

## グラフィック・ディスプレイの応用とその展望

The Outlook for Applications of Graphic Display

山口 楠 雄\*

Kusuo YAMAGUCHI

多次元の画像情報処理の中で重要な位置を占めるものにマン・マシン・インタフェースとしてのグラフィック・ディスプレイがある。ここではグラフィック・ディスプレイの各種の応用分野、利用されている目的と機能を述べ、将来の見通しについて展望したい。

## 1. グラフィック・ディスプレイ

計算機入出力の画像情報処理のためのグラフィック・ディスプレイは、1963年に発表された I.E. Sutherland の SKETCHPAD の研究によってほぼその基本的方向が示されたと多くの人々が認めている。この他に同時期に GM が CAD について開発を行なっており、また SAGE システムとかいろいろの方面でディスプレイ・システムといえるものが開発され使用されてきたことはよく知られている通りである。

計算機は符号化された情報の演算、記憶、判別などの処理を高速で逐時行なう大きな能力を持っている。しかしこれらの情報処理形態は本来一次元的であって、連想処理方式が開発されつつあるとはいえ、まだまだ多次元的な情報処理にはあまり向いていない。そこで、計算機の特徴とする能力と、人間の創造的な面、パターン認識とくに形状的な認識の高い能力を効率的に結合して大きなパフォーマンスを発揮させようという基本的な発想が生まれたのは当然であり、これをもとにグラフィック・ディスプレイの開発が行なわれてきた。

この発想にもとづいて、もっとも大きな本命の一つとみなされて研究されてきたのが CAD (computer aided design) である。これについてすでに多くの研究結果が発表されている。CAD の将来性についてはほとんどの人が否定しないし、また研究すべき興味のある、あるいは問題となる点が多いことも知られている。しかし、現在あるいは近い将来における有用性と普及性についてはかなり議論が分かれるところで、楽観的な見方とともにかなり冷たい見方も存在する。

グラフィック・ディスプレイを広く解釈してキャラクタを含む画像の高速の表示と考えれば、これにはきわめて多様な用途と有用性が現われてきており、1970年代における情報処理の重要な部分を占めることは明らかである。同時に CAD もその中のある分野をしめるものとして見ればこれも実用化の方向へ進んでいることは間違いない。

以上のような見方を前提として、マン・マシン・システムにおける直視図形あるいは画像を媒介とした情報伝達の広い意味からグラフィック・ディスプレイを眺めてみたい。

## 2. 応用分野

高速で表示画像の変更のできるディスプレイの使い方を用途別に挙げると次のようなものがある。

- (1) CAD (computer aided design)
- (2) CAI (computer assisted instruction)
- (3) 訓練用シミュレータ
- (4) オペレータへの表示
- (5) モニタ
- (6) リモート・ターミナル
- (7) その他

グラフィック・ディスプレイの使い方を機能的に見ると大きく分けて次の3つになる。

- (i) 図形 (キャラクタを含む) 出力
  - (ii) 図形入出力
  - (iii) 図形のもつ意味の伝達
- さらに表示方法から見ると
- (a) 1次元表示
  - (b) 2次元表示
  - (c) 3次元の2次元表示
  - (d) 3次元表示

などがある。また単色表示と多色表示、および2レベル (黒白) 表示と多レベル (ハーフ・トーン) 表示の区別がある。ただし、(iii) および (d) については研究段階である。

まず、ディスプレイの用途別の使い方の (1) CAD には自動車、船、航空機などの外形のデザイン、構造物の設計、NC 工作機の加工設計、電子回路の設計、プリント基板のパターン設計、論理回路の設計などがある。CAD のかなりの部分は曲面の処理を行なうことを目的としており (ii) 図形の入出力、(c) 3次元の2次元処理が必要であり、図形の作成、消去、拡大縮小、回転、視点の変更などの処理が必要になる。CAD にも多数の

