

ラジラスエンドミルを用いた5軸制御による 自由曲面加工の効率化

電気通信大学 ○高安直樹, 電気通信大学大学院 ◎森重功一

要旨

ラジラスエンドミルは高能率、高精度加工を可能とする工具であり、近年需要が増加してきている。本研究では、ラジラスエンドミルを用いた自由曲面の切削加工における削り残し量を少なくするために、工具と目標形状のモデルから削り残し量を算出し、その値が最小となる工具姿勢を探索する方法を考案した。加工シミュレーションにより、本手法が有用であることを確認した。

1. 序論

近年、高精度で複雑形状の加工が可能である、5軸制御工作機械の需要が増加してきている。このような中、生産効率向上のため、荒加工から仕上げ加工までを行える、切削除去量の多いスクエアおよびラジラスエンドミルを用いた5軸制御加工のための工具経路生成法の開発が必要となっている[1][2]。しかしながら、これらの工具を用いて行う5軸制御加工は、姿勢によって工具中心点が変わるため制御が困難である。

本研究では、ラジラスエンドミルの切削除去量が多いという利点を生かした工具経路の生成を目的とする。切削除去量をより多く、削り残し量が少なくなるよう考慮した工具経路の生成について検討した。

2. 切削点座標系 C-Space の設定

図1(a)に示すように、切削点を原点、工具送り方向をX軸、加工面の法線方向をZ軸、これらの外積からなるY軸より構成される座標系を設定し、これを「切削点座標系」[3]と呼ぶ。切削点座標系での工具姿勢は、工具軸ベクトルの、Z軸からの傾斜角 θ とZ軸回りの回転角 ϕ という2つのパラメータにより決定される。

図1(b)に切削点座標系 C-Space[3]の構成を示す。C-Spaceでは、原点からの距離を θ 、原点回りの回転角を ϕ とする極座標系で表現される。C-Space内の1点が、加工面に対する1つの工具姿勢を表しており、この点を「工具姿勢点」と呼ぶ。

工具干渉が発生する点や、工具姿勢が加工に不適切な姿勢となる工具姿勢点を設定し、これらの点からなる領域を、それぞれ「干渉領域」、「不適姿勢領域」と呼ぶ。これらの領域以外を「有効領域」と呼び、工具経路生成の際の工具姿勢の候補となる。

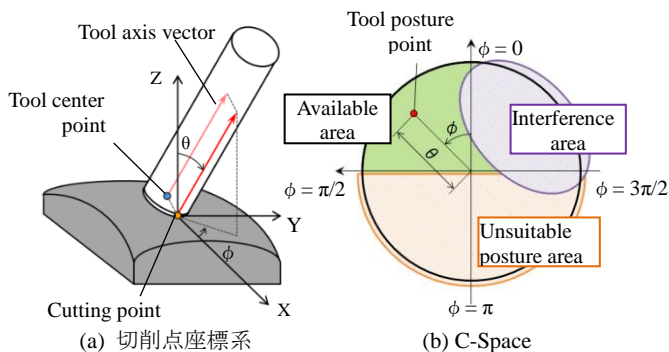


Fig.1 切削点座標系 C-Space

3. 工具経路の生成

3.1 切削点の生成

図2に切削点群を生成する際の過程を示す。まず、加工面の角の4点を $P_1 \sim P_4$ とし、それら4点を頂点とする平面を作成する。作成した平面に図2(b)のようにパラメトリックに点群を生成し、生成した点群を加工面に投影することで切削点を生成する。

