

日立におけるCADの展開

Development of CAD at Hitachi

最近の低成長経済下では、エレクトロニクス分野から重電機機械分野まで、開発期間の短縮、開発費用の低減といった合理化が強く求められ、CADはますます重要な役割を果たしつつある。日立製作所では早くからCADの研究開発に取り組み、GRADASと呼ぶCADシステムを開発し、現在、研究所、各事業所の協力体制のもと全社レベルで展開、普及を推進中である。GRADASはHITAC汎用計算機とインテリジェントCAD端末をハードウェアとして使用し、企業の部門内CADからCAEを含む企業全社レベルまでの統合CADシステムの構築を目標としている。

CAD/CAM技術特集号発行に当たり、本論文では、日立のCADの歴史、GRADASの思想体系、今後の取組み方について述べる。

越智利夫* Toshio Ochi

立川昭三** Shôzô Tatekawa

1 緒言

最近、製造業でのCAD(Computer Aided Design)に対する関心が著しく高まり、多くの企業にCADが導入されつつある。これはCADを支えるソフトウェア及びハードウェアの技術進歩とコスト低下によるものであり、この傾向は継続拡大するものと予測される。

日立製作所では、1960年代からCADの研究開発に取り組むとともに、実用化への努力を続けてきた。本稿では以下に続く各分野ごとの論文に先立ち、日立製作所でのCADの展開について述べる。

まず日立製作所のCADの歴史から紹介したい。日立製作所で大形計算機を設置し、設計や製造の自動化に本格的に取り組み始めたのは1961年からであるが、表1に示すように以後の活動は四つの期間に大別できる。

第1期は最初の7年間で、ここでは見積の自動化や性能解析に関するシステムの開発を行なった。利用形態はバッチ処理である。第2期は、それに続く7年間で、この期間では図形処理技術が急速に発達している。まず自動作図機が利用可能になり、計算機による図形の取扱いについての基礎研究が進められた。あとで述べる図形処理システム“HICAD”は、この時期から継続した研究開発の成果でもある¹⁾。また、グラフィックディスプレイシステム“HITAC 8811”を開発し、製品化する一方で、社内の設計・製造部門での利用—最適設計やシミュレーション、板金、板取り、製造情報作成などを試みた²⁾。本システムはミニコンピュータを内蔵したいわゆるスタンドアロンシステムであったが、この経験はCADの将来像についての知見を得るのに有効であった。また、この時期には、将来での3次元CAD/CAMの重要性を予期し、いわゆる「3次元幾何モデリング」技術³⁾の研究開発に着手した。第2期の後半にはストレージチューブ形CRT(Cathode Ray Tube)が普及し始め、日立製作所もこれを計算機のTSS(Time Sharing System)端末として利用するCAD構成法の検討を重ねた。これら各種のCADシステム構成に関する検討と、第1期からの設計自動化のための必要技術の考察、マイクロエレクトロニクスの将来展望、図形処理技術の発展など、総合的な判断からCADのあるべき姿に一つの確信を得た。その内容については2章、3章で述べるが、この考えをもとに製品

表1 日立におけるCADの歴史 日立製作所でのCADの歴史は20年にわたる四つの期に分かれる。大形計算機によるバッチ処理からスタートし、スタンドアロンシステム、インテリジェントターミナルの開発を経て、現在はGRADAS統合システムの開発に着手している。

年 代	ハードウェア	開発システム
1期 1961～	● 大形計算機によるバッチ処理	● 構造解析システム ● プリント基板自動割付・配線プログラム ● 回路解析プログラム
2期 1968～	● プロッタの利用 ● HITAC 8811スタンドアロンシステムの開発 ● ストレージ形CRTの導入	● 図形処理言語システム ● 水車ケーシング設計システム ● 板取りシステム ● 2次元図形処理システム
3期 1975～	● HITAC G-710の開発 ● HITAC G-730の開発	● 社内各事業所にG-710, G-730が積極的に導入された。 ● 各種アプリケーションの開発が活発に展開された。
4期 1982～	● HITAC G-760の開発	● GRADAS統合体系の確立 ● HICAD 2次元システムの製品化 ● HICAD 3次元システム ● HICADとNCとの一貫化 ● 電子基板などアプリケーションの開発

注：略語説明 GRADAS(Graphics system for Design and Manufacturing Assistance)