\* 東京大学生産技術研究所 第3部

データおよび条件を記憶して間違いのない組合せを得るのが目的のものもある。しかし、多少とも人間の創造力と結合する場合には、(iii)の図形のもつ意味の伝達が不十分な点が、マン→マシンの方向の情報伝達の障害になり、(d)の3次元表示が行なえず多色の高像解度の像が得難いことがディスプレイにおけるマシン→マンの方向のおもな障害になっている。

(2)のCAIには、数学、会計学、看護学、医学などいろいろな方面における教育への応用が、開発されている。いずれも計算機の指示によって学習し、理解したかどうかを計算機からの質問によりチェックされ次の適当なステップに進ませられるものである。これによりかなり質の高い教育を各生徒の学習速度に合わせて与えることができ、教師不足をおぎなうとともに教師はもっと高度の教育を行なう時間が得られる。

CAIは、確立した内容を教える教育に適していて、そのコミュニケーションも計算機からの質問にyesかnoあるいは指定などにより答える方式である。生徒から質問はできないのが普通であるが早い表示が要求されるのでディスプレイ装置の必要性が高い。機能的にはコストの問題もあってキャラクタ・ディスプレイを主とした(i)-(b)のものをを用いる場合が多い。ディスプレイのCAIへの応用は、教師の節約のほかにも多数の生徒のおのに対する繰返し学習、生徒が学習を任意に行なえること、理解し難い概念の画像による物理的意味の把握、形状的なものの直覚的認識などの点で効果がある。

(3)の訓練用シミュレータも一種のCAIといえるが実物に対応したリアル・タイムの制約がある点がことになっている。たとえば、航空機、宇宙船などの操縦訓練でパイロットの操作に対する応答がリアル・タイムで行なわれる。入力装置には実物と同様のものが使われるのでディスプレイは(i)の図形出力のみのものでよいが、実際に近い上質の画像を発生するものが望ましい。訓練用シミュレータのマシン→マン・インタフェースとしてのディスプレイはやや特殊なものであるが画像出力装置としてのディスプレイの特徴を生かした有効なものの一つといえよう。

(4)のオペレータへの表示の例としては、たとえばヒューストンのアポロ宇宙船打上げのコントロール・センタにあるもののようにテレビ、グラフ、文字などを同時に多色で大画面に表示し多数のオペレータあるいは管制官に同時に情報を与える大規模複雑なものもある。これはデモンストレーション用、訓練用も兼ねるようであり、(3)、(5)、(7)などの役目も果たす。列車集中制御用の表示、航空管制用レーダ表示なども(4)の中に入る。これらはすべて同時に1人以上の人間に画像的情報を与えて、人間がこれに対し別の装置を用いて操作を行なうものである。機能としてはリアル・タイム表示は必要で

あるが、(i)の図形出力を主とした(b)の2次元表示のものが多く、(c)が必要なこともある。

この方面への利用は大きなシステムについてだけでなく、プラントあるいはプロセスの運転状態の表示、クレーン操作手への指示など広範囲になりつつある。実時間の情報集収に問題がなければ、画像表示はオペレータにとって認識しやすく、キャラクタを使って言葉あるいは数値そのものも、正確に伝達できるので有効な場合が多い。計算機のコンソールなどのキャラクタ・ディスプレイもこの一種と考えられる。計算機を用いない場合もあるが生産工程の調整、検査ラインで特性の図形表示を行ない作業の迅速化を図っているのもこの例であろう。

(5)のモニタもやはり実時間で行なうものであるが、(4)より人間のオペレータとしての介入の度合いが低いものである。モニタといえばITVがすぐ考えられるがここでは入力情報を何らかのアルゴリズムで処理してディスプレイする場合について考えたい。この意味のモニタには広い範囲の多くの例がある。計算機の情報処理の中間結果を表示するのもこのモニタの一種で、人間はこれを見てパラメータの変更、演算のチェック、演算を打切るかどうかなどの判断を能率よく行なえる。軍用の状況表示に用いられる大型ディスプレイもこの一種である。さらに、プロセスの温度分布、時間変化などのパタンの表示、レーダ表示、アコースティック・イメージの表示などにもこの例が多い。これらはいずれも単点の測定値より全体のパターンが多くの情報量を持ちかつ人間が認識しやすいときにきわめて有効である。

