

機上計測を基にした目標形状の位置・姿勢決定による NC データの修正

東京農工大学 ○長島 伸, 東京農工大学大学院 ◎中本 圭一

要 旨

マシンシミュレータにおいて、ワークやジグの位置や寸法が想定したモデルと異なる場合、干渉検出などの動作確認が無駄となる。したがって、工作機械の動作を正確に再現するには現物と一致した 3 次元モデルが必要である。そこで本研究では、機上計測から生成したワークモデルに基づいて目標形状の位置・姿勢を決定し、NC データを自動で修正する手法を提案した。また評価指標を加工時間としたケーススタディを実施し、提案手法の有用性を確認した。

1. 結 論

近年の製造業では、リードタイム短縮の要求や製品の複雑化に対応するため、多軸化・複合化された工作機械が広く使用されている。このような工作機械は、その機械構造の複雑さから工具主軸がワークやジグと干渉する可能性が高くなる。したがって、マシンシミュレータによる加工動作の事前検証が必須となる。工作機械の動作を正確に再現するには 3 次元モデルと段取りしたワークやジグが一致している必要があり、機上計測によりモデルの位置、姿勢を現物と一致させる手法が提案されている¹⁾。しかし、ワークやジグの寸法が想定したモデルと異なっていた場合には、既存の NC データでは想定通りに加工できない²⁾。そこで本研究では、機上計測によって生成したワークモデルに基づいて目標形状の位置、姿勢を新たに決定して NC データも自動修正を実現する。

2. 目標形状モデルの位置、姿勢の候補

本研究ではアイコクアルファ製の CAD である Simple Modeler を用い、この API を使用して NC データを自動で修正するシステムを開発した。ここで、機械座標系と CAD 座標系は一致しているものとし、ワークと目標形状の 3 次元モデルは少なくとも 1 つの平面を持つと想定している。さらに、ワークの加工機テーブルに近い平面 (以下、把持面とする) と目標形状の平面 (以下、参照面とする) を任意に指定して入力情報とする。

まず、生成したワークモデルから目標形状モデルの位置を決定する。このとき、把持面と参照面は同一平面上にあるものとする。切削加工では一般に、目標形状をワークの中央で加工する。したがって、目標形状モデルをワークモデルの中央に配置するため、図 1 に示す以下の 2 パターンの位置候補を用意する。

- (1) 同図(a)のように、把持面の重心と参照面の重心が一致するように目標形状モデルを平行移動させる。
- (2) 同図(b)に示した、把持面の重心を始点とする法線ベクトル上に、目標形状の重心が存在するように同様に平行移動させる。

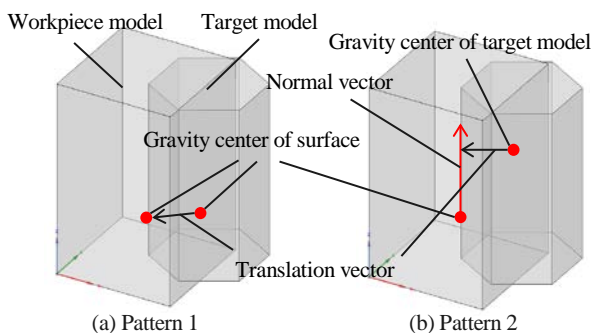


Fig. 1 Candidates of target model location

続いて、目標形状モデルの姿勢を決定する。ワークの除去部分の体積を考慮して、図 2 に示すように以下の 3 パターンの姿勢候補を用意する。

- (A) 同図(a)に示すように、把持面と平行な平面に目標形状モデルを投影し、X 方向と Y 方向の長さの比がワークモデルと同じ比となるように目標形状モデルを回転させる。
- (B) 同図(b)に示すように、(A)と同様にモデルを投影し、目標形状モデルの最大長とワークモデルの最大長の向きが一致するように目標形状モデルを回転させる。
- (C) 同図(c)に示すように、ワークモデルの除去部分を 4 分割し、分割したモデルの体積のばらつきが小さくなる向きに目標形状モデルを回転させる。除去部分は、目標形状モデルが X, Y 方向でそれぞれ最大、最小となる点を通り、把持面と垂直な平面を用いて分割する。

