

製造業におけるCAD/CAMシステムの動向

CAD/CAM Application to Manufacturing Industry

最近、製造業で注目されているコンピュータ・アプリケーションのうち、特に、CAD/CAMシステムは、これまでシステム開発上の障害の一つであった「図形を伴うマン・マシン・コミュニケーション」に、標準的な手段が提供され始めたことによって一般に普及しだした。

この論文では、CAD/CAMシステムの動向と、それを支援するハードウェア、ソフトウェアのうち、最近開発した2種の製品について述べる。

製造業19社に対して行なったアンケートによると、CAD、CAMは、それぞれ独立のシステムとしてではなく、CAD/CAM総合システムとして開発していくことを希望しており、これらのシステムを支援するツールは、このようなニーズを満たすものであることが必要である。

早川光春* Hayakawa Mitsuharu
竹屋弘史** Takeya Hirofumi
本尾和夫** Motoo Kazuo
森実伸明*** Morizane Nobuaki
松井敏郎**** Matsui Toshirō

1 緒 言

組立、加工製造業の最近の環境については、ここで改めて論ずるまでもなく厳しいものがあり、各企業ともその対応に苦慮しているのが実情である。図1に、製造業各社での最近の話題を要約して示す。経営システムでは軽量経営や全社の総合力結集、市場・製品計画の面では既存技術の組合せによる新製品の開発によって需要を喚起しようという試みが見られる。販売面では、販売促進のための全国ネットワークの販売・物流システムの建設が盛んである。生産計画面では、生産性の向上と生産のフレキシビリティの増大が考えられている。生産管理面では、MRP (Materials Requirement Planning) やスケジューリング、トヨタ式生産方式の検討が行なわれている。生産設備面では、自動化・コンピュータ制御が進んでおり、特にマイクロコンピュータが浸透してきた。一方、このようなシステムを開発するためのシステム工学の面では、多目的システムの開発技法の整備が叫ばれている。コンピュータシステムの面では、大規模化、集中／分散システムの検討、データベース及び対話形処理が普及してきた。特に、ソフトウェアが問題の鍵を握っていることを肌で感じるようになってきている。また、人とコンピュータの役割についても議論されている。

このような製造業各社に共通する対応策の基本は、MI (Management Improvement) の推進である。MIには、(1)従業員のモラル、モチベーション及びパフォーマンスを向上させ、働きがいのある職場作りをねらう分野と、(2)企業全体システムをコンピュータを核として、情報、物、人的資源の交流を統合的に管理し、企業の環境変化への融通性を向上させようとする分野とある。

ここでは、前記(2)の分野のうち製品開発と設計、生産設計部門の最近の話題であるCAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) システムについて述べる。

2 CAD/CAMシステムの現状と動向

2.1 CAD/CAM総合システムの流れ

生産管理などは、主幹業務が既にコンピュータ化されているため、企業システム確立の要請は、設計—生産—管理を統



注：MRP=Materials Requirement Planning

図1 製造業の最近の話題 企業が生き残るための施策が真剣に考えられている。

* 日立製作所ソフトウェア工場 ** 日立製作所旭工場 *** 日立エンジニアリング株式会社 **** 日立製作所コンピュータ事業本部

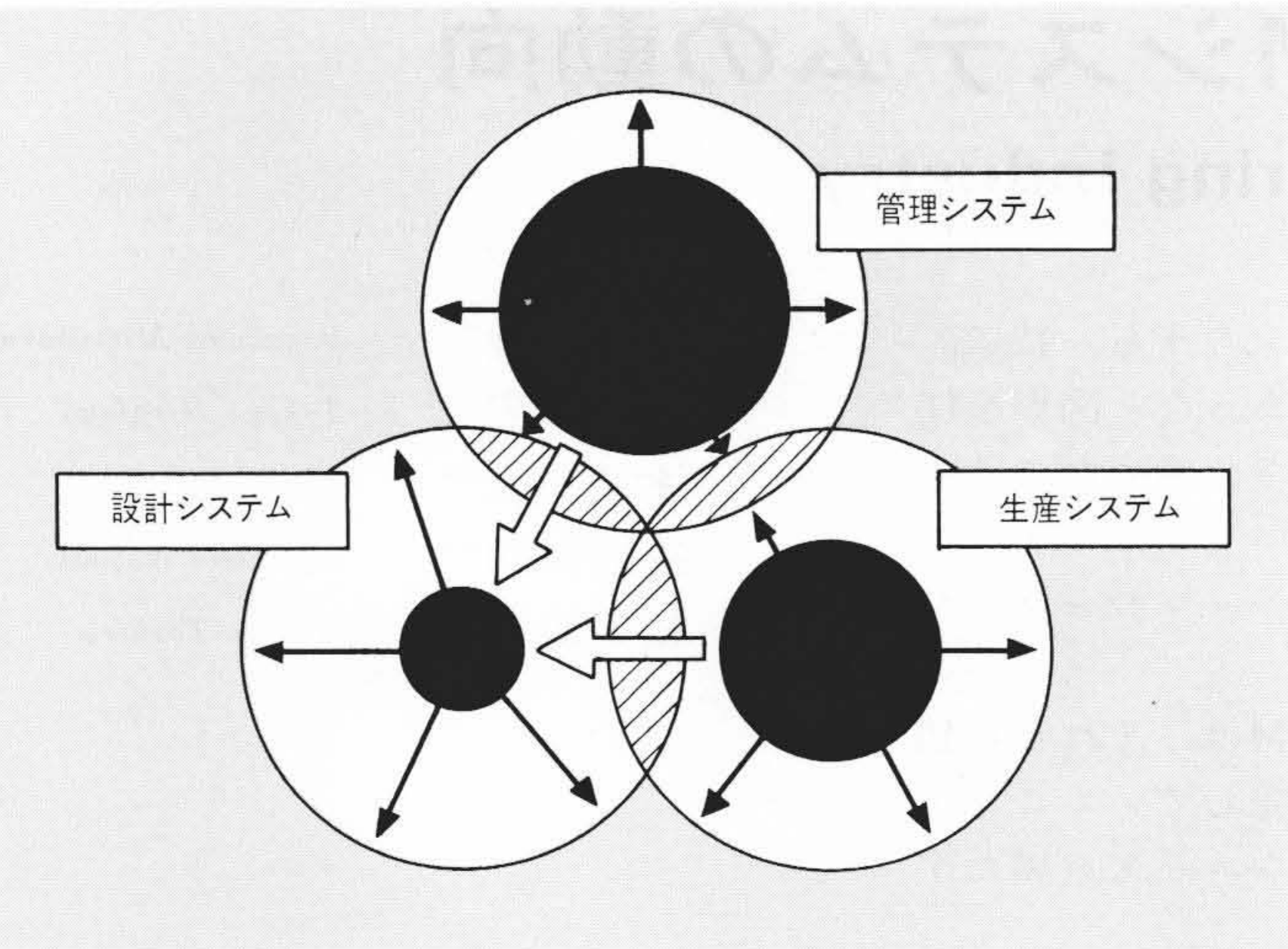


図2 「流れとつなぎ」を円滑化する企業システムの方向 図中の●の大きさは、主幹業務のコンピュータ化の割合を示す。←の長さは、今後コンピュータ化すべき対象の広さを示す。

