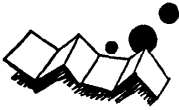


## 解説

## 自動車車体製作における CAD/CAM†



竹原章夫†† 藤井秀嗣††

## 1. 緒言

自動車の車体開発に対する CAD/CAM の応用は、最近急速な進展をみせている分野である。

乗用車の場合、おおむね 4~5 年に 1 度の割合でフルモデルチェンジが行われ、その都度、車の性能が改良されると同時に車体のスタイルが一新される。モデルチェンジを実施するためには、20~30カ月、あるいはそれ以上の開発準備期間と多大の工費がかかるが、そのうちの大部分が車体の開発と量産準備のために費やされるのが通常である。

自動車メーカーにとって、市場のニーズに合った高品質の車を、よりタイムリに開発し、提供していくことは最も重要な課題の一つであり、このための有効な手段として車体開発への CAD/CAM システム実用化のための研究開発が古くから進められてきた。現在、主要な自動車メーカーでは CAD/CAM システムがほぼ固定しようとしている段階にあるといえる。そこで本稿では自動車車体開発における CAD/CAM システムについて、その現状を解説し併せて将来への展望をのべる。

## 2. 自動車車体開発プロセス

## 2.1 数値モデルの作成とエンジニアリングデータベース

自動車車体開発のプロセスは、車体外観をあらわすクレイモデルの製作を出発点とし、プレス金型、溶接治具の製作にいたるまでの工程が含まれている。図-1 (56ページ)は、車体開発のプロセスと CAD/CAM システムとの関連を示したものである。

クレイモデルはデザイナーの意図した車体形状を実物として表現したものであり、CAD/CAM の観点から見た場合、複雑な自由曲面の集合体で構成される。こ

のため、全体の形状を比較的単純な構成になるように分割し、これを計測して数値モデルとしてコンピュータ内に格納する。この数値モデルには、クレイモデルの製作誤差や、測定時の誤差が含まれているため、会話形によるコンピュータ処理によって、3次元的に滑らかになるように修正(フェアリング)を加え、視覚的にも高精度な曲面データとして、コンピュータに格納する。これを一般的に車体線図データと称する。図-2 は車体線図データの表示例である。

一般にこの段階での自由曲面処理のためには、キャラクターラインの処理をはじめ、自動車外板特有の諸機能が要求されるため、各自動車メーカーにおいて独自に開発された曲面創成ソフトウェアシステムが用いられている<sup>1),2)</sup>。

また見逃がせない点は、ここで作成された曲面データは、以降の工程における CAD/CAM システムのためのエンジニアリングデータベースのための源として活用されることで、後工程でさらに部品設計情報(データ)、プレス金型設計情報(データ)等が付加され、順次データベースが拡充されていくことになる。

## 2.2 部品設計の CAD

自動車の車体を構成する部品設計の CAD は、従来から車体開発プロセスにおける 1 つのサブシステムとして実用化が進められ、現在では、トータル CAD/CAM システムの中の重要な役割を果している。



図-2 車体線図データの表示例

† CAD/CAM for Car Body Engineering by Norio TAKEHARA and Hidetsugu FUJII (Engineering Department, Mitsubishi Motors Corp.).

