



部分パターン重ね合わせによる活字文字識別方式*

樽 松 明** 井 上 誠 一**

Abstract

A method to recognize printed characters by matching partial patterns is introduced. Those partial patterns like line segments or various corners or separated segments are extracted from sample patterns and stored in memory. The values of similarity are calculated by the correlation of those partial patterns and partial region of input pattern at predetermined position. The scores are compared in the relation of similarity value and weight value for each character. Input pattern is decided as the character which gives the maximum sum of scores.

The advantages of this method are that it is strong against the noises like spots and grains and that required memory capacity is small compared to the method of pattern matching of whole pattern. A procedure to extract partial patterns from sample patterns through the interaction between the designer and computer is described. Results of simulation for 40 of alphanumeric and symbol characters of ISO-B font are shown.

1. ま え が き

活字文字を対象とした文字読取装置は、すでに実用に使用されているものがあるが、経済的で印字品質に対する制約が小さい装置を開発するためには、まだ研究の余地がある。

これまでの活字文字の識別方法は大きくわけて、ストロークアナリシス法^{1),2)}、部分図形一致法³⁾、文字全体の類似度法⁴⁾になる。ストロークアナリシス法は、パターンを構成するいくつかの基本的な線素を用意し、これらの基本的線素の存在位置によってパターンを識別する方式で、大部分が直線で構成される字体に適用され、識別できる文字の種類は多くない。部分図形一致法は、文字を2次元のメッシュに分けて観測し、文字図形から線分、角、線分間の間隔、へこみなどの部分図形を検出し、この組み合わせにより識別する方式であるが、文字の位置ずれ、紙面や文字のよれ等のノイズにかかわらず正しく識別するためには、多数の複雑な論理による識別を行わなければならない

い。一方、類似度法は、文字の位置と線の太さの正規化を厳密に行うことが必要であることと、標準文字図形を各文字に対し、1個ないし数個ずつ記憶させるため記憶装置の容量が大きくなる。

本論文では、類似度法と部分図形一致法のそれぞれの良さを組み合わせて、部分パターンとして線分、角、線分間の間隔をとり、部分パターンを重ね合わせたときの類似度の値の組み合わせから文字を識別する方式を示す^{5),6)}。部分パターンは、複数個の文字に対して共通に使用できるため、文字全体の類似度法に比べて記憶容量を小さくすることができる。2.では、識別方法として、部分パターンの類似度と文字ごとに部分パターンに対して与えた重み値とによって得点を与え、得点之和が最大となる文字に判定を下すという得点による識別方法をのべ、3.では、部分パターンを定まった手順で人間が介入しながら設定する会話的部分パターン設定手順についてのべ、4.では、ISOフォントBの英数字と記号40種に対する識別のシミュレーションの結果をのべる。

2. 部分パターン重ね合わせによる識別方式

活字文字のように、形状と大きさと線の太さがある

* Printed Character Recognition by Matching of Partial Pattern by Akira KUREMATSU and Seiichi INOUE (Laboratory, Kokusai Denshin Denwa Co., Ltd.)

** 国際電信電話(株)研究所

程度規格化されているパターンは、パターン相互間に相関の度合いが大きい。このため、パターンごとにパターン全体の重ね合わせを行うまでもなく、それぞれのパターンを特徴づけるパターンを定め、部分パターンにおける重ね合わせを行うことによって記憶装置の容量を少なくして識別を行うことが期待できる。

2.1 部分特徴パターン

文字を構成する線分、角、線分間の間隔等の部分図形で文字を識別する上で有用であるものを部分特徴パターンとよぶ。部分特徴パターンは、黒部分と白部分といずれでも構わない不定部分をそれぞれ3値で表わす。部分特徴パターンと入力パターンとの重ね合わせは、各部分特徴パターンにあらかじめ定められた位置で行う。同一の部分特徴パターンが2個以上の位置で用いられることもある。

