

本格的な普及期を迎えるCIMの現状 —— コンピューター統合生産システム ——

経済調査部 副主任研究員 青山 正治

《要 旨》

1. 最近、CIM (Computer Integrated Manufacturing) という略語をよく見かける。日本語ではコンピュータ統合生産 (システム) と翻訳される事が多い。製造業の経営活動全体をコンピュータ化し効率化するという概念である。高度のシステム構築はこれから本格的な時期を迎える。
2. CIM は製造業の SIS (Strategic information System) とも言われている。この言葉も概念を示すもので、内容的にはコンピュータや通信ネットワークを使い企業戦略に活用するためのシステム構築、システム自体をさす。近年、半導体の飛躍的な性能アップによりコンピュータはダウンサイジングという小型化が進行している。さらに情報通信ネットワークも光ファイバーによりデジタル化され送受信能力も大幅にアップし、経済性も改善されてきている。
3. 製造業は従前から情報化投資を継続してきているが、近年の技術革新の成果を取り込み、さらに高度のシステム構築に動き始めている。製造領域と販売領域との業務の連携や効率化を目指した製販統合システムという言葉も CIM と同義語であろう。将来的にも CIM という言葉が使われる保証はないが、CIM の簡単な解説と最近の状況を取りまとめる。
4. 第3次産業は情報化と相性が良い。しかし、第2次産業に属する製造業はその規模にもよるが、非常に複雑多岐にわたる加工・組み立て分野を内包する。このため、部分的にはコンピュータによる自動化が進展しているが、高度の CIM 化はこれからである。今後、業界内の企業間競争を勝ち抜き、人手不足や高齢化といった長期的経営課題を乗り切るために、CIM 導入の意欲は高まる兆しが見られる。
5. CIM の導入は企業に経営体制全体の再構築をせまる事になるかも知れない。工場における機械系システムと人間との調和に関する議論も活発になるう。

【はじめに】

過去、日本の製造業は二回のオイルショックとニクソンショック、プラザ合意による円高を克服してきた。しかし近年、日本の製造業を支えてきた強みの前提が変化してきている。89年からは世界的に地球環境問題が議論され、各国でフロン等の排出規制が実施された。また、90年夏の湾岸戦争勃発や米国の景気後退等による米国産業の不振、および日本企業の海外事業の不振が目立ってきている。このほか、米国の知的所有権強化の動き、日米の自動車・自動車部品摩擦の激化等の一方で、国内においては株式市場の低迷によるエクイティファイナンスの困難化、さらに、人手不足、労働時間短縮の動きや製造物責任強化の動きが強まっている。また、長期的には若年労働人口の減少と高齢化の進行など、多数のハードルが日本企業を待ち受けている。

現在及び今後のハードルを乗り越える手段は産業・企業により多数あろうが、一つの注目される動きとしてCIM導入の動きが活発になってきている。CIM導入は表現を変えれば製造業の情報化・自動化投資といえる。製造業の生産形態は消費者ニーズに対応し、多品種少量生産に移行した。しかし、安易な品種数拡大と小口多頻度配送の普及が人手不足を背景に、経営効率の足かせとなりつつある。現状を打破する有効な手段はニーズの高い製品を的確に把握し、迅速に生産し、かつタイムリーに市場投入することである。製品の品種・数量の需要変動にも柔軟に対応する生産体制が求められる。以下、CIMの簡単な解説と現状をまとめることにする。

1. CIM の概念

(1) CIM とは

CIM (Computer Integrated Manufacturing)という言葉は1970年代に米国で生まれた。日本では80年代後半から頻繁に使われるようになってきたようである。現在、日本語ではコンピューター統合生産(システム)と翻訳されている。しかし、この言葉の定義は明確でなく、概念的なものである。このCIMという略語から連想される言葉としてFA(Factory Automation)やFMS(Flexible Manufacturing System)等があるが、CIMはこれらを包括する概念である。それは、製造業の設計、生産計画、資材調達、製造、研究開発や物流・販売といった一連の経営活動をコンピューターネットワーク化し、効率的で融通性に富んだ変品種変量生産体制を構築することをその最終目標としている。FAやFMSはCIMの構成要素やベースとして認識されている。

次に CIM に至るまでの生産の歴史を簡単に振り返ってみる。

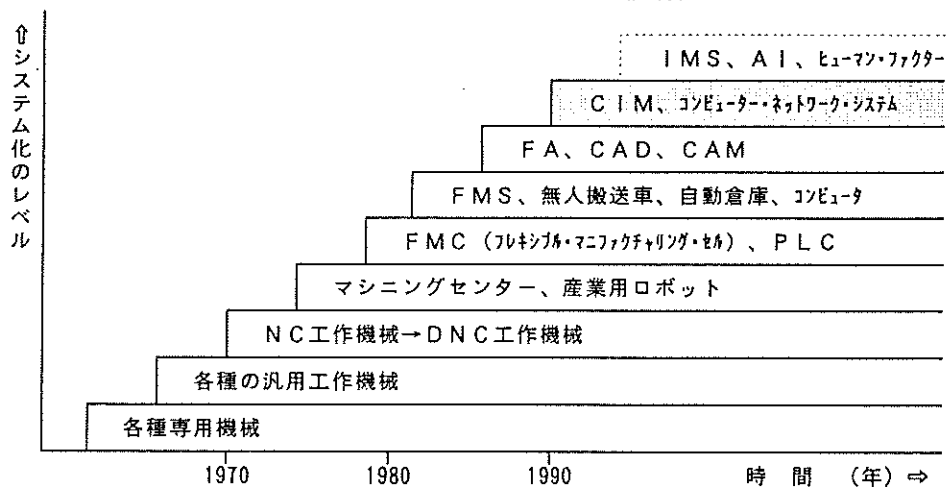
①フォード・システムからトヨタ生産方式まで

物の生産の歴史は紀元前から 20 世紀まで、基本的には大量生産方式の追求であった。18 世紀初め蒸気機関によりイギリスで産業革命が起きて以降、機械化の進展で大量生産方式が促進された。そして、米国で 1913 年にコンベアを使用した流れ生産方式による T 型フォードの生産が開始された（フォード・システム）。また、フォードは部品の互換性を追求したことで知られている。しかし、20 年代には GM のフルライン政策により、少品種大量生産は多品種大量生産にその主導権を渡すことになる。戦後、日本はデミング博士の提唱した QC（クオリティ・コントロール）を導入し TQC へと発展させた。やがて 1960 年代から 70 年代にかけてトヨタ式生産方式が確立される。その特徴の一つとしてカンバン方式が登場する。後にこれらはジャスト・イン・タイム（JIT）と呼ばれ世界的に知られるところとなる。

②工作機械とコンピューター

さて、これら生産システムの機械類はどのように変化を遂げてきたであろうか。自動車産業を例にとれば、ボディに用いられる鋼板を加工するプレス機械や折り曲げ機械。さらに、エンジンを作るのに必要な中繰り機械やネジを切る旋盤など工作機械が多数必要である。1970 年代前半までは熟練工という専門家のノウハウ（ソフト）や腕（操作）が加工精度を決定した。ところが、52 年頃に NC（数値制御）工作機械が米国の MIT で開発された。その後、日本のファナックが半導体を使用した信頼性の高い NC 装置とサーボモーターを開発し、専門家のノウハウが NC 装置というコンピューターに、専門家の腕がサーボモーターに置き替わる時代がやって来た。この NC 装置を搭載した工作機械が 70 年代中期から猛烈な勢いで伸び始めた。80 年代にはコンピューター制御の産業用ロボットも大きく伸び、自動化のレベルは大幅に上昇した。