†† 三菱自動車工業(株)生産技術本部生産技術部技術開発グループ

プレス金型製作のCAD/CAMシステム

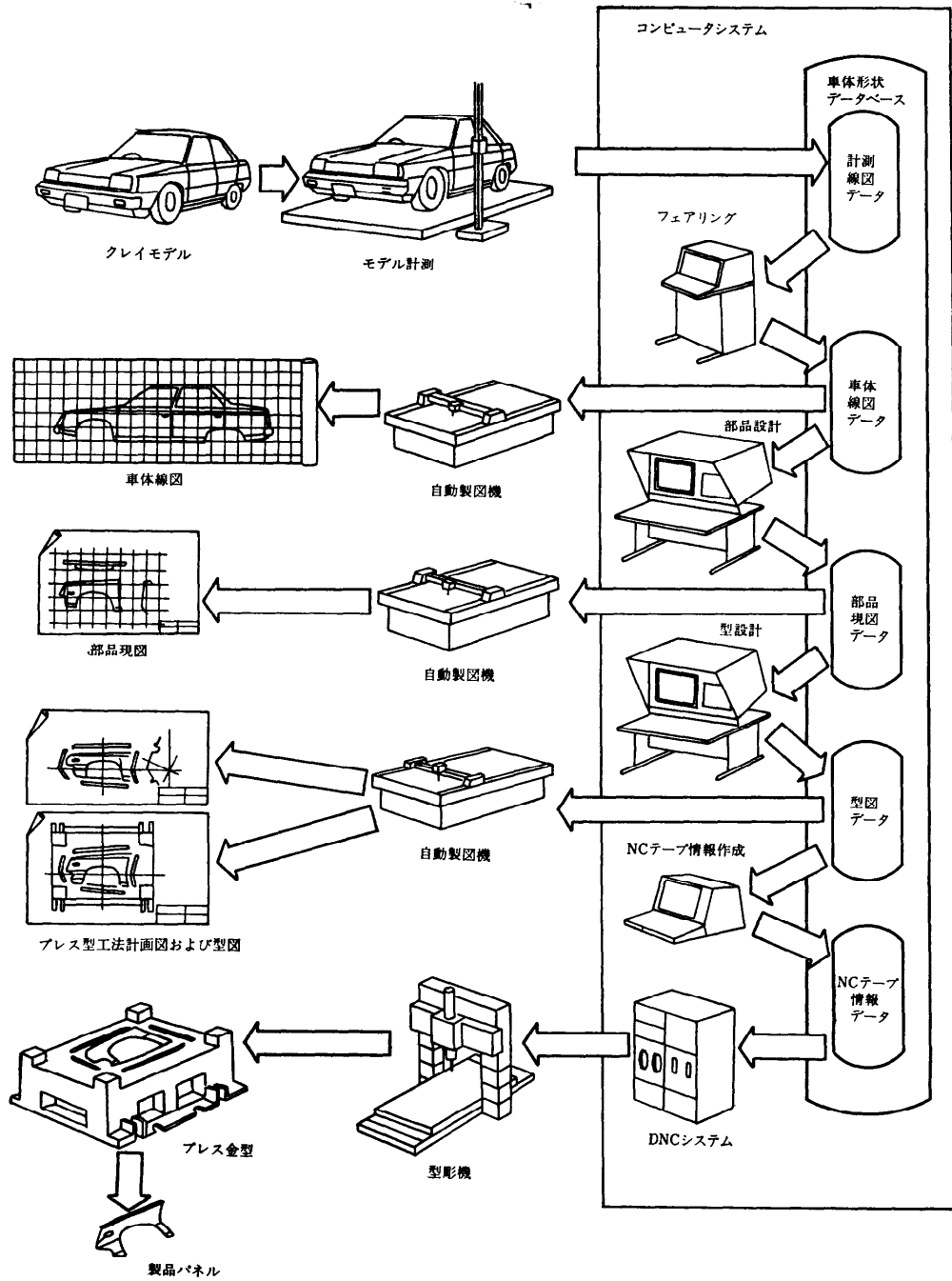


図-1 プレス金型製作の CAD/CAM システム

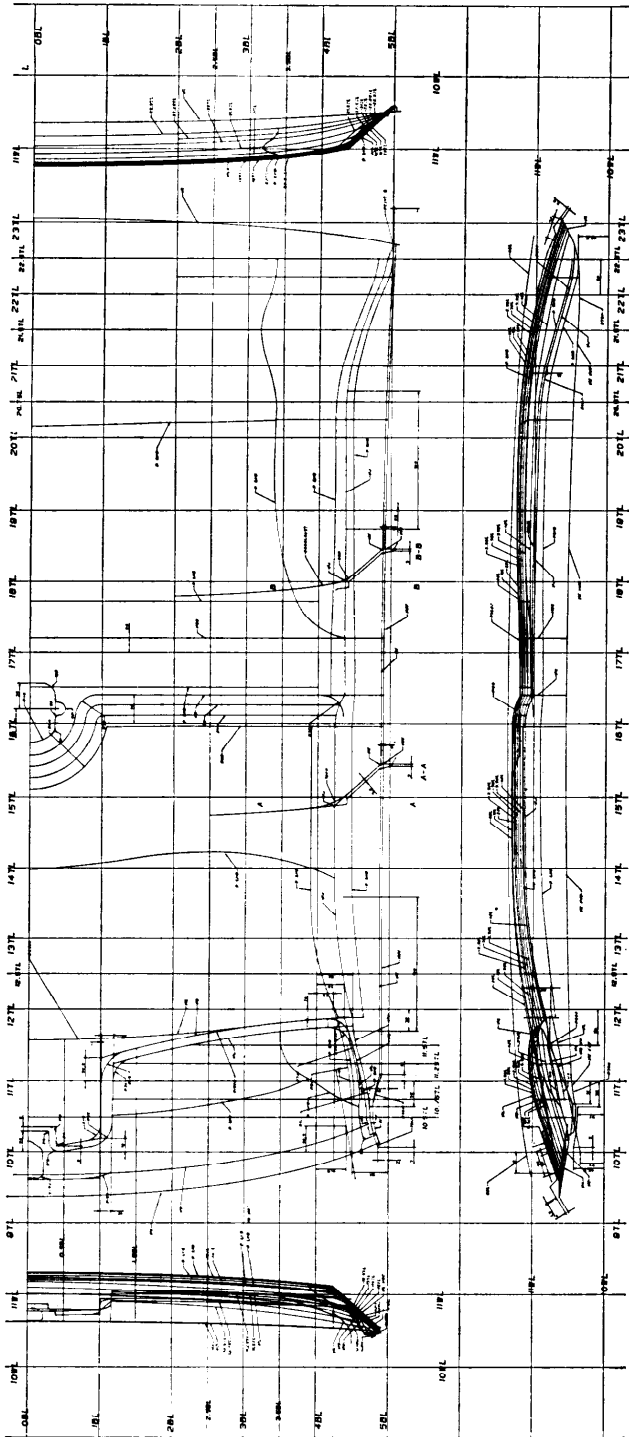


図-3 CADを用いた部品図の例

われ、この結果として部品図面が出図される。車体を構成する骨格部品、内板部品の大部分は車体外板形状に基づいて、その諸元が決めるものである。図-3にCADを用いて設計された部品図の例を示す。

現在、国内の自動車メーカーで活用されている部品設計のCADシステムは、ハードウェアとしては大型の汎用コンピュータを用いた会話型グラフィックシステムが主体であるが<sup>3)</sup>、最近では、ターンキーシステムが用いられる例も増えてきている<sup>4)</sup>。ソフトウェアとしては、大型汎用コンピュータを利用する場合には、自社開発によるものとコンピュータメーカーとの共同開発によるものが多いが、一方ではCADAM\*のような市販のソフトウェアが用いられている例もある。

部品設計のCADシステムに必要な条件としては、

- (1) 会話型処理が主体であるため、応答速度が速いこと
- (2) 複雑な自由曲面処理のためのソフトウェア機能を有すること
- (3) 作図機能が充実していること

があげられる。市販のCADシステムでは上記の(3)の機能に対しては概ね満足できるが(2)項については機能面で欠ける点が多い。また、頻繁に発生する設計変更に対して、迅速なデータ変更ができる機能が是非必要である。この課題に対しては、会話形CADの操作性に負うところが多いが、同時に会話形においても設計作業中の操作の履歴が残るようにし、設計変更に対して、プログラムをさかのぼって途中から操作が再開できるような機能が望ましい。

