

濃淡図形からの線要素の抽出とパターンの認識*

坂井 利之** 長尾 真** 藤林 信也*** 木戸出正継**

Abstract

An experiment on line extraction and pattern detection in a photograph is performed. From digitized pictures which have eight gray levels, the value and direction of the steepest descent is first calculated for each point with 3×3 meshes. Then those points whose gradient is more than a certain threshold value are regarded as component points of line segments. From these points the estimation is done to extend the line portions as far as possible to the neighbouring ones. Another method tried is the application of Laplacian operator.

The pattern detection is done mainly for the photographs of human faces which are in front direction. A standard pattern of a front face is stored in a computer and the correlation method is adopted for the detection. For many photographs of human faces in several conditions the whole algorithm has been tested with considerable success.

1. まえがき

パターン認識における困難な問題の1つに、複雑な背景の中にある目的物体の検出という問題がある。目的物は他の障害物にある程度かくされている場合もあるし、また、そのような障害物がなくても、光のあたりぐわいによって、かならずしも常に同じように見えるわけではない。したがって、ここでの研究の目的は写真のもつ膨大な情報を効果的にへらし、その中の目的物を検出するための有効な計算機アルゴリズムをみいだすことにある。すなわち、濃淡情報をもって記憶されている写真から、まず、その写真の表わすもっとも重要な情報である輪郭線を抽出することを考えた。濃淡図形から線図形を抽出することは、図形情報処理においてそれ自身十分な意義をもつものである。

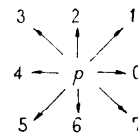
次に、このようにして得られた線図形に対して、パターンマッチングの方法によって図形認識を行なうことを考えた。こうすることによって、光のあたりぐわいなどによって、濃淡の変化や影などが生じ、パターン・マッチングがわずかしくなるという問題をさけることができ、Holmes や Ledley のとった方法とは、

本質的に異なるアプローチとなっている¹⁾⁴⁾。

写真としては1人、または数人の人の顔が種々の背景の中にあるものを取り、これを対象とした。この場合の仮定は顔は正面をむいていること、写真の上下がわかっていてあまり傾いていないことの2つである。したがって、顔の大きさは任意であり、また、眼鏡などをしていてもよいとする。

2. 最急負勾配の検出

デジタル化された写真データは、縦横それぞれ約 200×150 であり、各点での濃淡は3ビット8段階である。そこでこの図形から不必要な情報をすて、有効な情報のみをのこすという立場から線図形の抽出を行なう。濃淡図形において線と認められる部分は、その濃淡の勾配が急なところであるから、次のようにして隣接メッシュ間での濃淡の勾配をしらべ、その最急負勾配の方向とその値を求める。まず、第1図のように点 p のまわりに8方向を考え、これを図に示すように0, 1, 2, ..., 7で表わす。また、点 p に隣接した8個の点をそれぞれ方向をパラメータとして $p(d)$,

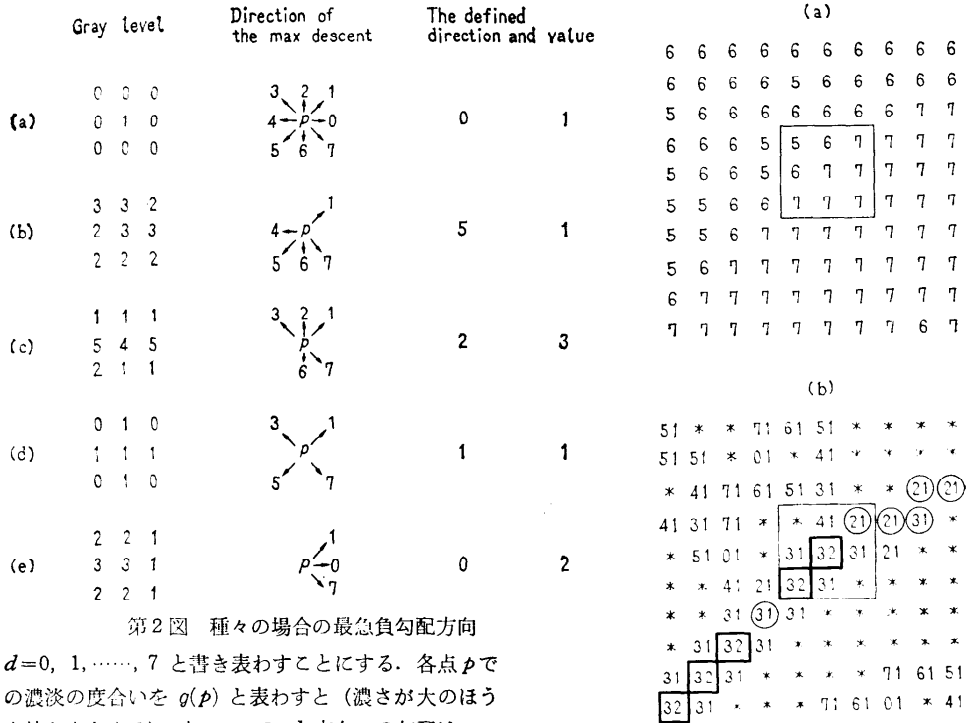


第1図 8方向の番号

* Line Extraction and Pattern Detection in a Photograph, by Toshiyuki Sakai, Makoto Nagao, Shinya Fujibayashi, and Masatsugu Kidode (Department of Electrical Engineering, Kyoto University, Kyoto)

