

## 2 マクロ利用による簡易 CAD/CAM システムの開発研究 (第一報)

機械部 大塚 裕 俊

### 1 はじめに

現在コンピュータ利用技術の進展に伴い、数値制御 (NC) 工作機械による加工・生産が末端まで普及している。

NC 工作機械の効率的利用のためには、プログラム (NC データ) のスムーズな作成が不可欠であるため、高性能の CAD/CAM システムが多く開発され市販されている。

しかし、汎用の CAD/CAM システムは数多くあるものの、一般に高価であり、利用者各々の目的に対して機能的にコンパクトな状態で用いられているとは言えない。すなわち CAD/CAM システムは、個々の現場においてその利用目的に合致した最小限度の機能を発揮するようなシステムであればそれで十分である場合が多い。

また、近年のハードの高性能化・低価格化により、このようなパーソナルユースの CAD/CAM システムを、安価なパソコンをハードとして実用的なソフトのモジュール化とそれによるマクロシステムの即成という方針で構成することが技術的に十分可能となってきた。

本開発研究では、そのような簡易型の CAD/CAM システムの実用的な基本的モジュールとなる構成要素について技術的に検討を加える。

なお、2次元～2.5次元モデルについては前年度研究報告等で検討済みであるので、3次元モデルを対象として報告する。

### 2 三次元曲面に対する工具経路の発生

CAD によって創成された三次元曲面に対する工具経路の発生については、曲面に法線を立てて工具半径分オフセットする方法、対象とする曲面に対してオフセット曲面を創成する方法等種々あるが、複数の曲面による複合曲面を取り扱う場合などでは、曲面の交線を求めるなどの必要から極めて複雑な操

作を必要とする。

そこでここでは完全な工具・干渉の回避をシンプルなアルゴリズムにより実現するため、工具投影分割法を採用する。

しかし、単純な工具投影分割法は分割数 (N) の2乗に比例して処理時間が増大するため複数 CPU による並列処理化などハード的な負担が大きくなる。

そこで単体のパソコンによる高速演算処理の実現のため剛接点探索によるソフト的な処理ステップ数の大幅な圧縮化をはかる。

工具投影分割法の原理について、図1に示す。

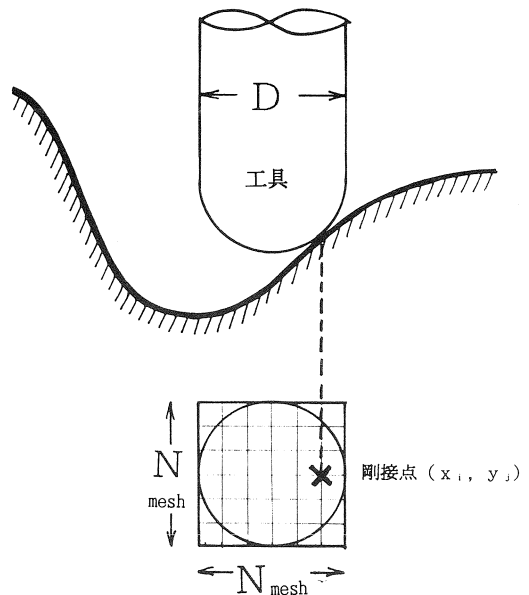


図1 工具投影分割法

曲面へ工具をZ方向に投影し、それを微小分割してそれぞれについての工具が接触するときのZ高さを求め、その最大値を工具のZ座標値 (ZO) とする。

この  $Z = ZO$  (最大値) となるときに剛接点 ( $X_1$ 、

$Y_j$ )では、 $aZ/aX=0$ 、 $aZ/aY=0$ 、 $a^2Z/aX^2<0$ 、 $a^2Z/aY^2<0$ が成立するが、工具（ボールエンドミル）が対象となる曲面に剛接しながら移動するとき、この剛接点は工具径に対し被加工面の曲率が十分大きい範囲では工具面上を連続的に移動する。

よって、1ブロック工具が移動した際の新しい剛接点は、直前の剛接点を基点として上記の条件を満たす点を探索すれば演算処理の上で最も合理的である。

ただし、被加工面の最小曲率Rが工具半径D/2よりも大きいときは、工具と被加工面の接触点は常の一つしかないが、 $R<(D/2)$ となるときは複数存在する可能性があるため接触点の総チェック又は工具面を複数の象限に分割し、各々の象限で探索を実施する等の方法が必要となる。

