

生産システムにおけるCAD/CAM

鎌田 武美

1. はじめに

1960年代以降の日本経済の急成長の基礎をなしたものは、自動車・家電産業に代表される耐久消費財の大量生産方式におけるマスオートメーション技術の確立にあったと考えられ、生産システムにおけるマスオートメーション技術は、システム全体の能力を最大限有効かつ効果的に発揮させるため、システム中の機械の単能化と高速化を中心に工程間のインタフェースの単一化・高速化をはかることでマスプロダクションに対処していた。

近年世の中の変化が激しくなるにしたがい、顧客ニーズの多様化と製品(部品)の高精度化・複雑化・機能の高密度化および多様化に代表される多品種中少量生産形態が生産活動の前面に現われ、そのうえリードタイムの短縮化・作業者スキルの低下とあいまって、生産システムにおける多品種中少量生産方式の自動化・効率化をはかる必要が生じてきた。それらにはFMS(Flexible Manufacturing System)、ダイレクト生産方式、無停滞生産方式といった各方式がある。

1945年、米国における弾道計算用に開発されたENIAC以来、エレクトロニクス技術の急進展に支えられたコンピュータを、生産システムに適用するということは、コンピュータの初期段階から

その大きな効果が期待されていた[1]。しかし1970年代にいたるまでは、コンピュータの生産への適用は、自動車・航空機・造船・鉄鋼・化学等の産業のうち大手企業の一部だけで、しかも期待されたほど急速な進展は見られなかったが、1970年代に入るとコンピュータ援用技術としてのCAD/CAM(Computer Aided Design, Computer Aided Manufacturing)システムは急速な進展を見せ、1980年代に入った現在、さらに大きな成長段階に入ってきている。

この最近のCAD/CAM技術の急速な進展の原因をいくつかあげると、第1にコンピュータ技術の発達およびLSI化革命によるコンピュータの価格低下と、生産設備や端末のインテリジェント化の進展、第2にCAD/CAM技術そのものの発展によりいっそう使いやすく高性能のソフトウェアが提供されるようになったこと、そして第3に多品種中少量生産方式で生産に必要な情報が大幅に増大してきたといったことによると思われる。

このような状況のもとでCAD/CAM技術は急速に伸長しており、産業界における将来の統合化されたトータル生産システムの中核になると予想される。本稿ではCAD/CAMの背景、現状、適用例そして今後の動向等を、特にエレクトロニクス産業を中心として説明・紹介していきたい。

2. 生産システムにおける CAD/CAM の位置づけ

生産システムのアクティビティは、最終的な顧客が要求する機能をもった製品を顧客が希望する価格と品質のレベルを適切に設定することであり、かつ品質の維持あるいは向上をはかりながら、顧客が必要とする数量および一定品質の製品を期日までに、材料・人・設備および資金等の諸資源を有効かつ効率よく投入して生産することである。また当然のことであるが、企業収益の維持あるいは向上をはかるため、原価の維持と低減が生産システムのアクティビティの前提条件となる。

図1は生産システムのプロセスを示した図である。ここで情報は上から下へ、さらには下から上へと流れ、下へゆくほど情報の内容がより詳細化され、

かつ具体化されるとともに情報量が増大してくる。つまり情報が上から下へ流れる場合には、情報の拡大および具体化が行なわれ、下から上へ流れる場合には、情報の圧縮および抽象化が行なわれていると考えてよい。

図1でわかるように、情報の流れには大きく分けて物をいかに、どのような形に作るかという情報を扱う技術情報処理システムと、物をいつ、どれだけ作るかという情報を扱う管理情報処理システムの2種類の流れに分解される。

CAD/CAMは前者の技術情報処理システムから製造システムに関するものであり、この技術情報処理システムの中で製品設計へのコンピュータ援用技術がCAD、作業設計・治工具設計、工程設計および作業指示へのコンピュータ援用技術がCAMであると考えられるが、その境界は定かではない。

3. CAD/CAM 技術

前章では、生産システムにおけるCADとCAMの位置づけを簡単にのべてきたが、ここではさらによくわしくCAD/CAM技術について述べる。

3.1 CAD

CAD(Computer Aided Design)という言葉が初めて使われたのは、1959年MIT(Massachusetts Institute of Technology)のCADグループによるものが最初であり、その後GM(General Motors)のDAC-Iシステムに受け継がれた[2]。このMITのCADグループがコンピュータを利用した設計をCADと名づけたのは「人間とコンピュータとの対話」というテーマを考えていたからである。

本来CADとは、設計・製図という作業にコンピュータを導入して、単に設計・製図の生産性を上げるためだけの技術ではない。人間がコンピュータに操られてコンピュータに必要なデ

