

# 文字認識の基礎研究

瀬 良 豊 士\*

## Fundamental Study of Character Recognition

Toyoshi SERA

### Abstract

This report investigates whether the relation of position among features extracted from handwritten character is in-variant or not.

The author adopted the method of recognition using a distance between typical pattern and input pattern. This method first extracts some geometric features from character matrix.

The next, this arranges these features in proper method and then makes new pattern considered the order. Finally, author calculates a distance between typical pattern and input pattern.

### 1. 緒 言

この報告では、手書き文字から抽出された特徴間の位置関係が不変的なものかどうかについての実験結果および、そのときの認識結果を示す。この際、認識方法として代表パターンと未知パターンとの間の距離を用いる方法を採用する。この方法は、まず、量子化された文字行列から幾何学的な特徴の集合を抽出する<sup>5)</sup>。つぎに、これを適当な方法で並びかえ順序付けられた入力パターンをつくり、最後に代表パターンとこのパターンとの距離を計算してパターンを認識する方法である。

上記の実験は文字認識の基礎的な実験であるが、しかし、位置関係を考慮したパターン認識の研究を進めるうえで大切な手がかりとなるものと考えらる<sup>1),2)</sup>。

### 2. 距離の定義

距離を定義するため、認識系に関する記号として、入力パターン、代表パターン、平均距離をそれぞれ  $X$ ,  $M$ ,  $D$  で表わすことにする。ただし、 $X$ ,  $M$ ,  $D$  はそれぞれつぎに示されるような行ベクトルとする。

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_m)$$

$$M = (M_1, M_2, \dots, M_n)$$

$$D = (d_1, d_2, \dots, d_n)$$

$m$  : 抽出される特徴の要素数.

$n$  : クラスの数.

$M_j$  :  $M_j = (m_{j1}, m_{j2}, \dots, m_{jn})$   $j = 1, 2, \dots, n$

このとき、任意の入力パターンと各クラスの代表パターン

との平均距離  $d_k$  を

$$d_k = (X - M_k) \cdot (X - M_k)^t / m \quad \dots\dots\dots(1)$$

定義するならば、これから平均最小距離  $d_{min}$  は

$$\begin{aligned} d_{min} &= \min_{k=1 \sim n} \{d_k\} \\ &= \min_{k=1 \sim n} \{X - M_k\} \cdot (X - M_k) / m \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$\min_{k=1 \sim n} \{d_k\}$  : 平均距離を最小にする  $d_k$ .

とあらわせる。この関係を Fig. 1 に示す。

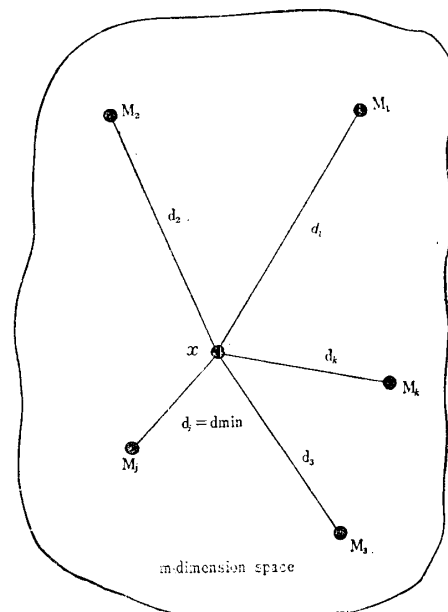


Fig.1 Geomeometric explanation for  $\{d_k\}$  and  $\min \{d_k\}$

\*工業短期大学部電気工学科

5. 特徴抽出と代表パターン

3.1 特徴抽出

文字パターンから特徴を抽出するため文字をまず15×15のます目に量子化し、要素が1, 0からなる文字行列で表わす<sup>5)</sup>。この例を Fig. 2に示す。つぎに、この文字マトリックスから重みの付けられた幾何学的特徴を抽出するため3×3の1, 0からなる小行列でこれをスキャンニングする。このスキャンニングによって、Fig. 2の小円内に示される3分岐点, 2分岐点, 端点が抽出される。ある1つの特徴の近傍で複数個の特徴が抽出される場合は、つぎに示すような優先順位で優先されたもののみを特徴として残す。

