



## 医用画像処理\*

赤塚 孝雄\*\*

### 1. はじめに

医療の分野における情報のなかには画像の形で取り出されるものが少なくない。臨床医学とは生体からの情報抽出に基づく、生体の状態の同定（診断）とその制御（治療）であるということができようから、この過程で適確な情報の抽出が最も重要なことになる。物理系にくらべ、生体系は極めて複雑な系であり、その特性も十分に解明されていないし、また定常性に乏しく個体差が大きくて同じ情報があっても最終的な判断が逆になることすらある。これらの判断は多分に医師の経験で養われた洞察力によっているわけで、その手がかりとなっている情報がより明確に、定量的に提供されることが医療の進歩に欠かせないものであり、その中で画像処理の果す役割は大きなものといえよう。

生体からの情報は体温、血圧、心電図といった一次元時系列信号から、生体から採取された血液、細胞、組織などの化学的検査情報や形態の情報、さらには顔色、行動の様子といった総合的な情報に至るまで多種多様であり、そのなかでX線写真、RI像、超音波像、顕微鏡写真のように画像として与えられるものから決定的な診断が下される場合が少なくない。また疾患の早期発見のための病変の選別検査であるスクリーニングでは胸部X線写真にみるように画像の識別によるものが多く、その解読には熟練を要するとされている。健康管理システムの進展に伴いこのような情報は一層増大してくるのでその迅速、確実な処理が要求される。これらは、生命あるものの内部状態の同定を目的としているのであるから生体を傷つける方法であってはならない。上記のような画像としての捉え方が、この要求を満たした非破壊検査としての側面を持っている。

るわけであるが、一方、自動識別の研究を推めていくうえで、物理的な対象に比べて生体では標準資料が得にくく標準画像が設定しにくいという問題を含んでいることになる。

このような背景から画像処理技術に医療の分野から期待されている点をまとめると次のようなものとなる。

- イ. 情報の損失を少なくし、生体に何ら害を与えない無侵襲的方法での画像情報の抽出と判読者に判読しやすい形での提示。
- ロ. 画像の定量的な記述やパラメータの計測が容易に行えるシステムの実現。
- ハ. 画像の解析をロの機能だけでなくさらに高次の解析が迅速に interactive に行えるようなシステムの実現。
- ニ. 大量な画像情報の迅速な自動処理システムの実現。

イは計測法そのものの問題でハードウェアに依存したものであるが、超音波の電子走査による映像など近年急速に発達した技術がこれにあたる。また、非常に鮮明な断面像が得られるということで脚光をあびている計算機断層撮影 (Computed tomography, CT) は、ソフトウェア技術を駆使して実現されたものである。イではまた静的な画像だけでなく、動態画像の処理が今後の問題として取り上げられなければならないであろう。ロのシステムとしては、顕微鏡像の粒度分布の測定用などに開発されている例があるが、多様な対象に適用できるハのシステムへと移行して、ニの実現不可能な対象についての画像以外の情報を参照しての画像の綿密な分析を行う強力な手段となる。ニは特定の対象については実現されているが、スクリーニング装置としてより多くの対象についての実現が望まれている。

本解説では、このような観点から2~3の具体的な例を通して医療における画像処理の現状をながめてみることにする。

\* Image Processing in Medicine by Takao AKATSUKA  
(Division of Biomedical Engineering, Institute for Basic  
Medicine, University of Tsukuba)

\*\* 筑波大学基礎医学系医工学類

## 2. 医用画像

画像処理の対象として取りあげられる医学領域での画像も、顕微鏡下のミクロな像から人体像に至るまで種々様々であり、それらの処理も対象に即して様々である。デジタルプロセッサ関連技術の進歩に伴い、できるだけ汎用性を持たせた処理システムの開発が盛んとなってきた<sup>1),2)</sup>。医用画像の識別に関する研究も1960年代以来数多く行われてきた。パターン認識問題の格好な対象として取り上げられてきたものが多いが、また実用的な目的からの研究、開発も進められてきた<sup>3)-5)</sup>。これらの対象を列挙してみると次のようになる。

外形図：顔形，サーモグラフィ（体表温度分布像），  
モアレ縞や平行格子投影図などによる体形像

超音波像：臓器，骨格，頭部，胎児，乳房，その他軟部組織

放射線像：X線 肺（結核，がん，けい肺），心臓，  
骨格，乳房，心血管造影，消化器  
RI 臓器，器官，脳

内視鏡像：胃，腹腔，気管支

顕微鏡像：染色体，白血球，がん細胞，網膜血管像，組織像

臨床的な目的はこれらの画像を通して多くの疾患の発見，疾患の性質の鑑別，疾患の部位，ひろがりなどの精密検査などであって，これらの診断に必要な特徴が容易に行える画像を与えることが画像処理技術の第一の課題であり，最近の超音波技術の進歩<sup>6),7)</sup>，X線CT像<sup>8)-11)</sup>などはこれに達したものと見える。