合し、「流れとつなぎ」を円滑化しようとするのである。これに伴って、設計、生産への積極的なコンピュータ導入が進められている。企業システムは、図2に示すような方向へ展開されつつある。このような背景のもとにあって、近い将来完成されるCAD/CAM総合システムが実現したときの人と自動化の関係、及び社会的影響を分析した目標像を設定することが製造業各社に迫られている。

2.2 CAD/CAMシステムの現状

前述のようなCAD/CAM総合システムは、既に造船・プラント開発・自動車・半導体企業では、部分的に専用システムとして実現されている。これらの先進企業では、10年以上の年月と莫大な工数をかけ開発してきた。しかし、先進企業でもCAD/CAMが一貫システムとして形成されている例は少ない。日立製作所での一例としては、タービン羽根CAD/CAM総合システムがある。

先進企業がこのような状況にあって、製造業の実態がどのようになっているかを19社について調査してみた。調査は設計部門、生産技術部門の中堅担当者にあらかじめ用意した設問に対するアンケートによって行なった。調査結果を図3に示す。この結果、CAD/CAM総合システム化への気運が高まっていることが分かる。

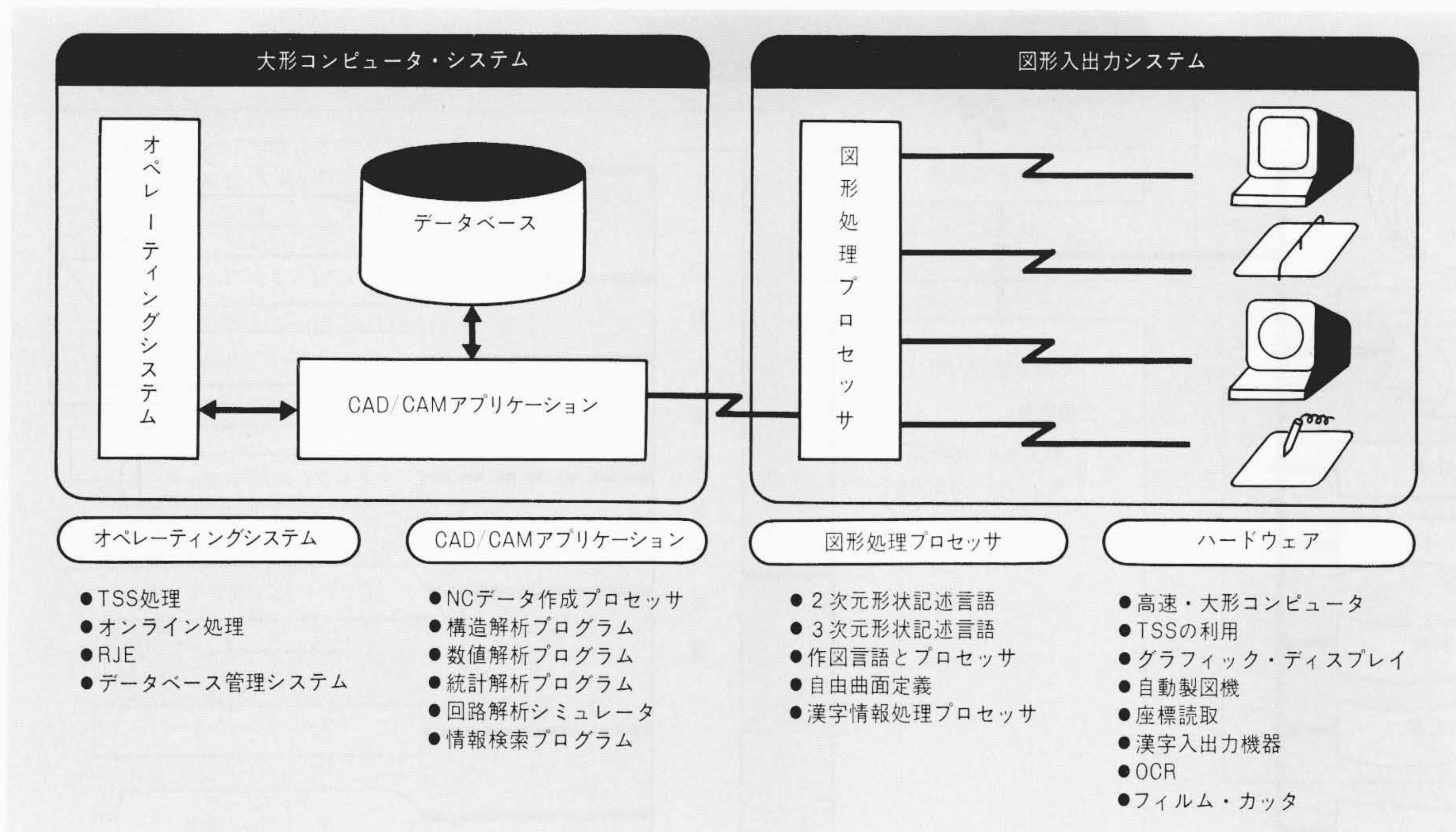
2.3 CAD/CAM総合システムへのアプローチ

CAD/CAM総合システムを現実のものとするためのアプローチは、概念的に幾つかの方法が考えられている。一つは、専用システム化である。専用システムは、多くの先進業界で進められている方法であり、設計の対象製品、機械を限定したシステムである。この方法は、継続的に生産される複雑な製品のシステム化に適している。反面、このシステムを全製品に適用する場合、製品ごとにシステムを開発しなくてはならない。また、製品自身の変化への融通性に欠けることが多い。他の方法は、汎用システム化である。設計者の幾何形状、技術情報の加工をできるだけ汎用的かつ自由に行なえるようにしたものである。このシステムは、現状では、データの入力や作図、回転、展開を図形処理言語(コマンド)で行なう汎

