

# CAD/CAM/CAEの最近の動向と 日立製作所における展開

## Overview and Development of CAD/CAM/CAE at Hitachi

近年、設計・生産技術部門の省力化の有力なツールとして開発導入されてきたCAD/CAM/CAEは、企業の合理化指向がCIMに進展するに従ってその役割や機能も広範囲となってきた。また、顧客ニーズによる製品多様化の要求は、当然各生産活動の多様化につながり、CAD/CAM/CAEの各システムも、一貫トータルシステム指向から、更に加えて多様なニーズに対応できるシステムに発展しつつある。

本論文では、CAD/CAM/CAEの最近の動向と、本格的なCIMの時代を迎え日立製作所の取組み方について述べる。

渡谷 襄*	Yuzuru Watadani
藤井宏康*	Hiroyasu Fujii
越智利夫**	Toshio Ochi
安田 勲***	Isao Yasuda
斎藤長敏****	Nagatoshi Saitō

### 1 緒 言

CAD(Computer Aided Design)の導入は、従来の機械設計、エレクトロニクス設計の分野からマッピングやプラントエンジニアリングなどの分野に広がりつつあり、その内容も顧客ニーズの多様化により複雑かつ高度化してきている。一方、これらニーズを実現する技術は、マイクロエレクトロニクスを背景として、集中形、個別形から分散形、ネットワーク形へ、またパーソナルコンピュータ及びEWS(Engineering Work Station)の活用方向へと発展しつつある。更に、技術情報と経営・管理情報を統合したCIM(Computer Integrated Manufacturing)が今後のトータルシステムの方向でもある。

この中において、CAD/CAM(Computer Aided Manufacturing)/CAE(Computer Aided Engineering)は、先端技術と利用技術のノウハウを背景に、市場変化に即応した製品開発力強化及び市場競争力強化のための生産性向上、高品質の製品を生み出す企業のキーテクノロジーであり、今後CAD/CAM/CAEの果たす役割はますます重要になりつつある。

本稿では、CAD/CAM/CAEの一般的な動向と日立製作所での展開状況の概要について述べる。

### 2 CAD/CAM/CAEの最近の動向

CAD/CAM/CAEシステムの技術革新は目覚ましいものがあり、ハードウェアの高性能化・低価格化と、ソフトウェアの多様化・総合システム化が急速に進んでいる。

CAD/CAM/CAEの分野で使用されるコンピュータでは、スーパーコンピュータが普及し始め、有限要素解析やシミュレーション計算など、これまでは大形コンピュータを使ってもなお長時間を要していた計算が、ごく短い時間でできるようになってきた。今後はCAE分野での利用技術やソフトウェア開発が進み、CAEシステムとしての利用が盛んになるものと思われる。

CAD用グラフィック端末はハードウェアの低価格化が進み、従来の製図板にとって代わる勢いを見せ始めた。一方ではグラフィック端末をインテリジェント化して、操作に便利な種々の機能を備えるようになってきている。更に、端末だけで作業ができ、かつホストコンピュータとつないで作業分担を行う分散形システムに進みつつある。このような分散形CAD/CAM/CAEシステムとしてEWSが用いられるようになってきた。EWSは32ビットのスーパーマイクロコンピュータを採用して、高い処理速度を持っているほか、高級グラフィック機能やマルチタスク機能なども備え、CAD/CAM/CAEだけでなく見積りや文書作成など多目的の技術者用ワークステーションとして開発されたものであり、今後スタンドアロン形CAD/CAM/CAEシステムとしても普及するものと思われる。

従来、CAD/CAM/CAEの普及に貢献してきたミニコンピュータは、スーパーミニコンピュータの出現によって高性能化・大規模化し、ホスト形CAD/CAM/CAEシステムの能力に近づきつつある。両者の差は、前者がCAD/CAM/CAE専用のシステムであるのに対し、後者はCAD/CAM/CAEシステムを含めた技術計算及び経営・生産管理システムなど事務計算の分野も受け持つはん(汎)用システムであることに違いがある。

アプリケーションプログラムは、幅広い業務に適用するはん用プログラム化と特定の業務に適用する専用プログラム化の二つの方向がある。

はん用プログラムは、単に製図機能だけでなく、マクロコマンド機能やユーザープログラムインタフェースなど、ユーザーの業務に合わせたシステム作りを容易にするための機能を備えることが必要になってきた。更にCADプログラムを中心に、CAMやCAEプログラムなどと統合してCAD/CAM/CAE一貫システムを構築できるように、プログラムのファミリー化が進められている。

\* 日立製作所システム事業部 \*\* 日立製作所ソフトウェア工場 工学博士 \*\*\* 日立製作所大みか工場 \*\*\*\* 日立製作所OA開発工場部

表1 日立製作所のCAD/CAM/CAE開発の歴史 ホスト形から開発したCADシステムは、最近になりEWS形、パーソナルコンピュータ形にも展開している。

年代	主要製品など			
	ホスト形	分散形	EWS形	パーソナルコンピュータ形
1961~1967	各種バッチシステム開発(解析・プリント板配線など)	—	—	—
1968~1974	自動製図システムHILOT開発	HITAC 8811(グラフィックディスプレイシステム)	—	—
1975~1981	HITAC G710(GRADASワークステーション) 各種対話形システム開発	HITAC G730(分散形GRADAS)	—	—
1982	HITAC G760(GRADASワークステーション) HICADシリーズ発表	—	—	—
1983	HITAC S810(スーパーコンピュータ)	HITAC DS-1000(分散形GRADAS)	—	GMM-1A
1984	—	—	—	GMM-30
1985	—	—	ES-310 (16ビットEWS)	GMM-45
1986	HITAC 2630(GRADASワークステーション)	HITAC DS-1000X	ES-330 (32ビットEWS)	GMM-45 II GMM-2020