さらに自動識別を行うことを考えると，計算機技術の進歩により多くの研究が進められるようになってきたが，今後の成果をまつところが多い。多くの医用画像では，文字情報などが情報伝達を本来の目的としているのは異なり，正常なパターンからのずれが疾患に関する情報を与えているものであり，その正常パターンの記述も困難なことが多い。デジタル画像として取扱う場合には，X線写真では $10^6$ 画素，白血球像などでは $10^4$ 画素が必要とされているが，このうち病変に対応する部分はいくつかわずかなのである。

正常なものからのずれを識別する医師のアルゴリズムも不明確なことが多い。X線写真では，X線透過度の相違が形成する三次元物体の二次元投影像をもとに読影者がもとの三次元像を推定しながら病変部を識別

しているのであるが，この過程で他の検査情報，他の方向からの写真等が総合されてはじめて判読されることも少なくない。また，集団検診のような場合には識別において悪いものを見のがす誤り false negative があってはならないし，悪くないものを悪いとみなす誤り false positive が多くなりすぎても精密検査が増えてしまって意味がないことになる。

処理速度をあげるため，できるだけ単純な処理が望ましく，このような目的での専用機械の開発も行われたが，より高い確実さと信頼性が医用実用機械には必須な条件であることから，諸種の手法を組合せた処理の可能な計算機を内蔵したシステムが多く用いられるようになった。白血球の分類システム<sup>8)</sup>はその成功例で，細胞診，染色体の分類システムなども実用の域に近づいている。実際，現在米国においては<sup>8)</sup>年間300億の白血球の検査が行われてそのうち200万個が自動装置にかけられており，X線の場合には，7億枚の写真が撮られて2千万枚がCTであるという。

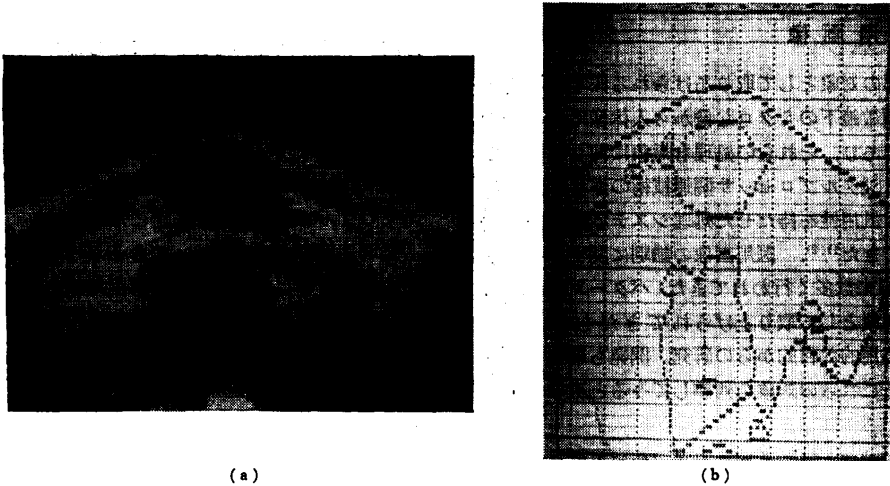
実用的な処理システムを考えるとときには，特に精密検査が目的である場合には，画像の interactive な処理が検査の省力化，定量化，確実さと安定性から有効であり，もっと活用されてよいのではなかろうか。また，識別処理の原理的な問題もさることながら，対象標本の標準的な採取方法，撮影方法，前処理システムが重要な問題である。白血球の自動処理の場合にも，標本の塗沫，染色システムを含んだものであり，またこの場合には機械の処理アルゴリズムが明確で人間がやるよりも安定して行えるという信頼感の他に，不明な検体は記憶されていて後から人間による判定ができること，全過程が常にモニタされていることなどの配慮から安心感を持って導入されているようである。

## 3. 断層像

### 3.1 超音波断層像

超音波を利用した生体深部の診断法はドップラ法による血流測定など種々あるが，1 MHz~10 MHz のパルスの反射波を検出してその強さを反射位置に対応して表示させた断層像もその一つである。X線に比べて人体に対する害が少なく，軟部組織の微細な組織状態の差異が音響学的組織構造の差異として検出されるのが特徴である。

断層像を得るには，パルスを発振しかつその反射波を受けている探触子を機械的に移動させて走査するか，手で体表に沿って走査する方法がとられてきた。



(a) 超音波感度断層写真の一例。腫瘍部分の輪郭の形状、腫瘍内からの反射パターン、腫瘍下部の反射パターンをもとに腫瘍組織の性状を推定し良性か悪性かの鑑別を行っている。  
 (b) (a)図の輪郭線を求め、反射パターンの判別を計算機で行った例。