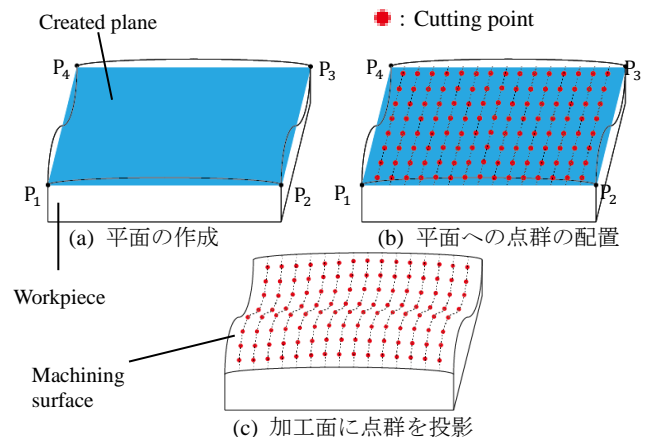


Fig.2 切削点の生成の流れ

3.2 切削除去量の多い工具姿勢の選択

切削点を作成後、各切削点においてC-Spaceを生成し、干渉計算を行う。その後、有効姿勢点の中から切削除去量の多い工具姿勢を選定する。

本研究では、切削除去量の多い姿勢を選定する上で、切れ刃と加工面がどれだけ離れているかを示す指標として、未切削面積を定義した。図3に未切削面積の構成を示す。

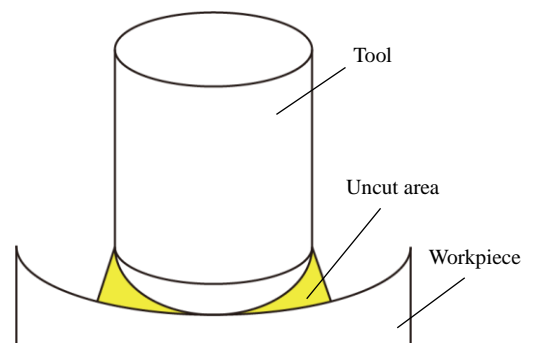


Fig.3 未切削面積の設定

加工面を切削点を通りツールフィード方向に垂直な平面で切断し、その平面に工具の先端部の外形を投影する。

図4に加工面の切断及び工具形状の投影を示す。図4(a)のように、切削点とツールフィード方向から切断面を生成する。次に、図4(b)に示すように、工具のコーナー部に点群を配置し、図4(c)のように切断面に点群を投影する。点群を生成する際、G1~G5のように点群をグループ分けしている。

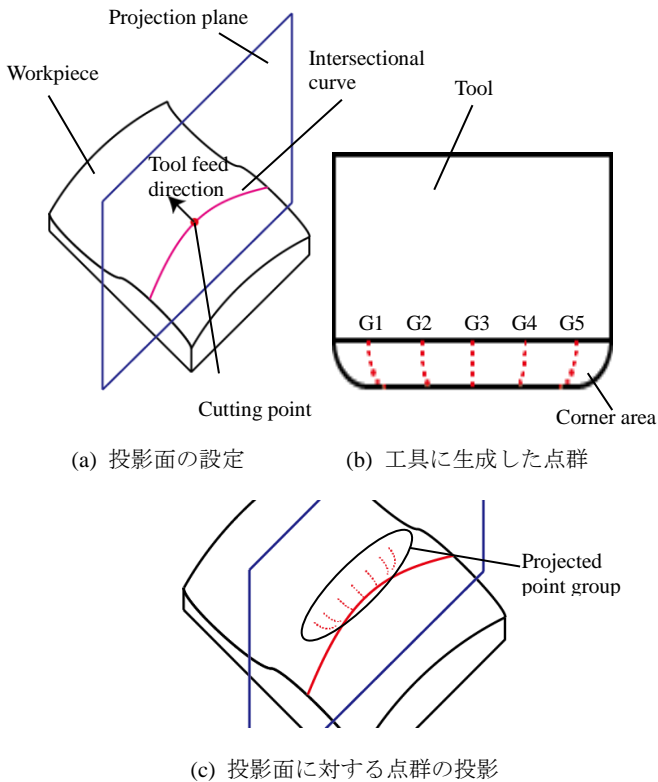


Fig.4 投影面と工具に生成した点群の投影

工具の点群の投影後、図5(a)のように、点群のグループごとに加工面に近い点を探索し、それらを線で結ぶ。図5(b)のように、点を繋げて作った線の両端の点 P_1 , P_2 から、加工面に垂直な線を引き、加工面との交点を L_1 , L_2 とする。 P_1 , P_2 , L_1 , L_2 で囲まれた領域を未切削面積とする。

