

理研・情報科学研究室における画像処理研究

出沢正徳, 相馬 嵩, 後藤英一
(理化学研究所)

1. はじめに

当所の情報科学研究室においては、数年前から電子計算機と人間との対話の手段として、図形・画像情報の入出力と処理に関する研究を一つの大きなテーマとしてとりあげ、その一環として特に高精度、高分解能の陰極線管(CRT)の研究を行ってきた。CRTはテレビをはじめ、画像情報の読取りから記録に至るまで、その用途は極めて広範囲にわたっている。これはCRTが電子ビームで走査を行うため、偏向駆動が容易でしかも高速に行なえるなどの理由による。特に電子計算機の入出力端末としてCRTが利用されるのは、入出力速度が速いため、実時間的かつ動的な表示・処理が可能となるためである。当時コンピュータグラフィックスの主役であったグラフィックディスプレイ装置は高速大容量のリフレッシュメモリが必要であり、極めて高価なものであった。このためCRTの表示膜面自身に画像を記憶させる試みがなされていた。当研究室では絶縁体膜面に電荷分布として画像を記憶し、読み書きは電子ビームで行う表示記憶装置を開発した。この装置では、読取りが破壊的に行われるので、一つの表示装置に一つの記憶膜面を用意し、一方を読みながら他方に書き込むキャッチボール方式¹⁾を採用した。この際ビームの走査を表示用のCRTの走査と同期して行うことにすれば市販のテレビ装置をほとんどそのまま使用できる。実際にはビジコンの光電膜を用いた記憶装置を試作してこの方式を確かめたが実用するにはどうしても記憶密度を上げる必要が生じた。これが電子レンズ系の改良に着手した最初の動機である。その結果膜面の近くに電子ビームの集束系を作り、その最良集束条件を満たす軸を走査ビームと同期して移動させるMOL (Moving Objective Lens) 方式²⁾を考案し、この方式を適用し小型高分解能の表示管を実現することができた。ところでCRTは動作速度が速いことが長所である反面、スポットの位置精度と位置再現性が悪いという欠点を持っている。このため高精度で画像情報の入出力を行うにはもっぱら機械走査方式が用いられている。しかし写真計測、マイクロフィルムの記録、写真植字といった分野では高速入出力の必要性から、高精度CRTによる電子走査方式が採用されており、位置精度向上のために非常に努力がなされている。通常のCRTの偏向方式では偏向コイルと加速電圧の電源の安定性が直接位置精度に影響を及ぼし、高精度を要求する場合は超精密級の安定化電源が必要となり、高価だけでなく技術的な困難を伴う。そこで当研究室では、従来方式に比べ偏向位置精度を数段向上させ、さらにスポット径を縮小する目的で二重偏向方式^{3,4)}を考案した。この方式をCRTで実現するには、スクリーン近傍に短焦点の固定レンズ群を配置し、二組の偏向系によって入射レンズとレンズへの入射方向とを独立に変化させることによってスクリーン面上の所望の位置にスポットを結像させるようにする。短焦点レンズは実際にはスクリーン直前にマトリクス板に小孔をあけた金属板を配置し、スクリーンとの間に電圧を印加することによって静電的に実現している。レンズの性質から入射角が一定であればビームのレンズへの入射位置が多変動してもスポットの位置は変動しない。また入射角は一つのレンズが分担する範囲内でスポット数程度の精度であればよいので二組の偏向系をそれぞれ

この電源に要求される安定性は著しく緩和されることになる。本方式によるCRT (DD管) を開発し、現在その応用研究に取り組んでいる。DD管は東芝によって製作され、当所に設置されている高精度写真読取記録装置 (DDT-FMRS) のほか高エネルギー物理学研究所の泡箱写真解析装置の走査用光源として使用されている。

以下においては、高精度写真読取記録装置を中心とした画像情報処理システムと、これを用いて行っている研究の一部を紹介する。

2. DDT-FMRSを中心とした画像処理システム

二重偏向方式の高精度ブラウン管 (DD管) を走査用光源として使用した高精度写真読取記録装置 (DDT-FMRS; DDT Film Measuring and Recording System) を中心にして画像情報処理システムを構成し、これを使用して画像処理研究を行なっている。

このシステムのブロック図を図1に示す。白色蛍光体を塗布したDD管の有効画面 (約65×65mm²) は14bitのXY座標で指定され、ターレット式のフィルタ (透明, 赤, 緑, 青) を通してフィルム面上に投影され、白黒あるいはカラー写真の読取および記録が行える。カメラおよび測光系は16mm、35mmおよび160mmのフィルムサイズのものを用意している。ラスタ領域の読取・記録をCPUによる処理と並行して行なえるようにする直線ラスタ発生装置、カラー画像表示用のラスタ走査方式のカラー・モニタ、線図形読取のための円走査回路などが装備されている。また全体の制御はミニコンピュータ (TOSBAC-40A) によって行われ、2次記憶装置として磁気ディスク装置および磁気テープ装置が装備されている。以下ではこのシステムの各部の機能について簡単に説明する。