** 京都大学工学部

*** 現在日本電気株式会社



第2図 種々の場合の最急負勾配方向

$d=0, 1, \dots, 7$ と書き表わすことにする。各点 p での濃淡の度合いを $g(p)$ と表わすと (濃さが大のほうを値が大とする), 点 p での d 方向への勾配は

$$G_d(p) = g(p) - g(p(d)); \quad g(p) \geq g(p(d)) \\ = 0 \quad : \quad g(p) < g(p(d))$$

であるとする。すなわち、濃さのうすいほうへの勾配のみを考える。したがって、点 p での最急勾配値は

$$G_m(p) = \max\{G_d(p) : d=0, 1, \dots, 7\}$$

$$D_m(p) = d : G_d(p) = G_m(p)$$

ところが最急勾配方向は第2図に示すように、いくつかの d において勾配に極大値を与える場合があるので、このような場合は便宜的に次のように定めておく。

1) 最急勾配方向が d から始まって $d+n$ まで続く場合、その連続した最急勾配方向の個数は $n+1$ であるが、このような場合は第2図に示すように、ある点について複数グループが存在する。そこでこの $n+1$ の最大のものについて

$$D_m(p) = \left[\frac{d+(d+1)+\dots+(d+n)}{n+1} \right]_{\text{mod } 8}$$

をこの点における最急勾配方向とする。ただし、 $d \sim d+n$ が 6, 7, 0, 1 のようにと7と0を含む場合には、0, 1 には数8を加え 6, 7, 8, 9 のようにする。

2) 各連続した最急勾配グループの個数が等しい場合には便宜的に d の値の小さいほうをとる。

(a) 8段階の濃淡図形
(b) (a)に対する各点の最急負勾配方向 (2桁の数字の左の数) とその値 (2桁の右の数)
* は勾配なしの点、太い四角でかこんだ点は勾配値が2以上のもので線要素である。円でかこんだ点は線延長のアルゴリズムで線要素とされたもの。

第3図 デジタル化図形の部分

3) 第2図(a)のように、 p が孤立点で、すべての方向に勾配のあるときには便宜的に $D_m(p)=0$ とする。

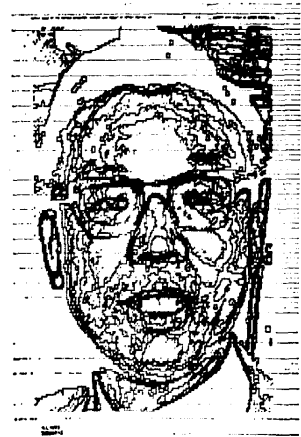
このようにして点 p における最急負勾配値とその方向が計算されるので、これらを組にして第3図(b)に示すように記憶される。第3図(a)は8段階の濃淡図形の一部を示し、 3×3 の窓により上記2つの値を計算した結果が第3図(b)である。2桁の数字のうち左側が方向を、右側が値を示す。一般に拡大された図形をこまかくサンプルした場合には、濃淡の勾配や線要素を抽出するのに 3×3 のメッシュでは十分でなく、もっと大きいサイズのメッシュを用意しなければならないということも考えられるが、われわれのあつかった写真サンプルでは、 3×3 のメッシュで十分であった。このようにして最急勾配を計算した例を第4図に示す。第4図(a)は原図形写真、同図(c), (d), (e) はそれぞれ勾配 1, 2, 3 以上の点の図形である。



(a) 原図形



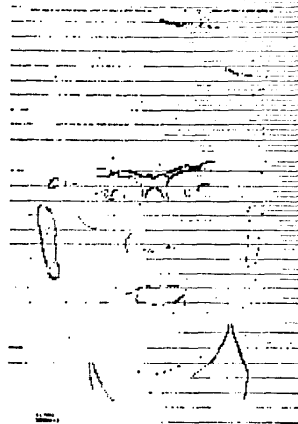
(b) デジタル化図形のプリント・アウト



(c) 最急負勾配値1以上の点



(d) 最急負勾配値2以上の点



(e) 最急負勾配値3以上の点

第4図 最急負勾配の計算

3. 線要素の決定

以上からわかることは、単純に勾配の急なところをとり出しても、われわれが感じているような線図形にはなっていないことである。しかし、一方これが線図形のもととなる有力な情報であることもまた十分考えられることである。したがって、次に問題となるのはどの程度の勾配値以上の点を線図形の元の要素として考えればよいかということになる。たとえば、第4図で勾配1以上の点は線図形とするにはあまりにも多すぎるのがわかる。また、勾配3以上の点ではあまり少なすぎて、意味のある線を抽出することができるかどうかがあやふさまれる。そこで、どれ以上の勾配値をもって線図形の元の要素とするのがよいかを、次のアルゴリズムで決定する。