対 象 業 務	現在コンピュータを利用している企業の割合							コンピュータの利用を予定している企業の割合							備 考	
	10	20	30	40	50	60	(%)	➡	10	20	30	40	50	60		(%)
C A D	設計情報のデータベース化															(1) 各種の設計計算が部分的にコンピュータ化されているが、これを見直す気運が高い。 (2) 製図・作図作業も見直したいという企業が多い。 (3) 類似部品検索、部品の標準化のための設計情報のデータベース化が急務と考えており、着実である。
	設計ドキュメント管理															
	基本(意匠、概略形状、概略仕様)設計															
	性能・機能・論理設計															
	方式・機構・操作設計															
	配置・レイアウト設計															
	通常設計計算															
	コスト計算															
	試作・実験・計測															
	製図作業・取りまとめ															
	類似部品検索など情報サービス															
	技術調査・ファイリング															
C A M	生産技術情報のデータベース化															(1) CADよりCAMのほうが進めやすいと考えている。 (2) 工程表などのドキュメント発行をコンピュータ化する。そのために生産技術情報のデータベース化を予定している。 (3) 標準時間設定、工程編成設計などの省力化業務へのニーズが中心となっている。
	生産設計ドキュメント管理															
	生産設計対象部品の自動選択															
	工程編成設計															
	作業手順設計															
	治具・取付具設計															
	NCデータ作成															
	加工条件・標準時間の自動設定															
	工程表などドキュメント発行															
コンピュータによる生産制御																

注：略字説明 NC=数値制御 CAD=Computer Aided Design CAM=Computer Aided Manufacturing

図3 製造業におけるCAD / CAMに関する現状調査結果 製造業19社の設計者、生産技術者に約70項目のアンケート調査を行なった結果である。(■)：現在、かなりコンピュータを利用している。(□)：現在部分的に利用。|||||：将来、新規にコンピュータ化したい。|||||：現在のシステムの見直し、あるいは拡張したい。)



注：略字説明
TSS=Time Sharing System
RJE=Remote Job Entry
OCR=光学文字読取装置

図4 CAD/CAMシステム建設支援ハードウェア、ソフトウェアの状況
CAD/CAMシステムの底辺技術は、しだいに準備されつつある。

用プロセッサと、アプリケーション固有の図形データ加工（回路解析、金型設計、構造解析など）を行なうアプリケーション・プログラムで構成される。汎用システム化の場合、図形データの加工部分は、アプリケーションごとのアルゴリズムや設計手順を組み込むことになるが、専用システムに比較して開発工数は少ない。したがって、今後のCAD/CAM総合システムは、汎用システムが主流となってゆくものと思われる。

2.4 CAD/CAM総合システムを支援するハードウェア/ソフトウェア

CAD/CAM総合システムの開発を支援するハードウェア、ソフトウェアの状況を図4に示す。このように製造業CAD/CAM総合システムを汎用システム化の方向で開発するためのツールが準備されてきている。図5にコンピュータの利用形態の三つの形を示す。

HITAC G-730分散形図形処理システム（以下、G-730と略す）は、分散形のものであり、HITAC G-710図形処理端末システム（以下、G-710と略す）は、インテリジェント・ターミナル形のものである。次に、それぞれの製品概要について説明する。

3 G-730の概要

前述のように、大形コンピュータと図形端末との間に高性能のミニコンピュータとマイクロコンピュータを介在させ、ミニコンピュータにはローカルにデータベースをもって、図形モデル作成をも含む高度の図形処理機能をもち、大形コンピュータと適切な負荷分担を行なうことが可能で、次に述べるように幾つの特長をもつ。

3.1 システムの特長

G-730は図形データベースをもち、画板と呼ぶ手軽に書いたり、消したりできる電子製図板の上に図形モデルを作成し、修正する機能がある。また、画板の上でこの図形モデルと関係づけながら、非図形情報を付与することもできる。以上がこのシステムの大きな特長の一つである。その他の特長を次にまとめて述べる。

(1) 図形モデルの作成・修正が容易である。

180種の基本コマンド、POET(Procedure Oriented Element Processor)言語により図形モデルを作成し、ローカル図形データベースの中で処理できる。