図-1 CIM への発展段階



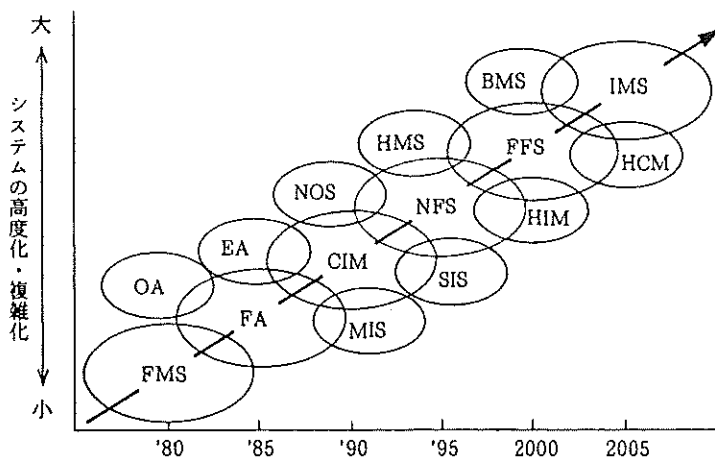
③機械から工場、企業全体のコンピューター化

このNC工作機械を核にFMSという多品種少量生産向けの自動化システムが提唱された。数台の工作機械や補助装置等が組み合わされセルという概念でまとめられた。81年頃までにコンピュータで管理されるFMS実験設備がアメリカで作られた。製造業の加工工程における群管理システムの登場である。80年代はCAD（コンピュータ支援による設計）やCAM（コンピュータ支援による生産）がコンピュータの発達により進展する。これが和製英語のFA（工場の自動化）となり、組み立て工程へのロボット導入など製造分野の自動化が進展した。今後これらがCIMへと発展する。

(2) CIMの位置づけ

CIMは今後の理想とされる生産システム概念であるが、唯一、究極の概念ではない。その証拠として既に将来の新しい生産システム概念を表現する言葉が登場している。例えばHMS(Human Manufacturing System)、HIM(Human Integrated Manufacturing)やIMS(Intelligent Manufacturing System)という略語である。これらはCIMと同様にまだ実現化はされていない。それらの相違点はCIMというコンピュータネットワークをベースにした生産システムに、人工知能搭載の機器やシステムを導入して人間の持つ創造性をより発揮させる環境を組み込んだ、高度の知的生産システムを提唱している。新しい言葉が多数登場してきているが、目指すところは人間と機械系の最適化を実現する21世紀型生産システムの構築である。

図-2 CIMの位置付け



(注) 出所：ニューファクトリシステム(NFS)に関する調査研究報告書、P.74
社団法人日本電子工業振興協会（91年6月）

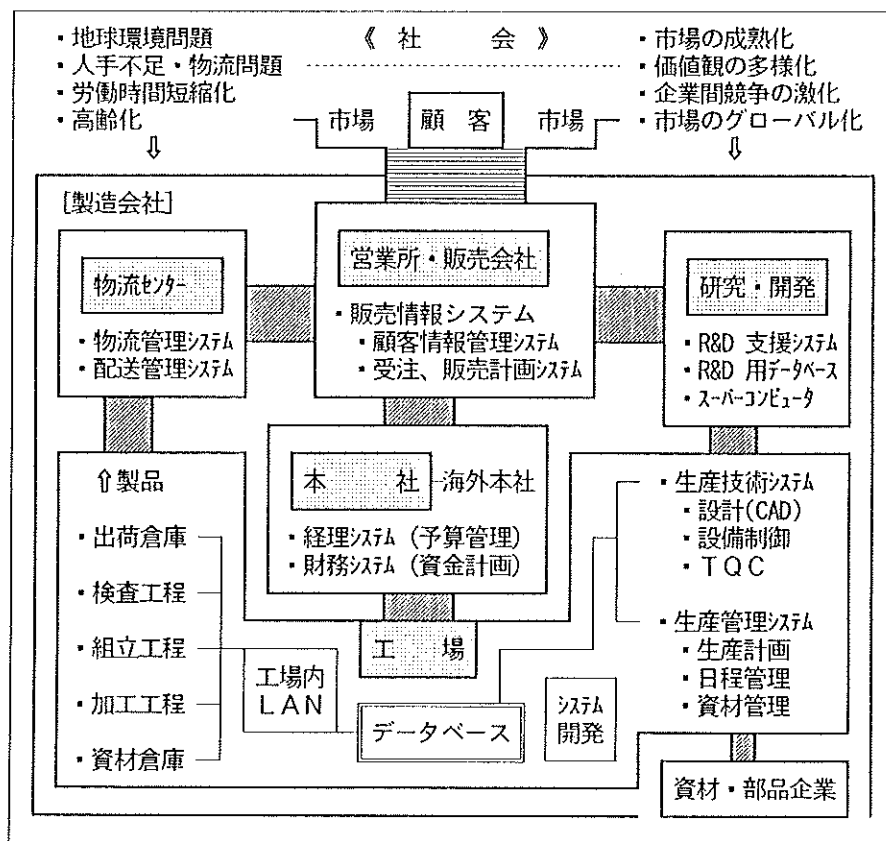
〈略語〉

- IMS ; Intelligent Manufacturing System
- HIM ; Human Integrated Manufacturing
- BMS ; Bionic Manufacturing System
- HCM ; Human Centred Manufacturing
- HMS ; Human Manufacturing System
- FFS ; Future Factory System
- NFS ; New Factory System
- NOS ; New Office System

(3) CIM の概念

CIM の概念がカバーする領域は単に生産現場の情報化・自動化だけではない。製造業の各部門の情報化・自動化により、企業全体の経営効率アップを追求することを目的とする。その手段として各部門の情報化とその情報を共有するシステムが必要となる。それは各部門や本社と工場を結ぶ WAN (ワイド・エリア・ネットワーク)・LAN (ローカル・エリア・ネットワーク)であり、コンピューターや DB (データベース)である。工場の各種機械はコンピューター制御され、各生産に必要なデータは工場内に張り巡らされた光ファイバーケーブルにより供給される。一方、ユーザーのオーダー情報は生産のための情報としてだけでなく、ユーザー全体の購買傾向や嗜好の変化の情報として新製品開発やマーケティング情報となり研究・開発部門や経営サイドにフィードバックされる。これらの情報は DB に蓄積され、企業経営の資源となってゆく。生産工場では生産管理の高度化から素材・部品の発注が的確に行われ、組み立て効率を考慮し設計された部品や製造ラインの効率化により単位当たりの製造時間も短縮化される。結果として短納期化や材料・製品の在庫水準の低減が可能となり、企業収益が向上する。これらが理想的な CIM の姿である。この理想状態を完全に実現している企業はまだ存在しないが、時代の流れはこの様な方向にある。