HITAC G-710CADシステムを開発・実用化⁴⁾したのが第3期の7年間である。G-710は、ストレージ形ディスプレイを採用した汎用計算機の端末システムである。なお第3期には作図・作画機能を重視したHITAC G-730図形処理システム⁵⁾も開発した。これはミニコンピュータをベースとしたCADシステムで、スタンドアロン形を必要とするユーザーのニーズに応じるためのものである。第4期は1982年に始まる。第3期で、G-710方式のCAD構成法の有用性を確認したが、この考えの発展・普及期と位置づけることができる。第4期では新規開発のG-710上位互換機G-760端末システム⁶⁾が中心となる。

※) G-760はG-710に対して機能上位互換機といえる。

* 日立製作所ソフトウェア工場 工学博士 ** 日立製作所生産技術部

G-760端末システムに、HITAC汎用計算機及び各種汎用CADソフトウェア群を加え、総合的CAD体系GRADAS(Graphics system for Design and Manufacturing Assistance)の実現を目指し、開発・実用化を進めている。GRADASはいわゆるCAE(Computer Aided Engineering), CAD, CAM(Computer Aided Manufacturing), FA(Factory Automation)などを含む総合設計・製造一貫システムである。

2 CADに対する基本的考え方

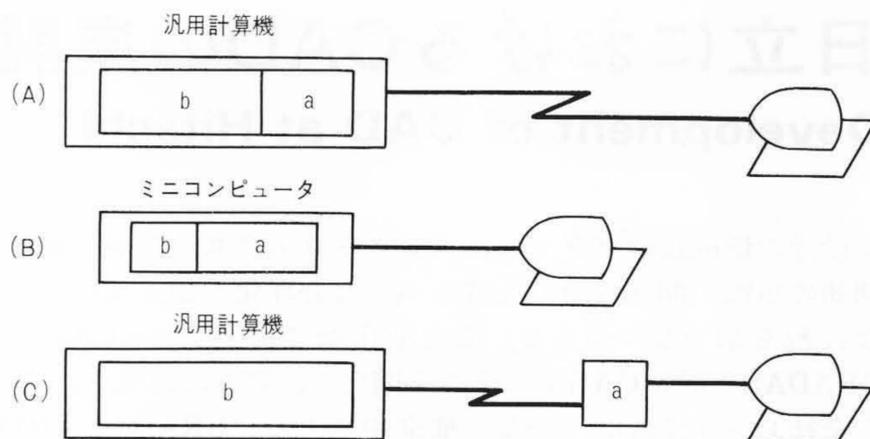
日立製作所は、コンピュータメーカーであり、CADメーカーであると同時に、有力なCADユーザーでもある。日立製作所の事業はエネルギー・産業機械・電機機器からエレクトロニクスまでの製品を扱い、また、各事業所の設計・製造部門は、経済低成長時代に対応するため、CAD化の努力を行ってきた。したがって、日立製作所のCADの歴史はユーザーとしての歴史であり、ユーザーとしてのニーズを、CADメーカーとしての日立製作所が実現し、それをユーザーにフィードバックする過程を繰り返し、GRADAS CAD体系の考えを固めてきた。GRADASに対する基本的考え方は次に述べるとおりである⁶⁾。

- (1) 高度の図形処理機能をもっていること。CADが何らかの形で形状を扱う以上、2次元、3次元の図形操作や図面作成のニーズが強く、これを簡単な操作で高速に処理できることが不可欠のためである。また、高度の図形処理機能は、応用分野の拡大を図ることになる。
- (2) 設計・製造に伴う各種情報が統合化された形で保持され、上流から下流、設計から製造へと連絡がとれる形になっていること。CADの最終の姿がCAEと呼ばれる計画設計からCAMまでの一貫システムであることは論を待たないが、CAD導入の当初から、このような形で導入されることは少なく、むしろ部分的なCADで業務が始まることが多い。しかし、将来CADが真に効果を発揮するためには、当初から将来の拡張を考えた上で部分システムを導入すべきである。
- (3) プロジェクト組織形の業務で、各部門相互の情報伝達が有効に行なえる仕組みになっていること。化学プラントなど、大規模システム設計では、建屋、配管、機器などの設計をそれぞれの担当部門が同時平行的に進める。この場合、他部門の情報を即時に参照でき、また自らの情報を他に反映できるようにしなければならない。
- (4) 各種解析・評価や関連業務と連動できるシステムであること。単に形状生成や図面作成だけでなく、構造解析や振動解析などの性能解析・評価システムや、形状最適化のためのシステムと連動し、フィードバック設計できることが必要である。また、材料手配などの生産管理システムとも接続でき、CADで生成された設計情報は、他システムで有効活用されなければならない。

