

TECHNOLOGY

REVIEW

UNISYS

技 報

通巻

32

1992 年 2 月発刊

Vol. 11 No. 4

特集 : CIM

巻頭言

- 特集「CIM」の発刊によせて野本雄一 1

論 文

- CIM の現状と将来動向岩田一明, 福田好朗 3
日本ユニシスのオープン CIM アーキテクチャ岸本朗佳 14
CIM 構築の戦略的アプローチ小林昂平 34
日本精工における CIM 体験井上公夫 44
沖ユニシスにおける CIM システム紹介石沢良信 60
精密機械製造企業における CIM システム化の事例武藤保典 75
基板組立 FFC システム構築事例渡部浩志 87
沖データシステムズにおける工場内物流管理システム石橋 隆 102
T 社における金型生産管理稲垣 勉 112
サカタインクス(株)における生産システム開発事例近藤正彦 131
医薬品製造業における生販一体システム長谷川正人 145
技術開発部門における CIM 化への対応高橋伸一 159
サーフェスモデラとソリッドモデラの統合谷本茂樹 179
B-スプライン曲面の変形手法について松木則夫 202
CAD/CAM データ交換国際規格: STEP
第一報——STEP の全体構成と形状表現——大高哲彦 216

- パッケージ紹介242
新製品紹介249
掲載論文梗概表 2, 3

岩田一明・福田好朗の CIM の現状と将来動向は、まず CIM システム出現の必然性、導入状況を外観・分析し、CIM が各産業の特徴を反映して構築されていることを示している。さらに、CIM 構築に必要な技術を展望し、アーキテクチャ・インフラストラクチャの必要性、標準化の状況を述べ、マルチベンダによるシステム構築の可能性を検討している。最後に今後の価値の変化の可能性を示し、それに適した CIM システムが望まれることを示している。

製造業の経営環境の変化に柔軟・迅速に対応し、市場での競争優位をいかに確保するかが製造業の大きな課題となっている。岸本朗佳の日本ユニシスのオープン CIM アーキテクチャは、これからの時代が要請する経営環境の変化に対応できる CIM システムのあり方を提案する「CIM アーキテクチャ」の概説をしている。

製造業では 1/3 以上の企業がすでに CIM の導入・開発に着手していると言われる。しかし、計画通り開発が進まない、期待通りの成果が得られない、と言う報告もされている。小林昂平は CIM 構築の戦略的アプローチの中で、個々の企業の戦略や企業基盤を考慮した CIM 構築の進め方とそのポイントについて述べている。

日本精工の CIM は、技術関連と事務関連のシステムに大別され、相互に連携を保持しながら互いに補完し合い、グローバルな見地でネットワークされ、外部から見ると一つのシステムとして機能している。井上公夫は日本精工における CIM 体験の中で、四半世紀以上にわたってシステム構築に携わった体験をもとに、日本精工の CIM 構築の紹介を行っている。

AMBus システムをベースとした米国 UNISYS ローズビル工場の CIM は、1990 年度の米国エレクトロニクス FA 賞を受賞した。石沢良信の沖ユニシスにおける CIM システム紹介は、ローズビル CIM アーキテクチャを考え方・仕組みのベースとして構築中の沖ユニシスの CIM シ

ステムの紹介を行っている。

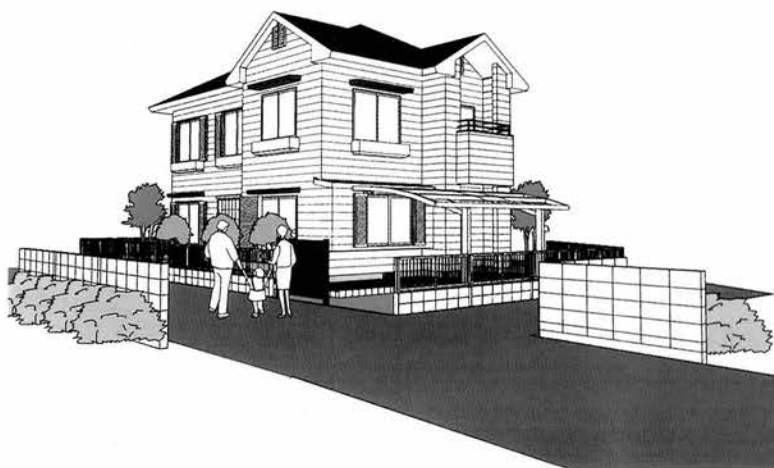
武藤保典の精密機械製造企業における CIM システム化の事例は、ある精密機械製造企業の CIM を目指したシステム構築の事例報告である。該社では、顧客納期の短縮、新製品・新規事業への対応等を目的に、全社的システム統合化プロジェクトを進めている。本稿では、システム構築の背景・全体構想、さらに設計支援および生産管理システム統合の例を紹介している。

今日、FA は CIM 構築の重要な要素となっている。A 社 B 工場では、FA を実現すべく基板組立工程内 FMS ラインに、基板組立 FFC システムを導入した。渡部浩志の基板組立 FFC システム構築事例は、基板組立 FFC システムの分散化、階層化されたシステムのアーキテクチャおよび機能概要を紹介している。

沖データシステムズでは、滞留のない物流、効率のよい生産の実現を目指し、工場管理システム CMS の開発を行ってきた。石橋隆の沖データシステムズにおける工場内物流管理システムは、この CMS を構成する生産管理、物流管理等のシステムのうち、今回新たに構築した工場内物流管理システムを中心に紹介している。

製造業では、変種変量生産の時代に合わせ、各分野で自動化が進められている。このような環境下で、計画系・管理系・技術系情報を統合化し、工場内の人・物・機械の動きを支援する重要な役割を果たすべく、T 社では金型生産管理システムを構築した。稲垣勉は T 社における金型生産管理の中で、本システムを特徴・機能・構築上の考慮点から紹介している。

サカタインクスでは消費者志向の変化から、事務量の増加やリードタイムの短縮に対応すべく、生産管理システムの構築が企画された。近藤正彦はサカタインクス(株)における生産システム開発事例の中で、生産管理システムの構築と同時に CIM への足掛りとして、FA システムをドッキン



口絵 1 外観透視図



口絵 2 立面図 P

詳細は、新製品紹介「トータル・ハウジング CAD システム HCAD/WS & HCAD/CG」に掲載.



口絵 3 鳥瞰図



口絵 4 室内透視図

詳細は、新製品紹介「トータル・ハウジング CAD システム HCAD/WS & HCAD/CG」に掲載。

特集「CIM」の発刊によせて

野 本 雄 一

本“技報”は、「CIM 特集号」として、岩田先生（大阪大学工学部教授）による基調論文をはじめ、ユーザにおける事例研究そして私どものシステム開発の貴重な経験から得られた専門の情報技術を掲載しました。皆様のお役に立てることを心から念じております。

今日まで、我が国の製造業は幾多の困難に直面しながら、たゆまず技術革新に挑戦し続け、その結果、世界に冠たる工業製品の生産技術基盤を築いてきました。そして今日、CIM（コンピュータ統合生産システム）の構築を始めとして、コンピュータを戦略的に利用し、より一層の企業の競争力向上を図るための情報化投資が盛んに行われています。一方、「ボーダレス・ワールド」の言葉通り企業の国際化はますます加速し、国際社会への貢献や、人や自然に優しい環境作りが大きなテーマとなってきております。また、コンピュータの利用技術はダウンサイジング、オープンシステム化、分散化へと大きく変化してきており、こうした技術革新の波はいち早く製造業の情報部門に押し寄せてきております。私たちは、製造業のお客様が直面しているこれらのさまざまな課題の解決にお役に立てるよう努力を続けています。

私たち日本ユニシスは、我が国のコンピュータリゼーションの黎明期から、多くのユーザの先端的情報システムの構築をお手伝いしてきたばかりでなく、オンライン、生産管理、4 GL、CAD/CAM、グラフィックス、EWS、オープンシステム、CIM 等常に情報技術のフロンティアを切り開いて参りました。今日、情報システムの中核機としてご利用いただいている 2200 シリーズ、A シリーズのメインフレームに加え、いち早く、オープン化や分散システム化に向けて高い性能を持つ US ファミリ（SPARC）、S 8000 シリーズ、U 6000 シリーズと目的に応じた UNIX 機、および PC、LAN、を始め、FA コンピュータ等、製造業に特有な機器や CIM 構築に便利なインフラ・ソフトウェアを整備し提供してきております。そして、高い評価を頂いているシステム・サービスをさらに充実し、より安心してご利用いただける体制を整えております。

こうした基盤の上に、私たちはお客様の CIM 構築の計画から導入まで一貫して支援するため、「CIM アーキテクチャと構築技法」を整備し、CAD/CAM/CAE、エンジニアリング OA（EOA）、生産管理、工程管理、FA、販売支援、経営支援等の CIM に関連する諸システムを提案し、新規開発やカスタマイズに積極的に対応しています。

とくに、1991 年 10 月に発表した『次世代 CAD/CAM システム CADCEUS（キャドシアス）』は設計業務の上流から下流まで一貫して利用でき、CIM の中核になるシステムです。先端技術を集大成した 3 次元 CAD/CAM/CAE および CG を統合した、私たちが自信をもってお勧めする画期的システムであり、コンカレント・エンジニアリングを始めとする 21 世紀に向けての生

産技術革新を可能としました。これを中核にして技術情報管理，図面管理，技術文書作成等の EOA や，生産管理，FA，販売支援等のシステムとの統合化を実現する CIM の構築をお手伝いしてまいります。

製造業におけるニーズは多種多様，しかも常に最先端技術が求められます。私達は自ら最大の努力を続けると共に，強力な提携企業や海外における Unisys との緊密な協力により，お客様のさまざまなニーズに応えていきます。そして，日本の製造業と共にあることを切に願っています。

最後に，岩田先生を始め，当“技報”に投稿下さいましたユーザの皆様に厚くお礼申し上げます。

(製造工業営業本部 CIM 推進部 部長)

CIM の現状と将来動向

CIM System—Current Status and the Trend

岩 田 一 明, 福 田 好 朗

要 約 製造業における生産は、それぞれの時代背景とその環境の影響を受けて、いろいろと変化してきている。現在は、多様な市場からの要求を効率よくかつ品質を満たすように開発し、生産することが望まれており、その代表的なシステムが CIM である。

ここでは、CIM システムに至るまでの価値の変化を振り返り、CIM システムの出現の必然性を見ている。そのうえで現在の CIM システムの導入状況を概観し、分析し、CIM がそれぞれの産業での特徴を反映して構築されていることを示している。そして、さらに CIM を構築するために必要な技術を展望し、アーキテクチャとインフラストラクチャの必要性を述べるとともに標準化の状況を述べて、マルチベンダによるシステム構築の可能性を検討している。

そして、最後に今後の価値の変化の可能性を示し、それに適した CIM システムが望まれることを示している。

Abstract In order to satisfy a number of requests from a market, production systems must be changed to high flexible and high performance ones. We had the history of automation and computerization in production systems. In this paper, we discuss about the history from the view point of market value change. The needs to make a CIM system in manufactures is defined from this point.

And then, we discuss about the status of CIM implementation in Japan based on our survey and analysis. It is clear that a various kinds of CIM system are installed in Japan and these systems are going to construct the ideal system. We point out that the architecture, the infrastructure, high performance system elements and standardization are necessary on constructing the ideal CIM system.

Finally, we estimate the future trend for CIM system from view point of market value change and organizational change.

1. は じ め に

製造業における生産は、その時々々の社会環境、経済環境、労働環境、科学・技術環境、自然環境、国際環境等の影響を受けて、その様式、形態やシステムを変化させ、生産性、信頼性、経済性を向上させてきた。最近では、製造業の関心は高度な情報処理を含む統合的な生産システムを構築し、経営戦略のもとに合理的に生産を行うことに集中してきている。それは、従来の良い品質の製品を安く、多く生産し、市場を十分に満足させ、高利益を生む時代は終了し、製品そのものの機能以外に、いかに付加価値を付けて市場に提供するか这个时代に入ってきているためである。

食品や日用品等の流通チャネルの主導権の強い製品等は、当然、従来から流通と生産を巻き込んだ形で競争が進んできて、それに即した形態で生産システムが作られてきている。しかしながら、最近ではそれら以外の製品、たとえば、工作機械や産業機械、耐久消費財等の機械、電気製品等もこれらと同じような競争を行うようになりつつある。そのために、機械製造業等においても、経営戦略を含む統合生産システムが

注目され、システムの構築が進められてきている。ここでは、これらの現状と将来の動向について述べる。

2. 生産における価値の変化

製造業の使命は、市場の求めるものを製造することであり、それ自体はそれほど大きく変化をすることはないが、製品のどこに価値を見出すかは、その時々市場の要求によって変わる。生産システムの場合、この市場の価値観がその構成や考え方に大きく影響している。

生産システムを考える時に、市場がどのようなところに価値を感じているかを明確に捉える必要がある。この把握にあたっては、経験的なものが大きく、論理的にはできない部分であるので、無意識のうちに行われていることが多い。この市場の価値観を捉えることができたならば、その価値観を工場内の価値（生産に対する価値観）に展開して、具体的な管理目標を設定することになる。そして、その時々技術や方法を用いて現実的なシステムへと変換される。

たとえば、市場に物が不足していて、多量に製品を供給することが望まれている時には、限られた資源（生産設備、作業員）を最大限に用いて、生産数量を確保することが目標となる。このような方法として、作業の細分化が行われ、流れ生産が提案されてきた。

その後、人件費の高騰や高能率の生産が求められはじめると機械化・自動化が行われ、より多量の生産を可能にして廉価な製品を提供し続けることを行った。この時期の生産システムの運用は、生産設備の償却を速めて、コスト削減を行うために生産設備の稼働率を高めることや、そのための設備や作業方法の改善等が行われた。これらは、いずれも生産数量を増加させ、多量の製品を市場に供給しようとするところから始まっている。しかし、市場に製品が十分に供給されるようになると、高度で安定した品質の製品が望まれるようになる。そして、高品質であることが市場の価値観となると生産システムの運用の中心は、品質管理に移り、管理目標は不良率の低減から歩留まりの向上、さらには直行率の向上へと移り、故障の少ない高品質の製品を生み出すようになった。

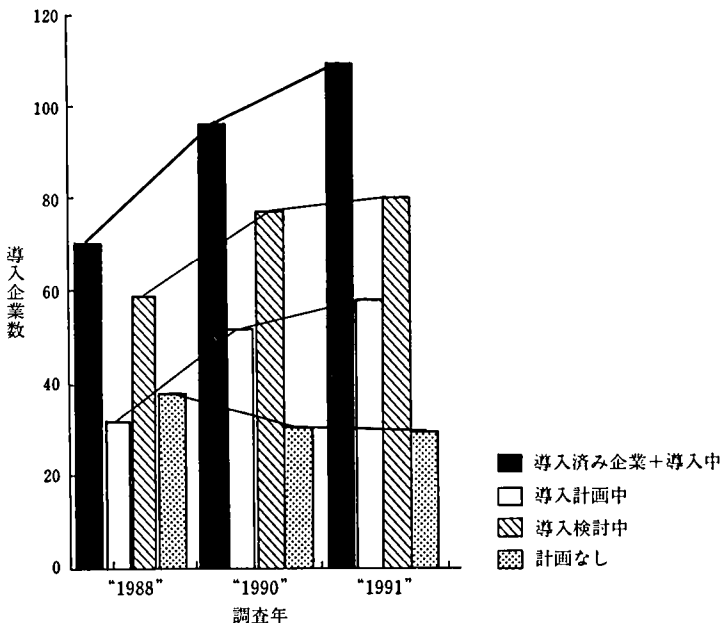
このように市場が安定して高品質の製品が多量に供給可能になると、当然市場は多様な製品を要求するようになる。市場の多様に対応し、なおかつ高品質で廉価な製品を十分提供するためには、多品種の生産を高能率に行う必要が生じて、多品種対応の生産方式の導入がさかんになり、グループテクノロジー(GT: Group Technology)^[1]等が提案された。また、多品種の生産を無駄なく行うための「かんばん方式」の提案等、工場内および協力会社間の物の流れをも含めた生産システムが提案されるようになった。一方、自動化機械に関しては、プログラマブルで柔軟な自動化を目的としたFMS(Flexible Manufacturing System)の開発^[2]、導入が行われ始め、多品種対応の高能率システムが実用化された。この時点での管理指標は、仕掛かり在庫の減少、工場内物流の合理化である。

最近では、より多様な要求に短時間で答えることを市場が望んでいる点に注目し、短時間のサイクルで柔軟な生産を行いつつ、市場に直結した生産システムの構築が検討

されるようになった。このようなシステムでの管理指標は、受注から納品までの生産リードタイムの削減、および生産計画あるいは生産指示、進捗管理等の間接要員の削減等が中心となる。これらの要求を実現するシステムとして、情報処理と通信を活用した CIM (Computer Integrated Manufacturing) システムの提案^{[3][4]}が行われており、その構築^[5]が積極的に進められている。

3. CIM の現状

価値の変化によって生産システムが大幅に変更され始めてきている。その代表的なシステムの例の一つが、CIM システムである。CIM システムは、著者らが日本能率協会において行っているアンケート調査^[6]によると、図 1 に示すように 1988 年に 70 社が導入を開始しており、1990 年には 95 社、1991 年 11 月の発表によると 110 社にのぼっている。さらに、このデータで注目される点は、導入企業数が増加しているだけでなく、導入計画にあるいは導入検討中等、CIM の導入に積極的な企業も増加しており、CIM システムに対する企業の高い関心とともに導入意欲の高いことである。



(日本能率協会、第13回経営課題実態調査<生産>1991より)

図 1 CIM システムの導入状況^[6]

Fig. 1 Trend of CIM system implementation in Japan

また、これら導入している業種を見ると、自動車産業、自動車部品産業、工作機械、産業機械や電機産業等の機械産業、金属材料や繊維、化学材料等の素材産業、食品加工業等、広範囲の産業が含まれている。それぞれの産業がどこに注目して CIM を構築しているかを見たものが図 2 である。この図は、先の調査データ^[6]に基づき著者らが分析したものである。この図によると、いずれの産業も生産に注目して、CIM の構築を行っていることがわかるが、それ以外でも異なった特徴を持っていることがわかる。

食品加工では、受注と生産とを極端に意識している。これは、POS(Point Of Sales)

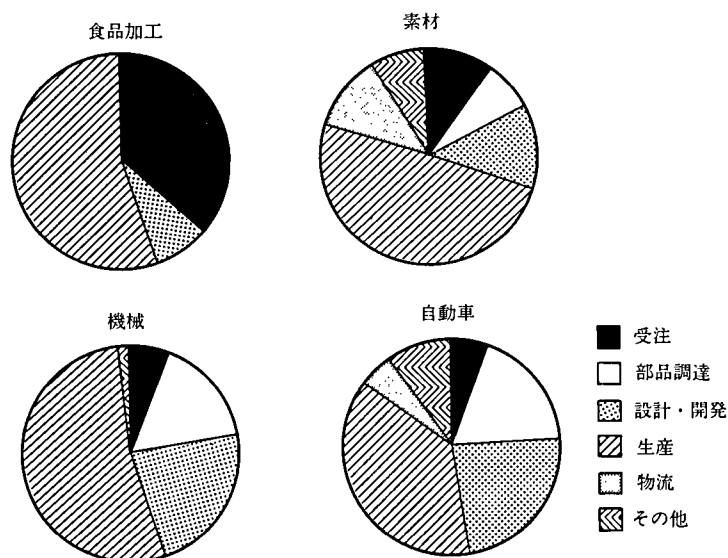


図 2 産業別に見る CIM 構築時の注目箇所

Fig. 2 Interest point on constructing the CIM system

等による売れ筋情報の把握を販売・流通系企業が行い、そこからの受注を直接的に生産につなげて、タイムリな生産を行うことを意識したシステムで、受注と生産を結合したシステムに関心のあることがわかる。素材産業は、他の産業に比べると物流に対する関心の高いことがわかる。これは、素材産業がその産業自身で完結するのではなく、二次加工産業に製品をタイムリに提供するという性質から、当然要求されてくることである。とくに、最終加工を行っている産業が CIM を導入し、生産リードタイムを短縮させ、仕掛かり在庫を減少させることになれば、受注、生産、物流の結合をはかるシステムを構築しようとするようにならざるをえない。

導入企業数では、最も多い機械産業と自動車産業は、自動車産業が物流を意識している点と生産の比率が若干少ない点を除くと、ほとんど同様な傾向を示している。他の産業に比べると設計・開発、部品の調達への関心の高いことがわかる。これは、組立型の生産システムが主体となっており、多くの関連企業と連携していることから調達部門の部品調達に対する関心が高い。また、多品種あるいは多仕様の製品を開発し生産することで国際競争力を付けてきている背景から、一般にいわれる生産リードタイムや製品開発のリードタイムの短縮を主眼とした生産システムの構築にも強い関心があることがわかる。

このように、それぞれの産業によって CIM システムの注目点は異なっているし、さらにそれぞれのシステムを詳細に見ると、おかれている環境ならびに生産している製品によってシステムへの要求が大幅に異なっている。CIM システムの構造や形態は異なっているが、現時点では CIM システムは、「高速で生産に関係する情報を収集し、処理し、タイムリに生産をコントロールし、生産リードタイムや開発リードタイムを短縮し、システム全体の長期的な効率を高めるシステム」と定義できるようなのである。

4. CIM システムを実現する技術

CIM システムは広範囲のシステム形態を有し、一概に論ずることができないことはすでに指摘したがここで考えているシステムは、工場の有する機能と設計開発で有している機能を企業戦略の基に統合したシステム、すなわち図3に示すようなシステムを対象としている。

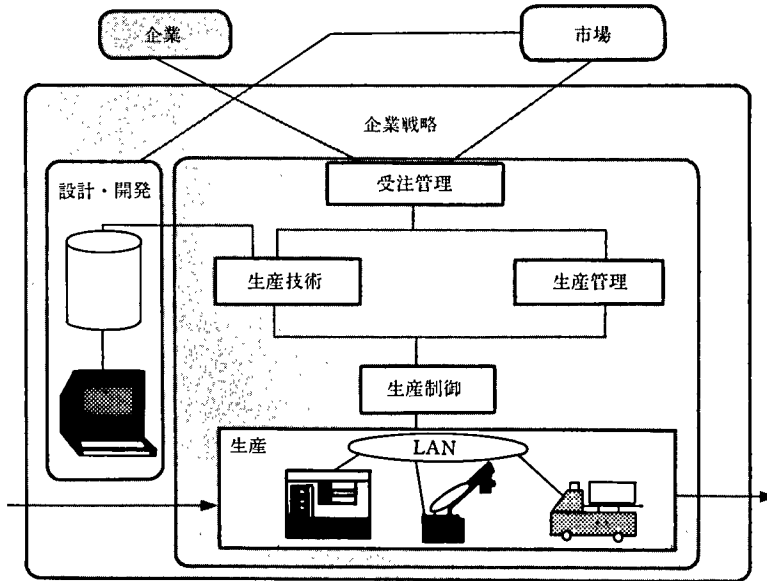


図3 CIMシステム構成のイメージ

Fig.3 CIM system structure

このようなシステムを構築するにあたっての重要な技術開発課題を整理すると、

- 1) システムの構造や将来の構成までの全体を見通すアーキテクチャと参照モデル、
- 2) 通信、データベース等、システムの基盤を構成するインフラストラクチャ技術、
- 3) システム統合を行うための標準化技術、
- 4) 要求仕様と現実の制約を考慮して稼働可能な CIM システムを構築する構築技術、
- 5) システムを構成する要素技術開発、

があげられる。

生産システムのアーキテクチャや参照モデルに関する議論は、CIM システムに対する関心が高まってから急速に行われるようになってきた。これは、従来の生産システムに関する議論は、それぞれの機能内でシステムがクローズされているので、システム全体の構造や将来の変更可能性まで考慮にいれる必然性が少なかったことによる。かなり大幅な変更を伴う生産管理システムの構築においても、従来は生産管理の手法を中心に導入を行い、せいぜい関連する部門を巻き込むか、あるいは一部のシステムをモデルとして実行し、成功した後に関連する部門に水平展開するにすぎなかった。しかしながら、CIM システムは生産システムあるいは企業の生産に係わるシステム全

体に関係しているので、このような部分的なシステム構築では効果が得られにくい。ため、当初からシステム全体の構造を考慮する必要がある。その構造に合わせて部分的な機能を開発し、整合をとる必要がある。この視点に立った CIM システムに関しては、コンピュータメカ、コンサルタント企業、エンジニアリング企業および国際的な研究組織等からいろいろなアーキテクチャの提案がなされている。

公的な研究成果としては、欧州共同体 (EC) が情報技術の国際的研究プログラム (ESPRIT) で行っている CIM の開放型システムアーキテクチャ CIM/OSA (Computer Integrated Manufacturing/Open System Architecture)^[7] や民間の国際的な研究開発組織である CAM-I が行った調査研究成果^[8] があげられる。CIM/OSA は、実現可能性までも評価するプロジェクトであり、それによるとユーザの要求を機能、情報、資源、組織の四つの面で論理的に記述し、それらに基づいて作られた設計モデルを、実現可能性を検討するモデル、実装するためのモデルへと詳細化して、実行可能なレベルまで具体化するとしている。この具体化の際に、基本的な要素、業種別のような部分的に共通な要素、個別の工場あるいは企業に必要な要素を分けて具体化するとしている。このようなプロセスの枠組みを示したものが図 4 である。

また、アーキテクチャと呼んではいないが、CIM の一般的な構造を表すモデルとしては国際標準の組織である ISO において検討され、1989 年にテクニカルペーパー^[9] として公表された参照モデルがあげられる。これは、CIM/OSA のように構築プロセス

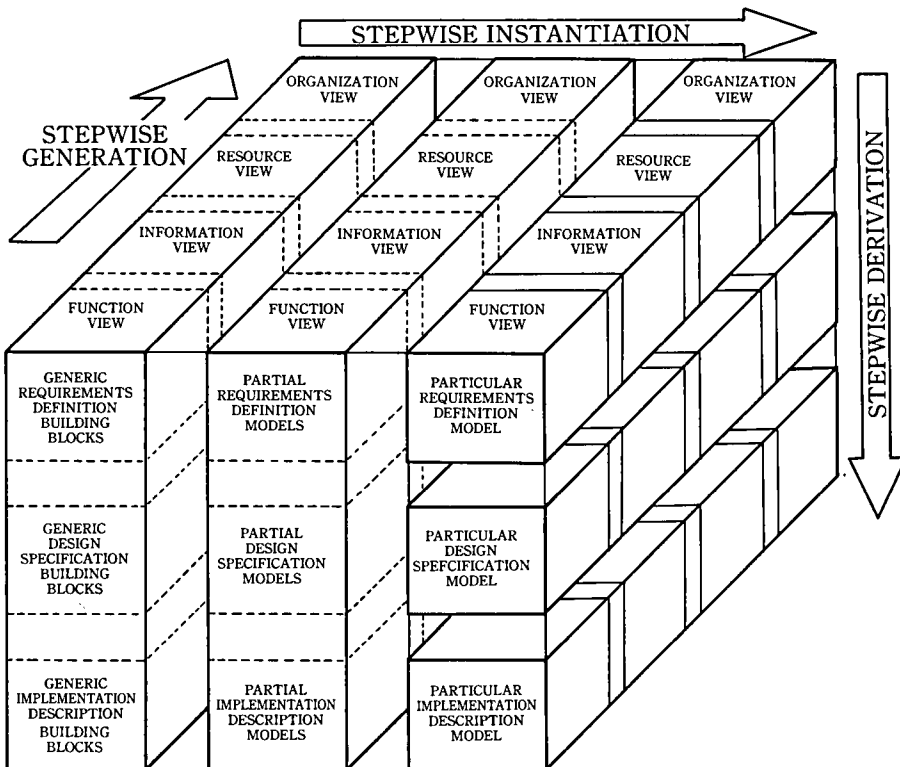


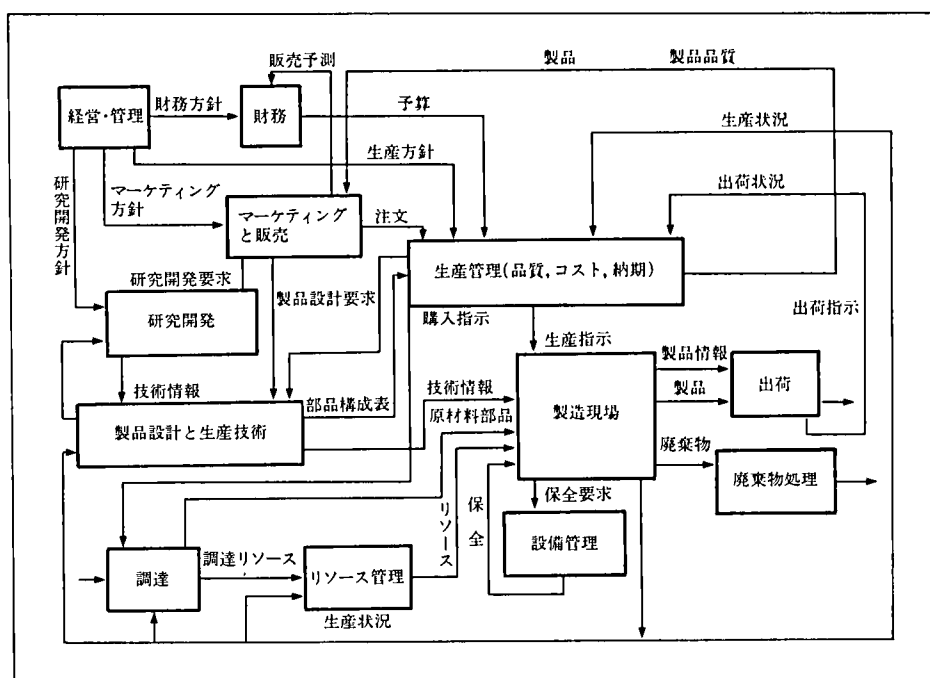
図 4 CIM/OSA のアーキテクチャのフレームワーク

Fig. 4 CIM/OSA architectural framework

を示したものではないが、生産システムの一般的な構造を示したものと見える。このモデルの対象は製造現場の生産のみであり、現在の CIM システムで考慮している範囲に比べるとかなり狭い領域の構造を示しているにすぎない。図 5 に示したものは製造現場の生産と他の機能との関係を表しており、また図 6 に示したものは、それらの階層と製造の現場の中の階層を表したものである。

一般的でかつ具体的なアーキテクチャを提案している企業は、現時点では数少ないが、生産システムの統合を行う企業やシステム全体に影響する機器類を提供する企業では、今後、実現可能で長期的な構造を示すことができるアーキテクチャを求められるようになると思われる。

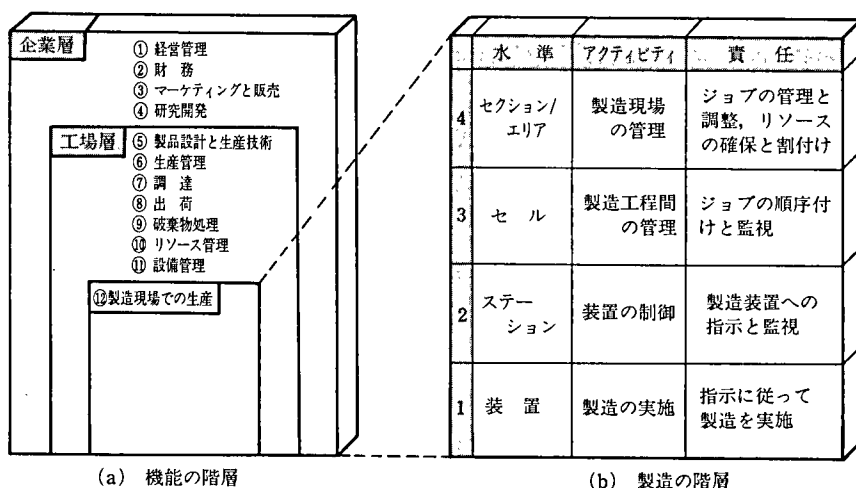
一方、インフラストラクチャに関する議論は、工場内に設置されている機器間の通信プロトコルの統一・標準化から始まった。これは、工作機械の NC 制御器、プログラマブルコントローラ、ロボット制御器あるいは FA 用のコンピュータ等、異なるベンダから供給されるものが異なるプロトコルであるために、一つのシステムとして組み込むのに多大な労力を有することから、その無駄を省くことから出発している。この代表的なものの一つが MAP/TOP (Manufacturing Automation Protocol/Technical & Office Protocol) の活動である。これは、工場内および設計等の技術系のオフィス内の通信システムの通信規約を統一し、標準化仕様とするものであり、当初はアメリカを中心に活動していたが、最近では欧州・日本等が積極的に参加し、検討を行



(ISO/TC184/SC5/WG1, Reference Models for Shop Floor Production Standards Part 1, ISO Technical Report 10314, 1989. より)

図 5 製造現場と他の機能との関係^[9]

Fig. 5 Context of shop floor production^[9]



(ISO/TC184/SC5/WG1, Reference Models for Shop Floor Production
Standards Part 1, ISO Technical Report 10314, 1989. より)

図 6 生産機能の階層と製造現場の階層^[9]

Fig. 6 Hierarchy of manufacturing functions and hierarchy in shop floor production^[9]

っている。しかし、これを用いた具体的な機器やシステムの開発が遅れており、当初の期待を十分満たすまでに至っていない。最近では、制御情報のリアルタイム性等の制約からセルネットやフィールド・ネット等適用領域ごとにそれに適した通信システムを検討する傾向が出てきている。フィールドネットの典型的な例としては、日本でミニ MAP 仕様に準拠して開発した FAIS (Factory Automation Interconnection System) があげられる。

また、CIM のもう一つのインフラストラクチャとしては、データベースの統合があげられる。CIM システムのデータベースを一元化しようとする試みは、いくつか行われたようであるが、生産に係わる情報が多様化していること、従来からの資産を活用しなければならないこと等から、十分に統合化ができる状態でないようである。ただ、設計に関する情報は、ISO において単なる情報のインタフェース作りではなく、データ構造まで含めて情報の交換が可能にする STEP (Standard for the Exchange of Product model data) の検討がなされており、新しい技術を先取りして標準化しようとする試みが注目されている。

最近では、CIM という観点だけでなく、コンカレント・エンジニアリングの観点からもデータベースの一元化あるいは統合化が重要視されている。コンカレントエンジニアリングとは、設計時に、生産準備時点あるいは生産時点、さらには運用時点の状況を並列的に予測し、開発リードタイムを短縮することを目的にした開発環境である。たとえば、DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency) が提唱している DICE (DARPA Initiative in Concurrent Engineering) では、設計・開発上の多くの機能を処理する分散環境のシステムをネットワークで結び、多視点で検討することができるように多くの情報を一元化して運用し、設計時や生産準備時点で多くの問題点を解決してしまおうとするものである。ここでは、このために各種の異なるデー

データベースを統合する環境を作ろうとしている^[10]。

CIM に関する議論では、情報の統合化それも広範囲の情報の統合化を議論することになるために、マルチベンダ環境における情報の統合化が問題になる。当然、長期的にその統合化の構造を維持するために標準化が望まれるようになる。とくに、企業活動がグローバル化している自動車産業やコンピュータ産業等は、国際標準が望まれるようになる。そのため、ISO でも、インフラストラクチャにしる、アーキテクチャにしる多くの議論がなされている。たとえば、工場の自動化を議論している ISO の技術委員会 TC 184 では、NC 工作機械を検討している SC 1 およびロボット制御を検討している SC 2 においては、制御を一元化する様式であるコンパニオン・スタンダードを検討しているし、CAD データを検討する SC 4 では設計データの標準的な構造を検討するために、先にあげた STEP を検討している。この他にシステムの統合を検討する SC 5 では、WG 1 で CIM システム構築のためのフレームワークを標準化することを目的に、CIM/OSA のアーキテクチャのフレームワークを基本文書として、検討を行っている。

この他に、部品調達コードを検討している EDI に関する標準化、コンピュータのデータ通信を広範囲に標準化している OSI 等、多くの標準化が CIM の構築には関係してくるので、これらの動向を見極める必要もある。

CIM を構築する技術として重要であるアーキテクチャ、インフラストラクチャおよび標準化の動向を見てきた。この他に、要求仕様と現実の制約を考慮して稼働可能な CIM システムを構築する構築技術やシステムを構成する要素技術開発等があるが、構築技術は、エンジニアリング企業やコンサルタント企業等、システムインテグレータがそれぞれの事例を通して構築経験を積み重ねている状態であり、まだ確立的な方法が提案されているとはいいいがたい。また、システムを構成する固有技術は CIM システムでは広範囲の技術が求められるので、ここで言及することは避けるが、従来、作業者や生産技術者が経験として積み上げ、体得してきた効率的な生産システムや工場の運用方法やそれぞれの機器の操作方法、ならびに工作方法をハードウェアあるいはソフトウェアまたはドキュメンテーションとして残し、それらを用いてより複雑で、より品質の良い、より高度な技術を開発していく必要があり、そのための方法論の開発が期待されている。

CIM システムを実現するための技術として、アーキテクチャ、インフラストラクチャおよび標準化等の現状を述べてきた。CIM の議論の最初で、マルチベンダ環境の実現とシステム保全の必要性から、インフラストラクチャの整備と標準化が熱心に議論され、多くの期待が集められたが、多くの企業でシステムの具体化が始まるとインフラストラクチャの整備や標準化の速度と企業での具体化の速度に開きが生じ、現時点ではどちらかというところ独自のシステム構成が作られようとしているのが現状である。ただ、徐々に標準化の議論も具体性を帯びてきているので、これらの動向を注目して、取り入れられるべきものは取り入れるようにすることで、多くの資源の重複投資を避けることができるようになると思われる。

5. CIM の今後の動向

CIM システムの現状と技術の動向を見てきた。これによると、本格的な CIM システムの構築に向けて徐々にシステム構成を行い、情報処理システムの構築やシステム間の統合等を開始してきていることが読み取れる。しかし、実際にはこれらのシステムが明確なアーキテクチャを持ち、ある程度長期の間の環境変化に耐えるためのシステムの変更を可能にするインフラストラクチャを備え、現実の要求に耐えられるシステムかと問われると、まだ多くの問題点を抱えていると言わざるを得ない状態である。とくに工場内の通信、データベースの統合等は、新しい技術の開発とインフラストラクチャの長期的展望とを勘案しながら検討を行わなくてはならない状況であるので、これらの固有の技術開発と標準化の動向を的確に把握しながら、システム構築を行っていく必要があると考えられる。

また、最近では、単純な生産性や投資の採算性のみで生産システムや工場を評価したり、投資判断をできなくなってきた点にも注目しておかなければならない。たとえば、工場周辺の環境に対する配慮、作業者のアメニティに対する配慮、製品の廃棄までを含むライフサイクルにおける環境に対する配慮等がそれであろう。すべての産業に対して有効な方策は、現時点ではないが、今後これらの問題点の解決を意識していかざるをえないであろう。

最後に、現在議論されている CIM システムを含む生産システムは、従来のシステム制御や組織に準じて考えられてきているが、最近では製造現場の人が減少したり、EWS 等の普及によるダウンサイジング等の影響により、分散処理が行われたり、組織上の権限委譲が実質的に行われ始めており、システムの考え方の大幅な変化が起こりうる可能性も出てきている。そこで、最後に、技術的な問題点のみならず、組織的な変化も意識しなくてはならなくなってきた点を指摘しておきたい。

-
- 参考文献 [1] (財)機械振興協会 GT 研究会編, GT 導入のためのガイドブック, (財)機械振興協会, 1979.
- [2] 伊東誼, 岩田一明, フレキシブル生産システム, 日刊工業新聞社, 1984.
- [3] 松島克守, CIM 製造業の情報戦略, 工業調査会, 1987.
- [4] UNISYS 技報, 特集 CIM, 通巻 19, 日本ユニシス, 1988.
- [5] CIM デザイン研究委員会編, CIM 構築ガイドブック, 工業調査会, 1991.
- [6] 日本能率協会, 第 13 回経営課題実態調査〈生産〉, 1991.
- [7] AMICE, Open System Architecture for CIM, Springer-Verlag, 1989.
- [8] CAM-I Standard Committee, Discrete Parts Manufacturing Model, CAM-I, 1983.
- [9] ISO/TC184/SC5/WG1, Reference Models for Shop Floor Production Standards Part 1, ISO Technical Report 10314, 1989.
- [10] M. K. Painter, et. al., The Many Faces of Concurrent Engineering, Conference Proceedings AUTOFACT '91, 1991.

執筆者紹介 岩田 一 明 (Kazuaki Iwata)

昭和9年生。昭和39年京都大学大学院博士課程修了。工学博士。同年、神戸大学工学部助教授。昭和41年～42年米国ウイスコンシン州立大学リサーチアソシエーツ、昭和44年神戸大学工学部教授。この間に、切削工学、生産システムに関する研究を行い、多数の論文を発表。ASME(論文賞)、精機学会賞、SME テーラーリサーチメダル(研究賞)など受賞。平成元年、大阪大学工学部教授、現在に至る。この他に、工業技術院機械技術研究所非常勤研究員、(財)機械振興協会技術研究所客員研究員を兼務。精密工学会副会長、日本機械学会会員、CIRP(国際生産工学研究学会)理事、ASME(フェロー)、SME(会員)、ISO/TC 184/SC 5 日本代表および国内対策委員長、精密工学会生産・経営知識学専門委員会委員長、IROFA 統合化FA 調査委員会委員長等。著書に、「生産工学」(共著)(コロナ社、1988)、フレキシブル生産システム(共著)(日刊工業新聞社、1984)、生産システム学(共著)(コロナ社、1982)等。



福田 好 朗 (Yoshiro Fukuda)

昭和22年生。昭和46年中央大学理工学部物理学科卒業。同年、(財)機械振興協会に勤務。生産管理システムの開発に従事。昭和55年から同協会技術研究所において、工程設計システムに関する研究、CIM シミュレーションに関する研究、CIM 設計に関する方法論の開発に従事。平成元年、「知識ベース工程設計システムの研究」により神戸大学にて工学博士。現在、(財)機械振興協会技術研究所生産技術部技術主幹。



精密工学会、日本機械学会、日本経営工学会の会員、日本機械学会FA部門運営委員、ISO/TC 184/SC 5 国内対策委員等。著書に、精密工学会編「生産ソフトウェアシステム」(共著)(オーム社、1991)、日本機械学会編「CAEとCAM」(共著)(技法堂出版、1988)、「CIM 構築ガイドブック」(共著)(工業調査会、1991)等。

日本ユニシスのオープン CIM アーキテクチャ

An Overview of the Open CIM Architecture Offered by Nihon Unisys

岸 本 朗 佳

要 約 近年、製造業を取り巻く経営環境の変化は激しさを増す一方である。こうした環境の変化に柔軟かつ迅速に対応し、市場での競争優位をいかに確保するかが製造業にとって大きな課題となっている。

このため、戦略情報システムとしての『CIM (コンピュータによる統合生産)』構築が急務とされている。

日本ユニシスでは、この CIM を製造業の根幹である『モノ造り』を支援する情報システムと位置付け、本稿では、これからの時代が要請する経営環境の変化に対応できる CIM システムのあり方を提案する『CIM アーキテクチャ』について概説する。

Abstract Present-day changes in the business environment surrounding manufacturing industries are remarkably getting more and more rapid. The primary challenge the industries are faced with is how to gain a competitive edge in the market by flexibly reacting to such environmental changes in a timely manner. That is the reason there have been urgent needs for the creation of a computer integrated manufacturing (CIM) system which serves as a strategic information system.

Positioning the CIM system as an information system supporting what is called "the making of things," the core basics of manufacturing industries, Nihon Unisys has built its own CIM architecture which proposes how such a future CIM system ought to be created as is capable of meeting all sorts of requirements in the ever-changing business environment.

This paper presents an overview of the open CIM architecture announced by Nihon Unisys, Ltd.

1. 日本ユニシスの CIM のとらえ方

本章では近年の経営環境とその課題について述べ、この課題への対応として CIM の重要性および CIM が意味する統合とは何かについて述べる。

1.1 経 営 環 境

企業の外部環境は、従来と比べて非常に動的な環境になってきている。

外部環境の変化は既存の製品の需要量や生産量に大きな変動をもたらし、その影響からくる内部環境の変化、つまり製品の短命化と多様化、小ロット生産の効率化、受注から納入までのリードタイムの短縮、製品の高付加価値化、品質と性能の改善は、どれをとっても高度な対応が要請されている。この変化への対応が遅れると、市場での優位性を失ない、生産性が低下し、さらに原価の高騰を招き、収益性を悪化させる。これらの問題は企業経営をむずかしくしている。

1990 年の流動的な変化を適確に捉え、その対応力の強化のために企業活動の主体である人の作業環境や設備等の稼働環境の改善、さらにマネジメントを効果的に支援する情報システム等を含めた、人や設備、環境にやさしい生産システムの確立が急がれている。

1.2 経営の主要課題

現在の経営戦略の主たる課題としては、高付加価値製品、技術開発の強化、事業規模の拡大・多様化・多角化・合理化・省力化・国際化・現地化等が、また個別領域の課題として下記に示す項目が挙げられている。

- 1) 販売領域では物流流通チャネルの再編成と効率化
- 2) 技術領域では製品開発力の強化と技術データベースの整備
- 3) 生産領域では変種変量生産
- 4) 販売と生産領域では、生販一体による短納期、棚卸資産削減、機会損失回避
- 5) 販売と技術領域では、新製品開発の期間短縮、クレーム処理の確立
- 6) 技術と生産領域では、生産準備期間の短縮

これらの課題を解決するためには、製造業における戦略的な CIM の構築が必要である。

1.3 日本ユニシスの CIM の定義

こうした背景の下に、CIM (Computer Integrated Manufacturing) の定義を『企業における生産にかかわる多種多様な活動（生産、販売、技術等）を、経営戦略に基づき、コンピュータ技術を利用して統合する生産システムである』とした（図 1）。その本質は生産を核とした情報システムにある。

CIM 化の狙いは、前述の課題を要約すると次の三つに大別される。

- 1) 変化への柔軟な対応力をつけること。
- 2) ビジネス・スピードアップを図ること。
- 3) 企業活動全体の効率化を図ること。

3) は、従来からの“生産性向上”として長年取り組まれており、その延長線上にあるが、1)、2) は、これからの企業経営には不可欠の要素であり、組織、人、コンピュータの総合的な観点で見直す必要性を含んでいる。

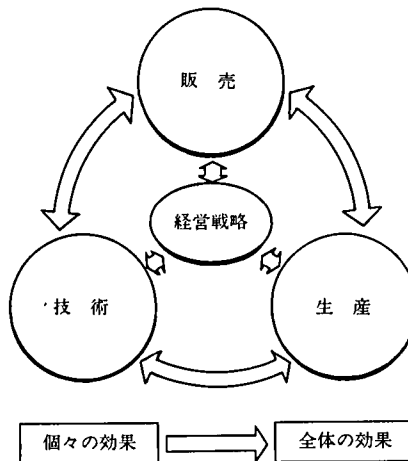


図 1 日本ユニシスの CIM の定義

Fig.1 The definition of Nihon Unisys CIM system

1.4 CIM の統合の意味

CIM の意味する統合とは、『企業の活動に必要な情報や関与する人のノウハウや組織の機能を共有すること』をいう。企業の活動は、製品や工法の開発から需要に合わせた生産計画を立て、資材を調達・製造してマーケットに近いところに製品を選び、販売し、会計を行うことである。このような部門を横断する仕事の流れを、柔軟かつ迅速に機能させていくためには、各部門の活動プロセスに必要な機能、情報や資源を全社レベルで共有できるように関係付けることが重要である。また、この関係は経営環境の変化を迅速に取り込むために、柔軟でなければならない。この企業の活動に即した関係付けによって共有化が図られ、諸活動の目標を達成するために、必要なユーザが、必要な時に、情報システムの機能・情報・資源を利用できるようになる（図2）。

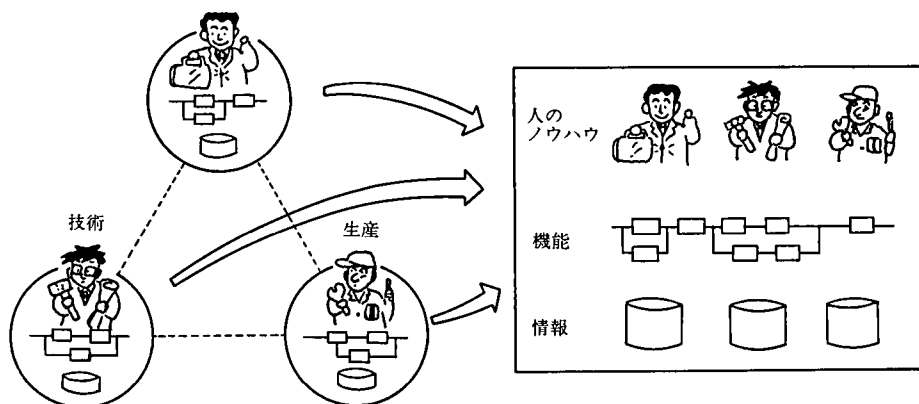


図 2 CIM の統合の意味

Fig. 2 Meaning of integration on CIM

たとえば、設計部門が効率的な製品設計を行うためには、製造現場の製造プロセスや、会計部門の原価計算、販売部門のクレーム情報、生産管理部門の生産計画や在庫管理等それぞれの部門のベテランの技術や経験の利用が必要になる。それらを機能・情報・資源の視点でまとめ、コンピュータで利用できる仕組みとして捉え、全社で共有させることによって共同で迅速に問題解決がなされる。また共有化により共同による学習が可能になり、新しい時代の仕組みを生み出していくことができる。

また、共有化は、一つのものを、またプールされたものを、皆で利用するという資産の効率的利用や管理面でも利点がある。

企業の主活動は、『製品を開発して、製造し、販売して、会計する』であり、このサイクルをもっと生産的で効率の良いものにしなければならない。そのために、各部門のベテランの技術や経験をデータベースに格納し、情報の根を張って共有することこそ CIM が狙う統合の意味である。

2. CIM 導入推進上での課題とアーキテクチャ

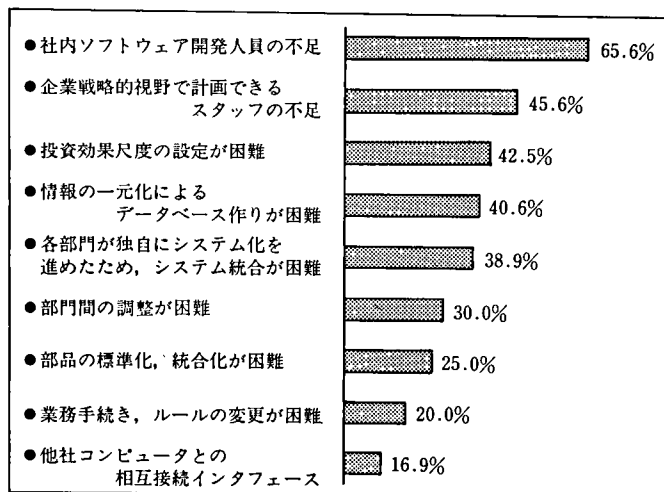
CIM システムを実現するために、多くの課題が指摘されている。その代表的なものが図3の『CIM 導入推進上での課題』である。本章では、これらの技術的課題を要件

として捉え、これらの要件を満たす CIM アーキテクチャ(システムの論理的構造と機能動作について明らかにしたもの)の目的について述べる。

2.1 CIM 導入推進上での課題

図3の CIM 構築上の課題を要約すると、次のように言うことができる。

- 1) 経営戦略や現場と密着するシステムをどう作り上げるか、そのための開発環境
- 2) 多種多様な情報の一元化のための方法論やツール、また部門間の情報交換
- 3) 開発人員不足を解消する開発支援ツール
- 4) プログラムの部品化とその部品間のインタフェースのための方法論やツール
- 5) 業務手順やビジネス・ルールの変更が容易にできるシステム構造
- 6) さらに各コンピュータ・メーカーの壁をのり越えた相互運用を可能にする必要性等が挙げられている。これらは、CIM アーキテクチャの要件として捉えなければならない。



(CIM導入推進上での課題、日本能率協会調査1989)

図 3 CIM 導入推進上の課題

Fig. 3 Issues of CIM implement

2.2 CIM アーキテクチャの目的

前述の CIM 構築上の課題を解決するためには、次に示す項目の実現が必要である。

- 1) 企業活動の分析と管理(企業モデリング)……この企業モデルを通して、機能、機能に必要な情報対象物である情報・資源を明らかにし、それらを柔軟に構成できる統合基盤の実現
- 2) システムの高生産性開発環境かつ企業戦略やユーザと密着した開発・実行環境の実現
- 3) 異なるコンピュータやネットワーク環境の下でのデータの統合……異なるシステム環境の下で、データの整合性をもって共用できる標準的な仕組みの実現
- 4) 柔軟なアプリケーション・システムの構造上の実現……資源や組織の変化に対して、変更しやすい構造、つまりビルディング・ブロック・アプローチが可能な

構造の実現

- 5) 最新技術を適時採用できるオープンシステムの実現……分散処理環境下の相互運用, 統合基盤としてのオープン・プラットフォーム, 標準ソフトウェアの採用

3. CIM システムの実現のための基本構造

CIM システムを効率的に構築する基本的な枠組みについて述べる。

3.1 日本ユニシスの CIM アーキテクチャ

当社の CIM アーキテクチャは, 先に述べた CIM の要件や目的を実現するために, 新しい開発環境とシステム構造を提唱するものであり, 『国際標準や業界標準に準拠したオープンシステムを前提として, 長期的な視点に立って, CIM の構成要素の各種手法とツールの枠組みを定義したもの』である。

CIM アーキテクチャに準じた手法やツールを提供することによって, 柔軟な CIM システムを『より短期間に, より経済的に, より効率的に』に実現することが可能になる。

3.2 CIM アーキテクチャの構成要素

図 4 は, 企業を支える, 研究・開発, 設計, 生産準備, 生産計画, 製造, 物流, 販売等の諸活動が, 統合的で円滑かつ迅速に機能していくためには, CIM アーキテクチャのどんな要素が重要かを示したものである。

この図の外輪は企業活動とそれぞれの CIM アプリケーションを示し, 中輪はその CIM アプリケーションを構築するためのアプリケーション開発支援や知的支援, また業務を支援するための業務支援ソフトウェア群を表す。

また外輪のアプリケーションやユーザ, 並びに中輪の支援ツールが一元的に統合されるためには, 内輪の『データベース』, 『ネットワーク』, 『ユーザインタフェース』が中心的な統合基盤としての役割を果たすことを表している。これらがどんな役割を持つかについて述べる。

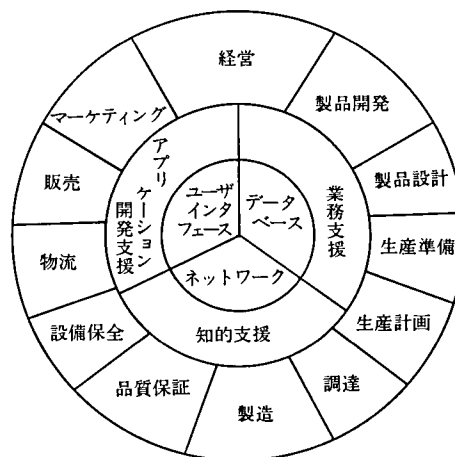


図 4 CIM アーキテクチャの構成要素

Fig. 4 Main elements of CIM architecture

3.2.1 データベースの役割

製造業にとって『もの造り』は、企業の生命線である。しかし物を造るところだけでなく、外輪の関与する部分との有機的なつながりが、CIMの強調するところである。

製品が誕生し、市場に投入され、次の製品に生まれ変わるまでの全サイクルを製品ライフサイクルと言い、この製品ライフサイクルに亘っての一連の仕事の流れに、図4の外輪のほとんどの活動が関与している。

従来の機械化は、統合基盤がなく部門ごとに推進されたために、『自動化の島』になった。そのために、製品のライフサイクルに亘る一連の諸活動に必要な情報を、タイムリに得ることができなくなっている。また、必要な情報や処理が抜けていたりして迅速な活動に支障をきたしている。

現在の市場競争に勝つためには、ビジネス・スピードを向上させなければならない。そのために、製品のライフサイクル活動に必要な情報の流れを円滑かつ迅速にしなければならない。これにはデータの共用と一元管理が不可欠である。しかし、この各局面でのアプリケーションやユーザが必要とするデータ構造は、それぞれ異なりデータの一元化をむずかしくしている。このような多様で複雑な構造を一元管理する方法論やデータベースがなければならない。またデータベースがさらに拡張され、図4の企業組織の意味システムとして知識と情報の共有化が可能になれば、環境の変化を共同で学習し、それが新しい知識として知的な活動に生かされ、その知識が未来に向けて、システムに生かされることがより可能になる。

3.2.2 ネットワークの役割

CIMが狙うビジネス・スピードの向上の実現のために、図4の外輪の共同的活動による同時性や並行性が重要である。

そのためには、通信ネットワークは図4の外輪や中輪の諸活動、つまりシステム設計・開発・利用・管理運用の、すべての局面の共通基盤でなければならない。外輪の諸活動は地理的に離れている場合が一般的である。しかし通信ネットワークは、その距離的や時間的なギャップを解消し、このギャップで生じる資材の流れや資金の流れ、人の動きの無駄を極小化してくれる。

管理のニーズや情報の多様化により、製造業のデータ量は増加し、それを加工するプログラムも巨大化しさらに複雑化してきている。これを一つのコンピュータで集中処理することはむずかしく、企業の機動性や市場への応答性を悪化させている。分散処理の必要性がここにある。

外輪のアプリケーションやユーザが、外輪の場所別に分散された多種多様なデータベースを自由に処理できるためには、分散データベースや情報交換を中核とする情報通信ネットワーク（情報の交流のための通信ネットワーク）を必要とする。

またシステム管理の面から見れば、分散された異なる特徴を持つコンピュータ群を単一に扱うことが必要である。遠隔地からすべてのコンピュータの管理・監視ができる新しい通信ネットワーク技術を必要としている。

また図4の外輪の諸活動に利用されている通信ネットワークの多くは、LAN (Local Area Network), WAN (Wide Area Network), GAN (Global Area Network) 等であり、これらの通信プロトコルも多種多様で相互接続のための標準が必要である。

3.2.3 ユーザ・インタフェースの役割

ユーザ・インタフェースには、機械（マシン）と人（ヒューマン）とのインタフェースが含まれるが、ここではヒューマン・インタフェースの役割について述べる。

企業活動のマネジメントの中心は人である。人が行うマネジメントに必要な情報や知識を収集し、それを理解できるように処理し、判断して、人がコンピュータや機械に指示する。

このためには人間との対話が必要であり、人の意思や判断を入れるためのヒューマン・インタフェースは重要な機能である。

ヒューマン・インタフェースは、人間の脳と直結するために、人にやさしく、わかりやすいプレゼンテーション（画面による表現）や入力省力化が必要とされる。

人の判断や意思決定に必要な情報は、問題の性質により複雑多岐にわたるため、情報や機能をユーザ自身が自由に統合できる環境を提供しなければならない。その情報や機能のアクセスも企業全体、部門内、部門横断的なものや個人的なものにわたり、データタイプも多種多様なものになる。この複雑化するヒューマン・インタフェースを単純にする知的なインタフェースがなければならない。

また図4の外輪の諸活動のユーザ（人、機械）や中輪のシステム設計者や開発者、さらにシステム管理者にとって、共通基盤としてのインタフェースが必要である。

3.3 CIM アーキテクチャの概念

CIM システムが前述のように機能していくためには、図5のような構造が最適であると考えられる。

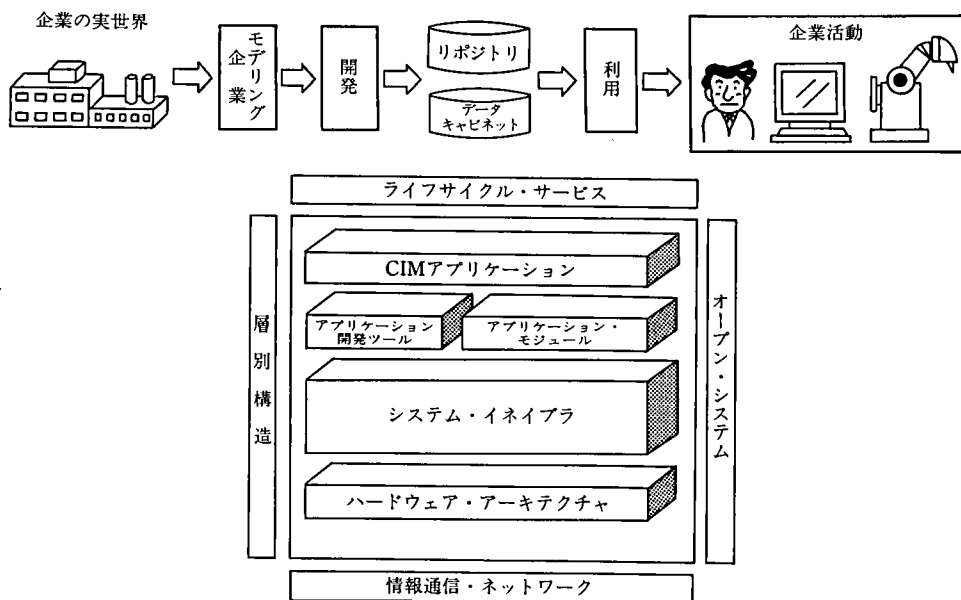


図5 CIM アーキテクチャの概念図

Fig. 5 Concept diagram of CIM architecture

3.3.1 ライフサイクル・サービス

ライフサイクル・サービスとは、設計から、開発・導入・保守の一連の作業や管理を効率的かつ統合的に作業できる統合化された方法やツールのことである。

経営環境の急激な変化はシステムの短命化をもたらし、迅速かつ柔軟にシステム開発を行わなければならないことを意味する。したがってシステム開発は、工業的発想に基づいた自動車等の生産に似た受注組立生産方式を必要とする。

自動車生産の場合、自動車の多様化対応は、オプション、バリエーションのすべての部品を持ったモデルを設定する。そして、それぞれの部品の独立性と流用性を高め、部品を先行生産してストックしておき、顧客からの受注仕様で組立て最終製品にして届ける。

システム開発もこれと同様な概念が必要である。図5の企業モデリングでは、まず経営戦略に基づき、企業全体の仕事の流れをモデル化し、分析して最適な仕事の流れを設計する。この仕事に必要な過去に蓄積された知識や情報（リポジトリ）を利用して、アプリケーション・モジュールというソフト部品を、アプリケーション開発支援ツール（ラピッド・プロトタイピング方式）で製作し、作られたソフトの半製品や完成品を情報の倉庫（リポジトリ）に格納しておき、利用者が必要なものを取り出し、開発や実務（エンドユーザ・コンピューティングを含む）で利用することを可能にする。

またリポジトリを中核にした開発は、開発者側と利用者側との間での調整を円滑にする。さらにこの区分によって、利用者側との同時並行的な開発が可能になり、従来の複雑なやり取りの解消により、現場に密着したシステムを早期に実現できる。

知識（開発情報や実行時の情報）のライブラリとしてリポジトリの利用は、企業全体としてのシステムの整合性がとりやすく、部分増殖的な開発・導入が可能になる。

3.3.2 層別構造化の考え

CIM システムに柔軟性をもたせるには、層別構造化の考えは重要である。

層別構造化とは、図5のCIM アーキテクチャのように、『アプリケーション開発支援』、『アプリケーション・モジュール』、『システム・イネイブラ』に分割し、さらにシステム・イネイブラは、『インフォメーション（データベース）管理サービス』、『分散システム・サービス』、『システム間接続サービス』、『システム管理サービス』に層別化される。

この構造化により、それぞれのコンピュータの層別ごとのインタフェースがとりやすく、それらをビルディング・ブロック方式で、組み合わせたり、交換したりしやすい構造にする。またこの利点は、システムの柔軟性の向上であり、環境（市場、技術）の変化に対して、システムの変更が容易になることである。

さらに大規模システムの陳腐化に対するリスクを最小にでき、未知の分野のシステム化において、学習と習熟を重ねながらシステムを変更していくことが簡単になる。

そのためには、企業モデリングによる経営機能の構造化で導かれた活動プロセス（プロセスに必要な機能と情報）と、CIM アーキテクチャの部品化された諸要素との関係付けをオープン・インタフェースで実現される。

このことは、企業活動に必要なアプリケーション・モジュールやシステム・イネイブラ群を部分部分に組み立てていくことにより、CIM システムが完成できることを意

味する。

業務の機能層別は、ISO の参照モデルの自動化のための基準である『企業レベル』、『工場レベル』、『エリア・レベル』、『セル・レベル』、『ステーション・レベル』、『機器レベル』に準じていき、この機能層別に合った『アプリケーション開発支援ツール』や『アプリケーション・モジュール』、さらに『システム・イネイブラ』を用意する。システム・イネイブラは、次の機能からなる。

- 1) インフォメーション管理サービス……通信ネットワーク上にある情報資源を、安全かつ効率的に保管・管理・利用に必要なデータベース管理を行う部分
- 2) 分散システム・サービス……通信ネットワーク上のコンピュータ間の分散処理とシステム資源の共有化を図る部分（通信処理）
- 3) システム間接続サービス……従来のコンピュータをハブ、サーバ、ワークステーションに分類し、分散機として位置付け、これらを接続するための手段と通信回線制御する部分
- 4) システム管理サービス……通信ネットワーク上のコンピュータ（ハブ、サーバ、ワークステーション）のシステムやネットワークを統合的に管理する。

4. 統合化の基本ステップ

経営目標を達成するための活動プロセスの創出・開発から導入・利用に至るまでの流れを示す。

4.1 企業モデリングの検討

企業モデリングとは経営機能の構造化の手法であり、企業活動つまり仕事の流れのモデル化を行い、部門横断的に分析し、最適な仕事の流れを導き出すことである。言いかえると、この活動プロセス（仕事の流れ）に必要な機能、情報、資源、組織を明らかにし、企業目標に合致するように、それらを関係付けることである。

企業モデリングの意義は、モデルを作ることによって、組織的な課題、社会的な課題、市場への即時性、経済的な課題、部門間の諸課題、構築に関する課題等が明らかになり、どのように解決すれば良いかがわかるようになることである。この考え方は、まったく新しいものではなく、従来の JIT/TQC のプロセスの分析の考え方に類似している。相違点としては、実務と情報システムとの関係付けを容易にするところにある。

たとえば 10% の利益の伸びを企業目標とすると、この達成のためにどうすれば良いかは、業務改革や業務改善の視点から、まず図 6 のような活動プロセス（仕事の流れ）を分析することによって明らかになる。具体的な内容は次の通りである。

企業目標を達成するために、

- ・企業としてどんなプロセスと機能を必要とするか
- ・この機能にどんな情報や資源が必要か
- ・またビジネス・ルールや責任面から、どう組織化すべきか

等を検討し、それらの関係付けがなされる。

従来は活動プロセスの機能に集中してきたが、CIM のビジネス・スピードの観点から、活動プロセス間の同時性や並行性の配慮が必要である。

企業モデリングとは
経営戦略を企業活動(行動)の視点から分析すること。

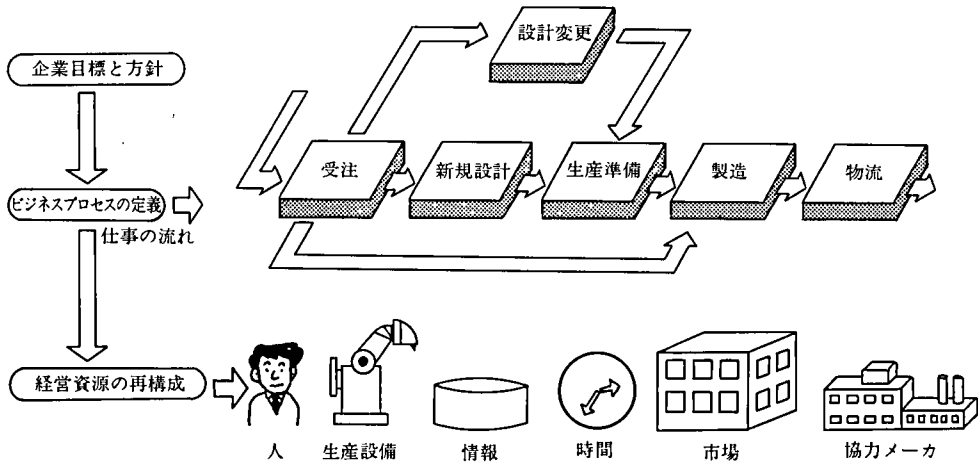


図 6 企業モデリング

Fig. 6 Enterprise modeling

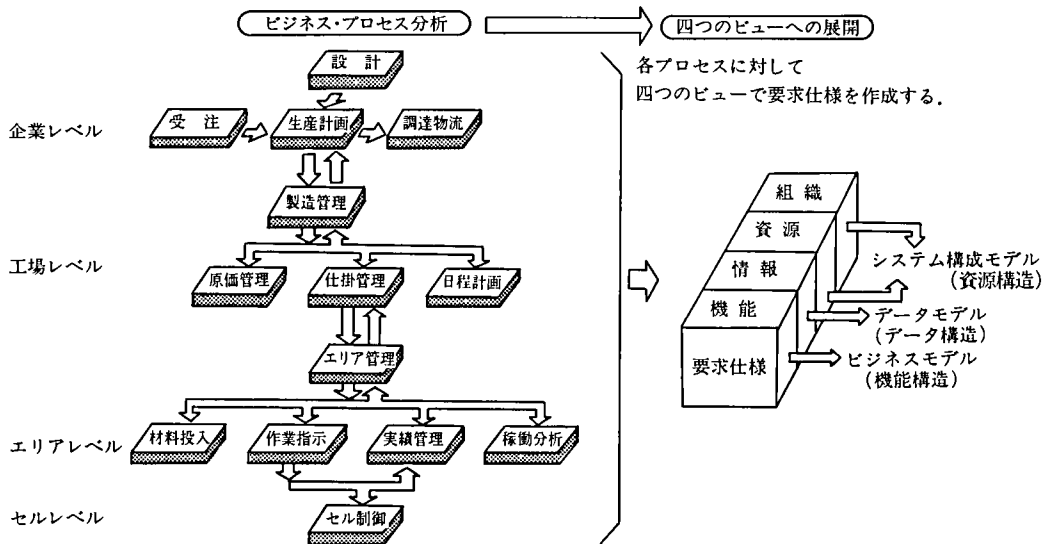


図 7 生産プロセスの例

Fig. 7 Example of manufacturing process

4.2 活動プロセスの詳細化

企業モデリングは、まず経営機能をしっかりと検討するところから始まる。それを実務レベルにブレイクダウン（詳細化）し、機能とプロセス（仕事の流れ）を実務から考える。

つぎに、実務と情報システムとを関係付けるために、企業モデルの構成要素である『企業活動』、『データ：情報』、『資源』、『責任：組織』をあるべき関係に置くことである。

これにより、企業活動が相互に関係付けられた企業体として、円滑かつ迅速に機能

していくようになる。また図7のように、コンピュータに分散された業務機能間の動的な制御を可能にするためには、CIMアーキテクチャの構成要素を標準化し、マルチベンダ環境での分散処理を可能にしなければならない。

さらに、活動プロセスを考えると、下記の共同的活動の配慮も必要である。

1) ワークグループ：

ある仕事をグループの共同で行うこと。

2) コンカレント・エンジニアリング：

逐次的な仕事の流れでなく、関連部署とのコミュニケーションを主体として、ワークグループで同時並行処理を行うこと。

たとえば、米国ユニシスのローズビル工場では、製品設計と製造設計の同時設計のためにコンカレント・エンジニアリングを採用している。対象の活動は次の通りである。

新製品設計、加工評価(自動化)、工程設計、製造設計、品質設計と検査、生産(製造)、信頼性評価、保守サービス等の製品ライフサイクルにわたる活動でのワークグループの共同作業で、図8のような概念になる。

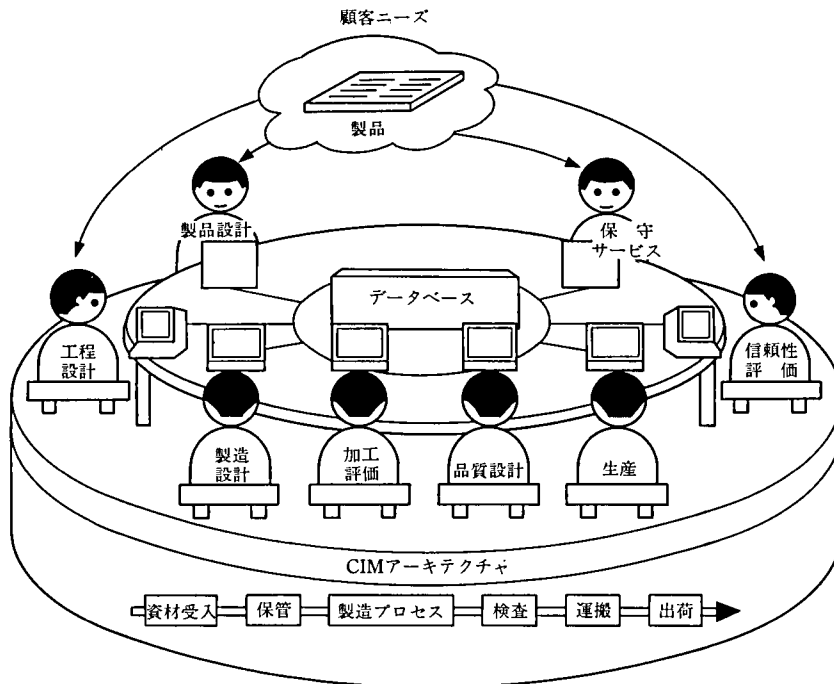


図8 コンカレント・エンジニアリング・イメージ図

Fig.8 Concept of concurrent engineering (example)

4.3 製造現場のコンピュータに配布

企業モデリング(業務分析)で、決められた機能をそれぞれ部門のコンピュータに割り当てる。

図9の例では、下記のように機能を割り当てている。

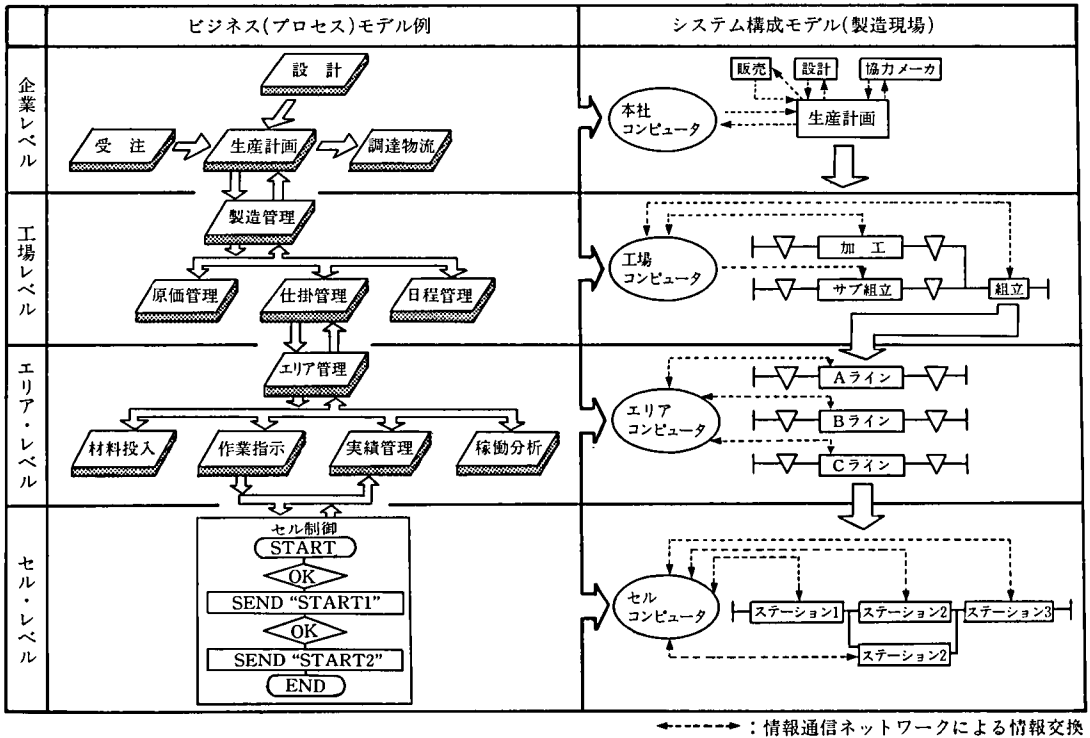


図 9 製造現場のコンピュータに配布 (イメージ図)

Fig. 9 To distribute some application and data to each level of plant

- 1) 企業レベルでは、本社コンピュータを利用して、販売、調達、製品開発との調整のもとで、生産計画立案を行う。
- 2) 工場レベルでは、工場コンピュータを利用して、加工部門、サブ組部門と組立部門を統括管理を行うすべてのデータを管理する製造管理機能を有している。部門間の活動の同期化、仕掛管理、原価管理、さらに品質や設備管理等が、工場レベルでなされる。
データは、製品設計部門からの技術情報、計画部門からの計画情報、生産準備部門から制御情報等で構成される。
- 3) 部門（エリア）レベルでは、部門コンピュータを利用して、生産日程計画に基づいてエリア内の各ラインの部品投入から、作業指示、ラインの実績管理や稼働分析等のエリア内の統括管理を行う。
- 4) セルレベルでは、セル・コンピュータで、ライン上の各作業ステーションの制御を行う。無人運転のための多くの機能を有している。

レイアウト変更、設備変更のための柔軟な配慮を必要としている。

4.4 自律協調型の情報通信ネットワーク

前述の通り、通信ネットワーク上に分散された業務プロセスや情報を自由にアクセスしたり、処理することができる情報通信ネットワークが大きな役割を果たす。

経営環境の中で述べた通り、規模の拡大、複雑さ、動的な変化は、ますます生産シ

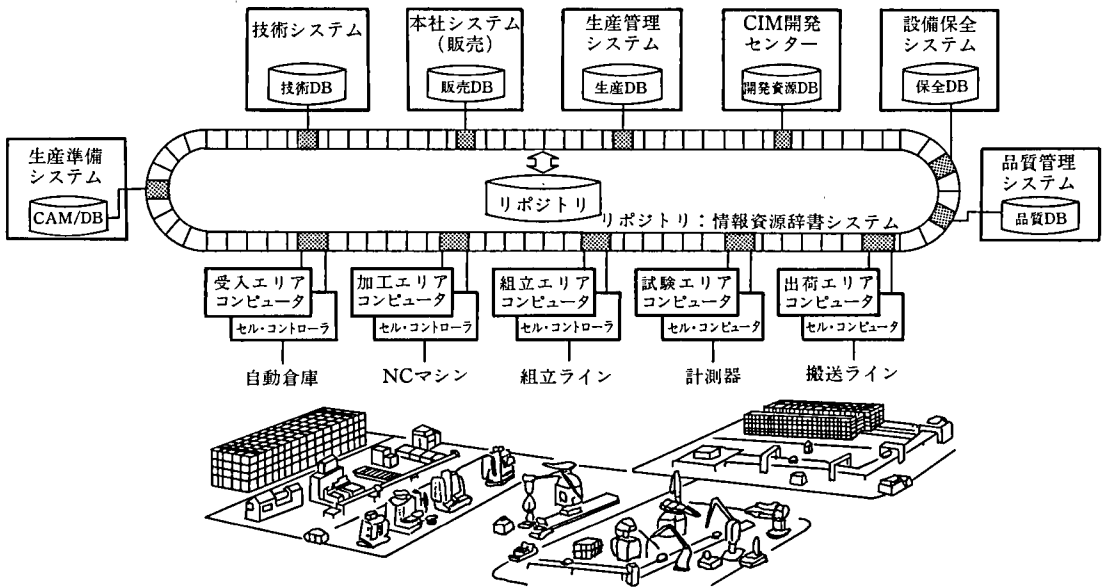


図 10 自律協調型の情報通信ネットワーク

Fig. 10 Autonomous behaviors through information networks

システムの複雑化と大規模化をもたらし、従来の集中処理だけでは対応できない。

このような状況の下では、どのようにシステム開発や運用を効率的に行うかが主たる課題になっている。またそれぞれの企業活動の主体が、環境に適合した最適な判断や改善を行うために、処理ユニット（コンピュータ）を地理的に配置し、自律協調として機能させることが必要である。

自律協調とは、個々の活動を自主独立で行うと同時に、他や全体との調和を取りながら、活動することである。別な言葉で表現すると、企業活動の主体である人や機械が、必要な情報を必要な場所で、必要な時に検索でき、全体との調和の中で個々の判断を行い、その判断に基づいて自律的に活動したり、最適な状態に組織化することである（図 10）。

4.5 自律協調型による動的管理

状態変化に即した動的管理は、情報通信ネットワーク上に配置された処理ユニット（コンピュータ）間でのメッセージのやり取りで処理する。

処理ユニットとは、データと処理プログラムを有したもので、その関係を以下に記す。

- 1) プログラムには、知識プログラムや計算プログラム等がある。
- 2) データは、個々が受け持つ仕事の固有なデータベースを持ち、必要に応じて他のデータベースを参照する。
- 3) 仕事の流れについて：処理ユニットは他のユニットからメッセージを受け仕事を開始し、ユニット内で処理できない仕事は他のユニットに依頼し、結果を貰って自分の仕事を完結し次のユニットに仕事を引き継いでいく。このため、処理ユニット間の情報交換（交信）のための共通のインタフェースの確立、メッセージ

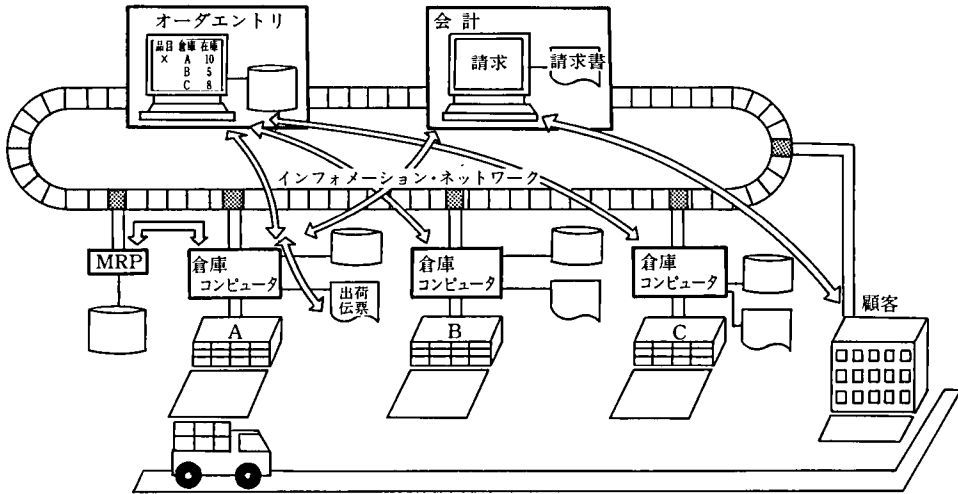


図 11 自律協調による動的管理

Fig. 11 Dynamic management through the autonomous behavior of information networks

の受け渡しの標準化，枠組みの共通化が必要である。

このための通信技術として，クライアント・サーバ通信方式やメッセージング・パッシングのオブジェクト指向技術等がある。

図 11 の例では，受注係コンピュータが各倉庫のコンピュータと交信し，倉庫の在庫状況や，配送係のコンピュータにトラックの手配状況を調べ，納期回答した後，所定の倉庫に出荷指示を即時に行う。納品後は関係するコンピュータに交信し，この場合は生産計画の消し込みや会計処理等の一連の処理がなされる。

5. 統合化のための主要技術の概説

CIM の機能統合を実現するための主要技術として，次のものが必要である。

- 1) 企業活動の統合のための分析
『企業モデリング（企業活動の分析と管理）』
- 2) 開発者・利用者の共同開発作業を可能にする方法
『開発・利用環境（高生産性の作業環境：CASE/4GL）』
- 3) プレゼンテーション(表現)，ツールやアプリケーション，データベースの統合のための『リポジトリ（企業の知識の統合ライブラリ）』
- 4) 分散された処理ユニット間の情報を統合する
『情報通信ネットワーク（クライアント・サーバ/分散データベース）』
- 5) 企業間や部門間の情報交換（ビジネス・プロトコル）のための
『情報交換（STEP/IGES, EDI）』
- 6) 構造化を容易に行える
『オブジェクト指向技術によるソフトの部品化』
- 7) 相互運用や移植性を向上させる
『オープン・システム』

8) ユーザインタフェースを向上させる

『GUI』

これらの技術の主要な部分について述べる。

5.1 開発者・利用者の共同作業（ワークグループ）による開発・利用環境

CIM システムは、固定的なものでなく、変化とともに新陳代謝していける柔構造システムでなければならない。そのためには、図5のような層別構造化されたシステムが必要であることを述べた。

ここでは、その層別化や CIM の機能統合の考えに基づいた開発環境や利用環境の枠組みについて述べる。その枠組みは次の通りである。

1) 経営戦略をどう導き出すかの分析

『戦略立案の支援のための企業分析ワークベンチ』

2) 戦略に即した活動プロセスとは何かの設計

『企業モデリング（業務分析）のための上流 CASE』

3) 業務プロセスに必要な機能モデル、データモデルの設計と開発スピードを上げる開発環境

『ラピッド・プロトタイプ開発（CASE/4GL）』

既存システムの近代化のための『リエンジニアリング』

さらに『ワークグループによる分散開発』と『ソフトの部品化や再利用』

4) 実行環境への導入、各部門のベテランのノウハウとの融合の利用環境

リポジトリ（企業の知識の詰まった統合ライブラリ）を通して、開発工程と『エンドユーザ・コンピューティング』との柔軟な統合

さらに経営戦略や実務に密着したシステムを構築するためには、上記の枠組みだけ

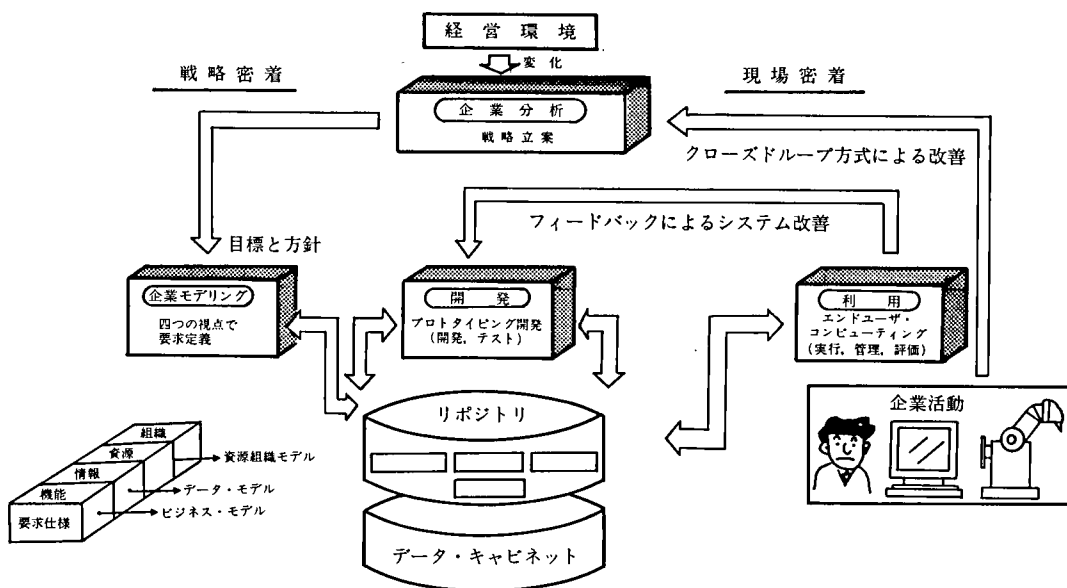


図 12 経営・開発・利用の三位一体の共同作業方式の開発・利用環境

Fig. 12 Concurrent process of system development life cycle

でなく人がもつ知識やノウハウが生かされる必要性から、経営者、開発者、利用者の共同的な開発環境を必要とする（図 12）。

そのために、情報資源管理である『リポジトリ』なるデータベースを中核にして、開発工程と利用工程とを区分し、共同的な活動を可能にする。

これによって

- ・利用側への引き渡しが早くなる
- ・開発側と利用側との調整が円滑になる
- ・開発側と利用側との同時並行的な処理が可能になり、開発の短縮ができる
- ・各部門のベテランのノウハウが生かされる
- ・企業全体の調整の中で、開発側と利用側との継続的な繰り返しによるシステム改善と早期立ち上げを可能にする

等のメリットがある。

5.2 情報資源管理としてのリポジトリ

リポジトリとは、「企業の知識を格納する統合ライブラリ（情報資源管理）」と称されるもので、情報システムの誕生から保守までの一連のステップでのそれぞれの開発ツールで作られる成果物が一元管理される。また作られたデータ、アプリケーション、画面（プレゼンテーション）は、販売、生産、技術等の企業の諸活動で共有し利用できる仕組みをリポジトリは提供する（図 13）。

リポジトリで管理される内容は、次のものがある。

- ・企業モデル（企業活動の分析と管理）

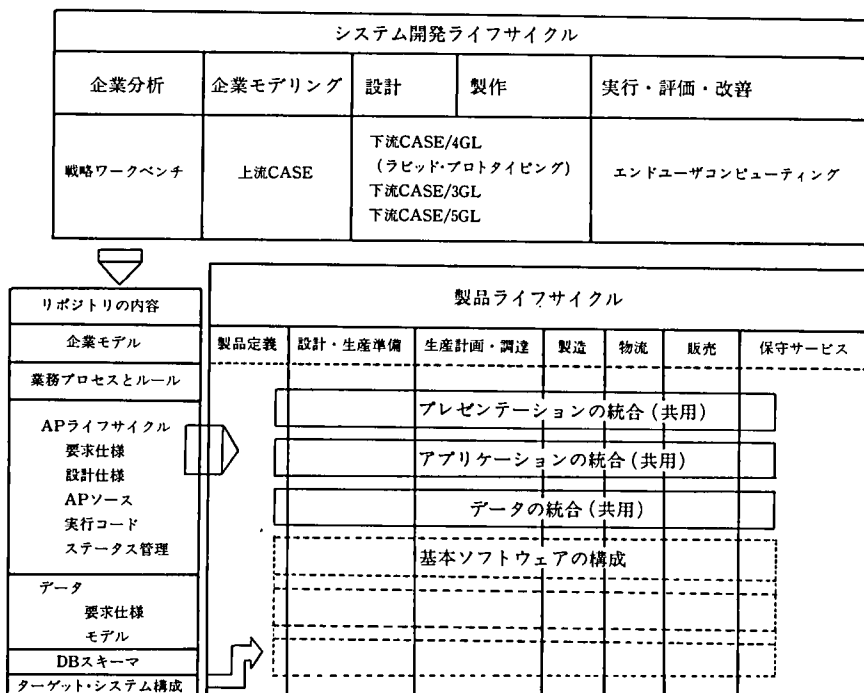


図 13 リポジトリの役割

Fig.13 Role of repository

- ・業務プロセスとルール
- ・AP(アプリケーション)の要求定義, 設計仕様, AP ソースプログラム
- ・データの要件とデータモデル
- ・データベース・スキーマ (マルチメディアも含む)
- ・対象マシンのシステム構成等である。

データベース・スキーマは, ネットワーク上の分散データを一元管理でき, アプリケーションの必要とする多種多様なデータ構造の定義ができる。

リポジトリの仕様については, マルチベンダ環境を実現可能とするために, 現在標準化が急がれている。当社は, 国際標準に準拠したリポジトリを提供していく予定である。

例) 情報資源管理 (リポジトリ) とデータ・アクセス

リポジトリは, 図 14 の例のように製品開発の一連の仕事の流れを変えることになるだろう。

リポジトリを中核にして, 製品設計, 生産準備のアプリケーションが要求する多様なデータ構造を定義でき, 分散されたデータを自由に引き出すことができる。

このデータベースを中核に, ワークグループやコンカレント・エンジニアリングの考えに基づく, 分散化された仕事を同時並行的に進めることが可能になる。

さらに分散リポジトリを利用すれば, 自律化がより効率的にできる。

エンドユーザからみる個人の仕事は, 全社的な仕事, 部門としての仕事, 部門横断的な仕事, 個人的な仕事等に分類できる。

これらの仕事を行うには, ネットワークにあるプログラム, 画面, データが, 自由に取り出せることが必要である。これらを取り出すためのパスを, 分散リポジトリの

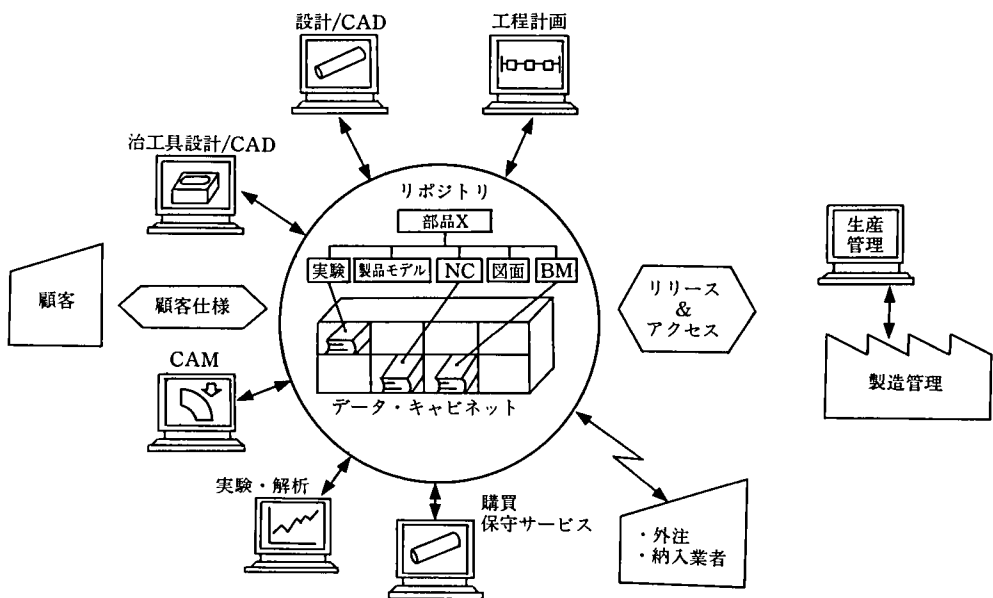


図 14 情報資源管理「リポジトリ」のデータアクセス例

Fig. 14 Data access through the repository

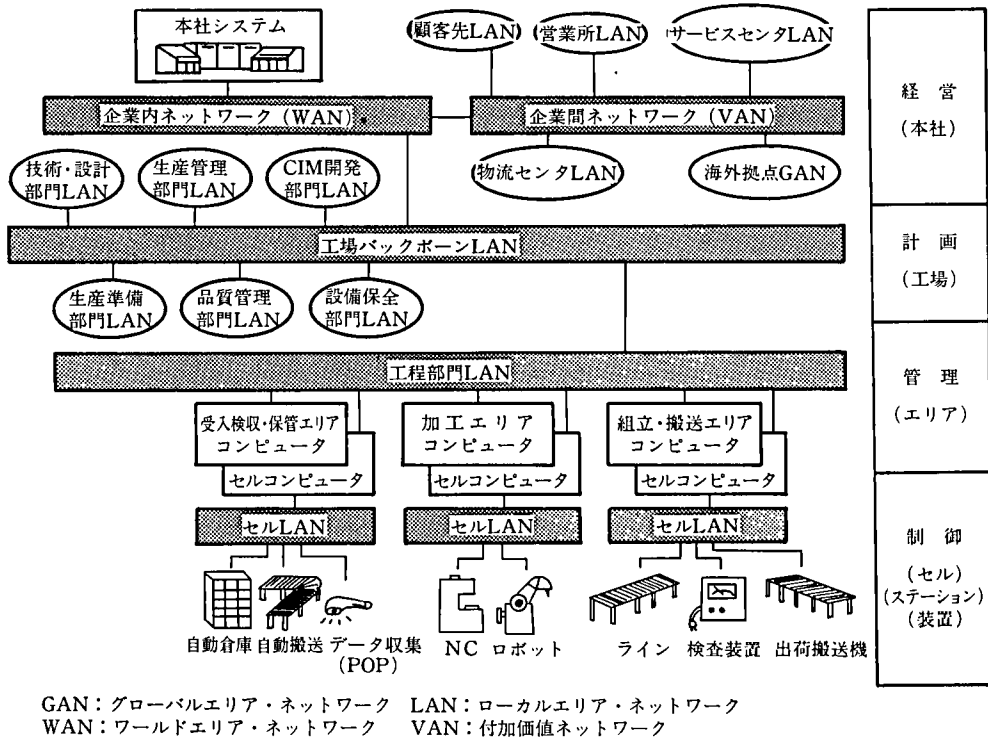


図 15 情報通信ネットワークの分類

Fig. 15 Hierarchy of the information network

利用により効率的に確立することができる。

5.3 情報通信ネットワークの分類

オープン・ネットワークをベースとして、異機種システムを含むシステム環境下で、データの共有やプロセス間通信を高度な分散システム (クライアント・サーバ・コンピューティング) で実現する。CIM では従来と異なり、集中処理から製造部門における分散処理を指向し、各部門間を直接情報伝達する機能を、より高度化 (LAN による N 対 N の交信) する (図 15)。

工場においては、次の 3 層 LAN が一般的である。

1) レベル 1: 工場基幹 LAN

- ① 工場における各部門を統括管理するための情報の送受信
本社、支店、他との工場の WAN を通しての情報交換
下位の部門 LAN を通して、他部門との情報交換
- ② 通信技術として
FDDI, ISDN 等、その他では、TCP/IP

2) レベル 2: 部門 LAN

- ① 技術部門、生産管理部門、工程管理等の各部門に対応するネットワーク設備の移動、組み替え、部分拡張に際し、機器の接続が可能であり、これらに左右されない標準のものを必要とする。

- ② 通信技術として
TCP/IP, MAP 等の利用

3) レベル 3：セル LAN

- ① 制御信号レベルでの即時性や信頼性, また取り外しが容易で, 高速なものを必要とする。
- ② 低コストで耐環境性 (熱, 振動, 腐食性ガス, 電磁ノイズ)
- ③ 通信技術として

ミニ MAP, フィールドバス, 無線 LAN 等, 他では TCP/IP

分散処理は, 従来の情報システムをクライアント (依頼側) とサーバ (処理側) の関係に進化させ, 現場のワークステーション等からネットワークに分散されたすべての情報資源に対して, リアルタイムなアクセスを可能にする。

製品開発と生産設計のコンカレント・エンジニアリング, ワークグループによる分散処理やシステムの分散開発には, リポジトリを装備した分散データベースを支援する情報通信ネットワークの技術が重要な役割を果たす。

5.4 ソフトウェアの部品化と再利用

製造現場の, 常に発生する機械や設備の入れ替え, データの流し方の変更等の対応には, 層別構造の考えに基づいたソフトウェアの部品化が必要である。

ソフトウェア部品の接続は, 構成管理への簡単な登録や標準的なインタフェース接続により, 全体として有機的に機能する。

このための部品化技術として, モジュールやオブジェクト化の技術の利用が必要となる。

また標準インタフェースでは, 下記に準拠する事を基本とする。

- ・オペレーティング・システム関連：POSIX
- ・API (アプリケーション・プログラミング・インタフェース)：X/OPEN
- ・日本での API：ISO/IEC/JTC 1 等

5.5 オープン・システムに基づく CIM アーキテクチャ

CIM は, 企業内だけでなく, 企業間, 海外へと広がってきている。企業間や各国との情報交換やコミュニケーションには, 国際標準に基づくことが重要であり, システム間の相互運用がますます必要とされている。(データ交換標準では EDI, STEP/IGES 等がある)

オープン仕様に基づく, オープン CIM アーキテクチャを採用することにより, 大きなメリットを得ることができる。そのメリットは, ソフトやハードの柔軟性, 移植性, 操作性, 経済性, 拡張性, 相互運用やシステム開発の生産性向上である。

当社では, 標準をベースに各種のアーキテクチャから独立したアーキテクチャを作り上げることを理想としている。

標準の採用としては, 下記を配慮していく予定である。

- ・国際標準では, POSIX, ISO/OSI, X/OPEN 等
- ・CIM 関連では, 米国の CALS, SME, CAM-I, ICAM 等
- 欧州の CIM-OSA, 日本の各種標準等

6. お わ り に

CIM の統合は変化に対して、経営機能（技術、生産、販売）を最適化していくために、動的かつ柔軟に組織化することである。また企業活動が、相互に関係した企業体として機能していくためには、情報や知識の共有や交流による共同的活動の重要性を述べ、また CIM アーキテクチャでは、これをどう支援していくかを述べた。

CIM アーキテクチャは、ユーザの方の将来の企業情報システムの枠組みを考える上で、参考にしていただければ幸いである。

-
- 参考文献 [1] 野本雄一、『製造業を取り巻く環境と NUL の CIM コンセプト』、日本ユニシス技報、1988、第 19 号。
 [2] 岸本朗佳、『MRP の動向』日経データプロ、1990。
 [3] 岸本朗佳、『米国の CIM 事例：招待講演論文』システム制御学会、1990、5。
 [4] 岸本朗佳、『CIM とは、工場現場をどの様に変えるか』オーム社、1990、7。
 [5] 岸本朗佳、『CIM 特集 CIM 構成要素と機器：MRP』オーム社、1990、9。
 [6] 岸本朗佳、『オープン・CIM アーキテクチャ』工業調査会、1991、9。
 [7] 『UA：ユニシス・アーキテクチャ』日本ユニシス、1991。
 [8] 『米国ユニシス・ローズビル工場 CIM』、Unisys 1990。
 [9] D. Sullivan、『ユニシス・ローズビル工場 CIM の 1990 年度エレクトロニック FA 賞』、Unisys, Electronic Business, 1990、2。
 [10] T. Vesey、『The New Competitors: Thinking in Terms of Speed To Market』、Mfg systems, Unisys, 1991、6。
 [11] 『ユニシス・リポジトリ・アーキテクチャ』日本ユニシス、1991、3。

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科卒業。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 55 年から MRP システムの研究・開発を担当。現在 CIM 推進部に所属し、CIM アーキテクチャ関連の活動に従事。



CIM 構築の戦略的アプローチ

A Strategic Approach for the Realize of CIM Concept

小 林 昂 平

要 約 今や日本の製造業のほとんどが CIM に関心を持ち、1/3 以上の企業がすでに導入・開発に着手しているといわれる。しかし、一方ではなかなか計画通りに開発が進まない、あるいは導入した結果、期待通りの成果が得られないといった事例も数多く報告されている。CIM の導入は戦略的に進められなければならない。従来のシステム構築とは異なる CIM 構築のためのアプローチが必要となる。

Abstract It is said today that most of the Japanese manufacturers take an interest in CIM and that more than one third of them have already started constructing or developing the CIM systems. On the other side, however, many of the case reports describe that the development does not go easily as planned, or the development does not come to expected fruition. The CIM implementation should be programmed in a strategic way, that is, an approach different from the conventional system building is a must for the CIM implementation.

