

自動車車体用プレス型の自動生産システム

近藤 幹夫
日産自動車(株) 工機工場

今日、製造業は大きな試練の時期を向かえ、価値観の多様化、労働環境の変化、国際化と言った激変する環境への対応が重要、且つ、急務となっている。

自動車産業に於いても同様で、益々その厳しさが増大し企業競争が加速し、如何にして市場性のある商品を開発し、タイムリに適正な価格で供給出来るか、鍵となっている。新車開発期間のおよそ1/3を占めるプレス型の生産の革新的な飛躍が必要と成り、当社では従来から取り組んで来たCAD/CAM/CAEを軸に、有機的且つ効率的に統合した一貫システムの構築を推進してきた。

本文は、その自動車車体用プレス型に於けるCAD/CAM/CAE/FMSを活用した当社での最近の生産システムを紹介致したい。

AN AUTOMATED MANUFACTURING SYSTEM FOR DIE OF AUTOMOTIVE BODY

MOTOO KONDOH
Machine & Tool Plant
Nissan Motor Co., Ltd.

The manufacturing industry is facing an ordeal. Because the urgent matters, such as the diversification of a sense of values in customers, the labor circumstances and the internationalization, have to be dealt with as soon as possible. The automotive industry is in the same situation as in the manufacturing industry and the business is very competitive. The key to survive in the industry is to offer the favourable products with reasonable price in the appropriate time. In the general case of the development of new model cars, the one third of the developing term has been used to design and make the sets of dies. It is necessary to shorten the term. The one of the answers of the request is to apply the Computer Aided Systems to the designing and manufacturing dies. The systems have been developed and integrated successfully in Nissan Motor.

In this paper the advanced Computer Aided Systems (CAD/CAM/CAE/FMS) for manufacturing dies of automotive body in Nissan Motor is presented.

1 はじめに

今日、製造業は大きな試練の時期を向かえている。即ち、(1) 価値観の多様化、(2) N I E S の追い上げ、(3) 労働環境の変化、(4) 国際化への対応が重要、且つ、急務となっている。

(1) に対しては商品のライフサイクルが短くなり新製品の開発期間の短縮を求められ、(2) に対しては高付加価値を、(3) は労働時間の短縮及び人材不足から自動化を、そして(4) には現地化更には外国人労働者の採用等々の課題が山積している。

自動車産業に於いても同様で、益々その厳しさが増大し企業競争が加速し、如何にして市場性のある商品を開発し、タイムリに適正な価格で供給出来るかが鍵と成っている。新車の開発には通常3～5年を必要としている為、上記要請に依って行くには生産システムの革新的な飛躍が必要となり、従来から取り組んで来たCAD/CAM/CAEを軸に、有機的且つ効率的に統合した一貫システムの構築が進展しつつある。

本文は、自動車の車体開発のキーファンクションの一つである車体用プレス型に於けるCAD/CAM/CAE/FMSを活用した当社に於ける最近の生産システムを紹介し、システム構築上の考え方を説明致したい。

2 プレス型の生産

2.1 車体開発に於けるプレス型

意匠デザイン、車体設計・実験を経て所定の性能が検証された製品が生産工場で新車として立ち上る為にはそれを製造するに必要な生産システムを用意しなければならない。その中で車体を構成するパネル部品を作るに必要なプレス型は高精度、且つ、均一な品質のパネルを効率良く量産するツールとして不可欠である。その準備期間は新車開発期間のおよそ1/3以上を費やして、価格も一型数百万から数千万円にのぼるものもあり、従って期間短縮とコスト削減は企業戦略上重要な使命を担っている。

2.2 型製作上の特徴

通常、標準の車種で主だったパネルに必要な型数は200～300型あり下記の様な特徴を有している。

(1) 極少量生産である。

一車種当り上記型数を生産するとは言え、一つとして同じ物は無く、又、その車種のモデルライフを通じて通常一つである。従って、スケールメリットが享受出来ない。

(2) 形状が複雑である。

造形的な自由曲面形状と機能的な幾何形状を合わせ持つ製品形状に、更にプレス成形上必要な蹴押え面(ダイフェイス)及び付加形状(絞り余肉)から構成され、その表面精度は数ミクロンが要求される。

