

工具切れ刃位置性能を考慮した 3+2 軸 NC 加工法の研究 -STL 形状データに基づく最適工具姿勢選択-

函館高専専攻科 ○樋渡晃弘、 函館高専 近藤司、山田誠
日本大学 白井健二

要 旨

本研究は、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う。工具は切れ刃位置により加工性能が異なるボールエンドミルを使う。また形状データには、ほとんどの CAD システムが出力データとしてサポートしている STL データを採用した。離散化した全工具姿勢に対する、形状を構成する 3 角形の法線から良好な切れ刃位置での加工可能性を判別し、工具姿勢評価マップを作成した。マップを基に良好な切れ刃位置で加工可能な面積を計算することにより、最適工具姿勢選択を実現した。

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。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。

本研究では、ほとんどの CAD システムが出力データとしてサポートしている STL を形状情報とし、その 3 角形要素（ファセット）に対して全ての工具姿勢に対する加工可能性を調べることで最適な工具姿勢の選択手法を提案する。

2. 工具姿勢と切れ刃位置の関係

図 1 に工具姿勢と切れ刃位置の関係を示した。また、良好な切れ刃位置をハッチングにより示している。3 軸制御工作機械など工具姿勢が固定の加工作業の場合、工具軸に対する加工面の傾斜に応じて工具の切れ刃位置が変化するため必ずしも高効率な切れ刃位置で加工されない（図 1a）。一方、加工面の傾斜変化に応じて、割り出しなどにより工具軸が制御可能な場合には、良好な切れ刃位置での加工が可能となる。本研究では、加工面はファセットで構成されていることを前提としているため、工具の切れ刃位置（角度）はファセットの法線ベクトル

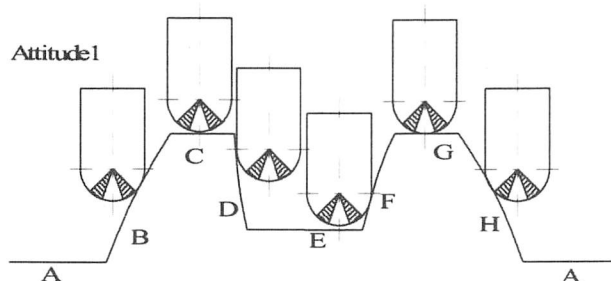


図 1a) 固定姿勢と切れ刃位置

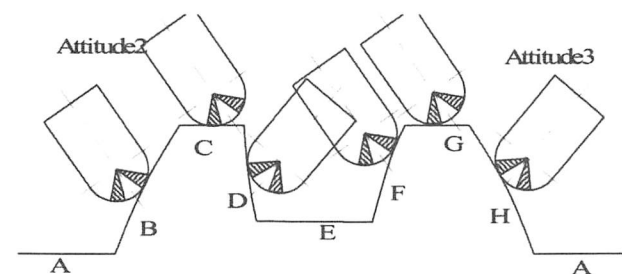


図 1b) 複数姿勢と切れ刃位置

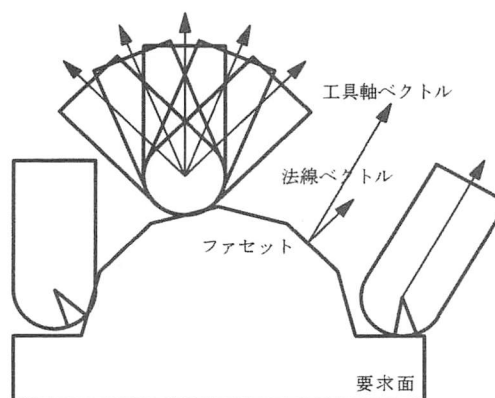


図 2 工具軸ベクトルとファセット法線

と工具軸ベクトルとの内積計算により容易に求めることができる(図 2)。

3. 工具姿勢評価

図3に工具切れ刃性能を考慮した最適工具姿勢選択の手順を示した。本研究では工具姿勢は適当な細かさで離散的に与えることにした。多軸制御加工では、評価対象となるファセットが加工可能であっても図4aに示すように、工具軸方向から見て他のファセットの影になっている、すなわち加工不能面となっている場合があるため、その認識のために工具干渉チェックが重要となる。本手法では、Zmap法を用いてその認識を行っている。工具軸がZ軸を向くように加工形状を座標変換し、格子とすべてのファセットの交点を求め、最大高さ(●)とそのファセット番号を格子に記憶する。格子に記憶されたファセット以外は干渉状態(○)にあると判別できる(図4b)。

工具姿勢毎に、非干渉状態であるファセットの加工効率性を調べ、工具姿勢評価マップを作成する。干渉ファセットには0を、切削能率が良好な切れ刃位置(工具軸に対して $\theta_1 \sim \theta_2$)で加工可能なファセットは1、それ以外は-1をマップに記憶する。