2.2 類似度

部分特徴パターンと文字パターンとの重ね合わせの度合いを類似度で算出する。類似度を次のように定義する。ある部分特徴パターン k に対する文字パターンの類似度を S_k とする。

$$S_k = \frac{\sum_x \sum_y F_k(x, y) P(x, y)}{\sum_x \sum_y |F_k(x, y)|} \quad (2.1)$$

ただし、 D_k は部分特徴パターン k の領域、 $F_k(x, y)$ は部分特徴パターンを表現する関数で、メッシュ (x, y) が黒レベルのとき $F_k(x, y)=1$ 、メッシュ (x, y) が白レベルのとき $F_k(x, y)=-1$ 、メッシュ (x, y) が不定のとき $F_k(x, y)=0$ をとる。 $P(x, y)$ は文字パターンを表現する関数で、メッシュ (x, y) が黒レベルのとき $P(x, y)=1$ 、メッシュ (x, y) が白レベルのとき $P(x, y)=-1$ をとる。

2.3 識別方式

入力文字は光電変換した後1文字ずつ区切り2値に量子化して2次元レジスタに入力される。2次元レジスタで文字パターンを中央に位置させる。位置ずれによる類似度の低下を防ぐため、レジスタ上の文字パターンを上下左右にそれぞれ許容の範囲でシフトさせ、その間の部分特徴パターンとの類似度の最大値を、部分特徴パターンの入力文字に対する特徴値とする。文字パターンに対する各部分特徴パターンの特徴値の組は、文字ごとに定められた各部分特徴パターンの特徴重み値を参照し、各部分特徴パターンの得点を出し、得点と和が最大となる文字に判定を下す。Fig. 1にこ

の方式による識別におけるデータ処理の過程を示す。

2.4 得点による識別方法

前節でのべた得点による識別方法は、種々のノイズにより変形したパターンに対しても安定した識別結果を得ることを考慮したもので、部分特徴パターンの特徴値をそのまま用いて識別するより良い結果が得られることを、予備実験により確認している。

まず、入力パターンに対して各部分特徴パターン (k) の特徴値 (f_k) を算出する。つぎに部分特徴パターン (k) に対する各文字 (i) の特徴重み値 (ω_{ik}) と特徴値 (f_k) との関係によって定まる関数 $h(f_k, \omega_{ik})$ に従って得点を与える。特徴重み値は、パターン重ね合わせの考えにもとづいて各文字の標準パターンに対する部分特徴パターンの類似度の値をとる。 h を識別用得点関数とよび、例は Fig. 5 に示される。 h は識別の良さの点で3値の方が良い結果が得られるので、2値でなく3値としている。各文字の得点と

$$G_i = \sum_{k=1}^{N_F} h(f_k, \omega_{ik}) \quad i=1 \sim N_C \quad (2.2)$$

(N_F は部分特徴パターンの数、 N_C は文字の種類数)を算出し、 G_i が最大となる文字に判定を下す。 N_F のきめ方は、3.でのべる手順で識別能力がある値以上となるまでに必要とする部分特徴パターンの数とする。

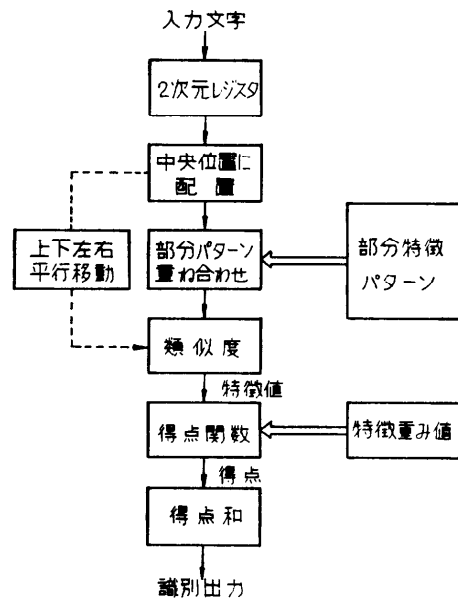


Fig. 1 Process of data processing in the recognition by matching partial patterns

