

日立中研における医用画像処理の研究

山本真司 (日立中央研究所)

1. はじめに

日立中研におけるパターン認識関連の研究は、現在4グループに分けて行なわれている。すなわち、文字認識グループ、医用を主体とした画像処理・認識グループ、音声合成・認識グループ、物体認識グループ、である。その他に帯域圧縮を中心とした画像処理のグループが別に存在するが、これら各グループは互いに密接な連絡をとり合い、時には共同プロジェクトを組んで研究を行なっている。また研究設備の面から見ると、各グループがそれぞれ対象向きに最適と思われるシステム作りを長年かけて行なってきたり、あるいは整備されたきたと考える。

以下では話を医用を主体とした画像認識グループの問題に限定して、このグループが使用している計算機システムの紹介と現在行なっている画像処理の研究内容を紹介させていただく。

2. システム構成

2. 1. 計算機の構成

現在使用している画像処理システムの構成を図1に示す。研究室所属の計算機としてはHITAC-10が2システムあるが、このうち1システムはプログラマ・テイブツ用および医用超音波などの研究用に共用している。他1システムは画像処理専用であり、使用効率の良からテイブツが完了したプログラムによるRUN専用になっている。

どのような計算機システムが画像処理用として望ましいかは研究のフェーズあるいは目的によって異なってくると思われるが、私は大きく2つの場合に分けて考えている。一つは、研究の初期段階あるいはアルゴリズム専門の研究を目的とした場合であり、新アルゴリズムの探索あるいは旧アルゴリズムとの相互比較を迅速に行ないたい段階である。この目的のためには扱う画像データの量はそれほど多くを必要としない反面、アルゴリズムの性能評価は一刻も早く行ないたい。したがってプログラムはFORTRANなど組み易いものを使い、各種サブルーチンの完備した大型の計算機の方が使い易い。この目的のために図1のシステムはHITAC 8450とオンラインで接続されており、必要な画像情報の転送は両者間で行なえるようになってくる。この場合H-10側は画像の取り込み(入力)とDisplay用のコントローラとして機能し、H-8450側は画像の処理(演算)を行なう。

今一つのフェーズは、研究の中期～後期の段階であり、ある程度固まったアルゴリズムを大量の画像データに適用して性能確認や改良を行なったり、ミニコンベースとした特定画像専用システムの最適設計を計る段階である。この段階では処理速度およびメモリ効率の良からプログラムはアセンブラ言語最適して

おり、また長時間計算機を占有できる体制を作つておく必要がある。さらに画像の処理、特徴抽出のようにソフトウェアでは処理時間の莫大の仕様を満足しないものについては適宜専用のハードウェアと組んで接続していく柔軟性が必要である。図1のシステムはどちらかと言えばこうした目的を意識して作られており、H-8450と切り離れた状態上記目的を果している。したがってH-10側は原則としてアセンブラ言語を用いており、対象画像ごとに専用のソフトを組んでいる。

なお、図1の構成のうち、細胞診用の処理機器とカラーブラウン管の検査自動化用の処理機器はすでに研究設備の段階を過ぎ、それぞれが用途目的システムに存在している側がある。これらの詳細については別の機会に譲るとして、以下では顕微鏡画像の処理を主目的として汎用的に作られた機器について述べる。