(2) 図形入力の実操作性が良い。

メニュー/マクロ/シンボルコマンド、コマンドバッチ入力など図形入力、操作指示を簡便にしている。

(3) 図形モデルの作成、修正の応答が速い。

ローカルデータベースの上で迅速に処理できる。

(4) 部品、図面の登録と利用が容易である。

ローカルデータベース管理機能により、共通部品の登録と利用、旧図の利用が容易にできる。

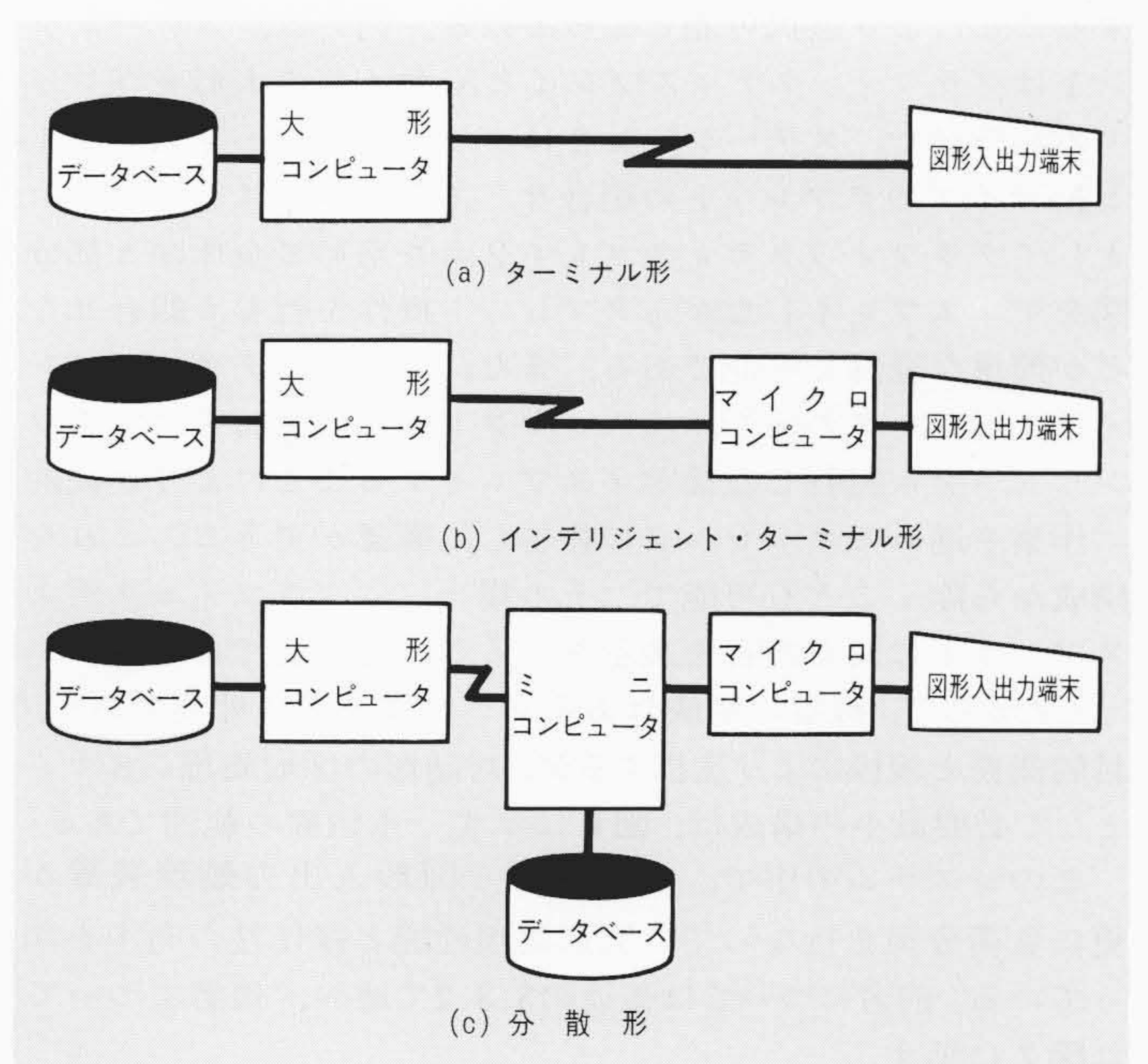


図5 CAD/CAM総合システムの三つのタイプ 図形情報処理の観点からコンピュータの利用形態を三つに分類した。ターミナル形では、H-8844システムなどがある。G-710は、(b)、G-730は、(c)のタイプのものである。