3. 部分特徴パターンの会話的設定法

部分パターンの重ね合わせにより活字文字を識別する際、部分特徴パターンの形状と種類をいかに決めるかが重要な問題である。この問題は、対象とするパターンを識別するための有効な特徴を抽出することと考えられ、パターン認識における重要な問題の一つである。対象とするパターンのサンプル集合が与えられていて、これらのサンプル集合から部分特徴パターンが自動的に抽出される手順が存在することが理想である。このためには、手順の中にあらかじめどのような知識を与えればよいか、また部分特徴パターン抽出の基準をどのように定式化するかなどを十分考えなければならない。また、計算機により手順を実行させるにしても、組み合わせの数が莫大となると実際問題として時間的制約のために手順を実行できないこともあることを考えなければならない。部分図形一致法³⁾において、部分図形の設定のために与えられたサンプルパターンから自動的に部分図形を抽出する方法と、人間が介在して人間の直観力を適当に利用して決定する方法の2つの方法を試みた結果、人間の直観力を利用して決定する方が識別率が高くなったと報告されている。そこで、識別に役立つ部分特徴パターンを短時間に効率よく抽出するために、適当に設計者が介入して、設計者の判断をとり入れながら実行する手順を以下に示す。これを会話的設定法と名づけることにする。

3.1 部分特徴パターンの会話的設定手順

部分特徴パターンを設計者と機械が対応しながら会話的に設定する手順を Fig. 2 を参照しながらのべる。なお、標準パターンは各文字を代表するサンプルパターンである。

1) 標準パターンを用いて、相異なる文字のパターンの間の相関値を算出し、文字 C_i において相関値が大きい方から α 番目の値以上の相関値となる文字群を選出する。これを $C_i \{C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{ia}\}$ とする。 α の値は、文字群中に共通な部分特徴パターンが存在する見込みがある文字群の大きさが目安となって設定される。文字の間の関連を表わすマトリクスを M とし、これを関連マトリクスとよぶ。 M の i 行 j 列の要素を m_{ij} と表わす。 C_i の中に選出された文字においては $m_{ij}=1 \{j \in \{i_1, i_2, \dots, i_a\}\}$ とし、その他の m_{ij} の値は 0 とする。この操作をすべての文字にわたってほどこす。

2) 各文字について

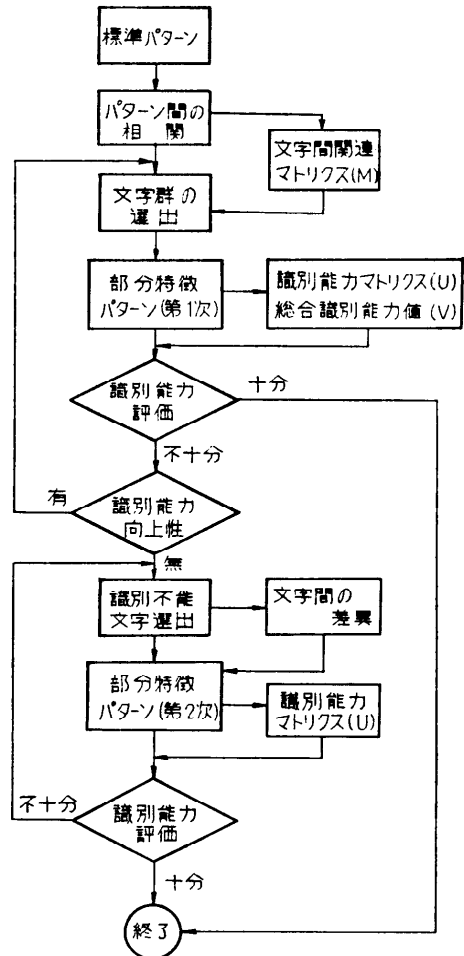


Fig. 2 Procedure to extract partial feature pattern through the man machine interaction

$$m_{ij} = \sum_{i=1}^{N_c} m_{ij} \quad (3.1)$$

を計算する。 $(N_c$ は文字の種類数)、 m_{ij} が大きいことは、文字 j のパターンが他の文字のパターンと関連の度合いが大きいことをあらわす。 m_{ij} が最大となる文字を C_q とする。

