

1988年11月発刊

Vol. 8 No. 3

## 特集：CIM

## 巻頭言

特集「CIM」の発刊によせて .....西原良一 1

## 論 文

製造業を取りまく環境と NUL の CIM コンセプト .....野本雄一 3

CIM 基盤技術の動向 — DB — .....梶原昌平, 原 陽一 20

CIM 基盤技術の動向 — DC — .....袴田 宏 50

CIM 基盤技術の動向 — MAP/TOP — .....木村 勉 60

接触計算に基づく複合曲面 NC システムの開発 .....大庭克治 70

CAD/CAM システムを業務に適用させるための

プログラミング言語 UDL .....宮地恵美 93

射出成形における溶融樹脂の

金型内流動シミュレーション .....平林 繁 108

UNICAD®/SOLID による容器立体モデリング .....西川 孝 122

図面自動入力システム Uni-Mudams .....渡辺聖一, 中川伸市 138

GC 1450 CAD/CAM/CAE 統合化システムと

ユーザ適用事例 .....松野 健 155

プレス金型用 FMS での EDP システム .....二神邦夫 170

自動倉庫システムの開発 .....上野泰生 183

電子機器メーカーにおける技術情報管理

— PCA 部品表作成支援システム .....加藤 学 196

工程管理システム UNIS/PCS .....福島俊二 209

米国ユニシス工場の CIM 構築での

BAMCS/MRP II 適用事例 .....岸本朗佳 219

## 技術動向

CAD/CAM データ交換標準化の現状と動向 .....235

図書紹介 .....240

掲載論文梗概 .....表 2, 3

野本雄一の製造業を取りまく環境と NUL の CIM コンセプトは、本特集のテーマである CIM について、製造業における CIM 構築の背景および日本ユニシス (NUL) の提唱する新しい CIM コンセプトの解説をするとともに、構築に必要な各種技術について紹介している。

CIM の目標の一つに高度なエンジニアリング・データベースの構築がある。また、高度情報化社会の秩序ある実現のために OSI 概念の一部として ISO によるデータベース技術の国際標準化活動が推進されている。梶原昌平と原陽一は、CIM 基盤技術の動向 — DB — の中で、CIM の基盤となる DB 技術の全体動向について概観している。

コミュニケーション分野の技術は、データベース技術とともに CIM 実現のための基盤技術として重要である。袴田宏は、CIM 基盤技術の動向 — DC — の中で、コミュニケーション分野の標準化動向を概観するとともに、今後 WAN の中心になると考えられる ISDN について述べている。

マルチベンダ環境における容易な相互接続を目指す MAP/TOP は、1988 年 6 月米国ボルチモア市で開催された ENE '88i において、その目指すものが実現可能であることを実証した。木村勉は、CIM 基盤技術の動向 — MAP/TOP — の中で、MAP/TOP の目指すもの、および今後の課題について述べ、ENE '88i の紹介も行っている。

曲面形状の NC 加工に関し、実用に供しているシステムの多くが、機能・性能・適用性・操作性などに種々の問題をかかえている。大庭克治の接触計算に基づく複合曲面 NC システムの開発は、日本ユニシスが開発した複合曲面 NC システム SCULPTOR の経路計算機能のうち、接触計算法に焦点を当て、種々の問題の中で典型的な例についてどのように解決しているかを示している。

宮地恵美は、CAD/CAM システムを業務に適用させるためのプログラミング言語 UDL の中で、汎用 CAD/CAM システム UNICAD® を業務

に適用させるために必要な機能について考察し、UDL がこれらの機能をどのように実現しているかについて述べている。

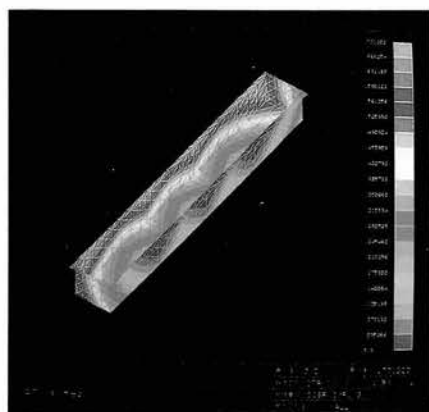
平林繁は、射出成形における溶融樹脂の金型内流動シミュレーションの中で、プラスチック射出成形において、溶融された樹脂が金型内を流動・冷却していく過程をシミュレーションするシステムを開発したことを報告している。このシステムは MELT FLOW と呼ばれ、充填・冷却工程での流動パターン、圧力分布、温度分布を正確に予測することができる。

容器向け CAD システム BDAS は、図面からの形状創成操作、複雑な形状の取り扱いに限界が目立ってきた。西川孝は、UNICAD®/SOLID による容器立体モデリングの中で、これらを解決すべく、UNICAD®/SOLID のマクロ言語 SDL とモデリング機能を活用して容器形状に特化した立体モデリング機能を開発したことを報告している。

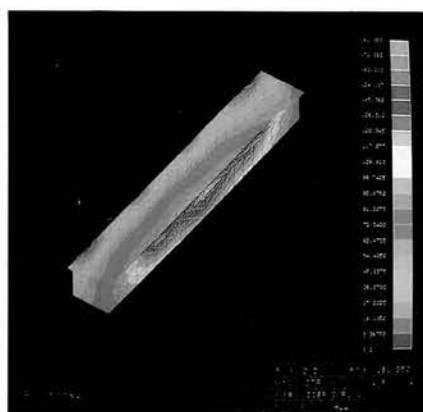
渡辺聖一と中川伸市の図面自動入力システム Uni-Mudams は、新しいアルゴリズムに基づく Uni-Mudams を紹介し、応用分野に特化することで実用レベルに到達した事例として、等高線入力・型紙入力・設変チェックについて述べている。さらに機械図面の認識に対するむずかしさを考察している。

GC 1450 は、EWS として位置付けられている。松野健は、GC1450CAD/CAM/CAE 統合化システムとユーザ適用事例の中で、GC 1450 のシステム概要、および CAD/CAM/CAE ソフトウェアとその統合化の概要を述べ、同システムのユーザ適用事例を紹介している。

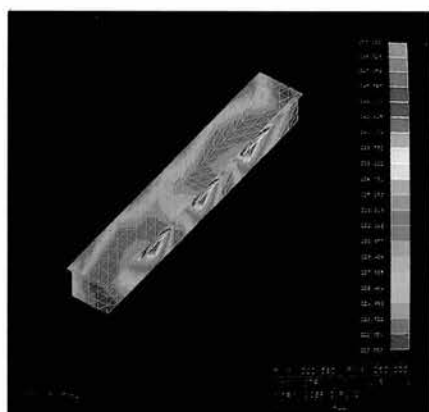
製造業においては、多品種少量生産の時代に合わせて、いろいろな形の FMS (フレキシブル生産システム) が構築されつつある。二神邦夫は、プレス金型用 FMS での EDP システムの中で、プレス金型工場における FMS の EDP システムを紹介している。



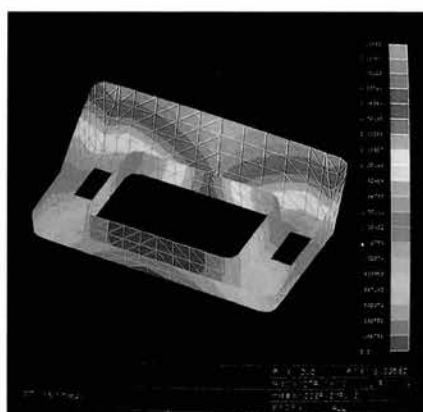
口絵 1 メルト・フロント図



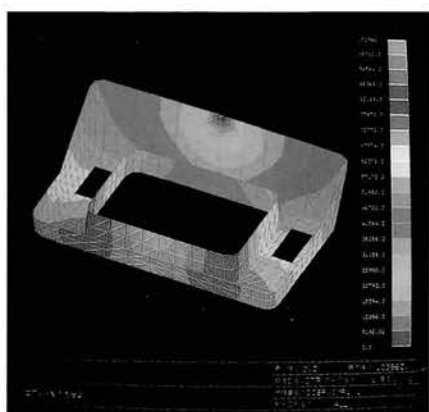
口絵 2 圧力分布図



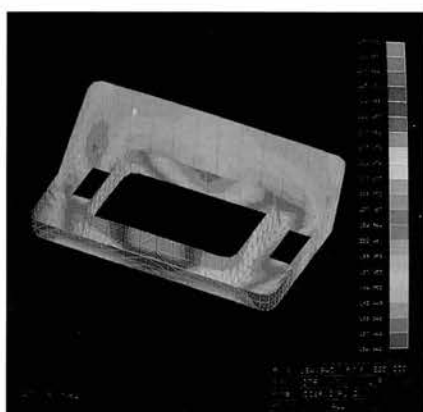
口絵 3 温度分布図



口絵 4 メルト・フロント図

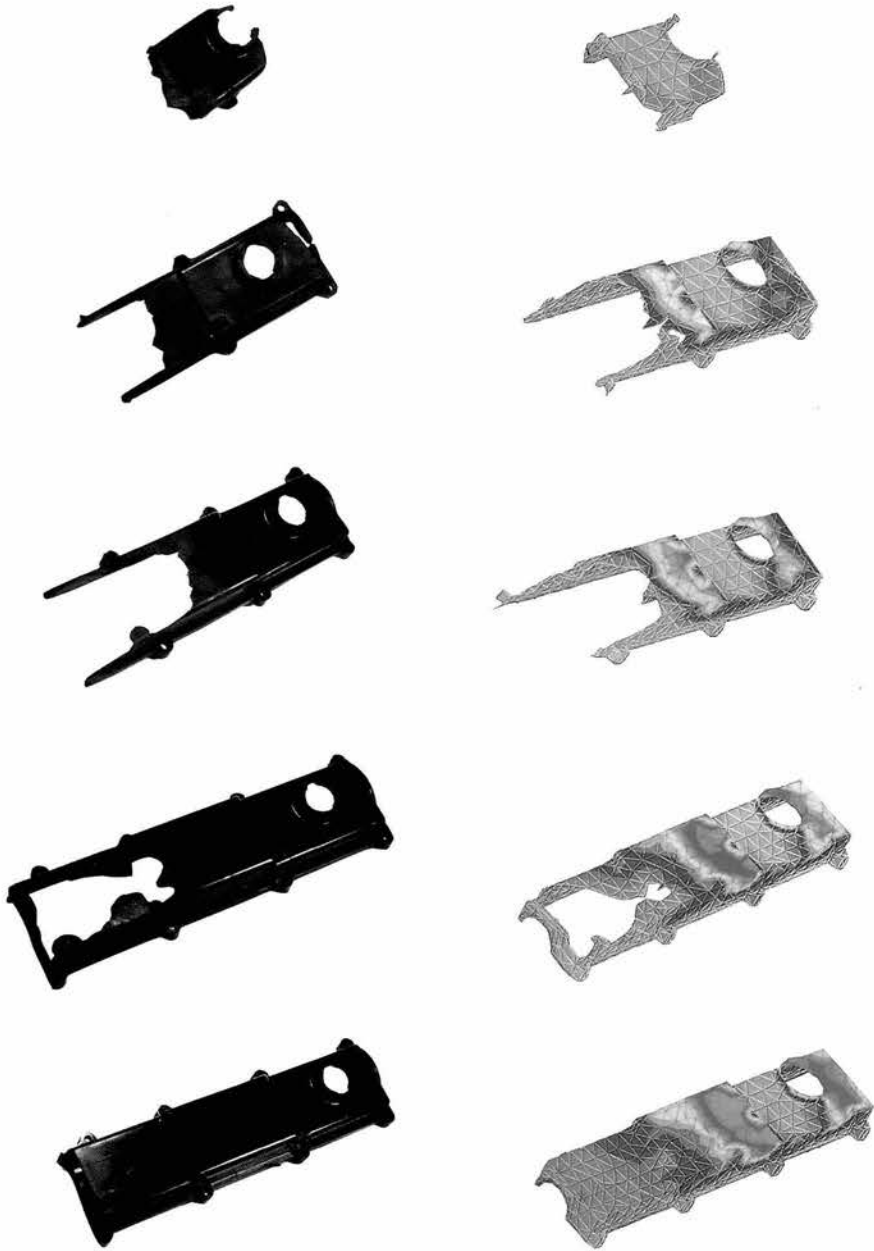


口絵 5 圧力分布図



口絵 6 温度分布図

詳細は、本文「射出成形における溶融樹脂の金型内流動シミュレーション」に掲載。



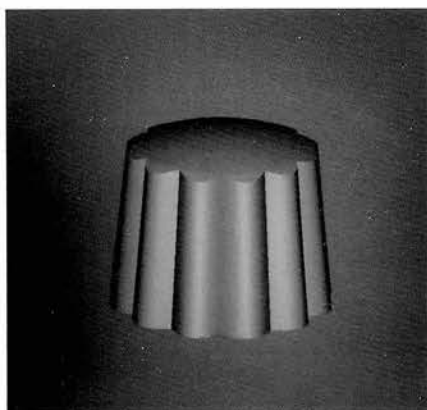
実 験

シミュレーション

口絵 7

詳細は、本文「射出成形における溶融樹脂の金型内流動シミュレーション」に掲載。





口絵 1 模様の付いた容器のキャップ

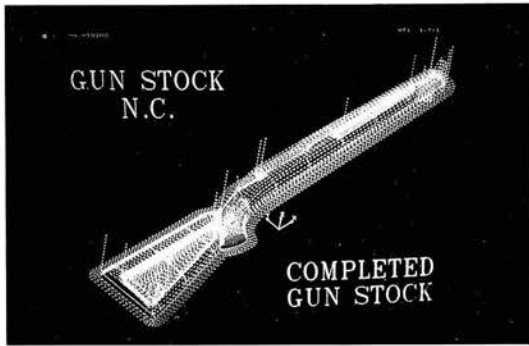


口絵 2 把手付き容器のプラスチック表現



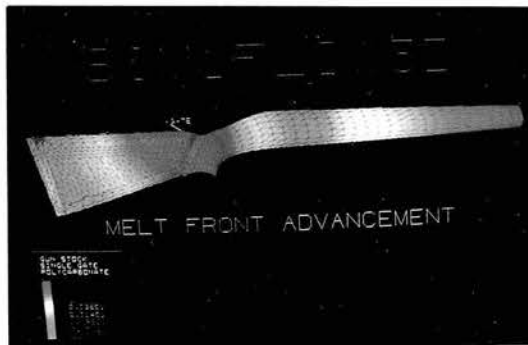
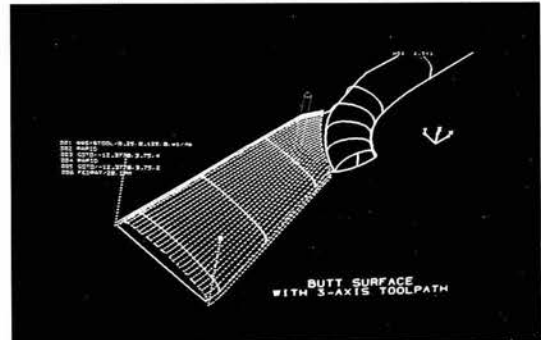
口絵 3 テクスチャ・マッピング

詳細は、本文「UNICAD<sup>®</sup>/SOLIDによる容器立体モデリング」に掲載。



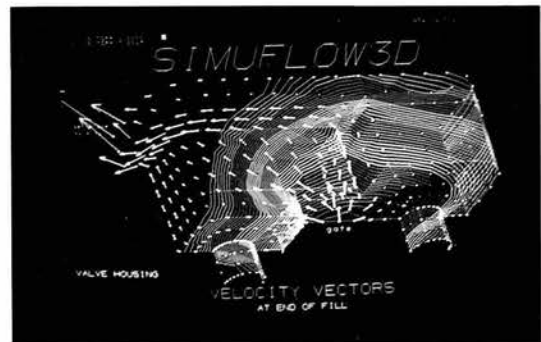
口絵 1 GUN STOCK の NC モデル

口絵 2 GUN STOCK  
工具シミュレーション



口絵 3 GUN STOCK  
モデルのメルト・フロント

口絵 4 VALVE HOUSING  
モデルの速度ベクトル表示



詳細は、本文「GC 1450 CAD/CAM/CAE 統合化システムとユーザ適用事例」に掲載。

## 特集「CIM」の発刊によせて

西原良一

日本における製造業の生産手段は、過去積極的なコンピュータの利用によって大きく発展し、今日の高い地位を築く基盤になっていることは確かなことでしょう。

とくに昨今、従来からの CAD/CAM/CAE や生産管理の情報処理に加え、FMS(フレキシブル・マニファクチャリング・システム) やロボティクスの導入による工場の自動化が進み、総称して FA (ファクトリ・オートメーション) と言われてきました。FA が定着しつつある中で、製造業を取りまく環境はますます厳しさを増しています。流動的な国際経済環境、市場環境、技術環境は企業にとって大きなインパクトになっています。これを克服し、さらに発展を計るために戦略的に情報システムを確立していくことが強く求められています。

CIM (コンピュータ・インテグレートド・マニファクチャリング) の構築はこれに応えるためのものであり、たいへん有効な手段になるものと期待されています。

日本ユニシスは急速に拡大しつつある CIM 化の要求に応えるため、その要素技術の開発と提供を行ってまいります。本号では、新しい CIM コンセプトと要素技術および事例の一端を紹介し、些少でもお役に立てることを期待しています。

(システム第二本部 システム統括一部長)

## 「DIP 開発業務」

### ソフトウェア開発技術表彰制度において最優秀賞 受賞

このたび、(財)京都産業情報センター(理事長 堀場雅夫)の主催するソフトウェア開発技術表彰制度において、当社の「DIP 開発業務」が最優秀賞である「通商産業省機械情報産業局長賞」を受賞しました。

この表彰制度は、ソフトウェアの生産性向上のためには開発過程の品質管理が重要であるという認識のもとに、ソフトウェア開発における品質管理技術を客観的に評価し優秀な業務を表彰するという制度で、(財)京都産業情報センターが設立十周年の特別記念事業の一つとして実施したものです。

(財)京都産業情報センターは、地域の高度情報化推進のために地元産業界、学会、行政の支援を得て第三セクタとして設立された団体ですが、今回の表彰制度には、京都府、京都市の共催のほか、後援、協賛団体として、通産省、中小企業庁、情報処理振興事業協会を始めとする代表的な情報産業関連団体 10 か所、日本経済新聞社等 3 社、メーカーやソフトウェアハウス 11 社、他に京都商工会議所等 5 か所が名を連ねており、非常に大規模な全国的催しであります。

今回受賞の対象となった「DIP」は、金融機関における情報系システムの構築と運用を支援するフレームワーク・ソフトウェアで詳細は技報 5 月号で紹介いたしますが、次のような機能を持っています。

- ・データベースを構築・管理する機能
- ・利用者の要求に合ったデータを抽出・加工する機能
- ・利用者の一連の操作を円滑に行うための支援機能
- ・コンピュータ・ネットワーク・システムとして定義・運用・管理する機能
- ・データ交換・プログラム自動生成等の開発支援機能
- ・各種ユーティリティ・プログラム

これらの機能は、次の 2 種類の形で使用することができます。

1. 標準情報系システム……完成した情報系システムとして提供され、利用者はパラメータの投入によって、ただちに業務として情報系システムを使用できます。
2. 目的別情報系システム……利用者はプログラム自動生成機能を使用して、自分の目的に合った独自の情報系システムを容易に構築できます。

この他に利用者は既存のプログラムを情報系システムに容易に取り込むこともできます。

現在「DIP」は多くの金融機関で採用いただいておりますが、この他に流通業界でも多くの注目を集めているソフトウェアです。

DIP : Dynamic database Interface Package

## 製造業を取りまく環境と NUL の CIM コンセプト

### The Circumstances around the Manufacturing Industry and NUL's CIM Concepts

野 本 雄 一

**要 約** 昨今、製造業の業績は好調と伝えられるが、取りまく環境は安定しておらず、たえず、さまざまな脅威に晒されている。こうした脅威を克服し、積極経営を展開するために CIM (Computer Integrated Manufacturing) を構築することが有効な手段とされ大きな関心を集めている。

日本ユニシスにおいて、旧来より ALPFA, CIM-phony といった CIM コンセプトを持っていたが、新しい時代に対応するためこれを見直し、新しい CIM コンセプトを提唱するに至った。

この新しい CIM コンセプトは工場の自動化(Factory Automation)に留まらず、製造業における情報システム全体を対象に、海外事業所や関連企業との結合も含めた広範囲な考え方である。これを実現するため、データベースやコミュニケーション・ネットワークなどのインフラストラクチャ(基盤技術)、CAD/CAM/CAE や MRP II などの応用技術、技術標準、そして構築技術が総合的に必要になる。

**Abstract** Recently, business conditions in manufacturing industries is getting better, but the circumstances around them are not so stable and always face various threats. They are very interested in Computer Integrated Manufacturing (CIM), in order to cope with the situation.

Nihon Unisys (NUL) has had concepts of Factory Automation (FA) and CIM called ALPFA and CIM-phony. But, it is necessary that NUL has a new concept of CIM to satisfy needs in this new period. Consequently, NUL offers newly this concept of CIM.

This concept includes not only factory system but also whole manufacturing system. And it is important that prepare technologies of infrastructures such as data base and communication network, of applications such as CAD/CAM/CAE and MRP II, of industrial standards, and of integration methodology.

#### 1. ま え が き

従来 CIM (Computer Integrated Manufacturing) とは製造業における工場の自動化(FA: Factory Automation)と同義的に使われていた。すなわち、多品種少量生産に対応できるための FMS (Flexible Manufacturing System) や、完全な無人化工場を目指す製造システムとしてのロボティクスの導入など、“製造”の現場から見た自動化システムとしてとらえられていた。したがって、ロボティクスや FMS の前段階である設計・開発や生産計画・管理などの業務の自動化が前提となり、これらを総合化することが従来の CIM の概念であったと言える。

しかし今日における CIM は、製造業の企業における積極的経営戦略に基づく戦略的情報システムとして大きく位置づけられるようになった。従来の CIM の概念に販売・物流と経営計画・管理などのビジネス分野のシステムを含む広い枠組に発展してきている。日本ユニシス(NUL)の CIM コンセプトもこの広い枠組に基づく考え方に

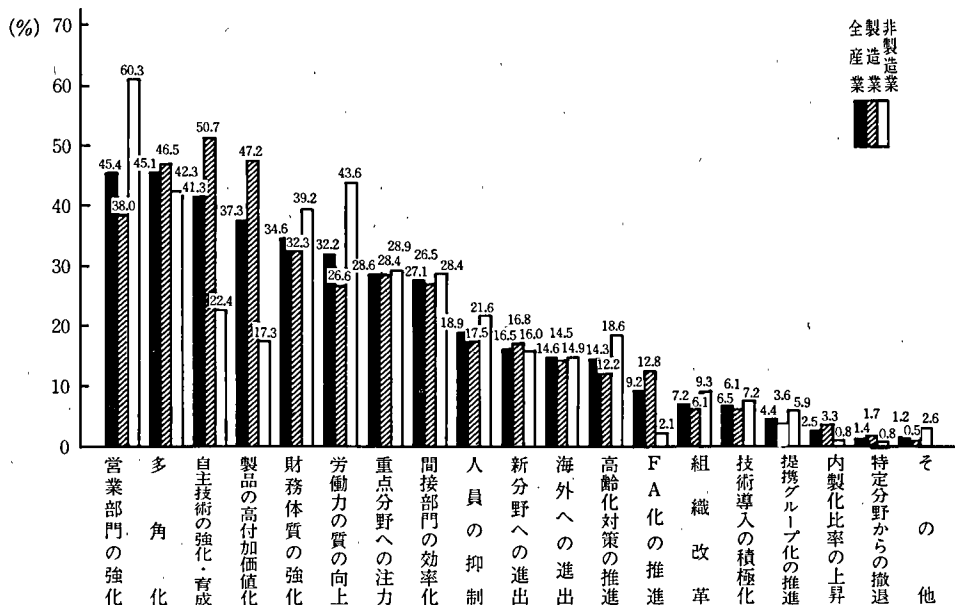
立脚している。かつての日本ユニバックのALPFAや、パロースのCIM-phonyと称していたコンセプトを見直し、新たに提唱するものである。

## 2. 製造業における情報化への挑戦

かつて、CIMに相当する考え方は、1970年頃の鉄鋼、造船、自動車など当時の基幹産業において、「一貫システム」や「総合システム」といった形で計画され、開発されていた。MIS(Management Information System)が一世を風靡したのもこの頃である。こうした積極的情報化の波も、1973年の第一次石油ショック後の経営戦略の転換によって大きなブレーキがかかった。石油ショック後、経営者は減量経営、既存市場のシェア・アップ、企業組織の見直し、合理化、省力化、省エネルギー化と低成長期に当たっての守りの戦略をとった。この減量経営は企業体質を強めたが、長く続くと企業活力の低下を招き衰退しかねないとする警鐘が聞かれ、再び積極経営に転換されてきた。

製造業における重点戦略は、「新製品の開発」や「新市場への進出」なども上位にあげられ(図1、表1参照)、幾多の難関を乗り越え、今日の隆盛を勝ち得てきた。ここに至るまで、CAD/CAM\*、ロボティクス、FMSなどの積極的導入は目ざましいものがあり、それぞれに自動化やシステム化による効果を手にすることができた。

しかし、企業経営に停滞はなく、流動的国際関係、技術革新、社会ニーズの変化にたえず適応させていかねばならない。シュンペーター\*\*は『経済発展の理論』の中で、



回答記入社数に対する割合：複数回答のため合計は100を超える。

図1 長期的な経営戦略として最も重要と考えていること(経済企画庁「企業の意識と行動」(59年版))

Fig.1 Important concerns for long range strategy

\* CAD/CAM: Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing.

\*\* シュンペーター: マルクス、ケインズと並び称される経済学者。

表1 経営者が重視する経営戦略の推移  
Table 1 Progress of key strategy

	① 昭和49年～54年	② 55年～59年	③ 59年～63年
第1位	減量経営による資産の効率アップ	新製品開発体制の強化	新製品開発体制の強化
第2位	既存市場のシェアアップ	合理化,省力化,省エネルギーのための設備投資の促進	新市場への進出
第3位	企業組織の見直し刷新	新市場への進出	既存市場のシェアアップ
第4位	合理化,省力化,省エネルギーのための設備投資の促進	現存市場のシェアアップ	選択経営
第5位	余資の効率的運用,借入金の返済などによる金融収支の改善	能力開発 教育訓練 制度の整備	資産の効率アップ

(出所) 経済同友会が実施したアンケート調査による。

①, ②は55年, ③は59年実施

経済発展の原動力として企業経営者を位置づけ、その本質を「生産手段の新結合」にあるとしている。そして企業とは、「新結合の遂行およびそれを経営体などに具現化したもの」とした。すなわち、生産方法や新しい販路方法などの開発に果敢に挑戦していく経営者こそシュンペーターのいう企業家であると。

「生産手段の新結合」には必ずしも独創的な発明や発見は必要でなく、既存の生産手段を新結合させることによって技術革新が生まれることを強調している。「新結合の遂行」とは、①新製品の発明・発見、②新しい生産手段の導入、③新市場の開拓、④原料・半製品の新たな供給源の獲得、⑤新しい産業組織の実現、の五つのケースが含まれると指摘している<sup>14)</sup>。

古典的理論の中に、今もってまったく変わらぬ原理として通用することに驚かされるが、CIMの背景にあることと一致する。企業が生き残り、成長し、そして日本経済の豊さを支える基盤であり続けるため、CIMに基づいた情報システムの確立がその支えとなることと確信している。

### 3. 製造業を取りまく環境と機会

日本の製造業を取りまく環境は、目まぐるしい変化に晒されており、大きな脅威となっている反面大きな機会にもなっている。しかし、その環境は半年前に急激な円高に苦悩したかと思えば、反転して円安傾向になるなど流動的で不確実である。こうした状況下においては、戦時における情報戦に似て、企業活動全体を情報武装することが戦略的に重要となる。先進的企業においては、激しく変わる環境を機会としてとらえ、情報システムを統合化(CIM化)することによって積極的な事業展開を行おうとしている。

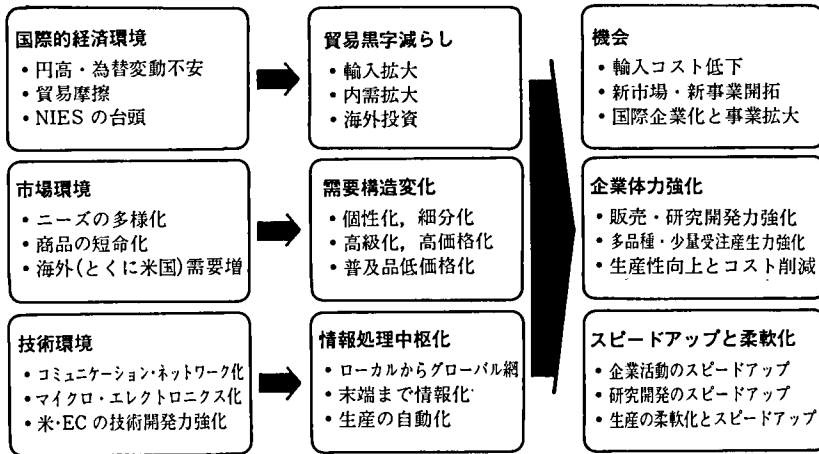


図2 製造業を取りまく環境と機会

Fig.2 The circumstances and chances in the manufacturing

現在、製造業を取りまく環境と機会を図2にまとめてみた。要約すれば世界経済、市場ニーズのダイナミックな変化に対応するため、企業活動のスピードアップをする必要があり、迅速な対応ができる体制を整えておく必要がある。このためコンピュータ技術を駆使し、販売活動の強化、研究開発と製品化のスピードアップ、多様な商品の供給、生産性向上とコストの削減など企業力を強化することが急務となっている。

#### 4. 経営戦略と戦略的情報システム

流動する企業環境下において、積極経営を展開するために、情報システムが果たす役割は極めて大きく、いかに情報システムを戦略的に、長期的構築するかが重要課題となる。

現在ほとんどの企業において、個々の部門内の業務の自動化や改善のため、すでに情報システムが稼働している。これは、自動化の島(Island Automation)とも呼ばれ個々に実効をあげている。しかし、多くのシステム間でのデータ授受に人手が介在したり、データの整合性がとれなかったり的问题があり、総合的にもっと効果を生む余地が大きく残されている。今後企業戦略としての企業活動のスピード・アップ、企業環境変化への迅速な対応、世界規模での経営管理の展開などを実現するため、今まで一步一步着実に導入されてきた既存のシステムを中核に、システム間の連結による統合化や新しい技術の導入を図ることが必要となる。すなわち CIM 化戦略である。このシステム戦略を企画する前に図3のように企業の経営戦略、販売戦略、製品戦略、生産戦略を明確にしておかねばならない。

#### 5. CIM の定義

##### 5.1 定義の例

以下の例に見られるように、明確に規定された定義はないが、広義にとらえる例が多く見うけられるようになった。

- 1) 競争上の優位を確保するために開発設計/製造/物流の各過程にテクノロジー



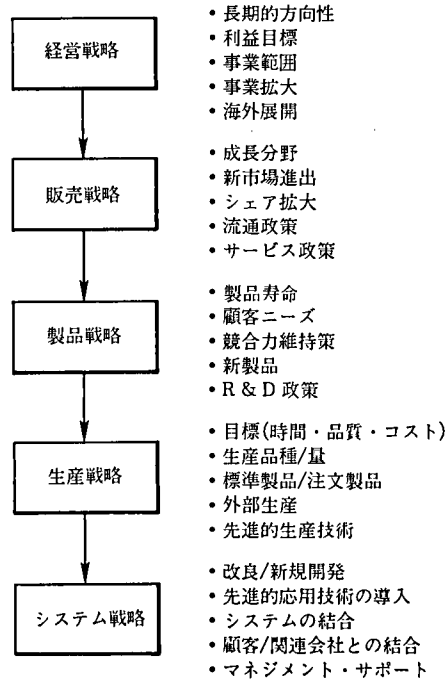


図3 システム戦略までの五つのステップ

Fig. 3 Five steps to system strategy

を調和のとれた形で適用すること。

—— アーサーアンダーセン<sup>[3]</sup>

2) 営業情報, 経理, 労務管理, 経営情報システムなど, 生産をとりまく諸機能をコンピュータ・ネットワークを通じて FA に付け加えたとき, これを CIM と呼ぶことにしよう。

—— 早稲田大学 高橋輝男教授<sup>[4]</sup>

3) CIM は, 事業活動を最適化するため既存の技術と人を結合する戦略として定義される。

—— A. Kochan<sup>[4]</sup>

4) CIM をより向上するための戦略的フレームワークとして定義する。

—— Galane<sup>[4]</sup>

5) 企業内のあらゆる業務にコンピュータを徹底的に利用し, 業務の効率化, スピード・アップを図る。また, それらをネットワーク化し企業全体での人的生産性を飛躍的に向上させることを CIM と定義する。

—— 日本ユニシス BAMCS セミナー・アンケートより

## 5.2 NUL における定義

1) CIM を次のように定義する……「CIM は製造業の企業戦略にそった目的・目標を達成するために, 各部門の情報システムを, コミュニケーション・ネットワークとデータベースを介して統合化した総合的情報システムであり, その概念を CIM コンセプトと言う。」

すなわち、CIMは単に生産の自動化システムを言うだけでなく、またネットワーク化やデータベース化だけを言うことでもない。企業目標を実現するために最適な製造業における統合化された情報システム法を意味する。

- 2) 統合化 (Integration)とは……ここで言う統合化とは、複数の既存のシステムや新しく導入するシステムの情報を有機的に結合するため、「コミュニケーション」と「データベース」を手段として、データを共有し一元的に管理することを言う。データを共有することによってデータ間の矛盾をなくし、データベースを一元的に管理することによって、必要なデータをコミュニケーション・ネットワークを介して随時参照したり、交換できるようにすることである。

## 6. CIM 構築の狙いと期待効果

CIM 構築の狙いは各々の会社で異なり、その優先度も異なる。先に3章で述べたように戦略上の目的の中に真の狙いがあり、狙いを具体的に設定する目標を期待効果とする。各システム間を統合することによるそれぞれの狙いと、期待効果の例をあげてみる。

### 6.1 統合化の狙いと期待効果

CIM を図4のように、販売・技術・生産の大きく三つの分野に分けることができ、各々の統合による狙いと期待効果は次の点にある。

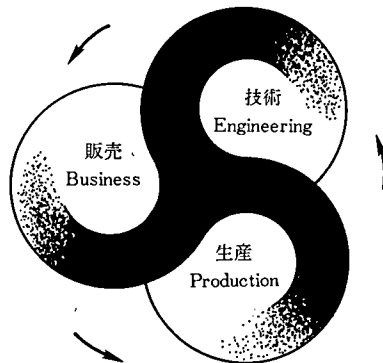
#### 1) 販売—技術の統合によって

狙い : 市場ニーズ、経営ニーズに応じた製品をタイムリに、かつ迅速に開発し市場に投入する。

期待効果: ・製品の価値の向上  
・製品の開発期間の短縮

#### 2) 技術—生産の統合によって

狙い : 製品の開発・設計から購売・生産までのリードタイムの短縮を計



この図は風車を表しており、企業にあたる風が強くなると、強く回ることを意味している。

図4 CIMの三分野の統合

Fig. 4 Integration of three areas in CIM

り、品質の向上と生産コストの低減を図る。

期待効果：・生産リードタイムの短縮

- ・品質向上
- ・生産コストの低減
- ・生産の柔軟性向上
- ・在庫（資材・仕掛品）の低減

3) 生産—販売の統合によって

狙い：注文から出荷までのリードタイムの短縮，顧客サービスの向上

期待効果：・物流（製品）在庫の低減

- ・受注，納期の短期化
- ・注文品問合わせサービスの向上

4) 販売—技術—生産の統合によって

狙い：販売・技術・生産活動全体の情報をタイムリに把握することによって，経営のスピードアップに役立てる。

期待効果：・経営資料（データ）作成時間短縮

- ・販売・技術・生産全般にわたるリードタイムの短縮

6.2 CIM の効果

CIM の効果について表 2，表 3 に見られるデータが報告されている。

表 2 は英国の生産管理協会 BPICS の調査結果のデータである。これは、CIM 化(統合化)によって新たにもたらされる効果である。ここに見られるように効果の幅は大きく、また定性的効果や相乗効果も考慮しなければならず、一つの目安としてとらえるべきであろう。

表 2 CIM の代表的効果

Table 2 Typical benefits of CIM

エンジニアリング設計コスト	15-30%低減
エンジニアリング生産性	4-30倍向上
リードタイム	30-70%低減
製品品質	2-5倍向上
在庫品量	30-70%低減
生産性	30-60%向上
人件費	5-25%低減

(Manufacturing Concept, BPICS より)<sup>[4]</sup>

表 3 CIM の目的と効果

Table 3 Objectives and benefits of CIM

目的	例
顧客サービスの向上	製造 L/T の短縮(10日→6日)により→納期短縮
柔軟性の向上	人手による段取/調整なしに何種類もの製品が加工/組立できる。
生産性の向上	・エンジニアリング 5倍 ・設備の稼働時間 3倍(NRC)
品質の向上	・品質 5倍(NRC)
収益性の向上	・エンジニアリングコスト 15~30%削減 ・仕掛品 30~60%削減 (NRC)

NRC：全米研究会議(National Research Council)の製造業調査委員会

(アーサー・アンダーセン アンド カンパニーの CIM より)<sup>[4]</sup>

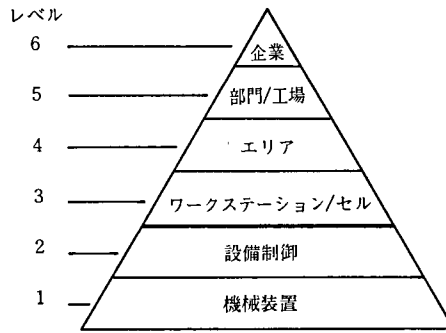


図5 CIMの階層モデル

Fig.5 Hierarchical model of CIM

## 7. CIMのシステム・モデル

CIMを構築するコンピュータ・システムのモデルを以下のように設定する。

### 7.1 CIMの階層モデル

階層を図5のように設定する。

レベル6：企業(グループ)全体を統括する経営システムで、MIS(マネジメント・インフォメーション・システム)を含む。

レベル5：機能別部門や工場における上位システムで、販売、技術、生産における計画や管理システムがある。

レベル4：場所別のシステムで、地域別に分散設置したり、工場の工程別に設置するシステム。

レベル3：人間が会話操作したり、工場の加工、組立、搬送セル制御をするなど人間や生産機械系とのインタフェースを行う。

レベル2：NC制御、ロボット制御、自動倉庫制御など自動機械装置の制御を行う。

レベル1：ロボット、自動組立装置、自動切削装置、工作機械、無人搬送装置、バーコード読取装置、自動倉庫などの自動機械をいう。

### 7.2 CIMの機能モデル

販売、技術、生産の分野を機能に分解すると図6のような関連性をもっている。

- 1) 「販売分野」は、販売管理、物流管理などDRP (Distribution Resource Planning) に加え会計システムを含む。
- 2) 「技術分野」は、研究・開発にともなうシステムでCAD, CAM, CAE, CAPP (Computer Aided Process Planning) を含み、図面管理やプロジェクト管理などの設計管理を含む。
- 3) 「生産分野」は、生産管理、工程管理、FMSを含む。

図6に主なデータの流れを示しているが、実際は多種類のデータが異ったタイミングで発生し、伝送されることになる。また流れは一方通行でなく、実績データなどがフィードバックされる。データには大きく技術情報と管理情報の二つの性格をもった種類があり、その関連を図7に示す。

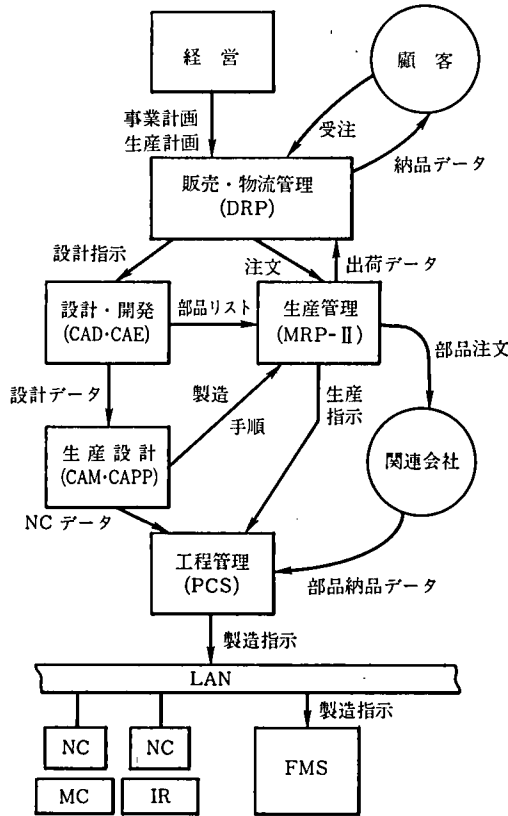


図6 CIMの機能モデル

Fig. 6 Functional model of CIM

そして、これらのシステムを全体的に統括する機能として最上位に経営システムがある。

### 7.3 CIMのコンピュータシステム・モデル

コンピュータシステム・モデルを図8のように設定する。この前提になっているのがオープン・システムの考え方であり、以下の点を方針としている。

- 1) マルチベンダ・ネットワークを提供……標準のコミュニケーション・プロトコル (Open Network) を提供することによって異機種間の接続を可能とする。これにより既存のシステムと新規に導入するシステムが、同一メーカーのものでなくても最適なシステム同志の結合が可能となる。
- 2) UNIX を提供……オープン・システムの標準 OS として UNIX を提供する。これによりソフトウェア開発とプログラマ要員に対する投資を削減でき、ソフトウェア資産を保護することができる。また、ハードウェアの進化に対応しやすく価格/性能比の改善を加速することが可能となる。
- 3) 中核のアプリケーション・プロダクトを提供……CAD/CAM/CAE や生産管理などの中核になるアプリケーション・ソフトウェアを NUL が提供する。これをターンキーシステムとして使用したり、一部カスタマイズすることによって適用

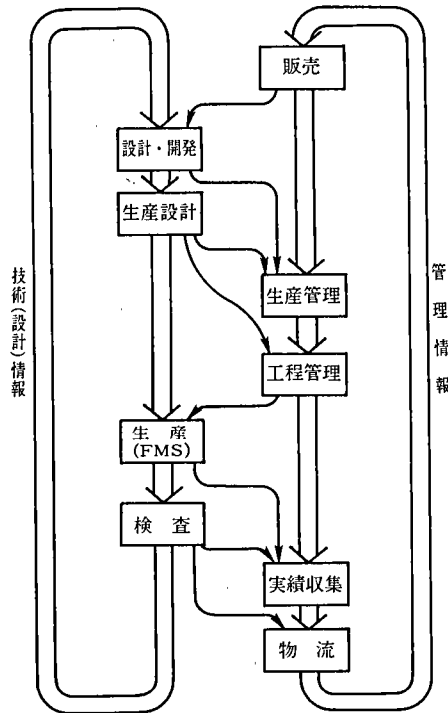


図 7 CIM データフロー・モデル

Fig. 7 Dataflow model of CIM

することができ、顧客における新規開発の負荷を大幅に削減することができる。

- 4) 第三者アプリケーション・ソフトウェアを提供……大学や専門のソフトウェア会社が開発し、提供している第三者ソフトウェアを紹介し、UNIX 下で提供する。これにより、より多くの秀れたソフトウェアを利用することができ、システム全体の効果を高める。
- 5) 第4世代言語を提供……新しく開発が必要なアプリケーションの開発言語として、第4世代言語を提供する。これにより、簡単にかつ短期間に開発ができ、また汎用コンピュータ(1100 シリーズ、A シリーズ)から UNIX 系のコンピュータまで一貫した方法で開発できる。
- 6) インテグレーション・サービスを提供……CIM 構築のための計画、開発、導入にわたって、統合化のための技法の提供とシステム・サービスを行う。また図 8 における NUL の提供する範囲をレベル 3 から 6 までとし、レベル 1~2 は FA 専門メーカーと、通信サービスは VAN サービス会社などと連携し、総合的に CIM の構築を支援する。

## 8. CIM 構築のための要素技術

CIM を構築するために、最も基本となる基盤技術(インフラストラクチャ)を始め、技術標準、応用技術に加えこれらを統合するための構築技術が必要である。これらを総称して「CIM 要素技術」と言うことにする。要素技術は、およそ図 9 に示すように

「CIM テクノジ・トライアングル」として表される。これらの技術は図 8 におけるレベル 3～6 を対象としており、レベル 1～2 にあたるロボティクス、NC、自動搬送、自動倉庫、FMS などの製造設備関連の技術は除いている。

8.1 CIM テクノジ・トライアングル

- 1) CIM は、メインフレーム・コンピュータとマイクロプロダクト (EWS や PC) をプラットフォームとして、業務の自動化を進めるためのシステム (AMS : Automated Manufacturing System) によって自動化の島が構築される。
- 2) AMS は統合化の対象となるシステムで、AMS 自体はコンピュータ・ベンダやソフトウェア・ベンダから供給される APP (Application Software Product) や、

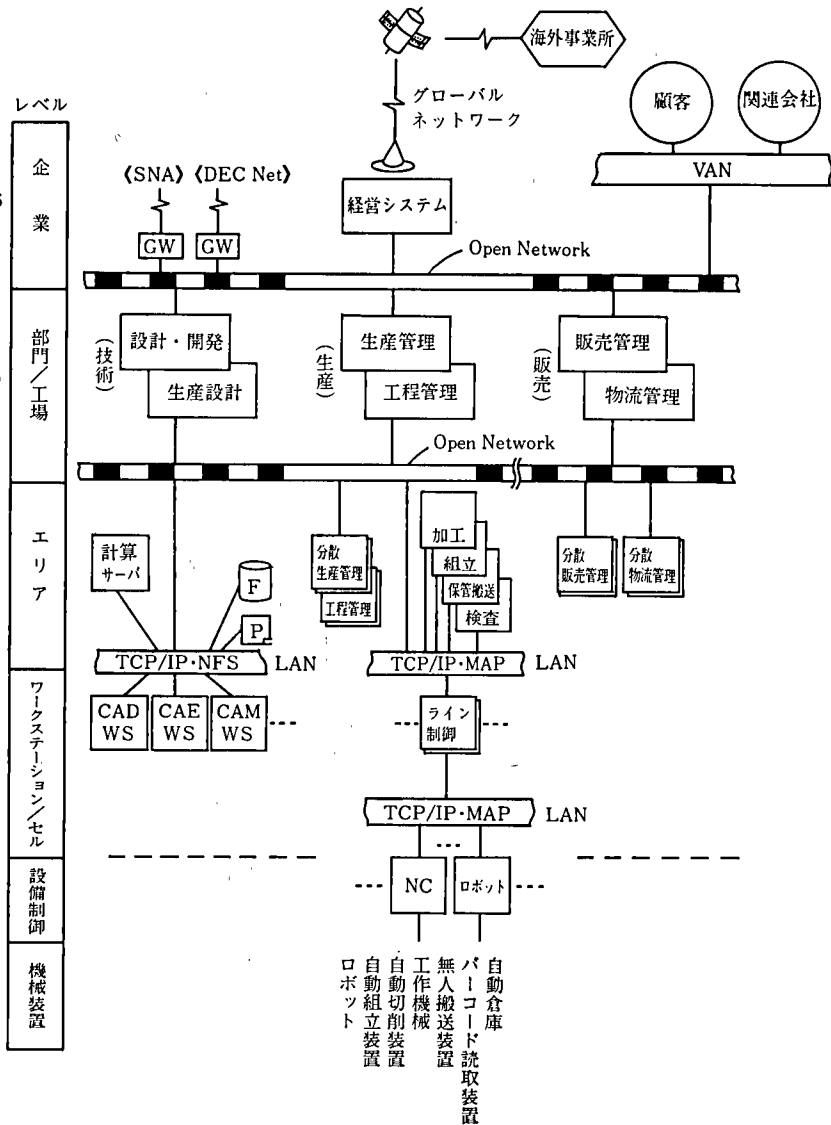


図 8 CIM のコンピュータシステム・モデル  
Fig. 8 Computer system model of CIM

ユーザ自身が独自に開発するソフトウェアによって構成される。

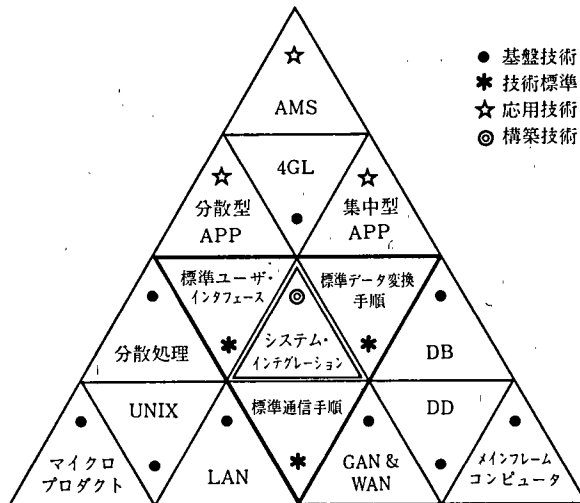
APPにはメインフレームをベースとした集中型とマイクロプロダクトをベースとした分散型があり、システム構成によって選択される(表4)。

新規のソフトウェア開発には、第4世代言語(4GL)を使うことが、プログラムの生産性、保守性、拡張性、容易性などの観点から望ましい。

- 3) AMSを統合するための最も重要な基盤技術は、コミュニケーション・ネットワークとデータベース(DB)/データ・ディクショナリ(DD)である。コミュニケーション・ネットワークには、自社内で局地的に網を張るLAN、一般のデータ通信サービス網を利用して国内で張るWAN、地球規模で世界に張るGANがあり、これらの網に対し標準的通信手順をもって容易にデータの通信ができることが不可欠である。

DB/DDは、データの共有化や一元管理をするために必要で、DBにはメインフレーム上のDBとマイクロプロダクト上のDBとがあり、DDはこれらを一元的に管理するために必要である。

- 4) OSも基盤技術の一つであるが、なかでもソフトウェア・インフラストラクチャとして確立されつつあるUNIXは、オープン・アーキテクチャを採る上で極めて有効なOSである。



AMS : Automated Manufacturing System  
 APP : Application Software Product  
 4GL : 4th Generation Language  
 DB : Data Base  
 DD : Data Dictionary  
 LAN : Local Area Network  
 WAN : Wide Area Network  
 GAN : Groval Area Network

図9 CIM要素技術トライアングル

Fig.9 Elemental technology triangle of CIM



表4 NULが提供する主な CIM APP

Table 4 Typical application packages supplied by NUL

	業務分野	集中型 (メインフレーム)	分散型 (UNIX/EWS)
アプリケーション・ソフトウェア・プログラム	CAD/CAM	UNICAD UNICAD/SOLID UNICAD/NC UNICAD/SCAN SCULPTOR UVINAS VESPER GPP	MICRO-UNICAD UNICAD/SOLID*  UNICAD/SCAN* SCULPTOR* UVINAS*  GMS Unidraft Uni-Mudams
	CAE	NASTRAN APPEX CAST MELTFLOW	NASTRAN APPEX* CAST* MELTFLOW*
	MRP II	UNIS UNIS/PCS BAMCS	UNIS/PCS*
	DRP	MTMS*	MTMS*

\*計画/開発中

5) さらにオープン・システムを実現するためには、技術標準の採用が大きな前提となる。技術標準は大きく三つのカテゴリに分けることができる。

① 標準通信手順

異機種間通信を可能とするため、OSI (Open Systems Interconnection) 標準がある。OSI 標準は膨大な仕様を含んでいるため、実際に装備するには一部を抜き出すことが必要である。この OSI のサブセット化を行い、実装規約に準拠することによってオープン・システムを確立することができる。しかし OSI と整合をとりながら業界標準を採用していくことが現実的であり、この代表的な通信手順として CCITT X.25, TCP/IP, MAP/TOP, UNIX 下における NFS などがある。

② 標準データ交換手順

データ交換をするための標準化が各業界で進んでいるが、代表的な標準として次のものがある。

・ビジネス系

J 手順 : JCA (日本チェーンストア協会) が卸問屋、商品メーカーなどへの発注情報をオンライン伝送するときに用いる標準手順。

全銀手順: 全国銀行協会連合会がファームバンキングのために定めた標準手順。

EDI (Electronic Data Interchange) : 国際ネットワークを通じてデータを交換する際の標準手順

- ・技術系

IGES (Initial Graphics Exchange Specification) : 設計情報などの図形データを交換するための標準仕様。

STEP (Standard the Exchange of Product Model Data) : 設計データベースのプロダクト・モデル・データを交換するための標準仕様

などがある。

③ 標準ユーザ・インタフェース

- ・プログラマーズ・グラフィックス・インタフェースとして

PHIGS (Programmer Hierarchical Graphic System), GKS (Graphical Kernel System) などがあり,

- ・マンマシン・ユーザ・インタフェースとして

X-Window が EWS 上で標準的である。

- 6) これらのさまざまな要素技術を統合するシステム・インテグレーションのための構築技術が必要である。CIM は総合的な技術を必要とする大規模なシステムであり、単に技術的な面だけでなく、組織的、人間的側面からのアプローチが肝要となる。このため科学的、かつ経験的に CIM の構築を実現する方法論と技術が必要となる。

## 9. CIM 構築技術

CIM を構築することは、既存システムや新規に開発・導入するシステムを統合（インテグレート）することである。広範にわたる業務システムの知識と、そこに携わる多勢の専門家達の積極的な参画なくしてうまく計画し、実施することはむずかしい。CIM は一般的に大規模であるために緻密、かつ長期的に進める必要がある。このために、構築技術を十分に駆使することが必要である。NUL では図 11 に示すように構築のステップを 3 段階に分け、それぞれに適用できる方法や技法を整備している。

一般的な技法に加え、NUL が独自に開発したり、所有している技法を持っており、顧客の状況に応じ使い分けていけるよう工夫している。

NUL の構築技法には PSS (Professional System Services) 系と RSDM (Reliable System/Software Development Method) 系の 2 系列があり、それぞれの特徴を生かし適用することができる。以下に主な技法をリストするが解説は別の機会にゆずる。

1) PSS 系

- ・KBP (Knowledge-Based Planning)
- ・SIM (Software Implementation Methodology)
- ・SCM (Software Conversion Methodology)
- ・NCM (Network Consultancy Methodology)
- ・CSF (Critical Success Factor)
- ・EAT (Essential Analysis Techniques)
- ・PP&C (Project Planning and Control)
- ・PE&C (Project Estimate and Costing)
- ・CAP (Capacity planning)

- PPP (Professional Project Practices)
- 2) RSDM系
  - STA (Socio Technical Approach)
  - NUPS (Nihon Unisys Planning System)
  - 概念スキーマ設計
- 3) 一般技法
  - ROI (Return on Investment)
  - JSD (Jacson System Development)
  - JSP (Jocson Structured Programming)
  - ANSI SPARC (Standards Planning and Requirements Committee)
  - ER モデル (Entity Relationship Model)

	フェーズ1 CIM 計画	フェーズ2 CIM 開発	フェーズ3 CIM 導入
機能と ねらい	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 顧客固有のCIM構想を作り、段階的な構築/移行計画をたてる。</li> <li>• 実現可能性</li> <li>• 経営戦略に基づく</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 構想をサブシステムごとに具体化し、利用者要求と噛み合わせ開発する。</li> <li>• EUCとCIMインフラストラクチャの活用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 構築したサブシステムを導入し、既存のシステムから移行する。</li> <li>• 改善点のフィードバック</li> </ul>
作業 ステップ	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>業務分析と目標具体化</p> <p>CIM環境モデル</p> <p>現状認識</p> <p>新業務機能モデル</p> <p>CIM導入目標</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 20px;"> <p>CIM概念形成</p> <p>データモデリング</p> <p>情報化基盤構想</p> <p>CIMシステム構想</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 40px;"> <p>CIM構築計画</p> <p>フェーズプラン</p> <p>ジャスティフィケーション</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>プロジェクト計画</p> <p>CIMサブシステム要求記述</p> <p>サブシステム構想</p> <p>要求記述</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 20px;"> <p>ハードウェア</p> <p>ソフトウェア</p> <p>操作手順</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 40px;"> <p>システムテスト</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>導入準備</p> <p>ユーザートレーニング</p> <p>実施準備</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 20px;"> <p>実施</p> <p>切り替えと稼働チェック</p> <p>旧要素の除去</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 20px;"> <p>評価と調整</p> <p>評価</p> <p>調整</p> </div>
アウト プット	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CIM 構想と目標</li> <li>• プロジェクト群のフェーズ・プラン</li> <li>• NUL のプロダクト供給計画</li> <li>• サービス計画</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 顧客 CIM のコンポーネント</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 動き始めた CIM サブシステム</li> <li>• 他のサブシステムとの調整報告</li> </ul>
適用 技法	<p>← KBP →</p> <p>← RSDM-STA →</p>	<p>← SIM, SCM, NCM →</p> <p>← CAPS →</p>	
	<p>← NUPS →</p> <p>← EAT →</p> <p>← 概念スキーマ設計 →</p>	<p>← ROI 技法 →</p> <p>← NUPS →</p> <p>← EAT →</p> <p>← 概念スキーマ設計 →</p>	
	<p>← ANSI SPARC →</p> <p>← ER モデル →</p>	<p>← ANSI SPARC →</p> <p>← ER モデル →</p>	
		<p>← PPP, PP &amp; C, PE &amp; C →</p>	

図 10 CIM 構築の段階と適用技法

Fig. 10 Integration phases and methodology applied

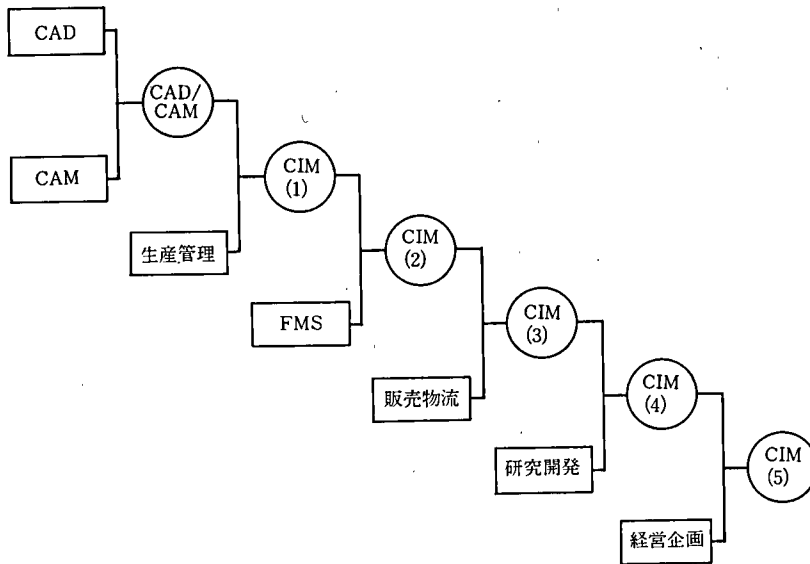


図 11 CIM システムの統合化の段階例<sup>[11]</sup>

Fig. 11 Integration phase of CIM

## 10. 統合化の段階

統合化は段階的に行うことが望ましく、以下に段階的統合の例を考えてみたい。図 11 は、岩田教授（神戸大学）<sup>[11]</sup> によるもので代表的なものと言える。

また対象地域別に段階を設けることもある。たとえば、まず工場や事業所から始め、次に本社を核に全国統合をし、そして海外を含めて全企業グループの統合へと進める場合である。

さらにシステムの内容面からも段階を踏む必要がある。統合化の前に再度システムを見直し単純化 (Simplify) をよりすすめ、それを自動化 (Automate) する。そして統合化を計る手順を経ることが重要である。すなわち、「SIM (Simplify) before CIM」を銘記すべきである。

一段階一段階の成果がそれぞれに完結するよう、現実的な段階を設定し、一步一步着実に実現を目指すことが早道といえる。また個々の CIM それぞれに最適な段階があり、一概に段階を規定することはできないが、期待効果と可能性をはかりにかけながら確実な段階を設定することが CIM の成否を左右するだろう。

## 11. おわりに

CIM を実現できる環境は整ってきている。今後の製造業が生き残る道としてだけでなく、成長・発展にはずみをつける道として CIM の構築は重要な戦略的課題となっている。CIM の実現はコンピュータの総合技術をもって初めて可能となり、高度なインテグレーション技術をもって実現できると言える。

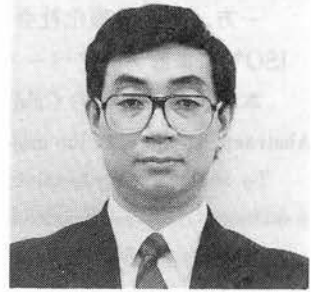
長年にわたり蓄積してきた技術を基に、必要なインフラストラクチャやアプリケーション・プロダクトを整備し、顧客の CIM 構築に役立つ技術を提供していくことによって、日本の製造業の発展に大きく貢献していきたい。

- 参考文献 [1] シュンペーター著, 中山, 東畑訳「経済発展の理論」岩波書店.  
 [2] 「CIM STRATEGIES」, Cutter Information Corp., 1988.  
 [3] 「CIM プランニング・アプローチとモデル工場」, アーサーアンダーセン アンド カンパニー, 1988.  
 [4] 高橋, 「CIM の動向とそのインテグレーションの方法」, 日本ユニシス, 1987.  
 [5] 「Manufacturing Concept」, BPICS, 1988.  
 [6] 田村, 「CIM 入門」, 日本能率協会, 昭和 61. 10.  
 [7] P. Palecek 他「CIM Market Needs and Opportunities」, SRI International, 1987.  
 [8] 「CIM Status in the U.S.」, Boston Consultant, 1987.  
 [9] G. Spur, 「ヨーロッパにおける CIM 技術」, 精密工学会, 1988.  
 [10] 山崎, 「CIM の要素技術とその CAD/CAM への応用」, 日本ユニシス, 1988.  
 [11] 岩田, 「CIM の動向と技術的課題」, 日本ユニシス, 1988.  
 [12] 手島, 「システム統合化の方法について」, 情報処理学会情報システム研究会, 1988.

執筆者紹介 野本 雄一 (Yuichi Nomoto)

昭和 41 年, 九州大学理学部数学科卒業. 同年日本ユニシス(株)に入社. SE として, 製鉄, 造船, 電力のシステムの開発やサービスに従事. 58 年, 日本ユニシス情報システム(株)に出向し, コンピュータ・グラフィックス関連の企画・開発・販売にたずさわり, 現在日本ユニシス(株)にて CG および CIM の企画に従事. マーケティング統括部 CIM 担当部長.

情報処理学会, SIGGRAPH 会員, 日本コンピュータ・グラフィックス協会の運営および企画委員. 著者に「プレゼン・グラフのすべて」(日経マグロウヒル社, 1986). 「コンピュータ・グラフィックスの基礎」(CQ 出版, 1984) などがある.



## CIM 基盤技術の動向 — DB —

## Trends of Basic CIM Technologies — DB —

梶原 昌平, 原 陽 一

要約 CIMの目標の重要な柱に、高度なエンジニアリング・データベースを構築することがある。その構築にあたっては、従来の商用データベース技術の高度利用を基礎にして、とくにエンジニアリング業務では、オブジェクト指向によるマルチメディア・データベース技術、WAN/LAN ネットワーク環境のホスト/EWS 分散データベース技術、さらには設計ノウハウを蓄積した知識ベースとの統合技術等の高度データベース技術が要請されている。

一方、高度情報化社会を秩序あるものとして実現するために OSI\* 概念の一部として、ISO\*\*によるデータベース技術の国際標準化活動が活発に推進されている。

本稿は、これらの CIM 基盤となるデータベース技術の全体動向につき概観している。

**Abstract** It is one of the major CIM objectives to build an advanced engineering database.

To achieve this objective, not only conventional basic commercial database technology but also advanced database technologies such as are listed below are required in the engineering application field.

- Multi-media database technology based on an object-oriented approach.
- Distributed host/EWS database technology in the LAN network environment.
- Technology for integration with a knowledge-base where design know-how is accumulated.

On the other hand, international standardization efforts led by ISO are also seen to be active in the area of database.

This paper overviews these database-related technological trends.

## 1. はじめに

近年の CIM 提唱の高まりとともに、その中でのデータベース——エンジニアリング・データベースの役割がとくに重視されている。目標とするところは、生産に関連する情報全体を統合化・共有化することである。

エンジニアリング・データベースの構築に必要なデータベース技術を考えると、いろいろなものがある。高度な情報統合という立場からは、従来の商用データベース技術の活用は基本的に欠くことはできない。一方、システムの負荷分散や信頼性の向上をねらって、データは一局集中から次第に分散化の傾向が見られる。分散したものを統合管理するためには、分散データベース技術が必要である。

また、エンジニアリング業務を考えると、設計や文書作成で文字・数値と図形、画像、テキスト等の異種メディアを統合した処理が必要である。これを実現するものがマルチメディア・データベース技術である。マルチメディア・データベース技術は、オブジェクト指向アプローチによるものが主流であり、この考え方は急速な拡がりを見せている。

\* OSI (Open Systems Interconnection) : 開放型システム間相互接続

\*\* ISO (The International Organization for Standardization) : 国際標準化機構

そして、設計の究極のねらいとなる自動設計の分野においては、データベース技術と知識ベース技術の統合が課題となってきた。

これらの高度データベース技術は研究開発の過程にあるものだが、今後は良質なものをエンジニアリング・データベース構築にとり込む努力が必要となろう。一方、情報化社会の秩序ある発展を促進するためには、データベース技術の標準化も必要である。最近の ISO における OSI 概念の下での活動の成果は重要である。

本稿では、

1) エンジニアリング・データベース技術  
から論を起し、その基盤となる

2) 商用データベース技術

3) 分散データベース技術

4) マルチメディア・データベース技術

に話をすすめ、さらに

5) オブジェクト指向アプローチ

6) 知識ベース

について言及する。

続いて、ISO における OSI 概念下でのデータベース技術標準化内容についても紹介する。最後に [付録 A] として、NBS (アメリカ国家規格局) の AMRF プロジェクト「異種分散 DBMS-IMDAS の紹介」を、[付録 B] として、ISO におけるデータベース言語 SQL の標準化の最近の話題として、「SQL 2 の拡張予定機能」を添付するので参考にされたい。

これらの概観を通じて、CIM データベース技術がいかに広大な技術領域にまたがっているかを認識していただければ幸いと考えている。

各データベース技術の説明はポイントにとどめている。詳細な内容については参考文献を参照していただきたい。

なお、本稿では次の略語を用いている。

DB : Database データベース

DBS : Database system データベースシステム

DBMS : Database Management System データベース管理システム

## 2. CIM をとりまくデータベース技術の動向

### 2.1 エンジニアリング DB 技術

エンジニアリング DB (以下 EDB) は、CIM の中核をなすべきものである。EDB は、生産企業における部門間をクロスした情報を統合的に管理する技術情報 DB であり、設計を中心業務とする技術部門の作業の効率化および、設計作業の精度向上をめざしたものである。

1) EDB データの特徴……技術部門の設計業務は、機能設計→基本設計→詳細設計→生産設計の流れで実施されていく。その中で取り扱われるデータの特徴を分析すると次のようになる。

① 規格、標準、特許、実績、図面等のプロジェクト間で共通利用されるデータ

(共通データ)と、設計対象についての形状、属性、図面、部品構成等のプロジェクト固有のデータ(プロジェクト・データ)に区分けできる。

- ② プロジェクト・データは試行錯誤的な設計の進行の中で、多くの代替案として生成/評価され、不完全な状態から完全な状態へとデータ量の増大を伴いながら変化していく。
- ③ プロジェクト・データは設計者の対話による作成だけでなく、高度解析プログラム等によっても加工されていく。
- ④ プロジェクト・データは、設計単位(製品とその部品)ごとに複雑な論理構造を持つ。
- ⑤ プロジェクト・データは、長大データ(数10キロバイト~数メガバイト)である。
- ⑥ 共通データは検索中心で構造は安定している。プロジェクト・データは、更新が多く構造変化が激しい。
- ⑦ 両データとも文字・数値のみでなく、図形(2次元・3次元)、画像(2次元・3次元)、テキスト等、マルチメディア・データである。

2) EDBの構成……1)のデータの特徴からEDBの構成は、次のように役割分担した3種のDBの統合構成をとることが一般的な考えとなっている。

- ① 共通DB(グローバルDB):共通データ全般を収容する。構造が安定しているため、商用DBMSで扱いやすい。
- ② プロジェクトDB(ローカルDB):プロジェクト・データ全般を収容する。構造が不安定なため、商用DBMSでは扱いにくい。
- ③ ワークDB(狭義のCADDB):設計作業中の情報を保管する。設計履歴の管理、高速アクセスが要求され、商用DBMSではとくに扱いにくい。

EDBの構成を部門間の共有のイメージを含めて図1に示す。

この図で表されるように3種のDBによる論理的階層化の構成をとることによって、次のような対応が可能である。

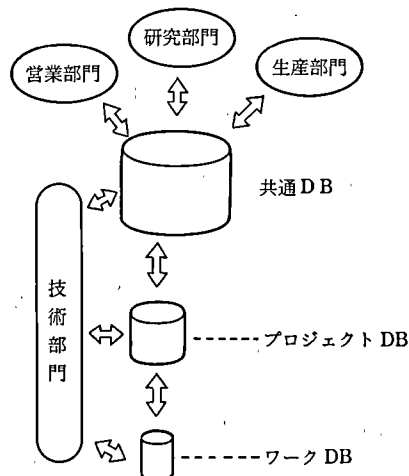


図1 EDBの構成

Fig.1 Configuration of EDB



- ① 組織構造への対応：部門一部一プロジェクトの各組織間での情報伝達の効率化
  - ② 情報の利用特性への対応：情報内容とその対話利用の許可，一括処理の効率化
  - ③ 機密保護への対応：階層化によるレベル分け
  - ④ 動的構造変更への対応：構造変更の激しい DB の局所化
  - ⑤ 導入・運用面への対応：既存 CAD システムや DB システムの有効利用
- 3) EDB 構築への課題……これまでの分析から，EDB 構築に対する DB 技術への課題をまとめると次のようになる。
- ① 共通 DB の高度な統合を実現するためには，DB 設計/開発が効率的に行える高度な商用 DB 技術が必要である。
  - ② DB は，LAN や EWS の発達からホスト/EWS に分散化する傾向にある。そこから分散 DB 技術が必要となる。(たとえば CAD 用に特化した EWS においては，長大データの高速アクセスや圧縮格納が実現されつつある。)
  - ③ 図面・技術文書等の画面表示や文書作成のために，マルチメディア DB 技術も必要とされる。
  - ④ 設計の試行錯誤を極小化するために，設計ルールや設計者のノウハウを知識ベースとして蓄積し，‘推論’による自動設計をめざす傾向が出てきている。そのために，DB 技術と知識ベース技術との統合も要請されつつある。
  - ⑤ バージョン管理機能が必要である。ワーク DB 上の設計対象データは，設計単位（製品とその部品）間で複雑な階層論理構造をもつ。設計者は，この対象データに対して初期仕様をもとに，試行錯誤の設計を進めていく。したがって，途中で多くの設計中間結果ができる。この結果を再利用する可能性も高く，履歴として記録していく必要がある。これらの時系列的に発生する中間結果をバージョン(版)と呼び，これを効果的に管理する機能が必要である。(狭義には，設計対象全体を製品と構成部品の集合体としたとき，製品レベルをコンフィギュレーション，部品レベルをバージョンと呼ぶ。)
  - ⑥ バージョン管理やマルチメディア処理のためには，処理対象をオブジェクト（データとそのデータに対する処理手続の総体）としてとらえるオブジェクト指向アプローチも要請されてきている。

以上の課題を要約すると，EDB は商用 DB 技術を基礎にして，分散 DB，マルチメディア DB，オブジェクト指向アプローチ，知識ベースをも含めた統合技術によって構築される総合応用 DB であり，その統合技術となるものが，EDB 技術である。

EDB 構築のための基盤技術の関連を図 2 に示す。

## 2.2 商用 DB 技術

企業における商用 DBS の開発は，最近では規模や機能性の差は別として，ごく普通に実施されている。

商用 DBS の開発における技術面の特徴として，次のようなものがあげられる。

- 1) データモデルの動向……これまでは階層モデルやネットワークモデルが多く採

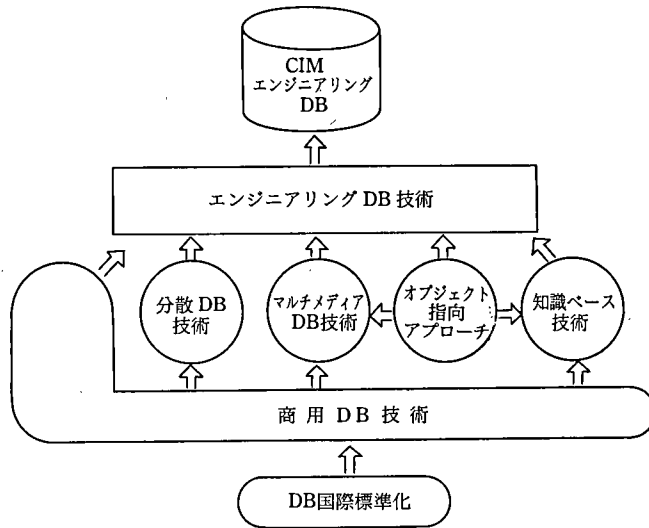


図 2 EDB とその基盤技術

Fig. 2 EDB and basic technologies

用されてきたが、最近は一レシヨナルモデルの採用が急速に増えつつある。これは一レシヨナルモデルが DBS の構造変更に対応できること、非手続き言語の採用により、プログラム生産性が高いこと等によつてゐる。ただ一般的には、CPU の消費量が高くなる傾向が指摘されており、効率面での改善が望まれているが、ハードウェアの高性能化とも連動して一レシヨナルモデルの採用が進むと考えられる。

さらに、データの意味表現/意味制約が自然にできる意味論データモデルの採用も出てきている。これは一レシヨナルモデルよりも、より現実世界の自然な表現にすぐれているため、今後のよりいっそうの実用化が期待されている。

- 2) DB 設計の方法論……最近の DBS の設計は‘データ中心アプローチ’が主流である。これはデータの分析とその構造化を先行させ、その後処理を分析する考え方であり、本来の DB 設計はこうあるべきであつたはずだが、現実はこのようなアプローチが少なかつた。

このアプローチを支えるために方法論やツールの整備 (DFD (データフロー・ダイアグラム) 手法, 正規化分析手法, データ辞書プロダクトの普及など) が、推進されている。

- 3) データ辞書機能の拡張……これまでのデータ辞書は、DBMS の機能の一部として、DB の構造情報 (メタデータ) を蓄積保守する機能を持つのみであつたが最近では、プログラム管理、システム運用情報管理、セキュリティ管理といった DBS にまつわる、すべての情報資源の管理を行う方向で拡張されてきている。これは、情報資源辞書システム (IRDS : Information Resource Dictionary System) と呼ばれているものである。こういった傾向は、DBS の複雑化に伴い、より一層重要となつてきている。

- 4) PC/EWS 上の DBMS の発展……PC/EWS の高機能/高性能化が最近著しい。

そして、最近ではその上で稼働する DBMS の機能の進歩もめざましく、ホスト DBMS の機能を部分的に上回るものも出てきている。

主なものとして、SUPRA, Boeing RIM, ORACLE, dBASE II, DATA ACE 等がある。会話型機能にすぐれ、分散 DBMS 機能まで持つものもある。

### 2.3 分散 DB 技術

DBS は、これまでホストに一局集中させ、通信ネットワークを介して多数の端末が同時共有アクセスする形態をとっていた。

しかし、最近では DBS の '分散化' という傾向が、次のような理由から顕著になりつつある。

- ① 高機能/高性能 EWS の普及……これにより従来の端末と違って、端末側でも DB やファイルを量的にかなりの規模で持つことができる。
- ② DBS の共有範囲の拡張……DBS の対象組織範囲が次第に拡張される傾向にある。例) 支店、工場→会社  
この場合、グローバル DBS として再構築する方法もあるが、既存のローカル DBS の分散統合の方がコストがかからないことが多い。
- ③ 集中方式の限界……巨大 DBS の一局ホスト集中は、ホスト能力 (CPU と DISK) の限界、システムの信頼性の低下 (ダウン時の致命度) の問題を生じている。
- ④ 通信ネットワークの発達……WAN/LAN 等のネットワーク技術が確立されてきた。例) Ethernet LAN. 10 メガビット/秒の高速伝送能力を持つ。

さて、DBS を分散させるのに実現が比較的容易な方法は、ファイル転送、トランザクション転送、ジョブ転送といった技術の利用であり、現在の実用化はこれらの技術を利用したものが主流である。

この節で述べる分散 DB 技術は、転送技術を利用したものよりも実現がむずかしい技術であるが、利用者により高い可用性を与えてくれる技術である。それは、分散を意識せず、個々のローカル DBS に対するデータ操作言語を用いたプログラミングをしておけば、システムが必要な分散対応 (質問処理、並行処理、回復処理等) をしてくれることである。

1) 分散 DBS の定義と分類……分散 DBS は次のように定義される。

- ① 複数の DBS が通信ネットワークで相互接続されている。
- ② 利用者に、あたかも一つの DBS であるかのようなサービスを提供する (これを分散不可視という)

また、分散 DBS は、その基礎となる各 DBS の用いるデータモデルの型の組み合わせにより、次のように分類される。

- ① 同種分散 DBS : 各 DBS は同種のデータモデルを用いている。
- ② 異種分散 DBS : 各 DBS は異種のデータモデルを用いている。

異種分散 DBS は、データモデルの異種性を克服するため同種化/統合化が必要となる。この時の方法により、さらに統合型、連邦型の二つに分類される。統合型は、単一の全体データモデルを用いて論理的に集中する。連邦型は、複数の全体データモデルを用いて全体データモデル間をゆるやかに調整する。

同種分散は、異種分散に比べ実現が容易なため実用化されつつある。異種分散はまだ研究段階といえよう。

同種分散では、データモデルはリレーショナルモデルが使用される傾向にある。これは、ネットワークモデルに対して、

- ① データの分散が容易である。(リレーションが分散の単位)
  - ② 通信制御が容易である(リレーションが演算と伝送の単位)
- などのすぐれた点があるからである。

異種分散では、統合型は同一企業内でDBSの数の少ないシステムに適しており、連邦型は企業をまたがったDBSの数も多い巨大システムに適している。

図3に統合型、図4に連邦型のデータモデル階層構造を示す。

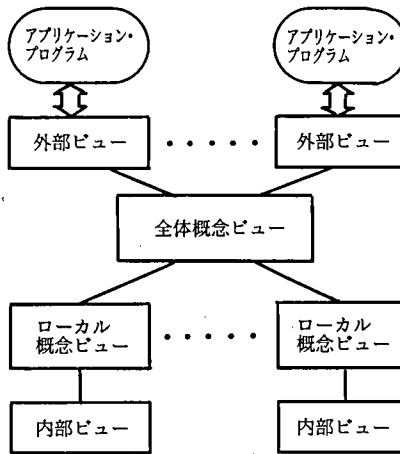


図3 異種統合型分散

Fig. 3 Heterogeneous integrated distribution

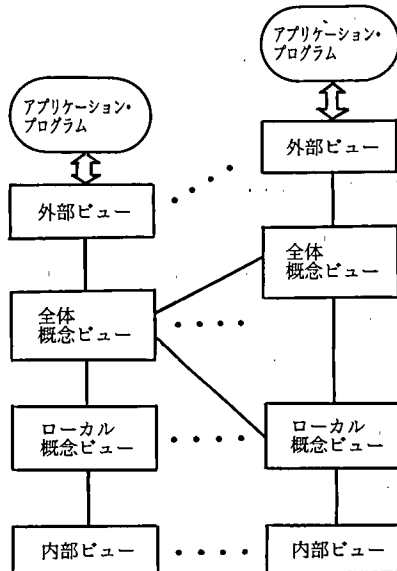


図4 異種連邦型分散

Fig. 4 Heterogeneous united distribution

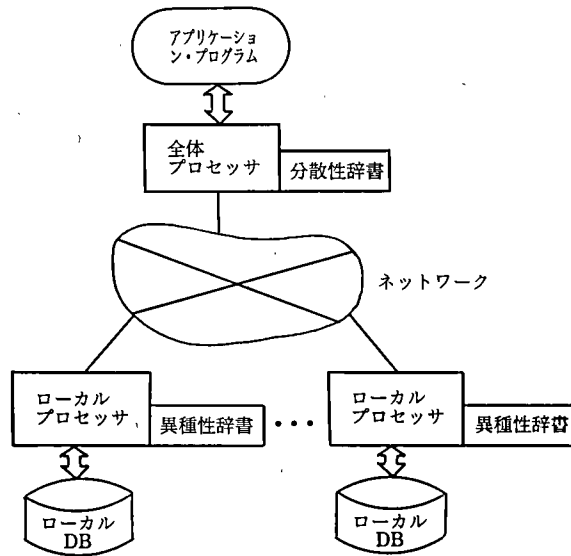


図 5 分散 DBS の構成

Fig.5 Configuration of distributed DBS

- 2) 分散 DBS の構成……図 5 に分散 DBS の構成を示す。
- 3) 今後の課題……本格的分散 DBS を構築する上で、並行処理機能(2相施設方式と時刻印方式がある)、回復処理機能、機密保持機能、質問処理機能の開発が課題となっている。これらの課題は、OSI RDA を中心とした標準化を念頭に解決することが望まれる。

## 2.4 マルチメディア DB 技術

- 1) マルチメディア DB 技術出現の背景……人間はさまざまな表現手段によってコミュニケーション活動を行ってきた。メディア(表現媒体)は、情報を媒介し対象を記述する記号系であると同時に、そうした記号が物理・化学的に伝達記録される媒体を意味する。前者を記号メディア、後者を物理メディアというなら、近年の計算機技術の進展は、さまざまな物理メディアの操作を可能にし、それらの媒体上の記号メディアによって表現される情報の処理を実現する契機をもたらしたといえる。現在、単に個別のメディアの処理だけでなく複数メディアの統合利用の必要性が、より高度で多様な応用分野から求められている。

しかし現在は、個別のシステムに依存した形態で運用されているにすぎず、複数メディアを管理するマルチメディア DBMS の構築が急務である。この認識は 1980 年代中期から広まったばかりであり、その研究の歴史はまだ浅い。

- 2) マルチメディア DB の研究課題……研究課題としては、
  - ① 個別メディアに関する技術開発
  - ② それらを統合するためのデータベース管理機構、とりわけマルチメディア・データモデルの開発
  - ③ マルチメディアを支援する計算機環境の確立に大別できる。

