

# CAM 作業工数を大幅に削減する『流用/自動加工設計』

“Reuse Machining Process and Automatic Machining Process”  
for Reducing Work Man-hours in Computer Aided Manufacturing

久野 崇, 伊藤 清彦

**要約** 金型構造部の型製作における CAM 作業では加工部位が多いため、加工部位の特定、加工手順の割り当て、加工残りの確認及び工具干渉の確認といった一連の繰り返し作業に多くの時間が掛かっている。また、類似の型データに対しては、過去に行った作業結果があるにも関わらず、新規データと同じ作業を行っているため、新規データと同じ作業工数が掛かっている。

次期 CAM では、これらの作業工数に関する課題を解決するため、『部位自動認識』、『自動加工設計』及び『流用加工設計』の三つの自動化機能を構築し提供した。それにより、作業者の CAM 作業工数を 70%～75%削減することができた。

**Abstract** On the CAM work for manufacturing of the mold structure, there are many machining areas to be covered and it takes a lot of work man-hours for the assignment of machining process, the confirmation of the machining remained and the tool interferences. And as for the similar mold data, although there were lots of similar works results left in the past, these works results are never utilized to reduce the workload for new similar mold. Always the same kind of workload spent with the new mold data.

In the NEXT CAM product, to resolve the problems related to these work man-hours, three automatic function, “create machining area automatically”, “create machining process automatically”, “reuse machining process” were developed. As a result, 70～75% of work man-hours being reduced.

## 1. はじめに

次期 CAM<sup>\*1</sup>では、型構造部を加工するための NC データを作成する構造加工パッケージを提供している。対象としている型構造部の CAM 作業では作業工数が掛かるという課題があり、それを解決するため、「一連の繰り返し作業の自動化」「類似の型データにおける作業の自動化」という視点で作業工数の削減を目的とした自動化機能の開発・提供を行った。

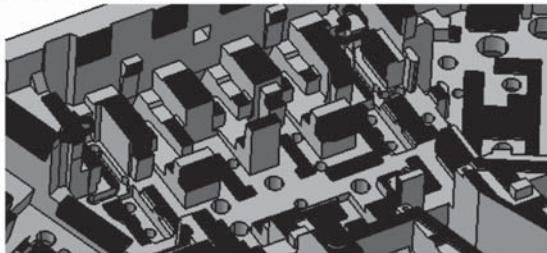
本稿では、型構造部の CAM 作業において、2章で作業工数が掛かる要因、3章で作業工数の削減を実現した自動化機能の内容、4章でその効果及び今後の改善について述べる。

## 2. 型構造部の CAM 作業

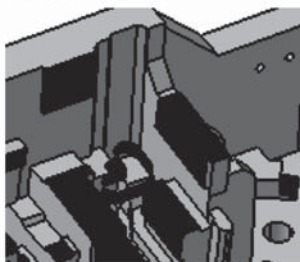
対象としている型構造部には、次に挙げる三つの特徴がある（図1）。

- 1) 加工の対象となる部位が多い。（大物で1部品あたり500部位程度）
- 2) 周辺形状は複雑で入り組んでいる。
- 3) どのような型でも、部位は単純で類似した形状から構成されていることが多い。

1) 黒塗り部分がすべて加工対象で数が多い



2) 周辺形状が複雑



3) 単純で類似した形状



図1 型構造部の形状とその特徴

このような特徴に起因して、型構造部のCAM作業では次の二つの課題がある。一つ目の課題は、加工部位の特定、加工手順の割り当て、加工残りの確認及び工具干渉の確認といった一連の繰り返し作業に多くの時間が掛かっていることである。二つ目の課題は、類似の型データに対しても新規データと同じ作業を行っているため、新規データと同じ作業工数が掛かっていることである。これらの課題が発生する要因について、本章で述べる。

## 2.1 作業シナリオ

型構造部のCAM作業の大まかな作業シナリオを説明する。設計で作成された形状データに対して、加工が必要な面を手作業で加工部位として定義し、加工面以外のパラメータ値を設定する。定義した加工部位に対して、加工手順、加工条件、工具及びアタッチメントを設定し、工具軌跡（以降、経路）を作成する。作成した経路に加工残りや工具干渉（図2）といった加工上の問題がないかどうかを加工残り検査、可動範囲検査及び干渉検査といった検査機能を使って確認し、適切な経路になるまでこれらの一連の作業を繰り返し行う。最終的に加工上の問題がない経路を実際に加工する順番に並べ替え、NCデータを作成する（図3）。