図-1 超音波断層写真(乳腺腫瘍)

図-1 に乳腺腫瘍の例を示す。画質は粗いものであるが、このような像から、腫瘍部分の境界の形状、反射のパターン、腫瘍下部からの反射波の有無などを反射パルスの閾値を変えて撮った何枚かの写真によって腫瘍の良性、悪性(がん)の鑑別診断が行われている(感度断層法)。

近年動きのある臓器の像を撮るため走査を速くする工夫がなされ、毎秒 40 コマ程度のものが作られている。これは多数の(たとえば、0.5 mm 間隔で 32 本)の振動子を配列し、適当な位相関係を持たせて同時に何本かの振動子から発・受振し(phased array)これを切りかえていって指向性の良い、走査速度の速い電子走査を行っているもので、平行ビームを用いる平行走査と扇状に走査する方法とが用いられる。心臓の弁の動きも直視することができるわけで、心エコー図のような一点の動きを超音波で追跡する方法と併用すれば、観測点も明確になりより良い診断が期待される。

これらの静的、動的な画像の画質の改善、表示方法の改善、特徴の自動抽出についての研究も続けられている<sup>7),12)</sup>。また、超音波ホログラフィを用いた胎児診断、透過超音波を用いてより良い断層像を求める研究なども進んでいるが<sup>15)</sup>実用的なシステムの開発までには至っていない。

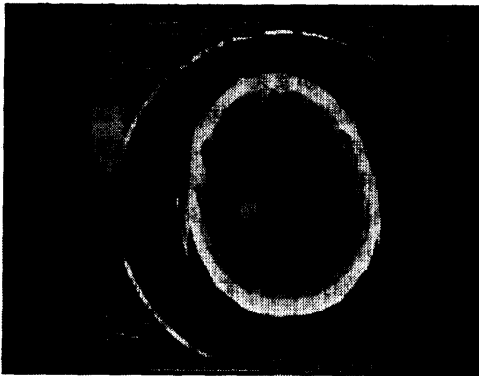
### 3.2 計算機を用いたX線断層像

英国 EMI 社からエミスマスキャナとして 1972 年に発表<sup>9)</sup>、市販され、X線発見以来の画期的なこととまで

いわれて以来急速に世界中に普及し現在では 30 社以上のメーカーが種々の改良を重ねており、日本にもすでに約 50 台導入されている。当初、脳の走査装置として開発されたものであるが、全身走査用のものも開発され、走査速度を速くして、動きのあるものまでとらえようとしている。

X線写真診断も、装置の改善、撮影法の工夫がなされ広く活用されてきた。血管のように周囲の組織とのX線透過率の差が小さい場合には造影剤を注入する方法がとられる。また任意の断面の形状を知りたいときには、X線管とフィルムをその断面が常に焦点が合っているようにして動かすことで、焦点はずれの部分をフィルム上でぼかしてしまい、目的の断面像を得る断層写真法が用いられてきた。しかしこの方法ではフィルムの特性、位置ずれ、体の動きなどの原因で良い像を得るのが困難であった。

計算機を用いた断層像では、X線の投影情報をもとに透過率の三次元パターンを直接算出するもので、他の像の重なりのない表示ができ、はるかに精密な断層像が得られる。これまでの断層像とは異なりX線投影方向に平行な断面像が得られることになり、その表示は CRT、ラインプリンタ、ポラロイド写真、カラー TV などで、0.5% の吸収係数の差を検出できるという計算精度まで、必要に応じたレベルでの表示ができる。国産機による撮影例を図-2(次頁参照)に示した。造影剤の注入、空気の注入などの必要がないので重症



筑波神経検査センターにおける臨床例。中央左部に出血がみられる。(白い斑点)

図-2 頭部 X線 CT

患者の検査も可能であり、しかも頭部全体の走査を数回の走査で行うことができる。患者の苦痛も少なく精度の良い検査が可能になったわけである。なお、この方法は CT と略称されることが多いが、計算機体軸断層撮影 (Computerized Trans-Axial Tomography: CAT) などと称されることもあり、Computerized Tomography という名称もよく用いられている。

さて、CT の撮影と像再生の原理については詳しい解説<sup>10), 13)</sup>を参照していただくこととして、ここではごく簡単に紹介する。図-3 (a) に示すように X線源と検出器を連動させながら細いビーム (ペンシルビーム) である断面を走査すると、この走査方向  $\theta$  に対する投影  $P_\theta(s)$  が得られる。 $P_\theta(s)$  は透過度の逆数をとった値として求めることにすれば、これは各ビームごとのビーム照射線に沿った対象物体の吸収係数の積分値となっている。角度を変化させて撮られた  $P_\theta(s)$  をもとに、対象物体断面を吸収係数の分布図形として表現した  $f(x, y)$  を算出すれば横断面像が得られることになる。 $f(x, y)$  をマトリックスで表現し、各格子点の吸収係数を求めるには、原理的には連立方程式を解けばよいことになるが、計算機処理の容易さ、演算速度、誤差等を考慮した種々の手法が考えられており、商用機では実空間で演算する重畳積分法を用いていることが多い。