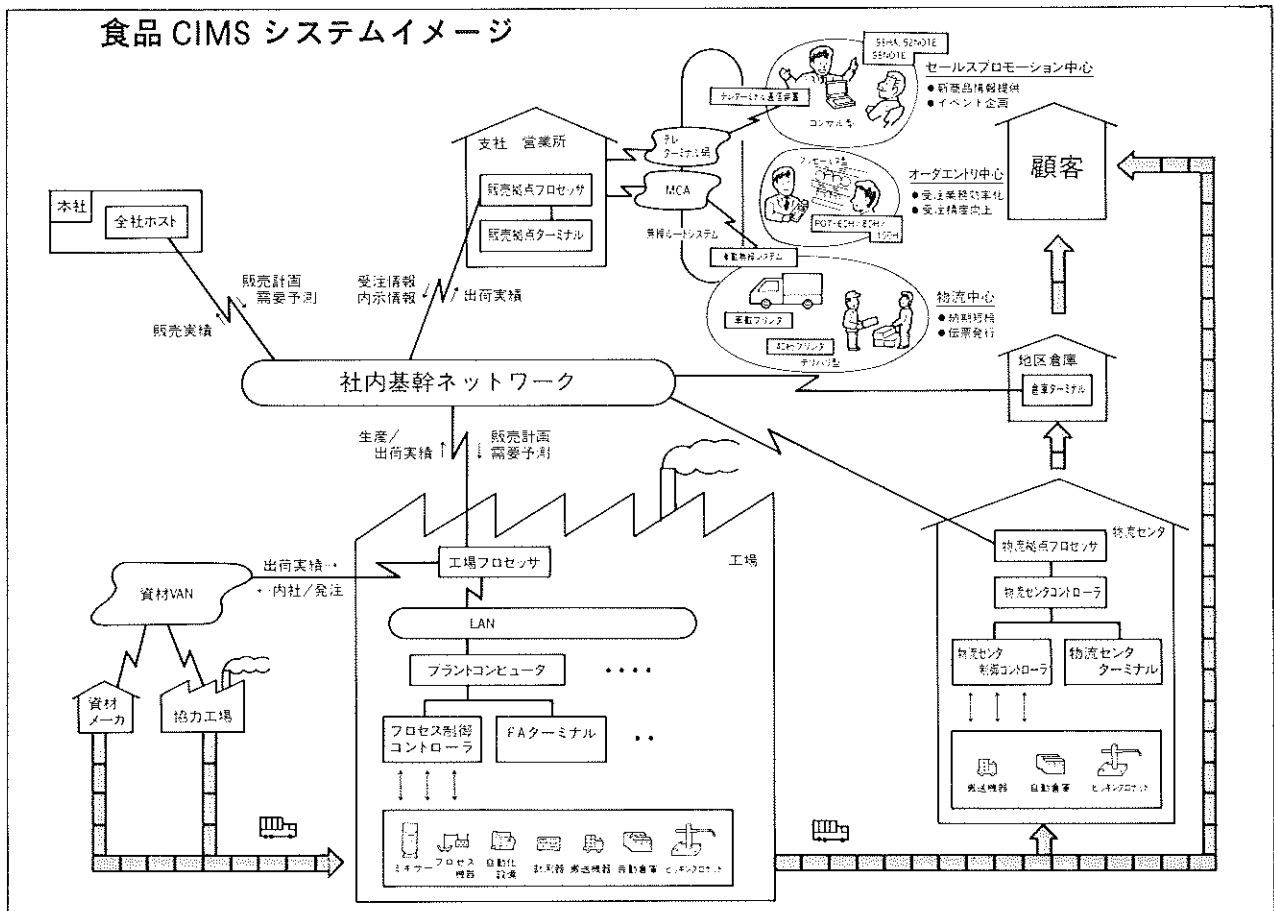
図-3 CIM の構成イメージ



(4) CIM のイメージ

各製造業ごとに導入の進んでいる CIM も、各企業の工場レベルや事業所レベルであり、大規模 CIM の完成例は少ない。図-4 は日本電気の提唱する CIMS の食品業界向けシステムのイメージ図である。CIM のハードウェアの全体像をこの図-4 で見てみる。生産に直結した各種機械はプロセス制御コントローラで制御される。しかし、機械に異常が発生した際、その状況を放置すれば大量の損失を被る。このため、温度や圧力などの各種センサーと計装機器などが各生産用の機械に大量に必要となる。センサーからの情報がフィードバックされ、正常な自動化機器の運転が可能となる。プラントコンピュータは工場内に張り巡らされた LAN と接続されており、工場のホストコンピュータに繋がっている。このコンピュータは本社の全社ホストや外部の資材・協力工場のコンピュータと VAN を介して接続され、効率的な生産を可能とするため情報の交流が行われる。また、本社ホストとは販売計画や需要予測、生産／出荷実績のデータがやり取りされ効率的な生産計画が組まれる。一方、支店や営業所からは受注データやマーケティングの情報が本社ホストに集められ、次期の販売計画や経営戦略等に活用されていく。

図-4 食品業界の CIM のイメージ



(出所) 日本電気のカタログより

(5) CIM (SIS) 構築の企業例

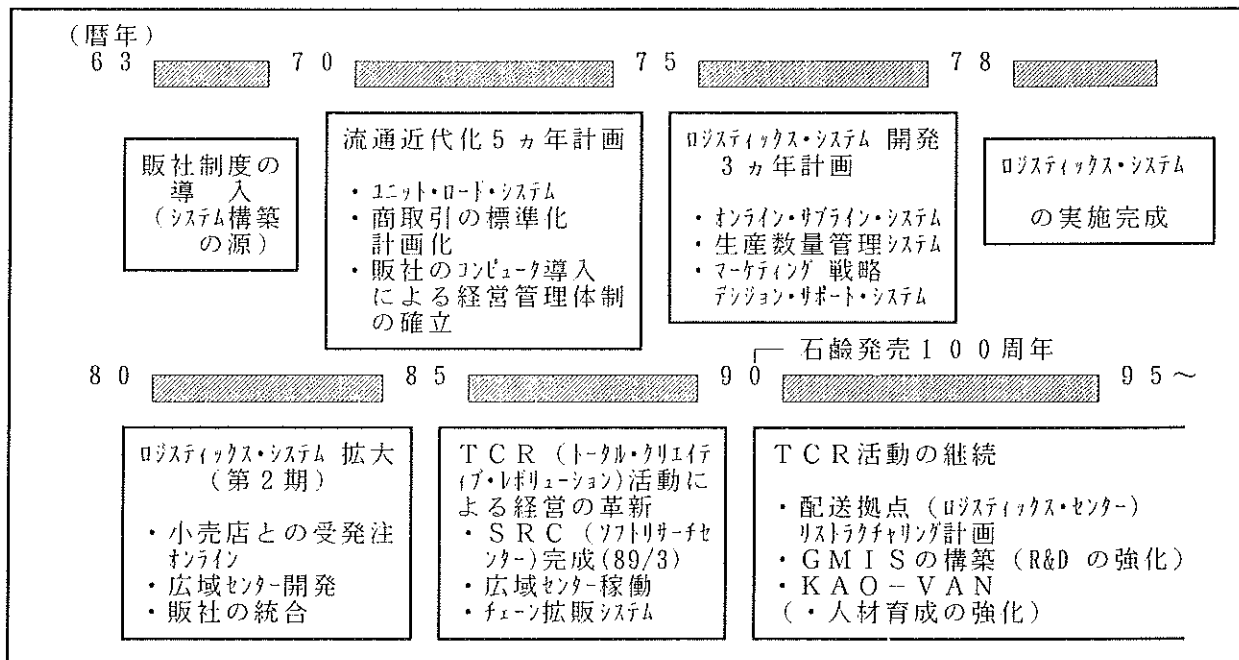
①花王の SIS

花王は SIS の情報システムや物流合理化のシステム構築で先行した企業として知られている。また 3 月期決算の企業中、最も早く決算発表を行う企業でもある。その背景に昭和 40 年代から着々と構築してきた多数の情報システムがある。このシステム構築の源となったのが、販社制度の導入である。同時に販社の業績を向上させるためには、売れる新製品を生み出す研究開発という点に力が注がれ、その結果が昭和 50 年代の高成長に結実した。昭和 60 年以降は、4 年程前から TCR (トータル・クリエイティブ・レボリューション) という運動を開始し、全社的に創造的な企業構築を目指す経営革新に乗り出している。同時に海外事業の基礎作りと人材育成の強化を打ち出している。組織管理や人事管理面でも先進的な制度を採用入れ、21 世紀へ向けての布石が打たれ始めている。