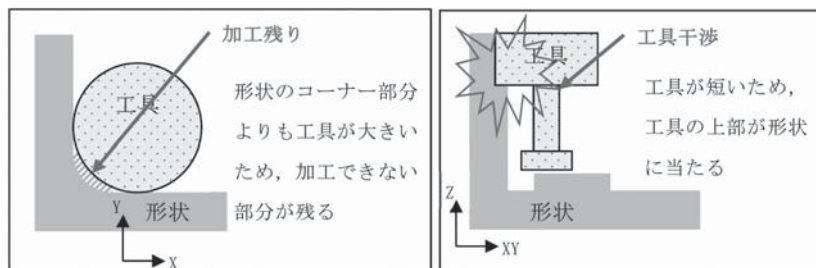


図2 加工残りと工具干渉

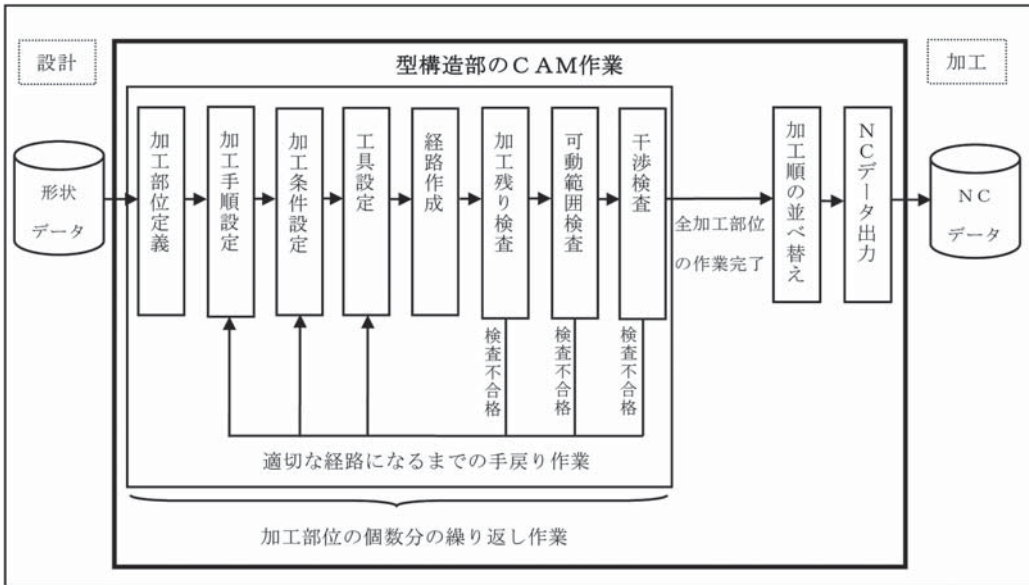


図3 型構造部のCAM作業シナリオ

## 2.2 作業上の課題と要因

一連の繰り返し作業に多くの工数が掛かる課題は、二つの要因に起因している。一つ目の要因は加工部位の数が多いため、加工部位の個数分同じ作業を行う点である（以降、繰り返し要因）。二つ目の要因は、一つの加工部位に対する作業において、多くの手戻りが発生する点である（以降、手戻り要因）。

類似データに対して新規データと同じ工数が掛かる課題の要因は、同一形状に対しても一連の繰り返し作業を行っている点である（以降、類似データ要因）。

## 3. 課題解決のための自動化機能

繰り返し要因と手戻り要因への対策として、「部位自動認識」と「自動加工設計」という二つの自動化機能を作成した。「部位自動認識」は、形状データから全ての加工部位を一括で自動認識する機能である。「自動加工設計」は、加工部位に対して、加工手順設定から干渉検査までの作業（以降、加工設計作業）を自動で行う機能である（図4）。

類似データ要因への対策として、「流用加工設計」を作成した。「流用加工設計」は、作業済みのデータから作業結果を流用する機能である（図5）。これら三つの自動化機能により、2章で挙げた二つの課題を解決し作業工数の削減を実現した。本章の各節で説明する。