さて、再生の最も簡単な方法は図-3 (b)、

(c) に示すように、得られた投影  $P_\theta(s)$  に比例した量を投影方向にもとの画面へ逆投影 (back projection) し、これをすべての方向について行って加え合わせればよいことになる。ところがこれでは (c) 図でわかるように、点状分布は星状の、点からの距離  $r$  の逆数に比例した濃度値を持った像として再生されることになる。 $1/r$  なるレスポンス関数でぼかさされた像になっているからこれを補正してやればよいわけで、重畳積分法では補正関数を  $g(s)$ 、重畳積分を \* で表わすと

$$f(x, y) = \text{Back Projection} \{P_\theta(s) * g(s)\}$$

として断面像が求められる。 $g(s)$  にどのような関数を用いるかが良い再生像を得るための一つの問題である。

重畳積分法は計算量が他の方法にくらべて少ないのが特色であるが、補正を周波数領域で行う方法、フーリエ変換の投影切断定理「ある画像の1つの投影のフーリエ変換はその画像の2次元フーリエ変換を対応した角度で切った中心断面に等しい」を用いて、各投影のフーリエ変換で得られる原画像の周波数分布曲面の原点を横切る多数の放射状断面を求め、これからフー

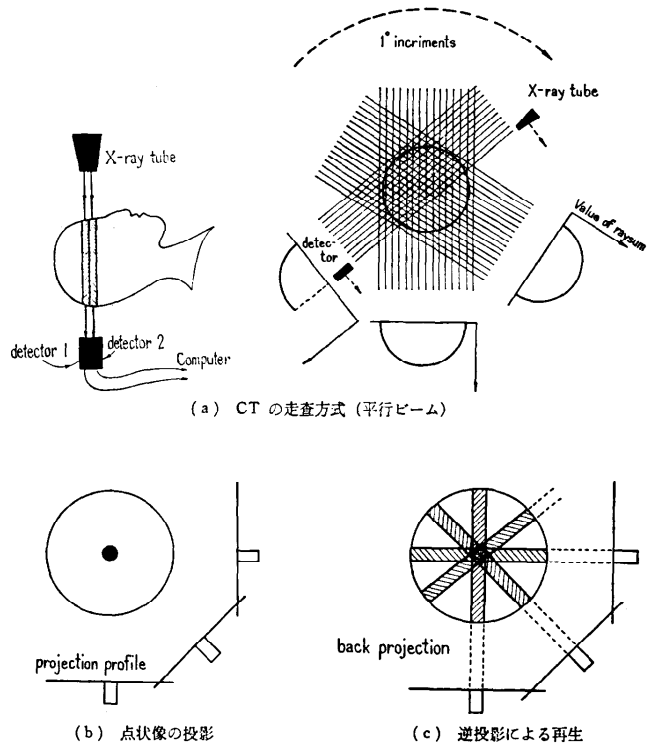


図-3 CT の走査方式と像の再生原理

リエ逆変換で求める方法などがよく用いられる。

初期の走査装置では図-3(a)に示したように1対の線源と検出器を平行に移動走査し、1度ごとに180度回転させる方法がとられ、1回で上下2断面同時に撮るようになってはいるものの走査に4~5分を要した。検出器を多数ならべて扇状の線源を用いる方法を取り入れ20秒まで短縮されたが、扇状の走査を対象全体を覆うようにし、検出器を128個~320個ならべ機械的走査は回転だけにしたものでは数秒で撮影される。256x256画素以上の表示が一般的になってきており、全身の撮影ができるようになった。得られた画像の処理、表示方法、自動識別なども研究課題になっているが、さらに速い撮影を行って心臓の動きをとらえようという研究もなされている<sup>13)</sup>。

### 4. 放射線像

#### 4.1 X線像

X線写真は臨床医学にとって不可欠な診断手段であり、体内深部の形状を知る手段として多種の対象について大量に用いられてきた。定量的な読取りを行いその結果に計算機を用いた統計的な処理を行い臨床的な検討を進めようという試みは早くから行われ、このような努力は現在も払われている。しかし、自動的な識別処理、パターン認識を考えると生体の形状が不定形であること、X線像が三次元物体の二次元投影像で像の重なりが避けがたいうえに濃度変化の範囲が広いにもかかわらず隣接組織間の濃度差が少ないなど困難な問題が少なくない。