プリント基板設計や配管設計などの特定の業務に対しては、それぞれ専用のパッケージプログラムが開発されて、ユーザーの多様なニーズに対応できるようになった。ハードウェアの低価格化ともあいまって、はん用プログラムと並行してこれら専用プログラムも広く普及が進んでいる。

パーソナルコンピュータCADが発表されたのはつい数年前のことであるが、パーソナルコンピュータの性能向上によって、現在ではパーソナルコンピュータCADは、はん用製図システムとしては一応完成の域に達し、簡易CADシステムとして広く普及しつつある。今後は、専用パッケージプログラムの開発や、マクロコマンド機能、CAM機能、あるいは大形コンピュータとの接続など、簡易CADシステムからいっそうの進展が進められている。

CAD/CAM/CAEシステムは、現在では製造現場から発展してきたFA(Factory Automation)やOA(Office Automation)と結び付いて、CIMに発展しつつある。CIMは従来から存在する生産管理や資材管理などの経営・管理情報データとCAD/CAM/CAEなどの技術情報データを結合させ、設計、製造、

検査、管理など諸部門の飛躍的な生産性向上を意図するものである。

### 3 日立製作所におけるCAD/CAM/CAEの展開

#### 3.1 基本的な進め方

日立製作所はコンピュータメーカーであり、CADメーカーであると同時に、各分野にわたる有力なCADユーザーでもある。日立製作所の事業はエネルギー、産業機械、電気機器からエレクトロニクスまで広範囲にわたり、各工場では早くからCAD/CAM/CAE化の努力を払ってきた。日立製作所のCAD/CAM/CAEは、ユーザーとしてのニーズをCADメーカーとして実現し、それをユーザーにフィードバックする過程を繰り返しながら発展してきた。

日立製作所のCAD/CAM/CAE推進組織を図1に示す。日立製作所には29工場、8研究所がある。各工場には「ソフト技術センタ」を設置し、自工場内に必要なCAD/CAM/CAEシステムの導入やプログラムの開発、あるいはシステムのメンテナンスに当たっている。各研究所は工場からの依頼により、

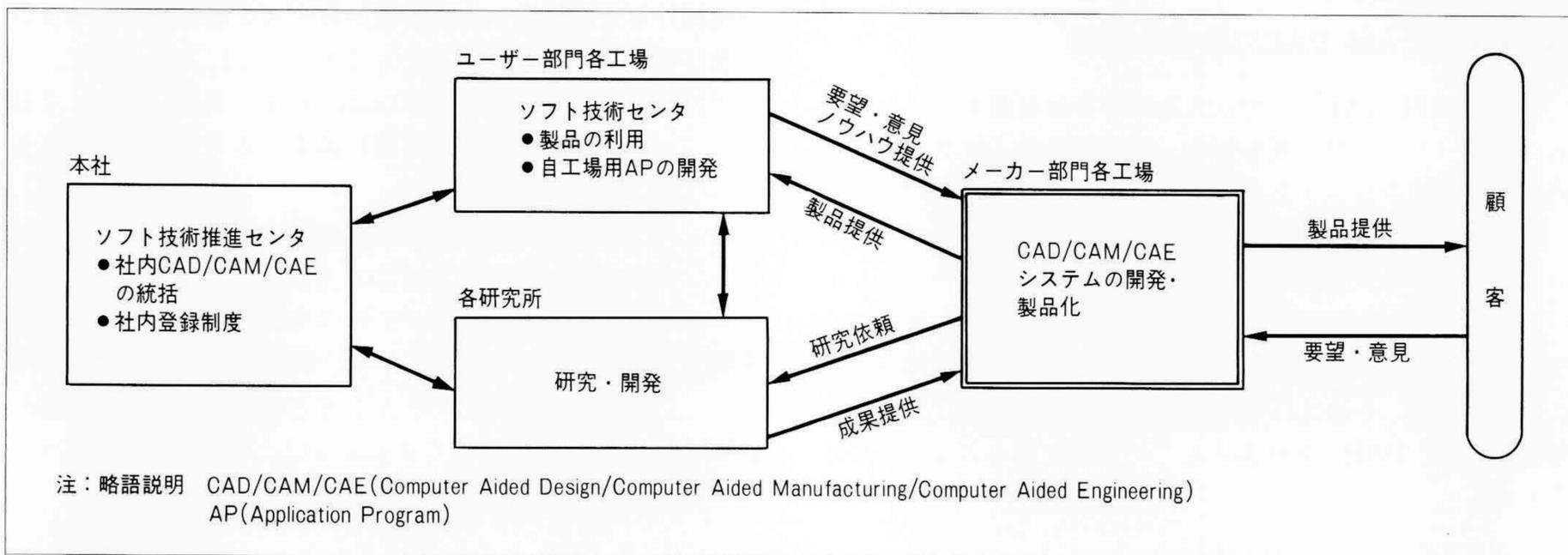
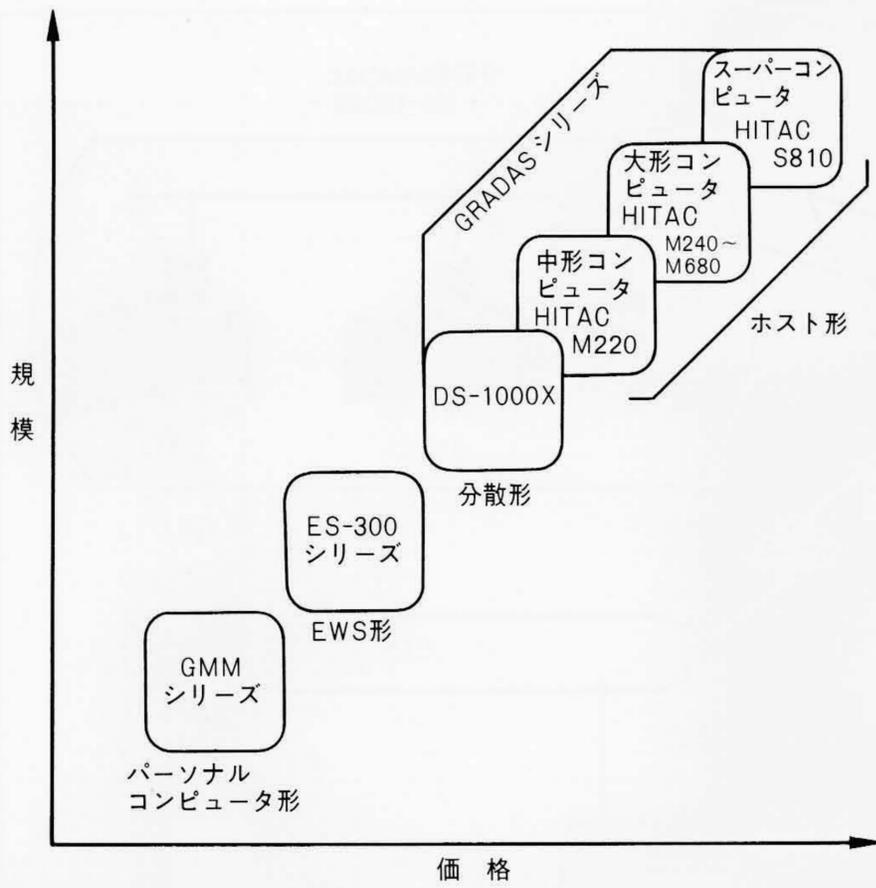


