

## 超大物金型への適用を実現する『高速等高粗加工』

### To Realize the Application of “High-speed Contour Roughing Processing” to the Extra Large Metallic Mold

富田 佳宏, 中島 毅

**要約** 近年の金型の粗取り加工は、高精度かつ高速な加工が可能な、最新の加工機による粗取り加工を模索する取り組みがあり、超大物金型についても、従来の低速重切削加工より、高速軽切削加工が主流となりつつある。しかし、従来のオフセットタイプによる粗取り加工法では、次の二つの課題があり、高速軽切削加工を実現するための障害となっていた。

- 1) 折れのある切削動作の影響による工具送り速度の減速
- 2) エアカット動作による加工効率の低下

次期 CAM の高速等高粗加工は、粗取り加工における高速軽切削加工を実現するためにトレースライン法と加工順の工夫を実装し、この二つの課題を解決した。

**Abstract** In recent years, rough processing of metallic mold is performed by the latest process machine capable of high-speed processing with a high degree of accuracy. And as for super large dies, high speed and light cutting processing takes root rather than low speed and heavy cutting processing. But there are following two problems within a rough processing method by a conventional offset-type. These problems become obstacle to hinder the achievement of high speed and light cutting processing.

- 1) Deceleration of the tool feed speed by the influence of cut movement with a turn
- 2) Decline of the processing efficiency by the air cut movement

High-speed contour roughing processing of the next CAM, mounted Trace-line method and Device of process sequence, which settled these problems to achieve high speed and light cutting processing.

#### 1. はじめに

プレス金型を成型するまでの工程は大きく分けて、入荷した状態の鋳物がある程度金型に近い形状まで成型する「粗取り加工」と、そこから精密に金型まで成型する「仕上げ加工」の二つの工程がある。粗取り加工においては、精度良く加工するよりも削る時間（加工時間）を短縮することが求められるため、一度により多くの素材を削り取ることが可能な、低速重切削加工が主流であった。例えば、 $\phi 30$  ボール工具（工具先端が直径 30mm の球形状）によるスキャン加工で、10mm 程度の鋳物代がある鋳物素材を残し代 1mm まで 1 回で加工する。

一方、樹脂金型の成型では、硬い材質の直方体素材から深さのある形状を削り出すために、従来からボール工具やラジラス工具による等高粗加工が利用されていた。等高粗加工は、2次元加工の繰り返しのため加工が安定している、工具軸方向ピッチによって切削量を比較的容易に制御できる、傾斜する製品形状部の仕上がりが綺麗にできるという長所をもつ。CADmeister<sup>\*1</sup>では、「等高オフセット加工」がこの加工法に該当する（従来版等高粗加工と呼ぶ）。

近年プレス金型分野でも、高精度かつ高速な加工が可能な、最新の加工機による粗取り加工

を模索する取り組みが始まった。計測技術の普及で入荷鋳物の実形状を計測してCAMで利用できるようになったことも技術的な推進要因である。自動車パネル部品のプレス金型のような超大物金型でも、加工時間短縮を目的に、高速軽切削加工の粗取りが検討されている。

高速軽切削加工は次の二つの特徴をもっている。

- 1) 剛性の高いラジヤス工具の使用
- 2) 高速軽切削に適した工具軌跡

しかしながら従来版等高粗加工は、高速軽切削加工の観点からは次の課題がある。

- 1) 折れのある切削動作が多い
- 2) エアカット動作が多い

次期CAM<sup>\*2</sup>では、高速軽切削加工を実現するための粗取り加工として「高速等高粗加工」を新たに開発し実装した。本稿では、2章で粗取り加工の特徴と高速軽切削加工の課題、3章でその課題を解決した高速等高粗加工について報告する。

## 2. 高速軽切削加工の実現に求められること

本章では、粗取り加工の工具軌跡（以降、経路と呼ぶ）の特徴と、従来版等高粗加工における高速軽切削加工の課題について述べる。

### 2.1 粗取り加工経路の特徴

粗取り加工経路は、金型に近い部分を切削する「製品沿い経路」と、それ以外の素材を切削する「残素材経路」の二つに分けて作成される。製品沿い経路は、製品形状なりに素材を切削する自由度の少ない経路である。一方、残素材経路は自由度が高いため、切削範囲を無駄なく効率良く削り取る経路を作成し、加工時間を短縮することが望ましい（図1）。

