

# 光学情報処理 (I)

鈴木 至・那波 信彦

## 1. 緒言

光学系における情報処理は Image Science and Technology の一環として体系づけられつつある。その一分野として空間的な情報を通信系における情報理論の拡張として取り扱い電子計算機を応用して処理を行なう研究も種々行なわれてきた。我々は文字を対象とする Automatic Pattern Recognition に関して応用光学的な見地から研究解析を行なった。この種の問題は光学のみならず電子工学, 医学, 心理学等の領域で大きな課題とされている。

Electronics の分野では Computer の人力として各種の Character Reading Machine が開発されており, 学習機能を有する装置も出現している。光学の分野においても Holography を使用した多重記憶をはじめ Fiber optics, Photochromism 等が Optical Character Reading の応用に導入されてきたがこれらの技術的進歩にもかかわらず文字認識は人間独特の複雑な処理機構には遠く及ばぬのが現状である。その根本的要因としては次のようなものが考えられる。

1. 特徴抽出機構の複雑さ
2. Pattern の物理的意味づけ
3. 認識に対する物理的評価
4. 人力信号の多様性
5. 時系列信号と画像信号との相違

我々は2次元光学系における文字の定性的記述を相関法により行ない, 多数の Sample Pattern の自己相関像を測定した。特徴抽出方法及びその論理的妥当性については「光学情報処理Ⅲ」において報告する。

## 2. 文字の物理的表現方法

文字とは人間の視覚に情報を送り込むものであり, 色, 大きさ, その他の属性よりも形が文字を規定する重要な要素である。すなわち物理現象の中で観測の途中のいずれかの段階で情報を Visible なものに変換できうるものが Image Science であり, その Visible な情報を何らかの方法で認識することが Pattern Recognition (特に文字の場合 Character Recognition とも言われる。) であると定義すると文字は何ら変換を受けず光学的に視覚にうったえる Pattern Recognition の典型的な例である。光学系を用いる利点の一つは情報容量が大きかつその特性が2次元ないしは3次元の情報を含むことにある。

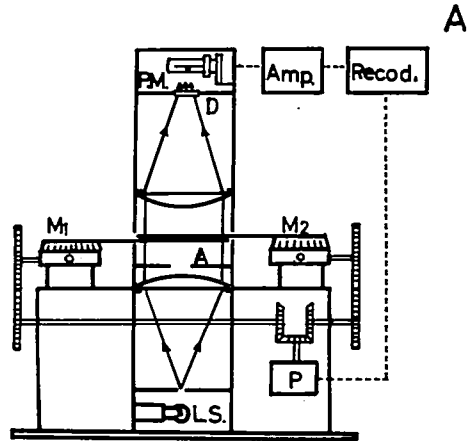
文字を物理的に表現する手段として, 2次元平面における文字の位置決定, 信号対雑音比に関する有利性から光学的相関計を試作し文字の表現を行なった。更にこの演算操作により英文大文字に対する字形の評価, 標準文字の決定を行なった, 予備実験の試料として心理的に相関度の高いと思われる inside letter group (E. F. P) を選び Kretzmer type

correlator により各々の自己相関像の測定を行なった。Imaging type correlator では最も普及している活字タイプ K. C-font, G. B-font, F. B-font の3種の相関像評価を試みた。

### 3. 光学的相関計

#### 1) Kretzmer type correlator

2板の乾板上の文字(夫々の透過率分布を  $i(x, y)$   $g(x, y)$ )を互にズラし重なりあった部分の透過光量を光電子増倍管により検出する形のものである [Fig-1]。L, S: 光源, A: 積分開口, D: 拡散板, P, M: 光電子増倍管,  $M_1, M_2$ : 試料微動用マイクロメーター, P: 同期モーター。点光源からの光はコンデンサーレンズにより平行光束になり,  $M_1, M_2$  に取り付けてある試料台上の2次元透過物体  $i(x, y), g(x, y)$  なる試料を透過後拡散面から光電子増倍管に集光する。 $M_1, M_2$  の移動は  $x$  軸に関しては、傘歯車により連続的に変化し,  $y$  軸に関してはマイクロメーターにより discrete な微小変位を行なう。測定した文字の大きさは有効光束領域に比し充分小さい。光電出力は記録計により光量を記録する。



**AUTOMATIC RECORDING  
OPTICAL AUTO CORRELATOR**

Fig. 1

一般に自己相関関数は

$$\bar{\Phi}(\tau, \sigma) = \iint_{-\infty}^{+\infty} f(x, y) f(x+\tau, y+\sigma) dx dy \quad (1)$$

与えられるが本装置は非常に巧みに [eq-1] を表現できる。すなわち相関関数に比例した光量を  $\varphi(\tau, \sigma)$  とすると,

$$\varphi(\tau, \sigma) \propto A \bar{\Phi}(\tau, \sigma) \quad A: \text{常数} \quad (2)$$

よって任意の2次元断面を合成することにより  $\varphi(\tau, \sigma_m)_{m=0,1,2,\dots,n}$  を計算できる。

$$\varphi(\tau, \sigma_m) = \frac{\iint_A i(x, y) i(x+\tau, y+\sigma_m) dx dy - \left\{ \iint_A i(x, y) dx dy \right\}^2}{\iint_A \{i(x, y)\}^2 dx dy - \left\{ \iint_A i(x, y) dx dy \right\}^2} \quad (3)$$