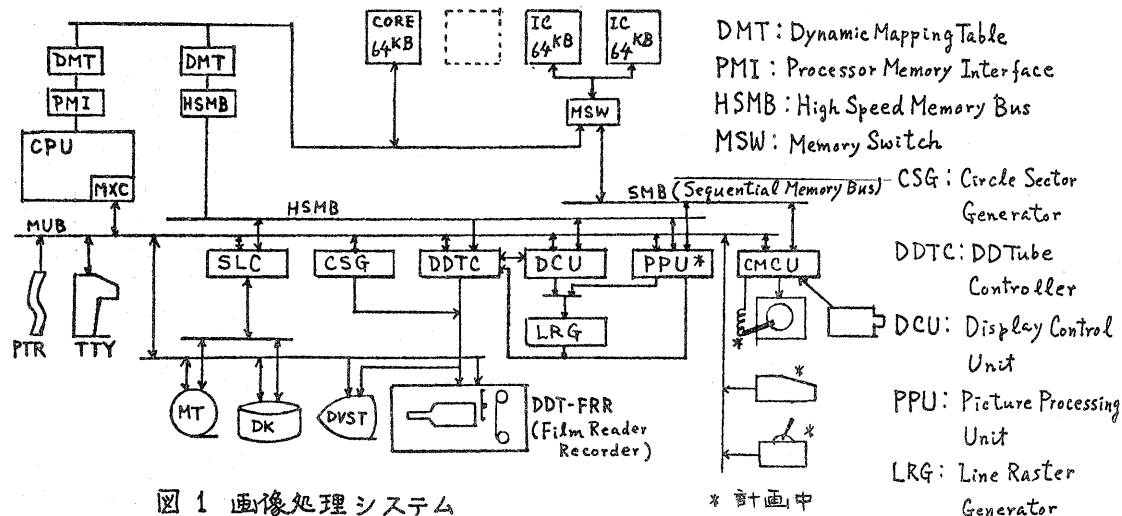


図1 画像処理システム

2-1. 読取りおよび記録

α. 読取・記録の原理

DD管の蛍光面は移動可能な走査光源に他ならず、制御装置からの指令で、指定した位置を発光させ、その輝度像を投影光学系でフィルム面上に結像させ、フィルムを透過した光をフォトマルで計測することにより、フィルム面上の任意の位置での透過率を測定できる。フォトマル出力はA/D変換された8bitの情報として計算機に入力される。光源位置による輝度の変動を補償するために光をフィルム手前で半透鏡で二分し、参照用フォトマルで光量を計測し、これと測定

用フォトマル出力との比として透過率を定めている。また対数変換回路を通して光学濃度として読取することもできる。この場合参照光フォトマル出力を積分し光量を一定にするための制御を行っている。また記録の場合には8bitの輝度値を(光量設定値)と参照用フォトマル積分値とを比較し、それらが一致した時点でビームをオフにする制御をしてスポット位置による輝度変動に関係なく、希望の露光が行なえるようになっている。図2にこの光量補償方式による読取・記録系のブロック図を示した。

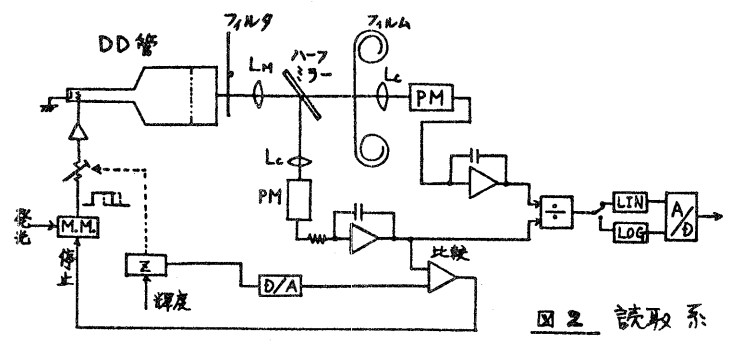


図2 読取系

b. カラー画像の読取り・記録 カラー画像の読取りは、半透鏡で光を測定用と参照用に分ける直前に設けられているターレット式の切替可能なフィルタを用いて、三原色の各成分ごとに濃度データを読取ることによってなされる。また、カラー画像の記録についても全く同様に三原色の各成分ごとに露光してなされる。

2-2. 読取・記録装置の制御

a. 制御用計算機

読取・記録装置の制御にはミニコンピュータが使用されている。64kバイトの専用コアメモリとDMAP(Dynamic Mapping)方式で直接アクセスできるように設計された128kバイトのIC-RAM(カラーモニタ用リフレッシュメモリと共用)が装備されている。テレタイプ、紙テープ読取装置、磁気ディスク装置、磁気テープ装置が装備され、磁気ディスクは主にプログラム、画像データの格納用として、磁気テープは主として大型計算機(FACOM 230/75)との情報交換用に使用されている。

b. DD管の制御

DD管の制御にはCPUの制御の下で1点ごとに座標を指定して読取りあるいは記録を行うモード(MXC-モード)とディスプレイ制御装置(DCU)の下でCPUと独立に直線ラスタなどの連続した卓列の読取記録を行うモード(SLC-モード)とがあり、いずれの場合にもXY座標および光量値(Z_0)がDD管制御インターフェース回路(図3)に転送されると、XYそれぞれの上位5bitを分離し、ホルズ選択用アドレスとし、現在のレンズアドレス(X_M, Y_M)と比較し、一致しない場合にはDMA(Direct Memory Access)チャンネルを通じて補正係数が読出され、補正回路の各レジスタに設定され、安定待時間を経た後発光し、透過率を測定する。