1. は じ め に

CIM の定義について述べるつもりはないが、多くの企業が CIM に期待していることは『企業活動の迅速性と柔軟性を向上させることによって、環境変化への適応性を高める』に集約できる。

ところで企業というものは例外なく、製品の設計・製造・販売・流通・支援サービスに関して行う諸活動の集合体である。それは個々の独立した活動の集合体ではなく、相互に依存した活動のシステムである。したがって、多くの活動が連結関係によって互いの長所短所を補い合い成果を生み出す(価値連鎖)。企業の価値は個々の活動自体からも生まれるが、同時に活動間の連結から生まれることが多い。企業活動の迅速性や柔軟性といったものは、個々の活動よりもむしろ活動間の連携強化によって、より大きな成果を生み出すことができる。

一方、会社の組織構造とは一定の活動を組織単位、たとえばマーケティング部門とか生産部門とかにグループ化したものであり、一般に類似性を持つ活動は機能という括りで一つの部門に統合され遂行させる。したがって、部門によって分離される活動間を調整する必要があるが、この調整が『統合』である。そして企業内に調整を可能にさせる機構が必要となる。CIM は『コンピュータを利用した情報基盤で企業活動を統合する機構』ということができる。

CIM の構築においては環境の要請に応えるための企業活動の統合に対して、情報基盤整備の立場とともに業務システム再構築の視点からの検討が必要とされる。また構築のアプローチについては、構想はトップダウンで進め、実施にあたっては組織や人を活性化させながらボトムアップで進めるのが日本の風土に合った方法といえる。ここでは個々の企業の戦略や企業基盤を考慮した CIM 構築の進め方とそのポイントに

ついて述べる。

2. CIM 構築のプロセス

CIM の目標をどこに定め、どんな対応策を打ち出し、そしてどこから着手し、どう展開していくか、CIM 構築の仕方は企業の業種の特性や戦略、および基盤の整備力によって異なってくる。したがって CIM 構築にあたっては、企業戦略を反映した CIM 構想を立案し、企業基盤の整備と同期を取りながら実行に移していく必要がある。CIM 構築のプロセスは、一般的に表 1 のように五つのフェーズに分割できる。

表 1 CIM 構築のプロセス
Table 1 CIM implementation process

フェーズ		機 能
I	CIM 計画	基本構想立案
II	CIM 設計	基本・詳細設計
III	CIM 開発	開発・試行
IV	CIM 導入	教育・移行
V	CIM 評価	基本構想改善

CIM の構築は時間的に長期にわたる。フェーズ I の CIM 計画で立案された基本構想がいくつかの段階に分けられて実行に移され、フェーズ II からフェーズ IV の構築のプロセスが繰り返し実施される。そして、CIM 構築の過程で実際の変化に対応しながら基本構想自体をもスパイラル・アップ的に革新を図るために評価フェーズが重要である。

CIM 構築のプロセスの中で、CIM 計画のフェーズが CIM 構築の成功の鍵を握るといっても過言ではない。なぜならば、CIM 構築には長期的な企業戦略に基づく時間軸にそった変化への対応のための明示的な戦略プログラム（基本構想）が要求され、実際の構築に先立って的確なコンセプト・ジャスティフィケーションが、十分行われなければならない。

ここでは、CIM 構築を特徴づけるこの CIM 計画フェーズに焦点をあて、そのプロセスの特徴を述べる（図 1）。

2.1 CIM 概念のレビュー

CIM 化を計画する場合には幅広いかつ専門的知識を必要とするため、企業内の部門代表によって編成されたプロジェクト体制で臨むべきである。CIM 計画の開始にあたって、プロジェクトのメンバ全員が CIM に対する共通の認識を持ち、また CIM 計画のプロセスを理解しておく必要がある。プロジェクトが効率良く運営できるように、まずメンバに対して CIM の概念と CIM 計画プロセスについてレビューを実施する。

2.2 CIM 化の目標設定

CIM の計画は、最初に CIM 化の目標、すなわち将来目指すべき企業の姿を定め、その目指すべき姿を具現化するための方策を立案していく。

このプロセスでは将来の経営環境の変化を予測し、企業がそれに対応していくために必要な企業力（基盤）を定義する。

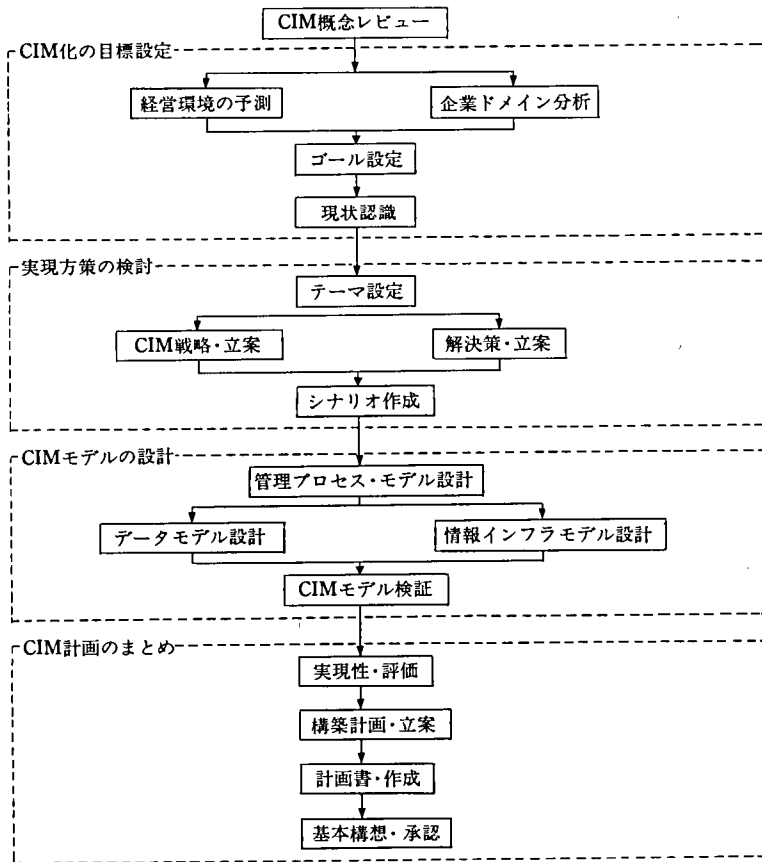


図 1 CIM 計画フェーズのプロセス

Fig. 1 Process of CIM planning phase

- 1) 経営環境の予測……企業を取り巻く外部環境は激しく変化する。CIM 化の目的が「経営環境の適応」であるように、CIM 計画では経営環境の変化の予測から始める必要がある。

予測の方法は業界紙や調査機関等から発表された情報を基に、企業が置かれている業界の外部環境について企業戦略に基づく時間軸での一般的な変化の見通しを確認する。さらに、企業の特性を基に企業内インタビューやプロジェクトでの討議によって、企業独自の予測を行い一般的な見通しを補正する。

〔外部環境要因〕

- ・ 景気変動
- ・ 市場競争の激化
- ・ 国際協調
- ・ 環境保護
- ・ 労働市場
- ・ 技術革新
- ・ 省エネルギー

〔内部環境要因〕

- ・ 多様化
- ・ 製品の短命化
- ・ 小ロット化
- ・ 短納期化
- ・ 高付加価値化
- ・ 品質の安定化
- ・ 高齢化

×

外部環境の変化はさらに複数の内部環境に影響を及ぼす。そこで外部環境の変化によってどんな内部環境要因が影響を受けるか、外部環境から誘引される内部環境の関係を確認する。内部環境の変化の度合いの予測は 3) のゴールの設定で行われる。

- 2) 企業ドメインの分析……環境が変化する一方で企業自身も成長・発展を続ける。そこでトップに対するインタビューや中長期計画等を基にして企業の経営目的、企業目標、および事業領域を明らかにする。

経営目的は企業の内部に向かって自らに課す長期的な役割・義務を表すもので、CIM 戦略の基本的な方向性を示す。企業目標としては中長期計画期間中の節目（中間点）や最終時点で到達すべき売上・利益・生産性等の達成水準を確認する。CIM 戦略策定においては常にこの目標への到達可能性が勘案される。

事業領域では製品分野・市場分野の拡大等、現在考えられている将来の成長の方向を確認しておく。

- 3) ゴールの設定……企業目標を確認することによって到達すべき売上・利益・生産性等の達成水準が確認できた。一方、環境を予測することによって、環境の変化から企業に迫るそれぞれの時点での圧力が予測できた。つぎに CIM 化のゴールを設定する。

CIM 化のゴールとは『企業の目指すべき姿』を意味し、環境の変化に応えながら、企業目標を達成するために必要となる企業力である。

ゴールの設定方法はプロジェクトでの討議によって、1) の経営環境の予測で検討した結果を基にして外部環境の変化から誘引される内部環境に対して、企業目標の達成を考慮してどの程度対応すべきかという目標水準を設定する。目標水準は評価尺度と具体的な基準値が設定される。

- 4) 現状認識……当然、設定した CIM 化のゴールと現状には格差がある。この格差の大小によって CIM 化の戦略内容が違ってくるため、つぎに企業の現状を把握する必要がある。

現状認識では企業の諸活動の仕組みを分析する。分析の方法はインタビューやプロジェクト討議によって、製品の企画・設計から出荷・サービスに至る企業の諸活動の関係を確認しながら、その結果を価値連鎖図に描写していく（図 2）。

価値連鎖を用いると企業が製品を生み出す仕組みや、顧客やマーケットとやりとりする仕組みを正確にとらえ分析できる。また CIM 化の方策を立案する際も、この価値連鎖にどんな策を施せばよいかを問いかけることによって、秀れたアイデアを発見する可能性がある。

2.3 実現方策の検討

前プロセスで CIM 化のゴール、つまり企業の『目指すべき姿』を設定することができた。このプロセスでは『目指すべき姿』を実現するための方策を立案する。

- 1) テーマの設定……現状の企業力の水準を企業の目指すべき水準にまで格上げするための課題をテーマとして設定する。テーマ設定ではまず現状の仕組みの環境への適応度合いを評価する。現状認識で作成した価値連鎖図を参考にして、現状の仕組みが内部環境の要請にどこまで対応可能であるかを推測する。

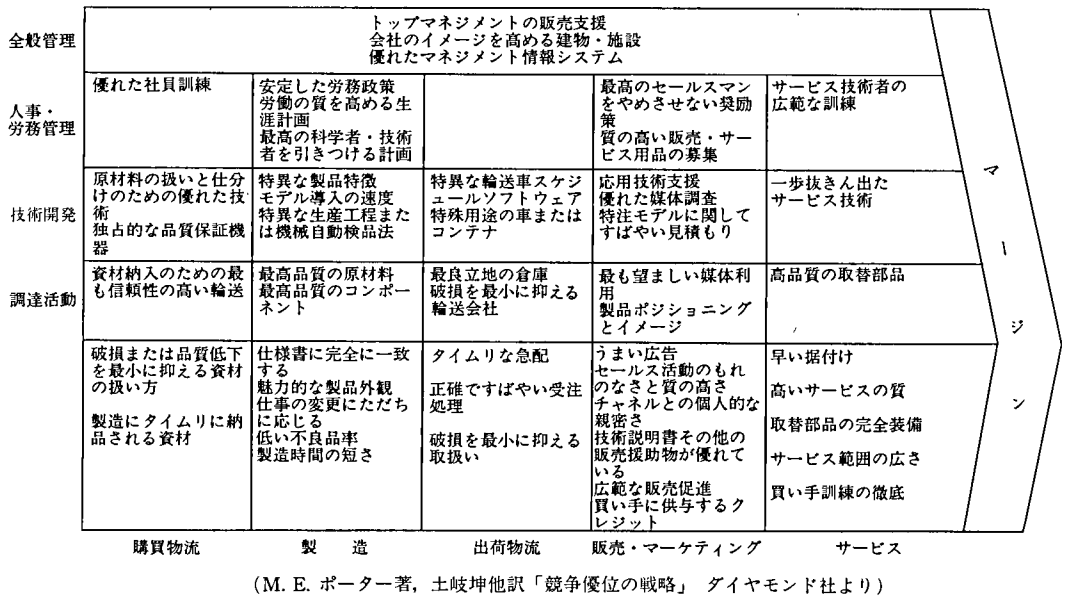


図 2 企業活動の価値連鎖図

Fig. 2 Value chain

評価の方法は環境要因を現状の仕組みのままで十分対応できるもの、改善することによって対応できるもの、そして改革を図らなければ対応できないものに分類する。そして、この改善による対応と改革による対応の二つの要因を CIM 化のテーマと設定する。テーマについては現状の仕組みのままで対応不可能な理由を明らかにし、改善/改革のポイントとそれらの条件を定義する (表 2)。

表 2 テーマリスト

Table 2 Theme list

テーマ	目標値	尺 度	対 応	ポイント	条 件
短納期化	10 日	リードタイム	改善	設計の効変化	機能の統合
小ロット化	1 個	ロット数	改革	製造の自動化	自動化率80%
サービス向上	30%増	売上額	改善	納期回答	即時

2) CIM 戦略の立案……テーマのうち改革の対象となるものについて CIM 戦略を定める。CIM 戦略とはテーマ実現のため企業活動の追加/廃止/プロセス・手段の変更等、必要とする改革の概念を表したもので CIM 化の具体的方策を検討するための基本方針となる。

CIM 戦略の立案はテーマリストの改革ポイントをヒントに改革の条件を満たすための戦略を立案する。実際の進め方は現状の仕組みの欠陥や限界を自動化や統合化の視点でチェックし、販売政策や外注政策あるいは生産方式や物流方式等に関わる抜本的な改革案を見出していく。

そして立案された改革案が先に確認した経営目的に反していないかどうかをチェックする。そしてそれぞれの改革案の効果を予想して改革の条件を満たし、さらには CIM 化ゴールの目標値に到達するかどうかをチェックする。目標値に到達しない場合には新たな改革案を立案することになる。

- 3) 解決策の立案……戦略立案に続いて各テーマについて実行レベルの解決策を立案する。立案の方法はそれぞれのテーマごとに価値連鎖図の上で関連するあらゆる企業活動についてテーマ実現の視点で解決策を探る。取り上げられた解決策をやはり価値連鎖図に記入して解決策の関連図を作成する。

抽出された解決策はテーマごとに一覧表にまとめられ、実現性、効果および費用の観点でそれぞれ評価される。実現性については資源、技術、およびロジスティックス等の基盤整備を裏付ける（表3）。

表3 解決策リスト
Table 3 Solution system list

テーマ：製品の短納期化				テーマ目標値		
解決策	手段	基盤	目標値	現状値	費用	リスク

- 4) シナリオ作成……これまでのプロセスの成果をまとめて論理の道筋の通ったシナリオを作成する。CIM は環境の変化から業界の動向を予測して戦略的に進められるものである。したがって、シナリオによって不確実性を明確に CIM の構想の中に組込む必要がある。シナリオ作成では、これまでの各プロセスでプロジェクトが仮定、予測あるいは選択の根拠を明確にしながら後続のプロセスへの展開を明確にする。不確実性要因があり、しかも CIM 戦略に大きく影響するものについては仮説を立てて代替のシナリオを用意し、最後の評価で選択を可能にする。

2.4 CIM モデルの設計

CIM の実現の方策が立案できたところで CIM 化後の企業の仕組みをモデル化する。解決策を基に企業の仕組みを業務システムと情報システムの両面から整理して、体系化し、CIM 構想の矛盾や検討洩れがないかを確認する。CIM モデルは次の三つのモデルで構成される。

[CIM モデルの構成]

- ・管理プロセスモデル
- ・データモデル
- ・情報インフラモデル

- 1) 管理プロセスモデルの設計……管理プロセスモデルは企業活動全体の業務体系を示す。

設計の方法は解決策の立案工程で作成したテーマごとの価値連鎖図を合成して、新たな CIM の価値連鎖図を作成する。企業活動の仕組みを全体的にとらえ、基本的な「機能」を研究開発・マーケティング・生産管理・製造等の基幹機能と、経営・人事・経理等の支援機能に分けて設定する。つぎに機能の構成要素としての「活動」を管理のサイクルである「PLAN—DO—CHECK—ACTION」の視点でとらえて設定する。最後に戦略的ポイントとなる活動については、その構成要

素としての「仕事」の IPO（インプット、プロセス、アウトプット）をおさえ、そのプロセスが人手かコンピュータかを明示する。

- 2) データモデルの設計……データモデルは企業活動全体で必要とする情報体系を表す。設計の方法は CIM の価値連鎖図の上に設計した管理プロセスモデルの中から、顧客、注文、製品、部品、図面、機械・設備等の管理対象物を洗い出す。そして対象物を組織化して一つの形式的な構造を造り上げ、主な属性と対象物間の関係を示す。つぎにこれらの管理対象物のライフサイクルを想定し状態の変化を設定し、状態の変化を起こさせるイベントを設計する。
- 3) 情報インフラモデルの設計……情報インフラモデルは CIM 化における情報システムから整備を要請される情報インフラの体系を示す。分散システムサービス、情報管理サービス、アプリケーションサービスの分野で必要な機能の体系を整理し、ネットワーク、データベース、エンドユーザ・インタフェース等に関するプロダクトの要求仕様を定める。
- 4) CIM モデルの検証……すべての CIM モデルが設計されたところで、この CIM モデルを使って CIM 構想をチェックする。この検証では管理プロセスが正しく機能するかの確認として、管理プロセス間に無駄な活動や必要な活動の洩れが発生していないかを検証する。また、CIM テーマの目標を達成し得るか否かの検証である。

検証の方法は、CIM モデルの上で多くのさまざまな場面を想定して、模擬トランザクションを流してシミュレーションを実施する。不具合が発見された時にはただちに CIM モデルに改良を加える。

2.5 CIM 計画のまとめ

CIM 計画の最後のプロセスは CIM 構想のまとめである。検討されたシステム案を評価し、構築の計画を立て基本計画書としてまとめる。

- 1) 実現性評価……解決策の立案で得られた各テーマごとの実現レベルの解決案（システム）について、その実現性を評価する。実現性の評価は、経済的および戦略的価値観、技術的な見地、そして法や規制面から評価される。

技術的な実現性の検証については、専門家で構成されたサブプロジェクトによって行われることが望ましく、プロジェクトはその検証報告をもとに実現性を評価する。経済的および戦略的評価は効果の大きさ、構築の容易性、緊急性等から総合評価する（3.3 節 CIM 構想の経済性評価 参照）。評価の結果をもとにして構築の優先順位を決定するが、CIM は本来、戦略的に導入されるものであるため、単純に点数評価の結果だけで優先順位が決められるべきではなく、トップの期待を汲んだプロジェクトの意思が現れても良い。

- 2) 構築計画の設定……テーマの優先順位にしたがって、構築の着手および本番稼働時期を設定する。通常、CIM 化の計画は中期経営計画の中から生まれ、構築期間や投資予算等、概略の構想が定められていることが多い。このような場合、構築計画はこれらの構想案に準拠させる必要があり、計画の内容も中期経営計画に対応して先々のものは比較的粗く、近いところは具体的に表現する必要がある。

構築計画で重要なのは前述のように、節目（評価フェーズ）ごとに基本構想の

見直しを盛り込むことである。環境の変化に対応して追加システムの短期構築が発生したり、逆に CIM の部分的構築が予想外の環境変化を呼び起こす場合もある。

システムの構築段階から導入、運用段階に至るまで、計画通りスムーズに CIM 化を進めていくためには、組織の改革・意識の改革等、開発および実行環境の整備が必要である。環境整備計画をも合わせて設定する。

- 3) 計画書の作成と承認……CIM 計画の成果を計画書としてまとめる。計画書はトップへの報告を目的とした概略編と、つぎの設計フェーズへの伝達を目的とした詳細編の 2 部編成が望ましい。概略編を使ってトップおよび関係者に報告することになるが、活動の成果をできるだけ見やすい形にまとめポイントをわかりやすく説明して、プロジェクトの努力の結果を実らせなければならない。

[例] CIM 計画書

はじめに

- I 経営環境と経営目標
 - II 現状の企業力分析
 - III CIM 化のテーマ
 - IV 戦略と解決策
 - V CIM のモデル
 - VI 実現性の検証
 - VII CIM の構築計画
 - VIII 検討経緯
- おわりに

3. CIM 構築のポイント

CIM の導入は企業に多くの効果をもたらすことができる。しかし、実際に CIM を構築する段階では、さまざまな問題が発生し困難な局面を迎えることが予想される。

そこで、CIM 構築プロセスの補足として、CIM の構築を阻害する代表的な次の三つの要因について、その解決のポイントを述べる。

- ・ CIM 基盤が弱体
- ・ 戦略が不足
- ・ 効果の評価が困難

3.1 基盤整備の考え方

CIM の構築は企業の目指すべき姿を追求して戦略的に進められるが、実行計画は必要とする企業基盤の整備を伴ったものでなければならない。企業基盤には、強力な販売チャネルや優秀な人材の確保、協力企業との緊密な関係といった事業の基盤、また作業の標準化や工程の自動化等の生産の基盤、そしてそれらを支えるデータベース、ネットワーク、および基幹システム等の情報基盤等があるが、これらの企業基盤が強固でなければ、いかに素晴らしい CIM モデルを描いてもその実現は不可能である。

したがって、CIM 構築では最初に企業の現状における基盤の分析・評価を行いその結果を CIM 戦略に反映させる必要がある。すなわち、企業基盤を考慮して強い基盤を

積極的に活用し、弱い基盤は補強していくような CIM 化の戦略を立案する。そして CIM 構想の評価においても、企業基盤の実態を反映した企業独自の価値観をもって、システム案を評価し構築の優先順位を決定することによって、企業に相応しい CIM 構想が立案できる。以下に基盤と戦略の関係を示す。

〔基盤と戦略〕（事業基盤は生産基盤を含む）

タイプ A：事業基盤＝弱、情報基盤＝弱

今は企業をより効果的かつ効率良く運営していくための能力を強化する必要がある、基盤整備に直接つながる CIM 戦略を立案すべきである。

タイプ B：事業基盤＝強、情報基盤＝弱

強い事業基盤を持つが情報システムを中心とした支援力が弱いために短期間に大きな価値を生み出す可能性は低い。したがって、情報基盤の強化をめざした CIM 戦略を立案すべきである。

タイプ C：事業基盤＝弱、情報基盤＝強

事業基盤を強化するとともに最大の武器である情報システムを活用して、企業の持つ潜在的な力を伸ばすことを CIM の狙いとする。

タイプ D：事業基盤＝強、情報基盤＝強

事業力と情報システム力がともに強固であるため、統合化を押し進め戦略的経営をめざした CIM 戦略を立案すべきである。

3.2 戦略的アプローチ

日本の企業では小集団活動に代表されるようなボトムアップ・アプローチが一つの文化として定着している。しかし CIM 構築の基本的発想は、全体を見渡すというトップダウン的なものでなければならない。なぜならば、CIM は将来の環境条件の中で企業がさらに発展していくために必要な経営形態の改革を図るものである。したがって将来の経営環境からの要請を予測し、その要請に対応する方策を追及して改革レベルの計画を立案し、それを計画的に実現していくために、以下のようなトップダウンによる戦略的アプローチが求められる。

- 1) 戦略目標を設定……最終ゴールと必要に応じていくつかの中間点での目標を定める。
- 2) 実現方策を策定……現状からそれぞれの目標に到達するための方策を決定する。
- 3) 基盤整備の裏付け……方策の実行を可能にする資源、技術、およびロジスティック等、基盤整備を計画する。
- 4) シナリオ作成……これらをまとめて論理の筋道の通ったシナリオとして述べる。CIM の構築は企業内はもちろん外部にまで大きな影響を与える可能性があるビッグ・イベントである。上記手順にそって大局的見地に立って立案し、長期的計画に基づいて実現化していくべきものである。

3.3 CIM 構想の経済性評価

CIM の構築は、コストダウンや省力化効果等をはるかに越える大きな価値を企業にもたらす。しかし一方では判断のむずかしい巨額の投資を必要とし、多くのリスクを伴う。したがって、CIM 計画のプロセスの中で CIM 構想案の実現性を確認するための

評価は、ある意味では最もむずかしい作業といえる。残念ながら、このための評価理論はまだ確立されていない。

実現性とは技術的、経済的および法・規制上の見通しである。中でも経済的見通しが問題で、従来の投資対利益分析による評価方法はそれぞれのシステム案を実現化するための投資と、その見返りとして得る利益のバランスで評価してきた。

しかし、CIM 計画を評価するには従来の投資対利益分析だけでは不十分である。なぜならば、CIM 計画案の中には導入効果を定量的数値だけでは表し切れないものが多い。フレキシブル生産を可能にする自動化設備の導入案を例にとっても、投資を還元する利益を定量的にとらえることはむずかしく、投資対利益分析だけでは導入計画に対するトップの承認は得られない。

利益の他に、そのシステムが戦略的目標達成に貢献するための戦略支援的価値、そのシステムを保有することで競合企業の自社領域への侵入を防ぐための競争優位的価値、そのシステムが戦略と業績を管理するための経営管理的価値等の付加価値や、システム導入による変化が生じた時の組織の対応、システム実現の前提となっている基盤整備のリスク等を総合的に評価することによって、CIM 構築案を正しく評価しなければならない。

4. お わ り に

冒頭に述べたように CIM 導入は戦略的に進められ、基本的発想は全体を見渡すというトップダウン的なものでなければならないが、実施の段階では組織や人を活性化させ、基盤整備を図りながらボトムアップで進めるやり方が日本の CIM のアプローチのようである。いずれにしても CIM の導入に成功すれば企業に多くの価値をもたらす。企業戦略に基づく戦略プログラムを作成し、CIM 構築に先立ち的確な事前評価を行い、さらに構築の過程で戦略プログラム自体をスパイラル・アップするアプローチが望まれる。

-
- 参考文献 [1] M. E. ポータ, 「競争優位の戦略」, ダイアモンド社.
 [2] 圓川隆夫, 「CIM 概念のあり方とシステム構築の課題」, 無人化技術, Vol. 31, No. 6.
 [3] 圓川隆夫, 「CIM 評価へのアプローチとその実際」, 無人化技術, Vol. 31, No. 9.
 [4] M. Parker, 「情報システム投資の経済学」, 日経 BP 社.
 [5] 田村孝文, 斎藤彰一, 鎌田秀明監訳, 「CIM ハンドブック」, 日本能率協会.

執筆者紹介 小林 昂 平 (Kouhei Kobayashi)

昭和 44 年, 青山学院大学理工学部経営工学科卒業。同年, 日本ユニシス(株)入社。SE として製造業のシステム開発やサービスに従事。生産管理システム・パッケージ「UNIS」の商品化および適用サービスを経て、現在 CIM 推進部にて CIM の計画に従事。



日本精工における CIM 体験

Our Experience with CIM at NSK Ltd.

井 上 公 夫

要 約 製造業での CIM (Computer Integrated Manufacturing) もコンセプトの段階から具体的に実施する段階になった。しかし、CIM の定義や構築の具体的な手法につき明快な答えが判らないまま、推進されている企業もあるかとも思われる。

日本精工(株)においても例外でなく、金太郎飴的に誰からも異口同音の答えが出るとは限らず、暗中模索している所もあるが、国内外の顧客の機能要請を満足するような設計をし、生産・販売する一連の流れを統合化の概念で戦略的にシステム構築しているのは事実で、事務作業の効率化や間接部門の省人化をも実現している。

日本精工(株)の CIM は、技術関連システムと事務部門関連システムに大別され、さらに細分化されそれぞれ独立しているが相互に連携を保持しながら互いに補完し合い、グローバルな見地でネットワークされ外部から見ると一つのシステムとして機能を果たしている。

Abstract Computer integrated manufacturing (CIM) has been progressing from the conceptual phase to a stage of installation for practical use. But it seems that many corporations are in the process of working hard on the creation of a CIM system, with clear answers still unattained to what CIM is and how to build it in an applicable way.

NSK Ltd. (NSK) is no exception, either, where sometimes entirely different answers to the same problems come out of the CIM people, causing us to stay at groping deadlock. However, the fact is that our design has been so made as to meet functional requirements from customers at home and abroad for the building of a strategic CIM system based on the idea of integrating a series of activities ranging from production to marketing. The system at NSK has also helped make the clerical work more efficient and save man-power resources.

Our CIM system is roughly classified into two subsystems: one for engineering and the other for business data processing. The two subsystems are made up of even smaller units, each independent, and so well coordinated with each other through their mutual linkage and so globally networked that the functions apparently look as if provided by a single system.

1. は じ め に

「CIM/EOA (仮題)」のテーマで UNISYS 「技報」への寄稿依頼を受けた当初は、日本精工(以下 NSK と言う)におけると言うタイトルを CIM の前に勝手につけ、今までに公開していない部分を主体として構成しようと思っていた。しかし、実際に書き始めてみるとノウハウと隣接した恥辱な部分や、機密な所が多々あり公開するには時期尚早で、これを避けようとする中々原稿が進まず、確実に進行しているのが締切日だけであった。日頃大変お世話になっている日本ユニシス(株)(以下 UNISYS と呼ばせて頂く)さんの依頼であり、いまさら後にも引けず、さりとて与えられたテーマを真正面から捕え書き上げる文才がある訳でもないし、いろいろ思案した結果、当機関紙の品位を下げることをお詫びし、四半世紀以上をシステム構築に携わった体験

を基に、独断と偏見の私見を NSK の実例を交えながら紹介することにする。

2. CIM の定義

CIM の定義につきコンピュータメーカは各社大同小異の解説をされているが、聞けば聞くほど難解になっているのが現実で、果たして何人のユーザを理解させることができるだろうか、はなはだ疑問である。CIM の M (=Manufacturing) は他の略語で生産と翻訳されるケースもあり、CIM を狭義の意味で解説した方が一般受けが良く現実的で、最近では狭義の定義で紹介することになっている。

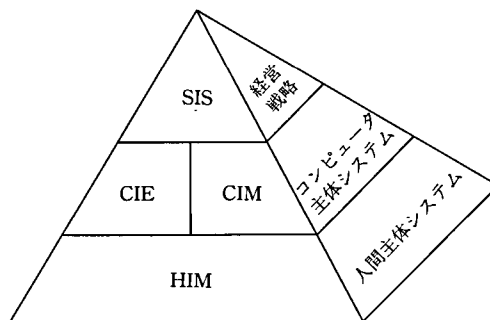
製造業の構成を表現する方法の一つに、生産・販売・技術と言う言葉がある。生産と販売はどちらかと言えば事務的な業務が主体で関連事項や従属事象が多く、コンピュータの言語やシステム構築上からも同一処理することが望ましい。当然のことながら技術も生産・販売と関連が深く、独立事象ではないが基礎研究・開発業務で代表されるように純粋技術があり、コンピュータ処理モードも実数の世界である。製品の外径が5~6メートルのものに小数点以下3桁までのミクロンオーダーの精度が要望されたり、加工技術もサブミクロン(小数点以下4桁目)よりさらに微細加工が要求され、コンピュータ処理上の精度も倍精度以上と限りがないのに対し、生産システムの進捗管理の加工数量で代表される個数は1個、2個と言うような整数モードが大多数の事務業務と明らかに一線を引くことができる。したがって、生産と販売を CIM とし、技術を CIE (Computer Integrated Engineering) と定義する。

CIM と CIE はコンピュータ主体の自動処理指向のシステムで、定型化業務を標準化してコンピュータ処理させることで省人化での業務効率の向上を狙っている。このシステムは多量一括処理に有利だが、柔軟性に欠ける傾向があり、人間疎外の恐れも起こる。コンピュータに人間が使われるのではなく、誰でも自由にコンピュータを使いこなせるような人間主体のシステム構築も重要になる。このシステムを対話指向の HIM システムと定義し、どのような業務でもカバー可能で省力化を指向し、基礎となるシステムと位置づける。このような非定型業務でも時がたつと繰返し性のある業務も派生し、標準化可能な部分から CIM や CIE に移行することが望ましく、システム間の連携が密になるような統合化を指向してシステム構築をする。

CIM と CIE の上位に経営戦略システムとして SIS を位置づけ、SIS は広義の CIM 全体の頂点としてシステムを統制・制御・管理するコントロールタワーの役割をする。具体的なシステム展開においては、HIM は SIS の思想を取り入れながら CIM や CIE への移行が容易のようにシステム構築をする。CIM と CIE は HIM との役割区分や連携体制を考慮し、SIS を包含したシステムにする。これら SIS, CIM, CIE, HIM の役割区分をまとめると図1で示すようになる。

3. CIM の実例

2章の CIM の定義の具体例として NSK の MAGMA (MArketing desiGn MAnufacturing) といい一般的には CIM) システムを示すと、図2のようになる。MAGMA システムは研究・開発、CAD/CAPP/CAM/CAQ (略号は図3または図7参照、以下同じ)等の技術管理システムを総称して FENICS と呼び、“CIE”に相当する。“CIM”



SIS : Strategic Information System
 CIE : Computer Integrated Engineering
 CIM : Computer Integrated Manufacturing
 HIM : Human Integrated Manufacturing

図 1 SIS から HIM

Fig.1 From SIS to HIM

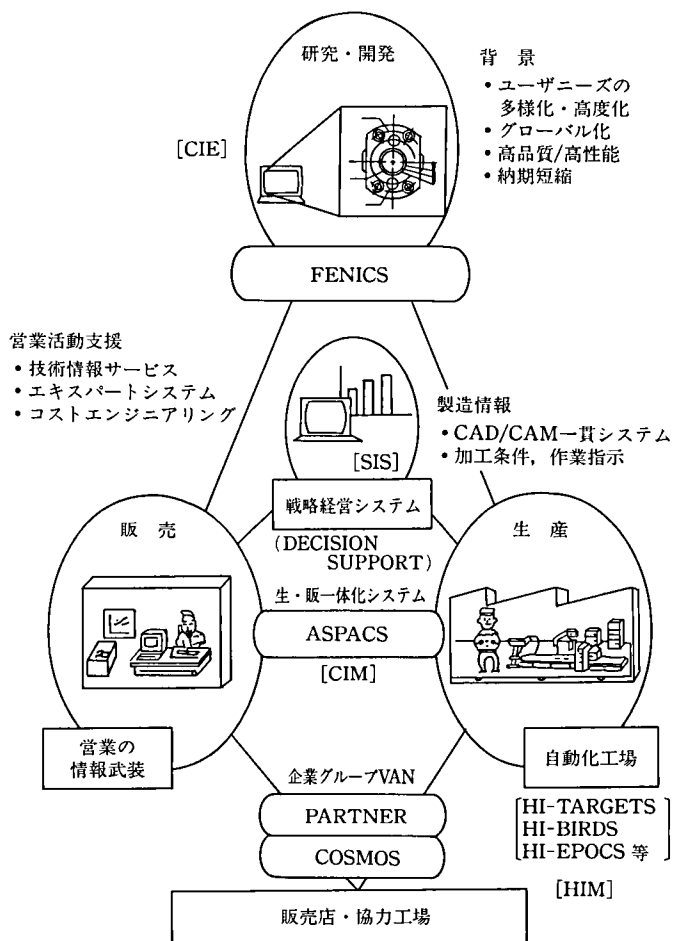


図 2 MAGMA (技術・生産・販売統合情報) システム

Fig.2 The system image of MAGMA (MArketiGn desiGn Manufacturing) system

は生産と販売管理システムを統合化した「生・販一体化システム」の ASPACS が対応する。“HIM”に相当するものが販売店・協力工場関連の PARTNER, COSMOS と各工場単位の HI-XXX シリーズで構成し, FENICS や ASPACS を補完するシステムとなっている。

研究・開発等の技術部門と販売と生産の三角形の頂点に位置するところに戦略経営システムがある。これが SIS に相当する。SIS はピラミッドの上部にあり下部に対する戦略的な指示情報を発生させるが、ピラミッドが強固な基礎であればあるほど崩壊しにくいように、SIS も下部システムで支えられているところが大きい。

コンピュータ関連の各社が提案される生産・販売・技術の CIM を具現化するイメー

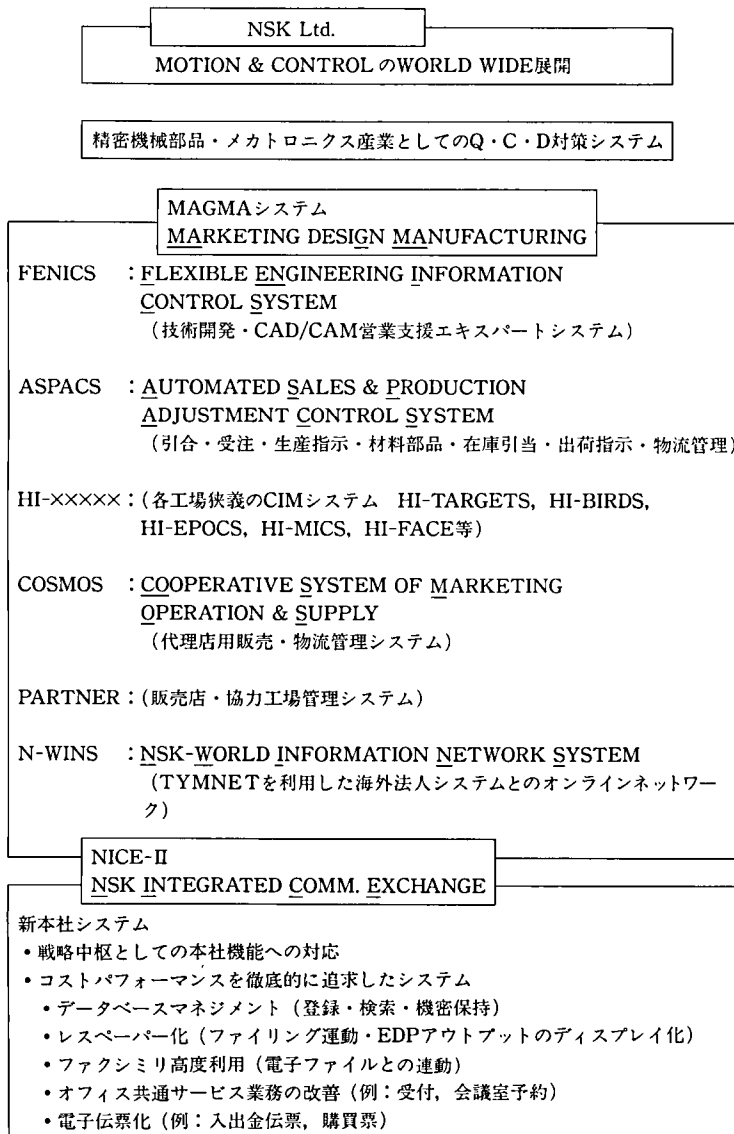


図 3 略号説明

Fig. 3 An abbreviation on MAGMA system

ジ図も図2に類似したものである。図2では生産・販売・技術とSIS・CIM & CIE・HIMとの関連を明記したが、コンピュータ関連各社様にCIMのコンセプトを記述手法で解説し、具体的な展開実施例は図式化され別の表現になっており、コンセプトと具体例とを対比して関連づけたものがなく、新規ユーザはどのようにシステム展開してよいのか、理解するまで時間を要しているものと思われる。

3.1 MAGMA システムフロー

FENICS と ASPACS の Marketing desiGn MAnufacturing の業務の流れに従いシステム分担の概要を示すと、図4のようになる。また、FENICS と ASPACS を中心にMAGMAシステムの概要をフロー化したものが図5であり、各工場の生産管理

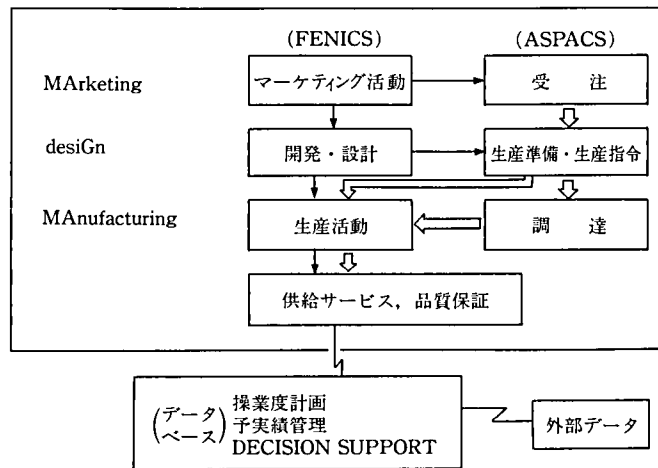


図4 FENICS と ASPACS の MAGMA 区分

Fig. 4 The relation between FENICS and ASPACS

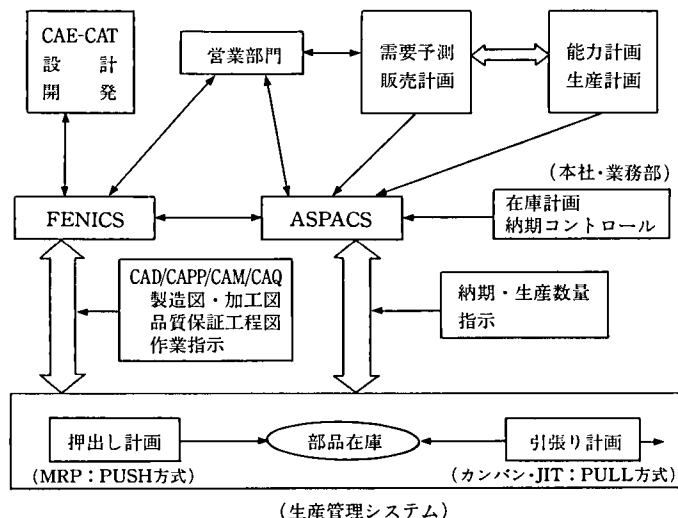


図5 MAGMA システムフロー

Fig. 5 The system flow of MAGMA

システムの特徴は“押出し計画”と“引張り計画”である。部品単位に出世魚的な工程別部品名を設定することで途中工程での標準在庫を可能とし、生産リードタイムを短縮しながら、顧客の個別要求に柔軟に対応するシステムを構築している。

3.2 ネットワーク

各システムは独立システムでありながら従属関係にあり、それぞれのデータベースは共有化され、どのシステムからもアクセス可能になっている。一方、ネットワークは図6で明らかなように、データ量が多い主要部署間を高速デジタル回線で結びコンピュータデータ・音声・FAXを統合化している。生産・販売・技術の一元化も本社、支社、工場と各遠隔地を専用ネットワークや公衆回線利用の企業グループネットワーク等、利用頻度の大小で適宜各ネットワークを選択して結び、あたかも一か所で処理しているかのようなシステム構築をし、国内はもとより海外法人までグローバルな展開が可能になっている。

4. MAGMA 開発経過

MAGMA は昭和 35 年頃から生産販売一体化システム構築を狙ったコンピュータ化が開始された。スタート当初からシステム統合化の理念で展開され、当時はバッチ処理であったが、まもなくオンライン処理に移行し、この生・販一体化システムを支援する CAD/CAPP/CAM がベースとなる技術システムも並行展開された。統合化思想は自社開発のソフトに限らず、市販のソフトやハードに至るまで 1 メーカーにこだわることなく、将来展望を考慮しながら、その時代時代で最適なツールを導入し、SI (System Integration) を実現してきた。

スタート後しばらくは“プロダクトアウト”の思想が強く、自動設計・自動処理指向のシステム展開となり、システム主導型であった。ライン導入が進むにつれ、社内エンドユーザ部門からコンピュータありきの批判も起き、世の流れも“マーケットイン”の兆しが見えはじめ、FMS、市場情報管理を導入したシステム再構築がエンドユーザ主導で繰返し展開された。

このようにユーザを重視したシステムだけでなく、NSK としての中長期展望に立脚した R & D や CAE・CAT のシステム展開もシステム統合化の一翼を担うようになり、現在では戦略経営管理システムまで包含した製造業として存在するあらゆる業務を統合化したシステムのロウリングを行い、スパイラルアップを図っている。これらの経緯の概要をまとめたものを図7に示す。

5. CIM 開発のポイント

5.1 CIM 構築は組織で

CIM 構築はトップダウンでなければならないと言う話を良く聞かすが、本当にトップダウンでシステム構築ができるだろうか。まさに、人・金・時間を要するシステムなので、トップダウンでなければならないことは事実である。トップダウンは必要条件であるが十分条件ではなく、何をどうやるかも判らず、まして効果も不確実なものにトップがゴーサインを出す訳がない。この十分条件を作成するかどうかトップの承認が必要だが、どこの企業でも正規の開発・企画部門や、非公式ながら公認化された

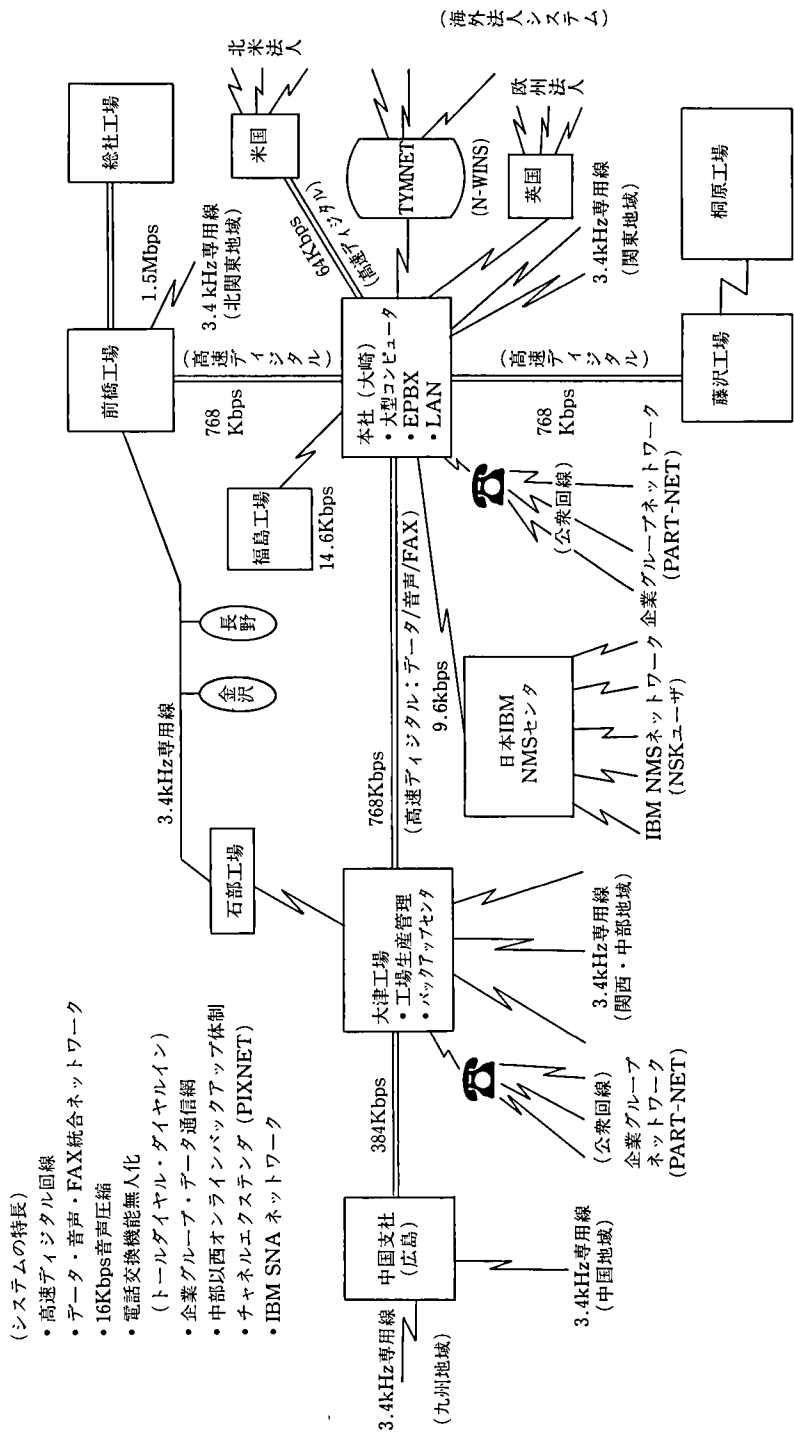
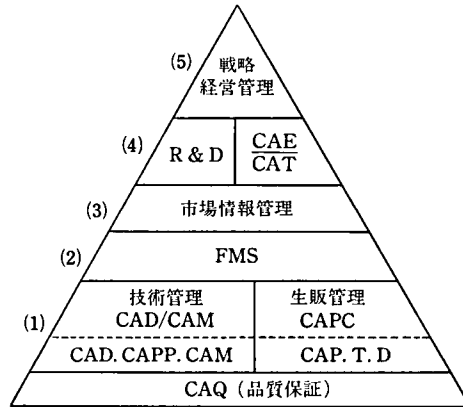


図 6 NSK 総合通信システム NICE-II
Fig. 6 The network of NICE-II (NSK Integrated Communication Exchange) system



MAGMA : MARKeting desiGn MAnufacturing	CAPP : Computer Aided Process Planning
R & D : Research & Development	CAPC : Computer Aided Process Control
CAE : Computer Aided Engineering	CAP : Computer Aided Planning
CAT : Computer Aided Testing	T : Trucking
FMS : Flexible Manufacturing System	D : Delivery
CAD : Computer Aided Design	CAQ : Computer Aided Quality assurance
CAM : Computer Aided Manufacturing	生販管理 : 生産管理と販売・物流管理の一体化システム

図 7 MAGMA 開発経過

Fig. 7 The process of MAGMA system development

新規課題を提案する人や部門があるはずである。この人達を中心に提起すれば良く、このようなケースは日常茶飯事で、なにも CIM に限ったことでなく、組織で処理すべきものである。

しかし、平常な組織で CIM を提案できるはずだと言えどもそれほど安易なものではなく、やはり起爆剤が必要である。どこの企業でも教祖になりうる人を何人か抱えており、教祖にも得手、不得手があるので適任者と思える人を一人に絞り、外圧あるいは内圧で洗脳すべきである。ここでの問題はコンピュータアレルギーがあった場合どう排除するかであり、これさえ解決すれば後は従来からの開発・企画業務展開の延長線上になる。逆な言い方をすれば、CIM は従来業務の延長線であることを説得すべきであり、説得過程では CIM とか SIS とかコンピュータに関する言葉を一切使うべきではない。1 人に絞ると前述したのは 2 人を説得するより 1 人の方がより可能性があるからで、1 人に絞っている時期はせいぜい素案作りまでが限界である。1 人が説得できたら身近な実例での CIM 説明を行うことで、2 人、3 人と 1 人でも多くの賛同者を増やすべきである。

5.2 CIM 構築は一歩先を狙え

システム構築のレベルをどうするのか、現状をコンピュータ化するのではなく、お金をかけるのだから業務改善や合理化や新しい戦略的な思想を取り込めとも言われる。システム構築では五歩先も十歩先も同じようなもので、先進的なことを狙うのはある意味でやさしく外部評価も良い場合が多い。が、システムを活用してくれるエンドユーザには不評なケースが多く、ラインに定着化しないこともある。どのような業務をコンピュータ化しても、入出力は必ず人間が関与し、コンピュータ処理工程がオ

ーソライズされていないと完全にブラックボックス化され、処理結果の評価ができずシステムを無視することになる。

したがって、現行の業務をシステム化すべきである。日常処理している業務は、長年の業務改善で培われたもので作業効率が向上するようになっているものと思われるし、システム化での違和感がない。どのように標準化されている業務でも無意識のうちに改善が行われ、推論のきかないコンピュータへ搭載しようとするとは必ず曖昧な箇所があり、この部分を規定化することで現業より一歩先に行くことは確実である。システムの完成後は数歩先を歩んでいることになる。

5.3 CIM 構築は個々の業務の積み重ね

CIM の統合化を重視し、最初から複数の業務を統合化してシステム構築しようとする意見調整に時間を要するし、まとまらないだろう。統合化はシステム構築した結果に期待すべきで、現在まで統合化できなかった業務がシステム化するからと言って急に統合化できたとしたら、それは今までに関連した管理者が業務改善を何もしていなかったのではなく、部門間を統合化しようとして日頃関係各位と折衝、調整され、すでに気運が煮詰まっていたからであろう。したがって、現行の業務が2部門に別れていたなら、現状のままシステム化も二つのモジュールに識別して構築すべきである。日常の各部門の業務も統一化された企業理念で、各部門は独立事象でありながら従属関係にあり、ベクトルは同一方向を向いているはずである。CIM 構築ではこの企業理念をデータベースとし、共有化を図ることが前提条件になる。

5.4 CIM 構築は試作システムから

製造業においては必ず試作品がある。試作要請先は顧客から来る場合と社内要請とに大別され、顧客要請の場合は試作の意図を十分に理解しきれないケースもあるが、社内要請の場合は開発の意図が明確になっている。試作の目的が明確であったからと言え、目的に適合した製品（結果）を作れるとは限らず、再試作するケースも希少だがある。試作は概してお金のかかるものであるが、試作の意図を明確化し予算枠内でダイナミックに目的に向かいチャレンジできる。

システム構築についてもこの試作の手法を援用すべきである。CIM 構築のように適用範囲が広い場合、どこからどのようにして着手してよいか判らず、まして投資効果も不明なものに企業としてシステム開発の許可を出しにくい。このような場合、試作の考え方を導入すれば目的を絞り着手可能で、投資効果を度外視したシステムの機能面のチェックだけに焦点を当てたシステムを構築する、ことも可能である。

大がかりな製品試作は、試作を成功させるための“前段階の試作”を実施した後、試作を行い量産試作を経て量産が開始されるケースがあるように、CIM 構築も大規模な製品試作と同様な取扱いをすれば良いと思われる。

5.5 CIM 開発は CIE

- 1) 製造業は図面から……製造業における顧客との正式な商行為は、承認図を基に契約されるケースが大部分である。顧客の要求する商品は、この承認図に描かれた製品になるように完成品としての製造図が作成され、必要に応じ工程単位の工作図に分解し、これらの図面に適合するよう生産準備を行い、計画に従って製造し、指定納入日に指定量を納入する。このように顧客の要望は承認図や製造図等、

図面としてイメージ化され、各工程がそれぞれの図面を満足するように各種の指示行為がされる。

- 2) 図面自動処理は図形情報、数値情報、技術文章情報のデータベースの構築……
CIM 開発においては、これら図面を基幹とする CAD/CAPP/CAM で構成される CIE 構築が必須である。NSK の MAGMA (CIM) が世間で評価されているのも、CIE が自動処理可能になっていることが一大特徴である。図面をコンピュータで自由に他システムと完全連携を保持しながら自動処理するには、図形情報、数値情報、技術文章情報をデータベースとして構築することが必要である。
- 3) CIE は ACAD で……昭和 57 年頃までは ADE (Automatic Design Engineering) を狙い自社開発の完全自動設計処理であったが、顧客の多様化要請に対し自社のみの開発ではスピードが追いつかなくなり、米国で開発された柔軟性のある DCAD (Dialog Computer Aided Design) をホスト系のコンピュータメーカや社内他部署から導入するように奨められ、長時間かけて軸受設計部門の人々にも参画願い色々検討した結果、数値情報と技術文章情報をユーザが援用できないことが最大の欠点であると結論づけた。いくら対話機能が優れていてもオープン指向でない DCAD は、将来 MAGMA 展開に支障をきたすのは明らかなので、採用をあきらめ、自動設計指向で対話機能も備えた ACAD (Advanced Computer Aided Design) を導入する方向で、本格的な検討を開始した。
- 4) ACAD は UNISYS 支援で……当時の市販 CAD を探したところサードパーティが開発した IBM ホスト系 CAD が軸受設計に役立ちそうだと言うことが判った。しかし、市販のままでは NSK の ACAD として位置づけるには不十分で改造の必要性があった。ホストでのパッチ処理に関するアプリケーションは自社での改造が可能だが、オンラインでのグラフィックディスプレイ処理には、CAD に強いホスト系のコンピュータメーカの協力なくして導入は不可能であった。たまたま、当時のユニパックが NSK で導入を検討している CAD を取り扱っているという情報を入手し技術折衝をしたところ、CAD 技術力は今までに接したホスト系コンピュータメーカとは格段の差があり、開発費用も一番安い見積価格であった。この ACAD を契機に UNISYS と接触する機会が多くなったが、無理難題にも 100%対応して下さり、今日 CIM の実施例として高い評価を得ている MAGMA システム構築の数ある功労者の中で UNISYS が果たす役割は多大なものがあり、現在でも中核部分を分担して頂いており、UNISYS なしに MAGMA を論ずることができなくなってきた。
- 5) MAGMA における UNISYS の役割……UNISYS に開発して頂いたシステムは、グラフィックディスプレイ周辺ばかりでなく、古くには低価格の各種 X-Y ペンプロットの IBM ホストへの接続、最近ではレーザープロットの接続、これらプロットは UNISYS として提供商品でないものを NSK の意向で開発をお願いしたものである。最良のシステムは、ここ数年に渡り開発して頂いた、CAD データ、イメージデータ、技術ワープロデータの三者を EWS 上で編集統合し、生産システムの進捗管理と完全連動して現場端末へペーパーレスで画面表示させる作業指示書・工程履歴“証”システムである。まだ、このシステムは一般外部公開をせず、

製品納入先の立入り内部監査で説明している程度であるが、大変評判が良く品質保証システムの究極との外部評価を得ている。

以上、顧客に接する承認図に端を発し作業現場の作業指示書まで、ユーザニーズを作業現場に一气通貫する、CAD/CAPP/CAM/CAQ が基幹となる CIE システム構築は UNISYS に負うところが多く、CIE の自動生成・自動処理機構をベースとして MAGMA システムが構築されている。

5.6 CIM 構築はコンピュータメーカのコンセプトで

CIM 構築に関しいろいろ私見を記述したが、各コンピュータメーカが一様に唱える戦略的見地で、しかもトップダウン式に、提唱されるコンセプト通りに CIM 開発を行う方が、作業効率、開発期間、投資金額をミニマムにできると思われ推奨するものである。NSK の風土・体質の影響かもしれないが、セオリー通りのシステム構築は、エンドユーザ部門の共感を得られず、MAGMA 開発の体験から結果として、前述した「CIM 開発のポイント」をまとめたものである。

6. FENICS (CIE) の概要

多くの製造業では、顧客との承認行為としての承認願図の作成や、加工最終図面としての製造図面を中心に、工場での製造行為の工作図、治工具・ゲージ図等の作図がなされているものと思われる。NSK の MAGMA システムが世間で評価されている要因の一つに、これら技術関連の情報がコンピュータコントロール可能なシステム構成になっていることがあげられる。

6.1 営業支援システム

顧客からの軸受寿命、疲労剥離、許容回転数等の技術計算やコスト見積算出要請に対し、各支社端末よりオンラインリアルタイムで問い合わせや設計部門等から回答することができたり、実績のある軸受の承認図の出図や、技術計算結果がグラフ出力の場合はコンピュータの処理結果を各支社の FAX へ自動出図するシステムを構築している。また、顧客からの軸受購入要請に対しては、まず実績のある軸受で客先要請の機能検討を行い、該当する実績軸受がない場合は部品共通化設計が行われ、これでも満足しない時に初めて新規設計に入るシステムになっている。これらのシステムは国内はもとより海外からも活用可能なグローバルシステムとして構築されている。

6.2 顧客支援システム『機械屋さん』

この特徴を活かし、異業種を含む新・電子カタログ搭載の機械設計用 CAD『機械屋さん』を開発し、ユーザ提供を開始した。この背景には、設計者が高級 CAD を使いこなせないことや、高価なため CAD 端末が不足し、手書きでポンチ絵を描き、専任オペレータが高級 CAD 図化していたケースが見受けられる。これらの弱点を補完すべく、『機械屋さん』は CAD を知らない設計者でも絵文字方式のタブレット上で容易に使用でき、設計者 1 人 1 台の実現を可能とする価格体系でユーザ提供するもので、図 8 の顧客関連のシステム部分を抽出し、ユーザの自社内で使えるターンキー CAD システムとして構築したものである。『機械屋さん』で作図した図面は、既存の高級 CAD データ授受が可能なようにデータ変換プログラムも準備しており、設計者が作図した図面を転記することなく、専任オペレータが高機能 CAD にデータ転送し、寸法線や備考

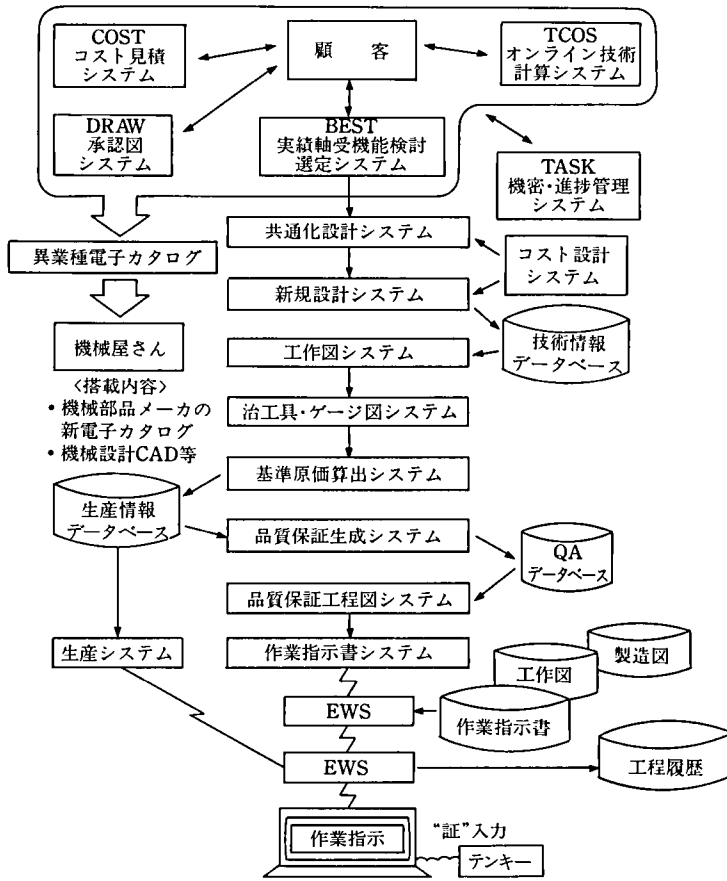


図 8 FENICS (CIE) 概念図

Fig. 8 The system image of FENICS (CIE) system

欄等，連続操作で効率良く短時間で図面を完成することができる。

『機械屋さん』の現バージョンは FA プラント業界関連を対象とし，設計に必要な異業種機械部品群を同一基準で本のカatalogを使用することなく検索・作図可能なような，各部品メーカーが保証する電子カatalogも搭載している。

現在搭載している異業種電子カatalogは，NSK を含み 4 部品メーカーであるが，すでに電子カatalog搭載要請が複数社からある。今後，業種の拡大や本のカatalogと連動した異業種電子カatalogの更新を各部品メーカーの責任で実施していく。各部品メーカー間の調整は NSK が行い，ユーザに対してあたかも一社の電子カatalogであるかのような維持更新をする。今回は小形 FA プラント業界向けに構成したシステムであるが，大形用等，業種別の専用 CAD 化で簡便性の充実を図り，ユーザの設計作業効率化の向上に貢献していく方針である。また，現在の CAD の母体は DesignCAD (NKK) であるが，既存の市販 CAD への移植や稼働対象ハード (パソコンや EWS) の拡大等のユーザ要請をシステムに反映する計画がある。

さらに，システム面の拡大も NSK の MAGMA システムをモジュール化し，逐次提供することで『機械屋さん』の拡充を図り，ユーザへの支援を充実する予定である。

これらすべてを包含して特許出願中である。

6.3 生販一体化システム支援

また一方では、技術情報データベースやコスト見積ロジックを援用し、販売システムに必要な基準原価、および生産管理システムに必要な工程別部品名、外注先名、発注単価、代替外注先名、リードタイム、サイクルタイム、セット時間等、販売・生産情報の基幹データベース（生産部品表）は FENICS から自動生成される。

6.4 作業指示書と集中管理

もちろん工場が必要とする作業指示書も自動生成し、夜間バッチであらかじめ指定されている工場の EWS へ自動転送される。現場端末への作業指示書の管面表示は、生産管理システムの進捗システムから指示を受けて起動するようになっている。作業者は画面で指示された作業指示に従って作業を行い、実作業の“証”を入力することが工程履歴となり、必要に応じ検査成績証も自動生成される仕組みになっている。この作業状況や各機械に装備されているセンサから自動収集される加工品の出来映えや稼働状況は、どこの端末からも問い合わせ可能なようになっており、品質保証をより徹底することを狙い、万一作業者が指示通りの作業をしないケースが発生すると、担当班長に無線で自動連絡されアクションがとられる集中管理システムになっている。

7. ASPACS (CIM) の概要

NSK の CIM の特徴は、営業・生産・物流が完全連動し一体化（図 9）していることである。コンピュータ処理も、本社機構としてのホストと工場のショップコンピュータとがネットワークで連携され、多量データ処理を行う夜間バッチおよび進捗状況の

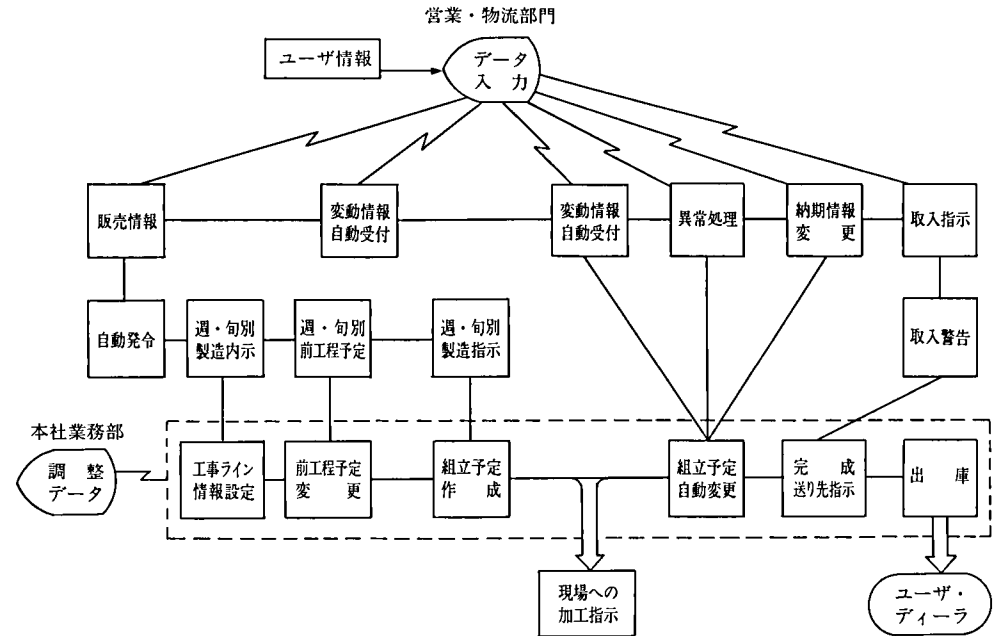


図 9 生産・販売一体化業務フロー

Fig. 9 Integration flow of production area and business area

確認、販売金額、生産金額、検収金額等、日常オンラインリアルタイム業務を相互に補完し合うようなシステム構成になっている。

7.1 営業支援 CHANCE システム

従来は、専用回線や特定の VAN でしか MAGMA システムを活用できなかったが、平成 3 年の 4 月から、営業マンが携帯用の端末で客先の電話を借用し公衆回線からも ASPACS や FENICS がアクセス可能となった。このシステムを CHANCE (Convenient Help Access environment for NSK Communication Exchange) と呼び、顧客の短納期要請に対応し、ユーザ折衝時に機能検討やデリバリ情報等を即答することでサービス向上を図っている。

7.2 押出し方式

市場情報管理システムから得られる市場動向を加味した戦略的経営管理システムで操業度計画が立案され、生産設備が完備される。ユーザ情報は営業・物流部門から販売情報としてデータ入力され、フリーな製品在庫をまず引当て、在庫なし製品は事前にマスタ登録してある部品情報に従い、リードタイムがきたものから“押出し方式”で順次自動的に生産手配情報が提供される。組立ライン別の負荷調整システムで山積み山崩しが行われ、工場別の生産システムへデータ転送され、工程別部品名単位のまとめ処理を行い、部品在庫を反映した工事数で工事着手され、所定工程まで加工される。

7.3 引張り方式

製造指示情報は“引張り方式”で組立工程に対し、週・旬別製造予定が確定情報として指示され、工場別の生産システムで前工程への展開がなされる。製品の完成は取入指示情報で行われ、ユーザへ納品される。

7.4 変動情報

製造指令は、工場からすれば生産性向上・コストダウン面で計画的・安定的生産を期待するが、営業サイドからはリードタイム短縮、柔軟な生産計画で変化への対応が要望される。製造指令を固定的に運用するか変化を考慮するかが、生産販売統合システムの成果を決定的に左右する。製造指令は固定せず、管理単位をきめ細かく指示することで解決している。

この対策手段の一つに変動情報受付システムがある。変動情報処理システムには二つの方法があり、

- 1) 生産システムと連動して変動情報を自動変更するシステム
- 2) 自動処理対象外は対話形式で処理する異常処理システム

である。人手の異常処理を標準化することで自動変更システム化し、省力化を図っている。

7.5 生産システム

工場の生産システムと ASPACS や FENICS 等との関連を図示すると、図 10 のようになる。現場生産管理を中心に、納期関連情報が ASPACS、品質関連の情報が FENICS の上流システムから派生していることが判る。

この上流工程からの指示を受け、工場の特殊性を活かし、購買・経理のコスト処理、品質結果や工程能力等の品質保証、設備保全管理、勤怠・給与の労務管理等、工場運

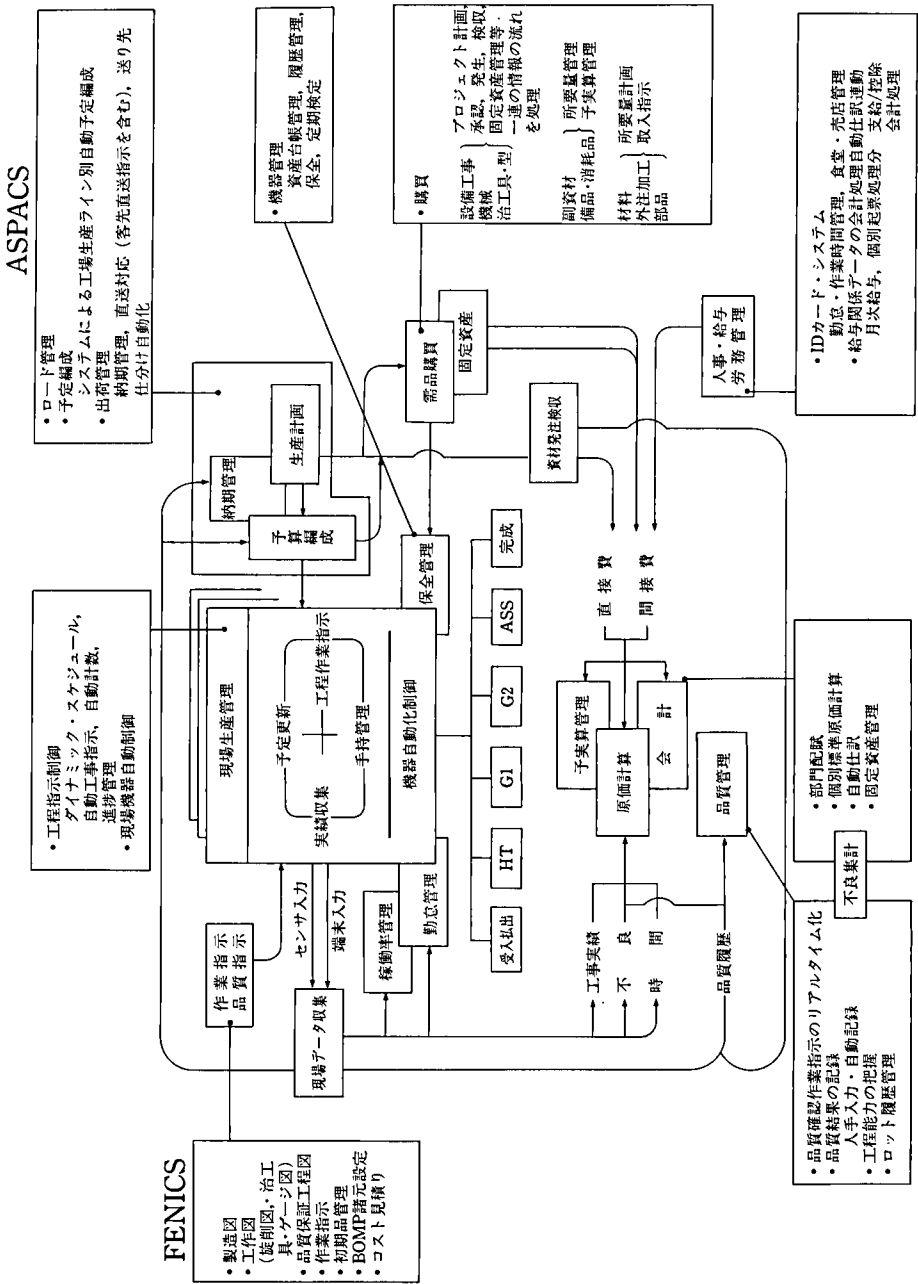


図 10 MAGMA システムにおける生産システム機能概要図
Fig. 10 Functions of production system in MAGMA system

営に必要なすべての業務のシステム化を相互に関連づけて統合化を図っている。

8. お わ り に

いろいろ記述したが、NSK の MAGMA もまだまだ開発したい課題は沢山あり、あるテーマは専任チーム体制でシステム構築途上にあり、また、あるテーマは複数部門から選任された本業との兼務者で構成させたチーム等、複数のプロジェクトチームが併行して新規システム開発を展開している。現在までのシステム化の効果をまとめると、コストダウン・効率化・多様化対応（品質均一化）・納期短縮・省力化・省人化等となる。今後評価の定量化を行い、とくに間接部門の生産性や省力化・省人化の評価尺度を明確化したい。

執筆者紹介 井 上 公 夫 (Kimio Inoue)

昭和 37 年日本大学理工学部経営工学科卒業。同年日本精工(株)に入社。工場の品質管理部門で TQC 活動に従事。42 年本社機構に新設された CAD/CAPP/CAM 部門で CAPP/CAM システム構築に携わり、48 年工場統合生産システム構築に参画し、52 年生産準備、コスト見積システムを構築し、59 年全社統合化の MAGMA (CIM) システム構築に従事。現在、MAGMA システム開発部長。



沖ユニシスにおける CIM システム紹介

The CIM System at Oki Unisys

石 沢 良 信

要 約 沖ユニシス(株)は、1963年に沖電気工業(株)と米国ユニシス社(当時スペリー・ユニバック)との合併による汎用コンピュータの製造企業として設立された。製造分担としては日本市場向けのものを担当、一部開発も分担し、その製品を全世界に供給している。技術情報等を全世界同時に更新する必要性から UNIDATS という国際情報ネットワークにより主要拠点を結び、データの転送、アクセス、一部ダイレクト更新を可能としている。

設立当初より米国親会社のすぐれたコンピュータ利用技術に接し、大きな影響を受けてきた。システムの主なものとしては、ドキュメント管理および設計変更履歴管理と密接に連携が図られている技術情報管理システム、一方基幹システムの生産管理システムは MRP を全面的に採用し、MRP システムを補完する形で JIT システムを併用している仕組みとなっている。

このようなシステムを背景に、CAD/CAM/CAT および工場の FMS 等の他のシステムとの有機的統合を図るべく CIM を構築中である。その考え方、仕組みのベースとなっているのが米国ユニシスの中核工場であるローズビル工場の CIM アーキテクチャである。ネットワーク・コンピューティング環境のもとで、ソフトウェアのモジュール化やオブジェクト・オリエンテッドなシステムの構築を可能にする AMBus (アプリケーション・メッセージング・バス)を導入し、基板組立ラインでの稼働に成功した。

なお、AMBus システムをベースとしたローズビル CIM は、1990 年度の米国エレクトロニクス FA 賞を授賞した。

Abstract Oki Unisys Kaisha, Ltd. was created jointly by U. S. Sperry Corporation (Unisys Corporation at present) and Oki Electric Industry Co., Ltd. in 1963 as a manufacturer of general-purpose computers. The products out of Oki Unisys were initially for the Japanese market, and with some development projects gradually added, they are now shipped out to the markets world-wide. Major locations are connected over the international information network called UNIDATS, which serves data transfer and data access as well as partial direct data updation.

Computerization at Oki Unisys has been greatly influenced by the U. S. parent company's excellent computer-use technologies since its start of computer manufacturing. One of the mainstream systems is a technical information management system which is exclusively intended for document inventory and maintained design change history, while the main production control system wholly based on material requirements planning (MRP) is so designed as to additionally work as a just-in-time (JIT) system to make up for the MRP system.

Apart from those systems, Oki Unisys is now in the process of building a new CIM system which provides its dynamic integration with other applications such as CAD/CAM/CAT and flexible manufacturing. The concepts and structure of the new CIM system are basically consistent with the CIM architecture adopted at the Roseville plants, key manufacturing facilities of U. S. Unisys Corporation. The use of the applications messaging bus (AMBus), which supports program modularization and helps

create an object-oriented system in a network-computing environment, has yielded successful tool well applicable for the printed circuit assembly lines. In the meantime, the Roseville-built CIM system based on the AMBus was given the U. S. Electronics FA Award in 1990.

