視覚情報の処理とディスプレイ

日立製作所 中央研究所 三 浦 武 雄

来たるべき情報化社会においては、人間と機械、すなわち人間と計算機との直接的なコミュニケーションが必須であり、そのときまでに文字、音声、図形の原始情報の計算機による直接認識（パターン認識）の技術が充分確立されていなければならない。本報告では、このような観点から文字、図形（音声は除く）の認識問題を中心に開発の現状、ならびに問題点をサーベイするとともに、計算機の図形入出力装置であるグラフィックディスプレイについて言及する。

1. ま え が き

電子計算機の進歩は目ざましく、その処理能力は新しい電子部品の開発とともに著しく向上している。すなわち、処理速度の点では10倍/5年の割合で高速化し、システムのにもバッチシステムからオンラインリアルタイムシステムに適した機能を備えつつある。ところが、計算機の入出力装置としては、依然として計算機固有コードを媒体とするカード、テープあるいはプリンターなどが使用され、われわれが日常茶飯時に処理している原始情報、たとえば視覚、聴覚情報を直接扱うことのできる入出力装置をほとんど備えていないのが現状である。

一方、情報化時代の訪れとともに、これら原始情報を直接計算機で処理することの必要度が著しく高まり、最近では、パターン認識やマン-マシンシステムなる言葉のもとに、計算機による視覚情報、音声情報の認識、処理の研究開発が積極的に進められ、一部には文字識別装置、CRTディスプレイなどのように、実用段階に入っているものも現われている。本稿はこのうち、視覚情報の処理識別とディスプレイについて解説するものである。

視覚情報の特徴は、穴のあるなしや、センスマークのような一次元的なものを除き、そのほとんどが二次元以上の空間的配列をもつ情報、すなわちパターン情報（presentational symbol）であることである。たとえば、二次元的情報としては文字、図形などがあり、三次元的なものとしては物体がある。これらは一次元の情報に比べてその量が多いと同時に、計算機自体の情報処理や伝達方式は、あくまで時間的空間的に一列な情報（linear sequential symbol）であるため、情報の次元変換のための特別な処理が必要となる。これが入力情報が何である

かを識別するためのパターン認識の機能であり、出力装置に要求される図形表示機能である。さらに後者に対しては、人が機械を介してその内容を容易に修正するための機能、すなわち、マン-マシン性を備えることを必要とされている。新しい入出力装置の開発を行なうには、ハードウェアの他に、これをバックアップする新しいソフトウェアシステム、ならびに応用プログラムを支持するアルゴリズムなどに多くの解決されるべき困難な諸問題がある。

2. 視覚情報の形態と認識

2.1 視覚情報の形態

視覚情報の処理を行なうには、それ以前にその形態を充分に把握する必要がある。そのほとんどが二次元以上の分布であり、しかもそれらが種々の形態をなしている。すなわち、二次元分布である文字、グラフ、写真、指紋、図面、絵画など、一般に紙面に転写されたものの中にも、濃淡の度合いがほとんど意味をもたない二値的情報（文字、グラフ、指紋、図面など——線画）のものから、濃淡で重大な意味をもつもの（X線写真など——アナログ画）、さらには色調や画全体が重大な意味をもつもの（カラー写真、絵画など——カラー画）まで、いくつかの情報形態があり、これらの認識処理は後者になるほど複雑かつ高度になってくる。

三次元分布をなす物体の場合も二次元と同様、パイピング、竹ひご細工のような二値的情報のものから、濃淡情報のもの、一般物体のように色調情報のものなど種々あるが、もちろん後者になるほど著しくその認識、処理は複雑になる。さらに、三次元の場合は、二次元の場合に比して、視点から物体上の各点までの距離という概念の付加された認識となり、かつ、一般に濃淡、色調などの情報分布もアナログ的であって、これが機械による物

“Processing and Display of Visual Data” by Takeo Miura (Central Research Laboratory, Hitachi Ltd., Tokyo)

体認識をきわめて困難にしている原因でもある。現在の技術では、機械が人間の顔を見て、どこの誰かとか、あるいは顔色から健康かどうかを識別できるにはほど遠く、まだ男か女かの判別さえもむずかしい。

ここで注意すべきことは、写真のようにその対象が三次元であったとしても、図形情報としては三次元としての情報をもたないということである。これに対し計算機が出力する場合には、計算機に三次元情報を与えてあれば、ディスプレイが二次元であっても、三次元の処理が可能である。

2.2 二次元視覚情報（図形）の認識手法

図形認識の手法に、生物系の知見が実際にどの程度とり入れられているかは別としても、図1のような対応があるように思われる。

すなわち、そのステップとしては、まず図形の性質をできるだけ忠実に観測するパターン観測処理が行なわれる。この場合、パーセプトロンのように全面積をメッシュに分け、並列に入力情報を処理する場合と、ビジコンやフライングスポットのように、面を走査して情報をとり込む場合とがある。続いて正規化、特徴抽出、識別処理が行なわれる。正規化は、観測された像がぼけていれば、これを回復させ、明るさやコントラストがまちまちであれば、これを一定のものに規準化するような処理であり目的によって異なる。ついで正規化されたパターンから同一概念内容を抽出し分類する作業が行なわれる。

この特徴抽出処理は、認識手法の中では最も重要なステップであるが、各装置とも千差万別であり、理論体系を確立していない現状である。その理由は観測データが無限にある場合は別として、実際にはデータに制限があ

り、そのうちから特徴を分離識別しやすい形にするには、何をどの程度観測するべきかということを知るのが困難なためである。したがって現状では、半実験的、経験的、あるいは直観によりその手法がきめられている。

これに対して、特徴抽出によって得られたトポロジカルないくつかの情報をもとにして分類識別する道程は、かなりまとまった手法が確立されている。その有力な方法として、パターン分類を規定する識別関数を用いる方法があげられている。識別関数は一般に、入力パターンに対して線形または非線形の関係をもたせたもので、 N 次元特定空間を決定する数式モデルである。

図2において m 個の識別器（識別関数を計算する部分）にパターン X が入ると、それぞれで計算された識別関数が最大値選別機に送られ、最大識別値が検出され、最大値を示す識別関数からそのカテゴリーの名称に識別される。この識別関数の係数の値の決定に対しては、統計的な手法による他、サンプルパターンで学習する適応性をもたせたものなどがある。