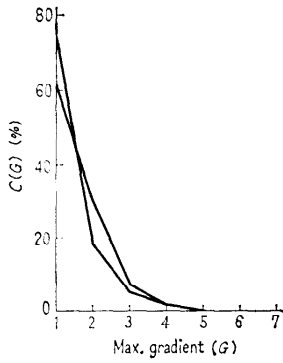
入力データによって、その濃淡の勾配値の分布は部分によって異なるであろうが、ここでは、それに関する検討ははぶき、2.で得られた最急負勾配値(0, 1, ..., 7)の分布をもとめ、これより次に述べる輪郭線抽出で用いられる各種の閾値を決定する。これらの閾値は次の3つである。

T_0 : 輪郭線延長の出発点となるメッシュを定めるための閾値

T_1 : 次節の評価関数 PI_1 の閾値

T_2 : 次節の評価関数 PI_2 の閾値

いま、勾配値 1, 2, ..., 7 を変数 g で表わし、勾配値 g をもつメッシュの数を G_g とすると、その分布 $C(g)$ は次式である。



第5図 最急負勾配値の分布の例

$$C(g) = \frac{G_g}{\sum_{g=1}^7 G_g} \times 100 (\%)$$

この分布の例を第5図に示す。まず、 T_0 としては

$$C(7) + C(6) + \dots + C(i) < 20$$

$$C(7) + C(6) + \dots + C(i) + C(i-1) > 20$$

すなわち勾配の大きいメッシュからとってゆき、勾配1以上のメッシュ全体の20%程度までの勾配の点を選ぶことにした。第4図においては、これは勾配2以上の点である。濃淡の変化のはげしい図においては

もっと大きい勾配値がこの値となる。とにかく、結果的に考えて1つの画面の中に、適当な量の線要素が抽出されることが目的である。

もし、 $C(7) + C(6) + \dots + C(2) < 20$ であれば、これは非常に濃淡の少ない図形であることがわかるが、この場合には次節で述べるように、勾配1のメッシュであっても、周囲のメッシュの状況によって、これを輪郭線要素として、採用することが必要となる。前者の $C(7) + \dots + C(i) > 20 (i \geq 2)$ の場合を extension mode I、後者の $C(7) + \dots + C(2) < 20$ の場合を extension mode II と呼ぶ。T1, T2 は第6図に示すようなアルゴリズムで T_0 の決定ともなっていてきめられる。

4. 輪郭線の抽出

2.で述べた最急負勾配の検出によって、入力データの局所的領域における濃淡の変化がわかるので、3.で述べた閾値 T_0, T_1, T_2 を用いて、次のようにして線要素を新しい面 R にとり出す。

まず、

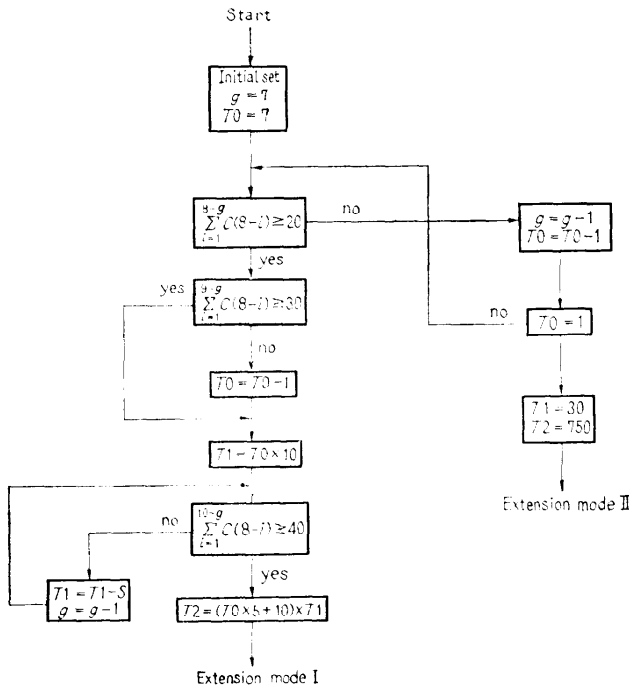
$$G_m(p) \geq T_0 \text{ であれば } R_p = 1$$