図1 日立製作所のCAD/CAM/CAE推進組織及び製品化との関係 日立製作所自身がCAD/CAM/CAEのユーザーであり、そのノウハウがCAD/CAM/CAE製品に取り入れられている。



注：略語説明

- GRADAS(Graphics system for Design and Manufacturing Assistance)
- GMM(Graph Master Mini)
- EWS(Engineering Work Station)

図2 日立CAD/CAM/CAEシステムの種類 大形システムからパーソナルコンピュータシステムまであり、ニーズに応じた選択ができる。

それぞれ分担してシステムの研究開発を行う。本社には「ソフト技術推進センタ」があって、各工場や研究所を統括してCAD/CAM/CAEの開発・活用を推進しているほか、プログラムの登録制度を設けて工場間の活用を図っている。このように社内の工場や研究所で開発されたCAD/CAM/CAE技術やその使用経験はCADメーカー部門工場に提供し、CAD/CAM/CAE製品の開発や改良に使われる。

日立製作所のCAD/CAM/CAE製品の開発の歴史を表1に示す。現在ではCAD/CAM/CAEはCIMの一部として位置づけられるようになってきており、CAD/CAM/CAEを利用するユーザーの分野もまた多岐にわたっているため、その多様なニーズに対応するために、日立製作所は各種のハードウェア及びソフトウェアを製品化している。CAD/CAM/CAEシステムの種類を図2に、CAD/CAM/CAEソフトウェア製品の一覧表を表2に示す。

### 3.2 CAD/CAM/CAEシステム

CAD/CAM/CAEシステムとしては広い分野で開発活用しているが、はん用システムとして代表的なものに、GRADAS (Graphics system for Design and Manufacturing Assistance)とGMM(Graph Master Mini)がある。

GRADASシステムはホスト形の大・中規模システムであり、ホストコンピュータにははん用コンピュータHITAC Mシリーズを使用しているため、これらを上位システムとし、各下位システムと統合化すればCIMの構築が容易である。GRADASシステムの中の最下位機種DS-1000Xは分散形のCAD/CAM/CAE専用システムとして構築されている。

