

OBIによる胃X線写真の多重輪郭抽出

森 英雄, ニ木 弘
(山梨大学 工学部)

はじめに わが国では、がんの中で胃がんの占める割合が最も大きく、男子で54%、女子で39%であるのに対して、外国では少く、たとえば米国では白人男子で11%、白人女子で7%であるに過ぎない。従って、胃X線写真の自動診断は、わが国に課せられた研究課題で、幾つかの研究が報告されている。(1)~(4)

筆者らは、自動診断への里程標として、計算機が抽出した輪郭から診断の手がかりになる幾つかの症候を自動的に計測し、自動診断の基礎になるデータを採取する Gastric Image Measuring System (GIMS)を開発することにした。開発目標は

- (1) あらゆる撮影体位のバリウム充満像を対象とすること。
 - (2) 32K語程度のメモリ、ドラムまたはディスク、FSS、TVモニタおよび蓄積型CRTディスプレイ等からなる経済的なシステムであること
 - (3) 医者は、間接撮影のフィルムを1枚当り5~10秒程度で読影していると思われる。それと比較し得る程度の処理速度を持つこと。
 - (4) 胃の形態の認識(分類)や症候の計測のプロセスは、わかりやすい画像解釈言語で記述でき、医学者が創意工夫できるようにすること。
- 本報告は(1)~(3)の目標を目指した実験の報告と、画像解釈言語の提案からなる。

§1 GIMSの方法

GIMSの概略を図1に示す。最終段の Data collector を Diagnoser に、Collecting rule と Diagnosing rule に発展させれば 自動診断システムになる。GIMSの方法を図1の流れに沿って説明する。

Guaranteed Thresholding Operation

日常接する画像には、対象の形態が明確に知覚できるにもかゝらず、計算機で輪郭を抽出してみると、対象と背景の輝度差のない部分が存在して、輪郭の中断がある場合が非常に多い。われわれは生得的な視覚のメカニズムや、対象に関する後天的な知識によって、輪郭の中断部分を補間して形態を知覚しているのであらう。胃X線写真の場合も例外でなく、光学的な実在以上の輪郭を知覚し勝るで、熟練した放射線医は、対象と背景の輝度差のない部分の輪郭の診断はしないように留意していると言う。GIMSはマクロ・ミクロの2段階の輪郭抽出法を採用している。すなわち、マクロ輪郭をガイド(plan)にしてミクロ輪郭を抽出するのであるが、このときマクロ輪郭の座標の他に、胃の輪郭としての確からしさをマクロ輪郭の情報として用い、輝度差があるところだけ、ミクロ輪郭を抽出するようにしている。もう少し詳しく言うと、福島ら⁽¹⁾と同様に変動閾値法によってマクロな辺縁を検出しているのであるが、その辺縁の近辺で濃淡値の2次微分をとり、微分曲線を図5のような4つのモードで表わす。マクロ輪郭の情報は、座標、モード、2次微分値と変動閾値

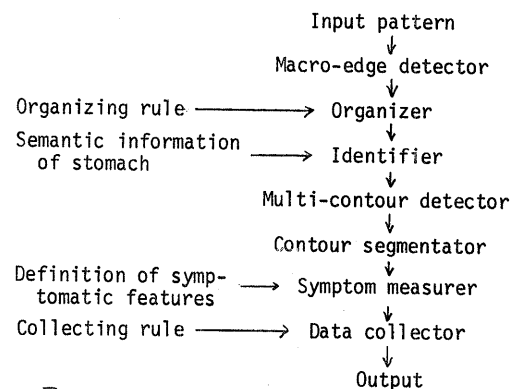


図1 GIMSの概略図

の決定においても、微分モードは利用される。

Organizing before Identification (ObI) パターン認識において構造化、すなわちパターンを一旦部分に分解し、それらを再構成して、パターンを部分が有機的に組合さってできたものとして処理すること、の重要性が叫ばれて久しい。パターンの構造化の普遍的なアルゴリズムは未だ発見されておらず、今世紀初頭に心理学の分野で唱えられたゲシュタルトの理論が唯一の牛がかりと言ってよいであろう。ゲシュタルトの理論は、理論と言うより物の見え方、考え方と言った方が良く、ゲシュタルトの法則と呼ばれるものも、法則と言うより典型例を集めたものと言える。ゲシュタルトの考え方は、工学的な見地から見ると2つの原則に要約される。

(1) 構造化には semantic information はほとんど関係しないこと。すなわち認識に先立って構造化がなされること。この原則を本報告では organizing before Identification 略して ObI と呼ぶ。隠絵で見慣れた対象が見えないのは、対象が周囲に融け込んで、構造化の際一つの部分パターンとして分離されないからである。