3 GRADASのハードウェア

前章のCADに対する基本的な考え方を実現できるCADシステムを構築するには、その考えを実現できるハードウェアシステムと、実際の設計部門で受け入れられる使いやすいアプリケーションソフトウェア群を開発することが必要である。本章ではまず、ハードウェアシステムに対する考察について述べる。

CADのハードウェアの主構成要素である計算機とグラフィックディスプレイの関連は二つに大別できる。図1に示すようにA形は主として汎用計算機の端末としてグラフィックデ



a: 入力・出力処理 b: モデリング, シミュレーション

注: 略語説明

CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing)

図1 CADシステムの機能分散 グラフィックディスプレイと計算機での処理機能の分担は2方式に大別できるが、GRADASは両方の長所を取り入れたインテリジェント方式を採用している。

ィスプレイを接続するもので、高度のシミュレーションや、複数の設計・製造部門が共通のデータベースを使う一貫処理システムに向いている。これに対してB形は、ミニコンピュータが直結される少数のグラフィックディスプレイを専用にサービスする、いわゆるスタンドアロンのターンキーシステムで、操作性、応答性に優れたものである。

ところで、計算機の処理でみると、A形、B形いずれでも、(1) メニュー処理などグラフィックディスプレイの入出力を中心とする処理

(2) 図形の創生や解析などのモデリングやシミュレーション処理

に大別できる。B形での操作性・応答性の良さは(1)の部分が直結されたディスプレイを専用にサービスしているためであり、A形で複雑な処理ができるのは(2)を担当する汎用計算機の規模と能力が大きいためである。

ここで、前章で述べたCADに関する四つのニーズを分析してみると、前章の(2)~(4)はA形の汎用計算機を利用するほうが有利であり、(1)の項目に対応する操作性・応答性はB形が望ましい。したがって、これら両方の長所を取り入れたCAD構成は、グラフィックディスプレイの部分に本章(1)の処理機能を分担させ、これを汎用計算機に接続し、(2)の処理は汎用計算機に行なわせるという機能分散のシステム構成になると予想される。図1のC形はこの概念を示したものであり、GRADASのハードウェアであるHITAC G-760はC形を製品化したものである。

4 GRADASシステム

4.1 GRADASのシステム構成

前述のように、GRADASで利用するグラフィックディスプレイG-760は、汎用計算機HITACの端末として動作する。したがって、CADのレベル、ニーズに応じて計算機の規模、端末台数、接続方法を選択できる。

最小構成は、小形計算機にG-760を1台接続するもので、いわゆるターンキーシステムと同様に、利用場所に設置して使用できる。大規模構成では超大形計算機に多数台のG-760を接続した構成となる。また、大形計算機と小形計算機とでネットワークを構成することもできる。GRADASでは汎用計算機を使用するので、当初小規模構成で開始し、業務の拡大につれて大規模構成とすることができる。しかもその際、ユーザーのアプリケーションプログラムを変更しなくて済むの