②花王の情報システム

現在の花王の情報システムは約 20 年を経過し、改良や再構築が継続され完成度が高められている。大きくは 7 つのシステムから成り立っている。それは①販社システム、②MIS (マーケティング・インテリジェント・システム)、③新化粧品情報システム (化粧品販社システム)、④新生産情報システム (JIT を目指すシステムで 90 年 7 月稼働)、⑤新エコシステム (消費者との情報交流を進めるためのシステム)、⑥

図-5 花王の情報システムの構築

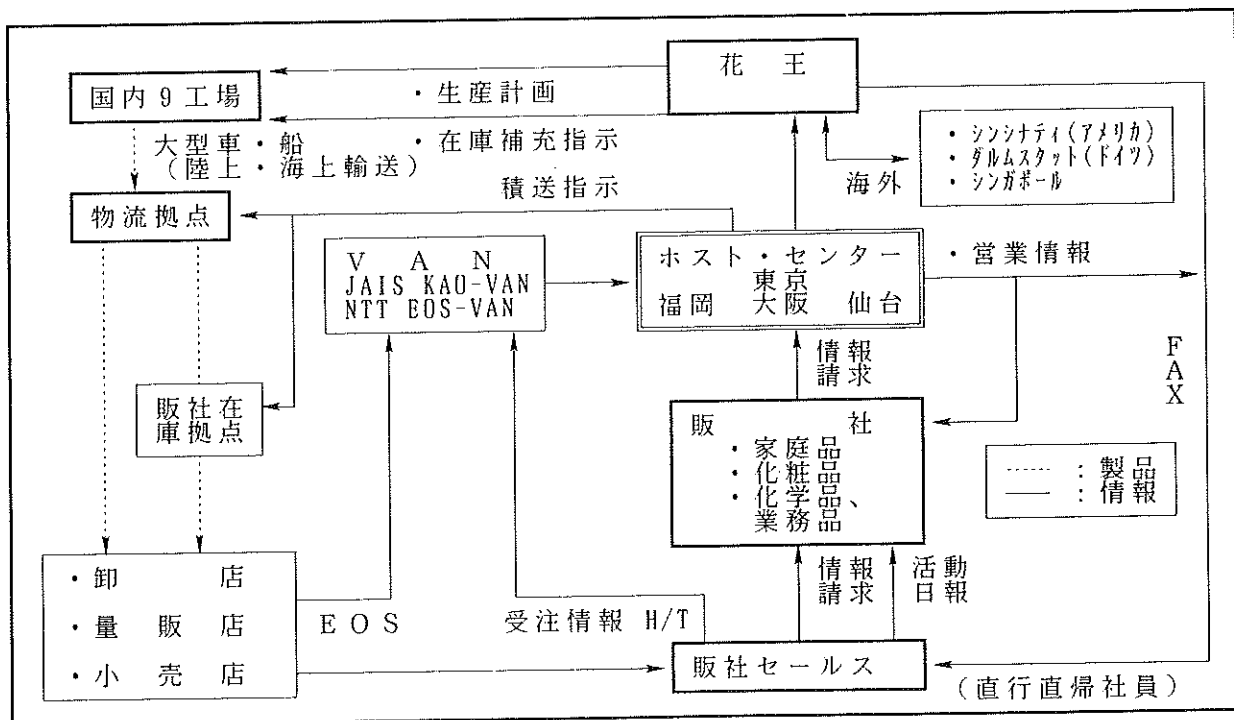


人事厚生システム（業務フローの簡素化、効率化の実現）、⑦GMIS（グローバル・マネジメント・インフォメーション・システム）である。これらが有機的に機能することで花王の経営活動が実行される。しかし、これらのシステムを開発し運用するのは人であり、人材育成でも「システム工科学校」など4つの学校と3研修所を社内に持つ。この他、花王の地域販社の東京花王販売でストアー・アドバイザーの直行直帰（週1回入社、FAXの自宅設置）制度などユニークな勤務制度が採用されている。

③花王のCIM

花王ではCIMと言う用語は使用していないが、究極のCIM構築を目指した計画が動き始めている。基本的に前述の①新販社システムと④新生産情報システムを結合したイメージである。これに今後5年をかけた配送拠点の再構築が完成すれば、国内では先進的な製販・物流体制が完成する。花王の国内9工場は現時点でも高度の自動化生産システムを導入済である。特に鹿島工場では集中制御方式による多品種少量生産システムが稼働している。各種の洗剤やシャンプーが自動生産され、各ラインのセンサーで分量やラベルの印刷ミスやゆがみ、キャップの緩み等が瞬時に検出される検査システムも導入されている。同社はCIMにしても完全無人化はありえないとの考えに立脚し、完全自動化に適する生産分野と人手に頼る方が好ましい分野に分ける形で新たな生産システム構築を推進する計画である。今後の経営展開はグローバル化の方向で進むが、過去に欧米で買収した企業の研究開発機能強化を打ち出している。

図-6 花王の情報・物流システム



(6) 主要な CIM 導入例

その他、CIM 導入の先駆企業として日本精工やヤマザキマザックの例が知られている。また、最先端の半導体製造工場では高度の CIM 導入が進んでいる。同分野では三菱電機の西条工場（愛媛県）が業界内で評価が高い。今後の半導体メーカーにとって重要課題となるのが、高額な設備投資負担を乗り越えるためにの変品種変量生産を可能とする高度な CIM の構築であると言われており、今後の投資動向が注目される。