(2) どの部分が一つにまとまるかは、その部分だけの性質で独立に決まるものではなくて、全体との相対的性質が関係し、全体がより簡潔な構造になるように構造化されること (Prägnanz の原理と呼ばれる)。

top-down analysis の手法は (2) の原則は満たすが、対象の構造が特徴抽出に先立って与えられていると言う点で (1) の原則に違反している。bottom-up analysis の手法は (1) の原則は満たすが、下位概念 (絵素) から上位概念 (特徴) を合成する法則で、下位概念の性質のみを使っていると言う点で (2) の原則に反する。

GIMS は、Organizer が Identifier に先行しているので (1) の原則は完全に満たしている。(2) の原則は Organizing rule の作り方に如何によりわけてあるが、4頁26行に示す規則は、胃X線手真の構造化に對しては可成り満足すべきものである。

図形の構造と semantic information の表現

GIMS では、図形の構造を6種類の要素の集合と、要素間の連結関係で表わす。要素には階層があり、下位の要素は連結子によって連結し、上位要素を構成する。下位から順に要素を並べると edge, section, part, union, image になる。

edge : 背景と対象の境界

section : 対象を水平線分で等間隔に切ったとき得られる帯状領域で、対象の横断区間を表わし、左右の edge で囲まれている。図2(b)の一本の水平線分が一つの section を表わしている。

part : 認識の際、これ以上分けられないものとして知覚される部分に対応し、organizing rule によって連結された section の集まりである。図2(b)の section の中心を通る垂直線分はその連結子を表わす。すなわち中心線によって結ばれた section 群が一つの part を構成する

union : 一つの孤立した対象を表わす。地続きで接している part を連結して得られたものである。part を図3(a)のような台形で表わすと、連結の様子は、上辺と下辺の左右の計4隅に設けた連結子を用いて図3(b)のように表現できる。連結すべき part のない行止りの part では連結子は自分自身の隅と連結する。

image : 画像全体を表わす。幾つかの union の集合である。胃X線手真の場合は胃像に対応する union の他に、背骨像や十二指腸像に対応する union が image に含まれることが多い。

part の形態、長さ、幅、面積、および他の part との相対的關係の中の若干のもの

の E その part の属性と言う。たとえば、ある part の属性が head であると言うのは、その part が図3 (b) の p_2 p_3 のように、それ以上上に伸びず行止りであることを意味し、tail であると言うのは、 p_1 のようにそれ以上、下へ伸びず、行止りであることを意味する。

胃の形態を認識するプロセスは、次のような操作の組合せによって達成できる。

- (1) searching : ある条件を満たす part を探索すること
 - (2) reorganizing : ある条件を満たす part を切離したり、つなぎ換えたりする、すなわち union を構成する part の連結を換えること
 - (3) anticipating : ある条件が成立したとき、新しい part を union につけ加えたり、part の形態を修正したりすること
 - (4) classifying : ある条件によって union を分類すること
- “ある条件”とは、part の属性と part の連結関係で記述できる条件式である。part の属性を調べるときは section をで遡ることがあるが、認識のプログラムは part を単位とする操作によって達成される。

辺縁の多重輪郭表示

胃の辺縁による診断、すなわち辺縁の固さの異常や辺縁不整等、に用いるミクロな輪郭をただ1本の曲線で表わすことはたいへん難しく、正確に表わすには医学的知識がいる。なぜなら、胃の辺縁は幅を持ち、その幅は胃の部位によって異なるからである。特に、胃体部小弯側に出現するプロフィル・ニッレは図4 (a) のように正常な辺縁に比してコントラストが弱いことが多い。そこで、ミクロな輪郭を同図 (b) のようにミツつ濃淡閾値で濃淡勾配を切って得る3本の輪郭線で表わす。閾値はマクロ輪郭の変動閾値とモードで決める。

§2 GIMS の概要

計算機組織 現時点では、GIMS は以下のミニコンに

implement している。

CPU	OKITAC-4300S (24K 語)
画像処理用 I/O	FSS, 蓄積型 CRT ディスプレイ, TV モニター
一般 I/O	ドラム, LP, PTR, フロッピー ディスク
使用言語	アセンブラ

Input 胃×線写真は普通の 35mm フィルムに露出不足気味に焼付ける。FSS の分解能は、位置については $5/2 \times 5/2$ 、濃淡値については 64 レベル (胃内部分は値が小さく、背景は値が大きい) である。

Macro-edge detector 全画面を水平帯域領域 $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ に分割する。 Z_i におけるマクロ画像関数 $F_i(x)$ と

