

図形処理システムの現状

—CAD/CAM の視点から—

植田 英範*

An Overview of Computer Graphics System

—Computer Aided Design and Computer Aided Manufacturing
from User's Viewpoint—

HIDENORI UEDA*

1. ま え が き

近年コンピュータ技術の長足の進歩と普及にともない、コンピュータ利用分野も拡大の一途を辿っている。特に図形処理の分野においては、日常のテレビ番組にさえこれらの応用が現われ、次々と新しい技術を駆使した画面が披露されるので、驚ろくばかりである。このような画像処理だけではなく、アニメーション、意匠デザイン、シミュレーション、CAD、CAMなどは、その進歩に目を瞠らせるものがある。

コンピュータの利用技術として、図形処理に注目した研究や提唱が行なわれたのは既に久しいことである。しかし1960年を前後するこの当時のコンピュータ技術で、膨大な問題を孕んでいる図形処理を行うには、多くの障壁があった。恐らくは、その概念さえ定着していなかったことであろう。そのような状況下でも、一部の先達者たちが、図面書きなどの作業はすぐにも人間の手からコンピュータに替ってしまうであろうとの誇大宣言をしたもので、多くのユーザは期待を裏切られ、一時代の低迷期を迎えている。しかし、その後も少数のユーザや研究者によって、地道な研究が続けられ、近年のエレクトロニクス技術の発展がもたらせたコンピュータの性能向上がこれらを助け、ようやく満足できる実用化の目途を与えた。

長い間人間は、生活のコミュニケーション手段として、読み書き、見る、聴く、触ることを行い、そのメディアとして文章（言語、数字）、絵（絵画、写真、景色）、音を使い分けてきた。コンピュータが人間のコミュニケーションを助けるとき、シリアルに処理できる文章や音を扱

* 電子計算機センター主任
Chief, Computer Center

うことは比較的容易である。しかし絵などはパターン認識であり、そこに含まれる情報量が極めて多いため簡単なことではない。しかし逆に、人間に対する情報伝達時間は極めて早い。ちなみに人間の聴覚は130～300語/分、視覚（読む）は600～1,200語/分、を識別できる情報処理能力がある。これが絵や図形を用いると114,000語/分という比肩できない情報処理能力を発揮する。

全ての情報を文章や数値に置き替えてきたコンピュータは、昨今情報の氾濫が杞憂されるに至り、ビジネス社会ではこれら多くの情報を選択し、迅速・的確な意志決定を余儀なくされている。このような状況下では、図、グラフ、絵などを用い、人間の得意な直感力を働かせることに大いに意義がある。図形処理テクノロジーの果てしない夢と、地道な歩みはこのような人間の本質に根ざしていたと思われる。

本稿は、このように流行が再起し、一躍脚光を浴びている図形処理システムを概観するため、まず、その歴史から、技術動向、主な利用分野の現況について報告する。

次に、これを支えてきたハードウェア、ソフトウェアを概説し、現在市販されているそれらの資料を作成した。さらに、この分野での一つの大きなアプリケーションであるCAD、CAMの現況についてまとめ、これらの適用と導入を検討するに際しての、初期的な手掛かりに供することを目的とした。

2. 図形処理システムの概要

2.1 図形処理システムの適用

2.1.1 図形処理システムの範囲

視覚情報となるものには、文字、図形、絵、像などがある。一般的には図形処理の対象となるものは、ラクガキ、スケッチ、デッサンのように表意を目的としても、定義や形状の一部が明確に表現し難いもの、包装紙や衣服地、カーテン地、カーペットの類に見られる造形、幾何紋様、絵、漫画、文字や数字の象形図、各種標識、統計値等を図化した各種のグラフ、アナログ変量の表示、各種用途の図面、製図、構造図、工程図、ファッションデザイン、意匠図、シミュレーション等による動画、アニメーション等が入り、写真、実像、映像などは図形とはしない視覚情報である。

これら各種の図形の表示、描画に対し、何らかの形でコンピュータを利用するのが、図形処理システムである。しかし現状のコンピュータテクノロジーにおいては、その可用性から対象としないものであり、本稿においても図2-1に示すハッチング部分の範囲を暗黙に図形処理の対象とすることにする。図2-1では、図形処理の適用をコンピュータ・テクノロジーのレベルで見ると、単純な絵と複雑な絵、点・線による表現と面による表現の4方向性を指向してい

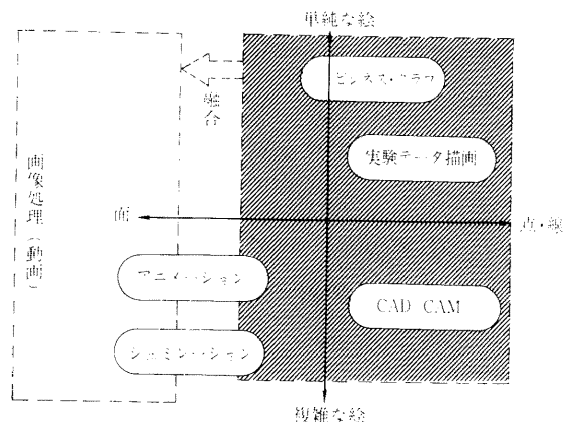


図 2-1 図形処理の範囲

ることから、その位置関係についてのアプリケーションを表わしている。

また、図形処理システムにおいて重要なテーマであるカラー化、立体視化、動画などについての表示技法についても後述するが、この技術の方向は明らかに画像処理と図形処理の融合を目指しているので、画像処理の分野をも一部分対象内に含めるものとした。

2.1.2 図形処理の区分と定義

コンピュータ・グラフィックスは、IC を代表とするエレクトロニクスの発展がもたらしたグラフィックス・ディスプレイ装置などのハードウェア性能に多分に依存した、比較的新しい技術である。そのために、この分野では多くの術語や定義がかなりあいまいに使われがちであるので、D. F. Rogers の定義を引用し、その区分について説明を加える。

まず、コンピュータの人間に対する働きかけが時間的にどうであるかの区分では、

- ① Passive (受動的) Graphics
- ② Interactive (対話的) Graphics

の2つに区分することが出来る。

単に Computer Graphics という場合には、本質的には受動的なものを指しているので、Passive Graphics に属するものといえよう。

また、Business Graph, Computer Aided design, Computer Aided Manufacturing や、Computer Art, Computer Animation, Computer Simulation などは、Computer Graphics の application であり、コンピュータを援用に用いるが、必ずしも全システムに、グラフィックスを用いるとは限らず、グラフィックスを用いた場合でもそれらのシステム毎で、Passive の場合もあり Interactive の場合もあり、サブシステムや全システムに亘っては共存する場合も多い。

(1) Passive Graphics

コンピュータの図形出力には、

- ① シリアルプリンタ (データ・ライター) やラインプリンタ, キャラクタディスプレイとそのハードコピー装置などによる, キャラクタモードのビジネスグラフや濃淡図形(写真1)
- ② XY-プロッタによる実験データのプロットや統計処理でのグラフ描画, ビジネスユースのグラフなどの出力図形 (写真2)
- ③ 自動製図機による木工, 機械, 電気, 建築, 土木などの製図出力 (写真3)
- ④ グラフィックスディスプレイ (写真4), およびこれに接続した静電プリンタやレーザービームプリンタなどのハードコピー装置による図形表示や出力 (写真5), シミュレーション画像 (写真6), など初期の頃から現在まで様々な出力形態や方式が見られるが, あくまで最終的な生産物としての出力であるなら, これは人間とコンピュータの対話は必要としない。

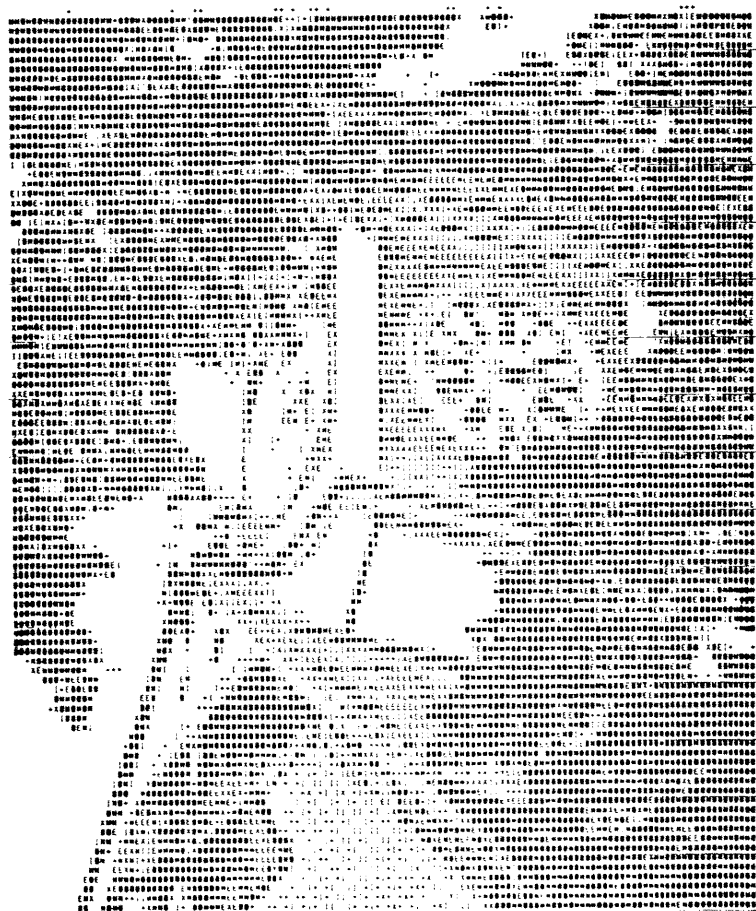


写真1 プリンタによる濃淡図形出力例 (時計台: 北大大型計算センターによる)

資料：図形処理システムの現状

BC= 6.00 YA= 45. NA= 1.0
WR= 0.3425 0.3450 0.3475 0.3500 0.3525

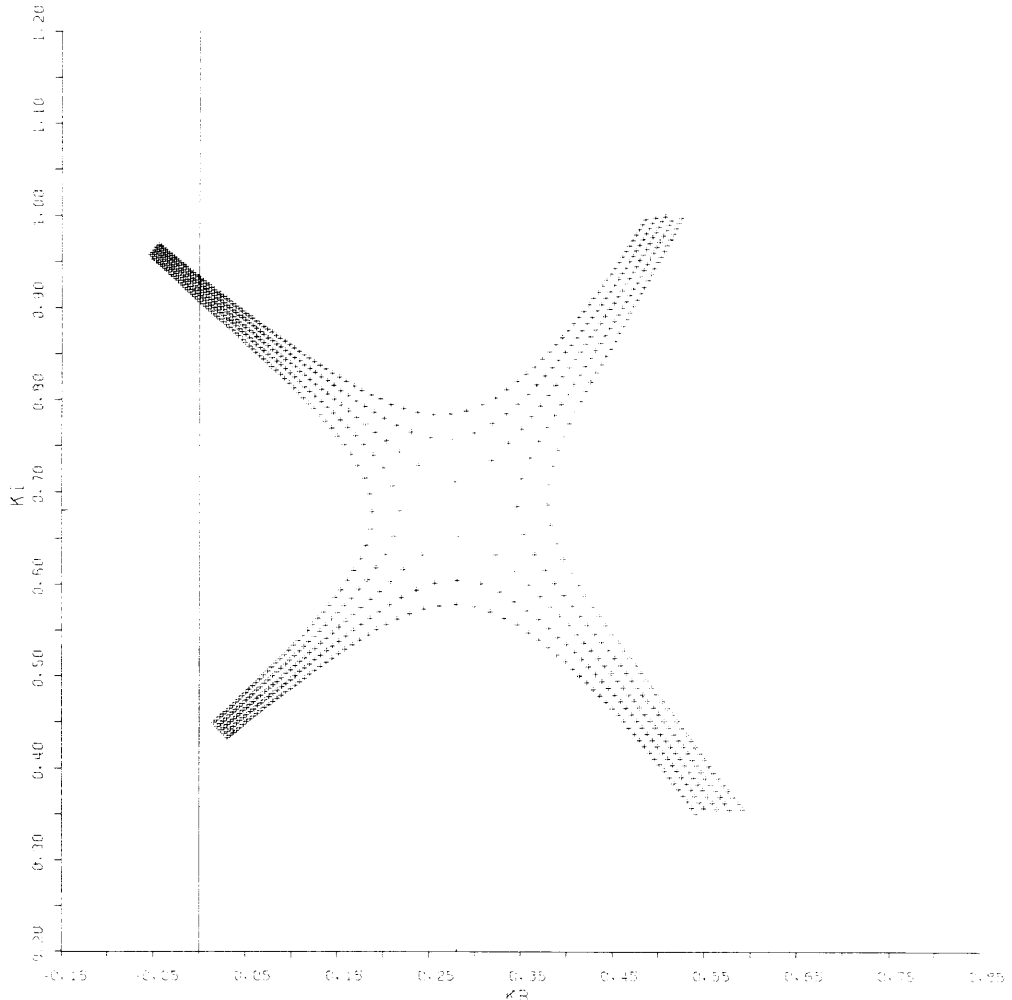


写真2 XYプロッタの出力例

このように出力、あるいは出力後のコンピュータに対する人間の働きかけが、時間的に充分後で行うことのできる受動形の処理をいう。

(2) Computer Graphics; CG

コンピュータ・グラフィックスは、ただちに図形処理システムのように印象づけられているが、図形処理のうち、コンピュータを用いて図形の定義、記憶、操作および表示を行う技術をいう。コンピュータは、人間に対して記憶している情報を何らかの図形で提示し、人間は示された図形に対して直接的に制御する手段を持たない受動的な場合である。

(3) Interactive Graphics; IG

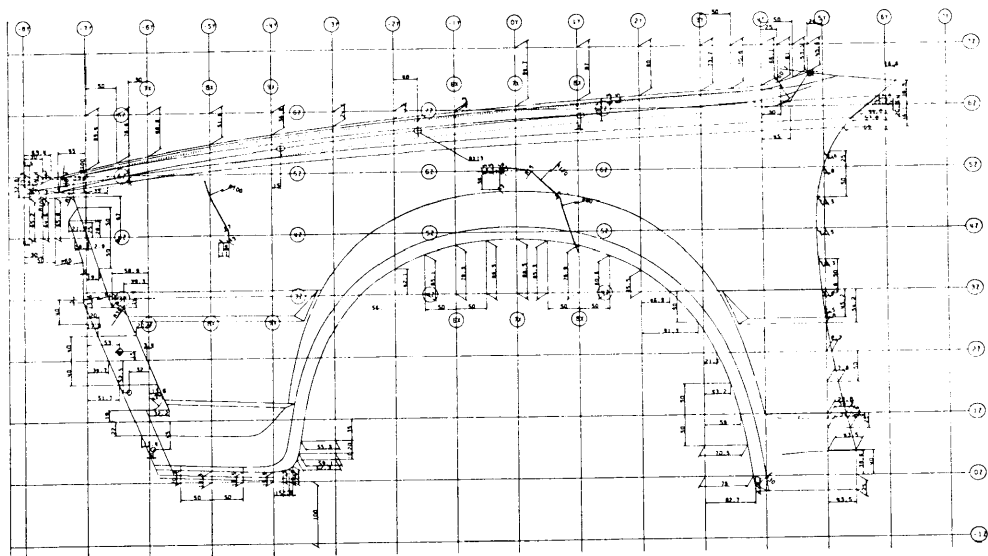
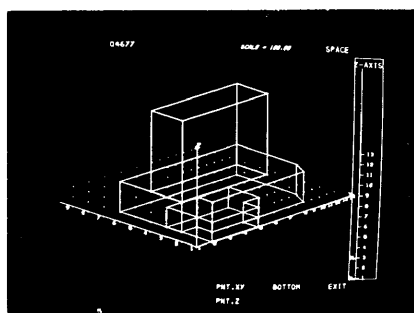
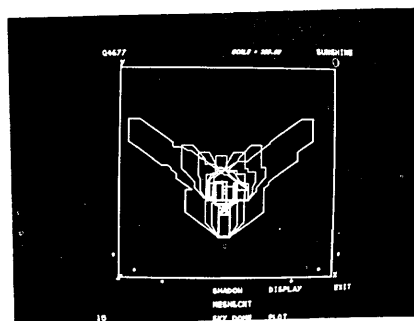