3) 文字 C_q に対して m_{qj} の値が 1 である文字の集合 $C_q \{C_{q1}, C_{q2}, \dots, C_{qa}\}$ を選出する。この中から β 個 ($\beta \leq \alpha$) のパターンをとり出し、これらを重ね合わせる。 β の値は、何個の文字パターン群の中に共通に部分特徴パターンが存在するかを示すもので、 β の値は共通に存在するという意味から 3 以上の値をとっている。選択するパターンのとり出し方は設計者が決める。重ね合わせて得られるパターンを重ね合わせ文字

パターン (\bar{P}_q) とよぶ. 部分特徴パターンは, \bar{P}_q のパターンの要素の値が一定値 (t) 以上となる要素を包含するように設定する. これを第1次部分特徴パターンとよぶ. 部分特徴パターンの形状と位置は, 設計者が判断して決定する.

4) 第1次部分特徴パターンを順次抽出して, それ以前に抽出した全ての部分特徴パターンを含めて識別能力の値を算出する. 識別能力値は部分特徴パターンがパターンを識別する度合いを表わすもので以下に式を示す.

ある部分特徴パターン k が, 2つのパターン i, j を識別する能力を v_{ij}^k , 部分特徴パターン k におけるパターン i, j の特徴値をそれぞれ f_i^k, f_j^k とする. f_i^k, f_j^k が与えられて v_{ij}^k を得る関数を g とし, 関数 g を Fig. 3 に示されるようにする. ここで T_1, T_2, T_3, T_4 は f_i^k, f_j^k の領域を定めるもので, $0 < T_1 < 1, -1 < T_2 < 0, 0 < T_3 < 1, 1 \leq T_4$ をとる定数である. 関数 g は, 識別において用いる関数と同じ形式とした方が識別能力の評価が適確にできるので, 識別用得点関数 h と同形式として3値とした. T_1, T_2, T_3, T_4 は部分特徴パターンの特徴値の変動幅の大きさをもとにきめられる. Fig. 3 に示されるように, X および Y が T_1 と T_2 の間の領域と $|Y - X| \leq T_3$ の領域内では変動しても得点を0とし, T_4 の値によって得点1と得点2の領域の境界が変わる. これらの値のきめ方によって識別結果が変わるので, $T_1 \sim T_4$ の値を変化させてサンプルパターンの識別をさせ, 最適な値を設定する. いま簡単のために, $X = f_i^k, Y = f_j^k$ とおき, 関数 g を式で示す.

- i) $Y > X + T_4$ または $Y < X - T_4$ のとき $g(X, Y) = 2$.
 - ii) $Y < X - T_3$ かつ $Y \geq X - T_4$ かつ $Y < T_2$
 または, $X < X - T_3$ かつ $Y \geq X - T_4$ かつ $X > T_1$
 または, $Y > X + T_3$ かつ $Y \leq X + T_4$ かつ $Y > T_1$
 または, $Y > X + T_3$ かつ $Y \leq X + T_4$ かつ $X < T_2$
 のとき $g(X, Y) = 1$.
 - iii) その他のとき $g(X, Y) = 0$.
- (3.2)

関数 g は, 2つの特徴値が離れていて値が+1または-1に近いほど大きい値となる. これは, 実際の部分特徴パターンの重ね合わせにおいて, 特徴値の絶対値の値が大きく確実に判断できる場合に識別能力が大きいことを表わしている. パターン i, j 間の識別能力 u_{ij} は, 部分特徴パターンの個数 (N_F) にわたって v_{ij}^k を加え合わせたものとする.