モニタとしてのディスプレイには、おもに(i)-(b)の図形出力-2次元表示のものが用いられる。しかし、場合によってはCRTなどによる2次元表示は不必要で、ランプ、発光ダイオード、数字表示管などの組合せによるものでもよい。

(6)のリモート・ターミナルには各種のものがあ、(1)、(2)、(3)、(4)、(5)などはすべてこれになり得る。しかし、ここでは範囲を限って座席予約などのいわゆるエイジェンシー・セットをまず挙げたい。この中にはオンライン・バンキング・システム、証券会社の窓口サービス、ホテル予約、在庫管理などきわめて例が多い。この目的にはキャラクタ・ディスプレイだけでも間に合うが、座席の位置、ふさがり具合などのように図形ディスプレイが望ましい場合がある。リモート・ターミナルの中には研究室などで使用されるTSSターミナルも入る。

(7)のその他の中に入れるべきか(6)に入れるべきかははっきりしないが、今後の方向として研究されているものにCATV、ファクシミルおよびTSSターミナルの機能を持った電話機を組合せた複合セットを各家庭に置き地域社会の情報化を行なうものがある。これに類似

のものはふえてくると予想されるが人間を相手とするターミナルである限りディスプレイ装置が付属するであろう。

### 3. 使用する意味

グラフィック・ディスプレイが 2. 節で述べたいろいろな分野に使われる理由は何であろうか。まず、グラフィック・ディスプレイは同時に表示できる情報量が多いことが挙げられる。すなわち、一般に使用される  $1,024 \times 1,024$  のメッシュで黑白 2 レベルのものでも、その表示情報量は理論的には  $1,024 \times 1,024 \div 10^6$  ビットに達する。もちろん、人間にとってこのような二次元 2 進符号のようなものの大部分は認識不能であるが、それでも文字、音声などに比較して単位時間内に多量の情報を表示しうることが明らかである。

しかし、もっとも重要なことは人間は形状的なボタンに対して認識能力が高いということである。機械は一般に時間的直列の一次元信号をあつかうのに対し、人間は 2 次元ないし 3 次元の時間信号を処理するのに適しているといわれている。すなわち、人間は 2 次元以上のグラフィックな多量の情報の方が一次元の時間信号よりよく認識できる場合が多いのでグラフィック・ディスプレイがマシンから人間へ高能率で、情報を伝達しうるのである。また、これらの 2 次元ないし 3 次元の画像情報は普通時間的に変化しており、このパタンの変化を人間は容易に認識できる。人間は経験から得られたパタン認識の能力を用いているためと思われるが、人間の頭脳の動作については明らかでない点が多い。

パタン認識の能力から人間は画像について同定あるいは類推を行なう能力がきわめてすぐれている。これは時間的なパタンの変化にもあてはまり、ランダムな事象でない場合人間は将来に起こることの予測を常に行なっている。このように人間がパタン認識の高い能力を持ち、画像の同定、類推、予測を得意とすることがグラフィック・ディスプレイの人間側における有効性の基本になっている。いいかえると、過去に経験したことに近い状態が画像上に現われれば人間はすみやかにその大量の情報を認識することができるし、さらにすでに表示された内容から行なっている予測のためにこの認識能力はさらに大きくなる。ここに、オペレータへの表示、モニタなどにグラフィック・ディスプレイを使う大きな意味がある。グラフィックなデザインのための CAD、視界による訓練用シミュレータなどにもこのことがいえるが、これらはもともと画像情報を必要としているものである。

ここで、グラフィック・ディスプレイをマシンの側から見ると、機械にとって画像発生はあまり好都合なものではない。しかし、比較的簡単な図形、すなわち 1,000 本ないし数千本程度までの線素から成る 2 レベルの図形