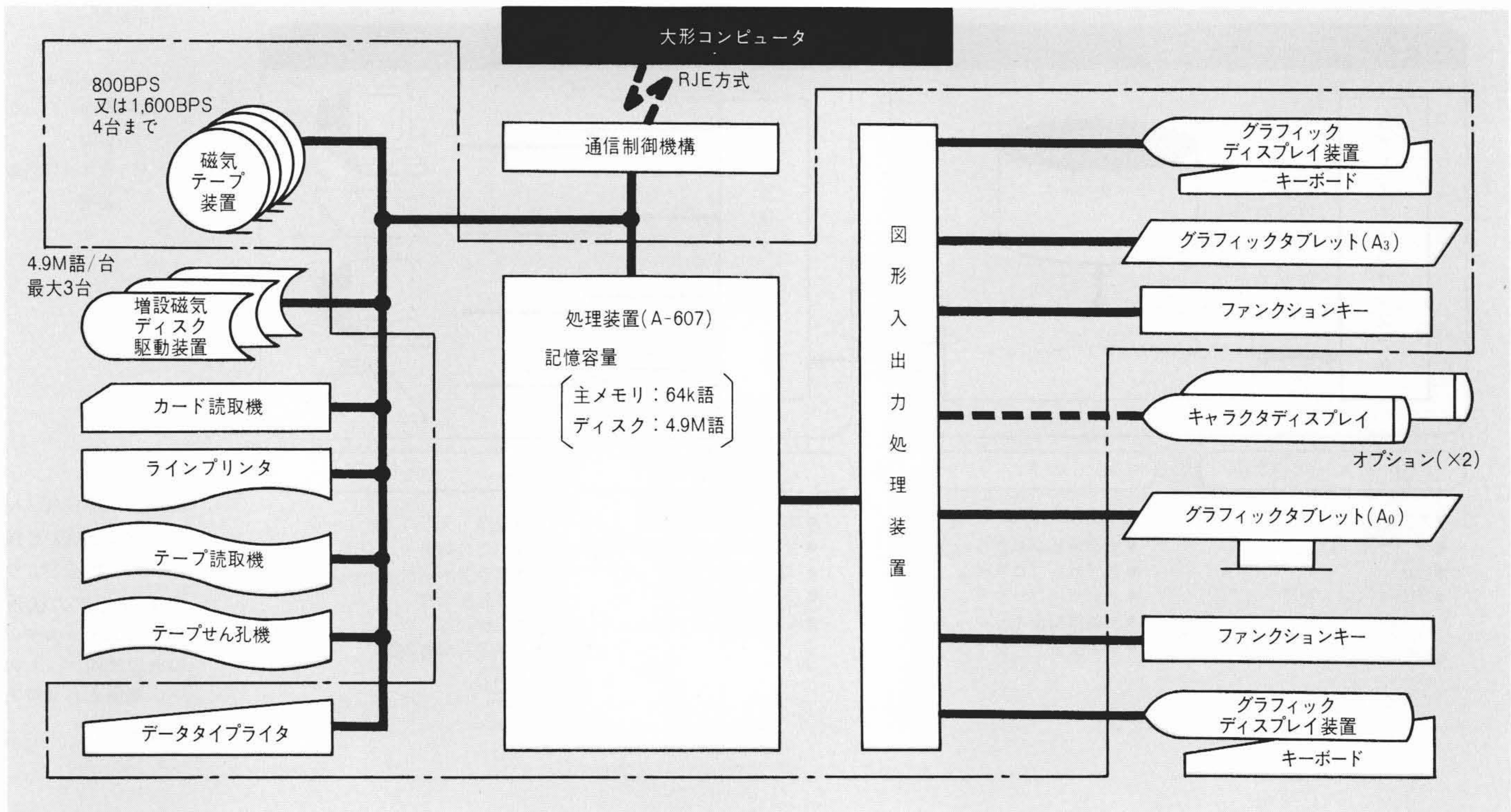


図6 G-730ハードウェア構成例 複数の処理装置による処理機能の分散により、豊富な機能と多種類の入出力装置をサポートしている。

(5) 製図用機能が豊富である。

JIS寸法線、漢字・仮名、機械製図記号ほかを用意している。

(6) ユーザープログラムの組込みが容易である。

ユーザープログラムとして登録ができ、基本プログラムで用意するコマンドと一緒に利用できる。

3.2 ハードウェア

図6の機器構成例では二組みの端末機器を示しているが、G-730では最大2ステーションでそれぞれの端末を専有して独自の業務を遂行できるようになっており、機器構成は登録することにより選択可能となっている。例えば、ステーション1はグラフィックディスプレイとA0サイズの大形タブレットの組合せで、ステーション2はグラフィックディスプレイとA3サイズのタブレットの組合せ、あるいは1ステーションとしてグラフィックディスプレイ2台を用いて全体図と部分図をディスプレイしながらタブレット操作を行なう組合せなどが簡単な登録で可能である。また、キャラクタディスプレイはオペレータの操作、投入コマンドとその実行を、ミニコンピュータが実行した後ディスプレイすることにより連続的に作業を進めるオペレータに報告し、確認ができる。これを構成から除くことも可能で、その場合にはグラフィックディスプレイ上に同じ内容を表示させることも可能である。

したがって、機器の構成はあるレベル以上では可変であり、目的業務と規模により選択するが、対話形の図形処理システムとして必要最小の構成は、図6に示す一点鎖線の範囲である。

このシステムの中で、処理装置と図形入出力処理装置が更に負荷分担を行なって、図形処理性能と操作性の向上を図っている。前者については後述の3.3.2で述べ、後者については図7に示す。

3.3 ソフトウェア

3.3.1 ソフトウェアの構成

G-730ソフトウェア体系を図8に示す。基本プログラムは、

機能的に次の2種に大別される。

(1) 2次元配置形

図形要素の表現能力を充実しており、寸法線表示、角取り、面積計算など拡張コマンドを用意している。機械設計図面、プリント基板配線図、レイアウト図など位置情報がウエートを占める図形処理を対象とする。

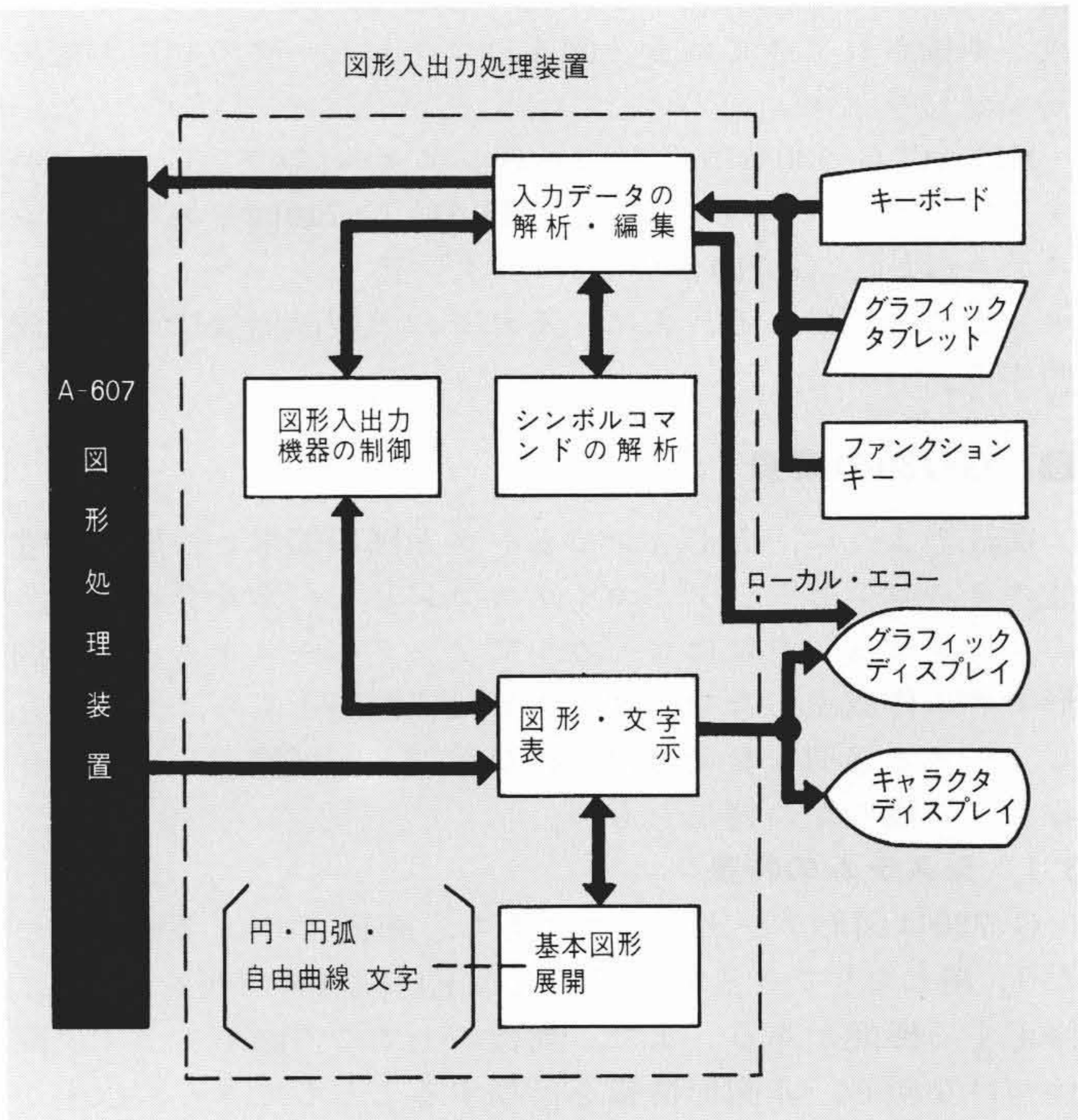


図7 図形入出力処理装置の機能概要 図形入出力装置に特有な処理を、図形入出力処理装置で分担している。

(2) 2次元接続形

図形間の関係表現能力を充実してある。ポインタで結合関係を表現するだけでなく、応答速度向上のため、総合関係を図形要素の相対記憶位置によって表現することも採用している。論理図、シーケンス図、配管図など接続関係がウエートを占める図形処理を対象とする。