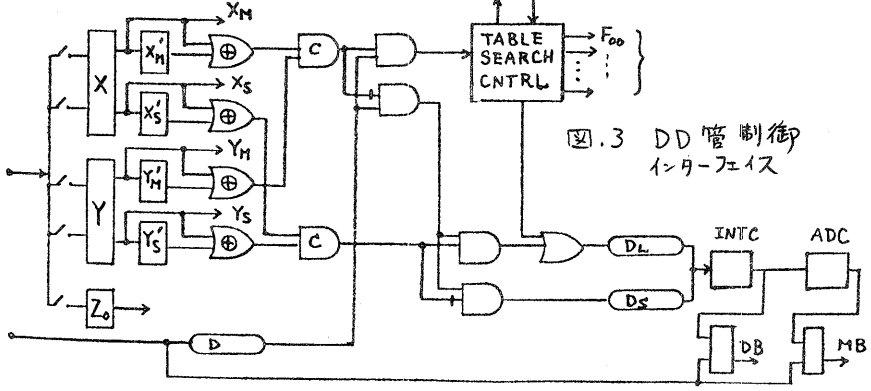


図3 DD管制御インターフェイス

透過率はMXCモードではRD命令で入力し、SLCモードではDMAチャンネルを通じて指定したメモリ領域に格納される。

c. 装置関係の制御

読取装置

に装備されて113カメラ、カラーフィルタなどはMXCを通じてCPUからの指令によって制御できるようになっている。表1に読取記録装置のコマンドおよびステータスを示す。

d. ディスプレイ制御装置(DCU)

この装置はCPUと独立に動作し、記憶装置内のディスプレイオーダを順次読出し、解釈して直線またはラスタを発生する。読取モードでは指定された座標値を発生させ、フィルタの透過率を測定し、記憶装置内の指定された領域に格納し、また記録モードでは最初に設定された輝度あるいは輝度情報を順次読出しながらか発生させるように設計されている。またこれには直線ラスタ発生装置があり、直線を近似する座標列が高速に演算出力される。

e. 円走査回路(CSG)

線図

形を読取る場合に線図形を追随し、特徴点を抽出するための走査を高速化するために円走査回路(Circle Sector Generator)が装備されている。(図4) CPUより走査中心座標値、走査モード、走査方向 (x_d, y_d) 、半径ステップ、円弧数などを設定しスタート指令を出すとCPUと独立に動作し、極座標で検出した画像位置 (r_i, θ_i) などを順次出力する。走査信号はアナログ的に発生されたDD管の副偏向(レンズ入射方向選択)信号に加えられる。

2-2. カラーディスプレイ装置

図6にカラーディスプレイ装置のブロック図を示す。リフレクティブメモリとして128KバイトのIC-RAMが用いられており、シーケンシャルメモリバス(SMB)を通じてカラーディスプレイ装置に接続されており、ディスプレイオンの状態では常時画像の再生表示が行

コマンド

00000000	-	
0001	SELECT STATUS 0	CAMERA
0010	"	
0011	STOP	
0100	RUN	
0101	REVERSE	
0110	FORWARD	
0111	FAST	
1000	NORMAL	
1001	LOG	
1010	LINEAR	
1011	WRITE	
1100	READ	
1101	DISABLE INT.	
1110	ENABLE INT.	
1111	-	
00010000	TRANS.	FILTER
0010	RED	
0011	GREEN	
0100	BLUE	

表 1

読取記録装置
コマンドおよび
ステータス

ステータス

	0	1
10000000	FILM CHNG. BUSY	POWER ON
01000000	35-L	PROTECTION
00100000	35-C	FILM OUT
00010000	16	FILM JAM
00001000	160	BLUE
00000100	OFF LINE	RED
00000010	LINEAR	GREEN
00000001	H. T. ON	FILTER CHNG. BUSY