また、工具投影分割法においては、メッシュの分割数(N)、メッシュの分割幅(Δ)、工具径(D)、被切削曲面の最小曲率(R)によって切削面の曲面精度が決定される。

図2に最大誤差(Er)が生じる際の幾何学的関係を

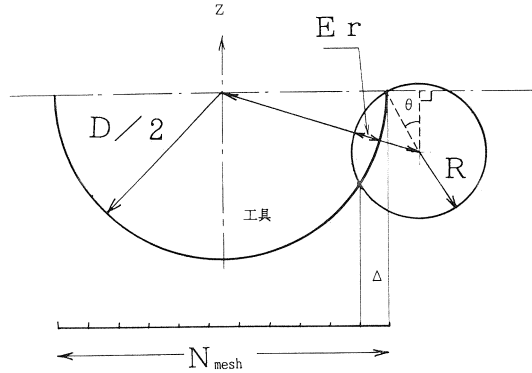


図2 工具（ボールエンドミル：径D）と被切削曲面（曲率R）

示す。ここでは、

$$Er = R + D/2 - (D^2/4 + R^2 + D * R * \cos\theta)^{0.5}$$

$$\cos\theta = (-2R + (4R^2 - N(4R^2 - N * D^2 + D^2))^{0.5}) / N * D$$

$$\Delta * N = D$$

なる関係があり、これを図3に示す。

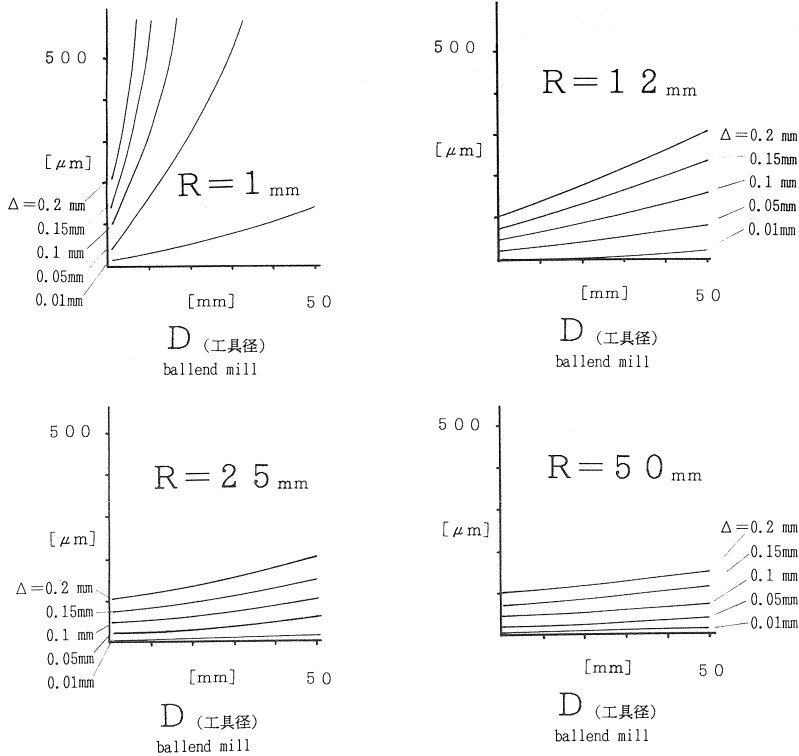


図3 工具投影分割法による誤差 (Er)

ただし、これは理論的な最大値であり実際の切削領域の大部分では誤差はErより大幅に小さい。

### 3 複合曲面のモデリング及び実切削

以上のように工具投影分割法を土台とし、剛接点探索を用いて演算処理を大幅に圧縮化する手法を用いて、実際のモデルとなる三次元曲面に対して工具経路を発生させた。

また、同時に複数の三次元曲面を対象とすることにより、工具干渉等の問題で処理の難しい複合曲面に対する工具経路の発生を試み、NC工作機械による切削を実施して同手法の有効性を検証した。

図4に2つの曲面からなる複合曲面に対する工具経路の軌跡を示す。

このケースでは単純な工具投影分割法で処理した場合に比べて処理時間が1/100以下となり、高速処理の可能性が実証された。

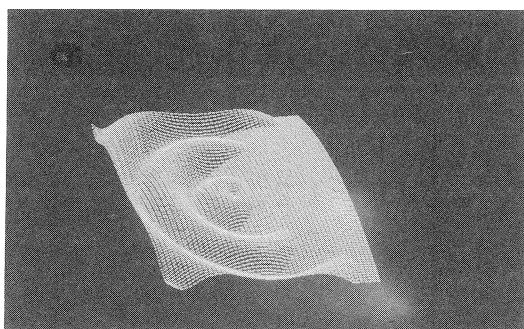


図4 複合曲面に対する工具経路

- (1)  $X^2 + Y^2 + Z^2 = r^2$
  - (2)  $Y = A \cdot \sin(B \cdot \sqrt{X^2 + Y^2})$
- 100×100点；D = 8mm；N = 100  
ハード：386CPU+387  
処理時間：約25分

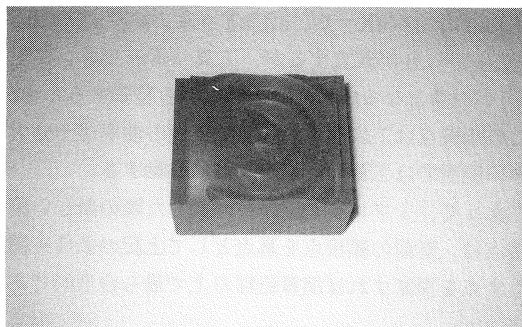


図5 切削例

同時にそのデータにより直接NC切削加工した例を図5に示す。なめらかな工具経路の発生、完全な工具干渉の回避等の点で成功している。

### 4 まとめ

必要最小限度のモジュールからなる合理的なシステムの構成のためには、各要素の有効性がまず検証されなければならない。

今回は三次元曲面を対象として、合理的な工具経路発生の手法の提案とその複合曲面への応用を実施し、その有効性を確認した。

### 参考文献

- 1) 加藤清敬、大島道隆：工具投影分割法及び並列処理による三次元曲面加工、精密工学会誌、56、4 (1990) 667
- 2) 呂恒正、三好隆志、斉藤勝政：P-map形状モデリング方式によるCAD/CAMシステムに関する研究、精密工学会誌、56、8 (1990) 1411