個別メディアについては、④ 光ディスク、CD-ROM といった新しい物理メディアの開発、⑤ テキスト、画像、音声など、複雑な構造や長大データを定義する記号メディアの確立、索引付けや記憶構造、操作体系の解明、および④、⑤の2点についての標準化が課題である。

マルチメディア・データ管理アーキテクチャとして、新しく出現する諸メディアを柔軟に取り込めるシステムの開放性が必須要件である。このため、マルチメディア DBMS の管理操作対象となるマルチメディア・データモデルは、個々のメディアから独立であること、すなわちメディア独立性を達成することが必要である。しかも、同時に複数のメディアによって表される対象世界を記述することができて、その構造や意味制約を表すための高度なデータ意味論を提供することが不可欠である。

従来のリレーショナルモデルではこうした要件を満足することが困難であるため、リレーショナルモデルの拡張、各種の意味論データモデルが提案され、最近ではオブジェクト指向データモデルの研究が関心を集めている。

マルチメディア支援環境としては、個別メディアごとに構築される DB の分散統合技術、マルチメディア情報を直接操作するための高度なユーザ・インタフェースの提供、高速安価な計算機資源の確保、マルチメディア通信の実現などが課題である。

- 3) マルチメディア DB の構築法……マルチメディア DBS においては、管理対象はさまざまな記号メディアとして捉えられ、最終的にさまざまな物理メディアに蓄積される (図 6)。

ここで各記号メディアは、個々のメディアを組み合わせることで可能となる表現形式を含む。たとえば、文章と絵の混在する文書、音楽と画像の同期するビデオ、さらにこれらの統合利用である。これらの表現においては、対象間の空間的、時間的同期がどの程度記述されるかが問題であり、操作機能はこれに大きく依存する。知識ベースの利用によって、たとえば記念写真からある人物だけを抽出するといったことが可能になるかもしれないが、これはあくまでも、あるアプリケーションとして提供される機能であって、DBMS の機能とは区別される。言い換えると、DBMS はデータモデルによって表現される記述しか関知しない。このため、高度なデータ抽象化技術に基づくデータ定義機能が必要となる。

マルチメディア・データモデルは同時に、個々のメディアから独立な記号系であることが必要である。汎用 DBS 構築を目的とする以上は、従来のデータ独立性と同様な理由から、メディア独立性は必須の要件である。ここで、メディア独立とは個々の物理メディア (装置) からの独立と、個々の応用システムにおける諸記号メディアからの独立を意味する。また、同時に個々のメディアごとの (蓄積/ 呈示) 管理機能が確立され、データモデルによる表現と連動することを前提とする。

- 4) データモデルの動向……マルチメディア・データモデルの候補としてリレーショナルモデルの拡張、非正規形モデル、意味論データモデル、オブジェクト指向データモデルがあり、これらはいずれも研究開発中である。

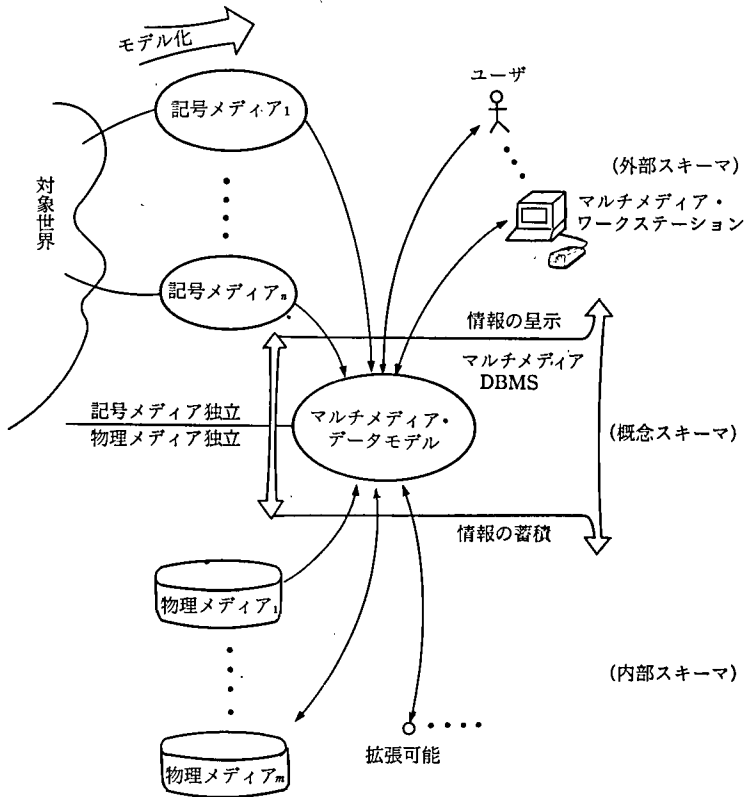


図 6 マルチメディア・データモデルの位置づけ  
 Fig. 6 The role of a multimedia data model

リレーショナルモデルの拡張により、CADなどの複雑なデータ構造を扱う試みは、リレーショナルモデルには元々ない構成を導入するために、対象表現の簡潔さ、操作記述の容易さ等に難がある。また、更新時の整合性保守に関しても問題がある。

非正規形モデルは、関係の入れ子を許してより自然な記述ができるだけでなく、知識処理との親和性も高いが、理論的な整備にはまだ問題がある。また、マルチメディアに対応した値の拡張が必須である。

意味論データモデルは、各種の抽象化をDB設計に導入し設計過程を支援する。対象間の関連や状態変化を扱うことを狙ったモデルが多数提案されている。しかし、とくにマルチメディアを意識してデータモデルが論じられるのは、意味論データモデルの後継者とでもいべきオブジェクト指向データモデルにおいてである。

マルチメディア・データモデルとしてのオブジェクト指向データモデルは、強力なデータ抽象化機能による構造と操作の一体化、継承機能（インヘリタンス）、メッセージ伝達といった手法が有力なモデル化技法として注目を集めており、研究開発が活発に進められている。

### 2.5 オブジェクト指向アプローチ

オブジェクト指向アプローチは、プログラム言語、人工知能、DBの各分野で培われてきたモデリング技法を、相互に融和することによって誕生したソフトウェアの方法論である。まずオブジェクト、つまりモデル化する対象を想定し、対象の動的および静的性質を記述し、ついで対象にメッセージを送って動作の検証を行うモデル化過程と、用いられる方法論が共通の、あるパラダイムを形成している。

オブジェクト指向のデータ抽象化の手法は、

- 1) クラスの導入による抽象化
- 2) メッセージの伝達による抽象化
- 3) 継承機能による抽象化

の三つに集約できる。これらのデータ抽象化の結果、構造と操作の密封化が図られ情報隠蔽が実現される(図7)。

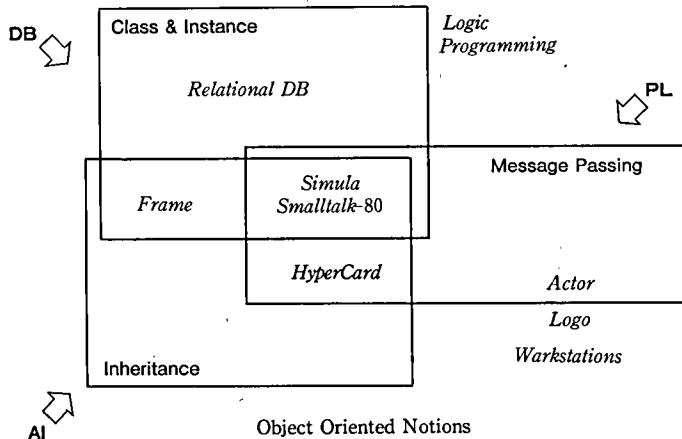


図7 オブジェクト指向概念の起源

Fig. 7 The origin of object oriented concepts

クラスとは、類似した対象を集約するために抽象化した概念である。あるクラスに属する固体をインスタンスという。プログラム言語 Simula<sup>[15]</sup>で初めて導入され、Smalltalk<sup>[16]</sup>などの言語に受け継がれた。リレーショナルDBの概念スキーマとDBの区分けや、人工知能の知識表現の手法であるフレームは同様な抽象化といえる。

メッセージの伝達による抽象化は、主として対象の動作を記述するための方法で、Smalltalkにおいてはすべての計算機構がメッセージの伝達によって実現され、Actor理論<sup>[17]</sup>では並行協同型処理のモデルである。また、高度な対話型インタフェースの実現技法でもある。

継承機能は、対象世界の制約によって暗黙に対象の性質が規定されることを表現する方法であり、記述の局所性によって整合性保守の容易さと記述量の低減が図れる。オブジェクト指向データモデルは、これらの手法を取り入れて複雑多様な対象を管理するための方法論を築こうとしている。具体的には、汎化関係や複合オブジェクトの支援による継承階層、対象の振舞を記述するメソッド、メッセージを介した操作・検索を主要な手法としている。



DBにおいてオブジェクト指向が関心を集めているのは、従来のモデリングでは新しい応用分野や処理形態に十分に対応できないという認識があるためである。現在、さまざまなシステムが試みられており、オブジェクト指向DBの概念自体が確立途上の段階である。方法論の広がりが生産性の高いシステムをもたらすように建設的な議論を進めることが今後期待される。

## 2.6 知識ベース

- 1) 背景と現状……人間の知的機能を解明し、解明された知識構造をシステムに適用することが、認知科学と知識工学のそれぞれに期待される役割である。これらの研究全般が人工知能研究の扱う領域と考えられる。知識ベースは、知識工学の一環として構築されるシステムである。現在、基礎技術として、さまざまな知識表現、推論方式が研究されている。とりわけ、形式論理（第1階述語論理）を基礎とする論理DB（演繹DB）は、PROLOGに代表されるような実際のプログラミング言語を道具として用意した論理プログラムと共に、知識ベースの理論的基礎を与えている。しかし、人間の行う推論は古典論理に収まるものだけではない。常識的な推論の基礎として非単調論理や、帰納推論の研究が行われている。

こうした基礎論を基にしたものが使用可能なシステムとなるのは将来のこととして、提供されているシステムに関しては、エキスパート・システムの構築が盛んになっている。単純な表現形式に限ったとはいえ、実用化されたのが比較的に早いために普及が進んできたものと考えられる。すでに対象領域について十分な分析が完了している分野について、知識ベースの構築が成功しているかに見えるが、対象の構造を解明していくモデル化過程の支援には不十分であり、知識量の増大に対応するアーキテクチャや知識間の無矛盾性保証など問題は多い。人間と知識ベースがいかに良好な対話を行って生産活動に寄与するか、というマンマシン・システムの問題を常に意識することが不可欠である。

- 2) マルチメディアによる知識表現……今後、高機能化・複雑化する情報システムにおいては、知識ベースを利用した対話支援が必要になると考えられる。今日、対話にマルチメディア情報を使用することの有効性が広く認識されており、知識ベースがこの状況にどう対応するかは興味深い。（しかし、高度なインタフェースの代名詞であった自然言語処理は依然として重要である。）これに関連して、ハイパーテキスト<sup>[18]</sup>の研究は注目に値する。ハイパーテキストは、動的な文書としてマルチメディア情報を複雑に組み合わせた対話手段を提供する、一種のオブジェクト指向アプローチによるシステムである。形式的な整備はまだ乏しいが、マルチメディアDBの議論にも影響を与え始めており、知識の管理や高度なマンマシン・システム実現に有効な手段となることが期待される。

## 3. データベース技術の標準化の動向

CIMの基盤となるDBを構築するには、新しいDB技術が必要であり、これらの技術について紹介してきた。新しい技術が普及していくためには標準化は不可欠である。DBの標準化は、CODASYL/DBTGやANSI/SPARCなどにおいて行われてきた。現在ではISOに引き継がれ、その後の発展を踏まえたより広い分野での標準化が行われ

表1 標準化スケジュール  
 Table 1 Schedule of the standardization  
 (1988年3月のSC 21/WG 3 Gaithersberg 会議時点の予定)

標準化項目	DP	DIS	IS
データベース言語NDL			87/6
データベース言語SQL			87/6
データベース言語SQL/補遺 I		87/6	88/3
データベース言語SQL 2	88/8	89/4	90/4
IRDSフレームワーク	88/7	89/12	90/7
IRDSサービス・インタフェース	88/12	89/12	90/12
IRDSコマンド言語インタフェース	87/5	88/5	89/5
IRDSパネル・インタフェース	87/5	88/5	89/5
IRDS交換(Export/Import)インタフェース	89/9	90/9	91/9
データ管理参照モデル	88/3	89/3	89/12
リモート・データベース・アクセス(RDA)	88/3	88/12	89/12
RDA SQL特殊化	88/3	88/12	89/12
RDA SQL 2 特殊化	88/12	89/12	90/12

DP : Draft Paper

DIS : Draft International Standard

IS : International Standard

ようとしている。

本章の内容は CIM そのものと直接係るものではない。しかし CIM の基盤となるべき、新 DB 技術の方向性を理解するために必要と考え、ここに紹介するものである。

DB の標準化は、ISO/SC 21 (Information Retrieval, Transfer and Management for OSI) の WG 3 (DB 分野) において検討されている。

ここで検討されている内容は、

- 1) DB 言語
- 2) データ管理参照モデル
- 3) 情報資源辞書システム
- 4) 遠隔 DB アクセス

となっている。

これらの活動は OSI 基本参照モデルの最上位の第 7 層 (応用層) に位置づけられている。各活動のスケジュールは表 1 の通りである。

以下に各活動について、技術内容の概略を紹介する。

### 3.1 データベース言語 (SQL & NDL)

SQL はリレーショナル DB 言語の標準、NDL はネットワーク DB 言語の標準を与えるものとして、標準化活動が続けられている。SQL は、SQL, SQL 補遺 I までの規格化が終わり、現在、SQL 2, SQL 3 が検討中となっている。NDL は規格化済みでその後の拡張はとくに検討されていない。

- 1) 言語の構成……定義言語、モジュール言語、操作言語から構成される。定義言語はデータの構造と整合性制約、権限の定義を行う。操作言語はデータの操作コマンドの定義を行う。モジュール言語は、アプリケーションとデータ操作コマンドのインタフェースの役割を持つ。アプリケーションごとに、一つのモジュールの定義と各データ操作コマンドに対応した“手続き”を定義する。モジュール言語の

導入によって、データ操作言語は親言語に対して独立な共通の文法を持つことができるようにしている。

- 2) SQL 基本概念……SQL では、DB は複数のスキーマで構成され、各スキーマは複数の表で構成される。表は 2 次元のデータで、横方向を行、縦方向を列という。行は表の追加/削除の最小単位であり、列の一つの値は表の選択、更新の最小単位である。

表は、その機能から表 2 のように種々の状態に分類できる。データは表 3 のように種々の型に分類できる。

表 2 表の種類  
Table 2 'Table' classification

表	意味
実表 (base table)	表定義により名前付きで作成される。
導出表 (derived table)	〈問い合わせ指定〉の結果、一つ以上の表から一時的な表として導出される(導出値)。
ビュー表 (viewed table)	ビュー定義により名前付きで作成される。
グループ表 (grouped table)	〈GROUP BY 句〉の結果として導出されるグループ集合
グループビュー (grouped view)	ビュー定義において〈GROUP BY 句〉を含むビュー表

表 3 列のデータ型の種類  
Table 3 'Column' classification in data type

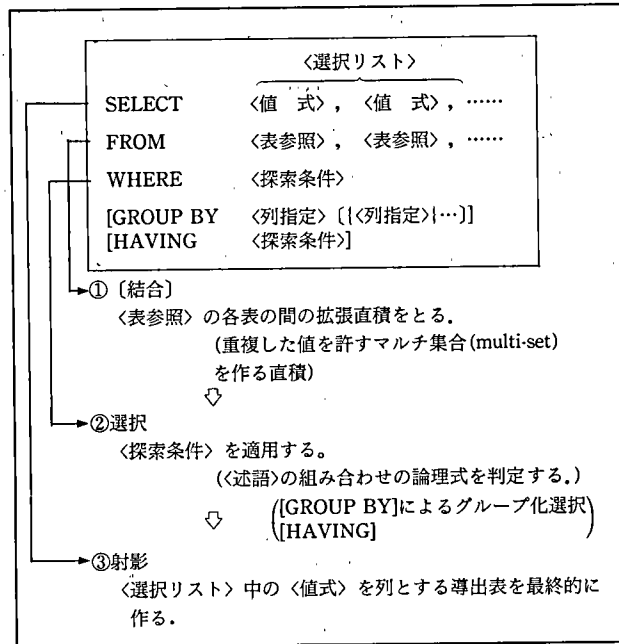
データ型	意味
文字列型	CHARACTER CHARACTER VARYING* (可変長)
各国文字列型	NATIONAL CHARACTER* NATIONAL CHARACTER VARYING* (可変長)
真数型 (正確な値)	NUMERIC } 小数点以下を持つ DECIMAL } INTEGER } 整数 SMALLINT }
概数型 (近似値)	FLOAT } REAL } 浮動小数点数 DOUBLE PRECISION }
日時・時間隔 データ型	DATETIME* } INTERVAL* } 表現形式は年、月、日、時、分、秒、秒断片まで各種

(\*印はSQL 2 拡張)

データ操作の基本である〈問い合わせ指定〉は図 8 の構成を持つ。

SELECT 句の〈値式〉には、表 4 の集合関数も指定できる。

WHERE 句の〈探索条件〉は、表 5 の述語の指定の組み合わせからなる。



- SELECT の<値式> : <列名>, <集合関数>, <定数>, <変数>  
(<集合関数>は, 表 4 に示す.)
- FROM <表参照> : <表名>, <相関名>  
(<相関名>は同一の表が 2 回以上指定されると  
き, 一意にするための仮りの<表名>)
- WHERE <探索条件> : (<探索条件>内の<述語>は, 表 5 に示す.)
- GROUP BY <列指定> : FROM, WHERE の結果の導出表に対するグループ化
- HAVING <探索条件> : グループ表に対する選択  
(特定のグループのみの選択)

図 8 <問い合わせ指定> の基本的な枠組み  
Fig. 8 An outline of <query specification>

表 4 集合関数  
Table 4 Aggregate functions

集合関数	形 式							
COUNT(*)								
DISTINCT 集合関数	<table style="border: none;"> <tr> <td style="border: none;"> <table style="border: none;"> <tr><td style="border: none;">AVG</td></tr> <tr><td style="border: none;">MAX</td></tr> <tr><td style="border: none;">MIN</td></tr> <tr><td style="border: none;">SUM</td></tr> <tr><td style="border: none;">COUNT</td></tr> </table> </td> <td style="border: none;">} (DISTINCT &lt;列指定&gt;)</td> </tr> </table>	<table style="border: none;"> <tr><td style="border: none;">AVG</td></tr> <tr><td style="border: none;">MAX</td></tr> <tr><td style="border: none;">MIN</td></tr> <tr><td style="border: none;">SUM</td></tr> <tr><td style="border: none;">COUNT</td></tr> </table>	AVG	MAX	MIN	SUM	COUNT	} (DISTINCT <列指定>)
<table style="border: none;"> <tr><td style="border: none;">AVG</td></tr> <tr><td style="border: none;">MAX</td></tr> <tr><td style="border: none;">MIN</td></tr> <tr><td style="border: none;">SUM</td></tr> <tr><td style="border: none;">COUNT</td></tr> </table>	AVG	MAX	MIN	SUM	COUNT	} (DISTINCT <列指定>)		
AVG								
MAX								
MIN								
SUM								
COUNT								
ALL 集合関数	<table style="border: none;"> <tr> <td style="border: none;"> <table style="border: none;"> <tr><td style="border: none;">AVG</td></tr> <tr><td style="border: none;">MAX</td></tr> <tr><td style="border: none;">MIN</td></tr> <tr><td style="border: none;">SUM</td></tr> </table> </td> <td style="border: none;">} ([ALL] &lt;値式&gt;)</td> </tr> </table>	<table style="border: none;"> <tr><td style="border: none;">AVG</td></tr> <tr><td style="border: none;">MAX</td></tr> <tr><td style="border: none;">MIN</td></tr> <tr><td style="border: none;">SUM</td></tr> </table>	AVG	MAX	MIN	SUM	} ([ALL] <値式>)	
<table style="border: none;"> <tr><td style="border: none;">AVG</td></tr> <tr><td style="border: none;">MAX</td></tr> <tr><td style="border: none;">MIN</td></tr> <tr><td style="border: none;">SUM</td></tr> </table>	AVG	MAX	MIN	SUM	} ([ALL] <値式>)			
AVG								
MAX								
MIN								
SUM								

表 5 述語の種類  
Table 5. Classification of predicate

述語	形式	意味
比較述語	<比較演算子> { <値式> <副問い合わせ> }	二つの値の比較 (比較演算子: <>, >, <, >=, <=)
BETWEEN 述語	[NOT] BETWEEN <値式> AND <値式>	範囲比較
IN 述語	[NOT] IN { (<限定値リスト>) <副問い合わせ> }	限定された値の集合に含まれるか否かのテスト
LIKE 述語	[NOT] LIKE <パターン> {ESCAPE <エスケープ文字>}	パターン照合比較
NULL 述語	[NOT] NULL	ナル値のテスト
限定述語	<比較演算子> { ALL SOME } <副問い合わせ> ANY	限定された値の集合との比較 (ALL :すべての SOME } :少なくとも一つの ANY }
EXISTS 述語	EXISTS <副問い合わせ>	空集合のテスト (<副問い合わせ> の結果の集合が空か否か)

<副問い合わせ> は <選択リスト> のない <問い合わせ指定>

整合性制約: SQL 補遺 I で大幅に強化された。

・検査制約——	(表または列)	CHECK 句
・一意性制約——	(表)	PRIMARY KEY
	(列)	[UNIQUE]
・参照制約——	(表)	FOREIGN KEY と REFERENCES
・列制約——		NOT NULL
		DEFAULT

3) NDL 基本概念……NDL では、DB は複数のスキーマで構成され、各スキーマは複数のサブスキーマで構成され、各サブスキーマは複数のレコード (record) とレコード間の親子集合 (set) で構成される。

レコードは、構成要素 (component) というデータ項目で構成される。構成要素は単一のデータ項目または配列である。レコードは追加/削除の基本単位であり、構成要素はデータの受け渡しの最小単位である。集団項目や、集団配列といった概念は規定していない。

親子集合は親レコードと子レコードの関係を表す。親レコードと子レコードが同一であるような親子集合を再帰親子集合という。

親子集合には親と子の関係の強さを表す属性として、組入れ句と保留句がある。

組入れ句	AUTOMATIC
	MANUAL
	STRUCTURAL
保留句	FIXED
	MANDATORY
	OPTIONAL

応用プログラムでレコードを一次的に記憶しておくための、一時親子集合 (temporary set) の機能がある。通常の親子集合と同様のレコード操作ができる。

データ操作コマンドは表6の通りである。このうち、特徴的なものは次の通りである。

表6 NDLのデータ操作文  
Table 6 NDL data manipulation statement

NDL文	機 能
COMMIT	コミットで現行トランザクションを終了させる。
CONNECT	親子集合中にレコードの親子関係を確立する。
DISCONNECT	指定される〈親子集合型〉の親子関係からレコードを切り離す。
ERASE	データベースから一つ以上のレコードを取り去る。
FIND	データベース中のレコードを選択する。
GET	レコードをプログラムに転送する。
MODIFY	レコードの内容を置き換える。
NULLIFY	参照される位置指示子をナルに設定する。
READY	処理のために一つ以上の〈レコード型〉を準備する。
RECONNECT	親子集合中のレコードの親子関係を変更する。
ROLLBACK	ロールバックで現行トランザクションを終了させる。
STORE 〈テスト〉	データベースにレコードを格納する。 データベースの状態をテストする。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・二つのデータベースキーが同一レコードか。</li> <li>・データベースキーがナルか。</li> <li>・親子集合が子レコードを持つか。</li> <li>・レコードが〈親子集合型〉の子レコードか。</li> </ul>

① FIND 文……形式は、次の通りで1種類のみである。

```

FIND <探索方向> <域指定>
[WHERE <条件>]
[FOR UPDATE] [RETAIN...]
ただし、
<探索方向>=FIRST | LAST | NEXT | PRIOR
<域指定>= <レコード・ビュー名>
| [<レコード・ビュー名>] IN <親子集合ビュー名>
    
```

ここで〈域 (domain) 指定〉とは条件を満たすレコード群の集合であり、その集合から FIND 文は1件ずつ目的のレコードを取り出すことを意味する。また、キー項目については何も表れていない。

② ERASE 文……レコードを削除するとき、その子レコードの扱いは、次の通りである。

FULL CASCADE——子レコードもすべて削除される

PARTIAL CASCADE——スキーマ定義の保留句の指定により、

FIXED：削除する

MANDATORY：例外を発生させる

OPTIONAL：親子集合から分離する

- ③ READY 文と FINISH 文……READY 文ではレコードビュー名を指定する。レコードビュー名はサブスキーマで定義するが、この考え方はデータの格納形態を意識しないようにしている。FINISH 文は COMMIT 文、ROLLBACK 文のオプション機能に変更されて、このコマンドは削除された。

整合性制約：

- 
- ・検査制約：レコードが DB 上に存在するために必要な条件のこと  
(例) '人'のレコード→性別は '男'または '女'  
    - ・親レコードが女性のクラブなら子レコードの性別は '女'
  - ・一意性制約：特定の構成要素の値が一意であることの指示であり、どの項目にも定義でき、複数項目に定義できる。
- 

以上、DB 言語 SQL と NDL につき、内容概略を紹介した。

ここで感じることは、NDL は当初 SQL と同時に検討されていたこともあって、リレーショナルな影響を色濃く受けていることである。この文法で効率の良い実装が出ると面白そうだが、しかし世の中は SQL に向いているようである。

### 3.2 データ管理参照モデル——DMRM

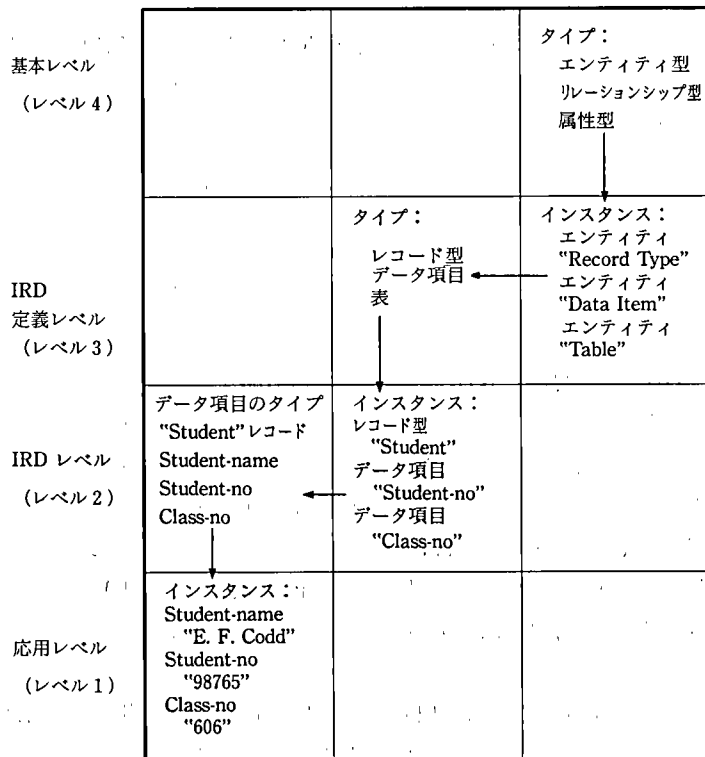
DMRM (Reference Model of Data Management) は、DBMS を開発する上での指針を与えるために、DBMS が標準的に持つべき機能構造を参照モデルとして規定する。

参照モデルを作るためには、根源に目をむけて企業の情報システムに保存されるすべての情報の種類や性質を整理分類することが必要である。そこから、共通の概念や用語となるものを定義する。その定義をベースに参照モデルを作ると、安定的なモデルとなるという考え方である。

- 1) 情報の整理分類……情報システム内の情報は、次のような観点から整理分類できる。
  - ① データレベル：データ (外延) に対して、その性質を記述するメタデータ (内包) が対応し、メタデータをデータとすると、その性質を記述するメタデータが再び存在する。このようにデータとメタデータは '卵' と 'にわとり' のように再帰的性質を持つ。これを図 9 のようにデータレベル構造として整理している。
  - ② 表現ステージ：対象世界をデータモデルにより、抽象化して表現する段階は、論理的表現段階 (論理ステージ) と、物理的表現段階 (物理ステージ) に整理できる。
  - ③ スコープ：メタデータの記述範囲は、大局スコープ (全体) か、局所スコープ (部分) に整理できる。
  - ④ 情報資源の型：情報資源は、データ (DB)、プロセス (システム)、利用者 (組

織), という型で整理できる。各資源はたとえば, データ→ファイル→DB のように具体的なものから抽象的なものまで, 汎化階層をとる。

- ⑤ ライフサイクル: 情報資源は, 生成から消滅までその状態が変化する。すなわち, ライフサイクルの状態として整理できる。
- ⑥ 物理位置: 情報資源の物理的な蓄積場所によって整理できる。これは分散DBにおいて意味を持つ。



応用レベル (レベル対 1)      IRD レベル対 (レベル対 2)      IRD 定義レベル対 (レベル対 3)  
(この図の提案者は筑波大学・穂鷹教授である。)

図 9 データレベル構造<sup>[2]</sup>

Fig. 9 Data level structure

2) 参照モデルの記述……情報を 1) に記したような各種の観点で整理分類した上で DBMS は, いかなる機能構造を持つことが理想的なのかを検討し, 参照モデルとして記述する。記述はオブジェクト・モデリングという方法をとっている。

また, 参照モデルは, ① 抽象データ管理参照モデル, ② 詳細データ管理参照モデル, の 2 種に分かれている。

前者は一般的なモデル, 後者は具体的に DBMS の対象を明確にしたモデルである。

現在, 参照モデルの記述活動が続けられている。

### 3.3 情報資源辞書システム——IRDS

情報システムの巨大化/複雑化とともに, データの管理だけでなくデータの意味を記



述するメタデータの管理が重要となってきた。IRDS (Information Resource Dictionary System) は従来、DD/DS とか DDS といわれてきたデータ辞書管理システムの拡張である。拡張の意味はデータだけでなく、情報資源という大きな目で管理対象をとらえようとするところにある (図 10)。

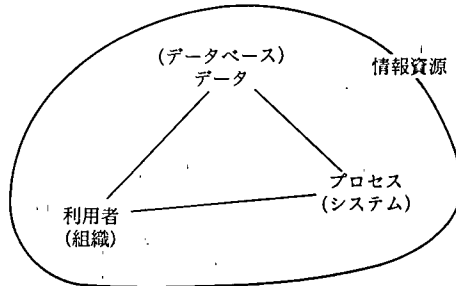


図 10 情報資源の管理要素

Fig. 10 Management factors of information resource

メタデータをどのように管理することが理想的なのかを検討し、そのために必要な機能を分析し機能構造を参照モデルとして規定しようとしている。

なお、この作業は DMRM の活動と密着していることはいうまでもない。

メタデータの整理基準として、図 9 のデータレベル構造をとくに参照し活動のベースにおいている。

1) IRDS インタフェース……標準化すべき主要なインタフェースは次のものである。

- ① サービス・インタフェース (内部インタフェース) : 処理系対処理系のインタフェースで、IRDS データをアクセスし、操作する任意の処理系に必要とされるすべてのサービスを提供する。このインタフェースが必要とするデータ構造を明示することが、IRDS にとって最も重要と考えられている。その構造こそが、IRDS が本質的に要求する構造すなわち (抽象データ構造 : IRD 定義レベル, サービス・データ構造 : IRD レベル, サービス・プロトコル : 応用レベル) である。
- ② パネル・インタフェース (利用者インタフェース) : 人間対処理系のインタフェースであり、形式化された画面インタフェースとして使用するための標準パネルを提供する。
- ③ コマンド言語インタフェース (利用者インタフェース) : 人間対処理系のインタフェースであり、テキスト・インタフェースとして使用するための標準コマンドを提供する。

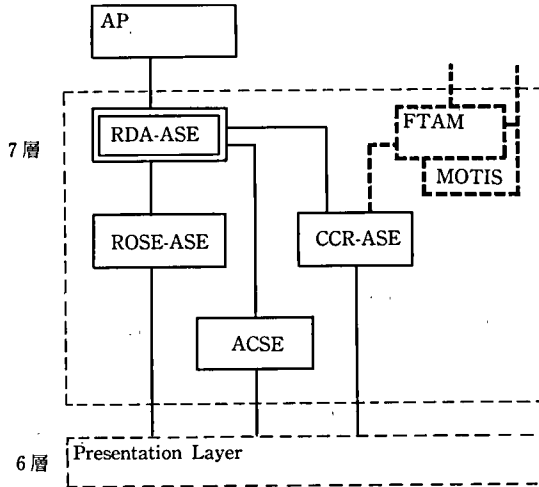
### 3.4 リモード・データベース・アクセス——RDA

RDA (Remote Database Access) は、OSI 環境にある異機種間での DB アクセスのためのサービス・プロトコルである。

RDA は、OSI 応用層の応用サービス要素 (ASE: Application Service Element) の一つに位置づけられる。図 11 に他の要素との関連を示す。

OSI 基本参照モデルの第 7 層に位置する。  
 他プロトコル：FTAM, MOTIS

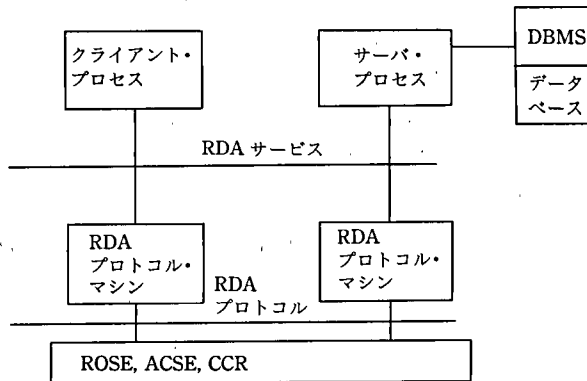
AP: Application Process  
 ASE: Application Service Element  
 RDA: Remote Database Access  
 ROSE: Remote Operation Service Element  
 CCR: Commitment Concurrency and Recovery  
 ACSE: Association Control Service Element



(ソフトウェア・リサーチ・センター, ~ISO の国際標準における~データベース・システム標準化動向と今後の展望, V. 吉田誠, リモート・データベース・アクセスの機能と国際標準化動向及び今後の展開, 1988 より)

図 11 RDA の位置づけ<sup>[7]</sup>

Fig. 11 The location of RDA



(ソフトウェア・リサーチ・センター, ~ISO の国際標準における~データベース・システム標準化動向と今後の展望, V. 吉田誠, リモート・データベース・アクセスの機能と国際標準化動向及び今後の展開, 1988 より)

図 12 RDA の構成<sup>[7]</sup>

Fig. 12 The configuration of RDA

RDA の構成図を図 12 に示す。クライアント応用プロセスは DB アクセスを要求する側、サーバ応用プロセスは DB アクセスを要求に応じて実行する側であり、その仲介をするものが RDA サービスと RDA プロトコルである。RDA 標準が規定する対象はこの二つの仲介者である。

RDA サービスは、クライアントとサーバの交信のインタフェースとして二つのアクセス・モデルを規定している。

それらは、汎用 RDA サービス(遠隔地アクセス一般共通の規定)と特定 RDA サービス(SQL 対応のような特別の規定。これをとくに SQL 特殊化という)である。

また、RDA サービスは DB への遠隔アクセスを共通に行えるようにアソシエーション管理、資源ハンドリング、トランザクション管理、データ操作、のサービス要素を規定している。

これらのサービス要素とオペレーションの一覧を表 7 に示す。オペレーションは RDA サービス・プリミティブを定義する。

RDA サービス要素は実際には、RDA 本体と他の応用層の共通サービス要素から構成されている。

表 7 RDA サービス要素とオペレーション一覧<sup>[6]</sup>  
Table 7 A list of RDA service components and operations

結合管理	発生管理
r-Associate.....注文者と奉仕者の間の結合	c-BEGIN .....発生開始
r-Release.....結合を解放	c-PREPARE.....原子動作終了指示
A-ABORT .....結合を即時解放	c-READY .....実更新可能表示
A-P-ABORT.....第三者による結合の解放	c-REFUSE .....実更新拒否
	c-COMMIT .....実更新指示
	c-ROLLBACK.....復帰指示
	c-RESTART .....障害時同期調整
	c-ReportError.....注文者へ誤り条件通知
データ管理	資源操作
r-DefineDML .....データ操作文定義	r-Open .....資源利用要求
r-ExecuteDML.....指定回数DML実行、(結果返却要求)	r-Close.....資源利用終了
r-InvokeDML .....蓄積された指令操作を指定回数実行	
r-DropDML .....蓄積された指令操作破棄	

#### 4. おわりに

CIM の構築により、生産システムは大きく改革されると期待される。自動設計や自動生産が進展していくと、少い要員で多品種大量の生産(Individual Mass Production=個別大量生産)が可能となり、いわゆる“スーパーカンパニー”の出現をもたらさうとの指摘がある<sup>[25]</sup>。そのキーの一つが CIM の DB 環境である。

ここで最後に、参考としてユニシスの関連する技術動向につき、比較的新しい情報を提供しておきたい。

##### 1) 商用 DB 技術

- ① 本格的リレーショナル DBMS として UDS/RDMS 1100 を提供。ISO/SQL 標準の動きに常に連動した開発の方向性を持つ。なお、MAPPER からのリレーショナル DB アクセスのために MRI(MAPPER Relational Interface)を提

供、さらに高生産性開発ツール LINC II と RDMS の連動機能を開発中。

② 世界に先駆けて本格的意味論 DBMS として、SIM (Semantic Information Manager) を提供。

③ 情報資源辞書システムをめざして UDS/IDDS 1100 を提供予定 (Integrated DDS)。

## 2) 分散 DB 技術

① UNIDSS (Unified-Distributed System Services) のコンセプトで分散システム・プロダクトを各種提供予定である。

この中で、分散 DB プロダクトは DCA ネットワーク対応として、ASCOT 1100/RDAF を提供予定している。(これは同機種同種分散 DBMS で UDS/DMS 1100 DB を支援する。)

OSI ネットワーク対応としての、OSI/RDA 標準・対応プロダクトは現在企画中である。

② XTPA (Extended Transaction Processing Architecture) のコンセプトでハイパフォーマンス・フルレジリエンスを目標に、クローズリ・カップリングの考え方に基づき、ホスト負荷分散プロダクトを提供予定している。これは、ホスト内の分散 DB を支援する。(現在は TIP/FCSS ファイルのみ、将来 UDS DB 支援)

## 3) マルチメディア DB 技術

世の中は試行段階であり、ユニシスでも企画中である。ただ、マルチメディア技術としては、OSI/ODA (Office Document Architecture) 対応として、プロトタイプを開発し、INTAP\* 実験に参加している。

## [付録 A]

### 1. 異種分散 DBMS—IMDAS の紹介

IMDAS (Integrated Manufacturing Database Administration System—統合生産 DBMS) は NBS (National Bureau of Standards—アメリカ国家規格局) の AMRF (Automated Manufacturing Research Facility—自動生産研究施設) プロジェクトで、1986 年に一部試作された異種分散 DBMS である。AMRF は FMS (Flexible Manufacturing System) 分野の研究である。

AMRF は、工場から機械までの 5 層の生産組織の制御階層 (付図 1) の下で、生産の自動化をめざしたシステムである。その主要な目的は、CIM 環境に適した分散データ管理インタフェース・プロトコルを標準化し、そのプロトタイピングを実施することである。

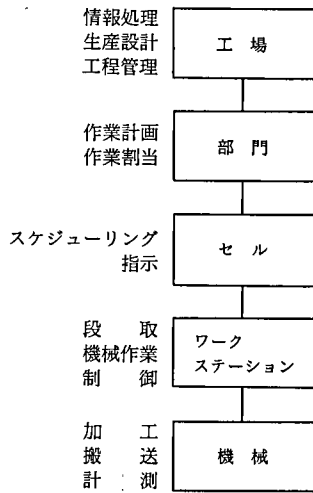
このシステムの完成後は、学界、産業界、政府機関などの自動生産研究組織で利用される予定となっている。

#### 1) IMDAS のデータモデルとアーキテクチャ

CIM におけるデータ管理の要件として、IMDAS では次のものを考えている。

—異種システムの統合：工場の計算機環境は、マルチベンダ異種構成システムのネットワ

\* INTAP: (財)情報処理相互運用技術協会



(E. Barker, et al, "An Architecture for Distributed Data Management in Computer Integrated Manufacturing"より)

付図 1 制御階層<sup>[13]</sup>

App. Fig. 1 Control hierarchy

ークである。これを統合する機能が必要である。

—程度異なる DBMS の混在：単純なファイル・システムから商用 DBMS に至るまでさまざまであり、統一的なデータ言語が必要である。

—サブシステムの自治と統合：保守やテストのために、構成サブシステムの分離と再統合が自由にできる必要がある。

—即時性：下位の構成システムの制御は即時性が要求される。

—障害時対策：障害の検出と回復のための機能が必要とされる。

以上の要件をもとに、次の設計方針にのっとり、アーキテクチャを立案している。

—集中型は採用しない：集中型は分散された DB を中央の管理システムがすべてコントロールするわけで、開発/管理は容易だがパフォーマンスや信頼性に欠ける。

—完全分散型は採用しない：完全分散型は全構成システムがそれぞれ DBMS を持ち、他から独立している。全体の信頼性も高いが、DB の整合性、同時実行制御、障害回復等の機能実現がむずかしい。

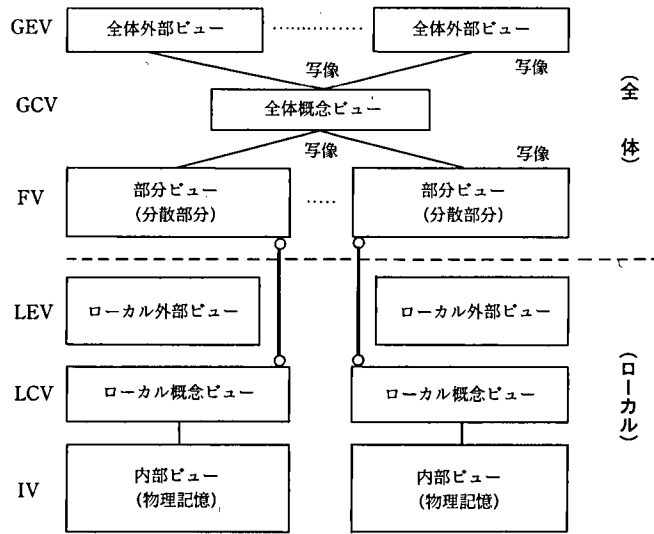
—ハイブリッド型（折衷型）を採用する：分離性、信頼性、障害回復性の達成のために、集中する機能を最小にする。また費用対効果を考え、全構成システムが分散 DBMS を持つことはしない。

a) 統合用データモデル：CIM に必要なデータモデルは商用データモデルと違い、CAD/CAM で取り扱うデータが持つ複雑さに対応できねばならない。SA \*モデル\* に準拠している。

b) データモデル階層：付図 2 に全体のデータモデル階層構造を示す。

全体外部ビュー (GEV) は統合 DB 中の個別部分ビューである。全体概念ビュー (GCV) は、全体の工場統合 DB を表現するビューである。部分ビュー (FV) は分散した各構成システム概念ビューを表現する。ローカル概念ビュー (LCV)、ローカ

\* SA \*モデル：意味連想(Semantic Association)モデルの分散 DB 対応版



(E. Barker, et al, "An Architecture for Distributed Data Management in Computer Integrated Manufacturing"より)

付図2 データモデル階層<sup>[9]</sup>

App. Fig. 2 Data model layer

ル外部ビュー (LEV), 内部ビュー (IV) は, ローカルな実際の物理的構成システム内での3層のビューである。

ローカル概念ビューと部分ビューがローカルと全体の変換対応を表現する。

- c) 全体 DB 言語: 異種システム間で統一的なデータの定義/操作を可能にし, そのもとに全体を制御するもので, 全体データ定義言語(GDDL), 全体データ操作言語(GDML) から成る。

GDML は SA \* データモデルを支援し, ANSI の標準 SQL に準拠している。

- d) 分散 DB 管理アーキテクチャ: IMDAS は三つのサービス層 (下位から見て, BDAS, DDAS, MDAS) から構成される。

これらは, 構成システムの計算機能力に応じて分散している。

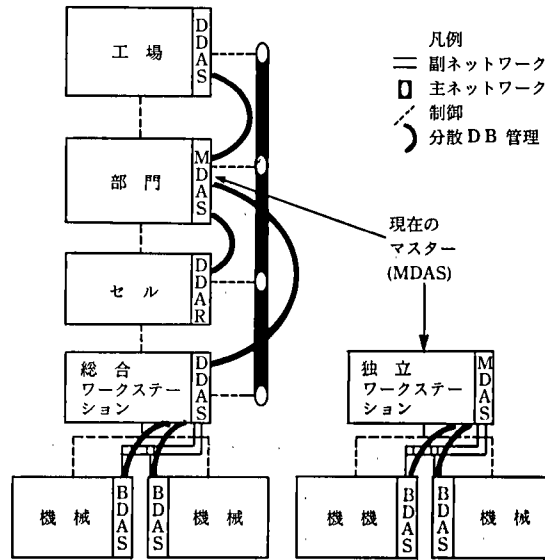
BDAS (Basic Data Server—基本データサーバ); コマンド変換, データ変換, 通信機能を持つ。全構成システムに実装される。

DDAS (Distributed Data Server—分散データサーバ); 分散 DB の制御と管理機能(質問変換, 分散質問実行, 質問結果の組立て)を持つ。DDAS は, 十分な計算機能力を持つ構成システムに必要なに応じて実装される。

MDAS (Master Data Server—マスタ・データサーバ); 全体ディレクトリ管理(分散 DB の整合性管理) 機能を持つ。複数の DDAS 構成があるとき, その統合のために実装される。

- e) 工場ネットワーク・アーキテクチャ: ネットワークは, 全構成システム間の通信手段を提供する。

- f) 制御アーキテクチャ: 付図1の制御階層に基づきデータ制御が行われる。頂上または底辺の階層のどちらか一方から, ほとんどのデータが入力される。工場(頂上)レベルからは, オーダ, 工程計画, 部品設計データが, 機械(底辺)レベルからはセンサ情報が入る。



(E. Barker, et al, "An Architecture for Distributed Data Management in Computer Integrated Manufacturing" より)

付図 3 IMDAS アーキテクチャ (IMDAS DB, ネットワーク, 制御)<sup>[14]</sup>  
 App. Fig. 3 IMDAS architecture (includes IMDAS DB, network, control)

中間レベルは、上・下間の調整とスケジュールのためのデータが生成/消費される。以上の記述の d), e), f) の三つのアーキテクチャをまとめて付図 3 に関連を示す。

2) IMDAS の機能説明  
 (BDAS) のみ記す。

- プロセス間通信：構成システム内のプロセス間通信を行う。実現の容易性および、即時性の追求のため、共通メモリを用いる。
- ネットワーク通信：工場データ網のアクセスと他システムとの通信のため適当なプロトコルが必要である。OSI 参照モデル下位 4 層を実装し、共有メモリによるネットワーク・インタフェース・プロセスによる。
- データ変換：別の構成システムへのデータ移動に伴い、データの型、構造形式等の表現の変換が必要である。共通表現をもとに行う。
- コマンド変換：DDAS からの質問木をローカルなデータ・マネージャ向けの命令に変換する。
- データ管理：ローカルな DB のアクセスを行う。ファイルの読み書き/ロック、アンロックが最小の機能である。
- BSE：DDAS コマンドを BDAS 各モジュールに伝達し、結果を報告する。

3) 現状と今後  
 (現状)

- BDAS のほとんどの機能は、インテル マルチバス ベース、MC 68000 ベース、SUN WS, DEC の VAX WS の統合システムに実装しテスト済みである。
- DDAS 機能のうち DML サーバ等いくつかは運用中、他はテスト中である。DDAS 全機

能の1構成を完成させ、続いて2番目の構成をVAXとSUN WSで作動させ、3番目の構成をホストに実装し、これをMDASとする予定である。

(今後)

- システムの初期化、障害回復、再構成のための適切なロジックをプロトタイプから調べる必要がある。
- データ操作が工場資源の物理的世界に実際に影響を与えるまでにタイムラグがある。ラグの調整と同期の研究が必要である。
- DB質問(関係代数演算)処理機能について、能力の限られたシステム向けと能力の高いシステム向けの相互作用の検討が必要である(言語設計)。
- CAD/CAMデータ特有の性質をより深く研究して、パフォーマンスのよいデータ編成やデータ制御を実現する必要がある(データ抽象化)。

これまでの研究成果は、AMRFプロジェクト全体の目標にとって、まだ初歩の目的を達成したにすぎない。

以上、異種分散DBMS—IMDASを紹介した。ハイブリッド型のデータモデルの採用や共有メモリの有効利用等に現実的なアプローチが感じられた。

## [付録 B]

### SQL 2の拡張予定機能

SQL 2は、現在Draft Paper(DP)の段階であるが、その拡張内容は重要であるため内容の概略を紹介する。

- 1) データ・オブジェクトの拡張(新しいデータ型の追加)
  - 各国文字列            NATIONAL CHARACTER
  - 可変長各国文字列    NATIONAL CHARACTER VARYING
  - 日時・時間隔        DATETIME, INTERVAL
  - 可変長文字列        CHARACTER VARYING
  - 各国文字識別子, 拡張識別子, 区切り識別子
- 2) 値式の拡張
  - スカラ関数            LENGTH 関数
  - 日時値関数            EXTEND 関数, CURRENT 関数
  - CASE 式
- 3) 述語の拡張
  - MATCH 述語          MATCH ALL, MATCH NONE
- 4) 表式の拡張
  - FROM 句の〈表参照〉に〈問い合わせ式〉の指定可能
- 5) 問い合わせ式の拡張
  - OUTER UNION, EXCEPT
  - INTERSECT
- 6) データ定義言語の拡張
  - 定義域概念の導入
  - 参照整合性定義の拡張



PENDANT と MATCH

参照制約エラー時の動作指定可

CASCADE, SET NULL

SET DEFAULT

- 7) スキーマ操作言語……スキーマ変更操作の指定が標準となった。(これまでは実装者まかせであった。)

DROP DOMAIN

DROP TABLE

DROP VIEW

DROP ASSERTION

ALTER TABLE

ADD

DROP

DROP CONSTRAINT

MODIFY

REVOKE

- 8) モジュール言語の拡張……ホスト言語に Ada, C を追加。また診断表により、ホストとモジュールとの間で情報を交換する。

- 9) データ操作言語の拡張

制約モード設定文の追加(整合性制約の動的セット/リセット)

SET CONSTRAINT ON/OFF

トランザクション設定文の追加

SET TRANSACTION

{ READ ONLY | READ WRITE }

CONSISTENCY LEVEL {0|2|4}

CREATE TEMPORARY TABLE

UNION はカーソル宣言指定が廃止され、問い合わせ式指定となった。

- 10) 動的 SQL……実行時に文字列を SQL 文として処理系に渡すことができるようになった。動的 PREPARE 文で準備し、動的 EXECUTE 文で準備した文を実行する。動的カーソル宣言、動的 OPEN 文/CLOSE 文、動的 FETCH 文

- 11) スキーマ情報表……定義されたスキーマ情報を検索するためのビュー表が提供される。

- 12) 状態コード……現在の戻りコード SQLCODE は次の規格から廃止予定。新しく状態コードが設定され、より詳細な標準コードを設定した。

- 13) SQL との非互換の調整

INSERT 文 NOT NULL 表に NULL 値インサートでは実行時エラーとしているが、これをコンパイル時エラーとする。

ゼロ個のグループを持つグループ表

- 14) その他……記述不十分なところの徹底改良 (拡張 BNF 記法による)

- 参考文献
- [ 1 ] 穂鷹良介, データ管理参照モデル, 情報処理, Vol. 29, No. 3, 1988, pp. 193~200.
  - [ 2 ] 溝口徹夫, 情報資源辞書システム (IRDS), 情報処理, Vol. 29, No. 3, 1988, pp. 215~224.
  - [ 3 ] 鈴木健司, リモートデータベースアクセス, 情報処理, Vol. 29, No. 3, 1988, pp. 225~231.
  - [ 4 ] 芝野耕司, データベース言語 SQL, 情報処理, Vol. 29, No. 3, 1988, pp. 208~214.
  - [ 5 ] 横山一郎, データベース言語 NDL, 情報処理, Vol. 29, No. 3, 1988, pp. 201~207.
  - [ 6 ] 日本規格協会情報技術標準化研究センター, 高度ネットワークのためのプロトコル標準化に関する調査研究 (データ管理調査研究) 報告書, 1988.
  - [ 7 ] ソフト・リサーチ・センター (SRC), ~ISO の国際標準に於ける~データベース・システムの標準化動向と今後の展望, 1988.
  - [ 8 ] 中村史朗, エンジニアリング・データベース, 情報処理, Vol. 25, No. 4, 1984, pp. 349~354.
  - [ 9 ] 松家英雄, CAD/CAM におけるデータベースについて, 情報処理, Vol. 23, No. 10, 1982, pp. 1000~1007.
  - [ 10 ] 宇田川佳久, 溝口徹夫, 設計データベースのバージョン管理とその実現, 情報処理学会データベース・システム研資, 63-2, 1988.
  - [ 11 ] 上林弥彦, 分散処理技術の基本的課題, 情報処理, Vol. 28, No. 4, 1987, pp. 377~386.
  - [ 12 ] 滝沢誠, 異種分散型データベースシステム, 情報処理, Vol. 29, No. 1, 1988, pp. 23~29.
  - [ 13 ] E. Barkmeyer, M. Mitchell, K. Mikkilineni, S. Y. W. Su, H. Lam, An Architecture for Distributed Data Management in Computer Integrated Manufacturing, NBS, NBSIR 86-3312, 1986.
  - [ 14 ] 特集: マルチメディアデータベース, 情報処理, Vol. 28, No. 6, 1987, pp. 670~803.
  - [ 15 ] G. Birtwistle, et al., SIMULA BEGIN, Studentlitteratur, 1979.
  - [ 16 ] The XEROX Learning Research Group, The Smalltalk System, BYTE, Vol. 6, No. 8, 1981, pp. 36~48.
  - [ 17 ] C. Hewitt et al., Viewing Control Structures as Patterns of Passing Messages, Artificial Intelligence, Vol. 8, 1977, pp. 323~364.
  - [ 18 ] C. Jeff, Hypertext: An Introduction and Survey, IEEE Computer, Vol. 20, No. 9, pp. 17~41.
  - [ 19 ] 米澤明憲, オブジェクト指向計算の現状と展望, 情報処理, Vol. 29, No. 4, pp. 1988, 290~293.
  - [ 20 ] 木村文彦, オブジェクト指向による CAD/CAM のためのモデリングとデータベース, 情報処理, Vol. 29, No. 4, 1988, pp. 368~373.
  - [ 21 ] 数理科学講求録刊行会, 知識ベースとデータベースの統合化に関する研究, 数理科学講求録 593, 1986.
  - [ 22 ] 大須賀節雄, 知識情報処理, オーム社, 1986.
  - [ 23 ] 酒井博敬, 情報資源管理の技法, オーム社, 1987.
  - [ 24 ] ソフト・リサーチ・センター (SRC), データベース・システム~最新技術と応用の展望~, 1987.
  - [ 25 ] 長谷川幸雄, CIM をめぐる最近の動向と諸問題, SYSTEMS 8・9月号, 1988.

執筆紹介 梶原 昌 平 (Shohei Kajiwara)

昭和 43 年京都大学農学部農業工学科卒業。45 年日本ユニシス(株)入社。製造、公共、流通、金融分野における、大規模から小規模までの各種の企業データベース構築支援に従事。現在システム第 2 本部システム企画開発部に所属。



原 陽 一 (Yoichi Hara)

昭和 61 年産業能率大学経営情報学部情報学科卒業。63 年図書館情報大学大学院図書館情報学研究科修了。在学中、オブジェクト指向マルチメディア・データベース・システムの研究開発に従事。同年日本ユニシス(株)入社。現在、システム第 2 本部システム企画開発部に所属。情報処理学会、人工知能学会、各会員。



# CIM 基盤技術の動向 — DC —

## Trends of Basic CIM Technologies — DC —

袴 田 宏

**要 約** CIM を取り巻くコミュニケーションの分野は、事業所内ネットワークから異企業間ネットワーク、機械制御から OA/受発注・決済までと幅広い。コンポーネントの一つ一つをとっても多種多様である。このような分野でシステムを構築していくための社会的コスト（国内だけでなく世界的レベルで）を最小にするためには標準化が不可欠である。

本稿ではコミュニケーション分野における標準化動向を概観し、合わせて今後 WAN (Wide Area Network) の中心になるとされる ISDN (Integrated Services Digital Network) サービスについて詳述した。なお、MAP/TOP については本誌別稿 (CIM 基盤技術の動向—MAP/TOP—) を参照されたい。

**Abstract** The communications area in CIM covers a very wide range from in-house networking to inter-company networking and from machine control to OA applications/booking and ordering and to account settlement. Components also vary from one to another.

Standardization is required to minimize costs involved in the construction of communications systems for CIM (for not only domestic but international use).

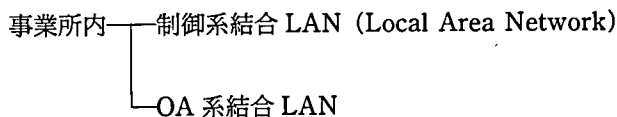
In this paper the author reviews the general trends of standardization in the area of CIM communications networks, and describes Integrated Services Digital Network (ISDN) services expected to play a central role in the future Wide-Area Network (WAN).

Readers are requested to refer to another report in this publication for the MAP/TOP details employed in the local area network.

### 1. はじめに

CIM 構築時、DC (Data Communication) 分野に求められるもの (期待されるもの) を整理すると、

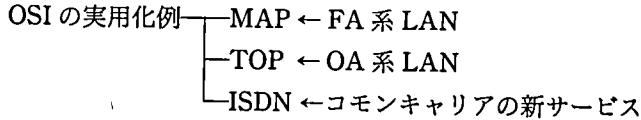
- 1) マルチベンダ環境に耐えられること
- 2) あらゆる特性のネットワークを実現できること、すなわち



事業所間・異企業間—WAN による結合となる。これらを効率よく実現するためには、広範囲の標準化とその実装標準が必須条件となる。OSI (Open Systems Interconnection=開放型システム間相互接続) は、ISO (国際標準化機構) および CCITT (国際電信電話諮問委員会) が協調して制定している標準/勧告で、現在および将来発展する DC 分野の基本となるものである。

ここで制定される範囲は膨大なもので、実際のネットワークは必要な機能を取り出し機能標準を定めて (実装標準化の作業)、それに準拠して構築される。こうしてでき上った具体的な実用化例を、先程挙げた実現すべきネットワークとの対応で示してみ

ると次のようになる。



本稿では以下の内容について解説する。なお MAP/TOP については、本誌別稿を参照されたい。

- 1) OSI 標準化動向と日本における実用化例
- 2) コモンキャリアの新サービスとして注目される ISDN のサービスと、その利用法

また、OSI についてさらに詳しく知りたい方のために参考文献<sup>[1],[2],[3]</sup>を最後に紹介しておく。

## 2. OSI 標準化動向と日本における実用化例

### 2.1 OSI 標準化動向

#### 2.1.1 7階層モデル

詳細は先に述べた参考文献を参照されたい。ここでは以下の展開に必要な最小限の説明にとどめる。

OSI は、

- ・応用層 (レイヤ7)
- ・プレゼンテーション層 (レイヤ6)
- ・セッション層 (レイヤ5)
- ・トランスポート層 (レイヤ4)
- ・ネットワーク層 (レイヤ3)
- ・データリンク層 (レイヤ2)
- ・物理層 (レイヤ1)

の7階層構造をとっている。OSIの機能は、情報処理向けと通信処理向けの大きく二つの階層群に分けられる。情報処理向け階層は通信する応用プロセスの業務に依存し、上位層と呼ばれる。通信処理向け階層は、応用プロセスの業務に依存せず透過的なデータ伝送を実現し、下位層と呼ばれる。

これらを図1に示す。

#### 2.1.2 標準化動向

ISOによるOSIの標準化状況を図2に示す。この図からも明らかなように、アプリケーション固有部の一部その他多少例外はあるものの、ほぼ根幹の部分の標準化は完了している。しかしながら、これらの標準は基本標準(Basic Standard)と呼ばれ、システムの十分条件に相当する範囲を広範囲に規定しているものである。したがって、この標準をそのまま実装すると膨大なものになる。そこで、実装に向けて次のような重要な推進活動が各国・各団体で遂行されている。

- 1) サブセット化……基本標準の中から、適用分野、使用する回線等に対応して使うべき標準を選択する。結果をプロフィールと称する。

実開放型システム

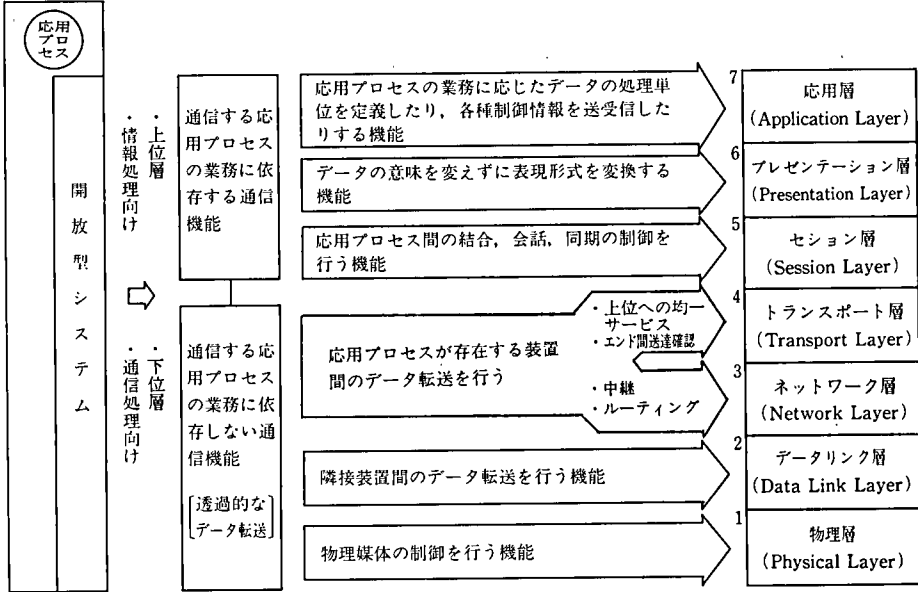


図 1 OSI の 7 階層モデル

Fig. 1 OSI seven layer model

		エンド・ユーザ (Application Program etc.)							
		ユーザ (アプリケーション) インタフェース							
OSI 基本 参照 モデル	OSI 管理 (1990)	RDA (データベース) (1990)	JTM (ジョブ) 基本 (1990)	VT (仮想端末) 基本 (1990)	TP (トランザクション) (1990)	FTAM (ファイル) (1988)	MOTIS (メッセージ) (1988)	.....	
	応用層 (Application Layer)	ACSE/CCR/ROS (共通アプリケーション)							(1990) (ただし CCR)
	プレゼンテーション層 (Presentation Layer)	プレゼンテーション層 (CO型/CL型)							(1989) (ただし CL型)
	セッション層 (Session Layer)	セッション層 (CO型/CL型)							(1988) (ただし CL型)
	トランスポート層 (Transport Layer)	トランスポート層							
	ネットワーク層 (Network Layer)								
	データリンク層 (Data Link Layer)	LAN	PSDN	CSDN	電話網	ISDN	専用線	...	
物理層 (Physical Layer)									

□ はすでに標準が定まっていることを示す。  
( ) の数字は標準となる予定の時期を示す。

- RDA : Remote Database Access
- JTM : Job Transfer and Manipulation
- VT : Virtual Terminal
- TP : Transaction Processing
- FTAM : File Transfer Access and Management

- MOTIS : Message Oriented Text Interchange Systems
- ACSE : Association Control Service Elements
- CCR : Commitment Concurrency and Recovery
- ROS : Remote Operation Service
- LAN : Local Area Network
- PSDN : Packet Switched Data Network
- CSDN : Circuit Switched Data Network
- ISDN : Integrated Services Digital Network

図 2 OSI の標準化動向

Fig. 2 The trend of standardization

- 2) 機能標準の設定……サブセット化で選択された標準を、さらに詳細に標準化(パラメタの選択/具体値の設定など)したものを機能標準 (Functional Standard) と称する。

以上二つの作業、すなわちプロフィールの設定/機能標準の設定をすることにより、実装が容易となる。この結果得られる成果物を実装規約とも称する。

実装規約を規定し、実装を完了した後の工程で

- 3) 適合性試験

が行われる。この試験方法についても標準化作業が推進されている。

この試験に合格して、初めて該製品の実装規約への適合性が保証される。MAP/TOP は、その代表的な成果物の一つである。次に、日本における実用化活動状況(もちろん国際的な連動をとっている)を概観する。

## 2.2 日本における実用化の状況

### 2.2.1 INTAP の OSI 相互接続実験'88

INTAP ((財)情報処理相互運用技術協会)は、昭和60年度より通商産業省工業技術院の大型プロジェクト制度の中で「電子計算機相互運用データベースシステム」の研究開発の委託を受け、活動している機関である。

日本における異種システムの自由な相互接続を実現していくため、さまざまな活動をしているが、活動の具体的な成果の一つとして国際標準に基づいた各種実装規約書(暫定版)を作成している。本年度は活動予定期間の中間に当たり、その評価の一環として掲題の接続実験が昭和63年11月8日より4日間行われる。

実験の概略図を図3に示す。

### 2.2.2 ISDN のサービス

昭和63年4月19日より、NTTはISDNのサービスを開始した。今後の広域網サービスに多大なインパクトを与えるものであり、それについては次章で説明する。

### 2.2.3 大手ユーザによる OSI の取り組み

日経コミュニケーション<sup>①</sup>に野村証券のOSIネットワーク例が紹介されている。その中心として採用された技術(標準)はトークン・リングLANとTPプロトコルである。TPプロトコルは標準化動向で説明したように、まだOSIでは標準が規定されていないが、ACSE以下はOSIに準拠しつつ、その上位(アプリケーション固有部)のTPプロトコルは独自に開発している。

その他、当社においてもOSI導入の引き合いが活発化しており、実際に接続相手メーカーと具体的に検討を実施している例も出始めた。今後加速度的に活発化しよう。

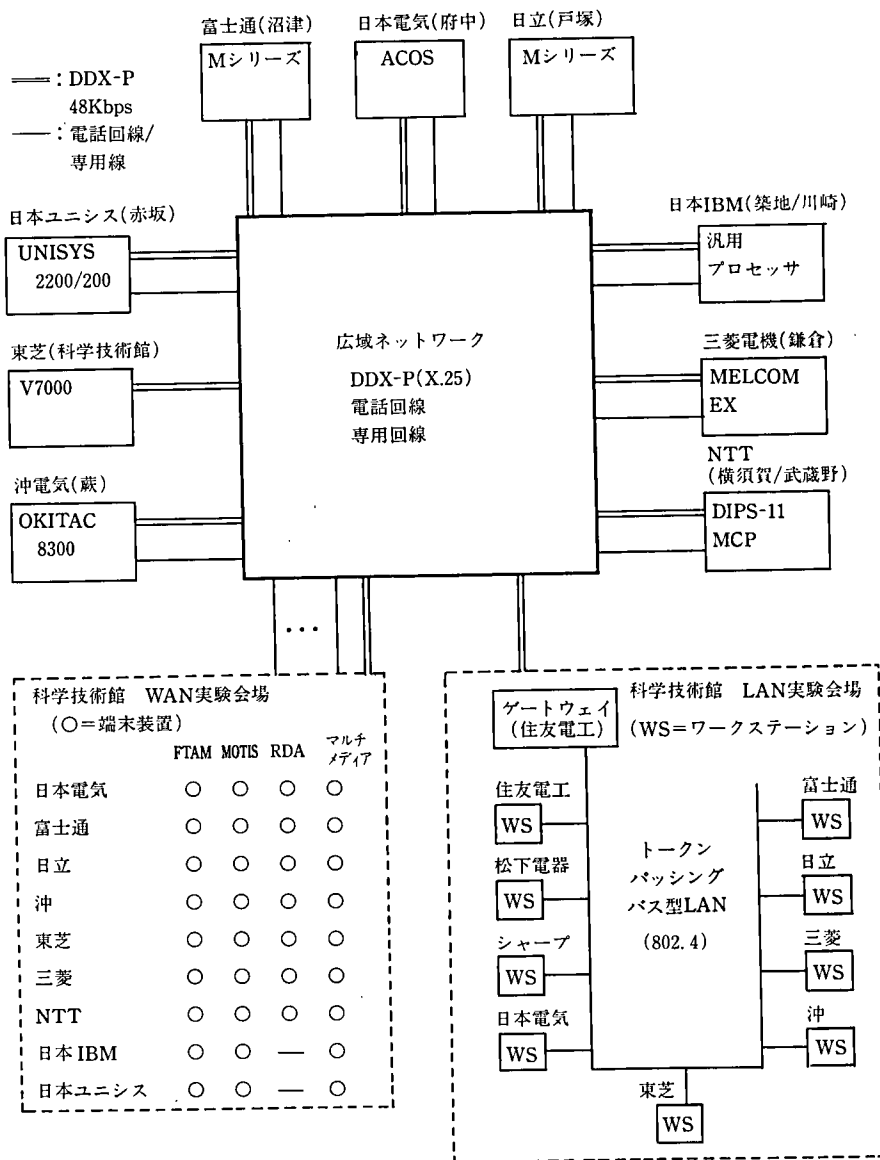
## 3. ISDN のサービスとその利用法

NTTは従来のさまざまなネットワーク提供サービスに加え、新しくISDNのサービス(「INSネット」サービス)を開始した(図4)。以下その概要と利用方法について解説する。

### 3.1 ISDN とは

ISDN(総合デジタル通信網サービス)は、デジタル通信技術を核として

- 1) 通信メディアの統合、すなわち音声、データ、イメージの統合



(OSI 相互接続実験 '88, INTAP, 63.6, P.4 より)

図 3 OSI 相互接続実験(11/8~11/11)の全体システム構成

Fig. 3 System configuration of interoperable networking event (11/8~11/11)



2) 通信サービスの統合, すなわち回線交換, パケット交換および専用線サービスの統合

を実現するサービスで, 国際的な標準化活動と技術の進歩が結実したものといえよう。今後の継続的な標準化活動および統合化のメリットをうまく生かす工夫 (提供者側, 利用者側とも) が必要なことはいうまでもないが, 今後のネットワークの核になるのは間違いない。

3.2 ISDN インタフェース

3.2.1 層構造とチャネル種別

ISDN では一本の回線が 2 種類のチャネルで構成され, 一方を情報チャネル(B, H)

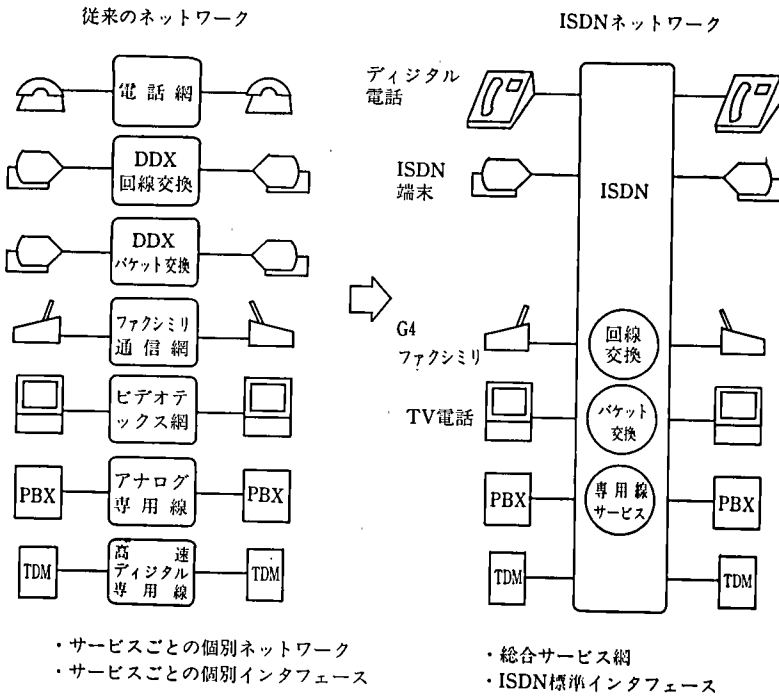


図 4 従来のネットワークから ISDN ネットワークへ

Fig. 4 From already existing network to ISDN network

上位 4 層	検討中			
ネットワーク	呼制御 I450 I451	X.25 ISDN 付加機能		X.25
データ・リンク	LAPD I440, I441			LAP-B
物理層	レイヤー 1 プロトコル I430, I431			
層適用対象	回線交換	パケット交換	回線交換	パケット交換
	Dチャネル		情報チャネル	

▨ 上位層プロトコル

図 5 層構造と勧告名

Fig. 5 Layer structure and recommendation name

表1 チャネル種別  
Table 1 The Kind of channels

チャネル種別	チャネル速度	用 途
B	64 Kbps	ユーザ情報の転送 (回線交換/パケット交換)
H	H 0	ユーザ情報の転送 (回線交換)
	H 1	ユーザ情報の転送 (回線交換)
D	16 Kbps	呼制御用信号情報の転送
	または 64 Kbps	ユーザ情報の転送 (パケット交換)

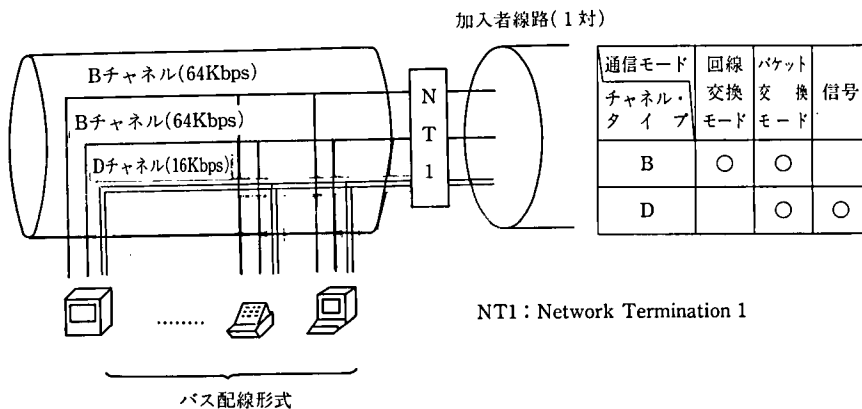


図 6 基本インタフェース (2B+D)

Fig. 6 Basic user network interface (2B+D)

と呼び、一方を信号チャネル(D)と呼ぶ。それぞれにつき第3層までCCITTは、Iシリーズ勧告としてインタフェースを定義している。勧告名とチャネルおよび層の関係を図5および表1に示す。

### 3.2.2 インタフェース

通信事業者の提供するネットワークと、加入者側で設置する構内設備との分界点(インタフェース)には、NT1(Network Termination 1)が通信事業者より提供され、それには以下の2種類がある。現在の「INS ネット」サービスは、そのうちの基本インタフェース・サービスを提供している。

- 1) 基本インタフェース (2B+D)……既存の電話引込回線をISDN加入者回線として利用でき、64 Kbpsの情報チャネル(B)×2と16 Kbpsの信号チャネル(D)×1とで構成される(図6)。総容量は144 Kbpsとなる。
- 2) 一次群インタフェース (23B+D, その他)……加入者線として光ファイバが必要であるが基本インタフェースに比べ総容量が大きく(1536 Kbps)、また表2の通り総容量の範囲の中での情報チャネル(B, H)および信号チャネル(D)の組み合わせにも自由度がある。

なおDチャネルは64 Kbpsを必要とするが、表2①、②で説明しているように他の回線と共用でき、ある回線についてはDチャネルがなく、すべて情報チャネル(B, H)として使うことができる。23B+D/Bの例について図7に示した。

表2 一次群インタフェースのチャンネル組み合わせ  
 Table 2 The Kind of channel combination in primary rate user network interface

可能なチャンネルの組み合わせ	備 考
23B+D/B……①	①……Bとして使う場合は、信号チャンネルは他回線のDを共用 ②……信号チャンネルは、他回線のDを共用
Ho+17B+D/B……①	
2Ho+11B+D/B……①	
3Ho+ 5B+D/B……①	
4Ho……②	
H <sub>1</sub> ……②	

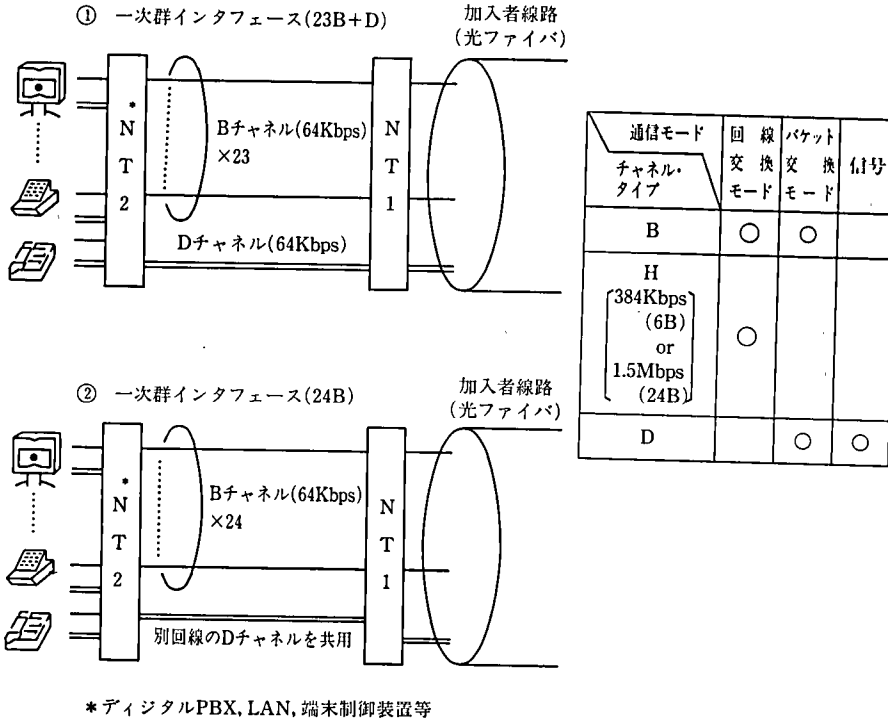


図7 一次群インタフェース (チャンネル組み合わせ例は 23B+D/B)  
 Fig.7 Primary rate user network interface (example of 23B+D/B)

### 3.3 NTTのISDNサービス (「INS ネット」サービス)

- 1) 「INS ネット」サービスの種類……インタフェースごとに次の名称でサービスされる。
  - ① 基本インタフェースの提供サービス：INS ネット 64
  - ② 一次群インタフェースの提供サービス：INS ネット 1500
- 2) サービス提供計画……現在は INS ネット 64 による回線交換サービスのみ提供されており、64年度には INS ネット 64 によるパケット交換サービスの追加とサービス機能の充実および INS ネット 1500 の提供が行われる。サービス地域はまだ限定されているが、本年度中には、かなり拡大されていく見通しである。まだ、

中・長期の具体的拡大計画は見えないが、NTT はニーズ重視を打ち出している。最後に現状の料金を紹介すると、

- ・基本料：事業所用 5,400 円/月  
家庭用 4,600 円/月

- ・通信料：加入電話と同一（音声、データとも区別なし）

となっており、使い方によってはかなり割安となる。今後の新サービスと、それに伴う料金についても注目したい。

### 3.4 利用方法

#### 3.4.1 「INS ネット」サービスの特徴と今後注視すべき動向

NTT 自身の説明あるいは種々の解説でさまざまな特徴をあげているが、集約すると次のようになる。

- 1) 自由に通信できるデジタル版の公衆網サービス（回線交換/パケット交換混在）
- 2) 電話回線 1 本で 3 チャンネル（二つの 64 Kbps チャンネルと一つの 16 Kbps チャンネル）が提供される……基本インタフェースのサービス
- 3) 光ファイバ・ケーブルを用いれば、384 Kbps (H<sub>0</sub>)や 1.5 Mbps (H<sub>1</sub>) の高速・広帯域通信サービスを受けられる……一次群インタフェースのサービス

利用方法（例）については次項で説明するが、さらに具体的に検討していくには、下記観点で引き続き NTT/標準化の動向を注視していく必要がある。

- 1) 64 年春から新しく提供されるサービス内容および料金体系
- 2) サービス地域の拡大状況
- 3) 標準化の動向

たとえば、現在既存のインタフェース (V/X シリーズ) の端末/コンピュータでも INS ネットに加入可能とする TA (ターミナル・アダプタ) が何種類も販売されているが、異なったメーカ同志の TA では接続不可能である。また、さらに高速度のサービスの標準化および提供も望まれる。

#### 3.4.2 利用方法

- 1) 公衆型の高速デジタル回線としてみた場合……利用できる速度が 64 Kbps (B), 384 Kbps (H<sub>0</sub>), 1.5 Mbps (H<sub>1</sub>) というように現状の専用線型の高速デジタルと比べ、速度の種類が少なく不便も感じられるが、
  - ① すでに構築されている企業内 INS ネットワークのバックアップ回線
  - ② 今後構築される比較的データ量の少ない企業の基幹回線
  - ③ 交換型で十分なデータ量で、しかし高速を必要とする端末用の回線 (LAN の延長、ファイル転送/動画・静止画転送等)
 としての使い途が考えられる。

- 2) 多チャンネルの電話回線としてみた場合……INS ネットの最大の魅力は、一般家庭も巻き込んだ通信基盤の変革である、ということがいえよう。すなわち、従来の新ネットワーク・サービスは、パソコン・ネットワーク等で多少一般家庭にインパクトを与えているが、まずは一般家庭とは無縁の世界であった。今回の INS ネット 64 のサービスは、通常の電話回線をそのまま使える（ユーザからみて）。

最終的なエンド・ユーザと、電話だけでなく今後種々流通すると思われる標準インタフェースを持った端末と直接会話できる意義は大きい。

ただし真に普及するためには、ユーザ負担額の低減およびユーザ・メリットの出るアプリケーションの開発が必要である。

- 
- 参考文献 [1] 情報処理, 情報処理学会, Vol. 26, 1985, No. 4.  
 [2] 「OSI-明日へのコンピュータネットワーク」, 日本規格協会.  
 [3] OSI の応用, 日本規格協会.  
 [4] OSI 相互接続実験 '88, INTAP, 63.6.  
 [5] 「日経コミュニケーション」, 日経マグロウヒル社, 1988, 3-7, pp. 61~73.