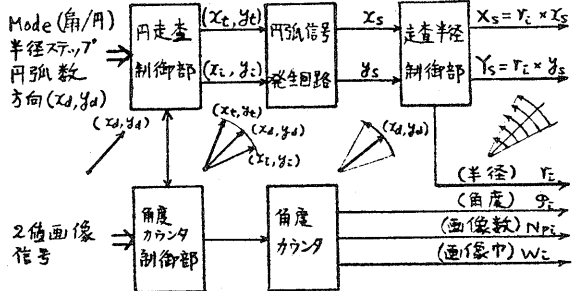


図 4 円走査回路ブロック図

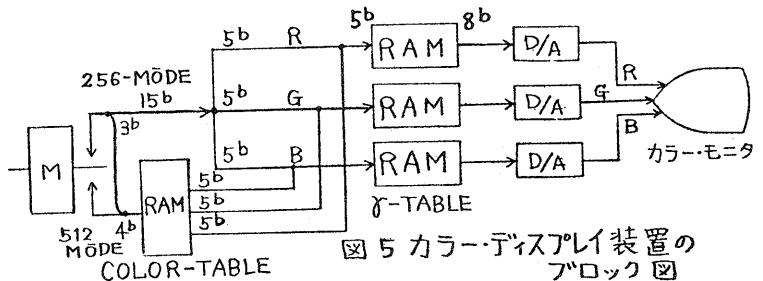


図 5 カラーディスプレイ装置の
ブロック図

なわめている。IC-RAMへのアクセスはMXCからアドレスをセットして行なうか、DMA Pによってサイクルスチールで行なうように、またその間画像信号はブランキング状態となるように設計されていく。またICメモリ自身のリフレッシュは水平復帰時間毎に行なわれる。画面を512×512の格子実あるいは256×256の格子実として表示する2つのモードがあり、512モードでは1実4bitでこれをアドレスとしてカラーテーブルを引いて16種の色を指定できる。カラーテーブルからはR, G, Bそれぞれ5bitの情報が出力される。256モードでは1実18bitでR, G, Bにそれぞれ5bitが割当てられる。5bitの色情報はこれをアドレスとしてテーブルを引いて各々8bitの輝度情報に変換され、D/A変換されカラーモニターへ送られる。256モードでは残りの3bitはフラグビットとして使用され、これらがいずれもかがいの状態の時にはこの3bitをアドレスとしてカラーテーブルが引かれR, G, Bの信号としてはこの出力が使われる。したがってこの3bitを操作することにより画像のデータを破壊することなしに、画面上にカーソルや記号等を7種の色で表示できる。カラーテーブル、γテーブルはRAMで構成され、MXCを通じて内容の書替が行なえる。

2-3. 基本ソフトウェア

プログラムはディスクベースのオペレーティングシステム(ミニOS)によって管理され、テレタイプを介してコマンドの授受が行なえる。プログラミング言語としてはアセンブリ言語の他にFortran, BCPLなどが使用できる。ファイルシステムが完備しており、ソースプログラム、相対形式のオブジェクトプログラム、実行形式のオブジェクトプログラムなどの登録、更新などが自由に行なえる。

DDT-FMRS制御用のプログラムとしては試験用プログラムの他種々のユーティリティプログラムが開発されている。試験用プログラムの一つであるJOBSELはテレタイプキーボードからの指示によって種々の走査を行なうもので装置の調整に際して不可欠のものとなっている。その他読取試験を行なうプログラム、標準格子を走査測定し、走査歪の測定を行ない補正係数を補正表に格納するプログラムなどがある。ユーティリティプログラムとしてはCOM出力用プログラム(COMOUT)、フィルム透過率を測定し磁気テープに格納するプログラム(FLMSCM)、逆に磁気テープに記憶されている画像データをDD管上に出力するプログラム(FLMOUT)カラーモニター上に画像を表示するための基本ルーチンなど種々のものが用意されている。またアセンブリ言語によるプログラムの作成を大型機(FACOM 230/75)で行なうためのクロスアセンブラ、カルコン社のCOMプログラム、汎用画像

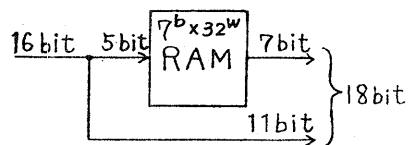


図6 DMAPアドレス発生

X*00	n**	SET MAP I/O
X01	n	INCREMENT
X10	n	DECREMENT
X1100000		SET MASK I/O
X1100001		ENABLE MASK
X1100010		DISABLE MASK 0
X1100011		DISABLE MASK 1
X1100100		MAP SINGLE CYCLE
		}
-1111111		RESET

* CPU, DMAの指定の切替
** テーブル内番地

表2 DMAPコマンド

00010000	WRITE MODE IN SET
0010	” ” RESET
0011	” DISPLAY OFF
0100	” ” ON
0101	” 512-MODE SET
0110	” 256-MODE SET
0111	” RAM ADDRESS b0 SET
1000	” ” b0 RESET
1001	” ” b1 SET
1010	” ” b1 RESET
1011	” ”
1100	” } 未使用
1101	” } 未使用
1110	” } 未使用
1111	” RESET

表3 カラーモニターコマンド

処理用サブルーチンパッケージ(PAX-II)なども用意されており、当所の大型計算機で使用できるようになっている。

以下においては、DDT-FMRSを中心とした画像処理システムを使用して、当研究室で行なっている研究のいくつかを紹介する。

3. DDT-FMRSを中心とした画像処理研究

3-1. X線回折写真の処理^{11), 12), 13)}

当所、結晶物理研究室と共同で、結晶のX線回折強度の測定処理を行なっている。ワイセンシャル法による回折写真(100×76mm)の必要な領域を1024×769の格子表で走査し、濃度情報を読取り、磁気テープに格納し、これを大型計算機を用いて、X線回折写真の解析プログラムの開発を行なっている。各スポットのインテックスを決め、積分強度を求めることが処理の目的である。処理手法の開発に当たってはPAX-IIが使用されている。インテックスの決定には基準とするスポットの同定が必要