[eq-3]の $\sigma_m$ を変化させることにより2次元自己相関関数が得られる。積分記号を  $\langle \rangle_A$  で表示し ensemble average とすると [eq-3] は,

$$\varphi(\tau, \sigma_m) = \frac{\langle i(x, y) i(x+\tau, y+\sigma_m) \rangle_A - \langle i(x, y) \rangle_A^2}{\langle i(x, y)^2 \rangle_A - \langle i(x, y) \rangle_A^2} \quad (4)$$

となる。ここで  $i(x, y) \in A$ , また  $(\tau, \sigma_m)$  の充分大きいところでは  $i(x, y)$  の重なり合う部分がない。

$$i(x, y) = \begin{cases} 1; & x \in X, y \in Y \\ 0; & \text{other wise} \end{cases} \quad (5)$$

ことから  $\langle i(x, y) \rangle_A^2 = 0$  となる。 $\langle i(x, y)^2 \rangle_A$  は  $\tau=0, \sigma_m=0$  であり  $\langle i(x, y)^2 \rangle_A$

$\int_A \varphi(0,0)$ , すなわち相関関数の原点における値になる。

[eq-4] は  $\varphi(0,0)$  を normalized factor と考えると [eq-1] と全く等しいものになる。このようにして自己相関積分操作は光学系により容易に実現される。 $\varphi(\tau, \sigma)$  の性質としては、

1.  $\varphi(0,0) = \iint_A \{i(x, y)\}^2 dx dy$  (6)
2.  $\varphi(0,0) > \varphi(\tau, \sigma)$
3.  $\varphi(\tau, \sigma) = \varphi(-\tau, -\sigma)$
4.  $\varphi(\infty, \infty) = \left\{ \iint_A i(x, y) dx, dy \right\}^2$

のようなものがあげられ、(1), (2), は  $i(x, y)$  の原点及び位置決定の情報を含み、(4) は積分操作による雑音低減を示している。なお自己相関関数は強度に対する情報のみを含み位相情報は含まない。

### II) Imaging type correlator

前述の Kretzmer type correlator の機械的な走査を行なう代わりに拡散光源を用い、相関関数を強度分布として表現する相関計である。Fig-2。従って相関関数は完全な2次元表示  $\varphi(\tau, \sigma)$  となる。

試作した装置では拡散光源面 ( $\xi', \eta'$ ) 及びレンズ  $L_1$  にはオートコリメーターを使用し光学ベンチ上に pattern holder  $P_1, P_2$  をセットし、結像面には長焦点レンズ  $L_2$  をつけたカメラを設置した。 $P_1, P_2$  間の間隔  $2t$  を調節することにより倍率の controll が可能である。

この光学系は対称形をなすため自己相関関数を得る場合 Mirror  $M$  をベンチ上に設置し  $P$  は一枚の乾板またはスライドを用いることにより  $i(x, y)$  の自己相関関数を簡単に撮影することができる。

[eq-7] は Fig-2 から幾何学的に導かれる。

$$\varphi(\xi'', \eta'') = \frac{R}{A} \iint_A i(x, y) i(x', y') dx dy \quad (7)$$

ここで次の関係式を代入すると、

$$\frac{x' - x}{2t} = \frac{\xi''}{F} = -\frac{\xi'}{F} \quad (8)$$

$$\frac{y' - y}{2t} = \frac{\eta''}{F} = -\frac{\eta'}{F} \quad (9)$$

$$\frac{2t}{F} = \frac{1}{n} \quad (\text{倍率の逆数}) \quad (10)$$

よって、[eq-7] は

$$\begin{aligned} \varphi(\xi'', \eta'') &= \frac{R}{A} \iint_A i(x, y) i\left(x + \frac{\xi''}{F} 2t, y + \frac{\eta''}{F} 2t\right) dx dy \\ &= \frac{R}{A} \iint_A i(x, y) i(x + \tau, y + \sigma) dx dy \\ &= \varphi\left(\frac{F}{2t} \tau, \frac{F}{2t} \sigma\right) \\ &= \varphi(n\tau, n\sigma) \end{aligned} \quad (11)$$

となり [eq-7] と [eq-1] は倍率  $n$  を除けば等しい。ここで  $R$  は  $P$  を置かない場合の constant intensity である。Image type の特徴は相関演算が実時間で行なえることで

あり光電表示，感光材料への記録が容易なことである。

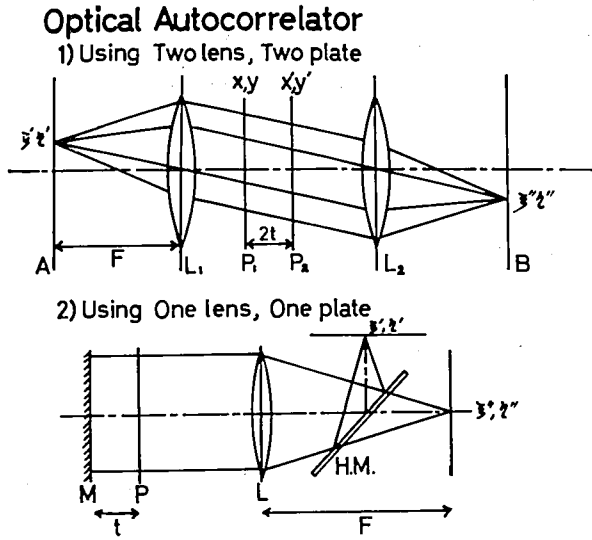


Fig. 2

感光材料による相関像の表示は感光材料の *Density* が  $\log$ -Exposure に比例することから，相関像照度分布を  $H(x, y)$ ，露出時間を  $t$  とすると現像定着後の感光紙上に現われる像の濃度分布は，