執筆者紹介 袴田 宏 (Hiroshi Hakamada)

昭和 44 年静岡大学工学部電気工学科修士課程修了。同年日本ユニシス(株)入社。コミュニケーション、ターミナル関連およびファームバンキング・システムの設計、開発、SE サービスに従事。現在マルチドロップ回線の自動設計アルゴリズムの検討および PC による実用化のグループ研究中。通信システム部所属。電子情報通信学会会員。



## CIM 基盤技術の動向 — MAP/TOP —

### Trends of Basic CIM Technologies — MAP/TOP —

木 村 勉

**要 約** マルチベンダ環境における容易な相互接続を目指す MAP/TOP は、1988年6月米国ボルチモア市で開催された ENE'88i において、その目指すものが実現可能であることを実証した。

仕様上のいくつかの問題、適合試験の問題等なおいくつかの課題はあるものの、欧米を中心としたユーザ主導の大きな流れはこれらを乗り越えていくだろう。

また、日本における MAP/TOP 普及の鍵はユーザが握っている。

**Abstract** MAP/TOP designed to provide easy interconnection in the multi-vendor environment proved that its goals were attainable at the ENE '88i held this June at Baltimore, Md., U. S. A.

Although there are still some problems left to be solved about the specifications, conformance testing, etc., user-driven moves mainly in Europe and the U. S. A. will pave the way for the solution of those problems.

The key to the wide acceptance of MAP/TOP in Japan is held by Japanese users.

#### 1. は じ め に

段上では3人の男女がそれぞれ勝手に歌い、不協和音を立てていた。そこに一人の男性が登場、「OSI」と書かれた楽譜を彼等に手渡す。4人が「OSIの楽譜」を手に歌い始めると今度は見事なハーモニーである。黒山の人だかりからは、さかんな拍手が送られた(写真1, 2)。

これは1988年6月、米国ボルチモア市で開催された ENE '88i (Enterprise Networking Event '88 International) での一コマである。ENE '88i は MAP/TOP (Manufacturing Automation Protocol/Technical & Office Protocol) ユーザ・グループと米国における OSI (Open Systems Interconnection) 推進母体である COS



写真 1 ENE '88i 入口

Photo.1 Entrance of ENE '88i



写真 2 ENE '88i cos ブース

Photo.2 ENE '88i cos booth

(Corporation for Open Systems) との共催で、MAP/TOP と OSI の有用性を実証すべく開催された一大イベントである。そして、100 社を越すベンダ/ユーザが OSI、MAP/TOP の下に集まり、「見事なハーモニー」を見せた。

日本で MAP/TOP が注目されるようになったのは 1984-85 年頃からである。情報不足に起因する一時のブームが過ぎると、日本の産業界では冷やかかではないものの、成り行きを静観する態度が支配的になった。そして 1988 年 6 月、ENE '88i が開催され、大成功をおさめた。はたして、ENE '88i の大成功は OSI、MAP/TOP の普及に弾みをつけることになるのだろうか。また、日本への影響はどうであろうか。

本稿では最近の MAP/TOP に関する話題を ENE '88i を中心に紹介し、今後の動向を探る上での一助としたい。なお、本稿では MAP/TOP そのものの詳細についてはふれないので、その方面に興味を持たれる読者のために参考文献<sup>[1]</sup>を紹介する。また MAP/TOP と深い関係にある OSI については本誌の別稿 (CIM 基盤技術の動向—DC—) および参考文献<sup>[2]</sup>を参照されたい。

## 2. MAP/TOP の目指すもの

### 2.1 MAP/TOP の背景

1980 年 11 月、米国の GM (General Motors) 社内に MAP タスクフォースが設立され、製造自動化のための標準通信システムとしての MAP の開発がスタートした。一方、TOP は製造業のオフィス環境向けの通信システムとして米国ボーイング社が提唱したもので、1985 年たまたまボーイング社内で開かれていた MAP 会議の席上、MAP と一緒に開発および標準化を進めることが決定され、同年米国 MAP/TOP ユーザ・グループが発足した。GM 社の MAP タスクフォース発足以来の MAP/TOP の歩みを表 1 に示す。

1985 年当時、GM 社は MAP 開発に着手した理由を以下のように説明している。

- 1) 生産の自動化は個々の自動機器の導入やセル内でのそれ等の相互接続によって進んできたが、現状は個々またはセル単位で孤立した数千にも及ぶ「自動化の孤島：Islands of Automation」をかかえる結果となった。自動化の効果を最大限に上げるためには、この数千の「自動化の孤島」を相互接続することが必要である (図 1)。
- 2) 自動化のために必要な構成要素は多岐にわたり、これらすべてを供給できる単

表1 MAP/TOPの歩み  
Table1 History of MAP/TOP

1980年	GM社 MAPタスクフォース発足
1982年	最初の仕様書発行
1983年	MAPコンファレンス開始
1984年	MAP Ver 1.0仕様書発行 NCC(ラスベガス)でのデモ
1985年	MAP Ver 2.0の仕様書発行 MAP/TOPユーザグループ発足(米国) MAP Ver 2.1仕様書発行 Autofact '85(デトロイト)でのデモ……MAPとTOPの相互通信 国際連合会議開始 MAP Japan Meeting開始
1986年	MAP Ver 2.2仕様書発行 ENE参加者公募
1987年	MAP Ver 3.0インプリメンテーション・リリース発行
1988年	ENE '88 i 開催
-----	
	MAP Ver 3.0仕様書(6年間凍結)発行予定
1990年	GM社 サターン・プロジェクト完了予定 ENE '90 i 開催予定

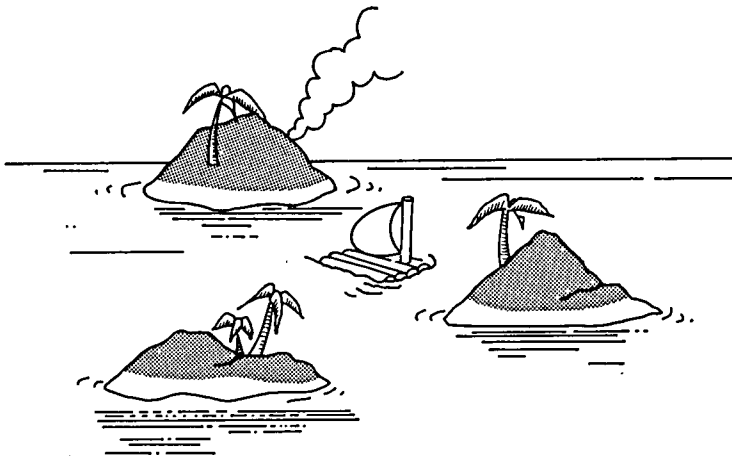


図1 自動化の孤島

Fig.1 Islands of automation

一のベンダは存在しない。したがって、自動化された生産システムは、複数のベンダから供給される構成要素を組み合わせることで構築されることになる（マルチ・ベンダ環境）。

- 3) ベンダごとに通信規約が異なるため、複数のベンダから供給される機器同志を接続するためには膨大な労力と費用が必要となる。GM社の試算によれば、投資コストの50%は通信規約の違いをカバーするために費やされるという。

ところで、GM社がMAPの開発に着手した背景については、その企業戦略との関係があるとして「サターン・プロジェクト」の存在が指摘されている。サターン・プロジェクトは1990年までに、日本車に対抗しうる品質、性能、価格の小型車を生産することが目的であるといわれている。当初の計画では、MAPは1988年までに完成す



る予定だったこと、プログラマブル・コントローラやロボット等のインテリジェント装置を1990年までに1985年当時の5倍の20万台にまで増やす計画であること等は、サターン・プロジェクトのためだともいわれている。

MAP/TOPの背景を要約すると、「製造業のマルチベンダ環境で異なるベンダ間の相互接続を安価に実現するための標準仕様の必要性」ということになる。これは、GM社だけでなく規模の差こそあれ、すべてのユーザが直面している問題であろう。

## 2.2 MAP/TOPの目指すもの

「MAP/TOPの目指すもの」は、一言で言えば「プラグイン」を実現することである(図2)。

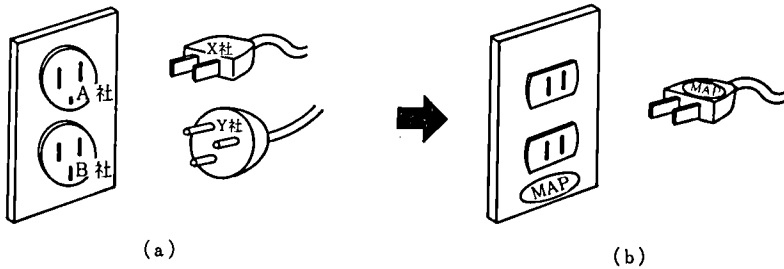


図2 MAP/TOPの目指すもの

Fig.2 Goal of MAP/TOP

図2(a)は、ベンダごとにインタフェースが異なっている現状を示している。(b)は、「MAPマーク」の付いた製品であればどのベンダ製であろうとインタフェースが統一されており、したがってプラグイン可能であることを示している。

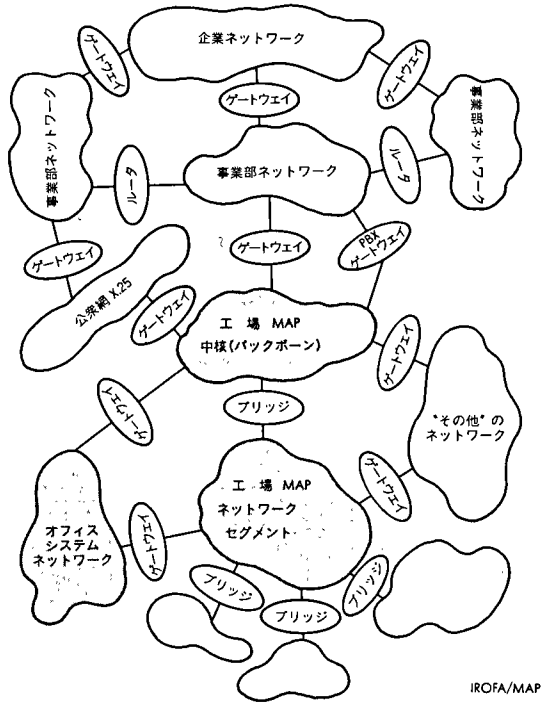
図2はコンセントとプラグの関係を使った説明なので、物理的インタフェースの問題だけが対象であるように見えるが、もちろんそうではない。別のコンセントに接続された異なるベンダの製品との間で相互通信できることまでを「MAPマーク」が保証しているのである。

次に「MAP/TOPの目指すもの」、すなわち「プラグイン」が実現した時の実際のネットワークがどんなものになるのかを見てみる。図3はCATANET (Concatenated Network)と呼ばれ、異なる規格のネットワークがゲートウェイ、ブリッジ、ルータを介して相互に接続され、企業全体のネットワークにまで発展した様子を示している。

図4は、CATANETの例をもう少し具体的に示したものである。OSI規格の広域網、フルMAP、TOP、ミニMAPとフィールドネットによって企業全体のネットワークが構成されている。このうちフィールドネットとは、MAP/TOPの規格外のベンダ固有のネットワークの総称であり、センサや計測器等を接続するためには部分的にベンダ固有のネットワークが使用されることを示している。

## 3. ENE '88i

ENE '88iは、6月5日から9日までの5日間にわたり米国ボルチモア市で開催され、6月6日から8日までの展示には7500余人の見学者が、また80を越すセミナーや

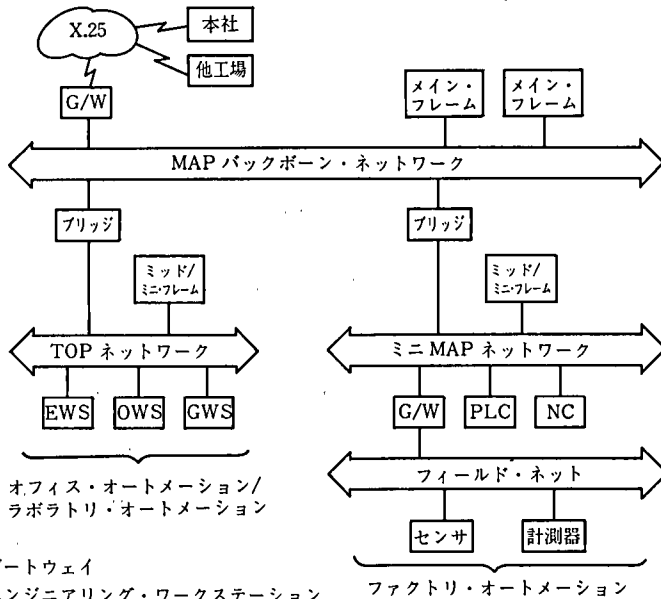


IROFA/MAP

(和田龍児他, MAP-FA 実現へのかぎ, 国際ロボット・FA 技術センター (IROFA) 編, 日本規格協会, P.25 より)

図 3 CATANET

Fig.3 CATANET



G/W : ゲートウェイ

EWS : エンジニアリング・ワークステーション

OWS : オフィス・ワークステーション

GWS : グラフィック・ワークステーション

ファクトリ・オートメーション

PLC : プログラマブル・ロジック・コントローラ

NC : ニューメリカル・コントローラ

図 4 CATANET の例

Fig.4 Example of CATANET

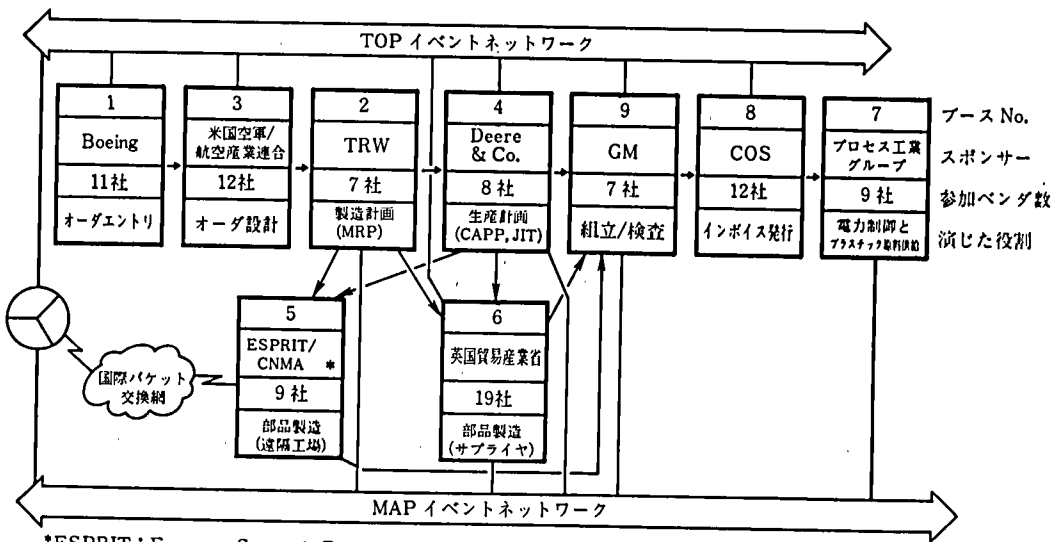
表2 ENE '88iの概要  
Table 2 Outline of ENE '88i

・主催	MAP/TOPユーザ・グループとCOS(Corporation for Open System)		
・後援	ITI(Industrial Technology Institute), SPAG-CCT(Standards Promotion & Application Group-CNMA Conformance Testings)		
・事務局	SME(Society of Manufacturing Engineers)		
・開催期間	1988年6月5日～9日		
・場所	米国メリーランド州 ボルチモア市 ボルチモア コンベンションセンター		
・スポンサーブース 参加企業	ベンダ	58社	
	ユーザ	32社	
・プライベートブース 参加企業	ベンダ	71社	
・スポンサーブース展示システム数		101台	
・プライベートブース展示システム数		300台	
	うちネットワークに接続されたもの	30台	
・見学者数		7,511人	
・コンファレンス参加者		2,129人	
・報道関係者		225人	

会議には 2100 余人の参加者がそれぞれ集まった (表 2)。

展示の中心は、130 余台の情報処理機器の MAP/TOP, OSI による相互接続のデモンストレーションであった。このデモンストレーションは前述した「MAP/TOP の目指すもの」、すなわち CATANET が実現可能であることを実証して見せた。

展示の全体は一つの企業体 (Enterprise) を模しており、9 部門からなる製造業の各部門の機能を九つのブースに割りふり、企業活動の中で相互接続がいかに有効に働くかを実演して見せた (図 5)。このデモンストレーションでシミュレートされる製造業



\*ESPRIT : European Strategic Program for Research and development in Information Technology  
CNMA : Communication Networks for Manufacturing Application

図 5 ENE '88i のスポンサーブース構成  
Fig. 5 ENE '88i configuration of sponsored booths

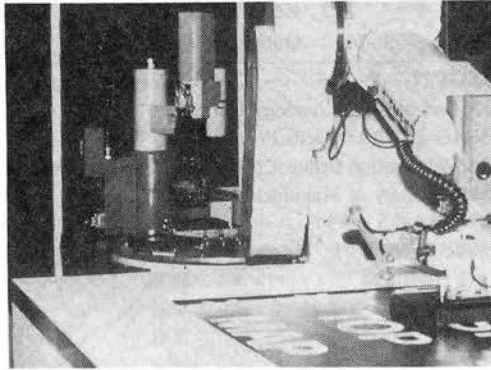


写真 3 GM ブース

Photo. 3 GM booth

は「エンタープライズ・プロダクト」と呼ばれるプラスチック製のペン立てを製造している。見学者が入場登録をすると、(バーコード付きの ID カードが渡され、見学者は各ブースの入口にあるバーコード・リーダーで読ませる) その情報がエンタープライズ・プロダクトへの注文として扱われ、以降の企業活動に引き継がれる。見学者は、組立/検査を担当する GM 社のブースで ID カードを読ませることにより、注文通りのペン立てを受け取ることができる。写真 3 は、GM 社のブースでロボットによる組立てが終わった 3 種類のペン立てが、やはりロボットにより最終検査ラインへのせられるところである。これらのロボットはもちろん、MAP により上位のコントローラと接続されている。

以上が、エンタープライズ・プロダクト・アプリケーションと呼ばれるデモンストレーションのシナリオである。この他に、相互接続を見せるための二つのデモンストレーションが用意された。

一つはイベント・インフォメーション・アプリケーションと呼ばれ、FTAM (File Transfer Access and Management) による情報交換を実演するものである。これは、ボーイング社のブースに設置されたセントラル・ファイル・サーバに蓄積された入場者情報を会場内の FTAM を実装したどのノードからでもアクセスでき、入場者に関する統計情報を見ることができるというものである。

もう一つはポータル・デリバリ・アプリケーションと呼ばれ、MHS (Message Handling System) による情報交換を実演するものである。これは、会場内にある MHS を実装したすべてのノードから利用可能で、見学者が希望届け先住所と希望発信地 (米国かヨーロッパ) を指定すると、後日指定通りの手紙が届くというものである。筆者は、たまたま米国ユニシス社のプライベート・ブースのノードからオフィス宛での発送を指示したのだが、約 2 週間後、確かにラゲージ・タグと共に手紙がオフィスに届いた。

ENE '88i について筆者が最も強く感じたことは、この一大イベントがユーザ主導で実現したという点である。GM 社、ボーイング社を筆頭に多くのユーザが MAP/TOP、OSI の必要性を説き、ベンダはそれに協力し ENE '88i が実現した。そして米国空軍、

海軍（海軍はプライベート・ブースのみの参加）、英国通産省等の公的機関がユーザの立場で参加していた。筆者は、これらの点に日本と欧米の官民の差を見る思いがすると共に、このあたりに日本における MAP/TOP、OSI 普及の鍵があるように思えた。

#### 4. MAP/TOP 今後の課題

ENE '88i は、確かに MAP/TOP の目指す CATANET が実現可能であることを示した。そこには多くのベンダから MAP/TOP 対応製品（または出荷直前のもの）が展示され、ユーザはすぐにもマルチベンダ環境での相互接続が実現できそうに見えた。しかし MAP/TOP の普及が本格化するためには、なおいくつかの課題が、とくに日本において存在する。

ここでは、これらの課題の一部にふれることにする。

##### 4.1 仕様上の課題

###### 4.1.1 MAP/TOP バージョン 3.0 仕様書の発行

1988 年 9 月現在、MAP/TOP バージョン 3.0 仕様書はまだ発行されていない。

1987 年 7 月、MAP バージョン 3.0 インプリメンテーション・リリースが発行されたが、これは主に ENE '88i に参加するベンダが MAP を実装する際のガイドラインを示すためのものであり、バージョン 3.0 の仕様書そのものではない。

バージョン 3.0 仕様書が発行されると以降 6 年間、その仕様は大幅な改訂を加えず、基本仕様において凍結されることになっている。これは、頻繁な仕様改訂が MAP/TOP の普及を阻害するとの判断による。凍結期間としての 6 年間で適当かどうかは別として、一定期間仕様が安定することは、ユーザ、ベンダ相方にとって望ましいことであろう。

いずれにしても、一日も早いバージョン 3.0 仕様書の発行が待たれる。

###### 4.1.2 MMS コンパニオン・スタンダードの制定

MMS (Manufacturing Message Specification) は、OSI 参照モデルの第 7 層に位置づけられ、ユーザと直接インタフェースをとる部分である。

ロボットや NC といった FA 機器とセルコントローラを接続したとき、制御コマンドやそれへの応答の方法を規定するのが MMS である。MMS は接続する FA 機器固有の特性までは考慮しておらず、それは MMS の枠組みの中でコンパニオン・スタンダードとして規定する。たとえば、ロボットにはロボット用のコンパニオン・スタンダードがあり、NC には NC 用のコンパニオン・スタンダードがある (図 6)。

MMS は ISO (International Organization for Standardization) の場で、すでに、DIS (Draft International Standard) になっているが、肝心のコンパニオン・スタンダードはいずれもまだ DP (Draft Proposal) の段階にあり、DIS となるのは 1989 年から 1990 年頃の予定である (ISO における規格制定手順については参考文献<sup>[1]</sup>の P. 268 参照)。

また、コンパニオン・スタンダードのいくつかは ISO で、他のいくつかは IEC (International Electrotechnical Commission) で審議されており、今後両組織間での調整が必要となろう。

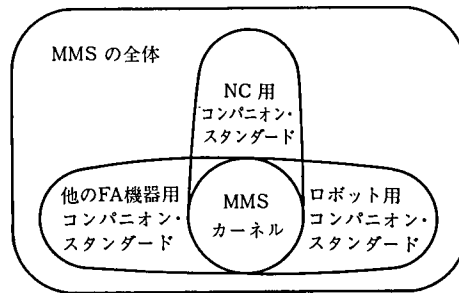


図 6 MMS とコンパニオン・スタンダード

Fig. 6 MMS, companion standard

#### 4.1.3 光 MAP

MAPの伝送媒体に光ファイバ・ケーブルを使うことは、フルMAPにおいては伝送容量の大きさの面で、またミニMAPにおいては耐電磁雑音性能の面で、光ファイバ・ケーブルが同軸ケーブルより優れること等から要求が強い。

今年6月のMAP国際会議において、フルMAPに光ファイバ・ケーブルを適用することはヨーロッパが、ミニMAPに光ファイバ・ケーブルを適用することは日本が各々リード・リージョンとなることが決定された。これを受けて日本では財団法人国際ロボット・FA技術センター(IROFA)、MAP技術委員会の光を扱っていたワーキング・グループ6(WG6)が、全面的に再編され活動を開始した。当社からもこのWG6にメンバ1名を派遣している。ちなみに当社からは他に、MAP仕様書を扱うWG1に1名、TOPを扱うTOP-WGに1名のメンバをそれぞれ派遣している。

MAPバージョン3.0インプリメンテーション・リリースには、付録6として光MAPに関する草案が添付された。しかし光MAPの検討は始まったばかりであり、今後の大きな課題の一つである。

また、前述のIROFAは通産省の委託を受け「工場自動化相互接続システム(FAIS: Factory Automation Interconnection System)」の研究開発を行っている<sup>[3]</sup>。FAISは、まさにミニMAPの光版の研究開発を目的としているが、先のMAP技術委員会WG6とは別のFAIS研究開発委員会がその任に当たっている。今後両委員会間の調整が必要になる。

#### 4.2 適合試験(コンフォーマンス・テスト)

「MAP/TOPの目指すもの」は図2に示したとおりであるが、図2(b)にある「MAPマーク」をある製品に付与してよいかどうかを確認するために行われるのが適合試験である。

この「MAPマーク」は、その製品がMAPの仕様どおりに作られており、したがって同じく「MAPマーク」がついた他社製品との間で相互接続できることを保証するものである。すなわち、その製品によって「MAP/TOPの目指すもの」が実現可能であることを「MAPマーク」が保証するのである。

このように適合試験は、MAP/TOPによるユーザの利益を保証するために行われるものであり、それゆえMAP/TOPの普及にとって重要な課題である。

しかし実際には、誰がどのようにテストし、どこまで保証するかという基本的な考え方や、テスト・システム自身の信頼性をどう高めるか、という技術的課題等がまだ検討中の段階である。とくに日本では、「誰が」という最も基本的な点がまだ決まっておらず、ITIやSPAG-CCTがコンフォーマンス・テスト・センタとなることになっている欧米に遅れてをとっている。

## 5. おわりに

GM社、ボーイング社というユーザの提唱で始まったMAP/TOPは、両社を始めとする多くのユーザ主導で開催されたENE '88iでその有用性を実証して見せた。今や世界を巻き込む大きな流れとなったMAP/TOPは、そのスタート以来、常にユーザ主導で進んできた。

家庭用VTRや最近ではDATの規格統一化における紆余曲折、さらに情報処理分野ではUNIX\*の規格統一をめぐる動向等は、利害得失が複雑に絡み合うベンダによる標準化の困難さを想像させる。標準化という作業におけるユーザ主導の必要性がここにある。

前項でMAP/TOPの今後の課題のいくつかにふれたが、欧米におけるユーザ主導のMAP/TOPの大きな流れは、必ずこれらの課題を乗り越えていくと確信する。日本ではどうか。筆者は、日本におけるMAP/TOPの活動はまだまだベンダ中心であると思う。日本におけるMAP/TOP普及の鍵は、それを使う立場にあるユーザ自身が握っている。

\*UNIXはAT&Tベル研究所の登録商標である。

- 参考文献 [1] 和田龍児他、「MAP-FA実現へのかぎー」、(財)国際ロボット・FA技術センター(IROFA)編、日本規格協会。  
 [2] 田畑孝一他、「OSI-明日へのコンピュータネットワーク」、日本規格協会。  
 [3] 「工場自動化相互接続システム(FAIS)研究開発について」、(財)国際ロボット・FA技術センター(IROFA)

執筆者紹介 木村 勉 (Tsutomu Kimura)

昭和48年電気通信大学応用電子工学科卒業、同年日本ユニシス(株)に入社。SEとして製造業ユーザのシステム開発、サービスに従事。57年より製造業種担当のマーケティング部門において、企画販売支援等に従事。現在、CIMマーケティング部に所属、SME(Society of Manufacturing Engineers)会員。



# 接触計算に基づく複合曲面 NC システムの開発

## Development of a NC System for Sculptured Surfaces based on Contact Point Calculation Method

大庭克治

**要約** 曲面形状の NC 加工に関しては、現在、専用・汎用を含め実用に供しているソフトウェア・システムが少くない。しかしその多くが、機能・性能・適用性・操作性などの点で種々の問題をかかえている。典型的な問題点としては、

- 1) 加工対象形状が数多くの曲面の集合で表現される場合に、容易に工具軌跡を求めることができない
- 2) 適用可能な工具がボールエンド・ミルに限られる
- 3) 計算効率や計算の安定性に問題がある
- 4) 粗取り加工を支援する機能が備っていない

などが挙げられる。

本稿は、日本ユニシスが独自に開発した複合曲面 NC システム SCULPTOR の強力な経路計算機能のうち、とくに接触計算法に焦点を当て、上記の問題点がどのように解決できているかを示す。

**Abstract** There are many special purpose or general purpose software systems practically used for supporting NC milling of free form surface shapes. But, most of them have problems in view of capability or efficiency or applicability or usability. Typical problems are as follows;

- 1) It is difficult to calculate cutter paths automatically when an object shape is represented by a set of many free form surfaces.
- 2) Applicable cutter is restricted to ball end mill.
- 3) There are problems in efficiency or stability of cutter paths calculation.
- 4) Effective capabilities for supporting rough milling are not provided.

This paper describes SCULPTOR which is a software for supporting NC milling of compound free form surfaces developed by NUL. Among powerful cutter paths calculation capabilities, contact point calculation method is described in detail, and it is shown how above problems are resolved in SCULPTOR.

### 1. はじめに

曲面形状の NC 加工は、CAD/CAM 分野では比較的早く実用化された技術の一つであり、現在、専用・汎用を含め実用に供しているシステムは多い。しかし、曲面 NC 加工が可能と言われるシステムも、機能、性能、適用性、操作性などの点で種々の問題をかかえているものが少くない。典型的な問題点としては、

- 1) 加工対象が複数の曲面の集合で表現される場合、容易に工具軌跡を求めることができない
- 2) 適用可能な工具がボールエンド・ミルに限られる



- 3) 計算効率や計算の安定性に問題がある
- 4) 素材の粗取り加工に対応する機能がない  
などが挙げられる。

このように、曲面 NC システムが広く普及しているとは言いながら、実際はまだ数多くの課題をかかえているのが現状である。日本ユニシスが独自に開発した SCULPTOR (surface cutting tool path generator) システムは、これらの課題に開発当初から取り組んできており、現在数多くの UNICAD ユーザに導入され実績をあげてきている。本稿では、主として接触計算法に焦点を当てて解説し、上述の問題に対する SCULPTOR での解決方法を示す。

まず、第 2 章では複合曲面 NC システムの位置付けを示し、その技術的課題を整理する。次に、第 3 章では実現したシステム SCULPTOR の主機能を説明する。とくに、接触計算法に関しては、その狙い、データ構造、主要アルゴリズムを具体的に記述する。第 4 章では、種々の観点からの評価と考察を、最後に第 5 章で今後の課題について述べる。

## 2. 複合曲面 NC システム

### 2.1 システム概要

乗用車のドアの外板や内板、バンパーなどのように加工対象形状の数学モデルが一つの曲面では表し得ず、複数の曲面の集合として表現されるものについて、その形状を NC 加工するための工具の動きを算出し、それを加工機が理解する形式の NC イメージに変換して出力するシステムが複合曲面 NC システムである。

複合曲面 NC システムでは、たとえば図 1 のような製品形状を切削加工によって作り出すための、工具軌跡を自動あるいは半自動で計算する経路計算部が中核となる。経路計算の機能は大別すると、素材を製品形状に近づけるための粗取り加工機能、素材を製品形状に沿って全面的に切削する領域加工機能、製品形状の凹稜線部に沿って

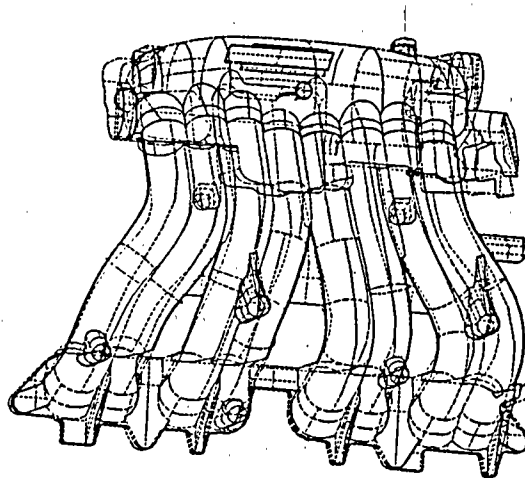


図 1 典型的な対象形状

Fig.1 A typical object shape

素材を切削する稜線加工機能などから成る。複合曲面 NC システムのマンマシン・インタフェースとして、加工する領域や加工条件、経路計算部が計算した結果の工具軌跡のチェック・修正・編集のための 3 次元グラフィックスを用いた対話型機能が備わっているのが通常である。

## 2.2 システムの要件

複合曲面 NC システムを利用して、NC 加工用のデータを作成するのに必要な作業項目と作業の流れに対応するシステムの要件は、図 2 に示すとおりである。

- 1) 形状モデルの入力……NC 加工用の経路計算をするための最初の作業は、加工対象物の形状モデルの入力である。形状モデルとしては、CAD システムが作成したモデルに NC 加工上必要なデータを追加・変更した曲面モデルが与えられる場合と、物理モデルを 3 次元測定機で微細に測定して得られた大量の点群が与えられる場合がある。さらに、粗取り加工の場合は素材形状の入力なども必要である。
- 2) 加工指示……加工範囲、加工方向、加工ピッチ、使用工具、加工残し量等々の加工条件の指示が必要である。
- 3) 経路計算……複合曲面 NC システムの中核となるのが、与えられた形状、加工条件に基づき、干渉のない工具軌跡を求める経路計算部である。複合曲面 NC システムの評価は、その経路計算部の機能・性能に強く依存する。
- 4) 経路の確認・編集……求められた経路の形状として、あるいは加工上の妥当性を検査したり、必要に応じて経路の修正、接続、間引き、クリップなどの編集を行うのがこの作業工程である。
- 5) NC イメージの作成……切削経路に接近動作や退避動作を付加し、それぞれの送り速度を付与した上で、NC コントローラの仕様に合わせてデータ変換するのがこの作業工程である。

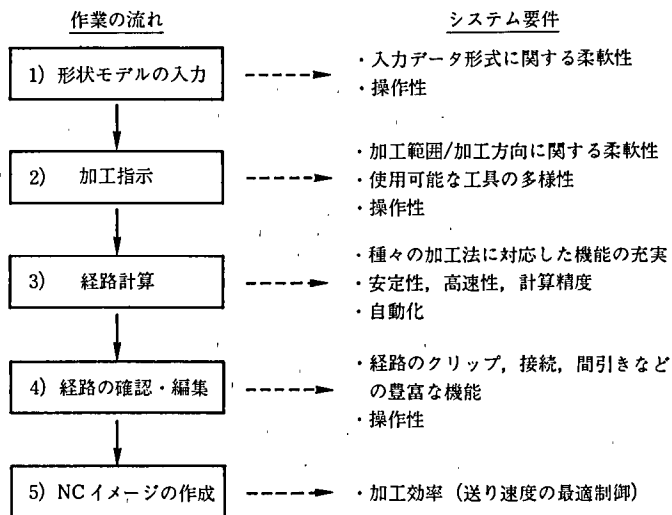


図 2 作業の流れとシステム要件

Fig. 2 Flow of activities and requirements

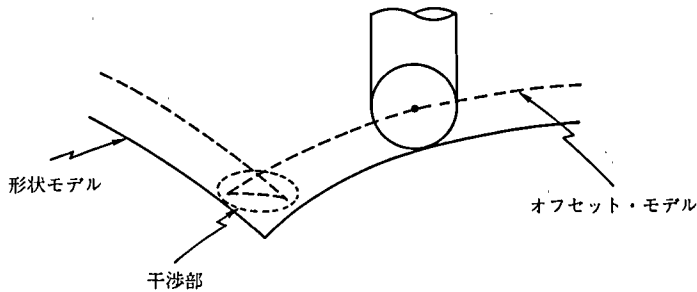


図 3 オフセット・モデルと干渉部

Fig. 3 Offset model and interfering portion

## 2.3 技術的課題

### 2.3.1 経路計算の高速性

複合曲面 NC システムでの経路計算は、ボールエンド・ミルで加工する場合を例にとると、一般には双 3 次式で表現された曲面の集合である形状モデルを工具の方向に工具半径分オフセットしたオフセット・モデルを求め、図 3 に示すように、加工上不都合な干渉部分を除去する問題である。直接双 3 次式をもとに経路計算を行うことは、計算量が多大なばかりでなく、数値計算上も曲面のオフセットで発生するオフセット面の自己干渉の除去、曲面と曲面が浅く交わる場合の交線をどう安定的に求めるかなど、困難な問題を多く抱えている。

経路計算の高速化は、生産準備部門の工期短縮のために重要な要因であるため、これまでも種々の工夫が報告されている。その主なものとしては、①曲面モデルを許容誤差の範囲内で微小な単純図形の集合（多面体モデル）に置き換えてからオフセットして干渉除去を行う方法（以降（正）オフセット法と呼ぶ）、②曲面モデルを点群で置き換えて処理する方法、③工具中心が曲面上をなぞるように、裏返した工具形状を動かして、工具形状の包絡面としてオフセット・モデルを求める方法（逆）オフセット法<sup>11</sup>などがある。高速化の要点は、複雑な数値計算上の課題をいかに単純化できるかにある。

### 2.3.2 経路計算の安定性

加工現場の加工計画にあわせてタイムリに NC 加工データを供給できるためには、経路計算が不首尾に終わることなく、安定して信頼性の高い経路を計算できる必要がある。しかし、現実に NC システムに引き渡される複合曲面モデルには、設計上それが問題にならない部位で、連続する面と面の間や有効部分を規定する曲線と曲面の間に微小な離れがあるなどのデータの不整合が含まれる場合が多く、採用する経路計算法によっては、計算が不首尾に終わる可能性がある。したがって、NC 加工データの安定的供給の観点から、微小なデータの不整合に左右されない強力な経路計算アルゴリズムの採用が必要である。この課題は 2.3.1 項で指摘した計算の単純化とも密接に関係する。

### 2.3.3 柔軟性

- 1) 入力データに関する柔軟性……CAD から CAM まで一貫したシステムを構築できる一部の大規模な製造メーカーの場合は、入力データが特定の表現であること

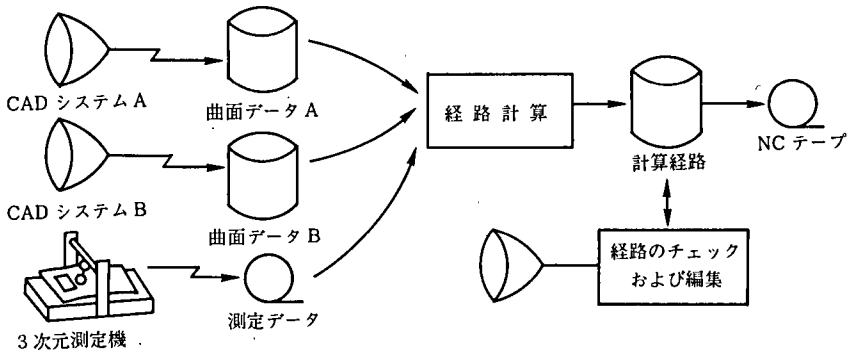


図 4 新 NC システムのイメージ

Fig. 4 An image of a new NC system

を前提とした専用 NC システムでも存在意義がある。しかし、今後の汎用 NC システムには、入力データが測定データでも曲面データ（表現を問わない）でもよいという自由度の高さが必要となる。図 4 にそのイメージを示す。

- 2) 加工領域・加工方向・使用可能な工具に関する柔軟性……加工工具に関しては、あらゆる形状に万能との理由でボールエンド・ミルが広く普及しているが、切削効率の観点から、より剛性の高いテーパボールエンド・ミルやフラットエンド・ミルなどが自由に使用できることが望ましい。また複合曲面 NC システム使用者は、次加工工程での切削負荷が一様になることを意図して、加工する範囲や工具を走らせる方向を決めるので、任意形状の加工領域が指定できることや、斜面沿いや放射方向など加工方向を自由に指定できる必要がある。

#### 2.3.4 加工技術の適用性

切削対象がプレス型の場合はあまり問題にならないが、対象がプラスチック成形金型や鍛造型の場合は、製品形状沿いの加工の前工程として素材（ブロック材など）を製品形状に近づけるための粗取り加工が行われる。粗取りにも種々の加工法があり、素材に応じて、あるいは部位ごとに適切な加工法が使用される。その中でもとくに適用範囲の広いのが、工具の上下動でブロック材を突き崩す突き加工(図 5)、高さ一定

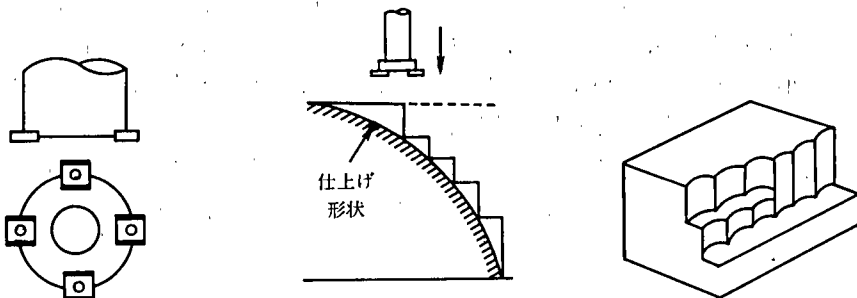


図 5 突き加工による粗取り

Fig. 5 Rough cutting (Type 1)

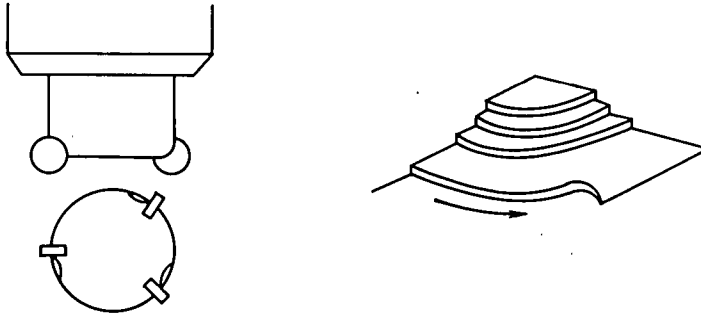


図 6 等高輪郭加工による粗取り  
Fig. 6 Rough cutting (Type 2)

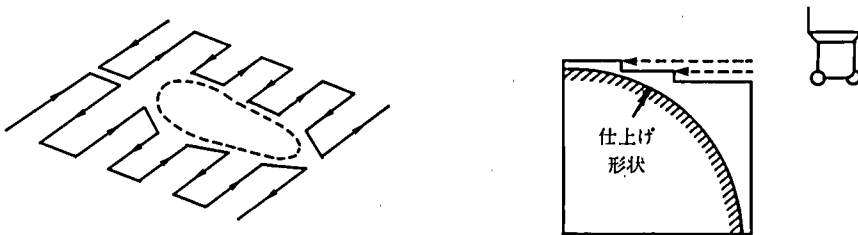


図 7 等高フライス加工による粗取り  
Fig. 7 Rough cutting (Type 3)

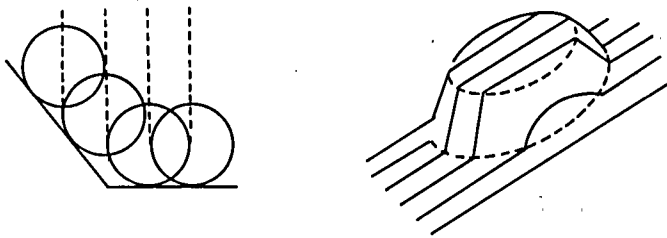


図 8 凹稜線部や斜面での加工残り  
Fig. 8 Non cut area after milling along concave or declined geometry

の平面上で製品形状沿いにその輪郭を加工する等高輪郭加工(図6)、高さ一定の平面上で素材を切削する等高フライス加工(図7)である。

金型加工に要する工数および加工時間を大幅に減らすためには、使いやすい、加工時間の短い粗取り加工用の機能が必要である。

一方、製品形状沿いの加工で最大の要因となるのは、次加工工程での工具の切削負荷が一樣になる(すなわち早い切削速度が適用できる)ように各工程の加工残し量を制御する問題である。一定ピッチで一定方向に領域加工を行うと、図8に示すように凹稜線部および斜面での加工残りが多くなる。これをそのまま放置すると、次の加工工程でこれらの部位での取り代が大なために加工速度をあげることができない。逆に、

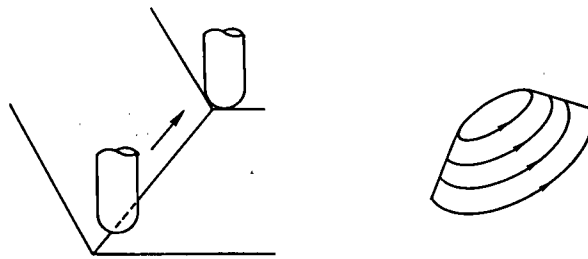


図 9 稜線加工・形状沿い加工

Fig. 9 Character milling along edges・milling along declined face

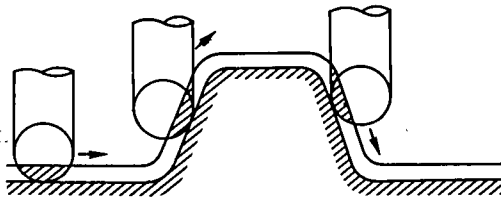


図 10 工具のワークの接触面積と送り速度制御

Fig. 10 Control of feed rate

斜面での加工残りを許容量以下に押さえるようにして定めたピッチで全体を加工すると、平坦部分での経路が過剰品質となり切削時間も増大する。

これらの問題を解決するためには、図 9 に示すような、稜線加工機能や形状沿い加工機能が必須である。さらに、以上の種々の機能を備えても、加工工具の進行方向で工具とワークの成す角度が変化するために接触面積に差が生じ、一様な負荷とはならない。したがって、接触面積に応じて切削速度をきめ細かく制御する機能が被削面の品質確保上重要である（図 10）。

### 2.3.5 高い操作性

2.1 節に示したように複合曲面 NC システムを用いた作業工程の中で、システムの自動計算が中心の経路計算や NC イメージの作成以外の工程では、何らかの形で人とシステムの対話が必要である。したがって、少い工数で正確な指示を行える柔軟な操作性の高いマンマシン・インタフェースも、システムを評価する一つの重要な要因となる。

## 3. SCULPTOR

### 3.1 システムのソフトウェア構成と主機能

実現したシステムのソフトウェア構成を図 11 に示す。〈 〉内はソフトウェア名である。作業の流れとしては、

- 1) 複合曲面モデル、あるいは測定データとして表現されている加工対象形状を形状入力インタフェースを介して、図形ファイルに取り込む。
- 2) 〈UVINAS〉を用いて形状モデルを 3 次元グラフィックスに表示して確認し、対

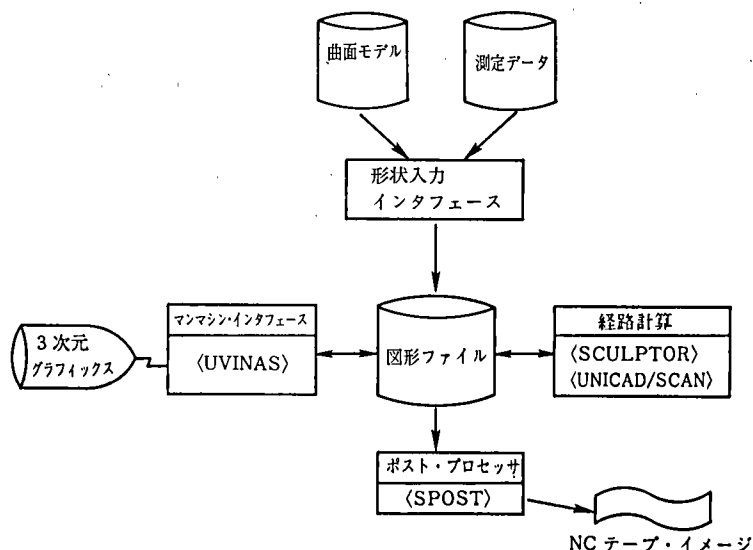


図 11 システムのソフトウェア構成

Fig. 11 Software configuration of the system

話型で加工領域、加工条件など経路計算に必要な情報を入力する。

- 3) <SCULPTOR>、あるいは <UNICAD/SCAN> を用いて経路計算を行う。
- 4) 計算された経路を <UVINAS> を用いて 3次元グラフィックスに表示し、必要な確認・修正・編集を行う。
- 5) 送り速度や接近/逃げ動作を付与した上でポストプロセッサを介して NC テープ・イメージを作成する。

という手順になる。

図 11 の中央に示されている図形ファイルが、システム共通のデータ・ファイルとなっている。図形ファイルには曲面モデルを構成する曲線データや曲面データ、測定データや工具軌跡を表現する経路データなどを格納する。本稿ではその書式および検索法の詳細については言及しない。

形状入力インタフェースとしては、曲面モデル用のインタフェース・プログラムと測定データ用のインタフェース・プログラムの 2 種類が用意されている。

システムのマンマシン・インタフェースの役割を果たしているソフトウェアが <UVINAS> である。<UVINAS> の機能は大別すると、加工指示のための諸機能と経路の確認・修正・編集のための諸機能に分かれる。加工指示に関しては、SPG (Sculptor Part program Generator) と呼ばれるマクロ言語が用意されており、使用部所独自の標準加工手順/条件を対話型で容易に登録することが可能である。

実際に加工指示を行う時は、登録済みの手順/条件を呼び出し、加工範囲や加工ピッチその他変更したいパラメタのみを与えると、自動的にパート・プログラムが作成される。したがって、加工指示の標準化や指示作業の大幅な工数低減が可能である。さらに <UVINAS> が特徴的なのは、経路の修正・編集に関して豊富な機能が用意されていることである。とくに経路の集合操作が強力であり、絞り型用の経路から抜き型

用の経路を作成する時などに使用されるクリップ機能、製品形状沿いの仕上げ加工用の経路をもとに等高粗取りフライス切削用の経路を自動創成するスライス機能、設計変更の織り込みなどに使用される経路のマージ機能などをはじめ数多くの機能が用意されている。

筆者らが開発したシステムは、経路計算機能の強力さとともに〈UVINAS〉の豊富な機能・高い操作性がユーザから高い評価を受ける一因となっているが、本稿ではこれ以上言及しない。

経路計算に関しては、複合曲面モデルに対するソフトウェアとして〈SCULPTOR〉、測定データに対するソフトウェアとして〈UNICAD/SCAN〉がある。〈UNICAD/SCAN〉は、測定データの自動補間機能、測定データ用の稜線加工機能などの固有な機能を除き SCULPTOR のサブ・セットであり、領域加工に関しては、本稿の主題である接触計算法を採用している。〈SCULPTOR〉は、各種の図形定義や経路編集機能も持つが、経路計算に関する機能を抽出すると表1の通りである。

領域加工に関しては3種類の計算法が用意されている。(正)オフセット型は、与えられた複合曲面モデルを内部的に離散化し、曲面の法線ベクトルを用いてオフセット・モデルを創成した上で、それを指定されたピッチで切断した経路を出力する。任意の複合曲面モデルに適用可能なことと、一般的に経路計算が高速であることがその特徴である。ただし、使用可能な工具はボールエンド・ミルに限られる。接触計算法については、詳しくは次節以降で述べるが、任意の複合曲面モデルあるいは測定データ・モデルに適用可能であり、表中に示した種々の工具を使用可能である。

ガイド曲線とは、加工範囲、加工方向、ピッチを規定する曲線群のことであり、図12に示す種々のパターンのガイド曲線を自動創成する機能が用意されている。加工する部位の形状に応じて、これらのパターンの中から適切なものを選択することにより、均質な加工残しの加工が実現可能である。上記の2手法が領域加工では支配的に使用

表1 SCULPTORの経路計算機能

Table 1 SCULPTOR's capabilities for calculating cutter paths

加工法	経路計算機能	使用可能な工具
領域 (仕上げ) 加工	複合曲面モデル用の(正)オフセット型経路計算	ボールエンド・ミル
	ガイド曲線定義 * { 複合曲面モデル } 用の接触計算法型経路計算 { 測定データ・モデル }	ボールエンド・ミル フラットエンド・ミル(R付き, Rなし) テーパボールエンド・ミル
	単一面パラメータ一定経路計算	ボールエンド・ミル
複加 線工	複合曲面モデルの凹稜線に沿った稜線加工用の接触計算法型 経路計算 *	ボールエンド・ミル
輪フ加 郭ア工 アイ ロール	指示された3次元曲線に沿った輪郭加工用経路計算	ボールエンド・ミル フラットエンド・ミル(R付き, Rなし)
粗 取 り 加 工	{ 複合曲面モデル } 用の突き加工用の経路計算 *	ボールエンド・ミル フラットエンド・ミル(R付き, Rなし)
	複合曲面モデル用の等高輪郭/等高フライス加工用の経路計算	フラットエンド・ミル(Rなし)

\*…接触計算法を採用



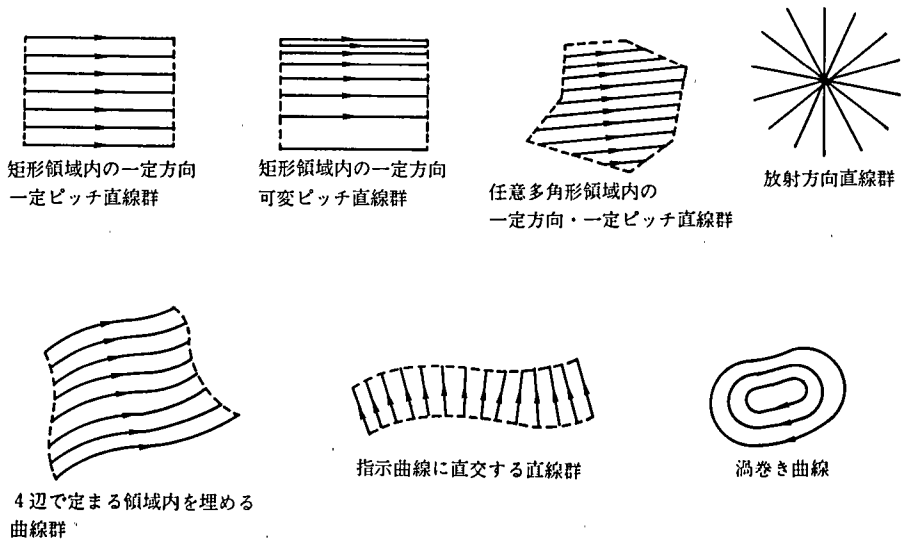


図 12 種々のガイド曲線パターン  
Fig. 12 Various patterns of guide curves

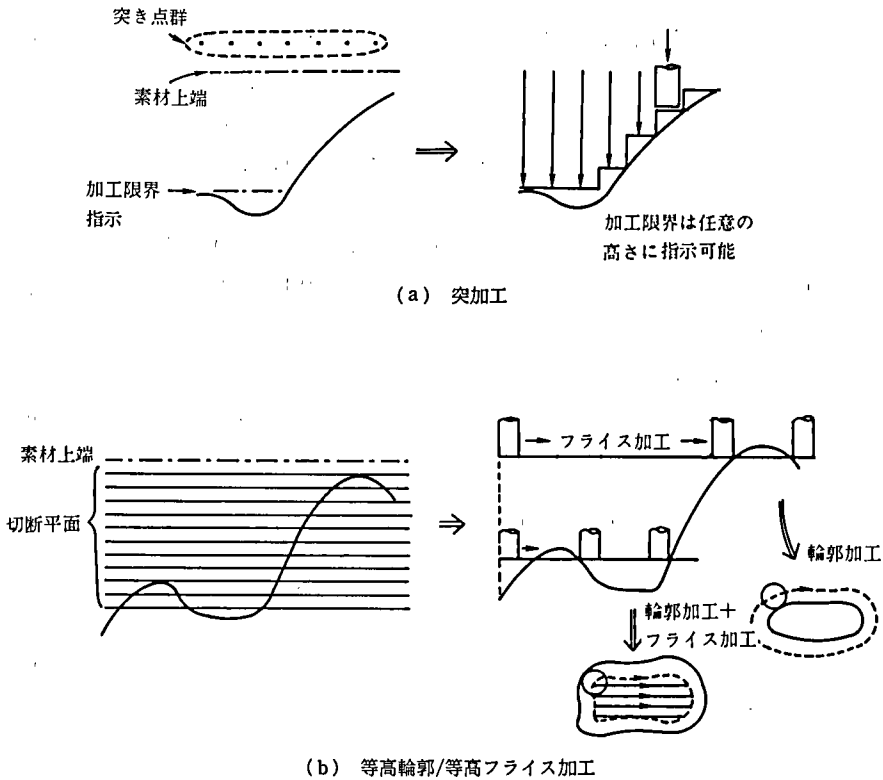


図 13 粗取り加工機能  
Fig. 13 Rough milling functions

されているが、面単位にパラメータ一定線に沿って加工するための機能も用意されている。

稜線加工機能は、任意の複合曲面モデルに適用可能であり、形状の凹稜線に沿って加工するための経路を算出する。本機能も接触計算法を採用している。

輪郭プロフィール加工の経路計算機能は、指示された3次元曲線に沿った経路を算出するもので表中に示した工具を使用可能である。

〈SCULPTOR〉の大きな特徴の一つとなっているのが、粗取り加工を支援する機能の豊富さである。突き加工用経路計算機能は、任意の複合曲面モデルあるいは測定データ・モデルに適用可能であり、プラスチック成形金型の粗取りやプレス金型の鋼材取付け部の粗取りに使用されている。機能的には図13に示されているように、与えられた形状モデル、素材形状、および対話型で創成された突き点群を用いて、各突き位置で上下動で素材の不要部を切削するための経路を算出する。本機能も手法的には接触計算を採用している。等高輪郭部/等高フライス加工用の経路計算機能も任意の複合曲面モデルに適用可能である。まず与えられた形状モデル、素材形状および切断ピッチをもとに形状モデルを切断する等高線が自動算出される。次に各等高線が素材側（切削すべき側）に平面内で自動的に工具半径分にオフセットされ、それをもとに等高輪郭加工/等高フライス加工用の経路が自動的に算出される。フライス加工に関してはスキャン型とオフセット型が選択可能である。本機能は、フラットエンド・ミルで近似できる工具しか使用できないが、きわめて高い自動性で実現されている。

以上〈SCULPTOR〉の経路計算機能を概観した。〈SCULPTOR〉には、経路計算機能以外にも、実加工時の工具負荷を考慮して、工具軸と切削面の成す角度に応じて送り速度を自動制御する機能が備わっているが、ここでは詳しく触れない。また切削経路に付与する接近/逃げ動作、空中移動動作などについても種々の機能が用意されていることは言うまでもない。

NCテープ・イメージへの変換に関しては、JIS規格準拠のNCイメージを出力可能な〈SPOST〉のソースコードを公開し、ユーザが使用する加工機の仕様に合わせて自由に変更・追加できるようにしている。

### 3.2 接触計算法の着想と実現上の要件

本節では、接触計算法の基本的な考え方を従来の方法との対比で示し、機能を実現

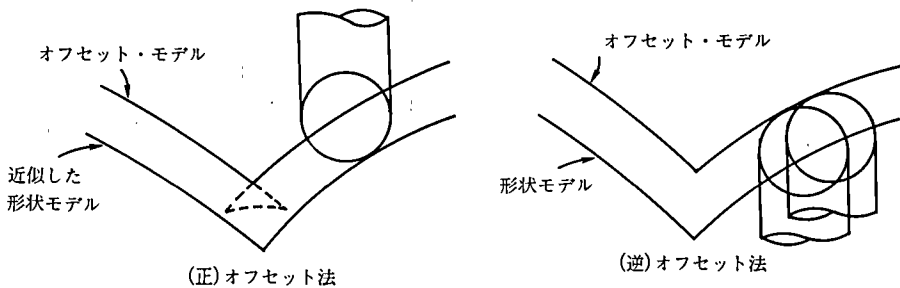


図 14 従来の方法

Fig. 14 Conventional methods

する上で考慮すべき課題を整理する。

まず考え方であるが、従来の(正)オフセット法は図14に示すように、あらかじめ形状モデルを許容誤差以内で簡単な図形(3角形や4辺形)の集合に置き換えた後、それを工具の方向に工具半径分オフセットしてオフセット・モデルを求める。(逆)オフセット法は、図14に示すように工具形状を工具の中心が形状モデル上を動くように裏から当て、工具形状の包絡面としてオフセット・モデルを求める。いずれの方法も、オフセット・モデルさえ必要な精度内で正しく求まれば、あとはそれを工具を走らせたい方向、ピッチで切断すれば、加工に必要な工具中心の軌跡が求まる。

これに対し接触計算法は、図15に示す実際の加工時の工具とワークの関係を忠実にシミュレートした方法である。つまり、実際の加工時は、工具は工具先端のいずれかの箇所が形状モデルと接した状態で連続的に移動することにより被削物を切削する。

筆者らが採用した接触計算法は、図16に示すようにたとえば領域加工の場合、ガイド曲線上の点から工具形状を工具軸下方向に移動させ、形状モデルと工具形状が最初に接する位置を、その点での解とするというのが基本計算である。したがって工具中心と共に接点も同時に求まる。ガイド曲線上の十分な密度の点でこの演算を繰り返し、

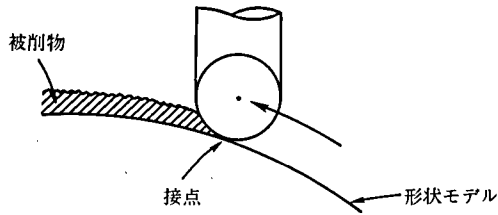


図 15 加工時の工具とワークの関係

Fig. 15 Relationship between a cutter and a work at the time of actual milling

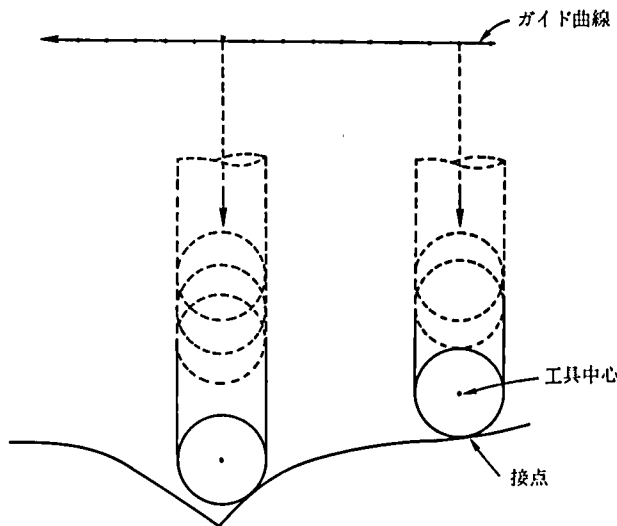


図 16 接触計算法

Fig. 16 Contact point calculation method

得られた解を連続的に結べば、加工時の工具とワークの関係を忠実にシミュレートした経路が求まることになる。

接触計算に基づく経路計算機能実現上の課題を整理すると以下の通りである。

- 1) 経路計算の高速化・安定化の観点から、一般に双3次曲面の集合で表現されている加工対象形状モデルをどのように離散化し、単純な図形の集合に置き換えるか。
- 2) 突き加工の場合は、指示された突き位置での接触計算を行えばよいが、領域加工の場合、ガイド曲線上で接触計算すべき点（ガイド点と呼ぶ）を加工精度の確保、計算時間の実用性の観点からどのように選択するか。  
 稜線加工の場合も、同様の観点から稜線に沿った計算点の密度をどのように定めるか。
- 3) 1)で単純化した形状モデルと工具形状の接触計算をどのようなアルゴリズムで実現するか。そのとき、接触計算の対象を必要な最小限の範囲に閉じ込めるためにどのようなアルゴリズム、データ構造を採用するか。

以降の節では、上記の個々の課題について、実現した手法を説明する。

### 3.3 加工対象形状モデルの離散化

経路計算の安定化・高速化を図るために、加工対象形状モデルを必要な精度内で形状モデルを十分近似する折れ線群に置き換える。この置き換えにより、接触計算は工具形状と折れ線が接する位置を求める問題に単純化される。

曲面モデルが与えられた場合は、曲面の有効範囲を規定する曲線を折れ線化すると共に、曲面の有効部に関し十分な密度の曲面のパラメータ一定線を折れ線化することによって曲面の折れ線近似モデルを求める。折れ線のピッチは図17に示すように、隣り合う折れ線に工具が同時に接した時の工具先端のくい込み量が加工精度以下になるように定め、折れ線の進行方向の点の密度は、連続する点を結ぶ線分と曲線との最大離れが加工精度以下になるように定める。

測定データが与えられた場合は、測定データそのものが加工対象形状を測定スタイル半径分オフセットした折れ線モデルなので、基本的にはこれをそのまま用いる。ただし測定線間ピッチが図17(a)に示した条件を満たさない時には、図18に示すよ

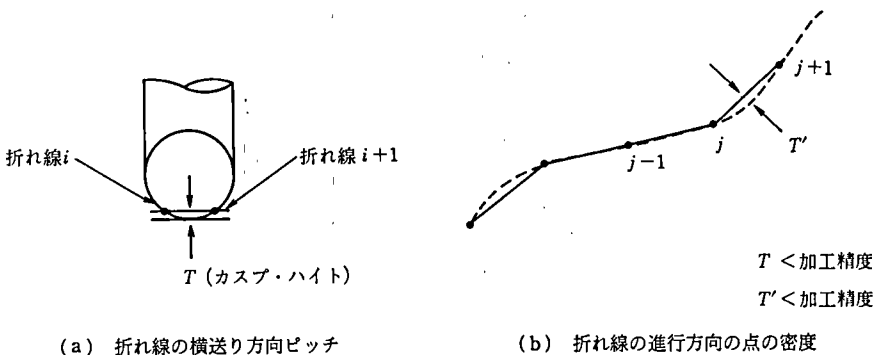


図 17 折れ線モデル作成時の条件

Fig. 17 Conditions for discretizing object model

うに形状の折れを自動認識した上で、連続する測定線間に必要な本数の補間線を自動的に補う機能が用意されている。通常測定データは、加工対象物全体を一方向（あるいは双方向）に測定した全体測定データと、それでは十分正確な形状が出ない部位（突起形状の傾斜部など）を形状が正確に出やすい方向（たとえば放射方向）に測定した部分測定データから成る。全体測定データと部分測定データでは場合によっては、測定スタイラス径も異なる（図 19 参照）場合があるが、次節に示すように接触計算時にスタイラス径を考慮することにより、このような場合も含めて全体測定データと部分測定データの統合した結果を接触計算対象の折れ線モデルとすることができる。

### 3.4 接触計算アルゴリズム

工具軸ベクトルが  $z$  軸と一致すると仮定しても一般性を失わないので、以降の説明ではその仮定を設ける。ある  $(x, y)$  位置での求めるべき工具中心の  $z$  値は、図 20 に示すように、その位置で工具形状を  $z$  軸下方向に移動させた時、最初に折れ線群のいずれかと接触した時の  $z$  値として算出できる。

使用工具がボールエンド・ミルの場合、必要な演算は球と線分の接触計算、テーパボールエンド・ミルの場合は円錐と線分の接触計算、コーナ  $R$  付きフラット工具の場合は円環面および円板と線分の接触計算である。いずれの場合も、ある線分と工具形状の接触問題は、その線分を含み  $z$  軸に平行な平面内の 2 次元問題となる。たとえばボールエンド・ミルの場合は、図 21 に示すように工具中心が動く直線と線分を含む平面の距離を  $D$  としたとき、半径  $R$  の球を該平面で切断した断面形状は、半径  $\sqrt{R^2 - D^2}$  の円となる。この円と線分の接触計算は、2 次方程式を解くことにより容易に求まる。

先端角が  $\alpha$  の円錐面の場合、線分を含み工具軸に平行な平面と円錐の断面形状は、

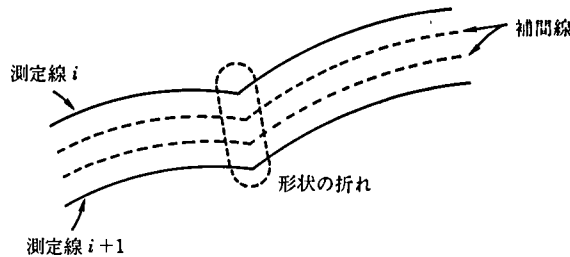


図 18 測定線間の補間  
Fig. 18 Interpolation of measured curves

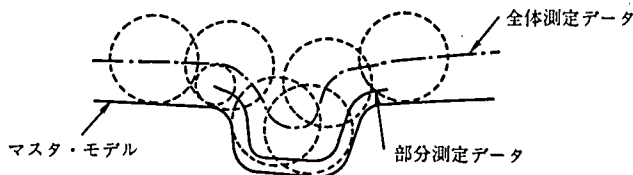


図 19 全体測定データと部分測定データ  
Fig. 19 Global measurement data and partial measurement data

断面形状の対象軸からの離れを  $k$ , 円錐の頂点からの工具軸方向の距離を  $z$  とすると, 図 22 に示すように  $\tan^2 \alpha z^2 - k^2 = D^2$  の双曲線となる。これから接触位置を求めるのは容易である。

図 23 に示すような太さ  $2R$ , 半径  $Q$  の円環面  $(r-Q)^2 + z^2 = R^2$  の平面  $r^2 = k^2 + D^2$  に対する断面形状は, 球および円錐面の場合に比べて複雑である。しかし, 線分との接触位置は, 両式から求まる断面内での傾き  $dz/dk$  が線分の傾きと一致するような  $r$

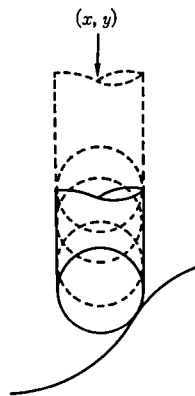
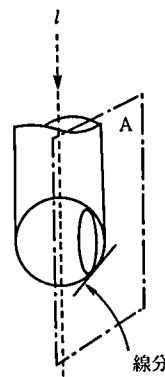


図 20 接触計算に基づく経路点導出の原理

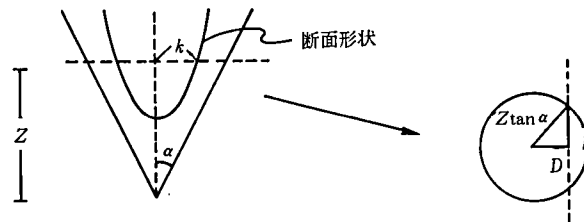
Fig. 20 Principle for obtaining cutter location based on contact point calculation



直線  $l$  と平面  $A$  の距離:  $D$   
 球の半径:  $R$   
 $\Rightarrow$  切断円の半径  
 $= \sqrt{R^2 - D^2}$

図 21 球の断面形状

Fig. 21 Sectional geometry of a sphere



$\tan^2 \alpha Z^2 - k^2 = D^2$ : 断面形状を表す双曲線

図 22 円錐面の断面形状

Fig. 22 Sectional geometry of a conic surface

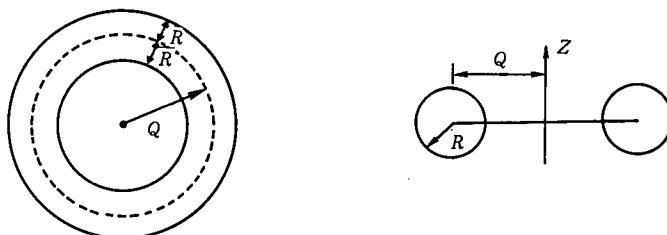


図 23 円環面  $(r-Q)^2 + z^2 = R^2$

Fig. 23 Sectional geometry of a torus

を求めることにより得ることができる。ここで、 $r$  は円環面上の点の中心軸からの距離である。このような  $r$  は、次の 4 次方程式の最大解を初期値  $Q+R$  から出発して Newton 法により求めることができる。ここで  $K$  は線分の傾きである。

$$K^2 r^2 \{R^2 - (r - Q^2)\} = (r^2 - Q^2)(r - Q)^2$$

円板と線分の接触計算は容易なので省略する。

折れ線モデルが測定データの場合は図 24 に示すように、測定データとの接触計算時に工具径を測定スタイラス半径分増・減させることにより対応している。

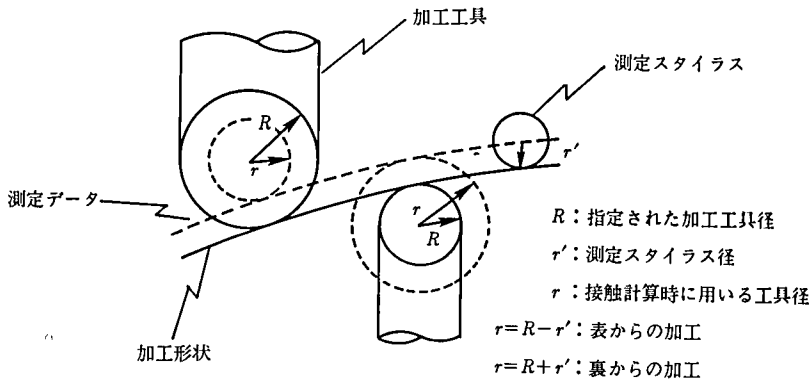


図 24 測定スタイラス径の補正

Fig. 24 Adjustment of cutter radius for treating measured data

### 3.5 高速化に関する工夫

計算の高速化では、接触計算の対象の折れ線群をいかに狭い範囲に限定するかが重要である。また、限定した範囲の中に含まれる折れ線群の中でも、計算不要な折れ線をいかに簡便に見つけられるかも重要である。ある位置で接触計算を行うときに必要

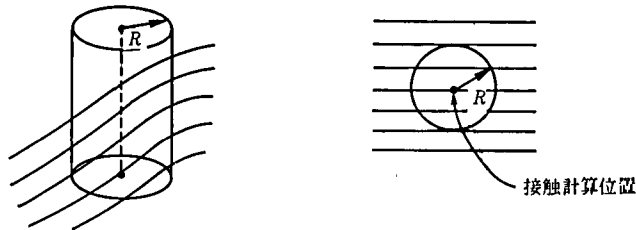


図 25 接触計算範囲

Fig. 25 Necessary range of contact point calculation

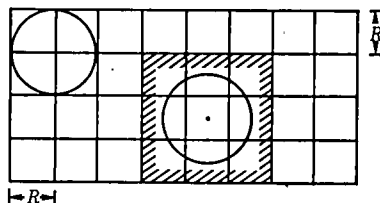


図 26 格子状の区画

Fig. 26 Administration of data by a meshed map

な計算対象の折れ線群は、原理的にはその位置を通り、工具軸方向の直線を中心軸とする半径  $R$  ( $R$ :加工工具半径) の円筒の中に含まれる折れ線である (図 25)。

ただし、接触計算をする各点で計算対象の折れ線を求めるこのような演算をしていては、高速性は期待できない。筆者等は、折れ線群をあらかじめ図 26 に示すように辺  $R$  の格子区画に区切り、区画ごとに検索できるデータ構造を採用した。この結果、ある位置での接触計算は、その点が含まれる区画と周囲の 8 個の区画、計 9 区画の折れ線のみを相手にすれば十分で、むだな計算を極力排除して高速化を図ることができる。格子区画によるデータ構造は、図 27 に示すような階層構造である。

区画データ：区画ごとの管理情報の所在と、区画内の折れ線の最大高さをもつ。  
 ↓  
 管理データ：区画にかかっている折れ線に関する情報をもつ。  
 ↓  
 点列データ：実際の座標値情報をもつ。

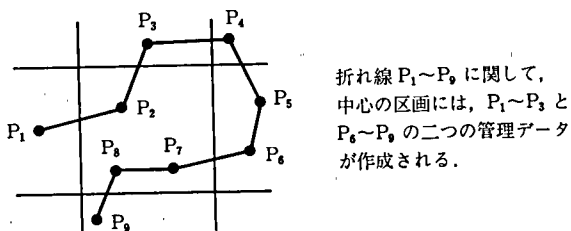


図 27 区画に基づく折れ線データ構造  
 Fig. 27 Data stored in a mesh

工具径が小さくなり、加工範囲が広がるに従って、工具半径  $R$  で決まる区画の数は増大し、メモリに対する負荷が大きくなる。また、区画にまたがるデータも増大する。そこで、区画の数はある制限値を設けて、区画幅を  $R$  よりも大きくてもよいようにし、かつ計算範囲を工具中心を含む 9 区画すべてではなく、実際に工具がかかる区画のみを対象とするような考慮を払っている。区画で定まる折れ線群の中から、さらに以下の方法により計算が不要なものを見出すことで、一層の高速化が図られている。計算対象の折れ線群のうちの一部と接触計算を行った結果、ある工具位置が得られているとする。このとき、残りの折れ線群のうちで、この工具位置で工具と干渉しない線分とは接触計算を行う必要がない。とくに、線分の高さが工具先端より下のものは明らかに工具と干渉しないことから、簡単な高さ判定によって計算が不要なものを見出すことが可能である。この高さ判定は線分の集合である折れ線群に対しても有効であることから、区画内の折れ線群の最大高さ、ある図形を近似している折れ線群の最大高さをあらかじめ求めておき、高さ判定を一括して行うことで一層の高速化を図っている (図 28)。

従来のオフセットによる計算法では、工具径が大きく形状が複雑な場合には干渉部分が増え、干渉除去の手間が多くなることが主要因で処理効率が低下する。これに対して、今回の接触計算に基づく計算法では、干渉部分により生じる不要な接触計算を



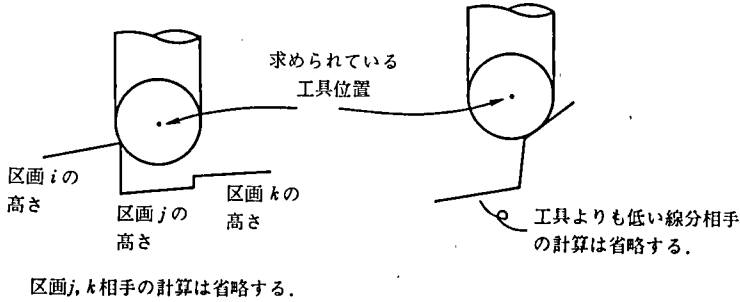


図 28 高さ判定による高速化

Fig. 28 Efficiency improvement by the use of height information

極力少なくするように高速化しているので、工具径が大きくしかも形状が複雑な場合でも処理効率がさほど低下しないという特徴がある。

### 3.6 各種の加工法への応用

#### 3.6.1 突き加工

突き加工用の経路は各突き位置ごとに前述の計算で経路の終点を求め、始点としては同じ  $(x, y)$  値を持ち素材高さの  $z$  値を持つ点を採用することにより、上下動の経路が求まる。

#### 3.6.2 領域加工

領域加工の場合、指示されたガイド曲線上の各位置で独立に経路点を求め、これらを結ぶことにより意図した経路を求めることができる。実用上はガイド線上の無数の点で演算しても意味がないので、ガイド線を点群（ガイド点と呼ぶ）で近似し、各点位置でのみ接触計算を行う。このときの曲線を近似する点の密度は図 17 に示した二つの条件、すなわち曲線を必要な精度内で近似し、しかも連続する 2 点でのカスパ・ハイトが加工精度以下におさまる、という条件を満たすように定める。さらに、たとえば斜面を横切る経路の場合、連続するガイド点に対応する経路点の間隔が大きく離れ、

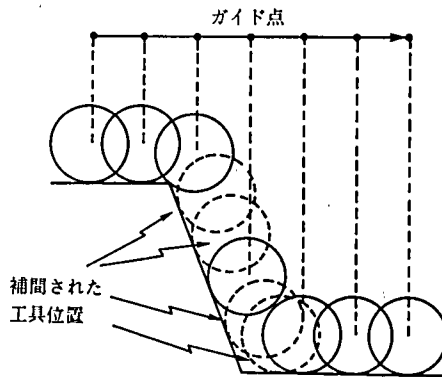


図 29 斜面でのガイド点の補間

Fig. 29 Automatic augmentation of guide points

十分な加工精度を維持できなくなる。そこで、点間距離がある限界値を超すとき、2ガイド点間に必要な密度の補間点を自動的に発生させ、各補間点位置でも接触計算して経路の品質を高めている(図29)。このようにして得られる経路は、使用者がガイド線作成時に考慮した加工方向、ピッチをもつ干渉のない経路となる。

### 3.6.3 稜線加工

稜線加工の場合の経路計算は、指定された相貫線の両側の折れ線に同時に工具が接する位置を求めるという問題である(図30)。各経路点は、相貫線に直交する線分をガイド線とみなして接触計算により工具位置を求め、接触位置が相貫線のどちら側になるかをもとに、反対側に接触する位置との距離が十分近くなるまで収束計算を行うことにより求めることができる。稜線加工用の経路計算については、すでに詳しく報告されているので<sup>[2]</sup>参照されたい。

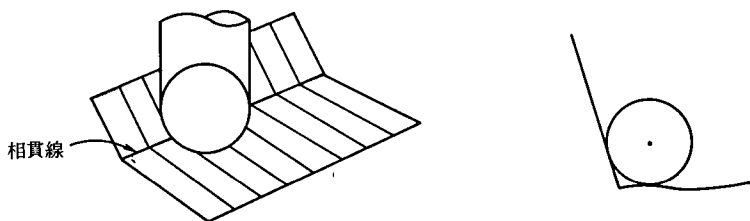


図 30 稜線加工

Fig. 30 Character milling

## 4. 評価と考察

### 4.1 機能上の評価

- 1) 計算手法上の特徴……従来の(正)オフセット法にしても(逆)オフセット法にしても、原理的には加工工具の中心位置を表すオフセット・モデルを第1ステップとして算出し、第2ステップとして、オフセット・モデルを工具を走らせたい方向に切断して工具軌跡を求める。オフセット・モデルは、加工工具が変わるごとに算出し直す必要がある。これに対して筆者らが開発した接触計算法では、オフセット・モデルは不要であり、加工対象形状モデルと工具形状の接触計算により1ステップで工具軌跡を求めることができる。また、接触計算による利点の一つとして、工具中心のみでなく接点も同時に得られる。
- 2) 使用可能な工具に関する自由度……(正)オフセット法は、加工対象形状を工具半径分オフセットしてオフセット・モデルを求めるという計算手法上ボールエンド・ミルによる加工以外には使えない。(逆)オフセット法は、オフセット・モデルを求める計算手法上、回転体で表現される任意の工具を使用できるように考えられるが、実際はボールエンド・ミル以外の工具を適用し、かつ所定の加工品質を維持しようとする、オフセット・モデルの表現法、経路計算法にかなりの工夫が必要である。これに対し、接触計算法は使用可能な工具を限定しない。筆者らは、すでにボールエンド・ミル、テーパボールエンド・ミル、フラットエンド・

ミルを使用可能にしている。

- 3) 加工対象形状モデルの微細な不整合の影響……(正)オフセット法では、連続する面と面の間や、有効部分を規定する曲線と曲面の間の微小な離れが、経路計算を不首尾に導くことが少くないが、接触計算法や(逆)オフセット法は採用している計算手法上、このような加工対象形状モデルの微細な不整合の影響は受けにくい。
- 4) 加工範囲・加工方向に関する自由度……加工範囲や加工方向は、接触計算法では接触計算すべき点(ガイド点)の算出にのみ関連し、工具軸に垂直な平面内の2次元問題であるために曲線を含む任意形状の加工範囲や加工方向が容易に指示できる。一方、(正)オフセット法や(逆)オフセット法では、これがオフセット・モデルを切断する面の形状や切断する範囲の問題となり本質的に3次元問題となる。したがって、最も単純な平面による切断以外を実現しようとするとかかなりの計算量が必要である。なお図31と図32に、それぞれ接触計算法による渦巻き加工と放射状加工の例を示す。
- 5) 製品形状沿いの仕上げ加工以外への適用性……(正)オフセット法は、オフセット・モデル作成時に指定した工具径のボールエンド・ミルによる仕上加工のみに使用可能であるが、接触計算法は製品形状沿いの仕上げ加工のみでなく、ガイド点を突き位置と考えることにより鋼材の粗取り突き加工のための上下動の経路の

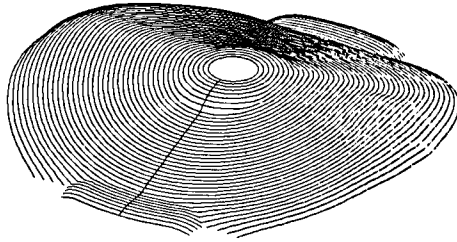


図 31 渦巻き加工

Fig. 31 Milling along spiral curves

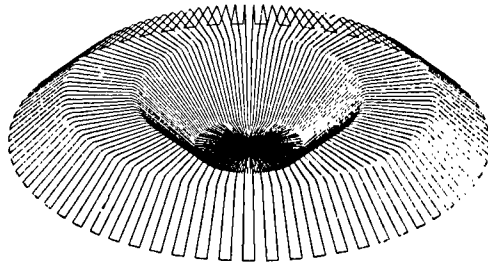


図 32 放射状加工

Fig. 32 Milling along radial curves

算出にも適用可能である。(逆)オフセット法も、オフセット・モデルの算出そのものが、その時指定した工具で製品形状沿いに仕上げ加工することを意図しており、それ以外の加工に適用することは実用的でない。以上の評価と考察を表2に整理する。

4.2 計算効率の評価

SCULPTORの接触計算法を用いたコマンド‘PROJECT’と(正)オフセット法を用いたコマンド‘SCAN’の計算効率上の性能を調べるために、同一工具で同一加工パターンにより計算を行い、処理時間を比較した。その結果は、表3のとおりである。なお使用計算機は1100/90である。計算対象モデルは、図33~図35に示す。表中の数字は、合計時間(時間:分:秒)であり、括弧内はCPU・SUP値である。

両者を比較すると、とくに工具径に依存した顕著な差が見られる。そこでさらに詳しい比較を行うために、ある大規模モデルについて工具径を変え、それに応じて加工ピッチも変更(工具径の1/4)して計算を行った。結果を図36に示す。

平均的にみて、(正)オフセット法の方が、接触計算法より高速と言えるが、両者の計算時間増大の傾向は著しく異なる。接触計算法の場合、本ケースのように加工面積

表2 接触計算法の機能上の特徴  
Table 2 Functional characteristics of the contact point

機能	(正)オフセット法	接触計算法	(逆)オフセット法
計算手法上の特徴	オフセット・モデル →工具軌跡 工具中心のみ	直接工具軌跡を算出 工具中心と接点	オフセット・モデル →工具軌跡 工具中心のみ
使用可能な工具	ボールエンド・ミルのみ	制約なし ボールエンド・ミル テーパボールエンド・ミル フラットエンド・ミル 他	一般的にボールエンド・ミルのみ
加工形状モデルの微細な不整合の影響	大	小	小
加工範囲・加工方向に関する自由度	小	大	小
製品形状沿いの仕上げ加工以外の加工への適用性	なし	粗取り突き加工にも適用可能	なし

表3 計算効率の比較  
Table 3 A comparison of calculation efficiency

対象モデル	PROJECT	SCAN
ケース1 40φ	30:11(16:46)	38:15(23:18)
ケース2 10φ	1:04:27(42:09)	11:09(4:05)
ケース3 10φ	32:00(18:51)	14:48(7:31)

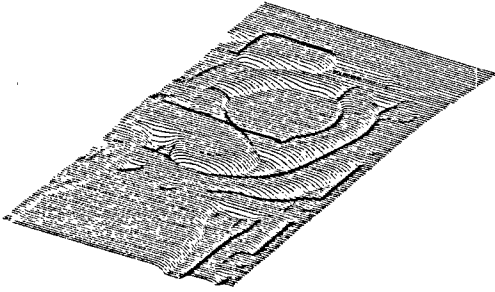


図 33 ケース 1  
Fig. 33 Case 1

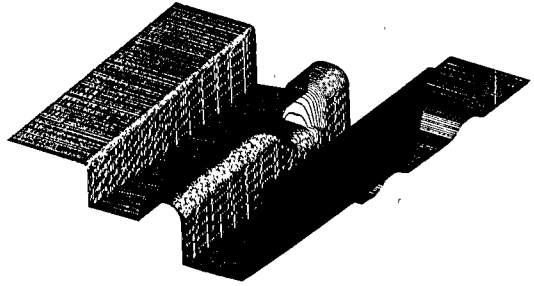


図 34 ケース 2  
Fig. 34 Case 2

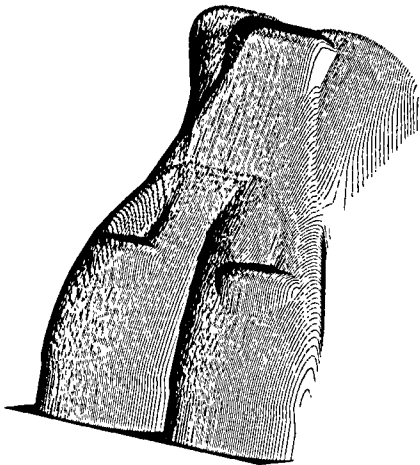


図 35 ケース 3  
Fig. 35 Case 3

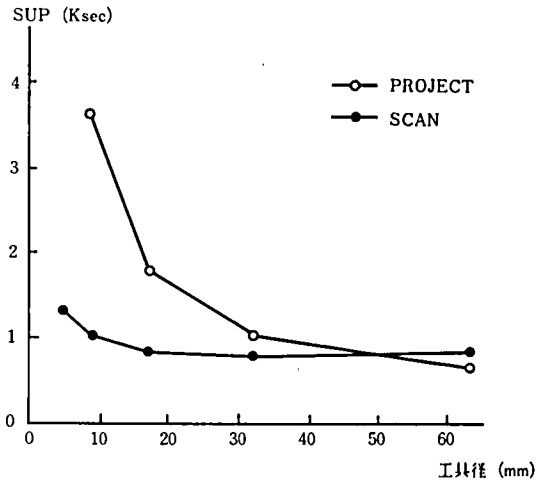


図 36 工具径と計算時間の関係  
Fig. 36 Relationship between cutter radii and calculation time

が広いと、工具径が大→小に変化するにつれ、2次関数的に計算時間が増大する。これは、計算対象の折れ線の密度が細くなること、および工具半径で区画化した折れ線データの管理のオーバーヘッドが増大することに起因する。工具径が小→大に変化するとこの逆の現象となり計算時間は減少の傾向となる。一方(正)オフセット法では、工具径が小→大に変化すると、オフセット・モデルの面積が増大し、干渉部除去の演算も増大するため計算時間が増大する傾向がみられる。

## 5. おわりに

本稿では、SCULPTOR を中核とした NUL の複合曲面 NC システムについてその機能を概観し、とくに接触計算法の導入により、

- 1) 使用可能な工具
- 2) 適用可能な加工形状モデル

- 3) 加工範囲, 加工方向
- 4) 製品形状沿いの仕上げ加工以外への適用性

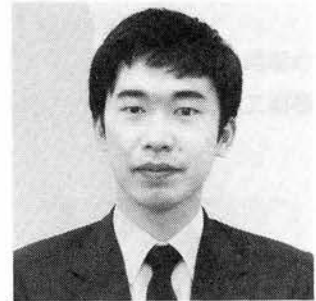
などに関し, 自由度の高い, しかも加工対象形状モデルの微細な不整合の影響を受けにくいシステムを実現したことを示した。

今後は, 広い範囲を小径の工具で加工する場合の接触計算法の計算効率の一層の向上, 同時5軸制御NC機対応機能の開発, EWS上でのシステムの充実などを主な開発項目として, 取り込んでゆきたい。

- 
- 参考文献 [1] 岸浪, 他「逆オフセット法を用いた形状加工処理システム」昭和61年度 精密工学会春季大会学術講演論文集。  
[2] 酒井喜嗣, 「SCULPTORにおける境界切削工具経路の計算方法」, 技報, 日本ユニパック(株), No.12, 1987.