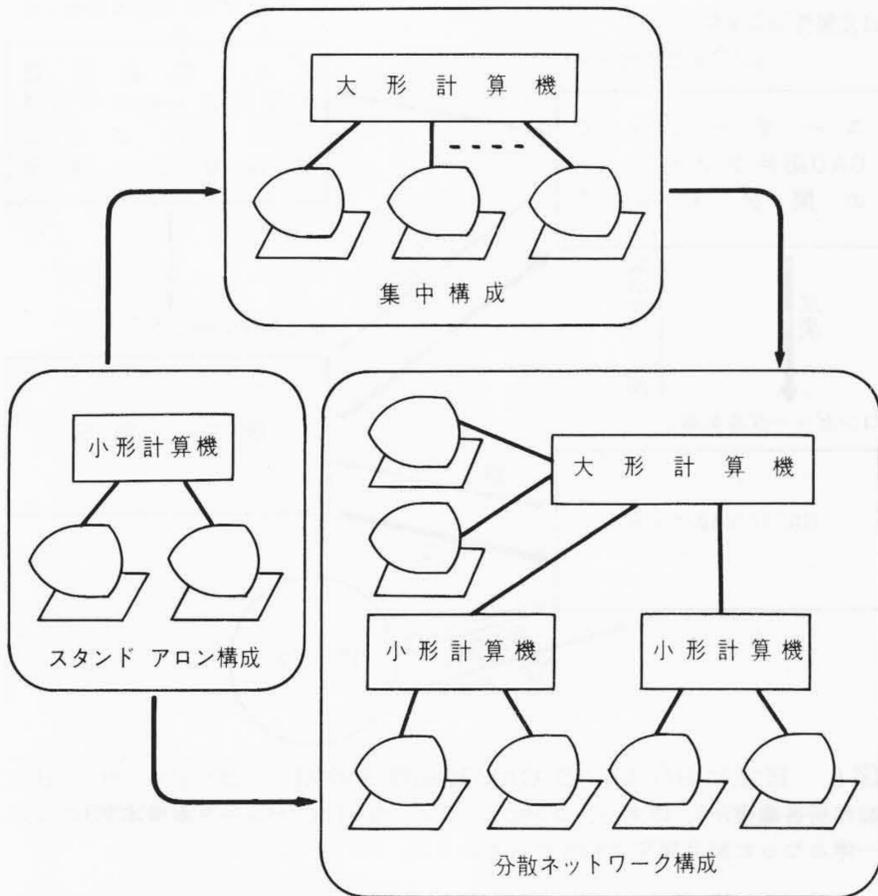


図2 GRADASシステム構成 GRADASでは業務量に応じて、小形計算機にG-760を接続したスタンドアロン構成から大形計算機と小形計算機とで分散ネットワークを構成する大規模な形態まで拡張できる。

がGRADASの特徴である。図2はこの関係を示したものである。

4.2 GRADASのソフトウェア

CADシステムの具備すべき条件については、既に第2章に述べたが、この条件を満たす可能性のあるハードウェアシステムを用意するだけでは意味がない。この条件を満たすソフトウェアをいかに多くの対象分野に対して準備するか、という

ことが重要である。幸い、日立製作所は各分野のユーザーをかかえており、これらの部門で開発されたソフトウェアの蓄積をもとにして、図3に示すシステム体系の確立を目指している。