最後にそれぞれの位置、姿勢候補で得られた目標形状モデルに対して、元の目標形状モデルからの平行、回転移動量を計算する。また、CAD 座標系における目標形状モデルの回転軸ベクトルの始点および成分を計算する。

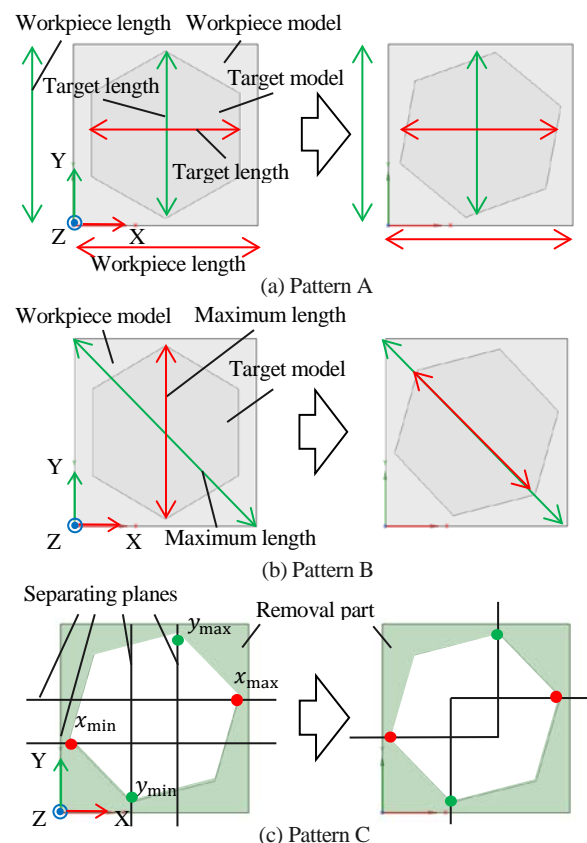


Fig. 2 Candidates of target model posture

Table 1 Cutting conditions

		Rough cut	Finish cut
Tool type		Square end mill	Ball end mill
Tool diameter	[mm]	6	6
Depth of cut	[mm]	3.0	-
Width of cut	[mm]	2.0	-
Feed rate	[mm/min]	800	400
Spindle speed	[min ⁻¹]	6,000	6,000

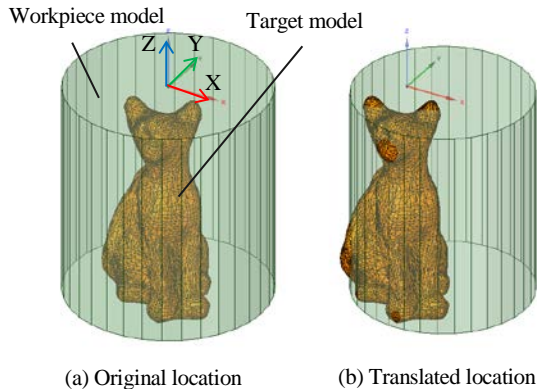


Fig.3 Translated model

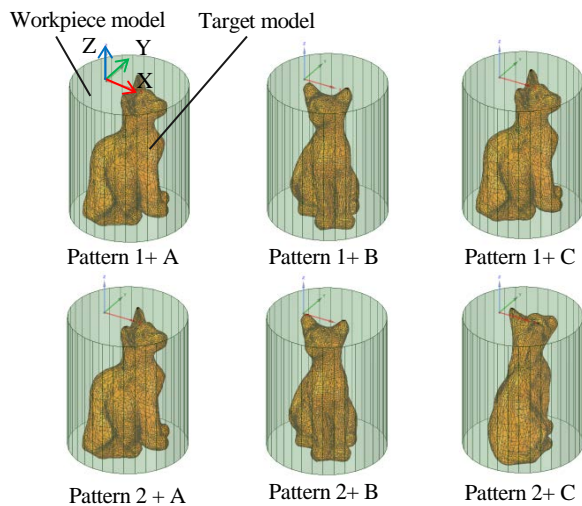


Fig. 4 Location and posture candidates of target model

3. NCデータの修正

NCデータは、目標形状モデルの平行、回転移動量を基に指令値を書き換えて修正する。まずNCデータを1行ずつ読み取り、各駆動軸の指令値を取得する。取得した指令値からCAD上で工具制御点を作成し、平行、回転移動させる。移動させた工具制御点の座標値を取得し、NCデータの指令値を書き換える。また、工具制御点の移動による工具と目標形状の不適切な干渉を回避するため、目標形状に対する工具姿勢が連続的に変化するように回転軸の指令値を補正した。

