

# 特集 自動車部品の金型づくりにおける高精度・高品位加工\*

## Improvement of Precision and High Quality Machining in Die and Mold Engineering

芦田 康治  
Koji ASHIDA

鬼頭 秀仁  
Hidehito KITO

This paper introduces our attitude toward the Die and Mold Engineering through the changes and improvements to our Die and Mold technologies. Our die and mold manufacturing ability is described through two case studies, on high precision processing, and high quality processing using High-Speed Machining.

**Key words** : Die, Mold, Precision hole, Electronic discharge method, High-speed machining

### 1. はじめに

量産性に優れるモールド、プレス等の型物部品加工は自動車部品の製造において不可欠な存在であり、内製金型は型物部品加工の要として、その品質・コストを支えてきた。近年短納期化、低コスト化への強い要求が行われる中、型加工技術としては3次元データを活用した高速加工がもてはやされている。しかしその一方で「高速化は進んでいるが日本が強みとしている金型品質はあがっているのか?」といった問いかけが、ここにきて多く聞かれるようになっていく。

「品質のデンスー」の内製型部門として、我々は、過去から現在まで継続的に金型品質を中心に据えた開発・改良へ取り組んできた。本報では金型品質を中心に当社内製型での型加工の取り組み状況をまとめることを狙いとしている。

### 2. 製品面・生産面からの当社内製型への要求

当社ではダイカスト、プレス、モールド、冷鍛といった多岐に亘る部品を内製している。型部門においては、これら性格の異なる金型を総合的に取り扱う能力が求められる。

次期型新製品では、小型化・高機能化のため製品から部品単体のレベルまで展開し検討を行うが、その実現のためには工法や金型の大幅な変革を織り込むケースが多い。この時にはこれまで総合的に金型を扱ってきたノウハウが製品開発に導入されることとなる。

一方生産面では、部品成形工程および製品組立工程共に自動化を主眼とした生産形態が好まれる。連続運転の障害となるバリ、カエリの無い部品の長期間の量産を品質保証できる高い耐久性を持つ金型が求められる。また量産品質保証の中には、保全性向上への要求

も含まれる。耐久性向上の手立ての一つに、金型部品への高硬度型材の利用があり、硬い材料を精度よく削り、型部品に仕立てる加工技術も要求される。

金型品質を型加工側からみた場合、大きく二つの指標に分類されると考える。一つは「部品の寸法を中心とした高い精度」であり、もう一つは「部品の外観性状を現す高い品位」である。Fig.1はプレス抜き型を必要とする次期型製品の部品の板厚の推移を示している。

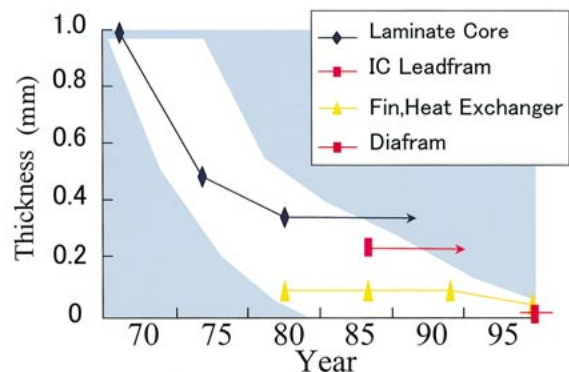


Fig.1 Trends of thickness in stamping parts

部品板厚が薄くなることは、抜き型のパンチ・ダイ間のクリアランスが狭くなることを意味する。必然的に型加工においては狙い寸法に対し「高精度」が要求される。一方「高品位」は一般的に製品意匠面からの要求であり、型の面性状が直接転写する外装部品の鏡面やシボ等への加工技術が代表的である。さらに近年では、機械加工単独での面粗度が向上しており、これを用いて外装品外の金型の「手磨き(仕上げ)工数低減」が可能になりつつあるが、これも「高品位」への要求と位置付けている。

\* 2001年9月13日 原稿受理

### 3. 当社内製型の金型品質

型の種類，型部品の用途により，型加工精度への要求は異なる．横軸に「高品位」を表す金型要求面粗さを，縦軸に「精度」を配置したマップを用いて，各種当社内製型の位置付けを示す（Fig.2）．