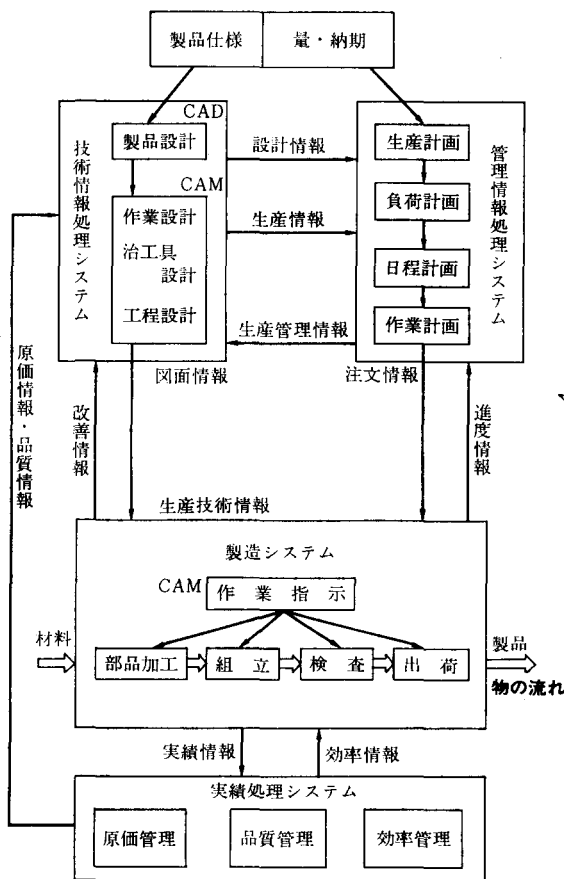


図1 生産システムの構図

ータを入力に結果を出すようなシステムは、DA (Design Automation) である。CAD は、コンピュータに処理させる時間がかかるが、処理の複雑な部分は判断力と認識力のすぐれた人間が行ない、他の単純で作業量の多い処理をコンピュータが自動的に、かつ人間とコンピュータが対話をしながら、それぞれの特長を活用しつつ設計・製図等の生産性を上げるための技術である。

図2は設計プロセスをモデル化した図である。CADで考える設計としては、概念設計・機能設計・詳細設計の段階であり、図の上部にある設計プロセスほど人間の創造性に頼る面が強く、現在のCADは主として詳細設計のプロセスで最も多く使われている。