以上は理論的には明確な方法であるが、理論上の仮定などに実際的でない点があり、実用にはあまり利用されていない。実際のほとんどのものは、標準になるべきパターンを辞書のような形で記憶しておき、特徴抽出された入力パターンと比較し識別する方法をとっている。辞書の作り方に学習機能を加えたものもある。

2.3 三次元視覚情報（物体）の認識の手法

たとえば、ロボットの眼であるとか、プロセスアイのように、物体の位置、寸法、方向、形状、種類をオンラインで認識する場合のように、二次元処理ができないときのみ三次元認識が必要となる。この認識はまだ緒につ

いて日も浅く、技術レベルも一般に世の中に存在する物体を認識できるにはほど遠く、まだ平面から構成された多面体の静的な認識にとどまっている。それも、単純な背景の中に置かれ、かつ適切に照明された場合に限られている。

その方法は、ビジコンやイメージディセクター管などで走査した視野を、 200×200 から 1000×1000 程度に格子状に分割し、各点の映像情報を4~10ビット程度の情報として計算機に入力し、これに各種の処理を施して物体を認識するものである。認識のための処理としては、(1) 平均化、(2) 空間微分（輪郭の強調）、(3) 線素方向検出、(4) 線図形化、(5) 特徴のリスト化、(6) 識別、判定、などの順序で行なわれる。

処理の手法としては、MIT の Roberts の方法¹⁾ が最も一般的で、その後の研究に多大の影

図1 生物系と機械系の対応（視覚系）

図2 パターン認識の基礎モデル

図 3 8つの方向の線分検出素子とその印刷記号

図 4 物体認識の一例

響を与えており、SRI の Forson の手法²⁾もこれを改良したものである。Roberts の方法における空間微分は、計算機に記憶された視野平面から 2×2 のマトリックスを切り出し、各点の明るさ情報 x から、

$$y_{i,j} = \sqrt{x_{i,j}}$$

$$z_{i,j} = \sqrt{(y_{i,j} - y_{i+1,j+1})^2 + (y_{i,j+1} - y_{i+1,j})^2}$$

とすることにより、人間の眼と同様の微分効果によりエッジ検出を行なうものであり、ある閾値で切ることによって、不要なノイズが、平方根演算による計算時間増加の欠点を補うほど、顕著に消去できることを指摘している。Forsen は、ほぼ同様な方法で輪郭を検出したあと、 7×7 のマトリックスを切り出して図 3 のような 8 方向との相関をとり、各点の線索方向を検出し、たとえば図 4 のような処理結果を得ている。

このあと、ほぼ同じ方向の線をたどりながら直線 $ax + by = c$ における係数 a, b, c を刻々計算していけば、最小二乗法により最適な直線が検出できる。このようにして線図形化ができると、こんどはその図形をたどって頂点をみつけ、頂点の数と各頂点から出ている線の数、線の方向などから、リスト処理で物体の形状を識別し、

図 5 物体認識の一例

視点に対する位置、姿勢を計算する。これにより、たとえば図 5 のような像に対しても、「 $\square$ 」形の頂点は hidden line の入口であると判断することにより、各物体を識別分離できる³⁾。

3. 視覚情報処理（二次元図形の処理）の具体例

認識の必要性については、表 1 に示すように各種の目的のものがある。これらは一見、何の関連性もないようであるが、パターン処理を行なううえでは、その代表的な文字認識の場合と大同小異である。ここでは文字認識、写真解析について、具体例を述べる。

表 1 二次元図形処理の適用分野

二次元図形の場合

- (1) 文字・数字の認識(手書き、印刷、タイプ—数字、仮名、漢字)(書類ハンドリング用)
- (2) 暗号解読
- (3) グラフの認識(TRS 特性カーブ、分析グラフなど、官能テスト、理化学機器後処理用)
- (4) IC パターン認識(IC 官能検査、IC 自動工用)
- (5) 組立図読取り透視図化、部品図化(設計のチェック、自動設計、ハンドリング、組立て)
- (6) 配線配管図読取り(自動配線・配管、異常検査)
- (7) 自動溶接機用カーブフォロアの目
- (8) 加工図読取り(自動数値化、自動加工順序、カッター選択、シーケンス決定)
- (9) 指紋識別、分類、登録
- (10) 筆跡鑑定
- (11) 顔写真識別、人相分類、手相分類、手相判断
- (12) 流れのパターン解析(人の流れ、車の流れ、交通管制)
- (13) 星のパターン解析(天文学)
- (14) 雲のパターン解析(天気予報)
- (15) 泡箱飛跡パターン解析(物理学)
- (16) 病気パターン解析(ガン、空洞、その他、体内写真よりの認識)
- (17) 航空写真、衛星写真による軍事的パターン認識
- (18) 航空写真によるパターン解析(地図作成、地形研究—交通研究、地域計画、汚染研究)
- (19) OCR を用いた MIS 装置(書類削減、自動書類化)

3.1 文字情報の識別

(1) 計算機で扱う文字

文字情報の処理の場合には図形と異なり、種類や書き方を限定することも可能であるので、認識処理を簡単化するため、計算機で処理しやすい文字パターンを作製している場合が多い。文字パターンの作製例には次のようなものがある。

(1) できるだけ少ない要素による字の構成 たとえば、数字表示板や電光掲示板のように、文字を線または方形のセグメント状に分け、その存在により特徴をもたせた方法である。要素数を増加することにより普通の字に近づく。

(2) 電磁氣的に読取りやすい文字 図 6 (a) はその一例である。いまこれらの数字が磁気インクでタイプされており、これを電磁氣的に読取る場合には、磁気ヘッドはインクの変化量のみを感じるので、図 6 (b)

図 6 電磁的に読取りやすい文字

であってもよい。同図 (a) は (b) を人間が読取りうるように考案された文字で、E 13 B font と呼ばれ、アメリカ銀行連盟によって小切手用数字として採用されている。

(3) 人間にも読みやすい文字 図 6 (a) は一例であり、このような立場から種々の字体が提案されているが、最近ではどんな字体の活字でも、手書き文字でも、自由に読みうるような文字認識装置が開発される方向にある。