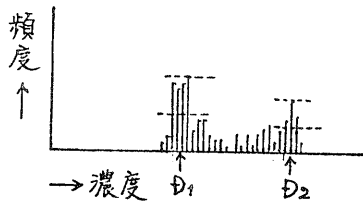


図 8

```

O L O P O M O Q Q Q Q N S Q N O R Q W Q J Q N T T O
O N R O P H O N S O S R O R Q N V P O P M R O Q S O
N R O O P P P P T S U R T T R R T M P O Q Q P S N
M S O P Q Q P P R R 1 3 2 2 T U . S M P N O R N 1
N N U R R R M I R U S 1 3 U 3 1 3 V O O S Q P R A Q
M O O N M Q P J R T 3 2 7 4 6 5 4 . U R M N P V . T
L P M N N O Q R T 2 2 6 6 4 7 6 4 3 . S O Q P O W O
K H N N O P Q S R . 4 3 8 8 6 3 7 4 1 P R N S S R Q
R M Q O P P 9 8 U . 6 A C 9 6 9 9 5 S Q Q P N S N Q
N Q M M O P R S U 2 8 9 C A C 9 9 7 1 P R P Q T S M
P O P M R O Q W S 5 7 C 6 C C 9 C 7 1 U O R S O P N
K M L N N R M O . 4 8 8 C C B D C 8 2 T V R R R L L
L Q M M S O N T T 5 D D E F C D D 9 1 U O S Q M Q P
Q O L N P T P Q V 6 8 0 C F 0 E D A 5 T P T O P Q Q
O Q P S R O N P T 5 9 B B D E D E 8 7 . R N Q O O P
O P Q U Q N O S . 7 9 C C E C E C 8 3 R Q N N M N M
P Q P U P R S P V 4 9 8 9 B D A E 8 7 S Q N P P N N
M O Q L Q O Q O S 4 C B A C C B 8 9 4 1 S R K N L O
N O P P N O P L S 2 6 9 8 9 C C 8 9 3 Q R S Q Q S Q
P O P Q P K O N N U 4 5 8 6 6 8 8 6 3 R T P R Q P P
O P U L M N P P O . 3 3 5 3 6 6 6 4 U S R S P R N
Q N P O M O M N T S . 1 3 3 2 2 3 1 V S Q Q J N L L
M I P N O N Q N P U Q V 2 . V 5 2 S U U R N O M O
L L L Q N K K M Q V 2 . U 2 V V S P N P P Q O O S
N N N O J O P R T S T S S 1 5 T S T M M O P R Q
R M M M N M N O M L N T U T T S T P Q M N P Q P O L
    
```

図 7

となり、対話的処理が有効と考えられるがここではラインプロッタ上に図7に示すように濃度情報も出力して行なっている。現在のところは近似的なスポット位置も格子定数から計算できるような場合のものを扱っている。積分強度を求めるにはスポットを中心にそれを囲む適当な大きさの窓を決める必要があり、この窓の決定は以下のような手順で行なっている。まずスポットの予想位置を中心に、スポットの大きさよりやや大きめの窓をとり、窓内の濃度ヒストグラムを求めて、スポットを分離できるようなスライスレベルを定める。そのためにヒストグラムで最大頻度値を求め、その半値巾の中心濃度 D_1 (図8)を定める。次に D_1 から半値巾以上離れていく領域で最大頻度を求め D_2 を定めて D_2 と D_2 の平均値をスライスレベルとする。さらにスライスされた2値画像の連結領域を求めてこれより積分の窓を決めて、この窓内の濃度データを取り出してバックグラウンドを差引いて積分を行う。これらの処理においては濃度データファイルを仮想的に、アクセスを高速化するためにDDT-FMRSで磁気テープにシーケンシャルファイルとして読取ったものを、64×64の領域ごとにセグメント化して、磁気ディスク上に2次のデータファイルとして作成したものを扱った。これらの処理はFACOM 230/45によって行なったがDDT-FMRSでフィルム上から必要な部分のみの濃度データを読取りながら対話的に処理する方式のX線回折写真処理システムも検討中である。

3-2. カラー空中写真の処理^{13), 14), 15)}

ほぼ同時期に別個に撮影されたカラー空中写真およびカラー赤外空中写真を前述のDDT-FMRSを用いて読取って、処理を試みている。(東大・理学・地理、久保幸夫氏との共同研究) 現在行っている処理方式のフローチャートを図9に示す。ほぼ同一地帯が中央部に含まれているが、縮尺が異なるカラー空中写真、カラ

一赤外空中写真をそれぞれR, G, Bの各成分ごとにデジタル化したものを2次元画像とする。この2次元画像をカラーディスプレイに表示し、対応点を検出、指示して位置のレジストレーションを行った後、256×256画からなる分析範囲の窓を設定し、それに相当する部分の画像情報を入力し、その内部においてデータを規準化する。この3次元画像は6次元のデータなので、直交化してデータ空間の次元数の減少を行ない、2次元画像を得る。さらに2次元画像に関しヒストグラムを作成し、これに基づきクラスタ化し、その結果をディスプレイする。満足し得る結果が得られるまでクラスタ化の基準の再決定を行ない最終的に得られた判別結果をカラー画像として出力する。このシステムは現在のとおりすべての処理をオンライン対話形式で行えるようにはなっており、一部球気テープを介して大型機で処理を行なったもので、緑被度等の測定処理において良好な結果が得られていた。全体としてオンライン対話処理が行なえる方向で研究を進めている。なお大型機による処理手法の検討、画像データのチェックなどに際しては、PAX-IIが用いられている。また土地利用のカラー地図から利用分布を讀取り、年度毎の変化を追跡するために、^(ここを)三原色のカラーフィルタを通して撮影した3枚のフィルムをDDT-FMRSで讀取り、同様な処理を行なって良好な結果が得られた。さらに後述の3次元表示入力装置を利用し、R, G, Bの3次元のヒストグラムを3次元空間における点の分布として表示して、部分空間を直接指示することによりクラスタリングする方法も試みていた。