表-1 主要企業の CIM 導入の現状

企業名	CIM導入の工場・事業所、計画、効果（目標効果）、課題・問題点等
大正製薬	埼玉県の大宮工場に導入。90年11月に第一期計画の製剤工場が完成し、全国の薬局に設置したPOS端末の販売情報システムと工場を結んだ。93年までに第二期の原材料の自動倉庫等、95年秋には第三期の液剤工場、96年初頭には第四期の軟膏、注射液等の工場が完成する事で全体のシステムが稼働する。最終的には配送分野に自動ピッキングシステム等も導入予定。効果に関しては製造部門で人員を1/2から1/3に、生産額は2～3倍を目標としている。総投資額は約800～1000億円。
ヤマザキマザック	工作機械メーカーだった事もあり、FMSプロジェクトを1978年から開始。81年に本社大口工場（愛知県）、83年には美濃加茂のFMSを完成。89年には美濃加茂工場の第二期を完成した。この工場は敷地33万㎡、建屋8万㎡、工場内は光LANが走る最新鋭のCIM工場。国内38カ所の営業所とは国内VANで接続。今夏からは欧米の海外拠点とも国際VANと国際デジタル専用回線で結んだネットワークシステムを運用開始し、グローバルCIM構築を目指す。CIMへの取組は業界内でもトップレベルである。今後の課題は関連会社とのシステムの一体化。
サッポロビール	90年5月に千葉工場拡張工事を終了。約120億円をかけCIM化。本社本社コンピュータと工場内のLANを接続。本社からの生産計画データが工場の工程管理に送られる。支店の受注状況に応じて運送会社のトラックの手配も行われる。特に物流管理がコンピューター化され、トラックへの積み込み時間を40%短縮化。
東芝	88年にプロジェクトチームを発足させ、東京の青梅工場をCIM化。東芝では人員計画や設備能力から割り出した「生産座席」という生産予約のデータベースを構築し、全国の支社等とを結び販売情報を生産計画や資材調達に直結させた。さらに、注文情報により顧客に完成品の直送を行うことで販売在庫を削減した。このほか多数のシステム開発がなされている。CIM導入による主な効果は生産リードタイムが1/2、棚卸資産を1/2に出来たという。課題としてはSEの人員不足等があるようだ。
富士通	86年から栃木県小山工場をFAをベースにCIM化を推進。生産品目は通信機器部門の電子交換機や光通信システムである。特徴としては4階の自動倉庫から1階の出荷場までを光LANで結び、情報と物の流れを有機的に結合している。さらに、川崎と小山を高速デジタル回線で結び営業・生産情報のやり取りを行っている。効果としては生産リードタイムが1/2、生産性が約2倍、不良品率が1/3になったという。今後の課題としては外注管理やグローバルCIMの構築。
日産自動車	同社は8月から販社の顧客に対して2時間以内に納車日を回答出来る製販統合システム「ANSWER」の運用を開始する。これは全国区220の販売会社と日産の生産管理部門をVANで結び、日産のデータベースの生産計画に販売会社サイドから直接オーダーをエントリーできるシステムである。販売促進上も効果が期待されている。

(出所) 各種新聞、雑誌、ヒアリングより作成

2. 製造業を取り巻く環境の変化

(1) 多品種少量生産から変品種変量生産へ

日本の製造業を取り巻く環境は、ここ数年で大きく変化してきている。高度成長期には作るべき製品は分かっていたし、生産の課題は製品の量産技術と質の向上であった。この面ではTQCが大きな成果をもたらした。オイルショック以降の安定成長期にはエネルギー問題をベースに工場の自動化・省力化が進展した。さらに、80年代には半導体・コンピューター技術が飛躍的に進歩し、生産設備面にも最終の製品にも半導体やコンピューターが組み込まれるようになった。NC（数値制御装置）工作機械やロボットの普及も進み、製品は高精度・高機能が当たり前前の時代になってきた。さらに、各種耐久消費財の普及率も高くなり市場の成熟化が一段と進んでいる。また、企業間競争も激化し、高付加価値・高額製品の展開が難しくなり、今以上の原価低減の必要性も生じてきている。消費者の価値観も多様化・個性化が一層進みつつある。その一方でPOS等の情報分析により売れ筋商品が正確に把握可能になり、製造業サイドでは製造品目の絞り込みも行われるようになってきた。今後はより柔軟な生産体制の構築が企業収益を左右するポイントとなりそうである。

さらに、販売系情報ネットワークの発達で新製品の企画案などが企業の研究開発部門にもフィードバックされ、次期主力新製品の開発にユーザーニーズが素早く反映される。企画案件の新製品は3次元のCADにより設計され、加工・組み立てが容易なように部品設計がなされる。これは加工・組み立ての自動化の上で重要なポイントでもある。CIM化は経営のハイスピード化として帰結する。

表-2 日本の製造業の対応課題

経済成長パターン	高度成長期	安定成長期	低成長期
基本的ニーズ	物質的豊かさ	質的豊かさ	精神的豊かさ
経営資源	人+物+資金	+情報	+時間
生産形態	小品種大量生産	多品種少量生産	変品種変量生産
設備のキーワード	ラインの機械化	自動化・省力化	最適化
研究・開発のキーワード	標準化 生産技術 (TQC、 量産技術)	技術の集約化 (電子化etc.) 高付加価値製品 知的所有権	新技術製品の国 際的標準化

(2) 新たなる課題

80年代の末から新たなる課題として、人手不足等の問題が生じてきている。人手不足の背景には多数の要因があるが、その一つに労働価値観の変化もあるようだ。3Kや5Kと言われる製造業種もそのイメージ払拭に躍起である。その手段の一つとしてCIMなど近代的な製造現場のイメージ及び職種の変更で対策を立てようとする動きもある。今後、景気のスローダウンとともに労働需給の逼迫感も若干ながら緩和されてこようが、価値観の変化など構造的な要因は変化しそうにない。この点では業種間により需給ギャップが当面改善されないことも予想される。

さらに、今後の問題として国際的に批判を受けている労働時間の問題もある。現在、2100時間を超える年間労働時間を将来的に1800時間前後に減らす計画を発表する大企業も増えている。この問題を解決するには人手を増やすか生産設備の一層の自動化・合理化投資を行うことが必要となる。前述の通り労働需給逼迫や労働時間短縮から雇用人員増加による現行生産水準の維持は困難が予想される。必然的に、今後の企業の設備投資に占める合理化・省力化投資のウエイトは長期的に高まることが予想される。さらに、その設備投資内容は企業の経営効率を上げるために、高度の自動化及び省力化投資であることが必要である。次に今後の企業の設備投資の動向を見ることにする。

表-3 日銀短観の雇用人員判断 DI の推移

(%)

業種	88/11	89/ 5	89/11	90/ 5	90/11	91/ 5
製造業	1	▲ 6	▲ 13	▲ 15	▲ 21	▲ 21
繊維	10	2	▲ 10	▲ 23	▲ 25	▲ 31
紙	0	0	0	0	0	▲ 14
化学	1	1	▲ 1	▲ 6	▲ 7	▲ 6
鉄鋼	28	12	7	8	3	▲ 15
一般機械	▲ 7	▲ 18	▲ 32	▲ 37	▲ 39	▲ 20
電気機械	▲ 2	▲ 2	▲ 7	▲ 5	▲ 13	▲ 13
自動車	▲ 32	▲ 43	▲ 46	▲ 46	▲ 61	▲ 57
精密機械	9	▲ 9	0	▲ 18	▲ 27	▲ 27
非製造業	▲ 3	▲ 9	▲ 15	▲ 17	▲ 27	▲ 25
建設	▲ 18	▲ 25	▲ 41	▲ 46	▲ 71	▲ 68
不動産	-	-	▲ 14	▲ 14	▲ 19	▲ 14
小売	▲ 7	▲ 10	▲ 6	▲ 16	▲ 28	▲ 19
運輸	21	13	6	▲ 1	▲ 5	▲ 14
サービス	▲ 15	▲ 23	▲ 34	▲ 30	▲ 45	▲ 34

(注) 雇用人員「過剰」企業の割合-「不足」企業の割合(%)

(出所) 日本銀行「主要企業短期経済観測調査」

(3) 企業の設備投資の傾向

本年6月に発表された通産省の「主要業種の設備投資動向」によると、91年度の設備投資額の伸び率は前年度に比較し鈍化傾向にあるが、大企業を中心に堅調な動きが予想される。