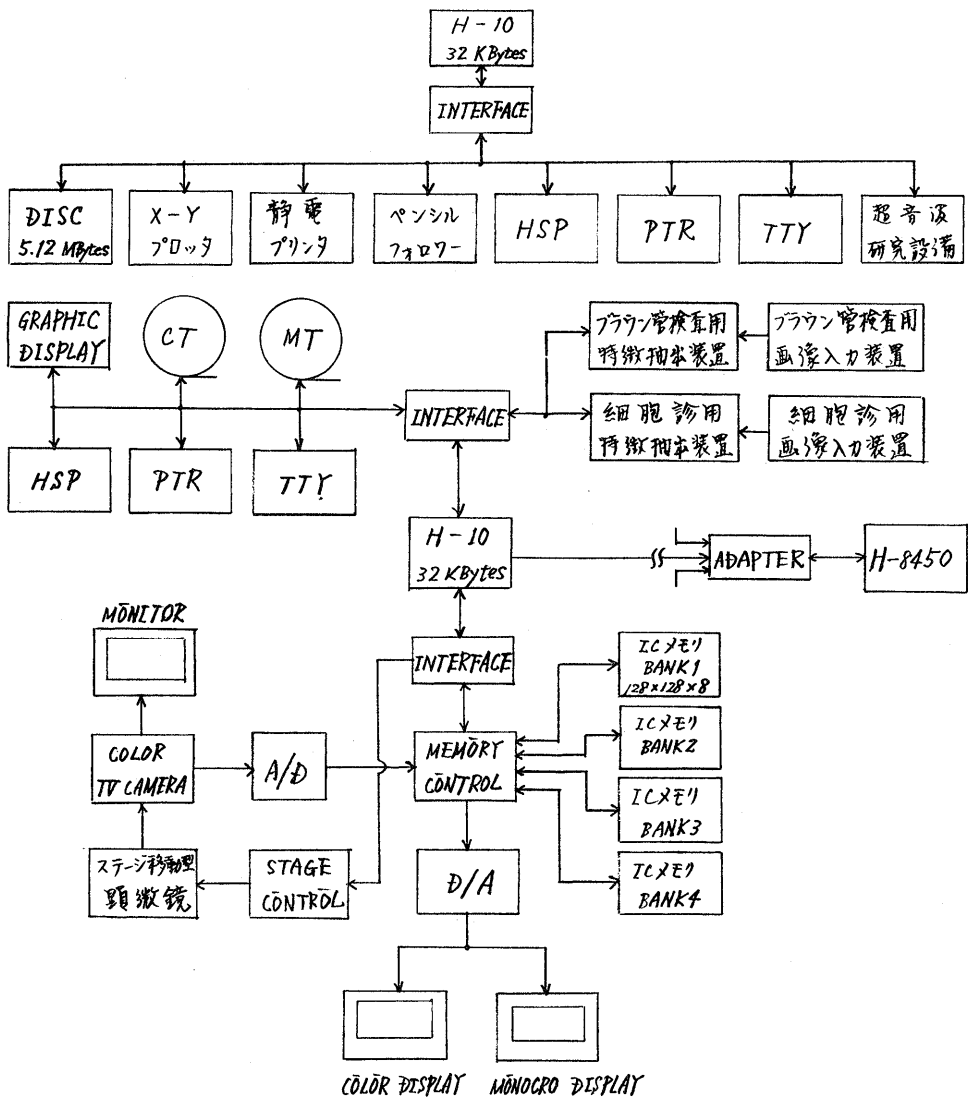


図1. 画像処理システムの構成

2.2. 顕微鏡画像取込対象とした装置の構成

医学の領域で得られる画像情報には、子宮がん細胞、白血球像、染色体像など顕微鏡を介して得られる画像が多い。これらの画像は色情報を持つているが、それらに適した構成にしておく必要がある。そこで先ず顕微鏡およびこれに接続された3管カラーカメラ、A/D変換器、 128×128 陰素のICメモリ4台、Display用のモニターテレビ2台（カラーおよび白黒）、顕微鏡のステーション自動送り機構から成る入力装置を試作した。なおA/D変換器は8ビット、10MHzの性能を有し、ICメモリはサイクルタイム350nsのRAM(Random Access Memory)を用いている。

この顕微鏡画像入力装置は、3管カラーカメラの映像出力信号R、G、B、およびこの3者の線形平均信号（Yと略記）の4信号を8ビットでA/D変換し、 $128 \times 128 \times 8$ ビットの大きさを持つICメモリ4台（Bank 1 ~ Bank 4と呼ぶ）のいずれかに書き込む機能、H-10とICメモリとの向一方向転送を行なう機能、ICメモリの内容をカラーまたは白黒でDisplayする機能、顕微鏡のステーションを2次元に移動させる機能を持つ。この装置はH-10から高速モード（Direct Memory Access）で出力される4 wordsのコマンドにより動作する。図2は4 wordsのコマンドの内容で、1 word目は動作の種類（ICメモリのBankの指定、入力信号（R、G、B、Y）の選択、A/D変換のサンプリングピッチの指定）を行ない、2 word目はA/D、データ転送、Displayの際の語数の指定、3 word目はICメモリの番地の指定、4 word目はデータ転送の時のH-10の番地指定、あるいはA/D、Displayの際のモニターとの位置指定を行なう。以下各モード時々の機能を簡単に述べる。