目的の組織像を抽出し、さらに医学的に意味のある不正常性を抽出する基本的な処理はテクスチャ (texture: 画像の濃淡が構成するある性質をもった細かい模様) の分析で、境界の検出もその一つの手法といえる。輪郭像が得られれば、これをセグメントにわけさらに詳しく画像解析を進めるといった手法がとられるわけである<sup>14)</sup>。境界検出は濃度分布の何らかの相違に基づく手法がとられることが一般的であるが、この処理やその後の特徴抽出にしても単一な手法ではなくいくつかの手法の総合した処理が要求される。

胸部X線像は最も多く用いられている例で一枚の画像に含まれる情報も多い。この処理

の試みも数多くなされている<sup>13), 2), 5)</sup>が、肺と肋骨の輪郭を微分法や適当なフィルタを用いて検出し<sup>10), 15)</sup>、周辺部の特徴点をつかまえて解析を進め異常陰影の検出、血管像の抽出、心臓の形状の識別分類<sup>1)</sup>などを行ったりする試みがなされている。その処理の流れの一例を図-4に示した。また、輪郭像で部位を定めたとえでテクスチャの分析にレーザ光による回折パターンを用いる方法もある<sup>16)</sup>。

骨格像は比較的とらえやすく、膝<sup>1)</sup>や股関節<sup>2)</sup>についての画像解析も行われているが、臓器では対象組織を明確にする造影剤の注入法もよく用いられる。シネアンギオグラフはカテーテルで心臓に造影剤を注入し、心臓の動きを観察する動的な画像診断法であるが、映画またはビデオに採録した映像をゆっくり再生しながら解析し心室の容積変化などを算出するシステムなども試作されている。電子写真装置でエッジ効果を利用したX線像を直接得るゼララジオグラフィやイメージインテンシファイアの活用など読み取り易い像を得る