3-3. 線図形の自動讀取り (16~21)

設計図面によって代表される線図形の情報を機械によって自動的に讀取るシステムの開発を目指して研究を行つていた。扇状走査および円走査を行って線図形を極座標的に検出して、線の性質、特徴点(交点、折点、接点など)を検出して線図形上を追跡し、計算機記憶装置内の線図形のデータ構造と直接対応づけながら讀取る方法を考案し、これに基づいて線図形讀取装置を試作し検討してきた。DD管はこのための走査用光源として非常に適していると考えられ、DDT-FMRSを用いて、この方法に基づいた線図形讀取システムを構成してみたが、特徴抽出のための扇状走査および円走査をソフト的に実現したため讀取速度がまわめて遅いものであった。そこで扇状走査および円走査高速化するため円走査回路(CSG)を試作し、DDT-FMRSに整備し、現在これを用いた線図形自動讀取システムの開発を試みている。図10に本方法による線図形讀取のフローを、図11に線図形追跡の方法を示した。まず粗なラスタ走査で線図形を探す。線図形が検出されたら走査中心を線上に移動し、図11に示すような扇状走査を行ない線図形の位置を極座

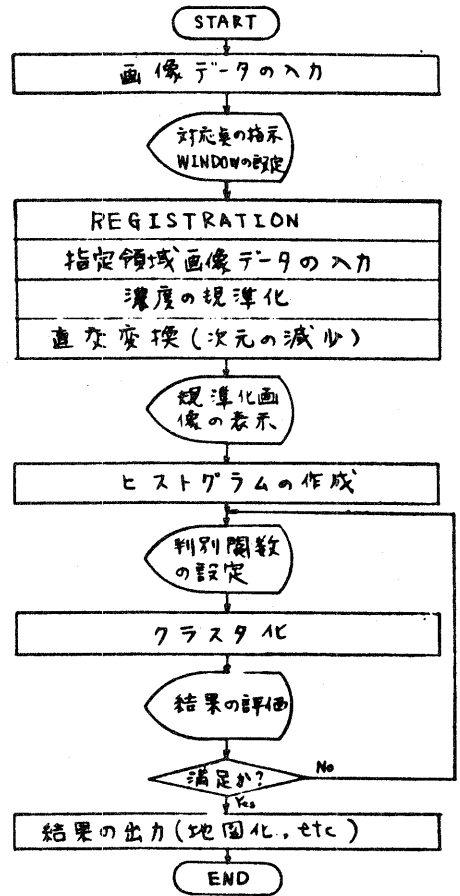


図9. 処理フロー

標 (r_i, φ_i) で検出し, 図11に示す条件によって特徴点存在の可能性を調べて, 次に移動すべき位置を定め, 特徴点が見つかったならば円走査中心を特徴点近傍に移動し, 座標値, 結合している線の数・性質・向き・連続性等を調べて登録する。登録済の特徴点から出発して辿られていない線を捜してそれを追跡する。もしなければ特徴点, 線, 接続関係のリストを整理し, 入力された線図形によって区分されている領域内に孤立した図形が存在するか否かを調べて存在したならばその図形について同様の操作を繰返す。もし存在しなければ画面上の入力済の線図形で囲まれた領域の外側を捜し, 存在すれば上記の操作を繰返す。存在しなければ終了する。図11に示した条件で①は線図形が検出される角度の半径に対する微分に, ②は二次微分に対応する値が閾値を越える場合である。③は同一半径で検出される図形の数が変化する場合。

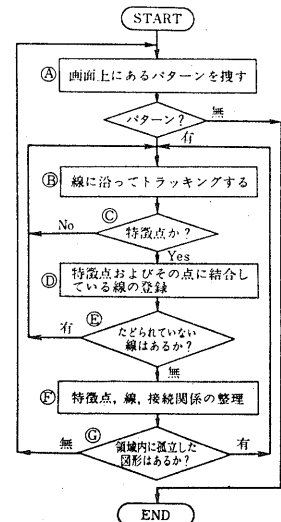
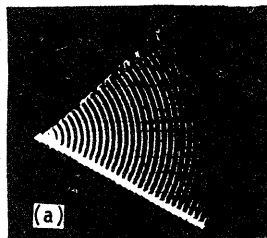
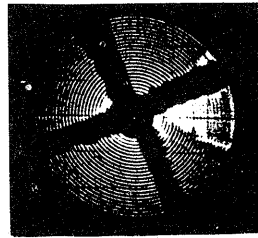


図10 画面の自動読み取り

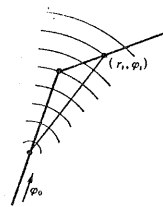


(a) 扇状走査



(b) 円走査

図12. 円走査回路(CSG)による走査



1. $|\varphi_i - \varphi_{i-1}| > \delta$
2. $|\varphi_{i+1} - 2\varphi_i + \varphi_{i-1}| > \delta$
3. $N_{p_i} \neq N_{p_{i-1}}$
4. $|W_i - W_{i-1}| > W_d$
5. $|\varphi_i - \varphi_0| > \varphi_d$
6. $r_i > r_m$