さらに、最近の設備投資の傾向として、人手不足を背景に電気機械業界や自動車業界が有効求人倍率の比較的低い地方に工場進出を計画している。91年度計画額で南東北が前年度比48.4%増、南九州が同21.5%増で変化率としては突出している。自動車関連や半導体関連の投資がその要因である。人手不足の問題は、特に中堅企業においては構造的要因として捉えられており、合理化・省力化投資に注力する傾向が生じつつある。

表-4 主要産業の設備投資動向（対前年度増減率）

(%)

	1990年度（実績見込み）			1991年度（計画）		
	大企業	中堅企業	合計	大企業	中堅企業	合計
全業種	17.4 (89.2)	18.2 (10.8)	17.5 (100.0)	9.3 (94.9)	7.0 (5.1)	9.2 (100.0)
製造業	23.2 (97.3)	34.2 (2.7)	23.5 (100.0)	8.7 (97.3)	0.7 (2.7)	8.4 (100.0)
基礎素材産業	22.5 (96.5)	38.4 (3.5)	22.9 (100.0)	7.1 (96.6)	▲1.7 (3.4)	6.8 (100.0)
鉄鋼	26.2	41.5	26.4	14.9	63.0	15.6
石油精製	27.7	172.3	32.5	13.2	▲70.8	7.4
石油化学	19.6	164.6	21.3	14.1	▲71.7	11.6
紙・パルプ	11.4	18.1	11.5	▲35.3	158.1	▲31.1
セメント	51.7	18.5	50.9	19.6	19.3	19.6
加工組立産業	23.7 (97.9)	30.1 (2.1)	23.9 (100.0)	9.7 (97.8)	3.2 (2.2)	9.5 (100.0)
一般機械	34.4	60.1	35.2	18.8	▲9.6	17.5
電子機械	13.4	▲62.8	13.2	10.4	▲8.1	10.3
電気機械	27.0	202.7	27.2	27.6	3.0	27.5
自動車	31.9	58.0	32.2	3.7	15.7	3.9
非製造業	12.1 (92.0)	13.9 (8.0)	12.2 (100.0)	9.9 (92.7)	9.2 (7.3)	9.9 (100.0)
<除く電力>	12.2	14.0	12.4	9.2	9.3	9.2
電力	12.0	▲54.4	11.9	10.8	▲64.1	10.8
都市ガス	1.8	▲22.4	0.5	41.7	19.6	40.8
小売	18.5	▲18.7	16.9	17.0	▲29.4	16.7
リース	11.4	13.6	11.7	6.0	10.1	6.6

(注) ()内は、設備投資額全体に占める大企業及び中堅企業の設備投資額の占める割合
(出所) 通商産業省「91年度における主要業種の設備投資動向」

(4) 活発化する合理化・省力化投資

製造業は好景気を背景に生産関連の設備投資を活発化してきた。91年度の製造業の生産関連投資は構成比で36.0%と前年度の37.2%から若干減少した。その一方で合理化省力化投資は91年度16.4%で前年度の15.4%から構成比上では増加に転じた。87年度以前は約20%で推移していた合理化省力化投資も最近の製品需要の拡大による増産設備投資にその重点がシフトしていた。しかし、91年度の調査でその傾向に微妙な変化が出てきており、90年度を底に合理化・省力化投資が再び拡大に転じる兆しが出てきている。

しかし、CIMの投資動向を把握するには、この合理化・省力化投資だけでは充分でない。生産関連投資の中にも、かなり多くのCIM投資が含まれていると予想され、全容の把握は困難である。

表－5 主要製造業の91年度の目的別設備投資計画の構成比

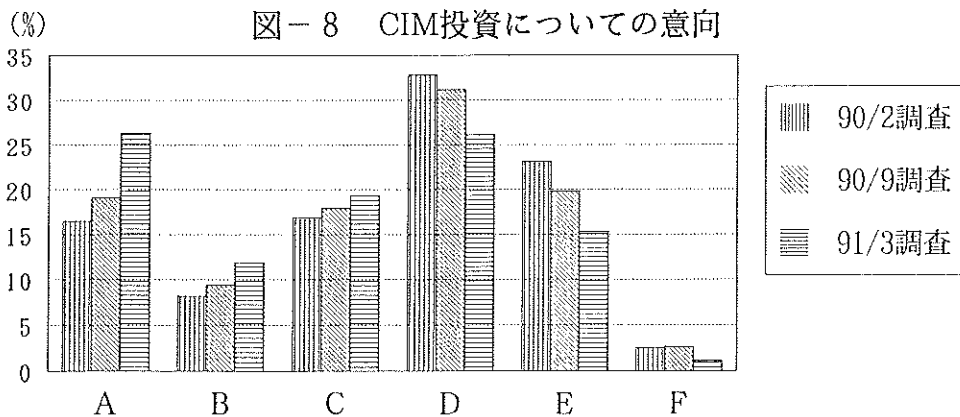
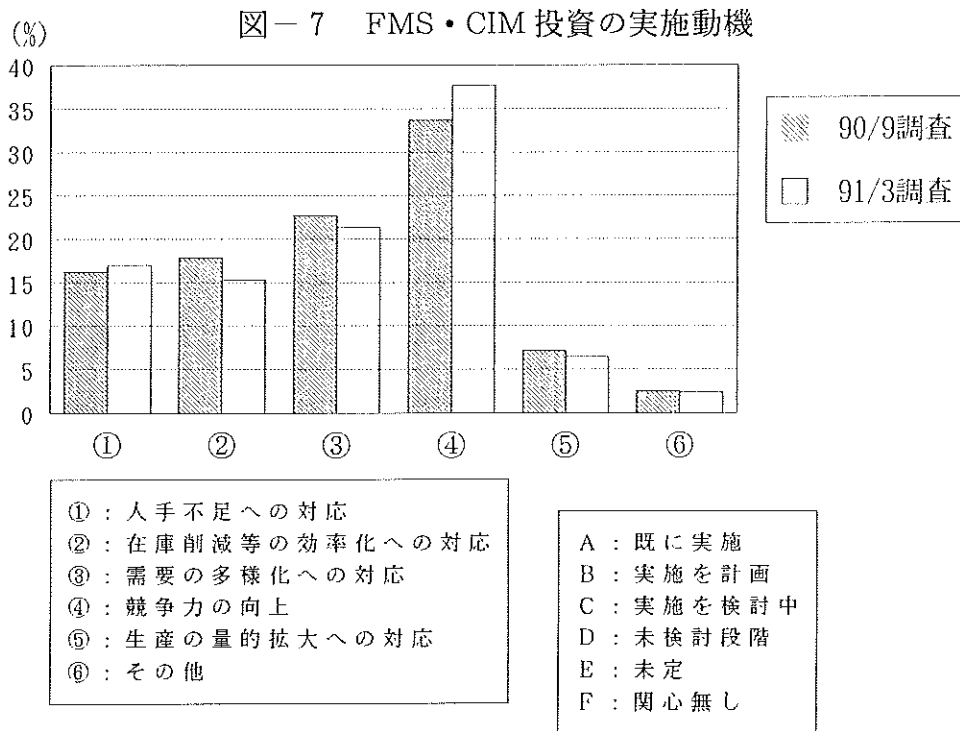
(%)