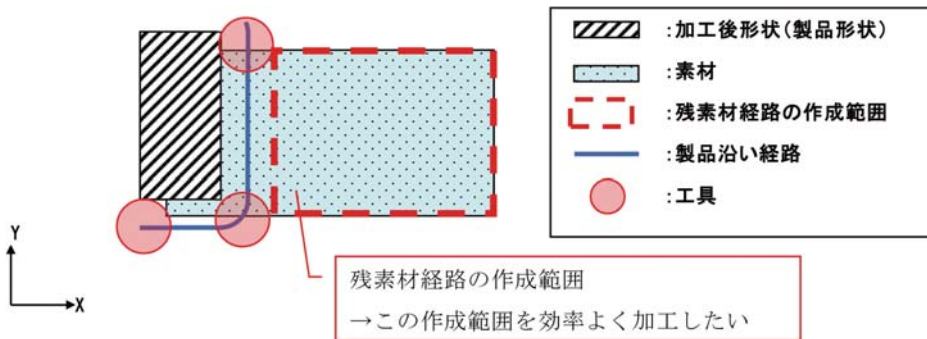


図1 粗取り加工経路作成の考え方

従来版等高粗加工では、残素材経路の作成範囲（以降、素材外周線と呼ぶ）を基準にして、その外周線をオフセットすることにより残素材経路を作成していた（図2）。しかし、この方法は図形処理的には容易であるが、高速軽切削加工を実現するためには課題を解決する必要があった。次節でこれらの課題について述べる。

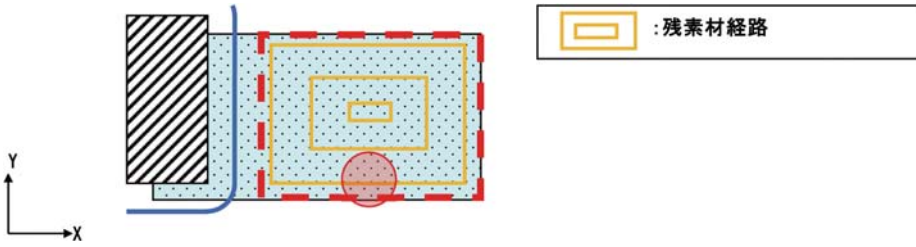


図2 従来版等高粗加工の残素材経路

## 2.2 高速軽切削加工の実現に向けての課題

従来版等高粗加工には以下の二つの課題があり，超大物金型に高速軽切削加工を適用して加工時間の短縮を図る際の障害となっていた。本節で説明する。

- 1) 折れのある切削動作の影響による送り速度の減速
- 2) エアカット動作が多いため加工効率の低下

### 2.2.1 折れのある切削動作の影響による送り速度の減速

加工時に急激な加速や減速を発生させず，指示した送り速度通りに加工できることが望ましい。しかし，経路の折れ箇所（特に鋭角なコーナ）では加工機の特性上，工具の送り速度に減速と加速が掛かり加工時間の増加につながる（図3）。

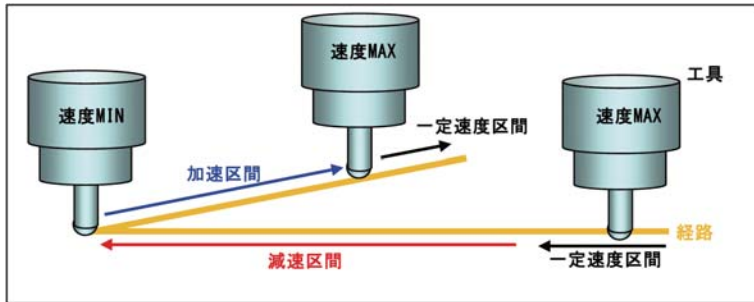


図3 経路の折れ箇所による工具送り加減速

従来版等高粗加工のようなオフセットにより求めた経路は，鋭角な折れが発生することが多くなる。この現象は，残素材作成範囲を基準にしたオフセット経路で発生するほか，切削経路間の隙間を埋める補間経路や，切削動作間の乗り移り動作に対しても折れが発生しており，都度減速が掛かることにより加工時間の高速化を阻害する要因となっていた（図4）。