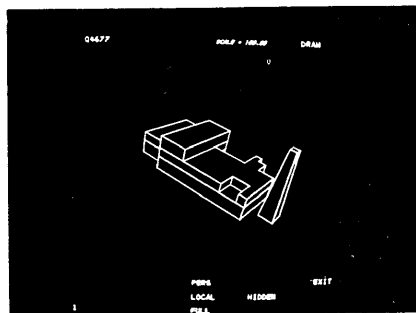
写真3 自動製図機による出力例 (自動車外板: 日産 CAD/CAM システムから)



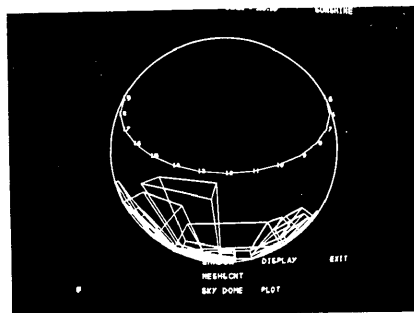
建物形状定義



時刻日影図



建物透視図



天空図

写真4 CRT ディスプレイ画面の出力例

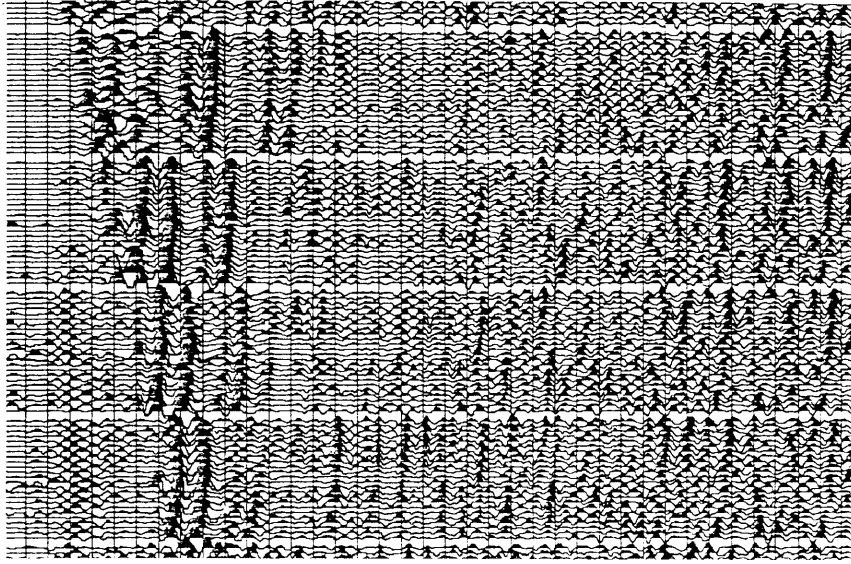


写真5 ハードコピーによる出力例（地震形波：パーサテックによる）

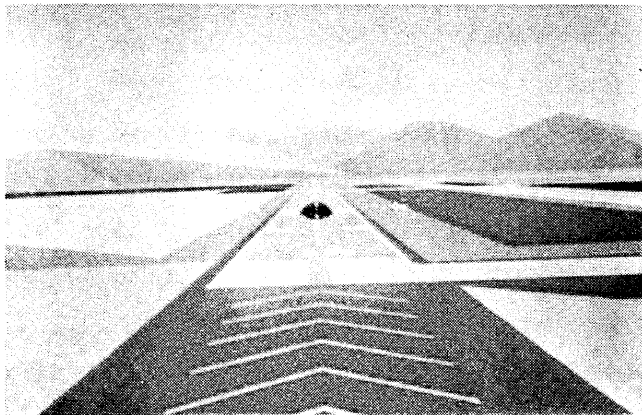


写真6 フライト・シュミレーション画像（E&S社）

これに対し、CRT (Cathode Ray Tube) 表示装置などによる一連の図形処理は、最終的な出力面を得ると同時に、コンピュータ内部にある各種モデルの創成ならびに修正操作を、高応答性をもって処理することが重視される。IG もコンピュータにより図形を用意し、表示する意味ではCG と同義であるが、人間が提示されている図形に影響を与えることができる点で区別する。すなわち人間はリアルタイムにコンピュータと図形のやり取りを行い、この行為を対話 (Interactive) するということからIG と呼ぶ。

一連の図形処理を見るとき、特に最近流行の各種デザイン・プロセスでは、人間の頭の中のイメージをコンピュータとのやり取りの中で、抽象的なモノから徐々に具体的なモノへフィッ

トさせる過程がある。このプロセスにおいては対話性は不可欠の要素となるが、必ずしも全システムが対話形式を取っているとも言い難い所があり、幾つかのサブシステムに用いられることが多い。しかし、そのサブシステムが、全体の主要な部分を占めるとき、このシステムについて IG とすることもあり、このような意味からも CG の方が広義であり、範囲が広い。このことを理由に総括的には CG と呼ぶ場合が少くないので、本稿においても Passive と Interactive の区別を特に強調する必要がない場合には、図形処理を指して CG を広義に用いることにする。

(4) Computer Aided Design; CAD

CAD とは、個々の部分作業、サブシステム、あるいは全システム的设计 (design) 作業に、何らかの形でコンピュータを援用することである。この限りでは、コンピュータの援用形態が Interactive であることが必要条件であるが、システム全体を見たとき必ずしも graphics とはいえない作業も含んでいる。また、設計プロセスは CAM との境界部分とに関連することが多く、CAD を厳格に区別定義することは難かしい。多くの生産、製造業種では CAD/CAM と連じて、全システムを称しているが、この方が正しく定義に叶うようである。

(5) Computer Aided Manufacturing; CAM

前述の設計および、設計プロセスを除く生産、または製造プロセスにコンピュータを援用することをいう。すなわち CAD を適用した結果を利用したり、NC (Numerical Control) 機械のコントロールテープを作成する APT (Auto Programing Tool), UNIAPT, EXAPT のような言語を用いて行うパート・プログラミング、あるいは作成したテープ検証のための工具軌跡図の出力、工作機械の運動制御、CNC (Computer Numerical Control), DNC (Direct Numerical Control) に見るミニコンなどによる直接的な工作機械の制御なども、CAM のカテゴリーに含まれる。CAD との境界が明確にできないことから、CADAM (Computer Aided Design And Manufacturing) と呼ばれるシステムも出廻っている。しかし、いずれにおいてもその実態は、passive graphics system がその主要部分である。

2.1.3 図形処理システムの利用分野

(1) ビジネス・ユース

経営や運営における事務作業には、あるタイミングに大量の情報が発生する。そこに起因する単純作業の永続性、大量データ解析の煩らわしさ、人員コストの増加など、コンピュータのアウトプットが文字情報であることも拍車をかけて、情報処理能力を上廻る情報量、すなわち情報氾濫が問題になった。米国の FNBC (First National Bank of Chicago) で上級管理職の作業時間を調査したところ、データの収集に全作業量の86%の時間を要していたという。すなわちデータ量が多すぎるため、本来の仕事が侵されているという具体的事例である。この様な問

資料：図形処理システムの現状

| | |
|----|-------------|
| 1 | 点 グ ラ フ |
| 2 | 棒 グ ラ フ |
| 3 | 連立棒グラフ |
| 4 | 層 棒 グ ラ フ |
| 5 | ヒストグラム |
| 6 | 円 グ ラ フ |
| 7 | 半 円 グ ラ フ |
| 8 | 多 角 形 グ ラ フ |
| 9 | 近似曲線グラフ |
| 10 | パイチャート |
| 11 | 極座標グラフ |
| 12 | バレード図 |

グラフィックモード、及びキャラクターモード共にある機能である。

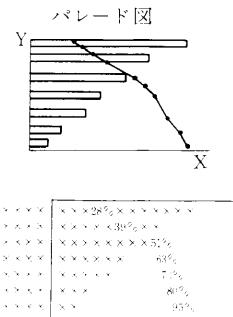
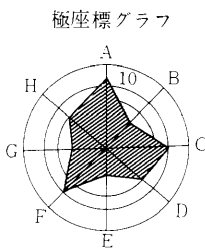
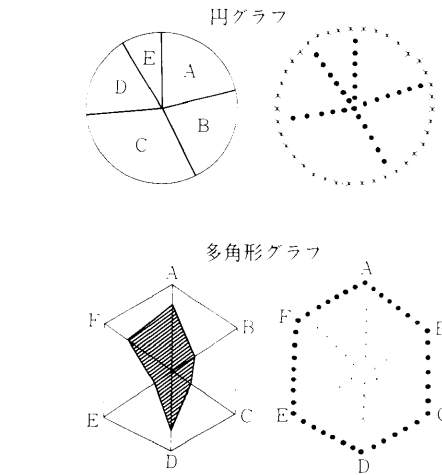
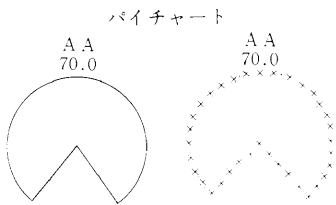
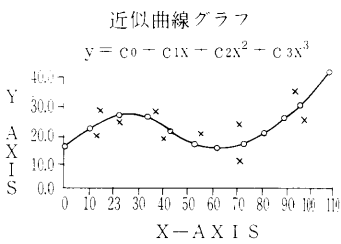
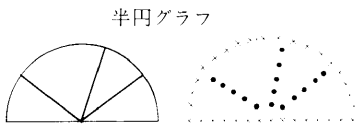
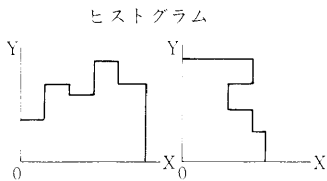
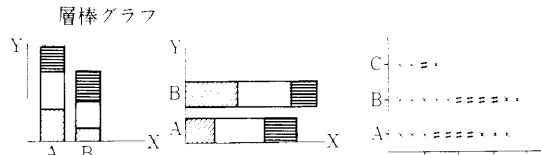
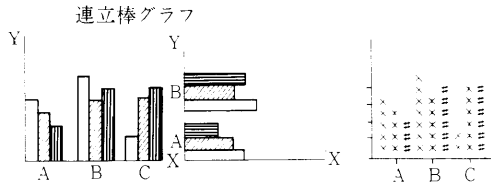
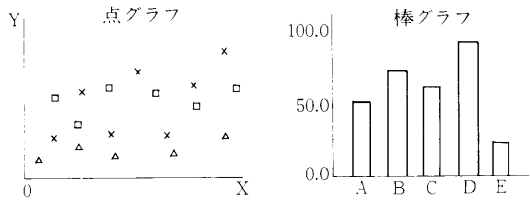


図 2-2 各種ビジネスグラフ (FACOM)

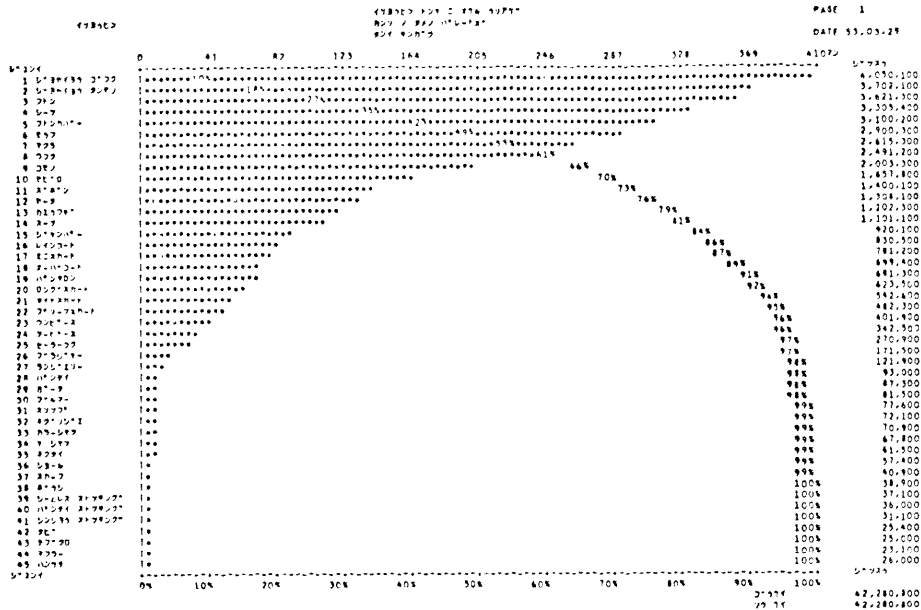


図 2-3

題になると、最早情報量の削減か、処理速度の向上に頼る他はない。情報削減や縮小化は、企業活動の上では本質的な解決にはならず、処理の高速化は、人間の能力に限界がある。方策は、機械の処理能力と、出力形態の工夫に依存することになる。すなわちビジネスデータ（文字情報）をビジネスグラフとして出力し、視覚化することにより人間の直感力や処理能力を高める効果を狙ったものである。

ビジネスグラフの主なものには、図2-2に示すものがあり、単純な図形はグラフィックモードのみならず、キャラクタモード（印字文字の配列の工夫により図化する）で、データライターやラインプリンタで出力（図2-3）可能である。

殆どどのフレームメーカーで、これらを出力するためのソフト、GSP (Graphics Subroutine Package) を提供しているため、ユーザはこれらサブルーチン呼び出し、形式に応じたパラメータを与えることによって容易に描画が得られるようになっている。またXY-プロッタでの線図を描く場合も同様に、PSP (Plotter Subroutine Package) をユーザプログラムにて呼び出すことによって容易に図化できる。これらが、図形処理の中で最も簡単な手段である。

(2) CAD/CAM

生産、製造工業などのプロダクツ・ユースにおける図形処理は、CAD/CAM によって実現する。これについては、後述2.3節についてその概要を述べることにする。

(3) コンピュータ・アニメーション、シミュレーション

資料：図形処理システムの現状



写真7 コンピュータ・アニメーション (E. Catmull)

コンピュータ・アニメーションとは、コストの大部分を占める彩色（色付け）と、動きの節を結ぶ中割りのプロセスを、コンピュータに行わせるもので、テレビや劇場用の漫画的な2次元のアニメーション(写真7)、NASAの人工衛星のシミュレーションのように3次元のもの、マイコンによるカメラ操作や、ビデオ技術を駆使したもの、構造解析などの工学分野で、例えば破壊の状況などを計算値から次々と変位量を求め、動的にリアルに表示させたものなど、バラエティに富んでいる。