$$D(x, y) \propto \log [t, H(x, y)] \tag{12}$$

となり相関関数の対数をとったものに等しい。

4. 測定結果

Fig-3 に  $E, F, P$  の夫々の自己相関関数， $E$  と  $F$  との相互相関関数を示す。これは

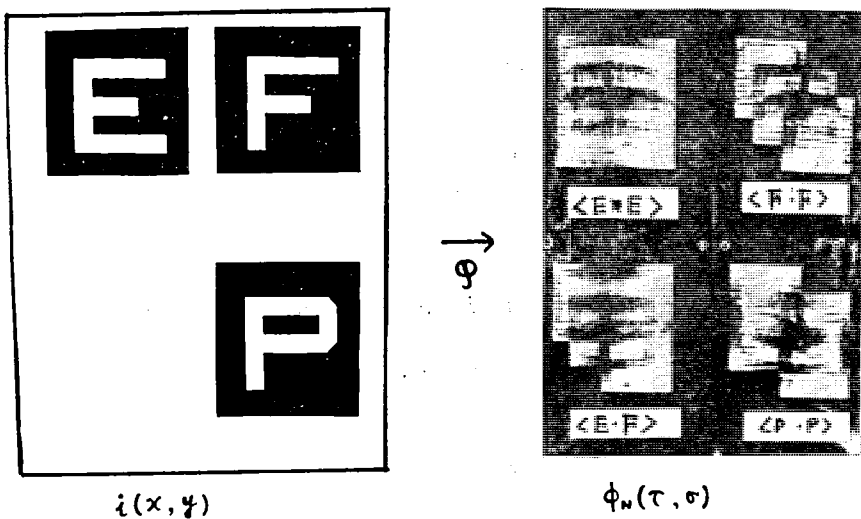


Fig. 3

Kretzmer type によるものであり  $\tau$  軸に関しては連続的測定値、 $\sigma$  軸に関しては discrete な測定値である。紙面に垂直に強度軸  $\varphi(\tau, \sigma_m)$  がある。

Fig-4 には簡単な図形“口”の自己相関像を示す。これは Imaging type によるもので左の3つはインク書きの標準文字、雑音を含む文字、変形文字であり、4番目、5番目は夫々筆書き、マジック書きの例である。このような周期性のある図形に関しては自己相関変換は有効である。Fig-5 は Kretzmer type 及び Imaging type の比較を文字 E, F, P, に関して示した。

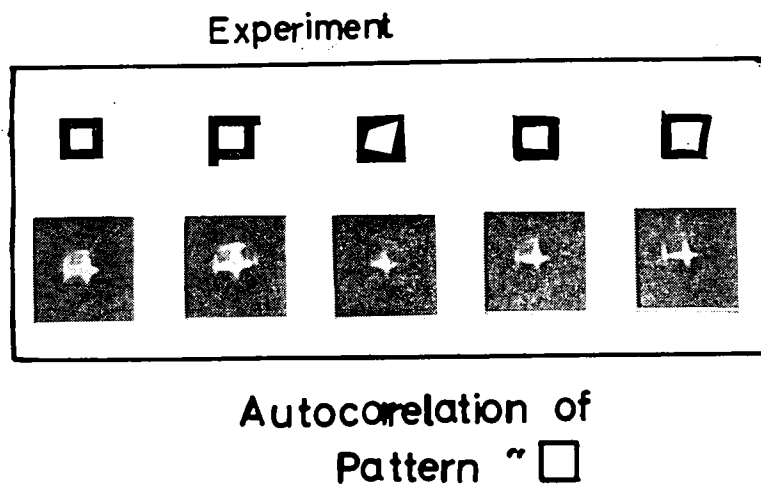


Fig. 4

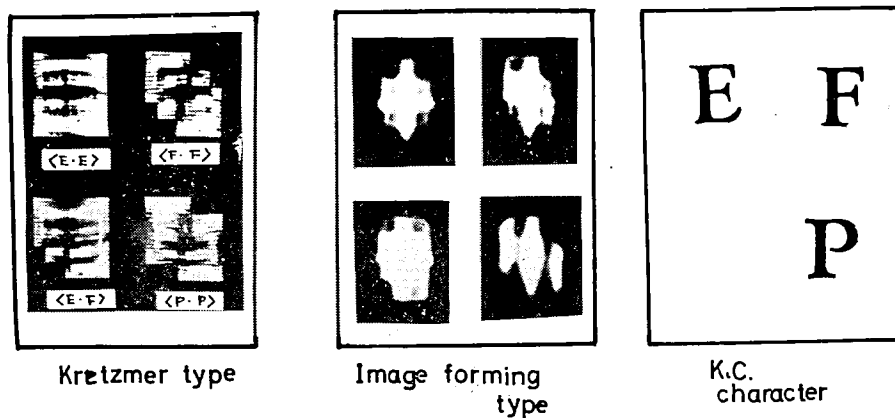


Fig. 5

以上2種類の相関計を使用し2次元自己相関関数を光学系の強度分布として表現することができた。次に英文大文字3種類の自己相関像を記録し相互比較を行なった結果標準文字として K. C-font が最適であるとの結論に達したこの理由は相関像面において最も類別のしやすいような特徴を持つ分布を K. C-font が示すためである。この標準文字を以後の処理に使用し、符号化、識別判定を行う Fig-6, 7, 8 にその相関像を示す。