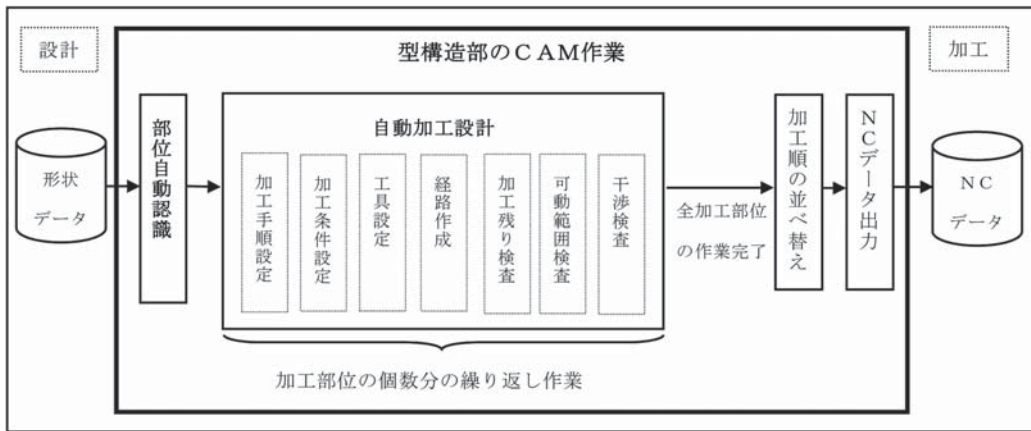


図4 新規データに対する作業シナリオ

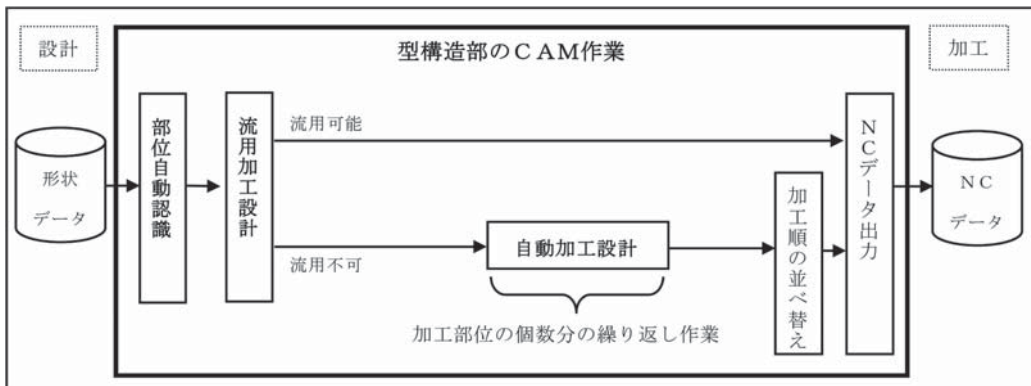


図5 類似データに対する作業シナリオ

### 3.1 部位自動認識

部位自動認識で決定する項目は、加工部位を構成する面群、加工部位のタイプ及びその加工部位に設定するパラメータ値である。これらを決定するために、設計側で付与される加工特徴を利用する。加工特徴は加工が必要な面（以降、加工面）に漏れなく付与されており、部位自動認識では取り付く部品の種類（以降、部位名称）、加工精度及び壁底情報を参照する。

#### 3.1.1 加工部位の自動認識

加工特徴に設定されている壁底情報の信頼度により、二つの認識方法を用意している。

##### 1) 壁底情報を信頼できる場合

位相連続する同一の部位名称を持つ面群を加工部位として認識する。加工部位の底面及び壁面は、加工特徴に設定されている壁底情報をそのまま利用する（図6）。

##### 2) 壁底情報を信頼できない場合

加工特徴のみで加工部位を認識することができないため、作業者に加工する方向を入力させる。システムがその方向と加工面の位置関係から加工部位を認識する。加工する方向に対して垂直な平面を底面として認識し、その他の加工面を壁面として認識する。底面に対して位相連続する壁面と底面をひとつの加工部位として認識する。底面に位相連続しない壁面

