

非接触測定モデルの最適加工に関する研究

—人物モデルに対する連続主軸傾斜加工の実践—

函館工業高等専門学校 ○小板紘幸 鶴尾篤 山田誠

要 旨

一方向からだけでは加工することができない複数の工具姿勢を必要とするような形状は、RP 技術では容易に作成可能なものの除去加工においては困難な加工である。それ故、このような形状を加工するために、5 軸制御工作機械を用いた加工方法が種々提案されてきた^[1]。本研究では、非接触測定モデルを対象として、複数の工具姿勢を必要とする形状に対する 5 軸制御加工を用いた主軸傾斜加工の適用例を報告する。

1. 緒言

CAD/CAM 技術の普及により、容易に三次元加工が可能となってきた。しかしながら、一方向からだけでは加工することができない、すなわち、複数の工具姿勢を必要とするような形状の加工は、RP 技術では容易なもの除去加工においては困難な加工である。この複数の工具姿勢を必要とする形状を加工するためには、5 軸工作機械による主軸傾斜加工^[1]、同時 5 軸制御加工法を必要とする。本研究では、3 次元非接触計測による形状データモデルを対象とした、5 軸制御加工についての手順を示し、複数の工具姿勢を必要とする形状に対する 5 軸制御加工を用いた主軸傾斜加工の適用例を報告する。また、高品質な製品性情を得るために、対象形状のモデル分割と、連続的に主軸傾斜加工を実行する連続主軸傾斜加工とを提案する。

2. 形状測定に基づく主軸傾斜加工の手順

連続主軸傾斜加工の例として、3 次元形状測定によりその再現加工を行った。今回は測定対象として人物を対象モデルとして実施した。形状測定と主軸傾斜加工法を対比すると、非常によく似たプロセスからなっている。3 次元物体を測定することは、対象形状を固定し複数の方向から測定することとなる。それにより計算機空間における 3 次元形状が作成される。一方、主軸傾斜加工は、やはり複数の方向から加工し、計算機空間に存在する 3 次元モデルを実空間に再生することとなる。従って、ある対象物体に対する撮影（測定）ノウハウと加工姿勢を決定するノウハウとは非常に似たものとなる。人物を対象とした場合、対象を固定することが非常に困難であるので、その撮影回数は、少ない方が望ましい。この測定から実機での加工までを図 1 に示すように次の手順で行った。

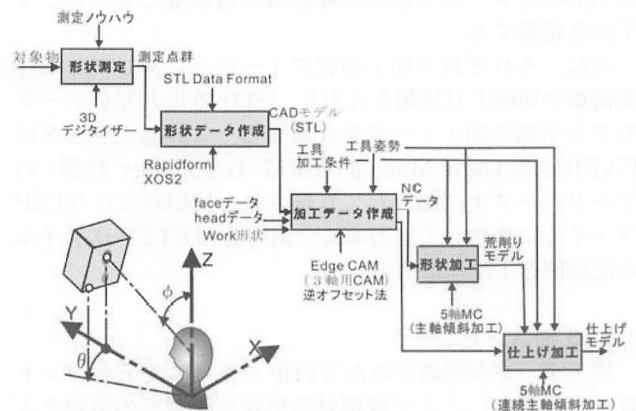


図 1. 形状測定を基とする主軸傾斜加工の手順

- 1) 3 次元デジタイザを用いて測定対象の撮影を行い測定物の点群データを得る。この測定は測定対象から 1 m の位置に 3 次元デジタイザを設置し、垂直からの角度を 70° に固定し、垂直軸周りの角度が 0° 、 60° 、 120° 、 180° 、 240° 、 300° になるよう回転させ、6 方向から撮影を行い、図 2 のような多方向測定データを得る。
- 2) 6 方向の撮影データに対して位置合わせ、合成し、その点群データを基に余分な点の削除、穴埋め、面のスムーズ化等の編集を行い、図 3 のような形状モデル P を作成する。また、仕上げ加工で連続主軸傾斜加工を行うために形状モデル P から face データと head データを作成する (図 4)。
- 3) 荒削り加工データの作成には 3 軸制御用 CAM (Edge CAM) を用いる。測定形状モデル P に対し、Z 軸回り、X 軸回りの回転変換および、X, Y, Z 軸方向並進変換を式 (1) のように適用し、加工対象モデル P' を決定する。この形状に対して 2 方向からの加工のための工具経路を作成する。

$$P' = A^1(x)A^2(y)A^3(z)A^4(-\phi)A^6(-\theta)P \quad (1)$$

ここで、 P' は回転・並進変換後の加工対象モデル、 $A^1()$ 、 $A^2()$ 、 $A^3()$ は、それぞれ X 軸、Y 軸、Z 軸方向の並進移動を、 $A^4()$ 、 $A^6()$ は X 軸回り、Z 軸回りの回転移動座標変換行列をそれぞれ表している。また、モデルに対する工具軸の Z 軸回りの回転角を θ 、X 軸回りの回転角を ϕ とする。 θ 、 ϕ は、測定時の姿勢角度により決定する。