(2) 文字読取装置⁴⁾

実用されている文字読取装置には、最も簡単なマーク読取装置、磁気インク文字読取装置 (Magnetic Ink Character Reader, MICR)、光学的文字読取装置 (Optical Character Reader, OCR) がある。マーク読取装置は俗にマークセンスといい、あらかじめマークを記す場所を指定し、この部分にサインペンまたは鉛筆でマークを記す方式のものである。ほとんどの OCR にはこの機能を備えている。MICR は前述の電磁的に読取りやすい文字を対象とする読取装置である。将来性は、OCR と比較すると表 2 のようになり、期待薄である。以下 OCR について述べる。

表 2 米国における文字読取装置の伸張予想 (単位: 百万ドル)

	1955	1960	1965	1970	1975
パンチカードリーダー	2.0	17.5	54.0	92.0	100.0
OCR	0.5	1.5	14.5	62.0	180.1
MICR	—	2.5	9.5	18.0	26.0

(電子協報告 昭 41.9)

OCR の構成としては、

- (1) 紙送り機構部
- (2) 光電変換部
- (3) 認識論理部

からなる。紙送り機構部は目的によって種々の形式があり、ドキュメントリーダー、ジャーナルテーブルリーダー、ページリーダーなどに分けられているが、いずれもここで伝票などの書類が 1 枚ずつ読取りステーションに送られ、その文字が光学的に走査される。この部分で文字はオン・オフの電気信号に変換される。ついで印刷位置の

(a) 走査法

(b) 出力走査波形

図 7 機械的しき走査

ずれ、文字の回転ばけなどを修正をする正規化作業を行ない、その後特徴抽出を行ない、その結果にもとづいて入力文字を判定する段取りになる。光学的走査法、認識原理に装置としての特徴がある。

光学的走査法としては、機械的なものと電気的なものの 2 つがある。機械的なものには、円板、鏡、レンズなどを回転させることにより文字像を走査するやり方である。IBM 社の OCR 1418 (図 7) はその一例である。この方法は安価であるが、1 行内の文字数に関係なく、走査に要する時間が一定で、柔軟性に欠ける点がある。電気的なものとしては、ビジコンや CRT フライングスポットを走査系に用いる方式である。

フライングスポットは、CRT 上の輝点を光源として、これを文字面に投影し、その反射光を光電子増倍管で検出する方式のものであり、機械的なものに比し迅速かつフレキシブルに走査できる点に特長がある。この場合には、前述のようなラスタ状の走査の他に、曲線追跡も

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
HT	+	-	+	+	-	+	-	+	+	+
HM	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+
HB	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-
SVUL	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+
SVUR	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+
SVLL	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-
SVLR	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-
LVL	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
LVR	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+

HT: Horizontal top.
HM: Horizontal middle.
HB: Horizontal bottom.
SVUL(R): Short vertical upper left (Right).
SVLL(R): Short vertical lower left (Right).
LVL(R): Long vertical left (Right).

図 8 Shelf check 文字のストローク分析

可能であり、文字の線画の縁または線画を種々の形式で走査することも可能で、その軌跡から文字認識をするような場合には有利である。この方法では約 2000 字/sec ぐらいの走査速度が得られている。ビジコンによる方法は、残像の問題があり、使用されていなかったが、郵便区分機で実用された。

認識手法としては、重ね合せ法 (pattern matching) と呼ばれる方法と特徴抽出法とがある。前者の方法は、ごく単純なものとしては、あらかじめ識別しようとする文字の標準図形を用意しておき、入力図形と重ね合せ、両者の差あるいは相関の度合から文字を決定する方式である。図形の定められた位置に文字を構成する線があるか否かによって識別することもある。活字印刷された文字を対象とする場合のように、文字の大きさ、形が定まっており、ほとんど変動がない場合に適している。

具体的には図 8 のように、水平ストローク、短い垂直ストローク、長い垂直ストロークの位置によって符号化し判定するストローク分析や、図 9 のように、文字の輪

図 9 輪郭走査法

郭にそって走査し、走査波形の時間微分からその軌跡の方向を見出し、その符号の配列から文字を判定する輪郭走査法がある。

以上の方法は図形の回転、大きさ変化によって影響される欠点がある。これに対する方法が特徴抽出法である。文字図形のもっている位相幾何学的な特徴をとらえて識別を行なう方式で、文字を構成する線の端や、ループの存在を検出し、それら各要素の相対関係から特徴を抽出する方法であり、多種類のフォントの読取りや、手書き文字の読取りに適用されている。郵便区分機を例に、その具体的内容について説明する。

(3) 手書文字の認識 (郵便番号自動読取り区分機)⁵⁾

手書文字には、制限手書文字と自由手書文字の 2 種類がある。制限手書文字は、文字の書き方に厳しい制限を付けたもので、その認識はタイプまたは印刷文字の認識と同様な手法が使えんと考えてよいが、自由手書文字は制限なしにまったく自由に書いたもので、その認識は文字認識の中では最もむずかしいもので、その実例も少ない。

手書文字の認識のむずかしさは、書く人の癖、筆記用具の違いなどにより、文字の現われ方に多様性のあることである。したがって、手書文字認識を行なうには、あらかじめ対象とする手書文字の性質を定量的に分析し、これらを考慮した設計が必要である。

すなわち対象とする手書文字をより広い範囲からサンプルし (郵便区分機の場合、約 30 万通の実書状分析が行なわれた)、文字の変形、大きさ、傾き、太さなどを、書く人の癖 (筆順、筆圧などを含めて)、筆記用具 (紙質なども含めて) との関連において、その種類や傾向を統計的に分析し、さらにノイズとして、シミ、カスレ、ヨゴレ、対象文字のまわりにある対象外の文字や図形についても考慮している。これらの分析結果をもとにして、文字の変形の許容範囲あるいはノイズの許容範囲など、認識装置の性能を左右する諸量を設定し、認識方式の設計が行なわれている。

手書文字の認識方式は、郵便区分機の場合、図 10 のような構成になっており、各段階の処理は特殊目的の計算機によって行なわれる。

(a) 光電変換

郵便区分機の場合には、ビジコンまたはフライングスポット走査を用いて、白黒の二値信号に量子化され、これが 3×3、5×5 のメッシュ状の二次元の情報として入力される。この場合、文字はほぼ所定の位置に書くこと