このようにして、部品設計のCADシステムは設計検討の充実化や設計図面製作の工期短縮に貢献できる有効なコンピュータ支援システムであるが、それ以上

部品設計の段階では、クレイモデルから得られた車体線図データを用いて、車体の構造の検討・設定が行

\* ロッキード社の開発によるCAD/CAMシステムの名称

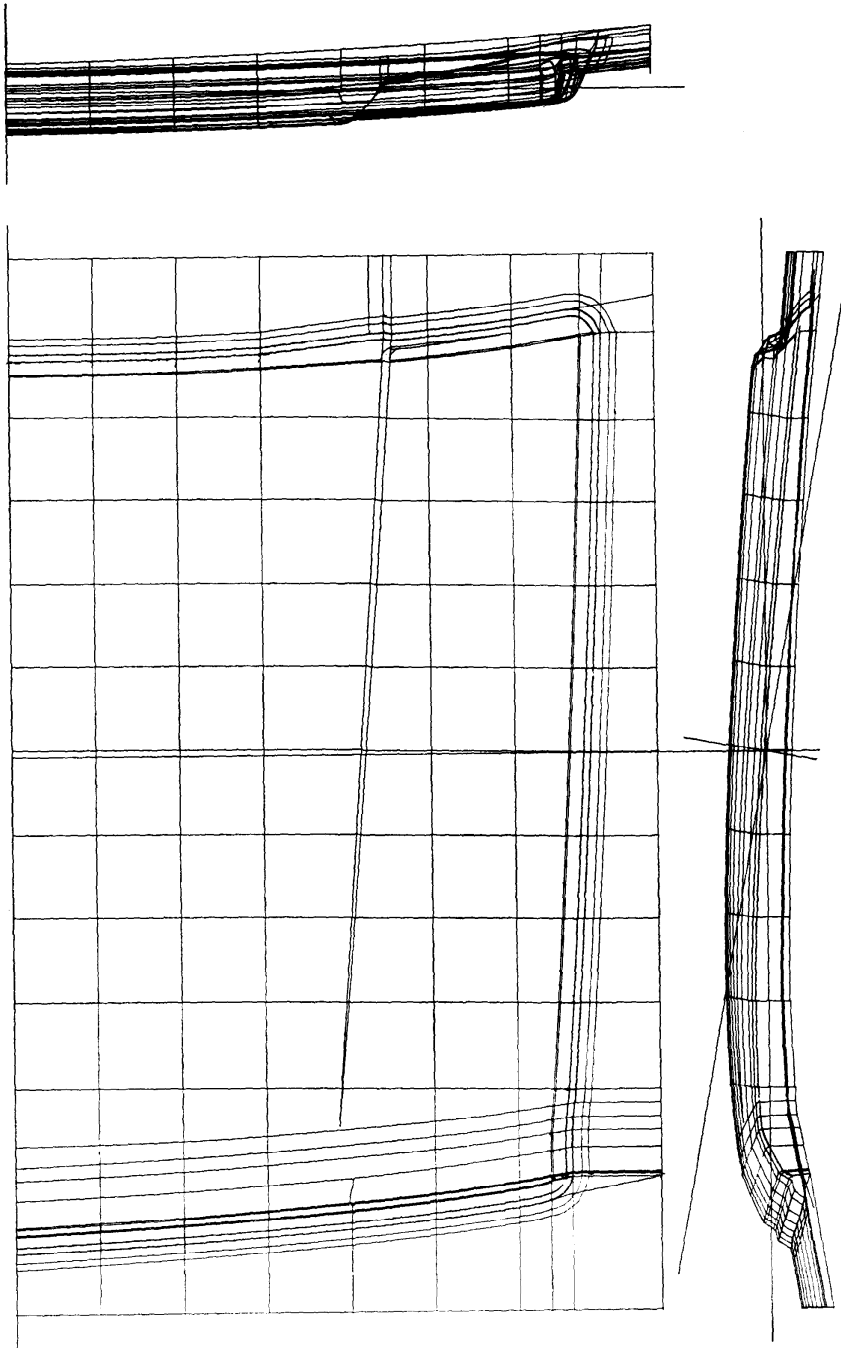


図4 プレス金型のプレス線図の例

に重要なことは CAD 利用による結果として、車体線図の段階と同様に、部品図面と等価のデータがコンピュータに貯えられることに大きな意義があり、この段階で車体を構成する部品のエンジニアリングデータベースが完成することになる。そしてこのデータは、さらに後工程の現図・マスタモデルの作成、および、プレス金型や溶接組立治具の設計・製作に活用される。したがって、部品設計の CAD システムは 3 次元曲面をそのまま取扱える仕様であることが望ましい。