は、位相連続単位にひとつの加工部位として認識する (図 7)。

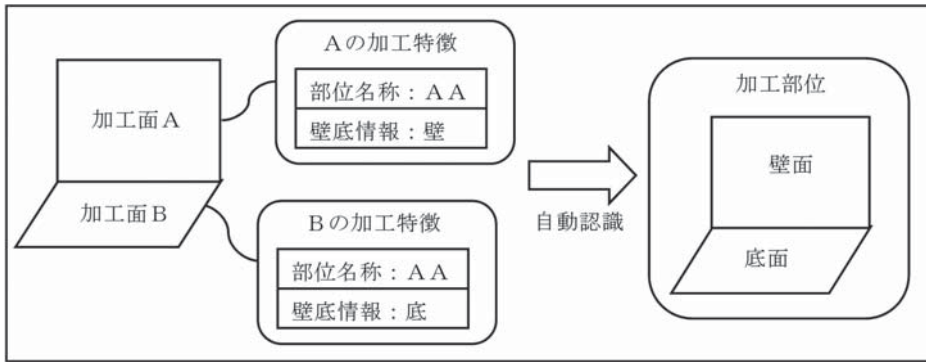


図 6 壁底情報を信頼できる場合の自動認識

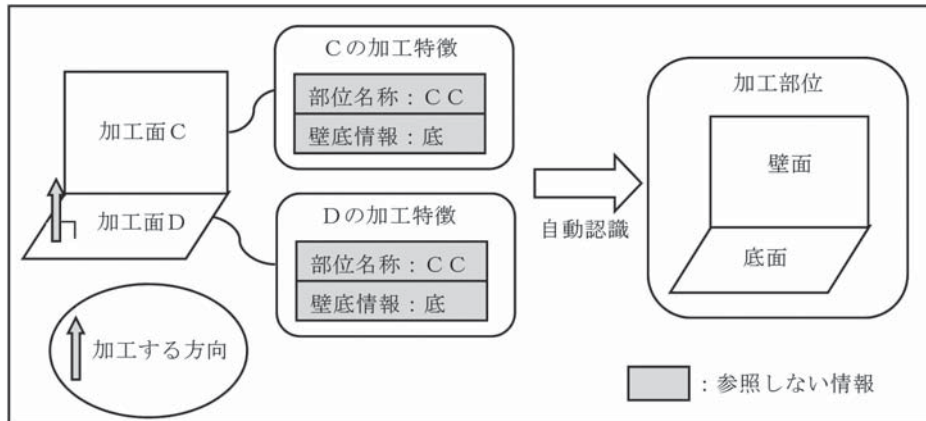


図 7 壁底情報を信頼できない場合の自動認識

### 3.1.2 加工部位タイプの決定

加工部位として認識した加工面より、加工部位タイプ (穴/座/壁のみ/ポケット) を決定する。壁面が円柱面や円錐面のみで構成されている加工部位を穴と決定する。底面のみで構成されている加工部位を座と決定し、壁面のみで構成されている加工部位を壁のみと決定する。底面と壁面で構成されている加工部位をポケットと決定する。

### 3.1.3 加工部位パラメータの自動決定

加工部位定義の作業結果を収集し分析したところ、加工部位のパラメータは部位名称と加工部位タイプの組み合わせ数に分類できることが分かったため、これらの対応表を外部ファイルに定義することで、パラメータの自動決定を可能とした (図 8)。外部ファイルに定義できるパラメータは、手順決定名、素材情報及び公差である。

