

## 工具切れ刃位置性能を考慮した 3+2 軸 NC 加工法の研究 - ファセットのグループ化とその工具経路生成 -

函館高専専攻科 ○樋渡晃弘、 函館高専 近藤 司

### 要 旨

本研究では、曲面を含む複雑形状の 3 + 2 軸 NC 制御加工における、工具姿勢決定問題を扱っている。これまでの成果では、工具姿勢評価マップを作成することで、良好な切れ刃位置で加工可能なファセットをグループ分けし、そのファセットごとに工具経路を生成した。本報では、グループ分けされたファセットの中から、隣接しているファセット同士で加工面のグループを作り、そのグループを一つの島として、その島単位群の工具経路の生成を行った。

### 1. 結論

近年、金型曲面などの加工作業は多軸 NC 工作機械が、工具としてボールエンドミルを使用するようになってきた。ボールエンドミルは切削速度が切れ刃位置により異なるため、最適な切削条件をもつ切れ刃位置が存在する<sup>[1]</sup>。そのため、常に最適切れ刃位置で加工を行うように工具姿勢を同時制御で行うのが理想であるが、種々の問題で現状はそうっていない。多軸制御工作機械の有効利用の一つとして、2 軸により工具姿勢を割り出し、工具移動を同時 3 軸制御で行う 3+2 軸 NC 加工がある。すなわち、複数の段取り替えの必要はあるものの自動工具軸制御が可能な場合、適切な切れ刃位置により加工を行うことができ、結果として良好な仕上げ面を得ることができると考えられる。

本報では、工具姿勢選択処理により決定された姿勢で加工されるファセット群に対して、連続加工可能な加工面グループの生成方法と加工面グループに対する工具経路生成方法を報告する。

### 2. ファセット単位での工具経路生成の問題点

加工形状を STL データとして出力することで、工具姿勢評価マップを用いて最適工具姿勢を選択することが可能となった。また、ファセット単位の工具経路では、ファセット数が増えるにしたがって、ファセット間の工具移動や工具経路の冗長性による工具経路長の増加となるほか、ファセット間の接続部分で加工模様の連続性が損なわれるなどの不利な点が起こる。これを解決するためには、連続する複数のファセットを一つの加工面グループとして構築することが望ましい。そこで、複数あるファセットを一つの加工面として構築して工具経路を生成することとした。

### 3. 加工面の構築

ある工具姿勢で加工可能と判別されたファセット群の中から任意のファセットを選び基準ファセットとする。それに隣接しているファセットを順に探索し、加工面グループを構築する。探索方法は、まず、基準ファセットの三辺の長さを計算し、同一工具姿勢グループ内のほかのファセットの三辺の長さと比較する。基準ファセットの辺のいずれかと一致した場合は隣接していると判定する。次に、隣接していると判定された場合は、基準ファセットと比較したファセットに置き換える。同様にして、新たに基準となったファセットに隣接するファセットを探し出していく。探索中、そのファセットに隣接しているファセットが見つからなくなった場合は、加工面グループの末端に到達したとして、一つ前のファセットに戻り、選択されなかった隣接ファセットへ分岐し、探索を再開する。このような処理を繰り返し、加工面グループの構築を行う。このとき、すべての分岐処理が終了していてもグループ内に選択されていないファセットが残っていた場合、そのファセットは「島」として新たにグループ分けする。

### 4. 島問題

島問題とは、工具姿勢評価マップ上では同じ評価値を持つファセットに分類されていても、実際には一度に加工しきれない位置にファセットが分布している状態にあることをいう。

たとえば、ある工具姿勢で加工されるファセットのグループがある時、加工するファセットの法線方向が同一であるにもかかわらず、別のファセットと隣接していないために、一工程では加工できない場合がある。このこ

とにより、「島」となったファセットは、ほかのファセットと同時に加工することができないことになる。

## 5. 島問題を考慮した工具経路の生成

選択された工具姿勢のグループの中には、二つ以上の島を持つグループがあると考えられる。そのため、この島問題を考慮した工具経路を生成する必要がある。各工具姿勢によって分類されたファセットのグループ内において、第3章で述べた方法によって「島」グループに分けられたファセットのみを組み合わせ加工面を構築する。