またCADを分類すると

- 技術解析の CAD
- 製図の CAD
- 情報の CAD

の3つのカテゴリーに分類する方法がある。第1の技術解析のCADとは、機械設計でいえば有

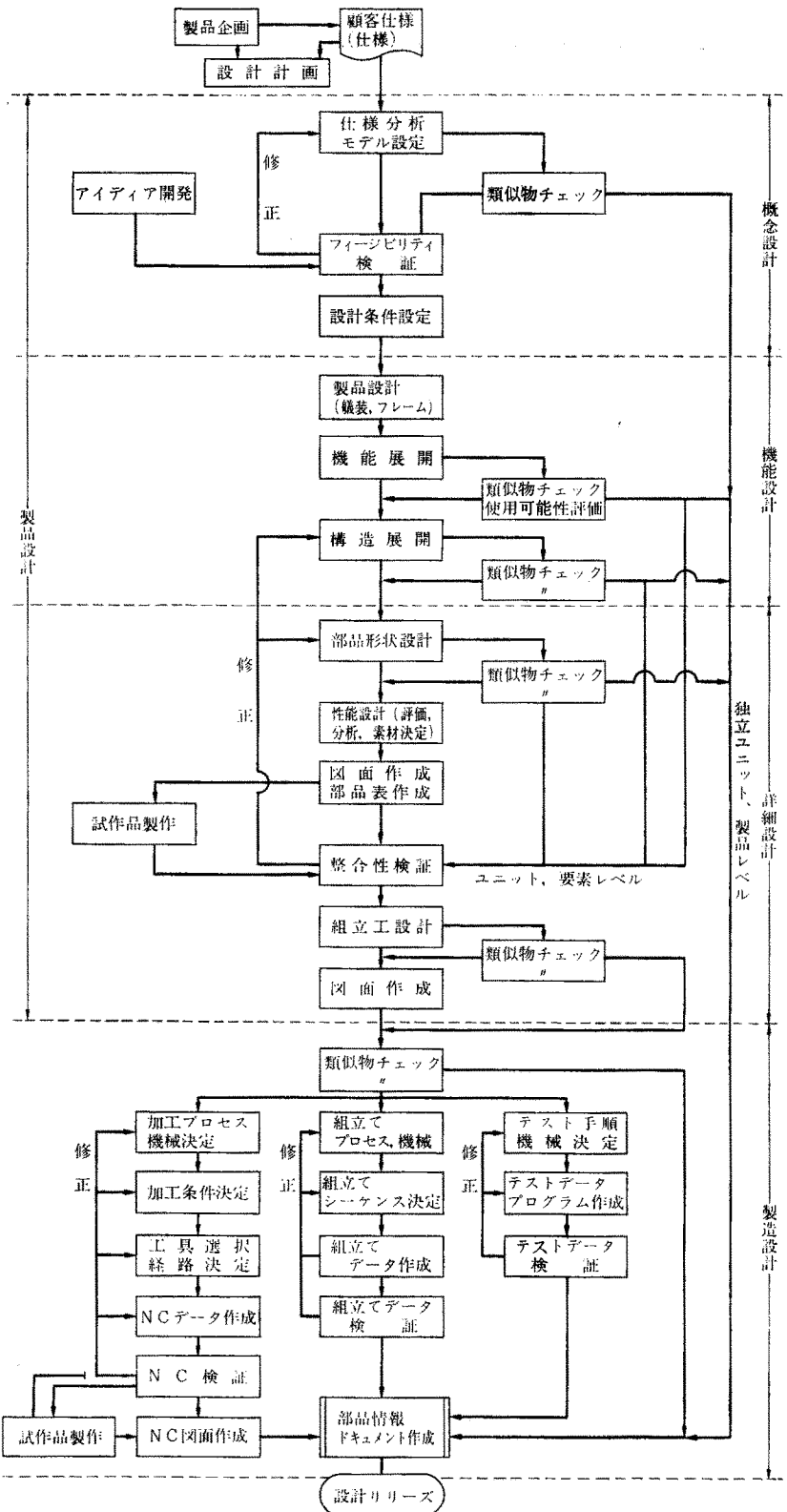


図2 設計プロセスのモデル

限要素法による強度・動剛性計算，電気設計でい
えば論理シミュレーション等の技術計算による解
析を指すものである。第2の製図のCADは，最
も普及しているCADの分野で，人間がコンピ
ュータと対話しながら設計図面を作り上げてゆくも
ので，詳細設計の段階で使用される。第3の情報
のCADは，設計データベースに各種の設計情報
を統一的に記憶し，概念設計から詳細設計までの
設計の全プロセスで，設計者が必要とするデータ
を提供するものである。

最近上記のCADをひとまとめにした概念とし

てCAE (Computer Aided Engineering)とい
うシステムが注目を集めている。

3.2 CAM

CAM(Computer Aided Manufacturing)に
関しても，CADと同様幅広い範囲を指す概念で
あるが，一般的にCAMとは，図2のCADの
設計プロセスが終了した時点から始まり，製造設
計を経て製造のシステム制御を含んだ概念であ
る。

図3は，生産におけるCAMの機能をセルモデ
ルにまとめたもので，図

中のセル間のインタフ
ースデータを円形で記し
た情報群(データベース)
で管理運用するものであ
る[3]。

製造設計とは，製品設
計が「どんなものを作る
か」ということを決定す
るのに対して「いかにし
て作るか」ということを
決定するプロセスであり

- 作業設計
- 治工具設計
- 工程设计

等がある。

作業設計とは，加工法
あるいは加工手順の決定
のプロセスであり，加工
工程の作業の詳細をきめ
ることを目的としている。
また作業設計では，
工作機械での加工の作業
順序の決定，使用工具の
選定，加工条件および工
具経路の決定，NCマシ
ン用NCデータの作成が