### Correlation Pattern (K.C.-1)

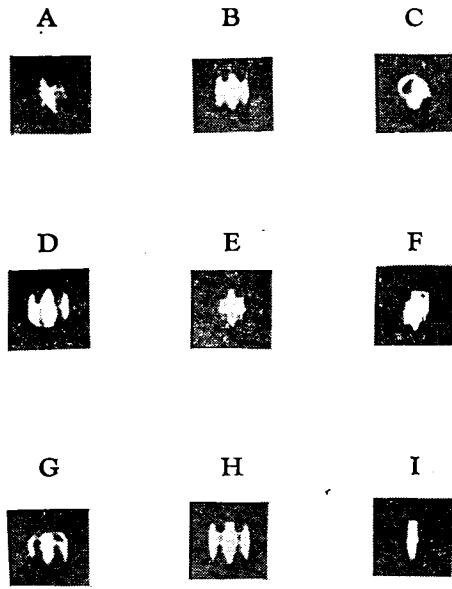


Fig. 6

### (K.C.-2)

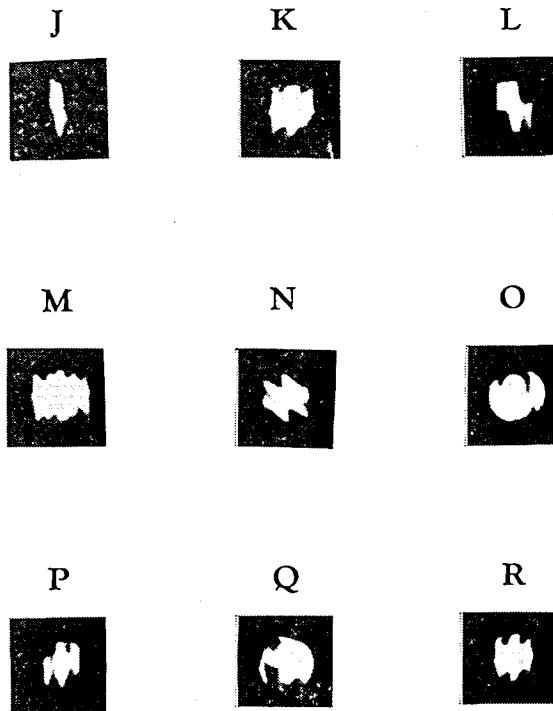


Fig. 7

## (K.C.-3)

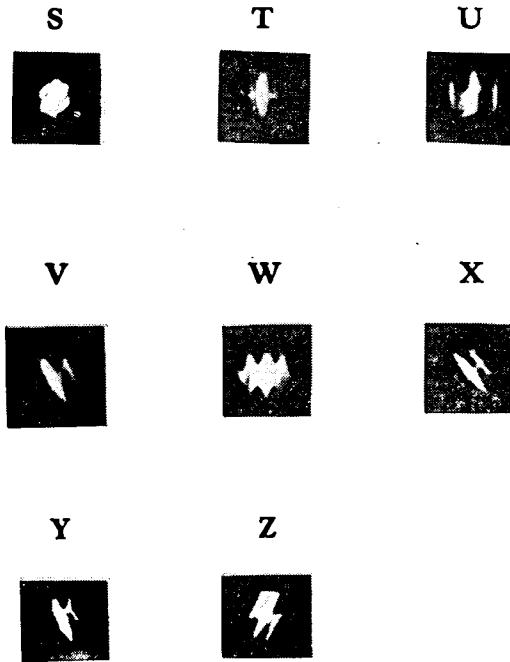


Fig. 8

## 5. 結論

情報処理装置の一部分を形成するには Imaging type correlator を使用した方が以後の光電処理に有利である。Kretzmer type correlator の利点は、自己相関像が回転対称となるような対象について一方向の走査のみを行えばよいようなときに有効である。例えば感光乳剤のような 2-D random pattern に対しては高精度で自己相関関数の関数形を求めることができる。

自己相関法による特徴抽出 parameter としては文字  $i(x, y)$  の周期性，方向性，低周波成分と高周波成分との位置及び強度関係が考えられ，これらは自己相関領域において抽出すると効果的である。この際高周波成分の処理は必ずしも一様な高域除去ではないことがデーターから示される。使用文字としては K. C.-font をはじめ各種印刷文字，タイプ文字等なるべく中間調のないものすなわち，

$$i(x, y) = \{1; (x \in X, y \in Y), ; 0; \text{otherwise}\}$$

を使用する。

現在進行中の具体的な処理方法はカメラの代わりに Vidicon を使用して Picture Monitor 上の相関像を処理する方法を行なっている。光学系を通すことによる中間調の出現はパラメーターの複雑化を同時に引き起こすがこの欠点を補うために相関領域の標本点に閾値をもうけ量子化操作を行なった後光電素子による論理演算回路により文字の判定操作を