図11 線図形の追跡

④は角度で測った線巾の変化がある値を越える場合, ⑤は前のサンプル点と走査中心とを結ぶ方向 $(\varphi_0$ 方向) に対する図形が見つかる位置の振り角がある値を越える場合, ⑥は走査半径の上限による制限である。①~④のいずれかが満足された場合特徴点が存在する可能性ありとして, その付近に移動しさらに詳しく調べる。⑤の条件が満足されたら走査中心をその近傍に移動する。この条件により線の曲率が大きくなるほど線上にとるサンプル点の数が多くなる。⑥が満足されたら特徴点存在の可能性なしとしてより少し小さい半径に相当する位置に走査中心を移動する。円走査回路(CSG)による走査の例を図12に示した。

さらに画面上の寸法線および寸法の読取法についても DDT-FMRS で検討している。

3-4. 3次元表示入力装置と画像処理研究における応用 (22)~(29)

通常のグラフィックディスプレイ装置に付加し, 3次元的情報をステレオ表示し, その表示空間内に3次元的に図形を描くための装置を試作し, 当所のグラフィックディスプレイ装置に装備した。この装置のブロック図を図13に示した。グラフィックディスプレイ装置画面上に右眼および左眼に対応した像を交互に表示し, 同時に同期して開閉する回転円板

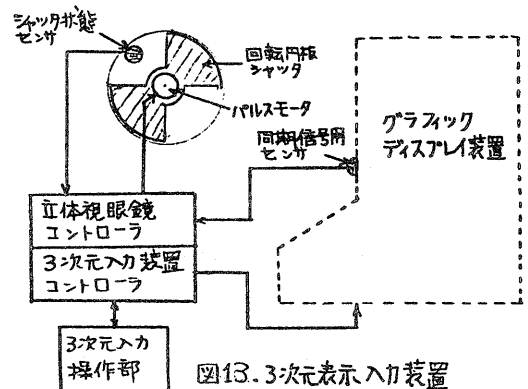


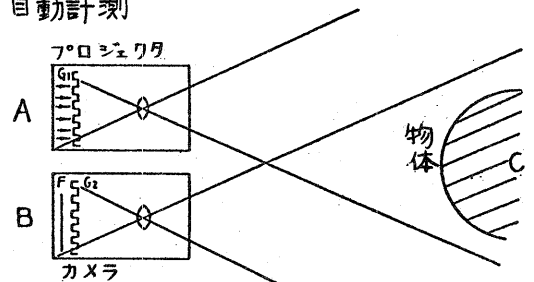
図13. 3次元表示入力装置

式の立体視眼鏡を通して観察することにより立体視できるようになっている。この装置は主として計算機内の3次元モデルの表示(立体,結晶構造のモデルなどの表示)や,3次元モデルの創成・処理のための道具として使用されている。画像理に関連したものとしては,多次元情報を3次元のヒストグラムとして表示し,因子分析,クラスタリングへの応用を試みている。先ずカラー空中写真の処理において,R,G,Bの各成分に分けて読取られた画像データをR,G,Bの濃度をそれぞれ3次元空間のX,Y,Z座標に対応させて,その濃度を奥の分布として表示し,その構造を立体的に観察したところ,2次元のヒストグラムの組合せでは分りにくかった構造も直観的に理解し易くなることが判った。さらにこれが表示されている空間内に直接的に部分空間を指定することによって,クラスタリングの判別閾値を与えることによってより良好な結果が得られることが確かめられた。なおDDT-FMRSにおけるカラーモニタ上にRおよびBによって右眼および左眼に対応した画像を表示し,RおよびBの色メガネをかけて観察することによって3次元のヒストグラムその他の3次元情報を立体的に表示できるようになっており,ここで述べたものと同様に使用できるようになっている。

3-5. 走査モアレ法による3次元形状の自動計測

3次元物体の形状の計測,特に物体の等高線画像を得るための方法の一つとしてモアレトポグラフィと呼ばれるものがあり,非接触で物体の等高線像を容易に得ることができることから,極めて広範な分野で利用されている。しかし得られた等高線画像から物体の形状の情報を得る作業はかなり面倒で,ほとんど手作業でなされている。最近この作業を自動化することが試みられるようになってきたが,等高線画像のみから物体の凹凸を判定することは原理的にも困難であるなどの理由で十分に自動化されるには至っていない。

当研究室では当所の光学計測研究室と共同で,新しい型のモアレトポグラフィ法(走査モアレ法)を考案し,この方法により3次元形状を自動的に計測する研究を行っている。図14に従来の投影型のモアレトポグラフィの配置を示した。走査モアレ法では従来法における第2の基準格子(図14, G_2)を用いず,第1の格子を物体上に投影したものを撮影して得られる変形格子像に仮想格子を重ねて仮想モアレ縞を作り,それを走査手段によって仮想格子線上の奥でサンプルすることによって等高線画像を得るもので仮想格子の位相,間隔,方向を自由に変えることができるため凹凸の判定,等高線の内挿が容易に行える。図14に示した配置で G_2 を除いた状態で変形格子像を撮影し,DDT-FMRSを使用して立体形状自動認識システムを構成し検討した。その結果走査モアレ法により3次元形状自動計測システムを実現できることが確かめられた。また仮想格子の位相をずらして得られた何枚かの等高線画像を異なった色で重ね合せてカラーモニタ上に表示することにより物体の凹凸の情報も含めて,分り易く表示できる。図15にカラーディスプレイ装置に,



