

# 金型製作自動化システム「UH-SUPPORT SYSTEM」

## Automatic Die Mold Manufacturing System "UH-SUPPORT SYSTEM"

中野浩之 H. NAKANO 大谷 尚 H. OHTANI

This report introduces an automatic die mold manufacturing system "UH-SUPPORT SYSTEM", a super high speed machining center developed to machine small to medium size die mold "UH55", and as an introduction example of the above system and machine, an customer's automatic die mold manufacturing line.

**Key Words:** automatic die mold manufacturing line, high speed machining, reduction of lead time

### 1. はじめに

近年、自動車や家電製品の開発期間短縮や低コスト化に伴い、金型製作についてもリードタイム短縮や高精度化の要求が高まっている。

当社では、これらの要求にこたえるために、加工機自体の性能向上に加えて高速切削による金型の直彫り技術の開発を行っている。しかし、金型の高速切削を実現するには、さまざまな工程での自動化、高精度化、高能率化が不可欠であり、02年10月より金型製作の工程設計から加工までをサポートする「UH-SUPPORT SYSTEM」を提案してきた。

そこで、本報では中・小物用金型の直彫り加工を目的として開発されたUH55超高速金型加工機と「UH-SUPPORT SYSTEM」、およびお客様への導入事例として金型製作の自動化ラインの紹介を行う。

### 2. UH55 超高速金型加工機<sup>1)</sup>

本機は、高速・高加速度送り機構と、高速・高剛性主軸を最大の特長としており、高速切削により、金型の製作時間を大幅に短縮する。

図1に機械の外観、表1に主な仕様を示す。



図1 UH55 超高速金型加工機  
UH55 Super high speed die mold machining center

表1 UH55 機械仕様  
UH55 machine specification

項目	UH55
X 軸移動量, mm	600
Y 軸移動量, mm	600
Z 軸移動量, mm	600
B 軸移動量, °	360
パレット寸法, mm	□ 450
パレット最大積載質量, kg	400
切削送り速度, m/min	60
切削送り加速度, m/s <sup>2</sup>	9.8
主軸回転速度, min <sup>-1</sup>	500 ~ 50 000
主軸端テーパ	特 HSK-A40

## 2.1 高速・高加速度送り機構

リニアガイドスライドを移動体の両側に配置することで各軸の移動体は両端が支持され、両持ちはりの状態で高剛性に支持できる。また、送り軸移動体は FEM 解析を使用し、特殊鋳鉄による薄肉軽量かつ高剛性な設計とした。

送り機構は 2 条のハイリードボールねじと低慣性の送りサーボモータにより構成しており、重心付近を駆動することで 60m/min、 $9.8m/s^2$  の高速・高加速度送りを可能にしている。また発熱の影響を考慮しボールねじ冷却を行って位置決め精度を確保している。

## 2.2 高速・高剛性主軸

主軸は軸受にセラミックボールベアリングを用いており、軸径  $\phi 50mm$ 、最高回転速度  $50\,000\text{ min}^{-1}$  の性能を有し、dn 値は 250 万と世界トップレベルである。主軸端形状は、工具クランプ剛性が高く、高速回転時の振れが小さい 2 面拘束 (HSK-A40) を採用している。

また、主軸の軸方向の伸びをセンサで直接計測し、位置指令に補正をかけて高速回転での位置決め精度を保証している。

## 3. UH-SUPPORT SYSTEM

「UH-SUPPORT SYSTEM」は高速加工による金型製作の加工工程設計から製品の精度補正までを総合的にサポートすることにより、金型製作の自動化を支援するシステムである。

本システムは高速加工で必要となる熟練技術者のノウハウ、機械特性などを組み込むことによって、初心者でも簡単に熟練技術者並の加工が実現できるシステムとなっている。

「UH-SUPPORT SYSTEM」は図 2 に示すように①～⑥のシステムで構成されている。

- ①型加工工程設計支援システム「Mill-Plan/UH」
- ②超高速高精度制御機能「UHPC-I/UHPC-II」
- ③金型加工用 DNC システム「TIPROS DM10/DM20」
- ④机上測定補正加工システム「UHCS」
- ⑤複合センシング補正機能
- ⑥主軸熱変位補正機能

以下に①～④の各システムについて紹介を行う。

## 4. 各システムの機能と特長<sup>2) 3)</sup>

### 4.1 型加工工程設計支援システム「Mill-Plan/UH」

金型を加工するための NC プログラムを作成する場合、図 3 に示すように 3 次元 CAD で設計されたモデルデータから、加工工程、使用工具、加工条件などを決定する必要がある。しかし、この作業には高度な技術と技能を必要とするため、現状では熟練者が使用機械、被削材、型形状、要求精度等を考慮し設計している。そのため作業者の違いによって設計時間や加工時間、精度にばらつきが発生する問題があった。

