

# 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 —

函館工業高等専門学校 ○山田 誠, 近藤 司, 若佐 海

## 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、素材の性質をそのまま生かすことの出来る加工方法である。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。我国における加工費の多くは、人件費に費やされており、加工時間の短縮は費用低減のためにも重要な課題である。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のより高能率な加工方法を提案し、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、最も時間の要する工程である粗削り加工を対象とする。

本研究における形状加工は、5 軸制御マシニングセンタによる 3 + 2 軸制御加工を前提とし、加工除去量が最大となる加工姿勢を導出し、それに伴う工具経路を導出する。これらの処理を可能とするために、Voxel を用いた加工形状のモデリングを基にする。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方法論について記す。

## 2. 3+2 軸制御加工

一方向からでは加工できない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 軸制御工作機械による加工が有効である。5 軸制御工作機械を用いて加工を行う場合、その加工方法を大きく大別して、回転軸と並進軸とを同時に運動させる同時 5 軸制御加工と、回転軸をある角度に固定し（割り出し）、並進軸により 3 軸制御加工を行う 3+2 軸制御加工の 2 通りの加工方法が存在する。

3 軸加工はその実績から多くのノウハウを持った加工方法であるが、図 1 に示すように、深い部分の加工においては工具長を長くする必要がある。それにより、工具の弾性変形がより大きく起こり、そのプレから高速での加工をすることができない問題が存在する。

長い突き出しを必要とする問題点は、工具姿勢を制御すること、即ち、工具軸を加工面に対して傾斜させることにより解決可能である。5 軸工作機械においては、工具軸を加工物に対して傾斜させるために回転 2 軸を利用することにより、工具軸を加工面に対して傾斜させる加工を実現することが可能となる。この 5 軸制御加工により、短い工具突き出し長でも加工可能領域を広げることができる。

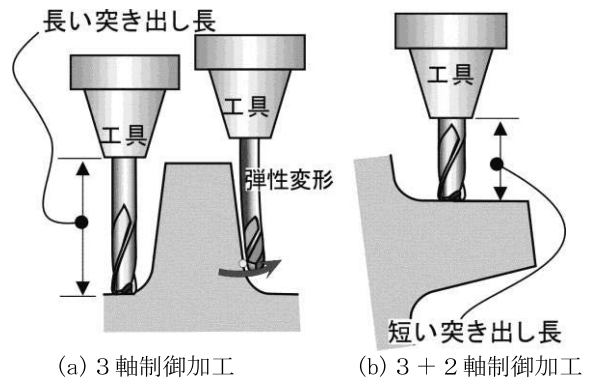


図 1. 3 軸制御加工と 3+2 軸制御加工との比較

## 3. 粗加工用工具姿勢・工具経路の導出手順

粗加工を効率よく実行するために、図 2 に示すようなデータ構造を持つ Voxel モデルを用いて、工具姿勢、工具経路の導出を行う。



図 2. Voxel モデルのデータ構造

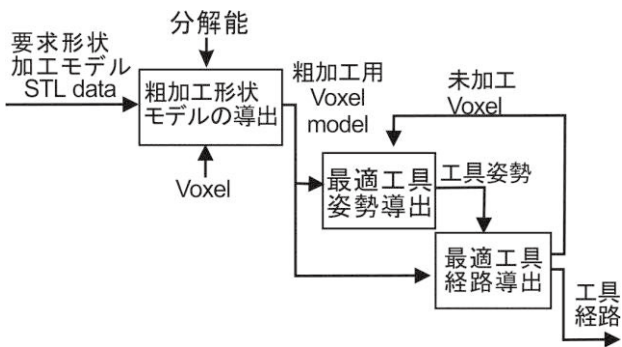


図 3. Voxel モデルによる工具姿勢・工具経路決定手順

本研究においては、フラットエンドミルあるいはラジアスエンドミルの底面を用いての 3+2 軸加工を基本とする。その粗加工用工具経路を導出する手順の概略を、図 3 に、方法論の概念を図 4 に示す。そして、Voxel を用いた工具姿勢・工具経路の導出は、次の手順で行う。