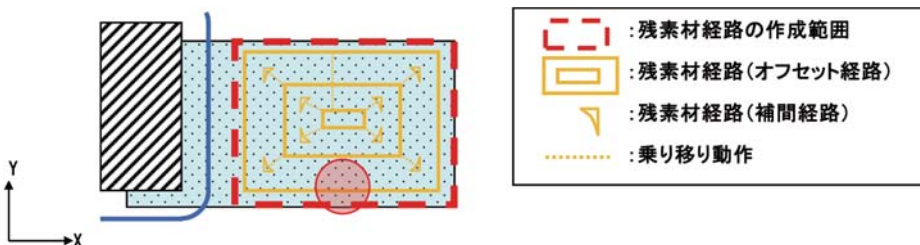


図4 従来版等高粗加工経路のイメージ

## 2.2.2 エアカットによる加工効率の低下

経路の折れによる工具送り速度の減速のほか、加工効率の観点において、経路と経路の間を移動するエアカット動作の影響がある。エアカットとは、加工途中で工具を上空に上げて素材から一度離れ、再度上空から降りて素材を切削する動きをいう。エアカットが発生する都度、切削経路への接近・離脱における減速が起きるため、加工効率の低下を招いている（図5）。

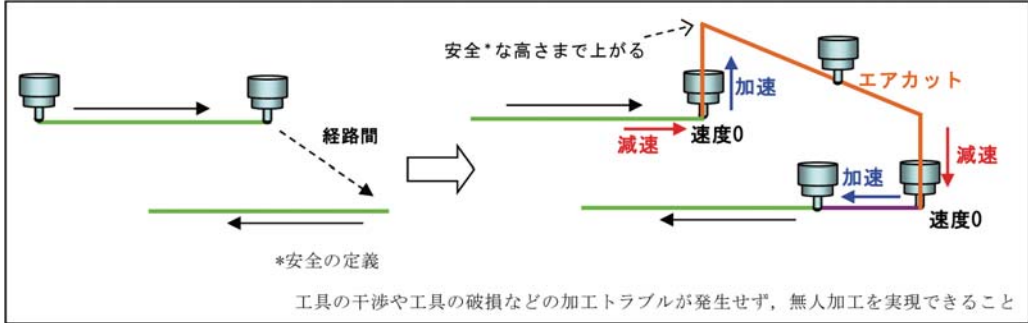


図5 エアカット動作による加減速

従来版等高粗加工では、前節で述べたとおりオフセットにより経路を算出するため、島別れが発生する場合がある（図6）。島別れした経路間はエアカットで移動するため、その都度加減速が発生し加工時間に影響を与えていた。

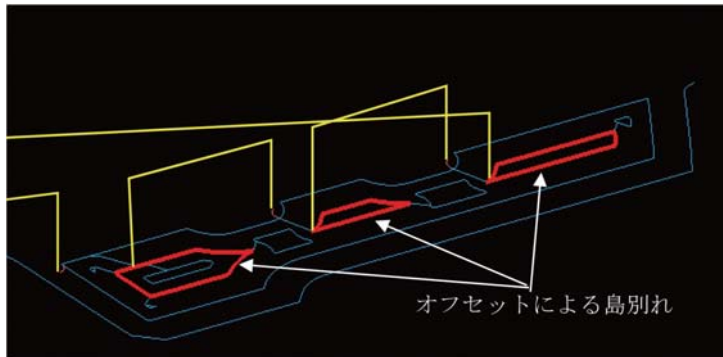


図6 島別れ経路の例

## 3. 次期CAMの高速等高粗加工で実現したこと

次期CAMの高速等高粗加工では、前章に述べた二つの課題を解決した。本章では、これらの課題をどのように解決したかを報告する。

### 3.1 切削負荷を考慮した経路の作成

#### 3.1.1 経路の折れによる減速の掛からない経路

等高粗加工は、工具軸方向（Z方向とする）に垂直な等高平面上（XY平面）を移動する経路となる。このときの取り代、すなわち層内ピッチは、図7のようになる。

従来版等高粗加工では、素材外周線を層内ピッチだけオフセットするので、図8のような経

路になる。線をオフセットするため、元線が折れている場合や凹コーナの円弧半径が小さい（円弧半径<オフセット量）ときには折れた経路が発生し、また凸コーナでの経路間の隙間（加工残り）を埋める補間経路を作成することもあり、随所で減速が掛かる点が課題となっていた。