図 10 郵便区分機認識手順

になっているが、手書のため、そのばらつきは非常に大きく、郵便区分機の場合には、文字は赤枠の中に書くことになっており、赤枠を検出することによって文字の位置を知ることができる。

(b) 正規化

光電変換によって入力された手書文字は、後段の特徴抽出を容易にするために、大きさ、太さ、傾きを統一する正規化処理が行なわれる。大きさの正規化は、入力された文字の大きさを判定し、大きな文字に対しては $1/2$ あるいは $1/3$ に縮小する。縮小の方法は、たとえば $1/2$ の場合、入力図形の隣接した4ビット (2×2) を1ビットに対応させ、4ビットのうち1ビットでも黒があれば、対応するビットを黒にし、なければ白にする。太さの正規化は、文字の太さを判定し、太い文字に対しては、文字の輪郭から削り取っていく細め処理を行なう。細め処理は、隣接した9ビット (3×3)、あるいは25ビット (5×5) について論理判定を行ない、その中央ビットを黒から白に変化させることによって行なう。傾きの正規化は、量子化された図形について行なうことは困難なので、特徴抽出、識別判定の処理で吸収している。

(c) 特徴抽出

正規化された文字図形に対して、特徴抽出を行ない、情報の圧縮を行なう。郵便区分機の場合には、隣接する9ビット (3×3) について論理判定を行ない、図11に示すような線素方向特徴を抽出する。この線素方向特徴を横方向に連結させ、文字図形を水平の帯状部分に分けたときの部分図形に合成し、図12に示すような水平特徴に分類しておく。さらに、水平特徴の上下の相対的な位置関係を接続特徴として抽出している。

図 11 7種類の小方陣

図 12 16種類の水平特徴

(d) 識別判定

識別判定では、抽出した特徴によって、入力文字がどの種類に属する文字であるかを判定する。識別判定の方法としては最も簡単で、実際に抽出された特徴を、あらかじめ用意した標準文字の特徴（識別辞書）と比較判定する方法が用いられている。標準文字の特徴は、各文字およびその変種について、順序回路で実現される決定グ

ラフによって与えられており、入力文字の特徴は、ある定まった順序で各順序回路に入力され、もし、ある順序回路によって受理されたとき、入力文字がその順序回路に対応する標準文字と一致したと判定され、入力文字の種類が識別される。

ここで、識別辞書のパターンは、初めに述べたサンプルの分析結果にもとづいて設定される。したがって、そのサンプルが不十分な場合には、認識できない文字が頻繁に現われる恐れがある。このような文字が現われた場合には、辞書の変更の必要がある。したがって、辞書の内容はフレキシブルに設計されていなければならない。

3.2 写真解析におけるパターン認識技術の応用

写真の解析にパターン認識技術を応用することは、衛星や航空機からの地表写真の解析、医学研究、医学診断などの分野で、最近盛んになってきている。その認識手法は、用途によりそれぞれの工夫がなされていて、必ずしも一定の方式が定まっているわけではない。

米国の Douglas Aircraft 社では、気象衛星 TIROS から撮影した地表の雲の分布写真の中から“台風”を示す渦 (vortex) の存在を、パーセプトロン形の多数配列された検出素子によって探し出す方法を開発している⁶⁾。また、Purdue 大学には、農業調査のための遠隔探査実験所が設けられ、地表像を航空機上で走査して磁気記録し、あとでそのデータを解析して地表上の農作物分布図を作る方法を研究している⁷⁾。

まず、航空機に搭載された地表像走査器により地表像を走査し、地表像内の各点からの太陽反射光をフィルターにより分離して、可視光より赤外線に至る波長で $0.4 \sim 1.0 \mu$ の間を12のスペクトル帯域に分け、おのおのの帯域での反射光成分の強度を、12トラックの磁気テープに記録する。この記録が、地表像内各点の特徴を示す12次元の“特徴ベクトル”を示すこととなる。この磁気テープのデータの解析の実行は、計算機 IBM 360/44 システムを中心とするデータ解析システム、LARSYS により行なわれる。

この LARSYS の全体のデータフローを図13に示す。図中の LARSYS-AA が、データ解析と認識を行なう中心部である。磁気テープ上のデータは、LARSYS-AH により較正、数値化され、計算機のコアメモリー中に収納される。あらかじめ、燕麦、大豆、とうもろこし、らい麦、クローバなど、8種類の農作物に対する基準の特徴ベクトルが計算機内に記憶されており、地表像各点の特徴ベクトルを、この基準特徴ベクトルと比較し、最大値法を用いて、最も確からしい基準ベクトルの表わす農作物を、その点の農作物としてあてはめる。このようにして、地表における農作物の分布図を作成するのであるが、

図 13 LARSYS におけるデータフロー

適中率は 90% にもおよぶとのことである。

医学研究の分野では、米国の National Biomedical Research Foundation で開発した FIDAC System (Film Input to Digital Automatic Computer) が注目されている⁸⁾⁹⁾。これは、フィルムに撮影した生物体の写真を、フライングスポットスキャナーで走査し、得られた信号の処理を計算機 IBM 7094 を用いて行なおうというものである。

処理の内容は、たとえば写真 1 に示すようなフィルムに撮影した染色体写真のなかから、互いにペアになるものを選定し、写真 2 に示すように組合せることを行なっている。この場合は、各染色体の外形的な特徴を、図 14

写真 1 染色体の写真

写真 2 FIDAC システムによりペア選定された染色体

図 14 染色体図形の特徴的な部分曲線

に示す基本的な、部分曲線の配列として記号化してとらえ、この記号配列から、全体の濃淡、面積(大きさ)、各 arm の長さ、全体の長さ、arm の長さとの長さの比、周囲の長さなどを調べて、ペアを選定する。

このような、図形の構造の記号配列化による認識手法は、言語行動の認識手法と類似しており、パターン認識の分野での共通基礎技術の成立の可能性を示しているものといえる。この FIDAC システムは、神経繊維の樹枝状突起の認識、神経細胞核の分析などにも使われている。