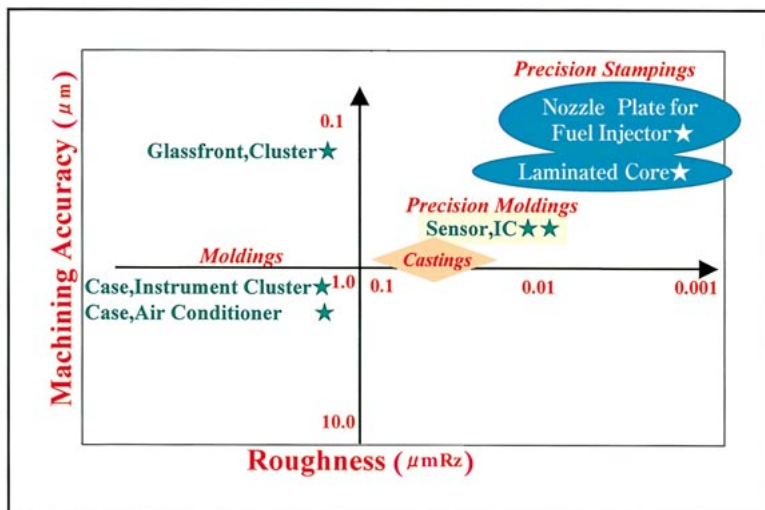


Fig.2 Map of house made stamping tools and molds

当社内製型は，大きくは，“ケース”型と“精密型”に分類できる．“ケース型”とは，面粗さ 1 $\mu$ mRz，製品部要求精度 0.1mm 近傍にある樹脂部品（Moldings）ケース型やダイカスト型（Castings）をいう．これらケース型の特徴は製品形状部が複雑なことである．要求精度・要求面粗さは，金型分野では一般的とされるレベルにあり，後述の機械加工の高品位化による「手磨きレス」への取り組みは，この分野に対するものである．

“精密型”は，熱硬化性樹脂を用いる IC 封止型やエンジニアリング・プラスチックを用いる精密樹脂部品（Precision Moldings）である小物センサ成型型や精密プレス型を指す．

これらは“ケース型”と比べ，1 桁高い加工精度が求められる．特に，精密プレス部品（Precision Stampings）では，高精度に加え面粗さも 1 ランク上の質が求められる．

精密プレス・精密樹脂部品の金型の特徴は，製品形状部は簡単だが，要求精度・面粗さのレベルが高いことと，高硬度材を用いる金型が多いことの 2 点にある．

### 4. 部品加工の変遷にみる型加工の取り組み

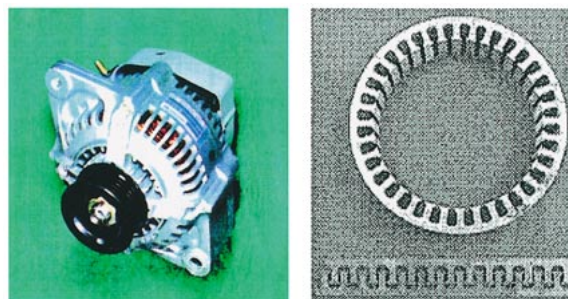
オルタネータアーマチャ積層コア・プレス型  
型精度向上への取り組みを，電装品に用いる積層コ

ア（Fig.3）のプレス抜き型について，その工法の変遷をとおして示す（Fig.4）．Fig.3 a)はオルタネータの外観を示し，これに用いる積層コアがFig.3 b)である．この部品では，製品の小型化や材料費低減を目的に，大きく 2 回のプレス工法の変更がなされており，また，型寿命延長の観点から型材の変更も 2 回行われている．

このプレス型の加工技術の変遷を追うと，以下ようになる．汎用機・仕上技能全盛の 1950 年代は，“パイ抜き”と呼ぶオーソドックスなプレス型をフライス加工とミガキにより製作してきた．省資材化を目的としたフープ材をリング状に溶接したワークを投入する“リングコア”工法では，型寿命伸長を目的に超硬パンチ・ダイへの取り組みを進めたが，放電加工の登場とその実用化により実現した．

1970 年代後半は，製品の軽薄短小化と生産ラインへのインライン化要求を目的とした，1 本のフープ材から 2 段分の積層部材を連続造形する“スパイラル・コア”工法を開発した．

