

1. 緒言

曲面を含む立体形状の3軸NC工作機械による加工において、任意工具形状に対するそのオフセット面の生成法として逆オフセット法<sup>1)</sup>を提案してきた。そのオフセット面はX-Y格子空間でその格子位置におけるZ座標値を記憶することにより表現されており、X、Y方向に関する精度は格子間隔に依存していた。本報ではオフセット面表現の高精度化を目的としてオフセット面を5方向からの記憶する方法を提案し、その手順について述べる。

2. 逆オフセット法の原理

形状加工における最小加工単位は物体を構成する点の加工作業である。図1に示すように空間上の任意の点Oを部品座標系(O-x, y, z)の原点、工具形状を工具座標系(o-X, Y, Z)上で、その形状をT(u, v)中心をoとする。そのときOの全周にわたってT(u, v)を接するように移動すると、両座標系の関係の間には式1)が成り立つ。

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -Tx \\ 0 & 1 & 0 & -Ty \\ 0 & 0 & 1 & -Tz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

したがって、工具中心点o(X=0, Y=0, Z=0)の部品座標系に対する移動軌跡は式1)より次式となる。

$$[x, y, z] = [-Tx, -Ty, -Tz] \quad (2)$$

ただし、TiはベクトルT(u, v)のi軸方向成分である。また一般には工具はZ軸に対して回転対称であるため、Tx=-Ty, Ty=-Tyである。したがって、式2)は次式となる。

$$[x, y, z] = [Tx, Ty, -Tz] \quad (3)$$

式3)は点Oを工具T(u, v)で全周加工するときのオフセット面はZ方向に対する逆向き工具形状となっていることを示している。要求面を構成する点においてこの逆向き工具形状を求め、その包絡体を記憶することに加工要求面のオフセット面を得ることができる。この手法を逆オフセット法と呼ぶ。図2に逆オフセット操作の概念を示した。一般のNC工作機械で用いる工具(エンドミル)は図3に示すように空間的に閉じていないため、その点の全周加工は不可能となり点の上半分しか加工できなく、結果としてZ-方向への半直線の加工と同等となるが、そのオフセット面は逆向き工具形状となっており逆オフセット法の適用が可能であることを示している。3軸NC工作機械で加工可能な形状はZ軸に対して一箇の面に限定されるため、この半直線のオフセット面の包絡体は形状全体を工具干渉なしで加工するためのオフセット面である。

3. オフセット面の記憶方法

3軸NC工作機械における加工において、点のオフセット面は逆向き工具形状であり、面のオフセット面は面を構成する点のオフセット面の包絡面であることを明らかにした。一般に包絡面の解析的導出は困難であり、結果として近似とならざるを得ない。この包絡面の記憶領域として格子空間を導入し、その格子空間内で点のオフセット面の記憶とその論理和演算を実行することにより、必要要求精度内で、オフセット面を記憶する手法を用いた。従来、その記憶方法はX-Y格子空間において格子点のZ方向の高さ情報のみを記憶することによる表現を採用していたため、Z方向に対する精度は保障できるが図4に示すようにオフセット面

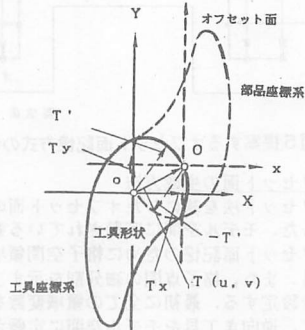


図1.点の加工における工具形状とオフセット面

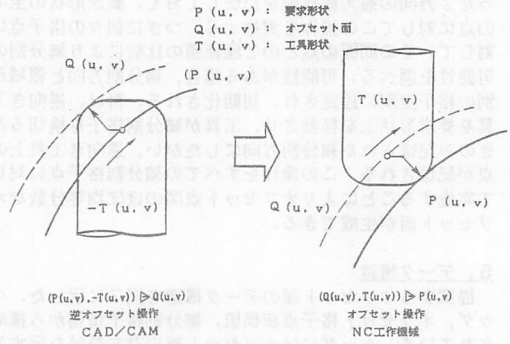


図2.逆オフセット操作の概念

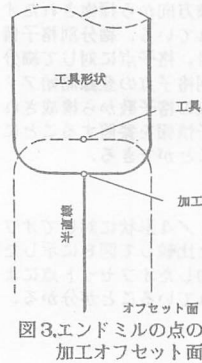


図3.エンドミルの点の加工オフセット面

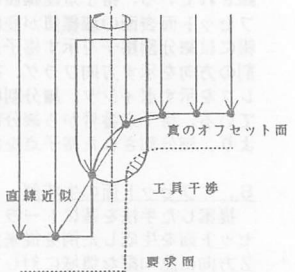


図4.オフセット面の直線近似誤差

がZ方向に急勾配な領域での精度は格子ピッチに依存していた。このためピッチ内で工具干渉が発生する可能性があった。これらを解消するためにオフセット面を従来の格子空間におけるZ情報のほか、必要に応じてX、Y方向からの情報を追加することにより高精度に記憶する方法を提案する。すなわち、オフセット点間でZ方向に設定値を越えた場合、自動的にその間を細分割するため他方向から求めたオフセット点が追加されることになる。これはオフセット面をX-Y, X-Z, Y-Z格子空間においてZ+, X+, X-, Y+, Y-方向からの座標値を記憶するため、オフセット面を構成する点群がほぼ等間隔となり精度が軸方向に依存せず均一となる。その基本的な考え方を図5に示す。