1. はじめに

1.1 会社概要

沖ユニシス(株) (OUK: Oki Unisys Kaisha, Ltd.) は、沖電気工業(株)と米国ユニシス社(当時スベリー・ユニバック)との合併企業で、1963年に汎用コンピュータの製造企業として設立された。当初は、主として米国で開発したものを日本市場に向けて国産化を行ってきたが、その後一部周辺機器をワールドワイドに供給したり、最近では開発も分担している。

当事業所(東京事業所)は、ユニシスの主力工場であるローズビル工場の傘下という位置づけになっている。従業員は約600名で、その内訳はおおよそ製造部門200名、技術・開発部門200名、その他管理部門200名となっている。製造部門のうち70名程度は完成検査の業務に従事している。完成検査ではコンピュータによるコンピュータのテストが行われている。また管理部門のうちの70名は生産管理の業務にたずさわっている。生産管理の主たる業務は、生産計画の作成、内外作手配、購買および倉庫の業務からなっている。

1.2 EDP システムの経緯

沖ユニシス(株)の EDP システムの経緯は、表1の通りである。

表1 EDP システムの経緯
Table 1 The history of EDP systems

1963 年	会社設立
1965 年	PCS を使った B/M と在庫管理システム
1979 年	UNIS 90 による生産管理システム (除 MRP)
1984 年	UNIS 1100/MAPPER オンラインリアルタイム MRP
1986 年	MRP/JIT コンビネーションのパイロット
1987 年	MRP/JIT コンビネーションの本番
1988 年	OE TASK による CIM 活動開始
1989 年	新技術情報管理システム稼働
1990 年	CIM 推進課発足

1963 年暮れの会社設立後、米国工場をモデルに約1年かけて基幹システムである B/M (部品表) と在庫管理システムを PCS (パンチカード・システム) で稼働させた。B/M (部品表) は、波形といわれる階層構造になっていた。ただし、部品展開 (所要量算出) は親部品単位 (Next Assy No.) ごとにグループ化し倍数計算を行って、部品ごとにサマリーする方法であった。在庫管理は部品ごとに棚番 (地番) を与える方法がとられた。まさしく MRP の基本概念である Piece Parts Oriented System が稼働していたといえる。

1979 年に統合化データベースシステムを確立し、1984 年には完全な MRP システムを実現することができた。さらに 1986 年から 1987 年にかけて MRP システムの弱点を補填するような形で、JIT システムを加味する MRP+JIT 併用システムを実現し

た。補填する大きな部分は部品や（半）製品のマテリアル・ハンドリングにある。1988年にはOE(オペレーショナル・エクセレンス)タスクチームが発足した。中核プロジェクトとしてCIMプロジェクトがあり、CIMの活動を開始した。CIMのシナリオ作りと構想図、CIM構築に向けての体制確立の提案等を行った。

沖ユニシス(株)のEDPシステムの重要な基盤となっているのは、B/Mを中心とした技術情報管理システムである。1989年に技術情報管理システムの再構築を行った。その主たるねらいは、ユニシス・グローバル・ネットワーク下でのユニシス・グループとのB/Mシステムの連動オンライン化である。

1990年には、表1で示したOEタスクで提案されたCIM専門の部門、CIM推進課が発足した。

2. 生産管理システム

2.1 MRPシステム

沖ユニシス(株)の生産管理システムのベースとなっているのはMRPシステムである。表2の通り、MRPシステムはMRP/モニタリング・サブシステムを中核に七つのサブシステムから構成されている。

これらのサブシステムをPlan-Do-Seeのマネジメント・サイクルに合わせて表現したのが図1である。MRP/モニタリングを軸に（動かすために）Planの領域にMPS

表2 MRPシステム

Table 2 MRP system

サブシステム名	主 な 機 能
MPS (生産計画)	生産計画の作成, 出荷指示
MDP (製造 B/M)	製造 B/M の作成, 生産諸元更新
MRP/モニタリング	Weekly MRP/Daily Monitoring
PUR (注文伝票)	購買オーダー管理
MFG (作業伝票)	製造オーダー管理
INV (在庫管理)	入庫, 出庫, 棚卸
CST (原価計算)	標準設定, 原価実績集計

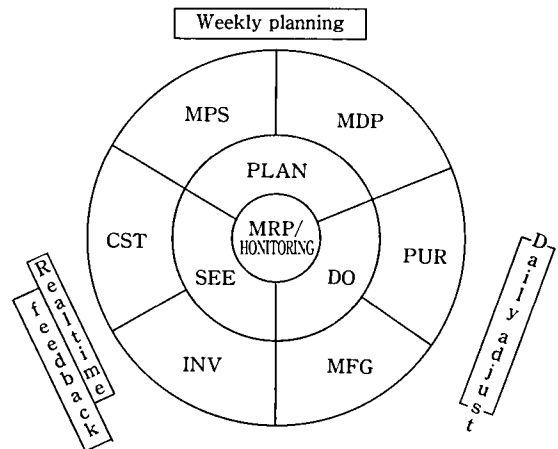


図1 MRPとマネジメント・サイクル

Fig.1 MRP and management cycle

と MDP を、Do には PUR と MFG, See に INV と CST を置いた。この MRP システムの特色の一つとして、Weekly MRP/Daily Monitoring をあげることができる。Daily Monitoring 結果の最新のステータスが MAPPER ファイルへはき出され、ユーザはこの MAPPER ファイルにある最新勧告に従って仕事を行う。

Plan は Weekly MRP との対応で Weekly Plan の運用形態をとっている。また DO については、Daily Monitoring との対応で Daily に調整を図っているということで Daily adjust の形態をとっている。一方 See についてはオンラインリアルタイム処理による発生現場での処理ということで Real time Feedback という作業の位置づけとしている。

とくに MDP (製造 B/M) を Plan の位置づけにしたところに大きな意味がある。製造 B/M の生産諸元データの精度は、MRP システムを良くも悪くもする重要な Key となる。適切なソース、適切なリードタイム、適切なロットサイズ、適切な格納場所... この適切なメンテナンスが、仕組みとしての MRP の生死を決定するといっても過言ではない。MRP から B/M というものを考察した場合、技術 B/M とはまったく異なるものが要求される。ここでは設計変更ということだけではなく、生産活動に起因する諸々のことがらがメンテナンスのトリガーとなる。

2.2 JIT 併用システム

MRP はドライバとしての生産計画があつて、その計画に従って製造オーダーが発行される。製造に必要な部品はオーダーごとに袋詰めにして作業者に届けられる。完成した(半)製品は、後工程の倉庫に送り届けられる。送り届けるということで“押しだし方式”と言われる。

一方 JIT のカンバン方式では、後工程が前行程に必要な時に(半)製品を引き取りにくる。引き取りカンバンで引き取りにきて、引き取った分だけの生産指示カンバンをはずす。生産指示カンバンが発注点に達した所で前工程の生産が開始される。後工程が前工程に“必要なものを、必要な時に、必要なだけ”取りに行くということで“引っぱり方式”といわれる。

図2は沖ユニシス(株)における MRP と JIT の統合の概念を表したものである。基本的に生産計画があつて、MRP によって部品の手配を行う。カンバン生産に移行しない(できない)ものは JOB (オーダー) 型の生産を行うという MRP の世界がある。一方では生産の大半を生産指示カンバンによって後工程引き取り方式によって行う。引き取り方式を実現する仕組みとして、ストアーを用意した。

ストアーは(半)製品ストアーと部品ストアーがある。(半)製品ストアーは完成した(半)製品を自分の店に品物を陳列しておくというイメージである。後工程が購入(引き取り)にくる所である。部品ストアーは、作業者の近くに部品棚を用意することによって、作業者が自由に使用できるようにした。

部品ストアーの補充方式は 2 びん(ツウビン)のような簡単な形で行う。部品棚に、同じ部品について 2 箱用意し資材引き取りカンバンをつけておく。一方の箱が空になった時、空箱と資材引き取りカンバンを持って前工程(一般倉庫)に部品を引き取りに行く。箱の大きさは、物によって半日分、1 日分、2 日分と設定する。物によっては部品ストアーを経由しないで都度一般倉庫に引き取りに行くものと、さらに業者まで

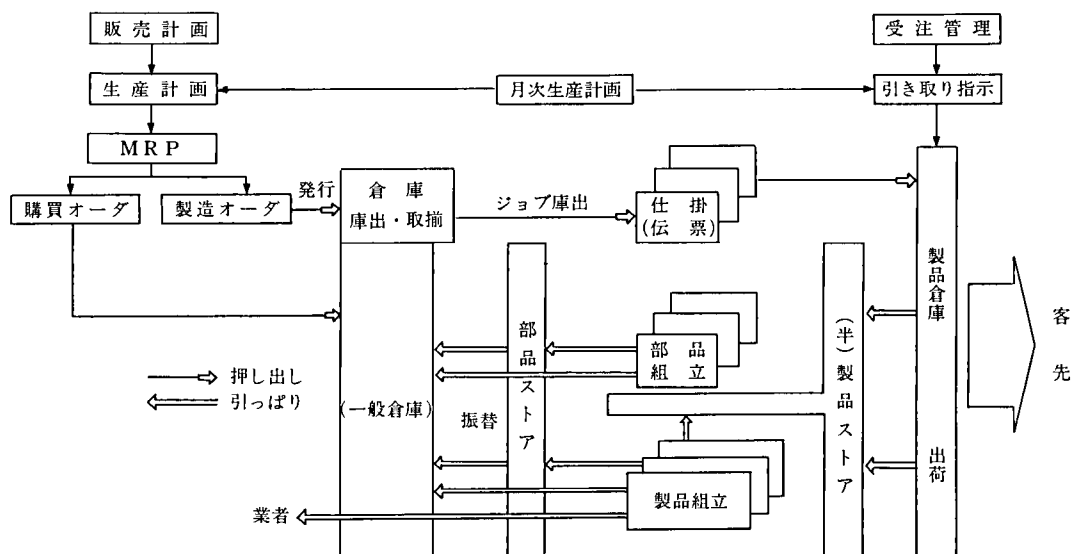


図2 MRP/JITシステム概念図

Fig. 2 General block diagram of MRP/JIT system

引き取りに行くものもある。

ストアー方式は少ロット生産を可能とし、生産リードタイムの大幅な短縮を実現した。一方では、少ロット化によるマテハンや事務量（コンピュータ使用も含む）が煩雑，増大することを防ぐばかりでなく，さらに大幅な省力化を実現することになった（沖ユニシスの実績で，出庫作業の省力化は70%以上）。

MRPとJITの統合化データベースとして製造B/Mは重要な役割を果たしている。

表3にその主なものをまとめてみた。

表3 JITにおける製造B/M

Table 3 Production B/M in the JIT environment

適用化	仕組みの内容
構成のフラット化	カンパンの品目にそった形でB/Mをフラット化（単層化）する。フラット化する手法としてファントムビルがある。
マルチロケーション・システム	部品のストアー方式（同じ部品がいくつものストアーに存在する）を支援する仕組みとしてマルチロケーション・システムを確立した。
バックフラッシュ・エクスプロージョン	作業者が必要なものを必要なだけ使った実績を計算する方法として，製品が完成した時に，その製品の構成表（B/M）によって展開集計する，みなし出庫の方法を取り入れた。
総合原価システム	材料費については，バックフラッシュ・エクスプロージョン手法により実績ベースの集計をとることができた。

3. 技術情報管理システム

3.1 グローバル運用

ユニシス・グループの国際通信網として UNIDATS (UNIfied DATA Transmission System) ネットワークがある。図3に示す通り，全世界の主要拠点を結び，ホスト80

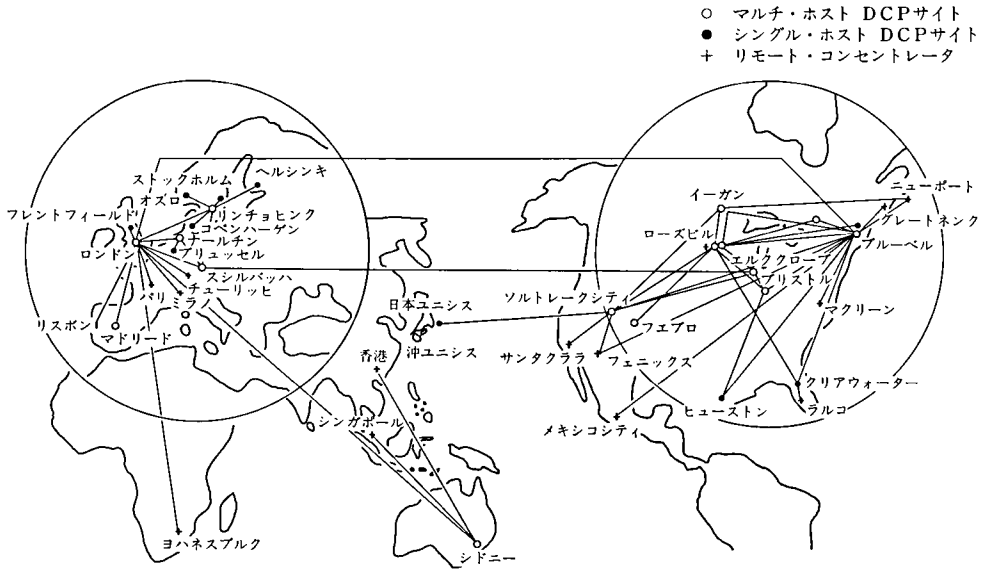


図3 グローバル・ネットワーク

Fig. 3 Gloval network

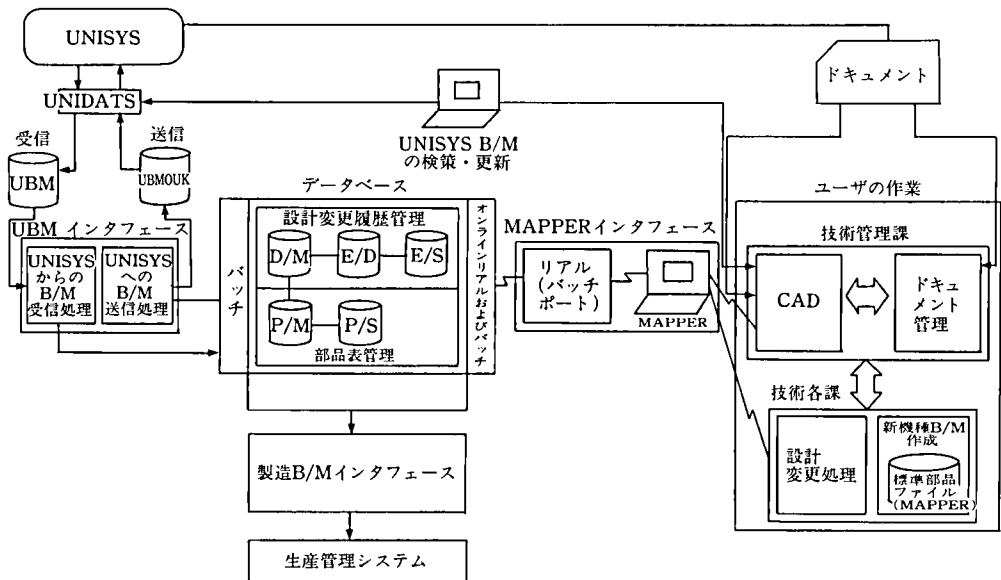


図4 技術情報管理システム

Fig. 4 Block diagram of technical information management system

台、通信制御装置 200 台、端末 10 万台がつながっている。2 週間に 1 回、システムのジェネレーションが行われている。主な利用形態としては、企業ニュースの伝達、メールボックス、AP 業務のやりとり等がある。AP 業務のうち技術情報処理は、最も利用形態が進んでいる。沖ユニシス(株)を中心に見た技術情報管理システムの概略は図 4 の通りである。

表 4 技術情報管理システム

Table 4 Subsystems of technical information management system

サブシステム名	主 な 機 能
UBM (UNISYS B/M) インタフェース	・データトランスファ・システム (B/M 展開データや設計変更データの送受信) ・スクリーン・システム (検索および更新)
データベース	・部品表管理システム (部品表と構成表のメンテナンス) ・設計変更履歴管理システム (設計変更処理と図面の改版管理)
MAPPER インタフェース	データベースの更新および検索 (CAD およびドキュメント管理システムとのインタフェース)
製造 B/M インタフェース	製造 B/M 用更新トランザクションの作成

UNISYS とのデータのやりとり大きく三つの方法がある。一つはファイルの転送によるもので、B/M 展開データや設計変更データを受信する (データトランスファ・システム)。二つめは UNISYS B/M のダイレクト検索およびダイレクト更新が可能な仕組みである (スクリーン・システム)。三つめは、図面 (MAC) を郵送する方法である。この図面の郵送方法は 20 数年来かわっていない。現在ドキュメント・プロセスを適用したシステム構築を進めており、近い将来ドキュメント類もネットワーク転送になると考えている。

3.2 構成するサブシステム

技術情報管理システムを構成するサブシステムを表 4 にまとめた。三つのインタフェース・システムと中核のデータベースシステムによる構成となっている。インタフェース・システムは、他システムの変更に柔軟に対応できる仕組みとした。

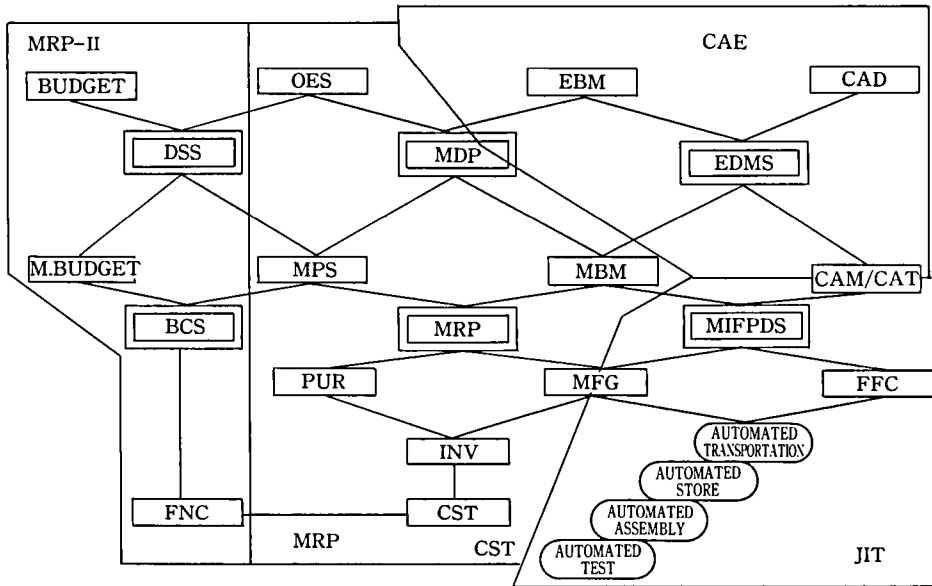
一方データベースシステムは、部品表管理システムと設計変更履歴管理システムからなっている。部品表管理システムでは、部品表と部品構成表のメンテナンスを行っている。設計変更履歴管理システムでは、設計変更通知と図面改版管理を行っている。部品管理システムと設計変更履歴管理システムは、表裏一体の関係で連動しており当システムの大きな特色となっている。

4. CIM の構築

4.1 CIM コンセプト

現在進めている CIM の構想は図 5 の通りである。MRP という基幹システムを中核に、設計自動系の CAE, 工場の自動制御系の JIT, 財務予算系の MRP-II から構成するものとした。

CAE のシステムは、各種 CAD システムの統合化、技術情報管理システムとの有機的結合と CAM/CAT データの自動生成システムからなる。統合化データベースシステムとして EDMS (ドキュメント管理システム) を位置づけた。JIT の中核は MIFPDS と呼ばれているリレーショナル・データベースである。MIFPDS は、さまざまな基幹データを加工し自動機に対しての指示情報を作成する。入口であるロード機能と、出口であるビルダ機能および加工のための各種テーブル類を持っている。MRP-II は、予算管理を中心とした財務予算系の統合化システムである。意思決定支援的データベースの構築をねらっている。



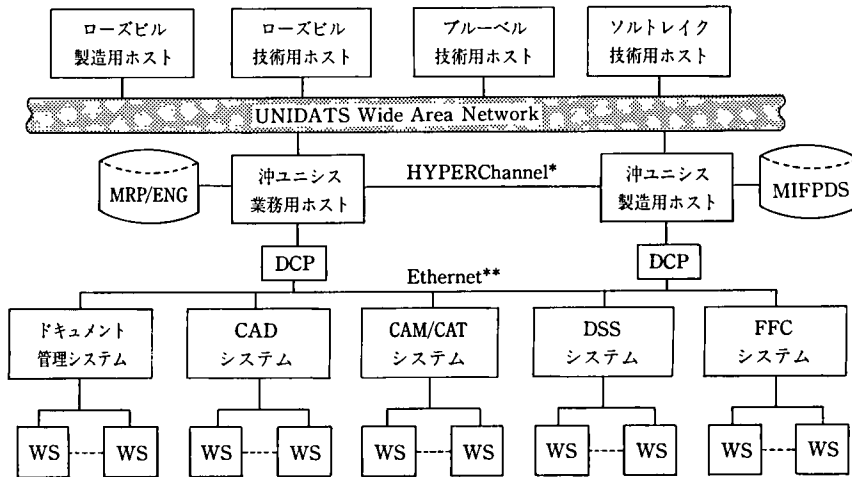
SYSTEM NAME	FULL DESCRIPTION	REMARKS
BCS	Budget Control System	
CAD	Computer Aided Design	
CAM/CAT	Computer Aided Manufacturing /Computer Aided Test	
CST	Cost Accounting System	
DSS	Decision Support System	
EBM	Engineering Bill of Materials	
EDMS	Engineering Document Management System	
FFC	Factory Floor Controller	自動制御システムの監視システム
FNC	Financial Control	
INV	Inventory Control System	
MBM	Manufacturing Bill of Materials	
M.BUDGET	Manufacturing Budget	製造予算 (3MのCapacity plan)
MDP	Master Data Processor	基幹情報システム
MFG	Manufacturing Order Maintenance	作業オーダーの発行および管理
MIFPDS	Manufacturing Interface Production Database System	製造技術データ (自動制御データ) の作成システム
MPS	Master Production Schedule	
MRP	Material Requirement Planning	
OES	Order Entry System	
PUR	Purchase Order Maintenance	注文伝票の発行および管理

図5 CIM アウトライン

Fig. 5 Outline of OUK's CIM plan

図6にこれらを実現するためのネットワーク・アーキテクチャを示した。沖ユニシス(株)と米国ユニシスとのネットワーク、および沖ユニシス(株)のコンピュータの集中分散処理の構成図である。ワイドエリア・ネットワークとして前述の UNIDATS を通してユニシス各拠点とのホスト会話がある。

一方、沖ユニシス(株)の集中分散処理であるが、集中のホスト処理では、基幹システムの生産管理システム (MRP+JIT) と技術情報管理システムおよび MIFPDS の製造技術情報管理システムがある。ローカル処理としてはドキュメント管理システム、CAD システム、CAM/CAT システム、DSS 意思決定支援システム、FFC 自動機制御



WS: ワークステーション。

*HYPER channel は、Network System 社の登録商標である。

**Ethernet は、米国 Xerox 社の登録商標である。

図6 OUK/UNISYS CIM ネットワーク・アーキテクチャ

Fig. 6 Network architecture of OUK/UNISYS CIM

システム等がある。

FFC システムを説明することによって、沖ユニシス(株)の進めている CIM の一端を紹介したい。

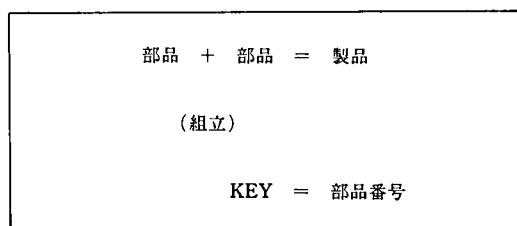
4.2 AMBus アプローチ

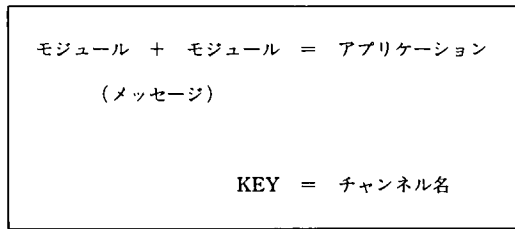
現在、製造の現場は大きな変革のステージにある。各社とも、そのステージを抜け出すため色々な方策を実施しているのが現状である。

製品の短命化、仕様の単品化が進む中で、製造における段取り替え時間は必要悪となっている。段取り替え、あるいは設備の入れ替えは必要だが時間はかけられない、というのが変革のステージのポジションである。

このような変革のステージを抜け出すために開発されたのが AMBus システムである。AMBus とは、Application Messaging Bus ということで、簡単に言うと、アプリケーション（個別の業務）がメッセージで稼働するシステムである。アプリケーションはモジュールとモジュールのつながり合わせで構成される。つながり合わせの仕組みがメッセージで、モジュールは部品化されたプログラムである。次に“モジュールは部品である”というイメージをまとめてみた。

モジュールは部品であるというイメージ





4.3 AMBus 構成

AMBus の仕組みをコンピュータ構成で表現すると図 7 のようになる。図の例としては上位、中位、下位のコンピュータから構成するものとした。通常は各々コンピュータ単独で業務が行われる。下位コンピュータ (C) はモジュール “D” とモジュール “F” によって業務を行う。このモジュール “D” とモジュール “F” をつなぎ合わせるのがメッセージと呼ばれるものである。このモジュール間通信は UNIX* のオペレーティングシステムによって支援される。

AMBus では、このモジュール間通信を異なるノードでも可能とする、プロセス間通信による分散処理を実現した。下位コンピュータ (C) はモジュール “D” と “F” の組み合わせと、さらに下位コンピュータ (D) が持つモジュール “S” の組み合わせを必要としたとき、あたかも自ノードのプログラムのごとくモジュール “S” とのメッセージ交換を可能とする。中位コンピュータ (B) のモジュール “E” や上位コンピュータ (A) のモジュール “A”, “Z” の組み合わせ作業にも同様のことが可能となる。

なお、ECM については、4.4 節で述べている。

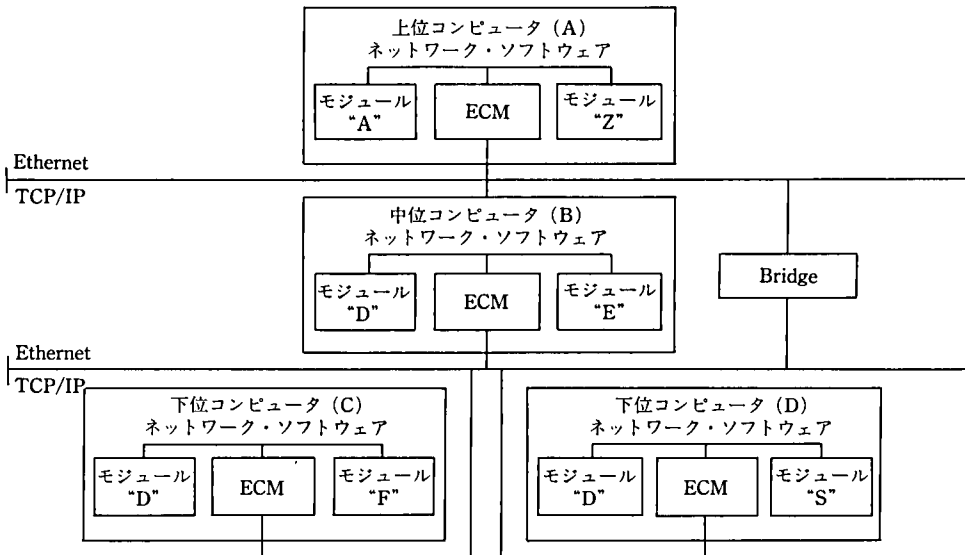


図 7 AMBus 構成図

Fig. 7 Configuration of AMBus

* UNIX オペレーティングシステムは、UNIX System Laboratories, Inc.が開発し、ライセンスしている。

このように AMBus はオブジェクト・オリエンテッド・システムであると言える。各モジュールは独立しており、必要に応じた組み合わせで一つの仕事の実行される。一方 AMBus はメッセージング・システムである。各モジュールは自ノード・他ノードを意識することなく組み合わせ可能となる。このことからシステムの拡張性、柔軟性、保守性が飛躍的に向上した。激変する職場の環境に、コンピュータシステムが対応できる仕組みを提供できるようになったといえる。

4.4 AMBus を構成するモジュール例

AMBus を構成するモジュールを表 5 に示した。大きなグループとしては、ランタイム・サポート・モジュールと共通モジュール、および特定アプリケーション・モジュールがある。

表 5 AMBus を構成するモジュール
Table 5 Elements of AMBus

モジュール名	機 能	モジュールの例
ランタイム・サポート・モジュール	AMBus の起動, 終了, 状況監視, ネットワークの管理	amboot DCA (Distributed Communication Architecture) ECM (Ethernet Control Module)
共通モジュール	画面入出力, メッセージの編集, ログの収集等を行う汎用的なモジュール	DC (Data Collection) NUKE (Control Nucleus) FMNM (File Management Module) FMMFX (File Transfer Module)
特定アプリケーション・モジュール	外部機器とのインタフェース等, 限定された目的で作られたモジュール	BIC (Barcode Input Control) WCC (Work Cell Control)

ランタイム・サポート・モジュールは AMBus の起動を行う amboot や、異なる地域のホストとホストを結ぶ WAN (Wide Area Network) 用の DCA と LAN (Local Area Network) 用の ECM 等がある。

共通モジュールは画面の制御、メッセージの編集、データの収集、ファイルの管理等を行う汎用的なモジュールである。代表的なモジュールとして、ログデータの収集を行う DC、データの検照や編集および伝送の中核として機能する AMBus の中核的なモジュールである NUKE(Control Nucleus)、ファイル管理モジュールの FMNM、他ノードとの通信のためのネットワーク管理モジュールの FMMFX 等がある。特定アプリケーション・モジュールは、特定のアプリケーションのために開発されたモジュールで、共通モジュールと組み合わせることによって各種の業務を実行することになる。代表的なモジュールとして、バーコードとのインタフェース用の BIC、自動機とのインタフェース用の WCC 等があげられる。

5. システムの実例紹介

5.1 AMBus によるバーコードデータ収集

簡単なシステム例として図 8 をあげる。構成するモジュールを BIC (バーコード読

取プログラム), NUKE (AMBus 制御プログラム), DC (データ収集プログラム) とした。

作業の流れは, BIC はバーコードリーダからデータを受け取り, NUKE にデータを渡す。NUKE はデータの検証を行いデータの良否を BIC に返す。NUKE はデータの最後にタイムスタンプを押す等, データを編集して DC にデータを引き渡す。DC はデータをデータベースにストアする。

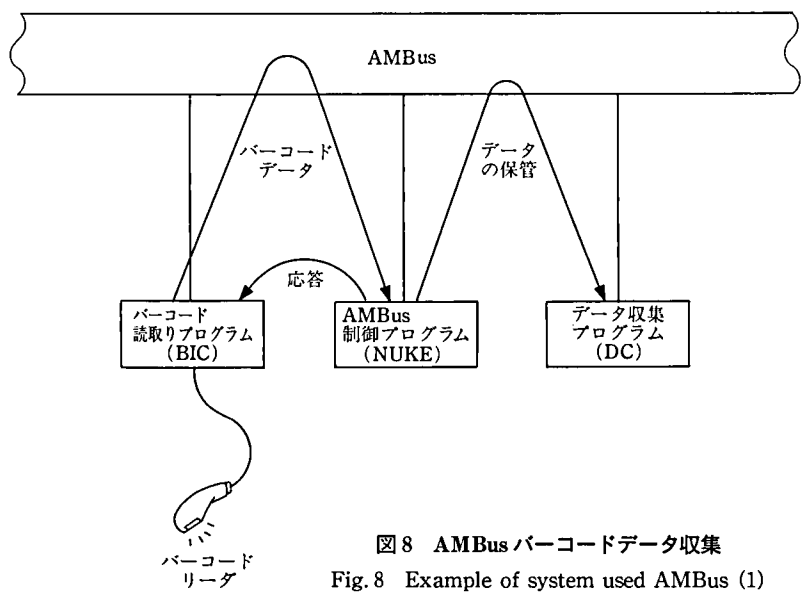


図 8 AMBus バーコードデータ収集
Fig.8 Example of system used AMBus (1)

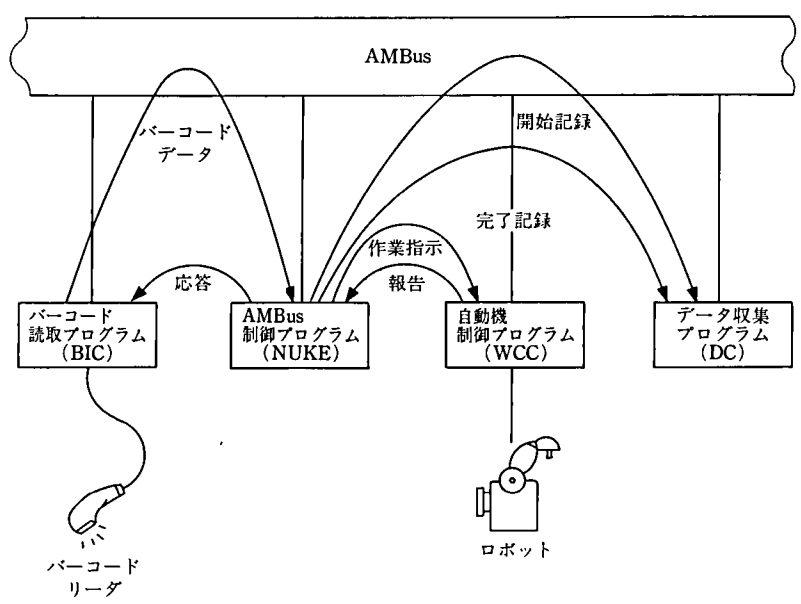


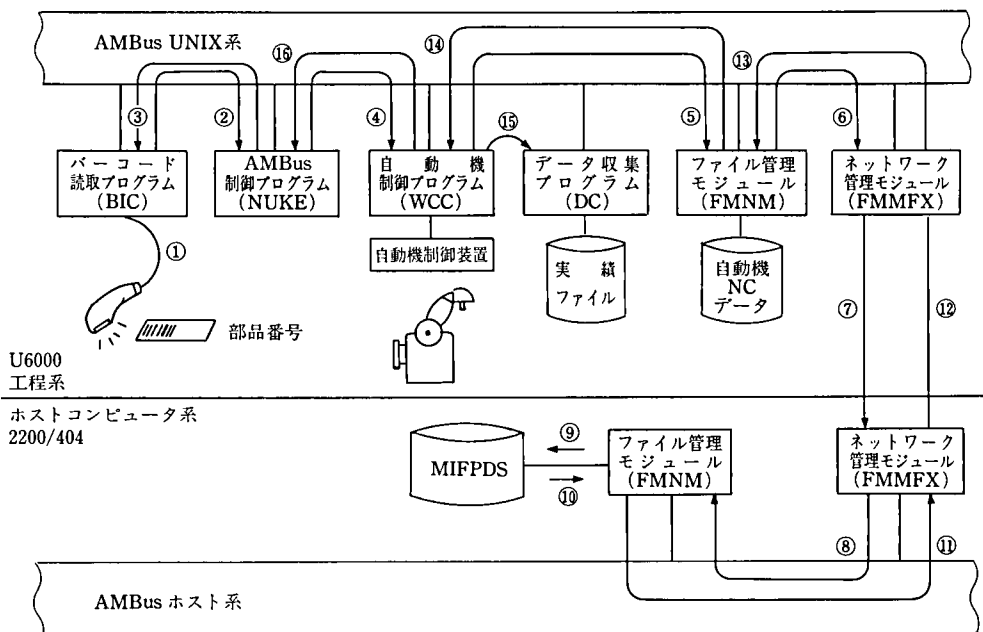
図 9 ロボット制御を加味した例
Fig.9 Example of system used AMBus (2)

5.2 ロボット制御を加味した例

次に先の三つのモジュール構成に WCC (自動機制御プログラム) を追加した図 9 のシステム事例である。

パソコンの世界でプラグイン・ボード・システムというのがあるが、これはパソコンにある種のボードを差し込むだけで、まったく機能が異なるパソコンになるという仕組みである。この仕組みと同じようなことを可能にした。先の三つのモジュールに影響しないで (中止しないで)、単に WCC (自動機制御プログラム) を追加し異なるシステムを実現することができる。

簡単に図の説明を行うと、NUKE は部品到着のバーコード・トランザクションを受



- ① ステーションに部品が到着するとバーコード・リータが部品番号を読む。
- ② AMBus 制御プログラム (NUKE) が開始される。
- ③ AMBus 制御プログラムはデータ受けの返答を行う。
- ④ 自動機制御プログラムに作業開始を指示する。
- ⑤ ファイル管理モジュールは NC データを検索する。(発見できた時は⑭へ進む)。
- ⑥ 発見できなかったファイル管理モジュールは、ネットワーク管理モジュールへ他ノードへの検索依頼をする。
- ⑦ 依頼を受けたネットワーク管理モジュールは、他ノードへ定められた仕様に従いリクエストメッセージを送る。
- ⑧ リクエストメッセージを受け取ったファイル管理モジュールは、自ノード内のファイル管理モジュールへリクエストを渡す。
- ⑨ ファイル管理モジュールは、決められたアプリケーションを開始させ検索を実行する。
- ⑩ NC データをデータベースより受け取る。
- ⑪ 送り返すメッセージをファイル管理モジュールは組み立てる。
- ⑫ リクエスト元のネットワーク管理モジュールへ返す。
- ⑬ ファイル管理モジュールは受け取った NC データを、ファイルへ書き込む。
- ⑭ ファイル管理モジュールは、自動機制御装置へ NC データをダウンロードする。
- ⑮ データ収集プログラムは作業の開始や完了を記録する。
- ⑯ 自動機制御プログラムは AMBus 制御プログラムへ作業の完了報告を行う。

図 10 AMBus による一般的なシステム

Fig. 10 Example of system used AMBus (3)

け取り WCC に作業の指示を行う。WCC は作業完了報告を NUKE に行い、作業の開始、完了の記録を DC が行う。システム全体としては、自動的に作業を始めたり、止めたりする形である。

5.3 AMBus による一般的なシステムの事例

通常、自動機制御装置には十分な制御用のデータが保存されていない。そのために FMNM (ファイル管理モジュール) や、他ノードとの通信交換のための FMMFX (ネットワーク管理モジュール) が用意される。

図 10 は、ロボット制御システムに FMNM と FMMFX を加味した例である。

事例のシステムは、工程管理用の下位コンピュータとして UNIX コンピュータである UNISYS U 6000 シリーズと、センタ用の上位コンピュータとして UNISYS 2200/404 システムの構成としている。

5.4 当社における AMBus ネットワーク

沖ユニシス(株)の基板組立ラインでの AMBus のコンピュータ・ネットワークの運用例を図 11 に示した。

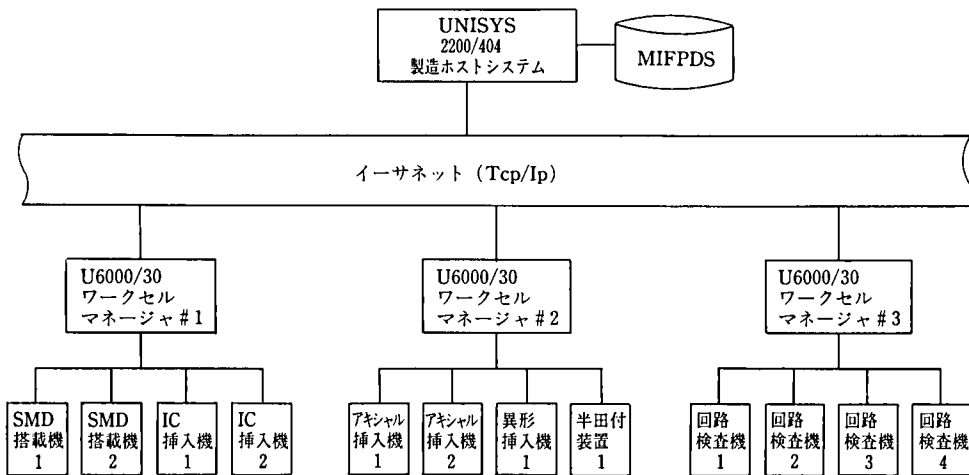


図 11 沖ユニシス(株)における AMBus ネットワーク

Fig. 11 OUK's AMBus network

基板組立ラインは、基板にいろいろな電気部品をのせるラインで、SMD (Surface Mount Device) 搭載機とか、IC 挿入機等のいろいろな自動機が稼働している、ワークセル・マネージャは、それ等の自動機をいくつか制御している。ワークセル・マネージャと製造ホスト・コンピュータは、AMBus ネットワークを通して自由に会話ができるようになっている。

現在、ワークセル・マネージャ 1 号機が完全な形で稼働しており、2 号機の稼働準備を進めている。逐次 3 号機、4 号機を適用拡大していく中で、他のラインへの導入を計画している。

なお、AMBus は米国ローズビル工場で開発された。ローズビル工場は当システムをベースとした適用事例により、1990 年の米国エレクトロニクス FA 賞を授賞した。

執筆者紹介 石 沢 良 信 (Yoshinobu Ishizawa)

1944年生、1968年東京経済大学卒業、同年沖ユニバック（現沖ユニシス）入社。生産管理部に配属。B/MプランナやMPSを担当し、生産管理システムの改善を推進。1982年に情報システム課長を担当し1984年にMRPシステムの導入を実現した。1989年システム推進部長。現在は社内システムの他に、これまでのシステム化の経験を生かして外部システムの受託も行っている。



精密機械製造企業における CIM システム化の事例

A Case of CIM Implementation at a Certain Precision Instrument Manufacturer

武 藤 保 典

要 約 本稿は、ある精密機械製造企業における CIM をめざしたシステム構築の事例報告である。

該社では、顧客納期の短縮、新製品・新規事業への対応等を目的に、本社ホスト・コンピュータと部門コンピュータを組み合わせた全社的なシステムの統合化プロジェクトを進めている。プロジェクトの対象となるシステムは、設計支援・生産管理・販売管理（本社・営業所・保守サービス）・経理・人事・給与である。

この中から、設計支援と生産管理の統合（CAD による図面の作成・保守と同期して図面管理データベースを保守する。出図時に図面管理データベースから品目基礎情報と構成情報を抽出し、生産管理データベースを更新する）を例としてとりあげ、その課題について論じる。

Abstract This paper is to report on a case where a system for computer integrated manufacturing has been implemented at a certain precision instrument manufacturer. With the aim of meeting the needs for a shorter delivery period, new products and the development of new business, the company has been pursuing its corporate-wide systems integration project for an integrated linkage of a host computer at the headquarters with departmental computers. The system targeted by the project is for such applications as computer aided designing, production control, sales analysis (for the head office and sales outlets) maintenance services, accounting, human resources and payrolls.

This paper mainly discusses one effort picked up from among the applications listed above, which covers the integration of computer aided designing with production and inventory control. It is so made up as to maintain the drawing-filing database in keeping with CAD's creation and maintenance of drawings, and update the production control database after giving the listings of required parts and bills of materials at the request for the releasing of drawings. The author also considers some related problems.

1. は じ め に

CIM (Computer Integrated Manufacturing) の導入を進めている企業は数多くあるが、その取り組み方は企業によってさまざまである。今回、ある精密機械製造企業（以降 A 社とする）の、CIM をめざした全社的なシステムの構築プロジェクトに参加する機会を得たので、その一部を紹介する。

A 社の CIM に対する考え方を要約すると、次のようになる。

- 1) 製品開発期間、開発から量産立上げまでの期間、受注から出荷までの期間を短縮する。
- 2) これらの期間の短縮により、生産の柔軟性向上と製造および販売の在庫低減をはかる。
- 3) さらに、統合化によって得られるタイムリな情報を活用し、柔軟な経営活動を

行う。

4) このために関連企業を含めたすべての組織、すべての業務を統合の対象とする。

A社は、この考え方の下に CIM 化の全体構想を立案し、構築を進めている。本稿では、まずシステムの構築の基本方針を含めた背景を説明し、ついで全体構想を述べる。さらに、設計支援システムと生産管理システムの統合の例を紹介し、その課題について考える。

2. CIM プロジェクトの背景

A社は、計量機器およびその関連製品の製造・販売を行っている従業員数約 800 名、年商約 240 億円の企業である。代表的な製品は、精肉・鮮魚等の小売店の店頭にある電子式のはかりであるが、数年前から小売業向けの店舗総合情報管理システムや、製造業向けの自動倉庫管理システム等の情報機器・システムに取り組んでいる。

これらの製品は東京の本社工場で開発し、本社工場と、国内に 1 か所、海外に 3 か所ある協力工場で生産している。本社工場は、主要部品の組立と製品組立を行っている。国内協力工場は本社工場から部品の供給を受けて、本社の製品の間組立を行うほか、製品も生産している。海外協力工場は、日本で立てた生産計画に従って操業し、一部の部品の調達を日本で行っている。

これらの製品の販売・保守のため、国内販売網として 24 か所の営業所と複数の代理店がある。海外にも多数の代理店があり、とくに東南アジア、欧州、北米等、資本関係のある代理店もいくつかある。海外向けの製品は受注生産しているが、国内向けの製品の多くは見込生産である。

このような製品の変化・拡大、海外への進出は近年めざましく、今後も経営体質の強化と業績進展のために強く推進することが経営計画で明確になっている。この経営計画では、安定的な売上伸長、従来の主要事業の強化、新事業の開始、海外事業現地化の推進、強力な組織づくり、国内販売網の強化等をうたっている。この経営計画達成を支援する情報処理システムを構築するため、従来のシステムの見直しと、新しいシステムの構築および統合化を推進する CIM プロジェクトが組織された。

3. CIM プロジェクトの基本方針

プロジェクト・チームがまとめた基本方針の要点は次の通りである。

- 1) 製品のリードタイムを短縮すること、製造や販売の情報をタイムリーに把握できること、情報を一元化しコンピュータ資産の有効活用ができることを目的とする。
- 2) 構築にあたって、現在の業務のやり方にシステムを合わせるのではなく、業務改善を含めたシステム構築を行う。新システムが効果を十分に発揮できる体制・業務の検討が重要である。
- 3) 国内の協力工場も含めた製造・販売の情報の一元化をはかる。物と情報の流れを一致させる。
- 4) 複数の既存のシステムや、新たに導入するシステムの情報を有機的に結合し、一元的に管理する。必要な情報を、ネットワークを介して、随時参照したり交換

したりできるようにする。

5) A 社（企業グループ）全体として効果をあげる。

さらに、システムの統合化について、技術・生産・販売・経理（財務）の分野から検討が行われた。

- 1) 販売—技術の統合……市場の要求に合った製品を適時にかつ迅速に開発し、市場に投入する。製品価値の向上、製品開発期間の短縮が期待できる。
- 2) 技術—生産の統合……製品の開発・設計から購買・生産までのリードタイムを短縮する。また、品質向上と生産コストの低減をはかる。リードタイムの短縮によって、生産の柔軟性が向上し、在庫（死蔵品）の低減化をはかることができる。
- 3) 販売—生産の統合……受注から出荷までのリードタイムを短縮し、物流在庫の低減、受注納期の短縮をはかる。製造の進捗情報等を販売部門に提供する。
- 4) 販売—経理、生産—経理の統合……各システムのデータを財務諸表に結び付けることで、精度の向上と事務処理のスピードアップ、仕訳伝票の減少をはかる。
- 5) 販売—技術—生産—経理の統合……販売・技術・生産活動の情報を把握することにより、時機を得た経営情報を提供する。

4. 新システムの基本構想

まず、A 社の新システムの全体図を示す(図 1)。これらのシステムを、生産システム・チーム、販売システム・チーム、管理システム・チームで分担して構築している。本稿における新システムの基本構想の説明も、この分担に従って行うこととする。

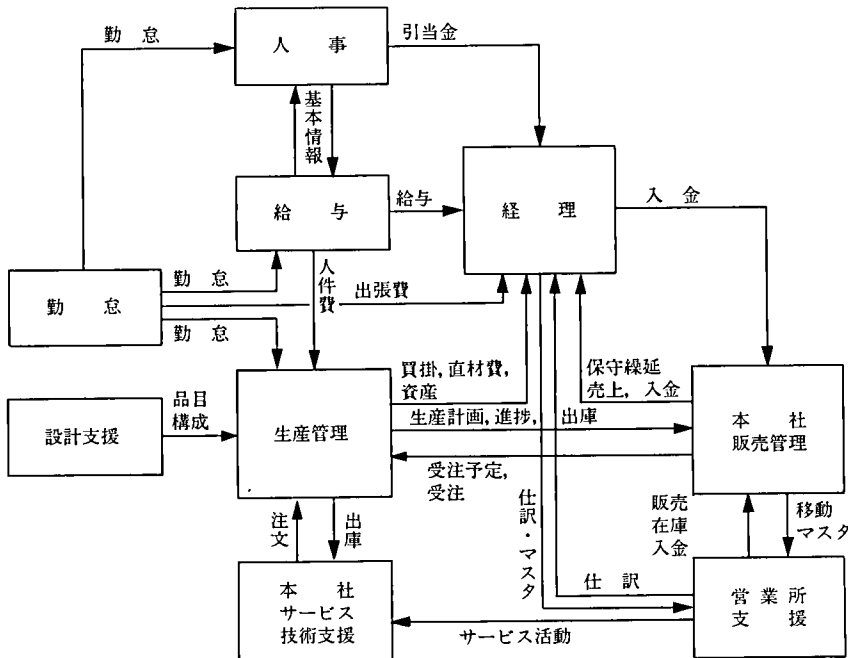


図 1 新システムの全体図

Fig. 1 Overview of new system

4.1 生産システム

4.1.1 設計支援システム

設計図面は、設計部（3部ある）の他に、生産技術、サービス技術（保守サービスを行う）の各部門で利用されるが、手書き資料が多くデータ管理・情報交換・作成のための工数等の面で多くの問題をかかえていた。一部の部門では、パーソナル・コンピュータ（以下 PC）による CAD（Computer Aided Design）を導入し、図面作成の効率向上をはかっていたが、個人の範囲の効率化にとどまっていた（表 1）。

新設計支援システムでは PC CAD の導入を推進し、主に試作図面の作成に利用する。さらに、その上位に UNICAD（UNiversal Integrated CAD）を導入し、正式図面および単品図面を統合管理することで各部門が図面情報を共有し、互いに利用できるようにする。また、図面の保守と同期して、図面管理データベース上の品目基礎情報と部品構成情報を保守し、出図時に生産管理システムに提供する（図 2）。

このシステムの実施によってデータの一括管理が可能となり、共通のデータを利用することでデータの信頼性が向上する。従来のやり方で問題となっていた部品リストの作成、組立図の作成、パーツ・カタログの作成が容易になる。また、部品の再利用が容易になり、単品図の再作成を無くすることができる。

4.1.2 生産管理システム

従来の生産管理システムは、バッチ処理が多くデータの即時性に欠けており、システムの拡張が困難になってきていた。受注納期短縮のために、基準生産計画を支援す

表 1 図面作成の作業と問題点

Table 1 Objects of design and their problems

部門	設計	生産技術	サービス技術
従来の作業	・ 割り出し図 手書き ↓ 汎用 PC CAD ・ 単品図 手書き 汎用 PC CAD } 再作図 回路設計用 PC CAD-回路図 ・ 部品リスト 手書き (組立てを意識した構成)	・ 部品リスト 手書き (発注用に作り直す) ・ 組立作業指示書 手書き 現物(試作)を分解して作成 ・ 治具設計 手書き	・ パーツ・カタログ 外注 ・ ワイヤ・コネクタ 設計データ流用(手書き) ・ ブロック・ダイヤグラム 設計データ流用(手書き) ・ 回路図 設計データ流用(手書き) ・ サービス・ニュース ワープロおよび手書き図
問題点	・ 手書き資料が多い (図面・部品リスト等) ・ 設計部門相互の情報交換が少ない (部品の相互利用等) ・ データの一元管理ができない (CAD データ、手書き図面等) ・ 設変情報を速やかに伝達できない (変更図面がともなわない)	・ 手書き資料が多い ・ 組立図作成の工数大 (3次元アイソメ図) ・ 部品リスト作り直しの工数大 (部品リスト構成の相違) ・ 設変に対しては現場対応 (変更図面がともなわない)	・ 手書き資料が多い ・ 資料作成に時間がかかる (見出番号と部品との対応等) ・ 設変に対応した資料を即、作れない (設変図面がともなわない) ・ 全情報を掲載できないものもある (部品番号、部品単価等)

るシステムの導入も必要となっていた。そこで、統合生産情報管理システム BAMCS (Business And Manufacturing Control System) を導入し、新生産管理システムを構築することになった。新生産管理システムは、3段階に分けて構築している。

第1段階は、計画製品構成を利用した基準生産計画に基づく生産管理システムを導入する。技術情報管理、在庫管理、基準生産計画、所要量計画、購買管理、進捗管理、受注出荷管理の七つのサブシステムが稼働する。この段階での他システムとの関係を図3に示す。

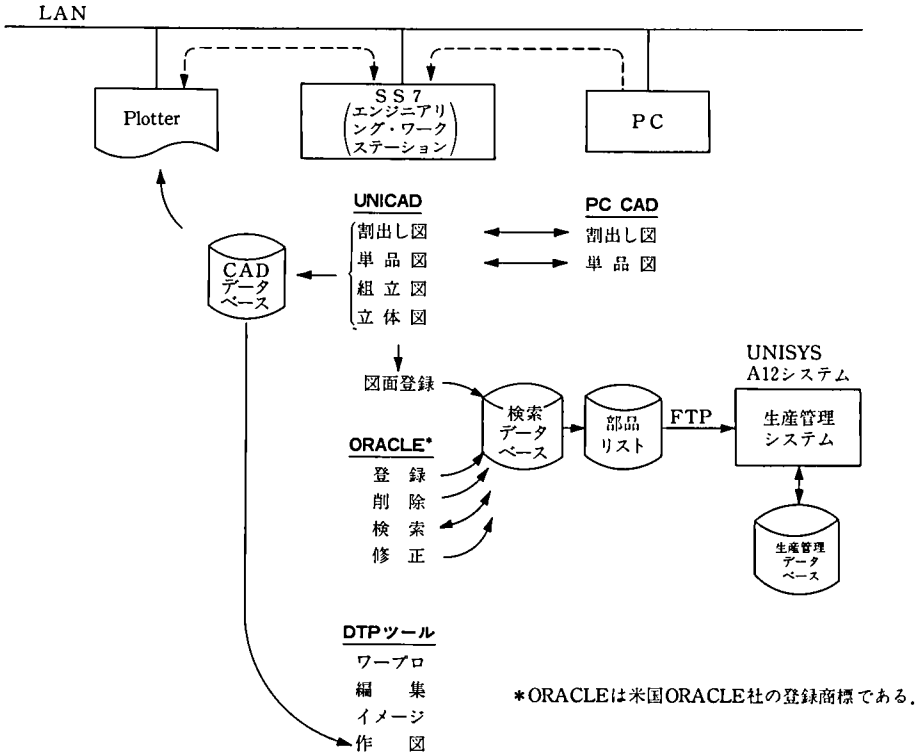


図2 新設計支援システム

Fig. 2 New design support system

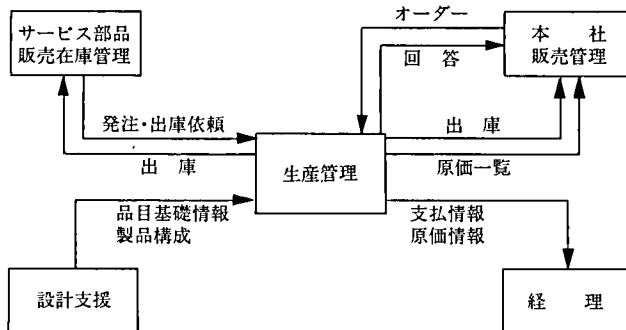


図3 生産管理システムと他のシステムとの関係 (第一段階)

Fig. 3 Relationship between Production Management System and others

第2段階では、原価計算システムの見直し、協力企業とのネットワークの推進等を進める。国内生産拠点とは、BNAV2（拡張ネットワーク・アーキテクチャ）を利用して、製品・サブ組立品の発注、出荷指示、マスタ情報の交換等を行う。海外生産拠点に対しては、公衆回線を利用して、製品の発注、部品の受注、マスタ情報の交換等を行う。購買先・外注先に対しては、VAN を利用して発注を行う。

第3段階では、工程管理システムを構築する。このシステムでは、製造指示のオーダー番号と製品のシリアル番号を利用して、作業進捗の把握、社内工数の把握、製品の単品管理のための情報の把握を行う。シリアル番号とソフトウェア（ROM）バージョンを管理するため、物流管理、顧客情報、保守サービス活動等の販売管理および営業情報システムに有用な情報が得られる。

4.2 販売システム

販売システムは、本社の国内および海外代理店向けの活動、営業所の活動、保守サービス部門の活動および販売部門全体の統合を支援する。販売システムの全体を図4に示す。

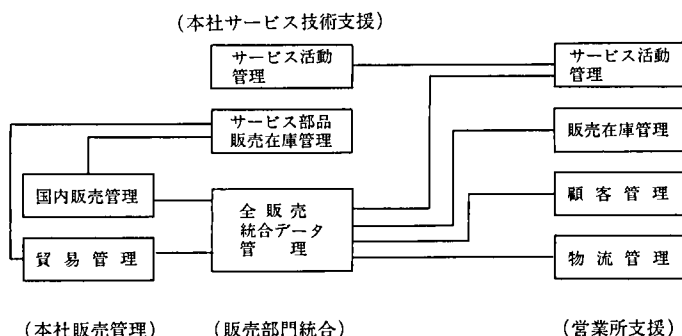


図4 販売システム全体図

Fig.4 Overview of Sales Management System

4.2.1 営業所支援システム

営業所では、従来、PCを利用して販売管理と保守サービス活動管理を行っていたが、ハードウェアの制約からシステムの機能拡張が困難になっていた。また、公衆回線を利用して本社システムにファイルを転送していたが、これも機能拡張上の制約になっていた。

そこで、営業所システムをUNIX*を搭載したUNISYS U6000システムに置き換え、UNIXと第4世代言語MAPPERのネットワーク機能を活かした本社一営業所ネットワークを構築し、販売管理と保守サービス活動管理に加え、新たに顧客管理と物流管理を開発することとした。顧客管理では、ユーザと見込客の管理、市場情報の収集を行う。また、物流管理はA社全体の販売物流管理の一部であるため、本社の物流管理と同期して構築する。

* UNIXオペレーティングシステムは、UNIX System Laboratories, Inc.が開発し、ライセンスしている。

4.2.2 本社サービス技術支援システム

本社サービス技術の業務としては、補修部品販売在庫管理と営業所のサービス活動データの集中管理とがある。

もともと、補修部品の一部は自動倉庫（A 社製品）で管理していたが、今回のプロジェクトでは自動倉庫を拡張し、自動倉庫に入らない部品も含め全補修部品（45000～60000 点）を U 6000 システムで管理することとした。新システムでは、U 6000 システムの端末から出庫指示を行って自動倉庫を動かし、自動倉庫のステーションで出庫実績を入力し在庫を更新する。在庫が発注点を割った時点で生産管理システムに発注し、その部品の生産管理システムへの入庫時に自動的にサービス技術に出庫し、サービス技術の在庫になる。また、売上情報は本社販売管理に転送される（図 5）。

サービス活動については、営業所のサービス活動を集約して本社で管理し、サービス活動の向上・品質向上・新製品の開発に利用する。

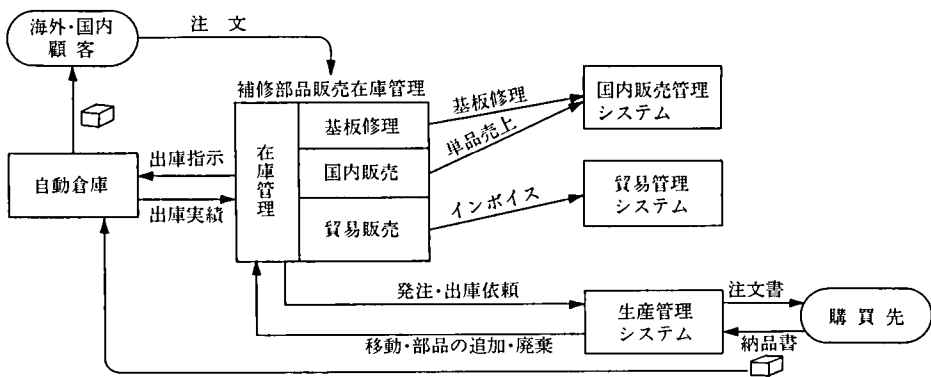


図 5 補修部品販売在庫管理システムと他のシステムの関係

Fig. 5 Relationship between service parts system and others

4.2.3 本社販売管理および統合管理システム

本社販売管理には、営業所と国内代理店の販売管理（国内販売管理）と海外代理店の販売管理（貿易管理）がある。これらのシステムの受注情報が、生産管理システムの組立日程計画に利用される。また、見込および売上実績を利用して、基準生産計画立案の参考資料を作成する。

統合管理は、営業所と関連会社を含めた物流管理、集中請求管理等の基幹業務と、顧客情報・市場情報等、営業情報の提供を行う。さらに、販売システム全体での共通マスタを管理する。

4.3 管理システム

4.3.1 経理・財務システム

事務処理の合理化、迅速化、ペーパーレス化を推し進めるため、総合会計システム UNIMACS (UNIsys Mapper ACcounting System) を導入した。UNIMACS は外部システムとの標準的なインタフェースを持っているため、これを利用して、他システムで発生するデータの利用を高めている。また、システム内部でも自動振替を行ってデータの正確性を高め、事務処理の効率化を図っている。第 2 段階では営業所経理

表 2 業務システム間の関連
Table 2 Relationship of application systems

システム		A12							SS7		U6000					A3	A1		
データを受け入れるシステム	データの源泉となるシステム	経理	人事管理	給与計算	勤怠管理	本社販売管理 国内	本社販売管理 貿易	販売統合データ管理	生産管理	CAD	図面管理	サービス日報管理	サービス部品販売在庫管理	営業所販売管理	営業所顧客管理	営業所サービス日報管理	営業所経理	協力企業生産管理(国内)	協力企業生産管理(海外)
				○				○									○		
		○		○				○											
		○			○			○											
		○	○	○															
		○						○											
		○				○		○	○										
		○				○	○	○	○										
		○				○	○						○	○	○	○			○
		○				○	○						○						○
									○		○								

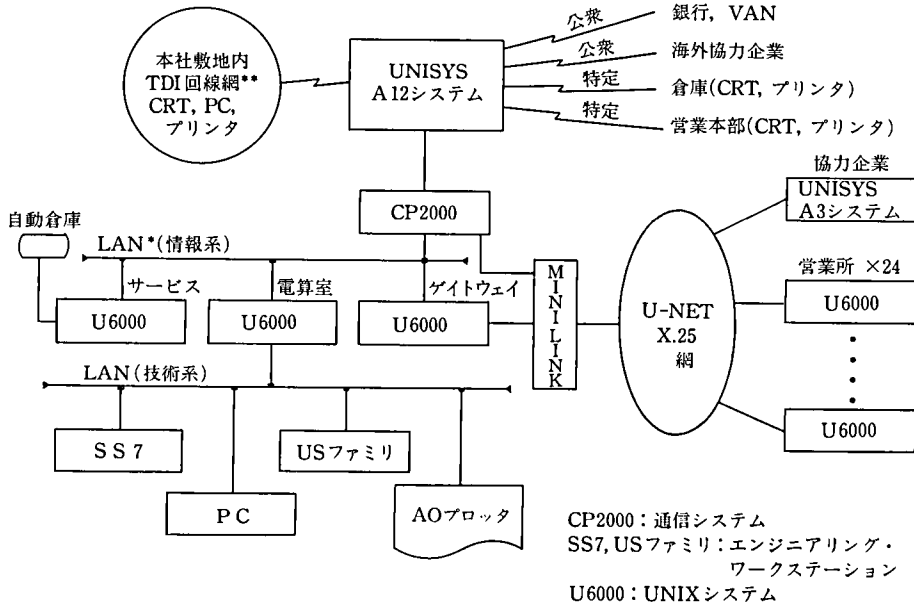
の電算化を進める。

4.3.2 人事・給与システム

新人事制度・給与体系は、経営計画の重点項目の一つだった。これに対応するため、MAPPER の人事管理システム・給与計算システムを導入した。給与計算の結果は、仕訳データとして自動的に経理システムに入力される。

4.4 ネットワークの構築

本章で述べてきたシステムの多くは、他のシステムと何らかの関係があるが、関連しているシステムが異なるコンピュータ上で稼働していることも少なくない。業務システム間の関係の有無と、そのシステムが稼働するコンピュータを表2に示した。これらの業務システムの統合化には、ネットワークの構築が必須である。A社のネットワークを図6に示す。



- * LANはすべてEthernet(米国Xerox社の登録商標である。また、技術系LANは実際には4系統ある。
- ** 本社敷地内のTDI (Two wire Direct Interface) 回線、その端末群(CRT, プリンタ, PC等)は省略した。

図 6 A 社のネットワーク
 Fig.6 Network of A company

5. 設計支援システムと生産管理システムの統合

これまで、A 社における CIM の基本方針と全体的な構想について述べてきたが、本章では具体例として設計支援システムと生産管理システムの統合をとりあげて説明をする。

5.1 生産管理の基礎情報

生産管理に必要な基礎情報の主要なものとして、品目、ルート^{*}、製品構成^{**}、加工手順、ワークセンタ等がある。通常、これらの情報は、生産管理システムのサブシステムである技術情報管理によって保守されている。

従来は、設計部門が正式図面を出図すると、生産技術が図面から品目の基本属性を品目カードに転記し、さらに、加工手順、発注方針、リードタイム、購買先、単価等を追加して品目カードを完成させ、コンピュータに登録していた。また、生産製品構成は、設計部門から出てきた手書きの部品リストを生産用書き直して、コンピュータに登録していた。

設計支援システムの図面管理データベースの情報を利用することで、これらの工数の削減、転記・入力ミスの回避、量産立上げまでのリードタイム短縮が期待できる。

- * BAMCS のルートとは、品目を調達する経路(手段)を表す。ある部品は、社内製作、外注、購買といった複数の経路で調達できる。社内製作の場合にも、いくつかの方法がありうる。ルートという概念によって、一つの品目に複数の異なる調達経路を設定できる。内作品目は、少なくとも一つのルート(主ルート)を持ち、そのルートの下に製品構成・加工手順・治具等の情報を設定する。 **
- ** BAMCS の製品構成には、設計製品構成と生産製品構成と計画製品構成がある。所要量計画と製造オーダーでは生産製品構成を使用する。計画製品構成は、基準生産計画に使用する。

表 3 図面管理システムからの転送データ
Table 3 Data from drawing filing system

品目基礎情報		構成情報	
図面番号	C14	親図面番号	C14
製品名	C80	子図面番号	C14
邦文品名	C80	使用数量	C12
英文品名	C40	単位	C 2
材質	C60		
表面処理	C80		
作成日	C 6		
CAD 区分	C 1		
メーカー名1	C14		
メーカー名2	C14		

5.2 システムの概略

新製品の設計から生産管理基礎情報の登録に至るシステムの概略を、流れにそって述べる（第4章図2参照）。

- 1) 試作図面の作成……PC または UNIX ワークステーションで、個人用の CAD を操作し、試作図面（割出し図）を作成する。
- 2) 単品図へのバラシ……試作図面を IGES (Initial Graphics Exchange Specification) ファイルに変換し、ETHERNET 経由で SS 7 システムの UNICAD に取り込む。次に UNICAD を使って単品図面に分解する。
- 3) 図面登録……図面登録により、図面管理データベースに品目基礎情報と品目の親子関係を登録する。
- 4) 正式図面への変換（出図）……以上の手続きでできあがった UNICAD 上の試作図面を、正式図面に変換する。試作図面と正式図面は図番体系が異なる。
- 5) 基礎情報の転送……出図対象の品目基礎情報と品目親子関係を図面管理データベースより抽出し、ETHERNET 経由で A 12 システムに転送する。転送する内容を表3に示す。
- 6) 生産管理データベースへの登録……A 12 システム上では、受け取ったファイルをバッチ登録用書式に変換し、生産管理の品目情報、ルート（主ルート）、設計製品構成等を登録する。その際、図面番号（二品目番号）を判断し、できるだけ手作業による情報の追加・変更をしなくても消むように項目を組み立てる。
- 7) 生産製品構成の作成……設計製品構成を生産製品構成に複写して、必要な変更を加える。類似の生産製品構成を持つ品目がすでに登録してあるなら、その品目を利用することもできる。
- 8) 追加情報の登録……設計支援システムから得られない情報を追加する。加工手順、購買先、単価等である。

5.3 課 題

5.3.1 設計変更への対応

本システムでは、設計変更については手作業で対応すると取り決めてあった。しか

し、現場の利用者が実際にシステムを利用すると、設計変更に対応して欲しいという要求が高まっている。

設計変更での最大の問題は、設計製品構成から生産製品構成を作ったあとで発生した設計製品構成の変更が、生産製品構成のどこに影響するかを知ることである。生産製品構成は、部品・資材の手配や加工・組立の手順等、製造上の理由から作るため、元の設計製品構成とはかなり異なったものになることもありうる。設計変更が発生した品目が生産製品構成上に無い場合等が問題となる。変更に関連する品目を、正展開・逆展開・構成の比較等で丹念に調べる他はない。

また、ある種の設計変更（その設計変更が当該部品を使用するすべての親品目に適用され、かつ、穴あけ等の追加工で旧部品が新部品になるような設計変更）は、旧システムでは品名変更のみで対応していた。ところが、新システムでは設計支援システムで図面番号を採り直す（改変番号を付ける）ため、品目の登録・製品構成の変更・発注残・引当残の変更が必要となる。これを手操作で行うのは大変な負荷となるため、この操作の自動化が新しい要望となっている。

設計変更については、実施時期の決定も大きな問題である。これについては、BAMCS の設計変更モジュールの適用で解決できるか検討しているところである。

5.3.2 その他の課題

設計変更以外では、設計支援システム（設計部門）から生産管理システムに基礎情報を送りこんだ時に、次の工程を受け持つ部門（生産技術）が作業を始めるためのきっかけをどのように与えるかという課題がある。現状では、設計支援システムが送ってきた基礎情報を、ただちに生産管理システムに取り入れる必要はほとんどない。そこで、生産管理システムへの更新は、1日1回ないし2回の一括処理として、その時に品目基礎情報と設計製品構成の更新日報とエラーリストを出力し、作業を始めるためのきっかけとしている。品目については、登録済み品目が送られてくるとエラーになる。構成については、品目未登録の場合（データベースにも、その時の転送ファイルにも無い場合）と、同じ親子の組み合わせが存在し、子部品の使用数がデータベースと異なる時にエラーとなる。そこで、品目については、品名・材質・表面処理等に変更があった時、構成については使用数の変更があった時、エラーリストで発見し、手作業で対応することができる。

本システムに限らず、紙による出力をできるだけ減らすことが大きな課題となっている。しかし、他システムから情報を受け入れたあと、何らかのアクションが必要とすれば、今のところ紙に打ち出すのが（行方不明になりさえしなければ）最も確実である。このような紙の出力を減らすためには、情報の伝達とアクションの要求を一括管理し、部所や個人でアクセスできる電子メールまたは掲示板を導入し、常にアクセスする習慣をつくる必要があるだろう。

6. おわりに

本システムの稼働により、異なる領域の業務を支援する情報システムを結び付ける道をつくることができた。まだ、利用者がこの環境に慣れていないため、あらかじめ決めた範囲だけで利用しているが、新しいシステムと環境を深く理解するようになれ

ば、新しい利用法と可能性が、利用者の中から生まれてくるだろう。

本稿は、統合化を前提とした全社システムの（再）構築事例報告であるため、全体像の紹介をしたが、あまりに総花的になることを避けるべく後半は一つのテーマに絞った。このため、生産―販売の統合等、重要なテーマでも詳しく触れることができなかった。別の機会があれば紹介したいと考える。

最後に本稿の執筆にあたり、ご協力をいただいた A 社電算室ならびに社内各部の方々に感謝の意を表したい。

-
- 参考文献 [1] 田村孝文, CIM 入門, 日本能率協会, 1988.
 [2] 松島克守, CIM 製造業の情報戦略, 工業調査会, 1990.
 [3] 経営システム技術研究会編, CIM 経営高度化のために, 日刊工業新聞社, 1991.
 [4] CIM 研究グループ, 生産革命 CIM 構築のアプローチ, 工業調査会, 1989.

執筆者紹介 武藤保典 (Yasunori Muto)

昭和 30 年生. 53 年立教大学文学部心理学科卒業, 同年日本ユニシス(株)入社. SE として, 顧客のシステム開発, サービスに従事. 現在, 製造工業システム二部に所属.



基板組立 FFC システム構築事例

A Case of Creating a Printed Wiring Board (PWB) Assembly FFC System

渡 部 浩 志

要 約 今日、FA は三つの FA (Factory : 工場全体, Flexible : 多品種生産, Flow : 物と情報の流れの各オートメーション) を包含した自動化の概念であると言われており、CIM 構築における重要な要素となっている。A 社 B 工場では、この FA を実現すべく基板組立工程内の FMS ラインに、基板組立 FFC システムを導入した。

A 社 B 工場を取りまく環境も、多くの製造業と同様、①製造リードタイムが長い、②生産準備業務が増大している、③作業計画の見直しが頻繁に発生する、④コンピュータ・システムの集中化に伴った開発・運用が増大している等の状況にあった。これらの状況を改善し、かつ全社的 CIM 構築の一環として当 FFC システムの開発を行った。

FFC システムの開発に当たっては、CIM 6 階層モデルを基にし、近年のコンピュータ業界の流れであるシステムの分散化・統合化を考慮している。この統合化分散システムの構築によりシステム導入の容易性・拡張性・危険分散等が容易に計れる。

FFC システムの分散化・統合化に当たっては、AMBus を日本ユニシス・グループで初めて導入してシステムを構築した。AMBus は、複数ハードウェア上で稼働できるメッセージベースのソフトウェアであり、プログラムの独立性を高め、モジュール化の促進、および柔軟性のあるシステム構築が可能である。

システムの主な機能としては、①製造計画、NC 情報、工程情報等の上位システム I/F (インタフェース)、②上位システム I/F にて取り込んだデータを管理する製造 DB 管理、③製造計画を JOB に分割し機械組立工程へ投入する投入計画、④ダイナミックな作業順序計画を行うスケジューリング、⑤組立ラインの工程進捗を管理、制御するルート管理・ライン管理、⑥ NC ファイルのダウンロード/アップロードを行う NC 情報管理、⑦工程間倉庫の在庫管理、およびライン間にまたがるマガジンの搬送を管理する搬送管理、⑧部品搭載機とライン管理との I/F を司る WCC がある。これらの機能をネットワークの階層でつなぎ合わせ、FFC システムを構成している。

Abstract Today, the term of FA is said to be a concept of automation which, in meaning, covers three FAs (Automation each for a whole Factory, Flexible-variety production and the Flow of materials and information), and the three FAs have been important factors in building CIM systems. With an aim to make this concept a reality, plant B of company A has installed a PWB assembly FFC system for its own FMS line within the process for assembling printed wiring boards.

As seen in many other manufacturing industries, the plant B was also confronted with such problems as (1) long lead time in production, (2) an increased volume of work prior to the start of production, (3) frequent changes in production plans, and (4) a large sum of money involved in the development and maintenance of computer systems as a result of their centralization. The development of this FFC system was launched as one of the efforts to create a company-wide CIM system which was considered to help solve those problems.

In designing the FFC system based on the CIM 6-layer model, our prime attention was paid to distributed processing and downsizing, which has been the recent mainstream of computer uses, because we believed that the design was sure to make the system easier to install and expand, in addition to ensuring well-balanced computation loads.

To attain the goal, AMBus was used. That was the first experience for the Nihon Unisys group. AMBus is a message-based network software product, operable on more than one processor, which offers higher program independency, higher modularity and higher systems versatility.

Some of the major built-in features function as (1) a data transfer interface to receive from the plant's host systems necessary information for production planning, NC data management and process control, (2) a manufacturing database manager to maintain information from host systems, (3) a planner to schedule jobs for each shopfloor according to production plans, (4) a scheduler to work out dynamic job sequences, (5) a route and line controller to oversee each process in the assembly lines, (6) NC data manager to down-and up-load NC files, (7) an AGV controller to keep track of materials and their flow, and (8) a work cell controller to serve as an interface between the line controller and machinery. Those functions are inter-connected through each layer of the AMBus network to consist of the FFC system.

1. は じ め に

FA (Factory Automation) は、昭和 50 年代にわが国で提唱され始めた時は、加工組立産業における工場を対象として、設備の自動化と設計・管理のコンピュータ化を指すものであった。しかし、現在では加工組立産業のみならず、製造業の多くの業種において FA が推進されるようになった。

今日、FA は工場全体の自動化を意味するファクトリ・オートメーション、多品種生産が可能な自動化を意味するフレキシブル・オートメーション、および物と情報の流れの自動化を意味するフロー・オートメーションの 3 種の「FA」を包含した自動化の概念であると言われている。

A 社 B 工場では、この 3 種の FA を実現すべく基板組立工程内の FMS (フレキシブル生産システム) ラインにおいて、基板組立 FFC (Factory Floor Control) システムの開発を行った。システムの開発に当たっては、組立ラインの FMS 対応のみならず、近年のコンピュータ業界の流れであるシステムの分散化、および拡張性を考慮し、ハードウェア/ソフトウェアの階層構造によるシステム構築を行った。このシステムの階層構造については、ISO/TC 184/SC 5 (国際標準化機構産業オートメーションに関する作業部会) で提案されている CIM の 6 階層モデルを基にしている。この分散化、および階層化の方式の導入により、①小さなシステムで完結できるので導入が簡単であり、運用面のノウハウも蓄積しやすく、②将来のシステムの拡張に対しても小規模システム同士のネットワークのため対応しやすく、③危険分散を図る意味においても切り離しが容易である等、の利点が生じる。

当システムでは、この階層間をつなぐため、ユニシス・ローズビル工場の CIM 構築の過程で開発された AMBus (Application Messaging Bus) を使用した。この AMBus は、メッセージベースの方式によりソフトウェアのモジュール化を促進できる。また、複数のハードウェア上で稼働可能であり、分散処理に有効な手段を与えている。

本稿では、A 社 B 工場の基板組立 FFC システムの分散化、階層化されたシステムのアーキテクチャ、および機能概要について紹介する。

A 社 B 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伴い、以下のような状況にあった。

- 1) 製造リードタイムが長い
 - ・ PWA (Printed Wiring board Assembly) の種類が多く、実装工程も複雑なため、人手によるダイナミックな作業順序計画が困難で次工程の空き待ちが発生する。
 - ・ 各工程間の運搬は、加工ロットごとの作業完了後にまとめて行われる。
 - ・ 治工具、NC データ等の部品の取り揃えを人手で行っていたため欠品・不良が多く発生する。
- 2) 生産準備業務が増大している
 - ・ 設計した物を量産に移すための工程設定、治工具、NC データ、テーピング作業等の生産準備作業に時間が掛かる。
 - ・ 設計変更が発生しても、確実かつ迅速に対応できない。
- 3) 作業計画の見直しが頻繁に発生する
 - ・ 生産管理システムからの製造指示は、ラフな工程、製造ショップ、検査完了日となっている。そのため、PWA の機械実装工程、手組工程に対する作業順序計画は、人手で作成している。作業順序計画を立てるためには、進捗状況の把握、実装工程経路のノウハウが必要となり、人手では頻繁に見直しができない。
- 4) 計算機システムの集中化に伴った開発、運用の増大
 - ・ システムが一極集中することにより、トラブル発生時に広範囲に影響が及ぶ。
 - ・ 工場のライン変更が頻繁に発生し、その度にシステムの迅速な対応が求められる。

このような A 社 B 工場の状況において、基板組立 FFC システムを導入し以下の狙いを実現すべく開発を行った。

- ① 製造リードタイムの短縮を行う。
- ② 生産準備作業の削減を行う。
- ③ ダイナミックな作業順序計画を随時行い、現場の変化に即対応できるようにする。
- ④ システムの分散化による開発・運用の改善、および危険分散を行う。

2. システム構築の背景

A 社 B 工場は、ディジタル交換機をはじめ、ファクシミリ、伝送装置、モデム、ハイブリット IC、自動車電話等を主要製品とする A 社の基幹工場である。この A 社 B 工場内の、複合交換機・通信端末装置組立部門における基板組立 FMS ラインの監視・制御を行うために、基板組立 FFC システムを導入した。

図 1 に基板組立工程の概要を示す。図で示したように、基板組立工程は、大別して三つの作業フェーズから構成されている。事前段取り作業では、基板や部品の前加工、およびテープ部品の取り揃えを行い、機械組立のための事前準備を行う。基板組立

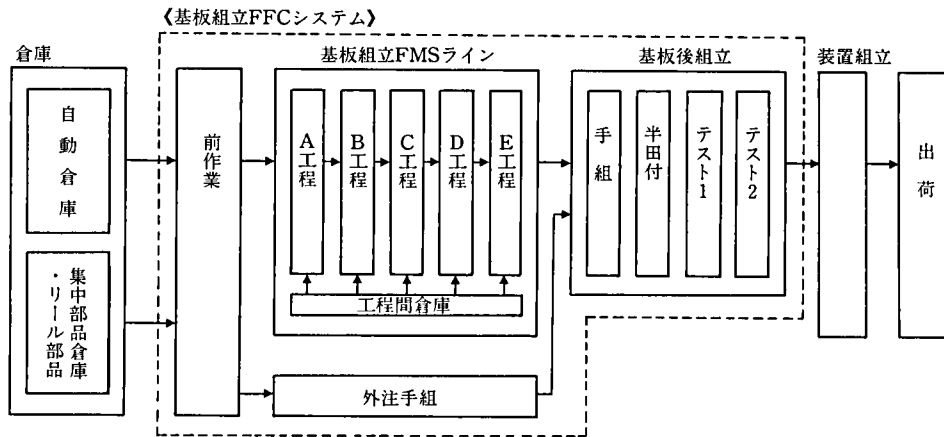


図 1 基板組立工程の概要

Fig.1 Outline of PWB (Printed Wiring Board) assembly process

FMS ラインは、機械組立作業全般を行っている。部品の形状により A 工程, B 工程, C 工程, D 工程の 4 種のラインに分かれており, E 工程では目視検査を行っている。基板後組立は、機械組立では載せられない手組部品の組立, 半田付けを行い, テスト 1, テスト 2 工程による各種検査を行い, 装置組立へ送り出している。

3. システムモデル

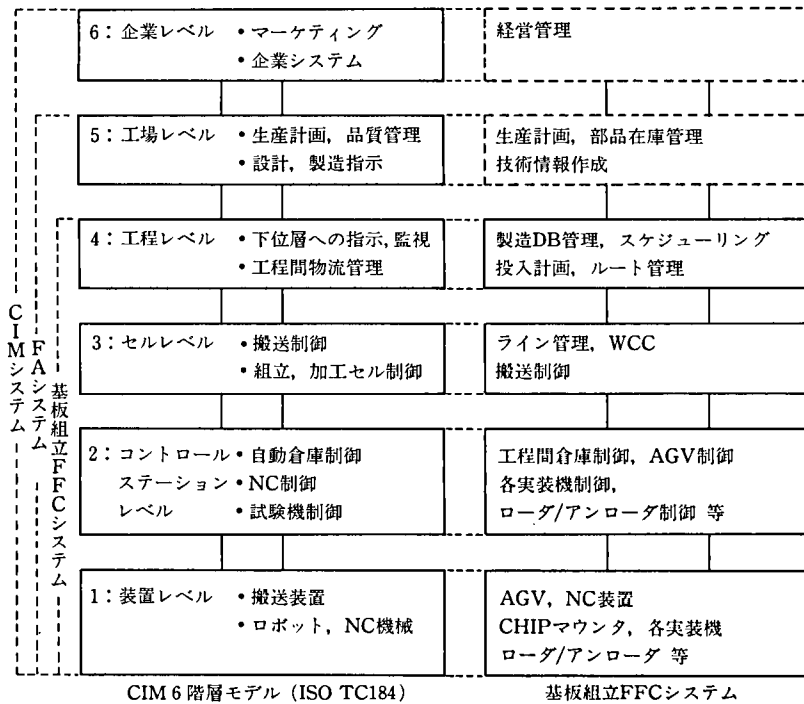
3.1 システムの階層化モデル

通常, FA システムは最下位の NC 機械・組立装置から, 最上位の生産管理・経営システムまでが情報でリンクされている。そのため, これらの異なる情報の作成・利用と役割を分散し, 階層化することが考えられた。

この一つとして CIM 機能階層モデル (図 2) があげられる。このモデルは, ISO/TC 184/SC 5 で提案されているものである。

基板組立 FFC システムの開発に当たっては, この CIM 機能階層モデルをベースにしている。以下に CIM 機能階層モデルのレベルごとの機能に付いて簡単に説明するとともに, 基板組立 FFC システムとの対応を説明する。

- ① レベル 1 は装置レベルである。末端の装置そのものであり, 各種部品搭載機, バーコード・リーダ, 基板のロード/アンロード等の機械部品を指す。
- ② レベル 2 はコントロール・ステーション・レベルである。工程間倉庫制御, バーコード読み取りコントローラ, および NC マシン, 各実装機制御等の部品搭載機等のコントローラであり, 自動機械装置の制御を行う。
- ③ レベル 3 はセルレベルである。セル (Work Cell) とは, コントロール・ステーション (レベル 2) と組立機構 (レベル 1) を合わせた部品搭載機全体を指し, マニュアル運転により単独で動作可能な装置である。通常, セルと言えば, この NC マシンまたは部品搭載機を指している。当 FFC システムでは, このセルを複数個つなぎ合わせて一つの組立ラインを形成しており, ライン管理がこれを制御している。ライン管理は, CIM モデルでは, WCM (Work Cell



(須藤文雄・小林武郎, 「CIM時代のFAシステム入門」—— 知的生産システムの構築をめざして—— オーム社, 1990, P. 24より)

図 2 CIM 機能階層モデル
Fig.2 Hierarchical model of CIM function

Manager) と呼ばれている。WCC (Work Cell Controller) は、セルのオンライン運転のために、ライン管理の I/F の役割を担っている。

- ④ レベル 4 は工程レベルである。このレベルは、製造 DB 管理を行っているマニファクチャリング・ホスト (以下 MFG HOST と略す)、スケジューラ、複数のライン管理を統合するルート管理が相当し、各々独立したコンピュータ・システムである。ルート管理は、CIM モデルでは WAM (Work Area Manager) と呼ばれており、機械組立作業エリア全般の進捗管理を行っている。
- ⑤ レベル 5 は工場レベルである。工場内の生産管理、在庫管理、設計情報の管理等の機能があり、工場全体を統括する。
- ⑥ レベル 6 は企業レベルである。各事業部、工場を含んだ企業全体を統括するものであり、経営システム等が相当する。

当基板組立 FFC システムのハードウェア構成、ソフトウェア構成の階層構造については、システムの構成の章で詳細に述べる。

3.2 システムの階層構造におけるコミュニケーション・ネットワーク

A 社 B 工場では、階層構造によりシステムを実現しているが、この階層間の情報伝達は、ネットワークを介して行っている。基板組立 FFC システムに関係するネットワークとしては、大別して三つある。その一つは、A 社の基幹ネットワークの上位シス

テム間オープン・ネットワークである。基板組立 FFC システムは、生産管理システムを介してこのネットワークにつながっている。

二つ目は、FFC-LAN (Local Area Network) である。この FFC-LAN は、基板組立工程におけるシステム全体をカバーし、FFC システム内の情報伝達、指令の送受信において中心的役割を担っている。FFC-LAN の構築に当たっては、可能な限り工場用 LAN の標準を意識し、異機種間の接続が容易になるよう考慮して Ethernet* を使用している。

当 FFC システムにおいて、FFC-LAN の使用により容易な拡張性が得られることは、たいへん重要なことであった。それは、当システムが対象としている工場が FMS ラインであり、頻繁にシステムの構成を変更する必要があるからである。

三つ目のネットワークは制御ネットワークである。制御ネットワークは、当 FFC システムの最下層に位置し、CS (コミュニケーション・サーバ) とコントロール・ステーション間にあり、RS-232 C インタフェースで通信を行っている。実際にはネットワークとは呼べず、1 (CS) : n (自動機) の通信であるが、CS が持っている 10 本のポートの設定を変更することにより、場所やシステム構成にこだわらず FFC-LAN ネットワークに参加できるので、あえてネットワークと定義した。ただし、U 6000 と自動機の間で通信を行うには、U 6000 側から CS および CS のポート番号を指定し、回線をオープンしなければならない。また、コンソール端末以外の端末およびプリンタもすべて CS に接続され、ネットワーク経由でアクセスしている。端末の U 6000 への接続には、端末側に NT エミュレータを載せることにより行っている。この制御ネットワークを利用することにより、基板組立ラインの基板組立機器同様、端末、プリンタの接続も現場の変化に合わせて融通性のあるシステムが実現できるようになっている。

3.3 システムの分散化

当 FFC システムも近年のコンピュータ業界の流れであるシステムの分散化を指向している。図 3 に当システムの分散化モデルを示す。

図でも明らかなように、当システムの分散化では垂直分散方式を採用した。この垂直分散方式の利点としては、開発・保守の容易性、負荷分散、危険分散等が挙げられ

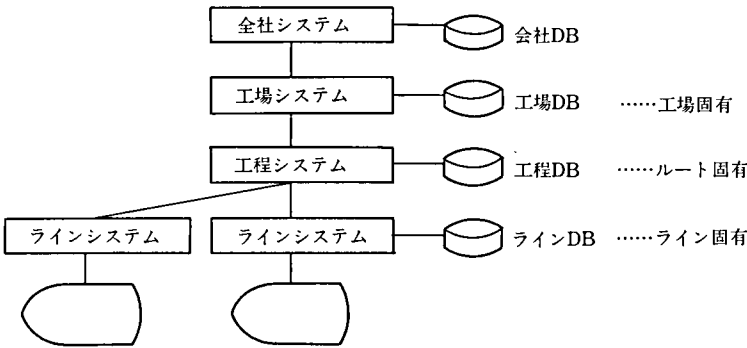


図 3 垂直分散処理モデル

Fig. 3 Vertical model of distributed model

* Ethernet : 米国 Xerox 社の登録商標である。

る。しかし野本雄一（日本ユニシス CIM 推進部）が第 20 回ユニシス夏期セミナーで指摘しているように、分散化による問題点も同時に発生する。この問題点を列挙してみると、

- ・トータル管理、標準化が困難である、
- ・ファイル、プログラム等のシステム資源の重複が発生する、
- ・ソフトウェア費用が増大する、
- ・サブプロセッサの負荷が増大する、

等が挙げられる。

これに対し、当 FFC システムでは以下の点を考慮して開発を行い、問題点の改善を図った。

- ① データの管理は、MFG HOST のみで管理し、必要な度にシステムで自動的にダウンロードしシステム内の整合性を図る。
- ② プログラムの開発は、開発マシンのみで行い、ソース・プログラムの一元管理を行い、各々の計算機には、ロード・モジュールのみ配布する。
- ③ 端末およびプリンタは、ネットワーク経由でシステムに接続し、リモート・ログイン等によりどの計算機にも接続可能にした。
- ④ プログラムの共通化を図り、たとえばホスト名等で判断して各々のシステムで動作可能なように考慮した。

4. システムの構成

4.1 基板組立 FFC システムの構成

基板組立 FFC システムのハードウェア構成を説明する。

図 4 のハードウェア構成図でも明らかなように、ハードウェアの構成に関しても、分散化・階層化を考慮している。この分散化・階層化を行うことにより、ハードウェア・トラブル時に、システムへ与える影響を最小限に抑えることが可能になった。万一トラブルが発生した場合、スタンバイ用システムにて代替しシステムを再開することができる。当基板組立工程は 24 時間運転のため、システムの保守を行う場合にも有効である。ただし、オンライン中のリアルデータ・バックアップは行っていないので、データはオペレータがマニュアル・オペレーションで復旧する必要がある。

主たる機器の役割を説明する。

- ① MFG HOST システム：上位システムと I/F を持ち、基板組立 FFC システムで使用する各種データ（製造計画、工程情報、NC 情報）のデータベースを有する。
- ② スケジューリング・システム：基板組立工程の各ラインごとの作業順序計画をたてる。
- ③ 投入・ルート管理システム：各ラインの進捗管理、および順序計画に従ったラインへのマガジン（基板を入れる搬送用のボックス）の、システムへの投入を行う。
- ④ ライン管理システム：組立ラインごとに存在し、ライン内の進捗管理および部品搭載機への作業指示、実績収集を行う。

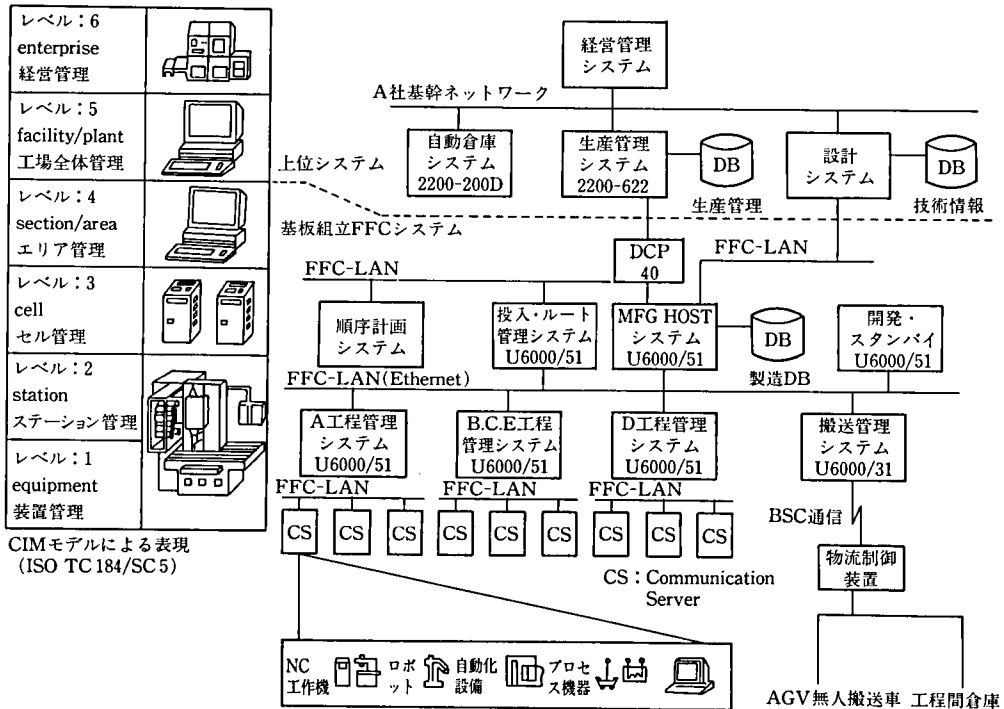


図 4 基板組立 FFC システムハードウェア構成

Fig. 4 Hardware configuration of PWB assembly FFC system

- ⑤ 搬送管理システム：マガジン管理，工程間倉庫の在庫管理および物流制御装置との I/F をとる。
- ⑥ CS (コミュニケーション・サーバ)：Ethernet 経由の電文から RS-232 C による通信への変換を行う。
- ⑦ 物流制御装置：工程間倉庫のクレーン，AGV (無人搬送車) の制御を行う。

4.2 ソフトウェア構成

基板組立 FFC システムにおけるソフトウェア構成を図 5 に示す。この図でも示しているように，ハードウェア同様ソフトウェア構成も分散化・階層化がなされている。当 FFC システムの対象となるのは，CIM 6 階層モデルのレベル：1～レベル：4 に相当する機能までである。各々の構成する機能に関しては，次章で説明する。

4.3 AMBus の適用

当 FFC システムの分散化・階層化を実現する上で，ユニシス・ローズビル工場の CIM 構築の過程で開発された AMBus を使用している。AMBus は，メッセージベースのソフトウェアバスとして開発され，ソフトウェアのモジュール化が図れ，メッセージ・トランザクションの送受信が可能である。また，複数のハードウェアにまたがったトランザクションの送受信についても支援しており，NET 6000* を通して動作する。

* NET-6000：Ethernet LAN (IEEE 802.3) を介する他システムとの接続ソフトウェア。

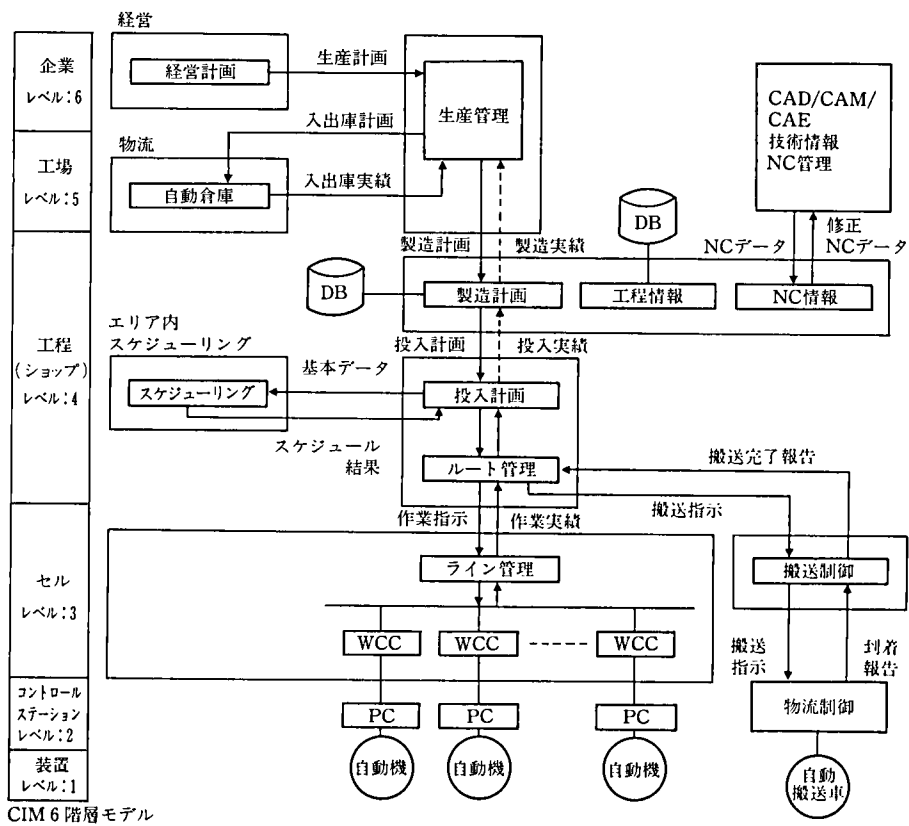


図 5 基板組立 FFC システム・ソフトウェア構成

Fig.5 Software configuration of PWB assembly FFC system

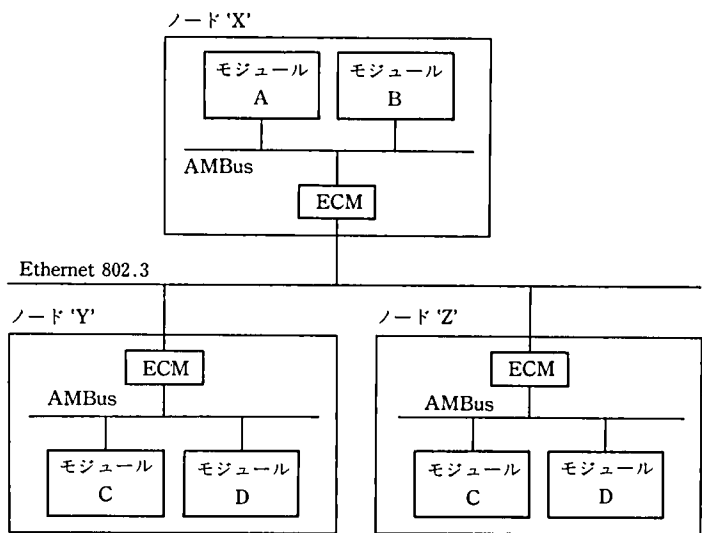


図 6 AMBus コミュニケーション概念図

Fig.6 A general idea of AMBus communication

AMBus について、図 6 に示すマシン構成およびモジュール構成を例にとって説明する。

モジュール A からメッセージを送信する場合、同一ノード内のモジュール B に送る場合もノード Y のモジュール C に送る場合も同一のインタフェースで行える。仮りにシステム構成が変更され、モジュール C および D がノード X 内に移ったとしても、アプリケーションには、いっさい変更を加える必要がない。ECM (Ethernet Control Module) は AMBus の共通モジュールであり、ネットワーク経由のメッセージ全般を管理しており、この ECM の手続きにより同一の I/F を実現している。

5. システムの機能

基板組立 FFC システムの主な機能について説明する。

5.1 上位システム I/F 機能

上位システムとの I/F 機能には、製造計画 I/F、NC 情報 I/F、工程情報 I/F の 3 種類がある。

製造計画 I/F には、生産管理システムからの製造計画を 10 日先の予定としてダウンロードする日次処理、および変更分の製造計画をダウンロードする随時処理があり、その都度データベース (DB) に反映する。NC 情報 I/F は、CAM システムから NC 情報を取り込み、NC インデックス・データベースとして管理する。そして NC ファイルのマスタ管理を行っている。工程情報 I/F は、主に ORACLE* の SQL * Forms** により実現している。現時点では、上位システムとのオンライン化はなされていないが、上位ホストの CIM 対応の実現される時に、合わせてオンライン化が行われる予定である。

この MFG HOST で行っている上位システム I/F は、基板組立工程で実現されている FMS ラインを効率良く稼働させるため、上位システムとタイムリな情報交換を行っている。そして、上位システムと FFC システムの間のクッションの役割を果たし、I/F を一か所にまとめる機能を果たしている。

5.2 製造 DB 管理機能

上位システム I/F にて取り込んだ情報を、製造データベースとして一元管理する機能であり、FFC システムにおけるデータ管理の中心的役割を果たしている。製造データベースは RDBMS として ORACLE を使用し業務アプリケーションからのオンラインによるアクセスおよび、SQL * Forms 等による保守を行っている。なお、当 FFC システムの U 6000 システムでは、MFG HOST のみ ORACLE を採用し、他の U 6000 では、UNIX*** のファイルシステムを直接使用している。

5.3 投入計画機能

上位システムから指示される製造計画は工注単位であるが、基板組立工程でラインに仕掛けるには、この工注単位を搬送可能なマガジン単位 (JOB 単位) に分割する必要がある。この FFC システム内で管理可能な JOB 単位の分割を行い、基板 1 枚ごと

* ORACLE: リレーショナル DB 管理システムであり標準言語 SQL を提供している (米国 ORACLE 社の登録商標)。

** SQL * Forms: ORACLE のツールの一つであり、画面経由でデータベースの参照・更新を容易に行うとともに、簡易言語によって業務アプリケーション開発が可能である。

*** UNIX オペレーティングシステムは、UNIX System Laboratories, Inc.が開発し、ライセンスしている。

に基板バーコードを張り付ける作業を行うのが、投入計画機能である。

5.4 スケジューリング機能

スケジューリング機能では、ラインごとに稼働率が最適になるように仕掛ける JOB の順序を決定する。これは、種類の異なる基板を組み立てることによる作業時間のばらつきによる待ちや、段取り作業による待ち時間を最小にするためである。従来この種の順序計画は、先着順 (FIFO: First In First Out)、納期順 (Due Data) 等の単純な優先規則で行われるのが一般的であったが、当 FFC システムでは、動的順序付け (dynamic scheduling) を採用している。この動的順序付けとは、ラインの進捗状況を監視し状況の変化や仕掛けるべき JOB 数から、稼働率が最適になるような組立作業順序計画を作成する機能であり、当システムでは一定周期 (1 時間ごと) で行っている。

5.5 ルート管理・ライン管理機能

ルート管理・ライン管理では、工程の監視、および制御を行っている。自動化を進める上で、設備の進捗状況の把握を行うことや、異常状態や設備保守の状況を監視することは、なくてはならない機能である。ルート管理・ライン管理機能では、モニタリングにより情報を収集し、スケジューリングにより立てられた順序計画に基づいてラインへマガジンを搬送し、基板組立制御を行っている。

図 7 にルート管理・ライン管理機能における工程監視・制御機能の流れを示す。

図 7 でも明らかなように、基板組立 FFC システムでは、工程監視・制御機能を 2 階層に分けて管理している。上位層に当たるのがルート管理である。ルート管理は、主にライン単位の管理を行っている。ラインの状態と進捗状況を把握し、ラインの仕掛け量をコントロールしている。また、ルート管理は搬送管理に搬送指示を出力することにより、ラインへ JOB を仕掛け、基板組立工程全体の物の流れを管理している。

ルート管理の下位に位置するのがライン管理である。ライン管理は、各ラインに JOB が到着してから、そのラインの組立完了後に工程間倉庫に戻るまでを管理する。この到着から完了までの間、ライン管理は WCC を通じて部品搭載機の制御・監視を行い、必要な NC データのダウンロード、アップロードを行っている。

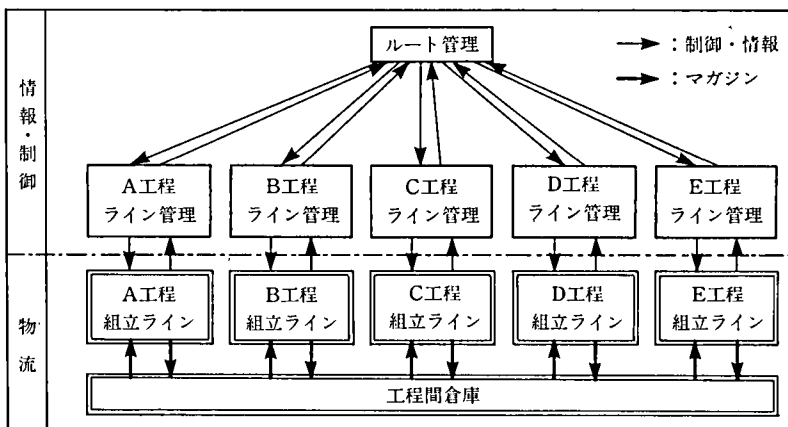


図 7 工程監視・制御機能の流れ

Fig. 7 Process flow of supervision and control function

5.6 NC 情報管理機能

NC 情報管理では、NC ファイルのダウンロード、アップロードの処理を行う。NC データは、CAM システムよりダウンロードされ、MFG HOST システムにて、当基板組立 FFC システムのマスタデータとして管理されている。この NC データは、JOB の投入が行われるタイミングで、下位層(MFG>投入計画>ルート管理>ライン管理)にあらかじめダウンロードされる。NC マシンへはラインにマガジンが到着するタイミングで、自動的にダウンロードされる。また、NC データがマシン内で修正されると、ダウンロードの逆のルートをとって MFG HOST へアップロードされ、最終的に CAM システムへ戻される。このように、ダウンロードとアップロードを完全に自動化することにより、基板組立 FFC システム内の NC データの整合性を保つと同時に省人化を図っている。

5.7 搬送管理機能

当 FFC システムを導入するまでは、マガジンの搬送は現場の作業員が人手で行っていた。しかし、FFC システムの導入に伴って、タイムリなマガジンの搬送を行う必要が生じた。これは、スケジューラが立てた作業順序計画によりラインが管理されるためであると同時に、省人化を図るためでもある。

搬送管理の主な機能を説明する。

- ① マガジンの空、実管理を行っている。JOB とマガジンの対応付けを管理している。また、マガジン固有の情報（マガジン幅データ等）も合わせて管理している。
- ② 工程間倉庫の在庫管理を行っている。これは、倉庫内の棚の空、実管理とともにマガジンの位置情報も管理している。
- ③ AGV（自動搬送車）および自動倉庫のコントローラとのインタフェース機能を持っている。この AGV および自動倉庫のコントローラとは、BSC 通信を使用して、搬送指示/到着報告の送受信を行っている。

5.8 WCC 機能

WCC は、部品搭載機等現場のマシンとライン管理のインタフェース機能であり、ネットワークおよび、CS を経由して現場マシンとのデータ送受信を行っている。部品搭載機にはさまざまな種類があり、その都度通信手順が違っている。しかし、WCC が間に入ることにより、ライン管理はこれらの違いを意識することなく、同一の手順でマシンに対して指示を行い、実績を受け取ることができる。これは、FMS ラインとして頻繁にマシンが変更されライン構成が変わることに対応するのに、非常に有効な手段であり、いわゆる仮想マシンとしての役割を実現している。

6. システムの規模

当 FFC システムを理解する上で、ハードウェアおよび、ソフトウェアの開発規模を述べることは重要であると思われる。

ハードウェア規模を表 1 に、ソフトウェアの開発規模を表 2 に示す。また、本システム開発期間を図 8 に示す。実質 9 か月で作成したシステムである。

表 1 ハードウェア規模
Table 1 A scale of hardware

ハードウェア	台数	備 考
U 6000/51	6	ディスク容量 760 MB, メモリ容量 12 MB
U 6000/31	1	ディスク容量 380 MB, メモリ容量 12 MB
コンソール端末	7	PW ² ×2, 日本語漢字端末×5
CS	17	(コミュニケーション・サーバ) 10 ポート/1 台
端末	30	(A 社製) ネットワーク経由接続
プリンタ	10	(A 社製) ネットワーク経由接続
対象 NC マシン その他制御装置	66	NC マシン, BC リーダ BC 貼付機, 幅決め機, ロード, アンロード

表 2 ソフトウェア (業務アプリケーション) 開発規模
Table 2 A scale of application software development

サブシステム	タスク数	ステップ数	備 考
MFG HOST	19 48	15.0 k 4.3 k	C 言語 ORACLE ユーティリティ
投入 JOB	5	12.5 k	C 言語
RC, LFC	10	13.5 k	C 言語
WCC	8	10.8 k	C 言語
搬送管理	14	9.0 k	C 言語
NC 情報管理	4	2.0 k	C 言語
その他	3	3.5 k	C 言語
画面プログラム	47	5.5 k	AMBus 画面 定義ファイル
合 計	158	68.6 k	

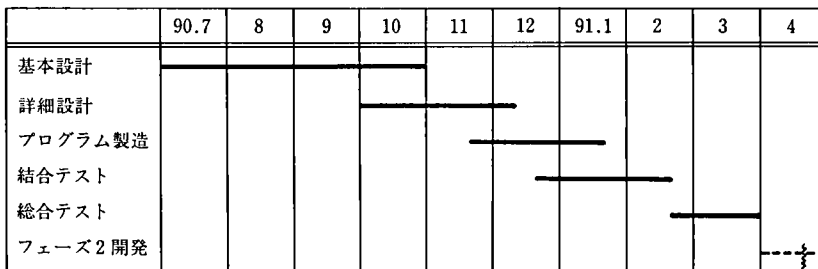


図 8 ソフトウェア開発期間

Fig. 8 A term of application software development

7. 導 入 効 果

7.1 FFC システムの効果

当 FFC システムは, 量的, 質的に次に示すような各種の効果を生み出した。

- ① 基板組立工程のリードタイムが大幅に縮小された。
- ② 今まで人手で運ばれていた空, 実マガジンが, 後工程への搬送も含めて全自動化され, さらにタイムリに必要な量だけ搬送できるようになった。これによりラインの在庫も縮小された。

- ③ NCデータの管理が一元化された。NCマシンへのデータのダウンロード、アップロードも、フロッピーによる人手からネットワークを通じて自動化され、リードタイムの削減および品質の向上が図れた。
- ④ スケジューラによる作業順序計画、および順序計画通り実行する工程監視機能により、ラインの負荷バランスが改善され、待ち時間が短縮された。

7.2 AMBus 導入の効果

AMBus は、同一のハードウェア内のモジュール間はもちろんのこと、他のハードウェアにまたがったモジュール間のメッセージ送受信においても、同一のインタフェースでやり取りを行える。この AMBus の機能を利用することにより、プログラムの独立性が高められ、モジュール化の促進が可能となった。これは、分散化を目指した当システムにおいて、拡張性および柔軟性への対応に有効な手段を与えることになった。具体的には、FMS ラインのマシン構成の変更に対応したモジュールの再配置や、パフォーマンス等、種々の要因から発生する U 6000 ハードウェアの分割/合流等により、業務アプリケーションが影響を受けなくてすむ。また、各種開発フェーズの支援機能、およびオンライン稼働中のモニタリング機能等の標準機能が充実しており、プログラム開発工数の削減や問題解決等に効果を発揮した。

8. 今後の課題

今回開発した FFC システムは、客先において多大の評価をいただいたが、いまだフェーズ 1 の段階である。本システムの今後の課題を以下に述べる。

- 1) 対象範囲の拡大……フェーズ 1 では社内職場における投入から機械加工組立までを対象としたが、フェーズ 2 以降の開発では、外注・手組工程・装置組立まで対象になり、範囲が拡大される。
- 2) 上位システムとのより密接な接続……A 社では、全社的な生産管理、CAD/CAM/CAE を含む CIM 構築が進められており、上位システムとより密接な接続が求められている。具体的には、
 - ・生産計画の即時反映とラインへの伝達
 - ・自動倉庫システムとの連動
 - ・実績の生産計画への反映の自動化
 等が挙げられる。
- 3) 分散化と結合化……本稿で紹介した基板組立 FMS ラインは、大小ロット、および多品種の基板を混在して組み立てるラインであり、また製品のモデルチェンジの早さに合わせて、組立ラインの構成も頻繁に変更がなされる。この FMS ラインに対応するため、ハードウェア/ソフトウェア双方の分散化、階層化を図った。そして、これらハードウェア/ソフトウェアの統合化を図りながらシステムの開発を行った。この一見相反する『分散化と統合化』という要件を満たし、客先が満足するシステムを構築していくことが、今後の FA システムの開発、さらには CIM の構築に有効であろうと思われる。

今後、これらの課題に対し、積極的に客先と取り組むことが重要である。また、ユニシス・グループとして初めて FFC システム、AMBus を適用したシステムの構築の

事例をもとに他分野への展開を計ることも、筆者らが取り組まねばならない最大の課題であるとする。そのためには、スケジューラ、工程進捗管理等のソフトウェアのパッケージ化、統合分散化システム構築手法の促進、ドキュメント等の各種標準化の整備、オブジェクト指向等の促進を行っていかなければならない。

9. お わ り に

今回、基板組立 FFC システムの開発過程では、さまざまな問題点が発生した。その多くは、技術的な未熟さからくるものであると思われるが、UNIX、AMBus 等の新しい技術を使用しての開発ということもあり、経験者が少なく常に試行錯誤の連続であった。また工場の現場に密着したシステムであったため、トラブル時等は、NC マシンの操作や基板の積み卸等も行った。

筆者が開発に関わった基板組立 FFC システムは、多くの製造業の分野から見ると特異な点も多数見受けられると思うが、FA 分野における CIM の構築という観点から見て戴き、今後の FA システム構築の参考になれば幸いである。

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ならびに、開発に際し貴重な助言を下された方々に感謝の意を表したい。

-
- 参考文献 [1] 須藤文雄・小林武郎, 「CIM 時代の FA システム入門」—知的生産システムの構築をめざして—, オーム社, 1990.
 [2] 野本雄一, 「製造業をとりまく環境と NUL の CIM コンセプト」, UNISYS 技報 19 Vol. 8 No. 3 pp. 3~19, 1988.
 [3] 泉谷章, 「米国エレクトロニクス FA 賞受賞ユニシス・ローズビル工場の CIM」, ユニシス CIM シンポジウム '90 講演録, 1990.