(3) 経験への依存度が高い。

型の寸法精度が良好であっても、その製品であるパネルが所定の品質基準を満足出来るとは限らず、微妙な調整を必要とする。従って、先ず上記の複雑形状を所定の精度に仕上げ、更に、高度な調整を行なう為には経験に基づくいわゆる「勘、惚」に依存する所が多い。

(4) 変更が多い。

開発期間を短縮する為に、意匠デザインの段階から参画することに起因する変更、及び新車立ち上がり寸前迄商品価値を追求すること等による変更が多く発生する。

2. 3 新しい型生産システム

上記背景及び要請から従来の労働集約的な型生産方式を脱皮して、より生産性を高めるには技術集約的な方式へ移行することが求められた。

そこで、

勘、忽	→	論理的、解析的アプローチ
人手	→	機械力の駆使
口伝え	→	情報システム化

への転換を果たす為に、CAD/CAM/CAE/FMSを活用したプレス型生産システムを構築して、昭和60年3月より本格稼働に入った。本システムは岩田教授分類^[11]のCIMレベル1ないしは2、又は松島克守氏分類^[12]のCIM-1相当と言える。意匠デザイン段階にて創成されたデータを原点に、車体設計段階及び型設計段階で付加されたデータを一元的に使い、各機能モジュールを有機的に統合化している(図-1)。

システムは一朝一夕に構築出来たものではなく、20年に亘る各要素技術の発展と相伴って来た。中でもNC技術に依存するところが大きく、物から情報、情報から物への変換はこれ無くしては成り立たなかったと言える。

本文はシステムの中核をなすCAD/CAM/CAEを主体に、そのシステム構築上の考え方及び代表的な手法を説明し、FMSへも言及致したい。

3 CAD/CAM/CAEシステム

3. 1 システム構築上の重点機能

プレス型用のシステム構築に当たっては2.2で述べた様な特徴をカバーする必要がある。それには次の機能が要となる。

(1) 形状表現機能

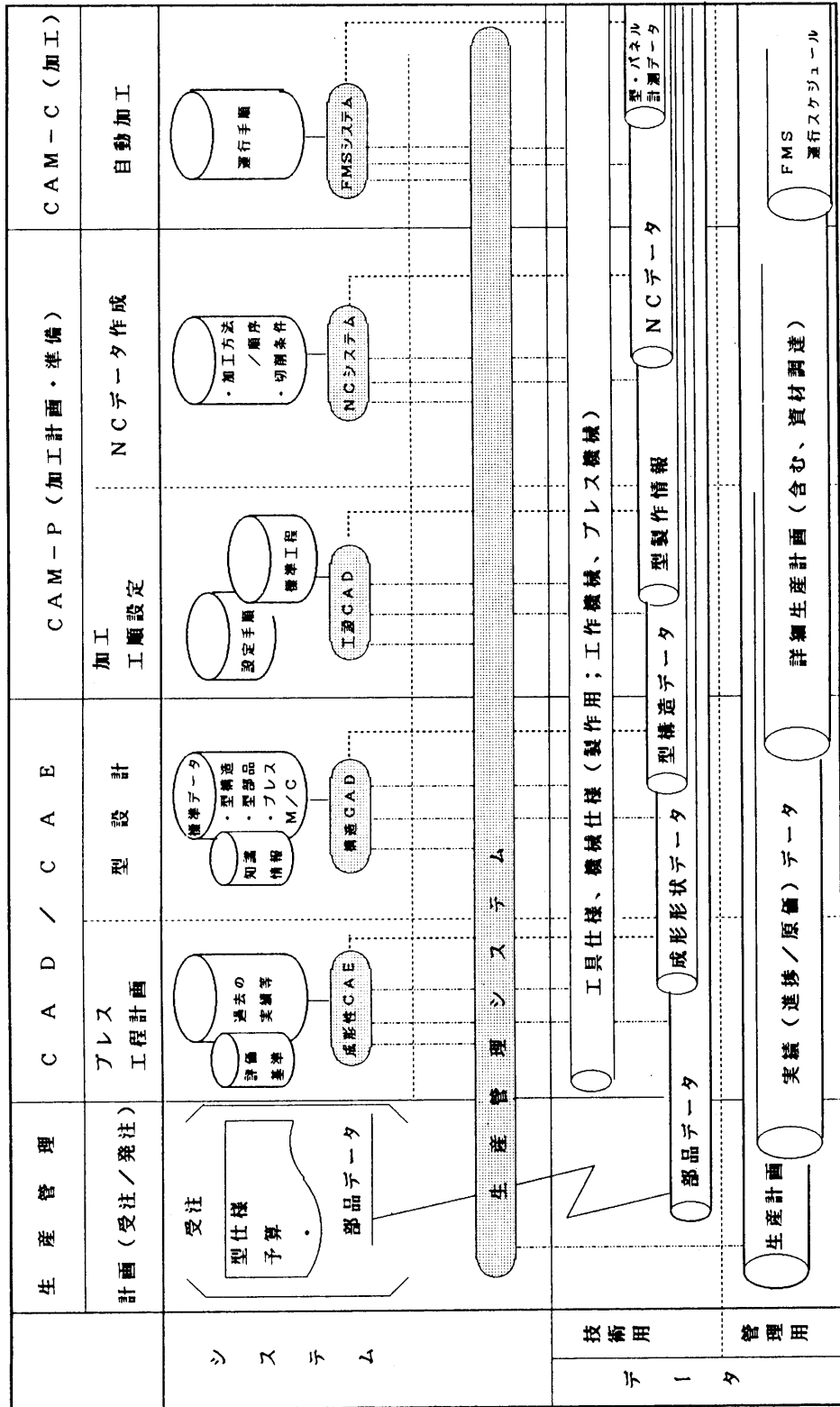
形ある物を対象とする以上、本機能は必要不可欠な要素であり、殊に、自由曲面を主体としたパネル形状と、幾何学的な形状を中心とした型構造体を同時に効率的に扱う必要がある。これにはモデラ能力及びデータベースの設定如何によってシステムの成否を左右すると言える。