そこで当社ではこれらの問題を解決するために「Mill-Plan/UH」を開発した。

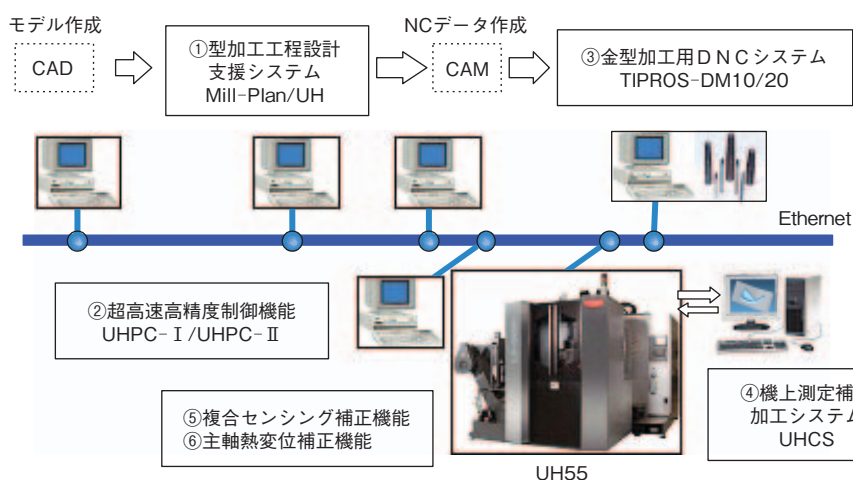


図2 UH-SUPPORT SYSTEMの構成  
Composition of UH-SUPPORT SYSTEM

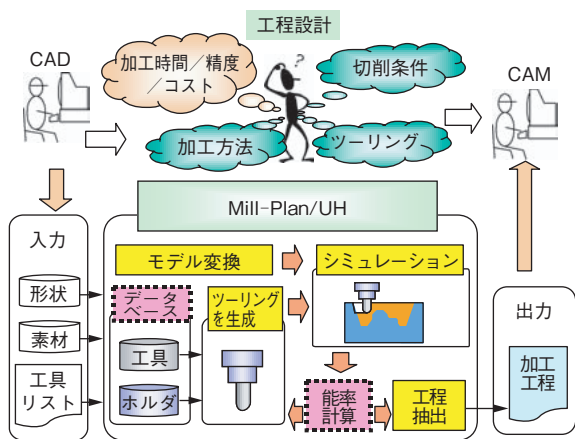


図3 Mill-Plan/UHの構成  
Composition of Mill-Plan/UH

#### 4.1.1 機能の特長

「Mill-Plan/UH」は図3下段に示すように、素材と製品の3Dモデルデータを入力するだけで、自動で加工工程、使用工具、加工条件を決定するシステムである。ここで、システムには機械メーカーだからこそ判る機械特性と高速加工ノウハウが組み込まれているため、高速金型加工機に最適な加工工程などを決定することができる。

#### 4.2 超高速高精度制御機能「UHPC- II」

金型加工では、お客様が望む精度や加工面品位を満足し、かつ、高能率に加工できる送り制御技術が必要である。従来では、お客様が複数の加工モード（高能率モード、高精度モードなど）の中からその加工に適したモードを選択し加工していた。しかし、それぞれのモードで得意形状、不得意形状があり、加工面のすべての部位に対して最適送りをするのは困難であった。例えば、高能率モードでは凹凸面や角部でも高速に送るため、傷やだれが生じていた。逆に、高精度モードでは滑らかな曲面でも必要以上に速度を落すため、加工時間が長くなっていた。これらの課題点を解決するため、独自の制御ロジックからなる「UHPC- II」を開発した。