$$G_m(p) < T_0 \text{ であれば } R_p = 0$$

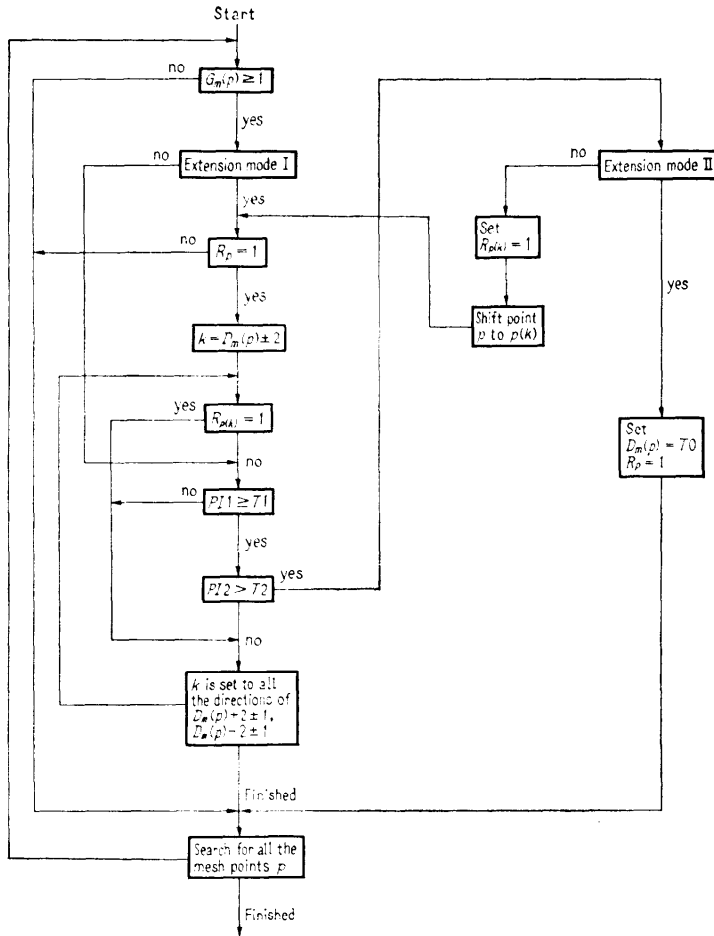
として勾配の急な明らかに線要素と認められるような

メッシュを1とする。一般に入力図形は、すべての部分でその濃淡の分布が一様でなく、部分的に異なるのが普通であるから、特に濃淡変化のゆるい部分での線の抽出はむずかしくなる。そこで、いま、得られた $R_p = 1$ のメッシュから線を、できるだけ長く連続して延ばすことができるかどうかをしらべる。このとき輪郭線は最急負勾配の方向 $D_m(p)$ に垂直 ($D_m(p) \pm 2$)_{mode 8} あるいは高々その 45° の変化 ($D_m(p) \pm 2 \pm 1$)_{mode 8} の間で伸びると仮定し、第7図に示すようなフローチャートで $R_p = 1$ でなかったメッシュまで線がのびせるかどうかをしらべる。ただし、extension mode I と II とで少しことなり次のようになる。

(1) extension mode I いま注目しているメッシュが輪郭線素であって、その最急負勾配方向に直角の方向、およびその左右 45° 方向の隣接メッシュが勾配はもつが輪郭線素でない場合、次に述べる評価関数によって、その隣接メッシュがどの程度輪郭線素になって線延長を行ないうるかを



第6図 閾値 T_0, T_1, T_2 のきめ方



第7図 線要素抽出のアルゴリズム

評価し、合格すればこれを輪郭線素にする。

(2) extension mode II この場合は輪郭線の要素となる点が非常に少ないので、勾配1の要素でもこれを隣接メッシュとの関係から、輪郭線要素としてとりあげるのが良いものをさがし、輪郭線要素の数をふやす必要がある。これに(1)で用いたのと同じ評価関数を用い、勾配1のすべてのメッシュについてテストを行なう。このようにして輪郭線要素を決定したのちは extension mode I にもどる。

4.1 評価関数 PI1

注目するメッシュpとそれに隣接する8つのメッシュ群 p(d) (d=0,1,...,7) のもつ最急負勾配値、およびその方向をもとに点 p から k 方向の輪郭線要素でない点 p(k) に輪郭線をのぼすが、どれくらいもってもらいしかを次の関数で評価する。

$$PI1^*(p) = \frac{\sum_{d=0}^7 G_m(p(d)) \cdot W11^*(p(d))}{1 + (G_m(p(d)) \ge 1)^*} \cdot \frac{W12^*(p(d)) + 2G_m(p) \cdot W11^*(p)}{\text{であるメッシュの数}}$$

重み W11*(p(d)) は次のようにしてきめる。いま、仮定した線の延長方向は k であるから、隣接メッシュの峰方向が k(±4) であれば好ましい状態であるので重みを大きくし、また、これが k に直角の方向であれば好ましくない状態であるので重みを負にする。この重みの正確な与え方は次のようである。