(1) A-D変換

標準方式のテレビ1画面を 256×256 陰素相当に分割するにはサンプリング周波数として6.15MHzが良いので、この装置では6.15MHzサンプリングを基準とし、その他にこれの $1/2$ 、 $1/4$ の周波数でもサンプリング出来る機能を持たせている。ICメモリの容量の周回から6.15MHzでR、G、B3色の情報を画面全体にわたって入力することは出来ないが、その代り画面内の任意場所の 128×128 陰素相当情報を入力出来るようになっている。またサンプリング周波数を $1/2$ または $1/4$ に下げることにより、サンプリング間隔は粗くなるが1画面全体のラフな情報の入力が可能にしている。なお、対象によってカラー情報は不用で、白黒画像のみで良い場合がある。この場合にはY信号出力を4つのBankに接続することから出来て、 256×256 陰素（実効的には 256×256 ）の画面を入力することから出来るようにしている。なお上述の 128×128 あるいは 256×256 という数値は上限値を意味し、実際にはプログラムの指定により任意場所の $m \times n$ 陰素（ m, n : 任意）を抽出して入力出来る。この機能は後に触れるように対象物の位置検出操作と併用することにより大変便利に使うことが出来る。

モード	バンク	カラー	垂直ピッチ		1 word目
データ数					2 word目
ICメモリアドレス					3 word目
H-10アドレス または Displayアドレス					4 word目

図2 コマンドの構成

(2) データ転送

H-10のコア内に記憶されるデータとICメモリの行差のBankの行差の番地から書き込む動作と、その逆の動作を行なう。データ転送は2線束を1 word にパックして行ない、転送語数は16 KBytes以下、転送速度は1.4 MBytes/secである。ICメモリは内容保存のため、水平走査のフロンキング中にRefresh動作を行なっており、本装置はすべてテレビの走査信号を基準にしている。したがって転送開始は垂直駆動信号と同期をとっているため、転送に要する時間は行差時間も含めて最大33.3 msである。

(3) Display

ICメモリの内容を標準テレビ方式(飛び越し走査は無視、カラーの場合はR, G, B各独立)にDisplayする機能であり、上記のA/D変換またはデータ転送の動作を行なっていない場合には、ICメモリの内容を常にDisplayして置く。ICメモリのRead動作は4 Bank同時に行なえるようにしてあるため、通常はBank 1 ~ Bank 3の内容をそれぞれR, G, B信号としてカラーモニタに表示し、Bank 4の内容を白黒モニタに表示する。4 Bank全部に白黒画像を入力した場合に白黒モニタ上に256 x 240の大きさの白黒映像を表示することになる。カラー、白黒いずれの場合にしても、モニタ上に1画面分の入力画像あるいは処理結果の画像を表示出来ることは勿論であるが、比較的小エリプサム x n 終末の画像を何枚か併置して表示(例えば入力画像と、適当な前処理を施した画像など)することも出来る、画像処理の効果を即時判断するのに便利である。

(4) ステージ駆動

この動作は前の3種類の動作とは異なり、計算機から低速モードで出力されるコマンドにより、顕微鏡ステージをx, y方向に移動させたり、原典に復帰させる機能を持たせてある。x, y方向への移動量はH-10からコマンドと同時に出力されるデータによって定まる。ステージの移動量は0.5 $\mu\text{m}/\text{pulse}$ および10 $\mu\text{m}/\text{pulse}$ の2種類があり、移動速度は50 ppsである。

2.3. 顕微鏡画像処理装置による処理例

2.3.1. 白黒画像の処理例

(1) 画像サンプリング法

画像入力用として粗走査(RS)と精走査(PS)の2種類のコマンドを行っており、説明の便宜上これに簡単に触れる。

i) 粗走査(RS)

1画面を水平方向3.075 MHz, 垂直方向1ラインおきにサンプリングし、縦横とも1/2に縮小した画面をICメモリの1バンクに書き込む。

ii) 精走査(PS)

指定された位置から、画面の一部 $m \times n$ 終末 ($m, n \leq 128$) を水平方向6.15 MHz, 垂直方向1ライン毎にサンプリングし、ICメモリの1バンクに書き込む。

(2) 細胞識別の前処理

対象とする画像のビデオ・モニタ像を図3(a)に示す。図からわかるように、画像には細胞(大きい塊り)と白血球(小さい塊り)が混在しており、この中から細胞を検出する必要がある: そのために、粗走査を行なって画面全体をICメモリに書き込み(図3(b))、この画像情報とH-10に送った細胞の位置と大

まさを求め(図3(c))，これを記憶する。図3(c)では左上と中下に細胞が検出されたことが示されている。各細胞の検出は細胞核を検出して行なっており，適当なしきい値濃度のスライス1枚縁のなかで細胞の径が8 μm 以上あるものを検出している。