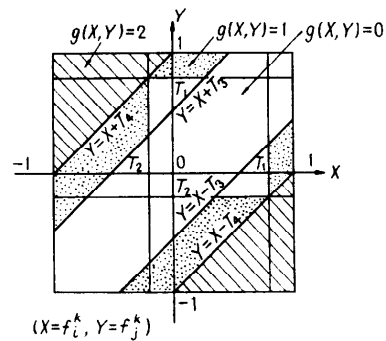


Fig. 3 Function to give the value of discriminant capability from the feature value

$$u_{ij} = \sum_{k=1}^{N_F} v_{ij}^k \quad (3.3)$$

u_{ij} を要素とするマトリクスを識別能力マトリクス (U) とよぶ.

部分特徴パターンの集合が与えられたときの総合的な識別能力 V をつぎのように与える.

$$V = \sum_{i=1}^{N_C} \sum_{j=1}^{N_C} L(u_{ij}) \quad (3.4)$$

(N_C は文字の種類数), ここで L は u_{ij} に対して総合的な識別能力への寄与を与える関数で次のように与える.

$$\left. \begin{aligned} u_{ij} \geq K_1 \text{ なら } L(u_{ij}) &= K_1 \\ 0 \leq u_{ij} < K_1 \text{ なら } L(u_{ij}) &= u_{ij} \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

これは, パターン i, j の間で u_{ij} が一定値 K_1 以上であれば識別能力は一定とみなせることを表わすものである. K_1 の値は異なる類に属するパターンが確実に識別される場合の識別能力 (u_{ij}) をもとにして実験的に定める. K_1 の値は4以上が望ましい.

5) 識別能力マトリクス U により識別能力が十分であるかどうかの判定を行う. すなわち, いかなる2つの文字間の識別能力 (u_{ij}) も一定値 K_1 以上であれば識別能力十分とし, 少なくとも1つの u_{ij} が K_1 未満であれば識別能力不十分の場合, 総合識別能力 V の値を調べ, V の値が以前より増加していれば部分特徴パターンによる識別能力向上性があるとみなす. 追加した部分特徴パターンにより総合識別能力が増加することは, 識別できなかったパターンを識別する上で追加した部分特徴パターンが有効に寄与することを意味する. 総合識別能力 V の値が増加している状況では, 部分特徴パターンを積み重ね, 手順3)にもどって次に大きい m_j の値を探し, 新しい文字 C_q を選出して手順4), 5)を行う. 総合識別能力値が増加しなくなる

と、次の手順 6) にうつる。これまでの過程では、複数個の文字の間に共通に存在する部分パターンが抽出されたことになる。

6) 識別能力マトリクス (U) の要素の値が K_1 未満で小さい値となるものから順にとる。これを $u_{i,j}$ とする。文字 C_i, C_j の標準文字パターンの差を表わすパターンを導き出し、これを $Q_{i,j}$ とする。新しい部分特徴パターンを差パターン $Q_{i,j}$ から設計者が介入して設定する。これを第 2 次部分特徴パターンとよぶ。この部分特徴パターンは、識別しにくいパターンを区別する働きをする。

7) 識別能力マトリクス U の全ての要素の値が一定値 K_1 以上となるまで、手順 6) をくり返して、第 2 次部分特徴パターンを追加していく。

このようにして作成した第 1 次、第 2 次部分特徴パターンを合わせて部分特徴パターンとする。

部分特徴パターンの大きさは、ノイズによるパターンの変動を考慮して適切な大きさとしなければならない。あまり小さくすると、ノイズによるパターンの変化により部分特徴パターンの類似度の大きさが大きく変動するので、ノイズによる類似度の変動が数 10% 以下に抑えられるようある程度の大きさの部分特徴パターンを設定することにする。