執筆者紹介 渡 部 浩 (Hiroshi Watabe)

昭和 55 年日本大学生産工学部数理工学科卒業。平成元年日本ユニシス・ソフトウェア(株)入社。製造業のアプリケーション・システム開発に従事。現在、製造・流通統括部生産システム一部所属。



沖データシステムズにおける工場内物流管理システム

The In-plant Material Supply System at Oki Data Systems

石 橋 隆

要 約 沖データシステムズ (ODS) では、滞留のない物流、効率のよい生産の実現を目指し、工場管理システムとして CMS (Computer Control Material Supply System) の開発を行ってきた。

本稿では、この CMS を構成する生産管理、物流管理等のシステムのうち、今回新たに物流の自動化に主眼をおいて構築した工場内物流管理システムを中心に紹介している。

Abstract With a major objective placed on the achievement of uninterrupted material supplying and higher production efficiency, Oki Data Systems (ODS) has developed a computer-controlled material supply system (CMS)...

Of the subsystems for production control, material supplying and others, which all consist of the CMS, this paper mainly discusses ODS's new in-plant material supply system recently built for the primary purpose of attaining automated material distribution within its manufacturing facilities.

1. は じ め に

本物流管理システムは、1990 年 4 月に設立された沖データシステムズ (ODS) において構築された。ODS は沖電気グループの情報機器事業の研究・開発および製造を担う最も重要な戦略拠点として設立され、プリンタの一貫生産ラインにより高性能ドットマトリックスプリンタ、電子写真プリンタ (LED プリンタ) 等を国内大手コンピュータメーカを始め多くのユーザへ多数納入すると共に、世界 60 数か国にも輸出している。

本工場の生産システムは、沖 CIM 化計画の一環として構築され、受注時点で部品を発注し製品を組立て・完成させる受注型生産形態の CIM モデルである。生産のスピードアップと総合生産性の向上を図るため、生産管理システムと本物流管理システム等のシステムを融合し、計画・伝票発行から部材管理・取揃、組立・試験、出荷までの業務を効率化している。とくに、ますます多様化するユーザニーズに対し、より効率的な変種変量生産への見直しを迫られており、ロボットと人の融合・物と情報の一元化を考慮して、今回はまず物流の自動化に主眼をおいてシステム構築を行った。自動化・システム化に当たっては、沖電気において自動化/無人化を追求することにより約 10 年前から構築してきたプリンタのロボット自動組立ラインシステム、通信技術、EDP 等の豊富な要素技術に負うところが大きい。

2. 工 場 概 要

ODS の工場は図 1 に示すように 3 階建ての建物からなり、工場棟・倉庫棟と併せて 20000 m² の規模を持つ。工場棟 1 階には物流管理センタおよび梱包ラインがあり、物流管理センタにおいて部材が一元管理されている。また、物流管理センタには、搬入

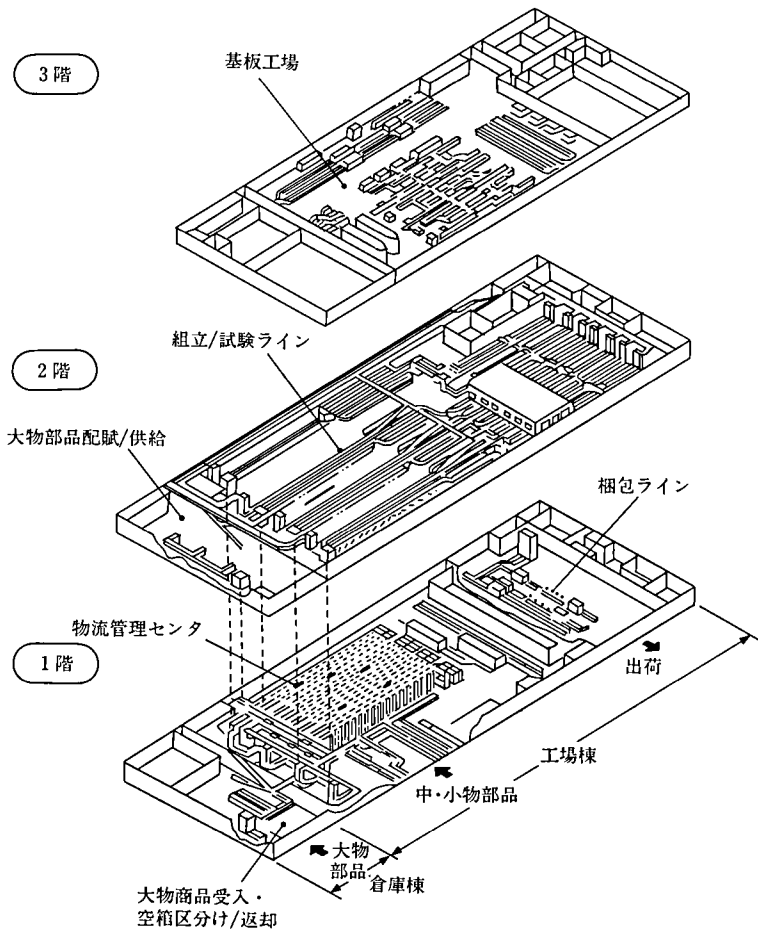


図 1 工場配置図

Fig.1 Plant layout

コンベア・自動倉庫・庫入用高速無人車・ピッキングラインおよび中2階に庫出用高速無人車を設置し、物流の自動化を図っている。2階は自動エージング槽を含めた汎用組立試験ラインが8ライン設置されており、各ラインでは異機種の製品をロット単位に混合して切替ロスなく生産している。3階は面実装基板組立試験工場となっており、2階の組立ラインに投入する基板を生産している。

1階で納入された部材および3階で組立てられた基板は、庫入用高速無人車により自動倉庫に庫入され、在庫管理される。庫出時は、中2階の高速無人車と部品供給コンベアで2階の各組立ラインの作業ステーションに自動供給される。2階で組立・試験された製品は1階の梱包ラインで梱包・出荷される。さらに、各階は製品/部材等の搬送用のコンベア・リフトにて結ばれており、物流は自動化されている。表1に主要設備・能力を、図2に物流経路を示す。

表 1 主要設備および能力
Table 1 Major plant facilities and current productive capacity

●主要設備		
自動倉庫	7 基	7,700間口
庫入用無人搬送車	9 台	
庫出用無人搬送車	8 台	
組立・試験ライン	8 ライン	
梱包ライン	3 ライン	
●能力（現状）		
生産能力	100万台／年	
生産リードタイム	入庫～出庫	3 日
	出庫～出荷	1.5H
生産機種	約50機種	

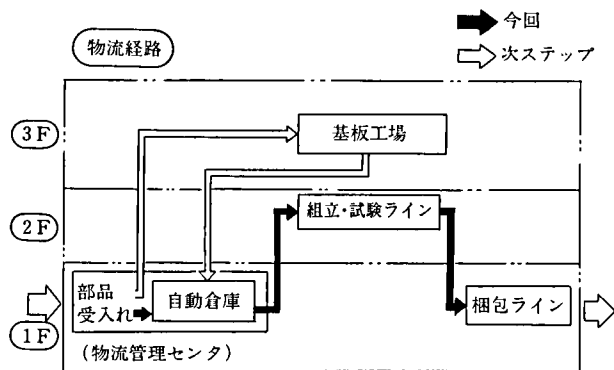


図 2 物流経路図
Fig.2 Flows of materials

3. システム構築の基本理念

3.1 生産システムの基本理念

本工場の生産システム構築にあたっては、CIM 化のねらいを「生産のスピードアップ」と「変化に強い工場」と捉え、工場においてはこれを、物の流れの明確化・物の所在の明確化・在庫のミニマム化を図ることとした。このため、社内において各々10年以上の実績を持つ EDP（生産管理システム）と FA（物流管理システム等）を融合し、50 機種 400 仕向けに及ぶ多品種生産においても、滞留のない物流、効率の良い生産等の実現のため、工場管理システムとして CMS（Computer Control Material Supply System）の開発を行った。

すなわち、計画・管理を主体とした EDP と制御・自動化を主体とした FA システムとの間において情報を共有することにより、それぞれの業務の効率化を図るのみならず、それらの間に位置している実施・統制業務の効率化を図り、市場の変動にフレキシブルに対応ができる生産体制を確立することを目的としている。

本システムの最終目標を下記に示す。

- ① 総合生産性：3 倍
- ② 棚卸資産 ：1/3

③ 物流コスト：1/3

3.2 主 な 方 策

本工場の生産システムは前述の基本理念に基づき、次の主な方策により CIM 化工場を実現した。

① 管理手段

- ・バーコードによる部材管理の自動化・精密化
- ・ID カード（光方式）による製品管理（進捗/品質情報管理）の自動化

② 生産方式

- ・汎用ラインの採用と試験モード自動設定等の機種切替の簡易化による異機種製品混合連続生産による生産ロスの削減
- ・ステーション単位組立 B/M に基づく庫出スケジュール立案および、庫出スケジュールにラインの進捗をフィードバックさせることによる部品の組立てラインへのタイムリな自動供給
- ・ID カードによる進捗/品質情報管理の自動化・リアルタイム化

③ 生産管理方式

- ・ラインの負荷シミュレーションに基づく日別の組立てスケジュールの立案による計画の精緻化

④ 部材管理方式

- ・日程計画に基づいた部材のデイリー納入指示による工場在庫のミニマム化
- ・物流センタにおける部材の集中管理による部材情報と物の一元化
- ・部品箱入り数規制による員数管理の簡易化とラインへの定数投入による部材管理の徹底

⑤ 品質保証方式

- ・品質情報のリアルタイム収集
- ・品質情報の迅速なフィードバック
- ・ロット保証工程の確立

これらの方策を具体化するために構築されたのが工場管理システムであり、その中で新たに構築されたシステムが物流管理システムである。

4. 工場管理システム (CMS)

4.1 概 要

工場管理システムは工場レベルにとどまらず、営業部門と工場との統合・部材供給関連会社との統合を目標とし、受注情報・部材発注情報等の情報授受を、関係工場とオンラインで行っている。ネットワークを図3に示す。

工場管理システムは、生産管理の各サブシステムと物流管理システム・部品供給システム・ライン管理システムから構成される。システム構成を図4に示す。構築に当たっては、システムを階層構造（工場レベル/フロアレベル/ラインレベル）にし、開発の効率化を図っている。工場レベルとして既存の EDP をもとに、新生産管理システムが受注から出荷までの管理を行っている。フロアレベルとして、1階の物流センタの管理を物流管理システムが、2階の組立試験ラインの管理をライン管理システムが行

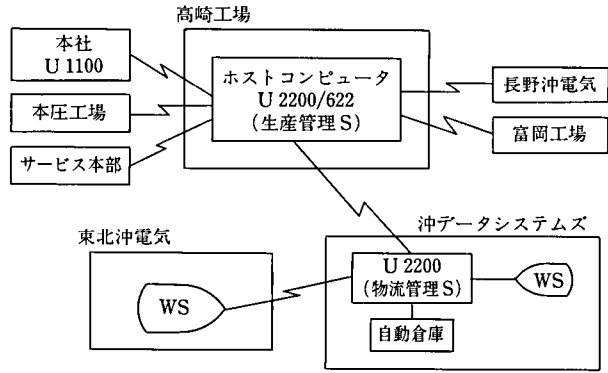


図 3 ODS ネットワークシステム概念図

Fig. 3 Conceptual diagram for the ODS network system

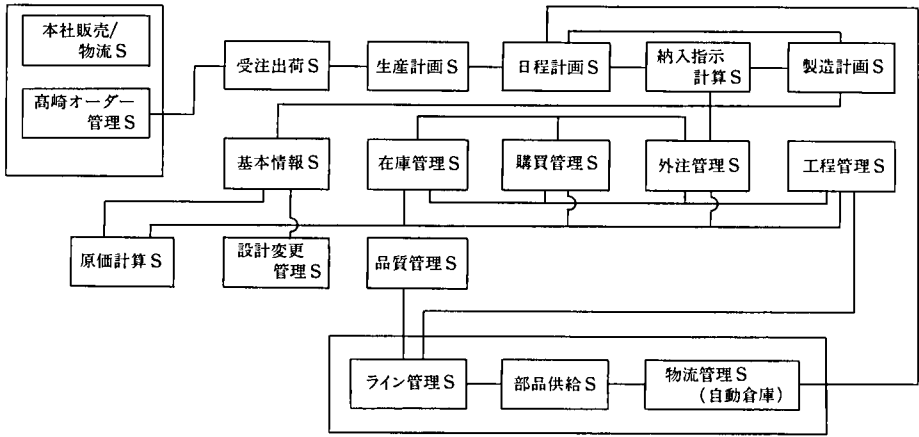


図 4 ODS 工場管理システム (CMS)

Fig. 4 ODS plant control system

っている。さらに、ラインレベルとして、自動倉庫・無人搬送車および周辺コンベアを制御する自動倉庫制御システム、ID カードを使用したライン別管理システム、部材の自動供給を行う部品供給システムがある。この中でとくに、今までラインレベルに位置付けられていた FA システムを拡大・発展させることにより物流管理システム・ライン管理システムを開発し、主に人手で行っていた日々の部材取揃え・進捗管理等のフロアレベルの業務の効率化を図ることを特徴としている。

そのハード構成は、生産管理システムとして高崎工場の UNISYS 2200/622 システムを、物流管理システムのホストとして UNISYS 2200/120 システムを、それぞれ端末に沖電気製の O-200/RX を使用している。また、ライン管理システム・部品供給システムは沖電気製のパソコン IF 800/EX で開発されている。

4.2 情報の流れ

工場管理システム (CMS) の各サブシステムの位置付けを情報の流れにそって説明する。

- 1) まず営業の受注情報を生産計画システムに入力し、週別生産計画をたてる。
- 2) この週別生産計画に基づき製造計画システムは部材発注伝票を発行する。
- 3) さらに、日程計画システムにより生産計画を週別から日別にする。
- 4) 日別生産計画に基づき納入指示計算システムにより部材の納入指示日を計算する。
- 5) 購買管理システム・外注管理システムはこの納入指示日を納入指示書に記載し発行する。
- 6) また、物流管理システムは日程計画システムより日別生産計画を受信し、これに基づき部材の庫出スケジュールをたてる。
- 7) ライン管理システムからのラインの進捗に基づき物流管理システムは部材の庫出指示を行う。
- 8) 部材の庫出入情報が物流管理システムから、ラインの進捗情報がライン管理システムから工程管理システムへ送られる。

これらサブシステムのうち、物流管理システム・ライン管理システム・部品供給システムがFAシステムとして位置付けられ、その他のシステムは生産管理システムとして位置付けられる。

5. 生産管理システム

ODS の生産管理システムは、沖電気高崎工場で稼働中であった生産管理システムを、ODS の生産システムに適合させるべく改良を加えられたものであり、とくに日程計画サブシステムと納入指示計算サブシステムを新たに構築している。

主な特徴を下記に示す。

- 1) 部材管理の手段としてバーコードを使用した。納品書ナンバをバーコード化し、納入・検収等の処理の軽減を図るとともに、部品箱のバーコードと納品書のバーコードを照合させることにより、自動倉庫での在庫管理を行っている。
- 2) 基本情報として、部品構成を組立ラインへ供給する部材と組立外注へ支給する部材を中心にした部品構成に変更し、自動倉庫と納入指示に関する情報を付加した製造 B/M を構築した。
- 3) 製品の週計画に基づき、製造計画システムにおいて伝票作成時、1 週間単位の部材納期を指示する。次に、日程計画システムで生産序列を調整し週計画を日単位に分割する。さらに、納入指示計算システムで日別生産計画に基づき、組立て日の平均 3 日前の納期で、部材のデイリーの納入指示書を発行する。ただし、すべての部材を毎日納入させるのではなく、部材および納入メーカによりきめ細かくその納入間隔を決めている。このことにより、納入部材の生産を製品の日別生産計画と同期させ、リードタイムの短縮を図っている。また、1〜4 週間分あった工場内の在庫を平均 3 日分まで低減した。

6. 物流管理システム

6.1 概要

物流管理システムは、ホストコンピュータ・自動倉庫・工程間搬送から構成される。

他のシステムとの関連を図5に示す。

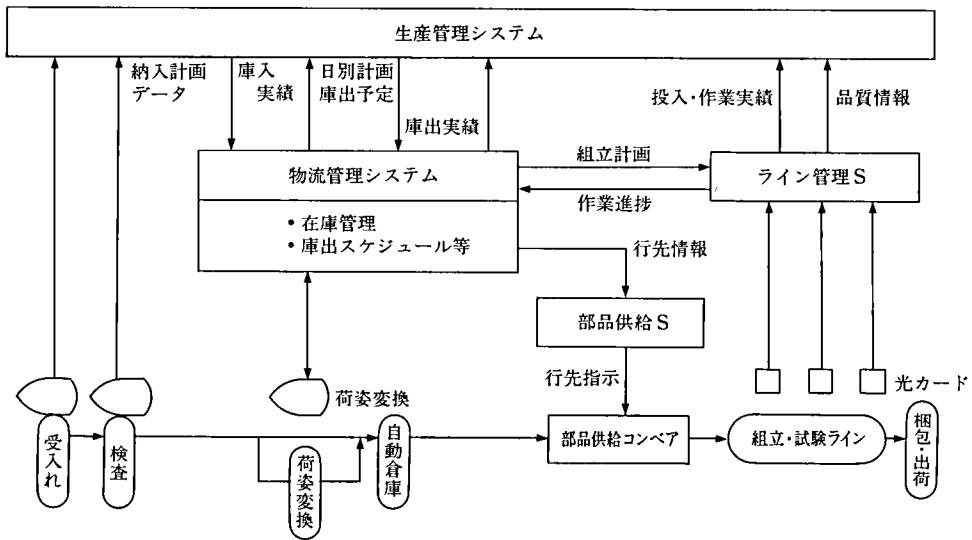


図5 物流管理システム概要

Fig. 5 Brief diagram for the material supply system

物流管理システムは、自動倉庫に庫入された部材の取揃管理を行うとともに、庫出のタイミングを自動で指示している。物流管理システムは日別生産計画に基づき、自動倉庫に庫入された部材に対し、庫出スケジュールを生成する。庫出スケジュールは、各部材の部品箱単位の庫出タイミングと供給すべき作業ステーション（以下STとする）の情報である。この庫出スケジュールとライン管理システムからの各ラインの進捗状況（出来高）により、必要な部材を必要な数だけタイムリに自動倉庫から庫出する。このことにより、ラインサイドには必要最小限の部材のみ置くようにし、部材管理は自動倉庫で一元化している。

6.2 部品供給方式

本工場の生産システムではステーションに必要な部品を一箱一部品で組立ステーションの各作業者の両サイドに自動で供給する方式を採用している。さらに部品箱の搭載数を各ロットの生産数に事前に合わせることで、ラインサイドへは定数投入を行っている。これにより、ラインサイドの機種切替ロスの削減を行うとともに、作業の単純化・組付け部品の効率的配置による組立作業性の向上を図った。

6.3 物流管理システムの主な機能

1) EDP インタフェース

- ① 納入計画の受付け：自動倉庫への庫入部材の納入情報（伝番・部品図番・納入数量・MAX 搭載数・MAX 段積数）を受信する。
- ② 日程計画の受付け：ライン日別生産計画（工注・組立て日時・生産台数）と各工注の庫出計画（部品図番・使用数）を受信する。
- ③ 庫出入実績の伝送：自動倉庫への部材の庫入および庫出の実績（部品図番・数量・工注）を伝送する。

2) 庫入処理

- ① 荷姿変換指示：庫入端末において、納入指示書のバーコード（伝番）の入力時に、納入品の部品箱への搭載数・段積数を指示する。
- ② 箱バーコードの登録：箱バーコードと庫入部品の情報（部品図番・数量）との紐付けを行う。
- ③ 棚管理：庫入完了時、箱バーコードと棚ナンバーを紐付ける。
- ④ 緊急品庫入処理：在庫割り当て処理時未庫入のものについて、緊急品割り当て計画により、庫入処理時に庫出スケジュールに登録する。

3) 庫出割当処理

- ① 在庫引当て：日別生産計画に基づき、各ロットに生産台数分だけ在庫を部品箱単位に引当てる。
- ② 庫出スケジュール作成：引当てられた部品箱の庫出順を決めた庫出スケジュールを作成する。
- ③ 緊急品割当計画作成：割当処理時、未庫入品に対し緊急品割当計画を作成する。緊急品が入庫された場合、この計画に基づき庫入処理を行い、庫出スケジュールに登録される。
- ④ 端数処理計画作成：搭載数が生産台数より多い（併合による納入指示等による）場合、部品箱から必要数だけピッキングする計画を作成する。

4) 端数処理

端数処理計画に基づき、部品箱の搭載数を割当済品と在庫品に分け、割当済品を庫出スケジュールに登録する。

5) 庫出処理

ラインの進捗に対し、庫出スケジュールにおいて設定生産台数に達した部品箱に対し、庫出指示を行う。

6) 計画変更処理

EDP から受信した日別生産計画の序列変更を行う。

7) 帳票出力・検索処理

- ① 日程計画・庫出スケジュール（序列・進捗）の検索
- ② 在庫（在庫品・割当済品・緊急品・欠品）の帳票出力・検索
- ③ 倉庫内滞留日数の出力

7. 部品供給システム

部品供給システムは、物流管理システムの下位システムに位置付けられ、部品供給コンベアの制御を行う。自動倉庫から部材庫出時に物流管理システムから供給すべき作業ステーション（ST）情報を受信する。庫出された部材は、2 階組立てライン先頭にて部品箱のバーコードを読み取り、部品供給システムの指示により各ステーションへ自動供給される。

8. ライン管理システム

管理のツールとして ID カードを使用した。概要を図 6 に示す。

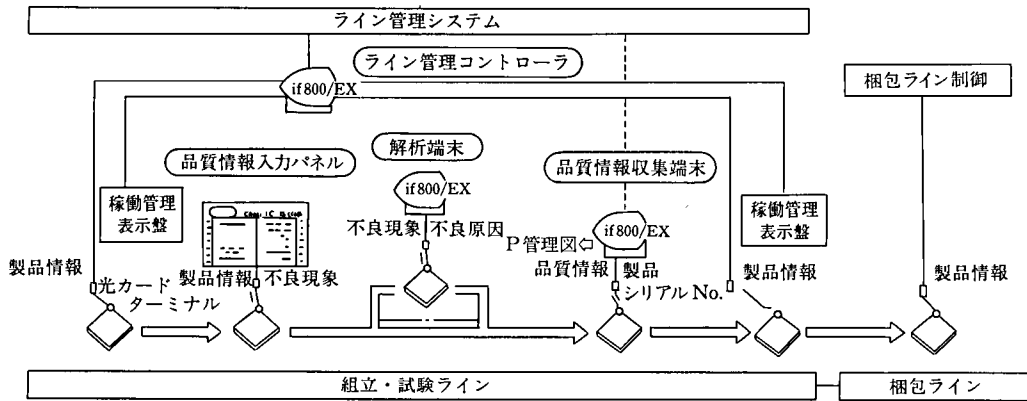


図 6 ライン管理システム概要

Fig. 6 Brief diagram for the line control system

組立てパレットに組み込まれた ID カードにより、ライン進捗のリアル管理・品質情報の自動収集・ステーション制御情報の出力等を行っている。ID カードへの製品情報の書き込みは、組立てライン第 1 ST 手前のパレット投入 ST にて行い、以降の ST においては、書き込まれた ID カード情報に基づき作業が行われる。

以下 ST 別の主な機能を説明する。

1) 試験 ST

- ① 液晶パネルによる作業員への機種・仕向先情報の表示
- ② 品質情報入力パネルから ID カードへの試験結果情報（不良現象）入力
- ③ 試験器に対しての機種、仕向先別試験条件の自動設定等

2) 解析 ST

- ① ID カードの試験結果情報を端末に表示
- ② 解析後の不良原因入力、等

3) 最終 ST

- ① ID カードからの品質情報の自動収集および P 管理図の出力
- ② 製品シリアル No と品質情報のリンク、等

4) その他

- ① ライン先頭および最終 ST での出来高表示
- ② 梱包ラインへの作業指示およびライン制御、等

9. お わ り に

本生産システムにより、物と情報を同期化し、工場内の業務の効率化・情報収集および伝達のスピードアップを図り、生産リードタイムの大幅な短縮が図られた。さらに、組立・試験の自動化、基板実装ラインシステムと物流管理システムのオンライン化、および、販売・物流システムと融合することにより大きな効果を上げられることが期待されている。

最後に物流管理システムの開発に当たって、多大なる御尽力を頂いた日本ユニスソフトウェア(株)に心からお礼を申し上げたい。

執筆者紹介 石 橋 隆 (Takashi Ishibashi)

昭和 57 年慶應大学工学部管理工学科卒業。同年、沖電気工業(株)入社。FA システムの設計・開発に従事。現在、沖電気工業(株)情報処理事業本部 高崎工場 FA 技術部に所属。



T 社における金型生産管理

A Die Production Control System at the Company T

稲垣 勉

要 約 製造業においては、変種変量生産の時代に合わせて、いろいろな分野で自動化が進められている。MRP システムによる計画立案の自動化、CAD システムによる設計の自動化、CAM や FMS による生産の自動化、等である。このような環境の中では、計画系の情報と管理系の情報と技術系の情報を統合化し、工場内の人・物・機械の動きを支援するための EDP システムが重要な役割を果たすことになる。

このような位置づけのシステムとして、T 社では金型生産管理システムを構築した。本稿では、このシステムを次の観点から紹介する。

- 1) 金型生産管理システムの特徴
- 2) 金型生産管理システムの機能
- 3) 金型生産管理システム構築上の考慮点

Abstract In manufacturing industries, many different types of automated systems are being built in response to the age of flexible-variety and flexible-lot production. They include MRP systems for automated planning, CAD systems for automated designing, and CAM and FMS systems for automated manufacturing. Amid this trend, a very important role is played by an EDP system into which all pieces of information each for planning, control and engineering have been well integrated to support both the movement of plant workers and materials, and the operation of machines in factories.

As a system aimed to meet such needs, the company T has created a die production control system. This paper describes the system with spotlights placed on the following :

- 1) The system's major characteristics
- 2) The system's functions, and
- 3) Considerations given for the construction of the system.

1. は じ め に

近年の個人消費の多様化動向に合わせて、製造業は変種変量生産の時代に入っている。あわせて、高品質、低コスト、短リードタイムが、企業生き残りの必須条件となっている。

これらの要求に応えるために、各種の EDP システムが大きな役割を果たしている。MRP システム、CAD/CAM システム、CAE システム、FMS システム等が生み出す種々の情報が工場内を行き来している。

ジャストインタイム生産のためのカンバン方式を支援し、工場のトータルな生産性をさらに向上させるためには、各種の情報を統合化し、工場内の人・物・機械を効率よく動かすための支援システムが必要となる。

T 社は、自動車用の小型部品（各種スイッチ、キーロック、シートベルト、シフトレバー、ドアミラー、シガレットライター、等）を主力製品としており、それらを生

産するための各種金型も自社製作している。T社では、金型を設計・製造するために CAD/CAM システムを積極的に導入しているが、管理系の情報を提供するためにはほとんどコンピュータが利用されておらず、工場フロアに設置した NC 工作機等の稼働率を最大限に上げ、金型製作のリードタイムを短縮することが重要な課題であった。

本稿では、このような課題を解決するために T 社で開発した金型生産管理システムを紹介する。

2. 金型生産管理システムの概要

2.1 T 社の金型生産の特徴

自動車に対するニーズの多様化に伴い、T社の金型生産を取り巻く環境も次のように変化してきた。

- 1) 製品の意匠化と複雑化により金型の構造も複雑化してきた。

例：ロックボデー型の製作所要時間

800 時間（昭和 55 年）→ 2000 時間（昭和 59 年）

- 2) 製品の大型化により金型も大型化してきた。

例：金型の最大重量

0.8 トン（昭和 55 年）→ 2.0 トン（昭和 63 年）

- 3) 新しい自動化設備で使用するために、金型にも新機構が必要になってきた。
- 4) より一層の高品質要求により、金型部品の高精度化、製作期間の長期化、コストアップの傾向にある。
- 5) 多品種少量化に伴い、型コスト低減の要求が強い。
- 6) 金型需要のパラツキが顕著化してきた（自動車のモデルチェンジ時期に集中）。
- 7) 金型製作期間短縮の要求が強い。

例：金型要求リードタイム（金型要求受付～第一回試打）

42 日（昭和 60 年）→ 32 日（昭和 62 年）

また、T社の金型生産には生産管理面から見て次のような特徴があり、上記の環境とあいまって金型生産管理を困難にしている。

- 1) 一品生産（個別受注生産）である。
- 2) 設計変更や飛び込み作業が極めて多い（試験結果による設計変更は、ほぼ必ず発生する）。
- 3) 負荷量の変動が大きい。そのため、管理が複雑で計画情報が不安定である。また、ピーク時には外注依存度が高くなる。
- 4) 納期厳守（後工程への影響が大きい）。
- 5) 同じ金型の再生産はほとんどなく、加工工程や見積り工数の標準化が困難。
- 6) NC テープや放電加工用電極等の準備作業や段取が多い。
- 7) 多種製品に対応するため多様な金型製作技術が必要（ダイカスト金型、樹脂成形金型、プレス金型等、それぞれ固有の技術が必要）。

2.2 システム化前の問題点

今までに述べたような環境の中で、T社では次のような問題に直面していた。

- 1) 将来の仕事量が不明確なため、負荷の平準化策が打てない。また、内外製や大

日程を決定するための工数が大きく、精度も悪い。

- 2) 進捗管理が複雑である（進捗担当者は型種・メーカー別に管理し、全体では車種・製品別に管理する）。
- 3) ワークと治工具（電極、NC データ等）の製作日程がうまく同期しない。
- 4) 図面完成～製作開始の日数（ペーパーリードタイム）が長い。
理由としては、次の3点があげられる。
 - ① 事務工程が多く事務停滞が多い。
 - ② 工程設計、工数見積りに時間がかかる。
 - ③ 小日程計画立案に時間がかかる（手作業）。
- 5) 負荷状況が即時にわからないため、計画時点で各工程の負荷平準化がうまくできない。
- 6) 手作業では計画変更が困難である。
- 7) 計画変更時、他への影響がわからない。
- 8) 現場での間接工数が大きい（進捗記録、作業日報、加工手順表、稼働率表を手書きで記入している）。
- 9) 設計変更や遅れ、不良等の不具合対策時や組付開始前等、あらためて部品進度を調査しなければアクションがとれない。
- 10) 各工程では仕事の優先順位や将来の作業量情報がわからないため、作業段取り等の事前準備が効率よくできない。
- 11) 工程負荷の過少が即時にわからないため、応援がスムーズにできない。
- 12) 作業結果の評価が即時にできない。

これらの問題を解決すべく、新システム開発に着手した。

2.3 金型生産管理システムの位置づけ

金型生産管理システムは、全社的な生産計画・統制に直接影響しない、金型製作の生産指示・統制を中心とするシステムである。その位置づけを図1に示す。このような位置づけにすることにより、システムの開発・運用・保守・機能追加が、全社システムに影響を与えることなく柔軟に行えると同時に、2.2節で述べた問題にきめ細かく対応できる。

2.4 金型生産管理システムの機器構成

金型生産管理システムの機器構成を図2に示す。CRT 端末は計14台が工場内に配置され、データの入力、日程や負荷状況のモニタリングが行われている。実績収集端末は計21台が工場内に配置され、作業の開始や終了データが発生時点で収集されている。実績登録の操作を簡略化するため、バーコード読み込み機能を持たせている。

2.5 金型生産管理システムのねらい

2.2節で述べた種々の問題を解決しながら、将来の総合的な金型生産システムのために、各サブシステムを一元化したデータベースにより結合させるとともに、CAD/CAM や全社生産管理等の多部門システムと金型生産管理システムを結合させ、各種の情報を有効活用することを目指している。そのために、システム開発をフェーズ分けし、フェーズごとのねらいを定め、段階的にシステムを充実させていくこととした。こうすることにより、①全体の核となる重要な機能から実現するため、効果が早く出

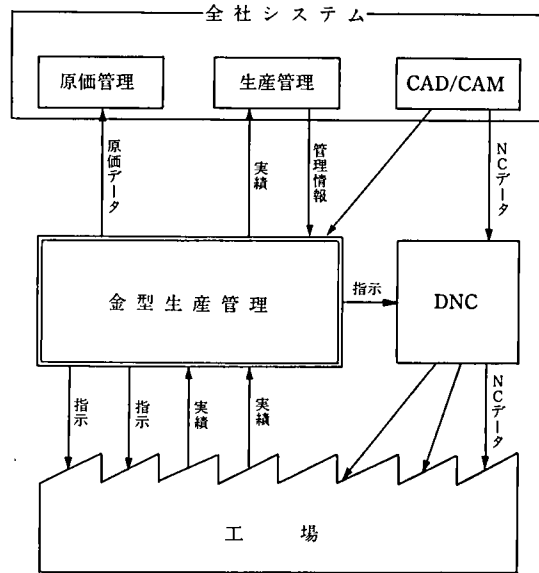
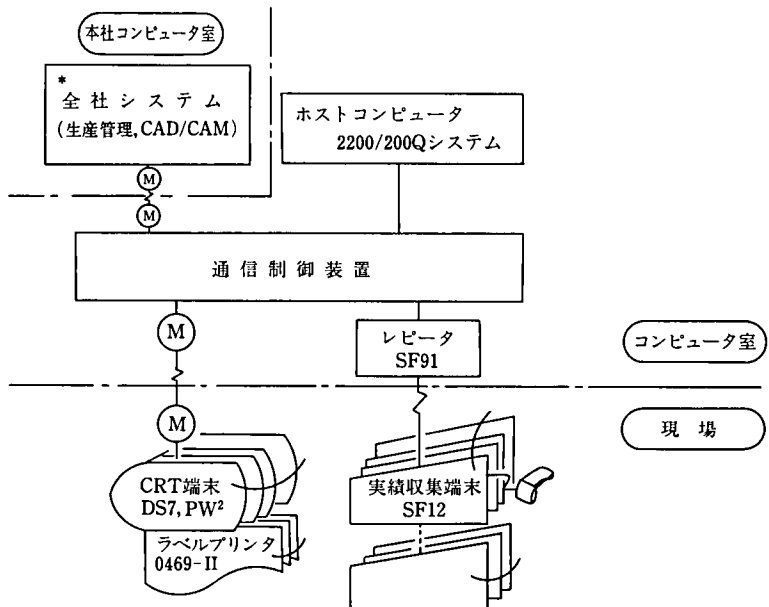


図 1 金型生産管理システムの位置づけ

Fig. 1 Position of die production control system



* 現在、金型生産管理システムとは接続していない。将来の課題。

図 2 金型生産管理システムの構成

Fig. 2 Components of die production control system

る。②初期フェーズを開発・運用していくことにより、さらに高度な機能に備えての開発力向上や現場の体質改善が図れる等の利点がある。

各フェーズごとの主なねらいは次のとおりである。

1) 第一次フェーズの主なねらい

- ① 工場の実態(仕事量, 作業配分, 作業進度)を工数をかけずに把握し, 有効なアクションに結びつける。
- ② 資材調達に関する手配・進捗工数を削減するとともに, 資材納入日程と作業日程を同期化させる。

2) 第二次フェーズの主なねらい

- ① 引合段階の金型情報を整理し, 将来の負荷量を検証した作業計画を作成する。
- ② 設計から製作までを一括して外注する金型に関する手配・進捗工数を削減するとともに, 社内作業の日程計画への同期化を図る。

3) 第三次フェーズの主なねらい

- ① CAD/CAM, DNC, FA 等と金型生産管理システムを結合させ, 各種の情報が有効活用できる総合的な金型製造システムの構築を目指す。

2.6 金型生産管理システムの特徴

次章よりシステムの機能について述べていくが, その前にシステムの主な特徴を紹介する。

- 1) 利用部門主導(主体)で企画・立案から本番稼働までを行った。このため, システムの早期定着という面でとくに効果があった。
- 2) 引合情報管理から工程管理およびトライ(金型の試験)後の作業管理までの金型生産全般を対象とした総合システムである。
- 3) 4 GL(MAPPER)で開発することにより, 開發生産性と保守性を向上させるとともに, メニュー形式の業務実行プログラム選択や画面/グラフを主体にエンドユーザ・コンピューティングの環境を整えている。
- 4) 金型製作リードタイムを短縮するためには, 必要な電極や部品が必要なタイミングで(他の部品の加工日程と同期して)完成する計画を作る必要がある。このような部品相互のネットワークを考慮した有限負荷山積計算を実現している。
- 5) バーコード・リーダを活用した現場からの実績収集(例: 作業の開始/終了)により, 最新の負荷・進捗の状況を現場に設置した CRT 端末からビジュアルに確認できる。

3. 金型生産管理システムの機能

図3にシステムの全体像(第三次フェーズで目指している将来的な姿)を, 図4にシステムの流れイメージ図を示す。システムは九つのサブシステムから構成されている。サブシステムは, システム全体の機能のある程度独立した機能群に分割することにより設定した。各サブシステムの機能と特徴を順に述べる。

3.1 引合情報サブシステム

一品受注生産であり, 需要のバラツキが大きいいため, 金型生産では負荷管理が困難であり, かつ重要である。工場を長期的に効率よく動かすためには, 将来の仕事量を予測し, 負荷平準化のアクションをとる必要がある。このサブシステムは, 金型の需要予測情報を社内各部署から集め, 仮山積計算によって3~6か月間の負荷計画を作成する。それをもとに, 納期調整や受注増加活動等のアクションをとる。

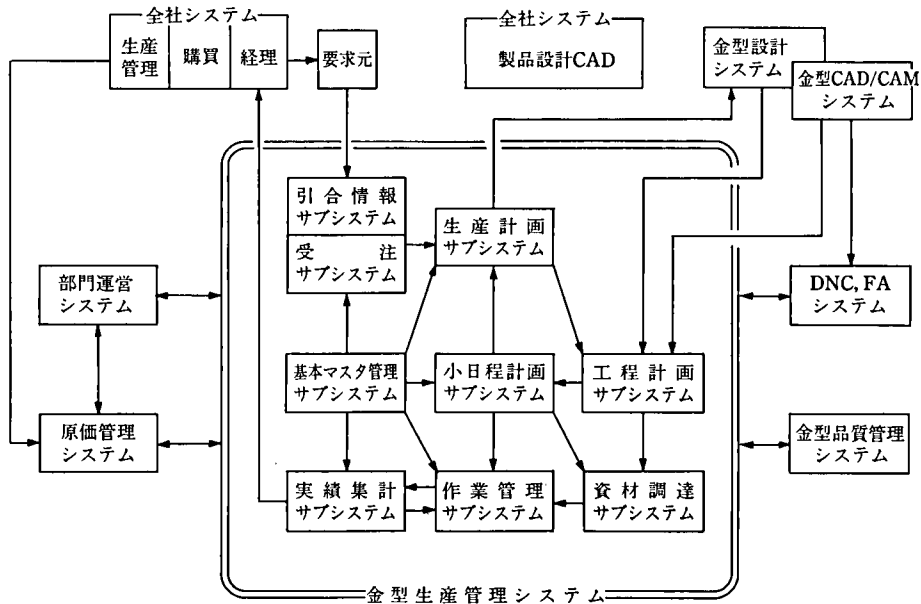


図 3 金型生産管理システムの全体図

Fig. 3 The whole of die production control system

3.2 受注サブシステム

受注確定したオーダー（金型）の登録・削除を中心とした受注段階の業務処理を行う。受注した金型について、金型番号、製品番号、金型名、内外製、納期、予算の各項目を明確にし、システムに登録する。また、金型製作完了処理、受注残管理も行う。

3.3 生産計画サブシステム

社内の金型製作部署（各担当係）の負荷状況を確認し、受注した金型の大日程計画を決定し、システムに登録する。大日程計画の項目は、仕様決定日、出図日、製作開始日、型部品製作完了日、型組立完了日、1トライ日（第一回目の試験）、機能判定日、品質判定日、引渡し日、である。各項目とも予定と実績を管理し、大日程レベルでの進捗がわかるようにしている。

3.4 工程計画サブシステム

出図された図面にもとづき金型ごとに部品表データを登録する。そして各部品ごとに加工順序を決め、それぞれの所要時間を見積って工程計画データとして登録する。

部品表は、型部品番号、型部品名、数量、材質、寸法、熱処理有無、材料手配区分（在庫材引当か、新規購入か）、材料手配メーカ、型部品納期、の項目から構成されている。

1991年4月からは、CADシステムで作った部品表を直接金型生産管理システムに取り込む機能が稼働している（図5）。この機能により、部品表の手入力工数（平均150部品/型）の削減と同時に、部品表の標準化を促進することができた。

工程計画データは、工程順序（1～nのシーケンス番号）、工程記号、見積り工数、工程の内外製、外製メーカ、コネクトNo（その工程が日程的に同期しなければならない

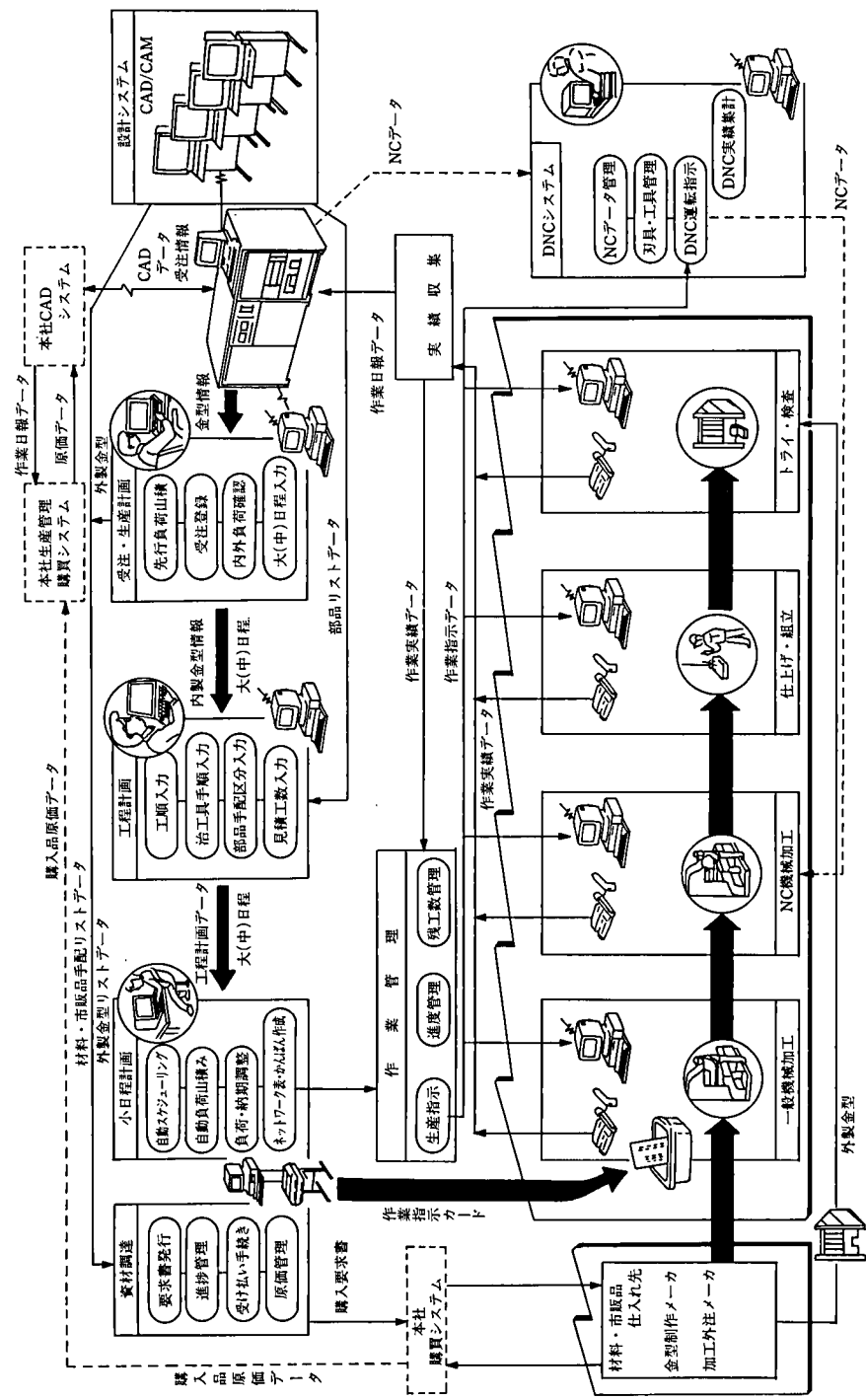


図 4 金型生産管理システムの流れイメージ
Fig. 4 Flow of die production control system

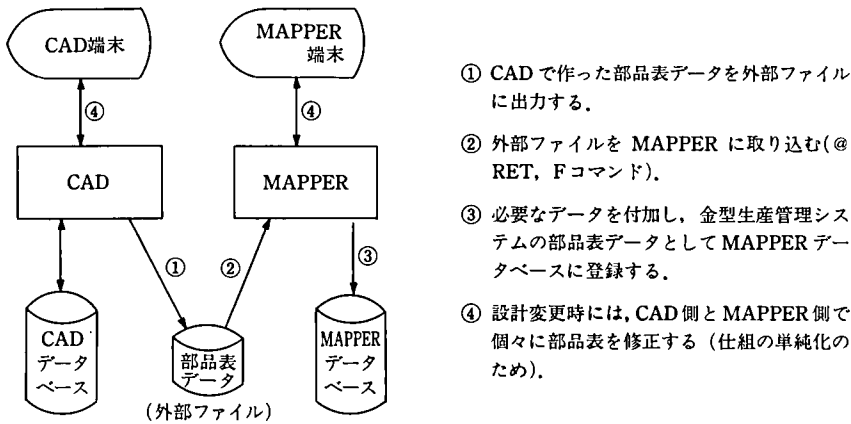


図 5 CAD からの部品表データ取り込み機能

Fig. 5 Getting data of parts list from CAD system

型部品番号と工程順序を指定すると、日程計算時にこの指定が考慮される), 指定着手日(日程計算時, その工程の日程を固定したい時に指定する), の項目から構成されている。

工程設計は、金型の品質、コスト、リードタイムを左右する重要な作業にもかかわらず、個人の経験やノウハウに負うところが大きく、優劣のバラツキが大きかった。また、工程設計の所要時間の大きさ自体が金型の製作リードタイム短縮の阻害要因にもなっていた。そこで91年7月から、代表的な工程計画パターンをシステムに登録しておき、工程計画登録時に類似したパターンを引用し、必要な部分だけ修正するという機能を試行している(図6)。

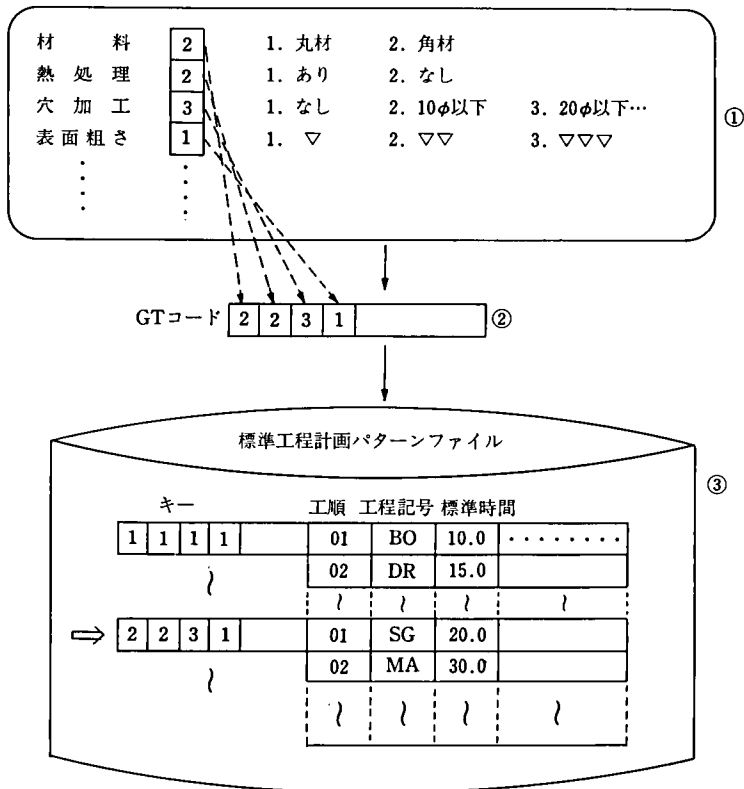
この機能により、工程計画データの入力工数(平均10工程/型部品)削減と同時に、ノウハウ情報を共通化し、工程設計者が誰でも有効利用できるようになった。今後は類似反復性を整理し、類似選出パラメータを改善してヒット率を高めていくことが必要である。

3.5 小日程計画サブシステム

製造着手可能となったオーダーに対し、各工程ごとに小日程計画を作成する。なお、本システムでは大中小の日程計画をそれぞれ次のように定義している。

- 1) 大日程計画……金型単位に把握する日程計画である(項目は3.3節に既述)。
- 2) 中日程計画……金型部品単位に、大日程の中間日程を把握する日程計画であり、仕様書作成、段階出図、部品別納期、各次トライ、精密検査、修正等の日程をいう。
- 3) 小日程計画……加工工程レベルの日程計画であり、各作業の着手日、完了日等、最小単位の作業の日程計画をいう。

小日程計画作成にあたっては、他の部品、資材や治工具、熱処理の日程(日によって社内熱処理する材質が限られている)と、矛盾や大きなズレを生じないように考慮しながら、簡便な有限負荷山積計算を行う。以下にスケジューリングの詳細を述べる。



- ① 類似判定のパラメータを指定する。
 ② パラメータに従い、内部的にGTコードを生成する。
 ③ 標準工程計画パターンファイルから、GTコードに該当するキーを持つパターンを検索する。

図 6 標準工程計画パターン検索のイメージ

Fig. 6 Reference to patterns of standard manufacturing process

3.5.1 概要

初工程から順次、着手日と完了日を計算する前進型スケジュールを行う。

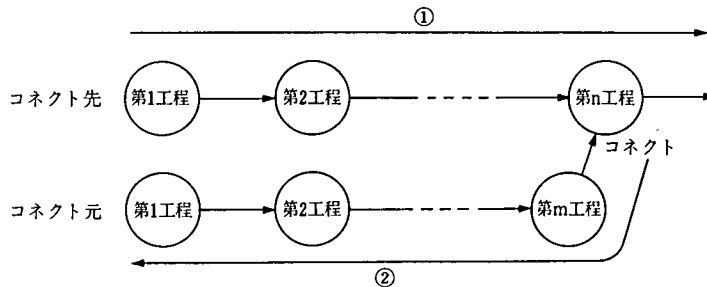
3.5.2 使用するデータ

スケジューリング時に与えられる情報は、金型番号、型部品番号、工程順序、工程記号、見積り工数、指定着手日、型部品納期、コネクト No、外部優先度である。次項で、これらのデータを使った日程・負荷計算の方法を述べる。

3.5.3 日程・負荷計算の仕様

- 1) 負荷山積は日単位とし、過去 90 日、先 300 日の負荷を積む。
- 2) 外部優先度（遅れ日数+残り加工時間+人間が与えた優先度）の大きな型部品から順に日程を決めていく。
- 3) 1日を4タクト（1直工程）または8タクト（2直工程）としてスケジューリングする。1タクト=2時間とする。
- 4) 各工程の負荷は、着手日～完了日期间中のタクト数で均等割りし、山積する。
- 5) 各工程に負荷積可能な日当り能力は、時間単位で設定し適宜可変とする。

- 6) 熱処理については、材質別に定めた熱処理カレンダーをもとに、着手日と完了日を決める。
- 7) その工程に指定着手日が指定されている時、計算した結果よりも指定された日付を優先する。その結果、前工程と矛盾（日程の前後逆転）が生じた場合は警告リストを出力する。
- 8) コネクト No は、同一金型番号内の型部品番号と工程順序を指定する。この時、コネクト元工程の日程はコネクト先工程の日程に合わせられる。それより前の工程については後進型スケジュールで日程計算され、負荷は能力を無視して山積される（図 7）。



- ① まず、コネクト先部品について、前進型スケジューリングと有限負荷山積を行う。
- ② 次に、コネクト元部品について、第 n 工程の着手日を起点とした後進型スケジューリングと無限負荷山積を行う（能力よりも日程が優先）。

図 7 コネクト指定時のスケジューリング方法

Fig. 7 Method of computation of dates and load

- 9) 各工程のリードタイムは、見積工数の大きさに応じ、工程別に定めた計算式により算定する。加工外注と購入品のリードタイムは別途定めた日数とする。
- 10) 初工程の着手日（前進スケジュールの起点）は、材料納期/スケジューリング処理日のいずれか遅い日の翌日とする。
- 11) 作業が複数日にまたがる時は、第 1 日の工数が能力内であれば、第 2 日以降は能力を無視して連続日に負荷積する（図 8）。
- 12) 計算した日程が、型部品ごとに設定した型部品納期を越えたとき、警告リストを出力する。

以上の仕様には、有限負荷山積といいながらも部分的に能力を無視した負荷積が含まれている。これは、スケジューリングのロジックを簡便化すると同時に、多少の負荷オーバーは現場の努力にて対処し、納期を守るという方針によるものである。

3.5.4 有限負荷山積の手順

- 1) 各工程のリードタイムを算出し、各々の着手予定日と完了予定日を試算する。
- 2) 負荷を日別に配分する。
- 3) 各作業の優先度を計算する。
- 4) 作業を、日別・工程別・優先度順に並べる。
- 5) 山積第 1 日の負荷を工程別に合計する。

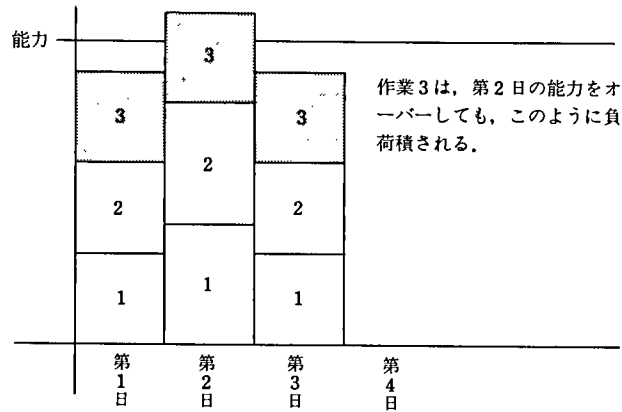


図 8 複数日にまたがる作業の負荷積み方法

Fig. 8 Method of computation of load which takes several days

- 6) 負荷合計が能力を超えている工程について、超えている工数分の作業を抜き出す。
- 7) 抜き出された作業の、該当工程以降の着手予定日と完了予定日を、1タクトずつ遅らせる。
- 8) 上記6)のデータがなくなるまで2)～7)を繰り返す。
- 9) 山積第2日以降、最終日まで上記5)～8)を繰り返す。

3.5.5 スケジュール結果の確認

スケジューリングされた結果の負荷状況や納期の状況を、部の負荷グラフ、課の負荷グラフ、係の負荷グラフ、工程の負荷グラフと負荷明細表、ネットワーク表、部品進捗表等で確認する。問題がある場合には、その程度に応じて次のようなアクションをとる。

- 1) 計画はそのまま、残業・休日出勤で対応する。
- 2) 他部署より応援を出す。
- 3) 代替工程を割り当てる（再スケジュールが必要）。
- 4) 金型単位または型部品単位または工程単位で外製化する（再スケジュールが必要）。
- 5) 納期を調整する（再スケジュールが必要）。

図9に小日程計画サブシステムの概略を示す。

3.6 資材調達サブシステム

小日程計画が確定したものについて、必要な資材を洗い出す。そして、在庫品を出庫する資材については出庫指示カードを、購入する資材については購入要求書（納入カードとセット）を発行する。これらにはすべてバーコードが印書されており、在庫品出庫時や購入品納入時に、リアルタイムに実績を報告できる（図10）。

3.7 作業管理サブシステム

作業管理の目的は、小日程計画サブシステムでスケジューリングされた各作業を計画通り進め、納期を保証し、生産性を高めることである。しかし現実には、不良発生、設備故障、作業者の欠勤、特急オーダー等、予期せぬ事態が発生し、製造現場を混乱

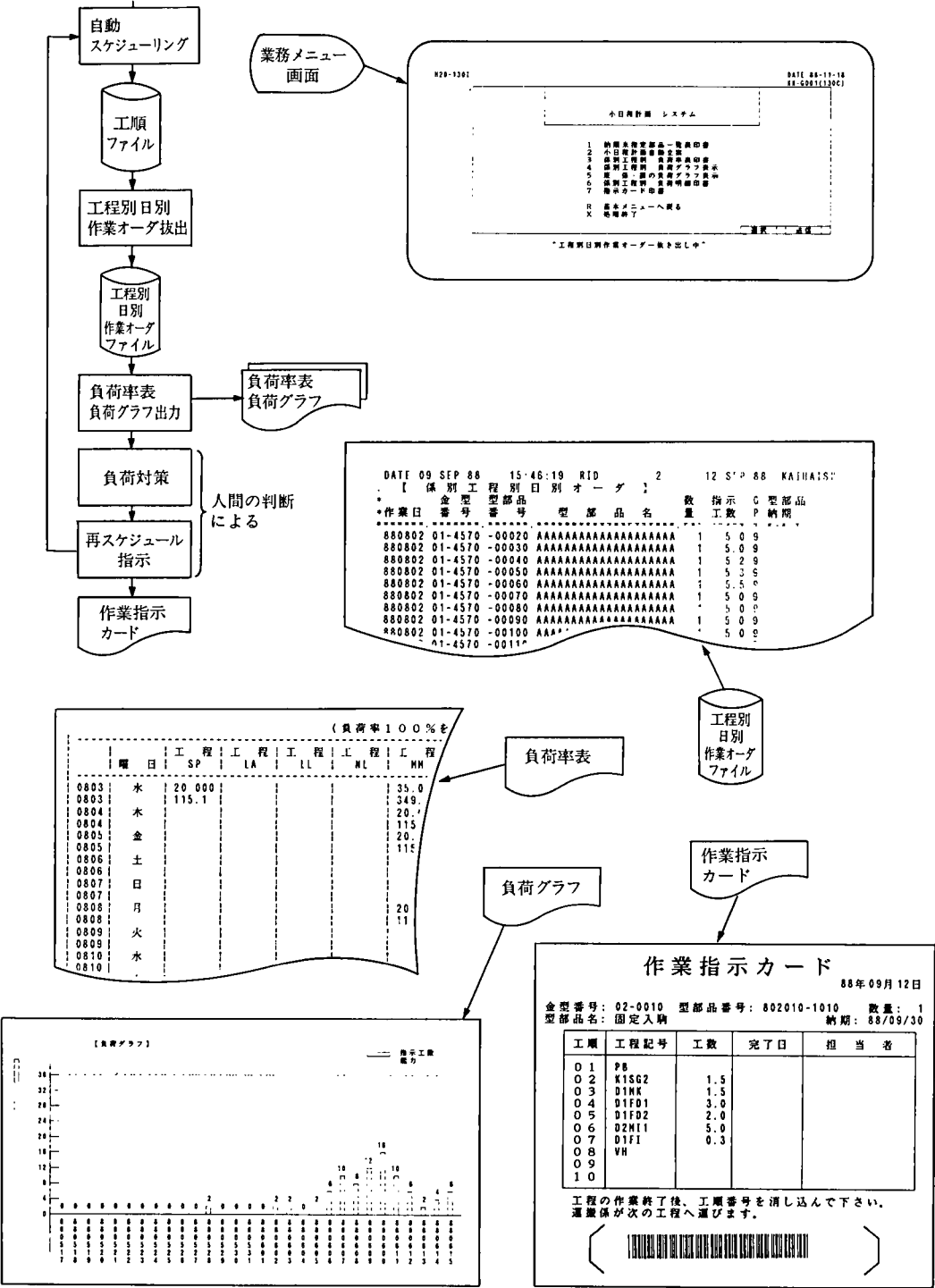


図 9 小日程計画サブシステムの概略
Fig.9 Outline of scheduling system

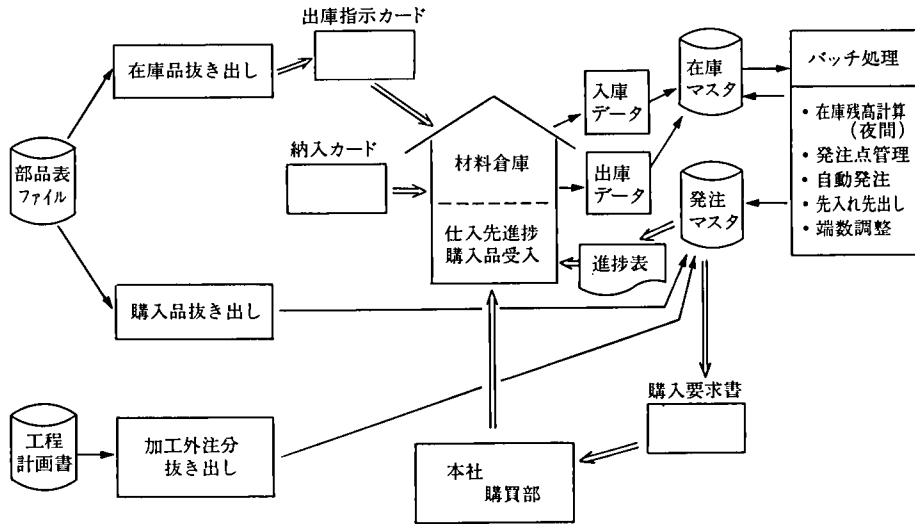


図-10 資材調達サブシステムの流れ

Fig. 10 Flow of purchasing subsystem

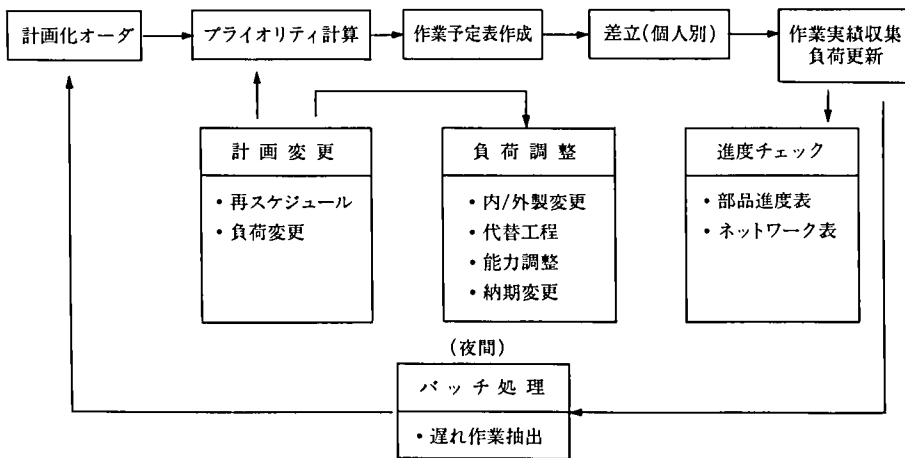


図 11 作業管理業務の流れ

Fig. 11 Flow of work management

させている。このような突発的な事故による作業の遅れや能率低下を可能な限り吸収し、製造現場で調整し、対処することが必要となる。このサブシステムの業務処理手順は次のとおりである。

- 1) システムより、3日先までの作業予定表を出力する。この予定表には、金型番号、型部品番号、型部品名、見積工数、納期、優先度、数量、前工程、後工程が含まれている。
- 2) 班長が、作業の効率や納期等を考慮して、作業の着手順序を再検討する。
- 3) 必要なワークや治工具の準備状況を調査し、準備できていなければ督促する。
- 4) 各作業者、機械に作業を割付ける（差立）。
- 5) 前工程の遅れを含め、自工程の納期が達成可能か判断する（システムから出力

作業日	優先	工順	金番	型番	型部品番号	型部品名	数量	指示数	納期	前工程	後工程	コ	メ	ン	ト
880729		9	01-4570	801152-0010	9*47"077		0.3	880802	VHP	FWF					
880729		2	01-4570	801152-0140	17700ト(A)		1.0	880802	FBK	MKC					
880729		4	05-2838	823719-1030	PUNCH PLATE		0.3	880729	FC	INX					
880729		7	05-2838	823719-1080	曲げ PUNCH-1		1.7	880802	VHP	FC					
TOTAL							3.3								
880802		11	01-4570	801152-0010	9*47"077		0.3	880803	FWF	SGM2					
880802		6	01-4570	801152-0020	9A*ト7"レト(A)		0.3	880803	VHF	FC					
880802		6	05-2838	801152-0030	9A*ト7"レト(B)		0.4	880803	VH	FC					
880802		8	05-2838	801152-0040	17		0.2	880803	CGM2	FC					
880803		2	01-4570	801152-0010	9*47"077		0.3	880803	VHP	FWF					
880803		7	01-4570	801152-0140	17700ト(A)		1.0	880803	FBK	MKC					
880803		7	05-2838	823719-1030	PUNCH PLATE		0.3	880803	FC	INX					
880803		7	05-2838	823719-1080	曲げ PUNCH-1		1.7	880804	VFP						
TOTAL							4.5								
880803		11	01-4570	801152-0010	9*47"077		0.3	880804	FWF	SGM2					
880803		6	01-4570	801152-0020	9A*ト7"レト(A)		0.3	880804	VH	FC					
880803		6	05-2838	801152-0030	9A*ト7"レト(B)		0.4	880804	VH	FC					
880803		8	05-2838	801152-0040	17		0.2	880804	CGM2	FC					
880804		2	01-4570	801152-0010	9*47"077		0.3	880804	VH						
880804		7	01-4570	801152-0140	17700ト(A)		1.0	880804							
880804		7	05-2838	823719-1030	PUNCH PLATE		0.3	880804							

〈ネットワーク表〉

製品番号	261994-0011	ネ ッ ト ソ ー ク 表
金型名	4-7°レ-ト	機種型取 50x2 計画 = ・・・・・・・・

制作係 P
案續 = '*****'

PAGE 1- 1
89年 1月 7日

部 品 名	部 品 名	数 量	12月	1月	2月	3月
			111111111112222222233 234567890123456789012345678901	11111111112222222233 234567890123456789012345678901	11111111112222222233 234567890123456789012345678901	11111111112222222233 234567890123456789012345678901
-0030	DIE-1	2	-----			
-0040	DIE-2	2	-----			
-0050	DIE PLATE	1	-----			
-0060	LOWER PLATE	1	-----			
	LOWER PLATE	1	-----			
		1	-----			

〈部品進度表〉

品番(317538-0010) 進 携 管 理 表
型 部 品 名 (0-9)

作成日 88年 8月 3日
金型納期 88年 8月 26日

	8月 2日 (火)	8月 3日 (水)	8月 4日 (木)	8月 5日 (金)	8月 6日 (土)	8月 7日 (日)	8月 8日 (月)	8月 9日 (火)	8月 10日 (水)	8月 11日 (木)
-0000							CPC	CPC	CPC	CPC TRK
組み付け										
-0010	EW P D SGM2 D	SGM2 D SGM3	JGP	JGP	JGP TIC					
9' 47" 099										
-0020	VHP D SGM2	SGM2 TIC	FIC NHP	NHP						
9' 47" 0		SGM2	FIC	NHP						

図 12 作業管理で使用する主な帳票イメージ

Fig. 12 Main lists which used on work management

されるネットワーク表、部品進度表を参照する)。

6) 納期が遅れそうな場合、応援、代替工程、加工外注、納期変更等を依頼する。

図 11 に作業管理の流れを、図 12 に作業管理サブシステムで使用する主な帳票のイメージを示す。

3.8 実績集計サブシステム

現場に配置した実績収集専用端末から、進捗管理や原価管理に必要なデータを、情報の発生時点に発生現場から収集する。この時に重要なことは、エラーデータはその時点で排除し再入力促すことと、端末の操作に不慣れな人でも間違えないように操作をできるだけ簡便にすることである。このサブシステムでは、バーコードリーダ付の実績収集端末 SF 12 を使用し、次の収集を行っている。

- 1) 加工実績の収集……各作業（工程）の着手/中断/完了情報を収集する。このデータにより、システム内の進捗データがほぼリアルタイムに更新される。工数は、夜間にバッチ処理で集計される。
- 2) 間接作業実績の収集……朝礼、清掃、QC サークル等につき、開始/終了情報を収集する。
- 3) 熱処理実績の収集……熱処理した材質と重量の情報を収集する。
- 4) 資材納入実績の収集……納入された資材の購入要求番号、納入区分（完納か、分納か）、納入日、数量の情報を収集する。
- 5) 在庫出庫実績の収集……出庫した品目、数量または重量、出庫日の情報を収集する。

3.9 基本マスタ管理サブシステム

マスタ情報はシステム全機能の基礎となり、各サブシステムにおいて幅広く使用される。したがって、マスタ情報を精度良く保つことは非常に重要である。このサブシステムは、各マスタの情報を常に最新の正しい状態に維持するためのものである。

表 1 に主なマスタと使用目的を示す。

表 1 主なマスタと使用目的
Table 1 Main master files and their usage

マスタ名	主な使用目的
ワークセンタ マスタ	各工程（ワークセンタ）ごとの能力の引用、リードタイム算出、等に使用する。
カレンダーマスタ	日程計算の時、実稼働日を参照しながらスケジュールする。
仕入先マスタ	仕入先名、担当者、等を引用する。
従業員マスタ	氏名コードにより、その作業者の係、班を参照する。
標準部品表マスタ 標準工順マスタ	部品表や工程計画の入力時、標準的な部品表、工程順序、加工工数を引用する。

4. システム構築上の考慮点

金型生産管理システムは、利用部門主体で設計・開発・保守が行われている。工場

内の現場作業に密着したシステムであり、システムの利用者も直接部門、間接部門、管理者、担当者と幅広い。

本章では、システム構築の各段階で考慮した点について述べる。この中には、EDPシステムを構築する際の考慮点として一般的なものも含まれているが、利用部門主体の開発という特徴を持つシステムを構築する際には重要と考え、記述している。

4.1 システム企画の方法

関係者全員（トップからエンドユーザまで）の意見を反映し、合意を得ながらシステム企画することが重要と考えた。そのため、利用部門主導で効果的な生産管理システムを企画・立案するための手法である ISAP (Industrial System Analysis Procedure) を利用してシステム企画を行った。この結果は、「金型生産管理システム検討会報告書」としてまとめられ、それ以降のシステム開発のベースとなった。

4.2 システム開発体制

トップからエンドユーザまで含んだ組織的な体制が不可欠という認識から、図 13 に示す開発体制がとられた。

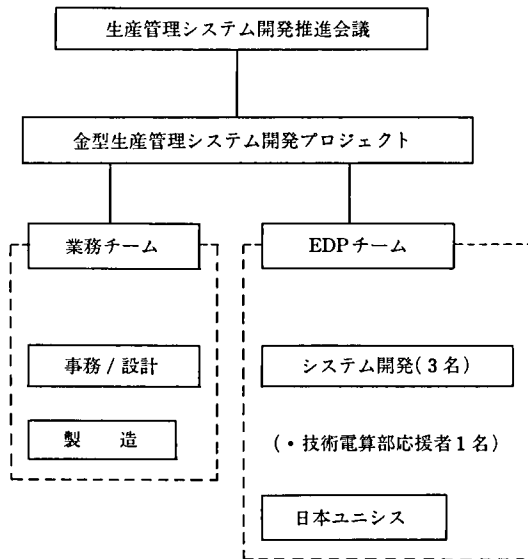


図 13 システム開発体制

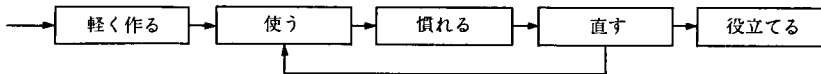
Fig. 13 Organization for constructing systems

4.3 システム開発の基本的考え方

システムの設計、開発、導入を円滑に行うために、次のことを基本的考え方とした。

- 1) 全社システムの中での位置づけを明確にし、金型に関する他システムと結合して総合的な将来構想を描く。
- 2) EDPシステムだけでなく、金型生産に関する仕組み、帳票類、業務そのものの見直しや改善も併せて行う。
- 3) 各サブシステムごとの実務担当者を中心にシステム設計を行い、実用的で役に立つシステムを指向する。
- 4) 構築したシステムを各ステップごとに評価/確認しながら、次のステップを繰り返す。

返し、使いやすく役に立つ「自分たちの」システムとして仕上げていく。



5) フェーズプランを立て、段階的にシステムを充実させていく。

4.4 設計・開発期間の短縮

他社の類似したシステムを購入し、プロトタイプとして研究・改造・試行することにより、設計期間と開発期間の短縮を図った。このプロトタイプをT社仕様に改造しそれを実際に動かして見せながら利用部門の意見やニーズを収集した。このため、全体の具体的イメージ（仕事の流れと必要な情報）を早期に固めることができた。また、コンピュータ内のファイル構造や画面イメージもプロトタイプを参考に設計した。このプロトタイプシステムは、考え方の違い等から本システムには流用しなかったが、詳細設計は約2か月（プロトタイプ改造を含む）で終了しており、設計期間の短縮に役立った。

4.5 システムの保守と定着化

利用部門にシステムを浸透させ、システムを使ってもらい、効果を挙げてもらうためには、本番稼働後のフォローが非常に重要である。まず、DPE チームを発展的に解消し、運用・保守の専任組織を新設した。関連する課長、係長、班長への操作教育を実施するとともに、必要な資料はできるだけ自分で作成してもらえ環境を整えた。また、システムへの改善要求に関するルールを明確化し、重要な改善要求にタイムリに対処できるようにしている。

システム開発推進会議および業務チームは本番稼働後も存続し、定期的な会合を開いて、システムの問題点や新しい開発テーマについて検討し、システムをさらに良いものにするべく活動している。

5. システムの効果

当初のねらいに対応した効果として次のものがある。

- 1) 計画に対する遅れが早期に顕在化し、他への影響も考慮した対策が迅速に打てるようになった（外製化、応受援等）。
- 2) 計画変更が作業指示として現場に伝わるスピードが早くなった。
- 3) 作業の進捗状況が、誰でも CRT 端末からすぐに確認できるようになった。（システム化前は工場内を歩き回って確認していた。）

副次的な効果として、転記作業の減少に伴う情報の精度向上、現場と間接部門の協力体制、生産管理に対する現場担当者の意識変化等があげられる。また、将来の総合的な金型システムを構築するための基礎となる、基幹業務の仕組み、統合化されたデータベース、社内のシステム開発力等が整備できたことも大きな効果である。

6. おわりに

本システムは、当初目的とした機能をほぼ満足しているが、次世代のシステムを目指してさらに以下に挙げる機能向上を予定している。

- 1) 機械稼働実績を機械から直接収集し,進捗管理や原価計算の精度を向上させる.
- 2) ダイナミックスケジューリングの実現と DNC の連動により,さらに機械稼働率を向上させる.
- 3) 工程設計や負荷調整時の人間の思考を支援し,各種のシミュレーションが短時間でできるシステムを実現する.

最後に,本システム構築の機会を与えて下さったT社の方々に心から感謝の意を表したい.

執筆者紹介 稲垣 勉 (Tsutomu Inagaki)

昭和 55 年名古屋工業大学経営工学科卒業.同年日本ユニシス(株)入社.自動車関連製造業の金型生産管理システム開発に従事.現在,製造流通システム本部システム開発部第三課に所属.



サカタインクス(株)における生産システム開発事例

The Creation of a Production Control System at Sakata inx Corporation

近 藤 正 彦

要 約 印刷インキメーカーとして近年の消費者志向の変化から少量多品種化の波を受け、生産計画の変更が多く即納を要求されるに至った。そこで、事務量の増加やリードタイムの短縮に対応すべく生産管理システムの構築が企画され、システム構築にあたりプロジェクトが発足した。システムの設計思想は「あるべき姿」の追求と実際の運用とのギャップの中でマンマシン・インタフェースを重視しながら、生産管理システムの構築と同時に CIM への取っ掛けかりとして、FA システムをドッキングさせたシステム構築のアプローチとその推移および結果について述べる。

Abstract As a printing ink supplier, we also have come to be affected by prevailing trends toward small-lot/large-variety production arising from recent changes in what consumers seek. As a result, there have been a lot of changes in production plans, and more and more customers are demanding an immediate delivery. Then, there arose a plan to build a production control system in response to the needs for reduced clerical work by human hands and less lead time, resulting in the start of the project for this objective. In designing the system, what was regarded as important was to pursue the question: "What is a production control system all about?", with special emphasis laid on a man-machine interface serving to well bridge a gap between the system and its actual operation. Another approach was toward the creation of a production control system combined with a factory automation system as a possible future extension to CIM. This paper discusses the approaches taken, their development and results.

