

# 把持替えと同時加工を考慮した複合加工機用工程設計支援システム

東京農工大学 ○井上 友貴, 東京農工大学大学院 ◎中本 圭一

## 要 旨

複合加工機は多機能で工程集約が可能であるが、更なるリードタイム短縮のためには工程設計を支援するシステムの開発が求められる。そこで本研究では、先行研究で提案された加工フィーチャを基に、把持替えや同時加工も取り扱える複合加工機を対象とした工程設計支援システムを開発することを目的とし、ケーススタディによりその有効性を確認した。

### 1. 緒 論

近年、製造業では多品種少量生産の傾向が顕著になり、生産リードタイムの中で加工準備時間の割合が大きくなっている。このため加工準備時間の短縮は、多品種少量生産を高能率化させるための重要な課題といえる<sup>1)</sup>。

複合加工機による加工では、CAM システムの利用が必須であるが、加工プロセスの決定に多くの時間と労力が必要となる。したがって、従来作業者が決定していた加工プロセスを CAD データから自動的に算出する工程設計支援 (CAPP: Computer Aided Process Planning) システムの開発が望まれている。

### 2. 工程設計支援システムの開発

工程設計の自動化に向けた研究では、一般に加工フィーチャと呼ばれる加工を決定づける特徴領域を認識する。しかし、ターニングとミリングの両機能を持つ複合加工機に対応するには、加工方法を限定しないように配慮する必要がある。このため、先行研究では除去領域から認識される加工プリミティブと呼ぶ単位形状と、その目標形状と接する面である創成面の情報を基に加工フィーチャを認識した<sup>2)</sup>。なお、幾何計算のための CAD システムにはアイコアルファ製 Simple Modeler を用い、この API を使用して工程設計支援システムを開発している。

加工プリミティブを取得するまでの流れを図 1 に示す。まず CAD 上で定義した目標形状と被削材形状から除去領域を抽出する。次に、抽出された除去領域と目標形状が接する面を境界面として取得する。取得した境界面を図 1(a)のように除去領域内部に拡張し、この中から参照する面を定めて、同図(b)に示したように境界面と除去領域が囲む領域を加工プリミティブとして取得する。なお、この段階では複数の加工プリミティブが取得された場合、ある領域で重なることも許容している。

その後、取得された各加工プリミティブに加工順序を設定し、加工プリミティブと目標形状の接する面である創成面の情報を逐次更新することで加工フィーチャを認識する。

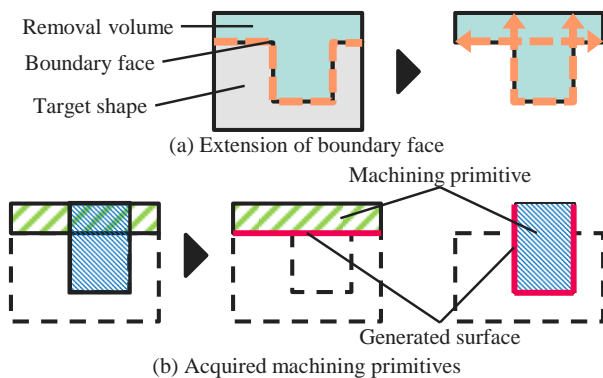


Fig. 1 Process of obtaining machining primitives

### 3. 把持替えと同時加工の検討

本研究で開発した工程設計支援システムは、第 2 旋削主軸を用いた把持替えと下側刃物台を用いた複数箇所同時加工を考慮できるものである。ただし、本研究では NC 旋盤にマシニングセンタの機能を加えた形式の複合加工機を想定するため、素材形状としては円柱を基本的に取り扱うものとする。

まず、把持替えについて述べる。CAD で定義された目標形状を構成する面の中で法線が旋削主軸と平行となる面を取得する。なお、機械座標系と CAD の座標系は一致しているものとしている。取得された各面それぞれを内包する最小の長方形を定義し、その長方形の面積が最大となる面を切断面として取得する。その後、図 2 のように取得された切断面で目標形状と被削材形状を 2 つの領域に分割し、他方の旋削主軸で加工する領域を素材形状に変換して再結合することで、片方の旋削主軸で加工すべき領域を取得する。取得した領域を新たな目標形状として利用し、各旋削主軸で加工フィーチャを認識する。