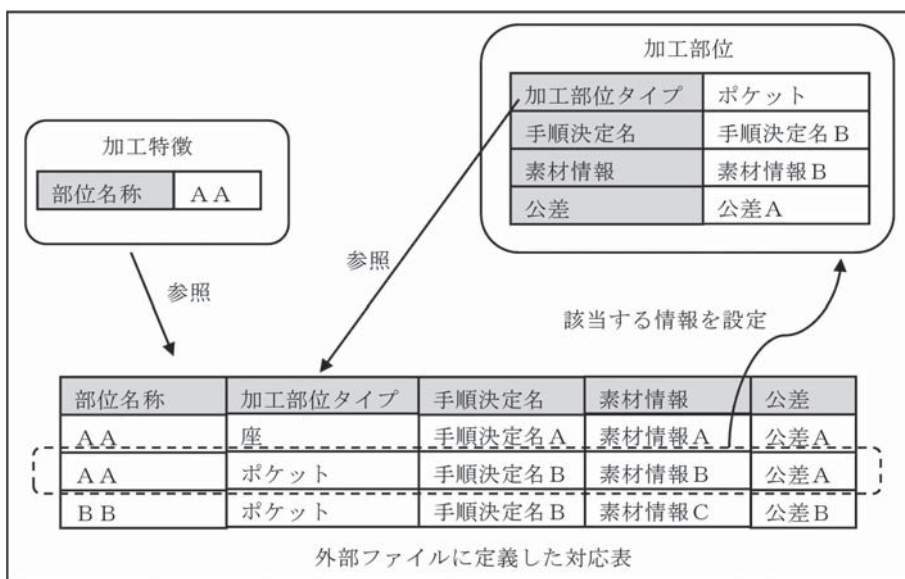


図 8 加工部位パラメータの自動決定の仕組み

### 3.2 自動加工設計

自動加工設計で決定する項目は、加工手順、加工軸及び工具系である。これらを決定するために、作業員へ次の視点でのヒアリングを行い、システム要件へ落とし込んだ。

- ・加工手順と加工軸を決める際の考え方
- ・工具系を決める際の検査機能の種類と不合格時の対処方法

これらを基に、加工設計作業を組み込んだ自動加工設計を作成した。本節で説明する。

#### 3.2.1 加工手順の決定

##### 1) 候補手順の設定

ある加工部位に対して、どの加工手順を適用するかは基本的に手順決定名により一意に決まっているが、突き出し長が短い場合は等高加工、長い場合は突き加工を適用するなど複数の加工手順が候補となるケースが存在することも判明した。

このようなケースに対応するために、候補となる加工手順をその優先度に従って複数個指定できるようにした。最終的にどの加工手順を利用するかは、3.2.3 項の工具系の決定により、加工可能な工具の有無で決まる (図 9)。