1. は じ め に

サカタインクスは、「ビジュアル・コミュニケーション・テクノロジーの創造」をビジネステーマにした情報産業サプライヤである。生産部門としては印刷インキの製造部門を保有している。近年の消費志向は量から質の時代に移り変わってきており、新聞紙面も黒一色から鮮やかなカラー印刷が増え、パッケージケース等の各種包装材も美粧化が進み色彩豊かなものになり、その色彩も多様化し個性化してきている。また、製品寿命の短命化と共にクイックデリバリの要求も強くなってきているのが現状である。

印刷インキの原材料品目数は約千点程度と少ないが、製品品目数は5万点以上もあり、計画生産品として基本色は一部あるものの、そのほとんどがオーダーメイドである。また量的にも1Kgからトン単位までのオーダーがあり、容器種類も雑多である。サカタインクスの製品構成は、加工組立型分野に比べて逆三角形のアイテム構成に特徴がある(図1)。

このような環境下にあって、生産部門では生産性の向上と在庫削減という二律背反

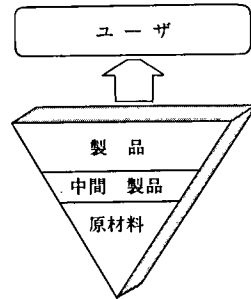


図 1 サカタインクスの製品階層

Fig.1 The product hierarchy of SAKATA INX

する問題の解決と、一方で需要予測変動からの頻繁な計画変更が行われ、段取り替えの手間を省きつつ、リードタイムの短縮という課題がある。少量多品種・短納期とこれらのニーズに応えるためにはきめ細かな管理が要求されるため、事務量はますます増加するようになった。

従来から個々の部門において日常作業の合理化は進められていたが、統合されたシステムとはならず、問題解決には至らなかった。そこで、トータル的な生産システムの構築が企画されることになり、まず専任プロジェクトが発足した。

システムの設計思想は『あるべき姿』の追及と実際の運用とのギャップの中でマンマシン・インタフェースを重視しながら、受注から出荷までの一貫した生産システムの構築を図ることであり、同時に CIM への足掛かりとして、一部のプロセス制御を管理システムにドッキングさせようとするものである。これらを踏まえて後述する多階層のネットワークシステムが完成した。

システム導入の初期段階で混乱は多少あったものの、システムの導入前に一部 FA システムを取り入れたことによって先行効果が現れ、以後の受入れ体制において生産システム導入の手助けになった。

以下に、

- ・生産システム導入の狙い
- ・システム構築の基本方針
- ・システム概要

を中心にシステム構築へのアプローチと、その推移および結果について述べる。

なお、表 1 に市場ニーズとサカタインクスの『あるべき姿』としての対応を、図 2 に一般的な印刷インキの製造工程を示す。

2. 生産システム導入の狙い

生産システムの『あるべき姿』は、一般論として「一定の品質と数量の製品を所定の期日までに、人・機械設備および材料を経済的に運用し、変化に即したタイムリな生産指示とフレキシブルな生産活動を図ることを総括的に統制する」ということを目指したものであるが、はじめに述べた諸問題をサカタインクスとして効率良く円滑に管理し解決していくためには、設備能力・工程負荷とそのバランス・作業進捗状況・

表1 市場動向とサカタインクスの『あるべき姿』としての対応
Table 1 Market trends and SAKATA INX approaches to its ideal operation goals

製品の市場動向		あるべき姿
ユーザの 要求	- 顧客要求の多様化, 個性化 - 包装の美粧化 - 製品の短寿命化	- 多種類製品のラインアップ - 新製品の投入 - 販売予測の確立 - 計画変更への対応 - 小ロット生産の効率化
デリバリ への要求	既時入手の要求	- トータルリードタイムの短縮 - タイムリな生産体制 - 設計の汎用性 - 情報の共有化
品質への 要求	- 製品のハイテク化 - 価格競争 - 品質の差別化	- 技術開発力の強化 - 生産技術力強化

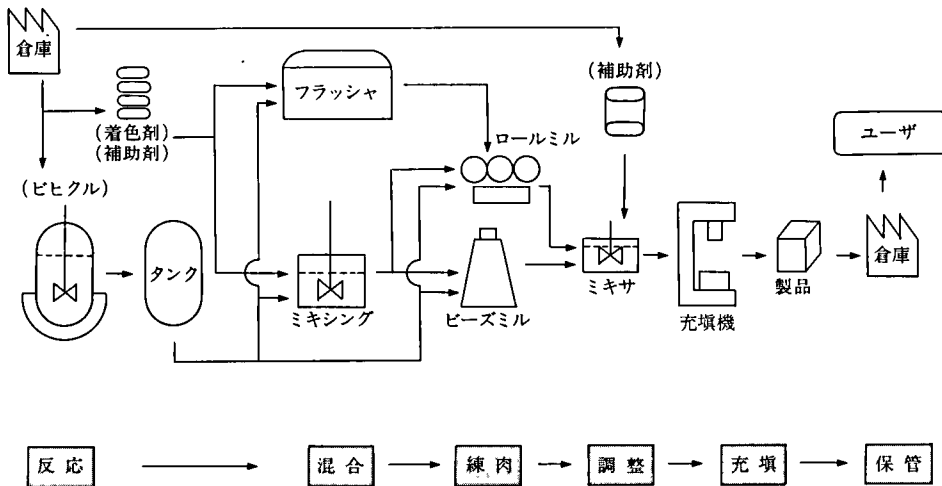


図2 印刷インキの製造工程

Fig. 2 The manufacturing process of printing ink

実績情報・有効在庫・入庫情報等, 多量かつタイムリな情報が必要であり, この要求を満たすには人手だけで適時適切な管理を行うことが困難である。

このような認識の下に, サカタインクスにとって最も望ましい生産システムの開発が必要となった。

上述の必要性から

- ① 在庫情報, 販売情報を反映した生産計画の立案と変更の適時適確な対応
- ② 計画に基づいた資材必要量の適確な把握と, その手配から効率の良い製造作業・資材調達, 在庫管理を行う。
- ③ 在庫管理における管理レベルの向上から製品・中間製品・原材料の過剰在庫の削減と在庫の平準化を図る。
- ④ 製品・中間製品・原材料の連動したトータル管理への対応
- ⑤ 作業進捗管理による受注品の納期調整・生産調整の迅速な実施から納期短縮

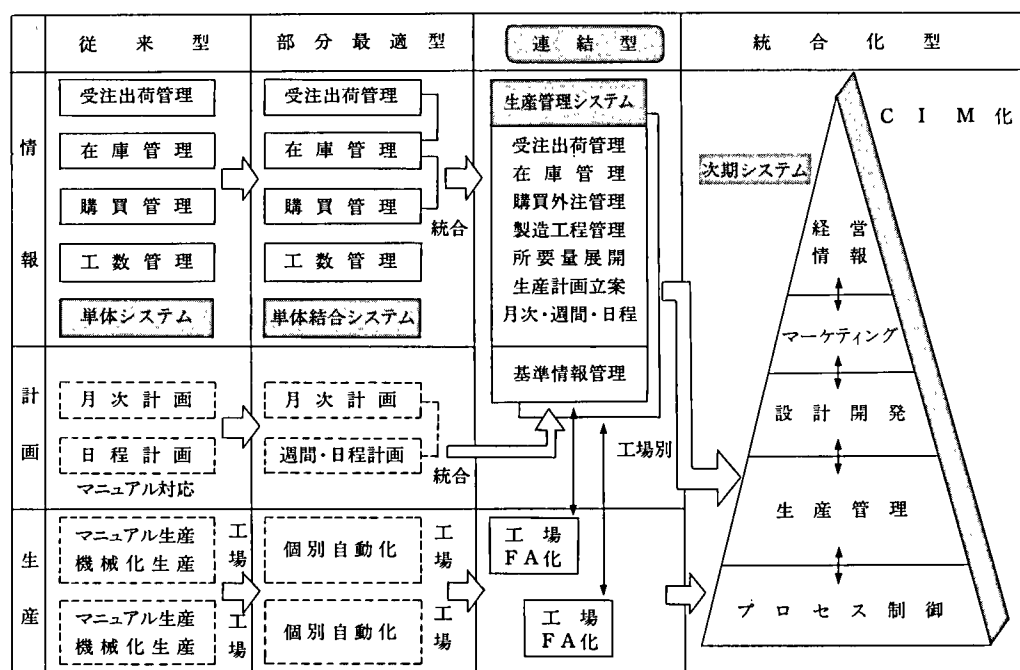


図3 サカタインックスのシステム統合化構想

Fig.3 SAKATA INX concepts for systems integration

- ⑥ 生産能力と負荷状況および進捗状況の把握から納期調整業務の効率化
- ⑦ 特定作業者の判断業務を排除するために業務の標準化を図る
- ⑧ 生産活動に関わる事務処理の負荷軽減（在庫確認・日程計画/調整・資材手配）からの省力化
- ⑨ 効率的な日程計画の立案による生産資源の有効利用から設備稼働率の向上
- ⑩ 工程情報・生産情報等の生産関連情報を関連部門へ提供して生産・営業活動の支援・効率化を図る

を基本的な狙いとした。

従来から運用されている受注出荷管理や在庫管理のシステム等を基本として、現状を加味しつつ生産システムがいかにあるべきかの『あるべき姿』を前提に、現有システムと整合性を保持しながら、MRPの理論的基礎にたつて統合化を図り、現場実務中心のシステムを構築した（図3）。

3. 生産システム構築の基本方針

3.1 開発の方策

開発導入時の考慮点とその対応について表2に示す。

3.1.1 プロトタイプ方式での開発

システムの構築にあたり、全工場にシステムを一挙に導入することは人員面や改良要求に対して十分なアフターフォローが取れないことや、本番データの検証、導入部門の習熟度等の問題があり、段階を踏んだ開発と導入が妥当であると考えた。

表 2 開発導入時の考慮点

Table 2 Considerations made in developing the SCOLP system

	考 慮 点	対 応
社内推進	・社内推進方法 ・対象部門の意見吸い上げ ・対象部門以外のベクトル調整	→ ・トップダウンアプローチで推進 → ・職長クラスで推進チーム結成 → ・定期的に進捗報告実施
システム構築	・大規模開発／長期化の不安 ・現状の否定 ・業務経験と自動化のギャップ ・広範な技術の採用と複数ベンダの参画	→ ・プロトタイプ手法による段階開発 → ・「あるべき姿」でまず設計 → ・人の判断と機械化提案を明確に分離 → ・ベンダ会議への弊社要員の参画 定期レビュー実施による意見交換
システム導入	・現場オペレーション拒否反応 ・データの信頼性 ・システムの改善 ・システム教育 ・問題点の吸い上げ ・システム間の整合性保持	→ ・ビジュアル化とテンキーあるいはファンクションキーでの入力限定 → ・初期値はまず、現行運用データ使用 順次メンテナンス実施 ・データの検証性を重視 → ・できるだけタイムリに対応 → ・カリキュラム化し、短時間に回数を多く実施 → ・定期的にヒヤリング実施 → ・ドキュメントのタイムリなメンテナンス
機器	・システムトラブル時の業務停止 ・ハード面	→ ・多段階システム化構造による回避措置 → ・コンパクト化と人の動線の短縮

そこで、第一段階として一部のインキ製造グループを対象としたプロトタイプシステムを開発し、その導入テスト結果を通じて、運用面と期待効果の確認を十分踏まえた上で、全工場システムへと発展的に推進することとした。

プロトタイプシステムの対象とした製造グループの選択理由は、

- ① 品種が多い、
- ② 製造工程リードタイムが長い、
- ③ 工程ダイヤグラムが複雑である、
- ④ 段取り替え作業が困難である、

等であり、事前ヒヤリングの結果、難易度の高い部門をターゲットにし、その製造グループおよび関連間接部門において、システムが円滑に運用され、期待効果の確認が得られたならば、全工場に導入することが可能であると判断したためである。

この結果、以後のシステム導入は複数部門に対してパラレルに導入することができた。

3.2 システムの基本方針

本生産システムはコンピュータを利用したリアルタイムシステムであり、生産関連情報の一元化を図ったものである。したがって、システムからアウトプットされる情報・アクション勧告内容に基づき、人間系が判断し業務を確立し進行させることを前提とした、いわゆる意思決定支援システムである。

また、人間系の判断業務（勧告承認・変更）は日中のリアルタイム処理としており、立案・勧告のように人間系が介在しない処理は夜間バッチ処理を基本とした。

このような考え方から、人の判断と機械化（提案）を業務手順から明確に分離する

とともに、マンマシン・インタフェースとして視覚に訴えた画面設計に意を払い、とくに使用対象者の階層をアプリケーションレベルで制限し、入力も極力少なくする方向で検討した。今までの業務経験も重要な要素であり計画変更を柔軟に行えるよう、人間系の判断ポイントを明確にし、自動化を阻害しない形で承認後に次のステップに移るようにした。

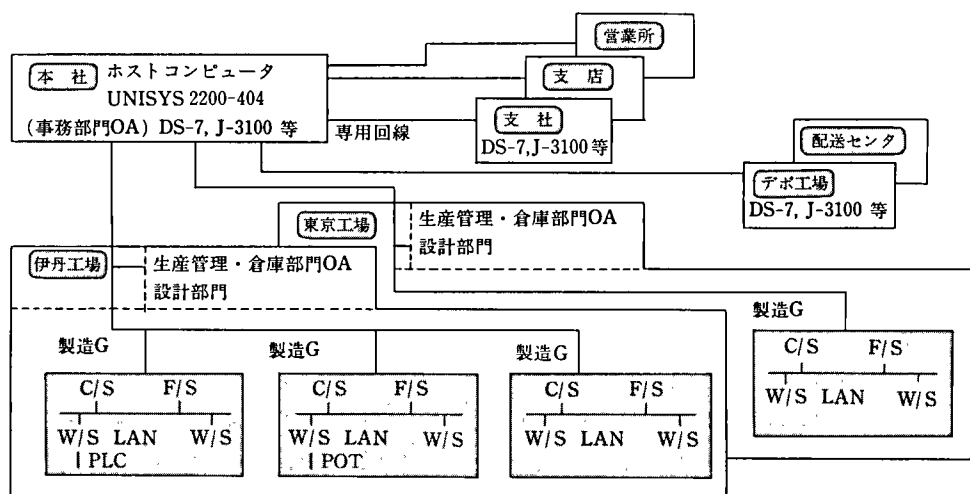
システムの定着を狙い、生産システムのペットネームとして『SCOLP=スコープ』とした。意味は、『サカタインクスにおいて多段階コンピュータネットワークを使用し、リアルタイム処理にて経済的な工程負荷の生産計画を作成するシステム』として、下記の頭文字を使用した。

SAKATA INX MULTI-LEVEL NETWORK COMPUTER AIDED ON-LINE REAL TIME ECONOMICAL LOADING PRODUCTION SCHEDULING SYSTEM

3.2.1 システム機器構成の考え方

本システム機器構成を図4に示す。

- 1) 本システムはホスト——分散（コミュニケーションサーバ/ファイルサーバ/ワークステーション）——ポータブルターミナルの多段階分散システムを基本に構成している。これは、サカタインクスの部門間の受注システム・製造システムの違いから残業あるいは休日出勤がそれぞれまちまちであり、工場分散だけでも問題があり、製造グループ別分散にせざるを得ないと判断したからである。よって本システムは、分散システム以降でもスタンドアロンで稼働可能であるようにした。
- 2) ポータブルターミナル（POT）については、マンマシン・インタフェースを重



LAN : IEEE802.3 (イーサネット)

PLC : MELSEC Aシリーズ

C/S : コミュニケーション・サーバ (C-380EX)

F/S : ファイル・サーバ (C-380EX)

W/S : ワークステーション (C-280EX or C-250)

POT : ポータブルターミナル (HC-45)

図4 システム機器構成

Fig. 4 The block diagram of the SCOLP system

視した中で人の移動距離を短くし、最低限必要な情報の選択とスペース面を考慮し、現場密着型のシステムとした。

- 3) スペース、環境等の配慮として、ハードウェア面で下記の考慮を加えた。
 - ① 立体的に設置するためシステムラックを導入
 - ② 防塵対策
 - ③ 作業環境対策として照明と VDT フィルタを導入
 - ④ カラー CRT を導入
 - ⑤ 停電補償の考慮としてバックアップ電源を導入
- 4) プログラム開発言語を COBOL とした。
- 5) システムの自動起動・停止の自動運転装置を導入した。
- 6) 複数ジョブの並列同時処理を可能とし、フォアグラウンドは BSC 3270 のクラスターエミュレータが走り、ホストシステムとパス・スルーができ、分散側はイーサネット*LAN でデータ通信を行うものとした。
- 7) データベースについて
 - ① ホスト・データベースと整合性のある分散リレーショナル型データベースの設計および容量の保障
 - ② バックアップを考慮してカセット・ストリーマを導入した。
- 8) 工場の FA 化に対応するようにシーケンサ接続を可能とした (RS-232 C ポート保有)。

3.2.2 主要項目の考え方

1) 計画について

① 月次計画

従来は手作業で月次計画を作成し、見直し作業を繰り返しながら使用していたが変更が多く、月次計画の精度維持が困難になった。このため、実行計画としてとらえず操業度の把握による人員・設備稼働計画の目安とし、購入リードタイムの長い材料の手配あるいは材料のグロス購入予定を把握するものと位置付けた。

② 週間計画

システム導入まではこの概念はなかったが、導入を契機に次週次々週の計画を立案し毎週見直しを行い、ほぼ実行計画に近いものとし、操業度による人員・設備稼働計画の具体的な対策資料とすることにした。また、中間製品を含む必要資材の具体的な発注資料とし、発注行為に繋げるものとした。

③ 日程計画 (即時処理)

日々の受注に対応し、即実行計画となる。基本的には計画品を除く緊急性の高い製品、中間製品、原材料すべてが対象となる。

このような 3 階層計画の考え方は、サカタインクスの生産形態が計画生産品中心では成立たず、受注生産品への対応により段取り替えが頻発する可能性があるため、月次計画では実行計画の立案は不可能であると割り切ったことによるものである。

*イーサネット (Ethernet) は、米国 Xerox 社の登録商標である。

- 2) 販売・使用予測について……日本ユニシスの統計手法による予測パッケージソフト (COMET 2) を使用し、時系列データの長短 (最長 36 か月)・精度・レスポンスからサカタインクス独自の手法を加味し、品質改良・新製品発売による引継ぎ方の配慮も加え、直近 1 年の予測値と実績値の誤差の一番小さいものを最良予測手法とし、その手法を自動的に選択するシステムにした。ただし、予測結果についての最終承認は人間系が行うものとした。
- 3) リードタイムについて……各作業手順においてインダストリアル・エンジニアリング手法を加味し、人工数と機械工数を含み (正味時間)、さらに前後段取り・前後余裕 (人的余裕・管理余裕等) を含んだ時間をその作業手順の工程リードタイムとして取扱った。計画生産品および特殊製造方法品については品目別のリードタイムを設定し、受注品については一般汎用型のリードタイムを設定した。
- 4) 負荷積みについて……個別品目について製造方式を設定し、それぞれの作業手順と標準使用機械を設定する。設定された作業手順のうち、とくに長い工程リードタイム (製造時間) を要する工程をネック工程と称し、その工程の標準使用機械に負荷を積み、その結果から前後の作業手順を決定する。負荷積みの際して、できる限り自動負荷積みとし、最終調整は人間系の判断に委ねざるを得ないと考えた。
- 5) オーダーの取扱いについて
 - ① 製造オーダー
個別部門のデータベース保有により、製造部門において検索の一元化を可能とし、材料確保、キャンセル、オーダー追加、改良品出荷等すべてシステムからのデータとして出力し、手書きメモ類をなくした。
 - ② 購買オーダー
現状の発注状況を加味し、週間単位での発注を基本とした。ただし、購入リードタイムの長いものは月単位も考慮した。
- 6) 基準情報について……構築に際しては、無駄を考えずにシステム構築後に追加が発生した場合の複雑性を考慮し、ブレーンストーミングで最大限を網羅した。また、現場の最初の拒否反応を避けるべく、現行運用数値を初期値とした。データ入力は安定稼働するまでプロジェクトで行ったが、最終的には実務運用者を限定して移管した。
また基準値の運用にあたり、現行の各種管理基準の見直し整備も並行して行った。

4. 生産システムの開発経過

1984 年の約 1 年間に事前調査を実施し、1985 年 11 月にコンピュータを利用したトータルシステムを具体的に進めるため、生産システム推進委員会と同プロジェクトチーム (5 名) が発足した。1985 年から 1987 年にシステム設計と並行してシステム開発を行った。1988 年 2 月にプロトタイプ生産システムを導入し、約 6 か月の運用確認後全社システムに拡大させ、1990 年 7 月に全社導入を果たした (図 5)。

5. 開発/導入体制

本システムの開発体制を図6に示す。

1) 社内体制

- ① プロジェクトチームは、情報システム部門、生産管理部門、物流部門、品質管理部門、製造部門から各1名を選任した。
- ② プロジェクトの上に専務役員を委員長とし、事業部長を委員として推進委員会を設け、定期的に進捗報告や問題点の報告を行い、トップダウン・アプローチで推進した。重要案件については推進委員会承認のもとに検討を進めること

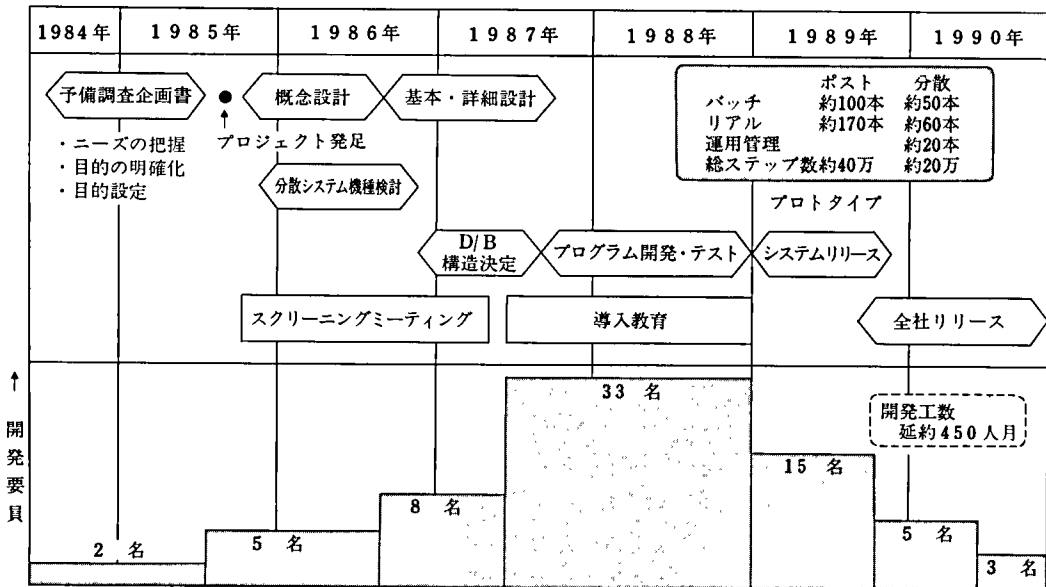


図5 開発導入スケジュール、開発要員および開発規模

Fig. 5 The schedule, required yearly numbers of people for the system's development and the size of the development

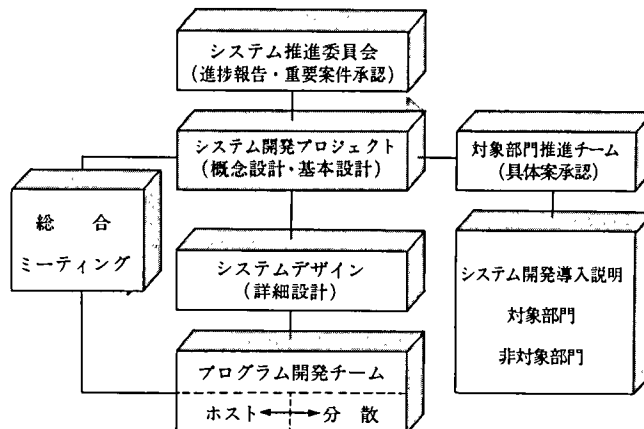


図6 開発体制

Fig. 6 The structure of the SCOLP system's development

を基本とした。

- ③ 導入対象部門ではボトム・アップとして職長クラス以上で推進チームを設け、実施に当たってはそのチームのコンセンサスを得ながら進めた。
- ④ 対象部門以外はベクトルを合わせるべく、定期的に進捗報告および内容説明を行い、意見を集約して汎用性を考慮しながらシステム構築に反映した。また、先行使用できるものは積極的にリリースし評価を得た。

2) 社外体制

- ① 外注業者各社を含めた全体会議を定期的に開催した。
- ② 委託業者の進捗会議へプロジェクトも積極的に参加した。
- 3) システム開発分担……マンマシン・インタフェースを中心としたシステム仕様は当プロジェクトで開発し、システム設計は当プロジェクトとユニシス SE が担当し、ホストシステムのプログラム開発はサカタインクス情報システム部を中心に、日本ユニシス・CSK が担当した。分散システムおよびポータブルターミナルについては、PFU が当プロジェクト仕様に基づき、プログラム開発を行った。
- 4) システム検証……オーソライズするデータは見やすさを追及するあまり、固定的な判断基準を省略し結果のみを表示したため、当初コンピュータシステムへの使用者の不安感が大きかった。そこで、画面では制約があるために、出力帳票で検証データを表示した。
- 5) 現場教育および移管方法について
 - ① 対象部門の全体教育は概念だけを説明した。
 - ② 職長クラスを対象にシステムの全体説明および個別システムの説明を短時間に毎週行い、ビジュアル面を中心に現場用語で説明し、具体例提示とヒヤリングからシステムを浸透させた。
 - ③ まず実行してもらうことを基本に、現場担当者とのコミュニケーションを図り、移管中に現場からの改良依頼やトラブル対応はとりわけ迅速に行った。
 - ④ 詳細オペレーションは担当者ごとに説明を実施した。

6. システム開発規模

プロジェクトメンバは、情報システム部門からのメンバ以外はコンピュータの未経験者であったが、画面設計は従来の発想にとらわれることなく、製造部門からのメンバが一貫して行った（図5の開発要点および開発規模参照）。

7. サブシステムの機能概要

受注から出荷までの一貫した生産システムとして、以下に記載する七つのサブシステムに分類した（図7）。

1) 月次生産計画サブシステム——新規システム

製品の計画生産品と中間製品全品を対象として、製品の販売実績・中間製品在庫実績・在庫量および在庫計画から翌月に製造すべき品目、数量、納期と工程負荷の計画を立案する。また、資材所要量計算を行い購買リードタイムの長い材料の発注勧告を行う。

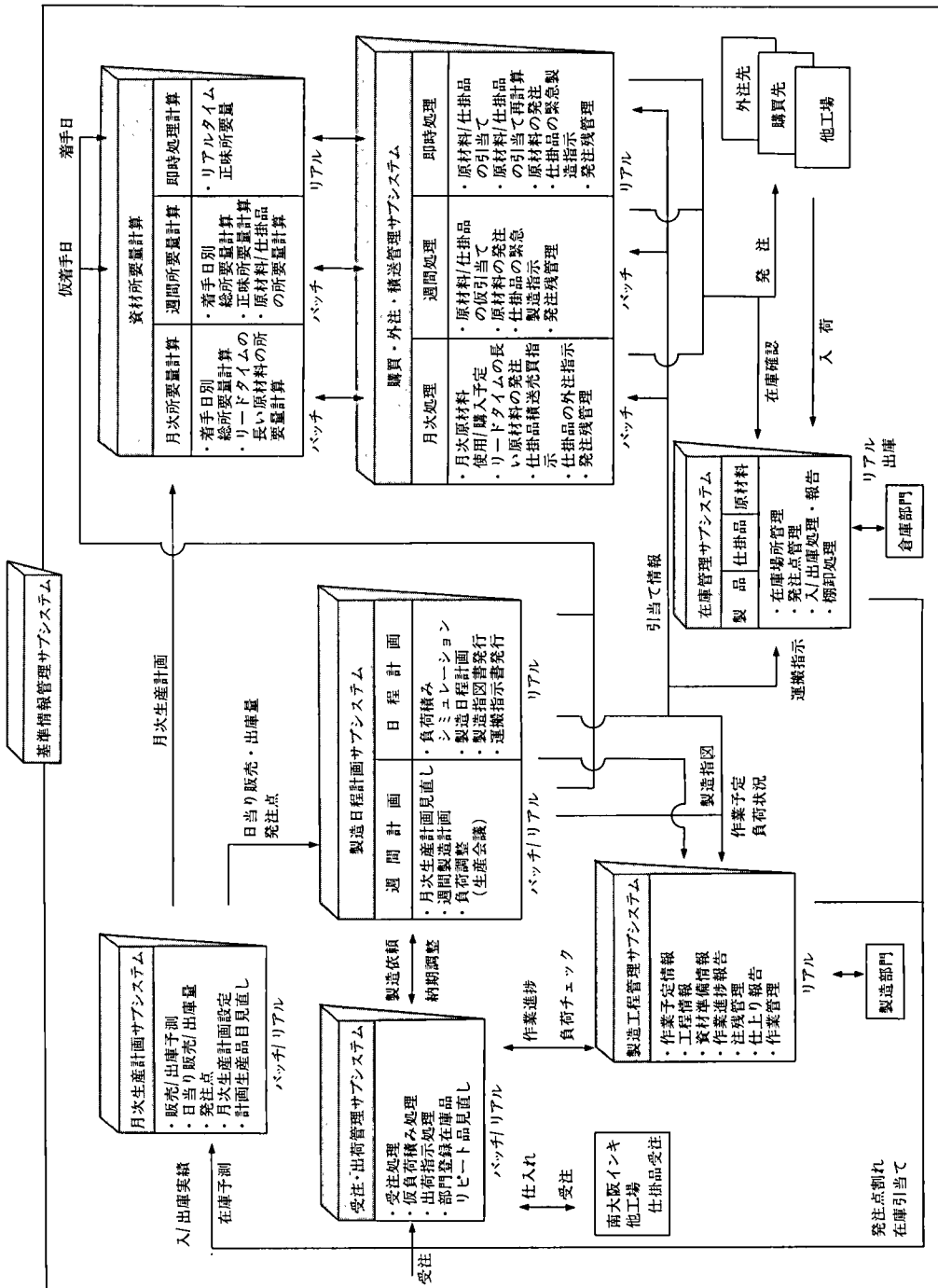


図 7 システム機能関連構成図

2) 製造日程計画サブシステム（週間）——新規システム

製品と中間製品全品を対象として、月次生産計画の見直しと納期の長い受注生産品を含め、工程情報を反映した実施すべき作業を決める。また作業負荷と生産能力を考慮し、工程別に効率的な作業実行計画を立案し、ネック工程の着手日ベースで確定製造オーダーをリリースする。一方で資材所要量計算を行い、在庫仮引当ておよび購買オーダー勧告を行う。さらに、在庫仮引当て分は引当て場所ごとに、週間運搬予定指示書を発行する。

3) 受注・出荷管理サブシステム（日程）——既存システム+新規システム

製品と中間製品全品を対象として、現在運用中のシステムを利用しながら新システムからの週間計画分と受注品の出荷管理を行い、工程の進捗情報から負荷状況を把握し、実行可能な負荷計画を立案し、着手日ベースで製造オーダーをリリースする。また、資材所要量計算を行い、在庫引当ておよび緊急購買オーダー勧告を行う。

さらに、在庫引当て分は引当て場所ごとに運搬指示書を発行する。

4) 購買・外注・積送管理サブシステム——既存システム+新規システム

① 原材料については各計画の購買オーダー勧告情報および発注点割れ情報に基づき、ファックス利用を考慮した発注処理を行い、注残管理と入荷報告も掌握する。

② 中間製品について確定売買勧告を行う。

5) 在庫管理サブシステム——既存システム+新規システム

① 製品については現行の在庫管理システムとリンクさせ、在庫量の把握とその管理を行う。

② 仕掛品および原材料については主幹部門別の置場所・荷姿別在庫管理を行い、引当てによる実在庫数管理の精度向上を図る。

6) 製造工程管理サブシステム——新規システム

製造計画に基づき各作業工程へ製造に関する情報（作業予定、資材準備、負荷状況等）を提供し、また現状に即した次の製造計画を作成するために情報（作業進捗、工程情報等）をフィードバックする。

なお、当サブシステムは残業、特勤の対応も可能とした。

分散システムはこのサブシステムの機能を中心に設計した。さらにシーケンスロボット制御も行った。

7) 基準情報管理サブシステム——既存システム+新規システム

データベースの編成および維持、更新を行うもので、全システムに対して基礎となる最新の情報を提供しシステムを支援する。

特徴としては同一構造の部門別データベースとした。

- ・ホストデータベース；ネットワーク（CODASYL）型
- ・分散データベース；リレーショナル型

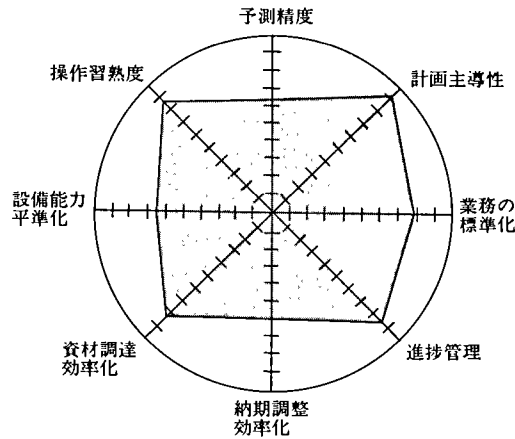
8. システム導入効果

開発導入はほぼ予定通りに進み、月次計画から週間計画への移行、基準情報の整備、

表 3 導入効果アンケート内容(抜粋)

Table 3 The questionnaire about the system's installation (partial)

定 性 効 果		定 量 効 果		
従来の問題点および改善要求事項	達成状況 ○△×記入	倉庫G用(・・担当) システムが関与する業務	ヒヤリング 時間(月・日)	導入後 時間
① 月次計画関係 1. 販売予測精度を高める(品目毎の予測)。 2. 生産能力計画を作る。 3. 計画生産品の見直し自動勧告をする。 4. 販売予測から納期と量を決める。	_____ _____ _____ _____	① 製品関係 (出荷手配業務) 1. 受注連絡表入力業務 2. 受注連絡表切放し整理 3. 在庫確認 4. 製造指図発行 5. 仕上り状況調査 (管理業務) 1. 販売予測集計 2. 製造計画作成	8 4 H/月 9 H/月 3 H/月 2 H/日 1 1 H/月 3 H/月 5 H/月	
② 製造計画(週・日程)関係 1. 週間計画を自動勧告する。 2. 負荷の平準化を図る。 3. 予定変更の手間を少なくする。 4. 所要量計算に基づいた手配を行う。	_____ _____ _____ _____			



・アンケートの個別項目について○△×のウエイト付けを行い、目標達成割合で示した。

図 8 定性効果レーダーチャート

Fig. 8 The rader-chart showing the system's stability

業務の標準化等、定性的な効果から実務作業の改善を図ることができ、その結果として省力化に繋がった。

また、在庫についても管理の徹底から在庫率の低減を図ることができた。

効果算出にあたっては、導入前の事前調査結果と対比したアンケート方式でデータの抽出を行った。

表 3 にアンケート内容の抜粋を示す。

その結果、定性効果については図 8 に示すような結果が、定量効果については①省力化効果が 35 %の改善、②在庫率については 18%の改善が得られた。

事前調査における問題点の把握とシステム設計を製造部門からのメンバが中心に行

い、業務経験からくる判断をシステムの要所に取り入れ、人間が確認しながらシステムを進めることに留意したため、結果として大きな導入効果になったと考える。

9. 今後の課題

情報化の波が押し寄せるなか、近年「CIM」の構築がクローズアップされている。その CIM に関する論説は種々あるが、基本的には製販・物流の情報を統合化し、多様化する市場ニーズへの対応を図るものであると考える。そのためには全社ビジョンを明確にし、インフラストラクチャの整備を図る必要がある。

一気に前述の CIM を構築するにはまだまだ時間が必要であり、長期的な展望を踏まえ、漸進型で進めるべきと考える。

まず FA 面に着目し、現在の個別機器やサブシステムの自動化にとどまる部分最適化から全体の整合性を高める最適な自動化へと繋げていく必要がある。

したがって、CIM の構築へのステップとして既存生産システムと FA のインテグレーションを図り、生産部門への生産情報の提供から自動化への促進を目指したい。

具体的には

- ・工場 24 時間稼働に対応
- ・管理システムと FA (FMS) との連携による生産リードタイムの短縮
- ・自動化によるリアルタイム制御と日程計画の精度向上
- ・業務の簡素化、重複業務の排除、事務の生産性向上
- ・データ精度の向上、データの一元管理、即時把握
- ・分散システムの機能強化

等である。

10. おわりに

生産システムは、定着までの諸問題の解決とその後の機能アップのための改善要請に対応して行かねばならない。

中にはユーザサービスを重視するあまり、システムの根幹が変更されるような要求も生じるが、常に停滞することなく基本機能設計の方向性を重視しながらも柔軟さを失わず、理想の形づくりとして『あるべき姿』に近づけてゆかねばならない。そのことが次のステップ、次代への引継ぎとなって結実するものと確信している。

執筆者紹介 近 藤 正 彦 (Masahiko Kondoh)

昭和 29 年生。49 年国立和歌山工業高等専門学校工業化学科卒業。同年サカタインクス(株)(旧(株)阪田商会)入社。品質管理部門、インダストリアルエンジニアリング・プロジェクト、製造部門および工場建設プロジェクトを経て、昭和 60 年から生産管理システム開発プロジェクトに従事。現在、生産管理部システムグループ兼プロセス技術部開発グループに所属。



医薬品製造業における生販一体システム

An Integrated Production-to-Marketing System for the Medical Supplies Manufacturing Industry

長谷川 正人

要約 医薬品製造業においては、その社会的使命の点から、また熾烈な営業状況の点から、販売と一体化した考え方で製造を行うよう努力している。そこで生販一体化システム構築を指向する時の一助となるべく、当該業種におけるシステム構築事例を紹介し、そのアプローチについて考察する。

Abstract Great efforts are seen in the medical supplies manufacturing industry to produce medicine based on the idea that production must be in unity with marketing because of the industry's social responsibility and heavy sales competition. With the aim of serving to provide assistance in creating a system which has production and marketing applications all integrated, this paper gives a case of building such a system for the industry and discusses how to approach the goal.

1. はじめに

従来のシステム開発は、販売システム・物流システム・生産管理システムといった機能の範囲で行われ、このシステム以外とのインタフェースは外部インタフェースとして位置づけ、他システムをブラックボックス視していることが多かった。

しかし運用システムが経営そのものに直結してきている現在、これらの範囲を対象とすることでは許されない状況になっている。必要な情報が良く見えて、経営の立場から見て、適切な行動がとれるように運用システムが構築されなければならない。そこで、医薬品製造業における2社の事例を通して、現実的にどう工夫しているかを紹介すると共に、今後生販一体システムを構築する場合のポイントについて考察する。

2. 業界の特性

医薬品製造業を分類すると、大きくは体内薬製造販売業と体外薬製造販売業に分かれる。さらに前者については、大衆薬または医家向薬品製造販売業に分けられ、後者については、治療用または診断用医薬品製造販売業に分けることができる。

物流(商流)の面から見ると、メーカーから見て最終納入機関である医療機関(病院・診療所・検査センタ等)に至る経路と、薬局・薬店に至る経路がある。メーカーと最終納入機関との間には卸が存在し、メーカーは商品を卸に納入し、卸から最終納入機関に納入する場合が多い(図1)。最終納入機関に対する営業活動は卸の営業マンが行い、メーカーの医薬情報担当者MR(Medical Representative)は、その本来の役割を担いながら医療機関の情報収集活動を行っている。一方、卸を経由せずに直接納入する「直販」体制をとっているメーカーもある。

いずれの経路をとる場合でも、医薬品の販売物流に関しては、薬事法で定められた医薬品の供給と品質管理に関する基準GSP(Good Supplying Practice)を基準にし

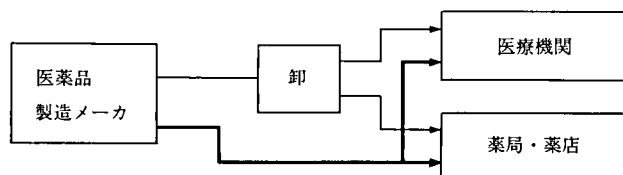


図 1 医薬品の物流経路

Fig.1 Route of medical supplies

て、行っている。

生産の面から見ると、販売物流に関して GSP が定められているのと同様に、医薬品の製造と品質管理に関する基準 GMP (Good Manufacturing Practice) ¹⁾が定められている。GMP には製造管理上、試験管理上または品質管理上で厳守すべき事項が決められており、これにそってシステムを構築しなければならないことになっている。

医薬品は極力新鮮なものを提供するといった観点から、滞留在庫を発生させるような生産になってはならない。また医薬品の社会的使命の点から、熾烈な営業状況から、欠品は許されない状況にある。そこで、在庫の状況を極力正確にとらえ、製造に反映するよう努力している。

医薬品の製造工程は、錠剤散剤と呼ばれる「剤」までの仕込段階と、製品化のための包装工程である仕上段階に大きく分けることができる(図2)。製品の出庫をにらみながら、中間製品である「剤」の製造を計画している。剤は、容量の異なる製品に小分できる状態にあることをいう場合と、先行製剤または予製剤と呼ばれる、剤を作るためにあらかじめ合剤したものをいう場合があるが、仕上に比して仕込、とくに先行製剤の製造リードタイムが長く、このアンバランスが計画を立てづらくする要因になっている。

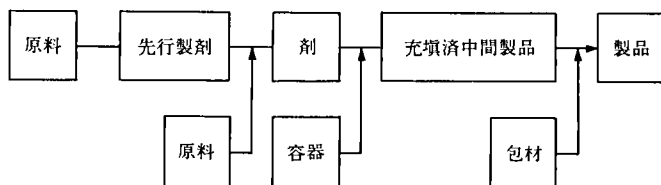


図 2 製造工程概念図

Fig.2 Process of production

3. A 社の事例

3.1 システムの概要

A社は医薬品の製造販売を行っているメーカーである。各販売拠点でプロパーからの受注情報を受け、デポの在庫を先入れ先出しで引き当てて、可能な限り即納している。この通常の販売以外に、薬局・薬店からの直接注文、キャンペーンによる一括注文、量販店とのオンライン受発注等があり、各種形態で受注活動を行っている。

これに対し、生産システムは、販売予測、生産計画、購買管理、実施計画、工程管理、原価計算の各サブシステムから構成され、販売システムでとらえている情報を取り込むことで機能するようになっている。

3.2 販売物流システム

販売量が大きく変動する場合と、ある程度販売量が一定している場合がある。前者は、季節商品やキャンペーンを行った場合、マスコミに対するCMを多く流した場合が相当する。いずれにしても、プロパーからの電話・FAX、薬局・薬店からの電話・FAX・メールについては、受注センタで画面から受注入力によって発送指示を出す。また、量販店あるいはVANからのオンラインによる直接受注の場合は、自動的に発送指示を出す。

注文があっても在庫切れになっている場合は、受注残としてファイルし、製造完了後ただちに優先的に引き当てを行い、発送指示を出す。

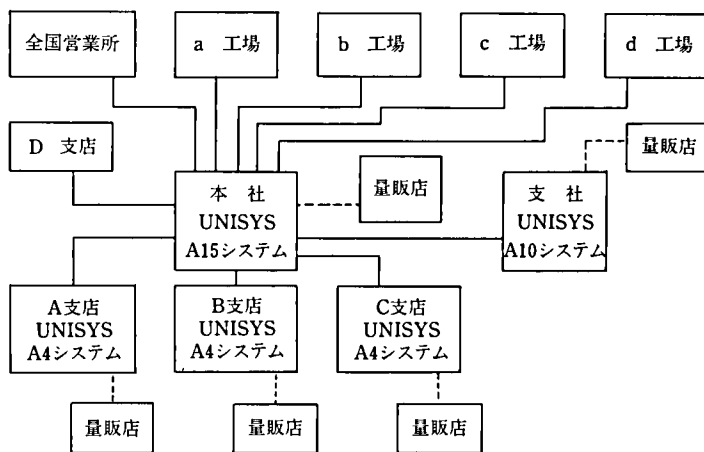
これらは各拠点で分散処理されているが、販売実績データは毎日BNAV2(ユニシスAシリーズ・ネットワークアーキテクチャ)の回線を通して本社に集められる(図3)。この情報をもとに本社ではマスタを更新するとともに、情報を営業管理部门と製造部門に公開している。

3.3 販売と生産の接合部分

販売システムから生産システムに渡す情報は、販売実績データと在庫情報および受注残情報である。一つは月別に集約された情報で、もう一つは日別の詳細情報である。月別データは2年分蓄積しており、この過去情報をもとに数か月先の販売予測を行い、所要量展開を行って原材料手配や製造手配を行う。日別の情報は当月末の出庫を予測することと、このまま製造しないでおくといつ品切れが発生するか、またいつどれだけ製造するといつまで品切れが発生しないか、をシミュレートすることに利用している。

3.4 販売予測サブシステム

販売システムでは、製品に対してのコード付けは、同一製品であってもパッケージ



実線：BNAV2ネットワーク[U-netまたはNTT専用線]
 点線：公衆回線 [JD-netまたはNTT公衆回線]
 Japan Drug network

図3 ネットワーク概要図
 Fig.3 Network configuration

の変更・価格の変更があった時は、新たに設定することになっている。しかしこれは生産部門から見ると、同一視しなければならない。

そこで、まずコード変換テーブルを使って販売の実績値を生産部門用に集計しながら販売予測サブシステムで受け取る。次に、数百製品の販売品目を持つ該社がいかにして製品ごとの予測を立てるかであるが、数百製品の販売品目とはいっても、実際の品種はそれほど多いわけではない。いわゆる容量が数種類あることと、薬効がほぼ同じものがやはり数種類あることで、これらをまとめた方が全体の推移が把握しやすいことになる。そこでこのまとめた製品群ごとに、まず金額的に予測を行う。この製品群は主要な10群程度とその他に分類し、過去2年間の実績と、販売量が大きく変動する要素の検討を行い決定する。次に予測時期の製品の構成比率が過去の実績に照らし合わせて類似していると予測される期間を選択し、この金額比率で群で予測した金額を按分し、数量を求める。つまり、「予測金額」と「過去の販売構成比率が同一と思われる時期の選択」の二つの入力によって、ほぼ概略の予測数量を求めることができる(図4)。その後個別に調整を行って確定する。

所要量展開計算には2通りの機能があり、このサブシステムではそのための入力を行う役割を持つ。一つは年度の終わりの翌年度四半期ごとの販売予測値であり、もう一つは現在より約半年先までの月別の販売予測値である。

次に、日別出庫実績は毎朝前日分までを照合可能にしており、重点品目に関して現在の傾向で推移するといつ品切れが発生するかを監視する。またさらに製造予定を入れた場合、品切れがいつまで延長できるかをシミュレートする。

3.5 生産計画サブシステム

生産計画サブシステムの主な機能は所要量展開であるが、その目的は二つあり、一つは年間の操業度算出を行うためで、もう一つは購買および製造指図を行うためである。

操業度算出は、販売予測サブシステムにおいて計算または入力された四半期ごとの販売予測値をもとに、子品目への展開計算を行う。これによって、四半期ごとまたは年間の中間製品製造数が求まり、結果として年間標準操業度を求めることができる。

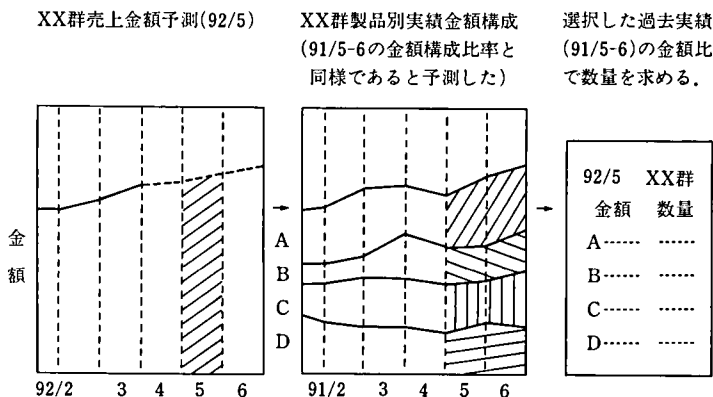


図4 販売予測概念図

Fig. 4 Simulation forecasting sales

さらに必要人員を求めて予算化するために主に利用するが、原価計算サブシステムにおいて操業度差異を求める時にも利用する。最後に、求めた原材料によって四半期ごとまたは年間の原材料必要購入数を求め、やはり予算化時に利用する。

購買・製造指図目的の所要量計画は、タイムバケットが15日のMRP計算で行っている。販売予測サブシステムは一か月ごとの出庫を予測したが、このサブシステムの最初で、この一か月ごとの予測値を前期・後期の15日単位に二分割する。分割は基本的には50%ずつであるが、月によって稼働日が異なることと品切れを発生させないために若干前倒しに計画する等で、この比率を変更する。これによって設定された製品の所要量を基に所要量計算を行う。翌期のタイムバケットに計算された製品と中間製品の製造数を実施計画サブシステムに渡し製造指図書の元情報とする。原材料については、購買サブシステムに渡し注文書の元情報とする。

A社の場合、所要量計画の必要数(総所要量)には2項目(見込み所要量と確定所要量)を持たせているが、数か月先の予測では見込み所要量に入力しておき、確定した時に確定所要量に入力する。確定所要量は見込み所要量に優先し所要量計算する。この方法は、購入リードタイムの長い原材料の発注に効果的であると同時に、見込み所要量と確定所要量および実績値の差異を分析することによって、より正確な販売予測を行うことができるようにしている(図5)。

医薬品は剤のロットの混在を許しておらず、全体量として親品目に対する所要量を満足させたとしても、複数ロットになる場合は、親品目もその量に合わせて製造指図を分割する必要がある。しかも、剤は製造リードタイムが長いこともあるので中間製品に対して見込み所要量を設定することも行う。

この所要量計算は、タイムバケットでの次期の製品販売予測値も含んで行うため、必要となる中間製品および原材料が納期不足となる場合が発生する可能性が高い。そこで、当期での発注では納期不足で間に合わない場合、発注不可データとして確認できるようにしている。これらは業者に対し調整がつかどうかを確認し、可能なものについては緊急発注を行う。調整がつかないものに関しては、その原材料がどの品目の製造に使われようとしているのかを調査し製造数量を変更する。ここで再度所要量

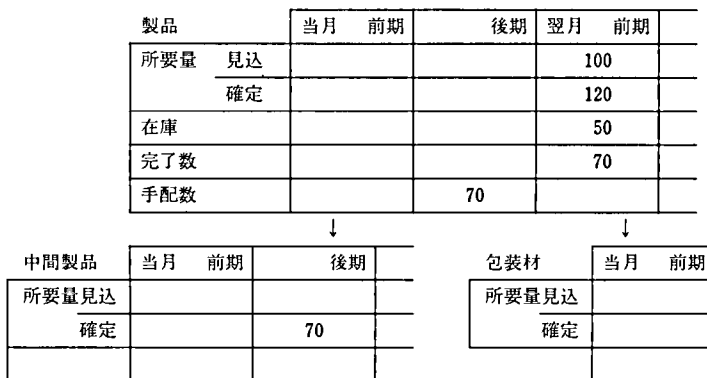


図 5 所要量展開用ファイル構造

Fig. 5 File layout of MRP

展開を行い、前回との差異を確認して発注の調整を行う。

このように生産計画サブシステムに入ってから、販売変動をできるだけ反映させるようにしている。

3.6 実施計画サブシステム

生産計画サブシステムによって求めた標準ロットサイズでの仮の製造指図をもとに、直近の出庫状況と原材料の在庫を確認して、実施する製造量を決定する。決定した製造指図については使用原材料の在庫引き当てを行い、不足分については製造直前での引き当てを可能とするようにしている。

このように製造ぎりぎりの段階まで出庫状況を反映し、無駄がなく、品切れを発生させない最適の製造を可能とする配慮を行っている。

3.7 工程管理サブシステム

実施計画サブシステムによって作成された製造指図書および関連する使用原材料・中間製品と作業実績について実績を入力し、記録するサブシステムである。この工程管理で得られた情報は、GMP に基づいた製造記録発行、工程進捗管理、原価計算の基データとして利用する。また、ここでの製造実績は生産計画サブシステムの所要量計算に反映する。

3.8 購買管理サブシステム

生産計画サブシステムの所要量計算で求めた必要原材料の数量を受け、製品の出庫傾向と原材料の納期および発注ロットサイズを考慮し必要な訂正を行った後注文書を発行する。

このとき、納品があると消し込みを行い、未納過納管理を行っている。また、医薬品の原材料は製造後ロット追跡の対象になるので、入荷単位で自社管理 NO. を採番し、受入試験・倉出請求・引当・払出のすべての時点でロット管理を行う。

3.9 原価計算サブシステム

工程管理サブシステムにおいて入力された実績データに基づき、製造原価報告書作成までの一連の処理を行っている。さらに原価管理として、原価差異分析を行い、原価改善を行うとともに標準単価の妥当性を追求している。

4. A 社のシステム開発

4.1 販売物流システム開発の経緯

現在の仕組みの基礎となったシステムは GSP に準拠するために開発し、昭和 54 年 4 月に稼働したオンライン販売物流システムである。

このシステムは第一に GSP に準拠すること、第二にエンドユーザが自分自身の職務に合わせた視点でデータベースを取り扱うことができることを考慮して作ってきた。

その後、A シリーズがフルラインで用意されたのを受けて、昭和 62 年から順次本社に A 15 システム、支社に A 10 システム、各支店に A 4 システムが設置され、同一のソフトウェア構成による分散処理が実現した。また平成 2 年には BNAV 2 によるネットワークを構築し、管理の集中がより実現しやすい環境が整った。そこで、この環境を利用し、各拠点の必要なデータを本社から即時に集めることが可能になった。

4.2 生産管理システム開発の経緯

生産管理システムは第一に GMP に準拠すること、第二に販売量に追従して欠品のない効率的生産を支援することと、中間製品の在庫削減を目的として、昭和 62 年より現状分析を開始した。そして昭和 63 年より開発を開始し平成 2 年に導入を行った。

4.3 生産管理システム開発上の考慮点（問題点と対応）

当初要求定義を行った時点での出庫状況は、変動があるにしても、実施計画サブシステムでの変更はほとんど発生しない。つまり変動があったとしても、生産計画サブシステムの段階で次期の計画変更で対応していくことで十分なほど、安定するものと考えられていた。また工場能力においても追加製造要求に耐えられる程度の余裕があった。しかし要求定義を開始した時点から一年後の状況はまったく変わっていた。マスコミに対する CM、キャンペーンの推進で重点品目の売上が著しく伸び、工場の能力を越える製造が求められるようになった。そこで、在庫をぎりぎりまで確認し、優先度をつけて製造する必要が出てきた。

この状況に対応するためまず最初に行ったことは、全販売拠点の出庫・返品・在庫状況を生産部門が日次で把握可能としたことである。次に重点品目がいつ品切れを起こすかをシミュレートできるようにした。またこれらの変更を極力受け入れることが可能となるよう、実施計画サブシステムの製造指図書発行直前まで変更を許可するよう、システム変更を行った。

こうして基本的構造は変えなかったが、現状の運用に合わせるための変更を加えることを行った。

5. B 社の事例

5.1 システムの概要

B 社は主に臨床検査薬の製造販売を行っているメーカで、流通経路としては、ほぼ 100% 卸経由で納入している。メーカから見て販売推移を正確に把握するには、卸への販売実績では不明確で、最終納入機関への納入状況をとらえることが重要である。そこでこの情報を卸から提供してもらい、これを多方面から分析することを行っている。

臨床検査薬は、最終納入機関に設置されている検査装置によって使用される薬品が決まる。そこで使用されている機種が変わらない限り品目は限定され、ある程度定期的に発注があるので、全体として受注のピークが発生することはない。しかし競合メーカが参入すれば、当然変動が発生する。

確かに上記のような現状があるが、販売予測を行うとき、該社の場合数千品目の製品を扱っているながら工場の製造能力は月間数百品目であるので、B 社の場合も品切れを起こさないことに重点を置いている。そのためには販売実績・返品実績・有効在庫を見て品切れ予測を行い、緊急度の高い物から製造することにしている。

5.2 販売物流システム

該社では、卸からの電話または FAX による受注データは、すべて全国の営業拠点のディスプレイ端末から入力する。通常出庫と緊急出庫の違いにより、配送センタへの指示が異なる。通常出庫は、一日 2 回締切って、そこまで入力された受注分について配送作業を行う。

一般には、在庫がなかった場合受注残とする場合が多いが、該社には受注残の考え方はない。つまり在庫切れの場合は他社に発注されてしまい、一刻も待ってもらえない。

このシステムは、生産管理システムとともに、一か所のホスト機で処理を行っている（図6）。

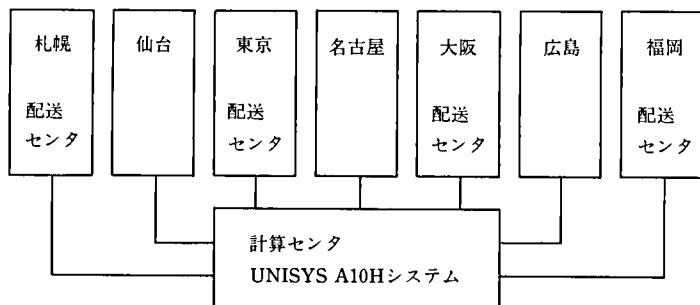


図6 ネットワーク概要図（営業拠点と配送センタ）

Fig.6 Network configuration

5.3 販売と生産の接合部分

月末の時点で、一か月間の出庫実績および返品実績さらに有効在庫を販売統計システムから生産システムに渡す。検査薬の場合有効期限が短く、在庫として存在しても有効期限の残り月数が基準よりも短くなっていれば販売できないので、これを考慮した販売可能在庫が有効在庫となる。

販売システムから正確な在庫状況を迅速に取り込み、月初にただちに販売予測を行うことを可能にした。生産システムでは、受け取ったこれらの情報を蓄積して過去の実績と対比できるようにしている。

5.4 販売予測サブシステム

月初に、過去6か月間の実出庫実績（出庫実績－返品実績）を移動平均法で計算して、その結果から当月と次月の販売予測値を計算する。有効在庫から計算結果の販売予測値で消化されていった場合、何か月分の在庫があるかをさらに計算する。図7は、この在庫月数の少ない品目から順番に並べて、それを製造する場合の負荷を計算し同時に表している。この内容を参照しながら、打ち切り品・切替え品・在庫計画品の調整を行って最終的に製造優先順位を決定する。

*** 製造優先順位表 ***						
製品名	在庫量	移動平均 計算値	在庫月数	1LOT 製造 数量	時間	時 間 累積値
A	100	90	1.1	50	5	5
B	200	150	1.3	30	2	7
C	30	20	1.5	50	3	10

図7 製造優先順位表

Fig.7 Priority list

5.5 生産計画サブシステム

販売予測サブシステムによって求めた次月の製品販売予測値をもとに、所要量計算を行う。計算結果は、製品と中間製品が製造指図書に、また原材料は注文書として、それぞれ実施計画サブシステムと購買管理サブシステムに渡す。

製造予定に変更が発生しなければ、この機能だけで十分であるが、特注品の発生・疾病の発生状況により、やはり製造変更が発生する。そこで追加製造による他への影響を判断できるようにするため、所要量展開時に展開履歴を採り、使用原材料および中間製品を転用した場合の影響が即座に判るようにしている（図8）。

*** 親品目使用状況表 ***		
子品目	使用親品目	数量
X	P	100
	Q	200
	R	150
P	A	120
	B	50

図8 親品目使用状況表

Fig.8 Where-used list

5.6 実施計画サブシステム

生産計画サブシステムで求められた製造予定から、製品の在庫切れ予測日を起点にして、まず構成品目の展開を行い、共通子品目の共通仕込時期を遡って製造に要する期間を求める。その結果を月始めから詰めてスケジュールを行う（図9）。このとき工場能力に対する実現可能性のチェックを行う。最終的には在庫の状況および段取り替えの手間を考慮し、さらに緊急オーダーを入れながら週間単位の確定を行う。

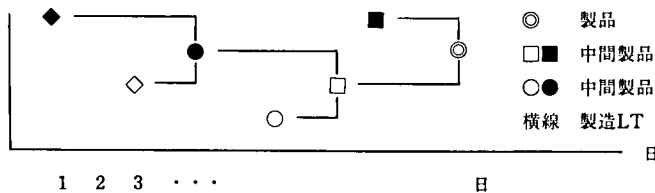


図9 ワークセンタ別月間製造優先順位表

Fig.9 Montly schedule list

緊急オーダーに関しては、これをスケジュールした場合、使用する原材料が在庫に対してどう影響するかを在庫状況検索画面で確認し検討することができるようにした。

確定したオーダーに対し、製造予定の数日前になると段取り指示書を出し、使用原料・容器・包装材の準備を行う。このとき原料については、秤量指示量を秤量システムの親機（パソコン）に伝送し、秤量後結果を親機よりホストシステムに伝送して、直接データベースを更新する。

製造予定日の前日になると、製造指図書を出力する。

5.7 工程管理サブシステム

作業実績を投入することによって工程進捗の把握を可能とし、製造指図ごとの原材料および中間製品の使用実績が予定払出量と異なる場合は、修正量を投入することによって、在庫マスタの最終的な更新を行う。これらの製造実績投入を行うことによって、品質管理サブシステムでの検索を可能とし、また原材料使用実績と作業時間実績を原価計算サブシステムに渡す。

工程進捗が問い合わせ可能となって、営業からの問い合わせに対しても、即答できるようになった。また試験課からの問い合わせは、直接画面を通して行うことを可能にした。

5.8 購買管理サブシステム

生産計画サブシステムで所要量計算が行われた結果、原材料について当期に発注すべきものが求められ、必要な調整を行った後注文書を発行する。分割納入については、画面で指示した日付が注文書に出力されるが、EDP 上は管理しておらず全体量でのみ管理している。

入荷時には注文書に対する消し込みを行っており、未納過納管理を行っている。さらに自社管理 NO. を採番し、同時にメーカーロット NO. を入力することにより、原材料から製品までのロット追跡を可能にしている。

医薬品の原材料には活性値・力価・濃度等の単位で購買が行われていることがあり、在庫単位が重量単位で行われていることから、単位変換時に金額差異が発生しないようにする必要がある。

5.9 原価計算サブシステム

B社の原価計算は標準原価計算制度で行われているが、製造工程が一貫ラインになる場合と中間製品で在庫とする場合があり、この場合の中間製品に対して標準単価を設定することが困難であるため、実際原価を併用する方式を採用している。すなわち合剤後の溶液と製品には標準単価を持ち、製品キット組化前の充填されたボトル等の仕掛品は標準＋実際で評価する方法を採用している。

6. B社のシステム開発

6.1 販売物流システム開発の経緯

B社においても GSP に対応するため、昭和 55 年頃オンライン化・データベース化を図って構築した。構築は COBOL と DMS II を使用している。その後のシステム開発は、すべて第 4 世代言語 LINC で行われているので、他システムとのインタフェースは一般ファイルで行うようにしている。

6.2 生産管理システム開発の経緯

臨床検査薬についても GMP の基準が示され、これを機会にシステムを整備するために EDP 化を図ることと、販売状況に対しガラス越しに見える生産管理システムとして、的を得た制御を可能とすることを目的として、昭和 63 年 7 月より現状分析を開始した。

最初の一年間で、販売予測・生産計画・在庫管理・購買管理の各サブシステムの開発導入を、次の一年間で実施計画・工程管理・品質管理・試験管理の各サブシステム

の開発導入を行った。さらに、最後の一年間で原価計算サブシステムを開発導入した。

6.3 システム開発上の考慮点

導入されたシステムが有効に利用されるか否かは、その仕組みが理解されやすいかどうかによると考える。生産管理システムの入口である販売予測サブシステムでは、予測表の出力にあたり、販売システムから受け取った数字を、単純な計算結果で出力し、販売部門と生産部門との間で行われる会議でも、何の誤解もなく共通の認識で利用されるものにした。

出庫の状況によって、共通部品としての中間製品をまとめて作り込んだり、一貫ラインで一気に製品化したりすることが、製造指図書作成前なら簡単に切替が行えるようにした。

実施計画サブシステムではさらに緊急オーダーが発生したとき、使用原材料の日程別予定在庫を計算して画面に表し、他への影響を確認できるようにした。

7. 生販一体システムの構築について

7.1 業界特性から見たシステム構築の留意点および課題

医薬品製造業のシステム構築時には、以下の点を念頭において設計する必要がある。

- ① 医薬品の販売物流に関しては、薬事法で定められた GSP に準拠しなければならない。これは供給と品質管理に関する基準で、供給された物の品質情報が判るようになっていなければならない。
- ② 一方、医薬品の製造に関しては、GMP に準拠しなければならない。製造された製品の使用原材料・製造記録等の品質情報が、判るようになっていなければならない。
- ③ 医薬品には有効期限があるので、在庫を極力最小化する必要があるが、一方欠品を発生させないようにすることが必要である。
- ④ 原料や先行製剤の中には、購入または製造リードタイムの長いものがある。輸入原料の中には、発注から納入まで約半年を要する物があるし、先行製剤の中には数か月を要する物がある。

7.2 A 社・B 社の事例から見るシステム構築上の留意点および課題

前述した A 社・B 社の例より、システム構築上の留意点および課題を以下に示す。

1) A 社の例より

- ① 受注の受け方が、電話・FAX・メール等多岐にわたり、かつ受付場所が分散している。
- ② 販売予測は製品群で行っている。これは販売側から見ると、個別製品を集約したものになっているが、生産側から見ると、剤の製造予測になっている。
- ③ 販売予測サブシステムは一か月ごとの出庫を予測しているが、生産計画は 15 日単位に行っている。
- ④ 生産計画の中に販売変動をできるだけ吸収する仕組みを設けている。
- ⑤ 実施計画においては、製造着手ぎりぎりまで出庫状況を反映できるようにしている。
- ⑥ 全販売拠点の出庫・返品・在庫状況を、生産部門が日次で把握している。

⑦ 重点品目がいつ品切れを起こすかを予測し生産計画に反映している。

2) B社の例より

- ① 販売実績・返品実績・有効在庫より品切れ予測を行い、製造の優先順位を付けている。
- ② 製品在庫の有効期間管理を行っている。
- ③ 追加製造による原材料、中間製品使用の影響を即座に判るようにしている。
- ④ 製造段取り指示を秤量システムに対して行い、結果はホストシステムにとり込んでいる。
- ⑤ 使用原材料から中間製品、製品までのロット追跡検索を可能にしている。

7.3 医薬品製造業における生販一体システムの要件

業界特性およびA社・B社の例をふまえて、医薬品製造業において、今後システム構築を行う場合の要件をまとめる。

- 1) 投入原材料から納入した製品まで、製造ロットナンバの追跡検索を可能とする……GSP と GMP の基準に準拠して、販売物流に関しては得意先に納入した製品の製品ロットナンバを記録管理し、生産に関しては投入原材料—中間製品—製品の製造ロットナンバの記録管理を行う必要がある。これらのロットナンバの追跡検索を、投入原材料からそれを使用した中間製品さらに製品と画面上で行えるようにすることが要求される。逆に製品からその製品に使用された中間製品、さらに原材料と検索できるようにすることも必要である。

これを可能にすることにより問題発生時に影響範囲を即座に特定することが可能となる。経時試験による品質劣化の発見あるいはクレームの報告から、共通中間製品あるいは共通原材料の特定と、影響する製造品目を特定することを可能とする。また品質管理上、原材料あるいは中間製品の検査結果と、それらを使用した中間製品あるいは製品の品質との関連性分析を迅速に行うことを可能とする。

- 2) 生産計画の見直しサイクルを販売の管理サイクルに同期させるようにする……A社は自社プロパーによる営業活動が主体となっているが、この管理サイクルは一か月となっている。これに対し生産計画のサイクルは半月になっており、このギャップを比率の指示によって埋めている。しかしこの比率は、主観的に判断した結果であるため、後で計画変更が多く発生する要因となっている。

管理サイクルを一致させ、販売と生産の両方の部門から独立した判断組織で計画するようにしないかぎり、曖昧な判断を少なくすることはできない。独立した判断組織ができれば、ここに販売と生産の情報を集中させて、判断情報を加工して提供することにより、中期の計画を立案しやすくすることができる。

- 3) 生産計画の判断をするためのデータは極力早く取り込む……品切れを起こさないためには、販売データを遅滞なく把握できる仕組み作りが必要である。データ発生時点から EDP システムへの取り込む時差をなくし、EDP システムへの入力が行われてから情報を取り出すまでの時差をなくすることが必要になる。

現在ほとんどのメーカーが、卸の最終納入機関への販売実績情報を毎月購入しているが、これをもっと短いサイクルで入手可能となれば、より早く手が打てることになるので、このデータ購入についての投資は検討してみる価値がある。

- 4) 品切れ防止のための生産計画の仕組みを作る……製造リードタイムは、反応・抽出・熟成等で、剤とくに先行製剤の製造は長く、一方でき上がった剤を容器に充填または包装する仕上は1～数日と短い。

そこで、剤および先行製剤についての有効期間を考慮した積極的な在庫計画を行うことが有効であると考え、つまり製品の販売予測データから、所要量展開で、剤または先行製剤の製造予定を求め、さらに剤および先行製剤の有効期間によって前倒しの計画にすることである。これによって販売量の変動が吸収でき、品切れ防止に効果が出る。

- 5) 製造予定変更に対応する……製造予定変更を受け入れることで考慮すべきポイントは、スケジューリングと製造指示の省力化である。スケジュールの変更操作を容易にするには、EWS等のグラフィック表示の利用が有効である。医薬品の製造においては、原料の秤量等の前段取りに時間がかかることと、製造途中に検査が入りここで製造が一時中断してしまうこと、また製造工程の段取り替え時、通常の切り替え調整作業以外に、洗浄および残留検査が必要となる等がある。これらの部分を画面上で色分けして製造以外の要素についての重なり具合も確認できるようにする必要がある。さらに、医薬品の製造には、コンタミネーション(汚染)の問題があり、隣接ラインで同時に製造ができない等を考慮する必要がある。この情報も表示しなければならない。

- 6) 販売予測をより正確に行う……医薬品製造業で現在積極的に取り組んでいることは、自社のみならず他社の販売状況をいかにとらえるかであり、その中で自社が占める割合を把握し、営業施策を検討すると同時に、販売の予測をより正確に積極的に行おうとしている。つまり顧客の状況を良く掴んでいることが、営業的にも販売予測の点でも重要であり、ここに重点を置くことが効果的である。できるだけ顧客に近いところに注目することが、製薬業においても重要である。

8. お わ り に

8.1 今 後 の 課 題

今後生販一体システムを構築する場合、7章で述べた要件と構築技術の面で、他よりも進んだものにしていかなければならない。販売する商品と同じレベルで企業システムも重要なはずであり、より核心をついたシステムにしていかなければならない。そこで、開発のアプローチと構築技術についてそれぞれ考察する。

8.2 営業活動の支援

医薬品製造業における生販一体システムは、現実的にみて7.3節で述べた通り開発すべきであると考え、さらに営業活動の支援システムを構築することも、良い生販一体システムを構築するためのキーポイントであると考え。なぜなら営業支援システムには、顧客についての情報・自社の売上に関する情報・他社の市場における活動状況・自社の在庫情報・自社の製造予定・自社の製造能力・自社製品に関する学術情報等、販売に直結した情報が必要となり、これらが明確になってから販売・生産システムを構築すれば、全体システムが営業活動に貢献できることになる。また営業支援システムが充実することはすなわち正確な販売予測がより可能となることであり、

極力販売生産システムの運用を混乱させないようにできることになる。

8.3 構築技術の向上

営業活動の支援が重要なポイントであると述べたが、これを支えるインフラとしては、POS・ハンディターミナル・ブック型パソコン・無線等のネットワーク・業界VAN等がある。ここで今後注目されてくるのは、無線を利用して、ブック型パソコンとインタフェースしてプロパーが必要な情報を、いつでもどのような場所でも検索入力できるようにすることであると思う。

薬局・薬店でのPOSを利用した受発注を中心としたシステムも、メーカから見れば理想的であるが、メーカ主導では拡大に限界がある。ハンディターミナルは搭載可能なメモリから見て、現実のシステムに組み入れるのには、利用方法において難点がある。業界VANは薬局・薬店側で発展しているが、これもメーカ主導型ではチェーン店の範囲にとどまる。

急進的に進めるには、まず自社の範囲で行うしかない。そこで、必要なデータベースをアクセス可能にしてプロパーの支援を行うには、移動可能なパソコンと、それを支える無線のネットワークということになる。

生産システムでの技術的課題は、生産計画変更に対応するためのスケジューリングをエンジニアリングワークステーションで視覚的に行えるようにし、対応の迅速化を図ること、生産実績を自動的に取り込んで、タイムディレイなく営業部門から見えるようにすること、工場内物流をAGV・自動倉庫等で自動化し、生産予定変更に対する切り替えに関わる時間を最少限にすること等が考えられる。

9. おわりに

いずれにしても生販一体システムは、とにかく販売の第一線からシステム化をすべきで、顧客に近づけば近づくほど効果が高いことを常に念頭においてアプローチすべきであると考える。

それとともに、7章の生販一体システムの構築で述べたように、地道に、変化に対応するシステム作りを行うことによって、業務に親和性のある生販一体システムの構築をことができると確信する。運用がEDPシステムと同期化し、一体感が生まれるようになってこそ良いシステムであると言える。

執筆者紹介 長谷川 正 人 (Masato Hasegawa)

昭和25年生。47年静岡大学工業短期大学部電子工学科卒業。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、製造流通システム本部製造工業システム二部所属。



技術開発部門における CIM 化への対応

Approaches to CIM for an Engineering Development Department

高 橋 伸 一

要 約 近年、製造業界において CIM への取り組みが活発化してきている。これは市場の円熟化に伴う製品開発競争の激化、リードタイム短縮のためのビジネススピードアップが余儀なくされ、会社組織の各機能の連携・同期化が求められる時代に入ったからと言える。しかし、そのほとんどは生産システムの下流工程である製造部門を中心とした活動であり、技術部門においては CAD/CAM システムの導入およびその周辺の EOA（技術部門 OA）システム化による部門内生産性の向上を主目的とした活動の域にとどまっているように思われる。

本稿では技術開発部門に焦点をあて、生産プロセス内での位置付け、およびそこでの活動から生じる情報を整理し、それらの情報が新製品の受注促進、企画～生産準備のリードタイム短縮、スムーズな生産の立ち上げ、と言った CIM への要請に対応していくための技術開発部門の統合化システム（あるべき姿）と、その実現に向けての課題について述べる。

Abstract Today's efforts for CIM installation have been more and more active in manufacturing industries. It can be said that this is because we have got into the age which demands functional linkage and synchronization among different departments within a corporation as a result of stiffer competition in product development caused by market maturity and urged faster business execution for shorter leadtime. Most of such efforts, however, seem to be focused on manufacturing, a lower process of a total production system and to limit the primary objectives of engineering departments simply to higher in-department productivity by means of the installation of CAD/CAM systems or engineering OA systems for applications involved.

With a spotlight placed on an engineering development department, this paper refers to its positioning within a production process, which information comes about out of its activities, and then where an integrated system for such an organization ought to reach, in addition to how to approach its implementation, in response to needs for a CIM system which helps gain more new product orders, a reduced period of time from planning to production readiness and the easier start of production.

1. は じ め に

近年、製造業界において CIM（Computer Integrated Manufacturing）への積極的な取り組みが活発化してきている。製造業を取り巻く環境の変化（外的要因）と技術・製造部門が現在抱えている問題（内的要因）により引き起こされる企業としてのシステム再構築化が、理由の一つであろう。

しかし、そのほとんどは生産システムの下流工程である製造部門を中心とした活動であり、MRP（Material Requirement Planning）/JIT（Just In Time）/DNC（Direct Numerical Control）システム等をベースにその効果を上げつつある。一方、上流工程である技術部門では生産性向上のための CAD/CAM（Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing）システム導入が一般化し、その周辺の EOA（Engineering Office Automation, 技術部門 OA）システムが構築されつつあるが、全社機能と

の連携・同期化によるビジネススピードアップが要請されている今日、それらのシステムが十分にその役割を果たしているとはいいがたい。

本稿では技術開発部門に焦点をあて、技術開発部門の統合化システム(あるべき姿)と、その実現に向けての課題について述べる。

2. CIM 化の中での技術開発部門の位置付け

2.1 技術開発部門の機能

製造業には、技術・生産・販売と呼ばれる各分野に関わる多様な活動がある。CIMとはこの3分野を経営戦略に基きコンピュータ技術を利用して統合することである。

図1に示すようにこの3分野を企業と言う実体に当てはめると、一般的には部門と呼ばれる組織で各分野の業務が遂行される。

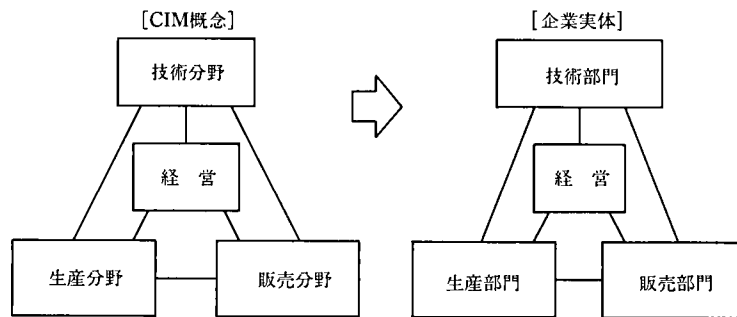


図1 CIM概念と企業実体

Fig.1 Realization of CIM concepts

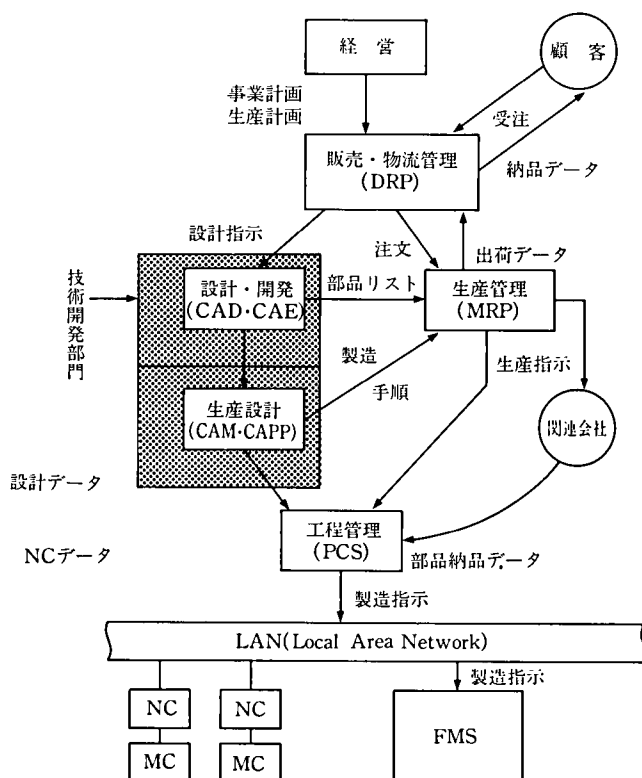
本稿では、技術部門において設計・開発/生産設計を担う技術開発部門に焦点を当てて述べる(図2)。図2に示した技術開発部門の持つべき機能を、その特性から捉えると以下の3点に要約される。

- 1) 経営面……企業収益の源泉となる売れる商品の継続的開発が役割であり、そのため常に新製品開発、製品価値の向上および製品コストの低下を図る。
- 2) 管理面……技術開発部門の活動は自部門内だけでなく、関連するすべての他部門に対しても品質/価格/納期についての責任を持つ。
- 3) 業務面……生産/販売といった他部門は、技術開発部門から生み出される情報が与えられて、はじめてその業務を進めることができる。自部門でもこれらの情報を加工しながら業務を遂行していくため、情報の質とタイミングの正確さを保証する。

2.2 生産プロセスと技術開発プロセス

製造業における生産活動には、図3に示すようなプロセスがある。その中で技術開発部門の代表的なプロセスは以下に示す通りである。

- ・経営戦略から求められる新製品の企画を行うプロセス(経営戦略 → 製品企画)
- ・市場のシーズ/ニーズに基づく新製品の企画を行うプロセス(受注 → 製品企画)
- ・これから作り出す製品/部品の機能/性能/形状を情報として表現し、その情報の



DPR : Distribution Resource Planning
 CAE : Computer Aided Engineering
 PCS : Process Control System
 CAPP : Computer Aided Process Planning
 NC : Numerical Controller
 MC : Machining Center
 FMS : Flexible Manufacturing System

図 2 CIM の機能モデル¹⁾
 Fig.2 Functional model of CIM

詳細化を行うプロセス(製品企画 → 試作設計 → 量産設計)

- ・情報の正統性を検証/確認するプロセス (試作設計 → 試作 → 試験)
- ・製品/部品の作り方を情報として表現し、その情報の詳細化を行うプロセス (量産設計 → 生産準備計画 → 生産設計)
- ・製品/部品の作り方や検査方法の情報を生産部門へ引き渡すプロセス (生産設計 → 生産管理)
- ・製品の品質/コスト/納期の情報を生産部門へ引き渡すプロセス (量産設計 → 生産管理)

，等

これらのプロセスは生産プロセスの上流に位置するものであり、前述した機能を技術開発部門が果たしていくためには、各プロセス間に有機的な結合が必要となる。プロセス間の有機的結合とは、各プロセスで発生する情報を正確かつタイミング良く他のプロセスへ渡したり、受け取ったりすることである。

2.3 企業組織と技術開発部門

次に技術開発部門を企業組織と言う視点から捉えてみる。一般的な製造業の組織は

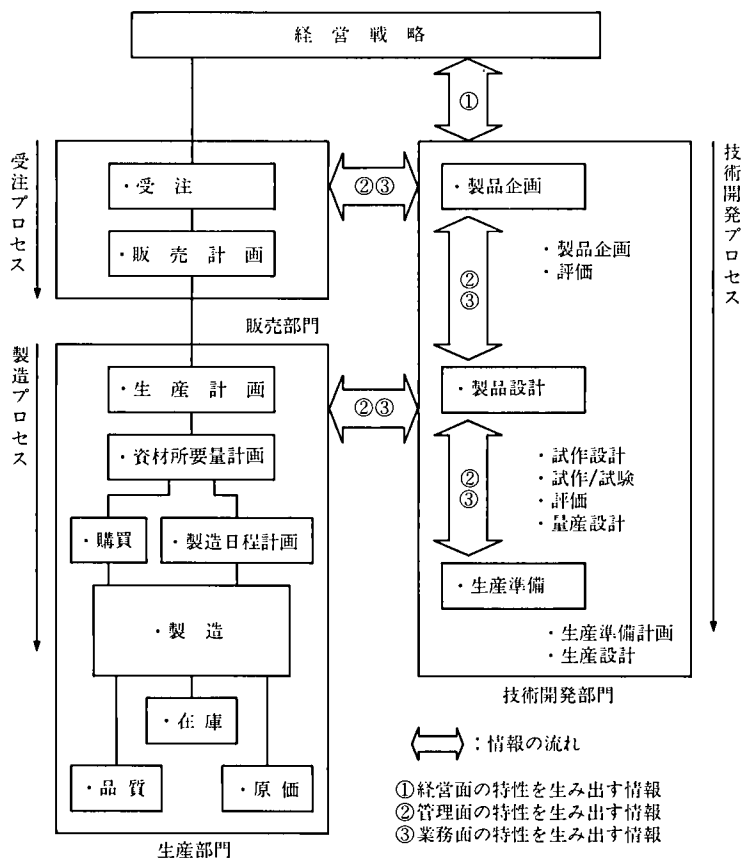


図 3 生産プロセス

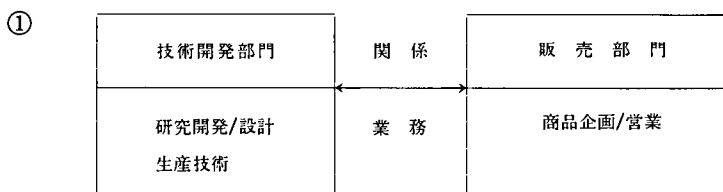
Fig. 3 Process flow of production

図 4 に示すようなものと言える。この図から、技術開発部門はさまざまな組織（部）と多くの関係（図中 ← で示す）を持つことがわかる。

図中に示した関係を定義すると以下のように言い表される。

- ・関係とは：業務のつながりである。
- ・業務とは：組織（単一または複数）で行われる仕事（プロセスの実体）である。
- ・つながりとは：同一の業務を遂行する過程で発生する情報を共有することである。

この定義に基づき技術開発部門を中心とした関係について整理すると以下のようなになる。



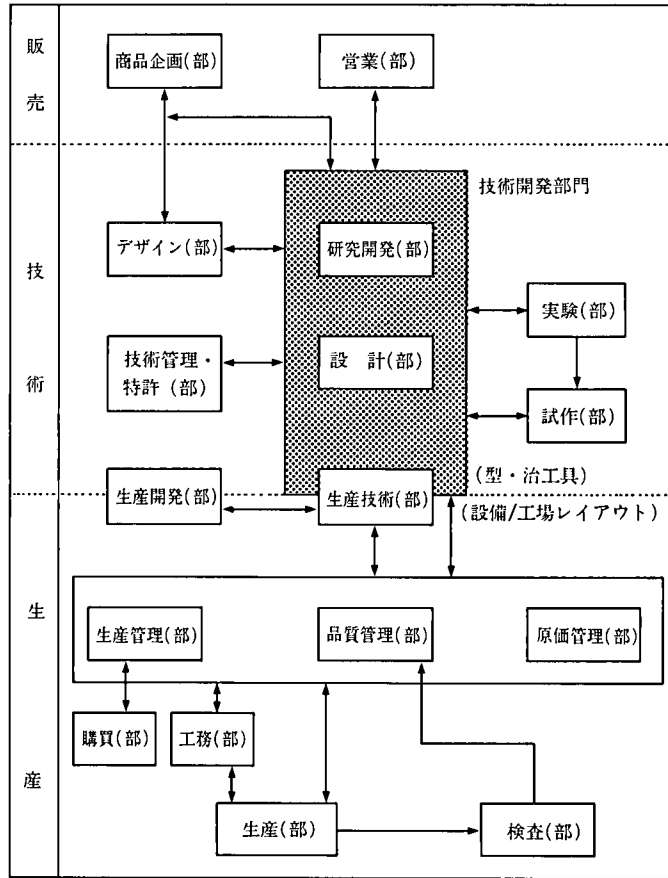
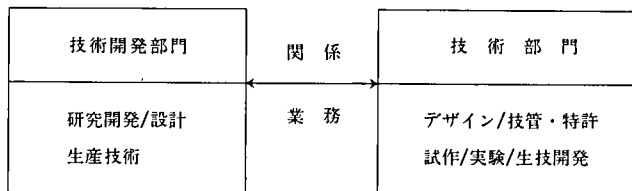


図 4 技術開発部門と他部門の関係

Fig. 4 The relation to the organization

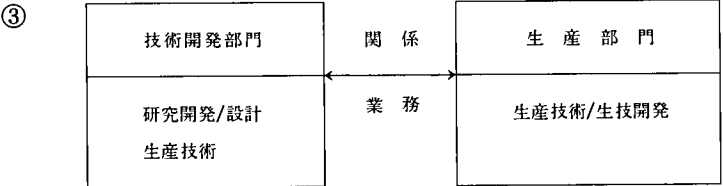
- ・新製品/改良製品の引き合いに対する企業方針の検討と決定支援
- ・製品設計企画時の品質と製造品質(立ち上がり時)の比較・評価
- ・製品化可能技術の調査・プレゼンテーション
- ・市場性/将来性のある有望開発テーマの抽出
- ・製品別総合日程の調整・立案
- ・原価面・技術面での客先設変要求への対応、等

②

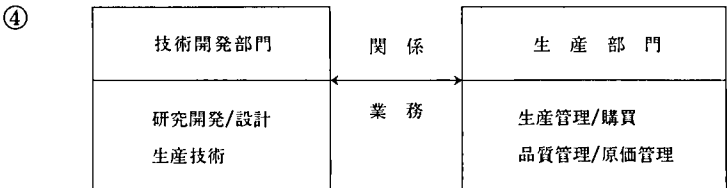


- ・新製品/改良製品の引き合いに対する実現の技術的な検討と決定
- ・製品設計企画時の品質と設計および試作品質の比較・評価
- ・新規分野における基礎技術の開発・蓄積

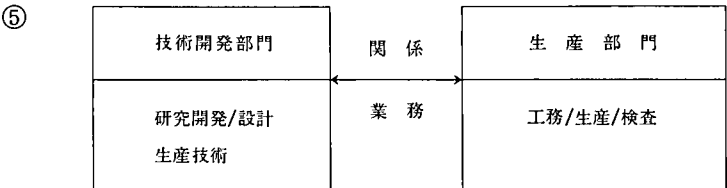
- ・基礎技術の応用による新製品の開発・設計
- ・技術面での標準化への対応
- ・製品別総合日程の管理と出図日程計画への展開
- ・技術面での客先/社内設変要求への対応，等



- ・新製品/改良製品の引き合いに対する製造方法の検討と決定
- ・設計時の品質と製造品質（量産）の比較・評価
- ・最適な製造方法の検討・決定
- ・新規・既存設備を有効利用するための設備開発・設計
- ・製品別総合日程と出図日程計画の管理
- ・試作結果の評価と量産への適用
- ・製造面での客先/社内設変要求への対応，等



- ・新製品/改良製品の引き合いに対する品質・原価・納期の検討と決定
- ・設計時の品質を実現するための方法・手段の検討と決定
- ・製品別総合日程と出図日程計画に基づく生産計画の作成
- ・生産計画画面（資材調達，設変適用時期等）での客先/社内設変要求への対応，等



- ・設計時の品質を実現するための検査方法・手段の指示・実施
- ・製造実績を作りやすい設計のための情報として収集・蓄積（製造ノウハウ），等

2.4 技術開発部門の位置付け

これまでに、機能、プロセス、組織という三つの視点から企業における技術開発部

門の姿を捉えてきた。

このことから CIM における技術開発部門の位置付けを明確にすると、次のようになる。

- 1) 企業収益に貢献できる技術を開発する部門である。
- 2) 製造対象物に対する情報の源泉となる部門である。
- 3) 生み出した情報を正確かつタイミング良く他部門へ受け渡す部門である。
- 4) 品質/価格/納期の面で他部門に対して、大きな影響を与える部門である。

3. 技術開発部門の活動と情報

2章で述べたように技術開発部門は‘製造対象物に対する情報の源泉となる部門’であり、他部門の間にさまざまな関係が存在する。ここでは技術開発部門と他部門との関係を、情報という観点から整理する。情報とは図5に示すように、組織が企業の中で与えられた機能を果たすためにプロセスを遂行していくとき、そこで行われる活動により生み出されるものである。

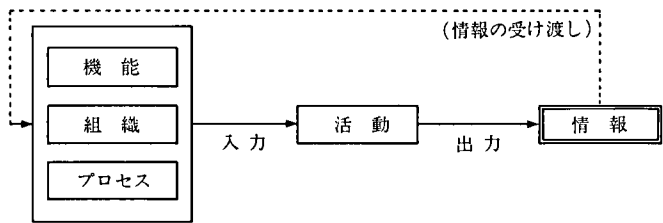


図 5 情報の定義

Fig. 5 The definition of engineering informations

図3に示した技術開発プロセスを例に取り、そこでの活動と入出力情報および情報の入出力先組織(部)を図6のようにまとめた。詳細は付表を参照されたい。

さらに、それらの情報(一般に社内技術情報/管理情報と呼ばれている)を内容で分類すると表1のようになる。とくに◎印を付した情報に関しては、2章で述べたよう

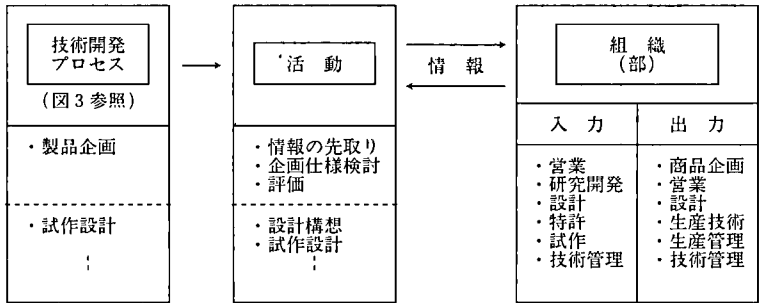


図 6 技術開発部門の活動と情報

Fig. 6 Activities and engineering informations

表 1 技術開発部門の情報
Table 1 Engineering informations

情報の種類	対象とする情報
形状情報	◎製品/型・治工具ごとの計画図、構想図、検討図、部品図、組立図 ◎承認図 ・類似製品/類似治工具図面集 等
標準情報 (規格)	・設計基準、製図基準、検図基準、検査基準 ・標準（製品/部品）見本、材料標準、構造標準 ・標準試験法、標準工程標準加工/組立、標準時間 等
技術情報	◎製品/型・治工具ごとの企画仕様、設計計画書、設計仕様書 ◎試作品、試作/試験結果報告書、試作不具合/検査報告書 ◎技術部品表（試作/量産）、設計変更依頼、量産立ち上がり管理区分 ◎生産準備企画書、作業/工程計画書、NC データ、検査仕様書 ◎設計計算書、原価見積、製造標準/標準工数 ・設計変更履歴、研究・実験報告書、他社製品調査報告書 ・ノウハウ/不具合事例 ・製造方法、設備能力、工程能力 等
品質情報	◎製品/部品ごとの品質情報 ◎試作品品質情報 ◎量産立ち上がり品質情報 ・市場クレーム情報 等
原価情報	◎製品・部品実績原価/見積原価、型・治工具実績原価/見積原価 ・購入品原価 等
納期情報	◎製品別総合日程 ◎出図日程 等

な技術開発部門と他部門との間の業務を円滑に行っていく役目を持つと考えられる。

また、技術開発部門自体の活動を効率化するために、社外情報の収集や基準/規格の制定（技術の標準化）、図面/資料管理等、一般的には設計管理と呼ばれる活動が必要かつ重要であることは言うまでもない。

4. 技術開発部門のシステム化における課題

技術開発部門の活動から生まれてくるさまざまな情報を 2 章で述べた技術開発部門の特性により分けてみると、

- 1) 経営面：受注促進のための情報
- 2) 管理面：生産の立ち上げをスムーズにするための情報
- 3) 業務面：技術開発部門自体の生産性向上のための情報
：生産の立ち上げをスムーズにするための情報

と分けることができる。しかし現状での技術開発部門のシステム化(CAD/CAM システムの導入およびその周辺の EOA システム化)では、3) に対応する情報の一部が対象となっているにすぎないと言える。表 2 に示すようなシステム（技術開発部門内の生産性向上のためのシステム）が、その代表として一般的によく見受けられる

そのため、CIM 化への対応を概念的に描いてみると図 7 のようになり、部門内/部門間での情報の受け渡しを意味する情報通路は細く（蓄積/活用される情報量も少ない）、また部門間での情報通路には不連続点もある（後述の図 8 と参照比較）。

3 章で記述した技術開発部門の活動により生まれたさまざまな情報が、1) 2) 3) の

表 2 現状の技術開発部門のシステム例
Table 2 Example of engineering systems

技術開発部門の生産性向上のための代表的システム	
CAD/CAM システム	• CAD (図面の出力) • CAD (部品構成表の出力) • CAM (NC データ出力), 等
CAE システム	• FEM (構造解析) FEM : Finite Element Method, 等
EOA システム	• 品番管理 • 図面管理 • 部品表管理 • 図面出図日程管理 • 設計工数実績管理 • 類似部品検索 • 技術資料(文献)検索 • 特許情報検索 • 市場クレーム検索 • 設計変更管理, 等

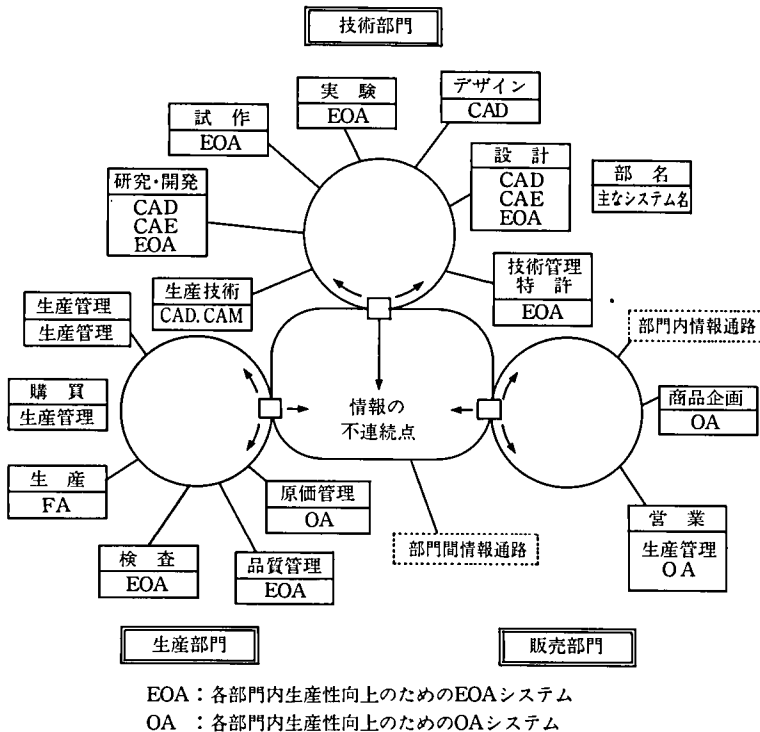


図 7 現状のシステム化概念図

Fig. 7 The conceptual model of an engineering system (till now)

目的を持った情報として自部門/他部門との間で正確かつタイムリに受け渡しされていないことが現状の課題である。

5. CIM 化へ対応するための技術開発部門の統合化システム

CIM への要請として, 新製品の受注促進, 技術開発部門自体の生産性向上, 企画～生産準備のリードタイム短縮, スムーズな生産の立ち上げ, 等がある。これに応えるためには, 技術開発部門で作られる製造対象物についてのすべての情報が統合され, さらに生産・販売といった他部門との間で正確かつタイムリに必要な情報が受け渡しで

きる業務の仕組み作りと、それを支える統合化システムの構築が必要になる。

統合化システムとして、データベースを中心とした次の2システムが大きな柱として考えられる。

- 1) 製品モデル*データベースを中心とした次世代CAD/CAM/CAEシステム
- 2) 統合技術情報データベースを中心として技術者の活動(行為と思考)を支援し、業務を管理するEOAシステム

表1で示した情報を上記のシステムに当てはめると表3のようになる。部門内の情報は技術開発部門の生産性向上のために蓄積/活用され、部門間の情報はリードタイム短縮/スムーズな生産の立ち上げ等を目的として、他部門へ正確かつタイムリに送り出される必要がある。

CIM化への対応を情報の流れおよび量から概念的に描くと図8のようになる。図7と比べてそれぞれの部門(技術、生産、販売)での情報の輪は太く(自部門の生産性向上のための情報が充実していることを示す)、また部門間での情報の輪も太く(部門