表2 日立製作所のCAD/CAM/CAEアプリケーションプログラム アプリケーションプログラムは、広い分野にわたり開発、製品化が行われている。

	GRADASシリーズ (ホスト形・分散形)	ES-300シリーズ	GMMシリーズ
CAE	HICAD/FEM (構造解析) HICAD/AC (制御系解析) LINK/2D (機構解析) HIDESS (機械系CAE) CADAS/2D, 3D (FEMプリ・ポスト) HICASS/2D, 3D (鋳物凝固シミュレーション)	ES/CADAS(解析用プリ・ポスト)	MINI/CAE (材料力学・破壊力学計算) MINI/HICASS (鋳物凝固シミュレーション)
CAD	HICAD/2D (2次元設計・製図) HICAD/PF (部品構成管理) HICAD/DM (図面管理) HICAD/HRNS (ワイヤハーネスCAD) HICAD/3D (3次元設計) HICAD/PRS (プレス金型設計) HICAD/LOG (論理回路設計) HICAD/PCB (プリント基板実装設計) HICAD/SEQ (シーケンスCAD) HICAD/PNL (盤CAD) HICAD/PIPE (配管CAD)	CATIS/DRAW* (2次元設計・製図)  ES/SEQ (シーケンスCAD) ES/PNL (盤CAD) ES/P-FS (配管フローシート) ES/P-LA (配管レイアウト) ES/P-SA (配管応力解析) ES/P-SP (配管スプール図) ES/P-BM (配管材料集計)	GMM-45II (2次元設計・製図) GMM-2020(同上) GMM業種別メニュー 〔機械・配管系統図 ビルく(軀)体図・空調ダクト図 屋内配線図・シーケンス図 単線結線図・三線結線図 電子回路図・盤設計図〕 GMM配電盤CAD GM-PCB(プリント基板設計) ハウスプラン パース図作成 住宅積算見積
CAM	HICAD/NC (2次元NC) HICAD/NCS (自由曲面NC) HICAD/SHT (板金加工)	CATIS/DDAW NCオプション*	GMM 板金CAM GMM NCオプション

注：\* 株式会社東洋情報システム製品

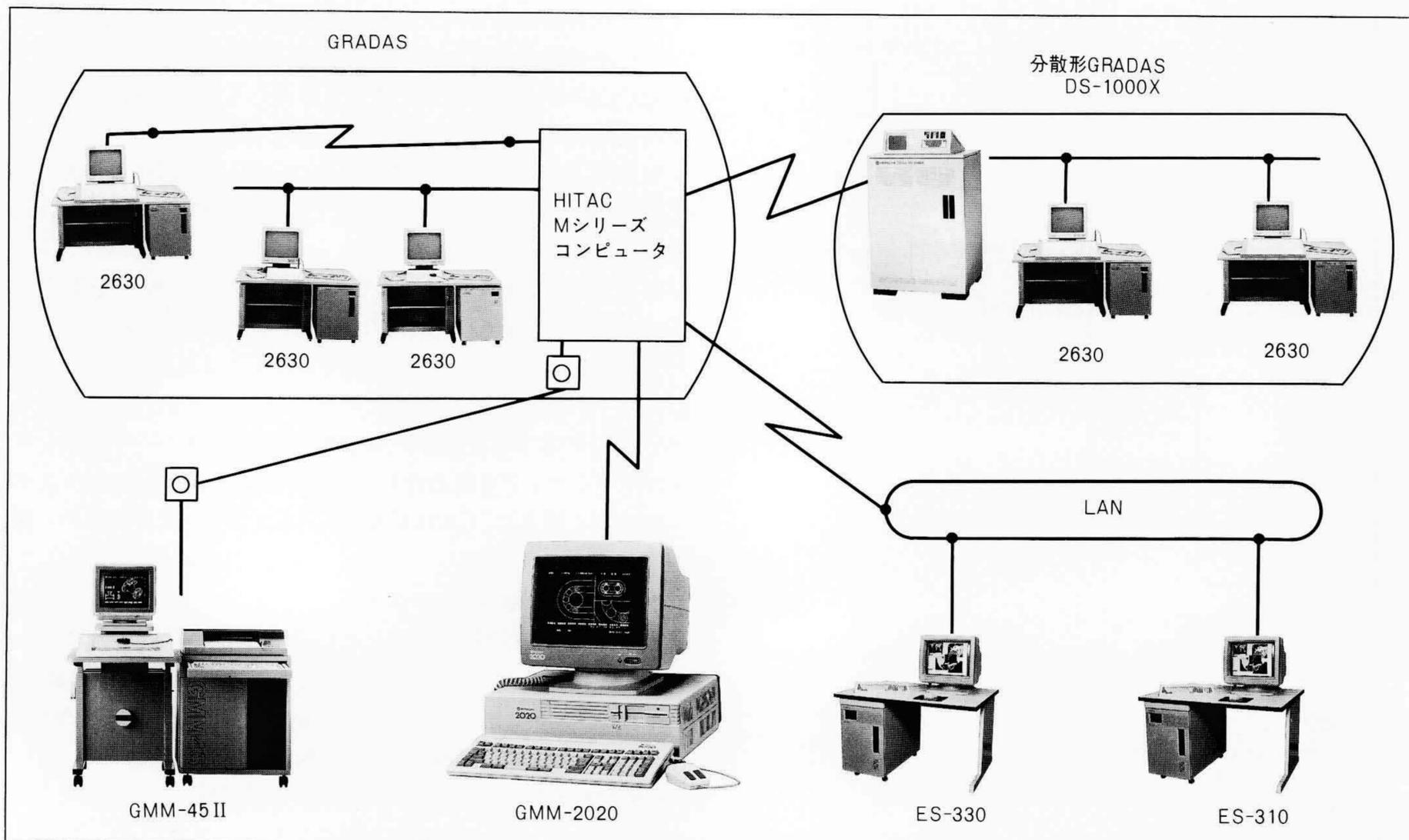


図3 CAD/CAM/CAEシステムの構成 DS-1000X, ES-300シリーズ及びGMMシリーズは、スタンドアロン使用のほかホストコンピュータに接続して、分散形システムを構築することができる。