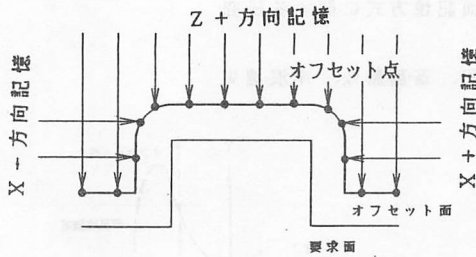


図5.提案するオフセット面記憶方式の考え方

#### 4. オフセット面の生成方法

逆オフセット法を基にしたオフセット面の生成原理を図6に示した。モデル空間に定義されている要求形状とは別個にオフセット面記憶のために格子空間領域(Z-Queue)を設定する。また、格子点間の細分割を示すフラグ、ポイント領域を設定する。最初に全ての領域変数を初期化する。つづいて、逆向き工具をモデル空間に定義された要求形状上の点を移動させる。そのとき逆向き工具がZ-Queueを横切ったZ方向の最大座標値を記憶しておく。要求形状の全ての点に対してこの操作を実施する。つぎに個々の格子点に対して、その周囲の点とのZ座標値の比較により細分割の可能性を調べる。可能性がある場合、細分割方向と領域が別の格子空間に設定され、初期化される。再び、逆向き工具を要求形状上を移動させ、工具が細分割格子を横切るときのみ記憶された細分割方向にしたがい、逆向き工具上の点が記憶される。この操作をすべての細分割格子点に対して実施することによりオフセット点間のほぼ均等分散なオフセット面が生成できる。

#### 5. データ構造

提案するオフセット面のデータ構造を図7に示した。ヘッダ、オフセット格子点座標値、細分割格子情報から構成されている。ヘッダにはオフセット面の存在領域を示すX-Y空間での最大、最小座標値データ、格子点ピッチが登録されている。格子点座標値は各軸方向から探索されたオフセット面表面の座標値が登録されている。細分割格子情報には細分割格子を示す格子点番号、格子点に対して細分割の方向を示す方向フラグ、細分割格子点の登録開始アドレスを示すポイント、細分割格子点の格子数から構成されている。格子点番号から細分割格子情報を参照することにより、細分割された格子点を得ることができる。

#### 6. オフセット面の生成例

提案した手法を基にトーラスの1/4形状に対してオフセット面を生成した例を従来方式と比較して図8に示した。Z方向に急勾配な領域に対して追加したオフセット点により高精度なオフセット面が生成されていることが分かる。

#### 7. 結論

以上、逆オフセット法のオフセット面記憶方式に関して、検討を行い、以下の結論を得た。

- 1) オフセット面情報を従来のZ軸方向の記憶方法に対して、必要に応じて細分割格子点をZ軸以外の方向から追加する方法を提案し、その手順を明らかにした。
- 2) 提案したオフセット面のデータ構造を示した。
- 3) その結果、オフセット面を構成する点群をほぼ均等に分散することができ、それにより軸方向に依存しない高精度なオフセット面の表現が可能となり、その効果をグラフィックディスプレイ上で確認した。

#### 参考文献

- 1) 逆オフセット法を基にした形状加工処理(JSPE-54-04)

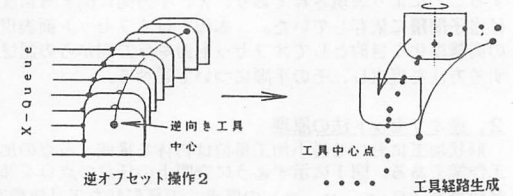
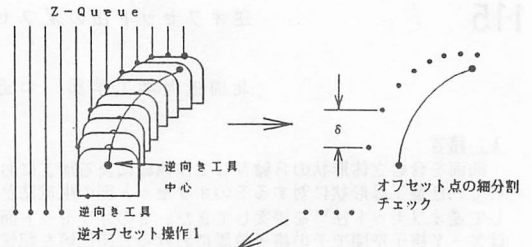


図6.オフセット面の生成原理

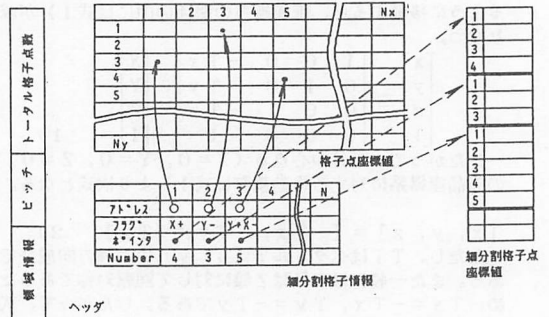


図7.オフセット面のデータ構造

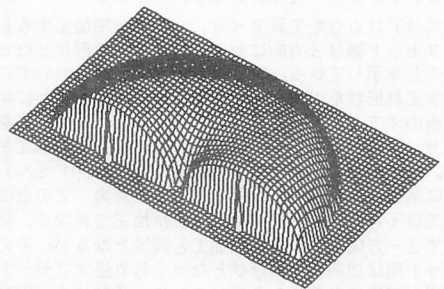


図8-a)従来方式のオフセット面形状

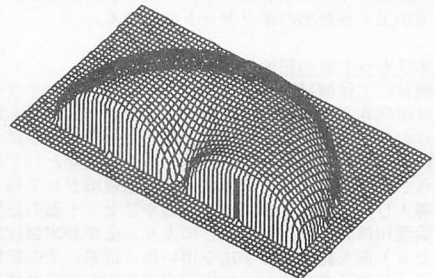


図8-b)提案するオフセット面形状