(2) 干渉(衝突)チェック機能

型構成部品の動作検討、型切削時に於ける切削工具の動作決定時等々物同志の干渉チェックが必要で、しかも、確実に且つ高速で行えることが要求される。

(3) 変更対応機能

前述の様に型製作期間に於ける変更は現状不可避と言える。従って当初からこれに対処出来るシステムの構築が必要である。



図一 1 システム概念図

(4) 自動処理機能

如何にコンピュータが高速化しても人手が介在する以上処理速度の向上には限界がある。
労働時間の短縮が要請される今日、自動化は必須と言える。

3. 2 コンピュータ具備機能の活用

上記機能を満足したシステム構築を効率的に実現する近道は中核であるコンピュータが具備している機能を活用することで、中でも下記機能は特に重要である。

(1) ストアード・プログラミング機能

現代コンピュータの最大特色であって自動化最大の武器となる。コンピュータ自体の処理に於いてもその手順を蓄え自動処理を行なう為、OSの拡充に勢力を傾注している。

(2) 多重処理機能

コンピュータ構成各機器の処理速度差を活用して同時に(厳密にはタイム・スライス)処理を行なっている。この機能を活用して複数分割したプログラムを走らせ、処理速度の向上が計れる。最近では複数のプロセッサを内臓して並列処理を行なう機種もあり、一層の高速処理を可能としている。

(3) デジタル処理

物を製作するには精度上の限界がある。いくら数式上C[∞]級の連続性があっても、NC機器はC¹級以下である。一方現行のコンピュータはデジタル処理方式であり、有効桁数の制限がある。従って両者の特性を生かす工夫がシステムの効率を高めることとなる。

(4) マトリックス構造・処理

デジタル処理に呼応して、コンピュータ内の処理領域(アドレス、メモリ空間)はマトリックス構造であり、処理である。この特性を生かしたデータ構造及びベクトル演算を導入することによって処理のシンプル化、高速化が計れる。ベクタ・プロセッサの普及に伴い今後一層有利になると考える。

以上の具備機能を活用する上で重要なことはコンピュータの技術、価格等の動向を考慮して行く必要がある。殊に、メモリの急激な伸張はシステム構築上のフィロソフィに影響を与える。

以下、当社システムの3. 1で述べた各機能に関して説明致したい。

3. 3 形状表現機能とデータベース

システム全般に亘り同一形態のモデラ、データベースは理想であるが現実的とは言えない。1979年CMUを訪問した折り^[3]、同大フェンベス教授の「あらゆるものに適したデータベースは今後10年以内には実現しないであろう」の見通しの如く、10年が過ぎなんとする今日にあっても未だ実現するに至っていない。