を発生させること自体にはそれ程問題はない。さらに、多くの簡単な用途では、それ程多数の線素を必要としない。もちろん図形表示する目的のための情報処理は簡単であるとは限らない。

次に逆の方向、すなわち人間からマシンへの伝達の場合を考えると、これはさらに機械にとって不利になってくる。人間による記号とか図形の部分の指示には問題はなく、線図の作成もそのものに限れば比較的問題なくできる。しかし、図形の差異を認識すること、同定、類推および図形によって表示される意味を認識することになると急速に困難性が増す。このことはプリント文字、手書き文字あるいは短文、長い構文の順にマシンにとって認識が困難になることなどにも関連があり、マシンには人間のようなパタン認識の能力がほとんどないと考えられる。

両者の認識能力のギャップをうめることは、完全に思考様式のことなる宇宙人との通訳を行なうようなものである。プログラム作成のためのコンパイラは、わずかにこの橋渡しに当るがパタン認識のアルゴリズムがはっきりしないだけにコンパイラとちがってきわめて困難である。

以上述べたことから自明なように、2. 節で述べた使用分野の中でマシンから人間への情報伝達に重きを置いたものは将来すなおに應用範囲がひろがることが予想される。これに反して人間からマシンへ複雑な情報を伝える必要のあるものとか、マシンの中で同定とか類推の情報処理を行なう必要のあるものの将来の発展は簡単に予想できない。これらの分野への應用は、人間が創造的な面の一部まで機械にやらせようというかなり虫のよい面からきていることなので難かしいのは当然であろう。ただし、場合場合にあてはまるような上手な方法を見つけることによってこれらの應用分野の問題もかなり解決されていくことは間違いないと思われる。

### 4. おわりに

グラフィック・ディスプレイまたは画像情報処理についてはすでにきわめて多くの発表があり、また学会誌その他においていくつかの特集も出されているので参照されたい。グラフィック・ディスプレイは、表示デバイスこそ CRT を中心とした比較的わずかの種類のものしかない現状であるが、その適用分野の拡がりおよび情報処理の面から見た奥行きはきわめて大きく、一般的に論ずることは困難なことである。ここでは、多次元情報処理の観点から、人間の能力と計算機のそれとのギャップの大きさの違ういろいろな應用分野について展望を行なった。グラフィック・ディスプレイは、どんどん実用化の行なわれている分野と開発のきわめて難しい方面とがある。しかし、実用的な面に対して開発の意欲が盛んな

ことは当然として、解決の難かしい方向もマンパワーと金にかかるけれど、興味のある研究分野であるといえよう。  
(1972 年 2 月 14 日受理)

## 参 考 文 献

- 1) I. E. Sutherland, SKETCHPAD: A Man-Machine Graphical Communication System, SJCC 1963, 329-346.
- 2) E. L. Jacks: A Laboratory for the Study of Graphical Man-Machine Communication その他, FJCC 1964, 161-228.
- 3) S. A. Coons: Computer Graphics and Innovative Engineering Design, Datamation 1966-5, 32-34.
- 4) T. H. Myer and I. E. Sutherland: On the Design

of Display Processors, Communications of the ACM, 1968-6.

- 5) 特集, CAD 設計自動化の理論と実際, エレクトロニクス, 1969-5.
- 6) 特集, グラフィック・ディスプレイ, エレクトロニクス, 1969-11.
- 7) 特集, 新時代を開く画像通信技術とそのシステム, 電子技術, 1971-2.
- 8) 特集, 画像工学, 電気学会雑誌, 1971-12.
- 9) 三輪博秀, ディスプレイの展望, 電気学会雑誌, 1971-7.
- 10) 藤井忠邦, ディスプレイデバイスの動向, 電子通信学会誌, 1971-10.
- 11) 山口楠雄, 高速ディスプレイ装置, 生産研究, 1971-12, 509-518.