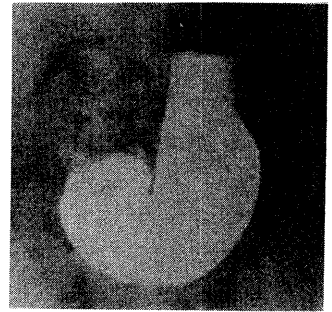
$$F_i(x) = \sum_{y=y_i-m\Delta y}^{y_i+m\Delta y} f(x, y) / 2m+1, \quad x = \Delta x, 2\Delta x, \dots, (n-1)\Delta x$$


図2 (a) 原画像

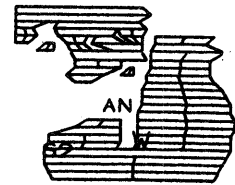


図2 (b) 図形の構造

水平線分は section を表わす。中心を垂直線分で結ばれた section は part を構成する。1本の section でも part になれる。

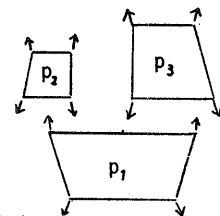


図3 (a)

台形は part を表わし、4隅の矢印は連結子を表わす。

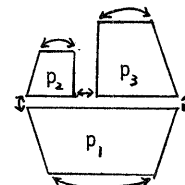
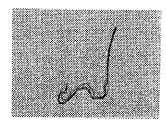


図3 (b)

part は連結子によって結合されて union を構成する



図4 (a)



(b) 多重輪郭線

ただし、 $f(x, y)$ は点 (x, y) の濃淡値を表わす画像関数とする。 $\Delta x, \Delta y$ はサンプリング間隔である。edge を検出するための濃淡閾値は場所によつて異なる。これを $\theta_i(x)$ で表わす。(a) 胃が確実に存在すると思われる帯状領域 Z_g を走査して、マクロ画像関数 $F_g(x)$ を求める。最初の閾値関数を $\theta_1(x) = \min \{F_g(x)\} + e$ とする。(b) 帯状領域 Z_i を走査して、 $F_i(x)$ を求める。(c) $F_i(x) < \theta_i(x)$ を満足する区間 $[X_0, X_1]$ を求める。(d) マクロ画像関数の2次差分 $\nabla F_i(x)$

$$\nabla F_i(x) = (2F_i(x) - F_i(x - \nu \Delta x) - F_i(x + \nu \Delta x)) / 2, \quad \nu \text{ は正の整数}$$

を求める。境界点 X_0, X_1 の近くの $\nabla F_i(x)$ のモードを図5のような4つのモードで表わす。モード"0"は

胃と背景のコントラストが強いときみられ、モード"z"はコントラストが弱いときみられ、モード"n"は辺縁が入り組んでいたたり、ノイズがあるときみられ、モード"x"は胃の領域が走査の範囲外で伸びているとき用いられる。 λ をエッジモード閾値と呼ぶ。

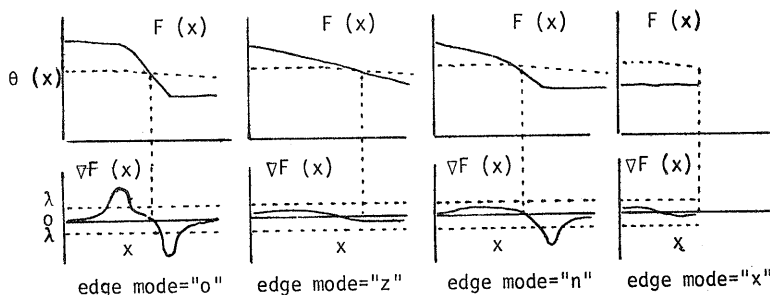


図5 エッジモード

が走査の範囲外で伸びているとき用いられる。 λ をエッジモード閾値と呼ぶ。(e) 区間 $[X_0, X_1]$ の内点で、 $|\nabla F_i(x)| < \lambda$ かつ最も X_0 に近い点を見つけ、その点の濃淡値を F_0 とする。 X_0 の近くでの $|\nabla F_i(x)|$ の最大値を F_0' とする。 X_1 に対して F_1, F_1' を同様に決める。(f) section を $S = (X_0, M_0, F_0, F_0', X_1, M_1, F_1, F_1')$ で表わす。但し M_0, M_1 は X_0, X_1 におけるモードである。(g) $i+1$ 番目の閾値関数 $\theta_{i+1}(x)$ を次のように決める。 $M = M = "0"$ のとき、区間 $[X_0, X_1]$ において $\theta_{i+1}(x) = F_i(x) + e$ 、それ以外は全て $\theta_{i+1}(x) = \theta_i(x)$ とする。(h) $i = i+1$ 、 $i \leq n$ のとき (c) へ戻る。