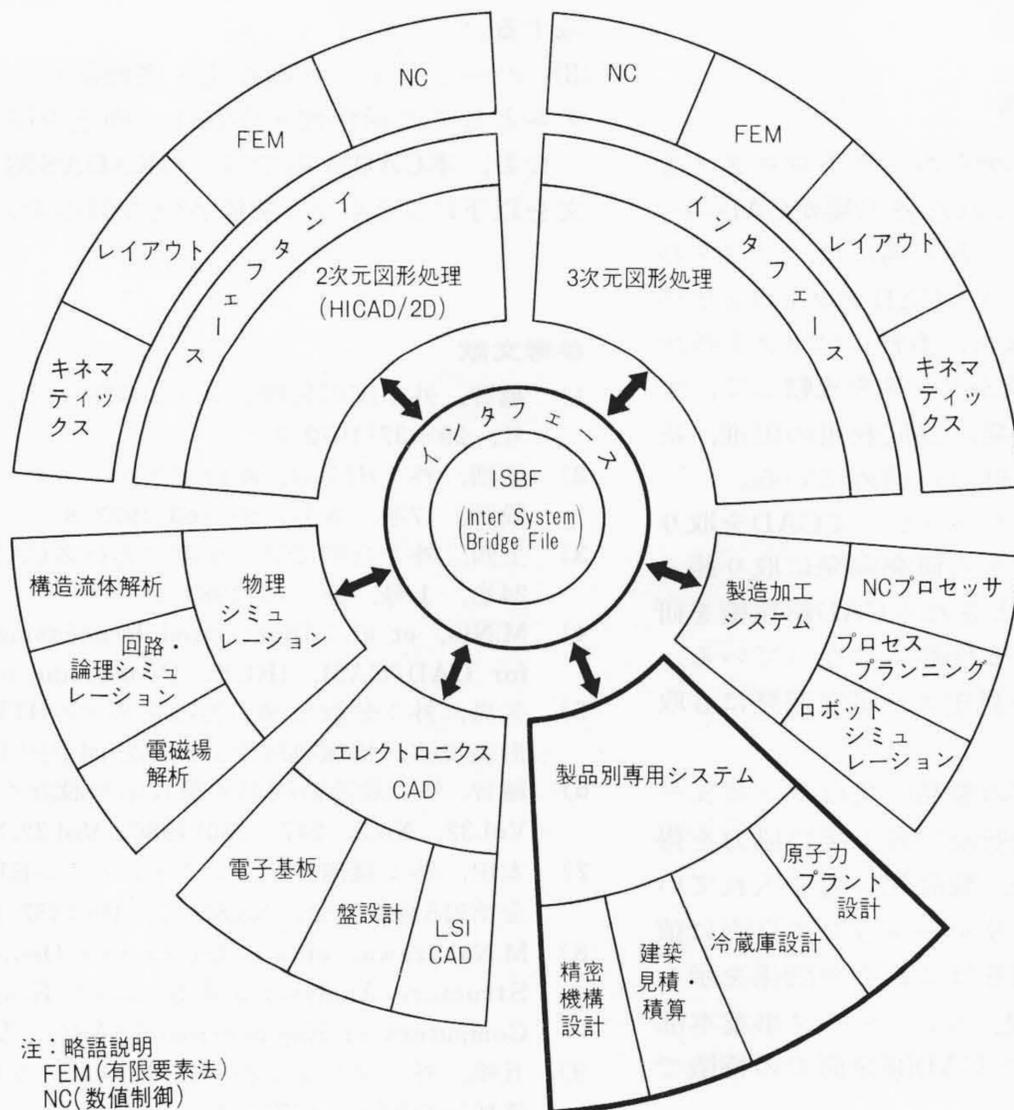
ここで、ISBF(Inter System Bridge File)はシステム間のデータ交換を行なうための共用ファイルである。2次元、3次元用の図形処理にはHICADと呼ぶシステム⁷⁾を準備している。特に2次元をサポートするHICAD/2Dは、設計図面2万枚を分析、エッセンスを抽出してまとめたもので、設計者の少ない指示で複雑な図面を作成できる特徴がある。これは日立製作所で10年以上の実績があり、当社内で広く使われている。

また、性能解析関連⁸⁾、電子回路基板関連⁹⁾のソフトウェアなども開発中である。図3の下方に太線で示す領域は、ユーザーの対象とする製品に依存するもので、汎用ソフトウェアだけでは不足する専用システムとして開発されることを示している。

4.3 一貫応用システム構築への取組み方

CAD応用システムは、エレクトロニクス分野と機械設計分野とに大別される。エレクトロニクス分野はCADのなかでも最も進んだ分野であり、実際、コンピュータやLSIなどはCADがないと設計できない状態にある。図4は日立製作所でのエレクトロニクス分野のCAD開発の取組み方について示したものである。この関連の応用分野には、電子回路基板、盤、制御系、LSIなどの設計がある。

機械設計分野での取組み方は、図5に示すように、形状を生成し、これらの形状をもとに、構造解析、振動解析、動特性解析などの物理シミュレーションを行ない、形状の最適化を図る、このサイクルの繰り返しにより、最適な製品を作ること为目标にしている。このためには、形状モデリングの実用化、物理シミュレーション技術の開発、これらの統合化



注：略語説明
FEM(有限要素法)
NC(数値制御)

図3 GRADASシステム構想 GRADASシステムでは、共通のデータファイルISBFを中心に、設計、解析、製造を一貫してつなぐCAD/CAM/CAE総合システムを目指している。