この際，薄板化と型の小型化が進んだ．薄板化はク



a) Alternator

b) Laminated Core

Fig.3 Typical product using laminated core

Year	Production Style		Tool Material
	For Improve Productivity and decrease Scrap		
1950	Pie Sheet		skd61
1965	Ring Core		Harden-skd61
1975			Cemented Carbides
1985	Spiral Core		Cemented Carbides

Fig.4 Evolution of laminated core production system

リアランスの減少を要求する。“型作りの高精度化”が求められた。当初は、研削を主体とした分割型仕様とすることで“型作りの高精度化”を進め、薄板抜き型を実現した。

型寿命伸長と型製作工数低減を目的に“分割型”構造部の“一体化”を進めたが、これは1985年の高精度ワイヤカット機の導入を中心に実現することができた。

当社の型製作技術の歩みは、製品あるいは生産の要求の変化に合わせ、その時代の中で最良な精度、最高速となる加工技術を取り入れ実現してきたことができる。

## 5. 高精度型加工への取り組み

### インジェクタ噴孔プレート プレス型

インジェクタ製品の先端部にあるノズルプレートと呼ぶ高精度プレス型 (Fig.5) で用いる高精度な型加工技術について紹介する。ノズルプレート中央部にはガソリン燃料の噴射口となる  $\phi 0.25$  の4つの傾斜した丸穴がある。この丸穴のプレス加工を行う金型は、2つ穴で1組のタンデム型2型からなる。板厚1mmのステンレス材に対し、真円度  $0.5\mu\text{m}$  の  $\phi 0.25$  の抜き穴を形成するために、パンチ・ダイともに真円度、面粗度両面で高精度な加工が求められた。以下、パンチ/ダイの高精度加工への取り組み内容の特徴を記す。

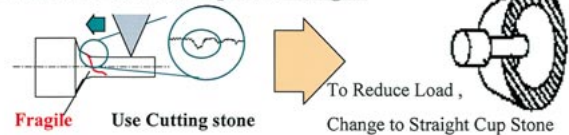
#### 5.1 パンチの製作

工具研削盤を用いてパンチを造形することを試みた。開発当初には、研削時に生じたクラックが元でパンチが折れるというトラブルの発生や真円度自体も確

保できないという問題があった (Fig.6)。加工時の集中荷重によりパンチが折れたと考え、砥石をカップ型に変え、点荷重方式から面圧方式へ変更することでパンチの折れ発生を抑制した。

並行して、スピンドルの振れを抑えて真円度を向上させるべく、主軸をエアスピンドルへ改造するといった取り組みを行った。これらの取り組みを通じ、目標とする加工精度を確保した。

#### Problem1. To avoid punch fragile



#### Problem2. To attain a goal for precision.

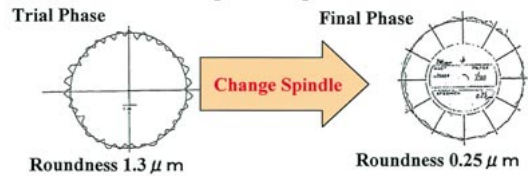


Fig.6 High aspect (L/D=8) punch manufacturing using tool grinding machine

#### 5.2 ダイの製作

ワイヤカット加工を用いるが、メーカパックの加工条件のままでは、目標面粗さ精度が確保できず、加工条件において工夫を要した (Fig.7)。加工に必要なエネルギーは (電圧) × (電流) × (電流を流す時間) の積である。必要な加工エネルギーを同等としつつ、従来よりパルスの幅を細かく、電流値を高くとることで、良好な面粗度になるよう工夫した。