	生産 関連 投資	合 理 化 省 力 化	研 究 開 発	公 害 防 止	省 エ ネ 代 エ ネ	維 持 ・ 補 修	更 新	そ の 他
全業種	46.7	10.5	6.6	2.5	1.5	11.0	4.6	16.6
製造業	36.0	16.4	10.5	1.8	1.5	6.0	6.0	21.8
大企業	35.9	16.4	10.7	1.8	1.4	5.9	5.8	22.2
中堅企業	39.7	16.2	4.0	1.4	1.6	12.4	11.9	12.7
基礎素材産業	38.0	15.3	7.5	2.6	3.2	9.0	7.7	16.6
鉄鋼	24.2	24.4	7.6	3.9	6.6	6.8	7.9	18.6
石油精製	48.4	6.5	2.5	1.7	0.9	11.2	9.9	18.8
化学	47.9	8.7	12.3	2.4	2.0	8.0	6.4	12.3
紙・パルプ	42.5	14.8	1.4	4.9	4.7	12.1	10.7	9.0
窯業土石	29.4	15.6	8.4	1.1	1.7	14.3	7.2	22.3
加工組立産業	34.7	17.1	12.5	1.2	0.3	4.1	4.8	25.3
一般機械	43.8	21.8	11.3	0.8	0.5	3.9	6.0	14.5
電子機械	48.4	12.1	20.4	1.1	0.3	2.9	1.9	12.9
電気機械	31.3	20.9	10.4	0.9	0.2	11.9	2.6	22.0
自動車	20.6	18.3	9.2	1.6	0.3	1.9	6.3	41.9

(出所) 通産省「平成3年度における主要業種の設備投資動向」より作成

(5) FMS・CIM 投資

通産省は製造業に対し FMS・CIM に関するアンケート調査を行っている（図-7）。これは FMS・CIM 投資の動機に関する内容である。このアンケート調査の結果を見る限りでは、この種の投資を人手不足への対応からと考えている企業は全体の 17%位と少ない。一方、4 割弱の企業が企業の競争力向上がその動機であると答えている。さらに、この比率は前年の数値を顕著に上回ってきている。また、在庫削減や需要の多様化に対応するためと考えている企業の比率は僅かながら低下している。この意味では FMS・CIM 投資の目的がより企業の経営戦略の中心に位置するようになってきていると言えよう。この点が CIM は製造業の SIS であると言われる所以であろう。また、CIM 投資の実施に関しては約 1 / 4 の企業が既に投資を実施していると回答している（図-8）。その一方で D~F という CIM 投資に関して消極派の構成比が年々減少してきている。CIM の本格的普及時期に差しかかりつつあると判断されよう。



3. CIM 市場のハードとソフト

(1) CIM のハードウェアの構成

まず、CIM のハードウェアを見てみる。CIM の概念は広いため、ISO（国際標準化機構）の定めた FA システムの標準モデルに従って考えると分かりやすい（表－6）。

表－6 FA の標準モデル

階層	機能	システムの構成例	コンピュータの分類
レベル6（企業）	経営管理	会社（本社）ホストコンピュータ	上位コンピュータ （大型汎用コンピュータ）
レベル5（工場）	工場管理	工場ホストコンピュータ、データベース	
レベル4（エリア）	部門管理	部門ソフトコンピュータ、CAE/CAD/ソフト開発	中位コンピュータ （中型コンピュータ ミニコ、WS、）
レベル3（セル）	運転管理	セルコントローラ、データコントロールシステム	
レベル2（ステーション）	機器制御	PLC、NCコントローラ、マシンコントローラ	下位コンピュータ （各種コントローラ PC、各種センサ）
レベル1（装置）	装置	センサ、機器、NCマシン、ロボット	

（一部加筆）

CIM の中枢はコンピューター・ネットワークである。コンピューターは本社や工場の大型汎用コンピューターから加工・組み立て用機械の NC 装置まで体系化される。加工・組み立て工程では現段階でもかなり高度な自動化が導入されている部分もある。しかし、組み立て領域の自動化はやや遅れ気味である。それは様々な形状や大きさの部品を全て自動的に組み立てる作業をロボットに置き換えるには、ロボットが高度の視覚認識システムや人工知能を持つ必要がある。プリント基板への電子部品実装装置等を除けば、今のところ人間の生産性の方がはるかに高い。この分野の自動化には時間がかかるようだ。NC 工作機械は過去から最も自動化分野で先行した機械である。80 年代中期からはパレット・チェンジャー（加工対象物を順次機械に送り出す装置）を搭載し無人搬送車との接続を可能としたり、工具を自動交換することが可能となっている。近年は各工場のシステムに対応する事が重要な課題となっている。

これら各種の工作機械やロボットの作動を生産手順に従ってプロセス制御するのが PLC（プログラマブル・ロジック・コントローラ）である。PLC はさらに上位のプラントコンピュータに接続され工場内の光 LAN に繋がり工場用コンピュータに結ばれる。そのコンピューターは本社ホストコンピューターまで通信回線で結ばれている。人間の脳神経系と同様のシステムである。CIM は大量のコンピューター・システムを必要とすることから、システム開発とソフトウェア開発の効率化が大きな課題であろう。この点では、工業用パソコンも多数の機種が投入されているほか、各業界の大手企業が業界用の各種パッケージソフトの販売を開始しており、関連の中小企業における経済性は大きく改善されよう。

(2) CIM の構成要素と市場規模

CIM の構成要素は大きく分けてコンピューター・ネットワークと各種の加工・組み立てに係わる機械装置とそのコントローラーである。CIM という略語からは工場の生産現場がイメージされるが、その一方で重要なのが情報ネットワークの構築である。図-4 の様に各種コンピューターや情報プロセッサは独立して使用されるのではなく、通信機能を持ちネットワークに結びついている。分類すると企業の本社と工場、販売拠点を結ぶ企業内ネットワーク。さらに、外部の顧客や資材購入メーカー、協力工場とを結ぶ外部のネットワークがある。企業内では工場内の構内 LAN 等も必要となる。まず、本社内の拠点間を結ぶネットワークは NTT や第二電々等第一種通信事業者の公衆回線や専用回線、データ通信サービスを活用することになる。本社内や工場内はデジタル PBX や光 LAN システム等を導入し、ネットワークを構築する。企業の外部とは第一種通信事業者の各種回線・サービスの他に第二種通信事業者と呼ばれる VAN (付加価値通信網) 業者のサービスを導入する方法もある。この情報通信ネットワークの効率的構築も CIM 構築上重要である。ネットワーク活用の分野では製造業より小売業や商業、サービス業のほうが設備や応用技術面では先行している。これらネットワークの各種要素と表-6 のシステム構成例を合わせれば、ほぼ CIM を構成する要素が揃う。さらに、各種ハードウェアを動かすソフト及びソフト開発等が重要な点である。しかし、通信分野の工場領域における規格の不統一や、ハードウェアに制約されるソフトの互換性確保の問題など、業界や世界レベルで解決すべき課題が山積しているのが現状である。

表-7 CIM の推定市場規模

(単位: 億円)