3次元コンピュータ・アニメーションでは、CRT表示装置に図形を出力する場合、具象的形態は数式では表現し得ない。この入出力の問題に対して色々な方法を採用している。例えば手の動きをシミュレーションするアニメの場合、石膏で作った手のモデルの表面に、曲面の轉向点を結ぶ三角点を取り、デバイダーで計測するという極めてプリミチブな方法によってデータを得ていた。その後、この計測値は自動的にスキャンさせて、デジタル信号で取るようになったが、その原理は変わらない。表示をリアルに行うためには、CRT表示装置上に、曲面の各点を結ぶ線画を描かせ（ワイヤフレーム）、陰れ線（ヒッドンライン）を消去し、ワイヤフレームで囲まれた各面に色彩を施し、面処理を行わせた後で縮小する。この方法は、線、面、カラーのデータ量が膨大になり、容量の極めて大きなコンピュータが必要になるので、やがてラインとラインをなめらかな曲線群で結ぶスムージングの機能が付加されている。この画像を取り出してコマ撮りをし、アニメを完成させる。

しかしこの方法では、余りコンピュータ利用の効果が出ず、ADAGE社、EVANS & SUTHELAND社、VECTOR GENERAL社のようにリフレッシュ型グラフィックス・ディスプレイが必要になる。最近発表されたE & S社のストローク・リフレッシュは、64色と8濃淡/色で、アドレスポイント4096×4096×64番地/面、16 bit/語 RAMで256Kワードの容量を持ち、ズーム、回転、切断などがリアルタイムに行える高性能を実現している。

彩色方法についても独特の技法が必要である。最近、ラスタースキャン方式のCRT表示装置を用い、赤、青、緑の3原色の分量の割合を変えることにより、多彩色を可能としている。その上選んだ色に艶消しを行ったり、透明色表示や、イルミネーションのように輝いて見えるイルミナチック・カラーなど、希望の調子を選ぶことができる上、その図形上に絵を画かせるテクスチャをも行わそうとしていて、まるでカメラのレンズで捕えた実像の様にリアルな像を構成するに至っている（写真8）。

さらに図形の動的表示を行わせる映像作成のテクノロジーを見ると、図形の変形を行わせる

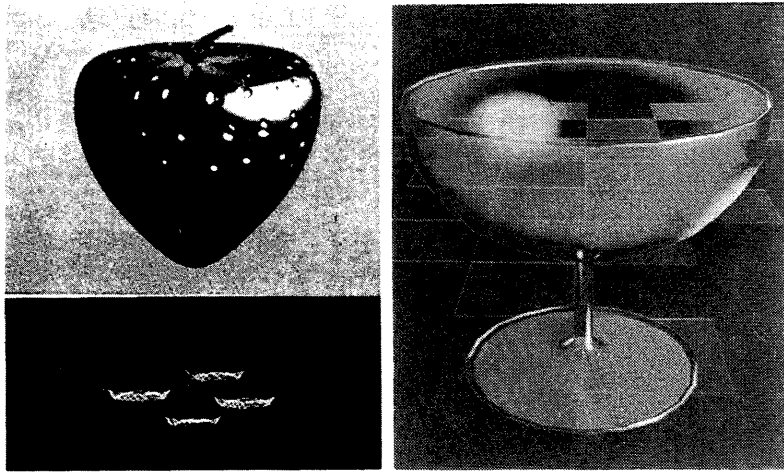


写真8 テクスチャ(左)とPHong手法(右)による画像例

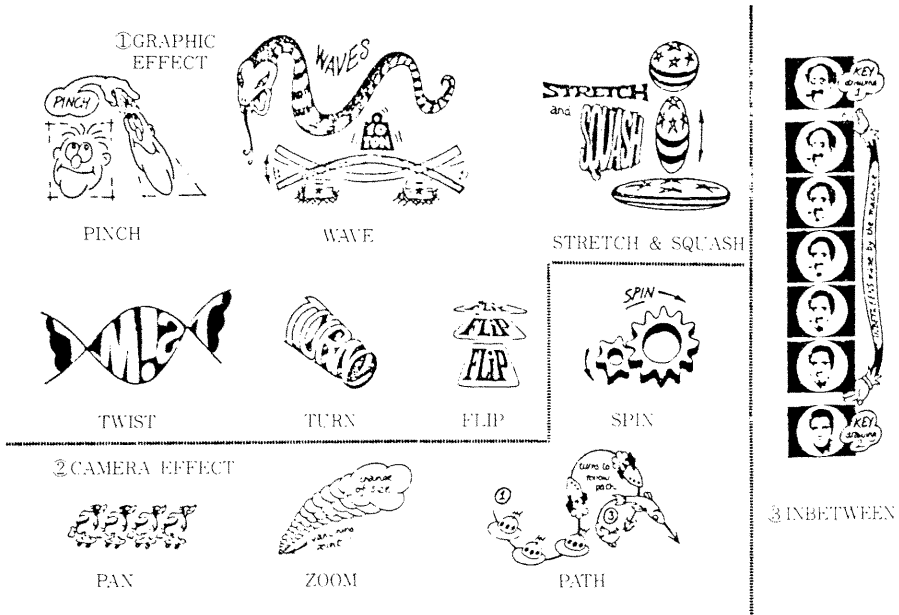


図 2-4 コンピュータ・アニメーションの機能例(画像情報から)

グラフィック・エフェクト, カメラ・ワーク的な動画を与えるカメラ・エフェクト, キャラクタAから, キャラクタBへの変化を自動的にとらえ, 中割を作るインビットウィーンなどの機能(図2-4)を実現した。キャラクターの動きに対しては, skeleton と呼ばれるソフトがあり, 手首, 肘, 肩, 膝, 腰といった動きの支点の相対的な運動を記憶させ, アニメータが自由に行動をオペレーションしたり, Movement control function が用意されていて, 自然な動きに近付かせている。

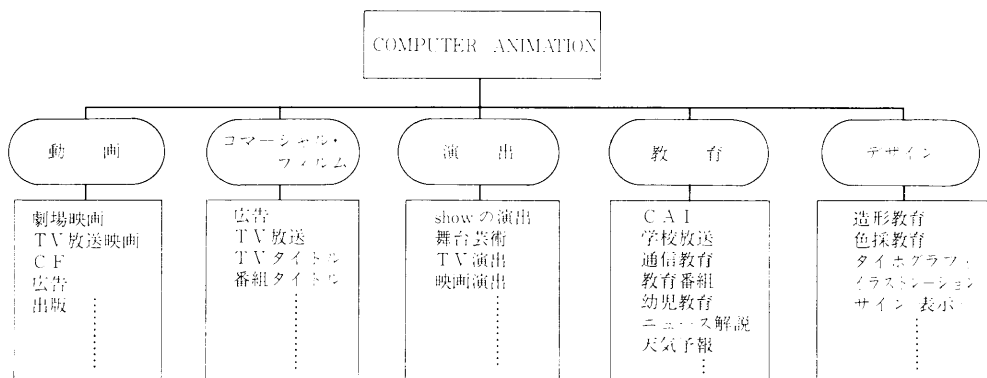


表 2-1 コンピュータ・アニメーションの適用分野

コンピュータ・アニメーションは、このような技術の展開により、さらに普及し、その適用範囲は(表2-1)さらに広がり、コンピュータ技術、レーザー技術、ビデオシステム技術等を核とする音響と映像・図形処理の合成技術により、視聴覚伝達の有力な媒体となり、教育に導入すると、教育方法を一変させ得る重要なツールになるものと思われる。

一方、コンピュータ利用におけるシミュレーションは、経済の予測問題や、ビジネス・ゲーム等に盛んに応用されているものだが、本稿の目的からは外れているので割愛する。むしろ、各種機械や工具、乗物などの軌跡、運動などの模擬実験、構造物の応力状態、原子炉などの熱応力の分布状況をあたかも現実モノとして実態を見ているように動的表示を可能にしたコンピュータ・グラフィックス、アニメの技術のカテゴリーで見た方がよい。航空機のフライトシミュレーション、スペース・シャトルの宇宙空間での操作シミュレーションなどは、アニメーションとして、好適の題材である。

(4) 画像処理

コンピュータ・グラフィックスの話題を取り上げるとき、本稿の目的からは外れるとしても、技術レベルの傾向は、画質において画像処理との融合に向いていることから、その分野についての概要を知る必要がある。「A picture is worth a thousand words.」との諺のとおり、人間の持つパターン認識の能力が非常に優れているために、絵の取り扱いをコンピュータに行わせたいとする願望は、根強いものがある。

これらは前に述べたが、さらに画像処理の分野でのニーズを拾ってみると、その要因には次のものが考えられる。

① 処理すべき画像データ量の増大

医療の集団検診、多数の観測衛星、巨大構造物の増加に伴うX線検査など、画像データは年々急増する一方で、人間の手では処理しきれない。

② 大形かつ精細画像の出現

TV の画素は普通500×500，写真のキャビネ版は1,000×1,000といわれる。これに対し地球資源探査衛星 LANDSAT-A から送られる情報では4,096×4,127，天気予報でなじみの静止気象衛星ひまわりでは可視域で10,000×13,000である。このような大形かつ豊富な情報を目視でフルに活用するのは容易ではない。

③ 相関・対比をとる複数画像の増加

目視で異種画像を比較することができるのは高々2，3枚である。衛星からのマルチスペクトル画像をはじめ，並列の組合せ処理や，変動などを定量的にとらえるために相関や対比を多量に行うためには，画像処理による機械化に頼る他はない。

④ 不可視画像の処理の増加

X線，電波，超音波，中性子など可視光以外の波あるいは粒子による画像が飛躍的な増加を遂げている。これを可視画像にする前に，医学の分野の Computer tomography のように，処理を前提とした情報の抽出を考える必要がある。また，ホログラムや，波動の複数振幅分布を記録したサログラム，開口合成など，原データのままで人間は解読できず，処理を待つてはじめて利用できる画像が増えてきたことである。

⑤ 漢字，日本語処理の需要増大

漢字の画素は普通1,000ビット必要である。印刷活字に匹敵する高品質のものでは，もう1桁余計にいる。従ってその蓄積，検索，表示，記録，伝送などには画像処理的技法が不可欠である。

一方，画像処理の方式としては光学技術，写真技術，ビデオ技術などを用いたアナログ式と，電子計算機を用いたデジタル方式があるが，今後は後者の方式が主流となることは自明である。画像処理の応用分野は，前述のニーズ項目から容易に推測できるであろうが，関連の深いプロダクツ分野においては，自動組立，自動検査など，生産ラインへ視覚を付与することによる知能化に波及するであろう。すなわち産業用ロボットに目を与えるという課題である。これの実現は，生産ラインに柔軟性を与え，多品種少量生産を経済的に行うことに貢献するであろう。

2.2 コンピュータ・グラフィックスの進展と現状

2.2.1 コンピュータ・グラフィックスの発展経緯

コンピュータ・グラフィックス技術の発展は，20余年の歳月を経ているが（図2.5）その起源は DAC-1（GM社）システムの開発（1859）に由来している。リフレッシュ型グラフィックス・ディスプレイの最初であるといわれる IBM2250 も，この時の共同開発から生れている。これが，SKECHPAD という論文で，1963年 SJCC で，I.G. サザランドが発表し，CRT 表示

資料：図形処理システムの現状

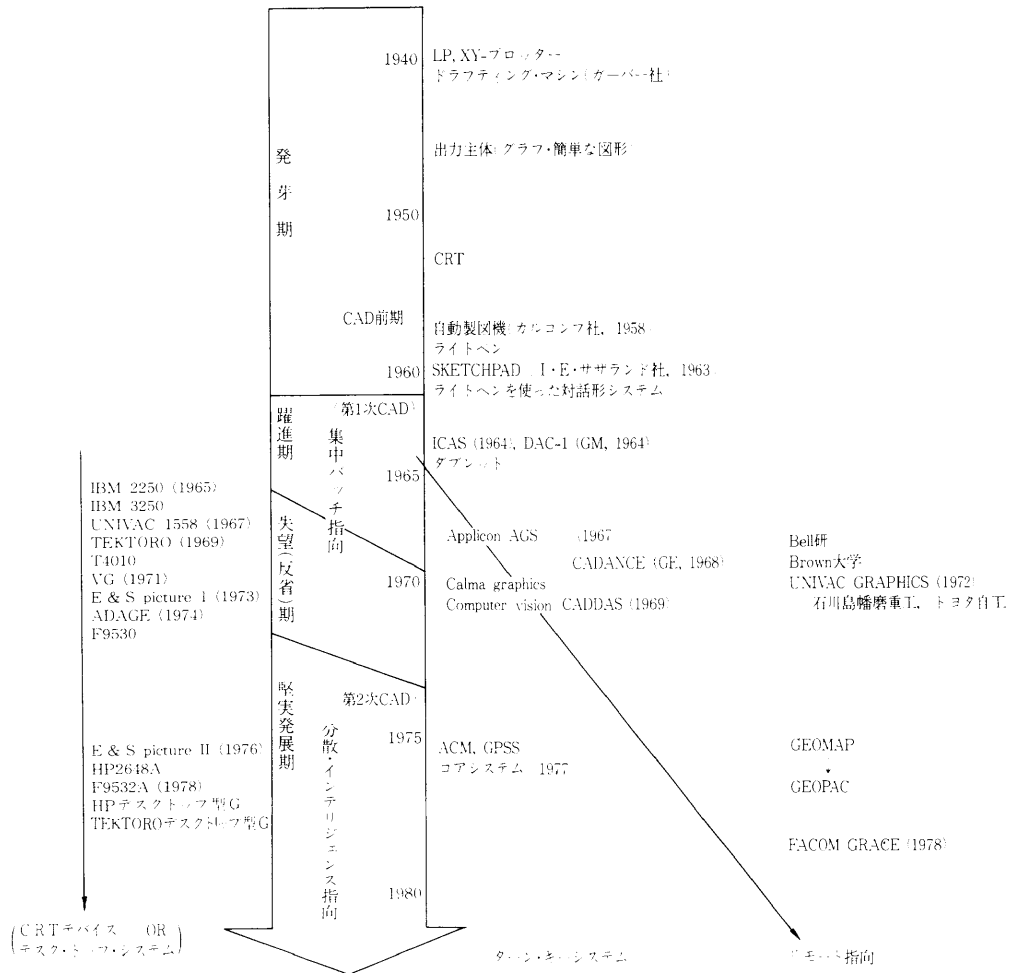


図 2-5 グラフィックスの発展経緯

装置を利用するインタラクティブ・グラフィックスの発祥となった。

CAD の概念は、曲面の数式表現に使われる COONS PATCH の提案者である S. A. Coons や、NC システムのための問題向き言語である APT のプロトタイプを開発した D. T. Ross らに見られる。いずれも米国 MIT の CAD グループの推進者で、1960年代初期にその活動が開始されている。

図形処理が前代のように、プリンタによるキャラクタモードの濃淡図形や、XY-プロッタによる描画などのバッチ形態から一変し、CRT 表示装置による対話形を可能にしたとき、すなわちインタラクティブ・グラフィックス出現時期には、飛躍があり、三次元問題を取り上げ、設計における従来の形式の図面さえ不必要であるとのごとき期待を持たせた。