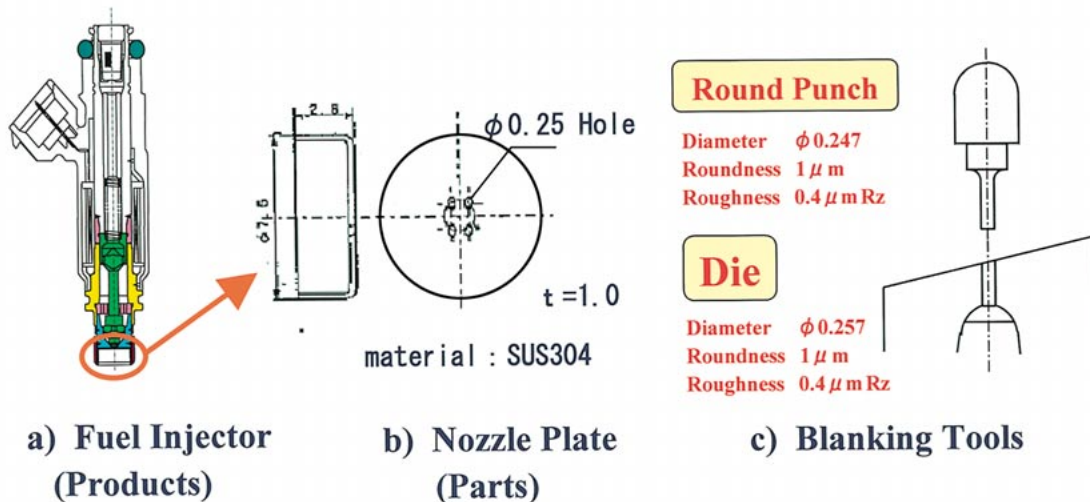


Fig.5 Example of high precision blanking tools

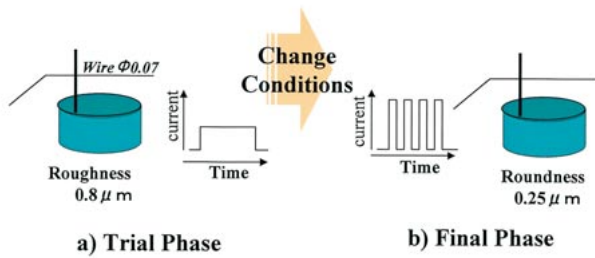


Fig.7 Precision hole manufacturing using Wire-EDM

高精度加工へのニーズは潜在的に高い。シャフト、穴形状への高精度加工技術のレベル向上の状況を、Fig.8に示す。

ここ5年間にL/D（刃具突出長Lと工具径Dの比）は、切削で2倍、研削で20%の向上を図ってきたが、今後ともたゆまぬ努力が必要と感じている。

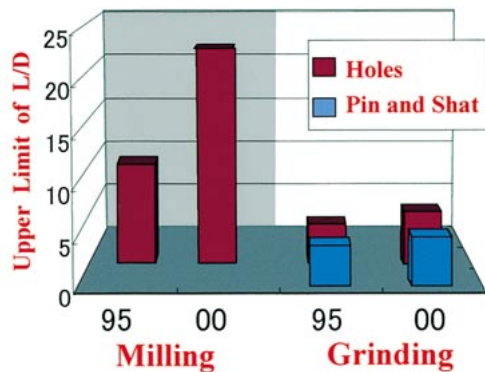


Fig.8 Improvement of the precise machining

## 6. 高品位型加工への取り組み

### コンプレッサハウジング ダイカスト型等

高品位加工とは機械加工単独での仕上面粗さの精度向上をいい、これは工作機メーカーの不断の努力による加工設備の進歩のためのものである。高品位加工の実現により“型製品部の手磨き作業レス化”が議論されるに至っている。

縦軸に要求加工面粗さを、横軸に代表的な型部品の位置と、機械加工単独での仕上面粗さを記したマップ (Fig.9) を用いて、高品位加工への取り組みについて論じたい。

横軸に配した代表的な型部品の位置は、型種類ごとの面粗さ精度要求の違いを示す。ここ10年間の“手磨きレス”への取り組み対象はダイカスト型と樹脂型など、いわゆる“ケース”型であり、特に金型製品部に対する適用が主であった。

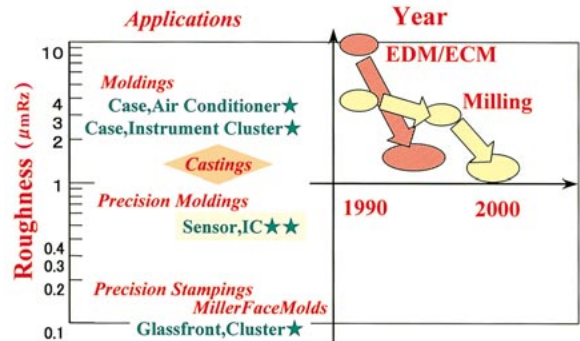


Fig.9 Improvement of the machining roughness

### 6.1 電気加工による高品位加工

1992年よりパルス電解加工についてテスト加工を、1993年より粉末混入放電加工についてテスト加工を開始し、1994年に共に実用化した。

ダイカスト型を対象とした粉末混入放電加工の適用例を示す (Fig.10)。この取り組み以前では、放電加工後の面粗さは12μmRz前後であったが、2~4μmRzの面粗さを得るに至り、“手磨きレス”の工程が実現できた。