Organizer section を連結して part にする organizing rule は次のように書ける。

S_i と S_j を隣接した帯状領域 Z_k, Z_{k+1} の section とする。 S_i と S_j は次の4つの条件を全て満たしたとき連結する。(1) S_i と S_j の区間 $[X_{0i}, X_{1i}]$ と $[X_{0j}, X_{1j}]$ が一部もしくは全部重なり合う (2) S_i と S_j は互いにそれ以外に重なり合う section を持たない (3) S_i と S_j の中心の x 座標は閾値 λ 以上にはずれていない。(4) S_i と S_j の幅の差は閾値 β 以内である。

part の生成が済んでから union を生成する。その organizing rule は明きらかであろう。

part の属性の中で、head や tail のように範疇化できるものは、この段階で抽出しデータとして登録する。形態や面積のように範疇化が困難な属性は、identify の段階で必要な度々毎に抽出する。

図6 (a) に示す union のデータ構造を同図 (b) に示す。node1, node2, node3 は p1, p2, p3 に対応する。 b_0, b_1, u_0, u_1 は part の4隅の連結子 (同図 (c) で表わす。

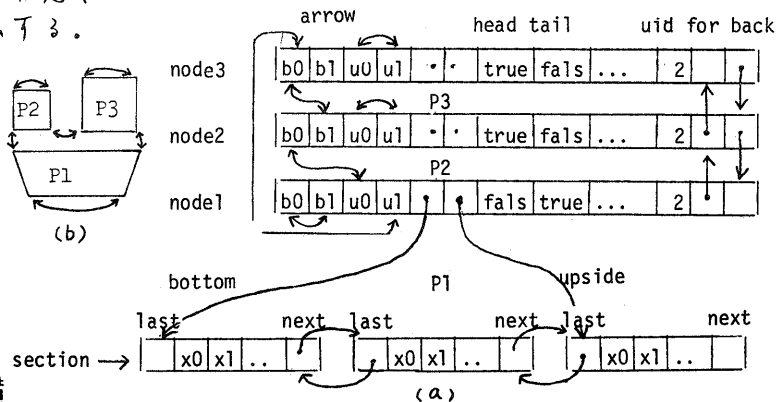


図6 データ構造

Identifier と Semantic information Identifier は part の様々な属性を検出したり、連結子に沿って part を辿ったり、条件式の論理値を求めたり、part の連結子をつなぎ授えたり section の成分の値を変えたりするサブルーチンの集まりである。

Semantic information はこれらのサブルーチンを使って searching や reorganizing, anticipating, classifying 等を行うプログラムの集合である。

Multi-contour detector 胃の部位別に区切られたマクロ輪郭情報, $(X_i, Y_i, M_i, F_i, F_i')$ の列で plan と呼ぶ、を入力として、ミクロ輪郭を多重輪郭線の形で出力する。多重輪郭線の抽出は、閾値法による。閾値を内側輪郭線から順に ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 とすると、 $\phi_1 = (F_i + F_{i+1})/2 + \varepsilon$, $\phi_2 = \phi_1 + \varepsilon$, $\phi_3 = \phi_2 + \varepsilon$ で与えられる。ただし F_i は、自分自身も含めてそのマクロ輪郭点に最も近く、かつモードが $M = "0"$ となる輪郭点の F の値を表わす。これは多重輪郭線の閾値間隔である。

Contour segmentator ミクロ輪郭線を幾つかの弧に分割する。弧はその形態により linear, curve, short (弧の長さが短い) に分類される、これを typ という。弧は $\text{arc} = (\text{typ}, X, Y, DX, DY, c_1, c_2, \dots, c_n)$ で表わされる。ただし、 X, Y は弧の出発点の座標で、 DX, DY は出発点から終点へ向って引いたベクトルの x 成分、 y 成分である。

$c_1, c_2, \dots, c_n$ は弧を表わす chain code で、32 方向に量子化してある。

Definition of symptomatic feature と Symptom measurer 症候 (symptomatic feature) はどの写真でも常に検出できるには限らない。たとえば、立位正面像の症候である小弯短縮や胃角の変形は、前腹部のバリウム未充填やぜん動運動、胃腸のねじれ等の撮影時・胃の動的状態によつて生ずる変形、temporal feature と言う、があるときには計測してはならない。Symptom measurer は、Identifier の分類結果や様々な部位の arc を基にして、temporal feature を抽出したり、symptomatic feature を計測するサブルーチンの集まりである。Definition of symptomatic feature は、temporal feature を抽出し、その有無によってどの symptomatic feature を計測すべきかを決め、かつその計測をするプログラムの集合である。