医学診断の分野では、集団検診によって得られる多数枚の X 線写真の解析の自動化が考えられている。たとえば、診断のひとつの判定項目として、心臓と肺との大きさの比を示す心・肺比があるが、これの測定を X 線胸部写真をフライングスポットスキャナーで走査することにより、自動的に行なおうという試みがなされている¹⁰⁾。さらには、像をいったんフィルム上に記録することなく、患者の X 線透視像から、ただちに診断結果を出すことも、試みられようとしている。

パターン認識技術は、工業生産における製品検査にもこれから次第に用いられるようになるであろうが、その場合は、写真の解析というよりは、むしろ一般に画像の解析というものになり、フィルム上に像を記録せず、直接に画像を高速で認識してゆく必要が生ずる。写真ないしは画像の認識は、パターン認識の分野でも高度の技術内容を要する部類に属する。現在までは、いろいろと実験的な試みがなされたが、実用的なものはまだこれから出現しようという段階であり、今後の発展の期待されるパターン認識の応用分野であろう。

4. 物体認識 (三次元視覚情報処理) の具体例

生産工程における省力化対策としてロボットの開発が進められている。しかし、このような目的で開発されているロボットのほとんどは、外界認識に対する頭脳や眼

写真 3 SRI における人工知能ロボット

テレビジョン

の機能をもたず、活躍範囲も制限されている。このような欠点を克服するねらいから、人工知能ロボット (Intelligent Robot) の研究も進められつつある¹¹⁾。

写真3は Stanford 大学で J. McCarthy らが開発した例であり¹²⁾、眼・耳・手の機能をもち、“Pick up the small block standing on the right side”とマイクロホンから音声で入力すると、計算機はこれを認識して視野の右側にある立方体の積木の位置と方向を認識し、そこにマニピュレーターをサーボ機構で動かし、これをつかみ上げるものである。現在まだ計算機に話し掛けられる文章は限られたものであり、物体も積木程度である。視覚入力装置はビジコンカメラで、1画面を 666×500 点に分け、各格子点の明るさをそれぞれ4ビットのデジタル情報となし、2フレーム (1/15 sec) で全画面情報を計算機に入力している。

一方 MIT では、動きまわるロボットを火星へ送り込み、火星表面の様子を地球に送信する “Mars rover” の研究を行なっている¹³⁾。このロボットは、現在の計画ではデジタル的に走査される 512×512 の分解能をもたせたステレオ式ビジコンカメラをもち、2眼からの情報の相関から対象物体までの距離を認知し、また地上の暗い部分が岩影か穴かを、このカメラと触手で認識しながら障害物を迂回し “何か変わった物体” をさがして歩くものである。“変わった物体” としては、“動くもの” や “上部が下部より大きい物体” などがあり、これらは地上の物体から類推すれば生物である可能性の大なるものである。

動く物体の認識は、前述の積木の静的認識に対し、動的模式パターン認識と呼ぶことができ、応答の早いビジコンと、遅いビジコンの組合せ法や、時間的に画像をサンプルし前画像と比較する方法、あるいはまた、カエルの網膜を模擬した運動検出装置を実現するためのバイオニクス的研究が行なわれている¹⁴⁾。すなわち、カエルの網膜の4層のニューロン回路網をハードウェアで実現しようとするもので、計算機によるシミュレーションでは好結果を得ているようである。

人間の目でも立体は網膜で二次元像に変換されて認識されるが、完全な物体の認識のためには、両眼による立体視のほか、眼の位置を動かしてまわり込んで見るような機能が不可欠であるともいわれ、今後、このような生体工学の問題とともに、物体認識の研究は着実に進歩していくものと思われる。これらの研究は、現在の機械をどこまで intelligent にできるかという問題にもつながり、従来にない新しい概念の機械を生み出す素地を作ることにもなるであろう。

5. ディスプレイ装置

5.1 ディスプレイ装置の分類

視覚情報の出力装置であるディスプレイ装置には、計算機出力情報が永久保存なハードコピー用のものと、一時的な表示に終るソフトコピー用のものがある。前者はデジタルプロッターのようなもので、最終データの清書に有効であるとともに、比較的サイズを大きくすることも可能で、記録精度を上げる。後者は CRT ディスプレイのようなもので、表示図形の修正、消去が容易であるため、マン・マシンシステムの端末装置としてきわめて有望である。また、装置の規模の観点から、次の3つにも分類できる。

(1) 小規模な特殊目的用表示装置

この分類に入るものとしては、ランプ、nixie 管、電気機械式表示装置、エレクトロルミネッセンスを利用した文字表示素子など、多数のものがある。株式表示、駅行先表示、呼出表示、電光掲示板などはこの例である。

(2) コンソール表示装置

これは主に個人を対象とするもので、CRT ディスプレイがその代表的なものである。これについて後で詳述する。

(3) 集団用大形表示装置

分散した多数の人に同時に同じ情報を提示する方法としては、閉回路テレビとか、CRT ディスプレイが用いられるが、一個所に集まっている人々に対してこれを行なうには、大画面のディスプレイが必要である。この場合、あらかじめ用意された情報を提示することは、スライドや映画などの手段によって容易に行なえるが、リアルタイムで状況に応じて表示内容の変更が必要であるような場合は、大画面ディスプレイは技術的にむずかしい問題を多く含んでいる。このような技術上の問題と高価であることのために、現在一般に広く使用されるに至ってお

図 15 プロジェクション形ディスプレイ

らず、米国などでもその使用は軍関係に限られている。現在行なわれている方法は、主に小画面に通常の方法で表示し、それを拡大投影する方式である。

図 15 はその一例で、不透明フィルム上にスタイラスを通して計算機出力情報を傷つけ、これを投影するという方法であり、主として管制、管理用シミュレーターに用いられる。リファレンスプロジェクターにより、地図、写真、ダイアグラムなど、具体的な映像をバックに用いることができるとか、数個のユニットを併用し、カラーフィルターにより色別表示をすることも容易である。

5.2 CRT ディスプレイ装置^{15)~19)}

これは計算機と人間との対話を最もスムーズに行なうことができる装置として、目ざましい進展をとげている。最近では単にグラフィックコンソールに使われるだけでなく、大画面表示装置や、高速のハードコピー用の原画発生用にも用いられようとしている。CRT の種類も多く開発され、charactron tube, storage tube, scan conversion tube や、スライドから背景を投影できるような管など、用途に応じて種々のものがある。