GRADASシステムでは新形のグラフィック端末HITAC 2630を完成した。HITAC 2630は端末自体にマルチウインドウや日本語ワードプロセッサなどの機能を持った高度なインテリジェント端末であり、ホストコンピュータの負荷を軽減し、操作性が良い。また、HITAC 2630はGRADASシステムに共通に使用できる。

GMMは、従来は日立パーソナルコンピュータB16をベースにした専用システムになっていたが、パーソナルワークステーション2020にも搭載し、ホストコンピュータと接続して多彩な利用が容易にできるようになった。

ユーザーは、GMMをまず導入し、システム規模の拡大に対応してGRADASへの移行が容易にできる。また、GMMはGRADASの安価な入出力端末としても活用できる。

一方、GRADAS系とは別に、技術分野の広範囲なニーズに対応できる分散形高性能EWS ES-300シリーズを開発した。ES-300シリーズは、OS(Operating System)にUNIX<sup>※1)</sup>を、図形処理インタフェースには国際標準のCORE<sup>※2)</sup>をサポートしていて、日立製作所社内のソフトウェアはもちろん、流通ソフトウェアも容易に搭載できる。

ES-330は、CPUに32ビットマイクロコンピュータMC 68020

を使用し、浮動小数点演算やグラフィック制御には専用のプロセッサを採用しているほか、マルチタスク、マルチウインドウ、仮想記憶などの諸機能を備えており、本格的なCAD/CAM/CAEシステムとして十分な機能を持っている。ES-330はスタンドアロンシステムとしても、またLAN(Local Area Network)により複数台を接続したシステムとしても構築可能である。

CAD/CAM/CAEシステムの全体構成の例を図3に示す。

### 3.3 アプリケーション プログラム

GRADASシステムではCAD/CAM/CAEを一貫して処理するためのソフトウェア群“HICAD”(Hitachi Computer Aided Design)を開発している。HICADでは製図システムやCAMシステムなどの統合により、CIMへの展開ができるようになっている(図4)。

そのほか、社内で開発されたAP(Application Program)の製品転換を積極的に進めて、APのメニュー充実を努めている。

前述したように、日立製作所自身が有力なCADユーザーであり、これまでに蓄積したノウハウやAPは膨大で、これらは社内登録制度によって社内や系列会社で有効活用できるようになっている。これらのAPのうち、社外でもはん用的に活用できるものを製品化する部署を作り、製品化を始めた(図5)。これによって、APを急速に充実させる体制が確立した。