- 4) 仕上げ加工において、高品質な加工を実現するために二つの方法を提案する。一つは、モデルを特徴別に分割し、分割面に対してそれぞれの加工方法を割り当てる。もう一つは、加工方法において、加工性の良い最適な工具姿勢において加工可能とするように、連続的に工具姿勢を変える連続主軸傾斜加工を適用する。工具経路の導出には逆オフセット法^[1]を適用する。そのオフセット面を導出する際、異なる格子間隔による逆オフセット法を適用し、加工分解能をそれぞれの特徴に適合するものにする。

3. 実機による実践結果

図 2 に示す多方向測定データを基に、図 3 に示す結合モデルを作成した。その結合モデルから加工用モデルを作成した。工具、加工条件（切込み深さ、加工ピッチ、主軸回転数等）を決め荒加工の工具経路を NC データに変換し、5 軸制御マシニングセンタにおいて、実機での加工を行った（図 5）。今回は、 $\phi 12$ ボールエンドミルで素材からの荒加工、 $\phi 4$ ボールエンドミルで面扱いに荒加工を行った。

今回のモデルにおけるモデル分割は、図 4 に示すように face データと head データの 2 つの特徴モデルに分割する。face データと head データとをモデル分割することにより、それぞれの特徴にあった加工条件を設定することが可能となる。このモデル分割、連続主軸傾斜加工の適用により、高品質な加工面性状が得られる。

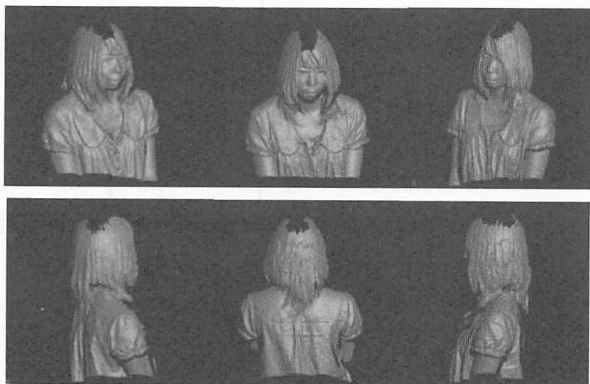


図 2. 多方向測定データ

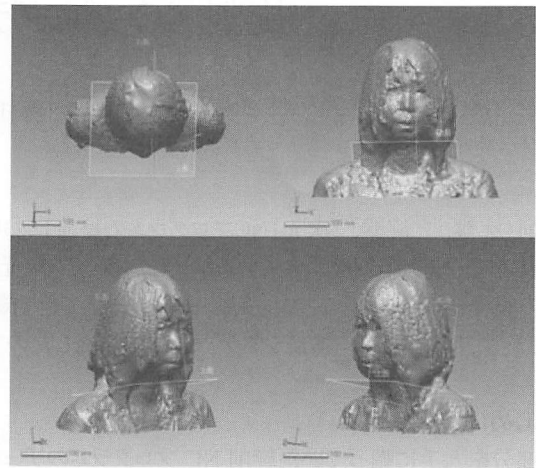


図 3. 結合モデル

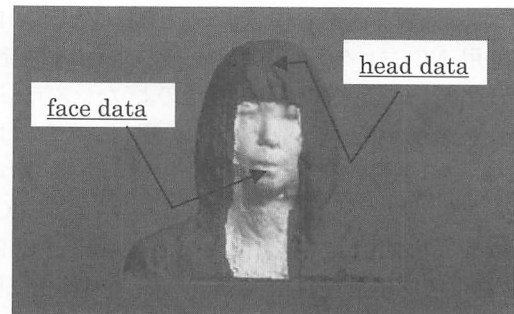


図 4. モデル分割の例

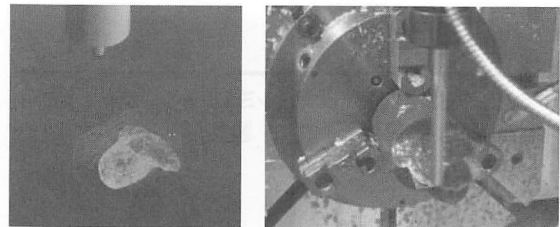


図 5. CAM における工具経路(左)、加工状況(右)

5. 結言

複数の工具姿勢を必用とする形状に対する、5 軸制御加工の適用に関して次の事項を示した。

- 1) 連続主軸傾斜加工の例として、3 次元デジタルデザイナーを用いた形状測定から形状加工までの手順を示した。
- 2) 主軸傾斜加工により測定データから形状加工を行った。
- 3) 人物モデルを対象とした、モデル分割による高品質加工方法を提案した。

参考文献

- [1] 山田, 田中, 近藤, 岸浪, 香村
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 1 報)
精密工学会誌, 70, 1, (2004)