つぎに左上の細胞が中心にくるように精走査の開始地を定め，PS命令により精密な細胞の画像情報をICメモリに取り込む(図3(d))。この画像情報をH-10に送り，粗走査時に求めた細胞の大きさにしたがって不要な部分を除去，細胞の有効部分を切り出し(図3(e))，識別に必要な特徴パラメータを求める。これらの処理が終了段階で中下の細胞についても同様の処理を行なう。図3(f)は精走査の結果，図3(g)は切り出した結果を示している。

このように粗走査と精走査を組合せることにより，画面内のすべての細胞をICメモリ1バンクの容量で処理することが出来る。

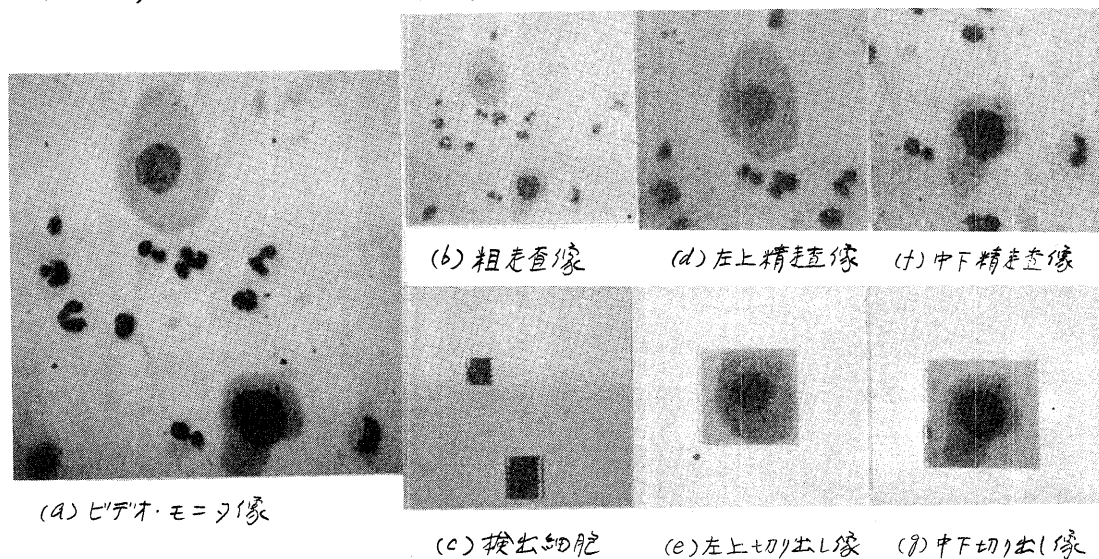
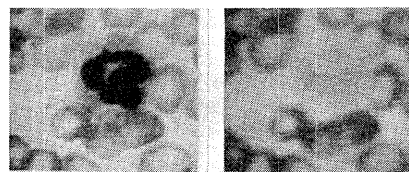


図3 細胞識別の前処理例

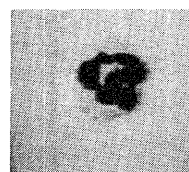
2.3.2. カラー画像の処理例

対象とする画像には白血球と赤血球が含まれており(図4(a))，白血球の核は紫色，白血球の細胞質は薄青色，赤血球は橙紅色に染まっている。この血球の色の違いを利用して白血球の特徴抽出に必要な前処理を行なうことが出来る。以下の処理に用いる特徴値画像は，

- i) 粗走査でTVモニタの画面全体を入力し，H-10に転送して白血球の検出を行ない，白血球縁が画面のほぼ中央に来るように特徴値のステージを移動する。
- ii) 精走査でBank 1~4に与えられる管カマ-カメラの映像出力信号R, G, Bとその合成信号を入力する。



(a) A画像 (b) B画像



(c) 処理画像

図4 赤血球縁の除去例

の2段階で取り込んでいる。また以下の処理は Bank 4 の Working メモリとして使用している。

(1) 赤血球像の除去法

白血球自動分類の対象は白血球像であり、そのまわりに存在する赤血球像は自動分類の立場からは雑音成分と考えられる。G画像では白血球の核像は濃いが赤血球もかなり濃く、一方B画像では白血球はほぼ消え、赤血球のみが残っている。それゆえ次のような操作を施すことにより白血球像に影響を与えずに赤血球像の除去が可能である。以下式に表わすと、

$$L_{ij} = g_{ij} - \alpha b_{ij} \quad (1)$$

ただし $L = (L_{ij})$: 赤血球除去処理画像, $G = (g_{ij})$: G画像, $B = (b_{ij})$: B画像, α : 重み, となる。式(1)の例を図4に示す。この処理を施した画像から白血球の核形および核と大きな顆粒を含んだマスク・パターンを抽出することは容易であり、これらのパターンを用いて白血球の核形態の定量化、顆粒の色彩情報の定量化が可能である。