4. シミュレーション

ISO フォント B の活字文字で、英数字 36 種と特殊文字 4 種 (・, *, /, -) 計 40 種の、タイプライターで印字された文字を対象にして識別のシミュレーションを行った。部分特徴パターンは、3. でのべた会話的設定手順に従って設定した。標準パターンは、印字の濃さがわずかに異なる 3 種類の文字パターンを重ね合わせ、要素の値が 2 以上となる要素を 1、それ以外は 0 として作成した。識別能力の値を算出する際の定数は $T_1=0.80, T_2=-0.20, T_3=0.40, T_4=1.00, K_1=4, \alpha=5, \beta=5$ と $4, t=0.6\beta$ とし、特徴値は、入力パターンを上下左右に 2 メッシュずつずらしたときの類似度の最大値をとることにした。 T_2 の絶対値を T_1 の絶対値より小さくしたのは、特徴値のとり方として、文字パターンと部分特徴パターンとの位置を相互に変えてその間の類似度の最大値を特徴値としたので、特徴値が正の方向に出る傾向があるためである。

Table 1 にこのようにして部分特徴パターンを設定した過程における部分特徴パターンの個数と総合識別能力値 (V) を示す。部分特徴パターンの一例を Fig. 4

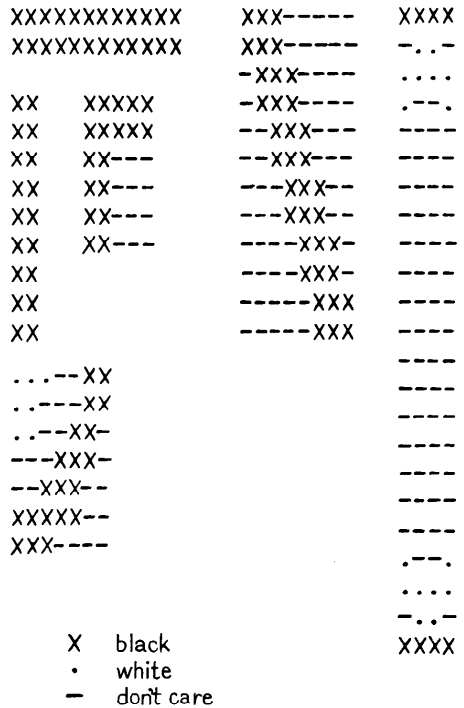


Fig. 4 Examples of partial feature patterns

Table 1 Process to extract partial feature patterns

段階	文字群	部分特徴パターン数	総合識別能力値
I-1	B, R, O, R, 8	10	2985
I-2	X, K, M, N, R	3	3043
I-3	/, A, V, X, Z, 7	2	3052
I-4	A, B, R, 4, 8	3	3062
I-5	T, I, Y, 1, 3	1	3074
II	(B, 8), (D, 0), (O, 0) (Z, 2), (G, S), (Q, 0)他	23	3120

に示す。部分特徴パターンの合計の個数は、同一形状でも位置が異なるものは別のものとして算定して 42 個となり、部分特徴パターンの占める記憶容量は 2181 ビットで、文字パターン全体を記憶する容量に比べて約 10 分の 1 となっている。なお文字パターンは 1 文字当り、縦 28 メッシュ、横 20 メッシュに分けた。

識別における得点関数は、Fig. 5 (次頁参照) に示す関数とした。すなわち、特徴重み値を w 、入力パターンの特徴値を f として。

- i) $w \geq f + T_4$ または $w \leq f - T_4$
 のとき $h=0$
- ii) $w < f - T_3$ かつ $w \geq f - T_4$ かつ $f \geq T_1$
 または $w < f - T_3$ かつ $w \geq f - T_4$ かつ
 $w \leq T_2$

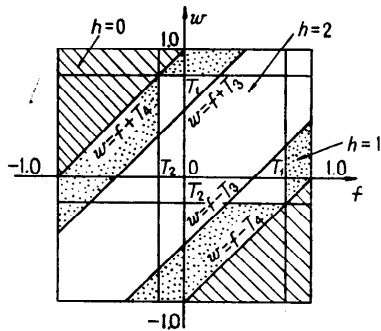


Fig. 5 Score function in the recognition where f is the feature value and w is the weight of the feature

または $w < f + T_4$ かつ $w \geq f + T_3$ かつ $f \leq T_2$

または $w < f + T_4$ かつ $w \geq f + T_3$ かつ $w \geq T_1$

のとき $h=1$

iii) そのほかのとき

$h=2$.