執筆者紹介 大庭 克治 (Katsuji Oba)

1959年生。1982年早稲田大学理工学部数学科卒業, 同年日本ユニシス(株)入社。UNICAD, UNICAD/NC, SCULPTOR, UVINAS, UNICAD/SCANなどのCAD/CAM分野のソフトウェア開発を行って現在に至る。現在, CAD/CAMシステム二部CAM開発課に所属。



# CAD/CAM システムを業務に適用させるための プログラミング言語 UDL

## A Programming Language-UDL-for Applying the General-purpose CAD/CAM System to User Applications

宮 地 恵 美

**要 約** UDL (UNICAD Design Language)は、汎用 CAD/CAM システム UNICAD®をユーザの業務に適用させるためのプログラミング言語である。

本稿では、汎用 CAD/CAM システムを業務に適用させるために必要な機能について考察し、UDL がこれらの機能をどのように実現しているかについて述べる。

**Abstract** UDL (UNICAD Design Language) is a high-level programming language for the general-purpose CAD/CAM system-UNICAD® (UNIsys Computer-Aided Designing). Users can use the UDL to construct their own CAD/CAM systems. This paper discusses the functions necessary to apply the general-purpose CAD/CAM system to user applications and also describes how these functions are implemented on the UDL.

### 1. はじめに

近年では工業製品の多品種少量生産の傾向が強まり、一企業内でも多品種の製品を短期間に開発しなければならない状況である。このような状況下の CAD/CAM システムは、対象製品およびその生産形態の変化に柔軟にかつ短期間に対応できることが要求される。

したがって CAD/CAM システム、とくに汎用 CAD/CAM システム\* では、ユーザの設計手順や固有の機能を取り込み、システムを短期間に業務に適用させ、あたかもユーザ専用システムとして使えるようにする専用化の機能を持つことが要求される。

汎用 CAD/CAM システムは、専用化の機能を持つことにより初めて個々のユーザに使いやすい CAD/CAM システムとなりえる。

本稿では、第2章で汎用 CAD/CAM システムの専用化に要求される機能を分析し、その実現方法について述べる。

第3章では、汎用 CAD/CAM システム UNICAD の専用化機能である CAD/CAM 専用プログラミング言語 UDL が、専用化機能をどのように実現しているかについて解説する。第4章では、UDL に関連する UNICAD の機能について紹介する。第5章では現在の UDL における問題点と今後の課題について述べる。

### 2. 専用化機能

#### 2.1 専用化機能の要件

汎用 CAD/CAM システムを専用化するために必要な機能として、次の五つの機能があげられる。

\* レディーメードの CAD/CAM システム

- 1) 入出力機能
- 2) データベース操作機能
- 3) 図形処理機能
- 4) 数値、非数値計算機能
- 5) 処理の制御機能

入出力機能は、ユーザ・インタフェースをより使いやすいものにするために重要な役割を果たす。

入力要求メッセージ、処理の流れを示すガイダンス、処理選択のためのメニュー表示等を自由に画面上にレイアウトする機能やタブレット・メニューのレイアウト変更機能等がユーザ・インタフェースを使いやすくするために役立つ。ユーザの業務の流れにそったユーザ・インタフェースを作ることができれば、ユーザはシステムの約束ごとや操作方法にわずらわされることなく、設計本来の仕事に専念できる。

また、外部入出力機能は、他のシステムとのデータのやり取りをするために必要である。今や、設計作業の前工程、後工程とのデータのやり取りをし、図面データだけでなく部品情報や加工指示等のデータを他のシステムと共有する統合CAD/CAMシステムの考え方が一般的になってきている。

データベース操作と図形処理機能は、設計の手順、自動化の手法をシステムに組み込むために不可欠である。とくに、機械設計、金型設計でよく使われる編集設計と呼ばれる設計手法は、データベース操作により既存の形状を利用し、図形処理機能により形状変更を行い、変更後の形状をデータベース操作により創成するという処理で実現できる。また特定の業務に限らず、パラメトリック図形\* という設計手法もよく利用されるが、この処理も図形処理とデータベース操作および数値計算機能により実現できる。

繰り返しや条件判断により処理の流れを制御する制御機能は、ユーザ・インタフェースを使い良いものにするためにも、設計の手順・自動化の手法の組み込みのためにも必要な機能である。制御機能を持たない、たとえば(登録されたコマンドを順次実行するのみの)コマンドのマクロ機能では、高度専用化はできない。

## 2.2 専用化機能の実現方法

専用化機能の実現方法は、大別すると次の三つに分類できる。

- 1) 汎用プログラミング言語 (FORTRAN, C 等) から呼び出すことのできるデータベース操作、表示操作、図形処理等のライブラリを利用して専用化のプログラムを作成する。
- 2) CAD/CAM 専用のプログラミング言語により、専用化のプログラムを作成する。
- 3) 規則に従ったデータを作成する。ユーザは、このデータをもとに操作性向上をはかるために画面やタブレット・メニューのレイアウトを変更したり、ある特定の処理を行う。データとしては、たとえばパラメトリック図形創成のためのテーブルや、コマンドのマクロ化のためのコマンド登録データ、メニューの配置情報等

\* 同じような形状で寸法や位置が異なる図形。変数表現により図形を定義し、変数に対する実現値を与えることにより目的の図形を創成する。



がある。

1), 2)の方法はいずれもプログラミング言語を使用し, 先に述べた基本的な専用化の五つの機能をすべて含むことができる。このためプログラムの作成の仕方, 専用化の度合いを高めることができる。3)の方法はプログラムを作成する手間がないため, 一般に使いやすいが, 機能が限定され, CAD/CAM システム内のメニュー・レイアウトやマクロ・コマンドの追加といったある特定の部分の専用化しかできない。

汎用プログラミング言語を利用する場合には, CAD/CAM システムの内部仕様に依存したライブラリを使うため, プログラム作成者には, システムの内部仕様についての知識が必要である。また FORTRAN や C のような言語では図形を扱う時には, そのデータ構造を意識しなければならない。

一方 CAD/CAM 専用プログラミング言語を利用する場合には, CAD/CAM システムの外部仕様にそってプログラムを作成することができる場合が多い。また図形データのための特別なデータ構造が用意されている言語では, 図形処理のプログラムを容易に作成できる。

したがって, 専用化の実現方法としては専用化の基本的な五つの機能をすべて持ち, CAD/CAM システムの外部仕様を理解すれば, 容易にプログラムが作成できる CAD/CAM 専用プログラミング言語を使用する方法が優れているといえる。

専用化の三つの実現方法について, 比較をすると表 1 のようになる。

表 1 汎用言語, 専用言語, データ利用の比較  
Table 1 Comparison universal language, CAD/CAM language, use data

	使いやすさ	拡張性	特徴
1)汎用言語	CAD/CAMシステムの内部仕様の知識が必要	ライブラリに依存するが, ある。	実行時の効率が, 2)より良い。
2)専用言語	CAD/CAMシステムの外部仕様にそってコーディングができる。	機能に依存するが, ある。	一般にインタプリタ形式で実行するため, 実行時の効率が 1)より悪い。CAD/CAM システムへの組み込みが容易。
3)データ	使いやすい。	ない。	プログラムを作成する手間が少ない。機能が限定される。

### 3. U D L

#### 3.1 UDLの機能

汎用 CAD/CAM システム UNICAD は専用化の機能として, CAD/CAM 専用プログラミング言語 UDL を持つ。

UDL は前章で述べた CAD/CAM の専用化に必要とされる五つの基本的な機能を次に示す言語の機能で実現している。文法は FORTRAN に似ている。

##### 1) 入出力機能

図形入力 ENTITY 文 (図形入力, データベース識別子または図形データを得る)

座標値入力 DIGITIZ 文 (図形を定義する座標系での座標値を得る)

- CURSOR 文 (画面上での座標値を得る)
- 非図形入力 ENTER 文 (文字, 数値の入力)
- テンポラリ図形出力 GLIN 文等の画面表示文  
(画面上で任意の位置に文字や図形を表示する。  
データベースには創成しない)
- 非図形出力 MSG 文等 (文字列を画面上に表示する)
- 外部入出力 FORTRAN ファイル I/O  
(FORTRAN シーケンシャル・ファイル I/O)  
エレメント I/O (テキスト I/O)  
テーブル入力 (テーブルとして作成されたデータを配列  
に読み込む)
- 2) データベース操作機能
- ID 型データ データベース識別子
- 図形創成 OUTPUT 文 (図形を創成する)
- 図形変更 MODIFY 文 (図形を変更する)
- 図形削除 DELETE 文 (図形を削除する)
- UNICAD コマンド実行文による 図形の創成, 変更, 削除
- 検索 ID 検索の GET-文, INQ-文等  
(ID から図形データを得る。 ID と同じグループに属す  
る ID をすべて得る等の機能)
- >ID OUTPUT 文, UNICAD コマンド実行文等で創成, 変更  
された図形のデータベース識別子を得る。
- 3) 図形処理機能
- 図形型データ POINT, LINE, ARC, CIRCLE, CURVE 型
- 図形代入文 (左辺の図形データを作るような, 図形データを右辺に  
指示する。  
点, 直線, 円, 円弧, 曲線のデータを作る。  
例  $P1=X, Y, Z$   $P1$ : POINT 型変数  
 $X, Y, Z$ : 実数値  
 $LIN=P1, P2$   $LIN$ : LINE 型変数  
 $P1, P2$ : POINT 型変数)
- 座標値を得る関数 (端点, 終点, 中点, 交点, 曲線上の点, 等を得る関数)
- POINT 型の演算子 (ベクトルの和+, 差-, スカラー倍\*, 内積\*,  
外積\*\*)
- UNICAD コマンド呼び出し (図形の創成, 変更, 削除)
- 4) 計算機能
- 算術関数 (SIN, COS, TAN, ASIN, ACOS, ATAN, ATAN2,  
SQRT, LOG, LOG10, EXP, ABS, SIGN, MOD, MIN,  
MAX, INTEGER, REAL)
- 漢字を含む文字列の操作機能

- 5) 処理の制御機能……構造 IF, DO, WHILE, REPEAT, CASE 文サブルーチン呼び出し, 実行可能プログラム呼び出し

また, UNICAD システムの状況を得るため, および補助機能として次のような機能がある。

システム変数 (\$DATA 日付, \$CMDERR コマンドのエラーステータス, \$GCOLOR 表示カラーのモーダル値, \$MSFRA 小数点桁数等)

補助機能 BELL 文 (ブザーを鳴らす)  
HARD-COPY 文 (ハードコピーをとる)  
TWAIT 文 (指示した時間待つ)

### 3.2 UDL プログラムの実行方法とサイズ

UDL ソースプログラムは, UDL コンパイラにより独自の中間コードにサブルーチン単位で変換される。中間コードは UDL リンカにより連結され, 実行可能プログラムとなる。実行可能プログラムは, UNICAD 内の UDL エクゼキュータと呼ばれるインタプリタで解釈され実行される (図 1)。

実行可能プログラムの指示の方法は名前を指示する方法と, あらかじめタブレット・メニューに実行可能プログラム名を配置しておき, メニューを選択する方法とがある。

1本の UDL プログラムにおけるサイズの制限は表 2 のとおりであるが, 一つの実行プログラムからは他の実行可能プログラムを呼び出すことができる (MCALL 機能)。ユーザはこの機能を使用することにより, 複数の実行可能プログラムを組み合わせることでサイズの制限を気にすることなく, 専用化のプログラムを作成することができる。

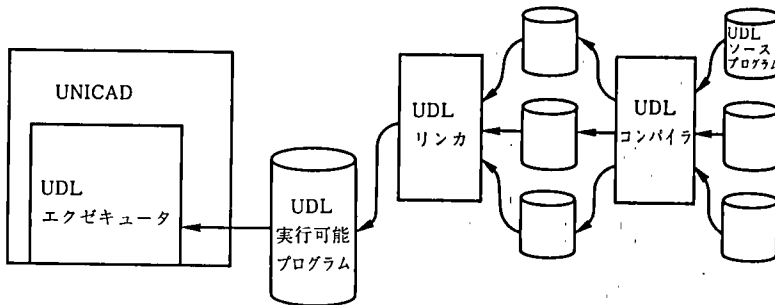


図 1 UDL プログラムの実行  
Fig.1 Executing UDL program

表 2 UDL プログラム 1 本あたりのサイズの制限  
Table 2 Size restriction in a UDL program

	コンパイル時	リンク時	実行時
変数名と配列の合計数	1000 個	5000 個	システム生成パラメタで変更可 (デフォルト 1500), 最大 5000
中間コードの大きさ	229, 376 ワード	同左	—
ユーザのデータ領域の大きさ	229, 376 ワード	同左	—

### 3.3 UDLの利用例

UDLを使用した専用化の典型的な例を示す。ユーザは、これら典型的な使い方を複数組み合わせ、より高度な処理を実現している。

#### 3.3.1 ユーザ・インタフェースの専用化

UDLでは、スクリーン表示文を使用して画面上任意の位置に自由に文字、図形を表

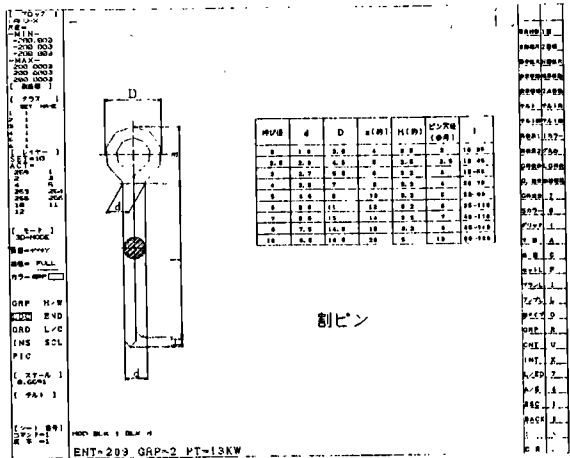


図 2 メニュー形式の画面

Fig.2 Example of screen menu

```

PROG EXAMPPL
REAL RA(5), HA(5), LA(5), R, H, L
POINT P1, P2, P3, P4
LINE LN(4)
*
TLOAD-SEQUENTIAL 'T.T//TAB' : RA, HA, LA
REPEAT
  "半径の入力" ENTER R
  FIND I=1, RA.NUM : R==RA(I)
UNTIL($FIND)
*
H=HA(I)
L=LA(I)
"原点の入力" DIG P1
*
P2=P1+PNT(L,0,0)
P3=P2+PNT(0,H,0)
P4=P1+PNT(0,H,0)
LN(1)=P1, P2
LN(2)=P2, P3
LN(3)=P3, P4
LN(4)=P4, P1
LN.NUM=4
OUTPUT LN
#CIR RAD R=R : P1+PNT(L/2, H/2, 0)
STOP
END
  
```

図 3 パラメトリック図形を定義するプログラム

Fig.3 Program for parametric figure

示することができる。また、CURSOR 文を使用してユーザが指示した画面上の位置を認識することができる。これらの機能と制御文を使用して、メニュー形式のユーザ・インタフェースを実現することができる。

### 3.3.2 パラメトリック図形の定義

UDL の入力機能の一つであるテーブル入力を使用して、パラメトリック図形定義をする例を示す。テーブルは、あらかじめテキストとして作成されたもので、UDL プログラム実行時にテーブル読み込み文により、その内容を配列に読み込むことができる。UDL では、図形型データの図形代入文や座標値を得る関数等を使用して容易に図形を定義することができる。

図 3 のプログラムは図 4 に示すテーブルを読み、入力される半径値をキーにテーブルの行インデックスを検索し、その結果得られた縦・横の値を使用して図 5 のような図形を創成する。

### 3.3.3 データベース検索機能の使用例

UDL はデータベース検索機能を持つ。この機能を利用した例として表示されている

```

/TABLE TAB
RA  HA   LA
30  100  200
32  115  210
45  120  220
40  120  220
45  135  225
50  150  250
/TABLE END
    
```

図 4 パラメトリック図形のためのテーブル

Fig. 4 Table for parametric figure

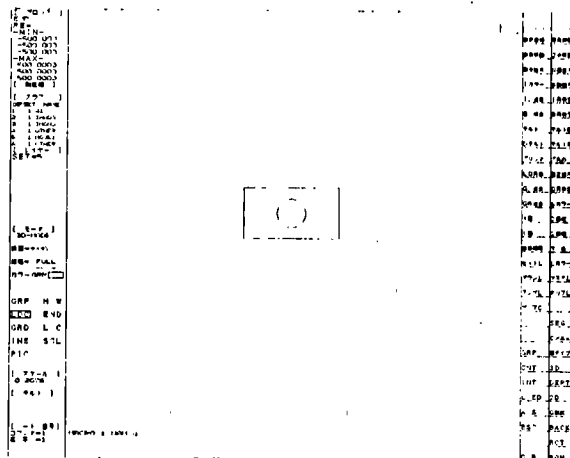


図 5 図 3 プログラムの実行結果

Fig. 5 Result of execution Fig. 3 program

```

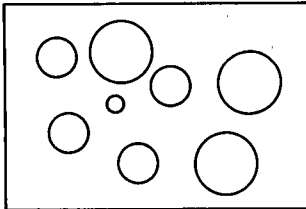
PROG EXP7
IDENT  BID, GRPID(100), GRPLID(100), IDS(100), NGR(100)
INTEGER N
NGR.NUM=0
INQ-BID BID
GET-GRPID GRPID WITH BID
DO I=1, GRPID.NUM
  GET-GRPCMP GRPLID WITH GRPID(I)
  DO J=1, GRPLID.NUM
    GET-COMPID IDS WITH GRPLID(J)
    DO K=1, IDS.NUM
      IF (TYPE(IDS(K))==$CIRCLE) THEN
        GET-FIG CIR WITH IDS(K)
        IF (CIR.R==50) THEN
          NGR.NUM=NGR.NUM+1
          NGR(NGR.NUM)=IDS(K)
        ENDIF
      ENDIF
    ENDO
  ENDO
ENDDO
ENDO
#GRP ENT : NGR
STOP
END

```

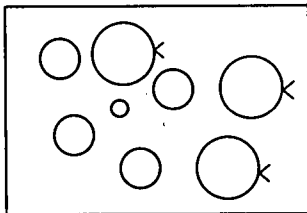
図 6 データベース検索機能を使ったプログラム例  
 Fig. 6 Example program for database retrieve features

全図形の中から半径 50 の円をすべて検索し、それらの円を一つのグループ\* とするプログラムを示す。

このような例をもしプログラムでなく、人間がコマンドを操作して行うとすると次のようになる。



一つずつすべての円の半径を測定コマンドによって調べる。



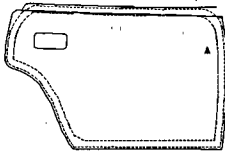
<で示した円が半径50であることを覚えておく。  
 グループ化のコマンドに <で示した円をもれなく指示する。

もし、半径 50 の円の個数が多い場合には、覚えておくことと、一つ一つをグループ化する手数の多さは大変わずらわしい。

\* UNICAD の図形の集合の単位の一つ。グループ単位で図形の移動、削除ができる。

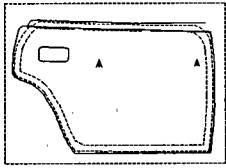
\*\*\* CORE RIB 作成 \*\*\*

- 1 作成方法: 自動 手動 <←本ずつ>, <再設計> |
- 2 作成部位: 全 部分 面 |

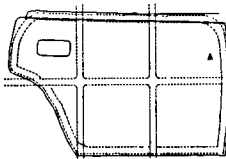


(a) 作成方法と作成部位を選択

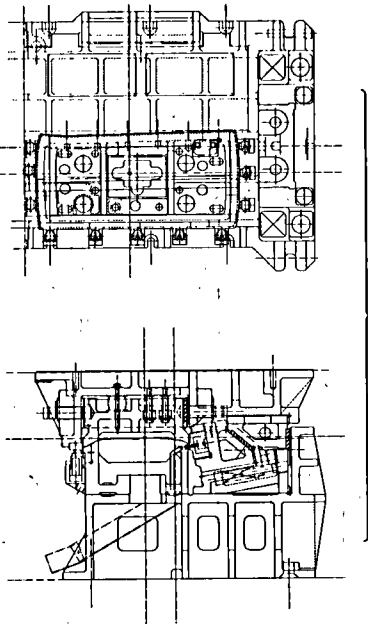
<OK/EXIT>



(b) 製品形状が表示される。設計情報ファイルの型概略寸法により、製品形状を囲む「」形と、設計範囲の良否を確認するためのY/Nのガイダンス・メッセージが表示される。設計者はY(Yes), またはNo(N)と答える。



(c) コア・リブが作成される。



コア・リブが作成された金型

図 7 コア・リブ作成 UDL プログラムの実行例

Fig. 7 Example of execution UDL program which make a CORE RIB

### 3.4 UDLプログラムのユーザ事例

A社における金型構造部の補強部分コア・リブ作成のUDLプログラムの実行例を示す(図7)。

ユーザ・インタフェースの専用化プログラム, 図形定義のプログラム, データベース検索を利用したプログラム等を組み合わせたプログラムを利用して金型全体の設計を行うことができる。

UDLの制御構造を使用してさまざまな処理を組み合わせることが設計手順の記述になる。

この例では, 設計者が表示されているガイダンスに従って操作をすることにより, コア・リブを作成することができる。

## 4. UDLに関連する機能

UNICADには, UDLのプログラミングの手間を省力化するための機能としてFUDGE (Figure to UDL program Generator)と呼ぶUDLプログラム自動生成機能と, UNICADのコマンド実行履歴をそのままUDLプログラムとして生成するコマンド (CREATEUDL コマンド) がある。

また, 作成したUDLプログラムを有効に利用するための機能として, UDLプログラム実行時の入力(文字・数値・図形指示・位置指示)を自動設計情報として保存し, この情報を使用して再度, 入力なしで自動的にプログラムを実行するコマンドがある (AUTO DESIGN コマンド)。また, 自動設計情報を会話機能により変更することができる (MODIFY AUTO DESIGN コマンド)。

自動設計情報は, 熟練した設計者の入力情報を設計手順として収集し再利用することによって, 設計パターンの類似した設計の効率化に役立つ。

本章では, とくにFUDGEについてその機能を解説する。FUDGEは, UNICADの図形形状データに対して変更を加えた形状を創成するUDLプログラムを自動生成す

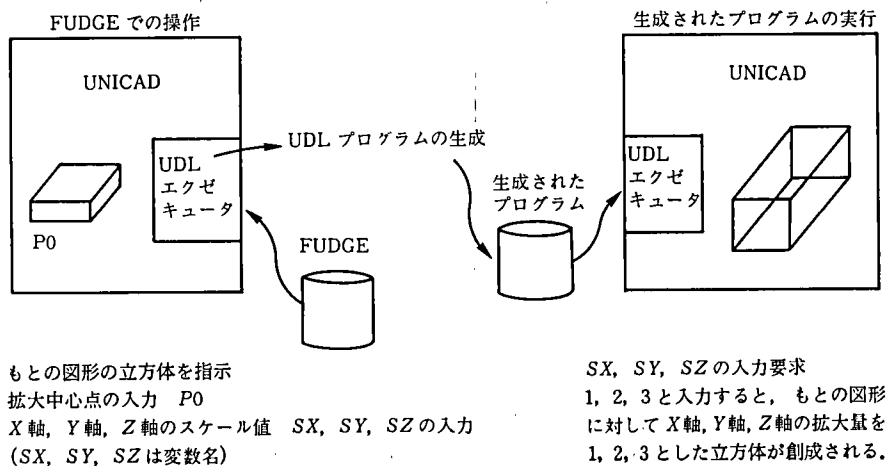


図8 FUDGEを利用した図形拡大

Fig. 8 Magnifying figure used FUDGE



(A) モード  
0.2674  
生成するプログラム名を入力する

(モード番号)  
生成するプログラム名を入力して下さい。プログラム名キー。

DEL	7
INS	4
ESC	1
END	0
...	...
...	...

(B) テーブル読み込みや検索をするプログラムを生成する場合にそのガイダンスを指示する。

テーブル検索 / 検索条件 / 条件式 / EXIT

DEL	7
INS	4
ESC	1
END	0
...	...
...	...

(C) テーブル読み込みの指示した後、順次テーブル名の入力、読み込む配列名の指示を行う。検索の指示をした場合には、インデックス、検索範囲、検索条件式を入力する。

テーブル名を入力して下さい。VQ、F、E、V、Tキー

JMP	R
CNT	U
INT	X
DEL	7
INS	4
ESC	1
END	0
...	...
...	...

(D) 生成するプログラムでの原点指示をする。四角形の左下隅を原点とする場合、INT を選択し、ガイダンスに従って左下隅を交点とする 2 直線を指示する。

原点指示の方法を指示して下さい。END CNT INT ORIGH

DEL	7
INS	4
ESC	1
END	0
...	...
...	...

(E) 垂直方向座標値の定義。ピック1とピック2の間の距離をHA(I)とする。HAはテーブル読み込みで指示した配列名であり、Iは検索のインデックスである。

DEL	7
INS	4
ESC	1
END	0
...	...
...	...

(F) 水平方向、垂直方向、半径Rの定義が終了した後、表示機能によって定義された座標値の確認をする。定義に誤りがあれば再度定義をし直す。定義の結果が正しければENDを選択し、プログラムが生成される。

定義 / 寸法定義 / 表示 / サブルーチン / 付加 / NEXT / END / SKIP

DEL	7
INS	4
ESC	1
END	0
...	...
...	...

図 9 FUDGE の操作  
Fig.9 Operation of FUDGE

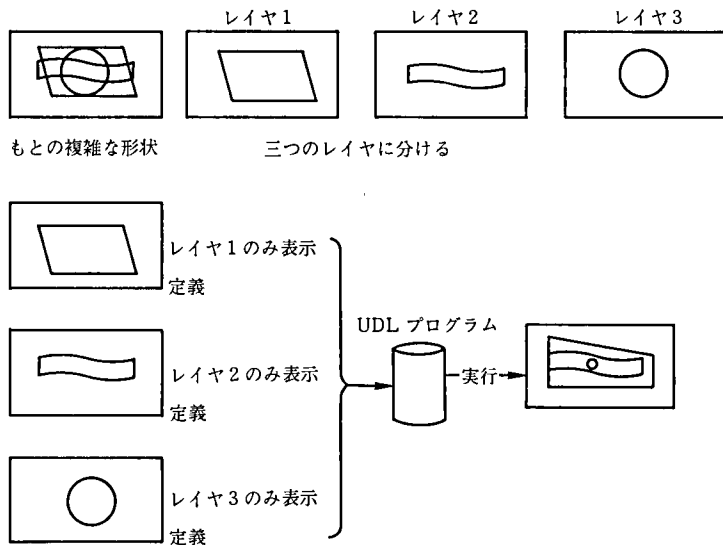


図 10 FUDGE を使った図形定義の例  
Fig. 10 Example of figure definition in FUDGE

る機能である。UNICAD を起動し、もともとなる形状を表示した状態で、図形を変更するための座標値の定義を会話機能により行うことができる。基本的には、X、Y、Z 座標値および円の半径を式で定義できる。図形の平行移動、拡大縮小に対しては、図形の指示と平行移動量、または拡大縮小の指示で、変更した図形を創成する UDL プログラムを生成することができる (図 8)。

また、FUDGE ではパラメトリック図形の定義に必要となるテーブルの読み込み、配列内の要素の検索を行うプログラムを生成することができる。

先に 3 章で示した、パラメトリック図形を定義する図 3 のプログラムと同じような処理を行うプログラムを FUDGE により生成することができる。図 9 は、図 5 の図形をもとに FUDGE でプログラムを生成するための指示の流れの概要を示したものである。

図 9 で示す操作の結果、生成されたプログラムを実行すると半径の入力が要求され、入力した値によりテーブルを検索し、図 5 に示した実行結果と同じ図形を創成する。

複雑な形状の場合、X、Y、Z 座標値のすべてを目で確認しながら定義していくことは困難である。この問題を解決するために FUDGE では、表示されている図形ごとに定義作業を繰り返すことができるようにしている (図 10)。

もとの図形を表示制御ができるいくつかのまとまりに分けて、このまとまりごとに表示 ON/OFF の制御を行い、定義操作を繰り返す。

FUDGE は、それ自身 UDL プログラムで記述されている。このため、ユーザの要求に合わせて FUDGE のしくみを変更することが容易である。また、生成されたプログラムとユーザの作成したプログラムとを組み合わせた UDL プログラムを作成することも可能である。

図 11 は、A 社における FUDGE を利用した標準部品登録の例である。図 11(a)がもとの形状である。正面、平面、側面の各図面が異なるクラス値\* をもっていて、FUDGE の操作では各図面ごとに定義操作を行っている。図 11(b)は、FUDGE で生成されたプログラムの実行結果（正面図のみ）である。テーブル読み込み機能を使用して、異なる寸法を持つ形状を作り出している。

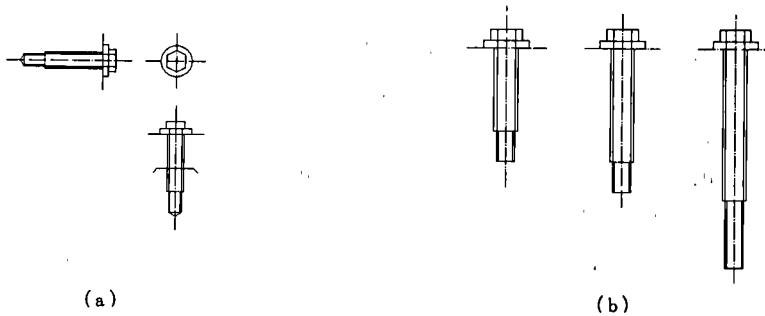


図 11 A 社 FUDGE の利用例  
Fig.11 Example of FUDGE in A Company

```

PROG EXAMPLE
IDENT ID(4),INID,DELID(2)
LINE LIN(4),OUTLIN(2)
POINT P,PP
*
* 四辺の入力 "ENTITY ID
* 変更頂点の入力 "ENTITY INID//P OF END-POINT
* 変更後の頂点位置の入力 "DIG PP
*
DO I=1,4
  GET-FIG LIN(I) WITH ID(I)          a 入力した四辺の図形データを得る
ENDDO

J=1
$RTOL=0.001                          a 変更頂点の検索トレランスを 0.001 とする
DO I=1,4
  IF(END1(LIN(I))==P) THEN             a 変更頂点をもつ辺を検索する
    DELID(J)=ID(I)                    a 変更する辺の ID を覚えておく
    OUTLIN(J)=PP,END2(LIN(I))         a 変更後の図形データを作る
    J=J+1
  ELSE IF(END2(LIN(I))==P) THEN
    DELID(J)=ID(I)
    OUTLIN(J)=END1(LIN(I)),PP
    J=J+1
  ENDIF
ENDDO
*
DELID.NUM=2                            a 変更前の図形の削除
DELETE DELID
OUTLIN.NUM=2                            a 変更後の図形の創成
OUTPUT OUTLIN
STOP
END

```

図 12 四辺形の頂点を移動するプログラム  
Fig.12 Program for move a vertex of rectangle

\* UNICAD の表示制御の対象で、クラスごとの表示 ON/OFF ができる。

## 5. 今後の課題

UDL は、UNICAD ユーザのほとんどすべてで使用され UNICAD は、あたかもユーザの専用システムのように活用されている。

UDL は、プログラミング言語であるためにユーザの作成したプログラムが大規模になり、そのプログラム本数が多くなるにしたがって次の2点が課題となってきた。

- 1) プログラミングの生産性
- 2) プログラムの保守性

UDL によるプログラミングの生産性向上のための1手段として、UNICAD では FUDGE を提供しているが、FUDGE が利用できるのは、規格部品、標準部品を作成するようなプログラムに限られる。

UDL によるプログラミングの生産性を向上させ、保守性を良くするためには、少ないプログラム・ステップ数で専用化の目的が達成できるような機能を提供していかなければならない。とくに、ユーザの UDL プログラムの中で大きな部分を占める入出力部分や、図形処理の部分のステップ数を減らすことにより、UDL によるプログラムの生産性、保守性の向上が期待できる。

たとえば、UDL で、画面にテーブル形式のメニューを表示してメニュー選択によって処理を進めるというプログラムを作成しようとする、画面の座標値を計算して、スクリーン表示文でテーブル枠線を描き、各枠線の中に表示するメッセージの書き出し位置を計算し、メッセージを表示し、さらに入力された座標値がテーブルのどの位置にあたるかを計算するという、約 100 ステップあまりのコーディングをしなければならぬ。メッセージの数やエラー時の処理等によっては数百ステップのプログラムに及ぶこともある。

また、UDL で意味のある図形の集まりを扱うプログラムを作成しようとする、点、線、円、円弧、曲線といった図形の集まりに対して位相的關係や幾何学關係を持たせるようなコーディングを考えていかなければならない。

たとえば、UDL で四辺形の指示された1頂点を移動して四辺形を変形させるプログラムを作成すると図 12 のようになる。四辺形の1頂点を変更するといった処理でさえ、現在の UDL では複雑なプログラムになる。

今後は、画面（メッセージ、メニューの位置等）の仕様を記述したものから自動的にユーザの望むユーザ・インタフェースが構築できるような機能や、図形の集まりを意味のある形状として扱うことのできる図形処理、データベース処理が一体となる機能を実現していくことが大きな課題である。

## 6. おわりに

UDL は 1984 年 4 月に初版を出荷後、機能追加、効率改善を加えてきた。

ユーザの作成した UDL プログラムを分析することにより、CAD/CAM システムが本来システムに組み込むべき機能と、ユーザに解放する専用化の機能との役割分担を明らかにして、今後のシステム開発に反映させていきたいと考えている。

- 参考文献 [1] 汎用 CAD システム UNICAD<sup>®</sup> 解説書 UDL 編, 日本ユニシス, 483845428-4, 1988 年 5 月.  
[2] 日本機械学会編, CAD システムの機能と構成, CAD/CAM シリーズ 2, 技報堂出版, 1987 年.

執筆者紹介 宮地 恵美 (Emi Miyachi)

昭和 32 年生. 57 年慶応義塾大学大学院工学研究科数理工学専攻修了. 同年日本ユニシス(株)入社. 汎用 CAD/CAM システム UNICAD<sup>®</sup> の開発・保守に従事. 現在 CAD/CAM システム二部に所属, 主に UNICAD<sup>®</sup> UDL の開発・保守を担当. 情報処理学会会員.



# 射出成形における溶融樹脂の金型内流動シミュレーション

## Flow Simulation of Molten Polymers in the Injection-molding Filling Process

平 林 繁

**要 約** プラスチック射出成形において、溶融された樹脂が金型内を流動・冷却していく過程をシミュレーションするシステムを開発した。この解析により、充填・冷却工程での流動パターン、圧力分布、温度分布を予測することができる。

解析手法として有限要素法を採用、メルト・フロント、ウェルドラインの位置を精度良く計算して、グラフィック・ディスプレイ上に表示できるようになった。温度解析では、熱伝導に加えて、熱の移流、剪断発熱を考慮して、より現実的な温度分布が計算できるようになり、不均一冷却の状態を知ることが可能となった。

テスト金型および実際の成形品の射出成形実験と、シミュレーションとの比較から解析精度の検証を行った。

流動パターンについては、ショート・ショットによる成形との比較およびウェルドラインの発生位置から、実用化のレベルに到達していることを確認した。

**Abstract** The system for flow simulations of molten polymers in the injection-molding filling process is developed.

This system which is called 「MELT FLOW」 can accurately estimate flow pattern, pressure distribution and temperature distribution in filling and cooling process.

「MELT FLOW」 employs a finite-element method as discretization scheme. This system can calculate the position of melt-front line and weldline precisely and display them on a graphic terminal.

In thermal analysis, the convection term and viscos heating term are employed in addition to the conduction term, so that the temperature distribution is calculated more accurately.

Good agreement with experiments is obtained in terms of short-shot sequences and weldline formation.

### 1. はじめに

近年、各種プラスチックを素材とした工業部品が、家電製品、自動車部品、精密機器等あらゆる産業分野に進出している。

この要因として、

- 1) プラスチック自体の性能向上、いわゆるエンジニアリング・プラスチックと呼ばれる高性能樹脂の開発が進み、よりきびしい環境に耐えることが可能となった
- 2) メーカーの立場からは、製品の軽量化に役立ち、複雑な形状の成形も容易なことから部品の集約化ができる
- 3) 射出成形という生産性の高い製造方法が確立している

などが挙げられる。

プラスチック製品の成形法として、最も一般的なものが射出成形である。この方法は、溶かしたプラスチック(樹脂)を射出機から高速・高圧で成形品の形状をしたキャ

ビティ(空洞)を持つ金型へ注入し、冷却工程を経て金型から取り出すという成形法で1サイクル、数10秒という非常に生産性の高い製造方法である。

射出成形の過程で発生する各種の成形不良は、金型内の流動挙動に寄因する 경우가多く、金型内の流動過程に関する実験・解析の研究は古くから行われている。初期の流動解析には、キャビティ部分にフローパスを想定して、1次元流れで近似できるようにキャビティを分割した Branching Flow Method、イスラエル工科大の Tadmor らによって開発された FAN 法<sup>[1]</sup>は、キャビティをノードによるネットワークで表現して、流量と圧力の関係式からノード間に樹脂を流動させる手法をとった。国内では、豊田中央研究所が FAN 法をベースに「IMAP-F」<sup>[2]</sup>という流動解析システムを開発している。

最近、この分野でも、有限要素法(FEM)による2次元流の解析が主流となりつつある。とくに有名なものとして、米国コーネル大の射出成形に関する研究プロジェクト CIMP(Cornell Injection Molding Program)によるモデル<sup>[3]</sup>がある。ヨーロッパでは、西独アーヘン工科大のプラスチック加工研究所(IKV)が推進している CADMOULD 中の流動解析、国内では東レ中央研究所<sup>[4]</sup>、シャープコンピュータシステム研究所<sup>[5]</sup>により FEM を用いた流動解析システムが開発されている。

金型内流動に有限要素法を使用した場合のむずかしさは、移動する自由境界問題を取り扱わなければならない点にある。流動解析では、樹脂の流れの最先端部(メルト・フロント)が存在する要素は常に部分充填状態となるが、この処理を簡略化して部分充填を充填率に置き換え、通常コントロール・ボリューム法<sup>[6]</sup>、あるいは有限体積法<sup>[5]</sup>を使用している。

今回、メルト・フロント、樹脂の合流で発生するウェルドラインを内部的にラインとして保持しながら、純粹に有限要素法を適用した流動解析プログラムを開発したので、その概要を報告する。

また、その実用化システムである「MELT FLOW」は、充填過程における樹脂の流動パターン、樹脂各部の圧力と温度、保圧・冷却過程における温度変化を計算できる。

解析結果から、ウェルドラインの発生位置の予測、ゲート点数やゲート位置の選定、充填圧力の予測、温度分布の不均一性等に関する有効な情報が得られる。

本稿では、流動解析の基礎理論と数値解析、「MELT FLOW」の特徴とその適用例について述べる。

## 2. 基礎理論

溶融された樹脂が金型内を流動していく過程は、一般的な流体力学の基礎方程式である Navier-Stokes 方程式によって記述されるが、射出成形における金型内流動解析という特性を生かして、より簡略化された以下の式を基礎方程式として採用した。簡略化の要点は、射出成形によって製造される成形品は、比較的薄手の物が多く、厚さ方向の流れを無視した2次元流の近似が可能となる点である。

非圧縮性、非等温の2次元粘性流れ(Hele-Shaw 流れ)を支配する基礎方程式は、以下の通りである<sup>[7]</sup>。

$$\frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial z} \left( \eta \frac{\partial u}{\partial z} \right) = 0 \quad (2-1)$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial z} \left( \eta \frac{\partial v}{\partial z} \right) = 0 \quad (2-2)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} (b\bar{u}) + \frac{\partial}{\partial y} (b\bar{v}) = 0 \quad (2-3)$$

$$\rho c_p \left( \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) = k \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \eta \dot{\gamma}^2 \quad (2-4)$$

$u$	流速の $x$ 成分	$p$	圧力
$v$	流速の $y$ 成分	$T$	温度
$t$	時間	$\eta$	粘度
$\dot{\gamma}$	剪断速度	$\rho$	密度
$c_p$	比熱	$k$	熱伝導率
$b$	板厚の 1/2		

$\bar{u}$ ,  $\bar{v}$  板厚方向で平均化された流速成分

要素座標系として、流動面と平行に  $x$ ,  $y$  軸、板厚方向に  $z$  軸の直交座標系をとる。  
(2-1), (2-2) が運動方程式, (2-3) が連続の式, (2-4) がエネルギー方程式である。上式を導き出す上での主な仮定は以下の通りである。

- 1) 運動方程式の慣性項は、粘性項と比較して無視する。
- 2) 流動過程の各瞬間において、流れは定常とみなし時間項を無視する。
- 3) 熱伝導は板厚方向のみを考え、流動面方向は移流項と比較して無視する。
- 4) 成形品と比較して金型の熱容量は無限大とみなし、金型の温度変化は考えない。
- 5) 流速、温度分布は板厚中心で対称とする。

上式に板厚方向 ( $z$  方向) の境界条件を付加すると、

$$u = v = 0, \quad T = T_w \quad (z = b : \text{金型壁面}) \quad (2-5)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial z} = 0 \quad (z = 0 : \text{板厚中心}) \quad (2-6)$$

となる。

この境界条件と  $p$  が  $z$  に関して独立である仮定から式 (2-1), (2-2) を  $z$  について積分する。

$$\eta \left( \frac{\partial u}{\partial z} \right) = \left( \frac{\partial p}{\partial x} \right) z \quad (2-7)$$

$$\eta \left( \frac{\partial v}{\partial y} \right) = \left( \frac{\partial p}{\partial y} \right) z \quad (2-8)$$

さらに、 $z$  に関して積分すると、

$$u = - \left( \frac{\partial p}{\partial x} \right) \int_z^b \frac{\bar{z}}{\eta} d\bar{z} \quad (2-9)$$

$$v = - \left( \frac{\partial p}{\partial y} \right) \int_z^b \frac{\bar{z}}{\eta} d\bar{z} \quad (2-10)$$

したがって、板厚方向で平均化された流速は以下のようになる。

$$\bar{u} = \left( - \frac{\partial p}{\partial x} \right) \frac{1}{b} \int_0^b \int_z^b \frac{\bar{z}}{\eta} d\bar{z} dz = \left( - \frac{\partial p}{\partial x} \right) \frac{S}{b} \quad (2-11)$$



$$\bar{v} = \left(-\frac{\partial p}{\partial y}\right) \frac{S}{b} \tag{2-12}$$

$$\text{ただし } S \equiv \int_0^b \frac{z^2}{\eta} dz \tag{2-13}$$

平均流速成分  $\bar{u}$ ,  $\bar{v}$  を連続の式に代入することによって、圧力場の方程式が得られる。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( S \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( S \frac{\partial p}{\partial y} \right) = 0 \tag{2-14}$$

以下の境界条件が追加される。

$$p=0 \quad \text{メルト・フロント} \tag{2-15-1}$$

$$\frac{\partial p}{\partial n} = 0 \quad \text{金型壁面} \tag{2-15-2}$$

$$p=p_e \quad \text{スプルー, またはゲート入口での圧力} \tag{2-15-3}$$

$$T=T_e \quad \text{スプルー, またはゲート入口での樹脂温度} \tag{2-15-4}$$

ゲート入口での圧力条件は通常、流量条件に置き換えられる。

$$\oint_c \bar{u}_n \cdot 2b ds = Q \tag{2-15-5}$$

ここで、 $c$  はゲートを囲む路で、 $Q$  がゲートから流入する流量である。

樹脂流動を解析する上でのポイントとなるのが、粘度の取り扱いである。樹脂の流動は、水と比較して粘度が高く、非ニュートン流体の粘度式が使用される。ここでは、高分子流動の粘度式として一般的な“べき乗則”を採用する。

$$\eta = m(T) \dot{\gamma}^{n-1} = \eta_0 \exp(-\alpha T) \dot{\gamma}^{n-1} \tag{2-16}$$

粘度は温度依存性を考慮して、剪断速度のべき乗に比例するという仮定であるが、現実の樹脂では高剪断領域、低剪断領域では上式から大きくはずれる場合があり、補正が必要となる。なお、剪断速度は以下の式である。

$$\dot{\gamma} = \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z}\right)^2} = \sqrt{\frac{z^2}{\eta^2} \left\{ \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)^2 \right\}} = \frac{z}{\eta} |\nabla p| = \frac{z}{\eta} \Lambda \tag{2-17}$$

(2-16), (2-17)より

$$\eta = \Lambda z \left(\frac{m}{\Lambda z}\right)^{\frac{1}{n}} \tag{2-18}$$

したがって、(2-13)の  $S$  は

$$S = \int_0^b \frac{z^2}{\eta} dz = \frac{\Lambda^{\frac{1}{n}}}{\Lambda} \int_0^b z \left(\frac{z}{m}\right)^{\frac{1}{n}} dz \tag{2-19}$$

積分項が温度依存の部分である。

通常の樹脂で  $n=0.2\sim 0.8$  程度の値をとるので、

$$S \propto |\nabla p|^{\frac{1}{4}} \sim |\nabla p|^4 \tag{2-20}$$

となる。

式(2-14)は樹脂の粘度によって、かなり強い非線形性を示すことになる。

温度場の方程式である式(2-4)は、以下の温度変化の項を含んでいる。

$$1) \quad \rho c_p \left( u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) \tag{2-21}$$

樹脂の流れとともに運ばれる熱による温度変化項で流動面( $x$ - $y$ 平面)の流れのみ

を考える。

$$2) \quad k \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (2-22)$$

板厚方向のみの熱伝導項である。

$$3) \quad \eta \dot{\gamma}^2 \quad (2-23)$$

板厚方向での速度差から生ずる剪断発熱の項である。

最終的には、圧力場、温度場の方程式である式(2-14)、(2-4)を境界条件(2-5)、(2-6)、(2-15)の下で解くことになる。

### 3. 数値解析

圧力場の方程式(2-14)と、温度場の方程式(2-4)をコンピュータを使用して数値解析を行うには、まず両式を離散化して連立一次方程式の形に変換しなければならない。離散化の手法としては、構造解析をはじめ連続場の解析で広く使われている有限要素法を用い、差分法も一部取り入れている。

#### 3.1 離散化

キャピティ部の有限要素として三角形要素を、形状関数として線形補間関数を使用する。

$$p(x, y, t) = \sum_{k=1}^3 L_k(x, y) p_k(t) \quad (3-1)$$

$p_k$  は節点圧力、 $L_k$  は面積座標を使用して以下のように定義される。

$$\begin{aligned} L_1 &= a_1 + b_1 x + c_1 y & a_i &= (x_j y_k - x_k y_j) / 2A \\ L_2 &= a_2 + b_2 x + c_2 y & b_i &= (y_j - y_k) / 2A \\ L_3 &= a_3 + b_3 x + c_3 y & c_i &= (x_k - x_j) / 2A \end{aligned} \quad (3-2)$$

$x_i$  等は三角形の節点座標、 $A$  は三角形の面積である。ガラーキソ法によって、式(2-14)を離散化する。

$$\int_{\Omega} \tilde{p} \nabla \cdot (\mathbf{S} \nabla p) d\Omega = \int_c \tilde{p} S \frac{\partial p}{\partial n} ds - \int_{\Omega} \nabla \tilde{p} \cdot (\mathbf{S} \nabla p) d\Omega = 0 \quad (3-3)$$

境界上で  $\frac{\partial p}{\partial n} = 0$  を考慮すると右辺第1項が消える。

$$\int_{\Omega} \nabla \tilde{p} \cdot (\mathbf{S} \nabla p) d\Omega = 0 \quad (3-4)$$

重み関数  $\tilde{p}$  に形状関数と同じ補間関数を用い、式(3-4)に代入して積分を実行する。

$$\int_{\Omega} S \left\{ \sum_i \frac{\partial L_i}{\partial x} \tilde{p}_i \sum_j \frac{\partial L_j}{\partial x} p_j + \sum_i \frac{\partial L_i}{\partial y} \tilde{p}_i \sum_j \frac{\partial L_j}{\partial y} p_j \right\} d\Omega = \sum_{i,j=1}^3 B_{ij}^{(p)} \tilde{p}_i p_j = 0 \quad (3-5)$$

$$B_{ij}^{(p)} = \int_{\Omega} S \left( \frac{\partial L_i}{\partial x} \frac{\partial L_j}{\partial x} + \frac{\partial L_i}{\partial y} \frac{\partial L_j}{\partial y} \right) d\Omega$$

式(3-5)より、

$$\sum_{i,j=1}^3 B_{ij}^{(p)} p_j = 0 \quad (3-6)$$

ここで、 $l$  は節点  $N$  を含む要素である。

式(3-6)が圧力場を離散化して得られた連立一次方程式である。

温度場に関しては流動面方向( $x$ - $y$ 平面)を有限要素法により離散化し、板厚方向( $z$ 座標)および時間については差分法により離散化する。

$$T(x, y, z, t) = \sum_{k=1}^3 L_k(x, y) T_k(z, t) \quad (3-7)$$

圧力場と同じ線形補間関数を使用している。

熱の移流項の評価については、流体解析で一般的な風上有限要素法の手法を使い安定化をはかり、移流項と剪断発熱項は、共に1ステップ前の温度で評価する等の簡略化を行っているが、詳細については省略する。

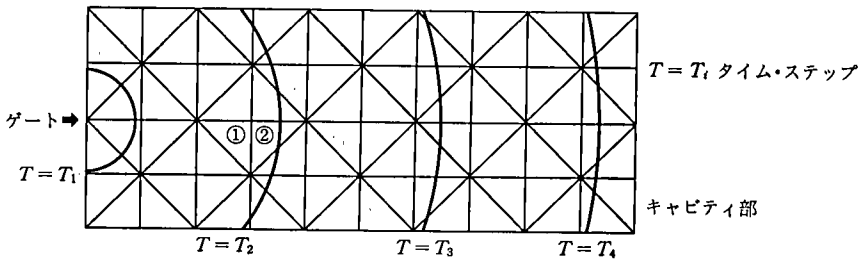
### 3.2 計算の流れ

実際の数値解析においては、スプルーまたはゲートから溶融樹脂が、金型キャビティ内へ流入を開始してから、充填が終了するまでの間をタイム・ステップに分割する。各タイム・ステップにおいては、樹脂の充填領域が確定しており以下の計算を行う。

- 1) 圧力場の方程式を解く……充填領域での圧力、および圧力勾配が計算され、式(2-11)、(2-12)よりメルト・フロントでの平均流速が決まる。
- 2) 温度場の方程式を解く……充填領域での温度分布が計算される。
- 3) メルト・フロントを進展させる……メルト・フロントでの流速を使い、タイム・ステップだけフロントを進展させて新しい充填領域を確定する。

以上の計算を充填終了時まで、各タイム・ステップで実行する。

ここで問題となるのが、各タイム・ステップでメルト・フロントの存在する要素が部分充填状態になる点である。事前にキャビティ部全体を有限要素にメッシュ分割し



$T_2$ の時刻で  
 ①完全充填要素  
 ②部分充填要素  
 (フロント要素)

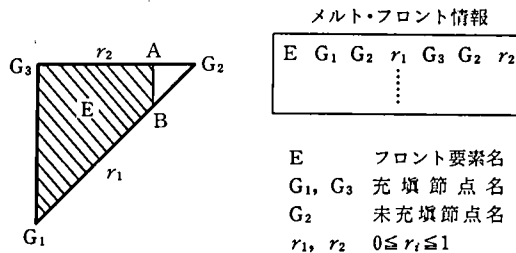


図1 メルト・フロントと部分充填

Fig.1 Melt-front line and partial filling

ておくので、この事態は避けられない(図1)。図中で要素①は、すでにフロントが通過しており樹脂が100パーセント充填されているが、要素②はメルト・フロントが存在して一部充填されているにすぎない。

この問題については、フロント要素ごとにフロントラインの位置を内部情報として持ち、以下の境界条件を適用している(図1)。

$$p_A = p_B = 0 \quad (3-8)$$

なお、離散化された連立一次方程式は非線形性が強く、直接法による求解は不適当であり、圧力場・温度場共に反復法の一つであるSOR(Successive Over-Relaxation)を使用している。

#### 4. 実用化システムの開発

以上の実験的なプログラムを基礎に、本格的な実用化システム、金型内における熔融樹脂の流動・冷却システム「MELT FLOW」を開発した。その主な特徴と機能について述べる。

##### 4.1 主な機能と特徴

- 1) 有限要素法、差分法を駆使した高精度の解析である。従来からある成形品の平面展開、および区分化によるシミュレーションと比較して、成形品の3次元形状をより忠実にモデル化できる。

流動解析の中でも、取り扱いの面倒な移動境界条件に対しては、フロント要素での部分充填状態を単に充填率ではなくフロントラインの情報として持ち、メルト・フロントでの境界条件、またウェルドライン上での境界条件を付加した拘束条件付きの有限要素法を適用している。

- 2) 要素内でのメルト・フロント、ウェルドラインの位置を内部で計算しており、位置情報としてプリンタ出力、またはグラフィック・ディスプレイ上にラインとして表示できる。したがって、複雑な形状の成形品でも、ウェルドラインの位置を正確に把握することができる。ウェルドラインの処理については後述する。
- 3) 温度解析では、金型への熱伝導(板厚方向)と、樹脂の流れとともに運ばれる熱の移流、および板厚方向での速度差から生ずる剪断発熱を考慮している。

射出成形では、溶けた樹脂が高速で金型内を流れるために、温度解析においても流動の及ぼす効果を見逃すことができない。実験でも射出率を変えることによって、樹脂の金型に近い温度が大きく変わることが知られている。板厚方向は指定した層数に分割して、金型への熱伝導を計算できる。

- 4) スプルーまたはゲートからの定量射出に加えて、多段射出のシミュレーションも可能である。また成形機的能力以内では流量制御を行い、能力を越えた段階で、スプルー、ゲートの圧力を最大値に固定した圧力制御への切り換えもできる。

実際の射出機では充填過程で射出率が一定ではなく、数段階にわたって変更される多段射出が一般的である。定量射出の場合と比較して、流動パターン、圧力分布の一部が変化するが、とくに温度分布では射出率の大小が温度変化に大きな影響を及ぼすため、分布自体が大きく変わる場合もある。

- 5) 樹脂の物性値については、熱伝導率・比熱・密度で温度依存性を考慮できる。

樹脂は充填・冷却過程で流動から固化状態まで広範囲の温度変化を受けるため、温度による物性値の変化も重要である。

粘度データについては、現在3パラメータのべき乗則を採用しているが、低剪断領域、高剪断領域では補正している。

- 6) 入力データの作成、解析結果の出力には、汎用の有限要素法(FEM)プリ・ポストプロセッサを使用できる。

「MELT FLOW」の入出力データは、汎用構造解析システム「NASTRAN」の入出力データに準拠しているため、新たに入出力データの処理方法を覚える必要はなく、構造解析の延長として流動解析を実行できる。

- 7) 「MELT FLOW」はオープンなシステムのため、計算結果を後続する構造解析、熱伝導解析、反り解析等で利用できる。解析結果の樹脂流動方向データや温度分布データ等から、成形品の異方性構造解析、短繊維の配向予測、反り解析へのデータが用意できる。

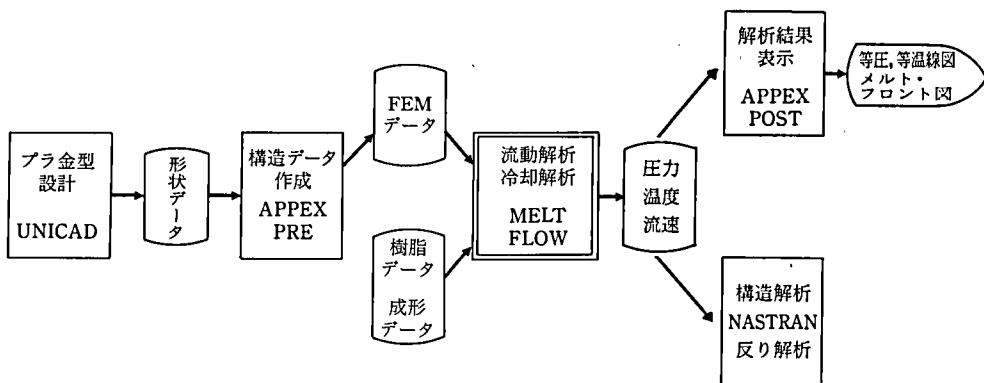
- 8) 長時間の解析に対して、チェックポイント・リスタート機能により、分割して実行できる。成形品の冷却解析については、充填終了時のチェックポイント・ファイルから、解析条件を変更して冷却過程をシミュレーションできる。

- 9) 「MELT FLOW」は、当社 CAD/CAM/CAE 製品とともにプラスチック金型設計システムを構成している(図2)。

#### 4.2 ウェルドラインの処理

樹脂の合流によって生ずるウェルドラインの位置予測は、流動解析による主要な効果の一つである。

ウェルドラインの発生は成形品の外観上可能な限り避けたいものであり、樹脂の融合状態によっては、著しく力学的強度が低下する。したがって、構造的に力がかかる



UNICAD 汎用3次元CAD/CAMシステム  
 APPEX 汎用FEMプリ・ポストプロセッサ  
 (PRE, POST)  
 NASTRAN 汎用構造解析システム

図2 システム構成

Fig. 2 Total system for mold design

部分にウェルドラインが発生しないように、また成形品の外観を損う部分に発生しないように、ゲート点数・ゲート位置が決定されなければならない。

ウェルドラインの発生要因として、以下のものが挙げられる。

- 1) 多点ゲートによる成形で、異なるゲートから流入した樹脂同志の合流により発生する。
- 2) 流路の障害物により樹脂の流れが分岐し、その後再合流して発生する。開口部の成形品に典型的に見られる。
- 3) 成形品の3次元的形状から、メルト・フロントが折れ曲がり発生する。箱の隅等に見られる。
- 4) 成形品の板厚差が大きい場合、流動抵抗の差から厚い部分は樹脂が速く流れるため、メルト・フロントが折れ曲がり発生する。

いずれのケースでも、「MELT FLOW」は、内部的にウェルドラインの発生位置を計算して、以下の処理を行っている(図3)。

- 1) ウェルドラインが発生した要素(ウェルド要素)では、同じ位置に仮要素を生成して樹脂(1)要素と樹脂(2)側要素の2重化を行い、ウェルドライン上での境界条件を適用している。
- 2) 出力に関しては、ウェルドラインに沿ってウェルド要素を分割、新たに四角形要素と三角形要素を生成する。またウェルドラインとウェルド要素の構成辺との交点には、ウェルド節点を生成して、圧力・温度および樹脂通過時刻を計算している。

グラフィック・ディスプレイ上は新たに生成された四角形要素と三角形要素の境界線として、ウェルドラインが表示される。またタイム・ステップごとにウェルドラインの位置座標が、メルト・フロントの位置座標とともにプリンタ出力される。

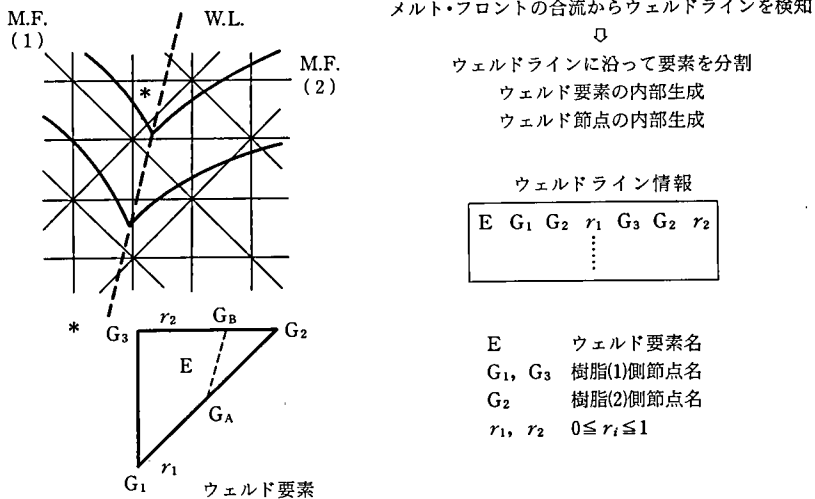


図3 ウェルドラインの形成  
Fig.3 Weldline formation

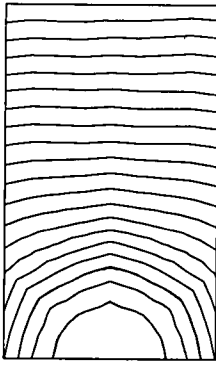


図 4(a) メルト・フロント図

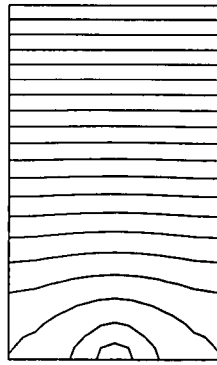


図 4(b) 圧力分布

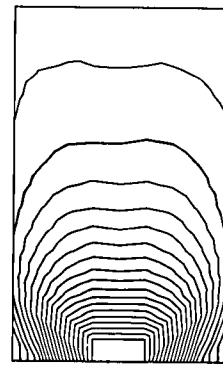


図 4(c) 温度分布図

Fig. 4(a) Melt-front advancement Fig. 4(b) Pressure distribution Fig. 4(c) Temperature distribution

## 5. 適用事例

### 5.1 平板モデル

ナイロン6の平板モデルを1点ゲートで成形して、流動パターン・圧力分布・温度分布を調べた。図4(a)は、メルト・フロント進展図で各節点を樹脂が通過した時間による等時間分布図である。この図から金型内での樹脂の流れ方が予想できる。図4(b)と図4(c)は、各々充填終了時における圧力分布と平均温度分布である。平均温度は、板厚中心から金型までを8層に分割して温度解析を行い、平均化したものである。

圧力分布は、メルト・フロントと比較して平坦な分布を示している。一方温度分布は、流動の効果からゲート前方へ熱が運ばれて温度が上昇している。側面では、流動が止まり温度の下降が著しい分布となっている。

### 5.2 偏肉部のある平板モデル<sup>[8]</sup>

平板の中央部に板厚を変更できる部分を設けたテスト金型で、板厚差による流動パターンの変化を実験とシミュレーションにより比較した。樹脂はPSを使用している。

一般的に板厚が厚くなると流動抵抗が減少して、樹脂は流れやすくなる。テスト平板は全体が2mmの板厚であるが、偏肉部分を2mm, 1.2mm, 0.4mmに板厚を設定してテストしている(図5, 図6)。

3ケースとも実験とシミュレーションの結果が良く一致している。とくに0.4mmのケースでは、薄肉部に到達した樹脂が、中に入れず外側の厚肉部へ流れて、最後に逆方向から薄肉部へ流入するというバック・フロー現象が発生しているが、シミュレーションでもその様子が再現できている。

### 5.3 3点ゲートによる箱型モデル

長側面上縁に3点のゲートを設けて成形した例である。樹脂はナイロン6である。3点のゲートから樹脂が射出されるため、ゲート間にウェルドラインが発生するのは容易に予想される。メルト・フロント図(口絵1)でも該当部分にウェルドラインが見られる。

さらに、このモデルでは箱の短側面下部からゲートの対向長側面へウェルドラインが発生している。これは、底面を流れた樹脂と側面を流れた樹脂が合流して形成され

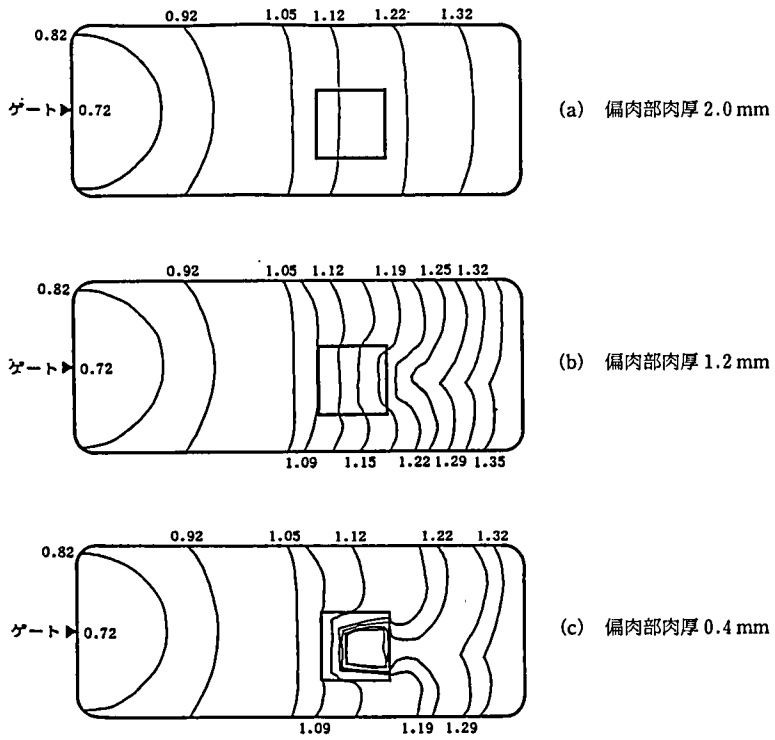


図 5 充填パターン(実験)  
Fig. 5 Filling pattern(experiment)

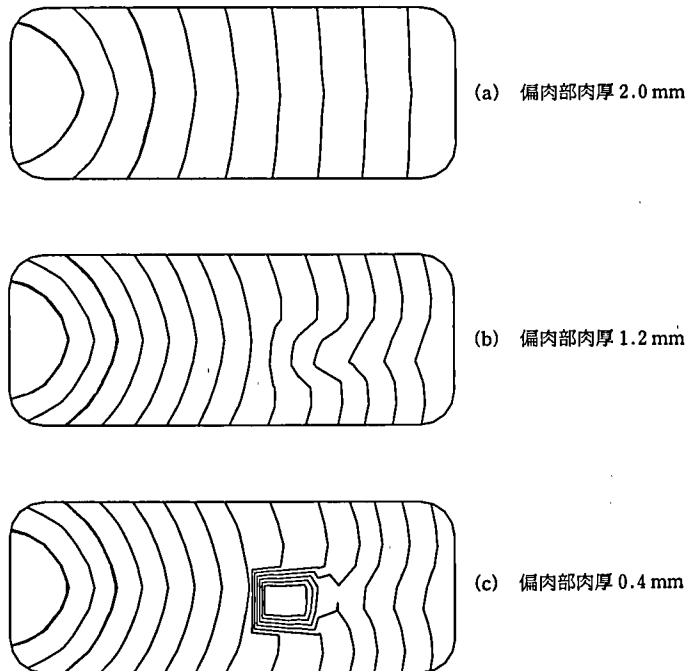


図 6 充填パターン(シミュレーション)  
Fig. 6 Filling pattern(simulation)



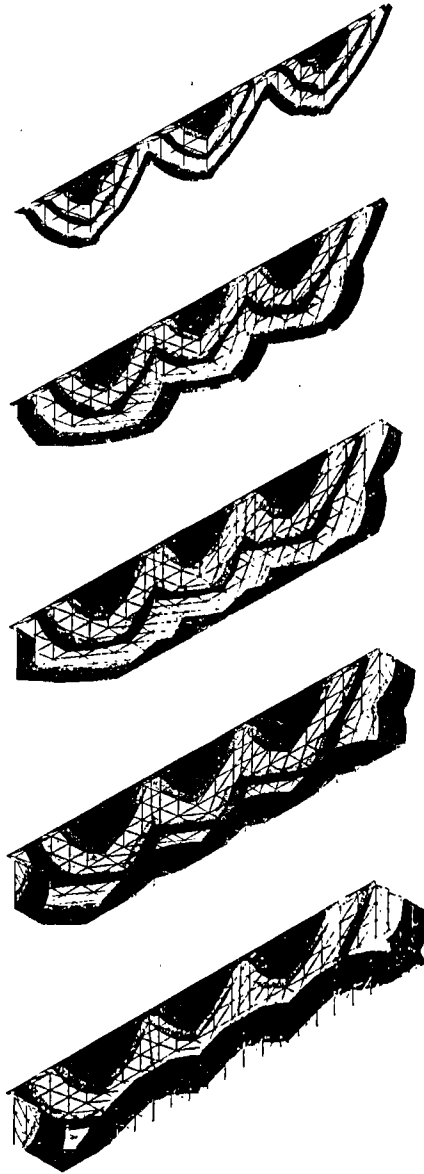


図7 ショート・ショット  
Fig.7 Short-shot sequences

たもので、実際の成形品でもほぼ同位置にウェルドラインが発生している。温度分布では、この近辺で最も温度が低下しており、外観上もウェルドラインが出やすいことがわかる(口絵1, 口絵2, 口絵3)。

図7は、箱の成形過程を調べるため樹脂の射出量を段階的に増やしたショート・ショットの実験をシミュレーションしたものである。

#### 5.4 メータのハウジング・モデル

成形品はメータのハウジング、使用樹脂はABSであり、1点ゲートで成形されている。

メルト・フロント図で左右の開口部から、後背面上方へウェルドラインが発生して

いる。また、後背面中央部にも左右から流れてきた樹脂の合流によって、ウェルドラインが形成されている。

平均温度図で注目されるのは、一番手前の縁で温度が最も低下している点である。この部分は、ゲートに近いため射出の初期時点で充填され、その後流動が止まり、熱の移流と剪断発熱が減少する。その結果、金型への熱伝導が優勢となり温度が低下すると考えられる。一方ゲートの存在する中央開口部の周囲は、後面への樹脂の供給路となり、熱の移流、剪断発熱が継続して発生、高温状態のまま推移する。

ウェルドラインにおける温度低下にも注目したい。一般的に初期時点で形成されるウェルドほど、温度の低下が大きい。この例でも左右の開口部付近のウェルド、およびゲートの反対側の中央開口部側面に発生したウェルドで温度低下が大きく、実際の成形品でも、この部分にウェルドラインが見えている(口絵4, 口絵5, 口絵6)。

### 5.5 シリンダ・ブロックのヘッドカバー

自動車エンジンのシリンダ・ブロックのカバーをナイロン6で成形した例である。樹脂の射出量を段階的に増やして成形したショート・ショットの実験とシミュレーションとの比較により、流動パターンを検証を行った。

ショート・ショットにより、メルト・フロントの進展状況を示し中塗りカラー表示により平均温度分布の変化を表している。

成形品は板厚差が大きいにもかかわらず、流動パターンは良く一致している。上面の板厚と比較して、左右側面下部の板厚が3倍以上厚く、側面部が速く流れるため、上面中央部にウェルドラインが形成されている。最終充填位置も側面ではなく、上面下部の位置である。また、カバー裏側にリブが多数存在するため上面の流れ方が複雑になっている(口絵7)。

## 6. おわりに

プラスチック射出成形における溶融樹脂の金型内流動・冷却過程を有限要素法を使用して解析するシステムを開発した。従来からあるシステムと比較して、より厳密にFEMを適用して、メルト・フロント、ウェルドラインの位置情報を出力することが可能となり、圧力分布・温度分布も精度良く計算できるようになった。

ショート・ショットによる成形実験とシミュレーションとの比較から、流動パターンについては高精度で予測が可能となった。ウェルドラインの位置予測は成形品の外観や力学的強度が問題となる場合、有効な情報となるだろう。さらに、解析例を積み重ね、実験との比較からウェルド強度に対する知見を増やしていきたい。

また、今後樹脂データの高精度化、センサ類の性能向上により金型内の圧力、温度の測定精度が上がれば、より定量的な評価も可能となるだろう。

流動解析自体は実用化の段階に到達はしたが、高分子流動に代表されるレオロジーの分野は物理的にも工学的にも未解明な部分が多く、また3次元の複雑な形状をもつ成形品に対して移動境界問題を解くという数値解析上の困難も伴うため、精度的には、さらに改善の余地が残されていると思う。

最近注目を集めているプラスチック成形加工のCAEは、流動解析に始まり、金型と成形品を一体化した3次元冷却解析、樹脂の圧縮性を考慮した保圧解析、樹脂中に混

入された強化短繊維の配向予測, 成形品の残留応力, 「ひけ」, 「反り」の解析, 等多くの課題を残しており, 今後も活発な研究開発が続けられるものと思われる。

### 謝 辞

本研究開発は, 宇部興産株式会社と日本ユニシス株式会社の共同開発プロジェクトとして, 1985年にスタートし, 1987年に終了しました。宇部興産株式会社 経営企画本部 情報システム部 副部長 安井信成氏には, この間プロジェクトの遂行で終始御支援いただきました。情報システム部 課長 金子準二氏, 機能性樹脂事業本部 ナイロン樹脂技術部 主査 石田敏和氏には, 数値解析手法・射出成形全般にわたって多くの貴重な助言をいただきました。情報システム部, ナイロン樹脂技術部の方々には, 解析と成形実験の比較検証で御協力いただきました。

宇部興産株式会社の多大なる御協力によって, 本研究開発が遂行できたことを記して, 深く感謝の意を表します。

- 参考文献 [1] E. Broyer, C. Gutfinger, Z. Tadmor, "A Theoretical Model for the Cavity Filling Process in Injection Molding", *Transactions of the Society of Rheology*, 19, 1975, pp. 423~444.
- [2] 松岡孝明, 高橋秀郎, 倉内紀雄, 「射出成形充填過程のシミュレーション」, 高分子学会第29回高分子討論会予稿集, 1980, pp. 1827~1830.
- [3] K. Wang, S. Shen, J. Stevenson, C. Hieber, "Computer-Aided Injection Molding System", *Progress Report*, No. 4, 1977, Cornell Univ.
- [4] 須賀康雄, 田中豊喜, 中野亮, 精機学会第3回設計自動化工学講演会論文集, 1985.
- [5] 後藤輝正, 飯塚邦彦, 逢坂正義, 佐原謙一他, 「射出成形における金型内の樹脂流動シミュレーション」, シャープ技報, 第34号, 1986, pp. 63~70.
- [6] V. Wang, C. Hieber, K. Wang, "Mold-Filling-Simulation in Injection Molding of Three-Dimensional Thin Parts", *SPEANTEC Papers*, 1986.
- [7] C. Hieber, S. Shen, "A Finite-Element/Finite-Difference Simulation of the Injection-Molding Filling Process", *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 7, 1980, pp. 1~32.
- [8] 林 高樹, 横井秀俊他, 「射出成形における型内樹脂流動の画像計測」, 精密工学会春季大会学術講演会論文集, 1988, pp. 287~288

執筆者紹介 平 林 繁 (Shigeru Hirabayashi)

昭和48年東京大学理学部物理学科卒業。同年日本ユニシス(株)入社, 技術計算関連プログラムのサポート, 開発業務を担当, 現在CAEシステム部技術計算1課に所属。



# UNICAD®/SOLID による容器立体モデリング

## Three-dimensional Bottle Modeling by UNICAD®/SOLID

西 川 孝

**要 約** 日本ユニシスの容器向け CAD システム BDAS (Bottle Design Art System) は、容器の特性を考慮して開発されたシステムであるが、図面からの形状創成操作がむずかしいこと、容器に把手の付いたような複雑な形状を取り扱うことができないこと、などの限界が目立ってきた。

これらを解決すべく、UNICAD®/SOLID のマクロ言語 SDL (Solid Design Language) とモデリング機能を活用して、容器形状に特化した立体モデリング機能を開発した。本システムは、BDAS の経験をふまえて入力操作方法を簡単にするために、従来の点や半径値を与えて形状を一つ一つ定義する方法の代わりに、形状定義用の表形式による一括入力方法を実現した。また、UNICAD/SOLID のモデリング機能により、把手の付いた複雑な形状も取り扱えるようになり、モデリングの範囲を拡大することができる。

**Abstract** BDAS (Bottle Design Art System) is a CAD system developed for bottle designing, and its full utilization usually required user experience.