(2) 白血球の細胞質部分の抽出

白血球の細胞質部分の大きさや色も自動分類にとって有効な情報である。しかし細胞質の染まりは薄く、白黒画像のみを用いて抽出することは困難であるが、次の操作により細胞質部分のみの抽出が可能である。前出と同様の表現をすると、

$$C_{ij} = f_1(g_{ij} \cap f_2(g_{ij}) \cap f_3(b_{ij})) \quad (2)$$

ただし $CM = (C_{ij})$: 細胞質マスク, $f_i(x)$: しゃいぼに2値化した画像となる。式(2)の例を図5に示す。この細胞質マスクパターン上でのG画像およびR画像の平均濃度等から細胞質の色彩情報の定量化が可能であり、また式(1)の核形マスク・パターンと組み合わせることにより核胞体比が求まる。

以上述べたようにカラー画像の処理が4つのバンクを用いて有効に行なえる。

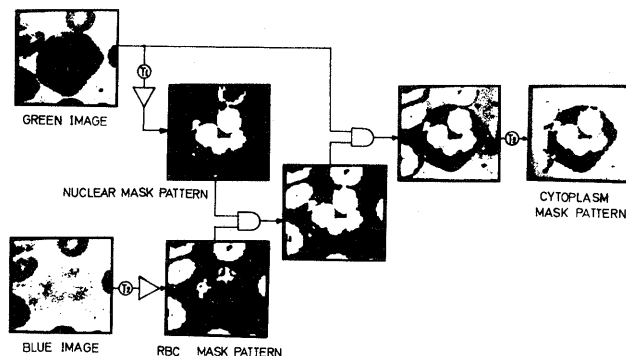


図5. 細胞質マスクパターンの抽出例

3. 研究の現状

3.1 医用画像処理の研究経過

日立中研における医用画像処理の研究は1970年に開始された。当時MEの分野では心電、心音の自動認識の研究が完成時期に達し、引き続き脳波自動認識の研究など高度の一次元波形認識の研究が開始されると同時に、二次元画像認識への期待が高まりつつあった。そこで甲状腺シンテグラムの自動認識、染色体分類の自動化などの研究に着手し、さらにシネアンギオグラムの自動認識の研究、カラー眼底写真の自動認識の研究などを行ってきた。その後研究対象の変更等がいくつかあったが、現在は顕微鏡レベルの画像処理、特に白血球自動分類および子宮がん細胞の自動認識の研究を重点研究の一つとして取りあげている。また最近、コンピュータを使ったX線横断断層像の再生、いわゆる Computer Tomography が脚光を浴びているが、我々もこの研究を採りあげ、国内初の頭部用 Computer Tomography 装置の製造に成功している(図4)。

一方画像処理の技術は単に医学用に限定されることばかり、他への応用は十分考えられる。その一つの例としてカラーブドウ管の検査工程自動化の研究に着手しており、熟練検査員の視感評価に頼っていた各種検査工程の省力化、定量化を行おうとしている。

以下、主な研究内容の現状と内外の情勢にも触れながら簡単に紹介する。

3.2 カラー眼底写真の自動認識

高血圧性疾患は我が国の死亡率の第一位を占めているが、これの早期発見を目的とする各種検査の一つに眼底検査がある。これは目の網膜の状態を直接あるいは眼底カメラで撮影して検査するものであり、網膜上に表われる各種の病変から病気の進行度を検査する。この検査を技師に代って自動的に認識し、スクリーニングする機械の研究を行っており、病変のうちで技術的に最も困難と考えられる交叉現象の自動定量分類の手法がすでに確立されている。残りは白斑、出血など他の病変の定量化と、病変の存在する場所をマクロにサーチする手法の開発があるが、Man-Machine タイプの半自動化システムをミニコンベースで組み立てるとは技術的にそれほど困難ではない。眼底画像の処理の研究は我々が先鞭をつけたが、最近イリノイ大、SR工、阪大などでも行われており、したがってこの分野も活発になりものと思われる。