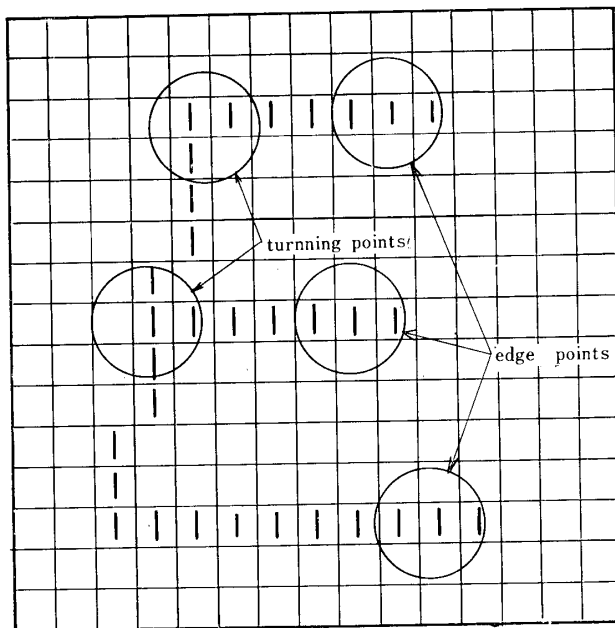
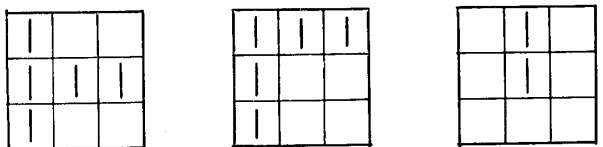


Fig.2 Example of character matrix, turning and edge points

3分岐点 > 2分岐点 > 端点

Fig. 3の(a) および、(b) 図に3分岐点7個, 2分岐



(a). Turning points

(b). edge points

Fig.3 Example of little matrixs

点7個, 端点8個の中のいくつかの例を示している。Fig. 4に特徴を抽出する小マトリックスの走査の方法および、特徴抽出の方法を示す。

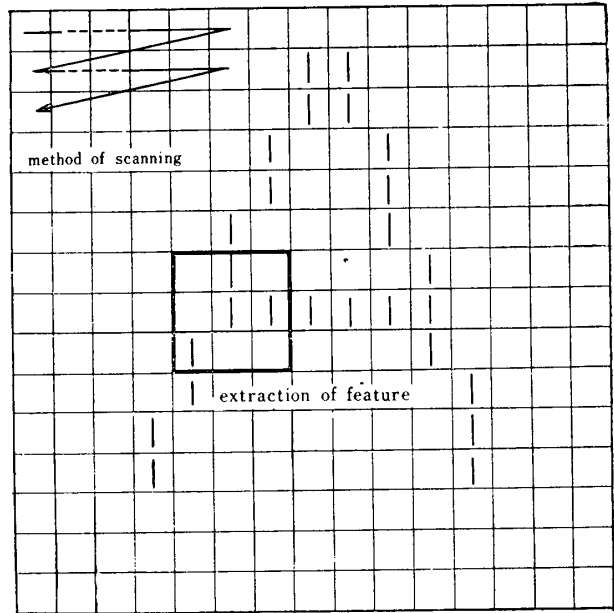


Fig.4 The method of scanning and extraction

3.2 代表パタンの構成

代表パターンを構成するには多くの任意の入力パタンの平均をとることによって簡単に構成出来る。しかし、手書き文字の際は特徴の位置関係が多少入れかわる可能性があると考えられる。したがって、ここでは各クラスがそれぞれいくつかの代表パターンをもつように考えられている。これを数式で表わすならk番目のクラスの代表パターンは