本報では、最適な工具姿勢を最も多くの面積を切削能率が良好な切れ刃で加工できる姿勢とし、以下の式で求める。

$$E_j = \frac{\text{高能率加工領域(面積)}}{\text{全体の面積}}$$

jは姿勢番号である。Eの最も大きい姿勢jを求めることで最適な工具姿勢が決定される。それ以降は加工済みのものを除いたファセットを対象にして順次姿勢を決定していくことで工具軸(工具姿勢)の割り出し順序が決定される。

4. シミュレーション

図5に計算機実験で用いたSTLデータを示した。モデルは本校の設計教育で用いているCADシステム「Solid Edge」で作成し、STL総数：1481、総面積：13023mm²であった。探索工具姿勢はX軸Y軸それぞれ10°間隔で-90~90°まで361姿勢、Zマップの格子間隔は0.5mm、良好な切れ刃位置は15°~45度とした。探索した最適工具姿勢を図6に、それ以降、4候補までを図7に示した。色が濃くなっている部分は切削能率が良好な切れ刃で加工可能なSTLである。図6では約51%が良好な切れ刃位置で加工可能である。この形状では、5回の割り出しで面全体が加工可能であることがわかる。

5. 結論

STLデータを基に全ての工具姿勢に対する加工可能性を調べ、工具姿勢評価マップを作成することにより最適な工具姿勢の選択手法および手順を提案した。シミュレーションにより本手法の妥当性が確認された。

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

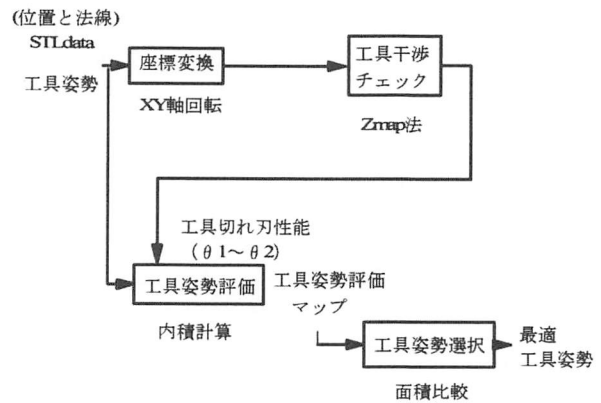


図3 最適工具姿勢探索手順

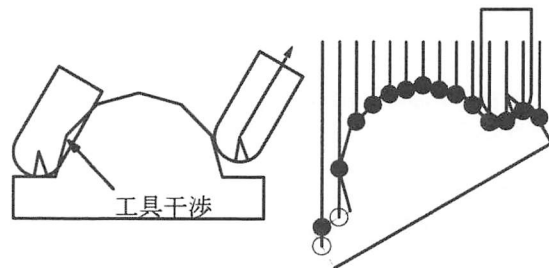


図4a) 工具干渉

図4b) Zmapによる干渉チェック

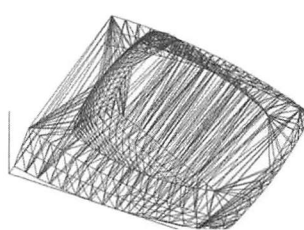


図5) STLデータ

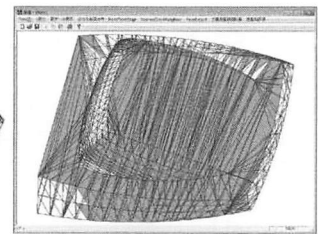
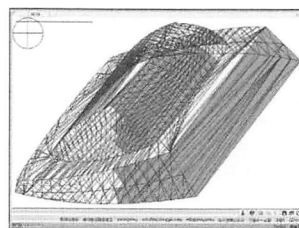
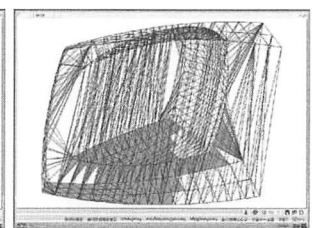


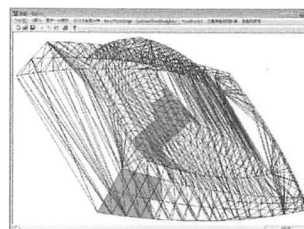
図6)最適姿勢による加工ファセット



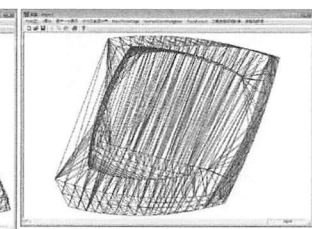
a) 第2候補



b) 第3候補



c) 第4候補



d) 第5候補

図7 工具姿勢候補