### 2.3 プレス金型の設計 CAD

プレス金型設計のための CAD も部品設計と同様にトータル CAD/CAM システムの重要な役割を果たす。この段階では、部品図データをもとにして、プレス金型製作のためのプレス押し方向の検討、しわ押え面の検討などプレス金型の主として表面形状のデータ作成、および、プレス金型の構造設計がおこなわれ、この結果としてプレス金型の絞り線図、プレス金型図面が出図される。図-4 にプレス金型のプレス線図の例を示し、図-5 (60 ページ) にはプレス金型設計図の一部を示す。

プレス金型の設計には、板金部品の塑性加工に関連した金型特有の機能と曲面創成機能を必要とする。たとえば前者では、板金部品の塑性変形と弾性変形量の定量的な把握や、しわの発生を防ぐ座屈現象の把握、あるいは、成形後の板金部品の変形に対する強度など、幅広い構造解析技術が必要である<sup>9)</sup>。この分野の完全な CAD システムによる実用化は今後の研究に待つところが大きい。NASTRAN\* や MARK\*\* を応用した解析手法も各社で研究が進められている。

また後者としては、部品図データをもとに、プレス金型固有の余肉面や、しわ押え面、ビード面を作成する曲面処理技術を CAD に組込むことや構造の標準化をはかることもまた研究の対象となっている。

プレス金型設計の CAD 化の産物として部品設計の段階と同様に、プレス金型設計図面と同一データがエンジニアリングデータベースに格納され、このデータは後工程のプレス金型の製作のため活用されることになる。

### 2.4 プレス金型製作の CAM

プレス金型製作の CAM の工程では NC による型彫り加工が中心となる。自動車車体用プレス金型を効率

よく NC 加工するためには、APT\*\*\* や EXAPT\*\*\*\* のような市販の NC 加工用ソフトウェアでは実用的でないと言える。このため自動車メーカー各社は、それぞれ独自のソフトウェアを開発し、今ではプレス金型の加工法は完全に従来のモデルによるならい加工にとって代り、NC 加工による方法が主流になってきている<sup>9)</sup>。NC 型彫用ソフトウェアは、あらかじめ準備されたエンジニアリングデータベースから必要な曲面データを抽出し、各種工具のオフセット計算をして、工具と加工物の干渉チェックをおこなう機能と共に、型彫加工上のノウハウをおこなったもので、金型製作上の基幹技術として重要な部分を占める。図-6 にプレス金型の加工状況を示し、図-7 は加工後のプレス金型を示す。

現在一般におこなわれている NC 型彫加工の方法は、同時 3 軸制御による方法であり、従来のならい加工工法と比較した場合、多くの利点があるが、ボールエンドミルカッターを多く用いるため、機械加工後のコーナ部で削り残しが発生し、手仕上を必要としている