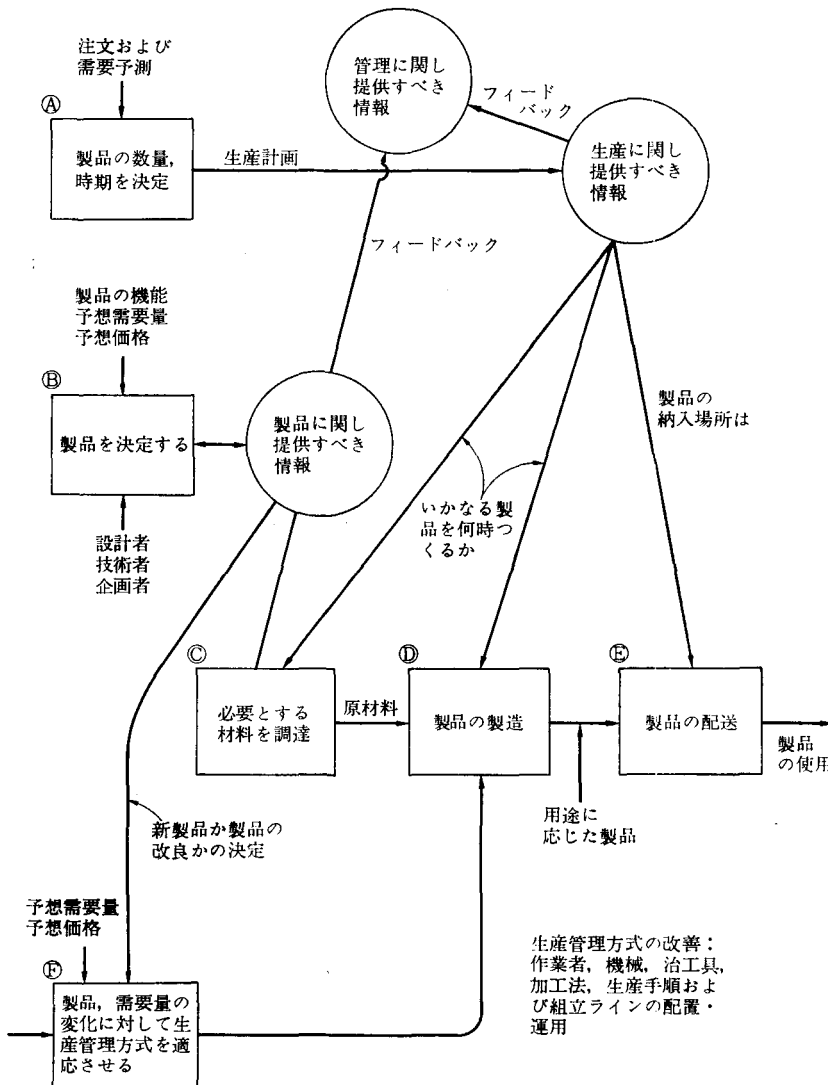


図3 生産におけるCAM

行なわれる。このNCデータ作成は、従来パートプログラマが図面を見ながらNC用言語で命令を書いていたが、最近ではCADシステムで入力された図形データをもとに自動的もしくは半自動的にNCデータを作成するようになってきている。

治工具設計では、決定された加工法・加工手順・加工機械のデータから加工に必要な治工具類の決定が行なわれる。

工程設計とは、製品をどの工程順序で、どんな機械をどんな条件下で使用して作るかということを決めるものであり、特に機械加工では製品ごとに大幅に工程順序が異なるため、工程設計に関心が集められている。また工程設計の延長線上に組立工程の設計がある。これは、組立設備、生産数量、作業時間、作業要素の優先度、工程のバッファから組立工程のラインバランスをシミュレートし、工程編成あるいはサイクルタイム等の最適化をはかるものである。製造設計のプロセスは、図3中では⑩の機能に対応するものである。

このようにして作られた製造用データを現場(図3の⑩の機能)にオンラインで送り、NC機械やロボットを制御する、すなわち生産工程制御をもCAMの範囲に含める場合もある。しかし、生産工程での各マシンの単体制御にコンピュータを利用したものまでCAMと称するのは、ゆきすぎ

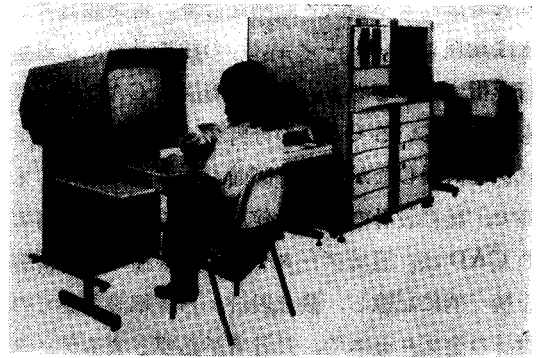


図4 NEWCAD-PWB システム概要

の感がある。

生産システムでのCAD/CAMは、一般に範囲が広く境界線も明確でなく概念的な分類は種々の見方があり一般的でない。しかし、CAD/CAM技術は概念ではなく、真にこれら要素それぞれが有機的な形で統合化された生産システムを構築する必要がある。

4. 生産システムにおけるCAD/CAM適用事例

以上、生産システムにおけるCAD/CAMの位置づけとその意味を説明したが、ここでは現在の生産システムにおけるCAD/CAM適用事例の数例を紹介する。CAD/CAMシステムで現在最も利用台数の多いものは、エレクトロニクス関係の