社内開発されたAPは、GRADASシステムで製品化されているが、ES-300シリーズでも搭載可能であるので逐次移植を進めている。

※1) UNIXは、米国ベル研究所のオペレーティングシステムの名称である。

※2) アメリカ電子計算機協会専門部会制定のグラフィックインタフェース規格案

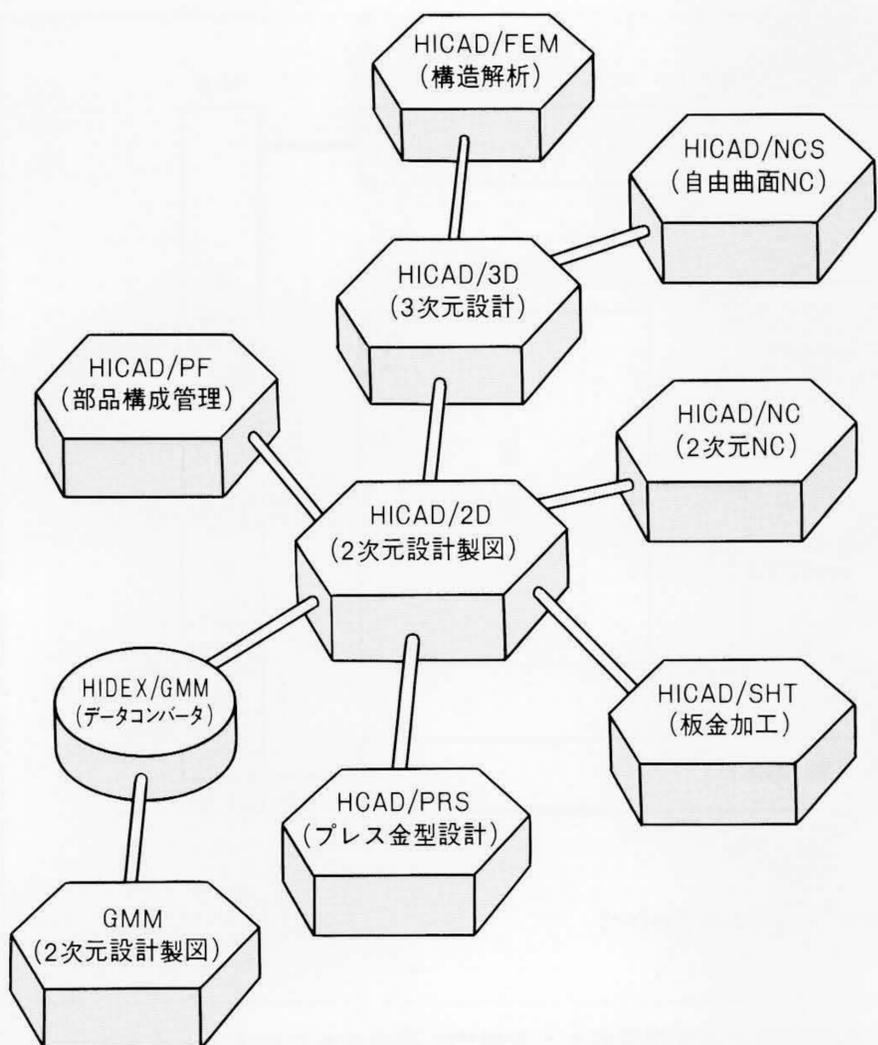


図4 CAD/CAM/CAE一貫システム“HICAD” CAD/CAM/CAEの各システムを一貫化し、CIMの構築ができるシステムになっている。

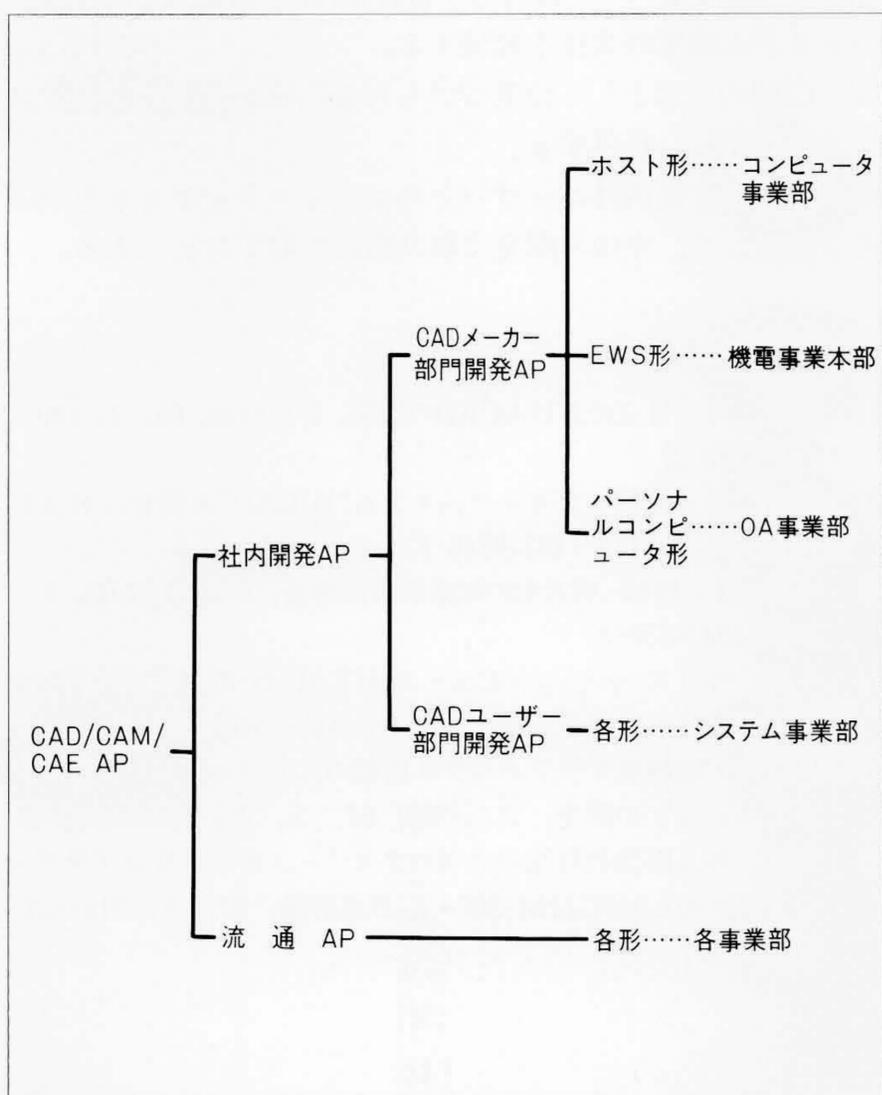
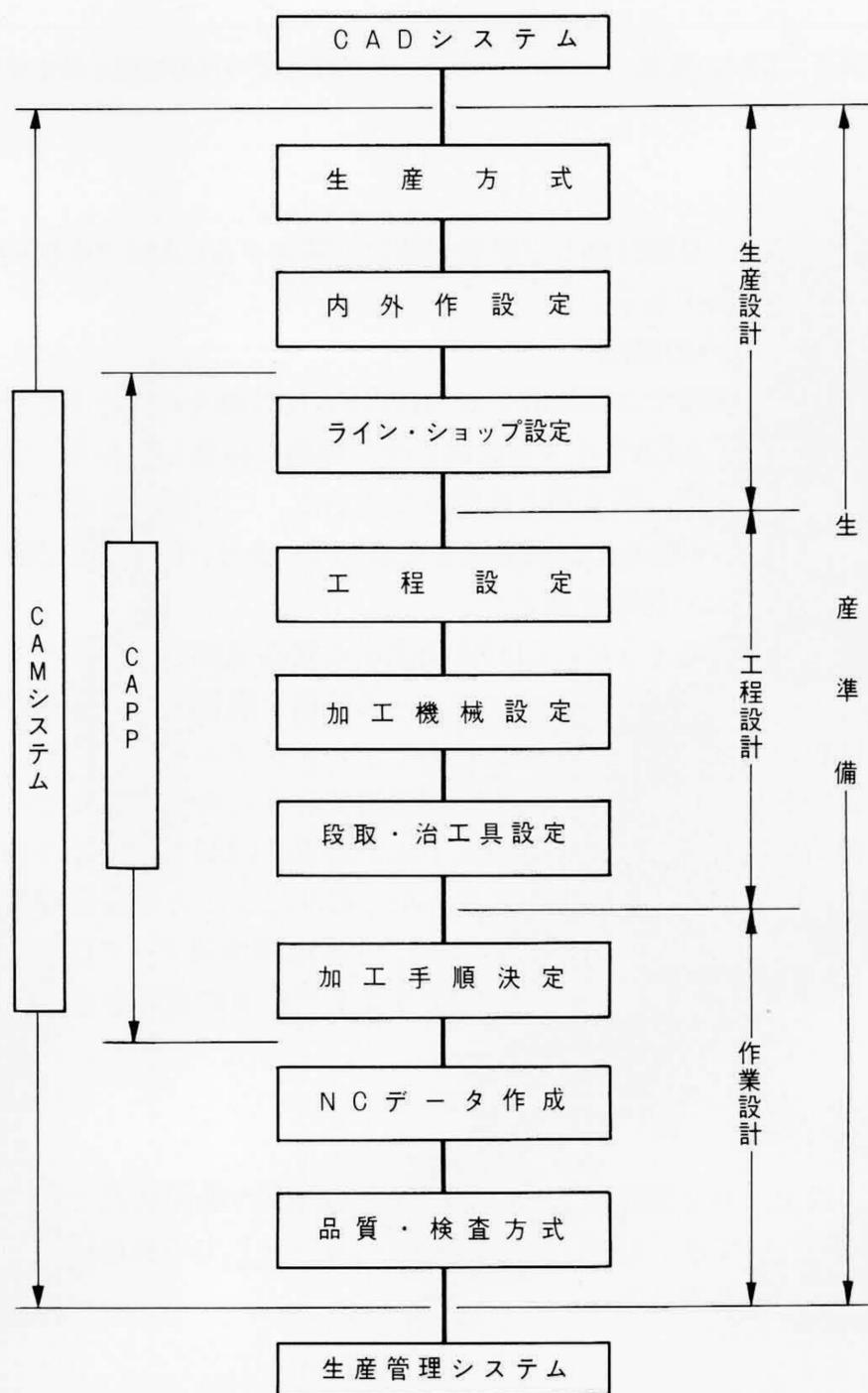