Data collector Collecting rule データを集積し、分類し、若干の統計処理をしてグラフ表示するプロセスである。

§3 実験結果

立位正面と腹臥位のバリウム未充填像の輪郭抽出と症候計測を行って、GIMS の性能を調べた。腹臥位は試料数が少なかったため、立位正面の結果を記す。

試料 胃集団検診の同時撮影フィルムの中から、ランダムに計 65 例の立位正面像を選んだ。その中の幾つかの原画像を図 10(a) に示す。全て鉤状胃か、鉤状胃に近い形をしており、典型的な牛角胃は一つもない。

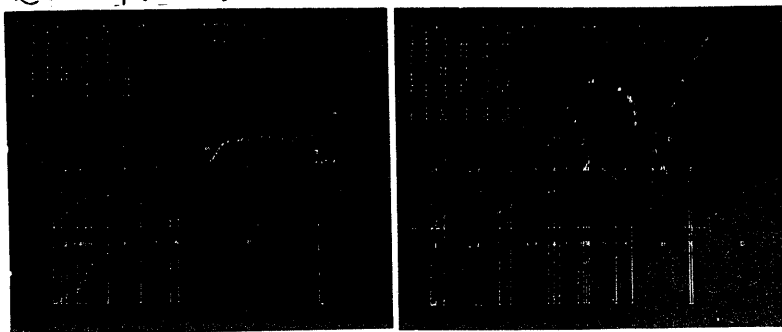
Semantic information 胃を表わす union の part の corner に図 7 のような名称をつける。image の中から胃の union を採り出し、背骨や十二指腸像を reorganizing によって分離し、部位の名称を作るプログラムは §4 に示す。

Identifier の成功率 W の検出ができないと S_1 の検出ができないと言うような順序関係があるので、成功率を遷移図の形で図 8 に示す。マクロ輪郭の認識成功率は 8 割である。部位認識の例を図 (b) に示す。図 (b) のグラフは Organizer から出力した union を表わし、英字は認識した部位を表わす。図 (c) の左上隅のグラフは認識した後での union の包絡線 (マクロ輪郭) を示す。9 頁真中の標本は reorganizing によって、最初あった背骨の重複像が取除かれている。認識の際、

Multi-contour detector の成功率 多重輪郭線の抽出結果を工学的に評価するのは、なかなか難しい。図 (c) の程度を成功とすると、全標本のおよそ 7 割成功した。

Counter segmentator 図9は、WE狭む内側のミクロ輪郭、小弯側輪郭と言う、E線からの弧に分解し、CRTにディスプレイしたものである。左上隅の配列は、arcの成分のリストで、右上のグラフはミクロ輪郭線である。下半分の2つのグラフは上が輪郭の4座標のグラフで、下が座標のグラフである。3本の輪郭線の間隔が与えられたところで分節するようにしたので、分節し過ぎている。

Symptom measurer 図9(a)は、バリウム未充満と判定した例で、(b)は小さなぜん動運動があると判定した例である。



(a) バリウム未充満あり (b) 小さなぜん動あり

図9 counter segmentationの例

処理速度 GIMSの処理速度は、濃度データのサンプリング密度によって大きく影響される。ある限度までは、密にするほど抽出した輪郭の精度が良くなる。図10(b)(c)程度の精度を出すためには、マクロ輪郭抽出には約8,000点のサンプリングを要し、ミクロ輪郭抽出には、輪郭線の長さによっても変わるが平均17,000点のサンプリングを要した。原画像のTVモニタリングや輪郭のディスプレイに要する時間を降けば、前者に要した時間は4秒で、後者は2秒である。

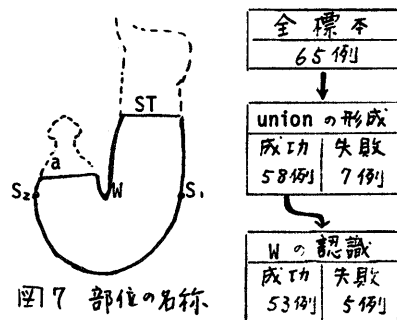
S4 胃X線写真のための画像解釈言語の提案

医学者が計測や分類の創意工夫をするためには、semantic informationやDefinition of symptomatic feature, collecting ruleの部分のプログラムが容易に書き換えられることが必要である。アセンブリ言語やFORTRANでは、前者者の記述は面倒で、かつそれを読んで理解するのも容易ではない。そこで