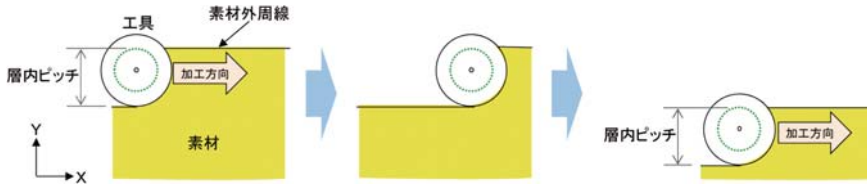


図7 層内ピッチの意味

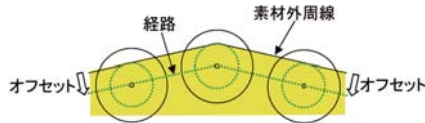


図8 従来版等高粗加工の経路

この課題を解決するため、日本ユニシスは新しい手法「トレースライン法」を開発し、高速等高粗加工に実装した。層内ピッチを可能な限り大きくとった条件と、最低限確保したい層内ピッチの条件を考える（図9）。この二つの条件からオフセット法で求めた経路を図10に示す。二つの経路の間（以降、トレースコースと呼ぶ）を工具が移動していれば、層内ピッチは二つの条件を満たす。そこで、このトレースコース内に、折れない滑らかな経路（以降、トレースラインと呼ぶ）を作成する（図11）。

このトレースライン法は、カーレースの走行ラインからヒントを得た経路作成方法であり、トレースコースをカーレースのコースと見立てて、コーナーでの OUT-IN-OUT の移動軌跡を経路として作成する手法である（図12）。

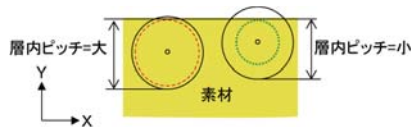


図9 層内ピッチの異なる二つの工具円

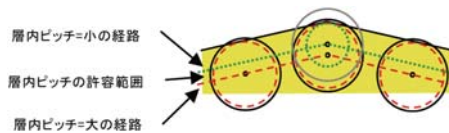


図10 層内ピッチの許容範囲

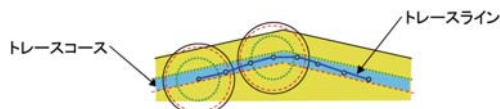


図11 トレースコースとトレースラインの考え方





図12 トレースライン法のイメージ

高速等高粗加工は、このトレースライン法により、従来版等高粗加工のオフセット手法による課題のひとつであった経路間の補間経路も不要になり、折れない経路を作成することができた。減速のかからない経路となり、加工時間短縮が見込めることで、超大物金型への適用が可能となった。

### 3.1.2 切削負荷を考慮した経路順

2.2節で挙げた二つの課題とは直接対応しないが、高速等高粗加工では、切削負荷の少ない加工をするために、ダウンカットを意識した経路順と経路間の滑らかな移動を取り入れた。ダウンカットを意識した経路順では、二点に着眼した。一つ目は経路の回転方向について、二つ目は経路間の乗り移るタイミングについてである。経路の回転方向については、工具の回転方向を右回りとすると進行方向に対して削る素材が左側にあるときアップカット、右側にあるときがダウンカットとなる（図13）。