生成したワークモデルの形状、寸法が異なる場合、NCデータの指令値を平行、回転移動しただけでは、削り残しやエアカットが発生して非効率な加工となる恐れがある。したがって、本研究では生成したワークモデルの寸法が小さい場合には、エアカットを省く修正を加えて加工時間の短縮を図る。このとき、生成したワークモデルと元のワークモデルの2つを使用する。これらのモデルを工具直径分外側にオフセットし、オフセットしたモデル間に挟まれる工具制御点をエアカットとする。エアカットとして検出された工具制御点に該当するNCデータを削除するが、ワーク内部でツールパスが途切れないように、一部のエアカットは残す。

Table 2 Comparison of machining time

		Pattern 1	Pattern 2
Rough cut time [min]	Pattern A	117.74	117.96
	Pattern B	118.60	118.74
	Pattern C	117.73	118.30

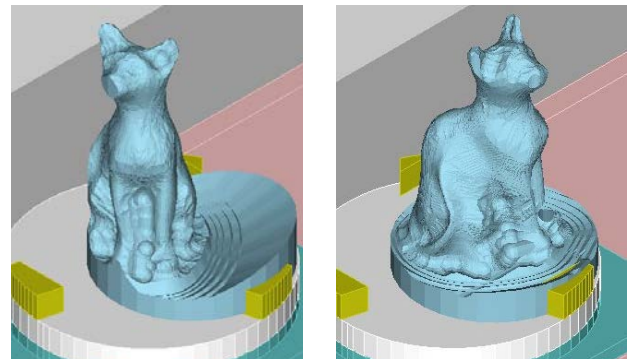


Fig. 5 Results of machine simulation

4. ケーススタディ

提案手法を検証するためのケーススタディを行った。ここで、機上計測により生成したワークモデルは取得できたものとする。提案手法で用意した候補から、加工時間を指標として目標形状の位置、姿勢を決定する。目標形状は猫を模した形状とし、ワークはφ80×100mmの円柱とした。ここでは被削材にアルミ材A5052を想定し、表1に示した切削条件でNCデータを作成した。また、想定したワークモデルの寸法、位置を意図的に変更し、機上計測により生成したワークモデルを疑似的に再現した。変更後のワーク寸法はφ70×98mmの円柱とし、位置はX方向とY方向にそれぞれ+10mm平行移動させた。変更前と変更後のワークモデルと目標形状モデルの位置関係を図3に示す。提案手法により得られたこの変更後のワークモデルに基づいた目標形状モデルの位置、姿勢候補を図4に示す。

NCデータをそれぞれの位置、姿勢に合わせて修正し、アイコクアルファ製のマシンシミュレータG-Naviを用いて予測した荒加工の時間を表2に示す。この結果から、パターン1とパターンCの組合せが最も加工時間を短縮できることが分かった。修正前後のNCデータによる加工シミュレーションの結果を図5に示すが、修正後のNCデータで目標形状通りに加工できていることが分かる。

以上から、提案手法により加工時間を指標とし、NCデータを適切に自動で修正できることを確認した。

5. 結論

機上計測により生成したワークモデルに基づいて目標形状モデルの位置、姿勢候補を用意し、加工時間を評価指標として位置、姿勢を決定してNCデータを自動修正する手法を提案し、ケーススタディから有用性を確認した。

参考文献

- 1) N. Shimada, K. Nakamoto : A Study on 3D Model Generation of a Machine Simulator Corresponding to Actual Objects, Proceedings of the 8th International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21st Century, CD-ROM 0301, (2015)
- 2) S.-H. Hsieh, H. Aoyama : Machining without Precision Arrangement of Workpiece by Automatic Recognition Position and Attitude, Proceeding of the 6th International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology, USB130, (2015)