G_1 : 投影格子, G_2 : 基準格子, F: フィルム
 図14. 格子投影型モアレトポグラフィ装置

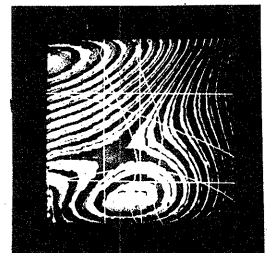


図15. 等高線画像と断面形状

凹凸の情報も含めて等高線画像を表示し、さらに物体の断面形状をそれに重ね合わせて表示したものの一例を図15に示した。

4. おまけ

以上、当研究室で開発した二重偏向方式の高精度ブラウン管を走査光源として使用した高精度写真読取記録装置(DDT-FMRS)を中心にして構成した画像処理システムおよびこれを使用して行っている画像処理関係の研究について紹介した。ここで述べた研究が何らかのお役に立てれば幸いです。

[文献]

- 1) 後藤,大岩,三浦; 図形出力用陰極線管, 電子通信学会, 電子計算機研究会資料, EC 68-15 (1968-7)
- 2) 大岩,後藤,小野; 電子ビーム走査システムにおける三次収差の除去について, 電子通信学会論文集 54-B, 11 (1971)
- 3) 後藤,相馬,小野; 超高精度陰極線管, テレビジョン学会誌 26, 1 (1972)
- 4) S. Shibata, T. Soma, E. Goto & A. Ono; A New Type of Cathode Ray Tube Suitable for Bubble Chamber Film Analysis
Nucl. Instr. Meth 123, 431 (1975)
- 5) 後藤,相馬; DD管を用いた写真記録読取装置, 理研シンポジウム「計算機による図形処理」(1973-3)
- 6) 加藤,相馬,出沢; 写真読取記録装置用高速直線ラスタ発生装置, 応用物理学会 (1975-11)
- 7) 出沢,相馬; 線図形自動読取用円走査回路の試作, 第18回自動制御連合講演会, (1975-11) P309
- 8) 相馬,出沢,後藤,土江; リフレッシュメモリをCPUと共有したカラーモータ, 情報処理学会, 267(1975)
- 9) 相馬,出沢,後藤,柴田; 高精度カラー画像の入出力と処理, 電子通信学会, IE-75-73 (1975-11)
- 10) 相馬,出沢,柴田,後藤,沖,佐木; カラー-COMシステム, 情報処理学会, (1974)
- 11) 渡辺,青木,相馬; 写真計測装置による回折強度の測定, 結晶学会 (1975)
- 12) 渡辺,青木,相馬; X線結晶回折写真の処理, 理研シンポジウム (1974-12) (1974-12)
- 13) 相馬,渡辺,久保; PAX-IIによる画像処理(カラー地図, X線回折写真の処理), 情報処理学会
- 14) 久保,武内,横川; リモートセンシングの自動処理, 地理学評論, 48, 9 (1975)
- 15) 相馬,出沢,久保; カラー空中写真の処理, 電子通信学会総合全国大会, S20-3 (1976)
- 16) 出沢; 設計図面の読取りと立体の構成, 理研シンポジウム「計算機による図形処理」(1973-3)
- 17) 出沢,柴田; 図面の自動読取のための一手法, 日本機械学会講演論文集, No.730-3 (1973-4). P29
- 18) 吉田,出沢,柴田; 図面の自動読取装置の試作, 日本機械学会山梨地方講演会, (1973-11). P1
- 19) 出沢,相馬,柴田,後藤; 二重偏向方式ブラウン管の図面の自動読取りへの応用, 日本機械学会講演論文集, N740-12 (1974-11) P297
- 20) M. Idesawa, T. Soma, E. Goto & S. Shibata; Automatic Input of Line Drawing and Generation of Solid Figure from Three-View Data, Proc. of ICS, Vol. II (1975), P309
- 21) 出沢; 線図形の自動読取りにおける寸法情報の取扱方法の検討, 日本機械学会講演論文集, No.750-18 (1975). P83
- 22) 出沢,相馬,柴田,後藤; 立体視による対話型三次元モデル表示・創成の一試行, 情報処理学会 (1974). P317
- 23) 出沢,相馬,柴田,後藤; 立体視による対話型設計法についての検討, 日本機械学会講演論文集, No.750-3 (1975-4), P45
- 24) 出沢,相馬,立体視眼鏡コントローラ, 第18回自動制御連合講演会 (1975-11). P564
- 25) M. Idesawa, T. Yatai, T. Soma & E. Goto; Automatic Recognition of Three Dimensional Shape by New Type of Moire Method, The Third International Conference on Pattern Recognition (1976-11)
- 26) 出沢,谷田貝,相馬; 走査モデル法による三次元形状の認識, 第1回SICE学術講演会 (1976-8)