表3 統合化システムと対象情報
Table 3 Engineering informations in an integrated system

CIM化に対応して いく統合化システム		対象とする情報
製品モデルデータベースを中心とした次世代CAD/CAM/CAEシステム	部門間	・図面(製品/型・治工具ごとの計画図, 構想図, 検討図, 部品図, 組立図, 承認図) ・モデル(構想モデル, 試作モデル, 製品モデル, 部品モデル, 型・治工具モデル) ・NCデータ 等
	部門内	・図面(製品/型・治工具ごとの計画図, 構想図, 検討図, 部品図, 組立図, 承認図) ・図面(類似製品/型・治工具図面集) ・モデル(構想モデル, 試作モデル, 製品モデル, FEMモデル, 部品モデル, 型・治工具モデル) ・規格・基準類の一部 等
統合技術情報データベースを中心としたEOAシステム	部門間	・製品/型・治工具ごとの企画仕様, 設計計画書, 設計仕様書 ・試作品, 試作/試験結果報告書, 試作不具合/検査報告 ・技術部品表(試作/量産), 設計変更依頼 ・量産立ち上がり管理区分, 作業/工程計画表 ・設計計算書, 原価見積, 検査仕様書 ・製品/部品ごとの品質情報, 市場クレーム情報 ・試作品品質情報, 量産立ち上がり品質情報 ・製品/部品実績原価/見積原価/購入品原価 ・製品別総合日程, 出図日程 ・生産準備企画書, 製造標準, 標準工数 等
	部門内	・各種規格/基準類(設計基準, 標準工程, 標準時間等) ・設計変更履歴, 研究・実験報告書, 他社製品調査報告書 ・ノウハウ/不具合事例 ・製造方法, 設備能力, 工程能力 以下, 部門間に及ぶ情報と同じ

* 製品モデル: 設計や生産の対象である製品/部品の形状情報だけでなく, 製品/部品の持つ機能や属性といった非形状情報をも体系的にシステム内に表現したモデルを製品モデル(Product Model)という。

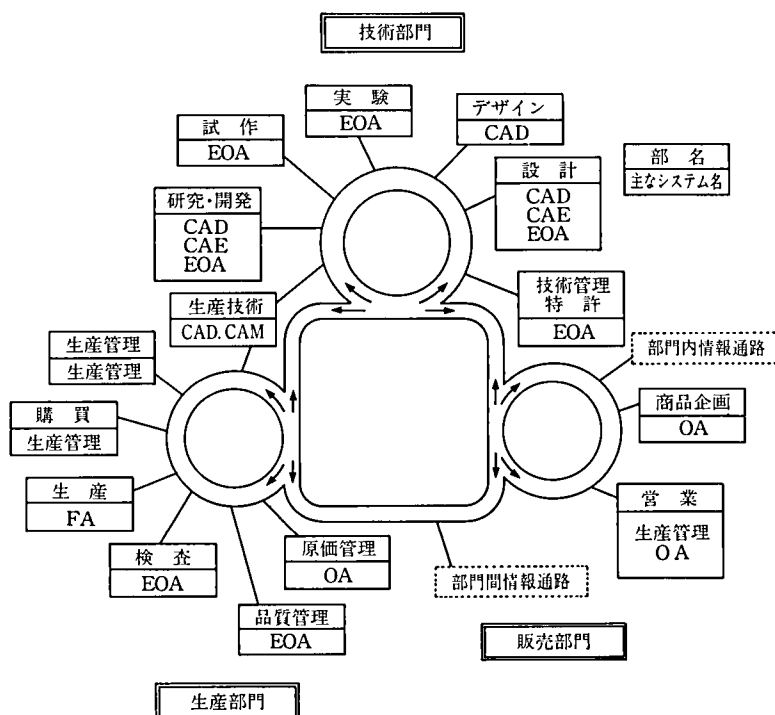


図 8 CIM 化対応のシステム化概念図

Fig. 8 The conceptual model of an engineering system (from now)

間で必要な技術が正確にかつタイムリに受け渡しされていることを示す) なり、情報通路の不連続点はなくなっている。

生産プロセスを取り巻く 1) 2) のデータベースおよびシステムのイメージを図 9 に示す。表 3 に示したそれぞれの情報が次世代 CAD/CAM/CAE システムと EOA システムの 2 本柱によって、製品プロダクトデータベースや統合技術情報データベースに正確に、かつタイムリに蓄積されるようになる。こうなると、部門内/部門間での情報の活用が十分行われるようになり、技術開発部門の CIM 化への対応が果たされていく。

6. 統合化システムの実現に向けて

これまでに、CIM 化へ対応するために技術開発部門はどうあるべきかについて述べてきた。すなわち、さまざまな情報を統合化し、活用できる仕組みを実現することが最も重要なテーマなのである。

それでは次に、このような統合化システムを構築するに際して何をなすべきかについて技術開発部門側とシステム構築を支援する側に関して述べることにする。

- 1) 技術開発部門側……システム構築のためには、企業トップの強力な支援のもと、技術開発部門を中心として下記に示すような活動が行われる必要がある。

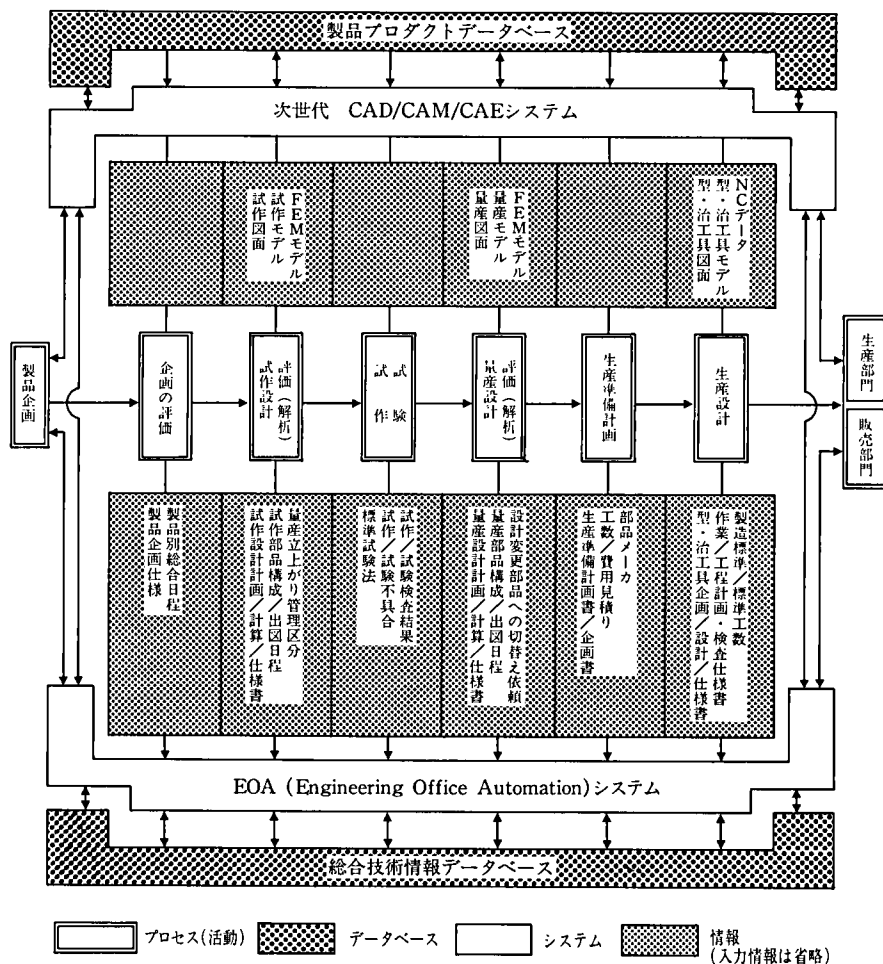


図 9 技術開発部門の統合化システム・イメージ

Fig. 9 The information model of an integrated engineering system

- ① 他部門との関係を見直し、関係に必要な情報の質とタイミングを整理する。
- ② 技術管理部の協力を得て、情報の蓄積と活用が十分行われる仕組み作りを行う。
- ③ 情報システム部の協力を得て、システム化計画の立案やシステム構築の支援を行う。

等、技術開発部門の役割は非常に大きいのである。

2) システム構築支援側……図 10 に示すように、経営方針に基づいたバランスのとれた A・B の知識、技術を持つことが重要であり、下記に示すような点を忘れてはならない。

- ① 業務知識(A)の知識に基づき、対象とする世界に存在する“もの”を正しく認識すること。
- ② 常に好奇心や問題意識を持ちながら日頃の業務に望むこと。

等、このような姿勢こそがシステム構築を推進する大きな力なのである。

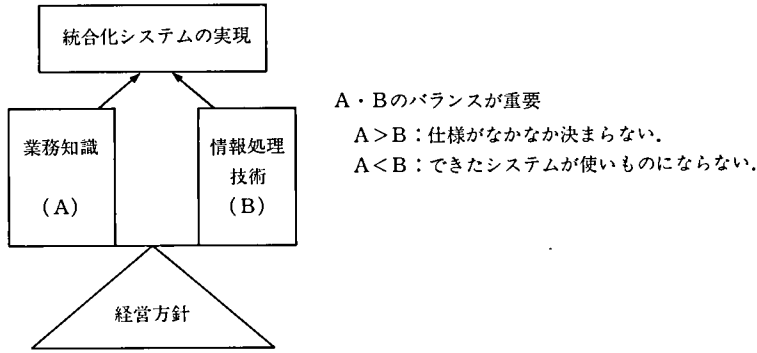


図 10 統合化システム実現のための知識と技術のバランス

Fig. 10 The balance of knowledge and technology in an integrated system

統合化システムというゴールに向かい、上記のような推進力を持って邁進することが、技術開発部門の CIM 化に向けての使命といえることができる。

7. おわりに

生産部門での CIM 化対応が進むなか、経営者層の関心は技術部門の CIM 化対応に移ってきている。今回は図 3 に示した生産プロセスを例にとり技術開発部門に焦点を当て CIM 化へ対応していくための一つの考え方を示した。

本文では触れなかったがシステム化を実現するにあたり、技術開発部門の CIM 化対応への指標を、各社の管理項目/管理目標により定め、CIM 化に対する貢献度を長い目で見えていくことも重要な項目の一つである。

製造業が今後、成長/発展していく方法として CIM の構築は非常に重要な課題となってきた。CIM 化を検討/提案するにあたり、本稿の内容がその一つのコンセプトになれば幸いである。

最後に技術開発部門のこれからのシステム化に関してさまざまな課題を示唆して下さったユーザの方々に、この場を借りて感謝の意を表する。

付表 技術開発部門の活動と情報
App.Table Activities and engineering informations

プロセス	活 動	情 報	入力先部門	出力先部門
製品企画	●情報の先取り	●客先新製品動向（市場） 等	●客先 ●営業	●商品企画
	●企画仕様検討	●客先の図面/仕様 ●社内保有新技術 ●社内/社外技術文献 ●特許 ●試作結果 ●他社製品/カタログ ●共通部品/類似部品 ・図面 ・実績原価 ・試作/製造/市場品質 等	●営業 ●研究開発 ●設計 ●特許 ●試作 ●社外 ●設計 ●原価管理 ●品質管理	—
		●製品企画仕様 等	—	●商品企画 営業/客先 設計 技術管理
	●評価	●製品企画仕様 ●製品別総合日程 等	●設計 ●商品企画	●商品企画 営業/客先 設計 生産技術 生産管理 工務 技術管理
試作設計	●設計構想 （構想図作成）	●製品企画仕様 ●客先の図面/仕様/デザイン ●製品別総合日程 等	●設計 ●営業 ●商品企画	—
		●構想図 等	—	●設計 営業/客先
試作設計	●設計計画 設計変更計画 （計画図作成）	●構想図 ●特許 ●客先の図面/仕様/デザイン ●客先/社内設計変更依頼 ●類似製品/部品 ・図面/設計計算書 ・実績原価/原価見積 ・試作/製造/市場品質 ・ノウハウ/不具合事例 ・試作/試験結果 等	●設計 ●特許 ●営業 ●営業 ●試作 ●生産技術 ●設計 ●原価管理 ●品質管理 ●設計 ●試作/実験	—
		●製品設計計画書 ●計画図 ●製品の部品構成 ●量産立ち上がり管理区分 等	—	●生産技術 生産管理 品質管理 原価管理 工務 検査

プロセス	活 動	情 報	入力先部門	出力先部門
試作設計	●設計検討 (検討図作成)	●製品設計計画書 ●客先の図面/仕様/デザイン ●設計基準/標準見本 ●構造標準 ●類似製品/部品 ・図面/設計計算書 ・実績原価/原価見積 ・試作/製造/市場品質 ・試作/試験結果 ・ノウハウ/不具合事例 ●製品の部品構成 等	●設計 ●営業 ●設計 ●設計 ●設計 ●原価管理 ●品質管理 ●試作/実験 ●設計 ●設計	—
		●検討図 ●設計計算書 ●出図日程 等	—	●設計 ●設計 ●設計 試作 生産管理 営業 技術管理
	●部品図 ●部品構成表 作成/出図	●計画図/検討図 ●客先の図面/仕様/デザイン ●設計/製図基準 ●材料標準 ●出図日程 ●類似製品/部品 ・図面 ・実績原価/原価見積 ・試作/製造/市場品質 ・ノウハウ/不具合事例 ・製造方法/工程能力 ・部品構成 ●標準見本 等	●設計 ●営業 ●設計 ●設計 ●設計 ●設計 ●原価管理 ●品質管理 ●設計 ●生産技術 ●設計 ●設計	—
		●部品図（試作図面） ●試作部品構成表 ●設計仕様書（設計業務書） ●試作指示 等	—	●設計 試作 ●設計 試作 技術管理 ●設計 試作 ●試作
	●組立図 ●承認図 作成/出図	●計画図/検討図/部品図 ●試作部品構成表 ●設計仕様書（設計業務書） ●客先の図面/仕様/モデル ●出図日程 ●構造標準/製図標準 ●試作指示 等	●設計 ●設計 ●設計 ●営業 ●設計 ●設計 ●設計	—

プロセス	活 動	情 報	入力先部門	出力先部門
試作設計	●組立図 ●承認図 作成/出図	●組立図/部分組立図 ●設計仕様書（設計業務書） ●試作部品構成表 ●試作指示 ●承認図 等	—	●設計 試作 ●設計 試作 ●設計 試作 技術管理 ●試作 ●客先
試作/試験	●試作 打ち合せ	●製品設計計画書 ●部品図/組立図 ●試作部品構成表 ●設計仕様書（設計業務書） ●製品別総合日程 等	●設計 ●設計 ●設計 ●設計 ●商品企画	●試作 ●試作 ●試作 ●試作 ●試作
	（試作） ●試作品 検査	●試作品 ●製品設計計画書 ●部品図/組立図 ●検査基準 ●客先の図面/仕様/モデル 等	●試作 ●設計 ●設計 ●営業	—
		●試作不具合	—	●設計 品質管理 生産技術 工務 検査 ●設計
	●試験 打ち合せ	●試作品 ●部品図/組立図 ●設計仕様書（設計業務書） ●設計計算書 ●標準試験法 ●製品別総合日程 等	●試作 ●設計 ●設計 ●設計 ●設計 ●商品企画	●実験(試験) ●実験(試験) ●実験(試験) ●実験(試験) ●実験(試験) ●実験(試験)
	（試験） ●試験評価	●試作/試作検査結果 ●試作試験結果 ●試作品 ●製品設計計画書 ●部品図/組立図 ●設計仕様書（設計業務書） ●客先の図面/仕様/モデル 等	●設計 ●実験/試験 ●試作 ●設計 ●設計 ●設計 ●営業	—
		●試験不具合 ●試験結果/評価 ●設計変更 等	—	●設計 品質管理 生産技術 工務 検査 ●設計

プロセス	活 動	情 報	入力先部門	出力先部門
量産設計	●量産仕様検討 設計変更検討	●客先の図面/仕様/モデル ●製品企画仕様 ●製品設計計画書 ●製品別総合日程 ●試作品 ●試作図面 ・構想図/検討図 ・部品図/組立図 ●試作部品構成表 ●試作/試作検査/試験結果 ●試作/試験不具合 ●客先/社内設計変更依頼 ●類似製品/部品 ・図面/設計計算書 ・実績原価/原価見積 ・試作/製造/市場品質 ・試作/試験結果 ・ノウハウ/不具合事例 ・部品構成 等	●営業 ●設計 ●設計 ●商品企画 ●試作 ●設計 ●設計 ●試作/実験 ●営業 生産技術 ●設計 ●原価管理 ●品質管理 ●試作/実験 ●設計 ●生産管理	—
		●製品設計計画書 ●出図日程 等	—	●設計 生産技術 生産管理 工務 検査 技術管理
	●部品図 部品構成表 作成/出図	●客先の図面/仕様/モデル ●製品企画仕様 ●製品設計計画書 ●製品別総合日程 ●出図日程 ●試作品 ●試作図面 ・構想図/検討図 ・部品図/組立図 ●試作部品構成表 ●類似製品/部品 ・図面/設計計算書 ・実績原価/原価見積 ・試作/製造/市場品質 ・試作/試験結果 ・ノウハウ/不具合事例 ・部品構成 ●製図/検図標準 等	●営業 ●設計 ●設計 ●商品企画 ●設計 ●試作 ●設計 ●設計 ●設計 ●原価管理 ●品質管理 ●試作/実験 ●設計 ●生産管理 ●設計	—
		●部品図（量産図面） ●量産部品構成表 ●設計仕様書（設計業務書） ●設計変更部品への切替依頼 等	—	●設計 生産技術 生産管理 品質管理 原価管理 工務 検査 技術管理

プロセス	活 動	情 報	入力先部門	出力先部門
量産設計	●組立図 承認図 作成/出図	●客先の図面/仕様/モデル ●部品図（量産図面） ●量産部品構成表 ●設計仕様書（設計業務書） ●製品別総合日程 ●出図日程 ●製図/検図標準 等	●営業 ●設計 ●設計 ●設計 ●商品企画 ●設計 ●設計	—
		●組立図/部分組立図 ●設計仕様書（設計業務書） ●量産部品構成表 ●承認図 等	—	●設計 - 生産技術 - 生産管理 - 品質管理 - 原価管理 - 工務 - 検査 - 営業 - 技術管理
	●評価	●客先の図面/仕様/モデル ●製品企画仕様 ●製品設計計画書 ●製品別総合日程 ●部品図/組立図/承認図 ●設計仕様書（設計業務書） ●量産部品構成表 ●試作/試験結果 ●ノウハウ/不具合事例 等	●営業 ●設計 ●設計 ●商品企画 ●設計 ●設計 ●設計 ●試作/実験 ●設計	—
		●製品企画仕様 ●製品設計計画書 ●製品別総合日程 ●部品図/組立図 ●設計仕様書（設計業務書） ●量産部品構成表 ●承認図 等	—	●設計 - 生産技術 - 生産管理 - 品質管理 - 原価管理 - 工務 - 検査 - 技術管理 - 営業
生産準備 計画	●生産準備 計画	●客先の図面/仕様/モデル/受注量 ●製品企画仕様 ●製品設計計画書 ●製品別総合日程 ●部品図/組立図 ●設計仕様書（設計業務書） ●試作/試験結果 ●類似製品/部品 ・図面/設計計画書 ・実績原価/原価見積 ・試作/製造/市場品質 ・試作/試験結果 ・ノウハウ/不具合事例 ・型・治工具図 ・工程表、製造方法 ●工程/設備能力 等	●営業 ●設計 ●設計 ●商品企画 ●設計 ●設計 ●試作/実験 ●設計 ●原価管理 ●設計 ●試作/実験 ●生産技術 ●生産技術	—

プロセス	活 動	情 報	入力先部門	出力先部門
生産準備計画	●生産準備計画	●生産準備計画書/企画書 ●生産準備工数/費用見積り ●部品メーカー（内製/外製） 等	—	●生産技術 - 生産管理 - 品質管理 - 原価管理 - 工務 - 検査 - 技術管理 - 営業
生産設計	●工程設計	●生産準備計画書/企画書 ●生産準備工数/費用見積り ●部品メーカー ●製品企画仕様 ●部品図/組立図 ●設計仕様書（設計業務書） ●試作/試験結果 ●類似製品/部品 ・図面/設計計画書 ・実績原価/原価見積り ・試作/製造/市場品質 ・試作/試験結果 ・ノウハウ/不具合事例 ・型・治工具図 ・工程表、製造方法 ●工程/設備能力 等	●生産技術 ●設計 ●試作/実験 ●設計 ●試作/実験 ●生産技術 ●生産技術	—
		●作業/工程計画書 ●製造標準/標準工数 ●検査仕様書 等	—	●生産技術 - 生産管理 - 品質管理 - 工務 - 検査 - 技術管理
	●型・治工具設計/評価	●生産準備計画書/企画書 ●生産準備工数/費用見積り ●製品企画仕様 ●部品図/組立図 ●設計仕様書（設計業務書） ●試作/試験結果 ●作業/工程計画書 ●製造標準/標準工数 ●検査仕様書 ●類似製品/部品 ・図面/設計仕様書 ・実績評価/原価見積り ・試作/製造/市場品質 ・試作/試験結果 ・ノウハウ/不具合事例 ・型・治工具図 ・工程表、製造方法 ●工程/設備能力 等	●生産技術 ●設計 ●生産技術 ●設計 ●試作/実験 ●生産技術 ●生産技術	—

プロセス	活 動	情 報	入力先部門	出力先部門
生産設計	●型・治工具 設計/評価	●型・治工具ごとの企画仕様, 設計計画書, 設計仕様書 ●型・治工具ごとの計画図, 構想図, 検討図, 部品図, 組立図 ●NC データ ●型・治工具の目標原価 ●型・治工具不具合 ●ノウハウ 等	—	●生産技術 生産管理 原価管理 工務 購買 設計 技術管理

参考文献 [1] 野本雄一, 「製造業を取りまく環境と NUL の CIM コンセプト」, ユニシス技報 No. 19 (特集 CIM), 1988.

執筆者紹介 高 橋 伸 一 (Shin-ichi Takahashi)

昭和 24 年生, 昭和 46 年東京理科大学経営工学科卒業,
同年日本ユニシス(株)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. 現在, 中部支社 CAD/CAM
システム部第二課に所属.



サーフェスモデラとソリッドモデラの統合

The Integration of Surface Modellers and Solid Modellers

谷 本 茂 樹

要 約 サーフェスモデラとソリッドモデラは、それぞれ独立に発展してきた。多くの研究者が、この2種類の形状モデラの統合の必要性を指摘し、統合を実現するモデラを提案している。統合に関する研究は次の二つに分類できる。①ソリッドモデラが自由形状を表現できる、②複合曲面と立体が統一的に表現され、同等に演算の対象となる。本稿では、統合の必要性和、統合を実現する上での技術課題を整理する。さらに、曲面と立体のいくつかの統一的な表現方法を紹介し、比較検討する。

本稿は、一般のCADシステム開発者に形状モデラの統合という技術動向を解説し、その技術動向に対する筆者の見解を述べることを目的とする。

Abstract Surface modellers and solid modellers have been developed independently of each other. Many researchers people have pointed out the necessity of integrating those two different types of geometric modellers and proposed modellers with which to make the integration possible. Studies of the integration are classified into two categories which pursue ① the solid modeller's capability to represent free forms, and ② the practical representation of surfaces and solids in a unified data structure and the treatment in a unified manner.

Besides referring to why the integration is necessary and what technical problems are involved in its implementation, this article presents and compares several unified ways to represent surfaces and solids.

This paper is intended to bring CAD systems developers in general up to date on current moves in the field of the integration of geometric modellers, along with the author's views on the trends.

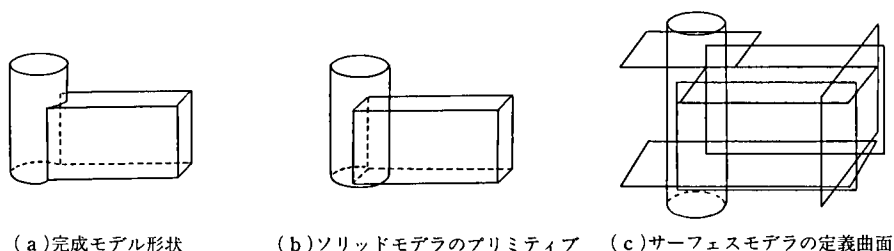
1. は じ め に

サーフェスモデラは、解析曲面（平面、円柱面、円錐面等）や自由曲面を、個々の曲面単位で扱う形状モデラである。必ずしも曲面の全領域が対象物の表現に使われるわけではない。対象物を表現するのに必要な曲面の部分を閉曲線列で区切り、トリム曲面と呼ばれる面分を作る方法がよく採られる。さらに、複合曲面と呼ばれる隣接関係を持つトリム曲面群を扱うサーフェスモデラも存在する。

一方、ソリッドモデラは、隣接関係を持つフェイス（面）、エッジ（辺）、頂点の集合により、立体の表面形状を表現する形状モデラである。（なお、本稿で対象とするソリッドモデラの形状内部表現は境界表現（B-rep）に限定する。また、ボリューム（空間）との隣接関係は考慮しない。）

サーフェスモデラでは、操作者はフェイスごとに曲面を定義しトリミングする。ソリッドモデラを使うと、立体プリミティブを直接定義し、集合演算のようにフェイス群を一括処理することができる。そのため、ソリッドモデラはサーフェスモデラよりモデリング効率がよい^[7]。さらに、ソリッドモデラによるモデリング手順は、設計者が機械部品の形状を決める過程に比較的近い。たとえば、図1(a)に示す形状は、ソリ

ッドモデラでは図1(b)のように円柱と角柱を定義し、和集合をとることにより得られる。それに対し、サーフェスモデラで同一の形状を作るためには、図1(c)のように、モデル形状を七つの曲面に分解し、それぞれの曲面の交線を計算し、その交線を用いて曲面ごとにトリミングする必要がある。



(a)完成モデル形状

(b)ソリッドモデラのプリミティブ

(c)サーフェスモデラの定義曲面

図1 サーフェスモデラとソリッドモデラの形状定義方法の比較

Fig.1 The comparison between the modelling procedure in a surface modeller and a solid modeller

その反面、現状のソリッドモデラは、サーフェスモデラより自由形状処理能力が低い。(ベース曲面*が自由曲面であるフェイスを含む形状を、本稿では自由形状と呼ぶ。)たとえば、フィレット処理には限界があり^[7]、鋳鍛造部品に現れるような複雑な自由形状を効率よく安定的に扱うことはできない^{[9][35]}。そのため、ソリッドモデラは、精密形状をモデリングする必要がある製造分野には普及していない^[46]と考える。また、サーフェスモデラも、意匠設計、自動車の車体設計や切削経路計算に使われているが、操作性が低いため利用分野に限界がある。

サーフェスモデラとソリッドモデラは、それぞれ曲面を扱う形状モデラ、立体を扱う形状モデラとして独立に発展してきた。数年前から多くの研究者が、この2種の形状モデラの統合の必要性を指摘し、統合を実現する形状モデラを提案している。サーフェスモデラとソリッドモデラを統合することにより、それぞれの弱点を補う新しい形状モデラを生み出すことができる。

形状モデラの統合の研究において、統合という言葉は二つの意味に使われている。

- 1) ソリッドモデラが自由形状を表現する。
- 2) 複合曲面と立体が統一的に表現され、同等に演算の対象となる(位相表現の統合)。

1) は形状モデラの図形処理技術の研究において使われ、2) は形状モデラの位相処理技術の研究において使われている。1) については2章で、2) については3章で述べる。

なお、形状モデラにおける、サーフェスモデラとソリッドモデラという分類は便宜的なものであり、明確な境界はない。形状モデラのこのような分類自体が問題であるとも指摘されている^[4]。たとえば、複合曲面を扱うサーフェスモデラは、トリム曲面を貼り合わせて立体を作ることでもでき、複数のトリム曲面に渡るフィレットを掛ける機能を持つこともできる。複合曲面を扱うサーフェスモデラは、ソリッドモデラに近いサーフェスモデラである。このようなモデラの出現自体が、

* フェイスを包含するトリミングされていない曲面

形状モデラの統合の必要性を示していると思う。

本稿では、統合の意味の違いにより、次のようにサーフェスモデラとソリッドモデラを区別する。

- ① 自由形状の表現：サーフェスモデラは個々のフェイスを独立に扱い、ソリッドモデラは連結するフェイス群を一括して扱う。ソリッドモデラと、複合曲面を扱わないサーフェスモデラとの統合を対象とする。
- ② 位相表現の統合：サーフェスモデラは開いたフェイス（群）を扱い、ソリッドモデラは立体の内外の区別をもつ閉じたフェイス群を扱う。ソリッドモデラと、複合曲面を扱うサーフェスモデラとの統合を対象とする。

ワイヤフレームモデラは本稿の対象としないが、ソリッドモデラ、サーフェスモデラとともに、一つの形状モデラに統合されるべきである。

2. 自由形状を表現するソリッドモデラ

本章では、ソリッドモデラが自由形状を表現することの必要性を述べ、自由形状を表現するための問題点を整理し、その原因を分析する。ソリッドモデラの図形処理能力が弱いのは、現状の図形処理技術の能力が弱いだけでなく、位相を扱う図形処理の持つ根本的な問題のためでもある。自由曲面を扱う図形処理の持つ不可避的な問題点の原因を分析し、さらにソリッドモデラ固有の図形処理問題も明らかにする。

2.1 自由形状を表現するソリッドモデラの必要性

自由曲面を扱う図形処理は、解析曲面を扱う図形処理に比べ、安定性・精度・処理速度の点で劣る。そのため、従来のソリッドモデラはフェイスのベース曲面に解析曲面を使うことが多い^[12]。ベース曲面に自由形状を使うソリッドモデラも存在する^[41]。しかし、自由曲面を扱うソリッドモデラの多くは集合演算やフィレット掛け等、形状モデリングの基本機能が安定性・効率・精度の点で脆弱である。

従来のソリッドモデラの実務適用は、配置検討や解析用のモデリング等、自由形状を扱う必要性の少ない分野に限られていた。しかし、自由形状は広い業務範囲で使われている。たとえば、操作者の意図に沿う柔軟な形状や、フィレット面、抜き勾配面の形状は自由形状である。意匠設計や金型形状定義等への利用分野を拡大するために、ソリッドモデラは自由形状を表現する必要がある^[35]。

2.2 自由形状を表現するソリッドモデラの問題点

現状のソリッドモデラがサーフェスモデラより自由曲面の処理能力に劣るのは、扱う対象が非立体であるか立体であるかの違いではなく、一つの曲面を対象にする処理と、複数の曲面を対象に一括して自動的に行う処理という、処理単位の違いによるものである。たとえば自由形状の複合曲面同士の交線計算と、自由形状の立体間の交線計算とは同一の図形処理上の問題を持つ。

現状のソリッドモデラの自由形状処理能力が低いことを示す例をあげる。

- ・現状のソリッドモデラのフィレット掛け機能には限界がある。ソリッドモデラでモデリングした立体に、複雑なフィレットを掛ける場合には、立体の形状データを隣接関係のない曲面群に分解して、サーフェスモデラでフィレットを掛けることもある^[7]。(複合曲面を扱わないサーフェスモデラでは、操作者が二つ

の曲面の間にフィレットを掛け、2曲面間のフィレット曲面を繋いで複数フェイスにわたるフィレット曲面を作る。さらにフィレット曲面をトリミングし、周りのフェイスを再トリミングする必要もある。) 現状のソリッドモデラのフィレット掛け機能に限界があるのは、ソリッドモデラが立体のみを扱い、(フィレットという)曲面を扱うことができないため^[9]であるとともに、自由形状処理能力が低いためでもある。

- ・自由形状の立体間の集合演算を実現しているソリッドモデラは少ない。このようなソリッドモデラでも自由形状を直接処理すると、安定性や効率等、図形処理上の問題がある。そのため自由曲面を多面体に近似する等の回避方法を採用、集合演算を行うものが多い^[13]。

本節では、ソリッドモデラが自由曲面を形状の中に含む時の問題点を次のように分け、それぞれの問題点の原因を分析する。

- 1) 自由曲面を対象とする図形処理の問題点
- 2) ソリッドモデラにおける図形処理の問題点

2.2.1 自由曲面を対象とする図形処理の問題点とその原因

一般に、自由曲面を対象とする図形処理は、次の問題を持つ。

- ・計算の時間を多く要する。
- ・解の精度が悪い。
- ・安定的に解を求めることができない。

これらの問題の原因を、自由曲面全体の表現方法と、自由曲面を構成するパッチの表現方法とに分けて分析する。なお、本稿では Coons 曲面や Bezier 曲面等、パラメトリック表現される四辺形パッチの格子状連結体として表現される自由曲面を対象に議論を進める。しかし、他の表現方法による自由曲面についても同様の議論ができる。

自由曲面を対象とする図形処理の問題は、以下の原因による。

〈自由曲面全体の表現方法について〉

- 1) 自由曲面は空間を分割しない。

解析曲面は空間を分割し、空間中の任意の点はどちらの半空間に属するか判定できる。一方、自由曲面は有限の面積を持つ通常は開いた曲面であり、空間を分割しない。解析曲面の空間を分割するという性質は有用である。たとえば、自由曲線と平面の交点計算では、自由曲線上の点が平面の作る半空間のどちらの側に位置するかを調べ、交点を半空間の境界点として高精度で確実に求めることができる。自由曲線と自由曲面の交点計算はこの方法を採用することができない。

- 2) 自由曲面は格子状のパッチ群により構成され、パッチごとに異なる関数で表現される。そのため、
 - ・解析曲面と比較して、自由曲面を表現するためにはデータ量を多く必要とする。
 - ・計算対象となるパッチをパッチ群の中から適切に効率よく選ぶ必要がある。
 - ・一つのパッチの形状から曲面全体の形状等、大域的な形状の変化を知ることができない。

〈パッチの表現方法について〉

- 3) 図形処理の解法に、収束計算や近似的解法を用いる。

各パッチは、独立な二つのパラメタから座標値を計算する式として定義される。逆に、座標値からパラメタを求めようとすると、(解析曲面では直接計算できるが) 計算対象パッチを選び、そのパッチに対して収束計算等の方法によりパラメタを求めることになる。収束計算は、適切な初期値を与えないと正しい解が得られないこともある。このように、自由曲面を扱う図形処理は、収束計算や曲面を多面体に近似する等の解法をしばしば用いる。

4) 演算結果を近似表現する。

パッチ間の交線を正確に表現するには、高次の関数表現が必要になる^[35]。たとえば、双3次関数で表現されるパッチ間の交線は、324次の多項式関数で表現される。高次式のまま扱うのは実用的でないため、実際の図形処理では交線を低次の多項式関数で近似する。近似交線と両パッチとの距離が許容誤差以内になるように、必要なら交線を複数セグメント区間に分割する。得られる交線は、真の交線に対し許容範囲内の誤差を持つ。(ただし、交線上のすべての点と曲面との距離を調べるのは現実的でない。実際は、交線上の代表点と曲面の距離を調べるだけである。したがって、交線上の任意の点と曲面との距離が許容誤差範囲内であるという保証はない。)

また、平面・円錐面・球面等はオフセットしても、平面・円錐面・球面という同じ表現式で正確に表現できる。しかし、自由曲面をオフセットすると一般に同じ表現式では正確に表現できない。

5) 図形処理上、特異な形状を考慮する必要がある。

自由曲面は、パッチ構成点の縮退、U方向ベクトルV方向ベクトルの一致、曲面の自己交差等の形状を表現できる。そのため自由曲面を扱う図形処理は、面法線ベクトルがゼロベクトルになる等のさまざまな特異な形状を考慮する必要がある。

2.2.2 ソリッドモデラにおける図形処理の問題点とその原因

ソリッドモデラが自由曲面を扱うと、形状表現能力は豊かになるが、安定性・処理効率・解の精度が悪くなる。前節の自由曲面を扱う図形処理の問題は、サーフェスモデラとソリッドモデラに共通する。しかし次の理由のために、ソリッドモデラではサーフェスモデラ以上にこの問題は深刻である。

- 1) ソリッドモデラは、集合演算のように多くのフェイスの間の図形処理を操作者の介入なく自動的に行う。このとき、多くの繰り返される図形処理のただ1回の計算で解が正しく得られなくても演算全体が失敗する。そのため、ソリッドモデラではサーフェスモデラ以上に図形処理に頑健さが必要である。また、一度に多くのフェイス間の交線を求めても、会話型処理に耐えられるだけの高速性が図形処理に要求される。
- 2) ソリッドモデラは、フェイスの形状表現にトリム曲面の表現方法を使うことが多い。トリム曲面の幾何表現には次の問題がある(図2)。
 - ・トリム境界曲線とベース曲面は許容誤差の範囲内で離れる^[14]。
 - ・トリム境界曲線の繋ぎ目(頂点部分)では、トリム境界の曲線端点同士が許容誤差の範囲内で離れる。

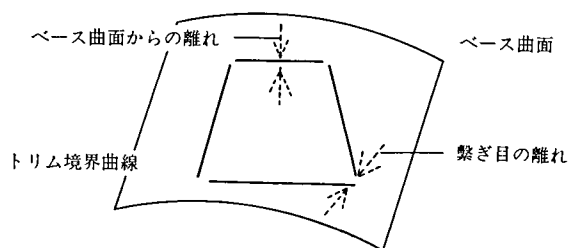


図 2 トリム曲面の持つ誤差

Fig.2 Tolerance in a trimmed surface

ベース曲面が自由曲面であると、この2種類の誤差に自由曲面の図形処理の誤差が加わる。さまざまな目的に使われる許容誤差が混在するため、許容誤差の関係が複雑になる。

トリム境界曲線を、曲面パラメタの関数として表現する方法^[25]もある。この方法を採用すると、トリム境界曲線とベース曲面の離れの問題を回避することができる。しかし、同時に次のような別の問題を引き起こすことになる。

- ・3次元空間内のトリム境界曲線をパラメトリック平面内で定義すると、近似誤差を持つ。
 - ・隣接する二つのトリムの境界線が、それぞれのトリムのベース曲面のパラメトリック平面の式で表現されるため、トリムの境界線が3次元空間では一致しない^[14]。
- 3) ソリッドモデラでは、形状要素が隣接関係により拘束される。そのため図形処理の結果、操作者の望む解が得られない場合に操作者は回避方法を探りにくい。

自由曲面間の交線計算は多くの計算時間を要し、しかも任意の曲面の組み合わせに対して、(とくに2曲面が接する場合には)確実に解を求めることは困難である^[33]。サーフェスモデラでは、交線が得られない場合、個々の交線ごとにトレランスの値を変える^[22]、パッチを分割する、一方の曲面を微量移動する、交線に相当する曲線を交線計算以外の方法で近似的に作る等の回避方法を採用することができる。

ソリッドモデラの集合演算では、干渉する全フェイス間の交線を確実に求める必要があるにもかかわらず、フェイスの幾何形状は隣接するフェイスの幾何形状により拘束されるため、サーフェスモデラのような回避方法を採用ことは困難である。

2.3 自由形状を表現するソリッドモデラ

前述のように、自由曲面を対象とする図形処理は、自由曲面の表現方法や図形処理の解法に関する問題を持つ。また、計算機が表現できる点の集合は離散的であり、計算機による数値計算には誤差が付随する。自由曲面の交線計算のように、解が許容範囲内の誤差を持つこともある。そのため、精度・安定性の問題を完全に解決するのは不可能であると考えられる。自由曲面を対象とする図形処理や、集合演算を中心とするソリッドモデラにおける図形処理の研究はさかんに行われている。しかし、これらの図形処理の研究は、解法の安定性や高速化のための改善であり、現状の問題を根本的に

は解決できない。図形処理ソフトウェアの優劣は、アルゴリズムにももちろん関係するが特殊ケースの細かな考慮や、プログラミング上の小さな工夫の積み重ねにより決まると筆者は考える。なお、自由曲面を形状に含むソリッドモデラの中には、実際の業務での使用に十分耐えられると報告されているモデラもある^[9]。

3. 位相表現の統合

本章では、複合曲面と立体という位相をもつ図形を、統一的に表現し、同等に演算の対象とする形状モデラの必要性をまとめ、統合を実現するための技術課題を議論し、統合を実現しているモデルの表現方法を解説する。

3.1 位相表現の統合の必要性

複合曲面と立体を統一的に表現し、統一的に演算することの必要性は、以下のよう
に少しずつ異なる観点から報告されている。

1) 統一的に表現すること

- ① 複数の形状モデラで位相表現を共通化（標準化）したい。たとえば、
 - ・異なる形状モデラ間のデータ交換のために、統一的な表現形式を作りたい。
 - ・曲面と立体のデータ構造を共通化することにより、サーフェスモデラとソリッドモデラ間のデータ変換を不要にしたい^{[15][20]}。
 - ・複数の形状モデラを統一的なデータ構造で表現することにより、形状モデラ間のアプリケーション・プログラムの移植を容易にしたい^{[15][38]}。
 - ・サーフェスモデラとソリッドモデラで、共通に利用できる位相処理のライブラリを作りたい^[21]。
- ② 一つの形状モデラで複合曲面と立体の両方を表現したい。
 - ・立体を作る場合でも、モデリング途中で立体以外の図形を中間体として作ることがある^[19]。たとえば、

設計の過程では、設計の対象となる部分の形状のみが確定し、他の部分の形状は曖昧なままのことがある^[4]。

部品形状を設計する過程で、立体のモデリングと断面内の線のモデリングが混在することがある。

- ・一つの形状モデラにサーフェスモデラとソリッドモデラを含め、サーフェスモデラとソリッドモデラの機能を混用したい^[4]。

2) 統一的に演算できること

- ① エッジに頂点を付加する、フェイスにエッジ例を付加する等の演算は、複合曲面と立体に共通する位相演算であり、ユーザ・インタフェースにおいても、内部処理においても統一的に扱いたい。
- ② 複合曲面を個々のフェイス単位ではなく、フェイス群として一括操作したい。たとえば、図3のように交差する二つの複合曲面の交線を境界として、それぞれの複合曲面をトリミングし、結合したい^{[8][9]}。
- ③ 曲面と立体の間の演算を実行したい。たとえば、
 - ・図4のように、金型の製品形状と見切り面を交線で互いに切取り、結合したい^[9]。このような場合、設計者が立体と曲面との区別を意識せずモデリングす

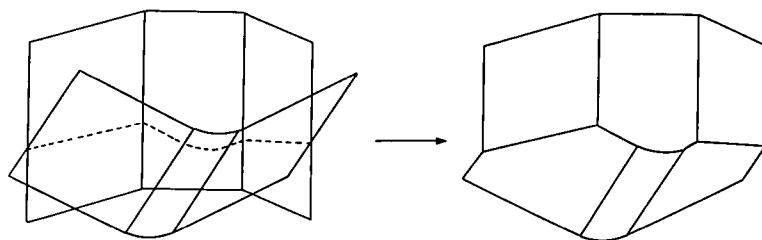


図 3 複合曲面間の分割結合演算

Fig. 3 An example of a divide-and-join operation between two composite surfaces

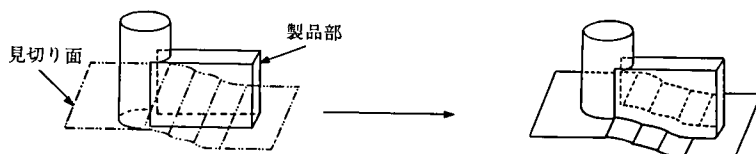


図 4 立体と複合曲面の分割結合演算

Fig. 4 An example of a divide-and-join operation between a solid and a composite surface

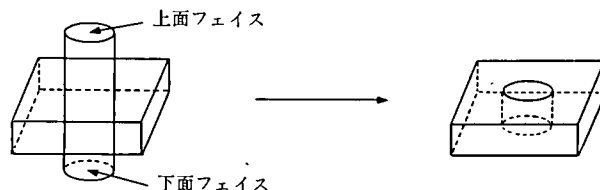


図 5 角柱に穴をあけるのに、円柱の上面と下面のフェイスは不要

Fig. 5 The top face and the bottom face of the cylinder are not necessary to make a hole through the block

ることもある。

- ・ 立体を曲面で切り、複数の立体に分割したい^[27]。
- ・ 図5のように角柱に穴を開ける場合、円柱の上面と下面のフェイスは、演算後の形状に影響を与えない。集合演算を行うためだけに、円筒の曲面を立体化する操作はしたくない^[35]。
- ・ 自動車のホイールをソリッドモデラで、フェンダをサーフェスモデラで作ри、ホイールとフェンダの、取り付け後の振動による干渉を調べたい^[36]。
- ④ 複合曲面と立体の間の変換を行いたい。たとえば、
 - ・ 立体の一部を切り取り、複合曲面として扱いたい^[20]。
 - ・ 曲面を貼合わせて立体を作りたい^[27]。

3.2 位相表現の観点からの統合の技術的課題

複合曲面と立体の位相を統一的に表現し、統一的に演算対象とするためには、次の技術的課題を解決する必要がある。この節では、これらの課題について論じる。

- 1) 複合曲面と立体を統一的に表現するモデルを定義する。
- 2) 複合曲面と立体の区別なく作用する基本位相演算子を定義する。

3) 複合曲面と立体の間の演算（コマンド）の機能仕様を考案する。

1) 2) の課題は、モデリング空間を規定するためのものである。3) の課題は、モデリング空間に構築される形状モデラの応用機能に関する課題であり、実用システムの仕様を検討する上で重要である。

3.2.1 位相表現を統合するモデル

筆者の考えるモデリング空間の概念を述べる（図6）。形状モデラは、実世界の対象物を模倣し、理想化して、モデリング空間に図形として表現する。モデリング空間は、図形の表現方法の枠組みであるモデルと、図形の状態を変更する基本演算子により規定される。またモデリング空間には、概念モデルと計算機モデルの二つの表現レベルがある。概念モデルはモデリング空間の理論的表現形式であり、計算機モデルは概念モデルを計算機システムで実現するためのデータ構造である。概念モデルと計算機モデルとは対応している。たとえば、ソリッドモデラの場合、概念モデルは2次元多様体であり、計算機モデルにはウイングドエッジ構造等がある。そして、概念モデルの2胞体*が、計算機モデルではウイングドエッジ構造のフェイスに対応するように、概念モデルと計算機モデルの位相要素に対応関係がある。位相表現の統合のためには、複合曲面と立体を統一的に表現する概念モデルと、その概念モデルを計算機システムとして実現するための計算機モデルを考案する必要がある。

なお、概念モデルは数学の概念を使用して理論付けされることもあるので、数学モデルとも呼ばれる^{[2][32]}。しかし概念モデルの数学的説明は、必ずしも数学的に厳密ではない。たとえば、内部ループを持つフェイスは、数学的には2胞体でないにもかかわらず、2胞体として扱われることがある。また、後述する非多様体という概念は位相数学にはない。

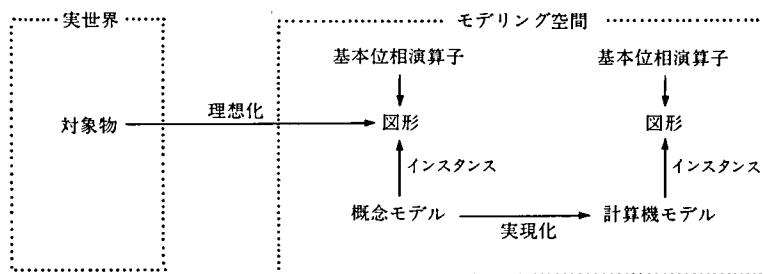


図6 モデリング空間の概念

Fig.6 The concept of modelling space

3.2.2 基本位相演算子

基本位相演算子にも、概念モデルの基本位相演算子と計算機モデルの基本位相演算子とがある。たとえば、概念モデルで1胞体を細分する演算子は、計算機モデルでは、ウイングドエッジ構造に対し、頂点を付加しエッジを分割する演算子に対応する（図7）。対応関係にある概念モデルの基本位相演算子と計算機モデルの基本位相演算子は、同一の位相的意味を持つ。

* 位相要素を意味する数学用語。0(次元)胞体は頂点に、1(次元)胞体はエッジに、2(次元)胞体は(内部ループを持たない)フェイスに相当する。

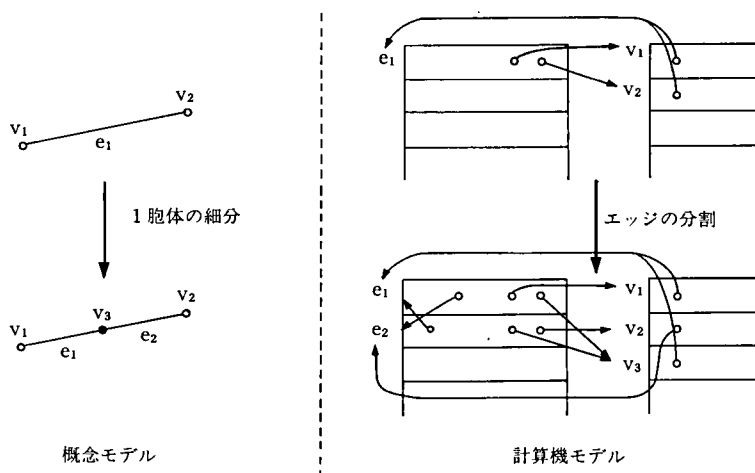


図 7 基本位相演算子の例

Fig. 7 An example of a basic topological operation

ソリッドモデラの計算機モデルの基本位相演算子として、オイラ演算子^{[23][24][32]}が広く使われている。個々のオイラ演算子には、対応する逆演算子のオイラ演算子が存在し、位相変更の取り消し処理が、オイラ演算子の逆演算を実行することにより可能になる。

Baumgart は、球と同相な多面体を概念モデル、ウイングドエッジ構造を計算機モデルとし、オイラ演算子を基本位相演算子とするモデリング空間を考えた^[23]。このオイラ演算子は、概念モデルと計算機モデルの対応がついている。その後、多くの研究者が概念モデルと計算機モデルとの対応を十分に検討しないままに、表現力を高めるために計算機モデルを改良した。改良後のオイラ演算子では、どのような位相不変量を保つのか等の数学的意味や、図形的意味が曖昧である^[2]。

3.2.3 曲面立体間演算コマンドの機能仕様

概念モデル、計算機モデル、およびそれぞれの基本位相演算子により、モデリング空間は規定される。しかし、形状モデラの仕様を決めるためには、これだけでは十分でない。曲面と立体を表現できる形状モデラには、単一曲面と立体の間^[41]や、複合曲面と立体の間の演算（コマンド）の機能仕様を規定することが重要である。さらに、曲面と立体の間の演算が、概念モデルにおいてどのような理論的意味を持ち、どのようなアルゴリズムで実現できるかを検討する必要がある。

複合曲面と立体の間の演算の例を示す。

- 1) 立体と複合曲面の集合演算^[28]……立体や複合曲面を3次元空間中の点の集合であるとする、立体と複合曲面の集合演算は、その点集合の和集合・差集合・積集合の論理演算であると考えることができる（図8）。しかし、境界表現のソリッドモデラの場合、形状要素間の隣接関係を表現するモデルである。概念モデルの位相空間と集合演算の定義される点集合の空間とは、空間の種類が異なる。そのため、境界表現のソリッドモデラにおける集合演算の理論的意味付

** オイラ式(立体を構成するフェイス数、エッジ数、頂点数等の位相要素の間に成立する等式)が成立するという条件のもとに、位相要素数を変更するために必要十分な位相演算子群。

けが曖昧であると筆者は考える。(なお、境界表現における形状要素を、点集合の見地から説明する研究も行われている^[27]。)

- 2) 立体と複合曲面の分割結合演算^[10]……分割結合演算とは、交差する立体と複合曲面をその交線を境界として分割し、必要な分割片同士を選択し結合する演算である(図9)。図3や図4に示す形状の変形は、集合演算の1回の実行では不可能であるが、分割結合演算では可能である。なお、立体間の分割結合演算は集合演算と同一の機能を持つ。

複合曲面を対象とする分割結合演算には次の数問題がある。図10(a)のように、交線が複合曲面や立体の途中で止まる場合にはシェルを分割できない。また、

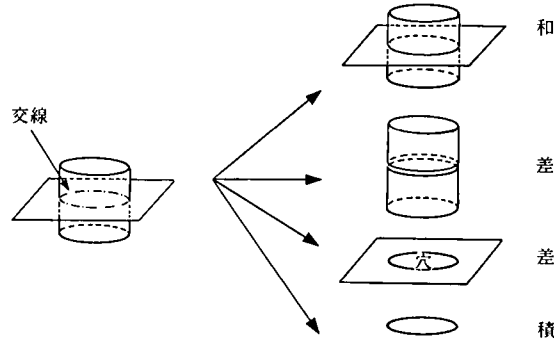


図8 曲面立体間集合演算

Fig. 8 A set operation between a surface and a solid

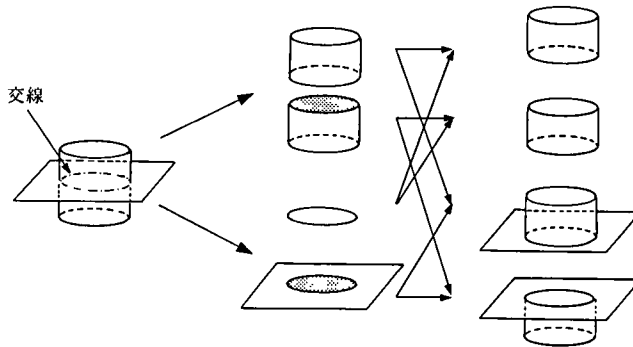


図9 曲面立体間分割結合演算

Fig. 9 A divide-and-join operation between a surface and a solid

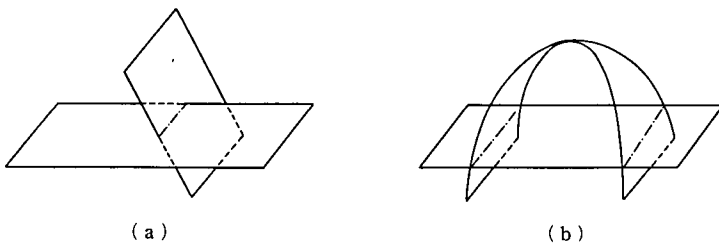


図10 分割結合演算の問題点

Fig. 10 The problems of a divide-and-join operation

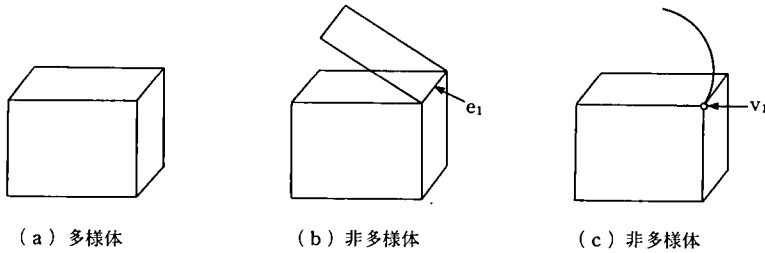


図 11 多様体と非多様体

Fig. 11 A manifold object and two non-manifold objects

図 10(b)のようにメビウスの帯状になり、結合後のシェルの向き付けが不能になることもある。これらの場合の演算の機能仕様を決める必要がある。

3.3 統合化モデラ

まず、多様体と非多様体について直観的に説明する。図 11 の形状がゴムで作られているとする。(a) の形状は変形することにより、表面のすべての点の近傍が(半)平面状になる。しかし、(b) はエッジ e_1 の周りでどのようにゴムを押しても伸ばしても平面状にならない。(c) も頂点 v_1 の周りでは平面状にならない。(a) のように表面のすべての点の近傍が平面状になる形状を(2次元)多様体という。(b)(c) のように近傍が平面状にならない表面の点を持つ形状は、多様体でないという意味で非多様体と呼ばれる。非多様体を表現するモデルでは、(b) のように一つのエッジを三つ以上のフェイスが共有する形状や、(c) のように頂点の回りにエッジとフェイスが巡回的に並ばない形状も表現できる。

複合曲面と立体を同一の概念と同一のデータ構造で表現する(すなわち、3.2 節の 1) の条件を満たす) 形状モデラを統合化モデラと名付ける。概念モデルの表現領域の違いにより、統合化モデルを多様体の範囲内で曲面と立体を表現する多様体モデル(manifold model)と、非多様体まで表現する非多様体モデル(non-manifold model)とに分類する。この節では、多様体モデルと非多様体モデルという 2 種類の概念モデルに対応する計算機モデルの表現方法について述べる。多様体モデルのデータ構造は Wilson により提案されている表現方法を中心に、また非多様体モデルのデータ構造は Weiler により提案されている表現方法を中心に解説する。

3.3.1 多様体モデルのデータ構造

連結するフェイス、エッジ、頂点の集合であるモデル表面全体をシェルという。立体を閉シェル(closed shell)、複合曲面を開シェル(open shell)という。閉シェルのすべてのエッジは二つのフェイスに隣接する。開シェルでも、シェル内部のエッジは二つのフェイスに隣接するが、外周のエッジは一つのフェイスのみに隣接する。開シェルと閉シェルを同一のデータ構造で表現しようとすると、開シェル外周部分の隣接関係の表現方法が問題となる。

Wilson は、図 12 のように開シェルの外側にダミーフェイス(dummy face)という幾何実体のない仮想のフェイスを補うことにより、開シェルと閉シェルのすべてのエッジが二つのフェイスに隣接する表現方法を提案した^[45]。

Wilson の表現方法を用いれば、図 13 に示すように、二つの複合曲面を結合することや、逆に一つの複合曲面を二つに分離することができる。したがって、図 14 のように立体である箱の蓋を取り除くことにより、凹状の複合曲面を作ることができる。逆に、凹状の複合曲面と蓋の曲面を結合することにより、箱の立体を作ることにもできる。図 14 の凹状の複合曲面と箱の立体は、蓋のフェイスの幾何実体の有無が異なるだけで、位相は同一である。なお、立体を表現する閉シェルは、向き付けられている（表裏の区別がある）ので、複合曲面と立体を同等に扱うためには、開シェルも向き付けられる必要がある。

また Wilson は、この表現方法を用いると立体と同様に複合曲面にもオイラ式が成立し、立体のオイラ演算子をそのまま基本演算子として使えると報告している^[45]。

Wilson の計算機モデルは、ダミーフェイスという概念を導入するだけで、従来のソリッドモデラの形状表現方法や位相演算技術等のソフトウェア資産をそのまま利用できる。また、このモデルは次のように立体と複合曲面の従来の表現方法を互いに近付

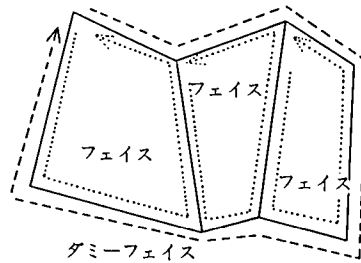


図 12 ダミーフェイスによる開シェルの表現方法

Fig. 12 The Representation method of an open shell with a dummy face

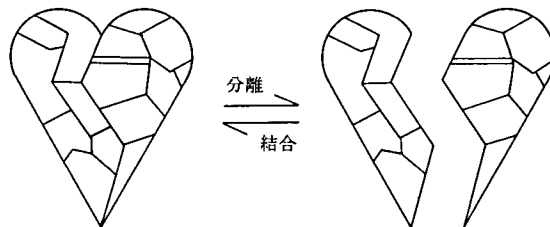


図 13 複合曲面の結合と分離

Fig. 13 A join operation and a divide operation of composite surfaces

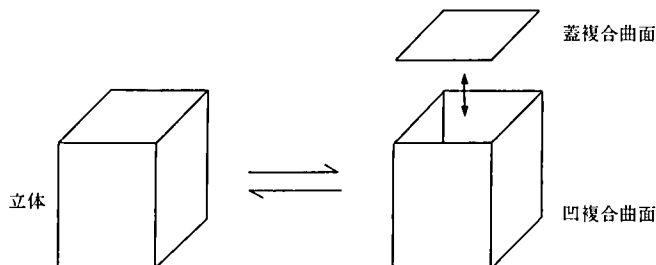


図 14 立体と複合曲面の相互変換

Fig. 14 A mutual conversion of a composite surface and a solid

けあうことにより、位相表現の統合を実現していると考ええる。

- ① 立体から空間の概念を排除し表現形状のみを扱うことにより、立体と複合曲面をともにシェルとして扱うことができる。立体をモデリングする時に、操作者が空間を意識するのは、集合演算の和差積の指示をするとき程度であり、それ以外は立体の表面形状のみを意識していると考ええる。
- ② 複合曲面に表裏の向き付けをし、外周にダミーフェイスを補うことにより、複合曲面を立体と同一のデータ構造で表現する。

なお Wilson 以前に、Baumgart は多角形や開シェルを多様体のデータ構造で表現できると示唆している^[23]。Baumgart は、これらの図形を立体多面体を作る途中の状態であるとみなした。多角形は 2 フェイスからなる多面体であり、開シェルはこの多角形のアレーであるとしている。Wilson の表現方法は、Baumgart の表現方法を発展整理させたものである。

ダミーフェイスを用いて、曲面と立体を同一のデータ構造で表現している形状モデラを二つあげる。

- ① 文献^{[9]~[11]}の鋳鍛造金型用形状モデラでは、Wilson と同一の計算機モデルを Wilson とは独立に導いている。このモデラは、鋳鍛造の素形材と金型のモデリングの実務に適用され効果をあげている。また、このモデラは基本位相演算子を持ち、分割結合演算等の Wilson の言及していない曲面立体間の演算を実現している。
- ② 佐藤は、曲面をダミーフェイスを持つ立体とみなし、曲面の片側に実体があると仮定している^[39]。このように考えると、曲面と立体を同等に扱うことができる。たとえば、分割結合演算と同一の機能を曲面の集合演算として実現している。ただ、曲面の表裏を操作者が意識する必要があるという問題を持つ。

多様体の範囲内で統合を実現する他の計算機モデルには、立体を縮退させ薄板立体を作る方法^[40]、ウイングドエッジ構造とスプリットエッジ構造を合成するハイブリッドエッジ構造^[29]等がある。

3.3.2 非多様体モデルのデータ構造

実世界に存在する物体の表面形状は多様体であり、実世界の対象物を理想化して表現する概念モデルも、ソリッドモデルではフェイス、エッジ、頂点の多様体の連結体である。

1980 年代の中頃までは、多様体同士の集合演算の結果が非多様体になる場合がある(3.3.3 項参照)ことが知られ、オイラ演算子を非多様体にも拡張できることが推測されていたものの、非多様体についてあまり研究が行われていない。とくに、非多様体のモデリング方法については知られていない^[43]。Weiler は、多様体の制約のないフェイス、エッジ、頂点の連結体を概念モデルとする非多様体モデルを考え、その計算機モデルとしてラジアルエッジ構造 (Radial edge structure)^{[43][44]}を提案した。なお非多様体モデルは、非多様体だけを表現する(多様体を表現しない)モデルではなく、多様体と非多様体の両方を表現するモデルである。

ソリッドモデラで広く使われているウイングドエッジ構造は、

- ① エッジは二つのループと二つの頂点に接続する。

② 頂点の回りのエッジの巡回路は唯一である。

という制約^[24]を持つ。ウイングドエッジ構造は、多様体を表現するためのデータ構造であり、非多様体を表現できない。ラジアルエッジ構造は、シェルの表側の隣接関係と裏側の隣接関係を独立に表現することにより、非多様体を表現する。

ラジアルエッジ構造の表現方法を簡単に説明する。

図 15 (a) のように、フェイスの位相情報を、フェイスの表側と裏側に分離する。この分離された位相要素はフェイスユーズと呼ばれ、表と裏のフェイスユーズはメイト (mate) という隣接関係で結ばれる。フェイスの境界が、エッジと頂点の交互の繰り返しにより構成されるのと同様に、フェイスユーズの境界は、エッジユーズと頂点ユーズの交互の繰り返しにより構成される。同じエッジに属するエッジユーズ同士、

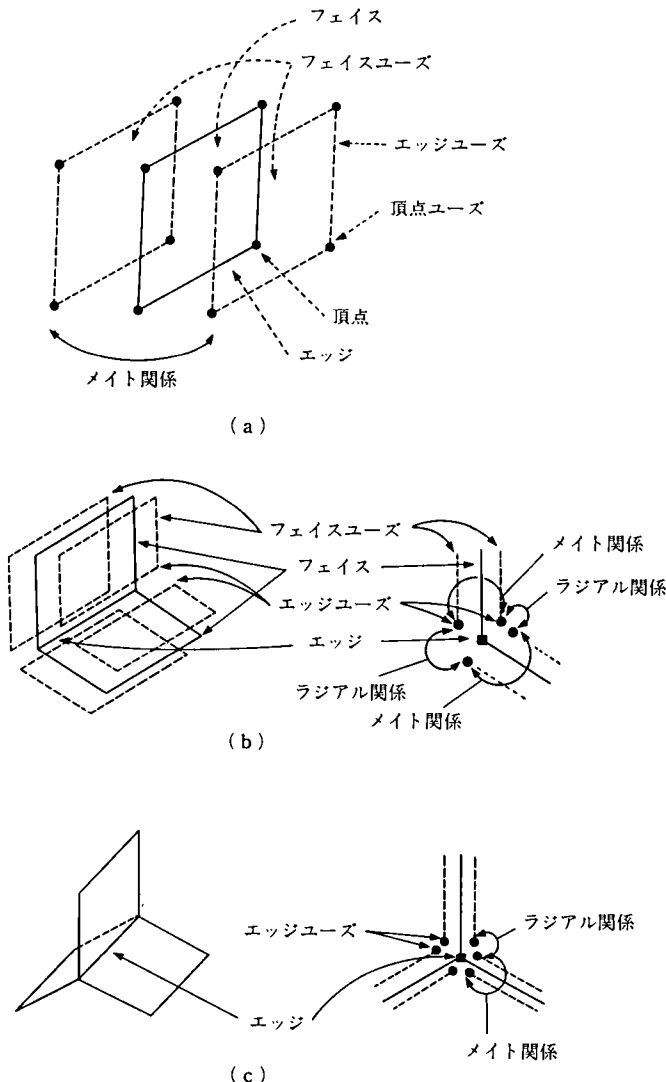


図 15 ラジアルエッジ構造

Fig. 15 The radial edge structure

同じ頂点に属する頂点ユーズ同士も、メイト関係で結ばれる。

図 15 (b) に、二つのフェイスの連結部のエッジの表現方法を示す。フェイスは、それぞれ二つのフェイスユーズを持つため、二つのフェイスの連結部のエッジは四つのエッジユーズを持つ。四つのエッジユーズの中で、メイト関係にあるフェイスユーズに属するエッジユーズの間には、メイト関係がある。シェルの同じ側に属するエッジユーズの間には、ラジアル (radial) という隣接関係がある。ラジアルの関係にあるエッジユーズをたどることにより、シェルの同じ側に属するフェイスユーズを集めることができる。

次に、非多様体に現れる三つのフェイスに接続するエッジの表現方法を説明する (図 15 (c))。接続部のエッジの回りには、そのエッジに属する六つのエッジユーズが放射状に並ぶ。一つのエッジユーズは、一つのメイト関係と一つのラジアル関係を持ち、放射状に並ぶエッジユーズは、エッジの回りに交互にメイト関係、ラジアル関係で結ばれる。シェルは、表裏両側からユーズという薄膜で包まれ、一つのエッジが三つ以上のフェイスに共有される場合でも、エッジの周りのフェイスの隣接関係を表現できる。

ラジアルエッジ構造を使う計算機システムには、PIGMOD^[31]、FRANSYS^[42]等がある。

ラジアルエッジ構造には、次の問題点があると指摘され^{[20][30]}、その問題点に対する研究が行われている。

- 1) ラジアルエッジ構造は、頂点の回りの隣接関係を十分には表現できない。たとえば、図 16 の (a) の V_1 (二つの円錐の共通尖点) の回りに三つの空間が存在する。 V_1 にぶら下がるエッジを付加する場合を考えると、エッジの存在する空間の違いにより、(b) (c) (d) の 3 種類の異なる付加方法がある。付加エッジの伸びる空間を、ラジアルエッジ構造の位相情報により区別することはできない。

Gursoz と Prinz は、頂点の回りの局所的なフェイスユーズ、エッジユーズであるディスク (Disk) と、頂点の回りの局所的な空間であるゾーン (Zone) の概念を導入し、ディスクとゾーンの隣接関係を表現できるデータ構造を提案している^[27]。たとえば、図 16 (a) の V_1 の回りの局所的な空間をゾーン A, B, C とし、局所

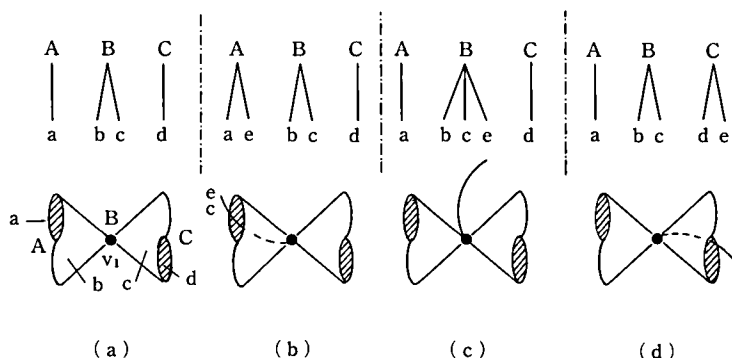


図 16 頂点回りの表現方法

Fig. 16 The vertex based representation

的なフェイスユーズをディスク a, b, c, d とすると、ディスクとゾーンの間に図に示すような隣接関係が存在する。図 16 (b) では、付加エッジはゾーン A に位置するため、エッジユーズのディスク e はゾーン A と隣接関係を持つ。ラジアルエッジ構造が、エッジ中心のデータ構造であるのに対し、この構造は頂点中心のデータ構造である。

また、山口らは、Weiler や Gursoz らとは異なる位相要素を導入し、彼らと同様の非多様体表現を可能にしている^[21]。

2) ラジアルエッジ構造の概念モデルは、数学的に定義されていない^{[19][30]}。非多様体を数学的に説明する概念モデルとして、相沢は胞複体鎖モデル^[1]を、川辺らはユークリディアン胞複体モデル^[30]を提案している。

3) Weiler は、ラジアルエッジ構造に対し位相演算子を定義している。しかしこの位相演算子は、オイラ演算子の性質を継承していない。川辺らは、胞複体を表現するラジアルエッジ構造に適用するオイラ演算子を定義している^[30]。

非多様体の他の表現方法には、胞複体鎖モデル^{[1][2]}、モチーフ編み構造^[6]、3次元領域を1面に縮退させる方法^[17]等がある。

3.3.3 非多様体を表現する必要性

多様体モデルと非多様体モデルの表現範囲を図 17 に示す。非多様体モデルの表現範囲は、多様体モデルの表現範囲を包含している。一方、対応する計算機モデルでは、ラジアルエッジ構造は、Wilson のデータ構造に比べ、データ量が多く、しかもデータ構造が複雑である。たとえば立方体を表現するフェイス、エッジ、頂点の数はそれぞれ 6, 12, 8 であるが、フェイスユーズ、エッジユーズ、頂点ユーズの数は 12, 48, 48 である。そのため、曲面、立体を統一的に表現するだけなら多様体モデルの方が実用的である。

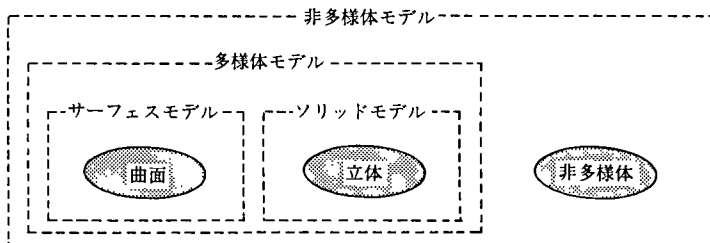


図 17 形状モデラの表現範囲

Fig. 17 The representation domain of geometric modellers

非多様体表現の最大の目的は、曲面と立体の統一表現であるが、非多様体まで表現することができる利点があり、以下のように指摘されている。

1) 二つの立体の連結体を非多様体として表現する。

非多様体モデラでは、図 18 のように二つの円柱が接する形状を一体のモデルとして表現できる。この場合、一方の円柱を微小量移動し交差させ、多様体としてモデリングすることができる。しかし、このような回避方法は設計者の意図にそ

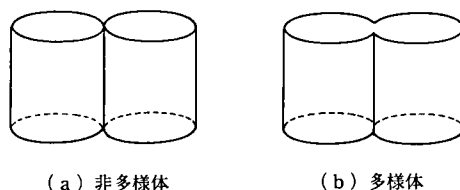


図 18 接触する二つの円柱

Fig. 18 Two cylinders touching together

ぐわない。また、多層構造や内部に仕切りを持つ立体形状も(2次元)多様体としては表現できないが、非多様体としては表現できる^[43]。

2) 非多様体形状に理想化する。

設計者は、立体(の一部)を線や面に理想化(簡略化)して扱うことがある。理想化することにより、以下のような利用が可能である。なお、設計者はモデル形状が多様体であるか、非多様体であるかという区別を意識しない。

- ① 形状特徴の抽出を容易にする。たとえばリブを曲面として表現する^[27]。
- ② 対象物の骨格形状を表現する。たとえばファンの振動解析で軸を立体として、翼を曲面としてモデリングできる^[3]。
- ③ 形状の特徴を示す図形を、一体の図形として表現できる。たとえば、円柱と、円柱の軸を一体のモデルとして表現できる^[43]。
- ④ 解析モデルでは、表現対象を線、面、立体等にさまざまな形式の形状に理想化し、線、面、立体の混在形状を表現する^[5]。
- ⑤ VLSI のモデリングには、立体からぶら下がる面や線が表現できると有用である^[38]。

3) 立体をモデリングする過程で、一時的に非多様体形状を作ることがある^[4]。

設計過程では立体の完全性は要求されず、立体形状が徐々に決定されていくこともある。設計作業を行う空間は実世界より自由度が大きいため不完全な形状も排除できない^[15]。

4) 基本形状が同一で、細部の形状が少しずつ異なる図形を一つの非多様体図形として表現する。

たとえば、異なる製造工程で必要になる形状を一つの図形中にまとめて表現することができる^[3]。工程ごとに別の図形として表現する方法に比べ、データ量が少なく、管理が容易である。また、多品種小量生産において多くの部品形状は、共通な基本部分のバリエーションとして表現できる^[16]。この場合にも、少ないデータ量で多くの部品形状を管理できる。

5) 集合演算が演算として閉じる。

図 19 のように、二つの多様体の間の集合演算の結果が多様体にならないことがある。このように、集合演算は多様体の表現範囲では演算として閉じない(多様体同士の演算の結果が多様体にならない)。しかし非多様体の表現範囲では閉じる。

境界表現の形状モデラにおける集合演算は、前述のように位相を扱う概念モデ

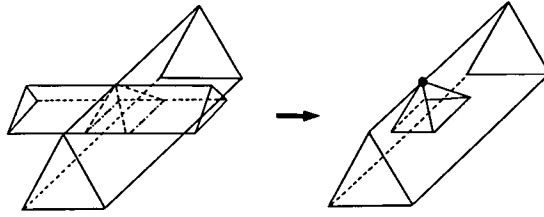


図 19 多様体立体同士の集合演算の結果が多様体にならない例

Fig. 19 An example of the making non-manifold objects of two solid

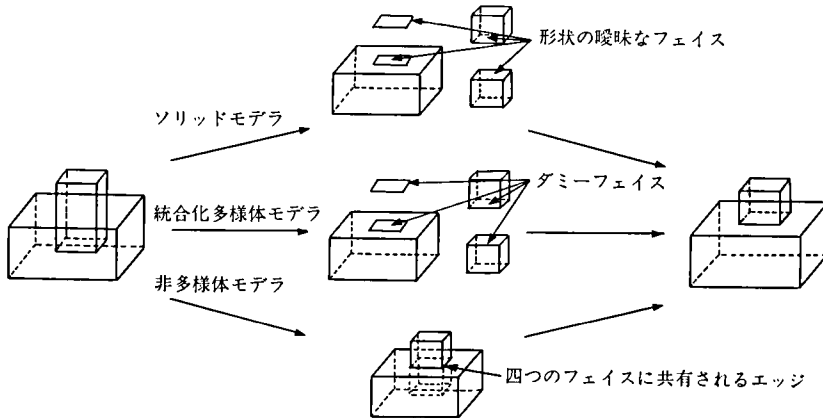


図 20 集合演算の内部処理の比較

Fig. 20 A comparison between each algorithm of a set operation

ルにおける点集合の演算である。集合演算が多様体の範囲内で閉じないことの原因が、演算の概念のこの曖昧さにあると筆者は考える。CSG を内部表現とするソリッドモデラは、概念モデルが点集合であるので、概念モデルと集合演算が点集合という同一の数学空間で説明できる。CSG のソリッドモデラでは、図 19 の集合演算は実行可能であり集合演算は閉じる。

6) 集合演算の中間状態が安定している。

図 20 に集合演算の中間状態を示す。従来のソリッドモデラの多くに使われている集合演算の内部処理は、交線を境界として立体をそれぞれ二つの部分立体に分割し、分割後の部分立体を和差積の指示に従い結合する方法である^{[18][32]}。このとき中間体として作られる立体は、切口部のフェイスの曲面幾何実体が定義されていない不安定な形状であり、中間体に対応する概念モデルの意味が不明確である。中間体の不安定さは、ソリッドモデラが立体のみを扱うモデラであり、中間体にも立体であることを要求するために生じるのである。

非多様体モデラの集合演算は、交線のエッジを共有するように二つの立体を結合し、中間体として非多様体を作る。その後、非多様体の不要部分を除去する^{[27][28]}。したがって、ソリッドモデラの集合演算に見られるような、不安定な中間体を作る必要はない。

Wilson の計算機モデルを使うモデラ^[10]では、集合演算の中間体は開シェルで

ある。この開シェルは、ソリッドモデラの中間体の曲面幾何実体の定義されていないフェイスを、ダミーフェイスに置換したものである。このモデラの中間体も安定している。

7) 集合演算の実行順序に依存しない取り消しが可能になる。

立体間の集合演算の結果消滅する形状を、非多様体表現を利用して形状の中に残すことができる。このような構造であれば、演算順序によらない集合演算の取り消し（演算前の形状の復元）が可能になり、また最終形状に残らない部分に付加情報をもたせることもできる^{[26][34]}。この考え方は形状特徴の付加、除去や^[37]、有限要素法のための要素分割にも利用できる。ただし、この方法で集合演算の取り消しを実現すると、すでに実行された集合演算により消滅しているフェイスも交差計算の対象となり、データ量・計算時間・不安定さが増加する。

4. ま と め

形状モデラの統合に関する筆者の見解をまとめる。

1) ソリッドモデラが発表されてから 20 年近く経過する。しかし、ソリッドモデラは設計の初期段階の配置検討・解析等の用途を除いて、産業レベルで普及しているとは言いがたい。これは次のことに起因する。

- ① ソリッドモデラが自由形状を表現すると、処理速度が遅くなり、解が不安定になる。
- ② ソリッドモデラは立体のみを扱うモデラであり、一般に曲線、曲面を扱えない。

この二つは独立な問題である。だが両方の問題が解決されてはじめて、ソリッドモデラの広範囲な適用業務への実用レベルの普及が可能になる。

2) 自由曲面を扱う図形処理は、計算時間を多く要し、解法が不安定である。ソリッドモデラでは、一度に多くの図形処理を行うためさらに多くの計算時間が必要になり、解法が不安定になる。しかも、形状要素の幾何形状は隣接関係により拘束されるため、サーフェスモデラのような回避方法を採用することが困難である。

図形処理技術は確実に進歩している。10 年前には処理不能と思われた交線が計算できるようになり、より高速度・高精度・高安定的に解が得られるようになりつつある。しかし、図形処理に対する要求が高度化しているため、今後一層の図形処理技術の向上が必要である。

3) Wilson の計算機モデルは、サーフェスモデラとソリッドモデラとを統合する計算機モデルとして自然な表現方法である。このモデルは、立体と複合曲面の従来の表現方法を互いに近づけ合うことにより位相表現の統合を実現している。

4) 位相表現力が豊かであるということは、非多様体モデルの魅力である。しかし、ラジアルエッジ構造は位相要素の種類が多いため、データ量・効率の点で問題がある。産業レベルで実用化するモデラは、どのような非多様体をどのような応用分野に使うかを検討し、すべての非多様体形状を表現できなくても要求される非多様体を表現できる、より簡単なデータ構造を考案する必要がある。

5. お わ り に

サーフェスモデラとソリッドモデラの統合は、形状モデラの研究課題の中でも国内外の学会で最も活発に発表されているテーマの一つである。形状モデラの統合のための技術は、図形処理においても位相処理においても、もはや研究段階ではなく、実用化の段階にある。現実統合を実現する市販の形状モデラも現れはじめている。形状モデラを統合することによる利点は大きい。自由形状を表現でき、曲線・曲面・立体を統一的に表現し、統一的に演算できるモデラが、今後の形状モデラの主流になると思う。

3次元CAD/CAMのモデリング技術の興味は、形状を単に計算機システムにモデリングするだけでなく、製品に関するさまざまな情報の総合的なモデリング、設計者の思考過程により近いモデリング、設計変更に対応できるモデリング等へ拡大しつつある。しかし、このような新しいモデリング技術の基盤となるのは、本稿で述べた形状をモデリングする技術である。

本稿では、形状モデラの統合に関する技術動向を解説し、この動向に対する筆者の見解を述べた。多くの方々から、本稿に対し御意見御批判をいただいたことに感謝する。本稿が、今後のCADシステム開発の参考になれば幸いである。

-
- 参考文献 [1] 相沢民王, “CAE データベースのためのデータの胞複体鎖モデル (第1報) —幾何学的モデルの統一化のための基礎—”, 精密工学会誌, Vol. 55, No. 2, 1989, pp. 311~316.
- [2] 相沢民王, “CAE データベースのデータの胞複体鎖モデル—第9報, 非多様体表現モデルの拡張モデルとその操作—”第9回設計シンポジウム講演論文集, 1991, pp. 1~10.
- [3] 大高哲彦, “製品モデルに関するCAD/CAM 技術動向”, ユニシス CIM シンポジウム資料, 1990.
- [4] 木村文彦, “形状モデリングとCAD/CAM”, 精密工学会誌, Vol. 53, No. 3, 1987, pp. 361~364.
- [5] 木村文彦, “CAD モデルに基づく解析モデルの生成”, 日本機械学会第3回計算力学講演会講演論文集, 1990, pp. 125~126.
- [6] 越川和忠, “計算機による物体認識のためのモチーフ編みの形状モデリング”, 電子技術総合研究所研究報告第916号, 1990.
- [7] 後藤玲爾, “3次元CADによるモデリングを体験してみる”, 日経CG, No. 52, 1991, pp. 154~160.
- [8] 小林一也, 山口泰, 中島洋, 木村文彦, “形状モデラの基本インタフェースによる構成法 (第3報) —曲面モデラの試作—”, 1990年精密工学会春期大会学術講演会講演論文集, 1990, pp. 673~674.
- [9] 鈴木建彦, 谷本茂樹, “ソリッドモデラの問題点と「曲面立体共存モデル」”, 精密工学会誌, Vol. 56, No. 11, 1990, pp. 2015~2020.
- [10] 鈴木建彦, 谷本茂樹, “曲面立体共存モデラにおける「集合演算」”, 1989年精密工学会秋期大会学術講演会講演論文集, 1989, pp. 819~820.
- [11] 鈴木建彦, 江口誠治, 本多正人, 松林毅, “曲面立体共存モデラの位相数学モデルと「集合演算」(第1報)—胞複体セルオペレーター—”, 精密工学会誌, Vol. 57, No. 8, 1991, pp. 1393~1398.
- [12] 千代倉弘明, ソリッドモデリング, 工業調査会, 1985.
- [13] 鳥谷浩志, “自由曲面間のモデリングの実際”, 日経CG, No. 56, 1991, pp. 151~160.
- [14] 鳥谷浩志, 千代倉弘明, 3次元CADの基礎と応用, 共立出版, 1991.
- [15] 増田宏, “非多様体幾何モデラ入門”, 第4回D&Cセミナー「設計とCADの未来像」資料, 1990, pp. 29~39.
- [16] 松木則夫, 木村文彦, “隣接位相構造の多重化による製品モデルの表現”, 1991年精密工学会秋期大会学術講演会講演論文集, 1991, pp. 817~818.

- [17] 村端晋一, 東正毅, “立体表現・干渉における位相管理”, 精密工学会誌, Vol. 56, No. 9, 1990, pp. 1641~1646.
- [18] 山口富士夫, 形状処理工学 [III], 日刊工業新聞社, 1988.
- [19] 山口泰, 木村文彦, “非多様体幾何のためのオイラー操作”, 1989年精密工学会春期大会学術講演会講演論文集, 1989, pp. 843~844.
- [20] 山口泰, 小林一也, 中島洋, 木村文彦, “形状モデラの基本インタフェースによる構成法 (第2報) —位相インタフェース—”, 1989年精密工学会秋期大会学術講演会講演論文集, 1990, pp. 551~552.
- [21] 山口泰, 木村文彦, “非多様体位相の計算機内表現と操作”, 「グラフィックスとCAD」シンポジウム論文集, 1990, pp. 83~89.
- [22] R. E. Barnhill et al, “Surface/surface Intersection”, CAGD, No. 4, 1987, pp. 3~16.
- [23] B. G. Baumgart, “Geometric Modelling for Computer Vision”, Stanford Artificial Intelligence Laboratory Memo Aim 249, Computer Science Department Report No. CS-463, 1974.
- [24] I. C. Braid, R. C. Hillyard and I. A. Stroud, “Stepwise Construction of Polyhedra in Geometric Modelling”, Mathematical Methods in Computer Graphics and Design, Academic Press, 1980, pp. 123~141.
- [25] M. S. Casale, “Free Form Solid Modelling with Trimmed Surface Patches”, IEEE CC&A, Vol. 7, No. 1, 1987, pp. 33~43.
- [26] G. A. Crocker et al, “An Editable Manifold Boundary Representation”, IEEE CG&A, Vol. 11, No. 3, 1991, pp. 39~51.
- [27] E. L. Gursoz and F. B. Prinz, “A Point set Approach in Geometric Modelling”, In Advanced Geometric Modelling for Engineering Applications, North-Holland, 1990.
- [28] E. L. Gursoz et al, “Boolean set operations on non-manifold boundary representation objects”, CAD, Vol. 23, No. 1, 1991, pp. 33~39.
- [29] Y. E. Kalay, “The hybrid edge: a topological data structure for vertically integrated geometric modelling”, CAD, Vol. 21, No. 3, 1989, pp. 130~140.
- [30] S. Kawabe, K. Shimada and H. Masuda, “Advantage 3D Modelling for Product Definition”, the 2nd Toyota Conference, 1988.
- [31] K. Kondo, “PIGMOD: Parametric and Interactive Geometric Modeller for Mechanical Design”, CAD, Vol. 22, No. 10, 1990, pp. 633~644.
- [32] M. Mantyla, “An Introduction to Solid Modelling”, Computer Science Press, 1988.
- [33] R. P. Markot and R. L. Magedson, “Solutions of tangential surface and curve intersections”, CAD, Vol. 21, No. 7, 1989, pp. 421~429.
- [34] H. Masuda et al, “A Mathematical Theory and Applications of Non-Manifold Geometric Modelling”, In Advance Geometric Modelling for Engineering Applications, North-Holland, 1990.
- [35] J. R. Miller, “Sculptured Surfaces in Solid Models, Issues and Alternative Approaches”, IEEE CG&A, Vol. 6, No. 12, 1986, pp. 37~48.
- [36] J. R. Miller, “Architectural Issues in Solid Modelers”, IEEE CG&A, Vol. 9, No. 9, 1989, pp. 72~87.
- [37] M. J. Pratt, “A Hybrid Feature-based modelling system”, In Advanced Geometric Modelling for Engineering Applications, North-Holland, 1990, pp. 189~201.
- [38] J. R. Rossignac and M. A. O' Connor, “SGC; A Dimension-independent Model for Pointsets with internal structures and incomplete boundaries”, Geometric Modelling for Product Engineering, North-Holland, 1990, P. 145.
- [39] T. Satoh, H. Chiyokura, “Boolean Operations on Sets Using Surface Data, Symposium on Solid Modelling Foundations and CAD/CAM applications”, ACM press, 1991, pp. 119~128.
- [40] I. Stroud, “Modelling with degenerate objects”, CAD, Vol. 22, No. 6, 1990, pp. 344~351.
- [41] T. Varady and M. J. Pratt, “Design techniques for the definition of solid objects with free form geometry”, CAGD, Vol. 1, No. 3, 1984, P. 207.
- [42] P. Wawrzynek, L. Martha and A. Ingraffea, “FRANSYS: A Software System for the Simulation of Crack Propagation in Three Dimensions”, Discretization Methods in Structural Mechanis, Springer-Verlag, 1990, P. 273.
- [43] K. Weiler, “Topological Structures for Geometric Modelling”, PhD. Thesis, RPI, 1986.

- [44] K. Weiler, "The Radial Edge Structure: A Topological Representation for Non-Manifold Geometric Boundary Modelling", Geometric Modeling for CAD Applications, North-Holland, 1988, pp. 3~36.
- [45] P. R. Wilson, "Euler Formulas and Geometric Modelling", IEEE CG&A, Vol. 5, No. 8, 1985, pp. 24~36.
- [46] P. R. Wilson, "Solid Modelling Research and Applications in the U. S. A.", geometric modelling for CAD applications: North-Holland, 1988, pp. 69~88.

執筆者紹介 谷 本 茂 樹 (Shigeki Tanimoto)

昭和 27 年生, 52 年大阪大学理学研究科修士課程修了, 同年日本ユニシス(株)入社。主に形状モデラを中心とする CAD/CAM システムの開発に従事。平成 3 年, 日産エイアール・テクノロジー(株)に出向。精密工学会会員。情報処理学会会員。



B-スプライン曲面の変形手法について

A Method of Modifying B-spline Surfaces

松 木 則 夫

要 約 意匠設計 CAD (Computer Aided Design) 等, デザインを主眼とするシステムでは, 対話的な曲面変形操作機能が要求される。本稿では, 曲面の品質の良さや隣接曲面との連続性等の条件を保ちつつ, 対話的に変形する手法を提案する。本手法は B-スプライン曲面についての変形操作手法で, 静的な変形と対話的な変形の二段階から構成される。変形対象となる曲面と, 目的の曲面の持つべき境界条件から決まる特徴的な曲面により本手法は記述される。とくに, 四隅の条件から決まる 1×1 面は操作面として, 全体的な変形操作に重要である。静的な変形では, 指定された接平面連続までの境界条件を満足する曲面変形の方法を示す。対話的な変形では, ノットの挿入にオスロ・アルゴリズムを使い, 操作面の制御点行列への行列の掛け算として表現する方法を示した。

Abstract The interactive modification of free-form surfaces is a primary concern of CAD systems for the shape design of manufactured products. In this article, we present an interactive shape modification method for B-spline surfaces which maintains the continuity of surfaces and satisfies the boundary conditions with neighboring surfaces. Our method consists of two processes: a static modification, and an interactive modification. In the static modification process, a surface is modified so as to satisfy the slope continuity conditions at specified neighboring surfaces. Using the Oslo algorithm, we show that new control points can be calculated by a matrix multiplication when knots are inserted in a B-spline surface. In the interactive modification process, we introduce the concept of an operation surface which make it possible to perform the modification interactively.