$$M_{kj} = 1/l \cdot \sum_{i=1}^l X_{kji} \quad \dots\dots\dots(3)$$

l: 代表パターンを構成する入力パタンの数

j: 各クラスの代表パタンの数

と表わせる。実際に  $M_{kj}$  を構成するときは、まず、各クラスに初期代表パターンを与える。つぎに、未知パターンと初期代表パターンとの距離を(1)式を用いて計算し(2)式から距離を最小にする代表パターンを選びだす。最後に、この代表パターンと入力パターンとから新しい代表パターンを構成する。以下、同様に各クラスに指定された入力パタンの数だけくりかえして行なう。この関係をFig. 5のフローチャートに示す。

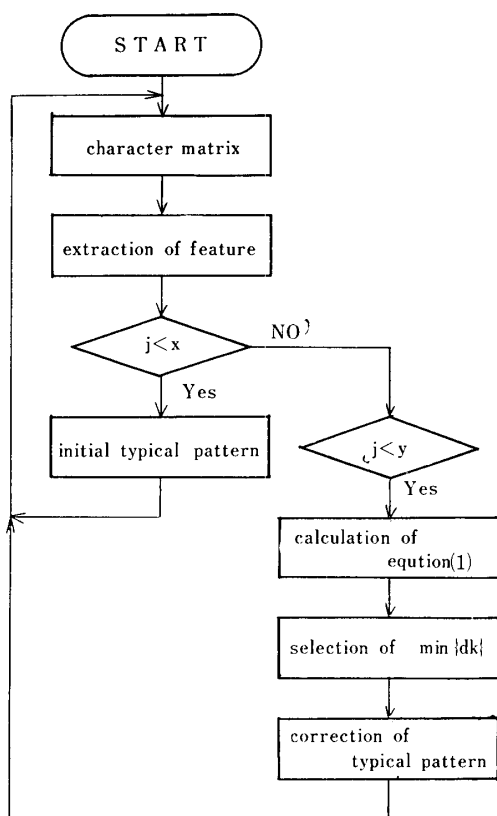


Fig.5 Flowchart for construction of typical pattern

4. 判定方法

任意の入力文字を認識するには抽出した特徴の集合  $X = (X_0, X_1, X_2, \dots, X_k, \dots, X_i, \dots, X_l)$  を適当な方法で並びかえ、位置関係を考慮した入力パターン  $Ord(X)$

$$Ord(X) = (X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_k)$$

を構成する<sup>3)4)</sup>。次に、(2)式を用いて未知パターン  $Ord(X)$  と各クラスの代表パターンとの間の平均距離をそれぞれの場合について計算する。この計算後、各クラスの数個の距離で最小のものを選び出す。さらに、クラス間で比較して最小ならしめるクラスを選び出す。この結果、任意の入力文字はこの最小ならしめるクラスに属するものとして認識される。以上のことを式で表わすとつぎのようになる。ここでは、代表パターンが3個あるものとして考える。これから  $M_k^l, D_k^l$  は

$$M_k^l = \begin{Bmatrix} M_{k1} \\ M_{k2} \\ M_{k3} \end{Bmatrix} \quad D_k^l = \begin{Bmatrix} d_{k1} \\ d_{k2} \\ d_{k3} \end{Bmatrix}$$

と表わせる。したがって、距離  $d_{kj}$  は

$$d_{kj} = [(M_{kj} - Ord(X)) \cdot (M_{kj} - Ord(X))^l / m] \dots\dots(4)$$

$$j = 1, 2, 3$$

と表わされる。各クラス内で距離最小のものは

$$d_{kj} = \min_{j=1-3} \{d_{kj}\} \dots\dots\dots(5)$$

となるから、クラス上で距離が最小になるものは

$$d_{min} = \min_{k=1-n, j=1-3} [\min \{d_{kj}\}] = \min_{k=1-n, j=1-3} [ \min (M_{kj} - Ord(X)) \cdot (M_{kj} - Ord(X))^l / m ] \dots\dots\dots(6)$$