3.3.2 ソフトウェアの機能

2次元配置形で用意している約160種の対話形基本コマンドにより次の機能が実現される。

- (1) システム制御(ステーション構成制御、始動、停止)
- (2) コマンド実行モード制御
- (3) 図面入力制御(タブレット上の領域設定、尺度変換ほか)
- (4) メニュー定義と利用(メニュー領域設定、解説ほか)
- (5) ユーザーコマンド定義、登録(ユーザーコマンド組込み)
- (6) ファイル管理(部品、図面ファイルなどの管理)
- (7) システムモード制御
- (8) リスト出力要求
- (9) 図形モデル作成、操作(グリッド、定規、板面制御、図形選択、図形要素操作/修正、表示領域制御、画面制御、部品/図面ファイル利用、図形/文字/板面属性定義、補助データ作成等々の機能)

2次元接続形では、更に20種のベーシックコマンドにより機能が拡張される。

- (1) 図形要素の付加増設(接続用折線、部品などを追加する)
- (2) テキスト付加機能
- (3) 折れ線ロック機能(45度/90度の倍数方向だけ配線)

以上の基本機能、前項記載の拡張機能サポートなどにより、ユーザーは手軽に図形処理が可能となり、CAD/CAM総合システム構築の強力なツールを提供する。

4 G-710の概要

インテリジェントターミナル形のG-710は、日立製作所の研究所を中心に重電機関係の設計・製造部門が一体となって作り上げたシステムである。

これは、汎用ソフトウェアを一つ用意するだけでなく、ユーザーの有効利用を考慮し、適用対象に応じて対話性を重視した個別のソフトウェアを準備するとともに、適用分野ごとにソフトウェアの開発が容易な仕掛けを提供するものである。更に、関連部門情報の一元化を図り、受注・設計・製造を通じた総合システム化が可能なものという立場で開発した。

このような観点から、高度なインテリジェント機能をもち図形処理やオペレータへの応答を処理する端末システムと、複雑な解析やデータベースをもつ大形計算機システムから成るCAD/CAMシステムの形態をとっている。

4.1 特長

- (1) 軽装備である。
大形計算機の資源を利用するので端末として軽装備である。
- (2) CAD/CAM総合システム化が容易である。
大形計算機のデータベースを複数の端末で共通に使用できるので、設計相互間、設計・製造各部門間が一体となった総合システムを構成できる。
- (3) 豊富な標準アプリケーションパッケージプログラムをもっている。
適用対象ごとの標準アプリケーションパッケージプログラムを各種用意しているので、システム立上げが短期間で済む。
- (4) 既存のソフトウェアが有効に利用できる。
貴重な財産である既存のソフトウェアを若干の手直しで利

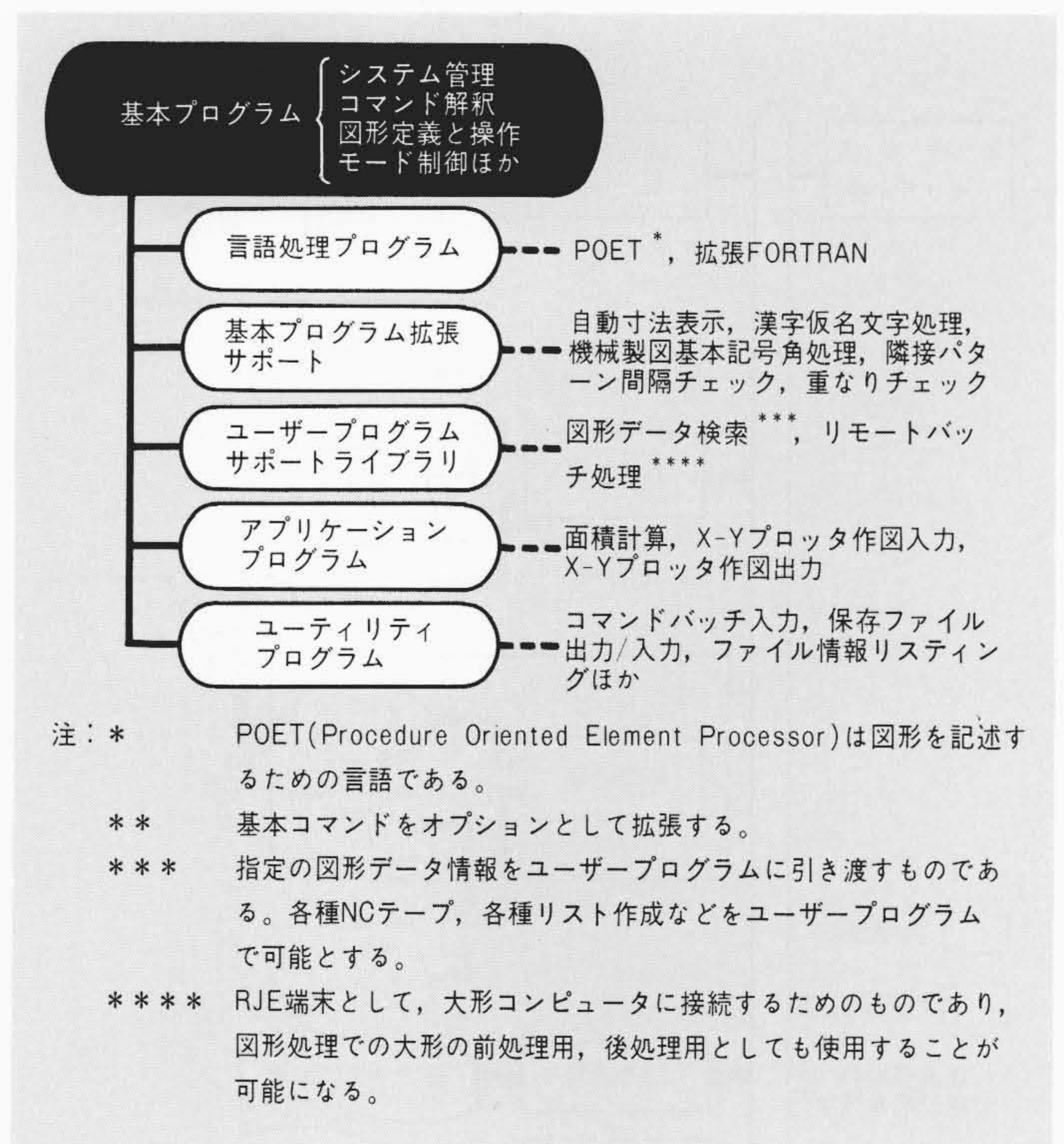


図8 G-730ソフトウェア体系図 図面を作成する機能を基本的にサポートするとともに、ユーザープログラムのためのツールもサポートしている。

用でき、初期投資が削減できる。

- (5) アプリケーションプログラムの開発が容易である。

FORTRANなどの大形計算機のユーティリティ、ソフトウェア資源が活用でき、更にG-710用ルーチンを整備しているので、アプリケーションプログラムの開発が容易である。