次に同時加工について述べる。加工フィーチャを認識後、連続する 2 つの加工フィーチャが共にターニングまたはミリングであり、かつ旋削主軸の垂直方向で重複していない場合、それら 2 つの加工フィーチャは同時に加工するものとして取り扱う。図 3 では単体で認識される加工フィーチャが取り除かれた後に現れる 2 つの加工フィーチャが同時に加工されるものとして扱われる。

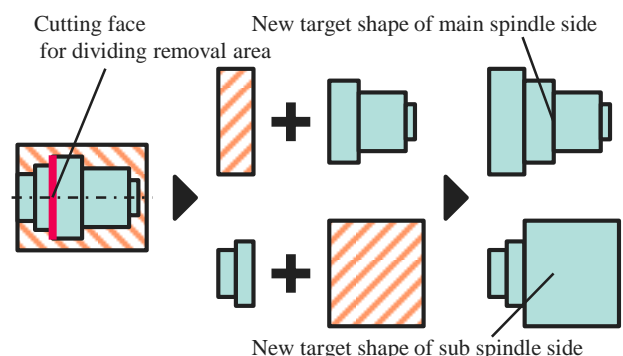


Fig. 2 Consideration of chucking change

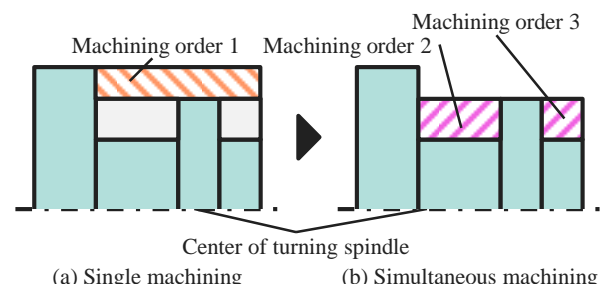


Fig. 3 Consideration of features simultaneously machining

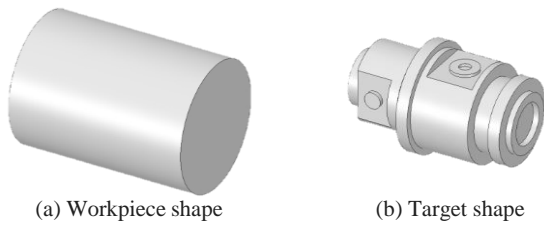


Fig. 4 Input data for case study

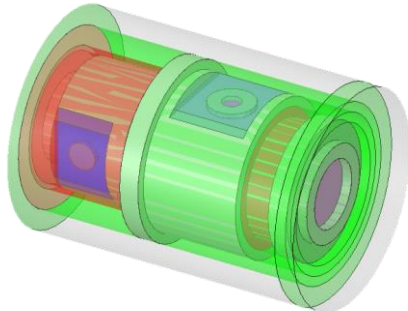
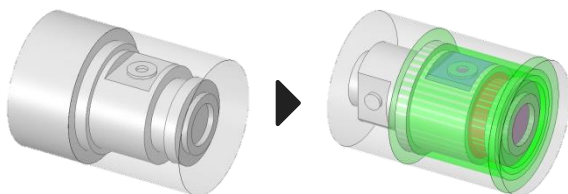
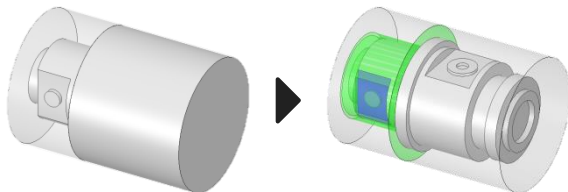


Fig. 5 Machining features without chucking change (Pattern A)



(a) Machining features of main spindle side (Pattern B, C)



(b) Machining features of sub spindle side (Pattern B, C)

Fig. 6 Machining features considering chucking change

#### 4. ケーススタディ

開発したシステムの有効性を確認するため、ケーススタディを実施した。ケーススタディでは図4に示す素材形状と目標形状を入力情報とし、把持替えも同時加工も取り扱わないパターンA、把持替えのみを取り扱うパターンB、把持替えと同時加工を取り扱うパターンCの3つのパターンで加工フィーチャを認識して工程設計を施した。加工フィーチャを認識する際の加工順序の設定条件としては、創成面の数が少ないものから優先し、同じ場合には面積の大きいものを優先させ、同じ種類のフィーチャには同一の加工方法を割り当てた。認識された加工フィーチャを基に、DP Technology製のCAMシステムであるESPRITを用いて工具経路を生成して、加工時間を計算した。加工シミュレーションでは、工具として外形と端面旋削用バイト、溝加工用の突切りバイト、フライス加工用のφ4, 6, 8 mmの3種類のスクエアエンドミルを想定した。また、切削条件は想定した工具の非鉄金属の推奨条件を適用し、フライス工具は使用可能な最大径のものを用いた。