- 1) 要求形状加工モデル (STL データ ; Facet 群) を入力とし、そのデータの Facet を基にした分解能を持つ Voxel を素材形状として準備し、Facet 群から法線付 Voxel モデルを構築する (図 4a)。
- 2) STL データを基に完全凸面となる Voxel モデルを作成し、要求形状境界となる Voxel に対して、法線ベクトル情報を付与する (図 4b)。
- 3) 境界 Voxel の法線情報から工具姿勢群を導出し、工具姿勢群から除去量大きく、かつ、切込み量  $D_p$  が小さい最適工具姿勢を導出する (図 4c)。ある工具姿勢における加工可能 Voxel の導出方法は、対象とする Voxel の法線ベクトル (工具軸ベクトル) を  $V_n$ 、対象 Voxel を基準とした素材形状を形成する Voxel 中心ベクトルを  $V$  とし、 $V \cdot V_n > 0$  を満たすものを探索することによる。
- 4) 導出された工具姿勢における除去可能な部位を加工するための最短工具経路を導出する。
- 5) 未加工部に対して、3) から 4) のプロセスを繰り返す。

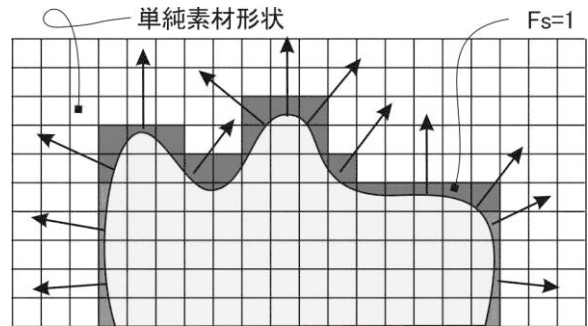
#### 4. 結言

5 軸制御工作機械を用いた 3+2 軸制御加工による高効率一体削り出し加工を行うための、Voxel を用いた粗加工モデルによる工具姿勢、工具経路の導出に関して、次の事項を記した。

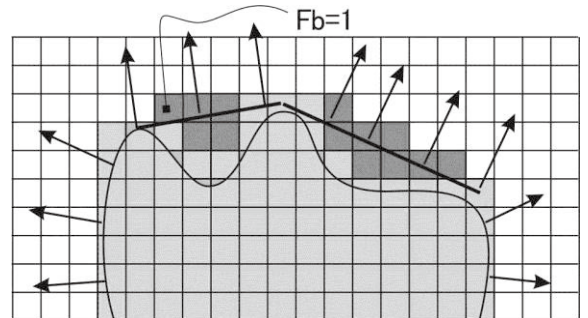
- 1) エンドミル底面を用いる 3+2 軸制御加工法の利点について示した。
- 2) Voxel を用いた粗加工モデルによる工具姿勢、工具経路を導出するための方法論を示した。

#### 参考文献

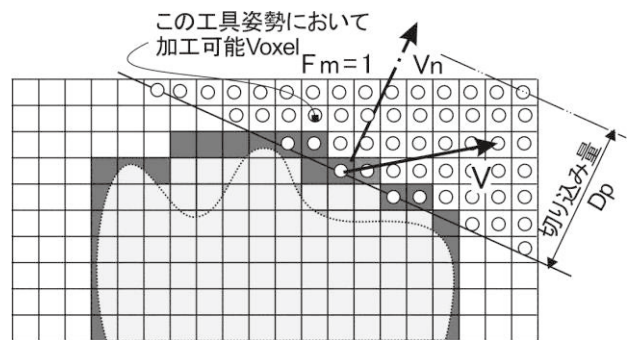
- 1) 山田, 田中, 近藤, 岸浪, 香村: 5 軸 NC 工作機械による主軸傾斜曲面加工法に関する研究 (第 1 報), 精密工学会誌, 70, 1, (2004)



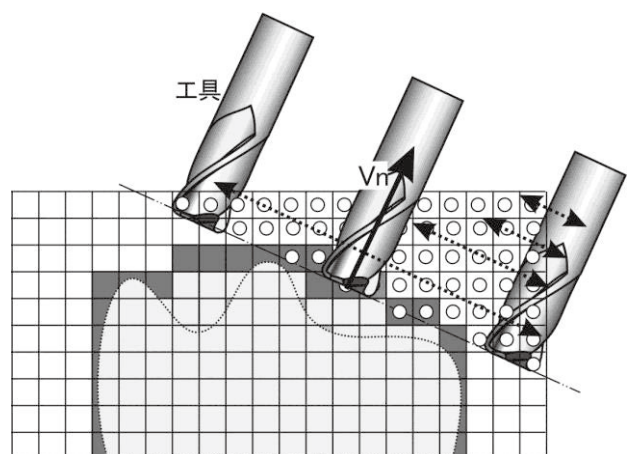
(a) 要求形状から法線付 Voxel モデルの構築



(b) 完全凸面となる法線付 Voxel モデルの構築



(c) ある工具姿勢における加工可能 Voxel の探索および工具姿勢の決定



(d) 工具経路の生成

図 4. Voxel モデルによる工具姿勢・工具経路決定方法