3.3 子宮がん細胞診自動化の研究

子宮がん細胞診自動化の研究は、米国で開始されて以来20年近くも経過し、その間に幾多の試作機が作られたにもかかわらず、今だに実用機が誕生していない。その原因は第一には認識精度が悪いこと、第二には処理速度が遅いこと、があげられるが、最近、処理速度の問題は解消されてきており、残りは精度向上である。精度低下を起す原因は、異常と正常を区別するアルゴリズムが不十分なこと、および、細胞の重なりがひどく、この重なった細胞をまとめて異常と判定してしまう不都合が生ずることにある。我々もこの問題を解決するため長年努力を重ねてきたが、前者については細胞の分化を考慮した階層的識別論理を組み立てることにより解決できることを見出した。後者の細胞の重なりについてはこれを識別アルゴリズム側だけで解決することは困難であり、細胞の塗抹方法の変更を含めて検討を行っている。

3. 4. 白血球自動分類の研究

白血球を正常の種類に分類し、さらに異常球の存在を見つける作業は、病院の臨床検査室において日常的に行なわれる検査業務であり、しかも検査技師に対する負担の最も重い業務の一つである。この検査は約1000倍という高倍率の顕微鏡下で行なわれること、白血球相互の分類には高度の熟練を要する微妙な問題を含まれること、色彩情報を適切に利用する必要があるので肉類英を含まれており、この自動化は決して易しくない。我々の研究室では正常血球の6分類については94%の精度が得られるアルゴリズムをすでに確立しており、一つの上を越えたと考えている。現在異常血球の自動認識手法の開発に着手しており、これが完成すれば実用化の目途が立つことになる。なお昨年(1975年)米口において白血球自動分類装置の製品化に成功したメーカは2社あり、今後この種の機械が広く普及していくものと考えられる。

3. 5. Computer Tomographyの研究

Computer Tomographyの研究は、英口のEMI社が製品化に成功して以来にわかに脚光を浴び、今では世界各地で研究開発が行なわれている。このことは昨年10月に米口で行なわれた医用画像処理に関する日米セミナーにおいて、あるいは11月に開かれた北米医学放射線学会の展示等に顕著に表われており、特に米口の熱の入力方、あるいは道い上げの急なことは想像以上であった。

我々の研究室でもこの内題を繰り上げ、各種の2次元画像再生アルゴリズムの比較評価を行ってまた、これをベースとして日立メデイコと共同で頭部用のComputer Tomography装置の開発を行ない、10産初の製品化に成功した。今後の課題としては全身用の装置の開発、画像の高品質化の研究、画像入力および画像再生の高速化の研究などがある。

Computer Tomographyの研究は、医用画像処理技術の中で最も輝やかな成功を収めた例であり、白血球分類の研究とともに今最も研究が盛んに行なわれるものと思う。

3. 6. カラーブラウン管の画像傷・色むら自動認識の研究

カラーブラウン管(以下CPT)製造工場は相当自動化が進んできたが、人間の目による判断を必要とする検査(視感評価)だけは機械化されていない。すなわちCPT上の微小な傷の有無、あるいは管面を白色に光らせるときの色むらの有無等の検査である。この検査は他の画像処理と少しちがひ、常人では容易に検知できない微小な信号レベルに良品と不良品の識別限界がある。したがってこの検査を自動化するためには非常に微弱な傷信号、あるいは色差信号を正確に再現性よく検知する必要がある。いかにしてノイズの妨害を除去するかが大切である。そのうえで検査員の視感評価と一致させる定量的な評価アルゴリズムを確立する必要がある。以上の点を十分考慮してプロトタイプの試作が現在ほぼ完了し、各種性能試験を行なっている。

4. おわりに

医用画像処理あるいは一般にパターン認識の研究は果して医学に貢献しうるのであるかという疑問の声がしばしば聞かれるが、私はこれに対する力強い肯定的解

答が Computer Tomography と白血球分類の研究で出されてきたと考えている。特に前者の医学界に与えたインパクトは非常に大きく、高価な機械であるにもかかわらず、今後急速に普及してゆくものと考えられる。後者については我々としてはまだ今後の課題であるが、やはり病院の臨床検査用として広く普及してゆくものと考えられる。一方、細胞診自動化の研究は幾多の曲折があったものの、着実に進歩してきており、白血球分類に続いて実用化の可能性が高いとみてよいであろう。

パターン認識の研究は実用化までの足が比較的長く、文字認識の研究の場合でも研究開始から普及期に達するまでに10年を経過している。その意味でも医用画像処理機械の研究開発はこれからが本番とみてよいのではないだろうか。