- (1) データ構造が簡単に記述できて、上位要素を通して下位要素が容易に参照
- (2) 属性等の非数値データを、数値データに変換することなく扱える。できる
- (3) searchingやreorganizing, classifying等の操作がわかりやすい型式で記述できる

等の機能を持つ画像解釈言語が望まれる。

わかり易さと言う見地から、全く新しい形式の言語も考えられないわけではないが、教育・普及やマニユアル作りの複雑さと思うと、既存のコンパイラ言語を活用する方が良いと考えた。1971年にWirthが提唱したPascalは、データ構造が定義でき、属性等の非数値データを日常用いられている単語で表わすことができるので、画像解釈言語のベースにすることにした。GIMSの全てをPascalで書くのではなく、Semantic informationやsymptomatic featureの定義を記述するだけなのであるから、Standard Pascalである必要はなく、その縮小版でも十分であろう。



項目	成功	失敗
S1の認識	53例	0例
S2の "	49	4
STの "	45	8
ANの "	49	4
右側輪郭の修正	51	2
左側 "	47	6

図8 Identifierの成功率

意志の疎通を良くするためには、データ構造の形式や用語、および度々度々同じられる画像関数や手続きは統一して標準化して置く方がよい。

図6のマクロ輪郭のデータ構造は次のように標準化する。

```

type corner = (b0,b1,u0,u1); {corners of part}
section = record x0,x1,y: 0..511; {X0,X1,Y}
              f0,f1,df0,df1: 0..127; {F0,F1,F00,F11}
              m0,m1: (o,x,n,z); {edge mode}
              next,last: ↑section; {pointers of linking the section for a part}
              for,back: ↑section {pointers for sequential linking}
            end;
arrow = record nd: ↑node; {pointer to target node} c: corner {target corner} end;
node = record a: array[corner] of arrow; {pointers of linking the part for a union}
          bottom,upside: ↑section; {pointers to bottom or
          head,tail,right,left,u1,u2,u3,u4: Boolean; {attributes of the part}
          uid: integer; {identifier of the union to which the part belongs}
          for,back: ↑node {pointers for sequential linkage}
        end;

```

Semantic information で使用する標準の関数と手続きの一部を次に記す。

opposite(c) cはcornerで、cと同じ辺で、左右方向に相対するcornerを求め関数
 faced(c) cはcornerで、cと同側で上下方向に相対するcornerを求め関数
 area(nd) ndはnodeで、それが属するunionの面積を求め関数。結果はreal
 organizer(zx,zy,Δx,Δy,v,e,λ,α,β,topnd) Macro-edge detector から Organizer までの処理を
 する手続きで、出力は、nodeのsequential listの先頭を指すpointer
 でtopndに格納される。zxからzyまではパラメータで、zx,zyは水平
 帯状領域の幅と縦長で、他は3頁下段から4頁にかけて説明
 したパラメータで、値は全てintegerである。

relink(nd1,nd2,c1,c2) nd1のc1とnd2のc2を互に連結する。それまでのnd1のc1の
 連結先を(target)とnd2のc2のそれ同様に互に連結する。

searching のプログラムの典形は次のように書ける。

```

var nd0{starting node}, nd1{terminating node}, ndx{searched node}, nd2: ↑node;
  c0{starting corner}, c1{terminating corner}, c2: corner;
  : {get nd0,nd1,c0 and c1}

```

```

nd2:=nd0; c2:=c0; ndx:=nil;

```

```

while ndx=nil and nd2<>nd1 and c2<>c1 do

```

```

  begin if TARGET CONDITION then ndx:=nd2; nd2:=nd2↑.a[faced(c)].nd; c2:=nd2↑.a[faced(c)].c end;

```

上のプログラムは、nd0のc0から上方向にマクロ輪郭に沿って進んで行くと、nd1のc1迄でTARGET CONDITIONを満足するnodeを探索する。見つかったらそのnodeを指すpointerをndxにしまい、見つからなかったらnilをしまう。

while 以下は次のようにも書ける。

```

repeat if TARGET CONDITION then ndx:=nd2; nd2:=nd2↑.a[faced(c)].nd; c2:=nd2↑.a[faced(c)].c end
until ndx<>nil or nd2=nd1 and c2=c1;