図5 CAD/CAM/CAEアプリケーションプログラム製品化部署 社内のCADメーカー部門とユーザー部門が協力し、総合力でCADシステムを構築する体制になっている。

GMMはハードウェアがパーソナルコンピュータで性能上の制約が厳しいため、GMM独自のAPとなっているが、GRADASの2次元設計製図システムであるHICAD/2Dとの間に専用のデータコンバータを開発して、GMMからGRADASまで一貫したCADシステムとして構成できるようになっている。

GMMはこれまで「簡易CAD」と呼ばれてきたが、マクロコマンド機能やユーザーインターフェース機能、NCテープ作成機能をつけ加えたり、またプリント基板CAD、配電盤CADなどの専用APを開発するなど、ニーズの多様化に対応した展開を図っている(表2)。

これからのCAD/CAM/CAEは、図6に示すように、生産準備システム全体とのリンケージが必要である。生産準備システムのうち、工程設計システムCAPP(Computer Aided Process Planning)は、技術情報と生産管理情報をつなぐAPである。CAPPはGT(Group Technology)手法を利用し、部品の形状、寸法、材質などの情報をCADから得て、工程系列や標準時間などの設定を行い、生産管理システムだけでなく、



注：略語説明 CAPP(Computer Aided Process Planning) NC(数値制御)