一方、CRT には 20~30 in の画面が限界であること、高圧電源が必要なこと、高精度が望めないこと、少なくとも 30 Hz の再生が必要なこと、などの欠点があり、これらを克服する、CRT に代る新しいディスプレイ技術の研究も進められている。たとえば液晶ディスプレイ、レーザーディスプレイ、プラズマディスプレイ、エレクトロルミネッセンス、光半導体などはそれである。

写真 4 CRT ディスプレイ外観

図 16 CRT ディスプレイ装置

CRT ディスプレイ装置には、アルファベット、数字、特殊記号などの定形シンボルのみを表示する、簡単なキャラクターディスプレイと、さらに任意の曲線、図形を表示するグラフィックディスプレイとがある。以下、後者について述べる。写真 4 はディスプレイ装置の外観の一例であり、図 16 はその構成図である。図 16 によって動作の概略を説明する。

計算機で作られた図形情報は、定められたフォーマットに従う図形表示命令の列として、一度バッファメモリに送られ、そこに記憶される。ディスプレイ制御部は、この図形表示命令を順次読出し、命令内容を解釈し、それに従って図形発生器を動かし、所定の図形を CRT 上に表示する。CRT に表示された図形が人の目にちらつきを感じさせないためには、1 秒間に 30 回程度の速さで図形の再生をすることが必要があり、バッファメモリはそのための情報記憶に使用されている。

表示された図形に対する人間の対話は、ライトペンおよびファンクションキーによって与えられ、前者は CRT 上の位置を指示したり、あるいは図形指示に使用され、後者は人間の意志をスイッチ信号として計算機に伝えるものである。この両者の組合せで、図形情報を計算機によって入出力させることが可能である。この場合、これらの機能をバックアップするソフトウェアの有効な結び付きが必要である。

図 17 ライトペンの動作図

(上) ライトペンの視野に入った十字形ビームとその走査順序。
(下) たとえば、ライトペンで直線の一端を移動させると、十字形ビームは下図のように追跡してゆく。

ライトペンは図 17 に示すように、オプティカルファイバーとフォトマルとからなり、図形のピックアップ、指示、および図形のトラッキング（図形描写）の機能を有している。

図形のピックアップの場合は、CRT 上の図形の一部の光を感知すると、ただちにパルスが発生し、これを計算機に知らせる。計算機は自らが描いている図形であるので、それが図形のどの部分であるかを知ることは容易である。

一方、図形を描かせる場合、光のない部分の位置を指示する場合には、何らかの方法でライトペンの位置を追跡する必要がある。この場合には、トラッキングマークと称する十字のマークを CRT 上に出しておき、そのタイミングとライトペンの受光のタイミングから、ライトペンの受光端の新しい中心をたえず計算し、トラッキングマークのずれを修正し、ペンの移動に対してマークを追従させている。このマークの軌跡どおりに新たに計算機から CRT を光らせれば、そこに図を描かせることができる。この追従制御は、通常は計算機ソフトウェアで行なわれているため、計算機にかなりの負担がかかっていることと、高速の追従性が得られない恐れがある。これを解決するため、トラッキング専用のハードウェアを設けているものもある。

図 16 の原理図に対して、現在市販されているディスプレイ装置は、同図中に示すようにコンソールの分割点が異なり、3つのタイプがある。

タイプⅠは、図形発生器やライトペンが直接計算機で駆動され、バッファメモリ、図形処理機能は、すべて計算機内にもつものである。最も単純ではあるが、計算機がたえず CRT の動作を監視することになり、計算機に対する負担も大であり、多数の CRT を同時に動かすことは困難である。

タイプⅡは、バッファメモリに若干の図形処理に必要な制御回路を設ける方式である。この場合には、計算機の負担が相当に軽減され、1 台の計算機で、多数の CRT を動かすことも可能である。

タイプⅢは、図形処理に関する基本的な処理を行なえる小形計算機または演算機能を付加したものである。たとえば、表示内容が静的なもののみでなく動的なものを扱う場合には、高速のデータ修正が必要となり、このような機能の付加は不可欠となる。この小形計算機が上位の、より大形計算機のもとで動かされることになる。

このようなタイプの選別は表示図形の容量の大小、図形処理の頻度、システム価格などから目的に応じて決定されるが、最近では小形計算機の低価格化と相まって、次第にタイプⅢに近づく傾向にある。

5.3 CRT ディスプレイの図形発生技術

図形の表示は、CRT の電子ビームの位置と輝度、色を制御し、図形を走査することによって行なわれる。この場合、記憶容量や、制御の簡単さ、表示速度の点などから、なるべく少ない情報量で図形の走査ができることが望ましく、通常図 16 に示すように、専用の図形発生器が設けられる。たとえば文字発生の場合、表示位置と文字の種類、その大きさなどを指定するだけで、また直線発生の場合、両端の位置か、あるいは始点の位置とベクトルを与えるだけで所要の表示がなされる。発生の具体的な方法についてはそれぞれ特徴があり、目的に応じて種々の方法が開発されている。

(1) 文字発生

2つの方法があり、ひとつは charactron のような特殊なブラウン管を使用するもので、電子ビームをマスクを通して直接文字の形に整形し、螢光面に当てるもので、最も高速に文字発生が可能である。他のひとつは、CRT には通常のものを使用し、それに文字発生回路や掃引の方法に工夫をした方式のものである。表 3 に種々の方法を示す。

表 3 文字発生手法

ラスタ方式は、テレビと同様の走査を行ない、必要部分をラスタまたはドット状に光らせる方式であり、市販のテレビ受信機が利用でき、安価が期待できる点に特徴がある。この方法はキャラクターディスプレイに主に用いられている。最近では、この方法が曲線発生にも利用されてきている。パターントレース方式は、字の形をたどるように走査し、ドットまたは直線（ストローク）状に光らせる方式であり、図形発生を目的としたグラフィックディスプレイに主として利用されている。アナログ波形の合成によっても文字パターンを作ることが可能である。

(2) 曲線発生

通常、ベクトル発生器の名で直線を発生する回路が設けられ、任意の曲線を表示する場合には、短い直線を用いて折線近似で表示を行なっている。ベクトル発生の方法には、ドットの列によって表現する方法と、ベクトルそのものを連続的に発生する方法とがある。後者の方法