把持替えを取り扱わないパターンAでは図4(b)の目標形状を用いて図5のように加工フィーチャが認識される。把持替えを取り扱うパターンB, Cでは第1旋削主軸側で図6(a)のように、第2旋削主軸側で同図(b)のように目標形状をそれぞれ再定義した後、各旋削主軸において加工フィーチャが認識される。実際

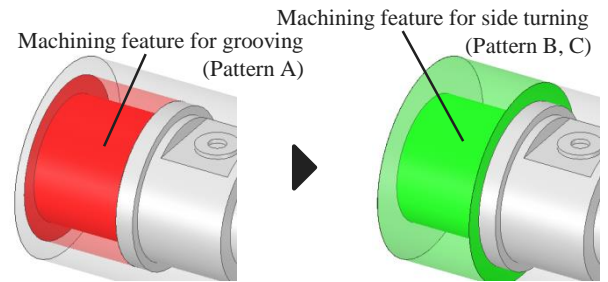
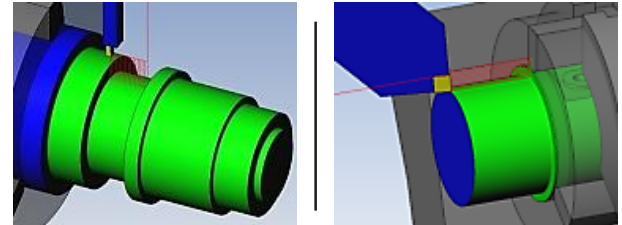
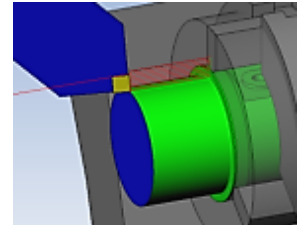


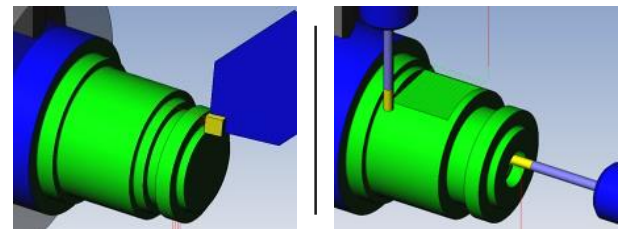
Fig. 7 Difference of recognized machining features



(a) Grooving in Pattern A



(b) Side turning in Pattern B



(c) Simultaneous machining in Pattern C

Fig. 8 Machining simulation using CAM system (ESPRIT)

Table 1 Comparison of estimated machining time

	Pattern A	Pattern B	Pattern C
Time [min]	35.29	29.52	28.16

に、図7に示す領域では把持替えがない場合に溝加工に割り当てられていた加工フィーチャが、把持替えによって側面旋削の加工フィーチャへと変化する。このように把持替えを考慮することによって異なる加工フィーチャが認識されることが分かる。

シミュレーションによって予測された加工時間を表1に示す。加工時間はパターンA, B, Cの順に短くなっている。パターンAでは溝加工に割り当てられる加工フィーチャが他のパターンより多いことから工具の切込み回数が増え、切削距離が長くなり加工時間も延びている。一方、図8(a)のようにパターンAで溝加工に割り当てられていた加工フィーチャがパターンBでは把持替えによって同図(b)のように側面加工の加工フィーチャとなり、加工時間が短縮されている。さらに、パターンCでは同図(c)に示すように2つの加工フィーチャの同時加工を含むために最も加工時間が短くなっている。

#### 5. 結論

提案された加工フィーチャを基に、把持替えと同時加工をも考慮した複合加工機用工程設計支援システムを開発した。ケーススタディの結果から開発したシステムの有効性と、把持替えと同時加工により加工時間が短縮されることが確認され、より適切な工程選択が図れることが分かった。

#### 参考文献

- 1) 濱田大地, 中本圭一, 石田 徹, 竹内芳美: 複合加工機用CAPPシステムの開発, 日本機械学会論文集C編, Vol. 78, No. 791, pp. 2698-2709, (2012).
- 2) 上野 瑛, 中本圭一: 複合加工機用工程設計支援システムのための加工フィーチャの提案, 日本機械学会論文集, Vol. 81, No. 825, 15-00108, (2015).