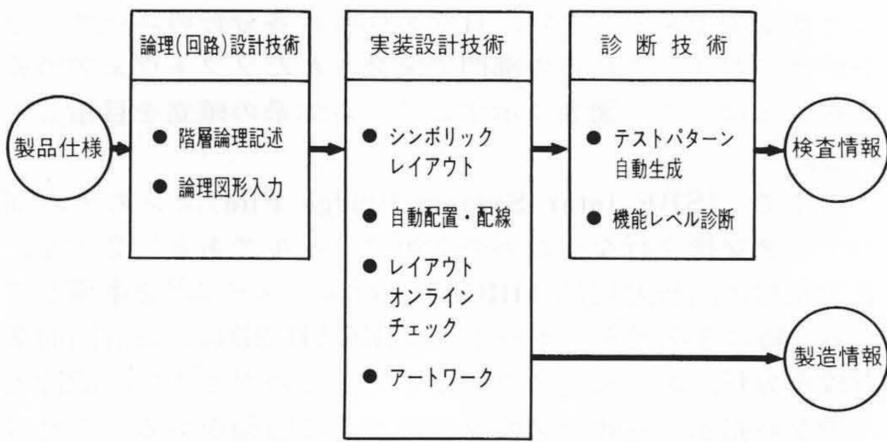


図4 エレクトロニクス分野のCADの考え方 エレクトロニクス分野では、LSI、電子回路基盤を主対象に、論理設計技術、実装設計技術、診断技術を核とする対話形一貫CADシステムの構築を目指している。

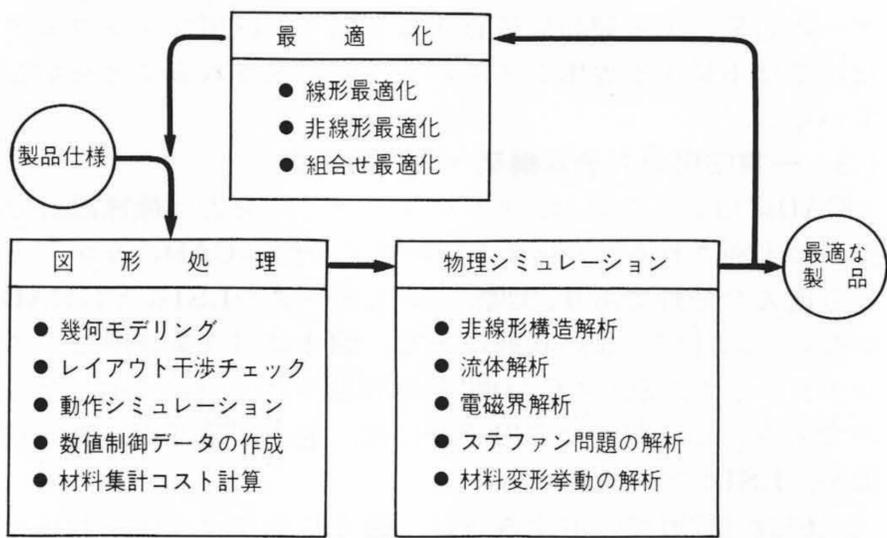


図5 機械設計分野のCADの考え方 機械設計分野では、製品形状を生成しこれをもとに構造解析、流体解析などの物理シミュレーションを行ない、この結果に基づいて最適化を図る。

のための技術など、解決すべき課題は多いが、今後、着実に進歩し、普及するものと考えている。

5 日立におけるCADの開発体制

日立製作所では、電機、機械分野からエレクトロニクス分野まで広範な製品を製造しており、これら各工場がCADユーザーとなっていることは既に述べた。各工場には、ソフト技術センターという組織が自社工場のためのCADソフトウェアの開発・保守・普及を推進している。また、本社にはソフト技術推進センターがあり、各工場のソフト技術センターを統轄して、全社的な立場でソフトウェアの協同開発、協同利用の促進、汎用プログラム登録制度の運用などを強力に進めている。

一方、研究所では、重要研究課題の一つとしてCADを取り上げ、各研究所でテーマを分担しながら研究開発に取り組んでいる。各工場からは、そこで必要とされるCAD新技術の研究テーマとして、研究所に依頼できる仕組みになっている。また研究所独自にCADの将来方向を見定めた研究開発にも取り組んでいる。

CADのハードウェア、ソフトウェアの製品開発はコンピュータ事業本部が担当し、ここでは研究所及び各工場の協力を得て、汎用的アプリケーションの開発、製品化に力を入れている。これは今後のCADの成否がアプリケーションの良否に依存する度合いが大きいためである。図6はこれらの関係を示したものであり、研究所、ユーザー工場、コンピュータ事業本部が同一社内にあるのが日立製作所のCAD開発面での特徴である。