そこで、より現実的なアプローチとして次の方式をとっている。即ち、オブジェクト指向の形態から3つの処理フェーズとそれに適したモデラ及びデータベースを採用している。

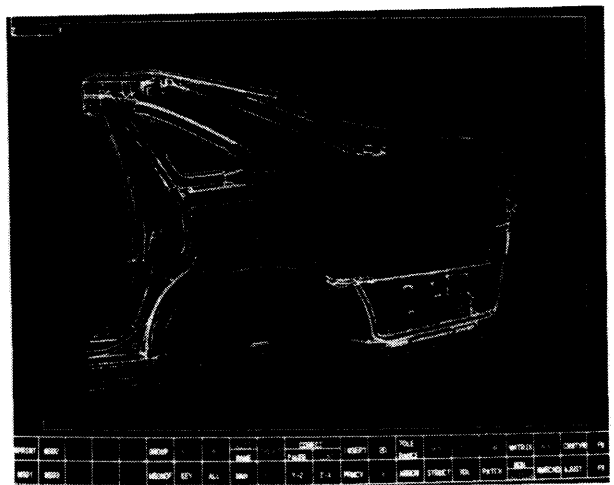


図-2 サーフェスモデル

(1) パネル形状を扱うフェーズ (フェーズ1)

プレス成形上の各種検討を行なうフェーズでパネル (シートメタル) のハンドリングに適したサーフェスモデラと、パーティクル・ストレージ方式のデータベースを用いている (図-2)。

(2) 型構造を扱うフェーズ (フェーズ2)

車体パネルは通常0.5 ~ 4ミリ程度の厚さ故、サーフェスモデラが適し

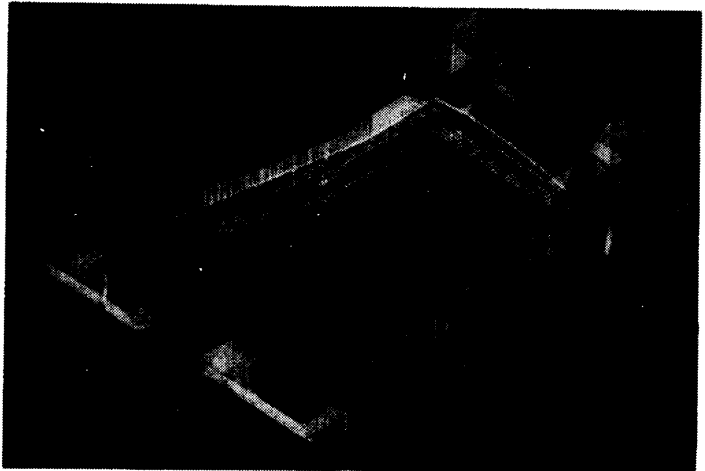


図-3 形状部と構造部を合体したDIMOS

ているが、それを成形する型は鋳物等の剛体構造である。これにはソリッドモデラを用いて、マスプロパティ及び各種干渉チェック等の扱いを容易にしている。前述の如く車体形状は自由曲面を扱う為に、3.2の(3)、(4)の機能を活用した階層化構造のデータベースを用いた「DIMOS (Digital Model of Solid)」^[4]と名付けた特殊なモデラを開発して効果を挙げている (図-3)。これにより幾何学的形状のみならず自由曲面をも同一モデラでの扱いが可能となった。

(3) NC情報を扱うフェーズ (フェーズ3)

型をNC工作機械で加工する為の情報 (通常NCテープ・イメージと呼ぶ) を扱う。これにはCLモデラ (Cutter Location)^[5]をシーケンシャル方式のデータベースで用いている。NCテープイメージを敢えて「モデラ」と呼ぶのは、この情報にて一点一点の修正、部分的な抽出、追加等の形状変更の機能を持たせてあるからである (図-4)。