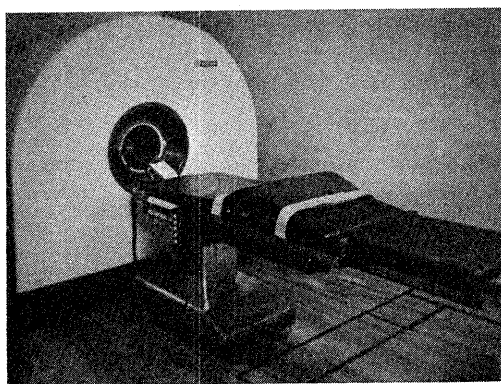


図6. Computer Tomography 装置の外観
(日立メディコ製)

5. 発表文献 (一部投稿中を含む)

カラ-眼底写真関係

- (1) 山本ほか：第10回ME学会大会予稿集，6-4-11 (1971)
- (2) 山本ほか：第11回ME学会大会予稿集，2-2-5 (1972)
- (3) 横内，山本ほか：眼底像の血管境界線抽出，日本ME学会画像処理研究会資料，IT72-38 (1973. 2)
- (4) 横内，山本ほか：第12回ME学会大会予稿集，8-6 (1973)
- (5) 松井，山本：眼底写真の自動定量診断に関する研究⁽¹⁹⁷²⁾，日本眼科学会誌，77, 8, P907-918 (1973. 8)
- (6) 横内，山本ほか：カラ-眼底写真の境界線自動抽出，第4回画像工学コンファレンス論文集，P53-56 (1973. 11)
- (7) 横内，山本ほか：第13回ME学会大会予稿集，1-C-69 (1974)
- (8) 横内，山本ほか：眼底写真の自動認識，医用電子と生体工学，8, 3, P26-34 (1974. 6)
- (9) S. Yamamoto, et al : Image Processing and Automatic Diagnosis of Color Fundus Photographs, Proc. of 2nd International Joint

Conference on Pattern Recognition (Copenhagen, Denmark),
p268-269 (1974. 8)

- (10) 桜井, 山本ほか: 眼底写真の自動定量診断に関する研究⁽⁴⁰²⁾, 日本眼科学会誌, 78, 8, p533-539 (1974)
- (11) 桜井, 山本ほか: 眼底写真の自動定量診断に関する研究⁽⁴⁰³⁾, 日本眼科学会誌, 78, 8, p758-765 (1974)
- (12) 横内, 山本ほか: カラー-眼底写真の処理について, 信学会画像工学研究会資料, IE74-63 (1974. 11)
- (13) 山本, 横内ほか: カラー-眼底写真の自動認識, テレビジョン学会テレビジョン技術応用研究会資料 17-1 (1974. 11)
- (14) 横内, 山本ほか: 電子通信学会全口大会予稿, 1182 (1975)
- (15) 山本, 横内: カラー-眼底写真の自動認識へのアプローチ, 映像情報, p74-77 (1975/3)
- (16) 横内, 山本ほか: 眼底写真の自動認識(492), 医用電子と生体工学, 13, 5, p16-23 (1975. 10)
- (17) S. Yamamoto et al: Automatic Recognition of Color Fundus Photographs, US-Japan Seminar on Digital Processing of Biomedical Images, (1975. 10)
- (18) 横内, 山本ほか: 第14回ME学会大会予稿集, 2-F-18 (1975)
- (19) 山本, 横内: テレビカメラによる眼底写真の自動診断, テレビジョン学会誌, 29, 5, p389-395 (1975)

子宮がん細胞診関係

- (1) 上井, 他: 細胞診自動化の基礎となる細胞の形態学的及び分光学的研究, 厚生省癌研究助成金報告書 (1972. 12)
- (2) 上井, 他: 細胞診自動化の基礎となる細胞の形態学的研究, 同上報告書 (1973. 12)
- (3) 鈴木, 他: 第13回日本ME学会大会資料集, 1-C-56 (1974)
- (4) 鈴木, 他: 子宮癌細胞の自動識別, 電気関係学会関西支部連合大会シンポジウム, IE74-65 (1974. 11)
- (5) 上井, 他: 細胞診自動化の基礎となる細胞の形態学的研究, 厚生省癌研究助成金報告書 (1974. 12)
- (6) 鈴木, 他: 電子通信学会全口大会予稿, 1183 (1975. 3)
- (7) 鈴木, 他: 第14回日本ME学会大会予稿集, 2-F-25 (1975)
- (8) S. Yamamoto: Review of High-Resolution Systems, International Conference on Automation of Uterine Cancer Cytology, (1975. 4)
- (9) S. Yamamoto: Statistical Sampling Requirements, 同上会議, (1975. 4)
- (10) 鈴木, 横内ほか: 電子通信学会全口大会予稿, (34件) (1976. 3)
- (11) 鈴木, 横内ほか: 第15回日本ME学会大会論文集(34件) (1976. 4)