- (6) 操作が容易、応答が優れている。

端末に強力な図形処理ソフトウェアを内蔵しているため、操作性、応答性に優れている。更に入力ガイダンスを片仮名交じり文で表示するため、オペレーションが容易である。

- (7) T S S 端末として利用できる。

一般のT S S (Time Sharing System)端末と同様な使い方ができる。

4.2 ハードウェア

G-710は、基本部(端末計算機、紙テープ読取機、グラフィックディスプレイ、タブレットで構成)、増設部(グラフィックディスプレイ、タブレットで構成)及びオプション装置で構成する(図9参照)。

グラフィックディスプレイに19インチストレージ形を用いているため、プリント基板などのような精密表示を必要とする用途に適している。更に、タブレットは最大A2サイズのラフスケッチ図が使用でき、ディスプレイのアドレッシングに1対1に対応させ使いやすくしている。ディスプレイ付属のキーボードは筐体に内蔵し、必要に応じ使用できる。またタブレット上にコマンドや文字を入力するためのメニュー領域を設け、終始スタイラスペンだけでオペレーションができるよう考慮している。

4.3 ソフトウェア

G-710用ソフトウェアは、基本部(以下、基本ソフトウェアと呼ぶ)とアプリケーション部に分類できる。更に、基本ソフトウェアは大形計算機にあるCADTCS/H(CAD Terminal Control System for Host-computer)と、端末にあるCADTCS/

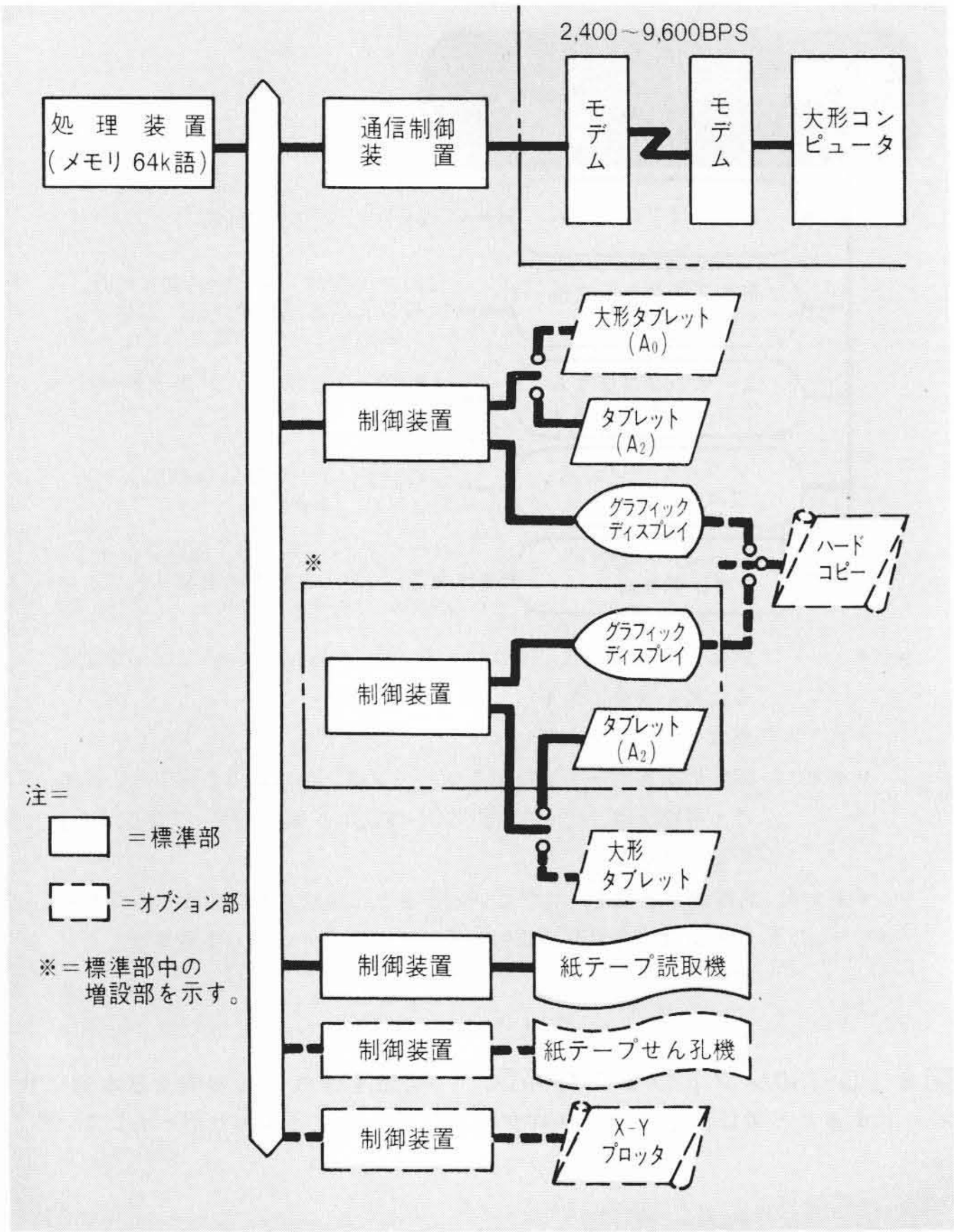
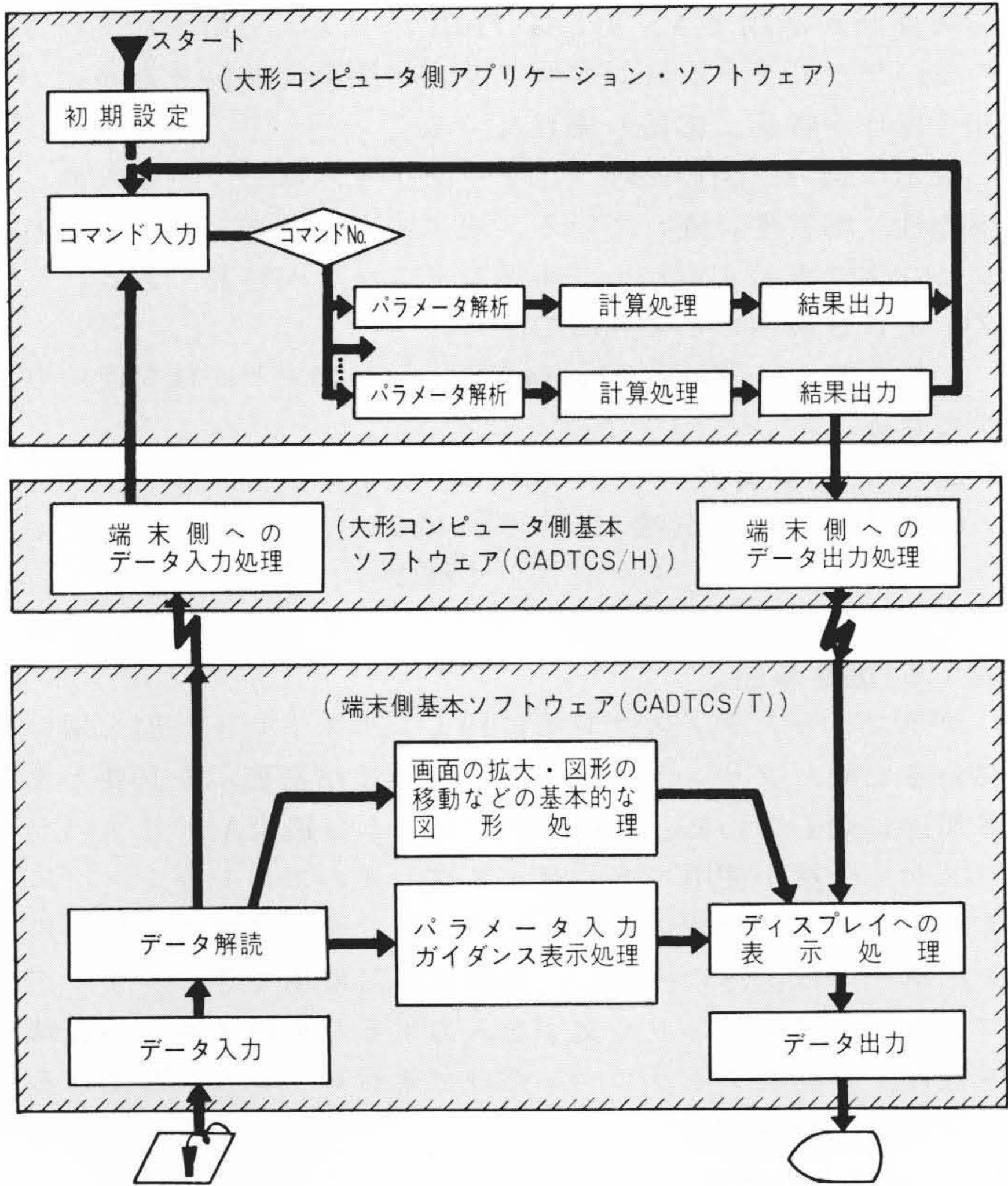