表 4 曲線発生方式

方 式	欠 点	長 所	代表性能
デジタル方式 （ドット方式 ストローク方式）	低 速 やや低速		200 m/sec 4,000 m/sec
アナログ方式 （ハイブリッド） 開ループ積分方式 閉ループ方式	誤差の累積	高速、安価 高速、安価、誤差の累積なし 任意曲線発生可能	15,000 m/sec
計算解合成方式			

は、回路的にはデジタルレート掛算器を用い、増分ベクトルの x , y 成分の大きさに比例した数のパルスのカウントし、これを D-A 変換をしたり、あるいはデジタルカウントの代りにアナログ積分するなどの方法がとられている。後者は FET を用いたアナログ高速スイッチ回路や高速演算増幅器が開発され、高速での直線発生の可能性があるため、最近、種々の方法が検討されてきている。ベクトル発生器の他に頻繁に使われる定形曲線、たとえば円、放物線、三次曲線などの発生器も多く用いられている。

曲線発生の方式と長所、短所をまとめると表 4 になる。これらの性能の良さを判定する目安として、天気図、回路図などのテストパターンが定められていて、これに対する単位時間内の表示能力で評価することも行なわれている。

(3) アナログ技術の応用^{20)~22)}

既述のように、アナログ手法の図形発生への適用は、その高速化において有効である。特に高次曲線の発生になるほど少ない情報量で波形再現が可能であり、システム価格低減にも有効である。一方、高速スイッチや高速演算増幅器を必要とする以外に、誤差累積の問題、正確なタイミングや、演算増幅器の演算モード制御（高速初期条件設定に必要）の必要性の問題があった。これを解決するのに、デジタル微分解析器を用いたものもある。また、負帰還安定回路を使用してアナログ的に解決し、演算モード制御の不要な方法を実用化している。

図 18 は、つぎつぎに与えられる点列を、なめらかに結ぶ曲線（三次補間曲線）の発生回路であり、一次遅れ回路により構成されていることから、誤差の累積が生じない。この方法は入力データを、つぎつぎに更新するだ

図 18 アナログ曲線発生回路の一例（三次曲線）

けでよく、演算器のモード制御は不要であるから、デジタル計算機のディスプレイ装置に適している。

6. CRT ディスプレイ装置と CAD²³⁾²⁴⁾

前章でディスプレイ装置の主としてハードウェア面の紹介を行なったが、使用者にとって最も関心の高いことは、ディスプレイをどのような目的に使用するか、それを実現するソフトウェアシステムはどのようになっていくかということである。計算機に連結したディスプレイ装置の実現によって初めて得られた効果は、

- (1) 計算結果を図表として表示できるので、変数の相互関係が全体的に把握できる。
- (2) 人間の二次元視覚を利用し、図示された図形の選択、形状変更、修正が容易にできる。
- (3) 図形の細部観察のために変換したり動かすことが容易である。たとえば平面図、立面図、側面図を与えて透視図を得ることができる。

このような機能は、たとえば (1) については、オンラインのコマンドアンドコントロールシステムの表示装置として利用した場合、指令判断を迅速に行なうのに便利であり、(2)(3)はわれわれが設計を行なう場合に試行錯誤的アプローチを行なうが、これに必要とされる機能である。しかも、この装置が計算機とつながっているため、人間が図形を作っていく操作を計算機が援助し、人間の意図するものを正確に作図し、データを正しく保存することが可能となる。またこれにより、ルーチンの作図作業の労力を省き、人間はいっそう創造的作業に専念できる。また、図を用いて人間が問題をといていく操作のうち、機械的な数値計算や作図作業を計算機に行なわせることもできる。このようにして設計者が計算機と対話をしながら設定、修正をし、設計を行なうシステムを、自動設計 (Computer Aided Design, CAD) と称している。CAD のうちには、回路解析のようにディスプレイを使用しないものもある。

図 19 は CAD の系統図を示している。設計者がまず計算機に制御命令（開始）と初期値を与えると、計算機はそれにもとづき、必要な解析と計算を行ない、結果を

図 19 自動設計の系統図

図 20 LSI CAD フロー図

CRT ディスプレイに表示してくる。これに対し設計者が修正を加えたい場合は、ライトペンとファンクションキーの操作により、適宜ディスプレイ上の図形を修正し、この作業が続きされ、遂に最終的に希望図形を得る。作業中途においてはソフトコピーの CRT ディスプレイが使用されるが、最終データはハードコピーで記録されるのが常である。

このような CAD は、MIT の“sketchpad”で最初に試みられたが、最近では国内でも研究が盛んであり、商業用の端末機まで市販されるに至っているが、ディスプレイを用いた CAD としては実用期には入っていない。図 20 は集積回路設計に用いる場合のフローチャートである。その他、自動車の外形と走行抵抗設計、トラスの応力計算、数値制御工作機のカッター経路決定、リンク機構設計、動画作製など、自動車産業、航空機産

業、造船産業、エレクトロニクス産業などの広い分野での検討が行なわれている。

以上のような操作を容易に行なうには、CRT ディスプレイには図形処理用の独得のソフトウェアシステム²⁵²⁶⁾が用意される必要がある。この標準的なものはまだ確立されていないが、その一例を図 21 に示す。

二次元表示面上に表示された図形に関する情報は、その相互関係を規定したリストとしてメモリーに記憶されており、人はライトペンやファンクションキーを使って図を作り、これをリストに入れるとともに、必要な応用プログラムを呼出して図形情報の処理を行なわせる。

リストプロセッサは、この場合に必要なリストの作製、追加、修正、あるいはリスト内のデータ探索などを専門に行なうプログラムである。ディスプレイコマンド発生ルーチンは、リスト内の図形情報や、応用プログラムの処理結果を表示するための命令を発生するルーチンである。

モニタープログラムは、これら各種プログラムとの間のインターフェース、および人間と各種プログラムとの間のインターフェースを、総括的に制御するものである。

ディスプレイシステムにおいては、人間が表示された図形を介して計算機と対話し、処理を進めるので、特にこの問題が重要であり、その部分に特殊な考慮が必要である。また、二次元の図形を扱うことから、リスト構造をどのようにするかは重要な点であり、種々の形式が提案されている。