1. は じ め に

意匠設計 CAD (Computer Aided Design) 等, デザインを主眼とするシステムでは, 曲面操作が最も重要な機能の一つである。曲面操作では曲面を作り出す創成の機能が大切であることは当然だが, 創成機能だけですべてが済まないことが多い。製品の機能要件, 組み立て具合, 人間工学等の理由により, 一度作成された曲面群のある部分を変形しなければならないことが起こる。さらに, 意匠設計ではデザイナーの美的感覚に従った曲面変形が必要となる。修正意図が数値として示されれば, 初めから作り直すことができるが, 感覚的な理由によるものは, どのように作り直したらよいか明らかではない。『ここらへんにもう少し丸みをつけたい』という感覚を数値化して再度曲面を創成することは困難である。このため良質の曲面変形機能が必要となる。

一般的に曲面変形には二つの種類がある。一つは, 悪い形状の曲面を良くする変形であり, もう一つは性質の良い曲面の膨らみや境界の条件を整えるための変形である。本稿で対象とする曲面変形は後者である。

曲面変形では次のようなことに注意しなければならない。まず曲面の品質である。修正対象となる曲面群は一般に高い品質を持っている。したがって連続性等, 元の曲

面の持っている良い性質を保つことが要求される。さらに、感覚的な修正作業であるため試行錯誤を繰り返すことが多い。応答性の良い曲面修正手法が必要となる理由がここにある。また、現状の表示装置では3次元の曲面を直接見るができない。つまり、曲面の境界線や面上にある何本かの曲線が画面へ投影されたもので形状を想像しているにすぎない。精密なレンダリングを対話的に作成することは困難であり、たとえ可能となっても直接3次元の曲面を見ていないことには変わりはない。したがって、修正の場所・修正意図を正確にシステムに伝えることはむずかしい。これらをまとめると、

- 1) 対象曲面の品質が変形中に保存されてる、
 - 2) 応答性が良い、
 - 3) ユーザ・インタフェースが作業者の感覚に合っていて、システムに修正意図が伝えられる、
 - 4) 修正した結果、曲面がどのように変形されたかがわかりやすい、
- ということになる。

本稿では、上記の1)と2)を実現することを目的とした手法について述べる。本稿の手法は、曲面変形を二つの段階に分けて変形を定式化するものである。さらに、オスロ・アルゴリズム^[3]を使ってB-スプライン曲面へのノット挿入マトリックスを作ることで、対話的な曲面変形の可能性を示唆した。

また、Bézier 曲面ではなく、B-スプライン曲面対象とした理由は、

- ・Bézier 曲面に比べ制御点の数が少ない(約 1/9)ため、更新のための計算量が減少し応答性が良いこと、
- ・3次 B-スプラインならば変形操作の途中で自然に C^2 連続性が保たれること、
- ・多重ノットを導入すれば Bézier 曲面も同じ手法で実現できること、

である。

2. 変形操作手法

まず、本稿で扱う B-スプライン曲面の定義と用語について説明する。

2.1 B-スプライン関数と B-スプライン曲面

B-スプラインの定義にはいくつかの方法があるが、ここでは de Boor-Cox の再帰的な方法により定義する。単調非減少な $m+1$ 個の実数列

$$T = \{t_0, t_1, t_2, \dots, t_i, t_{i+1}, \dots, t_m\}$$

をノットベクトル、 t_i をノットと呼ぶ。 $(t_0 \leq t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_i \leq t_{i+1} \leq \dots \leq t_m)$ 。 p 次 ($p+1$ 階) の i 番目の正規化された B-スプライン関数 $N_{i,p}(t)$ は次の漸化式で定義される。

$$N_{i,0}(t) = \begin{cases} 1 & t_i < t_{i+1} \text{ かつ } t_i \leq t < t_{i+1} \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases}$$

$p > 0$ のとき、

$$N_{i,p}(t) = \frac{t - t_i}{t_{i+p} - t_i} N_{i,p-1}(t) + \frac{t_{i+p+1} - t}{t_{i+p+1} - t_{i+1}} N_{i+1,p-1}(t) \quad (2-1)$$

ただし、漸化式内では便宜的に $0/0=0$ を仮定する。連続するノットの値が同じ時、多重ノットと呼ぶ。ノットベクトルが両端で多重度 $p+1$ の多重ノットを持つ時、つま

り,

$$t_0 = t_1 = \cdots = t_p < t_{p+1} \leq \cdots \leq t_{m-p-1} < t_{m-p} = \cdots = t_m$$

であるとき T を非周期的であるという。以下すべてのノットベクトルは非周期的かつ, $t_0=0, t_m=1$ とする。 $N_{i,p}(t)$ の総数は, 簡単な計算から $m-p$ 個あることがわかる。 p 次 B-スプライン曲線 $C(t)$ は,

$$C(t) = \sum_{i=0}^n N_{i,p}(t) P_i \quad 0 \leq t \leq 1 \quad (2-2)$$

で定義される ($n=m-p-1$)。ここに, $N_{i,p}(t)$ は T をノットベクトルとする正規化された p 次 B-スプライン関数である。 P_i は制御点または de Boor 点と呼ばれる。曲線の始点は P_0 と, 終点は P_n と一致する。 P_0 と次の制御点 P_1, P_n とその前の制御点 P_{n-1} の 4 点は Bézier の制御点と同じである。このことから, 終端 Bézier と呼ばれることがある。B-スプライン曲線の例を図 1 に示す。B-スプライン曲線の連続性はノットの多重度により決定される。定義から, 空でない区間 (t_i, t_{i+1}) では多項式であるから C^∞ 級の連続性であるが, 多重度 k のノットでは C^{p-k} 級の連続性である。つまり, 3 次 B-スプライン曲線は通常のノット (多重度 1) では C^2 連続である。

曲面は曲線のテンソル積の形で定義される。以下, m の意味は曲線の時と異なることに注意する。 $p \times q$ 次 (テンソル積) B-スプライン曲面 $S(u, v)$ は次の式で定義される。

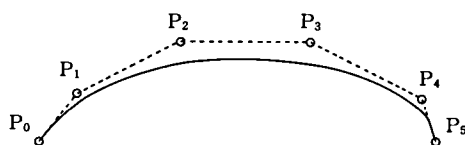
$$S(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,p}(u) M_{j,q}(v) P_{i,j} \quad 0 \leq u, v \leq 1 \quad (2-3)$$

ここに, $N_{i,p}(u)$ は $U=\{u_k\}_{k=0, n+p+1}$ をノットベクトルとする正規化された p 次 B-スプライン関数であり, $M_{j,q}(v)$ は $V=\{v_l\}_{l=0, m+q+1}$ をノットベクトルとする正規化された q 次 B-スプライン関数である。

2.2 変形操作の目的と特徴

変形対象の曲面は, 非周期的な B-スプライン曲線のテンソル積として表現されるものとし, 次数はとくに断わらないかぎり 3 次とする。本稿の目的は, 悪い曲面を良くすることではなく, 境界線を固定したり, 隣の曲面の接平面連続性を保ったままで, 対象曲面を大域的に, 対話的に変形する手法を示すことである。

B-スプライン曲面の変形は従来, 制御点を直接移動させることで変形するか, 条件を変えて再度曲面化する方法で行われてきた。しかし, 直接制御点を移動させることは曲面の品質に対する影響を制御しにくく, 曲面全体をバランス良く変形させること



ノットベクトル (0, 0, 0, 0, 1/3, 2/3, 1, 1, 1, 1)

図 1 非周期的な B-スプライン曲線の例

Fig. 1 An example of a non-periodic B-spline curve

ができない。また条件を変えて曲面を作り直すことは、変形意図を数値として与えられないかぎり困難である。したがって、変形後の形状を見ながら判断するような感覚的な変形に適しているとはいいたい。

本稿の変形手法は、変形対象曲面に、制御点が少なく連続性の高い曲面の変化量に対話的に加えることで得られるものである。これを実現するために、本稿では変形操作を二段階に分けて考える。第一段階は、変形対象の曲面からその曲面の境界条件、つまり境界線と境界横断微分から決まる曲面を引き、変形後の曲面が持つべき境界条件から決まる曲面を加えたものである。これにより目的の境界条件を満足しつつ、変形対象の内部の特徴を持った曲面が得られる。第二段階の式が対話的な変形を行う式である。

この結果、本稿の変形手法には次の特徴が生まれる。まず、B-スプライン曲面はノットでの連続性が(次数) - (ノットの多重度)であることに注意する。つまり、双3次で多重度1であれば C^2 連続となる。これより連続性の高い関数(曲面)を加えても連続性は C^2 を保っているため、曲面内の連続性が保たれる。また、対話的な変形式は制御点の行列にノット挿入行列を掛けることで得られるため、応答性が良いことである。

2.3 変形対象面に関連するいくつかの曲面

曲面にはそれに付随したいくつかの曲面が考えられる。それらは、元の曲面のある種の特徴を表現していると言える。

2.3.1 境界条件から決まる面

B-スプライン曲面の制御点では、周囲二列の制御点列は隣接する曲面群との連続性を決める上で重要な意味がある(図2)。

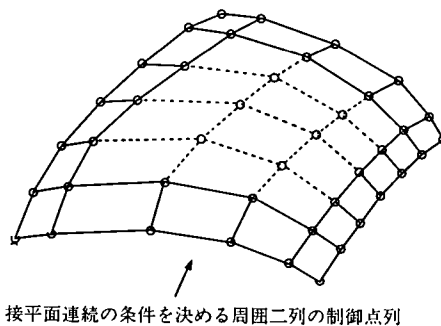


図2 B-スプライン曲面の制御点の例

Fig. 2 Control points of a non-periodic B-spline surface

まず、最外周の制御点列は四つの境界の曲線の制御点と一致している。一列内側の制御点列と最外の制御点列を曲線の制御点列とみなし、その差をとったものは境界横断微分(cross boundary derivative)を表現している(図3)。

つまり、周囲二列の制御点列は接平面連続性までの境界条件を完全に決定しており、この条件から Coons の方法による曲面が創成できる。

すなわち、境界線 $S(u, 0)$, $S(u, 1)$, $S(0, v)$, $S(1, v)$ と、境界での接続条件である境界横断微分 $S_u(u, 0)$, $S_u(u, 1)$, $S_v(0, v)$, $S_v(1, v)$ が与えられたとする。向かい合う境界

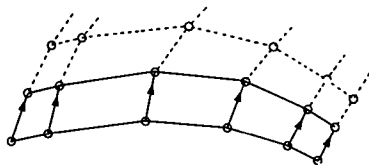


図 3 B-スプライン曲面の境界横断微分

Fig. 3 Cross boundary derivative of a B-spline surface

線, 境界横断微分について同一のノットベクトル上で定義されていることを前提とするとき, Coons の双 3 次ブレンド曲面 $T(u, v)$ は

$$T = h_u + h_v - h_{uv} \quad (2-4)$$

で構成される。ここに,

$$h_u(u, v) = H_{3.0}(u)S(0, v) + H_{3.1}(u)S(1, v) + H_{3.2}(u)S_u(0, v) + H_{3.3}(u)S_u(1, v) \quad (2-5)$$

$$h_v(u, v) = H_{3.0}(v)S(u, 0) + H_{3.1}(v)S(u, 1) + H_{3.2}(v)S_v(u, 0) + H_{3.3}(v)S_v(u, 1) \quad (2-6)$$

かつ

$$h_{uv}(u, v) = (H_{3.0}(u), H_{3.1}(u), H_{3.2}(u), H_{3.3}(u)) \begin{pmatrix} S(0, 0) & S(0, 1) & S_v(0, 0) & S_v(0, 1) \\ S(1, 0) & S(1, 1) & S_v(1, 0) & S_v(1, 1) \\ S_u(0, 0) & S_u(0, 1) & S_{uv}(0, 0) & S_{uv}(0, 1) \\ S_u(1, 0) & S_u(1, 1) & S_{uv}(1, 0) & S_{uv}(1, 1) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_{3.0}(v) \\ H_{3.1}(v) \\ H_{3.2}(v) \\ H_{3.3}(v) \end{pmatrix} \quad (2-7)$$

ここに, $H_{3.i}$ は 3 次の Hermite 関数であり, Bernstein 多項式

$$B_{m,i}(t) = \binom{m}{i} t^i (1-t)^{m-i} \quad (2-8)$$

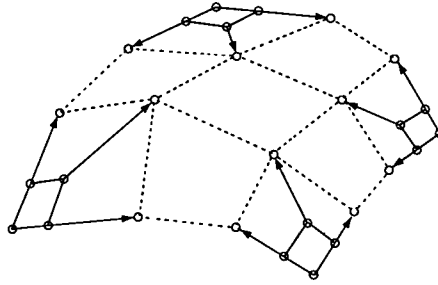
によって,

$$\begin{aligned} H_{3.0}(t) &= B_{3.0}(t) + B_{3.1}(t) \\ H_{3.1}(t) &= B_{3.2}(t) + B_{3.3}(t) \\ H_{3.2}(t) &= 1/3 B_{3.1}(t) \\ H_{3.3}(t) &= -1/3 B_{3.2}(t) \end{aligned} \quad (2-9)$$

と表されるものである。

このように周囲二列の制御点列から定まる曲面を「境界条件から決まる面」と呼ぶことにする。勝手な B-スプライン曲面について「境界条件から決まる面」を作ることができることになる。

隣接する曲面との接平面連続の条件は, 境界横断微分に言い直すことができる。このため, 曲面創成のさまざまな条件から「境界条件から決まる面」を作り出すことが可能である。しかし, 勝手な境界条件は通常ツイスト部分の不整合となって現れるこ

図 4 四隅の境界条件から決まる 1×1 曲面 h_{uv} Fig. 4 1×1 surface defined by the conditions of four corners

とが多いため、「境界条件から決まる面」ができることが入力条件の検査となるのが普通である。この曲面を「目的の境界条件を持つ面」と呼ぶことにする。

2.3.2 1×1 近似面と操作面

勝手な B-スプライン曲面の四隅のツイスト条件から、ノットベクトルが u, v の二つのパラメータについて、ともに $\{0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1\}$ である曲面を次のように作ることができる。非周期的な B-スプライン曲線では、両端の 2 点ずつが、境界の位置と接ベクトルを決定している。これから、元の曲線を近似する単純でかつ連続性の高い曲線が得られる。これは、3 次の Hermite 曲線による補間にほかならない。

曲面の境界線について近似曲線を 4 本作成できるが、隣り合う境界接続条件を決定するツイスト整合条件がなければ近似曲面を作ることはいできない。そして、この条件を満足するものが Coons の曲面創成に現われる曲面 h_{uv} であり、四隅にある捩れ面を相似拡大した形になっている (図 4)。

これを、元の曲面の「 1×1 近似面」と呼ぶことにする。「 1×1 近似面」は、ある意味で元の曲面を近似する最も単純な曲面と言うことができる。つまり、「 1×1 近似面」の境界は元の曲面の境界を一つのノット区間で近似しており、ツイストの条件が同じであるからである。

操作面とは、曲面の変形操作と直結した単純な曲面のことである。作業者は変形意図を伝えるため、操作面のある範囲の制御点を直接または間接的に変形する。対象曲面には操作面の変形量つまり差分量が加算されることで変形される。操作面が単純であれば、一つの制御点の変形が及ぼす影響は広範囲になる。したがって、曲面を大域的に変形するためには、「 1×1 近似面」は操作面として最も適したものである。

2.4 曲面変形の式

2.4.1 静的な変形式

第一段階の式は、まず変形対象の曲面 S からその曲面の「境界条件から決まる曲面」 Σ を引く。これは通常の意味で曲面ではなく、差分量を表している。変形対象曲面のうち、境界条件から決まっているものを除いたもので、変形対象曲面の内部形状の特徴ということができる。B-スプライン曲面では、周囲二列に対応する制御点の座標値がすべて $(0, 0, 0)$ となる。

さらに変形後の曲面が持つべき境界条件、つまり目的の境界条件を持つ曲面 B を加

える。これにより、目的の境界条件を満足しつつ変形対象の内部の特徴を持った曲面が得られる。式で書くと、

$$\begin{aligned} & \text{変形対象曲面 (S)} - \text{境界条件から決まる曲面 (\Sigma)} \\ & + \text{目的の境界条件を持つ曲面 (B)} \end{aligned}$$

となる。この式の結果は、対話的に変形するための土台となる曲面であり、「変形初期段階の曲面」といえる。これを E と書く。

この式は、変形処理の入力条件から決まるものであり対話的に処理する必要がない。つまり、対話的な処理の前処理として行うべきもので、これを静的な変形式と呼ぶ。この式は、実は Coons 型の曲面創成における基本的な式である。作業者の形状に対する意図から決まる曲面が S であり、隣接面との接続条件等、 S の回りの状況から決まるのが Σ となるためである。

2.4.2 対話的な変形式

操作面 K は作業者により変形される。この変化操作を関数記号 f を使って書くと、操作面と変化前の操作面の差分量を、静的な変形式 (E) の右辺の変形初期段階の曲面に加えることで目的の曲面が得られる。つまり、

$$\text{変形初期段階の曲面 (E)} + \text{操作面の差分量 (f(K) - K)} = \text{目的とする曲面 (S')}$$

となる。この式を作業者の対話的な入力条件に従って繰り返し評価することで、作業者は変化する曲面の形状を見ながら入力を調整し、意図する形状にすることができる。変形初期段階の曲面 (E) で固定したい部分に対応する K の制御点が決まれば、それらを動かさないように変化操作 f を定義すればよい。この変形が対話的に実行できるのは、直接 E を変形するのではなく、制御点の少ない K の差分量の計算だけを行うからである。

変形対象曲面 (S) と境界条件から決まる曲面 (Σ) のノットベクトルは等しいが、目的の境界条件を持つ曲面 (B) とは一般に異なっている。したがって、この式を行う前に、ノットベクトルを整合させる必要があり、一般に変形対象の曲面よりも変形後の曲面の方がノットが増えることになる。

以上の式はすべて制御点列についての式であり、 u, v 二つについてのノットベクトルが等しいことが、つまり制御点数が u, v 方向について同じであることが必要である。B-スプライン曲面について、ノット挿入の方法を求める必要がある。この表現方法を次の章で示す。

3. B-スプライン曲面の変形操作の準備

3.1 B-スプライン曲面へのノット挿入

ノットの挿入については、Boehm^{[1][2]} と Cohen et al.^[3] の研究がある。ここでは Cohen らのオスロ・アルゴリズムによる再帰的な手法により、ノット挿入をどのように計算するか説明する。

式(2-2)よりノットベクトル $T = \{t_0, t_1, t_2, \dots, t_i, t_{i+1}, \dots, t_m\}$ 上の p 次 B-スプライン曲線 $C(t)$ は、

$$C(t) = \sum_{i=0}^n N_{i,p}(t) P_i$$

と書けた。いま T に $k-n$ 個 (>0) のノットを追加したノットベクトルを $U = \{u_j\}_{j=0,k}$ とし、 U 上の B-スプライン関数を $\phi_{j,p}(u)$ とする。このとき、

$$D(u) = \sum_{j=0}^k \phi_{j,p}(u) Q_j$$

で定義される曲線と C が等しいとする。つまり $C(t) = D(u)$ が $t=u$ について成立するとき、 D の制御点を C の制御点から求めることで、ノットの挿入に対応する制御点の対応関係が判明することになる。

オスロ・アルゴリズムによれば、制御点間の関係は、挿入前後のノットベクトルから決まる次の式で表現される。

$$Q_j = \sum_{i=0}^n \alpha_{p,i,j} P_i \quad (3-1)$$

ここに、 $\alpha_{p,i,j}$ は次の再帰的な関係によって定義されている。

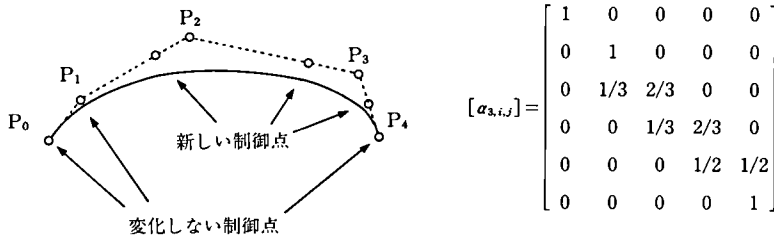
$$\alpha_{0,i,j} = \begin{cases} 1 & t_i \leq u_j < t_{i+1} \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases} \quad (3-2)$$

$P > 0$ のとき、

$$\alpha_{p,i,j} = \frac{u_{j+p} - t_i}{t_{i+p} - t_i} \alpha_{p-1,i,j} + \frac{t_{i+p+1} - u_{j+p}}{t_{i+p+1} - t_{i+1}} \alpha_{p-1,i+1,j}$$

定義式からもわかるように、この関係式はノットの挿入順序によらないものである。オスロ・アルゴリズムの証明はここでは省略するが、式(2-1)と(3-2)の類似性に注目した別の証明^[6]がある。

曲線のノット挿入は、ノットベクトル T にいくつかのノットを挿入したノットベクトル U に対応する制御点 Q_j を元の曲線の制御点 P_i から求めるものである。式(3-1)からわかるように、曲線のノット挿入は行列で表現できる。これは α を成分とする $(k+1) \times (n+1)$ の行列 $d = [\alpha_{p,i,j}]$ となる。ノットベクトル $(0, 0, 0, 0, 1/3, 1, 1, 1, 1)$ に $2/3$ を挿入した例を図5に示す。



ノットベクトル $(0, 0, 0, 0, 1/3, 1, 1, 1, 1)$ に $2/3$ を追加した例

図5 ノット挿入行列と曲線の制御点の変化

Fig. 5 Knot insertion matrix and control points of a B-spline curve

曲面の場合は、曲線で求めた行列 $[a_{p,i,j}]$ を組み合わせた形になっている。まず、式(2-3)の定義式を行列表現して考える。 $[N_{i,p}]$ を $1 \times (n+1)$, $[M_{j,q}]$ を $1 \times (m+1)$, $[P_{i,j}]$ を $(n+1) \times (m+1)$ の行列とすると、

$$\begin{aligned} S(u, v) &= \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,p}(u) M_{j,q}(v) P_{i,j} \\ &= [N_{i,p}] [P_{i,j}]^t [M_{j,q}] \end{aligned}$$

と書ける。ここに^tは転置行列の意味である。 u と v のそれぞれのノットベクトルについての分割マトリックスを計算する。これを $(a+1) \times (n+1)$ の $[\alpha_{p,i,\epsilon}]_{\epsilon=0,a}$ と $(b+1) \times (m+1)$ の $[\beta_{p,j,\eta}]_{\eta=0,b}$ とする。分割後の B-スプライン関数をそれぞれ $\Phi_{\epsilon,p}$, $\Psi_{\eta,q}$ とすれば,

$$[\Phi_{\epsilon,p}][\alpha_{p,i,\epsilon}] = [N_{i,p}]$$

$$[\Psi_{\eta,q}][\beta_{p,j,\eta}] = [M_{j,q}]$$

の関係式が成立する^{[3][6]}。分割後の曲面式を $\tilde{S}(u, v)$ とすれば

$$\begin{aligned}\tilde{S}(u, v) &= \sum_{\epsilon=0}^a \sum_{\eta=0}^b \Phi_{\epsilon,p}(u) \Psi_{\eta,q}(v) Q_{\epsilon,\eta} \\ &= [\Phi_{\epsilon,p}][Q_{\epsilon,\eta}]^t [\Psi_{\eta,q}]\end{aligned}$$

とかけると、 $\tilde{S}(u, v) = S(u, v)$ であり,

$$\begin{aligned}[N_{i,p}][P_{i,j}]^t [M_{j,q}] \\ &= [\Phi_{\epsilon,p}][\alpha_{p,i,\epsilon}][P_{i,j}]^t ([\Psi_{\eta,q}][\beta_{p,j,\eta}]) \\ &= [\Phi_{\epsilon,p}][(\alpha_{p,i,\epsilon}[P_{i,j}]^t [\beta_{p,j,\eta}])]^t [\Psi_{\eta,q}]\end{aligned}$$

となることから、制御点の $(n+1) \times (m+1)$ の行列 $[P_{i,j}]$ に対して,

$$[Q_{\epsilon,\eta}] = [\alpha_{p,i,\epsilon}][P_{i,j}]^t [\beta_{p,j,\eta}] \quad (3-3)$$

で計算される $(a+1) \times (b+1)$ の行列の成分が求める制御点列である。つまり、この行列を掛けることで曲面のノット挿入に対応する制御点列が求まる。 $[\alpha_{p,i,\epsilon}]$, $[\beta_{p,j,\eta}]$ はノットベクトルにのみ依存するため、曲面の変形操作中に再計算の必要がない。したがって、応答性が良いものとなっている。

図 6 の例は、 $U=(0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1)$ に $1/2$ を、 $V=(0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1)$ に $1/3, 2/3$ を挿入したものである。

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1/2 & 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 1/2 & 1/2 & 0 \\ 0 & 0 & 1/2 & 1/2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & P_{03} \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{20} & P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{30} & P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2/3 & 1/3 & 0 & 0 \\ 2/9 & 5/9 & 2/9 & 0 \\ 0 & 2/9 & 5/9 & 2/9 \\ 0 & 0 & 1/3 & 2/3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^t$$

図 6 B-スプライン曲面のノット挿入行列の例

Fig. 6 Knot insertion matrix for a B-spline surface

3.2 B-スプライン曲面の境界条件

曲面の境界条件と言えば、境界で一致すべき曲線の指示と接平面連続を保つべき隣の曲面という条件を指すことが多いが、次のような条件に言い換えることができる。

- 1) 指定された曲線と曲面の境界線が一致する条件
- 2) 曲面の 1 次の境界横断微分の条件
- 3) 曲面の 2 次以上の境界横断微分の条件

1) の条件は明らかであろう。2) は接平面連続の条件と密接に関連しているが、同じではない。たとえば曲面の境界線がある平面上にあって、平面对称になるように曲面を変形することを考える(図 7)。鏡像対称な形状を作りたい時に起きる条件で、境

界線の形状は固定していない。この時の平面と直交する条件が2)である。接平面連続の条件は1)と2)を合わせたものである。3)の条件は曲率連続等の条件で、近年注目されているが本稿では扱わない。

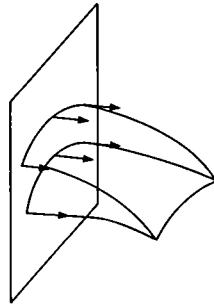


図 7 鏡像対称な形状を作るための変形操作

Fig. 7 Plane symmetric shape modification

曲面創成や曲面変形では、隣接する曲面との接平面連続条件を指示されることが多い(図8)が、入力される条件そのままでは、曲面操作には使えない。つまり、接平面連続の条件は境界線上の法線ベクトルの条件であるため、境界横断微分に書き替える必要がある。しかし、隣り合う境界横断微分の条件を隅で合わせなければならず、いわゆるツイスト整合の問題^[5]が発生するため、境界横断微分を求めるのは自由度がある(図9)とはいえ、簡単ではない。

また、向かい合う境界線のノットベクトルを整合させなければならないが、ノット挿入だけでは極端に小さなノット区間が発生し、曲面処理上好ましくない曲面が作られることがあるため、境界線として近似の曲線を新しく作るのが一般的である。

このようにして、整合した近似境界線と境界横断微分を求めることで周囲二列の制御点列が決まり、Coons型の面創成が可能となる。これが「目的の境界条件から決まる面」となる。しかし近似処理であるため許容誤差の扱い等、困難な問題を多く含んでいる。

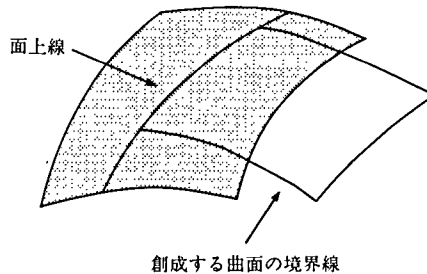


図 8 曲面の境界線が面上線として与えられる場合

Fig. 8 A curve on surface is specified as a boundary curve

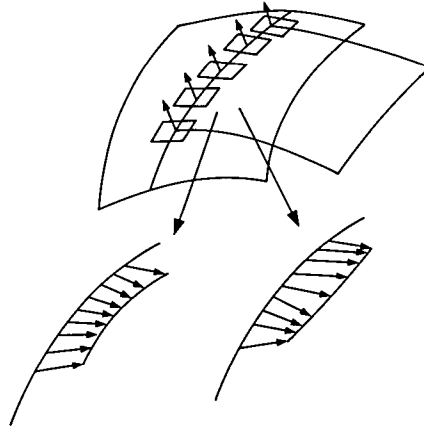


図 9 接平面連続の条件と境界横断微分の自由度

Fig. 9 The slope continuity condition and the degree of freedom of the cross boundary derivative

4. B-スプライン曲面操作の実際

4.1 B-スプライン曲面の変形式

変形対象の元の曲面を S , S の境界条件から決まる曲面を Σ , 目的の境界条件から決まる面を B , 操作面を K , K に対する操作を f , K へのノット挿入行列を d とするとき, B-スプライン曲面の変形は, 2.4.1 項と 2.4.2 項および 3.1 節の結果から, ノット挿入行列を d_0, d_1, d_2 とすると,

$$d_0 \cdot (S - \Sigma) \cdot {}^t d_0 + d_1 \cdot B \cdot {}^t d_1 + d_2 \cdot (f(K) - K) \cdot {}^t d_2$$

となる。静的な変形式のノット挿入を省略した,

$$S - \Sigma + B \cdot d \cdot (f(K) - K) \cdot {}^t d \quad (4-1)$$

は本稿の対話的な曲面の変形処理の仕組みを良く表現している。

4.2 境界線の固定

一つの境界線の形状を保つ変形操作の例を考える。目的の曲面の境界線 $u=0$ の形状を変化させないためには, K の制御点 P_{00} から P_{03} を固定すればよいことがわかる (図 10)。

これは, $(f(K) - K)(u, v)$ が $u=0$ の境界で,

$$\begin{aligned} (f(K) - K)(0, v) &= f(K)(0, v) - K(0, v) \\ &= (K \text{ を変形後の } u=0 \text{ 境界線}) - (K \text{ の } u=0 \text{ 境界線}) \\ &= 0 \end{aligned}$$

となるので, $u=0$ 境界線が, 同一の制御点列 P_{00} から P_{03} で定義されることによる。この時の f は, P_{00} から P_{03} の制御点を固定し, その他の 12 個の制御点を自由に動かすもので, 元の断面の傾向を保ちつつ, 一つの境界線は動かさないが, その他の所を全体にわたって変形する操作である。

さらに二辺, 三辺, 四辺の境界線の固定については図 11 に示すように, それぞれの辺に対応する制御点列を固定すれば良い。四辺の固定条件では, 真ん中の四つの制御点だけが自由になり, これを変化させることで曲面の中央部の膨らみの制御ができる。

4.3 境界横断微分の指定

K の境界横断微分を計算する。B-スプラインの 1×1 曲面は Bézier の 1 パッチ曲面

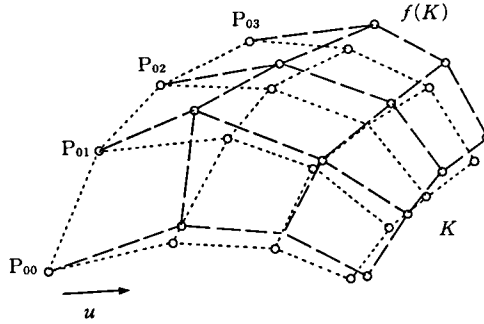
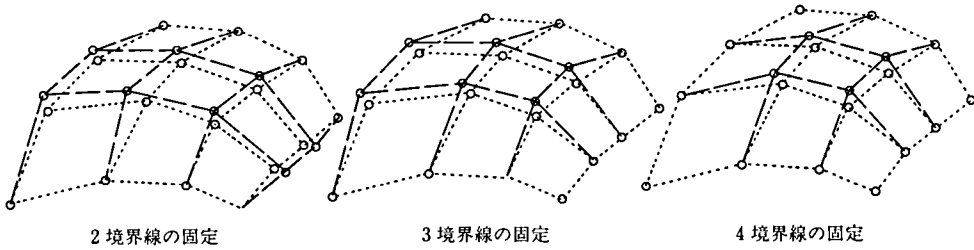
図 10 $u=0$ の境界線を固定した形状変形Fig. 10 Shape modification with the fixed boundary curve of $u=0$ 

図 11 固定境界線に対応した制御点の変更可能位置

Fig. 11 The boundary curves to fix and the corresponding conditions of control points

と同じであるから、シフトオペレータ^[4] E, F を使って計算できる。 K は

$$K(u, v) = (1-u+uE)^3(1-v+vF)^3$$

であるから、 $u=0$ の境界横断微分は、

$$\begin{aligned} \partial K / \partial u|_{u=0} &= 3(1-v+vF)^3(E-1)P_{00} \\ &= 3\{(1-v+vF)^3P_{10} - (1-v+vF)^3P_{00}\} \end{aligned}$$

となる。したがって、 $\partial(f(K)-K)/\partial u|_{u=0}$ は、操作 f において P_{00} と P_{10} を端とする 4 点ずつ 2 列の合計八つの制御点が動かなければ、常に 0 となる。正確には、これら 8 点の相対位置が不変になるような変形、たとえば一斉に平行移動する等によっても 0 である。よって、鏡像対称等の境界横断微分を保つ操作 f は、指定された側の端 2 列の制御点の相対位置を固定し、その他の 8 点を自由に行うことができる。

接平面連続の条件では、境界横断微分に加えて境界線を固定するため、端 2 列の制御点はまったく動かさない。向かい合う境界線で接平面連続の条件が指定されると、このままではまったく制御点が動かさなくなる。向かい合う境界線で接平面連続の条件で曲面の膨らみを制御するためには、次の条件が必要となる。

境界横断微分の条件はこれを定数倍しても変わらない。この自由度を使うためには、まず、 $S-\Sigma+B$ と $f(K)-K$ の境界横断微分が曲線として同一のノットベクトルで表現されている必要がある。これは、接続を保証すべき側について、 K が $S-\Sigma+B$ と同一のノットベクトルであることを意味する。すなわち、 K にノットを挿入して $m \times 1$ 曲面 (あるいは $1 \times n$ 曲面) としなければならない。向かい合う曲面との接続が指示

された変形操作は、操作面 K にノットを挿入した後に行うことになる。

さらに、2列の制御点の差が定数倍になる必要があるため、制御できるのは向かい合う境界の接ベクトルの長さの二つの自由度だけである。

4.4 部分的な変形

曲面の部分制御は、変形操作を局所化するための方法である。接続が指示されると上記で説明したように、操作面 K を 1×1 曲面とすることはできない。このため、境界条件を保ちながら曲面の内部の傾向を修正するためには、変形対象面 S のノットを順次操作面 K に追加する必要がある。これにより、操作面 K の変形の影響範囲を限定することができる。もし S に適切なノットがない時は、 S と K の両方の同じ位置にノットを挿入すればよい。連続性は落ちるが、3次のB-スプラインで多重度1であれば C^2 級の連続性があり実用上は問題ない。ただし、部分修正は全体としての傾向を変化させるため、作業者がこの事を十分理解した上で操作する必要がある。

また、境界での曲率は端から三列目までの制御点列で決定されている。このため、境界での曲率まで保存することを目的とするならば部分制御が必要となる。

5. お わ り に

B-スプライン曲面の対話的な変形操作を可能とするため、曲面創成と関係の深い静的変形部分と、操作面とオスロ・アルゴリズムによるノット挿入を使った対話的な部分に分けて定式化する手法を提案した。

本稿の手法は筆者一人の発想ではない。過去の多くのCAD/CAMシステム開発の中で培われた曲線曲面技術の財産の一つをまとめたものといえる。本稿執筆にも数多くの人々に助言協力をいただいたことをここに感謝する。

将来の課題としては、初めに述べたように曲面の制御ではヒューマン・インタフェースが重要であるが、解決しななければならない問題がたくさんある。曲面処理というよりは3次元のCAD/CAMのシステム全体の課題といえる。

制御の理論としての課題は有理B-スプライン (NURBS: non-uniform rational B-spline) の制御についてであろう。強力な表現力のゆえにNURBSは現在、注目を集めているが、理論的に明らかになっていないことが多い。本稿の手法をどのように有理型関数に適用するか、今後の研究が必要である。

-
- 参考文献 [1] W. Boehm, Inserting new knots into B-spline curves, Computer-Aided Design, Vol. 12, No. 4, pp. 199~201, 1980.
- [2] W. Boehm, The insertion algorithm, Computer-Aided Design, Vol. 17, No. 2, pp. 58~59, 1985.
- [3] E. Cohen, T. Lyche, R. Riesenfeld, Discrete B-spline and subdivision techniques in Computer-Aided Geometric Design and Computer Graphics, Computer Graphics and Image Processing, VI. 14, pp. 87~111, 1980.
- [4] 穂坂衛, 木村文彦, 3次元自由形状設計制御理論とその手法, 情報処理, Vol. 21, No. 5, pp. 481~492, 1980.
- [5] 松木則夫, 木村文彦, 曲面のツイスト不整合を許容誤差以内にする手法について, 精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, 1990.
- [6] H. Prautzsch, A short proof of the Oslo algorithm, Computer Aided Geometric

Design, vol. 1, pp. 95~96, 1984.

[7] D. Rogers, J. Adams, Mathematical Elements for Computer Graphics (2nd edition), McGraw-Hill, 1990.

[8] 山口富士夫, 形状処理工学 [I], [II], 日刊工業, 1982.

執筆者紹介 松 木 則 夫 (Norio Matsuki)

昭和 55 年早稲田大学大学院数学専攻修了, 同年日本ユニシス(株)入社, CAD/CAM アプリケーションの開発業務を担当. 現在, CAD/CAM システム一部に所属.



CAD/CAM データ交換国際規格：STEP

第一報 —STEP の全体構成と形状表現—

CAD/CAM Data Exchange International Standard : STEP

First Report—Overall Structure of STEP and Shape Representation—

大 高 哲 彦

要 約 CAD/CAM システムにおいて必要とされるデータは、技術の進展に伴い、製品設計から製造に至る生産プロセスを総合的に支援する製品モデルデータを基礎にすることが重要になってきた。システム間のデータ交換については、米国 ANSI 標準である IGES が世界的に普及しているが、CAD/CAM システムが扱うデータの高度化に伴い、元来形状と図面の交換を意図して仕様が定められた IGES の拡張には限界が露呈され、新しい標準制定の必要性が高まった。このような機運を受け、1984 年に発足した ISO/TC 184/SC 4 下で、製品モデルデータ交換国際規格 STEP の仕様の審議が始まった。概念は別として、実用技術としては成熟していない製品モデルデータを対象としたため、審議は難航を極めたが、1991 年度中には基本的な部分が第 1 版として制定される見通しである。

STEP の仕様は、現在審議対象となっている部分だけでも、2000 ページに及ぶ膨大さであり、特徴的部分のみに触れるにしても限られた紙面での解説は困難である。そこで、本稿は第一報と位置付け、標準化の意義、歴史、組織等に触れた後、STEP 仕様の全体構成の概要を述べ、形状表現についてはある程度詳細な仕様を解説する。

Abstract Corresponding to the technological advances, it has been well recognized that data treated in CAD/CAM systems should be based on Product Model Data which supports all processes of product development from product design until product manufacturing. As for data exchange between different CAD/CAM systems, US ANSI standard IGES is well known and used world wide.

But, enlargement of scope and growing complexity of data treated in CAD/CAM systems has revealed that IGES, which is intended to exchange only product shape and drawing data, is insufficient for high level data exchange. Reflecting these circumstances, ISO/TC184/SC4 which was established in 1984 started development of the first international standard for the exchange of product model data: STEP. Though its concept and necessity was well recognized, practical implementation technology of product model data was not mature. Therefore, the development of STEP has had difficulties. After seven years of development, STEP version-1 is estimated to be established in FY 1991.

Specification of STEP is an enormous one which is currently about 2000 pages. Therefore, it is difficult to introduce STEP even if limited to its features. Accordingly, this paper is situated as a first report. After introduced the importance of the standardization, its history and organization, overall structure of STEP information model and shape representation is explained to some detail.

1. は じ め に

CAD/CAM システムや CIM システムが普及し、システム間での技術データや管理データの受渡しの必要性が高まり、データ交換標準が注目されるようになってきた。

米国 ANSI の標準であり、国際規格ではないが、実用的には IGES (Initial Graphics Exchange Specification) が、米国を中心に世界的に利用されている。しかし、CAD/CAM システムが高機能化し、データ交換への要求が、複雑、高度化するにつれ、IGES の欠陥や不十分さが目立つようになり、国際規格が待望されてきた。実用上の強い要求に押されて、米国や欧州では個別のデータ交換標準化の活動も盛んであり、時機に遅れないよう国際規格の早期制定が切望されている。

ISO では、1984 年に TC 184 (Industrial Automation Systems)/SC 4 (External Representation of Product Model Data) を発足させ、新しいプロダクトモデルデータ交換国際規格 STEP (STandard for the Exchange of Product model data) の開発に着手した。米国が開発中の PDES (Product Data Exchange Specification, 後に Product Data Exchange Using STEP と変更) の成果をベースとして、緊密な国際協同作業により STEP 開発を進めることになった。開発作業は難航を極めたが、1991 年度中には STEP の最初の版が技術的に安定な状態に達し、実用的に利用可能になるものと期待されている。

IGES と、STEP あるいは PDES の機能的な相違は、その名前に良く現れている。IGES は、その開発当時の CAD/CAM システムのレベルを反映して取り扱うデータは、主に図面記述データ、あるいはワイヤフレームや単純な面による形状データであった。今日では良く認識されているように、設計生産活動を有効に支援し、自動化していくためには対象製品の定義情報や、その設計や生産等に係わるあらゆる技術・管理情報を表現し、交換する必要がある。これらを総称して、プロダクトモデルデータと言うことが多いが、STEP や PDES は、まさにプロダクトモデルデータの完全な交換を最終目標としているのである。

プロダクトモデルという言葉や概念は、最近徐々に一般化してきたが実用的な技術としては未だ確立したものとはなっていない。そのような環境の中で進められる STEP の開発作業は、必然的に CAD/CAM 研究開発の成果を先取りし、今後のシステム開発を先導するような、技術の「先取り」型の開発作業とならざるをえない。CAD/CAM や CIM のように、技術の進歩が早く、技術競争の厳しい分野では、「後追い」型の標準では実質的に無意味となるからである。

わが国は、STEP 開発の国際作業に最初から積極的に参加してきたが、仕様案のレビューが中心であり国際的な貢献度は十分とは言いがたかった。1990 年度からは、国内における STEP 処理系の開発プロジェクト「STEP センター」が発足しており、その成果も踏まえたより実質的な技術的貢献が期待されている。

2. プロダクトモデルデータのスコープ

プロダクトモデリングの対象となる範囲は、具体的には、

- ・製造対象：対象記述（形状、寸法、公差、形状特徴、表面性状、板厚、材料等、従来図面に書かれていた情報）
- 設計目的、意図、設計過程、製品機能
- 生産準備情報（工程、作業、素材、機械等）
- 管理情報

- ・製造過程：設計手順，生産準備手順
- ・製造資源：設計関連資源
 - 生産資源（生産設備，素材等）
 - 管理情報

等と言われている。対象となる範囲は膨大であり，その中で現在比較的良く分析され，整理されているのは製造対象である。データ交換標準においても同様である。

プロダクトモデルやそのデータベースの動的な処理については，困難な課題が山積しており，未だ一般的な手法は存在せず，個々のシステムごとにアドホックな扱いが試みられている。現状のプロダクトモデルデータ交換標準は，このような動的な問題を対象とせず，静的に表現されるデータの形式と中身を標準化しようとするものである。

3. データ交換標準化の意義

プロダクトモデルデータ交換の標準化の意義としては，主として次の2項目を挙げることができる。

- ・システムの統合
- ・技術知識の共有と利用

システムの統合に関し，理想的には，設計から生産に至るすべての必要な技術情報を体系的に表現したデータモデルを基にシステムを開発すれば良いと考えやすいが，現実にはそうはいかないことが多い。技術活動を扱うシステムの機能は個々の仕事に強く依存し，仕事を良く知っている現場の人々を中心に開発されてきた，という経緯が多いからである。

したがって，高機能な CIM システムを実現するために，個々のシステムは個別の知識を取り込んだ固有なものにならざるを得ない。しかし統合化を達成するために，それらのシステム間のデータ交換は標準化しようということになる。プロダクトモデルデータ交換標準は，異機種 CAD/CAM システムが導入されてしまったために，やむをえず必要になるだけではなく，分散して存在している資源を統合化するための道具としても積極的な意味が与えられる。設計や生産，営業，管理等，企業の各部門の活動は場所的に分散化する傾向にあり，国際分業も不可避となってきた。一企業内だけでなく，多くの企業間でのデータ交換は，統合的企業システム構築の基本技術であると考えられる。

プロダクトモデルデータの外部表現が標準化されることには，技術知識の共有と利用という面で大きな意義がある。プロダクトモデルの基本的定義やその構成法，データ項目等については未だに多くの問題点があり，研究開発が活発に行われている。しかし ISO の場では，第一線の研究者，技術者が集まり，互いの知識やデータを提供して共通化できる所を探り，現在考えられる最高の技術によってプロダクトモデルデータの外部表現を標準化しようとしている。その結果としてできる標準は，貴重な共有の知的財産であると言える。

この共有の知的財産を利用することは，一企業内，異なる企業間のデータ交換をスムーズにするだけでなく，CAD/CAM システムベンダが無理に包括的な機能のシステ

ムを競合上開発する必要を減少させ、得意な分野に絞ったシステムの開発を可能にする。

4. データ交換標準化の歴史

プロダクトモデルデータ交換標準として、今までにいくつかのデータ交換標準が提案され、実際に使用されているものもある。これらを図1にまとめる。これらの交換標準は開発の環境や意義により、①IGES およびその系列の属するもの、②ANSI および PDDI、③欧州で開発された VDAFS, SET, CAD * I 等、④米国で開発中の PDES, の四つのグループに分けて考えることができる。STEP はこれらの流れを受け継ぎ、単に集大成するのではなくプロダクトモデルデータの考え方を新しく確立して、将来の CAD/CAM システムの発展の方向をも先導しようとの意気込みで開発されている。

実用的に広く利用されている IGES は利用者からの多くの要求に応じて、次々と機能向上をしてきたが、形式や内容に不整合な点が目立つようになり、将来の CAD/CAM システムの発展に十分対応しきれない、との意見が出てきた。とくに、そのグラフィックデータに偏したデータ表現では十分なプロダクトモデルデータの表現ができず、製品設計から生産へかけてのデータの流れを強力に支援できない、と考えられるようになってきた。そこで、IGES 委員会では、1984 年にプロダクトモデルデータの完全な伝達を目的として、PDES 計画を発足させた。IGES から PDES へ、その名前の変化が内容の変化を物語っている。PDES 委員会は、最初は IGES 委員会の中のアドホック委員会であったが、現在では定例的な会合も IGES/PDES 会議と呼ばれるほどで、PDES は IGES 委員会の主要作業項目となっている。PDES の一応の完成をもって、PDES が IGES に置き換わるという基本方針が、IGES 委員会です承されている。PDES は ISO に提案され、国際規格 STEP の基礎となっている。

5. ISO の組織と活動

プロダクトモデルデータ交換標準化は、ISO においては TC (Technical Committee) 184 (Industrial Automation Systems) において推進されている。TC 184 は、産業分野の自動化技術に係わる標準化活動のために、1984 年に設立された新しい TC であり、その中に五つの SC (Sub Committee) を持っていた。プロダクトモデルデータ交換標準化は、SC 4 (External Representation of Product Model Data) の担当であり、米国の Bradford Smith (元 NBS, 現在 NIST-National Institute of Standards and Technology) が議長となり、西欧の主要な国が参加して審議を進めてきた。日本もその活動の初頭から参加しており、相応の技術的貢献を行ってきた。

TC 184 の担当分野が発展するにつれ、SC の構成が不整合となってきたので、1989 年に SC が以下のように再編成された。

- SC 1 Physical Device Control
- SC 2 Robots for Manufacturing Environment
- SC 4 Manufacturing Data and Languages
- SC 5 Architecture and Communication

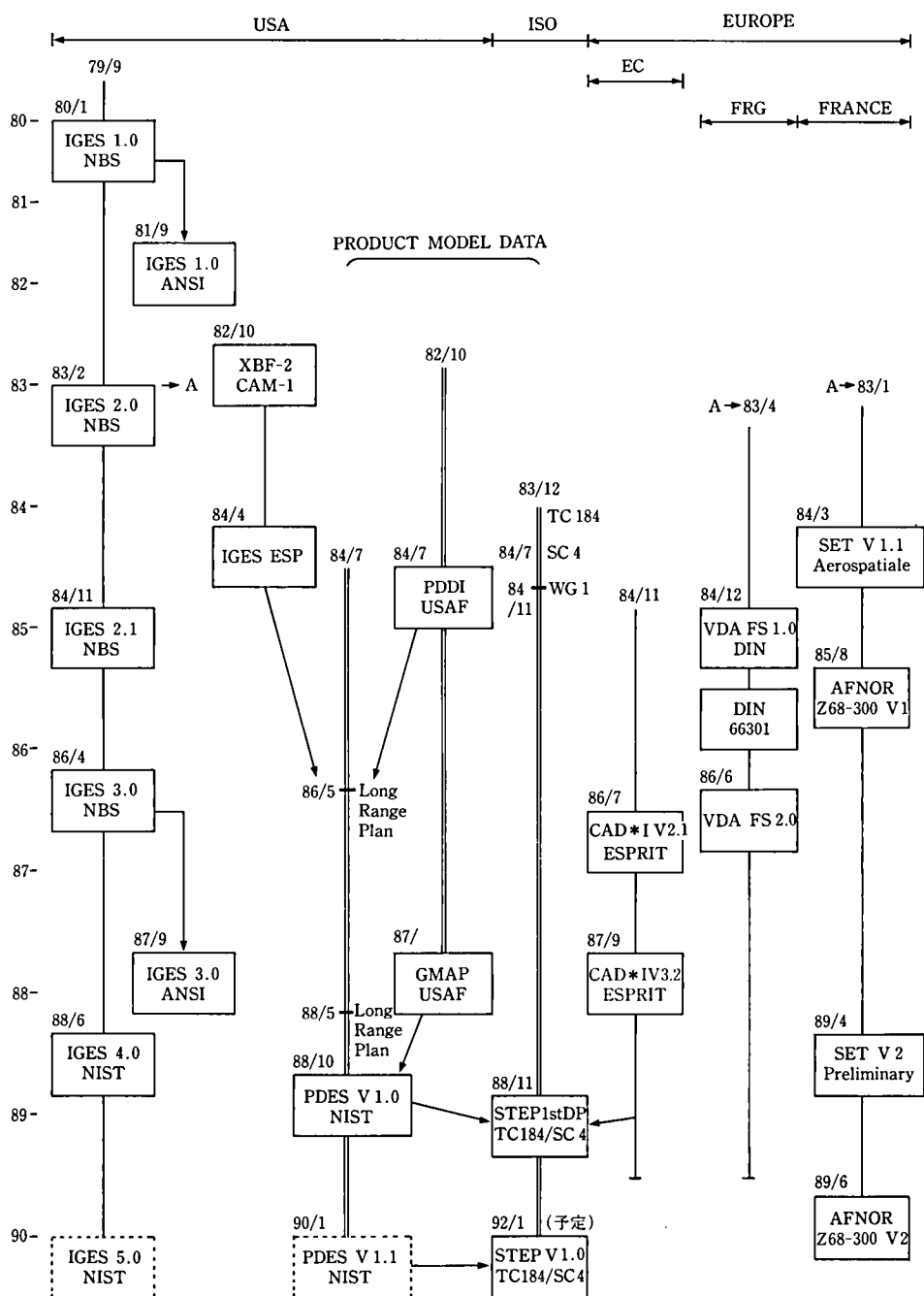


図 1 データ交換標準/仕様の歴史

Fig. 1 History of specification/standards for the exchange of product model data

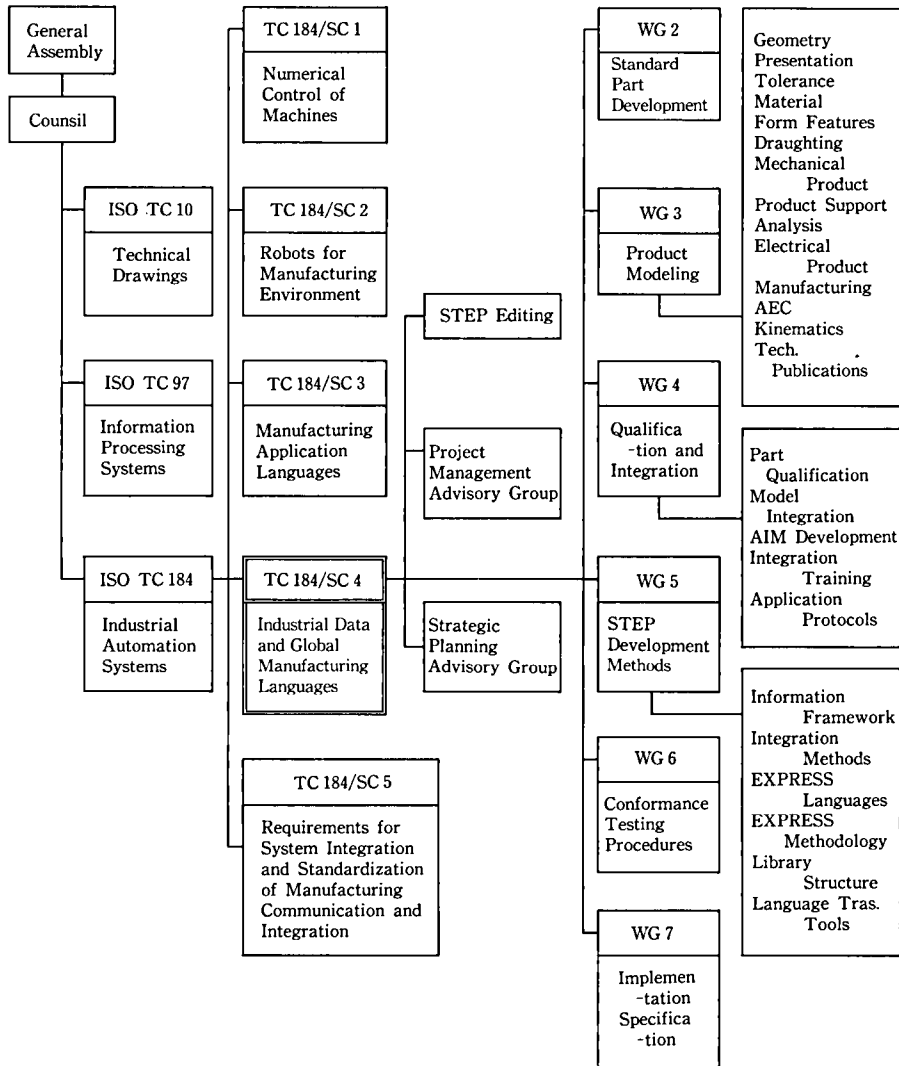


図 2 STEP 開発組織/ISO

Fig. 2 Organization of ISO/TC 184/SC4 and SC4/WGs

SC 3 がなくなり，その内容が SC 1 と SC 5 に振り分けられた。また SC 4 の担当範囲が拡大され，静的なデータ交換のみでなく生産に係わるデータやプログラミング言語全般の標準化を扱うことになり，タイトルとスコープが次のように改められた。

Title: Industrial Data and Global Manufacturing Languages

Scope: Standardization in the Field of Data and Languages for Manufacturing Applications

現状の SC 4 直下の組織を図 2 に，対応する国内組織を図 3 に示す。組織名と作業項目の対応は，以下の通りである。

WG 2 : Standard Parts (Convener: G. Ehinger, 独)

標準部品の表現，交換に関する仕様の開発

- WG 3 : Product Modeling (Convener : B. Warthen, 米)
Generic Resource Models, Application Resource Models の開発
- WG 4 : Qualification & Integration (Convener : Y. Yang, 米)
各種 Resource Models の検証と統合
- WG 5 : STEP Development Methods (Convener : B. Danner, 米)
STEP 全体の参照モデルの開発, 形式言語 EXPRESS の開発
- WG 6 : Conformance Testing Procedures (Convener : J. Owen, 英)
適合性試験法, ツールの開発
- WG 7 : Implementation Specification (Convener : J. V. Maanen, 英)
実装形式の開発
- E. C. : Editing Committee (Convener : N. Shaw, 英)
STEP の ISO 文書規約上の検証と編集
- PMAG : Project Management Advisory Group (Convener : J. Weiss, 米)
STEP 開発の計画の策定, 開発管理, 承認
- SPAG : Strategic Planning Advisory Group (Convener : J. P. Letouzey, 仏)

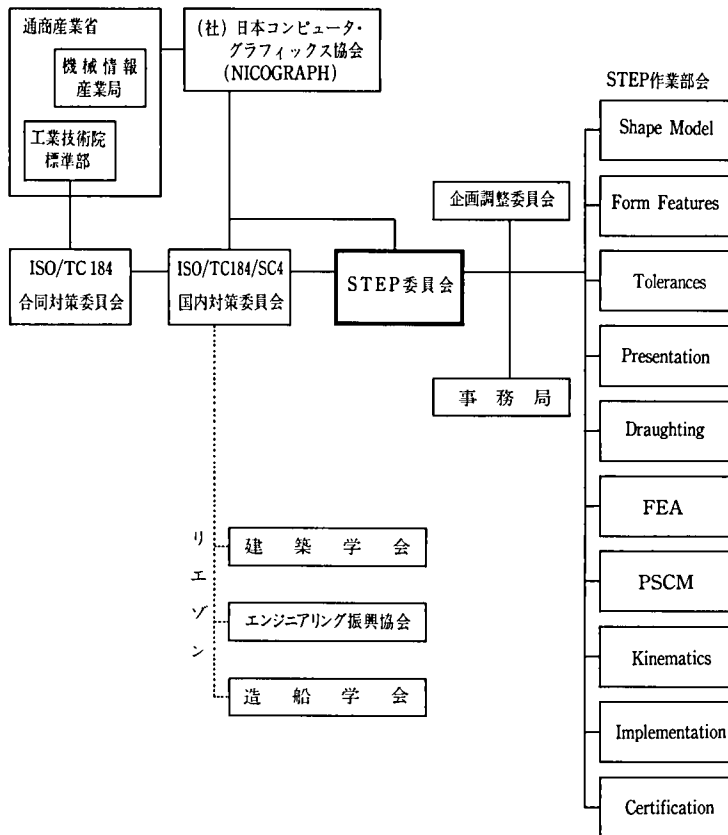


図 3 STEP 開発組織/国内

Fig. 3 Organization of Japan National Committee for TC184/SC4

SC 4 全体の将来計画の策定

この中で STEP の開発に直接的に関係するのは、WG 3, WG 4, WG 5, WG 6, WG 7 および E. C. と PMAG である。

WG 3 は約 150 人の専門家が参画している最大の WG であり、STEP 規格の本体となる製品モデルデータの仕様は、すべてこの WG で開発されている。Geometry & Topology, Visual Presentation, FEA, Draughting 等々分野ごとの活動組織として WG 3 下に計 15 の Project が配されている。

WG 4 は情報モデルとしての統合の役割を担っており、WG 3 の各 project で開発された Resource Models を相互の関連の正しさを検証すると共に、重複性を排除し、Resource Models 全体としての整合をとる。

WG 5 は STEP 全体の参照モデルを開発すると共に、形式言語 EXPRESS を開発している。EXPRESS は、仕様の解釈の一意性の確保、仕様記述の形式化（計算機解読可能化）を意図して開発された Ada や Pascal に似た対象記述に向けた言語であり、STEP のすべての Resource Model や AP's (Application Protocol) の仕様は、EXPRESS での記述が義務付けられている。

WG 6 は STEP トランスレータの適合性試験のための方法論とツールの開発がその役割である。

WG 7 はデータ交換時の交換ファイル上の記述形式と、EXPRESS 記述形式から交換ファイル上の記述形式への写像則を開発している。

以上が仕様の開発の実務組織であり、この他には、開発された文書を ISO の文書規約に照らして確認/修正を行うための Editing Committee および PMAG が配されている。PMAG は WG 3～WG 7 の各 Project Leader および各 P 国からの 1 名の代表者から成る開発管理組織であり、開発のステータス・レビュー、計画の策定/変更、各 WG への指導が役割である。

STEP には ISO の規格番号として ISO-10303 が付与されているが、一つの規格文書から成るわけではなく、一連の部分規格文書 (parts) から成る。開発組織と Parts の対応の詳細を表 1 に示す。このような開発組織の構造化と形式言語 EXPRESS の導入は、各 Resource Model 分野の専門家が交換媒体上の形式等を一切意識せずに当該分野の仕様を検討し、それを EXPRESS で記述すれば済むという効果を生み出している。

6. STEP 概要と全体構成

6.1 STEP 開発の基本的考え方

STEP 開発の目的は次のように規定されている。

The creation of a standard that enables the capture of information comprising a computerized product model in a neutral form without loss of completeness and integrity, throughout the life cycle of the product.

ここで product life cycle とは、製品企画/設計、製造、検査、保守等、その製品が考えられてから寿命を終えて市場から消え去るまでの全期間を言う。必要なデータは、もちろん形状のみでなく、機械製品を規定するのに用いられるすべてのデータを含む。

表1 STEP 開発組織と規格文書の対応

Table 1 ISO TC 184/SC 4 STEP development organization and parts

GROUP	LEADER(S)	PART	TITLE	EDITOR
<u>PMAG</u>	Jerry Weiss	1	Overview & Fundamental Principles	Howard Mason/ Nigel Shaw
<u>WG2-Standard Parts</u>	Gerd Ehinger		Concepts for CAD Standard Parts	
<u>WG3-Product Modeling</u>	Barbara Warthen			
<u>P1-Geometry & Topology</u>	Ray Goult	42	Geometric & Topological Rep.	Tony Day
		*204	Mechanical Design Using Boundary Rep.	Ray Goult
		*205	Mechanical Design Using Surface Rep.	Jochen Haaenisch
P2-Visual Presentation	Horst Nowacki	46	Presentation	Kornel Klement
P3-Tolerances	Bill Burkett	47	Shape Tolerances	Bill Burkett
P4-Materials	John Rumble	45	Materials	John Rumble
P5-Form Features	Mark Dunn	48	Form Features	Mark Dunn
	Deputy:Christian Altman			
P6-Draughting	Michael Fox	101	Draughting Resources	Robert Park
		*201	Explicit Draughting	Wolfgang Hass
		*202	Associative Draughting	Larry McKee
P7-Mechanical Product Definition	Bill Cain			
P8-Product Life Cycle	Rick Bsharah	49	Product Life Support	
P9-Finite Element Analysis	Keith Hunten	104	Finite Element Analysis	Keith Hunten
P10-Electrical	Steve Grout/ Peter Fergus	103	Electrical Functional	
P11-Manufacturing Technology	Greg Paul Deputy:Dan Small			
P12-Architecture,Engineering, Construction (AEC)		102	Ship Structures	
P13-Kinematics	Ulrich Gengenbach	105	kinematics	
P14-Technical Publications	Jay Wood			
P15-Product Structure		44	Product Structure Configuration	Buzz Bloom
<u>WG4-Qualification & Integration</u>	Yuhwei Yang	*203	Configuration Controlled Design	Steve Ryan
<u>P1-Part Qualification</u>	Bill Burkett			
P2-Resource Model Integration	Yuhwei Yang	43	Representation Structures	Dave Sanford
P3-Application Interpreted Model Development	Yuhwei Yang			
P4-STEP Integration Technology Training	Mary Mitchell			
P5-Application Protocol Guidelines Application Protocol Integration	Mark Palmer Steve Ryan			
<u>WG5-STEP Development Methods</u>	Bill Danner			
<u>P1-Framework</u>	Wim Gielingh			
P2-Integration Methods	Bill Danner	41	Fundamentals of Product Description & Support	Alison McKay
P3-EXPRESS Language	Doug Schenk	11	EXPRESS Language Reference Manual	Phil Spiby
P4-EXPRESS Methodology	Augusto Nieva			
P5-Application Interpretation	Methods Bill Danner			
P6-Language Translation Tools	Anne Williams			
<u>WG6-Conformance Testing Procedures</u>	Jon Owen	31	Conformance Testing Methodology and Framework (CTMF)-General Concepts	Jon Owen
		32	CTMF-Requirements on Testing Laboratories and Clients	Jon Owen
		33	CTMF-Structure & Development of Abstract Test Suite	Jon Owen
		34	CTMF-Abstract Test Methods	Yuhwei Yang
<u>WG7-Implementation Specifications</u>	Jan Van Maanen	21	Clear Text Encoding of the Exchange Structure	Jan Van Maanen
		22	STEP Data Access Interface	James Fowler

単なるグラフィカルな表現を扱うのではなく、CAD/CAM システムのデータベース中に構築されるような、対象となる機械製品の完全な記述を扱うことが目的となる。もちろん、データ交換標準であるからデータ生成の問題は扱わず、静的なできあがったデータのみを対象とする。

STEP の満たすべき設計要件として次のようなことが挙げられている。

- Exchange completeness
データ交換の対象となる CAD/CAM システムの間で、データの損失をできる限り少なくする。
- Archiving completeness
CAD/CAM システムが必要とするプロダクトデータを完全性や整合性を失うことなく、表現できるようにする。
- Extensibility
機能が拡張されても、以前のデータと互換性があること。
(Upward compatibility)
- Testability of additions
STEP の拡張や変更は、きちんと検査されなければならない。
- Efficiency
STEP のデータ要素とファイル構造は、少なくとも既存の類似の標準より十分に効率的でなければならない。
- Compatibility with other standards
当面併存するであろう類似の標準との間で、できるだけ不整合をさけ、変換による互換性を保つようにする。
- Minimum set of entities
STEP に含まれるデータ要素の種類は要求を満たす範囲で、できるだけ少なくすべきである。
- User-defined data/syntax/entities
必要に応じてデータ要素を追加していけるメカニズムを用意する。
- Computing environment independence
計算機環境からできるだけ独立にする。
- Logical classification of data elements (subsets)
実用的には、STEP の全機能を同時に必要とすることは少ないであろう。
応用ごとに適切な規模の実現ができるように、Subset の概念を明確に規定しておく必要がある。

6.2 STEP 規格の全体構造

STEP で扱う製品モデルデータを表 2 に、また規格の全体構造を図 4 に示す。STEP 規格 (ISO-10303) は複数の Part の集合体として構成される。OVERVIEW (Part 1) は、規格全体のスコープ、設計思想、構成 Parts の位置付けと機能、開発言語の位置付け、用語等を規定した文書であり、自然言語で書かれている。

規格の技術的本体が、図中央の統合製品情報モデル (IPIM: Integrated Product

表 2 STEP における製品モデルデータ
Table 2 Product model data in STEP

Common Technical Resources	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	幾何要素集合
Wireframe Model	ワイヤーフレーム・モデル
Surface Model	曲面モデル
Brep Solid	境界表現ソリッド
CSG Solid	CSG ソリッド
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 Model	非形状モデル
Tolerance	公差
Material	材料
Machining Process	加工工程
Surface Finish	表面仕上
Product Administration Data	製品管理データ
Mechanical Product Structure	機械製品構造
Part/Assembly	部品／組立品
Constraint/Dependency	拘束／依存
Configuration Management Data	構成管理データ
Product Manifestation	製品表示
Draughting	機械製図
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
AEC Product Model	建築・土木・エンジニアリング製品モデル
Electric/Electronic Product Model	電気・電子製品モデル
Ship Product Model	船舶製品モデル

Reference: STEP Document0.2

Information Model) である。ここには、表 1 に示したすべてのモデルがモデル相互の必要な関係、構造を保持した統合化 (Integrated) された形で存在する。仕様記述言語はすべて EXPRESS で統一されている。なお、モデル相互の関係や構造については、この中に含まれている Fundamentals of Product Description & Support (Part 41) に基本的な枠組についての規定がある。

APPLICATION PROTOCOL とは、特定の応用分野ごと (たとえば 2 次元製図、解析図形のみからなる境界表現 B-rep モデル) の規格であり、IPIM に含まれる膨大な entity 群の中で当該応用に必要なもののみを特定し、必要に応じて entity 名の変更、entity の制約条件の付加を行って、当該応用に使いやすい仕様へと変更するための仕組みである。従来の IGES や SET 等の標準では、IPIM に相当する部分を直接仕様として公開し使用してきたが、STEP では必ず AP を介して使用することが前提とされ

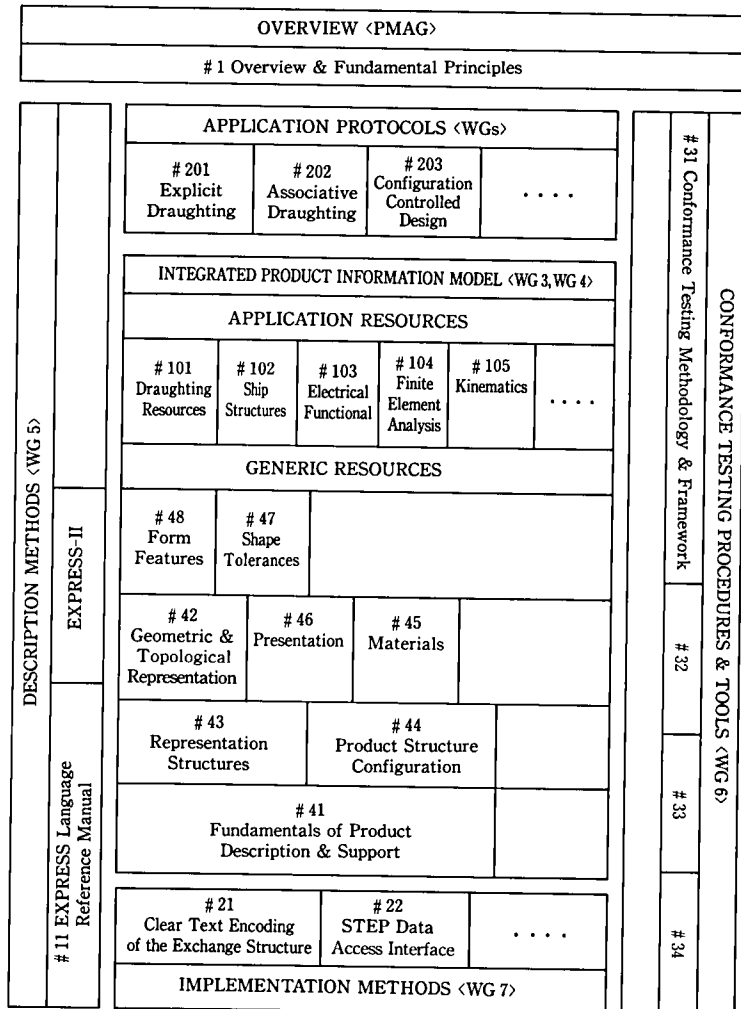


図 4 STEP 規格の全体構造

Fig. 4 Overall structure of STEP standard

ている。APの詳細仕様である AIM (Application Interpreted Model) も EXPRESS で記述される。

IMPLEMENTATION METHODS に含める仕様の本来のスコープは、IPIM で規定された製品の概念モデルのコンピュータ・リソース上の展開（実現）形式を規定することにある。将来計画としては、Working Form や Database 形式の規定を狙っているが、現状は第 1 ステップとして IGES や SET 等と同様に、シーケンシャル・ファイル上の文字列としての展開形式が Physical File (Part 21) で規定されている。Physical File の仕様定義も、WSN (Wirth Syntax Notation) による形式化が計られている。IPIM 上で定義された統合製品情報モデル (EXPRESS 表現) が Physical File 上ではどう対応するかの対応則を mapping rule と言い、mapping rule も Part 21 上に規定されている。

以上に示した以外の規格の構成要素としては、現状では EXPRESS の言語仕様書お

よび Conformance Testing Methodology and Framework (Part 31) がある。前者については形状表現の章で例示する。後者についてはその内容に変更が加えられつつあるので、ここでは触れない。

図4中央部の Application Protocols, IPIM および Implementation Methods をスキーマの層別として捉えと、図5に示す3層モデルと考えられる。

IPIM は外部スキーマの位置付けである。IPIM 上に統合化される前の各専門領域 (topic) ごとの情報モデルを、STEP では TIM (Topical Information Model) と呼ぶ。現在 20 弱の TIM が開発されている。その代表的なものは以下の通りである。

Geometric Shape Models TIM

Geometry TIM

Topology TIM

Presentation TIM

Draughting TIM

Tolerances TIM

Finite Element Analysis TIM

Kinematics TIM

Form Features TIM

Materials TIM

Product Structure Configuration TIM

TIM は相互の参照が許される。たとえばサーフェス・モデルやソリッド・モデルは

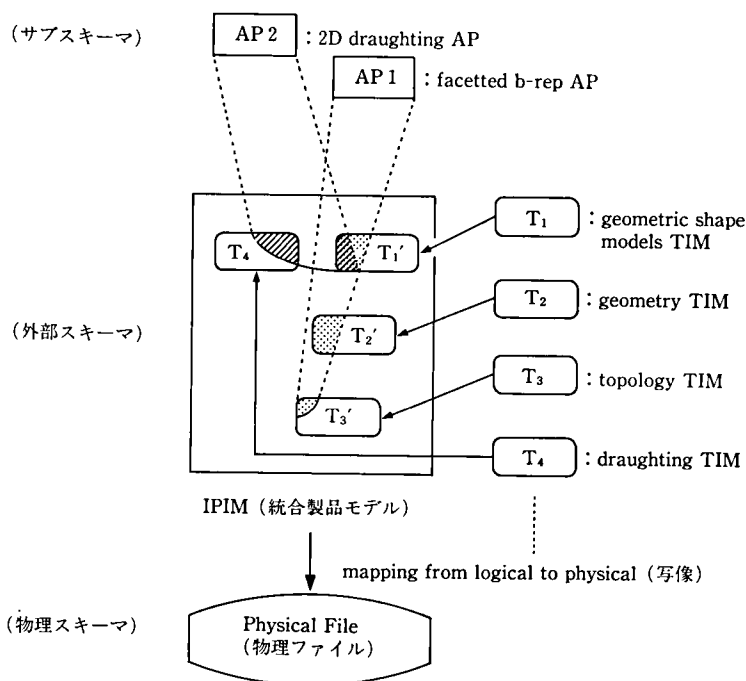


図5 IPIM, TIM, AP, Physical File の関係

Fig. 5 Relation of IPIM, TIM, AP and Physical File

Geometric Shape Models TIM にその仕様が記述されているが、幾何要素や位相要素を参照するために Geometry TIM および Topology TIM を参照している。TIM の記述言語も EXPRESS で統一されている。SC 4/WG 3 下の各 project は、各々の分野の TIM 開発が任務である。

project 内で技術的に完成したとみなされた TIM は、IPIM への統合(integration)に回される(組織的には、WG 4 が統合作業の主力である)。この統合の手順を図 6 に示す。図の左側に示されているのが IPIM に含まれる resource model の統合の手順である。WG 3 の当該 resource model project, WG 4 の qualification project, resource integration project で、図に示された手順で改良と確認が行われ、最終的には SC 4/Editing Committee が ISO の文書規約上の確認・改良を行って統合が終了する。この統合の過程で、他の resource model との概念の重複がないか、関係が適切か等がチェックされ、TIM は必要な変更を受けた後で IPIM に取り込まれる。図の右側に示されているのは、AP 開発に関する統合の手順である。

AP (Application Protocol) は、IPIM のサブスキーマと位置付けることができ、個々の応用文脈 (Application context) というめがねで IPIM を見た時に見える像を

Development of Integrated STEP Parts

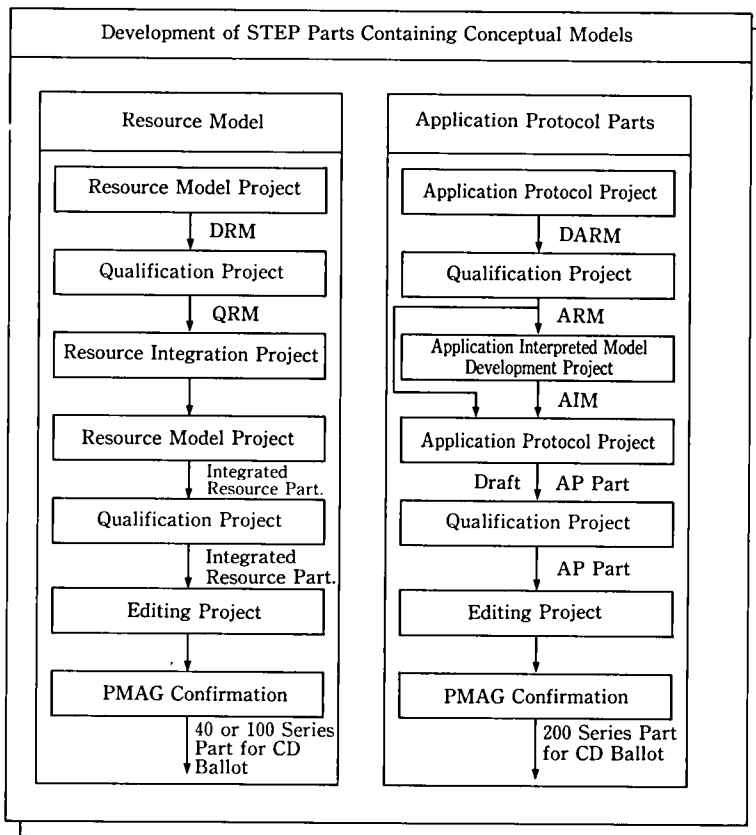


図 6 統合の手順

Fig. 6 Process of integration

規定した自己完結な仕様ということになる。

Physical File は IPIM の物理スキーマと位置付けることができる。IPIM から Physical File への mapping (写像) は理想的には 1 対 1 であるべきであるが、現実には現在の対応則では写像されないものがあるため、Physical File 上の情報は IPIM 上のそれと等価ではない。この不一致部分 (たとえば WHERE 節, DERIVE 節等) は、交換プロセッサの中でプログラムの補う必要がある。図 7 に Physical File (交換ファイル) の例を示す。

```

STEP; ..... STEP ファイルの始まり
HEADER; ..... ヘッダー部 (始まり)
      FILE_IDENTIFICATION
      ('EXAMPLE STEP FILE # 1',
      '1991-02-11 T 15:30:00',
      ('JOHN DOE', 'ACME INC.', 'METROPOLIS USA'),
      ('ACME INC. A SUBSIDIARY OF GIANT INDUSTRIES',
      'METROPOLIS USA'),
      'STEP VERSION 1.0', 'CIM/STEP VERSION 2',
      'SUPER CIM SYSTEM RELEASE 4.0',
      'APPROVED BY JOE BLOGGS');
      FILE_DESCRIPTION (('A SMALL SAMPLE STEP MODEL',
      'BREP-LEVEL 1.0');
ENDSEC; ..... ヘッダー部の終わり
DATA; ..... DATA 部の始まり
      # 1=PT(0.0, 0.0, 0.0); # 2=PT(0.0, 1.0, 0.0); # 3=PT(1.0, 0.0, 0.0);
      # 11=VX(# 1); # 12=VX(# 2); # 13=VX(# 3);
      # 16=ED(# 11, # 12); # 17=ED(# 11, # 13); # 18=ED(# 13, # 12);
      # 21=ED-STRC(# 17, 0); # 22=ED-STRC(# 18, 0); # 23=ED-STRC(# 16, 1);
      # 24=ED-LOOP(# 21, # 22, # 23);
      /* */
      # 100=PT(0.0, 0.0, 0.0); # 200=PT(0.0, 1.0, 0.0); # 300=PT(1.0, 0.0, 0.0);
      # 1100=VX(# 100); # 1200=VX(# 200); # 1300=VX(# 300);
      # 1600=ED(# 1100, # 1200); # 1700=ED(# 1100, # 1300); # 1800=ED(# 1300, # 1200);
      # 400=& SCOPE
      # 2000=ED-STRC(# 1700, 0);
      # 2100=ED-STRC(# 1800, 0);
      # 2200=ED-STRC(# 1600, 1);
      ENDScope;
      ED-LOOP((# 2000, # 2100, # 2200);
EDNSEC; ..... DATA 部の終わり
ENDSTEP; ..... STEP ファイルの終わり

```

注 1. STEP ファイルは、STEP; で始まり ENDSTEP; で終わる。

注 2. STEP ファイルには、HEADER 部と DATA 部がある。

図 7 STEP 交換ファイルの例

Fig. 7 An example of STEP exchange file

7. STEP における形状表現

STEP の文書のうち、形状表現に関連するものは多岐にわたるが、形状モデルの基本部分を定義した [Part 42]^[7] が重要である。[Part 42] の機械形状への応用 (AP: Application Protocol) として、境界表現への応用 [Part 204] と、曲面への応用 [Part 205] とがある。

現在、STEP 第 1 版 (ver. 1) の策定に向けて努力が傾注されているが、第 1 版には [Part 204] [Part 205] は含まれないことになっているため、ここでは [Part 42] に関して説明を行うことにする。

STEP で扱う形状表現は、3 次元空間中に定義されるソリッド、サーフェス、ワイヤフレームの各モデルであり、この他に 2 次元空間中の図形や位相を持たない形状も含まれる。そのため図形を扱うほとんどすべてのシステム (これを形状モデラと呼ぶことにする) は、STEP の交換対象となる。

[Part 42] は形状モデラ間の交換のための枠組みであり、静的な表現を基礎にしている。ここでいう“静的”とは、速度や効率を高めることを中心にデータ表現を決定しない、という意味である。すなわち、幾何計算の速度を上げるためのデータ構造や、位相の隣接関係を効率良く得るためのポインタ構造は、わかりにくさや冗長の点から排除される。

第 1 版ではソリッドモデルまでが交換の対象であるが、将来的にはより広い範囲のデータを受け入れる必要がある。そのためには現在の処理系の開発を進めること、第 2 版に向けての拡張事項に関して十分検討を重ねることが重要である。

40 番目の Part は“Resource Model”と呼ばれる。すなわち、[Part 42] は STEP において形状を表現する場合、あらゆる応用モデルが参照する“資源”となっている。そこで 2 次元/3 次元形状の表現の枠組みとして、十分詳細な定義と安定した記述が要求される。当初の STEP の文書の中でも、[Part 42] に相当する部分は多くの議論が積み重ねられてきており、十分安定した文書といえる。現在、DIS (Draft International Standard=規格原案) 化のための投票が進行中である。

[Part 42] において形状記述は、第 4 章 幾何スキーマ (geometry_schema)、第 5 章 位相スキーマ (topology_schema)、第 6 章 形状モデルスキーマ (geometric_shape_schema) に分類されている。

以下に、各スキーマについて述べる。

7.1 幾何スキーマ

幾何スキーマは、2 次元/3 次元空間中の領域を表す幾何要素 (Entity) の定義、関連する TYPE や関数の定義から成る。幾何要素は次の方針で構造化されている。

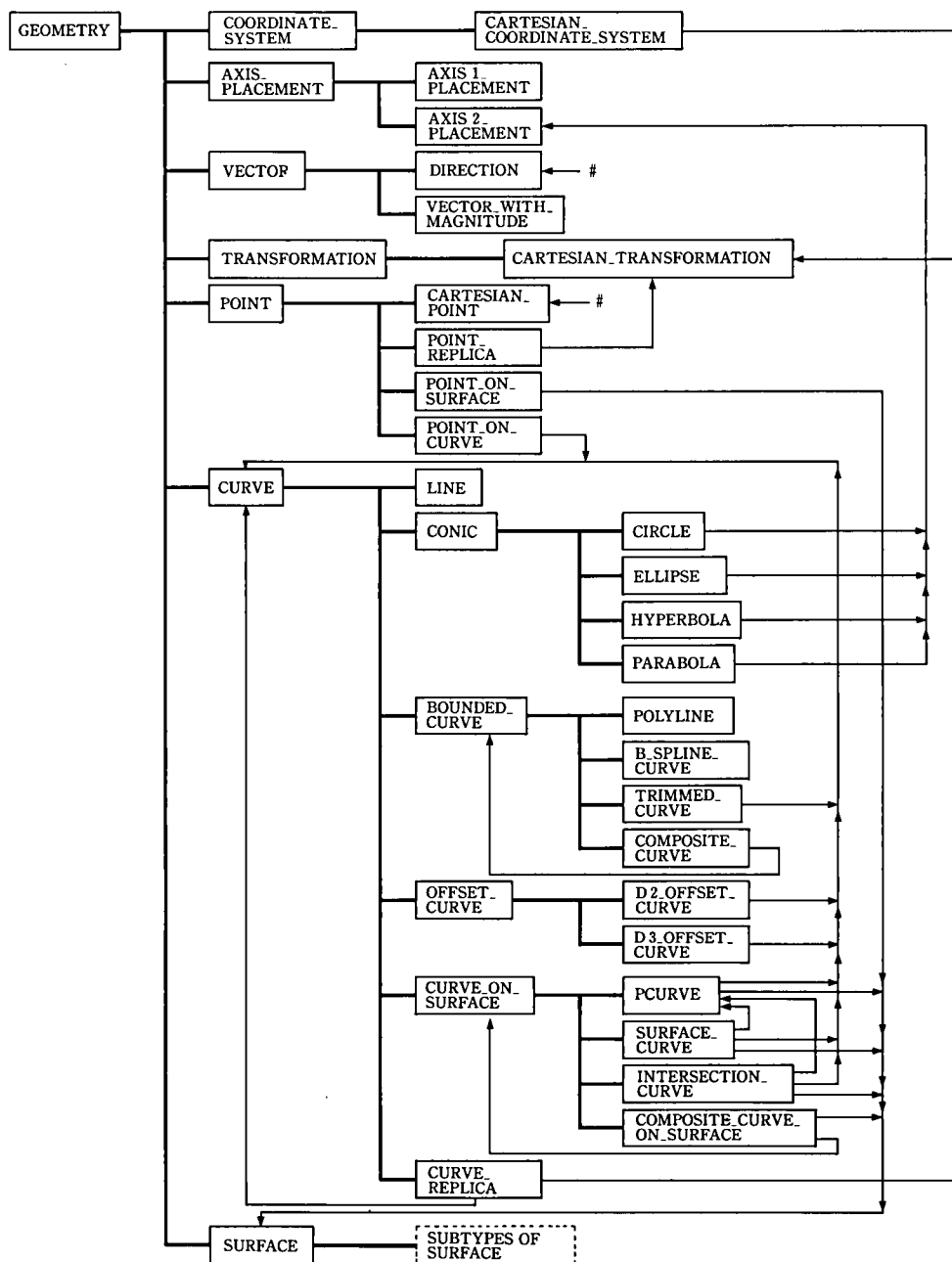
- ・形状を定義する最小の要素群から成ること。
- ・パラメトリックな定義で統一すること。
- ・要素群に包含関係を導入し、階層構造で表せること。

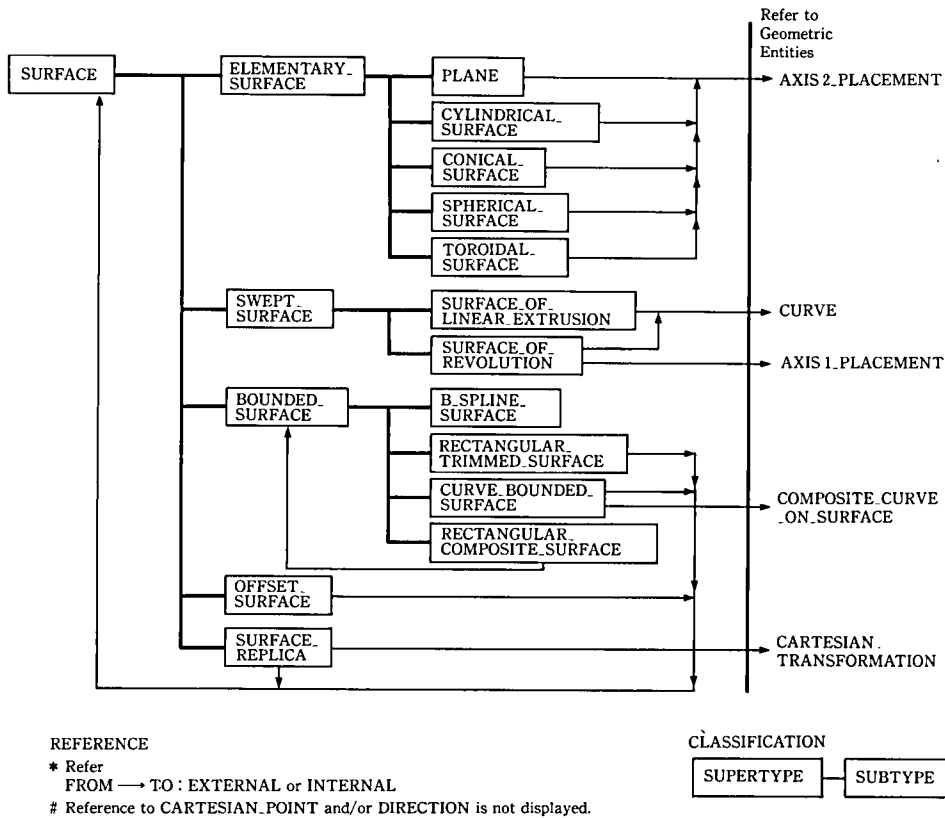
「最小の要素群」という要請から、線分や円弧は直線や円のトリム曲線 (TRIMMED_CURVE) としてしか表現できない。また議論の末、自由曲面は有理 B-スプライン曲面 (NURBS) を採用した。したがって、Bezier 曲面等は NURBS 形式との変換が必要であり、自由曲線についても同様のことがいえる。このように要素定義の冗長性を

低くすると、交換効率や表現精度に問題が生じてくる。

「パラメトリックな定義」により、パラメタで曲線・曲面上の座標値を一意に指定できる。パラメタを用いることで、曲線の方法や曲面の表側が定義できる。一方、パラメトリック形式で表せない陰関数表現等の曲線・曲面は扱う対象には含まれない。

「階層構造」は、Supertype/Subtype の記述で実現される。Subtype を持たない要素を実要素といい、他の要素を属性として参照できるが、参照の再帰的な深さについ





幾何要素は、geometry という ENTITY を先頭に、座標系 coordinate_system・配置 axis_placement・ベクトル vector・座標変換 transformation・点 point・曲線 curve・曲面 surface に分類され、順次分類を重ねて階層化されている。このうち point/curve/surface_replica は、同じ幾何形状であるが配置が異なっている点/曲線/曲面を定義する ENTITY である。

図 8 幾何要素間の関連

Fig. 8 Structure and relation of geometric entities

で明確には決められていない。このようにして成立する幾何要素間の関連を図 8 に示す。図中で太線は ENTITY 間の親子関係を、矢印は ENTITY 属性から他の ENTITY への参照を意味する。

図 8 では左の ENTITY から右の ENTITY に移るにつれて、より詳細な幾何要素の定義になる。たとえば axis_placement は、点と軸を指定して幾何要素の配置を決める ENTITY である。その Supertype は geometry という ENTITY で、Subtype は axis_1_placement と axis_2_placement である。両者では属性である軸の本数 (= 1 か 2) が異なっている。EXPRESS 言語による axis_2_placement の ENTITY 定義を図 9 に示す。

ellipse は、曲線 curve の Subtype の 2 次曲線 conic の Subtype である (図 8)。その ENTITY 定義を図 10 に示す。ellipse は座標原点周辺で定義されており、長径と短径という特徴的な属性以外の中心点や中心軸といった配置の情報は axis_2_placement で表現される。これは基本曲面 elementary_surface や他の conic でも同様であり、交

```

ENTITY cartesian_point
SUBTYPE OF (point);
  x_coordinate : length_measure;
  y_coordinate : length_measure;
  z_coordinate : OPTIONAL length_measure;
DERIVE
  dim : INTEGER := count_dimensions ({x_coordinate, y_coordinate, z_coordinate});
END-ENTITY;

```

```

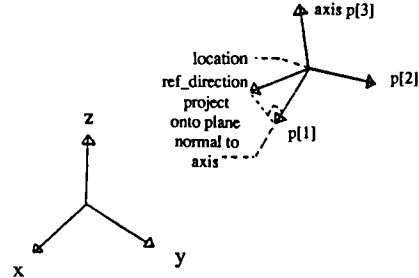
ENTITY direction
SUBTYPE OF (vector);
  x : REAL;
  y : REAL;
  z : REAL;
DERIVE
  dim : INTEGER := count_dimensions ({x, y, z});
WHERE
  WR1 : vector_magnitude (SELF) > 0.0;
END-ENTITY;

```

```

ENTITY axis2_placement
SUBTYPE OF (axis_placement);
  location : cartesian_point;
  axis : OPTIONAL direction;
  ref_direction : OPTIONAL direction;
DERIVE
  dim : INTEGER := coordinate_space (location);
  p : LIST [2:dim] OF direction := build_axes (dim, axis, ref_direction);
WHERE
  WR1 : (NOT EXISTS (axis) OR coordinate_space (axis) = dim) AND
        (NOT EXISTS (ref_direction) OR coordinate_space (ref_direction) = dim);
END-ENTITY;

```



ENTITY 定義は次の順で記述される：ENTITY 名, Supertype/Subtype の宣言, 属性の並び, 導出 (DERIVE 節), 属性に課する制約 (WHERE 節), 属性の参照は direction.x のように “.” を用いる。EXPRESS 言語は大文字/小文字の区別はしないが, スタイル上, 予約語は大文字で, ENTITY 名, 属性, 関数等は小文字で書かれる。“length_measure”は長さの単位を意味する。“REAL”との違いに注意。“OPTIONAL”は省略可能な属性を意味し, cartesian_point と direction の 3 番目の属性 (z 成分) が OPTIONAL であるのは, 2 次元/3 次元で共通の ENTITY とするためである。“function (arg1, arg 2, …)”の形式は関数であり, 引数で“SELF”となっているのは ENTITY 自身を引数にとる。

axis_placement の属性は, 位置の location, OPTIONAL で方向の axis, ref_direction を持つ。DERIVE 節では, 定義空間の次元数 dim (= 2 か 3) および, 互いに直交するベクトル p[1], p[2] (, p[3]) を導出している。p[3] は axis に一致し, p[1] は ref_direction の投影から得られる。WHERE 節では制約条件 1 (WR 1) として, axis が存在しないか axis の次元数が dim と一致すること, すなわち定義空間の次元数が整合していることを条件としている。属性 ref_direction についても, 同様の制約が AND で結ばれている。

図 9 cartesian_point ・ direction ・ axis 2_placement の ENTITY 定義

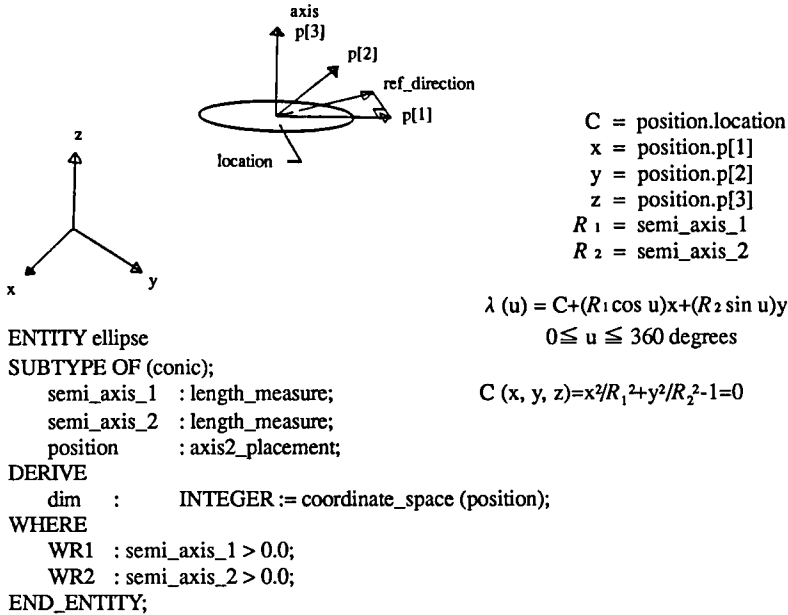
Fig. 9 Definitions of cartesian_point, direction and axis 2_placement

換データ作成時に変換の計算をすることになるが, そのとき発生する誤差が問題となってしまう。

図 11 に交線の曲線 intersection_curve の定義を示す。属性のほとんどすべてが OPTIONAL であり, 必要に応じて曲面間の交差に関する情報を付け加えられるようになっている。

7.2 位相スキーマ

位相スキーマは, 幾何要素の広がり範囲を限定し関連付ける枠組であり, 頂点/稜線/面といった位相要素 (ENTITY) と, 位相要素に制約を与える関数群から成る。ここでは一般的にグラフ理論や位相幾何学の立場での“位相”を扱うものではなく, 形状表現における“位相”に範囲は限定される。位相は幾何と独立なものとされ, 位相



楕円 ellipse の属性は、長径・短径の semi_axis_1, semi_axis_2 (>0.0) と、楕円の配置を決める position を持つ。λ(u) は楕円のパラメトリックな定義を与える。

図 10 ellipse の ENTITY 定義

Fig. 10 Definition of ellipse

要素から幾何要素の参照はいくつの場合に限られる。位相要素間の関連を図 12 に示す。

STEP の位相スキーマで特徴的なもので、位相要素の“方向”を表現する ENTITY として“~_logical_structure”がある。edge を例にして説明する (図 13)。edge には二つの頂点があり、方向 edge_start から edge_end を向いている。edge の幾何情報は属性 edge_curve を通して、curve_logical_structure の属性である曲線 curve_element で表される。ここで edge の方向と curve の方向とが逆になる場合は、curve_logical_structure の属性であるブール値 flag を FALSE にして逆であることを明示する。これと同様に、面ループ loop は edge_logical_structure を通して edge を参照する。これは loop 固有の向きと edge の向きとが逆の場合、edge_logical structure の属性 flag の値を FALSE にして向きの整合をとるためである。

connected_face_set は隣接した面の集合であり、closed shell や open shell と似ているが後者の方がずっと制限がきつい。shell を構成する loop や、loop を構成する edge について、オイラー式を満たすこととか、幾何要素の方向の一致等の制約がある。これらの制約は、各 ENTITY の WHERE 節から呼ばれる関数 constraints_topology/geometry_~0 で実現している。