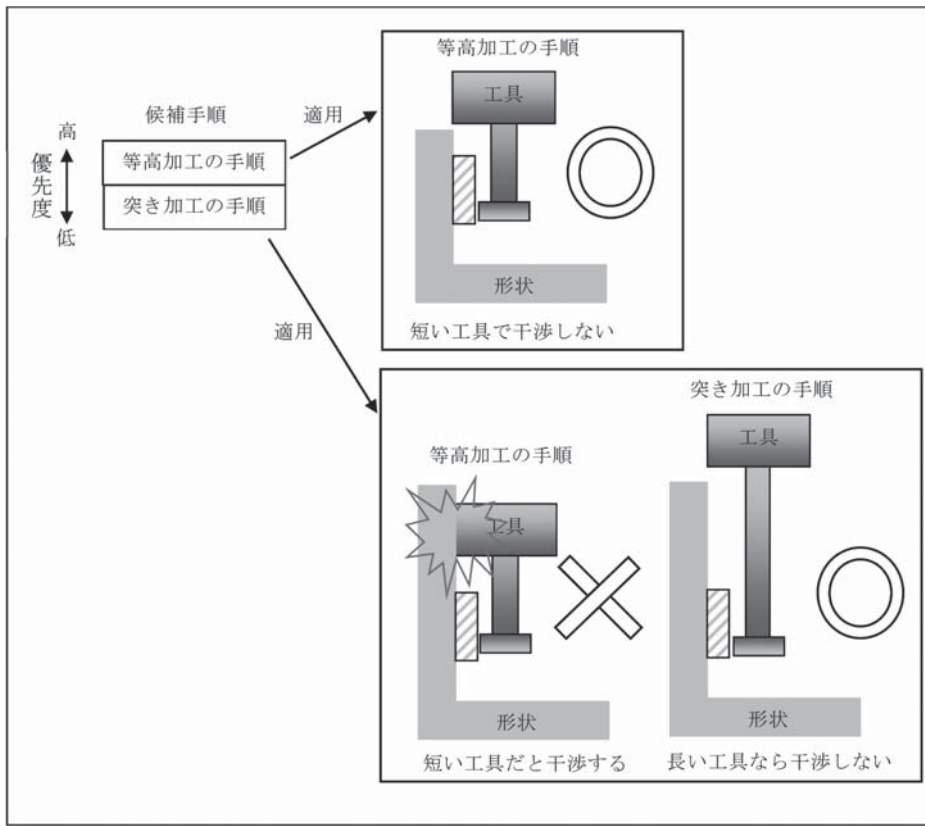


図9 複数個の加工手順が候補となる場合の加工手順決定

## 2) 工程組みの決定

各加工工程に適用する条件として、加工部位パラメータ、加工部位の寸法を記載可能とすることで工程組みを決定する。

例えば、図10において、上側の形状は穴の上面が平らになっているため、座ぐり加工は必要ないが、下側の形状は穴の上面が傾斜しており、そのまま加工を行うと工具が滑って加工する位置がずれてしまう。そのため、座ぐり加工を行い、加工面を平らにしてから、ドリル工具で加工を行う必要がある。座ぐり加工の工程を適用する条件として「穴の上面傾斜あり」と設定しておくことで、穴の上面が平らになっているケースと傾斜しているケースに対して、それぞれの加工部位に適切な加工工程を作成することができる。

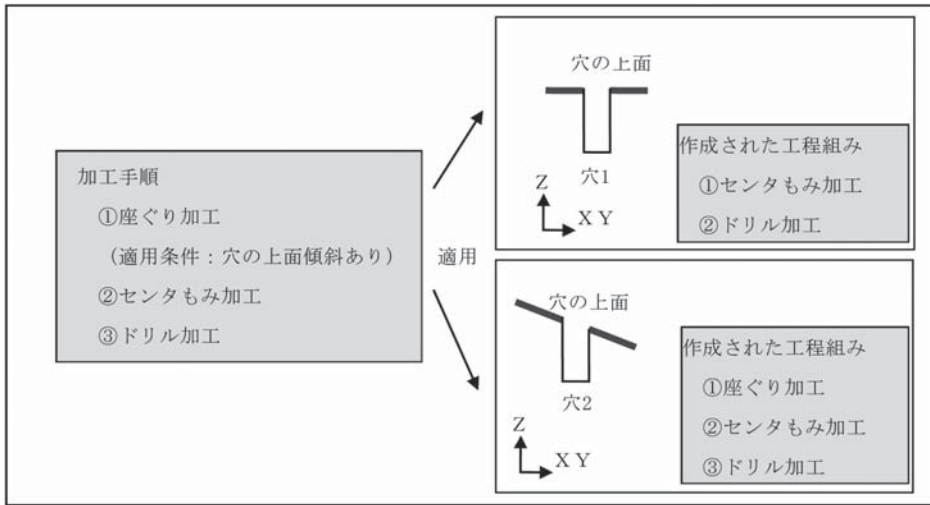


図 10 周囲の形状により適用する加工手順を決定するケース

### 3.2.2 加工軸の自動決定

加工軸は，加工部位タイプと加工面の向きから決定する（表1）。

表 1 加工部位タイプ毎の加工軸決定

穴	 加工軸 = $\vec{C}$	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>凡例</p> <p><math>\vec{C}</math> : 穴の中心軸</p> <p><math>\vec{N}</math> : 加工面の法線</p> <p><math>\vec{Z}</math> : Z軸</p> </div>
座	 加工軸 = $\vec{N}$	
ポケット	 加工軸 = $\vec{N}$	
壁のみ	 加工軸 = $(\vec{N} \times \vec{Z}) \times \vec{N}$	

### 3.2.3 工具系の決定

加工工程で利用できる工具を候補工具として複数本指定できる。候補工具の順番に従って経路計算，加工残り検査，可動範囲検査，干渉検査を行い，加工残りや工具干渉の有無をチェックする。検査に合格した場合は，その工具を適用し，不合格の場合には次の工具で検査を行う。全ての候補工具が不合格の場合は，加工可能な工具なしと判断し，評価中の加工手順は適用不