システムそのものが、ハード依存の強いものであったから、その主役はやはりリフレッシュ形グラフィックス・ディスプレイであり、CRTの走査はランダムスキャン方式による線画を構成している。この線画を、オペレータに静止画像として認知させるためには30回/秒以上のrefreshingを行う必要があり、そのためにframe buffer memory (refresh memory) とコントロールを必要とし、初期CRT表示装置は、中型コンピュータ程度の高価なものになってしまった。

一方、形状を三次元で取り扱うには、高度のパターン認識の能力と、三次元空間に対する知識をコンピュータが備えることを前提とするが、その頃は入力やモデリングを含めて認識が稀薄であったため、実質的な進展を拒み、これにコスト高の要因も手伝って、第1次CADの流行は早番下降線を辿り、失望・反省期に入ることになる。

このような線画のCADは、1970年代後半にTEKTORONIX社のstorage(蓄積)形の安価で、しかも線質の優れたCRT表示装置のデビューと共に、第2次の流行期を迎える。

その頃NASAプロジェクトが時代のすう勢で縮小され、その引退者によるベンチャー・ビジネスがアメリカの各地で名乗りを上げていた。これらの人々の一部はNASAでの経験をモノにして、テクトロのストレージ型ディスプレイにタブレットやプロッタなどの必要デバイスをコンポーネントし、独特のグラフィックス・プログラム・パッケージを作り出したのである。このニーズ先行のソフトを整備したことが急速な普及の一大要因となったようである。アプリコン社、コンピュータビジョン社など、この分野のパイオニアを育てたのはこの時代である。しかしここでも新たにCADソフトウェア体系に対する問題点を残すことになった。CADシステムが、スタンドアロン型、いわゆるターン・キーシステムであったために起因したものである。

すなわち図形処理の機能・性能に強く依存するハードウェア・オリエンテッドの方法は、ハードウェアの多様性のために、ソフトの共通化を遅らせるとの反発で「ディスプレイの図形を操作することがCAD/CAMではない、コンピュータの内部モデル、あるいは設計対象の記述の方がCAD/CAM原理であり、基本概念である」というGeometric Modeling(GM; 幾何モデル、後述)の考え方が生れてきた。

やがてモデリングとグラフィックスは分離し、グラフィックスの方ではデバイス・インデペンデントな考え方が推進され、モデリングの方も形状定義の方法や、入力時やコンピュータ内の形状表現など、独自の分野として研究が進められることになる。そして、この双方の成果をコンピュータ・グラフィックスとしてシステムを構成する場合の、スタンダード・グラフィックス・パッケージに関する研究を促進する新たな動きとなった。

米国のACM(Association for Computing Machinery)では、SIGGRAPH(Special Interest

Group for Graphics)内に、1947年にGSPC (Graphics Standard Planning Committee) が組織され、この中でグラフィックスに対する共通基盤を提供し、同種の研究に対する二重投資を避けようとする意図の、標準化に対する具体的な動きが現われている。1977年には、標準化作業を、図形を創成する機能の核 (core) を抽出し、夫々の成果をシステムとしてまとめようとする提案が、この中より出され、新展開を見せ始めた。これがいわゆるコア・システムである。

その後GM の概念を考慮したモデリングや、コア・システムに準じたグラフィックス・システムがすぐに市場でデビューし、近年のように急激なコンピュータ・グラフィックスの花形時代を招いてきた。1981年の日本でのデータ・ショウでは、その殆んどの出展会社が、何らかの形のグラフィックス・システムを、メイン・テーマとしていたことでも、その情勢がうかがわれよう。

最後に、このような流行の原因を探ってみると、次のような要因があげられる。

- (1) コンピュータ利用の普及と、利用の拡大
- (2) グラフィックス装置の進歩、価格の低下
- (3) ソフトの方法論の確立、標準化と可搬性
- (4) 幾何モデルと総合CAD/CAM の実績
- (5) 画質の向上、カラー化、面画の実現
- (6) 2次元表現情報のデータ・ベース化の実現

2.2.2 コンピュータ・グラフィックスの技術

コンピュータ・グラフィックスは、データ処理から得られた数値情報の作図、ビジネス・ユースに顕著なグラフ描画などのように、あらかじめ結果の分かっている作業の確認や、自動製図機による機械、電気、建築などの製図出力など、入力情報を生産物の図面という形で出力するモニタ的な役割からは既に脱皮する傾向にある。

人間の頭の中に画かれている抽象的な概念を、あたかもスケッチ作業の手軽さで容易にコンピュータの中に内部モデルとして構築しながら、人間の概念それ自体を明確にし、数値や形状情報としてフィックスさせるという設計作業の核心に迫るものが見られるからである。

このような技術を実現させるには、コンピュータ利用技術の高度化に伴い、従来の情報処理技術の観念を打ち破る新しい分野のテクノロジーが必要になってくる。

例えばCAD/CAM の場合、構成システムはデスクトップ型で良いのか、ターン・キーシステムか、あるいは他の必要情報との有機的なデータのつながりを考慮して、生産プロセス全体に共用する大型システムを用い、そのターミルを利用して行うのが良いのかなど、少くも三者の形態の選択や統合を検討する必要がある。これと関連して、設計作業そのものを行おうとするならば、形状生成のシミュレーション・コントロールが必要になることから、インタラクテ

ィブ・グラフィックスの形態にしなければならなく、そうではなく描画主体の受動型グラフィックスで満足できるのかも考え合わさなければならない。

さらに実用化する場合の実際問題として、表示された物体形状は、ワイヤフレーム・モデルで良いのか、面とか体を用いたソリッド・モデルまでを必要とするのかも決める必要がある。リアルできれいな図形を得るというレベルでは、画質の良し悪しが問題になり、各種デバイスの特性を研究しなければいけない。これらについて、特にコンピュータ・グラフィックスの高度な応用分野であるフライト・シミュレーションや、アニメーションでは線画質のみではなく、面のぬりつぶしなどの表示方式やカラー化、表示物体に表面処理をするテクスチャ、表示のスモーキング、マッハ効果の除去、エイリアシングなどは、様々な研究課題である。

また、3次元形状の図形表示となると、隠れ線や隠れ面消去、輝度変化などのデプスキュー技法、立体視や表示方式、特に問題になる自由曲面の取り扱い方式や入出力方式、内部データ構造および処理方式などの詳細な機能の検討が必須である。

これらの多くは、システムの持つ図形言語や、グラフィックス・サブルーチン・パッケージなどのソフトウェアにおいて実現されるので、その中味を調べれば適否の判断は概ね掴むことが出来よう。

発展性や拡張性のレベルでは、NCなどの加工プロセスへの応用の可否、入出力機器のインターフェイスなどもチェック項目に入れる必要がある。これら技術の多くは、後述するテーマの中で詳しく述べて行くことにする。

2.3 機械工業におけるコンピュータ・グラフィックス

生産、製造業種の機械工業におけるコンピュータ・グラフィックスの応用分野は、具体的にはCAD/CAMの話題として取りあげる。

工業における製品の設計から完成までの主流となる情報処理の作業は、対象を具体的に定義する情報として図面を作り、それをデータ・ベースとして参照し、製造のための諸作業に利用していくことである。その中では3次元の問題が至る所で現われる。機械工業の本質である3次元空間に実在するモノの取り扱いを予じめコンピュータでプログラムしておくことは容易ではないので、従来はそれに対しては人間が断然主体であり、コンピュータは設計計算や図面清書などの補助的な仕事に限定せざるを得なかった。

機械部品の切削のため、カット経路を定義することや、図面を画かすためペンの動きを指示することも、人間が対象のモデルである図や、それに書き入れて付加した情報を認識し、理解して、それを単にアウト・プットしているにすぎない。この応用の範囲でも工程管理やNC制御などに利用することなど、効果を十分期待することができよう。先の問題の場合、本質的には立体のモデルをコンピュータ内部に持たせるための幾何モデルや、それを扱うソフトウ

エアが必要である。この上で、統合したCAD/CAMの一貫性を考えることが先決である。

幾何モデルの意義は、取り扱う実体の幾何学的性質の記述のみではなく、切断、組立、分解、干渉、移動などの幾何学的処理を可能とすべく、現実の世界に対応したオンラインの幾何学的シュミレータの作成や、立体図や展開図、分解図、断面図などの外部表現の手段と、これに対する付加情報などが人間に理解し得る形で対象の外部表現を可能としたり、解釈する主体の相違による表現の変化に対応することを目的とする所にある。

また、工業図面には許容値や公差が指示され、製作や検査の方法、面の粗さや他の部品との関連など多くの必要情報が含まれている。これら情報をデータ構造の細部と関連させるためには、図面のアクティブなデータ・ベース化を策らなければならない。このようなCAD/CAMのデータ・ベースが可能になったとき、製造工場には、大きな変化が起るであろう。

そうすれば、その適用分野は、次のようなものが上げられ、さらに拡大する。

- (1) 概念設計（解析，設計収束の促進，認可）
- (2) 詳細設計（モデルの詳細化，図面の作成，プロトタイプ作成）
- (3) 部品ファイル（分類とコード化，形状・機能等，標準化とパラメータ化）
- (4) 製作のための対象理解促進
- (5) 製造プロセス・プランニング
- (6) 製造プロセス制御
- (7) 検査，組立制御
- (8) 各種文書，図の作成と保守

現状においては、この総合CAD/CAMの達成の前にグラフィックスシステムのソフトウェアの製作とも関連して多くの問題が取り残されている。しかし、現存するCAD/CAMが既に豊富な経験と実績を持ち多くの企業において貢献している現実を見ると、その目的と対象を明確にし、その範囲での自動化や合理化には、人間の手に頼っている時とは比較できない効果が期待できるものと思われる。

3. コンピュータ・グラフィックスの構成

3.1 コンピュータ・グラフィックスのハードウェア

3.1.1 グラフィックス・システムの形態

グラフィックス、特にCAD/CAMシステムを構成する場合、通常次の3つのタイプのシステム形態に分けることができる（図3-1）。

デスクトップ型においては、大型コンピュータや、ミニコンのノン・サポートでのグラフィックスや、ソフトの入替えて、ビジネス・ユースや科学計算の簡易的なニーズに対応する柔軟

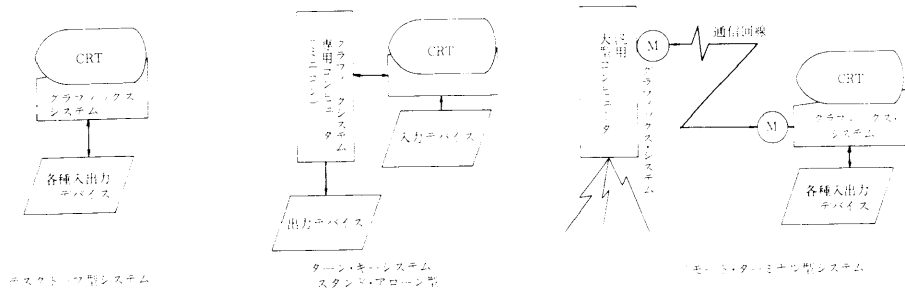


図 3-1 CAD のシステム形態

性に富んだ実現も可能である。特徴としては、経済性と簡易性に秀れ、1千万円弱からの投資で、システムを導入することができる。

ホストとなるコンピュータが既に導入されていて、汎用的に使われているうえ、なおかつその余力を残す場合は、ターミナル型で実現することが、イニシャル・コストは小さく、この点での経済性は優る場合もある。このときは、約5百万円から1千万円の追加予算があれば、この分野の初期的処理が可能であろう。

しかし、ターミナル型により、インタラクティブ・グラフィックスを行う場合、作業時間を大きく割く必要があることから、ホスト負荷を増大し、ランニング・コストは高くつく。さらに、ホスト側の状態に強く影響を受けるので、レスポンスがどうしても不安定となる。また、自動製図機などのデバイスも、ホストに接続するので、システムの柔軟性や拡張性の向上については期待できるが、ホストサイドの運用が煩雑になり、専門家の常備も考える必要が生じることに合わせ、操作性についても十分な配慮が必要となる。しかし、これらの問題や、ホストの負荷低減には、ターミナルにインテリジェンス・ターミナル、すなわちディスタクトップ型を用いることなどで、簡単に解決を策する可能性がある。

拡張性については、ターミナル型の場合、自動製図システムや NC 機械のコントロール・データ作成ソフトである APT なども含め、他の関連システムとの有機的結合や、データ・ベース化を構築する場合は最も都合が良い。この場合、ソフトウェアはホスト側に依存するので、ポータビリティ（移植性）の確保にも有利である。

オペレーションの容易性や、可搬性に関しては、断然デスクトップ型に軍配が上がる。殆んどどのシステムが、対話形言語の BASIC を基本として、グラフィックス言語や基本コマンド群を取り揃えていて、その操作性、使い易さに配慮がなされている。このため、特に熟練したプログラマやオペレータは必要としないのも特徴である。

一方、ターン・キー型、すなわちスタンドアロンタイプのグラフィックス・システムは、CAD/CAM 専用システムとして歴史も古く、様々な機種やシステムが出現している。これら

には、先の2つの形態に見られる欠点を改善する多くの努力が見られ、ソフトウェア付きとあって本格派システムとして信頼のおけるものであり、導入時の立ち上がり時間は短かくて済む。しかし、単一ユースのコンピュータ・システムとしては決して安価とはいえず、現状の買取価格で5千万円から1億5千万、あるいはそれ以上になる。いずれにせよCAD/CAMにおける必修条件である高応答性や対話機能を最優先させる場合は、簡易形にはデスクトップ型、専用形にはターン・キーシステムと、この双方の選択となる。ニーズや、データの利用・発生が、極めて広範囲におよぶシステムの場合など、各利用者間においてデータの相互利用を行う場合は、ターミナル型において実現を計ることが良い。

3.1.2 ディスプレイデバイス

ディスプレイはグラフィックスに必要な不可欠であることは既に述べた。ここではその種類、および機能、性能諸元などの一般的な特徴について述べる。

表3-1には、ディスプレイデバイスの種類を、そのCRTの走査方式により分類したものを示し、それらの概略的な特徴の一覧表を表3-2に表わす。さらに資料として、市場に出廻っている各社、各機種の主なものを取り上げ、ディスプレイデバイス一覧表(表3-3)を作成した。

以下、通常用いられている、ストレージ型、リフレッシュ型、ラスタ型の3種について、その特徴を示す。

(1) ストレージ(直視蓄積)型CRTディスプレイ

このディスプレイは、二安定型の直視蓄積管を用い、CRT自体の蓄積能力を利用したものであるから、一度書き込むと、リフレッシュ(書き込みの繰返しによる像の再生)する必要が