	F A 関連機器					コンポーネント			コンピュータ関連					合計 CIM関連の推定 市場規模
	NC 工作機	産業用 ロボット	自動 倉庫	無人 搬送車	その他 物流 機器	低圧開閉器 ・制御機器 (内 PLC)	ケーブル	製造業の 汎用コンピュータ 新設額	工業用 計算機	工業用 パソコン・WS	マイクロ コンピュータ 応用機器	鋳業・製造 業向けソフト 売上高		
1985	7,038	3,001	394	57	812	2,860	670	300	* 4,336	1,529	1,017	←	4,291	21,299
1986	6,105	2,787	344	39	1,053	2,722	634	300	* 5,104	1,332	1,150	←	5,693	21,525
1987	4,867	3,006	353	71	1,375	2,946	750	550	*11,014	1,385	1,368	←	6,826	22,747
1988	6,206	3,677	539	100	1,413	3,895	1,051	634	.	1,605	1,459	←	9,616	29,144
1989	8,318	4,376	805	133	1,704	4,285	1,151	723	.	1,750	1,768	763	11,919	36,544
1990	9,864	5,439	.	.	.	4,668	1,295	848	.	.	.	.	.	.
1991f	.	6,200	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.
1995f	10,000	10,000	2,200	400	4,600	7,600	2,400	2,100	-	2,300	4,000	-	36,000	79,200
86-89 (90-95 の年平均 成長率)	4%	13%	20%	24%	20%	11%	14%	25%	参考データ	3%	15%(26%)	-	23%	14%
	3%	15%	18%	20%	18%	10%	11%	19%		5%	15%	-	20%	14%

(出所) 通産省機械統計年報、日本産業用ロボット工業会(マイクロコンピュータ等を含む)、日本物流管理協議会(90年実績は8月末に発表予定)
通産省「特定サービス産業実態調査報告書」、日本電子工業振興協会の資料より、1995年予想はニッセイ基礎研

(注) *印は参考データとしてCIMの推定市場規模には含まず

(3) CIM の評価に関して

CIM 化の投資評価はこれからである。この投資は長期的な継続投資となる。経営面や投資効果の総合的評価が出揃うにはかなりの時間を要しよう。当面は工場や事業部門レベルで効果がどの程度得られたかが、議論されることになる。この期待される効果または投資目的に関する幾つかのアンケートの共通項目を列挙すると表-8の通りである。導入効果に関しては生産のリードタイムが1/3~1/2に、棚卸資産が半減などの報告例がある。

CIM 評価の問題点として、従来のような生産性の分析だけではその効果は計測できないという問題もある。費用対効果の観点からも従来のように単純に割り切ることが出来ない。CIM により企業全体が活性化され、市場ニーズの変化を先取りでき、企業の競争力が上がったというような時間のかかる評価もある。これを事前にどの様に評価するか。定性的な要因の分析を含め3~5年後にはある程度の評価基準も確立されよう。

表-8 CIM の投資目的及び期待効果

○受注から出荷までのリードタイムの短縮
・生産のリードタイムの短縮
○多品種少量生産への対応
・生産計画の変更
○コスト削減
・在庫削減
・直接・間接費用の削減
○製販一体
○マーケティング力の強化
○経営・開発・製造・販売の一本化

CIM の形態は業界により、また生産形態により各社各様である。企業規模や経営者の判断によっても CIM の導入状況はまちまちである。ただ、CIM 自体が大規模システムを前提としたシステムであることから大企業の導入例の公表が多い。日本企業は FMS や FA の導入で、製造現場の自動化はかなり高水準である。現在は複数の工場や事業所で CIM を導入し、本社や販売システムのネットワークに部分的に接続する企業が増えてきている。また、国内の CIM 化と並行してグローバル CIM 構築に動きだしている企業も多い。日本の製造業の場合、製造現場に TQC や JIT (ジャスト・イン・タイム) など生産の質と生産性を上げる基礎固めが浸透しており、CIM を導入するベースが既にある。CIM 導入の企業の中には CIM のハード・ソフトの供給企業も多い。これは、自社内でのノウハウ蓄積と新製品開発、さらに CIM 導入工場をショールームとして活用する等、複合的な意味を持っている。自社用に開発された機器やソフトを外販する大手企業も増えてきている。また、CIM のハード・ソフト全分野を1企業でカバーすることは不可能であるため、企業間の提携や合併事業が増加する傾向にある。今後の新たな動きが注目される。

(4) CIMに関する知的所有権等の問題

① AT&Tの特許

米国 AT&T は 89 年春にコンピューターによる統合生産システムの手法に関する特許「製品化手法」(特許出願 1987 年 8 月)を取得している。当時、日米間で半導体の知的所有権などハイテク通商摩擦が激化し、翌 88 年夏には包括通商法案に関税法 337 条改正などが盛り込まれた時期である。以降も半導体分野では米国 TI 社のキルビー特許が日本で成立し、TI 社との半導体ライセンス契約改定を行った日本の大手半導体企業は多額の特許使用料を支払っている。米国の通商政策の一つとして米国企業の知的所有権強化の動きは依然活発である。

AT&T の取得した特許に関しての動きは 89 年の報道以降、今までの所はない。しかし、製造業のコンピューターによる統合生産が普及すればするほど気になる特許である。特にグローバル CIM を指向する日本の大手製造業にとって注意が必要な内容である。日本国内で CIM により生産した製品も輸出すれば、関税法 337 条で差し止めも可能である。今後、成否は別として、米国の製造業を建て直す意味でコンピューター統合生産システムの重要性が増すことはあっても減ることはない。

② 欧州や日本の国家プロジェクト

この点では欧州も同様である。ユーレカ計画(欧州先端技術行動研究計画)の中に製造業の組み立て分野の自動化をテーマとした FAMOS というプロジェクトが動いている。現在、FAMOS のプロジェクト内で 40 程の開発テーマがある。それぞれ、具体的な産業別の組み立て応用技術の開発である。

一方、日本では先進諸国とのハイテク摩擦を緩和する意味合いを持つ「IMS(知的生産システム)国際共同プロジェクト」が昨年の秋から本格化している。先進諸国における製造業の技能・熟練工の不足解消や経済のサービス化などに対処するため、人工知能化された機械と人間の融合により製造業分野の生産性を高めようとする国際プロジェクトである。10 年間で約 1500 億円の予算規模である。提唱された当初は海外各国の日本に対する懐疑的な反応もあったが、最近では 91 年 1 月から前述の FAMOS の事務局を務めるフランスが 7 月に調査団を派遣している。日本の製造業が有する国際競争力ある生産技術を世界的に開放することもその目的の一つである。今後の同プロジェクトの進展が期待される。

今後のコンピューター統合生産への動きは、世界各国で進展の度合いや成否など様々な内容が報道されようが、コンピューター化とネットワーク化の動きは長期的かつ世界的な動きである。当然ながらその内容に通信用ソフトやコンピューターソフトが重要な位置を占める。この分野の知的所有権の問題はこれから重要性が増すことになろう。

【おわりに】

電子技術の進歩は半導体の技術進歩による所が大きい。その半導体の技術を使いコンピューターやデジタルの通信技術が大きく進歩した。この波及効果は産業界の中でも金融機関のオンライン化や流通分野に現れている。膨大な量のデータ処理が得意なコンピューターがこれらを可能にした。加工・組み立ての工程を含む製造業はその複雑・多岐にわたる設計、生産管理や加工ノウハウのデータ化やソフト化が難しく、総合的なコンピュータ化は遅れ気味であった。しかし、時間の経過とともにFMSやFAが進展し、製造業分野の総合的なコンピューター・ネットワーク化に向けての動きが開始されている。それがCIMの構築という言葉で表現されている。解決すべき課題も多いが、21世紀へ向けての新たな生産システムとして時間をかけ着実にCIMは製造業領域に定着していくと思われる。