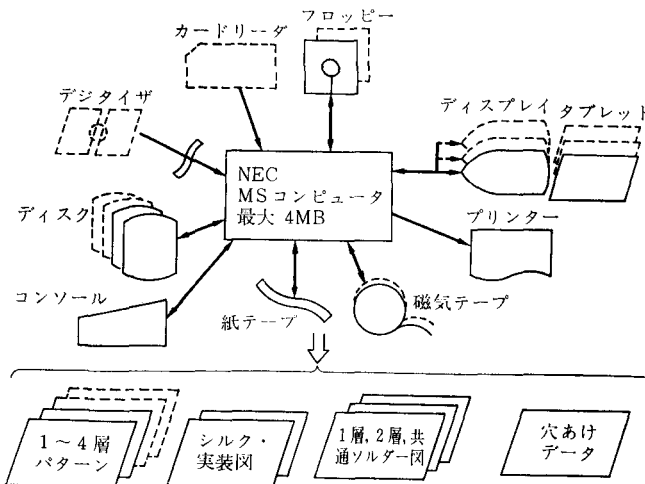


図5 ハードウェア構成

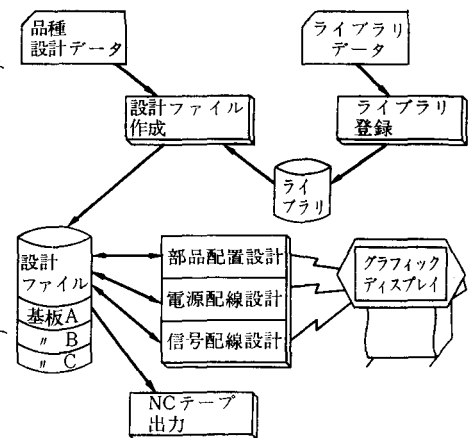


図6 ソフトウェア構成

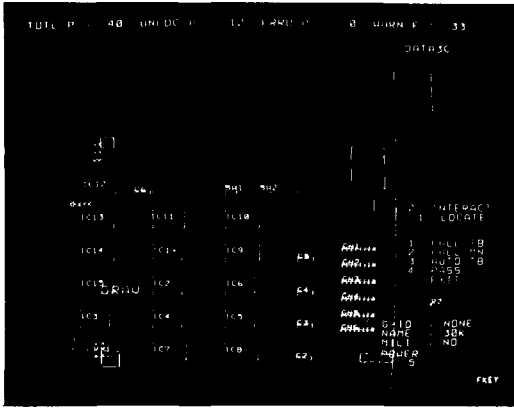


図 7 自動配置の結果

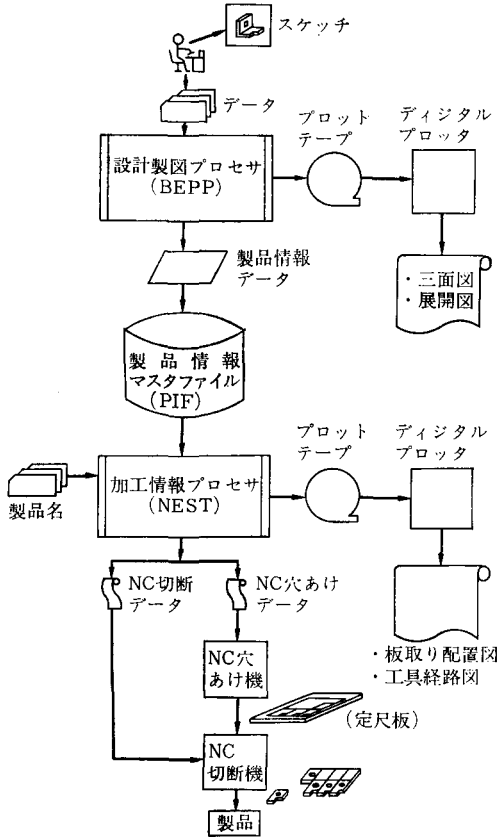


図 9 開発システムのフロー

CAD 特に ターンキーベースのシステムと考えられる。IC, LSI 等で代表される電子部品の設計では CAD システムがなければ設計ができないというほど、CAD は電子部品設計に必要な欠くべからざる存在になっている。