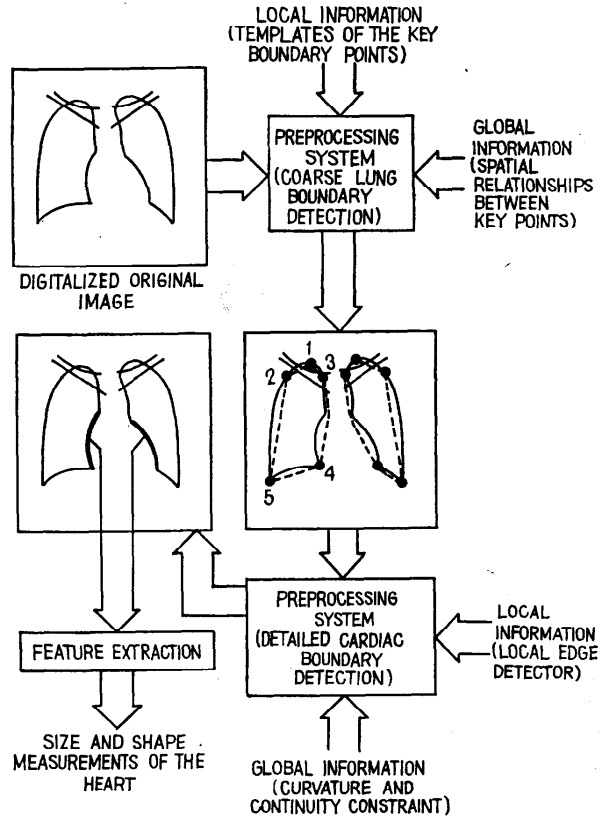


図-4 胸部X線画像前処理の流れの一例<sup>14)</sup>

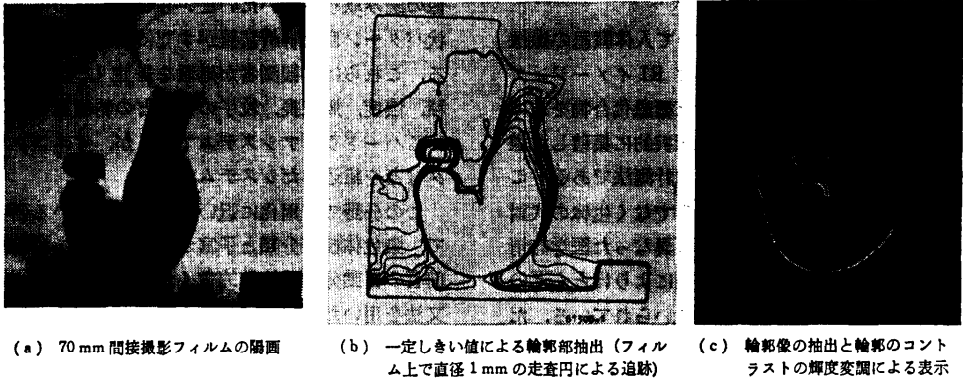


図-5 胃のX線充盈像とその輪郭像の抽出

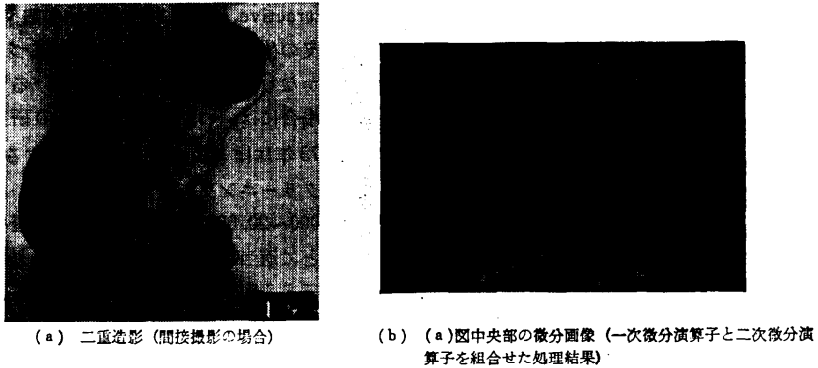


図-6 胃のX線二重造影

工夫も続けられている。

胃のX線像は<sup>7),21)</sup>、造影剤を用いた静的な像の例であるが、集団検診などで多く用いられる像であり熟練者の不足などから定量的な読影、自動処理が要請される一例でもある。造影剤を充滿した充盈像にあっては診断に必要な情報がその輪郭部のみにあるから計算機によって輪郭像を抽出して特徴を検出処理することが可能なように思われるが医師と同程度の識別を行うのは困難なことである。図-5 (a)に示す充盈像の輪郭をしきい値を自動調節しながら追跡抽出する方法で得られた結果が(c)図である。輪郭部のコントラストが形状についての情報にもなっているので、追跡と同時に得られたコントラストを輝度変調で表示している。これを一定濃度をしきい値として境界追跡を行うことにすると(b)図のような背景と融合した像か像の一部分を取り出すことになる。またこのようなパラメータを適応させる方法を用いたとしても、造影剤が腸にまで入ったり、骨格像が重なってきたときには濃度情報だけでは十分な追跡が行えないことになり構造に關す

る知識などの情報が必要となってくる。

さて、正確な輪郭像が得られたとしてこれから種々の特徴を抽出するのが次の問題である。ここでは胃の形をスケルトンで表現して概形の特徴を抽出し、輪郭線をチェーンコードで記述してその処理から曲率の変化として細かな凹凸を求める手法をとっている。このようにして中央の骨角部にあるニッシェの識別などができる。しかし、充盈像ではごく一部分の壁面の診断しか行えないので、実際のスクリーニングの場面では、より強力な診断手段として二重造影像が同時にとられている。これは、発泡剤を飲むことで胃に空気を入れ、胃のひだにのみ造影剤であるバリウムを残してひだのパターンを浮びあがらせこのパターンから腫瘍の有無を識別する方法である。図-6 (a)にこの写真の一例を示す。(b)図は微分処理で(a)図の中央部のみのひだのパターンを抽出した例である。これから実用的なシステムに至るまでの道は短くないといわねばならないであろう。

#### 4.2 RI 像

RI (ラジオアイソトープ) を用いて人体臓器の撮像を行うことをシンチグラフィまたは RI イメージングと呼んでいる。これは RI を含んだ標識化合物を人体に投与して、これが特定の臓器に選択的に集積した様子を外部から検出する無侵襲性生体計測法である。このとき得られる像は臓器の形態のみでなく生体の代謝機能をも表現しており、X線像とは異なった医学的情報が得られる。放射性医薬品の開発によりほとんどの臓器像が得られ日常の臨床診断に用いられている。たとえば、甲状腺の撮像ではヨウ素 (I) が甲状腺で選択的に吸収されることを利用して  $\text{Na}^{131}\text{I}$  を経口投与し、集積が最大になったときにイメージ装置で像を得る。

RI より放出される X線または  $\gamma$ 線を検出して、3次元分布をしているものを2次元投影像として求めるのであるが、検出器を2次元的に移動走査して作像するシンチスキャナと検出器を19本~61本ならべたカメラで検出し線源の位置を演算推定して作像するシンチカメラの二つの方法がとられる。得られた像はX線像などに比べて著しく不鮮明であるので計算機を活用してフィルタを用いた平滑化やぼけの修正を行って画質を改善し<sup>18)</sup>表示法を工夫する研究が進められている。また、得られた像から輪郭を検出し診断の自動処理を行おうとする<sup>4)</sup>研究も少なくない。

静的な像だけでなく、RI物質を静脈注射して心臓の動きを観測するような動的画像解析も行われる。この例はRI血管造影法といわれ、心電図R波を同期信号として心臓拍動の任意の位相像を求め、心臓の機能を画像より診断するもので、その自動処理の研究も進められている<sup>4)</sup>。また、CTと同様な原理で三次元像を再生する研究も早くから行われており、最近では陽電子放射性 RI の人体分布を測定して良効な像を得るポジトロンカメラの開発も進んでいる<sup>5)</sup>。

