

# 5軸制御による高能率一体削り出し加工に関する研究(第2報) — Voxelを用いた粗加工モデルに基づく工具経路の導出—

函館工業高等専門学校 ○若佐 海, 山田 誠, 近藤 司,

## 要 旨

単純素材形状から目的形状へ加工するにあたって、コスト削減や大量生産の面から、加工時間の短縮が求められている。その加工工程の中で最も時間を要する粗削り工程を高速化することで加工効率を向上させることが必要である。本研究の目的は、5軸制御マシニングセンタによって、粗削り工程の高速化を実現するための方法論を提案し、検証することである。5軸制御工作機械を用いた一体削り出し加工において、製品の加工時間を短縮するために、その粗削り行程に着目し、Voxelを用いた粗加工用モデルの作成方法を提案する。また、そのモデルを基に工具姿勢を導出する方法を示す。

## 1. 緒言

一体削り出し加工は、均質な単純形状素材から切削することで造形する方法である。その方法は、素材を変形させないため、性質をそのまま生かすことの出来る加工である。したがって、強度的な信頼性が必要になる重要な部材の製造には、溶接等の欠陥が生じる可能性のある加工に比べ、一体削り出し加工が有効である。しかしながら、一般的に削り出し加工は多くの時間を要する加工方法である。そこで本研究の目的は、一体削り出し加工において、製品の加工時間を短縮するために高能率な生産方法を提案し、確認することである。本研究では高能率化を目指すにあたり、製品の加工工程の一つで、最も時間を要する工程である荒削り加工を対象とする。工具経路の導出方法については、Voxelを用いて要求形状を完全凸形状に変換し、二次曲面に近似することで加工形状を求める方法を用いる。完全凸形状を求める利点は加工する際に、工具とワークの干渉を無くすることができる点である。また加工効率を高めるために、同時5軸制御により加工面に対して常に垂直になる工具姿勢で加工を行う。本稿では上記の加工方法を適用した工具経路を導出するプログラムの内容と、導出した工具経路を用いて5軸制御マシニングセンタで加工した結果を示す。

## 2. 工具経路導出プログラムの流れ

本研究では、粗加工を効率よく実行するために、図1に示すような流れで、三次元ディジタイザで測定した形状から、Voxelモデルを作成し次の手順で工具経路の導出を行った。

- 1) 3次元空間に一定間隔のVoxelを展開し、STLデータのファセットの重心が内部にあるVoxelを抽出することで要求形状のVoxelモデルを生成する。それに対して、図2に示すように、工具姿勢角(a, c)を与え、その角度の回転変換を行った際の最上部の加工部位となるVoxelよりもzの値が大きいVoxelを取り除いていくことで完全凸形状Voxelモデル生成する。

- 2) 得られた完全凸形状モデルから、最小二乗法を用いて二次曲面を求め、曲面上の点群から法線ベクトル方向へVoxel幅分のオフセット面から、加工形状モデルを導出する。
- 3) 得られた加工形状モデルから、同時5軸制御用の工具経路を導出する。この際、加工座標系からのワーク座標系の原点位置を補正值として与えることでそれらの座標系を一致させ、求めた値でNCデータを生成し出力する。

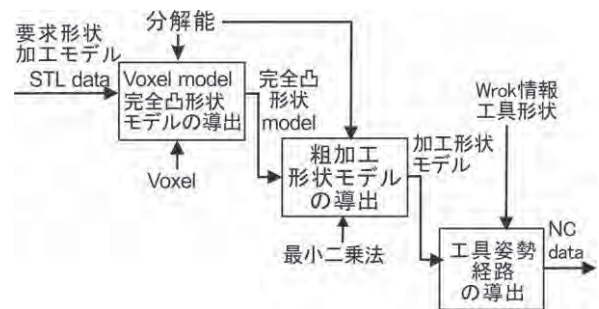


図1 形状の入力からNCデータ出力までの流れ

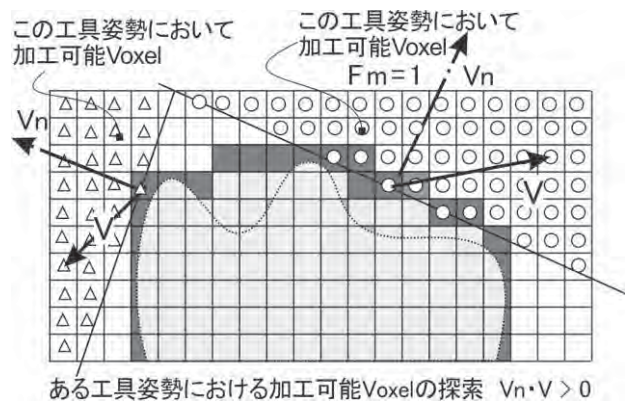


図2 完全凸形状の導出方法

### 3. 実験結果と評価

#### 3.1. 工具経路導出

図3に示した STL モデルを入力とし、それから要求形状 Voxel モデルを図4(a)のように導出した。また、そのモデルから姿勢制御量  $a, c$  の角度分解能を  $30^\circ$  として完全凸形状モデルを図4(b)のように導出した。また、完全凸形状を基に二次曲面を近似して、粗加工形状モデルを導出した。