本報の工具経路生成は、加工するファセットのみを抽出し、島問題を解決した加工面グループに対する工具経路を生成する。加工面グループは任意の形状をしているため、形状の外周から中心部へ加工を進むように工具経路を生成する。

## 6. 細線化処理の適用

加工面グループに対して、形状の外周から中心部へ工具を進めるために、画像処理で用いられている「細線化処理<sup>[2]</sup>」を応用する。細線化処理は2値化図形から線幅1の中心線を抽出する操作である。その処理例を図1、2に示す。その処理過程は形状境界にあるピクセルを薄くはぎ取っていき最終的に中心部分(1ピクセル)になるまで繰り返す処理である。すなわち、薄くはぎ取っていく過程は徐々に加工を進めることと同等と考えることができ、本研究の対象となる任意形状である加工面グループを外周部から中心方向へ工具経路を作成するための処理との類似性は極めて高いと言える。

実験で用いた加工モデル形状を図3に、工具姿勢評価で2番目に良好な姿勢として選択されたファセット群を図4に、それらを工具姿勢方向から見た2値化画像を図5に示した。それらの画像を基に、細線化処理を適用し工具経路生成を行ったものを図6、7に示した。

## 7. 結論

工具姿勢評価マップから得られた、工具姿勢と加工可能なファセット群を用いて、加工面グループを構築し、ファセット単位ではなく複数ファセットでの工具経路生成法を考案した。任意形状を持つ加工面グループに対して画像処理で用いられる「細線化手法」を応用することで形状外周部から中心部への加工を進める工具経路生成を実現した。

## 参考文献

- [1] 山田他: 5軸NC工作機械による主軸傾斜曲面加工法に関する研究(第一報) 高能率金型加工のための最適割り出し角自動決定方法、精密工学会誌論文集、70-1, pp38, 2004
- [2] 酒井幸市: デジタル画像処理入門、コロナ社、pp47-50, 1997



図1. 細線化前

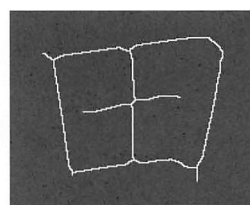


図2. 細線化後

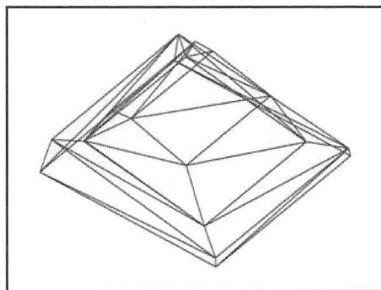


図3. 加工モデル

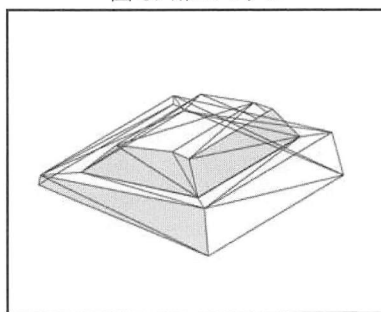


図4. 第二姿勢

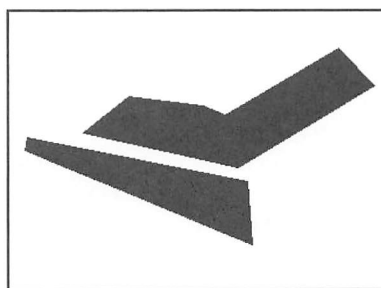


図5. BMP出力

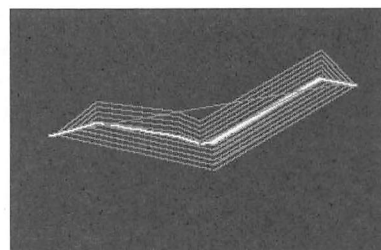


図6. 工具経路①

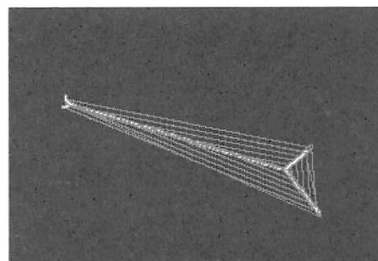


図7. 工具経路②