図 4 は会話型プリント基板自動設計システムの

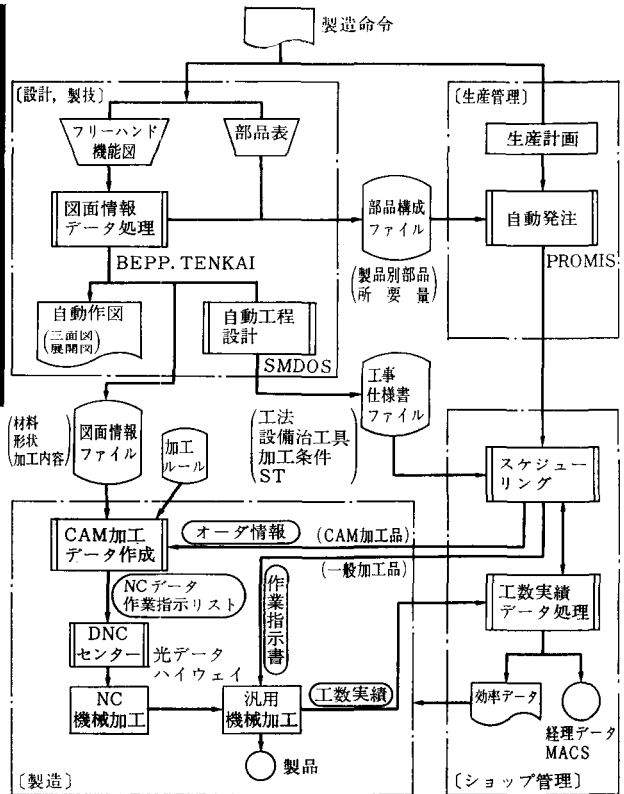


図 8 機工品生産フロー

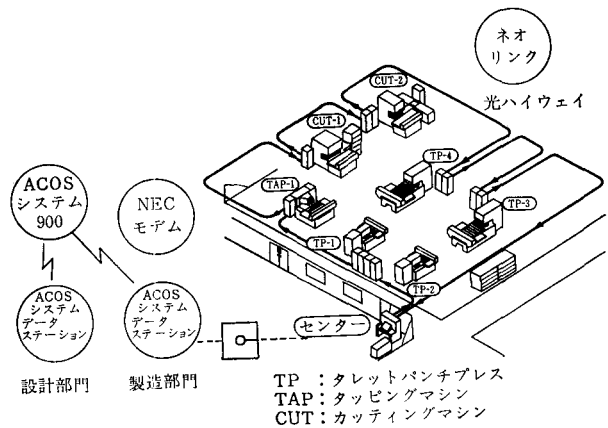


図 10 ハード構成図

概要, 図 5, 6 にはそれぞれハードウェア構成とソフトウェア構成を示す。このシステムはスーパーミニコン NEC/MS シリーズと高性能のグラフィックディスプレイを用いてプリント基板のレイアウト設計および配線処理を対話型で行なう自動設計システムで, 図 7 に自動配置の結果を示す。

```

FS  MS  SA  FP  DP  HD  OS  OP  PP  LO
** CAPP RELEASE 2.1 **
PART FAMILY SEARCH      FS
MATRIX SEARCH           MS/CLASSIFICATION CODE
SEARCH ATTRIBUTES      SA/COL. NO.,VALUE(S)
FORMAT PLAN             FP/PARTNO,PLAN TYPE,STATUS
DELETE PLAN             DP/PARTNO,PLAN TYPE,STATUS
CREATE NEW PLAN         HD
RETRIEVE OPCODE SEQ    OS/PARTNO,PLAN TYPE,STATUS
RETRIEVE OP PLAN       OP/PARTNO,PLAN TYPE,STATUS
PROCESS PLAN REVIEW    PP/PARTNO,PLAN TYPE,STATUS
LOGOFF                  LO

    入力 → FS
  
```

図 11 CAPP メインメニュー画面

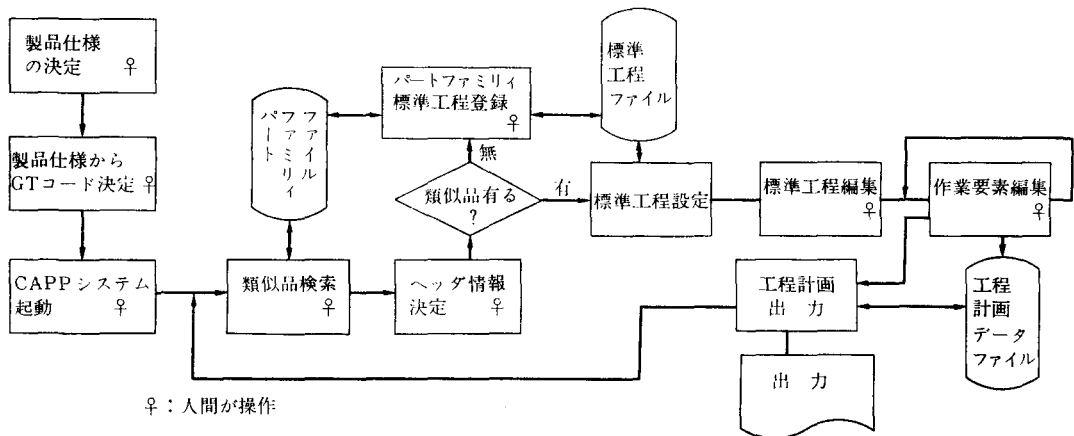


図 12 CAPP 操作ロジック

```

PART NUMBER = 047619-K
CHARACTOR CODE =1154$
* PLAN TYPE =
* PLAN STAU$ = I
  ** OP CODE **   UNIT TIME   SETUP TIME
1  FURMAT1       15M          5M
2  DRSF1         35M         12M
3  GANMIL2       45M         10M
4  VMILL2        12M         45M
5  DRRM1         30M         10M
6  BORE1         30M         10M
7  BORE2         55M         10M
8  DEBURR        10M          0000
9  ID1           5M           0000
10 DEGRES        8H           0000
11 INSP2         2.5M        0000
12 MASK1         15M          5000
-----
25  PACPRO       15M          0000
26  ASEMBL1
UNIT TIME       15H   44M   30S ← 総作業時間
SETUP TIME      1H   59M   0S   ← 総段取時間
  