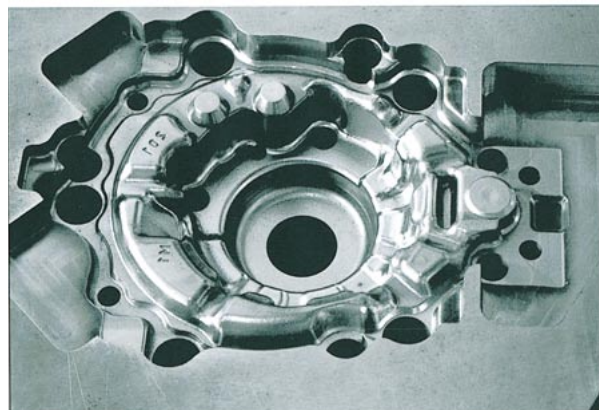


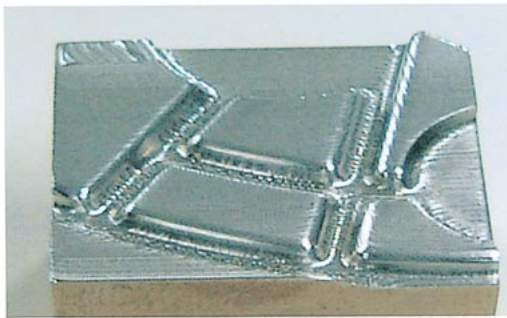
Fig.10 Example of no polish workpiece using EDM with power dispersed working fluid

この開発当時は、パルス電解加工ではピン角においてRダレが発生するという欠点があり、また粉末混入放電加工では荒加工ができないという欠点があった。後の改良で、荒加工から仕上げ加工まで適用可能な粉末混入放電加工が登場し、現在は粉末混入放電加工を主に、電気加工による高品位加工のミガキレス工程づくりを進めている。

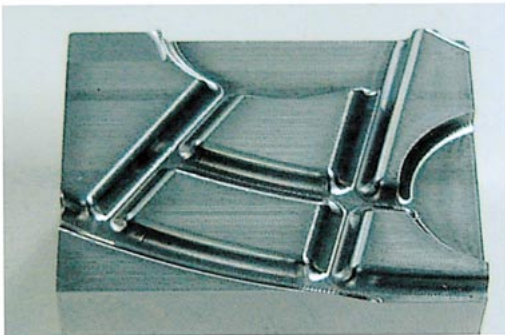
### 6.2 切削加工による高品位加工

1990年代初頭より、1.5万回転以上の高速切削 (High Speed Milling) が加工設備としては登場したが、成果が出てきたのは高硬度材対応可能な刃具が、日常

的に使えるコストに到達した1998年からである。従来品と対比の上、サンプル加工例をFig.11に示す。共に、ボール工具による加工だが、ピッチを細かく取ることにより従来工法と比べ平面部の面粗さを向上させている点と、CAMの改良により、平面部と立壁部の間にあるエッジ部の面粗さを向上させた点がポイントである。



a) Previous Method

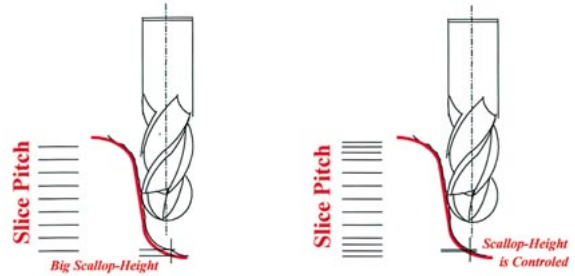
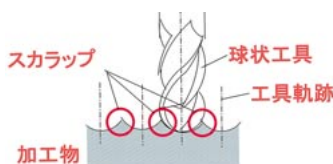


b) High Quality Milling Using HSM

Fig.11 Example of high speed milling and previous one

高品位化にあたって実施したCAMの改良点は等高線加工ソフトの改良 (Fig.12) である。従来ソフトでは、一律な刻み設定しかできず、肩R部や底R部などでは、スカラップ<sup>(注1)</sup>が粗くなるという問題点があった。肩R、底R近傍で刻みを自動的に細かく取ることができるようにソフトを改良し、立壁を多く有する型部品への効率的かつ高品位な加工を可能とした。