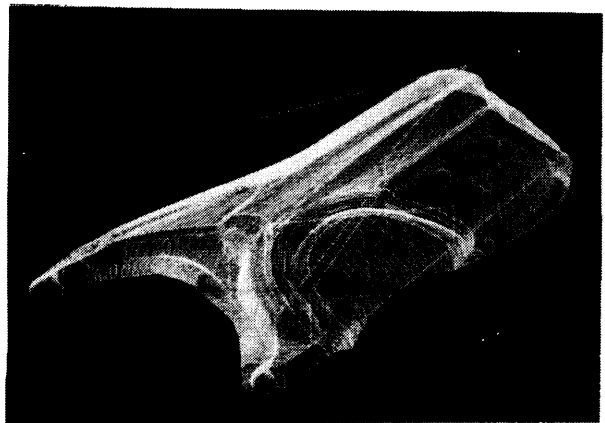


図-4 CLモデル

この様に目的及び対象に適したモデラ

とデータベース方式を採用しているのは、現実の世界では日常茶飯事に行なわれている事柄である。鉛筆に例示すれば、筆記等では一本として使い、店頭では一ダース、グロスで、貯蔵及び運搬に当たっては段ボール箱単位の形、荷姿、で扱われている。データベースに於いても同じ考を導入して、同じデータ (要求精度以内にて) を目的に応じた形態で使い分けているこのことから、本システムで用いているデータベース方式を「荷姿データベース」と称している。これにより、各フェーズのモジュールのシンプル化、処理の高速化と変更に対する柔軟性 (小さなサイクルの活用) を実現している。製品形状に対

する変更はフェーズ1から、プレス成形上、局所的な板厚（上型と下型の隙間）変更等（図-5）、はフェーズ2から、型製作上はフェーズ3だけでの（図-6）対処を可能としている。又、フェーズ間の変換は自動で行いユーザの負担を軽減している。

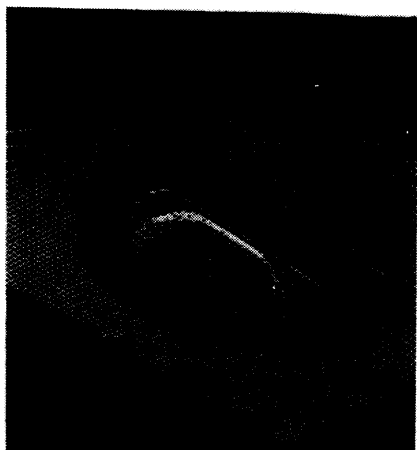


図-5 フェーズ2での変更

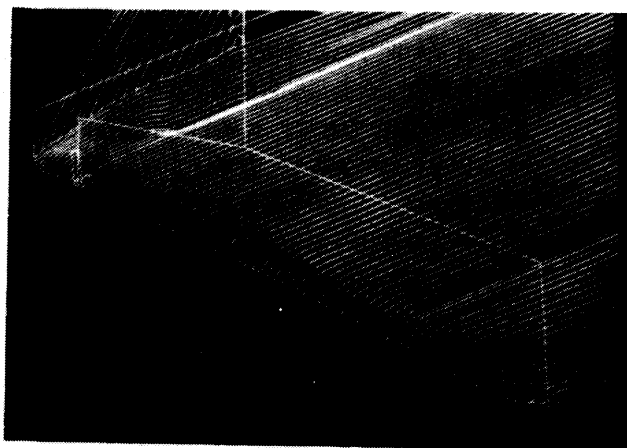


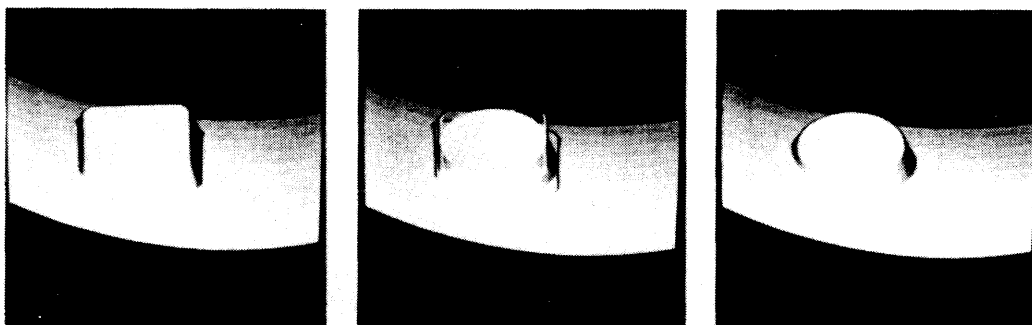
図-6 フェーズ3での変更
（スプリングバックの補正）

3.4 自動処理機能

コンピュータの処理速度が向上しても人間の判断及び操作が介在する限り、その出力量やターンアラウンド・タイム（T. A. T.）はリンクしない。ある対話形式のCADシステムに於いて、CPU速度が2倍に向上したが、T. A. T. は3割しか短縮しなかったの事例とある様に、処理を自動化することの意義は大きいと言える。本システムではAIを指向して次のアプローチを行なっている。