```

図 13 作業工程リスト

図8は、板金構造部品CAD/CAMシステムの生産フロー、図9はシステムフロー、図10にハードの配置図を示す。このシステムの特徴は、生産

に必要な情報はすべてEDPデータベース化され、光データハイウェイによるNC群制御を行なう等により、コンピュータでPLAN-DO-SEEが実

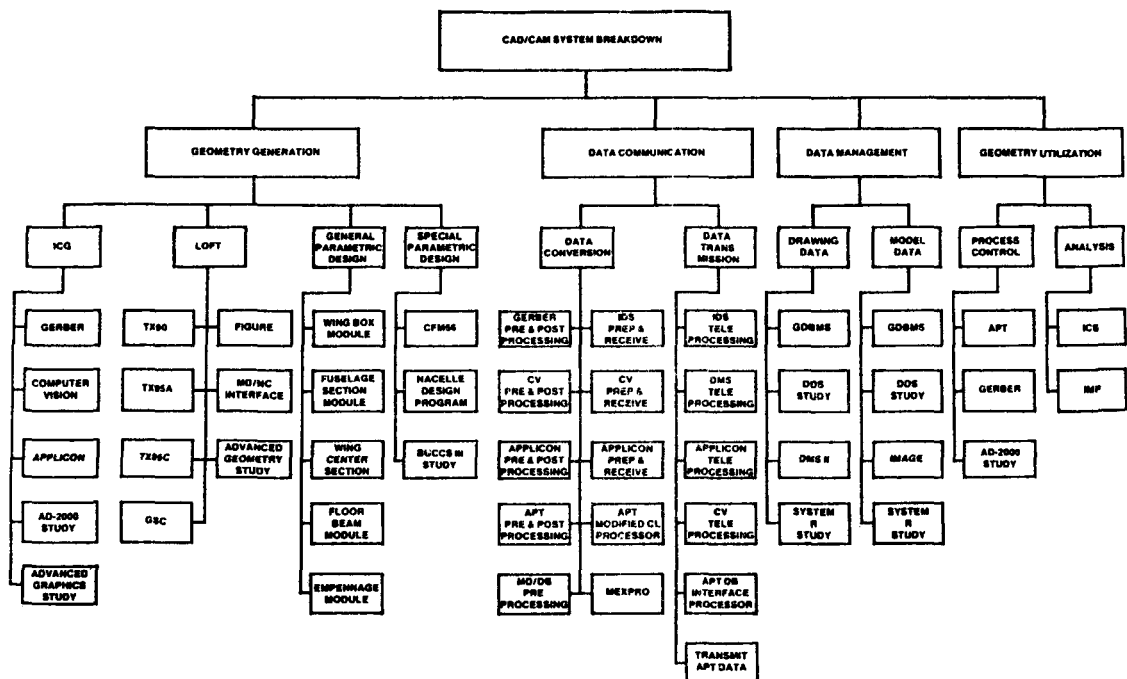


図 14 Boeing 社 CIIN ハード構成

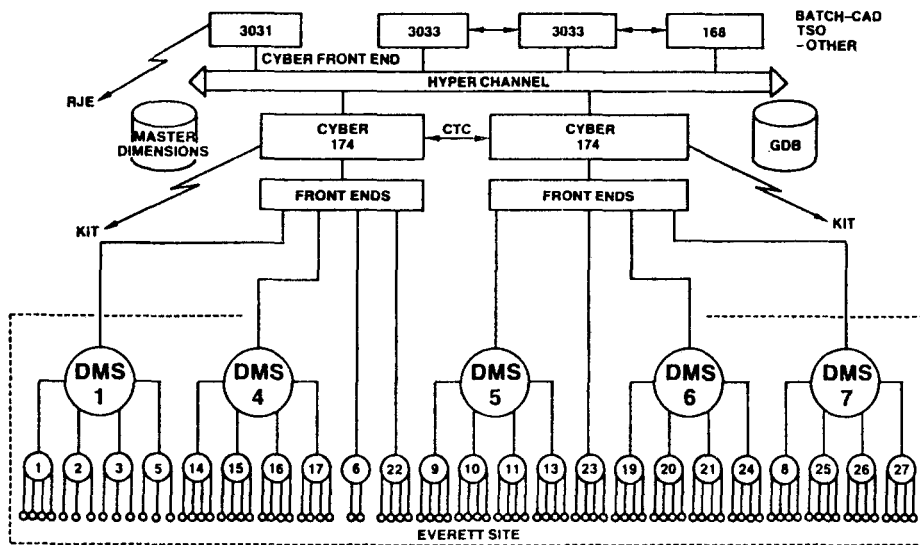


図 15 Boeing 社 CIIN システムネットワーク

踐できることである[4][5].