★白血球自動分類回路

- (1) 河野, 鈴木: 第13回ME学会大会予稿集, 1-C-62 (1974)
- (2) 橋詰, 河野ほか: 白血球分類自動化の研究, ME学会画像処理研究会資料, 74-20, (1975.1)
- (3) 橋詰, 河野ほか: 電子通信学会全口大会予稿集, 1185, (1975)
- (4) 河野, 橋詰ほか: 同上, 1186, (1975)
- (5) 橋詰, 河野ほか: 第14回ME学会大会予稿集, 2-F-26 (1975)
- (6) 河野, 橋詰ほか: 同上, 2-F-27 (1975)
- (7) 河野, 鈴木ほか: テレビジョン学会全口大会予稿, 17-4 (1975)
- (8) 鈴木, 橋詰ほか: 同上, 17-5 (1975)
- (9) 橋詰, 河野ほか: 白血球分類自動化の研究, 第6回画像工学コンファレンス論文集, P73-76 (1975)
- (10) 橋詰, 河野ほか: 白血球自動分類装置の研究, テレビジョン学会T.V技術応用研究会資料 22-3, (1976.1)
- (11) 橋詰, 河野ほか: 電子通信学会全口大会予稿, 1234, (1976)
- (12) 河野, 橋詰ほか: 第15回ME学会大会論文集, (1976)
- (13) 橋詰, 河野ほか: 同上, (1976)

★ Computer Tomography 回路

- (1) 河野, 塩野ほか: 電子通信学会全口大会予稿, (1976)
- (2) 河野, 塩野ほか: 第15回ME学会大会論文集, (1976)

★ カラーブラウン管検査回路

- (1) 木滑, 山本ほか: カラーブラウン管の白色点の測定, 電気学会視覚情報研究会資料V.I.N-74-1~9, (1974.1)
- (2) K. Kinameri et al: Measurement of White Uniformity of Color Picture Tubes, Applied Optics, 13, 6, P1270-1272, (1974.6)
- (3) 横内, 山本ほか: カラーブラウン管の画欠点自動認識装置の開発, テレビジョン学会画像表示研究会資料 11-5, (1974.11)
- (4) 横内, 山本ほか: 電子通信学会全口大会予稿, 978, (1975.3)
- (5) 横内, 山本: テレビジョン学会全口大会予稿, 15-5 (1975.8)
- (6) 横内, 山本: カラーブラウン管の画欠点自動認識装置の開発, 第6回画像工学コンファレンス論文集, P53-56 (1975.11)
- (7) 木滑, 横内ほか: カラーブラウン管の白色均一性および画欠点の自動測定, 電気学会視覚情報研究会資料, (1976.2)

★ その他

- (1) H. Yasukochi et al: Computer Aided Diagnosis on Scintigrams, Proc. of the First Asian and Oceanian Congress of Radiology (Melbourne), (1971.11)
- (2) 安河内, 鈴木ほか: コンピュータによるシンチグラムの診断, 癌の臨床, 18, 4, P238-243 (1972.4)

- (3) 河野, 鈴木; シンチグラム像の計算処理, 医用電子と生体工学, 12, 4, P22-29, (1974. 8)
- (4) 河野, 鈴木ほか; 甲状腺シンチグラムの自動解析, ME学会大会 1-4-2 (1971)
- (5) 河野, 鈴木ほか; 甲状腺シンチグラム自動解析の研究, ME学会大会 2.2.2 (1972)
- (6) 排井, ほか; ヒト染色体の分類の自動化, ME学会大会 1-3-2 (1971)
- (7) 鈴木ほか; ヒト染色体自動分類装置の研究, ME学会大会 2-1-6 (1972)
- (8) 古肉, 鈴木; 心臓X線映画フィルム処理について, ME学会大会 B-5 (1973)
- (9) 山本, 柏岡ほか; 気象衛星画像からの雲移動量の自動認識, 第4回画像工
学コンファレンス論文集, P25-28 (1973. 11)
- (10) 山本, 柏岡ほか; 気象衛星画像からの風ベクトル演算アルゴリズム, 情報
処理, 15, 1, P10-17 (1974. 1)
- (11) 柏岡, 山本ほか; 気象用静止衛星からの画像のマッピング手法, 情報処理,
15, 5, P342-349 (1974. 5)