行なり予定である。

本研究の御指導を受けました早稲田大学理工学部 応用物理科 大頭仁教授に 深謝致します。

なお、本研究は富士フィルム研究助成金により行なわれた一部であることを感謝致します。

#### 参 考 文 献

- 1) L. S. Kovaszny and A. Arman. Rev. Sci. Instr. 28. 1957
- 2) L. P. Horwitz and G. L. Shelton, Jr. Proceedings of the IRE 49. 1961
- 3) E. R. Kretzmer. Bell Telephone Jour. 31, 1951
- 4) 大頭, 久保田 応用物理 26. 3. 1957
- 5) 那波, 大頭 第24回応物予稿集 1966
- 6) 久保田広 応用光学
- 7) 大頭, 那波 電子通信ハンドブック p. 850~851



## 光 学 情 報 処 理 (II)

### 序 言

光学情報処の分野はその大容量処理能力, 実時間高速演算, コヒーレントメモリー等の特徴があり将来性のある分野である我々は光学像の空間的強度度分布, 光学変換による画像処理の問題として現在工学上の難点となっている<sup>1)2)</sup> パターン認識について研究を行なっているのでここに報告する。

### 本 論

#### 1. 相関関数<sup>3)</sup>

周期関数あるいは非周期関数に調和解析を適用することは古くから行なわれていたが, 一般化された調和解析は N. Winer により完成された相関関数の性質を知るためには時系列における一般式が便利である。文字パターンのような不規則関数の場合には普通のフーリエ級数による調和解析は適用されないがフーリエ積分論を一般化した調和解析には適用することができる。Stationary Time Series から Truncate された波形を考えると

$$f_{1T}(x) = \begin{cases} f_1(t), & |t| < T \\ 0 & |t| > T \end{cases} \quad [\text{eq-1}]$$

$$F_{1T}(w) = \frac{1}{2\pi} \int_{-T}^T f_{1T}(t) e^{-iwt} dt \quad [\text{eq-2}]$$

$$2\pi \int_{-\infty}^{\infty} |F_{1T}(w)|^2 e^{iwt} dw = \int_{-T}^T f_{1T}(t) f_{1T}(t+\tau) dt$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \left[ \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{\pi}{T} |F_{1T}(w)|^2 \right] e^{iwt} dw = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T f_1(t) f_1(t+\tau) dt$$

$$= \varphi_{11}(\tau) \quad [\text{eq-3}]$$

$f_1(t)$  は不規則なものであるが  $\varphi_{11}(\tau)$  はすべての値に対して確定した値をもつ。 $\varphi(\tau)$  の性質を要約すると

- a)  $\varphi(\tau) = \varphi(0)$  は  $f_1(t)$  の 2 乗平均であり最大値である。
- b)  $\varphi(\tau) = \varphi(-\tau)$
- c)  $f_1(t)$  の中に周期成分がないならば  $\tau \rightarrow \infty$  において  $\varphi(\tau)$  は  $f_1(t)$  の平均値の 2 乗に近づく。
- d)  $\varphi(\tau)$  は波形に関する情報を含まない。

上述の結果を光学系に適用すると

- e) 与えられた関数  $f(x, y)$  の座標を  $\tau, \sigma$ , だけずらす
- f) 与えられた関数とズラした関数の積をとる。
- g) この結果座標  $\tau, \sigma$  だけを独立変数とする関数が得られる。これが光学相関の基本原理である。又 [eq-3] に示されるようにこの関数は位相に関する性質を失なった偶関数である。
- h) よって文字パターンの 2 次元相関像は次の様に強度分布として示される。

$$\varphi(\tau, \sigma) = k \iint_A f(x, y) f(x+\tau, y+\sigma) dx dy \quad [\text{eq-4}]$$

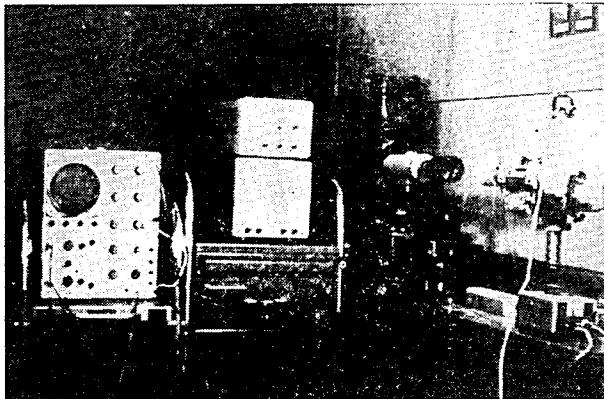
一般に  $f(x, y)$  は Digital Value,  $\varphi(\tau, \sigma)$  は Analog Value である。