（1）操作履歴の蓄積による方式

グラフィック操作履歴を蓄積し整理しマクロ化して、必要に応じて呼び出し自動再処理を意図して、サーフェスマデラを扱うフェイズ1に導入している。本方式は作業手順・ルールを整備に煩わされないで簡便にデータベースを構築し易い反面、一作業単位内のローカル修正には適しているが、全体への自動化に適用することは難しい（図-7）。



変更前 → 変更途中 → 変更後

図-7 形状の自動変更過程

(2) 作業手順・ルールのデータベース化による方式

熟練者の作業手順・ルールを整理、標準化して、作業に関する知識情報としてのデータベース化を計り、自動化を行なう「エキスパート」指向の方式⁽⁷⁾である。本方式は自動化率を向上するには有効であるが、手順・ルールの整理、標準化がポイントであり、定型的領域が比較的多いCAMに比べて(図-8)、作業(設計者)の知識領域が広いCADでは難しく、従って知識データ及びルールの変更に対する柔軟な仕掛け、例えば設計者自身が容易に作成しデータベースに登録出来る様なツール、が必要である(図-9)。

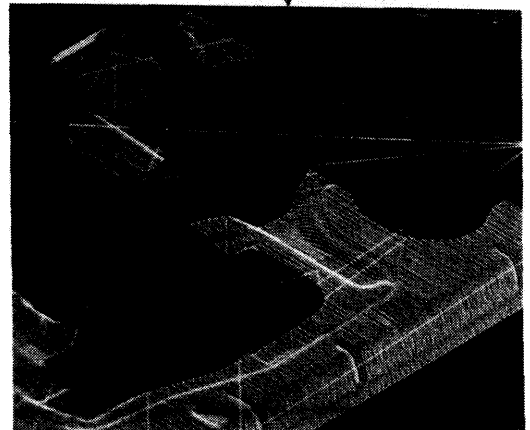
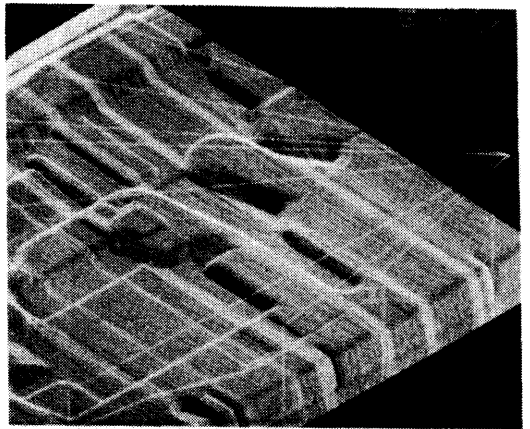


図-8 次工程データ自動作成

3.5 高速化へのアプローチ

いずれの処理に於いても演算の高速化は必要である。中でも、一型当り数百万点にも及ぶNC加工に必要なCLの演算には重要で、工具とワーク、ワークと機械等の干渉チェックを高速で行うことは必要不可欠である。これには、3.2-(2)、(4)を活用して対処している。