It was found especially hard to design models unless a user was knowledgeable about surface modeling, and BDAS was incapable of handling complicated models for any bottle with a handle on.

To give a solution, enhancements have been made to the UNICAD/SOLID to provide a new bottle modeling system. Besides incorporating several useful modeling solutions including mass property calculation and shading, the new system adopts model definition tables which allow modeling data to be collectively entered unlike of the conventional way in which primitives like lines and arcs were defined.

The new system it helps a great deal to design any complicated bottle, and provides easier design modifications.

### 1. はじめに

容器の形状作成に要求される機能は、①容器特有の回転体や把手付きなどの形状創成と修正ができること、②容量計算ができること、③肉厚計算などの強度計算ができること、である。日本ユニシスの容器設計 CAD システム BDAS は、これらの要件を実現したシステムであるが、まだ不十分で次のような問題点がある。

- 1) 形状創成・修正操作時に、図形を直接ヒットできないなどの操作性の悪さがある。
- 2) 形状創成機能が少なく、把手が付いたような複雑な形状創成が困難である。

今回、これらの問題を解決する容器形状向きの立体創成機能を、UNICAD/SOLID とマクロ言語 SDL を用いて開発した。

BDAS のデータ入力方法との大きな違いは、図面上に円弧・直線の集合で表現されている形状を形状定義用の表に記述し、それを解析しながら立体を創成する点にある。

また、創成される形状は立体モデルであり、容量計算やシェーディング計算に適している。

以降、第2章では UNICAD/SOLID の概要について、第3章、第4章で容器設計の業務と形状分析を行う。第5章では UNICAD/SOLID を利用した容器の形状創成について、第6章で本システムで工夫した形状入力方法について述べる。また、第7章で容器の形状変更、第8章で容器の設計計算、第9章でシェーディング計算について、それぞれ説明する。最後の第10章では、本システムの評価と今後の課題について述べる。

## 2. UNICAD/SOLID の概要

### 2.1 概 要

UNICAD/SOLID は、日本ユニシスの UNICAD システムの立体（ソリッド）創成システムとして位置付けられ、昭和60年から開発に着手し、62年4月に出荷開始されたシステムである。当システムは、精密工学会に組織された「金型設計生産システム開発研究協同委員会」の研究開発活動の一部として開発された“GEOMAP III”を参考にし、日本ユニシスが独自の機能を加えている。

UNICAD/SOLID による立体創成の特徴は、初めに基本となる直方体形状を作成し、それに対して新しく稜線を追加したり変形したりしながら、あたかも粘土細工のように立体創成を進めていくことである。立体モデルとしては、境界表現 (Boundary Representation) と呼ばれる内部表現を採用している。境界表現は立体を位相情報 (Topology) と幾何情報 (Geometry) より表現したもので、立体の局所変形操作に適した表現方法である (図1)。

### 2.2 形状操作機能

形状操作の主な機能を次に示す。

- 1) 局所変形操作 (ローカル・オペレーション) による速いレスポンスでの形状創

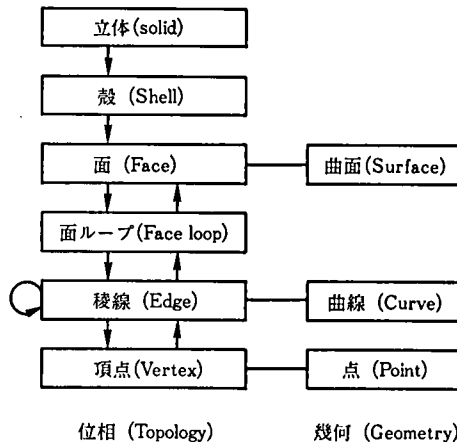


図1 境界表現

Fig.1 Boundary representation

成と変形 (図2)

- 2) 立体同士の和・差・積による集合演算 (セット・オペレーション)
- 3) 半径値や丸めの指示による曲線・曲面化 (自由曲線, 自由曲面の取り扱いを可能にしている)
- 4) ダイヤル制御による曲線のリアルタイムな変更

### 2.3 表示機能

表示の主な機能を次に示す。

- 1) シェーディングによる立体の陰影表現
- 2) ガラスやサングラスなどの透明・半透明感表現
- 3) 隠線処理による隠れた線の消去や破線表示

対象 操作	頂 点 (Vertex)	稜 線 (Edge)	面 (Loop)	領 域 (Loop Set)
生 成 (Make)				
削 除 (Delete)				
移 動 (Move)				
リフト (Lift)				
回 転 (Swing)				

図2 局所変形操作

Fig.2 Local operation

## 2.4 形状評価機能

形状を評価するための主な機能を次に示す。

- 1) 立体同士の干渉チェック
- 2) 立体の体積・表面積・重心計算（マスプロパティ計算）
- 3) 等高線表示による形状確認

## 2.5 データ管理

データを管理するために次の機能を用意している。

- 1) 創成途中の立体形状を任意の時点まで戻したり、進めたりする操作
- 2) 任意の時点でのファイルへの保存と再生

## 2.6 マクロ言語

使用者独自の機能を実現するために、マクロ言語 SDL\*を提供している。SDL には主に次のような機能がある。

- 1) 算術計算，論理計算，図形演算
- 2) データの入出力（画面上のメッセージ入出力も含む）
- 3) 基本コマンド（UNICAD/SOLID コマンド）の実行

## 3. 容器の設計

容器とは、洗剤用プラスチック・ボトルや化粧品のビンなどに代表されるものである。その設計工程は製品企画、イメージ作成、意匠デザイン、製品設計、金型設計、金型加工および成形性評価の各工程から成っている（図3）。

意匠デザインでは、消費者のニーズの多様化に伴ない、自由曲面を含んだより変化のある形状に対処しなければならない。また、製品設計工程は意匠デザインを基に形状定義を行うが、容器特有の充填量や強度・成形性などを評価し、その結果により立体形状の修正を行う。形状が複雑化すると、製品設計工程における製品の機能的な評価がますます困難となり、意匠デザイン工程から製品設計工程までの時間が量産工程に比べて長く、商品開発が長期化する傾向にある。

本システムは製品設計工程における前述の問題点を解決し、デザインの品質向上と設計の時間短縮を目的としている。

## 4. 容器形状の分析

容器形状は基本形状と付加形状により構成される。

### 4.1 基本形状

基本となる形状は次のように分類できる。

- 1) 回転体……正面形状と側面形状が等しい形状（例：円柱，円錐など）
- 2) 楕円体……正面形状と側面形状が異なる形状（例：楕円柱）
- 3) 多面体……いくつかの平面で構成される形状

### 4.2 付加形状

基本形状に付加される形状で次のように分類できる。

\* SDL (Solid Design Language) は FORTRAN 言語に似た体系を持ち、日本ユニシスが独自に開発した高級言語である。

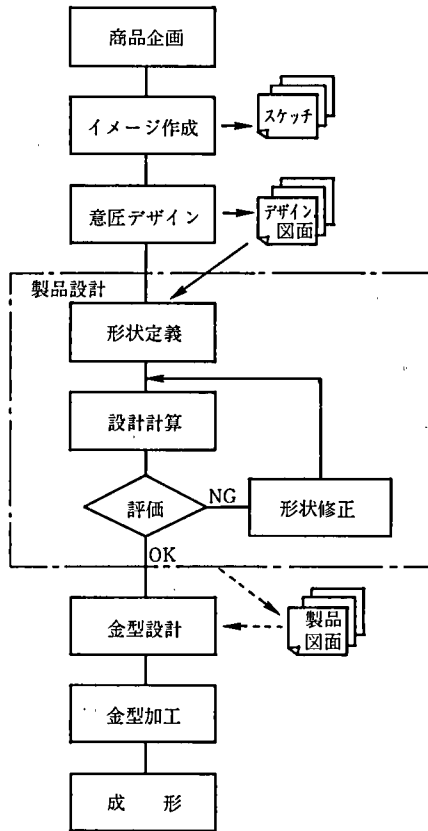


図3 容器の設計工程

Fig. 3 Design processes of a bottle

- 1) レリーフ……容器の表面にアクセントを付けるための特徴となるラインを入れた形状
- 2) 把手……把手になる穴のあいた形状
- 3) レリーフと把手の組み合わせ……上記1), 2)が組み合わされた形状
- 4) 模様……容器の表面に模様状の凹凸の付いた形状 (口絵1)

## 5. 容器形状の創成

容器形状の分析結果から、容器形状の創成パターンを整理すると図4のようになる。図5を例に創成方法を説明する。

- ① 基本立体作成：正面の輪郭形状を基本に厚みのある立体を作成する。
- ② レリーフ形状の作成：図面上にある形状の特徴を表す稜線を立体の表面に加える。
- ③ 把手穴の作成：把手穴の正面形状を基本に立体に穴をあける。
- ④ 側面形状の作成：図面の側面データを基本に、始点から終点にそって稜線を変形して作成する。
- ⑤ 断面形状の作成：図面の断面データを基本に、始点から終点にそって稜線を



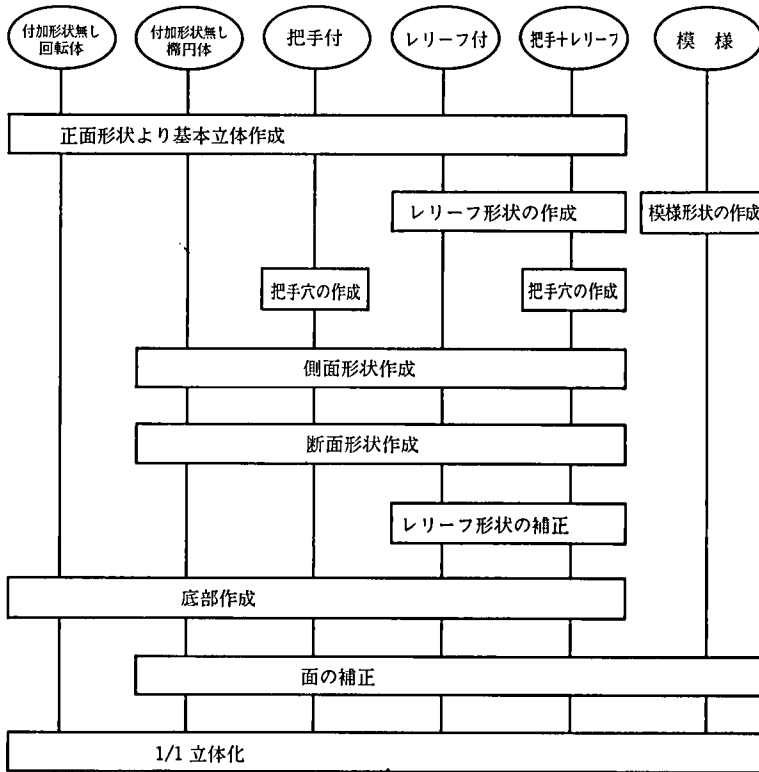


図4 立体の創成パターン

Fig. 4 Operation processes of bottle modeling

変形して作成する。

- ⑥ レリーフ形状の補正：断面形状によって立体を変形した場合にレリーフを表す稜線が滑らかでなくなる。滑らかにするために正面形状を固定し、深さ方向を曲率連続になるように修正する。
- ⑦ 底部の作成：底部を稜線の追加・変形により作成し、台部分の削除を行う。
- ⑧ 面の補正：非四辺形の面に対して、稜線を加えて面の補正を行う。
- ⑨ 1/1 立体化：ミラー操作を行い、立体を作成する。

## 6. 形状入力

容器形状は円弧・直線の組み合わせで表現されている。その円弧・直線を一つ一つ入力することは、かなり手間がかかる。本システムは表形式による形状入力により容易な入力操作と迅速な形状の変更を実現した。

### 6.1 表形式による形状入力

容器は次の二つの図形タイプの繰り返しにより構成されている (図6)。

- 1) 通過図形……位置と形の定められた直線・円弧などの図形要素を称す。
- 2) 接続図形……二つの通過図形を結ぶ円弧などの図形要素を称す。

表形式による形状入力は図面の寸法表記をもとに形状を図形要素に分解し、その図

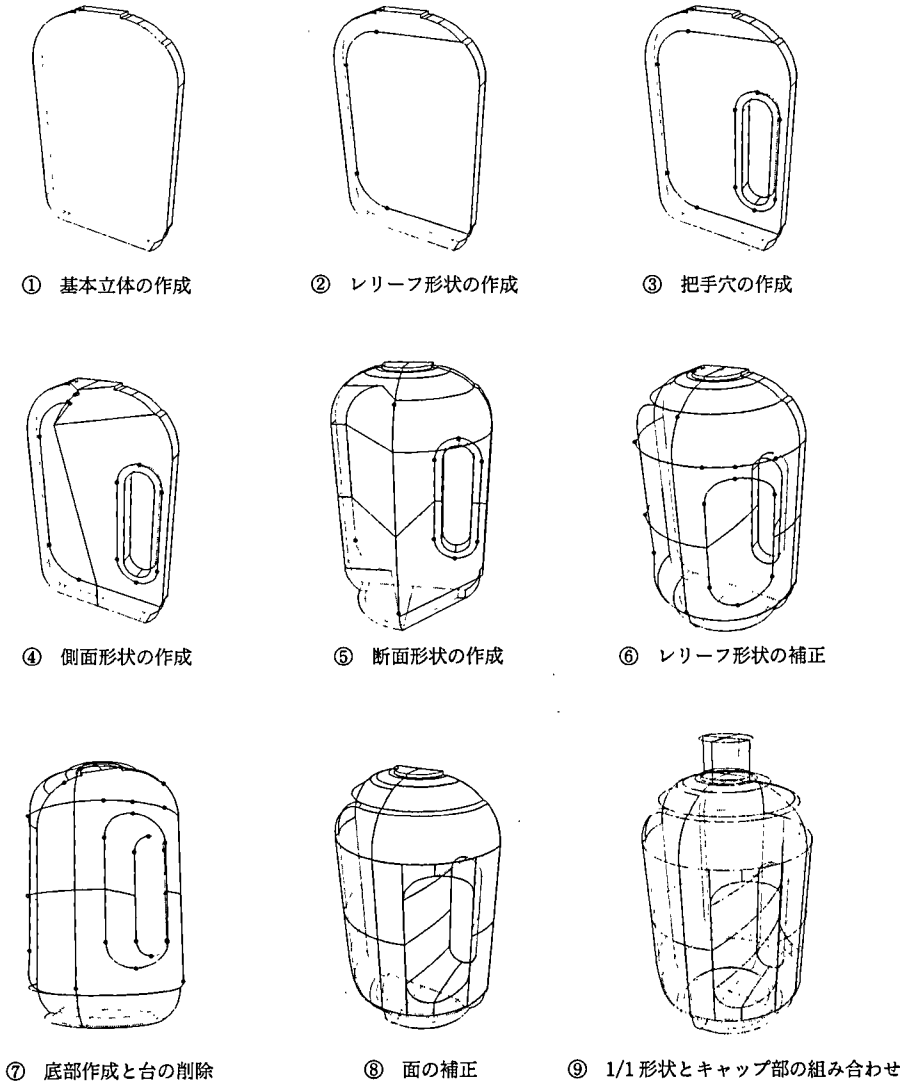


図5 立体創成例

Fig. 5 An example for bottle modeling

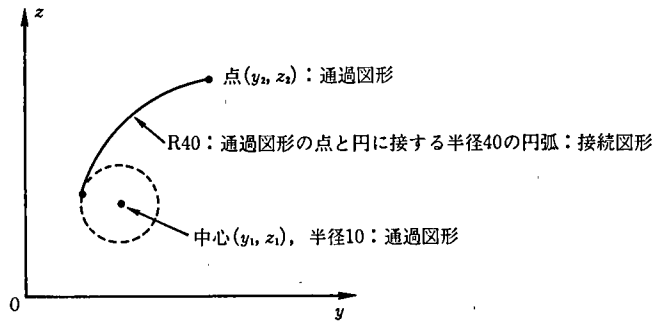
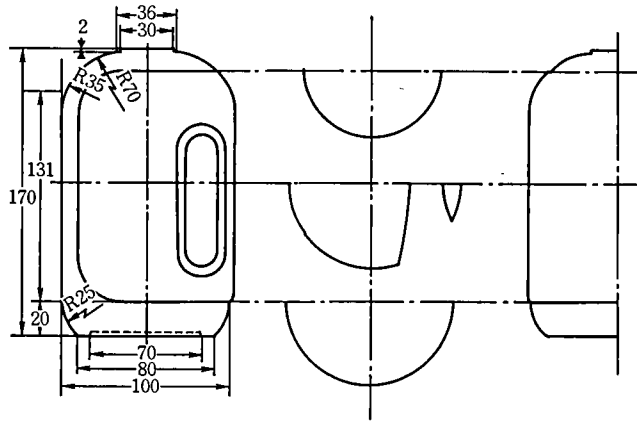


図6 通過図形と接続図形の例

Fig. 6 A pass primitive and a connection primitive



(a) 容器図面

面番号	種類	半径	X座標	Y座標	Z座標	その他
P	L		-15	170		
P	L		-15	168		
P	L		-18	168		
RF	ON	75	-18	168	-50	151
LY	R	35				
P	ON		-50	20		
RC	ON	25	-25	20		
P	ON		-40	0		
P	L		-35	0		

(b) 正面プロファイル (左側半分) の表定義

図7 表形式による形状入力

Fig.7 Bottle design sheet and model define table

形要素を表す記号を半径・座標値と共に指示する方法である (図7)。

### 6.2 図形要素の記号表現

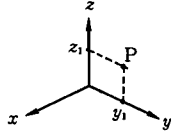
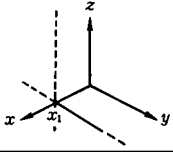
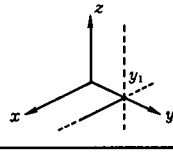
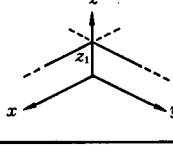
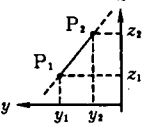
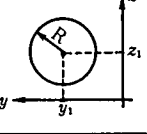
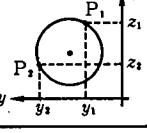

容器の形状創成に必要な図形要素の記号表現を表1に示す。

### 6.3 形状の表記述

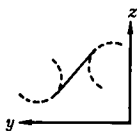
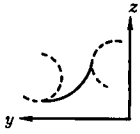
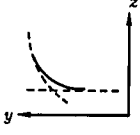

表形式を使用する際の条件や機能を次に示す。

- 1) 定義平面……立体を定義している座標系で、立体の正面・側面・断面を表した平面を定義平面と称す (図8)。
- 2) 始・終点の定義……指示した稜線を始点から終点まで定義する。始点・終点は、座標値を変数として指定することができる (図9)。変数名は次の通りである。
  - ① PS: 変数対象稜線の始点側の座標値を示す変数名
  - ② PE: 変数対象稜線の終点側の座標値を示す変数名
- 3) 相対値指示……表の座標値欄への記述方法として、座標値変数 PS, PE からの相対値による指定ができる (図10)。

表1 図形要素の記号表現  
Table 1 Symbols of primitives  
(a) 通過図形

通過図形	記号	座標値	半径	備考
点 	P	$y_1, z_1$		座標値指示による点
直線1 	LX	$x_1$		x-z平面で z軸に平行な直線 x-y平面で y軸に平行な直線
直線2 	LY	$y_1$		y-z平面で z軸に平行な直線 x-y平面で x軸に平行な直線
直線3 	LZ	$z_1$		y-z平面で y軸に平行な直線 x-z平面で x軸に平行な直線
直線4 	LP	$y_1, z_1, y_2, z_2$		2点を通る直線  $P_1, P_2$ は進向方向順 に入力
円1 	RC	$y_1, z_1$	$\pm R$	中心座標値と半径 指示による円
円2 	RP	$y_1, z_1, y_2, z_2$	$\pm R$	2点を通る円 円の中心が直線 $P_1 \rightarrow P_2$ の進行方向に対して左 にあるとき+Rとする。
稜線 	E		$\pm$	既存稜線を通過図形として 使用する場合に記述する。 半径は記述せず、マクロ 実行時の入力要求に従い 正、負を入力する。

(b) 接続図形

接続図形	記号	座標値	半径	備考
線分 	L			二つの通過図形に接する線分
円弧1 	R		±R	二つの通過図形に接する円弧
円弧2 	RF		±R	接続図形に接する円弧
稜線上の点 	ON			通過図形Pが前後の通過図形の円または、直線上の点であることを示す。

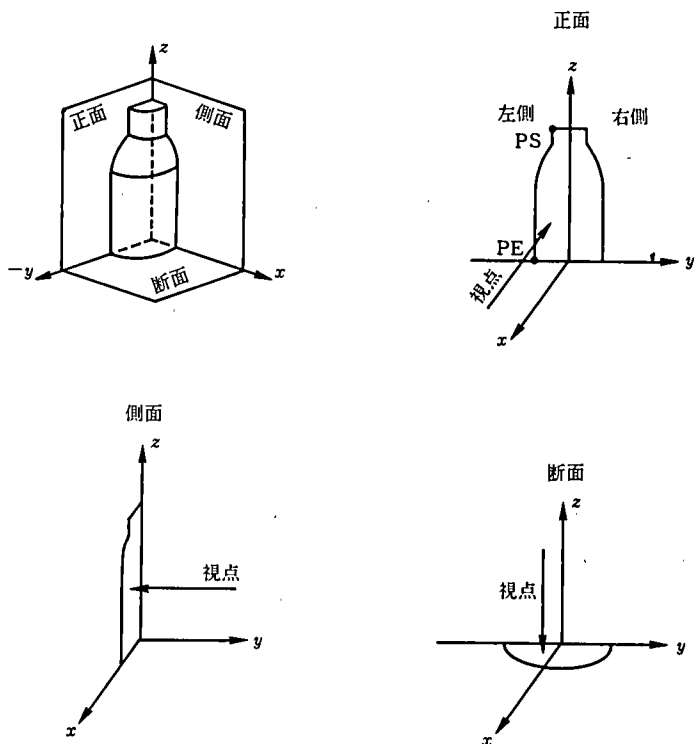


図8 定義平面  
Fig. 8 Define plane

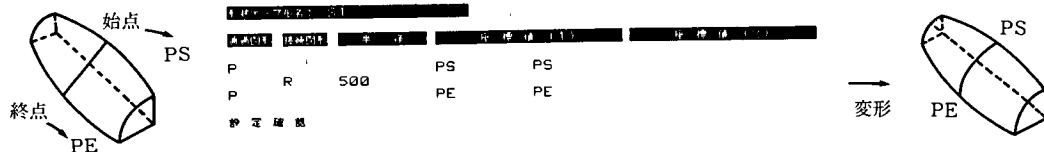


図9 始・終点の定義

Fig.9 A definition of start and end points

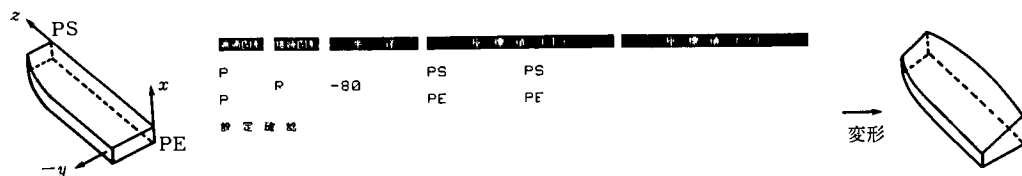


図10 相対値指示

Fig.10 Input by relative value

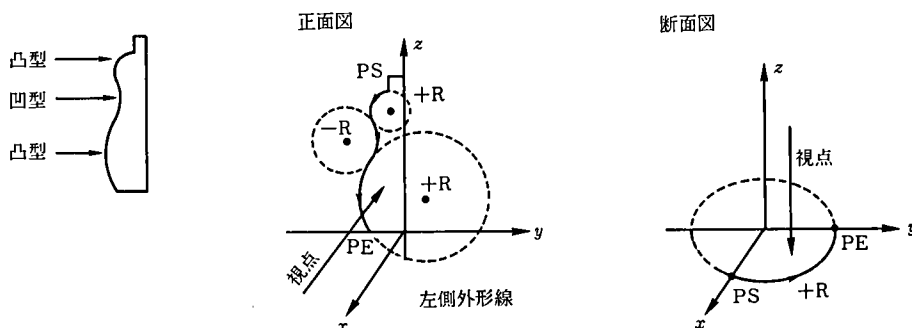


図11 半径値の正負による円弧形状の定義

Fig.11 Decision the arc shape by positive and negative sign of radius

- 4) 円弧形状の定義……通過図形や接続図形の円・円弧を定義する場合、凸型か凹型かの区別を半径値の正負により行う。各定義平面の見る方向より、円の中心が円弧の進行方向に対して左にある場合を正、右にある場合を負とする(図11)。

### 6.4 表操作

表操作の手順の流れを次に示す(図12)。

- 1) 表の事前作成……表作成用の帳票を使用して、事前に図面の寸法値から形状入力のための表を作成する。
- 2) 表の作成……画面に表示される操作指示文にそって、会話形式で表にデータを入力する。作成した表は名前付きでファイルに保存できる。
- 3) 表の変更……ファイル上に保存された表は、その名前を索引名として検索できる。検索された表は画面に表示され、要素記号や座標値を直接スタイラスペンにて指示することにより変更できる。
- 4) 形状操作……上記2), 3)の表を解析し、立体の形状創成や変更を行う。

7. 容器形状の修正

創成された立体は充填量や強度・成形性などの評価を行い、その結果を参考に立体を修正する。

以下に、主な形状変更機能を示す。

- 1) 表形式による形状の変更……変更対象稜線を指示して、表形式による形状の変更を行う。また、作成済の表の一部を変更して形状を作り直すことができる。
- 2) 拡大・縮小機能による形状の変更……立体全体に対する拡大・縮小や指定した軸方向の拡大・縮小を行う。

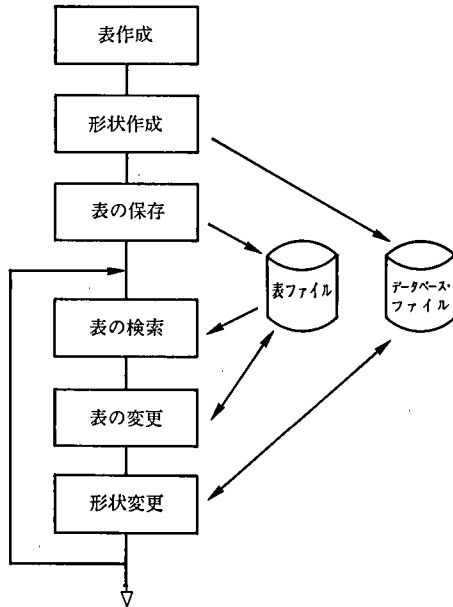


図 12 表操作の流れ

Fig. 12 A process flow of a model define table

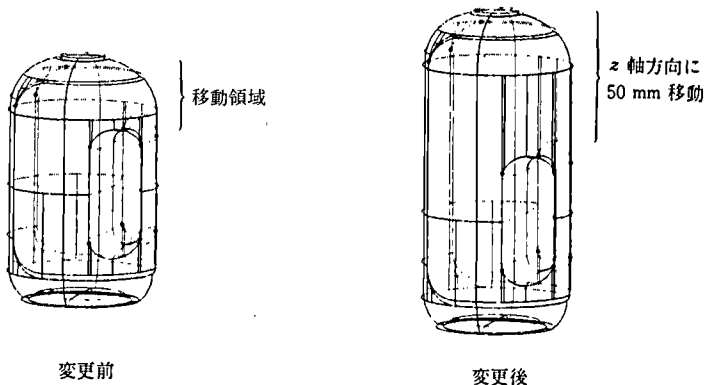


図 13 領域の移動による形状変更

Fig. 13 A modification by boundary move

- 3) 領域の移動による形状の変更……指定した領域内の形状を指定した軸方向に移動する (図 13)。
- 4) 容量指定による形状の変更……指定した充填量を満たすように形状を相似的に変形する。また、充填量と 1 軸 / 2 軸方向の形状の寸法を指定して、類似形状を求めることができる。

### 8. 容器設計計算

立体創成をした容器形状に対して、設計上の妥当性を評価するために各種の設計計算機能を提供している。

- 1) 容量計算……液満注時の容器の内容積、表面積および平均肉厚を求める (図 14)。
- 2) 指定範囲表面積計算……指定された範囲の表面積と部分容量を求める。
- 3) 入目線計算……充填量を与えて、その充填量を満たす液面の高さを求める。
- 4) 充填量計算……液面の高さを与えて、その高さにおける充填量を求める。
- 5) 液注ぎ角度計算……液注ぎ方向を与えて、指定容量による液の注ぎ角度を求める。
- 6) 転倒角度計算……転倒方向を与えて、液満注時における容器の転倒角度を求める。
- 7) ラベル貼り領域計算……ラベル貼り可能な領域(ラベルを貼った時にしわがよらない領域) を求めて、その展開図を表示する。

### 9. 設計の確認と評価

容器形状のデザイン性を評価するために、次の機能を提供している。

#### 9.1 シェーディング機能

シェーディングとは、物体表面に光を当ててその濃淡を求めることである。光を物体表面に当てた場合にガラスのように透過や屈折を起こすものがある。不透明物体の

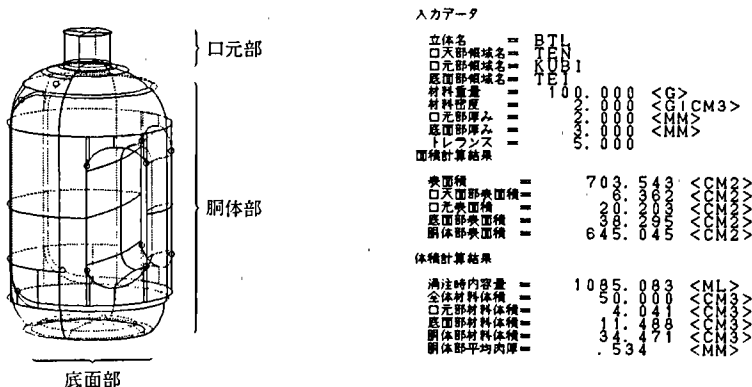


図14 容量計算

Fig.14 Mass property of bottle



多くは拡散反射と鏡面反射の二つの反射から成り立っており、それらの条件をモデル化して明るさ（輝度）を計算する。与えるべき条件と計算式を次に示す。

- 1) 光源の指定……光源は点光源で最大5個まで指定できる。なお点光源とは、光線が1点から放射状に出ている光のことである。
- 2) 視点の指定……物体を見る位置を指定する。隠面のチェックや輝度計算、透視変換に利用される。
- 3) 拡散反射……表面の細かな凹凸により、光があらゆる方向に散乱することである。したがって、プラスチックやゴムのような材質の表面では起こるが、磨かれた金属の表面では通常散乱現象は起こらない。
- 4) 鏡面反射……光源からの入射光が面の法線方向と反対の方向に反射する光のことである。
- 5) 背景光……光源からの光だけで輝度計算すると、光の当たらない部分はすべて輝度がゼロになる。宇宙空間のような特殊な環境以外ではこのようなことはまれで、通常は周囲に当たって反射する光を背景光として考慮する。
- 6) 輝度計算……フォン（Phong）の式を基に横井<sup>①</sup>らが拡張した式を応用している。

#### ① プラスティック表現

プラスチックは背景光の明るさ、拡散反射、および鏡面反射によって表現する。また、鏡面反射の強い部分は白色光を仮定して補正している（図15、口絵2）。

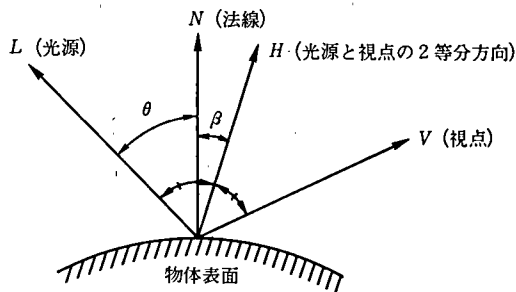


図15 シェーディングの基本ベクトル

Fig.15 Vectors for shading

$$C_i = (a + d \cos \theta) C_0$$

$$C = C_i + w (\cos \beta)^n (C_m - C_i)$$

$C$  : 輝度値 ( $R, G, B$ )

$C_0$  : 物体の色

$C_m$  : 最高輝度

$a$  : 背景光による明るさ

$d$  : 拡散反射係数

$w$  : 鏡面反射係数

$n$  : 反射光の広がり

$\theta$ : 入射角

$\beta$ :  $H$  と  $N$  のなす角

② 金属表現

金属は背景光による明るさと鏡面反射により表現する。

$$C = [a + w(\cos \theta)^n] C_0$$

記号の意味は①と同じである。

③ 透明感表現

透明感は、背景の色と透明・半透明表示をする物体の色を混ぜ合わせることによって表現している (Newell の方法)。この方法は、屈折を考慮していないので背景の物体が歪まず多少異和感が生じるが、不透明物体と同一処理ができる利点がある。

$$C_1 = tC_B + (1-t)(a + d\cos \theta)C_0$$

$$C = C_1 + w(\cos \beta)^n(C_m - C_1)$$

$C_B$ : 物体の背景の色

$C_0$ : 透明表示する物体の色

$t$ : 透明度(0.0-1.0) 0= 不透明, 1= 透明

他の記号の意味は①式と同じである。

## 9.2 テクスチャ・マッピング機能

テクスチャ・マッピングは、シェーディングを行った物体の表面にテクスチャ・イメージ (模様やラベル) を貼り付けることである。マッピング手法として、平面マッピング、円柱マッピング、球面マッピング、投影マッピングがある。本システムでは、自由曲面へのマッピングをするために、投影マッピングを採用している。

物体表面上の貼り付け位置は指定する投影方向から  $u, v$  空間の 2 変数パラメータで表し、輝度を求めるときに RGB(R: 赤, B: 青, G: 緑)の代わりに、 $u, v$  座標値に対して定められたテクスチャ・イメージ  $f(u, v)$  の  $R(u, v), B(u, v), G(u, v)$  を使って輝度を計算する (図 16, 口絵 3)。

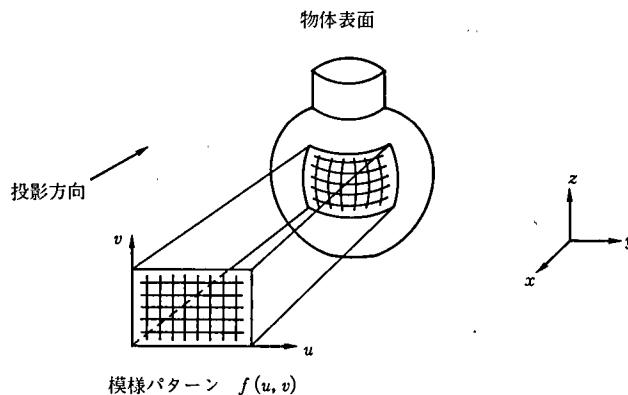


図 16 テクスチャ・マッピング

Fig. 16 Texture mapping

## 10. おわりに

本システムでは、表形式による形状入力と変形操作を利用した容器のモデリング・システムを実現した。これにより、形状入力のための時間が従来の2/3～1/2程度に短縮され、今まで対象外とされていたレリーフ形状を含む把手付き形状の創成ができるようになり、適用商品種が増えた。

残された問題として次のようなものがある。

- 1) 形状創成の最終段階において面の補正のために曲線を追加する必要がある。
  - 2) デザイナが直接形状をフリーハンド入力して創成することができない。
- 今後、これらの問題を改善し、より多くのユーザに適用していきたい。

- 
- 参考文献 [1] UNICAD/SOLID 概説書, 日本ユニシス, 資料コード 198701200, 1987.  
 [2] 明尾 誠, 容器デザインCAD「BDAS」, 映像情報, Vol.16, 1984, pp.49～53.  
 [3] 横井茂樹, 物体の質感表現のためのシェーディング技法, PIXEL, No15, 1983, pp.87～92.

執筆者紹介 西川 孝 (Takashi Nishikawa)

昭和26年生, 47年航空工業高等専門学校機械工学科卒業, 同年日本ユニシス(株)入社, CAD/CAMシステムの開発に従事。現在CAD/CAMシステム二部に所属。



# 図面自動入力システム Uni-Mudams

## Auto Digitizing System : Uni-Mudams

渡 辺 聖 一, 中 川 伸 市

**要 約** 新しいアルゴリズムに基づく図面自動入力システム Uni-Mudams を紹介し, 応用分野に特化することで実用レベルに到達した事例として「等高線入力」, 「型紙入力」および「設  
変チェック」を示す。

さらに, 機械図面の認識に対する技術的なむずかしさを考察する。

**Abstract** The auto digitizing system, Uni-Mudams is based on a new algorithm. This paper describes its vectorizing method.

Also discussed are subsystems for as contour line digitizing, dress pattern digitizing and the checking of design alterations which are all now in practical use as a result of costmization to individual requirement.

The authors also consider technical difficulty involved in the recognition of mechanical drawings.

### 1. は じ め に

近年の CAD システムの発展は, 設計業務における大幅な合理化をもたらした。しかし, 図面データの初期入力に関しては, デジタイズなどの手作業に頼るため, 依然として時間と労力を要している。したがって, 地図, 論理回路図, 機械設計図などの各種図面を自動読み取りし, CAD データベースの構築を行う要求が高い。

こうした背景のもとに, 図面自動入力システムが 1980 年代前半に登場した。当初は単なるベクトル化が主機能であり, 図面の認識力に欠け実用に供するものは稀であった。1980 年代後半に入り, 図面の認識に主眼を置きユーザ図面に特化することで, 実用的なシステムに成長してきた。

図面自動入力とは, 紙面に表現された画像情報を計算機で処理できる図形データに変換することである。具体的には, 各図形の形状をポリラインや円弧で近似し, さらに各々の図形が意味するところの属性付けや, 図形データ間の関係付けを行うことである。光ディスクなどに画像情報のまま格納, 出力するシステムとは根本的に異なる。

日本ユニシスが開発した Uni-Mudams の基本的な考え方および理論は, 東京大学生産技術研究所 坂内研究室で研究開発された AI-MUDAMS に基づいている。

本稿では 2 章で Uni-Mudams を紹介し, 3 章で特化したサブシステムとして等高線入力, 型紙入力, および設計変更の認識について述べる。また, 4 章では機械図面認識の技術的困難について説明し, 最後に今後の課題について述べる。

### 2. Uni-Mudams の概要

#### 2.1 特 徴

Uni-Mudams は, 次の考え方に基づいて作られている。すなわち, 図面という画像データを処理するとき,

1) 画像データそのままの形で扱う画像処理をやめ、画像を黒画素の周りを追跡した輪郭線ベクトルという図形データに変換し、以降の処理を図形処理中心で行う。

2) 図形データは、BD ツリーと名付けた多次元データ構造で管理する。

1)の考え方により、データ量の大幅な低減が図られ、従来画像処理を伴うため巨大メモリが必要であったベクトル化が、汎用ワークステーションで実現可能となる。また、処理をワークステーション上のソフトウェアで行うため、図面の理解に対する柔軟性や応用プログラムとの融和性が向上できる。2)の考え方により、ソフトウェア処理でも十分なデータ・アクセスの高速化が図られる。すなわち、BD ツリーを用いて図面という2次元平面上に存在するさまざまな情報を位置と共に管理するため、図面の認識が必要となる近傍を検索して形状や意味を理解する処理が可能となる。

## 2.2 処理の流れ

システムの概要を処理の流れにそって説明する。

ユーザが Uni-Mudams を使用する時は、マンマシン・インタフェース・モジュール(以降、MMI と呼ぶ)を介して操作する。

図面は地図・型紙など多種に及び、直線の多い図面・曲線の多い図面、複雑な図面など多様である。また「白」と「黒」の差が鮮明なもの、古びて全体が黒ずんだために「白」と「黒」の差がないもの、青焼きなどノイズの多いものなど千差万別である。したがって、図面の特徴に合った処理をすることが重要である。Uni-Mudams では、MMI で特徴パラメタを変更することにより認識の調整が容易に行える。たとえば、スキャナ入力時の濃淡調整・折れ線近似・線幅・分岐点を認識するときの角度・直線化・曲線近似などのパラメタは図面個別に設定することができる。また MMI は、スキャナ入力・認識・エディタ・出力・データベースのすべてのモジュールを制御することができるため、処理の流れを自在に変化させられる。たとえば、人間の手間がかかるスキャナ入力を昼間まとめて行い、それらの画像データに対する認識を夜間自動運転により行うことも可能である。

Uni-Mudams の処理の流れは、①スキャナ入力、②認識、③編集、④出力に分けられる(図1)。

1) スキャナ入力……スキャナ入力された画像データは、ランレングス形式(「白」の続き画素数、「黒」の続き画素数という表現)に圧縮されて、いったんファイルへ出力される。通常画像データは1画素の「白」「黒」を「0」「1」の1ビットで表現するから、A0 図面を16ドット/mmでスキャンすると31メガバイト(16ドット/mm×1189mm×16ドット/mm×841mm÷8÷1024÷1024)かかる(図2①)。これを「白」の続き画素数、「黒」の続き画素数というようにスキャナ側、またはホスト側で変換すると、図面は白部分が圧倒的に多いのでデータ量は1/10以下に圧縮される(図2②)。以降の輪郭線追跡は、このランレングス形式の画像データから行う。

2) 認識……認識の中でまず基本となるベクトル化の過程は(a)輪郭線追跡、(b)芯線化、(c)芯線結合に分かれる。

(a)輪郭線追跡は、スキャナから読み込まれた「白」と「黒」からなる二値

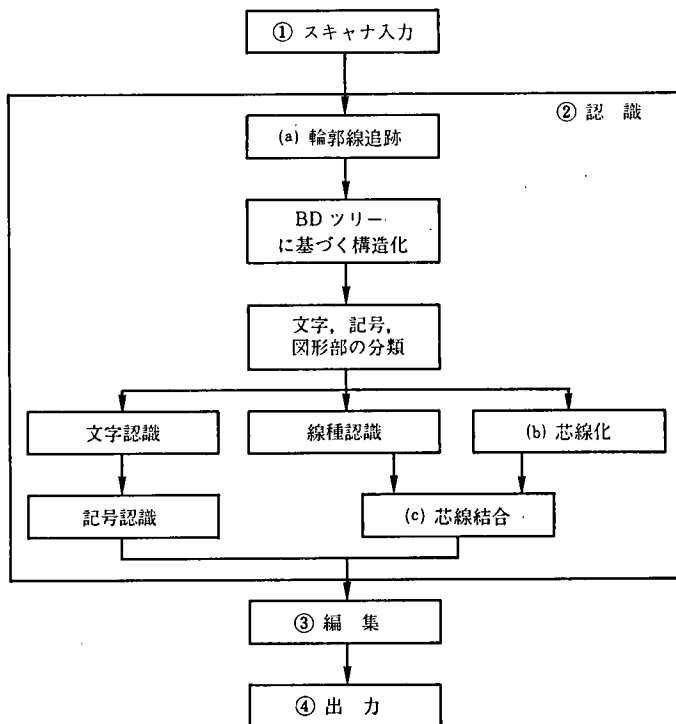


図 1 Uni-Mudams の処理の流れ  
Fig.1 Outline of the Uni-Mudams

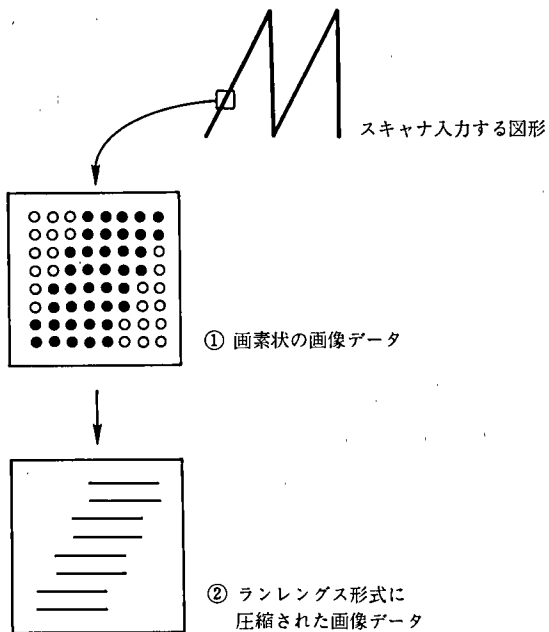


図 2 スキャナ入力された画像データ  
Fig.2 Scanned binary image data

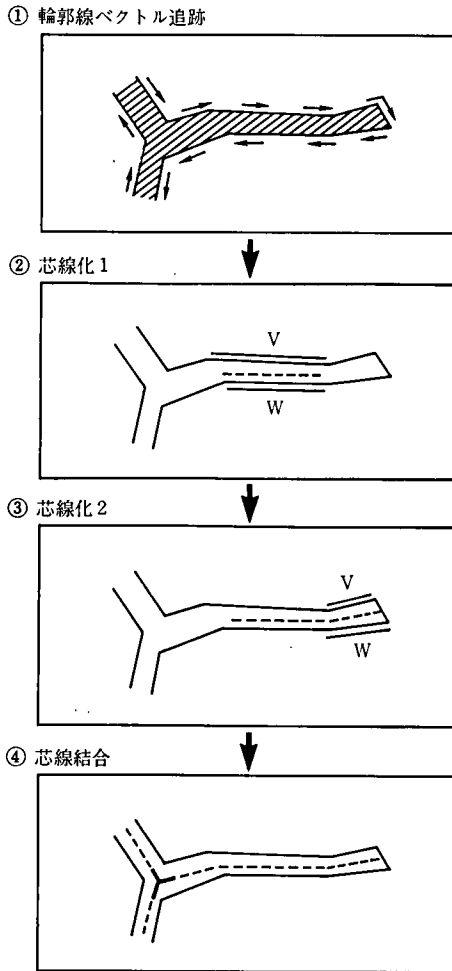


図 3 ベクトル化

Fig. 3 Process flow of vectorization by pair vectors

画像に対して行われる。黒画素の白画素との境界を一定方向に追跡しつつ折れ線で近似を施し、輪郭線ベクトルを抽出する(図 3 ①)。図形の線状部分は 2 本の向かい合ったペア・ベクトルに、文字やシンボルは、小さく閉じたベクトル・ループの集まりに特徴化される。

(b) 芯線化は、輪郭線ペア・ベクトルに対して行う。确实なところから認識を始めるのを基本とし、まず長い輪郭線ベクトル 1 本に注目する。そして向かいのペア・ベクトルと始点側、終点側で中点を求め芯線を発生する(図 3 ②)。次に両方向にペア・ベクトルの連なりを探り、芯線を発生していく。端点あるいは分岐点などの複雑な部分に到達したら、そこで止める(図 3 ③)。

(c) 芯線結合は、芯線化で残った箇所、つまり分岐点などの複雑な部分に対して行われる。近傍する輪郭線ベクトルと芯線ベクトルを検索し、それらの位置関係を調べて緻密な結線を施す(図 3 ④)。

Uni-Mudams ではベクトル化に芯線化を採用しているが、他に細線化と呼ば

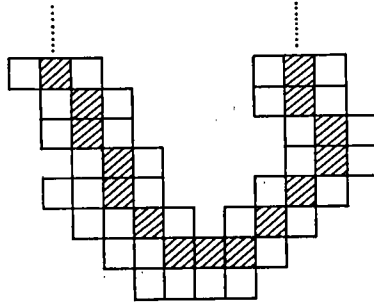


図 4 細線化処理

Fig. 4 Vectorization by thinning image data

れる画像処理手法も一般的である。細線化では、連続する黒画素の周囲から黒画素を削っていき、1画素幅になるまで繰り返す。次に1画素幅の黒画素をつなぎ、線分データに変換する（図4）。

この細線化は、膨大なデータ量をもつ画像データを対象に繰り返し演算を行うため、実用システムではメモリを多く実装した専用ハードウェアが必要となる。

認識プログラムのうち、文字認識について説明する。文字型図形（シンボルも含む）は、輪郭線抽出時その形状が小さなベクトル・ループの集まりであることから線分型図形と区別される。そのベクトル・ループの特徴量、たとえば外輪郭線の周囲長、面積、円らしさ、穴の数、凹凸の数、向き、等を調べて文字コードを決定する。従来の画像データでのテンプレート・マッチング法と異なり、図形処理で認識するため、文字の大小、傾きに対する対応が容易である。

- 3) 編集……編集は認識後のベクトル・データに対して行う。現在の図面自動入力の技術力では完全な自動認識はむずかしい。そのため、本システムでは誤認識を犯すよりは、あやふやな箇所は認識せずユーザに何らかの手段で修正を促す方式を採用している。

編集プログラム（以降エディタと呼ぶ）のコマンドに「認識確度」を設け、線種認識・文字認識・結合処理などにおいて、①自信をもって認識した部分は白色で、②自信がないが認識した部分は黄色で、③認識できなかった部分は赤色で明示する。このようにして、オペレータが修正箇所を容易に発見できるように工夫している。

入力した図面の画像状態と認識図形との照合は、画像そのものではなく輪郭線ベクトルを重畳表示することで簡単に行える。エディタには図形の修正のために必要なコマンドを用意している。追加・削除・端点移動を始め、直線化・円弧化・角整形・曲線補間などの補正機能・属性の変更・文字/シンボルコードの変更などである。さらに、漢字が扱えるように、日本語ワープロ感覚の文字編集機能が付加できる。ユーザ個別に対応したコマンドもメニューの一部に組み込むことが可能である。

- 4) 出力……エディタで修正された図形データをユーザ座標系に座標変換してフ



ファイルへ出力する。このファイルを介して、CAD/CAM とのインタフェースをとることができる。

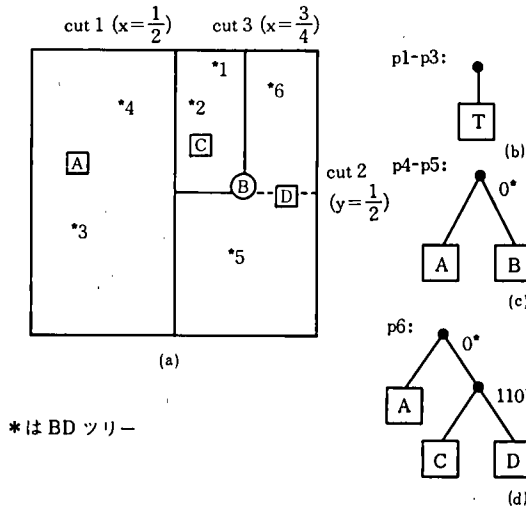
### 2.3 データベース

スキャナ入力・認識・エディタ・出力の各処理が共通して利用するデータベース(以降、D/B と呼ぶ)について述べる。スキャナから入力された画像データは、ディスク上のファイルである。しかし、BD ツリーで管理する図形データ、すなわち輪郭線ベクトル、芯線ベクトル、ポリライン/ポリゴンデータ、文字データ、シンボルデータ、円・円弧データ、線種データ等はすべてメモリ上に存在し、D/B として独立したプロセスで管理する。

したがって、認識の各プログラム、エディタは D/B プロセスと UNIX\*(2.4 機器構成参照) の共用メモリを介してデータの授受を行う。このため従来のディスク中心のシステムに比べ高速な D/B アクセスが可能となる。さらに D/B を核として、図面の種類に対応した個別認識プログラムを D/B とのリンケージ、コモンエリアの制約等を意識せずに作成することができる。

また、D/B には、すべての認識結果を保持しているため処理過程の任意の時点に後戻りでき、認識の再処理ができる。

なお BD ツリーとは、多次元空間上に点在する位置データを効率良く管理する構造のことである。領域を 2 分割してゆき、その分割した領域をツリー構造で管理する手法の一つであるが、領域の識別子と分割操作を工夫し、どのような点のバラつきに対してもバランスの良いツリー構造を保つようにしている(図 5)。



\*は BD ツリー

図 5 BD ツリーの管理例

Fig. 5 An example of the BD tree construction

\* UNIX は、AT&T ベル研究所の登録商標である。

## 2.4 機器構成

Uni-Mudams の基本機器構成は、以下のとおりである。

- 1) ホスト・コンピュータ  
SS-5 E, SS-7 (32 ビット UNIX マシン)  
メモリ { 地図入力の場合, 32 メガバイト以上  
          型紙入力の場合, 12 メガバイト以上
- 2) キャラクタ・ディスプレイ 漢字キャラクタ・ディスプレイ
- 3) スキャナ
  - ・2802 (A 0, 16/8 ドット/mm, ペーパ・フィード, 阿部設計)
  - ・ISM 904/902 (A 0, 40/20/10 ドット/mm, ペーパ・フィード, 大日本スクリーン)
  - ・2605 (A 3, 40~1 ドット/mm, ドラム, 阿部設計)
  - ・TE 30 (A 3, 400/300 ドット/inch, フラット・ベッド, 中村留精密工業)
 ( )内は, 最大入力図面の大きさ, 分解能, 読取り方式, メーカー名の順。
- 4) グラフィック・ディスプレイ
  - ・AGS 2500, AGS 2400 G, AGS 1800

## 3. 適用事例

Uni-Mudams では各種認識プログラムが容易に追加できることをすでに述べたが、次にユーザ個別に対応した例として、等高線入力・型紙入力・設計変更確認について説明する。

### 3.1 等高線入力

土木建築 CAD 用に開発した、Uni-Mudams 「等高線入力」システムを紹介する。入力対象図面は図 6(a) のような A 0 判 1/2500 地形図で、データ量が極めて多く、かつ形状が複雑という特徴がある。

システムの処理概要は、

- 1) A 0 判の 1/2500 地形図を入力する
- 2) 等高線部分を認識し、属性として高さを付加する
- 3) 3次元メッシュデータを作成し、ユーザの CAD システムへ供給する

というものである。

課題として、等高線の自動認識、印刷が淡過ぎるなど 1/2500 地形図特有の問題が挙げられる。以下、これらの 2 点について説明する。

- 1) 等高線認識については、すべてを自動で行うことは不可能であると判断した。理由は、
  - ① 地形図の中には多種多様の線が存在し、どれが等高線であるかという判断となるキーが少ない
  - ② 等高線は、道路・川・がれ場・文字等と交わっており、等高線の追跡処理を画一的に行うと誤認識を起こす
  - ③ 平野部では等高線が明記されていないところがある
 等である。したがって、本システムではベクトル化結果をエディタに表示し、人

間の判断による指示をトリガーとして等高線追跡を行う方式を採用した。すなわち交わり部分では追跡が止まり、次に指示した方向へ再び追跡を開始する方式である。

2) 1/2500 地形図特有の問題は、

- ① 図面の印刷が淡過ぎるためスキャンすると消えてしまう箇所がある
- ② A0判地形図を処理すると膨大なデータが発生し、コンピュータのメモリが膨大となる

ことである。①については、スキャナの読み取り濃度を調整するだけでは不十分であるため図面のコピーを取り、図面全体の濃度を上げることで当面对応している。②については、D/Bの改善により解決を試みた。A0図面を16ドット/mmでスキャンすると、画像データはランレングス圧縮後でも10メガバイト以上になる。地図図面のまわりは余白とはいえ、絵の部分は密度が濃くランレングス圧縮の効果が出ない。

第1に、不要なデータを減らすことが重要であるため、画像削除プログラムを使い不要部をできるだけ削除する。

第2に、1ノード（構造を表すアイテム）1リーフ（データを格納するアイテム）対応のデータ構造では、ノードの負荷が大きくホストコンピュータのメモリ容量では実行できない容量となる。そのため、1ノードに対し10リーフまとめることにより、D/Bの容量を減少させ実行可能とする。

以上のような対処を施したが、実際には処理時間、等高線をグラフィック・ディスプレイ上で判断することのむずかしさの問題が残されている。そのため、運用上効果があるのは図面のトレースである（図7）。等高線だけをトレースして入力することによりデータ量が1/6程度に減り、トレースを含めた処理時間も大幅に減る。また等高線の連なりが明確となり、エディタでの追跡操作も容易となる。

### 3.2 型紙入力

アパレル業界向けに開発した、Uni-Mudams「型紙入力」システムを紹介する。

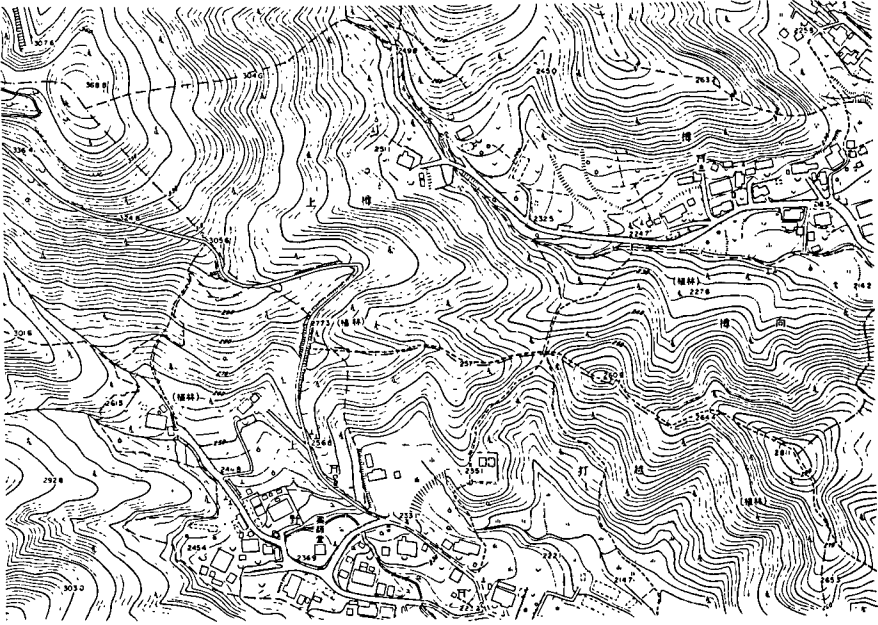
入力対象となるのは図8のような洋服の型紙で、一枚一枚が切断されている。紙の色は薄茶・白などで、長尺物は1.3m程に及ぶ。通常図面自動入力では紙面上の線をベクトル化するので、型紙上に書かれた線は容易に認識できるが、型紙のエッジ（型紙の外周形状）の検出には工夫が必要となる。

システムの処理概要は、

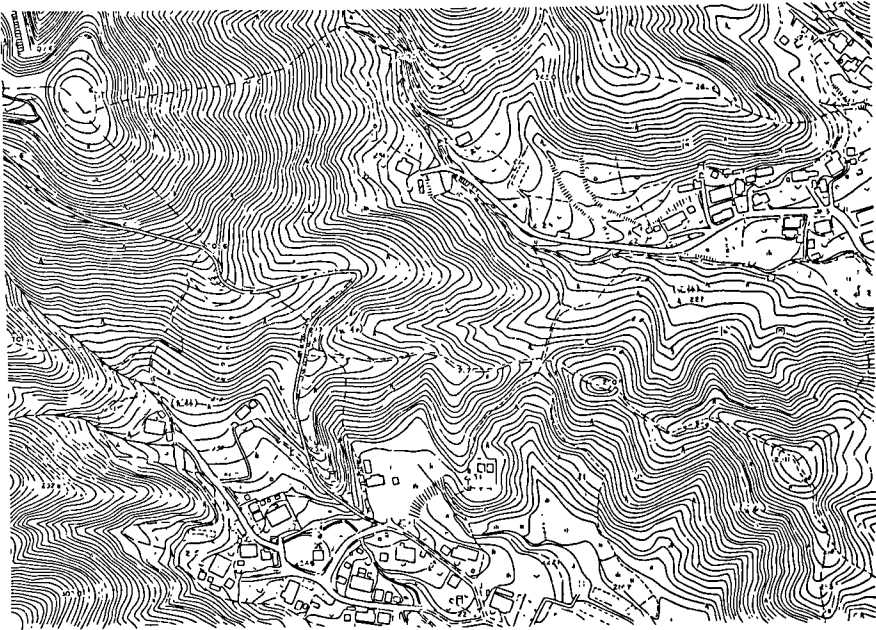
- 1) 型紙を入力し、型紙のエッジ線と内線（型紙上に書かれた線）を認識する
- 2) 自動整形を行い、人間がデジタイズしたのと同様な線分に直す
- 3) 地の目（布地の方向）、ノッチ（位置合わせのための線）等の属性を付加する
- 4) ユーザのアパレルCADシステムへのデータを出力する

というものである。1), 2)は自動で、3), 4)はエディタから半自動処理で行う。課題として、①高速処理、②型紙のエッジの検出、③滑らかな線の抽出、④属性の自動付加、が挙げられる。

- ① 高速処理は、Uni-Mudams導入のための最も大きな要件である。型紙入力のデジタイズによる手作業では、属性入力を同時に行えて、一枚につき3～5分



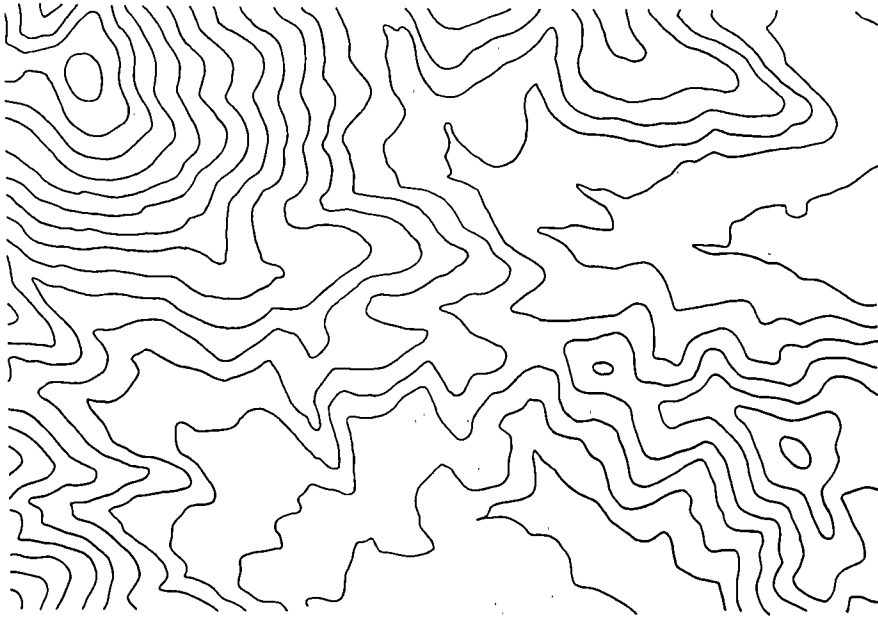
(a) 1/2500 地形図



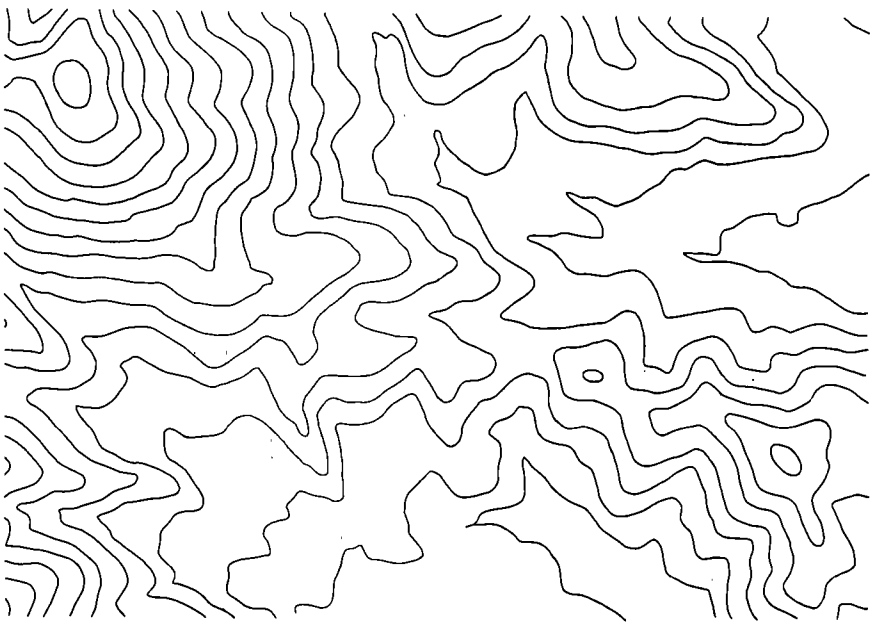
(b) 処理結果

図 6

Fig. 6 A sample of contour map



(a) 等高線 (10m 間隔) トレース図



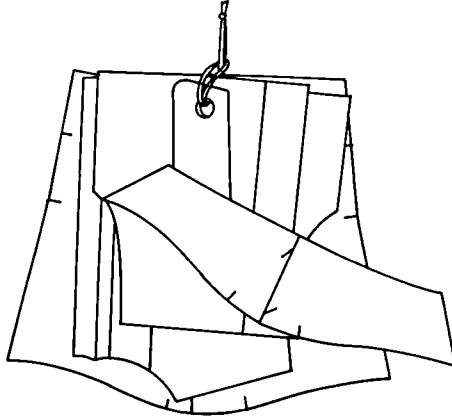
(b) 処理結果

図 7 トレース図面

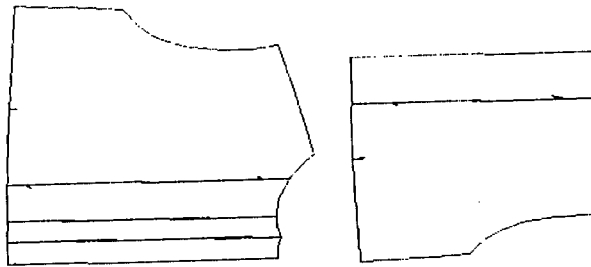
Fig. 7 A Sample of traced contour map

を要している。一方、Uni-Mudamsでは、型紙を一度に10枚程度まとめてスキャンし、認識をバッチ処理で行うことができるため、マシンに拘束される時間は、結果の確認と属性入力的时间だけとなる。

- ② 型紙のエッジ検出は、エッジ自体に線が存在しないため単なるベクトル化では処理できない。そのため、型紙を黒のキャリア・シートに狭んでスキャンす



(a) 型紙



(b) 処理結果

図 8 アバレル型紙

Fig. 8 A sample of dress patterns

る。つまり、白に近い色を持つ型紙と黒の背景でコントラストを出すことによって、型紙のエッジを検出する。

- ③ 滑らかな線の抽出が困難な理由は、型紙の厚さに関係がある。型紙は  $100\mu$  以上の厚みがあるため、スキャンするとエッジ部でスキヤナのランプからの光の乱反射が発生し、輪郭がきれいに取れない(図9)。そのため、点を間引きして線を円滑に補正する自動整形プログラムにより、アパレルCADシステムで扱いやすい線分データにしている(図10)。
- ④ 属性の自動付加は、現状では型紙の角や穴を認識し、地の目、ノッチ等についてはエディタから人間の判断により確実に意味付けするようにしている。今後は、地の目やノッチ等の意味を表すように製図法の約束をつくり、自動認識できるようにすることが必要と考える。

### 3.3 設計変更の認識

- 1) システムの概要……設計変更による図面修正は、機械設計や建築設計によくあることである。図面を受け取って製品を作る側から見ると、どこに変更が発生したかが最大の関心事である。しかし、図面が大きく複雑になるほどこの作業は困

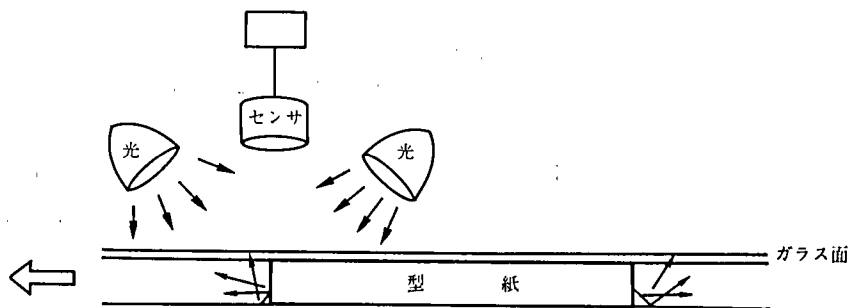


図9 型紙スキャン時のエッジ部での光の乱反射

Fig.9 Ray diffusion along the edge in scanning

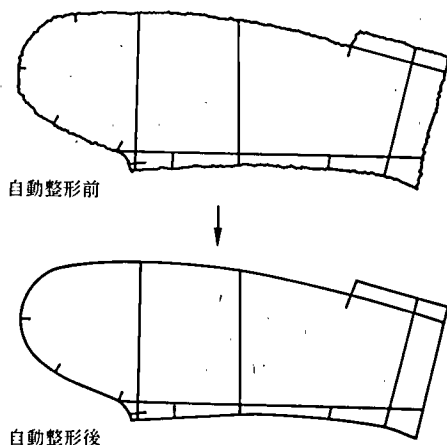


図10 型紙の自動整形

Fig.10 Line smoothing in dress pattern digitizing

難になる。

「設変チェック」は、設計変更の前後の図面を重畳表示して変更部分の識別を容易にするシステムである。この場合、認識そのものは人間が行う。読み取る図面はA0サイズの幅で3~5 mあり、読み込まれた画像ファイルは10ドット/mmで約10~15メガバイトになる。

2) 処理の概要……システムは、「図面の読み込み」、「重ね合わせ基準点の入力」、「プロッタへの重畳表示」の三つの部分から構成されている。

図面の読み込みは、Uni-Mudamsのスキヤナ入力を使用している。5 mもの長尺図面の場合、複数の図面を張り合わせていることが多く、本システムでは読み込んだ図面全体を意味のある図面ごとに分割して処理している。

重ね合わせ基準点の入力は、設計変更前後の図面を重ね合わせる基準点を求める。補正は、この3点が重なるように設計変更後の図面に座標変換をかけて行う(図11)。

プロッタの出力には、カラー静電プロッタを使用して変更前後の図面を赤と青で色分けする。設計変更のない部分は赤と青の混合色で表示し、変更のある部分にはそれぞれの色で表示することにより、ユーザが容易に認識できるようにしている。

3) 設変チェックにおける課題……設変チェックにおける問題点は、長尺の図面による大量の画像と「ずれ」である。画像量は、大容量ディスクの使用や分割処理により解決できる。

「ずれ」の発生要因には、図面自体が含んでいるものとスキヤナ読み取り時に発生するものがある。図面自体がもつ「ずれ」に対しての補正は、設計変更前後の図面を合わせる規則性がないために不可能である。

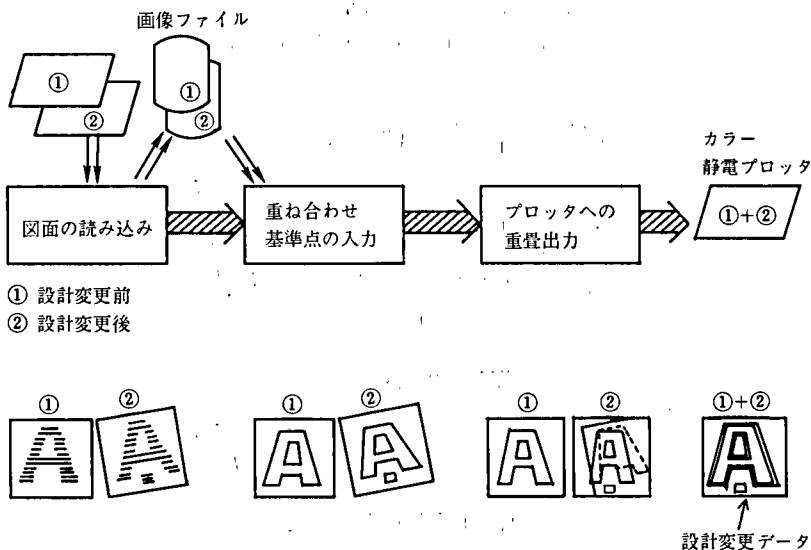


図 11 設変チェックの処理概要

Fig. 11 Process flow of the check of design alteration



スキヤナ読み取りで発生する「ずれ」は、図面の荷重・厚さ・ローラの圧力の関係から発生する副走査方向の伸びと、図面を斜めに読み込んだことによる回転の「ずれ」である。これらの「ずれ」は、基準点を合わせる方法で補正している。

#### 4. 機械図面の認識

##### 4.1. 特 徴

機械図面には、図面上に製品を効率良く表現するために記号・簡略・省略等のルールが存在する。図面は、このルールに従って記述されている。しかしこのルールは、業種・会社・図面の種類により一様でない(図12)。

図面は、記述されている図形の形状が製品を表現しているのではなく外形線・寸法線・寸法補助線・中心線・想像線・引出し線・文字・記号等の関係で表現されている。

また、一枚の画面は、物体の形状・寸法・精度・注釈等の情報を多量に表現しているため、図形・文字・記号の重なりが存在する。この重なりが機械図面の自動認識を困難にしている。

##### 4.2 処理の概要

機械図面の自動認識を行うには、画像→輪郭線→芯線→芯線結合のように図面を一方方向に認識する方法では不可能である。それは、端点を持つ芯線→寸法補助線→隣接する輪郭線の集まり→矢印→矢印の輪郭線と同じ輪郭線から作られた芯線→寸法線→寸法線間にある文字→寸法というように図形形状が単一の意味を持つのではなく周囲の図面属性(線分の種類・記号の表す意味等)によって異なる意味を持つからである。そのため、図形形状と図面属性を相互に行き来することにより、徐々に認識確度を高めていくことが必要となる。

また、以前に認識した図面属性を次の認識の手がかりとするために、認識結果の保存・利用という機構が必要になる。さらに、一度認識したものを新たな認識結果から、より確実なものへとしていく再認識が必要となる。これは、知識の習得とその利用を行う知識データベースや推論機構によく似ている。

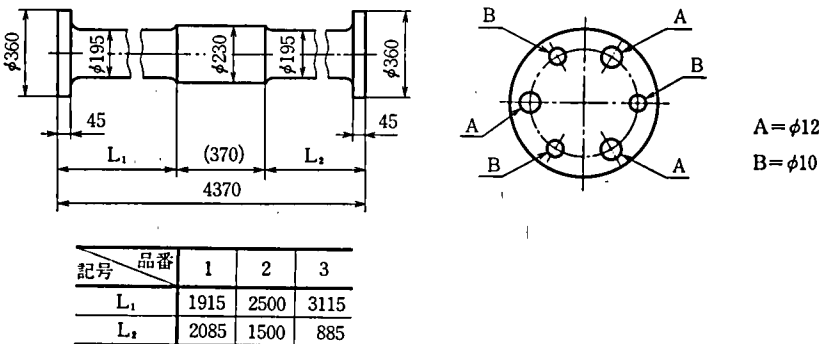
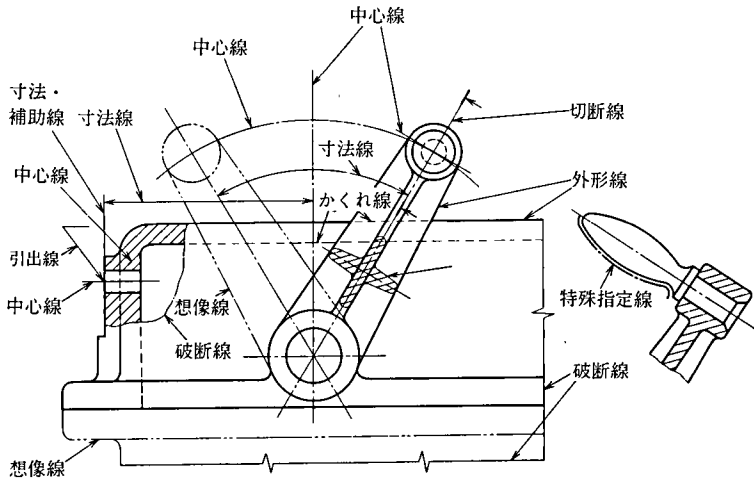
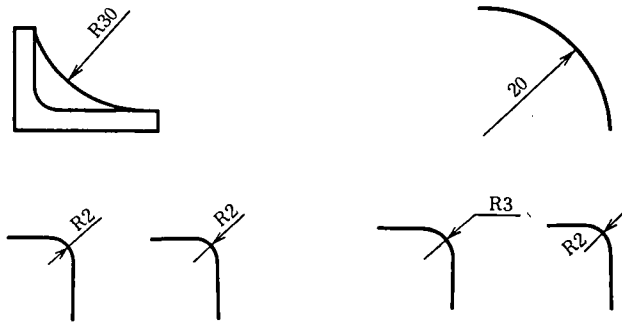


図 12 記号を使用した寸法の簡略表記例<sup>[3]</sup>

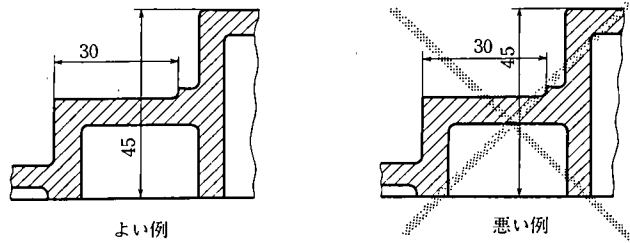
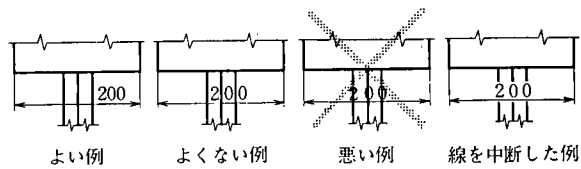
Fig. 12 An example of informal drawing rule of dimension with symbols



(a) 線分の種類の例<sup>[3]</sup>



(b) 半径の表記方法の例<sup>[3]</sup>



(c) 寸法数値の記入例<sup>[3]</sup>

図 13 記述ルール

Fig. 13 An example of drawing rule

#### 4.3 課題

機械図面の自動認識は、大学や企業で研究が行われている状況であり、商品として販売されているシステムもいくつかあるが、実用に供していないのが現状である。自動認識を困難にしている要因には次のようなものがあり、今後の課題と考える。

- 1) 図形の重なり……特徴で述べたとおり機械図面の中には、図形の重なりがある。重なりのある図面を認識するには、重なった線分・文字・記号等をそれぞれの部分に分割して認識後、統合する必要がある。しかし、重なり状況が一様でないため分離は、きわめてむずかしい。
- 2) 図面理解……図面は、そこに書かれている線分・文字・記号に外形線・寸法線・寸法補助線・中心線・想像線・隠れ線・引出し線・直径( $\phi$ )・半径( $R$ )・面取り( $C$ )・仕上がり精度( $\nabla$ )等の各種の意味を持たせて表現されている。このような図面を認識するためには、線分・文字・記号を周囲の状況から、どのような意味を持つのかを理解し、その関係から図面全体を理解する図面理解が必要である(図 13(a))。
- 3) 多種類にわたる記述ルール……機械図面は、外観図・部品図・組み立て図・配管図・配置図等多種類におよび、その記述ルールが一様でないため画一的な認識ができない。したがって、認識の対象となる図面に対応した個別の処理が必要となる(図 13(b), 13(c))。

#### 5. おわりに

現在、機械図面の自動入力は、ようやく糸口が見えてきた段階である。今後、実用的な機械図面の自動入力を行うには、次のことが必要と思われる。

- 1) 自動入力を前提にした表記方法……機械図面を自動入力するための最大の問題は、図形の重なりである。このような自動認識を困難にする要因を取り除く表記ルールや認識のための鍵を、設計者が図面上に書き込む表記ルールが必要である。
- 2) 機械と人間の協力による認識……自動認識の技術が進んでも 100 パーセントの自動認識は、困難である。したがって、自動で確実に認識できる部分は機械に任せ、曖昧な部分や不確実な部分を機械と人間の協力で認識していくことが重要である。
- 3) AI の応用……機械図面の自動認識では、認識結果を知識とした時にシステムで知識を習得して貯え、その知識を使用して次の認識の確度をあげるということが必要となる。これには、AI の技術が必要となる。

Uni-Mudams は、すでに土木関係、アパレル関係で実績をあげつつあるが、機械図面は、今後の重要なテーマとして研究を続けていきたい。最後に、Uni-Mudams の開発にあたり、御指導いただいた東京大学生産技術研究所の坂内正夫教授、大沢裕先生に厚く感謝の意を表す。

- 参考文献 [1] 大沢裕, 坂内正夫, 「良好な動特性をもつ多次元データ管理構造の一提案」電子通信学会論文誌 J 66-D, 10, 1193, 1983.
- [2] 大沢裕, 坂内正夫, 「多次元データ構造を用いた図面処理——図形のベクトル化」電子通信学会論文誌, J 68-D, 4, 1985.
- [3] 日本工業標準調査会, 機械製図 JIS B0001, 日本規格協会, 1988.

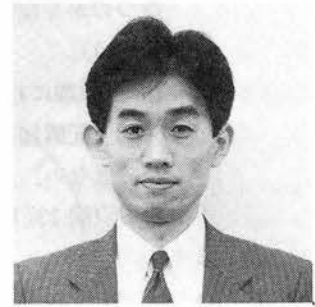
執筆者紹介 渡辺 聖一 (Seiichi J. Watanabe)

昭和 29 年生, 48 年都立港工業高校電子科卒業。同年日本ユニシス(株)入社, 主に AGS シリーズ・グラフィック・ディスプレイのベーシックソフトウェア開発に従事。現在, Uni-Mudams の開発担当。



中川 伸市 (Shin'ichi Nakagawa)

昭和 35 年生, 53 年早稲田大学工学部建築学科卒業。同年日本ユニシス(株)入社, 主に AGS シリーズ・グラフィック・ディスプレイのベーシックソフトウェア開発に従事。現在, Uni-Mudams の開発担当。



## GC 1450 CAD/CAM/CAE 統合化システムとユーザ適用事例

### The Totally Integrated GC 1450 CAD/CAM/CAE System and Its User Application

松 野 健

**要 約** GC 1450 MACKENZIE は、エンジニアリング・ワークステーション (EWS) として位置付けられ、その応用ソフトウェアとして、機械、金属系の CAD/CAM/CAE の各種ソフトウェアが共通の図形データベースのもとに統合化されている。

本稿では GC 1450 のシステム概要、および CAD/CAM/CAE の各種ソフトウェアとその統合化の概要を述べ、同システムを使用してシステム構築を行っているユーザ適用事例を紹介、今後の課題について考察を加える。

**Abstract** GC 1450 MACKENZIE is positioned as an engineering workstation (EWS), and its application software is so incorporated into the common geometric database as to provide a variety of totally integrated CAD/CAM/CAE software programs for use in mechanical designing and plastic injection modeling.