## 2. 相関法によるパターン認識

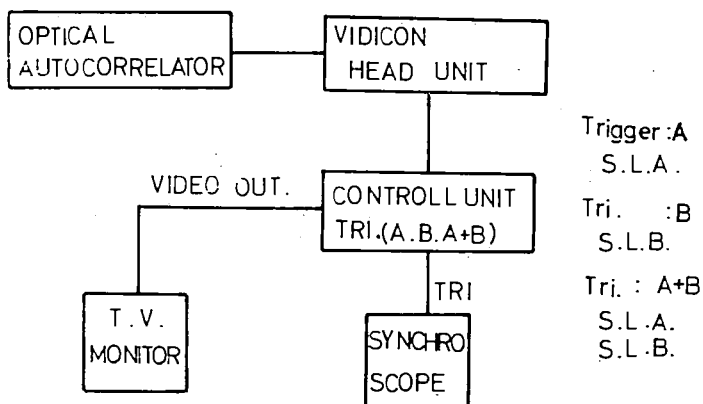
この方法は標準パターンに対して未知入力パターンがどの程度の重なり方になるかを調べ、最も良く重なるものを選ぶ方法である。この場合パターンそのものの重なりでも、パターンを表現する波形についてでも一般の観測空間について考えることができる。標準パターンを仮定して相関法をとることは情報量を極度に減らした状態でパラメーターを記述することであり、相関像及び認識論理自体に非常に強い特徴をもたせることになる。よってどの段階で連続量を量子化するかが問題になるが、本研究では相関像面を2本の走査線で走査し量子化を行なった。相関関数を光学的に処理するという例は少ないがパターン認識においては相関をいっきに簡潔に計算できるために観測、処理過程としては有効な方法である。我々は<sup>6)</sup>純粋な機械読取を目的としているが、このことは必然的に単能性を招来し、限界は明白である。この単能性をどこまで Flexible なものに発展させ得るかということが今後の課題である。2次元パターンが入力とされたときこれを何等かの方法で物理量、つまり観測変換を行なわねばならず、この変換は定性的な性質を定量的な物理量に置きかえるに他ならない。現状では一対一対応、エラーミニマムという方法をとらねばならないが変型入力の場合等では reject min を Subroot としたゆるい判定基準をもうけなくてはならずパターン認識における相反性が生じてくる、即ち微分検出と積分検出という二つのルートを平行に作動させねばならないが本研究では積分操作に加えるに微分検出器を作成し良行な結果を得ることができた。

## 3. 光学相関の特徴

- a) 光学系で相関演算が実時間で行なえる。
- b) パターンの位置決め、正規化、定量的な記述が行なえる。
- c) 2次元空間分布から特徴抽出が行なえる等があげられるが実際に相関像でパターン認識、判別論理を行なうには非常に強い制約を受けるためこの系を一般化するよりもパラメーター抽出の前処理、入力信号の良否の検討として考えた方が有効である。



[Fig-1]



[Fig-2]

### 4. 実験装置 [Fig-1], [Fig-2]

光学相関計とモニターとからなりまず特徴抽出のため全入力パターンに対してその相関像の強度分布を測定した。測定用 T.V.C 323 は光学的情報処理，特に2次元パターン像を測定することを目的としたT.V.装置でカメラコントロールユニットにはトリガーパルスA，Bの2本を同時にラインセレクトする事ができる。中心解像度は400本/mmである。

### 5. 実験方法

規準パターンの相関像強度分布を走査する場合，後処理のため出力分布の大きな点を全パターンに対して満足させることが望ましいが，相関関数の特徴として $\varphi_i(0,0)$ を中心にした単調減小性があるので， $\varphi$ -空間におけるバンドパス的な方法をとるためには走査線のとり方に問題がある。

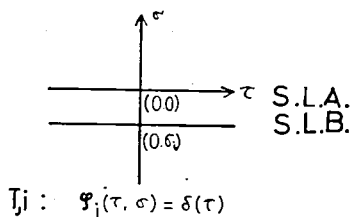
かつ2本の走査線で全てのパターンを分類するために微細構造を捨ててはならない。この点に関して次のような規準をもうけた。走査を決定するため $\tau$ 方向の成分を持たぬ相関像Iを規準パターンとする。

[Fig-3]

$\varphi_i$ をIの自己相関像とすると，位置決め，大まかなクラスター別けをS.L.A.とし $\sigma$ についての $\varphi_i$ の単調減小性を利用して $\sigma_i$ に関して走査強度が3/4のところを周辺情報を抽出するために用いると，この $\sigma_i$ における他のパターンは原点強度に比しほぼ1/2なる条件を満たす。標本点として有効なのは計29点に納まる。この結果各パタ

### Decision of S.L. and SAMPLING.

$\varphi$ -Space



$$I_j : \varphi_i(\tau, \sigma) = \delta(\tau)$$

$$\varphi_i(0, \sigma_i) / \varphi_i(0, 0) = \frac{3}{4}$$

WHEN

$$\varphi_i(0, \sigma_i) / \varphi_i(0, 0) = \frac{1}{2}$$

$$S.L.A. \quad \tau_k = 1-9 \text{ (except } \tau(0,0))$$

$$S.L.B. \quad \tau'_k = 1-20$$

$$\text{Sampling point } \tau_k + \tau'_k = 29$$

[Fig-3]