```

立位正面像を認識し、背骨や十指腸等の重複像を除去し、部位に因るような名符をつけるプログラムは次のように書ける。ただし、例外的なパターンに付する処理の部分は省略してある。

```

program semantics(w,s1,s2,an,st);
const limc=16; zx=256; zy=8; dx=4; dy=2; n=2; e=2; l=2; a=8; b=16;
var uno: integer; x,max,dx1,dx2: real; cut: Boolean;
    w,s1,s2: arrow; an,st: node; ndg,ndx,ndy,ndz,topnd: ↑node;
begin organize(zx,zy,dx,dy,n,e,l,a,b,topnd);
  {search the bottom node of the gastric union (ndg)} ndx:=topnd; uno:=1; max:=0.0;
  repeat if ndx↑.uid=uno then
    begin x:=area(ndx↑); if x>max then begin max:=x; ndg:=ndx end; uno:=uno+1 end;
    ndx:=ndx↑.for
  until ndx=nil;
  {search W,S1 and S2} w.nd:=nil; ndx:=ndg;
  repeat if ndx↑.a[u0].nd<>ndx↑.a[u1].nd then
    begin w.nd:=ndx↑.a[u1].nd; w.c:=b0; s1.nd:=w.nd; s1.c:=b1; s2.nd:=ndx; s2.c:=u0 end;
    ndx:=ndx↑.a[u0].nd
  until w.nd<>nil or ndx↑.head;
  {trace linked parts upward from S2 to head part, and cut off overhanging part, if any}
  ndx:=s2.nd; cut:=false;
  repeat ndy:=ndx↑.a[u0].nd; dx1:=ndx↑.upside↑.x0 - ndy↑.bottom↑.x0;
    if dx1>limc then
      begin relink(ndx↑,ndx↑,u0,u1); cut:=true; an:=ndx end else an:=ndy;
      ndx:=ndy;
    until ndx↑.head or cut;
    {trace linked parts downward from S2 to tail part, and omit extensile part, if any}
    ndx:=s2.nd;
    repeat ndy:=ndx↑.a[b0].nd; dx1:=ndx↑.bottom↑.x0 - ndy↑.upside↑.x0;
      if dx1>limc then
        begin if ndy↑.tail then relink(ndx↑,ndx↑,b0,b1) else
          begin ndz:=ndy↑.a[b0].nd; dx2:=ndx↑.bottom↑.x0 - ndz↑.upside↑.x0;
            if dx2>limc then relink(ndx↑,ndx↑,b0,b1) else relink(ndx↑,ndz↑,b0,u0)
          end
        end; ndx:=ndy;
      until ndx↑.tail;
      {trace linked parts upward from S1 to head part, and cut off overhanging part, if any}
      ndx:=s1.nd; cut:=false;
      repeat ndy:=ndx↑.a[u1].nd; dx1:=ndy↑.bottom↑.x1 - ndx↑.upside↑.x1;
        if dx1>limc then begin relink(ndx↑,ndx↑,u0,u1); cut:=true; st:=ndx end else st:=ndy;
        ndx:=ndy;
      until ndx↑.head or cut;
      {trace linked parts downward from S to tail part, and omit extensile part, if any}
      :
    (program is omitted)
end

```

end

Program 1. Semantic information about the erect antero-posterior barium-filled image

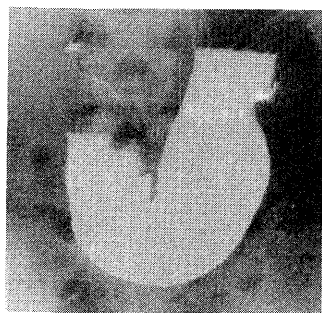
むすび 胃X線写真の輪郭抽出は意外に難しい。その原因は、(1) 胃の形態の個人差、ぜん動運動、背骨や十二指腸像との重複、およびその逆のバリウム未充填による胃像の欠損等によって、胃の形が多様であるために、構造が先験的に与え難く top-down analysis の手法が使えないこと、(2) 胃内部のバリウムの厚さの不均一やX線ビームの不均一等による胃像の shading の故に、単純なしきい値法や

微分法では輪郭抽出し難いこと、(3) 医者が診断に用いる辺縁の凹凸(辺縁の濃淡勾配の変化)を輪郭情報として出力しなければならないこと、等にある。GHISは、これらの問題点に対処べく設計したもので、中規模のミニコンで実現でき、処理速度もフィルム1枚当り10秒内外であるので、実用的である。性能については、パラメータの値の選定方法にまだ問題があるが、X線写真の撮影法をもう少し工夫し、一定の品質の画像が得られるようになれば、少なくとも8割程度のフィルムは処理できるのではないかと思う。最後に、診断学およびフィルムの提供について、国立がんセンター山田達哉部長、東京都がん検診センター野本一夫部長、国立用府病院・中込栄長部長、山梨県立中央病院・大岡誠信院長に感謝する。