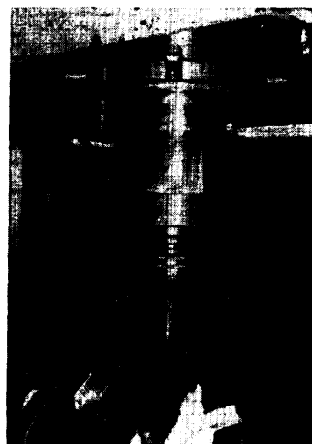


図-6 プレス金型の加工状況



図-7 加工後のプレス金型

\* 米国防空宇宙局で開発された汎用構造解析プログラム

\*\* MARK 社で開発された非線形構造解析プログラム

\*\*\* Automatically Programmed Tools

\*\*\*\* Extended subset of APT

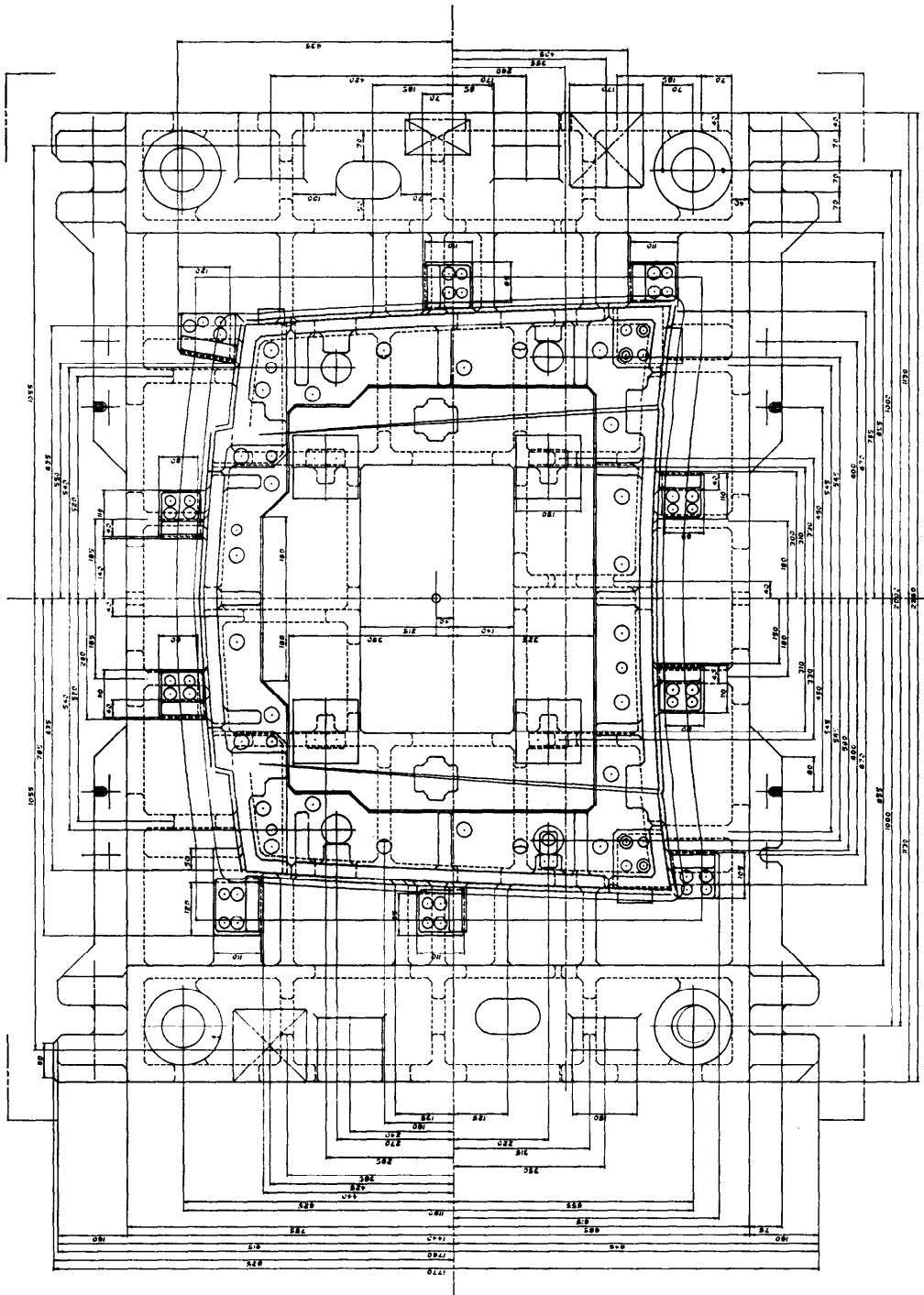


図-5 プレス金型設計図の例

る。そこで、加工能率の向上と手仕上作業の合理化のため、工具の軸方向を加工面の法線方向に制御しながら

加工できる同時5軸制御のNC型システムの研究が盛んにおこなわれるようになった。この場合、工具

と加工物との干渉問題が複雑であり、実用化までにはまだ多少時間を必要とするようである。

また、NC 型彫加工のための指令情報は複雑な3次元自由曲面データを取扱うため、データ量がぼう大となる。このデータをNC制御装置(工作機械)に伝達する手段として、一般的には紙テープが用いられているが、信頼性をいっそう高める必要があるため、フロッピディスクによる入力方法や、NC制御装置を集中的に制御するDNC\*システムも実用化されている。