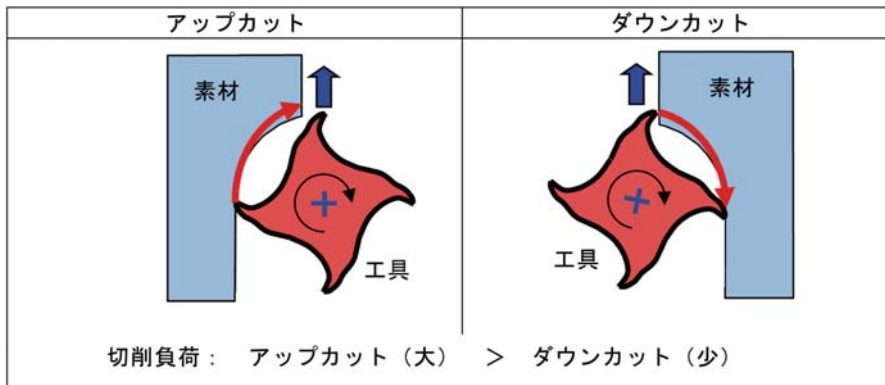


図13 アップカットとダウンカット

次に経路間の乗り移るタイミングについては、外側の経路から内側の経路へ乗り移る際にどの位置から進入すればダウンカットとなるかを考慮した。内側経路に乗り移るタイミングが早いと、内側経路での素材切削がダウンカットとならないため、なるべく外側をダウンカットで切削した後で内側に乗り移る必要がある。図14の事例では、②内周経路の周囲を切削後、③内周経路に乗り移って切削し、④外周経路に戻って残りを切削する、という順に切削させることで、全体をダウンカットで切削することができている。

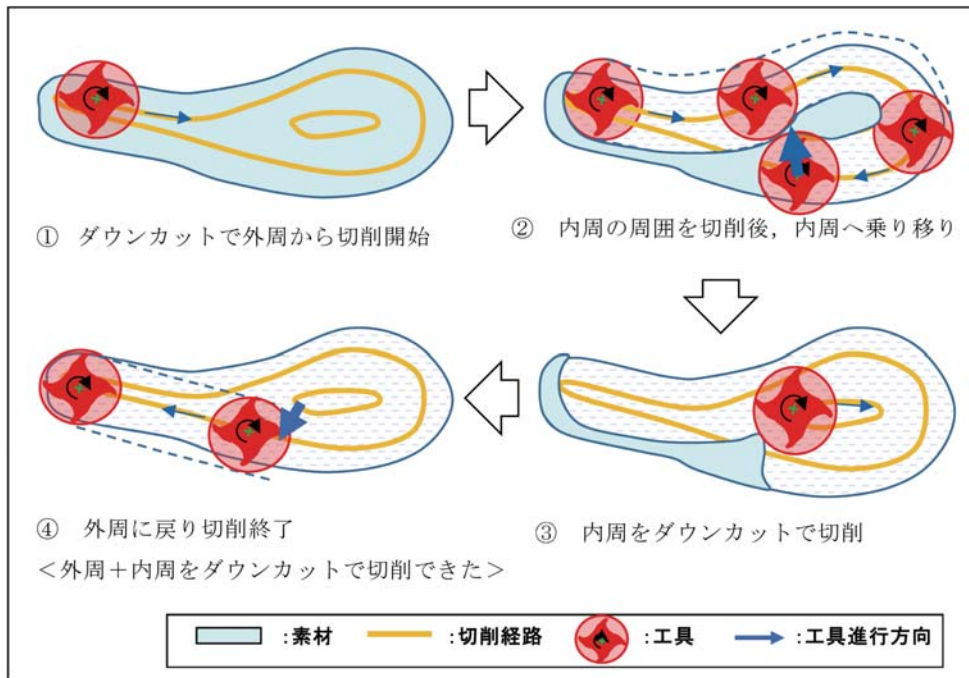


図 14 ダウンカットを意識した経路切削順の事例

### 3.2 エアカットの低減による加工効率の改善

加工効率を改善するためには、エアカットを減らすことが重要である。従来版等高粗加工のように製品沿い経路を最後に加工すると、余分なエアカットが発生し加工効率が悪い。しかし加工する上で製品形状を最後に加工するのは品質上重要な因子である。そこで、高速等高粗加工では、製品沿い経路を先に加工して良い箇所と、後に加工する箇所を見極めることに着眼し、無駄なエアカットを減らすようにした。製品沿い経路に残素材経路が隣接しない場合は製品沿い経路を先に加工し、残素材経路が隣接する場合は残素材経路を加工してから製品沿い経路を加工する。この考えを一本の製品沿い経路に部分的に取り入れ、経路を分割することで、エアカットの発生率を下げるようにした。

### 3.3 次期 CAM で実現した経路

従来版等高粗加工のオフセットタイプの経路と、高速等高粗加工の折れない滑らかな経路をサンプルデータで比較すると、図 15 のとおり、見た目からでも滑らかな経路が作成され、エアカットが少なくなっていることがわかる。このことは、測定結果からも実証され、エアカットの発生回数は約 80%、エアカットの総距離も約 70% 減少した。次に経路の滑らかさを検証するために、各経路点での曲率を測定した結果、新経路では曲率値の変化が穏やかであることが分かる (図 16)。この結果から、工具または工作機械への負荷を軽減したと言える。