This paper gives an overview of the GC 1450 system and its integrated CAD/CAM/CAE software products. Also described is a user application which helps to implement a user system as well as the future software enhancement plan.

#### 1. はじめに

エンジニアリング・ワークステーション (EWS) が本格的な普及期を迎え、今まで汎用コンピュータや、スーパー・ミニコンピュータで行われていた各種業務を肩代わりするようになってきた。またその応用範囲も、機械・電気・建築などの CAD/CAM/CAE からソフトウェア開発、人工知能応用システム開発、コンピュータ・グラフィックスへと広がりつつある。

最近発表されている EWS は、一般的に、

- 1) 32 ビットのマイクロプロセサを使用している
- 2) OS として UNIX\* を採用している
- 3) ローカル・エリア・ネットワーク (LAN) 機能を備えている
- 4) グラフィックス・コントローラを内蔵している

などの例が多く<sup>(1)</sup>、またソフトウェアにも工夫がなされており、とくに CAD/CAM/CAE の分野では、プリント基板、機械、金型などの各種ソフトウェアが設計から製造、解析へと統合化がなされつつある。

本稿では、まず GC 1450 のシステム概要を述べ、GC 1450 上で稼働する CAD/CAM/CAE の各種ソフトウェアを設計から製造、解析への流れの中で統合化という観点から説明を加える。さらに、GC 1450、GC 8600 システムを導入し、CAD/CAM システムを構築しているユーザ事例を、導入検討から導入効果までの評価という形で紹介する。

\* UNIX は AT & T ベル研究所の登録商標である。

## 2. システム概要

GC シリーズは現在 GC 1450, GC 8460, GC 8600, GC 8700 の 4 機種がリリースされており, GC 1450 は同シリーズのエントリ・システムとして 1987 年 8 月に発表された EWS である. 同シリーズでは従来の ATT 標準 UNIX へのリアルタイム処理, 連続ディスク領域の取り扱い, マルチ CPU 機能の付加などの拡張がなされており, 外部割り込みに対する高速応答, ディスク, 入出力処理の高速化, 非同期入出力処理などの機能向上がはかられている<sup>[2]</sup>.

同シリーズ中 GC 1450, GC 8460 は単一 CPU であるが, GC 8600 は 2 CPU まで, GC 8700 は 6 CPU までの拡張が可能である. また, GC 1450 はビットマップ・グラフィック・ボードにより, GC 8460 以上はグラフィックス・ワークステーション "METEOR II" により, グラフィックスの取り扱いが行われる.

CAD/CAM/CAE の各ソフトウェアは, GC 1450 から上位機種の GC 8700 まで互換性が保たれており, システムの変更, 各種アプリケーションの追加などによる現行ソフトウェア, 図形データベースの変換等の作業は必要としない.

同シリーズでは, イーサネットによる LAN を構築することにより各ソフトウェア, 図形データベース等の共有をはかることができ, 単一の EWS から, ネットワークを介した CAD/CAM/CAE システムへと, 単に GC シリーズを追加していくのみで構築していくことが可能である.

## 3. GC 1450 のハードウェア

図 1 にブロック図を示す. GC 1450 は CPU 部とビットマップ・グラフィックス部の二つの部分から構成されており, CPU 部は MC 68020 (20 MHz クロック) マイクロプロセッサ, MC 68881 フローティングポイント・コプロセッサを使用している.

また標準で 4 メガバイトのメモリ, 171 メガバイトの固定ディスク, 5.25 インチのフロッピ装置, 1/4 インチのカートリッジ・テープ装置, RS 232C ポートが 4 ポート, イーサネットポートが 1 ポート用意されている<sup>[3]</sup>. ビットマップ・グラフィックス部, IHPG (Integral High Performance Graphics) は, MC 68020 マイクロプロセッサと TMS 34010 グラフィックス・コントローラを使用し, 1 メガバイトのビットマップ・メモリと 1 メガバイトのシステム・メモリが実装されている.

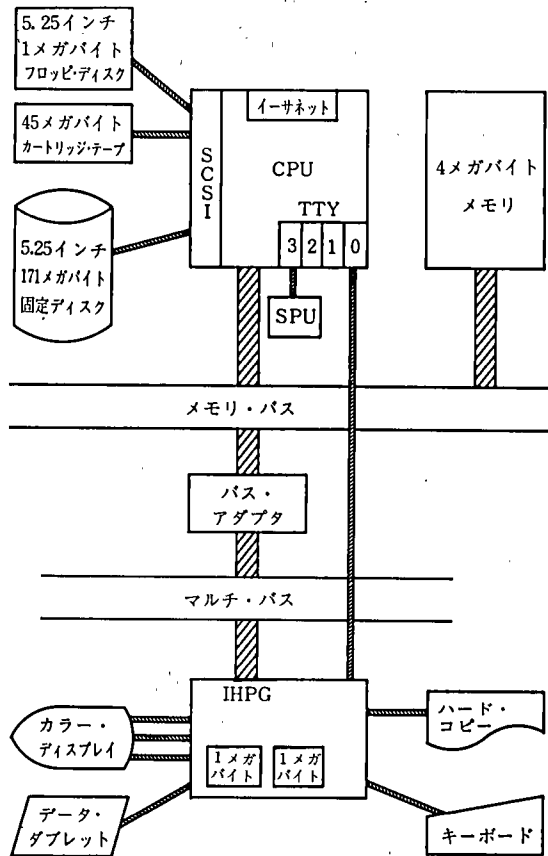
IHPG コントローラは, IHPG ハンドラをダウンロードすることにより, グラフィックス・キーボード, ディスプレイ, データ・タブレット, ハードコピー装置をコントロールし, IHPG のローカル機能による, 3 次元回転, パン, ズーム, ローカルシェーディング等のグラフィックス処理を行う.

## 4. ソフトウェア概要

GC シリーズの CAD/CAM/CAE 各ソフトウェアは, 図 2 に示すように GMS (Geometric Modeling Software) と図形データベースを核として構成されており, 以下のソフトウェアからなっている. また, GMS はこれらソフトウェアの総称として呼ばれている.

本章では、これらソフトウェアの概要と統合化手法、マンマシン・インタフェースについて述べる。

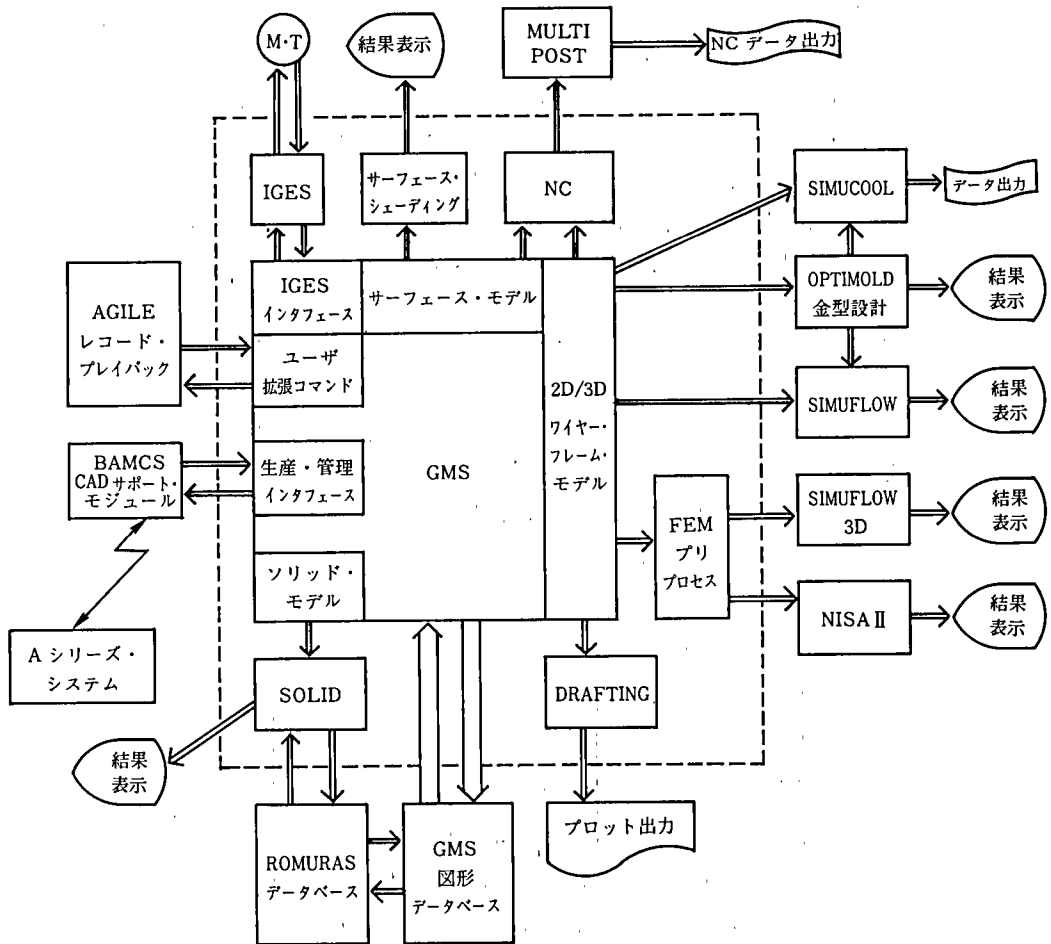
- ① GMS : 会話型図形処理ソフトウェア
- ② DRAFTING : 製図用ソフトウェア
- ③ SYMBOLS : 標準部品管理ソフトウェア
- ④ SURFACE・SHADING : サーフェース・シェーディング・ソフトウェア
- ⑤ SOLID・MODELER : ソリッド・モデラ
- ⑥ NC : 数値制御ソフトウェア
- ⑦ OPTIMOLD III : プラスチック射出成形用解析ソフトウェア
- ⑧ AGILE : 図形処理言語
- ⑨ IGES : 図形データ標準化支援ソフトウェア
- ⑩ FEM : 有限要素法解析支援ソフトウェア
- ⑪ MULTIPOST : 汎用 NC ポストプロセサ



SCSI : Small Computer System Interconnect  
 SPU : Software Protection Unit  
 IHPG : Integral High Performance Graphics

図 1 GC 1450 ブロック図

Fig.1 GC 1450 block diagram



点線内は GMS に組み込まれた機能，その他は GMS より実行できるが外部プログラムとして準備されている。

図 2 GMS と各ソフトウェア概観

Fig.2 Overview of GMS and other software

#### 4.1 ソフトウェアの統合化

##### 4.1.1 図形データベースの共有

各ソフトウェアを統合するための手段として、GMS では図形データベースをすべてのソフトウェアで共有する方法が取られている。この方法を使用することによりハードウェアの資源を少なくおさえることができ、ソフトウェア間のインタフェースが円滑に行える。

図 3 に GMS 図形データベースの構造を示す。

図形データベースはパーマネント領域とテンポラリ領域とに分かれており、パーマネント領域は形状定義された図形要素の保存のために、テンポラリ領域は作業領域として仮想メモリ上におかれる。またパーマネント領域には、パートライブラリ・スペースが取られており<sup>[4]</sup>、たとえば GMS により形状定義された図形要素、NC により生成された工具経路の図形要素、FEM により要素分割された有限要素モデルなどは、同



一の図形データベース上に別々のパートライブラリとして保存され、このような方式を取ることで、設計、製造、解析の各段階での図形要素を一つの図形データベース上で管理・保存することを可能としている。

4.1.2 メニュー起動方式

図4にGMSのトップレベル・メニューを示す。GMSではメニュー起動方式により各種コマンドの実行がなされ、このトップレベル・メニューは、

- 1) GRAPHICS,
- 2) UTILITIES,
- 3) APPLICATIONS,

の三つのパートから構成されている。

このうち1)GRAPHICSのメニューからは基本的な形状定義を行うためのコマンドが実行され、2)UTILITIESのメニューからは拡大、縮小などの図形操作を行うためのコマンドが実行される。また3)APPLICATIONSのメニューからは、前述のFEM, NC, DRAFTING等の各ソフトウェアが実行され、このように各コマンド、ソフトウェアを同一のメニューから実行することにより、形状定義からNC工具経路の計算、解析用データの作成等を各ソフトウェアの実行・終了という操作の介在なしに一連の作業で行っていただけるように構成されている。

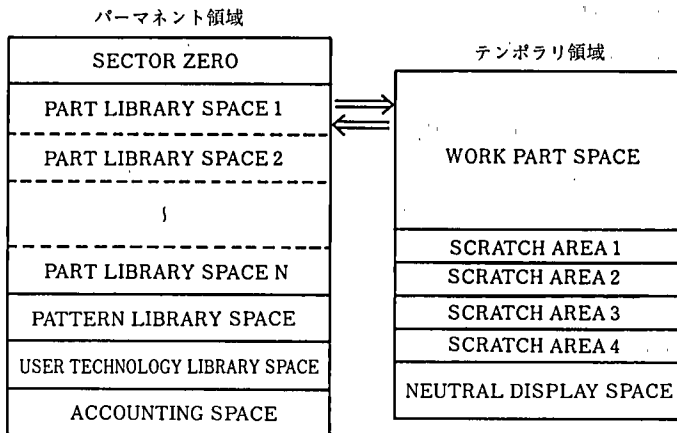


図3 GMS 図形データベースの構造

Fig. 3 Software of GMS geometric database

<p><b>GRAPHICS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. EDIT</li> <li>2. POINT</li> <li>3. LINE</li> <li>4. ARC/CIRCLE/FILLET</li> <li>5. OTHER CURVES</li> <li>6. EXTENDED GEOMETRY</li> <li>7. ENTITY MANIPULATION</li> <li>8. LAYER/PEN MANAGEMENT</li> <li>9. SOLID MODELER</li> </ol>	<p><b>UTILITIES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. EDIT</li> <li>2. VIEW CONTROL</li> <li>3. MODALS AND FONTS</li> <li>4. LIBRARY MANAGEMENT</li> <li>5. DATA VERIFY</li> <li>6. INPUT/OUTPUT/REGENERATION</li> <li>7. USER COORDINATE SYSTEM</li> <li>8. ANALYSIS</li> <li>9. DISPLAY CONTROL</li> <li>10. OTHER</li> </ol>	<p><b>APPLICATIONS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. EDIT</li> <li>2. DRAFTING</li> <li>3. N/C</li> <li>4. NESTING</li> <li>5. FLAT PATTERN DEVELOPMENT</li> <li>6. USER DFFINED CHARACTER SET</li> <li>7. FINITE ELEMENT MODELLING</li> <li>8. SYMBOL MANAGEMENT</li> <li>9. OTHER</li> </ol>
---	---	--

図4 GMS トップレベル・メニュー

Fig. 4 GMS top-level menus

## 4.2 マンマシン・インタフェースと GMS

GMS ではメニュー起動方式により使用者とのインタフェースをとる。このメニューは階層構造になっており、形状定義、図形操作などはこれら階層構造のメニューから必要なコマンドを選択し、グラフィックス・キーボード、またはデータ・タブレットにより画面位置選択、数値入力等の操作を会話型で行っていく。GMS による 3 次元形状の取り扱い、画面上に最大 20 個まで指定できるマルチビュー方式により任意のビューから行われ、形状定義の途中においてローカル機能による、パン、ズーム、3 次元回転などの形状操作が可能である。

形状定義を行っていく上での各種図形要素の取り扱いは、

- 1) EDIT 機能……各要素の TRIM・EXTEND・BLANK・UNBLANK を行う
  - 2) EXTENDED・GEOMETRY 機能……2 次元から 3 次元への立上げ、および各種サーフェースの取扱いを行う
  - 3) ENTITY・MANIPULATION 機能……各要素の回転、移動、コピー、グループ化を行う
  - 4) VIEW・CONTROL 機能……表示ビューの取扱いを行う
  - 5) DATA・VERIFY 機能……各要素の座標値を検証する
  - 6) MODALS・AND・FONT 機能……各要素の属性を管理する
  - 7) USER・COORDINATE・SYSTEM 機能……任意の座標系を設定するなどにより行われる。またこの他に
  - 8) LIBRARY・MANAGEMENT 機能……図形データベースを直接アクセスする
  - 9) DISPLAY・CONTROL 機能……図面出力のためのレイアウトを行う
  - 10) INPUT・OUTPUT・REGENERATION 機能……CL ファイル、プロットファイル等の外部ファイルを取り扱う
- などがある。

以上が GMS の機能として用意されている<sup>13)</sup>。これらの機能、コマンド群は図 4 の第 2 階層以降に用意されており、データ・タブレットには標準メニュー・シートとして各種コマンドが約 250 種類定義されている。

## 4.3 GMS のカスタマイズ

GMS にはカスタマイズのために、次に示す三つの方法が用意されている。

- 1) タブレットの標準メニュー・シートへの追加……タブレット上の標準メニュー・シートには、GMS の階層構造のメニュー・シーケンスが定義されており、このメニュー・シートへ新たなメニュー・シーケンスを定義することにより、または新しいメニュー・シートを作成することにより、使用者の多用するメニューの登録を行う。
- 2) RECORD・AND・PLAYBACK 機能の利用……RECORD・AND・PLAYBACK とは、形状定義、図形操作などの一連の作業過程をマクロ化し再生する機能であり、コマンド・ファイル形式で GMS の外部ファイルとして作成される。このコマンド・ファイルは GMS のメニューから再生ができ、コマンド・ファイル再生時にはパラメトリックな数値入力も可能であるため、形状定義などの同様の作業を繰り返し行う場合等に有効である。

- 3) 図形処理言語, AGILE によるプログラム化……AGILE は, GMS とインタフェースを取るための PASCAL 形式の図形処理言語であり, コンパイラ, リンカ, サブルーチン・ライブラリから構成されている。また AGILE は, FORTRAN, C 言語ともリンクが取れるため, 使用者は, 標準メニュー画面の拡張, 使用者独自のコマンドの作成, 自動設計, などを行うことができる。また, 外部入出力装置とのインタフェースをとることもできる。

#### 4.4 CAD から CAM へ

##### 4.4.1 数値制御・NC

図 5 に GMS から NC への流れを示す。GMS にてワイヤーフレーム・モデル, サーフェース・モデルなどの形状定義がなされると, NC モジュールはこれらの形状を使用して工具経路の計算を行う。計算された工具経路は図形要素として表示され, 会話型メニューにより工具経路の編集, 工具シミュレーション等を行わせることができる。

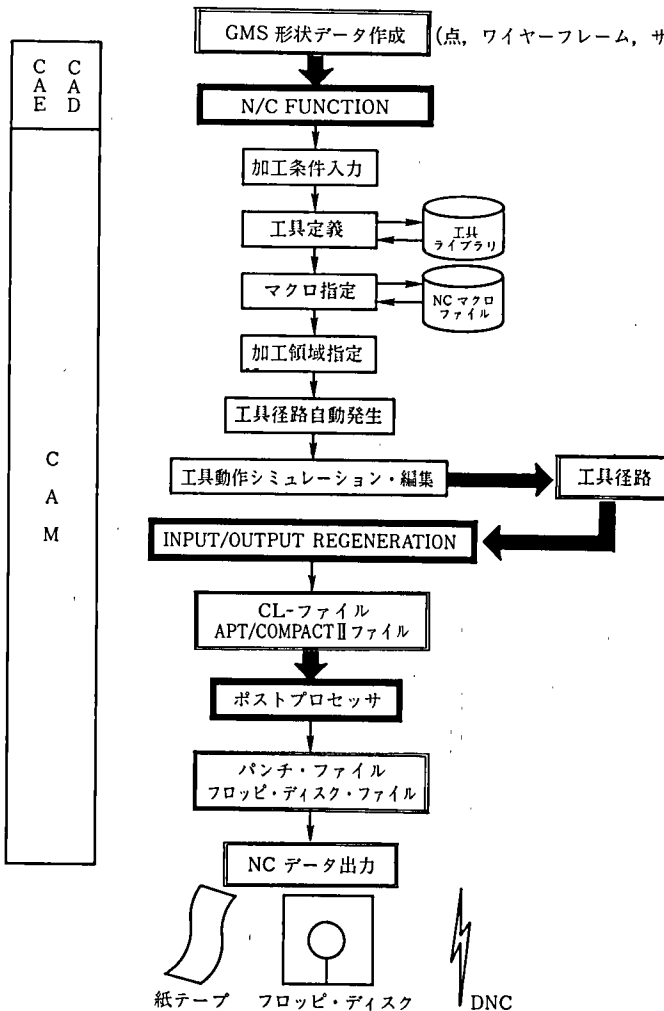


図 5 NC 作業の流れ

Fig. 5 NC operation flow

これら工具経路は、APT III CL ファイル、APT (Automatically Programming Tools) ソースファイルなどのフォーマットにて GMS の外部ファイルとして出力され、APT III フォーマットにて出力された CL (Cutter Location) ファイルは、それぞれの NC 装置固有のポストプロセスを介し、NC データとして出力される。

GMS/NC モジュールには、

- 1) 穴明け加工
- 2) 輪郭加工
- 3) ポケット加工
- 4) 3 軸面加工
- 5) 5 軸面加工
- 6) NC 旋盤
- 7) NC マクロの作成
- 8) 工具シミュレーションと工具経路の編集
- 9) 工具ライブラリの管理と工具登録

等の機能が含まれており、各種工具経路の計算は NC モジュールの中で連続的に行っている。NC モジュールの使用者は、あらかじめ設定されている工具ライブラリから使用工具を指定し、加工方法を選択し、NC マクロを工具経路に付加することにより、完全な CL ファイルを作成していく<sup>[4]</sup>。

口絵 1, 2 はそれぞれ GUN STOCK モデルでの NC 工具経路表示、NC 工具シミュレーションの例である。

#### 4.4.2 CL ファイルから NC データ出力

GMS では、MULTIPOST という CL ファイルから NC データを作成するための汎

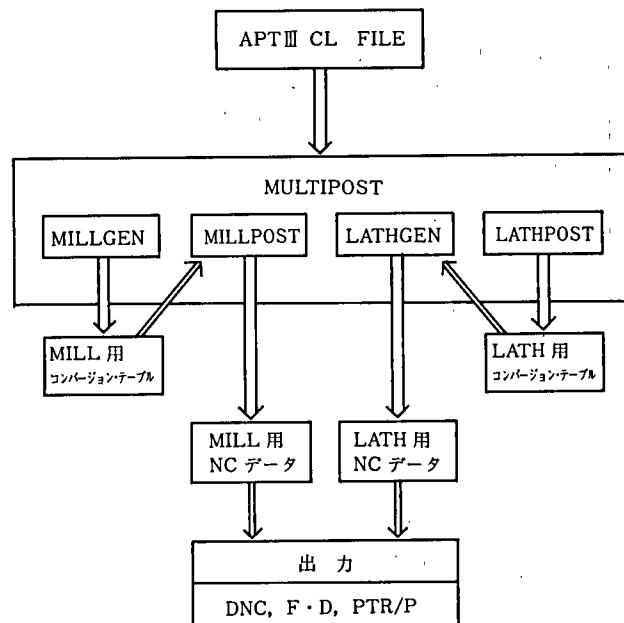


図 6 マルチポストでのデータの流れ

Fig. 6 Dataflow on multipost

用ポストプロセスを行うモジュールを用意しており、GMS とリンクされた外部プログラムとして供給されている。図 6 に示すごとく、MULTIPOST は最大、次の四つのプログラムから構成される。

- 1) MILLGEN……NC マシニングセンタ用コンバージョンテーブルの作成
- 2) MILLPOST……NC マシニングセンタ用ポストプロセサ
- 3) LATHGEN……NC 旋盤用コンバージョンテーブルの作成
- 4) LATHPOST……NC 旋盤用ポストプロセサ

GMS/NC 機能により種々の切削工具経路の計算がなされ、CL ファイルに出力されると、MULTIPOST を介して NC データとして出力される。MULTIPOST では約 500 種類の出力フォーマットの条件設定が行え、このフォーマットの中には、G 機能・M 機能の制御、出力順序・主軸情報・送り速度情報の制御、工具交換・工具長・工具径情報の制御、インチ系・メトリック系出力、アプソリュート・インクリメンタル出力制御等の各種制御情報が含まれる。

また、NC データ出力時に設定された送り速度をもとに、切削時間の計算もなされる<sup>[8], [9]</sup>。

#### 4.5 CAD から CAE へ (FEM プリ・ポストプロセスおよびプラスチック樹脂流動解析)

##### 4.5.1 FEM プリプロセス

GMS/FEM は、構造解析のためのプリプロセス、プラスチック樹脂流動解析のためのプリ・ポストプロセスを行う。GMS によりワイヤ・フレーム・モデルが定義されると、FEM のプリプロセスを介して有限要素モデル作成のために要素分割がなされる。FEM では、カーブ領域、サーフェース領域、ソリッド領域の指定および各種拘束条件と荷重の設定が行え、このうちプラスチック樹脂流動解析ではカーブ領域、サーフェース領域のみを使用する<sup>[4]</sup>。

##### 4.5.2 OPTIMOLD III パッケージの使用

OPTIMOLD III は、熱加塑性プラスチック樹脂の流動解析および金型デザインのために用意されたソフトウェア・パッケージであり、

- 1) SIMUFLOW3D：プラスチック樹脂流動解析モジュール
- 2) SIMUFLOW：ランナーバランス解析モジュール
- 3) SIMUMAT：樹脂材料データ・メンテナンスモジュール
- 4) SIMUCOOL：金型冷却解析モジュール
- 5) OPTIMOLD：金型設計用モジュール

から構成され、GMS とリンクされた外部プログラムとして供給されている。図 7 に OPTIMOLD III パッケージを使用した一連の解析手順を示す。

GMS により形状定義がなされ、FEM のプリプロセスを介し中間ファイルが作成されると、SIMUFLOW3D ではこの中間ファイルを使用して解析のための条件設定を行い、成形品の金型内での樹脂流動解析を行う。次にこの解析結果を用い、成形品形状と等価な容量を持つ等価平板に置き換えたモデルを作成し、SIMUFLOW を用いてランナーシステムの解析を行う。この SIMUFLOW は多数個取り、ファミリーモールドにおけるランナーバランスの最適化をはかるためのものである。

最後に、金型内に成形品形状、ランナーシステムを配置したモデルを設定し、

SIMUCOOL パッケージを使用して金型の冷却解析を行う。金型内にいくつの冷却サーキットを配置すればよいか。また、その冷却サーキットから取り去るべき熱量がどれくらいかの計算がなされる。本項では OPTIMOLD III パッケージのうち、SIMUFLOW3D, SIMUMAT について述べる<sup>[5][6][7]</sup>。

- 1) プラスチック樹脂流動解析モジュール (SIMUFLOW3D) ……SIMUFLOW3D は成形品の金型内における流動解析のためのモジュールであり、PREP3D, FLOWEZ, FLOW3D, PLOT3D のプログラム群から構成されている。図 8 に解析の手順を示す。

PREP3D は解析条件の設定を行うプログラムであり、解析のための条件には、①ゲート位置、ゲート数、②充填完了時間、または射出速度、③多段射出のための各々の充填時間、または射出速度、④金型の型締め方向、⑤粘度モデル、⑥材料属性データ、⑦保圧時間、等がある。材料属性データは材料データのキーコードを入力することにより材料データベースから、樹脂熔融温度・金型温度・熱伝導率・樹脂熔融時の比熱と密度・粘度定数などが読み込まれる。

PREP3D により条件設定がなされると、FLOW3D, FLOWEZ による解析を行う。FLOWEZ は等温条件とニュートン流を仮定し、メルト・フロントのみを予測

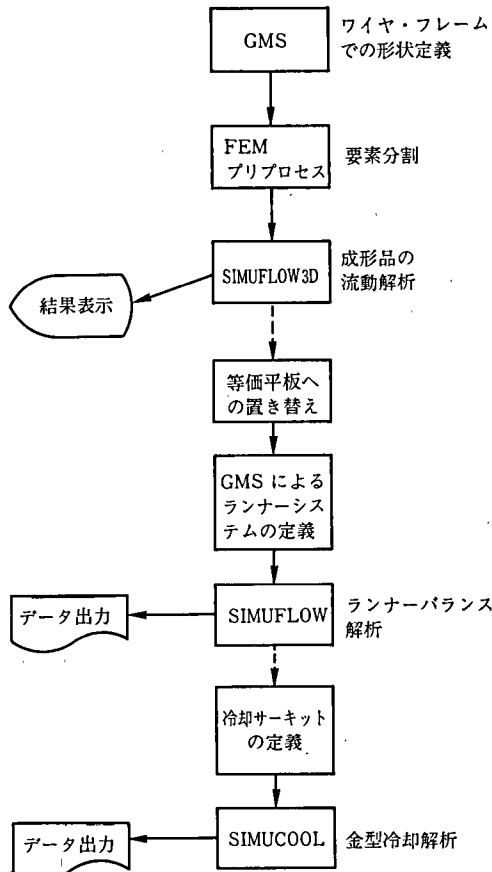


図 7 OPTIMOLD III パッケージにおける解析手順

Fig. 7 Analysis procedure for OPTIMOLD III package

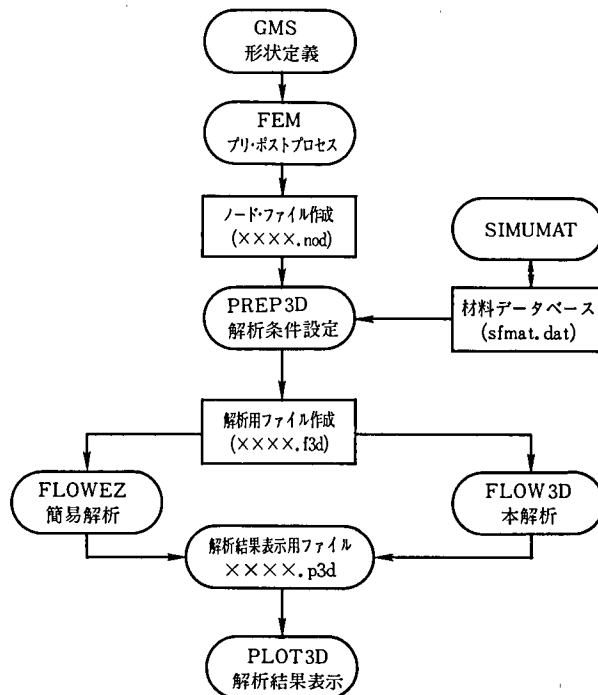


図 8 SIMUFLOW3D による解析手順

Fig. 8 Analysis flow for SIMUFLOW3D

する簡易解析である。使用者はこのプログラムを使用することにより金型内での樹脂の流れを予測し、ウェルドラインの位置、最終充填位置の確認を行う。このプログラムは FLOW3D の 1/10 から 1/100 の時間で解析を実行する。

FLOWEZ を用いて簡易解析がなされた後、FLOW3D を用いて本解析を行う。この解析では設定された条件をもとにメルト・フロント、温度分布、圧力分布、剪断応力と剪断速度を計算する。解析が終了すると PLOT3D を使用して解析結果の表示を行う。PLOT3D ではメルト・フロント、圧力等高線、温度等高線、剪断応力と剪断速度等高線などの出力結果の表示を行い、また GMS/FEM のポストプロセスを介して、圧力・温度・剪断速度と剪断応力のカラーコンタ図と速度ベクトルを表示する<sup>[3]</sup>。

口絵 3 には GUN STOCK モデルのメルト・フロント、口絵 4 にはバルブハウジングの速度ベクトルを示す。

- 2) 樹脂材料データの登録 (SIMUMAT) ……SIMUMAT モジュールは、SIMU-FLOW, SIMUFLOW3D, SIMUCOOL, で使用する樹脂材料データの表示・登録・修正を行う。樹脂データの登録を行う場合、少なくとも 3 種類の樹脂熔融温度での、剪断速度と粘度の関係をレオメータ等により測定する必要がある。この測定データを入力することにより、SIMUMAT モジュールで指数定数の計算がなされ、粘度モデルの定義が行われる。

現在使用できる粘度モデルには、非ニュートン領域のモデル化を行い、剪断速度と粘度との関係を直線的に近似する 3 パラメタモデル、第 1 次ニュートン領域

のモデル化も行い、ゼロ切断速度付近の近似も行う4パラメタモデル、各樹脂の圧力効果による特性を加味した5パラメタモデルがある。材料データファイルにはこの他に、熱伝導率、樹脂熔融状態における比熱および密度・金型温度・樹脂熔融温度の登録も行う<sup>17)</sup>。

## 5. ユーザ適用事例

本章では、今まで概説してきたGCシリーズを使用し、CAD/CAMシステムを構築している(有)相模原木目の例を述べる。

同社は神奈川県相模原市に位置し、限定試作品や多品種少量生産のための金型作成・射出成形を主とする技術集団として位置付けることができ、形状定義から金型作成のためのNCデータ出力を主としてGCシリーズを使用している。現在GC 8600, およびGC 1450を使用中である。

### 5.1 機械化の経緯

(有)相模原木目は、昭和46年弱電部品(テレビ、キャビネット等)の木目印刷(墨流しと呼ばれる)を主業務として創立された。昭和49年より多層樹脂型による成形(発泡ウレタン、ソリッドウレタン)を開始、真空注型\*と呼ばれるもので現在でも行っている。昭和58年3月より簡易金型によるインジェクション成形を開始、現在では本社技術センタにてCAD/CAMを使用、愛川工場にてインジェクション成形、工機工場において金型作成を行っている。

同社技術センタによると、(創業当時から一貫しているのは短納期、少量生産を旨とした限定試作品や多品種少量生産が主となっており、出図(CAD図面を発注元からもらう)から製品までを一貫した流れの中でライン化させており、金型作成のみならず、また金型の成形のみならず、図面から製品、塗装、シルク印刷、製品の組み立てまでをとらえた複合体として位置付けている)とのことである。

### 5.2 CAD/CAM 導入の検討

第1回目の導入検討は昭和58年に行われ、その当時導入されたのはの自動プログラミング・システムである。第2回目の検討は設計部門の省力化というところから出発した。金型図(組図・モールド図・部品図)を書くCADから検討を始め、次第にNCを中心とした3次元処理機能が検討の中心となった。

とくに同社対応ユーザの要求(CADデータによる金型作成)を考えると、従来はできなかった他社CADシステムとのデータの共有化が絶対必要条件として出てきた。納期、コストにかかわる金型作成では、同社ユーザのCADデータをそのまま取り込み、形状を表現、NC化しそれを正確に再現することが必要であった。

### 5.3 システムの導入

第9図に同社のCADからCAMへのデータの流れを示す。第1次ステップではCADデータの共有化を踏まえ、システム構成は168メガバイトの固定ディスク2台、およびオープンリール付きのGC 8600システムとした。また同社ユーザの要求を踏まえ、CADデータはIGESによるデータ交換方式を取らず、GC 8600側でデータ・コン

\* 樹脂成形の一種ではあるが、射出成形とは違い樹脂を真空ポンプで引っぱる方法を用いる。



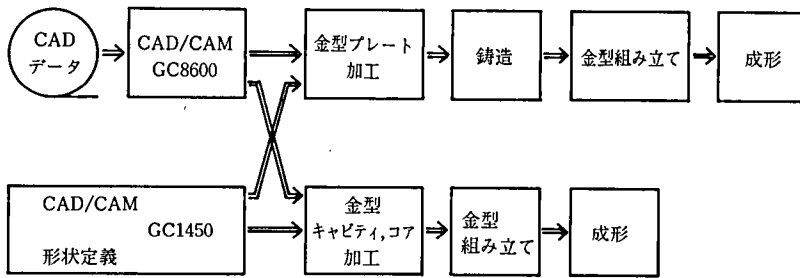


図 9 データおよび仕事の流れ

Fig.9 Data and job flow

バージョンのためのプログラム化を行った。

NC データ出力は、自動プログラミング・システムで行っており、8 インチ・フロッピ装置にて工機工場の NC マシニングセンタ 3 台とデータ交換を行っていたため、GC 8600 からの NC データ出力は 8 インチ・フロッピ装置とし、自動プログラミング・システムとのデータ交換も行える方式を取った。

第 2 次ステップでは、作業量の増加にともない、システムの分散化をはかり GC 1450 を導入し、設計の効率を上げることを目指した。GC 1450 により形状作成までの速度を上げるとともに、イーサネットによる LAN を構築、図形データの共有をはかっている。同システムでの使用ソフトウェアは、GMS, NC, MULTIPOST, AGILE などであり、FEM, OPTIMOLD III も、試験的に使用中である。

#### 5.4 CAD/CAM 導入効果

検討項目であった同社ユーザとの CAD データの共有化は、CAD データを取り込み、形状を表現、NC 化し、正確に再現することにより、従来の方法であった図面からの手入力や数値表からの手入力、もしくはマイラー図面からのデジタルよりも正確で早く実現できるようになった。さらに、同社ユーザから図面がくる前の段階でも CAD データをもらうことにより、形状等の変更のない部分では先行して図面なしで金型製作に入れる、また金型の品質保障や成形品の品質保障、チェックも同一 CAD データで実施できる等、データの共有化をはかることによるメリットが引き出せるようにシステムの運用がなされるようになった。

また CAD データの活用例としては、一つの CAD データにスケールをかけることによる樹脂収縮分の金型用データや、鋳物収縮と樹脂収縮とを合わせた木型用データへの変換など、応用範囲も広がってきている。

このようにシステムの運用形態がかたまるにつれて、CAD/CAM システムの持つ能力を業務の流れにそった形で引き出しつつある。

#### 5.5 今後の課題

同社は CAD/CAM システム導入から 1 年であり、同社業務の CAD/CAM 化はスタートしたばかりである。初期の目的であった同社ユーザとの CAD データの共有化によるメリットは、第 1 次ステップとして効果を上げている。

第 2 次ステップでは、形状定義から NC データ出力までの効率化、および金型プレート等の標準化と CAD データとしての登録、および出図である。また金型プレートの

登録による金型管理, および部品図による先行部品手配での日程短縮等による生産管理を旨とし, 型設計の省力化・集約化をはかることである。

そして第3ステップでは, 製品におけるVA (VALUE・ANALYSIS), VE (VALUE・ENGINEERING) をはかるために, 流動解析等の解析ソフトウェアを使用するノウハウを蓄積することである。金型を作成する前の段階での最適ゲート位置, ウェルドライン位置などの予測をつけ, 金型作成時, また成形時の指針となるよう付加価値を付けていくことである。

同社では第1ステップから第2ステップを旨しているところであり, 第2ステップとしての生産管理, 第3ステップとしてのCAEシステムの構築が今後の課題となっている。

## 6. お わ り に

本稿ではGMSを核としたCAD/CAM/CAEソフトウェアの統合化による操作性, システムの拡張性という点をユーザ適用事例とともに述べてきた。

金型の作成・成形の現場では, 短納期・多品種少量生産が求められており, CAD/CAM/CAEシステムは, 導入の日から生産のための道具として組み込まれていく。そのためには導入の日からシステム開発等の作業なしに, 手軽に設計・製造等の作業に使用できること, またシステムの拡張, カスタマイズが容易にできるツールが用意されていなければならない。

ユーザ適用事例に見るように企業内でのCAD/CAM化は, 導入時の第1ステップから, 第2, 第3ステップへと進んでいく。そのためにはCAD/CAM/CAEシステムは, CAD専用, CAM専用, CAE専用等の専用機ではなく, 設計から製造, 解析へとユーザのCAD/CAM化の進展にあわせて容易にステップアップできるシステムを提供していく必要がある。

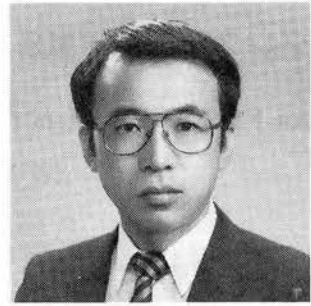
当システムを提供する側にとっては, ユーザの要望に応えられるような統合化システムを, 今後とも提供していく所存である。

最後に, 本稿執筆にあたり, ユーザ事例紹介の章で御助言いただいた(有)相模原木目・技術センタの皆様にご感謝の意を表したい。

- 
- 参考文献 [1] 88年版エンジニアリングワークステーション市場実態と将来展望, 矢野経済研究所。  
 [2] デビット・ケイン, マルチプロセサ・システム的设计手法, 日経コンピュータ, 1986.4.14。  
 [3] S. Gilbane, MC 5600/MC 5700 System Reference Manual, Massachusetts Computer Corporation, 1984. 4。  
 [4] Geometric Modeling Software (GMS) Reference Manual, UNISYS CAD/CAM INC, 1987. 8。  
 [5] SIMUFLOW3D Operations Reference Manual, UNISYS CAD/CAM INC, 1988. 6。  
 [6] SIMUFLOW Software Manual, UNISYS CAD/CAM INC, 1987. 8。  
 [7] SIMUMAT Software Manual, UNISYS CAD/CAM INC, 1987. 2。  
 [8] Multipost Machining Center Postprocessor Generator Program, UNISYS CAD/CAM INC, 1988. 3。  
 [9] Multipost Turning Center Postprocessor Generator Program, UNISYS CAD/CAM INC, 1988. 3。

執筆者紹介 松野 健 (Takeshi Matsuno)

昭和 24 年生。49 年大阪工業大学工学部電気工学科卒業。同年日本ユニシス(株)入社。端末機、ホストシステムの保守を経て、59 年以降 GC 1450 など GC シリーズの商品企画、システムおよびアプリケーションのサポートに従事。現在 CAD/CAM システム 3 部所属。



# プレス金型用 FMS での EDP システム

## An FMS EDP System for the Press Die

二 神 邦 夫

**要 約** 製造業においては、多品種少量生産の時代に合わせて、いろいろな形の FMS (Flexible Manufacturing System, フレキシブル生産システム)が構築されつつある。その中において、各機械設備の統合化をとり行う EDP システムが重要な役割を果たすことになる。本稿では、プレス金型工場における FMS の EDP システムを、次の観点から紹介する。

- 1) プレス金型 FMS の特徴
- 2) EDP システムが具備すべき機能
- 3) EDP システム構築上の考慮点

**Abstract** In the manufacturing industry, many types of flexible manufacturing systems (FMS) are being built in response to the age of large-variety and small-lot production.

In the face of this trend, the EDP system which supports the balanced integration of manufacturing machines and equipment has found a way of playing major roles.

This paper describes the FMS EDP system at a certain press die plant from the following stand-points:

- 1) Characteristics of FMS for the press die
- 2) Functions required for an FMS EDP system
- 3) Considerations regarding the construction of an FMS EDP system.

### 1. はじめに

製造業においては、最近の個人消費の多様化動向に合わせて、いわゆる多品種少量生産の時代に入ってきた。しかも、労働時間の短縮化も求められている。

これらの要求に応えるために、FMS (フレキシブル生産システム)が脚光をあびてきている。

しかし、FMS は機械設備の導入だけでできると考えがちであるが、FMS の真の効果を出すためには FMS を構成する機械設備同士の調和をとりながら、全体の稼働率を向上することである。

そのためには、生産に関する情報 (生産指示等管理情報と加工データ等技術情報) を統合管理し、適切な指示を機械設備に与えていく必要がある。

本稿では、プレス金型を例に調和のとれた FMS を支援する EDP システムを紹介する。

### 2. プレス金型用 FMS の概要

#### 2.1 プレス金型の特徴

プレス用金型は、プレス機械に取付けて鉄板のプレス成型を行うためのものであり FMS から見た場合、以下の特徴を持っている。

- 1) 少量（一品）生産である。
- 2) 数ミクロンの精度を持った曲面形状の切削が求められるため、NC データが長くなる。
- 3) 加工時間が長い（2～3 昼夜の連続加工）。
- 4) 段取りに人手がかかる（治具・工具の準備・芯出し等）。

2.2 FMS を支援する EDP システムの位置づけ

FMS は、上位の CAD/CAM からもらう技術情報（NC データ、工具・治具情報）と生産管理とやりとりする管理情報（生産指示・生産実績）をもとに、柔軟な生産活動を行うシステムである（図 1）。

しかしながら、現場の状況をリアルタイムに上位システムに反映することは、コスト的に困難なため、FMS 内の生産活動を統括的に管理、制御する EDP システムが重要である。

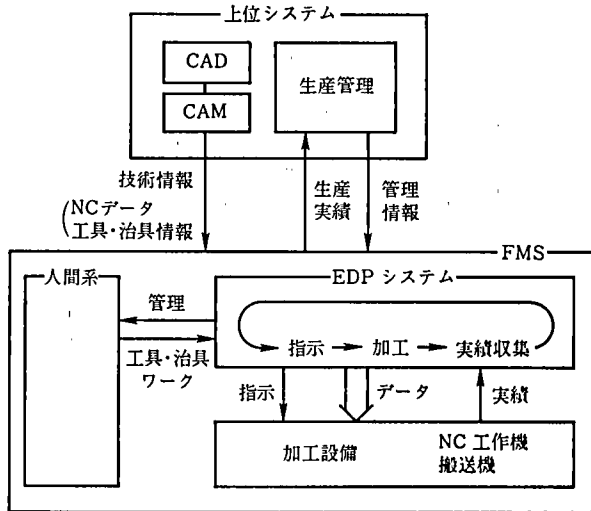


図 1 FMS の位置づけ

Fig.1 FMS components

2.3 EDP システムの構成

FMS を支援する EDP システムの構成例を図 2 に示す。

主たる機器の役割りは次のとおりである。

- 1) FMS コンピュータ……作業管理およびそれに伴う各機械設備に対する指示（ワーク搬送，工具準備），加工実績の管理を行う。
- 2) 実績収集装置（MAG, ID カード読み機能付き）……作業者の実績（作業内容，時間等）を収集する。
- 3) WS（ワークステーション）……作業の指示，作業状況のモニタリングを行う。
- 4) 工具プリセット……使用工具の補正値を測定する。
- 5) FMS コントローラ……NC 装置に対するデータの送受信制御を行う。
- 6) 搬送コントローラ……搬送機に対する搬送指示および制御を行う。

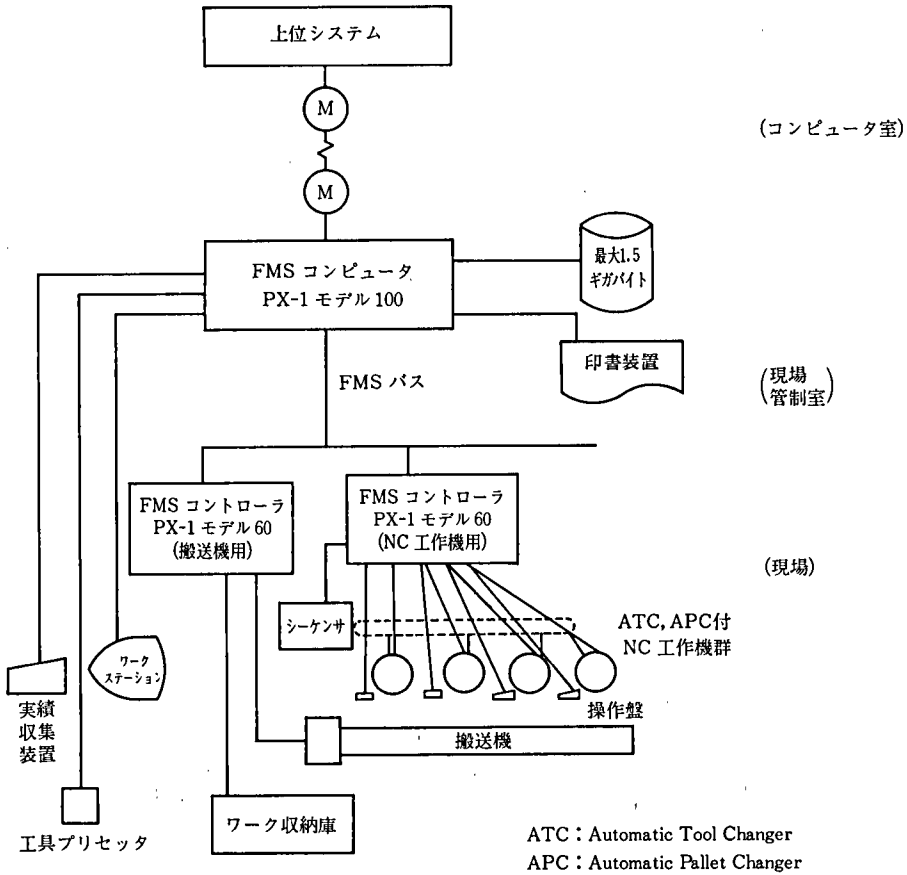


図2 FMSシステム構成例

Fig. 2 Example of FMS support EDP system

- 7) シーケンサ……機械設備に対する指示および機械的な実績を収集する。
- 8) 操作盤……FMS の運転指示を行う。
- 9) 搬送機……ワークをワーク収納庫と NC 工作機間で搬送、または搬出を行う。

3. EDP システムが具備すべき機能

前章で述べた概要に基づき、本章ではプレス金型生産工場における FMS を支援する EDP システムが持つべき機能について述べる (図 3)。

3.1 上位システム通信機能

生産現場で構築されている FMS をうまく稼働させるには、上位の生産管理と CAD/CAM システムとの密接な情報交換が必要となる。

その情報の主なものは、

- 1) 上位システム側で持っている情報の検索
- 2) 加工に必要な NC データ
- 3) 準備作業や加工方法を記述した加工技術情報
- 4) 生産管理に基づいて出された生産指示

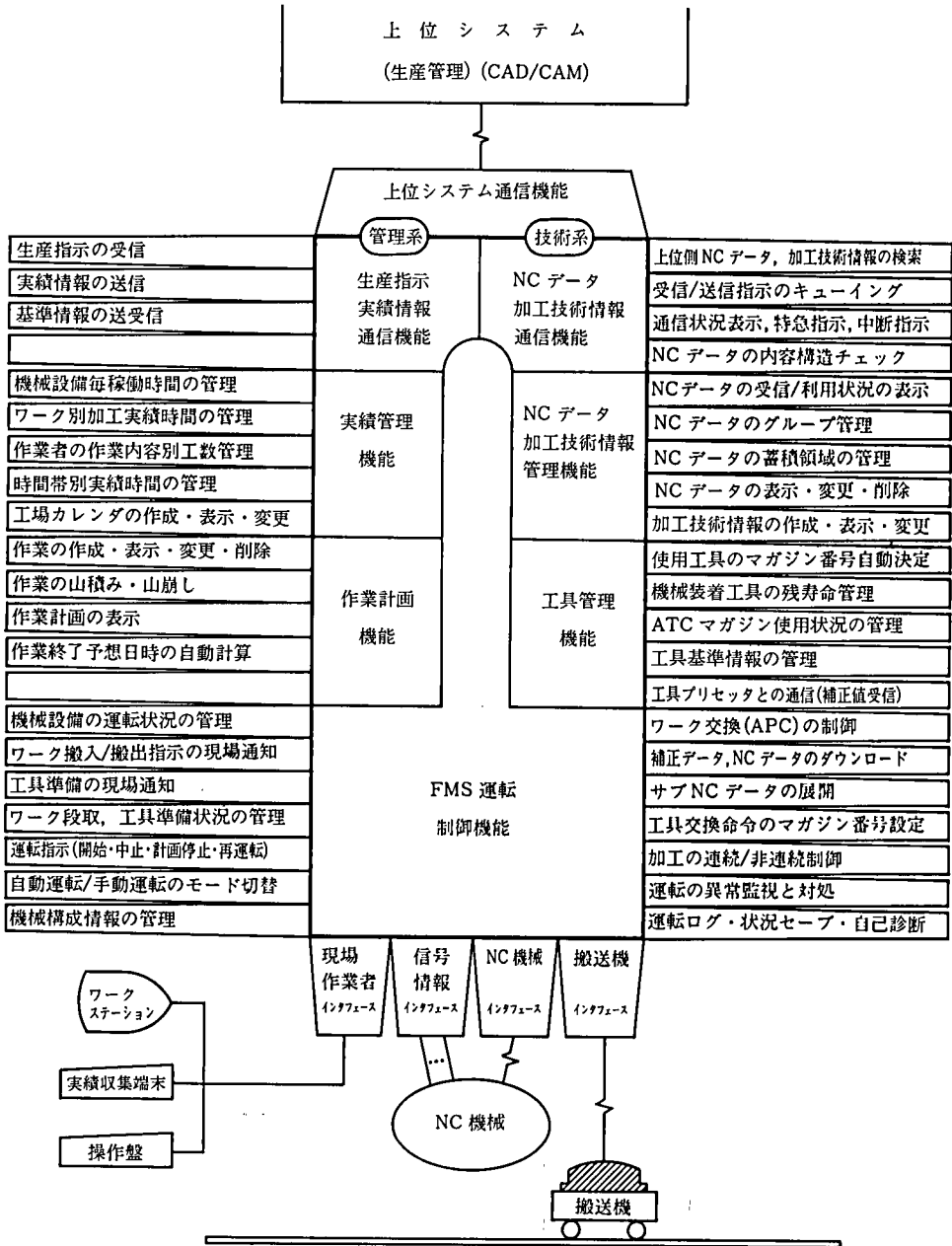


図3 プレス金型 FMS 用 EDP システム機能図

Fig.3 Functions of EDP system in FMS

- 5) FMSの稼働によって収集された実績データ
- 6) 設備状態や加工条件等を蓄えた基準情報

等である。通信機能としては、リアルタイム情報とバッチ情報とを両方向から、同時並行的にやりとりできなければならない。そのために高速(48 Kbps程度)回線でハイレベル・パケット手順を採用している。

3.2 NCデータ, 加工技術情報通信機能

現場の段取コーナ等に設置されたワークステーションで、加工に必要なNCデータと加工技術情報を受信したり、逆に現場で更新した情報を上位システムへ送信する機能である。送受信は、同時複数の要求を受け付けられるようにワークステーションごとに待ち行列を作り、均等にサービスする。

補助的な機能として、

- 1) 優先的にサービスを受けるための特急指示機能
- 2) 通信中のデータを区切りの良いところで中断する機能
- 3) 受信したNCデータの内容や必要なサブNCデータの存在をチェックし、完全なデータだけが工作機械の運転に利用できるようにする機能

を持っている。

3.3 NCデータ, 加工技術情報管理機能

受信したNCデータや加工技術情報をFMS内の一元化したデータベースに格納し、使用者の要求によってデータの内容やデータにまつわる情報を操作(読み出し・更新・削除)する機能である。

プレス金型のNCデータは4キロバイト(紙テープで約10m)たらずのものから、数メガバイトに及ぶものまで多彩な長さを持っている。また、一つの金型部品を削る

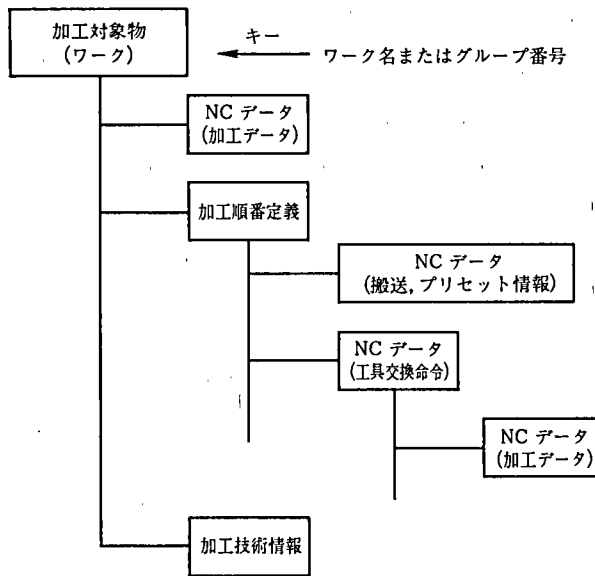


図4 NCデータ管理構造  
Fig. 4 Structure of NC data



ために 10 種程度から 100 種を越える NC データが必要となる。このように、多種多様で多量の NC データを効率よく格納するデータベース管理ソフトウェアが、FMS 用コンピュータには不可欠である。

FMS 用コンピュータ UNISYS PX-1 モデル 100 では、最大 16 ギガバイト(紙テープ 40,000 km 程度)の容量と、最大 99,996 種の NC データを管理できるデータベース管理パッケージ DXP II を有している。

NC データや加工情報は、加工対象物であるワークごとにグループ化し、ワーク名(10~30 桁) またはグループ番号(3~6 桁) をキーにして受信や利用状況の把握を一度に行えるようにしている(図 4)。

### 3.4 工具管理機能

上位システムで作られた NC データ内の工具交換命令で指定されているマガジン番号は、現場の状況と適合していない。作業者は加工する順番に使用する工具を並べておきたいが、上位システム側ではその順番を事前を知ることは不可能である。したがって、NC データ作成時は勝手にマガジン番号を付けておき、FMS コンピュータ側で加工順番に合わせて最適なマガジン番号を自動決定することが有効な機能となる。

その仕組みを図 5 で示す。

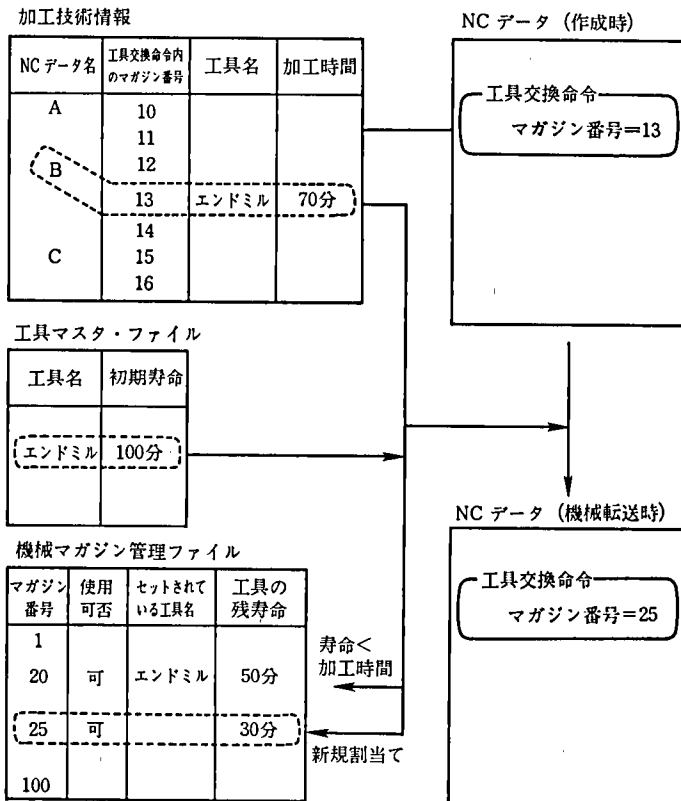


図 5 マガジン番号自動決定の仕組み

Fig. 5 Automatic tool magazine allocation system

### 3.5 生産指示, 実績情報通信機能

上位の生産管理システムで組み立てられた生産計画に基づいてくる生産指示を受信し、FMS 運転によって機械より上ってくる各種実績情報を選別し、上位へ送信する機能を持つ。

生産指示情報は、加工対象物であるワーク単位に加工開始/終了の日程を入れ、FMS 内の作業計画に反映する。

実績情報は、実績管理機能（後述）が収集した、

- 1) ワークごとの加工開始と終了日時
- 2) NC データごとの加工時間
- 3) 機械ごとの稼働時間
- 4) 作業者の前段取・検査・後段取工数時間

を自動的/上位からの要求/ワークステーションからの指示によって上位へ送信する。

### 3.6 実績管理機能

収集できる実績は、FMS 機器が動くことによって自動的に報告される情報と、作業者が収集端末から手で入力する情報とに分類される。

NC 工作機械の場合、

- 1) DNC モードでの切削/ATC/停止時間
- 2) 手動モードでの切削/停止時間
- 3) ワーク未加工時間
- 4) 故障時間

が自動的に得られる情報となる。これらをワーク搬入、運転起動、NC データ終了、運転終了/中止、ワーク搬出の各タイミングで収集している。

一方、手で入力する情報は、

- 1) 作業者名（社員コード）
- 2) 作業内容（ワーク段取、データ/工具準備、検査等）
- 3) ワーク名（番号）
- 4) 作業の開始/終了区分

がある。

以上の情報を工場カレンダーと照合して、就業/休憩/交替/休日、の時間帯に実績時間を分類することができる。

### 3.7 作業計画機能

生産指示の情報と技術系の情報とが共に準備されたところで、納期に間に合うように加工作業をスケジュールするのが作業計画の機能である。

プレス金型の場合、ワークごとに工具交換を伴う。工具を工作機械へ搬送し、差し換えするには高価な機械設備を導入しない限り自動化が図れないため、人手に頼ることになる。そのため、スケジュールリングの手法としては、加工作業を最も早く終了した工作機械に割り付けていくダイナミック・スケジュールリングよりも、機械ごとにスケジュールされている作業の予測終了日時を画面に表示し(グラフ表示が最適)、現場の判断で作業をスケジュールできる方が合っている。

終了日時は、加工技術情報から NC データごとの加工時間を合計し予測するが、図 6 のように運転開始後は実加工時間をベースに更新していくと精度が良くなる。

NC データ 1 本終了するごとに、その時刻+残りの NC データの見積り加工時間の合計を、その作業の予想終了日時にする。

### 3.8 FMS 運転制御機能

FMS コンピュータにおける中核機能である。作業計画機能で作られた作業スケジュールに合わせて、下記のような作業への指示、各 FMS 機器とのデータ授受、作業からの要求受付機能を有する。

#### 3.8.1 ワークの段取と搬送

- 1) 作業員に対し、ワークの段取期限日時(作業スケジュールで決まる)と段取方法(加工技術情報から得られる)を段取コーナの端末装置に表示する。
- 2) 作業員の指示によって、段取できたワークをいったんワーク収納棚等の空きエリアにしまう。
- 3) 搬送機の暇な時期をねらって、ワークを加工日時順に収納棚内の搬送しやすい場所に移動整理しておく。
- 4) NC 工作機械の APC\*装置と搬送機を制御して、加工終了したワークを搬出して、次のワークを収納棚から搬入する。
- 5) 加工終了したワークを作業員に対し表示する。そして作業員の要求により、収納棚から搬出ステーションへ搬送機を制御して運ぶ。

#### 3.8.2 使用工具の準備

- 1) FMS の作業スケジュールが立てられた時点で、加工に使う工具の種類、工具管理機能によって決められたマガジン番号、使用開始予定日時を現場作業員と工具プリセット装置に通知する。

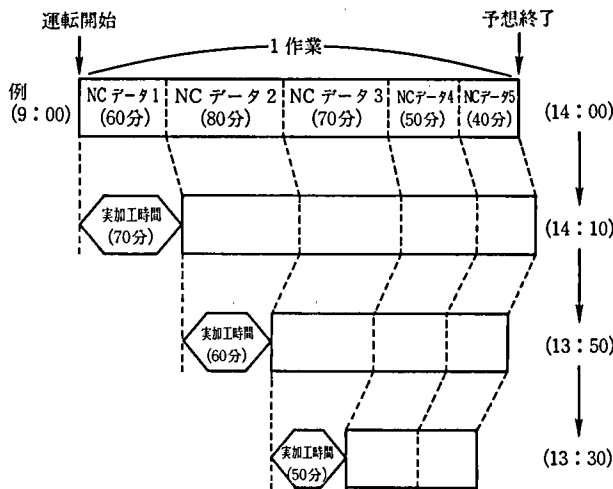


図 6 作業予想終了日時の自動計算

Fig. 6 Estimation of end time

\* APC: Automatic Pallet Changer, 自動パレット交換機

- 2) 作業者は必要な工具を準備し、工具プリセットにより工具サイズの補正値を、あらかじめ工具管理機能を使ってFMSへ記憶させておく。準備のできた工具は、作業者が目的の工作機械のマガジンへ間違いなくセットする。セット・ミスを防止するためバーコード等でチェックすることも可能である。
- 3) 工具を工作機械のマガジンへセットし、終わったことをFMSコンピュータへ作業者が端末から知らせる。これにより、そのワークは工具準備状態となり、いつでも加工を開始できる。

### 3.8.3 NC工作機械の制御

- 1) ワークの搬入、工具の準備が完了しているNC工作機械は、運転を開始するために使用工具の補正値とNCデータの転送を行う。これらのデータは、光ケーブルの発達によりRS 232C通信インタフェースを通して確実にやりとりしている。回線速度19.2Kbpsと大容量通信バッファ(数10キロバイト)の採用により高速加工(4m/分程度)にも対応できる。
- 2) NCデータ転送時の編集機能として、下記のことが行われる。
  - ① 先頭コード(ER・CR等)の挿入編集
  - ② 終了コード(M30/M02等)の挿入編集
  - ③ サブNCデータの展開
  - ④ 工具交換命令のマガジン番号セット
  - ⑤ 再運転時の途中スキップ
- 3) NC工作機械を無人運転するため、次の信号情報を処理している。
  - ① 無人運転可能信号(自動連続運転可として使用)
  - ② 機械停止信号
  - ③ 機械起動信号
  - ④ 機械リセット信号
  - ⑤ 異常信号(機械アラームや工具折損)
  - ⑥ 故障中信号

### 3.8.4 現場作業用インタフェース

FMSが高度の自動化を狙ったシステムでも、人の介在は必要である。作業者が操作する機器として次のものを接続する。

- 1) ワークステーション……日本語やグラフをカラー表示できる画面と簡易防塵型キーボードの付いた端末装置で、上位システムとの通信の開始/終了指示、作業計画の表示や作成変更、機械設備の状況表示に用いる。
- 2) 現場操作盤……40字程度表示できる液晶パネルと完全防塵型シート・キーボードを持った堅牢な端末装置で、工作機械の傍で操作ができ、転送するNCデータの決定、運転の開始/中止/再開、ワークの搬入/搬出指示、状況の確認に用いる。
- 3) 実績収集用端末……30字程度表示できる液晶パネル、大型キーボード、磁気カード読取装置等の付属装置が付いた端末装置で、作業者の実績を入力するために用いる。

#### 4. EDP システム構築上の考慮点

本章は、プレス金型用 FMS を支援する EDP システムを構築する上での注意事項を表 1 の開発手順に沿って記述する。

##### 4.1 設計段階

FMS の特徴は、構成する要素としてコンピュータや端末装置以外に NC 工作機械、搬送機、ワーク収納棚といった一般の EDP システムでは取り扱わない機械設備が存在することである。これらの設備とのインタフェースを確実にしないと、有効な FMS は完成しない。そのためには、各機械メーカーと図 7 のような調査表をもとにして接続方法を検討し、確認書の形で文書を取り交わすことが重要である。

##### 4.2 プログラム開発段階

EDP システム開発の中心は、設計を具体化するプログラムの開発段階にある。FMS における EDP プログラム開発の最大ネックは、工場とまったく同じ機械設備をコンピュータ室に再現できない点である。そのため、機械設備の本当の動きがわからずにプログラムが作られてしまい、後の現地テストで過大な調整作業が心要となる。

そこで、FMS 用の EDP プログラム開発室では図 8 のように工場設備の代わりに 3 次元プロッタやパソコン、シーケンサによるテスト・スタンドで機械と同等な動作をシミュレーションさせてプログラムをテストする。この手段により、プログラムの機械適合性をかなり向上させることができる。

表 1 FMS 用 EDP システム開発手順  
Table 1 Procedure of EDP system development on FMS

フェーズ	内 容
概要設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FMS における EDP システムの機能的役割を明確にする。</li> <li>• 外部の FMS 機器とのインタフェースを調査し、接続方法を決定する。</li> </ul>
基本設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EDP システムの基本条件(ハードウェア、パッケージ・ソフトウェア)をもとにやりとりする情報量と処理負荷を明確にし、実現性を検討する。</li> </ul>
詳細設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EDP システム内部の仕組み(データベース、データの受け渡し、プログラムの配置)を明確にする。</li> </ul>
プログラム開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 個々のプログラム仕様に基づき、プログラミングを行う。</li> <li>• 開発テストツールによるプログラムの単体/結合テストで精度を上げる。</li> </ul>
現地テスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 現場の FMS 設備機器と結合し、インタフェースの確認と調整を行う。</li> <li>• 試験用ワークを使つての連結テストでタイミング的要素を調整する。</li> </ul>
試行, 作業教育	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 全 FMS 設備機器と本番ワークを使つて、システム運用の試行と作業者の練習を行う。</li> </ul>
本番, 評価, 保守	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 本番運用を行い、得られた実績値を評価する。</li> <li>• 問題点を整理してシステムの改善を図る。</li> </ul>

顧客名		管理用	□□□□ - □□ - □□
FMS 客先フェースシート		記入日	年 月 日
		記入者	(所属) (氏名)

顧客住所			
顧客コンタクト先 (所属)		(氏名) 空( ) -	
ファーストコンタクト	年 月	引合の切掛	
コンタクト回数	回	デモ実施	・有 ・無
MX-1 利用業務		ヒューマン名	
利用時間帯	(平日) 時 ~ 時, (土曜) 時 ~ 時, (日・祭日) 時 ~ 時	本番予定	年 月
NCテープ	(平均テープ長) m × (本数) 本 (最大テープ長) m		
フロッピーディスク	(使用サイズ) ・ 8" ・ 5.25" (密度) ・ 1S ・ 2D ・ 2DD ・ 2HD (形式) ・ BDE ・ タイプH ・ CP/M (フォーマット) ・ EIA ・ ISO ・ EBCDIC ・ その他( )		
本体設置環境	事務所(オフィス環境), 現場, 他( ) 防塵 ・ 要 ・ 不要		
NCテープ入力	・要 ・不要	NCテープ出力	・要 ・不要
プリンタ接続	・要 ・不要	プリンタ機種名 (メーカー)	(機種)
光ケーブル工事担当	・NUL ・客先	光ケーブル発注先	・NUL ・客先関係業者

顧客名		管理用	□□□□ - □□ - □□
NC 接続調査表			年 月 日
X-1( )号機/CH ( )号機			

品名	メーカー名	型番	
工作機	・新日本 ・三菱 ・大隈 ・他( )	製造年月 昭和 年 月	
NC装置	・FANUC	・200A ・6MA ・11M	・200B ・6MB ・12M
	・MELDAS	・5000C1 ・その他( )	
	・OSP	・3000	・5000 ・その他( )
	・YASNAC	・MX1	・MX2 ・その他( )
紙テープリーダー(BTR)	・FANUC	・A860-0056-T020 ・A860-0055-T060 ・その他( )	・A13B-0070-B001 ・A860-0055-T060 ・その他( )
	・山洋電気	・2401B-2 ・3301	・2401C-2 ・2302C ・その他( ) (*注意: MODEL1402, 1500は紙テープリーダーではなくテープリーダーです。)
	・他( )		
自動プロシ接続	・有 ・無	希望運転状態	・DNC運転 ・メモリ運転
接続インターフェース	・RS-232C	・RBU	・DNC I/F ・BTR(PTR)
NCデータ種別	・EIA	・ISO	・その他( )
NC装置側で注文を受け付けるか	・YES ・NO		
BTR I/Fの場合、紙テープ終了コードは何か(テープ運転終了時の紙テープの停止位置が終了コード) においてSTOPした場合	・%(ISO) 又は ER(EIA) ・NUL においてSTOPした場合		
接続可否	可, 再調査, 要現地調査, 否.		
要調査の場合(内容: )			

図7 FMS 機器接続調査表の例

Fig.7 Example of interface check sheet

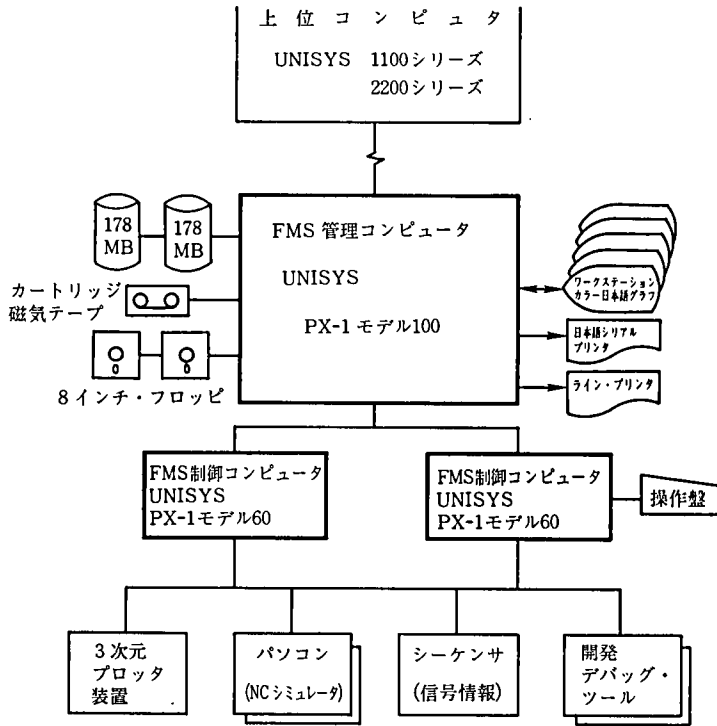


図8 開発用コンピュータ機器 (日本ユニシス社)  
Fig.8 Development system (Nihon Unisys Ltd.)

第一対応マニュアル

構成	現象	判断基準
PX-1モデル100 光ファイバ FMSシステム PX-1モデル60 光変換器 4CM用 2号機 光ファイバ 光変換器 1CM用 操作盤 MELSEC-NET (光) シーケンサ	① NC 1 工作機全て停止か (全て同時に停止はしません) ② モデル60片方のNC工作機 が2台停止か ③ " " が1台停止か ④ 表示が何も出ないか ⑤ 表示がリトライトエ ⑥ F 9 が出来ないか	現場WSがモニター画面で "▶" になっていないか→入刀押下後メニュー画面にする より HELP.J を入力する (付1.3 参照) →H/M M100 HELP.J の表示内容で全てのジョブの存在を確認→なし→S/W M100 RS1/RS2を起 DL1/DL2を起 PX-1モデル100 の ログ収集 (付録1.4) で アラットした内容に以下がアラット されて #C4: NMP22120 #NNMAN: LC-2 わらん SV 0002D JOB-#C4 #NNMAN シュクジョウ #C4: NMP2211D #NNMAN: LC-2 わらん XC ステータス AAAANNNN →H/M SV 0002D JOB-#C4 #NNMAN シュクジョウ #C4: NMP2212D #NNMAN: LC-2 わらん SV 0002D JOB-#C4 #NNMAN シュクジョウ PX-1モデル60のLED もう1台

図9 保全対応マニュアルの例  
Fig.9 Example of maintenance manual

### 4.3 保全対策

FMSは、多くの機械設備とEDPシステムを結合しており、それが障害時の原因追求をむずかしくしている。そのため、十分な保全対策が必要である。もちろん、機械設備面における保全対策も必要であるが、FMSを支援するEDPシステムとしても、次の点を考慮している。

- 1) 機械設備の誤った動作に対しては警告を出し、処理を進めない。
- 2) EDP側要因でFMS運転の続行が不可と判断した時は、機械を安全な状態で停止させる。
- 3) 障害が発生した場合、各機器の状態をただちに採取できるようにし、機械設備の停止時間を最少にする。
- 4) EDP内部情報をログする機能を持つ。
- 5) 各機械設備がFMS運用中でも、オフライン・テスト可能な機能を持つ。

一方、運用面からの保全対策としては、障害箇所の特定が現場でただちに可能なように図9のようなマニュアルを用意している。

## 5. おわりに

本稿で紹介したプレス金型用FMSの最大の特徴は、人手作業と機械作業をEDPシステムによって分離調和し、一品生産で高精度、長時間加工が必要なワークの高生産性を実現することにある。「分離と調和」、この一見、相反する要求を実現するためには、個々の機械設備が持つすぐれた機能を引き出すEDPシステムの構築が重要なポイントとなる。

筆者の関係したFMSは、部品加工から見ると特殊なケースであると思うが、上記の観点から見て、これからFMSを構築する人の参考となれば幸いである。

最後に、このような技術的に新しいシステムの構築機会を与えて下さったユーザーの方々に心から感謝の意を表する。

---

#### 執筆者紹介 二神 邦夫 (Kunio Futagami)

昭和25年生。48年学習院大学物理学科卒業。同年日本ユニシス(株)入社。製造工業のFA関連システム開発に従事。現在製造工業システム一部FAシステム課に所属。





## 自動倉庫システムの開発

### The Development of an Automated Warehouse System

上野 泰生

**要約** 作れば売れるという時代は過去のものとなり、社会の多様なニーズに応じるべく多品種少量生産の時代となっている。多品種少量生産を可能とした背景には、個々の業務の効率化はもとより、設計・製造・管理・通信などの分野で技術的な発展があったことがあげられる。コンピュータを活用した設計、NC 工作機械、産業用ロボット、付加価値通信網などの発展がその具体例であるといえる。最近では、これら多くの技術の発展を土台として、より総合的で高度な生産システムとして CIM が提唱され始めた。

CIM の時代を迎えようとしている今日、私は O 社 H 工場の自動倉庫システムの開発に従事する機会を得た。いわゆる自動倉庫システムは、最も物に近いプラント・オペレーションでの自動化システムの一部としてとらえられている。しかしながら今回開発した自動倉庫システムは、スケジューリング、シミュレーション、予測といった一般には管理系コンピュータが行う機能を包含している。当システムは、組立て現場への物の円滑な、しかもタイミングよい供給とともに、入出庫作業の効率化、在庫精度の向上など管理水準の向上を目的としていた。当システムの本格稼働により、供給リードタイムは 1/5 となり、作業効率率は 30~40% 向上するなどの効果を生み出した。

本稿では、当システムの概要と主要機能を紹介する。そして、この開発を通じてわかったこの種のシステム開発上の留意点についても紹介したい。今後、同様のシステム開発にたずさわる人の参考になれば幸いである。

**Abstract** The age of mass production bolstered by the idea "the more produced, the more sold" is over, and now the age of large-variety and small-lot production is with us in an attempt to meet a wide range of public needs. This is attributable to rapid technical progress in the areas such as designing, production, control and communications, in addition to the industry's efforts to hike efficiency in conducting each aspect of work.

Some of the good examples can be seen in the coming-out of designing by computer, NC machine tools, industrial robots and value-added communications networks.

Recently, emphasis has been placed on CIM as providing a more highly-integrated and advanced production system based upon many such developed technologies. With the age of CIM about to come, I was given a good opportunity to work on the development of an automated warehouse system for the H plant of O Co. What is called an automated warehouse system is regarded as part of an automated plant operation system that stands closest to material objects.

However, the automated warehouse system created this time includes such functions generally performed by computers dedicated for control purposes as scheduling, simulation, and forecasting. The system was aimed at improving the level of control by supplying material goods to assembly lines in a more uninterrupted and timely manner so greater efficiency can be gained in stock level checking, and so higher inventory ratios can be attained.

The system in full operation has reduced to 1/5 the lead time required for the supply of materials, and

work efficiency has improved by 30 to 40%.

This paper represents the profile and basic functions of this system. The author also refers to what we have to be mindful about in developing similar systems in the hope that the author's experience will be of some help to those who intend to creat systems of this kind.