#### 5. 顕微鏡像

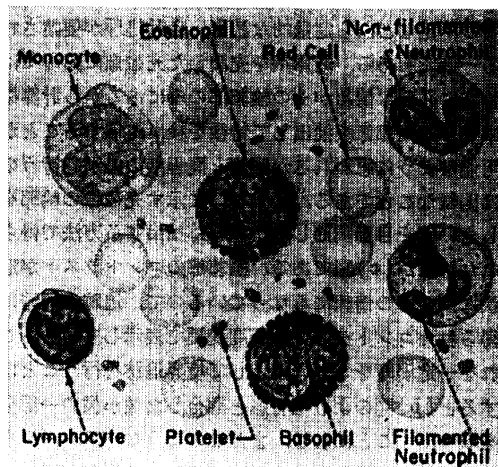
顕微鏡を用いた生体組織の病理検査像もまた多種多様である。読み取りはテレビカメラまたは輝点走査装置で行われるが、良い標本を用意することが大切な問題である。このため、塗抹装置、染色装置の研究開発が識別システムの開発と同時になされなければならない。また、大量自動処理の場合には標本の移動走査システム、移動で生ずる焦点ずれの自動補正システムも見逃せない問題である。

それ程高速大量処理は必要としないが、定量的な画

像の読み取りを行いたいという目的のために汎用の粒状パターン自動解析装置がすでに多種類市販されている。これらは、観測者が処理を指定して粒子数、面積、濃度、周辺長、粒子の径などの特徴量を迅速に求めるハードウェアシステムであるが、ミニコンピュータなどを組込んだシステムも多い。

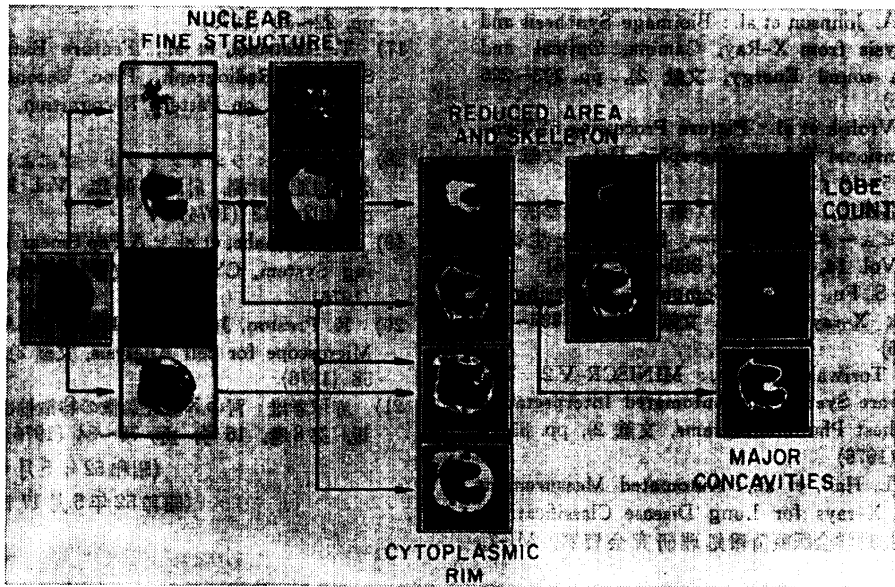
この分野で実用化に近い段階に進んでいる研究として、染色体核型分類と子宮がん細胞診があげられる。前者の自動分類は比較的古くから行われ、Ledlleyの文法を用いた形状記述分類のアルゴリズムの研究<sup>20)</sup>などもあったが、近年では分類は単なる形状だけでなく染色体の帯構造(染色したときに示す縞模様)も含めなければならないとされている。対象像の重なりをinteractiveに除く方法を用いて旧来の、腕(arm)の交叉の位置、腕の長さと同面積に基づく分類システムではかなり良い成績をおさめている<sup>21)</sup>。子宮がん細胞の場合には、わが国でも多くの研究努力が払われ、1973年には1検体を6分で処理するCYBESTというスクリーニング装置が開発されている<sup>19)</sup>。1検体中の3,000~20,000個の細胞の全数検査を行い、特徴量をもとに適当な判別関数によって良し悪しを判断するものであるが、特徴パラメータとして核面積、核面積と細胞質の面積比、核濃度、顆粒情報、核縁、核形状などがとられる。最近処理速度が2分の同様な装置も開発されているが重なり像の処理が最大の問題であるという。

すでに米国において実用化され、何種類かの商用機



6つの白血球基本型と赤血球及び血小板  
(Scientific American, Nov. 1970)

図-7 白血球像<sup>20)</sup>



8ビット原画像を濃度で2ビットの3つの画像にわけ、1つは核の微細構造の決定に、他の2つは核の形状の識別に用いる。これに分光特性を加えれば十分な分類が行え処理速度は50~100個/分である。