ーンは [Fig-4] のように記述される。π<sub>k</sub> は論理積であり A<sub>k</sub> は on-off 操作も含んでいる。類似度は (H, D) という距離で示してある。このような認識方法では混同を生じるパターン群があるので [Fig-5] これを除去するために否定論理を導入し新たに (H · D)' なる関係式を必要とする。またこの場合一対一対応を行うため類似度の検討が必要でありそのために d(l, m) なる関数を導入した。これは電算機による解析に便利であるが実際の論理回路との対応においては読取誤差を考慮して d(l, m) |<sub>mtn</sub> のとき同一パターンと判定する方がよく d(l, m) = d(l, m) ± |ε| に関しては未だ考慮中である。

RECOGNITION LOGIC

Logical Pattern Representation  
and  
Similarity Function

1. Pattern of n-th = P<sub>n</sub>

$$P_n = \prod_k (A_k \cdot \tau_k)_n$$

A<sub>k</sub>: analog value at τ<sub>k</sub>

τ<sub>k</sub>: position of extraction parameter

2. Similarity Between P<sub>n</sub> and P<sub>m</sub>.

$$(H.D) = \sum_k (A_{l,k} - A_{m,k}) \cdot \tau_k$$

0: A<sub>l,k</sub> = A<sub>m,k</sub>

1: A<sub>l,k</sub> > A<sub>m,k</sub>

-1: A<sub>l,k</sub> < A<sub>m,k</sub>

[Fig-4]

Confusion Pattern

$$(H.D)_{l,m} < 0$$

$$P_l = \prod_k A_{l,k}$$

$$P_l = \prod_k A_{l,k} \cdot \overline{A_{l,k}} = \prod_k B_{l,k}$$

$$(H.D)'_{l,m} = \sum_k (B_{l,k} - B_{m,k}) \cdot D_{k,l,m}$$

$$> (H.D)_{l,m}$$

Similarity : d

$$d(l, m) = (P_l, P_m)$$

$$= 1 \quad l = m$$

$$= 0 \quad l \neq m$$

for example

$$E = 17 \tau_7 \circ 16 \tau_6 \circ 30 \tau_4$$

$$F = 15 \tau_7 \circ 14 \tau_6 \circ 26 \tau_4 \circ 10 \tau_4$$

[Fig-5]

以上の結果を総合してサンプリングマトリックス、閾値、クライテリオン決定等を行うのであるがその手順は次のように考えれば良い。

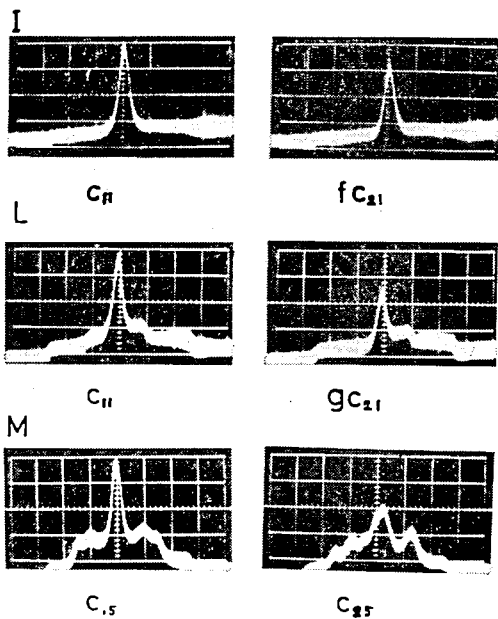
1. S.L.A. でグループ分けを行なう……C<sub>1n</sub>
2. S.L.B. でグループの中の一つを記述する……αC<sub>2n</sub>
3. {C<sub>1n</sub> \* αC<sub>2n</sub>} なる論理積で最終的な認識を行なう。

この方法は C<sub>nm</sub> の形を変えるだけで O.C.R 用のクライテリオンとしては有効である。次に典型的なパターン波形例を [Fig-6] に示す。以上要約したが全パターンのクライテリオンは [Fig-7] に、Decision Tree は [Fig-8] に示してある。これから最高 9 回のクラスター化で文字パターンの認識が行なわれることが解かる。

結 論<sup>9),10),11),12),13)14),15),16)</sup>

以上 2 次元入力に対しての認識方法を述べたがこれは 2 次元空間分布を正確に捕えているのではなく、相関像を 2 本の走査でクラス分けしたものであり実際に検出する場合は 2 次元マトリックスを用いなければならない。この方法は「光学情報処理Ⅲ」において詳しく述べる予定である。参考例としてシンクロスコープによる相関像表示 φ<sub>H</sub> を [Fig-9] に示

TYPICAL WAVE PATTERN 1

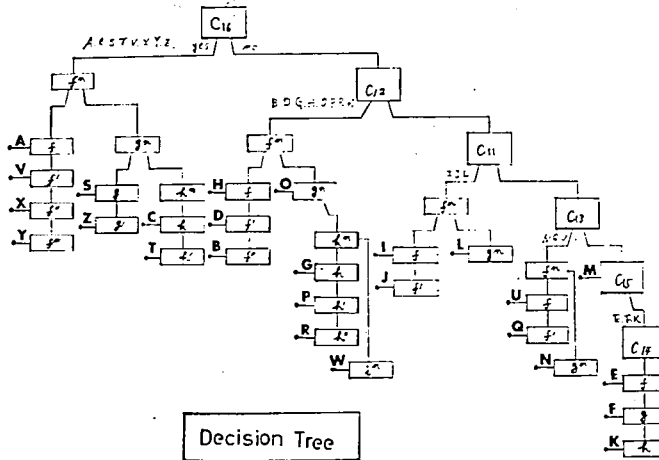


[Fig-6]

Criterion Representation.