1. はじめに

一般的に、生産システムにおける自動倉庫システムの位置付けは、最も“物”に近いプラント・オペレーションでの自動化システムの一部としてとらえられている（図1）。そこでは、設備制御・設備監視・作業指示といった制御情報をどのように統合化していくべきかが主要な問題となっている。

しかしながら、倉庫に要請される機能は次のように、より高度になってきており、制御情報のみを取り扱っていて良いとは言えないようになってきている。

- 1) 品物の確認を自動的に行うことが今日の物流の課題である。
- 2) トヨタ生産方式にみられるように、倉庫には保管という機能を大きく期待しなくなった。むしろ、仕分け・オーダのまとめ・キット化という機能が求められるようになった。
- 3) 工場の規模が大きくなるにつれ、分散化した倉庫が有利とされるようになった。つまり、自動化と共により上位のシステムで実現している機能を下位のシステムで実現しなければならなくなっていると言える。

なお、ここで本論に入る前に、計画系システムと実施系システムという言葉について説明しておきたい。

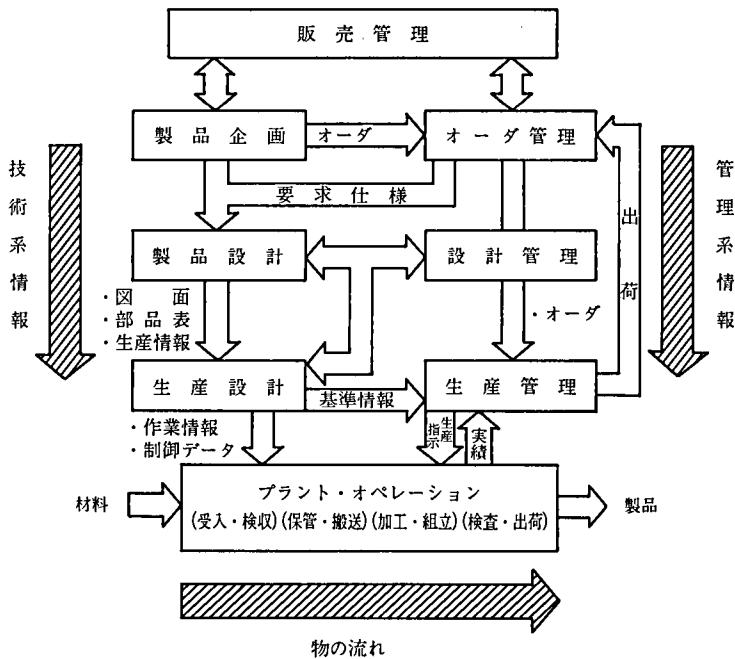


図1 生産システムと情報の流れ

Fig.1 Production system and its information flow

通常、工場は本社と異なる場所に存在するため、生産システムは分散の形態をとり、階層構造を成している。この階層構造は大きく分けると、計画系システムと実施系システムとしてとらえることができる。計画系システムは、経営判断材料を提供し生産システム全体の計画を立案すると共に、実施系システムに対して指示を与える。これに対して、実施系システムは計画系システムの下に位置付けられ“物”の管理が中心であり毎日の活動を行うと共に、実績情報を計画系システムに伝え次の行動指示を仰ぐ。これまでは計画系システムでのみ機能していたものが、実施系システムでも実現可能となり、実施系システムの管理・行動・責任範囲が広まるものと思われる。

## 2. O社H工場の自動倉庫システム

本来なら上位のシステムで果たす機能を下位のシステムである当システムでも果たすなど、新しい倉庫システムといえる内容をもっており、以下にその内容を紹介する。

### 2.1 自動倉庫システム開発の背景

同社は電子交換機・伝送機器・ファクシミリ・自動車電話などのメーカーであり、工場は大きく分けて、受注生産工場（電子交換機・伝送機器を組み立てる工場）と、量産品工場（ファクシミリ・自動車電話などの量産品組立工場）がある。

同社工場をとりまく環境も多くの製造会社、工場と同様に社会のニーズの多様化にともない、①生産計画の変動が激しくなっている、②製品のライフサイクルが短くなっている、③設計変更が激しく、部品の新規登録・変更・廃止が頻繁に生じている、といった状況にある。このような状況の中でも、必要な部品を集約し取り揃えてタイミングよく生産部門に供給することが、倉庫部門の大切な役割である。しかし、同社工場では次のような問題を抱えていた。

- 1) 生産増に伴い入在庫量が増大し、これまでのシステムでは対応しきれなくなってきた
- 2) 在庫精度が悪く、物と情報が一致しない状態が発生していた
- 3) 部品の集約率が高いにもかかわらず欠品が生じ、生産部門の作業が滞っていたが、根本的な原因を把握できなかった
- 4) 欠品がいつどこで発生するかがわからなかった
- 5) 問題が生じたときの責任がはっきりせず、機敏な対策がとれなかった
- 6) 個人のノウハウに負うところが大きく、標準化が遅れていた

一方、同社では、

- 1) これまで培ってきた、さまざまなFMS化の経験を生かしたい
- 2) より上位のコンピュータによる計画系システムの再構築が行われるが、については計画系システムと実施系システムの役割区分をさまざまな角度から見直したいといった要望も出されていた。

以上のような背景のもとに自動倉庫システム開発の構想が練られ、まず、より多くの問題を抱えていた受注生産工場を対象として具体化が行われることになった（現在、量産品工場にも適用されようとしている）。

### 2.2 自動倉庫システム開発の目的

倉庫部門の基本的な役割は、計画系システムからの指示を受け、指示通りに部品を

出庫し、仕分け・キット化などをして、製造現場へ供給することにある。もちろん、出庫する前提として購入品を受入・検査し、倉庫内に保管しておく任務もある。

つまり、入庫された物品を保管・管理し、後工程である製造プロセスに対し、タイミングよく必要な物を供給することにある。供給すべき物品の一つでも欠品があれば、物が滞留し、タイミングの悪い供給は仕掛在庫の山となってしまふ。倉庫部門は、工場内組立ラインの物流を円滑にするための統制を行わなければならない。このことを可能にするには、①物と情報の一元化を図ること、②作業の効率化・標準化を図り、円滑な作業が行えるようにすること、が必要である。

この目的を実現することにより、

- 1) 情報の精度が向上し、管理水準が向上する。
- 2) 後工程への部品供給リードタイムが短縮し、タイムリな物の供給が可能となる。
- 3) “物”の直接的な取り扱いが誰にでもできるようにする。
- 4) 計画の範囲内での負荷平均化、倉庫部門としての詳細な日程計画の作成、現場の物の流れを円滑にするための供給順序変更、など現場でしかできないきめ細やかな対応を積極的に生かすことが可能となる。

このような目的を実現するために自動倉庫システムを構築したわけであるが、その機能は決して単純ではない。

当システムの概要や機能については後で述べるが、要請された機能は大きく次の二つに要約できる。

- 1) 物の出し入れに関する倉庫としての基本機能を、できる限り自動化・機械化すること。
- 2) 後工程である生産部門の活動を円滑にするような機能を、前工程である倉庫が持つこと。

## 2.3 自動倉庫システムの概要

### 2.3.1 自動倉庫システムの概略

当システムの機器構成および概略図を図2、図3に示す。

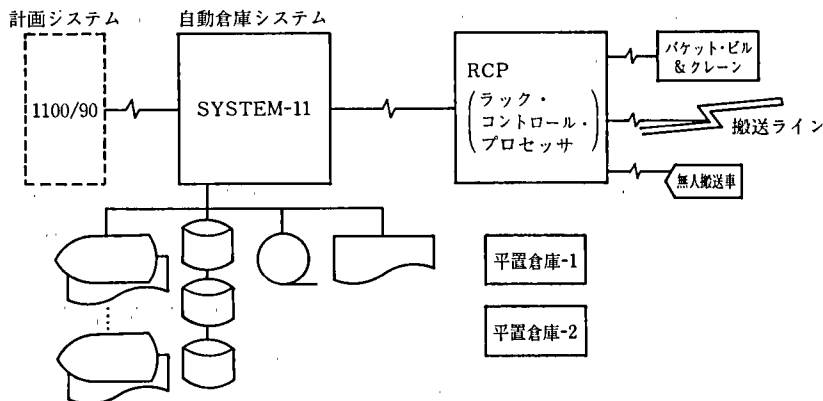


図2 自動倉庫システム構成とソフトウェア構成

Fig. 2 Automated warehouse system and its software configuration

2.3.2 自動倉庫システムの主要機能

自動倉庫システムの入出庫機能の基本パターンについて、物の動きを中心に説明する(図3, 4)。

- 1) 入庫の基本パターン……倉庫の基本的な機能は、先に述べたように後工程の製造プロセスに対してタイミングよく物品を供給することである。これを実現するには、必要な物品を来るべき出庫にそなえて入庫・保管しておかなければならない。
  - ① 協力会社から届けられた購入品は、受け渡し場で荷ほどきされ、適切に仕分けされて箱(バケットと呼ぶ)に移載される。さまざまな物品の形状に対応するため、バケットには何種類かの大きさがある。個々のバケットには、それぞれをユニークに識別できるようにバーコードが貼られている。
  - ② これ以降、制御用コンピュータであるRCP(Rack Control Processor)は、搬送ライン・クレーンなどいたるところに設置されたセンサを駆使してバケットを追跡する。すなわち、RCPは実施系システムの管理用コンピュータであるSYSTEM11(以下C1と略す)の指示に基づいて搬送ラインやクレーンを使用して、バケットを指定の場所へ送り届ける役割を果たしている。
  - ③ バケットに乗せられた購入品は必要な検査が行われ、入庫ステーション\*(以

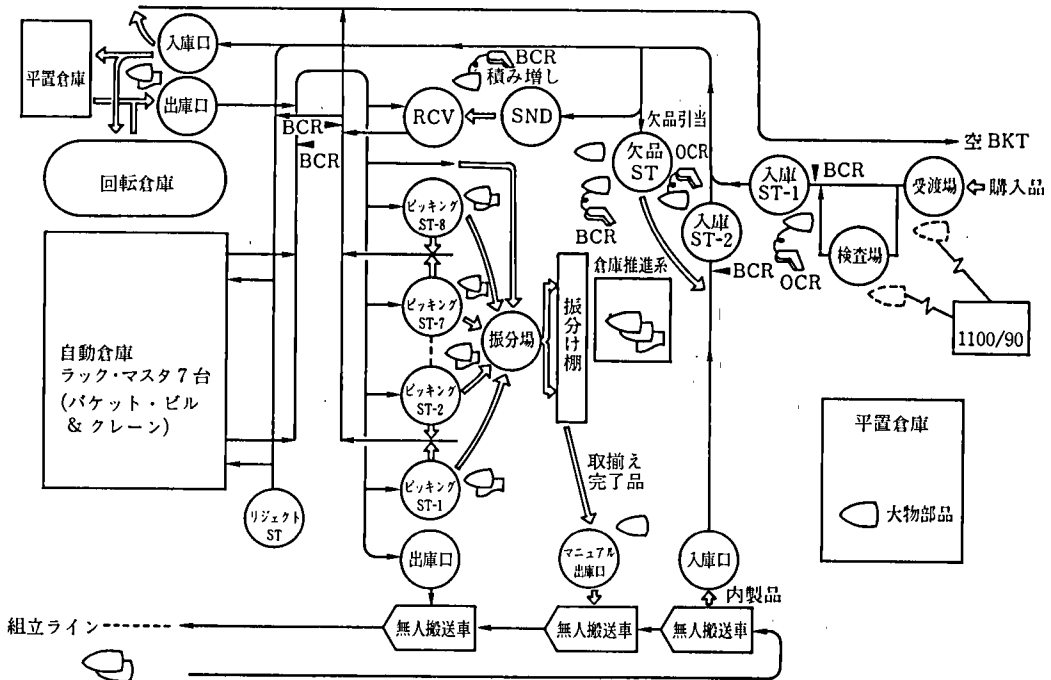


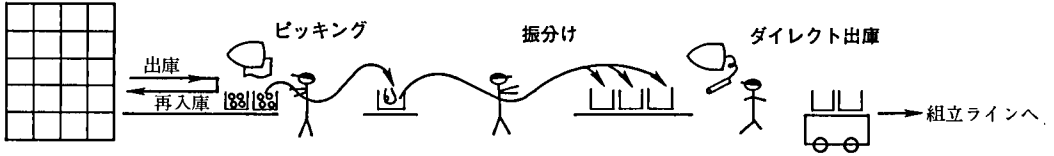
図3 自動倉庫システム概略図

Fig. 3 Outline of automated warehouse system

\* ステーション(ST)：入庫や出庫などの作業を行う場所であり、バケットが複数ためられるようにストレージ状態になっている。

下, ST と略す.)-1 に送られる。入庫 ST-1 の直前にバーコードリーダー(以下, BCR と略す)があり, バケットに貼ってあるバーコード (番号  $n$  とする) が RCP に認識される。RCP は「番号  $n$  のバケットが入庫 ST-1 に届いた」ことを C1 に知らせる。C1 はこのバケットを番号  $n$  で識別し, 空バケット (バケット

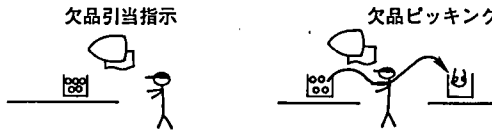
1. 計画出庫 (後工程が組立作業できるように物品をピッキング・振分けして取揃え, 無人車にて組立てラインへ供給する。ピッキングされたバケットは空にならない限り元の棚へ再入庫される。)



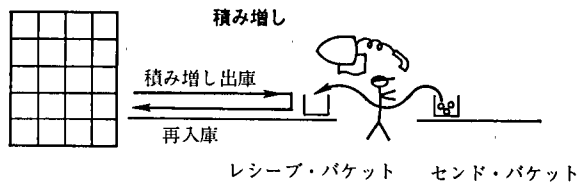
2. 入庫 (倉庫システムへの物品の入庫。OCR リーダを使って入庫票を読み, バケットと物品の情報を結び付ける。入庫設定されると, 通常は倉庫内に新規入庫されるが, 欠品があれば欠品ステーションへ, 積み増しできれば積み増しステーションへ送られる。)



- 2-1 欠品引当出庫 (入庫された物品が倉庫へ入ってしまう前に, 欠品に対する補充を行う。欠品補充後余った物品は, 入庫ステーションを通過させるだけで倉庫へ入る。)



- 2-2 積み増し入庫 (入庫設定された物品と同一のものが倉庫にあれば, 条件の許す限り積み増しする。)



3. 計画出庫 (緊急に必要な物品に対する出庫指示とピッキング。特定条件下では, 人手を介さず自動的に無人車に乗せられ, 組立てラインまで運ばれる。)

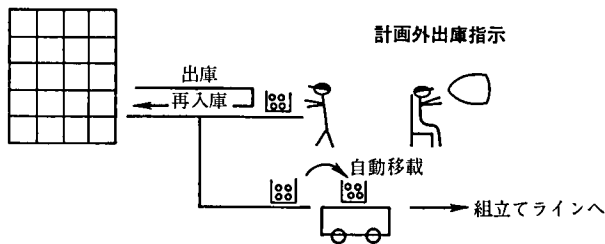


図 4 倉庫システム入出庫の基本パターン  
Fig. 4 Basic patterns of warehouse system

内に物品がなくなった状態)になるまでデータベース上で管理する。

- ④ 入庫 ST-1 で作業担当者は、このバケットに何がいくつ入っているかを C1 に認識させる。これは、物品に貼付されている入庫票を光学的読み取り装置(以下、OCR と略す)で読ませることによって行われる。ここで初めて、物と情報が結び付けられたことになる。当システムでは、この時点の物品を在庫としてはとらえず、仮在庫としてとらえている。バケットには複数の物品を積載することも可能である(混載という)。バケットに入っている物品の情報入力が完了したことを C1 に知らせると、今度は C1 から RCP に対して「番号  $n$  のバケットを運べ」という指示がなされる。どこへ運ぶかは、積載されている物品の状況によって異なるがすべて C1 で判断している。

- ・新規物品のとき：より道せず(バケット・ビル&クレーン)へ
- ・欠品状態であったとき：欠品 ST へ
- ・積み増しができるとき：積増 ST へ
- ・人間があえて平置 ST を指示したとき：平置 ST へ

- ⑤ RCP は C1 の指示に基づいて番号  $n$  のバケットをしかるべきところへ運ぶ。指示された場所に到着したら、RCP は C1 に対して「どこそこへ着いた」ということを知らせる。

- ⑥ 到着場所が BBS であればここで在庫になる(仮在庫から本在庫になる。すなわち利用可能在庫になる)。

- 2) 出庫の基本パターン……後工程である組立てラインに、タイミングよく組立て可能な物品を供給することが倉庫システムの基本的な機能であることは、すでに述べた。供給の仕方は、いわゆる「取り揃え\*状態」である。

出庫は、計画系システムから当システムに伝送されてきた出庫要求に基づいて行われる。基本的には組立日順に物品を保管棚から出庫し、組立て可能な「取り揃え状態」を作り上げて組立てラインに供給する。ただし後述するように、当システムでは計画系システムから送られてきた出庫要求をそのまま使っているわけではなく、最も円滑に物が流れるよう、現場でしかわからない組立て現場の状況を考慮できるようにしている。

出庫に関する物と情報の動きは、次のようになっている。

- ① 始業とともに M/C を立ち上げ、出庫開始の指示を作業担当者が行う。
- ② RCP は C1 に出庫指示情報(どの棚から何というバケットをどこに運ぶか)を要求してくる。
- ③ C1 は RCP に出庫指示情報を渡す。同時に在庫対象の棚を一時的にロックする(S/W 的に使用不可能にする)。
- ④ RCP は、クレーン・搬送ライン等を使ってピッキング ST へバケットを選び、到着した時点で C1 に到着情報を渡す。
- ⑤ ピッキング ST はストレージになっており、通常は複数のバケットが到着している状況となっているが、実際の出庫作業を行う人にとっての作業対象は一

\* 取り揃え：組立てに必要な多数の子部品を準備し、一つの箱にまとめたりすること。

番手前にあるバケットである。ピッキング ST には端末が用意しており、作業対象バケットについてのピッキング指示情報を画面に表示する。作業者は画面の指示通りにピッキングを行う。在庫情報は、ピッキングごとにリアルタイムに更新される。

- ⑥ 作業者は、ピッキングが終了したらバケットを搬送ラインへ戻す。
- ⑦ 戻されたバケットは、空にならないかぎり元の棚に戻され、棚に着くと同時にロックが解かれ使用可能状態になる。

出庫にはそのほか計画外出庫や積み増しのための出庫がある。

- 3) 出庫・入庫のための準備……倉庫の基本機能は入出庫であるが、これらの基本機能がスムーズに実行できるようにするために、さまざまな準備をしておかなければならない。

- ① 最新の発注残および各種マスタ（図番マスタ・在庫マスタなど）を用意して入庫に備える。
- ② 計画系システムの指示そのままでは生産現場や倉庫の状況に適合しない出庫要求を、計画の範囲内で実行可能な出庫指示に変換する。この中核は、割当て・スケジューリングと呼ばれており、その内容は次のようなものである。
  - ・割当て：計画系システムから送られてきた出庫要求情報のうち出庫時期が迫ったものについて、必要な子部品が一つも欠けることなく完全に用意できるかどうかを調べ、用意できるのであれば各子部品の在庫引当てを行う。このとき、子部品が複数棚に分かれていた時の考慮や、先入れ先出しの考慮が払われている。
  - ・スケジューリング：割当てができた出庫要求情報を子部品中心に並べ替え、まとめ、バケットの流量が極小になるようにして制御用 M/C である RCP にととの扱い単位であるバケット単位の出庫指示に変換する。この割当て・スケジューリングに融通性を持たせた、強制割当て（欠品があっても強引に引当てを行い、優先してスケジューリングする機能）があり、現場への供給順序を変えたり、現場の負荷を平均化するために活用している。

#### 2.4 自動倉庫システムの機能と特徴

O 社 H 工場の自動倉庫システムは、いわゆる「自動倉庫」（指示に基づいた入出庫を行い、実績報告を行う）としての機能だけではなく、物事が計画系システムの計画通りにいかなかった時に、実施系システムレベルでの対応を可能とするアプリケーション機能をも包含している（図5）。

当システムは、次に示す実施系システムの典型となり得る特徴を持っている。

- 1) 物の制御だけではなく、より上位のシステムが行っているような管理機能の包含……自動化を押し進めていった場合、「いかに指示通りに実行できるか」が最大のポイントとなる。いわゆる FMS は、機械化・自動化を押し進め効果をあげてきた。しかし、機械化・自動化を推進するだけではなく実施系システムそのものが計画系システムの機能を取り入れていくことも大切である。当システムでは、いくつかの点で計画系システムで行っている管理機能を含んでいる。

前述した割当てやスケジューリング機能、あるいは各種の検索系機能は、計画



リアル バッチ 区分	機 能	基本機能	←	→	O 社独自の機能
リアル	入 庫	入庫設定 再入庫	混載		積増、欠品引当 マスタなし入庫、OCR 入力
	出 庫	出庫作業指示 出庫実績報告 計画外庫出	出庫開始/中断 計画出庫開始指示 棚卸出庫設定 棚卸実績報告 P/C 再出力		工注指定出庫 残数訂正 出庫数訂正 ST 集約 取揃完了品出庫
	管理系	棚指定在庫検索 図番指定在庫検索 工注指定在庫検索	計画出庫作業残検索 BBS 出庫作業残検索 ピッキング ST 作業 問い合わせ		スケジューリング指示、強制割当 取揃日変更、欠品検索 割当状況検索
バ ッ チ	実 績	作業日報 入出庫実績 作業実績	ファイル別出庫実績		過去の入出庫実績調査
	マスタ メンテナンス		完了落とし、再編		自動マスタメンテナンス
	割 当				割当、仮割当
					IC 併合、ロット分割
	管 理	棚別在庫リスト 図番在庫リスト 工注在庫リスト	半製品現品票 平置用 PC 取揃リスト 平置用棚リスト		出庫要求状況リスト (A), (B) 出庫要求サマリリスト 欠品、欠品予測リスト (推進用、倉庫用、資材制) 欠品リスト

図 5 倉庫システムの基本機能と O 社独自の機能

Fig. 5 Basic functions of warehouse system and original functions of O company

系システムにも用意されている機能である。しかし機能的に同様のようでも、目的・範囲・タイミングなどが異なるので実質的には異なる機能であるとの位置付けをし、大幅にいわゆる「計画系機能」を取り入れた。この機能があって初めて倉庫の“生産現場の活動を円滑にする積極的バッファ機能”を果たせるように思われる。CIM 時代においては、現場の自動化のレベルが高まっているために、単なる進捗管理以上のものが要請されるであろう。すなわち、現場の実績を刻々と処理するとともに、設備の最適運用をはかるための作業をスケジュールし、タイムリにきめの細かい指示を行うことが必要になると思われる。

- 2) 最新技術の活用と応用……当システムでは、いたるところで FMS を実用化させてきた技術が生かされている。

- ① RCP は、センサ、BCR などを使ってクレーン・搬送ライン・無人搬送車を制御している。CI では、OCR を使って入庫票を読ませ、BCR を使ってパケットのバーコードを読ませている。さらには、取り揃え物品用の現品票（半製品現品票という）にバーコードをプリントしている（図6）。
  - ② 分散処理に必要なデータ伝送を簡易な仕組みで実現している。計画系システムから実施系システムである倉庫システムへは、出庫要求・発注残などを伝送している。倉庫システムから計画系システムへは入出庫実績・在庫状況などを伝送している。これらの伝送では、伝送につきものであるタイミング・伝送時間・リカバリなどの問題を解決している。たとえば、どちらかが障害で伝送できない状態であった場合、当日のデータは自動的に保存され、障害回復を待って翌日以降に伝送することを自動的にやっている。また、取り揃え状態になった物品が組立て現場に供給されるタイミングに合わせて、計画系システムからそれらの物品に対して作業指示を発行している。つまり、物の供給とその物に対する作業指示情報をうまく同期化している。
  - ③ 24 時間無人を前提としたコンピュータ運用：現場のコンピュータは、基本的には設備の位置付けでありシステム要員がいるわけではない。したがって、夜間は無人であることはもちろんのこと、昼間も専任オペレータ不在が前提となる。このため夜間バッチ処理では、日中の簡単な指示に基づき、日/週/月などの処理が自動で切り替わる仕組みを作って対応している。また何らかの異常があった時のために、関係部門に警報する機能や、自動的リカバリ機能を用意し翌朝、システムが立ち上がらないという事態を防いでいる。
- 3) 倉庫の新しい姿……当システムは、これまでの倉庫と質的に違った面を持っている。

工 注 TD423-0015		IC-I/M IC-I/M		1988年07月04日		PAGE 3	
品 名		《 半製品現品票 》		UT-NC 版数 1301		3-03-0002	
EC-G0084		ユニット種別 伝 番		計画担当		庫出指定日	
図 番 AP104949		G 8034-		B33		88/07/07	
図 番 SUB 1 14 版		製作数		2			
倉庫 A D D		31 331 332		P/C 総枚数		8	
(欠品P/C枚数)		5 3 ---					
取揃P/C枚数							

図6 バーコード・プリント例（半製品現品票）

Fig.6 Example of barcode print

- ① 物に直結しているために、いわば毎日が棚卸であるという様相を示しており、在庫精度が極めて高い。
- ② これまでは部品の集約率を管理のポイントとしていたが、それ以外に別の観点で管理ポイントとして必要であることを示した。
- ③ 製造現場で本当に必要としている物品のみを、状況に応じて用意し供給するだけの柔軟性を持っている。つまり、単に納期順ということではなく、現場の

最新の状況を反映しながら供給順序をコントロールできる。この機能は、基本的には人の判断によるものである。このことは、当システムがいわゆる「倉庫」としての機能を果たすだけでなく、積極的に後工程を支援しコントロールできる実力を備えてきたということができ、今後の実施系システムのあるべき姿の一端を示していると言えよう。

4) 汎用コンピュータによるシステムの実現……当システムは多様、かつ複雑な機能を次に示すように、いろいろなレベルで備えている。

- ① 刻々と搬送ライン上を動いていく多くのバケットの行く先を即時に指示していく高速処理機能
- ② 割当て・スケジューリング・各種の即時検索機能など計画系システムと同様の機能
- ③ 多くの物品・棚・指示・実績などの情報を蓄積し、取り扱い、その完全性を保証するためのデータベース機能および、さまざまな場所やタイミングで発生する大量の情報を処理する機能
- ④ 制御コンピュータとの接続や、OCR・BCR・現品票プリンタなどの機器とのインタフェース機能

こうしたことばかりでなく、使い勝手やリカバリなどをも考えなければならないのは、もちろんである。以上のような機能は個々別々に実現すれば良いというものではなく、おしなべて総合的に実現しなければならない。さらに、今後の実施系システムはますます多くの機能が望まれることから、倉庫システムを中心として汎用コンピュータを採用した。

## 2.5 自動倉庫システムによる効果

当システムは量的に、また質的に各種の効果を生み出した。

- 1) 生産部門への供給リードタイムが大幅に縮小された（これまでの管理系の出庫指示に基づいて物品を取り揃え、製造現場に供給するためのリードタイムが1/5となった）。
  - 2) 作業効率が30～40%向上し供給能力が向上した（これは、省力化効果として捉えることができる）。
  - 3) 実質的に毎日が棚卸という状況なので、在庫精度が極めて高くなった。
  - 4) 異常の事前防止が可能となり、異常事態を追いかけ回す必要がなくなった。
  - 5) 積極的なバッファ機能としての倉庫の役割を果たせるようになり、後工程である製造現場の活動がスムーズになった。
  - 6) 計画系システムからのさまざまな変更情報を取り入れられるようになった。さらに、付带的ではあるが重要な効果としては、
  - 7) これからの生産システムでの計画系システムと実施系システムの役割区分のあるべき姿を示した。
  - 8) 現時点でのさまざまな問題を浮きぼりにし、今後の改善ポイントを明確にした。
- 以上のように、今回のシステムは多大な効果があったのであるが、これらの効果をより質的に高め生産システム全体に広めていく必要がある。このことを可能にするために検討し、実施すべきことは多い。

### 3. 実施系システム開発上の留意点

#### 3.1 これまでの実施系システムと問題点

これまでの実施系システムの具体的な目標は、FMS という言葉に代表される製造工程全体の自動化・効率化であり、そこでの機能的特徴は次のとおりである。

- 1) 特定の作業、工程の効率化だけが目的ではなく、製品の製作工程全体を対象として効率化をはかっている。
- 2) 多種多様な部品を対象とし、将来の類似部品にも対処できる。
- 3) 品質・加工能率・期限についても制御可能とする。
- 4) 加工物の着脱・加工・搬送・検査など工程全体を通じた自動化が行われる。

以上は、自動化技術に加えて、数値制御・産業用ロボット・計測法などの技術の発展を基礎にし、GT (Group Technology)・シミュレーション・迅速な段取り替えなどの管理手法の適用も必要であるなど、総合的な技術を活用して初めて効果が上がる。しかし、局所的な FMS を押し進めていけば機械の前から人はいなくなり、無人化工場ができていくような印象が世の中に広まっている。

ところが、実際には当初の見込み通りには進展せず、次に示すような問題点を残した。

- 1) 直接部門の人員は削減されたが、間接部門の人員が増えた。
- 2) 全工程の自動化が実現したわけではなかったため、物が工程間で滞留したり、工程間のインタフェース・データで矛盾が生じたなど、かえって工程間のアンバランスが目につくようになった。
- 3) 世の中の多様化に対応するフレキシビリティを機能的に取り込むことは予想以上に高いレベルのものであり、総合的な技術の発展が必要で、すぐに実現するのはむずかしい。しかしながら、自動化に関するさまざまな技術は確実に進歩してきているといえる。

#### 3.2 今後の実施系システム開発上の留意点

今回の自動倉庫システム開発を通じて、今までは単に設備としての位置付けであった機能・技術・情報などが単にそれのみで終わるのではなく、新しい時代に向けて大きく変わろうとしているのを実感した。

こうしたことから、今後の実施系システムはどのようなものか、どうあるべきかを考えてみたい。

- 1) 第一に、何度も繰り返すように、計画系システムと実施系システムの役割区分を明確にすべき時期ではないだろうか。今回のシステム開発の経験から言えるのは、ますます計画系システムから実施系システムへの権限委譲・分散化が進行すると思われる。
- 2) いわゆる FMS を進展させるきっかけも、CIM を手の届きそうなものにしたのも、各種の技術的な発展があったからである。こうした要素技術を大切に、それらを統合化する技術がますます重要になるものと思われる。
- 3) 個別の自動化から FMS へ、さらに CIM へと展開するシステム開発を支えるためには、個々のサブシステムをつなぐ技術が大切である。生産システムの場合、物の流れを円滑にすること、物に付随する制御情報を正しく取り扱うこと、全体

を統制するための管理情報処理システムをしっかりと構築することが、ますます求められてくると思われる。

- 4) 今後の生産システムを効率良く開発するには、エンド・ユーザは自らの生産システムのあるべき姿を示し、完成後は実際に運用・保守していく力を持つ必要がある。また開発に従事するものはエンド・ユーザから提供された生産システムの姿を、メーカーから提供された技術をもとに、現実のものとして構築する技術を持たなければならない。

#### 4. おわりに

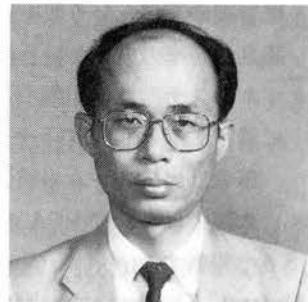
生産システムの原点は“物”であることについて、誰も異存を差し挟まないと思う。“物”をいに管理できたかが、すべての出発点となっているといつてよい。その意味では、“物”に直接結び付く技術が発展してきたことは喜ばしいことである。こうした事情があるからこそ、CIMの考え方が提唱されることになったのであろう。

CIMを具体化していくスタート台に立ったいま、CIMを単にコンセプトとして終わらせないために、メーカー、エンド・ユーザそして開発担当それぞれが、課せられた役割をいつでも果たせるように準備しておき、実際の生産システム構築の場では大いに力を発揮したいものである。

- 
- 参考文献 [1] 長谷川幸男,「80~90年代支える CIM システム, データベースの整備, 国際標準化進む」, 日経メカニカル別冊, インテリジェント工場。  
 [2] 戸根木光次,「やさしい FMS 入門」, 日本能率協会, 1982。  
 [3] 佐藤公久,「新生産システム「MAP」の挑戦」, ダイヤモンド社, 1987。  
 [4] 日本経済新聞社・三菱総合研究所編,「ファクトリーオートメーション」, 日本経済新聞社, 1983。  
 [5] 工場管理, 臨時増刊号,「工場を合理化する事典」, 日刊工業新聞社, 1983。  
 [6] 門田安弘,「トヨタシステム」, 講談社, 1985。

#### 執筆者紹介 上野 泰生 (Yasuo Ageno)

昭和48年東京教育大学理学部数学科卒業。同年、日本ユニシス(株)入社。製造業のアプリケーションシステムの設計・開発に従事。現在日本ユニシス・ソフトウェア(株)統括二部 製造システム一部 所属。



## 電子機器メーカーにおける技術情報管理 —PCA 部品表作成支援システム

### An Engineering Information System for the Electronic Equipment Industry —A Support System for Creating PCA Parts Lists

加 藤 学

**要 約** 製造工業における業務の流れは、設計・生産・販売であり、各分野は個別にコンピュータ・システム化されてきた。今日、CIMの必要性が提唱され、各分野の統合化と高度化が課題となっているが、各分野の結合部分でのシステム化に難渋している企業が多い。

電子機器業界では、設計分野においてCADを中心としたコンピュータ利用が盛んであり、主に回路図・組立図作成に適用されている。また生産管理分野も、生産計画・資材所要量計画・調達業務・工程管理など早くからコンピュータ化の対象とされ、統合的な生産管理システムとして完成している企業も多い。しかし、設計と生産（試作を含む）が円滑に結合しているところは少なく、とりわけ両分野の接点となる部品表システムの相互乗り入れがネックとなっている。

電子機器業界の設計の中心は、プリント基板組立品（Printed Circuit board Assembly. 以下PCAと略す）の設計であり、その最終工程では、設計者は膨大な部品リストや部品カタログの中から、希望する性能を満たす特定の電子部品を選定することを強いられている。

本稿は、設計者にとってなじみやすい機能や性能を設計途中で定義することにより、試作や生産に使用できる正しい部品コードを有する部品表を、短時間で生成することを目的とするシステムの開発事例報告である。

当システムは設計期間のリード・タイムの短縮とともに、部品表の流用度の向上、設変履歴管理の充実という設計部門のニーズとPCAのコスト・ダウン、標準部品採用率の向上、在庫品活用率の向上という生産管理のニーズをも満たすことを目的としている。

本システムは半年程の使用実績の結果、PCA設計工程全体の10%、設計用部品表作成工程に着目すると90%のリード・タイムの短縮を実現することができた。

筆者は当システムの検討開始から稼働にいたるまでの全過程に参加した。この経緯をもとに本稿では2章でPCAの設計業務の流れを述べ、3章でシステムの機能を業務の流れにそって報告する。

**Abstract** The flow of work in the manufacturing industry consists of three major activities --- designing, production and marketing. Up to the present, each of these areas has been computerized separately. Recently, however, emphasis has been placed on the necessity of CIM for their integration and further enhancement, only to see many corporations having difficulty in systematizing the portions which are common in those different computer applications.

The electronic equipment industry is now enthusiastic over the use of computers for designing (mainly with the help of the CAD system) intended to produce circuit diagrams, assembly diagrams and so on. Also, in the field of production control, such applications as production planning, material requirements planning, procurement of supplies and process control have long been the goals of computerization, and

tion, and a large number of companies already have their own production control systems complete with integrated planning/control processes.

However, we see only a few cases where both design and production aspects are successfully linked with each other. This is because specific difficulty lies in the establishment of commonality in the bill-of-materials system which serves to bridge the two aspects.

The greater part of designing efforts in the electronic equipment industry are devoted to the designing of the printed circuit board assembly (PCA). In its final process, designers are forced to select specific electronic parts that satisfy desired performance from among a countless number of bills of materials and parts catalogs.

The author has had the opportunity to participate in the creation of a system which makes it possible to faster produce parts lists including correct parts codes usable for pilot production and manufacturing by allowing designers to define their familiar functions and performance during the phase of designing.

The objectives of this system are not only to shorten the time required for design process but to satisfy different needs of engineering departments such as an improved degree of diverted use of bills of materials and enhanced control of engineering change records. Also the system is so designed as to meet the needs of production control departments such as reduced PCA costs, increased use ratio for standard parts and higher use ratio for stored goods.

After its six months of operation the system marked a 10 % lead time reduction in the overall PCA design process, and a dramatic 90 % cutback in the lead time for a single process for the making of engineering bills of materials.

This paper explains the flow of PCA design processes in chapter 2 and the functions of this system in chapter 3.

## 1. はじめに

今日はマイクロ・エレクトロニクスの時代といわれている。コンピュータや端末に代表される情報・通信機器を始めとし、自動車の各種制御にいたるまでマイクロ・エレクトロニクスの恩恵に浴している。それらマイクロ・エレクトロニクスを支える要素は、IC・コンデンサ・抵抗等に代表される電子部品であり、これらを組み合わせたプリント基板組立品(PCA)である。ほとんどの電子機器は中核に PCA を有し、かつ、その PCA により機能、性能、さらにはコストの大部分が決定される。今日のように新製品の開発競争が激しい時代は、短期間に多くの PCA の開発が要求される。このため、多くの電子機器メーカーでは PCA の効率的設計が急務となっている。

さて、筆者は、某電子機器メーカーの PCA 設計における部品表作成支援システムの開発に参加した。この経験をもとに、2章で PCA の設計業務の流れの概略的な説明を、3章で開発した PCA 部品表作成システムの開発目的・機能について述べる。

## 2. PCA の設計業務

PCA は、プリント基板上に各種電子部品を搭載したものである(写真1)。ほとんどの電子機器は、その中核に PCA を含み、かつその PCA により性能、コストの大部分が決定される。また、電子機器の設計のリード・タイムの大部分も PCA の設計に帰着する。

今日のように電子機器の新製品開発が激しい時代は、短期間に多くの PCA の開発

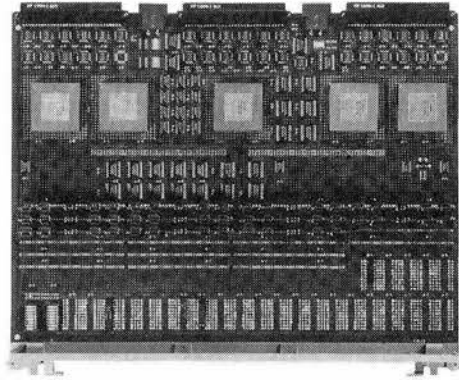


写真 1 PCA のサンプル

Photo. 1 A sample of PCA

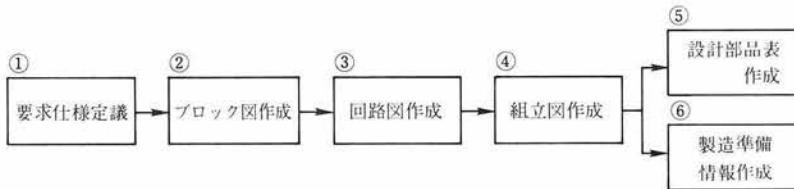


図 1 PCA の設計工程

Fig.1 A process flow of PCA design

が要求され、このため多くの電子機器メーカーでは効率的な PCA 設計が強く要求されている。

## 2.1 PCA の設計工程

PCA の設計工程の概略は次の通りである (図 1)。

- 1) 要求仕様定義……電子機器を構成する多数の PCA 単位ごとに、入力、出力、処理内容が詳細に定義される。
- 2) ブロック図作成……要求仕様を実現するための概略回路ブロックの構成、各ブロック間の関係を定義する。たとえば、メモリの PCA であれば、ドライバ部、デコーダ部・メモリ部・レコーダ部などが回路ブロックとして示される。
- 3) 回路図作成……回路ブロックの中をさらに詳細化していき、電子部品と回路(配線)の関係としていくプロセスである。各部品はそれぞれの機能(たとえば、電流・電圧の変更、ノイズの除去、特定の演算など)を果たすために選択され、回路図の中に組み込まれていく。
- 4) 組立図作成……回路図に盛り込まれた各部品を基板上の特定の位置に割り付けを行う。配線のしやすさ、部品の取り付けやすさが考慮されるが許容面積(=基板のサイズ)内に収容しなければならない。
- 5) 設計部品表作成……回路図に示された全部品を当 PCA の構成部品として定義する。使用部品コード、必要数、ロケーション番号(部品の取付位置を示す基板の番地)などが必要情報である。この部品表では親部品コードとして PCA が定義されるが、図 2 に示すように各部品は子部品として同列に示される場合(単層



部品表)もあるが、今後予想される設計変更や、他の PCA への流用性を高めるためブロック単位に構造化される場合(構造部品表)も多い。

6) 製造準備情報作成……試作・量産を問わず、次に示す情報が製造に向けて用意される。

- ① 配線パターン情報：プリント基板用のフィルムを作成するデータ。
- ② 部品取付情報：どんな部品をどんな順序でどこに取り付けるかを示す(インサージョン・マシンの制御データ)。
- ③ 基板穴あけ情報：電子部品を基板上に装着する際の穴の位置、大きさを示す(ドリル・マシンの制御データ)。
- ④ テスト・プログラム：PCA の完成時のテスト工程で使用される。

PCA の設計には、従来より CAD の利用が図られている。回路図、配線パターン図、組立図の作成時に図面作成用 CAD が使われる他に、回路シミュレーションなどにもコンピュータが利用されている。

## 2.2 PCA 設計における部品の選定

前節で PCA 設計工程の回路図作成段階において使用部品が選定されると述べたが、製造の観点からすると部品を決めるということは自社の部品マスタに登録された特定の部品コードを指定することである。しかし、これは設計者にとってみると大変な業務である。設計者にとっては、意図した機能(たとえば特定の電圧変更)を果たす回路を設計すれば本来の役割の大半は終了したのであるが、そのあとで自社の部品リストを検索したり、数多くの電子部品メーカーの膨大なカタログを参照することにより、特定の部品を指定していくことになる。その選定基準は性能面で意図した機能と合致することが第一義であるが、他にできるだけ低コストであること、調達がしやすいこと、使用実績が多いものなどの観点での選定が必要になる。PCA の性能、信頼性とともコストの大部分、および今後の円滑な製造を保障する条件の多くがこの部品選定で決定される。

電子部品は性能面からとらえると要求を満足する部品は数多くあり、また常に新規部品が参入しているのが実態であり、設計者は選択に苦慮している。また、設計者にとって部品コードを記入する場合は転記ミスも少なくない。

後述するごとく、本システムではこの部品選定をより合理化することが中心テーマ

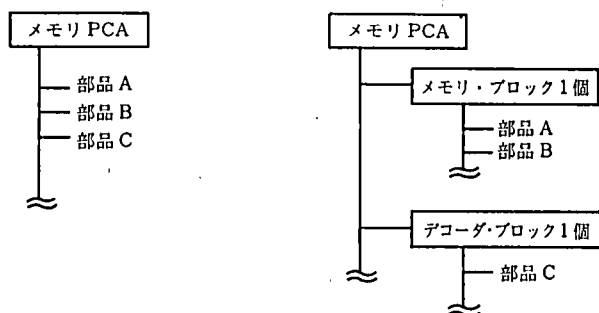


図 2 単層部品表と構造部品表

Fig. 2 Summary parts list and structured parts list

であり、設計者にとって設計途中で指定した性能を定義するコード（該社では「機能コード」と称しているが一種の GT コード）、または手にしているカタログの型番（各電子部品メーカの製品番号）や製品名の一部、または全部を指定することにより、自動的に候補部品を抽出することを可能にした。抽出された一連の候補部品は属性情報として、最新単価、使用実績数、調達リード・タイム、手持在庫数などを持っているため、設計者はこの中から最適な本命部品を選択することができるようになった。

### 3. PCA 部品表作成支援システム

PCA の設計工程の回路図作成や組立図作成段階では、CAD の利用により効率化が進んでいるが、部品の選定や部品表作成までの業務分野は、設計本来の業務ではないため改善が加えられていない。しかし、この過程は設計全体のリード・タイムの約 20% を占めるとともに、PCA の原価のうちの全直接材料費が決定される。本システムは、この過程での改善をめざしたものである。

#### 3.1 システムの位置づけ

本システムは、PCA 設計工程の CAD システムから CAD 部品表情報を入手するが、この部品表情報は主として機能コードで表現されたり、各メーカの製品番号や通称で表現されている未整備のものである。これをもとに自社での部品コードに表現された設計部品表を出力し、生産管理システムに引き渡す。また生産管理システムより、最新の製造部品表情報として最新購入単価、使用実績数、購入リード・タイム、在庫状況を取り込んでいる（図 3）。

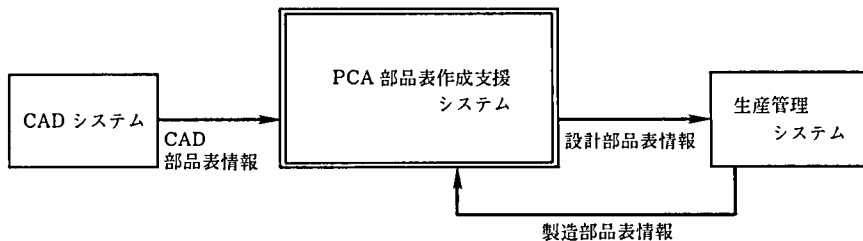


図 3 システムの位置づけ

Fig.3 System overview

#### 3.2 システム構成

本システムの構成を図 4 に示す。

本システムのデータ操作の中心は、部品表のハンドリングと部品マスタの条件検索といえる。部品表のハンドリングは、図 5 (a) に示すように複数の既存部品表の一部を取り出して合成したり、合成後の部品表の一部を他の部品表の一部と置換することが容易であることが求められる。また、図 5 (b) に示すように設計者が入力した初期部品表や、CAD からの（初期）部品表情報の一行ごとに複数の候補部品情報を挿入することも必要である。

設計者が入力する初期部品表や、CAD からの部品表の中に必要な部品の属性を規定する情報として、機能コード・部品コード・品名・型式の四つが指定されるが、これらは正確に指定されていることは少なく各属性の一部分のみが記述されていることが

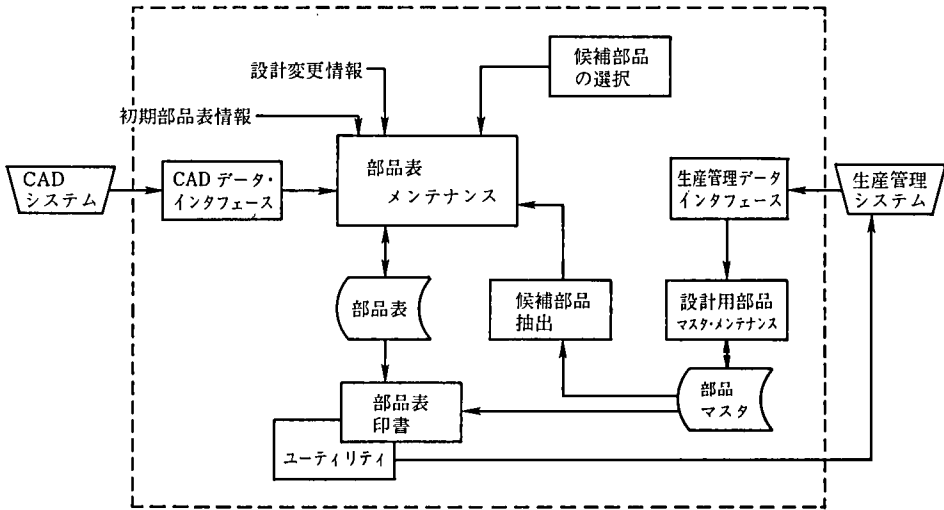


図 4 システム構成図  
Fig. 4 System structure

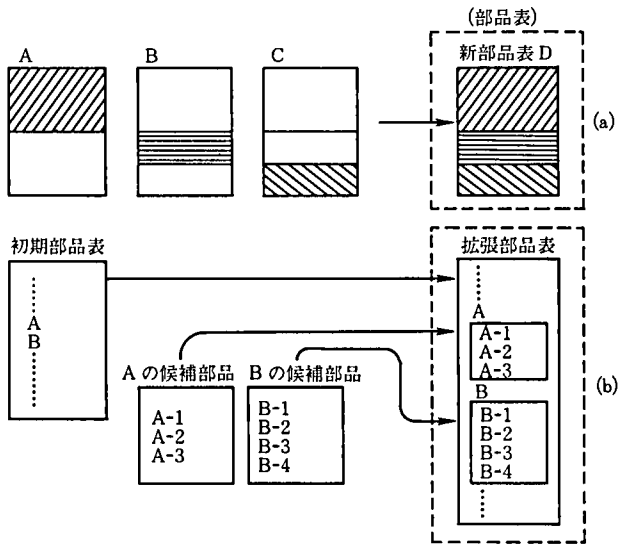


図 5 部品表の編集方法  
Fig. 5 List operation of part list

多い。入力された不完全な情報を組み合わせて、数万点の部品マスタから該当部品(通常は複数)を選び出すことが部品マスタの条件検索である。そこでは、強力な文字列検索が要求される。図 6 に文字列検索の例を示す。

以上の表操作と条件検索機能の必要性とともに、設計部門でのメンテナンスの容易性、ソフトウェア開発の生産性向上の理由で本システムでは MAPPER を採用した。

本システムのデータベース構成を図 7 に示す。データベースは部品マスタ・部品表・機能コードテーブルの三つの部分からなる。部品マスタと部品表については業務上の

必要項目群ごとに、それぞれ三つに分割され処理効率の向上、ディスク・スペースの有効利用を図っている。部品マスタ・インデックスと部品表インデックスはキー項目と本体の格納場所を持ち検索処理の効率を高めている。機能コード・テーブルは機能コード体系の中の一部である種別(電子部品の最大の分類コードであり、IC・ケミカル・コンデンサ・抵抗など)の一覧表であり、前記二つのインデックスと同様に検索処理の効率を高めるためのものである(図8、図9)。

### 3.3 システムの詳細機能

図3、図4で示した本システムの機能を、初期部品表情報の入力から部品表の作成まで、業務の流れにそって述べる。

- 1) 初期部品表情報の入力……PCAの部品構成内容を表現した初期のものは、設計者が回路図を設計している際に指定したもので、部品の属性として部品コードの一部、機能コードの一部、型式・名称の一部を持つにすぎない。つまり、設計者がここにこんな性能を有する部品を配置したいという意図をメモしたものである。設計途中で正確な部品コードを誤りなく入力することは、設計作業の効率低

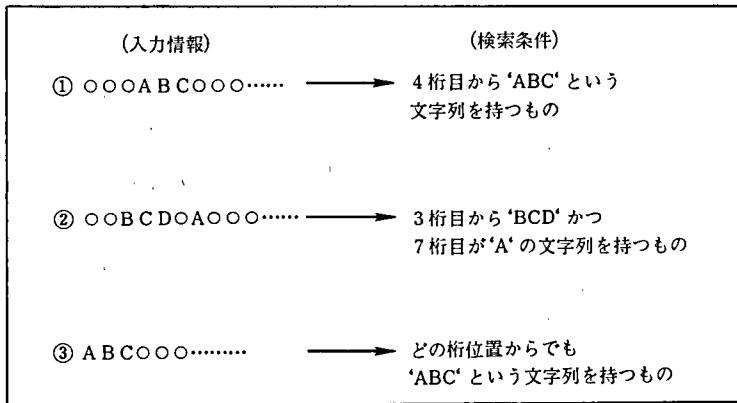


図6 文字列検索による部品検索

Fig.6 parts selection by character string

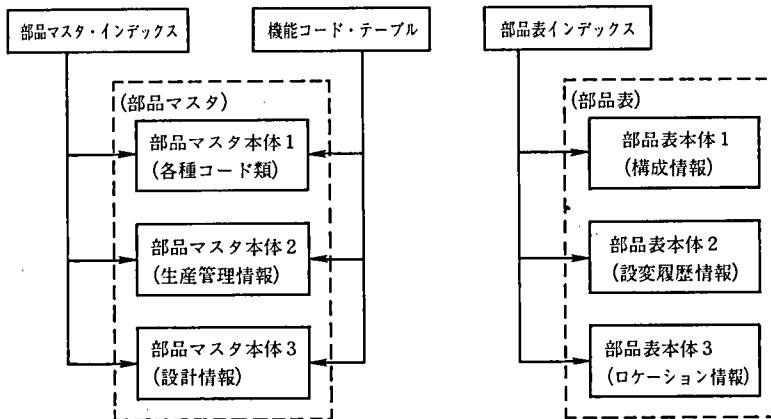


図7 データベース構成

Fig.7 Database structure

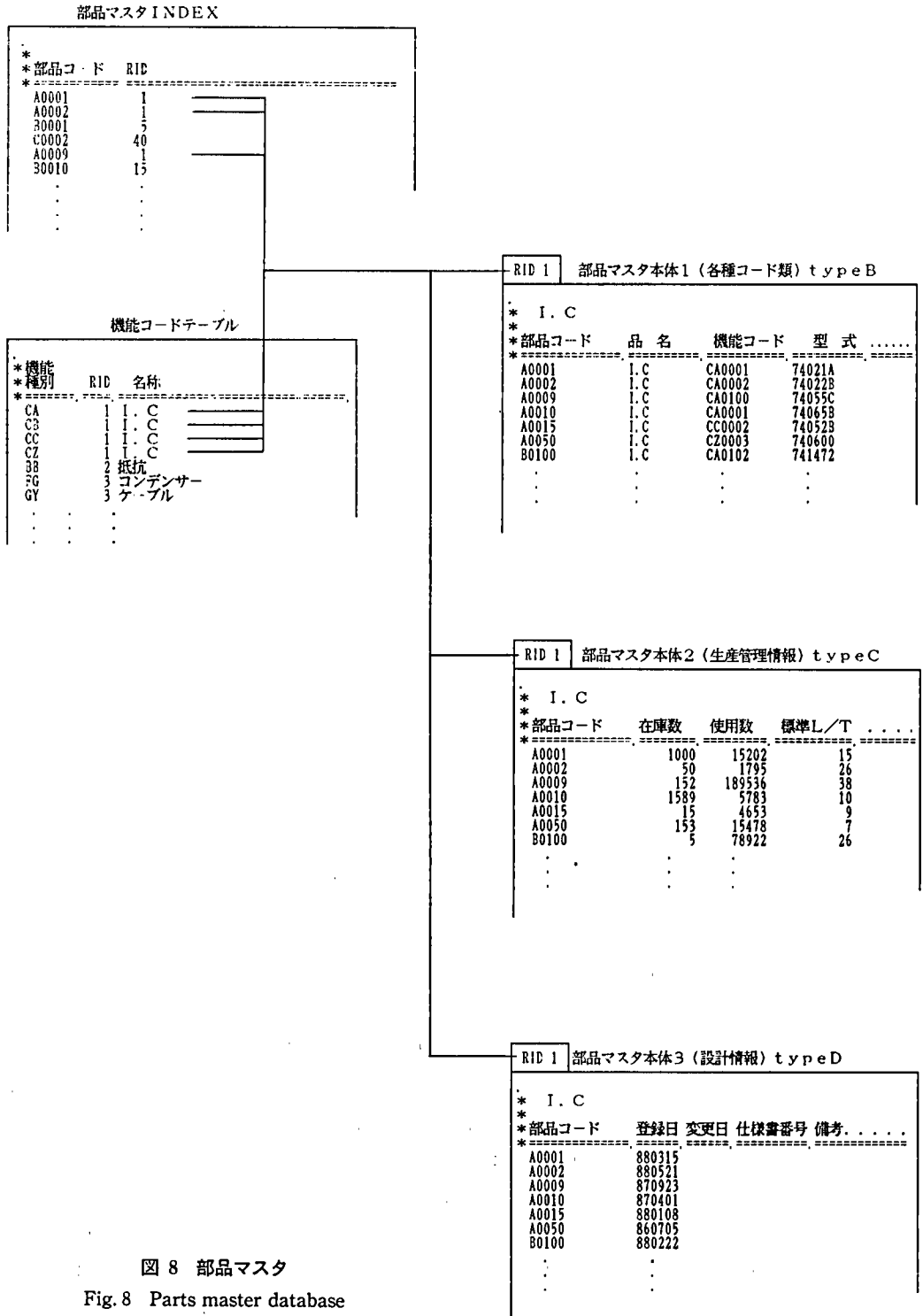


図 8 部品マスタ

Fig. 8 Parts master database



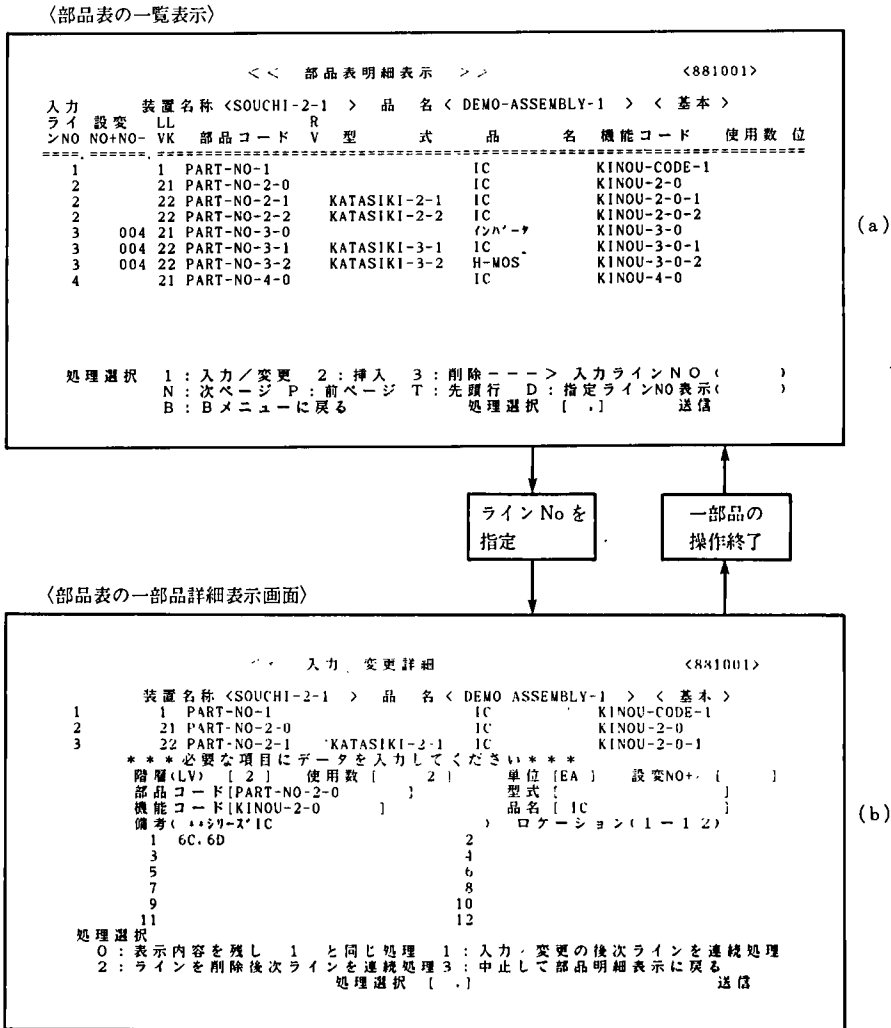


図 10 部品表処理画面

Fig.10 Operation screen sample

当画面では、初期入力のほかに、CAD入力された部品表の一部変更や既存部品表の設変処理も行える。また、後述する部品表出力の際に部品表を見やすくするための空白行 (1~n 行) を指示したり、ページ替えの指示を行うデータも入力できる。

- 候補部品の抽出と選択……PCA 全体の一連の初期部品表情報の入力が終了すると、候補部品の抽出に入る。初期部品表の一行ごとに前述の文字列検索により、数万点の部品マスタを検索し、候補部品の抽出を行う。初期部品表入力の指定が甘すぎて一定件数以上の候補部品が抽出される場合は、さらに追加の条件入力を要求する。また抽出された候補部品群を標準部品区分、使用実績数、単価、手持在庫数などを考慮したプライオリティ付けを行い、その順序で出力する (図 5)。候補部品の選択は設計者の判断により第 1 候補部品、代替候補部品としての区





は以降、任意に変更は許されず設計変更届を出したもののみが可能となる。設計変更は部品表中には(+)が構成の追加、(-)が構成の削除として全履歴を引き継いでいくことになる。部品表印書プログラムは設変履歴の出力の有無を指定でき、指定の場合でも特定の設変日以降の履歴の出力が可能であり、設計者は、いつ、どんな目的で設変が行われたかが遡及してわかるようになっている。

5) 生産管理データ・インタフェース……当サブシステムは、UNIS 1100\*生産管理システムのデータベースの部品マスタを当システムの部品マスタに取り込む部分を担当する。取り込む内容は以下の項目である。

- ① 在庫数量
- ② 累積使用実績数
- ③ 標準納期(部品の調達リード・タイム)
- ④ 購入単価
- ⑤ 加工費

これ等の項目は生産管理システムで日々更新されており、定期的に当システムに取り込むことにより最新のデータに基づいて候補部品の選定、コスト計算が行われ、設計部門と製造部門の情報精度のギャップが埋められている。

6) 支援ユーティリティ……当サブシステムは、いくつかのプログラムにより構成される。コスト計算、試作用の部品調達要求書の出力についてはすでに述べた。他に設計部門の部品マスタに新規登録された部品情報を取り出し、生産管理用の部品マスタに登録するトランザクション・データの生成や承認された部品表データより、生産管理用の部品構成の登録用資料を印書出力するプログラムから構成されている。

#### 4. おわりに

本システムは63年2月に稼働開始した。設計者自身が部品表を作成する手間とリード・タイムの削減が主たる目標であったが、部品表作成工程では従来5日以上かかっていたものの多くが半日以内に短縮された。これはPCA設計期間のほぼ10%短縮に相当し、期待通りの効果を発揮している。さらに定量的には把握できないが、改善された内容として次のことがあげられる。

- 1) 既存部品表の流用度の向上
- 2) 設変履歴管理による設変作業後の部品表精度の向上
- 3) 生産管理データ・インタフェースによる設計と製造の両部品情報のデータ精度ギャップの縮小
- 4) 試作のための部品購入の迅速化

今後の課題の一つとして、光ディスク・システムとの結合がある。現システムの部品情報としては文字情報しか扱えないため、正確な形状や微妙な電気的特性値のグラフなどを見たい場合は部品メーカーのカatalogを見ることになるが、Catalogを光ディスクに収納し、候補部品の選定の表示画面と光ディスクの検索画面を必要なとき、連動させることが実現できればより精度の高い選定内容となろう。

\* UNIS 1100: Unisys Industrial System 1100.

また、現システムのCADデータ・インタフェースはCAD専用コンピュータの出力磁気テープを手動で本システムに投入しているが、ネットワークで接続することにより自動的に本システムにCADデータの取り込みを可能にしたいとの期待もある。

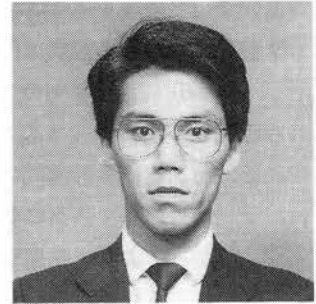
また将来は、本システムをエンジニアリング・ワーク・ステーション上に移植し、ホスト・コンピュータの負荷の軽減とともに、CADや技術計算とも合わせて各種アプリケーションを同一端末で共用したいという要求もある。

以上の各課題はコンピュータの技術革新が進んだ現在、かなり取り込み可能である。PCA設計全般の作業改善に向けて、今後とも取り組んでいきたいと考えている。

- 
- 参考文献 [1] COMPUTER GRAPHICS CURRICULUM 3システム編, CG & CAD/CAM 研究会, 1988.  
 [2] 生産管理システム UNINS 1100 MIP プログラム解説書 技術情報管理システム編, 日本ユニシス, 1980.  
 [3] 生産管理システム UNIS 1100 システム解説書<sup>(1)</sup> 技術情報管理編/資材管理編, 日本ユニシス, 1980.

執筆者紹介 加藤 学 (Manabu Kato)

昭和57年千葉工業大学工学部工業経営学科卒業。60年日本ユニシス(株)入社、製造業のアプリケーション・ソフトウェアの設計・開発に従事。現在 日本ユニシス・ソフトウェア(株)統括二部 製造システム二部に所属。



# 工程管理システム UNIS/PCS

## UNIS/PCS — Production Control System

福島 俊 二

**要 約** CIM は、製造業における全社システムと称しても良いほどその範囲は広い。その中で、販売と設計と生産というメーカーの基本活動と接点を持ちつつ製造現場を管理する工程管理システムについて、CIM における位置づけと工程管理システムが持つべき機能について、汎用ソリューション・パッケージ UNIS/PCS を例にして紹介する。

**Abstract** The coverage of CIM is so broad that CIM can safely be defined as a corporate-wide system in the manufacturing industry. The production control system which offers part of the CIM functionalities serves to supervise shop floors while supporting manufacturers' basic actions — marketing, designing and manufacture.

This paper describes, based on the UNIS/PCS general-purpose solution package, where the production control system is positioned in the realm of CIM and what functions it should provide.

### 1. はじめに

工程管理とは、「工場内の生産資源（機械設備・人・物）を有効に活用しながら、納期までに定められた品質と原価で所定の数量の製品を生産するための管理活動である」と言える。これを広くとらえて、製品の受注から生産・出荷に至るすべての管理活動まで含めることも考えられるが、狭義には生産現場における管理活動として考えられる。

近年の生産に関する大きな特徴として、多品種少量と短納期化があげられる。これらは、製品・製造設計の面では CAD/CAM 化をうながし、また製造の面においては FMS 化を進めることにより対応をはかってきた。管理の面においても業務量の増加と複雑さが増す中で、よりきめの細かい生産の計画と統制が求められている。その対応策の一つとして、工程管理の EDP 処理化（工程管理システムの構築）あるいは、既存の工程管理システムの改良／再構築が押し進められている。

工程管理システムは、CIM の一翼を担っており、CIM の具体的な実現にあたっては、工程管理システムの充実もまた必要である。しかしながら、工程管理には工場内の生産資源を有効活用するということと、顧客の要望に対して満足度を高めるという通常、相反する要求を極めて人間的な（非常に融通性に富んだ、あるいはルールからはみ出した）方策で調和をとりつつ、日々の生産活動を進めなければならないという一面をもっている。その部分が強調されることにより、EDP 化を複雑にしている場合も多く見受けられ、冒頭に述べたように工程管理の基本概念は同じでも工程管理システムは大きく異っている。

数々の特徴をもっている現実の工場を念頭に置きつつも、それから一步離れて工程管理を機能面からとらえるとともに、人間系との接点についても考慮して開発された汎用工程管理システム UNIS/PCS (UNISYS Industrial System/Production Control

System) が日本ユニシスより提供されている。

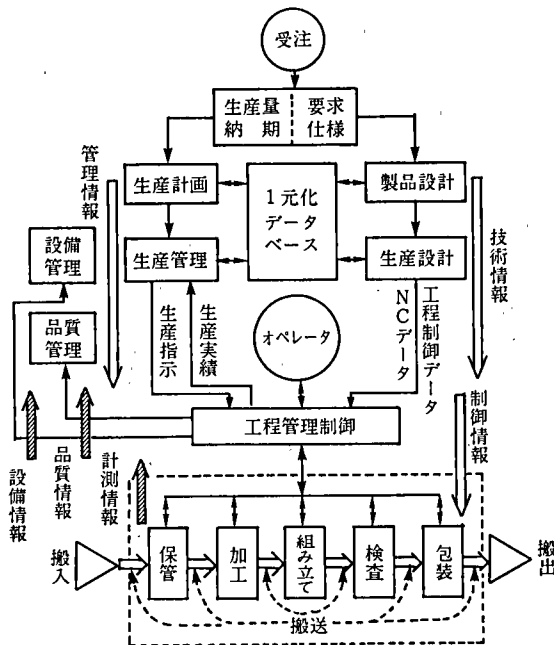
ここでは、UNIS/PCS を例として紹介し、工程管理システムがもつべき機能と、CIM との関連について考えてみる。

2. 工程管理システムの位置づけ

工場での生産が最終的には顧客の要求（製品仕様・コスト・納期）にあった形で行われることを目的としている以上、工程管理システムは、受注や設計の情報とは無関係ではなく相互に関連をもっている。

長谷川<sup>[1]</sup>は、全体システムを「物・情報の流れ」、および「ハードウェア」の両面からとらえている(図1, 2)。図1の底辺は物の流れを示している。物の流れの制御を実行する部分を総称して工程管理制御と呼び、さらに受注に至るまでの上位レベルとの情報の関連が示されている。

図2は、ハードウェアの面から階層的にみた例として示されている。最下位はNC工作機、ロボット、コンベアなどの工程ユニットである。それらの工程ユニットを制御するものとして工程制御ユニットがあり、図2に示されるように、PC(プログラマブル・コントローラ)、制御用コンピュータなどが該当する。機械の制御とは直接に関係しないが、現場レベルと上位レベルの情報交換のための現場入出力端末CRTなどもこれに含まれる。

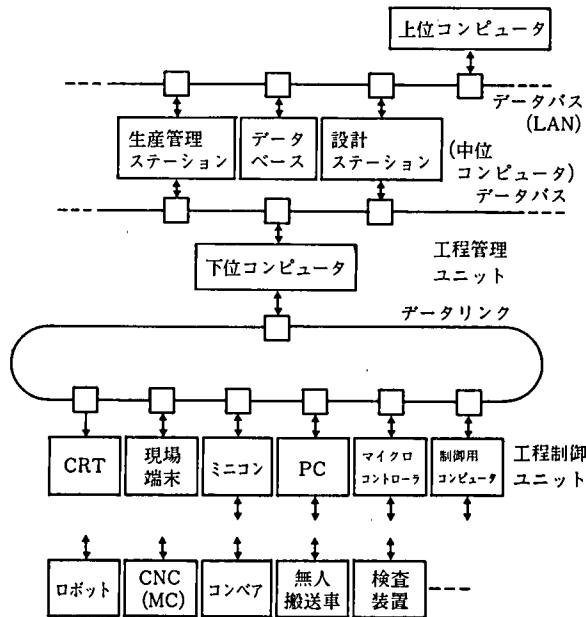


(長谷川健介, “FA 総論”, 計測と制御, (社)計測自動制御学会, 26-7, 1987 より)

(FA : Factory Automation, ただし本図の範囲の場合, CIM と呼んでもさしつかえない。)

図1 FA システム構成 (物・情報の流れからみた)

Fig.1 FA system configuration with material and information flow



(長谷川健介, “FA 総論”, 計測と制御,  
(社)計測自動制御学会, 26-7, 1987 より)

図 2 FA システム構成 (ハードウェアからみた)  
Fig. 2 FA system hardware configuration

工程管理ユニットは、図 1 の工程管理制御に対応する部分であり、工程制御ユニットに指示/制御情報を送り、工程の進捗を管理する。生産管理ステーションは、主として生産計画などの管理系のシステムである。設計ステーションは CAD/CAM に相当し、上位コンピュータは経営管理/販売管理などを受けもっている<sup>1)</sup>。

ここでは、狭義の意味でとらえる工程管理システムを図 2 における工程管理ユニット上のシステムと考えてよい。

日本ユニシスにおいては、上位コンピュータ/中位コンピュータとしては汎用の 2200/1100 シリーズ, A シリーズが対応し、下位コンピュータとしては前記シリーズの下位機種、もしくは UNIX\* コンピュータ U 5000 が相当する。制御用コンピュータとしては PX-1, MX-1 が提供されている。

### 3. 工程管理システム UNIS/PCS の機能

工程管理システムが図 2 における工程管理ユニットに対応することは前に述べた。ここでは、工程管理システムがもつべき機能について UNIS/PCS を例に紹介する。

UNIS/PCS における工程管理の流れを図 3 に示す。計画システム, CAD/CAM システムは各々図 2 の生産管理ステーション, 設計ステーションに対応し、右下の MX-1 は工程制御ユニットと考えてよい。

工程管理システムは、上位のシステムより生産計画の情報を得ることから始まる。

\* AT & T ベル研究所の登録商標

通常、品目（製品）・数量・納期などが生産計画情報としてもたれる。同時に（製造）工程や、標準の作業時間などの製造手順情報と、その製品の生産に必要な材料、部品の情報も合わせて得ることになる。計画システムが存在しない場合も当然考えられる。その時は、これらの生産計画情報や製造手順情報および材料・部品の情報は直接 UNIS/PCS へ登録することになる。

その後、生産計画に基づいて製造オーダーの生産日程計画を作成し、能力と負荷のバランスをチェックする。また日程計画に対して資材が充足できるか否かの確認も行う。さらに作業計画、製造指示、進捗管理へと業務が流れてゆく。

この UNIS/PCS の流れにおける製造オーダー日程計画から進捗管理、実績評価に至るまでの主要機能について説明を行う。

### 3.1 資材管理

在庫をもてば管理費用が増える、陳腐化による廃棄の危険性が増える、あるいは何よりも生産にまつわる不具合を包み隠すなど、多くの害があるというのが一般的な考え方である。このような認識下において、多くの工場在庫を減らす努力が続けられている。

しかし、現実には、さまざまな理由により在庫が持たれており、在庫の状況が今日の、あるいは明日の生産に影響を与えている。工程管理では、資材（部品）の受け入れ・保管と、保管場所よりの必要部品の取り出し、品揃え、工程への搬送といった物

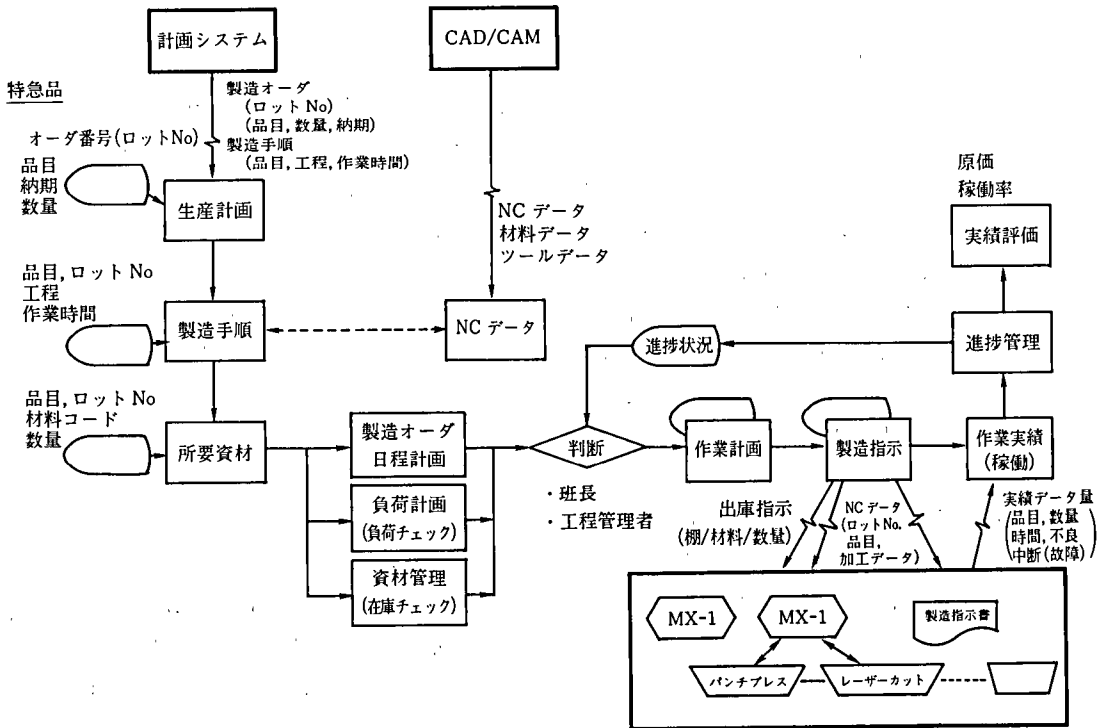


図 3 工程管理システム流れ図

Fig. 3 Flow chart of production control system

の流れも管理しなければならない。

そのような背景を踏まえ、UNIS/PCSの資材管理には、入出庫・在庫・引当処理、欠品・出庫残管理等の機能に

- 1) リアルタイム処理
- 2) 保管場所、棚別の在庫把握 (図4)
- 3) 出庫先工程情報の維持

という特徴をもたせている。

資材(部品)は種類が多く動きも激しいため、リアルタイムに管理する仕組みが用意されていても、物の動きに合わせてデータを入力するのが困難である場合が多い。

### 3.2 製造オーダー日程計画, 負荷計画

生産計画は受注の情報や販売見込数などをもとにして決められる。生産計画の立て方は企業ごとに、あるいは製品ごとに異なるが、通常工場(外注工場も含めて)の生産能力に見合ったものとして作られている。

その生産計画を達成するためには、製造オーダーごとに各工程の日程計画を策定する必要がある。UNIS/PCSが用意している日程計画機能は、納期を基準として製造オーダー単位に順次前工程の開始日を求める後進型のスケジュール方式を採用している(図5)。開始日の算出に当たっては、工程(作業)の標準リードタイムを

$$\text{作業時間} = \text{段取時間} + \text{標準作業時間} \times \text{オーダー数}$$

$$\text{作業リードタイム} = \text{作業時間} + \text{移動(待)時間}$$

で計算し、作業リードタイム分、前工程へとずらしていく(図6)。負荷はワークセン

```

*
*880827                                品目在庫                                テータベース: SW 13:31:24
*
*品目番号: 67-2000                                改訂番号 調達区分 単位
*品名:   ボルト                                M                                価
*
*
*保管場所 棚番号 使用区分 手持在庫数 引当済数 最新入庫日 最新出庫日 棚管理費
=====
PLANT 1  BIN01  Y      100.000    100.000  880428  000000    0.000
PLANT 1  BIN02  Y      350.000     0.000  871107  870904    0.000
PLANT 1  BIN03  Y      230.000     0.000  871106  871214   10.000
PLANT 1  BIN04  Y      400.000     0.000  870824  000000    0.000
    
```

図4 品目在庫表

Fig. 4 Part's inventory list

```

*
*870327                                製造オーダー作業リスト                                テータベース: SW 13:35:48
*
*46-2000                                ボルト 60MN * 20MM                                改訂:
*製造オーダー番号: MFT-1120                                開始日: 870327
*未完了数: 500.000                                納期: 870411
*
*M 作業 作業区分 ワークセンター 機械台数 職級 段取時間 標準単位作業時間 作業時間合計 作業開始日 開始時間
*S 番号 作業区分 番号
=====
010 切断 WK10 1 0 8.00 0.0160 16.00 870327 13:00
020 加工 WK20 1 0 2.00 0.0240 14.00 870401 13:00
030 塗装 WK30 1 0 2.00 0.0240 14.00 870406 11:00
040 検査 WK40 1 0 1.00 0.0160 9.00 870409 17:00
..... END REPORT .....
    
```

図5 製造オーダー作業リスト

Fig. 5 Work order operation list

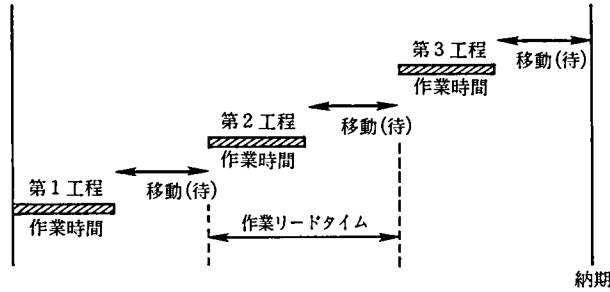


図 6 作業リードタイム

Fig.6 Operation lead time

ワークセンタ負荷計画表  
-----  
880923 TO 880930

部門コード:DEPT92 ワークセンタ番号:WK10 切断

能力 シフト 10  
5 日: 40.00  
6 日: 48.00  
7 日: 56.00

負荷の割合

期間	始	終	稼働日	能力	(発行済) 作業時間	(未発行) 作業時間	段取 時間計	負荷 合計	0	1	8	9	0	0	1	1	負荷 %
880923	880923		1	8.00	6.00	0.00	1.00	7.00	XXXXXX	XXXXXXXXXX							87.50
880926	880926		1	8.00	7.00	0.00	1.00	8.00	XXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							100.00
880927	880927		1	8.00	4.00	0.00	0.50	4.50	XXXXX								56.25
880928	880928		1	8.00	5.00	0.00	1.00	6.00	XXXXX	XXXXXX							75.00

..... END REPORT .....

図 7 負荷計画表

Fig.7 Work center load profile

タ\*ごとに計算される。上の作業時間が製造オーダーによるワークセンタへの負荷となる。UNIS/PCSでは、能力と負荷はすべて時間で表している。製造オーダーによる負荷をワークセンタ別、日別に集計して、能力と対比させたものが負荷計画表である(図7)。

このスケジュール段階では、以下の理由から負荷の平準化による日程調整をしていない。

- 1) 上位システムである生産計画の立案時点で、工場能力を見ながらある程度の負荷の平準化がされている。
- 2) 工程管理での日程計画は、生産計画(たとえば1か月)の枠組みの中での短期的(たとえば1週間)な計画であるため、工程別・日別の能力/負荷のバランス状況と負荷の明細がわかれば、人手による調整の方がより合理的である。

その理由は、現実の工場においては短期間の理想的な計画(納期・資材・設備・人等を考慮した)が作成されていたとしても、日々の生産活動の場では不可避免的な事情(機械の故障、顧客よりの注文内容変更など)により、絶えず計画の修正にせまられている。計画の修正を考えるのに必要な要素とその重みは都度変わり、コンピュータ処理に合うように定形化しづらい面があるからである。

\* 作業区、同じような機械の集合で、製造手順では、どのワークセンタを使用するかを定義する。負荷計画の最小単位ともなる。



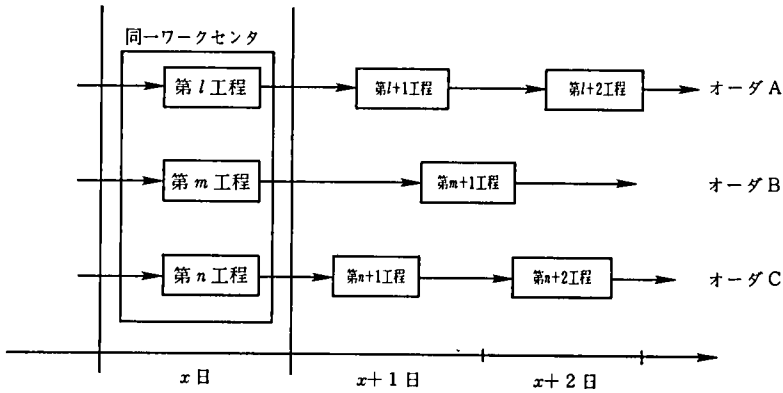


図 8 作業スケジュール表  
Fig. 8 Operation schedule chart

### 3.3 作業計画

前に述べたが、スケジュールでは製造オーダーの持つ納期を基準として個々のオーダーごとに、他のオーダーとは独立して作業の日程を決めていく。したがって、スケジュール後のある日のあるワークセンタを見ると、そのワークセンタで行われるいくつかの製造オーダー（の工程）作業が計画されている（図8）。

作業計画では、ワークセンタごとに計画されているいくつかの製造オーダーを、その日にどういう順序で行うかを決めなければならない。作業計画には前工程の予定/進捗、治具・工具の準備状況、オーダーの優先度、などを考慮しなければならず、負荷平準化でのスケジューリング同様、システム化はむずかしい。UNIS/PCSでは、ワークセンタごとに、いつ、どのような仕事が計画されているか、また進捗割合はどうかを示すが、作業計画の作成は人手に委ねている。

この作業計画は、タイミング的には1日の作業が終わった後で、実績を踏まえて翌日より数日間の計画を立てることになる。図3に工程管理システムとFMSを結び付けた例を示した。そこではワークセンタでの作業の進捗と、前後工程の進捗を見ながらダイナミックに最適な作業計画を立て、それに従ってNCデータを送り機械設備を動かすというシステムを描いている。しかし、現状では人間の介在を前提として、工程管理とFAを結び付けるシステムが合理的と言える<sup>[2]</sup>。

### 3.4 製造指示, 作業実績

製造指示は、生産に必要な資材・作業員・機械設備の準備を確認の上、出される必要がある。

UNIS/PCSでは資材の充足状況および引き当て、作業員・機械の割り当て状況の検索ができ、適切な製造指示を可能にしている。

製造指示は通常「指示書（伝票）」の形式をとるが、作業実績データの収集の便を考えて、近年ではバーコードを追加印書した指示書が使われ出した（図9）。バーコード化すれば、実績データの入力時に、キーボード操作が減り、バーコードの入力の容易さと相俟って現場作業員による実績入力を可能にする。それにより、作業実績を発生場所であつ発生時点でとらえることが可能となり、工場の状況が即座にシステムに反

1 of 1

**製造オーダー作業票**

88年05月11日  
(株)日本ユニシス製作所






製造オーダー番号		品目番号		品名			
 11-004 * 1 1 - 0 0 4 *		67-2000		ボルト			
図面番号	オーダー数	単位	計画開始日	納期	備考		
012001	1000.000	EA	88/04/19	88/05/12			
作業番号	作業名	ワークセンター番号	作業数	作業予定日	開始時間	標準時間	作業実績
 010 * 0 1 0 *	切断	D960	1000.000	04/19	16:15	30.50	
 020 * 0 2 0 *	加工	D975	1000.000	04/22	13:15	31.00	
 030 * 0 3 0 *	組立	D975	1000.000	04/28	12:15	20.75	
 040 * 0 4 0 *	検査	D965	1000.000	05/09	10:00	30.00	

図 9 製造指示書

Fig.9 Work order operation report

映される。

UNIS/PCSでは、製造指示書にバーコードを印書し、作業実績をバーコード読取装置から収集することを可能にしている。

### 3.5 実績評価

製品のライフサイクルの短縮化、FMS化による製造設備の改良などにより、生産の環境は絶えず変わっている。そうした中で、当初は各工程間の能力にアンバランスもなく生産が行われていたとしても、生産の環境変化により、工程能力のアンバランスが生じてくる。その結果、一部の工程は全力稼働するが、それがネックとなり前後工程の稼働率を下げ、全体としての稼働率の低下をまねくことになる。また、そのネック工程の待ちが製造リードタイムを長くする要因にもなる。そのような不具合は、早期に発見し改善の対策がとられなければならない。

UNIS/PCSでは、あらかじめ定められた標準（賃率・標準時間など）と作業実績から、ワークセンタ稼働率表、製造オーダーごとの原価表、ワークセンタ入出力コントロール表（図10）が作成され、工場における不具合の早期検出を可能にしている。

その一例として、図10のワークセンタ入出力コントロール表に示される工程での待ち時間について説明する。

A行は、87/1/11～87/1/18間で60時間分の仕事が投入され、35時間分の仕事が完了したことを示す。その差25時間分は、その工程での待ち（一部は仕掛中）を表している。

ワークセンタ I/O コントロール表									
-----									
部門コード : DEPT92									
ワークセンタ番号 : WK10									
名称 : 切断									
許容差 : 0									
-----									
週の									
終り	投入予定	投入実績	差異累計	計画待ち	実際待ち	出力予定	出力実績	差異累計	
-----									
A → 870118	40	60.000	20.000	0	25.000	40	35.000	-5.000	
B → 870125	40	70.000	50.000	0	53.000	40	42.000	-3.000	
870201	40	40.000	50.000	0	55.000	40	38.000	-5.000	
870208	40	0.000	0.000	0	0.000	40	0.000	0.000	

図 10 ワークセンタ入出力コントロール

Fig.10 Work center I/O control list

B 行では、次の一週間でさらに 70 時間分の仕事が投入され、仕事の完了分としては 42 時間分であり、その差 28 時間と前週よりの待ち分 25 時間を足した 53 時間が待ちとして累積されていることを表す。仮にこの待ちの累積が拡大していれば、それは工程のアンバランスが拡大していることを示し、何らかの改善策の必要性を示唆している。

このように工程管理システムには、現品管理・進捗管理の面のみならず、工程の改善に寄与する機能を備えていることが必要である。

#### 4. 工程管理システムの構築について

工程管理システムの機能について述べてきたが、工程管理の情報処理システムを構築するという面から見ると一つの課題がある。それは、工程管理システムの構築には、長い期間と多くの人的工数を必要とするが、できあがったシステムが必ずしも利用者の満足を得ているとは言えない実情にあるからである。

その理由として、システム設計の段階でユーザ・ニーズが十分に掘り下げられていないという点が挙げられる。それに対する解決案の一つとして、「4 GL\* を利用してのプロトタイプング手法」<sup>[3]</sup> が注目されている。

UNIS/PCS は、4 GL “MAPPER” で作られており、さらにメニュー方式が採用されているため、プロトタイプとしての利用が容易である。すなわち、現実の工程管理業務が UNIS/PCS と部分的に合わない面があるとしても、製造オーダの登録から製造指示、実績投入、進捗管理に至る範囲で試行することができる。試行を通じて、利用者はシステムの機能と運用の不具合点を従来のような机上での想像からではなく、実際の業務に組み込ませた試行の結果として見出すことができるのである。その不具合点を改善していくことにより、利用者のニーズに合ったシステムを短期間にかつ少い工数で作りが上がることが可能になる。

#### 5. おわりに

以上、UNIS/PCS の工程管理システムとしての機能を紹介した。詳細については、解説書<sup>[4]</sup> を参照されたい。この UNIS/PCS は図 3 で示したように一連の工程管理業務に対応した機能を備え、実際に工場で使用されることを目的として作られている。

\* 第 4 世代言語

しかし、現実の工程管理業務に UNIS/PCS の適用を考えたとき十分な機能を有しているとは言えない場合もある。たとえば、スケジューリング（日程計画）の機能については実務と照らし合わせて物足りなさを感じることもある。だが、システム導入の第1ステップとして、オーダ登録・製造指示・実績処理・進捗管理の面でシステムの定着化を図り、次のステップとしてスケジューリングを考えるのが無理のない方向である。その場合、実情に合ったスケジュール機能を UNIS/PCS に追加することになる。

また、CIM の実現に向けての課題として、CAD/CAM と FMS との連結についても具体的機能の付加が必要であろう。

実際の工程管理システムの設計の段階で UNIS/PCS が参考にされ、得る所があれば幸いである。

- 
- 参考文献 [1] 長谷川健介, FA 総論, 計測と制御, (社)計測自動制御学会, 26-7, 1987.  
[2] 本多庸悟, NC 技術と FA, 計測と制御, (社)計測自動制御学会, 26-7, 1987.  
[3] “要求仕様の掘り下げとタイムリーな保守へ向かうコンピュータ・ユーザ”, 日経コンピュータ, 1988, 7, 4.  
[4] UNIS/PCS 概説書, 日本ユニシス. UNIS/PCS 解説者, 日本ユニシス.