(1) 形状データのマトリックス構造化

形状データをマトリックス構造としてメモリ空間と関連付けを行い、データ・アドレスの参照時間を短縮している。

(2) 多重処理の活用

データのマトリックス構造を活用して同じ処理内容に対しては複数個の処理モジュールに分割して、それらを単独ジョブとして同時実行を可能としている。

これらにより、工具の長さによる干渉領域を短時間(図-10の例では約10分)で求める等処理の高速化を実現している。

以上が本システムの構築に於けるコンピュータ領域に関する考え方であり、用いている代表的な手法である。

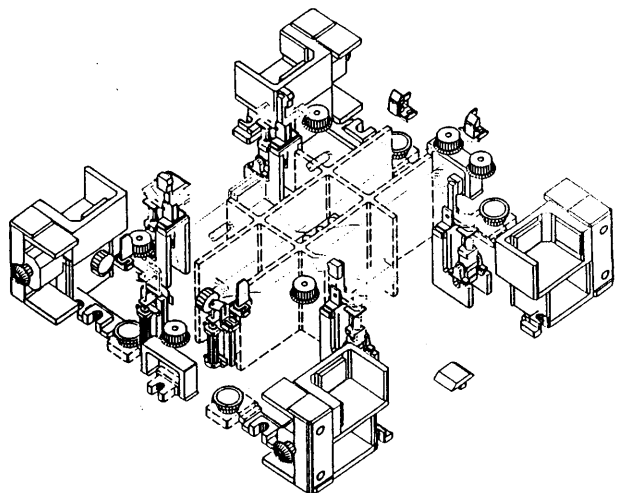
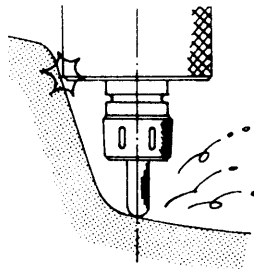


図-9 設計手順による型構造体の自動配置



必要工具長
 赤：150mm以上
 青：90mm以上
 その他：50mm以上

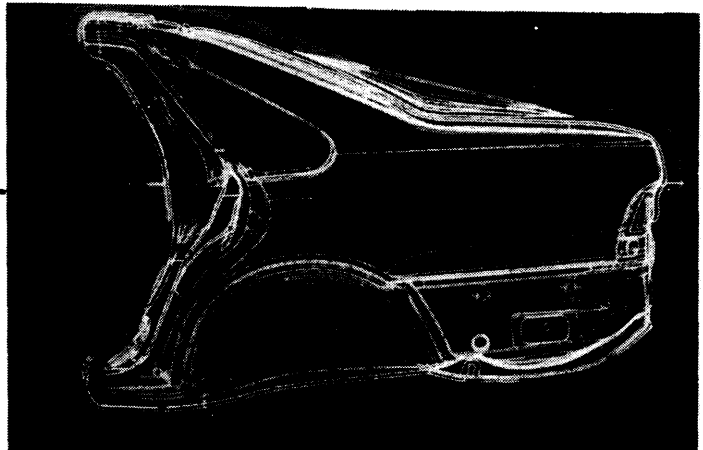


図-10 工具干渉領域

4 FMSの構築

当社プレス型用のFMSラインは一般のそれと同様に、制御機能、加工機能、搬送機能及びストレージ機能より構成されている⁽⁸⁾ (図-11、12)。

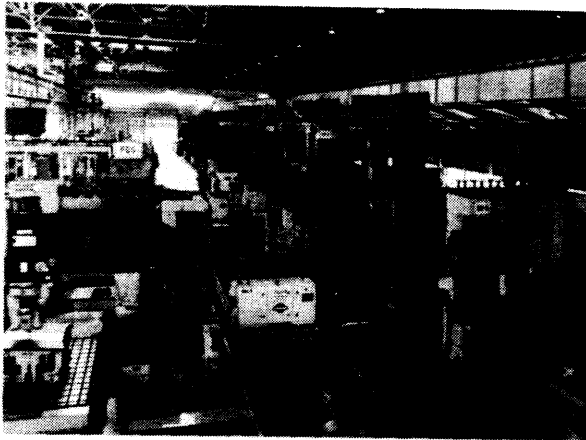


図-11 FMSライン全景

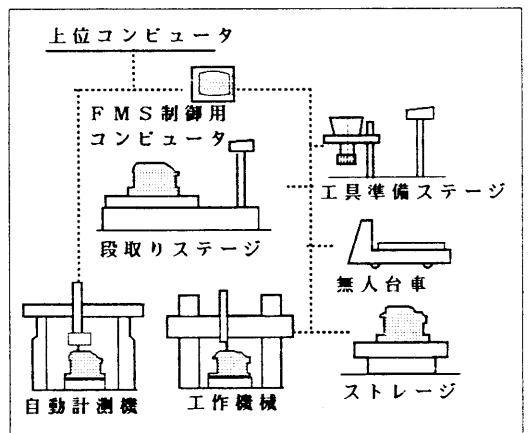


図-12 FMS概念図

本ラインは昭和60年3月より本格稼働に入り所定の機能を発揮している。
 その構築に当たって考慮した主な項目は次の通りである。

(1) 情報処理上

上位から下位迄の情報(特にインテリジェンス)の階層化をどうするか(型彫り用の大量情報; 一型で数百MBをこえるものもある; を制御用コンピュータとNC機とで如何に分担させるか)。

