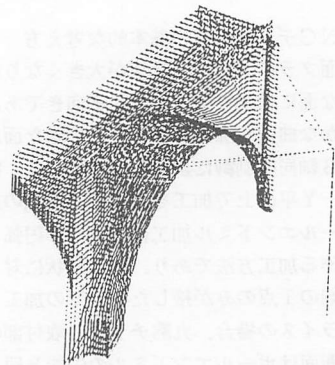


図4 ラジラス正面フライス用カッターパス

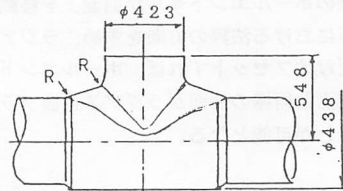


図5 製品形状

表1 切削条件

項目	ラジラス正面フライス	ハイスボールエンドミル(荒取り)
工具径	φ14.6mm	φ5.0mm
刃数	6枚	4枚
切削速度	100m/min	15m/min
送り量	520~1000mm/min	50mm/min
切削幅	2.5mm	1.8mm
切込み	4mm	2.0mm
切削排屑量	60cm ³ /min	1.8cm ³ /min

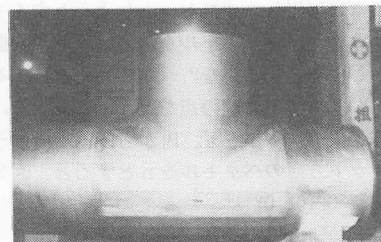


図7 加工形状