可と判断する。その場合には、別の加工手順を適用し、同様に検査を行うことで、工具系を決定する(図 11)。

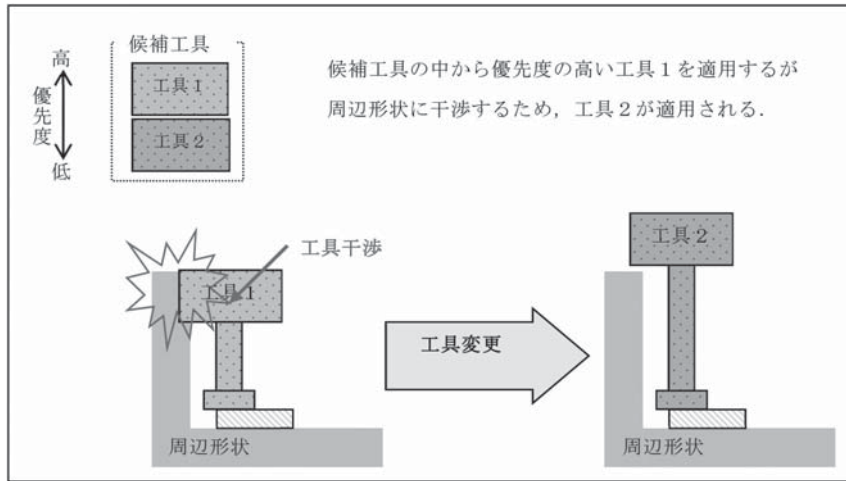


図 11 工具干渉のない工具の選択

### 3.3 流用加工設計機能

流用加工設計は、過去の作業済みデータ（以降、親型）から作業中のデータ（以降、子型）へ作業結果を流用する機能である。親型と子型の間で、加工部位に定義された形状の位置、形及び付与された加工特徴を比較し、全てが一致する加工部位を流用可能な加工部位として判断する。その加工部位に対して、親型の加工部位の作業結果を子型へ流用する。流用対象とする作業結果は、加工手順、加工工程、経路の情報に加えて、加工する順番を表現している加工順の情報も流用対象とする。これにより、加工設計の作業における繰り返し作業だけでなく、加工する順番に並べ替える作業も自動化できる。

## 4. 効果の検証

部位自動認識と自動加工設計の自動化機能を適用することで、加工設計で作成する情報の 80% を自動作成することができた。穴形状については、ほぼ 100% を自動作成することができた。それにより、作業工数を 75% 削減することができた。また、部位定義、加工設計時の手作業によるミスが排除できた。自動加工設計時に干渉検査が行われるため、安全性の高い NC データが作成でき、加工トラブルの削減にも貢献している。従来では作業者のスキルに依存して、作業工数や NC データ品質にバラツキが発生していたが、自動化機能により作業が標準化されたことで、作業者のスキルに起因する課題についても解決できた。

ほぼ 100% の形状が同一であるリピート型、80% から 90% の形状が同一である類似部品に対する作業においては、流用加工設計機能により、新規で型構造部の CAM 作業を行う場合と比較して、70% の作業工数削減を実現できた。

## 5. おわりに

構造加工パッケージの自動化機能は次の二つの機能強化が可能かつ必要であると考える。

一つ目は、自動加工設計機能における工具の首下分割機能である。現行の自動加工設計は加工面品質を重視し、加工面全体を加工できる一本の工具を自動決定している。仕上げ加工に関しては、現行の機能で十分だが、粗取り加工に関しては、加工効率を重視し、突き出し長が短い工具で加工できるところまで加工し、残った部分を突き出し長の長い工具で加工することが求められている。これを実現することで、粗取り加工に掛かる時間が削減できると考えている。

二つ目は、自動加工設計時の併合部位化、部位パターン化である。併合部位化や部位パターン化とは、形状としては離れているが同時に加工できる加工部位や、同じ加工が可能な加工部位を一つの加工部位として扱うための機能である。この機能を使用することで、工程数を削減でき、まとめて加工できるというメリットが出る。また、加工部位をまとめることで、加工設計上の各種ビューでの視認性が向上する。現状、併合部位化、部位パターン化を行う機能は提供できているが、作業者が手作業で指示する必要があるため、自動加工設計時にシステムが自動でまとめることができれば、作業時間を削減できると考える。

最後に、本稿執筆にあたりご協力・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 次期 CAM：日本ユニシス・エクセリユ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 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及びプロファイル加工用パッケージから構成される。

参考文献 [1] 宮地隆, 天野泰裕, 藤井省, ナレッジ利用による 2.5D 加工の自動化・最適化, 型技術ワークショップ 2006 in 長岡, 型技術, 2006, 52-53

#### 執筆者紹介 久野 崇 (Kuno Takashi)

2003 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、Dynavista, 次期 CAM のシステム開発 (主に型構造部の CAM のアプリケーション開発) 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。



#### 伊藤 清彦 (Ito Kiyohiko)

1992 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。1995 年より CAD/CAM 分野を担当し、Dynavista, 次期 CAM のシステム開発 (主に、型構造部の CAM のアプリケーション開発, 経路計算ソルバ) 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。