図6 CAMの位置づけ NCデータの作成だけでなく、生産準備システム全体とのリンケージが必要である。

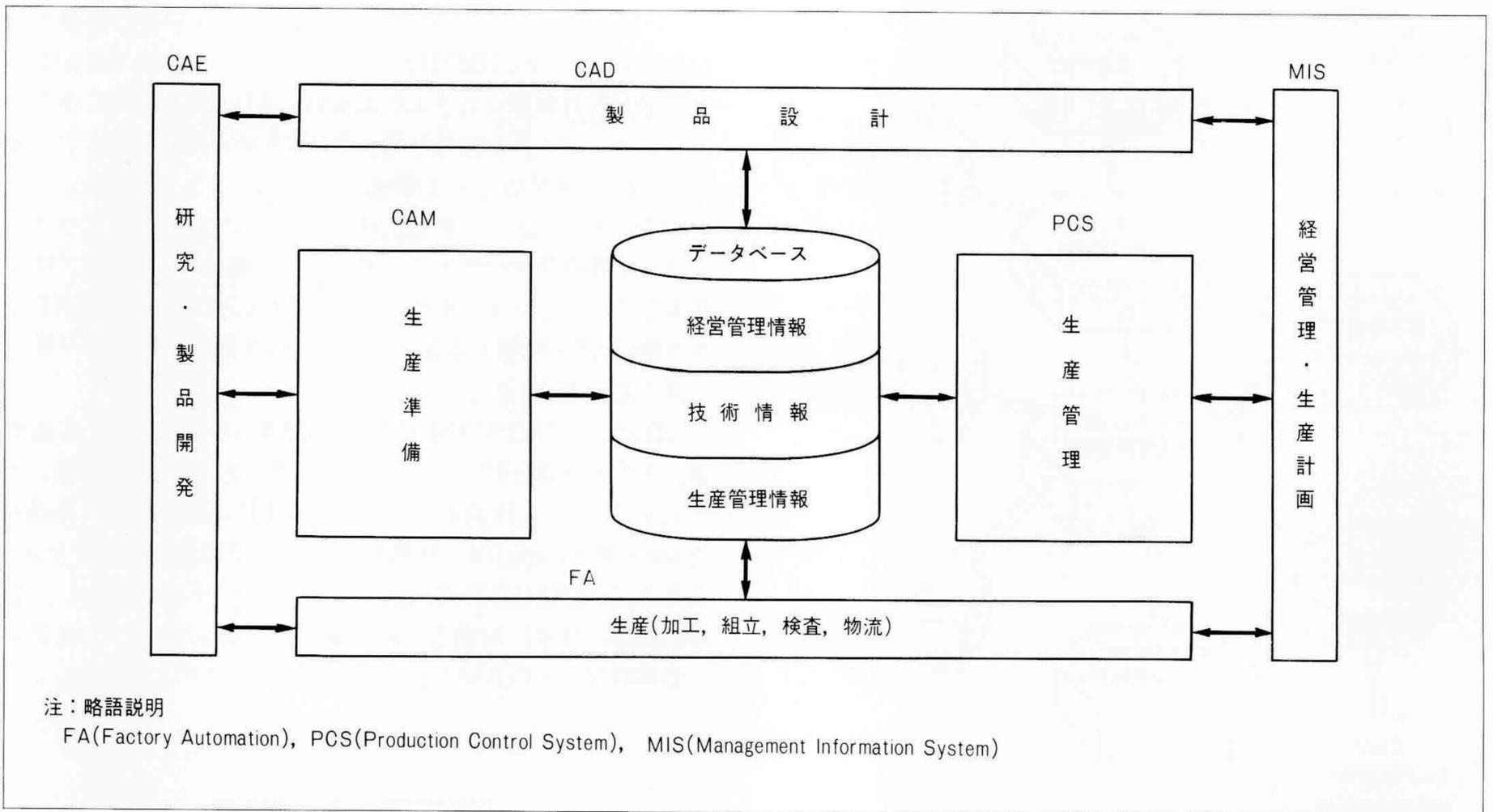


図7 CIMの概念 CIMはCAD/CAM/CAEなどの技術情報と経営管理・生産管理などの管理情報とが有機的に統合されたシステムである。

生産計画，見積計画など経営情報にも関連するCAMの中核的なシステムである。

### 3.4 CIMへの展開

日立製作所では昭和57年から社内FA化計画をスタートさせて，12モデルFAラインを完成させ，順調に稼動しており，引き続き第2期，第3期と拡張させてきた。この技術を基に，昭和61年から新たにCIM計画を立案しつつあり，CAD/CAM/CAEも新しい局面を迎えた。

図7に示すように，CIMは受注から製品完成に至るすべての企業活動を，最新のコンピュータ技術を駆使し，すべての情報の流れを一元化した高効率でフレキシブルな統合システムであり，経営，技術，生産管理情報をあらゆるレベルで有機的に統合したトータルシステムである。CIMでは多くの情報をCAD/CAM/CAEシステムから取り出すことが必要であり，CAD/CAM/CAEシステムは，今後技術情報データ以外にも様々なデータを取り扱えるようなものに質的变化が必要となってくる。

## 4 結 言

以上，日立製作所でのCAD/CAM/CAEの展開状況と考え方について述べたが，今後CADメーカーとしての課題は次の点であると考えらる。

- (1) 低価格・高性能で，かつ最先端の技術(人工知能，光ディスクなど)を取り入れたCADシステムを提供する。
- (2) 多様化するニーズに対応する各種APを提供し，ユーザーのシステム構築の負担を軽減する。
- (3) CIMの一部として位置づけられるCAD/CAM/CAEシステムを開発し，提供する。  
 そのために，社内外ユーザーとのコミュニケーションをいっそう密にして，今後の開発に取り組んでゆく考えである。

### 参考文献

- 1) 越智，外：日立におけるCADの展開，日立評論，65，3，169～172(昭58-3)
- 2) 徳増，外：幾何モデリングシステム“HICAD”の開発，日立評論，65，3，177～182(昭58-3)
- 3) 中沢，外：機械・構造物の対話形設計解析，日立評論，65，3，183～188(昭58-3)
- 4) 小高，外：スーパーコンピュータHITAC S-810 アレイプロセッサシステム，日立評論，65，8，541～546(昭58-8)
- 5) 堀，外：高性能グラフィックス搭載のエンジニアリングワークステーションの開発，日立評論，67，3，225～230(昭60-3)
- 6) 斎藤，外：図形処理指向のワークステーション—日立グラフィックプロセッサ“GMM-30”—，日立評論，67，3，211～215(昭60-3)