注1) 球状工具通過後の工具軌跡間に生じる波状模様のこと



a) Previous Contouring b) Non-Equality Pitch Contouring

Fig.12 CAM for high quality milling in steep area

## 7. 切削加工と電気加工の棲み分け

安定して切削できる加工条件を示す指標である刃具突出長Lと工具径Dの比L/Dを縦軸に、横軸に被削材の硬度をとり、切削加工と電気加工の住み分け状態を示す (Fig.13)。

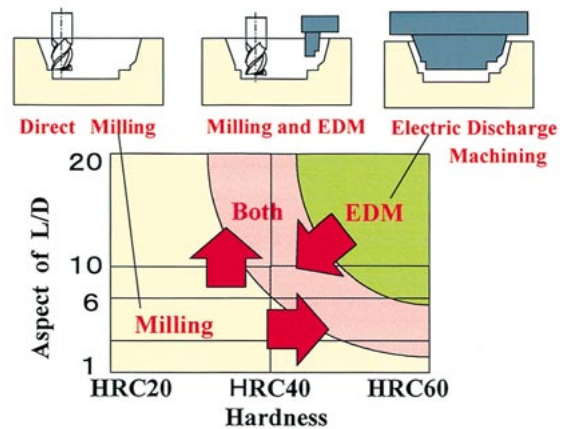


Fig.13 Extent of high-quality-machining stage

型加工では切削加工と電気加工を併用した加工工程 (図中のBoth) を編成することで、型材硬度への対応と所望精度の確保に努めてきた。しかしながら型製作期間短縮や型加工コストの低減を考えれば、できるだけ簡単な工程で精度よく加工することが求められる。理論的な除去能率から考えれば、切削加工が電気加工に勝つことは周知のことだが、現実には刃具タワミやビブリの発生等の問題解決が必要であり、すべての形状を切削加工することは不可能である。

高硬度材に対するL/Dの上限向上が切削加工の目指す姿であり、加工速度の向上により切削荒加工をなくすことで工程集約を図るのが、電気加工の今後の課題である。

## 8. おわりに

### - デンソーにおける型技能の必要性

金型品質を支える加工技術の変遷と近年の高精度・高品位加工への取り組みについて紹介した。これら取り組みの中に、部品仕様に合わせたより合理的で新しい工法開発を行うという部品加工技術開発への考え方と、その時代で最先端の加工技術を型作りへ導入するという型工法開発への考え方が、共に織り込まれている。

積層コア部品のような次期型と呼ばれる製品を中心にした工法開発においては、製品設計者、生産技術者だけでなく、高い技能を有する型製作の現場までが参画している点が、当社の金型作りの強みであると考えている。技術/技能双方に支えられた新工法が、製品競争力そのものを支えていると言っても過言ではない。

近年の切削加工を中心とした高速設備の出現により、確かに型の高精度化、高品位化が目覚しく進歩し、社内においてもダイカスト・樹脂成型型の“手磨きレス工程”が散見されるようになった。これを“技能を技術に置き換える”という取り組みとみることができる。一般には、その発展として、伝承という手段によって受け継がれてきた型作りの技能をデジタル化し、万人が技能者にとって代われるという議論がなされている。

では、型作りにおいて技能者の存在はこれから本当に不要となるのか？その答は「NO」であると考えている。先に述べたように、当社の製品競争力を支えてきたものに新工法開発への取り組みがあり、多くの型種を取り扱ってきた総合力がある。新たな工法に必要とされる新しい金型をつくり出すためには、過去の事例にとらわれない新しい発想ができる技術者と、実際にものをつくりながらその物の状態をみて細かく金型を修正し、型を仕立ててゆく技能者の存在が不可欠である。

当社における型の技能者への要求は、型を図面どおりに仕上げる腕前以上に、開発しようとする工法を十分に理解し、図面では表しきれない部分をつくり込んでいく開発技能にある。この開発技能を失うことは、当社の製品競争力を支えてきた一つの柱を捨てることにつながるからである。

### < 著 者 >



芦田 康治  
(あしだ こうじ)

生産技術開発部  
型3次元CAM開発、  
金型設計製作業務の効率化推進に  
従事



鬼頭 秀仁  
(きとう ひでひと)

生産技術開発部  
金型設計製作業務全般に従事