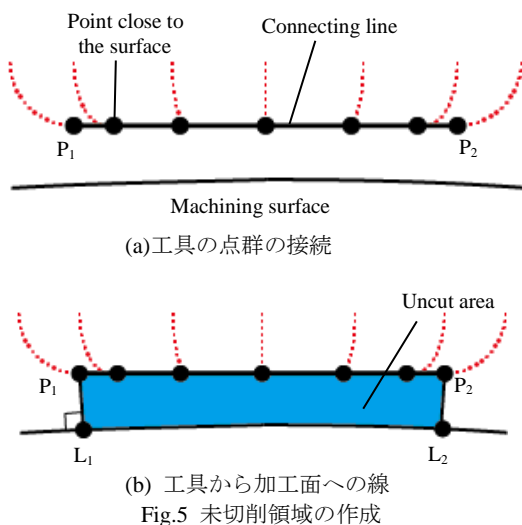


Fig.5 未切削領域の作成

面積の算出は、切削点ごとに存在する有効領域の工具姿勢点全てで行い、その中で一番面積が少ない姿勢点をその切削点における工具姿勢とする。以上の処理を全切削点で行うことで工具経路を生成する。

4. 検証実験

本研究の手法により生成した工具経路の有用性を検証するために、加工シミュレーションを行った。使用する工具は、直径 6mm、コーナー半径 0.3mm のラジラスエンドミルとした。切削経路としては、図6の中に示す経路を通るものとした。また、全ての切削点において一定の工具姿勢で加工する従来の工具経路との比較も行った。

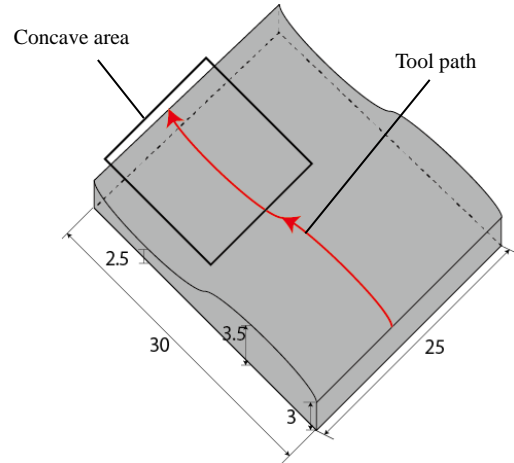
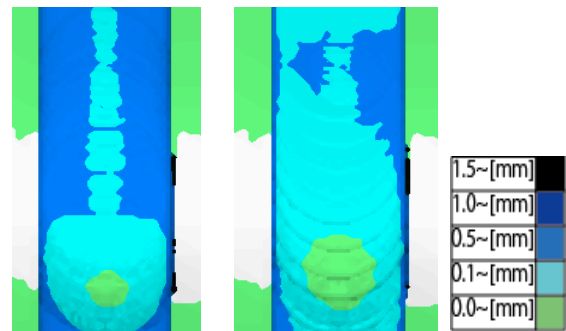


Fig.6 加工シミュレーションに用いた形状

図6に示す凹形状部分を、今回の手法で加工した時の削り残り高さと、従来の方法によって加工をした時の削り残り高さの分布を図7に示す。従来の方法と比較して、本研究の工具経路では、削り残しの量が少なくなっていることが確認できる。



(a) 従来の経路 (b) 開発手法による経路

Fig.7 削り残り高さの比較

5. 結論

本研究では、ラジラスエンドミルを利用した自由曲面加工の工具経路について、工具と加工面との間に生じる削り残しの量が少なくなる工具姿勢を選出することにより、切削除去量が多い工具経路を生成する手法について検討した。

加工シミュレーションにより、本研究で生成した工具経路の評価を行ったところ、従来の工具経路と比較して削り残り高さを削減することができ、本手法の有用性が確認された。

参考文献

- [1] 増田拓也, 森重功一: C-Space を用いた 5 軸制御加工のための工具経路生成法 —スクエアおよびラジラスエンドミルへの対応—, 精密工学会, 78, 1 (2012), 58 - 59.
- [2] 石井柁紀, 森重功一: スクエアおよびラジラスエンドミルを用いた 5 軸制御による側面加工の最適化, 精密工学会学術講演会講演論文集, (2014), 763 - 764.
- [3] 森重功一, 加瀬究, 竹内芳美: C-Space を用いた 5 軸制御加工のための工具経路生成法, 精密工学会誌, 62, 12 (1996), 1783 - 1787.