執筆者紹介 福島 俊二 (Shunji Fukushima)

昭和 45 年神戸大学大学院理学研究科修了。同年日本ユニシス(株)入社。9000/90 シリーズの製造業向け SE サービスを経て、54 年より生産管理ソフトウェア・パッケージ UNIS を中心とした開発サービスに従事。現在、製造工業システム一部に所属。



## 米国ユニシス工場の CIM 構築での BAMCS/MRP II 適用事例

### BAMCS/MRP II Employed by U. S. Unisys for CIM Implementation

岸 本 朗 佳

**要 約** 米国ユニシスの生産拠点は全世界に広がり、米国内に十数か所、海外生産拠点ではイギリス、フランスを始めとして十数か所ある。これらの工場の中で CIM 戦略のパイロット工場として、米国のニュージャージー州にあるフレミントン工場が選ばれた。

このフレミントン工場の CIM 化の中核になる生産計画と管理システムに自社商品である BAMCS (Business And Manufacturing Control System) を採用した事例を紹介する。

本稿では、とくに CIM 戦略の明確化と着実な実施計画をどう導き出すか、またどう実施していくか等の取り組み方を中心に記述した。また、これらと BAMCS の関係についても記述した。

さらに、JIT (Just In Time) 哲学や CIM の要素技術 (本稿ではアドバンスド・マニュファクチャリング・テクノロジーとして記述) の重要性や生産戦略に合った要素技術の選定の仕方についてもふれた。

**Abstract** Unisys Corporation headquartered in the U. S. holds a worldwide network of manufacturing plants and factories which are in number more than a dozen in the United States and as many in other countries including U. K. and France. Out of these production facilities the Flemington factory in New Jersey has been selected as a pilot spot for Unisys CIM strategy.

This paper focuses on a case of the Flemington factory where BAMCS (business and manufacturing control system), a Unisys product, has been employed for production planning and control which plays a core role in CIM.

Especially, this paper spells out the Unisys CIM strategy, and also explains how to develop a steady implementation plan, to put the plan into practice and to take other necessary actions. Relationships between CIM and BAMCS are also mentioned in this paper.

In addition, some reference is made to how important are JIT (just in time) philosophy and advanced manufacturing technology, and how advanced manufacturing technology should be selected for production strategy.

#### 1. は じ め に

米国のユニシス工場は国内、海外を含め数十か所に及ぶ。これらの工場の中から、CIM 計画のパイロット工場として米国ニュージャージー州のフレミントン工場が選ばれた。

この工場の主な製造品目はワークステーションと汎用端末である。ここで組み立てられる製品のほとんどは、顧客仕様により、各ユニットが選択できるようモジュール化されている。

この工場の生産環境は、少・中量生産でマーケティング部門からの受注により生産され、製品が完成すると直接マーケティング部門へ出荷される。したがって製品やサ

ブ組立品の在庫は持たない。

敷地面積は 20 万平方フィートで、設計と生産機能を持ち、生産量は年間 10 万台、ユニシスの“Factory of the future”（未来工場）のパイオニア工場として、CIM 化の推進を行っている。この工場の BAMCS と自動化された工程での AIMS (Advanced Integrated Manufacturing System, コンピュータ制御のマテリアル・ハンドリング・システムを含む工程管理)との関係について記述する。

## 2. 米国ユニシスの CIM 戦略

従来、各工場は工場ごと・部門ごとに異ったシステムで、集中管理方式のコンピュータ利用をとってきた。つまり、技術計算用のホスト・コンピュータと生産管理用のホスト・コンピュータの 2 台で、限られた分野のみの利用が中心であった。これらのコンピュータ間のリンクはなく、工程でも部分的な自動化が進行していたが、それらとのリンクもなかった。このことは企業の経営効率に障害を与えるばかりでなく、企業全体のビジネス・スピードの向上に支障をきたした。

激しい競争の中で、企業の経営効率向上につながる生産システムの開発導入こそ企業競争に生き残れる道だと考え、全工場のコンピュータ・システムの見直しとともに CIM 戦略の展開を実施することになった。

まず CIM 戦略を決めるには、生産戦略を次のように明確化しなければならない。それは、①品質の向上、②コストの低減、③省資源化、④新製品の早期立上げ、⑤サイクル・タイムの短縮、⑥顧客サービスの向上、である。

この生産戦略に合致したユニシスの CIM 計画を紹介する前に、CIM 化の基本的なガイドラインを四つの分野について述べる。

- 1) 管理システム分野……経営管理システムを確立する前に、オペレーショナル・レベルの管理システムに焦点をおき、ユニシスの管理システムである BAMCS を利用する。生販一体化のために、マーケティング・システムと基準生産計画とのリンクを作る。
- 2) プロセス・コントロール分野……自己管理ができ、自動修復のできるものを考え、できる限りオートメーション化を行う。とくに、組立・加工ではロボットの導入を推進し、セル編成を行う。量産セルでは自動機械やロボットを利用し、混流セルでは FMS, JIT ワークセルの方向をとる。FMS はコンピュータ・コントロールであり、JIT ワークセルは人間主体のコントロールである。  
セル間は自動マテリアル・ハンドリングの導入を考え、固定のところはコンベア・システム、フレキシビリティの要求のあるところは無人搬送車 (AGVS) を利用する。
- 3) CAD/CAE 分野……設計・製造分野では、設計品質向上とプロセス・コントロールのしやすい製品設計を狙う。さらにコンピュータでの試作を用い、実際の試作回数を少なくする。
- 4) CIM 分野……最後のステップとして、管理システム、プロセス・コントロール、CAD/CAE システム等の 3 分野での統合をネットワークを通して実現する。これらを図で表現すると図 1 のとおりである。

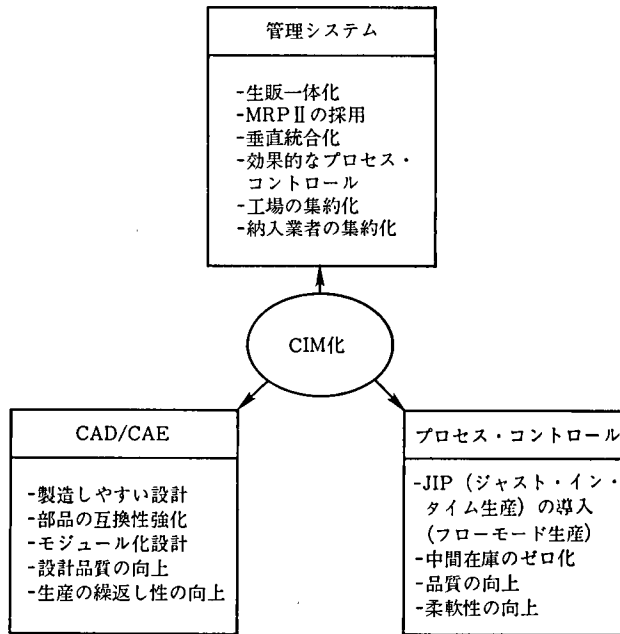


図1 CIM化のガイドラインの概要

Fig.1 Guideline of Unisys CIM strategy

これらの実現のために分散処理が必須となる。分散処理で重要なのは、各コンピュータに分散されたビジネス機能をいかに密接に結びつけ、単一システムとして機能するようにシステム上配慮することである。

### 3. アドバンスド・マニュファクチャリング・テクノロジー (先端要素技術) の利用について

ユニシスの生産戦略の中で、どのテクノロジーを利用すべきかの選定方法について説明する前に、アドバンスド・マニュファクチャリング・テクノロジー (Advanced Manufacturing Technology) について整理する。

製造業を取り巻く新技術の開発が、この数年めざましく進歩してきている。これらの新しい技術(テクノロジー)は競争時代を勝ち抜くために、また生き残るために、CIM構想の中で、導入されつつある。これは流動的で多様化しているマーケットニーズに対して、企業が対応できる体質作りが狙いである。

このテクノロジーに期待される効果は、生産機能の向上、無駄な労力や生産資源(人・物・金)の削減と有効利用、製造工程の柔軟性の向上やマーケット変化に即応できるシステム化にある。

また、JIT, TQCなどの多くの生産管理哲学や経営哲学が同時代に生まれた。JITやTQCはテクノロジーではなく、ビジネス哲学としてビジネス全般に渡って適用されている。ユニシスの生産戦略やCIM計画はこれらの哲学をベースに展開される。

一方では、これらの哲学と同時代に、MRP II, エンジニアリング・データベース、CIMといった考え方も生まれた。しかしJITやTQCは経営全般を対象とする。

新しいテクノロジーにはプログラマブル・ロボット、CNC, DNC; SMT (サーフェー

ス・マウント・テクニック), AS/RS (自動マテリアル・ハンドリング付自動倉庫), AGVS, FMS (フレキシブル・マニファクチャリング・システム), FMC (フレキシブル・マニファクチャリング・コントロール), PLC (プログラマブル・ロジック・コントローラ)などがある。これらは独立して利用されるのではなく、システムとして結合されることが多い。

他のテクノロジーとしては設計や生産などの適用業務分野(ソリューション)に CAD, CAM, CAE, CAPP, MRP II, エンジニアリング・データベースなどがある。

これらのテクノロジーは、通常それ自身のメリットや目的のためには利用されない。ユニシス工場の CIM 計画では経営戦略の目的に合うように、それぞれのテクノロジーを有機的に組み合わせ、結合させている。

テクノロジーの導入で注意しなければならないのは、テクノロジーがもつ優位性(アドバンテージ)をころしてしまっている場合が多々あることである。これは従来のやり方にテクノロジーを合わせようとすることによるものである。これらのテクノロジーが持つ優位性を十分発揮できる体制作りや、組織編成の検討が重要である。

ユニシス工場でのテクノロジーの導入は、完全な自動化を狙ったものではない。計画変更・設計変更、その他のトラブルに対して、できる限り人間が調整できる箇所を設けている。

#### 4. CIM 計画に必要なテクノロジーの選択

図2のように、フレミントン工場(マイクロコンピュータの生産)の現状認識から始め、競合他社と比較しどの位置にあるか、競争していけるためにはどうすべきか、どこを改善しなければならないか、などを検討する。

次にこのテクノロジー戦略の中でテクノロジーの選定が行われ、表1のように選ばれたテクノロジーが財務的要素にどう影響するか、テクノロジー・マトリックスで分析する。縦軸は財務的要素で、横軸はテクノロジーを表している。マテリアル・ハンドリング

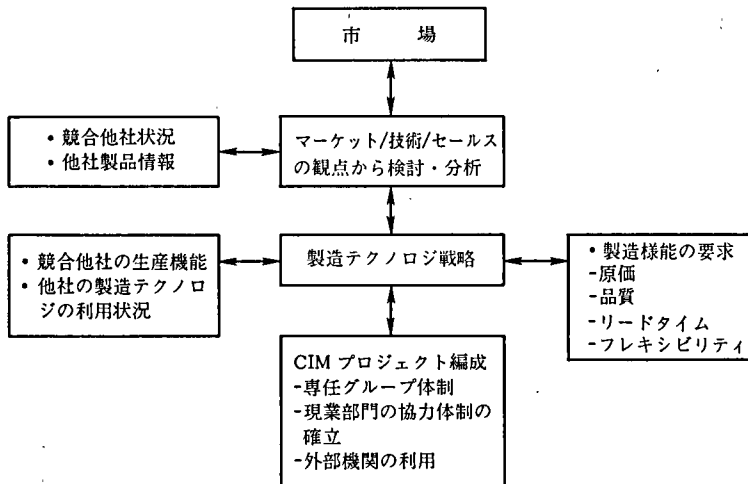


図2 製造テクノロジー戦略図

Fig. 2 Analysis process of strategy plan



の例をとってみると、間接部門の要員の削減に対するインパクトが中程度なので、①の間接労務費の行に M と記入されている。これは、マイクロコンピュータ生産を行っているフレミントン工場の場合であって、一般的な指標ではない。マテリアル・ハンドリングの直接作業者の削減に対するインパクトが次の、②の直接労務費の行に記入されている。以下、次のとおりである。

- ③ 仕掛在庫 : マテリアル・ハンドリング装置により、作業に必要な部品を、JIT 出庫するためかなりのインパクトがある。
- ④ 部品在庫 : マテリアル・ハンドリングによるインパクトより、製品に対する部品の数の減少(組立品設計)や MRP システムによるインパクトの方が高い。
- ⑤ 品質 : 品質へのインパクトは、ロボット、FMS, マテリアル・ハンドリング、業者の品質検定等の導入インパクトが高い。
- ⑥ 原価 : マテリアル・ハンドリングと業者の集約化のインパクトが高い。
- ⑦ リードタイム: リードタイムの短縮は、マテリアル・ハンドリング、CAD/CAM, などが高い。
- ⑧ 柔軟性および、⑨資源管理: 全体的にインパクトが高い。

最後の行に H. M. L を点数化して合計をとったものが記入されている。この点数は優先度付の指標であって、実際の経済性評価は別な方法、モンテカルロ・シミュレーションを利用している。

この表から理解できるように、個々のテクノロジーの評価を行い、導入順序を決めるのは有効である、しかし個々のテクノロジーだけでは十分な効果は得られない。また全体を一度に実現することも不可能である。表1のようにテクノロジーの導入優先度を理解し、ここを切り口として全体をまとめていく。

この場合、最優先なのがマテリアル・ハンドリングの導入である。つまり生産物流の改善が重要課題である。

このテクノロジー・マトリックスを作る前の作業として、日本で生まれた JIT 哲学を学び、「物の造り方」や「物の流し方」の研究を行った。また家電メーカーや量産工場を

表 1 テクノロジー・マトリックス  
Table 1 Technology matrix

テクノロジー要素	CAD CAM	ロボット FMS	組立品設計	マテリアル・ハンドリング	業者集約品質受入	MRP	ゼロ段取 JIP*
①間接労務費	H	L	M	M	M	M	M
②直接労務費	L	H	H	H	M	L	H
③仕掛在庫	L	H	H	H	L	H	H
④部品在庫	L	M	H	M	H	H	L
⑤品質	M	H	M	H	H	L	L
⑥原価	M	M	M	H	M	M	L
⑦リードタイム	H	L	L	H	L	M	H
⑧柔軟性	H	H	M	H	M	M	H
⑨資源管理	H	H	H	H	H	H	H
⑩合計点数	10	12	12	16	10	10	11

インパクト値 H:2, M:1, L:0 \*JIP: Just In time Production (フローモード生産)

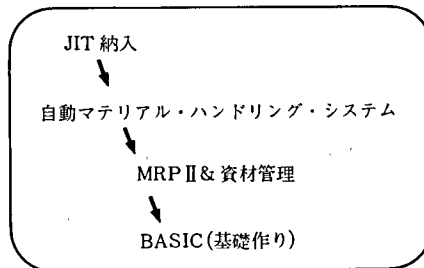
数か所見学した。

パイロット工場として選ばれたフレミントン工場は少量・中量の生産工場で、規模もユニシス工場の中で比較的小さい。この少中量生産工場に量産型の流れ生産方式を作るために研究を行い、1983年にフローモード生産（JIP）を完成した。

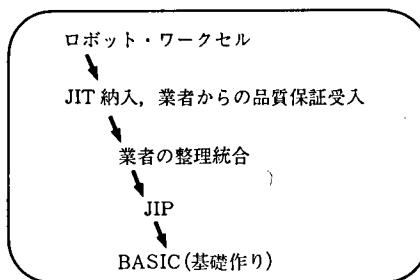
## 5. CIMの取り組み方

前に述べたようにテクノロジ・マトリックスの分析から導入の優先度付を行い、効果の大きい順から導入していくわけである。しかし、マテリアル・ハンドリング装置を導入しただけでは十分な効果は得られない。効果的に自動マテリアル・ハンドリング・システムを制御するためには良い計画システムが必要であり、納入業者のJIT納入が必要になる。またJIT納入のためには計画システムが必要である。

この関係を図に示すと次のようになる。



また、ロボット・ワークセルの生産性を高めるためには、同様な考え方で次のように展開できる。



ロボットには部品の品質を見きわめる能力がない。したがって、製造計画に基づいた部品を良品基準でロボットに手渡す必要がある。このことから、納入業者の見直しと品質保証受入の強化が必要になる。

JIT 納入や品質保証受入を実現するためには、納入業者の整理と統合をしなければならない。

フレミントン工場では 738 社の納入業者を 120 社に集約し、そのうち 85 社が品質保証受入を実施している。この 85 社の中には日本のメーカーが含まれている。

米国のフレミントン工場、英国のリビングストーン工場とも外製率が高いため、外製部品の管理を重点的に実施する必要がある。また納入業者とのコミュニケーションを確立するために、BAMCS/MRP II システムの導入とともに MRP と資材管理との統

合を強くする必要がある。

JIT 納入で、もう一つの重要な機能が輸送管理であり連携がとりやすいように資材組織内に輸送部門を置き、コントロールする。

## 6. CIM 計画のベースは JIT 哲学

フレミントン工場の CIM 計画を説明する前に JIT について説明する。

JIT は在庫削減を目的としたものではなく、結果として削減できることを教えている。JIT の直接の目的は、リードタイム(サイクルタイム)の短縮と、品質を工程で造り込むことである。また目で見える管理でも有名である。フレミントン工場の JIP 生産でもこの理論が利用されている。

JIT の哲学は物の流し方について教えている。物の流れは現場からいろいろな無駄をなくし、作業効率を高め、“必要な時に必要なものを必要なだけ造ったり運んだりする”ことである。

英国のリビングストーン工場の MICR ソータの組付ラインでは数百点にも及ぶ部品が流れに応じて、それぞれの工程で組み付けられていく。その場合、一つの部品が不足すれば組み立てることができず、製品として出荷できない。

逆に部品の供給が早すぎれば各工程で在庫の山となり、身動きできなくなるし、最後に組み付けがうまくいなくなる。このように組付ラインの各工程で、組み付けるのに必要な部品が必要なタイミングで、必要なだけ供給されないと効率よく仕事ができない。

組付工程がロボットワークセルであれば、ロボットに正しい部品(品目と品質)を運んでやらなければならない。

この哲学に基づいて計画システムに MRP を採用し、計画の実行部分である部品供給に自動マテリアル・ハンドリング装置付の自動倉庫(AS/RS)を利用し、作業ステーションに何時間分かのストックを維持するようにコントロールしている。

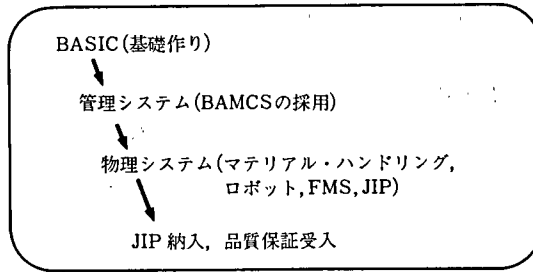
計画を実行するコンピュータは、MRP II のホスト・コンピュータとは別にスーパー・ミニコンピュータとマイクロコンピュータの分散処理方式で、JIT 部品供給コントロールを自動マテリアル・ハンドリング装置付自動倉庫の制御を行う。

## 7. CIM 計画の立案

前に述べたように、テクノロジー・マトリックスを作成し、各テクノロジーが生産活動の目標である原価、品質、リードタイムに与える影響に対して高中低のランク付けを行い、全体的な導入順序が決められた。この中で、最優先に導入すべきテクノロジーはマテリアル・ハンドリングの改善であった。しかし、マテリアル・ハンドリングを使って効率的に部品を運ばせるには、物の流れを計画し管理するシステムの導入が必要になる。BAMCS/MRP II の計画は、マテリアル・ハンドリングやロボット等を効果的に動かすために計画情報を提供する重要な機能である。

さらに、納入業者の品質検定、JIT 納入、資材の受入から通路置場へのストック、部品要求に従って工程に部品を運ぶ自動マテリアル・ハンドリング・システム等の導入が次に重要となった。

このように因果関係を調べ、テクノロジーの成立条件、並びに実行順序をよく分析する必要がある。これは前に述べた通りで、導入は逆に次のような順序となる。



CIM 計画を検討するためには、すぐれた生産活動の基礎 (BASIC) がすでに備わり修得されていなければならない。この BASIC の修得が 1981 年に行われた。この工場では週間計画を達成し、規定以上の在庫を持つことなく高品質の製品を生産する能力を実証していた。またフローモード生産 (JIP) を最終組立工程に導入していた。

フローモード生産の結果、工場では生産計画を達成し、高品質の製品を生産し、すぐにも在庫を減らす確実な在庫記録をとる体制を確立した。フローモード生産を通して得た成果は一定した生産量であった。次は、CIM 計画の一部として、JIT の哲学を正確に実行することであった。

CIM 計画が確立されていくに従って、マテリアル・ハンドリング・テクノロジーの選択がロボットよりも優先することが重要であると感じた。ロボットに部品を供給することは、ロボット・ワークセルを設計する上で重要な部分であることは明らかである。このマテリアル・ハンドリング・システムは、ロボットが要求する正確さで部品を運搬できなければならなかった。ロボットに部品を供給する装置は、ロボットより高額である。しかし、ロボット・ワークセルとの結合により、かなりの節約につながることを実証された。

次にロボットや納入業者、つまり JIP や JIT 納入の導入検討をすると、生産 BOM の精度向上が重要であることがわかる。またロボットが組立工程で編成されていれば、ロボットが取り扱う部品は基準通りの品質で製造されていなければならない。JIT 納入にしても、不良が含まれているとラインストップにつながる。高品質の部品を確保するためには、納入業者の整理統合と納入業者の生産工程の検定を行う必要があった。

最終組立工程のフローモード生産、つまり JIP の実現を JIT 納入の前にできることがわかった。JIT の技術の修得を深めながら、JIT 組立ラインに対する高品質部品の JIT 供給システム (自動マテリアル・ハンドリング・システム) を計画した。前にも述べたように、外製率の高いこの工場では、JIT 納入の効果は大きく在庫圧縮につながった。

JIT 納入とは必要なものを、必要なときに、必要なだけ納入する仕組みである。JIT 納入で重要なのは、計画変更や設計変更の対応の問題である。BAMCS/MRP II システムでは納入業者とのコミュニケーションのツールが準備されているが、この機能を最大限発揮するには資材管理組織を再編成することが必要である。また輸送管理もこの組織に組み込んだ。このようにテクノロジーの選定が決まり、導入順序の理解と分析により CIM 計画は確立する。

## 8. フレミントン工場の CIM/AIMS 計画

テクノロジーの導入順序分析に従って、下記の通り展開された。

1981	基礎の修得 (BASIC) <ul style="list-style-type: none"> <li>—品質について</li> <li>—資産管理について</li> <li>—生産性について</li> <li>—マイクロコンピュータ製造、設計について</li> </ul>
1982/83	フローモード生産の確立 <ul style="list-style-type: none"> <li>—極東での部品業者の選定</li> <li>—競争優位なる生産方式と工程編成の確立</li> </ul>
1984	AIMS 実施のための準備 <ul style="list-style-type: none"> <li>—品質データの定義と収集</li> <li>—納入業者の検定</li> <li>—納入業者の整理統合</li> <li>—MRP II (BAMCS) の導入</li> <li>—資材管理</li> </ul>
1985	AIMS フェーズ I 実施 <ul style="list-style-type: none"> <li>—コンピュータ結合のマテリアル・ハンドリング (AS/RS) の導入</li> <li>—PCB ロボットの導入</li> <li>—インテリジェント・コンベアの導入</li> <li>—工程歩留の改善</li> <li>—MPS (基準生産計画) の導入</li> <li>—PIM (購買管理) の導入</li> </ul>
1986	AIMS のフェーズ II <ul style="list-style-type: none"> <li>—マテリアル・ハンドリングの最適化</li> <li>—納入業者とのネットワーク化 (発注と納入スケジュール)</li> <li>—PCB 工程のジャスト・イン・タイム生産 (JIP)</li> <li>—歩留の改善</li> <li>—MRP と買掛管理とのリンク</li> <li>—Producibility Plan の実施</li> </ul>
1987	AIMS のフェーズ II の継続 <ul style="list-style-type: none"> <li>—オーダ・エントリと基準生産計画とのリンク</li> <li>—分散処理の確立</li> <li>—CAD/CAM とのリンク</li> <li>—グループ・テクノロジーの導入</li> </ul>

## 9. AIMS 計画

ジャスト・イン・タイム・プロダクション (フローモード生産) の完成後、この JIP 工程に対するコンピュータ制御による自動マテリアル・ハンドリング・システムを導入した。この段階で AIMS と名付けられ、工程の CIM として位置付けられた。この AIMS を計画管理するシステムが後述する BAMCS/MRP II である。AIMS も生産戦略、生き残り戦略として、無駄を徹底的に排除し先端技術を結集して、作り上げられた。

商品企画部と討議を重ね、ワークステーション市場での今後 5 年間の需要の見通し、新製品開発の方向性、この工場に必要な生産機能や設備能力が決められた。

AIMS を通して高品質の製品を造り、生産には柔軟性をもたせ、マーケットの JIT を実現し、競合力のある原価で、工場には必要最少限の在庫しか持たないことをめざ

した戦略的なプロセス・コントロールを実現している。

## 10. BAMCS/MRP IIの適用

前章で述べたコンピュータ制御によるプロセス・コントロールに AIMS 計画が実施され、さらにより良いプロセス・コントロールを実現するために、BAMCS の MRP II システムが採用された。その採用理由は下記の通りである。

- 1) 工場のニーズを満たす機能を持っていることと全工場で同意が得られたこと
- 2) MRP II システムであること、人・物・金などの生産資源計画と管理ができ、これらの資源計画が一元的につながった計画であること
- 3) 設計・生産・販売・財務の統合システムであること
- 4) 生産の基本である Q (品質), C (原価), D (必要なものを、必要なときに、必要なだけ造り、供給する) が実現できること
- 5) 環境変化への順応性のあること
- 6) システムに柔軟性があること
- 7) 理論がしっかりしていること
- 8) 継続的な支援体制があること
- 9) 教育体制があること
- 10) ユーザ向けの専門的マニュアルが整備されていること

図3はフレミントン工場のフロア・レイアウトである。この図からわかるように、資材受入エリアと倉庫エリアと組立エリアの三つのエリアからなっている。

AS/RS (Automated Store/Retrieval System)は倉庫エリアと組立エリアに設置され、受入エリアから各 AS/RS, 出荷に到るまでコンベア・システムで連結されている。

倉庫エリアの AS/RS はミニロード・システムで、マテリアル・ハンドリング装置付きの小型の自動倉庫である。組立エリアの AS/RS のミニロード・システムは各作業ス

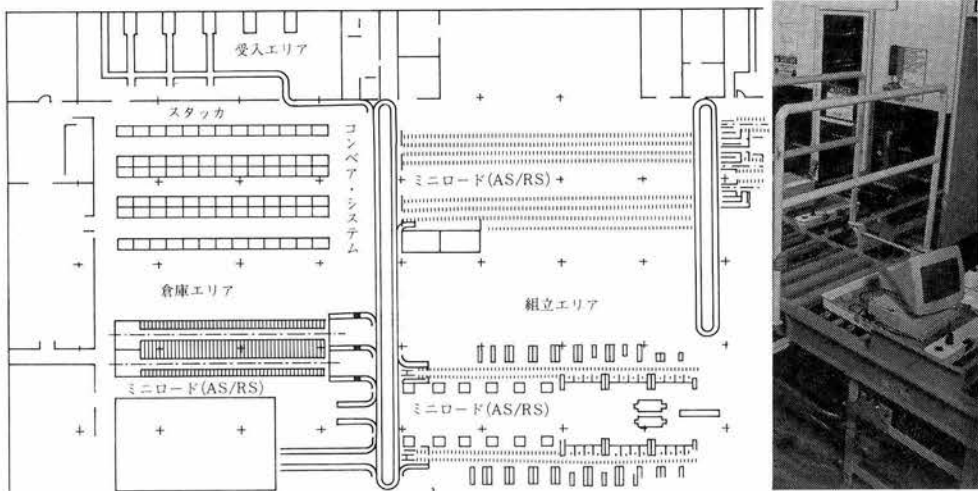


図3 フレミントン工場の内部

Fig.3 Fleming's layout

ーション台に部品の保管台があり、部品が倉庫エリアから運ばれてここにストックされる。この設計は“かんばん方式”のごとく、一定量を作業ステーションにストックさせ部品の移動待ち時間を最小にした。

各作業ステーションの保管台のストックは図4のごとく、組立エリア・コンピュータと接続された AS/RS の通路に配置されたマイクロコンピュータによって制御を受けている。以上が部品供給システム AIMS の構成である。

部品集約型の工場では、全体時間の 70~80% がマテリアル・ハンドリングに費やされている。この付加価値を生まない時間をいかに短縮するかが、このレイアウトから理解できる。

BAMCS/MRP II は、受注情報に基づいて生産計画を立案する。この計画に基づいて、組立計画が作成され、組立計画に必要な部品出庫計画が作成される。さらに、ストックと発注残情報が時系列にチェックされ、不足分について前工程への計画が作られる。つまり内製品についてはサブ組立計画、外製品については購入計画が作成される。この処理は MRP システムで実施される。MRP システムで作成された購入スケジュールが資材部のワークステーションに表示される。資材部での調整や納入業者選定が行われて発注される。計画変更が起こると、変更督促が資材部のワークステーションに伝達される。組立計画が確定すると納入日が確定し、業者にネットワークを通して伝達される。業者からの納入は受入エリアで受入検収され、AS/RS と結合されているコンベア・システムで倉庫エリアに送られる。品質保証受入の時は、無検査でコンベア・システムにより直接倉庫の AS/RS でストックされる。倉庫エリア・コンピュータに対して入庫処理を行う。

倉庫エリア・コンピュータは、当日組立スケジュールに基づいて出庫するために、各作業ステーションの通路在庫の場所別にストック配分を行う。この配分量に基づき、一日の作業進度に合わせてつまり、組立エリア・コンピュータからの指示により、コンベア・システムで数回にわたって届けられる。

倉庫エリア・コンピュータの入庫処理の情報は、ホスト・コンピュータの在庫マ

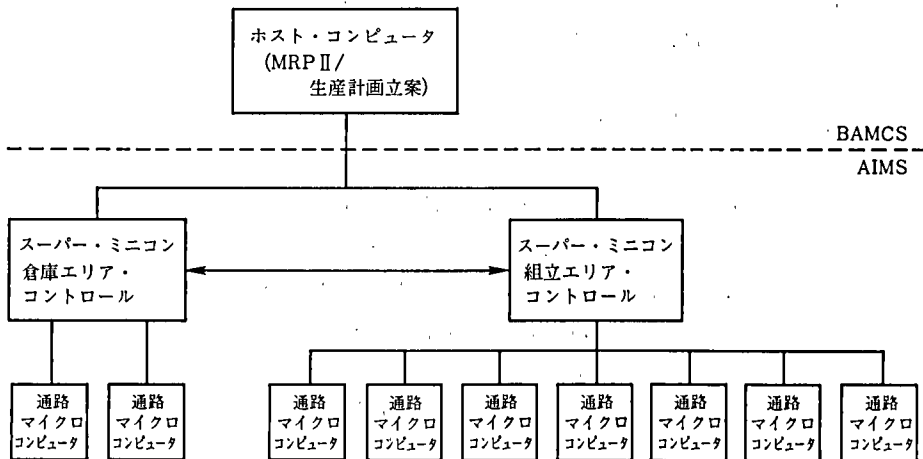


図4 コンピュータ・コントロール・システム

Fig. 4 Computer control system

タを更新するためにアップロードされる。

次に製品の組立スケジュールがMRP IIシステムで作成される。この組立オーダーには一品生産のようなオーダーもあり、継続生産オーダーも含まれている。

組立オーダー情報や組み立てに必要な部品出庫情報、ワークセンタ情報、加工手順(工程表)が、組立エリア・コンピュータにダウンロードされる。

この情報は、1日生産分で毎日ダウンロードされる。これらの情報は組立スケジュールを実行するのに必要なすべての情報である。各作業ステーションに供給すべき部品情報や、組立オーダーの生産量や日程、また作業開始から完了までの進捗管理用の情報を含んでいる。

組立エリア・コンピュータがこれらの情報を受け取ると計画を実行し、倉庫エリア・コンピュータに作業ステーションの保管台への部品の供給指示を発する。この手順は、まず組立オーダーに必要な部品が各作業ステーションの近くにあるAS/RSに揃っているか否かを点検する。部品がすでに組立エリアのAS/RSに揃っていたら、作業が開始される。

部品がなかった場合、倉庫エリア・コンピュータに部品出庫指示を発し部品を取り寄せる。各作業ステーションの部品保管台には一定量しかストックできないので、“かんばん方式”と同じように部品が消費されると補充量計算をして、組立エリア・コンピュータから倉庫エリア・コンピュータに補充指示を発し、部品を取り寄せる(図5)。

## 11. AIMSのしくみ

AIMSはコンピュータで制御されるマテリアル・ハンドリング付自動倉庫システムで、この工場の受入から組立出荷までの全工程の物の移動と滞留を追跡するシステムである。

AIMSでは、計画系のホスト・コンピュータからスケジュールデータを受け取る。このデータに基づき倉庫エリア、組立エリア、通電工程、梱包工程の全体の物の流れを制御するためにスーパー・ミニコンXE 550が使用される。

倉庫エリアと組立エリア内の移動の監視やロボット・クレーンの動作指示を各AS/RSに与えるために、マイクロ・コンピュータB 25が通路マイクロ・コンピュータとして利用される。

倉庫エリアのXE 550へは組立エリアのXE 550から、BAMCSが作成した1日分の組立スケジュールに必要な部品要求が伝送され、そのデータをもとにロボット・クレーンで部品トレー(TRAY)を取り出し、倉庫担当者の所まで運ばれる。

倉庫担当者はディスプレイを見て、部品トレーに入っている内容が必要なものであるか否かを確認する。MRP IIシステムの出庫請求リストをディスプレイに表示し、このリストに従って、通函(TOTE)に入れ、コンベアで組立エリアの四つのAS/RSのどれかに運ぶ。組立エリアのB 25(図4参照)は、運ばれてきた通函(TOTE)を工程表に指示された作業ステーションの保管台に届ける。

組立ラインでの作業ステーションは17か所ある。各作業ステーションの仕掛品は2分間のタクトタイムで、次のステーションに運ばれる。

作業ステーションのフローレーン上に通函(TOTE)が届くと、フローレーン上の



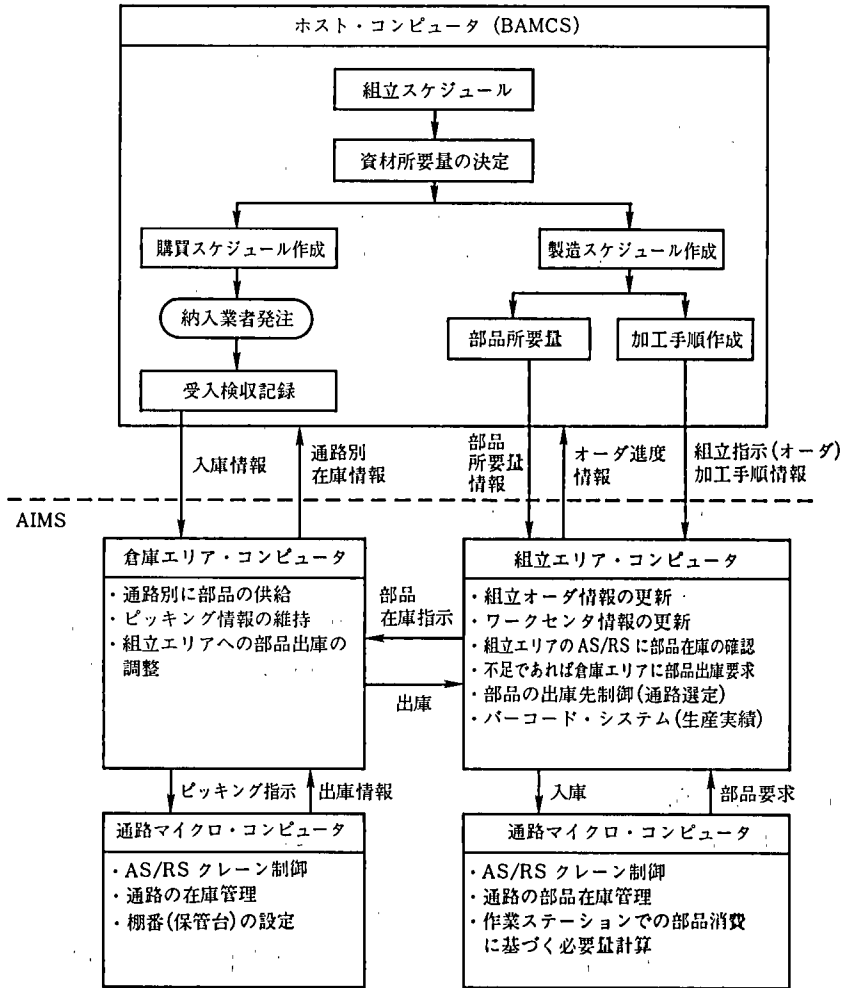


図5 BAMCS の役割

Fig.5 The role of BAMCS on AIMS

スイッチが ON の状態になる。最後の部品を使い終わると、作業者は通函 (TOTE) を押す。このときスイッチは OFF になり、組立エリアの通路コンピュータに部品要求シグナルを出す。組立エリアの AS/RS のストックを調べ出庫される。しかしストックがないと、倉庫エリア XE 550 に部品を倉庫 AS/RS から補充するように指示される。

組立が完了すると、コンピュータ・コントロールのもとで、テストエリアに移動する。ここでは組立エリアの通路コンピュータ B 25 の制御のもとでロボット・クレーンが通電作業のためセットアップされ、24 時間の通電テストが行われる。

不良がでると B 25 はロボットにシグナルを送り、ロボットは不良品をコンベアに積み、補修ステーションに運ぶ。合格品は梱包工程に運ばれ、梱包後トラックで出荷される。

次に AIMS のコンピュータ・システムの構成について述べる。

以下に示すように、3 階層のハードウェアとソフトウェアで構成されている (図 4 参照)。

1層：計画の実行システム（スーパーミニコン、XE 550）

倉庫エリア・コンピュータ 1台

組立エリア・コンピュータ 1台

2層：エリア・コンピュータのスレーブ・システム

通路マイクロコンピュータ（B 25）

3層：マテリアル・ハンドリング・システムのハードウェア

（PLC：Programmable Logic Controller）

ホスト・コンピュータでのMRP IIの計画の実行管理に当たるシステムである。

AIMSは2か所のエリア・コンピュータで全体をコントロールする。その一つが組立エリア・コンピュータ、他が倉庫エリア・コンピュータである（図5）。

## 12. ロボット導入

PCB組立、その他の工程でロボット・ワークセルを導入している。ロボットの選定ではフレキシビリティと品質面に注意を払っている。ロボット・ワークセルは自動マテリアル・ハンドリング装置と結合し、ロボット・ワークセルの部品待ち時間が最小になるよう設計されている。この場合も、全体の制御システムとの調和と計画変更・設計変更に対する柔軟性を取り入れるために、人間の介入する部分の配慮がなされている。

## 13. CIM計画における期待効果

CIMの計画段階における期待効果は次の通りである。

### 1) 定量的効果

- ① リードタイムの短縮とロットサイズの最小化による在庫削減
- ② スクラップの減少：すみやか、かつ正確な設計変更情報の伝達と繰り返し性の向上ならびに設計品質の向上による
- ③ 陳腐化の減少：仕掛在庫を減少させ、タイムリな設計変更情報の伝達、生産スケジュールの変更に対するすみやかな対応による
- ④ 売上の増加：納期通りの生産と新製品の早期立上げによる
- ⑤ 購入コストの低減：外注先、協力メーカの再編成や部品の互換性向上、および経済効果のあるロットサイズによる
- ⑥ 労働生産性の向上：効果的なプロセス・コントロールの実施、および製造の繰り返し性向上による

### 2) 定性的効果

- ① CAD/CAEでのプロトタイプ・シミュレーションによる試作回数の減少
- ② 段取時間の短縮、段取コストの低減
- ③ 設計／製図の生産性の向上
- ④ 従業員の活性化
- ⑤ データの精度向上
- ⑥ 設計・構成部品・生産量の柔軟性の向上
- ⑦ 品質の向上

⑧ 標準化の推進

BAMCS と AIMS の統合により、1982 年には 3.5 か月あった在庫が 1986 年に 1.7 か月に減少でき、1988 年には 20 日まで減少できる見込みである。その要因は原材料の購入価格の低減、在庫の削減、さらに歩留の向上などによる。

プリント基板での AIMS と BAMCS の導入では、1982 年の歩留 50 % から 1987 年では 94 % に向上し、リードタイムは 11 日から 2.4 日までに短縮できた。

14. お わ り に

米国ユニシスの CIM 化のパイロット工場として選ばれたフレミントン工場を中心に紹介した。CIM の完成像からいってもまだ完成したとは言えない。完全なものにするには 4～5 年はかかるだろう。とくに、自動化された工程に効率的に稼働させるための“計画と管理”システムである BAMCS/MRP II を利用した点と、MRP システムは物の流れを計画制御するシステムであることを強調したい。MRP は計画と管理システムのテクノロジーでもあり哲学でもある。

また JIT は、より良いプロセス・コントロールを導き出してくれる。この JIT 哲学と MRP II システムは、CIM 計画にかなりの重要な役割を果たすのではなからうか。

CIM 導入でのプロジェクト編成や教育体制については割愛した。また CAD/CAE との結合については 1988 年以降の計画で考えられている。

ここで、フレミントン工場の CIM 計画のガイドラインを下記にまとめておく。

- 1) 物の造り方、物の流し方の基礎を修得する。
- 2) CIM を実施する前に適切な生産規律を作成する。
- 3) CIM に専従する組織を編成する。
- 4) ビジネスの目的を定める。
- 5) ビジネスの目的の達成にもっとも貢献できる CIM テクノロジーを選定する。
- 6) テクノロジーの実行順序を分析する。
- 7) トータル CIM 計画を作成する。
- 8) モジュール単位の導入計画を作成する。
- 9) CIM 計画の各段階別に評価を行う。
- 10) 全体の CIM ガイドラインに基づく制御システムの選定をする。

最後に BAMCS の基本的な機能について述べる。

BAMCS はビジネスプランを達成するために、各レベルのマネジメントを支援する製造業システムである。次の五つのサブシステムから構成される。

- 1) ビジネス基準設定サブシステム……ユーザが各業務をマネジメントするために必要な共通情報の設定を行う。構成モジュールは次の通りである。
  - ・システム設定
  - ・製造データベース
  - ・在庫管理
  - ・在庫監査
  - ・設計変更管理
  - ・ロット追跡

- ・CAD 支援
- 2) 生産計画と管理サブシステム……次のモジュールを使用して製造活動のコントロールと目標達成への支援を行う。
  - ・基準生産計画
  - ・MRP
  - ・能力計画
  - ・進捗管理
  - ・ショップフロア・コントロール
- 3) 受注出荷管理サブシステム
  - ・受注出荷管理
  - ・売掛管理
- 4) 購買管理サブシステム
  - ・購買情報管理
  - ・買掛管理
- 5) 財務会計サブシステム
  - ・原価計画
  - ・実際原価管理
  - ・一般経理インタフェース
  - ・給与インタフェース

- 
- 参考文献 [1] “BAMCS カタログ”, UNISYS, 1988.  
[2] “BAMCS Runs the Factory of the Future”, Systems Magazine 3rd Quarter, UNISYS, 1988.  
[3] R. Sampson (UNISYS フレミントン工場, CIM マネージャ), “CIM 戦略の計画と実施”, BAMCS 記念発表セミナー (1988.6.5) スクリプト.  
[4] “米国ユニシス工場 CIM スライド”, UNISYS, 1986.

執筆者紹介 岸 本 朗 佳 (Akiyoshi Kishimoto)

昭和 43 年神戸大学理学部物理学卒業。同年日本ユニシス(株)入社。SE として、技術計算、設計・製図、販売物流、生産管理等のシステム開発や SE サービスに従事。昭和 56 年より製造マーケティング担当 (TMS, BAMCS) となる。現在マーケティング統括部販売推進部に所属。



## CAD/CAM データ交換標準化の 現状と動向

### The Current Status and Trends of CAD/CAM Data Exchange Standardization —Centering around STEP—

大 高 哲 彦

A. Ohtaka

#### 1. はじめに

近年、CAD/CAM システムのハードウェア、ソフトウェア技術の向上は著しく、設計・生産に関する基礎技術の一つとして、設計・生産の場に急速に普及しつつある。それに比例して実用上の重要性を増しているのがCAD/CAM データ交換の標準である。

企業内の異なる部門や異なる企業間で、製品やその製造に関する技術情報を交換する必要性は、従来にも増して高まっている。技術情報の送り手側の部門と受け手側の部門が同一のCAD/CAM システムを使用していれば問題はないが、一般的にそれを期待できない場合が多い。そこで、異なるシステム間でのデータ交換が必要となる。個々にデータ交換の約束事を取り決め、それを満たす変換プログラムを作成することは可能ではあるが、大変面倒であり、世の中にたくさんの変換プログラムが氾濫することになる。データの交換形式が標準化されていれば、各CAD/CAM システムごとに、その標準形式との変換プログラムだけを用意すればすむことになる。これがCAD/CAM データ交換標準化の基本的な意義である。

CAD/CAM データ交換標準化の歴史はまだ10年に満たないが、図1に示すように、すでに多くの試みが行われており、一部は実用的に使用されている。この10年弱の間で、交換すべきデータの内容も大きく変化している。当初は図面ベースのCAD/CAM システム間のデータ交換が中心であったため、扱われるデータも文字や単純な図形要素だけであったので、交換するための標準化もグラフィカルな表現について考えておけば十分であった。しかし最近では、徐々に、対象製品の設計意図や機能、生産のための種々の技術情報などを網羅した製品モデルデータの交換が望まれる傾向にある。つまり交換ファイルの形式を規定する以

前に、これらの複雑な情報を含んだモデルの表現の標準化そのものを、十分議論する必要性が高まっている。

本稿では、まず既存の代表的なCAD/CAM データ交換標準を概説し、次に現在ISOで開発作業が進行している次世代の製品モデル・データ交換国際標準‘STEP’に焦点を当てて解説する。

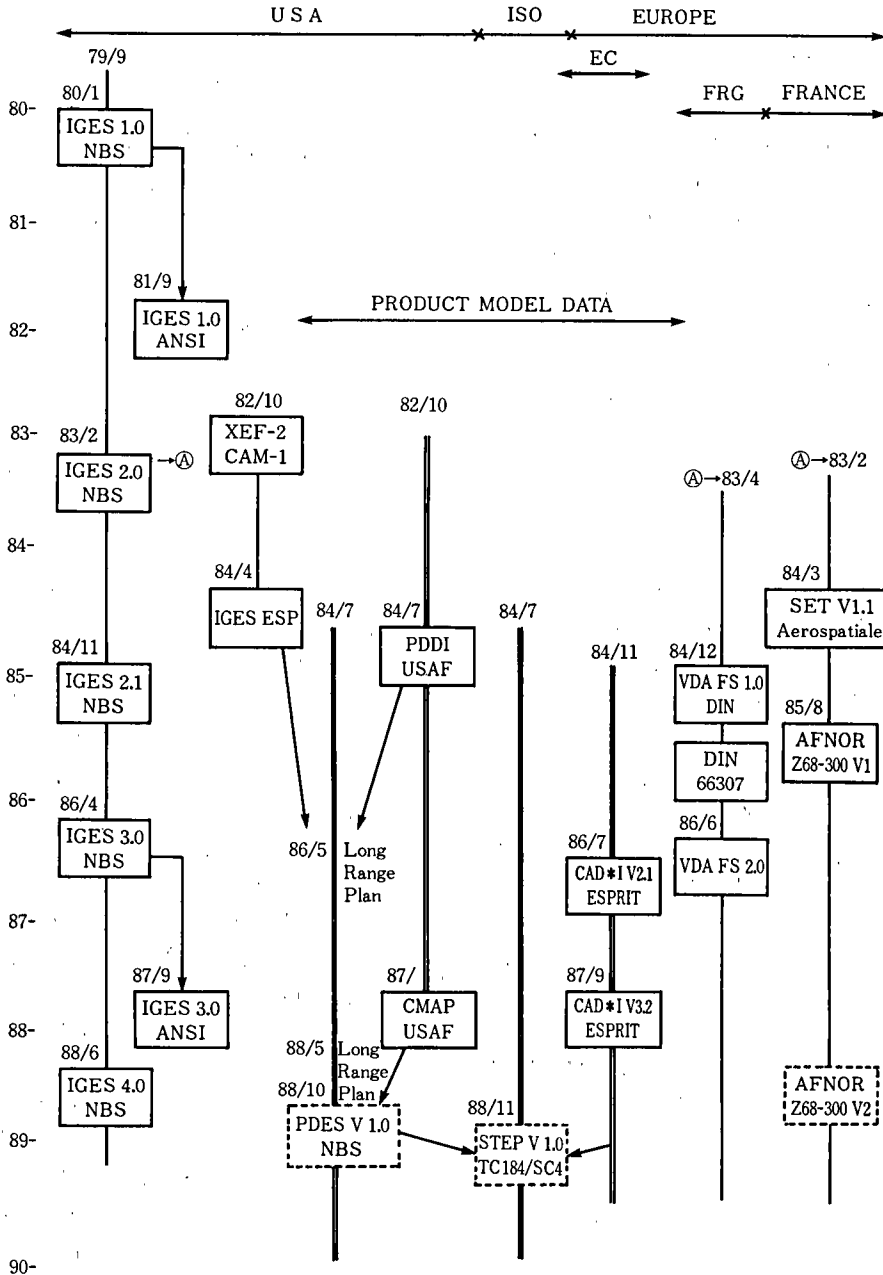
#### 2. 現状のCAD/CAM データ交換標準

1) IGES……IGES (Initial Graphic Exchange Specification)は、米国ANSIの規格となっている標準であり、要素に統一性がない、交換ファイルのデータ量が膨大である、処理効率が悪い、主として図面が対象であり製品モデルデータの交換には無理がある、などの欠点が指摘されているものの最初に出た標準ということもあり、現在世界的に最も普及しており、この種の他の標準にも強い影響を与えている。開発の着手は1979年9月であり、米国商務省NBSがボーイング社やGEと共同で開発を開始した。わずか3か月間の集中的努力により、翌1980年1月にV1.0が出された。

その後の機能拡張・保守は、同年2月発足したIGES委員会(個人の加盟を基盤とした任意団体、約600名)が担当している。V1.0は、1980年5月ANSIの規格Y14.26として承認された(1981年9月Y14.26Mとなる)。

その後幾何要素の追加、応用モデルの追加、効率向上のためのファイル形式の見直し等が継続して行われ、現在に到っている。現在世の中に普及している版はV3.0であるが、本年7月V4.0が確定した。IGESは次の版のV5.0で一応終結という計画であり、その後は、現在V1.0の仕様の確定が間近な状態となっている次世代の標準PDES/STEPに移行することになる。

2) SET……SET (Standard for Exchange and Transfer)は、スランス AFNORの規格となっている標準であり、EC4か国の共同開発プロジェクトであるエアバス開発を中心に実用されており、既存の標準の中では、機



REFERENCE : WELCOME TO IGES/PDES (July '88)  
 AECMA REPORT Issue 2 (Dec. '84)  
 CAD\*I Status Report (XfK-PFT 132, Mar. '87)  
 STEP Document 0.0 (N213, Feb. '88)

図1 製品モデル・データ交換 仕様/標準の歴史

Fig. 1 History of specifications/standards for the exchange of product model data

能・効率共にトップ・レベルにあると思われる。SETの開発は、Aerospatiale(フランス航空宇宙局)が主体となり、1983年に開始された。当時すでにIGESが普及しつつあったが、IGESはANSI標準の図面ベースのデータ交換仕様であるだけでなく、前述のような種々の問題点があるとの認識のもと、これらの課題を解決する標準の作成を設計指針として開発が進められてきた。SETの第1版は1985年にAFNOR Z-68-300としてフランスの規格に採用されている。

SETの機能拡張および普及活動は、フランスのMinistry of Industryの全面支援のもと、Aerospatiale, Renault, PSA, DGA(Ministry of Defense)を中心に構成されているSETタスクフォースが担当しており、現在も活発な活動が継続されている。

3) VDAFS……VDAFSは、自独自動車工業会(VDA)のCAD/CAM委員会がまとめた自由曲面(FS=Free Surface)を主対象とするデータ交換規約である。同委員会は1982年に組織されたもので、VDAFSはその中のGeometry Interface作業部会がまとめた。IGESやSETが機能拡張と共に扱える要素が増大し、機械製図、FEM等々応用分野も拡大しているのに対し、VDAFSはその名が示す通り車体の形状を表す自由曲面データの交換のみを目的としており、かなり限定した仕様であることが特徴である。

4) CAD \* I……CAD \* I (CAD Interface)は、EC加盟国内の10年間(1984~1993)の協同研究プログラムESPRIT(European Strategic Programme for Research and Development in Information Technology)内の一つのプロジェクト(Project 322)で研究開発が進められているもので、ソリッドも含めた製品定義データと解析データを異なるCAD/CAMシステム間で授受するための中立ファイルの構造・構文の定義とインタフェース・プログラムの開発を行っている。

このプロジェクトは、欧州におけるノウハウをとりまとめて広範囲な産業分野でのCIMに供しようとするものであり、この活動を通じて国際標準化活動における欧州の影響力を強めようとの狙いがある。CAD \* Iの活

動は、国際的な標準化活動との協調を旨として進められており、ISO/TC 184/SC 4で開発中のSTEPに、とくにSolids, FEM分野で強い影響を与えている

### 3. STEP

CAD/CAMシステムの普及と共にデータ交換の必要性が高まり、これに代るものとしてまずIGESが世の中に出たが、IGESは主として図面データの交換を意図したものであり、製品モデルデータの交換には不向きであること、およびそのままの状態を放置すると多くのデータ交換形式が氾濫する可能性が高いとの危機感がきっかけとなり、国際規格を制定しようという機運が盛り上がった。これを受けて、ISOにTC 184 (Industrial Automation Systems)/SC 4 (External Representation of Product Model Data)が設置され、製品モデルデータ交換の標準化に1984年から乗り出した。STEP(STandard for Exchange of Product model data)はSC 4下の唯一のWG(Working Group)であるWG 1で開発中であり、米国、西独、英国、日本をはじめ、ほとんどの先進工業国が開発に参画している。

STEPは設計から生産、運用にわたる製品のライフサイクルで製品に関する必要な技術情報を首尾よく交換できる、つまり「製品モデル」のデータ交換規格であることを使命としている。そもそも製品モデルとは何かについて十分なコンセンサスがないと思える現状だけに、STEPの開発は製品モデルに含めるべき技術情報とその表現法を体系的に整理することに力点が置かれる。この意味でSTEPは、「先取型標準」と呼ばれている。表1に現在考えられているSTEPにおける製品モデルデータの構成を示す。

STEPの開発にあたっては、開発の容易性、将来の拡張性を考慮し、種々の工夫が払われている。その典型的なものとしては、次の2点が挙げられる。

- 1) 全体を「応用層」、「論理層」、「物理層」の三階層に層別しモジュラリティを高めていること。ここで物理層では交換ファイル上に記述するデータ形式を定め、さらに他の層のデータを物理層に写像する手法を定めている。論理層では種々の応用モデルで共通に用いられる幾何要素、トポロジカル要素、形状モデ

表1 STEPにおける製品モデルデータ<sup>1)</sup>  
Table 1 Product model data in STEP

Common Technical Entities	共通技術要素
Geometry	幾何要素
Curves and Surfaces	曲線, 曲面
Topology	トポロジー
Shape Model	形状モデル
Geometric Set	幾何要素の集合
Wire Frame Model	ワイヤーフレーム・モデル
Surface Model	曲面モデル
BRep Solid	BRep立体モデル
CSG Solid	CSG立体モデル
Mechanical Product Model	機械製品モデル
Product Definition Data	製品定義データ
Shape Definition	形状定義
Design Model	設計モデル
Form Features	形状特徴
Non Shape Definition	非形状定義
Tolerance	公差
Material	材料
Machining Process	機械加工
Surface Finish	表面仕上げ
Product Administration Data	製品管理データ
Mechanical Product Structure	機械製品構造
Part/Assembly	部品/組立
Constraint/Dependency	拘束/依存
Configuration Management Data	形態管理データ
Product Manifestation	製品宣言
Drafting	製図
Presentation	表示
Product Life Cycle Data	製品ライフサイクル・データ
Finite Element Model	有限要素モデル
Mechanical Link Model	機構解析モデル
Technical Publications	技術文書
Data Administration Data	データ管理データ

References : STEP Document 0.2 (N 211, Feb. '88)

ルなどのデータの構成と形式を規定する。応用層では、FEM、機械製図など応用モデル固有のデータの構成と形式を規定する。STEP開発の作業グループもこの層別に対応して設定されている。

- 2) 仕様記述言語として、Pascal likeな「EXPRESS」と呼ばれる言語が開発されていること。論理層や応用層のデータは、EXPRESSで記述するだけですみ、それらが物理層上はどう展開されるかを意識しないですむ。なお、STEPのV1.0は本年12月初め、東京で行われるSC4会議で確定する見込みである。

#### 4. おわりに

国内では、現在(社)日本コンピュータ・グラフィックス協会内にISO/TC 184/SC 4国内対策委

員会があり、同協会内のSTEP委員会下に設置されている作業グループで仕様の審議、日本提案文書の作成等の技術的活動を行っている。

本活動には、大手自動車メーカ、重機メーカ、電気・電子メーカ、研究所、大学など広範囲の団体が積極的に参加している。日本ユニシスも筆者を中心に、将来技術の先取りとCAD/CAMにおける豊富な経験の活動への反映を主眼に参画している。これまでは、V1.0を焦点にGeometry, Topology, Shape Model, Mechanical Drafting, Toleranceを審議する作業グループを設け集中審議してきたが、今後はV1.0以降をにらみ、FEM Form Feature等の審議のための作業グループの設定が必要である。

日本ユニシスの汎用CAD/CAMシステムUNICADのユーザでも、最近IGESによるデータ交換が頻繁に行われているが、その限定された機



能や処理効率の悪さから、個別の方法でデータ交換している場合も少なくない。今後は前述した標準化活動の中でも、機能の汎用性、先進性、活動組織体の大きさからも STEP に期待するところ大である。

#### 参考文献

- [1] 「CAD データ交換国際規格 STEP の制定をめざして」, セミナー・テキスト, 精密工学会他, 1987.2.
- [2] 「CAD/CAM 標準化の動向と将来展望」, セミナー・テキスト, 日本コンピュータ・グラフィックス協会他, 1988.2.
- [3] 「CAD/CAM 標準化促進等補助事業報告書」, 日本機械工業連合会, 日本コンピュータ・グラフィックス協会, 1988.5.
- [4] 「IGES 紹介」, ペジューエル・ユーヴォル著, 藤村久雄訳, bit 1985, 6月号別冊.
- [5] 「CAD/CAM システム間のデータ交換国際標準化の動向」, 岸浪建史, PIXEL No.51, 1986.
- [6] 「IGES (-CAD/CAM システム間のデータ交換仕様)」, 中塚久世, PIXEL No. 10, 11, 12, 17, 1983.
- [7] 「製品モデルデータ交換標準 STEP の概要」, 図形処理セミナー (異なる CAD/CAM システム間のデータ交換をどうするか) テキスト石川義明, 1988.9.

(CAD/CAM システム二部)

日本機械学会編

CAD/CAM シリーズ 4

CAE と CAM

技報堂出版, A5 判, xvi+206 pp.,

1988, 2,800 円

本書は、日本機械学会編の CAD/CAM シリーズの第 4 巻である。CAD/CAM シリーズ刊行にあたって、主査・吉川は、製造業にとっての CAD/CAM の情報処理の核としての重要性に触れた上で、CAD/CAM についての正統的な書がないことを指摘している。その理由として、CAD/CAM が高度な情報処理技術であると同時に、適用対象のもつ領域固有の技術的特徴と深く関係するために、一般的な情報処理の解説書か、あるいは特殊な目的に限定されたシステムの説明書かのどちらかに偏ってしまう傾向が強いことを挙げている。このような状況認識に基づき、CAD/CAM シリーズ編集にあたっては、CAD/CAM に関する基本的な問題の解説とともに、実務者にとって有益な最新の情報を数多く盛り込むことに留意していると述べている。

さて本書であるが、CAE と CAM の 2 編から構成されている。執筆者は、CAE は、金沢大学工学部機械工学・稲村、(株)日立製作所大森ソフトウェア工場・中沢が分担し、CAM は、安川情報システム(株)・井上、(財)機械振興協会技術研究所・福田、(株)牧野フライス製作所 DMS 推進センター・武藤、工業技術院機械技術研究所・小島が分担し、全体を井上がまとめる形式をとっている。主な想定読者は、機械工業、情報科学分野の学生・院生および機械工業の若い技術者となっている。

全体で 196 ページ(本文)の書物であるが、第 1 編の CAE に 58 ページ、第 2 編の CAM に残りの 138 ページがさかかれており、かなり CAM に力点を置いた構成となっている。

章構成としては、第 1 編の CAE が以下の 3 章から構成されており、

第 1 章：CAE の概要 (稲村)

第 2 章：CAE システムの例 (中沢)

第 3 章：解析シミュレーション技術 (稲村、中沢)

第 2 編の CAM は、以下の 5 章から構成されている。

第 4 章：CAM の概要 (井上)

第 5 章：製造準備 (福田)

第 6 章：機械加工のソフトウェア (武藤)

第 7 章：製造における総合システムとしての CAM (小島)

第 8 章：CAD/CAM 一貫システム (井上)

第 1 章では、あくまで機械製品に焦点を絞っての話であるが、広義の CAE と狭義の CAE の違いに関する常識的な解説のあと、3次元幾何モデラおよび FEM を用いたソルバを中核とした広義の CAE 実現の必要性が示されている。その際の課題としては、

- 1) 解析精度や解析内容を考慮した上での CAD モデルから解析モデルへの自動変換
  - 2) 数値計算誤差やモデル化誤差の制御による解析結果の信頼性の確保
  - 3) 並列計算の導入による解析計算の高速化
  - 4) 解析結果に基づきいかに設計変更するか
- の 4 点が挙げられており、それぞれ研究の現状ないしは、方向性が概略示されている。

第 2 章では、まず CAE システムの構成に関し、強度・振動解析などのようにほとんどの機械製品の信頼性設計に使える解析機能を中核とした'汎用総合 CAE システム'と、対象製品を限定し製品の性能設計に必要な機能を盛り込んだ'専用 CAE システム'の 2 本立てをとらざるを得ないという著者の認識が示される。次に、幾何モデラやプリプロセッサについての説明のあと、汎用システム適用事例として多関節ロボットの設計問題が、専用システム適用事例として蒸気タービンの設計がとりあげられ、解析結果の図・表をまじえて解説されている。

第 3 章は、CAE の根幹となるシミュレーション技術の解説にあてられている。まず、有限要素法 (FEM) による微分方程式の離散化に関する一般的な説明のあと、典型的な適用分野である構造問題、振動問題、熱および流体問題について FEM による定式化の過程が示されている。最後にいくつかのシミュレーション例が挙げられているが、その中で制御系解析を CAE システムに含めるべしと強調しているのが目をひく。ただし、この章の

各種問題の定式化は、すでに理解している読者にとっては退屈であり、逆に理解していない読者にとっては、これだけの知識では実務に使えるという中途半端さを感じる。

以上で第1編 CAE が終わる。機械系 CAE に関し、構成要素・課題が一通り概観されており、CAE システムに関する一般教養書という趣きである。

第4章は CAM の概要と題し、CAM が対象とする機械生産の流れと作業項目の対応、NC ソフトウェア変遷の歴史、工程設計の自動化に関するシステム開発の概況などに言及したあと、機械工業のための CAM ソフトウェアにとっての急務はシステムの柔軟性の確保であることを強調して結んでいる。

第5章・製造準備は、記事の量的にも内容的にも、第6章・機械加工のソフトウェアと共に本書の中核を成している。まず CAD/CAM における製造準備とは、設計情報などをもとにして、加工方法、加工工程、使用工作機械、使用工具、使用ジグ・取付具、工具経路、作業手順、生産日程を決定することであると位置づけ、その構成をコンピュータ・システムとしての観点から次の4システムに分類する。

- 1) 加工方法、工程を決定する工程設計システム
- 2) 加工条件、作業手順などを決定する作業設計システム
- 3) 受注した注文の生産日程を決定する日程計画システム
- 4) 設備のレイアウトなどを決定する設備計画システム

次にそれぞれ節を分けて、その意義、具体的な仕事の内容と処理、代表的なシステムの事例、残された課題を非常にわかりやすく解説している。とくに工程設計に関しては、現在主流になりつつある準創成方式の工程設計システムや、基礎的研究が進められている知識処理を用いた工程設計システムについても体系的な説明が加えられており、中味が濃い。本章は本書の狙い通り、実務経験のない学生にとっても、実務家にとっても、役立つであろう内容となっている。

第6章・機械加工のソフトウェアでは、その役割について NC 工作機械を中心に構成される加工工場の自動化をはかるために、工程設計・作業設計から生まれるデータを入力として、搬送、切

削、計測、監視、検査などの作業を制御・管理し、必要とするデータを作成、収集、格納、出力すると共に、作業のシミュレーションをも支援するコンピュータ・ソフトウェアと定義されており、その構成を、

- 1) 加工のソフトウェア
- 2) 検査・計測のソフトウェア
- 3) FMS のソフトウェア

に分類している。次にそれぞれ節を分けて解説する形式をとっている。加工のソフトウェアの節では、NC 機周辺の種々のソフトウェアの解説のあと NC 自動プロを中心に説明が展開されているが、複合曲面形状などの形状モデリングと密着した汎用 NC ソフトウェアに関する説明が浅いことや、多軸加工時のソフトウェアの技術上の課題などについての記述がないのが若干物足りない。

第7章は製造における総合システムとしての CAM と題し、ソフトウェア・システムとしての CAM システムについて、加工用 CAM システムの情報構造、総合 CAM システムへのインテグレーション、製品モデルと CAM システム、などの観点から動向を述べているが、テーマに対して、内容が簡略すぎる感がある。

第8章は CAD/CAM 一貫システムと題し、CAD と CAM のインタフェースやデータ交換にまつわる現状や動向の解説にあてられている。

以上、第2編全体をまとめると、CAM の守備範囲の広さや、製造準備の各工程を支援するコンピュータ・システムに関する概略の知識の理解には十分役立つ書物となっている。ただし、技術的な掘り下げが若干不足しており、技術的知識を得ようとする実務家にとっては、物足りなさが残るかも知れない。

(CAD/CAM システム二部 大高哲彦)

☆

日本機械学会編

## CAD/CAM シリーズ 5

## CAD/CAM 事例集

技報堂出版, A5 判, x+217pp.,

1987, 2,800 円

本書は CAD/CAM システムの開発, 適用にたずさわってきた主に機械技術系の先駆的な人達の著になる CAD/CAM 事例集であり, 機械学会の編になる「CAD/CAM シリーズ」の第 5 巻にあたる(発刊は 2 巻目となる。執筆者は, 高西忠司, 東 正毅, 今井一延, 福井雅彦, 太田吉美, 山口雄三, 川内 修, 山口幸男, 中村 潤, 吉川頌三である)。

本書の各執筆者は, いずれもその業界における CAD/CAM システムについて情報処理分野, および適用分野に関し長い経験と高い技術を保持されており, 述べられている各事例ではシステムに影響を与える業務上の課題, システムを構成する要素技術の開発から運用上の要点に至るまで要領よくまとめられている。構成は七つの章から成り, 「概要」以降, 「自動車」, 「航空機」, 「造船」, 「建築」, 「配管」, 「モールド金型」の 6 分野について紹介されているので, 興味のある分野から読めるようになっている。

「CAD/CAM シリーズ」の他巻とも合わせて, 今後 CAD/CAM システムの開発・導入を検討される人達の良い指針になるものと思う。

## 第 1 章 「概 要」

CAD/CAM システムの発展の歩みから始まり, 機械系における一般的な CAD/CAM システムの処理手順と各工程でなされる処理内容を説明し, CAD/CAM システムの必要機能を概説している。また, システムの利用状況/形態など市場調査データがまとめられており, 導入検討時の参考になる。

## 第 2 章 「自動車」

トヨタ自動車における自動車のボディ開発について, その工程の特徴と課題の提示からシステム化への方針が示され, 開発された統合 CAD/CAM システムについて解説している。

- スタイルデザインプロセスとスタイル CAD システム……自動車の造形部門を支援するシステムとしては, まず線図システムがあった。

それは, 最終意匠を決定したクレイモデルの測定データをグラフィックシステムを用いてスムージングした後, 自由曲面で数値モデル化するもので, それまで図面上で実施されていた曲線間の立体的つじつま合わせなどに要していた多大な工数を減少させることに成功していた。その後, デザイナのイメージを形状に具現化する作業を直接支援するシステムとして, 1970 年代末からスタイル CAD システムの開発がなされた。これは従来の線図システムに代わり, グラフィック上で直接造形作業を行うために, システムへの機能要件はそれまでの CAD システムにはないものが求められた。たとえば,

- ① デザイナの意図を表現する曲面創成法
  - ② グラフィック画面上での曲線・曲面の評価法
  - ③ 新しい曲線・曲面の表現式
- 等である。

これらの難問をデザイナーの作業分析, 取り扱うデータの分析を通じ, そこから十字形, H 形, 口形の普遍的な造形面の要素曲面を探り当てたり, 従来の曲線・曲面式から脱し, 新たに穂坂の式の適用法を考えたりする過程は新しい図形処理体系, マンマシン・インタフェースなどの情報処理技術分野での示唆だけでなく, 未知の分野のシステム化に際し, どのようなアプローチで取り組むべきかをわれわれに教えてくれる。

- ボディ設計と CADETT システム……スタイルデザインで決定された意匠形状から, パネル単位の製品形状を完成させる工程で多数の設計者を利用者として想定した CAD システムが早くから実用化されている。
- プレス型設計とダイフェース CAD システム……ボディの各部品用のプレス型設計の中でとくに, しわ押さえ, 余肉面で構成されるダイフェース形状の設計システムであり, スタイル CAD システムと共通のフレームワークから構築されている。プレス成形性の検討機能や不良成形の回避手順などの図解例は非常に興味深い。
- プレス型製作と NC……自動車工業における CAD/CAM の中で最も早くから適用が開始された分野であり, 高精度な形状加工の実現のための各種工夫が述べられている。その一

つに仕上げ工程の精度向上のため、従来のモデル合わせに代わる数値モデルと、実モデルの測定比較を行うシステムがある。

- 機能部品と各種解析システム……エンジン開発等での性能計算、各種プロパティ計算、構造解析などのための解析システムについて述べられている。

### 第3章 「航空機」

川崎重工の飛行機的设计業務に対し、MDシステムと呼ぶ線図システムとCADAMを適用した例である。

- 外形状の数値化……機体の形状は、自動車のようにデザインの要素により決まるというよりは空気力学的特性をとらえ、解析的に検討され、Conic, CuBic, Flat, Circular サーフェースと呼ぶ要素曲面で創成される。これらの数値データ (Master Dimension) から、一般製造公差 0.25 mm より 1 桁高い精度で NC 計算用のデータを取り出し、APT 系の NC 計算処理がなされる。
- 図面の機械化……製造現場で現寸図として使用される無寸法図面と呼ばれる製造図面はその性格上精密さが要求される。これらを正確に出図することおよび電気結線図などの作画の量が多い作業に対処するために、図面作成の機械化という点に的を絞り CADAM による作図システムを採用している。これら 2 次元表現された図面データをもとに、5 軸加工のための NC プログラムを作るための工夫が述べられている。

CAD/CAM によって製作された物の品質保証を確立するために、3 次元形状データから取り出す検査データは、加工用 CAM データの取り出し方、処理プロセスとは方法を代えることにより形状製作プロセスでのミスを検知できる工夫がなされている。

### 第4章 「造船」

船舶の設計活動を支援する CAD/CAM システムは引き合い、受注から始まって基本計画、性能設計、詳細設計、生産設計に至る各活動の段階をデータベースを中心とした一貫システムとして支援することを目指してきた。ここでは、住友重機械工業のシステムを中心に造船における先端的 CAD/CAM システムを紹介している。システムは機能上基本設計システム、構造設計システム、機

装・配管設計システムに分けられるがそれらは、また多くのサブシステムから構成されている。基本設計システムは、船舶の装置・居住区画・機関室等の配置を計画すること、および排水量・復原力・推進性能の推定を行うことと、船体形状の線図作成機能からなる。

船体構造設計システムは、詳細線図処理・構造材の寸法決定・構造解析を行い現場の工作単位の詳細図面を作成することを経て、現場へネスティング等の生産情報を提供するものからなる。造船の一貫システムの中心をなすものとして、古くから手がけられている分野である。

### 第5章 「建築」

大手総合建設業と大手プレハブメーカーの自社開発の CAD/CAM システムについて紹介している。前者は企画設計、基本設計、実施設計、見積り、施行準備における各作業工程の中でシステムの適用例と操作例を詳述している。後者はシステム開発者の立場から「家」をどう促え、システム内にどのように表現しているかについて興味深い説明がなされている。とくに「家」をシステム内にモデリングする「家モデル」の考えについて、家を構成する「もの」とそれらの間の「関連」を表現した関係モデルとデータ型の考え方は CAD/CAM システムを開発する人達にとって多に参考になるものと思う。

建築設計の分野は、他の機械系の分野に比べ対象物が一般の人にとって馴染みのあるものであり、顧客に接しながら操作することを前提としているだけにデータ入力時の操作性については両者共いろいろな工夫がなされていることがわかる。

### 第6章 「配管」

大規模な配管設計支援システムは、発電・造船・化学プラント等の大手企業により、古くから手がけられており、それぞれ実用レベルのものを持っているようである。ここでは、それらの技術動向を把握した上で配管 CAD/CAM システムの一般について、現状と将来動向について述べている。

まず、系統計画ではプラントを構成する機器とそれらを接続する配管を設定した、言わば論理的な回路図を作成する。これはプラント仕様を決定する基本システムとなる。次に、レイアウト計画により系統図に示された機器・配管をプラント内に 3 次元的に配置するわけで、2 次元的な入力から 3 次元化する手法やエキスパートシステムによ

る自動ルーティングの手法が開発されている。それらをもとに、製作図が作られ生産指示がなされる。配管用 CAM システムと共に複合加工機をトレーラに搭載し、各プラントを廻る FA 工場も現実のものになっている。

### 第7章 「モールド金型」

モールド金型と呼ばれるものの中で、最も多く生産されている金型である熱可塑性樹脂用金型について、金型の設計手順とそこに使用される CAD/CAM システムについて説明されている。

射出成形金型の設計業務上の特徴は、外観を考

慮したパーティング面の決定、キャピティ・コアの分割、アングカットのためのサイドコア機構の設定、成形・離型を容易にするための抜き勾配の設定など、CAD/CAM システムへの技術要件はプレス型でのそれと一味違ったものになっている。

金型製作における CAD/CAM の利用例として、仮想モデルではあるがダイセット設計からキャピティ・コア設計、加工までの作業手順を詳述しており、モールド金型設計業務を知る上で大変参考になる。

(CAD/CAM システム一部 佐藤政俊)

いわゆる自動倉庫システムは、最も物に近いプラント・オペレーションでの自動化システムの一部としてとらえられている。上野泰生は、自動倉庫システムの開発の中で、管理水準の向上を目的として、一般には管理系コンピュータが行う機能までを包含したO社自動倉庫システムの事例紹介を行っている。

電子機器業界では、設計分野においてCADを中心としたコンピュータ利用が盛んであり、また生産管理分野でも統合的な生産管理システムを完成させている企業が多い。しかし、両分野が円滑に結合している例は少ない。加藤学は、電子機器メーカーにおける技術情報管理—PCA部品表作成支援システムの中で、設計・生産両分野の接点となるPCA部品表作成支援システムの事例紹介を行っている。

福島俊二は、工程管理システムUNIS/PCSの中で、設計・生産・販売というメーカーの基本活動と接点を持ちつつ製造現場を管理する工程管理システムのCIMにおける位置づけと同システムが持つべき機能について、UNIS/PCSを例にして紹介している。

米国ユニシスの工場の中でCIM戦略のパイロット工場としてフレミントン工場が選ばれた。岸本朗佳は、米国ユニシス工場のCIM構築でのBAMCS/MRPII適用事例の中で、フレミントン工場のCIM化の中核になる生産計画と管理システムを自社製品であるBAMCSを採用した事例として紹介している。

☆

▶ 技報編集委員会

委員長 柳生孝昭

副委員長 米口 肇

委員 飯塚伊三雄, 岡井功雄, 佐野和義, 新野清嗣, 鈴木 勲, 内藤 聡, 永田利地, 西原良一, 野本雄一, 藤田康範, 前田英次郎, 村井啓一, 吉兼晴雄, 鷲尾 武, 朝倉文敏, 駒崎洋介

▶ 編集制作担当

技術情報サービス部 青柳幸久, 丹野敬子

● Editorial Board

T. Yagiu (Chairman)

H. Yoneguchi (Vice Chairman)

I. Iizuka, I. Okai, K. Sano, K. Shinno,

I. Suzuki, S. Naitou, T. Nagata,

R. Nishihara, Y. Nomoto, Y. Fujita,

E. Maeda, K. Murai, H. Yoshikane,

T. Washio, F. Asakura, Y. Komazaki

● Editorial Staff

Y. Aoyagi, K. Tanno

(Technical Information Services Dept.)

ISSN 0914-9996

技 報

UNISYS TECHNOLOGY REVIEW

Vol. 8 No. 3 (No. 19)

発 行 日 昭和63年11月30日

編 集 人 柳 生 孝 昭

発 行 人 富 田 和 夫

発 行 所 日本ユニシス株式会社

東京都港区赤坂2-17-51 〒107

TEL(03)585-4111 (大代表)

頒 布 価 格 1,500 円

印 刷 所 三美印刷株式会社

禁無断複製転載

# UNISYS

ユーザーニーズに的確に応えます  
トータル・システム・インテグレータ、ユニシス

90年代を透視して、鮮烈に浮上。

大規模トランザクション処理に対応します。画期的なXTPA<sup>®</sup>の採用で、さらにパワーアップ。いま、企業に必要とされるのは、90年代のスピードとパワーに対応できる潜在力をもった戦略情報システムの確立です。こうした時代の要求に応じて登場したのがUNISYS 2200/600シリーズ。画期的なアーキテクチャXTPAの採用により、膨大なトランザクション処理にもゆうゆう対応。高いコストパフォーマンスと信頼性を大きく向上させました。\*XTPA(Extended Transaction Processing Architecture・拡張トランザクション処理体系)従来機種との6倍以上の処理能力を提供。



先進技術を駆使。  
超大型汎用コンピュータ

UNISYS 2200/600シリーズ

# ユニシスから、新登場

日本ユニシス株式会社 本社 東京都港区赤坂 2-17-51 〒107 電話03-585-4111(大代表)