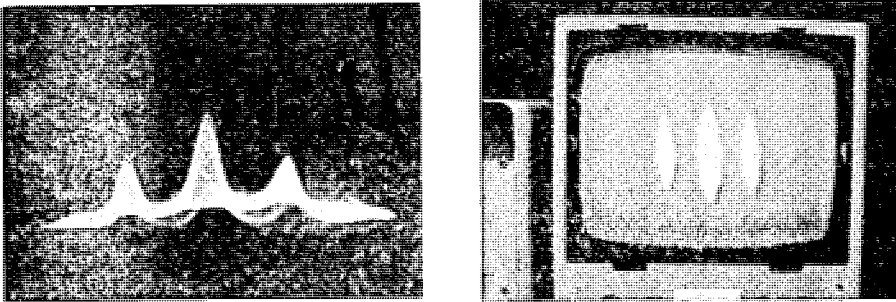
Pattern	S.L.A.	S.L.B.
I J L	$C_{11}$ : $\delta$ -function $g(\tau, 0) = \delta(\tau)$	fC 21 fC 21 gC 21
H D B O G P R W	$C_{12}$ : Periodic $g(\tau, 0) = Kg(\tau, 0)$ Side Peak.	fC 22 f' C 22 f C 22 gC 22 hC 22 hC 22 hC 22 i C 22
E F K	$C_{14}$ : Flat State.	fC 24 gC 24 hC 24
N Q U	$C_{13}$ : $\frac{C_{13}}{C_{12}}$	gC 23 f' C 23 f C 23
A C S T V X Y Z	$C_{16}$ : Others.	f C 26 h C 26 g C 26 h' C 26 f C 26 f C 26 f' C 26 g C 26
M	$C_{15}$ : $\frac{C_{15}}{C_{14}}$	

[Fig-7]



〔Fig-8〕

しておく。実際に扱う信号はこのようなものである。〔Fig-9〕



〔Fig-9〕

またパラメーターの良否を決定するにはパターン認識自体が何を目的とするかにより異なり、文字パターンに限って考えても各手法毎に決定するしか方法が無い。方法としてはエントロピーによる一般的な情報測度のとり方、Bays の最大尤度法を用いる方法、位相数学による方法、級数展開による方法、大型電算機による方法等があるが、物理的な信号を処理する方法に対してはこれらは有効であるがパターン認識に対してはあまり有効ではないといえる。情報理論においては  $m$  個のパターンを区別するためには  $\log_2 m$  個の 2 値パラメーターがあれば必要充分でありアルファベット 26 文字については高々 5bit の容量があれば充分である。しかし入力パターンに冗長度を含ませると我々の行なった標本点 30点ということは  $(26 \times 26)$  のマトリックスより Hamming Distance を計算し、それに

続いて(26×30)という標本点抽出を行なわねばならない。これは非常に困難な演算である。2次元演算の特徴を利用するためにはT. V. モニター上の相関像から直接に空間分布として認識を行なう方法が有利であり現在10素子程度で認識を行なえる装置を完成した。同時にホログラフィーを使用した情報変換プログラムによるパターン認識を研究している<sup>16)</sup>。これらは追って報告する。本研究の御指導を受けました早大応物大頭教授並びに御便宜をはかっていただきました本学物理学科鈴木至教授に深謝致します。

なお本研究は富士フィルム研究助成金“光学情報処理に関する研究”により行なわれたものであり、また浜松T. V. 袴田裕治氏には特殊I. T. V. の作成に協力していただいたことを感謝致します。

#### 参 考 文 献

- 1) 那波, 大頭 応物学会予稿集 p. 62 1968
- 2) 那波, 大頭 光学ニュース No. 101 p. 4 1969
- 3) 池原止才夫 応用数学講義 p. 386 学術図書出版社
- 4) 坂井 利之 文字図形の認識機械 1967 共立出版
- 5) 坂井 利之 パターン認識の理論 1967 共立出版
- 6) A. Gamba PAPA—理論 京大坂井研より提供されたことを感謝する。  
Suppl. Nuovo Ciment 1961~1962
- 7) 那波 早大大学院研究彙報 p. 421 1968
- 8) S. Goldmon Information Theory
- 9) G. L. Fischer Jr Optical characta Recognition, sparton books, 1962
- 10) J. T. Tippelt Optical and Electro-optical Inforomation Processing,  
M. I. T' Press 1965
- 11) A. W. Lohaman Signal detection by Correlation of Fresnel Diffraition Pattern  
Appl. optics, 1964
- 12) 入江 昭二 位相解析入門 1963 岩波書店
- 13) 磯部 孝 相関関数およびスプクトル 東大出版会 1968
- 14) F. H. Lange Correlation Techniques 1966 London Ilifle Books,
- 15) M. Franson Modern Applications of physical Optics, Interscience Tracts on  
physics and Astoronomy, 1963
- 16) 那波, 鈴木(至) 応物学会予稿集 p. 216 1971