自動工設計システムの例として CAPP (CAM-I Automated Process Planning System) をとりあげる. 図 11 は, CAPP のメインメニュー, 図 12 は, CAPP の対話フロー, 図 13 は, 作業工程の出力リスト例を示している. CAPP は,

GT コードをベースにした検索型自動工設計プログラムで, CAM-I では現在創成型の自動工設計プログラムを開発中である.

生産システムにおける CAD/CAM システムの最も大きなシステムとして, 米国 Boeing 社の例が上げられる[6], このシステムは CIIN(CAD/

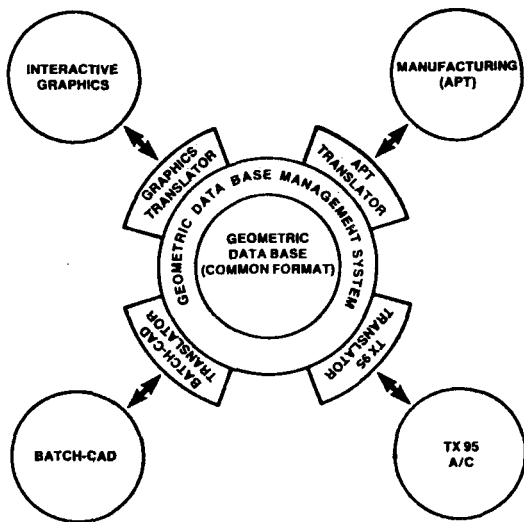


図 16 Boeing 社 CIIN 図形データベース

CAM Integrated Information Network) と名づけられ、その中核に共通データベースを置き、異種のコンピュータ (IBM, CDC) をネットワークし、CAD・CAM 端末としてターンキーシステム (Gerber, CV, Applicon, AD-2000), DNC, CNC マシンを配置したトータル CAD・CAM システムである。このシステムの 1 つの特長として図形データベースは全システムを通じて共通フォーマット (ワイヤフレームデータ) 化され、ローカルな装置で必要なデータは、この共通データベースからのソフトトランスレータを経由した形で転送されるという非常に大規模なシステム構成をとった CAD/CAM 総合システムとして注目されている。

5. おわりに

CAD/CAM 技術は、1980年代にいたり大きな変革の時代をむかえている。1970年代までの CAD/CAM 技術は、Boeing 社の CIIN 等に代表されるトータル CAD/CAM システムと電気設計のためのスタンドアロンターンキーシステムの全盛期であり、そのハードウェアは、大型汎用コンピュータ、16ビットミニコンおよびストレージ型グラフィックターミナルであった。

1980年代に入ると、エレクトロニクス産業の急発展に裏づけられたコンピュータ (32ビットスーパーミニコン、中型高速コンピュータ) の開発、リフレッシュ型グラフィックターミナルの実用化低価格化と相まって、より使いやすく高性能の CAD/CAM 用ソフトウェアが提供されるにいたり機械設計分野での CAD/CAM システム実用化の見通しが立ち、トータル生産システムにおける CAD/CAM 技術は実用化の方向に動き出したと考えられる。またハードウェアの低価格化は、CAD/CAM ユーザーの拡大化=CAD/CAM 市場の拡大化が急速に進行しているといえる。

ウォールストリートジャーナルによるとターンキーメーカーの売上は高い増加率を示している。ある予測では1984年まで40%以上の平均成長率が予測されていることから CAD/CAM が生産に受け入れられていくことが理解できる。

本稿は、生産システムにおける CAD/CAM 技術の役割について、概要をのべたにすぎない。今後の CAD/CAM は、生産システムにおいて中心をなすとの認識は、疑いのないこととして受け入れられるものと思う。今後の急速な進展には十分その内容の理解と合わせていかに対応していくかをあらかじめはかしておく必要があると考える。

参 考 文 献

- [1] 山下英男監修：共立総合コンピュータ辞典，昭和51年11月
- [2] 沖野教郎：CAM-I 総会資料，昭和55年12月
- [3] CAM-I Long Range Plan：CAM-I ATPC，1979，R-79-ATPC-01
- [4] 小林 宏：Computer Aided Manufacturing And Process Planning For Sheet Metal Parts，CAM-I Spring Seminar，1981
- [5] 黒地則夫他4名：板金構造品用 CAD/CAM システムの開発，精密機械，Vol.45，No.3，1979年
- [6] C.W.Klomp, D.W.Harris：The Development And Implementation of CAD/CAM System on A Large Scale，CAM-I Spring Seminar，1981