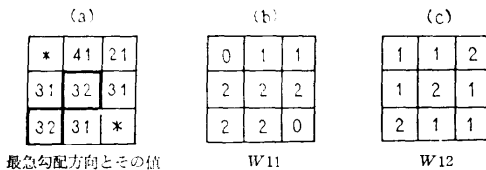
for d=0 step 1 until 7 do

begin if D_m(p(d)) ⊥ k then W11*(p(d))=2
 else if D_m(p(d)) ∥ k then W11*(p(d))=-1
 else W11*(p(d))=1 end;

if $D(p) \perp k$ then $W11^*(p)=2$ else $W11^*(p)=1$.
 ここに \perp は直角, \parallel は平行の関係を表わす記号である。

仮定した $k(\pm 4)$ の方向のメッシュは, その他の方向にあるメッシュよりも重要視しなければならないとして, 重み $W12^*(p(d))$ は, 仮定した方向のとき 2, その他のとき 1 とした。また, 点 p のメッシュは k 方向の線上にあるので, この重みは 2 としている。したがって, 式 $PI1^*(p)$ の分子第 2 項が係数 2 をもっている。 $W12^*(p)$ の値を明確に書くことによる。

```
for d=0 step 1 until 7 do
  begin if d // k then W12*(p(d))=2
  else W12*(p(d))=1 end.
```

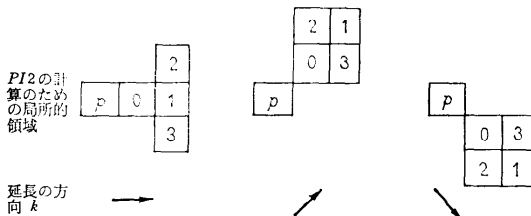


第 8 図 重み $W11, W12$ の例 ($k=1$ に対するもの)

したがって, 第 8 図に示すような 3×3 のメッシュにおいて, \nearrow の方向 ($k=1$) の延長の可能性をテストするときの重み $W11, W12$ は第 8 図 (b), (c) に示すようになる。

4.2 評価関数 $PI2$

評価関数 $PI1$ で輪郭線の延長の可能性が認められた隣接メッシュについてここまで輪郭線を延長したとき, その延長された先の局所的領域において, この延長がどれほどの妥当性をもっているかを評価することを試みた。これは元の点について評価した可能性をより一層確実なものとするために, ひと回り広い領域の情報を用いることになるが, この場合 $PI1$ で可能性を認められた方向のみを調べれば十分で, これをはじめから 5×5 のメッシュで計算すると, 余分な関係の



第 9 図 $PI2$ の計算のための局所的領域 [点 p に対して $0 \sim 3$ の数字の点をそれぞれ $N_0^*(p), N_1^*(p), N_2^*(p), N_3^*(p)$ と表わす]

ないメッシュ情報をもとりあつかわざるをえなくなり, また, 計算量も多くなる。

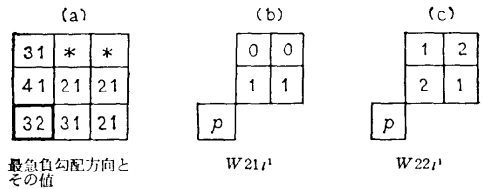
輪郭線の延長先において計算する評価関数に用いる局所的領域のとり方を第 9 図に示す。すなわち, 元の点 p に対してその延長軸上の 2 つの連続した点と, その両側の 2 点, 計 4 点である。このときの計算式は次のとおりである。

$$PI2^*(p) = PI1^*(p) \times PI3^*(p)$$

$$PI3^*(p) = \frac{\sum_{l=0}^3 G_m(N_l^*(p)) \cdot W21_l^*(p)}{(G_m(N_l^*(p)) \geq 1 (l=0, 1, 2, 3) \text{を満})} \cdot \frac{W22_l^*(p)}{\text{たすメッシュの数}}$$

ここに重み $W21_l^*(p), W22_l^*(p)$ は第 9 図に示すような局所領域におけるものであり, 次のようにして決定する。

```
W21: for l=0 step 1 until 3 do
  begin if D_m(N_l^*(p) \perp k) then W21_l^*(p) = 2
  else if D_m(N_l^*(p) // k) then W21_l^*(p) = -1
  else W21_l^*(p) = 1
W22: W22_0^*(p) = W22_1^*(p) = 2
W22_2^*(p) = W22_3^*(p) = 1
```



第 10 図 重み $W21_l^1, W22_l^1$ の例 ($k=1$ に対するもの)

たとえば, 第 10 図 (a) に対し $k=1$ の場合には同図 (b), (c) が得られる。

このようにして評価関数 $PI2$ を計算し, これが先に求めた閾値 $T2$ より大であれば, 注目する点 p が輪郭線要素として $R_p=1$ とする。そうでない場合, $R_p=0$ である。このようにして輪郭線延長を試みた結果を第 11 図に示す。単純にある値の勾配値でスライスした場合の図形, 第 4 図 (c) ~ (e) とくらべて, あご, ひたい, 頭の部分で線がかなりよくとらえられていることがわかる。輪郭線の延長はかならずしも一方向のみにのびてゆくとはかぎらず, いくつにも枝わかれしてゆく場合が多い。したがって, 枝わかれの可能