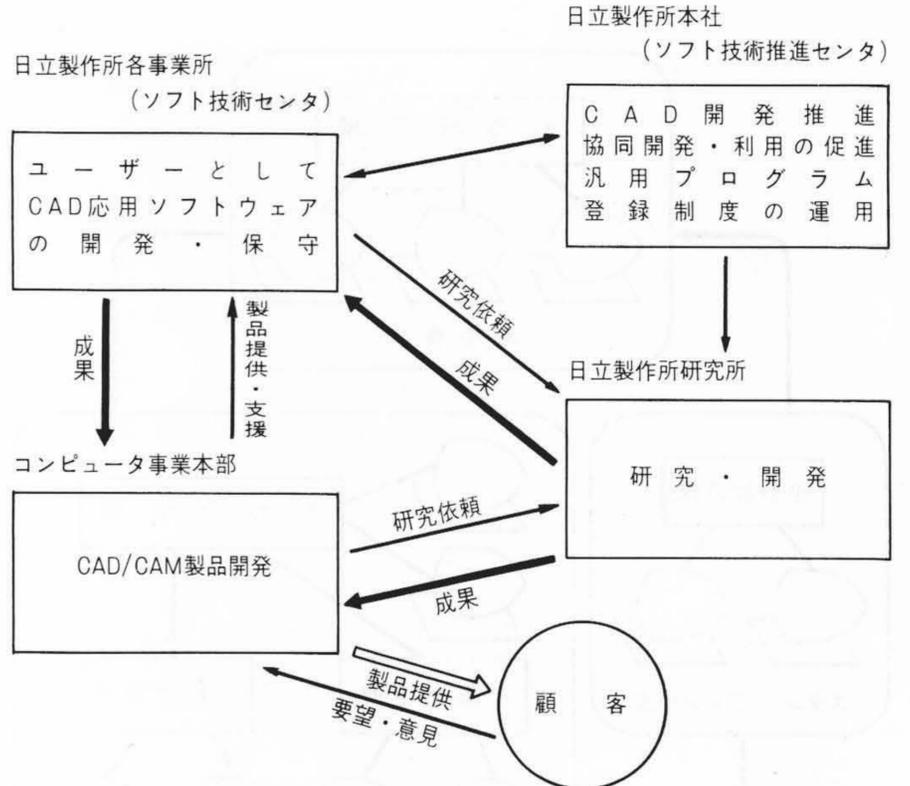


図6 日立におけるCAD/CAM製品開発体制 エンドユーザー(日立製作所各事業所)、研究所、コンピュータメーカー(コンピュータ事業本部)の三位一体となった製品開発体制をとっている。

6 結 言

以上、日立製作所でのCADの展開状況と考え方について述べた。既に、GRADASは社内外で多くの使用実績をもち、その応用分野も機械設計からエレクトロニクス分野まで多方面に広がりつつある。日立製作所はGRADASをより良くするために、今後次の項目を重点目標として全力を挙げ取り組む考えである。

- (1) ユーザーと開発部門とのコミュニケーションを更に密にし、ニーズの吸収を図る。
- (2) 各種産業分野向け汎用アプリケーションソフトウェアを製品化し、ユーザーがCADシステムを構築する際の負担を軽減する。
- (3) ハードウェアの高性能・高機能化を図るとともに、システムとしての操作性・応答性の向上を図る。

なお、本CAD特集では、GRADAS関連の各分野ごとの論文を以下にまとめた。関係各位の御参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 越智, 外: 図形処理システムGIPS-I, 機械設計, 16巻, 7号, 29~37(1972-7)
- 2) 徳増, 外: HITAC 8811グラフィック・ディスプレイ, 機械設計, 17巻, 8号, 59~63(1973-8)
- 3) 上西, 外: 金型設計・生産におけるCAD/CAM, 情報処理, 24巻, 1号, 68~75(1983-1)
- 4) M.Nio, et al.: Distributed Processing Terminal System for CAD/CAM, IEEE, Proceeding of COMP sac79
- 5) 矢島, 外: 分散型図形処理システムHITAC-G730における図形表現法, 情報処理学会, 第20回全国大会(昭54)
- 6) 越智, 外: 最近の図形処理技術と設計の自動化, 機械の研究, Vol.32, No.2, 247~250(1980), Vol.32, No.3, 377~381(1980)
- 7) 太田, 外: 幾何モデリング・システムHICADの開発, 機械学会第915回講演会, No.820-7, 19(昭57-7)
- 8) M.Nakazawa, et al.: Interactive Design System for Structure Analysis and Strength Evaluation(HIDESS), Computers in Engineering(ASME), Vol. 1 (1982)
- 9) 五嶋, 外: プリント板回路のCADシステム, 情報処理学会, 第19回全国大会(昭53-8)