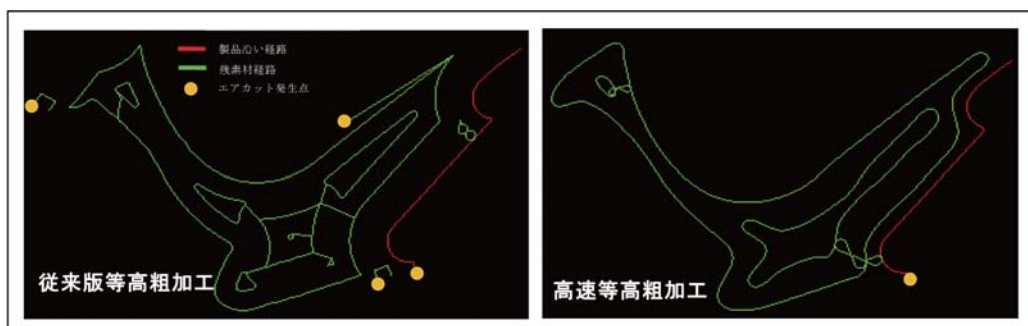


図 15 新旧経路の比較

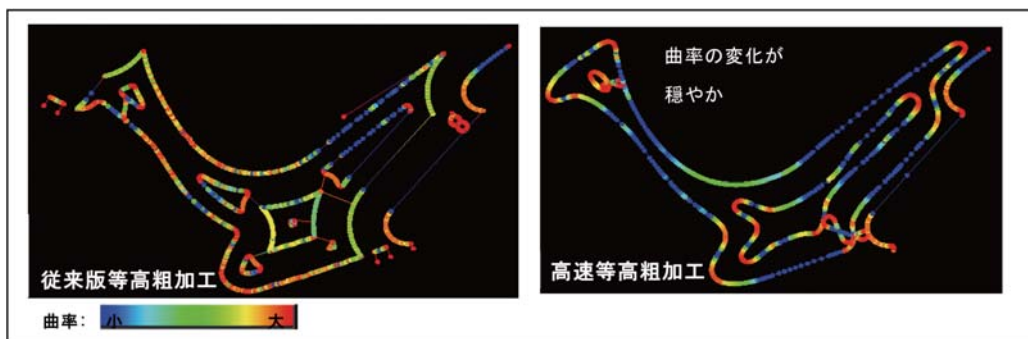


図 16 新旧経路の曲率比較

#### 4. おわりに

高速等高粗加工により、超大物金型の粗取りで高速軽切削加工を実現することができた。今後は同一層において工具が周辺形状と干渉した場合の経路自動分割機能の提供を予定している。この機能強化により、今まで以上に適用部品を拡大することができ、より多くの顧客にご利用いただけることを期待している。

最後に、本稿執筆にあたりさまざまな形でご協力・ご指導いただいた皆様に深く感謝し、御礼申し上げます。

- \* 1 CADmeister：日本ユニシス・エクセリューションズ株式会社が提供する CAD/CAM（Computer Aided Design/Manufacturing）システムである。
- \* 2 次期 CAM：CADmeister 上で稼働する、日本ユニシスが CAM 機能を強化した新たな金型製作ソリューションである。曲面加工用パッケージ、型構造部加工用パッケージおよびプロファイル加工用パッケージから構成される。



**執筆者紹介** 富田 佳宏 (Yoshihiro Tomita)

1998年中部ソフト・エンジニアリング(株)(2015年日本ユニシス(株)に合併)入社。同年よりCAD/CAM分野を担当し、商品開発、顧客システム開発に従事。現在、製造システム本部トヨタ統括部エンジニアリングシステム部に所属。



中 島 毅 (Tsuyoshi Nakajima)

2000年日本ユニシス・ソフトウェア(株)(2015年日本ユニシス(株)に合併)入社。同年よりCAD/CAM分野を担当し、商品開発、顧客システム開発に従事。現在、製造システム本部エンジニアリングシステム一部に所属。