第 11 図 第 4 図(d)に線延長アルゴリズムをほどこした結果

なものすべてについてしらべるようになっている。

5. 線図形抽出のための改良

2., 3. に述べた方式は、要するにグラジェントを求める方式であるから、 ∇ 演算である。ところが人間の視覚の性質にマッハ現象というのがある、これは濃淡の変化のはげしいところがより強調されて感じられるものである。これは2次微分以上のところが強調されるということであって、ラプラスの演算子 ∇^2 を用いて

$$R(x, y) = I(x, y) - \nabla^2 I(x, y) / k^2$$

という形が与えられている⁶⁷⁾。ここに I は光刺激、 R は生ずる感覚である。ラプラス演算子 $\nabla^2 I$ の値はスカラー量であり、計算結果を容易に記憶できるし、この値は明るさが変化する点において大きな値を持つので、輪郭を示すものとして十分有効であると考えられる⁶⁸⁾。

いま、 $b(x, y)$ を x, y 軸で表わされる2次元図形であるとすると

$$\nabla^2 b(x, y) = \frac{\partial^2 b(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 b(x, y)}{\partial y^2}$$

これを離散的なメッシュでなりたつ差分方程式に書くと

$$\nabla^2 b(i, j) = b(i+1, j) + b(i-1, j) + b(i, j+1) + b(i, j-1) - 4b(i, j)$$

となる。通常、この式を2次元のオペレータとして、第12図のように表わす。

濃淡図形を線図形化するとき、変化の急なところからは比較的容易に線要素が抽出できるが、濃淡変化の

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

第 12 図 ラプラス演算子

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

(a) ∇_{W3}^2

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

(b) ∇_{W2}^2

0	1	1	1	0
1	-2	-1	-2	1
1	-1	0	-1	1
1	-2	-1	-2	1
0	1	1	1	0

(c) ∇_{33}^2

0	1	1	0
1	-2	-2	1
1	-2	-2	1
0	1	1	0

(d) ∇_{22}^2

(a), (b)の各メッシュは 0.1 または -4 の値をとる。

第 13 図 ラプラス演算子の種々の波形

なだらかなところから線を出すことはむずかしい。そこで ∇^2 を適用するとき、広い領域に適用する ∇^2 、せまい領域に適用する ∇^2 など、いくつかのオペレータを用意しておくことを考えた。そのために用意したラプラシアン・オペレータを第13図に示す。これらがそれぞれどのような働きをするかは、第14図および第15図に示されている*。これらの図からわかることは、ラプラシアン・オペレータは線要素抽出によい、特に、広い領域に適用する ∇^2 の働きが大きい、などのことがわかる。

なお、ラプラス演算子を用いて

$$b^*(x, y) = b(x, y) - \nabla^2 b(x, y) / k^2$$

により図形の先鋭化を行なった例を第16図に示す。この場合 k の値は適当にきめる必要がある。

このようにして先鋭化してから2~4の操作をすれば、より安定な線図形が得られるであろう。ラプラス演算子を適用するときの濃淡図形は濃淡8段階ではあらず、うまく2次微分ができないので、32~64段階が必要である。第14図~第16図は64段階の濃淡

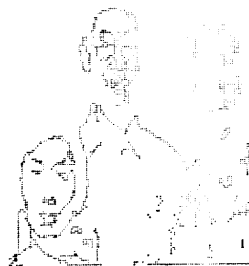
* 以後の図はプリント・アウトするとき都合で、たがが長くなっているのがあるが、点の数はそれ以前の図と同じである。



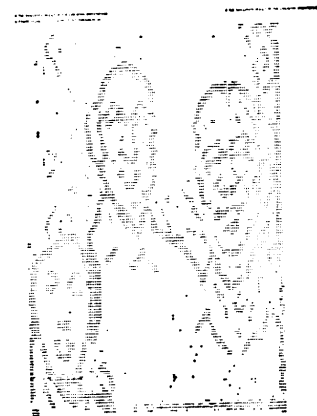
第 14 図 ラプラス演算子をほどこした結果



(a) 原図形のプリント・アウト

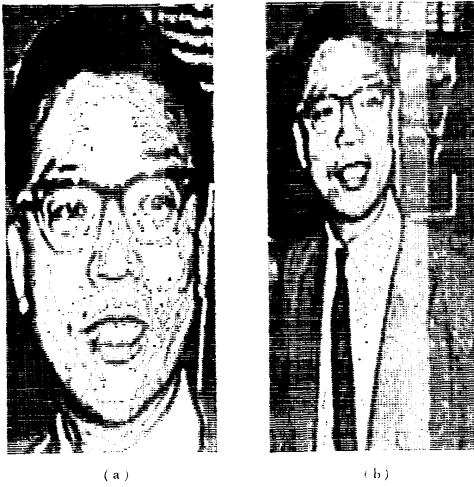


(d) 線要素抽出の結果 (2~4の方法による) 3つの顔の位置が正しく検出された。



(c) 原図形 (64段階のもの) に $F_{w_3^2}$ をほどこしたもの

第 15 図 複雑な図形の線図形化



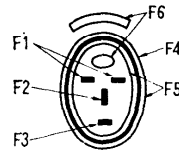
第 16 図 図形の濃淡の先鋭化 (第 4 図と比較すること)