##### 4.2.1 機能の特長

「UHPC- II」の構成を図4に示す。「UHPC- II」はCAMで作成したNCデータに対して最適速度制御処理し、最適NCデータを出力する。

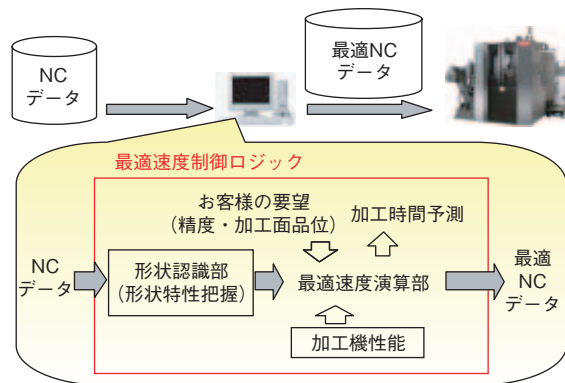


図4 UHPC- IIの構成  
Composition of UHPC- II

形状認識部ではNCデータを読み込み、形状判別およびその特性値を演算する。最適速度演算部では、形状認識部で判別した各形状特性とあらかじめ定量化してある加工機の性能からお客様の要望精度に見合う最適送り速度を演算し、NCデータを作成する。さらに、最適速度演算結果を利用して加工時間を正確に予測する。

#### 4.3 データサーバ用 DNC システム 「TIPROS DM10/DM20/MG30」

本システムは、金型加工に必要な大容量・高速転送が可能な、FANUC データサーバに対応したシンプルなDNC (Direct Numerical Control) システムである。本システムを使用すると、加工プログラムの準備が容易にミス無く行えると共に、加工の進行状況をリアルタイムに監視できる。

通常、金型加工で使用される加工プログラムは、CAD/CAM で分割作成されるため、複数の加工プログラムを一本ずつデータサーバに取り込む必要がある。さらに、取り込んだ複数の加工プログラムをサブプログラム呼び出しするメインプログラムを作成しなければならない。本システムは、これらの煩わしい作業を必要とせず、パソコンの簡単な操作だけで効率良く行えるようにするために開発した。

#### 4.4 機上測定補正加工システム「UHCS」

従来、金型の精度を補正する場合、加工した金型を3次元測定器で測定し、誤差が大きく補正加工が必要な場合は、もう一度金型を加工機に戻し補正加工を行っていた。しかし、このような方法では、金型の脱着、移動などにより製品を完成させるまでに時間が掛かる。また金型の再取付けにより芯出し誤差が発生し正確に補正加工

ができないといった問題点がある。

### 4.4.1 機能の特長

開発したシステムは図5に示すように、機上で金型を測定するタッチセンサ、測定用プログラム作成、データ解析、補正加工用 NC データを作成する CAD/CAM (Unigraphics NX), 補正加工を行う金型加工機により構成される。

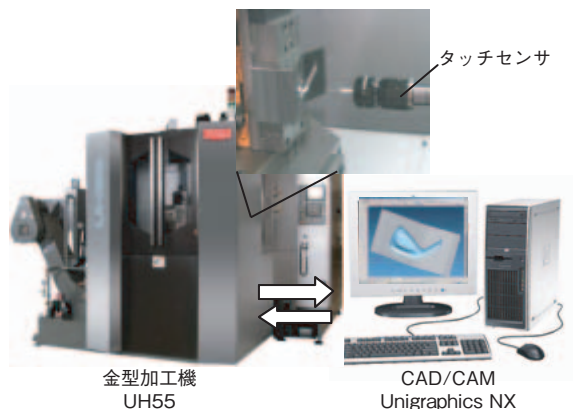


図5 UHCSの構成  
Composition of UHCS

まず、CAD/CAMで測定用プログラムを作成し、タッチセンサを用いて機上で金型の精度測定を行う。次に測定したデータをCAD/CAMに転送し測定データの解析、誤差面の抽出を行い、抽出された誤差面にのみ補正加工用 NC データを作成する。最後に金型加工機は作成された NC データを用いて補正加工を行う。

また、前述した「Mill-Plan/UH」「UHPC」などの各システムを用いることにより、最適加工工程の出力や

最適な機械制御がなされ加工誤差は低減できるが、工具の摩耗や工具の倒れ、加工する金型自体の熱変形などによる誤差を考慮すると、最終的に加工された金型に対して品質の確認が必要である。

## 5. お客様導入事例の紹介

本システムを用いたお客様への導入事例について紹介を行う。お客様に導入された金型製作の自動化ラインは UH55 超高速金型加工機 2 台・ロボット・「UH-SUPPORT SYSTEM」、および他社ロボット・放電加工機から構成されており、自動車用樹脂金型を工程設計から切削加工、放電加工まで一気通貫で生産することができる (図6参照)。

まず、生産準備として「Mill-Plan/UH」「UHPC-II」を用いて加工工程、NC データを自動作成し、DNC システム「MG30」でデータなどの管理を行う。次に、ロボットが工作物を取り付け、UH55 で高速高精度加工を行う。この際、「UHCS」を用いて、機上で形状測定、および補正加工などを行うことによって工作物の品質が確保される。