となる。これより、 $d_{min}$  を形成するクラスが入力文字の属するクラスとなる。Fig. 6にこの関係を示す。

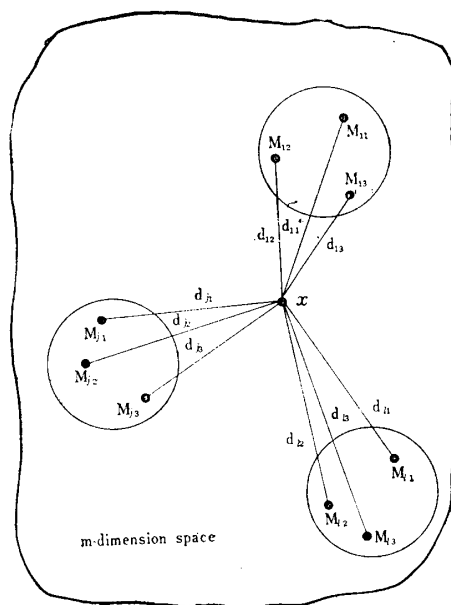


Fig.6 Geometric explanation for  $\min [\min \{d_{kj}\}]$ .  $k=1-n, j=1-3$

5. シュミレーション実験

5.1 実験方法

この実験では、英語の大文字 A から H の手書き文字を入力パターンの集合として認識実験を行った。この際、特徴を並び換える方法として

- (A) スキャンニングの順序に並びかえる方法
- (B) 相関とることによって並びかえる方法

を採用している。また、それぞれの方法に対して、代表パターンの個数がつぎなる個数を取る場合について実験を行なっている。

- (a) : 代表パターンが1個の場合。
- (b) : 代表パターンが3個の場合。
- (c) : 代表パターンが5個の場合。

ここで、(a), (b), (c) の3つの場合を考えた理由

は、特徴に位置の不変があるかどうかを調べると同時に、代表パタンの数によってどのように認識率がわかるかを調べるためである。さらに、(a), (b), (c)それぞれに対して、代表パタンを構成するために用いるパタンの数として、

- (I) :  $l=1$  の場合.
- (II) :  $l=5$  の場合.
- (III) :  $l=15$  の場合.
- (V) :  $l=20$  の場合.

上記の5つの場合を考え実験を行っている。これは、代表パタンを構成するパタンの数  $l$  によって認識率がどのようになるかを調べるためである。

5.2 実験結果と考察

5・1にもとづいて、それぞれの場合に約50個の未知入力パタンを用いて実験を行った。Fig. 7に、(A)

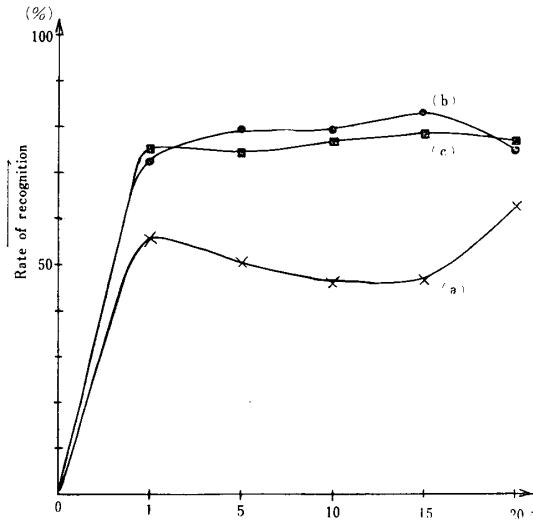


Fig.7 Result of case (A)