しかしながら、これらに関してはまだ多くの研究課題を残しているのが現状である。また、人間が直接操作するコンソールには、ライトボタンやファンクションキーに開始、直線、円弧、指示、受理、拒否などの最も理解しやすい名称を付して使用しやすく配慮されている。

7. む す び

図形の処理、認識、ディスプレイといった問題は、人間から見ればきわめて容易な作業であり、われわれの日常では何の抵抗もなく、こういう問題を扱ってきているが、情報処理の中心となるべき計算機にとっては、きわめて困難なことであり、従来なおざりにされていた分野であった。

しかし、この難題を突破しない限り自動化時代の実現は不可能であり、来るべき情報化時代に臨むことは困難である。一度に高い望みをもつことはできないが、次第に計算機に人工五感を付けていきたいものである。

(昭和 44 年 3 月 10 日受付)

図 21 ディスプレイソフトウェア構成の一例

〔参 考 文 献〕

- 1) L. G. Roberts: Machine Perception of Three-dimensional Solids, Optical and Electro-Optical Information Processing, MIT Press, Cambridge, Mass. (1963) (edited by J. Tippet, et al)
- 2) G.E. Forsen: Processing Visual Data with an Automaton Eye, Pictorial Pattern Recognition, Thompson Book Co. (1968)
- 3) A. Guzmán: Decomposition of a visual scene into three-dimensional bodies, FJCC Proc., (1968) 291-304
- 4) 関口: 文字識別装置, 電学誌, **88**, 4 (1968) 612
- 5) 手書き郵便番号自動読取り区分機, 電子通信学会電子計算機研究会資料 (1968.11)
- 6) R.D. Joseph, et al: A Pattern Recognition Technique and its Application to High-Resolution Imagery, AFIPS SJCC, **28** (1966) 457-475
- 7) D.A. Landgrebe, et al: The Application of Pattern Recognition Technique to a Remote Sensing Problem, Proc. IEEE, 7th Symposium on Adaptive Processes, 2-b-1-2-b-11
- 8) Robert S. Ledley, et al: Pattern Recognition Studies in the Biomedical Sciences, AFIPS SJCC, **28** (1966) 411-430
- 9) 坂井利之: 文字, 図形の認識機械, 148-155
- 10) H.C. Becher, et al: Digital Computer Determination of a Medical Diagnostic Index Directly from Chest X-ray Images
- 11) H. Maguire and W. Arnold: Intelligent robots; slow learners, Electronics, May 1 (1967) 117
- 12) J. McCarthy, et al: A computer with hands, eyes, and ears, Proc. FJCC (1968) 329-338
- 13) L.L. Sutro, et al: Development of visual, contact and decision subsystem for a Mars rover, MIT Inst. Lab. No. R-565 (1967)
- 14) L.L. Sutro: Information processing and data compression for exobiology missions, MIT Inst. Lab. No. R-545 (1966)
- 15) 穂坂: コンピュータグラフィックディスプレイ, 信学誌, **51**, 5 (1968) 589
- 16) C. Machover: Graphic CRT terminals, FJCC (1967) 149
- 17) 三浦: 図形描写装置, 昭 43 年電気四学会連大予, S 11-3
- 18) The Computer Display Reviews, C.W. Adams Assoc. (1966)
- 19) L.C. Hobbs: Proc. IEEE, **54**, 12 (1916)
- 20) T.E. Johnson: MIT Techical Report 398 (1955)
- 21) M.L. Dertouzos, et al: Proc. FJCC (1966)
- 22) T. Miura, et al: Proc. SJCC (1967)
- 23) M.D. Prince: Man-Computer Graphics for Computer Aided Design, IEEE, **54**, 12 (1966)
- 24) コンピュータとデザイン, 工芸ニュース, **36**, 5 (1968)
- 25) 穂坂: 図形入出力装置の諸問題, 昭 43 年電気四学会連大予, S-11
- 26) M.H. Lewin: An Introduction to Computer Graphic Terminals, Proc. IEEE, Sept. (1967)

テレビジョン学会雑誌投稿規定

(昭和 43 年 2 月 22 日 一部改正)

1. 投稿者は原則として本学会会員にかぎる。
2. 本学会所定の原稿用紙に, 別に定める「テレビジョン学会雑誌執筆のしおり」に従って執筆すること。原稿用紙および執筆のしおりは申込みにより送付する。
3. 投稿欄は論文, 資料, これすばんでんすの各欄とする。論文, 資料欄の長さは原則として刷上がり 6 ページ以内, これすばんでんす欄は 2 ページ以内とする。1 ページは 375 字詰原稿用紙で約 6 枚。
なお, 各欄の内容はつぎのとおりとする。
論文: テレビジョン技術に関係のある独創的な研究結果の報告。
資料: 独創的な研究でなくとも, 新しい結果であって, テレビジョン技術に関連して会員の参考となるようなデータ, 設計資料, 施設計画資料, 試験報告等をまとめたもの。
これすばんでんす: 読者の自由投稿のページであり, 研究がまだ論文の形としてまとまっていないが, 新しい着想を公表し, 優先性を主張するために速報するもの。新しい生産技術, 現業技術を紹介するもの。あるいは既発表論

文への討論や学会に対する建設的意見を発表するもの。

4. 投稿の内容はなるべく本会員多数のために理解しやすく, かつ未公表のものにかぎる。他の著作権を侵した場合は投稿者の責任とする。
5. 投稿原稿は本会編集委員会で査読し, 不適当と認めたものは掲載しない。この場合, 原稿は投稿者に返送する。また, 編集委員会が原稿の一部訂正を適当と認めたときは, そのむね投稿者に通知し, 訂正のうえ掲載する。
6. 投稿が掲載された場合は 1 件につき抜刷 50 部を贈呈する。
なお, この他に別刷を希望する場合は実費が必要である。投稿のさいに希望部数を明記のこと。(別刷は最低 50 部とし, 実費は 6 ページ 50 部で 1,750 円, 100 部で 2,600 円見当である)
7. 原稿用紙, 執筆のしおりの申込み, 原稿の送付先
東京都港区芝公園 機械振興会館内

社団法人 テレビジョン学会
Tel. 東京 (432) 4677~9