特徴重み値の値は、標準パターンを入力したときの特徴値を用いた。

タイプライターの印字の圧力を徐々に弱くして印字の濃さを徐々にうすくした文字を 10 組 (計 400 個) 用意した。2 値化した文字サンプルの例を Fig. 6 に示す。識別した結果を Table 2 に示す。サンプル番号が大きい程印字がうすい。得点差が 1 以下のものは棄却とした。Table 2 で棄却となったパターンはいずれ

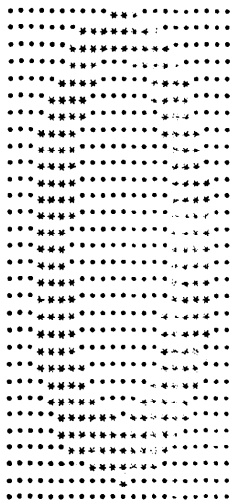


Fig. 6 Photo of sampled binary pattern ("0" for softly printed pattern)

Table 2 Results of the recognition of sample patterns

サンプル番号	1,2	3,4	5,6	7,8	9,10	計
誤識別	0	0	0	0	0	0
棄却	0	0	3 {0,0,5}	0	0	3

Table 3

位置	識別結果	
	誤識別	棄却
1	0	2 {B, D}
2	0	0
3	0	1 {4}
4	0	0
5	0	0
6	0	1 {0}
7	0	1 {0}
8	0	4 {H, O, 0, 8}

位置の番号

8	5	3
7	2	2
6	4	1

Table 4 Results of the recognition where standard patterns are narrowed

細める方向	部分パターン重ね合わせ		文字全体の重ね合わせ
	誤識別	棄却	誤識別
上	0	0	0
下	0	0	0
左	0	0	0
右	0	0	0
上下左右	4	2	1

も正しく識別されたが得点差が 1 となったものである。なお、入力パターンの位置を中心より上下左右にそれぞれ 2 メッシュの範囲でずらし、最も類似度が大きいものに判定する方法で、文字全体の重ね合わせを行ったところ、全部のパターンが正しく識別されている。

さらに、部分パターン重ね合わせによる識別方式の識別能力の目安をつけるために、標準パターンに対して上下左右に 1 メッシュずつずらした場合の識別結果を Table 3 に示す。また、線の太さを細めた場合の識別結果を、文字全体の重ね合わせによる結果とあわせて Table 4 に示す。

5. 考察

部分パターン重ね合わせ法の識別能力を、文字全体の重ね合わせ法と比べてみると、文字全体の重ね合わせ法の方が識別率の点でややすくてい。部分パターン重ね合わせ法で識別しにくい文字の種類は限られているので、それらの文字については、文字全体の重ね合わせを行うと同等の部分パターンを設定することにより、文字全体の重ね合わせ法と同程度の識別能力

に到達させることは可能であるとの見通しをつけることができる。

標準パターンをノイズで変形した場合の識別結果から、位置ずれは上下左右1メッシュの範囲、線幅の細めは1メッシュがそれぞれ許容されることがシミュレーションの結果明らかとなった。文字読取の前処理として、位置制御と線幅制御をそれぞれ標準パターンに対して1メッシュのずれ以内に抑える必要があるといえる。部分パターン重ね合わせによる類似度をもとにして特徴値を出し、得点関数が特徴値に幅をもって同じ得点を与えるようにとられているため、ランダムノイズによる変形は影響が小さい。