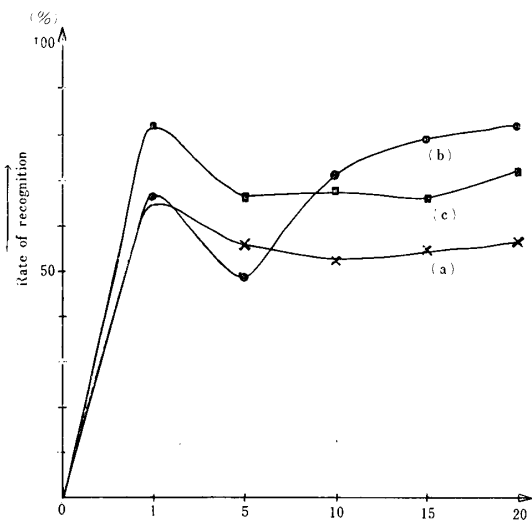


Fig.8 Result of case (B)

を用いた場合の実験結果を示している。同様に、Fig. 8に (B)の場合の実験結果を示している。これらの図からつぎのことが明らかになった。

- (1) : 代表パタンの個数を適当に選ぶことによって、ある程度特徴の位置の不変性がある。
- (2) : 代表パタンが3個の場合がもっとも良い認識結果を示す。したがって、代表パタンの数の最適なものは3個であると考えられる。
- (3) : 代表パタンを構成するために必要なパタンの数は15個から20個程度で十分である。
- (4) : (B)の場合、代表パタンを構成するパタンの数が5個では十分な代表パタンが作られない。
- (5) : 2方法による認識方法では、認識率は良くて80%程度である。

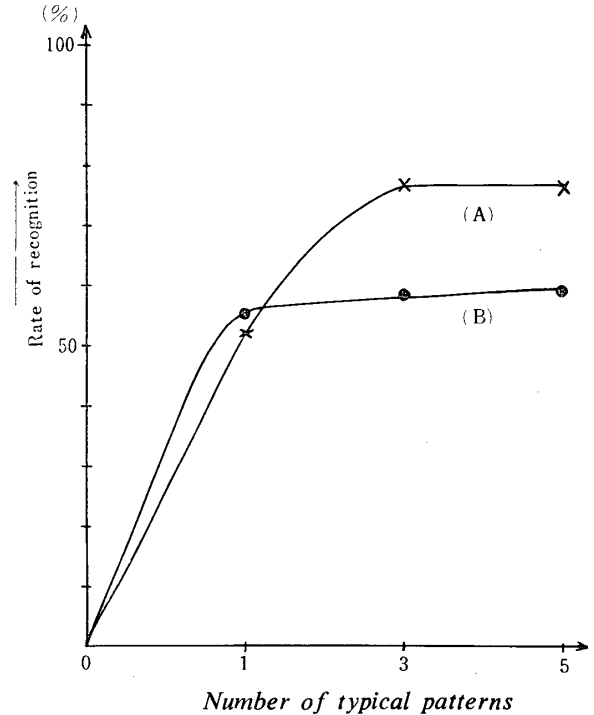


Fig.9 Result of mean recognition

Fig. 9には、平均認識率の実験結果を示している。この図から、

- (1) : 平均認識率は(A)の場合が(B)の場合に比べて優れている。
- (2) : しかし、代表パタンが3個で、 $l$ が15, 20の時は(A), (B)いずれの場合も余りかわりはないことが分かる。

全体の考察として、少ない特徴で認識率を上げるには、単に特徴を並びかえるだけでなく、特徴間の関係

を十分に考慮してやる必要があると思われる。このことに関する基本的な考え方は文献<sup>4)</sup>に示されているが、この基礎研究をもとに1いっそうの研究が必要であることが明らかになった。

最後に、日頃から御指導を賜わっている工学部平田助教授、宇部短大市山教授に心から謝意を表します。

## 参考文献

- 1) C. K Chow: IRE. Tras. EC (1962) P. 683
- 2) A. G. Arkabv, E. M. Bravernam: 森俊二訳 "電子計算機とパタン認識" 丸善, (1968) P. 54
- 3) 瀬良豊士: 電気四学会中国支部大会 (315) (1969)
- 4) 瀬良豊士: 電気四学会中国支部大会 (22307) (1970)
- 5) 坂井利之他: 情報処理 10, 132 (1969)

(昭和45年12月18日受理)