*データ要求間隔が短く制御用コンピュータのデータ配分負荷が多くなること、又、数10時間に及ぶ型彫りの信頼性を高めること(制御系トラブルの影響を少なくする)の為に、NC機に数時間から24時間程度の情報を蓄える方式をとっている。

(2) 加工方式上

段取りの少ないセル方式をとるか、機械稼働率上有利なトランスファ方式か。

* 数分～数時間の穴及び平面座加工と数10時間にも亘る型彫り時間の加工バランスへの考慮と、機械購入コストを考慮して加工に対応した数種類の標準機(5軸制御を有する)を配したトランスファ方式とした。

(3) 物流上

数トンに及ぶ重量がある型の搬送及び位置決めを如何に行なうか、又、数10本にも及ぶツールの供給方式は。

* 土日(48時間)を無人で行えること、及び設置面積の効率と保全のし易さを考慮して、自動ストレージ及び四輪駆動・操舵の無人台車を採用している。

(4) 生産管理上

変更を効率良く処理する上で加工日程のリスケジュールリングは。

* 上位コンピュータから指示されたスケジュールを制御用コンピュータにて微調整が行える。又、NC情報作成時に予め加工単位に区分けされた情報の工順変更を行ったり、加工条件の修正、更に、素材の加工代を自動計測して荒加工回数を設定する等小回りの効く編集を制御用コンピュータでも行なえる方式をとっている。

5 まとめ

5.1 効果

以上述べて来たことは本システム実用化に当たっての代表的な考え方、及び、実践的な手法であり、プレス型の持つ特徴と現行コンピュータの持つ機能を最大限に活用することを意図したものである。システム構築当初の狙いを100%達成したとは言えないが、従来に比較して次の様な効果が得られた。

(1) 型製作期間の短縮

30%

(2) 型費削減

40%

(3) 品質の向上

型トライアル工数半減

(4) 機械稼働時間の向上

切粉を出している時間が月間500時間を達成

5.2 おわりに

本システムの構築は20年に亘るコンピュータ利用技術と各種基盤技術とで成り立っているが、企業ニーズから見れば一マイルストーンに過ぎない。技術は常に進歩して行く。中でもコンピュータ分野の進歩は目覚ましく、安定する迄待っていたのでは論理のみに終始して実のあるシステム実現の目処が立たない。従い、スクラップ・アンド・ビルドを余儀なくされながらも、各時点での実践的なシステム化が必要である。このことは服部幸英氏の「その時点で本当に必要なところをうまくまとめて、すぐに使えるようなものにするというのが人間の本能的なセンスであり、それが技術ではないでしょうか」^[2]に

同感するところである。

参考文献

- [1] 岩田一明、「CIMの動向と技術的課題」ユニバックCGシンポジウム'88（日本ユニバック）
- [2] 松島克守著、「CIM製造業の情報戦略」（工業調査会）、1987
- [3] 「第一回CAD/CAMツア報告書」（日本ユニバック）、1980
- [4] 近藤、「ソリッド・モデルを用いた金型加工システム」、第6回設計自動化工学講演会論文集、1987
- [5] 近藤、「金型治工具のCAD/CAM開発の経緯とその機能・効果」、プレス技術（日刊工業新聞社）1981、Vol. 19、NO. 4
- [6] 高井久治、「グラフィック操作歴と同時並行処理を用いた図形処理システムの開発」、ユニバック研究会昭和59年度入選論文集
- [7] 近藤、牧野、「自動車用圧型における設計の自動化」、第7回設計シンポジウム、1989
- [8] 五弓 尚、「金型の低コスト・高精度化におけるCAMの役割」、型技術（型技術協会）、1988、Vol. 3、NO. 8