部分特徴パターンを会話的に設定する際の任意定数について若干考察する。まず、 α が小さいと共通な部分特徴パターンが見逃がされることが生じる。 α が大きいと実際に類似していないものまで文字群に入れることになり、つぎの段階で有用な β 個のパターンをとる際 β のパラエティーが多くなるので手数が余計にかかる。 β の値は大きいほど多くのパターンに共通な部分特徴パターンがとられることとなる。 $T_1 \sim T_4$ の値については、 T_1 あるいは T_2 あるいは T_3 を小さくすると、得点0となる領域が小さくなり特徴値がわずかに変動しても得点が変わり、パターンの変動に対する許容度が小さくなる。 T_4 を大きくすると得点2を与える領域が小さくなり、識別の確実さが低下する。

会話的部分特徴パターン設定手順において、人間(設計者)が介入して部分特徴パターンの形状を決める過程では、自由度があるため同じサンプルパターン(標準パターン)が与えられても、抽出される部分特徴パターンが設計者によって異なる可能性はある。異なる設計者により部分特徴パターンの形状は多少異なり、特徴パターンの個数も10%位変動する。しかし、識別能力としては同程度に到達でき大幅に異なった部分特徴パターンが生ずる可能性は小さい。部分特徴パターンの抽出は、TSS処理により会話的に設定するので、抽出に要する時間は一義的には算出しにくい。シミュレーションに用いたサンプルの例では、通常延べ1~2週間程度で特徴パターンの設定がおこなわれた。

6. む す び

活字文字識別の一方式として、文字パターンに部分特徴パターンを重ね合わせたときの類似度から得られる特徴値の組でパターンをあらわし、特徴値に対して

特徴重み値を参照して得点を出し、得点之和が最大となる文字に判定を下す識別方式についてのべた。部分特徴パターンの設定においては、設計者が介入しつつ標準パターンから会話的に部分特徴パターンを設定する手順を示した。ISO-Bフォントの英数字と記号計40種類の文字の識別のシミュレーションの結果を示した。

シミュレーションの対象にしたISO-Bフォントの英数字40種の識別に関する限り、部分特徴パターンの記憶容量を文字全体の記憶容量の約10分の1にして、文字全体の重ね合わせよりやや劣る識別能力で識別できることが示された。本方式の識別能力の目安を得るために、位置ずれと線幅の細めを行った際の識別のシミュレーションを行い、印字品質と前処理に対する条件を明らかにした。

本論文でのべた識別方法は、規格化されたパターンの認識手法として一般的にも適用できるものである。また、部分特徴パターンを会話的に設定する手順は、標準パターンが与えられて識別に有効な特徴要素を一定の手順に従って抽出する一方法を与えるものである。

部分特徴パターンを最適に抽出するアルゴリズムをすることは今後の問題である。

謝辞 本研究に御理解を頂く笹本所長、中込副所長、師岡次長に深謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) R.L. Grimsdale et al.: A System for the Automatic Recognition of patterns, Proc. of IEE, Vol. 106, No. 26, pp. 210-221 (1959).
- 2) G.L. Fischer: Optical Character Recognition, Spartan Books (1962).
- 3) R.B. Hennis: The IBM 1975 Optical Page Reader, IBM Journal Res. Dev. Vol. 12, No. 5, pp. 346-371 (1968).
- 4) 飯島, 森: 人間の能力に迫る OCR, ASPET/71, 日経エレクトロニクス, No. 30, pp. 66-80 (1972).
- 5) 樽松, 井上, 横山: 部分パターンマッチングによる活字文字の認識, 電子通信学会パターン認識と学習研究会資料, PRL 73-91 (1974).
- 6) 樽松, 井上: 部分パターン重ね合わせによる活字文字識別のシミュレーション, 信学技報, PRL 75-13 (1975).

(昭和50年8月8日受付)

(昭和51年3月31日再受付)