図形に対して行なわれたものである。2 次微分を行なうと、特にノイズの影響が大きくなるので、これを行なうまえに、適当な低域ろ波器を通しておく必要がある。

6. 顔の認識

以上のようにして得られた線図形は、かならずしも十分にスムーズな線図形とはなっていないが、これから一般には種々の処理の可能性が考えられる。ここでは種々の顔写真から顔の存在を検出することに問題を限定した。この場合、顔といっても種々の形があり、髪の色、眼鏡の有無など種々の変化がある。ここではあまり問題をむずかしくせず、真直に正面を向いた顔が与えられた写真の中のどこに存在するか（あるいは存在しないか）を知ることにした。顔の大きさや、男女の別などは任意とした。

認識の方法としては、パターン・マッチング法を用いるが、写真における線図形は非常にくずれているので、単純なマッチングで図形を検出することはむずかしい。ところが、一般に図形は各種の部分パターンからなり、それらが幾何学的位置関係を保っているのが普通である。そして、ある部分が不完全であっても、他のある部分がかかなり明確な物体の特徴をもっていれば、これから全体が何であるかは、かなりの確率で推定することができる。したがって、部分ごとのマッチングがどの程度になっているかを知ることが重要となる。

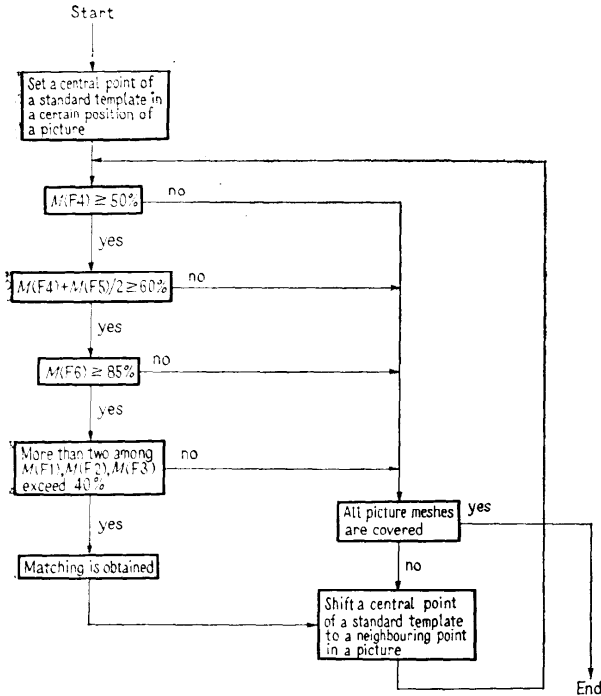


第 17 図 複合テンプレート

われわれは以上のような考え方から、マッチングのための標準パターンとして、単純なテンプレートでなく複合テンプレートを用いた。これを第 17 図に示す。すなわち、目 (F1)、鼻 (F2)、口 (F3)、顔の輪郭 (F4, F5) などにわけた。F6 はこの部分に線がないことを表わす。この標準パターンは 40×40 メッシュに描かれたものとして、それぞれの部分パターン名と、その存在・不存在の性質、およびそのテンプレートを構成しているメッシュの座標を記憶している。

一般に、写真中の顔の大きさは不定であるので、標準テンプレートの大きさは伸縮させなければならないが、伸ばすほうは情報の外挿を行なわなければならない、やっかいであるので縮小のみを行なった。そこで、まず標準のテンプレートが、ある大きさに縮小されて固定されたとする。これを用いて核となる重要な特徴のある場所をしらべる。このとき、あまり厳密なマッチングを行なうと、見おとすおそれがあるので、この重要特徴とその特徴を少しぼかした特徴との組合せで、入力未知パターンのあらい選別を行なうわけである。第 17 図においては、特徴 F4 に対して、これを少しぼかした特徴 F5 との組合せでこれを行なう。この特徴の存在が認められると、次に普通の特徴あるいは禁止の特徴パターンの抽出が行なわれる。このように順次ある特徴が抽出された場合のみ次の特徴の抽出に進む。これは標準のテンプレートを画面全体に対して走査しなければならないので、1 つ 1 つの位置に対して全部の操作を行なうては非常に時間がかかるからである。第 17 図の標準パターンにおける判定の順序は、第 18 図に示すようになっている。

このような方法で図形の識別、あるいは検出を行なう場合、入力パターンと標準パターンとの間では、与えられる図形が単純でないことや、閾値の選定などで良い一致を得ることは困難である。すなわち、ある 1 つの大きさの標準テンプレートを用いたとき、そのテンプレートが一致を示す位置は、対象図形の存在する位置で 1 箇所ではなく、ある領域を占める。また、標準パターンの大きさを変化してマッチングをとる場合についても、標準パターンのある大きさの近辺でマッ