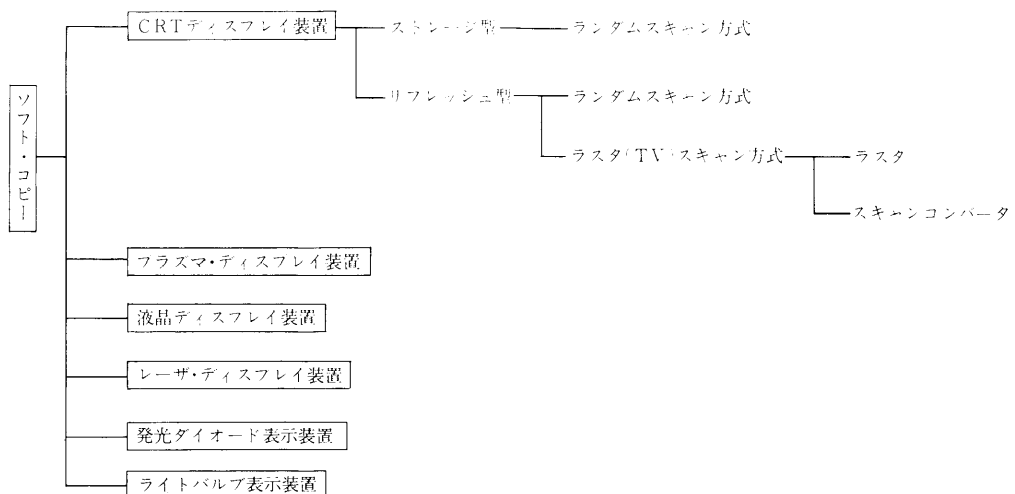


表 3-1 ディスプレイ・デバイスの種類

| 表示走査 通称 画像蓄積部 特 徴 | ラ ン タ ム | | ラ ス タ | |
|----------------------------|------------------------|-------------|------------------------|------------------|
| | ストレージ | リフレッシュ | ラスタ IC | スキャンコンバータ |
| | 蓄積ターゲット | ディスプレイ・ワイヤル | フレーム・バッファ | シリコンターゲット |
| 格子点数 | 1024×1024 4096×4096 | 4096×4096 | 1024×1024 | 2048×2048 |
| 解 像 度 | 1024～4096 | 1024～4096 | 256～1024 セラ・化するとおちる | 512～2048 |
| 画 面 サ イ ズ | 11～19インチ | 22インチ | 14インチ | 11～14インチ |
| 表示速度 (特に再表示) 拡大など | 遅 | 速 | 速 | 遅 |
| フ リ ッ カ | なし | 表示量多いときあり | なし | あり |
| 表 示 量 | 大 | 小 | 大 | 中 |
| カ ラ ー 化 | 不可 | 可 | 8色 | 不可 |
| ライトペン使用 (図への直 接指示) | 不可 | 容易 | 可 | 不可 |
| 部分消去・動的变化 | 不可 | 容易 | 可 | 不可 |
| 重 畳 表 示 | 不可 | 不可 | 容易 | 可 |
| 絵のぬりつぶし | 可 | 不可 | 容易 | 容易 |
| 線 画 質 | ○ | ◎ | △ | × プリンタに タイムロス |
| 輝 度 調 整 | 不可(輝度薄い) | 容易 | 可 | 可 |
| テ レ ビ 結 合 | 不可 | 不可 | 可 | 可 |
| 価 格 | 低 | 高 | 低 | 中 |

表 3-2 CRT ディスプレイの一般的な性能と特徴

ないので、バッファメモリも持つ必要がない(図3-2)。従って、構造が比較的単純になるため価格的な利点を得られると共に、大容量の情報の表示にもフリッカ(ちらつき)現象が起きず、安定した画面を維持できる。また、分解能を高めることが容易で、精度の高い描画ができること、蓄積ターゲットの像を読み出し銃により取り出すことによりハードコピーが容易に取れることなどの長所がある。

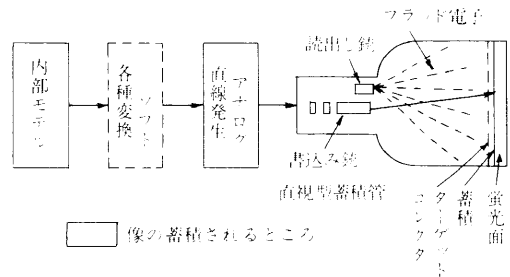


図 3-2 直視蓄積型ディスプレイ装置

一方、一度書き込むと部分的な消去が不可能であるため、図形の部分変更で作業を進めるようなインタラクティブな処理には不向きであること、輝度が薄いこと、コントラスト比が取れないので奥行き処理などは不可能、カラー化は出来ない、ライトペンが使えないなどの本質的な欠点を持っている他、表示蛍光部の寿命が短いなどの短所もある。

しかし最近では、ライト・スルー・モード(カーソル線の原理を応用)を利用することにより、少しではあるがリフレッシュ型と同じ使い方を可能にし、インタラクティブな処理に対応

している。簡易ダイナミック型と呼ばれる製品は、この種のものである。

(2) リフレッシュ型 CRT ディスプレイ

インタラクティブ・グラフィックスでは、基本図形の要素や、定義された形状、要素のグループに名前を付けなければいけない。この名前をタイプラインすることによってコンピュータ内部のデータとして認識できるが、この方法では全ての図形の要素を名前で人間が憶えておかななくてはならない。この不便さの解消にライトペン、デジタイザ、タブレットなどを用いる。

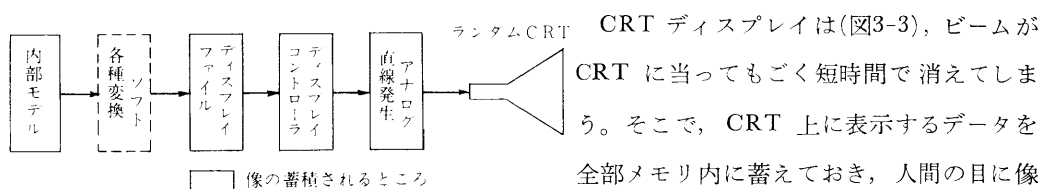


図 3-3 リフレッシュ型ディスプレイ装置

CRT ディスプレイは(図3-3)、ビームが CRT に当たってもごく短時間で消えてしまう。そこで、CRT 上に表示するデータを全部メモリ内に蓄えておき、人間の目に像として見せるためフリッカを起こさない回数で繰り返し実行する必要がある。このことをリフレッシュと呼び、フリッカを起こさない程度のリフレッシュは、通常30から40回/秒である。

しかし、図形が複雑になり、リフレッシュメモリ内のデータが多くなると、当然ステップ数が多いのでこれを参照するのに時間が掛かり、リフレッシュ速度が遅くなりフリッカを起すことも出てくる。

この装置の原理から起因する特徴に、連続的な動きの表示や3次元的な表示を可能にすることが上げられる。

ライトペンは、表示されたある図形要素上に持つてくると、ビームが通過した瞬間に光を感じ取る。このときディスプレイ・コントローラに割込みを起し、その時実行中の命令やデータを調べることにより、どの図形をライトペンで押さえた（ピックした）かを知ることができる。従ってライトペンは、図形のピックした要素名を知らせるために用い、この型のディスプレイの大きな武器である。

連続的な動きを表示できることは、運動のシュミレーション、3次元図形の任意の回転、移動に極めて有用である。これは、1回のリフレッシュ・サイクル毎に、リフレッシュメモリの内容を少しずつ変化させることにより可能としている。

3次元的な表示は、リフレッシュ・メモリ上の命令にはX, Y, Zの3次元座標値で表現しておき、これをディスプレイ・プロセッサに内蔵されたマトリクス演算機能により運動の座標を次々と求めて表示させる。このときZ方向を輝度のコントロールに使うことにより、デプスキューを可能にし、立体感を出させることができる。

(3) ラスタ型 CRT ディスプレイ

ラスタースキャン型(図3-4)は、前述のリフレッシュ型ランダムスキャン方式が、図形の形

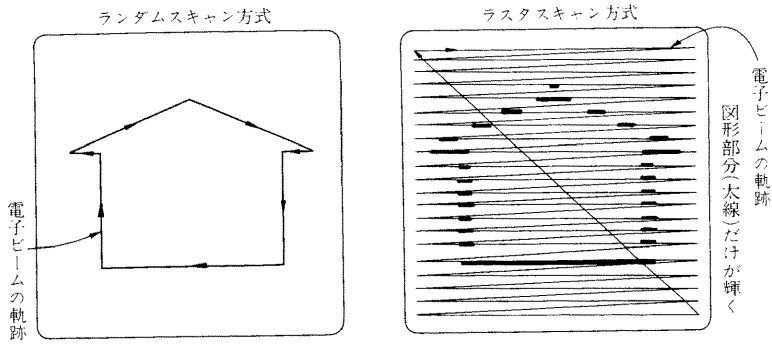


図 3-4 CRT のスキャン方式

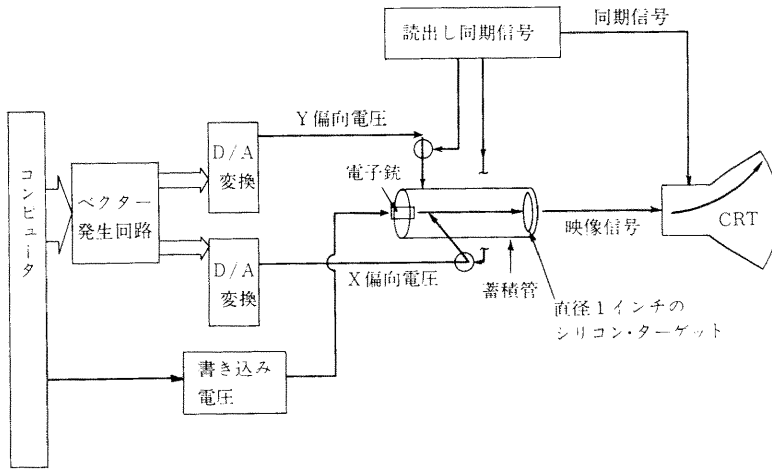


図 3-5 スキャン・コンバータ方式によるモノグラフィック・ディスプレイ

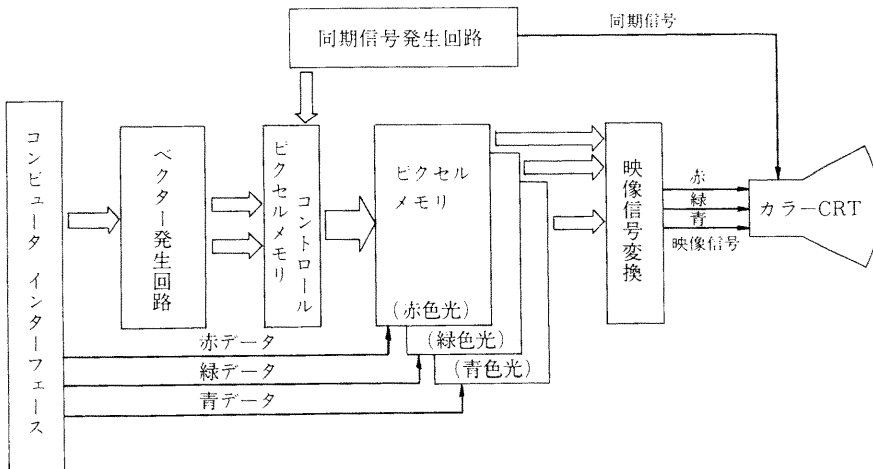


図 3-6 ICメモリによるカラーグラフィック・ディスプレイ

資料：図形処理システムの現状

状に従ってビーム走査を行うのに対し、CRT 上を水平に全面走査し、図形に当る輝点の連続によって画像を表示するものである。走査は一般に奇数行と偶数行を交互に50回 から60回/秒で走査し、この方式を TV スキャン方式と呼ぶ。解像度は従ってラスタ本数で表わされ、有効本数が256本から1,024本までの高解像度レベルのものがある。

さらにラスタースキャン型には、スキャンコンバータを用いる方式（図3-5）と、IC メモリを用いる方式（図3-6）の2種類ある。

スキャンコンバータ方式は、直径1インチのシリコン・ターゲットを持つ蓄積管に画像が保持され、それを TV スキャンで読み出して CRT に表示する方式である。この方式では、次のような特徴がある。

- ① CRT はアナログメモリであるため、斜め線がスムーズであるが、画像はシャープでなく、特に文字はボケて読みづらい。
- ② リテンション・タイム（CRT 上の電荷値が2分の1におちるまでの保持時間）が、30分から1時間ぐらいが限度で、修正や変更の合間に全面書き直しの必要がある。
- ③ 書き込み、消去、読み出しにはそれぞれ CRT の電圧モードを変える必要があり、このスイッチングや書き込みに時間が掛かるために遅い。
- ④ CRT が、アナログ原理のため調整が難しい上、経時変化し、3カ月ぐらいで狂って良質の画像が得られなくなり、目の疲労を招く。

一方 IC メモリ方式は、CRT に表示するだけのピクセル・メモリと称する IC メモリを持ち、このメモリには画像をそのままビット・イメージで保持されている。これを並列のかたまりで読み出し、映像信号変換回路で並列/直列変換し、ビデオ信号として CRT に与える。従来は解像度が256×256、512×512レベルであったため、斜め線のギザギザ（ギャザリング）が目立ったが、最近のは IC メモリの集積度が上がり、安価になったのでピクセルメモリを2048、4096あるいはこれ以上大きくして線質を高めている。IC メモリ方式における特徴としては次のようなものが上げられる。

- ① IC メモリであるために書き込みが早く、リテンション・タイムも全く問題にならない。
- ② 完全なデジタルであるので、映像は鮮明であるがギャザリングを残す。
- ③ 図形を最初にイメージ変換してピクセルメモリに保持し、常に一定周期で CRT の表示をリフレッシュするので、フリッカに影響する表示ベクトル数に制約がない。
- ④ ピクセルメモリを赤、緑、青と、モノクロの3倍持つことにより、7色のカラー表示ができ、それぞれの色について画素当たり数ビット用いて輝度変調を行えば濃淡表示もでき、自然色に近いカラーグラフィックスができる。
- ⑤ ピクセルメモリに画像を蓄えるために、高輝度表示ができる。

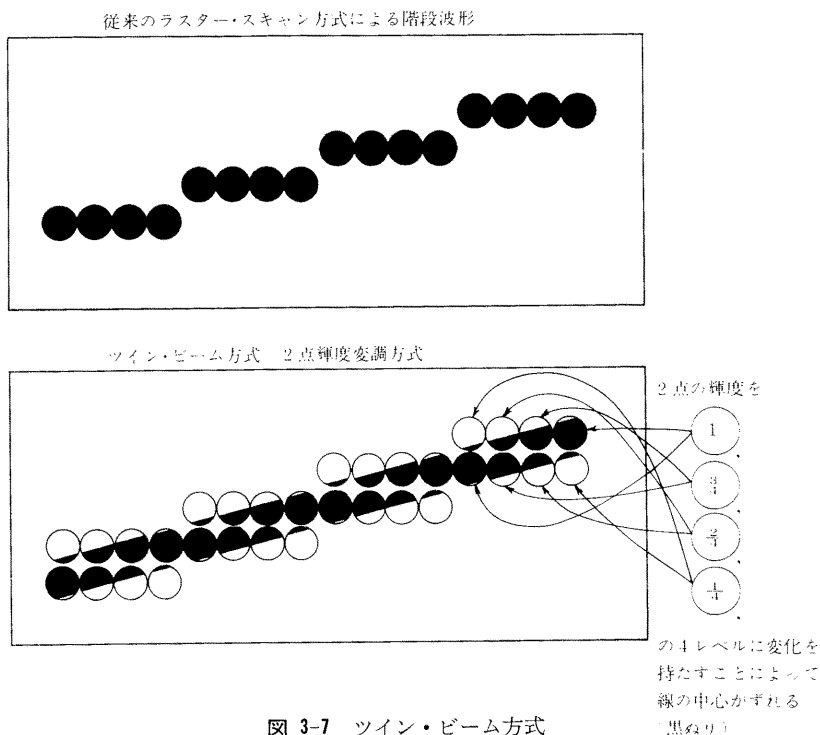


図 3-7 ツイン・ビーム方式

⑥ ピクセルメモリをクリアすれば、像を消すことになり、任意のベクトルをイレーズできることから、図形の部分消去を可能とし、著しく対話性を向上できる。

なお、ラスター型 CRT ディスプレイは、他の型の CRT ディスプレイに比し、線質の点で劣るのが一般的であるが、最近発売された製品では、ラスター本数の増加に合わせて、ツインビーム方式（2点輝度変調方式；図3-7）を実用化し、高線質でかつ安価な CRT ディスプレイを提供している。