図-8 白血球像の処理例\*

が市販されているものに白血球の自動分類システムがある<sup>11,20)</sup>。図-7に白血球の基本型を示したが、これらが血液中では約700倍の割合で存在する赤血球に混じって200~300 $\mu\text{m}$ 離れて存在する。これらを分類計数してその分布から疾患についての情報を抽出するとともにこの基本型にない異常白血球の識別を行うのが目的である。形態的な特徴と色情報が識別のパラメータとして用いられる。すなわち、核周囲長の二乗と核面積の比、細胞質面積、異なった単色光下での細胞質部の平均濃度、顆粒の個数などであり、赤血球も色情報をもとに除去される。分類処理の一例を図-8に示した。

## 6. むすび

医療の場面における画像処理が、画像情報の定量化、人の目では見えない情報の抽出、省力化、高速自動処理といった面から要請されている。これに応えるためには画像処理技術と診断アルゴリズムの進展がなければならない。そこには工学的な問題だけでも、動態画像処理、画像の標準化、画像データベース、推論アルゴリズムといった問題が山積している。そして、その解決が医療として意味を持つてくるには単なる能率化ではなくより良い医学情報の提供が目標とされねばならないわけで、医学と工学の協力による一層の発展

が切望されている分野といえよう。

## 参 考 文 献

- 1) A. Rosenfeld (ed.): Digital Picture Analysis, Springer-Verlag, N. Y. (1976)
- 2) K. Preston, Jr. and M. One (eds.): Digital Processing of Biomedical Images, Plenum Press, N. Y. (1976)
- 3) R. S. Ledley: Automatic Pattern Recognition for Clinical Medicine, Proc. IEEE, Vol. 57, No. 11, pp. 2017~2035. (1969)
- 4) 桑原道義: 医用パターン計測と処理, 計測と制御, Vol. 16, No. 4, pp. 328~339 (1977)
- 5) J. Sklansky, et al. (eds.): Proc. of the Symposium on Computer-Aided Diagnosis of Medical Images, IEEE Computer Society, (1976)
- 6) 奥山大太郎: 超音波診断法の現況, 応用物理, Vol. 44, No. 10, pp. 1059~1072 (1975)
- 7) N. Booth (ed.): A coustical Holography. Vol. 6, Plenum Press, N. Y. (1975)
- 8) K. Preston, Jr.: Computer Processing of Biomedical Images, Computer, Vol. 9, No. 5, pp. 54~68 (1976)
- 9) G. N. Hounsfield: Computerized Transverse Axial Scanning (Tomography), part I, British J. of Radiology, Vol. 46, No. 12, pp. 1016~1022 (1973)
- 10) 飯沼 武, 田中栄一: 新しいX線診断装置, 計測と制御, Vol. 15, No. 2, pp. 190~201 (1976)



- 11) S. A. Johnson et al.: Bioimage Synthesis and Analysis from X-Ray, Gamma, Optical and Ultra sound Energy, 文献 2), pp. 203~226 (1976)
  - 12) J. Vrolijk et al.: Picture Processing of Two-dimensional Echocardiographic Data, 文献 5), pp. 15~19 (1976)
  - 13) 遠藤真広, 梅垣洋一郎: 新しいX線撮影法——コンピュータ断層撮影——, 医用電子と生体工学, Vol. 14, No. 5, pp. 369~377 (1976)
  - 14) K. S. Fu, et al., Computer Processing of Chest X-ray Images, 文献 2), pp. 335~355 (1976)
  - 15) J. Toriwaki, et al.,: MINISCR-V2, The software System for Automated Interpretation of Chest Photofluorograms, 文献 2), pp. 357~384 (1976)
  - 16) E. L. Hall, et al.,: Automated Measurement from X-rays for Lung Disease Classification, 情報処理学会医療情報処理研究会資料, MI-7, pp. 22~30 (1975)
  - 17) T. Akatsuka, et al.,: Feature Extraction of Stomach Radiograph, Proc. Second Intern'l Joint Conf. on Pattern Recognition, pp. 324~328 (1974)
  - 18) 飯沼 武: ラジオアイソトープによる臓器の形態と機能の計測, 計測と制御, Vol. 13, No. 5, pp. 403~413 (1974)
  - 19) S. Watanabe, et al.,: A Pap Smear Prescreening System, CYBEST, 文献 2), pp. 227~241 (1976)
  - 20) K. Preston, Jr.,: Clinical Use of Automated Microscope for cell Analysis, 文献 2), pp. 47~58 (1976)
  - 21) 赤塚孝雄: 胃のX線充盈像の特徴抽出, 映像情報, 第8巻, 16号, pp. 78~84 (1976)  
(昭和52年5月4日受付)  
(昭和52年5月17日再受付)
-