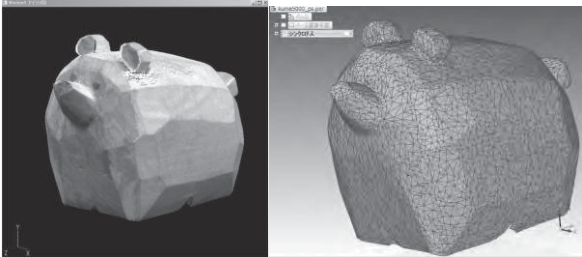


図3. 要求形状モデルとその SLT モデル

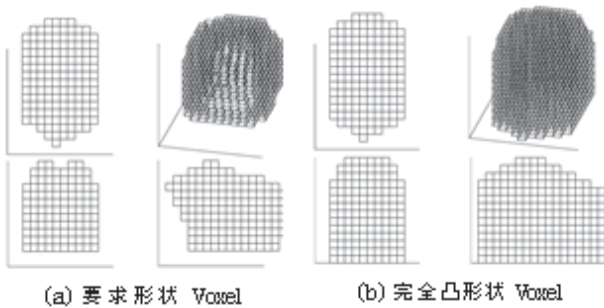


図4 完全凸形状への変換

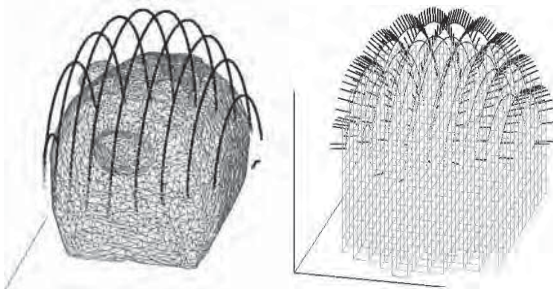


図5 シミュレート結果

#### 3.2. 実機での加工

表1に示した切削条件のもとで、実機での形状の削りだし加工を行った。初めに、工具姿勢は常に加工点に対して法線方向を取ること、より切削面積の多いエンドミルの底面を最大限に使用し、切削をより高能率化することができる。作成した NC データで実際に加工した結果、図6に示したように、加工面に対して工具姿勢が常に垂直であることが確認できた。次に加工経路についてはシミュレート通りに要求形状近似二次曲面から一定の距離をオフセットした面に沿うよう加工経路であることを確認できた。また、加工時エアカットの少ない同時5軸制御加工である

ことを確認することができた。

本実験では前述のプログラムに対して、目的形状を3D測定により STL データ化し、入力して出力された NC データを用いて、実機での加工を行った。実際に加工を行った後のワークと木型の比較が図7である。これから加工ワークが要求形状から求めた完全凸形状が再現されているのが確認できる。

### 4. 結言

本実験を通して以下の結論を得た。

- 1) 与えられた要求形状から Voxel を用いて完全凸形状を生成し、最小二乗法により加工形状を求めた。
- 2) 導出した加工形状より、工具経路、工具姿勢を求め NC データに出力するプログラムを作成した。
- 3) 実機において、求めた工具経路、工具姿勢によって素材から加工形状を一体削り出し加工の粗加工する動作を確認した。

#### 参考文献

- [1] 山田 誠他 “5 軸制御による高能率一体削り出し加工に関する研究—Voxel を用いた粗加工モデル—” 2015 年度精密工学会北海道支部講演論文集 p. 75-76
- [2] 千葉 則茂他 “物体形状の Voxel 表現に基づく一定義法” 情報処理学会論文誌 31(3), 433-443, 1990-03-15

表1 切削条件

工具		超硬ラジアスエンドミル $\phi 20$
素材材質		硬質ポリウレタンフォーム
素材形状	[mm]	70W×100D×155H
主軸回転数	[ $\text{min}^{-1}$ ]	1000
送り速度	[mm/min]	2000

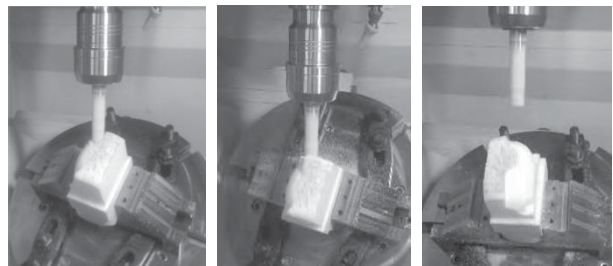


図6 実際の加工の様子



図7 要求形状モデルと加工後のワーク