最後に、加工された工作物はロボットにより放電加工機に搬送され放電加工を行い金型が完成する。

金型製作の自動化ラインはこれら一連の作業を熟練者の高度な技術やノウハウを必要とせず、極めて簡単な作業のみで生産を行うことができる。

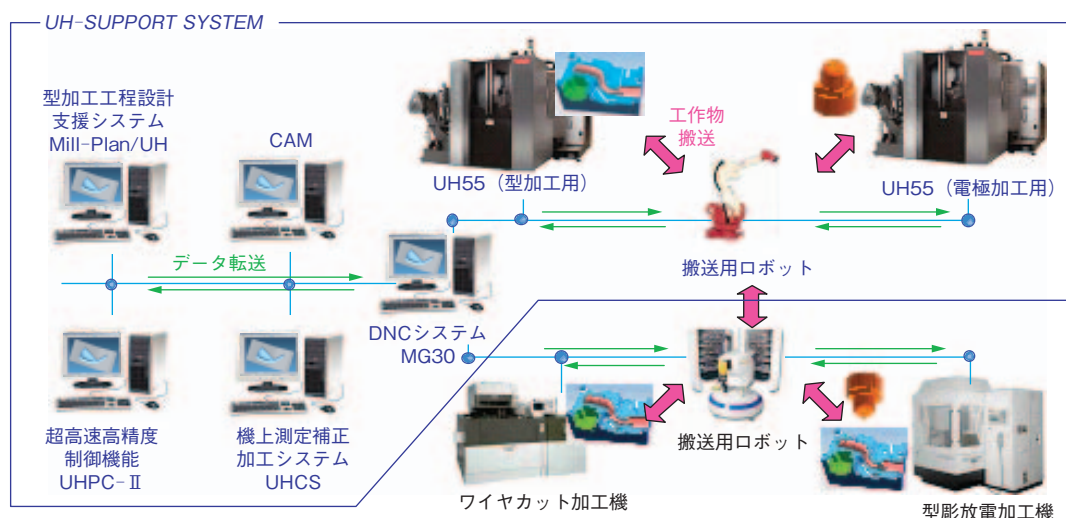


図6 金型製作の自動化ライン  
Automatic die mold manufacturing line

### 5.1 サンプルワーク加工

上記自動化ラインで実際に加工したスイッチレバー金型の写真を図7に示す。材質はSKD61 (48HRC ± 3), 加工寸法は200mm × 100mm × 100mm でブロック材より直彫り加工を行った。

加工結果は面粗さ2.8μmRz, 形状精度20μm以下となり良好な結果が得られた。



図7 スイッチレバー金型  
Switch lever die mold

また、工程設計から切削加工までのリードタイムについても図8に示すように、従来では63時間かかっていたものが33時間となり、1/2のリードタイムで製作することができた。

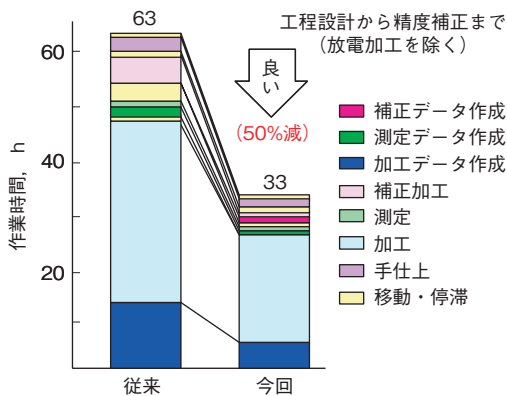


図8 リードタイムの比較  
Comparison at lead time

### 6. おわりに

本報では中・小物用金型に対してリードタイムを大幅に短縮できる金型製作の自動化ラインと、お客様への導入事例の紹介を行った。

今後は「UH-SUPPORT SYSTEM」のさらなる機

能向上と、大型加工機および5軸加工機への展開による大物金型への適用を図っていく。

### 参考文献

- 1) 山田良彦, 近藤伊三巳, 高田忠司: 機械と工具, vol. 45, no. 6. (2001)24
- 2) 大石重雄, 沖田俊之, 村上慎二, 山田良彦, 辻村和弘, 中野浩之, 大谷尚, 西田良彦: 豊田工機技報, vol. 45, no. 2. (2004)27
- 3) 中野浩之, 山田綾子, 大谷尚, 千賀大造: 型技術ワークショップ講演論文集, (2004)68

### 筆者



中野浩之\*  
H. NAKANO



大谷尚\*  
H. OHTANI

\* 工作機械・メカトロ事業本部  
エンジニアリング部