第 18 図 顔の検出のためのパターンマッチングのアルゴリズム

マッチングが得られる。すなわち、マッチングの得られる領域は、2次元平面上と第3の次元である標準パターンの大きさの変化の軸上での立体領域である。そこでまず前述のようにして、平面上でのマッチングの得られたメッシュをまとめて、次に標準パターンの大きさについてまとめることを行なう。

いま、標準パターンを p 行 q 列のメッシュ上に作ったとし、これを S_{ki} , $k=1 \sim p, l=1 \sim q, S_{ki}=1$ or 0 , 同様に未知入力パターンを U_{ki} とする。重ね合せの度合いは

$$M_{i,j} = \frac{\sum_{k=1}^p \sum_{l=1}^q S_{kl} \cdot U_{i+k, j+l}}{\sum_{k=1}^p \sum_{l=1}^q S_{kl}} \times 100$$

となる。したがって、第1段階のまとめ方としては、ある座標 (i, j) でマッチングが得られたとすると、適当な値 D を考え $i \pm D, j \pm D$ の範囲で次式で示される関数の最大となる点を求める。

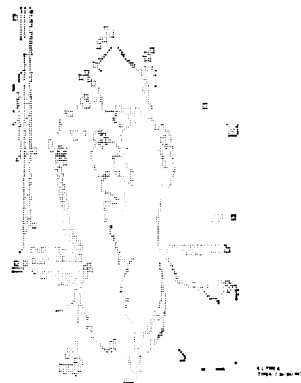
$$B = M(F4) \cdot M(F5) \cdot M(F6) \cdot (M(F1) \cdot M(F2) + M(F2) \cdot M(F3) + M(F3) \cdot M(F1))$$

次に標準パターンの大きさの軸上でも、大きさ m でマッチングが得られたら $m \pm D'$ の範囲で、再び最大



第 19 図 光線のあたりぐあいの悪い顔の B を与えるところを求める。

このようなアルゴリズムによって、われわれは種々の写真について、顔の存在位置を定めることに成功した。その一例を第 15 図に示す。この例では 3 個の顔の位置が正しく検出できた。光のあたりぐあいによっては、正面をむいている写真に対しても正しく位置の検出のできないものがあり、その例を第 19 図に示す。この場合は左側から光があたり、



第 20 図 第 15 図について線要素抽出の結果

顔の右半分はかけになっているので、線図形は第 20 図のようになる。全体に変形がはげしいため、上記の判定のアルゴリズムでは、顔の存在は確定できなかった。

7. おわりに

濃淡図形から線要素を抽出するときの最も重要なことは、図形の局所的な性質によってどこすべき操作

や、パラメータの値が変えられることであろう。5.に少し示したように適切な、その領域の性質にあった処理が、非常な効果をもつことは明らかである。現在、このような観点から、どのような部分にどのような処理をほどこすのがよいかということの研究を進めている。そして、自動的にこれがプログラムで行なわれるよう工夫している。マッハ現象とのアナロジーで図形を先鋭化するような方向での図形処理と、線図形の抽出、図形の認識などとの関係については、これからもっとくわしく研究を行なうつもりである。

図形の認識において、部分パターンのマッチングの度合いから、総合的に判定を下す5.で述べた方法は、さらに改良する必要があると思われる。さらに、線図形のレベルから相互位置関係などをしらべ、図形の構造記述との関係において、図形認識を行なう方法についても考察しつつある。

本研究に用いた図形のデジタル・データは、国際電信電話株式会社研究所において作っていただいた。同研究所の井上誠一氏、樽松 明氏に感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 藤林信也：濃淡情報をもつ一般図形の処理，京都大学工学部修士論文（昭和 43-3）。
- 2) T. Sakai, M. Nagao and S. Fujibayashi: Line-Extraction and Pattern Detection in a Photograph, Journal of the Pattern Recognition Society, Vol. 1, No. 3. pp. 233-248, 1969
- 3) W. S. Holmes: Automatic Photointerpretation and Target Location, Proc. IEEE, Vol. 54, No. 12 (1966-12).
- 4) R. S. Ledley, et al.: FIDAC, Film Input to Digital Automatic Computer and Associated Syntax Directed Pattern Recognition Program System, Optical and Electro-Optical Information Processing, MIT Press. (1965).
- 5) D. N. Graham: Image Transmission by Two-Dimensional Contour Coding, Proc. IEEE, Vol. 55, No. 3 (1967-3).
- 6) 樋渡清二：視覚の生体工学—その2—，電子通信学会雑誌，Vol. 51, No. 7 (昭 43-7)。
- 7) 飯島泰蔵，渡辺貞一：図形認識の前処理の研究，電子通信学会創立50周年記念全国大会論文集，No. 129 (昭 42-10)。