3.1.1 入力のためのデバイス

(1) ライトペン (Light detectable pen)

ライトペンは画素のピックアップとかポインティングを行うために用いる。しかしアプリケーションによっては、画素でない部分を指示したい場合がある。このときライトペンは光のない所では、何ら機能を働らかさないで、場所の示指やエリアを指定する目的には使えない。

通常、このような目的ではクロス・ヘア・カーソルにライトペンを追いかけてさせる方法を取る。この方法はハードウェア、ソフトウェアのどちらでも可能であり、このことをトラッキングとかポジショニングと呼び、クロスのことをトラッキングクロスという。

(2) A/N キーボード

表 3-3-3 各社グラフィックディスプレイ装置性能・規格一覧表

| 社名 | 機種名 | 諸元 | | 表示 | | 管 | | ベクトル発生方式および種類 | 文字発生式および種類 | 文字の種類 | 文字の種類 | 文字の種類 | メモリ | キーボード | 図形入力方式 | インディスプレイ | 主な特徴 |
|---------|----------------------|------------|---------|---------------|---------------------------------|--------|---------------|--------------------------|------------|----------------------|-------------------|--|-------------------|---|-------------|---|------|
| | | タイプ | 寸法 | 方式 | カラ | 文字数 | 文字数 | | | | | | | | | | |
| ソニー・テクノ | T-4016 | ストレーン角形 | 25インチ | — | — | 178×86 | ドット文字4種 | ASCII 94 | — | — | — | — | フルASCIIコード10キーボード | クロスヘア・カーソル・タブレット(カーソル)またはスタイルラスペン | RS232C GPIB | 可読ポイント4096×3120の高解像度。大型25インチ、バイステープ・ストレーン管を使用。 大画面直視型スクリーン使用のため、設計図、グラフィック表示等が容易に可視。ポイント4024×4024で詳細に高解像度表示可能。 文字サイズを4段階、ベクターを直線、ドット、ダウングラフ等5種の選択が可能。 | |
| | T-4016 | ストレーン角形 | 19インチ | — | — | 132×64 | ドット文字4種 | ASCII 94 | — | — | — | — | フルASCIIコード10キーボード | クロスヘア・カーソル・タブレット(カーソル)またはスタイルラスペン | RS232C GPIB | 可読ポイント4096×3120の高解像度。大型25インチ、バイステープ・ストレーン管を使用。 大画面直視型スクリーン使用のため、設計図、グラフィック表示等が容易に可視。ポイント4024×4024で詳細に高解像度表示可能。 文字サイズを4段階、ベクターを直線、ドット、ダウングラフ等5種の選択が可能。 | |
| | T-4054 | ストレーン角形 | 19インチ | — | — | 132×64 | ベクトル発生方式および種類 | ASCII 94 | — | 56 KB | フルASCIIコード10キーボード | クロスヘア・カーソル・タブレット(カーソル)またはスタイルラスペン | RS232C GPIB | 可読ポイント4096×3120の高解像度。大型25インチ、バイステープ・ストレーン管を使用。 大画面直視型スクリーン使用のため、設計図、グラフィック表示等が容易に可視。ポイント4024×4024で詳細に高解像度表示可能。 文字サイズを4段階、ベクターを直線、ドット、ダウングラフ等5種の選択が可能。 | | | |
| 横河電機 | VHP2647A | リフレクティオン角形 | 5×10インチ | ラスター(インライン方式) | 白 | 80×24 | 実線、破線等8種 | 128 (オプションでMAX 512) + カナ | 3 | — | — | 文字メモリ12KB BASICプログラムメモリ10~16KB グラフィックメモリ32KB | フルASCIIコード10キーボード | ライトペン(グラフィックペン)カーソル | RS232C GPIB | 拡張 BASIC および AGL (高水準グラフィック言語) を内蔵しているため、単体で演算・図形処理が可能。ズーム(16段階)、パンニング機能、マルチ・オート・プロット機能(円、折線、グラフ、線グラフ、対数グラフ、自動プロット) 内蔵。 グラフィック専用ディスプレイユニットが備わっているが、グラフィック機能により準備できないプロット、グラフィックを実行できる。さらにオプションでROMを追加し、任意図形定義と合成を高速かつ容易に実現できる。 | |
| | システム45 | リフレクティオン角形 | 13インチ | ラスター | 白 塗りつぶし4, 9, 13色 文字、ライン8色 | 80×24 | ベクトル発生方式および種類 | 4種 | 8 | 16 bit 32KW ~ 256 KW | — | — | — | — | — | インディスプレイを接続して最大4台による3次元処理、スケッチ、ウィンドウイング、回転等豊富なローカル機能を持ち、CAD、シミュレーション、トレーニング等のシステムデバイスとして最適。 | |
| 日カ本電機 | Graphics | リフレクティオン角形 | 21インチ | ベクター | カラー | 256色 | ベクトル発生方式および種類 | 4種 | 8 | 16 bit 32KW ~ 256 KW | — | — | — | — | — | インディスプレイを接続して最大4台による3次元処理、スケッチ、ウィンドウイング、回転等豊富なローカル機能を持ち、CAD、シミュレーション、トレーニング等のシステムデバイスとして最適。 | |
| E & S 社 | MULTI PICTURE SYSTEM | リフレクティオン角形 | 330×406 | ベクター | カラー | 449色 | ベクトル発生方式および種類 | 4種 | 8 | 16 bit 32KW ~ 256 KW | — | — | — | — | — | インディスプレイを接続して最大4台による3次元処理、スケッチ、ウィンドウイング、回転等豊富なローカル機能を持ち、CAD、シミュレーション、トレーニング等のシステムデバイスとして最適。 | |
| | MULTI PICTURE SYSTEM | リフレクティオン角形 | 330×406 | ベクター | カラー | 449色 | ベクトル発生方式および種類 | 4種 | 8 | 16 bit 32KW ~ 256 KW | — | — | — | — | — | インディスプレイを接続して最大4台による3次元処理、スケッチ、ウィンドウイング、回転等豊富なローカル機能を持ち、CAD、シミュレーション、トレーニング等のシステムデバイスとして最適。 | |

| 社名 | 機種名 | 諸元 | | | 管 | | | 表示方式 | 表寸法 | 方法 | 文字数 | 文字発生方式および種類 | 文字の種類 | 文字の種類 | メモリ | キーボード | 図形入力方式 | インターフェイス | 主な特徴 |
|--------|--------------------------|-------------------|----------------|--------------------|-----------------------|------------------------------------|--|-----------------|----------------------------|-------|--|--|---|---|---|-------|--------|----------|------|
| | | タイプ | ディスプレイ | 文字行 | 文字幅 | 文字発生方式および種類 | 文字の種類 | | | | | | | | | | | | |
| グラフィカ | M800 | リフレクショナル 三角形 | 20インチ | ラスター | 7色および 濃淡合成 | 80×64 | 直線ベクトル 発生器 | 5×7ドット 文字発生器 | 128 | 2段階 | ICメモリ | ASCII JIS-KB | ホストからの 転送 | RS232C またはシリアル インターフェイス | 高性能カラーグラフィックディスプレイ。 GITOS、バックアップソフトウェア発働(約 種のマクロ)、グラフ表示、イメージ 種、ハードウェアの色表示キャラクタ。 | | | | |
| 真空管研究所 | NEXU 5400 | RGB 3ピーム方 式 | 14インチ | ラスター | MODE 2 4,096色 | 36×4 | ROM方式 フル方式 | ROM方式 フル方式 | 160種+32 種(ユーザー 任意追加) | 2段階 | 120KB | キーボード コマンド メニュー、 ジョystick、 カメラ | ライントラ ベーター、 キーボード コマンド、 ドットマト リックス、 RGB、 カメラ | シリアル/ パラレル/ キーボード コマンド、 ドットマト リックス、 RS- 232C、GP IB | 100万円クラスで従来のカラーグラフィック ディスプレイでは実現し得なかつた表現能力 「独立したレイアウトを3層まで重ねて表 示できる機能(レイアウト機能)」と4,096色 の色表現をもつグラフィックディスプレイを 実現。 | | | | |
| 日本エニ | AGS-2000 (第二精工 社) | リフレクショナル 丸形 | 20インチ 26インチ | ラスター | 7色 | 72×35 80×38 120×58 132×64 | 2点輝度変 調、DDA、 MOVE VECTOR CLIP付 | — | 2種 | — | セグメント 方式、 32KB、 スクリーン バッファ 16KB | ASCII または JIS | タブレット | RS232C | 強力なインテンジエント機能(インテラクティ ブ機能、バックアップ、セグメントソフト ウェアの管理、スクリーン、パンニング、ス クリン、パースパ方式による、グラフィック インヒビット方式による、グラフィック解消を 図り直す機能を有する。低価格大画面。 | | | | |
| ニッパ | AGS-4100 (ADAGE 社) | リフレクショナル 丸形 | 21インチ 23インチ | ランダム | モノクロ カラー4色 モノクロ | 文字サイズ 240種(後方 式) | ストローク 方式 | ストローク 方式 | 128種 | 64レベル | 32~128 KB | ASCII | タブレット | VD7DMA 接続 | 3次元グラフィックディスプレイ。 強力なグラフィックサポートソフトウェア。 ハードウェアによる高速演算処理。 グラフィック専用ミニコンと接続して本格 的 CAD/CAM の主流デバイス。 | | | | |
| 三井造船 | ARS 80 | リフレクショナル 三角形 | 21インチ | ランダム | モノクロ | MAX 128×64 | ストローク 方式 | ストローク 方式 | 160種、7 サイズ8方 向 | 16レベル | 48KB | 88キー ボード、 ジョystick | TTY/2741 | 53年発売の XM 9000 シリーズ (吉沢ビジネ スマンズ社) グラフィック・ターミナルの 下位機種で、既存のプログラムが利用できる。 提供する INPLOT (対話向き) プラ ットフォームは、ACM の CORE をサポート。 シンクロナイズドグラフィックを採用。 | | | | | |
| テック | NWX220 | リフレクショナル 三角形 | 20インチ | ラスター | モノクロ | MAX 128×64 | 高速 DDA 演算方式 | ストローク 方式 | — | 16レベル | ROM24 KB RAM 8KB | ASCII | ASYNC RSC | 描画速度が非常に速い。 部分消去が可能。 特殊シンボルが容易にできる。 | | | | | |
| 松下電器産業 | TX-1601 (Gシリーズ) | リフレクショナル 三角形 | 17インチ | ラスター (ノン 方式) | グリーン | 80×36 | — | — | 127種 | — | キャラクタ 3KB、 グラフィック ROM 12 KB | JIS | カーソル、 ライトペン | RS232C、 TTY、 パラレル | キャラクタ&グラフィックディスプレイ。 ベクトル、円、円弧、文字発生器、矩形、 エリア塗りつぶし、表示機能、スクリーン登 録による表示機能、および図形バックグ ラウンド、呼出し表示機能をおよそ グラフィックディスプレイとグラフィックディスプレイ の両方の機能を独立に持つ。 操作性を重視した使い易いターミナル。 高解像度(1024×800)のモノクロモデル、鮮 やかなカラーモデルあり。 ビジュアルとしてのグラフィック描画、科学計 算用のパレット利用、漢字表など幅広い 多用途向けデバイス。 | | | | |
| 富士通 | M0430 | リフレクショナル 三角形 | 14インチ | ラスター | 7色 | 80×24 | 縦横5種 ドット、 バック アップ | — | 128 | — | — | JIS | コンソール、 ジョystick、 ジョystick、 ジョystick、 ジョystick | RS232C TTY 手順 | 文字ディスプレイとグラフィックディスプレイ の両方の機能を独立に持つ。 操作性を重視した使い易いターミナル。 高解像度(1024×800)のモノクロモデル、鮮 やかなカラーモデルあり。 ビジュアルとしてのグラフィック描画、科学計 算用のパレット利用、漢字表など幅広い 多用途向けデバイス。 | | | | |

資料：図形処理システムの現状

A/N キーボードは、グラフィックスにおいてはコマンド入力や、イニシャル・オペレーションに用いる。

キーには、キーを押すことにより割込みを計算機に発生するものと、ディスプレイ内のバッファにその文字を一行分書き込むものがある。このバッファの内容は、プログラムで読取ることが可能である。

(3) ファンクション・スイッチ (ファンクション・キーボード)

数個のランプ付き (付いていないものもある) 押下スイッチで構成されていて、スイッチを押すと計算機に割込みを発生し、コマンドによりこの時のスイッチ番号を読取ることができる。またランプの点滅も制御できる。各スイッチおよびランプの機能の利用上の意味付けは、各ユーザプログラムにおいてあらかじめ決めておく。

(4) ジョイスティック (Joysticks)

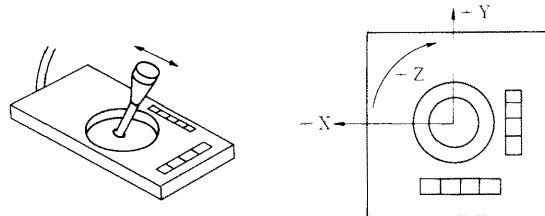


図 3-8 ジョイスティック

前後・左右・回転 (X・Y・Z 方向) どの方向にも動かせる操作レバー (図3-8) であり、通常はディスプレイ内に対応するレジスタを持つ。バーを動かすとその時の値がレジスタに格納され、プログラムにより読取ることができる。この機能を利用してグラフィック入力カーソル・コントローラとして使い、カーソルの自在な移動や停止をレバー操作のみで行えるようになっている。カーソルの位置を簡単にしかも迅速かつ正確に定めようとするときは、オーバーシュートやバック・ラッシュを無くす工夫が必要である。また性能上からはドリフトとか分解能が問題になる。

(5) トラックボール (Tracking balls)

ジョイスティックのレバー部をボールに代えたもので、機能的にはこの両者はまったく同じ

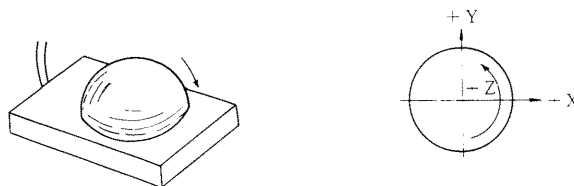


図 3-9 トラックボール

である (図3-9)。

(6) コントロール・ダイアル (Control dials)