7.3 形状モデルスキーマ

形状モデルスキーマは、2次元/3次元空間中のひとまとまりの形状を扱う枠組みである。形状モデルの基本要素として各種モデルの定義と制約関数を持つが、実質的な

```

ENTITY pcurve
SUBTYPE OF (curve_on_surface);
    basis_surface : surface;
    basis_curve   : curve;
DERIVE
    dim : INTEGER := coordinate_space (basis_surface);
WHERE
    WR1 : coordinate_space (basis_curve) = 2;

ENTITY intersection_curve
SUBTYPE OF (curve_on_surface);
    pcurve_s1 : OPTIONAL pcurve;
    surface_s1 : OPTIONAL surface;
    pcurve_s2 : OPTIONAL pcurve;
    surface_s2 : OPTIONAL surface;
    basis_curve : curve;
    master_representation : OPTIONAL intersection_representation;
    self_intersect : OPTIONAL BOOLEAN;
DERIVE
    dim : INTEGER := coordinate_space (basis_curve);
WHERE
    WR1 : coordinate_space (basis_curve) = 3;
    WR2 : EXISTS (pcurve_s1) OR EXISTS (surface_s1);
    WR3 : EXISTS (pcurve_s2) OR EXISTS (surface_s2);
    WR4 : direction_fun (pcurve_s1) := direction_fun (basis_curve);
    (* this proposition uses functions not completely coded in EXPRESS *)
    WR5 : direction_fun (pcurve_s2) := direction_fun (basis_curve);
    (* this proposition uses functions not completely coded in EXPRESS *)
    WR6 : domain (pcurve_s1) = domain (basis_curve);
    (* this proposition uses functions not completely coded in EXPRESS *)
    WR7 : domain (pcurve_s2) = domain (basis_curve);
    (* this proposition uses functions not completely coded in EXPRESS *)
    WR8 : pcurve_s1.basis_surface := surface_s1;
    WR9 : pcurve_s2.basis_surface := surface_s2;
    WR10 : EXISTS (pcurve_s1) OR (master_representation <> pcurve_s1);
    WR11 : EXISTS (pcurve_s2) OR (master_representation <> pcurve_s2);
END_ENTITY;

```

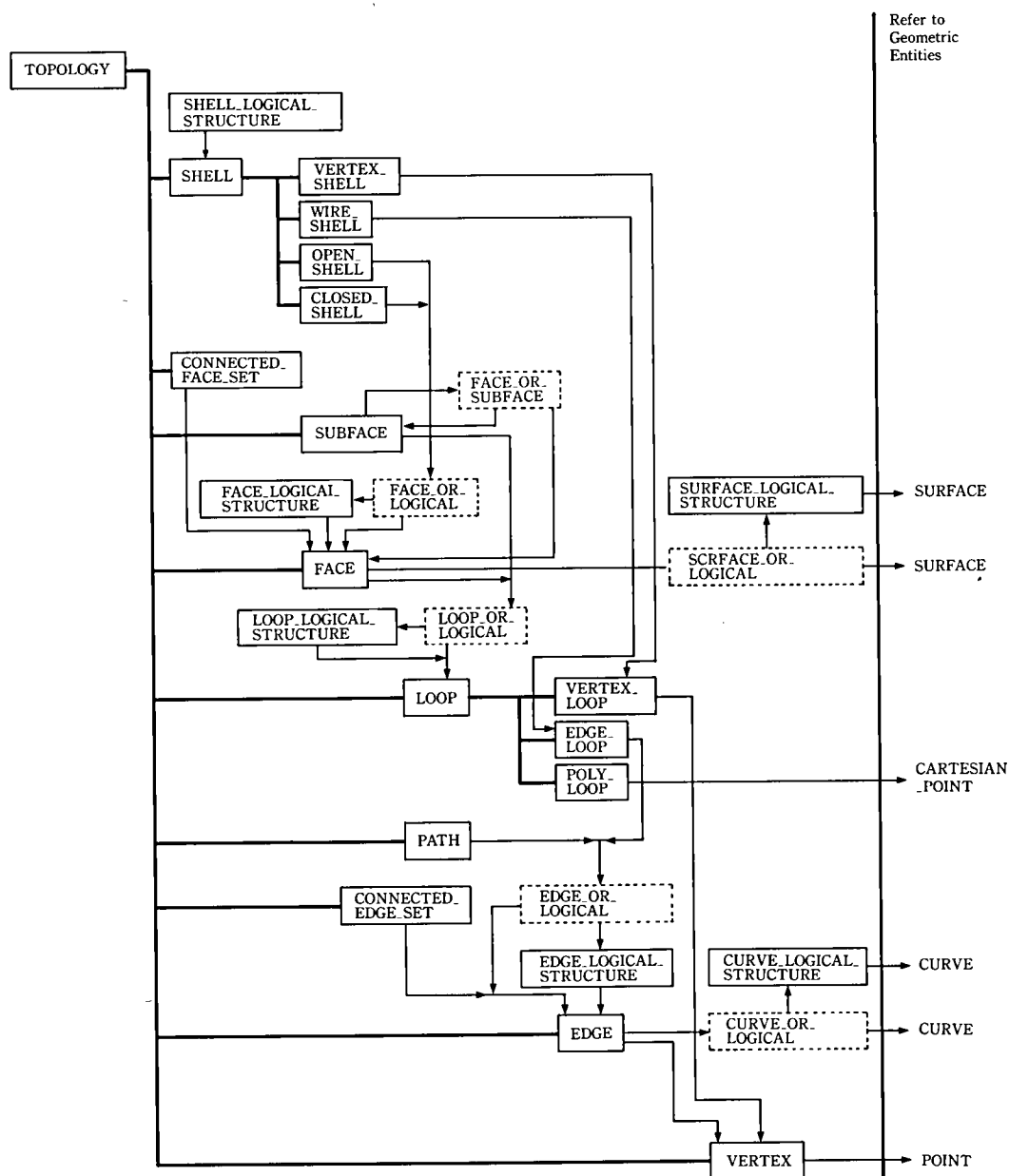
pcurve は、曲面上曲線 curve_on_surface の Subtype であり、曲面 basis_surface と、曲線 basis_curve (次元数 = 2) の属性を持つ。basis_curve は曲面の (u, v) パラメタで表現した 2 次元の曲線である。曲線のパラメタ t に対応する pcurve 上の点を求めるには、t について basis_curve 上の点 (u, v) を計算し、u, v について basis_surface 上の点の座標値 (x, y, z) を計算する。

交線の曲線 intersection_curve は、3 次元空間中の曲線 basis_curve、あるいは曲面上で定義された交線 pcurve_s1, pcurve_s2 で表現される。basis_curve だけは OPTIONAL でないが、曲線が複数ある場合、どれが主たる表現であるかを master_representation で指定する。

WHERE 節の WR 4~WR 7 では、曲線の方向や曲線の占める領域の一致についての制約を課しているが、“(*…*)”のコメントによると、どんな関数でも EXPRESS 言語で完全に記述できるわけではないことがわかる。

図 11 pcurve と intersection_curve の ENTITY 定義

Fig. 11 Definition of pcurve and intersection_curve



位相要素は、topology という ENTITY を先頭に、シェル shell・隣接面集合 connected_face_set・面の一部 subface・面(面分) face・面ループ loop・パス(稜線の連なり) path・隣接稜線集合 connected_edge_set・稜線 edge・頂点 vertex に分類され、階層化されている。幾何スキームへの参照は、面・稜線・頂点(の logical structure) 等の場合に限られている。

図 12 位相要素間の関連

Fig. 12 Structure and relation of topological entities

```

TYPE curve_or_logical = SELECT (curve, curve_logical_structure);
END_TYPE;

```

```

ENTITY curve_logical_structure;
  curve_element : curve;
  flag          : BOOLEAN;
END_ENTITY;

```

```

TYPE edge_or_logical = SELECT (edge, edge_logical_structure);
END_TYPE;

```

```

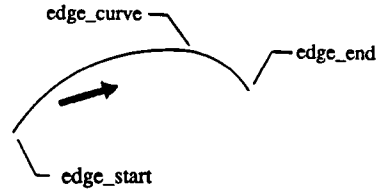
ENTITY edge_logical_structure;
  edge_element : edge;
  flag         : BOOLEAN;
END_ENTITY;

```

```

ENTITY edge
SUBTYPE OF (topology);
  edge_start : vertex;
  edge_end   : vertex;
  edge_curve : OPTIONAL curve_or_logical;
WHERE
  WR1 : dimensionality (SELF) = 1;
  (* this proposition uses functions not completely coded in EXPRESS *)
  WR2 : qualitative_extent (SELF) = finite_non_zero;
  (* Extent is finite and nonzero *)
  (* this proposition uses functions not completely coded in EXPRESS *)
  WR3 : NOT self_intersect (SELF);
  (* this proposition uses functions not completely coded in EXPRESS *)
  WR4 : arcwise_connected (SELF);
  (* this proposition uses functions not completely coded in EXPRESS *)
  WR5 : empty_set (geometric_intersection (edge_start, domain (SELF)));
  (* this proposition uses functions not completely coded in EXPRESS *)
  WR6 : empty_set (geometric_intersection (edge_end, domain (SELF)));
  (* An edge domain does not include its boundaries *)
  (* this proposition uses functions not completely coded in EXPRESS *)
  WR7 : constraints_geometry_edge (SELF);
  (* this proposition uses functions not completely coded in EXPRESS *)
END_ENTITY;

```



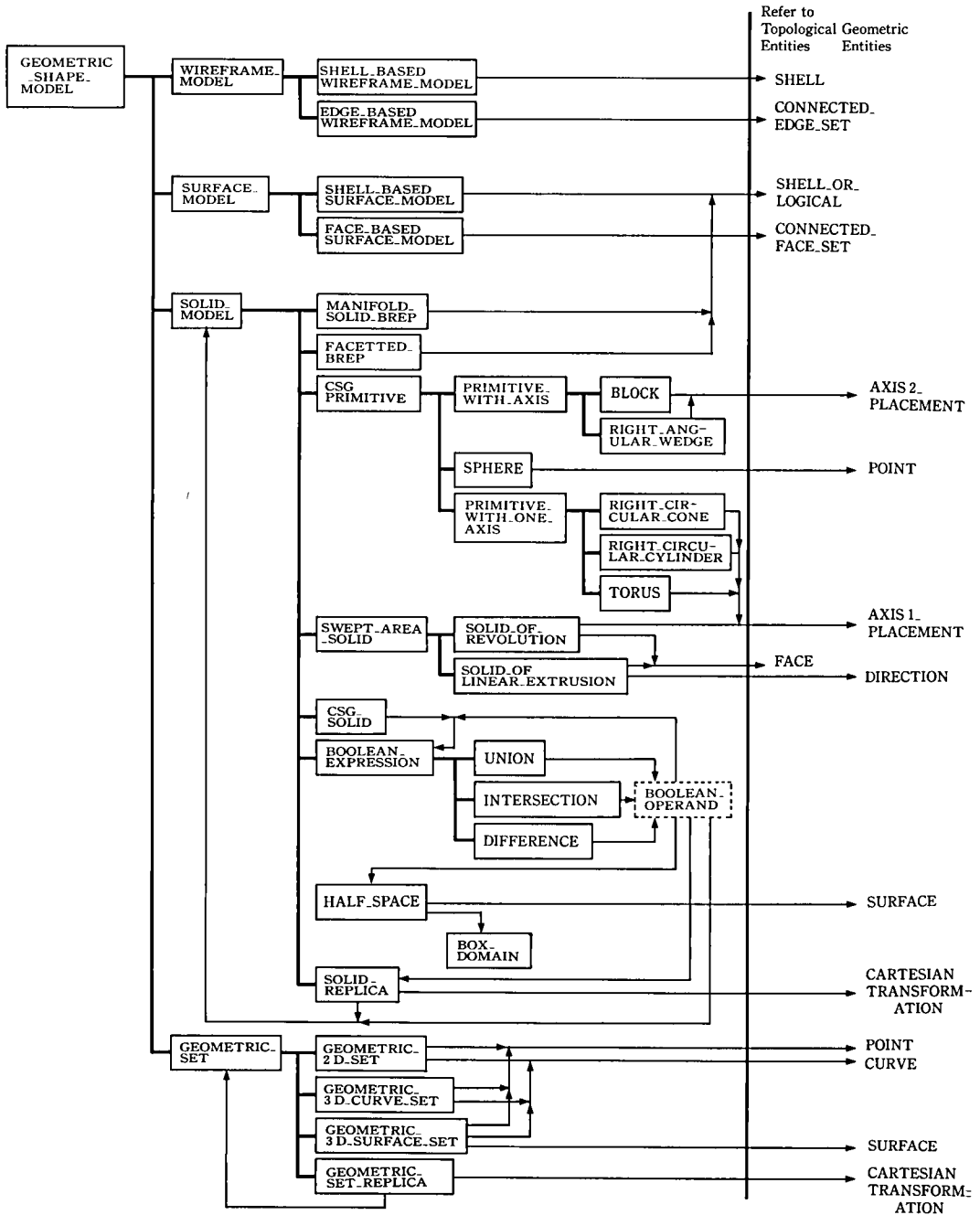
稜線 edge の向きは、曲線 curve と逆を向く場合もある。edge が curve を直接参照せずに curve_logical_structure を参照しているのは、属性 flag の値に応じて向きを整合させるためである。

図 13 curve_logical_structure・edge_logical_structure・edge の ENTITY 定義

Fig. 13 Definitions of curve_logical_structure, edge_logical_structure and edge

定義は幾何スキーマと位相スキーマに負っている。形状モデルの基本要素間の関連を図 14 に示す。

多くのソリッドモデラで採用されている境界表現 (B-rep) モデルは、図 15 に示す ENTITY manifold_solid_brep を核として表現される。これは実質的に位相スキーマの closed_shell を参照しているが、closed_shell には面や稜線の間での隣接関係を表現する枠組みはない。つまり、位相要素の隣接情報が陽に表現されておらず、Winged_Edge 構造や Half_Edge 構造はデータ交換の際に欠落することになる。これらの隣接情報は、モデラにより扱いが異なることが多く、またそれ自体が冗長な情報であるために、STEP が交換する対象にはならなかったと考えられる。



形状モデル要素は、geometric_shape_modelというENTITYを先頭にワイヤフレームモデル wireframe_model・サーフェスモデル surface_model・ソリッドモデル solid_model・幾何要素集合 geometric_setに分類され、階層化されている。ワイヤフレーム/サーフェス/ソリッドの各モデルは、位相スキーマの shell または connected_~_setを参照している。ソリッドモデルはこの他に、CSG・掃引立体・半空間の各表現を含んでいる。geometric_setは幾何要素だけの集合であり位相を持たない。構造化されていない低レベルの形状モデルとのデータ交換を可能にするために用意されている。

図 14 形状モデルの基本要素間の関連

Fig. 14 Structure and relation of shape representation entities

```

ENTITY manifold_solid_brep
SUBTYPE OF (solid_model);
  outer : shell_or_logical
  voids : SET [0:?] OF shell_or_logical;
WHERE
  WR1 : dimensionality (SELF) = 3;
  (* this proposition uses functions not completely coded in EXPRESS *)
  WR2 : qualitative_extent (SELF) = finite_non_zero;
  WR3 : closed (SELF);
  (* this proposition uses functions not completely coded in EXPRESS *)
  WR4 : manifold (SELF);
  (* this proposition uses functions not completely coded in EXPRESS *)
  WR5 : constraints_topology_brep (SELF);
  (* this proposition uses functions not completely coded in EXPRESS *)
  WR6 : constraints_geometry_brep (SELF);
  WR7 : existence_geometry_in_brep (SELF);
  (* this proposition uses functions not completely coded in EXPRESS *)
END_ENTITY;

```

manifold_solid_brep は一つ以上の shell を持ち、最も外側の outer と空洞の voids を区別している。WHERE 節では関数 constraints_〜_brep () を通して、outer と voids の向きが整合し互いに干渉しないことや、shell はすべて closed-shell であること、等の制約が記述されている。

図 15 manifold_solid_brep の ENTITY 定義

Fig. 15 Definition of manifold_solid_brep

7.4 段階に応じた処理系の開発

[Part 42] の記述に基づいて形状データの交換を実現するためには、モデラ固有のデータと EXPRESS 記述との相互変換を可能にする処理系の開発が必要になる。形状の複雑さが増すにつれ、そうした処理系の実現が困難になることは十分予想される。そこで Ray Goult は、形状の複雑さを次のように 3 段階に分割し、それぞれの段階に合わせた交換レベルに応じて処理系や応用 (Application Protocol) を開発する指針を示している。

- 1) 多面体モデル
- 2) 解析曲面モデル
- 3) 自由曲面モデル (〜制限なし)

1) は polyline, poly_loop, facetted_brep といった点/直線/平面のみで構成されるモデルであり、位相要素間の接続も場合が限られる。2) と 3) は位相的には同じように複雑であるが、2) での幾何要素は限られる。曲線は line, conic、曲面は elementary_surface となり、稜線の両側での曲面の交差も、解析曲線になるような場合に限定される。こうした段階分けの有効性については、今後の STEP 処理系の開発を待つ必要がある。

7.5 STEP 第 2 版に向けて

今後の STEP 第 2 版への更新の際に、形状記述の拡張事項として次の事柄等がすでに検討されている。

- ・非多様体形状モデル (non-manifold geometric model) : より一般的な形状を交換の対象とする。将来登場すると考えられる商用の非多様体モデラに対応する必要がある。

- ・厚みのある面 (thick_face): サーフェスモデルの応用範囲を広げる。たとえば建築物を厚さのない壁で構成し、後から面に厚みを加えることで設計を簡略化する。
- ・より一般的な位相 (more general topology): 形状のみでなく電子部品やグラフ等に適用できるように、位相の定義をより一般的なものに拡大する。
- ・ラムダ関数 (LAMBDA Function): 要素表現の冗長性の排除を維持しつつ、データ交換の効率を上げる。Bezier 曲面を NURBS に変換せずに、元データと処理プログラムのラムダ関数を送ることで精度を落とすことなく交換できる。

8. お わ り に

先取り型表標準の宿命と言えるのかもしれないが、困難、混乱を極め、開発開始から7年を要した STEP も 1991 年 7 月の札幌会議で第 1 版の内容がほぼ確定し、1992 年 1 月 15 日を締切とする国別投票で、第 1 版が規格として承認される見込みである。この間初めての試みである米国を中心とした先進諸国の協同開発作業は必ずしもスムーズであったとはいえないが、ともかく国際規格の制定が確実な状況に持ち込めたことは、過去に例を見ない成果といえよう。

ただし第 1 版では、プロダクトモデルデータの骨格部がようやく定まった程度と考えた方がよい。今後は、第 1 版に含まれなかった FEA, Kinematics 他の仕様の追加と共に、情報モデル統合の方法論の確立や、プロダクトモデルデータの内容の一層の充実が必要である。

-
- 参考文献** [1] 日本設計工学会, 日本コンピュータ・グラフィックス協会: CAD 標準化と STEP, Sep. '91.
- [2] 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: CAD/CAM の標準化促進事業報告書, March '89.
- [3] W. Danner, Y. Yang; STEP Integration Methods, Oct. '90.
- [4] A. McKay, Fundamentals of Product Description and Support-N16, June '91.
- [5] W. Weick, Application Protocol; Mechanical Design Using Boundary Representation-N59, July '91.
- [6] N. Shaw, STEP Part 1; Overview and Fundamental Principles-N11, May '91.
- [7] R. Goult, Part 42; Integrated Resources, Geometric and Topological Representation, June '91.

執筆者紹介 大 高 哲 彦 (Akihiko Ohtaka)

昭和 20 年生。45 年東京工業大学大学院理工学研究科修了。同年日本ユニシス(株)入社。以来、CAE システムおよび CAD/CAM システムの開発、適用サービスに従事し現在に至る。現在、製造流通システム本部 CAD/CAM システム二部副部長。ISO TC184/SC4 PMAG 日本代表。



次世代 CAD/CAM システム CADCEUS

1. はじめに

CADCEUS (キャドシアス) は自動車、機械、精密、電機分野の製造業の設計から生産準備までの製品開発工程を総合的に支援する CAD, CAM, CAE そして CG (Computer Graphics) の統合システムである。

CADCEUS (Computer Aided Design, Manufacturing and Engineering for Concurrent Engineering by Unisys System) はローマ神話の神々の使者 Mercury が持っている杖という意味の英語: Caduceus が由来で、設計や生産にたずさわる技術者の強い味方になるという願いが込められている。

製造業において従来以上に品質の向上、コストの削減さらに製品開発期間 (リードタイム) の短縮の必要性が高まり、新たな方式や概念として CIM (Computer Aided Manufacturing) やコンカレントエンジニアリングの導入が検討されている。CADCEUS はこれらの傾向や要請に対応するために「製品モデル」、「非多様体モデリング」、「形状特徴」さらに「幾何拘束」等の最新技術を取り込んだ次世代統合システムである。次章以降に、CADCEUS 開発の狙い、代表的な新技術、さらに特徴的な機能を紹介する。

2. 設計・生産方式の革新

製造業は 21 世紀に向けて設計・生産方式の画期的な革新を迫られている。市場におけるユーザーの多様化への対応はますます重要な課題とされてきた。開発・生産・販売という企業活動全体にわたる情報を、統合化し一元管理することにより企業運営の効率向上を図るための CIM 構築と、開発工程の同時並列進行による開発期間の大幅短縮のためのコンカレントエンジニアリングの実現が主要な課題である。見込生産における企画、意匠設計、製品設計、生産準備という製品開発工

程において、各工程のリードタイム短縮を目的に CAD/CAM 化が進められてきた。しかし従来の CAD/CAM システムは、各工程個々の自動化や合理化であり、このままの延長線上での改善を進めても大幅なリードタイムの短縮は望めないのが現状である。そこで各工程の CAD/CAM システムを改良していくのは当然のこととして、今後はそれら個別に導入されたために生じた自動化の島を有機的に結合すること、つまり「統合化」と各工程のシステム間で伝達される「情報の充実」が必要となる。前工程からの情報が不十分であると、後工程は前工程で決められた事項でも再検討しシステムに再入力が必要となり、「重複作業」が発生してしまう。このことは、生産性を悪化させるばかりか、図面やモデルの削減が実現できず、作業の前倒しによる並列化が見込めなくなる。CAD/CAM システム導入以前は、図面や作業指示書等の設計図書や、人と人のコミュニケーションにより前工程の意図を伝達できていた。現状の CAD/CAM はこれらの情報のうち、形状だけを主体に伝えるのみで、形状の持つ機能的特徴や属性は伝えることができない。一方、形状の表現はワイヤフレーム、サーフェス、ソリッドと現実の物に近づける進展はしてきた。しかし、あくまでも形状のみなので、図面の注記や設計図書に盛り込まれている情報は、モデリングされたわけではないために、あいかわらず図面等が必要となるのは以前と同じである。これらを解決するために、形状の他に製品が持つべき情報や、設計から生産までに製品が変遷する間の情報、つまり設計・解析・加工に関する情報も併せ持つ「製品モデル」が提唱され、STEP 等で議論されている。CADCEUS はこの「製品モデル」を世界に先駆けて本格的に採用し、「製品モデル」が構築されるデータベースを中核に、「製品モデル」、「製図」、「NC」、「構造解析」、「機構解析」、「CG」そして「データ交換」の機能を統合した次世代システムである。

3. CADCEUS の特徴

CADCEUS の主たる特徴は、統合データベースと統一ヒューマンインタフェースを実現した「CAD, CAM, CAE, CG 統合システム」である。また、設計・生産の対象である製品その物をでき

る限り忠実に表現するために「製品モデル」を導入したことも画期的である。「統合システム」の構成と「製品モデル」のデータの体系については、以降の章で説明する。ここでは「製品モデル」を創成（モデリング）する機能に取込まれた新技術（非多様体、形状特徴、幾何拘束）について説明する。

3.1 非多様体モデリング

非多様体とは、任意の点の近傍が2次元円盤にならない形状(図1)をいうが、非多様体に関する数学的に厳密な定義は議論の分かれるところである。対象モデルを非多様体まで拡張したモデルは、従来の多様体のみを対象とするモデルの機能を内包するだけでなく、以下のような種々の実用上の長所がある。

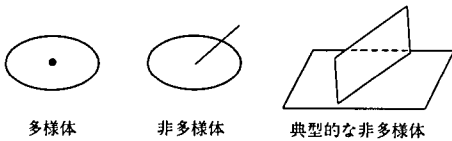


図1 非多様体の例①

- 1) ワイヤフレーム、サーフェス、ソリッド・モデルの混在が可能である。

ワイヤフレーム/サーフェス/ソリッド・モデルが単一のデータ構造で表現できるので生成過程にあるモデル(図2)を忠実に表現できる。またソリッドとサーフェス、サーフェスとサーフェス、の組み合わせの集合演算・複合面演算(図3)も可能である。

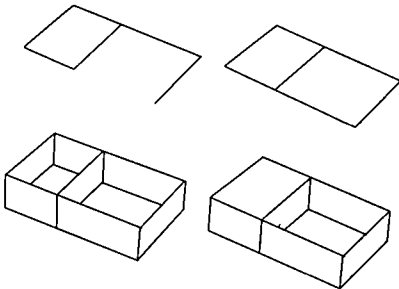


図2 非多様体の例②

- 2) 多重表現・代替表現が可能である。

プレス型の上型/下型共存のモデル(図4)のように、多重表現が可能である。またソリッド・モデルのある部分を簡略表現できる。

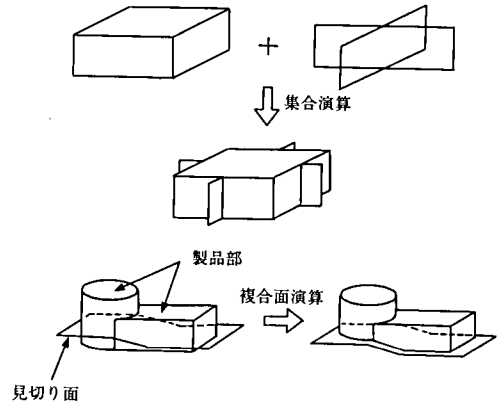


図3 面と立体の集合演算

(FEMのモデリングに有効である。)たとえば、(図5)のモデルも中立面をサーフェス・モデル化した時には非多様体でなければ表現できない。

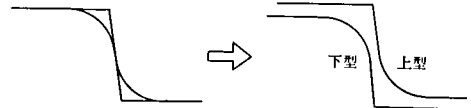


図4 多重表現

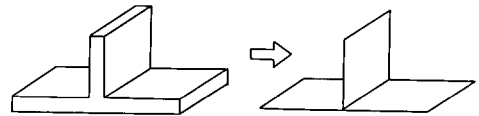


図5 簡略表現

- 3) 接触形状(図6)等、自由な集合演算の結果を表現できる。

多様体のみを扱うと、集合演算が閉じた系とならないが、非多様体まで拡張することにより、それが閉じた系となる。

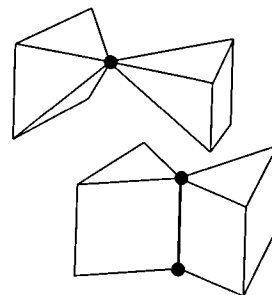


図6 非多様体の例③

3.2 パラメトリックモデリング

形状の満たすべき幾何学的な拘束条件（幾何拘束），および可変部（変数），および可変部の関係（変数間の関係）をあらかじめ規定し，可変部に実現値を与えることにより形状を自動的に生成するモデリング手法である（図7）。幾何拘束とは，二つの要素が平行，接する，あるいは直交する等の幾何学的な拘束条件のことである。

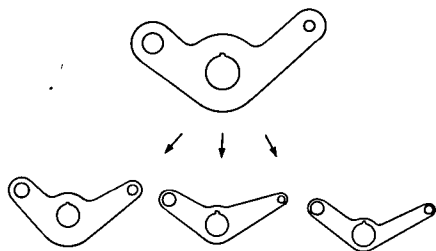


図7 変数形状の実体化

パラメトリックモデリングの利点として以下のことが挙げられる。

- ① 機能部品の類似設計に有効
- ② 標準部品の登録・参照に有効
- ③ 形状の満たすべき制約条件のデータベース化が可能

3.3 形状特徴モデリング

形状特徴モデリングとは，複雑な最終形状を意味ある単位に分解して認識や管理をすることにより，その単位ごとの形状創成や設計変更を可能とするものである。

従来型のモデリングでは，最終形状は厳密に表現されるが構成する部位に関する意味付けが弱く，ある部位（たとえば穴）に対する設計変更が発生した時に，その部位を構成する要素を再認識して作り直す必要がある（図8）。この障害を解消し設計意図や形状の持つ意味をモデリングする技術である。

この技術により，形状修正の自動化や定型業務，

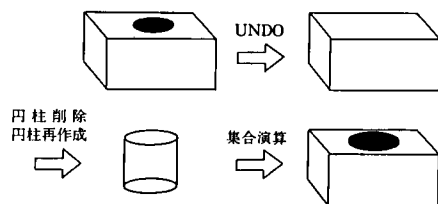


図8 形状変更操作

類似設計への適用が可能になる。また加工のための単位（たとえば穴や座やポケット）として捉えることにより，加工の自動化にもつなげることが可能になる。さらにFEMの解析モデルとして形状の簡略化にも有効である。たとえば，解析には影響しない“穴”は省略して，概略形状に置き換えたりできる。

4. システム構成

CADCEUSはGWSで稼働する分散システムで，ホストコンピュータやサーバとネットワークを組むことでデータの集中管理を実現する。基本的な集中分散システムの構成は図9のとおりである。

また，ソフトウェアは「製品モデラ」を中核として図10のように以下のサブシステムから構成される。

- ① 製図・サブシステム
- ② NC・サブシステム
- ③ FEM プリポストプロセッサ
- ④ 機構シミュレーション・サブシステム
- ⑤ 画像処理（CG）・サブシステム
- ⑥ データ交換・サブシステム

5. 製品モデル

製品モデルとは，一つ以上の部品，中間組立品から構成される製品について，形状情報を中核とし設計・生産準備に必要な技術情報を，体系的に内包するデータモデルである。本システムで扱う製品モデルは以下の情報から構成される。

- ① 部品の形状情報（幾何要素，位相要素で表現。形状特徴，幾何拘束による表現も可能）
- ② 部品の形状以外の属性情報（材質，表面粗さ，公差，板厚）
- ③ 製品を構成する中間組立品，部品間の階層関係，位置関係，公差に関する情報
- ④ 部品，中間組立品間の接続関係に関する情報
- ⑤ 製品，中間組立品，部品の図面表現に関する情報
- ⑥ 部品の種々の場（応力，熱，電/磁）での評価情報（FEM解析モデル・解析条件・解析結果）
- ⑦ 製品の運動機能に関する情報（機構解析

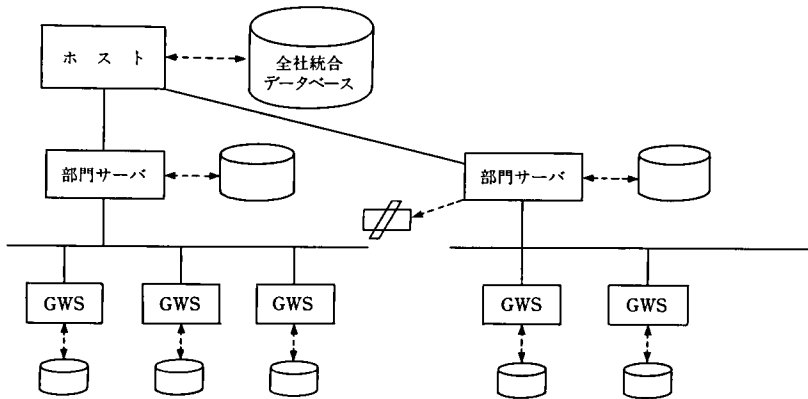


図 9 システム構成

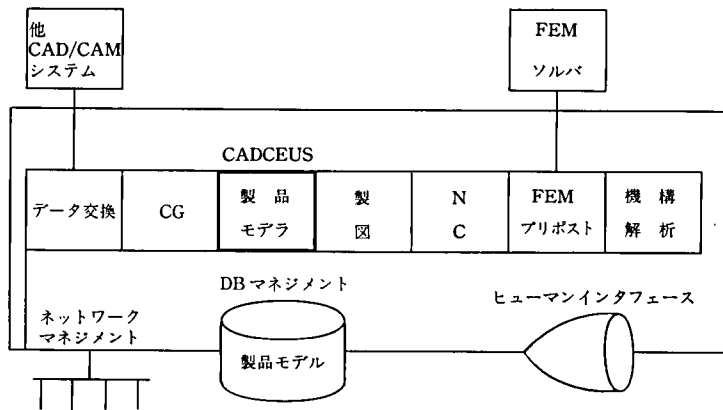


図 10 ソフトウェア構成

モデル・解析条件・解析結果)

⑧ 部品の加工情報

⑨ 管理情報

上述のうち①のみが必須であり、②～⑨が任意である。②～⑨は用いる機能に応じて生成され①と組み合わせられる。

図 11 に製品モデルの体系を示す。

本システムのデータベースは、設計作業の適当なまとまり（仕事）によって分割される。このまとまりを作業空間（ワークスペース：WS）と呼ぶ。WS は階層を持たず、一つ一つの WS が独立である。

WS 内は、一つの部品 (Parts)、中間組立品 (Sub Assembly)、製品 (Assembly) あるいは、1 枚の図面、図面内の投影図ごとに一つのまとまりを構成する。このまとまりをオブジェクト (Object) と呼ぶ。一つの WS 内でオブジェクトは階層関係や接続関係を持つことができる。

オブジェクトはその性質と用途から次の 5 種類に分類される。

- ① パート：一つの「部品」に対応するオブジェクト
- ② アセンブリ：「中間組立品」や製品に対応するオブジェクト
- ③ シート：1 枚の「図面」に対応するオブジェクト
- ④ プロジェクション：1 枚の図面の中の一つの「投影図」に対応するオブジェクト
- ⑤ バリエント：パラメトリックな部品に対応するオブジェクト

オブジェクトに含まれるデータを集合化する概念として「グループ」がある。オブジェクトの構成要素を任意に組み合わせてグループ化し、可視性制御、表示色制御、図形処理に利用できる。グループは階層を持たないが、一つの構成要素が複数のグループに所属することが許される。

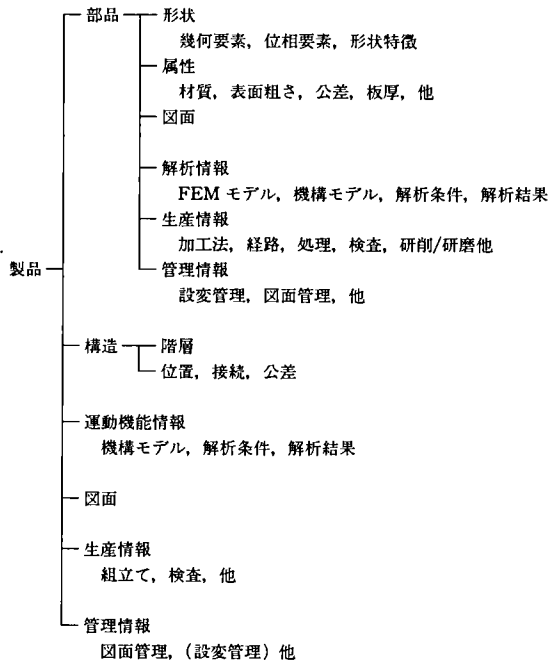


図 11 製品モデルの体系

オブジェクトやオブジェクト内のグループとは別に、これらとはまったく独立した見方(ビュー)でデータを集合化する概念として、‘レイヤ’がある。レイヤはグループとは異なり、複数のオブジェクトにまたがる事が許される。一つの図形に対して複数の見方(ビュー)が許され、見方ごとの属性を持つことができる。レイヤも可視性制御、表示色制御、図形処理に利用できる。

これらのデータの構造においてモデル形状を表現する幾何要素の体系を図 12 に示す。

6. 機能概要

CADCEUS の特徴的機能を説明する。

CADCEUS には、以下のような機能の「製品モデル」を中核に設計・生産準備を支援するための各種応用機能がある。

- ① 製品の形状を任意の抽象度で表現できるワイヤフレーム、サーフェス、ソリッド共存モデリング、非多様体モデリング、形状特徴によるモデリング、パラメトリックモ

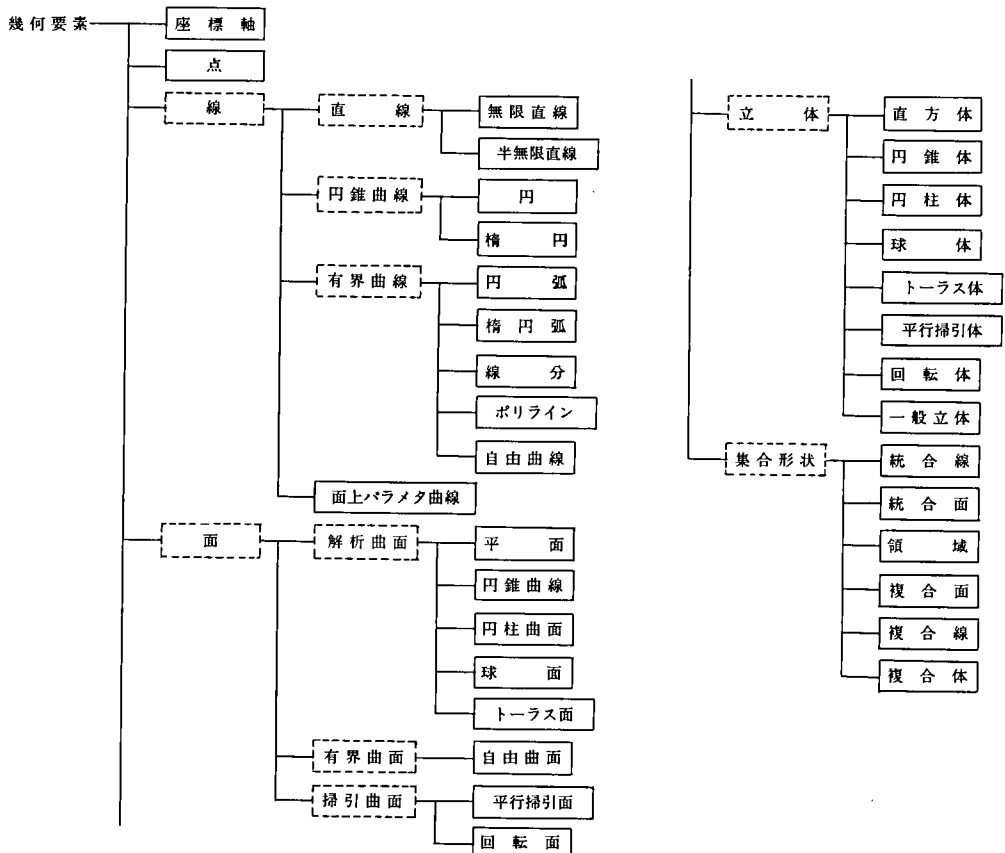


図 12 幾何要素の体系

デリング機能

- ② モデリングした形状の各種評価・解析機能
- ③ 複数の部品、中間組立品からなる製品の構造（階層、位置、接続）の定義と評価機能（干渉チェック等）
- ④ 材質、板厚、公差等の製品属性の定義と形状との関係づけ

以下に特徴的な機能を中心に説明する。

6.1 製品モデリング

6.1.1 形状モデリング

本システムの形状モデリング機能は以下の特徴を持つ。

- 1) 対象形状を、目的に合わせた抽象度でモデリングすることが可能である。このためにワイヤフレーム・モデル、サーフェス・モデル、ソリッド・モデルのいずれのモデルも構築できる機能が用意されている。また、これらの混在、一方から他方への変換も可能である。これらのモデルの主な用途は以下のとおりである。

- ① ワイヤフレーム・モデル：2次元あるいは3次元の設計・製図

2・1/2 軸制御 NC 加工

FEM 解析、機構解析

- ② サーフェス・モデル：意匠設計、曲面 NC 加工

FME 解析、機構解析

- ③ ソリッドモデル：意匠設計、機能部品設計、NC 加工

FEM 解析、機構解析

プレゼンテーション

- 2) 形状モデリングの途中でモデルの状態を正確に表現することを主目的として「非多様体」を表現できるデータ構造を採用している。

- 3) マクロ的形狀操作、形状の持つ意味の内包、変更に強い形状操作等を目的として「形状特徴」を導入している。形状特徴はこの他に、FEM 解析における対象形状モデルの簡略化、NC 機能との連動等にも使われる。

- 4) 類似部品の形状設計の省力化を目的とした「パラメトリック・モデリング」機能がある。

6.1.2 属性モデリング

本システムで扱う形状以外の製品属性は、材質、

表面粗さ、公差（幾何公差、寸法公差）、板厚であり、すべて関連する形状と関連付けて記述される。材質は、重量の算出、FEM 解析、材質感を表現したレンダリング等に使用される。表面粗さは、加工条件（使用工具、計算精度）の自動算出等の応用のために利用される。公差は、当面の応用としては、形状モデルと与えられた公差の間の整合性の自動検証を考える。組立工程シミュレーション等の応用でも公差の考慮が必要となる。板厚は FEM 解析で使用する。

6.2 FEM プリ・ポストプロセッサ

形状特徴の機能を利用することにより解析用形状モデルの自動創成が可能になる。

有限要素法解析での解析モデルの自動作成、解析結果の表示により製品モデルを評価できるプリ・ポストプロセッサ機能である。

解析において不必要となる微小な穴やフィレット等を、製品モデルから削除し、解析モデルを作成することができる。有限要素への分割には、半自動法（射影法等）と全自動法とがあり適切な分割が可能である。また解析結果の表示法としては、変形図、等高線図、矢印図、XY グラフ図等が用意されている。

6.3 機構解析

本サブシステムの機能は、部品形状の詳細が未定の設計初期段階で、製品全体の運動機能の検討および部品形状が確定した設計の後段で、干渉チェック等を主目的とした詳細検討等の用途に使用可能である。

6.4 製 図

特徴は次のとおりである。

- ① 形状と製図要素が関係を持ち、形状の変更に対して製図要素も自動的に追従する。
- ② JIS, ANSI, ISO いずれの規格に準拠した製図も可能である。
- ③ 3次元形状モデルに対する製図では、モデルの変更が図面に自動的に反映される。プロジェクション図面の線種定義機能により、モデルの変更せずに各ビューでのモデルの「見え方」を線種で制御可能である。

6.5 NC

曲面加工と穴や領域等の機械加工とを一体化し、種々の加工法に対応する機能を持つ。加工タイプの分類は図 13 のとおりである。

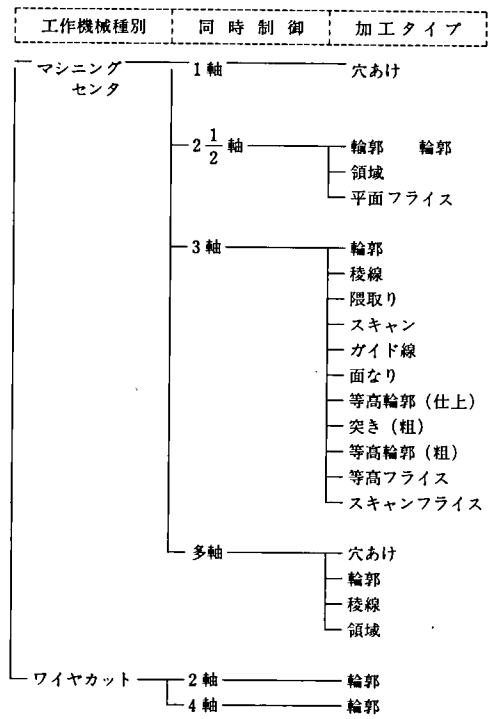


図 13 加工タイプの分類

6.6 CG

製品開発における意匠デザインをサポートするサブシステムで、CGの活用により製品モデルの

プレゼンテーションが行える。また、レイトレースやマッピング等の高品質な「レンダリング」機能や、色塗りや画像との合成等の「ペインティング」機能がある。さらに、画像のファイリングや各種メディアへの入出力も可能である。

6.7 カスタマイズ

CADCEUSの標準的に提供される機能をもとに、ユーザ固有の機能要求の取り込みや自動化推進のために、各種のカスタマイズを可能とする次のような仕組みが用意されている。

- ① 画面レイアウトの変更
- ② メニューレイアウト、内容、構成の変更
- ③ メッセージの変更
- ④ ユーザ・コマンドの追加登録
- ⑤ ユーザ・サブシステムの追加登録

7. おわりに

CADCUSの特徴的な概念や機能を紹介したが、CADCEUSに限らず世界的にも、これらの新技術の有効性が確認できる事例はまだ少ないのが現状である。システムの機能の充実や操作性を洗練していくことは当然のこととして、新技術の実務への有効な適用方法を早く確立することが今後の課題である。

トータル・ハウジング CAD システム HCAD/WS & HCAD/CG

住宅業界における CAD の導入は依然活発で、超大手企業ばかりでなく設計事務所等でも CAD の導入に力をいれている。HCAD/WS & HCAD/CG は業界ニーズに応える住宅専用の CAD システムである。本システムは汎用コンピュータ UNISYS シリーズ 2200・1100 で実績のある HousingCAD を母体として、その機能をそのまま EWS (エンジニアリグ・ワークステーション) で実現したターンキー・システムである。

平成 2 年 4 月に発表した設計、製図機能を持つ HCAD/WS に加え、平成 3 年 9 月プレゼンテーションに威力を発揮する、自動彩色、ペイント、レンダリングといった CG 機能が使える HCAD/CG を発表した。

HCAD/WS & HCAD/CG は住宅メーカの支店、営業所、展示場、設計事務所等の CAD 展開にむけて機能的に優れた、低価格の EWS 版設計、製図、プレゼンテーション・システムを提供するものである。

1. 特 徴

HCAD/WS & HCAD/CG の特徴は次のとおりである。

- 1) 3次元家モデル……家を構成する部材を形状、属性まで認識し、家そのものを立体的にモデリングする。同時に家の各部材間の関係を、設計技術者のイメージどおり、あるいは、設計ルールどおりにリレーショナル・データベース上に格納する。
- 2) 一貫システム……営業支援から設計支援、積算、施工用図面作成、生産支援までの各段階を一貫システムで支援する。業務の各段階において必要となる情報(図面、図書)は自由に家モデルから取り出せる。なお、施工支援以降は従来の HousingCAD と連動し処理する。

- 3) すべての工法に対応……木造軸組工法、2×4 工法、鉄骨系プレハブ工法、コンクリート系プレハブ工法等各種工法に対応できる。
- 4) 簡単操作……屋根、基礎の自動創成機能、および数万点から成る部品の選択を容易にする型決定テーブル、仕様ランクを使った自動選択機能等入力操作が少なく済み、操作時間を短縮できる。
- 5) CG 連動……企画、営業段階で有効となる CG 機能を提供する。CG 機能は家モデルと密に連動し、画像の張り合わせ位置等いちいち入力することなく CG 画像を作成できる。
- 6) HousingCAD の財産継承……すでに HousingCAD を使用している場合には、既存家モデル、標準品、各種テーブル類がそのまま使用でき、財産が継承できる。
- 7) UNIX ベース……HCAD/WS & HCAD/CG は UNIX* ベースの EWS で稼働するため、パソコンのシステムに比べ処理が速く、ネットワーク構築が容易である。また、汎用機システムに比べ廉価で、導入作業が簡単である。

2. 構 成

システムの構成は HCAD/WS の基本モジュール、オプション、および HCAD/CG から成っている。

2.1 HCAD/WS 基本モジュール

HCAD/WS 基本モジュールは、次のサブシステムから成っている。

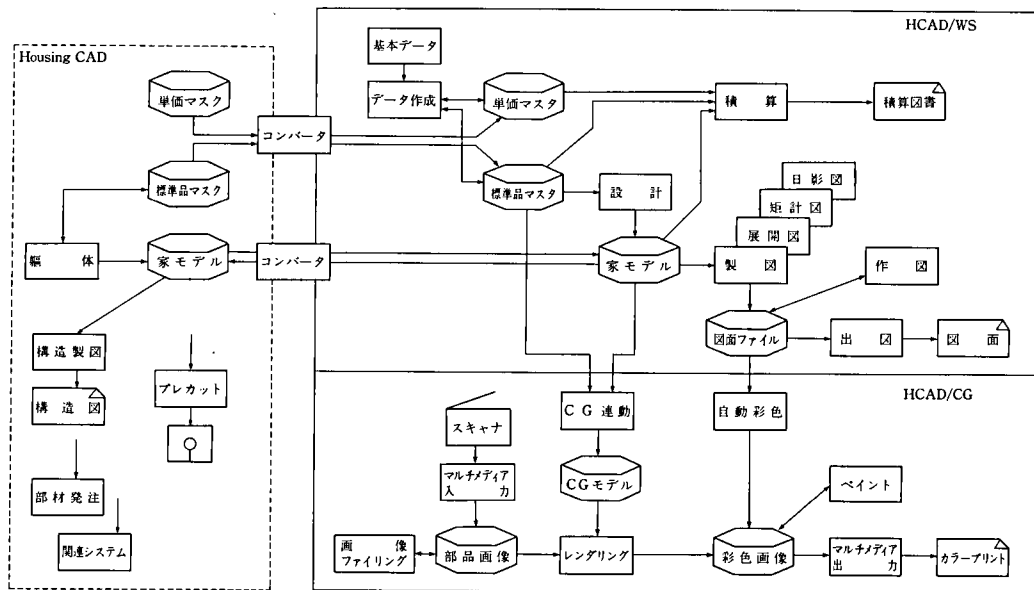
- 1) 家モデル管理サブシステム……顧客名、工事名、住所等の家モデル情報を管理する。これらは、図面の凡例、見積書の表紙等へ出図できるとともに、顧客管理情報として営業活動、アフタ活動に利用可能である。

主な機能

- ・家モデルの登録、削除、保存を行う。
- ・家モデルの一覧表を表示する。
- ・ネットワーク内の家モデルや図面等の転送を行う。

- 2) 設計サブシステム……ラフスケッチ(家の

* UNIX オペレーティングシステムは、UNIX System Laboratories, Inc.が開発し、ライセンスしている。



間取り図)をもとに建築部品(標準品)の入力を行い、これから建てようとする“家”そのものをコンピュータ内部に3次元家モデルとして構築する。

主な機能

- ・基準高さ、モジュール長、仕様ランク等が事前に設定でき、変更もできる。
- ・すでに作成済みの家モデルを回転、反転してコピーしたり、合成することができる。
- ・ダブルグリッド（界壁等によるモジュールのズレ）が設定できる。
- ・メニュー操作で建築部品（屋根、外形、部屋、外部建具、内部建具、造作、備品、基礎、屋外等）が直接的に選択できる。また、長さや属性で建築部品が間接的に自動選択できる。
- ・建築部品の特性に合わせた入力方法（長さ2点、対角2点、1点入力、隅付、外壁付等）ができる。
- ・入力には操作性の良いタブレット（A2版、A3版）、そしてメニュー操作に便利なマウスの両方が使用できる。
- ・複雑な屋根形状が地廻りを入力するだけで自動創成し、さらに、棟材、隅木、破風等を自動創成する。

- ・外形や部屋等の形状から基礎（外周布基礎，内部布基礎，土間コン，床下換気口等）が自動創成できる。
- ・部屋入力時に、巾木、廻縁、長押等を自動創成する。
- ・外壁や内壁の移動ができ、壁に取り付いた建具や備品等も一緒に移動する。
- ・操作時に屋外，屋内の立面表示により屋根形状や窓の取付高さの確認ができる。

3) 製図サブシステム……図種を指示することにより、家モデルを参照して次の図面を自動製図する。

- ① 平面図 (1/100, 1/50), 平面図 P
- ② 立面図, 立面図 P
- ③ 配置図
- ④ 外觀透視図
- ⑤ 室内透視図
- ⑥ 鳥瞰図

主な機能

- ・寸法，注記，通り符号の表現が図種ごとに選択できる。
- ・屋根，外壁等の模様は仕上材と対応して表現する。
- ・図面（A 2，A 3）へ図の配置が任意の組み合わせでできる。
- ・作成した図面，図を表示する。

- ・ダイナミック・ビュー（リアルタイム表示）で、シェイディングのかかった外観や室内が表示できる。

4) 作図サブシステム……自動製図された図面に対して加筆修正を行う。

主な機能

- ・基本図形（線分、折線、円、円弧、長方形、正多角形、ハッチング）の作成や修正、日本語入力による注記が作成できる。
- ・領域移動や領域削除が可能である。
- ・点景、詳細図等の部品化と図面への合成ができる。
- ・加筆したデータを別層にできるレイヤ機能がある。

5) 出図サブシステム……AGS シリーズ・プロッタ、F プロッタへ図面を出図する。

主な機能

- ・凡例が登録でき、製図図面と重ね合わせて出力できる。
- ・プロッタやプリンタの共有ができる。

6) データ作成サブシステム……HCAD/WS で使用する部品（標準品データ）、テーブル類の作成を行う。また、HousingCAD で作成したデータを HCAD/WS 側へ転送、変換する。

主な機能

- ・標準品データ（形状、非形状、漢字セット）やメニューの作成、修正を行う。
- ・単価データ（材料費/工事費、原価/売価）が前期、当期、来期ごとに登録できる。
- ・ホスト 1100 と家モデル、標準品データや図面等のデータ転送、変換ができる。

2.2 HCAD/WS オプション

HCAD/WS オプションは次のサブシステムから成る。

1) 基本データ……早期運用を目的とした標準品の基本データ（ひな型）のデータ集である。

主な内容

- ・非形状（約 3500 件）、形状（約 1100 件）が揃っている。
- ・メニュー、その他各種（設計、製図、積算）テーブルが標準として用意されている。

2) 積算サブシステム

家モデルを参照して、各部材の数量化を行い見積書、仕様書、仕上表を作成する。

主な機能

- ・特別見積項目（造園工事等）の作成や変更ができる。
- ・外壁や屋根や部屋等の形状は、実面積でも芯面積でも求めることができる。
- ・壁周長や床面積等の基本数量をもとに構造化等の概算見積ができる。
- ・原価見積書が同時に出力できる。
- ・集計編集や出力様式が任意に設定できる。
- ・図書の変更が数量表レベルでできるので見積書、仕上表、仕様書の整合性がとれる。

3) 設備図サブシステム

家モデルを参照して次の図面を自動製図する。

- ① 電気設備図
- ② 給排水設備図
- ③ ガス設備図

4) 展開図サブシステム

家モデルを参照して部屋の展開図を自動製図する。

主な機能

- ・全部屋あるいは特定部屋の展開図を製図する。
- ・天井高等の寸法や仕上材等の注記を自動的に作図する。
- ・吹き抜け等の 1, 2 階通し表現ができる。

5) 矩計図サブシステム

家モデルを参照して断面をとり矩計図を自動製図する。

主な機能

- ・画面上で切断位置を任意に複数か所、指示することができる。
- ・屋根や外壁や部屋等は形状の切断面を作図し、建具等の配置物はその標準品が持つ切断図形を作図する。
- ・構造化（2×4）を自動発生する。
- ・天井高等の寸法や仕上材等の注記を自動的に作図する。

6) 日影図サブシステム

日時を指定することにより、家モデルを参照して日影図と日影時間図を製図する。

主な機能

- ・家モデルの外形、出窓、袖壁、屋根より影を作図する。

2.3 HCAD/CG

HCAD/CGは、次のサブシステムから成る。

1) 自動彩色サブシステム

家モデルから、各建築部品ごとに256色の自動着色ができる。

主な機能

- ・設計操作時に、平面表示や立面表示をカラーで表示する。
- ・製図で作成した図面(平面図P, 配置図, 外観透視図(口絵1), 立面図P(口絵2), 鳥瞰図(口絵3), 室内透視図(口絵4))に自動彩色ができる。
- ・彩色図面のカラーシミュレーション, トリミング, プレビューができる。
- ・彩色図面をフルカラー・プリンタへ出力する。
- ・ダイナミックビューをカラーで表示する。

2) ペイント・サブシステム……彩色図面をもとに、デザイン画としてCG画像(ペイント)が作成できる。画像の張り合わせに有効なマスクデータが連動する。

主な機能

- ・スキャナ入力ができ、背景、点景等の画像合成ができる。
- ・エアブラシやボカシ等ので影付け作画ができる。
- ・色調変更ができる。

3) レンダリング・サブシステム……家モデルから、自動的に実写に近いCG画像(レンダリング)を作成する。レンダリングに必要な、形状、質感、色、マッピング画像等のデータがHCAD/WSと連動しており操作性がよい。

主な機能

- ・テクスチャ、パンプ、リフレクション等の各種マッピング機能やレイトレーシング等のレンダリング機能が豊富である。
- ・影付け、背景合成が可能である。
- ・質感データと形状が分離しているので、データ保守が容易である。
- ・作成したCG画像はペイントへ連動できる。

3. おわりに

HCAD/WS & HCAD/CGはいままで、汎用コンピュータでしか実現できなかった高機能なシステムが手軽なエンジニアリング・ワークステーション(USシリーズ)で使えるようになり、住宅業界でのCADシステムの展開に一層の拍車がかかることを期待している。

鋳物の湯流れ解析システム METAL FILLの概要

日本ユニシスは溶融樹脂の金型内流動解析システム「MELT FLOW」に引き続き、溶融金属の金型内流動解析システム「METAL FILL」を開発した。鋳造の分野では、コンピュータによる鋳物湯流れ解析として内外で活発な研究開発が行われているが、未だ生産現場で使用できるレベルに到達していない。「METAL FILL」はエンジニアリング・ワークステーション(EWS)で3次元複雑形状を有する鋳造品の流動解析が行える初の専用システムである。

近年、地球環境に対する関心が高まる中で、企業による省資源リサイクルへの取り組みが本格化している。とくに自動車産業では、米国の燃費改善規制(CAFE規制)への動きに対応して、自動車部品の軽量化が大きなテーマとなっている。そのような背景の下に樹脂と並び、リサイクル可能な軽合金鋳物(アルミニウム、マグネシウム)への素材転換が急速に進行しつつある。一方生産側である鋳物業界は代表的な3Kの職場であり、技術者の高齢化、若手技術者の不足に悩み、未だ経験と勘による生産技術が一般的である。このような状況の中で、コンピュータの利用による鋳造技術の革新に大きな期待が寄せられている。

一方、数値解析の分野では、数値流体力学(CFD)が花盛りの中で金属流動解析の実用化が遅れたのは、その特殊性に原因がある。汎用流体解析と比較して、型内流動解析のむずかしさは、第一に非常に複雑な製品形状を解析対象としている点である。さらに、薄肉部分が多く、3次元的な流れというより、拘束された2次元流と考える方

が適当である点、および流体が型内を充填していく過程を追跡するため、必然的に自由表面の移動境界条件を適用しなければならない点にある。さらに金属流動は粘性力による樹脂流動と比較して慣性力が支配的となり、より製品形状に依存した流動状況を示す等、実用レベルの金属流動解析システムの開発が遅れた理由である。

1. 「METAL FILL」の特徴

- 1) 2次元流の近似……解析対象のモデルは任意の3次元複雑形状を許すが、解析自体は板厚方向の流れを無視した2次元流の近似を行う。最近の鋳造品は薄肉部分が非常に多い。薄肉部は3次元的な流れというより2次元的な流れとして解析する方が精度が保てる。また計算時間の面からも2次元化により計算量が大幅に減少する。流体解析ではスーパーコンピュータの使用が一般的であるが、2次元化によりEWSベースで十分解析が可能である。

- 2) 非構造格子の差分アルゴリズムを開発……樹脂製品と同様に鋳物製品の形状は非常に複雑である。差分法(FDM)による汎用流体解析が適用できるモデルの複雑さを越えている。したがって、従来の流体解析で採用されてきた直交格子分割によるモデルの離散化は無理であり、有限要素(非構造格子)分割が必須である。一方近年、有限要素法(FEM)による流体解析も盛んになりつつあるが、型内流動は自由表面の移動境界条件を適用する必要があり、FEMの不得手とする部分である。さらに計算時間の面でもFDMと比較して長い等の欠点がある。

そこで、FDMとFEMの長所を取り入れたハイブリッドな解析手法を新たに開発した。非構造格子の分割を使用して、差分法の一つであるSMAC法に類似した手法で、FEMAC法(Finite Element Marker And Cell)と称している。

- 3) 流動解析と熱流動解析の選択……流動解析は従来から鋳造実験として行われている水シミュレーションに相当する(解析では粘度は自由に変更できる)。一方、流動解析と温度解析を連成させた熱流動解析はより現実の鋳造に近いシミュレーションである。熱流動解析

の処理内容は以下の通りである。

まず流動解析により流速が計算される。その流速を熱の移流項の計算で使用して温度解析が行われる。各節点の平均温度から固相率が計算され、固相率の関数として新たな粘度が得られる。その粘度を使用して次ステップの流動解析が実行される。

- 4) 入出力にはFEMプリ・ポストプロセッサを使用……有限要素分割を採用した「METAL FILL」の入力データは、通常の構造解析で使用されているFEMプリプロセッサによりメッシュ分割データが作成される。製品部の構造解析データがあれば、ランナ・ゲート部、オーバーフロー部を付加することにより流動解析用データとなる。出力も同様にFEMポストプロセッサを使用する。充填過程での速度ベクトル図、平均温度分布図、カラーマーカー図等が出力される。

2. 適用分野と適用効果

板厚方向の流れを無視した2次元流の近似を導入していることから、薄肉の鋳造品を解析対象にしている。したがって鋳造法としては、自動車部品等に多用されているダイカスト鋳造が主な対象であるが、薄肉であれば砂型鋳造、重力金型鋳造、低圧鋳造、精密鋳造にも適用できる。厚肉鋳物になると板厚方向を完全に充填せずに流動する可能性があり、この板厚の限界値は、熔融金属の密度、表面張力、型との濡れ性等に依存する。一般的にはアルミニウムで約10mm、鋳鉄で約8mm、水で約3mm程度と言われている。

流動解析を適用する効果としては、まず鋳造方案の最適化が挙げられる。製品形状に対して、溶湯の導入路であるランナー、ゲート部、オーバーフロー部、ガス抜きを設計を金型製作前にコンピュータ上で評価できるため、鋳造品の高品質化、試作期間の短縮、歩止まりの向上等が期待できる。さらに充填過程から、空気、ガスが巻き込まれやすい部分、とくに湯境の位置、湯回り不良が予想される形状等が事前に予測できるので、オーバーフロー、ガス抜きを適切な位置に設けることが可能となる。

3. 基礎方程式

2次元の非圧縮性流れの運動方程式(Navier-

Stokes 方程式), 連続方程式, エネルギー方程式を支配方程式とする。境界条件として型内流動解析の特徴である自由表面の移動境界条件を適用する。運動方程式については, 板厚方向の速度分布を仮定することにより板厚方向に対して解析的に積分して, 平均流速に関する運動方程式を導く。エネルギー方程式には, 金属溶湯で無視できない潜熱効果の項が入っている。特徴の項で述べたように, 以上の支配方程式を有限要素で離散化する。流体解析の手法は, SMAC 法を 3 次元空間内の 2 次元流へ拡張した方法であり, 自由表面の移動については, マーカー法を基礎にしている。

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \\ \rho c_p \left(\frac{\partial T}{\partial x} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) &= k \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \rho L \frac{\partial f_s}{\partial t} \end{aligned}$$

u, v x, y 方向の流速
 p 圧力
 ρ 密度
 μ 粘度
 T 温度
 k 熱伝導率
 c_p 比熱
 L 潜熱
 f_s 固相率

4. 入出力データ

1) 入力データ

構造データ: 節点座標, 三角形板要素, 要素特性 (板厚)

物性データ: 密度, 比熱, 熱伝導率, 熱伝達率, 粘度, 液相線温度, 固相線温度, 潜熱

鑄造条件データ: 湯口での溶湯流速 (速度切換可能), 湯口での溶湯温度, 金型温度 (一様または分布指定)

解析条件データ: 出力間隔

2) 出力データ……解析結果から出力間隔ごと

に以下の評価図が得られる。

① 速度ベクトル図

充填した要素のみの平均流速を計算してベクトル表示した図。

② 平均温度分布図

節点ごとに板厚方向の温度を平均した温度分布図, 平均温度から固相率分布図も出力できる。

③ カラーマーカー図

湯口を出発した時間をカラーで表示したマーカー図。初期溶湯の最終到達位置の確認に有効である。

④ 欠陥予測図

各要素に流入する速度方向から空気の巻き込みを予測して空気マーカーを生成, 溶湯の流動と同時に空気マーカーも移動させ, その最終位置から欠陥を予測した評価図。

5. 金属流動と樹脂流動の相違点

金属流動と樹脂流動の基本的な違いは粘性である。完全液相状態での粘度は金属で 10^{-3} P (ポアズ) 程度に対して, 樹脂では $10^3 \sim 10^5$ P の範囲である。ただし金属溶湯の場合も型内に流入後, 温度の低下に伴い粘度は上昇する。樹脂流動解析も薄肉の仮定から板厚方向の流れを無視した 2 次元非圧縮性粘性流れを基礎にしている点では同じであるが, 高粘性により Navier-Stokes 方程式を簡略化する。時間項, 慣性項を省略し, 板厚方向の粘性力と流動面内の圧力勾配の釣り合いから, 各時点での圧力場の方程式を導く。メルトフロントでの流速は, フロントでの圧力勾配から得られる。

また定常解析のため, 前後のタイムステップでの流速に関連はない点に注意すべきである。それに対して, 金属流動解析では粘性力と慣性力を同等に評価する必要があり, 慣性力が優位に作用する流れでは, 非定常解析が必須となる。

またエネルギー方程式については, 樹脂の場合剪断発熱項が重要となるのに対して, 金属では潜熱項が意味を持つ。

6. おわりに

従来, 鑄造技術者にとって, 型内の挙動はほとんどブラックボックスであった。鑄造方案を入力して, 出力された鑄造欠陥から型内の流動現象を

類推する程度だったが、金属流動解析により、型内の流れが解明されることは、铸件製品の品質向上に大いに役立つと期待されている。また金属流動解析は新製品の開発期間短縮を目ざして、今後主流となりつつあるコンカレント・エンジニアリングを铸造部門で実現するための基盤技術となるであろう。

今後も厚肉铸件への適用、解析精度の向上を目ざして、「METAL FILL」の改良を続けていくつもりである。

統合オンライン・システム (XIS) eXtended Information System

統合オンライン・システム (XIS) は、UNISYS シリーズ 2200 の新しいアーキテクチャである 2200/XPA, および拡張トランザクション処理アーキテクチャ XTPA に基づき、従来の AIS 1100 II をさらに拡張・発展させた統合オンライン支援システムである。

1. XIS の特徴

- 1) 拡張モード (EM) に基づく新プログラミング環境の提供……従来のコンパイラ (ASCII COBOL, ASCII FORTRAN) に加え、拡張モードに基づく UCS (Universal Compiling System) によって開発された利用者プログラムも支援する。
 - 2) 拡張トランザクション処理アーキテクチャ (XTPA) に基づく大量トランザクション処理環境の提供……XTPA 構成ホストによって大規模トランザクション処理環境での無停止システムが実現できる。
- また、XTPA 構成ホストの動的な変更、各ホストのトランザクション処理状況を一元的に監視制御する運用機能、端末がどのホストに接続されているかを意識せずに処理できる DC 透過機能等によって、XTPA の特徴を最大限に引き出すことができる。
- 3) 多様な分散処理形態と解放型システムの支援……分散データ・アクセス機能、プログラ

ム間会話機能、ネットワーク管理機能等により、2200 システム間および 2200 システムとサーバ、ワークステーション間での各種の水平垂直分散処理に容易に対応できる。

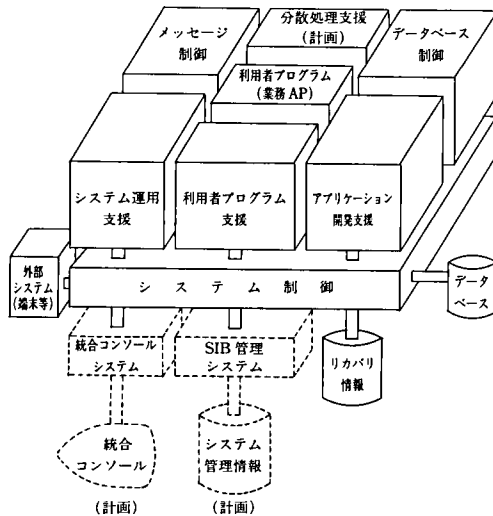
また OSI 応用層のトランザクション処理を支援する。

- 4) 従来の処理形態の拡張……センタカット機能、ディレード (遅延)・パッチ機能に加え、異なるシステム間でのディレード処理を実現するディレード・オンライン機能や MAPPER システムと直接インタフェースできる等、新しい処理形態が可能である。
- 5) 高水準なアプリケーション・プログラム・インタフェースの提供……メッセージ制御による豊富なメッセージ処理機能、一つの利用者プログラムから複数のデータモデルを同時に利用可能なデータベース・アクセス機能、時刻指定起動、メモエリア、利用者ログ等の各種利用者プログラム支援機能を、エラー処理と回復のための準備処理をブラック・ボックス化した平易なインタフェースで提供する。
- 6) 統合運用システム (IOF) と連携したシステム運用支援……システムの構成情報を一元管理するシステム情報データベースを中心に、複数システムの集中監視制御等、IOF と連携した高度な運用機能を提供する。
- 7) 統合開発環境支援システム (IDES) と連携したアプリケーション開発支援……テスト・トレーニング機能、シミュレータによるアプリケーション・プログラムの疑似実行等、IDES と連携した各種結合テスト支援機能を提供する。

2. 機能概要

XIS が提供する各種支援機能の構成概要および機能概説は以下のとおりである。

- 1) システム制御……外部システム (端末、ホスト等) から投入される多種多様なトランザクションを処理するプログラムの制御、およびメッセージやデータベースの回復等を行う。すべてのメッセージやデータベースについて統一的行われる統合回復機能 (IR: Integrated Recovery) では、トランザクション処理を回復対象となる処理単位 (ステップ)



XISの構成概要

に区切って管理し、ステップ単位での遅延更新方式や二重化された監査証跡（オーディット・トレール）ファイルを使用した回復処理を行うことにより、効率良く信頼性の高い回復処理を実現する。

さらに、2相コミット処理による分散データ・アクセスの回復機能およびXTPAにおける回復機能も備えている。

また、システム制御は同一ホスト・システム内で複数のアプリケーション・システムを導入から回復、運用まで相互に独立に行えるマルチ・アプリケーション・グループ機能を持つ。XTPA環境下では、任意のアプリケーション・グループはXTPAを構成する複数ホスト・システムにまたがって実行されるよう拡張される。

- 2) メッセージ制御……トランザクション処理に必要な端末とのメッセージのやりとりには、MCB (Message Control Bank) を中心とした豊富なメッセージ処理機能が提供される。利用者プログラムは、簡単な指示のみで利用者プログラムへのメッセージの振り分け、通番の管理・付与、メッセージの保存・回復・再送・多重宛先送信、代行送信、会話処理等が行える。

またXTPA環境下では、DC透過機能によりどのホストに接続されているのかを意識せずにメッセージの送受信を行うことができ

る。さらに後述のXISファミリー製品(計画中)を合わせて用いることにより、ホスト間でのトランザクション転送処理やプログラム間会話、OSI通信等、さらに高度なメッセージ処理が可能となる。

- 3) データベース制御……ネットワーク型データベース (DMS 1100)、リレーショナル・データベース (RDMS 1100)、索引付きファイル、TIPファイルに加え主記憶上にTIPファイルを保持するシステム・テーブル、追加型の情報蓄積に適した構造化TIPファイル、光ディスクを媒体とした索引付きファイル、およびMAPPERファイルを扱うことができる。

UDSによる複数データモデルの統合管理により、回復機能や排他制御が共通に行われるため、一つの利用者プログラムから複数のデータモデルにアクセスすることができ、アプリケーションに適したデータモデルの選択が可能となる。また、定型大量処理向けのネットワーク型データベースに対しては、実行時呼び出し形式のインタフェース（ベシックおよびハイレベル）が用意され、利用者はアプリケーションに応じたプログラムを容易に作成することができる。

XTPA環境下では、RLP (Record Lock Processor) による効率の良いデータベース・シェアが実現され、XTPAホスト上で実行されるどのアプリケーションも同一のデータベースにアクセスできる。また、主記憶上に保持されるシステム・テーブルもXTPAを構成する各ホスト上で、常に同一の内容が保証されるので、アプリケーション・プログラムは、XTPAのどのホストの上でも実行可能である。

さらに、後述のXISファミリー製品(計画中)の分散データアクセス機能を用いることにより、遠隔地のデータベースを自由に検索・更新でき、分散処理への対応を容易に行うことができる。

- 4) 利用者プログラム支援……メモリア機能、時刻指定プログラム起動機能、センタカット機能、ディレード・バッチ機能に加え、バッチ・プログラムの障害回復時のリスタートを可能とするチェックポイント機能、バッ

チ・プログラム間での主記憶上のデータの共有を行うマルチ・ラン機能、異なるアプリケーション・グループ間でのディレード処理を可能とするディレード・オンライン機能等の拡張が行われている。

また従来機能についても、XTPA 対応やセンタカット機能におけるエラー処理の標準処理、ディレード・バッチ機能における TRX ファイルの循環使用や 24 時間運転対応、多段階ディレード等の改善がなされている。

障害からの回復処理、入出力エラー処理、デッドロック処理、プログラム異常終了処理等の XIS 標準機能により、利用者プログラムは、これらの処理を意識することなく業務処理に専念することができる。

- 5) システム運用支援……システムの管理情報をシステム情報データベース (SIB: System Information Base) (計画中) に一元管理し、システムの運用に必要なパラメタやシステムの開始・終了・回復の実行制御のパラメタを自動生成し、運用管理者の作業を軽減する。

また、システムの運行状況の把握や各種指示は、統合コンソール (計画中) の XIS コンソール・ウィンドウあるいはシステム・コンソールを通して、豊富で簡単な標準コマンドを入力することによって行われるが、必要に応じて利用者が登録した任意の手続きをコマンドとして実行することもできる。また、XIS は、システム運用に関する種々の処理を記述する運用記述言語を備えており、利用者は、XIS の提供する標準実行制御文以外にも、固有の処理を容易に組み込むことが可能である。

これらの処理は、統合運用システム (IOF) との連携により行われ、オンライン・システム運用をシステム全体の運用の中で、共通の規約のもとに整合をとって行うことができる。

- 6) アプリケーション開発支援……オンライン・システムの開発テストを支援するために、プログラム・トレース機能、テスト・シミュレータ機能、テスト・トレーニング・モード等の各種支援機能を提供する。

プログラム・トレース機能は、アプリケーション・プログラムのトレース・データ (XIS

とのインタフェース) をプログラムの変更や再コレクションなしに外部からの指示のみで容易に採取することができる。また採取したトレース・データは、直接印書装置に出力したり、トレース・ログ・ファイルに蓄積しておき、後に登録集に基づいて編集出力することも可能であり、アプリケーション・プログラムのデバッグが容易となる。

テスト・シミュレータ機能は、作成したプログラムのテストをプログラムの変更や再コレクションなしに、実際の端末を使用せずにテストすることが可能である。さらに被テスト・プログラムをバッチ/デマンド (TSS) ・モードで実行することも、実際のオンライン・プログラム (TPS) として実行することもできるため、効率の良いテストが可能となる。

テスト・トレーニング・モード機能は、アプリケーション・プログラムの実行時に、外部から設定された実行モードによって、そのプログラムがアクセスするデータベース、ファイル、システム・テーブル等をあらかじめ設定されている別のものに振り替える機能である。この機能により利用者は、本番環境のもとで容易にプログラムのテスト環境の設定、および実行テストが本番環境に並行して実施できるため高効率なテストを行うことができる。

- 7) SIB 管理システム (計画中) ……SIB 管理システムは、システム管理情報を一元管理するシステム情報データベース (SIB) を制御するソフトウェアで、XIS および IOF から共通に使用される。

- 8) 統合コンソール・システム (計画中) ……統合コンソール・システムは、運用管理者に対する高水準なヒューマン・インタフェースを提供する。マルチウィンドウ等を使用して XIS や IOF コンソールを一つの画面に集約し、ウィンドウの切り替えや拡大等の操作をマウスを使用して容易に行うことができる。

また、複数アプリケーション・グループの表示を任意のウィンドウにまとめることができ、監視端末を集約したり、用途に応じて複数の監視端末を設定することもできる。

- 9) 分散処理支援 (計画中) ……ホスト間の水

平分散処理や、ワークステーション、サーバとホストの協調動作モデルによる垂直分散処理、さらに開放型システム化を強力に支援するために『XIS ファミリー製品』の開発を計画している。

- ACCESS/ASCOT

XIS 環境下でホスト間のトランザクション転送を支援する。

- XIS/RDAF

アプリケーション・プログラムが、遠隔地のシリーズ 2200 上に存在するデータベース、ファイル、システム・テーブルをネットワークの構成、障害時の回復処理等を意識することなく検索・更新することを可能にする。

- ACCESS

OSI 参照モデル応用層の共通部分 (ACSE) の上に日本ユニシス標準の TP プロトコルを使用して通信する OSI 接続機能を提供する。

- ACCESS/DTP

異なるホスト間やサーバ等との間で、対等 (ピアツーピア) なプログラム間会話を支援

する。会話には、2 相コミットを用いる同期モードと、非同期モードの 2 種が可能となる。

3. XIS 導入の効果

XIS は、大量のバッチ処理、高速大量のトランザクション処理を実行し、高い信頼性を要求されるインフォメーション・ハブにおいて、とくに大量定型処理に適した 3 GL によるトランザクション処理を強力に支援する。

また、分散処理の進展の中でワークステーション/サーバと協調動作し、業務処理に対して統合的なシステム環境を実現する。

XIS を導入することによって、

—システム更改に長期的に耐え得る柔構造システムの実現

—システム・ライフサイクル全般にわたる生産性の向上とコストの低減

—社会的責任を遂行する高信頼システムの実現

—ハードウェア/ソフトウェアの機能、性能の最大限の活用

等々の効果を得ることができる。

ユニシス技報 Vol. 9～Vol. 11 目次一覧

次のバックナンバーのうち、★印のあるものは多少残部がございます。
ご希望の方は、弊社研究開発部までご連絡下さい。

通巻 21 Vol. 9 No. 1 (1989 年 5 月) 特集：金融ソリューション

論文	金融ソリューションの現状と動向	伊川 望 (3)
	情報系フレームワーク・ソフトウェア DIP	林 憲作 (31)
	金融機関における総合利益計画管理システム	川口栄三 (57)
	意思決定支援システムにおける	
	エキスパート・システムの活用	大浦勇三, 保科 剛 (82)
	金融機関における営業店統合システム—FSA	岡井功雄, 横田正信 (100)
	地域金融機関における新勘定系システム	
	—SYSTEM-F の機能	佐藤富雄 (121)
	エキスパート・システムと金融業務への応用	中田純一 (137)
	オフコンによる債権督促システム	
	—A 信販(株)の事例	坪内安夫 (153)
	特定金銭信託/ファンド・トラスト・システム, FASSET-1100	清野善之 (163)
	有価証券投資におけるコンピュータ利用	遠山節夫 (176)
動向	欧米金融界の現状と動向	氷見順一 (216)

通巻 22 Vol. 9 No. 2 (1989 年 8 月) 特集：流通

論文	流通業における情報システム化の動向	森 洋一 (233)
	流通業界における SA 化の流れ	四居雅章 (243)
	POS システム導入の効果と問題点	
	——スーパー・マーケットを中心として	山本耕次郎 (260)
	小売業における情報システムの統合化	河西正弘, 福原俊作 (272)
	ダイレクト・マーケティングにおけるビジネスとシステム	大倉伸夫 (291)
	ダイレクト・マーケティングにおける顧客管理	馬場孝悦 (312)
	無在庫化による卸売業の物流革新	志賀宜幸 (324)
	多品種少量アイテムの出荷業務の効率化	村山 正 (340)
	現金前売卸のあり方と情報システムの方向性	佐藤二郎 (356)
	受発注 VAN への JICFS データの利用	前田邦男 (372)
	アパレル企業の動向と今後の情報システム	松田貴典 (381)
	アパレル産業における戦略情報システムの現状と今後の課題	関本 博 (395)
	紳士服アパレル企業における情報システム	藤田力夫 (407)

通巻 23 Vol.9 No.3 (1989 年 11 月) 特集：大規模システム開発**論文 大規模システム開発の特質と**

- プロジェクト・マネジャの責任 吉田伸一 (443)
- 全日空総合旅客システム able の
システム概要と開発マネジメント 中島 峯 (457)
- ALM システム (TOPPS/ALM) の開発 宮田敏光 (475)
- 債券トレーディング・システム開発事例 中尾晴夫 (488)
- 九州地区農協信用事業情報系システム 前山泰治, 平嶋孝正 (502)
- オフコンにおける大規模システム開発の事例 市川常男 (523)
- 大規模小売業の統合情報システム構築事例 福原俊作 (539)
- K 社新人人事情報システムの開発 若吉修治 (560)
- 多元的組織環境でのシステム開発におけるマネジメント 中村祥次郎 (575)

通巻 24 Vol.9 No.4 (1990 年 2 月) 特集：ハードウェア開発***特集論文**

- AGS 5000 グラフィック・ディスプレイ・システムの開発 森分芳男 (587)
- ラスト・スキャン型ディスプレイ用の
高品位アンチ・エリアシング方式について 嶋田博明 (602)
- 大画面/超フラット・ディスプレイの開発
..... 鳥羽知久, 土井博志, 安間孝夫 (615)
- ワークステーション PW² ファミリ
における日本語表示機構 AVP 的場 勉 (632)
- ディスプレイ・モニタの共通インタフェース
実現における PLL の応用 花谷行雄 (644)
- 自動給紙装置の開発 河原浩司 (658)
- 追記形光ディスクの互換性評価 大石完一 (668)
- 新たな脅威——間接 ESD による電子装置の EMI 作用 本田昌實 (682)
- VCCI の規制と妨害電波測定技術の現状と問題 小山晴男 (695)
- プリント基板 CAD の課題 上谷彊輔 (717)

一般論文

- 拡張トランザクション処理アーキテクチャ 樫山 汎 (741)
- BTOS のアーキテクチャ 荒井俊雄 (755)

通巻 25 Vol. 10 No. 1 (1990 年 5 月) 特集 : 通信ソフトウェア

論 文	OSI 実現化への道	佐原一男	(3)
	MHS の実装——既存メール・システムとの融合	金子 勲	(14)
	OSI 管理の標準化	水野純一	(25)
	FTAM の実装——異機種間ファイル転送	村松 知	(42)
	AIS 1100 II の OSI トランザクション処理	野村 章	(56)
	UNIX システムにおけるネットワーク・ソフトウェア	宮崎英治	(73)
	UNIX 環境におけるビデオテキスト・システム	横田長次郎	(86)
	UMML 11 の開発	笹川隆教, 横田幸一郎	(99)
	職業訓練大学校における LAN の事例	伊東 充	(110)
	OSI 導入事例——固有 TP プロトコルの開発	小林典夫	(122)
	EWS(SS-7) による海外ネットワーク構築事例	片岡 陽, 渡部倉男	(138)
	U-net におけるネットワーク管理システム	稲垣英一	(155)

通巻 26 Vol. 10 No. 2 (1990 年 8 月) 特集 : 4 GL*

論 文	変革の時代と 4 GL	横山正敏	(177)
	日本ユニシスにおける 4 GL/CASE への取り組み	川本光一	(192)
	MAPPER 利用の現状と効果的な適用方法	松木規子	(200)
	MAPPER とエキスパートシステムの連動	保科 剛, 川上峰子	(216)
	LINC における分散開発の現状と今後の課題	山科順一	(227)
	LINC の持つオブジェクト指向性と今後の問題点	福井 務	(238)
	LINC による一開発形態 ——概要設計即プログラミングの是非について	浅田昌紀	(255)
	葛飾区役所における住民記録システムの開発事例	森山 勉	(269)
	MAPPER による経営情報システム構築 ——西部ガス(株)における事例	森 正光, 紙谷啓一郎	(279)
	南王運送(株)におけるプロトタイピング によるシステム開発事例	小川裕彦	(291)
	シャープ(株)におけるエンドユーザ中心型 生産管理システムの構築	青木好治, 菊池 豊, 斎藤孝夫, 伊東 守 梅津長央, 小林敬三, 小野崎誠, 八木沢勝正	(305)
	LSA (LINC Systems Approach) の紹介	倉坪康広	(315)
	拡大を続ける MAPPER の世界	柳沢 勝	(328)
	データベースを再編成すべきか否か—それが問題だ	T. Miller	(342)

通巻 27 Vol. 10 No. 3 (1990 年 11 月) 特集 : AI/CAI*

論文 AI 実用化への道.....	荒瀬正彦 (369)
空調ダクト図面寸法線自動配置システム	太田 寛, 林 達雄, 湊谷慎司, 堀端孝俊 (387)
河川橋梁の上下部工形式選定エキスパートシステム	西土隆幸, 橋本和博 (402)
中部電力における変電所停電操作支援エキスパート システム——ATMS による系統の状態表現	鈴木常彦, 工藤隆司 (417)
ニューラル・ネットワークの株式売買 判断システムへの応用	浦上浩一 (429)
ユニシスの企業内 CAI システムの現状と動向	萩原忠雄 (438)
東京ガスにおける企業内教育への CAI 導入事例	小山和夫 (450)
LEARN UP エグゼキュータの仕組みと発展的応用	出石 修, 栗城章郎, 大熊誠也 (459)
知識処理技術を用いた運転員教育システム	吉村誠一 (475)
UNI * ICS ; 学習者主導型多機能教育システムの開発	中新俊夫, 澤田嘉信 (485)
ソフトウェア開発方法論の教育と支援方法	大野浩史 (505)
知的な学習システム——開かれた学習環境をめざして	山田繁夫 (516)

通巻 28 Vol. 10 No. 4 (1991 年 2 月) 特集 : ソフトウェア開発の方法

論文 ソフトウェア開発の形式的方法	山崎利治 (549)
分散システム機能仕様図	佐藤 博 (570)
自然言語仕様からのデータフロー図構成法	大野浩史 (585)
会語型プログラムの仕様記述に関する提案	木下博文 (599)
通信ソフトウェア開発効率化の手法	宮坂順之 (609)
ソフトウェア生産における工程検査の方法と進め方	西島政信 (628)
CAD/CAM システムにおける UIM の実現	松林 毅 (649)
OMS/B——直接操作型インタフェース記述システム	川辺治之 (660)
UNISYS シリーズ 2200/1100 の Common Lisp 処理系	大田一久 (668)
ソフトウェア改修作業の生産性と信頼性の実体	林 雅彦 (682)
形式的記述技法への誘い——記述言語はなぜ必要か	染谷 誠 (695)

通巻 29 Vol. 11 No. 1 (1991 年 5 月)*

- 論文 COBOL 移行作業における AI 指向ツールの作成井上博行 (1)
- Fortran-to-Cobol トランスレータの開発.....瓜生和史 (20)
- 大規模分散処理環境下における開発および保守
.....日高修一, 寿賀徳静 (36)
- 通信ソフトウェア設計支援環境
——設計行為からの履歴情報獲得と修正支援機能
.....内田修市, 平川 豊, 門田充弘 (49)
- フォールト修正文に基づくフォールト混入工程の分析毛利幸雄 (62)
- 状態遷移に着目したプログラミング手法竹内征勝 (74)
- ソフトウェア開発現場におけるプログラミング教育勝田祐輔 (91)
- 意思決定支援ソフトウェア FACILE 1100 の
特徴と今後の方向古田 茂 (103)
- ショートモノポール・アンテナを用いた間接 ESD 測定本田昌實 (115)
- 光磁気ディスクの互換性阻害要因の究明大石完一 (124)
- 戦略情報システム構築における人間軸の世界小坂 武 (136)

通巻 30 Vol. 11 No. 2 (1991 年 8 月)特集 : 社会に対する情報システム*

- 論文 航空業界における座席予約管理小山田和人, 佐藤 覚 (179)
- USAS ソフトウェアのモジュール構造池谷潔士 (190)
- 京都市交通局バス運行総合システム新井雅美, 菅田安秀, 石川春雄 (211)
- リムジンバスの乗客数予測
——日次予測モデルの考え方畑野あゆみ, 松田芳雄 (233)
- 総合経済情報サービスにおける検索用言語関根 治 (247)
- ホスト主導型の NAPLPS を用いた
ビデオテックス・システム鈴木理子 (268)
- パソコン通信を用いた情報サービス事例佐桑正哲 (288)
- 新聞製作における CTS システム近藤千秋 (300)
- 東京電力における中央集中監視制御システムの構築中村龍至, 中澤和夫 (312)
- ARC/INFO をベースとした配電架空
マッピングシステム構築斉藤義雄 (323)
- 原子炉冷態炉心反応度計算の物理モデルと数値解法
.....山田憲吉, 福地修一, 斉藤一弥 (334)
- 地方自治体における個人情報保護とシステム導入森山 勉 (350)
- 現場指向の図書館システム構築
——立教大学図書館の事例伊東 充 (362)
- 不動産情報システムにおける効率改善事例長谷川 昭 (374)
- HVTIP 環境下における開発支援ツール山本 昭 (386)

通巻 31 Vol. 11 No. 3 (1991 年 11 月)特集：ワークステーション*

論 文 ネットワーク・コンピューティングの特質と

それに基づくシステム開発アプローチの変革佐藤 博 (411)

EXOS 統一操作環境の実現河合昭男 (426)

GUI 環境とアプリケーション開発

——統合運用システム (IOF) における GUI 適用を背景として佐野浩之 (438)

PM 環境下でのアプリケーション・プログラム開発事例田村太一 (451)

グラフィック環境下のターミナルシステム佐々木茂 (465)

垂直分散型ネットワークにおける

統合データ交換環境の構築北川達朗 (481)

ワークステーションによる簡易入力支援機能千葉啓善 (496)

FINESSE-J の特質と操作性——カスタマイズの視点から天野 剛 (518)

S 8400 シリーズ・エンジニアリング・

ワークステーションの開発吉田欣司, 唐下 勉 (531)

グさせたシステム構築のアプローチとその推移および結果を述べている。

医薬品製造業では、社会的使命、熾烈な営業状況から、販売と一体化した製造を行うよう努力している。長谷川正人の医薬品製造業における生販一体システムは、同システム構築を指向する時の一助となるべく、システム構築事例を紹介し、そのアプローチを考察している。

高橋伸一は技術開発部門における CIM 化への対応の中で、技術開発部門に焦点を当て、生産プロセス内での位置付け・発生する情報を整理し、情報が新製品の受注促進・企画から生産のリードタイム短縮と言った CIM への要請に対応していくための技術開発部門の統合化システムと、その実現への課題について述べている。

サーフェスモデラとソリッドモデラは独立に発展してきたが、多くの研究者が統合の必要性を指摘し、統合を実現するモデラを提案している。谷本茂樹はサーフェスモデラとソリッドモデラの統合の中で、統合の必要性和統合を実現する上での技術的課題を整理し、曲面と立体の統一的表現方法を紹介します、比較検討している。

意匠設計 CAD 等、デザインを主眼とするシステムでは、対話的な曲面変形操作機能が要求される。松木則夫は B-スプライン曲面の変形手法についての中で、曲面の品質の良さと隣接曲面との連続性等の条件を保ちつつ、対話的に変形する手法を提案している。

CAD/CAM/CIM システムが普及し、システム間での技術データや管理データの受渡しの必要性が高まり、データ交換基準が注目されるようになってきた。ISO では 1984 年に TC 184 を発足させ、新プロダクトモデルデータ交換国際規格 STEP の開発に着手した。大高哲彦は CAD/CAM データ交換国際規格 : STEP 第一報の中で、標準化の意義等に触れ、さらに仕様の全体構成の概要を述べている。

▶ 技報編集委員会

委員長 柳生孝昭

副委員長 早川公正, 米口 肇

委員 岩佐宏一, 岩澤慶次, 岡井功雄,
岡田 寿, 鎌田 稔, 橘田 明,
久保田俊雄, 佐藤 博, 新福 悟,
高畑和夫, 中馬正徳, 内藤 聡,
永田利地, 馬場正存, 深堀年弘,
松井節男, 森 宏, 渡辺 寛,
古村哲也

▶ 編集制作担当

研究開発部 駒崎洋介, 丹野敬子

経営企画部 熊谷 貴

● Editorial Board

T. Yagiu (Chairman)

K. Hayakawa (Vice Chairman)

H. Yoneguchi (Vice Chairman)

K. Iwasa, K. Iwasawa, I. Okai,

H. Okada, M. Kamata, A. Kitta,

T. Kubota, H. Sato, S. Shimpuku,

K. Takahata, M. Chuman, S. Naito,

T. Nagata, M. Baba, T. Fukabori,

S. Matsui, H. Mori, H. Watanabe,

T. Komura

● Editorial Staff

Y. Komazaki, K. Tanno

(Research and Development)

T. Kumagai

(Corporate Planning)

ISSN 0914-9996

技 報

UNISYS TECHNOLOGY REVIEW

Vol. 11 No. 4 (No. 32)

発 行 日	平成 4 年 2 月 29 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) 3585-4111 (大代表)
印 刷 所	三美印刷株式会社

禁無断複製転載

© Nihon Unisys, Ltd. 1992

UNISYS

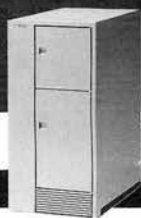
オープン・システムを制するもの。

**選べるのは、いつも最先端UNIX。
ビジネスからエンジニアリングまでフル・ラインアップ。**

世界標準のUNIXシステムにいち早く力を入れ、ハードで、ソフトで、SIで、オープン・システムの進展に多くの実績を築いてきたユニシス。広がるニーズに応じてつぎつぎと新機種を開発。デスクトップ・モデルからマルチプロセッサ・タイプまで、またビジネス分野からエンジニアリング分野まで、あらゆるサイズとジャンルをカバーする多彩なラインアップをご用意しています。ビジネス分野で活躍しているのは、実績のU6000シリーズ、小型から大型まで100倍の処理能力をカバーする全7モデルが、

これからますます高まるオンライン・トランザクション処理を高性能で先取りします。またエンジニアリング分野では、EWSとGWSを統合した新たなコンセプト「TWS(テクニカル・ワークステーション)」のもと、USファミリとS8000シリーズの2つの系列をご用意。いま新機種・S8100も加わり、CAD/CAM/CAEはもちろん、エンジニアリング分野でのソフトウェア開発まで、幅広くバックアップしています。選べる、組める、ユニシスのオープン・システム。さまざまな企業ニーズにフィットしたシステムをすぐにも実現します。

U6000シリーズ



USファミリ



S8000シリーズ



UNIX & UNISYS

UNIXはオランダ・シーディンクス社がUNIX System Laboratories, Inc. へ譲渡した登録商標です。

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03-3585-4111(大代表)