- 文献 (1) 福島・宇部宮・相馬：胃X線像の辺縁抽出，医用電子と生体工学 15, 6, (1977), 383/388
 (2) 森，=木，中込，大岡：計算機による胃X線立位充満像のスクリーニング試み，同上，15, 7(1977) 457/464
 (3) 羽島，長谷川，滝，岩塚：胃部充満像X線写真の胃部部形状分類について，電子通信学会研究会 HBE 77-70 (1978)
 (4) 赤塚・高谷・磯部：医用画像の記述と識別，第14回日本HES学会大会論文集(1975) 391/392
 (5) K.Jensen & N.Wirth: PASCAL user manual and report, Springer, Berlin (1974)

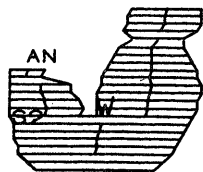
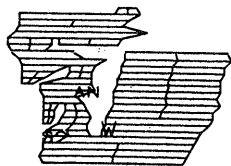
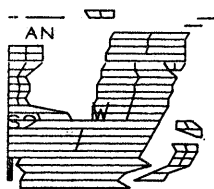
(a)

立位正面バリウム充満像



(b)

マクロ輪郭



(c)

ミクロ輪郭

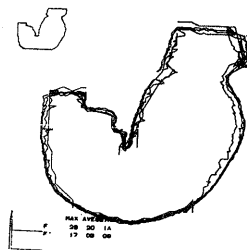
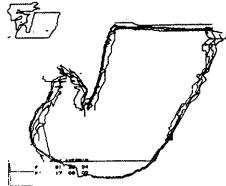
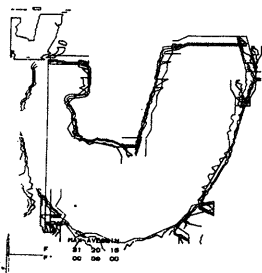


図10 立位正面バリウム充満像の輪郭抽出例 (フブク)

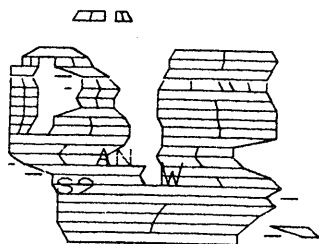
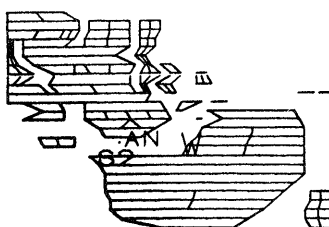
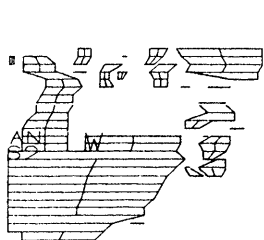
(a)

立位正面バリウム充滿像



(b)

マクロ輪郭



(c)

ミクロ輪郭

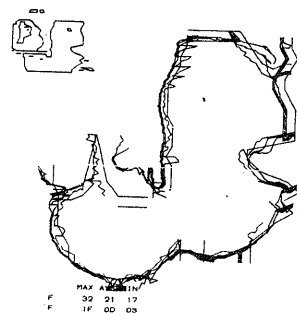
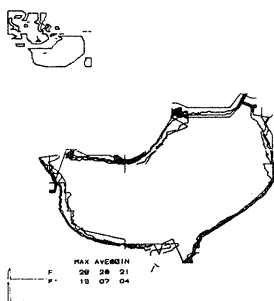
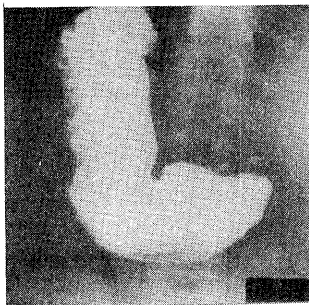


図 10 立位正面バリウム充滿像の輪郭抽出例

(a)

腹臥位バリウム充滿像



(b)

マクロ輪郭

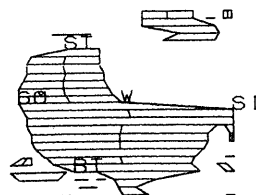
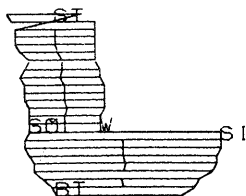
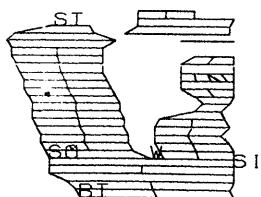


図 11 腹臥位バリウム充滿像の輪郭抽出例