数個のつまみ (ダイアル) で構成され、ディスプレイ内のレジスタと対応している。ダイアルを回すことによりその値は、レジスタに格納され、プログラムにより読取ることができる。

この機能は通常図形の各座標系の座標軸と、各ダイアルを対応させ、図形の移動、回転の運動を容易な操作で行おうとするものである。

(7) データ・タブレット (Tablet), デジタイザ (Deditizer)

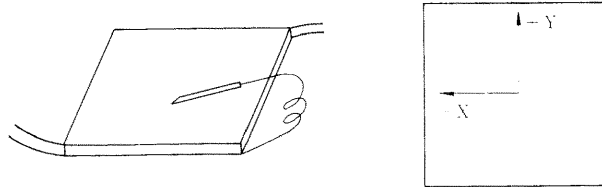


図 3-10 データ・タブレット

タブレットは、手書き情報を時々刻々デジタル信号に変換してコンピュータに入力するものである。NC 装置での位置検出や製図に使用するシャフト・デジタイザも、ランドタブレットに似たものである (図3-10)。

タブレットの動作原理には2種類ある。一つは、ペン自身がアナログ信号を発生して、これをタブレットの周囲で検出して座標を求めるもので、シルバニア・タブレット (Sylvania tablet) の概念を用いたものである。もう一つは、タブレット自身の各部に、その部分の座標を表わすデジタル信号が乗っていて、ペンがこれを検出するランド・タブレット (Rand tablet) や、シャフト・デジタイザ (Shaft digitizer) の方法である。

タブレットは図形読取装置としてだけではなく、タブレット板面にコマンドや、記号、基本図形、機能などの一覧表を貼り付けて、その位置座標と機能をあらかじめプログラムにて割り付けておき、データエントリ的手段として活用できる。用途によっては、操作性に優れたコードレスインプットとして活用できる装置である。

図形読取としてタブレットを用いるときは、その寸法、ライティング・エリアの大きさ、データポイントの数量、その精度と分解能などの諸元について検討すればよい。

3.1.4 出力のためのデバイス (表3-4)

(1) ラインプリンタ, タイプライタ, キャラクタ・ディスプレイ装置

コンピュータからの出力結果を図形として人間が認識するには、一般にその目的の図形に適したハードウェア装置が必要である。一般に広く使用されている出力装置にラインプリンタがある。このラインプリンタには、キャラクタ・モードの濃淡図形や、グラフ (棒グラフ, ヒストグラム, パレート図等) 表示の図形を描くことができる (前出写真1および図2-3)。

資料：図形処理システムの現状

タイプライタも同様に適用できる。タイプライタは、持運びが簡単であり、対話処理を行える利点がある。これをさらに早く、対話処理でグラフ出力を得るにはキャラクタ・ディスプレイがあり、両者とも TSS 環境下で処理できるハードウェアであるが、しかし精度を要求される図形や、精密、複雑な図・画を得る装置としては適していない。また、いずれも紙幅や管面上に出力できる文字量が一定であるため、大型の作画には対応できない。

(2) プロッタ装置

プロッタ装置には、ペン動作方式と静電記録方式がある。ペン動作方式のプロッタをXYプロッタという。また、静電記録方式のプロッタは、プリンタ装置としても使用できるため静電プリンタプロッタと呼ばれている。

さらにXYプロッタには、ドラム型とフラットベッド型がある。ドラム型XYプロッタは、ペン（ペンキャリッジ）ダウン状態という前提で、左右に動かし、それと同時にドラムを回転させて図を描く。フラットベッド型XYプロッタは、ペンの前後左右運動でのみ図形を描いている。プロットの動作は、 $X, -X, Y, -Y$ の直交座標軸方向と、この軸を 45° 回転させた4方向で合計8ベクトル構成を持つ。プロッタ装置の機能は、分解能（最小ステップ寸法）、プロット速度（XY方向の移動速度；mm/秒、ペンの上下運動速度；回/秒）や、プロットサイズ、ペンの種類と本数などに依存する。

ドラム型XYプロッタは、コンピュータによって処理された大量の情報を、人間の判断し易い図形化情報として記録する作図本意の利用分野に広く利用されている。

フラットベッド型XYプロッタは、航空機、自動車などの分野で、大型図面の自動作画に用いられるように、自動製図機として生産活動の省力化、正確化に寄与しているが、最近ではマイコン、ミニコンの普及により安価なものが出廻っているため、ドラム型の適用域に進出しているのが実状である。

しかしXYプロッタは、ペンを動作させて図形を描くので微細画を描くのに適しているが、その反面複雑な図形になるほどプロット速度の限界による時間が掛かるのが欠点である。

静的プリンタプロッタは、多針電極で用紙上にドットで図形を高速に描くもので、FAXやノンインパクトプリンタなどとは原理的に同じである。

ドット式プロッタの精度はXYプロッタに劣るが、出力速度が一定なので、複雑な図形になる程XYプロッタに比較した時の出力時間が小さくなる。濃淡や模様など面情報は、実用上ドット式でなくては描けないと言ってもよい。プリンタに較べると、ドット型プロッタの普及度はまだ低いですが、図形出力だけではなく、ラインプリンタ、漢字プリンタ、ハード・コピー装置としてなど、汎用出力装置としても利用できるものもある。

静電式のプロッタは、米国のVERSATEC、VARIAN、CALCOMP社などが強く、印刷紙

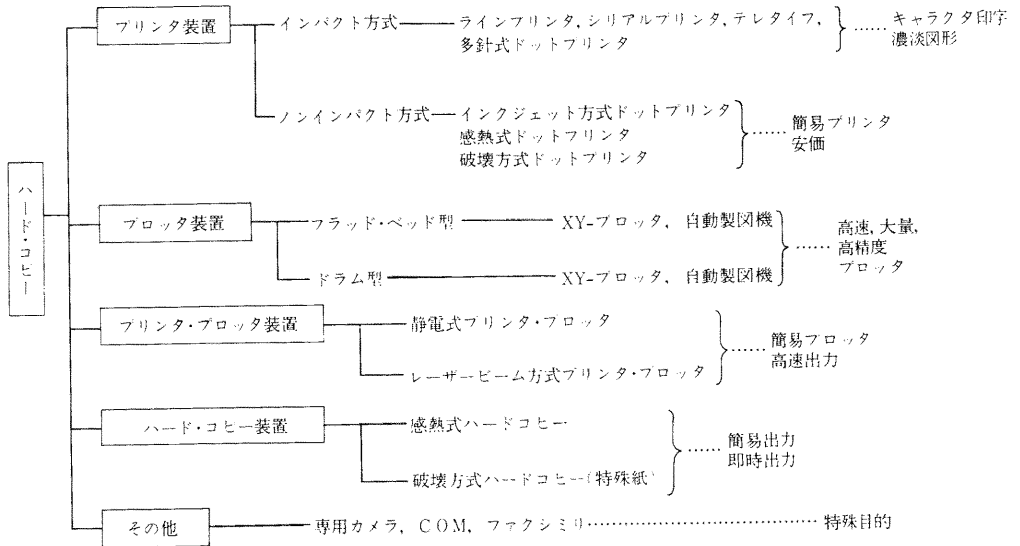


表 3-4 プリンタ・プロッタの機能比較

幅，針電極の千鳥格子または一列状の並べ方と電極数，ドット密度，印刷速度，価格などの仕様に独自の特徴を出し米国や日本をはじめ，世界の市場を分け合っている。

(3) ハードコピー装置

ハードコピー装置は，ディスプレイに表示された結果をリアルタイムに出力するのに用い，情報の保存などを目的とする。従来，簡易コピー装置としては専用紙を用いた感熱式や電気破壊式のものが多い。しかしこの方式は，コピーした紙を放置すると変色してしまったり，画像が不鮮明である上，専用紙代が高価であるなどの欠点があり，単なるメモ程度にしか使えないという酷評もある。

これに対し，最近発売されたキャノン製レーザー・ビームプリンタは解像度が良く，素晴らしく鮮明なコピーが得られる。しかも，普通紙を用いるので紙は変質することなく，コピーコストも安い。解像度が良いので小版の図面であればプロッタを用いる必要がない。またディスプレイにズーム機能があれば拡大図も得られ，グラフィックシステムのパンニング機能を利用して次々と部分コピーを取るなどの工夫が可能である。しかしながら残念なことに，この装置は特別な変換インターフェイスを持たない限り，ストレージ型 CRT ディスプレイのハード・コピー装置としてしか使えない。現状では，オプションとしても，それが準備されていない。

3.2 コンピュータ・グラフィックスのソフトウェア

3.2.1 ソフトウェア概要

資料：図形処理システムの現状

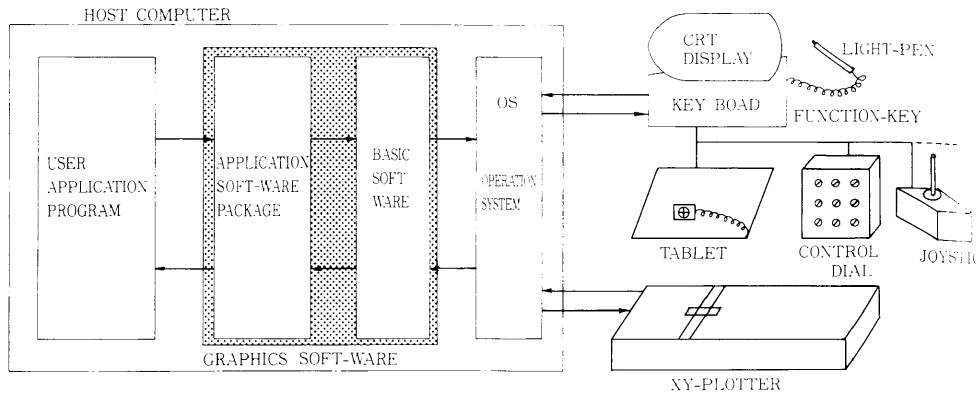


図 3-11 グラフィックス・ソフトウェアの体系

グラフィックスを行う場合、ハードウェアと共にグラフィックスソフトウェアが必要であることは言うまでもない。グラフィックスソフトウェアには通常図3-11に示すアプリケーションソフトウェアパッケージと、グラフィックス入出力の基本処理を行うためのベーシックソフトウェアなど、大きく二つの体系に分けることが出来、種々の機能はビルディングブロック方式で組み入れられる。それらに要求される基本機能には、次のようなものが上げられる。

- ① 人間による図形変換の手間が極力少なくて済むように、図形データ入力機能を持つこと。
 - ② 図形イメージが各種の形態で入力できること。
 - ③ 必要に応じ、図形の基本操作（拡大/縮小、回転/移動、投影など）や、図形データの変更、関係の追加/削除が容易に行えること。
 - ④ 人間の創造性、直感的な判断が十分に生かされるよう対話手段が備わっていること。
 - ⑤ 問題解析と図形処理プログラムが容易に結合できること。
 - ⑥ 各種の図形処理装置が選択できること。
- (1) ベーシック・ソフトウェアパッケージ

グラフィックスの i/o については前節で述べた通り各種のものがある。これらには機器固有のコントロールが必要である。例えば、CRT ディスプレイの表示、対話を目的としてそのベクトルや文字の表示など、図形処理上もっとも基本的な機能に関する事、図形処理向けのハードウェアがない場合にはキャラクタで図形出力を可能にするキャラクタモード・サポート機能、あるいは対話処理に必要な割込処理機能などを中心としたものである。

また、XYプロッタの作画を目的として、ベクトルや文字の作画をサポートしたり、あるいは中間ハンドリングルーチンを介して、CRT ディスプレイとXYプロッタの相互乗入れを図るものもある。

なお、ライトペン、キーボード、ジョイスティックなどの入力装置は、CRT ディスプレイ

端末にインテリジェント機能（例えばチャンネルプロセッサなどと称して）を持たせ、端末サイドで入力のコントロールが出来る場合が多いので、ベーシックソフトウェアではサポートしないことが一般的になって来た。

(2) アプリケーション・ソフトウェア・パッケージ

ベーシック・ソフトウェアは、グラフィックスを行うハードウェアの全ての機能を十分に生かすように作られたもので、ユーザ側から見た場合は機能が低いとは言えず、かなり煩雑な手順を得なければ図形処理は行えない。そのため、ベーシック・ソフトウェアをある機能単位にマクロ化したり、各種グラフィックス・コマンドをサブルーチン化するなど、内容については種々見られるが、人間が効率よくより容易にグラフィックスを実現するためのソフトウェアも必要になってくる。アプリケーション・ソフトウェアパッケージは、このような目的から、その体系が組まれたものである。

例えば、定義された基本図形の表示や描画に関わる図形出力機能、グラフの作画、外枠作画重ね書きや配置を簡単に行わせるグラフ機能、図形の交点計算や透視投影、座標変換などの演算機能、図形要素データ（セグメント）の制御、CRT ディスプレイの表示に対する状態制御、インタラクティブ機能、デバイス・インデペンデント実現の諸機能などが盛り込まれる。

3.2.2 グラフィックス機能

グラフィックスのための諸機能のうち、特に CRT ディスプレイを対象とした代表的なもの概略を述べる。これらの機能は、メーカーやシステムによっては高速性や高応答性を策するためにハードウェアやファームウェアによって実現させているものがあり、必ずしもアプリケーション・ソフトウェア・パッケージの中に含まれているとは限らないが、種々の例が見られるために、特にそれらの断わりについては述べない。

また、CRT ディスプレイがストレージ型であるものと、リフレッシュ型、ラスタ型であることの違いからの実現の可否についても考慮していない。

(1) 基本図形を描かせる機能

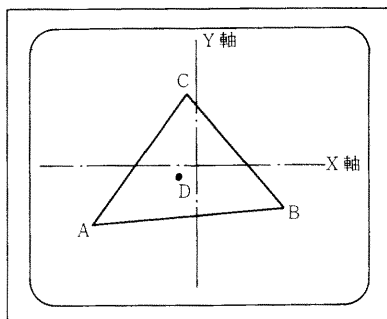


図 3-12 三角形表示画面例

① 点、直線を描く (図3-12)

点（ドット）を取るには、画かせる点の位置座標を、点を描かせるコマンド（例、DOTP）のパラメタとして（X, Y）に与えればよい。さらにこの点を格子に画いて行くとするなら、縦軸、横軸方向の点間距離と、格子点数の2組、合計6つのパラメタを定めればよい。

また、直線を描かせる場合は、基準となる点（出発点；A）にビーム位置を定めてから、次の点Cの座標を与え、

線描画コマンド（例、LINE）のパラメタに渡せばよい。順次B→Aと行えば図のような三角形が得られる。線分の長さや角度によって線を描かせる場合などは、幾何計算により点の座標を求めればよい。さらに、多角形を描かせる場合も同様に行えるが、角数が多くなれば命令が多くなり面倒であるし、閉図形の内側にハッチングや中塗り処理を行わず必要がしばしば起るので、通常は別のコマンドを持っている。例えば長方形（例、RECTANGLE）の場合は、左下と右上の頂点のX、Y座標値の4つのパラメタと、外郭線を引くか否か、中塗りをするか否かの選択パラメタを定めればよい。このとき、中塗りのパターンは何であるかをその命令の実行前に決めておくと、ハッチング種別やカラー種別を選んで表示できる。