いっぽう、このようなCAMの分野では、プレス金型のほかに、たとえば、樹脂金型用にエンジニアリングデータベースからデータを抽出して、NC放電加工をおこなう技術の開発や、ロボットの動作シーケンスをあらかじめデータベースによって決定し、ティーチング作業を大幅に短縮する技術など、広範囲な利用がみこめる。

### 3. トータル CAD/CAM システムの効果

自動車車体のクレイモデルの製作からプレス金型の製作にいたる一連の工程において、ソフトウェアとハードウェアを含めたトータル CAD/CAM システムを拡充することによって、全体のプロセスが共通のエンジニアリングデータベースを利用するかたちでシステム化され、多大の効果をあげている。具体的には以下の2点に集約されよう。

#### (1) 新車開発期間の短縮

エンジニアリングデータベースが完成すると直ちに、プレス金型の工法計画をおこない、またその時点でプレス金型や溶接治具の製作に着手できるなど、各工程の着手時期が早まり、全工程の期間短縮が可能となった。

#### (2) 車体品質の向上

従来の一連のモデル系列によるならい加工では、車体形状は一連のモデル精度に依存し、そのモデルは転写工法によって製作されるため、形状の誤差累積が大きく、高精度なプレス金型の製作が困難であった。

これに対して、トータル CAD/CAM システムでは共通のエンジニアリングデータベースから直接プレス金型や、溶接治具を製作するために、データ源が設計情報と同一であり、この結果安定した車体品質が得られる。また一連のモデル類も省略できるので工費節約の効果も大きい。

## 4. 結 言

CAD は CAM と結合されて、はじめてその効果を十分に発揮できる。このため、他の産業分野においても同様と考えられるが、特に自動車車体開発の場合には、CAD と CAM をつなぐ共通の情報基準としてのエンジニアリングデータベースの充実の程度いかにがトータル CAD/CAM システムの成果を大きく左右する。現在のところ、特にデータの入力に労力がかかっているのを、これを是正していく必要があると判断される。

若干、今後の展望を述べると、まず形状認識のためのソフトウェアシステムは、現在のワイヤフレームモデルからサーフェスモデル、さらには、ソリッドモデルの方式へ移行して行くであろう。プレス金型設計の分野では、経験的なプレス成形のデータをコンピュータ内に蓄積することにより、より理想的な金型設計・製作システムへと進展することが期待される。

プレス金型のCAMの工程では、本文で述べたように、現在の3軸制御NC型彫機に加えて、5軸制御による加工が実用化されようとしている。一方、金型の仕上作業に対しては、たとえば、センサ付きロボットを開発することによって省力化が達成できる。さらに、プレス金型・溶接治具製作全体のFMS\*\*の実現が待たれるところであるが、これもCADとCAMの完全な結合と、生産管理の手法が確立されるようになって、一気に現実のものになってくるであろう。また、エンジニアリングデータベースを用いて溶接組立のためのロボットガンの設定やロボットシーケンスのプログラミングも近い将来可能になる。

## 参 考 文 献

- 1) 岩田他: ボデー外板情報システム, トヨタ技術, Vol. 29, No. 4, p. 507 (1980).
- 2) 近藤他: データー元化方式による車体開発及び型治具準備システム, 日産技報, 16, p. 194 (1980).
- 3) 蔵永他: 対話型ボデー設計援助システムの開発, トヨタ技術, Vol. 31, No. 1, p. 84 (1981).
- 4) 藤野: ミニコン CAD/CAM 導入事例報告, 精機学会「ミニコンピュータ CAD/CAM をめぐる問題点と考え方」(1980).
- 5) 宮脇他: トヨタ構造解析システム VESTA, FACOM ジャーナル, Vol. 5, No. 7, p. 4-12 (1979).
- 6) 竹原他: 自動車車体用プレス金型の NC 加工, 塑性と加工, Vol. 20, No. 223 (1979).

(昭和57年9月10日受付)

\* Direct NC

\*\* Flexible Manufacturing System