図9 G-710機器構成 目的、用途に応じて柔軟な機器構成を組むことができる。



注：略字説明 CADTCS/H=CAD Terminal Control System for Host-computer
CADTCS/T=CAD Terminal Control System for Terminal-computer

図10 G-710ソフトウェア構成 操作性を良くし、応答性も高めるという要求にこたえるため、端末側にも処理を分担させている。

表1 G-710標準アプリケーションパッケージプログラム ユーザーのプログラム開発負担を、大きく軽減するパッケージを各種用意している。

No.	名 称	概 要
1	対話形シーケンス設計システム	シーケンス設計，器具表まとめ，構造計画，配線設計を一貫して行なうシステム。
2	対話形プリント板設計システム	部品配置，配線経路の決定，構造入力の作成など，プリント板設計を一貫して行なうシステム。
3	対話形回路解析設計システム	非線形回路網の直流，交流過渡解析を行なうシステム。
4	対話形板金設計システム	板金部品の設計，展開，板取り，NCテープ作成を行なうシステム
5	対話形2次元編集設計システム	計画図の作成，計画図から部品図の作成，旧図面の一部変更による新図の作成及び基本図形を組み合わせ新図形の作成などを行なうシステム。
6	対話形汎用3次元図形処理システム	3次元図形に和，差，積などの処理を加え，目的の図形(立体物)を作成するシステムであり，また図形は任意の方向からの斜視図，任意の断面図などの表示が可能。

T (CAD Terminal Control System for Terminal Computer)に分けられる。

基本ソフトウェアは、作り付けの標準ソフトウェアとして提供するもので、ユーザーはCADTCS/Hを使用してアプリケーションプログラムを作成するだけでよい。図10に関連を示す。

4.3.1 基本ソフトウェア

(1) CADTCS/H

アプリケーションソフトウェアが、ターミナル間と行なう入出力及び各種図形作画ルーチンやユーティリティから成っている。

(2) CADTCS/T

タブレットから入力したコマンドはその内容によって端末内処理(画面の分割，図形の拡大，縮小，移動，回転など)，又は大形計算機への転送処理を行なうとともに，大形計算機からの転送データの表示処理を行なうものである。

4.3.2 アプリケーションソフトウェア

アプリケーションソフトウェアは、表1に示すような標準アプリケーションパッケージプログラムとユーザーが作成するものとがある。

標準アプリケーションパッケージプログラムは、日立製作所での研究・設計・製造の各部門が一体となり開発したもので、これらは大きな省力効果と将来のCAD/CAM総合システム化を十分に考慮したものである。

5 結 言

以上、製造業でのCAD/CAMシステムの最近の動向について述べた。これを要約すると次のようになる。

- (1) CAD/CAM総合システムは、製造業でのコンピュータ・アプリケーションの重点課題の一つである。
- (2) CAD/CAM総合システムの構成要素の一つである図形処理関連製品は、ユーザーにとってシステム開発が容易で、操作性、応答性の優れたものになってきた。
- (3) システム開発上は、アプリケーションに応じたソフトウェアの開発が大きな問題であるが、詳細な説明は省略した。
- (4) 図形処理の分野でも3次元形状の一般的な扱いなど、まだ多少の問題もあるが、逐次実用化されていくものと思われる。