多角形は、多角形を構成する頂点の数だけ、描画順にX・Y座標を与え、さらに外郭線や中塗り制御パラメタを与える。なお、パラメタの大きさは整数扱いであるので、最大32768までと制限されている場合もあるので、取り扱える座標系の大きさに注意する必要がある。

② 円、円弧を画く

円（例CIRCL）は、中心点のX・Y座標と、半径を与え、円弧（例FAN）を描かせるときは中心座標と、始点と終点の中心角を夫々与えればよい。

③ 文字の描画

文字を描かせる場合は、書き始めの位置座標を与え、さらに文字パターンを決めるパラメタや、描画方向（角度）を与えるパラメタ、およびその文字列を与えればよい。

④ その他

自由曲線は、デジタイザによって次々と座標を求め、その補間演算を施して点群を結線させる方法と、各変位点の座標をある規則に従って求め、幾何演算により近似曲線を求める機能などがある。3次元図形では他に、幾何演算に必要なパラメタを与え、投影/透視図を描かせたり、隠線消去を行わせたりする機能がある。

(2) 基本図形を操作する機能

点、線、長方形、多角形、円、円弧、などの基本図形に名前を与え、それぞれの図形要素として扱うために、それらのデータをセグメントという単位に分ける。このセグメントは、データ間の関係を明らかにする必要上リンクされており、階層構造になっている必要がある。

図形要素が、このようなセグメントあるいはサブセグメント単位で扱うとき、このディレクトリーの初期化、オープン/クローズ、消去/追加、呼び出しなどを行う機能、スケールの変更、移動/回転ファクタの変更、座標変換ファクタの初期化、および変換や移動後のデータを取り出すヒット・テストの対象とするか否かの指示を行う機能を持つ。

(3) インタラクティブ機能

① ヒット・テスト

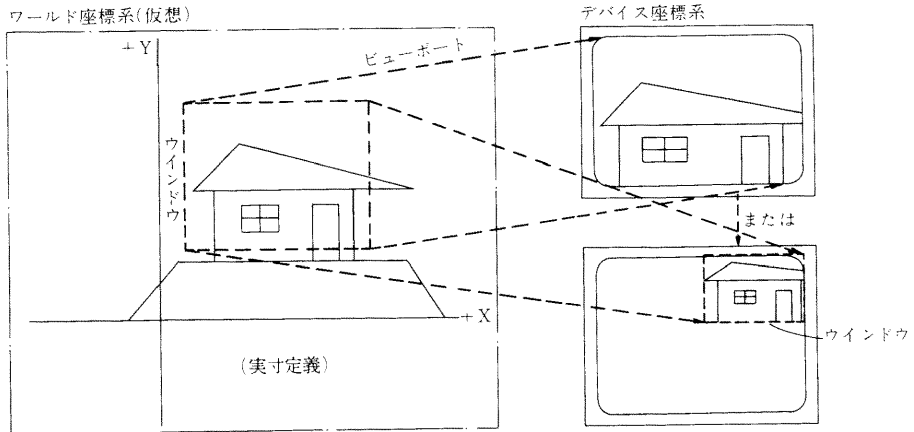


図 3-13 グラフィックスの座標系

ヒットテストのコマンドを利用して、直線、円、多角形などのデータ要素毎にデータ名を与え、その座標値などのデータをシステムに与えることができる。

② ズーミング、スクロール、ドラッグング、パンニング

通常システムは、仮想座標系（バーチャル座標系、ワールド座標系などとも呼ぶ）と CRT 座標系（アドレスポイントが単位となる）の二つの座標系を持っていて、ユーザは図形のスケールについては意識しなくても良い仮想座標系において、図形を定義する（図3-13）。

この仮想座標の一区画を CRT 管面上に表示させるためには、仮想座標系にウィンドウを定義する。このウィンドウを任意の位置に動かすことをパンニングと言い、パンニングによって表示させたい領域が定まったとき、このウィンドウ内の図形を、CRT ディスプレイの可視領域へ伝送して表示させることをビューポートという。ビューポートした図形は、CRT 管面上に必ずしも適当に収まるスケールで表示されているとは限らない。このとき図形の拡大/縮小を行わせる必要があり、このことをズームングという。さらに必要に応じ移動（スクロール）させたり回転（ドラッグング）させたりも、CRT 管面上で自由に行い得ることができる。

この時の方法の一例としては、タブレット上に、これらの機能を示したシートを貼っておき、その位置をスタイラスペンやカーソルによって読み取り、該当位置座標置がシステムに通知されたとき、その運動を行わせ得るようにプログラミングしておく方法が簡便である。また当然これらの運動の一つ一つを、コントロール・ダイヤルや、ジョイスティックに割り当てることも可能である。

③ ラバー・バンド

構造物を有限要素法により解析を行う場合、図形をメッシュ分割する必要がある。このときのメッシュのための線分を基本コマンドで定義することは、極めて面倒な作業に当るので、基

準となる各点に対し、分割線分を自動的に生成させる機能が必要である。

例えば、基準点をいくつかパラメータで与えられているとき、ライトペンなどで任意の位置を指示すると、その点から夫々の基準点に向けて、基準点数と同じ本数だけ線分が生成される。このような機能をラバーバンドという。

(4) 状態を制御する機能

グラフィックを行う初期状態に、ディスプレイに宣言を与えたり、終了宣言、管面消去などのディスプレイの状態をコントロールする機能が必要である。

また、カーソルに対しては、マークの指示や ON/OFF の指示、移動などの状態情報を送受する必要がある。

さらに表示されたデータに関しては、プリンク、識別番号、中塗りなどの内部パターンの指定を行い、スクリーンに対してはクリップ（ウィンドウからはみ出た部分のカッティング）を行い、ウィンドウ、ビューポートを通すか否かの指定も必要である。このように状態を制御するのに必要な機能を備える。

3.2.3 グラフィックス・ソフトウェアの標準化

コンピュータ・グラフィックスの標準化は、1976年5月にフランスのサイラック (Seillac) で行われた IFIP·Working group 5·2 において規格化への次の4つの方法論的なテーマが集約された。

- (1) プログラム（またはプログラマ）の Portability（移植性）は、規格としての最も大きな目的である。
- (2) portability に作用するものは、Application program の Structure に作用するものであり、多くの関心に値する。
- (3) 本質的に、規格の構想と利用の方法論は、機能的な能力である意味論と同様に重要である。従って、規定された Calling seaquence などは、さして重要ではない。
- (4) ひとつの object の構成や control および、object から成る pictur 生成の機能は、明確に区別されなければならない。

これらのテーマは、seillac methodology として規格化の過程が進み、“Core Standard”の根幹になっていた。すなわちこの結論の一つとして、標準化作業を、図形を創成する機能の核 (core) を描出し、その成果を一つのシステムとしてまとめることで進めようとするもので、そのシステム名にコア・システム (図3-14) と名付けたのである。

コア・システムの特徴は、次の四つの事項にまとめられる。

- (1) 機械式プロッタから、高級リフレッシュ型まで広くカバーする。
- (2) モデルのあるワールド座標系を擬似カメラを通してデバイス座標系へ変換する変換規則

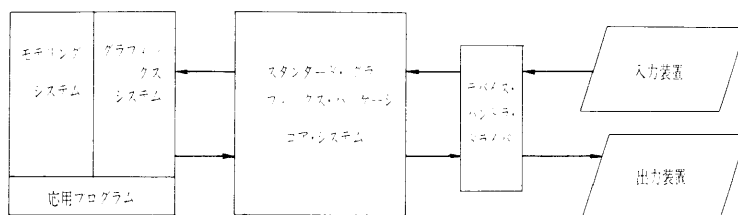


図 3-14 コアシステムの概念

を採用する。

- (3) セグメントの考え方により、モデルを記述する単位を作る。
- (4) 入力機能を分類し、論理装置として捉える。

さらに、コア・システムの機能は、次の六つに分類される

(1) 出力画要素

文字、線など出力する図形の単位で、出力の基本である。

(2) セグメント

イメージを記述する単位で、オープン、クローズ内にある出力画要素により意味づけられた図形が生成される。

(3) 属性

出力画要素、およびセグメントに対し、色、輝度、大きさ、検知性などの性質を指定できる。

(4) 表示変換

ワールド座標系で記述されているモデルを、ウィンドウによって区切り、正規されたデバイス座標系で規定されるビューポートへ投影する。このとき表示変換は、モデルを変換するのではなく、擬似カメラの位置を変えてスナップ写真を撮るという考え方である。

(5) 入力要素

ピック (ライトペンなど)、キーボード、ボタン (ファンクション・キーなど)、ロケータ (タブレットなど)、バリュエータ (ダイアルなど)、ストローク (連続した線図) の六つの論理入力装置が用意されている。

グラフィックスの経緯を概観して明らかなように、これまで、ハードウェア・メーカーが独自のグラフィックス・パッケージを有してインプリメントを進めて来た。現状に於てもまだ決して少くはない。そのため、コア・システムの具体的な提案となるといくつもの案が出され、さらに検討の余地を残している。

日本においては、グラフィックス分野で様々な研究テーマを残している現実があるが、米、英、仏、西独、オランダなどではこれら標準化の指向が高まり、具体化している所もあること

から、この分野の遅れを感じる。

しかし、優秀な日本の電子産業企業は、前節ソフトウェアで具体的な機能が述べられている通り（コアを意識して述べた）、ディスプレイメーカなどが中心になり、コアの良い所を採り入れようとする積極的、果敢な機運が見受けられてきた。現状においては、いずれもコア？ 具体的なサブセットの感があるにせよ、モデリングに対する方法論の確立に待って、徐々に具体化することは我国の方が早いであろう。それは我国が、付加価値の高い、知識集約型工業国の現状が、この分野に対し巨大な潜在ニーズを持っていることから推察できる。

4. あとがき

グラフィックスは、コンピュータの応用分野の中でも最先端技術である。頭初、グラフィックスの概説のあと、実際のアプリケーションであるCAD/CAMを述べようと考えていたが、耳新しい情報を述べているうちに紙面が尽きてしまった。まだまだ述べておきたかった関連事項に、モデリングシステムの実例と、その主な例。あるいは、CAD/CAMの航空機工業、自動車工業界における実例（機密が多いが）。または、CAD/CAMベンダーの状況とメーカの対応実態、その展望とか課題もある。

これらは、次期に必らず報告する機会が与えられるもののご期待頂ければ幸甚に思う。そしてさらに、本学の電子計算機センター自身も、グラフィックス対応の気運が昂まっている。これが実現したその時は、筆者自身のCAD/CAMの体験を踏まえたお話しができるものと思う。

また、メーカも急ピッチで、このアプリケーションの対応が迫られている。この方にも大いに期待できることと思う。

そして、実用の段になると、企業からのフィード・バックが不可欠である。自身から働きかけて、これらのノウハウの蓄積と、アプリケーション指向のグラフィックス・システムが多く出現することを期待したい。

グラフィックスのインパクトは、世の中になかなか大きなものがある。パターン認識の映像や音の分野、漢字処理へも影響大である。科学、工学の解析分野、組織体の管理・運営分野は、いうに及ばない。さらに教育・芸術の分野にも必らず波及するであろう。

これらのユーザ向けのイントロダクションとして、本稿の意義は決して少くないものと確信する。今後さらに、ユーザ層の拡がりを心から切望している。

最後に、本稿執筆にあたり、FACOM、TEKTRONIX、YHP、UNIVACの関係方々には、多くの助言や、貴重な資料をご提供頂いた。そして、本誌の編纂委員の方々には、締切期日を大幅に延期することを余儀なくし、誠に相済まなく思う。これらの方々に対しても、心から深く感謝する次第である。

(1981年1月30日 受理)

参考文献

- 1) 沖野教郎, 久保 洋: 形状モデリングと CAD/CAM, 情報処理, Vol. 21, No. 7 July 1980.
- 2) 穂坂 衛, 木村文彦: 3次元自由形状設計制御理論とその手法, 情報処理, Vol. 21, No. 5 May 1980.
- 3) 水谷 聰: 米国における CAD/CAM システムの動向, SYSTEMS, 5・6月号, 1980, p. 40~p. 53, ユニバック研究会。
- 4) 宮脇 繁, 小原 徹: トヨタ構造解析システム VESTA, FACOM ジャーナル, Vol. 5, No. 7 1979, 富士通株式会社。
- 5) B. David, Y. Gardan and J. Mermet: C.A.D in Small and Medium Sized Industries, Information Processing 80, IFIP, 1980, North-Holland Publishing Company.
- 6) B. R. Borgerson, R. H. Johnson: Beyond CAD to Computer Aided Engineering, Information Processing 80, IFIP 1980, North-Holland Publishing Company.
- 7) 穂坂 衛: CAD/CAM とコンピュータ・グラフィックスの新時代, および井越昌紀: CAD におけるコンピュータ・グラフィックス, 技研ニュース, No. 52, 1980年8月。
- 8) 財機振興協会技術研究所: コンピュータ・グラフィックスの現状と動向, 機械振興, 1980.
- 9) 宇野 栄: コンピュータ・グラフィックスシステムの開発。
小林 学他: 3次元グラフィックスを用いた CAD システムの開発とその適用例。
小林一彦他: グラフィックディスプレイ装置の現状とその使用法。
藤尾 弘: デジタイザ・プロッタの現状とその使い方。
前田淳次他: カラーハードコピー装置の現状と動向。
画像処理: 1980/5・6月号。
- 10) 三井秀樹: コンピュータ・アニメーションの最新技術と将来性, 画像処理, 1980/1・2月号。
- 11) 高橋健吉: 離陸期を迎えたカラー CRT ディスプレイ, ビジネスユースを中心として, コンピュトピア, 1981-1.
- 12) SIGGRAPH GSPC: Status report on the Graphic Standards Planning Committee, Computer Graphics, Vol. 13, No. 3 1979.
- 13) Jose Encarnacao: Computer Graphics and CAD/CAM.
Malcolm A. Sabin: Uses of Geometric Models in Computer Graphics.
Frank M. Lillehagen: Graphics Data Base and Data Structure in CAD/CAM.
CAD/CAM におけるコンピュータ・グラフィックスセミナ資料, 昭和55年10月, 財機振興協会技術研究所。
- 14) 池田嘉彦: ランダム・スキャン型の特性と効率的活用法。
花村義久: ストレージ型の特性と効率的活用法。
仲井久雄: ラスター・スキャン型の特性と効率的活用法。
功刀 孝: 日産自動車の CAD/CAM システム。
図形と画像: 1980, 12月, Vol. 1, No. 1, 図形処理情報センター。
- 15) AGS2000, グラフィック・ディスプレイ, GCSP-II 解説書, 日本ユニバック株式会社, 1980
- 16) FACOM OS IV GRACE IV 解説書(図形編), グラフィック・アプリケーション パッケージ, 富士通株式会社, (70 AR-5151-1), 1980.
- 17) 河村健二: CAD/CAM STUDY TOUR '79, 研修団報告書, 昭和54年12月, 日本ユニバック株式会社。
- 18) ソフトウェア・ファクトリ部: FACOM 図形処理入門, FACOM SE ハンドブック (ST99-0190-1), 富士通株式会社。